污水下水道工程設計指針與解說



內政部營建署

CONSTRUCTION & PLANNING ADMINISTRATION

內 政 部 營 建 署

中華民國 105 年 3 月

第一篇　總則 1

第二篇　污水下水道工程設施 12

第一章　污水下水道管渠及附屬設施 12
第 1 節　總論.....12
第 2 節　管渠水力及配置考量.....14
第 3 節　管渠附屬設施.....38
第二章　污水處理廠及附屬設施 79
第 1 節　總論.....79
第 2 節　污水處理計畫案主要執行階段之工作內容.....79
第 3 節　污水處理廠設計及配置考量.....83
第 4 節　污水處理廠池槽.....112
第 5 節　污水處理廠附屬設施.....119
第 6 節　連絡管渠、管線、管閥及閘門.....130
第 7 節　臭氣控制(包括硫化氫的控制).....150
第三章　污水初級處理 166
第 1 節 總論.....166
第 2 節 設計流量.....166
第 3 節 攔污柵及破碎機.....166
第 4 節　抽水站與抽水機.....183
第 5 節　沉砂池.....258
第 6 節　初級沉澱池.....268
第四章　污水二級處理 303
第 1 節　總論.....303
第 2 節　設計流量.....303
第 3 節　生物處理單元-懸浮活性污泥法.....304
第 4 節　生物處理單元-固定生物膜法.....332
第 5 節　二級沉澱池.....338
第五章　污水三級處理 342
第 1 節　總論.....342
第 2 節　三級處理種類.....342
第 3 節　快濾法.....343
第 4 節　混凝沉降法.....346
第 5 節　活性碳吸附法.....349
第 6 節　薄膜分離法.....351
第六章　污水消毒處理 353
第 1 節　總論.....353

第 2 節　消毒方法.....353
第 3 節　回收再利用.....361
第七章污泥處理 362
第 1 節 總論.....362
第 2 節 污泥輸送.....365
第 3 節 污泥濃縮.....367
第 4 節 污泥消化.....374
第 5 節 污泥脫水.....382
第 6 節 污泥處理共同附屬設施.....390
第 7 節 污泥堆肥.....391
第 8 節 污泥乾燥.....393
第 9 節 污泥熱處理.....400
第十節 污泥最終處置及能資源利用.....404
第八章　　小規模污水下水道系統 406
第 1 節　總論.....406
第 2 節　小規模污水下水道系統特性.....406
第 3 節　小規模污水下水道收集系統.....407
第 4 節　小規模污水處理廠.....416
第九章　　儀錶及控制設備 430
第 1 節　總論.....430
第 2 節　儀控設備之設置.....430
第 3 節　儀控系統之架構.....434
第 4 節　儀控系統之設計.....443

表 1-1　尖峰係數表 16
表 1-2　不同管徑於水深比及設計流速條件下之管渠坡度需求 20
表 1-3　各種管材粗糙係數 23
表 1-4　水力特性表(粗糙係數 N 為常數) 26
表 1-5　各種管徑水深比（D/D）建議表 27
表 1-6　各種管材 C 值 29
表 1-7 不同底板內徑其 C 值表 44
表 1-8　上浮狀態時防止位移性能之標準值 48
表 1-9　造成人孔蓋上浮、飛跳等水理現象之原因分析 49
表 1-10　因設施狀況造成氣壓上昇之現象 49
表 1-11　人孔蓋上浮、飛跳現象和要因之關係表 52
表 1-12　主要臭氣種類、臭味特徵及依照「空氣污染防制法施行細則」之分類 54
表 1-13　CLSM 與一般混凝土材料之特性比較 64
表 1-14　管線耐震設計之基準 70
表 1-15　管線耐震之具體對策 74
表 1-16　可撓性伸縮接頭(鋼管及鑄鐵管)之例 75
表 2-1　標準活性污泥法單位處理量之用地面積需求 86
表 2-2　污水處理廠站多目標利用之型式 92
表 2-3　密集化配置的優點及基本設計考量 95
表 2-4　污泥資源化方式考量因素及評估指標 99
表 2-5　污水處理廠配置考量事項表 104
表 2-6　管理中心各室之面積計算 120
表 2-7　污水處理廠各處理單元建議水質分析項目 122
表 2-8　污泥處理單元建議分析項目 122
表 2-9　檢驗室基本設備 122
表 2-10　連絡管渠之設計流量 131
表 2-11　各種逆止閥特性比較表 139
表 2-12　各種管閥種類及用途 143
表 2-13　閘門種類及應用表 146
表 2-14 各種活性碳對硫化氫吸附容量的比較 160
表 2-15 各種除臭技術對各種臭氣去除效率表 163
表 2-16 典型抽水站臭氣種類及濃度 164
表 2-17 典型前處理區臭氣種類及濃度 164
表 2-18 典型污泥處理區臭氣種類及濃度 165
表 3-1　人工清除式及機械清除式粗攔污柵典型設計數據表 168
表 3-2 代替初級沉澱池之細攔污柵的典型 BOD 及 SS 去除率 173
表 3-3　用於濾過二級沉澱池放流水之微細篩典型設計資料 176

表 3-4 換氣方式 179
表 3-5 攔污柵單元設施之換氣量 179
表 3-6 動能式抽水機分類表 188
表 3-7 美國及日本抽水機名稱對照比較表 200
表 3-8 抽水機型式、特性、構造分類及用途之概要說明 201
表 3-9 抽水機計畫抽水量與台數關係 202
表 3-10 抽水機台數及容量 202
表 3-11 管件水頭損失係數表 207
表 3-12 閥類水頭損失係數表 208
表 3-13 各種抽水機特性及選擇上應注意事項 212
表 3-14 總動水頭與抽水機型式之關係 213
表 3-15 豎軸渦卷斜流抽水機效率表 214
表 3-16 沉水式渦卷抽水機效率表 214
表 3-17 傳統式濕井與自清式渠道型濕井之比較 226
表 3-18 抽水站之換氣量 230
表 3-19 定速電動機在 60 赫茲(Hz)交流電下的操作轉速 235
表 3-20 調整流量或壓力的各種系統 238
表 3-21 大氣壓與海拔高度之關係 244
表 3-22 水溫與飽和蒸汽壓之關係 245
表 3-23 公式 3-25 之 K 值 246
表 3-24 不同金屬之穴蝕相對抵抗力及費用 248
表 3-25 管材物理特性表 249
表 3-26 電動機驅動豎軸離心抽水機重故障及輕故障一般項目舉例 254
表 3-27 電動機保護型式與安裝地點的關係 255
表 3-28 電動機之種類及容量與起動設備關係 255
表 3-29 低壓三相鼠籠型感應電動機之溫度上升限度 256
表 3-30 各種絕緣種類之容許最高溫度 256
表 3-31 水平流沉砂池表面溢流率表 260
表 3-32 渦流沉砂池對各種粒徑砂礫之去除率 265
表 3-33 沉砂池種類比較分析 266
表 3-34 沉砂池單元設施之換氣量 267
表 3-35 初級沉澱池之換氣量 269
表 3-36 初級沉澱池的去除率 277
表 3-37 各種沉澱池污泥刮泥機之種類及特性 297
表 3-38 初級沉澱池優缺點比較表 302
表 4-1 最小污泥齡與微生物比生長率最小參考值 308
表 4-2 空氣管線常用流速 321
表 4-3 好氧生物濾床反沖洗條件 337

表 5-1 過濾設計參數一覽表.....343
表 5-2 流體化反洗濾速一覽表.....345
表 5-3 空氣與水反沖洗之步驟與濾速一覽表.....345
表 5-4 粒狀活性碳基本資料表.....349
表 5-5 粒狀活性碳反應槽設計參數表.....350
表 5-6 薄膜種類特性表.....351
表 5-7 薄膜應用於污水處理之操作參數.....351
表 7-1 不同處理方法之 SS 當量之污泥產生率.....364
表 7-2 污泥濃度表.....365
表 7-3 污泥濃縮設備優缺點比較表.....368
表 7-4 機械式濃縮方法之比較.....368
表 7-5 消化槽頂蓋型式之比較.....377
表 7-6 消化槽體型式之比較.....377
表 7-7 消化槽攪拌方式之比較.....377
表 7-8 各種污泥脫水機初步評估表.....384
表 7-9 乾燥機乾燥方式比較.....393
表 7-10 旋轉窯乾燥機案例說明.....395
表 7-11 不同乾燥機型式比較.....398
表 8-1 小口徑自然流下式、壓力式與真空式下水道系統特性比較表.....415
表 8-2 小規模污水處理廠各種處理方式之標準處理單元比較.....419
表 8-3 小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(一).....420
表 8-3 小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(二).....421
表 8-3 小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(三).....422
表 9-1 污水處理廠各處理單元之量測項目(1/2).....435
表 9-1 污水處理廠各處理單元之量測項目(2/2).....436
表 9-2 常用各量測項目之量測元件(1/2).....437
表 9-2 常用各量測項目之量測元件(2/2).....438
表 9-3 控制系統架構.....438
表 9-4 各處理單元程序控制方式.....442
表 9-5 儀表功能符號用字(字母)意義一覽表.....445
表 9-6 儀控單元操作開關及盤體代號組裝位置功能應用說明.....446

圖 1-1 2,000CMD 以下及 10,000~100,000CMD 規模之污水量時間變動比.....15
圖 1-2 當量人口數與尖峰係數關係圖(10 萬當量人口數以下) 17
圖 1-3 當量人口數與尖峰係數關係圖(10 萬~300 萬當量人口數) 17
圖 1-4 圓形管水流斷面示意圖 19
圖 1-5 圓形管之水力特性曲線 22
圖 1-6 非滿管流圓形管渠水力特性(粗糙係數為常數) 24
圖 1-7 已知設計流量、流速、管徑下之水力特性曲線(粗糙係數為常數) 25
圖 1-8 地下管線埋設分配位置示意圖 31
圖 1-9 剛性管基礎種類 32
圖 1-10 管頂接合示意圖 33
圖 1-11 設計水位接合示意圖 33
圖 1-12 人孔內跌落及人孔外跌落示意圖 34
圖 1-13 高落差跌落井示意圖 36
圖 1-14 螺旋導引式跌落人孔設施示意圖 36
圖 1-15 倒虹吸管示意圖 37
圖 1-16 污水人孔組立圖（例） 40
圖 1-17 調整直管部與頂部平板圖（例） 41
圖 1-18 P900 組立圖（例） 42
圖 1-19 P1500 組立圖（例） 42
圖 1-20 P2000 組立圖（例） 43
圖 1-21 導水槽構造示意圖 44
圖 1-22 進流管線銜接方式 44
圖 1-23 導水槽製作形式 45
圖 1-24 新式人孔面蓋開啟專用工具 47
圖 1-25 斜面式孔蓋(V 型).....47
圖 1-26 防墜落設施 47
圖 1-27 人孔蓋上浮排氣示意圖 48
圖 1-28 管渠設施內的狀況導致人孔蓋上浮、飛跳現象之要因關係圖 50
圖 1-29 導致人孔內水壓及空氣壓之狀況和要因關係圖 51
圖 1-30 導致人孔內的空氣塊急速上浮之狀況和要因關係圖 52
圖 1-31 硫化氫之腐蝕機制.....55
圖 1-32 國內某污水下水道人孔內瓦斯氣爆案例.....56
圖 1-33 湖南省一位居民在人孔蓋上玩鞭炮導致人孔內瓦斯氣爆案例 57
圖 1-34 通氣設施安裝示意圖.....58
圖 1-35 水流拖引管線上部空氣的理想化速度曲線圖.....59
圖 1-36 通風桿頂部風罩種類.....60
圖 1-37 英國小鎮街道上之污水管通氣設施 61

圖 1-38 舊金山 EMBARCADERO 地區頂端裝有旋轉風罩的通氣設施 61
圖 1-39 澳洲 ADELAIDE 市挑高型通氣設施示意圖 62
圖 1-40 設在倒虹吸管上之空氣跳躍管 62
圖 1-41 直管式連接井組成示意圖 67
圖 1-42 組合式污水陰井（連接井）立面示意圖 67
圖 1-43 受拉力之部位 71
圖 1-44 發生壓縮之部位 72
圖 1-45 發生彎曲之部位 72
圖 1-46 發生剪力之部位 72
圖 1-47 受浮力之部位 73
圖 1-48 人孔與管線接頭耐震對策之圖例 73
圖 1-49 管線與管線接頭耐震對策之圖例 73
圖 2-1 林口南區污水處理廠 85
圖 2-2 台北水源特定區坪林污水處理廠 87
圖 2-3 台南縣柳營鄉水資源回收中心 88
圖 2-4 鳳山溪污水處理廠 89
圖 2-5 多層與深層池槽的污水處理廠示意圖 90
圖 2-6 生物反應池與二級沉澱池立體化 90
圖 2-7 彰化縣二林鎮污水處理廠 91
圖 2-8 新竹市客雅水資源回收中心 93
圖 2-9 迪化污水處理廠廠區上層加蓋頂層作為球場及休閒設施照片 94
圖 2-10 台北市內湖污水處理廠鳥瞰照片 94
圖 2-11 雲林縣斗六市水資源回收中心廠區及附設籃球場 94
圖 2-12 內湖污水處理廠池槽頂版操作區照片 97
圖 2-13 台北市內湖污水處理廠平面配置圖 98
圖 2-14 迪化污水處理廠初級沉澱池進流渠道頂版操作區照片 98
圖 2-15 台北市迪化污水處理廠平面配置圖 99
圖 2-16 平面配置方案檢討比較(1/5) 107
圖 2-16 平面配置方案檢討比較(2/5) 108
圖 2-16 平面配置方案檢討比較(3/5) 109
圖 2-16 平面配置方案檢討比較(4/5) 110
圖 2-16 平面配置方案檢討比較(5/5) 111
圖 2-17 釋壓及真空閥 113
圖 2-18 管線幾何對稱 114
圖 2-19 分水井 115
圖 2-20 流量計及控制閥 115
圖 2-21 喉口式水槽 (CUTTHROAT FLUME) 116
圖 2-22 分水渠道－溢流堰 117

圖 2-23　分水渠道－沉沒式孔口 117
圖 2-24　分水渠道－沉沒式入口閘門 117
圖 2-25　漸變斷面分水渠道－配合沉沒式孔口或入口閘門 118
圖 2-26　零流速分水渠道－配合沉沒式孔口或入口閘門 118
圖 2-27　檢驗室配置示意圖例（大、中規模） 124
圖 2-28　檢驗室配置示意圖例（中小規模） 124
圖 2-29　伸縮接頭型式 126
圖 2-30　具止水環之過牆短管 126
圖 2-31　進流污水抽水站（新竹客雅水資源回收中心例） 127
圖 2-32　單段離心式鼓風機房照片及設計 128
圖 2-33 多段離心式鼓風機房設計例 129
圖 2-34 魯式鼓風機房設計例 129
圖 2-35　污泥處理機房之例（新竹客雅水資源回收中心例） 130
圖 2-36　各種隔離閥 137
圖 2-37　各種逆止閥 141
圖 2-38　傳統污水用排氣閥 142
圖 2-39　新式污水用複合式排氣及真空閥 142
圖 2-40　污水用釋壓閥 143
圖 2-41　用於渠道之止水閘門 144
圖 2-42　進流制水閘門安裝圖(局部) 145
圖 2-43　用於孔口流之堰閘及舌閥 145
圖 2-44　隔離閥手動驅動器 146
圖 2-45　隔離閥氣壓缸及液壓缸驅動器 146
圖 2-46　隔離閥電動驅動器 147
圖 2-47　緊急關閉隔離閥之液壓缸驅動器 147
圖 2-48　閘門手動驅動器 148
圖 2-49　多轉閘門之液壓缸驅動器 148
圖 2-50　電動驅動器 148
圖 2-51　蓄氣筒提供液壓驅動器的動力 149
圖 2-52　液壓泵提供液壓驅動器的動力 149
圖 2-53　兩段填料床及一段噴霧洗滌塔處理流程示意圖 154
圖 2-54　濕式洗滌塔照片 154
圖 2-55　生物洗滌塔除臭流程示意圖 156
圖 2-56　除臭用生物洗滌塔照片 156
圖 2-57　生物濾床除臭流程示意圖 158
圖 2-58　除臭用生物濾床照片 158
圖 2-59　臥式活性碳吸附系統示意圖 161
圖 2-60 立式活性碳吸附塔照片 162

圖 3-1 美國分類之污水處理廠所用攔污柵種類示意圖 167
圖 3-2 鏈條帶動式攔污柵 168
圖 3-3 往復耙行式攔污柵 169
圖 3-4 懸鏈式攔污柵 170
圖 3-5 連續清除式攔污柵 170
圖 3-6 靜態楔型網式細攔污柵 173
圖 3-7 旋轉鼓式細攔污柵 174
圖 3-8 階梯式細攔污柵 175
圖 3-9 微細篩操作示意圖 176
圖 3-10 篩渣壓榨機典型設備 177
圖 3-11 攔污柵除臭設備 179
圖 3-12 粉碎機實物相片例及安裝示意 181
圖 3-13 典型切碎機例 182
圖 3-14 典型磨碎機 182
圖 3-15 破碎機及攔污柵配置例 183
圖 3-16 抽水機分類 184
圖 3-17 抽水機依照機殼形狀的不同而分類 185
圖 3-18 抽水機依照葉輪的位置而分類 186
圖 3-19 抽水機依照電動機機軸與葉輪機軸的不同聯接方式而分類 186
圖 3-20 抽水機依照水流通過葉輪的三種不同路徑之分類 187
圖 3-21 抽水機依照葉輪有無側板之分類 187
圖 3-22 抽水機依照葉輪吸水口數量之分類 188
圖 3-23 抽水機依照機軸方向之分類 188
圖 3-24 不同軸聯接式-不堵塞泵浦之耐磨環及耐磨片 189
圖 3-25 同軸聯接、不堵塞型抽水機 190
圖 3-26 沉水式抽水機 191
圖 3-27 不同軸聯接、自吸式抽水機 192
圖 3-28 渦流式抽水機 193
圖 3-29 螺旋-離心式抽水機 193
圖 3-30 磨碎式抽水機 194
圖 3-31 切削式抽水機 194
圖 3-32 豎軸渦輪、可通過固體型抽水機 195
圖 3-33 柱塞式抽水機 196
圖 3-34 活塞式抽水機 196
圖 3-35 隔膜式抽水機 196
圖 3-36 旋轉式葉瓣抽水機 197
圖 3-37 推進腔式抽水機 197
圖 3-38 開放型螺旋抽水機 197

圖 3-39 氣壓噴射抽水機 198
圖 3-40 氣升式抽水機 198
圖 3-41 閉合型螺旋抽水機 200
圖 3-42 日本抽水機之分類 201
圖 3-43 抽水系統之各種水頭 205
圖 3-44 抽水機之基準線 205
圖 3-45 彎管水頭損失係數之 F_B 值 208
圖 3-46 漸擴管損失係數 208
圖 3-47 漸縮小管損失係數 208
圖 3-48 總動水頭之計算 209
圖 3-49 離心式抽水機典型特定曲線 210
圖 3-50 比速度與葉輪之形狀 211
圖 3-51 各種型式離心式抽水機性能曲線之比較 212
圖 3-52 單段、單吸離心式抽水機之最大效率依比速度及抽水量而改變 213
圖 3-53 在最佳效率點及最適比速度下之抽水機最大效率 214
圖 3-54 抽水系統各斷面流速示意圖 215
圖 3-55 典型抽水站及其壓力管線系統水頭-流量曲線 215
圖 3-56 決定單台單速抽水機在固定總靜水頭之操作點 216
圖 3-57 兩台抽水機並聯及串聯操作 216
圖 3-58 濕井高水位位置之決定 218
圖 3-59 各種吸水管的型式 219
圖 3-60 矩形濕井及進流口之優劣配置設計 220
圖 3-61 填角及地版圓錐 221
圖 3-62 大型抽水機防止渦流最佳隔間詳圖 221
圖 3-63 典型使用沉水式抽水機之矩形濕井設計圖 221
圖 3-64 裝設兩台沉水式抽水機之小型圓形濕井 222
圖 3-65 使用豎軸抽水機之新式渠道型濕井 223
圖 3-66 使用乾井抽水機之新式渠道型濕井 223
圖 3-67 渠道型濕井清除沉積物示意圖 224
圖 3-68 使用沉水式抽水機之新式渠道型濕井（用於小型定速抽水機） 225
圖 3-69 接近管示意圖 225
圖 3-70 進流抽水站自清式渠道型濕井設計（新竹客雅水資源回收中心例） 227
圖 3-71 狹窄隔間之濕井配置示意圖 228
圖 3-72 機械式攪拌機 229
圖 3-73 分支管攪拌 229
圖 3-74 豎軸集水坑抽水機 229
圖 3-75 沉水式抽水機 229
圖 3-76 預迴旋槽之例 230

圖 3-77 抽水機吸水及出水管線、管件及閥類 232
圖 3-78 豎軸渦輪式抽水機 232
圖 3-79 自吸式抽水機 232
圖 3-80 真空吸引式抽水機 232
圖 3-81 豎軸抽水機之電動機設置於上層 233
圖 3-82 進流抽水站使用螺旋抽水機的相片及設計圖 235
圖 3-83 進流抽水站乾井使用沉水式抽水機的相片 235
圖 3-84 300 HP 電動機用調頻轉換器照片 238
圖 3-85 單台變速抽水機在不同轉速下之特定曲線與系統曲線合併圖 240
圖 3-86 變頻抽水機在不同總靜水頭下之有效變頻範圍 241
圖 3-87 抽水機葉輪上蒸汽氣泡的形成 242
圖 3-88 豎軸軸流式抽水機穴蝕損壞照片 243
圖 3-89 流式抽水機葉輪的速度示意圖 243
圖 3-90 抽水試驗所決定之 NPSH 準則 245
圖 3-91 比速度 Ns 與 THOMA 穴蝕常數 Σ 之關係 246
圖 3-92 裝在傳統抽水機葉輪的典型誘導器（軸流葉輪） 247
圖 3-93 水錘現象防止或減輕方法 250
圖 3-94 複合式排氣及真空閥安裝方式示意圖 251
圖 3-95 豎軸離心式抽水機自動供應軸封水之系統流程 252
圖 3-96 矩形沉砂池例 260
圖 3-97 方形沉砂池例 260
圖 3-98 曝氣沉砂池在各種水力停留時間下對各種粒徑砂礫之去除率 262
圖 3-99 曝氣沉砂池構造示意及照片 263
圖 3-100 平底渦流沉砂池 264
圖 3-101 斜底渦流沉砂池及砂礫脫水分離機示意圖 265
圖 3-102 斜底渦流沉砂池典型尺寸圖 265
圖 3-103 旋流機及砂礫脫水分離機照片 265
圖 3-104 渦流沉砂池設計圖（新竹市客雅水資源回收中心例） 266
圖 3-105 正方形沉澱池 270
圖 3-106 圓形初級沉澱池 271
圖 3-107 長方形沉澱池(1/4)（新竹市客雅資源回收中心例） 272
圖 3-107 長方形沉澱池(2/4)（新竹市客雅資源回收中心例） 273
圖 3-107 長方形沉澱池(3/4)（新竹市客雅資源回收中心例） 274
圖 3-107 長方形沉澱池(4/4)（新竹市客雅資源回收中心例） 275
圖 3-108 污泥斗與抽泥抽水機配置圖 276
圖 3-109 初級沉澱池的防臭蓋 276
圖 3-110 圓形初級沉澱池加防臭蓋 276
圖 3-111 276

圖 3-112 長方形初級沉澱池進流口設計 279
圖 3-113 阻流板之例 279
圖 3-114 有孔整流壁之例 280
圖 3-115 傳統中央進水式的進流管注水孔口設計方式 281
圖 3-116 中央進水式沉澱池水流型態 281
圖 3-117 標準型中央進水豎管及注水孔口設計 281
圖 3-118 利用進流渠道底部開孔來配水之周邊進水式沉澱池 282
圖 3-119 周邊進水式沉澱池照片 282
圖 3-120 利用螺旋流型式來配水之周邊進水式沉澱池 283
圖 3-121 長方形池刮渣管設計 284
圖 3-122 長方形池刮渣管安裝示意圖 284
圖 3-123 圓形池浮渣去除設備 284
圖 3-124 圓形池出水渠道及溢流堰 285
圖 3-125 長方形池出水渠道設置位置圖 286
圖 3-126 噴水系統去除圓形池蛇狀溢流堰上的藻類 286
圖 3-127 長方形池之沉水式開孔管（台北內湖污水處理廠例） 288
圖 3-128 圓形池之出水管照片 289
圖 3-129 長方形沉澱池使用鏈條刮板式刮泥機 290
圖 3-130 長方形沉澱池使用走橋式刮泥機 290
圖 3-131 長方形沉澱池使用往復式刮泥機 291
圖 3-132 長方形沉澱池池間採開孔隔牆 291
圖 3-133 鏈條刮板式橫向刮泥機（新竹客雅水資源回收中心例） 292
圖 3-134 螺紋式橫向刮泥機（台北內湖污水處理廠例） 292
圖 3-135 迴轉式刮泥機的刮板型式 294
圖 3-136 螺線型刮板 294
圖 3-137 對數螺線型刮板 295
圖 3-138 百葉式直刮板 295
圖 3-139 百葉式彎刮板 295
圖 3-140 傳統刮板與螺線型刮板之污泥移動路徑 296
圖 3-141 橋面支撐式驅動機 296
圖 3-142 中心柱支撐式驅動機 296
圖 3-143 周邊驅動式驅動機照片（斗六市水資源回收中心例） 297
圖 3-144 雙層沉澱池示意圖 299
圖 3-145 並聯流型式雙層初級沉澱池（台北市迪化污水處理廠例） 301
圖 4-1 標準活性污泥法 (ACTIVATED SLUDGE)示意圖 305
圖 4-2 階梯曝氣法(STEP FEED AERATION)示意圖 305
圖 4-3 氧化渠法(OXIDATION DITCH)示意圖 305
圖 4-4 分批式活性污泥法(SEQUENCING BATCH REACTOR)示意圖 306

圖 4-5 深層曝氣法(DEEP TANK AERATION)示意圖 306
圖 4-6 活性污泥膜濾法(MEMBRANE BIOREACTOR)示意圖 307
圖 4-7 完全混合式流程示意圖 309
圖 4-8 柱塞流式流程示意圖 309
圖 4-9 A_2O(ANAEROBIC/ANOXIC/OXIDE)處理程序示意圖 310
圖 4-10 MODIFIED BARDENPHO 處理程序示意圖 311
圖 4-11 MUCT(UNIVERSITY OF CAPE TOWN)處理程序示意圖 311
圖 4-12 VIP(VIRGINIA INITIATIVE PLANT)處理程序示意圖 311
圖 4-13 MSBR(MODIFIED SEQUENCING BATCH REACTORS)處理程序示意圖 312
圖 4-14 TNCU(TAIWAN NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY)處理程序示意圖 312
圖 4-15 除氮段數、循環比與除氮效率圖 315
圖 4-16 MLE(MODIFIED LUDZACK AND ETTINGER)除氮程序示意圖 317
圖 4-17 SBR(SEQUENCING BATCH REACTORS)處理程序示意圖 317
圖 4-18 BARDENPHO 除氮程序示意圖 318
圖 4-19 氧化渠法除氮程序示意圖 318
圖 4-20 MBR 除氮程序示意圖 318
圖 4-21 分段進水除氮程序示意圖 319
圖 4-22 散氣裝置及空氣管線 321
圖 4-23 容積式(魯式)鼓風機 326
圖 4-24 多段離心式鼓風機 326
圖 4-25 單段離心式鼓風機(馬達直驅式) 326
圖 4-26 單段離心式鼓風機(馬達+減速機驅動) 327
圖 4-27 豎軸式表面曝氣機 328
圖 4-28 浸沒式曝氣攪拌機 329
圖 4-29 噴射攪拌曝氣系統 332
圖 4-30 生物膜基質擴散示意圖 333
圖 4-31 接觸曝氣法各種曝氣方式(下水道工程學，歐陽嶠暉，2011 年) 334
圖 4-32 接觸曝氣法流程配置圖例(下水道工程學，歐陽嶠暉，2011 年) 334
圖 4-33 常見接觸濾材型式 335
圖 4-34 好氧生物濾床系統 337
圖 4-35 好氧生物濾床系統(台南市虎尾寮污水處理廠) 337
圖 4-36 圓形二級沉澱池剖面示意圖 340
圖 4-37 矩形二級沉澱池剖面示意圖 341
圖 5-1 向上流式過濾法 344
圖 5-2 向下流式過濾法 344
圖 5-3 高速過濾法 345
圖 5-4 反洗方式 346
圖 5-5 快混池 347

圖 5-6 攪拌機槳葉型式及常數圖 347
圖 5-7 膠羽機設備 348
圖 5-8 活性碳吸附法示意圖 349
圖 5-9 薄膜分離法示意圖 352
圖 6-1 氯氣加藥流程示意圖 354
圖 6-2 氯氣貯存型式實景圖 355
圖 6-3 氯氣檢漏及安全設施實景圖 355
圖 6-4 氯氣中和設備洗滌塔實景圖 356
圖 6-5 加氯控制設施實景圖 356
圖 6-6 加藥機設備 357
圖 6-7 次氯酸鈉加藥設施實景及示意圖 358
圖 6-8 紫外線消毒設備實景及示意圖 359
圖 6-9 臭氧消毒系統流程示意圖 360
圖 7-1 污泥處理程序選定流程圖 362
圖 7-2 污泥處理及最終處置程序 363
圖 7-3 污泥貯槽配置圖 367
圖 7-4 重力濃縮槽(林口南污廠例) 369
圖 7-5 帶濾式濃縮機 370
圖 7-6 離心式濃縮機 371
圖 7-7 滾筒式污泥濃縮機 372
圖 7-8 浮除式濃縮槽 373
圖 7-9 單段厭氧消化處理流程示意圖 375
圖 7-10 二段式厭氧消化處理流程示意圖 376
圖 7-11 消化槽攪拌方式示意圖 376
圖 7-12 消化槽頂蓋型式示意圖 377
圖 7-13 消化瓦斯貯存槽之型式 378
圖 7-14 消化瓦斯燃燒裝置 378
圖 7-15 厭氧消化槽（六堆厝污水處理廠例） 378
圖 7-16 厭氧消化槽（六堆厝污水處理廠例） 379
圖 7-17 厭氧消化槽（淡水水資源回收中心例） 379
圖 7-18 厭氧消化槽（迪化污水處理廠例） 379
圖 7-19 消化瓦斯貯槽（迪化污水處理廠例） 380
圖 7-20 尹霍夫槽示意圖 381
圖 7-21 好氧消化槽（大溪污水處理廠例） 381
圖 7-22 高分子凝聚劑調理機配置及相片 383
圖 7-23 帶壓式脫水機（林口南區污水處理廠例） 385
圖 7-24 帶壓式脫水機示意圖 386
圖 7-25 離心式脫水機例（宜蘭水資源回收中心） 386

圖 7-26 離心式脫水機示意圖 387
圖 7-27 壓濾式脫水機(淡水水資源回收中心例) 388
圖 7-28 壓濾式脫水機示意圖 388
圖 7-29 螺旋壓濾式脫水機示意圖 389
圖 7-30 污泥曬乾床 390
圖 7-31 堆肥一般程序 391
圖 7-32 堆積式醱酵槽 392
圖 7-33 橫式醱酵槽 392
圖 7-34 直立式醱酵槽 392
圖 7-35 旋轉窯乾燥機流程暨示意圖 394
圖 7-36 中空或夾套之槳板式乾燥機流程暨示意圖 396
圖 7-37 流動床乾燥機示意圖 396
圖 7-38 兩段式乾燥機示意圖 397
圖 7-39 真空式乾燥機流程及照片 399
圖 7-40 流體化床式焚化爐示意圖 400
圖 7-41 下水污泥熱解處理流程圖 401
圖 7-42 東京都污泥碳化處理流程圖 402
圖 7-43 日本下水污泥碳化實廠處理流程圖 403
圖 7-44 下水污泥熔融處理流程 404
圖 8-1 真空式污水下水道系統主要組成圖 409
圖 8-2 真空閥與貯留槽一體之構造 409
圖 8-3 真空式污水下水道系統圖 410
圖 8-4 真空式用戶接管配置示意圖 410
圖 8-5 磨碎式抽水機單元斷面圖 411
圖 8-6 壓力式污水下水道系統概念圖 412
圖 8-7 壓力式污水下水道系統主要組成圖 412
圖 8-8 壓力式下水道收集系統示意圖 413
圖 8-9 小口徑自然流下式下水道系統配置圖 414
圖 8-10 小口徑自然流下式下水道用戶接管接入高程概念圖 414
圖 8-11 小規模污水下水道系統收集方式之適用範圍 416
圖 8-12 小規模污水處理廠處理方式之選擇程序 418
圖 8-13 水社污水處理廠之處理流程示意圖 423
圖 8-14 水社污水處理廠之處理流程示意圖 424
圖 8-15 污泥處理方式之選擇程序 427
圖 8-16 移動式污泥脫水車 428
圖 9-1 閉迴路控制系統方塊圖 431
圖 9-2 開迴路控制系統方塊圖 431
圖 9-3 類比信號圖 431

圖 9-4 數位信號圖 431
圖 9-5 監控系統信號組合圖 432
圖 9-6 個別監視操作方式 439
圖 9-7 集中監視個別操作方式 439
圖 9-8 集中監視集中控制(操作)方式 439
圖 9-9 集中監視分散控制方式 439
圖 9-10 污水處理廠監控系統架構示意圖 440
圖 9-11 電腦監控系統架構示意圖 441
圖 9-12 儀表符號標註方式範例 447
圖 9-13 處理單元儀表元件編號屬性及建置原則範例 447
圖 9-14 處理單元設備編號屬性及建置原則範例 447
圖 9-15 處理單元及程序儀表連接線形及符號範例 448
圖 9-16 處理單元及程序儀表連接線形及符號範例 448
圖 9-17 程序儀表計量檢測元件符號範例 448
圖 9-18 程序儀表特殊檢測符號及標示(分析類)範例 449
圖 9-19 程序儀表檢測計量與變換器功能變數符號及標示範例 449
圖 9-20 儀控單元驅動設備用操作開關功能變數符號及標示範例 450
圖 9-21 儀控系統 P&ID 示意圖之一(污水抽水井及流量控制閥)範例 450
圖 9-22 儀控系統 P&ID 示意圖之二(欄污機與篩除渣輸送) 451
圖 9-23 中央監控中心監控設備配置示意圖 454
圖 9-24 控制台與螢幕或電視牆配置示意圖 454
圖 9-25 中央監控中心監控設備配置實景圖之一 455
圖 9-26 儀控系統組合配置實景圖之二 455

第一篇　　總則

一、　設計指針內容

公共污水下水道系統分為用戶接管、管網及污水處理廠等三大部分，本規範內容主要規範管網及污水處理廠之設計準則，包括污水下水道管渠及附屬設施、污水處理廠及附屬設施、污水初級處理、污水二級處理、污水三級處理、污水消毒處理、污泥處理、小規模污水下水道系統、儀錶及控制設備。

二、　使用原則要領

污水下水道建設計畫，其過程包括規劃、設計、興建，並於實施計畫經獲核定後，再據以實施。設計前須先就實施計畫核定範圍內檢討規劃合理性或最適性，以作為進行實施之依據。

管線系統配置應包括：

1. 依規劃設計及水理計算原則，確認計畫區域範圍內之佈管路線、埋管深度、人孔位置及實際可施作之用戶接管。
2. 調查並瞭解計畫範圍內道路開闢狀況及地形變化。
3. 調查並瞭解計畫範圍內用戶污排水管出口位置及高程，以確定用戶接管之起始點高程。
4. 其他單位管線位置、管徑、設施及高程。
5. 接入既有管線人孔位置、結構型式及管線高程。
6. 考量距離及高程，以較短之距離埋設接入既有人孔內，其接入人孔之高程依管渠之接合方式，其坡度依污水量估算辦理。
7. 如佈管路線高程遇其他管線時，應就污水管線可否以提高（或降低）高程，或改變佈管路線、水流方向及管線遷移等方式解決。

處理程序選定應考量：

1. 計畫放流水之處理目標及放流水回收再利用之可行性。
2. 計畫污水之水質水量及其變動。
3. 用地面積及環境條件。
4. 國內外已發展成熟且具有良好實績之技術。

5. 工程及操作維護之費用及成本效益。
6. 操作技術不宜太過複雜。
7. 機電設備維修便捷，不需耗費大量人力及能源。
8. 安全問題。
9. 不致對於環境（包括生態、景觀、空氣、地下水）及承受水體造成明顯之衝擊。
10. 不致引起二次公害如噪音、臭味、振動及泡沫等問題。
11. 廠內視覺景觀及交通動線應順暢。
12. 兼顧未來處理功能之提升及擴建之便利性。
13. 污泥處理及最終處置方法依處理設施之規模、污泥量及污泥性狀、最終處置、用地條件、建設費、維護費、管理難易及公害對策等定之。
14. 污泥處理及最終處置單元程序，包括污泥濃縮、消化、脫水、曬乾、堆肥、乾燥及熱處理（如焚化、碳化、熱解、熔融等）、最終處置及能資源利用等，其設計應依最終處置方式組合之。

三、 本設計指針用詞定義

1. 下水道工程設施：指管渠、抽水站、污水處理廠（水資源回收中心）及其相關設施。
2. 計畫污水量：係指各計畫區依其計畫目標年之計畫人口、預估每人每日污水量加計滲水量及事業廢水量等，用以設計污水下水道設施之計畫容量。
3. 平均日污水量：在計畫目標年次一年內，全年之平均污水量。
4. 最大日污水量：在計畫目標年次一年內發生最大污水量之日所產生之一日污水量，為平均日污水量的 1 點 2 至 1 點 4 倍。
5. 最大時污水量：最大日污水量發生日之尖峰一小時所產生之污水量換算為二十四小時數值之污水量。
6. 倒虹吸管：橫越河川、運河、鐵路、地下道及障礙物之底部凹形壓力管渠。
7. 人孔：為銜接、檢查或清理管渠，供維修人員能出入之設施。
8. 陰井：為將污水導入下水道管渠之設施。

9. 連接管：污水陰井與下水道管渠或設施連接之管。

10. 滲水量：由埋設於地下之管渠及接頭裂隙或人孔等處滲入管內之水量。

11. 放流口：放流水進入承受水體之處所。

12. 外水位：護岸或堤防臨水面之水位。

13. 繞流設施：設於水路、水池之一旁，當常用設備停用時仍可使用之繞水路。尤以緊急狀況或不需經次一單元處理時用之。

14. 水表面積負荷率（立方公尺／平方公尺·日）：單位水表面積在單位時間內所流經之水量。

15. 水力停留時間(Hydraulic Retention Time，縮寫為 HRT，其單位為小時、分鐘或日)：水池之有效容量除以單位時間流量所得之商，其計算式如下：

$$HRT = \frac{V}{Q}$$

式中：V 為水池體積(立方公尺)；Q 為流量(立方公尺／小時、分鐘或日)。

16. 總揚程：抽水機組之淨揚程、損失水頭與流速水頭之總和。

17. 吸入淨揚程：吸入水面與抽水機葉輪基準面之垂直距離。

18. 孔蝕：抽水機因轉速過大或吸水高度太高，導致機內最低壓力低於其水溫應有之飽和蒸氣壓，致產生水蒸氣氣泡，如流入壓力較高處，會因迅速破裂而發生噪音和振動；若長時間持續，會侵蝕葉片等材料之現象。

19. 水錘：在壓力水路中，因流量急劇變化而產生管內壓力驟增或驟降之現象。

20. 生物化學需氧量(Biochemical Oxygen Demand，縮寫為 BOD)：水樣在攝氏二十度培養五日後，微生物進行生物氧化分解有機物質時所消耗之氧量。

21. 懸浮固體物(Suspended Solids，縮寫為 SS)：懸浮於污水或其表面之固體物。

22. 初級處理：利用物理方法分離、去除水中大部分粗大固體物、砂粒、懸浮固體、油脂及少部分之膠體、溶解固體與生物化學需氧量之處理過程；通常為污水處理之最先處理過程。

23. 二級處理：經初級處理後之污水之後續處理，利用微生物以去除溶解性、膠狀性之有機物及氮、磷營養鹽為目的之處理過程。

24. 三級處理：利用物理、化學或生物方法將經二級處理後污水中殘存之懸浮固體物、膠體物質，及其他微量物質等去除之處理過程。

25. 活性污泥法：利用懸浮性微生物群以處理污水之生物處理法，污水在反應槽中與活性污泥（微生物群）混合，經曝氣及微生物代謝作用（分解有機物）後，去除有機物。其後混合液經沉澱或固液分離為上澄液（處理水）與污泥。一部分污泥視需要迴流至反應槽，其餘以剩餘污泥排出。

26. 硝化：由微生物之作用，將污水中之氨氮氧化為亞硝酸鹽、硝酸鹽之現象。

27. 脫硝：在有內部或外部碳源之下，藉微生物之反應作用，使硝酸鹽或亞硝酸鹽轉化為氮氣之現象。

28. 去氮除磷：藉混合微生物中之磷蓄積菌在厭氧段釋磷、在好氧段超量攝磷、硝化菌在好氧段硝化、脫硝菌在缺氧段脫硝，以去除污水中之氮、磷之處理方法。

29. 生物膜法：微生物生長累積在一介質的表面上以形成一生物覆膜，此覆膜稱之為生物膜，利用該生物膜以處理污水中污染物質的方法稱為生物膜法。

30. 整流設施：使水流速均勻、流向一致之設施。

31. 溢流堰：能使水溢流而過之設施。

32. 溢流堰負荷：單位長度之溢流堰每日所溢流之水量。

33. 混合液懸浮固體物(Mixed Liquor Suspended Solids，縮寫為 MLSS)：反應槽內混合液中懸浮固體物。

34. 餘氯：氯與水或污水接觸一段時間後在水中以自由或結合氯之形態存在者。

35. 污泥停留時間(Sludge Retention Time，縮寫為 SRT)：活性污泥存在於反應槽、最終沉澱池及迴流污泥系統之停留時間。

36. 計畫污泥量：以計畫最大日污水量為基準，計算進入污泥處理系統之污泥量。

37. 污泥濃縮：藉重力、浮除、離心力、過濾或其他方法降低污泥之含水量之過程。

38. 污泥消化：利用厭氧性或好氧性微生物之分解作用將污泥中之生物質或有機物氣化、液化、安定化及減量化之過程；依微生物之特性分為厭氧

消化及好氧消化二種。

39. 好氧消化：利用好氧性微生物在有氧狀態下進行分解污泥有機物之過程。

40. 厭氧消化：在完全無自由氧存在環境下經由微生物分解污泥有機物之過程。

41. 迴流污泥率：為維持活性污泥反應槽中之污泥濃度及其活性，從二級沉澱池之沉澱污泥中迴流適量污泥至反應槽中與進流污水量之比率。

四、 本設計指針依據原則如下

原則1. 污水管渠採用計畫最大時污水量，但必要時，得依排水區域之實際情況酌以增減。並以曼寧公式計算水流斷面積及流速、管渠管徑及坡度。

污水管渠於計畫最大時污水量時，其最小流速為每秒零點六公尺，最大流速為每秒三點零公尺。

原則2. 污水管渠及材質應符合國家標準。

原則3. 污水管渠之埋設應具最小覆土深度、基礎及保護設施，內、外面有磨損或腐蝕之虞者，應設耐磨損設施或防腐蝕處理。

原則4. 污水管渠接合及接頭材料規定如下：

(1) 管徑變化或二支以上管渠接合時，以設計水位或管渠頂部內緣齊平相交接合。管渠會合處，應設置適當跌落設施，或加大管渠坡度。

(2) 管渠接入（出）人孔段應為可撓性。

(3) 管渠接頭材料應可配合各種管渠之型式及尺寸，且具水密性、防蝕性、不易變質及具充分彈性。

原則5. 污水管渠穿越鐵路、公路、自來水管、瓦斯管、油管、河川、堤防、電纜及其他難以移設之構造物時，得設置倒虹吸管，並增設保護設施。

原則6. 污水管渠在起始點、方向、坡度、管徑變化處、會流點、底部高程驟變或為量測流量、清理之需要，應設置人孔。

污水管渠人孔設置之間距依清理、維修、管渠接合等因素而定，其孔蓋並應為平整密封以防止雨水、砂土滲入，及防彈跳設計。

原則7. 污水陰井為圓形或矩形，其井蓋為鑄鐵或耐壓材料製成，其蓋應能緊密，以防止雨水、砂土滲入，底部應為凹形導水槽。

污水連接管應為鋼筋混凝土管或其他同等外壓強度之耐久性管渠，

最小管徑為二百毫公尺。

原則8. 放流口放流水之流速不得妨礙航行、影響附近構造物及造成沖刷，排放口之底面高程應高於承受水體之最低水位。

放流口低於外水位者，應設置閘門或擋水設施，必要時應設置高水位時之排水抽水機。

原則9. 污水管渠應依埋設位置，設置防震設施。

原則10. 污水處理分為初級、二級及三級之處理程序，**污**水處理廠應依水量、水質、經濟性、操作維護、節能及資源化再利用，選擇最適當之處理程序。

原則11. 污水處理廠設置規定如下：

(1) 與住宅間應有適當綠地間隔。

(2) 沉砂池至放流口之間水頭損失不得大於三點五公尺，三級處理得不在此限。

(3) 應考量防洪及防震設施。

(4) 應設置水質實驗室。

(5) 應設置防臭、防噪音及震動設施。

(6) 廠區之動線規劃應易於操作及維護，建築物應採綠建築節能設計。

(7) 污水處理廠得採多目標利用，供居民活動之空間，不得與廠區混雜使用。

原則12. 污水處理各種池槽設施之設置規定如下：

(1) 應為水密性構造物，並設置維護管理步道。

(2) 出水高至少為五十公分，必要地點應設置一百二十公分高護欄。

(3) 各池槽於空槽時應能抵抗地下水上浮壓力。

(4) 管線銜接池體、建築物等結構物或穿越不同地質於支撐穿牆後應設置可撓性接頭。

原則13. 抽水機房應具通風、防噪音、防臭及防淹水設施，必要時應設置防爆設施。

原則14. 污水處理廠內之管渠平均流速為每秒零點六公尺至一公尺，各種配管，應分別以不同顏色區分，並標示其中之內容物。

原則15. 初級處理設施除最初沉澱池之計畫污水量採用計畫最大日污水量外，其餘皆採用計畫最大時污水量設計。

原則16. 攔污柵設置規定如下：

(1) 應設置於抽水機或沉砂池之前。

(2) 應設置攔除物之清除設施、保養檢查用通道；作業空間應設置扶手或欄杆，設於室內者應有通風設備。

(3) 應充分考量清理方式所需之傾斜角度。

原則17.抽水井設置規定如下：

(1) 應具水密性抗浮力之構造物。

(2) 抽水井及其進流口之配置，應防止引起亂流或渦流現象。

(3) 管渠內平均流速為每秒一公尺至一點五公尺為準，並設置適當之繞流設施，及必要檢測及維修設施。

(4) 濕井設計得為自清式。

原則18.抽水設備設置規定如下：

(1) 抽水機應採同一性能同一容量，其設置臺數依計畫抽水量及抽水機性能而定。但計畫抽水量之變化甚大者，得採用不同容量之抽水機。

(2) 抽水機吸水端口徑依抽水量及吸水端口流速決定之。

(3) 吸水端口流速為每秒一點五公尺至三公尺。

(4) 抽水機總揚程依淨揚程、吸水管與出水管及閥類之水頭損失及出水管末端之速度水頭決定。

(5) 抽水機淨揚程依抽水機之入口水位、出口水位之變動範圍決定。

(6) 抽水機應考量防止浸水、孔蝕及水錘現象。

(7) 抽水機基座、配管及過牆管等，應設置防震設施。

(8) 視需要考量防爆等相關安全措施。

原則19.抽水機之操作控制、電動機、電力設備、抽水機室、配電室及主控室等之設置規定如下：

(1) 電動機設置規定如下：

i. 應採用感應式電動機。

ii. 型式依安裝地點之周圍環境而定。

iii. 起動電流應符合電力事業之屋內裝置規定。

iv. 應設置適當之過電流保護設備，且開關與起動器設備相互間應設防止誤操作之連鎖裝置。

v. 應具有安全之絕緣等級。

(2) 內燃機設置規定如下：

i. 雨水抽水機之動力或備用發電機之原動機，應為柴油內燃機。

ii. 柴油內燃機應設置可貯存四十八小時以上連續運轉所需油類之燃料箱及充電之輔助設備。

iii. 使用大型內燃機者應裝設電動吊車。

(3) 設置電力設備、自用緊急發電設備及其他備用電力應符合電業相關法令規定。

(4) 抽水機室、配電室及主控室設置應為不燃性構造物，並應有良好通風、採光，防止噪音、振動及充分照明設備，並避免浸水。

原則20. 沉砂池設置規定如下：

(1) 應設置於處理設施之前，池數為二池以上。

(2) 池之容量依污水量及水表面積負荷率而定，並應考量池內之平均流速及水力停留時間。

(3) 採曝氣沉砂池設置者，其送氣量以沉砂池單位長度計算，並應設置消泡設施。

(4) 採渦流式沉砂池設置者，其出口寬度依入口寬度定之，池內應裝置機械式攪拌設施。

(5) 池之有效深度應配合進流管渠之有效水深訂定，池底應設貯砂槽及防止短流設施。

(6) 出入口應設閘門或擋水設施。

原則21. 初級沉澱池設置規定如下：

(1) 池之形狀依處理廠規模、用地面積及處理場各單元之配置而定，池尺寸比例、直徑等應考量污水水流之均勻，並應具防止污水滯留、亂流及偏流功能。

(2) 池之容量依污水量、水表面積負荷率、平均流速、有效水深及沉澱時間而定，並應留置出水高度。

(3) 池數為二池以上，並應設置刮泥設備，池底應依池之形狀及刮泥設備設置坡度。進水口應設置整流設施。

(4) 出水設備以溢流堰為主或設置孔口管浸沒出水，並設置除渣設備。

(5) 漏斗型之污泥貯留槽底部應具刮集污泥所需尺寸，槽壁應具一定坡度。

(6) 污泥應以抽泥機抽排，並設置清除口。

(7) 池槽得採單層或多層設置。

原則22. 污水二級處理方法包括活性污泥法及生物膜法，其計畫污水量採用計畫最大日污水量。

原則23. 反應槽設置規定如下：

(1) 活性污泥法

i. 反應槽設置依進流水質、水量、用地需求及經濟因素而定。

ii. 設計參數包括混合液懸浮固體物濃度（MLSS）、有機物負荷率（F/M）、進流水質、水量、水力停留時間（HRT）、污泥停留時間（SRT）。

iii. 需氧量依有機物氧化所需氧量、硝化反應需氧量、內呼吸消耗氧量及維持反應槽溶氧濃度之必需氧量而定。

iv. 空氣量依氧溶解效率及空氣中含氧密度等而定。

(2) 生物膜法

i. 依據污水量、生物化學需氧量容積負荷、面積負荷、硝化反應、經濟性及用地需求等因子選擇處理方法。

ii. 曝氣槽容量依污水量及水力停留時間、氧供給能力而定，且應具防止污泥推積等設施。

(3) 活性污泥法及生物膜法之共同部分規定為：

i. 為防止水流之短路及維持水質均勻，得設置阻流設施。

ii. 應設置防腐蝕及消泡設施。

原則24. 污水處理廠放流口位於水源水質水量保護區者、可依放流水承受水體之需求狀況者，污水處理採用一般生物處理、含去氮除磷處理、含去氮處理。

原則25. 二級沉澱池設置規定如下：

(1) 池之形狀依處理場規模、用地面積及處理場各單元之配置而定，池尺寸比例、直徑等應考量污水水流之均勻，並應具防止污水滯留、亂流及偏流功能。

(2) 池之容量依污水量、水表面積負荷率、有效水深及沉澱時間而定。

(3) 池數為二池以上，應設置刮泥設備，池底應依池之形狀及刮泥設備設置坡度。進水口應設置整流設施。

(4) 出水設備以溢流堰為主，亦可以孔口管浸沒出水設計，並應設置浮渣刮除設備。

(5) 污泥得藉水位差排放或以抽泥機抽排，並應在適當地點設置清除口。

(6) 池槽得採單層或多層設置。

原則26. 污水經二級處理後，如需去除水中之殘存懸浮固體物、膠體物質，及其他微量物質時，得設三級處理。

原則27. 污水經二級處理後之水中殘存懸浮固體物，得以快濾法去除。

過濾速度依進流水及過濾水之水質、懸浮固體去除能力及持續過濾時間等因素決定。

原則28. 消毒方法分為氯氣消毒、次氯酸鈉消毒、二氧化氯消毒、紫外線消毒或臭氧消毒等，其消毒效果應符合放流水標準。

原則29. 採加氯消毒者規定如下：

(1) 其計畫污水量採用計畫最大時污水量，並應考量消毒劑貯存量之有效氯量、加氯後之接觸時間、餘氯量。

(2) 氯消毒接觸槽之容量依計畫最大時污水量及水力停留時間而定。

(3) 自來水取水口上游污水處理水之消毒應能防止承受水體衍生三鹵甲烷。

採臭氧消毒者，臭氧產生機應有一臺備用，且每一臺有一組高濃度臭氧監測器。

原則30. 污水處理水回收再利用之水質基準，依各種用途相關規定標準，配合處理之。

原則31. 污水處理水回收再利用處理設施設置規定如下：

(1) 取水場所應設於水位變動少、不易受沉澱物影響，且能確保充分取水量之處。

(2) 回收水再利用之處理設備應設置備用設施。

原則32. 污泥處理及處置方法依處理設施之規模、污泥量及污泥性狀、最終處置、用地條件、建設費、維護費、管理難易及公害對策等定之。

原則33. 污泥處理及處置單元程序，包括污泥濃縮、消化、脫水、曬乾、堆肥、乾燥及熱處理、資源化利用等，並依最終處置或再利用方式組合之。污泥處理計畫污泥量，各單元採用最大日污泥量。

原則34. 污泥資源化利用處理方式，得採一種或多種組合之。

可採單獨或複數污水處理廠集中處理其污泥，並就其經濟性、能源消耗、資源利用效益等，以決定其後續處理程序。

原則35. 污泥最終處置，包括綠農地肥料、土壤改良利用、建設材料、原料利用、燃料利用及掩埋等能資源利用。

原則36. 小規模污水下水道系統設施係指其收集及處理之計畫平均日污水量為每日五千立方公尺以下者。

原則37. 小規模污水下水道系統管渠及抽水站計畫污水量採用最大時污水量，污水處理廠計畫污水量除前處理、消毒及放流採用最大時污水量，其餘採用最大日污水量。

原則38. 小規模污水下水道系統各單元設置，得準用本標準第三章第三十二條至第五十八條之規定。但因地形或系統因素，得酌予變更參數，並送主管機關核定。

原則39. 處理設施之控制設備規定如下：

(1) 控制之種類依系統規模及特性選用下列之單項或多項組合：

i. 單獨控制。

ii. 程序控制。

iii. 連鎖控制。

(2) 操作方式選用下列之單項或多項組合：

i. 手動控制方式。

ii. 自動控制方式。

iii. 遠端控制方式。

iv. 現場控制方式。

原則40. 儀表及控制系統設置應考量因素如下：

(1) 處理廠之規模及未來擴建之需求性

(2) 控制點之數量

(3) 集中操(監)控或遠距操(監)控

原則41. 儀控系統之架構由現場(field)、中央(Center)及聯繫網路三部份所構成。

現場儀控設施由量測表計/元件、控制儀器、傳訊設備與或顯示/警示/記錄/控制器所構成；中央之儀控設施由顯示、警示、記錄、控制器、監控管理系統等設備所構成；聯繫網路為串聯現場與中央之儀控訊息之介質。

原則42. 處理廠儀控設置規定如下：

(1) 於抽水站濕井中不應有穿越乾濕井隔牆之儀電管路。

(2) 進出控制室及危險氣體蓄積空間之儀控管路，於完成穿線後應以填縫劑密封。

(3) 儀電管線應為防蝕材質，儀控系統應保有適當之擴充容量。

第二篇　污水下水道工程設施

第一章污水下水道管渠及附屬設施

第 1 節　總論

污水管渠之設置應依設計流量，就地形地勢、道路狀況、河川狀況、地下障礙物、人口聚居狀況等環境因素，分析包含重力流、壓力流、倒虹吸等最妥適之污水輸送方式、水力條件、合適管材及埋設位置、深度、基礎及保護措施等因素。此外也必須考量污水管渠日後之維護需求等。因此人孔之型式、配置間距、尺寸、形狀、構造及放流口設置與管渠防震等應納為設計考量因素之列。

因此，本章分成管渠水力及配置考量、管渠附屬設施兩節作分析及說明。另污水量及污染量推估如下：

1. 污水量及污染量推估

指廣義家庭污水，包含住宅污水、機關、學校、公園綠地、遊憩地區、商業區等所產生之生活污水。以每人每日平均污水量推測，並參考計畫目標年、區域內給水計畫之每人每日平均用水量決定之。

(1).家庭污水量

家庭污水量 = 目標年計畫人口數 × 每人每日污水量。

每人每日污水量係以計畫區內每人每日用水量為基準乘以一適當轉換係數推估而得。

每人每日污水量 = 每人每日用水量 × 轉換係數（因地制宜，一般約在 0.80～0.90 之間）。

每人每日用水量原則以計畫目標年每人每日用水量 250 公升為上限推估（經濟部水利署規劃），依實際加以推估。

(2).機關單位污水量

機關污水量以單位面積污水量推估。

建議採 50 CMD/公頃為機關之單位面積污水量。

但已發展飽和之區域，仍以實際調查之污水量估算。

(3).學校單位污水量

學校污水量以單位面積或每一學生（含教職員）污水量推估，其值約介於 15～73 CMD/公頃。

建議採 50 CMD/公頃為學校之單位面積污水量。

但已發展飽和區域，仍以實際調查之污水量估算。

(4).公園綠地污水量

都市計畫區之公園綠地污水來源主要為遊客盥洗所產生，以單位面積污水量推估。

建議採 10 CMD/公頃為公園綠地之單位面積污水量。

(5).遊憩地區污水量

遊憩地區污水量以每人次每日污水量推估。

屬住宿者建議與家庭污水量相同估算，屬不留宿者建議採 30 公升/人次-日估算。

(6).商業區污水量

商業區污水量以單位面積人口密度污水量推估。

但已發展飽和之區域，仍以實際調查之污水量估算。

(7).事業廢水量

事業廢水量以單位面積污水量推估。

都市計畫區內零星工業用地所產生之事業廢水量建議採 10 CMD/公頃估算；大型工業用地所產生之事業廢水量是否納入公共污水下水道系統需另行考量。

(8).平均日/最大日/最大時污水量

家庭污水量及事業廢水量之總和為平均日污水量。因廣義家庭污水已涵蓋機關、學校、公園綠地、遊憩地區、商業區等污水量，故上述 2～6 各類污水量推估僅提供收集系統計算參考，應避免重複計算。

最大日污水量建議值為平均日污水量乘以 120 % ~ 140 % 估算，並依人口規模酌定之。

最大時污水量建議為平均日污水量乘以尖峰系數而得，尖峰係數請參見 1-2-03 節。

(9).滲水量

滲水量（入滲及入流量）應充分考慮計畫區地下水位高低、降雨、土質、污水管線規模、管材、長度、管徑、接頭型式、人孔型式、管線施工方式及維護品質等因素，並參酌相關規範或文獻加以擬訂，以避免出現不合理之數值。

建議採不含工業用地事業廢水之其它各類污水最大日污水量之 10 % ~ 15 % 估算。

特殊情形可另為考量。

(10).計畫平均日/最大日/最大時污水量

計畫平均日污水量為平均日污水量與滲水量之總和。

計畫最大日污水量為最大日污水量與滲水量之總和。

計畫最大時污水量為最大時污水量與滲水量之總和。

(11).綜合污染量

每人每日 BOD 及 SS 濃度建議採 34～43 g/人・日估算。

工業用地事業廢水污染量另計。

滲水之污染量建議採零估算。

綜合污水之 BOD 及 SS 濃度建議採 170～190 mg/l 估算。

第 2 節　管渠水力及配置考量

1-2-01 計畫污水量 **(原則 1)**

計畫污水量可分為計畫平均日污水量、計畫最大日污水量、計畫最大時污水量，以作為下水道管渠及處理設施之設計流量。

【解說】

公共污水下水道管渠需排除之計畫污水量包含廣義的家庭污水量、事業廢水量與滲水量。

廣義家庭污水，包含住宅污水、機關、學校、公園綠地、遊憩地區、商業區等所產生之生活污水。以每人每日平均污水量推測，並參考計畫目標年、區域內給水計畫之每人每日平均用水量決定之。

事業廢水量可分為一般事業廢水量及大規模工業廢水量，大型工業用地所產生之大規模事業廢水量是否納入公共污水下水道系統需另行考量。

廣義家庭污水量及事業廢水量之單位污水量推算原則。

滲水量來源有二，其一來自當地下水水位高於污水管時，地下水自污水管接頭及裂縫滲入；其二來自人孔、陰井、清除孔流入污水管之雨水。因此，滲水量之多寡與環境的地下水水位高低、地質（影響地下水透水係數）、降雨及系統的污水管線規模、管材、長度、管徑、接頭型式、人孔型式、管線施工方式、使用年數及維護品質等因素有關，故其變化幅度甚大。一般滲水量之估計方法有三種：(1)按污水量比例估計，(2)按管線長度估計，(3)按污水收集面積估計。經參酌相關規範、文獻，建議滲水量採不含工業用地事業廢水（若有工業用地為工業住宅使用等特殊情形可另為考量）之其它各類污水最大日污水量之 10 % ~ 15 % 估算，相當於平均日污水量之 12%~21%。

1-2-02 污水管渠採用計畫最大時污水量 **(原則 1)**

採用計畫最大時污水量為污水管渠重力流設計流量。

【解說】

一年總污水量的平均稱為平均日污水量，另每人每日污水量亦與季節相關，一般冬季較低、夏季較高，而以五月份的日污水量接近一年的平均日污水量。

最大日污水量發生日之尖峰一小時所產生之污水量換算為二十四小時數值之污水量稱為最大時污水量。 由於一日間之綜合污水量隨時間而變化（如圖 1-1，一般以上午 8~10 點及晚上 7~9 點之時間污水量最大），因此，污水管渠應以能輸送計畫目標年之計畫最大時污水量為設計流量。推算如下：

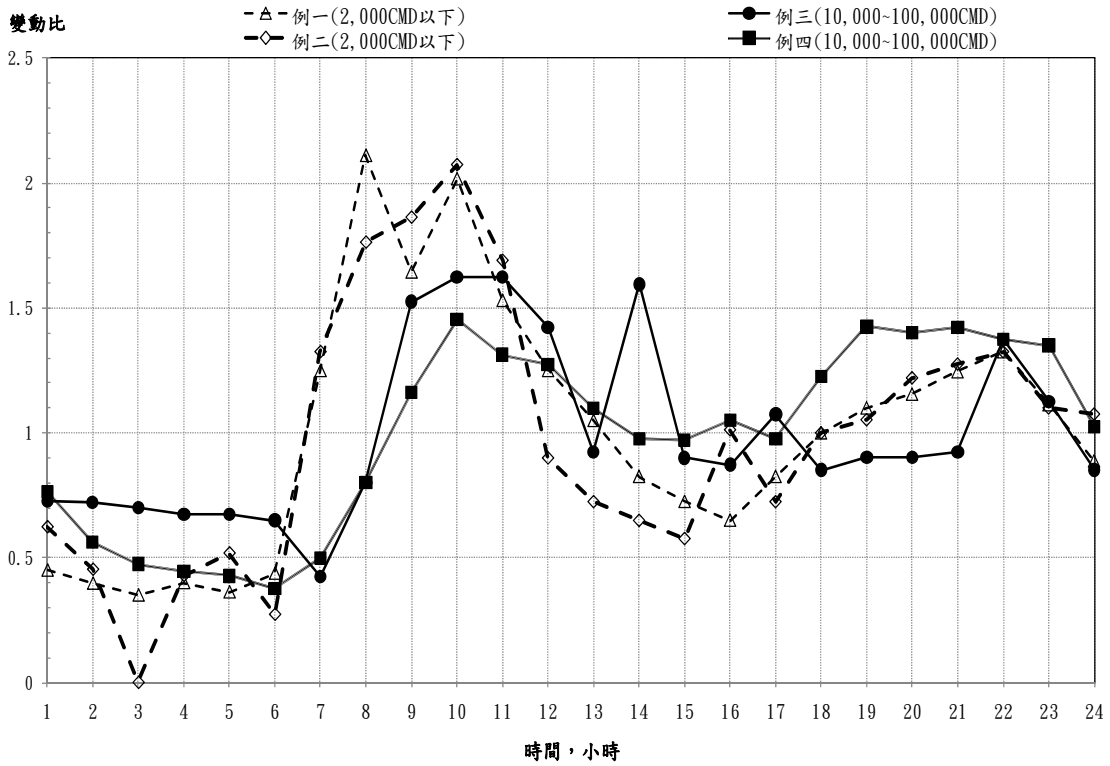


圖 1-1　2,000CMD 以下及 10,000~100,000CMD 規模之污水量時間變動比

計畫平均日污水量=平均日污水量+滲水量.....(1-1)

計畫最大日污水量=最大日污水量+滲水量.....(1-2)

=平均日污水量×（120%~140%）+滲水量.....(1-3)

計畫最大時污水量=平均日污水量×（尖峰係數）+滲水量.....(1-4)

滲水量 =　平均日污水量 ×（12%~21%）.....(1-5)

式中，

平均日污水量：計畫目標年人口數乘以每人每日污水量而得，每人每日污水量為 200 公升至 225 公升，將因地制宜。

滲水量：滲水量採不含工業用地事業廢水(若有工業用地為工業住宅使用等特殊情形可另為考量)之其它各類污水最大日污水量之 10 % ~ 15 % 估算，相當於平均日污水量之 12 %~21 %。詳 1-2-01 計畫污水量之解說。

最大日污水量：為平均日污水量的 140 %（中小都市）~120 %（大都市、工業都市），依集污區規模決定之。

尖峰係數：詳第三篇§1-2-03 尖峰係數之解說。

1-2-03 尖峰係數 **(原則 1)**

1. 計畫最大時污水量需考慮尖峰係數（Peaking Factor，PF）之影響。
2. 原則上污水量愈大其尖峰係數愈小，反之污水量愈小其尖峰係數應愈大。
3. 大型工業用地所產生之大規模事業廢水量不考慮尖峰係數。

【解說】

1.家庭污水量受生活作息變動因素影響，其小時變動量極大，因此，於污水管渠設計時，計畫最大時污水量需考慮尖峰係數（Peaking Factor，PF）之影響。

2.國內尚未設立完整之污水下水道系統，故無完整之尖峰係數資料，依據國外如圖 1-1 之實測污水流量變動比分析，可得污水量愈大、變動比愈小，反之污水量愈小、變動比愈大。依據國外下水道系統及國內常用之尖峰係數計算公式，係以式 1-6 之 Harmon,W.G. 經驗公式計算，並示如表 1-1 及圖 1-2、圖 1-3。由圖表分析，此經驗公式符合人口當量愈大（污水量愈大）其尖峰係數愈小，反之污水量愈小其尖峰係數有愈大之趨勢，例如 500 人口當量之尖峰係數約 3.97，1 萬人口當量之尖峰係數約 2.95，10 萬人口當量之尖峰係數約 2.0，100 萬人口當量之尖峰係數約僅 1.39。

$$PF = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{.....(1-6)}$$

式中，

PF：尖峰係數

P：當量人口數（千人）為平均日污水量除以每人每日污水量之人口數

表 1-1　尖峰係數表

當量人口數(千人)	0.5	1	2	3	5	10	12	15	20	30	50	60	80	100
尖峰係數(Fp)	3.97	3.80	3.59	3.44	3.25	2.95	2.88	2.78	2.65	2.48	2.26	2.19	2.08	2.00
當量人口數(千人)	110	120	130	150	170	200	250	300	400	500	700	1,000	2,000	3,000
尖峰係數(Fp)	1.97	1.94	1.91	1.86	1.82	1.77	1.71	1.66	1.58	1.53	1.46	1.39	1.29	1.24

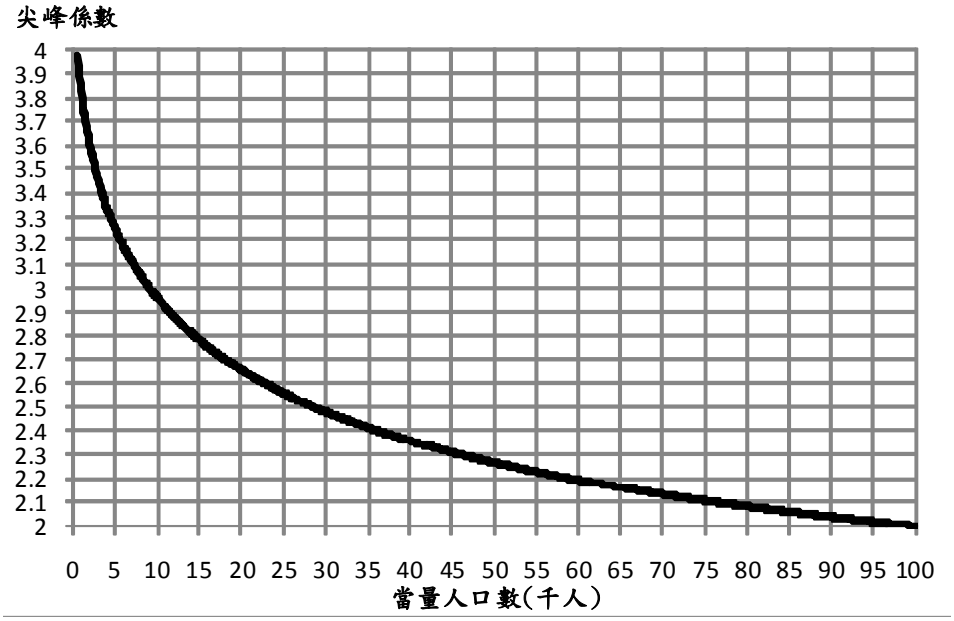


圖 1-2　當量人口數與尖峰係數關係圖(10 萬當量人口數以下)

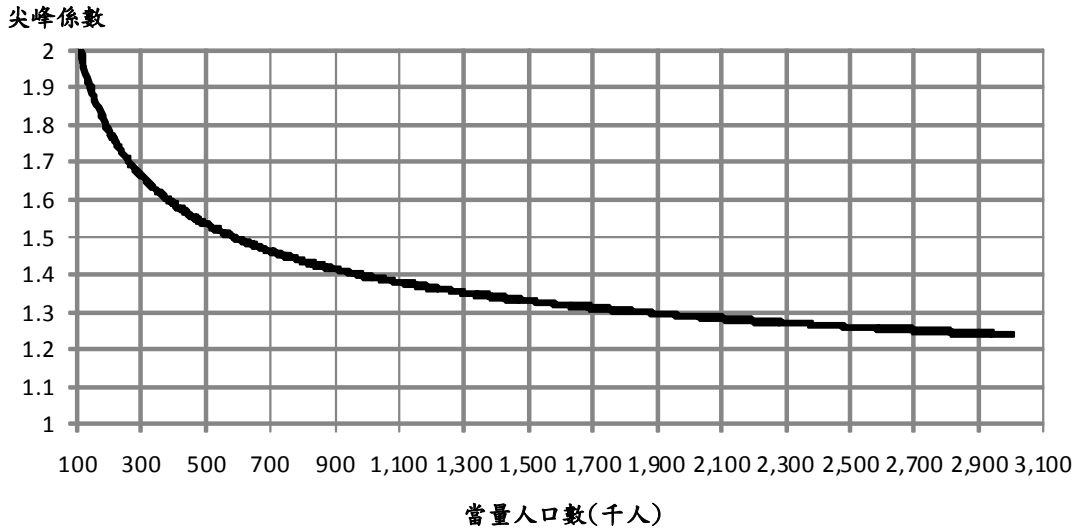


圖 1-3　當量人口數與尖峰係數關係圖(10 萬~300 萬當量人口數)

3.一般事業廢水之尖峰係數，其流量變化與家庭污水有相似之處，亦即污水量與尖峰係數大小成反比。但未來之大規模事業廢水於排入污水管線前多需有預先處理或調節流量之設備以達到排入系統之限值，故大規模事業廢水納入公共污水下水道，如有設置調節流量之設備可不需考慮其尖峰係數值。

1-2-04 污水管渠流速及水流斷面積 **(原則 1)**

1.管渠重力流水力計算採曼寧公式計算。

2.水流斷面積為設計流量下之水流面積。

3.計畫流量時最小流速為 0.6 m/sec，最大流速為 3.0 m/sec。

4.計畫流速 × 水流斷面積＝計畫流量

【解說】

1.綜合污水雖含有雜質和砂土，但因所佔比例不高，故在水力學上可不考慮其比重和黏性問題，而視為普通的水。再者，由於污水下水道管渠大都為重力流，且管渠僅於人孔銜接處，才可能會有流量、坡度、管徑之變化，因之在人孔與人孔管段間水路之水力計算，可視為穩定流（Steady State Flow）之明渠流況。曼寧公式（Manning Formula，在歐洲亦稱 Gauckler－Manning formula 或 Gauckler－Manning－Strickler formula）為時年 75 歲任職於愛爾蘭工程委員會總工程師的 Robert Manning（1816~1897）於 1891 年在愛爾蘭 Transactions of the Institution of Civil Engineers 發表的"On the flow of water in open channels and pipes"論文中所提出，為一適用於穩流狀態下的經驗公式。曼寧公式乃從 Chezy 公式演變而成，雖為經驗公式但其在理論上與實驗上極為符合，且計算簡單明瞭，是目前普遍運用於污水重力管渠的水力公式。

(1)曼寧公式（重力滿管流流況）

為利於解說非滿管流曼寧公式，本節先說明重力滿管流流況下之曼寧公式之意義及使用時機。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{……(1-7)}$$

式中，

V：重力流滿管流速 (m/sec)

n：粗糙係數，其值與所使用之管材、維護程度、水深相關（國內於設計考量上，一般設定粗糙係數為常數）。污水管常用各種材質之粗糙係數詳 1-2-06 粗糙係數 n 值之【解說】，一般採用之粗糙係數值在 0.012 至 0.016 之間，通常設計時採用管渠內面為普通情況下之值。

R：圓形管渠滿管水力半徑(m)，R_f= D/4

D：管徑(m)

S：水力坡降 (分數或小數，無因次)。曼寧公式中之坡度雖為水力學上之坡度，但由於下水道管渠為人工渠道，其水面與管底坡度相同，故實際上可認為管底坡度為水力坡度。

由以上分析，當水深等於管徑且水力坡降等於管底坡度時，方可適用重力滿管流流況下之曼寧公式。

(2)曼寧公式（非滿管流流況）

A.在污水重力管渠設計實務上，當計算出污水收集區域之設計流量後，基於為確保污水管渠內之水流為重力流及給予適當之通風，以避免產生硫化氫氣體腐蝕管壁，並預留適當餘裕量以備污水量之驟增等考慮

因素，需以如圖 1-4 所示之非滿管流方式設計（設計水深小於管徑）。

B.式(1-8)~式(1-9)即在污水管渠設計流量下，利用曼寧公式推演出非滿管流水力特性方程式。故設計流量下之管渠水力特性與水面夾角相關。藉此，當設計流量已知，可在污水管渠水深比或設計流速限制條件下，求得經濟之管徑或坡度。

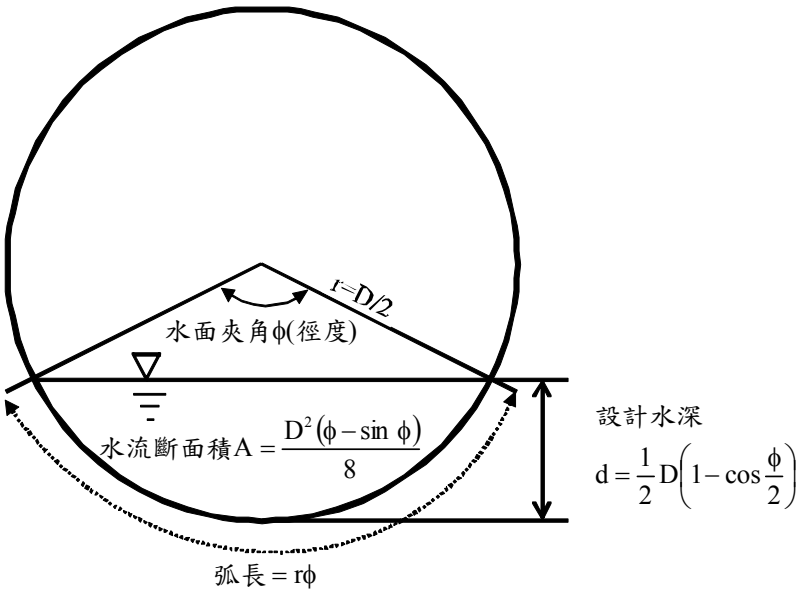


圖 1-4　圓形管水流斷面示意圖

$$d = \frac{1}{2}D\left(1-\cos\frac{\phi}{2}\right) \qquad \cdots\cdots\cdots(1\text{-}8)$$

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} = \frac{1}{n}S^{1/2}\frac{1}{2^{4/3}}\left(D\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{2/3} \qquad \cdots\cdots\cdots(1\text{-}9)$$

式中，

d：設計水深(m)

ϕ:水面與圓心夾角（徑度），當對式(1-8)微分，可得最大流量點發生在ϕ=5.278（302.4133°），另當ϕ=2π即為滿管流狀態

R：設計流量下之水力半徑(m)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{D^2(\phi-\sin\phi)}{8}}{\frac{D}{2}\phi} = \frac{D}{4}\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}$$

P：設計水深下之潤水周長 (m)，滿管情況下圓周即為潤水周長

A：設計流量下之水流面積（m^2）

V：設計流速 (m/sec)

n：設計水深下粗糙係數，國內於設計考量上，一般設定粗糙係數為常數，亦即 $n=n_f$。各種管材選用參考示如表 1-3。一般採用之 n 值在 0.012 至 0.016 之間，通常設計時採用管渠內面為普通情況下之值。在粗糙係數為 0.015 條件下，分別設定水深比 0.5、0.7、0.8 與設計流速 0.6m/sec、1.0m/sec、1.8m/sec、3.0m/sec 之坡度範圍如表 1-2。

2.設計流量下之管渠水力特性與水面夾角相關，於穩流狀態下，依連續性方程式（Continuity Equation）可知污水管渠設計流量 Q 所對應之水流斷面積為設計流量下之水流面積 A，與滿管時(當$\phi=2\pi$）之滿管面積 A_f 不同。

$$A=\frac{1}{2}r^2\phi-2\times\left(\frac{1}{2}r\cdot\sin\frac{\phi}{2}\times r\cdot\cos\frac{\phi}{2}\right)=\frac{D^2(\phi-\sin\phi)}{8} \quad \text{.....(1-10)}$$

$$Q=86{,}400\times A\times V$$

$$=86{,}400\times\frac{D^2(\phi-\sin\phi)}{8}\times\frac{1}{n}S^{1/2}\frac{1}{2^{4/3}}\left(D\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{2/3}$$

$$=86{,}400\times\frac{S^{1/2}D^{8/3}}{n}\frac{1}{2^{13/3}}\phi\left(\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{5/3} \quad \text{.....(1-11)}$$

式中，

Q：設計流量（CMD），由連續性方程式可知與 n、S、D、ϕ 相關。

表 1-2　不同管徑於水深比及設計流速條件下之管渠坡度需求

粗糙係數	0.015											
水深比	0.5				0.7				0.8			
設計流速 (m/sec)	0.6	1.0	1.8	3.0	0.6	1.0	1.8	3.0	0.6	1.0	1.8	3.0
管徑 (mm)	坡度範圍(%)											
200	0.440	1.221	3.958	10.993								
300	0.256	0.711	2.305	6.402								
400	0.175	0.485	1.571	4.363								
500	0.130	0.360	1.166	3.240								
600	0.102	0.282	0.915	2.541	0.081	0.225	0.729	2.026	0.078	0.217	0.704	1.956
700	0.083	0.230	0.745	2.069	0.066	0.183	0.594	1.650	0.064	0.177	0.573	1.593

800	0.069	0.192	0.623	1.731	0.055	0.153	0.497	1.381	0.053	0.148	0.480	1.333
900	0.059	0.164	0.533	1.480	0.047	0.131	0.425	1.180	0.046	0.127	0.410	1.139
1000	0.051	0.143	0.463	1.286	0.041	0.114	0.369	1.025	0.040	0.110	0.356	0.990
1200	0.040	0.112	0.363	1.008	0.032	0.089	0.289	0.804	0.031	0.086	0.279	0.776
1350	0.034	0.096	0.310	0.862	0.027	0.076	0.247	0.687	0.027	0.074	0.239	0.663
1500	0.030	0.083	0.270	0.749	0.024	0.066	0.215	0.597	0.023	0.064	0.208	0.576
1650	0.026	0.073	0.237	0.659	0.021	0.058	0.189	0.526	0.020	0.056	0.183	0.508
1800	0.023	0.065	0.211	0.587	0.019	0.052	0.169	0.468	0.018	0.050	0.163	0.452
2000	0.020	0.057	0.184	0.510	0.016	0.045	0.147	0.407	0.016	0.044	0.141	0.393
2400	0.016	0.044	0.144	0.400	0.013	0.035	0.115	0.319	0.012	0.034	0.111	0.308
2600	0.014	0.040	0.129	0.360	0.011	0.032	0.103	0.287	0.011	0.031	0.100	0.277
2800	0.013	0.036	0.117	0.326	0.010	0.029	0.094	0.260	0.010	0.028	0.090	0.251
3000	0.012	0.033	0.107	0.297	0.009	0.026	0.085	0.237	0.009	0.025	0.082	0.229

註 1:當水深比(設計水深/管徑)=0.5 時，設計流速=滿管流速

註 2:依 1-2-08 節對水深比（d/D）規定：

(1)管徑≦500 mm 者，採 d/D≦0.5；(2) 600mm≦管徑≦900mm，採 d/D≦0.7~0.8； (3)管徑≧1000 mm 者，採 d/D≦0.8。

3. 設計流速：

(1) 主要考慮為污水管線於最小流速應足以防止污物在管內沉積，最大流速應避免沖刷管壁縮短其使用年限。

(2) 建議可採用之設計流速如下：

A.滿管流量之流速大(等)於 0.6m/s，小(等)於 3.0m/s。建議理想流速為 1.0 m/s～1.8m/s。

B.設計流量(設計水深(d)下之流量)之流速大(等)於 0.6m/s，小(等)於 3.0m/s。建議理想流速為 1.0 m/s～1.8m/s。

C.設計流速採滿管流量或設計水深(d)下之流量之方式，較具彈性且可兼具合理埋深及流速需求，避免起始管線埋深過大不合理，並導致工程費偏高現象。

D.一般為達管內水流順暢，避免因迴水造成淤積，通常愈往下游流速愈大為宜，且因愈下游流量愈增加，而坡度則愈下游可愈趨緩。

1-2-05 水力特性曲線 **(原則 1)**

管渠流水狀態，依設計水深而有各種變化，將滿管狀態與非滿管狀態下之水力半徑比（R/R_f）、流速比（V/V_f）、流量比（Q/Q_f）所對應之各水深比（d/D），所連成之曲線稱為水力特性曲線。

【解說】

設計時需知道各渠段設計流量下之水深、設計流速，方能檢討是否符合最低流速、最大流速、水深比等設計要求及是否為最經濟之設計。以圓形管渠為例，計算相關水力特性方程式如式(1-12)~式(1-16)。

$$\text{水深比}:\frac{d}{D}=\frac{\frac{1}{2}D\left(1-\cos\frac{\phi}{2}\right)}{D}=\frac{1}{2}\left(1-\cos\frac{\phi}{2}\right) \quad \text{..... (1-12)}$$

$$\text{面積比}:\frac{A}{A_f}=\frac{\frac{D^2(\phi-\sin\phi)}{8}}{\frac{\pi D^2}{4}}=\frac{(\phi-\sin\phi)}{2\pi} \quad \text{..... (1-13)}$$

$$\text{水力半徑比}:\frac{R}{R_f}=\frac{\frac{D}{4}\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}}{\frac{D}{4}}=\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi} \quad \text{..... (1-14)}$$

$$\text{流速比}:\frac{V}{V_f}=\frac{\frac{1}{n}S^{1/2}\frac{1}{2^{4/3}}\left(D\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{2/3}}{\frac{1}{n_f}S^{1/2}\frac{1}{2^{4/3}}(D)^{2/3}}=\frac{n_f}{n}\left(\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{2/3} \quad \text{..... (1-15)}$$

$$\text{流量比}:\frac{Q}{Q_f}=\frac{(\phi-\sin\phi)}{2\pi}\times\frac{n_f}{n}\left(\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{2/3}=\frac{n_f}{n}\frac{\phi}{2\pi}\left(\frac{(\phi-\sin\phi)}{\phi}\right)^{5/3} \quad \text{(1-16)}$$

但因設計流量下之管渠水力特性與水面夾角ϕ相關，故由式(1-12)，依各水深比所求得之ϕ，代入式(1-13)~式(1-16)，即可繪出圖 1-5 之水力特性曲線圖，設計上可便利獲得相關參數。

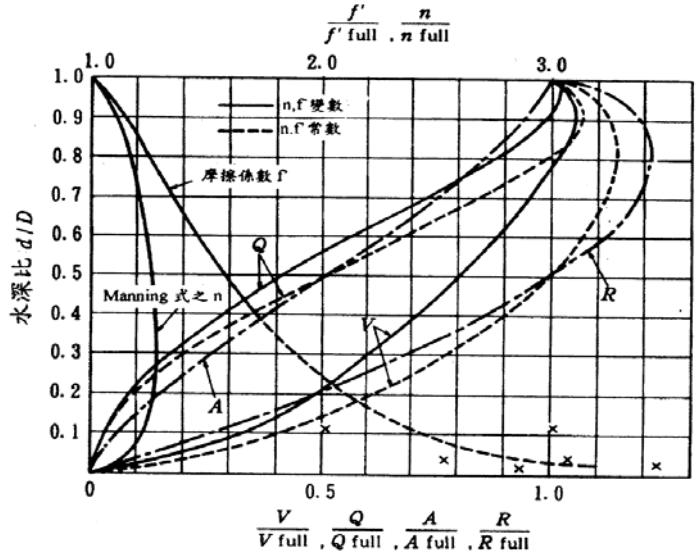


圖 1-5　圓形管之水力特性曲線

1-2-06 粗糙係數 n 值 **(原則 1)**

一般採用之 n 值在 0.012 至 0.016 之間，通常設計時採用管渠內面為普通情況下之粗糙係數值。

【解說】

粗糙係數為式(1-7)曼寧公式水流阻力中，除水力半徑 R 和水力坡度 S 以外不確定因素之全部。再由式(1-15)、式(1-16)，粗糙係數 n 值與水深間存有相當之關係，如圖 1-5 所示當圓形非滿管流之粗糙係數為變數時，粗糙係數在水深小時 n 值大，在水深大時 n 值相對減少，但均大於滿管時之粗糙係數（學者 T.R.Camp 於 1946 年提出，稱之為 Camp’s curve）。

在 n 為常數下，當水深比為 0.5 時之流速與在滿流時之流速相同，但在 n 為非常數時，其流速則為滿流時之 0.8 倍；又當水深比為 0.8 時，在 n 為常數下，流速比為 1.14，但當 n 為非常數時，其流速比僅為 1.03，即 n 為變數下之管渠設計較 n 為常數下之管渠設計保守。

n 值與水深之關係經後續學者陸續研究，迄今尚未有一致性的定論。且國內目前設計管渠時，乃假設 n 值不因水深之不同而有所變化，即設定粗糙係數為常數（$n=n_f$），且通常設計時採用管渠內面為普通情況下之粗糙係數值，各種管材選用參考示如表 1-3。

表 1-3　各種管材粗糙係數

管　材	管渠內面粗糙係數			
	最佳	良好	普通	劣
瓷化黏土管(VCP)	0.011	0.013	0.015	0.017
鋼筋混凝土管(RCP)	0.012	0.013	0.015	0.017
聚酯樹脂混凝土管(PRCP)	0.011	0.012	0.014	0.016
鋼管(SP)	0.010	0.012	0.013	─
延性鑄鐵管(水泥砂漿襯裏)(DIPCL)	0.012	0.013	0.015	0.017
高密度聚乙烯塑膠管(HDPEP)	0.010	0.011	0.012	0.015
聚氯乙烯塑膠硬質管(PVCP)	0.010	0.011	0.012	0.015
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑膠硬質管(ABSP)	0.010	0.011	0.012	0.015

1-2-07 粗糙係數為常數下之圓形管渠水力特性曲線 **(原則 1)**

1.管渠設計需充分考量外在環境條件進行。

2.水深比為 0.5 時，設計流速等於滿管流速

3.水深比約為 0.813 時，設計流速最大

4.水深比 0.938 時，圓形管渠所能輸送之流量最大。

【解說】

1.於設定設計流量 Q、設計流速 V 及管徑 D 條件下，設計上尚需考量是否符合水深比要求與管渠埋設坡度是否合宜等。但由式(1-12)、式(1-15)、式(1-16)分析，需要以迭代法（如牛頓法）才能求得水面夾角 ϕ，圖 1-7 即為以圖解方式求水深比、流速比及流量比之圓形管渠水力特性曲線，並整理成水力特性如表 1-4。

2.當水深比 d/D=0.5 時，流速比等於 1.0、流量比等於 0.5，亦即設計流速等於滿管流速、污水管渠所輸送流量為滿管流量的一半。

3.當 0.5＜d/D＜1.0 時，流速比大於 1.0，即設計流速大於滿管流速。最大流速比發生在 d/D 約為 0.813 時，其值約為 1.14、流量比約 0.992，已接近滿管流量。

4.當 0.82＜d/D＜1.0，流量比大於 1.0，即污水管渠所輸送流量大於滿管流量。而最大流量比發生在 d/D 約 0.9382 時，值約為 1.07571，之後流量比漸降至 1.0。若以該水深最為設計流量之水深雖為最經濟水深，但因此時水深比已接近滿管，稍許的水面波動將使輸送流量下降或導致滿管，使得所設計之管渠無法以重力流的方式輸送設計流量下之污水，故設計上，不應以最大流量比作為設計考量。以上之特性，如圖 1-6。

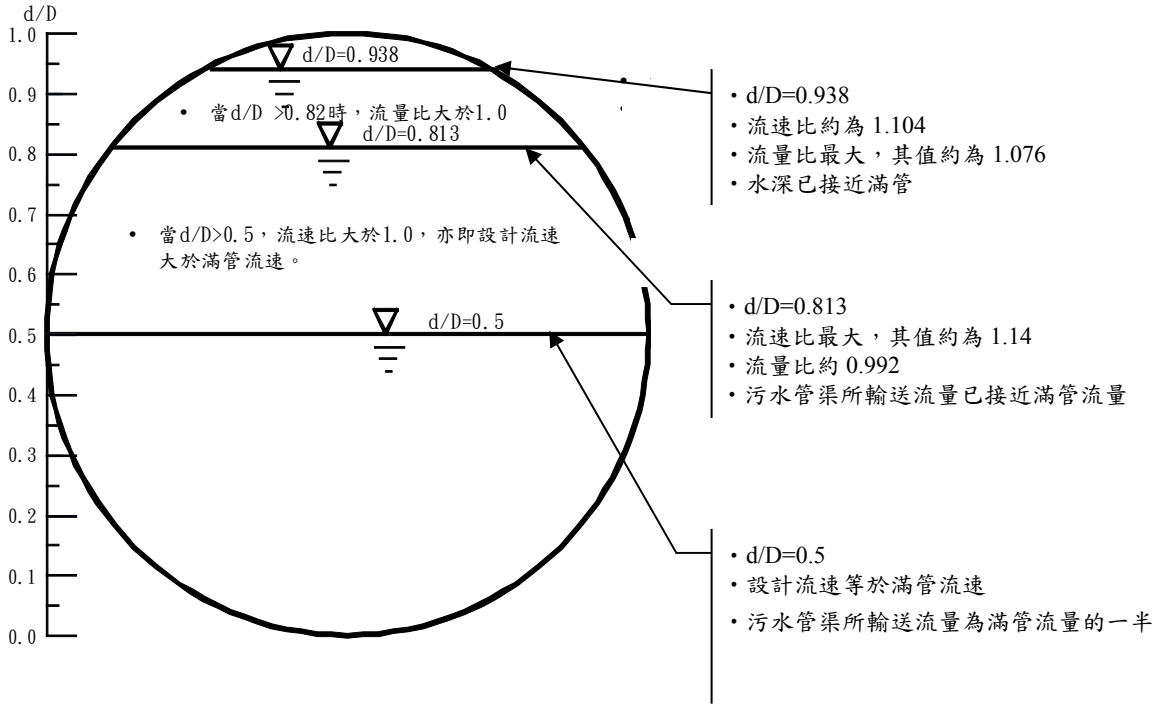
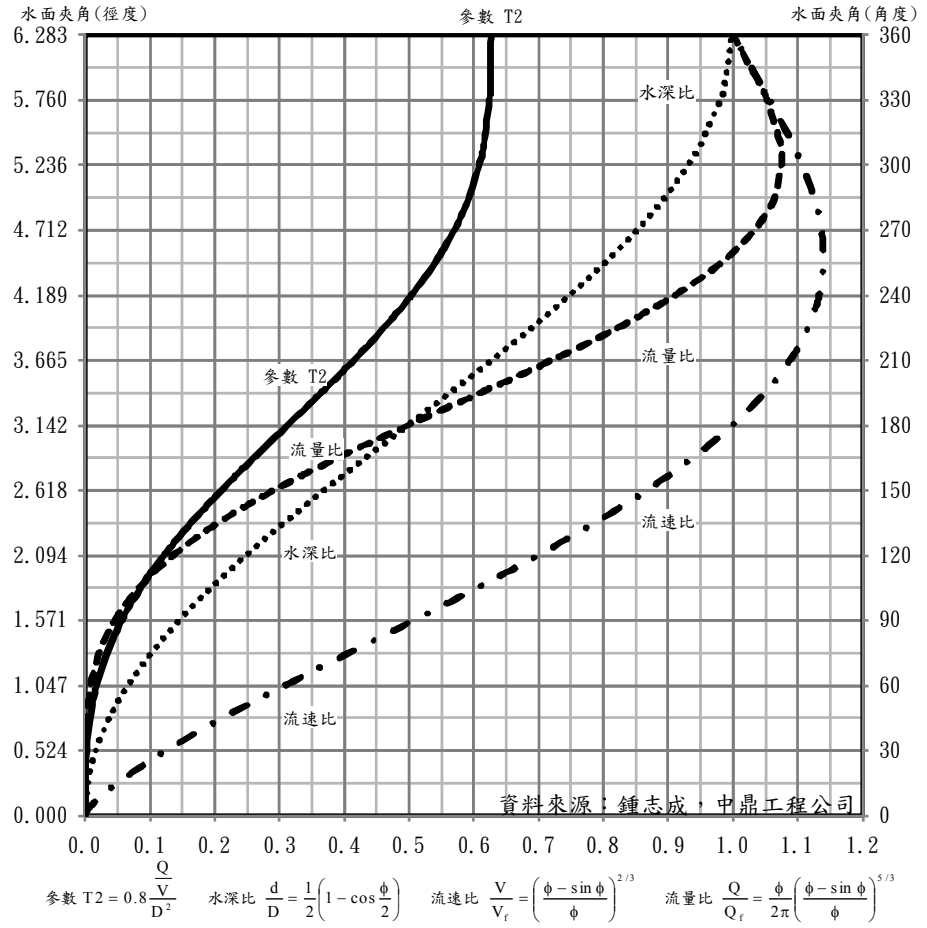


圖 1-6　非滿管流圓形管渠水力特性(粗糙係數為常數)



備註：若設計流量 Q 已知，當選擇管材粗糙係數 n、設計流速 V、管徑 D 後，求取設計水深 d、設計坡度 S 之圖解步驟如下：

1.求取參數 T2（若 T2>0.2π，表示需重新設定 V、D）

2.以 T2 為基點畫水平線，其與垂直軸交點即為水面夾角ϕ。

3.水深比、流速比、流量比曲線與水平線交點所對應之水平軸讀數即為水深比、流速比、流量比。若所求得的水深比不在所設定之條件下，則需再次設定合適之 V、D。

4.D、V、Q 已知；水深比、流速比、流量比已得，d、V_f 及 Q_f 可求。

5.$S=(V_f\ n_f\ /\ (D/4)^{2/3})^2$，坡度 S 可求得。

6.由上述說明可知選擇不同的 V、D 就會有不同的 d、S，故於設計時需搭配外在環境條件，選擇經濟、可行之設計參數。

圖 1-7　已知設計流量、流速、管徑下之水力特性曲線(粗糙係數為常數)

表 1-4　水力特性表(粗糙係數 n 為常數)

參數T2	水面夾角		水深比	水力半徑比	水流面積比	流速比	流量比	備註
	Rad	Degree	d/D	R/R_f	A/A_f	V/V_f	Q/Q_f	
0.0117	0.902	51.68	0.050	0.130	0.019	0.257	0.005	$T2=0.8*(Q/V)/D^2$
0.0325	1.284	73.57	0.100	0.253	0.052	0.400	0.021	水深比 d/D=0.5 時，設計流速等於滿管流速、污水管渠所輸送流量為滿管流量的一半。
0.0591	1.591	91.15	0.150	0.372	0.094	0.517	0.049	
0.0895	1.855	106.26	0.200	0.482	0.142	0.615	0.088	
0.1228	2.094	120.00	0.250	0.587	0.196	0.701	0.137	
0.1585	2.319	132.84	0.300	0.684	0.252	0.776	0.196	
0.1609	2.333	133.66	0.303	0.690	0.256	0.781	0.200	最大流速比發生在水深比約為 0.813 時，值約為 1.14、流量比約 0.992，已接近滿管流量。之後流速比漸降至 1.0。
0.1712	2.393	137.10	0.317	0.716	0.273	0.800	0.218	
0.1890	2.493	142.86	0.341	0.758	0.301	0.831	0.250	
0.1960	2.532	145.08	0.350	0.774	0.312	0.843	0.263	
0.2003	2.556	146.43	0.356	0.784	0.319	0.850	0.271	
0.2156	2.639	151.18	0.376	0.817	0.343	0.874	0.300	
0.2332	2.731	156.47	0.398	0.854	0.371	0.900	0.334	最大流量比發生在水深比 d/D 約為 0.938 時，約為 1.076。之後流量比漸降至 1.0。
0.2347	2.739	156.93	0.400	0.857	0.374	0.902	0.337	
0.2413	2.773	158.89	0.408	0.870	0.384	0.911	0.350	
0.2661	2.900	166.18	0.440	0.918	0.424	0.944	0.400	
0.2707	2.923	167.50	0.446	0.926	0.431	0.950	0.409	
0.2742	2.941	168.52	0.450	0.932	0.436	0.954	0.417	
0.2904	3.023	173.18	0.470	0.961	0.462	0.974	0.450	
0.3142	3.14159	180.00	0.500	1.000	0.500	1.000	0.500	
0.3376	3.259	186.71	0.529	1.036	0.537	1.024	0.550	
0.3541	3.342	191.48	0.550	1.060	0.564	1.039	0.586	
0.3607	3.375	193.39	0.558	1.069	0.574	1.045	0.600	
0.3661	3.403	194.97	0.565	1.076	0.583	1.050	0.612	
0.3836	3.493	200.11	0.587	1.098	0.611	1.065	0.650	
0.3936	3.544	203.07	0.600	1.111	0.626	1.072	0.672	
0.4065	3.612	206.94	0.616	1.125	0.647	1.082	0.700	
0.4294	3.735	213.99	0.646	1.150	0.683	1.097	0.750	
0.4323	3.751	214.92	0.650	1.153	0.688	1.099	0.756	
0.4335	3.757	215.27	0.651	1.154	0.690	1.100	0.759	
0.4524	3.864	221.36	0.677	1.171	0.720	1.111	0.800	
0.4698	3.965	227.16	0.700	1.185	0.748	1.120	0.837	
0.4758	4.001	229.22	0.708	1.189	0.757	1.123	0.850	
0.4997	4.151	237.81	0.742	1.204	0.795	1.132	0.900	
0.5055	4.189	240.00	0.750	1.207	0.804	1.133	0.912	
0.5245	4.321	247.57	0.778	1.214	0.835	1.138	0.950	
0.5389	4.429	253.74	0.800	1.217	0.858	1.1397	0.977	
0.5470	4.493	257.45	0.813	1.217	0.871	1.1400	0.992	
0.5512	4.529	259.47	0.820	1.217	0.877	1.1399	1.000	
0.5692	4.692	268.85	0.850	1.213	0.906	1.137	1.030	
0.5824	4.832	276.83	0.874	1.206	0.927	1.133	1.050	
0.5956	4.996	286.26	0.900	1.192	0.948	1.124	1.066	
0.6122	5.278	302.41	0.938	1.160	0.974	1.104	1.076	
0.6143	5.325	305.08	0.944	1.154	0.978	1.100	1.075	
0.6166	5.381	308.32	0.950	1.146	0.981	1.095	1.075	
0.6264	5.795	332.06	0.985	1.081	0.997	1.053	1.050	
0.6267	5.825	333.75	0.987	1.076	0.997	1.050	1.047	
0.6283	6.283	360.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

1-2-08 污水管渠設計水深或水深比 **(原則 1)**

1.管渠設計應有適當之餘裕量。

2.管渠設計水深（d 值）與管直徑（D 值）之比值，於管徑≦500 mm 者，採 d/D≦0.5；管徑≧600 mm 者，採 d/D≦0.7～0.8。

【解說】

1.於 1-2-02 中雖已說明污水管渠之設計流量採已考量尖峰係數及滲水量等因素之計畫最大時污水量，但相關文獻資料仍指出管渠設計應有適當之餘裕量，以使所設計之管渠能輸送大於設計流量下之污水。管渠須考慮餘裕量之原因歸納如下：

(1)地下水滲入因素(如區域環境、單位滲入量設定誤差)

(2)雨水滲入因素(如區域環境不同引致的設定誤差)

(3)平均日污水量誤差(如計畫人口、單位用水量誤差)

(4)集污區內調查結果之區域差別(如因區域別導致地下水與雨水滲入量誤差）

(5)施工誤差、施工後變動、淤積（如地震、地層下陷導致設計坡度改變）

(6)埋設後變更管徑、坡度困難（污水管渠設置困難、建設經費龐大下）

(7)確保管渠通風（避免產生硫化氫氣體腐蝕管壁）

(8)確保污水管渠內之水流為重力流

2.管渠設計時均不採滿管流設計，其水深比(d/D)依尖峰係數之特性，集污流量愈大其尖峰係數愈小；反之，集污流量愈少，其尖峰係數愈大。水深比建議值示如表 1-5。

表 1-5　各種管徑水深比（d/D）建議表

管　　徑(D)	水深比（d/D）比值
D≦500mm	0.5
600mm≦D≦900mm	0.7～0.8
D≧1000mm	0.8

(1)管徑≦500 mm 者，表示集污流量較少，其尖峰係數較大，管渠需餘留較大之空間以因應尖峰污水量之變化，故水深比採 d/D≦0.5。當水深比=0.5 時，管渠之餘裕量≧100%（100%~115%）。

A.由圖 1-6 及表 1-4，當水深比為 0.5 時，水流面積比=0.5、流速比=1.0，即流量比＝水流面積比x流速比=0.5x1.0=0.5，代表污水管渠餘裕量=(1-0.5)/0.5=100%

B.但管渠瞬間最大餘裕量將發生於當水深比為 0.938 時，當時水流面積比=0.974、流速比=1.104，即流量比=水流面積比x流速比=0.974x1.104≒1.076，代表污水管渠餘裕量=（1.076-0.5）/0.5≒115%

(2) 600mm≦管徑≦900mm 者，因集污流量較多，其尖峰係數較小，且為考量管線埋設成本，故採 d/D≦0.7～0.8 來因應尖峰污水量之變化。當水深比=0.7 時，污水管渠餘裕量約為 19%~28%

A.由圖 1-6 及表 1-4，當水深比為 0.7 時，水流面積比=0.748、流速比=1.12，即流量比＝水流面積比x流速比=0.748x1.12≒0.837，代表污

水管渠餘裕量=(1-0.837)/0.837≒19%

B.但管渠瞬間最大餘裕量將發生於當水深比為 0.938 時，當時水流面積比=0.974、流速比=1.104，即流量比=水流面積比x流速比=0.974x1.104≒1.076，代表污水管渠餘裕量=（1.076-0.847）/0.837≒28%

(3) 1000mm≦管徑者，因集污流量最多，其尖峰係數最小，且為考量管線埋設成本，當水深比為 0.8 時，代表污水管渠餘裕量約為 2%~10%

A.由圖 1-6 及表 1-4，當水深比為 0.8 時，水流面積比=0.858、流速比=1.1397，即流量比＝水流面積比x流速比=0.858x1.1397≒0.977，污水管渠餘裕量=(1-0.0.977)/0.977≒2%

B.但管渠瞬間最大餘裕量將發生於當水深比為 0.938 時，當時水流面積比=0.974、流速比=1.104，即流量比=水流面積比x流速比=0.974x1.104≒1.076，代表污水管渠餘裕量=（1.076-0.977）/0.977≒10%

1-2-09 污水管渠壓力流流速及流速係數 **(原則 1)**

管渠壓力流水力計算以 Hazen-Williams 公式計算，管材之流速係數，依各種材料而定。

【解說】

Allen Hazen 與 Gardner S Williams 於 1905 年發表可用來計算流體在管路內流動的阻力損失的 Hazen-Williams 公式，該式雖為由水力學實驗過程所累計的統計值而得的經驗公式，但卻是持續且最廣泛運用於不可壓縮流的管渠壓力流水力計算經驗公式。

$$V = 0.3549 \times C \times D^{0.63} \times \left(\frac{h_L}{L}\right)^{0.54} \quad \text{..... (1-17)}$$

或

$$h_L = L \times \left(\frac{V}{0.3549 \times C \times D^{0.63}}\right)^{1.852} = 6.81 \times \frac{L}{D^{1.167}} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{1.852} \quad \text{..... (1-18)}$$

或

$$Q = 24082 \times C \times D^{2.63} \times \left(\frac{h_L}{L}\right)^{0.54} \quad \text{..... (1-19)}$$

式中，

V：壓力流流速(m/sec) ，設計流量時最小流速經驗值為 1.0 m/sec，最大流速經驗值為 3.0 m/sec。

C：表面粗糙係數（Roughness Coefficient ），其值依各種不同材質而定，管材經長期使用後 C 值亦降低。表 1-6 所示為各種常用材質之流速係數。

D：壓力管管內徑（m）

$\frac{h_L}{L}$：能量坡降（分數或小數，無因次），亦有以 S 代表 $\frac{h_L}{L}$

h_L：水頭損失（m）
L：相當直管長（m）
Q：設計流量(CMD)

表 1-6　各種管材 C 值

管　　材	C 值
延性鑄鐵管（DIP）	
水泥砂漿襯裏（Cement lining）	130-150
焦油襯裏（Tar epoxy lining）	115-135
鋼筋混凝土管（RCP）	140
鍍鋅鐵管（Galvanized Iron Pipe,GIP）	120
塑膠管（Plastic Pipe,PP）	140-150
鋼管（SP）新、無襯裏	140-150

1-2-10 污水管渠材質、斷面及最小管徑　　(原則 2)

污水管渠材質、斷面及最小管徑規定如下：

1.污水管渠可為各種已商用化管材，其材質應符合國家標準。
2.斷面形狀一般為圓形、矩形或卵形。
3.最小管徑為 200 mm。

【解說】

1.下水道管渠除為已商用化管材、其材質應符合國家標準外，於設計時亦應考量下列特性與功能：

(1)污水主次幹管佈設於道路下方且深度大都超過 3m，管材承受外壓力較大，管渠更換不易，故其材料必須堅固耐用、可承受外壓而不破損。

(2)污水中含有酸鹼、油脂、砂土或礫石，因此，管渠應具有耐腐蝕之性質且不易磨損，另內面必須光滑以維持良好流速。

(3)管渠需具高水密性，管接頭應具適當撓性、不漏水，以減少地下水滲入或污水流出。

(4)異型管需容易製造、管件材料來源及生產狀況穩定，以符施工需求。

(5)管渠重量適當、施工接合容易。

(6)生命週期內價格經濟

目前可採用污水管渠管材有：

a.剛性管

鋼筋混凝土管(Reinforced concrete pipe 簡稱 RCP)

卜作嵐混凝土管

鋁質水泥混凝土內襯管

全鋁質水泥管

防腐蝕抗菌混凝土內襯管

聚酯樹脂混凝土管(Polyester resin concrete pipe 簡稱 PRCP)

預力混凝土管(Prestressed concrete pipe 簡稱 PCP)

b.半剛性管

延性鑄鐵管(水泥砂漿襯裏) (Ductile iron pipe with cement lining 簡稱 DIPCL)

玻璃纖維強化塑膠管(Glassfiber reinforced plastic pipe 簡稱 GFRP)

c.撓性管

聚氯乙烯塑膠硬質管(Polyvinyl chloride pipes 簡稱 PVCP)

高密度聚乙烯塑膠管(High density polyethylene pipe 簡稱 HDPEP)

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑膠管(Acrylonitrile–Butadiene-Styrene plastic pipe 簡稱 ABSP)

(7) 另為配合政府推動公共工程長壽化政策，考量管材耐久性，管材使用年限應達 50 年。

2.管渠斷面形狀以水力學上較為有利，對於外載重有較高承受力，製造費、施工及維護管理方便，且可配合施工地點之條件者。污水管渠一般以圓形管為主。

3.在考量污水管渠後續維護管理之清理工作及連接管之接入作業，重力管污水管渠即使在設計流量條件下經水力計算後，管徑在 200mm 以下即可符合需求，仍以 200mm 為最小管徑。

1-2-11 污水管渠埋設位置、覆土深度、基礎及保護設施 (原則 3)

管渠埋設位置、覆土深度、基礎及保護設施規定如下：

1.埋設位置以位於公共道路內為原則。

2.最小覆土深度剛性管材應在 50 cm 以上，撓性管材或半剛性管材應在 100 cm 以上，依埋設位置決定。

3.基礎及保護措施

(1)管渠依其材質種類、外壓荷重、土質狀況等施以砂、碎石級配、混凝土、鋼筋混凝土或樁等基礎。

(2)管渠之土壓或其他荷重超過其抗外壓強度時，應以混凝土或鋼筋混凝土加強保護。

(3)管渠內、外面有磨損或腐蝕之虞者，應設適當之耐磨損保護設施或防腐蝕處理。

【解說】

1.管線埋設位置，依公共道路之寬窄埋設於適當位置如圖 1-8。於設計階段應蒐集區內既有與計畫中鐵路、捷運、河川、排水路、文化古蹟、他屬管線資料（如雨水、自來水、電力、電信、瓦斯、軍方、固網、捷運等）以通盤考量污水管網埋設位置及深度佈設之可行性；另於施工前應與協調管線遷移事宜，以確保管渠能順利埋設於預定位置。

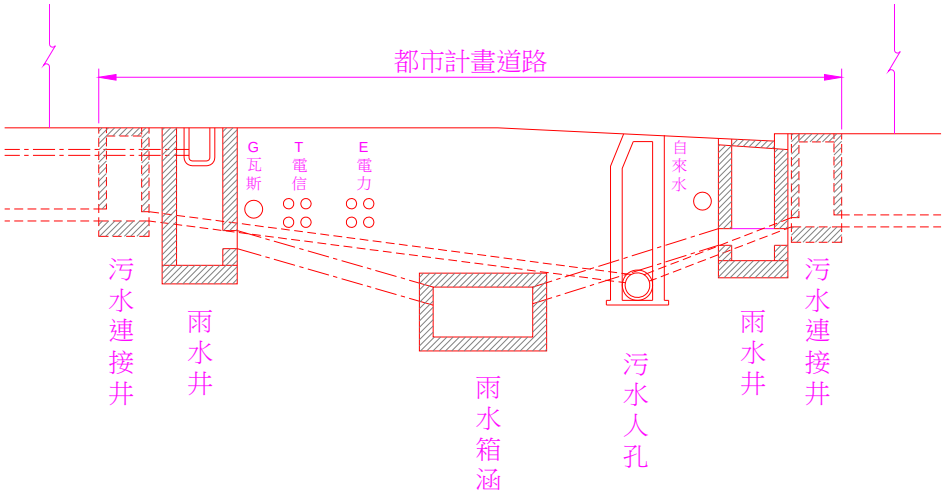


圖 1-8　地下管線埋設分配位置示意圖

2.污水管渠覆土太深不僅工程費高，且由於呆載重（如土壤載重）大，對管渠不利。反之若埋設太淺，除會導致連接管無法直接接入的困擾外，易受活載重（如車載重）之威脅、他屬地下管線之阻礙及推進段地表隆起之困擾。至於管渠承受外壓之大小與埋設環境有關，故若管渠承受外壓強度不足時，應予補強。

3.管渠基礎方式依現地條件、構造物之規模、土壤調查及其物理、力學試驗結果判斷之，若為軟弱地盤就必須實施基礎改良。相關土質及基礎如圖 1-9。說明如下：

(1)直接埋設：開挖底部為砂質土層，並具支持力，埋管後不會造成損壞時可使用之。惟一般不使用。

(2)碎石、砂基礎：使用於開挖面土質良好，不易發生不均勻沉陷之處，使用材料以砂或碎石為基礎。

(3)混凝土基礎及鋼筋混凝土基礎：使用在管渠外壓負載大管渠必須補強之處，或軟弱地盤有發生不均勻沉陷之處，混凝土包紮角度愈大，補強效果愈高，通常以 90 度中心角最為普遍，惟依管渠種類、土質、負載條件等亦有採用 120～180 度者。決定混凝土基礎或鋼筋混凝土基礎前，應先做土壤、車輛載重及覆土等條件調查，並予以計算後決定之。

(4)基樁基礎：開挖底部之土質極為軟弱，管渠有發生不均勻沉陷之可能時使用之，樁依地質及支持層之厚度，有摩擦樁、點水樁等。下水道管渠承受荷重之能力不僅與管材自身之強度有關，管線底座反力及管渠兩側之壓力分佈亦具決定性因素，因之必須依據管渠埋設後之荷重條件所應具有之耐荷力，設計選擇適當之管線底座及回填型式。

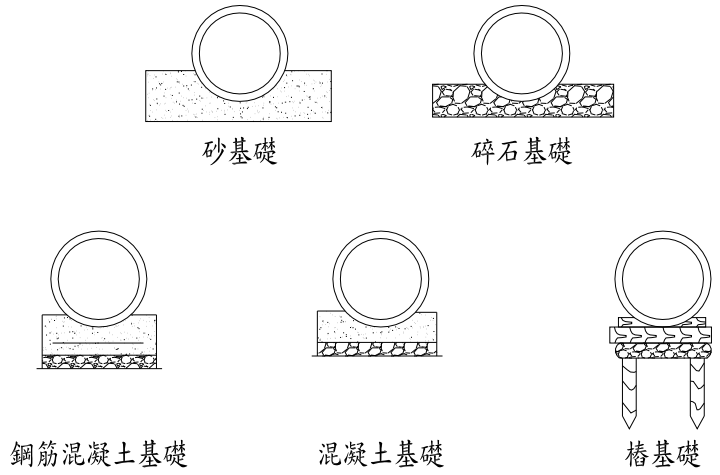


圖 1-9　剛性管基礎種類

1-2-12 污水管渠之接合方式及材料　　(原則 4)

管渠之接合方式及材料規定如下：

1.管渠接合方式：

(1)管渠之管徑變化、管渠坡度變化或二支以上管渠接合時，以設計水位或管渠頂部內緣齊平相交接合。

(2)地面坡度過大時，應以最大流速限制其埋設坡度，並於適當位置設消能設施。

(3)二支管渠接合時，其中心交角之角度應在六十度以內；以曲線接合時，其曲率半徑應大於管徑之五倍。但情形特殊者，不在此限。

2.管渠接合材料

(1)可配合各種管渠之型式及尺寸。

(2)具水密性、防蝕性且不易變質。

(3)具適當強度及撓性，以減少因不均勻沉陷可能造成之影響。

(4)浸於水中亦易施工，完工後可立刻通水。

(5)下水道管渠設計時，應就地盤與地質做充分調查，檢討地震時有無可能發生土壤液化現象，並於人孔及管渠接合處採可撓性設計。

【解說】

1.下水道管渠之接合應考慮渠內流水在水力學有利於水流動，若水流衝突或發生顯著渦流、亂流甚或水躍時，除增加水頭損失致阻礙流下能力外，亦易使污水中之硫化氫擴散到管頂、人孔而進一步增加腐蝕管壁機會。一般管渠需接合之情形有管渠管徑變化、管渠坡度變化、地表坡度急降、兩支以上管渠合流。管渠接合方式以設計水位或管渠頂部內緣齊平相交接合為原則，但情形特殊者，則可酌予因地制宜。

(1)管渠接合方式有管頂接合、設計水位接合、水面接合、管中心接合、管底接合等方式。

A.管頂接合：為管渠頂部內緣齊平相交接合法，具流水順暢、施工便利優點，但因增加埋深，系統若需抽水機將增加揚程為其不利點，如圖

1-10。

B.設計水位接合：接合位置於管徑≦500 mm者，設計水位為0.5D；管徑≧600 mm者，設計水位為0.7D或0.8D。設計水位接合為介於管頂接合與水面接合之法，有流水順暢及較管頂接合減少埋深優點，示意圖如圖1-11。

C.水面接合：為依水力特性曲線求出設計流量下的水深，使計畫水位一致的接合方法。故於水力上最佳，但施工上較不便利及產生計畫水位一致為理論計算，現實上產生之機率甚低。

D.管中心接合：亦為水面接合與管頂接合的中間方法，不必算出水位。

E.管底接合：為管渠底部內緣齊平相交接合方法，此法可減少埋深，降低工程費及降低系統末端抽水機揚程。但必須注意水力坡降及地面坡度關係，以免埋深不足，此外亦需確保下游端設計流速需大於上游端設計流速，以避免水位壅高及沉積污泥。

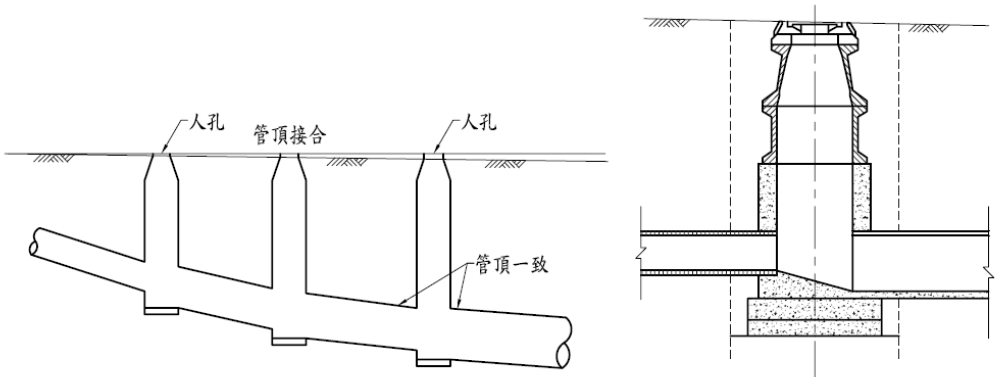


圖 1-10 管頂接合示意圖

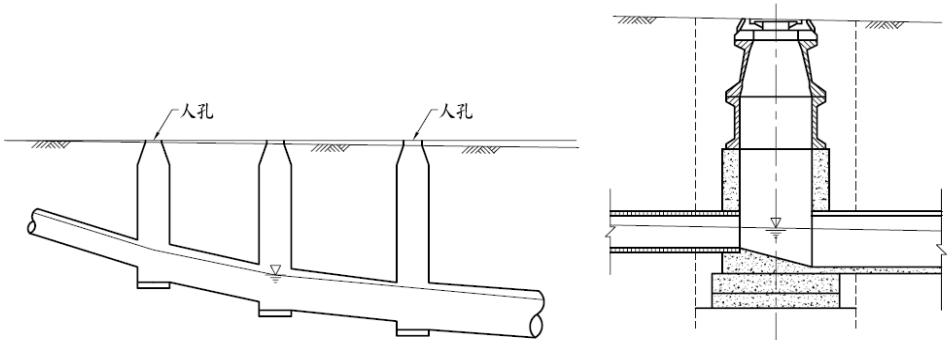


圖 1-11　設計水位接合示意圖

(2)地面坡度過大時，應限制管渠坡度以避免設計流速遽增而超過最大流速之限制；反之，為避免下游端埋深太深，亦可適度加大管渠坡度方式因應。另外亦可於適當位置設置跌落人孔方式抵消地面坡度過大之影響，設置如跌落人孔之消能設施。

(3)為使水流順暢，故限制管渠接合之角度與曲率半徑。但因受限於道路路型、地下管線障礙...等特殊情形者，可另以人孔內導流設施、跌落設施等方式克服，不受管渠接合之角度與曲率半徑之限制。

2.管渠接合材料，以能配合管材生命週期、耐用而不變形者為原則。

1-2-13 跌落設施 **(原則 4)**

跌落設施之規定如下：

1.人孔內入流管管底與底座 U 形導水槽槽頂間之落差超過 75 cm 時，應設置跌落設施，或加大入流管段坡度減少落差，以避免設跌落設施（如有特殊情形再加以說明之）。

2.原則上同一人孔內應避免設置多支跌落設施（情況特殊者不在此限）。

一般跌落設施主副管尺寸如下：

水平主管(mm)	垂直副管(mm)
200	150
300	200
400	200
≧500	另行考慮

3.對於跌落較大及壓力管線接入處，可採用消能設施。

【解說】

1.首先定義「落差」為人孔內入流管管底與底座 U 形導水槽槽頂間之距離，非為入流管底與出流管底之距離。設置跌落設施之目的為當水流落差超過 75 cm 以上時，應設置跌落設施或在規定範圍內加大入流管段坡度減少落差，以降低水流下產生之衝擊力。跌落設施有管內跌落方式及管外跌落方式，跌落設施示意如圖 1-12。由於管線建置地點的地形及地下埋設物等設計條件，或是以節省成本為目的，使得埋設深度淺層化帶來的落差處數量增加或落差的高程差增加等，種種因素使得高落差（此指分流式下水道 H=2m 以上）接合處越來越多。這些高落差若採跌落接合構建，常產生下列現象：

(1)噪音導致周遭環境惡化。

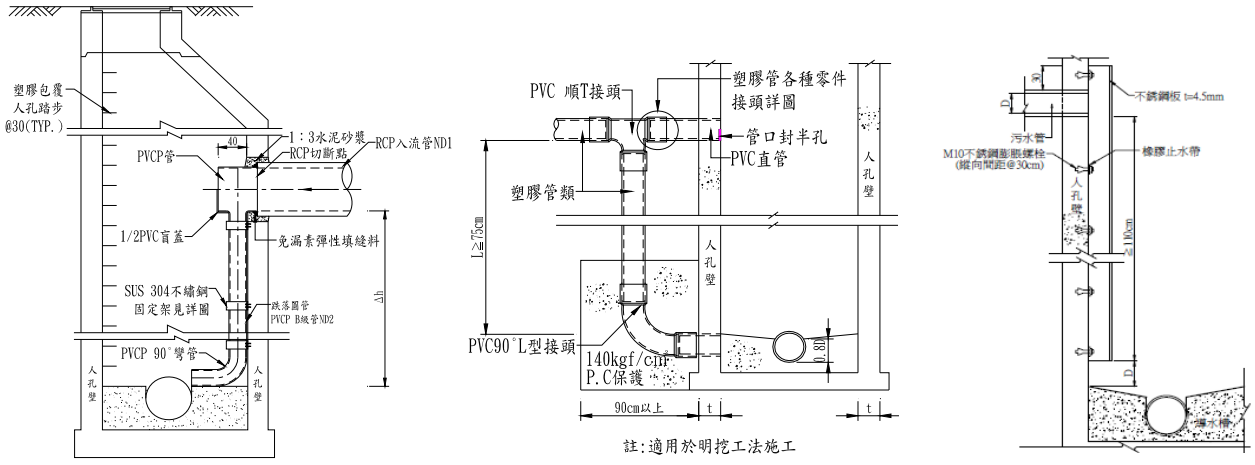
(2)污水飛濺造成人孔內維護管理困難。

(3)污水下沖造成人孔底部遭到淘刷。

(4)硫化氫導致結構物劣化及臭氣產生。

(5)污水下沖產生空氣混入現象(air mixing)，造成成直覺上之流量變大。

因應高落差問題，建議改採分段跌落或跌落井。



內跌落圓管示意圖　　外跌落管示意圖　　內跌落方箱示意圖

圖 1-12　人孔內跌落及人孔外跌落示意圖

2. 一人孔內設置之跌落設施支數，以避免因設置跌落設施反導致影響維修人員作業空間及安全為原則。開挖施工之人孔其跌落設施，設置於人孔外側為佳，推進施工大都為圓形工作井，鋼套環與人孔間無空間施作跌落設施，可設置於人孔內側；但鋼襯板或沉箱工作井有空間時，設置於人孔外側為佳。因連接管、分支管接入既有人孔實務上並無置設外跌落設施之條件，故為避免一人孔內有多組跌落設施，建議在人孔設置時預留後續連接管、分支管接入之跌落設施設置空間或採取分散、分段跌落方式，避免導致影響維修人員作業空間及安全問題。

3.除上述跌落設施外，對於較高之跌落差，設計者可依現場環境之需求，設置高落差人孔，其型式如圖 1-13，說明如下：

(1)多段重力跌水式

透過各階段產生的水躍（hydraulic jump）以減少跌落動能，並設置多段階梯，避免能量處理集中在單一區塊。此法透過水躍在各階進行消能（ energy dissipation），因此須確保水躍所需堪長及跌落所需的空間，此外還需要另外設置維護管理空間。所以，此法的人孔平面面積會比其他更廣，建設費用更為龐大。

(2)湧入式

湧入流式的進流端多採彎頭型（elbow）。此法的進流水會垂直跌落，須在最底部集中進行落差處理，因此落差處理部分的消能結構較大。最底部建構堪與空氣分離室，進行能量處理及空氣分離，分離後的空氣會經由同在井內的排氣管排出地面。

(3)渦流式

將流進跌落井之前段的管渠坡度變陡，並將渠道寬度縮窄，藉此引發超臨界流（supercritical flow），再使水流沿跌落井內壁流動，使其形成渦流。進流水成為順著壁面流動的渦流，然後被引導至跌落井底部。壁面摩擦會達到某種程度的能量處理，部分空氣會經過螺旋流的中心（air core），被推送至頂端。最底部需要設置進行能量處理及空氣分離的空氣分離室，也需要排氣管將分離後的空氣排出地面。

(4)螺旋導引式（渦流流入型）

進流端的形狀同渦流式。進流水經由跌落井內裝設的螺旋狀導引路徑，被引導至底部。能量處理是透過壁面及螺旋狀導引路徑的摩擦進行，空氣則經由跌落井中心（air core）排至頂端。跌落井內可進行充分的能量處理及空氣分離，最底部的水流僅剩少許能量，因此不需設置空氣分離室或排氣管。如圖 1-14 所示。

(5)螺旋導引式（等流流入型）

進流端形狀大致同湧入流式，像對齊進流管中線(center）與跌落井中心。進流水流下的原理與螺旋導引式相同，結構可分為中段不裝設導引路徑者（中空式跌落井）與導引路徑延續到底者（等間距（equal pitched）式跌落井）。相較於其他四種，此法的面積較小且更經濟。

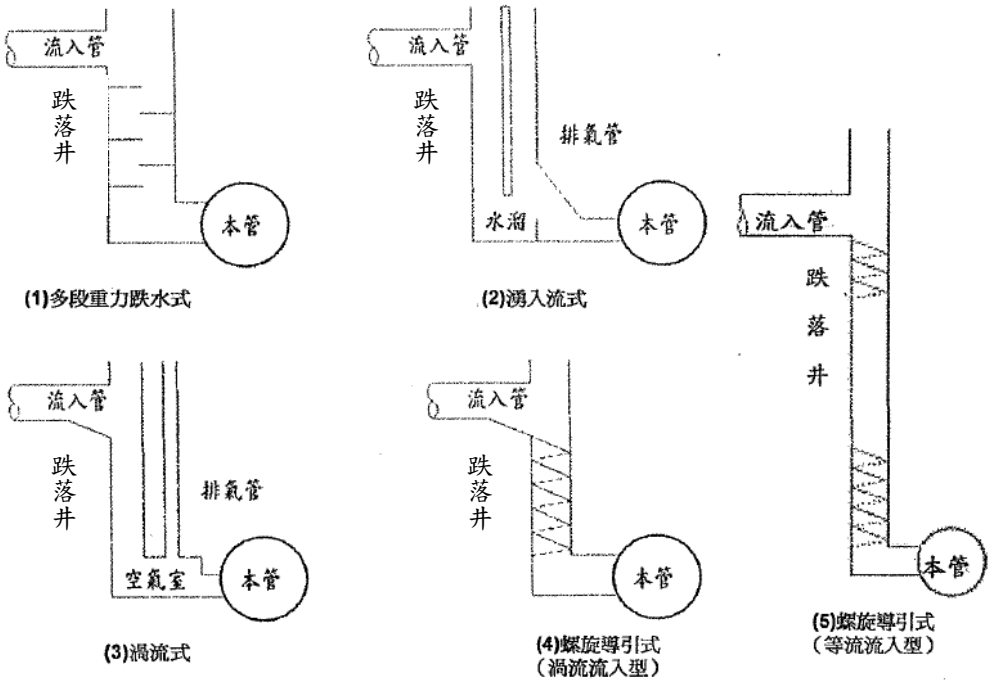
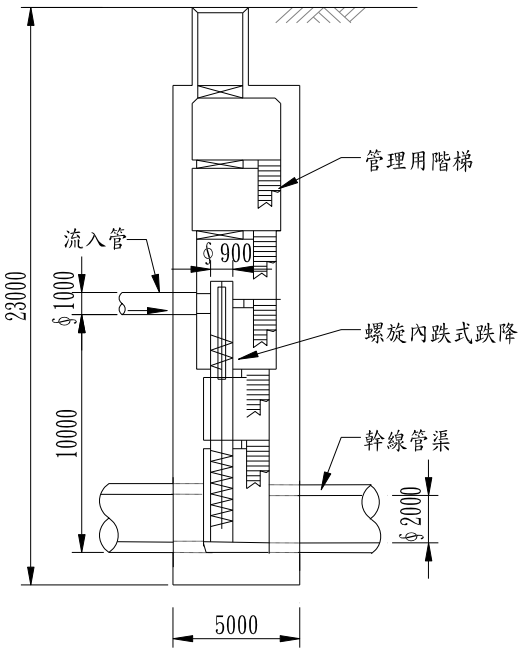


圖 1-13　高落差跌落井示意圖



資料來源：田中修司下水道管渠學 2011 年 3 月

圖 1-14　螺旋導引式跌落人孔設施示意圖

1-2-14 倒虹吸管之設置 **(原則 5)**

倒虹吸管之設置規定如下：

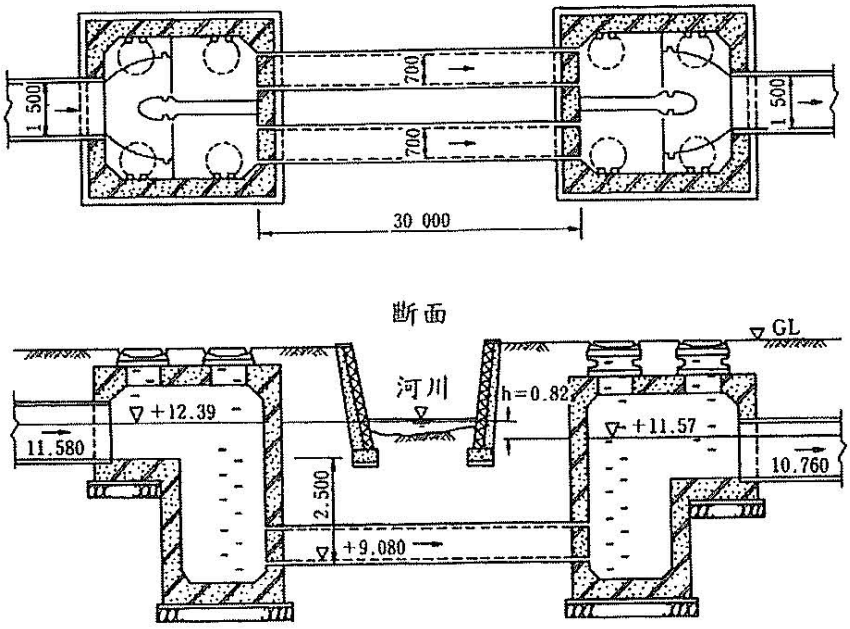
1.穿越鐵路、公路、自來水管、瓦斯管、油管、河川、堤防、電纜及其他難以移設之構造物時，得設置倒虹吸管，並增設保護設施。

2.倒虹吸管設置二條以上平行管時，埋設位置應避免在橋臺、橋腳之正下方，設置地點地盤強度不足時，應予以基礎補強。

3.管內流速應大於其上游管渠內流速之 20～30 %，且最小流速應大於 0.9 m/sec。

【解說】

1.倒虹吸管設施（如圖 1-15）不僅施工困難，由於又是壓力管於管內部發生沉澱時清理不易，因此在不得不情況下，方設置倒虹吸管為宜。



資料來源：下水道工程學（水環境再生工程學），2011，歐陽嶠暉

圖 1-15　倒虹吸管示意圖

(1)倒虹吸管之出入口、彎曲、管之摩擦等都可能造成能量之損失，出入口之間應有足夠之落差，欲實際計算水頭損失有其困難，對各種不同之因素應詳加分析，同時應使水頭損失有相當之餘裕。因此，在設計倒虹吸管時，要使水頭損失減少、堆積減少及維護管理容易。倒虹吸管水頭損失之計算公式如下：

$$\Delta H = S \times L + 1.5 \times \frac{V^2}{2g} + r. \qquad (1\text{-}20)$$

式中：

ΔH ： 倒虹吸管之損失水頭 (m)

S ： 倒虹吸管內水流之水力坡降 (分數或小數)

L ： 倒虹吸管之長度 (m)

V ： 倒虹吸管內之流速 (m/sec)

g ： 重力加速度 (9.8 m/ sec^2)

r ： 常數 (通常取 0.03～0.05 m)。

(2)倒虹吸管穿越河川，其最小深度應在計畫河床底或構造物底之最深處 2 m 以上，若有保護措施者不在此限。

(3)倒虹吸管進出水井應設閘門或擋水板。

(4)進出口形狀為喇叭形，其有影響水流、泥砂淤積等情況者，應在進出口處設排水、沉砂等設施。

(5)倒虹吸管之最小管徑應在 250 mm 以上。

(6)穿越河流時應於護岸及明顯處設置標誌，明確註明管渠之位置、大小及埋設標高，穿越河床時應在上游設置適當之溢流設施。

(7)有漂流物阻塞之虞者，應設置攔污設施及溢流道。

(8)流入端之進流井底部應設置沉砂凹槽，以防砂土進入虹吸管內，並應有清理泥砂之考量配置之。

2.一般而言，倒虹吸管應設置複數管，若為小管徑或因維護管理方面特別之理由，則可考慮設計一支做為完全備用。

3.倒虹吸管為利用兩端水頭差，使下水自高處向低處流動，由於是壓力管，而且流速與流量皆變化，在低流速時容易因有機物質堆積而腐敗，設計時應使倒虹吸管下游管徑比上游小，使管內之流速大於上游端管渠內之流速 20~30%，最低在 90cm/sec 以上。

第 3 節　管渠附屬設施

1-3-01 人孔之設置 **（原則 6）**

人孔之設置規定如下：

1.下水道管渠在管渠起始點、管渠方向變化點、坡度變化點、管徑變化點、管渠合流點、管渠管底高程變化點及流量測點量點以利維修、清理需要設置人孔。

2.管渠直線部分人孔設置之間距依清理、維修、管渠接合等因素以下表定之。

管渠管徑 D(mm)	最大人孔間距(M)
D≦600	100
600＜D＜1,200	120
D≧1,200	150

3.無法依前二款規定設置人孔者，應另加說明。

4.人孔面蓋設置應與地面平齊以利交通安全及維護管理。

【解說】

1.人孔是連接下水道管渠與地面之設施，其目的在於便於進行管線檢查、維修。因此人孔結構必須以人員進出作業為前提，踏步及人孔框蓋設計應考量人員進出之便利性。因管渠在各種變化點及合流點處，水流速會出現改變，容易造成污物、固體物的沉積。因此，藉由人孔進行檢查、維修。

2.以往係考量易於人工維護清理，故人孔之設置較多，但近年來因管渠用

高壓清洗車及 TV 攝影相當普及，故人孔最大間距可加長以減少人孔設置。推進工法或潛盾工法，為免影響交通，而採長距離施工，甚至可曲線施工，而可增長人孔間距。但對於幹管、人孔的間距拉長，則必須考慮維護人員進入管內維護時的缺氧及硫化氫等有毒氣體之安全問題。

3.「應另加說明」是指未依第 1 點及第 2 點規定設置人孔時，應提供合理之說明。

4.新設或更新之人孔面蓋應與周遭地面盡量平齊以利交通安全及維護管理，其高低差以不超過 6mm 為原則，但因人孔面蓋上浮排氣，復原後殘留高度可允許為 10mm 以下。

1-3-02 人孔形狀及構造 **（原則 6）**

人孔形狀及構造規定如下：

1.人孔為圓形或矩形，可採用場鑄或預鑄。

2.人孔框蓋內徑有 600mm、750 mm、900 mm 三種，人孔頂部內徑至少為 900mm 以上,另設置漸縮段至人孔框蓋內徑以利人員進出。

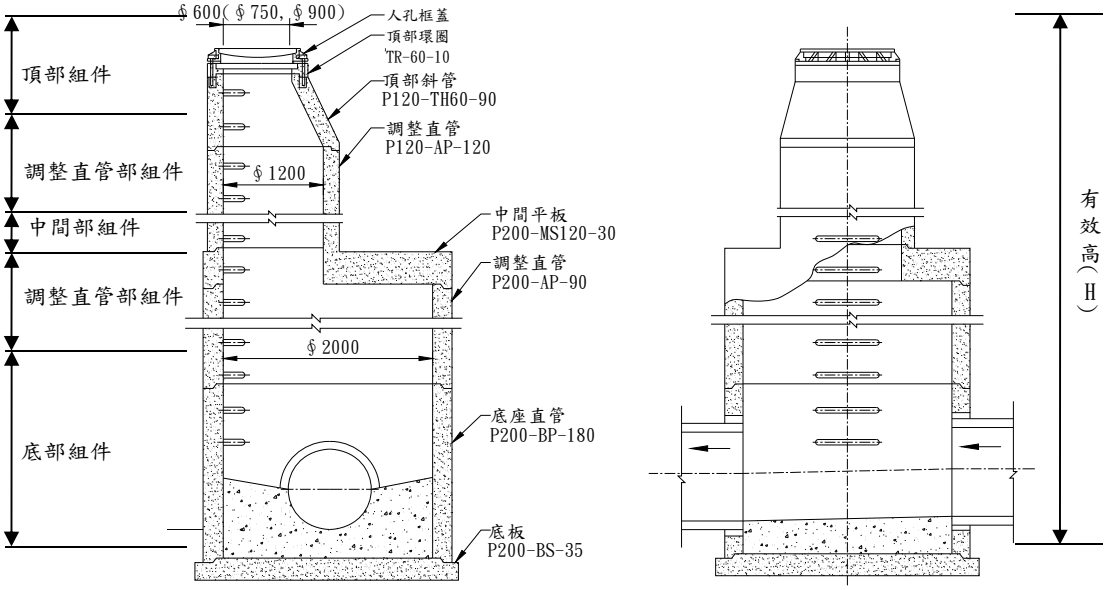
3.人孔踏步每階間距 30 cm，最上一階距地面之間距以 45 cm 為上限。

4.人孔底座底部依管渠形狀設置 U 形導水槽，導槽深度與管徑之比例，可為 100%、80%或 50%，以水力損失最小為宜。

【解說】

1.為控制工期、提昇品質及避免影響交通，一般而言，除非特殊要求需以場鑄人孔設置外，以預鑄人孔優先考量。而預鑄人孔的形狀、構造及人孔框蓋之規範，依 CNS15431 A2297 國家標準設計製造，但為配合現場或功能需求，可另行設計組件製造，如為配合路平政策常需調整人孔頂部高程，可以直角式頂部直管取代頂部斜管或於頂部斜管上方增設頂部環圈，設計時應考量接頭漏砂漏水等情形。

(1)預鑄人孔構造由上而下分為頂部、調整直管部、中間部及底部等四部份，如圖 1-16 所示。



註:有效高(H)為各組件型號最後一碼之總和

圖 1-16　污水人孔組立圖（例）

A.頂部組件:為使維護人員進入之處,是人孔必須之構造。包括人孔蓋、頂部環圈、頂部斜管及頂部平板等不同型式組件,除人孔蓋外,其餘組件視人孔型式搭配。

B.調整直管部組件:設於頂部與中間部之間或中間部與底部之間或頂部與底部之間,為調整人孔深度所需而設。以圖1-17分別表示調整直管部與頂部平板示意。

C.中間部組件:為調整人孔內徑及維護所需而設,主要為中間平板組件。

D.底部組件：為設置導水槽、連接管渠之需，是人孔必須之構造。包括底座直管、底板等組件。

調整直管(轉接用例)　　頂部平板(例)

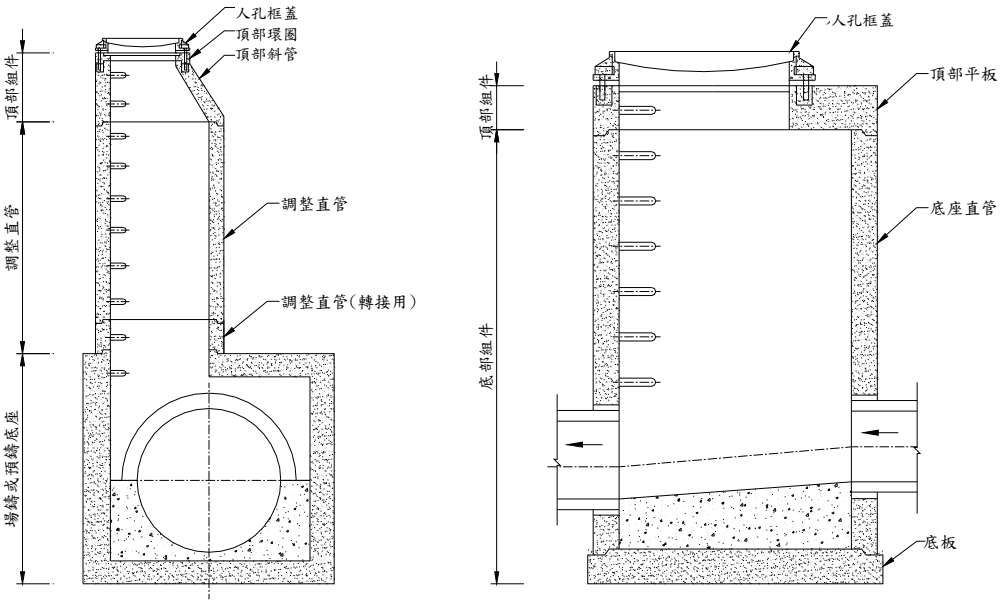


圖 1-17　調整直管部與頂部平板圖（例）

(2)為統一對人孔構造、組件之辨識與有利於數位化之管理，預鑄人孔之「組件型號」採用三碼之編碼系統。例如用於 1500mm 標稱內徑人孔的有效高度 250mm、開孔內徑 900mm 之中間部平板，其編碼系統為 P150-MS90-25，編碼說明如下。

P150-MS90-25

第一碼　第二碼　第三碼

●代表「組件有效高」以「數字」表示（單位為cm）

●代表「組件型式」及「開孔內徑或上方開孔內徑」。
- ➢組件型式以「二個英文代號」表示
  - ✓ 第一個英文字母代表組件構造部
    - •「T」代表頂部
    - •「A」代表直管調整部
    - •「M」代表中間部
    - •「B」代表底部
  - ✓ 第二個英文字母代表組件形狀
    - •「R」代表環圈
    - •「H」代表斜管(或大小頭)
    - •「S」代表平板
    - •「P」代表直管
- ➢開孔內徑或上方開孔內徑以「數字」（單位為cm）表示
  - ✓ 上方開孔內徑，只適用於頂部斜管
  - ✓ 若該組件無開孔內徑時，或與人孔底部標稱內徑相同時，則僅單獨以組件型式表示。

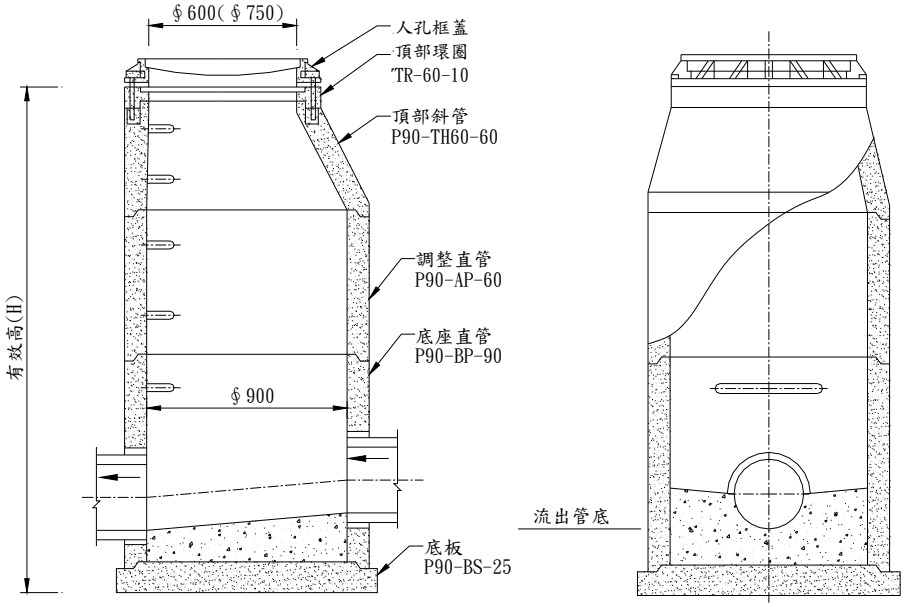
代表「人孔底部標稱內徑」，以「P」及「數字」（單位為cm）表示

(3)預鑄人孔各組件型式包括頂部環圈(代號 TR)、頂部斜管（代號 TH）、頂部平板（代號 TS）、中間平板（代號 MS）、調整直管（代號 AP）、底座直管（代號 BP）、底板（代號 BS）等。

(4)預鑄人孔種類依底部組件不同標稱內徑分為 P900、P1200、P1500、

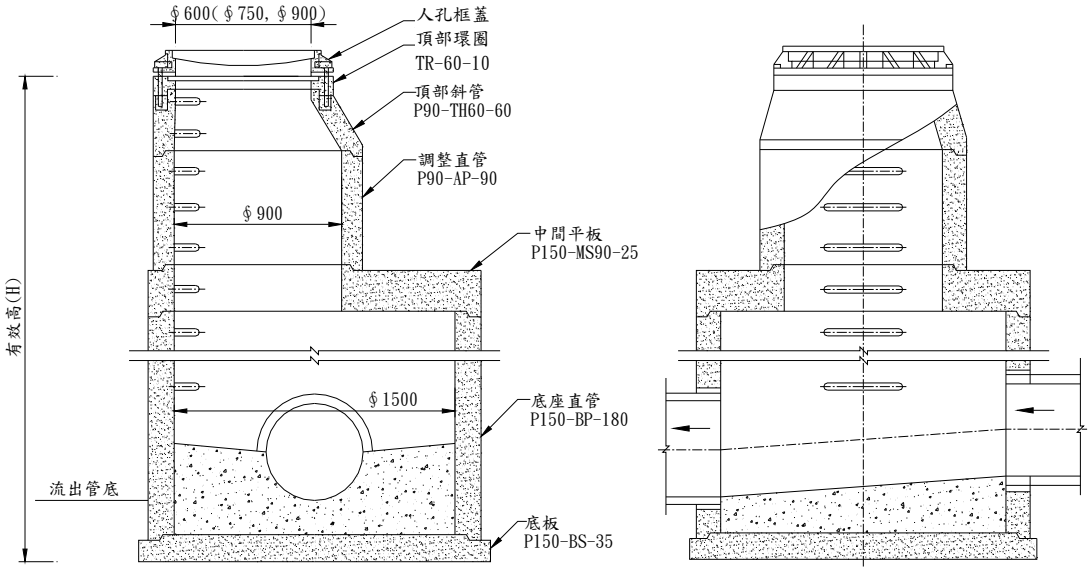
P1800、P2000、P2200 等六種。以圖 1-18~圖 1-20 分別表示 P900、P1500 及 P2000 組立圖。

(5)場鑄人孔：污水人孔埋設於公共道路上為縮短工期，大都採用預鑄，僅因特殊考量方採用場鑄人孔如矩形場鑄沉箱等。



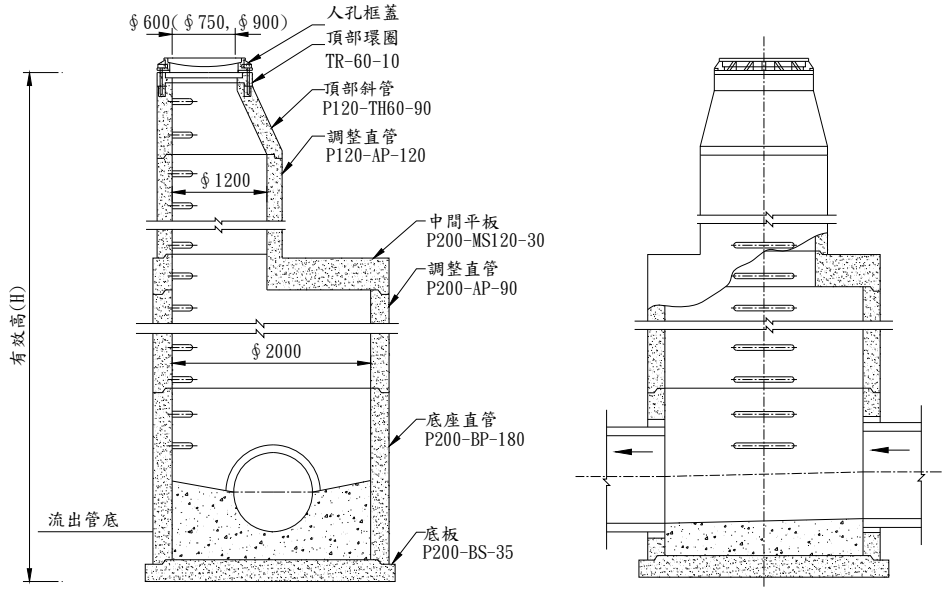
註：有效高(H)為各組件型號最後一碼之總和

圖 1-18　P900 組立圖（例）



註：有效高(H)為各組件型號最後一碼之總和

圖 1-19　P1500 組立圖（例）



註：有效高(H)為各組件型號最後一碼之總和

圖 1-20　P2000 組立圖（例）

2.設置人孔之目的在於便利管之檢查、維修，故人孔結構必須以人員進出作業為前提，因應不同人孔尺寸及維護需求，一般而言，一般人孔其人孔框蓋尺寸以採用 600mm 及 750mm 較常見，大型矩型人孔則會改採用 900mm 人孔框蓋。

3.踏步應具有易人員爬登、止滑及不易生鏽之特性，須符合 CNS13206、A2252 規定，採用 304 不銹鋼或同等級以上鋼料製成。考慮臺灣人體型，為了方便人員進出入人孔。因此，人孔踏步間距 30 cm，最上一階距地面之間距為以 45cm 為上限。

4.人孔底座底部依管渠形狀設置 U 形導水槽，目前規範中並無明定 U 形導槽深度與管徑之比例，導槽深度一般為管徑 80%。

(1)導水槽尺寸

導水槽製作時，其槽體斜坡為 2~5%，導水槽底部與底板之距離應依據出流管線管底至底板頂部距離(C)而訂定。不同底板內徑有不同之 C 值，如圖 1-21 及表 1-7 所示。

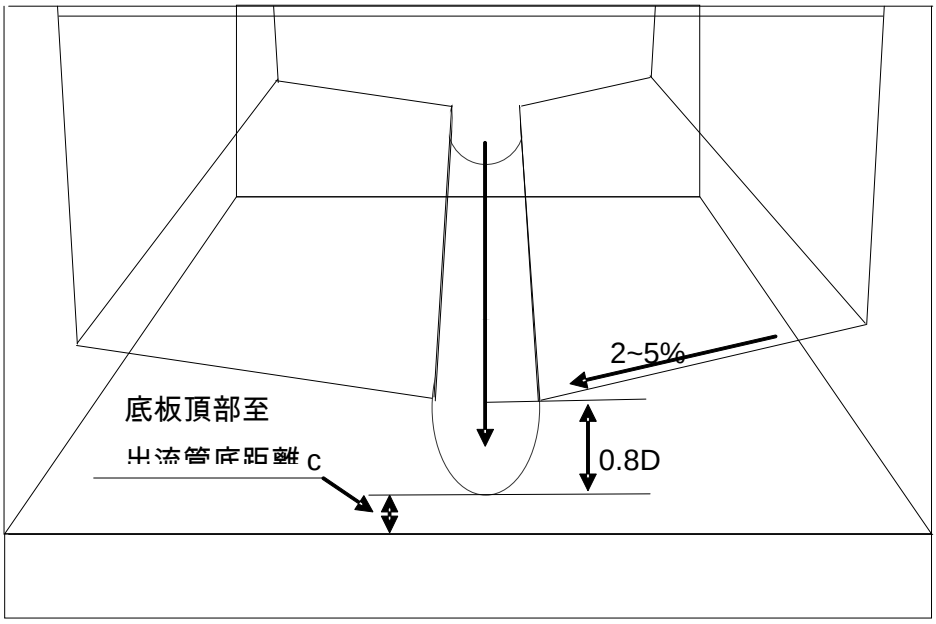


圖 1-21 導水槽構造示意圖

表 1-7 不同底板內徑其 C 值表

人孔型號	人孔蓋尺寸(mm)	底板內徑(mm)	C 值(mm)
P900	600、750	900	170
P1200	600、750、900	1200	220
P1500	600、750、900	1500	220
P1800	600、750、900	1800	260
P2000	600、750、900	2000	320
P2200	600、750、900	2200	320

(2) 進流管線銜接角度定義

出流管線之角度設定為 0 度，以順時鐘方向計算進流管線銜接

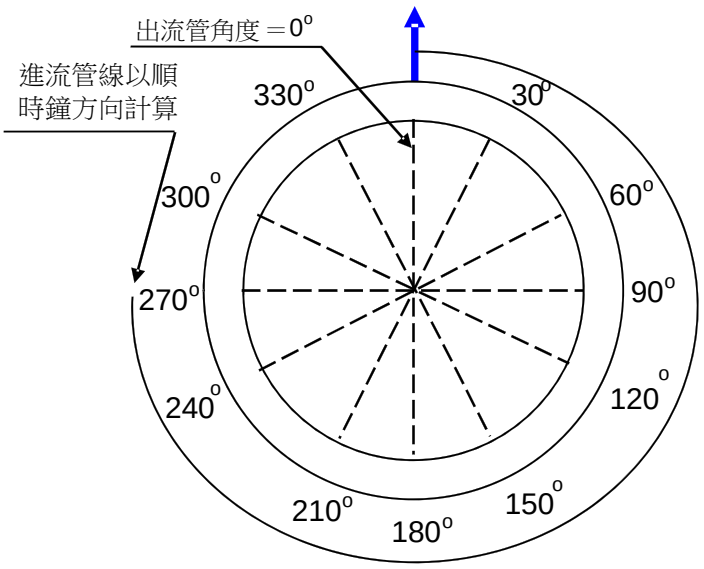


圖 1-22 進流管線銜接方式

(3) 導水槽形式分為 6 類，如圖 1-23 所示。

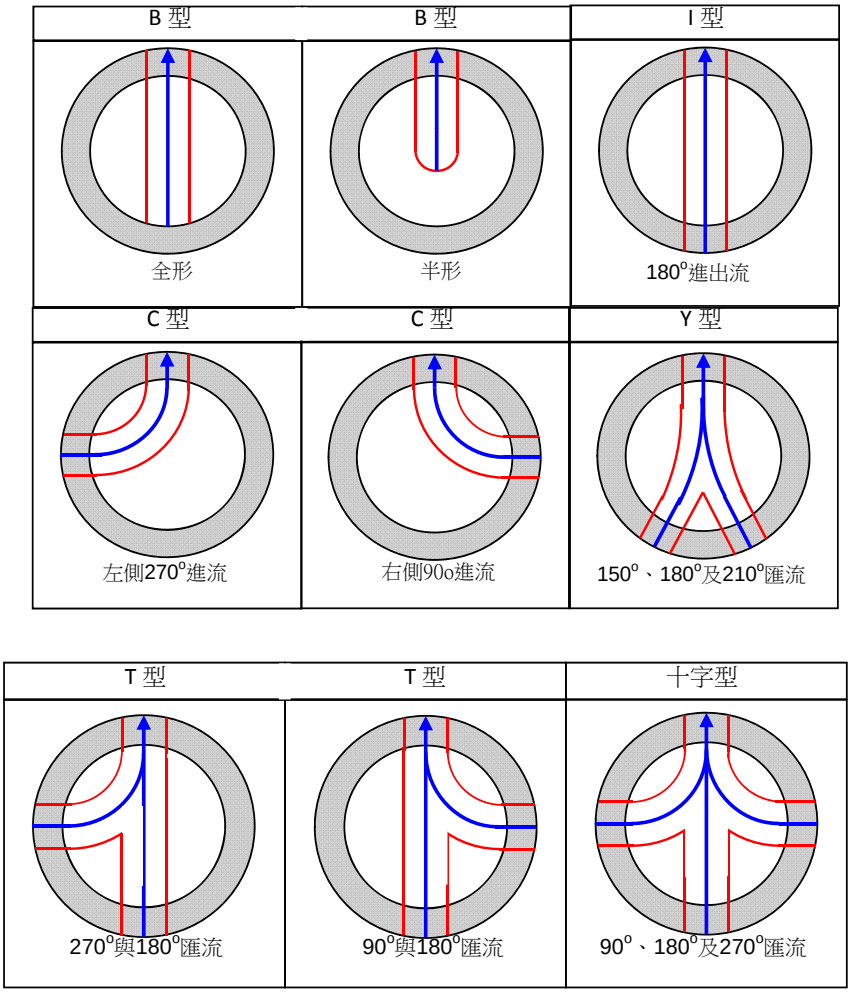


圖 1-23 導水槽製作形式

1-3-03 人孔框蓋之材質、結構及造型設計　　（原則 6）

人孔框蓋之材質、結構及造型依下列原則：

1.人孔框蓋可為各種已商用化產品，其材質應符合國家標準。

2.人孔框蓋設計必須以安全為最大前提，其次才是造型。在造型設計上必須考慮到防滑、耐磨等功能，以確保安全。

3.人孔頂部應設不影響交通之人孔框蓋，人孔框蓋應具緊密功能，以防雨水、砂土滲入。其材質為延性鑄鐵製成，具有防止脫落、上浮及不當開啟之功能。框蓋由鉸扣等連接框座與面蓋，須能耐車輛衝擊而不跳脫，人孔、陰井適用面蓋須以專用工具開啟。面蓋開閉操作時，具有鉸接以防止脫落。面蓋具有進行 360° 轉向及 180° 垂直開啟功能。

4.於人孔內設置排氣口或採用防止上浮人孔框蓋以防止人孔蓋發生上浮，飛跳現象。

【解說】

1.人孔蓋除為已商用化產品、其材質、構造應符合國家標準，目前污水下水道採用人孔蓋的選擇上符合 CNS15536 A2302 下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋規定之人孔蓋。

2.人孔蓋設計必須以安全為最大前提。在造型設計上必須考慮到防滑、耐磨等功能，有時仍須在線條強弱等技術面加以修正，確保安全。人孔造型設計所需具備的重點如下：

(1) 美觀耐看：使用長久耐看的設計，如運用藝術圖案(motif) 的幾何圖樣等。

(2) 無方向性：僅能從單一方向看出意義的設計並不理想。盡可能使用無方向性，可供四面八方觀賞的設計。

(3) 耐磨耐用：圖案會因長期使用而磨耗，所以要採用越磨越有味道的設計。

(4) 素材質感：讓人感受鑄件的份量及溫暖的設計。

(5) 地方特性：設計不只是單純的發想，而是別出心裁的創意表現。

(6) 防滑處理：與道路一樣易於行駛且顧及安全的設計。

3.依據中華民國國家標準 CNS15536「下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋」，新式人孔框蓋具備幾項優點。其功能如下：

(1).防止不當開啟

人孔及陰井面蓋須有受過專業訓練之人員，並使用專用工具開啟。採用「專用工具」外之鐵棒、十字鎬、尖鋤等器具進行測試，以確認無法開啟。如圖 1-24 所示。

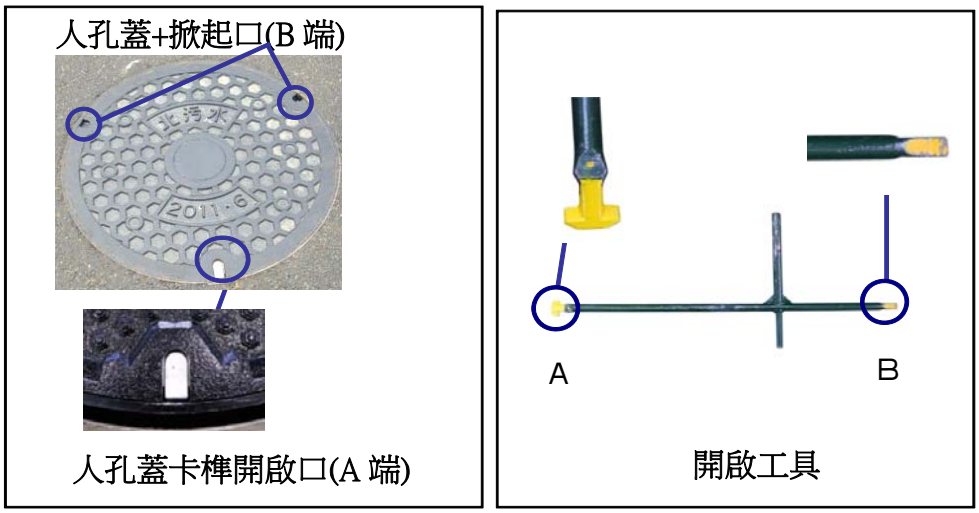


圖 1-24 新式人孔面蓋開啟專用工具

(2).防止脫落及噪音

A. 脫落：框蓋由卡榫及連結扣件等連接框座與面蓋，須能耐車輛衝擊不跳脫。面蓋開閉操作時，具有連接以防止脫落，面蓋具有進行 360° 轉向及 180° 垂直開啟功能。

B. 噪音：採用「斜面式孔蓋(V 型)」，斜面式面蓋與框座有 8 度之斜面以防止滑動，亦可減少因面蓋與框座大小不一導致面蓋跳動所產生噪音。如圖 1-25 所示。



圖 1-25 斜面式孔蓋(V 型)

(3).防止墜落設施

為了防止墜落意外發生，因得選用設置加裝附鎖的防墜落梯子(圖 1-26)亦或同樣能防止墜落發生之裝置於人孔上做為保護措施。防墜落梯子須能承受 4.5kN 重量不破壞。

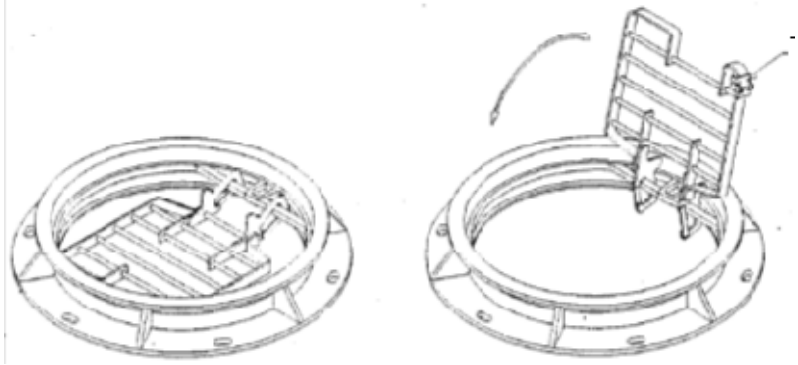


圖 1-26　防墜落設施

(4).上浮狀態防止位移

近年來因氣候變遷及颱風等集中豪大雨，常有造成都市內局部地區淹水而受害之事故發生，造成人孔蓋浮上、溢水及脫落之主要原因中水面上昇及空氣上昇約 47%、水壓上昇約 15%及水錘作用約 26%。

根據下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋 CNS15536 中華民國國家標準〔101 年 1 月 31 日公布〕，當人孔面蓋因人孔及排水幹線內部之壓力上浮 20 mm 以下高度而仍保持上浮狀態時，應具有防止位移功能，且不因車輛通行而解鎖，當內部壓力下降後能平整回復於框座內部，其性能應符合下表 1-8 之標準值。

表 1-8　上浮狀態時防止位移性能之標準值

項目	標準值
耐揚壓載重強度(kN)	60～106
上浮高度(mm)	20 以下
殘留高度(mm)	10 以下



圖 1-27　人孔蓋上浮排氣示意圖

對於上浮狀態時防止位移之試驗，如該人孔蓋若於下列情況之一時，應進行實體試驗步驟：

A. 製造廠對於新產品試作定型之鑑定。
B. 正常生產時，每兩年例行試驗。
C. 正式生產後，若結構、材料及工法改變，可能影響產品性能時。
D. 出廠檢驗與上次每兩年例行試驗結果差異較大時。

4.基本上，污水下水道收集系統是屬於一密閉性系統，渠內水流係藉重力流動或藉抽水機抽水方式流動。人孔框蓋可能因管渠內產生水壓上昇、空氣壓上昇或空氣塊急速上浮，使人孔框蓋發生上浮、飛跳的情形（如圖 1-27 所示），情況嚴重者可能導致生命財產損失。

表 1-9 為造成人孔蓋上浮、飛跳的水理現象之原因，表 1-10 為因設施狀況造成氣壓上昇之狀況。

表 1-9　造成人孔蓋上浮、飛跳等水理現象之原因分析

主因		水理現象		
		衝擊壓		水位上昇
		Water hammer (水壓)	Airhammer (氣壓)	
水流遭阻礙	緊急關閉抽水站閘門	◎	◎	
	抽水站緊急停止	◎	◎	
	抽水站慢速關閉			◎
	抽水站抽水能力不足			◎
迴水	河川水位、潮位上昇			◎
水躍的移動	管渠陡坡→緩坡的變化			◎
水力坡降線的陡坡化	管渠相對輸水能力不足			◎
損失水頭的增加	從下方鑽過繞道			◎
	管斷面的縮小			◎
	管渠的曲折			◎
	管渠的匯流處			◎

表 1-10　因設施狀況造成氣壓上昇之現象

可能會產生氣壓上昇的狀況	設施狀況	備註
排氣能力小	人孔較少	潛盾工法及推進工法等長距離的管渠
	拆裝管較少	
容易累積大型空氣塊	帶動空氣的跌落施工、較深的人孔	
	大口徑的管渠	
容易承受高水壓	埋設較深的管渠	

人孔蓋的上浮、飛跳為人孔內的水壓或氣壓上昇所致，亦或管渠設施內殘留空氣塊的急速上浮，導致人孔蓋或側邊的耐壓力低於上浮壓力，如圖 1-28 所示。人孔蓋上浮、飛跳之現象大多為幹管內流量驟增，以致管渠內水位上昇。導致管渠水位上昇之直接原因：

(1) 管渠或是抽水站的相對能力不足
(2) 抽水站緊急關閉閘門
(3) 容易累積空氣，亦或管渠縱斷面上方空氣容易連續流動
(4) 埋設較深的管渠
(5) 大口徑的管渠
(6) 向下方鑽過繞道、管渠的大角度轉彎、匯流處等流動障礙

(7) 跌落設施
(8) 設施的排氣能力不足
(9) 凹地或陡斜面變成緩斜面的變化點

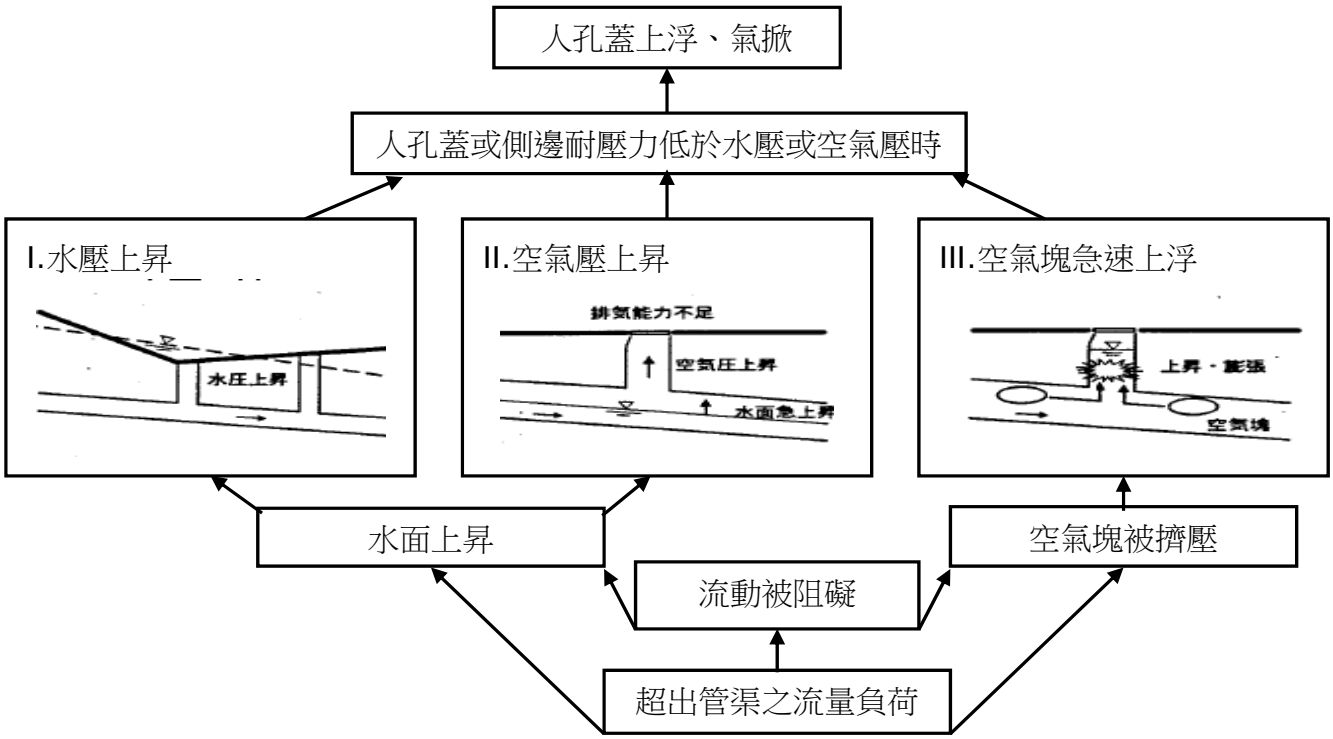


圖 1-28　管渠設施內的狀況導致人孔蓋上浮、飛跳現象之要因關係圖

由人孔蓋上浮、飛跳現象之要因關圖可知，現象 I 和 II 因應其水面上昇速度而連續產生，亦則終究會發生其中一種現象。另現象 III 水位上昇的要因與現象 I 或 II 不同。其現象 I 和 II 之狀況和要因關係詳圖 1-29，現象 III 之狀況和要因關係詳圖 1-30 所示。

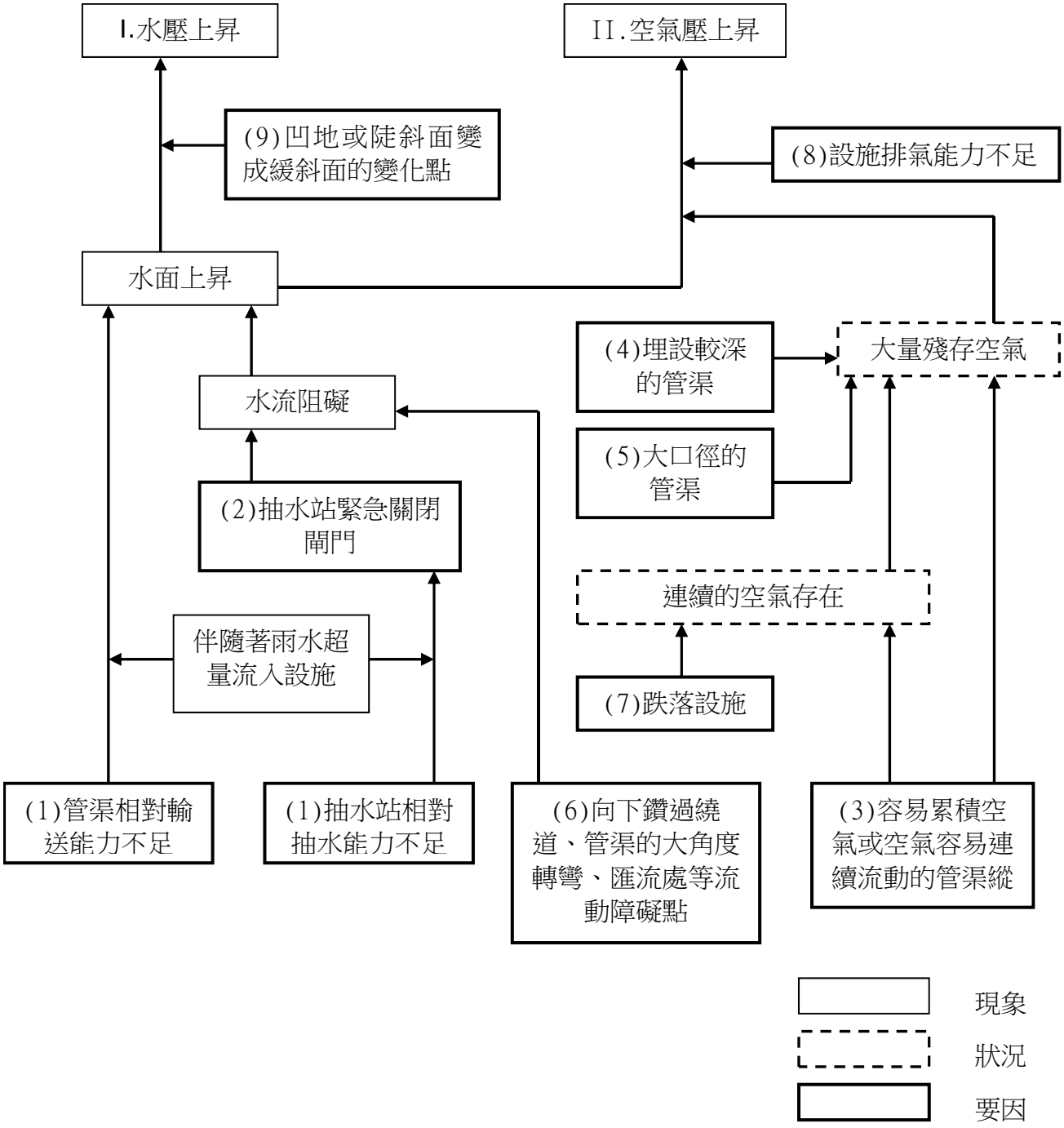


圖 1-29　導致人孔內水壓及空氣壓之狀況和要因關係圖

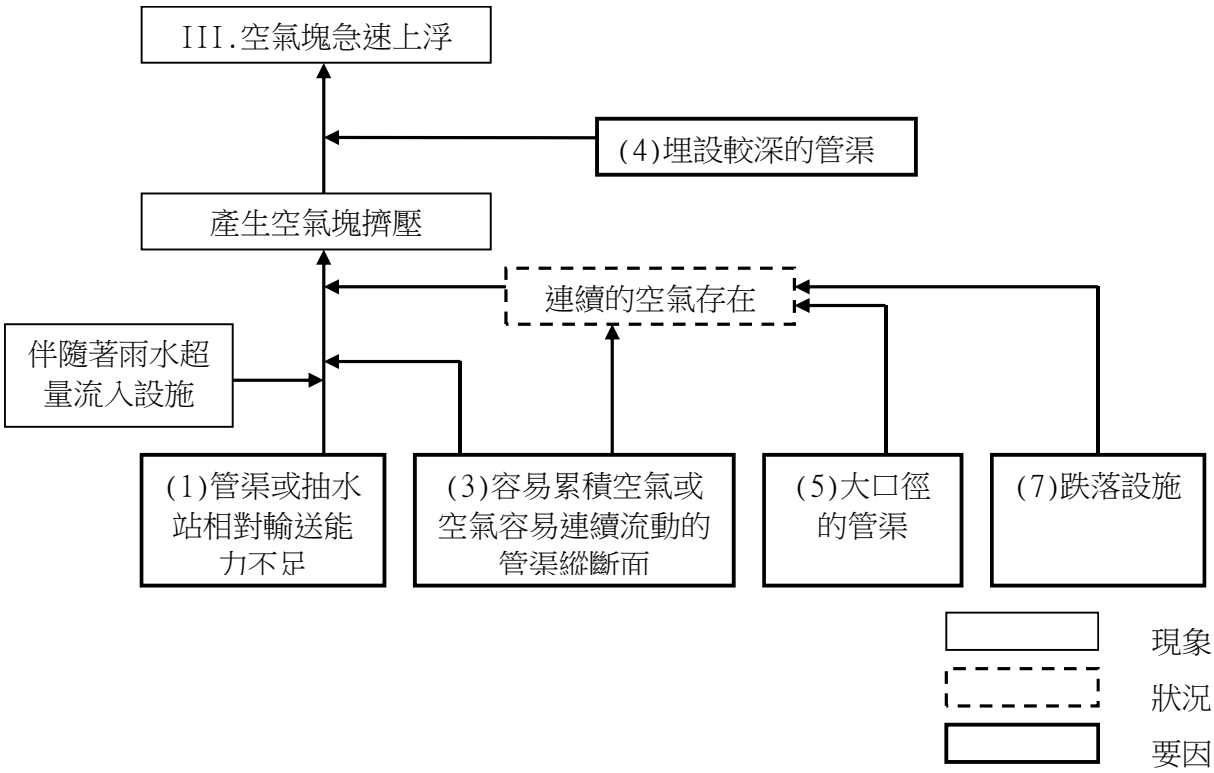


圖 1-30　導致人孔內的空氣塊急速上浮之狀況和要因關係圖

關於導致人孔蓋上浮、飛跳的現象(I.水壓的上昇，II.氣壓的上昇及 III.空氣塊的急速上浮)，危險度程度之關係表彙整於表 1-11。

表 1-11　人孔蓋上浮、飛跳現象和要因之關係表

現象 / 要因	I.水壓的上昇	II.氣壓的上昇	III.空氣塊的急速上浮
①管渠的相對輸送能力	小	小	小
①抽水站的相對抽水能力	小	小	小
②抽水站緊急關閉閘門	快	快	—
③容易累積空氣或空氣容易連續流動的管渠縱斷面	—	多	多
④管渠的埋設深度	—	深	深
⑤管渠的口徑	—	大	大
⑥管渠的大角度轉彎、匯流處等流動障礙	有	有	—

⑦跌落設施的落差	—	大	大
⑧設施的排氣能力	—	小	—
⑨凹地或陡坡變成緩坡的變化點	有	有	—
⑩人孔蓋、側壓的耐壓力	小	小	小

人孔蓋上浮、飛跳防止對策，除於系統規劃時降低可能產生孔蓋上浮、飛跳之要因外以日本的經驗為例，主要是採壓力開放型防止上浮用人孔蓋對策，如圖 4-1 所示，或設置人孔排氣口對策。

1-3-04 人孔內徑尺寸 **（原則 6）**

銜接管徑及人孔內徑之關係規定如下：

1.圓形人孔：

人孔底座內徑 (mm)	銜接管徑適用範圍
900	1.管徑 300 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 300 mm 以下之合流點人孔。
1200	1.管徑 500 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 400 mm 以下之合流點人孔。
1500	1.管徑 700 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 500 mm 以下之合流點人孔。
1800	1.管徑 800 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 600 mm 以下之合流點人孔
2000	1.管徑 1,000 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 600 mm 以下之合流點人孔。
2200	1.管徑 1,100 mm 以下之中間點人孔。 2.管徑 800 mm 以下之合流點人孔。

2.矩形人孔：無法依前款規定設置人孔底座內徑 90 cm 圓形人孔時，應設置內寬 60 cm × 90 cm 矩形人孔；無法設置矩形人孔時，依現場情況設計之。

【解說】

本條列舉不同底座內徑之中間點或合流點圓形人孔，銜接管徑適用範圍，並說明因受地形限制無法設置內徑 900 mm 人孔時，可設置矩形人孔。

1.形狀為圓形之人孔為標準人孔。中間點人孔、合流點人孔定義及設置時機如下：

(1)中間點人孔：設置中間點人孔主要時機為管渠方向改變、坡度變化、管徑變化、需設置跌落設施或為量測流量、清理需要、受限於推進（潛盾）施工能力時及管渠直線部分間距超過 1-3-01 條規定時應設置中間點人孔。

(2)合流點人孔：另需納入上游分支管渠時需設置合流點人孔。

2.除無法依前款規定設置人孔底座內徑 900 mm 圓形人孔時，應設置內寬 600 mm × 900 mm 矩形人孔外。實務上，亦可能因抽水站緊急溢流、紓流為目的而設置之非矩形人孔。

1-3-05管線通氣 **(原則3)**

1.為避免污水下水道管線系統內累積各種臭氣影響管渠壽命、妨礙排水順暢及管線清理安全、防止人孔掀蓋或發生氣爆，依系統必要性考量於適當位置，設置專用通氣設施。

2.倒虹吸管上、下游兩人孔應設置空氣跳躍管。

【解說】

1. 污水下水道管線裡流動的污水中存在著各種微生物，它們利用不同形態的氧氣，藉由有機物之分解，獲得能量而生存。這些微生物在新陳代謝過程中所釋出或產生的各種臭氣族化合物。污水產生的主要臭氣種類、臭味特徵依「空氣污染防制法施行細則」第二條之分類如表 1-12。

表 1-12 主要臭氣種類、臭味特徵及依照「空氣污染防制法施行細則」之分類

臭氣種類	臭味特徵	「空氣污染防制法施行細則」第二條之分類方式
硫化氫 H_2S	酸性，臭蛋味	毒性污染物
硫醇(mercaptan) CH_3SH	酸性，臭鼬味	惡臭污染物
硫化甲基 $(CH_3)_2S$	中性，腐敗捲心菜味	惡臭污染物
二硫化甲基 CH_3SSCH_3	中性，腐敗蔬菜味	惡臭污染物
氨氣 NH_3	鹼性，強烈刺激性尿臭味	毒性污染物
三甲基胺 (Trimethylamine) $(CH_3)_3N$	鹼性，魚臭味	惡臭污染物
二胺(Diamines)	腐肉味	惡臭污染物
糞臭素(skatol)	糞臭味	未歸類

硫化氫雖然被認為係存在於污水中最廣布的含臭化合物，但不應假定在每一種情況下的臭味來源就是硫化氫，其它含臭化合物，如硫醇、有機硫化物(包括硫化甲基及二硫化甲基)及胺(包括三甲基胺及二胺)等，也可能是重要的臭氣來源。

硫化氫是一種無機化合物，是一種比空氣重約 20%之無色氣體，在 15℃及 1 大氣壓下之比重(又稱為蒸氣密度)為 1.1895(空氣比重為 1)，故會在較低地點堆積。硫化氫是易燃的氣體，它與空氣混合之體積百分比介於 4.3 及 46.0 之間時，

會形成爆炸的混合物。濃度低至 0.05 mg/L 即有特殊的臭蛋味，濃度高時反而沒有氣味（因為高濃度的硫化氫可以麻痺嗅覺神經）。它能溶於水，在 0℃及 1 大氣壓下，100 ml 之水能溶解 0.672g 硫化氫。如以體積計算，0 ˚C 時 1 體積水能溶解 2.6 體積左右的硫化氫。硫化氫的水溶液是一種弱酸，當它受熱時，硫化氫又從水裡逸出。硫化氫是一種急性劇毒，吸入少量高濃度硫化氫可於短時間內致命。低濃度的硫化氫對眼、呼吸系統及中樞神經都有影響。

硫化氫所以受到特別的重視，係因它除了會產生臭氣並使人中毒外，亦會產生腐蝕問題。在污水下水道重力管線、渠道、池槽及壓力管線中， 硫化氫會從污水中逸出而進入管線及渠道上部的空氣中，管線頂部管壁及渠道頂版或牆壁上任何濕氣及水珠都會溶解硫化氫，然後經細菌氧化而形成硫酸，硫酸對於下水道系統的鑄鐵、混凝土及水泥砂漿裡襯都具有強腐蝕性。

下水道管線以重力流為原則，這種情況下，明渠流會使空氣中的氧氣溶解到污水中，此時污水會成為好氧狀態，因為微生物利用溶氧，所以較無產生硫化氫的問題。

相反的，壓力管線因為滿水狀態而沒有自由水面，氧氣無法供應到污水中，污水會變成厭氧狀態。此外，當污水下水道淤積大量有機物，底層的有機物無法接觸到水中的溶氧，亦會形成厭氧狀態。在這種條件下，污水中的有機物經硫酸鹽還原菌以硫酸鹽作為氧源而進行分解作用，硫酸鹽本身則還原成為硫化氫，如下式所示。

硫酸鹽還原反應

$$SO_4^{2-} + 2C + 2H_2O \longrightarrow H_2S + 2HCO_3^-$$

在壓力管線末端的空氣中，會逸散出硫化氫，再經硫氧化菌的氧化作用而生成具腐蝕性的硫酸（硫化氫之腐蝕機制詳圖 1-31）。

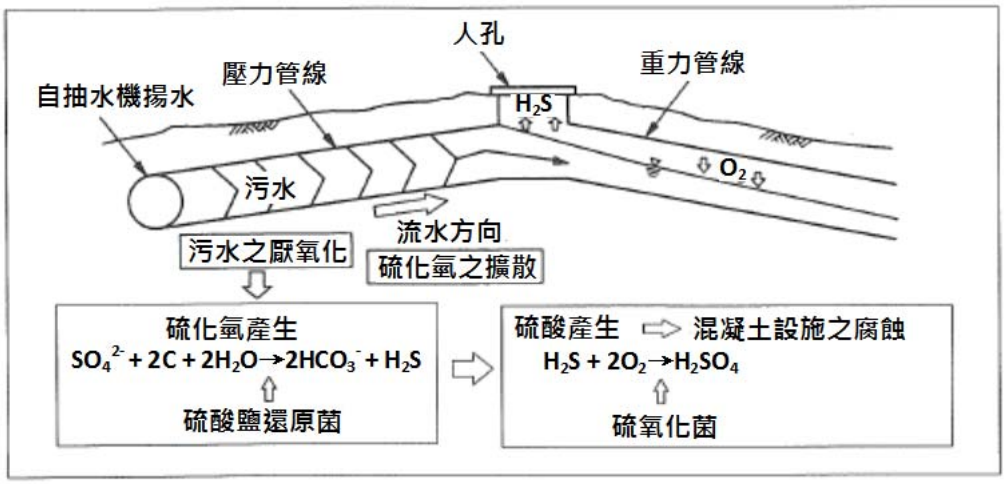


圖 1-31 硫化氫之腐蝕機制

污水管線的通氣係為了確保污水下水道設施健全的重要維護管理項目，污水管的通氣不良一直是伴隨著污水管產生問題的重要部分。

在任何情況下，思考污水不會腐敗係污水管設計及維護管理必須考慮的一個重要主題。污水腐敗會使污水在跌落流時產生臭氣、造成管線腐蝕及在污水處理廠使污水處理困難。為了不使污水腐敗，必須在污水中供給氧氣，這些氧氣係由污水管上部空間內空氣之一部份所供給，換句話說，必須保持新鮮空氣，通氣將在這方面發揮重要作用。但即使產生硫化氫，通氣卻可減少其濃度。

此外，通氣的另一個特點是降低管內之濕度，必須認識到管內面為乾燥狀態之作用。污水管壁面如果乾燥的話，會阻礙硫氧化菌的生存，硫化氫暫時不會產生，導致腐蝕的化學變化程序將會中斷，避免引起嚴重的情況。雖靠著通氣很難使管線壁面完全乾燥，但可降低濕潤的程度。

通氣對水理也有影響，在水理計算上，污水上部係以存在著大氣壓的空氣為前提，如果在存在著高速水流的地方，水流也會拖引管線上部的空氣，使上部空間的氣壓可能會變得異常。如果不做適當的通氣，水流會發生波動，這種情況下應考慮設置吸氣及排氣的通氣管。

除此之外，在污水下水道中，來自各個地方的污水不斷注入，下水道管內的空氣來不及自管線末端的出口排出，結果是下水道管內空氣的壓力逐漸升高，而經常高過於大氣壓力，其影響包括：①部分地區的用戶可能會因管線內有積氣而使排水不順暢；②如果下水道某處有污水大量灌入，則其鄰近之人孔蓋就可能會受到底下空氣的擠爆而被彈開出，造成氣衝；③如果在人孔蓋附近因吸菸或放鞭炮而點火，則可能會點燃從人孔內外洩的甲烷瓦斯(比重較空氣輕)引起氣爆，造成安全問題(見圖 1-32 及 1-33)。



圖 1-32 國內某污水下水道人孔內瓦斯氣爆案例



圖 1-33　湖南省一位居民在人孔蓋上玩鞭炮導致人孔內瓦斯氣爆案例

雖然在下水道使用初期，污水量不多，管內有足夠的空間供空氣受壓縮，使這種現象較少發生，但隨著接管率提高，管內空氣的壓縮空間縮小，這種不定時炸彈隨時引爆的情況會開始發生而愈趨嚴重。為防止引發民怨，甚至發生安全事件，在設計階段，即須針對下水道管線的通氣問題擬妥因應對策。

污水管內的通氣通常係在人孔與排水設備間的連接管處自然發生的，這種自然通氣產生的機制，會受該處管線高程差引起氣壓差異、管內空氣溫度與外部空氣溫度之差異、污水流動牽引空氣、和管內流量變動引起上部空間量變化等複雜因素的交互影響。

最近的污水下水道管線因擔心雨水從人孔蓋滲入，故設置無孔之人孔蓋，另外，為了清潔和維護功能，住宅及高樓之用戶接管設置存水彎，減少了連接管之自然通氣，這些情況使污水下水道與外氣的接點變得極有限，以致必須重新考慮在下水道設置通氣設施。為促進下水道積極的通氣，可使用通氣設施。通氣設施係以排氣管線連接至人孔，以便將下水道內累積的氣體引導至其頂部排出(詳圖 1-34 通氣設施安裝示意圖)。

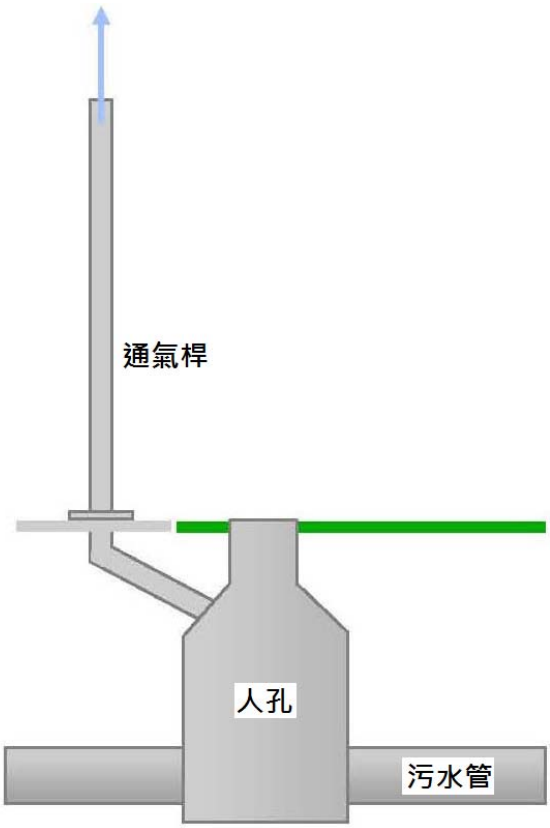


圖 1-34 通氣設施安裝示意圖

通氣的方式分為主動和被動兩種，主動通氣使用需動力之設備如風機等，被動通氣則不使用任何動力。主動通氣介紹另見其他相關資料，本節僅介紹被動通氣。煙道效應(Stack effect)及柏努利原理(Bernoulli's principle)是兩種被動通氣法，利用高度形成的空氣壓力差將空氣經由通氣設施而自下水道中抽出。較高處的較低壓力會使空氣往上移動，而煙道效應及柏努利原理的差別即在於壓力差的來源。

煙道效應係運用溫度差來移動空氣，熱空氣由於浮力而上升，其較低壓力將下水道空氣吸出來。柏努利原理係運用風速差來移動空氣，此為流體動力的一般原理，亦即空氣移動越快，其壓力越低。以工程觀點而言，遠離地面的戶外空氣較少阻礙，所以其移動速度較地面下污水管內的空氣為快，所以壓力較低，此較低壓力會協助下水道內的空氣經由通氣設施排出，通氣設施四周或多或少的阻礙物會大大的影響此種通氣方法，故其位置應選擇空氣流通良好之處。相反的，如果在下水道中存在著高速水流的地方，水流也會拖引管線上部的空氣(見圖1-35)，使上部空氣的流速變快，壓力變低，此變低的壓力會使外界的空氣經由通氣設施吸入下水道內。

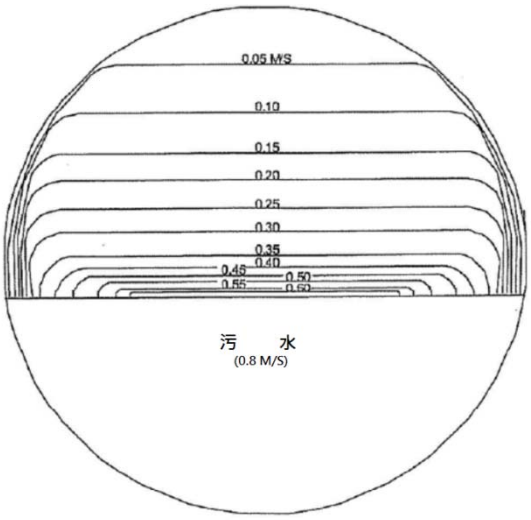


圖 1-35 水流拖引管線上部空氣的理想化速度曲線圖

下水道內的空氣經由通氣設施排出的效應，在有風的情況下，柏努利原理優於煙道效應。而在無風的情況下，煙道效應優於柏努利原理。有許多的例子顯示設計了一種其實是兩者都設計了，但可運用一些策略來加強這一種或那一種，例如一支簡單的通氣設施可以煙道效應來優化，而風對它的舀掘作用(scooping)也可以柏努利原理來優化。空氣經由通氣設施進入下水道內的效應，需視下水道內水流的情況，高速水流時，空氣越容易經由通氣設施進入下水道內。

採用被動通氣的通風桿頂部可依需要設置固定風罩(防鳥型)、出氣式旋轉風罩及進氣式旋轉風罩(附強制風向尾翼)（見圖1-36)。通風桿頂部選擇風罩種類的原則是：下水道上游端可設置進氣式旋轉風罩，引導空氣進入管線內；中游端可設置固定風罩，視管內氣壓之情況供空氣進入或排出；下游端因可能充滿硫化氫，可設置出氣式旋轉風罩，協助將臭氣排出。



a. 固定風罩(防鳥型)
材質：鋁質，表面塗漆



b. 出氣式旋轉風罩 材質：不銹鋼，表面塗漆



c. 進氣式旋轉風罩(附強制風向尾翼)
材質：鋁質，表面塗漆

圖 1-36 通風桿頂部風罩種類

通氣設施運用這些效應最重要的考量是空氣出入口要有較大的高差，高差越大，通氣效果越好，由於通氣設施頂部會排出含有硫化氫等的臭氣，故其高度至少為4.5m，附近住家較密集時，高度可增高(見圖1-37)。此外，為使其消散至大氣中，其位置應選擇空氣流通良好之處。通氣設施的外表可設計成具有美觀性及藝術性，甚至與周邊的景觀融合，例如外表像一棵椰子樹等，以降低其被排斥性。舊金山Embarcadero地區於2007年採用4.5m高造型美觀之通氣設施，其上方裝有出氣式旋轉風罩，可對污水人孔造成負壓，將臭氣強制排出，效果相當不錯(見圖1-38)。澳洲 Adelaide市一直使用15m高30cm直徑的挑高型通氣設施, 其上方設有防鳥型固定風罩(見圖1-39)，幾十年來共裝了數百支。



a. 一般高度之通氣設施



b. 高挑型通氣設施

圖 1-37　英國小鎮街道上之污水管通氣設施



圖 1-38 舊金山 Embarcadero 地區頂端裝有旋轉風罩的通氣設施

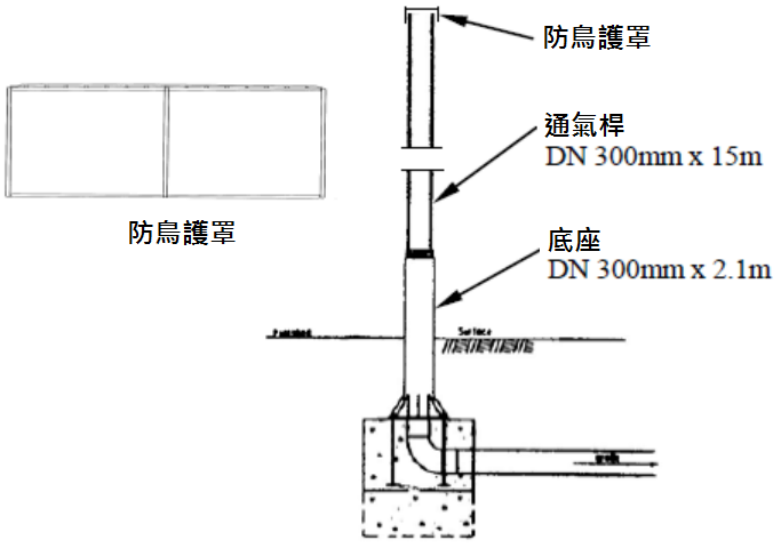


圖 1-39　澳洲 Adelaide 市挑高型通氣設施示意圖

如硫化氫等臭氣無法以被動通氣方式自然消散，則需採用風機等主動通氣。此外，另可考量在污水管中加入除臭藥物或設置除臭設施等，詳見本規範 § 2-7-01 臭氣控制。

2. 倒虹吸壓力管之後端水井會產生硫化氫及發生腐蝕係眾所皆知之事，然而在現實中，往往常會在這些設施的前端觀察到硫化氫的腐蝕，此似乎是很難理解的現象。由於倒虹吸抽水站之前端沒有抽氣的地方，從上游端收集到的硫化氫將會在此處累積，此即產生腐蝕的原因。

因此，有必要了解到倒虹吸抽水站係空氣不流通的設施，為確保空氣在倒虹吸管的流通，應設置另一支管線，其管徑尺寸為倒虹吸管直徑之 1/3 至 1/2，以使空氣流通，此稱為空氣跳躍管(air jumper)。設在倒虹吸管上之空氣跳躍管詳圖 1-40。

污水管線不能只流污水，上部空間的空氣亦應隨著水的流動而移動，故有必要考量整個系統。

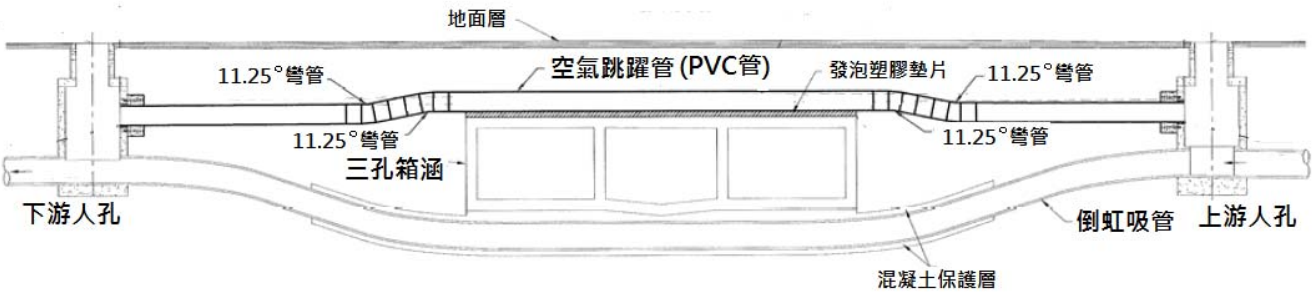


圖 1-40 設在倒虹吸管上之空氣跳躍管

1-3-06 回填材料利用 **(原則 3)**

於道路管溝開挖設計回填材料，可利用控制性低強度回填材料（CLSM）與多功能再生混凝土（MRC）

1. 在道路（或人行道）設計埋設污水管渠，開挖管溝之回填材料依工程實際限制條件，可選用控制性低強度回填材料（CLSM）、多功能再生混凝土（MRC）等回填材料，替代一般砂或需夯實之土石回填材料。
2. 開挖管溝之回填採用控制性低強度回填材料（CLSM）、多功能再生混凝土（MRC）等回填材料應明訂於相關規範。另於回填材料澆置前，應特別注意預先做好管線固定措施，防止管線上浮，並依據配比的凝結時間特性，妥善規劃施工流程。

【解說】

1.傳統道路（或人行道）開挖管溝回填工法係將開挖之剩餘土運棄，而另以砂石級配料作為回填材料加以滾壓夯實，遭遇狹小空間或夯實機具無法進入的場所則難以進行滾壓夯實（即使勉強以小型夯實機具施工，夯實品質亦難全面掌控），且回填夯實作業費工耗時（單次夯實厚度受限，須分層鋪築、逐層夯實，每層夯實後尚須進行工地密度試驗，合格後才能進行下一階段夯實作業），受天候影響亦大，若利用控制性低強度回填材料(Controlled Low Strength Materials, CLSM)或多功能再生混凝土(Multi-Functional Recreation Concrete,MRC)等作為回填材料，可有效解決前述困難：

(1) CLSM 具有高流動性、自平性之材料特性（美國混凝土協會 ACI 定義 CLSM 為一種具自我充填性的材料），故不需滾壓，這種材料可於混凝土預拌廠生產，與一般混凝土的使用原料，並無明顯的不同，其仍由粗、細骨材、波特蘭水泥以及水所共同組成，惟其原料含量比例迥異於一般混凝土（如表 1-13），且 CLSM 對骨材之要求並無特殊限制，廢棄磚石（來自營建剩餘土石方）、爐碴、鑄砂等之再生骨材，亦皆為 CLSM 之理想原料。（CLSM 在台灣地區已被廣泛運用在管線的回填，配比設計相當成熟，各縣市之下水道明挖施工道路回填相關規定大都明訂採用 CLSM 的回填方式。）

表 1-13　CLSM 與一般混凝土材料之特性比較

使用原料	控制性低強度材料	一般混凝土
I 型水泥 (kg/m^3)	100~200	250~450
爐灰 (kg/m^3)	50~100	0~100
水 (kg/m^3)	180~220	180~220
W/B	1~1.5	0.4~0.55
粗骨材 (kg/m^3)	200~ 400	700~1100
細骨材 (kg/m^3)	1280~1480	700~1000
摻料	速凝劑、發泡劑	減水劑、強塑劑

(2)CLSM 工程性質包括抗壓強度、坍度及坍流度或管流度等基本性質。嚴格檢視 CLSM 強度則屬 28 天無圍抗壓強度不超過 84kgf/cm2（即 1200psi）的低強度材料，其抗壓強度一般介於 10~80kgf/cm2 之間，但已足夠作為路基材料，若考慮將來以人工或機具方式的再開挖性，其抗壓強度宜低於 21kgf/cm2（即 300psi）。

(3)CLSM 凝結時間依配比及天候而定，最快在 3 小時內就可以固結而承載重量，為了交通之特別需要，CLSM 也可用早強水泥拌合，在極短時間內開放車輛通行。

(4)MRC 則是利用現場開挖土石方透過篩分析將土石分級回收再利用，再添加水泥與卜特蘭材料混拌而成（其原理與 CLSM 類似，惟除配比設計不同外，主要差別在骨材來源及性質），亦具有良好流動性、低強度、低沉陷等特性並兼具環保的可回收性，可直接在施工現場拌合或將現場開挖土石方運至混凝土預拌廠加工生產。

(5)開挖土石方之組成因現場不同而有變異，MRC 為符使用需求（流動性、抗析離性、硬固時間、滲透性、抗壓強度、再開挖性），其配比（包括添加特殊材料）須依實際狀況加以測試調整。（目前台灣地區亦逐漸應用 MRC 於道路基礎及管線回填上。）

(6)抗壓強度在 3.5~7.0kgf/cm2（50~100psi）之 MRC，與具優良夯實性的土壤抗壓強度相當，惟對於管線工程之回填需求而言，MRC 抗壓強度一般以 20~70 kgf/cm2（286~1000psi）較為適當。

2. 設計開挖管溝之回填採用 CLSM 及 MRC 時，對於產品（組成材料、性質要求、拌和、設備、品管、檢驗）、施工及計量與計價等相關內容應明訂規範，除符合工程需求外，規定明確可避免將來施工產生爭議：

(1)行政院公共工程委員會所訂施工綱要規範已納入 CLSM 材料（第 03377 章控制性低強度回填材料），除可予以引用外，對於工程其他特殊需求亦可採「施工規範補充說明」等方式加以規定。

(2) MRC 屬再生混凝土之一，惟台灣地區 MRC 發展利用較 CLSM 晚，故實際案例經驗有限，目前行政院公共工程委員會所訂施工綱要規範尚未納入 MRC 材料，各單位仍可參考他類再生混凝土規範模式，訂定符合工程需求特性之 MRC 規範，應注意的是須訂明 MRC 所採用開挖土石方之來源（採用來自本工程開挖土石方或可採其他開挖土石方來源），以免將來產生爭議糾紛。

3.相較傳統之砂土級配回填料， CLSM 及 MRC 含水量更大（且有化學摻料）使其具備相當的工作性，似泥漿般的流動充填於管線周遭，因此會產生管線的上浮力，若澆置前管線未確實固定於管溝內，則澆置時易發生浮管現象。

另外，CLSM 及 MRC 凝結時間依配比而有所不同，凝結前仍須加以養護，未完成養護不得進行下一階段施工項目，否則將嚴重影響預期強度及沉陷量。

1-3-07 污水陰井(連接井)及連接管 **（原則 7）**

污水陰井(連接井)及連接管之規定如下：

1.污水陰井(連接井)：

為圓形塑膠製品或為圓形鋼筋混凝土製品，內徑為 30 cm 至 60 cm，埋設深度以不大於 2 m 為原則，井蓋為鑄鐵或耐壓材料製成，其蓋應能緊密，以防止雨水、砂土滲入；底座具有水流導槽以利污水流動及管線清理。圓形塑膠製污水陰井（連接井）分為直管式及組合式兩種，直管式連接井由底座、豎井及井蓋組成；組合式連接井由調整環、墊層、中層及底層組成。

2.連接管：

(1)最小管徑為 200 mm。

(2)連接管之起始點、彎曲點、合流點、中間點及跌落點可設置陰井。

(3)連接管坡度為 1 %以上。

(4)連接管管材以塑膠管材如 PVC、HDPE 或 ABS 管為之。

【解說】

1.基於污水陰井及連接管均以明挖方式施做，故其埋設深度以不大於 2 m 為原則，鋼筋混凝土製品得依實際狀況放寬為 3m，以利施工及提高施工安全性，示意如圖 1-41。

2.連接管為由用戶排水設備接入公共污水下水道的銜接管線段，其設置應能就近接入公共污水下水道之人孔，示意如圖 1-42。

(1)連接管最小管徑為 200mm，俾利後續維護作業。一般情況下，連接管所收集之集污污水均可為 200mm 所輸送，但若經分析，一定須採用較大口徑之連接管方能輸送時，則須改採合適之污水陰井。

(2)污水陰井之設置位置，直線部分原則上每 40m 可設置一個，依污水連接管接入點、會合點、彎曲點或連接管長度之一定距離處，其井蓋應與路面齊平。

(3)連接管坡度若無法維持 1%以上時，應述明原因方能採用。

(4)連接管管材及其配件，在無不當競爭條件下，施工廠商以同一材料供應商為原則，以避免不同廠牌間之製造公差不同而造成漏水現象，若採用不同廠牌之管材供應商，施工廠商應述明原因並提出因製造公差不同而造成漏水現象之解決方案。連接管若採用其他塑膠管材，應述明原因。

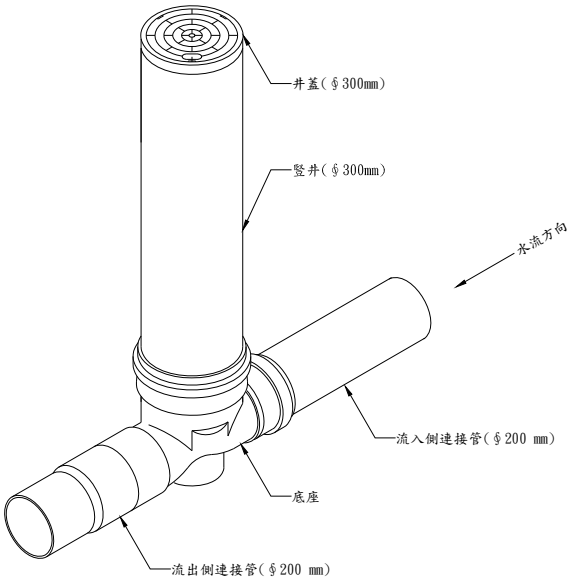


圖 1-41　直管式連接井組成示意圖

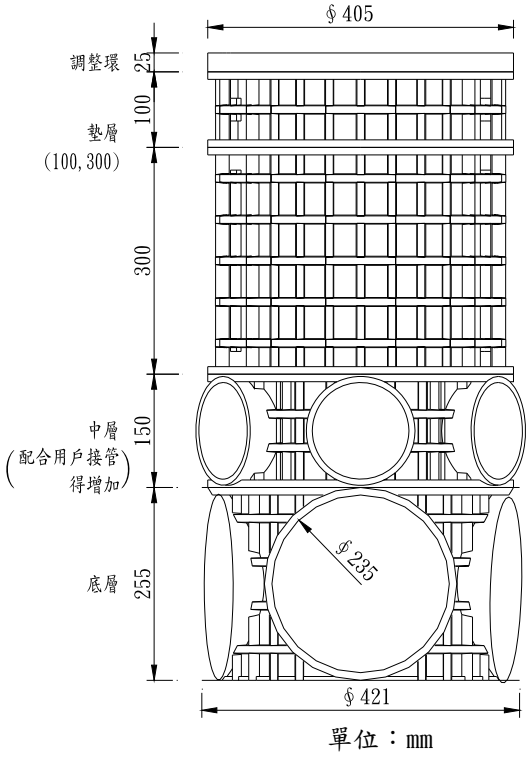


圖 1-42　組合式污水陰井（連接井）立面示意圖

1-3-08 放流口設置 **（原則 8）**

放流口位置之規定如下：

1.放流水之流速不得妨礙承受水體之航行、影響附近構造物及造成沖刷。
2.放流口之管底高程，原則上應位於河海湖泊等承受水體之低水位附近。
3.放流口水位低於承受水體高水位者，應設置自動閘門、舌閥及備用之手動式閘門或擋水設施，必要時應設置高水位之排水抽水機。

【解說】

污水下水道經收集污水至污水處理廠處理後之處理水，經放流管排放至承受水體之設施，稱為放流口。放流口之設置要點為：

1.放流口位置，應先與放流水體主管機關充分協議決定之，其放流方向之決定，應考慮不使放流水在放流口附近停滯。
2.放流口管底之高程以位於承受水體之高水位及低水位之中間為原則。放流口管底高程不宜太高，因會造成承受水體底床沖刷，亦不宜過低，因會造成砂土侵入管內產生淤積問題。任何情況之下，放流口管底之高程不可低於承受水體底部高程。
3.當承受水體外水水位昇高淹沒放流管，以致外水有倒灌入廠內之可能時，應設置自動閘門、舌閥及備用之手動式閘門或擋水設施，以阻擋外水進入廠內。當外水水位昇高，擋水設施作用，以致於放流水無法排出時，必須利用放流抽水機以壓力排放。

1-3-09 管渠防震 **（原則 9）**

管渠設計遇下列狀況下應加強防震及可撓性設計考量：

1.管線穿越壁體、河道、橋台、基礎及伸縮縫等結構物。
2.採明挖施工之管線埋設於軟弱地盤時，其人孔與管渠接合處。
3.重要避難場所(如避難所、後方醫療設施、社區公園及 20 m 以上避難道路等)，其排水設施與連接管銜接處及連接管與公共污水人孔銜接處。

【解說】

台灣位處地震帶，常有地震發生，地震造成管渠、人孔及污水處理廠之破壞，而造成污水排水困難影響面至大，因之在下水道設施設計時，除上述之設計考量外，仍必須充分考慮下列之因應措施，包括：

1. 管渠埋設路線、選擇地質良好、地盤穩定帶，並避免經過斷層帶。
2. 設計時應對土質詳加調查，以達基礎穩定，但考量沉陷變位及復建容易，管渠接合可以可撓性接頭為之、人孔與管渠接合部採可撓性設計。另除考慮耐震性外，可檢討複數幹管埋管，並相互連通。而管線採推進時因採用鋼套環，可不須設置撓性接頭。
3. 建築物除需具耐震性外，電機、儀錶設備需與設施固定牢固以達耐震化。且為避免地震造成污水排水問題，應先檢討排水區之特性、地形條件及承受水體狀況，考量將污水就近接入雨水管繞流之可能性。

1-3-10 下水道管線之耐震目標 **（原則 9）**

下水道管線之耐震目標包含：

1. 管線間具可連通之相互支援功能

2. 管線設施構造方面皆可具有耐震功能，以確保遭受災害時仍可發揮其設計輸水功能或基本通水功能。

【解說】

下水道設施之基本耐震對策，係使每個設施在構造方面皆能具有耐震功能。為確保下水道系統之功能，除構造方面應具有耐震能力外，在系統規劃上並需考量設施間之相互支援功能，以及管線設施複線化之必要性等，以確保遭受災害時仍可發揮其設計輸水功能或基本通水功能。一般管線之耐震設計目標如下：

1. 管線間具可連通之相互支援功能

在規劃上，利用不同方法使管線系統間之重要幹線具有相互連接之功能，當遇到地震災害或緊急事故令某一系統喪失通水能力時，可以紓流或繞流方式由另一系統予以支援，以達到污水紓流或緊急排放之目的。管線佈設或通過於軟弱地層或地質條件不佳或地形急劇變化之處所時，考量其受地震等災損之機率較大，規劃上可使管線設施複線化，亦即採用二組以上之管線設施進行銜接，以提高其輸水或通水之功能。

2. 管線設施構造方面皆可具有耐震功能

在設計上，應充份考量地震特性及工程條件，提高管線設施構造有關防止脫落、吸收變位及緩和衝擊之能力，使其可將外力適當分散或吸收，藉以達到管線設施耐震之目標。

1-3-11 下水道管線之耐震基準 **（原則 9）**

下水道管線之耐震基準應考量結構物合理之再現週期以進行設計，並針對重要幹線及其他管線分別制定不同基準，以確保其設計輸水能力、通水功能或交通機能。

【解說】

下水道管線設施佈設極為廣泛，在工程設計上須審慎考量之兩大因素包含安全與經濟。如基於經濟考量而採用較低標準之設計，則設施之安全恐較有疑慮；惟如以絕對安全基點而採用歷史上較(最)大之地震力來訂定地震參數，不但可能因大地震之再現週期甚長而形同浪費及不符合經濟效益，甚至所設計之構造物可能會有不切實際之問題發生。

因此，在建築物結構上已採用合理之再現週期進行設計，而有所謂「小震不壞、中震可修、大震不倒」之原則，故污水下水道管線亦應比照此種原則，並依管線之重要性及其維修之難易性，來訂定分級之耐震基準。參考日本下水道協會編撰之「下水道設施之耐震對策指針與解說」之內容，有關下水道耐震基準大致上可分為以下二類：

1. 「重要幹線」，不論已設或新設之管線在遭受到 A 級地震振動時，需能確保其設計輸水能力(輸水流量)；在遭受 B 級地震振動時，必須確保其具有通水功能(輸水功能)。另外對於地域防災上所指定緊急輸送道路，則須確保其車輛通行之交通機能。

2.「其他管線」，以新設管線為對象，在遭受到 A 級地震振動時須確保其設計輸水能力(輸水流量)，在遭受 B 級地震振動時則無耐震需求。另外對於既設之其他管線亦無耐震之需求。

有關管線耐震設計之基準如表 1-14 所示，而「重要幹線」與「其他管線」以及 A、B 級地震之定義如下：

表 1-14　管線耐震設計之基準

對象管線		地震等級劃分		耐震性能需求	
		A 級	B 級	A 級	B 級
重要幹線	對象 A~C 及 E~G	○	○	• 確保設計輸水能力	• 確保通水功能
	對象 D	○	○	• 確保設計輸水能力 • 確保交通機能	• 確保通水功能 • 確保交通機能
其他管線		○	—	• 確保設計輸水能力	—

註：1. 設計輸水能力：指水理計算書中所記載管線之設計輸水流量。

2. 通水功能：指受地震造成管線發生龜裂或沉陷等損害而無法維持原設計輸水能力，但可採修補或替代對策而使污水可從上游流至下游之狀態。

3. 交通機能：地域防災上所指定緊急輸送道路之車輛通行機能。

(1)重要幹線：指主、次幹管及其他具有特殊重要性之管線，其主要衡量原則及對象如下：

A. 流域之幹管。

B. 直接銜接於抽水站及處理廠之幹管。

C. 橫跨河川或鐵軌之管線，受地震災害恐會發生二次災害事故之管線，以及修復極為困難之幹管。

D. 埋設於緊急輸送道路下，於受災時可能導致重要交通機能障礙之管線。

E. 自廣闊排水區域直接連接至排水口之管線。

F. 銜接至防災據點及避難所以及地域防災對策上必要設施之排水管線。

G. 其他在收集及輸送功能上，屬系統中相當重要之管線。

(2)其他管線：指重要幹線以外之管線。

(3)A 級地震：約指中央氣象局地震震度分級表中 5 級震度(含)以下，相當於土木建築設計規範或準則中，所規定之一般地震外力。通常指設施使用年限中，可能遇到一次或兩次之地震。

(4)B 級地震：約指中央氣象局地震震度分級表中 6 級震度(含)以上，相當於在斷層區或發生在陸地附近之板塊錯動地震或垂直型地震。通常指在設施使用年限中發生頻率甚低，但規模較大之地震。

1-3-12 下水道管線之耐震對策及原則 **（原則 9）**

下水道管線之耐震對策包括基本對策及具體對策

1. 基本對策：於易被破壞之部位儘可能採用可撓性之構造或設置撓性接頭。

2. 具體對策：加強管線及設施之抗震強度及性能。

【解說】

1. 管線耐震之基本對策

污水下水道管線應於耐震設計時就地盤特性、地震特性、埋設位置、埋設深度、回填材料、管材、管徑、接頭、施工方式等加以考量其耐震性能，而管線耐震對策之基本原則，應儘可能採可撓性之構造，以期儘量將外力分散。依照管線之不同受力部位，其耐震對策之基本原則如下：

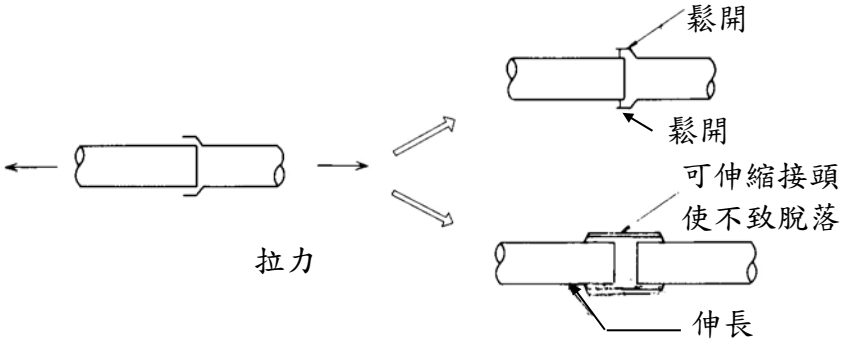
(1)管體受拉力之部位，必須使其具有可能伸長或容許偏移之構造，以防止其脫落(參圖 1-43)，如承插式接頭之插入長度增長或採可伸縮之接頭。

(2)人孔或管體受壓縮之部位，必須使其在受擠壓時，具有可伸縮材料以吸收變位或緩和衝擊之構造，以減少其損害(參圖 1-44)。

(3)人孔或管體會產生彎曲之部位，必須使其具可撓性或可彎曲之材質或構造，以避免其破壞(參圖 1-45)，如可撓性接頭、可伸縮接頭或承插式接頭之插入長度增長。

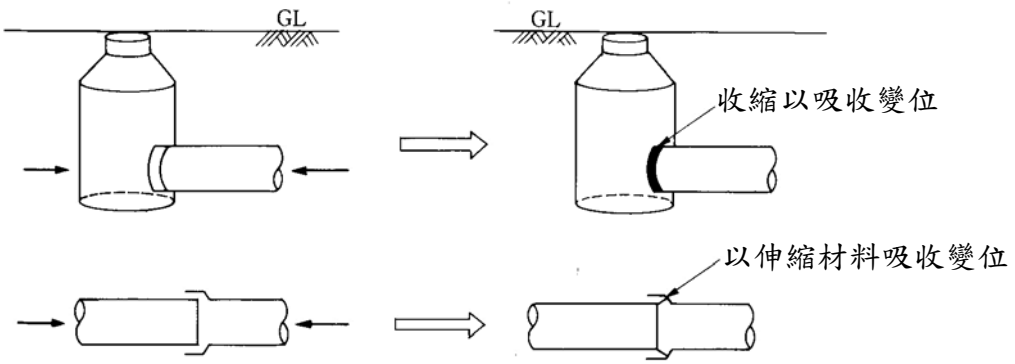
(4)人孔會產生剪力之部位，必須使其緊結或容許有側脫、偏移之構造，以避免構造受損或砂土流入(參圖 1-46)。

(5)人孔或管體承受下陷或上浮力時，應以地盤改良為對策，若要保持通水功能時，必須使其具有撓性或可彎曲之構造(參圖 1-47)。



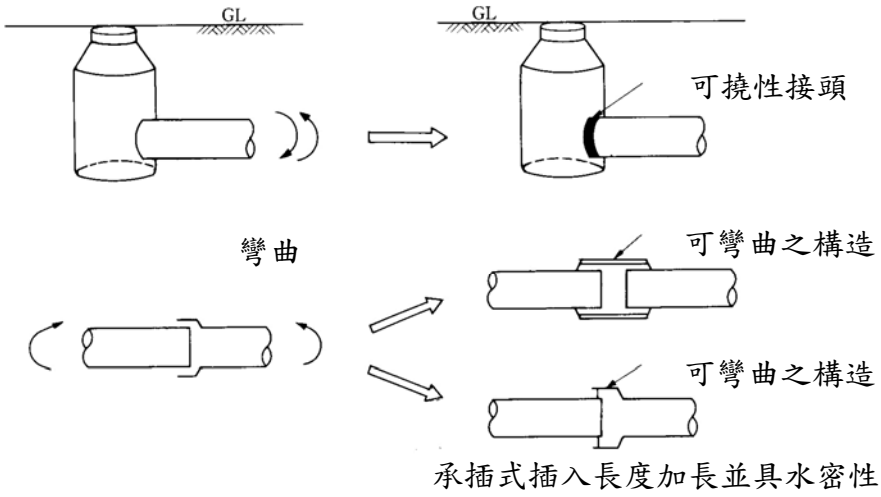
註：管線接頭發生拉力之部位如圖所示，若其容許偏移量如所示之範圍程度，則視為可確保設計輸水能力之構造。

圖 1-43　受拉力之部位



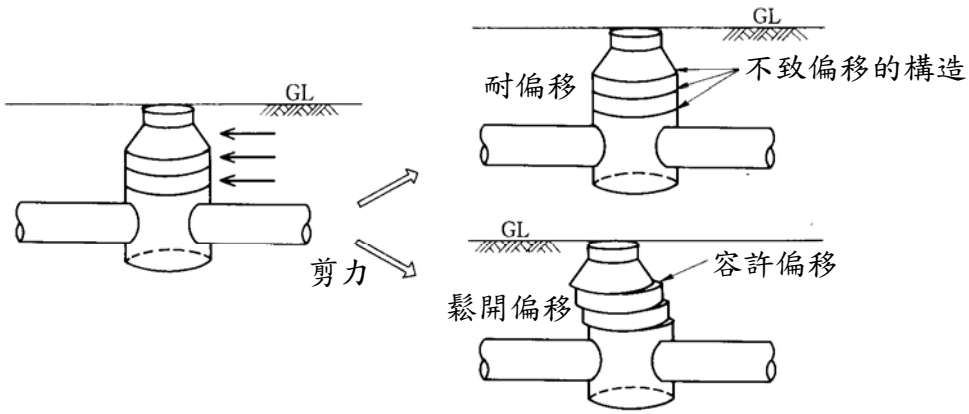
註：管線與人孔之接頭或管線與管線之接頭，會發生壓縮之部位，如圖所示，須採用對壓縮力有充分耐力之材料或構造。

圖 1-44　發生壓縮之部位



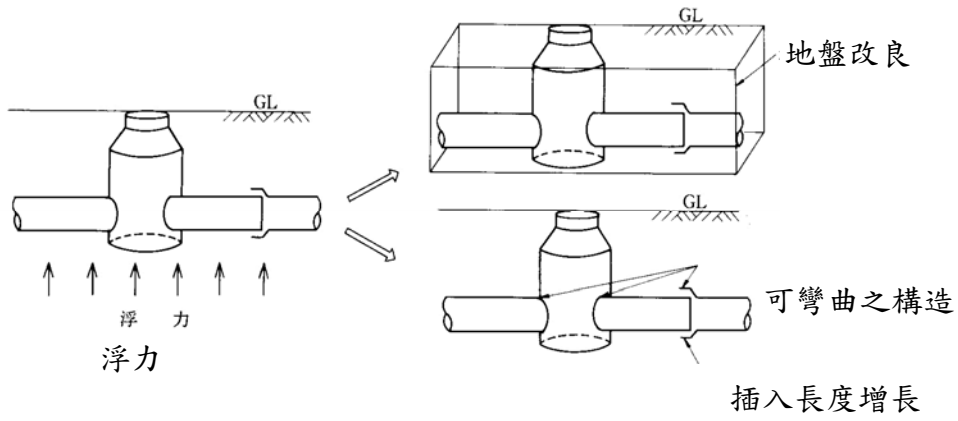
註：管線與人孔之接頭或管線與管線之接頭，會發生彎曲之部位，如圖所示，須採用具有可撓性接頭之材質或構造。

圖 1-45　發生彎曲之部位



註：人孔側塊等承受剪力之部位，須如圖所示具有不會偏移之構造，或者其容許偏移量應不致使砂土流入。

圖 1-46　發生剪力之部位



註：土壤液化之過剩孔隙水壓所產生之上浮力，必須依圖於管路週邊之地盤實施地盤改良，此外為確切保持通水功能之故，其接頭須具可撓性、耐彎曲及插入長度增長之構造。

圖 1-47　受浮力之部位

2. 管線耐震之具體對策

一般管線耐震設計之具體對策主要包含液化之對策及地震振動與地盤變位之對策，除考量液化之判別及地盤之改良外，為提昇管線設施之耐震能力，其重點在於加強管線接頭之耐震性能，例如採取具有伸縮、撓曲或防止脫落之接頭等方式。有關管線耐震設計之具體對策請參表 1-15，另外人孔與管線及管線與管線之耐震對策例請參圖 1-48 及圖 1-49。

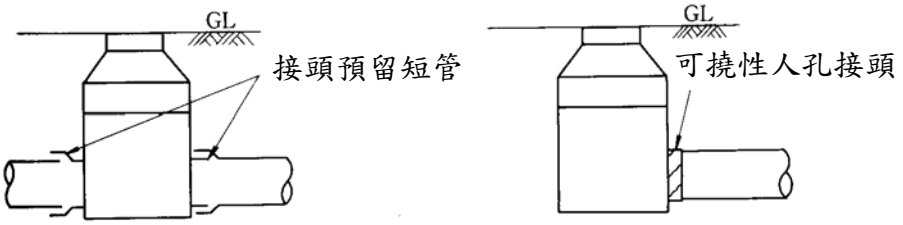


圖 1-48　人孔與管線接頭耐震對策之圖例

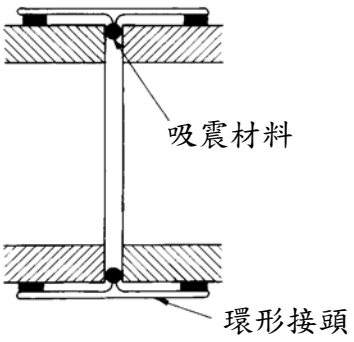


圖 1-49　管線與管線接頭耐震對策之圖例

表 1-15　管線耐震之具體對策

項目				重要幹線(含人孔)之對策	其他管線(含人孔)之對策
液化之對策	液化之判別			・須進行周圍地盤之液化判別。 ・針對回填土部份，就周圍地盤之地下水位、強度及管渠埋設深度來研判液化受災之可能性。	・至少依據既有資料及地形條件等，進行周圍地盤之液化判別。 ・針對回填土部份，就周圍地盤之地下水位、強度及管渠埋設深度來研判液化受災之可能性。
	周圍地盤對策	恐有液化之虞的地盤	基礎地盤	・應實施地盤改良等對策(必須同時檢討管材及基礎之因應方式)。	—
			回填材	・明挖施工中採用不致產生液化之回填材(如採用改良土及碎石等)。	・明挖施工中採用不致產生液化之回填材(如採用改良土及碎石等)。
		應無液化之虞的地盤	回填材	・明挖施工其地下水位較高、覆土較深或周圍地盤較弱之處所，採用不致產生液化之回填材(如採用改良土及碎石等)。	・明挖施工其地下水位較高、覆土較深或周圍地盤較弱之處所，採用不致產生液化之回填材(如採用改良土及碎石等)。
地震振動及地盤變位之對策	管線本體之對策			・為防管軸方向產生裂痕，須檢討管線之種類及基礎構造等。 ・可能有液化之虞的地盤，或者地盤急劇變化而採用潛盾施工之場所，可提高接頭螺栓之強度，採用彈性墊片，檢討樑高及檢討二次襯砌加設鋼筋等方法。	—
	人孔本體之對策			・應採用人孔主體不致偏移或容許少許偏移之構造。	—
	管線接頭之對策	人孔與管線接頭之對策		・為提昇耐震性，可採用可撓性接頭。 ・在支撐管匯集井之接頭或接於主管之接頭，特別重要時須檢討採用可撓性接頭。	・為提昇耐震性，可採用可撓性接頭等方法。 ・在支撐管匯集井之接頭或接於主管之接頭，特別重要時須檢討採用可撓性接頭。
		管線與管線接頭之對策		・為防止脫落及圓周方向之裂痕，應使用插入長度長，且可彎曲並具有水密性之接頭。 ・地盤有液化之虞或地盤急劇變化之處，如採用潛盾工法時，應檢討使用弓型支保環片。 ・壓力管之接頭應具有伸縮、撓曲、防止脫落等之耐震性能。 ・為防止脫落及圓周方向之裂痕，應使用插入長度長，且可彎曲並具有水密性之接頭。	—
	地盤特性急劇變化處之對策			・為提昇耐震性，應進行地盤改良或採用可撓性接頭等。 ・可選擇具有抵抗較大應力變化能力之管材。	—

污水下水道管線最簡易有效之耐震對策即是設置撓性接頭，有關可撓性伸縮接頭之種類、構造及變位特性請參表 1-16，以下為應優先設置可撓性接頭之場所。一般而言，位於重要場所且口徑較大之管線(如主幹管，ψ≧600mm)，如採明挖施工時，應於人孔或設施銜接處設置撓性接頭；如採推進施工時，應考量適當之工法，儘量設置撓性接頭，並克服空間不足之問題。

(1)管線銜接池體、人孔、陰井、建築物等結構物時，應設置撓性接頭。

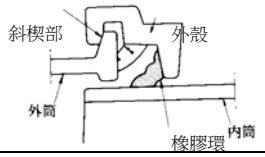
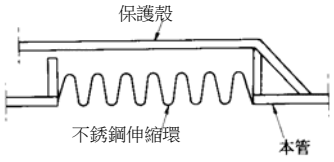
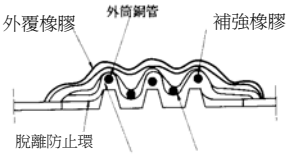
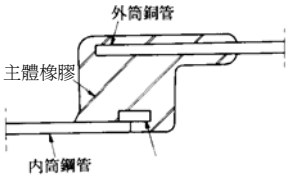
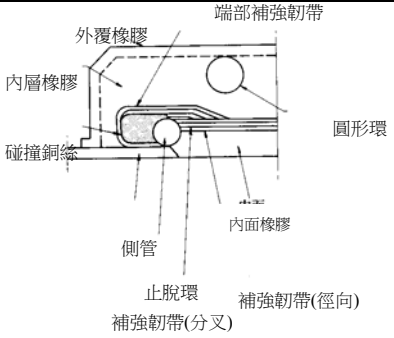
(2)管線穿越壁體、河道、橋臺、基礎及伸縮縫等結構物時，應設置可撓性伸縮接頭。

(3)採明挖施工之管線埋設於軟弱地盤時，應設置可撓性伸縮接頭

(4)重要避難場所(如避難所、後方醫療設施、社區公園及 20 公尺以上避難道路等)，其陰井與管線銜接處及公共污水人孔與管線銜接處，應設置撓性接頭。

(5)管線採推進時因採用鋼套環，可不須設置撓性接頭。

表 1-16　可撓性伸縮接頭(鋼管及鑄鐵管)之例

分類	種類	概略構造	變位之主要材質	變位特性
摺動形	交叉型		橡膠環	伸縮、偏心、可動、扭曲吸收用
波浪形	不銹鋼伸縮環型		不銹鋼層	
	橡膠伸縮環型		補強韌帶層	
橡膠形	橡膠剪力特性型		橡膠楔塊	
	橡膠伸縮特性型		橡膠套筒	

1-3-13 下水道管線耐震設計程序及設計方法 **（原則 9）**

1.下水道管線耐震設計程序為調查、確定地盤條件、管線主體與人孔主體之檢討、管線接頭及人孔與管線接頭之檢討以及液化時上浮或下陷防止對策之檢討等。

2. 下水道管線之應變分析理論甚多，主要耐震設計方法為反應變位法。

【解說】

1.污水下水道管線耐震設計之基本原則，應優先考慮地域之特性、地形、地盤種類及可能之斷層位置，如無法避免佈設於斷層帶、疏鬆或飽和砂質地層、地層突然變化地區、斜坡及有滑動、坍塌或具液化潛能之地點，則更應注意探討地質條件對管線之影響，或以適當之工程手段，改善地質特性，以降低地震對管線之可能衝擊。

污水下水道管線之耐震設計可區分為「重要幹線」與「其他管線」，其耐震設計程序包含調查、確定地盤條件、管線主體與人孔主體之檢討、管線接頭及人孔與管線接頭之檢討以及液化時上浮或下陷防止對策之檢討等五項順序，茲分別說明如下：

(1)調查：須充份調查管線埋設之地區特性、地形、地盤、地質、斷層及液化潛能等，以取得耐震設計所需之土壤參數。

(2)確定地盤條件：包含地盤之彈性、彈性波速度、固有週期、變位、地盤周邊之液化判定及非液化地盤之永久應變等。其中有關液化潛能之評估或判別，如沖積層之砂質土層具有以下特性時則須進一步加以評估及判定。

①地下水位在地表面下 10m 以內，且地表面下 20m 內含有飽和之土層。

②細粒料成分含量在 35%以下之土層，或細粒料成分超過 35%時而其塑性指數 Ip 值在 15 以下之土層。

③平均粒徑 D50 在 10mm 以下，且 10%通過粒徑 D10 在 1mm 以下之土層。

(3)管線主體與人孔主體之檢討

對 A 級地震振動，用容許應力法或使用臨界狀態設計法實施設計。對 B 級地震振動，除應用前述方法設計外，並採破壞臨界狀態設計法進行查核設計。

(4)管線接頭及人孔與管線接頭之檢討

①重要幹線

管線接頭及人孔與管線之接頭如破損或有間隙，將使管周邊之砂土流入，恐會阻塞而影響通水功能，在 B 級地震時，重要幹線必須保持此一必要之通水功能(如管線設施佈設於液化地盤之護岸近旁或非液化之傾斜地盤時，均必須考慮地盤永久應變之對策)。

②其他管線

人孔與管線之接頭檢討，因管線主體及人孔主體等屬於現有製品，具有充分之安全性，故僅須對人孔與管線接頭實施檢討。

(5)液化時上浮或下陷防止對策之檢討

地震時地盤液化之超額孔隙水壓將造成管線之漂浮，而液化後土壤之壓實作用將造成管線之下陷，均將阻礙污水之輸送功能。為防止上浮或沉陷，宜選擇最適合之工法，以克服液化或側向位移之問題。

2.地下管線地震時應變分析之理論甚多，包括簡化分析法、靜力分析法(線彈性模式或彈塑性模式)、半靜定分析法、振態疊加法、反應(應答)變位法、波動法及相對變形法等，原則上多係採簡化管線結構與土壤性質之方式，以便於分析模式之建立。

(1)有關下水道管線耐震計算方法之主要原則及要點如下：

①管線耐震設計計算，原則上係採用反應變位法(response displacement method)，並採靜定分析。

②反應變位法係利用地震紀錄資料計入適當之地震振動型態(如地震震度及地震加速度等相關參數)以進行分析，再利用地震時地層土壤之變位與變形來計算管線之內應力，亦即地震時土壤之變位傳至管線造成管線相應之變形，並由此變形計算出管線之應力、彎曲與位移量。

(2)反應變位法的基本概念

所謂地下構造物都可視為被土壤包圍的空洞構造物，所以就單位體積而言，地下構造物的質量都比周圍地盤還小。因此，地下構造物將不會因為自體的慣性力而產生對地震的反應震動，一般認為，地下構造物在地震時的變動其實是被周圍地盤的變化所支配。

(3)反應變位法之假設條件如下：

①上層地盤之剪斷彈性波速度在深度方向大略一致。

②地盤變位算出時，地下構造物(管線等)所在場所並非空洞，而是必須將土壤加以考慮。此外，地下構造物之剛性則不需考慮。

③管線與橫斷面為剛性相同之環。

④為實現管線與地盤相互作用之制動特性，環周圍在法線及接線方向之地盤須加以設計。

⑤相對於地震力而考慮地盤變位及地盤內應力，均屬於靜定作用。

(4)管線耐震設計是依據反應變位法求出管體應力、應變及管線接頭在管軸方向之伸縮量與撓角，以進行安全性分析。

(5)對於因地盤開裂與土壤側向流動而使管線埋設位置改變時，其安全性分析即是檢核管線承受此等地盤變化之能力。

(6)管線與管線、陰井或人孔等接合處，或地盤變化甚大之處，依其管材或條件，地震時若可能產生較大之應力、應變與相對位移時，尚需以動態分析法加以檢核。

1-3-14 建設經費節省

污水下水道管線設計應考量工程經費之節省，可採下列方式：

1. 用戶接管以連接管納入公共下水道之人孔數盡量減少
2. 埋設深度之淺埋化。
3. 人孔減量
4. 緩和設計坡度

【解說】

公共下水道之管渠多設置於公共道路，規定之埋設深度頗深，又隨著工程之進行，必需遷移之維生管線，又必需予以鋪設復原，施工費用昂貴。

1. 採陰井或塑膠配管箱集水方式做為排水設備之設置時，則埋設深度變淺，有助於減少或簡化道路復原及維生管線遷移作業，用戶接管先行連接後，再納入公共下水道之人孔，則可節省龐大之建設費。
2. 最小覆土深應以集污區最遠點用戶接管端能納入，並考量建築技術等規範之規定為後決

定其深度，不宜過深或過淺，考量該項因素，有利於全系統管線挖深之減少，可節省工程經費及增加施工之便利。

3. 人孔減量之考量包括：

(1). 必需設置人孔之處所，可分類為「起始點」、「方向變化點」、「會合點」、「直線中間點」；縱斷間之需要原因為「坡度變化點」、「管徑變化點」及「跌落點」等，其中以方向變化處最多，約佔全部之一半以上。

(2). 方向變化處之使用人孔以外之處理方法而言，則變更採用較小型之人孔或採用彎管等均可予考慮。

(3). 起始點人孔可採用小規模污水下水道系統之清除孔或工作井等變更工法。

(4). 直線處之中間人孔間距，可予規定較大之間距，則可減少設置之人孔數，並可獲相當之經費節省。

4. 設計流速採滿管流量或設計水深下流量之方式，較具彈性且可兼具合理埋深及流速需求，避免起始管線埋深過大不合理，並導致工程費偏高現象。

第二章污水處理廠及附屬設施

第 1 節　總論

本章先說明污水處理計畫案中規劃階段之工作內容及設計階段之流程，並闡述設計單位應對重要施工細節在細部設計規範中予以詳述，並在操作及維護手冊中提供流程說明、操作及控制等資料；接著說明污水處理廠的設計及配置的考量，再來係對處理單元的鋼筋混凝土池槽的設置考量作一整體說明，最後對處理單元外之附屬設施，如：管理中心及器材倉庫、維修室等，水質檢驗室、抽水機房、鼓風機房、污泥處理機房、聯絡渠道、管線、閥類及閘門等設計應有之考量，加以詳述。並介紹污水下水道系統及污水處理廠的臭氣控制(包括硫化氫的控制)方法。

第 2 節　污水處理計畫案主要執行階段之工作內容

污水處理計畫案之主要執行階段分成：1.規劃、2.設計、3.施工、及 4.營運管理，其中除了在規劃及設計階段須將計畫案逐步製作成發包文件外，設計單位亦須針對施工階段之包括「可建性」等重要施工細節，在細部設計規範中予以詳述，並在操作及維護手冊中提供流程說明、操作及控制等資料。以下將分別作概要說明。

1.規劃

規劃係針對技術、經濟、環境、及財務因素作系統性的分析，以便作出一個經濟可行的污水處理計畫報告，規劃可能包括一份環境影響評估，但在大型計畫案，環境影響評估通常為一份獨立報告。規劃範圍包括：(1)界定議題、(2)確定設計年限（通常至少 20 年）、(3)指定數個處理及處置系統方案，闡述其優缺點並做分析評估、(4)選出定案方案、(5)製作執行計畫大綱，包括財務安排及設計和施工期程表。規劃終極目標係一份具備明確定義、經濟有效、環境方面健全的計畫，能夠執行並可被民眾及監管單位所接受。

2.設計

規劃之後，一般的設計階段之流程在國外係包括概念設計、初步設計、特別研究及細部設計等步驟。概念設計係對規劃中所用的初步設計準則作確定，建立初步的設施配置，及確定須要的廠址調查，如測量、地質鑽探及試驗分析等。初步設計係概念設計的擴充，對計畫中預備涵蓋的設施作全盤的確認，以便進行細部設計。特別研究可能包括製定設計準則所須的現場研究或試驗。細部設計包括製作詳細契約書及規範以便發包及興建該計畫案。細部設計可能也包括減少或減輕不可避免的環境衝擊的環境衝擊減輕策略。在國內，一般業主會將概念設計、初步設計及特別研究合併為基本設計，以減少開會審查之次數並可節省設計時間。現將國外設計階段之流程敘述如下：

(1)概念設計

一個計畫案能成功完成，絕大部分係取決於計畫早期階段思考及行動的品質，在計畫案的概念及初步階段，主要工程決策應已作決定、設備應已選定、設施的初步配置應已製備。概念設計期間應完成的工作，包括：基本設計數據的訂定、功能計算及質量平衡計算、製備處理流程圖、處理廠水力分析及製備水力剖面圖、確定操作及控制策略、建立設施廠區配置圖。在此階段，地形測量及土壤鑽探也應完成，土壤試驗在確定基礎條件及建立結構設計準則時特別重要。

(2)初步設計

初步設計階段代表計畫約百分之 20 至 30 的階段，初步設計期間，廠區平面已完成、設備需求已確定、機械設備方案及管線配置已建立、空間需求及建築概念已形成、附屬支援系統及水電瓦斯等設施需求已決定。在此階段，設計應已足夠進展到能初步估計計畫的工程預算。

(3)特別研究

特別研究有時係在初步設計階段以前或初步設計階段期間執行，研究可能包括新設備或程序的模廠試驗、背景或現況的臭氣量測、或承受水體調查以決定放流地點的擴散特性。在細部設計開始前這些調查須完成以消除不確定性及昂貴的重新設計。

(4)細部設計

處理廠設施設計的最後階段係製備施工計畫及規範，此工作通常係由工程顧問公司執行，須有各種專業的專家共同協力，包含不同部門專業的工程師（土木、環工、化工、機械、電氣、結構、大地等）、建築師、繪圖員、其他技術及支援人才。計畫及規範會成為正式文件，承包商據此編製施工報價，而監造人員或業主據此要求承包商依據規定負責完成計畫案。

3.施工

細部設計及規範的品質可由下述事項衡量：(1)新設施是否容易併入既有設施；(2)規範說明清楚，以便承包商可提出標價，且對未定義或未能事先預知的情況容許些許差異；(3)高品質建材的規範以確保設施具有長期使用年限；(4) 工程如期完成及(5)施工期間僅有少許變更設計。

在準備細部設計及規範時，重要施工細節考量如下：(1)如何建廠？一套設計計畫的「可建性」會反應在報價以及施工期間必須作改變的次數，而太多次的改變會導致昂貴的變更設計；(2)新設施如何與既有設施銜接？新設施併入既有設施可能會出現下列問題：a. 施工期間維持操作運轉、b.持續處理至不違反放流水限值規定的程度、c. 對人員造成安全危害，故施工契約須明確說明這些問題如何解決；(3)建材為何？選選擇建材時，設計處理設施的三個基本原則如下：a. 持久性－設備壽命預期至少可維持 20 年，結構可維持 30 至 40 年；b. 品質良好的建材及設備可減少維護及更新；c. 環境適合性，應了解污水及其所需的化學品具有腐蝕性。因此，大多結構設施都以鋼筋混凝土興建，而其他建材亦須依照其防蝕特性加以選擇。

4. 營運管理

污水工程有一些主要考量關係到污水處理廠的營運管理，設計單位及操作單位面對的問題包括：(1) 提供、操作及維護一座能持續符合其性能要求的污水處理廠；(2) 操作維護費用維持在所需性能水平內；(3) 維護設備以確保能適當的操作及運轉；(4) 訓練操作員。所以設計單位在設計時應將操作牢記在心，而廠內操作員在操作時應遵照設計概念。污水處理廠營運管理的主要工具之一為操作維護手冊。一個污水處理廠在其生命週期中，操作及維護代表其最大的支出，故一本完善而使用方便的操作及維護手冊之準確性、關聯性及時效性日益被認知，所以在營運以前就準備一本詳細及針對具體設施的操作及維護手冊即變得更普遍，其目的係藉著消除無預期的關廠及了解生命週期費用的節省而有效益及有效率的支援污水處理廠生命週期。

完整的污水處理廠操作及維護手冊應依據竣工資料編撰，其內容包

括：

A. 總論
  (A) 目錄
  (B) 簡介-手冊之目的及使用
  (C) 連絡資訊
    a. 緊急電話號碼及地址
    b. 電話號碼、地址及連繫人
      (a) 單元設施
      (b) 化學品供應商
      (c) 縣市環保局、工務局衛工處(或下水道課)

B. 人員編制
  (A) 人員及證照需求及個人資格
  (B) 人員配置之應急
  (C) 操作人員責任及職務

C. 紀錄系統
  (A) 紀錄的目的
  (B) 建議之系統
  (C) 表格式樣(維護紀錄系統、設備庫存卡系統、日誌及報告表格或敘述電腦程式)

D. 實驗室
  (A) 標準實驗室作業程序
  (B) 實驗室安全設備及程序
  (C) 個別污水試驗包括流程控制
    a. 各項試驗之敘述
    b. 水樣種類、頻率及地點
    c. 採樣保存
    d. 採樣紀錄(日誌、工作表等)
    e. 所需設備
    f. 試驗步驟
    g. 試驗 QA/QC
    h. 水樣計算及解釋
  (D) 樣品運送及處置程序(如果外送檢驗)
  (E) 實驗室品 QA/QC 手冊(如果現地實驗)

E. 安全
  (A) 一般說明
  (B) 個人衛生
  (C) 危害
    a. 身體傷害
    b. 病菌(建議預防注射)
    c. 缺氧及有毒氣體
    d. 電氣安全
    e. 爆炸及火災
    f. 化學安全
    g. 設備安全
    h. 實驗室安全
    i. 交通及道路安全
  (D) 密閉空間之定義及進入之相關規則及法規
  (E) 進入密閉空間之安全程序

(F) 污水處理廠內特定危害場所及密閉空間之表單
(G) 實際使用化學品表單及其材料安全數據表
(H) 安全設備及急救包(種類及位置)
(I) 意外事故之報導
(J) 職業安全教育及訓練

F. 保全及緊急事件
(A) 安全漏洞評估
(B) 緊急應變計畫
(C) 緊急操作計畫

G. 公共設施及電氣系統
(A) 燃料系統、自來水系統、防火、通風空調、壓縮空氣系統、通訊系統等
(B) 配電及控制
(C) 備用電源及其它緊急操作規定

H. 附錄
(A) 現行放流水標準
(B) 廠用及實驗室用化學品
(C) 設備供應商及服務代表
(D) 所需表格

I. 流程說明、所有流程(污水及污泥)之操作及控制
(A) 一般說明
(B) 廠區配置圖及廠內管線圖
(C) 水力剖面圖(渠底及堰高程)
(D) 詳細設計數據及單元效率
(E) 閥類及閘門表
(F) 單元程序
a. 程序目的敘述及整體控制策略
b. 啟動及正常操作
c. 其它操作方案
d. 緊急操作(包括程序故障之應變)
e. 線上監視系統及控制(水流、電氣、實驗室等)
f. 操作問題及矯正行動
g. 設備數據表
(G) 繞流及污染物溢出申報程序(包括申報表格

J. 污泥管理
(A) 污泥處理程序及處置方法之一般敘述(包括處置方法相關規定之敘述)
(B) 收受水肥(敘述設施及例行作業)
(C) 污泥運送及貯存
a. 車輛及設備說明
b. 車輛及設備正常及緊急作業
(D) 衛生掩埋
(E) 燃燒
(F) 污泥處理及處置試驗及報告需求
(G) 相關表格之複製

K. 維護
(A) 目地及一般討論

(B) 建議備用零件、工具及潤滑劑
(C) 建議維護時間表(每日、每周等)
(D) 各單元程序或單一設備(包括監視設備)
a. 具體說明
b. 數據表
c. 單位維護時間表
d. 圖表
(E) 塗料表及塗料種類
(F) 廠商手冊表單

操作及維護手冊係由操作單位、承包商及設計單位共同完成，操作單位負責所有資料之蒐集、整理及編排工作，上述手冊中除 G 及 I 部份資料係由設計單位負責提供，K 部份資料係由承包商依照具體設施及設備提供外，其餘章節之資料主要由操作單位提出，小部分由設計單位及承包商提供補充資料。在國外，有時這份操作及維護手冊在製作完成後須經操作單位提出，而由地方政府相關單位審查及核可。

第 3 節　污水處理廠設計及配置考量

污水處理廠係污水下水道系統的心臟，一旦開始進流運轉，污水處理廠便成為一座廿四小時全年無休的工廠，從基本功能而言，污水處理廠是一座清水製造工廠，從資源回收的角度觀之，污水處理廠則會是一座水資源再生利用之源頭，而從教育的眼光來看，污水處理廠也可成為一個最具體可見的環境教育園區，如何使這座扮演多重身分的環境保護設施發揮最大的功能，合理的空間配置是關鍵因素之一，這不僅是取得適當大小土地面積的問題，同時也是如何有效而合理的安排各項設施的問題。

從過去的經驗得知，設計污水處理廠最大的困難點便在於如何有效利用廠址之地理條件和地形環境，依不同的處理規模及程序，將其處理功能、人水動線、經濟效益及環境景觀融合於整廠的空間配置，而構築一安全、舒適、優質的處理廠。污水處理廠設計處理量之大小，依規模分為小規模(平均日 5,000CMD 以下)、中規模(平均日 5,000CMD~30,000CMD)、大規模(平均日 30,000CMD 以上)三種，所需廠址大小應依處理廠規模與污水及污泥處理方式來決定，本節說明污水處理廠設計及配置考量。

2-3-01 污水處理廠設計考量　　**（原則 10）**

污水處理廠之設計考量如下：
1.污水處理廠之廠址選擇應作審慎考量。
2.設置時應考量用地地形、大小、形狀、土地多目標用途等，採密集化或分散化處理，並得預留擴建用地。
3.進流污水量及水質，應依當地環境特性及各種事業廢水狀況事先評估。
4.應最少為二級處理，處理水應符合環保署最新規定的放流水標準以上之程度，且應充分檢討水、污泥及其他資源之回收再利用。
5.選擇處理程序時必須評估許多重要因素。
6.污水處理廠在初期流量較少時，其機械設備數量可配合實際進流污水量之成長狀況而予以逐步增加設置或改變大小型號及種類樣式。
7. 污水處理廠之設計應考量開始使用初期流量低之操作彈性、操作維護人員日常管理方便性、安全性及友善性等因素。

【解說】

1.污水處理廠廠址選擇應考量項目如下：
(1)污水處理廠應座落在高程較低的地方以利重力流。

(2)廠址應與目前蓋有民房或未來有蓋民房潛力的地方有相當的隔離，設計處理廠時應考量美學，且對於哪些單元會產生臭味要瞭然於心，例如，污泥乾燥床須要大的土地面積，且係臭味的可能來源。

(3)土地面積大的處理廠對於保持隔離（緩衝地帶）大有助益，並可滿足未來擴建需求。

(4)能提供污水處理廠最終產物，如：放流水、砂礫、篩渣、污泥及灰渣，現地處置機會的廠址係最符合需求的廠址。

(5)不應選擇洪汎區的廠地除非有適當的防洪措施，這些措施包括提昇單元設施到洪水位以上或圍繞廠區興建堤防。應提供能將洪水及放流水排到洪水位以上的排洪系統及抽水設備。在停電時必須有輔助電源的設備。

(6)廠址的連絡道路應整年不論晴雨都能暢通。

(7)廠址應靠近大水域或濕地以承接處理後放流水。

(8)土壤不須廣泛使用基樁就能承載建物係選擇廠址的重要考量，常見的基礎問題為低承載能力、過度的沉陷、不均勻沉陷、由於高地下水位引起的上浮及地震引起的土壤液化等。

(9)有適當坡度的場址有助於配置各處理單元不須大量開挖或回填即能就定位，此可提供重力流，對天然地形最少的破壞，及最少的防止土壤侵蝕的措施。

(10)廠址應評估及檢查是否存在考古、史跡或其他特性，包括位於或符合「文化資產保存法」之遺物、遺跡及其所定義之空間。廠址亦應調查是否存在瀕臨受害或受威脅的植物或動物或其他重要生物。

(11)廠址選擇及污水處理設施規畫應特別著重河岸線的保存，特別是在都市地區。河岸線保存包括沿岸的公共步道、公園、遊憩設施，及保護河岸避免沖蝕、水路的淤積及重要生態場所的保存。

2.污水處理廠設置時應考量用地地形、大小、形狀、土地多目標用途等，採密集化或分散化處理，並得因應未來污水量之增加或放流水標準之提高而預留擴建或增設三級處理之用地，分述如下。

(1)地形

廠址地形的考量很重要，因為廠區配置應遵從這些既存的廠址特色，例如：特徵、地形及河岸線。廠址的開發應利用這些既有廠址地形，依據設計目標，來加強或降低設施的視覺衝擊。考量的原則如下：

廠址位於山坡上利於重力流，可減少抽水的需要，並可配置各處理單元不須大量開挖或回填即能就定位。

(2)坡地位置可利用於污泥處理設施直接將脫水污泥餅倒在地面層的卡車上。另外，坡地位置亦可利用於化學藥槽直接自較高層灌裝藥液。設計景觀時應反映周遭地區的特性，廠址開發應盡可能減少改變既有的自然穩定的廠址等高線及排水形態。另外亦應考量減少土壤流失及淤積。

(3)開發後的廠地應與既有土地用途及綜合發展計畫相容，有時，必須設計廠內各種建築物，以將處理設施與周遭景物相互融合在一起。

[案例]

桃園縣龜山鄉林口南區污水處理廠（如圖 2-1）全期設計平均日污水量為17,500CMD，屬於中規模污水處理廠。其廠址地形由北側的最高處緩慢降至南側的最低處。另由於廠址呈狹長形狀，其處理單元設施自北至南成縱向排列，整個廠區分成數個台階配置。管理中心位在最北邊地勢最高的位置，可縱覽整個廠區，方便監控下方各處理設施單元。廠區沒有進流抽水站，污水自收集管線系統直接進入前處理區的攔污柵及沉砂池；生物反應池的氧化渠位在下方的一個台階上；終沉池又在更下方的台階；其南側為籃球場及景觀水池；消毒池、過濾設備及污泥處理區位在地勢最低的最南邊。



a. 廠區照片



b. 平面配置圖

圖 2-1　林口南區污水處理廠

(4)土地大小

污水處理廠用地所需面積，通常依處理水量、處理流程、綠美化需求等各種因素及實際需要加以考量：

A.考慮因素

(A)依處理方式而異。

(B)視污水處理單元為加蓋或開放式及有無緩衝綠帶而異。

(C)小規模廠因流量變動大而有無調整槽而異。

(D)因應未來污水量之增加或放流水標準之提高而預留擴建或增設三級處理之用地。

(E)如需預留三級處理時，約需增加二級處理面積的 30%。

(F)有無污泥消化、焚化或堆肥等而異。

(G)如都市計畫等相關法規另有規定者應依其規定。

B.不同處理方法所需面積比較

(A)標準活性污泥法且污泥未消化者，其單位處理量之用地面積若為 1，則採用氧化渠法約需為 2.6～2.8（渠愈深面積應愈小），若採長時間曝氣法則為 1.2。

(B)若設消化槽者則為前述用地的 1.2，若為三級處理時，則增加 30%。

(C)不同規模之廠地面積：採用標準活性污泥法處理不同水量時，單位污水量之廠地面積需求參考表 2-1，若為三級處理，需增加 30%。

表 2-1　標準活性污泥法單位處理量之用地面積需求

設計平均日污水處理量（$x10^3$ m^3/日）	1	5	10	20	50	100	200	500	1,000
單位處理量之用地面積（m^2/ m^3/日）	3.5	2.0	1.5	1.2	0.8	0.6～0.7	0.5～0.6	0.4～0.5	0.3～0.4

(D)污泥處理若為送至他廠一併處理或就地消化並回收沼氣，其用地需求亦有不同需求。

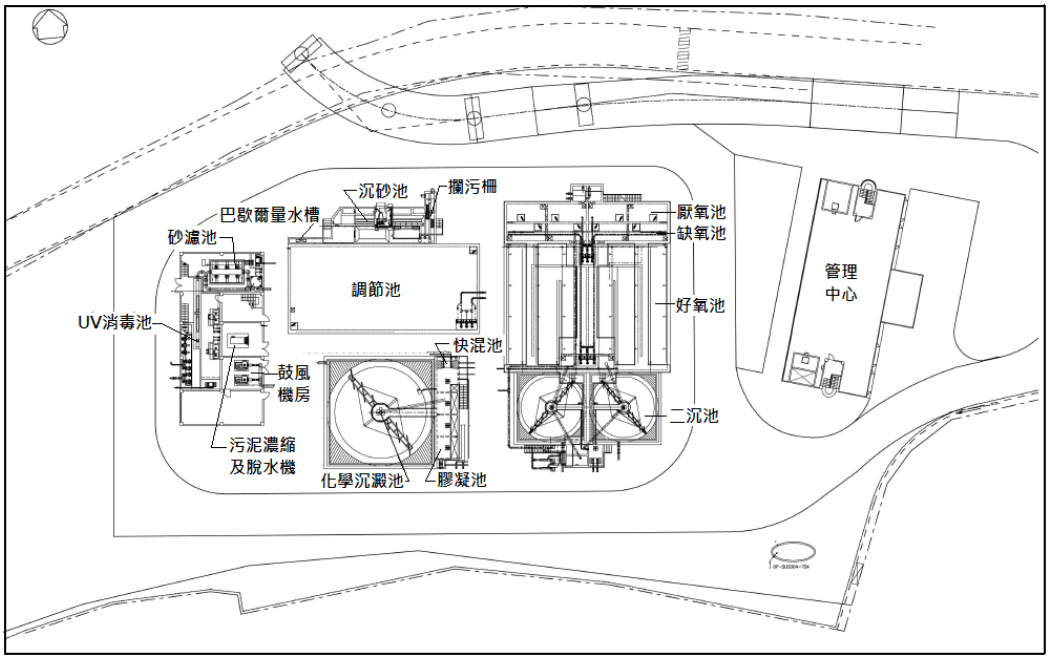
(E)廠地面積以全廠全期各設施平面面積和加 1 倍計算之。

[案例 1] 台北水源特定區坪林污水處理廠

台北水源特定區坪林污水處理廠（參考圖 2-2）全期設計平均日污水量為 3,300CMD，係屬小規模污水處理廠，除採活性污泥法外，並已具有去氮除磷之功能，依照前述表 2-1，採用內插法，估計該規模之單位處理量之用地面積需求為 2.64m^2/ m^3/日，再加上 30%作為三級處理，故所需廠地面積約為 11,330m^2（1.13 ha），該廠實際面積為 1.1384 ha。



a. 廠址照片



b. 平面配置圖

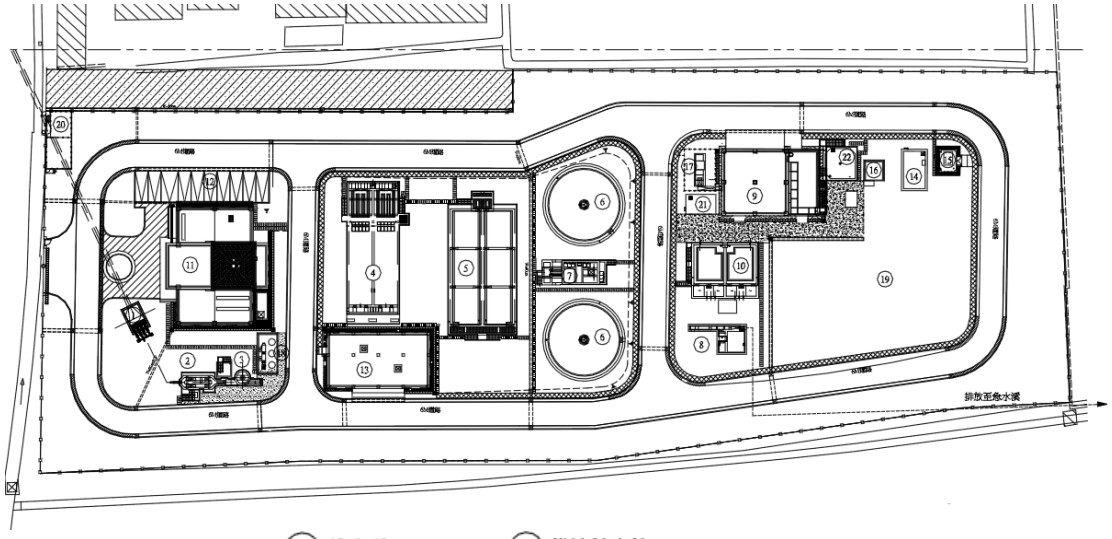
圖 2-2　台北水源特定區坪林污水處理廠

[案例 2]台南縣柳營鄉水資源回收中心

台南縣柳營鄉水資源回收中心(參考圖 2-3)全期設計平均日污水量為 6,000CMD，屬於中規模污水處理廠，採活性污泥法，依照表 2-1，採用內插法，估計該規模之單位處理量之用地面積需求為 1.9 m^2/ m^3/日，再加上 30%作為三級處理保留地，計算出所需廠地面積約為 14,820 m^2（1.48 ha），該廠實際面積為 1.4644 ha。



a. 廠區照片



⑫ 停車場
⑬ 保養廠
⑭ 消防水池
⑮ 消防泵室
⑯ 柴油貯槽
⑰ 主變電站
⑱ 前處理除臭設備區
⑲ 三級處理預定地
⑳ 台電配電場所
㉑ 清洗水池
㉒ 污泥混合槽

① 進流抽水站
② 細欄污柵
③ 渦流沉砂池
④ 初沉池
⑤ 曝氣池
⑥ 二沉池
⑦ 分水井及迴流污泥抽送站
⑧ 消毒及放流水池
⑨ 污泥處理機房
⑩ 好氧消化池
⑪ 管理大樓

b. 平面配置圖

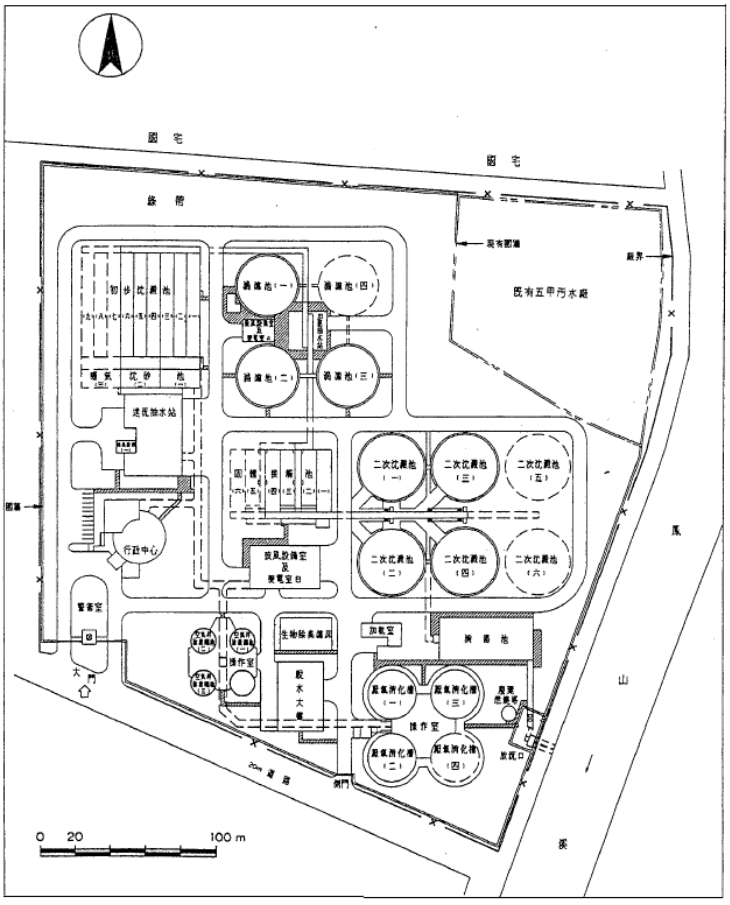
圖 2-3　台南縣柳營鄉水資源回收中心

[案例 3] 高雄縣鳳山溪水資源回收中心

高雄縣鳳山溪水資源回收中心（參考圖 2-4）全期設計平均日污水量為 156,000CMD，為大規模之污水處理廠，係採滴濾池/固體接觸池法。如以活性污泥法估算所需廠地面積，依照表 2-1，採用內插法，估計該規模之單位處理量之用地面積需求為 0.60 m^2/ m^3/日，故所需廠地面積約為 93,600 m^2（9.36 ha）。該廠因設有厭氧消化槽，故所需廠地面積為前述用地的 1.2 倍，亦即為 11.23 ha。該廠實際面積僅為 10.24 ha，如採活性污泥法，廠地面積將略為不足。該廠最後係將滴濾池設置在固體接觸池之上方，以節省用地面積。(該廠在第一期工程建設完成後，又面臨依照都市計畫法規規定須退縮廠地，故勢將大幅縮減二期建廠可用之廠地面積)。



a. 廠區照片



b. 平面配置圖

圖 2-4 鳳山溪污水處理廠

雖然污水處理廠所需廠址大小應依處理廠規模與污水及污泥處理方式來決定，但在人口密集的都市中，往往無法取得足夠面積的建廠用地，此時須採用能節省用地的處理單元，如：管理中心與進流抽水站、前處理單元及污泥處理單元等共構，另外採用雙層沉澱池、深槽曝氣池及其它深層化池槽等，參考圖 2-5。另一方式係將生物反應池與二級沉澱池立體化，參考圖 2-6。

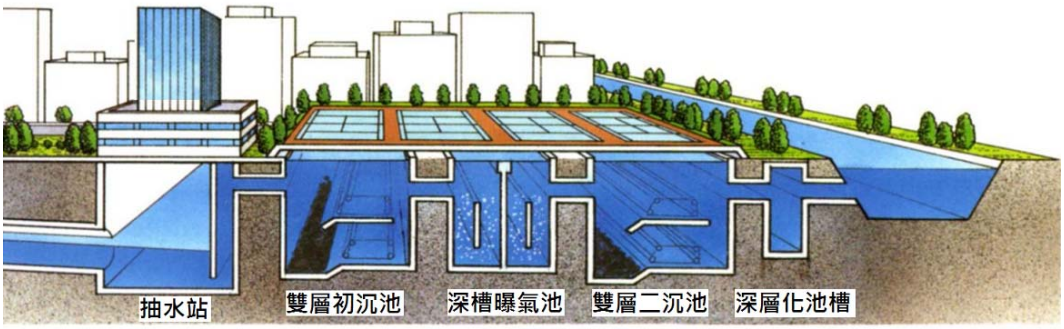


圖 2-5　多層與深層池槽的污水處理廠示意圖

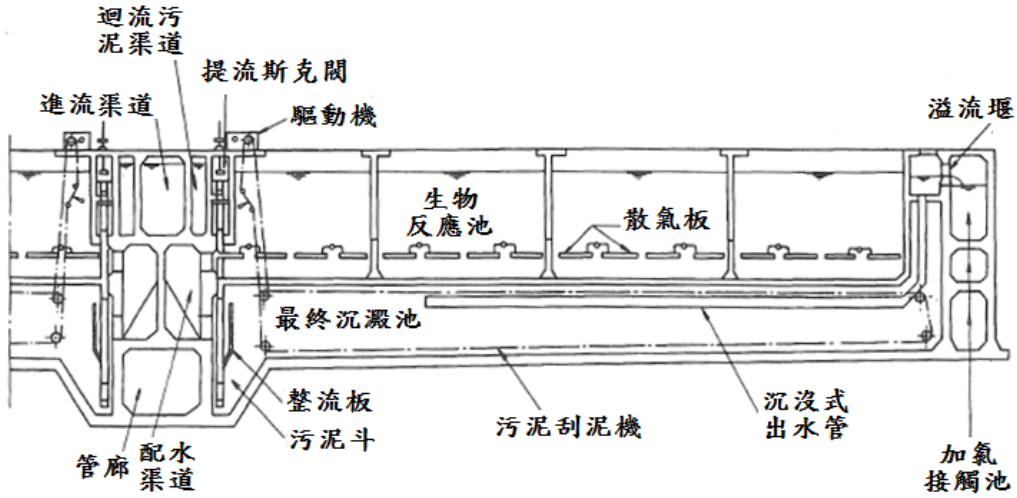


圖 2-6　生物反應池與二級沉澱池立體化

(5)形狀

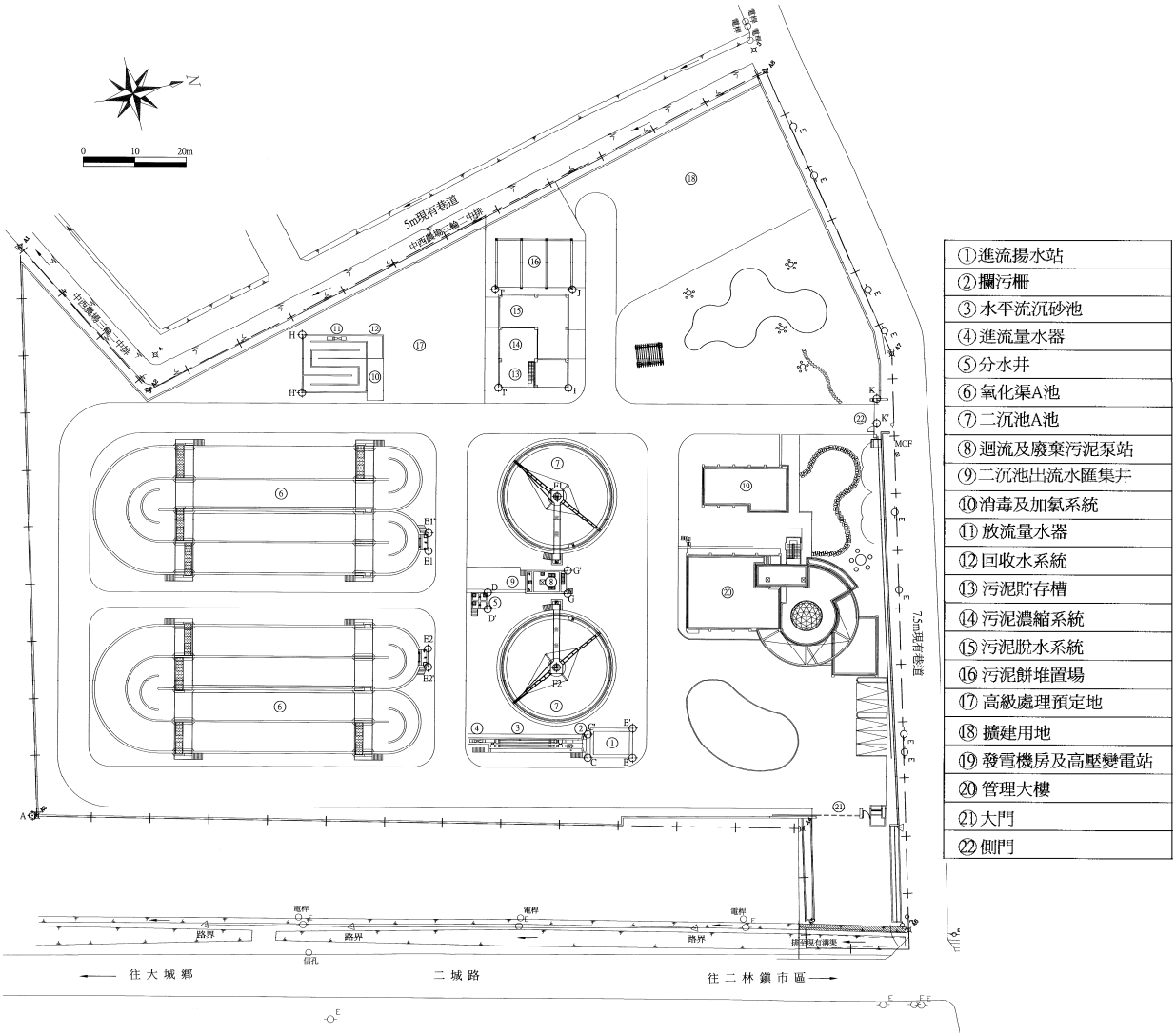
污水處理廠的廠地形狀常為不規則之多角形，或曲線直線混合之多邊形，參考圖 2-1 至圖 2-4，配置時主要設施多配置在廠地中央部位，而將外圍的畸零地作為隔離綠帶或景觀公園，或設置較獨立的附屬設施，如：警衛室、受配電室、機車棚等。配置時如將一些靠近中央部位的土地與畸零地連在一起，則可作為未來三級處理的擴建用地。

[案例]

彰化縣二林鎮污水處理廠（參考圖 2-7）全期設計平均日污水量為 6,200CMD，屬於中規模污水處理廠，採用氧化渠法，廠地面積為 1.99 ha。該廠西北角的畸零地即可與現階段作為景觀公園之土地連結在一起，作為未來三級處理的擴建用地。



a. 廠區照片



b. 平面配置圖

圖 2-7　彰化縣二林鎮污水處理廠

(6).土地多目標用途

污水處理廠及抽水站的上部空間等，係都市中貴重的開放空間，亟應加以利用。國內利用這些設施或廠地上部作為公園、運動設施、避難所、產生能源等案例持續增加中，對於下水道事業順利的推動，以及提昇下水道的形象等，皆有密切的關連。污水處理廠及抽水站的上部廠地作為多目標用途時，可利用之型式參考表 2-2。

表 2-2　污水處理廠站多目標利用之型式

利用設施	利用型式	說明
抽水站 污水處理廠	休閒設施	上部公園化、運動用途等設施
	集會場所	社區活動中心、紀念館
	教育設施	自然教室、環境教育教室、圖書館
	防災設施	緊急避難、災後臨時安置
	辦公設施	空間利用（出租大廈、公寓）
	停車場	出租車停車位
	產生能源	太陽能發電、風力發電

污水處理廠廠地多目標利用如依照對民眾開放的方式可分兩種，第一種是完全獨立的進出門禁，藉著圍籬或是上下層的天然屏障，將民眾與處理設施隔開，阻絕其接近處理設施；第二種是開放廠地中的公園、運動設施及道路，以不須事先報備方式，任由民眾由大門或偏門進出廠地進行休憩、打球及慢走等活動。這種惠而不費的回饋方式，可以與附近居民建立和睦相處的關係。對於處理設施，則採加鎖、加強警示及監控等安全防衛措施，以維護民眾及處理設備的安全。國內污水處理廠採用第一種開放方式的多目標利用廠地可分成兩種方式，其一是在平面上，如：廠區範圍內建廠多餘的土地，或是保留作為未來擴建的用地，或是前面兩者合併的土地，實例有新竹市客雅水資源回收中心，參考圖 2-8；其二是在立面上，如：廠區局部或全部的上部空間，實例計有台北市迪化污水處理廠，參考圖 2-9 及台北市內湖污水處理廠，參考圖 2-10，兩者之污水處理設施部分皆採用半地下化方式興建，而上部則闢為運動休憩公園。採用第二種開放方式的多目標利用廠地，在國內多數是屬公營的污水處理廠，實例有雲林斗六水資源回收中心，參考圖 2-11。

污水處理廠及抽水站等的上部空間利用，應對下列事項加以檢討：

A.適合利用為公共設施的內容

B.對地方及周遭住戶的貢獻

C.下水道設施維護管理上的阻礙

D.將來擴建及改建時的阻礙

E.對下水道形象增進的貢獻



a.廠區照片



b. 平面配置圖

圖 2-8　新竹市客雅水資源回收中心



圖 2-9　迪化污水處理廠廠區上層加蓋頂層作為球場及休閒設施照片



圖 2-10　台北市內湖污水處理廠鳥瞰照片



圖 2-11　雲林縣斗六市水資源回收中心廠區及附設籃球場

(7). 分散化或密集化處理

單元設施分散化處理係指傳統污水處理廠的配置，各單元依處理流程順序而分開設置，各單元間以管線連接，管線可埋在地下或設在共同管道中。

單元設施密集化處理係指污水處理廠各單元利用共同壁連結在一起，或在大規模污水處理廠，考量巨積混凝土結構物之熱漲冷縮現象，將各單元的池牆或邊牆緊靠，雙牆間僅設置伸縮縫。共同壁或雙牆上設有出入通道，以利人員或小型搬運車通行；並規劃有管道廊，以便連接各種管線。

處理單元設施相對密集化的廠地規劃可減少管線的需求，相同處理單元、處理設備、人員及設施的集中能減少整體操作員總數，以及強化廠內操作及監督的特性。傳統線性的單元設施分散化配置因為距離太長而對加藥或操作不太理想。密集化配置的廠地聚集了化學及機械設備，這種設計觀念比起傳統線性的分散化配置設計更有許多優點。密集化配置的優點及基本設計考量參考表 2-3。

表 2-3　密集化配置的優點及基本設計考量

項目	優點	設計考量
機械	● 機械設備主要項目都集聚在靠近支援設施的一個中心區域 ● 由於加藥點都緊靠操作區，故加藥管線相當短 ● 因為分開的建物很少，故僅須很少的空調通風系統	● 由於出入通道受限，設備外送維修可能較困難
操作	● 短距離步行到所有設備 ● 機械設備靠近操作室的維修設施 ● 以走廊及地道作為加蓋的出入通道 ● 由於需要定期照料的設備都緊靠操作室，廠內人員數量可減少	● 維修活動空間較少
結構	● 減少開挖量 ● 因屬共同壁構造，混凝土量減少 ● 需要較少總樓地板面積	● 由於電氣及儀控線路集中在操作區，需要許多樓地板開孔及垂直貫穿樓板之管道 ● 對混凝土收縮及膨脹及土壤移動須作額外處理
電氣	● 電氣及儀控管道及纜線的長度減少 ● 電纜線徑（由壓降決定）由於較短電纜長度而可能減小 ● 由於電纜係在室內拉線而不是結構物間的埋管，可使用較便宜有效的電纜橋架 ● 室內拉線較容易維修	
水力	● 刪除分開池槽間的聯絡管線可減少水頭損失	● 沉澱池出水至過濾池可能須要長管渠
建築	● 設計單一量體的建物比許多間分開的結構物較容易	● 混合使用的建物（管理及操作）使建物的建築設計複雜化。
一般	● 土地需求面積較少 ● 結構物較少，廠內道路的數目及路面鋪設的數量減少 ● 地下大管減少 ● 由於密集化設計，臭味及環境控制設施可更有效及更經濟的裝設及操作	● 一間大建築包含所有的設施，由於增加通道、樓梯間等等，而使得出入口要符合建築技術規則中防火區劃的規定會較為困難。 ● 如果所有池槽（前處理、初級處理、二級處理及過濾池）採用一致的頂板高程，則有些池槽的出水會過分的高。 ● 如果改變池槽頂板高程使得池槽的出水高一致，將導致沿著池槽頂部的步道會有階梯。 ● 由於大宗化學藥液貯槽區靠近管理大樓，故會增加安全防備的需求。

本表整理自“Wastewater Treatment Plants planning, design and operation Syed R. Qasim 2nd Edition”

密集化配置重要的設計考量如下述：

A.密集化的廠地配置更適合於組合式的擴充，設計者應不僅為了預期的未來容量提供配置廠地，也應容納符合未來更嚴格法規所須的其他處理單元。

B.密集化配置的廠地中，靠近設備可能會有限制，卡車恐怕無法像在線性分散式配置的廠地中能那麼緊靠處理設備。應提供單軌吊車、橋式吊車、進入開孔及其他適合的措施，以利設備之移除及換新。所有機械設備的四周應留下足夠空間以作為維修及解體之用。

C.密集化設計及配置中，大多數處理單元的高程、化學藥液貯槽及加藥機、及建築物的地板會形成相互牽連，抬高或降低某一池槽的高程，可能會影響其他單元及建築物地板的高程，在設計的初期即應對此細節作審慎的考量。

D.密集化設計因會使操作維護人員接近有害化學品的儲存、處置及輸送場所，故須特別注意安全事項。應付污水處理廠會用到之有害物質的相關法規條文應仔細研讀。藥液貯槽至建築物最少距離、建築物的開孔及空氣吸入口為重要設計考量。設計初期應檢核其他相關機構的法規及規定。必須遵守相關安全議題及符合建築技術規則中對於建築物防火區劃、出入口、昇降階梯、安全梯之樓梯間的關閉以及其他事項的規定。將管理及操作合併成單一結構物會導致成一間混合使用分類的建物，這種情況下，很難符合建築法規之所有規定。

E.密集化配置須特別注意電氣須求，電氣管道、化學管線、空調通風（HVAC）及室內水管會集中在較小地方，且在二至三層樓，應審慎規劃，避免各種管線在垂直及水平方向、房間配置、樓地板開孔及垂直貫穿樓板等方面發生衝突。

F.密集化設計採用共同壁構造，對於混凝土收縮、膨脹、土壤移動及不均勻沉陷導致的結構體移動須作處理，伸縮縫的設置地點須與各項目的設計者協調，以便對可能的移動作出合適的對策。

污水處理廠分散化配置係國內外傳統中小都市因為廠地面積足夠及考量分期興建較容易而所用的方法，前述林口南區、坪林、柳營、鳳山溪及二林等污水處理廠，皆屬分散化配置。

污水處理廠密集化配置在外國大都市中常可看到，國內則可以舉台北市內湖及迪化兩座污水處理廠為例。

內湖污水處理廠為配合其部分廠地上部公園化，故其初沉池、生物反應池、二沉池及消毒池皆採矩形結構池槽，密集設在一區，為預防不均勻沉陷導致池槽斷裂，池槽係採雙牆緊靠設計。除池槽頂部加蓋作為操作區外，另有下層管廊橫向及縱向連通各池槽；前處理區及固體物處理區上部不作公園用途，故與行政大樓及電氣室皆分區設置，三區之間以道路銜接並作區隔。土木結構係以全期規模一次興建完成，而機械儀控則分期擴建。內湖污水處理廠池槽頂板操作區照片參考圖 2-12。平面配置圖參考圖 2-13。



圖 2-12　內湖污水處理廠池槽頂版操作區照片

台北市迪化污水處理廠亦屬密集化配置，為配合其部分廠地上部公園化，故其細攔污柵、初級沉澱池、深槽階段曝氣槽、二級沉澱池、加氯池等皆採矩形結構池槽，密集設在一區，並緊靠設計，行政大樓則緊靠細攔污柵區。除各池槽頂部加蓋作為操作區外，另有下層管廊橫向及縱向連通各池槽。包括厭氧消化槽等之固體物處理區上部不作公園用途，故單獨設立。兩區之間以道路銜接並作區隔。土木結構及機械儀控係以全期規模一次興建完成。迪化污水處理廠初級沉澱池進流渠道頂板操作區照片參考圖 2-14。平面配置圖參考圖 2-15。

3.進流污水量及水質，應依當地家庭污水、機關單位污水、學校單位污水、公園綠地污水、遊憩地區污水、商業區污水、工業用地事業廢水、滲水（入滲及入流）等分別估算及綜合之。

設計應考量初期水量及水質變化

(1).污水處理廠第一期建設會受到收集系統建設期程之影響，因此在操作初期，污水量及水質多遠低於設計值，部分區域會納入截流設施補注處理量，因此設計時集應將初期操作維護需求，於第一期設計階段納入考量。

(2).污水處理廠第一期建設應考量低處理量、低水質之操作模式，池槽分池設計應考量最低處理量，機械設備應考量低處理量及低水質之需求，特別是進流泵浦、鼓風機及迴流污泥泵浦。

(3).污水處理廠第一期建設之污泥因水量水質因素，污泥量應低於終期理論推估值，因此污泥處理流程、機械設備處理量及設置台數應特別注意避免閒置或是無法啟動試車。

(4).由於污水收集系統建設期程長，可考量將污水處理廠建設分期，另機械設備有其使用年限，因此可考量初期設置較小容量機組以因應初期需求，等後期擴建時初期設置之機械設備如達使用年限，可一併更換為較大容量機組，可提升機械設備運轉效率避免投資浪費。

(5).污水處理廠第二期以後之建設，如收集系統依計畫建設，水量應已無初期低水量之影響，惟水質部分則需依據第一期實際操作資料統計分析，推估未來可能之水質變化。

4.污水處理廠應最少為二級處理，處理後之放流水應符合環保署最新規定的放流水標準以上之程度。放流口位在水源保護區或灌溉取水口上游端的污水處理廠，應設置

具備去氮除磷效果的處理設施，使其放流水符合水源、水質、水量保護區的規定。污水處理廠應充分檢討資源回收再利用，包括(1)水資源利用：應探討如：處理水再利用、水的位能及溫度能利用等，(2)污泥資源利用：污水處理廠的污泥應視其最終處置方式而決定其處理程序，最終處置不應侷限於傳統衛生掩埋或焚化的思惟，應審慎考量污泥資源利用，探討其較具回收再利用的價值，如：能源化、資材化、材料化及土壤應用等，污泥資源化方式考量因素及評估指標參考表 2-4；(3)其他資源利用，如：處理廠廠地的太陽能發電等。污水處理廠的水、污泥及其他等應審慎作各方面的考量、比較、研究，以避免各項資源及能源之浪費。

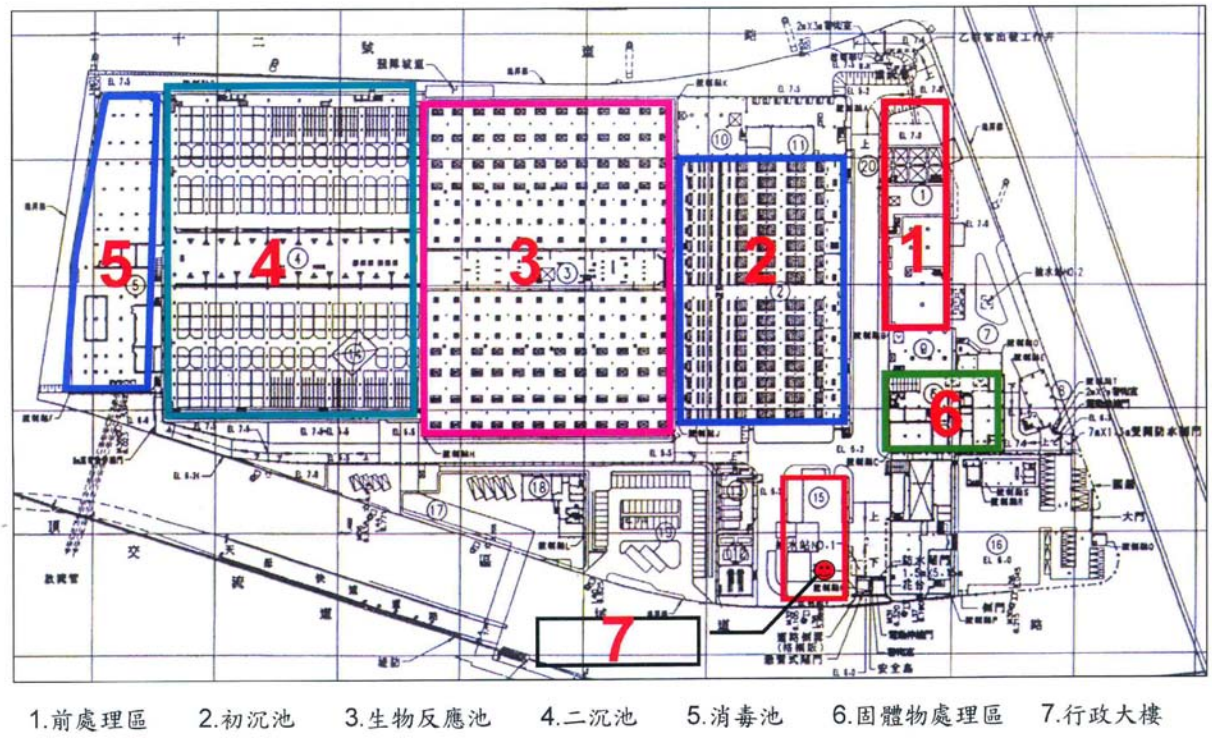


圖 2-13　台北市內湖污水處理廠平面配置圖



圖 2-14 迪化污水處理廠初級沉澱池進流渠道頂版操作區照片

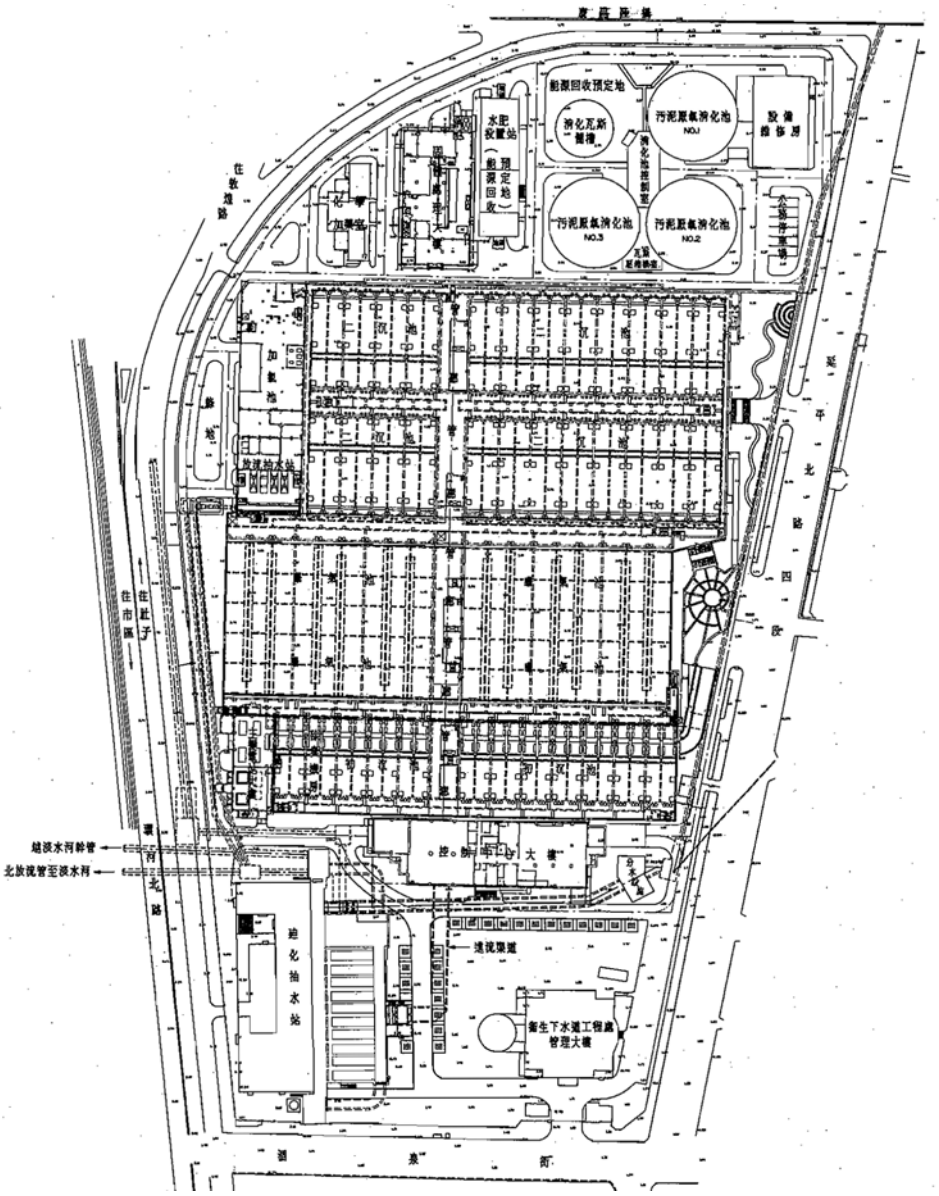


圖 2-15　台北市迪化污水處理廠平面配置圖

表 2-4　污泥資源化方式考量因素及評估指標

方式	考量因素	評估指標
土壤利用	固體含量、污泥餅透氣度、碳/氮/磷/鉀比例、毒性有機物含量、有毒重金屬含量、致病菌含量及製程中可能產生之臭氣	1. 製成肥料或土壤改良劑之價格 2. 施用土地之肥力 3. 施用土地之透氣度與滲水性
熱處理	含水量、熱值、是否適合與其他廢棄物進行混燒、重金屬含量及氯含量	1. 形成灰渣之穩定性 2. 灰渣之再利用性 3. 產生之廢氣性質與傳佈 4. 產生之廢水性質與傳佈
其他資源化	（內在）毒性有機物含量、重金屬含量及致病菌含量等 （外在）市場需求、規模、可供運用之資本額、法規要求及公眾期待等	直接利益：資源化產品之商業利益、處置成本 間接利益：降低所須負擔之環境成本，降低公眾對污泥之排斥所衍生之社會成本。

5. 污水處理廠使用數個處理程序目的係為達成所需的處理水質目標，除此之外，選擇處理程序時亦必須評估許多其他的重要因素，這些因素包括：

(1)進流污水量及水質變化情況：污水處理廠的單元操作及單元程序必須具備能在進流污水量及污染負荷變化範圍內，成功的生產一個穩定的放流水質的能力。

(2)以系統方式評估單元操作及單元程序：污水處理廠的單元操作及單元程序的不同組合係一種系統，設計時須以系統方式評估單元操作及單元程序的不同組合及其相互作用，例如：採用調節池時須考量其下游各處理單元水量及水質負荷的減少，另外係污水與污泥間的相互作用須做整體考量，不應侷限於污水處理單元，故質量平衡分析為系統評估之重要一環。

(3)處理程序的應用性：處理程序應用性的評估係依據過去的經驗、公佈的數據、實廠及模廠研究的數據等；惟如遇到新的或不尋常的情況，有必要作模廠實驗。

(4)應用的流量範圍：處理程序應適合預期的流量範圍，例如：穩定塘並不適合極大的流量。表 2-2 列出國內污水處理廠不同污水量採用各種處理程序之統計表。

(5)應用的流量變化：大多數單元操作及程序必須設計在廣泛流量變化範圍內能操作，而大多數程序在相對穩定流量下有最佳的處理效果，如果流量變化太大，有須要採用流量調節。

(6)進流污水特性：進流污水的特性會影響預備採用程序的種類（例如：化學或生物），及適當操作這些程序的需求性。

(7)抑制及無法處理的污染物成份：污水中含有何種污染物成份？哪些成份可能對處理程序有抑制作用？哪些成份在處理過程中係無法有效處理的？

(8)氣候的限制：溫度影響大多數化學及生物處理程序的反應速率，溫度可能也影響設施的實質操作，暖活溫度可能加速臭氣的產生以及限制大氣的擴散。

(9)反應動力學及選擇反應槽：反應槽尺寸係依據主要的反應動力學，動力公式的數據通常係源自經驗、發表的文獻、及模廠試驗的結果，反應動力學對選擇反應槽的影響可參考相關的書籍。

(10)性能：性能通常以放流水水質作為衡量，放流水水質須符合放流水標準。

(11)處理殘留物：處理後產生的固體、液體及氣體殘留物須了解或估算，模廠試驗時常用來鑑定及量化殘留物。

(12)污泥處理：是否有任何限制會使污泥處理及處置成為不可行或太貴？從污泥處理返回的固體物會如何影響污水單元操作或程序？污泥處理系統的選擇須與液體處理系統的選擇同步進行。

(13)水頭須求：污水單元操作或程序通常採重力流方式，處理系統中如有雙重生物處理程序，亦即除了活性污泥之懸浮生長式反應池外，尚有生物濾床、滴濾池等固定生長式反應池，通常該固定生長式反應池單元會採壓力式進流。污泥單元操作或程序通常採壓力流方式。

(14)處理水再利用計畫：配合處理後放流水再利用的水質要求，選擇具有達成該水質功效的單元操作或程序。

(15)環境限制：各種環境因素，如：盛行風、風向及鄰近住宅區，可能限制或影響使用某種程序，特別是會產生臭氣者。噪音及交通可能影響廠址的選擇。承受水體可能有特別限制，須要去除特定成分如營養份。

(16)化學藥劑需求：哪種化學藥劑及多少數量必須儲備一段長時間以便能順利運轉單元操作或程序？加藥可能會對處理殘留物的特性及處理費用帶來甚麼影響？

(17)能源需求：欲設計經濟有效的處理系統，能源需求以及未來可能的能源費用應予了解。

(18)其他資源需求：需要何種其他資源？如果需要的話，須予以儲備，以便能順利執行正考慮使用的單元操作或程序的建議處理系統。

(19)人員需求：須要多少人及何等技術去運轉該單元操作或程序？這些技術是否有現成的？需要多少訓練？

(20)操作及維護需求：須準備何種特殊的操作或維護需求？需要何種備用零件，其庫存及費用為何？

(21)附屬設備：需要何種支援程序？它們會如何影響放流水水質，特別是在它們無法運轉時？

(22)可靠度：考慮中的單元操作或程序的長期可靠度為何？該單元操作或程序是否容易故障？是否能忍受週期的突增負荷？如果故障的話，會如何影響放流水水質？

(23)複雜度：正常或緊急情況下運轉該程序有多複雜？操作員須有何種層級的訓練來運轉該程序？

(24)相容性：該單元操作或程序是否可搭配既有設施而能順利運轉？擴廠是否容易完成？

(25)土地面積是否足夠：是否有足夠的空間容納現正考慮中的設施，以及未來可能的擴充？有多少緩衝區可作為景觀綠地以減少視覺及其他衝擊？

6.污水處理廠各處理單元之土建設施應依照§ 2-3-02 解說 1.(2).C.考量分期建設，除此之外，初期流量較少時之機械設備數量可配合實際進流污水量之成長狀況而予以逐步增加設置，必要時，機械設備之大小型號及種類樣式等亦可經評估後做適當變更，勿執著於以大型設備處理小水量，不但浪費鉅額設備及操作費用，並且導致操作效果不彰甚或無法操作。例如在進流抽水站中以大型抽水機抽取少量進流水，會使抽水機無法長期保持在最佳效率點上運轉，且抽水機的運轉時間短，停機時間長，使出水呈現間歇方式，極度不穩定，將影響生物處理的效率。另外如曝氣池使用大型鼓風機，在 MLSS 濃度不高情況，大量曝氣會破壞生物污泥的絮凝性，連帶影響二級沉澱池污泥之沉澱效率。如在生物去氮除磷系統中，因二級沉澱池之水中溶氧居高不下，其迴流污泥流回厭氧池或缺氧池時，會使該兩池的厭氧菌及缺氧菌因溶氧太高而無法正常運作。

7.污水處理廠之設計應考量開始使用初期流量低之操作彈性、操作維護人員日常管理方便性、安全性及友善性等因素。包括：

(1)污水處理廠之管理中心，原則上應設置於鄰近進水抽水站機房、污泥處理機房等需經常巡檢管理之位置，以利操作維護管理之方便。

(2)污水處理廠全廠之配置和動線及水流，應考慮整體動線之順暢，避免水頭損失過大、巡驗上下不便，而能以系列完整配置為原則。

(3)為防污水處理廠進流水發生異常暴量，應於進水抽水站前幹管之人孔或抽水井配置超高水位時，可溢流至鄰近雨水下水道人孔相連結之緊急排水設施，以維護污水處理廠之安全，並於污水處理廠代操合約訂定，污水處理廠代操作廠商啟動緊急繞流時，仍應符合水措相關規定。

(4)進水抽水機之抽水機組合中，考量至少設置一台（或以上）為變頻抽水機，並配合初期進水可設定抽水井於最高水位啟動，最低水位停止抽水之 ON-OFF 操作機制，以達初期低流量之穩定操作。

(5)進流污水自沉砂池至生物反應池之間，應有繞流配置，以利初期流量低時之操作

彈性。

(6)各池槽之進水應能避免跌落造成不穩定，影響反應。

(7)各池槽設施之覆蓋，應考量操作管理上，對所有驅動系統、攔污柵、刮泥系統鬆緊狀態、浮渣排除、和溢流系統之觀察和清理，以及各池分水均勻狀態之觀察等需求加以適當配置，並以透明或為可移動容易開啟者。

(8)最初沉澱池、最終沉澱池及動力濃縮池溢流堰之裝置，應考慮土木構造物不均勻沉陷，所需要調整水平之措施。

(9)圓型沉澱池之周邊牆頂，應有適當寬度，以供操作管理人員做經常性溢流堰及集水堰清理之動線需求，以策安全。

(10) 生物反應槽若為分段進水，其分水量應能達正確分水量控制。

(11) 生物反應槽應依反應特性，於適當位置設置可即時掌握操作狀態之 DO、ORP 計等自動監測計，並直接呈現。

(12) 為因應各處理廠營運初期低流量之操作，送風機應考慮變頻或不同送風量之經濟組合。

(13) 送風機之裝置為便於巡檢及預防故障，每台送風機應有操作狀態之電流值、振動值、電壓、軸溫及送風量之整體監視儀表配置，鼓風機房應有防制噪音、通風及散熱之設計考量。

(14) 採用液氯消毒，除貯槽設計容量應適當，以免貯存日數過長，降低有效氯外，也應有防曬、通風、防外溢之考量。又在初期流量低，容易造成過量消毒，應有考量以固體氯錠替代之措施。

(15) 各種設備之驅動裝置，其位置除應考慮巡檢人員之可及性外，若置於高處，應設置有利於巡檢之梯架。

(16) 應妥善規劃放置一機一卡資料之設施，必要時以容器保護，以利實務操作管理。

(17) 全廠各渠道之覆蓋，其周邊應設置安全護欄，動線通過點應有跨架，以策安全。

(18) 各池槽開孔之覆蓋板，除考量支撐之安全度外，其大小、重量、方向，應考量巡檢人員提舉之位置和方向，以維安全。

(19) 全廠配管除應有依配管用途特性，以顏色、箭頭表示流向，若橫跨於通道者應設置跨架，並考慮全廠動線之順暢。

(20) 放流水若以次氯酸鈉為消毒劑，其貯存除考慮有效氯衰減之大小容量外，應具通風、遮陽，並有足夠容量之圍堤。其他種貯槽避免酸鹼槽鄰近，並應各有分隔足量之圍堤。

(21) 全廠各種覆蓋板，應於板上噴注「危險禁止踐踏」，並於其周邊塗鮮明警告油漆，表示警戒範圍，以符工安及保安全。

(22) 全廠應將不同需求之參觀動線標示及單元流程解說等妥為規劃，並納入設計內容。

(23) 單元控制盤為操作控制需求，應設置現場位置對應標示圖板。

(24) 消防系統應依消防法規辦理，其地下儲油槽亦需依「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」設置。

2-3-02 污水處理廠配置考量 **（原則 11）**

污水處理廠之配置須充分考量能達到建設分期彈性、操作方便、節能減碳、安全、環境友善及睦鄰等目標。配置時應考量事項如下：

1.污水處理廠配置基本原則及考量因素。

2.污水處理廠平面配置步驟。

3.廠區機房入口及開口之擋水高程，應高於廠址位置在重現期距 100 年降雨狀況下之淹水潛勢高程。

【解說】

污水處理廠之配置須考量處理設施功能、水理及操作運轉維護管理等因素，以能達到建設分期彈性、操作方便、節能減碳、安全、環境友善及睦鄰等目標。

1. 污水處理廠配置基本原則及考量因素

(1) 基本原則：污水處理廠設施的配置，應考量廠址形狀、廠區地形、土質及基礎條件、進流管位置、放流管位置、廠內水力剖面、處理程序種類、處理程序性能及效率、車輛進出動線、操作人員進出動線、操作之可靠度及經濟性、美學、環境之控制、未來擴廠之準備（包括增加土地面積）等等，而在配置上一般需考慮下列數點：

A.污水廠用地若與住宅相鄰接，則應有充分的綠地隔離之。

B.各種動線應順暢，包括水流、污泥輸送、曝氣空氣系統、控制電纜、巡視工作動線等。大規模之處理廠，此等動線則可納入管廊，小規模廠考量操作維護及管線配置成本並不建議設置管廊。

C.初級沉澱池、生物反應池、二級沉澱池應採數池槽自成一操作系統配置之。並視污水之增加及經濟狀況，分期增設擴建。

D.污泥處理設備應避免接近民宅或上風處。

E.管理中心為操作管理之重心，應與操作管理上較需人力的前處理設施、水處理機械房及污泥處理設施鄰近配置之。

F.依處理程度及處理廠規模設置必須之水質檢驗室，並做適當配置。

G.應可由管理中心監控室環視全廠區配置之。

H.處理廠為防止臭氣外溢，必要時進流抽水站應設於室內，初級沉澱池及濃縮池等皆應加蓋，並設置適當之除臭設施。

I.若在廠內兼設回饋設施，除應顧及安全外，應有區隔之獨立出入口。

J.廠內除值日室外，得視需要設置相關生活所需設施。

(2) 考量因素

A.維護管理方面

(A)污水處理廠內之水流，自流入至流出，應以同一方向減少轉彎，保持水頭損失最小為宜。

(B)污泥可順暢輸送。尤其初步沉澱池污泥之輸送較易阻塞，配管延長愈短愈佳，管徑至少為 150 mm 以上，彎管少，且儘量配置於接近污泥處理設施處。

(C)操作人員之巡行動線應路徑順暢、方便且短，尤其容易故障設施及污泥設施以接近管理中心為宜。

(D)操作人員、污水、污泥、送風、電纜等之動線應能流動順暢；大規模污水廠可考慮設置管廊。

(E)廠內道路之配置應考慮方便沉砂及污泥之運搬，以及經常性檢查維修所需，同時也要配合將來的擴建需要，又廠內道路應考慮具環廠巡迴，除一般用 2～4 噸車可進入外，亦須考慮大型車可通行，另應有側門供污泥車搬運出入。

(F)對於預防颱風、豪雨、地震等之災害及非常事故之對應也應加以考慮。

B.周邊環境調和及現場條件方面

(A)考量當地人文景觀之特殊性，管理中心或污泥機房外觀應與周鄰環境相融合，以降低提高民眾之嫌惡觀感。

(B)廠址因位於飛機起降航道下方而劃為飛航高度管制區時，應依照限高規定，限定其各種建築設施的高度。在植栽方面，樹種亦應選擇不會吸引鳥類棲息或生長的果實會招引鳥類啄食者，以避免大型高飛禽鳥闖入飛航區。

(C)避免散發臭氣、噪音、產生泡沫及振動，致影響當地環境。

(D)放流水承受水體之用途。

(E)水災、停電、地震之考量。

(F)地質、地盤之考量

C.建設分期方面

(A)依用地平行順暢配置，同時兼具擴建彈性之考慮。

(B)便於分期施工之配置，配合污水量之逐年增加分2～3期建設，大規模(含)以上至少應分三期，中規模（含）至少分二期。

(C)鼓風機房、脫水機房、抽水機房應預留設備搬出入口，以及維修所需間距、吊升高度及換氣之考量。

D.處理功能方面

(A)水處理及污泥處理分成數系列配置之，以二系列以上配置，以利故障時之調整。

(B)大規模設置管廊者，有利於配置、動力、控制設備之維護。

(C)處理設施中沉砂池、抽水機房、鼓風機室、污泥處理設施等，因需要留意管理，且容易發生故障，故以接近於管理中心配置為宜。

(D)管理中心、前處理單元（含沉砂池）、機械房、電機房、污泥處理房等之建築物分開或共構，各有優缺點，共構時雖可節省土地面積，但為防臭氣及噪音，必須增設防治設備，則長期而言不一定較為經濟，因之應綜合檢討決定之。但對於小規模處理廠，由於管理人員少，動線以共構或鄰近為宜。

E.通風排氣考量

廠站內之設備若有會產生熱量（如鼓風機、放流抽水機變頻器等）或受鹽害、潮濕環境損傷者，均應設置通風系統。

上述考量可以歸納為外部因素及內部因素，參考表2-5污水處理廠配置考量事項表。

表2-5　污水處理廠配置考量事項表

外部因素	1.一般因素	1.1.用地狀況（形狀、面積、高程差、方位） 1.2.道路狀況（道路寬度、計畫道路） 1.3.各種維生管線之引入（自來水、電力、瓦斯） 1.4.放流河川位置、流入管位置
	2.地域特性	2.1.氣候（風向、雨量、溫度） 2.2.氣象（地震、高潮位、颱風、淹水） 2.3.地域、地形（都市、農地、丘陵、地質）
	3.法規限制	3.1.土地用途（住宅、商業、工業…） 3.2.都市計畫法、水利法… 3.3.其他規定
	4.住民要求	4.1.各種請願、回饋要求、居民說明 4.2.公害防治（噪音、振動、臭氣、日照、排氣） 4.3.土地的有效利用（公園、運動場、停車場）
	5.睦鄰及環境調和	5.1.地標、環境調和 5.2.地區回饋（焚化爐熱水、消化瓦斯） 5.3.公園、綠地

內部因素	1.機能因素	1.1.物流（機器、器材、廠內外道路） 1.2.水流（處理水、放流水、再利用水） 1.3.污泥流（初沉污泥、生物廢棄污泥、脫離液、污泥餅、篩渣） 1.4.人的動線（管理、檢核） 1.5.處理方法（水、污泥、三級處理） 1.6.處理法的校核（未來提升等）
	2.管理因素	2.1.各設施的連絡（動線規劃、管廊規劃） 2.2.控制系統（管理中心、中央控制系統） 2.3.配管之平衡、單純 2.4.未來技術提升之對應（三級處理…） 2.5.防災對策（內水淹水、外水侵入） 2.6.操作管理體制 2.7.監視、控制方式及程度 2.8.水肥投入計畫 2.9.管廊配置
	3.建設技術	3.1.分階段施工（次期施工容易、單元方式） 3.2.假設工程、基礎工程 3.3.覆蓋（上部利用、排氣脫臭、梁柱跨距） 3.4.危險物設施之設計、建設（瓦斯、氯鹽、重油） 3.5.初期投資之合理化（第一期建設設施） 3.6.水路及管廊之交錯 3.7.流入、流出方向

本表整理自「處理場之設計演習」日本下水道事業團

2. 污水處理廠平面配置步驟如下：

(1) 污水處理廠進行設計配置時，應先完成各污水及污泥處理單元設施主體全期階段的概略設計，各取其平面圖備用。主要單元設施應有兩個以上的系列。中大規模處理廠之初級沉澱池、生物反應槽、二級沉澱池等宜以數單元相鄰並排，以減少設施需求面積。

(2) 在廠址外圍地界線處往內劃設適當寬度之植栽用地作為與附近住戶的緩衝綠地分隔，接著再往內劃設一條環廠主要道路，道路寬度應考量運送沉砂、污泥、藥品、單元維修、擴建及地下管線埋設空間需求。

(3) 污水處理廠各單元設施的配置首先須考量污水處理單元，特別著重關係到長期能源消耗的全廠水理坡降。從進流污水管線進入處理廠的位置，到放流水經排放口流出至廠外的位置，依序設置前處理單元（包括粗攔污柵、進流抽水站、細攔污柵、沉砂池等）、初級沉澱池、生物反應池、二級沉澱池、三級處理及消毒池，處理單元間之連絡管線應愈短愈佳，以節省管線費用及減少管線水頭損失導致的能源消耗。除流量量測單元不計外，全廠水頭損失不得大於 3.5 m，三級處理或廠址位於坡地者得不在此限。

(4) 管理中心宜與前處理設施，機械房及污泥處理機房接近，並可監視廠區全貌。台電受電室應靠近出入口。

(5) 污泥處理設施應避免接近民宅或位於上風處。排泥配管採最短路徑直線設計，並接近污泥處理設施，排泥管徑應在 ϕ150 mm 以上(含)。易產生臭味之設施應設置臭氣收集系統及除臭設施。

(6) 污水處理設施、污泥處理設施、管理中心間宜以維修道路來分隔。中大規模污水處理廠污水及污泥各處理單元之間有時亦須設置維修道路，以備移動式起重機等能駛近處理單元，進行機械設備之維修或汰舊換新需求。分期興建之處理設施亦須維修道路作為施工車輛進出之用。維修道路寬度應考量運送沉砂、污泥、藥品、

單元維修、擴建及地下管線埋設空間需求。維修道路與各設施的出入口之間應以人行步道連接。

(7) 污水處理廠不同使用者進出動線應獨立設計，員工上下班及來訪客人係由正門進出，而攔除物、砂礫、污泥及化學藥品槽車則由側門進出。停車場應盡可能設在大門附近，避免行經廠內員工作業場所，以策交通安全。污水處理廠平面廠址部分作為他用，或上部空間採多目標使用時，其不同使用者進出動線應獨立設計；且供公眾活動之空間，不得與廠區處理設施混雜使用。

(8) 污水處理廠在平面配置時，應先作成幾種方案，再依照上述基本原則及考量因素，審慎選擇一定案配置。圖 2-16 為一假設案例之五種平面配置方案，每種配置方案皆依照前述表 2-5 污水處理廠配置考量事項表，將可資比較的優缺點整理成配置計畫檢討並註明在圖左上方。

(9) 經比較圖 2-16 之五種平面配置方案，因考量方案 3 具有下列優點，故經評估比較後，以方案 3 為定案配置。

A. 本廠為中小型規模廠，故編號 1 管理棟、編號 2 抽水站房及編號 3 污泥棟合併，其管理及建設費用較低。

B. 比較方案 2，方案 3 之初期初級沉澱池具有複數單元，可在任一池停用時，以其他二池分擔處理負荷。

C. 方案 3 之水處理設施（初級沉澱池、曝氣池、二級沉澱池）之進出流渠道若加區割可變更為複數操作。

D. 與方案 1、4 及 5 一樣，方案 3 之編號 4 初級沉澱池及編號 6 二級沉澱池之管廊長度皆較方案 2 為短。

E. 與方案 2 一樣，方案 3 之污泥流經編號 9 濃縮槽、編號 10 消化槽、編號 11 洗滌槽及編號 3 污泥棟之動線皆較方案 1、4 及 5 為順暢。

F. 方案 3 之各階段建設沒有困難。

G. 方案 3 之污泥設施鄰近河川，沒有臭氣影響住宅的顧慮。

3. 廠區機房入口及開口之擋水高程，應高於廠址位置在重現期距 100 年降雨狀況下之淹水潛勢高程。若廠址位置無相關參考資料時，可採歷史淹水水位紀錄加 0.5 m 或「臨近河川」100 年重現期距之洪水位。

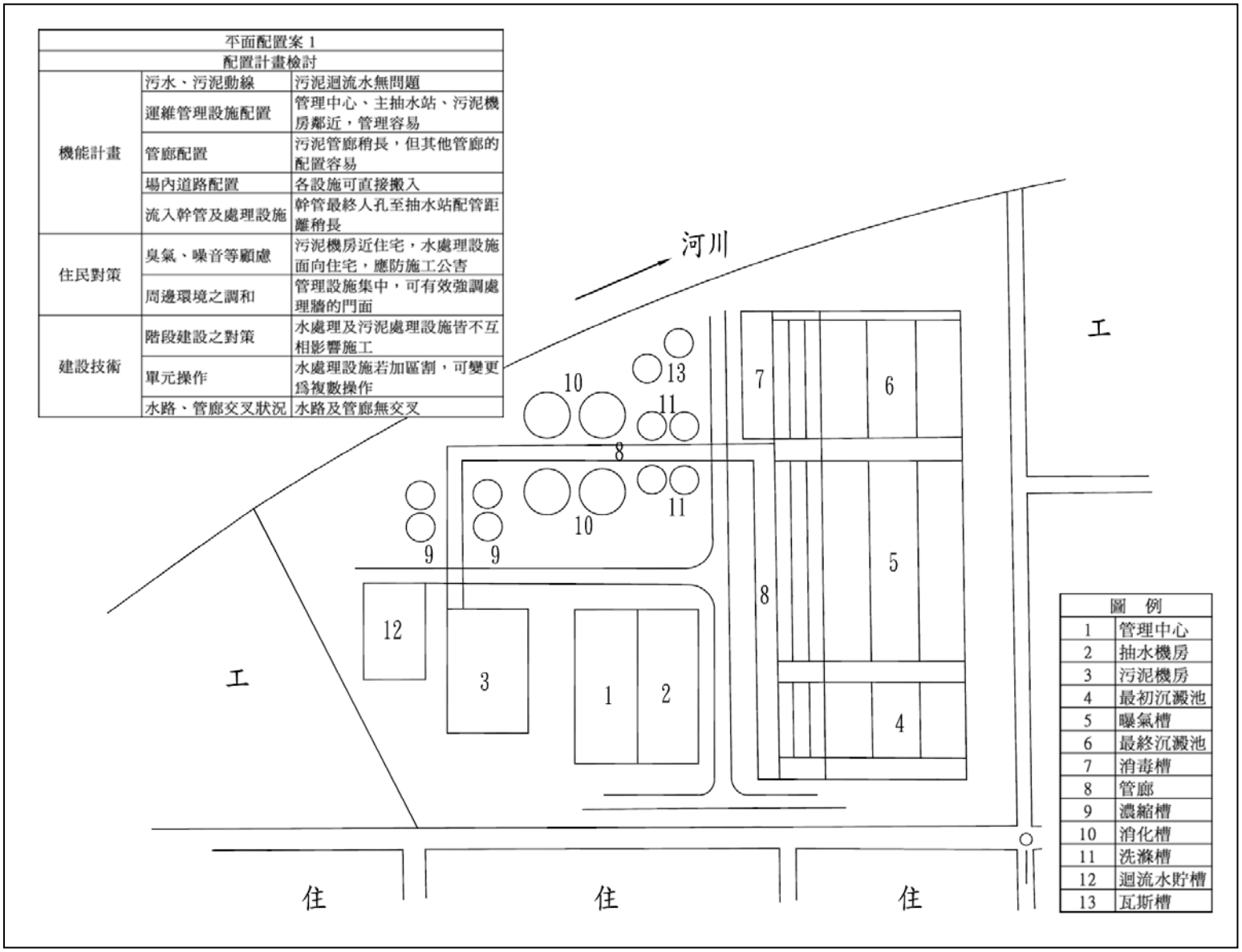


圖 2-16　平面配置方案檢討比較(1/5)

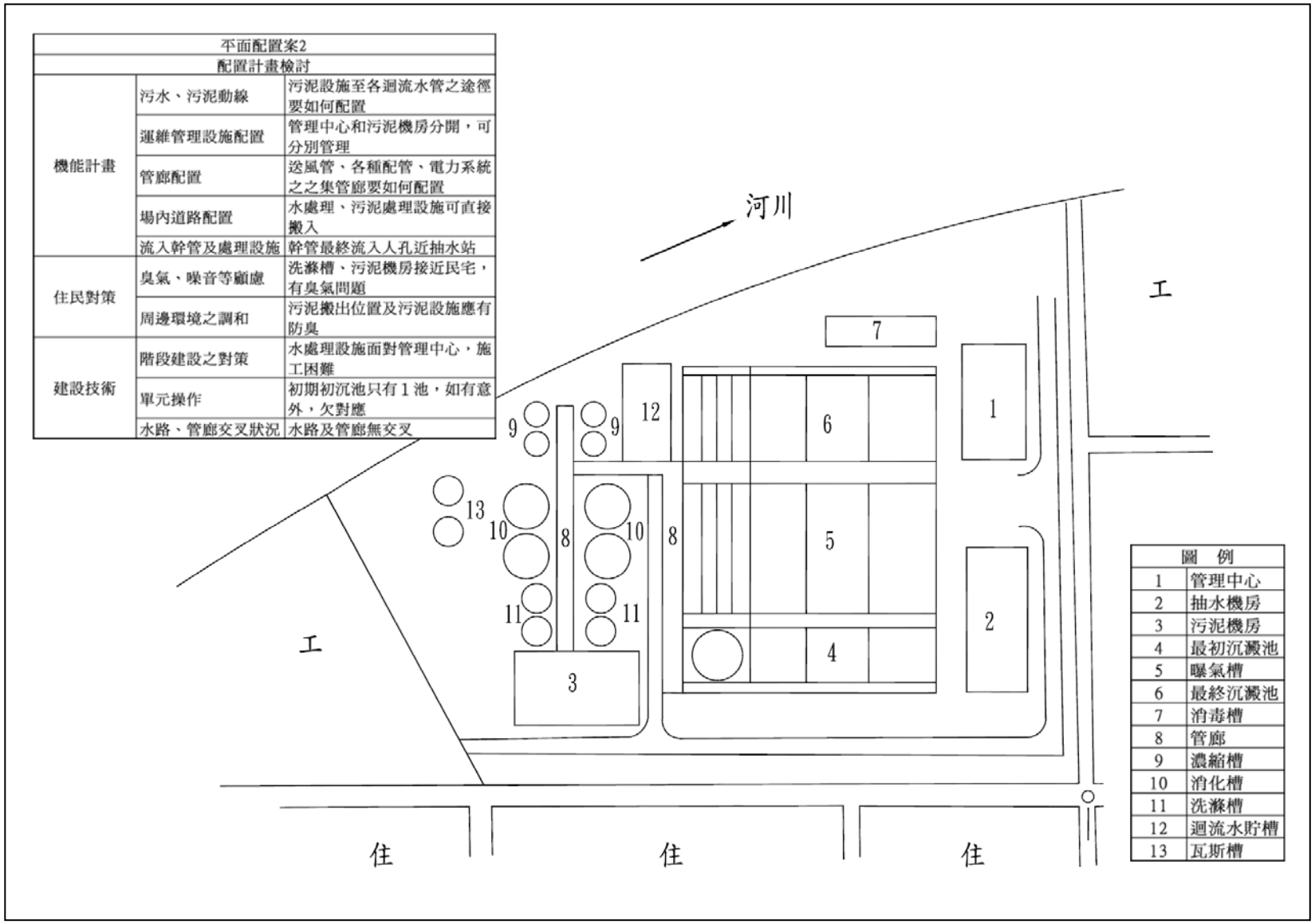


圖 2-16　平面配置方案檢討比較(2/5)

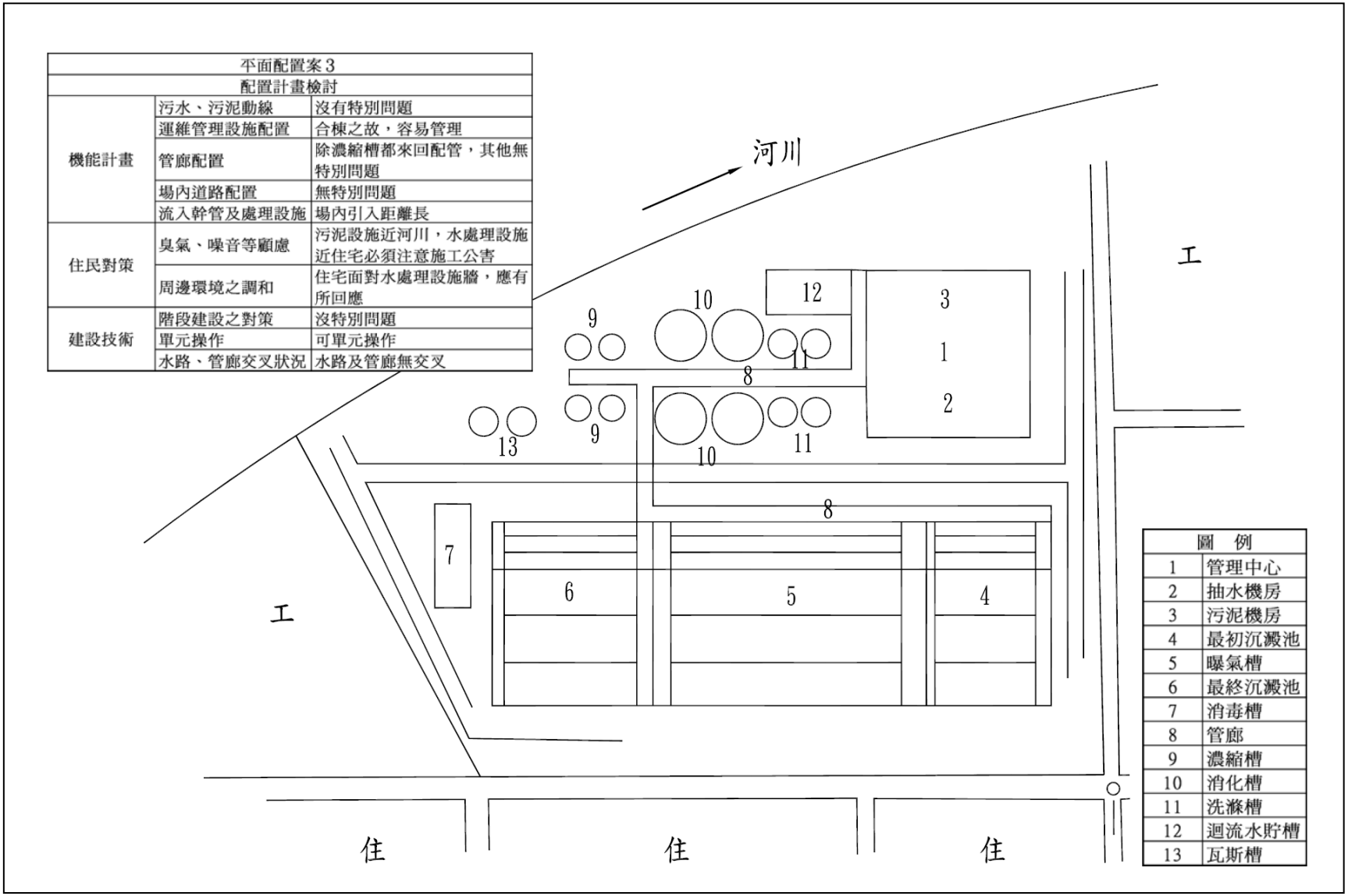


圖 2-16　平面配置方案檢討比較(3/5)

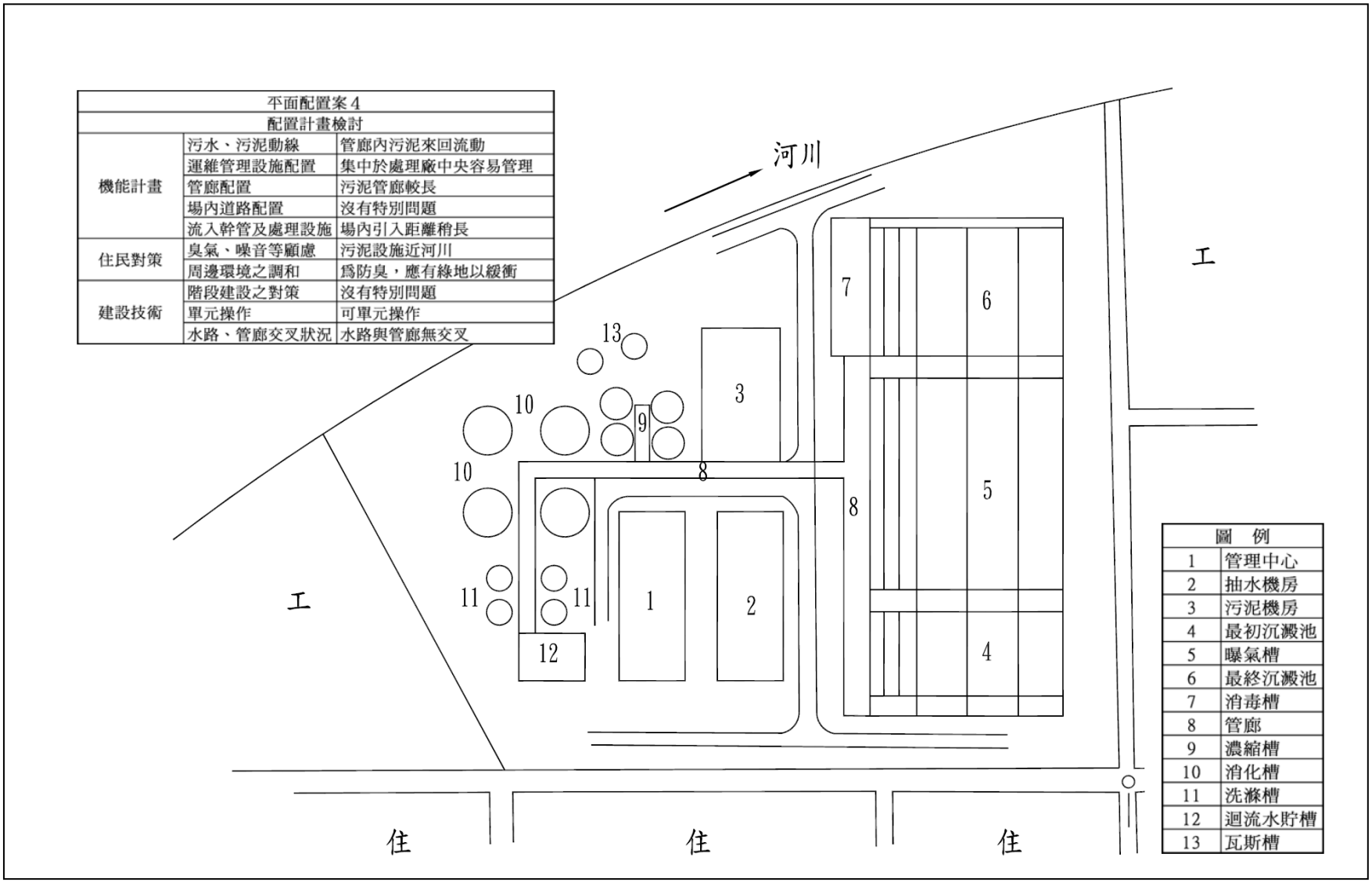


圖 2-16　平面配置方案檢討比較(4/5)

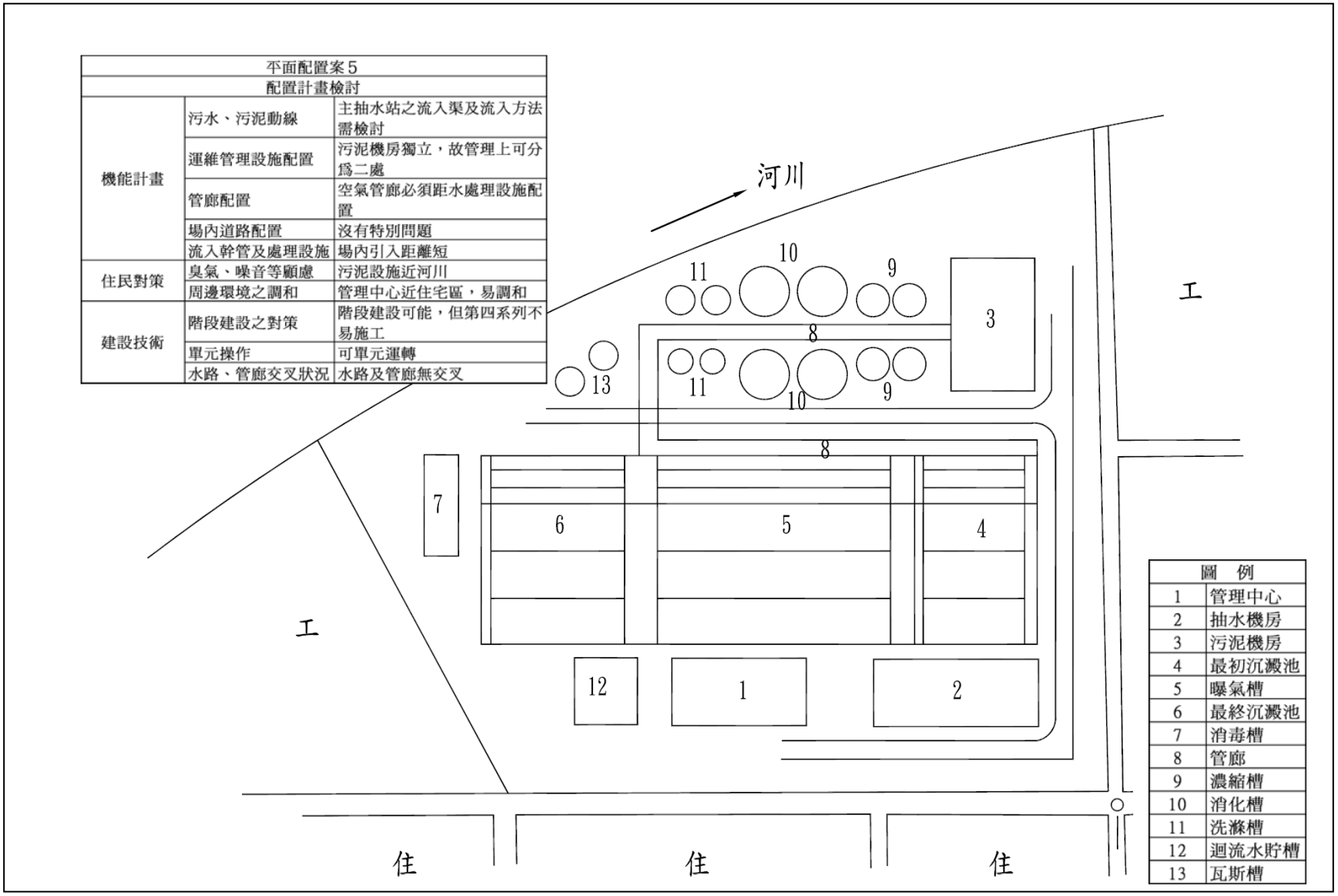


圖 2-16　平面配置方案檢討比較(5/5)

第 4 節　污水處理廠池槽

污水處理設施之池槽大部分為圓形及長方形，本節說明其設置考量，並說明如何選擇適當的分水方式，以將污水平均分配至多池槽。

2-4-01 污水處理設施池槽設置考量　　**（原則 12）**

污水處理設施池槽之設置考量如下：

1. 污水處理設施各池槽應考量結構物安全,池槽應以堅固耐久且具水密性之鋼筋混凝土建造，並須可抵抗地下水之浮力。
2. 氣密性之大型池槽應裝設釋壓及真空閥以避免因槽內氣體產生過度壓力或真空而損壞槽體。
3. 池槽應設計足夠之出水高。
4. 池槽應考量能排乾池水的措施。
5. 加蓋之池槽槽頂應設置能安全上下之階梯，在槽頂邊緣及開口部份應設置欄杆。
6. 地下管線進出池槽或建築物等結構物或穿越不同地質，會產生不均勻沉陷處，應設置可撓性管件。
7. 廠內池槽設置應考量能節省土地面積。
8. 多槽之同類型池槽應考量進流污水之水質及水量能均勻分配。

【解說】

1. 污水處理設施的構造物部分埋設在土中，為避免地下水經由池牆滲入池內，或池內污水經由池牆滲出而污染地下水，應以鋼筋混凝土的構造來達到堅固耐久及水密性。各池槽之設計使用年限長達數十年，故池槽結構設計應考量靜載重、活載重、衝擊、振動（風機及離心機等）、扭力（迴轉式刮泥機加諸於中心柱）、動態載重、水壓、土壓、地震力、風壓等，以使池槽具備安全及耐久性，並須檢討溫度變化導致池槽伸縮引起的溫度應力，土壤承載力，及空槽時地下水上浮力。

污水處理設施池槽設計時特殊考量事項如下：

(1) 圓柱形係結構上最適合的池槽槽體，但因下述特殊目的而須改用長方形池槽：

A.槽體用地面積須減少時

B.槽體須隔間或需要多個池槽時

(2) 鋼筋混凝土池槽，如超過 3m 高，壁厚至少須為 30cm；任何次要結構元件厚度至少為 15cm，如須要 5 cm 保護層厚度，則厚度至少為 25cm。

(3) 受到地下水浮力影響的池槽，可以增加自重、底部裝洩壓設施或截流設施來對應。

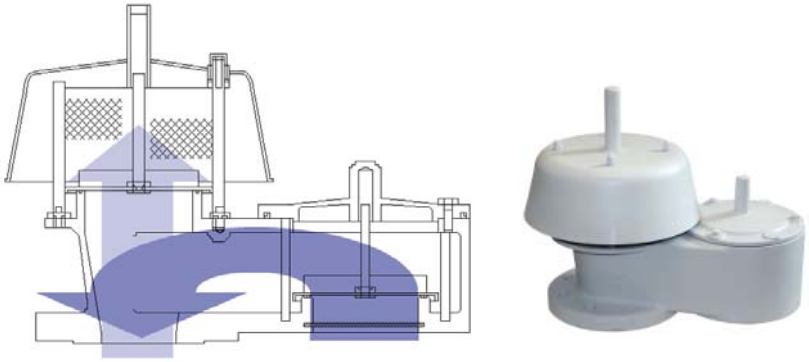
(4) 暴露於中等濃度硫化氫(150 to 1000 ppm)侵蝕的鋼筋混凝土池槽應採用抗硫水泥。

(5) 同樣結構中不同水泥不能交替使用。

(6) 適當材料設計而製造出的混凝土具有緊密性、水密性，且可抵抗大部份的化學侵蝕，在一般使用情況，不需要其他的防止化學侵蝕的保護。在特殊情況下，例如硫化氫存在於靜止未通風的環境中，且定期處理或清除有困難或不經濟時，才須要塗刷保護層。

2. 污水處理廠一些氣密性之池槽，例如：臭氧消毒槽、厭氧消化池等，如其頂版為固定式，當槽內氣體瞬間的排氣量遠大於進氣量，或槽內水位急遽下降時，槽內水位上部空間會形成真空，如池槽頂版結構強度不足，可能會使池槽頂版遭受大氣壓力壓垮；相反的，當槽內氣體瞬間的進氣量遠大於排氣量，或槽內水位急遽上升時，槽內水位上部空間會產生壓力，如池槽頂版結構強度不足，亦可能會使池槽結構體遭受池內氣壓破壞。為避免這種情況發生，一種方式係花大筆費用加強頂版結構，另一種方式係在池槽頂版裝設釋壓及真空閥（參考圖 2-17）。釋壓及真空閥（Pressure/Vacuum Relief

Valves）又稱呼吸閥(breather valves)、保護通氣(conservation vents) 或安全通氣(safety vents)，係以法蘭固定在頂版上，其閥體的釋壓及真空閥各有一個托盤及隔膜裝置，托盤及隔膜的重量會壓在排氣孔口上方的 O 型密封環上以防止漏氣，當槽內氣體壓力增加或產生真空時，托盤及隔膜會上升，使得槽內氣體或槽外空氣能經孔口流向壓力較低處，從而避免槽內氣壓增加或產生真空。



a. 示意圖　　b. 照片

圖 2-17　釋壓及真空閥

3. 池槽出水高應考量當該池槽下游端出現水理問題時，可能使該池槽的出流渠道淹水，但不至於溢出池牆外，此出水高亦足夠迴水至該池槽前的其他池槽。池槽設有 RC 頂版時，出水高度應足夠，使頂版的梁底合乎下述要求：a.在最高水位之水面上，b.不致阻礙水面浮渣之流動，c.不會妨礙裝設在水面上的刮泥機或刮渣機之運行 。池槽設有表面曝氣機時，在曝氣機上下游 3 m 或以上的局部池槽，可較其他部份的池槽增加出水高度。池槽會因曝氣而產生泡沫時，應考量足夠的出水高，使泡沫不易被風吹走，並可使消泡噴水頭能有效的消泡。
4. 污水處理廠的池槽偶而須排乾池水，以便清除淤積、檢修設於池底的設備、或其它目的。污水處理廠池槽排水設計，傳統的方法係在池槽底部設置排水閘門，一旦須要排水，僅須打開閘門，將池水排入池槽附近的廠內污水下水道系統，而以重力流方式流入中繼加壓站或進流抽水站即可。由於排水閘門並非經常使用，長期浸泡在污水中，不是遭污泥或泥砂掩埋，就是因銹蝕而無法打開，或是無法關閉，必需臨時調動抽水機來排水，將池水排乾後，再檢修或更換排水閘門，此已失去原先設置排水閘門的目的。故欲在池槽設置排水閘門，首應考量的即係排水閘門是否會故障的問題。

   污水處理廠池槽排水的第二種方法，係採用可移動的柴油引擎抽水機或沉水式抽水機，及其必要的排水軟管，除能將池水抽至池槽附近的廠內污水下水道系統，而以重力流方式流入中繼加壓站或進流抽水站外，亦可依照不同的需求，將池水排放到各個指定的地點，例如將進行維修的生物反應池第一池的池水排至第二池中，或將初級沉澱池第二池池水排入生物反應池的進流渠道中。因此，採用抽水機在池槽排水操作上較具彈性。

   惟使用抽水機排水，池水僅能下降到抽水機的葉輪高程處，約離池底地版 30 至 40 cm，而無法完全排乾。為儘量排乾池水，可在靠近池槽方便作業的地方，選擇一處池底規劃設置深約 30 至 40 cm 深的抽水坑，以配合抽水機之排水作業。一些在清除淤積及檢修設備時須完全排乾的池槽，如圓形或矩形初級沉澱池及二級沉澱池，可利用其既有之污泥斗，而生物反應池及加氯消毒池則須在其池底適當地方設置較深的抽水坑，以便排乾池水。
5. 依照最新版之「勞工安全衛生設施規則」之規定，在高度達 2 m 以上之加蓋池槽槽頂上作業時，對於邊緣及開口部份，人員有遭受墜落危險之虞者，應設有適當強度之圍

欄、握把、覆蓋等防護措施，其照明設備應保持適當照明。在高差超過 1.5 m 以上之加蓋池槽槽頂上作業時，應設置能使人員安全上下之階梯。

加蓋池槽槽頂邊緣及開口之欄桿扶手高度，不得小於 1.20 m。

6. 地下管線與結構物因重量不同，長時間可能產生不均勻沉陷，或因地震產生不同變位量，另同一地下管線穿越不同地質時，因地質條件不同，也可能產生不均勻沉陷，應設置可撓性管件(如橡膠可撓管)吸收變位量。
7. 為達節省廠區土地面積，多槽矩形池槽應採共同壁（共構），而多槽圓形池槽應採兩排或以上，且錯開設置。多槽矩形池槽採共構方式由於省略了池槽間的聯絡管線，可達節省水頭要求。池槽階梯處或機械設備所在位置並應設置銜接車行道路的維護管理步道。
8. 多槽之同類型池槽應考量進流污水之水質及水量能均勻分配。如以沉澱池為例，為使各池能完全利用，流入各池的污水量需依照其相對的處理容量來分配。如沉澱系統包括多個大小及形狀都相同的沉澱池，則污水需分成相等分流入各池。污水分流如不良，則沉澱池的處理容量無法完全發揮，低於負荷的沉澱池出水水質改善程度無法彌補超過負荷的沉澱池出水水質的變差，並且因為水質差的沉澱池出水量較多，導致整體出水水質更加惡化。在此情況下，為改善沉澱池的出水，就必須限制污水進入負荷最大的沉澱池的總流量，使其不超過最大容量，但此會導致其他沉澱池的負荷跟著降低，而損失了總處理容量。經由污水分流的改善，沉澱系統的容量可提高，因為所有沉澱單元都能完全利用到其容量。

如以生物反應池為例，為使各池能完全利用，流入各池的污水及迴流污泥量需依照其相對的處理容量來分配。如生物反應池系統包括多個大小及形狀都相同的反應池，則污水及迴流污泥需分成相等分流入各池。污水及迴流污泥分流如不良，則各生物反應池的停留時間會不同，使得池中生物相會不同，水質處理程度亦會不一樣。而由此會導致各池的需氧量不同，各池偵測到之溶氧量亦會不同，使各池送風量的控制困難。

多池池槽進流污水分流技術如下：

(1) 管線幾何對稱（參考圖 2-18）

方法：採用管線幾何對稱，使管線一再分流，讓進入各池中的管線水頭損失相同，以達到均勻分流的目的。

優點：水頭損失最少。

缺點：管線布置所需用地面積大。

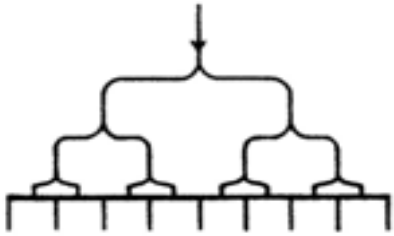


圖 2-18　管線幾何對稱

(2) 分水井（參考圖 2-19）

方法：使用多個分水堰來分水，每個堰版分水至每個水池。堰板採平頂堰，堰長應該等比於流入該池的流量分配。進流管在分水井中央以垂直管方式進水。

優點：本分水井最適合安排在各水池的幾何中央。

缺點：水頭損失最大。初級沉澱池及前處理單元採自由跌落堰分水，污水跌落時會有臭氣產生。

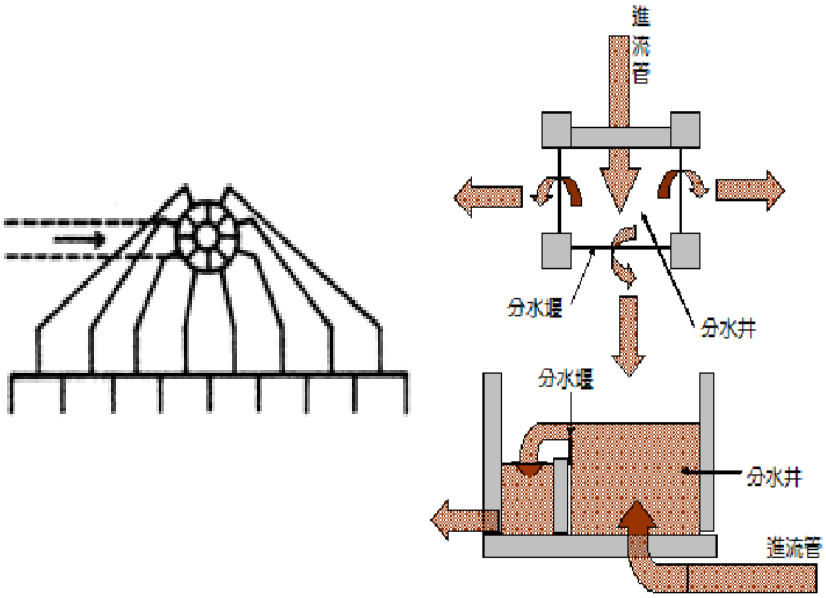


圖 2-19　分水井

(3) 流量計及控制閥（參考圖 2-20）

方法：在每個水池的進入口設置流量計及控制閥，自動控制系統依據各池處理容量的比例來調整流入各池的相對流量。

優點：控制得宜時，分水均勻。

缺點：高設備費用及高維護費，控制器不正確的調整會因控制閥產生擺動作用而使分水不均。

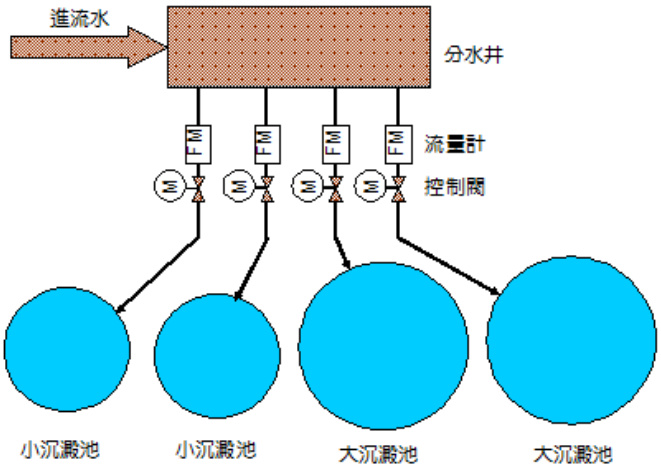


圖 2-20　流量計及控制閥

(4) 喉口式水槽（參考圖 2-21）

方法：分水井可以連接多個喉口式水槽來分水，每個喉口式水槽分水至每個水池。

優點：喉口式水槽類似於巴歇爾水槽，但不同處在於沒有平行的喉口段，以及整條水道之底部高程與渠道底部高程相同。使用喉口式水槽可避免發生使用孔口分水時的淤積浮渣。喉口式水槽不建議做為量取流量之用途。

缺點：比溢流堰或分水渠道，喉口式水槽構造費用相對較高。

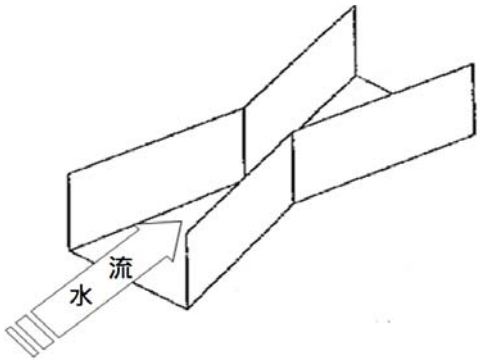


圖 2-21　喉口式水槽 (Cutthroat Flume)

(5) 分水渠道

分水渠道的分流設施通常使用出水孔口、出水閘門、出水溢流堰或合併上述之方式。分流設施施作時的小瑕疵往往會造成設施水理特性上的些微差異，為確保這些小瑕疵不會影響並聯處理單元的相對流量，出水孔口等的水頭損失須克服渠道的水力坡降。沿著整條渠道的分流為連續性或近似連續性時，渠道(或管線)與出水孔口間的水力關係可依據(Fair, Camp et al., 1968)公式 2-1 計算：

$h_{Lp} = \Delta h/(1-m^2)$……(2-1)

式中

h_{Lp} =通過出水孔口的水頭損失，m

Δh =沿著整條渠道的水力坡降相差值，m

m =通過各孔口之最低流量與最高流量之比值

例如設計時要求在最大流量時通過第一個孔口的流量 q_1 與通過第 n 個孔口的流量 q_n 相差在 5%以內，即 $m = q_n / q_1 = 0.95$，則各孔口的水頭損失應大約為最大流量下通過分水渠道的整體水頭損失的 10 倍大。

至於分水渠道整體水頭損失的計算方法，可假設水流係以固定流量(即進流或最大流量)方式通過整條渠道，而依照公式 2-2 計算出水頭損失 H_L，再將該水頭損失乘以 1/3，如公式 2-3，其結果即約略等於分水渠道的實際整體水頭損失 H_a。

$H_L = S \times L$……(2-2)

$H_a = H_L \times 1/3$……(2-3)

式中

H_a=分水渠道的實際整體水頭損失，m

H_L =渠道之水頭損失，m

S =依照曼寧公式(公式1-7)計算所得的渠道水力坡度，m/m

L =上游及下游渠道間之距離，m

A.分水渠道－溢流堰（參考圖 2-22）

方法：使用溢流堰來分水，堰長應該等比於流入該池的流量分配。在擴廠時，如新池槽容量與舊池槽容量不同，須要用不同長度的堰板來分水。

優點：在一定的流量範圍內，分水相當均勻。 採用可調整高程的堰板即可容易調整流量。自由跌落堰板出水量可肉眼觀測並可量測流量。浮渣可自由流出。

缺點：由於堰板長，些微高程差即會對流量有大程度的改變，準確的調整流量不容易。自由跌落堰板水頭損失大。初沉池進流堰採用自由流的堰板跌落時會有臭味產生，應改用潛堰。二沉池採用進流堰時，須留意混合液自池頂跌落會產生密度流的效應。

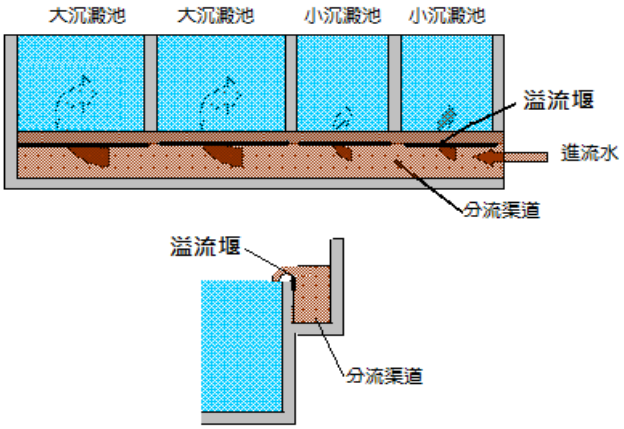


圖 2-22　分水渠道－溢流堰

B. 分水渠道－沉沒式孔口（參考圖 2-23）

方法：使用沉沒式孔口來分水，孔口面積應該等比於流入該池的流量分配。在擴廠時，如新池槽容量與舊池槽容量不同，須要用不同面積的孔口來分水。

優點：在一定的流量範圍內，分水相當均勻。

缺點：由於孔口大小固定，尖峰流量時，孔口可能限制最大流量；低流量時，孔口可能無法達到分水功能。

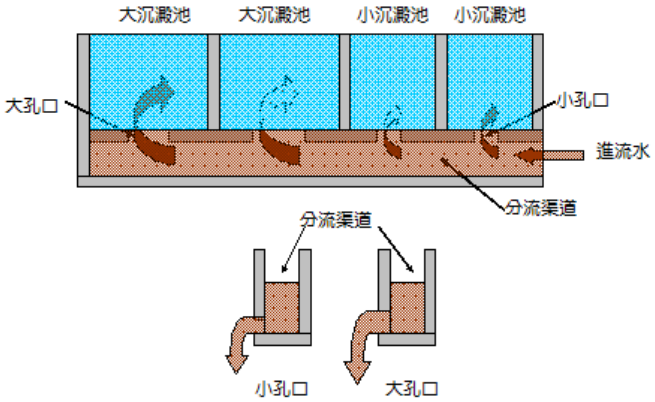


圖 2-23　分水渠道－沉沒式孔口

C. 分水渠道－沉沒式入口閘門（參考圖 2-24）

方法：利用等斷面渠道各池的沉沒式入口閘門，調整閘門開孔大小，並使出水堰在同一高度。

優點：閘門開孔大小可依據任何持續一段時間的流量來調整，最具彈性。

缺點：渠道末端水面須設置漂浮物閘門，以便將漂浮物導引至沉澱池除去。

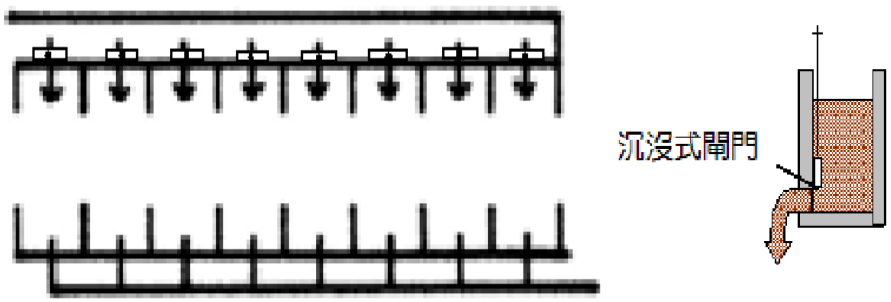


圖 2-24　分水渠道－沉沒式入口閘門

D.漸變斷面分水渠道－配合溢流堰、沉沒式孔口或入口閘門（參考圖 2-25）

方法：利用漸變渠道，使各孔口處的流速相同，以確保各分水孔口的水位相同。在擴廠時，如新池槽容量與舊池槽容量不同，須要用不同面積的孔口或入口閘門來分水。

優點：分水較等斷面窄渠道為均勻。

缺點：渠道變化量沒有與流量成等比時，分水仍不均勻。

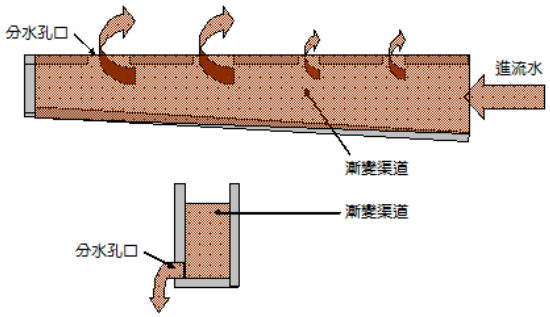


圖 2-25　漸變斷面分水渠道－配合沉沒式孔口或入口閘門

E. 零流速分水渠道－配合溢流堰、沉沒式孔口或入口閘門（參考圖 2-26）

方法：利用既寬且深的渠道，使流速非常緩慢，約 0.2~0.4m/s，確保各分水孔口的水位相同，以便均勻分水。在擴廠時，如新池槽容量與舊池槽容量不同，須要用不同面積的孔口來分水。

優點：分水均勻

缺點：為避免污水中固體物沉澱，渠道中要以機械或空氣攪拌。

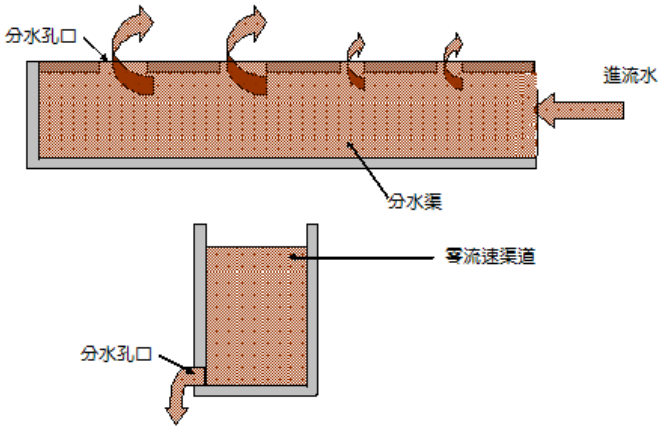


圖 2-26　零流速分水渠道－配合沉沒式孔口或入口閘門

污水分流的條件：

A. 分流設施施作時的小瑕疵往往會造成設施水理特性上的些微差異，為確保這些小瑕疵不會控制並聯處理單元的相對流量，故在污水分流時，需要有足夠的水頭損失以供分流設施使用　。

B. 除了「管線幾何對稱」及「流量計及控制閥」方式外，採用分水堰及分水孔口方式對於分水井或分水渠道的整體水面仍要求達到近乎水平。

第 5 節　污水處理廠附屬設施

污水處理廠附屬設施包括：管理中心及器材倉庫、維修室等，水質檢驗室、抽水機房、鼓風機房、污泥處理機房等，本節將說明設施設置之考量。

2-5-01 污水處理廠管理中心及附屬設施之設置考量　（原則 11）

污水處理廠管理中心之設計，應依污水處理廠規模、管理人力、管理體系及污水處理廠概況，做合理的空間配置，並以綠建築設計。為使污水處理廠能進行適當的維護管理，應設置以下的各種必要設施：

1. 污水處理廠管理中心應包含辦公室、會議室、檔案室、更衣室、茶水間、浴室、廁所、值日室、詢問台、臨時休息室、中央監控室、水質檢驗室等及其他機電室。
2. 其他必要之附屬設施包括器材倉庫、維修室等儲藏維修所必要的資材及器具。
3. 廠內的連絡及廣播設備。

【解說】

污水處理廠管理中心之設計，應依污水處理廠規模、管理人力、管理體系及污水處理廠概況，做合理的空間配置，並以綠建築設計。為使污水處理廠能進行適當的維護管理，應設置以下的各種必要設施：

1.辦公室污水處理廠管理中心應包含辦公室、會議室、檔案室、更衣室、茶水間、浴室、廁所、值日室、詢問台、臨時休息室、中央監控室、水質檢驗室等及其他機電室，管理中心除為全廠之操作管理控管中心外，尚包括外來訪客、參觀服務及員工工作活動之空間，故能提供管理之用外，更應呈現其形象和環境友善性。設計時應依污水處理廠規模、管理人力、管理體系及污水處理廠概況，做合理的空間配置，並以綠建築設計。

會議室係作為召開管理及營運會議、員工之講習及研修等使用，也做為供一般參觀訪客的說明場所來使用。

檔案室係存放污水處理廠之竣工圖及設計原圖、施工紀錄、操作運轉手冊、型錄、水質試驗報告、操作日報、月報、年報等維修管理上必要之資料，而一般事務用之公文紙係放在倉庫中保管，其位置應考量設在能與辦公室連通。

走道的動線應考慮到簡明及最短化，對於高齡及身障者應考量安全及容易移動，具體的說，應確保輪椅通行的路寬、台階部分應坡度化及設置電梯等。

廁所應考量供參觀訪客之使用，男廁與女廁分開，亦應考量供身障者使用。處理廠占地遼闊時，距離管理中心太遠的場所也有必要設置廁所。管理中心各室之大小參考表 2-6 計算其面積。

表 2-6　管理中心各室之面積計算

<table>
<tr><td>項　　目</td><td colspan="4">面　　積　　計　　算</td></tr>
<tr><td>辦公室</td><td colspan="4">4.0m²/人×（換算人員數）＋20m²
換算人員數權重如下
<table><tr><td>區　　分</td><td>廠長級</td><td>組長級</td><td>員工</td></tr><tr><td>換算人員數</td><td>8</td><td></td><td>1</td></tr></table>備註：1.製圖員則以 1.7 計。
2.操作管理員、水質檢驗員不包含在內。</td></tr>
<tr><td>會議室</td><td colspan="4">依計畫最大日污水量 R 萬 m³/日計算：
5m² × R＋50m²</td></tr>
<tr><td>檔案室</td><td colspan="4">辦公室面積的 17%以下</td></tr>
<tr><td rowspan="2">操作管理員辦公室</td><td rowspan="2">操作管理員</td><td>10 人以下</td><td colspan="2">20m² 以下</td></tr>
<tr><td>10 人以上</td><td colspan="2">1.5m²/人×（白天人數）＋5 m²</td></tr>
<tr><td rowspan="3">更衣室</td><td>男性</td><td colspan="3">1.0m²/人×操作員數</td></tr>
<tr><td rowspan="2">女性</td><td>4 人以下</td><td colspan="2">4m² 以內</td></tr>
<tr><td>4 人以上</td><td colspan="2">1.0m²/人×女性人數</td></tr>
<tr><td>茶水間</td><td colspan="4">每層 13m² 以下</td></tr>
<tr><td rowspan="2">浴室</td><td rowspan="2">操作管理員</td><td>25 人以下</td><td colspan="2">25m² 以內</td></tr>
<tr><td>25 人以上</td><td colspan="2">1m²/人×操作人員數</td></tr>
<tr><td rowspan="3">廁所</td><td rowspan="2">男性用</td><td>30 人以下</td><td colspan="2">30m²＋15m²/層 x（層數-1）以內</td></tr>
<tr><td>30 人以上</td><td colspan="2">1m²/人×人員數＋15m²/層×（層數-1）以內</td></tr>
<tr><td>女性用</td><td colspan="3">15m²/層×層數以內</td></tr>
<tr><td>升降機</td><td colspan="4">二層樓以上設置</td></tr>
<tr><td>玄關、走廊、階梯</td><td colspan="4">各室面積和的 40%以內</td></tr>
<tr><td>值日室</td><td colspan="4">4.0m²/人×（值日人數－1）＋10 m²</td></tr>
<tr><td>詢問台</td><td colspan="4">2.0m²/人×（人員數－1）＋10 m²</td></tr>
<tr><td>臨時休息室</td><td colspan="4">4.0m²/人×（夜間工作人員數－1）＋10 m²</td></tr>
<tr><td>器材倉庫</td><td colspan="4">依需要規模</td></tr>
<tr><td>中央監控室</td><td colspan="4">依需要規模（含台賬貯存室），設於樓上為原則</td></tr>
<tr><td>水質檢驗室</td><td colspan="4">依需要規模（含研究室），設於一樓為原則</td></tr>
<tr><td>通風、空調間</td><td colspan="4">依需要規模</td></tr>
<tr><td>冷氣機間</td><td colspan="4">依需要規模</td></tr>
<tr><td>通訊交換機室</td><td colspan="4">依需要規模</td></tr>
</table>

2.備用零件、修理工具及緊急時使用的工具，其數量常比預期來的多，在估計倉庫容量時，應保持一些餘裕。在修理及修繕工作較多時，應設置工作室，並提供工作台、簡易修理程度的工作機械、常用的工具及道具。日常維修所需之潤滑油及塗料等，應有獨立地點來儲藏，其貯藏量因涉及法規上列為危險物品，應依照消防法等危險物品貯藏限制之相關法令來貯藏。

3.污水處理廠廠內適當處所應備有通信設備，以備各設施間之連絡、緊急狀況之通報等。小規模污水處理廠可使用對講機，一般污水處理廠使用廠內電話。要連絡在戶外的人員時，如備有擴音器則較為方便。比起以對講機或手機連絡，擴音器一方面可同時連絡一群人，一方面亦可連絡正用對講機或手機與他人通訊中的人，且避免忘記帶手機、手機關機、手機沒電等之無法以手機聯絡之情況。再者，聽到廣播的人，亦可提醒沒注意到廣播的其他人。

2-5-02 水質檢驗室設置考量 **（原則 11）**

水質檢驗室之設置考量如下：

1. 水質檢驗室原則上應設置於管理中心內適合採取試體及維持管理的地方。
2. 水質檢驗室的組成依照處理廠的規模、檢驗內容及工作人員數量而決定之。水質檢驗室可包括中央檢驗室、研究室、生物檢驗室、細菌室、天秤室、儀器分析室、恆溫室、瓶桶裝室等。檢驗室以中央檢驗室為中心，考量檢驗作業之效率，與諸室容易連絡而配置之。
3. 水質檢驗室空間應考量樣品處理、一般檢驗、生物檢驗、儀器分析、藥品、鋼瓶、研究、品保品管等空間。總面積依污水處理廠之規模計算，中大規模者為 200 m^2 以下，中小規模者為 150 m^2 以下。小規模污水處理廠之水質檢驗室，僅檢驗基本水質項目，其他必要時可交由中大規模污水處理廠代為檢驗。

【解說】

1.水質及污泥檢驗的結果如遲滯出來會反映到處理廠的操作運轉，因此水質檢驗室原則上應設置於較好連絡到辦公室及中央監控室的管理中心內。水質及污泥檢驗相伴隨的作業係到處理廠內各單元設施處採樣及目視檢查，如做現場檢驗，會搬出各種機器，多次進出戶外，所以檢驗室的位置最好設在管理中心的一樓，以避免二樓以上機器搬出及搬入的問題。另外檢驗室可在面向戶外的牆上設置水樣收受口，採到的水樣可經由收受口送進檢驗室。該牆上並可設一扇後門，以專供採樣人員的進出，避免採樣人員採樣時鞋底所沾的污泥會經由管理中心的大門沿路散布到連接檢驗室門口的地板上，或是其攜帶的水樣可能沿管理中心走道滴漏到地板上。另外在該扇門外適當地點處可設一個沖洗水龍頭，以便在進入檢驗室之前能清洗受污之手及鞋子。

2.水質檢驗室的規模及組成視檢驗項目、儀器設備之需求及規模，並以中央檢驗室為中心與諸室容易連絡配置之。水質檢驗室可包括中央檢驗室、研究室、生物檢驗室、細菌室、天秤室、儀器分析室、恆溫室、瓶桶裝室。污水處理廠廠內各單元水質檢測分析項目，參考表 2-7 及表 2-8。大規模處理廠之檢驗室基本設備建議參考表 3-2-9，中小規模應酌量減少之，通常不設置原子吸收光譜儀(AA)或其他重金屬分析設備，但若兼收集處理工業廢水者，則可列入。

3.檢驗室為污水處理廠應有之設施，惟其規模及設備，應確實檢討其必要性，以免造成設備閒置之浪費。中大規模污水處理廠檢驗室配置參考圖 2-27，其總面積以 200 m^2 為限。中小規模配置參考圖 2-28，其總面積酌縮小為 150 m^2 以下。至於小規模者可不考慮專任檢驗員或以兼任者或採巡迴檢驗之方式，故可不設專用空間，而可與其他管理室合用之隔間配置之。

表 2-7　污水處理廠各處理單元建議水質分析項目

設施名稱	沉砂池（流入下水）	初級沉澱池		生物反應槽	二級沉澱池	放流口
採水地點 / 檢驗項目	流入口	流入口	流出口		流出口	放流口
水溫	◎	◎	◎	○	◎	◎□
外觀	◎	◎	◎	◎	◎	◎
臭氣	◎	◎	◎	◎	◎	◎
pH	◎			◎		◎□
蒸發餘留物	○	○	◎			○
強熱餘留物	○	○	○	◎		○
揮發性固體物	○	○	○			○
懸浮固體物	◎	◎	◎	◎	◎	◎□
DO	◎		◎	◎	◎	
BOD	◎	◎	◎	◎	◎	◎□
COD	◎	◎	◎	◎	◎	◎□
總氮量	○				○	◎(□)
氨氮量	○				○	○
NO_2-N	○				○	○
NO_3-N	○				○	○
有機氮	○					○
總磷量	○					◎(□)
氯離子	○					
氟離子	○					
氰化物	○					
總油脂	○	○	○			
陰離子界面活性劑	○					
酚類	○					○
重金屬類	○					
大腸桿菌群	○				◎	◎□
SVI				◎		
ORP				(◎)		
顯微鏡				◎		

1.迴流污泥：SS、VSS；2.◎：每日監測　○：定期檢測項目；3.(　)：水源區增加檢測項目
4.□：放流水標準法定應檢測項目

表 2-8　污泥處理單元建議分析項目

檢驗項目	污泥混合液	濃縮上澄液	消化槽	脫水機進流污泥	脫水濾液	污泥餅
pH	○	○	○	○	○	
BOD	○	○			○	
COD						
SS	○	○	○	○	○	○(含水率)
VSS	○		○			○
重金屬	○					○
DO (好氧消化)			○			

表 2-9　檢驗室基本設備

項目名稱			單位	數量
實驗桌	中央檢驗室	中央實驗桌（附懸空式藥品架）	座	1
		靠邊桌	座	2～3
		雙水槽桌（附滴水架）	座	
		排煙櫃（含室內廢棄處理裝置）	座	2～3
		無菌無塵台	座	1
		緊急洗眼裝置	座	1
		廢液收集裝置	組	1
		實驗椅	支	2～3
	天平室、精密儀器	靠邊桌 1 座	座	1
		天平台 1 座	座	1
		實驗椅 1 支	支	1
一般儀器設備	分析天平、電子上皿天平		台	1
	加熱板/攪拌器		台	
	電子加熱器		組	2
	水浴加熱器		組	2
	高溫爐		組	1
	烘箱		台	1
	冰箱		台	1
	貯藏室冰藏櫃		台	1～2
	吊掛型純水製造系統		組	1
	凱氏氮分析裝置		組	1
水質分析儀器	pH 計		組	1
	溶氧分析計		組	1
	導電度計		組	1
	濁度計		組	1
	COD 加熱裝置		組	2
	控溫培養箱		台	1
	真空過濾裝置		組	2
	高溫滅菌器		組	1
	無菌操作台		台	1
	菌落計數器		組	1
	全自動相位差顯微鏡		組	1
	離心機		組	1
	分光光度計		組	1
	攜帶式 pH 計、DO 計、導電度計		台	1
	油脂萃取器皿		組	1
	過濾漏斗		組	1
	乾燥箱		台	2
	超音波洗淨器		台	1
	定水層採樣器		個	2
	自動滴定器		組	2
	COD 快速分析儀		組	1
	其他附屬設備			

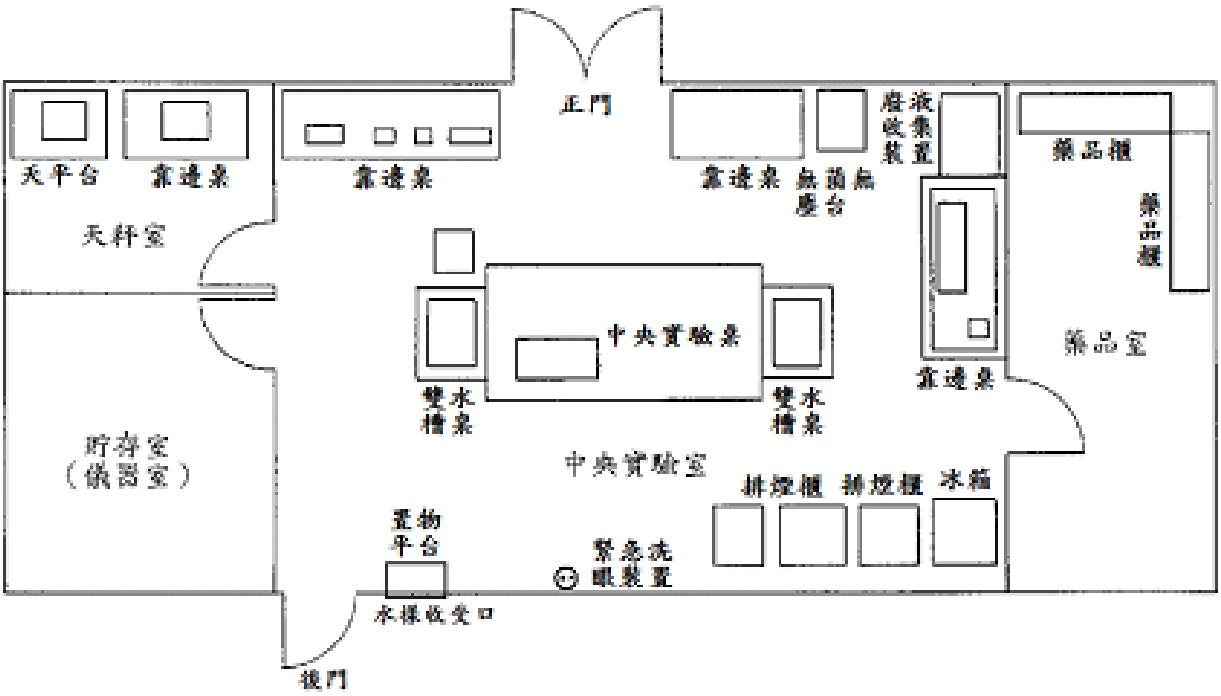


圖 2-27　檢驗室配置示意圖例（大、中規模）

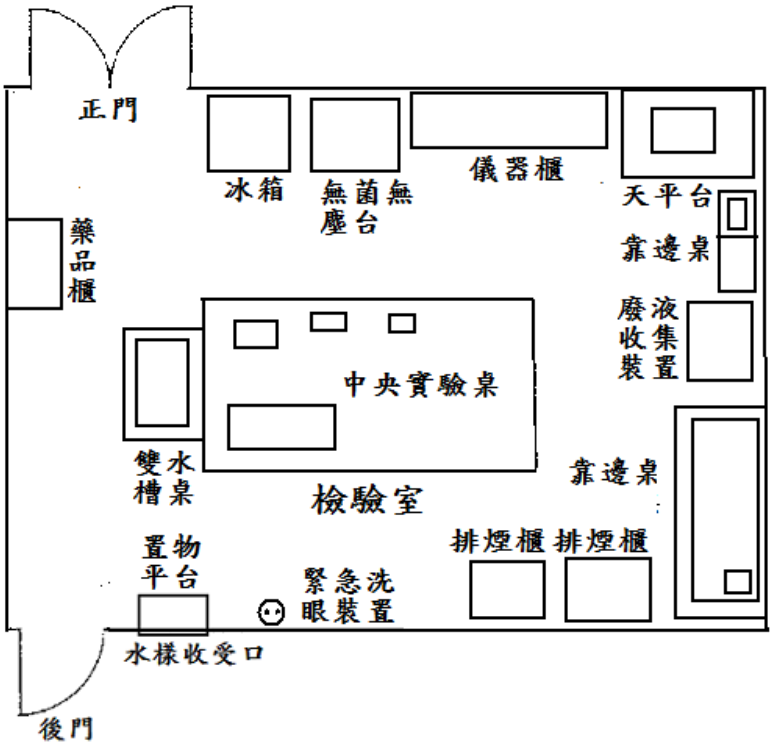


圖 2-28　檢驗室配置示意圖例（中小規模）

2-5-03 抽水機房設置考量 **（原則 13）**

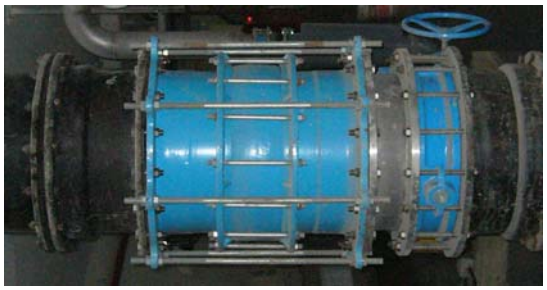
抽水機房之設置考量如下：

1.閘門設施之高度，應考量操作空間設計。
2.抽水機與馬達分離設置者，其馬達應設置於無淹水之虞之操作層。
3.抽水機設置空間，依抽水機種類、台數、附屬設備之設計而定，應考量承載抽水機重量之基礎承載力，並有防振及吊移設施。
4.抽水機配管應設置伸縮接頭。
5.過牆管貫穿濕井或乾井時，應具有止水環。
6.配管之空間應依流量計及維護因素配置。
7.若抽水機房劃分為防爆區時，機電設備應選用適當之防爆規格。
8.抽水機房應考量通風換氣、擋水、抽排水、噪音防制、消防及除臭等需求。

【解說】

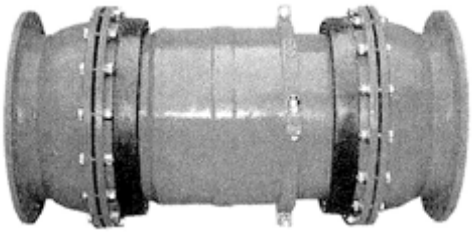
污水收集管線在深度太大時會設置中繼抽水站，而污水處理廠的抽水機房包括：進流抽水站、迴流及廢棄污泥抽水站、放流抽水站、給水及回收用水抽水站等，這些抽水機房之共通設置考量如下：

1. 參考§ 2-6-02 解說 6，抽水機房之閘門應依其不同種類而有不同設置需求的考量，務必確保足夠操作空間、閘門開啟時閘門軸上升之高度以及閘門換裝所需之空間，若為疊置式止水塊板，也應有操作空間。
2. 抽水機馬達的位置，依抽水機種類而決定之。抽水機種類請詳§ 3-4-03 解說 4。沉水式抽水機馬達係和抽水機緊密相連，不論用於濕井或乾井都無虞擔心淹水損壞。橫軸式抽水機的馬達係與抽水機在同一高程，因此應設於乾井內，並確保乾井不會淹水。豎軸式抽水機的馬達係安裝在抽水機上面，有的是緊靠，有的是設在上一層，或更多層，而以連動軸相連接。為防淹水，馬達應儘量設於無淹水之虞之操作層。有關乾井有浸水之虞時，可採用抽水機型式請詳§ 3-4-05 解說 2。
3. 抽水機房依污水處理廠之規劃，及抽水機之配置方式，可有濕井及乾井之空間。濕井之空間需求計算，請參考§ 3-4-04 解說 2。乾井空間設置，依抽水機種類、台數、機械設備設計而定。抽水機房的基礎應考量承載抽水機重量及其振動之承載力，勿使濕井及乾井有不均勻沉陷。結構設計上應有防震之對策。另為維修需要應設有吊車，並考慮其移動範圍，運搬空間、載重、出入口大小、吊入方法及裝置方式應先加檢討。抽水站需與其他設施合棟設置時，應不影響管理動線和水流的順暢。
4. 乾井式抽水機運轉時會有振動，再加上溫度變化導致管線伸縮，以及地盤不均勻沉陷等，故抽水機進出口與其兩端銜接之配管間應設置伸縮接頭。因伸縮接頭無法承載或傳遞管線及閥類的重量，故伸縮接頭的管線端應設管線支撐。
5. 管線通常以管架或吊撐固定在抽水機房的天花板上，或是以管線支撐固定在地板上，由於結構物本身可能有伸縮縫，或溫度變化導致管線伸縮，以及地盤不均勻沉陷等，故銜接至牆壁的過牆管亦應設置伸縮接頭。伸縮接頭型式參考圖 2-29。貫穿乾井頂版或兩個乾井隔間的過牆管，如考量日後須抽換管線，可在該處先埋設內徑較大並具有止水環的過牆套管，再於套管內設置該管線，並在套管與管線間之夾縫處以填縫料填充，套管兩端再以防漏膠如免漏素等填塞。貫穿溼井及乾井的過牆管應具有止水環，但不得使用過牆套管。具有止水環之過牆管及套管參考圖 2-30。

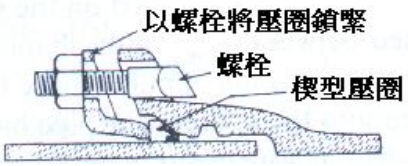


a

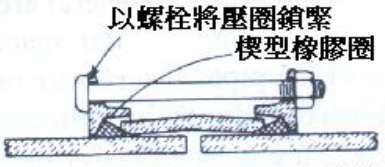
. 雙拉桿伸縮接頭



b. 球墨鑄鐵可撓管接頭



c. 機械接頭



d. Dresser 接頭



e. 橡膠伸縮可撓管



f. 防震軟管

圖 2-29　伸縮接頭型式

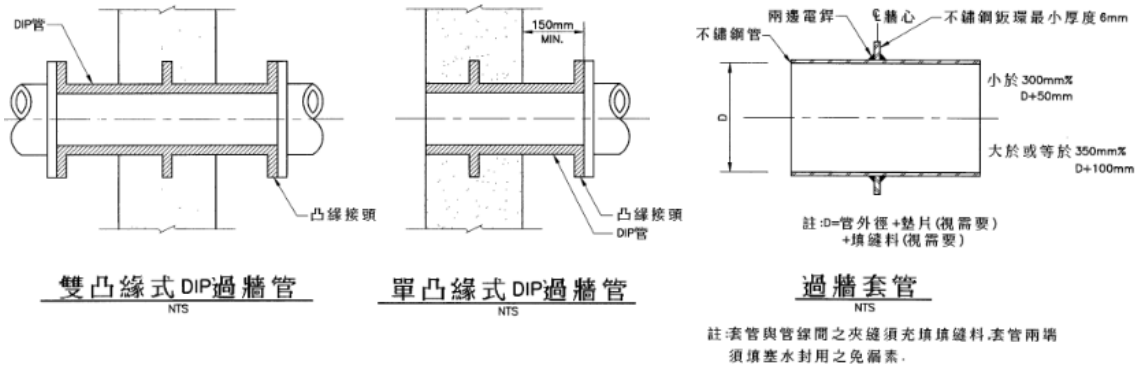


圖 2-30　具止水環之過牆短管

6. 以管架或吊撐固定在天花板上，或是以支撐固定在地板上之流量計應考慮其上下游端直線距離，及維護所需空間。且管線及流量計應考慮其搬出入方法。
7. 若抽水機房劃分為防爆區時，機電設備應選用適當之防爆規格。
8. 抽水機房應考量通風換氣、擋水、抽排水、噪音防制、消防及除臭等需求。參考圖2-31。

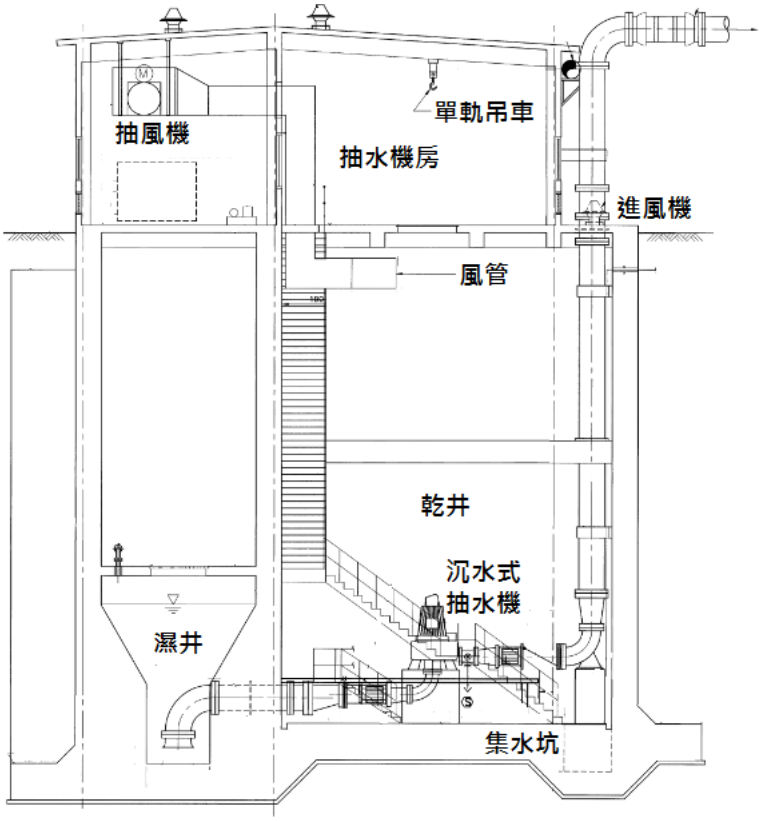


圖 2-31　進流污水抽水站（新竹客雅水資源回收中心例）

2-5-04 鼓風機房設置考量

鼓風機房（或鼓風機室）之設置考量如下：

1.鼓風機房應為不燃性建築物，構造上應避免地下水滲入及雨水浸水。鼓風機房應有適當的防音設備，其設置位置應於地面層及靠近曝氣地點，並遠離鄰近住宅。
2.鼓風機房中有鼓風機、電動機及附屬機器在運轉，故有必要設計足夠的維護空間，另外，應考量通風換氣。
3.鼓風機及電動機的基礎應能承受運轉時的振動及最大荷重。
4.鼓風機房應設置鼓風機設備的吊昇設施。
5.鼓風機吸入側應設空氣過濾器，中小規模處理廠的鼓風機可用筒式過濾器直接接到吸入端，中大規模處理廠鼓風機的空氣過濾器則可設在過濾器室中。

【解說】

1. 污水處理廠鼓風機房為污水生物處理送風設備之機房，機房應為不燃性建築物，構造上應考慮防淹水、避免地下水滲入及考量地板清洗之排水。鼓風機運轉時，經由鼓風機本身轉動、空氣流動、空氣壓力的脈動等產生噪音，再加上電動馬達、附屬設備等噪音的複合增幅，故鼓風機房必要時應有適當的防音設備。其設置位置應於地面層及靠近曝氣地點，並應遠離鄰近住宅。

   污水處理廠常用鼓風機型式包括：多段離心式鼓風機、單段離心式鼓風機及容積式(魯式)鼓風機，詳見§ 4-3-05 解說四。減少鼓風機噪音的對策是降低共同噪音的發生，

必要時應減少噪音從鼓風機房向外面傳出。減少鼓風機噪音可用以下方法：

(1) 多段離心式鼓風機：採用附有消音相關設備。

(2) 單段離心式鼓風機：採用附有消音相關設備

(3) 魯式鼓風機：採用附有消音相關設備。

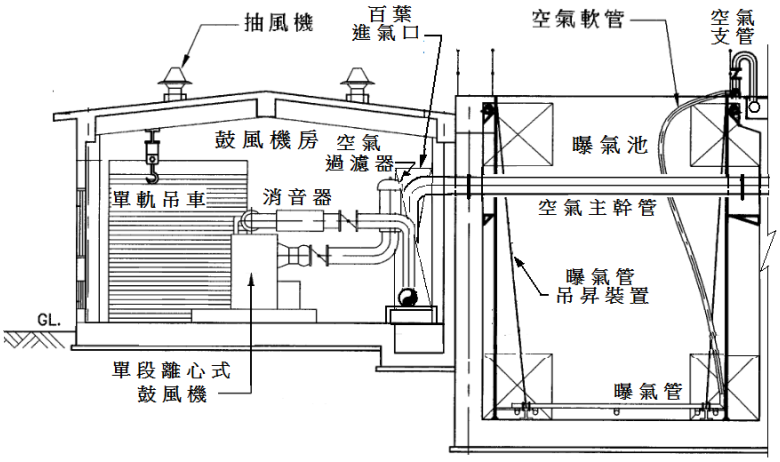
為了不使噪音從鼓風機房向外面傳出，鼓風機房應為具有遮音性的構造物，室內應使用吸音性材料，及使噪音不會反響。必要時窗戶應採用雙層玻璃。另外吸氣及出氣風道應為經過濾後的空氣輸送至鼓風機之管道，應依風速 3～4 m/s 設計斷面，必要時風道內面應使用吸音性材料，並在吸排氣口加上消音設備。另外應依照噪音防制法及相關規定來減少噪音。

2. 鼓風機房中除了有鼓風機、電動機、潤滑油供給裝置、控制器等之外，也有空氣過濾器及各種管線和閥類，為了這些機械的運轉及日常的維護工作，應考量機械間相互間隔、機械及建物牆壁的間隔、管理通路等。另外，為了機械的零件替換、整台的分解維修、分期設置之規劃應確保必要的空間需求設計。鼓風機房設計例參考圖 2-32 至圖 2-34。

鼓風機房中，從鼓風機設備的放熱使室溫上昇，故應設置換氣設備。當使用潤滑油超過規定的數量時，應依消防相關法規辦理。此外，鼓風機應有冷卻設備。



a. 單段離心式鼓風機房照片



b. 單段離心式鼓風機房設計

圖 2-32　單段離心式鼓風機房照片及設計

（新竹市客雅水資源回收中心例）

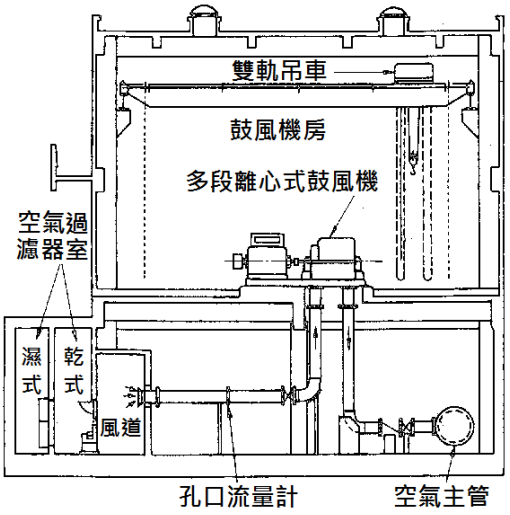


圖 2-33 多段離心式鼓風機房設計例

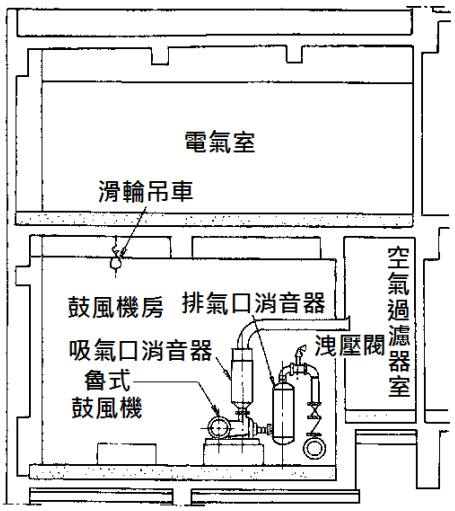


圖 2-34 魯式鼓風機房設計例

3. 鼓風機及電動機的基礎應能承受啟動時及運轉時的最大荷重。構造物應具有避免沉陷或龜裂所需要的強度，運轉時的振動應不會對鼓風機、電動馬達及建物有不良的影響。基礎的構造應能吸收振動，使振動不會傳播到建物上。在防振的考量上，鼓風機及電動馬達的承載框架及基礎間應設置防震裝置。設置在地面層的鼓風機室，其鼓風機及電動馬達的的承載框架可以獨立基礎作為支撐。
4. 鼓風機房中，為了鼓風機的安裝、修復、檢查等，應依照鼓風機種類，設置室內吊車之吊昇設施。
5. 鼓風機吸入側應設置過濾空氣用的空氣過濾器，中小規模處理廠的鼓風機可用一對一之筒式過濾器直接接到吸入端，過濾器濾材以人工定期抽換。中大規模處理廠的空氣過濾器則可設在過濾器室中。過濾器有乾式及濕式兩種型式，一般過濾器室可單獨設置乾式過濾器，或設置濕式及乾式順序直列組合。大型乾式過濾器為平板式，有驅動機可自動將濾材捲起，或用自動真空吸塵器來清掃濾材；大型濕式過濾器使用自動迴轉式的洗淨器。過濾器室應設有清除口。乾式空氣過濾器風速為 1.5~2.5 m/sec，空氣壓損為 45~120 Pa；濾材採自動清掃的情形，空氣壓損為 120~240 Pa。濕式空氣過濾器風速為 1.5~2.5 m/sec，空氣壓損為 50~150 Pa。過濾器室之吸氣口依所需空氣量設計，為防雨水、鳥類及老鼠的侵入，應以不銹鋼網阻隔之。

[備註]鼓風機設備，容量變化甚大，請考慮單機性能曲線、多機操作系統曲線及操作原則，確認是否符合操作需求。

2-5-05 污泥處理機房設置考量 **（原則 33）**

污泥處理機房設置考量如下：

1.機房設置空間依濃縮機種類、脫水機種類、台數、附屬槽、污泥餅貯斗、操作管理控制室、加藥系統及附屬設備等需求設計。
2.機房配置應考量搬出入口、維修空間。
3.機房應考量防臭、防振、通風換氣、排水、噪音防制、吊移設施及消防等需求。
4.濃縮機及脫水機附屬設備室設於濃縮/脫水機室樓層之直下方或鄰近處，組成項目為污泥貯槽、污泥抽水機、加藥機及排水抽水機等。
5.藥品貯藏區及混合槽之空間，依所用藥劑量、貯存日數及每日溶解混合量充分檢討定之。
6.污泥餅貯斗應設於脫水機鄰近處，貯斗與地面間之高度及空間應考量車輛高度及進出入迴旋空間，地面應考慮清洗排水設施。

7.附屬池槽之種類包括污泥貯槽、濾過液貯槽、清洗水槽等。
8.操作管理控制室組成項目為電氣室、操作管理室等，位置應可直接出入及監視脫水機（或濃縮機）室。控制室空間應依監視盤之種類、未來濃縮、脫水設備擴建需求設計。

【解說】

1. 污泥處理機房係由污泥濃縮機室、脫水機室、貯槽、操作管理室及附屬設備室所組成，其涵蓋項目依設計而定。污泥處理機房之組成依脫水機及濃縮機之種類而不同，而脫水用之離心機和帶壓脫水機皆使用高分子聚合物(polymer)為助凝劑。
2. 污泥濃縮機室及脫水機室的空間，依機種、台數、搬出入口、維修空間及排水而定，設計應考慮設備搬入、維修所需空間，加以適當配置，並考慮分期增置之方便性等。
3. 設計時應檢討機體載重、振動、噪音、臭氣、操作管理等。地板應考慮清洗之坡度及防水，而以自然採光為宜。高度宜考慮吊升維修所需高度，並有防音、防臭之考慮。
4. 濃縮機及脫水機附屬設備室原則上設於濃縮/脫水機室樓層之直下方或鄰近處，包括有廢棄污泥貯槽、濃縮污泥貯槽、污泥空氣攪拌之鼓風機、污泥供給泵、藥品混合槽、加藥機及排水抽水機等。
5. 助凝劑藥品貯藏區及混合槽之空間，依所用藥劑量及貯存日數，每日溶解混合量充分檢討決定之。配合藥包自卡車卸貨區搬運至貯藏區，及自貯藏區搬運至混合槽，可設置單軌吊車，以節省人力。
6. 污泥餅貯存斗室及搬出室，污泥貯斗應設於脫水機鄰近位置，而其直下層為車輛搬出入，故其貯斗與地面間之高度應考量車輛高度。其地面應考慮清洗排水設施。參考圖 2-35 污泥處理機房。

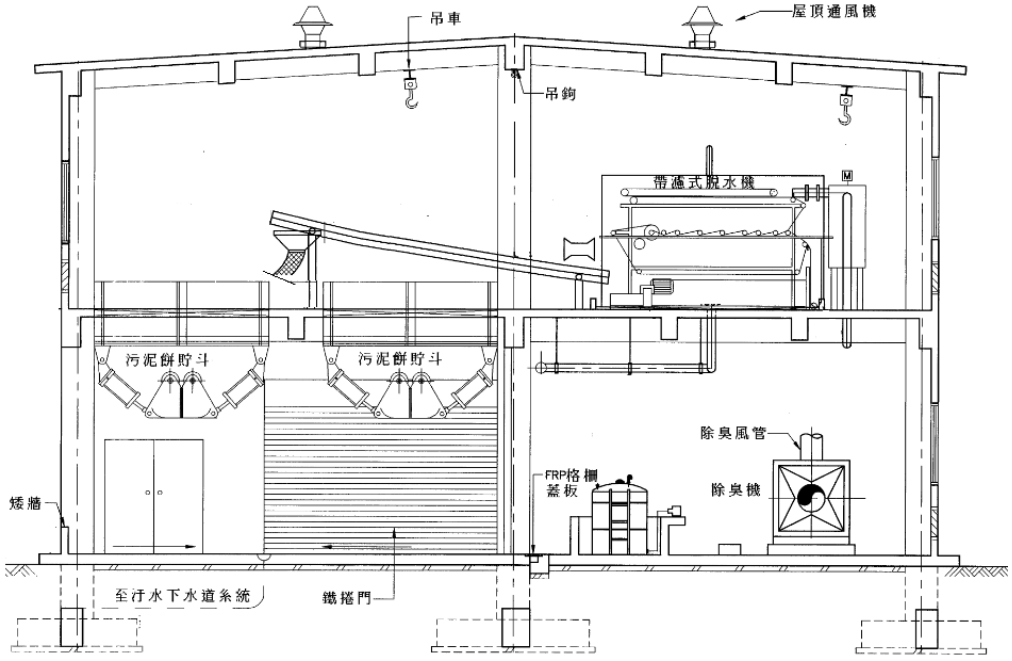


圖 2-35　污泥處理機房之例（新竹客雅水資源回收中心例）

7. 附屬池槽的種類包括有污泥貯槽、濾過液貯槽、清洗水槽等，應依所需容量，選擇塑化材質、不銹鋼材質或鋼筋混凝土材質設計，並適當配置之。
8. 操作管理控制室，包括電氣室、管理員室，其空間可依§ 2-3-01 解說 1 及 2 之標準估計之，而以能與脫水機室直接出入監視便利性配置之。控制室依監視盤之種類，將來脫水設備擴充或變更等因素決定其空間。

第 6 節　連絡管渠、管線、管閥及閘門

本節係對污水處理廠各處理單元間之聯絡渠道，以及處理設施之管線、閥類、閘門等之設計考量作說明。

2-6-01 污水處理廠連絡管渠 **（原則 14）**

污水處理廠連絡管渠設置考量如下：

1.連絡管渠應依照流進的計畫污水量計算其所需的斷面。
2.管渠內之平均流速以 0.6～1.0 m/sec 為標準。
3.應採用耐久性及耐震性構造之鋼筋混凝土管渠或鑄鐵管。
4.聯絡管渠應儘可能短而直。
5.考量環境對策及地域特性，處理廠應檢討於連絡管渠設置覆蓋。
6.連絡管渠之配置應能達順暢水流。
7.用水管分為自來水管及回收水管二類，不得混接。
8.污水處理廠內之各種配管，應依功能分類分別以不同顏色或分級著色，並標註內容物及流向。

【解說】

1. 處理廠各設施導入的污水量有日變動及時變動。連絡管渠在考量日變動及時變動下，其設計流量應以計畫最大時污水量為準，參考表 2-10。

表 2-10　連絡管渠之設計流量

管渠區分段	設計流量
進水抽水機出水口至初級沉澱池	計畫最大時污水量
初級沉澱池至生物反應池	計畫最大時污水量
生物反應池至二級沉澱池	計畫最大時污水量加計畫迴流污泥量
二級沉澱池至消毒設施	計畫最大時污水量
消毒設施至放流口	計畫最大時污水量

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

2. 管渠內之平均流速採用 0.6～1.0 m/sec 係考量處理廠內各設施間的水位關係，流速較小時污泥會沉澱在管渠底部，但流速較大時，設施間的水位差會變大，使抽水機揚程增加而變得不經濟。生物反應池至最後沉澱池間的連絡管渠，其流速應避免使活性污泥因沉澱而使性質變壞。特別是小規模圓形放射流二級沉澱池連絡管渠的流速，相較於其他的設施，應考量使其連絡管渠為低流速。在這種連絡管渠，為防止活性污泥沉澱，必要時應設置空氣攪拌裝置。
3. 連絡管渠一般以水密性之鋼筋混凝土製造，使用鑄鐵管等管類之情況，應考量一定要確保管件、混凝土保護及固定支撐，以及不要發生縱斷方向不均勻的沉陷。特別的是，在軟弱地盤上結構物與連絡管渠之銜接點，基礎條件有很大不同的銜接點，以及地盤極度變化的地區，應設置可撓性伸縮管。另外，對付地震時的耐震對策也有必要。此外，連絡管線中若有空氣不流通的地方，必要時應考量抽除自由水面的空氣。管廊應為水密性鋼筋混凝土構造，空間應足以容納各類管閥、支撐、維修及逃生空間，並考量通風換氣、照明、擋排水、消防等需求，管廊內之配管，應考量結構伸縮或防震需求設置可撓或伸縮管件。
4. 為避免因水流停滯而發生污泥沉澱以及浮渣產生，各設施間的聯絡管渠應儘可能短而直，並極力避免倒虹吸管。初級沉澱池、生物反應池及二級沉澱池等主要設施一般都設置兩池以上，其間的連絡管只有一支時，發生事故時全體的機能恐將會停止，此將造成長時間處理機能的影響，因此之故，主要設施間之連絡管渠應儘可能設置兩套。另外，增建及改建工程時有必要分水的地方，應有設置閘門、止水塊板等的構造。
5. 考量處理廠之環境對策、地域特性及設施內的作業環境，應檢討加蓋連絡管渠等處的

防止臭氣逸散。另外，進水抽水機出水口至初級沉澱池及初級沉澱池至生物反應池間等設有加蓋鋼筋混凝土連絡渠道恐怕會產生硫化氫的情況，其連絡渠道的鋼筋混凝土表面須有例如施加防蝕等的防蝕對策。

6. 污水處理廠內之連絡管渠為連接各處理單元設施，其配置應能達順暢水流，尤其污泥輸送管線，更應有防止阻塞之考量。同時應考慮其維護管理之方便性。
7. 污水處理廠之用水管分為自來水管及回收水管二類，不得混接，其設計流量依廠內飲用、冷卻、水封、清洗、消泡、消毒、綠地澆灌等用水量決定。
8. 污水處理廠內之各種配管，應依功能分類分別以不同顏色或分級著色，並標註內容物及流向。

2-6-02 管線、管閥及閘門設置考量 **（原則 2）**

1.廠區各種管線所採用之管材，應依據其管徑、管材之物化特性、管線承受內外壓力、溫度、輸送流體之物化特性等使用條件，再考量管線工程費及工程預算、管線預期使用時間之長短、管線重置之難易度、管材耐久性等經濟因素，綜合考量後選用之。

2.廠區各種管線所採用之隔離閥，應配合管線之管材，再依據管徑、使用壓力及溫度、輸送流體之物化特性、隔離閥之操控特性及隔離閥費用等經濟因素，綜合考量後選用之。

3. 廠區使用之逆止閥應依據管線長度、流體性質、流速大小、水平或垂直安裝、湧壓控制、靜音要求等各項因素選用之。

4. 管線應在其可能在管中積氣之高處設置排氣閥。

5. 小管徑的壓力管線可使用釋壓閥以控制其壓力。

6. 渠道或孔口應依其需求分別採用不同之止水閘門。

【解說】

1. 廠區各種管線所採用之管材，應依據其管徑、管材之物化特性、管線承受內外壓力、溫度、輸送流體之物化特性等使用條件，再考量管線工程費及工程預算、管線預期使用時間之長短、管線重置之難易度、管材耐久性等經濟因素，綜合考量後選用之。各種管線常用之管材如下：
   (1). 重力流污水管線
   塑膠管、延性鑄鐵管、各種混凝土管（襯裏或防蝕）
   (2). 壓力流回收用水、自來水
   塑膠管（常溫用）、延性鑄鐵管（水泥砂漿襯裏）、不銹鋼管
   (3). 壓力流污水及污泥管線
   塑膠管（常溫用）、延性鑄鐵管（防蝕襯裏）、不銹鋼管
   (4). 空氣管線
   非浸沒管及浸沒管：不銹鋼管
   浸沒管：塑膠管（常溫用）、不銹鋼管
   (5). 加藥管線
   濃硫酸管：（98%濃度）碳鋼管
   其他加藥管線：塑膠管
   (6). 沼氣管線：不銹鋼管
   (7). 浮渣管線：延性鑄鐵管（防蝕襯裏）、不銹鋼管、塑膠管
   (8). 輸砂管線：延性鑄鐵管、不銹鋼管、橡膠管
   (9). 進風管線：鋁板製、FRP 板或管、鍍鋅鋼管
   (10). 排風（除臭）管線：FRP 板或管
2. 隔離閥之種類及應用說明如下：
   (1). 隔離閥之種類（參考圖 2-36）
   A.實心楔型圓盤閘閥(solid wedge gate valve)

實心楔型圓盤閘閥適用於含砂、固體物、污泥及其它物質的水中，此種閘閥具有全開孔以及少量調節流量功能的好處，它們亦可安裝在垂直管線上，甚至倒立安裝，因為即使閥帽積有固體物，閘閥仍有作用，但最好在安裝前詢問原廠。如不能的話，則改用塞閥或球閥。實心楔型圓盤閘閥較雙圓盤閘閥便宜，閥帽上淤積的固體物可藉著開關閥數次而移除。然而，如泥砂有黏性，且閘閥會打開一段長時間，則應考慮改用有彈性閥座之閘閥。

B. 彈性閥座閘閥(resilient seated gate valve)

一般閘閥的閥座有個坑袋，會陷入固體物，使閘閥無法完全關閉，而彈性閥座因沒有這種坑袋，所以沒有這個問題。彈性閥座閘閥的圓盤係以附有橡皮製的邊緣，直接靠在閥體上。彈性閥座閘閥因此適用於含砂的水、污水以及自來水用途。圓盤外包覆一層硬化橡膠的彈性物質，能緊貼光滑及均質的閥體。這種閥限定裝設在水平管線上，閥帽須向上，水密性可達 1,380 kPa(200 PSI)之壓力。

C. 雙圓盤閘閥(double disc gate valve)

附有升桿的雙圓盤閘閥最常用於自來水，在圓盤降到閥座時，繼續轉動閥桿會使圓盤順著楔型方向往外擴張而達到壓力超過 1,700 kPa(250 PSI)的防漏效果。相反方向就能打開閘閥。所以閘閥在尚未緊閉時，圓盤不須滑動，此減少了圓盤環與閥體環間的滑動磨擦。雙圓盤閘閥不應用於含有大量泥砂或固體物的水中，因為泥砂會將閥座填滿而使得圓盤無法降到底部。此時，應改用有彈性閥座的閘閥。

D. 偏心塞閥(eccentric plug valve)

偏心塞閥中，閥體及塞座係偏位於轉軸中心，當閥開啟時，塞座面離開閥體座面，這種移動會減少塞座的磨擦及損壞，其它種類的閥則無法避免這種磨擦及損壞。閥開啟的位置是關閉位置的四分之一轉，此時，其塞座位於閥體的一側。有些塞閥的孔口為矩型或是直徑較小的孔，有些則是圓型的且與管線同一直徑，故可通過清管塞。塞閥因不會有固體物阻塞之虞，最適合用於污水及污泥用途上。閥塞表面通常塗裝一層彈性物質，如合成橡膠，以形成一彈性座。用於污水、污泥或任何含固體物或砂的流體的用途時，偏心塞閥應安置成使其閥塞沿水平軸旋轉，當塞閥是在開啟位置時，閥塞應置於頂部，且閥塞應位於高壓側的相反方向，使得水壓將閥塞牢牢的抵住塞座以期滴水不漏。由於一些塞閥僅能單方向的抵抗水壓，所以必須安裝來承受這水壓，此通常是流向的相反側（如泵出水管上的塞閥）。閥上須註明安裝方向，規範及操作手冊上亦須說明閥如何安裝以及其安裝方位的理由。

E. 蝶閥(butterfly valve)

蝶閥是四分之一轉的閥，其圓盤繞著軸心旋轉而停駐在閥體的圓環上。閥座通常為彈性材質，黏在或固定在圓盤上或閥體上。蝶閥有三種長度：長體、短體及薄體型，大多數廠商皆以短體作為標準型；薄體型因須挪動其鄰接管線，故不建議作為隔離閥。蝶閥主要是作為隔離閥，及有限度的作為節流閥，蝶閥的關閉可設計成滴水不漏，但如沒有彈性閥座，其洩漏即很可觀。即使有彈性閥座，固體物、磨損及污垢淤積亦會導致洩漏。作為節流閥用途時，圓盤旋轉角度的控制範圍為 15˚或 20˚至 60˚或 70˚。由於大多數蝶閥設計不是用於調節流量，而有些蝶閥則容易失敗，故僅能選擇廠商所推荐的蝶閥來作為節流閥。在作為泵之控制閥等用途時，閥座須非常結實耐久，僅有 AWWA C504 的標準並不能確保蝶閥閥座足夠適合作為調節流量用途。一些蝶閥可以更換新的閥座，但不是全部蝶閥都可以這樣。蝶閥常用於水及空氣用途，但不適合用於污水、污泥或砂礫用途，因為圓盤會纏住繩狀固體物，而閥座邊緣則容易磨損。當用

在原水用途時，圓盤軸心應水平置放，以防止泥砂沉積在軸承上。蝶閥的方向亦須調整，使得圓盤下半部能順著水流方向開啟，在圓盤打開時，水流能沖刷固體物而通過閥體。

F. 閘刀閥(knife gate valve)

閘刀閥重量較輕，比其它閘閥更適合用於含雜質的水，但很難防止從關閉的閥或從螺桿襯墊處的洩漏，除非少量的洩漏可以接受，以及水壓較低(如 6 m)，否則應選用它種閥。閘刀閥適合的壓力約為 170 至 350 kPa(25 至 50 PSI)。

G.球型閥(globe valve)

球型閥有一圓盤或栓塞在球型閥體中垂直移動，通過球型閥的水流須經過兩個 90°轉彎—先向上再向下—而以圓盤或栓塞來控制。通過球型閥的水頭損失大於角閥、閘閥、蝶閥或球閥。因為水頭損失大－即使是在全開位置－球型閥通常不用做隔離閥，除了用在水封水、瓦斯、燃料油管線。它們可用於調節流量用途如壓力或流量控制。球型閥適用於潔淨水用途，但不適用於含砂礫的流體，因會導致嚴重閥座磨損。球型閥決不能用於污泥或污水用途，因為會因有固體物而容易被阻塞。

H.擠壓閥(pinch valve)

擠壓閥主要是一段橡皮或彈性材質管體，以空氣或螺釘、楔形體或槓桿來關閉，這種閥是防漏的，且不需要襯墊，但不適合高壓用途，而當管體被緊壓時，也會變脆弱。如果以空氣來關閉，這種閥很便宜，適合用於正位移式泵的繞流管，當泵下游端的管線有堵塞，或不小心將其它的閥關閉時，能保護整個系統免遭損害。其缺點在於：口徑有限制、管體相對的費用較高及困難更換、管體佈設長度較其它種閥為長。

I. 針閥(needle valve)

針閥係一種特殊的球型閥，其栓塞為細條錐型針。其環狀通水口易為顆粒所損毀，除此之外，它的特性及優缺點常類似球型閥。針閥可提供非常細微的壓力及流量控制，即使是在閥要全關時的小水量範圍。它常用於水封水管線，以及其它種閥的控制管線上，以控制操作的速度。

J. 球閥(ball valve)

球閥的轉子（圓型栓塞）旋轉 90°可從全關至全開，其水頭損失非常小，因通水面積與管線通水面積相同。球閥有兩種：(1）閥座支撐式，用於口徑小於 150 ㎜之球閥，(2）耳軸（trunnion）支撐式，用於口徑 150 ㎜或更大的球閥。由於球閥的安裝長度、重量及費用都遠高於閘閥及蝶閥，故球閥通常不用在抽水站作為隔離閥。閥座支撐的球閥廣泛用於水封水、燃料油、天然氣的附屬管線上，以及作為壓力計及空氣和真空閥的隔離閥，因為這些管線都小於 75 ㎜。採用球閥的好處是其具有無漏水的密合性。用於重要用途（污水、雨水、突波控制、泵控制）的球閥通常為耳軸支撐式，由於球閥品質差異很大，在選擇時應特別小心，尤其是其閥座和軸承的材質。閥座會因污水及雨水中的砂礫及鐵屑而磨損破裂，特別是用於防止逆流及突波控制的用途時。軸承及軸心應能抵抗泵故障或突波控制而急速關閉球閥時，所產生的不平衡力量。彈性閥座在有壓差情況下可能會移動而從其原位中脫離。耳軸支撐式球閥在裝設時，其軸心應水平，且應裝在水平管上。用於水或污水泵、防止逆流及突波控制的球閥通常配有蝸輪(worm gear)和複合桿的操作器，而操作器可再配合各種引動器，這種閥比其它種閥更能提供理想的開關特性，能減少泵起動及停止所引起的突波。球閥 Cv 值（水流的量度，參考圖§ 2-38n）的最後 10%須要軸心旋轉 50%，所以最後的水流很慢才關閉。

K.隔膜閥(無導桿式) (diaphragm valve-not stem guided)

隔膜閥閥內含有一片撓性彈性材質的膜片，會緊壓在閥體內壁，有的會緊壓在內堰上。膜片將閥體與螺桿分開，所以閥可以止漏，而螺桿不需要填函料。這種閥適用於污泥及泥砂用途，因為閥體內沒有會堆積砂或固體物的障礙物在。然而，類似清管塞之清理工具並沒法通過閥體。這種閥可用不同塑膠作為內襯，如 PVC 或 PE，所以時常用於化學管線，如氯液管。它們不常用於污水、水及污泥泵站，因為其它種類的閥較便宜。有時候隔膜閥或它的近親，擠壓閥，用於正位移式泵的繞流管線上作為安全裝置，以預防當下游端錯誤的關閥時，泵或主要管線的損壞。隔膜閥及擠壓閥在超過一定壓力時，藉著預壓的彈簧或空氣壓力，可設定自動的開啟；惟缺少肉眼可見的膜片位置指示是一個缺點。另一種隔膜閥是有導桿的球型閥，其驅動閥的隔膜是設在閥帽上。這兩種閥不同，不能混為一談。

L.錐閥(cone valve)

錐閥又叫做”提昇作用”塞閥，實際上是一種塞閥，在將其栓塞轉到新位置前，須先將栓塞提昇起來。到達新位置後，栓塞再靠回閥座以維持水密性。這種閥具有極佳特性，可做為水錘突波控制及抽水機控制的用途。錐閥曾成功的用於大型水及污水用途上。與球閥比較，錐閥的栓塞提昇可減少錐閥的操作力道、閥座磨損以及產生較緊密的關閉。然而，由於需要這種提昇，錐閥的操作措施需要具有技術的維護人員，並且因為構造複雜而容易損壞。

另外一種錐閥是小錐形考克，其栓塞是以彈簧來壓緊，並沒有機械的提昇，當轉動閥時，會稍微有軸向拉動。這種考克適用於自來水、壓力計及取樣口的隔離閥。

M. 考克（cock）

考克係一種用於限制或隔離液體或氣體通過管線中流動的小型閥。又稱為 stopcock、bibcock、petcock 或 ballcock。

N. 阻風閘門（damper）

又稱風門、氣閘或擋板，係作為調節風管中流通空氣量之用。

O. Cv 值(Valve flow coefficient)

閥類的流量係數值，無因次，係相對量測液體流動之效率，Cv 值說明通過某一閥類之水頭損失與其對應流量之關係。

(2). 隔離閥之應用

廠區各種管線所採用之隔離閥，應配合管線之管材，再依據管徑、使用壓力及溫度、輸送流體之物化特性、隔離閥之操控特性及隔離閥費用等經濟因素，綜合考量後選用之。各種管線所適合採用之隔離閥建議如下：

A.含雜物之污水管線

小型管：實心楔型圓盤閘閥 (wedge gate valve)、彈性座封閘閥(resilient-seated gate valve)

中型管：偏心塞閥 (eccentric plug valve)、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥、閘刀閥 (knife valve)、錐閥

大型管：閘刀閥、蝶閥 (butterfly valve)、錐閥

B.含雜物之污泥管線(初級沉澱污泥、消化污泥)：偏心塞閥、閘刀閥

C.迴流活性污泥及廢棄生物污泥管線

小型管：偏心塞閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥

中型管：偏心塞閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥、閘刀閥

大型管：偏心塞閥、蝶閥、閘刀閥

流量控制用：偏心塞閥、蝶閥

D.回收用水及自來水管線

小型管：考克 (cock)、各種閘閥 (雙圓盤閘閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥等)、球型閥（globe valve）、球閥 (ball valve)

中型管：蝶閥、各種閘閥(雙圓盤閘閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性閥座閘閥等)

大型管：蝶閥、錐閥

E. 空氣管線

小型管：考克、蝶閥、雙圓盤閘閥 (double disk gate valve)、實心楔型圓盤閘閥

中型管：蝶閥、雙圓盤閘閥、實心楔型圓盤閘閥

大型管：蝶閥

流量控制用：蝶閥

流量微調用：針閥

F. 加藥管線

次氯酸鈉管線：膜片閥 (diaphragm valve)

其他加藥管線：球閥、膜片閥

G.沼氣管線：蝶閥、偏心塞閥

H.輸砂管線： 擠壓閥（pinch valve）、偏心塞閥

I. 進風及排風管線：阻風閘門（damper）

3. 逆止閥（參考圖 2-37）雖有不同型式，但都具有相同的基本功能，即容許流體流往一個方向但而不容許其倒流。逆止閥通常安裝在泵的出水管上，當泵停止運轉時，逆止閥能自動關閉，使泵出到下游系統中之流體不會倒流回來。良好泵站設計應儘量在逆止閥下游端保持三倍管徑的直線距離。各種逆止閥有不同的關閉特性，應依據管線長度、流體性質、流速大小、水平或垂直安裝、湧壓控制、靜音要求等各項因素選用之。常用美式逆止閥種類及其特性分別介紹如下：

(1). 擺動式逆止閥(swing check valve)

A.擺動式逆止閥具有一片鉸接的圓盤，停靠在閥座上，以防止流體逆流，當圓盤金屬面閥座水密性不佳，而橡皮閥座則較好。

B.擺動式逆止閥可安裝於水平及垂直位置，安裝於水平位置時，閥帽須垂直向上；安裝於垂直位置時，水流須往上方向。

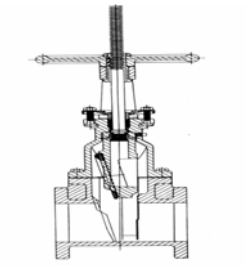
C.用於污水、污泥或泥漿用途時，擺動式逆止閥不可裝在垂直管上，因為破布、雜物及砂礫會沉積在圓盤上，而逐漸使圓盤無法作用。

D.為防止當泵停止以及水的逆流所造成的水錘噪音，口徑大於 150 ㎜的擺動式逆止閥，應附有外掛式槓桿及彈簧，以在流體開始逆流時能迅速關閉閥。

E. 這種閥的缺點是此種外掛式槓桿及彈簧或重錘會使圓盤無法完全打開，特別是在低流速(小於 3 m/s)，導致水頭損失的增加。

(2). 緩衝擺動式逆止閥(cushioned swing check valve)

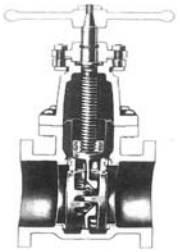
A.一些擺動式逆止閥設有空氣式或水力式緩衝筒，附著在閥上，當水逆流時能調整圓盤關閉的速度。這種緩衝系統包括：加重槓桿支臂及活塞及缸。



a.實心楔型圓盤閘閥



b.彈性座封閘閥



c.雙圓盤閘閥



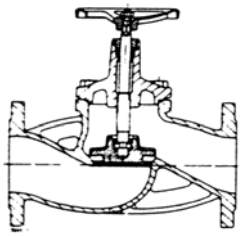
d.偏心塞閥



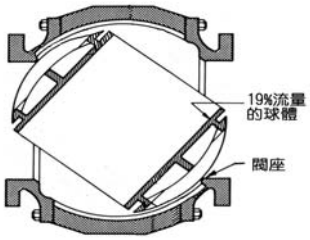
e.蝶閥



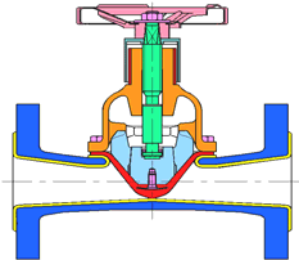
f.閘刀閥



g.球型閥



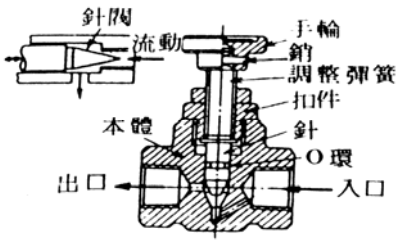
h.球閥



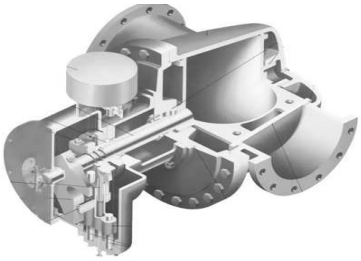
i.膜片閥



j.擠壓閥



k.針閥



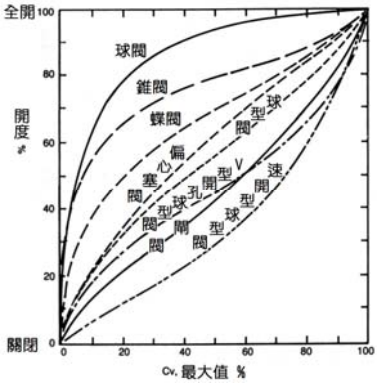
l.錐閥



m.考克



n.阻風閘門



o. 各種閥之流量係數值

圖 2-36　各種隔離閥

B. 當流速減低時，加重槓桿支臂會迫使圓盤關閉，而活塞在活塞缸中會向下移動。活塞在空氣系統中會壓縮缸內空氣，在水力系統中會將油排出小孔。調整空氣管或油管上的閥（或緩衝筒上的小孔）就能控制關閉的速度。

C. 水力系統比空氣系統的控制性較佳，空氣系統對減輕水錘噪音常毫無幫助。逆止閥可以快速或緩慢關閉，甚至可分兩階段或三階段關閉，例如快速關閉至 50％，中速關閉至 95% ，及緩慢關閉至全關。在安裝後，現場的調整很重要，以便能適當的設定關閉的時間。

(3). 雙葉式逆止閥（double leaf check valve)

A. 雙葉式（又稱為雙門式、雙盤式或分裂盤式）逆止閥在短小的閥體內有兩個鉸接的半盤，這兩個半盤是在中間處鉸接，並有彈簧使它們關閉著。這種逆止閥沒有法蘭接頭，必須靠管線的法蘭來夾住它。安裝位置可為水平或垂直。

B. 這種逆止閥不應用在污水、污泥用途或會磨損的情形，因其鉸接及圓盤會卡住固體，而閥座及圓盤也會被磨損。雙葉式逆止閥體積小、輕盈、不貴且安裝長度小。它們的關閉非常快，但無法從外面調整，也無法在閥座上加緩衝墊，所以在突然有水逆流時，會造成逆止閥砰然巨響以及水錘。這種逆止閥關閉時不會滴水不漏。其它的缺點包括：(1)維修時，閥體須移除，(2)閥之開或關，外表沒有顯示，(3)當流體通過圓盤，其散發的渦流會使逆止閥產生跳動。如果流體速度小於 3.4 m/s，而逆止閥是設置在流況干擾源，如泵或管件下游端至少八倍管徑的距離，則此問題會減少。

(4). 彈性板逆止閥（rubber flapper check valve）

彈性板逆止閥是一種密封式的擺動式逆止閥，其閥座呈 45° 角，而內襯鋼片的拍子僅須行進約 35° 即可達全開的位置。這種拍子的短行程及輕重量使得它能迅速關閉，再加上其彈性閥座，可減輕砰然巨響。閥的構造非常簡單，維護亦容易。由於沒有外掛的槓桿，故無法調整關閉的力道，也無從分辨閥是開或關。

(5). 斜盤式逆止閥（slanting disc check valve）

A. 斜盤式逆止閥含有一個在轉軸上平衡的圓盤，不像傳統擺動式逆止閥的閥座係垂直於縱向軸，這種逆止閥的閥座係與閥的縱向軸呈 50 至 60° 的角度。斜盤式逆止閥應僅用於自來水用途，污水及污泥中的破布及固體會懸掛在圓盤上。

這種閥的優點是：

(A) 由於圓盤設計為機翼的斷面，故在開的位置，水頭損失很小（但不像擺動式逆止閥那麼小），

(B) 有不同種的空氣式及填油式緩衝筒可用來控制開及關的速度，

(C) 這些控制可在現場調整。

(D) 其缺點則為：

(E) 流速小於 1.5 m/s 時，圓盤不能全開，

(F) 圓盤在流動的水中震盪，軸承在底部磨損，因此閥會開始漏水，閥沒有全開孔。

B. 最常遇參考的兩種控制為底部緩衝系統及上置式緩衝筒，這兩種系統有時會合併裝在同一閥上。底部緩衝系統包含一油壓缸，在缸中有活塞連著關閉的圓盤，圓盤在關閉的前 90％係自由活動，然後會觸動緩衝的活塞，該活塞可在現場調整，以控制圓盤最後 10％的行進。

C. 上置式油壓緩衝筒系統可使圓盤在全部行進範圍都可調整其開及關的速度，這種調整對於泵的啟動特別有用，因為打開閥的速度可以調整變的很慢，此可大大的減小泵啟動所導致的水力暫停效應。其缺點是當泵到達關閉水頭時作用在機械聯桿的高負荷。然而，馬達控制中心與逆止閥間並不需要有電氣的連鎖。

(6). 靜音式逆止閥(silent check valve)

靜音式逆止閥又稱為中心桿導引式逆止閥(center post guided check valve)，靜音式逆止閥價格低，它們比其它的逆止閥關閉較快，它的圓盤在泵起動前是以彈簧頂住而保持關閉著。彈簧的選擇是個重要關鍵，須規範為逆止閥的差壓（靜水頭及總動水頭 TDH 之差），而不是系統的安全壓力定級，不正確的規範會導致逆止閥砰然巨響(slam)。

這種閥有三個缺點：a.由於動作機制隱藏在閥內，故當維修時，閥體須移除，b.圓盤的位置，外表沒有顯示，c.高水頭損失。

(7). 自動控制式逆止閥 (automatic control check valve)

自動控制式逆止閥係數個閥合併成一個，適用於高流速或管長超過 1.6 公里之泵浦出水控制，以電動馬達控制，能自動從遠方控制中心來引導，操作期間如突然停電，此閥可不須其他電源，利用本身之水力系統，能以可控制的速率自動關閉。

上述各種逆止閥之特性比較參考表 2-11。

表 2-11　各種逆止閥特性比較表

應用 \ 種類	緩衝擺動式逆止閥	雙葉式逆止閥	橡皮拍式逆止閥	斜盤式逆止閥	靜音式逆止閥（薄餅型）	自動控制式逆止閥
1. 最低初設費		●				
2. 最短安裝長度		●				
3. 最高水頭損失					●	
4. 最低水頭損失				●		
5. 廢污水	●		●	●		●
6. 清水	●	●	●	●	●	●
7. 可埋設			●		●	
8. 直立安裝時可向上或向下流					●	●
9. 直立安裝時僅可向上流	●	●	●	●		
10. 自由開-自由關	●	●	●	●	●	
11. 靜音關閉特性					●	●
12. 緩衝關閉	●					
13. 強制開及關						●
14. 可強制關閉	●		●	●		●
15. 遠端控制						●
16. 湧壓控制	●			●		●
17. 關斷閥			●			●
18. 節流閥			●	●		●
19. 逆向流(排水用)	●		●	●		●
20. 電動馬達操作						●
21. 圓盤位置指示器	●		●	●		●
22. 外掛式槓桿	●			●		
23. 流速小於3 m / s	●	●	●	●	●	●
24. 流速小於4.5 m / s	●	●	●	●		●
25. 流速大於4.5 m / s		●		●		●

除上述常用之逆止閥外，對於以垂直管線輸送污水的需求，市面上亦生產球型逆止閥，另有一些常用於小管徑自來水之逆止閥，包括昇球式逆止閥及底閥，介紹如下：

(1)球型逆止閥(ball check valve)

球型逆止閥適合於污水用途，可水平或垂直安裝。其閥體中有一個合成橡膠包覆的不鏽鋼空心球，當流速變慢或停止時，橡皮球會因自重而沿導槽滑落至底部入水口端的閥座，彈性的球面會緊貼閥座，使水無法逆流。

(2) 昇球式逆止閥(lift check valve)

(1). 昇球式逆止閥閥體中有一圓球，能順著導引段離開具彈性材質的閥座而讓水能流通，而當水逆流時，圓球會回到原閥座上。

(2). 泵站所用昇球式逆止閥口徑在 50 至 75 ㎜或更小，常用於 PVC 管上水封用水或沖洗用水。這種閥很堅固牢靠，由於每次圓球會以不同表面回到閥座，故能重複使用好多次，但它們無法確保不會漏水。

(3). 小口徑的昇球式逆止閥僅用於自來水，那是因為含有顆粒的髒水會堵塞圓球。在泵送污泥的較大口徑（100 ㎜或更大）上，昇球式逆止閥是柱塞泵(plunger pump) 動作機制的一部份。

(3) 底閥(foot valve)

(1). 底閥是揚昇式逆止閥的一種特殊設計，用於集水坑泵的吸入端以防止失去起動注給(priming)。它是設計為向上流，而係接在泵吸水管的底部。

(2). 這種閥容易漏水，特別是當水中含會磨損之物體及固體物時，並且在要維修時，它們很難取出。底閥會減少有用的淨正吸水頭（NPSHA）。在污水泵站，如無法採用傳統的濕井、乾井設計，則較好的選擇是使用自吸式泵(self-priming pump)。

4. 管線應在可能會積氣之高處設置排氣閥，傳統式污水排氣及真空閥（參考圖 2-38）介紹如下：

(1). 排氣閥（air release valve）

排氣閥係設置在高低起伏壓力管線中的較高點，它會將高點累積的空氣排放出來。這種閥中有一浮球，當空氣累積在閥體時，浮球會降下而將空氣排出。小於 19 ㎜之排氣閥通常其浮球會帶動複合槓桿以及連接裝置以確保水密性。閥體有一 5 ㎜或更小的孔口，使空氣能逸出。

(2). 排氣及真空閥（air release and vacuum relief valve）

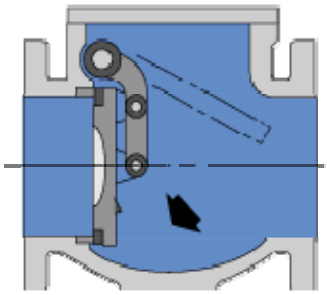
排氣及真空閥有一個大的排氣孔，當管線在灌水，或深井抽水機在抽水時，可用來排除管中大量的空氣；當管線灌滿水後，排氣及真空閥會關閉，並且一直持續關閉著。而當管線排水時，管中壓力會回復到大氣壓力，此時排氣及真空閥會立即打開，容許空氣再進入管中，以防止管線內產生真空而使管線遭大氣壓垮。

(3). 複合式排氣及真空閥（combination air and vacuum valve）

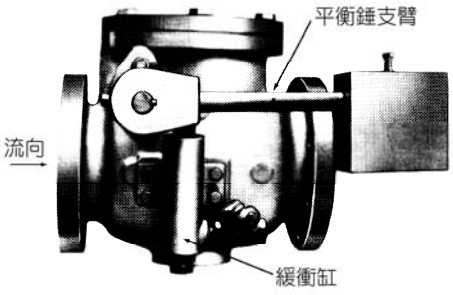
複合式排氣閥之大排氣孔，當管線在灌水時可用來排除管中大量的空氣，而在壓力管線操作時，小排氣孔可將管線中累積的少量空氣排出。當管線排水時，管中壓力會回復到大氣壓力，此時真空閥會立即打開，容許空氣再進入管中，以防止管線內產生真空而使管線遭大氣壓垮。

傳統式污水排氣及真空閥之維護費用高，且在打開或關閉時會被油脂及雜物所阻塞，新式污水排氣及真空閥較可靠及僅需較少維護，傳統式須要一至三個月即須清理，新式則至少可維持六倍久之時間才須清理。新式污水排氣及真空閥之運作示意參考圖§ 2-39。

各種管閥種類及用途參考表 2-12。



1. 擺動式逆止閥



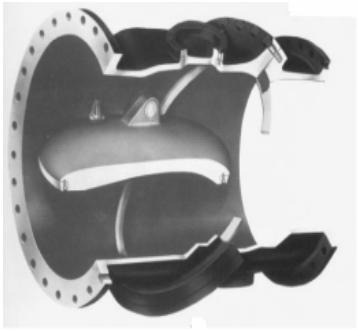
b. 緩衝擺動式逆止閥



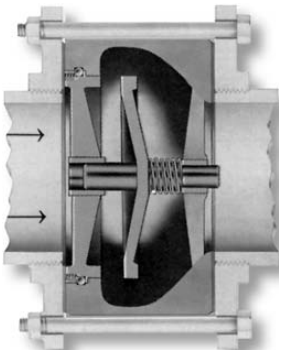
c. 雙葉式逆止閥



d. 彈性板逆止閥



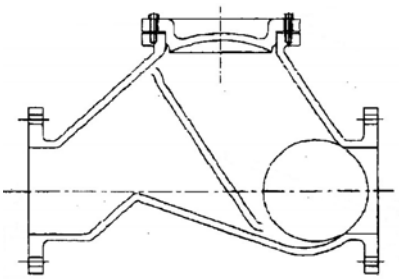
e. 斜盤式逆止閥



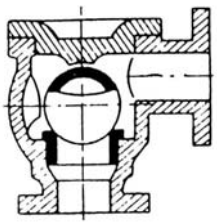
f. 靜音式逆止閥



g.自動控制式逆止閥



h.球型逆止閥



i.昇球式逆止閥



j.底閥

圖 2-37　各種逆止閥



a.污水用排氣閥　　b.污水用排氣及真空閥　　c.污水用複合式排氣及真空閥

圖 2-38　傳統污水用排氣閥

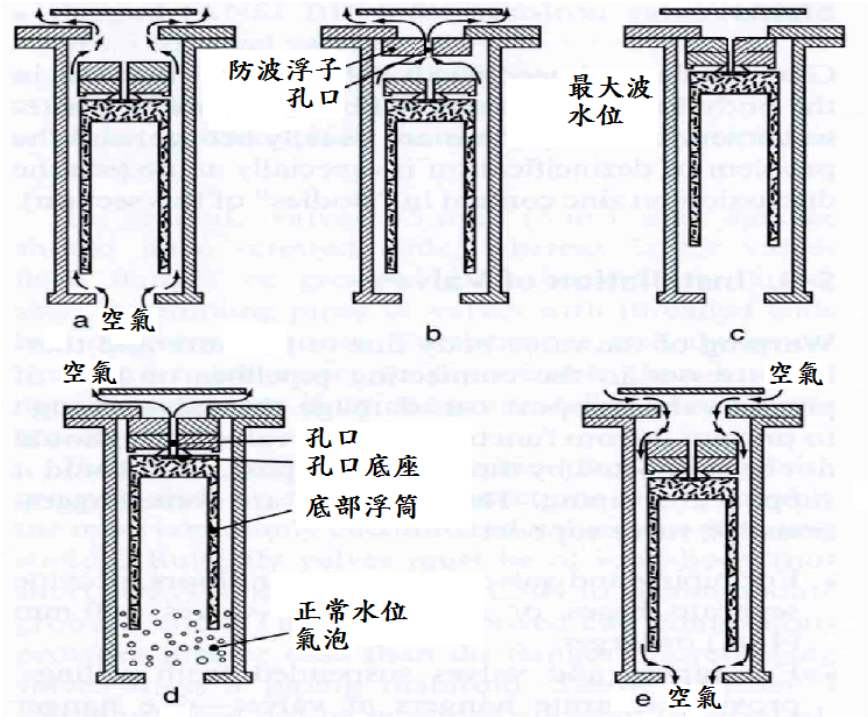


圖 2-39　新式污水用複合式排氣及真空閥

(a) 污水以次臨界流速度在管線中灌水，(b) 污水以超臨界流速度在管線中灌水，(c) 管線完全充滿水，(d) 在壓力下管線釋出少量的空氣，(e)在真空下管線讓空氣流入。

表 2-12　各種管閥種類及用途

隔　離　閥		逆　止　閥		空　氣　及　真　空　閥	
蝶閥	水、空氣	昇球式	自來水	排氣閥	污水、自來水
偏心塞閥	污水、污泥	中心桿導引式	自來水	空氣及真空閥	污水、自來水
雙圓盤閘閥	自來水	底閥	自來水	複合式排氣閥	污水、自來水
實心楔型圓盤閘閥	含砂水、污水、污泥、自來水	擺動式	水平位置：污水、污泥、自來水 垂直位置：自來水、污水、污泥		
彈性閥座閘閥	含砂水、污水、自來水	緩衝擺動式	水平位置：污水、污泥、自來水 垂直位置：自來水		
閘刀閥	含砂水、污水、自來水	橡皮拍式	污水、自來水		
		傾斜盤式	污水、自來水		

5. 釋壓閥（pressure relief valve）

污水用釋壓閥能控制污水管線的壓力，保護管線避免因為管閥太快關閉或錯誤關閉、抽水機啟動或停止、甚至停電而產生過度壓力導致破壞（參考圖 2-40）。此種釋壓閥通常用於小管徑的壓力管線。

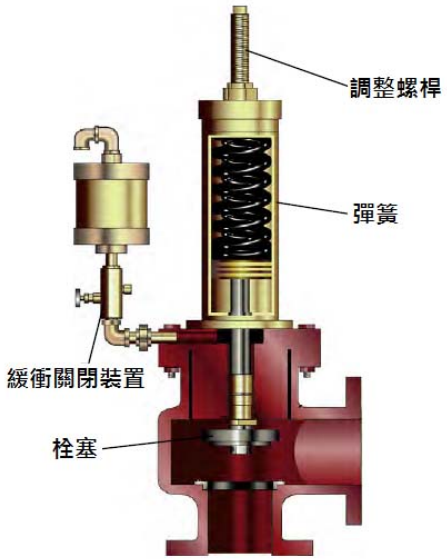


圖 2-40　污水用釋壓閥

6. 閘門(gate)

用於污水工程之閘門可依下列使用情況作分類：

(1) 依據設計水頭

A. 高水頭：　大於 30 m

B. 中水頭：15-30 m

C. 低水頭：小於　15 m

(2) 依據操作方式及其形狀

由於污水處理廠所用之閘門大都屬於低水頭，以下將依據設置地點為渠道或孔口、設置目的、操作方式及其形狀，分別介紹不同種類之閘門。

(3) 用於渠道之閘門（參考圖 2-41）種類如下：

A.制水閘門（sluice gate 又名 penstock）：矩型制水閘門係採用鑄鐵或不鏽鋼製造，通常以設於閘門兩側之可調整鑄鐵或黃銅楔型塊之楔型作用做為水密措施，亦有以彈性座封做為水密措施者，用於水壓較大的渠道，其可承受之背水壓大於滑動閘門，制水閘門不允許滲水或漏水，並盡量以正壓方式設計，增加水密性。

B.滑動閘門（slide gate）：又稱為渠道閘門（channel gate, canal gate），閘門採用碳鋼、不鏽鋼、FRP 或鋁板製造，以彈性座封做為水密措施，附轉輪，用於渠道內、渠道口或浸沒孔口之擋水，閘門僅允許極少量滲水或漏水。

C.止水閘門（stop gate)：又稱為止水閘板（stop plate)，僅附手提把手，不附轉輪，用於渠道內之擋水，閘板允許少量滲水或漏水。

D.止水塊板（stop log)：用於渠道之臨時擋水，採用鋁板或不鏽鋼板製造，依照渠深由數塊止水塊板疊置而成，止水塊板係以彈性座封做為水密措施，塊板間允許少量滲水或漏水。

E.蝶式閘門（butterfly gate）：垂直轉軸式矩形閘門，用於操作空間不足及須控制渠道流量者，閘門允許少量滲水或漏水。

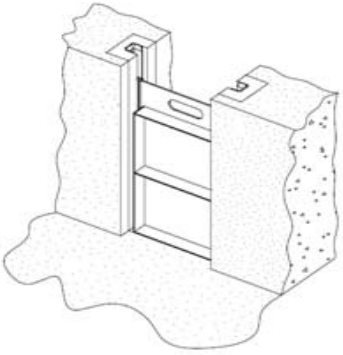
F.排泥閥 (mud valve)：閘門係藉由手動、氣動或液動方式操作，採用鑄鐵製造，以黃銅座面做為水密措施，用於渠道底部之排水。



a.制水閘門



b.不銹鋼滑動閘門



c.止水閘板



d.止水塊板



e.矩形蝶式閘門

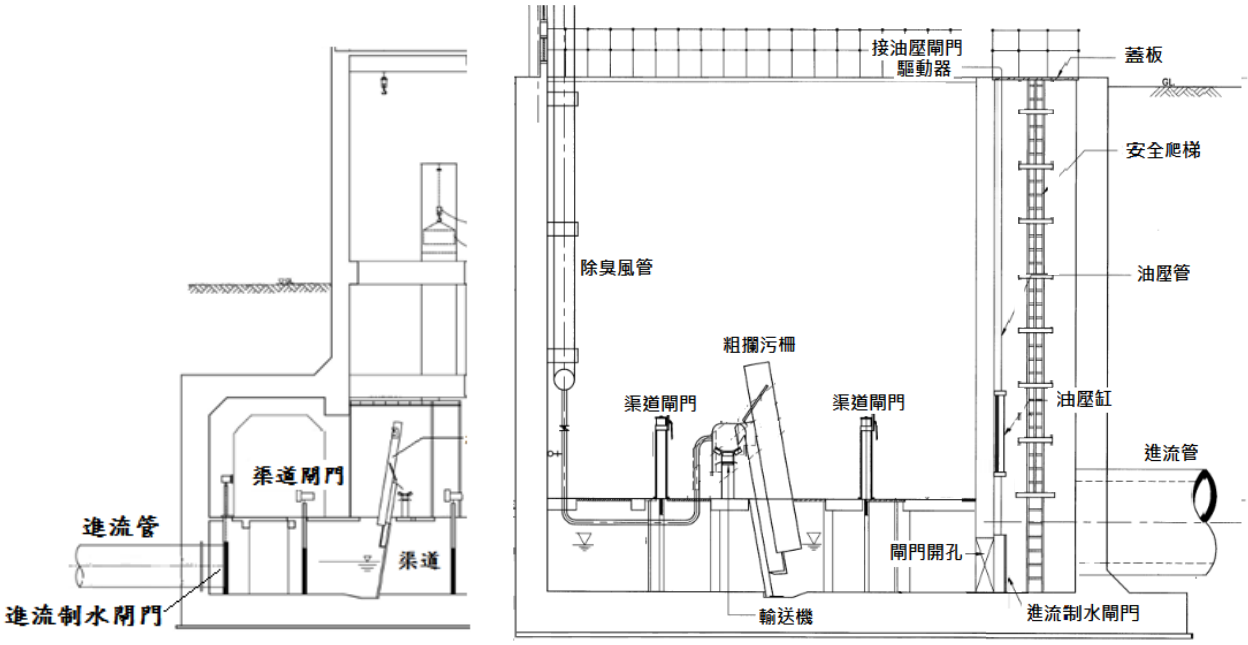


f.池底排泥閥

圖 2-41　用於渠道之止水閘門

(4) 用於孔口流之閘門種類如下：

A.制水閘門（sluice gate 又名 penstock）：矩型或圓型制水閘門係採用鑄鐵或不鏽鋼製造，通常以設於閘門兩側之可調整鑄鐵或黃銅楔型塊之楔型作用做為水密措施。設於進流抽水站銜接進流管之制水閘門應考量其可能承受之最大水壓、閘門尺寸、閘門及油壓缸維修難易度、閘門出入口設置等因素，而決定採用正壓或負壓安裝方式。參考圖 2-42 進流制水閘門安裝圖(局部)。



a.負壓式(背壓式)　　b.正壓式(主壓式)

圖 2-42　進流制水閘門安裝圖(局部)

B.堰閘 (weir gate)：設置於渠道末端或孔口底部，藉由閘門向下開啟而控制上游水位或允許排出一定流量者，堰閘不允許滲水或漏水。參考圖 2-43a。

C.舌閥 (flap gate)：用於管線或渠道之孔口末端，防止出口處之水逆流進入管線或渠道。參考圖 2-43b。

各種閘門種類及應用參考表 2-13。



a.堰閘　　b.舌閥(左圖：圓形，右圖：矩形)

圖 2-43　用於孔口流之堰閘及舌閥

表 2-13　閘門種類及應用表

閘門種類 / 應用	制水閘門	滑動閘門	止水閘板	止水塊板	蝶式閘門	池底排泥閥	堰閘	舌閥
渠道		●	●	●	●	●		
孔口/渠道末端	●						●	●
水密性*	＋＋＋	＋＋	＋	＋	＋	＋＋＋	＋＋	＋＋
永久性裝置	●	●			●	●	●	●
臨時性裝置			●	●				
手動開關	●	●	●	●	●	●	●	
自動開關	●	●			●	●		●
垂直開關	●	●	●	●		●	●	
水平開關					●			●
特殊用途						渠底排水用	調節溢流量用	單向出水用

*備註：＋越多表示水密性越佳

7. 隔離閥及閘門驅動器

(1) 隔離閥驅動器

A. 手動式

參考圖 2-44 隔離閥手動驅動器。



a.　拉桿　　b.　手輪

圖 2-44　隔離閥手動驅動器

B. 流體動力驅動器

流體動力驅動器可分為氣壓缸及液壓缸式，並可依據隔離閥操作之兩種型式而分為 1/4 轉及多轉兩類，參考圖 2-45 隔離閥氣壓缸及液壓缸驅動器。



a. 氣壓缸驅動器　　b. 液壓缸驅動器及液壓缸動力組

圖 2-45　隔離閥氣壓缸及液壓缸驅動器

C. 電動驅動器

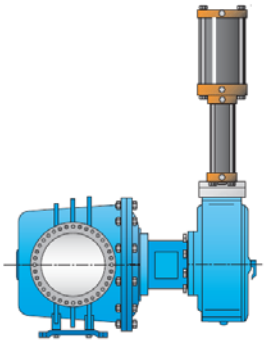
口徑大於 900 mm 的隔離閥通常需要電動驅動器，電動驅動器依據隔離閥操作之兩種型式而可分為 1/4 轉及多轉兩類，所有電動驅動器都附有手輪，以備停電時得以人力方式開關，參考圖 2-46 隔離閥電動驅動器。



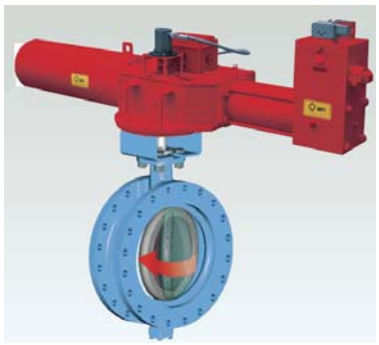
圖 2-46　隔離閥電動驅動器

D. 緊急關閉隔離閥之流體壓力缸驅動器

串列液壓缸驅動器(tandem cylinder)係採用壓縮空氣的蓄氣筒做為動力源，提供停電時液壓缸驅動器能緊急關閉隔離閥之蓄積能源，參考圖 2-47a 隔離閥串列液壓缸驅動器。蓄氣筒詳細介紹請參見本節(2) 閘門驅動器之 D。流體壓力缸驅動器配備回復彈簧，可在停電時利用回復彈簧產生的力矩緊急關閉 1/4 轉之隔離閥。參考圖 2-47b 配備回復彈簧之液壓缸驅動器。



a. 串列液壓缸驅動器



b. 配備回復彈簧之液壓缸驅動器

圖 2-47　緊急關閉隔離閥之液壓缸驅動器

(2) 閘門驅動器

A.手動式

參考圖 2-48 閘門手動驅動器。



a. 閘門框檯、用於框檯上之曲柄及手輪



b. 用於支撐座上之曲柄及手輪　　c. 用於偏心支撐座上之曲柄及手輪

圖 2-48　閘門手動驅動器

B.流體動力驅動器

流體動力驅動器可分為氣壓缸及液壓缸式，並可依據閘門操作之兩種型式而分為 1/4 轉(用於蝶式閘門)及多轉(用於制水閘門及其它閘門)兩類，參考圖 2-49 多轉閘門之液壓缸驅動器。

C.電動驅動器

電動驅動器依據閘門操作之兩種型式而可分為 1/4 轉(用於蝶式閘門)及多轉(用於制水閘門及其它閘門)兩類，所有電動驅動器都附有手輪，以備停電時得以人力方式開關，參考圖 2-50 閘門電動驅動器。

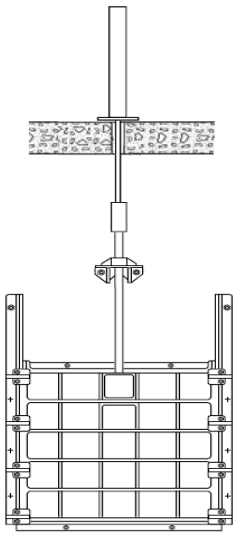


圖 2-49　多轉閘門之液壓缸驅動器



圖 2-50　電動驅動器

D.提供液壓給液壓驅動器的蓄氣筒

進流抽水站在停電時，抽水機停止運轉，無法將進流污水抽至設在地面層的處理單元，此時為防止進流污水繼續流入抽水站濕井，將設於濕井前端的攔污柵等設備淹沒，有必要將進流閘門緊急關閉。惟由於進流閘門大都仰賴電動或液壓驅動器自動開啟或關閉，一旦停電，電動或液壓驅動器亦無法操作，則只好改用人工方式操作轉盤，如人工方式來不及將閘門關閉，則污水會淹沒濕井。蓄氣筒(參考圖 2-51)可儲存提供液壓給液壓驅動器的緊急能源，其提供的壓縮氣體壓力及流量須足敷液壓驅動器產生關閉閘門所須力矩量，故須依據閘門在操作壓力時之力矩及閘門軸桿之直徑、螺紋資料等數據一併設計之。

蓄氣筒係提供液壓驅動器緊急能源的最實用方式。其它的替代方案為採用直流電電池提供液壓泵的緊急備用電能(參考圖 2-52)，或以瓦斯或柴油引擎驅動提供液壓的液壓泵，此兩種解決方式都較昂貴，較不可靠，並在大部分應用上不太實用。

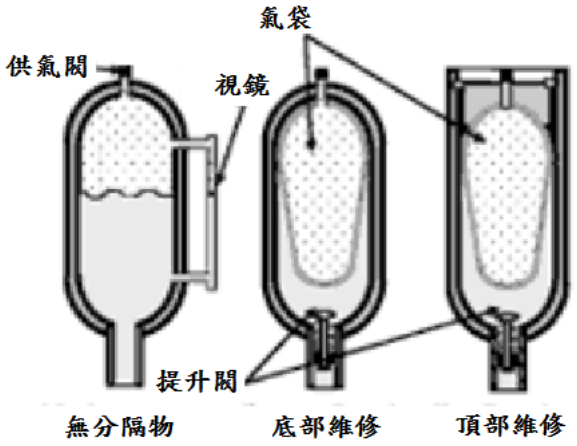


圖 2-51　蓄氣筒提供液壓驅動器的動力

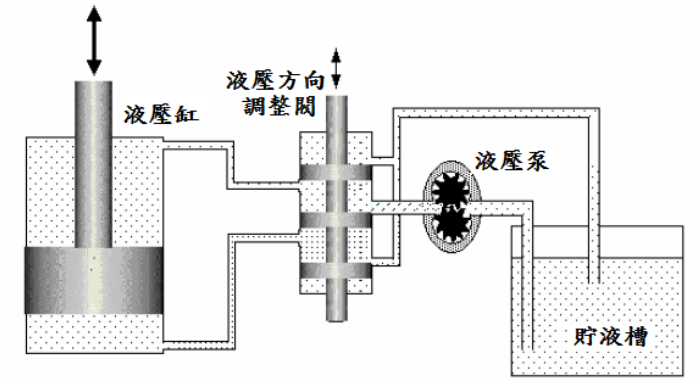


圖 2-52　液壓泵提供液壓驅動器的動力

第 7 節　臭氣控制(包括硫化氫的控制)

污水收集及處理的不同過程中釋出或產生的各種臭氣化合物會引起許多對臭氣的抱怨，污水處理設施產生的主要臭氣種類如下：

1. 胺(amine)：魚臭味
2. 氨(NH_3) ：氨氣味
3. 二胺(Diamines)：腐肉味
4. 硫化氫(H_2S) ：臭蛋味
5. 硫醇(mercaptan) ：臭鼬味
6. 有機硫化物：腐敗捲心菜味
7. 糞臭素(skatol)：糞臭味

硫化氫的濃度低至 0.05 mg/L 即有特殊的臭蛋味，雖然它被認為係存在於污水中最廣布的含臭化合物，但不應假定在每一種情況下的臭味元凶就是硫化氫，其它含臭化合物，如硫醇、有機硫化物及胺，也可能是重要的禍首。

硫化氫除產生臭氣外，亦會產生腐蝕問題。在污水下水道系統及污水處理廠初級處理單元的重力管線、渠道、池槽及壓力管線中， 硫化氫會從污水中逸出而進入管線及水渠上部的空氣中，管線頂部管壁及水渠頂版或牆壁上任何濕氣及水珠都會溶解硫化氫，然後經細菌氧化而形成硫酸，硫酸對於下水道系統及各處理單元的鑄鐵、混凝土及水泥砂漿裡襯特別具有強腐蝕性。

本節介紹污水下水道系統及污水處理廠的臭氣控制(包括硫化氫的控制)方法包括限制臭氣產生法及臭氣處理法。

2-7-01 臭氣控制(包括硫化氫的控制) **（原則 11）**

污水下水道系統及污水處理廠的臭氣控制(包括硫化氫的控制)方法包括限制臭氣產生法及臭氣處理法。

(1)限制臭氣產生法係在設計時即應考量縮短污水的停留時間，以及避免固體物的沉積；當產生臭氣時，可用添加氧或化學藥劑來限制或控制臭氣的產生。

(2)臭氣處理法係在污水下水道系統、污水處理廠前處理單元及污泥處理之污泥濃縮及脫水單元中已經產生臭氣後，對臭氣所採用的消除或破壞方法，其方法包括化學濕式洗滌塔、生物氧化法、吸附系統法及上述三種方法中兩種或三種之合併運用法。

【解說】

污水下水道系統及污水處理廠的臭氣控制(包括硫化氫的控制)方法包括不使臭氣從污水中釋出之限制臭氣產生法，及臭氣自污水中釋出後，如何消除及破壞該臭氣的臭氣處理法，分別介紹如下。

1. 限制臭氣產生法

限制臭氣產生法係屬於上游端的控制，即係在污水下水道系統及污水處理廠中控制臭氣的產生，而不是等到臭氣產生後，再想辦法來處理。限制臭氣產生法可分為兩階段，即設計階段及操作階段。

(1) 設計階段

下水道系統在設計時即應考量降低污水變成厭氧的機會，其方法係縮短污水在下水道管線中的流達時間，同時流速須維持在可將可能變成臭氣來源的沉積物刮走；污水處理廠前處理單元中控制臭氣的產生的方法係縮短污水在池槽的停留時間，以及避免固體物在池槽的死角及底部沉積。

(2) 操作階段

當污水下水道系統及污水處理廠前處理單元在操作階段產生臭氣時，可在污水中採用下述添加物使硫化氫產生化學變化，或影響硫還原菌之生長，以達到限制或控制臭氣產生的目的。這是一種防止臭氣產生之預防性措施，有別於一旦臭氣產生後須採取臭氣控制技術之治療性措施。

A. 石灰

石灰以兩天或三天間隔注入管線中會對管壁黏膜的硫還原菌造成壓制作用，使硫還原菌失去活性，不會迅速繁殖而產生大量的 H_2S。本法的缺點在於僅能控制管壁黏膜的活性，污水本身仍會腐敗；然而，本法可用於當不使用氧氣注入或空氣注入法時，本法特別適用於臨時或季節性使用，例如用於夏季月份。

B. 氧氣

氧氣可將硫化氫氧化成硫元素，如下式。

$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S$

注入純氧具有對有高點的壓力管消除自由氮的優點，並且容許較高的氧溶解率。溶氧對污水亦具有一些處理效果。

C. 空氣

空氣以每 mm 管徑 0.011 m^3/min 的量注入壓力管線中可有效壓制硫還原菌及 H_2S，空氣必須連續性不斷注入，即使是在實際抽水循環(啟動-停止-啟動)當中。所需空氣量可能會隨壓力管線長度、停留時間等而改變。空氣中的氧亦會將硫化氫氧化成硫元素。

由於空氣中僅有氧氣會溶解到水中，不溶解的氮氣會移動而集中到管線頂部。如果壓力管線並非持續以往上坡度埋設，則氮氣會在管線高點累積，而妨礙輸水，除非在高處裝上排氣閥以將氮氣排出。當壓力管線繼續往上爬坡時可能需要沿線進一步再注入另外一股空氣。

注入空氣相當簡單且比較便宜，特別是管線中沒有高點的情況。

當多餘空氣釋出時，壓力管線末端的出入口或其他結構物會有相當大的飛濺，如果出入口的構造不適當，在抽水時，將會產生大量噪音，使得人員無法進入。在壓力管銜接處理設施的入口處，壓力管應自上方彎下而進入水池中，以避免產生向上的噴氣。在彎管處應設置虹吸破壞器，以便萬一管線有破裂時，可防止水池中的水逆流到管線中。

D. 過氧化氫

過氧化氫屬強氧化劑，可將硫化氫氧化成硫元素，如下式。

$H_2S + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + S$

由於過氧化氫(H_2O_2)係屬溶液狀，對有高點的壓力管不會造成問題，亦即是說，不會產生空氣堵塞。過氧化氫極易氧化高濃度的 H_2S，然而，過氧化氫不穩定，長時間貯存可能喪失其氧化能力。在價格基礎上，它不能與氧氣注入法競爭。它主要優點在於改善腐敗的影響。

E. 氯

氯屬強氧化劑，可將硫化氫氧化成硫元素，如下式。

$HS^- + OCl^- \rightarrow S + Cl^- + OH^-$

加入足夠的氯能消除硫化氫的存在，而如加入較高劑量則能抑制黏菌。因為氯較貴，故注入量接近實際需要量很重要，且過多的餘氯

可能造成金屬腐蝕及人員安全的問題，對污水處理廠也可能有不利的影響。

F. 硝酸鹽

污水中的微生物群將會先消耗所有的溶氧，再來是硝酸鹽，然後是硫酸鹽。如果污水中加入硝酸鹽，就能避免硫酸鹽消耗的進行。所以污水從好氧狀態進入缺氧狀態，但不會演進到厭氧狀態。對污水處理廠不良影響的可能性應先做調查。

G. 鐵鹽

在污水腐敗後，鐵鹽能防止 H_2S 氣體的生成，鐵鹽與溶解性硫化物碰觸後會結合形成永久性沉降物，所以可從污水中去除溶解性硫化物。對污水處理廠不良影響的可能性，特別是污泥，應先做調查。

H. 生物製劑

現在市面上有許多不同種類的生物製劑，這些生物製劑常宣稱可促進不產生硫化氫的菌種的繁殖，且宣稱可去除管線黏菌及分解油脂，專家的經驗指出使用這些產品會有混合性的結果。

2. 臭氣處理法

處理廠操作人員及顧問工程師通常都熟知除臭的許多種技術，但由於缺乏一個有效而持平的方法以比較每種技術的相對優點，而在選擇適當技術時經常會受到阻礙。量測污水處理廠臭氣去除的新標準正在建立中，新標準將依據檢測門檻(detection threshold)的強度，而不只是依據某種目標化合物的濃度(如 ppm)。新標準將包括硫化氫及其它複雜臭氣化合物的影響，以及對總臭氣單位的合併量測，臭氣樣品會經收集後送到認證合格的臭氣小組實驗室，臭氣小組會校驗該樣品已經稀釋至預先設定的檢測門檻，以判定樣品的臭氣單位(見下註)。

註：臭氣單位(odor unit, OU)，一臭氣單位(1 OU)係在標準情況下 1 立方公尺自然空氣中經聞臭小組中 50%的人聞出氣味時的臭氣量，該值相當於 123μg n-butanol 蒸發到 1 立方公尺的自然空氣中，其濃度為 0.040 μmol/mol。

臭氣處理法係在污水下水道系統、污水處理廠前處理單元及污泥處理之污泥濃縮及脫水單元中已經產生臭氣後，對臭氣所採用的消除或破壞方法，常用的方法包括：化學濕式洗滌塔、生物氧化法、吸附系統法及上述三種方法中兩種或三種之合併運用法，分別說明如下。

(1) 化學濕式洗滌塔

A.一般說明

化學濕式洗滌塔對於污水處系統最常見的臭氣化合物中的硫化氫及氨具有高效率去除效果，化學濕式洗滌塔係藉由臭氣與洗滌容器中隨意擺放的填料上面之化學藥液接觸的物質轉換吸收而達到除臭目的，藥液通常係水，添加藥品調整至適當的 pH 及氧化電位。任何吸收洗滌系統的性能可以兩個參數來定義，即：氣體/液體接觸的效率，及水溶液相中促進反應及吸收的化學品的足夠性。填料須有高效的表面積以利氣體/液體接觸，促進均勻的液體及氣體分佈以達高物質轉換率。污水處理廠對於使用氫氧化鈉及次氯酸鈉以控制硫化氫，及使用硫酸以控制氨氣已經標準化。將化學條件維持在有利於最高性能係很重要的。所需的 ORP 及 pH 化學通常根據實際存在的氣體組成而在現場調整。

須注意的是，當需要以硫酸去除氨時，將需設置另一個洗滌容器。

以下簡化公式說明傳統化學藥液洗滌系統去除硫化氫及氨的化學組

合及典型的 pH/ORP 設定：

吸收程序(僅有氫氧化鈉)

$NaOH + H_2S = Na+ + HS^- + H_2O$

氫氧化鈉洗滌的設定

pH = 11.0 to 11.5

吸收及氧化(氫氧化鈉及次氯酸鈉)

$HS^- + NaOCl = SO_4= + HCl$

氫氧化鈉及次氯酸鈉洗滌的設定

pH = 9.5 to 10 units, ORP = 600 – 700 mv

氨的吸收(硫酸)

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2\ SO_4$

硫酸洗滌的設定

pH = 4.0 to 6.0

B.處理臭氣種類及去除效率

使用兩段氫氧化鈉及次氯酸鈉系統的化學濕式洗滌塔可去除臭氣中99%之硫化氫，使用第三段硫酸(通常設在最前端)，可去除臭氣中99%之氨。鹼性濕式洗滌塔對於硫醇及其它有機硫化合物的效率較差，去除效率介於 20-70%。

如同生物洗滌塔，化學濕式洗滌塔對於僅含硫化氫的臭氣之處理後排放至空氣中可達良好的臭氣單位，然而當臭氣包含有機硫化合物及硫化氫時，排氣的臭氣單位會超過 1,000 OU/m^3。

註：排放至空氣中的臭氣單位如小於 100 OU/m^3，因該臭氣自源頭被釋出，經大氣稀釋，而最後觸及附近人們的嗅覺器官，通常已聞不出氣味，故係可被接受的臭氣量。

C.操作維護考量

化學濕式洗滌塔處理臭氣時容器中的風速係所有臭氣控制技術中最高者，可達 170m/min，故濕式洗滌塔本身佔地面積比其它兩種方法還要小，但因需加上其它的附屬設施，如化學藥液貯存槽(通常至少兩槽)、循環泵、控制及其它設施，故其用地面積會比活性碳吸附系統大，但仍小於生物氧化系統。參考圖 2-53 兩段填料床及一段噴霧洗滌塔處理流程示意圖及圖 2-54 濕式洗滌塔照片。

化學濕式洗滌塔係所有臭氣控制技術中需要最多及最複雜的控制及儀表者，儀表包括 pH 及 ORP 感應器、加藥機(有時與硫化氫偵測器連接並受其控制)、循環泵、連接到化學藥液貯存槽及警報器的液位計、及風扇控制，此使得化學濕式洗滌塔在所有臭氣控制技術中係最複雜及最須維護者。

化學濕式洗滌塔須要定期補充化學藥液，此通常包括氫氧化鈉及次氯酸鈉，如果需除氨時，另須硫酸。化學藥液通常每 30 至 60 天需要補充。

D.使用時機

化學濕式洗滌塔最適合應用於污水處理廠本身，與收集系統相反，因為化學濕式洗滌塔的高維護需求最好在永久有人駐守的設施中處理。鹼性濕式洗滌塔極適合處理前處理單元及污泥設施所產生之高濃度硫化氫，酸性濕式洗滌塔對去除氨有效，適合於如堆肥處理設施可能會產生氨的地方。

目前常用之兩種化學濕式洗滌系統係填料床洗滌塔系統及噴霧洗滌塔系統，填料床洗滌塔包括內含惰性填料物質(增加表面積)的洗滌

塔、洗滌藥液、藥液循環系統、抽氣風扇、風管及控制，臭氣進入洗滌塔並通過填料床，在該處臭氣與洗滌化學藥液接觸，使用過之洗滌藥液落在洗滌塔底部，經收集後再循環通過整個單元並依需求補充高濃度化學藥劑。噴霧洗滌塔系統包括二至三段之洗滌塔、洗滌藥液、藥液循環系統、抽氣風扇、風管及控制，臭氣進入洗滌塔，在該處臭氣與霧狀洗滌化學藥液接觸，使用過之洗滌藥液晶凝結後落在洗滌塔底部，經收集後再循環通過整個單元並依需求補充高濃度化學藥劑。

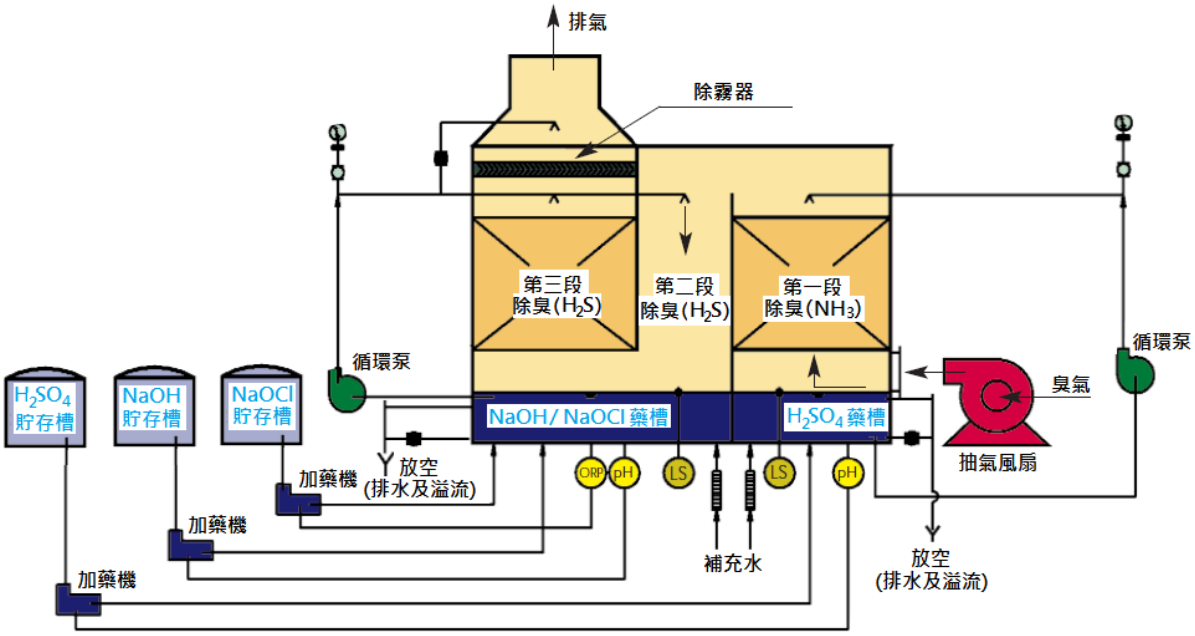


圖 2-53　兩段填料床及一段噴霧洗滌塔處理流程示意圖



圖 2-54　濕式洗滌塔照片

(2) 生物氧化法

A.一般說明

生物氧化法處理臭氣的應用已有許多年，過去的錯誤名稱為生物過濾。生物過濾這種名稱係取錯了，因為這種程序包含臭氣化合物的代謝轉換，並不是過濾。生物氧化法分為兩種：使用無機濾料之生物氧化法及使用有機濾料之生物氧化法，分別介紹如下：

使用無機濾料之生物氧化法(生物洗滌塔或生物滴濾池)

生物洗滌塔的系統組成、結構及濾料生態系統係為了能在腐蝕環境下連續操作十五至二十年生命週期而設計的，生物洗滌塔的操作類似生物滴濾池及濕式填料床化學藥液洗滌塔，然而，它們包含一種抗酸的惰性高孔隙濾料，含有礦物營養素及微量元素的二級處理水或補充水，以與處理的臭氣同向或對向方式作循環流動，循環液及濾料係作為促進薄膜的硫氧化菌，主要為 thiobacilli，生長的生態系統。

$$H_2S + 2O_2 \xrightarrow{\text{硫氧化菌}} H_2SO_4$$

因為硫化氫生物氧化的副產品為硫酸，循環液必須有足夠的排空速率以確保酸濃度不會增加到限制水中硫化氫溶解率的程度。雖然硫氧化菌能在 pH 遠小於 1.0 的情況下存活，但細菌生長及硫化氫溶解率的最適平衡點為 pH 在 2.0 至 3.0 之範圍。

低 pH 之排空水的酸濃度很弱，可回到處理廠的進流污水中中和而不會對處理造成影響。

與其它硫化氫控制技術比較，生物洗滌塔的操作費非常低，因為細菌氧化係發生在周遭溫度下，不消耗化學藥劑，維護只須最少的勞動力。

生物洗滌塔單獨作為去除硫化氫及氨的洗滌塔，以及作為與生物濾池及活性碳吸附塔合併處理以去除揮發性有機碳及複雜臭氣化合物的第一階段，都證明經濟有效，大幅延長有機濾料或活性碳的壽命。

B.處理臭氣種類及去除效率

生物洗滌塔對處理硫化氫最有效，最佳處理範圍為 10 至 1,000 ppm，在此範圍內，生物洗滌塔最低處理效率為 98%，且經常會超過 99%。對於氨及胺的處理效率經常高於 90%，但對於有機硫化合物的處理效率較差。

對於有機硫化合物的處理效率似乎有限制，thiobacilli 在消耗這些化合物時效率不高。

生物洗滌塔在硫化氫去除程序的二次效應係去除氨及胺，如前所述，消耗硫化氫的副產品為硫酸，此使得生物洗滌塔有效做為酸性洗滌塔以去除氨及胺，通常處理效率高於 90%。

生物洗滌塔對硫化氫具有高去除效率，對其它化合物的效率則較低，此表示其對僅含硫化氫的臭氣之處理後排氣的平均臭氣單位可以非常好，但對於混和污染物之臭氣之處理後排氣可高至 1,000 OU/m^3。

C.操作維護考量

生物洗滌塔須要風扇、流量控制阻風閘門、及循環泵。濾料壽命通常為 10 年或更久，生物洗滌塔甚至可能永遠不須更換濾料。生物洗滌塔除了簡單的 pH 計及風扇控制盤外，通常不須儀表或控制。參考圖 2-55 生物洗滌塔除臭流程示意圖及圖 2-56 除臭用生物洗滌塔照

片。

生物洗滌塔大都為高容器，時常為 6 至 9 m 高，面積需求與活性碳系統類似。

D.使用時機

生物洗滌塔最適用於去除中度至高度硫化氫(濃度自 5 至 1000 ppm)，由於二級處理水係生物洗滌塔理想的循環液來源，故此系統最適合用於污水處理廠，雖則它們在補充營養份後，也可用於污水收集系統。生物洗滌塔的應用上也很適合同時去除氨及硫化氫。

生物洗滌塔不建議用於低濃度或濃度變化很大的硫化氫，因為生物群對硫化氫濃度的改變無法迅速作反應。就像任何生物技術一樣，例如在合流制的溢流(Combined Sewer Overflow, CSO)之間歇式應用方面，生物洗滌塔的處理效率並不佳，因為生物群在沒有臭氣化合物存在下，不是會死去即是會休眠。

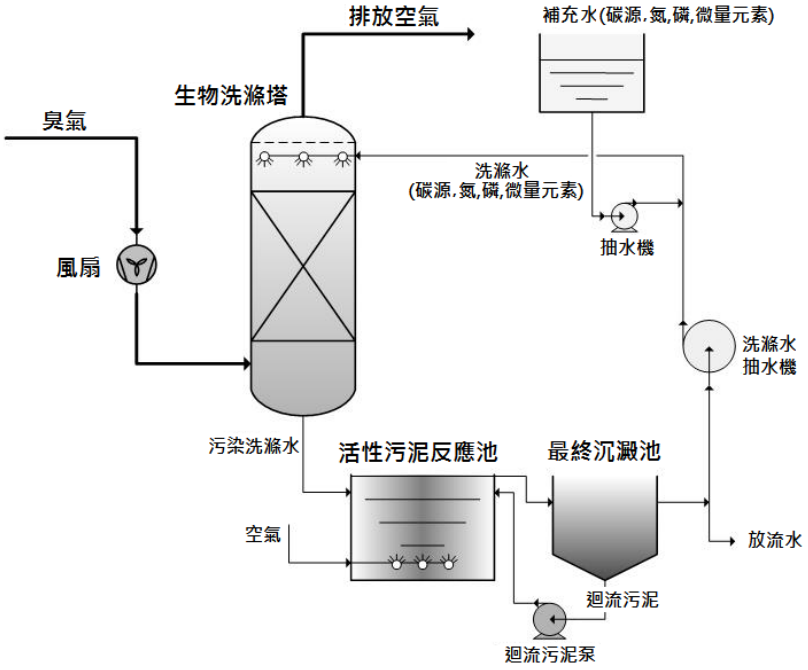


圖 2-55　生物洗滌塔除臭流程示意圖



圖 2-56　除臭用生物洗滌塔照片

使用有機濾料之生物氧化法(傳統稱為生物濾床)

何謂生物濾床(biofilter)? 濾床使人想起去除空氣中微粒的網狀物，但那是誤導。生物濾床事實上係依據如土壤似的老程序的空氣處理程序。自然界會產生細菌及真菌，它們可以將幾乎任何有機物當做食物來源,這些微生物在有機土壤及腐敗的蔬菜物質(例如農田堆肥)中非常豐沛。生物濾床係一個控制的環境，在那環境中，有機臭氣及揮發性有機碳會與自然微生物接觸，而作為微生物的食物來源。此觀念係將污染空氣通過生物性基質，如堆肥，在那裡微生物僅係完成自然所啟動的捕捉及吃掉揮發性有機碳及臭氣。

傳統的生物濾床成功的使用這些原則已幾十年了，在歐洲用的比在美國多，通常它們係設於地面占地極大的單層單元，依靠一層疏鬆的有機濾料床，其下為粗略的空氣分配系統，上面係噴灌系統以控制處理條件。此系統通常為開放式，濾料床的上部曝露在外界中。近幾年，生物濾床展開改造，在提高處理效率及減少占地面積上都有各種進步。污染空氣的溫度及濕度調整到適合微生物新陳代謝的程度，生長微生物的堆肥或有機濾料結構化(有時合併無機結構物)以提高有效的表面積及使處理能遍佈整個濾床深度。

生物濾床比任何既有的其它臭氣控制技術更能去除廣泛之複雜臭氣及揮發性有機碳的混合物，然而，對於處理負荷超過 5 ppm 以上的硫化氫，就有很大的限制。生物濾床中的高負荷硫化氫會產生 thiobacillis 菌群的增加，導致酸的過度生產，此會摧毀所有能分解更複雜臭氣化合物的微生物及真菌，這些微生物及真菌無法在低 pH 環境下存活。此時會出現處理效果喪失，有機濾料會壓實及溝道化。除了這些弊端外，由於硫化氫部分氧化而使硫元素堆積在濾床上，也會因濾料上塗了一層膜使水頭損失增加，進而影響處理性能。雖然可使用鹼液消除，但鹼液很快即被產生的硫酸所耗盡。硫磺時常形成小顆粒也促使濾床堵塞而須提前更換濾料。

B.處理臭氣種類及去除效率

生物濾床對於處理有機化合物非常有效，包括在污水臭氣中常見的還原性硫化合物。生物濾床對處理胺及氨亦有效。

與活性碳相反，生物濾床適合較高濃度的有機化合物，由於這些化合物構成此生物的食物來源- 濃度越高，生物群就越大及越強壯。如前所述，低濃度至中濃度(約至 10 ppm)的硫化氫也可經濟有效的以生物濾床處理，然而，較高負荷會導致失去其它臭氣化合物處理容量，以及產生其它前述的問題。

生物濾床對臭氣的去除效率傾向於比其它臭氣控制技術較低，所有進入的污染物達到的去除效率範圍自 50%至 95%。較老一代的頂部開放、地面上的生物濾床之處理效率傾向於此範圍較低之一方，由於曝露濾料的壓實、溝道化及惡化會造成效率的喪失。改造後的生物濾床較能達到污水處理廠所需要的 90%及以上的效率。去除效率亦與所用的接觸時間有關，生物濾床通常操作的接觸時間介於 15 至 60 秒，接觸時間較高，去除效率也較高。生物濾床通常達到平均臭氣單位約 200 至 400 OU/m^3 的排放水準。

C.操作維護考量

所有設計妥善的生物濾床都需要風扇及阻風閘門以提供及調整進入生物濾床的臭氣，另外生物濾床須保持水潤，所以須要加濕器。參考圖 2-57 生物濾床除臭流程示意圖及圖 2-58 除臭用生物濾床照片。

風扇及抽水機須作正常的維護。一些生物濾床也須添加營養份及/或緩衝化學劑，故亦須額外的貯存槽及加藥機。設在地面的生物濾床每二到三年須換一次濾料，而改造的生物濾床，由於其結構化的濾料可防護於外界，時常可撐五年或更久而不須更換濾料。

設在地面的生物濾床須要出入口以便大型機械如前端裝載機及傾卸卡車更換濾料，更換作業耗時兩周，包括開挖及運棄廢濾料、修理或更換空氣分配管、裝填新濾料及重新組裝澆灌系統。

改造的生物濾床較容易作業，僅須移除廢濾料及裝填新濾料進入容器之出入口。移除作業通常採用真空吸引機通過容器中之人孔將廢濾料運出，而裝填作業亦係通過同一人孔傾卸新濾料，這種作業最多須時幾天。

D.使用時機

生物濾床最適用於處理含有濃度在 ppm 範圍之有機化合物的混合臭氣，低濃度的硫化氫(10 ppm 及更少)也可有效處理，臭氣負荷相當穩定的應用也同樣適合生物濾床。

生物濾床不建議應用於處理高負荷(大於 10 ppm)硫化氫的情況，亦不建議應用於處理間歇性或高度變化負荷的情況。

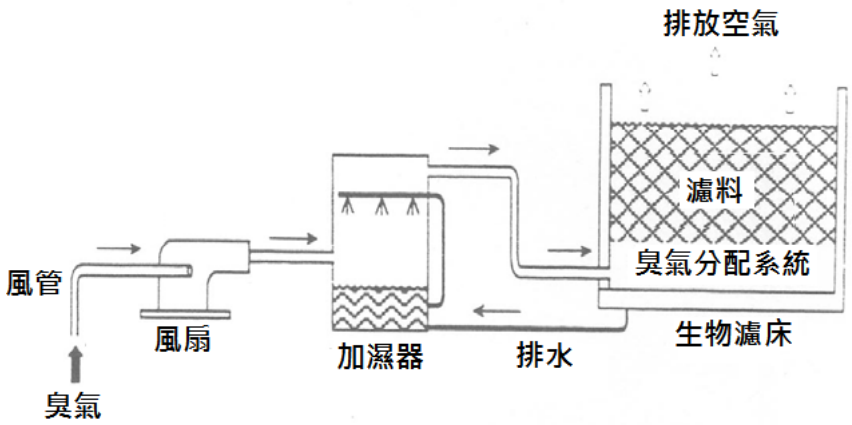


圖 2-57　生物濾床除臭流程示意圖



圖 2-58　除臭用生物濾床照片

(3) 吸附系統法

A.一般說明

典型臭氣吸附係指使用活性碳將臭氣化合物吸附到活性碳材料上，此通常藉由將臭氣通過活性碳床，使吸附作用發生，並釋出潔淨空氣至大氣中。

臭氣控制用的吸附劑主要為活性碳，其它吸附劑包括活性鋁(activated alumina)、活性鋁浸漬過錳酸鉀、沸石(zeolite)及矽膠(silica gel)等。臭氣控制用的活性碳可分下列數種：

(A)利用物理吸附的標準活性碳

標準活性碳的工作係捕捉硫化氫及不同有機分子至碳顆粒的石墨小板結構中，活性碳對捕捉這些化合物有特定的容量，一旦超過這容量，隨後進入的化合物會未處理即突破而出。

(B)利用化學吸附的鹼性浸漬活性碳

以氫氧化鈉或氫氧化鉀浸漬的鹼性活性碳可增加活性碳對硫化氫的去除效率。標準活性碳對硫化氫的去除容量很差，添加苛性鈉(氫氧化鈉)後製造出對硫化氫的吸附容量大為提高的活性碳。使用鹼性浸漬活性碳時，硫化氫分子首先被物理性的吸附，然後通過與苛性鈉化學反應而轉化為硫分子，所以稱為化學吸附。活性碳對於硫比對於硫化氫具有更大的吸附容量，結果，鹼性浸漬活性碳對於硫化氫的吸附容量通常大於標準活性碳而達到五至七倍。

然而，此效能的提高並非沒有代價，浸漬活性碳犧牲了硫化氫以外所有化合物的吸附容量，並比標準活性碳具有較低的點燃溫度，此大幅增加經歷碳床著火的機會。

(C)利用化學吸附的混合碳的介質

混合碳的介質與鹼性浸漬活性碳非常類似，在製造混合介質的過程，一開始金屬氧化物 (通常為氧化鎂) 係以固體形式添加，而並非在製造過程的最後以液體形式噴灑。如同鹼性浸漬活性碳，混合介質係藉由硫化氫與金屬氧化物間的化學反應形成元素態硫，而提高活性碳對硫化氫的吸附容量。與鹼性浸漬活性碳相同，混合介質相對的耗盡了對有機化合物的吸附容量，因為金屬氧化物為非吸附材質，對有機化合物的吸附毫無貢獻。然而混合介質並沒有浸漬活性碳較低的點燃溫度的特性。

(D)催化型活性碳

催化型活性碳係臭氣控制的最新型活性碳，此種活性碳也提高了對硫化氫的吸附容量，但其達成提高容量並不與浸漬活性碳或混合碳的介質不一樣。催化型活性碳將吸附的硫化氫轉化為硫酸及亞硫酸，而比硫化氫更有效的貯存在活性碳上面(但不像元素態硫那麼有效率)。催化型活性碳主要的好處係其轉化的酸為水溶性，容許活性碳可在現地以簡單的水洗來再生。催化型活性碳並沒有浸漬，所以並不會如同浸漬活性碳的降低有機臭氣吸附容量及提高碳床著火的可能。

B.處理臭氣種類及去除效率

(A)硫化氫

各種活性碳對硫化氫吸附容量的比較如表 2-14 所示。

表 2-14 各種活性碳對硫化氫吸附容量的比較

活性碳種類	硫化氫容量	備註
標準活性碳	0.01 - 0.03 g/cc	①
浸漬活性碳	0.12 - 0.14 g/cc	
混合碳的介質	0.14 - 0.27 g/cc	②
催化型活性碳	0.09 - 0.63 g/cc	③

備註：

①椰子殼製造的活性碳有較高(0.03 g/cc)的容量，而直接活化煤炭的活性碳具有較低的容量。

②依據不同氧化鎂混合活性碳樣品之多次試驗結果。

③0.09 g/cc 數字僅用於初步容量，而 0.63 g/cc 極致容量係已考量經水洗的因素。本表顯示標準活性碳僅應用於處理低濃度(1-2 ppm)的硫化氫，而浸漬活性碳、混合碳的介質及催化型活性碳可經濟有效的處理高至 20-30 ppm 的硫化氫。

(B) 有機硫化合物

此種化合物係污水廠臭氣控制僅次於硫化氫的最普遍臭氣，典型的有機硫化合物包括甲基硫醇(methyl mercaptan)、二甲基二硫(dimethyl disulfide)及羰基硫(carbonyl sulfide)。

在各種情況下活性碳可以物理吸附方式除去這些化合物。鹼性浸漬活性碳及混合碳的介質對這些化合物並沒有提供額外的吸附容量，事實上存在於活性碳裡面或上面的金屬氧化物會減少活性碳的物理吸附容量。當這些化合物經由物理吸附除去時，活性碳無法在現地再生。活性碳可經濟有效的處理低濃度(1-5 ppm)的有機硫化合物，較此為高的濃度通常會很頻繁的消耗活性碳，使得換碳會成為不合理的費用及操作者頭痛的問題。

(C) 胺

活性碳對於污水廠中大部分的胺化合物能提供有用的吸附容量，然而如同有機硫化合物，活性碳對這些化合物的吸附容量有限，且無法現地再生。

(D) 氨

大多數活性碳對去除氨無效，氨分子在活性碳上吸附不良，很快就會突破而出，故通常不建議以活性碳去除氨。採用酸性浸漬活性碳係一種例外，然而此方式通常不如其它除氨方法之經濟有效。

(E) 去除效率

活性碳可能是前述任何技術中具有最高去除效率者，所有進來污染物通常可去除 99.9%。活性碳也具有最低平均臭氣單位約 100 OU/m^3 的排放水準。

C.操作維護考量

活性碳吸附系統包括風扇或鼓風機、活性碳床(一段或多段)、防蝕風管、及必要的控制。活性碳系統係任何主要的臭氣控制技術中，具有最少活動零件的技術。碳系統本身沒有活動零件，僅有風扇及阻風閘門或鼓風級及閘閥係具有活動零件的組成。碳系統通常不需要電子感應器或儀表，並且除了風扇電動機的啟動器及開關按鈕外，通常不須要其它的控制。參考圖 2-59 臥式活性碳吸附系統示意圖及圖 2-60 立式活性碳吸附塔照片。

除了催化型活性碳外的所有活性碳，其容量用罄時，必須將系統停機數日，以便自容器中將活性碳移除及更換，活性碳的裝卸通常須要容器上方至少有 1.8 m 的淨高。

催化型活性碳系統可用水洗以回復對於硫化氫的吸附容量，所以大幅減少所需更換活性碳的頻率，水洗通常可由操作人員約花 1 至 2 天完成。

標準活性碳系統(當不處理硫化氫時)通常設計成運轉一年才須更換活性碳，浸漬活性碳係設計成處理硫化氫約一年後才須更換活性碳，混合碳的介質在正常硫化氫負荷下可供二至三年之壽命，而催化型活性碳時常提供五年或以上使用才須更換活性碳。

活性碳系統通常比任何臭氣控制技術需要最小的整體用地面積。

D.使用時機

標準活性碳系統最適合用於處理低濃度的有機化合物(通常係在 ppb 範圍)及用於其它臭氣控制技術處理之後作為淬煉(polishing)的處理系統。鹼性浸漬活性碳則因碳床著火的內在安全問題已逐漸廢棄不用。混合碳的介質及催化型活性碳適合於中濃度至高濃度硫化氫，特殊的催化型活性碳系統可處理 50 ppm 或更高的硫化氫。所有的活性碳系統皆極適合間歇流及間歇負荷的應用，因為活性碳對臭氣濃度改變具有瞬間的反應，並在啟動後立即生效。活性碳極適合應用在污水收集系統及合流制的溢流(Combined Sewer Overflow, CSO)/污水管溢流(Sanitary Sewer Overeflow, SSO)的情況。

活性碳通常在經濟上不適合處理高負荷之有機化合物(5 ppm 及更大)，不管甚麼種類的活性碳也不建議用於高於 200 ppm 之硫化氫負荷。

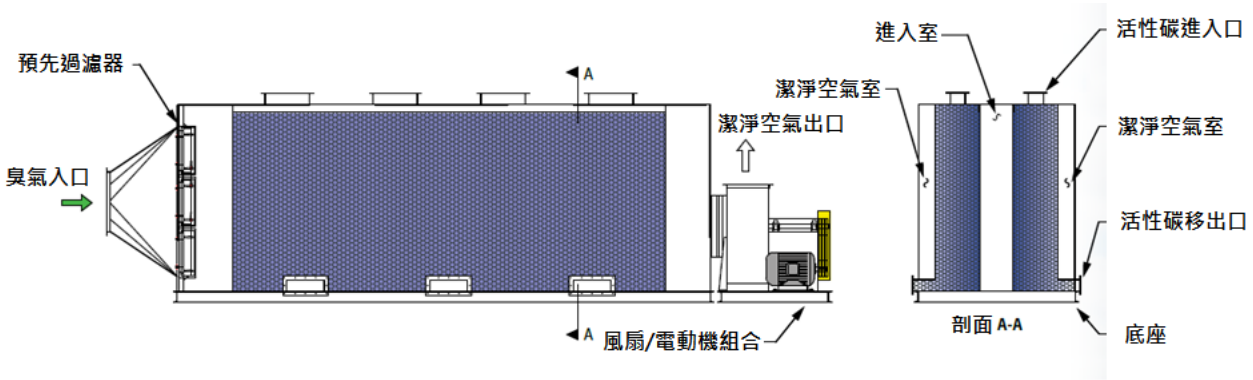


圖 2-59　臥式活性碳吸附系統示意圖



圖 2-60 立式活性碳吸附塔照片

(4) 合併運用法

表 2-15 為前述各種除臭技術對各種臭氣的去除效率表，每一種除臭技術都有其不同的強項及弱項，有些係重疊，但也有許多地方其中的一種技術顯然比其它技術好。同樣明顯的是，時常有一些臭氣包含許多種臭氣化合物，這種臭氣情況時常無法僅以單一系統或技術解決。舉例而言，可能有臭氣包含高濃度的硫化氫(30 ppm 或更多)及相當程度的有機硫化合物(可能係 5 ppm 的甲基硫醇)，沒有一種技術能解決這問題。如果使用催化型活性碳系統可能可以處理硫化氫，但硫醇將會快速填滿所有的吸附部位而突破而出；生物洗滌塔同樣可容易的處理硫化氫，但對硫醇不會非常有效；使用鹼性化學洗滌塔也是一樣；生物濾床可處理全部臭氣達一段時間，但高濃度的硫化氫會逐漸導致消耗硫醇細菌的死亡以及有機濾料的變質。在這種情況下，包含兩種技術的合併系統即成為唯一可行的解決方法。在這個例子中，第一階段如生物洗滌塔或催化型活性碳系統可用來去除硫化氫，第二階段採生物濾床系統將係非常理想以去除硫醇及任何剩餘的硫化氫，後者此時係為非常低的濃度。

另一種時常須要合併運用法的情況係敏感地區的臭氣控制。有時臭氣源十分接近廠區圍牆線，一些臭氣控制技術所排放空氣的臭氣單位可能無法被緊鄰圍牆線的鄰居所接受，例如，生物濾床通常排放空氣的臭氣單位介於 200 至 400 OU/m^3，此濃度可能代表生物濾床已消除相當量的臭氣，但對鄰居來說仍然太高，此時解決方法係增加第二階段的活性碳系統以進一步消除臭氣單位至 100 OU/m^3 或更低。

這種活性碳臭氣控制技術係做為淬煉用途，生物洗滌塔及化學濕式洗滌塔也是做為淬煉用途的候選者，因為它們通常去除 98%或更高的硫化氫及/或氨，但它們對去除有機硫化合物並不那麼好，使得排放至空氣中的臭氣單位有時會高達 1000 ppm，此時增加活性碳淬煉系統可使整個臭氣處理系統達到排放的臭氣單位至約 100 OU/m^3。

使用化學濕式洗滌塔及生物氧化法系統時，當臭氣濃度有尖峰情況時，也可增加活性碳做為淬煉用途。

表 2-15 各種除臭技術對各種臭氣去除效率表

除臭技術	型式	H_2S	NH_3	胺	硫醇	有機硫化合物	排放臭氣單位(OU/m^3)
化學濕式洗滌塔	NaOH NaOCl	去除率 99%	—		去除率 20-70%	去除率 20-70%	臭氣源僅有 H_2S 時：良好 臭氣源包括有機硫化合物及 H_2S 時:會超過 1,000 OU/m^3
	H_2SO_4	—	去除率 99%	去除率 99%			
生物氧化法	生物洗滌塔	5-1000 ppmv 去除率> 98%，經常 > 99% 低 H_2S 或 H_2S 為間歇性或變化太大時不適用	去除率> 90%	去除率> 90%		去除率 有限	臭氣源僅有 H_2S 時：良好 臭氣源包括有機硫化合物及 H_2S 時:會超過 1,000 OU/m^3
	生物濾床	適合<10 ppmv 去除率 50-90% 較高時，會對其它臭氣化合物的處理產生排擠效應 H_2S 為間歇性或變化太大時不適用	去除率佳	去除率佳	去除率佳	去除率佳	200-400 OU/m^3
活性碳	標準型	適合 1-2 ppmv 去除率 99.9% 不建議 > 200 ppmv	去除率差	去除率 有限 活性碳無法現地再生	去除率 有限 活性碳無法現地再生	適合 1-5 ppmv > 5 ppmv 不經濟	100 OU/m^3
	催化型	適合 20-30 ppmv 去除率 99.9% 不建議 > 200 ppmv					

臭氣去除效率：

可以想像的，有好幾種可能的合併處理系統。合併處理系統係提供最高去除效率及最大可能減少臭氣單位，目標化合物在第二(或第三)階段排放空氣之去除效率應超過99%，排放空氣的臭氣單位在使用生物濾床作為第二階段時不應大於 200 至 400 OU/m^3，而使用活性碳淬煉時不應大於 100 OU/m^3。

(5) 常見臭氣情況及可能解決方法

臭氣會在污水收集系統以及污水處理廠本身許多地點產生，這些臭氣可能由無機及有機化合物合併所引起，以下選擇三處常產生臭氣的地方加以探討：

A. 污水收集系統- 抽水站

污水收集管線中含硫化氫之污水流到中繼抽水站後，污水受到攪拌，硫化氫從液相釋放到氣相，導致臭氣產生。空氣中硫化氫濃度從 2 ppm 至數百 ppm，通常硫化氫濃度可假設為 10 ppm。其它臭氣化合物可能存在，但通常僅為非常低的濃度。參考表 2-16 典型抽水站臭氣種類及濃度。

表 2-16 典型抽水站臭氣種類及濃度

污染物	說明	典型濃度
硫化氫(H_2S)	高	50-100 ppm
氨(NH_3)	低	< 10 ppm
還原硫化合物	低	< 0.1 ppm
其它有機物	低	< 0.1 ppm
臭氣單位	臭蛋味 H_2S	500 – 5,000 OU/m^3

解決方法：

硫化氫佔大多數，加上沒有太多的有機臭氣化合物，使單段技術可有效解決此問題。硫化氫濃度在較低情況(10 ppm 及更少)時，改造的生物濾床或催化型活性碳系統為不錯的選擇。硫化氫濃度在較高情況，生物濾床變成不太足夠的解決方式，但生物洗滌塔現在可能變成一個可接受的方案。抽水站的特色係包括靠近民房及有限土地面積，這些其它的因素使活性碳成為最適當的技術。

B. 污水處理廠- 前處理區

硫化氫通常係前處理區最普遍的臭氣化合物，其出現的濃度自 5 ppm 至 50 ppm 及以上。還原硫化合物也通常存在，濃度自 50 ppb 至幾個 ppm。前處理區時常係合併系統的候選者。參考表 2-17 典型前處理區臭氣種類及濃度。

表 2-17 典型前處理區臭氣種類及濃度

污染物	說明	典型濃度
硫化氫(H_2S)	高	50-100 ppm
氨(NH_3)	低	< 1 ppm
還原硫化合物	低	< 0.1 ppm
其它有機物	可能高	> 1 ppm
臭氣單位	高強度	500 – 3,000 OU/m^3

解決方法：

高濃度硫化氫及還原硫化合物的組合須要合併系統以得到真正有效的解決，解決方案有數個，其中之一為兩階段系統包括第一階段生物洗滌塔以去除硫化氫，接著為改造之生物濾床(如果有機化合物為低至中 ppm 範圍)及活性碳系統(如果有機化合物為 ppb 至非常低 ppm 範圍)。

C. 污水處理廠- 污泥處理區

污泥處理過程係所有污水作業中呈現一些最強烈臭氣的地方，通常其硫化氫平均濃度可假設為 10 ppm。參考表 2-18 典型污泥處理區臭氣種類及濃度。

表 2-18 典型污泥處理區臭氣種類及濃度

污染物	說明	典型濃度
硫化氫(H_2S)	高	1-25 ppm
氨(NH_3)	高	50-100 ppm
還原硫化合物	高	1-5 ppm
氨/胺化合物	魚臭味	1-10 ppm
臭氣單位	持久且逸散很遠	500 – 10,000 OU/m^3

解決方法：

此種情況最好以合併技術解決，所有主要臭氣化合物都屬高濃度可採生物洗滌塔作為第一階段(假設硫化氫濃度為 20 ppm 或更高)以處理硫化氫及氨，接著採生物濾床作為第二階段以降低有機臭氣及淬煉任何剩餘的硫化氫及氨。如果硫化氫平均濃度低於 20 ppm，第一階段採生物濾床接著第二階段採活性碳淬煉為最佳選擇。

第三章污水初級處理

第 1 節 總論

污水初級處理設施，包括稱為前處理單元之攔污柵、破碎機、抽水站及沉砂池，以及初級沉澱池單元，本章將介紹各單元設計時應該採用之設計流量、各單元之設備種類及用途、設計數據、主要設備及其附屬設備之設計考量及注意事項等。

第 2 節 設計流量

本節說明污水初級處理設施各單元設計時應採用的流量。

3-2-01 設計流量 **（原則 15）**

污水初級處理設施除初級沉澱池單元之設計流量以計畫最大日污水量設計外，包括稱為前處理單元之攔污柵、破碎機、抽水站及沉砂池等各單元之設計流量皆以計畫最大時污水量設計，上述設計流量皆應採質量平衡計算後之數值。

【解說】

污水通過攔污柵、破碎機、抽水站、沉砂池等前處理單元之停留時間均很短，較易受尖峰污水量變化之影響，因此污水初級處理各單元皆以計畫最大時污水量設計，至於初級沉澱池單元則以計畫最大日污水量設計。上述設計流量皆應採質量平衡計算後之數值，亦即須考量各單元個別排除之污水、污泥或污物量，以及自廠內其他單元回流之污水量等因素。

第 3 節 攔污柵及破碎機

本節介紹攔污柵及破碎機種類及設計考量、篩渣之處理及處置方式、及攔污柵之附屬設施。

3-3-01 攔污柵 **（原則 16）**

1. 攔污柵設計應依據其種類考量下列事項：(1)設置位置，(2)渠道及柵孔流速，(3)柵孔間距，(4)通過攔污柵水頭損失，及(5)控制方式。國內常用粗攔污柵之柵條間距為 20 mm 至 150 mm，細攔污柵為 6 mm 至 25 mm。
2. 篩渣處置方法包括：(1)送至掩埋場，(2)單獨焚化或與污泥及砂礫合併焚化，及(3)排放至磨碎機或切碎機，經破碎後流回污水中。
3. 設計攔污柵設施時應審慎考量其附屬設施。

【解說】

1. 國內常用的分類方法，粗攔污柵之柵條間距為 20 mm 至 150 mm，細攔污柵為 6 mm 至 25 mm。柵條間距較大之粗攔污柵(150 mm)係用於有截流設施之污水處理廠。

   依據美國之分類，污水處理廠中常用之攔污設備之種類參考圖 3-1，其中兩種攔污柵：粗攔污柵及細攔污柵，用於污水前處理單元，粗攔污柵之柵條間距為 6 至 150 mm，而細攔污柵之柵條間距小於 6 mm。至於微細篩之柵條間距通常小於 50 μm，主要係用於去除放流水中之微小固體。

   如依照日本的分類，粗攔污柵之柵條間距為 50 mm 至 150 mm，細攔污柵為 15 mm 至 25 mm。

   以下將依據美國之分類，分別說明攔污柵種類及其設計考量。

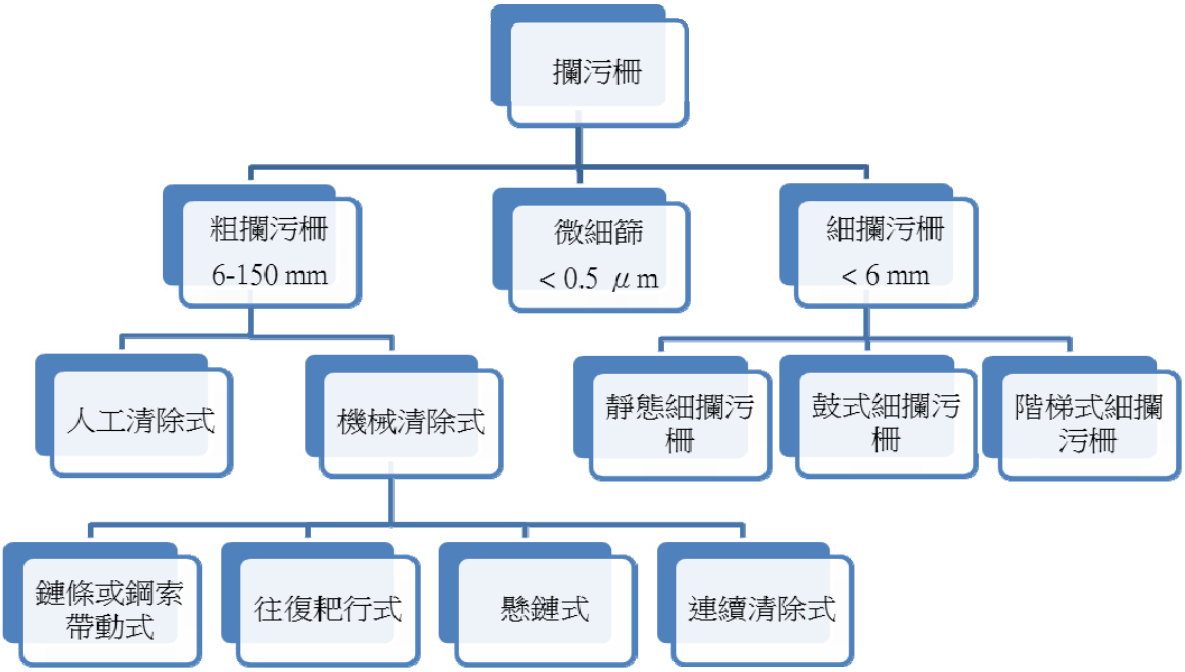


圖 3-1　美國分類之污水處理廠所用攔污柵種類示意圖

(1) 粗攔污柵種類及設計考量

污水處理廠中，粗攔污柵用於保護抽水機、閥類、管線及其它設施，使不致於受到破布及大件物體的損壞或堵塞。依據其清除方式，粗攔污柵可再分為人工清除式及機械清除式。機械清除式攔污柵傾斜角與水平成 70～90 度；人工清除式以人工方式清理者，傾斜角與水平成 45～60 度。

A. 人工清除式粗攔污柵

人工清除式粗攔污柵經常用於小型污水抽水站之抽水機的前端，而有時用於小規模至中規模污水處理廠的前處理單元中。通常機械清除式攔污柵旁邊設置有繞流渠道，當機械清除式攔污柵進行維修或斷電時，繞流渠道上的人工清除式攔污柵即可啟用。人工清除式攔污柵會因篩渣大量累積，減少水流斷面而增大水流流速，以至降低篩除效果，故一般情況下，機械清除式攔污柵宜取代人工清除式攔污柵，不僅可減少清除柵條所需之勞力，並可減少由於柵條堵塞之淹水。人工清除式攔污柵的長度不應超過人工方便耙除的距離，大約 3 m。柵條電銲在位於背面的橫桿上，橫桿且須避開耙齒。柵條上方須設有多孔排水板，以利暫存篩渣的排水。多孔排水板周圍應有容易工作及安全的平台。攔污柵前後渠道應設計成避免砂礫及其它較重物質的淤積。渠道底板應水平，或向下斜坡通過攔污柵，不能有堆積固體物的凹陷。攔污柵上游應維持足夠長度之直線段，與攔污柵垂直，以防止流速分布不均，流量集中於部份斷面，造成柵孔流速過高的問題。人工清除式粗攔污柵典型設計數據參考表 3-1。

表 3-1　人工清除式及機械清除式粗攔污柵典型設計數據表

項目	單位	清除方式	
		人工式	機械式
柵條尺寸 寬度 深度	 mm mm	 5-15 25-38	 5-15 25-38
柵條間距	mm	25-50	15-75
與垂直面之坡度	°	30-45	0-30
接近速度 最大 最小	 m/s m/s	 0.3-0.6	 0.6-1.0 0.3-0.5
容許水頭損失	mm	150	150-600

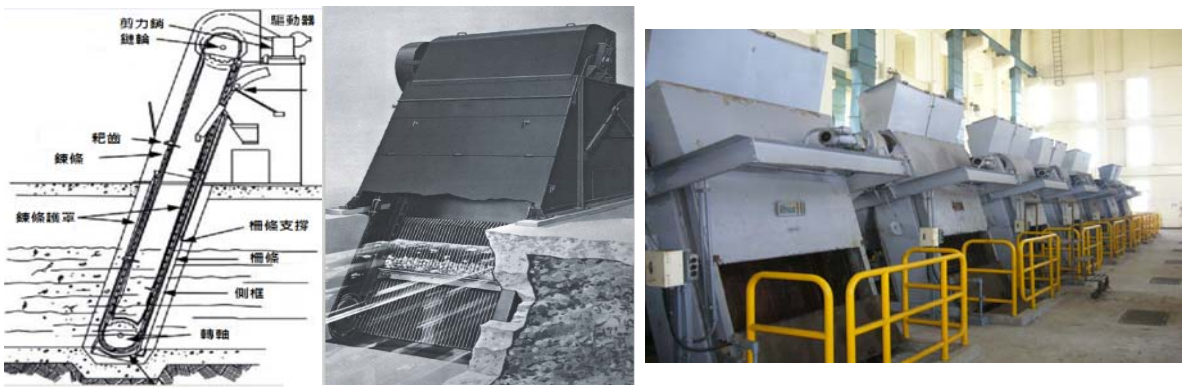
B. 機械清除式粗攔污柵

機械清除式攔污柵有多種產品，至少包括鏈條或鋼索帶動前方清除式或後方清除式、往復耙行式、懸鏈式和連續清除式攔污柵，分別說明如下：

(A).鏈條或鋼索帶動式攔污柵 (chain or cable-driven screen)

這種以鏈條或鋼索帶動耙齒，而在柵孔中移動的是最古老的機械清除式攔污柵(參考圖 3-2)，這種攔污柵有許多類型：前方清除/前方返回式、前方清除/後方返回式、和後方清除/後方返回式。前方清除/前方返回式攔污柵因能減少篩渣流失量，故最能有效的截留住其所攔除到篩渣，這種攔污柵普遍的用在一般都市污水。前方清除/後方返回式攔污柵用在高負荷的情況，後方返回式類型的缺點是沒有被清耙機所清理的碎物可能會流回污水中。前方清除式類型中，柵條應為梯型斷面，其所形成的漸闊開孔可以避免固體夾在柵條中。前方清除式攔污柵的缺點包括底部可能會被不尋常垃圾淤積而卡住，特別是其前方沒有粗攔污柵時更會如此。此外，鏈條或鋼索帶動耙齒的設計，包含沉水式鍊輪或其它機械構造，很容易受到砂礫及碎布所損壞，故驅動設備經常須要檢視及維護，而依據攔污柵的設計，渠道排水有時是必須的。

後方清除式攔污柵的耙齒及運轉設備有柵條作保護，可避免受到污水中碩大物體的破壞，後方清除的動作會將固體推離柵條，以避免固體在柵條間被擠迫而卡住，然而，其通過柵條的長耙齒較前方清除式攔污柵的耙齒容易彎斷。



a. 操作示意圖　　b. 透視圖　　c. 高雄中區污水處理廠照片

圖 3-2　鏈條帶動式攔污柵

(B).往復耙行式攔污柵 (reciprocating rake screen)

往復耙行式攔污柵可裝有後方清除/後方返回耙齒(參考圖 3-3)，或裝有能減少篩渣流失量的前方清除/前方返回耙齒。耙齒上下的往復運動，很像一個人在耙除人工式攔污柵，可減少垃圾卡住的機會，這種攔污柵由於它們在水面下沒有活動零件，故可不須放乾渠道的水，即可很容易的進行檢視及維護工作。

往復耙行式攔污柵的上部空間需求較其它種攔污柵來的大，上部空間需求量的估計，為柵條的垂直深度加上篩渣掉落在地版上的高度。設計時應特別注意上部空間的問題。

攔污柵的驅動裝置有許多種：鏈條和鋼索式、油壓式和螺旋式，有種設計帶有一種齒軌式(cogwheel and toothed rail-rack)驅動裝置，這種設計中，整組耙齒包括齒輪電動機都以台架安放在輪上，而沿著固定栓或齒軌上下移動。這種驅動裝置可設計成當在清理時耙齒可跨越阻礙。而在不太可能的情況，當耙齒完全卡住時，極限開關會將驅動電動機關掉。

往復耙行式攔污柵的缺點是僅有單一的耙齒，此會限制其處理大量負荷的能力，特別是在渠道很深而耙行一次需要很長的時間的情況。同時這種系統需要很高的上部空間，如站內上部空間不足，就無法採用這種攔污柵。

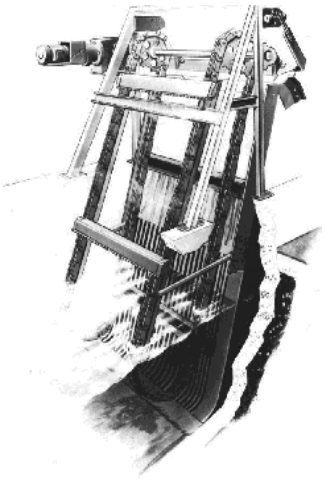


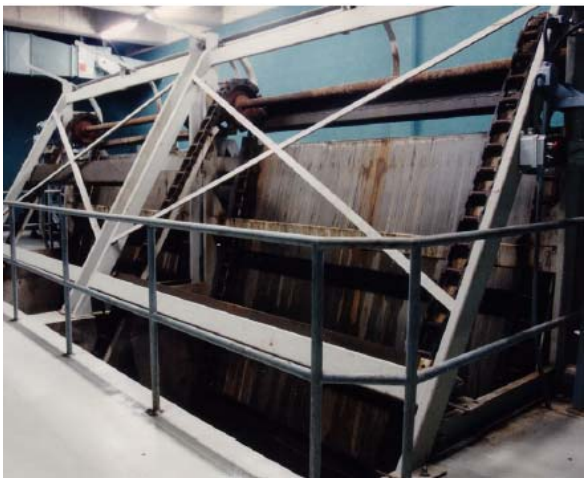
a. 操作示意圖　　b. 實際安裝照片

圖 3-3　往復耙行式攔污柵

(C).懸鏈式攔污柵(catenary screen)

懸鏈式攔污柵(參考圖 3-4)的構造包括重型齒耙以其鏈條的重量緊靠在柵條上，懸鏈的名字來自柵條前方的鏈條，其懸掛所自然形成的環形，以柵條為底部鏈條彎曲段可有效的移除攔截在柵條的固體物。就像往復耙行攔污柵，懸鏈式攔污柵所有的鏈輪、軸及軸承都位在水面上，可降低磨損及鏽蝕，並使維修容易。由於耙齒主要僅靠其鏈條的重量而緊貼在柵條上，大的破布或固體會牢牢貼在柵條上，而使得耙齒爬過其上而刮不乾淨。





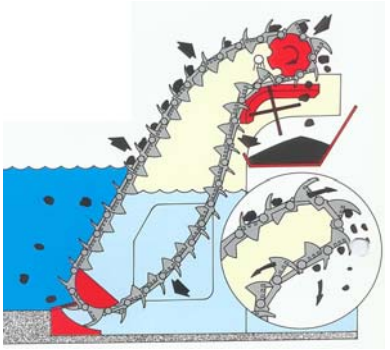
a. 操作示意圖　　b. 實際安裝照片

圖 3-4　懸鏈式攔污柵

(D).連續清除式攔污柵 (continuous self-cleaning screen)

連續清除式攔污柵(參考圖 3-5)包含塑膠或不鏽鋼組作所構成的連續環帶，該環帶拖經污水中，整條環帶都可做為攔污柵。柵條開孔設計有水平及垂直的限值，垂直開孔較水平開孔為大，柵條開口小至 1 ㎜，大至 80 ㎜。這種攔污柵採用小開孔，可從污水中攔除更多的固體。此外，這種攔污柵的連續柵除作用可有效的移除大量的固體。連續清除式攔污柵在渠道底部有下齒輪鏈輪或導軌來支撐柵條元件，在攔污柵底部的渠道中採用凹槽或凸階可防止砂礫及碎物在攔污攔柵前堆積。連續式攔污柵可設計為可抬出水面以便於維修。一些攔污柵系統包括有噴水條和刷子，可改善柵條元件的清理。連續式攔污柵因屬於前方清除/後方返回式設計，故有可能流失其篩渣。







a.　透視圖　　b. 操作示意圖　　c. 高雄中區污水處理廠照片

圖 3-5　連續清除式攔污柵

C. 粗攔污柵之設計考量

大部分的機械清除式粗攔污柵設施應設置兩台或更多台的粗攔污柵，以便一台可停機維修。攔污柵的上下游渠道中應設置滑動閘門，或在渠道牆壁內設置裝設止水擋板之凹槽，以便該段渠道可排水而維修攔污柵。如僅設一台機械清除式攔污柵，務必設置一條繞流渠道及一台人工清除式攔污柵供緊急時使用。當機械清除式粗攔污柵無法使用時，特別係在無人看管的期間內，該人工清除式攔污柵應可做為溢流設施使用。粗攔污柵之設計考量包括：(A) 設置位置，(B) 渠道及柵孔流速，(C)柵條間距，(D)通過攔污柵水頭損失，(E)安全及防護，及 (F) 電氣設備及控制系統。

(A).設置位置

攔污設備通常設置於污水處理設施之前，以去除污水中所含之漂浮粗大固體物，避免對廠內機械設備造成損害。在幾乎所有情況之下，攔污設備應設置於沉砂池之前，如果沉砂池位於攔污設備之前，破布及其它繩狀物質會損壞沉砂池的集砂設備，纏繞空氣管，並與砂礫一齊沉降。如將砂礫抽出，極可能進一步損壞或堵塞抽水機。設置於室內或地下室之攔污設備應與室內或地下室之其它設備或房間隔離，其出入口應分開設置，並分開設置獨立之新鮮空氣供應系統。

(B).渠道及柵孔流速

攔污柵上下游渠道之形狀應能使固體物暢流無阻，減少固體物沉積。為減少渠道淤積固體物，渠道的接近流速建議採用至少 0.4 m/s。

人工清除式攔污柵在流速太大時清除作業困難，故在計畫流量下，水流通過攔污柵之流速應在 0.45 m/sec 以下。為限制此流速所需增加的攔污柵面積可藉由擴大攔污柵處的渠道寬度，及藉由將攔污柵以較水平角度安置，以增加沉沒面積。

(C).柵條間距

設置於抽水機濕井上游端之攔污設備係以保護抽水機為主，由於污水抽水站大都設置在地面下很深的地方，攔污設備所截留的篩渣，量多時清除搬運不易，而因為污水用抽水機大都採用不堵塞型，故可考量參考允許通過抽水機葉輪的顆粒粒徑大小，來設定攔污柵的開孔距離，而讓不會有堵塞抽水機葉輪之虞的篩渣都可順暢的通過抽水機，待抽水機將較小的篩渣送至地面層後，再以柵條間距較小的細攔污柵作進一步攔除。

(D).通過攔污柵水頭損失

通過攔污柵之水頭損失係上游渠道的接近流速以及柵孔流速的函數，可以公式 3-1 計算之。

$$h_L = \frac{1}{C}\left(\frac{V^2 - v^2}{2g}\right) \quad \cdots\cdots (3\text{-}1)$$

式中

h_L = 水頭損失, m

C = 估算亂流及渦流損失之經驗係數，乾淨攔污柵採 0.7，堵塞攔污柵採 0.6

V = 柵孔流速, m/s

v = 上游渠道的接近流速, m/s

g = 重力加速度值, 9.18 m/s^2

上述公式計算所得之水頭損失僅適用於乾淨的柵條，水頭損失將隨著堵塞程度而增加，估算累積的水頭損失時可假設渠道中的柵條上部空間係堵塞的。

通過機械清除式攔污柵之水頭損失通常以操作上的控制方法限制在約 150 mm。

當篩渣累積時，會部分堵塞柵條，上游水頭會增加，淹沒新的柵條面積以便讓水流通過，故柵條之結構設計應足夠，以防止當柵條全部被堵塞時造成潰壞。柵條及其支撐材料強度通常以能承受前後水位差為 1 m 時作為設計依據。如水位異常高，以致超出攔污柵的情況，粗大物體會流入抽水機濕井，必要時應強制使抽水機暫停運轉。

(E).安全及防護

人工清除式攔污柵渠道應設防護欄杆及渠道格柵板，並提供足夠的條件以利拆卸，或有開孔以便將攔除物耙除。機械清除式攔污柵渠道應設防護欄杆及渠道格柵板，亦應考量可安排接近設備之臨時出入通道以便維護及修理。

機械清除式攔污柵應有可拆卸的外罩以保護人員不致誤觸轉動零件，並防止多層次安裝設備之滴水。在維護期間，應提供能鎖定每個機械設備以及使用臨時出入通道以便接近設備的措施。

地板及排水之設計應避免讓人滑倒。

所有工作及出入通道地區應提供合適的照明設備。

攔污柵室應裝設防爆之瓦斯偵測器。

(F).電氣設備及控制系統

採用計時器操作的機械清除式粗攔污柵應輔以量測上下游渠道內水位差做為攔污柵啟動或停止之控制方式。如攔污柵無法將高水位降低，警報應顯示出來。

攔污柵設施區可能會累積易燃氣體，電氣設備、燈具及控制應符合防爆危險場所 1 區(zone 1)：「爆炸性氣體環境在正常操作下可能存在之場所」防爆電氣構造代號 d：「耐壓防爆」之規定。

機械式攔污柵應設置機械式過載保護裝置，以便在操作中耙齒被大型固體物卡住時，可自動中斷操作。

(G) 依設備特性考量適當的沒水深度

(H)

1. 需有監測刮耙水平度功能，當刮耙歪斜可發出警告信號。
2. 刮耙上升速度需≦10 m／min(避免污物掉落)，污物撇除器或清理桿與刮耙接觸面，該零件材質需為可替換式非金屬刮板(避免震動、噪音及刮除不乾淨)，撇除器組件應為不銹鋼材質，其機構之設計須能自耙機上撥除污物，自動滑入卸槽，再滑入收集裝置。

D. 細攔污柵種類及設計考量

細攔污柵（fine screen）有廣泛的用途，通常用於與粗攔污柵併用之前處理、代替初級沉澱池之初級處理及合流制污水溢流設施之前處理。細攔污柵也用於去除初級沉澱池初流水的固體物，以避免對後續滴濾池造成堵塞問題。細攔污柵種類包括：靜態楔型網式、旋轉鼓式及階梯式，這些細攔污柵的柵條間距，通常用於生活污水處理廠者為 3.0mm 至 6.0mm，用於活性污泥膜濾法(MBR) 前處理者為 1.0mm 至 2.0mm，用於污水處理廠放流水者為 0.5mm。

通常細攔污柵係僅適用於通過攔污柵的水頭損失不成問題的處理廠。細攔污柵可能可以在設計容量為 11,000CMD 以下之污水處理廠代替初級沉澱池。典型 BOD

及 SS 去除率參考表 3-2。攔污介質係利用不銹鋼網或特殊楔型柵條，須注意要連續移除收集到的固體物，並佐以噴水以保持攔污介質乾淨。通過細攔污柵的水頭損失範圍約在 0.8 至 1.4 m。

表 3-2 代替初級沉澱池之細攔污柵的典型 BOD 及 SS 去除率

細攔污柵種類	柵條間距或開孔直徑 (mm)	去除率(%)	
		BOD	TSS
固定拋物線型	1.6	5-20	5-30
旋轉鼓式	0.25	25-50	25-45

A.細攔污柵種類

(A)靜態楔型網式細攔污柵(static wedge-wire screen)

靜態楔型網式細攔污柵(參考圖 3-6)通常具有 0.2 至 1.2 mm 淨柵條間距，細攔污柵單位面積設計流量約為 400 至 1,200 L/m^2.min，水頭損失範圍自 1.2 至 2 m。楔型網介質包括細小的不銹鋼楔型柵條，楔型的平坦端面向水流。安裝時需要相當大的地板面積，並且柵條每日需要以高壓熱水、蒸汽或去脂劑清洗一兩次以除去累積的油脂。靜態楔型網式細攔污柵通常適用於小規模廠或工業上的用途。



a. 操作情況照片　　b. 外觀照片　　c. 楔型柵條

圖 3-6　靜態楔型網式細攔污柵

(B)旋轉鼓式細攔污柵(drum screen)

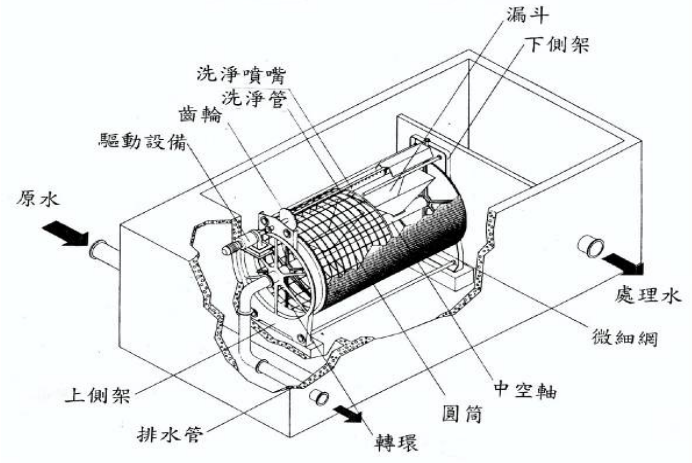
旋轉鼓式細攔污柵(參考圖 3-7)的柵條或過濾介質係安裝在於水流渠道中旋轉的圓柱上，污水可自旋轉鼓的開口端進入，通過旋轉鼓的濾布，朝著外部流出，收集到的固體物係在旋轉鼓裡面；或是自旋轉鼓的上面進入，通過旋轉鼓的濾布，朝著內部流出，收集到的固體物係在旋轉鼓外面。內部進水的細攔污柵每台可用的流量範圍在 0.03 至 0.8 m^3/s，而外部進水的細攔污柵每台可用的流量範圍小於 0.13 m^3/s。旋轉鼓式細攔污柵的尺寸直徑自 0.9 至 2 m，長度自 1.2 至 4 m。



a. 內部進水型外觀照片



b. 外部進水型外觀照片

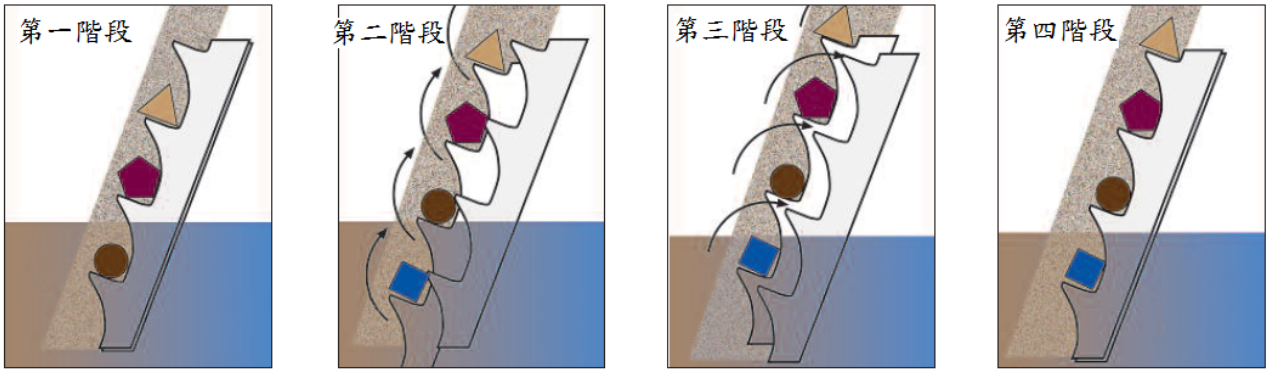


b. 操作示意圖

圖 3-7　旋轉鼓式細攔污柵

(C)階梯式細攔污柵(step screen)

階梯式細攔污柵(參考圖 3-8)的設計包含兩組階梯型垂直柵板，一組固定而一組可活動，固定及活動的柵板相互沿著渠道的寬向排列而共組單一的柵板面。活動柵板以垂直移動方式轉動，透過這移動，柵板面上攔除的固體物自動上升至下一固定階梯的平台，而逐漸輸送到柵板頂端，最後排至收集貯斗中。活動柵板的旋轉動作對每一步提供自清作用。階梯式細攔污柵柵板的開孔距離範圍通常在 3 至 6 mm，然而，更小的 1 mm 間距也有。攔除在柵板上的固體物也形成”濾墊”，可促進固體物去除效果。除了作為污水的攔污外，階梯式細攔污柵也可用於從化糞池、初級沉澱池污泥或消化污泥中去除固體物。



a. 階梯式細攔污柵柵板提升固體物示意圖



b. 階梯式細攔污柵裝設照片



c. 裝設在渠道內之階梯式柵板

圖 3-8 階梯式細攔污柵

B.細攔污柵設計考量

(A)機械清除式粗攔污柵應設在各種型式的細攔污柵之前。新設計的內部進水旋轉式攔污柵使用械型網代替編織柵條，結構上較為牢靠，這種設計可處理通過污水抽水機的粗大固體，所以抽水機上游端的保護措施可能並不需要。

(B)至少須設兩台細攔污柵，每台須具有處理尖峰流量的能力。細攔污柵附近應設置沖洗水，以便能定期除去攔污柵上累積的油脂。寒冷氣溫時，熱水或水蒸汽對於去除油脂更有效。

(C)操作水頭損失決定於污水中固體物的大小及數量、孔隙大小及清理方法及頻率。

(D)依設備特性考量適當的沒水深度。

(3).微細篩及設計考量

A.微細篩(microscreen)

微細篩(參考圖 3-9)包括使用變速的低轉速(直至 4 r/min)、連續反沖洗、旋轉鼓式篩柵，以重力流情況運轉。具有 10 至 35 μm 開孔的過濾編織物係安置在旋轉鼓的周邊，污水自旋轉鼓的開口端進入，通過旋轉鼓的濾布，朝向外圍流出。收集到的固體物以高壓噴水反沖至位於旋轉鼓最高處的凹槽中。微細篩主要用途係自二級沉澱池放流水及自穩定池放流水中去除懸浮固體。

微細篩通常可去除懸浮固體的範圍為 10 至 80%，平均為 55%。微細篩面臨的困難點包括固體去除不完全以及無法處理固體物數量的變動。降低旋轉鼓的轉

速以及減少濾布的反沖洗可提高去除效率，但會使處理能力降低。

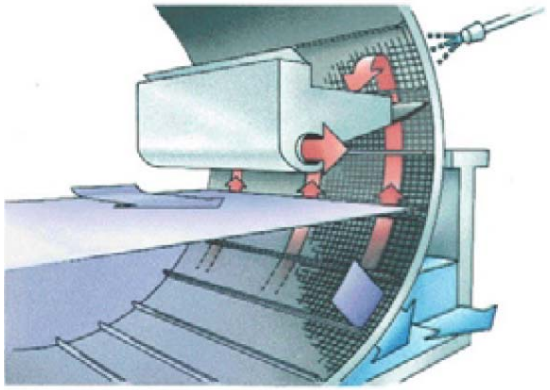


圖 3-9　微細篩操作示意圖

B.微細篩功能設計

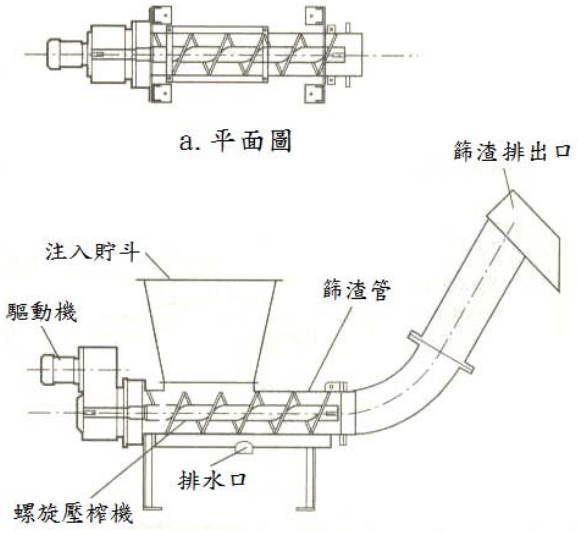
微細篩功能設計包括：(A) 懸浮固體物的特性如濃度及絮凝程度；(B)選定設計因素，不僅確保符合最大水力負荷及極端固體物特性的足夠能力，且適合預期水力及固體物負荷範圍的操作性能要求；(C)提供反沖洗及清理設備以維持微細篩的能力。微細篩典型設計資料參考表 3-3。由於微細篩不同的性能，建議須做模廠試驗，尤其係準備用於去除穩定塘放流水的固體物，該放流水可能含有大量的藻類。

表 3-3　用於濾過二級沉澱池放流水之微細篩典型設計資料

項目	典型設計值	備註
柵條間距	20-35μm	不銹鋼或聚酯濾布柵條間距為 15-60μm
水力負荷	3-6$m^3/m^2 \cdot min$	依據旋轉鼓浸水表面積
水頭損失	75-150mm	水頭損失超過 200mm 時應設置繞流設施
旋轉鼓浸水程度	高度的 70-75%	各種微細篩設計不同
旋轉鼓直徑	2.5-5m	最常用尺寸為 3 m
旋轉鼓轉速	4.5m/min 在 75mm 的水頭損失	最大轉速限於 45 m/min
反沖洗需求	出流水之 2% 壓力為 350kPa	

2.篩渣處理及處置方式

機械攔污柵設施中，篩渣可由攔污柵直接排送到破碎機、氣壓噴射抽水機(pneumatic ejector)、或篩渣子車以便續做處置；或卸載到輸送機上以便傳送到篩渣壓榨機或收集貯斗。輸送機及氣壓噴射抽水機通常係機械式傳送篩渣的主要方式。輸送機具有操作簡單、維護容易、不會阻塞及價格低廉之好處。輸送機會釋出臭氣，可能需加覆蓋物。氣壓噴射抽水機較無臭味，對空間之需求通常亦較少；然而如果篩渣中存有大件物體，則較會阻塞。篩渣壓榨機可用於篩渣之脫水及減少體積，參考圖 3-10，實際設計圖請參考圖 3-11a。篩渣壓榨機包括液壓油缸及螺旋壓榨機，從攔污柵直接收受篩渣，並可輸送壓榨後的篩渣至貯斗中。壓榨機能減少篩渣之含水率達到 50%，及減少體積達到 75%。如同氣壓噴射抽水機，大件物體會導致卡住，但自動控制能偵測到故障，自動反轉設備，啟動警報器及關閉設備。





c. 篩渣壓榨機實務操作照片

圖 3-10　篩渣壓榨機典型設備

篩渣處置方法包括(1)送至掩埋場，包括與都市垃圾合併處置；(2)埋在廠址上(僅適用於小規模污水處理廠)；(3)單獨焚化或與污泥及砂礫合併焚化(僅適用於中大規模污水處理廠)；及(4)排放至磨碎機或切碎機(參考 3-3-02 解說)，破碎後流回污水中。上述方法中以第一種處置方法最為普遍使用。有時，篩渣需要以石灰穩定，以便在掩埋處置前控制病原菌。

3.攔污柵設備之附屬設施

攔污柵之設置，以能達到去除污水中之粗大固體物為目的，其設計應充分考慮操作管理方便性及環境衛生。篩渣貯斗及攔污柵中間應設置保養檢查用通道。未加蓋之水池渠道開孔，以及挑高之操作平台並須設置扶手或欄杆。篩渣輸送機之空間，依輸送機之種類、機械高度以及餘裕寬度決定之，並需有清洗考量。輸送機及貯斗間應有配合連絡之空間。

設置於地面下的攔污設備，其存放篩渣之子車底部應有瀝乾裝置，子車應設有走輪，有軌或無軌，並設吊耳以利吊車垂直搬運至地面上。

設置於地面上的攔污設備，其存放篩渣之貯斗應設於搬運車輛可停靠處之上面。貯斗下部應有搬運車搬運空間及高度，同時應有地面清洗及排水考量。

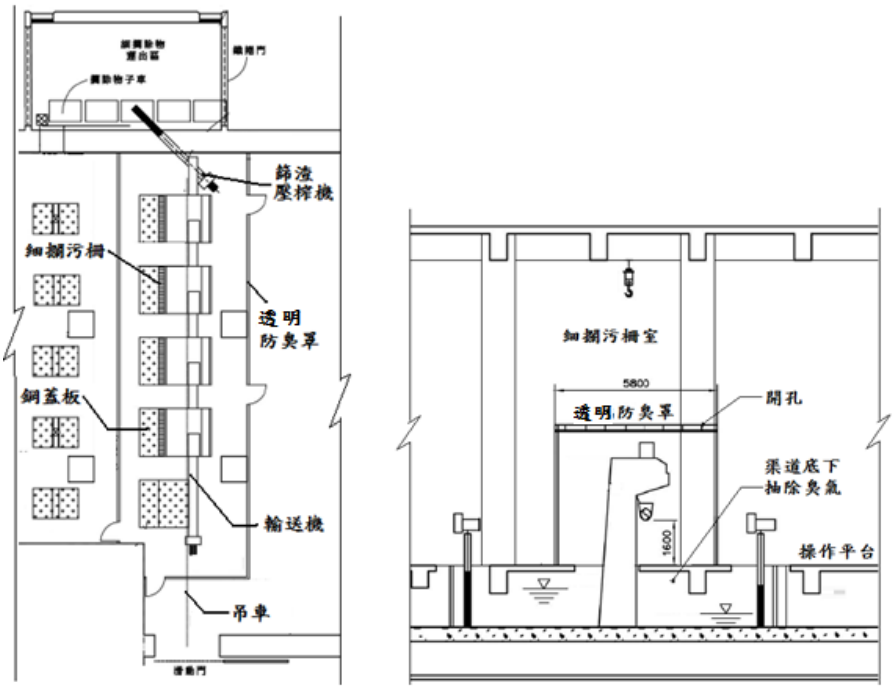
篩渣搬運室之平面配置應依搬運車之作業而定。搬出口之配置應考慮風向、臭氣及其他相關因素，另搬運室地板因需常清洗，故應有水源和適當地面坡度及集水溝。

機械式攔污柵清除篩渣時，通常須配合刮渣的動作，同步自動對於柵條上的篩渣噴灑回收水，以沖散及溶解篩渣中之有機物，將之沖回污水渠道中，以便此有機物可在下游端生物處理程序中繼續處理。此方式可減少篩渣中久置會發臭的有機物含量。

攔污柵室的污水、篩渣及貯斗等會產生臭氣，考量周遭環境及作業環境，必要時應設置除臭設備。基於經濟考量，攔污柵及輸送機可在外圍（包括操作空間）設置透明防臭罩，或直接採用包覆式的攔污柵及輸送機，以便採局部方式排氣及脫臭，參考圖 3-11。

攔污柵設於室內者，為確保良好的作業環境及防止腐蝕性氣體對機械腐蝕及劣化，應於室內設置通風換氣設備。封閉的攔污設施區或超過 1.2 m 深之開放坑洞，應強

制供應新鮮空氣。風管不能設置阻風門，並避免使用濾網或其他障礙物以防止風管堵塞。送氣及排氣風扇應採不產生火花之材質。操作通風設備之開關應予以標示並設在方便搆到的地方，所有間歇式操作的通風設備應與各自房間的照明系統互相連接。換氣方式應參考表 3-4 所示之第一種機械換氣方式，以局部方式排氣之攔污柵一般須考量脫臭處理。有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)請參見§ 2-7-01 之解說。室內之換氣量參考表 3-5，該表僅作為初步的參考，設計時應參照各種文獻，並依照攔污柵室的實際情況作審慎的考量。



平面圖　　立面圖

a. 攔污柵外圍設置透明防臭罩設計圖



玻璃防臭罩內部　　玻璃防臭罩外觀

b. 攔污柵外圍設置透明防臭罩照片（台北市內湖污水處理廠例）



c. 包覆式攔污柵及輸送機照片（新竹市客雅水資源回收中心例）

圖 3-11　攔污柵除臭設備

表 3-4　換氣方式

方式		內容
機械換氣	第一種	利用送風機將外氣送入室內，利用排風機將室內污濁空氣排出的方式
	第二種	室內適當位置設置排氣口，利用送風機將外氣送入室內而將室內污濁空氣從排氣口壓出的方式
	第三種	室內適當位置設置進氣口，利用排風機將將室內空氣排出屋外，使外氣從進氣口自然流入室內的方式
自然換氣		室內適當位置設置進氣口，室內的空氣從排氣管排出，外氣從進氣口自然流入室內

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

表 3-5　攔污柵單元設施之換氣量

覆蓋型式	場所	換氣量	備註
雙重覆蓋（渠道覆蓋＋透明防臭罩）	防臭罩內作業空間	3~5 回/小時	
	渠道覆蓋內	開口部水面積x10m^3/（m^2・小時）　※	沒有防臭罩時也一樣
	輸送機	輸送機防臭罩之容量× 7 回/小時　※	
	貯斗	有效容量x3.5 回/小時　※	
室內	作業空間	5~10 回/小時	渠道沒有加蓋情況

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

※註：局部排氣一般須考量脫臭處理

3-3-02 破碎機

破碎機設施之設計考量如下：

1. 理論上採用破碎機可以省掉篩渣處置及排除之工作，然而，破碎機應用的適宜性仍有很分歧的見解。
2. 破碎機的種類包括粉碎機、切碎機及磨碎機。
3. 破碎機裝設於沉砂池下游端可延長該設備的壽命，並可減少切削面的磨損。破碎機應有繞流設施，並應考量有足夠的水頭損失。

【解說】

1. 破碎機可做為攔污柵及細篩機的替代方法，在攔污柵渠道中攔截大型固體物，並予以磨碎或切碎。高速磨碎機係與機械式攔污柵合併使用，可將污水中攔除的篩渣磨碎或切碎成較小、較均勻的尺寸，再流回渠道中，以便在下游的處理操作及程序中接著再予移除。破碎機目的係用來減少攔污柵產生的篩渣時常帶來的臭味、蒼蠅及難看，理論上破碎機可以省掉篩渣處置及排除之骯髒及令人厭惡的工作。破碎機特別適用於抽水站，可保護抽水機避免受到破布及大型物體所阻塞，並刪減篩渣處置及排除之需求。

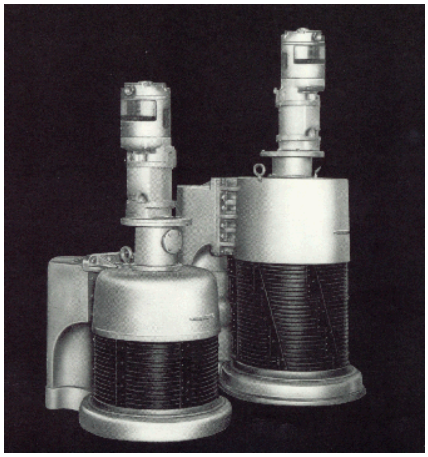
   然而，對於污水處理廠使用設備來磨碎或切碎篩渣的適宜性有很分歧的見解。一派認為一旦大型固體物自污水中移除，就不應再流回去，不管它們的形式是否有改變。另一派認為一旦被切碎，固體物更容易在下游程序中予以處置。切碎的固體物時常在下游帶來麻煩，特別是破布及塑膠袋，因為容易形成繩索或圓球，對處理設備有許多不良的影響，例如阻塞機械式曝氣機、攪拌機、抽水機葉輪、污泥管線及熱交換器，及淤積在空氣擴散器和沉澱池設備上。塑膠和其他不能生物分解的物質可能也會負面影響打算回收再利用的生物污泥的品質。

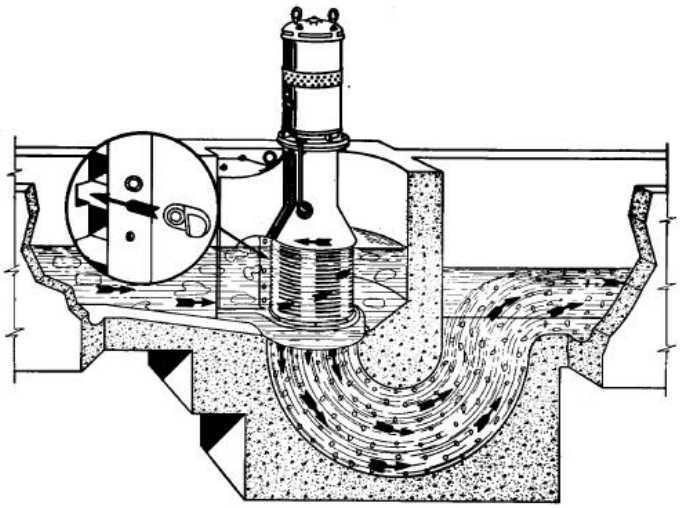
   當下游設備即使被繩狀固體物所淤積亦不致造成重大問題時，破碎機可以取代攔污柵以保護設備。其他的應用時機多係在許多整建的情況，案例包括預留作為未來擴充之攔污柵渠道，或在一座非常深的進流抽水站，在該處移除篩渣可能非常困難或費用非常高。破碎機也有替代方式，例如在抽水站使用切削式抽水機（參考 3-4-01 解說 1），或在污泥抽水機前裝設磨碎機。

2. 破碎機的種類包括粉碎機、切碎機及磨碎機，分別介紹如下：

   (1) 粉碎機(commiuntor)

   粉碎機係裝設在污水渠道中以柵除及切削固體物至 6 至 20 mm 之尺寸，而不將切削的固體物自水流中移除出來。許多污水量小於 20,000 CMD 之中小型污水處理廠持續使用粉碎機。典型的粉碎機使用一個固定的水平柵條將水流攔截及一個含有切齒的旋轉或擺動臂與柵條嚙合，參考圖 3-12。切齒及柵條可將大型固體物切削(shred)，小型的切削顆粒會通過柵條而流到下游渠道。粉碎機可能產生一些串狀物質，例如破布，會纏繞在下游的處理設備。在美國及其他地方，由於粉碎機的操作問題及高維護需求，新設計通常予以避免，而許多既有設備也正拆除中，較新設施通常使用攔污柵或如下所述的切碎機。





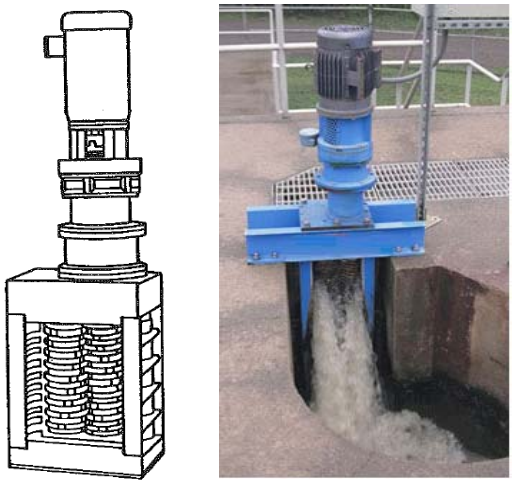
a. 粉碎機實物相片例　　b. 粉碎機操作示意圖

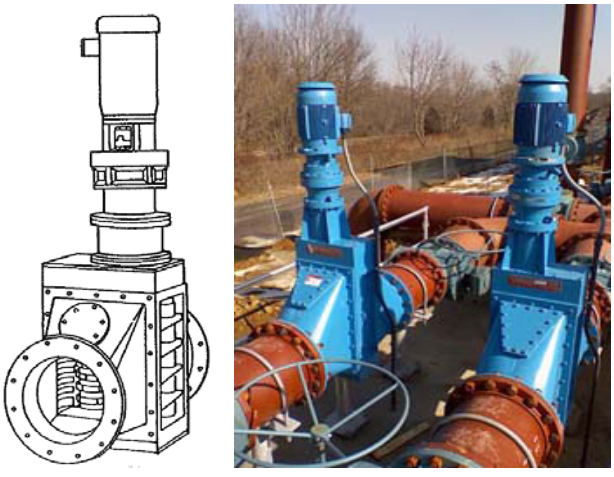
圖 3-12　粉碎機實物相片例及安裝示意

(2) 切碎機 (macerator)

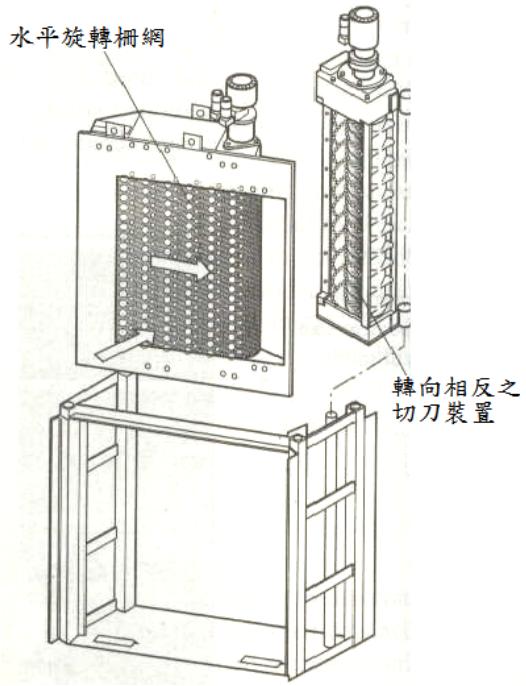
切碎機為低速的磨碎機(slow-speed grinder)，係垂直安裝在渠道上(參考圖 3-13a)。切碎機通常包括兩組轉向相反、相互嚙合的切齒裝置，可捕捉通過切碎機的物體並有效的切碎至 6 至 9 mm 之相同尺寸。切齒係堆疊在兩支不銹鋼驅動軸上並有中間夾層，轉軸以不同速度反向旋轉以產生切齒的自淨作用。由於此種設計，切碎機可切碎，而不只切割，污水中的固體。這種切碎(chop)作用雖可減少破布或塑膠形成繩索而纏繞在下游處理設備的潛在性，但仍無法根除。切碎機可用於中小型污水處理廠的渠道上，亦能用在管線上(參考圖 3-13b)以切碎固體物，尤其係安裝在污水及污泥抽水機之前，管線的管徑通常在 100 至 400 mm。與攔污柵比較，切碎機侷限的開口面積會產生較大的水頭損失，必須在水力設計上納入計算。

另一種用在渠道上的切碎機具有水平轉動的銜接柵網，可使污水通過柵網而將篩渣傳送到位在柵網一側的切碎機(參考圖 3-13c)。這種設備用在大型渠道的標準尺寸，寬度範圍自 750 至 1,800 mm，深度範圍自 750 至 2,500 mm，其水頭損失小於圖 3-13a 之切碎機。





a. 渠道型切碎機示意圖及實物照片　　b.管線型切碎機示意圖及實物照片

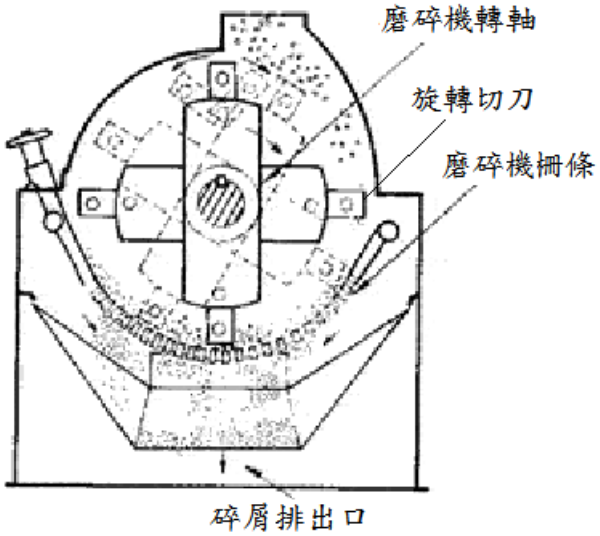


c. 銜接柵網的切碎機示意圖

圖 3-13　典型切碎機例

(3) 磨碎機(grinder)

高速磨碎機(high-speed grinder)又稱為粉碎機(hammermills)，係從攔污柵接受篩渣，磨碎機之高速旋轉裝置可將通過的篩渣磨碎，切刀強制將篩渣通過圍繞在旋轉裝置的固定格網上，參考圖 3-14。通常使用污水將磨碎機保持潔淨，以及協助將固體物流回污水中。磨碎機的出水可位在攔污柵的上游端或下游端。



a. 示意圖



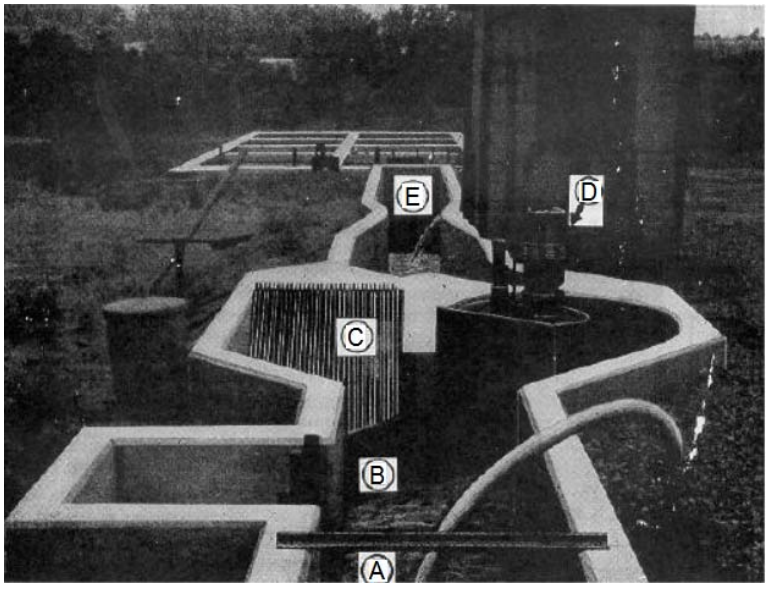
b. 磨碎機實物照片

圖 3-14　典型磨碎機

3. 破碎機應裝設於沉砂池下游端以延長其壽命，並可減少切削面的磨損。其上游端亦應有粗攔污柵保護。破碎機應有裝設人工攔污柵的繞流設

施，萬一流量超過破碎機的容量或當發生停電或機械故障時應能自動切換到繞流設施使用；或在上游渠道設置溢流堰，以利污水不致四處溢流，參考圖 3-15。為方便維護亦應裝設止水閘門及渠道排水設施。通過破碎機的水頭損失通常在 0.1 至 0.3 m，大型機組在最大流量時的水頭損失能達到 0.9 m。

當破碎機係裝設於沉砂池上游端時，切刀會遭受高磨損，而需要經常磨銳或更換。切刀置於柵網前端的破碎機設備應在上游端的渠道上設置 150mm 深之陷石坑，以收集可能卡住切刀的物質。



(A)來自收集系統之污水，(B)溢流堰，(C)攔污柵，(D)破碎機電動機，(E)巴歇爾量水槽

圖 3-15　破碎機及攔污柵配置例

第 4 節　抽水站與抽水機

污水下水道管線埋設至污水處理廠時通常深度已達數公尺，必須將污水抽至地面以便進行處理，此外，並須有足夠水頭排水。為了將水提升到必要的水位，故須在處理廠的適當地點設置抽水站抽水。本節說明抽水機種類、抽水機抽水量與台數及容量之關係、抽水站濕井及乾井配置、抽水系統設計及其選擇、抽水機進出水管線及附屬及輔助設備、變速抽水機、抽水機之穴蝕現象及水錘作用、抽水機之自動運轉及保護設備、電動機、電力設備、抽水機室與配電室及主控室等之設計考量等。

3-4-01 抽水機種類　　**（原則 19）**

1. 進流污水抽水站常用之抽水機為動能式之離心式及渦輪式抽水機，及正位移式之螺旋抽水機。
2. 污水處理廠使用之其他抽水機包括污泥抽水機、給水抽水機，加藥抽水機。

【解說】

1. 抽水機種類的分類有許多方式，圖 3-16 係參考美國水力協會(Hydraulic Institute , HI)之”Hydraulic Institute Standards for Centrifugal, Rotary & Reciprocating Pumps” 14 版完整分類的摘要版，以機械形狀將用於公共工程的水、污水及污泥抽水機分為動能式(Kinetic pump)及正位移式(Positive displacement pump)兩類。

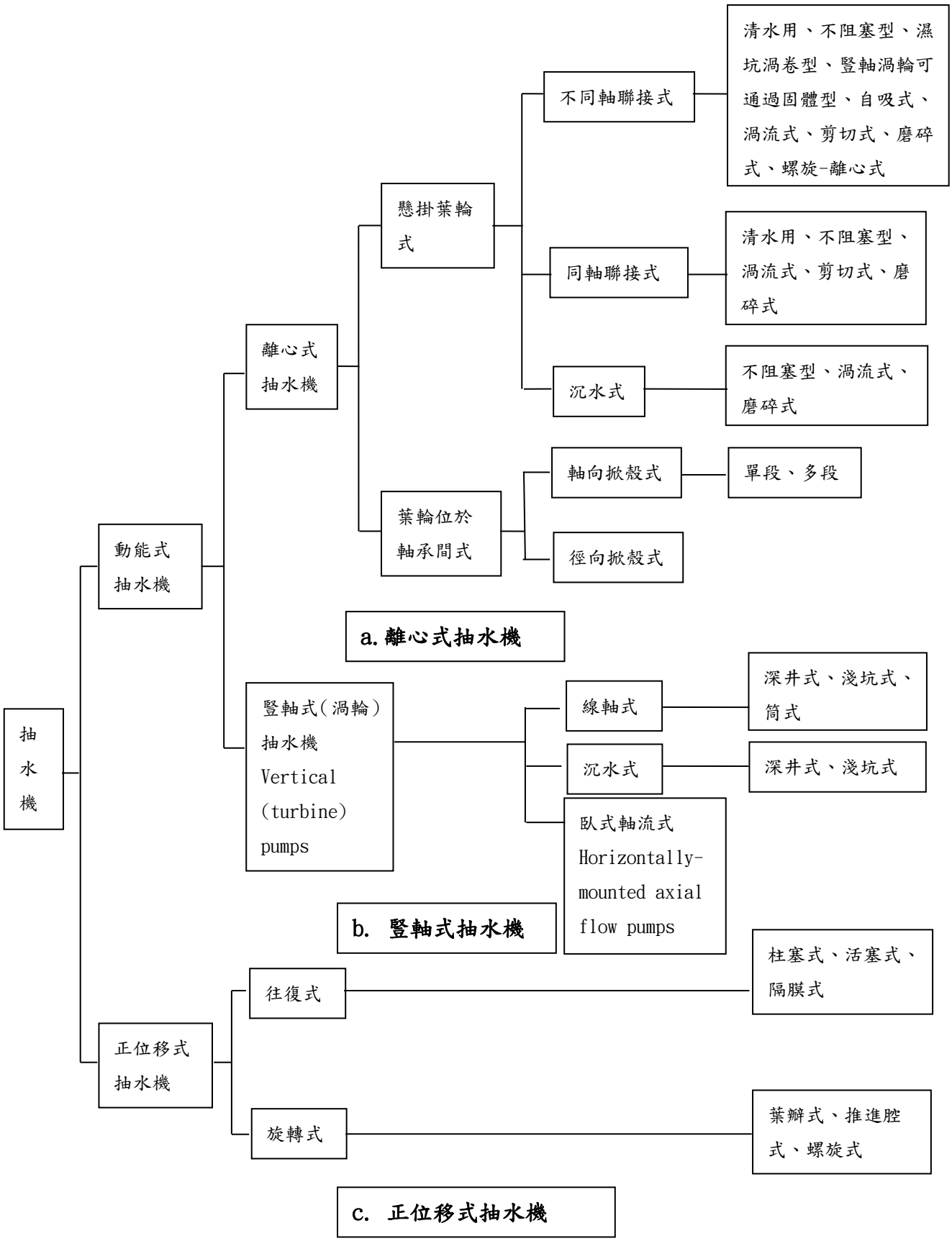


圖 3-16 抽水機分類
(參考美國水力協會 Hydraulic Institute , HI, 對水、污水及污泥抽水機的分類方式)

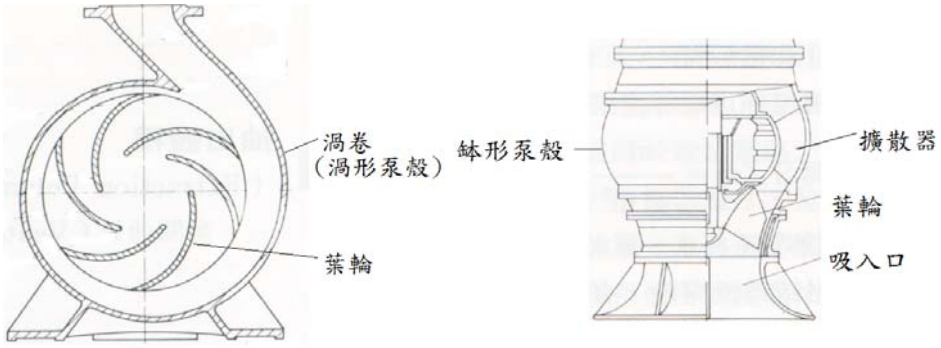
(1) 動能式抽水機之分類

動能式抽水機的葉輪轉動時，賦予流體速度能及壓力能，再將速度能(即動能)轉換為更多之壓力能。動能式抽水機可依照抽水機不同部位設計上的差異而作歸類如下：

A. 依照機殼形狀之不同而分為兩類，參考圖 3-17：

(A) 離心式抽水機(Centrifugal pump)：具有一渦卷（Volute，即渦形機殼)，機殼內有轉動的葉輪，以便將動能轉換為壓力能。

(B) 渦輪式抽水機(Turbine pump)：具有一管形或缽形(bowl) 抽水機殼，內含葉輪及軸向擴散器(或稱固定導翼)，以便將動能轉換為壓力能。



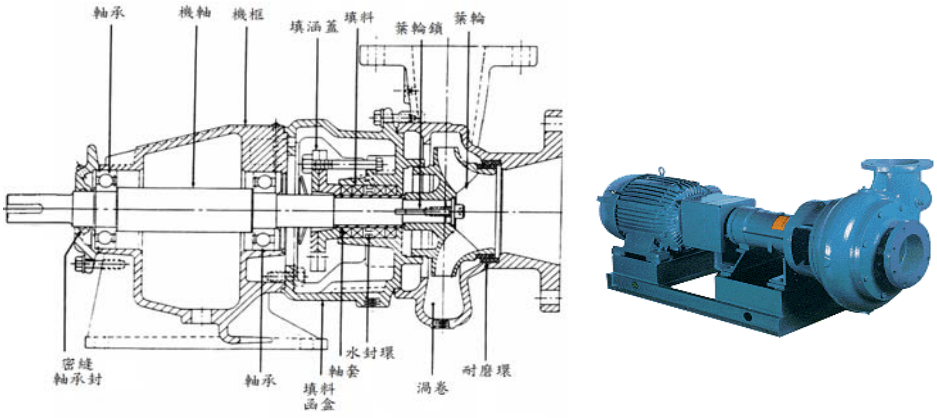
a. 離心式抽水機　　b. 渦輪式抽水機

圖 3-17 抽水機依照機殼形狀的不同而分類

B. 依照葉輪位置之不同而分為兩類，參考圖 3-18：

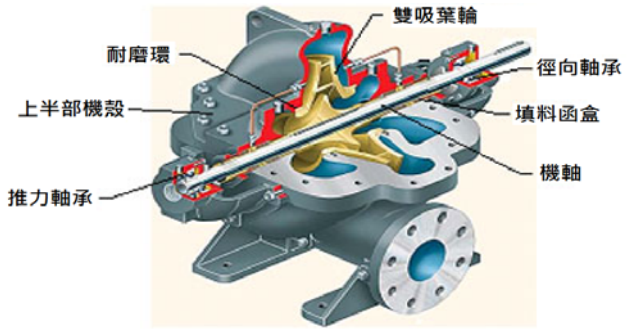
(A) 懸掛葉輪式抽水機(overhung impeller)：葉輪係懸掛在機軸的末端，而所有的軸承都位於葉輪的同一側。

(B) 葉輪位於軸承間式的抽水機(impeller between bearings)：軸承係位於葉輪之兩端。又可分為軸向掀殼式及徑向掀殼式兩種，因軸向掀殼式（又稱為橫軸掀殼式）及徑向掀殼式皆係採封閉型雙吸葉輪，不適用於會阻塞葉輪的污水。



a-1 構造圖　　a-2 實物照片

a. 懸掛葉輪式抽水機





b-1 構造圖　　b-2 實物照片

b. 葉輪位於軸承間式的抽水機

圖 3-18　抽水機依照葉輪的位置而分類

C. 依照電動機機軸與葉輪機軸的不同聯接方式而分為三類，參考圖 3-19：

(A) 不同軸聯接(Separately coupled)：電動機機軸與葉輪機軸以聯結器聯接。

(B) 同軸聯接(Close-coupled)：葉輪機軸係電動機機軸之延長。

(C) 沉水式(submersible)：電動機係沉沒於水中。







a. 同軸聯接　　b. 不同軸聯接　　c. 沉水式

圖 3-19　抽水機依照電動機機軸與葉輪機軸的不同聯接方式而分類

D. 依照水流通過葉輪的不同路徑而分為三類，參考圖 3-20：

(A) 徑流式(radial flow)：水流進入抽水機後以徑向（垂直於轉軸）方式自抽水機殼排出。

(B) 混流（斜流）式(mixed flow)：水流進入抽水機後以軸向兼具徑向的混合方式自抽水機殼排出。

(C) 軸流（螺旋槳流）式(axial flow, propeller)：水流進入抽水機後以軸向（平行於轉軸）方式自抽水機殼排出。

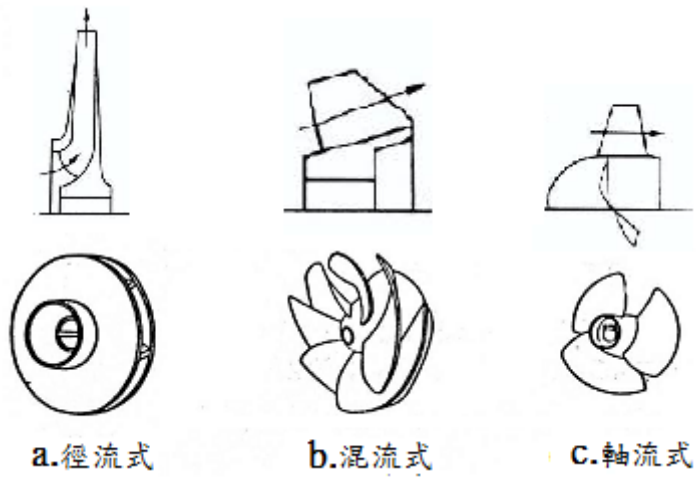


圖 3-20　抽水機依照水流通過葉輪的三種不同路徑之分類

E. 依照葉輪有無側板之分類，參考圖 3-21：

(A) 封閉葉輪型(open impeller)：葉輪之葉片(blade)上游端具有前側板(shroud)，下游端具有後側板。

(B) 開放葉輪型(closed impeller)：葉輪之葉片上游端沒有前側板，下游端沒有或僅有小面積的後側板。

(C) 半開放葉輪型(semi-open impeller)：葉輪之葉片上游端沒有前側板，下游端具有大面積之後側板。

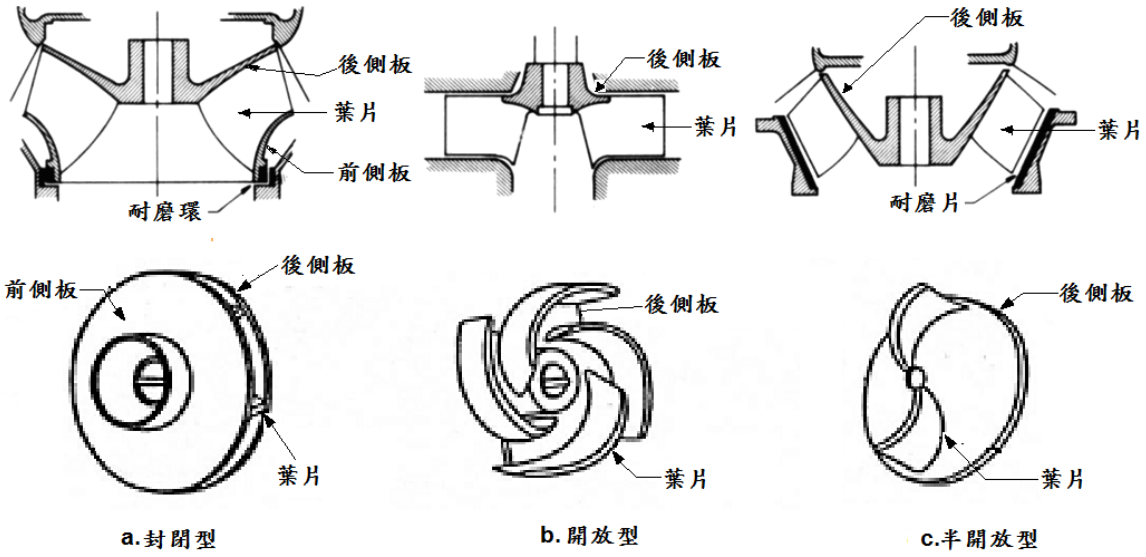


圖 3-21　抽水機依照葉輪有無側板之分類

F. 依照葉輪吸水口數量之分類，參考圖 3-22：

(A) 雙吸式(double suction)：葉輪之吸水口有兩處。

(B) 單吸式(single suction)：葉輪之吸水口僅有一處。



圖 3-22 抽水機依照葉輪吸水口數量之分類

G. 依照機軸方向之分類，參考圖 3-23：

(A) 橫軸式(vertical)：機軸方向為橫式，又稱為臥式。

(B) 豎軸式(horizontal)：機軸方向為豎式，又稱為立式。

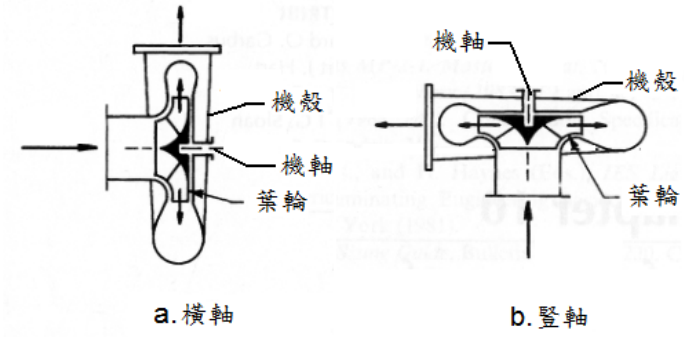


圖 3-23 抽水機依照機軸方向之分類

表 3-6 為動能式抽水機依照各不同部位歸類之分類表，用於污水用途之動能式抽水機除可歸類於這些分類外，尚有因其不同的葉輪或機殼設計，而有專用的名稱，分別介紹於下節。

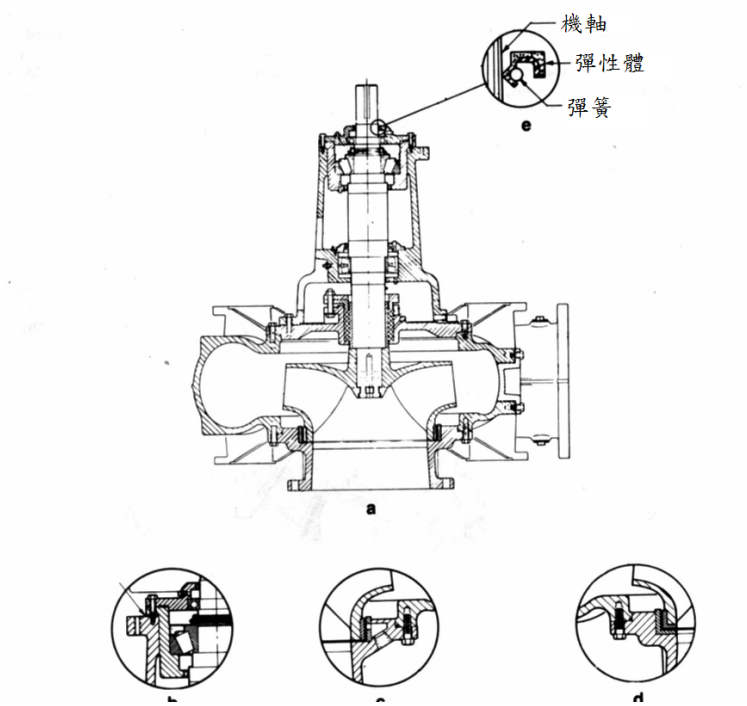
表 3-6 動能式抽水機分類表

項目	1.機殼形狀之不同	2.葉輪位置之不同	3.機軸聯接方式	4.水流通過葉輪之不同路徑	5.葉輪有無側板	6.葉輪吸水口數量	7.機軸方向
分類	離心式	懸掛葉輪式	不同軸聯接	徑流式	封閉型	雙吸式	橫軸
	渦輪式	葉輪位於軸承間式	同軸聯接	混流式	開放型	單吸式	豎軸
			沉水式	軸流式	半開放型		

(2) 常用於污水之動能式抽水機

A. 不同軸聯接、不堵塞型抽水機(separately-coupled non-clog pump)

不堵塞型抽水機（參考圖 3-24）用來抽水機送含長條狀物體的液體，不會造成抽水機堵塞，也不須做經常性維護及清潔。外觀上，此種抽水機相似於清水抽水機，其內部構造之特色如下：



泵浦；(b)葉輪軸向調整；(c)耐磨環外部沖洗；(d)L 型耐磨環；(e)唇狀封

圖 3-24　不同軸聯接式-不堵塞泵浦之耐磨環及耐磨片

(A)葉輪：良好的不堵塞型葉輪具有水力機翼斷面的輪葉，以及避免卡住繩索狀物體的鈍邊、無銳緣的入口輪葉端。小型抽水機只有一至二片葉，大型抽水機則有二至三片葉。葉片數減少可增加通道的尺寸及容許較大固體通過。抽水機之固體通過能力常定義為可通過抽水機之球狀固體的尺寸，一般來說，小型抽水機應可通過直徑 75 ㎜的球狀固體，而中大型抽水機應可通過 100mm 直徑。固體被堵塞可能出現在抽水機殼以及葉輪，所以規範上應清楚表示通過抽水機的最小球狀固體直徑，而不單僅是通過葉輪。

(B)耐磨環：此種抽水機有軸向、徑向或特殊設計的耐磨環，由於污水中含砂，故耐磨環的壽命應特別注意。大型抽水機的耐磨環為延長壽命常有特別的設計，如可沖洗式、L 型及特殊(陶瓷)塗裝的抗磨損材質的耐磨環。在軸向耐磨環的調整設計上，推力軸承殼上有頂高螺絲，可使軸承殼軸向移動，而薄墊片可插入抽水機殼及軸承殼法蘭間，此將可移動轉軸而調整耐磨環的間隙。

(C)清潔口：抽水機外殼及吸入端通常設有清潔孔蓋，以便能檢視葉輪，及能容易的拿掉卡住抽水機的垃圾。渦卷上的清潔口可作為檢視渦卷(volute)的最狹小端，而吸入端的清潔口可作為檢視葉輪的入口，兩者都是最容易堵塞之處。清潔口蓋不得妨礙水流，而必須與水流通道的表面平順。

(D)軸封：不堵塞型抽水機的襯墊應設有水封環，以便可注入清水而防止砂子侵入以及軸磨損。當沒有清水時，可以使用油脂注入。單一或雙重機械軸封也常用在不堵塞型抽水機，雙重機械軸封通常為石墨及陶瓷材質，須有清水的注入軸封腔中以防止含磨損物質污染軸封面。當採用單一機械軸封時，特別要注意軸封面的抗磨耐性，須選擇高品質及高硬度的材質，通常使用陶瓷或碳化鎢材質。軸封須置於殼內，以確保軸封面有足夠的潤滑及冷卻。

B. 同軸聯接、不堵塞型抽水機(close-coupled, non-clog pump)

同軸聯接污水抽水機(參考圖 3-25)的設計著重低成本及體型精巧，其馬達軸支撐著葉輪，其葉輪及渦卷的設計在水力組件上類似不同軸聯接型，一般而言，它們具有相同的設計、性能特徵，並有相同的選用配件。

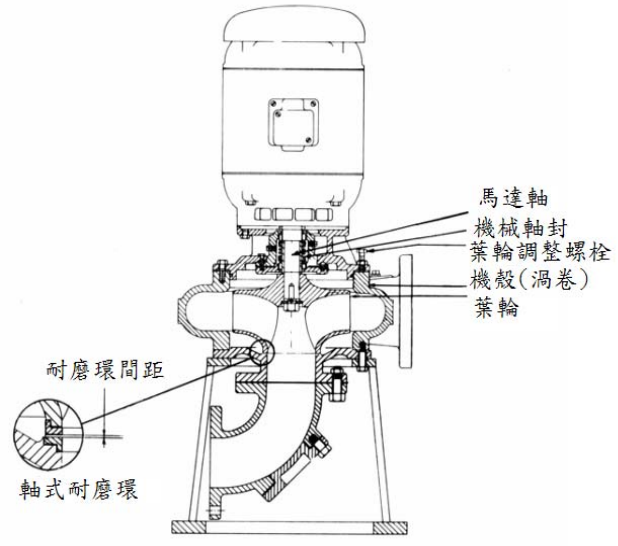


圖 3-25 同軸聯接、不堵塞型抽水機

一些業主認為這種抽水機較簡陋，故不願使用。部份此種抽水機雖然購置低成本，但其各部零件的壽命較短，維修時間及費用較高。因此，須視抽水機在實際運轉條件下軸承的壽命，並比較預期工作所須的壽命，如運轉 24 小時工作或 8 小時，及檢視在軸封及耐磨環上軸的應力和軸的變位，以確認磨損速度不致太快。而襯墊箱的設計應為不須拆解馬達、渦卷、或出水管，即可取出襯墊。在上述條件須可符合下，其維護費用和維修時間才能與不同軸聯接抽水機競爭。

C. 沉水式不堵塞抽水機(submersible, non-clog pump)

沉水、不堵塞式抽水機(參考圖 3-26)為同軸聯接式抽水機，驅動馬達為沉水式，適用於安裝在濕井中。馬達機殼內須予密封以防液體的滲入。馬達通常設有兩組軸承，而其中間則灌滿機油，為因應機油的熱膨脹，機油腔中須裝設空氣墊或密封的氣囊等限壓裝置。

馬達的外殼須灌入空氣或機油，灌入機油之馬達較不怕抽水機送液體的滲入，但馬達運轉時，機油會增加磨擦力和降低效率，故較不適合用於大型抽水機。

馬達的接線盒在各接點亦須具有水密性，特別是電纜線的接入點。此外，接線盒的底盤亦須具水密性，以防止萬一電纜線破壞時，滲水不致造成馬達線圈的損壞。

沉水式馬達應設有濕氣感應器，通常裝設在機油腔中，當外機械軸封開始漏水時，感應器能發出警訊。有些沉水抽水機將濕氣感應器設在馬達上，可顯示從任何來源滲入之濕氣。

馬達之冷卻可為外部冷卻或內部冷卻。外部冷卻馬達依靠濕井中的水來作冷卻，故在連續運轉時，必須至少部份沉浸在水中。在空氣中僅能作短暫的運轉，如欲連續運轉，溫昇等級須予調降。內部冷卻馬達會將抽水機送的液體部份循環通過馬達冷卻通路或通過特殊的馬達冷卻夾層，無須浸沒即可全載連續運轉。此種抽水機亦適合於乾井用途，其好處是萬一乾井淹水，它們也不致受損；惟如此則建造費增加，且失去了濕井的概念。

沉水、不堵塞式抽水機之馬達可沉浸於污水中運轉，直接安裝於濕井中，不需要設乾井。除了混凝土平台及控制中心用之控制箱外，沒有其它地面的結構物，因此其建設費較一般同時具備濕井及乾井的抽水站低。

然而沉水、不堵塞式抽水機之缺點在於不便於檢視及維護，對於問題發生時沒有任何警訊，且如果馬達或軸封發生問題即須送修，故維修費用較高且停機時間較長。

沉水、不堵塞式抽水機可以與固定出水管接合方式來安裝，其底座可以三腳架或類似裝置來支撐而安置在濕井地板上，但抽水機作任何檢視或維護時，須先將濕井的水排乾。另外安裝沉水、不堵塞式抽水機較常用的方式係採用自動著脫裝置設計，其方式是出水管連接至一個永久性固定在濕井地板上的特殊彎頭，彎頭與抽水機的出水管嘴設有自動著脫接頭，抽水機的安裝托架可沿著兩支導桿上下滑動，抽水機可以吊車及鏈索自濕井中拉起或放下到彎頭上，不須人員進入濕井或排乾濕井。某些抽水機的自動著脫接頭會造成滲漏，此將減少抽水機的效率和流量，所以，在規範中須載明抽水機試驗應包括出水彎頭之滲漏量。

沉水、不堵塞式抽水機的抽水機端構造很類似乾井式不堵塞抽水機，故很多製造商提供同樣的抽水機以供乾井及濕井採用。

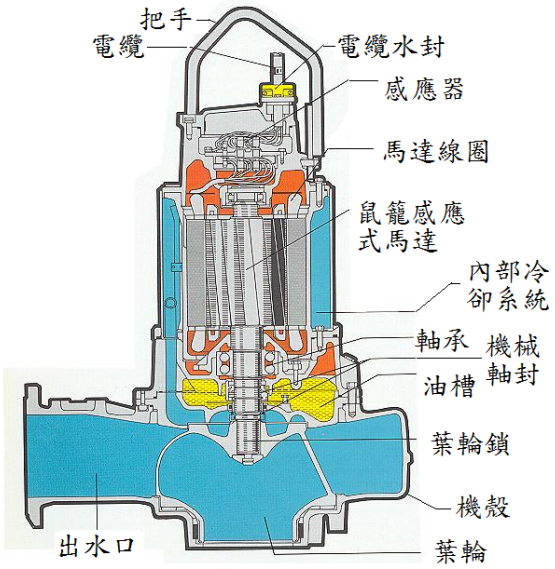


圖 3-26 沉水式抽水機

D. 自吸式抽水機(self-priming pump)

自吸式抽水機(參考圖 3-27)自吸能力可達 7.6 m(依各種設備型式能力參考訂定)，而不需外來的起動注給水(Priming)，可直接裝置在濕井上來抽水機送污水，而不需要乾井。自吸式抽水機另一種常用方式為可攜式工地排水抽水機。自吸式抽水機具有一個大抽水機殼，可將渦卷完全圍住，渦卷的最低點有一開孔通往抽水機殼。抽水機殼的出水孔設計在葉輪上方，所以在抽水機停機時，抽水機殼仍部份裝滿所抽水機送的液體。自吸式抽水機的出水管上有一條通氣管與濕井連通。

在啟動時，葉輪入口所含的液體被葉輪抽水機送至渦卷而進入抽水機殼中，部分液體經由渦卷開孔流回葉輪週邊，再流至抽水機殼中，這種循環作用可使葉輪的入口處產生減壓效果，而將抽水機的吸水管中的空氣吸出與循環液體混合。在抽水機殼中會將空氣從液體中分開，而從通氣管排至濕井或大氣中。這種引動水的作用會持續，直到所有的空氣都從吸水管中排除，而液體

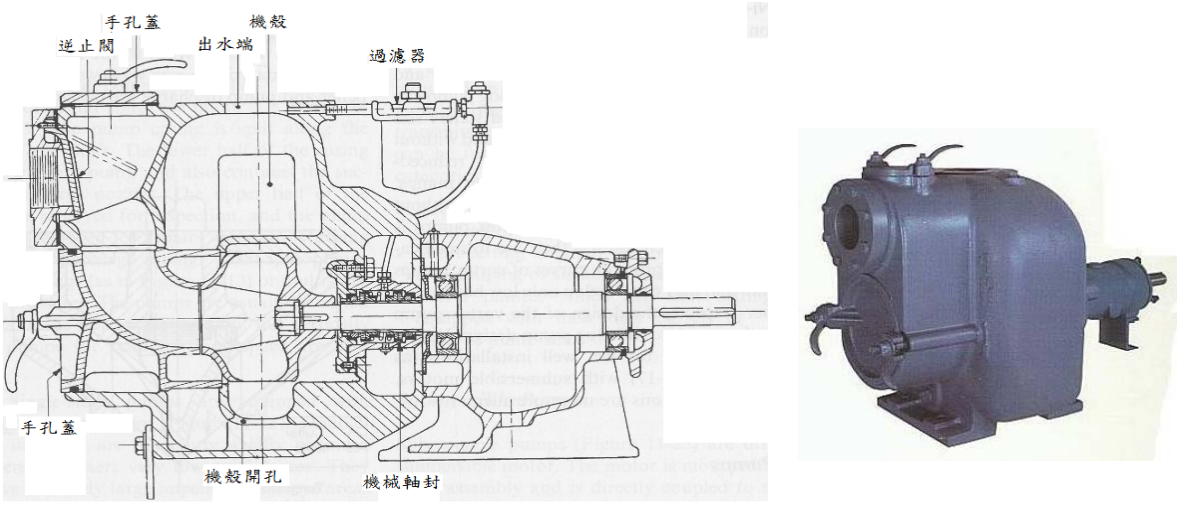
上昇至抽水機入口的高度，此時抽水機即可正常操作。抽水機殼含有一入口逆止閥，可協助在抽水機停機時將入口及出口管線充滿液體，使後續的啟動減少注給的時間。而其內部構造之特色如下：

(A)葉輪：抽水機葉輪係為不堵塞型，其性能及能通過固體之特性與一般同尺寸的標準不堵塞型抽水機相同。但因持續的經由通氣管排除液體，以及由於渦卷開孔的影響，使抽水機效率稍為降低。

(B)耐磨環：葉輪通常用軸向設計的耐磨環，耐磨環的軸向間隙可在推力軸承處用墊片調整。

(C)手孔：附有易開蓋的兩個手孔可檢視葉輪入口及逆止閥，並可清除異物。

(D)抽水機軸封：抽水機軸封通常採用雙機械軸封，軸封潤滑液採用經過濾的抽水機出水、或油杯的油，這種設計可防止在啟動注給期間無水封水的操作而導致空氣的進入。



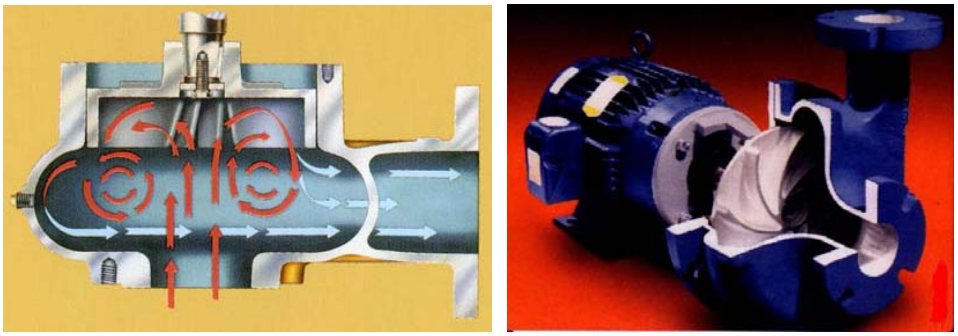
a. 剖面圖　　b. 自吸式抽水機實物照片

圖 3-27 不同軸聯接、自吸式抽水機

E. 渦流式抽水機(vortex pump)

渦流式抽水機(參考圖 3-28)又稱為扭力流抽水機(torque flow pump)或退縮葉輪式抽水機(Recessed impeller pump)，係用來抽水機送含大型固體之污水、污泥或泥漿。渦流式抽水機的葉輪隱藏在填料涵蓋內，葉輪的葉片沒有伸出到抽水機殼中，葉輪會在葉輪與吸口端蓋的空間造成強烈的渦流，抽水機送的液體不必通過葉輪本身，而直接到渦卷及出水口。球狀固體尺寸若比吸入口及出水口直徑小，即可通過抽水機。渦流式抽水機具有良好的抗磨損性，故適合用於抽水機送含砂及會磨損的污泥。抽水機殼為材質通常為傳統的鑄鐵(ASTM A126)或耐磨損之硬鎳(Ni-hard ASTM A532, Class I, Type A)。

渦流式抽水機用於抽水機送低水量之污水，因需符合可通過固體尺寸，即使選用最小的單葉不堵塞型抽水機，抽水量仍嫌過大，以致於被迫在靠近關閉點的低流量，低效率範圍內操作。渦流式抽水機不像其它抽水機，可以在關閉點操作而不致損壞；惟渦流式抽水機的效率較低，約 35%，且特性曲線平緩，故僅適用於流量小、水頭變化小的情況。在其它方面，渦流式抽水機的設計與標準不堵塞型抽水機相同，較常見為乾井式，亦有沉水式。



a. 剖面圖　　b. 渦流式抽水機實物照片

圖 3-28　渦流式抽水機

F. 螺旋-離心式抽水機(screw-centrifugal pump)

螺旋-離心式抽水機具有一個深型錐狀葉輪，具有可通過繩狀物體以及低剪力抽水作用的優點，適合用於含大量破布負載的污水抽水站，以及須保有混凝狀態之情況（參考圖 3-29）。其陡峻型水頭性能曲線很適合用於變速應用，並有相當寬廣的操作區以保持高效率。本抽水機在一些方面的表現相當獨特，例如：

(A)由於沉重而長距懸掛的單葉開放型葉輪，使振動會比其他抽水機大，故須使用較粗重的機軸及支撐系統，建議抽水機驗收時須作振動試驗。

(B)水力性能及穴蝕現象對於機殼內襯及葉輪間的空隙相當敏感，新型抽水機的設計能夠從渦卷外側來調整空隙，通常機殼內襯及葉輪規範要採用硬質材料以減少磨損。

(C)在性能曲線上最佳效率點（Best efficiency point, BEP，參考圖 3-43）左側的高水頭操作會降低性能及造成回流、穴蝕、噪音及振動，在低水頭操作會相對的平穩。

(D)在渠道型濕井抽低水位時，當水躍作用使得激波清洗渠道而到達末端抽水機時，抽水機會激烈振動，此時應將抽水機立刻自動停機以停止此振動。

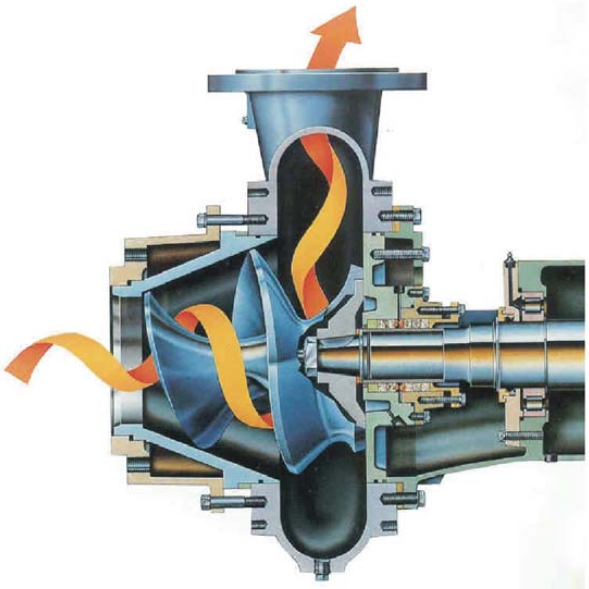
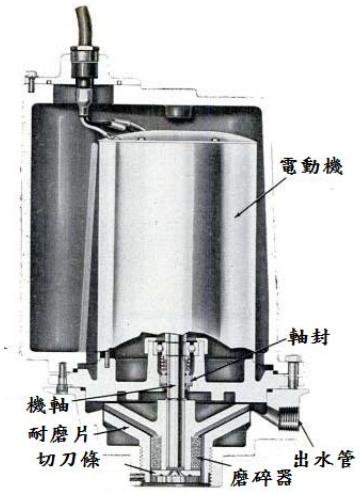


圖 3-29　螺旋-離心式抽水機

G. 沉水式、磨碎式抽水機（submersible, grinder pump）

磨碎式抽水機(參考圖 3-30)係一種裝設在污水貯留槽內之小型(0.5 至 2.0 hp）沉水式抽水機，家庭污水流入貯留槽後，當槽內水位上升至特定高程，觸動浮球開關，抽水機會立即啟動，一面將污水中固體物磨成細泥，一面將這些細泥連同污水抽送至污水下水道系統。



a. 剖面圖

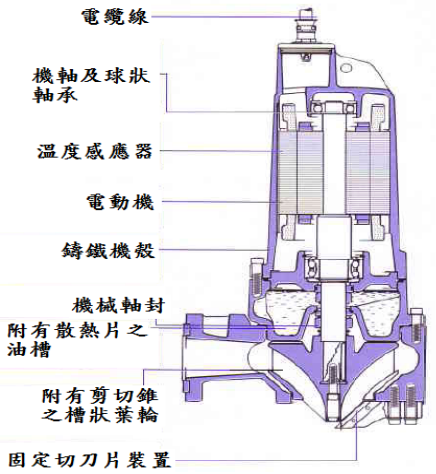


b. 磨碎式抽水機實物照片

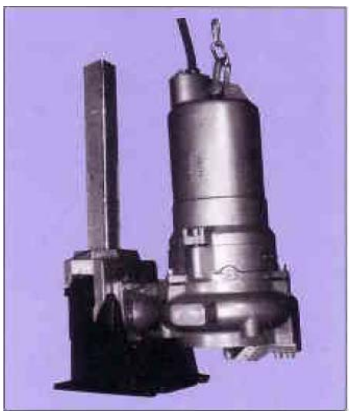
圖 3-30 磨碎式抽水機

H. 切削式抽水機（chopper pump 或 cutter pump）

切削式抽水機（參考圖 3-31）係採用在進水口處裝有切削系統，或採用具有切刀之葉輪，可將抽送污水中的固體剪成碎片。這種型式的抽水機主要好處係所有的固體及繩狀物質都會被切削系統所剪斷，可避免抽水機本身及其連接管線受堵塞。切削式抽水機有不同樣式，包括沉水式及乾井設計，通常採用電動機以驅動葉輪及切削系統。由於具備高固體量的處置能力，本抽水機常用於抽送污水、污泥及其它含有大型或強韌固體的液體。



a. 剖面圖



b. 切削式抽水機實物照片

圖 3-31 切削式抽水機

I. 豎軸渦輪可通過固體型抽水機(vertical turbine, solids- handling pump，VTSH pump)

豎軸渦輪可通過固體型抽水機（參考圖 3-32）集合了傳統的可通過固體抽水機及豎軸式抽水機的優點，係不堵塞型抽水機技術的最新機種，但係屬專利

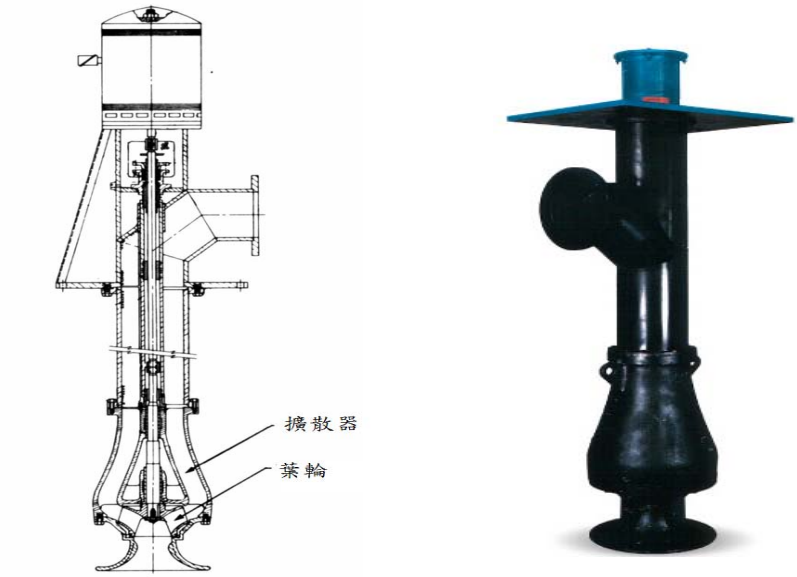
的設計。雖採渦輪型式，但此類抽水機仍分類在離心式抽水機中。

此種抽水機係安置在濕井上且不需要乾井，驅動器安裝在抽水機出水頭的上方可為馬達或角齒輪等任何標準驅動器，且維修容易。抽水機殼設計為對稱性，可消除徑向推力。雖然抽水機本身很貴，但由於此抽水機不需要乾井，故抽水機站的總建造費用可以減少。其內部構造之特色如下：

(A)葉輪：抽水機葉輪為閉合式、斜流型，可通過固體的設計，具有兩個葉片及大的球狀固體直徑。

(B)抽水機殼：抽水機殼取代了標準不堵塞抽水機的渦卷，它包含了一個對稱、兩葉片、不堵塞設計軸向的擴散器，可平衡施作在葉輪上的任何徑向負荷。

(C)軸承：抽水機軸係由抽水機殼內的兩個軸承所支撐，軸承材質為橡皮或黃銅，可使用水、油或脂潤滑。由於葉輪的徑向推力已平衡，而軸向負荷由馬達的軸承負擔，故即使以水潤滑，也沒有軸承過量負荷的危險。



a. 剖面圖　　b. VTSH 實物照片

圖 3-32　豎軸渦輪、可通過固體型抽水機

(3) 正位移式抽水機

正位移式抽水機係以移動之元件將抽水機殼中之液體排出，並賦予壓力能。與離心式抽水機相較下，正位移式抽水機為低流量、高水頭之抽水機。正位移式抽水機可用來抽送各種液體，連離心式抽水機無法抽送的少量泥漿或濃稠泥漿，亦可抽送，故廣泛應用於污水處理廠之污泥及化學藥品輸送。正位移式抽水機可再細分為三種：

A.往復式（reciprocating pump）

(A) 柱塞式抽水機(plunger pump)：柱塞上下移動，在吸入過程中，泵體內充滿液體；而在排出過程中，液體通過逆止閥而流至出水管線中（參考圖 3-33）。

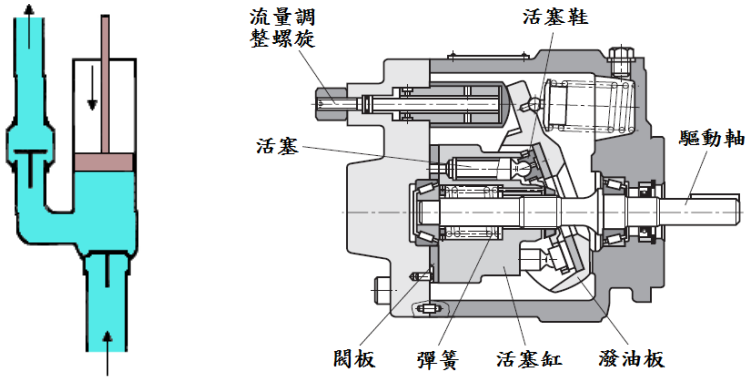
(B) 活塞式抽水機(piston pump)：活塞上下移動，在吸入過程中，泵體內充滿液體；而在排出過程中，液體通過逆止閥而流至出水管線中（參考圖 3-34）。

（C）隔膜式抽水機(diaphragm pump)：合併利用橡皮或鐵弗龍製膜片的往復作用以及一對逆止閥來泵送液體（參考圖 3-35）。



a. 操作原理示意圖　　b. 柱塞式抽水機實物照片

圖 3-33　柱塞式抽水機



a. 操作原理示意圖　　b. 剖面圖

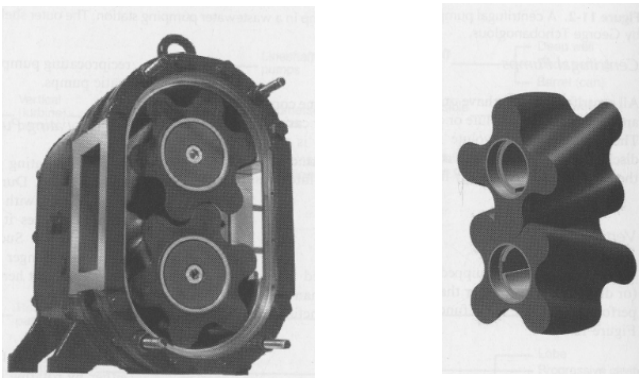
圖 3-34　活塞式抽水機



圖 3-35　隔膜式抽水機

B. 旋轉式（Rotary pumps）

(A) 旋轉式葉瓣抽水機(Rotary lobe pump)：泵之轉子以旋轉方式將液體排出，轉子包括：葉瓣式、齒輪式（Gear pump）等（參考圖 3-36）。



a. 移開前機殼之旋轉式葉瓣抽水機　　b.葉瓣

圖 3-36　旋轉式葉瓣抽水機

(B) 推進腔式抽水機(progressive cavity pump)：螺旋轉子在彈性材質的固定體中間轉動及沿軸心繞行，與固定體的接觸點會生成一連串的密封腔。當密封腔在轉子吸入端逐漸打開及擴張時，它會充滿液體，而沿著轉軸逐漸出水（參考圖 3-37）。

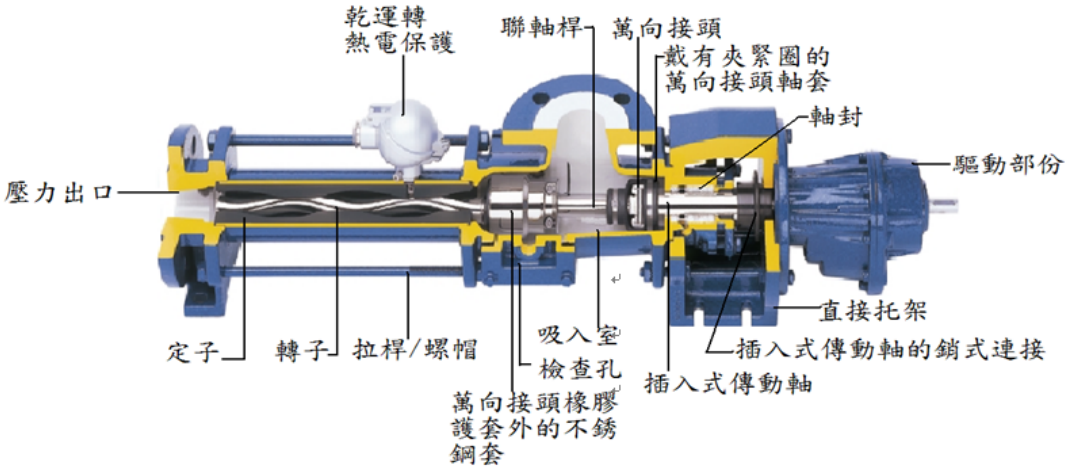


圖 3-37　推進腔式抽水機

(C) 螺旋抽水機(screw pump)：包括一條扭力管，螺旋型葉板，及一個 U 型傾斜槽，葉板、扭力管及傾斜槽中間所形成的空間會留存液體，而以連續流的方式沿著傾斜槽往上流(參考圖 3-38)。

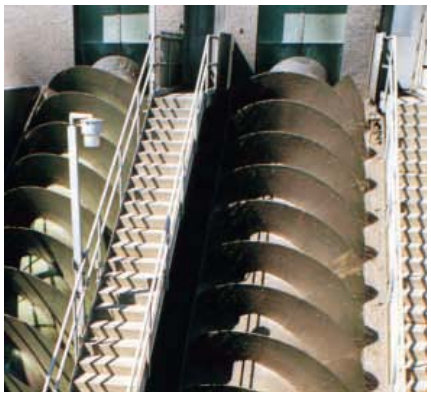


圖 3-38　開放型螺旋抽水機

C. 氣動式(pneumatic pumps)

(A) 氣壓噴射抽水機（pneumatic ejector）：以壓縮空氣將壓力容器內之液體通過逆止閥而排至出水管線中（參考圖 3-39）。

(B) 氣升式抽水機(air lift pump)：空氣經浸沒於引出管內較低處的空氣管散氣器注入到引出管中，使引出管內水及空氣混合體的密度降低，從而將含氣泡的水自水面上提升，到達高水位後，自出水管渠排出（參考圖 3-40）。

註：氣升式抽水機提升的水頭概算：當提升水頭為 6 m 時，提升水頭與空氣注入處水深比為 1：1.5；而當提升水頭為 150 m 時，提升水頭與空氣注入處水深比為 1.5：1。一般污水處理廠的池槽水深不超過 6 m，故如使用氣升式抽水機，其提升水頭最多為 4 m。若以較常用氣升式抽水機的渦流式沉砂池為例，直徑 6.0 m 的渦流式沉砂池之中心水深為 4.8 m，出水高為 0.6 m，故設在水池中心之氣升式抽水機可提升的水頭自水面起算為 4.8 x 1/1.5 - 0.6 = 2.6 m，該水頭尚須提供出水管線中心高程的靜水頭，及管線磨擦及速度水頭損失，有時出水管線須再接上旋流機，則實際所剩水頭不多。

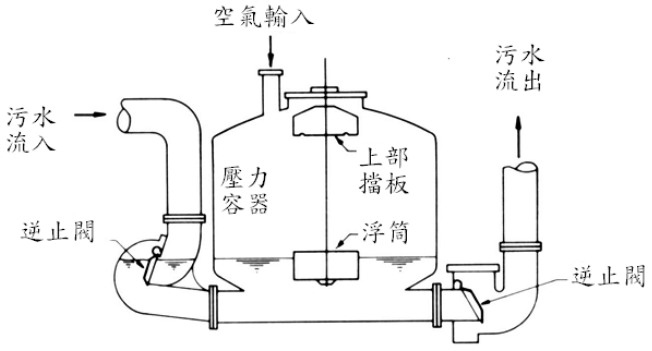


圖 3-39 氣壓噴射抽水機

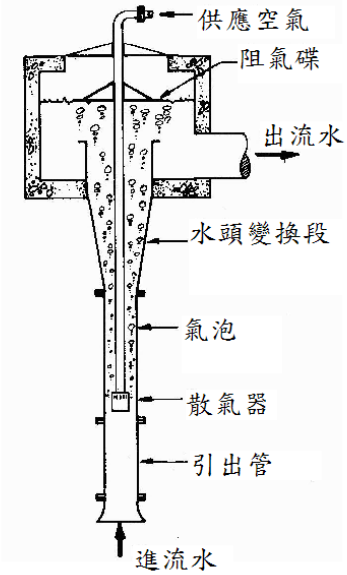


圖 3-40 氣升式抽水機

(4) 常用於污水之正位移式抽水機

用於污水抽水站之正位移式抽水機僅有螺旋式抽水機一種，它具有阻塞少、磨損小、構造簡單、操作保養容易的特性，近年來有漸採用於低水頭揚水(最大水頭8m)之趨勢。螺旋式抽水機(或阿基米得螺旋抽水機)為高水量、不堵塞型的裝置，可以抽水機送污水中許多固體及雜質而不需要攔污柵。螺旋式抽水機可兩種：(A)開放型螺旋抽水機，螺旋於槽中旋轉，及(B)閉合型螺旋抽水機，螺旋及其閉合圓柱筒一起旋轉。這種抽水機的主要優處是因其流量係由集水坑水位來控制，定速旋轉下具有變化抽水機送量以及操作維護簡易，而缺點是會引起亂流，使污水中的臭氣及其它揮發性物質的釋出。另外與其它種抽水機作比較初設費也相對較高，包括所有管線、濕井及乾井、攔污柵、管件、閥類、變速控制及其它附件，以及操作維護費等費用。螺旋式抽水機如安裝適當，操作上不會有太多的問題。

A.開放型螺旋抽水機

開放型螺旋抽水機(參考圖 3-38)包括一條扭力管，其上接著螺旋型葉板，一個底部沉水式軸承，一個上部的徑向及推力軸承，一個齒輪減速機(通常以電動馬達來驅動)，及一個抽水機槽使螺旋能定速在其內旋轉。大型抽水機的速度範圍限制在 20rpm，小型抽水機為 75rpm，此速度不能超過，否則水會在螺旋頂部噴濺出來。葉板、扭力管及槽中間所形成的空間會留存液體，而以連續流的方式沿著傾斜槽往上流。鋼製的螺旋葉可塗上塗裝以保護螺旋葉。較小的抽水機可採用鋼槽，但較常用的為混凝土槽。抽水機槽上沿著螺旋葉的上揚側裝有組立的屈折板，其凹曲面係由槽壁的圓弧所延伸，此種裝置可增加抽水機的效率。此種抽水機的驅動器包括一台馬達、V 型帶(但不用於超過 100 kw 的馬達)及減速齒輪，當抽水機停機時為了避免螺旋葉的逆轉，抽水機上通常裝有止回器(backstop)。

如果上端傾洩點至出水渠間 0.3 m 的水頭損失不計，整個抽水機系統在設計流量時最大的效率可達 80%，在約 30%的設計流量時，由於磨擦損失及流體在葉板及槽間漏失，效率降到約 60%。因此安裝角度最大僅可達 38°。

此種抽水機的安裝簡易，在斜坡上澆置混凝土石時可先以假安裝，即可使抽水機與混凝土槽間更密合。

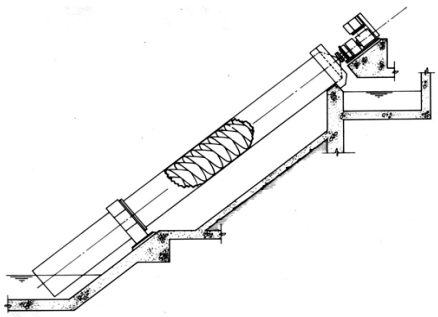
B.閉合型螺旋抽水機

閉合型螺旋抽水機(參考圖 3-41)與開放型螺旋抽水機相似，主要之差異點說明如下：

因葉板係電銲在圓柱筒裏面，故不會有漏失，當抽水機停機時，水會停留在葉板間，因此抽水機即使在低流量，其效率仍非常高，故最大安裝角度可達 45°。而底部軸承是一種裝在高水位上的滾動軸承，很容易接近，此滾動軸承擔負大部份的徑向推力。因螺旋與閉合圓柱筒一體成型，故不需要大量混凝土結構。



a. 閉合型螺旋抽水機安裝圖



b. 示意圖

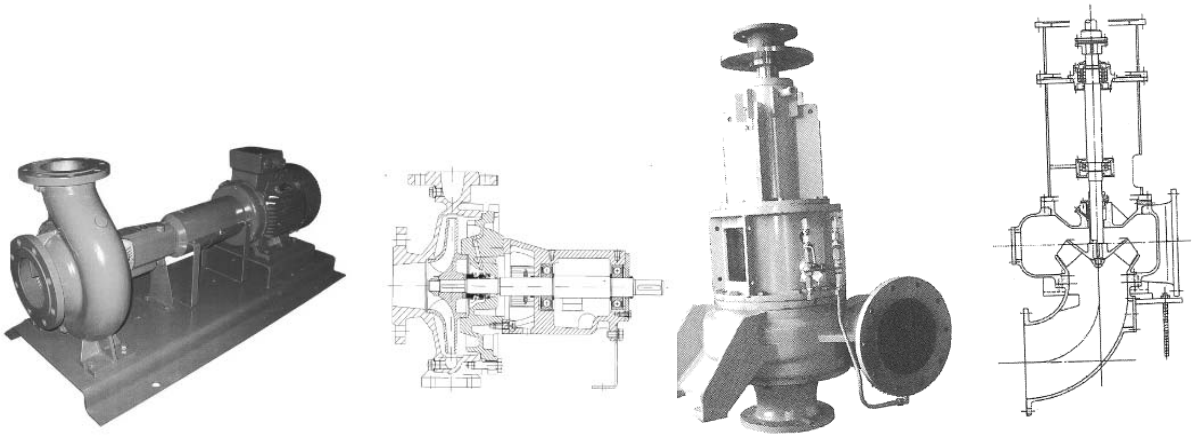
圖 3-41　閉合型螺旋抽水機

另依照日本對下水道（包括雨水及污水）抽水機之分類方式，以抽水原理的不同，將抽水機分類為渦輪（turbo）型及容積型兩種。渦輪型抽水機係藉由葉輪在機殼內迴轉，而將能量傳給流體的機械；從作用原理及葉輪的形狀，渦輪型抽水機可再分為渦卷式、渦卷斜流式、斜流式及軸流式等四類。容積型抽水機係有活塞、柱塞或轉子在氣缸或機殼內移動或迴轉，藉由改變密閉空間的容積而將能量傳給流體的機械。用於下水道的容積型抽水機中，則以螺旋式抽水機為主。

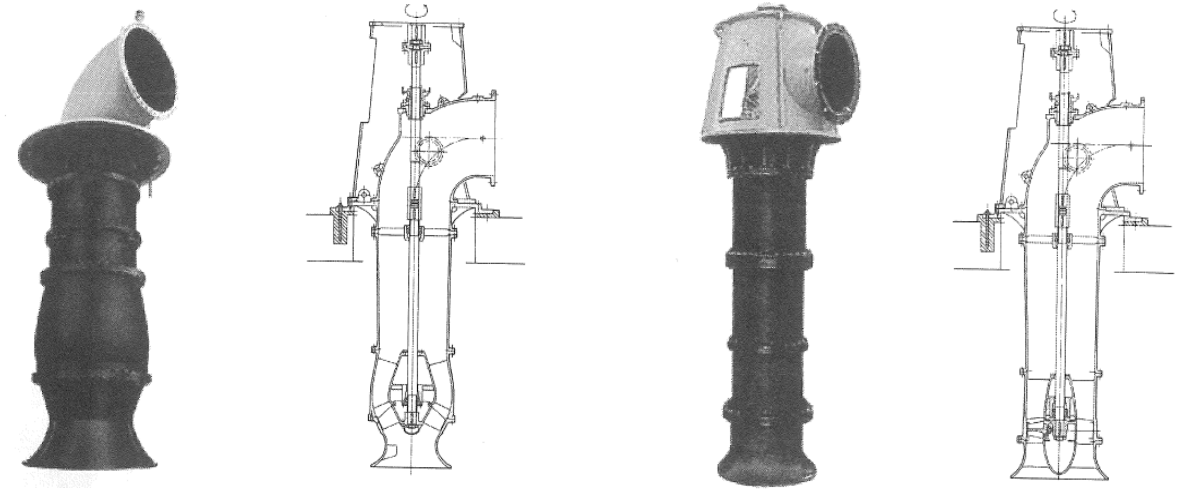
比較美日兩國對抽水機之分類方式，日本的渦輪型抽水機中的渦卷式（參考圖 3-42a）及渦卷斜流式（參考圖 3-42b）相當於美國的動能式抽水機中離心式的徑流式及混流式（參考圖 3-20 之 a 及 b ）；而渦輪型抽水機中的斜流式（參考圖 3-42c）及軸流式（參考圖 3-42d）相當於美國動能式抽水機中豎軸渦輪式抽水機(Vertical, turbine pump)的混流式及軸流式（螺旋槳式）（參考圖 3-20 之 b 及 c），此兩款抽水機大都作為防洪抽水機。至於日本的容積型抽水機則與美國的正位移式抽水機分類方法相同。本解說內容因參考美國及日本資料，故將該兩國抽水機對照名稱比較參考表 3-7。

表 3-7　美國及日本抽水機名稱對照比較表

美國名稱			日本名稱	
動能式抽水機	離心式	徑流式	渦輪型抽水機	渦卷式
		混流式		渦卷斜流式
	豎軸渦輪式	混流式		斜流式
		軸流式（螺旋槳式）		軸流式
正位移式抽水機			容積型抽水機	



a. 橫軸渦卷式抽水機　　b. 豎軸渦卷斜流式抽水機



c. 豎軸斜流式抽水機　　d. 豎軸軸流式抽水機

圖 3-42　日本抽水機之分類

2.污水處理廠使用之其他抽水機型式

抽水機除為前述進流污水抽水站之主要設備外，亦應用於污水處理廠之其他設施中，如污泥抽水機、給水抽水機，加藥抽水機等。污水處理廠使用抽水機之型式及數量皆相當多，為適合各種用途，應依各目的選用最適當的型式、大小及材質。表 3-8 為三種抽水機型式、特徵、構造分類及用途之概要說明。

表 3-8　抽水機型式、特性、構造分類及用途之概要說明

種類	型式		特性	構造分類或代表名稱	用途
動能式抽水機	離心式抽水機	徑流抽水機	高水頭、低容量	不堵塞式、自吸式、渦流式（葉輪退縮型）、單吸、雙吸、單段、多段、開放型葉輪、密閉型葉輪、沉水式、螺旋-離心葉輪式、磨碎式、切削式、不堵塞式（VTSH型）。	雨水、污水、排泥、污泥迴流、取水樣、井水。
		混流抽水機	中水頭、中容量		雨水、污水、迴流污泥。
		軸流抽水機	低水頭、高容量		防洪、污水、迴流污泥。
	渦輪式抽水機	軸流及混流	1.高水頭、低容量 2.低水頭、高容量	1.線軸驅動豎軸多段式、沉水馬達驅動豎軸多段式 2. 橫軸軸流式	1.深井、清水 2.防洪

種類	型式	特性	構造分類或代表名稱	用途
正位移式抽水機	往復式抽水機	低容量、高壓力、定量	活塞式、柱塞式、隔膜式	污泥、化學藥劑
	旋轉式葉瓣抽水機	低容量、高壓力、定量	葉瓣式、齒輪式	污泥、化學藥劑
	推進腔式抽水機	低容量、高壓力、定量	單段、多段	污泥、化學藥劑
	螺旋抽水機	構造簡單，不阻塞	開放型、閉合型	防洪、污水、迴流污泥
特殊抽水機	氣壓噴射抽水機	小容量、中水頭		利用廠內多餘的高壓空氣作為排水用
	氣升式抽水機	無轉動零件、故障少，需有送氣設備、效率低。	氣升	排泥、沉砂排除、污泥迴流、深井

註：本表所註各型式抽水機之用途僅作為參考。

3-4-02 抽水機抽水量、台數及容量 **（原則 18）**

1.抽水機台數應依計畫抽水量大小設置之。

2.抽水系統由兩台或以上抽水機所組成時，原則上該抽水機應採同一型號。

3.抽水機台數及容量應依抽水量作分配。

【解說】

1.抽水機計畫抽水量與設置台數之關係應依表 3-9。

[備註]進流抽水機設備，容量變化甚大，請考慮單機性能曲線、多機操作系統曲線及操作原則，確認是否符合操作需求。

表 3-9　抽水機計畫抽水量與台數關係

計畫抽水量 (m^3／sec)	設置台數(含一台備用)
≦0.5	2～4
＞0.5 且≦1.5	3～5
＞1.5	4～6

2.由兩台或以上抽水機所組成之抽水系統，其抽水機應採同一型號，但計畫抽水量之變化甚大者，得採用不同容量之抽水機，並應考量並聯操作之影響。

3.抽水機台數及容量之決定，應配合進流污水量之變動，穩定抽取水量，以均衡污水處理設施之流量，並置備用台數，以備維修之需要。

在美國，低流量至中流量之抽水站係採用兩台 100%計畫抽水量之抽水機單元，較大流量者則建議採用三台 50%抽水機單元（如果有較小流量時採用更多台），以保有應付進流污水量變動之彈性。然而，此必須基於使單一抽水機能在出水主管產生 0.75 m/sec 之自淨流速。美國對於合流制抽水站的設計，係當暴雨排水遠超過生活污水時，抽水站才考量使用不同尺寸的抽水機：小抽水機抽送污水，而大抽水機抽送暴雨排水。

在日本，污水抽水機台數及容量係參考表 3-10 所列之方式配置。

表 3-10　抽水機台數及容量

容量／台數	狀況	小	中	大

2 台	—	Q × 2 台(1 備)		
3 台	甲	—	Q/2 × 3 台(1 備)	—
4 台	甲	Q /4 × 2 台	—	2Q /4 × 2 台(1 備)
	乙	Q /6 × 1 台	2Q /6 × 1 台	3Q /6 × 2 台(1 備)
5 台	甲	Q /8 × 2 台	2Q /8 × 1 台	4Q /8 × 2 台(1 備)
	乙	Q /8 × 1 台	2Q /8 × 2 台	3Q /8 × 2 台(1 備)
6 台	甲	Q /10 × 2 台	2Q /10 × 2 台	4Q /10 × 2 台(1 備)
	乙	Q /13 × 1 台	2Q /13 × 2 台	4Q /13 × 3 台(1 備)
備註：Q 為計畫抽水量，甲、乙為依流入量變動選擇之。				

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

故美日兩國對兩台及三台抽水機的大小台配置方式相同，但對於四台及以上抽水機之考量方式則不同。美國的污水抽水站係考量採用相同大小的抽水機，但必須檢核單一抽水機能在出水主管中產生 0.75 m/sec 之自淨流速，日本則沒做這種考量。

至於國內對於四台及以上抽水機台數及容量選擇之考量因素如下：

(1) 國內所用之污水抽水機大部分仍仰賴進口，採用單一型號之抽水機對於後續之維護保養及備用零件取得較容易。

(2) 國內新設抽水站皆至少採兩台變頻式抽水機，對於計畫抽水量變化甚大者或初期污水量少者皆有助益。

(3) 如初期污水量甚少，仍可選擇採用單一型號之抽水機，但暫採較小直徑之葉輪，俟污水量成長到設計水量時，方改換較大直徑的葉輪。

(4) 抽水站採用共同出水主管時，如採大小台抽水機配置，須檢核各台抽水機並聯特性曲線是否能配合系統水頭-流量曲線，務必不能發生小台抽水機因關閉水頭不足，而無法並聯使用之情況。

(5) 須檢核單一抽水機能在出水主管中產生 0.75 m/sec 之自淨流速。

3-4-03 抽水系統設計考量如下： **（原則 18）**

1. 抽水機機殼吸水口口徑依抽水量及機殼吸水口流速決定之。
2. 污水抽水機應能夠通過直徑至少為 75 mm 之圓球狀固體，抽水機機殼之吸水端及出水端開口直徑應至少為 100 mm。
3. 抽水機之總動水頭為總靜水頭、各種管閥損失水頭、及出水管末端之速度水頭等之總和。
4. 抽水機依其操作特性而選擇抽水機型式，並以公式計算其所需軸動力。
5. 抽水機吸水管及出水管應有合適的設計流速。
6. 應依照系統曲線與抽水機性能曲線選擇靠近最佳操作點之抽水機。

【解說】

1.抽水機機殼吸水口口徑依抽水量及吸水端流速決定之，參考公式 3-2。

$$d = 146\left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2} \quad \cdots\cdots(3\text{-}2)$$

式中：

d 為機殼吸水口口徑(mm)

Q 為抽水量(m^3/min)

V 為機殼吸水口流速(m/sec)

【附註】：本解說內容因參考美國及日本資料，其資料中相同代號往往表示不同的意義，為方便區分，本解說將對某一方的代號加以修改。此處資料係參考日本，其機殼吸水口口徑代號原使用 D，因與 3-4-04 解說中所用 D 之表示抽水機吸水管端喇叭口口徑不同，因後者之口徑大於前者，故前者改用 d，後者則維持用 D。

大型抽水機一般以機殼吸水口口徑來表示，如吸水口與出水口口徑不同時，則兩者併計。抽水機機殼吸水口之流速以 1.5~3.0 m/s 為標準，在靜吸水揚水（參考圖 3-37b）或吸水側損失水頭大的情況，為改善吸水條件，吸水口流速應較小。

軸流式及斜流式抽水機的機殼吸水口口徑與機殼出水口口徑相同，出水管的管徑亦與抽水機機殼出水口口徑相同。

渦卷斜流式及渦卷式抽水機在水頭高時，其機殼出水口口徑會比機殼吸水口口徑小多少應考量其總動水頭及比速度後決定之。渦卷斜流式及渦卷式抽水機吸水管的管徑應比抽水機機殼吸水口口徑大一至二號，而出水管的管徑應比抽水機機殼出水口口徑大一號。

2.不論進流污水抽水站上游端是否已設置攔污柵或破碎機，污水抽水機皆應考慮能夠通過直徑至少為 75 mm 之圓球狀固體，此係因考量進流抽水站上游端之攔污柵通常為粗攔污柵，開孔間距為 20 mm 或以上，隨水流通過開孔之繩狀固體物有可能因濕井內水流情況而集結成球狀，其直徑將隨繩狀固體物之長度及其與其他固體物互相纏繞之結果而定，為避免抽水機葉輪受到固體物阻塞，故規定污水抽水機葉輪應能通過直徑至少為 75 mm 之圓球狀固體，且隨抽水機機殼吸水口口徑之增大，攔污柵開孔間距之提高，通過抽水機葉輪之圓球狀固體直徑亦應提高。

破碎機裝設時通常會設有攔污柵之繞流渠道，一旦破碎機故障，會將水流自動切換至繞流渠道，故如同前述攔污柵之理由，規定污水抽水機葉輪應能通過直徑至少為 75 mm 之圓球狀固體。

一旦抽水機葉輪受到固體物阻塞，抽水機機殼吸水端及出水端處應設有手孔，以便在檢修時能將固體物取出，故規定開口手孔直徑應至少為 100 mm。

3.抽水機之總動水頭為總靜水頭、各種管閥損失水頭、及出水管末端之速度水頭等之總和。

(1).總動水頭

抽水機之總動水頭為靜水頭、吸水管、出水管、閥類、及出水管末端流入水渠或排入大氣中之速度水頭等水頭損失之總和，依公式 3-3 決定之，並參考圖 3-43a 及圖 3-43b。

$$H_t=H_{stat}+h_{ent}+h_{fs}+\sum h_{fvs}+h_{fd}+\sum h_{fvd}+v_d^2/2g \cdots\cdots(3\text{-}3)$$

式中，

H_t：總動水頭(Total dynamic head, TDH, m)

H_{stat}：總靜水頭(Total static head, m)

h_s：靜吸水水頭（Static suction head, m），濕井水位在葉輪基準線上方為靜吸水水頭（Static suction head），其值為正值；濕井水位在葉輪基準點下方為靜吸水揚水（Static suction lift），其值為負值。各種葉輪型式之抽水機基準線參考圖 3-44。

h_d：靜出水水頭（Static discharge head, m）

h_{ent}：吸水口損失水頭(m)

h_{fs}：吸水管之摩擦損失水頭(m)

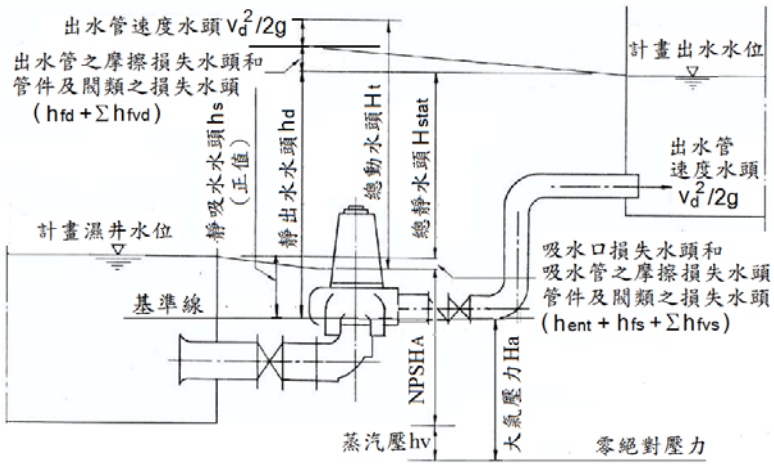
$\sum h_{fvs}$：吸水管上管件及閥類之損失水頭和(m)

h_{fd}：出水管之摩擦損失水頭(m)

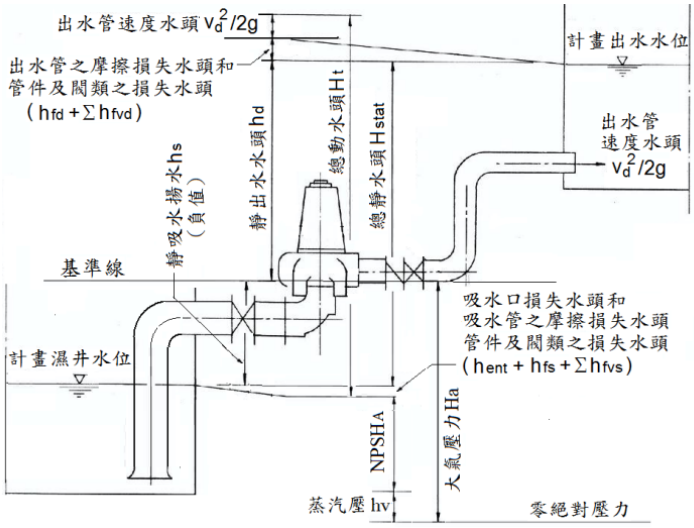
$\sum h_{fvd}$：出水管上管件及閥類之損失水頭和(m)

$v_d^2/2g$：出水管速度水頭(Velocity head, m)，如出水管末端為空氣或水池之水面下，其速度水頭 $v_d^2/2g$ 列入損失。

靜水頭受抽水機之吸水位，出水位之變化影響很大。應考慮其變化範圍、計畫水量及抽水機特性操作運轉之經濟性等決定之。



a. 靜吸水水頭



b.靜吸水揚水

圖 3-43　抽水系統之各種水頭

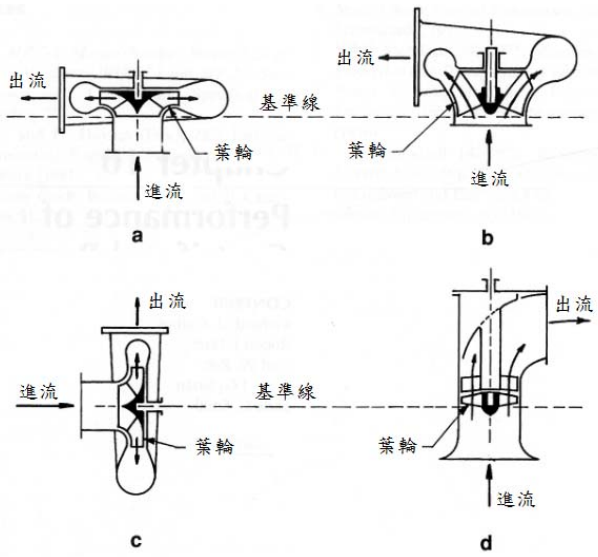


圖 3-44　抽水機之基準線

(2).損失水頭

損失水頭可以公式 3-4 表之。

$$h = f \times \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots(3\text{-}4)$$

式中　h：損失水頭(m)

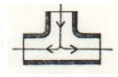
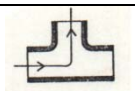
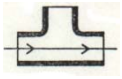
f：損失係數

v：流速(m/s)

g：重力加速度(9.8m/s^2)

其中之水頭損失係數 f，直管依照管材及新舊，管件依照其種類（如吸水口、彎管、擴大管、縮小管等) 會有所不同，參考表 3-11。閥類依照其種類及尺寸亦有所不同，參考表 3-12。上述兩表皆整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會。

表 3-11　管件水頭損失係數表

<table>
<tr><th>損失種類</th><th>符號</th><th colspan="7">係數</th><th>備註</th></tr>
<tr><td>吸水口</td><td>f_i</td><td colspan="7">0.15 以下</td><td>喇叭口情況</td></tr>
<tr><td>彎管</td><td>f_b</td><td colspan="7">f=f_{b1}×f_{b2}
f_{b1} 及 f_{b2} 參考圖 3-45
式中
f_{b1}:依據彎管之曲率半徑 ρ 及管徑 D 之比（ρ/D）所定之損失係數，該彎管的中心角為 90 度的情況。
f_{b2}:任意彎管中心角情況之損失與彎管中心角 90 度之損失之比</td><td>f_{b1} 及 f_{b2} 值係由 Anderson 及 Straub 所發展的，該值不含摩擦損失，故 f_{b1} 係指光滑管的數值。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">T 型管</td><td rowspan="2">ft</td><td colspan="2"> 
從支管流入主管</td><td colspan="2"> 
從支管流出</td><td colspan="2"> 
流經主管</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">0.55</td><td colspan="2">0.50</td><td colspan="2">0.10</td></tr>
<tr><td>急擴管</td><td>f_e</td><td colspan="7">1</td><td rowspan="2">$h_e = f_e \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$ ……(3-5)
式中
h_e: 急擴管或漸擴管的水頭損失(m)
v_1:擴大前的流速(m/sec)
v_2:擴大後的流速(m/sec)</td></tr>
<tr><td>漸擴管</td><td>f_e</td><td colspan="7">參考圖 3-46</td></tr>
<tr><td rowspan="2">急縮管</td><td rowspan="2">f_{sc}</td><td>A2/A1</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.4</td><td>0.6</td><td>0.8</td><td>1.0</td><td rowspan="2">$h_{sc} = f_{sc} \frac{v_2^2}{2g}$ ……(3-6)
$\triangle h_{sc} = h_{sc} + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$ ……(3-7)
h_{sc}：急縮小之損失水頭(m)
Δh_{sc}：急縮小之水位下降(m)
v_1:縮小前的流速(m/sec)
v_2:縮小後的流速(m/sec)</td></tr>
<tr><td>f_{sc}</td><td>0.49</td><td>0.49</td><td>0.46</td><td>0.38</td><td>0.18</td><td>0</td></tr>
<tr><td>漸縮管</td><td>f_{gc}</td><td colspan="7">參考圖 3-47</td><td>$h_{gc} = f_{gc} \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$ ……(3-8)
h_{gc}：漸縮小之損失水頭(m)
f_{gc}：漸縮小之損失係數</td></tr>
<tr><td>直管</td><td>f</td><td colspan="7">鑄鐵管（新管）……0.02＋1/(2,000×D)
鋼管（新管）……0.03＋1/(1,000×D)
PVC 管（新管）……0.018＋1/(2,300×D)
舊管的 f 值為新管的 1.5 倍
但，水泥砂漿襯裡的鑄鐵管及 PVC 管的舊管，與新管相同值</td><td>管線較短的情況
$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ (Darcy – Weisbach 式) (3-9)
式中:
h_f:直管的水頭損失(m)
L:直管的長度(m)
D:直管的直徑(m)
v:流速(m/sec)</td></tr>
</table>

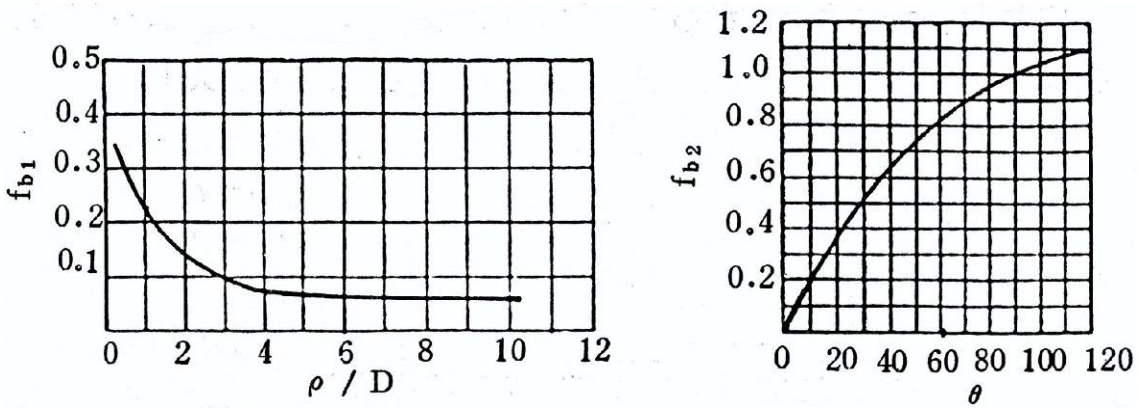


圖 3-45　彎管水頭損失係數之 f_b 值

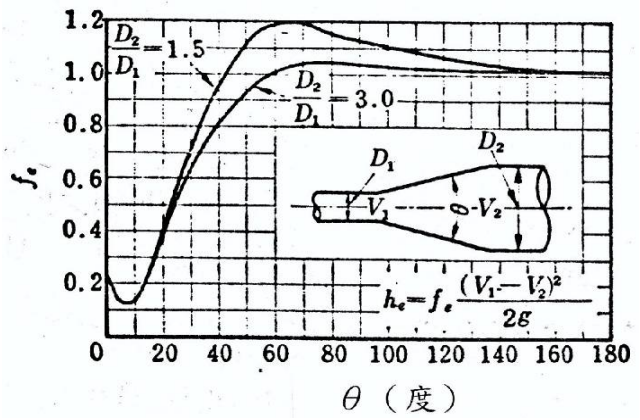


圖 3-46　漸擴管損失係數

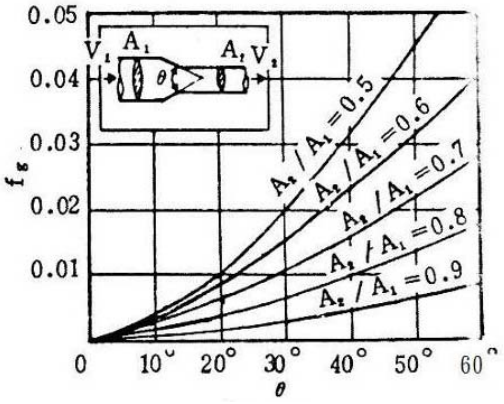


圖 3-47 漸縮小管損失係數

表 3-12　閥類水頭損失係數表

損失種類	符號	係數							備註
舌閥	f_{fv}	0.2~0.5							
閘閥	f_{gv}	口徑（㎜）	80	100	150	200	250	300以上	全開的情況
		f_{gv}	0.169	0.164	0.145	0.103	0.047	0	
蝶閥	f_{bv}	0.2~0.4							
底閥	f_{fv}	1.5~2.0							
塞閥	f_{pv}	開度（%）	全開	99	98	95	90	80	70
		f_{pv}	0.77	0.86	0.95	1.45	2.86	9.6	28.0
隔膜閥	f_{dv}	開度	全開	3/4		2/4		1/4	
		f_{dv}	2.3	2.6		4.3		21.0	

(3).速度水頭

$$h_o = \frac{v^2}{2g} \quad \cdots\cdots(3\text{-}10)$$

$H_t=H_{stat}+ h_{ent} +h_{fs}+ \sum h_{fvs} +h_{fd}+ \sum h_{fvd} +v_d^2/2g$

【附註】計算總動水頭(總水頭損失)時，如出水管的最頂部在末端，參考圖 3-48a，

則 $H_t = H_{stat} + \Sigma h_f + v_d^2/2g$……(3-11)

式中，

H_t：總動水頭

H_{stat}：總靜水頭

Σh_f ：吸水口、吸水管、出水管、管件及閥類等全部之損失水頭和

$v_d^2/2g$：出水管末端之速度水頭

如出水管的最頂部在中途，參考圖 3-48b，

則 $H_{t1} = H_{stat1} + \Sigma h_{f1} + v_d^2/2g$……(3-12)

及 $H_{t2} = H_{stat2} + \Sigma h_{f2} + v_d^2/2g$……(3-13)

式中，

H_{t1}：出水管至最頂部的總動水頭

H_{t2}：出水管至末端的總動水頭

h_{stat1}：最頂部之總靜水頭

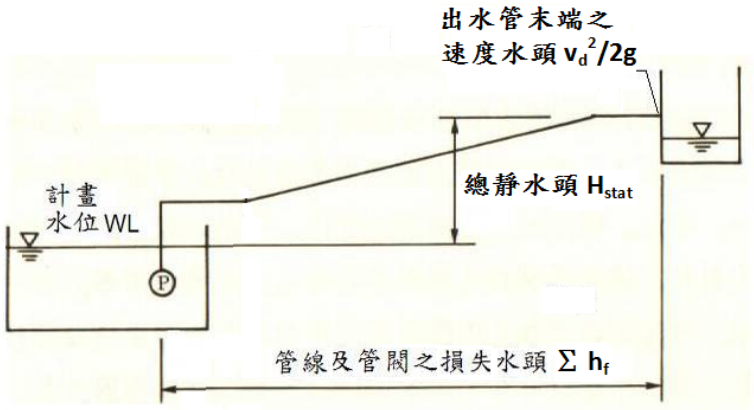
h_{stat2}：末端之總靜水頭

Σh_{f1}：至管線最頂部(吸水口、吸水管、出水管、管件及閥類等)全部之損失水頭

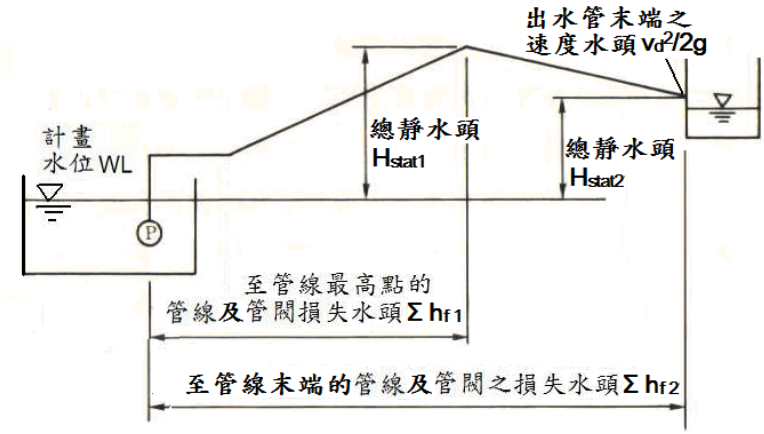
Σh_{f2}：至管線末端(吸水口、吸水管、出水管、管件及閥類等)全部之損失水頭

$v_d^2/2g$：出水管末端之速度水頭

H_t 為 H_{t1} 或 H_{t2} 之較大者。



a. 出水管的最頂部在末端



b. 出水管的最頂部在中途

圖 3-48 總動水頭之計算

4.抽水機操作特性及選擇

(1).抽水機特定曲線

抽水機製造商在特定轉速下，依照抽水機不同直徑的葉輪，進行一系列流量及水頭的試驗，同時並量測抽水機所需之馬力數，及計算不同操作點的效率，將這些結果繪製在同一張圖上，這些性能曲線統稱為「抽水機特定曲線」，參考圖 3-49 所示。惟抽水機無法在沿著其水頭-抽水量曲線上的每一點作連續或長期運轉，在太靠近零流量之關閉水頭（Shut-off head），或在最佳效率點(BEP)右側最遠端的過流點（Runout point，為抽水機允許之最大流量點）連續操作將會導致抽水機嚴重的損壞。

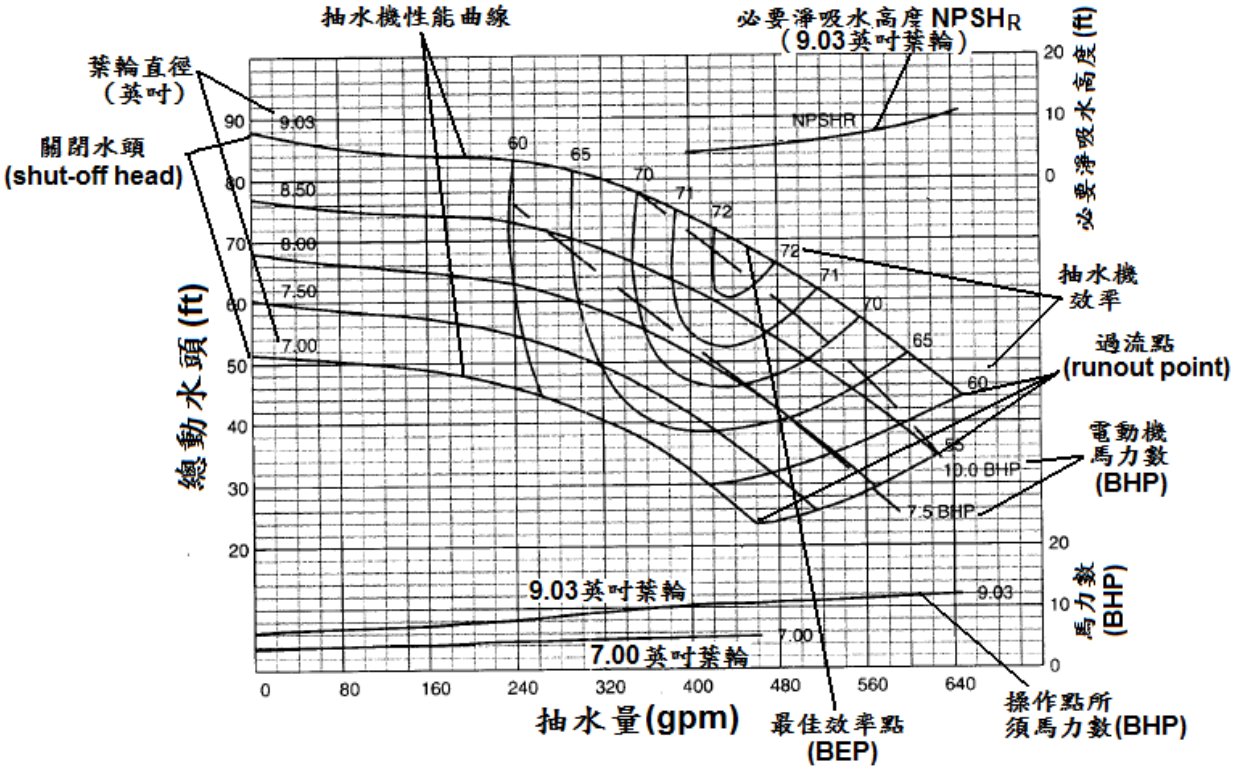


圖 3-49　離心式抽水機典型特定曲線

(2).抽水機操作特性

抽水機操作特性決定於其大小、轉速及設計，用於歸納及分析抽水機在不同情況下性能表現的基本關係包括：親和定律及比速度。利用比速度可選擇離心式抽水機葉輪的型式，而利用抽水機的標準特性可了解抽水機效率。

A.親和定律

抽水機若以規定轉速 N 外之轉速 N'來運轉時，其標準特性依下列公式(3-14)~(3-16)變化，這些關係稱為親和定律（affinity laws）。

轉速 N'時之抽水量 $$Q' = Q\frac{N'}{N}$$ ……(3-14)

轉速 N'時之總水頭 $$H_t' = H_t\left(\frac{N'}{N}\right)^2$$ ……(3-15)

轉速 N'時之總水頭 $$P' = P \cdot \left(\frac{N'}{N}\right)^3$$ ……(3-16)

式中　Q：規定轉速 N 時之抽水量(m^3/min)

H_t：規定轉速 N 時之總動水頭(m)

P：規定轉速 N 時之軸動力(kW)

(3-9)~(3-11)適用於 N'/N=0.8~1.2 之範圍。

B.比速度

抽水機型式係依其計畫條件（流量、總動水頭及抽水機轉速）之比速度(specific speed)來決定，比速度 NS 可依公式 3-17 計算之

$$N_s = N \cdot \frac{Q^{1/2}}{H_t^{3/4}} \quad \cdots\cdots(3\text{-}17)$$

式中，

N_S：比速度，相似之抽水機無論大小，其值皆一定，反之 N_S 不同之兩抽水機為不相似。

N：抽水機之實際轉速（rpm）。

Q：抽水機之抽水量(m^3/min)，雙吸時則為 Q/2

H_t：抽水機之總動水頭(m)

在以上述單位計算時，比速度之範圍約界於 100~2,500。葉輪之形狀依照比速度之增大而依渦卷式、斜流式，逐漸變為軸流式，參考圖 3-50。一般而言，在一定轉速下，

(A)如 N_S 值低於 300，Q 必定低而 H_t 必定高。

(B)如 N_S 值界於 300 至 1,200，Q 及 H_t 必定為中間值。

(C)如 N_S 值高於 1,200，Q 必定高而 H_t 必定低。

高 N_S 之軸流式抽水機，其管徑與葉輪（螺旋槳葉）同一尺寸；而低 N_S 之渦卷式抽水機，其管徑較小。

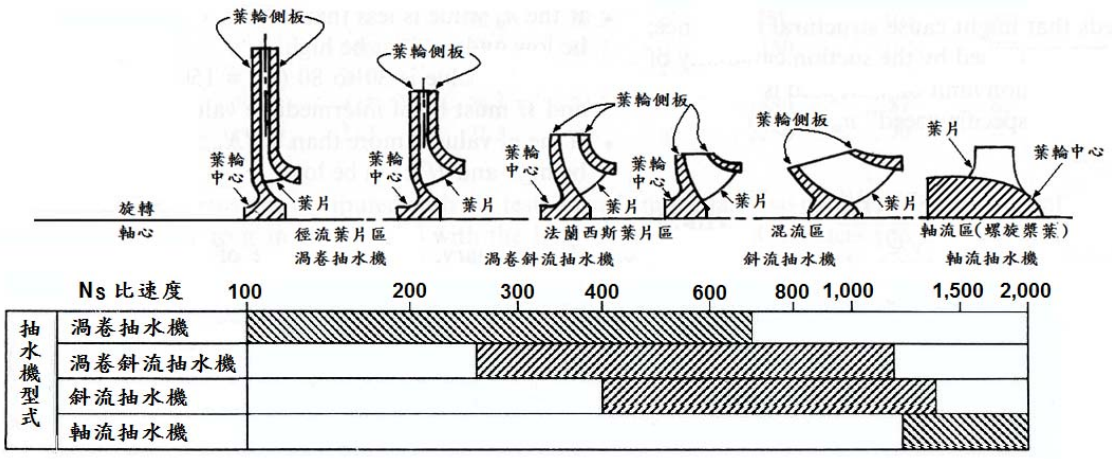


圖 3-50　比速度與葉輪之形狀

(3).抽水機選擇

抽水機在一定轉速（N）運轉時，其抽水量（Q）、總動水頭（H_t）、軸動力（Ps）、效率（η_t）等值及其相互關係可以標準特性表示。抽水機型式不同，其性能曲線形狀也會改變，這種狀況示參考圖 3-51。各種 N_s 情況下抽水量與總動水頭、軸動力、效率等特性及抽水機選擇上應注意事項，參考表 3-13。

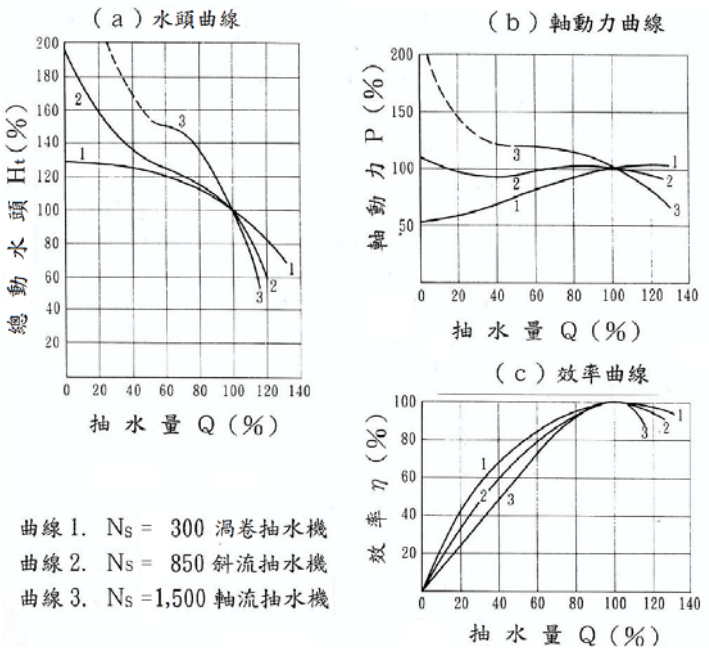


圖 3-51　各種型式離心式抽水機性能曲線之比較

表 3-13　各種抽水機特性及選擇上應注意事項

機種	Ns	總動水頭 (Q-H_t)	軸動力 (Q-P)	效率 (Q-η)	選擇上注意事項
渦卷抽水機	約 300	Q-P 曲線右下降坡度較緩。Q 接近於零時呈平坦隨者 H_t 的變化 Q 之變化大	Q 零時 P 最小，Q 增大 P 也增大，於近最高點時 P 最大	效率高的範圍大，Q-η 曲線幅度大	適合於中水頭，可易獲高效率。Q 的使用可能範圍大
渦卷斜流抽水機	約 600	Q-H_t 曲線右下降坡度愈大亦愈大，Q 接近於零時，H_t 最大	Q 零時 P 最小，最高效率點附近 P 最大	Q-η 曲線的彎曲幅度較小，與斜流抽水機較接近	適用於低水頭，可獲高效率，Q 的使用範圍大
水機斜流抽	約 800	Q-H_t 曲線為向右下降，介於離心及軸流抽水機之間，Q 為零時之水頭為正水頭的 200%	Q 雖變化但軸動力變化小。Q 為零為正規軸動力的 100~130%	Q-η 曲線的幅度為介於離心及軸流之間	與離心抽水機比較，適於水頭變化較大者。適用於中低水頭
軸流抽水機	約 1,600	Q-H_t 曲線的向右下降較急，而在操作點附近有變曲點。在操作點的 130~160%時特性不安定，會發生噪音	Q-P 曲線的右下降較急，操作點的 130%水頭其軸動力約為 35%。Q=0 時約為操作點之 180~220%	Q-η 曲線之彎曲幅度較急	適用於極低水頭或低水頭。轉速大時其吸入性較斜流抽水機差

下水道抽水水頭隨時改變，且由於排水抽水機之變動率大，故應能適應一年中各種水量條件下之抽水，在最大水頭時也能抽水之特性。

抽水機之選擇視抽水水頭、裝設位置及抽水量而定，選定依據如下：

A.總動水頭與抽水機之型式，以表 3-14 為選擇標準。

表 3-14　總動水頭與抽水機型式之關係

總動水頭(m)	抽水機機殼吸水口口徑(mm)	型式
5 以下	400 以上	軸流抽水機
3~12	400 以上	斜流抽水機
5~20	300 以上	渦卷斜流抽水機
5 以上	80 以上	渦卷抽水機

B.對於浸水危險之處或吸水靜水頭大時，以採用豎軸式或沉水式抽水機為宜。

C.下水道系統用抽水機應為不阻塞型、能抗腐蝕、磨損少、容易拆解清理之構造。

(4).軸動力及電動機出力

抽水機先依照 3-4-02 解說決定抽水量後，再依本節(3-4-03)解說一計算總動水頭，即可計算抽水機之軸動力。

抽水機之軸動力，可由公式 3-18 計算之

$$P_s = \frac{0.163\gamma \cdot Q \cdot H_t}{\eta} \quad \cdots\cdots(3\text{-}18)$$

式中　P_S：抽水機之軸動力(kW)(1HP=0.746 kW)

γ：水之單位體積重量(kg/l)（下水之 γ=1）

Q：抽水機之抽水量(m^3/min)

H_t：抽水機之總動水頭(TDH, m)

η：抽水機之效率（小數）

單段、單吸離心式抽水機之最大效率依比速度及抽水量而改變，參考圖 3-52；在最佳效率點及最適比速度下之抽水機最大效率，參考圖 3-53。表 3-15 為豎軸渦卷斜流抽水機效率表；表 3-16 為沉水式渦卷抽水機效率表。但須注意的是，大口徑抽水機會因機軸型式及葉輪型式而對效率有所改變。一般而言，不阻塞抽水機的效率會低一些，而渦流式抽水機(退縮葉輪式抽水機)的效率會更低。

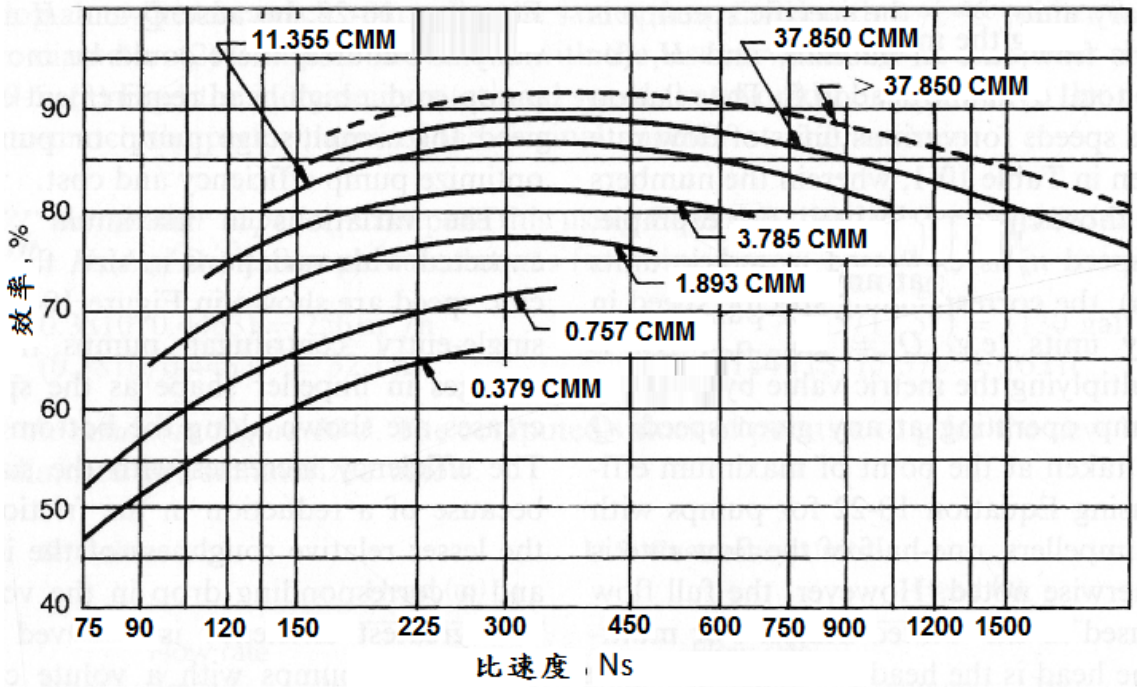


圖 3-52　單段、單吸離心式抽水機之最大效率依比速度及抽水量而改變

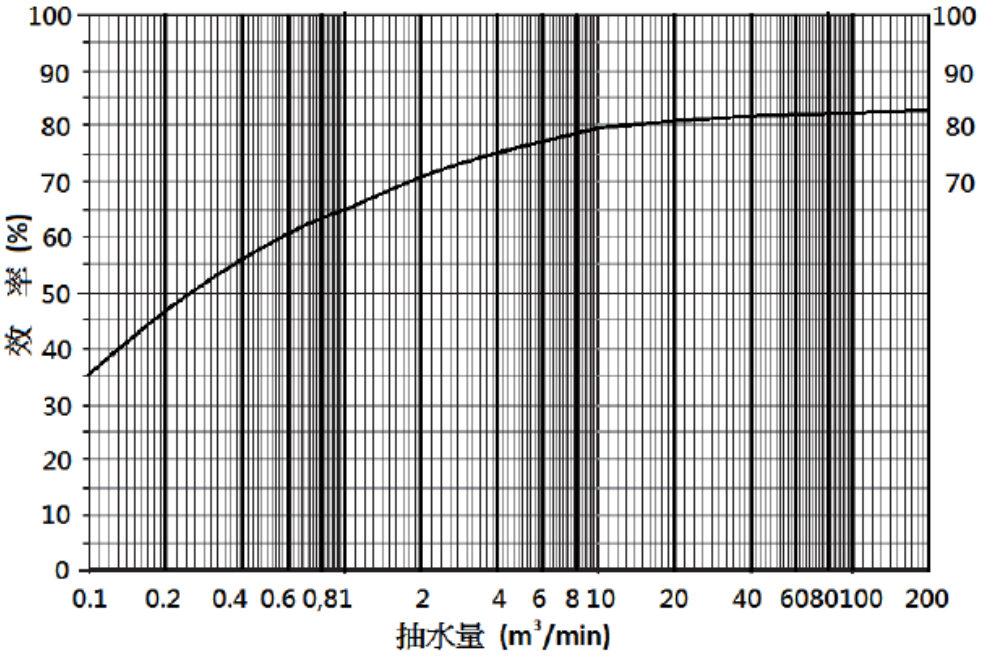


圖 3-53　在最佳效率點及最適比速度下之抽水機最大效率

表 3-15　豎軸渦卷斜流抽水機效率表

口　徑　(㎜)	300	350	400	450	500	600	700	800
效　率　(%)	70.0	74.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0
口　徑　(㎜)	900	1000	1200	1350	1500			
效　率　(%)	81.0	83.0	84.0	85.0	85.0			

表 3-16　沉水式渦卷抽水機效率表

口　徑　(㎜)	300	400	500
效　率　(%)	70.0	73.0	74.0

抽水機操作時電動機之動力，實際上應考慮動力之安全係數，電動機動力可以公式 3-19 計算之

$$P=\frac{P_s(1+\alpha)}{\eta_t} \quad \cdots\cdots(3\text{-}19)$$

式中　P：電動機動力(kW)

Ps：抽水機之軸動力(kW)

α：安全係數

η_t：傳動效率(直接連結為 1.0)

安全係數α在電動機時以 0.15 為標準。

5.抽水機吸水管在最大流量時的合適流速為 1.2～1.8 m/s，出水管的合適流速為 1.8～2.4 m/s，進流喇叭口（Pump intake）流速為 1.1～1.2 m/s。參考圖 3-54。軸流式抽水機之出水管與葉輪（螺旋槳葉）同一管徑。

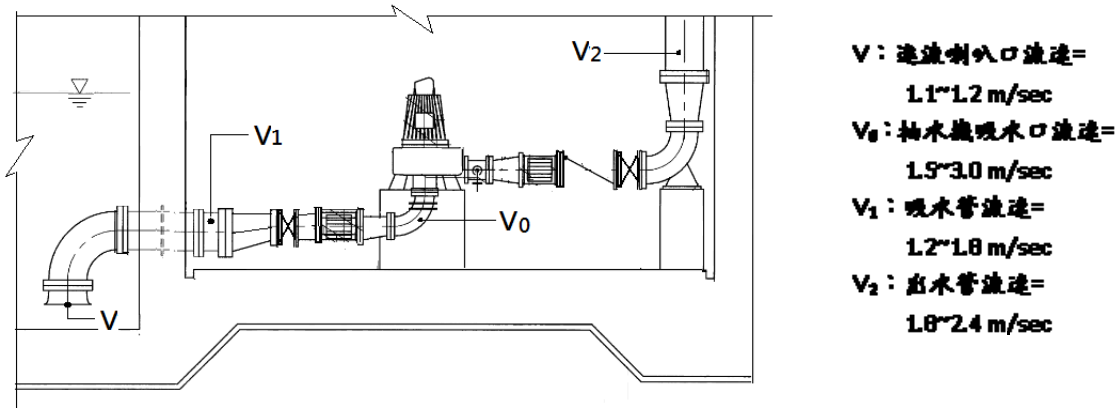


圖 3-54　抽水系統各斷面流速示意圖

6.抽水系統分析

(1).系統水頭-流量曲線

抽水站及其壓力管線系統之水頭-流量曲線係包括在低水位(LWL)及高水位(HWL)之總靜水頭，及自零流量至預期最大流量的損失水頭 (包括所有摩擦、管件及閥類之損失水頭)。新管預期在一段未可料的期間內會相當平滑，但管內生長黏菌、淤積、或毀壞可能將管線水力計算所用 Hazen-Williams 公式之流速係數 C 值（公式 1-17~1-19）降低。參考圖 3-55 典型抽水站及其壓力管線系統水頭-流量曲線。

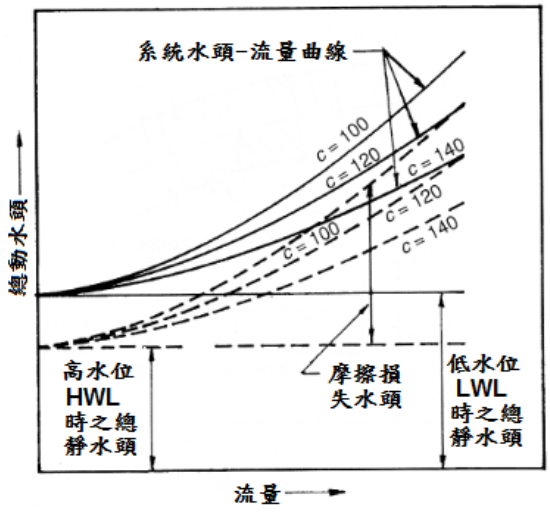


圖 3-55　典型抽水站及其壓力管線系統水頭-流量曲線

(2).單台單速抽水機之操作

在任何抽水站及其壓力管線系統中，抽水機提供的水頭須等於系統中的總動水頭損失，而抽水機的抽水量及管線中之流量應當相等。這關係即決定了「抽水機操作點」：將系統水頭-抽水量曲線與抽水機水頭-抽水量曲線共同繪製在同一圖上，兩曲線之交點即為「抽水機操作點」，單台抽水機之操作點宜接近該抽水機之最佳效率點（BEP），參考圖 3-56。

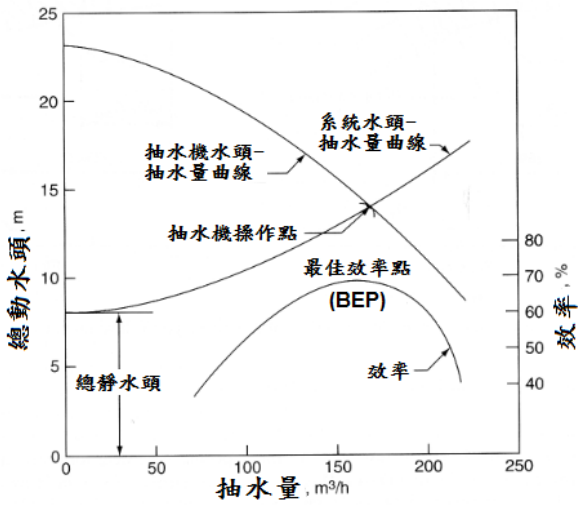


圖 3-56　決定單台單速抽水機在固定總靜水頭之操作點

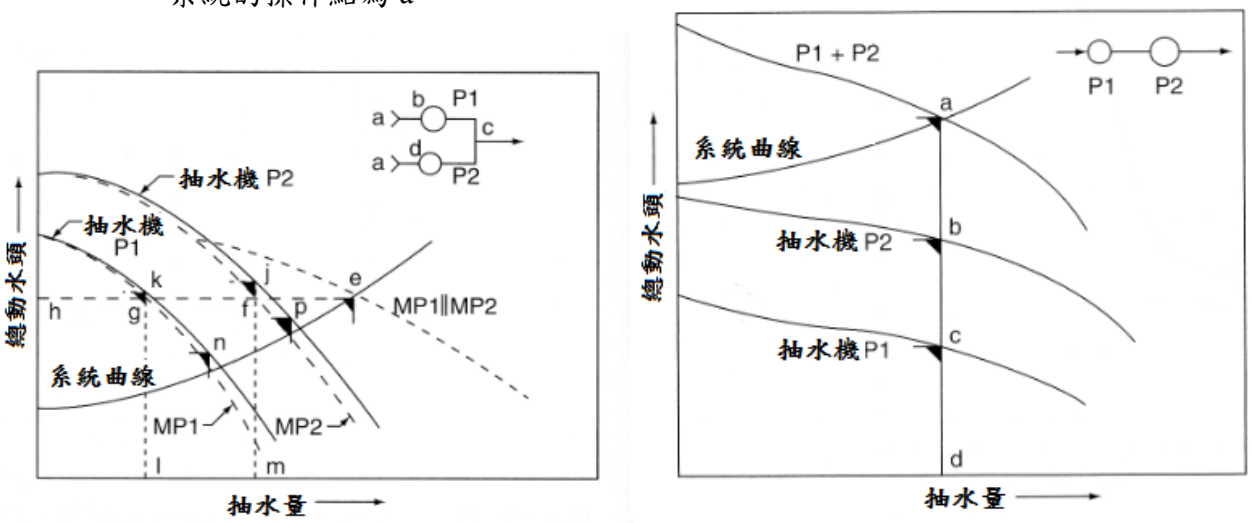
(3).多台抽水機之操作

設有數台抽水機的抽水站，該些抽水機通常採並聯操作，但有時則採串連操作。

A.並聯操作當兩台或更多台抽水機抽水進入同一主管時，總流量係同一水頭下個別抽水量累加之和。惟因系統曲線並未包括抽水機吸水管及出水管的損失水頭，故可從抽水機曲線中將抽水站內最後一台抽水機吸水管及其與主管銜接點前之出水管的損失水頭扣除。參考圖 3-57a，MP1 係已扣除抽水站內水頭損失之 P1 抽水機曲線，MP2 係已扣除抽水站內水頭損失之 P2 抽水機曲線，MP1 及 MP2 抽水量的累加和即為抽水機曲線 MP1 ‖ MP2，其中之 ‖ 表示並聯，故抽水量 he＝hg＋hf。當兩台抽水機並聯操作時，其合併操作點係在 e 點，此時抽水機 P1 之操作點係 g，其實際操作點係 g 點垂直線上的 k；抽水機 P2 之操作點係 f，其實際操作點係 f 點垂直線上的 j。當單台抽水機操作時，P1 的操作點係在 n，P2 的操作點係在 p。故在開抽水機規範時，P1 抽水機須包含其實際操作點 k 及 n 點，而 P2 抽水機須包含其實際操作點 j 及 p 點。

B.串聯操作

當所需水頭大於單台抽水機所能提供的水頭時，抽水機則以串聯操作，參考圖 3-57b，抽水機合併的水頭-流量曲線係將同一抽水量的 P1 及 P2 抽水機的水頭累加之和，故水頭 ad＝bd＋cd。抽水機 P1 的操作點為 c，抽水機 P2 的操作點為 b，系統的操作點為 a。



a.　並聯操作　　b. 串聯操作

圖 3-57　兩台抽水機並聯及串聯操作

3-4-04 抽水站濕井及乾井 **（原則 17）**

抽水站濕井及乾井之設計考量如下：

1.抽水站（濕井或乾井式）之地下結構物應為鋼筋混凝土製，池牆具水密性，並應抗浮力。濕井混凝土內壁應有防蝕考量，抽水站之金屬物品亦應採用防蝕材質。

2.使用定速抽水機之抽水站濕井，其高低水位間的有效蓄水容量應以公式計算，容量過大與不足均不符合設計原則。

3.應慎選合適之污水抽水站濕井型式。

4.抽水站設計以不在濕井底部造成淤積為佳。

5.設於室內之抽水站應有通風換氣設備，濕井排氣應考量除臭。

6.抽水站乾井設計參見 2-5-03 抽水機房設置考量。

【解說】

抽水站依其使用抽水機之不同，而有乾濕井分離者及僅有濕井者，乾濕井分離之抽水站，其乾井式抽水機可依種類不同而分別設置在濕井旁邊或在濕井上方；僅有濕井之抽水站，採用沉水式抽水機，故不須設置乾井。

1.抽水站含濕井及乾井之之地下結構物應為鋼筋混凝土製，池牆具水密性，以避免地下水滲入濕井及乾井內，或濕井內之污水滲出至池牆外土壤中。污水處理廠由於常位在地勢較低處，地下水位較高，埋深較大之進流抽水站應設計能抵抗地下水之浮力。參見 2-4-01 解說 1。

濕井的混凝土內壁為防止污水中硫化氫的侵蝕，通常皆須塗刷兩道煤焦油環氧樹脂(coal tar epoxy)。經驗顯示，如果煤焦油環氧樹脂塗刷不當，或煤焦油環氧樹脂經久變質沒再重新塗刷，則混凝土面仍會腐蝕。由於濕井經常很難排空，故重新塗刷相當困難。新方法係使用高密度聚乙烯(HDPE)作為濕井混凝土內壁的裡襯，並須將 HDPE 接縫及進流管周圍縫隙焊接完全，以避免硫化氫侵蝕混凝土。另一種代替方法係採塑脂混凝土結構，以塑脂(polymer)代替混凝土中的水泥，因塑脂混凝土不容易受到硫化氫的侵蝕。

污水中之硫化氫很容易腐蝕抽水站之金屬物品，包括：管線、沉水式抽水機導桿、管夾、支撐、格柵板、欄杆扶手、扶梯、爬梯、攔污柵、螺栓、螺帽、溢流堰、滑動閘門及其他等。防止腐蝕的方式包括抽水機導桿、管夾、支撐、格柵板、欄杆扶手、扶梯、爬梯、攔污柵、螺栓、螺帽、溢流堰、滑動閘門等可採用 304 或 316 不鏽鋼；開孔蓋板可採用量輕及耐用之玻璃纖維材質，小面積格柵板、溢流堰等亦可採用玻璃纖維材質；延性鑄鐵管外表應塗刷環氧樹脂；電氣部分亦應採用防蝕材質。

有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)請參見 2-7-01 之解說。。

2.濕井容量之考慮為使用定速抽水機之抽水站設計中重要的一環，適當之濕井容量，須考慮水在濕井中之停留時間，若停留時間過長，則不經濟，反之，如停留時間過短，則將迫使抽水機之起動及停止操作頻率過高而加速抽水機及電動機之損壞。換言之，抽水站濕井容量過大與不足均不符合設計原則。濕井高低水位間的有效蓄水容量可以公式 3-20 計算之：

$$V_{min} = \frac{Q_p T}{4} \quad \cdots\cdots(3\text{-}20)$$

式中，

V_{min}： 濕井之最小容量(m^3)

Q_p ： 抽水機之抽水量(m^3/min)(最大台抽水機容量)

T ： 最小循環時間（抽水機起動、停止至再起動之時間，min)

一般中型標準電動機全壓啟動可承受每小時 4 次啟動，而對電動機壽命無影響；採用降壓啟動時，能降低浪湧電流（inrush current），全速運轉會從 6 至 10 秒延伸至幾分鐘，故啟動次數可增加至每小時 12 或 15 次。特殊乾井電動機可承受每小時 6 次啟動；沉水式電動機可承受每小時 12 次啟動或更多（20 次）。大型電動機每小時啟動次數要少些。故一般污水抽水站可以中型標準電動機全壓啟動為準，即每小時 4 次啟動，亦即最小循環時間以 15 min 為原則。至於大型抽水機之最小循環時間，則應與抽水機廠商（非電動機廠商）討論後再作決定。

採用兩台相同的定速抽水機，抽水量小於 4,000 CMD 之小型抽水站，如採自動交替運轉的控制線路，計算濕井容量時可減少一半。

若採多台抽水機並聯時，濕井容量除考量最大容量抽水機及最小循環時間外，另應考量各台抽水機液位控制水位。

3.抽水站濕井型式

抽水站濕井主要係由進流分配段（前池）、進流渠道段（喉口）及抽水機吸水口所構成，污水抽水站的濕井型式及其優缺點簡介如下：

(1).未設隔間之濕井

抽水機通常藉由平台懸吊在沒有隔間或其它導流設施的廣大水體中，這種未受限的抽水站濕井造價不貴，用於調節池作為流量調節抽水機、及污水塘作為放流水抽水機等，須特別考量者係為在抽水機前端將漂浮物、雜物及魚類等隔離。抽水機吸水喇叭口所需浸水深度參考下節。

(2).矩形濕井

矩形濕井係傳統最常使用的濕井型式，特別適合於大體積的清水池，但對於使用於污水濕井，在革命式的渠道型濕井（介紹於下節）尚未發明以前，已經有許多單位、機構或廠家針對其各種缺點而提出許多「頭痛醫頭，腳痛醫腳」的改善方式。濕井應以分隔牆及閘門隔成兩個或更多的隔間，以便各隔間能隔離清理，以及未來可能進行的擴建工作，同樣理由，進流管渠亦應分別連接至各隔間，並加裝閘門。進流管渠及濕井隔間參考圖 3-81。現將進流管及濕井簡略介紹如下：

A.進流管

進流水自進流管進入濕井，如落下到水面的距離太大，會挾帶大量空氣氣泡而被吸入抽水機內，產生抽水量之損失及抽水機葉輪等的破壞，另外還有浪費水頭（能源）及產生臭味之問題，故在設計濕井時，應使銜接濕井之污水管內最高水位與濕井之最高水位（HWL）一致，不需刻意降低濕井之最高水位（HWL），參考圖 3-58。圖中 HWA 代表高水位警報，LWL 代表最低水位，LWA 代表低水位警報。

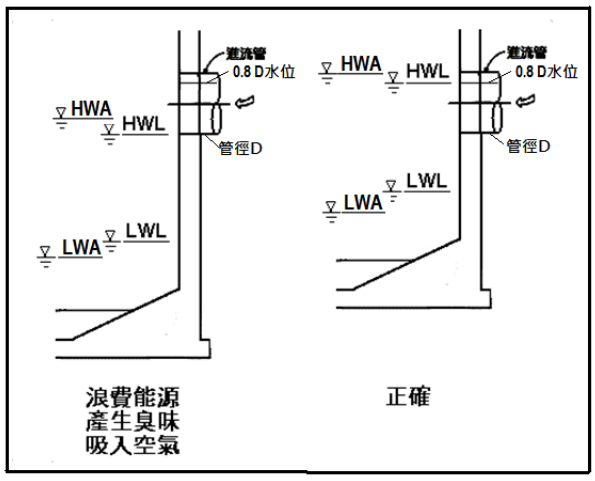


圖 3-58　濕井高水位位置之決定

B.濕井

濕井形狀可為矩形或梯形，在平面上，矩形濕井的多台抽水機係靠著一片牆而成列狀配置。矩形濕井之設計，應能使抽水機運轉順暢，污水經進流管線流入濕井後，在流至抽水機吸水管前，需參考設備廠商及本節資料設計，使其流場應有妥善配置，避免引起亂流或渦流現象。濕井不當設計導致的問題絕大部分發生在因為局部漩渦而在水面上產生的漏斗狀渦流，這種漏斗狀渦流會將吸入的空氣經由抽水機吸水口而帶到葉輪上，使葉輪產生徑向的不平衡，從而使水流產生水力脈動，導致軸承及葉輪導引的機械過載。吸水管端為喇叭形，各種吸水管的型式參考圖 3-59，抽水機吸水口及底版的距離不能超過吸水喇叭口直徑的一半，最好是喇叭口直徑的三分之一。喇叭口至最低水位之浸水深度為 S，參考公式 3-21 及 3-22。

$$S=(1+2.3F_D)D \quad \cdots\cdots(3\text{-}21)$$

式中：

S：浸水深度(m)

F_D：福祿數（Froude number，無因次）$= v/(gD)^{0.5}$ ……(3-22)

D：吸水喇叭口外徑(m)

v：吸水喇叭口處之流速(m/s)

g：重力加速度(m/s^2)

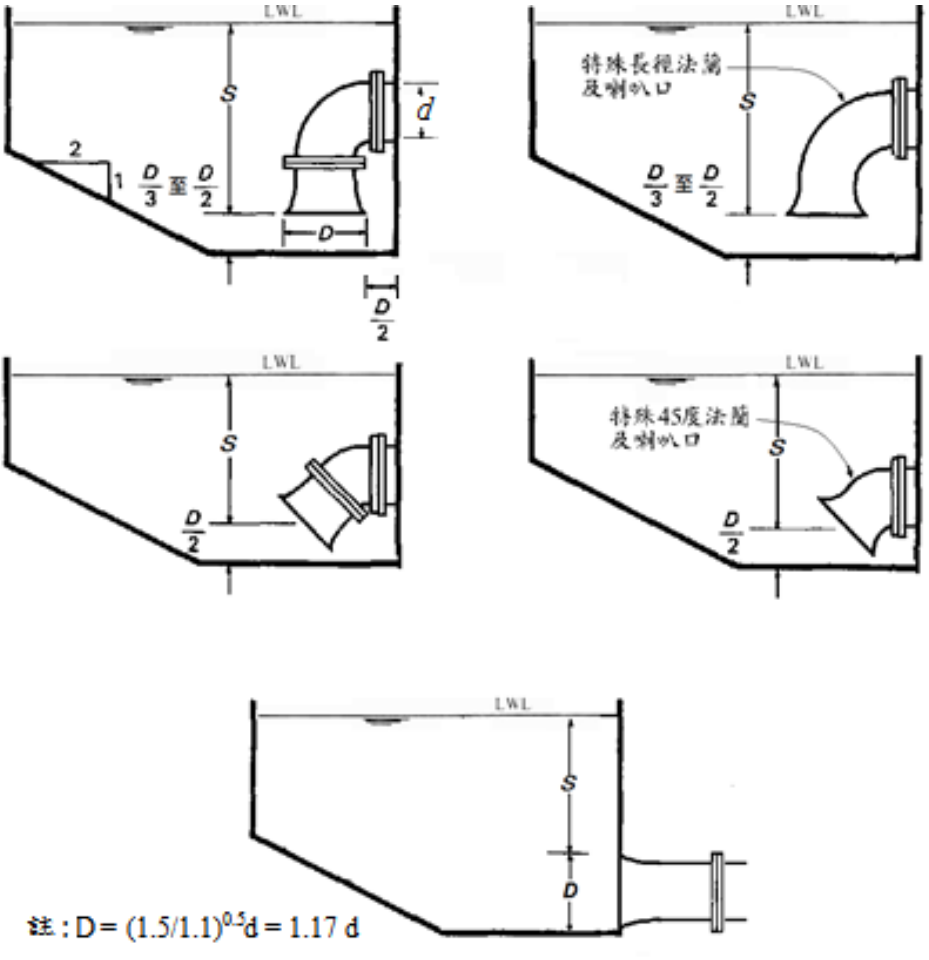


圖 3-59　各種吸水管的型式

濕井中，水流方向突然改變會造成渦流。濕井中朝向抽水機的水平流速應遠小於0.3m/s。濕井角落沒有填角的不連續性，以及水流經過分隔牆鼻端引起之不均勻水流分配，常導致形成挾帶空氣的漩渦。濕井或吸水口管線的形狀會造成不均勻流速，從而使水流旋轉，當水流靠近吸水口時，旋流會增大，抽水機吸水管的渦流會使葉輪中心局部的 $NPSH_A$ 減到零，導致孔蝕、噪音及急速磨損。矩形濕井及進流口之優劣配置設計，參考圖 3-60，雖然該圖已將不良的矩形濕井配置顯示出，但即使劃歸為良好的配置，其抽水機吸水口的水流循環仍可能產生渦流。

防止渦流的方法包括在牆角及牆底加上填角，在抽水機吸水口底部增設圓錐，或在吸水口及牆壁間增設防旋擋板等，參考圖 3-61 填角及地版圓錐。對於小型濕井，這些防止渦流的方法可能不具成本效益，其替代方式為使用更具抵抗性的金屬材質，如使用不銹鋼或鋁青銅的葉輪，及添加鎳的鑄鐵機殼等，可能對小型抽水機更具效益。

抽水機間的分隔牆可改善流況，適用於超過 27,000 CMD 之大型抽水機。參考圖 3-62，防止渦流的最佳抽水機隔間組合包括：長度至少須為 5.75D 的分隔牆，牆角及牆底須加上填角，吸水口底部須加上分水設施，抽水機前端須加上幕牆（curtain wall）。參考圖 3-63 典型使用沉水式抽水機之矩形濕井設計圖，該設計已針對達成平均配水、減少氣泡吸入抽水機內等問題提供解決，至於因底版面積大及低流速（＜0.5 m/s），容易使砂礫及污泥淤積之清除方式詳見解說 4.，但對於濕井用地面積大、浮渣無法排出等問題仍無解。

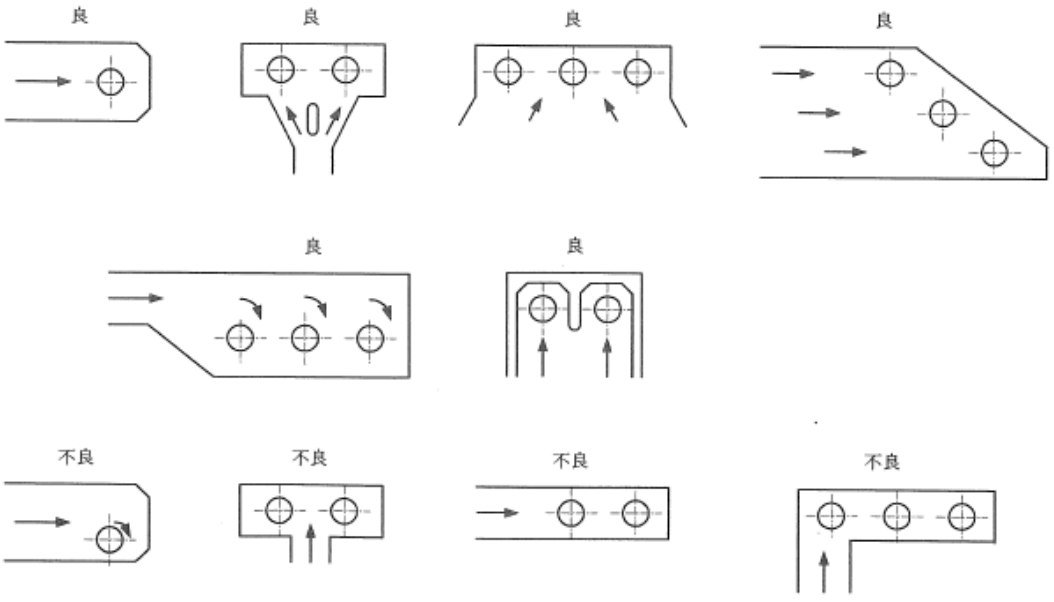


圖 3-60　矩形濕井及進流口之優劣配置設計

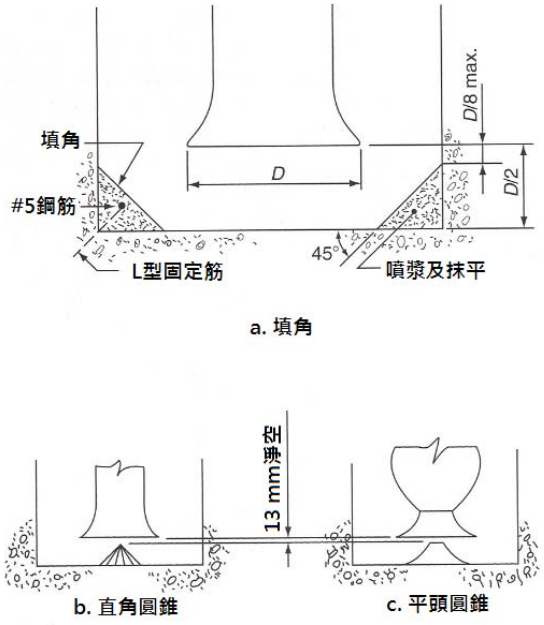


圖 3-61 填角及地版圓錐

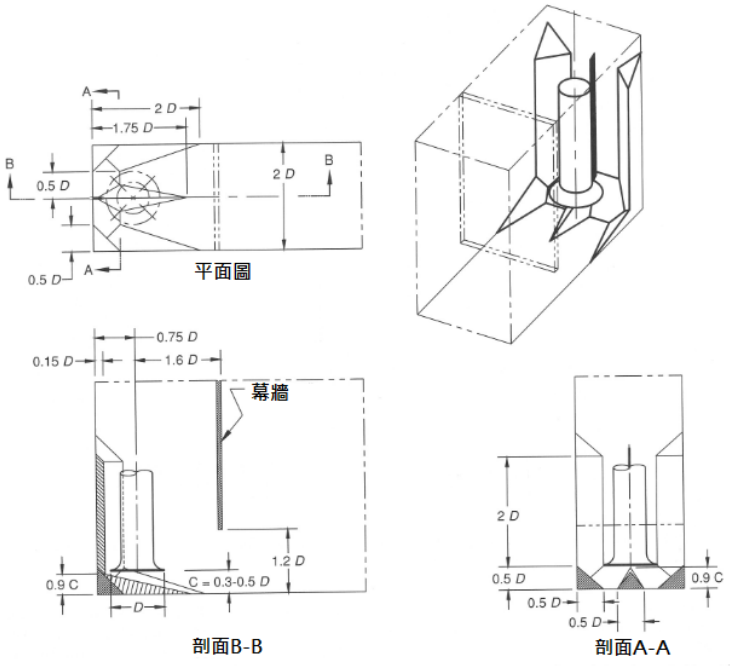
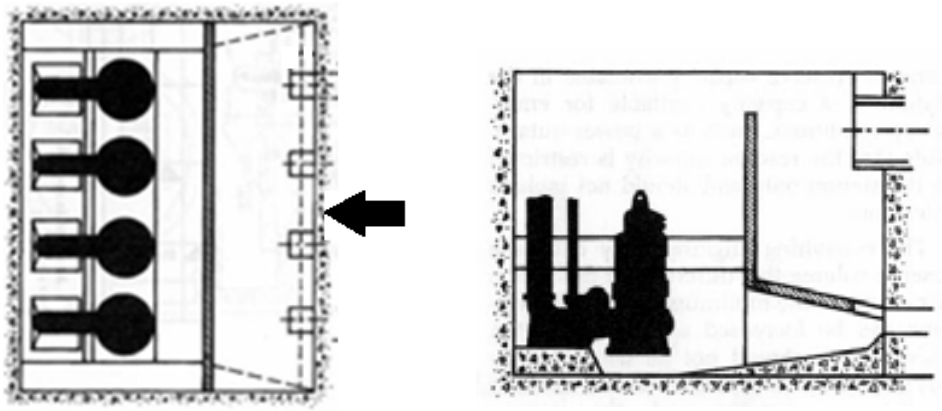


圖 3-62 大型抽水機防止渦流最佳隔間詳圖



平面圖　　剖面圖

圖 3-63　典型使用沉水式抽水機之矩形濕井設計圖

(3).圓形濕井

圓形濕井大都為小型濕井（流量介於 700~16,000 CMD），因造價低而具有吸引力，濕井可以混凝土管製造，也可採用 FRP 管或鋼管。圓形濕井雖可使用乾井式抽水機（例如自吸式抽水機），但通常使用沉水式定速抽水機。圓形濕井的平坦池底可能發生的牆邊漩渦，可藉由設置填角或將吸入口侷限在至少 2D 高的筒中來解決。許多小型圓形濕井有嚴重缺點，其中之一為進流污水跌落底下池中引起的亂流會釋出污水沼氣、氣泡及強烈水流，強烈水流會將氣泡帶到抽水機吸水口中，抽水機吸入空氣會降低抽水機的效率、水頭及流量，並減少軸承及軸封的壽命。雖然採用豎管可避免抽水機吸入空氣，但污水沼氣仍會釋出。為避免進流污水跌落，並提高濕井的儲存容量，可採用如同渠道型濕井之接近管，參考圖 3-64 裝設兩台沉水式抽水機之小型圓形濕井。圓形濕井其他缺點包括：(1)大而平坦的池底會使污泥淤積及腐敗，及(2)抽水站清除困難。對於減少污泥淤積，可採用斗狀池底；而對於清理淤積，可採用將浮渣及污泥攪拌及混合的方法，詳見解說 4.。

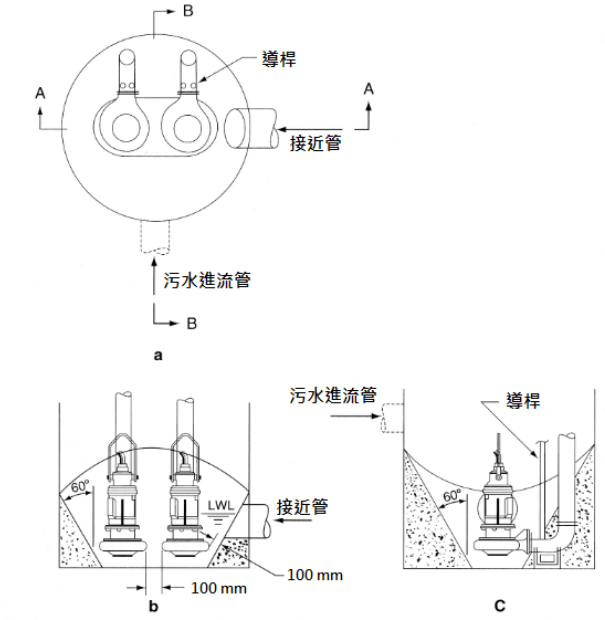


圖 3-64 裝設兩台沉水式抽水機之小型圓形濕井
（建議以實線之接近管代替虛線之進流管）

(4).渠道型濕井

A. 渠道型濕井介紹

渠道型濕井的構想係在1950年代後期所發展出，並已應用在許多地方，其與傳統矩形濕井設計不同之處在於濕井形狀係一條深而狹窄的渠道，而各抽水機吸水口係沿著此狹窄渠道並排設置，進流水自渠道的一端流入，參考圖3-65，如與圖3-60比較，此係違反傳統矩形濕井的設計方式，而會被歸類為不良的設計；但它卻被證明是成功的，且解決了傳統矩形濕井設計的一些缺點。採用變速抽水機用於污水的渠道型濕井的設計，敘述如下：渠道型濕井的抽水機吸水口係局限在一條深而窄的渠道中，與上游端進流管同在一直線上，但遠低於上游端進流管，新式渠道型濕井設計（註：渠道型濕井原設計係於1998年推出，改良後之新式渠道型濕井則係於2008年推出）之優點為：(1)抽水機吸水口水力條件良好；(2) 以最小的用地尺寸抽送污水；(3)池底地板面積小故污泥淤積最少；(4)利用洩洪道產生水躍，將沉積物冲到渠道末端，即可由最後一台抽水機將沉積物抽出，故清理沉積物快又容易。渠道型濕井適合於設計流量超過大約12,000 CMD的抽水站，有些抽水站超過400,000 CMD。參考圖3-66使用乾井抽水機之新式渠道型濕井。

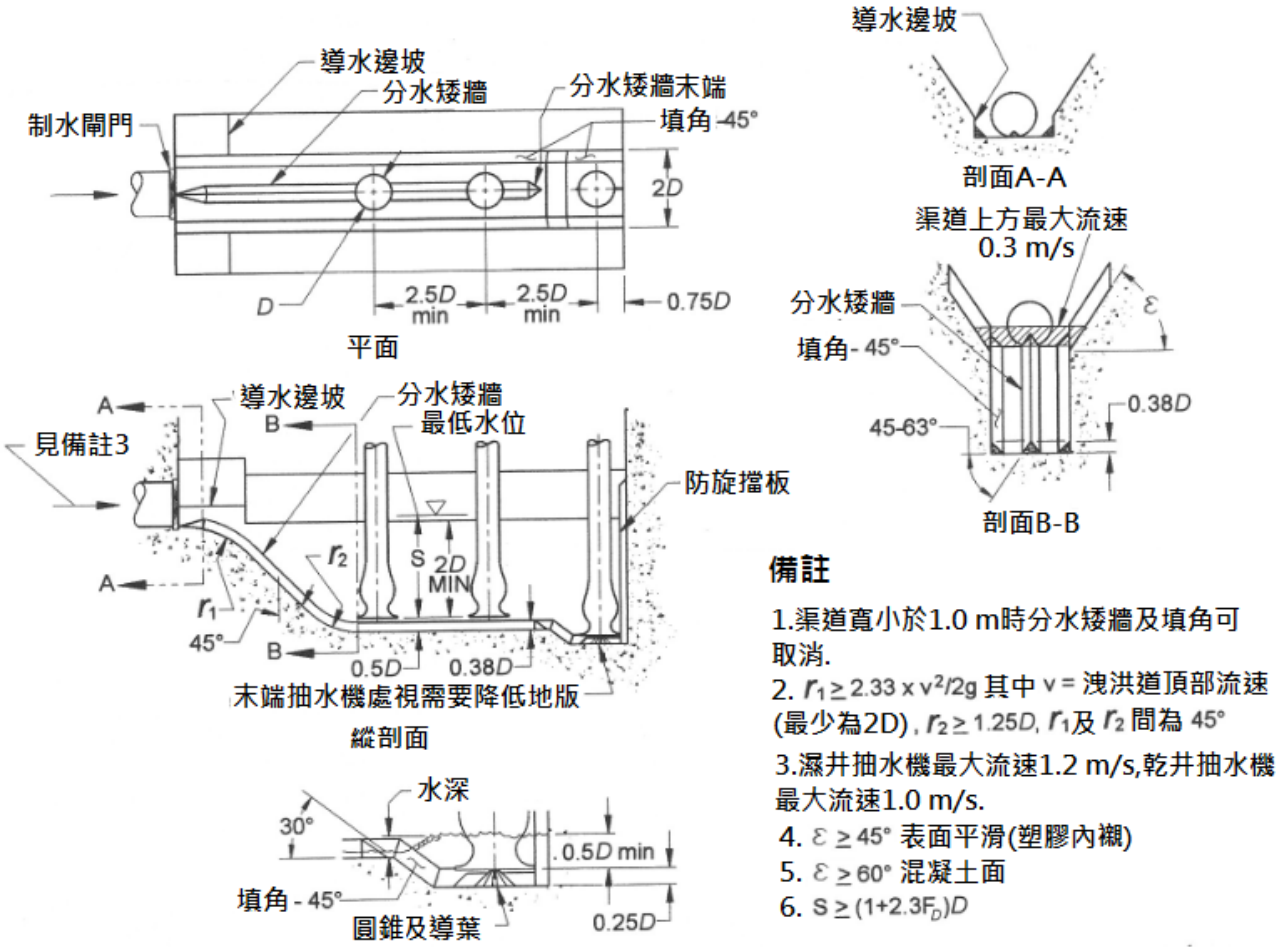


圖 3-65 使用豎軸抽水機之新式渠道型濕井
（用於含固體物之污水及變速抽水機）

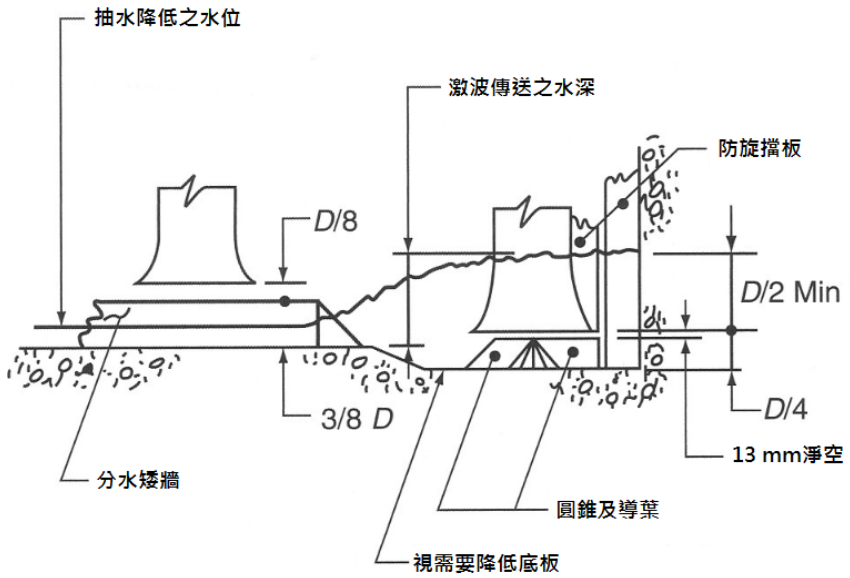
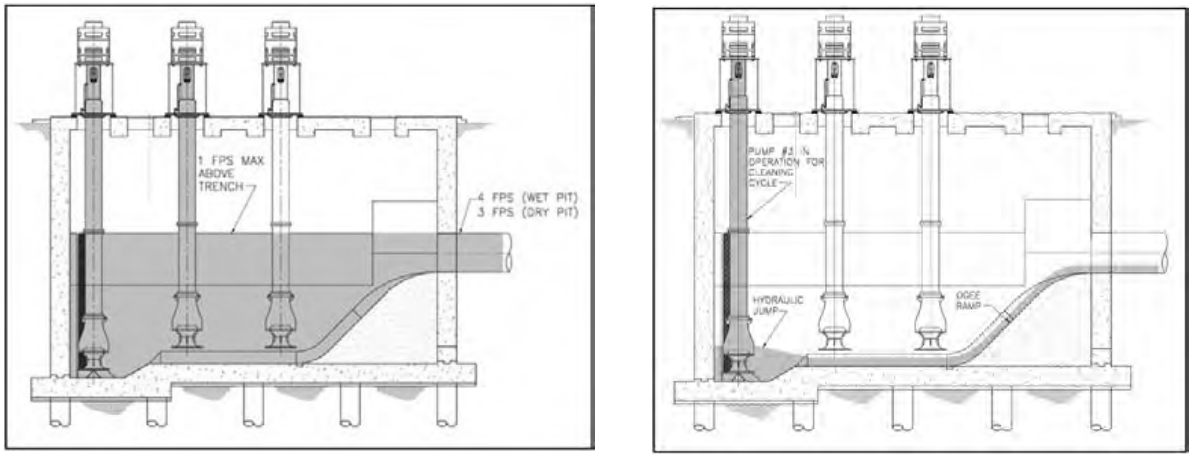


圖 3-66 使用乾井抽水機之新式渠道型濕井

渠道型濕井沉積物的清除方法如下：以抽水方式將渠道中水位下降至離抽水機吸水口上面幾公分後，讓污水自上層進流管經洩洪道流到下層渠道的前端而產生水躍，激波向渠道下游端傳送時，會將渠道中沉積物冲到最後一台抽水機處，即可由該抽水機將沉積物抽出。污泥及浮渣不須勞力即可在開始排空濕井後不到五分鐘內清除完畢，每週清除一次或多次都可行。渠道型濕井清除沉積物示意圖參考圖3-67。



a. 正常操作情況　　b. 自動沖洗渠道情況

圖 3-67　渠道型濕井清除沉積物示意圖

渠道式濕井的抽水機可為變速或定速。採用定速抽水機的情況，當抽水機沒在運轉時，須將污水暫時儲存。定速抽水機的水位上下變動約1.2 m，為避免造成水位大幅跌落，並增加這種精簡式濕井的儲存容量，須自濕井上游端的銜接人孔作為起始點，將該人孔下游的原污水管變更設計為坡度較大且將管徑放大的接近管（approach pipe），接近管進入濕井的管底須稍低於濕井的低水位(LWL)。通常該銜接人孔、接近管及濕井等係交由抽水站設計師負責設計，而非交由管線設計師設計。在進水階段，濕井水位升至高水位(HWL)時，濕井入口處的接近管係為滿管，但不致迴水至上游端的污水管。在抽水階段，接近管會排空，除了少許容量(約30%)會為高流速將管線沖刷潔淨的進流水所佔去。接近管最適長度約 60 m，最適坡度為2 %，最適管徑(D2)較污水管管徑(D1)約大高1至2號，這種配置會使HWL及LWL有1.2m的高差，而接近管會有調節抽水機啟動及停止次數所需濕井體積大約一半之容量。接近管的管徑及長度可依濕井所需之不足容量而改變。接近管既已提供部分的需求容量，濕井即可做最適自清形狀的設計。參考圖3-68使用接近管增加濕井儲存容量的沉水式小型定速抽水機之新式渠道型濕井，及參考圖3-69接近管示意圖。因渠道短且非常狹窄，無法裝設分水矮牆及填角，因此取消分水矮牆及填角。

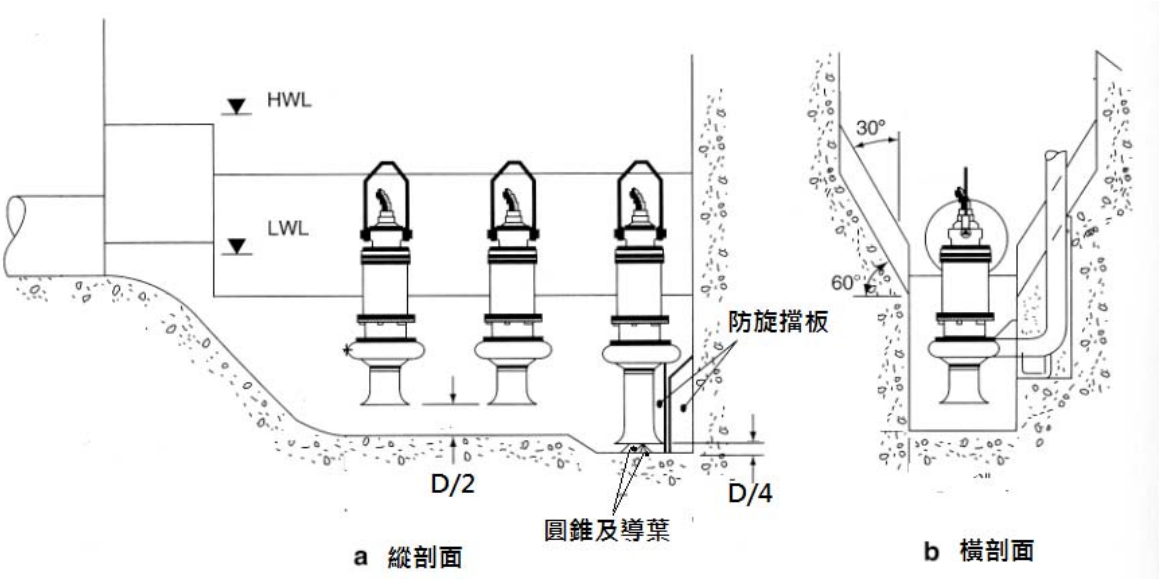


圖 3-68　使用沉水式抽水機之新式渠道型濕井（用於小型定速抽水機）

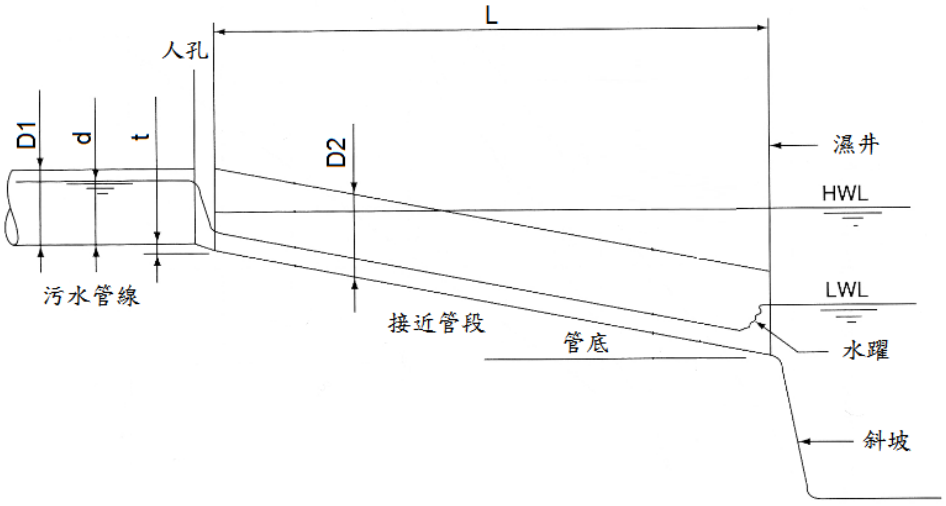


圖 3-69 接近管示意圖

B. 矩形濕井與渠道型濕井比較

傳統式濕井(包括矩形與圓形)與渠道型濕井之比較如下：

(A).傳統式污水抽水站濕井容量係依照前節（公式3-20）$V_{min}=\frac{Q_pT}{4}$ 來計算，其中濕井容量V_{min}係指濕井內高低水位間的深度乘以濕井水面面積。最小循環時間與抽水機的馬力數有關，因此大抽水量及大馬力抽水站需要的濕井容量即非常大。由於要減少抽水站深開挖增加的工程費，濕井內高低水位間的深度大都限制在一定的範圍內，因此濕井不管是採用矩形或圓形，其地板面積都相當大。而相對之下，渠道型濕井所需濕井面積則非常小。

(B).傳統式濕井進流管的0.8D水位通常設定為濕井的高水位，因此在非高水位情況下的大部分的時間，進流水通常以瀑布方式自由落下，挾帶大量空氣氣泡

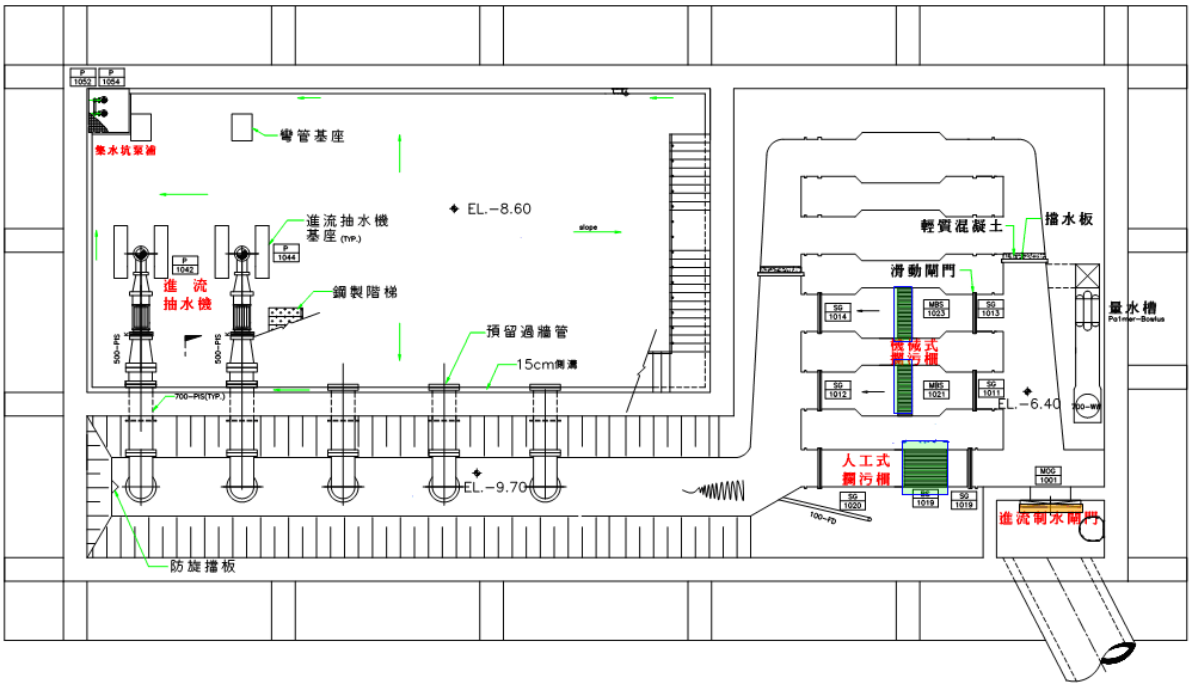
進入濕井中，而為抽水機所吞沒，導致輪葉不均勻負荷，產生過度磨損及嚴重的減少效率。渠道型濕井進流管的管底高程設定為略低於濕井的低水位，跌落高度減小，挾帶的空氣氣泡也減少。

(C).傳統式濕井會在濕井井底地板上堆積砂礫及污泥，影響抽水機的抽水效率，沉積的固體物會分解而產生硫化氫，形成硫酸，嚴重腐蝕混凝土及金屬表面。沉積物清除困難，作業環境也惡劣。為減少濕井中沉積物堆積，建議縮小抽水機吸水口處地板的水平距離，並將其餘的地板以1：1的坡度向上延伸至進流口，使固體物接近抽水機吸水口，減少沉積；另外亦可將濕井分為兩個或以上的隔間，每個隔間應分別有進流渠道及閘門，以便將污水引入任一隔間，及將另一隔間空出來清理。隔牆須設閘門，以便將隔間連通，提供抽水機最小運轉週期所需的容量。如在抽水機濕井前方設置沉砂池，則將增加大面積的地下結構物，而砂礫須從地下室搬運上來也增加清理費用。

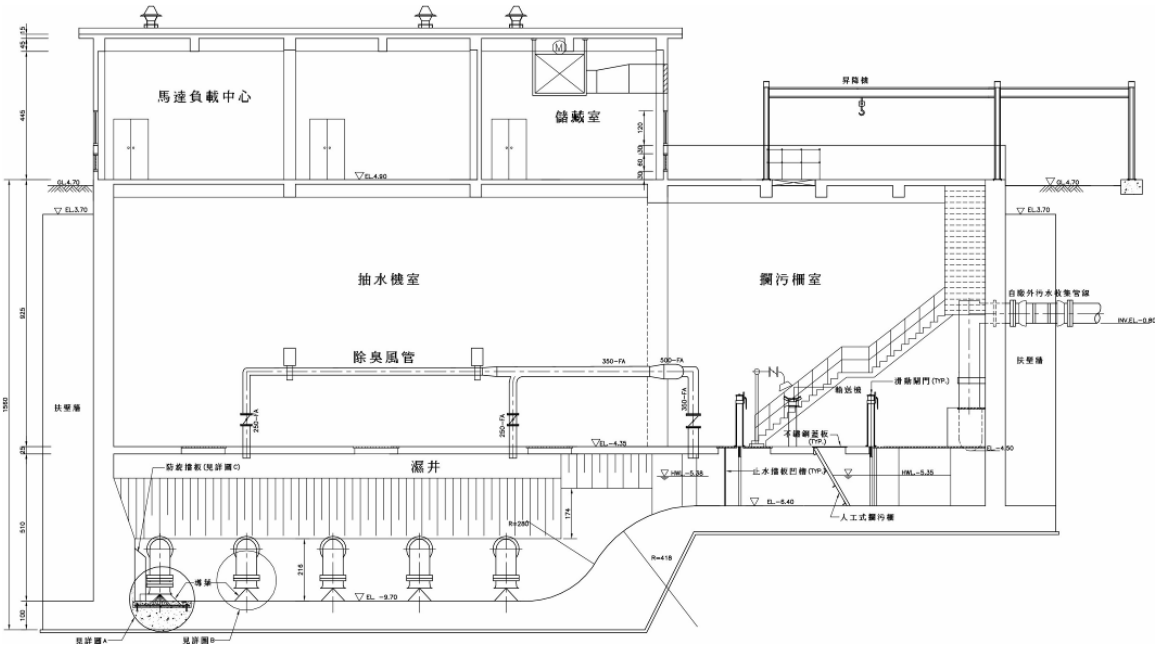
傳統式濕井與自清式渠道型濕井之比較參考表3-17所示。參考圖3-70進流抽水站採渠道型濕井的典型設計例。

表 3-17　傳統式濕井與自清式渠道型濕井之比較

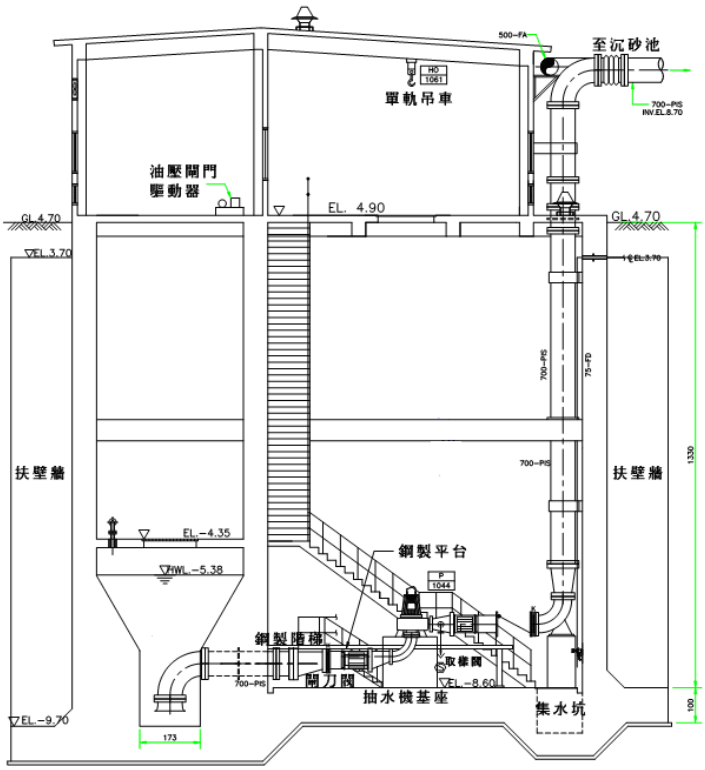
項目	傳統式濕井	自清式渠道型濕井
濕井面積	大	小
進流水跌落濕井高度	大	小
沉積物清除	困難	容易



a.　平面圖



b. 剖面圖



c. 剖面圖

圖 3-70　進流抽水站自清式渠道型濕井設計（新竹客雅水資源回收中心例）

(5) 狹窄隔間之濕井

狹窄隔間之濕井配置示意參考圖3-71所示，其優點為：(1)抽水機平時運轉時有優良的水力條件；(2)抽水機全速運轉時可將污泥抽出；(3)抽水降低水位時可將浮渣抽出；(4)適合大型抽水機。另一方面，其缺點為：(1)對定速抽水機而言，可貯存之液體容積太少（沒有輔助貯存空間）；(2) 抽水機長時間的停機後，其隔間可能會淤積污泥及砂礫而使抽水機堵塞；(3)費用較圓形濕井為高。

上述貯存容積問題可如同渠道型濕井，以一支接近管來解決。至於在狹窄隔間中淤積污泥及砂礫問題，可在抽水機出水管上加裝一支分管，並導入濕井中的一個角落，藉著加壓水流將沉積物擾動後，再以抽水機抽出，詳見解說4. 。

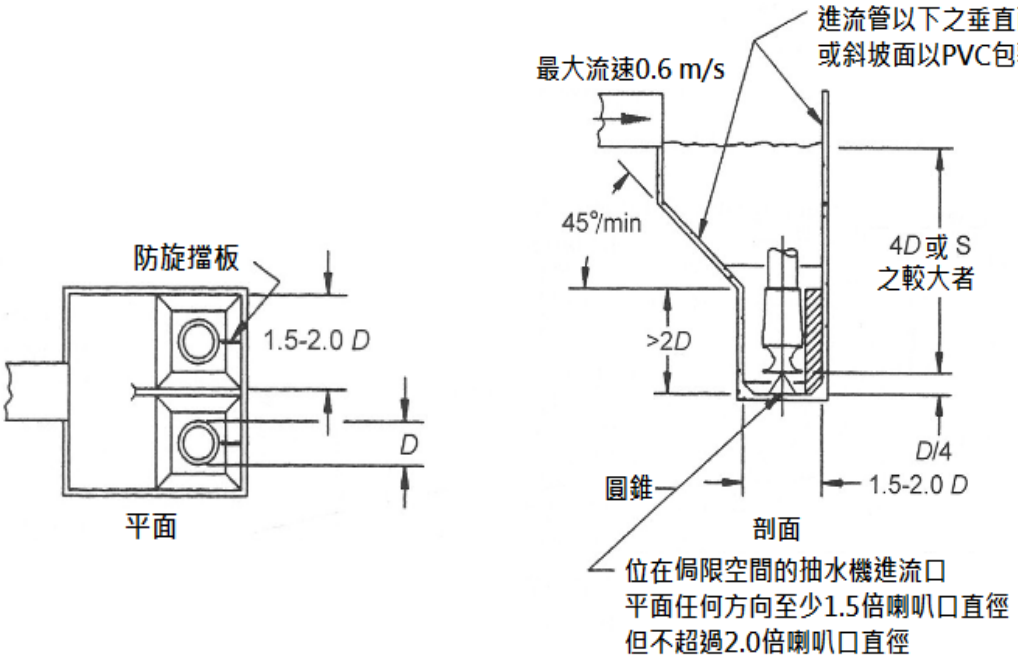


圖 3-71　狹窄隔間之濕井配置示意圖

4.抽水站濕井內之淤積清除困難及具危險性，故抽水站設計以不在濕井底部造成淤積為目標。污水抽水站濕井的死角流速太低無法避免污水中污泥及砂礫的淤積。大約 0.3m/s 的流速可保持污泥流動，而大於 0.5m/s 的流速可保持砂礫流動。在污泥及砂礫淤積後，需要有大於 1.6m/s 的流速才能將沉積物有效的沖走。一些清除沉積物的方法如下：

(1).機械攪拌機：在濕井中的抽水機旁邊加裝機械攪拌機。機械攪拌機可以用豎軸式攪拌機，電動機在濕井的頂蓋上，軸流槳葉在濕井中（參考圖 3-72a）；亦可用沉水式攪拌機（參考圖 3-72b）。應用機械攪拌機攪拌來清除濕井中沉積物時，僅限於濕井體積要較小或用更多的攪拌機，因此有下列一些缺點：

A.機械設備費用

B.電力費用

C.機械設備的維護

D.尚有死角無法清除乾淨

(2).應用出水管線佈設清除沉積物：清除濕井中沉積物另一個方法是在抽水機出水管上加裝一支分管並導入濕井中（參考圖 3-73），在抽水時，利用分管中下沖的水柱將沉積物擾動，使之揚起，而抽水機最後會將沉積物與污水的混合液經由出水管抽出。分管上裝有制水閥，平常係關閉著，需要清除濕井沉積物時才打開。



a. 豎軸式攪拌機



b. 沉水式攪拌機

圖 3-72 機械式攪拌機

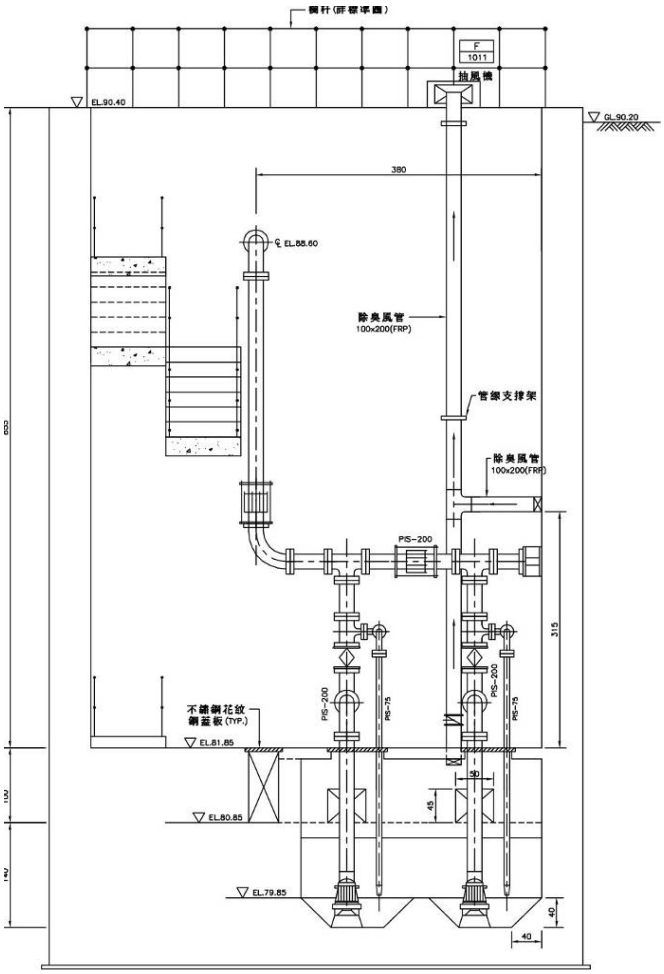


圖 3-73 分支管攪拌

(3).豎軸集水坑抽水機以及沉水式抽水機(參考圖 3-74 及圖 3-75):具有兩個出水管，除了正常出水管外，另一個出水管會將污水循環排回到濕井中，使水面上的浮渣及池底的沉積物與污水充分攪拌混合，抽水機上面有轉動桿，能轉動這支出水管的攪拌方向；抽水機上面有閥門操作器，能選擇污水經由循環出水管排到濕井，或經由正常出水管排到排放點。此種抽水機容量小，較適用於集水坑之排水用途。



圖 3-74 豎軸集水坑抽水機



圖 3-75 沉水式抽水機

(4).應用預迴旋槽清除沉積物：抽水站濕井的底部可設置預迴旋槽以解決浮渣及沉積物的問題。預迴旋槽是裝在抽水機吸水口的底下，污水在濕井中接近低水位時，

沿切線方向進入抽水機，在吸水口前會流經渦流形狀的導槽，此時污水會向下流，並順著導槽形成迴旋流，這種力量會將浮渣及沉積物冲到抽水機吸水口，從而經抽水機抽到下一個可分離浮渣及沉積物的單元中。預迴旋槽參考圖 3-76。

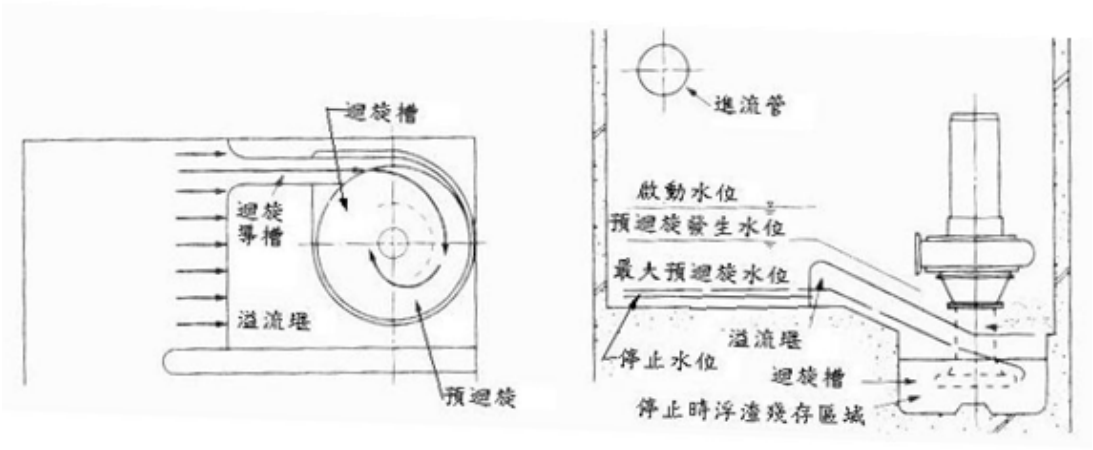


圖 3-76　預迴旋槽之例

5.抽水站的渠道及濕井等會產生臭氣，考量周遭環境及作業環境，必要時應設置除臭設備。基於經濟考量，抽水站渠道及濕井皆加覆蓋物，以便採局部方式脫臭。抽水站為確保良好的作業環境，及防止腐蝕性氣體對機械腐蝕及劣化，應設置通風換氣設備。換氣方式應採第一種機械換氣方式，參考表 3-4。抽水站之換氣量參考表 3-18，該表僅為初步的參考，設計時應參照各種文獻，並必須依照抽水站的特徵作審慎的考量。有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)請參見§ 2-7-01 之解說。

表 3-18　抽水站之換氣量

外圍型式	場所	換氣量	備註
乾井在濕井隔壁	乾井室內作業空間	依據電動機發熱量計算，然而，換氣回數為 2~3 回/小時以上	
	濕井	開口處水面面積×10m^3/（m^2・小時）　※	濕井上方設置蓋板
乾井在濕井上方	乾井室內作業空間	依據電動機發熱量計算，然而，換氣回數為 5~10 回/小時	濕井上方設置蓋板
	濕井	開口處水面面積×10m^3/（m^2・小時）　※	濕井上方設置蓋板
中型抽水站濕井上方為露天	濕井	開口處水面面積×10m^3/（m^2・小時）　※	濕井上方設置蓋板
小型抽水站濕井上方為露天	濕井	僅設自然排氣管	濕井上方設置蓋板

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會
※註：排氣一般須考量脫臭處理

6.乾濕井分離之抽水站，其乾井可依種類不同而分別設置在濕井旁邊或在濕井上方，抽水站乾井設計參見§ 2-3-03 抽水機房設置解說。

3-4-05 抽水機進出水管線及附屬及輔助設備設計　**（原則 18）**

抽水機及其管線等附屬設備之考量要項如下：

1. 抽水機應依規定設計其吸水及出水管線等附屬設備。
2. 乾井有浸水之虞時，可採用： (1)豎軸渦輪式抽水機；(2)自吸式抽水機；(3)真空吸引式抽水機：(4)電動機設置於地面層或不會淹水的地下層，而以延伸軸向下連接至乾井底板上的豎軸抽水機；(5) 螺旋抽水機；(6)沉水式抽水機用於乾井。
3. 抽水機得視合適情況選擇使用變速器。
4. 抽水機應配合其型式選擇並安裝其附屬及輔助設備。

【解說】

1.抽水機吸水及出水管線之設計

(1).抽水機吸水管及附屬設備之設計

A.每台抽水機應分設吸水管一支。

B.吸水管應儘量縮短水平管長度。

C.吸水管接頭及其管件不得漏氣，管內不應堆積空氣，並應儘量減少彎曲。

D.喇叭形吸水口至濕井底面之距離，及至最低水位之浸水深度為 S，以及各吸水口的間距，參考 3-4-03 解說三。

E.利用牆壁來支撐沉重的管線及管閥。吸水管甚長時，中間得設固定支架。

F.具有壓力水頭之吸水管應設置隔離閥，隔離閥之型式參考 2-6-02 解說 2。

G.水平設置之吸水管與抽水機吸水口間之大小頭應採偏心型式，並使水平側在上方，以避免空氣停積於吸水管內上方。但如果無法避免，則須設置排氣裝置將積氣排至適合地點。

H.抽水機之吸入靜水頭應使抽水機不發生孔蝕現象，並依抽水機之型式使其吸入靜水頭降至最低。

I.應仔細以最壞的大氣壓、流體溫度、蒸氣壓、及吸水管情況的可能組合計算 $NPSH_A$，對廠商提供的抽水機需求 $NPSH_A$，須有 $NPSH_A > 1.2\ NPSH_R$ 的安全係數考量。

J.吸水管管線內如流速過大，水頭損失太多，在彎頭及閥門處的紊流會造成振動問題。

K.抽水機吸水口上游端水流方向突然改變，會使水流變得不對稱而使抽水機軸及軸承過載。

(2).抽水機出水管及附屬設備之設計

A.出水管與抽水機出水口間之漸縮管可採同心型式。

B.兩台或以上抽水機的出水管接到共同的壓力主管時，每支出水管上應設置逆止閥，以防止抽水機停機時產生逆流，並應在逆止閥下游端設置隔離閥，以便維修抽水機及/或逆止閥。

C.抽水機出水管上的逆止閥、隔離閥等閥類，應設在濕井外的封閉空間，如乾井或閥類陰井。閥類陰井可藉由一個逆止閥或其他自動關閉閥將陰井內積水排至濕井中，而不須人工操作該閥。如逆止閥係整體抽水機單元的一部分時，只要不須進入濕井即能將該逆止閥自濕井中移出，則可不須設在另外的閥類陰井中。

D.輸送含大量固體物或砂礫之污水時，擺動式逆止閥應儘量設於出水管之水平段，如須設於垂直段，應儘量減少其上方之垂直段，或採用圓球逆止閥或其他不易被固體物或砂礫淤積而打不開之逆止閥。對於閥蓋的維修應有方便的進出地方。

E.污水抽水站的抽水機出水管應接到主管的一側，而不應該自主管底下連接，以防止主管管底的固體物掉到垂直管中而造成阻塞。

F.出水壓力高之情況，為避免逆止閥快速關閉所造成之振動及撞擊聲，該逆止閥

應採兩段關閉式，即前段快關及後段緩閉之逆止閥。

G.逆止閥上游端之出水管有積氣之虞時，應裝設污水用排氣閥。

H.出水管線有發生水錘作用之虞時，應設防止或減輕此項作用之措施，詳見 3-4-07 解說 2。

I.管線及支撐的安排應使得設備的三個側面有維修方便的進出地方。三個側面都應有至少 1.1m 的足夠空間。

J.應有足夠空間來使用扳手及拿掉螺栓，而對於拆卸套管接頭的套管及螺栓應特別注意。

K.需確定所有的管件都有獨立支撐，管件支撐應將包含水的全部管閥重量傳到結構物上。管件應安排以隔離抽水機接頭側向偏心所帶來的應變，隔離應變的最好方式是在抽水機兩個接頭各自安裝兩組彈性接頭（並非僅有一個）。

L.典型豎軸離心抽水機吸水及出水管線、管件及閥類設計，參考圖 3-77。

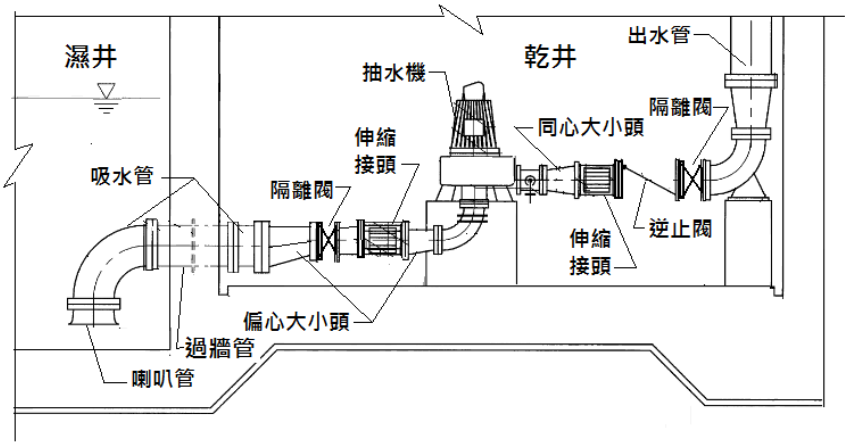


圖 3-77　抽水機吸水及出水管線、管件及閥類

2. 乾井位置較低窪，有浸水之虞時，可採用下列方式：(1)豎軸渦輪式抽水機，參考圖 3-78；(2)自吸式抽水機，參考圖 3-79；(3)真空吸引式抽水機，參考圖 3-80：(4)電動機設置於地面層或不會淹水的地下層，而以延伸軸向下連接至乾井底板上的豎軸抽水機，參考圖 3-81；(5) 螺旋抽水機，參考圖 3-82；(6)沉水式抽水機用於乾井，參考圖 3-83。

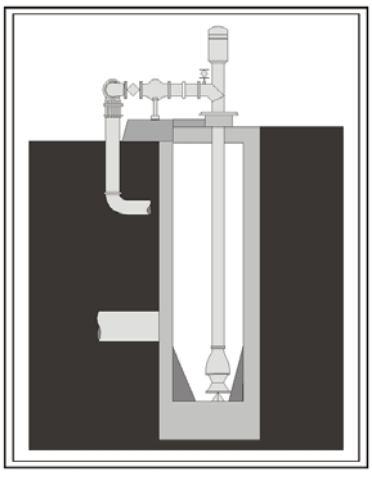


圖 3-78　豎軸渦輪式抽水機

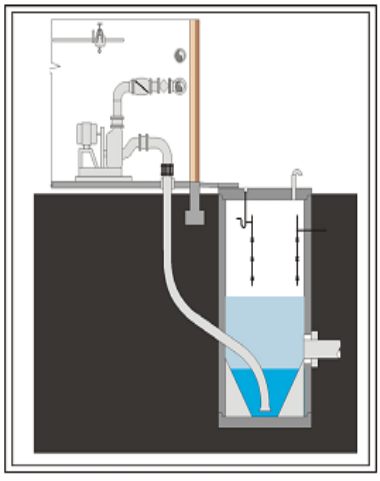


圖 3-79 自吸式抽水機

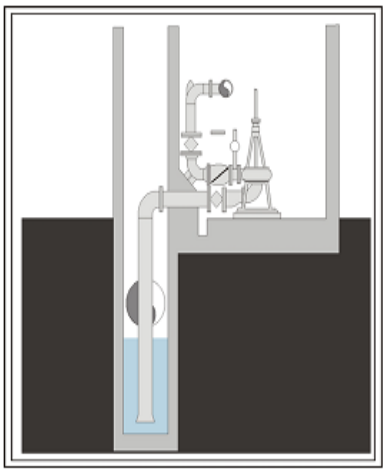
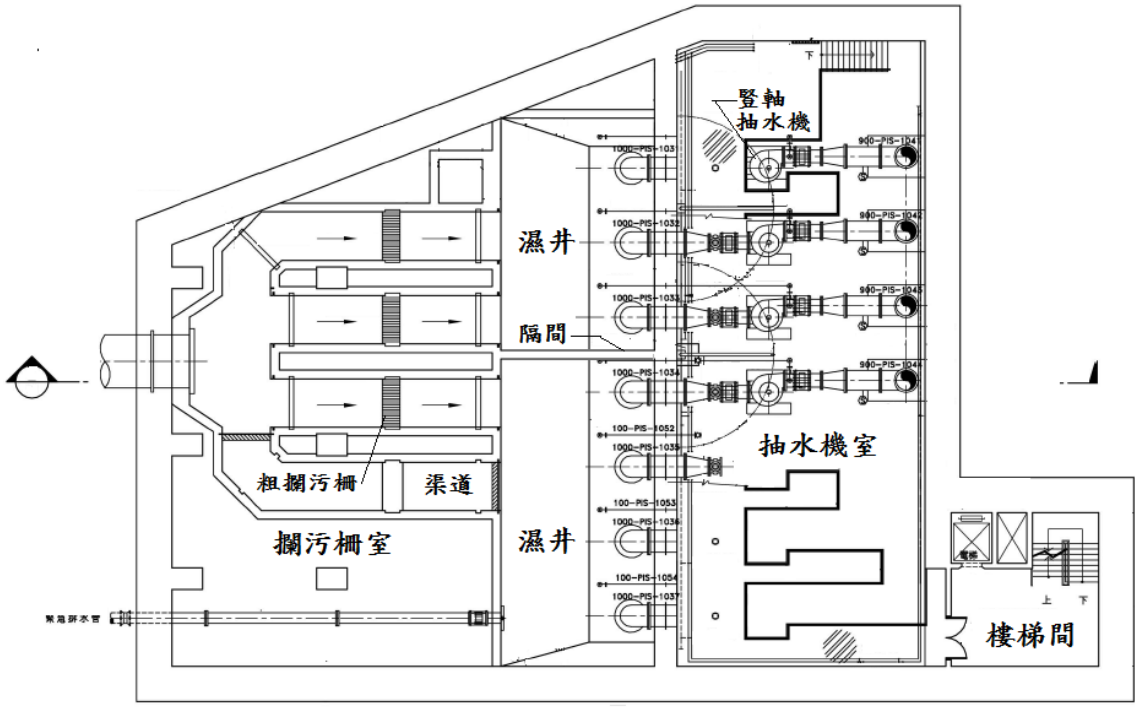
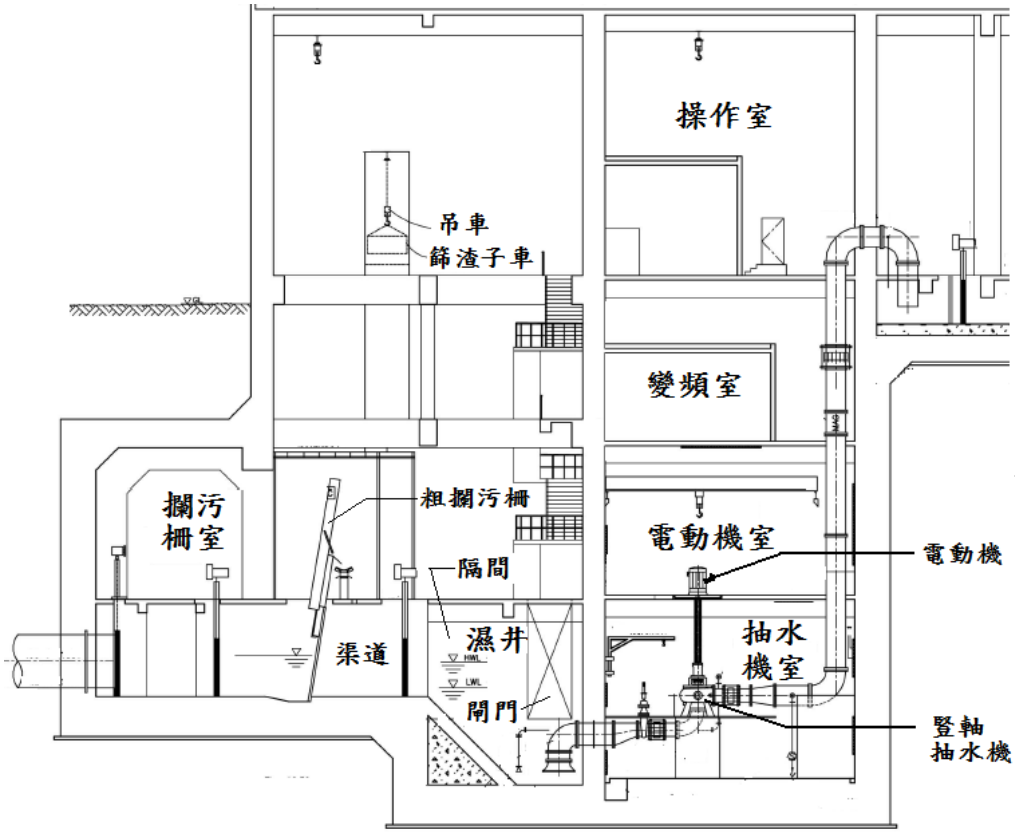


圖 3-80 真空吸引式抽水機

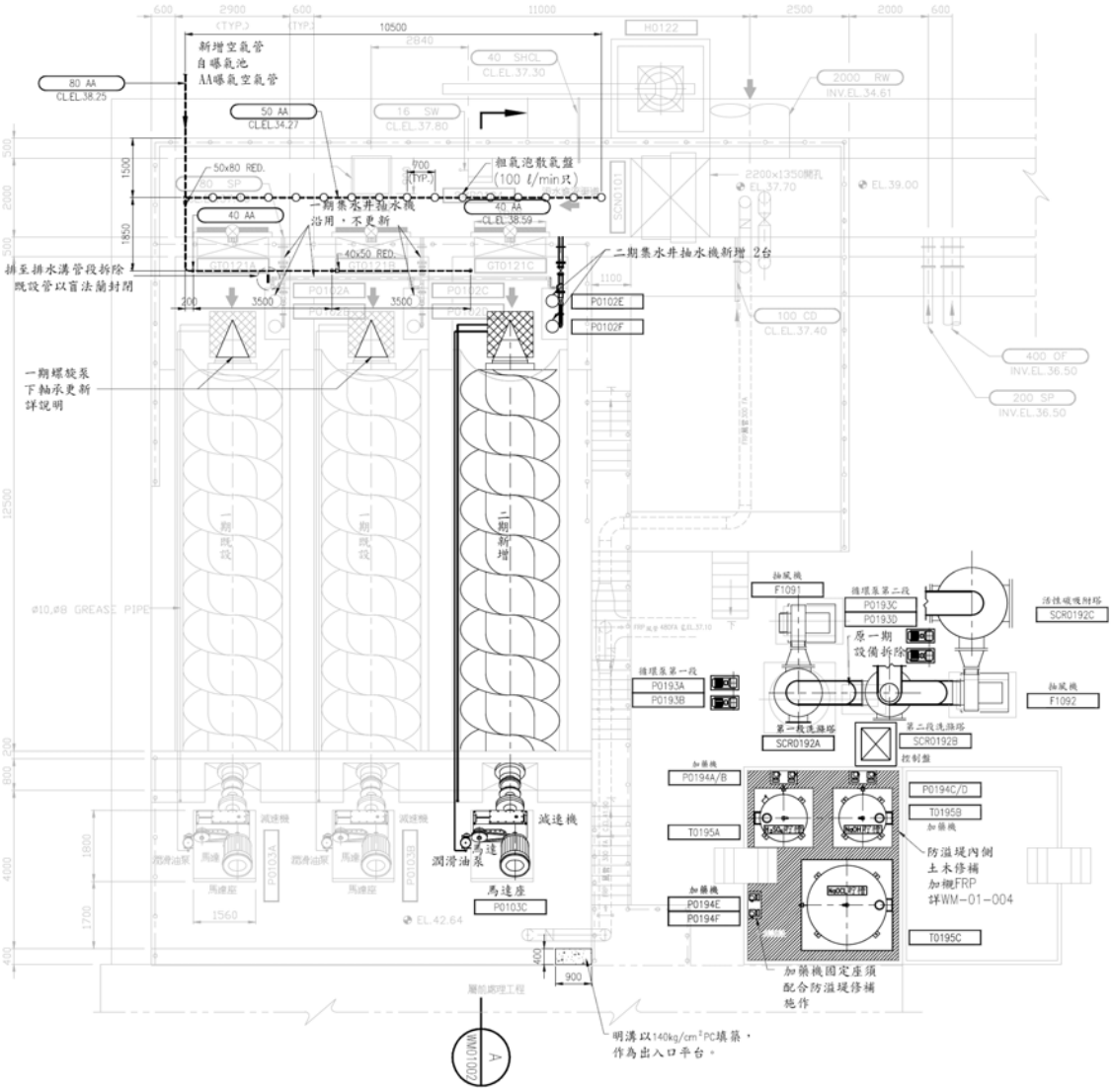


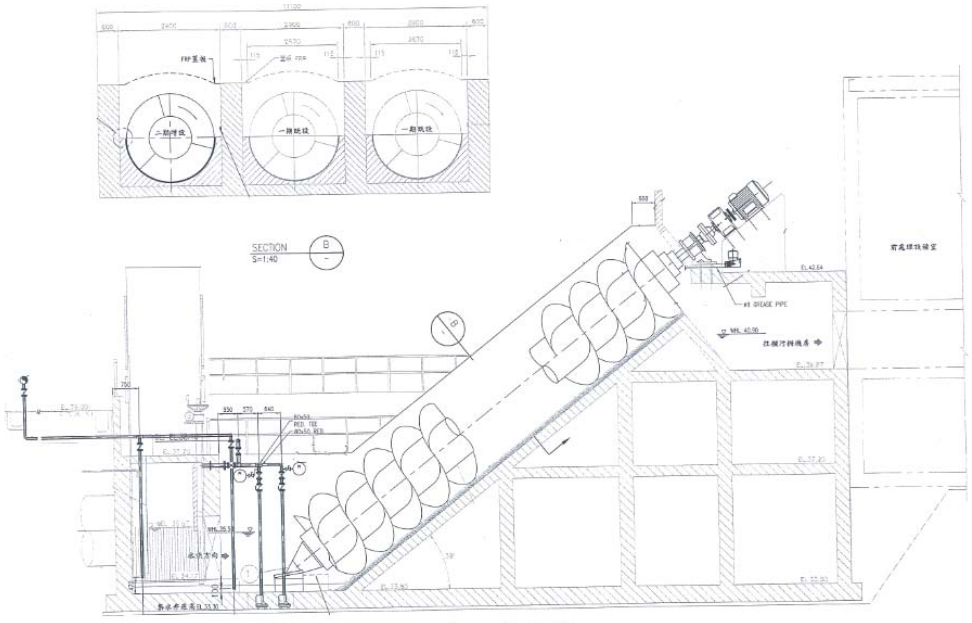
平面圖



剖面圖

圖 3-81　豎軸抽水機之電動機設置於上層（台北市內湖污水處理廠例）


新增空氣管
自曝氣池
AA曝氣空氣管
80 AA
CL.EL.38.25
50 AA
CL.EL.34.27
粗氣泡散氣盤
(100 ℓ/min只)
一期集水井抽水機
沿用，不更新
二期集水井抽水機新增 2台
排至排水溝管段拆除
既設管以盲法蘭封閉
一期螺旋泵
下軸承更新
詳說明
二期新增
減速機
馬達
潤滑油泵
馬達座
P0103C
P0102E
P0102F
P0193A
P0193B
P0193C
P0193D
F1091
F1092
SCR0192A
SCR0192B
SCR0192C
P0194A/B
P0194C/D
P0194E
P0194F
T0195A
T0195B
T0195C
防溢堤內側
土木修補
加襯FRP
詳WM-01-004
加襯機固定座須
配合防溢堤修補
施作
明溝以140kg/cm²PC填築，
作為出入口平台。
WM01007
A
平面圖
S=1:60


SECTION
S=1:40
B

b. 剖面圖



c. 原污水抽水站照片

圖 3-82　進流抽水站使用螺旋抽水機的相片及設計圖（台中市福田水資源回收中心例）



圖 3-83 進流抽水站乾井使用沉水式抽水機的相片（新竹客雅水資源回收中心例）

3. 變速抽水機之使用

(1). 定速與變速抽水機說明

抽水機如依照速度運轉分類，可分為定速及變速兩種，分別說明如下：

A.定速

在 60 赫茲(Hz)交流電下操作的定速電動機所驅動的抽水機，其一般轉速參考表 3-3-19 所述。電動機的同步轉速為 120×頻率/電動機極數，同步電動機需操作在此同步轉速，但鼠籠式及繞線式感應電動機的轉速，因滑移(slip)而比同步轉速少 2~3%。

表 3-19　定速電動機在 60 赫茲(Hz)交流電下的操作轉速

極數	電動機轉速(rpm)		極數	電動機轉速(rpm)	
	同步	感應		同步	感應
2	不適用	3,550	16	450	435
4	1,800	1,770	18	400	390
6	1,200	1,170	20	350	350
8	900	870	22	327	318
10	720	705	24	300	290
12	600	585	26	277	268
14	514	500	28	257	249

感應電動機的轉速的些微變化決定於電動機設計及負荷轉矩的需求。污水抽水機

的轉速不要超過 1770rpm，高轉速僅於高水頭需求時才用的到。故污水處理廠內 1770~3550 rpm 的轉速會應用於清水的附屬設備，如回收水的清洗水、製程用水、及加氯抽水機。大部分的應用轉速會在 500~1770 rpm 之間，依照抽水機規模及水頭而定。轉速低於 435rpm 的抽水機不太普遍，常用於大容量的抽水機。當選到的兩種合適的抽水機有不同的轉速時，如果污水中含有砂礫，為減少磨損，通常選擇低轉速的抽水機。

多速操作可用鼠籠式及繞線式電動機，鼠籠式電動機的轉速限制在表 3-19 所列出的兩種或更多的轉速，如果雙速電動機的低速是高速的一半，則可使用單線圈電動機；如果雙速電動機的低速不及高速的一半，則需使用雙線圈電動機。

當操作雙速的抽水機時，鼠籠式電動機（或同步電動機）的優點是電動機在雙速時都有最大效率；但繞線式電動機僅在全速操作時有最大效率，當操作在低於全速時，電動機的效率大幅下降。

B.變速

採用污水變速抽水機的首要目標係使抽水站抽水量隨時等於進水量，抽水站就像重力流的污水管一樣。符合此目標的抽水站僅須非常小容量的濕井，抽水機不須快速輪替，也不會造成抽水量有突然的大改變。

一般用法中，「變速」一詞係指調整抽水機速度以達所須的抽水量，實際上，「變速」一詞專指電動機速度會隨負載而大幅改變，其速度係決定於負載及驅動器的速度-扭力曲線的相交點。「變速」的例子包括未控制的單元，例如：串聯繞線電動機、繞線轉子交流電動機、沒有轉速表反饋的渦電流離合器、及流體驅動器等，惟任何這些單元皆可裝設自動速度控制，而作為控制速度驅動器之使用。「調速」一詞專指電動機速度可調整至操作者或自動速度選擇裝置所選定的速度，這選定的速度幾乎不隨負載而改變。調速驅動器的例子係調頻驅動器（AFD），有時被誤稱為變頻驅動器。

「頻率」應僅用於使用交流電的驅動器，而「速度」一詞可用於交流電、直流電及機械式驅動系統，所以抽水機速度可任意使用可調速度或變速驅動器來改變。變速及定速抽水的差別很大，並有影響深遠的結果，故不能輕易作抉擇。對某一座抽水站選擇變速或定速抽水機的一些理由可能很充分，而其他理由可能無關緊要，但對不同狀況的抽水站而言，其他理由可能極為重要。故所有理由應審慎加以考量。

(2).變速抽水機優點

著眼於抽水量永遠等於進水量目的的變速抽水機，其主要的優點如下：

A. 下游流量變動緩和，不會因激流而打亂處理過程，且不會因定速抽水導致突然激流而衝擊下游管線。
B. 不須貯存量，故比起定速抽水，濕井可較小、較淺及較便宜，濕井體積可能可以補償變速設備的高額費用。
C. 中大型抽水站需要較少台－雖然需要較大台－抽水機，抽水站空間可節省，且須維護的設備較少。
D. 幾乎固定的濕井水位及較短的停留時間可減少臭味及腐蝕氣體的產生。
E. 由於濕井平均水位較高，經常的較低抽水量及較低的管線摩擦損失，故可能會節省能源。
F. 因啟動不頻繁，電動機壽命可延長。
G. 定速驅動器啟動的特性－高浪湧電流可在例如調頻驅動器（AFD）的變速驅動器大幅減小。降低浪湧電流啟動的方式稱為「軟啟動」。
H. 定速抽水機啟動造成的電壓可以使用如降壓啟動器之軟啟動設備而大幅減

小。固態的降壓啟動器最具彈性、經濟及省空間，當操作速度達到時，它們通常會從電路上關掉，所以不會再有諧波干擾。

(3).使用變速抽水機的理由

A. 變速操作的連續抽水及非常短的污水停留時間可減少(1)有機固體物淤積－無法再使固體物懸浮是定速抽水的難題；(2)腐敗－故污水處理較容易及花費較少；(3)產生臭味及腐蝕性、毒性氣體；及(4)水面來回起伏導致污水管氣體進入大氣中。

B. 變速抽水消除了污水的長距離自由跌落以及挾帶空氣氣泡進入抽水機中，大幅減少抽水機效率。

C. 使用變速抽水時，濕井中水位可保持在與進流管相同的正常水位，因此可較在使用定速抽水時，減少 0.6 m 的平均靜水頭。濕井中亂流幾乎可消除，而釋出的臭氣可大量減少。由於持續在濕井高水位，能源費用的節省相當可觀。

D. 使用變速抽水的一個重要原因係緩慢的流量改變，不會打亂（以至於減低效率）下游的程序例如沉澱池。定速抽水機引起的突然流量改變，即使距離處理廠有一大段長度，仍然會打亂整個處理程序。過去有例子顯示在某一個污水處理廠，這種突然流量改變傳經整個初級及二級沉澱池，最後並打亂了除氯系統，逼著操作人員使用變速驅動器（該變速驅動器已安裝，但由於漠不關心，而並未使用）從而解決此問題。

(4).變速抽水機缺點

選擇變速抽水機前應對其缺點作審慎考量。

A. 變速驅動器增加大筆費用及複雜度，須要更多設備及更多維護，並降低可靠度。故障排除及修理須要在職訓練的人員。每種變速驅動器須要不同的專業訓練。

B. 如操作人員不了解變速驅動器，或認為它們不易維護，這些人員極可能關掉它們，而以定速方式手動操作抽水機，因而實際上丟棄了昂貴設備的投資，以及它們帶來的好處。以變速抽水設計的濕井將會由於改用定速抽水操作而變成容量不足，頻繁啟動可能燒掉電動機，最起碼會減少其壽命。

C. 變速驅動器的電氣效率比定速電動機要差（雖然變速驅動器因為有較低的管線摩擦損失使耗能可能較少）。

D. 變速驅動軸的振動較難避免，因為避免共振的容許頻率範圍較狹窄。這種振動的避免應總是依據設計而非靠運氣。

E. 調整抽水機速度的儀表設備通常比定速抽水機所需的更精密、準確及昂貴。

F. 變速驅動器並不適合平緩的系統水頭流量曲線，因為(1)在速度範圍內無法得到良好效率；(2)速度些許差異會使流量有重大改變；及(3)高耗能（高費用）。

G. 技術快速的改變會使某些變速驅動器的型號變得過時。

H. 變速驅動器可能比定速驅動器要吵一些。

I.變速驅動器對於閃電及電氣干擾不具抵抗性，尤其是調頻驅動器（AFD）更是如此。

(5).定速與變速之比較

由於變速抽水機的缺點即係定速抽水機的優點，故在作比較時應對下述作考量：

A. 定速抽水機所需大型濕井的費用可能超過變速驅動器的費用，但應注意開挖費用與廠址息息相關。

B. 抽水機尺寸與濕井設計很容易聯結，所以定速抽水機每小時啟動次數可很容易進入在可接受限值內。

C. 採用數台定速抽水機也可以對付廣大範圍的流量，而定速抽水機交替運轉用

的程序器比變速抽水機用的控制系統更可靠及價廉，但使用定速抽水機的缺點係較大的抽水站、更多台的抽水機、更多管線及零件、及分散的增量水流。

D. 啟動或停止一台抽水機引起的激流不像一場停電所導致的激流那麼嚴重，當許多台抽水機在運轉時，這情況就可能發生，為此，無論如何，抽水站及管線必須防止水錘發生。固態啟動器或抽水機控制閥可消除一般情況下之激流。抽水機設計時經衡量其優缺點，客觀的評估結果而採用變速，則應針對該特定用途選擇最佳的驅動器。

(6).調速及變速驅動器

變速驅動器的目的係在調整流量，用於污水抽水機之各種調整方法示參考表 3-3-20。其中調頻驅動器（參考圖 3-84）比其他種變速驅動器更有效率，因其滑移損失不是被減除就是被轉換為有用的功率。使用調頻驅動器時，交流電先整流為直流電，再轉換為所需轉速時的頻率的交流電。轉速比可達 3 比 1，而效率可達一般電動機效率的 95% 。調頻驅動器的馬力數可達 250hp，當特殊設計時，馬力可再更大。一般來說，變速驅動器比定速電動機還貴，效率也較低，但因抽水機所需的電能為轉速的三次方，所以實際耗電量會比起單獨考量效率時要少。但考量到使用變速抽水機的抽水站可減少抽水機的啟動和停止次數的這項優點，變速抽水機因效率較低而耗電量較高的缺點即不明顯。

表 3-20　調整流量或壓力的各種系統

動力單元速度	抽水機轉速	調整系統	備註及舉例
定速	定速	間歇運轉及通常多台抽水機並聯	濕井中貯存;不同數量的主抽水機
定速	變速	機械驅動器	油膜式錐型滾子、自動齒輪、V 型皮帶
定速	變速	液力耦合器	水動力、水黏力
定速	變速	靜液壓驅動	水力抽水機及水力電動機配合鼠籠式電動機
變速	變速	滑移能量回收	繞線轉子電動機
變速	變速	滑移驅動器	二次變阻器配合繞線轉子電動機
調速	變速	電子式	可調頻驅動器
定速	變速	滑移驅動器	渦電流耦合器



圖 3-84　300 hp 電動機用調頻轉換器照片

(7).變速抽水機設計考量

抽水站穩固的抽水量係其最大台抽水機無法使用時之最大抽水量，同樣的，設有變速抽水機的抽水站必須能夠應付任何流量（從最小至最大），且當任一台抽水機或驅動器無法使用時，也可正常操作。包含定速抽水機的變速抽水站應能如同全數都是變速抽水機一樣，提供相同的操作結果。

A.抽水機

抽水站設置的抽水機數量取決於(1)進流污水量變化範圍，(2)可選擇的抽水機，(3)濕井大小與抽水機大小的最適化，及(4)操作費用。

B.濕井

變速抽水站的濕井容量僅須抽水機在關閉或開啟時不會對水位造成過多的改變，為了該目的所需的水面面積相當小。水位變化可減少到調節抽水機轉速所須之量，大多數變速控制系統關閉或開啟抽水機及調節轉速皆係在濕井水位變化約 0.6 m 的範圍內（也可使用更小的範圍，但須要更複雜的控制系統）。因此，比較定速抽水系統的濕井水位通常在 1.2 m 或更多的範圍中變化，變速抽水系統可節省一些靜水頭。

(8).變速抽水機最低操作速度

最低操作速度（零 Q 速度）定義為抽水機無法克服靜水頭而維持流量的速度，故每台抽水機及每座抽水站的最低操作速度為獨一無二的，而其係發生在抽水機關閉水頭等於靜水頭時之速度，參考圖 3-85 單台變速抽水機在不同轉速下之特定曲線與系統曲線合併圖。在零 Q 速度，並且僅在零 Q 速度，抽水機水頭可改變而不改變流量，此時抽出之水會在渦卷內循環，產生對葉輪不平衡的徑向推力，導致機軸撓曲，造成軸承損壞及機軸疲乏性的破裂。

依據經驗，抽水機在最佳操作容量（BEC，抽水機最大建議速度的最佳操作點之流量）之 30%或更多的流量下連續操作係安全的；惟須符合抽水機製造商要求的最低流量。一些抽水機的最低流量可能建議為最佳操作容量之 50%或更多的流量。雖然可訂製較粗重的機軸及軸承以解決最低速度需求之問題，但大部分訂製的不阻塞抽水機都不便宜；採用多台較小抽水機亦是可行的變通方法。

大多數變速驅動器提供避免抽水機在預定的最低速度下運轉之方法，當進流水量少於抽水機在預定最低速度時之抽水量，抽水機即會停停打打。在停停打打期間，抽水機速度不會改變，如果進流水量少於單台抽水機最低建議抽水量，濕井須有足夠貯存容量以防止抽水機在此抽水量下頻繁開關。當進流水量再度達到抽水機在預定最低速度時之抽水量時，藉由控制系統，抽水機會回復到變速操作。

下述兩方法可用來避免主抽水機的頻繁開關：

A.採用多台較小抽水機，每台抽水機的建議最小抽水量比最小進流量小。

B.增加兩台輔助變速抽水機，僅在當進流量比主變速抽水機建議最小抽水量小時操作，每台輔助變速抽水機的最大抽水量應稍為比任何一台主抽水機建議最小抽水量高一些。

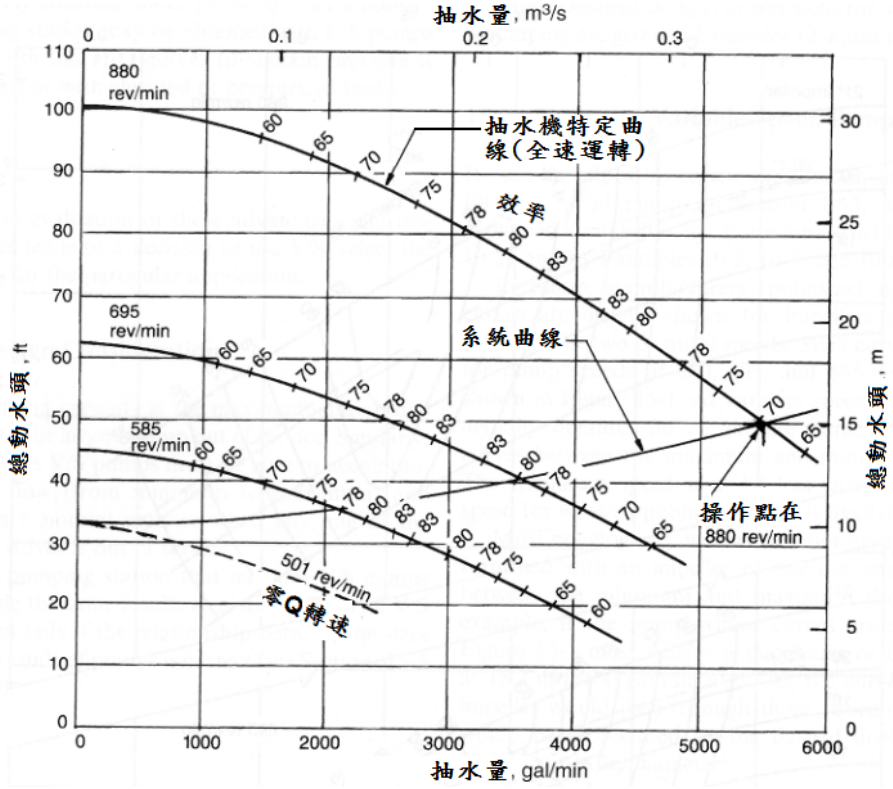


圖 3-85　單台變速抽水機在不同轉速下之特定曲線與系統曲線合併圖

(9).抽水機選擇

以下各種變速抽水機系統皆包括當任一台抽水機無法使用時須有足夠抽水能力以抽送尖峰進流量。

A.兩台變速抽水機系統

抽水站設置兩台變速抽水機系統時，每台變速抽水機須能夠抽送尖峰進流量，單台的尖峰抽水量應在 BEP 右側以便整個操作範圍都有不錯的效率，而在範圍中央，其效率更高。

B.三台變速抽水機系統

在三台變速抽水系統中，兩台抽水機須能夠抽送設計流量，而第三台係作為備用單元。除非系統曲線呈現緩和狀，每一台抽水機必須能夠抽送比尖峰進流量之半稍微多一些之抽水量。兩台抽水機操作方式有兩種，一為「交錯式操作」：在低流量時，「前導」抽水機單獨運轉；當進流量稍微超過「前導」抽水機之最大抽水量時，「後隨」抽水機接著啟動，兩台抽水機操作直到進流水量降到稍小於「前導」抽水機的抽水量；二為「均攤式操作」：兩台抽水機以同速並聯操作，通常當進流量稍微超過「前導」抽水機之最大抽水量時，「後隨」抽水機接著啟動，兩台抽水機以同速進行操作。「後隨」抽水機繼續操作直到進流水量降到稍小於「前導」抽水機的抽水量。「交錯式操作」時，「前導」抽水機係全速操作，而「後隨」抽水機係減速操作，「交錯式操作」會增加控制的複雜度、增加能源使用、增加「後隨」抽水機減速時的流量不平穩（「後隨」抽水機可能在非常低抽水量下長時間操作，因而有損壞的可能），係不良的操作方式，不應使用。兩台抽水機操作時，BEP 應在尖峰抽水量操作點的左側以便整個操作範圍都有最高的效率。

C.四台變速抽水機

四台或以上變速抽水機採用相同的抽水機選擇原則，然而，變速及定速抽水機合併使用能以較低設備費而提供變速驅動器的一些好處。但其限制係在任何抽水站的抽水量時，抽水機不能在其容許操作區以外操作，另外，大多數抽水機不能在

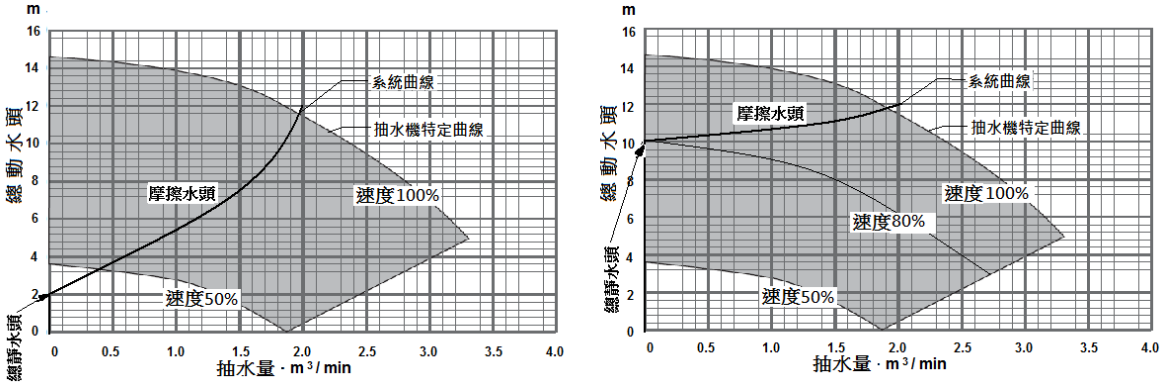
小於其最大抽水量（Q_{max}）之約 35%下操作。

(10).變速抽水機最高速度限制

抽水機絕不能在超過製造商所繪水頭及流量曲線的流量範圍外操作，也不能在其容許操作區以外操作。換言之，不能往外延伸一條水頭及流量曲線。所以可能必須限制一台抽水機的速度以確定抽水機曲線不僅與系統曲線相交，同時也重疊一部分。須考量可能的系統曲線範圍，並須注意管線摩擦損失可能比預期還要低，特別係新管時，此可能更加限制抽水機的速度範圍。

(11).靜水頭與摩擦損失

一般進流抽水站採用變速器控制抽水量，因抽水系統中的總動水頭係以總靜水頭佔大部分，摩擦水頭佔小部分，故變速抽水機的有效變頻範圍很小。參考圖 3-86 抽水系統曲線與抽水機特性曲線合併圖，圖 3-86a 及 b 之總動水頭皆為 11.5 m，圖 3-86a 之總靜水頭為 2 m，故其變速範圍可自 100%降低至 50%以下；圖 3-86b 之總靜水頭為 10 m，故其變速範圍僅可自 100%降低至 80%，實際上還是以近乎全速運轉。故進流抽水站採用變速器控制抽水量時應特別注意。



a. 摩擦水頭佔大部分之情況　　b. 總靜水頭佔大部分之情況

圖 3-86　變頻抽水機在不同總靜水頭下之有效變頻範圍

4.抽水機應配合其型式選擇並安裝其附屬及輔助設備：

(1).抽水機之出水管應裝設壓力計。

(2).配合抽水機之型式設置供給軸封、冷卻及潤滑用水等設備。

(3)當泵送流體為高腐蝕性時，為顧慮污水腐蝕性會減低葉輪壽命，葉輪材質選用鑄造不銹鋼較合適。

(4)泵送流體為低腐蝕性但內含大量砂粒時，為避免撞擊磨損葉輪，葉輪材質選用高硬度鑄鐵較合適。

(5)處理廠用沉水式抽水機應設置積時器，機體內應設置馬達線圈之溫度感測器(過熱跳脫保護開關)及溼度感測器(洩漏偵測跳脫保護開關)。

3-4-06 抽水機之穴蝕現象及水錘作用　　**（原則 18）**

1. 抽水機應有足夠的可用淨吸水高度($NPSH_A$)以避免發生穴蝕現象。
2. 抽水機出水管有可能發生水錘作用時，應有適當的裝置以防止之。

【解說】

1.穴蝕現象(Cavitation)

(1).穴蝕的發生及其影響

穴蝕現象是離心式抽水機運轉時潛在的危險，穴蝕現象可能會造成：a.降低抽水機容量及效率，b.損壞抽水機。這些影響[a 或 b]是否會發生及發生程度，主要取決於下列因素：

A.抽水機進入口之低 NPSH，a 及 b 會發生。

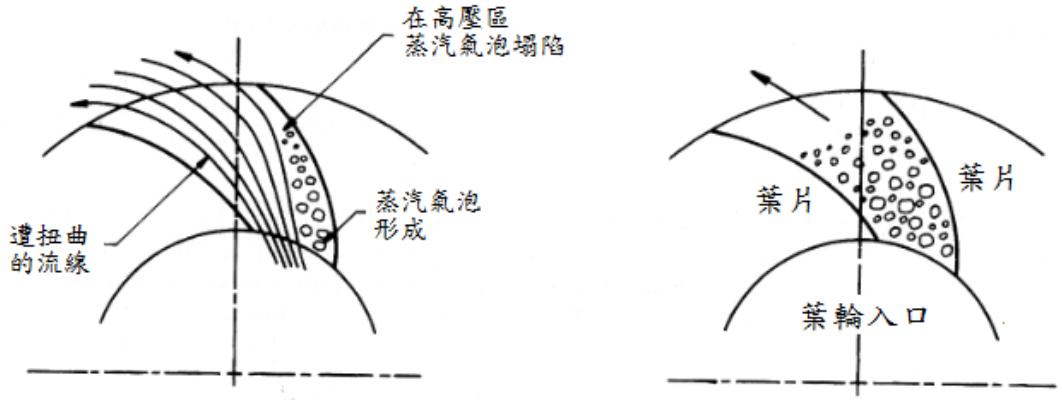
B.當抽水機在遠高於或遠低於 BEP 上運轉，a 及 b 會發生。

C.抽水機在「高能（指相當高之總動水頭）」上操作，僅 b 會發生。

(A).降低 NPSH 導致抽水機性能降低

離心式抽水機葉輪入口處的通水面積通常小於抽水機吸入口的通水面積，當水自抽水機吸入口進入葉輪入口處時，通水面積變小導致流速 V1 增加，但壓力也伴隨的減小，流速愈大，抽水機吸水口與葉輪入口處間的壓力也下降的愈大。當葉輪入口處壓力下降到一定程度時，該處水的絕對壓力 p1 低於同溫度下之飽和蒸氣壓 pv，此種情況下，葉輪入口處的水會沸騰而產生許多蒸汽的氣泡（空穴）。p1 與 pv 之差值，再加上抽水機的吸入口之速度水頭 $V_1^2/(2g)$，即為 NPSH。

蒸汽氣泡係出現在葉輪入口處外圍葉片的尾隨面或吸入側靠近根部的邊緣處，當 NPSH 繼續降低，氣泡的體積會增加，在葉片吸入側形成部分空穴而扭曲了水的流線，參考圖 3- 87a 部分空穴，扭曲程度大時，抽水機性能即會降低；如 NPSH 再降低到一定程度，葉輪的葉片間會充滿蒸汽，參考圖 3-87b 完全空穴，使抽水機無法再產生水壓。

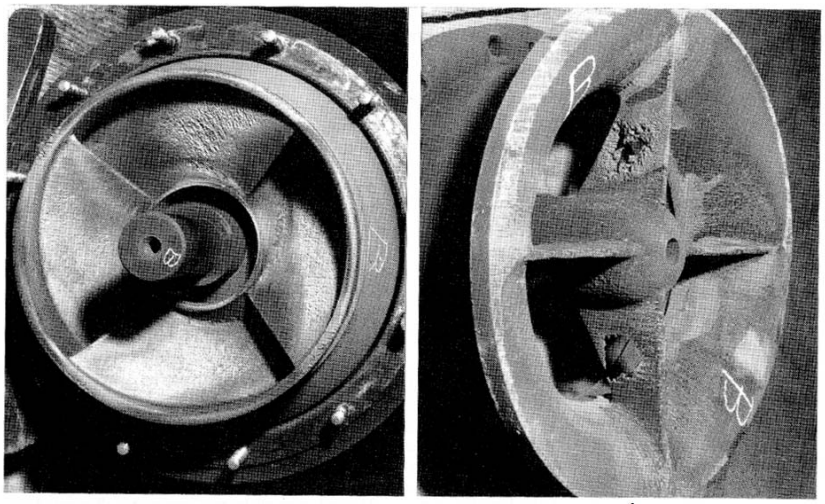


a. 部分空穴　　b. 全部空穴

圖 3-87　抽水機葉輪上蒸汽氣泡的形成

(B).穴蝕損壞抽水機

許多在部分空穴時產生的氣泡會在葉片表面水壓較高處遭受水壓而突然崩塌，蒸汽氣泡在崩塌後會使周圍流體迅速填滿氣泡空間，這種在抽水機中的蒸汽氣泡產生及隨即崩塌的過程稱為穴蝕現象。這種氣泡崩塌的力道會引發鎚擊作用（hammering action），其導致的局部高應力會在轉動葉片的前緣造成極細微的穴蝕，在幾小時或幾天期間形成的幾百萬個小穴蝕的累積效應會毀掉一組葉輪，參考圖 3-88 豎軸軸流式抽水機穴蝕損壞照片(a)。這種穴蝕在完全空穴時會較不嚴重，因為其時抽水作用已停止了。除了在葉輪上造成穴蝕外，穴蝕現象亦會產生噪音及振動。產生噪音的原因係氣泡流入高壓區而突然崩塌；產生振動的原因係氣泡崩塌使葉輪產生不平衡及壓力激增（Surging）。振動會損壞抽水機的軸承、耐磨環及軸封。

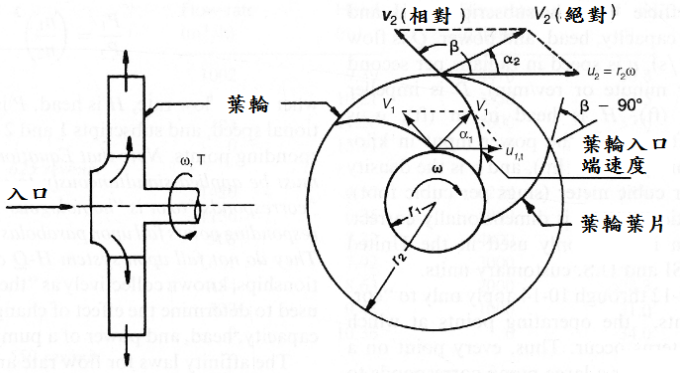


a. 葉輪　　b. 吸入口

圖 3-88　豎軸軸流式抽水機穴蝕損壞照片

(C).沖蝕性的損壞及吸入能

即使有許多氣泡崩塌而導致廣泛的穴蝕，也不至於產生沖蝕性的損壞，除非崩塌壓力 *pc* 相當大而葉片材料有夠軟弱。*pc* 值隨著抽水機的吸入能（suction energy）而增加，吸入能可以抽水機葉輪入口處之葉片尖端速度 $u_{1,t}$ 之速度水頭 $u_{1,t}^2/2g$ 表示，亦即葉片最大直徑的線性速度，參考圖 3-89 所定義。抽水機之 $u_{1,t}^2/2g$ 小於 30 m 通常不會因穴蝕而有沖蝕性的損壞。入口葉片尖端速度水頭約為離心式抽水機總動水頭 TDH 的四分之一，故徑流式抽水機通常在 TDH 小於 120 m 時不會因穴蝕而有沖蝕性的損壞；而軸流式抽水機的 TDH 小於 30 m 時則可預期會發生沖蝕性的損壞。



V：絕對速度；v：相對速度；u：周邊速度；α1：V1 在葉輪入口端的角度；α2：V2 在葉輪周圍上的角度；β：v 在葉輪周圍上的角度；ω：轉速；T：扭矩

圖 3-89 流式抽水機葉輪的速度示意圖

(D).能量層級、TDH 及穴蝕的沖蝕速度

TDH 也可作為抽水階段能量層級的一種量測方式，如同吸入能，如抽水機係在高於臨界能量層級（critical energy level）上操作，沖蝕性的穴蝕會發生。臨界能量層級的 TDH 隨著比速度 Ns 的提高而下降，高 Ns 抽水機比低 Ns 抽水機在較低 TDH 時更展現沖蝕性的穴蝕。

抽水機在高於臨界能量層級上操作的結果會很激烈，如果一台以某種轉速運轉的抽水機很接近臨界能量層級，如其轉速提高，將會面臨沖蝕性的穴蝕。一台高能抽水機中，穴蝕沖蝕到葉片或其他影響面速度的增加，大約是入口葉片尖端速度 $u_{1,t}$ 的六次方倍，此將大幅縮短抽水機的壽命。

D.不在最佳效率點上運轉

如果抽水機不在最佳效率流量（BEC）點上運轉，穴蝕位置將會改變，當 Q 超過 BEC 時，低壓區逐漸自圖 3-89 所示的地方移到抽水機葉片的另一側，而在其 NPSH 下，導致的性能下降會大一些。

當 Q 遠比 BEC 小時，對於 Q 的低流量而言，葉輪會過大，使抽水變得高度不穩定，渦旋水會自葉輪入口處回流，此高速而紊亂的回流充滿具有低壓中心的渦旋，所以包含有氣泡，這些氣泡由回流帶到銜接上游的管壁及固定導翼，而在伴隨的較高滯留壓力下崩塌。圖 3-88b 可看出上游固定導翼已被這種激烈的沖蝕現象所貫穿。當崩塌氣泡周圍的壓力增加時，崩塌壓力 *pc* 會變大，甚至會比在 BEP 操作的葉輪還要大。圖 3-88b 所見的破壞強度，也發生在葉輪葉片的驅動面或壓力側（圖 3-88a 葉輪葉片看不見的另一面），那是由於這些葉片係驅動著前述的漩渦回流。

E.最低流量限制

從上述討論，明顯可見在低流量、不在最佳效率點上運轉的情況，強烈的穴蝕活動會伴隨不穩定的回流。沖蝕、噪音及振動更加激烈，因為吸入能及 TDH 值可能不夠保守到能在低流量、不在最佳效率點的情況下長期的運轉。這些情況使抽水機製造商能規定最低流量限制。可預料到的是，這個限制隨能量層級而改變，高能抽水機的最低流量比低能抽水機須更接近 BEC。這個限制也受到 NPSH 的影響，例如，抽水機在足夠高的 NPSH 時，不會出現穴蝕，故可容許較低的最低流量。

(2).穴蝕現象之檢討

有效淨吸水高度(Net Positive Suction Head，簡寫為 NPSH)為判斷抽水機是否會發生穴蝕現象的數值資料，NPSH 分為可用淨吸水高度($NPSH_A$)及必要淨吸水高度($NPSH_R$)，分別說明如下。

A.可用淨吸水高度($NPSH_A$)之計算

在理論上抽水機之吸水高度為 10.33m(一大氣壓)，但實際上大都低於該高度，此一高度即為可用淨吸水高度 $NPSH_A$，其中 A 表示可用(available)，參考圖 3-43a 及圖 3-43b。其計算如公式 3-23。

$$NPSH_A = H_a + h_s - h_v - h_{ent} - h_{fs} - \sum h_{fvs} - h_{vol} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}23)$$

式中，

$NPSH_A$：可用 NPSH(m)

H_a：水柱的大氣壓力，以 m 表示，須依表 3-21 海拔高度作修正。暴風雨時大氣壓力會減少約 1.7%。

h_s：濕井水位超過葉輪入口的靜吸水水頭(m)，當濕井水位低於葉輪入口的靜吸水揚水時，h_s 變為負值。

h_v：該水溫下之飽和蒸汽壓(m) (參考表 3-22)

h_{vol}：水中各種溶解氣體的分壓，如空氣（可忽略）、污水中之揮發性有機物（通常估計約為 0.6 m）

h_{fs}：吸水管摩擦損失水頭(m)

$\sum h_{fvs}$：吸水管之管件及閥類之損失水頭和(m)

h_{ent}：吸水口損失水頭(m)

表 3-21　大氣壓與海拔高度之關係

海拔高度(m)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
大氣壓力，以水柱高度表示(m)	10.33	9.74	9.19	8.64	8.13	7.47	7.17	6.74

表 3-22　水溫與飽和蒸汽壓之關係

水　溫(℃)	0	5	10	15	20	25
飽和蒸汽壓hv(m)	0.062	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323
水　溫(℃)	30	35	40	45	50	
飽和蒸汽壓hv(m)	0.433	0.573	0.752	0.977	1.258	

B.必要淨吸水高度($NPSH_R$)之計算

$NPSH_R$ 係抽水機製造商對形狀相同的抽水機，在定速及定量但改變吸水水頭時所作的試驗結果，其中 R 表示必要(required)。試驗時，穴蝕現象係在調整吸水水頭直到總動水頭顯示掉落 3%時所發生，該點稱為 $NPSH_{3\%}$，抽水機製造商係以該點作為 $NPSH_R$，實際上，穴蝕早在總動水頭掉落 3%前就已發生。

抽水試驗開始時係採很高的 NPSH 值（參考圖 3-90），所以沒有氣泡產生。然後抽水機進流壓力逐漸減少（由圖 3-87 之右邊移向左邊），剛出現氣泡之點稱為穴蝕起始點，而這時之 NPSH 稱為 $NPSH_i$。此時總動水頭並未改變，實際上，NPSH 繼續下降一段距離，總動水頭亦未改變，直到總動水頭開始跌落點，該點稱為 $NPSH_{0\%}$，此時蒸汽片狀氣泡沿著葉輪葉片前緣移動，但總動水頭未減少。NPSH 繼續降到 $NPSH_{3\%}$時，每片葉片的蒸汽片狀氣泡延伸至其後方葉片的前緣，此情況雖使總動水頭僅跌落 3%，但 NPSH 如繼續下降，會使得抽水機性能全盤喪失（亦即失去全部總動水頭），此時的 NPSH 點有時稱為「NPSH 破壞點」。

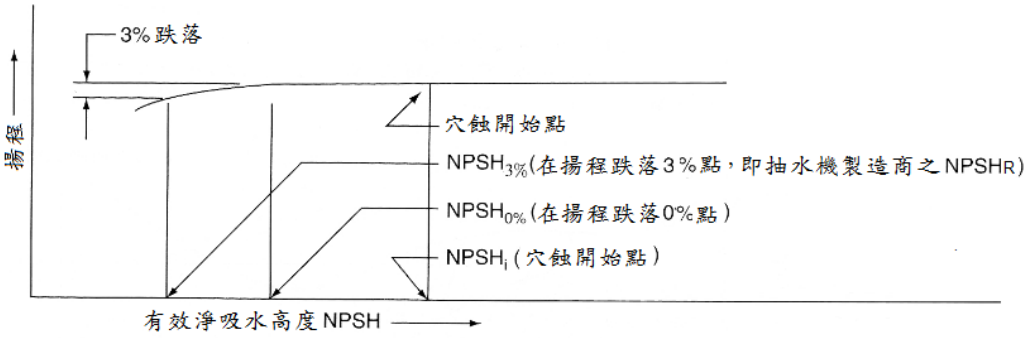


圖 3-90 抽水試驗所決定之 NPSH 準則

$NPSH_R$ 係抽水機製造商對抽水機所作的試驗結果，但如果沒有該試驗結果，則可用 $NPSH_R$ 與總動水頭之比等於 Thoma 穴蝕常數來推估 $NPSH_R$，參考公式 3-24。

$$NPSH_R = \delta H_t \cdots\cdots (3\text{-}24)$$

式中，

$NPSH_R$：抽水機所需有效淨吸水高度 NPSH(m)

δ：Thoma 之穴蝕常數(參考圖 3-91)

H_t：抽水機總動水頭(m)

以單吸抽水機而言，Thoma 穴蝕常數 σ 亦可由 Rutschi 所提出之關係式(公式 3-25)求出：

$$\sigma = K \times \frac{Ns^{4/3}}{10^6} \quad \cdots\cdots(3\text{-}25)$$

其中 K 值與抽水機效率有關，參考表 3-23。

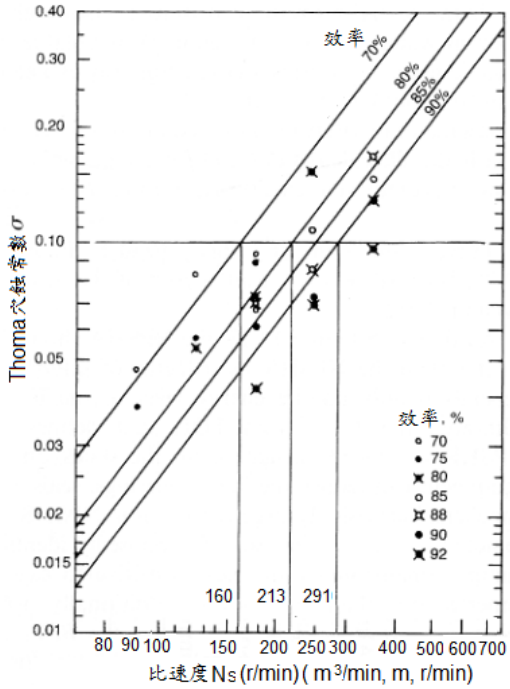


圖 3-91　比速度 Ns 與 Thoma 穴蝕常數 σ 之關係

表 3-23 公式 3-25 之 K 值

抽水機效率（%）	K 值
70	112.618
80	78.950
90	51.937

註：Ns 值使用：m^3/min, m, rpm

上述 $NPSH_R$ 係在 BEP 情況下之值，但如果抽水機係在較低總動水頭下操作，此時比 BEP 有較大流量，應採公式 3-26 來矯正操作情況下之 $NPSH_R$：

$$\frac{\text{操作情況下之 } NPSH_R}{\text{BEP 情況下之 } NPSH_R} = \left[\frac{\text{操作情況下之 Q}}{\text{BEP 情況下之 Q}}\right]^n \quad \cdots\cdots(3\text{-}26)$$

在大部分的水及污水抽水機情況，上式中之 n 值界於 1.8 至 2.8。

$NPSH_A$ 大於 $NPSH_R$ 時可確定對抽水機沒有任何危害；而 $NPSH_A$ 小於 $NPSH_R$ 時可能對抽水機會有危害。由於計算 $NPSH_A$ 時有一些不確定性，或濕井吸入口可能有渦流或不均勻流速分佈，故需要有安全係數，爰有 $NPSH_A$ 須大於 1.2 $NPSH_R$ 以避免發生穴蝕現象之可能。

(3).穴蝕現象之預防及控制

消除穴蝕現象之最容易、最直接及最好的方式係確保葉輪入口端之絕對壓力保持高於同溫度下之飽和蒸氣壓；惟如果穴蝕現象已經存在，可能的解決方式如下：

A.提高 $NPSH_A$

(A).減少負吸水靜水頭或增加正吸水靜水頭。

(B).減少吸水管水頭損失（如：使用較大管徑、較大的轉彎半徑等）。

(C).可能的話，降低蒸汽壓（如：降低污水水溫）。

B.降低 $NPSH_R$

(A).減少葉輪轉速－可能是如果抽水機太大台，而流量係在目前轉速下被強制節流，以達到所要求的水頭及流量。。

(B).避免在製造商規範的「最低流量」下或附近操作。

(C).在抽水機進口處輸入空氣，但缺點為：(1)空氣中含氧量會增加腐蝕；(2) 空氣會增加 $NPSH_R$；(3)空氣導致噪音及一些振動。

(D).減少最大流量以避免穴蝕。

(E).可能的話，使用變速驅動器以減少轉速。

(F).更換為較低 $NPSH_R$ 之抽水機或葉輪，此種更換可能為增加葉輪入口直徑或葉片進入端直徑。這種增加也會提高吸入能，而萬一抽水機須在更低流量運轉時，可能在更低流量時造成更大危害。

增加一台中繼抽水機，或在主抽水機葉輪前端增設一組誘導器（inducer），參考圖 3-92，誘導器為裝設在葉輪前端的一個輔助的低水頭軸流螺旋葉，能提供葉輪所需之部分 NPSH，但誘導器本身也會遭受穴蝕，只是更換誘導器的費用比更換葉輪的費用來的便宜。然而當誘導器遭受劇烈穴蝕時，特別是對一台高能抽水機（指 TDH 大於 120 m 之徑流式抽水機）時，可能對整台抽水機造成機件的損壞。

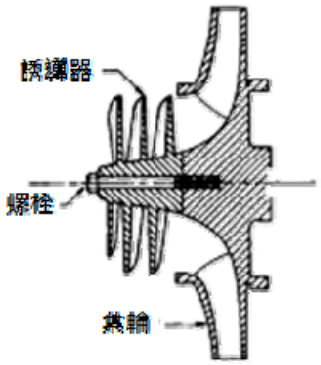


圖 3-92 裝在傳統抽水機葉輪的典型誘導器（軸流葉輪）

利用一些液體合適的蒸汽特性：比較冷水蒸發時的情況，高溫水在抽水機內蒸發時形成的穴蝕體積會小很多，抽水機製造商對於室溫水所訂的 $NPSH_R$，對於高溫水可能可以減小。

C.改變抽水機設計

(A).指定葉輪、聯接葉片及其他暴露在穴蝕的部位改用對穴蝕較具抵抗性的材質，如不銹鋼、鈦鋼等，參考表 3-24。

表 3-24　不同金屬之穴蝕相對抵抗力及費用

材質	英文名稱	穴蝕相對抵抗力	葉輪費用*, 美元	
			原來	更換
鑄鐵	Cast iron	1	1450	3000
含3%鎳之鑄鐵	Cast iron with 3% Ni	1+	2030	4200
銅錫合金(炮鋼)	Tin bronze (gun metal)	1.2	5800	12,000
鋁	Aluminum	1.7	4350	9000
碳鋼	Carbon steel	3.4	2900	6000
錳銅	Manganese bronze	4.5	5800	12000
抗蝕含高鎳合金	Ni-resist	4.6	8700	13,000
鉬	Monel	6.8	10,150	21,000
CB7不銹鋼	CB7 Stainless steel	8.8	5800	12,000
CF8M不銹鋼	CF8M ss	14	4800	9900
鈦	Titanium	18	29,000	60,000
鋁銅	Aluminum bronze	28	5800	12,000
CA15不銹鋼410BHN	CA15 ss 410BHN	35	4800	9900

＊一台75-kW (100hp)污水抽水機葉輪直徑約400 mm的大約費用(2004年)

(B).使用沒有彎頭或其它太大改變流向的形狀作為軸向進流管，因為此作法可消除進入葉輪入口之水流的扭曲，進流水的扭曲會使葉片受到進流水改變角度的射擊，葉片上的射擊越大，製造的穴蝕也就越大。

(C).重新設計葉輪葉片以減少產生穴蝕的局部性壓力降低。

2.抽水機及壓力管線水錘現象(Water hammer)的防止對策

當抽水機在瞬間停機或瞬間起動，或由於停電，亦或閥門急閉或急開等的情況，造成壓力管線中之水流速度發生急速變化，會導致管內壓力發生相當大的改變。壓力會驟增或驟降並且時常伴隨類似錘打的噪音，這種短暫發生在壓力管中的壓力及水流情況稱為水錘現象。

壓力管中的水流及流速初級係在穩定狀態，但當供應抽水機電動機的電力切斷時，抽水機很快從全速減速到零，使得抽送到管中的流量迅速降低，這種流量降低會產生一種負壓波（低於正常壓力）迅速從壓力管線的抽水站端傳送到出水口端，負壓波會使壓力管中的流速降低，當負壓波抵達管線出水口端時，它會以正壓波折回朝向抽水站端傳送，而在其傳送期間，會進一步降低水流速度。當正壓波抵達抽水站端即完成壓力波的一次循環，抵達抽水站端後它會再折返而以第二次壓力稍減的波傳送到管線上。這循環會重覆下去而抽水速度及流量會持續減少，在短暫期間內，抽水機速度會降低到它無法提供足夠的出水水頭，此時抽水機出口端的逆止閥會關閉，而使抽水機從正在傳送壓力波的管線當中隔離開來。然而，壓力管線中這種短暫的水流及壓力繼續著直到所有能量被管線摩擦抵抗所消散。在這事件序列中，管線末端的水頭保持不變，而在中間點，水頭係由正壓波及負壓波的總和而決定。

壓力波從水流改變點出發到回來的往返傳送時間稱為臨界週期，而可以公式 3-27 表示：

$$Tc = 2L/a \quad \cdots\cdots (3\text{-}27)$$

式中：

Tc：臨界週期，s

L：管線自水流改變點至折返點之長度，m

a：壓力波速度，m/s

水錘壓力波傳送速度與流體及管線物理特性及重力加速度有關，可以公式 3-28 表示：

$$a = 1440 / \left(1 + \frac{C_1 K d}{E e}\right)^{1/2} \cdots\cdots\cdots\

有腐蝕性，且含有油脂、繩狀固體及砂礫等之因素，審慎選擇合適的設備，參考圖 3-93。

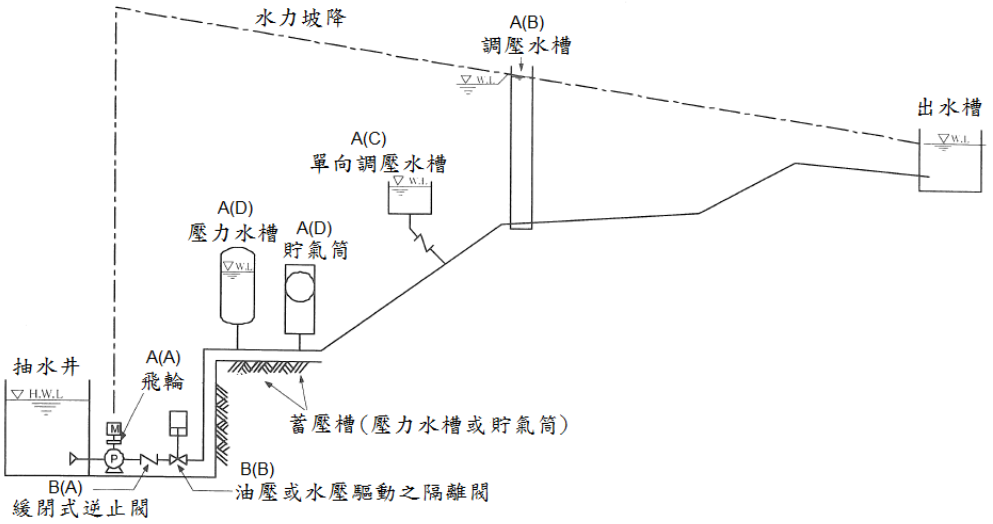


圖 3-93　水錘現象防止或減輕方法

A.防止發生水柱分離的方法

(A).抽水機及電動機上增設飛輪，以增加轉動慣性，當動力切斷，轉速並不急降，可緩和激烈的壓力降低。此法對小型抽水機有效，大型抽水機及出水管線較長的情況，飛輪會變得較大，須另設軸承，電動機啟動方式亦須另外考量。

(B).出水管線上設置調壓水槽(surge tank)，在產生負壓的地點補給水，能防止負壓，亦能吸收上升的壓力。調壓水槽會增加建設費，但係一種安全及確實的方法。

(C).出水管線上設置單向調壓水槽(One way surge tank)，壓力下降時能補給水，以防止負壓，平常係以逆止閥隔開管線。單向調壓水槽比調壓水槽容量小，較為經濟，但有效範圍較有限制，並且污水中的異物也可能堵塞逆止閥 。

(D).在抽水機出水口附近設置壓力水槽或貯氣筒(accumulator)之蓄壓槽，由槽中送水或空氣，可減少壓力下降。使用蓄壓槽須注意，經數次保護作用後，污水中的油脂會流入蓄壓槽中，而在油脂硬化後可能堵塞管線，使蓄壓槽失去保護作用。

B.防止壓力上升的方法

(A).在抽水機出水口設置緩閉式逆止閥，使水慢慢逆流通過逆止閥最後才完全關閉，以減少上升壓力。此法適用於管線比較短的情況。惟如壓力管長度不超過 1 km，平均坡降小於 4%，管線縱斷面沒有近乎 90°陡坡，而經電腦分析所得到的抽水機葉輪停止轉動時間足夠長（例如：超過 4 至 5 倍的 Tc），則快關式逆止閥通常已足夠防止水錘現象。

(B).不設逆止閥，而在抽水機出水口設置以油壓或水壓等驅動之緩慢關閉的隔離閥。此法適用於高水頭及大型抽水機。

(2).壓力管線水錘現象的防止對策

壓力管線水錘現象的防止或減輕方法如下：

A.變更壓力管線管徑，降低管內流速。

B.縮短壓力管線長度，減少總動水頭。

C.重新配置壓力管線，避免陡坡（近乎 90°）或負水力坡降，以消除管內堆積空氣。

D.在壓力管線縱斷面凸出部位設置複合式排氣及真空閥，此閥的型式必須非常可靠，其安裝方式亦須確保可靠性（參考圖 3-94），而容易被油脂堵塞的型式則不能使用。

E.使用高強度管線：此方式限於小系統，但如果壓力管線的管徑為 200mm 或更小，此可能為最廉價的解決方式。但管線不斷遭到重擊可能造成龜裂及最終的破壞。所有管線的轉彎、丁字管及端點的抗衝力固定台須設計防止水錘壓力。

對於水錘現象的防止對策，在基於包含預備抽水機的運轉條件，以及總動水頭、靜水頭、壓力管線長度大於下述數值之情況下應予檢討，必要時應有對策。

總動水頭：20m 以上

靜水頭：10m 以上

壓力管線長度：300m 以上

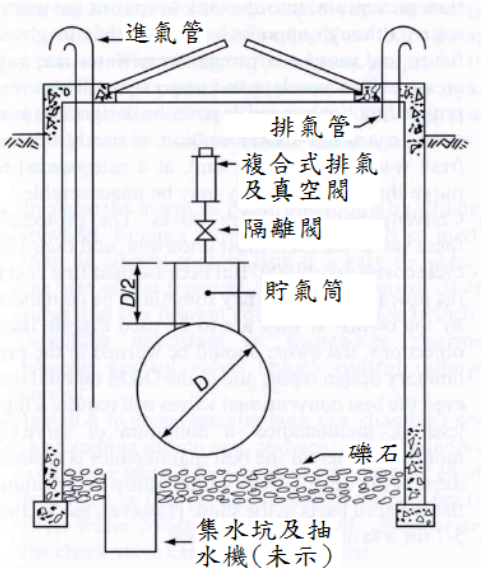


圖 3-94　複合式排氣及真空閥安裝方式示意圖

3-4-07 抽水機之自動運轉及保護設備　　**（原則 19）**

1.抽水機採自動操作時，應考量抽水機之型式、使用條件、驅動設備種類、工程費、操作效率及維護管理等，選定合適的控制方式。

2.抽水機自動操作時，為了使起動及停止的動作過程能順利進行，應裝設下列必要裝置：

(1).水位計

(2).水流檢知裝置或壓力開關及電氣式開關閥、各電磁閥

(3).極限開關及安全裝置

3.應設置偵測不正常運轉、故障時停止運轉、發出警報或故障指示等適當之保護設備。

【解說】

1.一般抽水機運轉時，必須有抽水機的軸封、冷卻及潤滑、驅動設備的起動及停止、出水管閥類的開啟關閉等一連串的操作，這些操作如個別進行，將很繁雜。依據抽水機的型式，因為不同的操作順序導致操作錯誤，為了合理化的運轉，一般採用連動化或自動化。

抽水機運轉，分為(1)僅操作一個操作開關，(2)設定抽水機的起動及停止，順序連動，

運轉時要手動的連動控制方式，(3)設定起動及停止程序，運轉時可自動檢查出運轉中控制要素的自動控制方式。

控制方式的選定方向，應綜合檢討進流污水的變動、抽水機的型式及運轉頻率、工程費、維護管理費、操作人員人數及技術水準，及在剛開始啟用時的初期對策等，從控制技術的進步、省人力、省能源的方面，多採用自動控制方式。

為了在其他情況的試運轉及調整，應能在現場進行單獨運轉，另外，在自動控制方面，應能以備用的手動控制方式進行運轉。豎軸離心式抽水機自動供應軸封水之系統流程參考圖 3- 95。

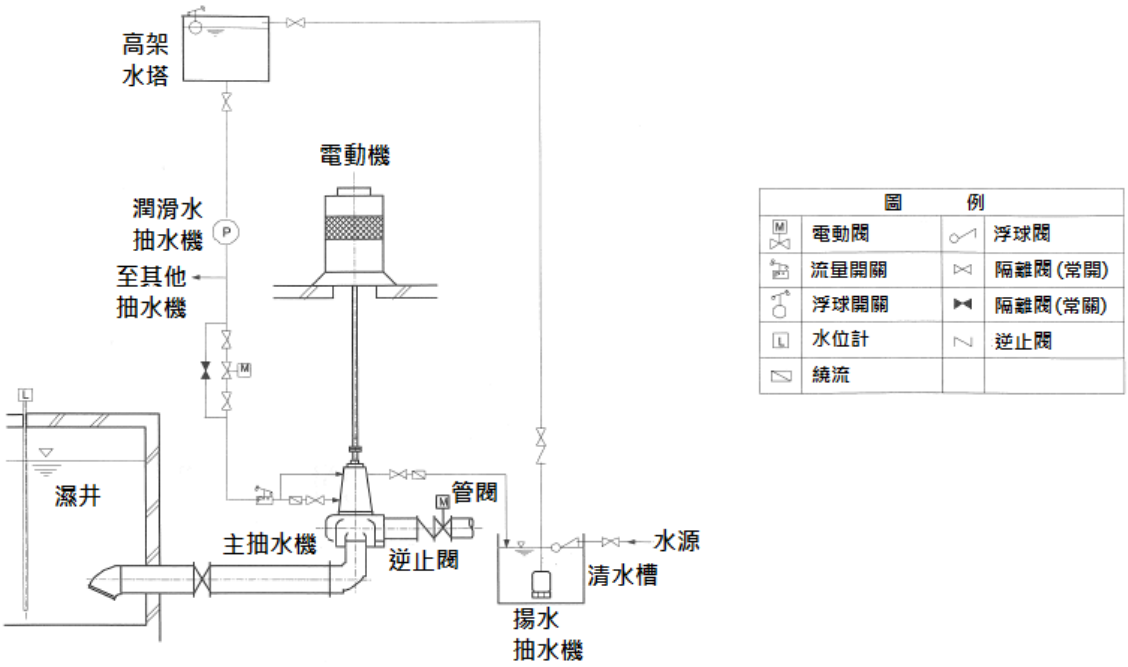


圖 3-95　豎軸離心式抽水機自動供應軸封水之系統流程

抽水機的自動控制方式從簡單的依據偵測到的高低水位，以自動控制抽水機的起動或停止，到複雜的選擇抽水機台數及控制抽水量等，共有好幾種的組合可資應用。一般抽水機設備使用水位及流量控制。

(1).水位控制

檢測出的濕井水位或其變化係依據進流水量變動，濕井水位保持一定的變動幅度，進流水量以約略比例的量來抽水的方式。

(2).流量控制

抽水量係依據濕井水位，從水位目標－抽水量關係曲線及水位變化補正率求得，控制抽水量的方式。

水位及流量控制係採用下述方法：

A.抽水機台數控制

所設抽水機的設定水位係依據濕井水位，以此為基礎增減抽水機之運轉台數的方法。

B.抽水機轉速控制

改變抽水機轉速，來調節抽水量的方法。

採用電動電動機的抽水機，其轉速範圍係考量水頭的變化，一般約在 70~100 %，主要採用二次電阻控制、變頻器控制或其他方式。

2.抽水機進行起動及停止自動操作時，因為抽水機之型式及設備內容不同，為了使抽水機的軸封、冷卻及潤滑用水、驅動設備的起動及停止、出水管閥類的開啟關閉等

一連串過程能順利的依序進行，應裝設下列必要裝置：

(1).抽水站濕井應裝設水位計，其型式有壓力式（差壓式）、水壓傳訊式、浮球式、氣泡式、超音波式等，選擇時，應針對其目的、精度、測定範圍、懸浮固體及浮渣之影響、維護、安裝方法等作考量。特殊型式應在土木結構的設計施工階段，就須考量如何安裝。

(2).裝設水流檢知裝置係為了在操作進行當中，檢查啟動中抽水機軸封水、冷卻水及水中軸承的潤滑水的水流情況。水流檢知裝置係使用在檢查到抽水機運轉時的斷水，然後停止抽水機運轉的保護裝置。軸封水量量少時，水流檢知裝置無法檢測到，應採用壓力開關。軸封水、冷卻水及潤滑水等小配管系統使用的電氣式開關閥，一般採用電磁閥及電動閥。

(3).設置極限開關係為了使隔離閥能在全關、全開及指定開度時將閥門停止。設置扭力開關係為了在使用電動閥時，當有異物卡住閥門時，能將隔離閥的電動驅動器關掉的保護裝置。

(4)進流抽水站之抽水機葉輪材質為鑄造不銹鋼葉輪，係顧慮污水腐蝕性會減低葉輪壽命，當泵送流體為高腐蝕性時，葉輪材質較適合不銹鋼。

(5)惟考量泵送流體為低腐蝕性但內含顆粒時，為避免撞擊磨損葉輪，葉輪材質適合選用高硬度鑄鐵，依據泵送流體之特性，選擇適當葉輪材質，以增加設備使用壽命。

(6)軸承壽命：AFBMA　B10-100,000(50,000*2，1 組備用)小時。(附計算書，包含廠牌、型式、型號及 C 值等)。

(7)處理廠用濕井沉水式抽水機內至少應設置含有馬達線圈之溫度感測器(過熱跳脫保護開關)、溼度感測器(洩漏偵測跳脫保護開關)及積時器（在單元控制盤上設置亦可），除能將前項訊號傳送至現場單元控制盤顯示外，並能經單元控制盤的 PLC 傳遞訊號至中控室顯示，以利即時監視及狀況處理。若為乾井沉水式抽水機，除前之感測器外，需增設冷卻循環水溫度感測器。　另馬力超過（含）100HP 之抽水機，則應加裝軸承溫度感測器（應含連續類比輸出功能，且能外接顯示器顯示溫度數值）以及振動感測器。水位計除於單元控制盤可顯示外，並能經單元控制盤的 PLC 傳遞訊號至中控室顯示，以利即時監視及狀況處理。

3.保護設備係在檢知抽水機起動及運轉中發生的異常，為了抽水機安全運轉，在監控室等必要場所設置警報或故障表示。一般抽水機在起動或運轉中產生的異常，及設備的內容有異狀， 略述如下，並詳見第九章。

(1).電動機（主抽水機及附屬抽水機）的短路、過電流、欠相及接地故障。

(2).濕井異常低水位

(3) 抽水機及原動機的推力軸承溫度異常高昇

(4).軸封、冷卻及潤滑用水（或潤滑油）流量過少及壓力過低，冷卻水溫度異常上升。

檢測出這些異常的元件，計有：過電流繼電器、溫度開關、流量開關、壓力開關、水位開關等，依照抽水機型式、運轉方式、使用條件等使用必要的項目。

上述方法，迴路應設置成對於起動過程達不到滿足連動條件的情況之下，就無法進到下一個過程(步驟)。此外，必要時應在控制盤上設置抽水機緊急停機用的操作開關。

故障依照程度分為重故障及輕故障，重故障情況時抽水機自動停機，警報及故障表示；輕故障情況時，警報及故障表示。故障表示應集中表示在操作盤或監控盤上，使其便於監視。

電動機驅動豎軸離心抽水機重故障及輕故障一般項目舉例參考表 3-26。

表 3-26　電動機驅動豎軸離心抽水機重故障及輕故障一般項目舉例

區分	檢測項目	備註
重故障	起動緩慢 濕井異常低水位 推力軸承溫度異常高昇 電動機過電流 短路 軸封停水 其他必要項目	軸承滑動情形
輕故障	停機緩慢 高架水塔低水位 清水槽異常低水位 電動閥過扭力開關有動作 附屬抽水機故障 其他必要項目	

〔備註〕抽水機逆止閥前應裝壓力表，以便了解抽水機作動是否正常。

3-4-08 電動機 **（原則 18）**

電動機設置規定如下：

1. 污水處理廠內抽水機應以三相感應電動機為標準。
2. 電動機的型式應考量其用途、裝卸場所及周圍情況而作選擇，原則上應採用高效率感應電動機。
3. 起動電流應符合經濟部屋內線路裝置規則規定。採用非全電壓起動者，應配合電動機之種類及容量選擇之。
4. 應設置下列保護設備：
   (1) 應設置適當之過電流保護設備，且開關與起動器設備及二次側短路裝置相互間應設防止誤操作之連鎖裝置。
   (2) 應於電動機設置短路、過電流、接地故障及低電壓時遮斷回路的保護裝置。
5. 感應電動機應具有 E 級以上之絕緣等級，若採用沉水式應為 F 級以上。

【解說】

1. 污水處理廠內抽水機，為求操作管理方便及安全性，一般其驅動設備皆使用電動機。交流電動機有兩種基本型：同步電動機及感應電動機，污水處理廠內抽水機應以構造簡單，運轉及維護容易之三相感應電動機為標準。三相感應電動機的種類由於轉子構造不同而分為下類：
   (1).普通鼠籠型：用於輕負荷（額定輸出 3.7kW 以下），起動扭力比較小的小型電動機。
   (2).特殊鼠籠型：用於需要比較大起動扭力的電動機。鼠籠型的轉子構造有雙重鼠籠型及深溝鼠籠型兩種，5.5kW 以上的電動機皆屬特殊鼠籠型。
   (3).繞線型：起動扭力較大，使用於起動電流有限制的情況，以及起動時間較長的情況。

   鼠籠型電動機因為構造簡單、可靠及經濟，常用於定速及變速抽水機。繞線式電動機通常作為變速使用，比起鼠籠式電動機，繞線式電動機較貴，且較須維護，但在變頻器尚未普遍時，它們是變速控制的標準型式。目前由於可以採用變頻器來控制轉速，使得繞線式電動機變的較不普遍。

抽水機用特殊電動機有兩種沉水電動機：

A. 清水封入型沉水電動機：係在鼠籠型電動機的內部封入清水或不凍液，由於耐水絕緣材料的開發，故廣泛用於清水用途。

B. 乾式沉水電動機：係採完全水密構造，使用於水中及陸上，一般使用在 0.75kW 以上，因轉子係在空氣中旋轉，故效率較佳。

沉水電動機容量直至 140kW 等級，因小型及重量輕，安裝容易。

應注意因檢測到滲入水，基於保護而關機的情況，軸封的檢查也是必要的。

沉水電動機係小型及重量輕，比起陸上電動機，效率及功率因素較差，暴露於空氣中運轉時，須要注意溫度上升及絕緣電阻的降低。

2. 電動機的型式應考量其用途、安裝場所及周圍情況而作選擇，其保護型式應依安裝地點之情況而做決定，參考表 3-27。

表 3-27　電動機保護型式與安裝地點的關係

安裝地點之情況	型 式
乾燥而塵埃少	保護型
有水沫之虞	防沫型
有可燃性粉塵、氣體之虞	防塵防爆型
有水沖或濕度高	防水型
有腐蝕性氣體之虞	耐蝕型
屋外	屋外型
水中	浸水型

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

電動機安裝場所的周圍環境有必要防止噪音的情況，應在電動機上安裝消音器，或使用低噪音型之電動機。

污水處理廠在選擇電動機時，應從防止地球暖化對策之觀點，原則上採用高效率電動機等節能型之機種，以削減電力使用量。

3. 起動電流應配合電動機之種類及容量，參考表 3-28。

表 3-28　電動機之種類及容量與起動設備關係

電動機種類	起動設備
鼠籠型感應電動機	1.直接起動 2.Y－△降壓起動器 3.自耦變壓降壓起動器 4.電抗型降壓起動器 5 緩衝起動器
線繞轉子型感應電動機	起動電阻器

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

[備註]

(1)電動機服務係數建議選用 1.15。(歐規服務係數為 1.0，其馬力數應乘以 1.15 選用)。

(2)陸上型之電動機需符合 CNS 14400 高效率馬達之 *IE*2 以上標準。(沉水式及機組一體且與被驅動裝置無法分離之電動機除外)

4. 應設置下列保護設備：

(2) 為防止繞線式電動機起動時引起的電氣事故，起動器及電動機之二次側短路裝置不能回復至起動位置時，應設置防止誤操作之連鎖裝置。

(3) 為防止過電流的燒毀及停電後再送電的危險，應於電動機的配電盤或配電箱設置短路、過電流、接地故障及低電壓時遮斷回路的保護裝置。

5. 感應電動機應具有 E 級以上之絕緣等級，若採用沉水式應為 F 級以上。一般用低壓三相鼠籠型感應電動機之溫度上升限度參考表 3-29。電動機使用的各種絕緣種類之容許最高溫度參考表 3-30，一般使用感應電動機的絕緣種類，低壓用 E 種、B 種、F 種，高壓用 F 種。

表 3-29 低壓三相鼠籠型感應電動機之溫度上升限度

(單位：K)

電動機區分	耐熱等級	電阻法	
		0.2~0.55(kW)	0.75~37(kW)
定子線圈	E	75	75
	B	—	80
	F	—	100
鐵心及所有的構造構成物	這部分的溫度上升，在任何情況下，其絕緣物及相鄰材料都不可產生有害的影響。		

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

表 3-30 各種絕緣種類之容許最高溫度

絕緣種類	容許最高溫度（℃）
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	超過 180

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

6.

(1) 絕緣等級：以 F class 以上為原則(次要設備除外)

(2) 服務係數：1.15。(歐規服務係數為 1.0，其馬力數應乘以 1.15 選用)。

(3) 陸上型之電動機需符合 CNS 14400 高效率馬達之 *IE*2 以上標準。(沉水式及機組一體且與被驅動裝置無法分離之電動機除外)

(4) 沉水式之電動機以使用較高效率馬達為原則。

(5) 軸承壽命：AFBMA 以 B10-100,000(50,000*2，1 組備用)小時為原則(次要設備除外)。(附計算書，包含廠牌、型式、型號及 C 值等)

(6) 保護等級：陸上型 IP55，水中型 IP68。

3-4-09 電力設備 **（原則 19）**

電力設備設置規定如下：

1.電力設備應依經濟部有關規定裝設，並充分考慮操作、維護、管理及防止事故之發生，其

受電電壓應依臺電公司營業相關規定並視該地區之供電方式與台電公司洽定。
2.受電設備其容量不得低於最大負載容量之 1.25 倍。
3.變壓器容量應由變壓電力換算皮相電力值後預留 10~20 %之餘裕。
4.應符合各類場所消防安全設備設置標準規定。

【解說】

1.電力設備應依台電公司有關規定裝設，並充分考慮操作、維護、管理及防止事故之發生，其受電電壓應依臺電公司營業相關規定並視該地區之供電方式與台電公司洽定。因停電而影響安全之虞及其他重要設備，應設置自用緊急發電設備及其他備用電力。緊急發電設備應採用柴油引擎同步發電機為原則。應依操作需求確認緊急發電設備或備用電力負載。

2.受電設備容量應為使用全變壓器的受電電壓容量，以及運轉中電動機等的受電電壓的容量（kVA）的加總。然而，高壓進相電容器不包含在受電設備容量內。另外，應考量在維護檢查時，也能持續確保設施機能的最低限度。受電設備其容量不得低於最大負載容量之 1.25 倍。

3.變壓器的容量 KVA，應同時合計各種電氣負荷的出力 kW，再由此換算入力值（KVA），加上 10~20 %程度之餘裕。配合規格品的情形，選定最接近的高一級產品。

4.電力設備設置場所應符合內政部最新修訂「各類場所消防安全設備設置標準」之規定。

3-4-10 抽水機室、配電室及主控室 **（原則 19）**

1.抽水機室及配電室構造：

(1).應使用鋼筋混凝土等不燃性構造物；特殊情況使用易燃性材料時，電力設備之上方天花板及側面，應以不燃材料覆蓋。

(2).抽水機室應有良好通風、採光，防止噪音、振動及充分照明設備，並避免浸水。

(3).配電室及主控室應依前述規定設置擋水設施，以防淹水。

(4).應選設在無氯氣或其他腐蝕性、可燃性氣體發生或滯留之地點。

(5).抽水機室應預留適當空間便於機械拆裝時放置之用。

(6).配電室之設置並應參照臺電公司有關配電室設置規定。

2.主控室之構造應通風良好，充分照明設備及能防止噪音、振動，並設在易於監視管理抽水機及配電設備之地點。

【解說】

抽水機室是由抽水機本身、設置吸水管及出水管等所需的配管室及設置電動機等所需的原動機室所構成。抽水機室是抽水站設施中最重要的室別之一，必須思考在緊急時，能確保抽水機的揚排水機能。

1.抽水機室及配電室構造：

(1).抽水機室及配電室應使用鋼筋混凝土等不燃性構造物；特殊情況使用易燃性材料時，電力設備之上方天花板及側面，應以不燃材料覆蓋。與配電室連接之管道（間）均應使用不燃材料製成。配電室消防設施之設置、管理與維護應依最新公布之消防法規、納入建築物消防安全系統辦理。

(2).抽水機室應設有機械通風排氣系統，並應將配電室之通風納入抽水機室之通風排氣系統。抽水機及配管室一般需要設置在地下，為了在檢修時確保作業環境，機械設備的維護等，應設置適當的照明及換氣設備。另外，使用電動機的情況，為了防止室溫上升，亦應設置充足的換氣設備。此外，考量對附近居民的影響，應

建構必要的噪音振動的對策。抽水機、內燃機及電力設備，應視需要加裝適當之隔音設備。

當抽水機為乾井式設計，其電動機等不能淹水之設備高度或機房入口高度，應高於廠址位置在重現期距 100 年降雨狀況下之淹水潛勢高程。若廠址位置無相關參考資料時，可採歷史淹水水位紀錄加 0.5 m 或以上計之，以避免因淹水造成設備受損，無法操作。若上述方式有實質困難時，乾井之抽水機可採用如 3-4-04 解說二所述之： (1)豎軸渦輪式抽水機；(2)自吸式抽水機；(3)真空吸引式抽水機：(4)電動機設置於地面層或不會淹水的地下層，而以延伸軸向下連接至乾井底板上的豎軸抽水機；(5) 螺旋抽水機；(6)沉水式抽水機用於乾井。關於抽水機配管室，當沉砂池機械室等浸水時，其防水牆應有不會受到淹水危害的構造。特別是濕井水位計用的防波管，以及貫通防水牆的配管及配線，須要連結水處理設施管廊的抽水機配管室，都必須做充分的考量。

(3).配電室、主控室等不容許淹水之空間，其設置位置高度或機房入口高度考量方式如上述(二)。配電室設置於無淹水之虞的場所，如設置於當地洪水位以下或易淹水之樓層時，應設置適當之防(擋)水及排水設備(例如公共工程委員會公共工程施工綱要規範建築工程第 089393 章之「防洪閘與水密門」)。

(4).在有氯氣或其他腐蝕性氣體存在的場所，機械及電氣設備容易被侵蝕而損壞，因此抽水機室及配電室應選設在無氯氣或其他腐蝕性氣體發生或滯留之地點；在可燃性氣體發生或滯留的場所，電氣設施容易引發火災甚至會爆炸，因此抽水機室及配電室應選設在沒有可燃性氣體發生或滯留的場所。如可能有可燃性氣體時，應在該特殊場所，使用防爆型電氣或設備。

(5).抽水機室裡面為了要設置抽水機、閥類、配管、流量計、電動機、現場控制盤等多種機械，有必要確保這些機械安裝及維護的無障礙空間。抽水機設備與其他設備相同，有很多因應進流量而須作階段性設置的情況，必須在擴建時搬入以及安裝各種機器，有必要確保搬入路徑以及確保維修空間。

電動機室的室內高，應考量電動機及抽水機整組的搬出入，以及安裝的必要高度。應考量室內吊車組合的吊車設備的型式，以及各種管子的配置，機器的解體搬入等，以訂定合理的室內高度。

(6).配電室之設置條件、設計及施工等均應參照臺電公司最新版之「新增設用戶配電場所設置規範」規定辦理。配電室設置於地下室時，宜設置專用通道，俾利供電設備進出之用。

2.主控室應設在易於監視管理抽水機及配電設備之地點。為了確保主控室作業環境，應設置適當的照明及換氣設備。另外，主控室使用電氣設備，為了防止室溫上升，亦應設置充足的換氣設備。此外，考量對附近居民的影響，應建構必要的噪音振動的對策。

第 5 節　沉砂池

砂礫係從污水中藉著重力沉降或藉著離心力而除去，重力沉降在許多處理單元中都可遇到，依據濃度及顆粒間相互作用的傾向，污水中會發生四類的沉降：單顆粒沉降（第一類）、混凝沉降（第二類）、層沉降（第三類）及壓密沉降（第四類）：

1.(第一類) 單顆粒沉降：保持單顆粒之沉降性，而其大小、形狀、密度不變，顆粒數少（例如：沉砂池）。

2.(第二類) 混凝沉降：顆粒較多，而有絮凝聚集作用，因此在沉降中改變顆粒大小、形狀、沉降速度亦隨著變化（例如：初級沉澱池）。

3.(第三類) 層沉降：因懸浮固體物濃度大，成為層狀沉降，澄清液與固體沉澱物有明顯

界面（例如：二級沉澱池之上層）。

4.(第四類) 壓密沉降：水中懸浮固體物濃度很高，顆粒互相接觸，由於顆粒重量向下壓縮，把孔隙中之液體擠出，而減少固體物之體積（例如：二級沉澱池之下層）。

沉砂主要係指生活污水中所含不會在後續生物處理階段分解的較重的無機及有機物質，而以無機物為主，包括：細砂、礫石、石塊、種子、蛋殼等。通常生活污水的砂礫粒徑範圍在 20 至 140 號篩，而佔 90%以上的大多數砂礫粒徑範圍在 50 至 100 號篩。100 號篩及較大的砂礫會對抽水機及處理設備造成磨損。小於 140 號篩的砂礫開始具有上浮、類似粉塵的性質，無法以沉降方式沉澱。美國環保署定義沉砂為粒徑大於 0.21 mm（65 號篩）比重大於 2.65。

沉砂會對放流水域造成污染及堆積，另外，較大的砂礫會對抽水機及處理設備造成磨損，為使處理作業順暢，原則上沉砂處理應在抽水站及處理單元之前就實施。

在中繼抽水站，也有省略不設沉砂池的情況。這種情況下，抽水站的沉砂係採浚渫方式來處理。近年來污水進流管有加深之趨勢，使抽水站深度大幅增加，這種情況下，為了降低工程費、縮短工期、並使維護管理容易，地下構造物儘量縮小，造成沉砂池改為設置在抽水站之後。

3-5-01 沉砂池 **（原則 20）**

1.沉砂池種類包括水平流沉砂池、曝氣沉砂池及渦流沉砂池。

2.各種沉砂池設計應考量事項如下：

(1).沉砂池應為堅固耐久性，以水密性的鋼筋混凝土來建造，能抵抗浮力的安全結構物

(2).出入口應設閘門或擋水板。

(3).沉砂池應有抽砂設施、洗砂機及砂礫分離機設備。抽砂設施應有防阻塞功能。

(4).沉砂池機械室之空間配置應考量設備的種類。

(5).貯砂斗下部應有搬運車作業空間，搬運室地板應有清洗水源和適當地面坡度。設於室內之沉砂池應有通風排氣設備，加蓋之沉砂池水面、沉砂貯斗及砂礫輸送機應有排氣及脫臭設備。

(6).應有保養檢查用空間，並須設置扶手或欄杆。

3.砂礫最普遍的處置方式係運送至掩埋場，而在一些大規模污水處理廠，砂礫可與污泥合併焚化。

【解說】

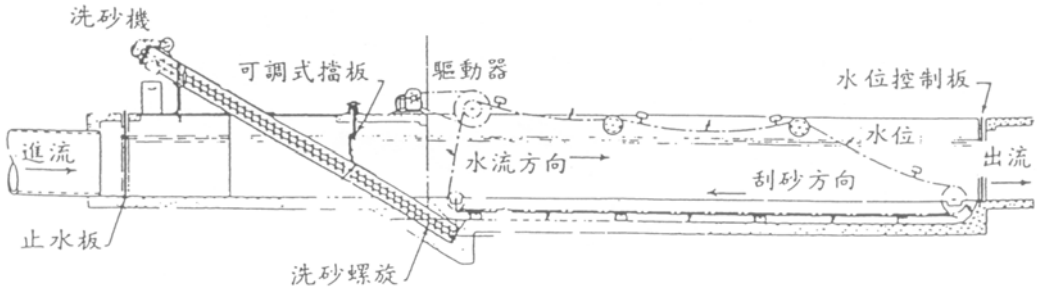
1.沉砂池一般分為水平流沉砂池、曝氣沉砂池及渦流沉砂池等三種型式，茲分別說明各種沉砂池的設計特性如下：

(1).水平流沉砂池

水平流沉砂池分為長方形（參考圖 3-96）及方型兩種（參考圖 3-97），其設計構想為去除較重的固體物先沉降至池底，去除砂粒粒徑以 0.21mm 效率最佳，沉砂池長度則由沉降速度、表面積等參數控制，但一般沉砂池長度以功能計算出之長度乘以 1.5 倍為宜，可避免沉砂池進口及出口之亂流情形。池面積由表面溢流率決定，而表面溢流率由砂礫粒徑及水溫決定，參考表 3-31。池內之平均流速為 0.3 m/sec，停留時間為 30 至 60 sec。長方形池之池底坡度為 0.5～1.0%。沉砂池之有效深度應配合進流管渠之有效水深訂定，池底應加 10～30 %有效水深且至少 30 cm 以上之沉砂槽，其進流口之配置應防止短流。水平流沉砂池應設有

機械式刮砂設備。水平流沉砂池以設置二池以上為原則。此種沉砂池所需操作運維技術簡單，且建造結構費用低廉，但佔地較大，故多使用於小規模污水處理廠。

平面圖



剖面圖

圖 3-96　矩形沉砂池例

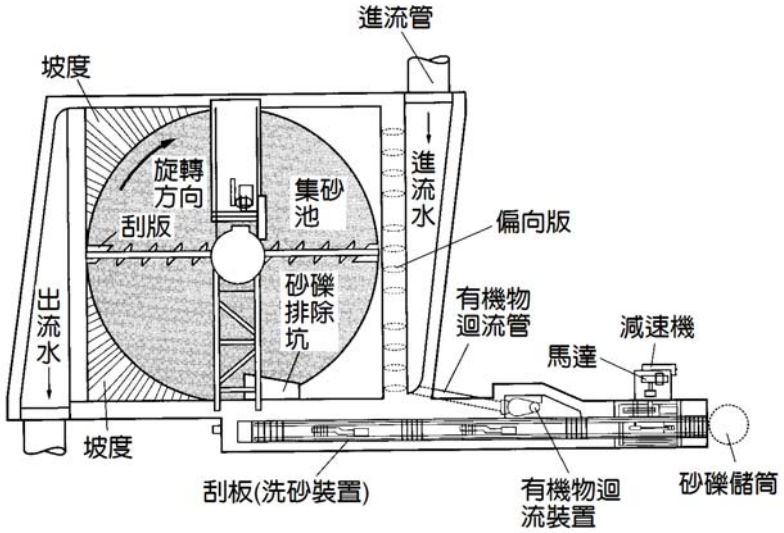


圖 3-97 方形沉砂池例

表 3-31　水平流沉砂池表面溢流率表

砂礫直徑 (mm)	砂礫篩號	沉降速度*1 (cm/min)	表面溢流率*2 ($m^3/m^2/d$)
0.25	60	165	2370
0.21	65	131	1890
0.18	80	116	1670
0.15	100	91	1320

*1　依據：水溫 15.5℃，砂礫比重 2.652.65，及依照 Stokes Law(公式 2-30)計算

*2=*1x 1440 x 10^{-2}

Stokes Law：

$Vt = gd^2(\rho_p - \rho_m) / 18\mu$.....(3-30)

式中：

V_t：沉降速度(m/sec)

g：重力加速度(m/sec^2)

d：粒子直徑(m)

ρ_p：粒子比重(g/m^3)

ρ_m：液體比重(g/m^3)

μ：液體黏度(g/m.sec)

(2).曝氣式沉砂池

曝氣式沉砂池以去除粒徑 0.2mm 或更大的砂粒之效益較佳，池的型式多為長方型水池，於水池縱向之一側送入壓縮空氣，使污水產生適當旋流以去除砂粒，並使有機物保持懸浮，於後續處理單元去除。散氣裝置設於距離池底 60 cm 以上，送氣量以曝氣沉砂池每 1 m 長度曝氣 5 ~ 13 L/sec 為準，曝氣速度的大小，會影響去除砂粒之粒徑，若曝氣速度太大，刖砂粒無法充分沉降，若太小，有機物會隨砂粒沉降池底。並應設置消泡設施。水力停留時間為 1 ~5 min，有效水深為 2 ~ 4 m。曝氣沉砂池在各種水力停留時間下對各種粒徑砂礫之去除率參考圖 3-98。一般而言，曝氣沉砂池之造價較昂貴且構造複雜。曝氣沉砂池構造示意圖及照片參考圖 3-99。

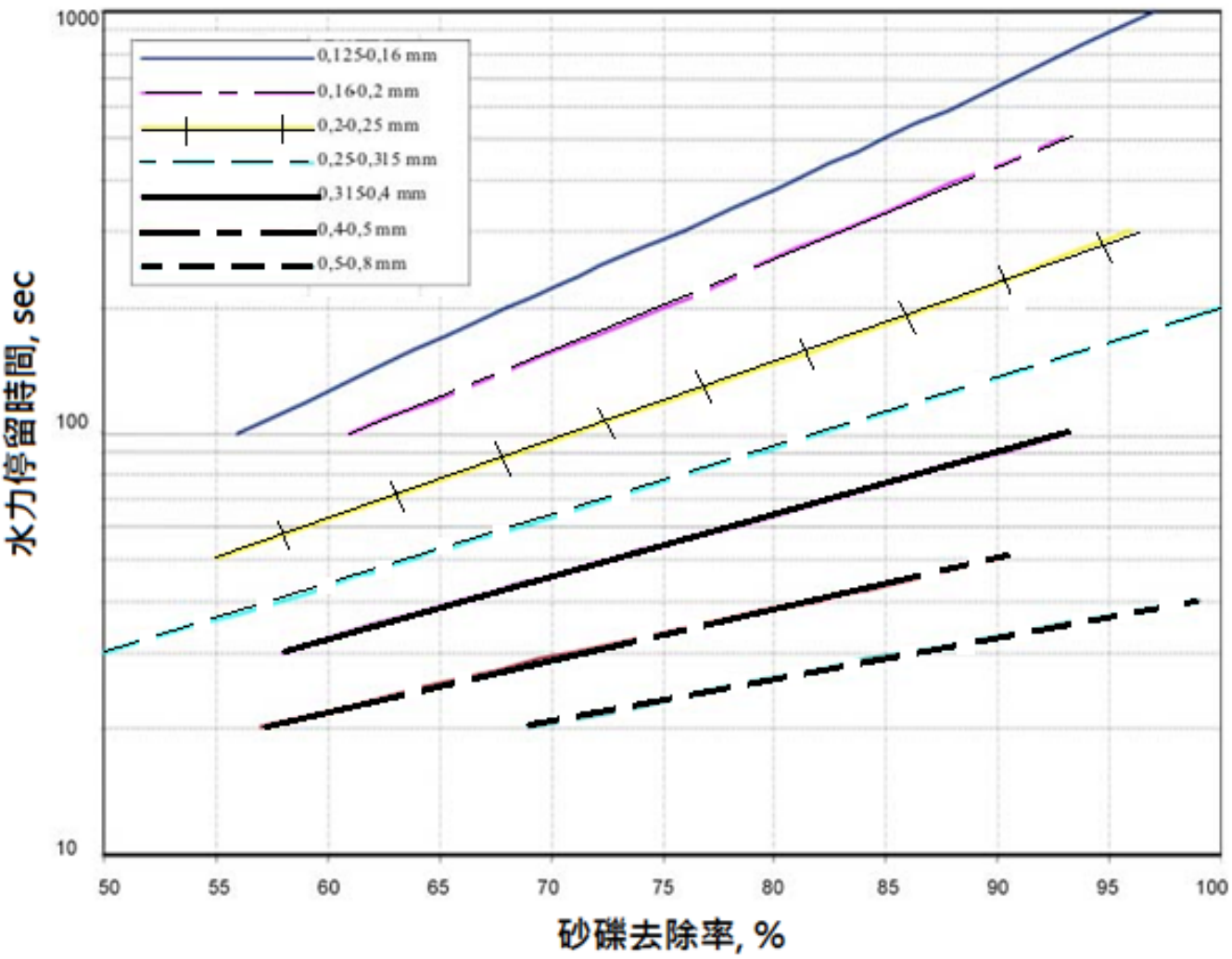
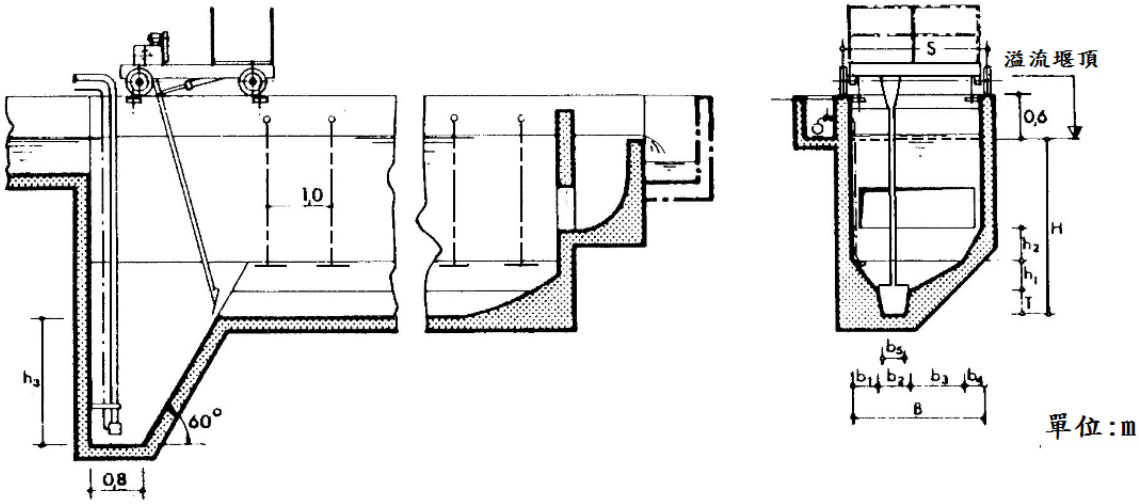


圖 3-98 曝氣沉砂池在各種水力停留時間下對各種粒徑砂礫之去除率



a. 曝氣沉砂池照片



縱斷面圖橫斷面圖

b. 曝氣沉砂池構造示意圖

圖 3-99 曝氣沉砂池構造示意及照片

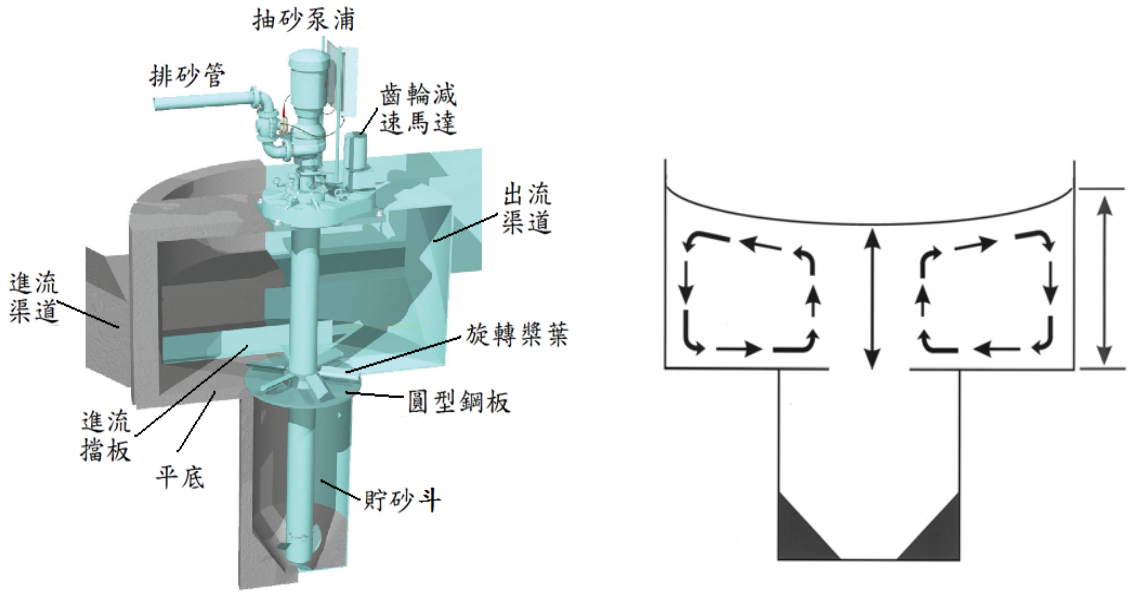
(3).渦流沉砂池

渦流沉砂池上層為中央設有攪拌器的較大圓柱形水池，下層係作為貯砂斗的較小圓柱形池，兩池中間若沒有漸變段，即上層水池為平底的型式者；兩池中間若以斜坡作為漸變段，即上層水池為斜底的型式者。兩者之進流水皆係自進流渠道沿沉砂池邊緣以切線方向流入上層圓柱形水池，出流水則係水流沿著池內轉 270° 後再自較寬的出水渠道流出。但前者另外開發一種水流沿著池內轉 360°的型式，其進流渠道係水平流後再以斜坡方式（ramp）向下往上層圓柱形水池之中間部位流入，以便形成 Coanda 效應，將進流渠道渠底的沉砂帶入池中，另外，在污水進入水池的入口處設有一個進流擋板，引導進流水使之與池內污水相衝擊。兩者水池中央皆設有攪拌器，但槳葉型式不同。

上層水池為平底的渦流沉砂池係利用攪拌器、進流擋板及斜坡型式的進入水流渠道，在上層大圓柱形水池中製造一種像甜甜圈的環狀（coroidal）水流，這種水流會使沉在平面底板的砂礫被推向水池中央，而由於污水以環狀水流流動，故其停留時間較長，這種渦流沉砂池的除砂機制係為強制渦流的水力方式，平底渦流沉砂池構造示意及其環狀水流示意參考圖 3-100。

上層水池為斜底的渦流沉砂池係利用攪拌作用使污水中密度較輕的有機物保持懸浮不致沉降，而攪拌作用產生離心力使砂粒往牆邊移動，再結合重力作用使砂礫沉降於水池中央底下之貯砂斗內，基本上本法係屬於應用砂礫沉降速率的除砂方式。

砂粒掉入貯砂斗後，以抽砂抽水機將沉砂抽送至旋流機（cyclone），或稱砂礫濃縮機（grit concentrator），使砂礫濃縮，旋流機流出之砂礫再流到砂礫脫水分離機（grit dewatering and classifier）中，由脫水分離機之螺旋葉片將砂礫自水中分離出，最後再將砂礫予以運棄。另有以氣提泵來抽砂者，因出水水頭不足以採用旋流機，故出水係直接流入砂礫脫水分離機。另為避免沉砂池積砂過多致砂礫抽水機無法操作，於砂礫抽水機啟動前於貯砂斗內注入高壓空氣攪拌，使砂粒程懸浮狀態而易於抽送，抽砂泵啟動後宜關閉高壓空氣，以避免抽砂泵損壞。



a. 構造示意圖　　b. 環狀水流示意圖

圖 3-100 平底渦流沉砂池

國內常用的渦流沉砂池為斜底的型式，該型式及砂礫脫水分離機示意參考圖 3-101。渦流沉砂池典型尺寸參考圖 3-102；旋流機及砂礫脫水分離機照片參考圖 3-3-103；渦流沉砂池對各種粒徑砂礫之去除率參考表 3-32。渦流沉砂池及其附屬設備設計參考圖 3-104。

渦流沉砂池的設計大都依照廠商建議的流量及型號對照表，各部尺寸亦皆有規定，270°的平底及斜底渦流沉砂池的水頭損失為 6 mm，360°的平底渦流沉砂池的水頭損失會較大。渦流沉砂池的水表面積負荷率，在直徑為 3.0m 時為每日 3,700 m^3/m^2‧day 以下， 4.2m 直徑為每日 5,000 m^3/m^2‧day 以下,6.0m 直徑為每日 6,500 m^3/m^2‧day 以下，亦即直徑愈小，水表面積負荷率就愈小。依據下水道設施標準，採渦流式沉砂池設置者，其出口寬度為入口寬度的二倍，池表面積負荷率為每日每平方公尺 4,800 百立方公尺以下，池內應裝置機械式攪拌設施防止有機物沉澱。更多設計數據請參考廠商資料。停留時間為 20～30 sec。目前國內外普遍使用渦流式沉砂池原因是其去除效率較高，維修容易，且較不會有氣體臭味問題(如 H_2S 和 VOCs)。採用渦流式之沉砂池，具有容易控制維修、節省能源，且確保可充份去除砂粒之高效率。表 3-33 為三種沉砂池之比較分析。

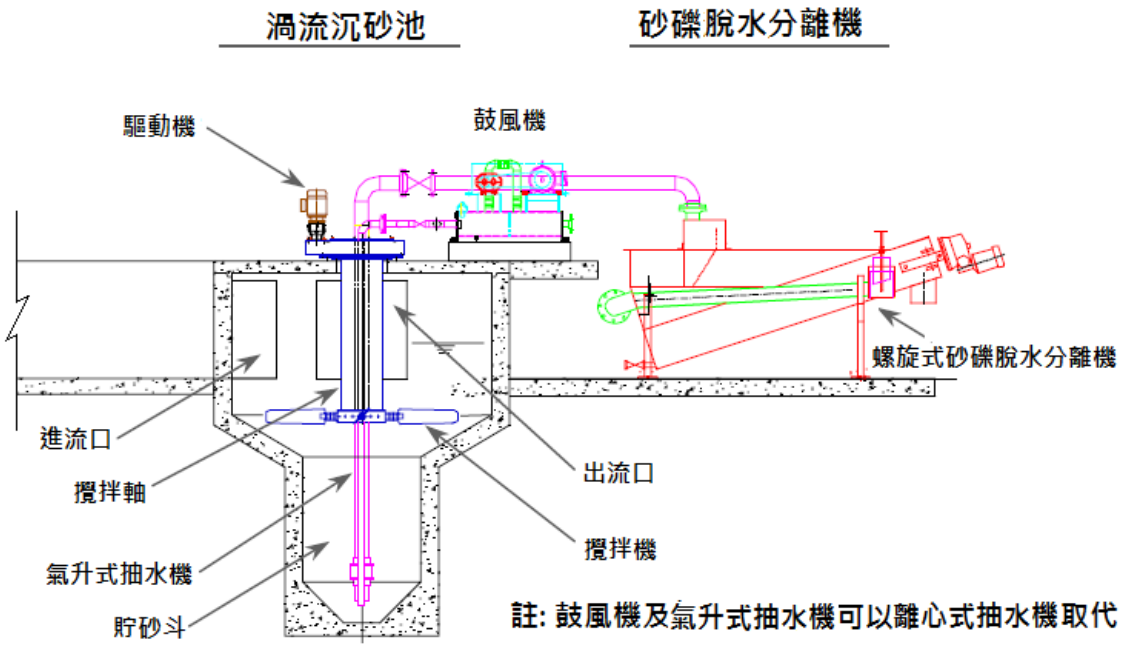
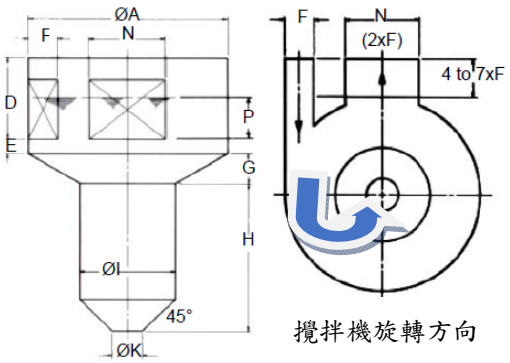


圖 3-101 斜底渦流沉砂池及砂礫脫水分離機示意圖



a. 立面圖

圖 3-102 斜底渦流沉砂池典型尺寸圖



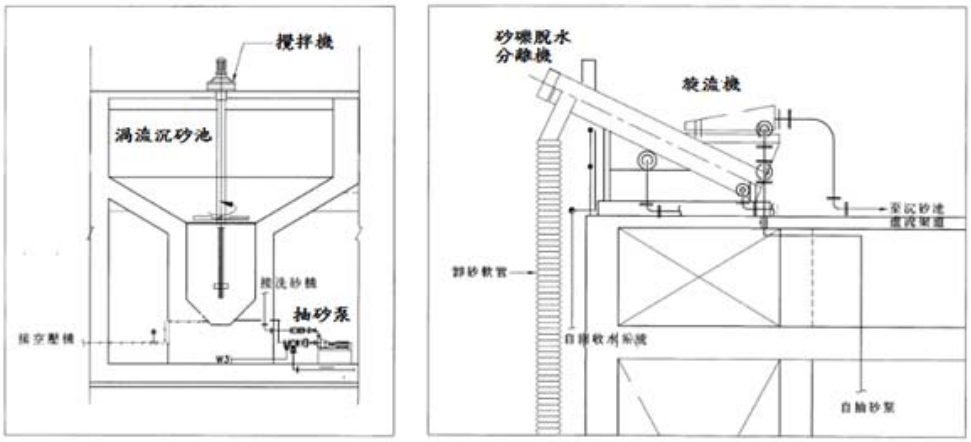
b. 平面圖

圖 3-103 旋流機及砂礫脫水分離機照片

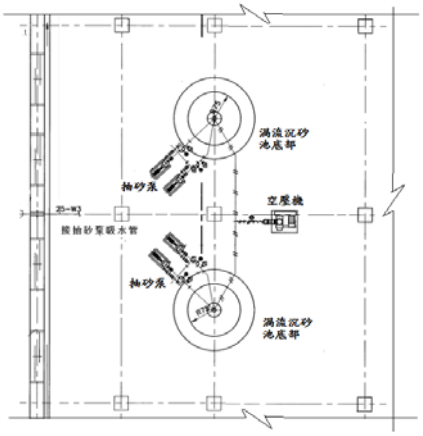
（新竹市客雅水資源回收中心例）

表 3-32 渦流沉砂池對各種粒徑砂礫之去除率

砂礫篩號	砂礫粒徑(mm)	去除率
50	0.30	95%
70	0.24	85%
100	0.15	65%



a. 抽砂管線示意圖　　b. 洗砂管線示意圖



c. 抽砂泵室平面圖

圖 3-104 渦流沉砂池設計圖（新竹市客雅水資源回收中心例）

表 3-33 沉砂池種類比較分析

比較項目	水平流式	曝氣式	渦流式
沉砂去除效果	△	＋	＋＋
初設成本經濟程度	＋	△	＋＋
年操作運維成本	＋	－	＋
操作維護簡易度	－	＋	＋＋
預曝氣效果	－	＋＋	－
操作效率及可靠度	－	＋	＋
自動化程度	＋	＋	＋
使用普遍程度	＋	＋	＋＋

註：＋＋：最優　＋：優　△：中等　－：差　－－：最差

2.沉砂池的構造應考量事項如下：

(1).參見 2-3-01 解說 1。

(2).出入口應設閘門或擋水板，閘門應為電動式、油壓式或手動式。電動式開關應備有緊急手動操作設備。

(3).沉砂池應有抽砂設施、旋流機及砂礫脫水分離機設備，沉砂池砂礫抽水機吸水管應連接高壓回收水管，以便沖洗管線，防止管線阻塞，且盡量縮短吸水管長度以避免管線阻塞。

(4).砂池機械室，其空間應依機械的設備種類之高度、寬度及結構物支柱之相關性配

置之。同時視水流可能高度設擋水牆及監視走道。輸送機及貯斗間應有配合連絡之空間。

(5).存放沉砂之貯砂斗室應設於搬運車輛可停靠處之上方，貯砂斗下部的搬運室應有搬運車搬運空間及高度。搬運室之平面配置應依搬運車之作業而定。亦可使用抓斗配合單軌吊車系統以直接將砂礫自沉沙池卸載到卡車上。

搬出口之配置應考慮風向、臭氣及其他相關因素，另搬運室地板因需常清洗，故應有水源和適當地面坡度及集水溝。

貯砂斗中的砂礫不易流動可以下述方式解決：A. 貯砂斗使用傾斜側邊；B.砂礫底下使用空氣攪拌；C.使用貯砂斗震動器。

短距離輸送砂礫有時可用氣壓噴射抽水機，其優點包括：A.不需高架貯砂斗；B.貯存砂礫產生的臭味問題可消除。氣壓噴射抽水機主要的缺點係其管線會有相當大的磨損，特別係在彎管處。

沉砂池室的污水、砂礫及貯斗等會產生臭氣，考量周遭環境及作業環境，必要時應設置除臭設備。基於經濟考量，沉砂池可採用有開口蓋的蓋板，以便採局部方式脫臭。沉砂池設於室內者，為確保良好的作業環境，及防止腐蝕性氣體對機械腐蝕及劣化，應設置通風換氣設備。換氣方式應採表 3-34 所示之第一種機械換氣方式，以局部方式排氣之沉砂池一般須考量脫臭處理。室內之換氣量參考表 3-34，該表僅作為初步的參考，設計時應參照各種文獻，並依照沉砂池室內的實際情況作審慎的考量。有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)請參見 2-7-01 之解說。

表 3-34 沉砂池單元設施之換氣量

覆蓋型式	場所	換氣量	備註
雙重覆蓋（渠道覆蓋＋透明防臭罩）	防臭罩內作業空間	3~5 回/小時	
	渠道覆蓋內	開口部水面積x10m^3/（m^2・小時） ※	沒有防臭罩時也一樣
	輸送機	輸送機防臭罩之容量× 7 回/小時 ※	
	貯斗	有效容量x3.5 回/小時 ※	
室內	作業空間	5~10 回/小時	渠道沒有加蓋情況

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

※註：排氣須經脫臭處理

(6).沉砂池砂礫抽水機、旋風洗砂機及砂礫脫水分離機、砂礫貯斗等設備應有保養檢查用空間，未加蓋之水池渠道開孔，以及挑高之操作平台並須設置扶手或欄杆。

(7)

A.試驗方式：

(A)渦流沉砂池設備於系統試車階段需任選一池進行設備功能測試，承包廠商需提出測試計畫，建議測試內容至少包含如何維持測試流量(例如：單一渦流沉砂池池設計流量 10 分鐘)、測試方法、投入測試砂量(例如： 10 分鐘至少投入 5kg)及測試砂粒徑分佈(例如：粒徑分析篩網篩號需介於 50～100mesh)、測試設備及儀錶、取樣方式及採樣點等資料，經業主認可後據以執行，渦流沉砂池處理效率所容許因測試產生誤差不能大於 10%。

(B)承包廠商亦需提出水力分離器(cyclone)與洗砂機測試計畫，經業主認可後據以執行，建議測試方式為投入設計值之測試砂，洗砂機砂礫出口所收集之砂礫至少符

合設計規範之需求，因測試產生誤差不能大於 10%。

(C)本處理系統之相關測試所需費用已內含於試車費用內不另編列。

B.設備送審注意事項：

(A)由於各設備製造廠商之渦流沉砂池細部尺度及其附屬設施之規格皆略有不同，承包商需先依據其設備特性，提出土建尺寸配置建議，如有修正時，承包商須對土建結構之強度執行核算，必要時須進行補強，以確保渦流沉砂池功能可達設計要求。本項細部配置及任何修正過程，須經業主審核後始可施做。

(B)設備送審注意事項：水力分離器、洗砂機及抽砂泵之性能特性(例如：抽砂泵揚程水量曲線、水力分離器必須壓力等資料)需互相配合，方能達到去除砂礫之功能。

3. 砂礫最普遍的處置方式係運送至掩埋場，而在一些大規模污水處理廠，砂礫係與污泥合併焚化，在所有情況下，砂礫處置應符合相關的環保法規。

第 6 節　初級沉澱池

在污水中發生的四類沉降中，初級沉澱池係屬於第二類：混凝沉降。初級沉澱池係用以去除進流污水中可沉降物質及上浮物質，以提高後續生物處理之效益，沉澱之污泥則自初級沉澱池抽出送至污泥處理設施加以處理。設置於二級生物處理程序前之初級沉澱池，設計上停留時間可較短，表面溢流率可較高。本節將敘述初級沉澱池之種類、形狀、尺寸、水深、進出流方式、刮泥機型式及沉澱池附屬設施。

3-6-01 初級沉澱池之形狀及池數之考量如下：　**（原則 21）**

1.池之形狀可為長方形、正方形或圓形，依其形狀為水平流或放射流。

2.正方形或圓形池直徑 10 ~ 40 m。

3.長方形沉澱池之長度約為 25 ~ 60 m，長寬比為 3：1 以上，可防止短流，一般採用係 5 : 1 以上。其寬度依污泥刮泥機之長度而定。

4.池數以 2 池以上為原則。

解說：

1.初級沉澱池之形狀依照處理廠之規模、廠地面積、全廠各單元設施的配置等，可為長方形、正方形或圓形，其水流之流向分為水平流或放射流。水平流用於長方形池，放射流用於圓形池及正方形池。

2.正方形或圓形池直徑 10 ~ 40 m。邊長或直徑與水深比若不恰當，水池過深的話，池內的流況會不平均，亦會導致沉澱效果不良。依照實驗結果，正方形或圓形沉澱池之邊長或直徑與水深比 6：1~12：1 時，沉澱效果最佳。正方形沉澱池參考圖 3-105，圓形沉澱池參考圖 3-106。

3.長方形沉澱池之長度約為 25 ~ 60 m。長寬比方面，如果寬比長大很多的話，沉澱效果會不良。長寬比範圍可為 1.5 : 1 至 15 : 1，長寬比 3：1 以上可防止短流(U.S.EPA, 1974），一般係採用 5 : 1 以上。長方形池寬度應配合其使用之污泥刮泥機在市面上常用之長度而定。長深比範圍在<10~15 : 1，但一些大廠之長深比超過此範圍處理效果仍良好，一般而言，長寬及深需有比率以便水平流速不至太大。長方形沉澱池參考圖 3-107。

4.為能清掃、修理、改建等，沉澱池池數以 2 池以上為原則。

3-6-02 初級沉澱池之構造考量如下： **（原則 21）**

1.池槽之構造應為堅固耐久性，且具水密性之鋼筋混凝土，可抵抗浮力之安全構造。

2.應設置污泥刮泥機。

3.設置污泥刮泥機之情況，池底坡度，圓形池及正方形池為 5/100～10/100，長方形池為 1/100～2/100。污泥斗之坡度為 60 度以上。

4.考量污水臭氣對環境之影響，應檢討是否設置覆蓋物。

5.應檢討是否設置繞流裝置。

解說：

1.參見 2-3-01 解說 1。

2.初級沉澱池應設置污泥刮泥機，長方形池一般皆須設置縱向刮泥機，將污泥刮至沉澱池進流端之污泥斗，初級沉澱池因污泥較重及低固體物負荷，污泥斗設在進流端可將污泥早些自沉澱池中移除。沉澱池寬度較小時，沉澱池之一側直接設置兩個污泥斗，兩個污泥斗共用一組抽泥抽水機，或每個污泥斗配置一組抽泥抽水機，兩組污泥抽水機互為備用；沉澱池寬度較大時，沉澱池之一側設置一條污泥坑，污泥坑之一側設置一個污泥斗，使用橫向刮泥機將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內，每個污泥斗配置一組抽泥抽水機，另設一組污泥抽水機備用。參考圖 3-108。

3.設置污泥刮泥機之情況，池底坡度，圓形池及正方形池為 5/100～10/100，長方形池為 1/100～2/100 ，以利排泥及排空水池後之清理水池。污泥斗之坡度須與水平呈 60 度以上。

4.考量污水臭氣對環境之影響，應檢討是否須在初級沉澱池設置全面或局部的加蓋，後者係設在出水溢流堰處，由於污水跌入出水渠道而容易釋出臭氣。加蓋時應在浮渣管、出水堰、取樣點及其他適當位置裝設活動蓋板，以便操作人員能打開蓋板加以檢視，參考圖 3-109~3-111。在加蓋的情形下，污水中之硫化氫容易溶解在水池及水渠內面的混凝土表面的水珠中，經細菌氧化而形成腐蝕性甚強的硫酸，故混凝土及金屬表面須做防蝕處理，此外，仍須加裝換氣及脫臭設備才會達到防臭效果。由於此舉會增加建設費及維修管理費，故對於是否加蓋有必要作全面的檢討。換氣方式應採表 3-3 所示之第一種機械換氣方式，局部或全部覆蓋之初級沉澱池，加蓋內之排氣一般須考量脫臭處理。室內之換氣量參考表 3-34，該表僅作為初步的參考，設計時應參照各種文獻，並依照初級沉澱池內的實際情況作審慎的考量。有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)請參見 2-7-01 之解說。

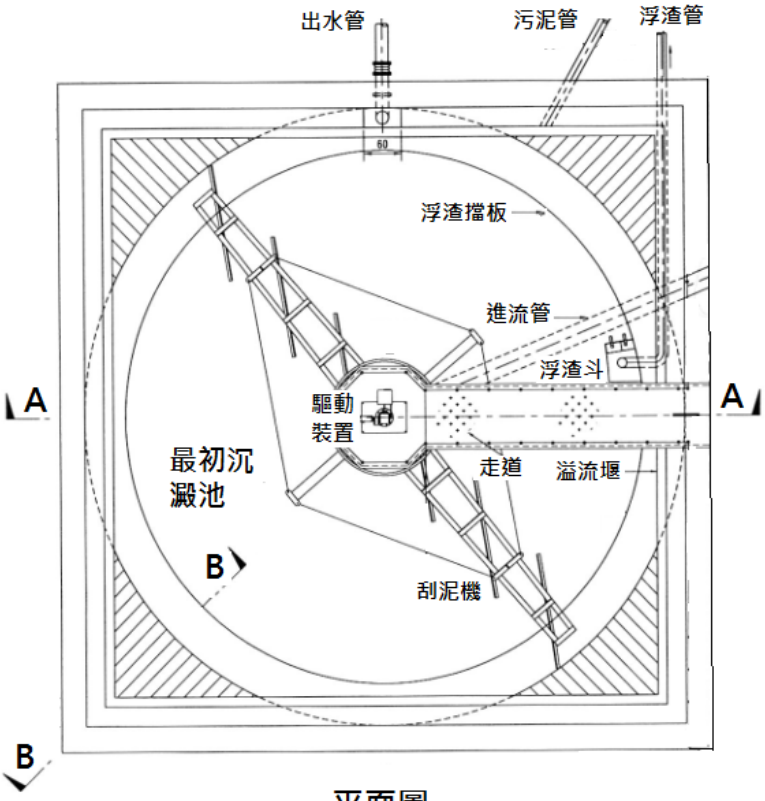
表 3-35 初級沉澱池之換氣量

外圍型式	場所	換氣量	備註
室內	作業空間	3~5 回/小時	初級沉澱池設有加蓋情況
	初級沉澱池覆蓋物內	水面面積x2m^3/（m^2・小時）※	初級沉澱池設有加蓋情況
	作業空間	3~5 回/小時	初級沉澱池沒設加蓋情況
室外	初級沉澱池覆蓋物內	水面積x2m^3/（m^2・小時）※	初級沉澱池設有加蓋情況

※註：排氣須經脫臭處理，本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

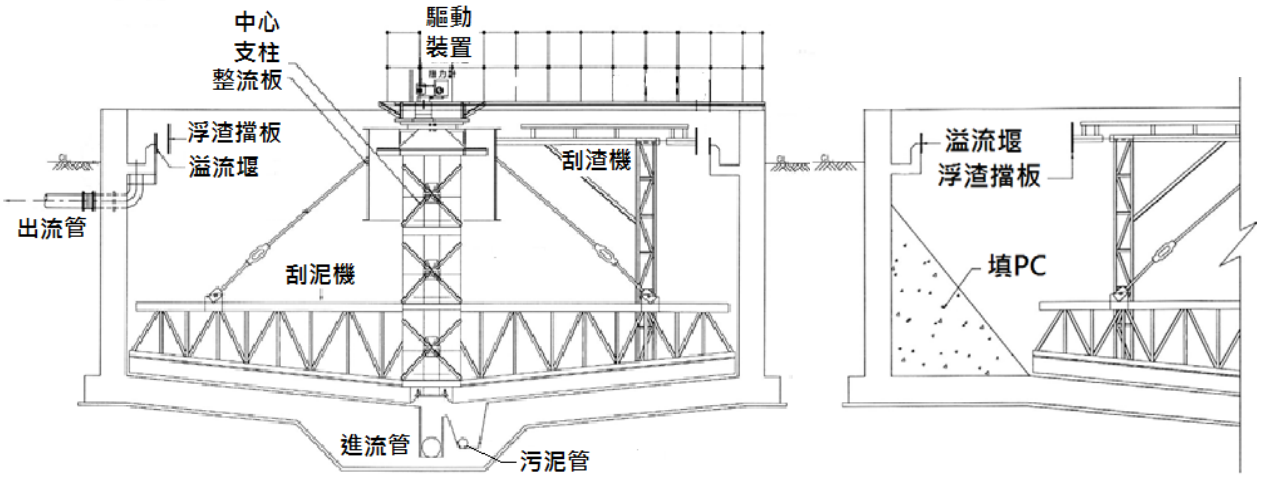
5.考量污水處理廠通水初期污水中有機物量較少，污水經前處理及初級處理即可符合

放流水之 BOD 及 SS 排放標準，應檢討在初級沉澱池下游適當地方設置繞流管渠連接至(1)加氯消毒池單元，以便初級沉澱池出水可直接加氯消毒後放流；或(2)砂濾池單元，以便初級沉澱池出水可經砂濾及後續紫外線或加氯消毒後放流，皆可得節約能源之效。該繞流管渠在生物處理單元發生異常狀況無法有效處理污水時，亦可啟用，待問題解決後，方將連絡管線中污水流向回復原狀。另外通水初期亦應考量在前處理單元下游適當地方（亦即初級沉澱池上游進水端）設置繞流管渠連接至生物反應池，以便生物處理單元有足夠之基質維持微生物之生長。



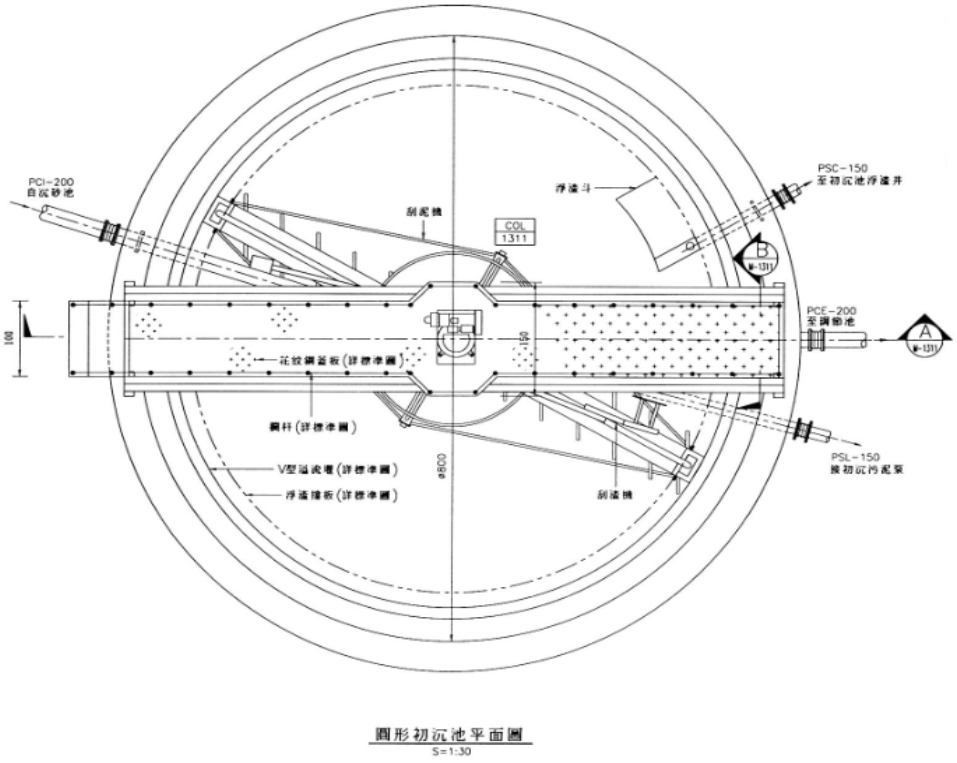
平面圖





A-A剖面圖　　B-B剖面圖

圖 3-105 正方形沉澱池



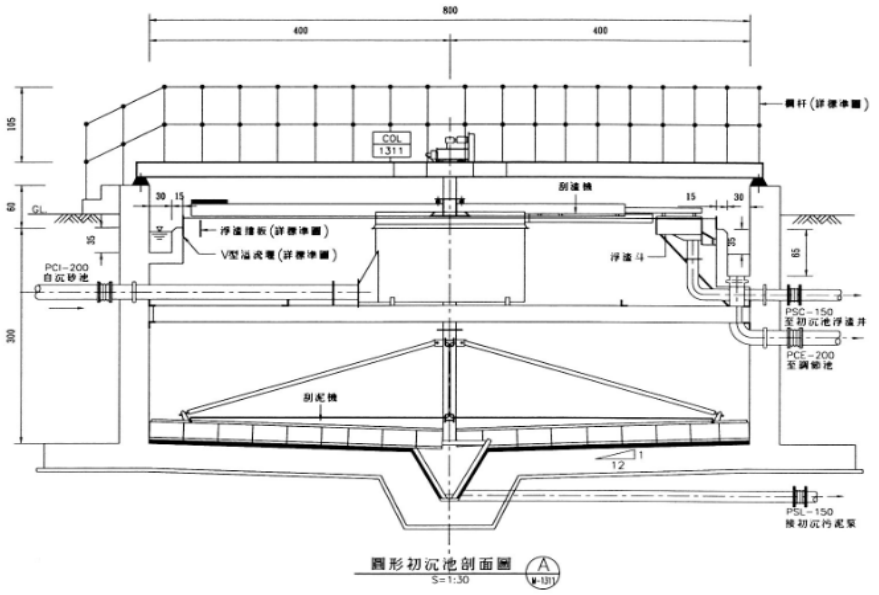
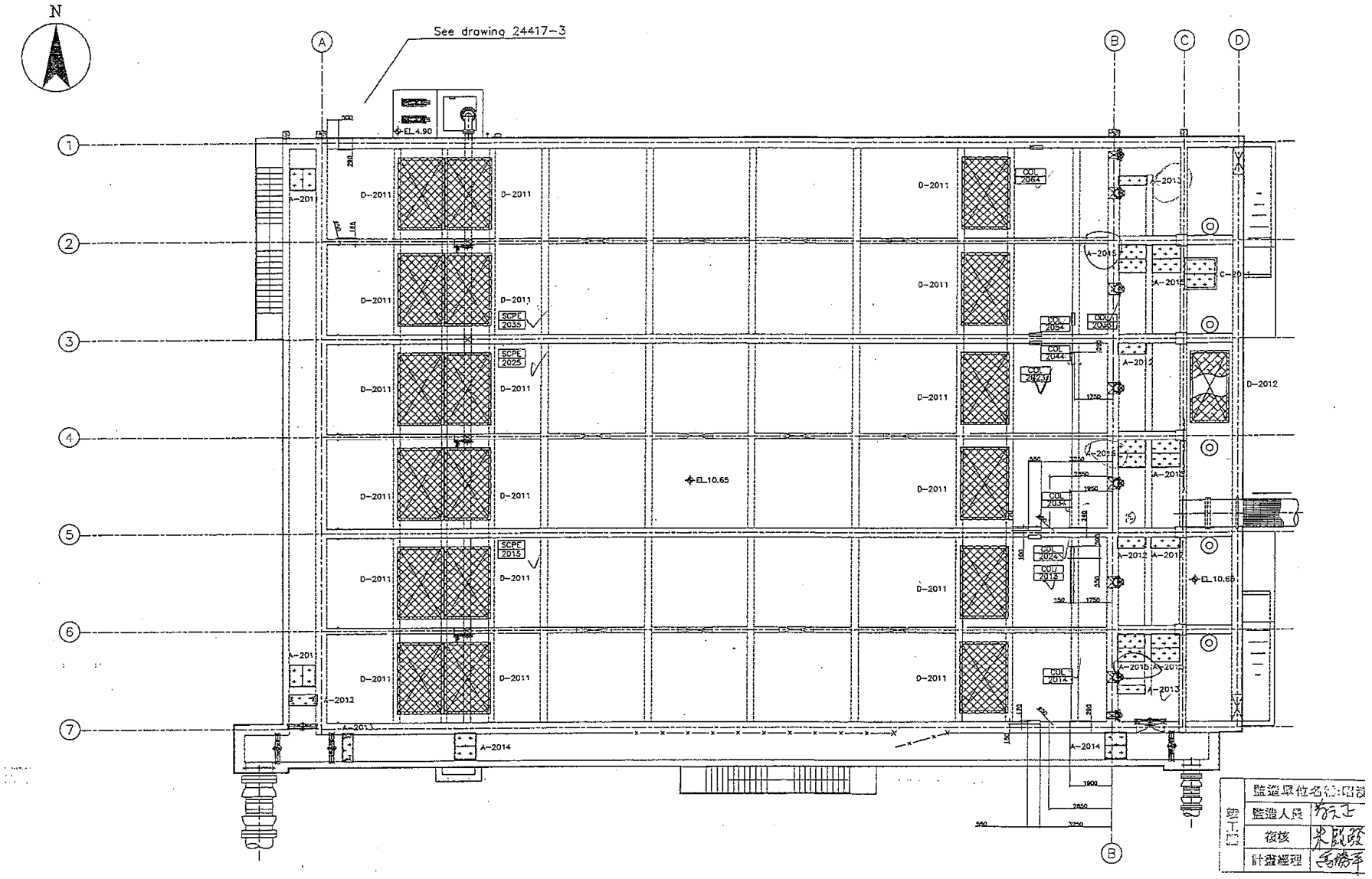
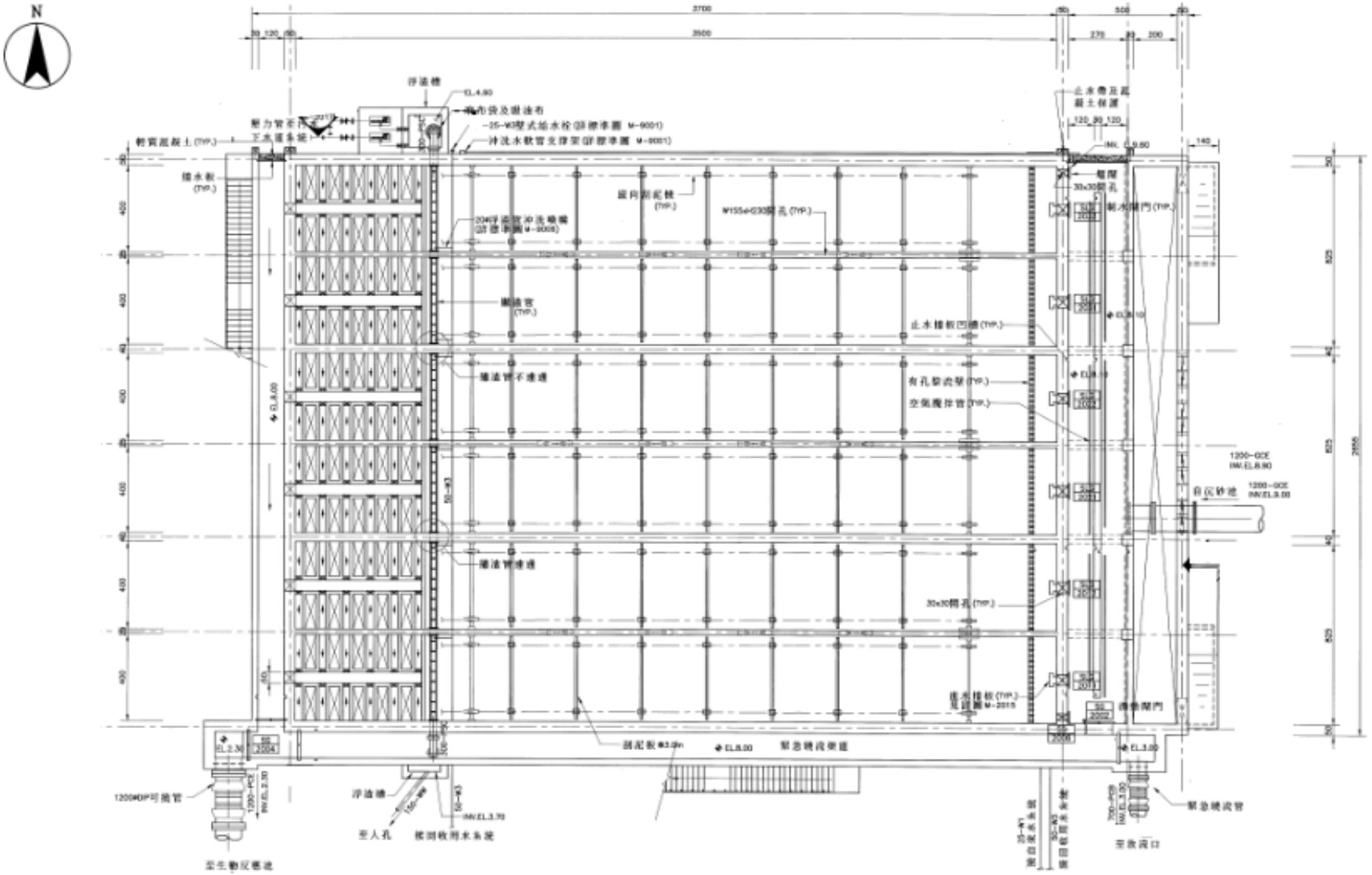


圖 3-106 圓形初級沉澱池



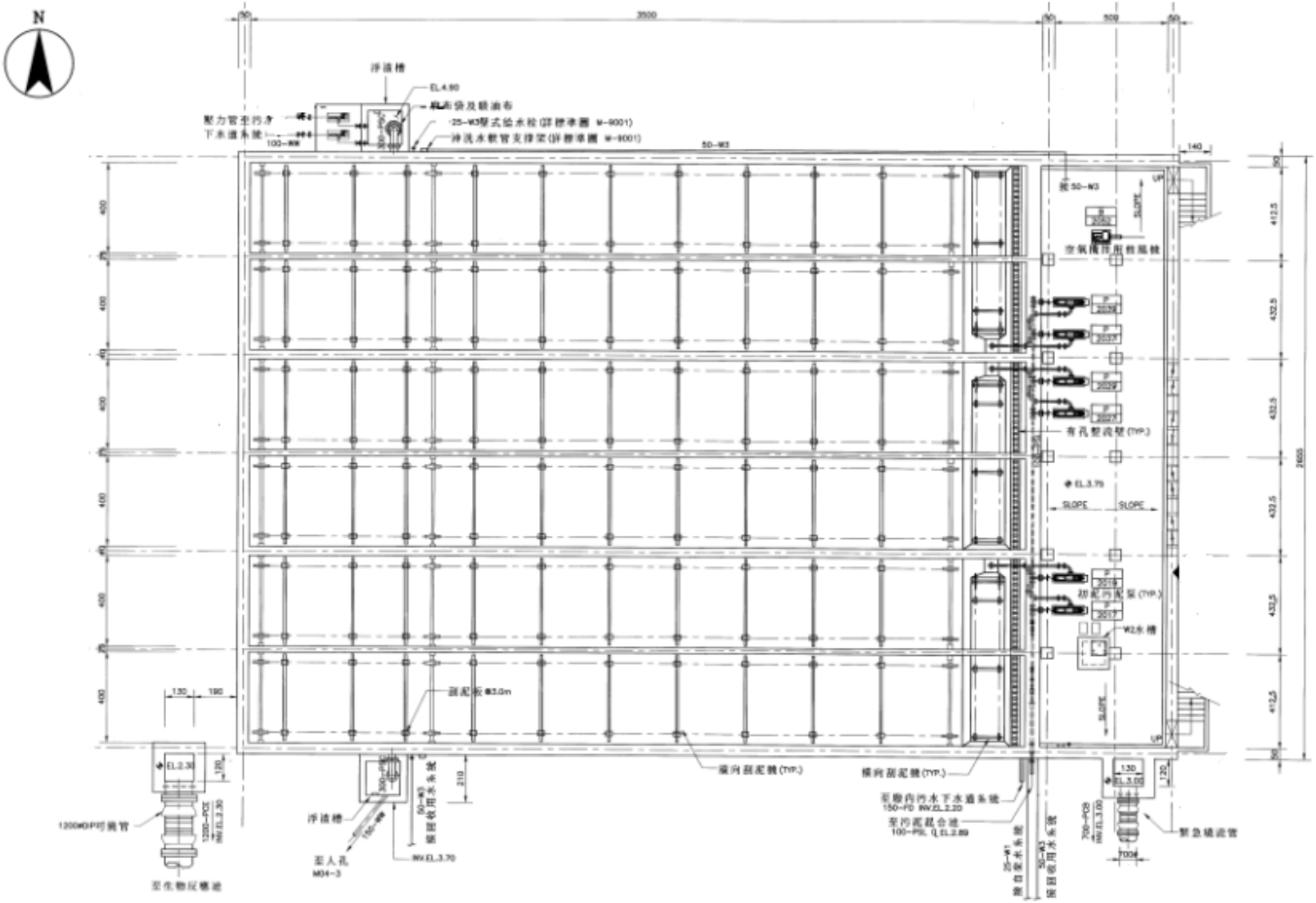
a. 上層平面圖

圖 3-107 長方形沉澱池(1/4)（新竹市客雅資源回收中心例）



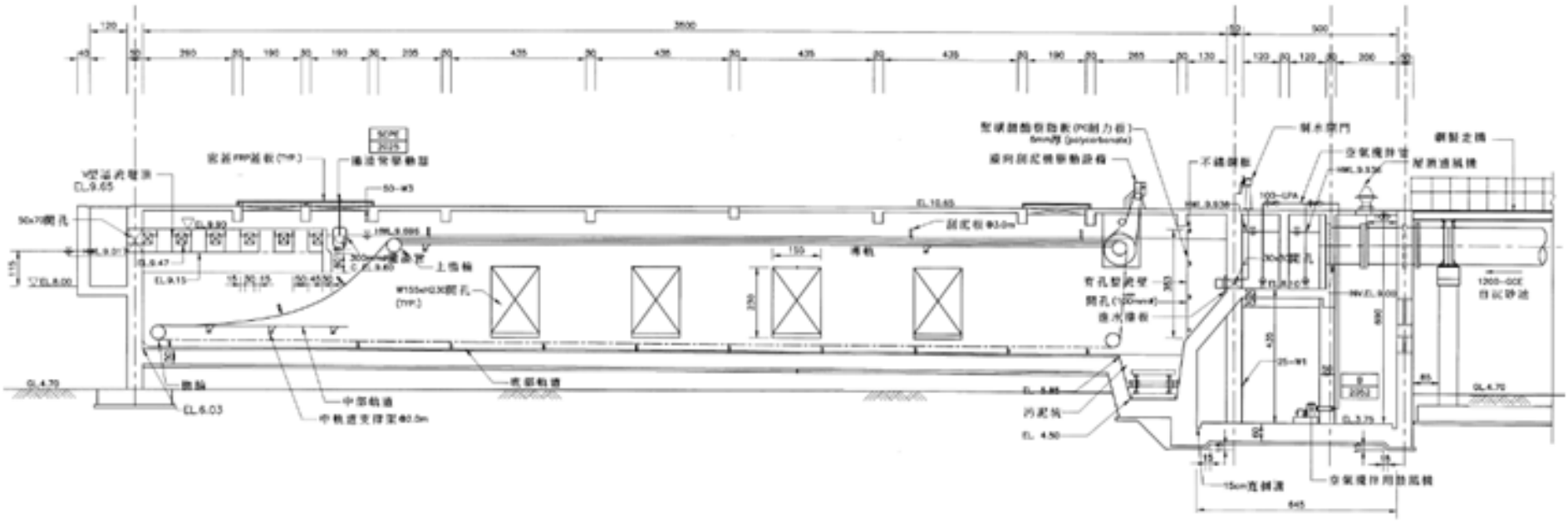
b. 中層平面圖

圖 3-107 長方形沉澱池(2/4)（新竹市客雅資源回收中心例）



c. 底層平面圖

圖 3-107 長方形沉澱池(3/4)（新竹市客雅資源回收中心例）



d. 剖面圖

圖 3-107 長方形沉澱池(4/4)（新竹市客雅資源回收中心例）

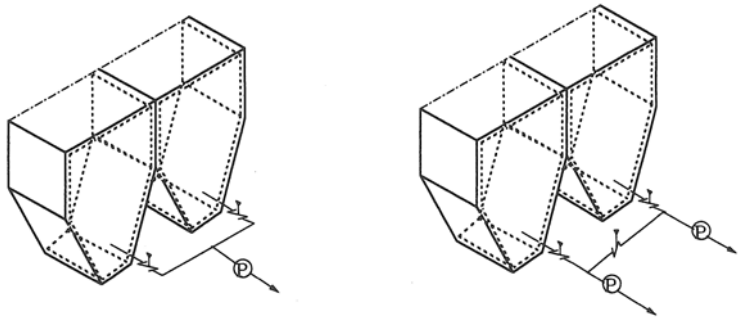


圖 3-108 污泥斗與抽泥抽水機配置圖



圖 3-109 初級沉澱池的防臭蓋
（基隆和平島污水處理廠）



圖 3-110 圓形初級沉澱池加防臭蓋
（澳洲 Subiaco 污水處理廠）



（a）



（b）

圖 3-111(a) 澳洲 Pimpama 污水處理廠 45m 直徑圓形初級沉澱池出水渠道加蓋，及(b)美國德州 Wichita Falls 鎮之 River Road 污水處理廠

3-6-03 初級沉澱池水表面積負荷考量如下： **（原則 21）**

初級沉澱池水表面積負荷率在最大日流量下應為 35~70 m^3/m^2・day。

解說：

以沉澱方法去除 SS 時，沉澱去除率係與水池表面積及顆粒的沉降速度成正比，而與進流水量成反比。所以進流水量除以水池表面積即為重要設計因子的水表面積負荷。沉澱池的容量係先決定表面積負荷，再考量有效水深及沉澱時間後訂定之。SS 的去除率依照污水水質、沉降性物質的比率及 SS 的濃度等而有不同。初級沉澱池水表面積負荷率應以 35~70 m^3/m^2・day 作為標準。初級沉澱池的去除率參考表 3-35。

表 3-36 初級沉澱池的去除率

水質項目	BOD	SS	浮渣
去除率(％)	25~35	40~60	90~95

3-6-04 初級沉澱池有效水深考量如下： **（原則 21）**

初級沉澱池有效水深以 2.5~4.0 m 為標準。

解說：

一般來說，沉澱效果受到池表面積所左右，而與深度關係不大。實際上，水池較淺時會受到水流、刮泥機等的影響使污泥上浮，溫度、風等影響大時會減少沉澱效果，故有效水深以 2.5~4.0 m 為標準。有效水深係指水池最淺部分至池底的水深，長方形沉澱池通常在出水端牆量測，圓形沉澱池則指池邊水深(SWD)。

長方形池的情況，其表面積負荷、有效水深及沉澱時間與水池容量間，可成立下述公式(3-30)~ (3-33)。

$$A=\frac{Q}{I} \quad \cdots\cdots(3\text{-}30)$$

$$V=A\cdot h=Q\cdot\frac{t}{24} \quad \cdots\cdots(3\text{-}31)$$

$$t=\frac{h}{I}\times 24 \quad \cdots\cdots(3\text{-}32)$$

$$L=v\cdot t \quad \cdots\cdots(3\text{-}33)$$

式中：

I：表面積負荷（m^3/m^2・日）$(=\frac{Q}{A})$

Q：進流水量（m^3/日）

A：池表面積（m^2）

t：沉澱時間（小時）

h：有效水深（m）

V：水池容量（m^3）

L：水池有效長（m）

v：平均流速（m/時）

以平均流速 *v* 為 30 cm/分（18m/時）以下來求出 *L*。而沉澱池總寬度則以 *A/L* 求出，再對應適當數量的刮泥機來分配各池寬。

沉澱時間較長時 SS 的去除會更好，但超過一定時間後，沉澱效果並不會隨之增加，反而會有因腐敗而使水質惡化的情形。所以，沉澱時間應考量沉澱的目的及污水水質而做決定，一般為 1.5 小時的程度。

3-6-05 初級沉澱池出水高度考量如下： **（原則 21）**

初級沉澱池出水高以 50 cm 為標準。

解說：

初級沉澱池出水高以 50 cm 為標準，一般採用 50 ~70 cm，此係考量沉澱池下游端出現水理問題，可能使出流渠道淹水，但不至於溢出池牆外，此出水高足夠迴水至沉澱池前的分水井。

水池的出水高如比必要的還要高，除會增加建設費外，也會造成維護管理上的不便，同樣標準在其他構造物上也不經濟。

但出水過小的話，水位的變化以及風浪恐怕會造成溢流。

另外，有結構梁情況需要出水高外，也有必要作其他用途的考量。

3-6-06 進流口及整流設備考慮 **（原則 21）**

初級沉澱池進流口及整流設備考慮分為：

1. 長方形初級沉澱池的進流渠道、進流口及整流設備之設計
2. 圓形初級沉澱池的進流口及整流設備之設計

解說：

1.長方形初級沉澱池的進流渠道、進流口及整流設備之設計考量事項如下：

(1).長方形池進流渠道設計

A. 多池之沉澱池應考量進流污水之水質及水量能均勻分配，參考 2-3-01 解說 6。

B. 欲確保各池流量分配均勻，進流渠道之水頭損失應比進流入口水頭損失較小。在尖峰流量時，進流閘門應關小或沉沒孔口尺寸應設計使流經其間之水頭損失為流經進流渠道總水頭損失之 10 倍。

C. 進流渠道加寬可提高通水面積使流經渠道的水頭損失減小，以此方式確保各沉澱池有相同水位。

D. 在 50%設計流量時，渠內流速應設計為 0.3 m/s (0.2 至 0.4 m/s)。為防止渠內固體物沉澱渠道可稍加曝氣。

E. 進流渠道的下游端通常會堆積漂浮物，需要偶而打開往下開的閘門，使漂浮物流到沉澱池內以便隨後能去除。

F. 渠道如有曝氣，破布等漂浮物會纏在一起，要用絞盤或吊車撈出這些物體。

G. 沒有曝氣的渠道可設刮泥機及刮渣機以撈出漂浮物。

H. 渠道下游端可設置部分沉沒的傾斜攔污柵，以便在撈出漂浮物前能有過篩的功能。

(2).進流口設計

A.進流口設計原則

初級沉澱池進流口的設計應為消散進流速度，使水流能在垂直及水平方向流動，均勻分配水流，以便充分利用沉澱池的整個斷面積，降低噴流直接流向沉澱池末端的出水區，以避免短流。

B.進流口數量尺寸及形狀

(A) 進流口應沿著池寬設計成多孔口來分配水量，進流口間最大水平間隔通常為 2m（或 3m）。

(B) 應避免將污水抽水機入沉澱池或以任何形式的跌水方式流入沉澱池。

C.長方形池進流口的型式分為：

(A)自由水面式開孔

開孔位在水面附近，進流水以自由水面方式通過開孔進入沉澱池。開孔設有閘門(開孔處水深較沉沒孔口為小，通過同樣流量時，閘門尺寸較沉沒孔口為大)，當沉澱池要維修時可關閉。如欲因應流量變化而調整閘門，則開孔會變成沉沒孔口。本型式的優點是浮渣可自由通過開孔，缺點是進流渠道底層的固體物無法排出，積久會發臭。解決方式為渠道須以機械或空氣攪拌。(採用空氣攪拌時

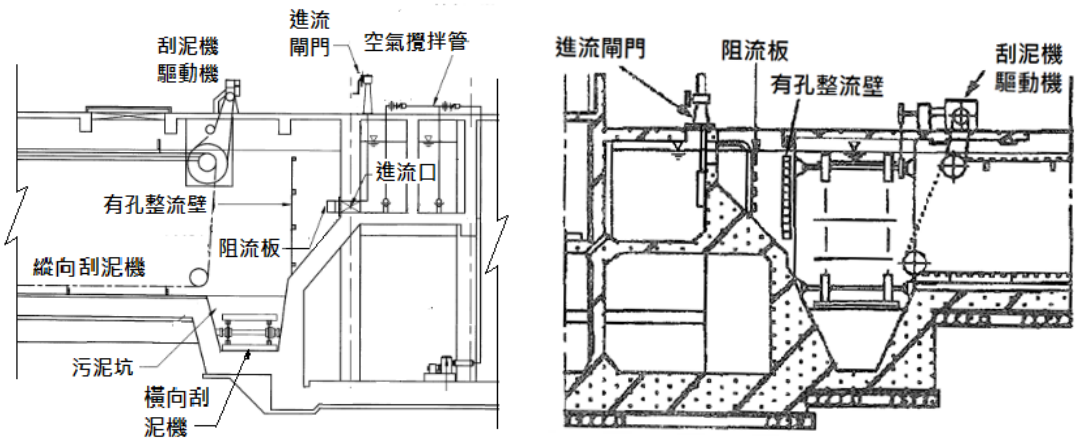
會增加水中溶氧，對初級沉澱池下游端緊接厭氧池或缺氧池之去氮除磷生物反應池可能會有不利之影響)。如將開孔底部與渠底劃齊，雖可解決固體物排出之問題，但在水力計算上，為求各池配水均勻，開孔面積原本就很小，在開孔面積同樣的情況，因為開孔高度變大，使開孔寬度可能變得很狹窄而不切實際。

(B) 沉沒孔口（參考圖 3-3-112a）

開孔為沉沒式之孔口，進流水以孔口流方式進入沉澱池中，開孔設有閘門(開孔處水深較自由水面式孔口為大，通過同樣流量時，閘門尺寸較自由水面式孔口為小)，當沉澱池要維修時可關閉。由於孔口尺寸固定，尖峰流量時配水量會受限，如採閘門調整流量，則因閘門沒有與孔口相同的進流特性，可能會改變沉澱池的操作；而低水量時可能配水無法控制。本型式的優點是進流渠道底層的固體物可自由通過孔口，缺點是浮渣無法排出。解決方式係在進流渠道的下游端須設置往下開的閘門，使浮渣流到沉澱池內以便隨後能去除。

(C) 潛堰式進流口（參考圖 3-112b）

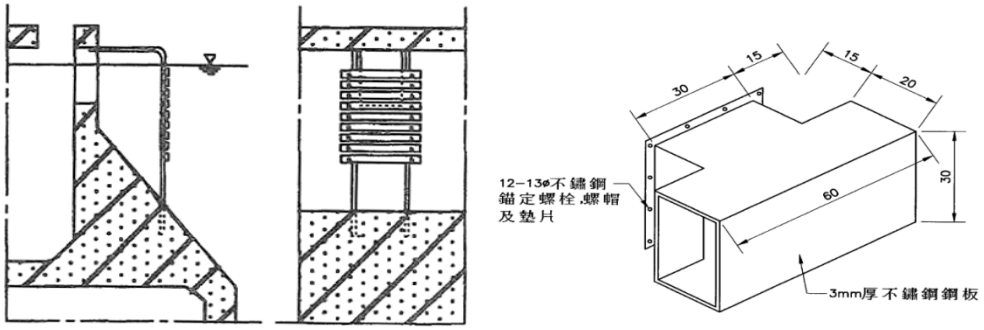
進流水自進流渠道流入後，在長方形沉澱池進水端以全池寬幅度的平頂潛堰方式流入池中，由於進流水已平均分配至全池，故速度水頭已消散。如採用可調整平頂堰堰板，則分配至各池的流量亦可調整。本型式的優點是浮渣可經堰頂自由流出，缺點是進流渠道底層的固體物無法排出，積久會發臭。解決方式為渠道須以機械或空氣攪拌。



a. 沉沒孔口　　b. 潛堰式進流口

圖 3-112 長方形初級沉澱池進流口設計

(3).長方形池的進流口為自由水面式開孔時，阻流板型式可為木質柵條之隔柵，參考圖 3-113a，可消散進流口水流的速度水頭；進流口為沉沒孔口時，阻流板型式可為不銹鋼板之 T 型管，參考圖 3-113b，可將進流口的水流轉向左右兩側。進流口為潛堰式時，可不須再設置阻流板。



a. 隔柵型（木質柵條組立）b. T 型管（不鏽鋼板組立）

圖 3-113 阻流板之例

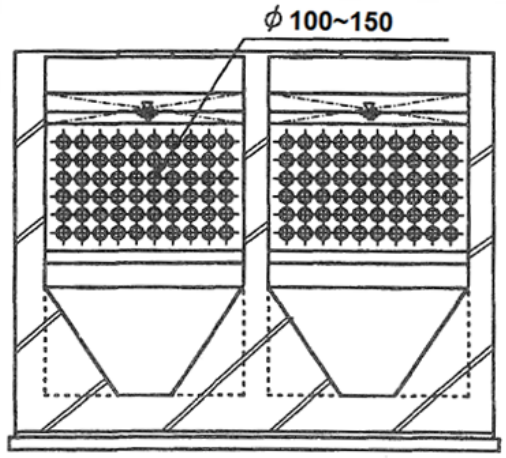
自由水面式開孔、沉沒式開孔及平頂潛堰式進水口下游端皆建議設置有孔整流壁，以進一步將進流水的噴流作用打破及分散水流，參考圖 3-114，a 及 b 為混凝土整流壁，c 為耐力板(polycarbonate)整流壁。其設計考量事項如下：

A. 通過有孔整流壁的水頭損失應約為進流水速度水頭的 4 倍。

B. 開孔直徑為 10~15 cm。開孔不宜太小，以免可能阻塞而形成較小的噴流，特別是在初級沉澱池，依據其前處理的種類，破布或塑膠袋可能存在，而阻塞較小的孔洞。開孔太大，則個別孔口的噴流將持續呈水平狀態，而減少沉澱池實際的體積。

C. 有孔整流壁應橫跨整個斷面，整流壁頂高在水面下，以容許浮渣在水面流動，底高亦離池底一小段距離。

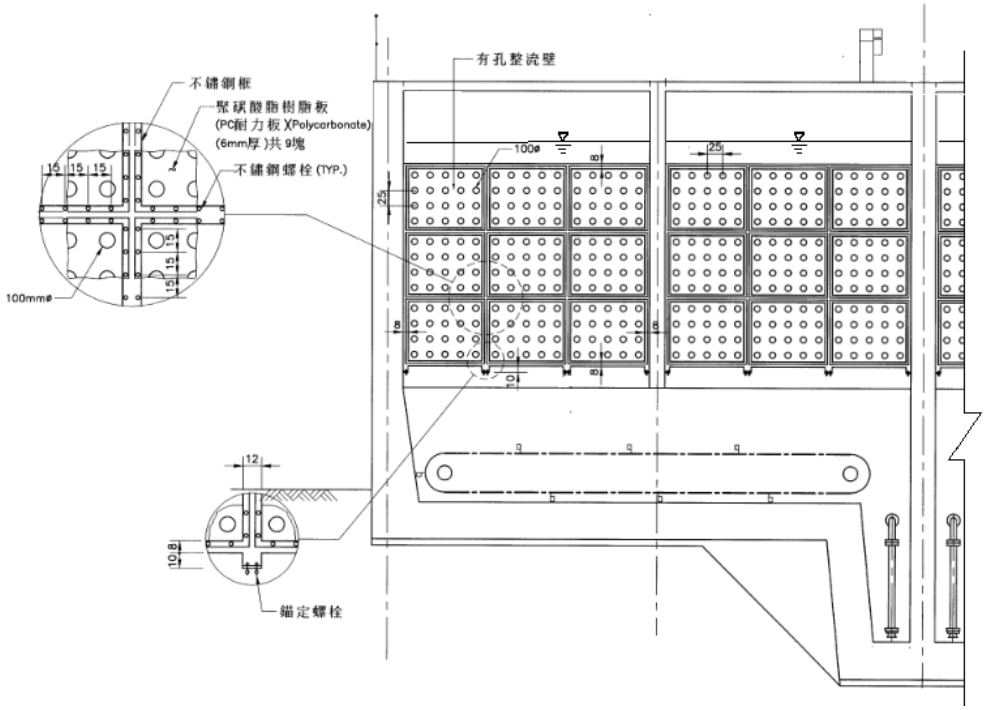
D. 開孔總面積佔池斷面積為 6~20%，但有些研究認為佔 5%的有孔整流壁具有最佳處理效果。



a. 混凝土整流壁設計圖



b. 混凝土整流壁照片



c. 耐力板整流壁

圖 3-114 有孔整流壁之例

2.圓形初級沉澱池的進流水注入方式分為中央進水式及周邊進水式兩種，茲分述如下。

(1) 中央進水式沉澱池

A.進流管及注水孔口

中央進水式沉澱池的進流管可為水平管或豎管，其周圍皆有設置圓筒形整流板，參考圖 3-115。水平管的管端應設有擋板或朝上彎管，以防止產生水平流速。豎管上端設有四個注水孔口，注水孔口可為全浸沒式，或孔口頂端高出水面數公分。注水孔口下游端有時設有轉向板以阻擋出口流速。中央進水式沉澱池水流型態參考圖 3-116。標準型中央進水豎管及注水孔口設計參考圖 3-117。

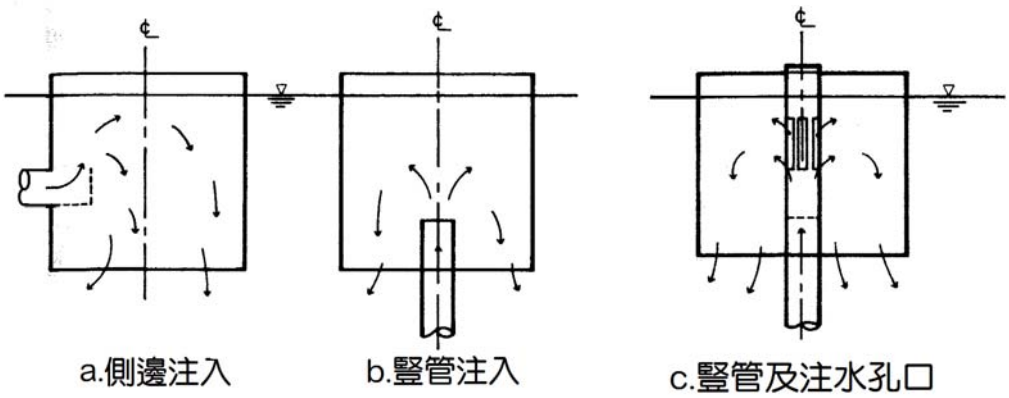


圖 3-115 傳統中央進水式的進流管注水孔口設計方式

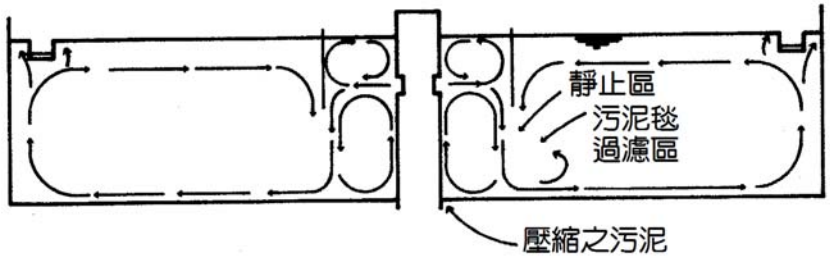


圖 3-116 中央進水式沉澱池水流型態

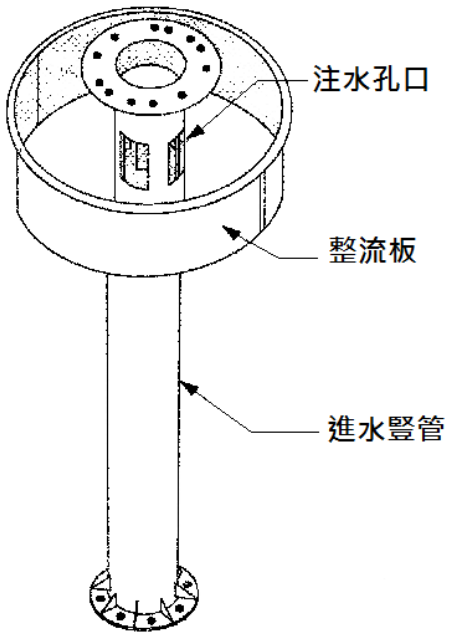


圖 3-117 標準型中央進水豎管及注水孔口設計

B.整流板

圓形池圓筒式整流板（參考圖 3-115~3-117）直徑為沉澱池直徑之 15 至 20%。在不考慮沉澱池直徑情況下，整流板直徑不超過 10 至 15m。整流板向下流速限制在 0.7m/min。在尖峰流量及一池停用時，整流板頂端通常會高出水面，頂端上亦設有四個排渣開孔。整流板底端浸水深為池邊水深之 25 至 50%，底端邊緣須位在注水孔口底部約 0.3m，以防止孔口水流低過整流板而進入沉澱區。整流板底部的圓柱型面積約等於整流板的截面積，以防止進入沉澱池底部的流速增加。（整流板底部空間深度為池邊水深減去整流板浸水深）。整流板有的支撐在刮泥設備上而隨著刮泥機而轉動，有的係支撐在橋下而固定不動。如整流板支撐在橋下而固定不動，其注水孔口的方向須與排渣開孔錯開。

(2) 周邊進水式沉澱池

周邊進水式沉澱池又分為：1. 利用進流渠道底部開孔來配水（參考圖 3-118 及圖 3-119），及 2. 利用在進流通道單向注水使產生螺旋流型式來配水（參考圖 3-120），兩種大部分用於二級沉澱池，但螺旋流型式也用於初級沉澱池。

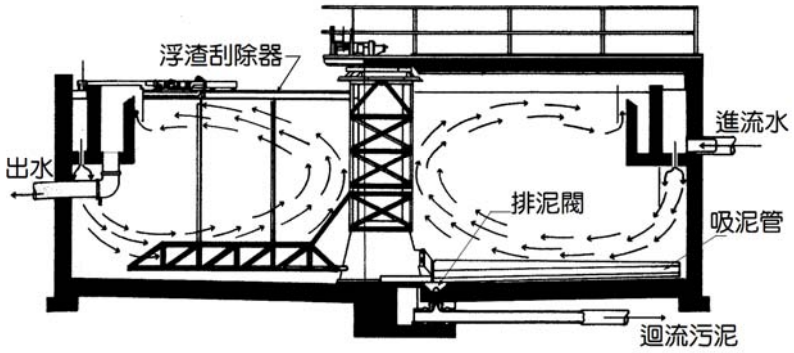


圖 3-118 利用進流渠道底部開孔來配水之周邊進水式沉澱池



圖 3-119 周邊進水式沉澱池照片

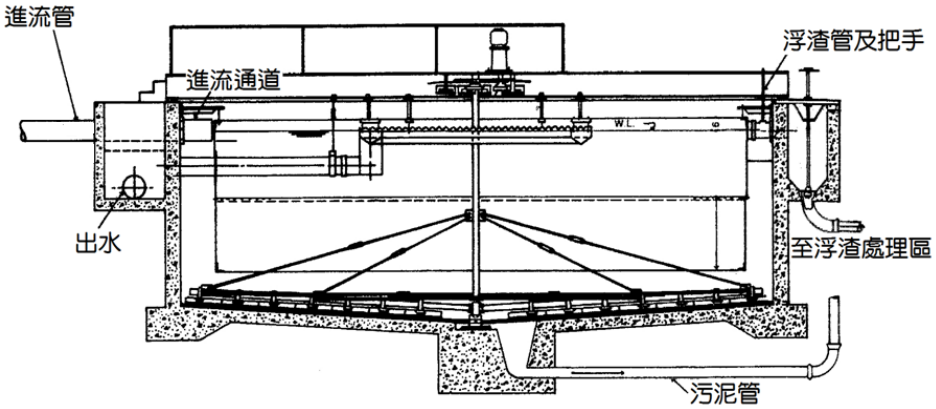


圖 3-120 利用螺旋流型式來配水之周邊進水式沉澱池

(3) 周邊進水式與中央進水式沉澱池之比較

A.優點：

(A).比中央進水式具有較高的水力效率

(B).比中央進水式具有較高的懸浮固體去除率

B.缺點：

(A).尖峰流量係數大於 3 比 1 之沉澱池為使周邊配水均勻需要較大的孔口水頭損失（60mm），更大的尖峰流量時需採用特殊溢流裝置

(B).進流渠道容易堆積漂浮物

由於周邊進水式沒有太多優點，故較少人用。

3-6-07 初級沉澱池應設置浮渣去除設備，並對浮渣採適當的處置方法。　　（原則 21）

解說：

處理生活污水之初級沉澱池水面常有浮渣及漂浮物，例如：油脂、塑膠品、樹葉、破布、毛髮及其他等，應設置浮渣去除設備予以去除，並對浮渣採適當的處置方法。

1. 浮渣去除設備

(1)長方形池浮渣去除設備

浮渣通常在長方形池出水端以回轉到水面的刮泥板(此時成為刮渣板)加以收集，刮渣板係將浮渣移動到水池末端的浮渣擋板處再去除之。利用設置在水面上之浮渣噴嘴的噴水力量也可移動浮渣(參考圖 3-127)。浮渣可以人工方式自斜坡上刮上來，也可以水力方式或機械方式刮除。中小規模沉澱池最常使用刮渣管，參考圖 3-121 所示。長方形池刮渣管安裝示意參考圖 3-122。使用刮渣管時其上方之開口邊緣須旋轉到剛好在水面下，使堆積在水面上的浮渣流入浮渣管中，再排入設置在池邊的浮渣井中。採用刮渣管會導致相當大量的浮渣液體。

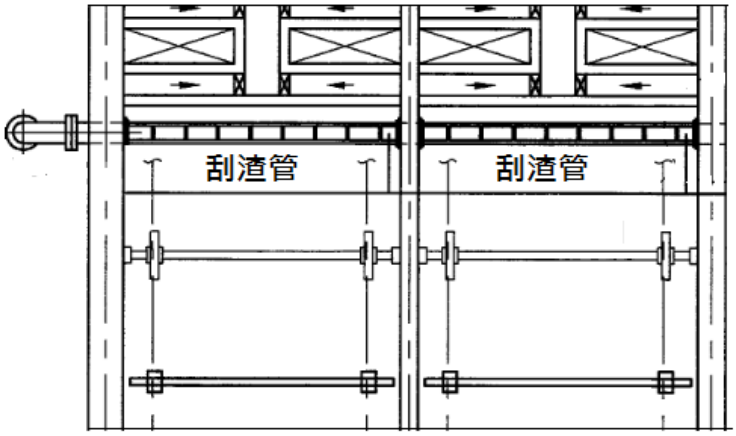


圖 3-121 長方形池刮渣管設計



圖 3-122 長方形池刮渣管安裝示意圖

還有一種浮渣刮除方式係為固定在轉軸上的橫向旋轉螺式刮渣機(參考圖 3-127)，浮渣從水面上移除後，通過一小段斜坡，再排到橫向收集的浮渣槽中，最後流到浮渣噴出器(scum ejector)或浮渣抽水機前的浮渣井中。

浮渣刮除另一種方式包括鍊條刮板式的刮除機，將沉澱池一側的浮渣收集後，經短斜坡刮到浮渣井中貯存，最後以抽水機抽送到處置設施。走橋式刮泥機的刮板自污泥斗回到出水端時會舉到水面當做刮渣板，參考圖 3-130。

(2)圓形池浮渣去除設備

圓形池浮渣去除採用之刮渣機包括旋轉刮渣機及浮渣斗，參考圖 3-123。

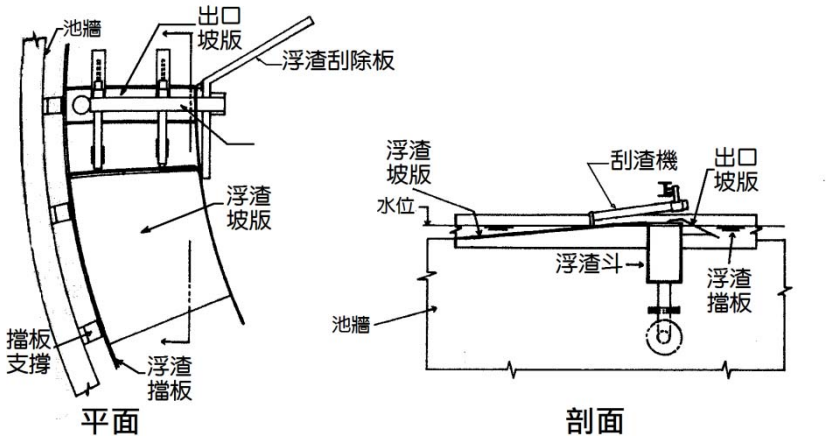


圖 3-123 圓形池浮渣去除設備

2. 浮渣處置

浮渣的比重約為 0.95，固體含量約為 25 至 60 %。浮渣量範圍係介於每 L 污水為 0.1 至 19 mL，中間值約為 5 mL/L，或為 2 至 13 kg/10^3 m^3。浮渣量及化學成分變化很大，決定於幾項因素，包括下水道收集區域內的工業發展程度及種類、廠內污水回流、上游處理程序對浮渣之去除效率及浮渣去除設備。

收集容量較大的浮渣井通常設置攪拌機或其它混合設施，以便在以抽水機抽送前能攪拌均勻，避免浮渣結塊。浮渣井底部應有斜坡。抽送浮渣的抽水機可為推進腔式抽水機、氣壓噴射抽水機(pneumatic ejector)及渦流式抽水機，切削裝置則可有可無。浮渣管經常採用玻璃內襯，有時須保溫以減少堵塞。

浮渣通常與廠內產生的初級沉澱池污泥及生物污泥合併，經好氧或厭氧消化後予以掩埋或焚化處置，然而亦有許多污水處理廠採浮渣分開處置方式。新竹市客雅水資源回收中心的初級沉澱池浮渣經刮渣管收集到浮渣井後，於井中刮渣管末端設置麻布袋以過濾浮渣(參考圖 3-107)，麻布袋裝滿浮渣後以垃圾方式處置，濾過液則流入廠內污水下水道系統，回流至前處理區重新再處理。這種不與初級沉澱池污泥及生物污泥合併處置的方式減少了浮渣管線的埋設費用，更重要的是免除了浮渣處理及管線、設備的維護工作。

3-6-08 初級沉澱池出水設備應考量下列事項：（原則 21）

1.採出水渠時應設置溢流堰溢流，溢流堰負荷小於 250 m^3/m・day。必要時溢流堰及集水槽應考慮防藻對策。

2.採沉水式開孔管時，其下游出水端需要有流量控制裝置。

解說：

1.初級沉澱池出水設備分為出水渠道及沉水式開孔管兩種，其中以出水渠道最為普遍。由於沒有二級沉澱池所需考量的密度流及牆端效應，出水渠道可設在池牆邊。圓形池出水渠道分為池牆外及池牆內兩種（參考圖 3-124），前者之溢流堰設在池牆邊緣頂端，而後者之溢流堰則設在出水渠道邊緣頂端。

長方形池出水渠道係設在池末端，分為單一溢流堰及出水渠、雙重溢流堰及出水渠、多重溢流堰及出水渠，出水渠道在中央、多重溢流堰及出水渠，出水渠道在側邊，參考圖 3-125。溢流堰設在出水渠道頂端，如渠道貼著側牆，則溢流堰僅設於單側；如渠道距側牆有些距離，則溢流堰設於兩側。由於沒有二級沉澱池所需考量的密度流及牆端效應，出水渠道可設在池末端。為保持出水渠道潔淨，維修人員經常須靠在池牆上而以水管沖洗渠道，甚至要穿上雨鞋而進入渠道內。因此之故，大多數大型沉澱池之渠道約為 30cm 寬，而維修人員配備有攜帶式爬梯以進入渠道內。建議在沉澱池周圍每隔 30m 或更小的距離設置沖洗龍頭以利沖洗渠道，並減少維修人員進入渠道的需求。

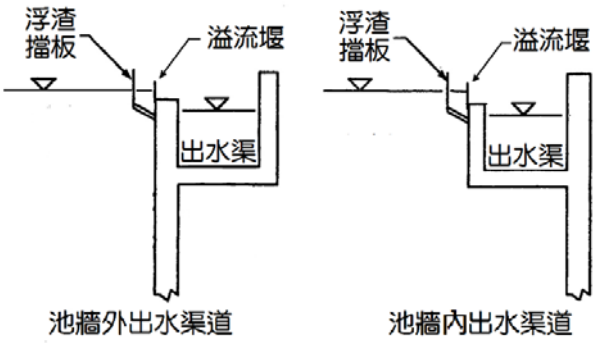


圖 3-124 圓形池出水渠道及溢流堰

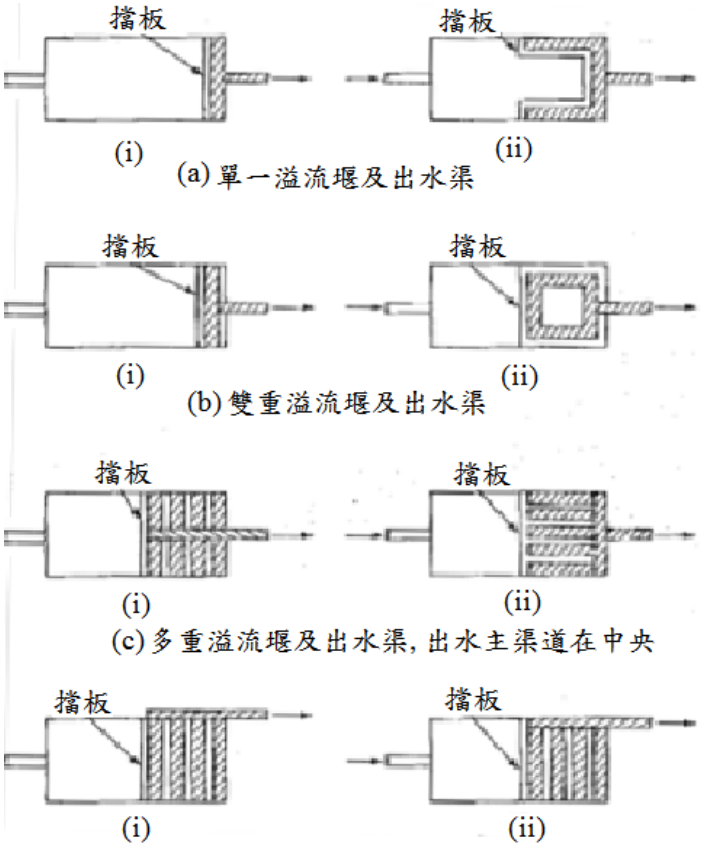


圖 3-125 長方形池出水渠道設置位置圖

出水溢流堰分為 V 型缺口堰、平頂堰及矩形缺口堰三種，分述如下：

(1).V 型缺口堰：間距 15 或 30cm，堰頂不平時仍可均勻出水。

(2).平頂堰：堰頂不平或強風吹襲時容易不均勻出水。

(3).矩形缺口堰：V 型缺口堰阻擋水面漂流物及浮渣數量遠比矩形缺口堰會高出許多。故一般皆用連續型 V 型缺口堰。溢流堰負荷應小於 250 $m^3/m \cdot day$。必要時溢流堰及出水渠道，應考慮防藻對策。參考圖 3-126 噴水系統去除圓形池蛇狀溢流堰上藻類照片。

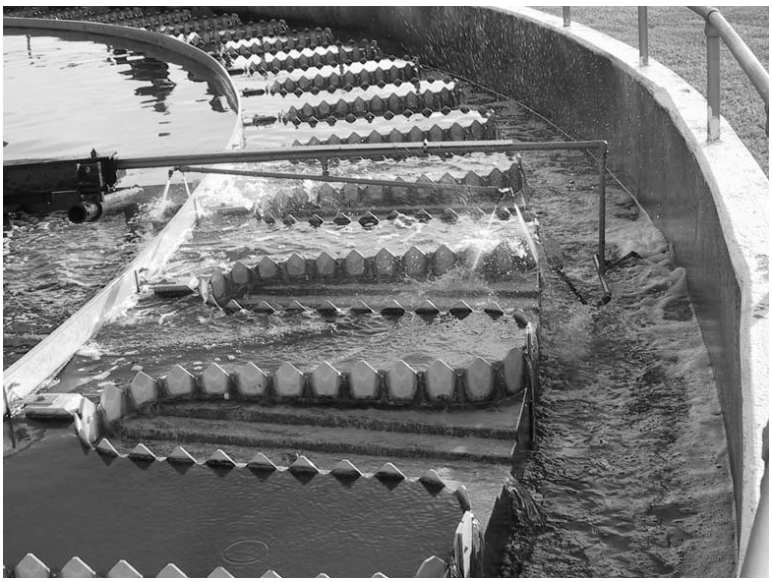


圖 3-126 噴水系統去除圓形池蛇狀溢流堰上的藻類

2.沉澱池出水管採用沉水式開孔管者，為沿著沉澱池內牆設置的圓管，管上開有均勻配置的圓孔。長方形沉澱池沉水式開孔管參考圖 3-127，圓形沉澱池沉水式開孔管參考圖 3-128。為避免漂浮物進入出水管，出水管下游出水端需要有流量控制裝置以維持池內的水位在管頂上 30 至 35cm。流量控制裝置係在下游端設置一道短渠道及溢流堰，而在中大規模廠通常採自動水位控制閥。

(1).沉水式開孔管之優點為：

A.整個池面可刮渣，故可避免浮渣流入出水管，且不須設置浮渣擋板

B.由於浸水深，出水管上極少藻類生長

C.池內水位變化對沉澱效果影響比出水渠道小

D.沒有出水渠道不均勻沉陷導致出水不均的問題

E.沒有出水渠道短流的問題

F.沒有溢流堰出水產生臭味的問題

G.沒有溢流堰出水產生曝氣效果而增加水中溶氧，以致影響下游處理單元如厭氧性菌種選擇池功能的問題

(2).沉水式開孔管缺點為：

A.孔口被破布或其他物品堵塞的可能維護問題

B.管線中生物生長導致的惡臭

C.由於出水管上層水非屬沉澱區的一部分，故出水管沉澱池的總水深應比傳統出水渠沉澱池增加一些，此會增加建造費。

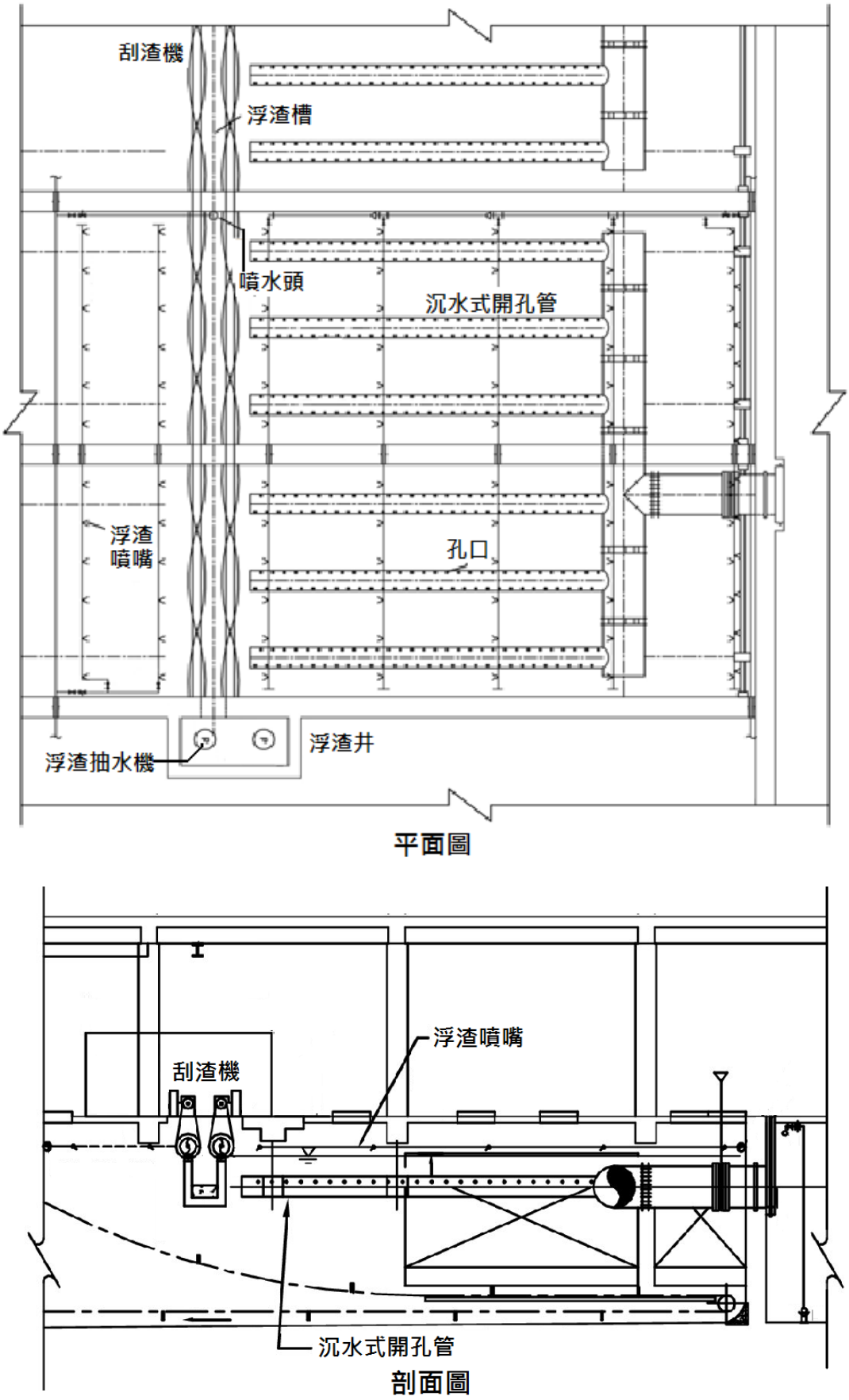


圖 3-127 長方形池之沉水式開孔管（台北內湖污水處理廠例）



圖 3-128 圓形池之出水管照片

(3).沉水式開孔管設計時應考量下列事項：

A.孔口直徑應為 25 至 45 mm

B.開孔管出口端最大流速應約為 0.6 m/s

C.在尖峰流量情況下通過孔口之流速應為 0.6 至 1.0 m/s

D.開孔管及出水歧管應每隔適當距離設置支撐

3-6-09 長方形池污泥刮泥機應考量下列事項： **（原則 21）**

1.長方形池各種污泥刮泥機中，國內常用鏈條刮板式。

2.沉澱池寬度較大時，使用橫向刮泥機將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內。

3.刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則。

解說：

1.長方形池污泥刮泥機包括下列各種型式：

(1).鏈條刮板式

鏈條刮板式刮泥機係在兩條頭尾相連的鍊條上設置許多條刮板，驅動此裝置以將污泥刮除。在池數多的情況，一台驅動機可驅動兩池之刮泥機。鏈條刮板式刮泥機以往採紅木或金屬刮板及金屬鍊條，現今改用輕量化的非金屬刮板、鍊條及鏈輪以降低腐蝕及磨損問題。過去由於受到標準材質紅木刮板的撓度、浮力及重量的綜合影響，矩形沉澱池一池寬度限制在 6m。最近由於玻璃纖維複合材料刮板的進步，使得矩形沉澱池一池寬度可提高到 10m。刮板間隔為 3m。長方形沉澱池使用鏈條刮板式刮泥機請參考圖 3-129。

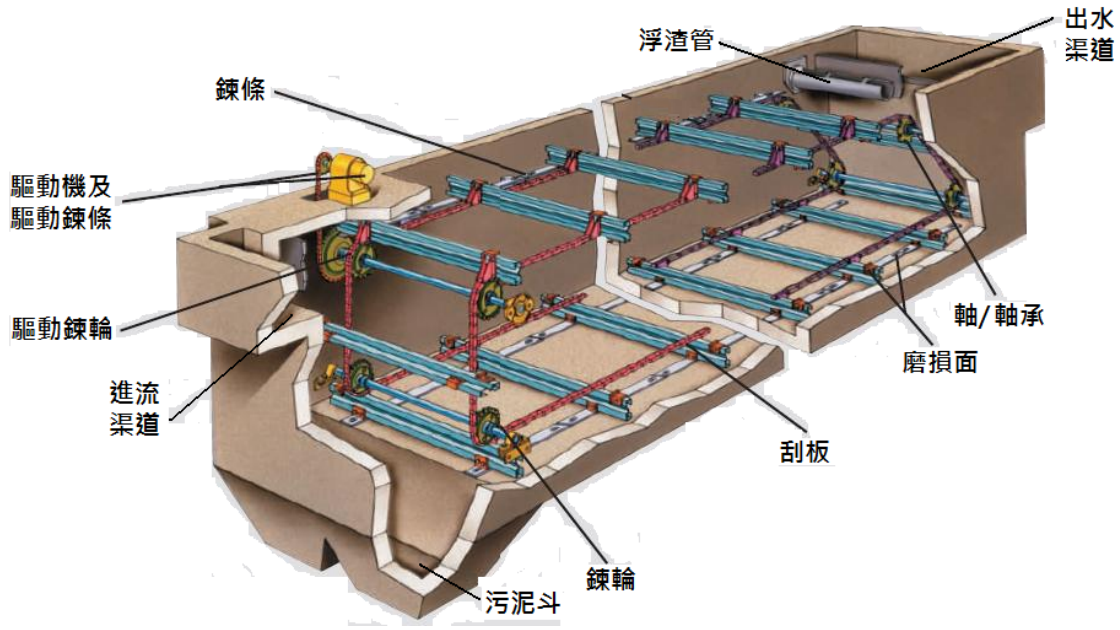


圖 3-129 長方形沉澱池使用鏈條刮板式刮泥機

(2).走橋式刮泥機

主要用於歐洲各國，用於初級沉澱池及三次沉澱池化學污泥。刮板在出水端時放下到池底，再以走橋拉向進水端之污泥斗。刮板自污泥斗回到出水端時會舉到水面當做刮渣板。其特色係需要維護時不用排乾池水。長方形沉澱池使用走橋式刮泥機請參考圖 3-130。

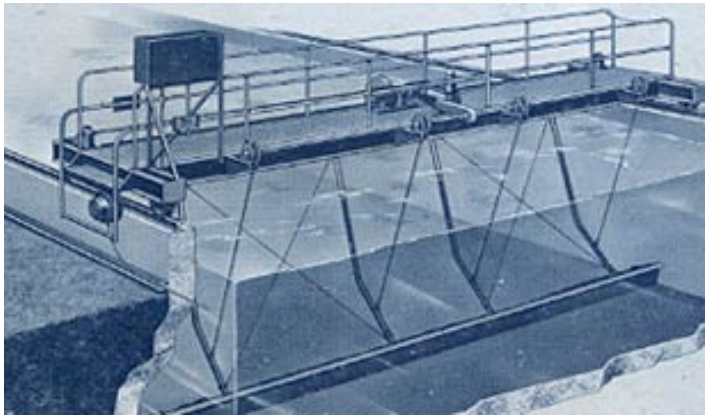


圖 3-130 長方形沉澱池使用走橋式刮泥機

(3).往復式刮泥機

往復式刮泥機係由歐洲引進國內，其往復行走的楔型刮板在去程時垂直面可將污泥推往前方，而在回程時容許污泥滑過斜坡面，以此方式逐步將污泥推向污泥斗。該機聲稱因傳動裝置少，維修保養簡單及故障率低。但其浮渣刮除設備須另外裝設。長方形沉澱池使用往復式刮泥機請參考圖 3-131。

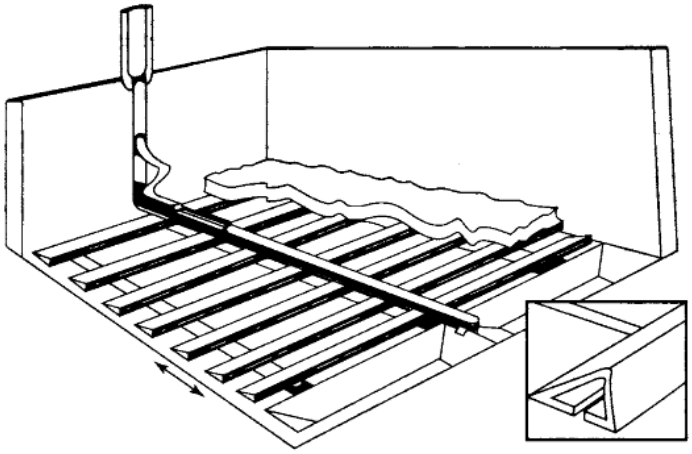


圖 3-131 長方形沉澱池使用往復式刮泥機

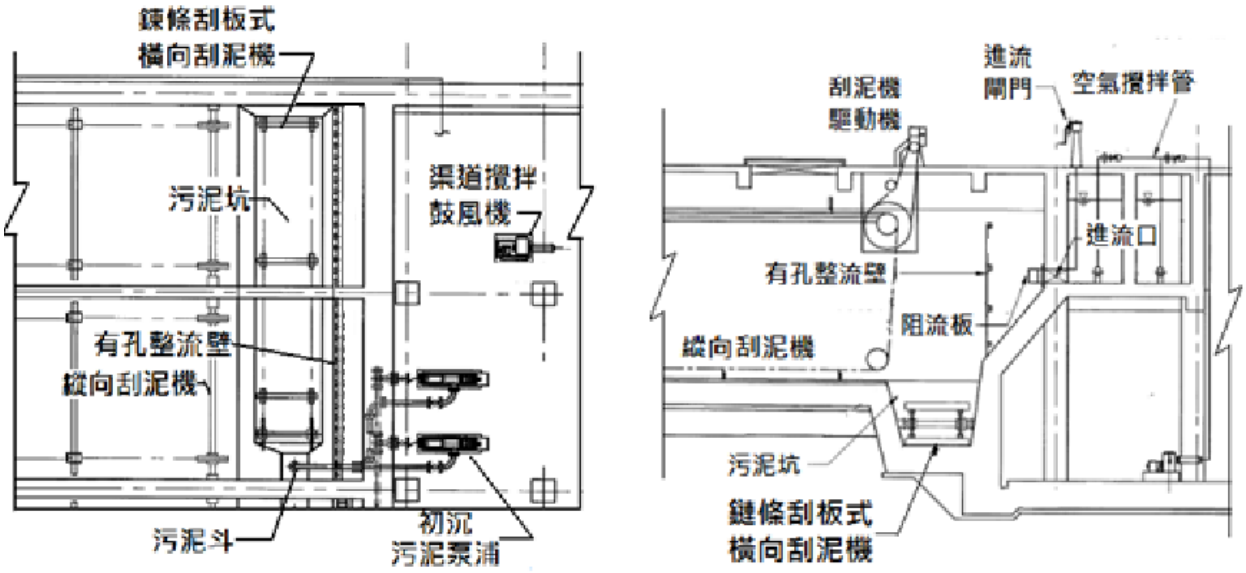
在各種型式的刮泥機中，應考量過去使用之實績及優劣經驗，審慎比較後採用之，國內一般常用鏈條刮板式。長方形沉澱池長度約為 25~60 m。長方形沉澱池長度受到刮泥機系統的限制，因為刮泥鏈條及刮板系統長度的增加，該系統的機械應力也增加。沉澱池太長只用一組刮泥系統很難將污泥刮過全池；但採用中央污泥斗及多組刮泥系統會增加設備費、維護及設計複雜性。

增加長方形沉澱池寬度的另一方法為採用平行多池，池間採開孔隔牆（參考圖 3-132）。其缺點為一組刮泥機需要修理時，全部池槽皆須排空，暫停使用；另外，尚不清楚隔牆的開孔是否會形成渦流而嚴重影響水理的穩定度及懸浮固體的去除率。



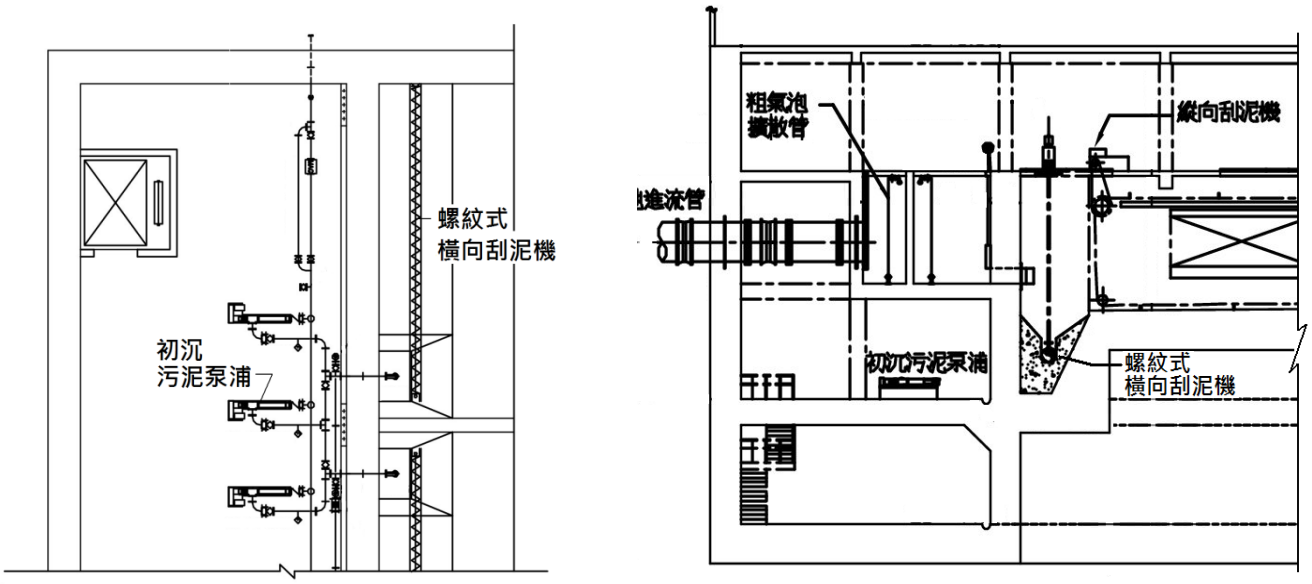
圖 3-132 長方形沉澱池池間採開孔隔牆

2.大規模之初級沉澱池，其長方形池寬度較大，一般皆設置縱向刮泥機先將污泥刮至沉澱池進流端之污泥坑，再使用橫向刮泥機將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內。橫向刮泥機種類包括鏈條刮板式（參考圖 3-133）及螺紋式（參考圖 3-134）。



平面圖剖面圖

圖 3-133 鏈條刮板式橫向刮泥機（新竹客雅水資源回收中心例）



平面圖剖面圖

圖 3-134 螺紋式橫向刮泥機（台北內湖污水處理廠例）

3. 刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則，鏈條刮板式刮泥機移動速度為 0.3 至 0.9 m/min，刮板速度應調整至接近密度流引起的污泥流動速度，以促進水流穩定及避免逆向刮泥引起的亂流。
4. 鍊條式式刮泥機安裝基本原則
   (1) 土建結構要求
   矩型鏈條刮泥機土建結構施工(垂直、水平、平行度) 應符合原廠安裝說明書要求，至少符合第 03110 章「場鑄結構混凝土用模板」之規定，並請顧問公司依選用設計型式擇優訂之。

(2) 主動軸安裝

全長水平度偏差應符合原廠安裝說明書要求但不得超過 5mm。

(3) 從動軸安裝

從動鏈輪的安裝，表面從動輪的位置必須根據主驅動軸位置決定，應符合原廠安裝說明書要求，其偏差不得超過 8mm。

(4) 從動軸和池底

應符合原廠安裝說明書要求，其偏差不得超過 10mm。

(5) 刮板導軌安裝

應符合原廠安裝說明書要求，直線度偏差其偏差不得超過 2/1000。

(6) 驅動裝置安裝

減速機的動力輸出軸齒輪與刮泥機主驅動輪在同一平面，其安裝偏差應符合原廠安裝說明書要求，但不得超過 3mm。

(7) 廠商應提供施工安裝說明書及安裝圖送審，安裝廠商應有施工安裝經驗證明。

(8) 螺栓預埋件或化學螺栓安裝後應再測量確認，除定位外應符合原廠安裝說明書要求確認螺栓長度及螺栓埋入深度。

(9) 組裝應做好齒輪、軸承保護，並應確認潤滑狀態。

(10) 刮泥鏈條安裝應符合原廠安裝說明書要求，調整張緊度，調整時應避免熱脹冷縮效應。

(11) 驅動鏈條安裝應符合原廠安裝說明書要求調整鍊條張力。

(12) 刮泥機全系統安裝完成後應提送安裝定位核對報告，確認安裝位置符合原廠安裝說明書要求，並經設備原廠人員出具安裝完成證明。

3-6-10 正方形或圓形池污泥刮泥機應考量下列事項： **（原則 21）**

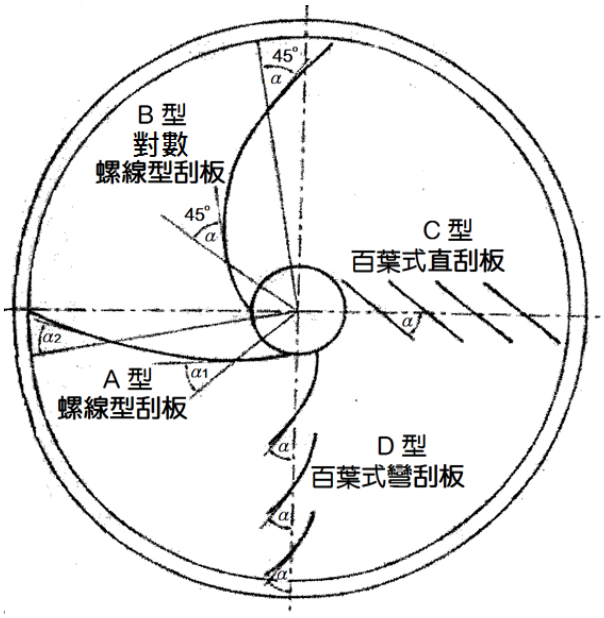
1.正方形或圓形池情況採用迴轉式刮泥機。

2.刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則。

解說：

1.正方形或圓形池採用迴轉式刮泥機，以池中央支柱為軸心迴轉，將污泥順序往中央刮除。

(1).迴轉式刮泥機的刮板型式參考圖 3-135，分為 A 型螺線型；B 型對數螺線型；C 型為百葉式直刮板；及 D 型為百葉式彎刮板。



A 型為螺線型，其中 a1>a2；B 型為對數螺線型，角度 a 固定在 45°；C 型為百葉式直刮板；D 型為百葉式彎刮板

圖 3-135 迴轉式刮泥機的刮板型式

A.螺線型刮板（參考圖 3-136）：



圖 3-136 螺線型刮板

B.對數螺線型刮板（參考圖 3-137），此為較常用之型式：

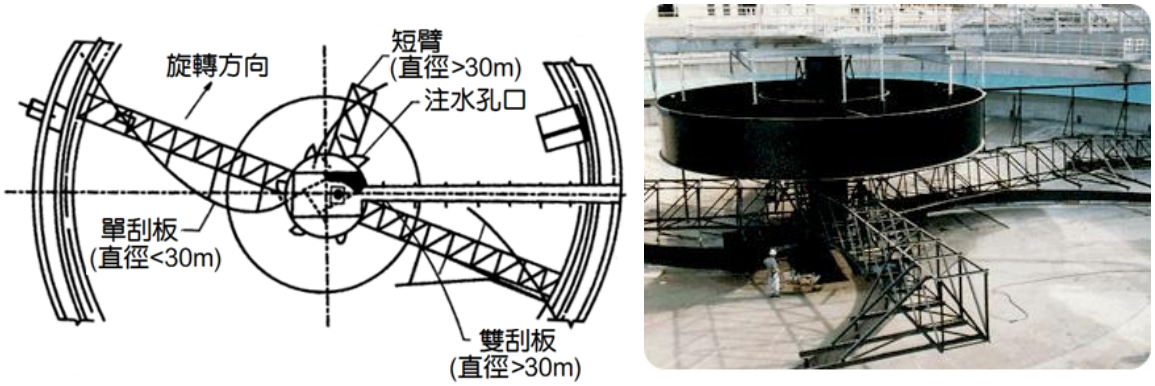


圖 3-137 對數螺線型刮板

C.百葉式直刮板（參考圖 3-138）：



圖 3-138 百葉式直刮板

D.百葉式彎刮板（參考圖 3-139）：



圖 3-139 百葉式彎刮板

傳統百葉型刮板與螺線型刮板對於污泥刮除所需的時間不同，可由圖 3-140 污泥移動路徑之比較而看出。

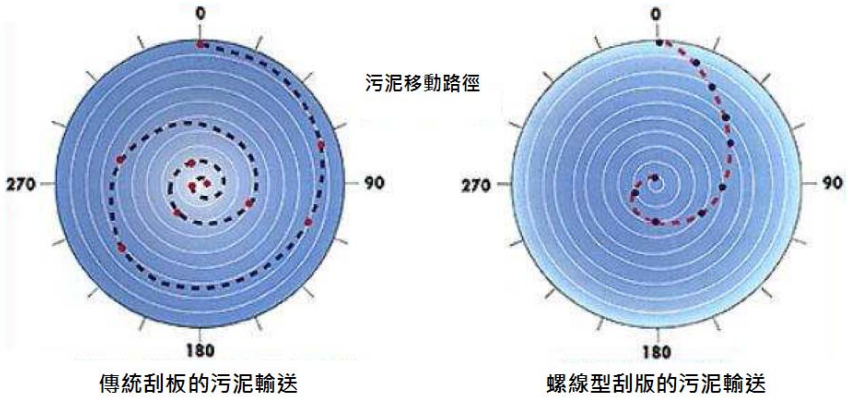


圖 3-140 傳統刮板與螺線型刮板之污泥移動路徑

(2).迴轉式刮泥機的驅動機依照位置分為下列兩種：

A.中央驅動式，又分為：

(A).橋面支撐式，又稱為全橋式（參考圖 3-141：用於直徑＜15m 之沉澱池）

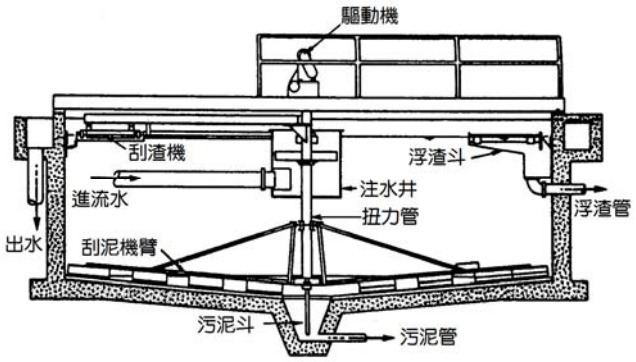


圖 3-141 橋面支撐式驅動機

(B).中心柱支撐式，又稱為半橋式（參考圖 3-142）：用於直徑＞15m 之沉澱池

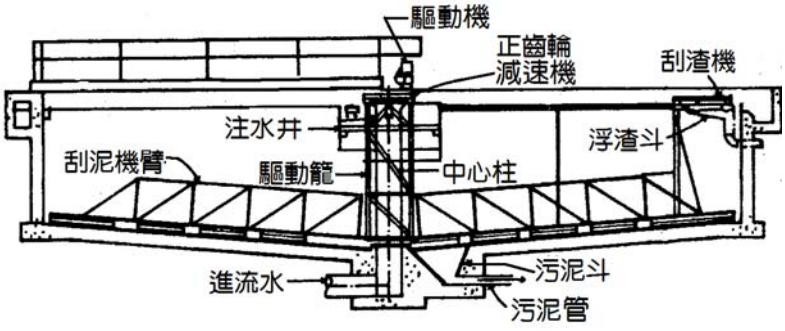


圖 3-142 中心柱支撐式驅動機

B.周邊驅動式（參考圖 3-143）



圖 3-143 周邊驅動式驅動機照片（斗六市水資源回收中心例）

2.刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則，迴轉式刮泥機周邊之刮板速度為 3.0 m/min。

各種初級沉澱池污泥刮泥機之種類及特性參考表 3-36。

表 3-37 各種沉澱池污泥刮泥機之種類及特性

機　　種	鏈條刮板式刮泥機	走橋式 刮泥機	往復式 污泥刮泥機	中央驅動及 周邊驅動污泥刮泥機
刮除速度	初級沉澱池 0.7m/min 二級沉澱池 0.35m/min	初沉澱池 0.7m/min 二級沉澱池 0.35m/min	2.0m/min	初級沉澱池周邊 3.0m/min 二級沉澱池周邊 1.5m/min
適用範圍	初級沉澱池及二級沉澱池	初級沉澱池及二級沉澱池	初級沉澱池用	初級沉澱池及二級沉澱池使用中心驅動內徑 25m 以下，外周驅動內徑 25～50m
構　　造	於兩條鏈條上附置多數的刮板，藉驅動以刮除污泥。	2 支可動臂與側寬相配合，附著 1 片刮泥板，於兩側臂的軌道上往復走動。往程將污泥刮除至池之他端的污泥坑。復程時刮泥板提升至水面上走行。	往復行走的楔型刮板在去程時垂直面可將污泥推往前方，而在回程時容許污泥滑過斜坡面，以此方式逐步將污泥推向污泥斗。	以池中央之支柱為軸旋轉之，順次將污泥刮除至中央。驅動裝置有置於中央支柱之中央驅動方式及於外緣放置驅動裝置之周邊驅動方式。
優　　點	1.由於作連續刮除污泥。因之污泥刮除量大。 2.操作簡單，自動化運轉。 3.利用去程之刮泥板刮除水面浮渣。 4.沉澱池上機械設備少，要加覆蓋時較為便利。 5.可做成二層式，土地利用率高。	1.污泥刮泥部可提升至水位上。因之維護、檢查較容易。 2.即使堆積大量高濃度的污泥。也不會損壞機械設備。 3.污泥刮泥臂上，可裝置浮渣刮除板。	1. 因傳動裝置少，維修保養簡單及故障率低。	1.機械構造簡單，單價較低。 2.故障少，維護管理容易。 3.具耐久性，可自動化。 4.驅動用動力少。
缺　　點	1.軸及鏈條皆在水面下，機械易摩損及腐蝕。 2.沉澱污泥有被刮泥板的反動或振動而攪亂之可能。 3.由於機械在水中。故障時修理檢查皆困難，需放空水池。	1.由於係往複操作，易發生蛇形，走行裝置易故障。 2.刮泥板吊入水中時，會攪亂污泥而污染處理水。 3.因受刮泥板吊下機械的限制無法配置適當的堰長。 4.無法配置於二層式沉澱池。	1.浮渣刮除設備須另外裝設。 2.刮泥設備皆在水面下，機械易摩損及腐蝕。 3.沉澱污泥有被刮泥板的反動或振動而攪亂之可能。 4.由於機械在水中。故障時修理檢查皆困難，需放空水池。	1.用地利用效率低。 2.溢流堰置於外周，因之溢流堰長度受限制。 3.中心部流速大，易發生渦流。 4.雖可裝置於數層次，惟構造複雜。

3-6-11 初級沉澱池污泥的抽除應考量下列事項： **（原則 21）**

1.污泥的抽除係以抽泥機為之。

2.抽泥機台數含備用應為 2 台以上。

3.排泥管的配管應易於進行清管，考量管線須封閉的情況，在適當地方應設置清潔口及壓力水清洗管。排泥管口徑應為 150mm 以上。

解說：

1.初級沉澱池的污泥比二級沉澱池污泥含有較多的無機質，比重也較大，另外，又包含多量的渠道雜物，以水位差的方式來抽除時容易閉塞，故以抽泥機強制抽除為較佳。污泥量會隨進流水量的變動及水質影響而通常會有約 2 倍的變化，故設計抽除設備時應慎重的考量。抽泥機的設置位置、材質及構造請參照。大規模廠利用自動閥及計時器來順序切換抽泥機的運轉，能使維護管理較容易。

2.抽泥機台數考量故障等因素，含備用應為 2 台以上。初級沉澱池的污泥通常都抽送至污泥濃縮單元；惟如污泥斗加深，污泥可達壓密效果，則可直接抽送至消化槽，以減少濃縮單元。

3.為不虞排泥管會不均勻沉陷及腐蝕，應採用堅固及防蝕的材質。配管應易於進行清管，在管線閉塞的情況，應以壓力水及棍棒清掃沉澱池上部，以及考量在配管的彎管段設置清潔口，而以壓力水逆向清洗的配管。為防止污泥斗底部堆積的砂土閉塞管線，排泥管在配管時應距污泥斗底部 30 cm 以上。為不虞管線閉塞，排泥管口徑應為 150mm 以上。

3-6-12 多層沉澱池 **（原則 21、原則 25）**

沉澱池多層化時，考慮下列條件設計之：

1.形狀原則上為長方形、水平流。

2.原則上各層進流部及出水部的流量應均勻。

3.出水設備可採溢流堰或沉水式開孔管。初級沉澱池的出水設備以溢流堰設計，二級沉澱池則各層採同一型式。

4.抽泥管由於水深較大，應有對付阻塞的安全構造。

5.有效面積為各層水平面積之合計。

解說：

沉澱池多層化時，考慮下列條件設計之：

1. 多層沉澱池包括雙層及三層等型式，形狀原則上為長方形、水平流，而依水流方向則可分為串聯流及並聯流型式，雙層初級沉澱池示意參考圖 3-144，設計參考圖 3-145。

2. 進流部的位置及形狀應儘可能使各層進流的流量均勻，另外，出水部應有設計來調節流量均勻的構造。

3. 各層出水設備無法設計在同一高度的情況，可採沉水式開孔管。在這種情況開孔管的設置係與流向成垂直，此主管再與出流管銜接。但是從各孔口均勻出水的開孔管，從上游端至下游端，孔口面積須逐漸減小。孔口大時，可防止渠道雜物阻塞，直徑以 5 cm 左右為佳。各出流管須考量能調節流量。

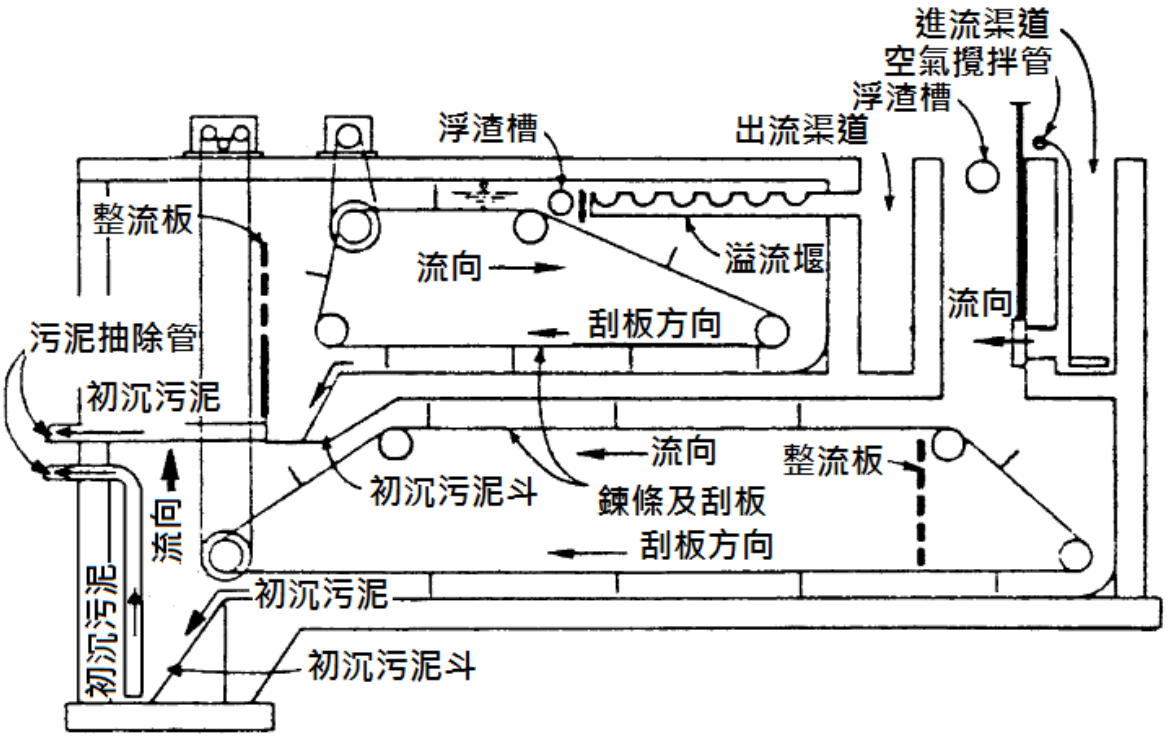
二級沉澱池的固液分離，各層出流設備的形狀不同，長時間流量變動使各層水量分配有偏差，必須注意放流水水質之惡化。

初級沉澱池因需有浮渣去除設施，故其出水應採溢流堰。

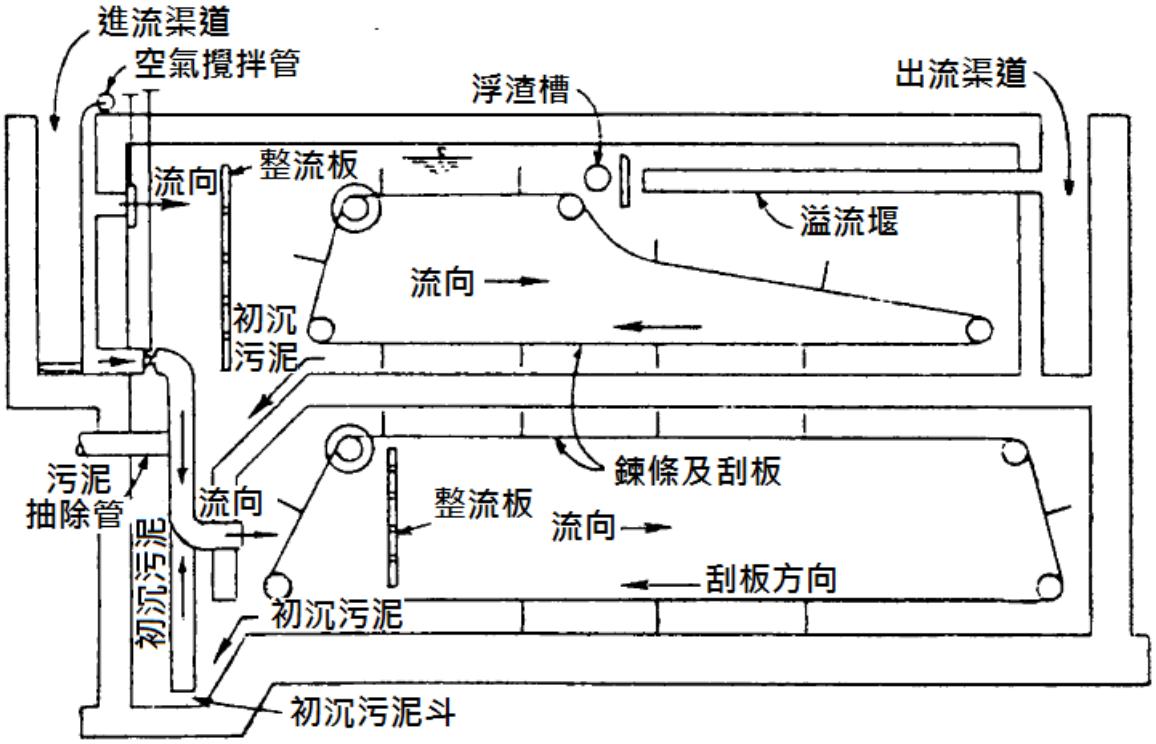
4. 見 3-6-12，解說 3。

5. 有效面積請參考初級沉澱池水表面積負荷率。

(1).計算下層水平面積時，池長係自整流板算至池末端。
(2).多層沉澱池之各層水量會不易平衡。
(3).由於污泥容易堆積在下層，設計二級沉澱池時應注意放流水質管理上的問題。



a.串聯流型式



b. 並聯流型式

圖 3-144 雙層沉澱池示意圖

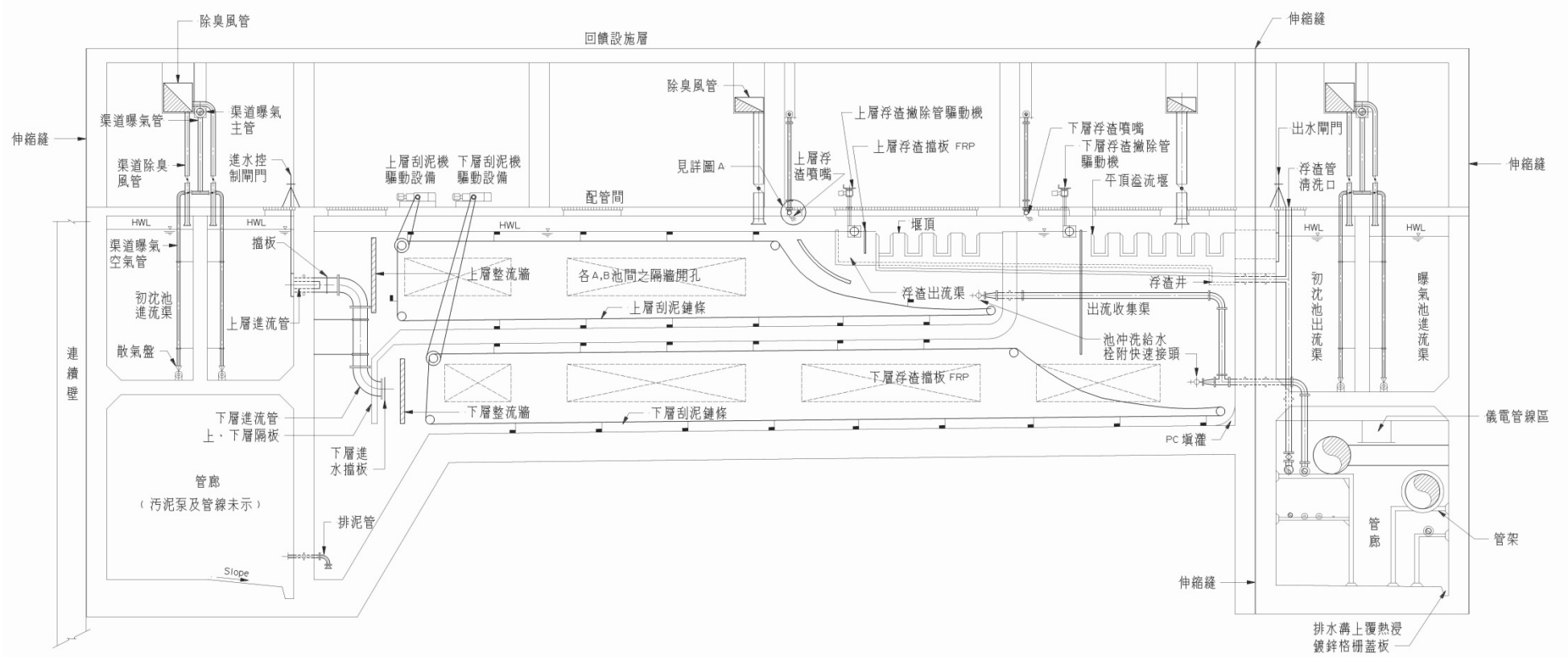


圖 3-145 並聯流型式雙層初級沉澱池（台北市迪化污水處理廠例）

各種初級沉澱池優缺點比較參考表 3-37。

表 3-38 初級沉澱池優缺點比較表

方式 / 比較項目	長方形	方形或圓型	多層式
懸浮固體物去除效果	△	＋	△
初設成本經濟程度	△	＋	－
年操作運維成本經濟程度	△	＋	－
池體佔地大小比例	1	1.4	0.6
污泥沉降濃縮效果	＋	＋	＋
臭味衝擊程度	－	－	△
景觀效果	△	△	＋
使用普遍程度	＋	＋	＋

註：＋＋：最優　　＋：優　　△：中等　　－：差　　－－：最差

第四章污水二級處理

第 1 節　總論

污水二級處理設施，包括生物處理單元及二級沉澱池等單元，本章將介紹各單元設計時應採用之設計流量，以及敘述各單元種類、形狀、尺寸等之設計考量及注意事項等。

生物處理單元之選用，宜根據除碳、去氮、除磷等需求、放流條件、環境整體條件等綜合考量。

設計參考流程如下說明：

2. 確認處理規模及進入二級生物處理之流量和污染負荷。
3. 選擇生物處理方式:判斷是否有去氮除磷需求，依需求選擇適當之去氮除磷處理流程。另需考量是否需設置菌種選擇池等。
4. 根據全廠的設計處理量以及水量水質負荷變動，選擇適當的設計參數(如污泥齡、MLSS 濃度、食微比、SVI 及安全係數)，污泥齡應考量溫度影響。
5. 要注意活性污泥的混合液懸浮固體濃度(MLSS)對生物反應槽和終沉池的體積影響是相反的。生物反應槽的體積隨著 MLSS 濃度的增加而減小；終沉池的表面積需求則隨著 MLSS 濃度的增加而增大。
6. 按選擇的污泥齡計算生物反應槽需要的容積。
7. 根據需要確定生物除磷的厭氧池、脫硝缺氧池的尺寸。
8. 去氮需求之生物處理，應考量需要脫硝的硝酸鹽量，並根據選擇的去氮處理流程，確定生物處理單元的脫硝缺氧池的體積比例。
9. 根據污水成分，生物反應槽的構造和混合特性(如選用菌種選擇池)，選擇污泥體積指數(SVI)，並決定迴流污泥濃度，依此計算所需迴流污泥率及選擇適當的終沉池表面積負荷或固體物負荷。
10. 根據終沉池表面積負荷或固體物負荷決定終沉池的表面積，並決定終沉池的深度及確認刮泥機的性能可符合需求。
11. 計算廢棄污泥產量，必要時需考量脫氮和除磷外來碳源產生的污泥量。
12. 計算進入脫硝缺氧池的循環硝化液流量(依選擇流程)或計算 SBR 去氮週期。
13. 計算需氧量，設計符合需求的曝氣設備；設計厭缺氧池攪拌設備。
14. 驗算剩餘的鹼度以計算後續操作需要的鹼量，需考慮的包括氨化、硝化、脫硝、磷沉澱對鹼度的影響。

第 2 節　設計流量

4-2-01 設計流量　　**（原則 22）**

污水二級處理單元主要有生物處理單元及二級沉澱池，其設計流量以計畫最大日污水量設計。

【解說】

1. 污水二級處理其質量平衡計算及功能計算設計流量以計畫最大日污水量設計。
2. 污水二級處理單元之水理計算則因選用流程不同，應考量進流污水分配、污泥迴流量、硝化液循環量之影響，各單元之水力控制點應注意通過水量之差異。
3. 上述設計流量應考量質量平衡計算後之數值。

第 3 節　生物處理單元-懸浮活性污泥法

4-3-01 活性污泥法之種類及參數　（原則 23）

活性污泥法處理方式有標準活性污泥法、階梯曝氣法、延長曝氣法、氧化渠法、分批式活性污泥法、深層曝氣法及活性污泥膜濾法，各處理方式之設計參數及反應槽水深如表。

處理方式	食微比 (Kg BOD/ Kg MLSS · Day)	混合液懸浮固體濃度 (MLSS) (mg/L)	反應槽水深 (m)	水力停留時間 (HRT) (hr)	污泥停留時間 (ASRT) (day)	迴流污泥率 (%)	反應槽形狀
標準活性污泥法	0.2～0.4	1,500～2,000	4～6	6～8	3～6	25～50	**柱塞流式、完全混合式**
階梯曝氣法	0.2～0.4	1,000～1,500 (最終池槽)	4～6	4～6	3～6	50～100	**多段柱塞流式**
延長曝氣法	0.05～0.10	3,000～4,000	4～6	16～24	13～50	100～200	**柱塞流式、完全混合式**
氧化渠法	0.03～0.05	3,000～4,000	2～5	24～36	8～50	120～200	**繞流式完全混合形無初級沉澱池**
分批式活性污泥法 (SBR)	0.2～0.4 (高負荷型)	1,500～2,000 (高負荷型)	4～5	24～48	—	排水比 1/6~1/3 (高負荷型)	**完全混合式**
	0.03～0.05 (低負荷型)	2,000～3,000 (低負荷型)				排水比 1/4~1/2 (低負荷型)	
深層曝氣法	0.2～0.4	1,500～2,000	10～12	6～8	—	50～100	**圓形、柱塞流式、完全混合式**
活性污泥膜濾法 (MBR)	低 (依 MLSS 而定)	8,000～15,000	依膜材而定	3～6	長 (依 MLSS 而定)	無	**柱塞流式、完全混合式**

註：本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2009 日本下水道協會

【解說】

1.活性污泥法處理方式

活性污泥法係指經前處理程序之下水，流入生物反應槽與槽內成流動狀的耗氧性微生物群之活性污泥物質充分混合接觸後之流出水，於終沉池沉澱分離，沉澱分離後之污泥部分迴流至生物反應槽，另一部分則成為剩餘污泥排除後另行處置之處理法，為污水處理系統中常見之二級處理程序。

污水主要利用好氧性微生物對於有機物的分解代謝能力，配合各生長階段的活性以達到去除有機物或氮磷等污染物。考量需處理水質目標、進流水水質條件、廠址現地條件、處理程序效率、操作管理便利性及經濟性等因素，除傳統標準活性污泥法外，尚發展出許多改良方法，包含階梯曝氣法、延長曝氣法、氧化渠法、分批式活性污泥法(SBR)、深層曝氣法及活性污泥膜濾法(MBR)等，各種方法簡述如下：

(1) 標準活性污泥法

標準活性污泥法可採用完全混合式或柱塞流式池槽，迴流污泥自生物反應槽流入端與初級沉澱池沉澱後之進流水混合後一併流入生物反應槽，藉水平流動經一定時間曝氣之方式，生物反應槽流出水導入二級沉澱池沉澱分離懸浮物質，上澄水即為處理水，沉澱之懸浮物部分迴流生物反應槽，一部分則成為剩餘污泥排除。

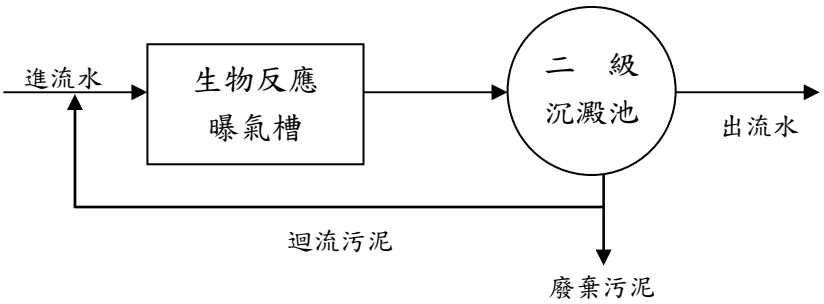


圖 4-1　標準活性污泥法 (Activated Sludge)示意圖

(2) 階梯曝氣法

為達生物反應槽內混合液之氧利用量均勻化，將狹長生物反應槽分成數處分別流入下水方式，稱為階梯曝氣法，操作之 BOD 雖與標準活性污泥法相同，但 BOD 容積負荷較大，去除一定 BOD 所需生物反應槽之容積較活性污泥法小，曝氣時間短，亦可使污泥濃度降低。

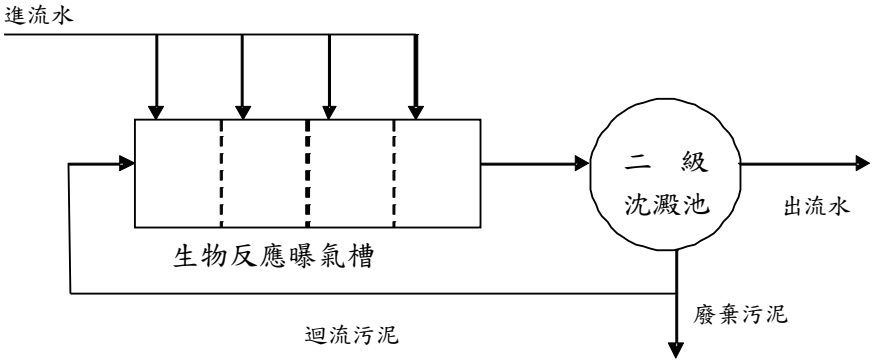


圖 4-2　階梯曝氣法(Step Feed Aeration)示意圖

(3) 延長曝氣法

本方法之流程與標準活性污泥法相同，惟採用調整設計參數方式，利用微生物體內分解期之階段，使下水中 BOD 減少，同時減少剩餘活性污泥。

本法生物反應槽內 BOD 負荷很低，由於長時間曝氣，使槽內之活性污泥處於營養不足狀態，利用微生物體內呼吸期，因此一度形成之污泥膠羽再度分解，以減少剩餘污泥產生量。

(4) 氧化渠法

氧化渠法與延長曝氣法原理相同，但處理設施不同，為深 2 至 5 米溝渠連結成環狀或帶狀，典型方式以橫軸輪刷式曝氣機自水表面供給氧，同時使污泥不沉降，混合液之流速維持 0.3 m/s 以上之處理方法。

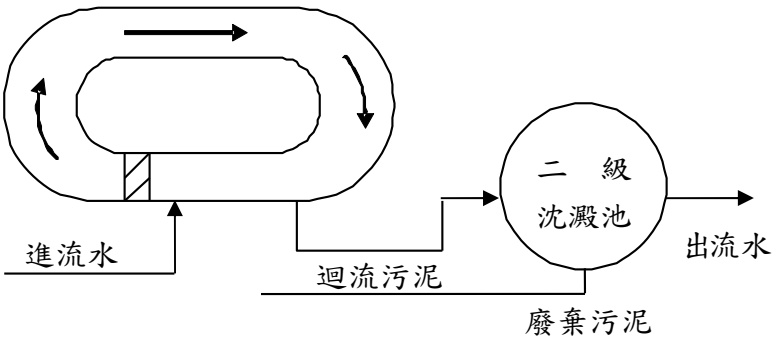


圖 4-3　氧化渠法(Oxidation Ditch)示意圖

(5) 分批式活性污泥法(SBR)

分批式活性污泥法為活性污泥法之修正法，基本上為生物反應槽兼具沉澱槽之用，而依其流入水為間歇流入或連續流入而有不同操作，間歇流入者其操作分污水流入、曝氣、沉澱及排水等四個階段進行。由污水流入至排水為一循環，其一循環之操作包括曝氣及攪拌設備皆在一個反應槽內依次進行，而以連續循環操作之。

分批式活性污泥法不需如同一般活性污泥法需另設置二級沉澱池及迴流污泥泵，進流方式連續流入者則需有避免影響沉澱之阻流設施。

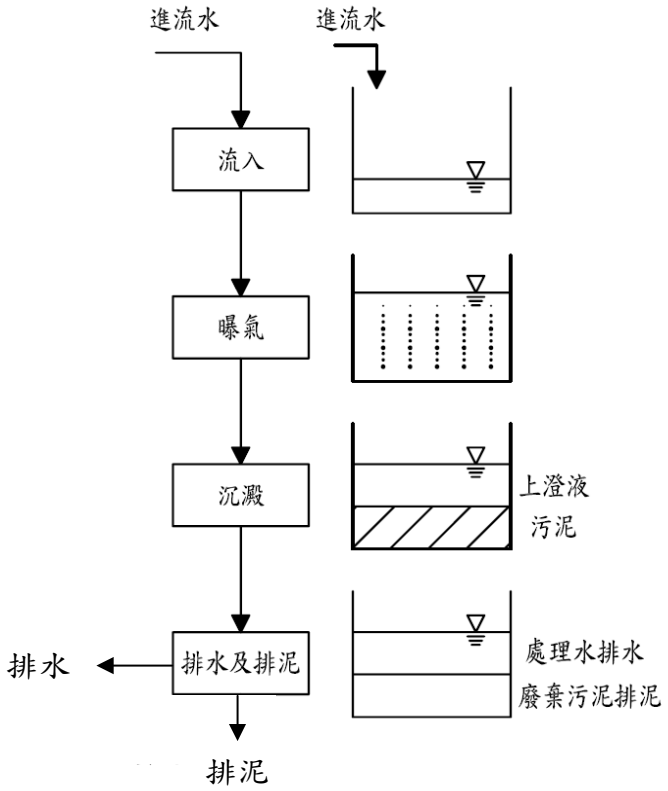


圖 4-4 分批式活性污泥法(Sequencing Batch Reactor)示意圖

(6) 深層曝氣法(Deep aeration)

標準活性污泥法經過多年發展，其各種變化方式之生物反應槽水深多為 4~6 公尺，如採更深生物反應槽則稱為深層曝氣法，因其池槽水深較深，設施單位面積將可大幅減少(如水深 10 公尺時池槽面積可減低至 50%)，適合用地取得困難之地區。

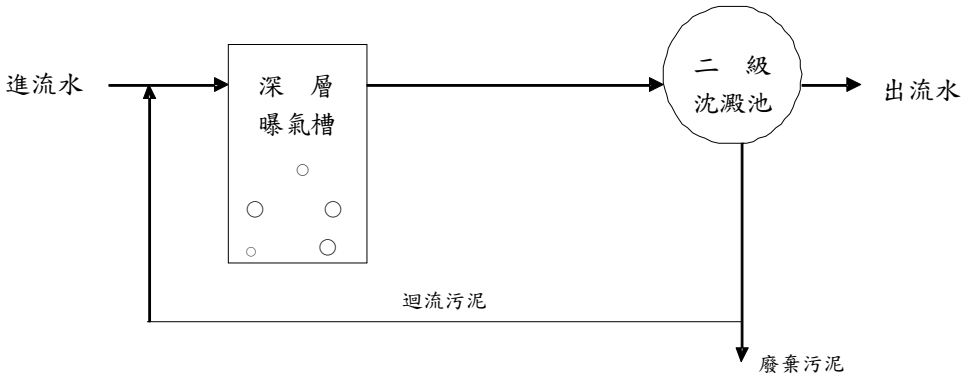


圖 4-5 深層曝氣法(Deep Tank Aeration)示意圖

(7) 活性污泥膜濾法(Membrane bio-reactor，MBR)

活性污泥膜濾法係於生物反應槽內(或採外掛方式)加設薄膜(Membrane)模組，其結合薄膜固液分離與生物反應槽功能之處理技術，具備生物分解與薄膜分離之雙重作用，可達到去除溶質及固體物之效。本法將反應槽內微生物或懸浮固體以薄膜分離組絕而產生澄清濾後水，由於微生物被有效滯留於反應槽內，因而可穩定控制微生物在反應槽之停留時間(污泥齡)，膜組操作時利用透膜壓力為驅動力，將經過活性污泥處理過之混合液過濾而得到過濾液放流水，由於本法通常使用之薄膜孔徑僅約 0.01 至 0.4 μm，濾後放流水水質較一般砂濾為佳，可直接作為都市用途水如景觀澆灌、街道灑水、沖廁等使用。

活性污泥膜濾法因其藉由膜組進行固液分離，可取代傳統生物處理系統之沉澱池、砂濾及消毒單元，惟膜組系統必須定期反沖洗及藥洗以恢復通量。

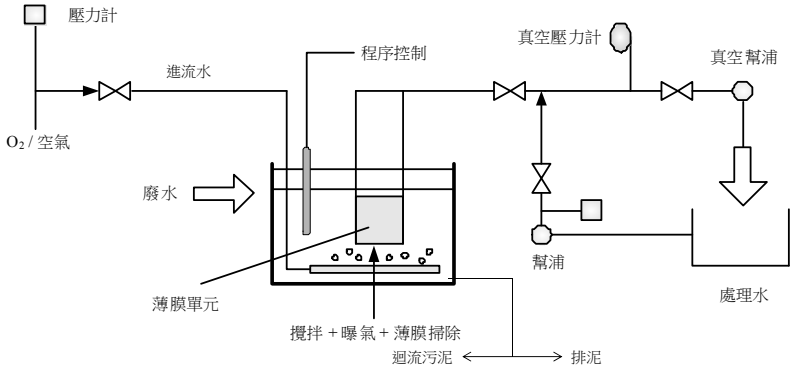


圖 4-6　活性污泥膜濾法(Membrane Bioreactor)示意圖

2.標準活性污泥法生物反應槽設計公式

活性污泥法之設計須包括負荷負荷標準、生物反應槽型式、污泥產生、需氧量、營養需求、環境需求、固液分離、放流水水質、廠址現地條件等項目，活性污泥法之反應槽容積，依各處理方式之設計參數水力停留時間及設計流量計算之。

當以去除碳源污染物為主時，反應槽的容積及污泥產生量，可按下列公式計算：

(1) 按污泥負荷計算：

$$V=\frac{Q(S_o-S_e)}{L_sX} \quad \text{.....(4-1)}$$

(2) 按污泥泥齡計算：

$$V=\frac{QY\theta_c(S_o-S_e)}{X_V(1+K_d\theta_c)} \quad \text{.....(4-2)}$$

式中：

V：反應槽的容積（m^3）

S_o：反應槽進水 5 日生化需氧量（mg/L）

S_e：反應槽出水 5 日生化需氧量（mg/L）

Q：反應槽的設計流量（m^3/day）

L_s：反應槽的 5 日生化需氧量污泥負荷[kgBOD$_5$/(kgMLSS·d)]

X：反應槽內混合液懸浮固體平均濃度（mgMLSS/L）

Y：污泥產率係數（kgVSS/kgBOD$_5$）(一般取 0.4～0.8)

X_V：反應槽內混合液揮發性懸浮固體平均濃度(mgMLVSS/L)

θ_c：設計污泥齡 SRT（d）

K_d：衰減係數（d^{-1}）。

(3) θc（SRT）

θc 為 SRT，代表污泥在系統中停留的平均時間，是活性污泥法設計時關鍵的參數，最小污泥齡與微生物比生長率成倒數關係，常用的最小參考值如下表。

表 4-1 最小污泥齡與微生物比生長率最小參考值

處理目標	SRT 範圍（日）	影響 SRT 因素
生活污水去除溶解性 BOD	1-2	溫度
生活污水轉換顆粒有機物	2-4	溫度
處理生活污水形成生物膠羽	1-3	溫度
完全硝化	3-18	溫度、尖峰 TKN 負荷、抑制物質
生物除磷	2-4	溫度
穩定活性污泥	20-40	溫度

參考 Grady/Diagger/Lim“Biological Wastewater Treatment” 2nd

去氮除磷活性污泥法之 SRT 用於計算好氧池容積，一般也表示為 ASRT，如果活性系統需考量硝化時，選擇硝化設計 SRT 要考量溫度、尖峰 TKN 負荷、抑制物質等之影響，需乘上安全係數提高設計 SRT 值，安全係數可為 TKN 尖峰負荷與平均負荷之比值。

(4) 衰減係數 Kd 值

應以當地冬季和夏季的污水溫度進行修正，並按下列公式計算：

$$K_{dT} = K_{d\,20} \cdot (\theta_T)^{T-20} \quad \text{.....(4-3)}$$

式中：

K_{dT}：T℃時的衰減係數（d^{-1}）；

K_{d20}：20℃時的衰減係數（d^{-1}）；

T：設計溫度(℃)；

θ_T：溫度係數，採用 1.02～1.06。

(5) 污泥產生量

$$Px = \frac{QY_c(S_o - S_e)}{1 + K_d\theta_c} \quad \text{.....(4-4)}$$

Px：污泥產生量(kg VSS/day）

依上述計算之反應槽容積、進流水流量及水質，以及設定之 MLSS 濃度，校核有機負荷食微比、處理水水質、迴流污泥率及污泥停留時間。

3.反應槽形式

(1) 完全混合式

完全混合式是透過活性污泥法中之生物反應槽形狀及散氣方式設計，讓流入之污水、迴流污泥及槽內混合液在短時間內混合，並讓生物反應槽之溶氧消耗均勻化之處理方法，其處理流程如圖 4-7 所示。

在此類活性污泥反應生物反應槽中，進流污水和迴流污泥流入反應槽後，將即刻與槽內的混合液徹底混合，因此池內混合液亦具稀釋污水之能力，而使此類反應槽可承受較大的污水濃度與性質變化之衝擊。

相較於其他形式之活性污泥法，完全混合式反應槽操作較為簡單，生物反應槽內反應雖較不完全，但可以增長水力停留時間予以克服。

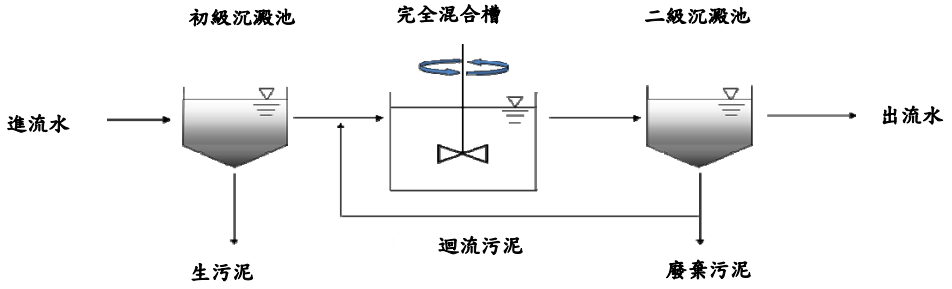


圖 4-7　完全混合式流程示意圖

(2) 柱塞流式(Plug Flow)

矩形柱塞流反應槽如示意圖。此類活性污泥法之生物反應槽通常為長方形或可以隔板等其他操作手段控制其水流成線型流過反應槽，進流水由生物反應槽之一端流入，而於另一端流出，迴流污泥則於生物反應槽之進流端注入與進流水相混合。一般污水處理廠生物反應柱塞流式池槽常用寬度約 5 至 9m，長度則可達 120m，一般採用長寬比需達 10:1 以上。

在此種活性污泥反應槽之水路流動狀態下，反應槽內各點之有機負荷逐漸降低，倘若進流水之有機負荷增大時，反應槽之進流部附近常有溶氧不足的現象，因此在設計時常依反應槽距進流端位置逐步調整其曝氣量，使其反應槽內各點均可維持一定之溶氧，其處理流程如圖 4-8 所示。

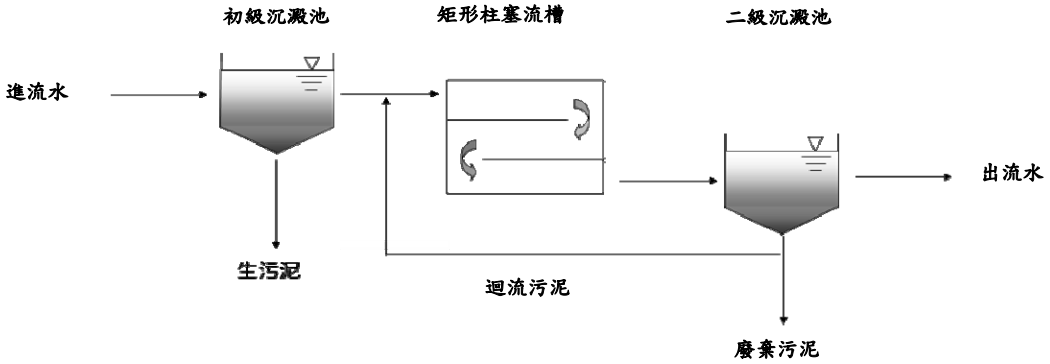


圖 4-8　柱塞流式流程示意圖

4.延長曝氣法、氧化渠法、分批式活性污泥法及膜濾法，其處理流程可省略初級沉澱池，並適用於中小規模處理廠。另膜濾法可省略二級沉澱池及消毒單元。

5.膜濾法因過濾膜採用 MF 或 UF 膜（孔徑 0.01～0.4 μm），為避免濾膜損傷，進流水應先經細篩處理，並調勻流量，其設計可參考相關技術應用手冊，例如活性污泥膜濾法 MBR 技術手冊。

4-3-02 去氮除磷活性污泥法之種類及設計參數 **（原則 24）**

去氮除磷活性污泥法之各種處理方式、設計參數示如表。

設計參數		單位	處理方式					
			A_2O	Modified Bardenpho	MUCT	VIP	MSBR	TNCU
食微比		Kg BOD/kg MLVSS.day	0.15～0.25	0.1～0.20	0.1～0.20	0.1～0.20	0.1～0.2	0.1～0.2
污泥停留時間 ASRT		day	4～27	10～40	10～30	5～10	—	5～15
MLSS		mg/L	2,000～4,000	2,000～5,000	2,000～5,000	1,500～3,000	600～5,000	2,000～4,000
水力停留時間(hr)	厭氧段	hr	0.5～1.5	1～2	1～2	1～2	0.0～3.0	1.0～1.5 (厭氧) 3.0～3.5 (好氧)
	缺氧段一	hr	0.5～1.0	2～4	2～4	1～2	0.0～1.6	1.5～2.0 (缺氧)
	好氧段一	hr	3.5～6.0	4～12	4～2	2.5～4.0	0.5～1.0	1.5～2.0 (好氧)
	缺氧段二	hr	—	2～4	2～4	—	0.0～0.3	1.5～2.0 (缺氧)
	好氧段二	hr	—	0.5～1.0	—	—	0.0～0.3 (沉澱 1.5～2.0)	0.5～1.0 (好氧)
	合計	hr	4.5～8.5	9.5～23	9～22	4.5～8	4～9	9～12
迴流污泥率		%	20～50	80～100	80～100	50～100	—	20～50
硝化液循環率		%	100～300	400～600	100～600	200～400	—	0
缺氧液循環率		%	—	—	50～100	—	—	—

註：本表整理自「Wastewater Treatment plants planning,Design and Operation」2nd ed Syed R.Qasim 及 2009 日本下水道協會

【解說】

1. 去氮除磷活性污泥法之各種處理方式說明

(1) A_2O 處理方式：

典型之厭氧/缺氧/好氧程序為厭氧、缺氧及好氧三單元之組合（Anaerobic /Anoxic/Oxic），厭氧槽置於最前端，迴流之磷積蓄菌可直接利用進流原廢水之有機物，使其與其他細菌競爭；又由於脫硝菌利用有機物較不敏感；可於第二（缺氧）槽中將迴流水之 NO_2^-及 NO_3^-進行脫硝反應；第三（好氧）槽中則具有硝化作用。此程序之特點在於設計較短之污泥停留時間 SRT，及較高之有機負荷量。

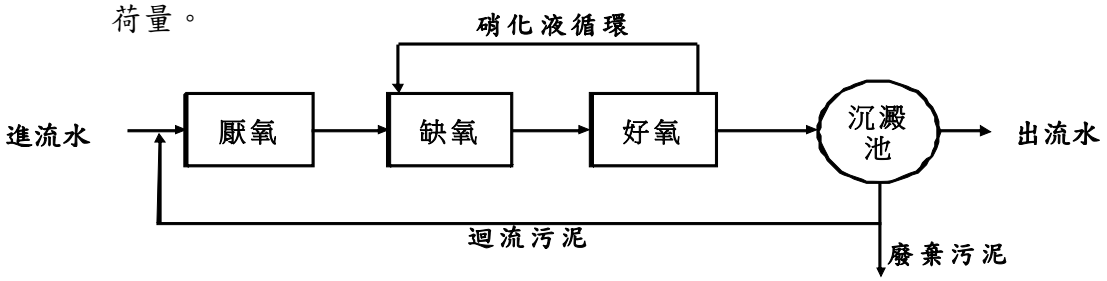


圖 4-9 A_2O(Anaerobic/Anoxic/Oxide)處理程序示意圖

(2) Modified Bardenpho 處理方式：

Modified Bardenpho 為厭氧、缺氧及好氧等三生物反應槽組合，第一段厭氣槽可將有機碳及有機氮裂解出較小分子之有機物，如脂肪酸及乙酸，並產生無機氨氮和磷酸鹽；經由第二段缺氧槽時，迴流之混合液挾帶組合氧如 NO_2^-及 NO_3^-，在此與有機碳被脫硝菌所利用分解而發生脫硝反應，產生 N_2 逸出水中；再流經

第三段曝氣槽由好氧性硝化菌繼續進行生物氧化氨氮，轉化為更完全之硝酸鹽氮，同槽內磷積蓄菌進行攝取水中大量磷酸鹽入胞內，形成含高磷量之污泥，除部份污泥排棄於系統外，部份污泥迴流返送回厭氧槽，再行釋磷並分解更多有機碳。

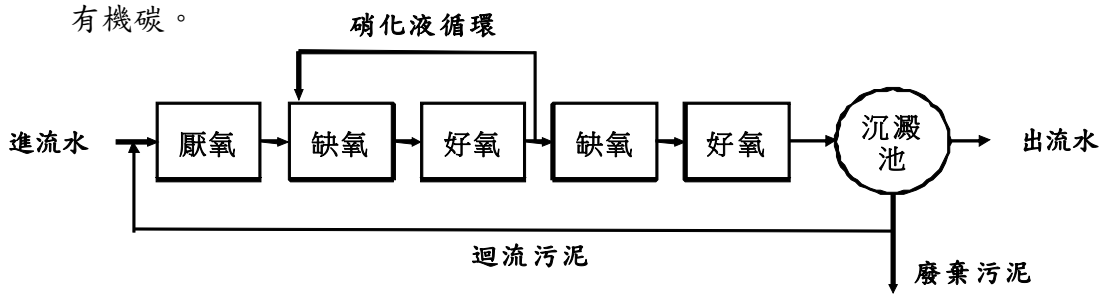


圖 4-10　Modified Bardenpho 處理程序示意圖

(3) MUCT 處理方式示意圖如下：

為避免厭氧槽的釋磷作用受到釋磷的作用受到迴流污泥中硝酸鹽的干擾，UCT 系統將三階段式 A_2O 系統之外部迴流 RAS 及內部迴流重新排列，由二沉池迴流之污泥先經過缺氧槽進行脫硝後，再迴流至第一段厭氧槽進行生物釋磷作用。

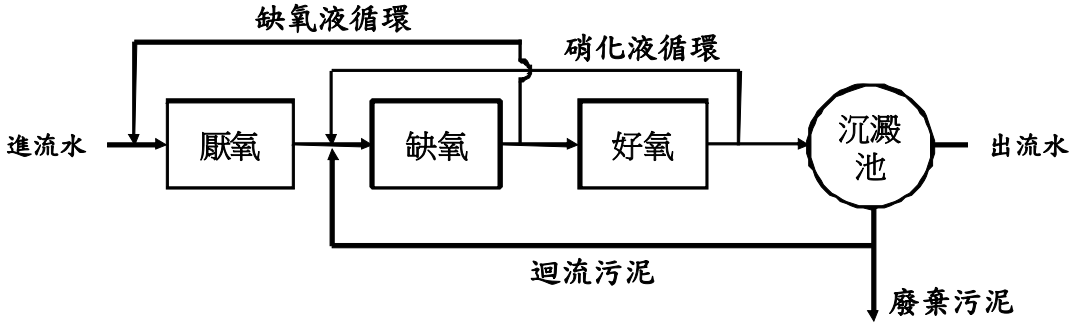


圖 4-11　MUCT(University of Cape Town)處理程序示意圖

(4) VIP 處理方式：

本法處理程序如圖，為將污泥及硝化混合液都迴流至缺氧槽，其後再自缺氧槽迴流混合液至厭氧槽之程序，則迴流之硝酸鹽可在缺氧槽內先被去除，減低對厭氧槽釋磷之抑制。

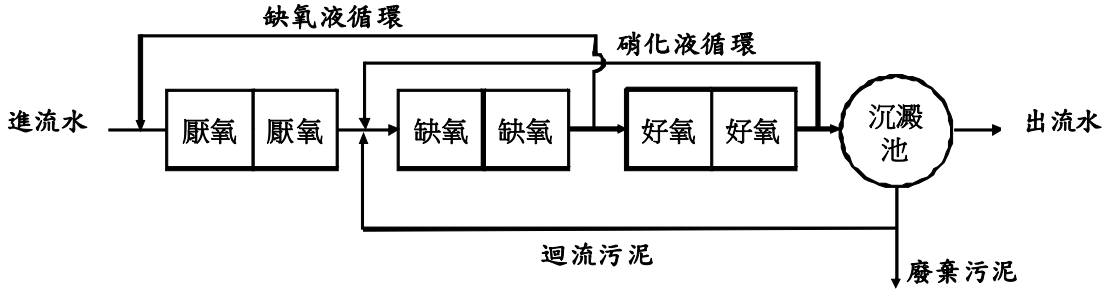


圖 4-12　VIP(Virginia Initiative Plant)處理程序示意圖

(5) MSBR 處理方式：

MSBR(Modified sequentially batch reactors)，所有活性污泥之反應均於同一完全混合式的反應槽中完成，此反應槽兼具生物反應槽與沉澱槽之功能，本程序為將 SBR 系統之操作分為進水、厭氧期、好氧期、缺氧期、沉澱期及排水和排泥之操作，以使釋磷、硝化、攝磷、脫硝及分離，達到除磷、除氮效果。

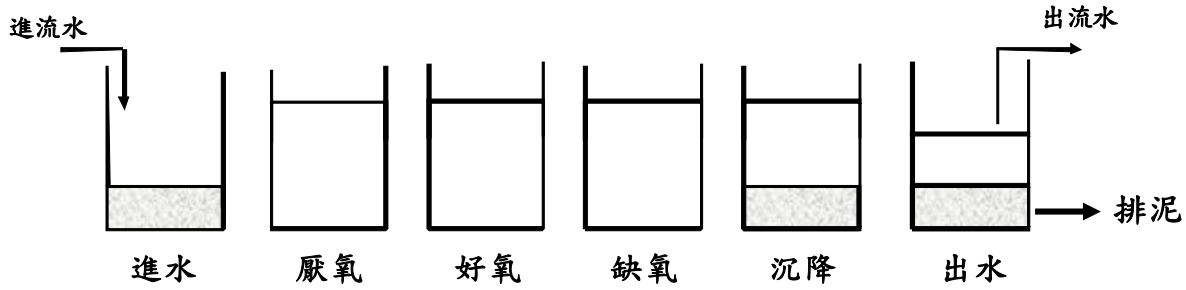


圖 4-13　MSBR(Modified Sequencing batch reactors)處理程序示意圖

(6) TNCU 處理方式:

TNCU(Taiwan National Central University)，在柱塞流系統，大部分流入水與迴流污泥混合，先進行厭氧釋磷反應後，再於後續好氧槽進行充分硝化及攝磷反應，其後再於後續之 AOAO 缺氧槽充分脫硝及好氧槽硝化，為提供足夠碳源進行脫硝反應，將小部份流入水引至各脫硝槽，出流前再予提供溶氧，因出流水硝酸鹽有效被去除，可避免迴流污泥影響厭氧槽充分釋磷，各段進流以 70%：20%：10%為適當。

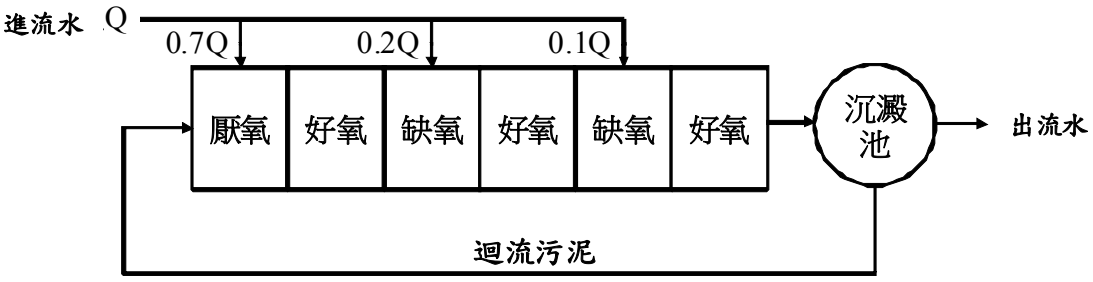


圖 4-14　TNCU(Taiwan National Central University)處理程序示意圖

2. 活性污泥法去氮的機制

(1) 活性污泥法去氮包含硝化及脫硝兩種機制。硝化為硝化菌將氨氮氧化為亞硝酸鹽氮，再行氧化成硝酸鹽氮；脫硝則為脫硝菌以硝酸鹽或亞硝酸鹽為電子接受者，有機碳為電子供應者，進行生物還原作用成為 NO、N_2O 及 N_2。

(2) 硝化作用主要受 pH、溶氧、碳氮比、溫度、水力停留時間、污泥停留時間、分子氨濃度等因子影響。

(3) 相關反應式

A. 硝化理論需氧量為 4.57 g-O_2 / g-N，反應式如下：

$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O$

B. 硝化理論鹼度消耗量為 7.14 g-$CaCO_3$ / g-N，反應式如下：

$NH_4^+ + 2HCO_3^- + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2CO_2 + 3H_2O$

C. 氨氮轉化成生物細胞反應式如下

$4CO_2 + HCO_3^- + NH_4^+ + H_2O \rightarrow C_5H_7O_2N + 5O_2$

D. 總反應可參考如下：

(A) 參考歐陽嶠暉編著“下水道工程學”2011 年版 P.330

(B) $NH_4^+ + 1.83O_2 + 1.98HCO_3^- \rightarrow 0.21C_5H_7O_2N + 0.98NO_3^- + 1.04H_2O + 1.88H_2CO_3$

(C) 參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th.

P.613

(D) $NH_4^+ + 1.863O_2 + 0.098CO_2 \rightarrow 0.0196C_5H_7O_2N + 0.98NO_3^- + 0.094H_2O + 1.98H^+$

(E) 硝化比生長率計算參考如下，與最小污泥齡θc,min 成倒數關係：

E. 參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th. P.614

$$\mu_n = \mu_{nm} \times \left(\frac{S_{NH_4\text{-}N}}{K_n + S_{NH_4\text{-}N}}\right) \times \left(\frac{S_{O_2}}{K_o + S_{O_2}}\right) - K_{dn} \quad \text{.....(4-5)}$$

式中：

μ_{nm}：硝化菌最大比生長率（1/d）

$S_{NH4\text{-}N}$：氨氮濃度（mg/L）

K_n：硝化半飽和常數（mg/L）

S_{O2}：溶氧濃度（mg/L）

K_o：溶氧半飽和常數（mg/L）

K_{dn}：硝化菌衰減係數（1/d）

3. 硝化槽體積計算可參考如下：

(1) 參考 Taylor & Francis“Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal”, P.30

$$V_{NO} = \frac{\left[Y_{nH}(S_0 - S) + X_i + Y_{nN} \times N_{OX}\right] \times Q \times \theta_{c,d}}{X} \quad \text{.....(4-6)}$$

式中：

YnH：淨污泥產率係數（kg-VSS / kg-BOD5），YH / (1 + Kd × θc,d)

S0：進流 BOD5 濃度（mg/L）

S：出流 BOD5 濃度（mg/L）

Xi：進流水不可分解惰性固體物濃度（mg/L）

YnN：硝化菌淨污泥產率係數（kg-VSS / kg-BOD5），YN / (1 + Kdn × θc,d)

NOX：氨氮氧化成硝酸鹽濃度（mg/L）

θc,d：設計污泥齡（d），應等於θc,min × S.F.

X：硝化槽 MLSS 濃度（mg/L）

或

(2) 參考日本下水道協會 “下水道施設計畫・設計指針と解說 V.1 - 前編 (2009 年版)”

$V_A = Q_{in} \times t_A = Q_{in} \times \theta_{XA}(a \times C_{S\text{-}BOD_{in}} + b \times C_{SS,in}) / (1 + c \times \theta_{XA})X$..... (4-7)

其中 Qin：進流水量(m3/d)

t_A：好氧池停留時間(d)

θ_{XA}：好氧之固體物停留時間（A-SRT）(d)

$CS\text{-}BOD_{in}$：進流水溶解性BOD濃度 (mg/L)

CSS_{in}：進流水SS濃度 (mg/L)

X：MLSS濃度(mg/L)

a：溶解性BOD之污泥轉換率 (g MLSS/g S-BOD)

b：SS之污泥轉換率(g MLSS/g SS)

c：污泥自行分解係數（1/d）

一般 a =0.5～0.6，b=0.9～1.0，c=0.025～0.035

4. 脫硝所需碳源（電子供應者）不同時，其反應式如下

(1) 廢水

$C_{10}H_{19}O_3N + 10NO_3^- \rightarrow 5N_2 + 10CO_2 + 3H_2O + NH_3 + 10OH^-$

(2) 甲醇

$5CH_3OH + 6NO_3^- \rightarrow 3N_2 + 5CO_2 + 7H_2O + 6OH^-$

(3) 醋酸

$5CH_3COOH + 8NO_3^- \rightarrow 4N_2 + 10CO_2 + 6H_2O + 8OH^-$

5. 硝化液內部迴流比 R 計算參考如下：

參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th. P.758

$$R = \frac{N_{OX}}{N_e} - \mathbf{1.0} - r \quad \text{.....(4-8)}$$

式中：

N_e—設計出水 NO_3^-濃度（mg/L）

r—迴流污泥比

6. 比脫硝率 rNOx 可依 F/M、溫度、R 校正後求取經驗式，或計算參考如下：

(1) 經驗式：參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th. P.754

$$r_{NOx} = [\ 0.03 \times (F/Ma) + 0.029\ ] \times 1.026^{(T-20)} \quad \text{.....(4-9)}$$

(2) 理論通式：參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th. P.760

$$r_{NOx} = \left(\frac{1-1.42Y}{2.86}\right)\times\left(\frac{kXS}{K_s+S}\right)\times\left(\frac{S_{NO3}}{K_{s,NO3}+S_{NO3}}\right)\times\left(\frac{K'_O}{K'_o+S_{O2}}\right)\times\eta$$

$$+\left(\frac{S_{NO3}}{K_{s,NO3}+S_{NO3}}\right)\times\left(\frac{K'_O}{K'_o+S_{O2}}\right)\times\left(\frac{\mathbf{1.42}}{\mathbf{2.86}}\right)\times k_d X_\eta \quad \text{.....(4-10)}$$

式中：

$K_{s,NO3}$：硝酸鹽限制反應半速率常數（mg/L），0.1

K'_O：DO 對硝酸鹽抑制係數（mg/L），0.1~0.2

η：脫硝菌佔比例

7. 脫硝槽體積計算參考如下：

(1) 參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” 4th. P.754

$$V_{AN} = \frac{NO_r}{r_{NOx}\times X_b} \quad \text{.....(4-11)}$$

式中：

NO_r：去除之 NO_3-N 量（g-NO_3-N / g-VSS / d）

X_b：脫硝槽 MLVSS 濃度（mg/L）

或

(2) 參考日本下水道協會 “下水道施設計畫・設計指針と解說後編 V.1 - (2009 年版)”

$$V_{AN} = \frac{Qin \times t_{AN}}{24} \quad \text{.....(4-12)}$$

其中 Qin：流入水量(m^3/d)

t_{AN}：缺氧池停留時間(h)

缺氧池進流水之停留時間一般1～2小時

8. 除氮系統的效率

(1) 除氮系統的效率是依據硝酸鹽氮的脫硝程度計算，計算時應扣除廢棄污泥及出水中所去除的凱式氮，計算式如下：

$$\text{除氮去除率} = \left(1 - \frac{TNef - TKNef}{TNin - TNex - TKNef}\right) \times 100\% \quad \text{.....(4-13)}$$

其中

TNin：進流水總氮量

TNef：放流水總氮量

TNex：廢棄污泥總氮量

TKNef：放流水凱式氮總量

(2) 根據硝酸鹽氮之平衡關係，各種處理方式所能達成之最大除氮理論去除率，計算式如下：

$$\text{最大除氮理論去除率} = \left(1 - \frac{1}{N} \times \frac{1}{1 + r + R}\right) \times 100\% \quad \text{.....(4-14)}$$

其中

N：缺氧槽段數

r：迴流污泥率(0-1)

R：系統最後一段之硝化液內部循環比

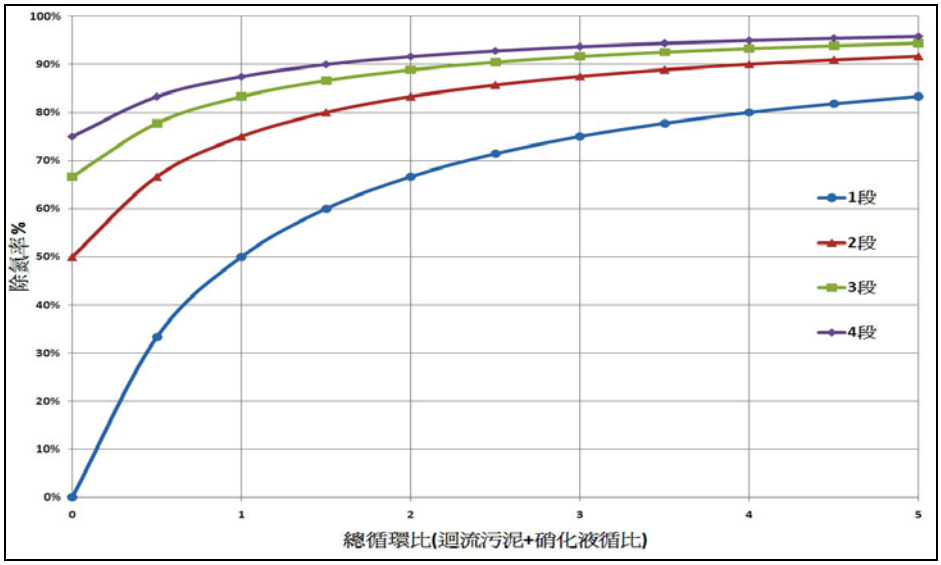


圖 4-15　除氮段數、循環比與除氮效率圖

9. 活性污泥法除磷的機制

(1) 活性污泥除磷程序即藉由超量攝取磷之磷蓄積菌的行為，以降低廢水中磷之濃度，而儲存於磷蓄積菌體內的磷，則藉由系統排泥，以達到除磷的目的。

(2) 除磷作用主要受 pH、磷的蓄積能力、碳磷比、厭氧槽水力停留時間、污泥齡、硝酸鹽濃度、攝磷溶氧量等因子影響。

(3) 厭氧池容量之計算

厭氧池槽容量可依厭氧段停留時間計算或是參考日本下水道協會“下水道施設

計畫・設計指針と解說後編 V.1 - (2009 年版)”

$V_{DN} = V_{DN+A} - V_A$ ....(4-15)

$$V_{DN+A} = \frac{C_{BODin} \times Q_{in}}{L_{BOD/X} \times X} \quad \text{.....(4-16)}$$

其中

C_{BODin}：進流水 BOD濃度(mg/L)

Q_{in}：流入水量(m3/d)

$L_{BOD/X}$：BOD-SS負荷（kg BOD/kg MLSS/d）

X：MLSS濃度(mg/L)

10. 反應槽設計要點

(1) 反應槽容積，依各種處理方式之設計參數水力停留時間及設計流量計算之。並藉以區分各處理方式之相關各段之容積。再依設定 MLSS 濃度、校核該處理方式之食微比、污泥停留時間等。

(2) 為有效去除污水中的磷，得於污水處理廠進流水中自沉砂池後設置繞流管直接引水入去氮除磷之生物反應槽。

(3) 去氮除磷生物系統中，二級沉澱池所沉降之活性污泥，應維持循環迴流，其污泥排出時應即進行污泥處理，以防止固體物中磷的釋出。

(4) TNCU處理方式採分段進流，其分段進流比例為0.7：0.2：0.1或0.8：0.1：0.1，可視總氮去除率酌量調整分段進流比例。

(5) 厭氧、缺氧、好氧槽間應設池牆或隔板區隔，流入流出應避免帶有自由氧或結合氧之混合液迴流至厭氧槽或缺氧槽。

(6) 厭、缺氧槽攪拌目的以維持混合液懸浮狀態，包括沉水式攪拌、豎軸攪拌或噴射攪拌等方式，並避免表面渦流使空氣帶入混合液中

11. 去氮除磷之處理系統，得設快濾裝置，提高除磷效果。

12. 脫硝反應中間產物 N_2O 屬溫室氣體，部分脫硝菌最終產物是 N_2O 而非 N_2，操作上應避免累積、逸散，必要時可設儀器監控。

4-3-03 去氮活性污泥處理 **（原則 24）**

去氮活性污泥處理方式包括 MLE、SBR、Bardenpho（4 段式）、Oxidation ditch、MBR 及分段進水 Step Feed 等，其設計依下列：

項目 / 方式	食微比 (Kg BOD/ Kg MLSS・Day)	ASRT (day)	MLSS (mg/l)	水力停留時間(hr)			迴流污流率 (%)	硝化液循環率 (%)
				缺氧段	好氧段	合計		
MLE	0.1~0.2	7~20	3,000~4,000	1~3	4~12	5~15	50~100	100~200
SBR	0.1~0.2	10~30	3,000~5,000	可變動	可變動	20~30	—	—
Bardenpho (4 段式)	0.1~0.2	10~20	3,000~4,000	1~3 (第 1 段 2~4)	4~12 (第 2 段 0.5~1.0)	8~20	50~100	200~400
Oxidation ditch	0.1~0.25	20~30	2,000~4,000	可變動	可變動	18~30	50~100	—
MBR	-	長 (依 MLSS 濃度而定)	5,000~20,000	2~3	2~3	4~6	—	100~200
分段進水 Step Feed	0.1~0.2	5~10	2,000~3,000	配合進水比例控制好氧段之相同食微比值設計、總 HRT 6~8			50~100	原則不設置，惟高除氮需求可增設

註：本表整理自「Wastewater Engineering Treatment and Reuse」4 th,Metcal&Eddy,Inc.

【解說】

1.反應槽容積依各處理方式之水力停留時間及設計流量計算之。
2.缺氧段應以機械攪拌方式，充分維持槽內的混合狀態。
3.供氣量及反應槽形狀同前活性污泥法。

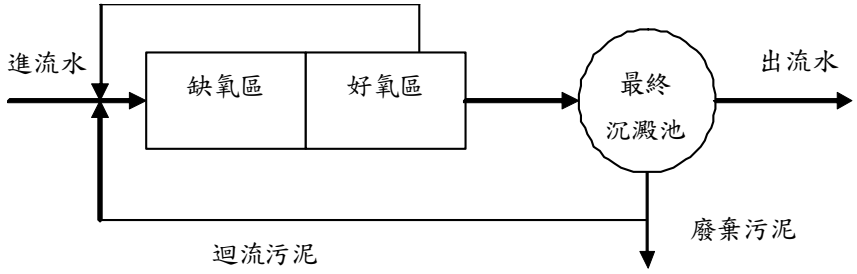


圖 4-16　MLE(Modified Ludzack and Ettinger)除氮程序示意圖

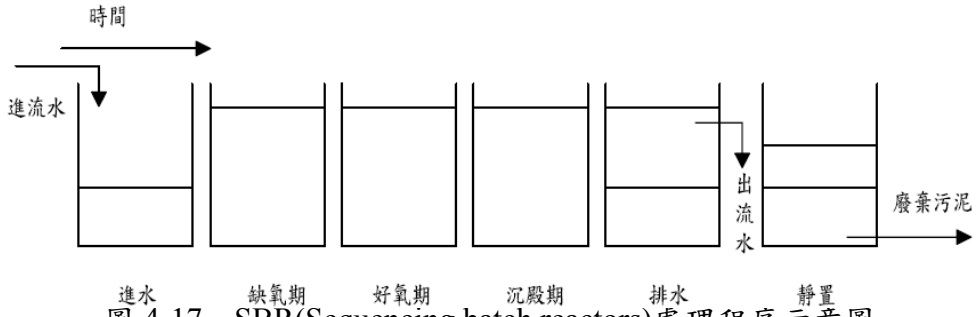


圖 4-17　SBR(Sequencing batch reactors)處理程序示意圖

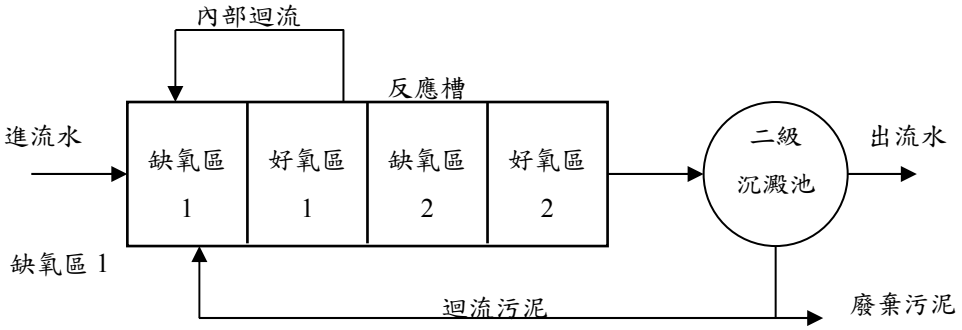


圖 4-18　Bardenpho 除氮程序示意圖

4. 氧化渠 Oxidation ditch 除氮程序

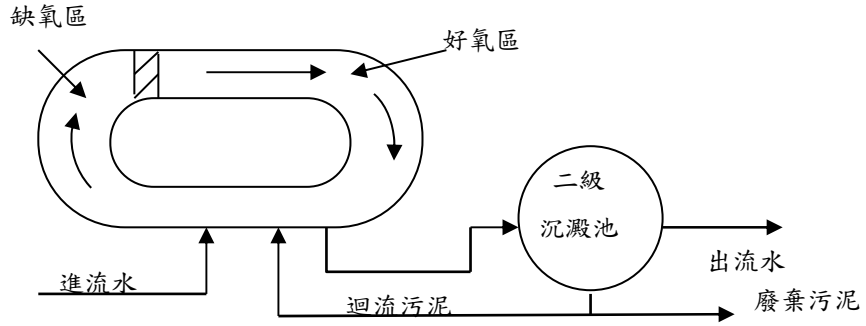


圖 4-19 氧化渠法除氮程序示意圖

5.MBR 除氮程序(Step Feed)

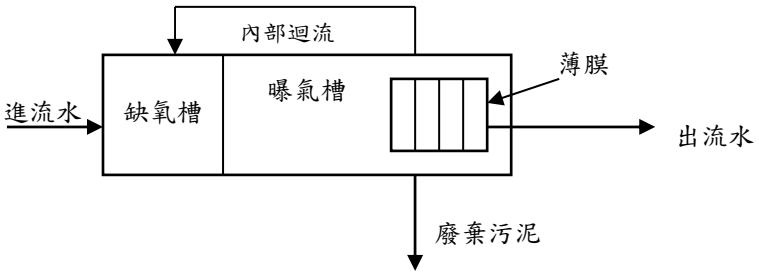


圖 4-20 MBR 除氮程序示意圖

6.分段進水除氮程序(Step Feed)

前述方法雖然都可以達到良好的去氮處理效率，惟如須泵送大量之硝化液內部循環來達到脫硝效果時，將消耗較高動力，類似於 TNCU 程序之分段進水除氮處理程序，採多段缺氧-好氧池佈置並分段進水，可減少內部硝化液循環量，由於進流水分段進入各缺氧-好氧區，槽內污泥濃度之稀釋作用將被推遲至後幾段，前幾段之 MLSS 濃度將高於後幾段，因此分段進水除氮程序具較多之污泥儲存量及較長之 SRT，可承受較大的變動負荷。

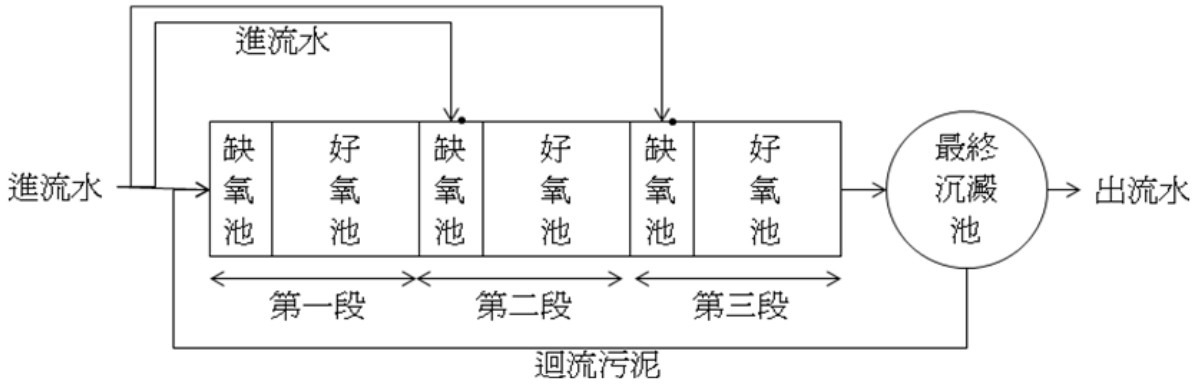


圖 4-21 分段進水除氮程序示意圖

4-3-04 活性污泥法缺氧性菌種選擇槽(Anoxic Selector)容量 **（原則 23）**

為抑制活性污泥膨化，可於活性污泥生物反應槽前設置菌種選擇槽，其容量以水力停留時間 20~30 分鐘設計。

【解說】

1. 活性污泥膨化(Bulking Sludge)係指污泥的重量輕、顏色淡、無法隨放流水流出之現象，其 SVI 值通常大於 150，可分為絲狀菌及非絲狀菌兩種，絲狀污泥係因絲狀菌在活性污泥中不正常繁殖，導致 SVI 極端增高所致使，以致沉降性變低，影響二級沉澱池之固液分離效能。
2. 為抑制活性污泥膨化，可於活性污泥生物反應槽前設置菌種選擇槽，其可混合進流污水及迴流活性污泥，並應設置攪拌器，以維持進流水及迴流污泥的均勻混合及缺氧狀態
3. 菌種選擇槽設計容量需具備足夠停留時間讓迴流污泥之膠羽快速攝取溶解性有機物以利後續處理程序，但需控制不可過大以避免氧化過多 BOD，故菌種選擇槽容量宜以水力停留時間 20~30 分鐘設計。

4-3-05 活性污泥法散氣式反應槽體、送氣量、鼓風機台數 **（原則 23）**

1.槽數二槽以上。

2.槽體形狀為矩形，有效水深 4~6 m。寬度為水深約 1~ 2 倍，以達旋迴流，全面散氣者不在此限，必要時設置阻流壁。

3.送氣量依攪拌需求與污水生物化學需氧量之去除量、硝化反應需氧量、生物反應槽混合液懸浮固體之需氧量、出流水必要之溶氧量及散氣設備之散氣效率等因素估計。清水測試氧氣之溶解效率應達 20%以上。

4.鼓風機應設二部以上。最大送風壓力應大於散氣裝置壓損、所需水壓及管線總損失之和。鼓風機應含空氣濾清器設備，空氣過濾器風速為 1.5~2.5 m/sec。鼓風機之基礎應為防振構造，並設有適當之噪音防制設備。

【解說】

1. 池槽須考量維修停用需求，至少設置二槽。
2. 池體構造須配合程序所選擇之反應槽形狀設計，並避免進水短流，為確保散氣裝置之氧氣溶解效率，有效水深應應 4~6 m。
3. 散氣裝置以能達到充分攪拌供氣之規定設置，其清水測試氧氣之溶解效率應達 20 %以上，且散氣盤風量選用，應避免產生曝氣不均勻狀況。

(1) 反應槽體安裝散氣裝置係用於分散曝氣空氣，供應廢水處理流程中所需之氧氣，並保持廢水中之固體物懸浮，安裝於曝氣池內散氣設備應採用細氣泡散氣設備。

(2) 常用細氣泡散氣設備型式為盤(或管)式預穿孔薄膜散氣組合，包括散氣盤(管)、供氣垂管、歧管、支撐、排水等

(3) 散氣盤(管)：每個散氣盤(管)組件包括散氣薄膜、散氣盤(管)基座、固定整組元件之固定裝置、密封墊片等；散氣盤(管)須有流量控制孔口以限制空氣流量，防止散氣盤(管)遭受機械性損壞時，空氣由此散氣盤大量洩漏。

(4) 散氣盤之水頭損失為包括散氣盤本體與流量控制孔口所造成的損失。

(5) 管線的水頭損失包括所有控制孔口上游端供氣垂管頂端管線的全部水頭損失。散氣管線系統的設計須便於現場安裝，並考慮空氣管線高程的調整及全部管路元件之熱膨脹等因素。

(6) 生物反應槽應考量攪拌需求，主要目的在於避免固體物在池內沉積，對於散氣盤(或管)排列於生物反應槽底，如採全面曝氣型式，其混合需求為 10~15SCMM/1000m^3 池容積。(參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse”，5-12 節曝氣系統)，如採側邊 SPIRAL 曝氣則攪拌量為 20-30 SCMM/1000 m^3，或另依下列公式計算所需 G 值，在一般好氧系統中，活性污泥要維持其懸浮性其 G 值需介於 20~75 sec^{-1}：

$$G=[(Q\times\gamma\times h)/(60\times V\times\mu_w)]^{0.5} \quad \text{..... (4-15)}$$

其中

G：速度梯度(sec^{-1})　Q：空氣流量(m^3/min)

γ：液體比重(N/m^3)　h：散氣盤上水深(m)

V：池體積(m3)　μ_w：絕對黏度($N/sec\cdot m^2$)

(以上參考 Design of Municipal Wasrewater Treatment Plants(5th Edition)，p14-123~124)



圖 4-22　散氣裝置及空氣管線

(7) 送氣管應具氣封性、耐高溫及防蝕。各部管徑之設計容量應較實際送氣量多30~50%。管內平均流速為 3～20 m/sec，管線之總壓損以 1,200 mmAq 為限。應裝置空氣流量器，各支管及主要送氣管並應裝置開關。風管之管徑及流速應考量經濟性及管線振動等，常用空氣管線流速參考表 4-2。

表 4-2　空氣管線常用流速

(參考日本下水道協會“下水道施設計畫・設計指針　解說後編 V.1 - (2009 年版)”)

管徑(mm)	流速(m/秒)
25~80	3~5
100~250	4.2~7.5
300~600	7.5~10
650~1,500	10~15

A. 空氣管線系統宜於低點考量排水裝置以排除管線內之凝結水。

B. 空氣管進入池體前宜高於液面至少 0.5M，避免池水因虹吸進入空氣管線影響操作，必要時可設置破虹吸裝置。

C. 空氣管線系統於設計時應盡可能減小管道局部壓力損失，使各池壓力相等或接近。

D. 每台鼓風機出風管應設關斷閥及逆止閥，易與人體接觸處，宜注意隔熱之需求，空氣管線系統應考量設置風量、風壓、溫度、量測之需求。

E. 由於生物反應槽依據功能需求之不同，槽底會安裝攪拌設備、散氣管、抽水機等設備，為維修相關設備，池槽槽數應為二槽以上並應有排空之考慮。

(8) 散氣設備部份

(一) 規範要求：

1.顧問公司於設計時應以符合採購法的原則下儘量使用較高之傳氧效率之散氣設備，以符合節約能源之要求。

2.散氣盤直徑尺寸以 8～10 吋為原則，避免散氣盤太小設備維修不易及散氣盤太大設備較易破損之缺失，散氣盤規範之規定應以每池生物系統需多

少空氣體積(CMM)並配合薄膜面積之單位面積最大通氣量(例如:散氣盤之最大通氣量為 1.5 m3/min・m2 散氣盤膜片面積)。

3.散氣管規範之規定應以每池生物系統需多少空氣體積(CMM)並配合薄膜面積之單位面積最大通氣量(例如:散氣管之最大通氣量為 1.0 m^3/min・m^2 散氣管膜片面積)。

4.如使用其他高效率散氣板規範之規定應以每池生物系統需多少空氣體積(CMM)並配合膜面積之單位面積最大通氣量(例如:散氣板之最大通氣量為 2.0 m3/min・m2 散氣板膜片面積)。

(二) 試驗方式:

本設備於資料送審時,須提出該批散氣設備之測試報告,可證明於設計水深下 SOTE 不低於設計條件,並需經第三方公証單位公証,並編列第三公証之費用。

(三) 補充說明:

1.散氣設備進場時,須提出製造廠之出廠證明(正本),外貨並附進口證明(正本),材質檢驗合格證明(正本)等供業主查核,否則不得安裝,相關檢驗費用已包含於設備費用內。

2.乙方應於系統完工前提出試車計畫書,測試項目需包括水平準度及曝氣均勻效果,核定後方可進行試車。散氣設備試車階段乙方應安排製造商授權之代表,於設備現場安裝完成後,依據核定試車計畫書操作並調整。現場試驗之全部費用應包含於設備之價款內。

(9) 送氣量計算式

送氣量除依攪拌需求與各類需氧量外,並應依出流水溶氧量、及根據設備的特性、位於水面下的深度、水溫、污水的氧傳特性、當地的海拔高度等因素,將計算的污水理論需氧量換算為標準狀態下之清水需氧量後,再計算出設計空氣量及所需動力。

A. 參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse”之空氣量計算如下列說明:

(A) 理論需氧量(AOR)

R0=Q(S0-S)-1.42×Pxbio+4.32Q(NOx)-脫硝所提供氧量(2.86g O2/g NO3-N)×(進流氨氮氧化為 NOX 濃度-進好氧段 NOX 濃度)×Q (4-16)

Pxbio：VSS 廢棄量 g/d

NOx：TKN-Ne-0.12 Pxbio /Q

TKN：進流 TKN mg/L

Ne：放流 NH4-N mg/L

S0：bCOD=1.6BOD(進流)

S：Ks[1+kdSRT]/[SRT×(μm-kd)-1]

Ks：單位體積活性污泥去除 BOD 量 20g/m3

kd：內呼吸削減係數，g VSS/g VSS.d

(B) SOR (Standard Oxygen Requirement)

SOR = AOTR×CS20 /[(βCSTH-CL)×α×F]×1.024(20-T) (4-17)

AOTR=SOR×(βCSTH-CL)/CS20×1.024(T-20)×α×F (4-18)

β：0.95-0.98

CSTH：飽和溶氧 mg/L

CS20：20℃飽和溶氧 mg/L

CL：操作溶氧濃度 mg/L

T：操作溫度

F：fouling factor 0.65-0.9

(C) 設計空氣需求量

$$\text{設計空氣需求量} = \frac{\text{SOR}}{\text{E}\times 60\times \text{空氣比重}\times \text{含氧比率}} \times \text{SF} \quad (4\text{-}19)$$

空氣比重 1.201 kg/m^3，氧佔 23.2%(注意相關數據會因溫度及氣壓變動)

E ：Diffuser 效率

SF：考量溫度、水量變化或是污染負荷激增或是管損變動，系統需可調整負荷，設計風量需考量安全係數(1.5-2)，。

(D) 鼓風機動力

P_w=wRTo(29.7ne)×[(P/Po)^0.283-1] (4-20)

P_w：每台鼓風機所需動力，kW

w：空氣流量質量，kg/s

R：氣體常數，8.314kJ/k ml

To：進氣絕對溫度，k

Po：進氣絕對壓力，atm

P：出氣絕對壓力，atm

n：(k-1)/k=0.283，k=1.395

29.7 ：常數

e：效率(70-90%，視鼓風機類型)

B. 參考日本下水道協會 “下水道施設計畫・設計指針と解說後編 V.1 - (2009 年版)”之空氣量計算如下列說明：

(A)理論需氧量(AOR)

需氧量=DS(有機物氧化需氧量)+DN(硝化需氧量)+DE(內呼吸需氧量)+Do(維持 DO 濃度之需氧量) (4-21)

DS={(CBODIN － CBODeff)×Qin×10-3(kgO2/d) － (LNOXDN - LNOXAODeff)(kgN/d)×K(kgBOD/kgN)}×A(kgO2/kgBOD) (4-22)

CBODIN =進流 BOD ，CBODeff =出流 BOD，Qin 進流水量

LNOXDN =缺氧槽 NOT-N 進流量，LNOXAODeff=缺氧槽 NOT-N 出流量

K=脫硝消耗的 BOD 量 (2-3)

A=去除 BOD 需要耗氧量 (0.5-0.7)

DN=C(kg O2/kg N)×Kj-N 硝化量 (4-23)

C=硝化反應所消耗氧量 (4.57)

Kj-N 硝化量=進流 Kj-N 量－出流 Kj-N 量－剩餘污泥轉換的 Kj-N 量(剩餘污泥量×Nx)

剩餘污泥量=(a×CsBODin+b×Cssin-c×τ×X)×Qin (4-24)

a=0.4-0.5，b=0.9-1.0，c=0.03-0.05

τ =好氧槽停留時間

DE=B(kg O2/(kg MLVSS d))×VA(m3)×MLVSS (kg MLVSS/m3) (4-25)

B=單位 MLVSS 發生內呼吸需要的氧量(0.05-0.15)

VA=好氧槽體積

Do=COA×(Qin+Qr+Qc)×10-3　　(4-26)

COA=好氧槽末端溶氧濃度，Qin=進流量，Qr=迴流污泥量，Qc =迴流水量

(B)SOR (Standard Oxygen Requirement)

SOR=AOR×CS1×γ/[1.024^(T2-T1)×α×(β×CS2×γ-C0)]×101.3/P (4-27)

SOR=T1℃下清水氧氣供給量，T1 溫度 曝氣溫度

AOR=T2℃下反應槽 1 日需氧量(kgO2/d)，T2 混合液溫度

CS1=T1℃下飽和溶氧濃度

CS2=T2℃下飽和溶氧濃度

C0=混合液 DO 濃度

α=Kla 補正係數(低負荷 0.93，高負荷 0.83)

β=氧氣飽和濃度補正係數(低負荷 0.97，高負荷 0.95)

γ=散氣水深下 CS 之補正係數=1/2×((10.332+h)/10.332+1)

h=散氣水深

P=處理廠大氣壓(kPa abs)

(C)設計空氣需求量

GS=SOR/[EA×ρ×OW]×100×[273+T2]/273 (4-28)

GS=所需空氣量

EA=氧氣移動效率

ρ=空氣密度(1.293kg 空氣 Nm3)

OW=空氣中氧氣含量(0.232kg O2/kg 空氣)

(D)鼓風機動力

LAD=k/(k-1)×PS×QS/60×[(PD/PS)((k-1)/k)-1]　(4-29)

LAD=理論斷熱壓縮動力

K=比熱比(空氣 1.4)

PD=吐出絕對壓力(101.3+錶壓)

PS=吸入端絕對壓力(101.3+錶壓)

QS=吸入狀態換算的空氣量(吐出空氣量依據標準吸入狀態換算(20℃，1atm，溼度 65%，密度 1.2kg/m3))

LS=LAD/η

η=全斷熱效率(多段或單段離心 0.6-0.8，魯式 0.5-0.65)

P=LS×α

P=電動機馬力(這是以吸入採用標準狀態計算，冬天如果溫度低於 20℃，動力必須乘上(273+20)/(273+T))

α=餘裕率(電動機 1.1-1.2)

4. 鼓風機選擇及形式

單段離心式鼓風機系統應含有溫度、壓力、風量、震動之感測器及積時器等裝置，能夠測量入口、出口之壓力、風量、馬達溫度、軸承之溫度及震動(如選用空氣軸承或磁性軸承設備型式，應訂定保護及預防維護機制)，且能累計設備運轉時數。魯式鼓風機應含有積時器，能累計設備運轉時數，軸承壽命：AFBMA

B10-50,000 小時(附計算書，包含廠牌、型式、型號及 C 值等)。上述訊號除能傳送至現場單元控制盤顯示外，並能經單元控制盤的 PLC 傳遞訊號至中控室顯示，以利即時監視及狀況處理。

鼓風機的設置台數，應根據建設分期、總風量、風壓、備用需求，並依各類鼓風機性能曲線、氣溫、污水量和負荷變化等綜合判斷。

(1) 鼓風機所需風壓包括下列項目

$$H = h1+h2+h3+h4+\Delta h \qquad (4\text{-}30)$$

H：鼓風機所需風壓
h1：空氣主管壓損
h2：空氣管線系統管件壓損
h3：散氣裝置散氣面以上水壓
h4：散器裝置本體壓損
Δh：安全餘裕

(2) 鼓風機選擇及形式

A.魯式鼓風機

(A)包括兩葉及三葉轉輪型式。

(B)適合中小風量，從 0.4cmm 到 240cmm，可達 C.7000mmAq 以上壓力，惟耗能較高易產熱，大馬力要設置水冷系統，因屬定容類機種，無法以進出閥控制風量。

(D)風量控制常採 BYPASS 或變轉速控制(改 PULLEY 或變頻)，常用轉速約 1100RPM。

(E)構造及外觀參考圖 4-23。

B.多段離心鼓風機

(A)風量約 3cmm 到 850cmm(依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)以上，壓力可以高到 10000mmAq 以上，性能曲線壓力與流量變化大，可以用進流閥控制調整供氣量。

(B)流量控制可採進流閥控制或出流閥控制或變頻控制。

(C)離心式有 SURGE 問題，因此管損計算可考量增加安全量 0.5PSI，以避免碰到啟動阻力增加造成 SURGE。

(D)常用轉速約 3500RPM。

(E)構造及外觀參考圖 4-24。

C.單段離心鼓風機(馬達直驅式)

(A)風量約 0.25cmm 到 250cmm，(依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)壓力可以高到 10000mmAq 以上，性能曲線壓力與流量變化大。

(B)流量控制採變頻 BLDC 馬達或出流閥控制。

(C)離心式有 SURGE 問題，因此管損計算可考量增加安全量。

(D)採用 40000RPM 高轉速，設備應注意隔音及通風導熱。

(E)構造及外觀參考圖 4-25。

(F)單段離心式鼓風機系統應含有溫度、壓力、風量及積時器等裝置，能夠測量入口、出口之壓力、風量、馬達溫度，並應訂定軸承保護及預防維護機制。

D.單段離心鼓風機(馬達+減速機驅動)

(A)風量約 15cmm 到 2000cmm，(依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)壓力可

以高到 15000mmAq 以上，性能曲線壓力與流量變化大。

(B)流量控制採進出口導流葉調整或出流閥控制。

(C)離心式有 SURGE 問題，因此管損計算可考量增加安全量。

(D)採用 10000-14000RPM 高轉速，設備應注意隔音及通風導熱。

(E)構造及外觀參考 4-26。

(F)單段離心式鼓風機系統應含有溫度、壓力、風量、震動之感測器及積時器等裝置，能夠測量入口、出口之壓力、風量、馬達溫度及軸承之溫度及震動。

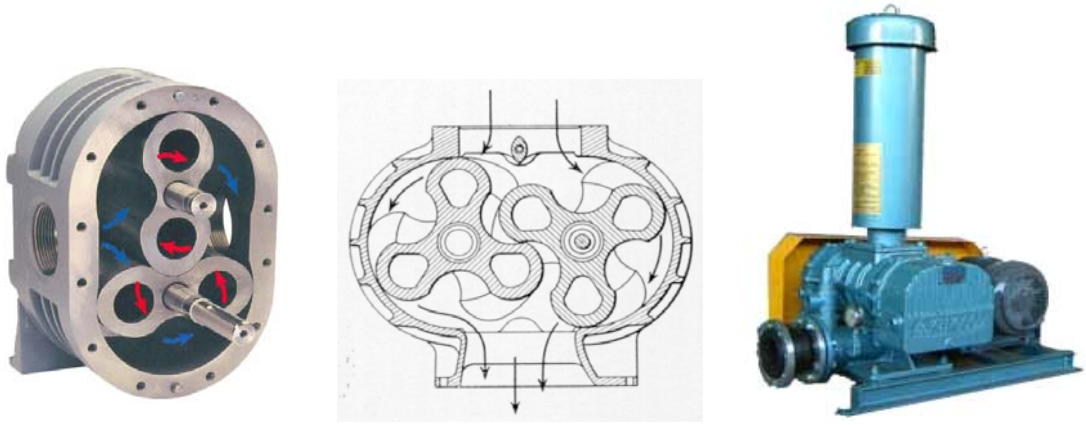


圖 4-23　容積式(魯式)鼓風機

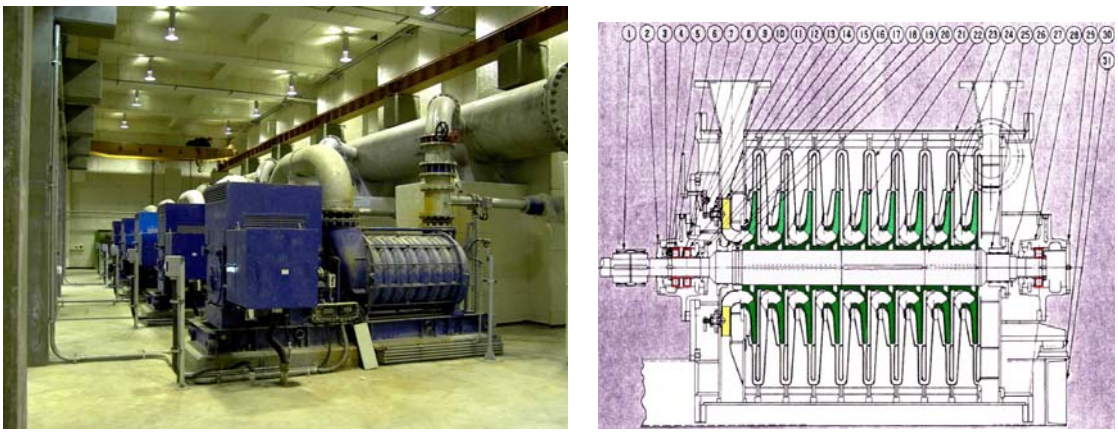


圖 4-24　多段離心式鼓風機

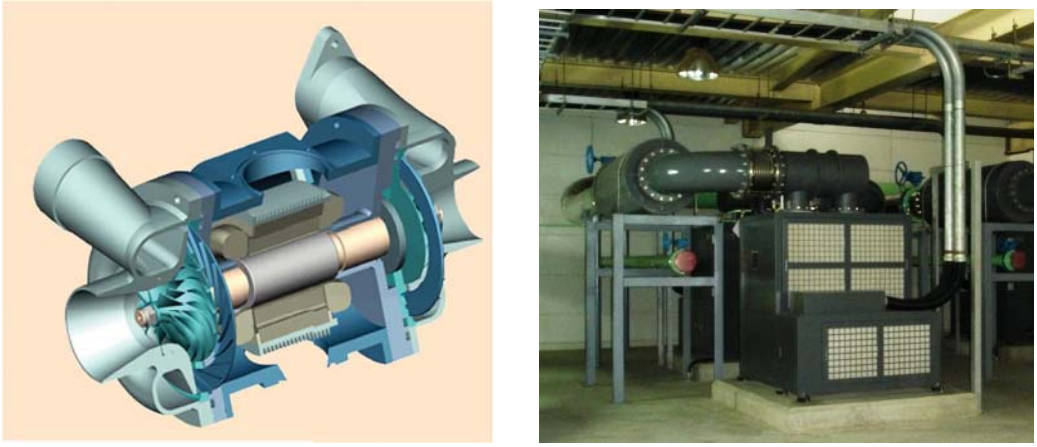


圖 4-25 單段離心式鼓風機(馬達直驅式)

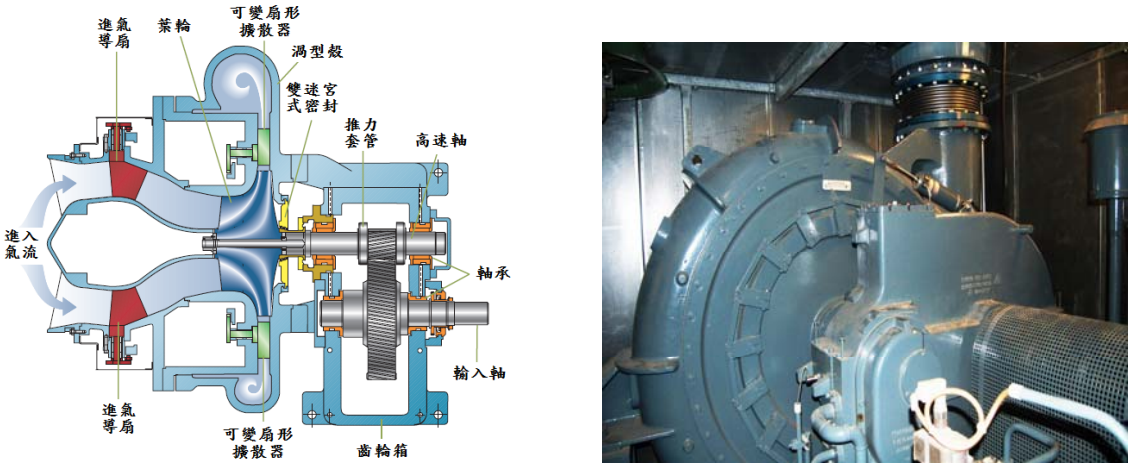


圖 4-26 單段離心式鼓風機(馬達+減速機驅動)

4-3-06 活性污泥法機械曝氣方式反應槽供氧量、槽體 **（原則 23）**

1.供氧量依生物化學需氧量之去除量、混合液懸浮固體需氧量、出流水必要之溶氧量、硝化反應需氧量及曝氣設備之氧傳輸動力效率決定；設備動力除供氧量外，亦應考量攪拌均勻所需動力。

2.豎軸式機械攪拌反應槽之容量，按計畫最大日污水量、食微比及曝氣時間估算之。池體為水密性之構造物，一般活性污泥法由多室之正方形池所構成，正方形各室間應設阻流板，若採氧化渠法則不在此限。池頂高出地面至少 15 cm 並設維護曝氣機之走道，池之四週及走道應設護欄。

3.橫軸式機械攪拌反應槽之容量，按計畫最大日污水量、食微比及曝氣時間估算之。池內流速應大於 0.3 m/sec。

4.曝氣機為輪刷式曝氣機者，其旋轉數為 60～120 rpm，並設變速或變浸水深度裝置。

5.池底應設自然排水抽水坑。

【解說】

1. 機械攪拌式主要於曝氣池水面以機械設備攪拌混合，使大氣中空氣之空氣溶入混合液中，由於發生旋回流，使溶氧移動與攪拌混合，達到曝氣的目的。

(1) 利用機械攪拌來維持固體物在污水中的懸浮狀態，使用豎軸攪拌機建議輸入淨動力為 12~16W/m3；橫軸攪拌機為 5~7W/m3，如採設置隔板的攪拌方式，則隔板間通道內流速建議大於 0.3 m/sec 或另依下列公式計算所需 G 值，在一般好氧系統中，活性污泥要維持其懸浮性其 G 值需介於 20~75 sec-1(參考 Design of Municipal Wastewater Treatment Plants(5th Edition)，p14-123~124)

$$G=[(1000\times P)/(V\times \mu_w)]^{0.5} \qquad (4\text{-}31)$$

其中

G：速度梯度(sec^{-1})

P：輸入動力(kW)

V：池體積(m3)

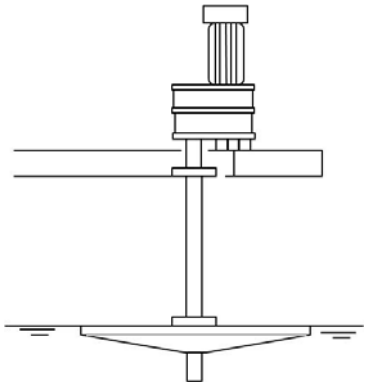
μ_w：絕對黏度($N/sec\cdot m^2$)

(2) 機械攪拌機主要有豎軸式及橫軸式，可再區分為表面曝氣及浸沒式曝氣兩種。

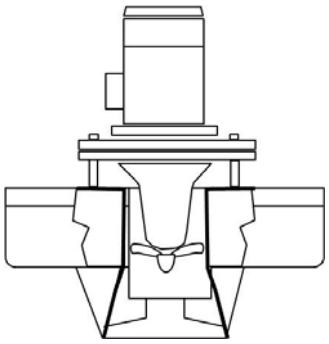
2. 豎軸式表面曝氣攪拌機

(1) 豎軸式表面曝氣攪拌機是由淹沒或部分淹沒於液面下的葉輪所構成，葉輪材質可由不銹鋼、鑄鐵、耐蝕性合金或強化玻璃纖維材質構成，葉輪型式有離心

式、斜流式或軸流式，依轉速又可分為高速或低速。離心式葉輪屬低速型，軸流式葉輪則屬高速型，典型豎軸式表曝機如圖 4-27：



A.豎軸式低速表面曝氣攪拌機



B. 豎軸式高速表面曝氣攪拌機

圖 4-27　豎軸式表面曝氣機

(2) 豎軸浸沒式曝氣攪拌機於攪拌時，空氣或純氧可在攪拌葉輪下面或通過葉輪的下降水流的過程中，經由水流擴散溶入處理水中。葉輪可使空氣氣泡分散並攪拌池內廢水。典型豎軸浸沒式曝氣攪拌機如圖 4-28：



圖 4-28　浸沒式曝氣攪拌機

3. 橫軸式表面曝氣攪拌機

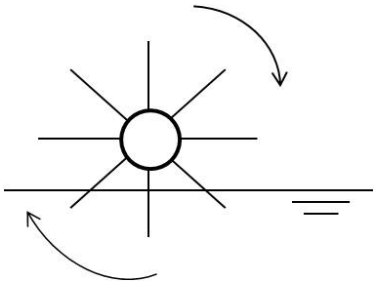
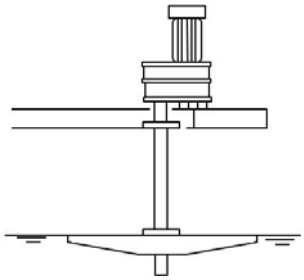
(1) 橫軸式機械攪拌機，亦可區分為表面曝氣及浸沒式曝氣兩種。

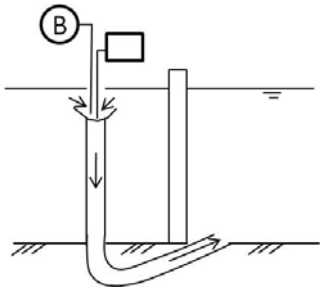
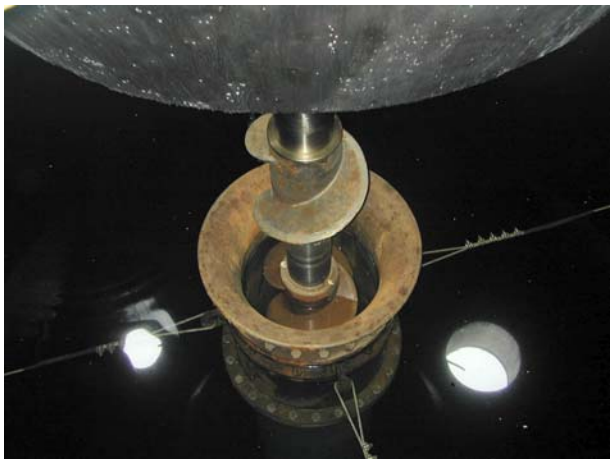
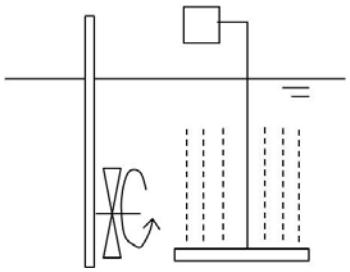
(2) 橫軸式表面曝氣攪拌機主要有輪刷式曝氣機及配合氧化渠之曝氣機。

(3) 輪刷式曝氣機其構造主要為安裝於水面上具有刷毛的水平圓柱，圓柱體快速轉動時，藉由刷毛帶動之處理水將變成較小水滴，並將空氣帶入處理水中。刷毛有角鋼、型鋼、塑料桿或其他型式葉片型式。

(4) 橫軸浸沒式曝氣攪拌機其原理與橫軸式表面曝氣攪拌機相近，惟利用附在轉軸上的圓盤或槳板來攪拌處理水。橫軸圓盤浸沒式曝氣攪拌機常用於氧化渠，圓盤浸沒於水中的深度約圓盤直徑之 1/8~3/8。

(5) 氧化渠常用之攪拌曝氣裝置說明如下圖：

型式	裝置方式	說明
橫軸式	 	為橫型旋轉軸上裝置羽板形成滾轉機，於水表面進行攪拌曝氣，為一表面曝氣方式。
豎軸式	 	藉驅動部的旋轉動力，以帶動渠道水面上部分浸水之翼輪，進行表面曝氣。

型式	裝置方式	說明
軸流泵式	 	藉軸流推進器的攪拌與空氣管供給的空氣混合，形成氣液混合體後，經由軸流泵下側再由槽體底部噴出之方式。
推進器式	 	攪拌及混合由水中的螺旋槳來進行，氧的供給則由散氣板散氣的方式來進行。

(參考歐陽嶠暉下水道工程學，p359)

4. 噴射攪拌曝氣系統

噴射攪拌系統多由噴射攪拌器及循環泵構成，池內流體經由循環泵吸入後，再經由液體管、內噴嘴到噴嘴混合室（空氣或導流流體）均勻混合，呈噴射流經外噴嘴射出，達到池內流體（或與空氣）連續、完全混合之攪拌，如需供氧則可採外部供氣或是自吸供氣，如由外部供氣需考慮空氣和泵浦流體最佳比例。

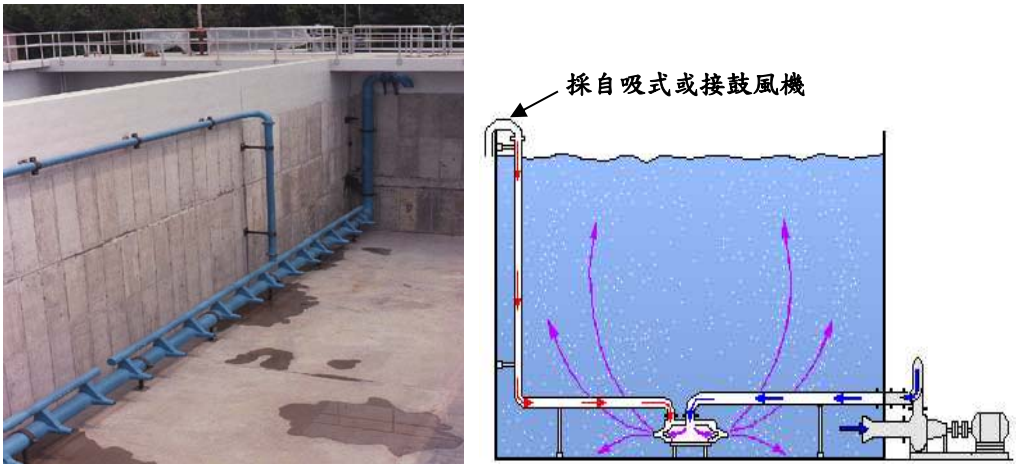


圖 4-29　噴射攪拌曝氣系統

4-3-07 活性污泥法污泥抽水機及附屬設備　　**（原則 23）**

迴流污泥抽水機應設二部以上，其設計容量為迴流污泥量之 1.5 倍，並應附有易於採樣及計量之裝置。

【解說】

1. 進流及出流口應設制水閥或閘門，並在適當處設置排水管或可移動之抽水機。
2. 應設有消泡裝置，噴嘴之出口壓力為 1.0 ~ 1.5 kgf/cm2。每一噴嘴之噴水量為 6~12 lpm，噴嘴高度為水面上 0.3 ~ 0.6 m，噴嘴間之距離為 1.2 ~ 1.5 m。消泡水之抽水機以使用離心式為主，噴嘴及配水管應具耐蝕性。
3. 迴流污泥抽水機計畫容量為計畫迴流污泥量之 1.5 倍，惟平日操作時迴流污泥量約為 20 至 80%流量(迴流污泥量過大會增加終沉池的固體物負荷)，因此抽水機輸送量及台數應注意低量操作之需求。
4. 迴流污泥量之控制，一般可採迴流污泥流量計搭配變頻控制抽水機輸送量，或是採迴流污泥流量計搭配蝶閥開度控制流量。
5. 廢棄污泥抽水機抽水量宜配合後續污泥處理池槽之容量及操作模式設計。

第 4 節　生物處理單元-固定生物膜法

4-4-01 生物膜法種類　　**（原則 23）**

生物膜法常用者有接觸曝氣法及好氧生物濾床法。

【解說】

1. 生物膜法為附著式生長，其一重要特性在於基質與氧氣傳遞受擴散作用限制，其傳輸過程如圖 4-30 所示，包含四部分:
   (1)含基質之液體對生物膜表面產生擴散。
   (2)生物膜內部之基質擴散。
   (3)生物反應形成之基質代謝。
   (4)代謝產生物自生物膜排出。
2. 污水進行生物膜法處理前，宜經沉澱處理。當進水水質或水量波動大時，應設調節

池。

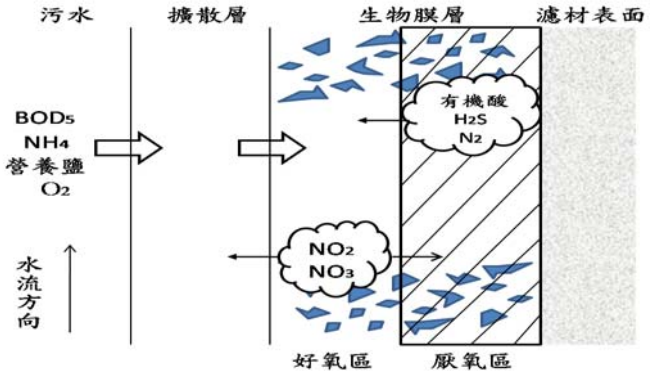


圖 4-30 生物膜基質擴散示意圖
(工業污染防治技術手冊-生物接觸曝氣法，經濟部工業局)

4-4-02 接觸曝氣法反應槽設計 **（原則 23）**

接觸曝氣法反應槽設計考慮事項如下：

1.依最大日污水量及設計水質，以 BOD 容積負荷 0.3 kg/m^3‧day 計算反應槽容量。
2.形狀可為長方形或正方形，寬為水深的 1～2 倍。
3.有效水深 3～5 m。
4.槽數 2 槽以上。
5.應為堅固耐久且具水密性的鋼筋混凝土構造，槽頂應高出地面 15cm 以上。
6.接觸材以比表面積大，高孔隙率者。材質以具耐腐蝕性、不變形、不破損且具強度者。

【解說】

1. 雖然接觸材比表面積愈大，BOD 負荷可愈高，但有可能造成接觸材之孔隙大量蓄積污泥，因之為防止槽內阻塞，反應槽之 BOD 容積負荷仍以在最大日污水量時，以 0.3 kg/ m^3‧日為宜。
2. 為達到反應槽內接觸材整體均勻接觸，必須維持良好的水流狀態，故槽寬以水深的 1～2 倍為宜；反應槽進水應防止短流，出水宜採用堰式出水；反應槽底部應設置排泥和放空設施。
3. 送氣量需能達到維持反應槽內溶氧呈 2 mg/L，其曝氣方式有側面曝氣、槽中心曝氣、槽底全面曝氣及水面機械曝氣等，如圖 4-31 所示。
4. 接觸曝氣槽第 1 段取較大容積，越後段越小(2 段可採 3:2)，以達負荷之平均。槽數的決定，基於下列因素，應採 2 槽以上且多段為宜：
   (1)接觸槽定期檢查、清理之需要。
   (2)防止短流發生。
   (3)提升處理效率。
   同時複數系統設施，應有均勻分流及整流設備，以達處理效果，圖 4-32 為接觸槽配置圖例。
5. 通常接觸曝氣槽平均填充率約 55%，且孔隙率均應在 95%（含）以上，使污水可與濾材充分接觸。

理想濾材需具備以下特性：

(1)比表面積大。

(2)價格低廉且容易取得。

(3)耐用性佳。

(4)水流阻力小。

(5)生物膜容易附著。

(6)高孔隙率以減少濾池堵塞及維持良好擴散循環。

6. 常見接觸濾材如圖 4-33 所示，可分類為:

(1)粒狀不定形(形狀不均勻):礫石、碎石、坑火石、焦煤、貝殼、煤炭渣、木片、塑膠片等。

(2)成型粒狀(形狀均勻):管片、變形管片、桿環。

(3)棒狀、繩狀體:木棒、枝篠、多環繩。

(4)有孔管體:蜂巢管、多孔性圓筒。

(5)平板、波浪板:木板、塑膠網、塑膠浪板。

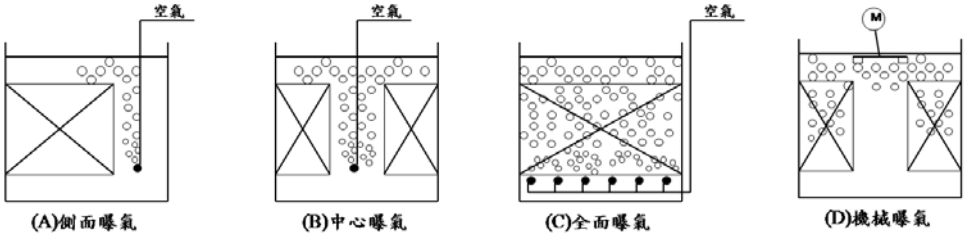


圖 4-31　接觸曝氣法各種曝氣方式(下水道工程學，歐陽嶠暉，2011 年)

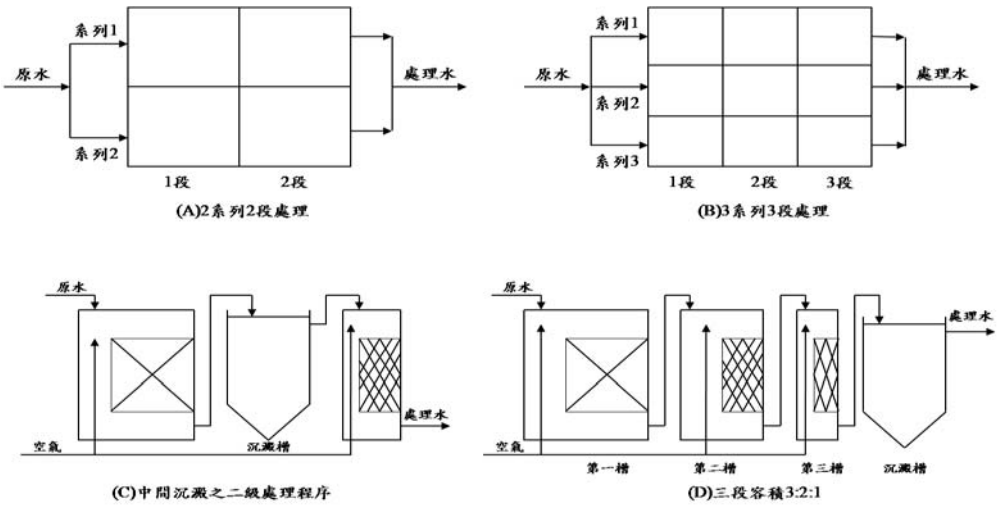
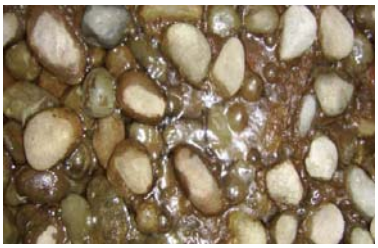


圖 4-32　接觸曝氣法流程配置圖例(下水道工程學，歐陽嶠暉，2011 年)



A.礫石



B.貝殼、珊瑚石



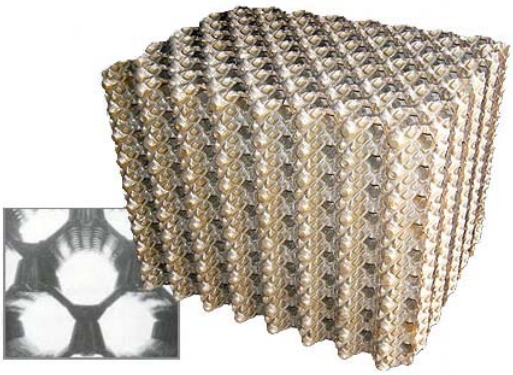
C.繩狀體



D 球型



E.傾斜波浪式



F.蜂巢式

圖 4-33　常見接觸濾材型式

4-4-03 好氧生物濾床反應槽設計　　**（原則 23）**

好氧生物濾床反應槽設計考慮依下列：

1.過濾速度依計畫最大日污水量 25 m/day 以下，BOD 容積負荷 2 kg BOD/ m^3 • day 以下設計。

2.槽體為平面形狀之正方形、長方形或圓形槽。其斷面形狀應能防止發生短流及產生污泥堆積。

3.池數 2 池以上。

4.槽體為具水密性之鋼筋混凝土構造，其周壁應考慮反沖洗時之水位高度。

5.需氧量以進流水 0.9~1.4 kg O_2/kg BOD 為準，曝氣以多孔管，可使濾床均勻曝氣之配置。

6.濾材之粒徑為 3 ~ 5 mm，應為耐久性、表面粗糙、粒狀均勻，濾層厚度以 2 m 為原則。

7.反沖洗以一日一次為原則，先以空氣，再以空氣加水，最後以水反沖洗三步驟完成。

【解說】

1. 好氧生物濾床反應槽設計考慮
   (1) 進水懸浮固體濃度不宜大於 60mg/L，本法如使用於小規模處理設施，其流量變化較大，應有流量調勻槽、細篩及前處理設施。
   (2) 好氧生物濾床除碳的污泥產率係數可為 0.75 kg VSS/kg BOD_5，好氧生物濾床的容積負荷宜根據試驗資料確定，無試驗資料時，好氧生物濾床的五日生化需氧量容積負荷為 2kgBOD_5/(m^3•d)，硝化容積負荷(以 NH_3-N 計)約為 0.3～0.8kg NH_3－N/(m^3•d)，脫硝容積負荷（以 NO_3－N 計）宜為 0.8～4.0kg NO_3－N/(m^3•d)。
   (3) 濾床面積以計畫最大日污水量求之。

$$\text{濾床面積}(m^2) = \frac{\text{計畫最大日污水量}(m^3/day)}{\text{過濾速度}(m/day)} \quad (4\text{-}32)$$

   (4) 濾床容積(m^3) ＝ 濾床面積(m^2)×濾層厚度(m)

$$= \frac{\text{計畫最大日污水量}(m^3/\text{日}) \times \text{進流水 BOD}(mg/L)}{\text{BOD 容積負荷}(kg\ BOD/\ m^3 \cdot day)} \quad (4\text{-}33)$$

2. 槽體考量
   (1) 好氧生物濾床的池型可採用上向流或下向流進水方式，好氧生物濾床後可不設二次沉澱池。
   (2) 各池分水宜用渠道及堰分水，不適合使用壓力管線直接配水
   (3) 池體設計應注意避免短流或污泥於角落堆積。
3. 考慮清潔、維護、反沖洗等不能進水之狀況，應設置池數 2 池以上，每池面積不宜大於 100 m2。圖 4-34 為好氧性生物濾床系統示意圖
4. 處理程序因需要進行反沖洗，因此出水高度必須考量反沖洗過程之水位高度。
5. 好氧生物濾床宜採用濾水頭系統，並分別設置反沖洗供氣和曝氣充氧系統。曝氣裝置可採用膜片或穿孔管曝氣設備。曝氣設備可設在支撐層或濾料層中，反沖洗宜採用氣水聯合反沖洗。
6. 濾材
   (1) 濾材填充高度約 2-4.5m，視池面積、負荷、水損需求、反沖洗考量，濾料上層清水區高度應考慮反沖洗時濾料膨脹率，一般需預留 1-2m。
   (2) 好氧生物濾床採非輕質濾料時，宜選用強度高和不易變值的卵石依一定級配佈置作為支撐層。
   (3) 好氧生物濾床填充濾料應具有高強度、耐磨損、高孔隙率、單位比表面積大、耐久性、生物膜附著性強、比重小、耐反沖洗和不易堵塞的性質，包括人造陶濾料、輕質塑料、碎石等，碎石填料較易取得且價格低廉，但由於其低孔隙率增加濾床堵塞和水流短路的可能性，通常碎石濾床有機負荷為 0.3~1.0kg BOD/m^3・day。塑料填料價格較高但具有較高比表面積及孔隙率，適合在較高負荷濾床使用。
7. 反沖洗反沖洗量請參考表 4-2，反沖洗排水應設排水貯槽貯存，再以定量少量持續迴流處理

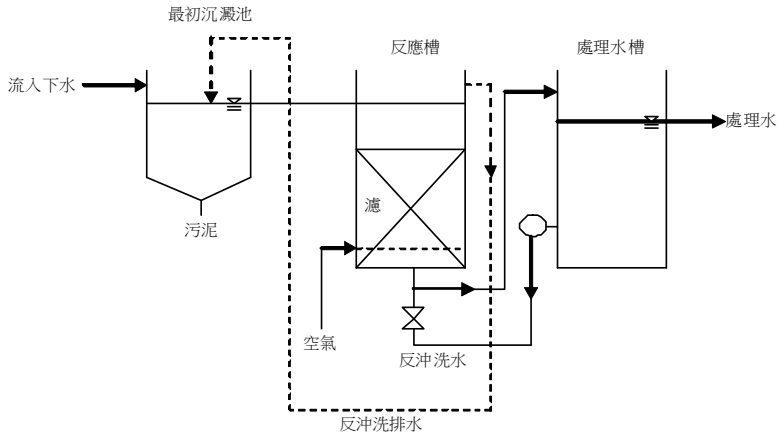


圖 4-34　好氧生物濾床系統

表 4-3　好氧生物濾床反沖洗條件

方式	反沖洗量(m^3/m^2・hr)	洗淨時間(min)
空氣洗淨	50~60	2~4
空氣及水同時洗淨	50~60(空氣) 30~40(水)	1~2
水洗淨	40~60	3~5

資料來源：下水道工程學，歐陽嶠暉



圖 4-35　好氧生物濾床系統(台南市虎尾寮污水處理廠)

第 5 節　二級沉澱池

4-5-01 二級沉澱池　　**（原則 23）**

二級沉澱池考慮下列條件設計之：

處理方法	一般生物處理法	氧化渠及延長曝氣法	生物膜法
水表面積負荷 (m^3/m^2・day)	20~30	8~12	20~30
有效水深(m)	3.5~4.0	3.0~4.0	2.5~4.0
溢流堰負荷 (m^3/m・day)	<150	<50	<80

註：

一般生物處理法包含括標準活性污泥法、階梯曝氣法、分批式活性污泥法、深層曝氣法、去氮除磷活性污泥處理及去氮活性污泥處理。

1.表面積負荷以最大日污水量 20～30 m^3/m^2・day，並檢核固體物負荷＜150 kg/m^2・day。

2.池之形狀可為長方形、正方形或圓形，依其形狀為水平流或放射流。

3.長方形池者，長寬比為 3：1 以上，其寬度依污泥刮泥機之長度而定。長方形池長度 25～60 m，出口端水深 3.5 m。圓形池直徑 10～40 m，周邊深度 4 m，但深度可酌予加深。

4.池數原則上 2 池以上。

5.應設置污泥刮泥機，其設置之池底坡度，圓形池及正方形池者 5/100～10/100，長方形池者為 1/100～2/100。並設置污泥斗，其坡度為水平角 60 度以上。

6.應設置浮渣去除設備。

7.必要時溢流堰及集水槽，應有防藻對策之考慮。

8.刮泥設備，在長方形池一般以鏈條刮板式，速度為 0.3~1.2 m/min；正方形或圓形池為回轉式，其轉速為每小時 1~3 轉，圓形池其周邊刮泥速度為 3.0 m/min 以下；其速度以不攪動沉澱物揚起為原則。

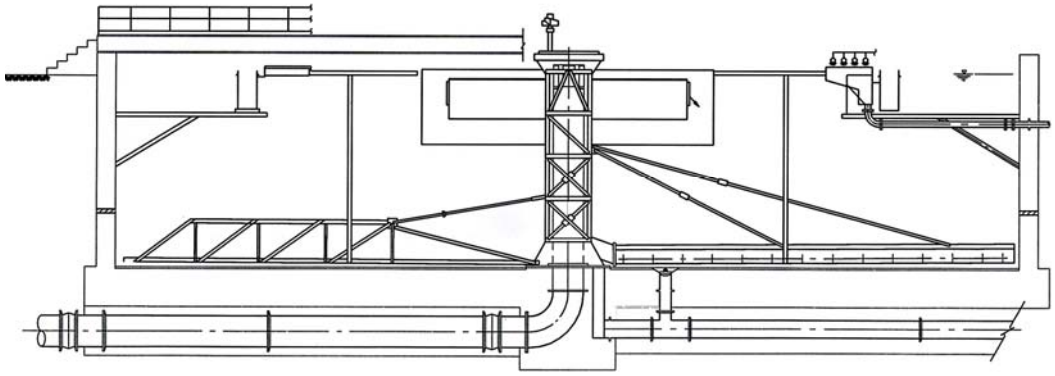
9.污泥可用水位差排放或以抽泥機排放，抽水機台數含備用 2 台以上。

【解說】

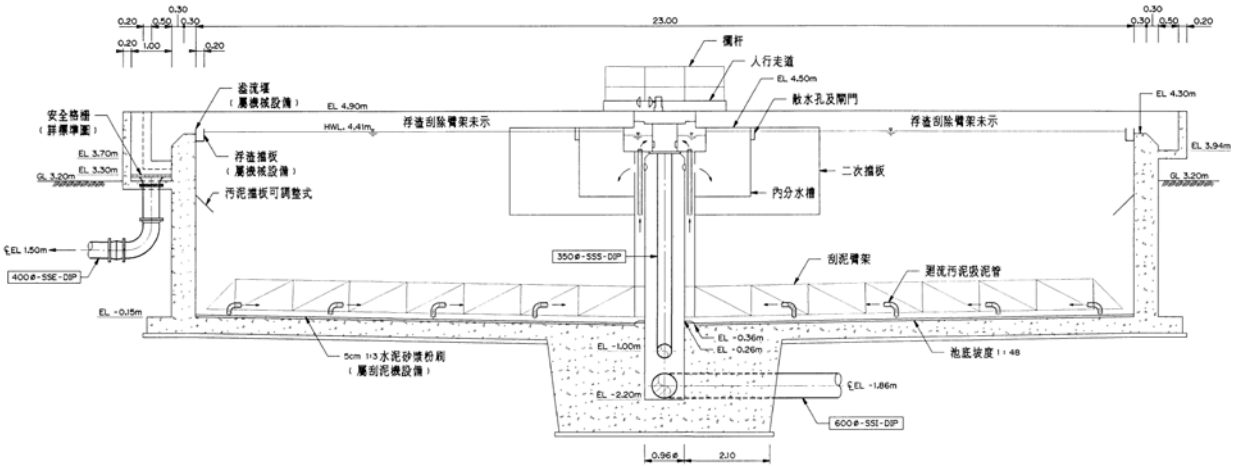
1. 沉澱為水處理、化學工業、礦工業等工程中，最常用之固液分離法。其原理係比重較水為大之懸浮固體物，如砂、泥土等由重力自然下沉而去除。
   (1) 沉澱由懸浮固體物之濃度及顆粒凝聚性，而分為如下四種型式：(資料來源：給水工程，高肇藩)
      A. 單顆粒沉澱：保持單顆粒之沉降性，而其大小、形狀、密度不變，顆粒數少。
      B. 混凝沉澱：顆粒較多，而有凝聚作用，因此在沉降中改變顆粒大小、形狀、沉降速度亦隨著變化。
      C. 層沉澱：因懸浮固體物濃度大，成為層狀沉澱，澄清液與固體沉澱物有明顯界面。
      D. 壓密沉澱：水中懸浮固體物濃度很高，顆粒互相接觸，由於顆粒重量向下壓縮，把孔隙中之液體擠出，而減少固體物之體積。
   (2) 二級沉澱池主要機制為第三類層沉澱，其可能影響沉澱效果之因素包括
      A. 廢水因素-廢水內容、溶解物質、溫度、TSS、迴流污泥特性等。
      B. 微生物因素-操作方式(缺氧/厭氧/好氧)、SRT、MLSS、溶氧等。
   (3) 二級沉澱池是為達成澄清出水和迴流污泥濃縮，設計時應考量足夠沉降時間，二級沉澱池之表面積除須符合表面積負荷外，並須檢核固體物負荷。
   (4) 二級沉澱池設計參考程序

A. 依據廢水進水流量特性選擇表面溢流率以達到所需的出水水質。
B. 依表面溢流率計算所需池表面積，並校核固體物負荷，同時應考量池槽停用(維護或修護)之需求。
C. 選擇適當的池深度，提供固體澄清，濃縮和儲存。(一般需 0.6 至 0.9m 供濃縮，1m 或更多的深度供緩衝；2.4m 深供澄清)。如果晝夜或進流泵流量變化或峰值流量狀況超大（如大於 2：1），則需要更多的緩衝深度。出水高至少約 0.6m 高度。
D. 提供一個合理的出水堰長度並設計配置。考量消除出水結構附近之 MLSS 密度流影響，可視狀況設置出水檔版。
E. 依據池槽型式選擇污泥排除機制，可採犁式、螺旋曲線的刮泥葉片、鏈條和刮板或水力吸入系統等。
F. 完成其他細節設計(刮浮渣設備、浮渣輸送或浮渣攔除設備；設置欄杆扶手和走道；設置排水渠蓋或藻類去除的機制、或藻類的控制用的加藥設備；配置清洗用軟管架、照明和維修設備用之電源、救生圈和安全欄杆)

2. 池之形狀依處理場規模、用地面積及處理場各單元之配置而定，另池槽設計須考量下列幾點。
   (1) 池尺寸比例、直徑等應考量污水水流之平均。
   (2) 池進流應具防止污水滯留、亂流及偏流功能。
   (3) 終沉池內因為溫度、分層、污泥濃度因素，應注意密度流造成短流以致於影響出水水質，圓形槽或正方形池之出水可將集水槽設置於池內(如圖 4-36 A)或採用內出水槽或於內側設置密度流擋板(如圖 4-36B、C)。
3. 終沉池之長寬比及長度應配合刮泥設備之功能，池深度應考量固體澄清，濃縮和儲存所需深度。
4. 考慮清潔、維護等不能進水之狀況，應設置池數 2 池以上；池槽得採單層及多層設置。
5. 二級沉澱池應設置污泥刮泥機，同時配合設備形式池底應有適當之坡度，長方形池排泥應設置污泥斗，為避免污泥堆積，應注意四面之坡度採水平角 60 度以上；刮泥機形式請參考第三章內容。
6. 為避免出水水質不佳，二級沉澱池應設置刮浮渣設備、浮渣輸送或浮渣攔除設備。
7. 部分區域出水水質會造成藻類孳生，造成排水水質或觀感不佳，可考量於溢流堰或是排水集水槽加蓋阻擋陽光照射，可減少藻類繁殖，或是設置藻類刷除裝置，或採加藥控制藻類繁殖。
8. 刮泥機設備應配合池槽形狀選擇。
   (1) 刮泥機刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則。
   (2) 長方形池槽之刮泥機需要確認刮泥速度與迴流污泥量是否符合，同時須注意污泥停留於池內之時間是否過長。
   (3) 圓形終沉池之刮泥機除採刮板式外，為考量污泥濃度均勻、避免老化等因素，可選擇採用單吸泥管(如圖 4-36 A)或多吸泥管式(如圖 4-36 B)。
9. 二級沉澱池排泥包括迴流污泥及廢棄污泥。
   (1) 多槽操作時為考量迴流污泥量及濃度之均勻，可將各沉澱池之污泥採 Telescope Valve(提流斯克閥)以水位差方式集中排至特定污泥槽內，再以迴流污泥抽水機、廢棄污泥抽水機輸送至後續流程，提流斯克閥之靜水頭差建議不小於 0.9M。
   (2) 規模較小的二級沉澱池也可採抽水機直接抽取，惟應注意多池間抽取量及濃度之差異。



A.圓形中央驅動半橋式單吸泥管沉澱池示意圖

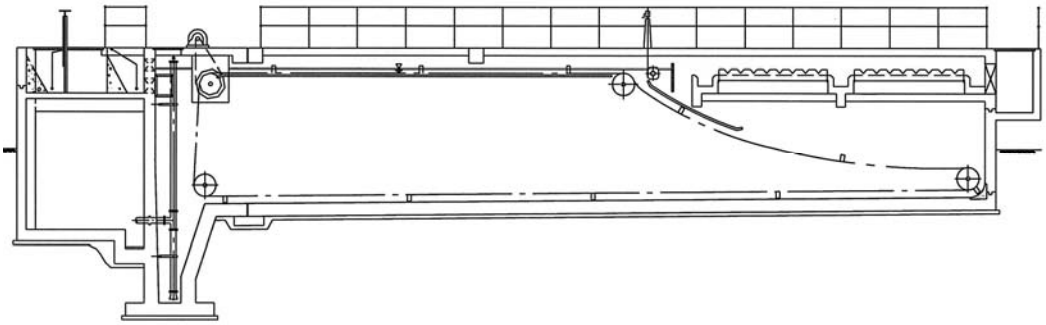


B.圓形中央驅動半橋式多吸泥管沉澱池示意圖



C.圓形中央驅動半橋式膠凝區及出水密度流檔版

圖 4-36　圓形二級沉澱池剖面示意圖



A.矩形沉澱池剖面示意圖



B.矩形沉澱池

圖 4-37　矩形二級沉澱池剖面示意圖

第五章污水三級處理

第 1 節　總論

一般生活污水經二級處理後，其水質大多可達放流標準，然而為確保水質能夠完成符合污染減量或回收之要求，就二級處理後採用適當的 1 種或 2 種以上之三級處理流程組合應為必須。

第 2 節　三級處理種類

5-2-01 污水經二級處理後，如需加強去除水中之殘存懸浮固體物、膠體物質、總磷，及其他微量物質時，得設三級處理。污水三級處理以快濾法、混凝沉降法、活性碳吸附法、薄膜分離法為主。（原則 23）

【解說】

1.快濾法主要去除二級處理放流水中殘留之 SS，併同時去除 SS 中所含之有機物、磷、氮化物等。說明如下。

(1) 快濾法係將二級處理後殘留之懸浮固體物藉濾料之附著或攔截功能加以去除。污水經二級處理後，通常尚含有以 5~20mg/L 程度之微生物膠羽為主之懸浮固體物，如將此等懸浮固體物去除，則可獲得較澄清之處理水。

(2) 另外在以除磷為主之處理過程，伴隨著懸浮固體物之去除，更可達到穩定的除磷效果。

(3) 整理近年來臺北市迪化污水處理廠之水質資料，二沉池出流水經快濾處理後之回收水水質，懸浮固體物平均約可自 22.6mg/L 降至 9.6mg/L 左右，驗證二級處理水經快濾處理後可大幅降低懸浮固體物。

2.混凝沉澱法係利用混凝池加入混凝劑，使其與懸浮物結合成膠羽，再於膠凝池加入助凝劑使較微細之膠羽結合成更大之膠羽，使膠羽於沉澱池沉澱去除。

(1) 混凝作用係採用較短的停留時間及快混設備，於水中加入可形成膠羽之化學藥劑，例如鋁鹽、鐵鹽及石灰等，使膠體物質與懸浮固體快速結合產生較大之膠羽。

(2) 膠凝作用係採用較長之停留時間及慢混設備，於水中加入助凝劑，如高分子聚合劑，使膠羽之間結合成更大之膠羽，以利於沉澱池中快速沉澱去除。

(3) 混凝沉澱法除了物理作用外，亦可藉由陰離子與陽離子產生之化學反應，使水中離子形成固體物沉澱，例如水中的磷酸鹽可藉由加入水中的混凝劑如石灰、鋁鹽或鐵鹽等反應去除，其化學反應式如下所示：

$$5Ca^{+2}+3PO_4^{-3}+OH^- \longleftrightarrow Ca_5(PO_4)_3(OH)$$

$$A1^{+3}+PO_4^{-3} \longleftrightarrow A1PO_4$$

$$Fe^{+3}+PO_4^{-3} \longleftrightarrow FePO_4$$

3.活性碳吸附法可有效去除二級處理放流水中尚殘存之溶解性有機物、微量色素及臭味等。

(1) 活性碳吸附主要係藉由一種可逆作用之凡得瓦力原理將水中物質加以分離。當溶液中所含溶質與活性碳間的吸引力大於溶質與溶液間之吸引力時，溶質將被吸附於活性碳表面上與溶液分離。

(2) 活性碳顆粒表面具有許多毛細管，吸附作用即發生於這些毛細管內表面及活性碳顆粒表面。

4.薄膜分離法係利用各種不同孔徑之薄膜，以加壓之方式，將水與水中膠體物質、微細固體物，甚至離子態物質予以分離，確保水質可達污染減量或回收再利用之要求。

第 3 節　快濾法

5-3-01 快濾法過濾設計　　**（原則 27）**

快濾法之設計，其設計於考慮下列決定之：

1.需考量進流水質條件與出流水質要求，並擇定過濾方式與濾料種類及配置，以達成水質淨化的目標。過濾方式依流向或流速來區分，可概分為向上流、向下流及高速過濾等不同方式。

2.過濾速度依過濾水之水質、懸浮固體之去除能力及持續過濾時間等因素而定。

3.過濾單元的反沖洗頻率、反沖洗方式(以空氣或過濾水洗淨濾層)、所需設備與管線等皆需併同本單元考量。反洗方式可分為：水反洗、水反洗加水表面洗、水加空氣反洗以及水、空氣反洗加水表面洗等不同形式。

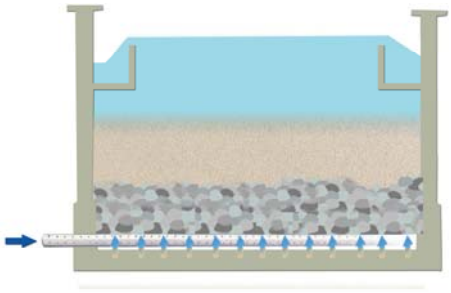
【解說】

1. 快濾法的設計需視進流水質與所需處理之水質慎選其過濾方法與濾料的搭配。除水質要求外，尚需考量到可設立之空間、操作便利性、操作成本等因素，再搭配過濾方式來配置反沖洗之設備與管線。各種過濾方法之濾層組成及其設計最大過濾速度如下表 3-5-1 所示。

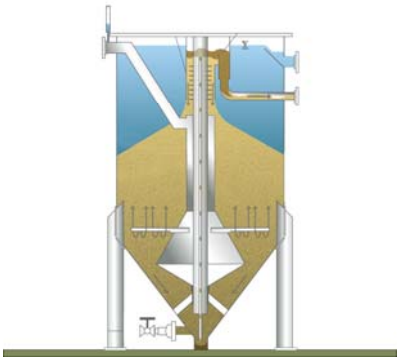
表 5-1 過濾設計參數一覽表

過濾方法		濾層之構成	最大過濾速度 (m/day)
向上流	重力式	1. 由較粗之砂構成 1.5 ~ 1.8 m 之濾層。 2. 濾層之表面下方 10 cm 處設置鋼製格子。 3. 濾料有效粒徑 1～2 mm，均勻係數 1.4 以下。	300
向下流	重力式 或 壓力式	1. 由層厚比例 0.6 以下之砂及無煙煤所構成之二層過濾池為原則。 2. 無煙煤之有效粒徑以 1.6～2 mm 為準，且為砂有效粒徑之 2.7 倍以下。 3. 無煙煤及砂之均勻係數應儘可能為 1。 4. 無煙煤及砂構成之濾層厚度為 60～100 cm。	300
高速過濾	壓力式	1. 由纖維粒、球、片或絲構成濾層。 2. 有效濾層為 1.0 ~ 1.5 m。 3. 纖維濾料材質可為 PP 或 PE 或 PS。	720~1,200

(1)向上流式過濾法主要係將原水導入濾池下方，經過濾石、濾砂、無煙煤或濾砂等濾料過濾後於上方收集之一種過濾方法。目前市面上較常見之連續反洗式砂濾設備亦屬此種方法，如下圖 3-5.1 所示。



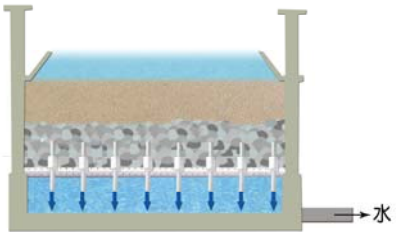
(a)傳統向上流形式快濾池



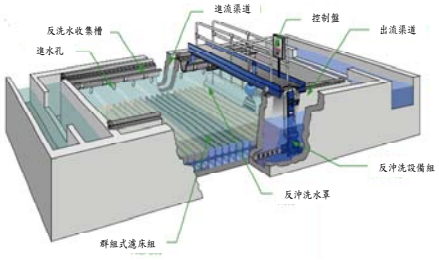
(b)連續反洗砂濾設備

圖 5-1　向上流式過濾法

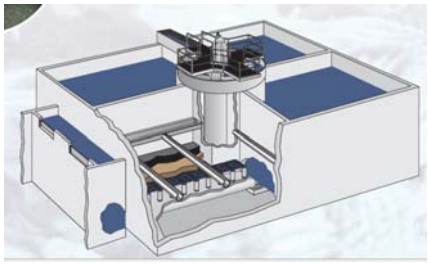
(2)反之，向下流式過濾法主要係將原水導入濾池上方，經過無煙煤、濾砂及濾石等濾料過濾後於下方收集之一種過濾方法，一般重力式快濾或慢濾池皆屬此種型式，另外依據進流型式及出流收集型式，目前市面上尚有 V 型濾池、走橋式、綠葉式、韋氏(或稱惠勒式)、多孔磚、透水板、多孔管及集水器等不同型式，如下圖 3-5-2 所示。



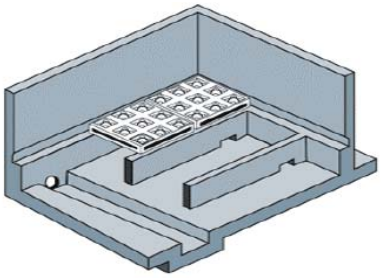
(a)傳統向下流形式快濾池(V 型濾池)



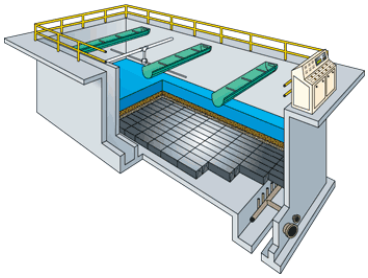
(b)其他向下流形式快濾池(走橋式)



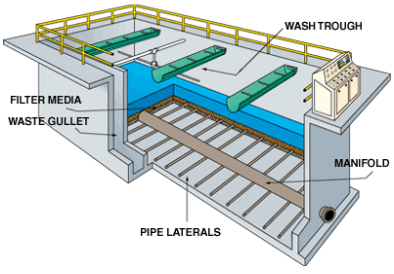
(c)綠葉式快濾池



(d)韋氏(惠勒式)濾床



(e)多孔磚濾床



(f)多孔管濾床

圖 5-2　向下流式過濾法

(3)高速過濾法主要係將原水導入一壓力容器，利用加壓方式增加過濾速度，使原水經過濾砂、纖維及其他各種特殊型式之濾料等過濾後於上方或下方收集之一種過濾方法，如下圖 5-3 所示。



(a) 傳統壓力式過濾設備



(b)壓力式纖維過濾設備

圖 5-3 高速過濾法

(4)濾層組成與最大過濾速度與濾料型式、粒徑、組成、濾程及水質等相關，上表所示資料為典型參考值，實際濾層及過濾速度應考慮過濾前後水質，以試驗或實廠運轉數據作為最後所需設計規格。

2. 過濾反洗系統主要區分為(1)表面水洗裝置的水清洗法；(2)空氣清洗法及(3)結合空氣/水的清洗法。針對(1)(2)的方式，若採向下流的過濾方法，在反沖洗時需要使濾料得以流體化，方得使濾層中的雜質可以去除乾淨。針對濾料流體化的設計參數與反洗步驟，詳見下表 5-2。

表 5-2 流體化反洗濾速一覽表

濾層種類	濾料採用粒徑，mm	流體化所需最小反洗速度，$m^3/m^2/min$
單一濾料(砂)	2.0	1.8~2.0
雙層濾料(無煙煤+砂)	0.8~2.0(無煙煤) 0.4~0.8(砂)	0.8~1.2
多層濾料(無煙煤+砂+石榴子石)	1.0~2.0(無煙煤) 0.4~0.8(砂) 0.2~0.6(石榴子石)	0.8~1.2
纖維濾料	30 mm	0.4~0.6

*1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

2.上述之反洗速率範圍乃基於特定濾料粒徑數，設計者需依照所選用之濾料決定反洗速率。

表 5-3 空氣與水反沖洗之步驟與濾速一覽表

濾料	濾料特性		反洗步驟	反洗速率，$m^3/m^2/min$	
	有效粒徑，mm	均勻係數		空氣氣洗	水洗
砂+無煙煤	0.5(砂) 1.2(無煙煤)	1.4	1st－氣洗 2nd－氣洗+水洗 3rd－水洗	1st－0.9~1.5 2nd－0.9~1.5	 2nd－0.3~0.5 3nd－0.6~1.0
砂	1.0	1.4	1st－氣洗+水洗 2nd－水洗	1st－0.9~1.5	1st－0.25~0.3 2nd－0.5~0.6
砂	2.0	1.4	1st－氣洗+水洗 2nd－水洗	1st－1.8~2.4	1st－0.4~0.6 2nd－0.8~1.2
無煙煤	1.7	1.4	1st－氣洗+水洗 2nd－水洗	1st－1.0~1.5	1st－0.35~0.5 2nd－0.6~0.8

*1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

2.上述之反洗速率範圍乃基於特定濾料粒徑與均勻係數，設計者需依照所選用之濾料決定反洗速率。

3. 針對過濾與反沖洗方式的決定與設計，設計前若能針對所選用的濾料與過濾方法獲得實驗規模的測試或模廠測試資料，將可達成未來操作維護的最大效率。



(a)水反洗加表面洗形式



(b)水反洗加空氣洗形式

圖 5-4　反洗方式

第 4 節　混凝沉降法

5-4-01 混凝沉降法設計 **（原則 26）**

混凝沉降法為以去除二級處理水中之殘存懸浮固體物、膠體物質、總磷及有機物為目的，其設計於考慮下列決定之：

1.混凝沉降處理為由快混槽、慢混槽及沉澱槽所構成。各槽之容量依所需停留時間決定。

2.快混槽之水力停留時間 1~3 分鐘，所需攪拌速度梯度 G=300~1,000sec^{-1}。一般為圓型、正方型或長方型。

3.慢混槽之水力停留時間在 20~30 分鐘，速度梯度 G=20~80 sec^{-1}，GT 值在 104~105；沉澱槽之設計同初級沉澱池設計。

4.凝聚劑之注入率依水質特性而定，一般使用鐵鹽、鋁鹽或有機凝聚劑。

【解說】

1. 本法適當的凝聚劑添加量，總磷可達 0.5 mg/L 之處理水。
2. 本法之處理水 BOD、COD 及 SS 濃度，可達到與快濾法同一程度之處理水。
3. 為避免快混池產生漩渦狀流況導致凝聚劑無法均勻分布於快混池內，裝設適當的擾流設備使流體保持紊流狀況應屬必須，特別是圓形池體，參考下圖 5-5 所示。
4. 快混池所需攪拌設備動力與速度梯度、池體體積及粘滯度有關，所需攪拌設備動力如以下公式所示:

$P = G^2V\mu$……(5-1)

式中：

P：所需動力（W 或 ft·lb/sec)

G：速度梯度，(sec^{-1})

V：池槽體積，(m^3 或 ft^3)

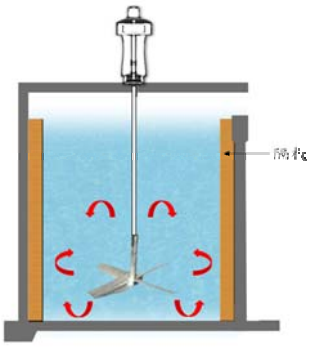
μ :流體粘滯度，($N·s/m^2$ 或 $lb·s/ft^2$)

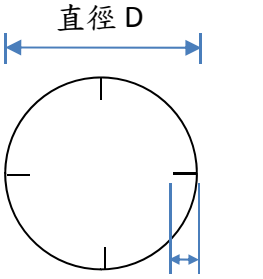


(a)槳葉照片



(b)驅動設備照片





(c)隔板設計案例

圖 5-5 快混池

5. 另外流體密度、槳葉型式、轉速及槳葉半徑等不同參數亦與攪拌設備可提供之動力有關，可由下列公式求得：

$P = k\rho n^3 D^5$……(5-2)

式中：

P：所需動力（W 或 ft·lb/sec)

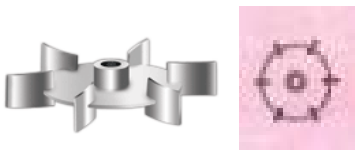
K：槳葉型式常數，(無因次)

P：流體密度，(kg/m^3 或 slug/ft^3)

N：攪拌機轉速，(rps)

D：攪拌機槳葉直徑，(m 或 ft)

一般常見槳葉型式常數可參考下圖 5-6 所示。



6 葉平板式(6 flat blades) ，k=6.30

6 葉曲線式(6 curved blades)，k=4.80

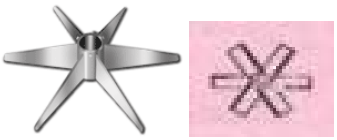
(a) 渦輪式(Turbine)



單層螺旋(square pitch,3 blades)，k=0.32

雙層螺旋(pitch of two,3 blades)，k=1.00

(b) 螺旋槳式(Propeller)



6 葉平板式(flat type, 6 blades)，k=1.70

6 葉風扇式(fan type, 6 blades)，k=1.65

(c) 輪葉式(Impeller)

圖 5-6 攪拌機槳葉型式及常數圖

6. 凝集劑加入後藉快速混合作用使其能夠均勻分布於水中，一般亦需盡快進行膠凝，才能提高混凝效果。因此快混池與慢混池應盡量緊密連接，且慢混池膠羽機應採分段式設計，使轉速由快而慢，並採可調轉速之設備為宜。

7. 慢混池宜盡量採分段串聯設計，除可防止短流，維持膠凝反應之均勻性外，並可藉採取不同之轉速控制不同 G 值，適應不同水質，提高膠羽形成之成效。因為膠羽形成之後，較難抵抗水流之剪斷作用，反而可能被沖刷破壞。因此慢混池宜安排成多段串聯方式，在膠羽較小之初步階段採用較高轉速攪拌以利膠凝之進行，隨著膠羽漸漸變大，逐步放慢攪拌速度，避免破壞已形成之膠羽。
8. 膠羽機所提供之攪拌程度(G 值)與槳板面積、速度、流體密度、粘滯度以及慢混池體積有關，參考自來水工程設施標準，膠羽機可提供之攪拌程度(G 值)如下公式所示：

$$G=\sqrt{\frac{\rho c\sum_i (a_i v_i)^3}{2\mu V}} \quad \text{.....(5-3)}$$

式中，

G：速度梯度，(sec^{-1})

ρ：流體密度，(kg/m^3 或 $slug/ft^3$)

C：槳板抵抗係數(1.5)，

a_i：槳板垂直於運轉方向之面積(m^2 或 ft^2)，

v_i：槳板平均速度(m/sec 或 ft/sec)，

μ：流體粘滯度($N\cdot s/m^2$ 或 $lb\cdot s/ft^2$)，

V：慢混池體積，(m^3 或 ft^3)

9. 參考自來水工程設施標準所述，ASCE(American Society of Civil Engineers), AWWA(American Water Works Association)以及 CSSE(Canadian Society of Safety Engineering)建議較適合之槳板面積為慢混池斷面積之 10~25%，最外側槳板周邊速度約為 0.18~0.54 m/s 之間。日本水道設施設計基準則建議周邊速度為 0.15~0.8 m/s 之間。



(a)膠羽機照片



(b)膠羽機示意圖

圖 5-7　膠羽機設備

第 5 節　活性碳吸附法

5-5-01 活性碳吸附法設計　　**（原則 26）**

活性碳吸附以去除二級處理水中之有機物、色度及臭味為目的，其設計於考慮下列決定之：

1.活性碳吸附設備分為固定床及流動床。一般多使用並流多段床或多段直列固定床，其構造與快濾池相同，並必須定期洗淨。

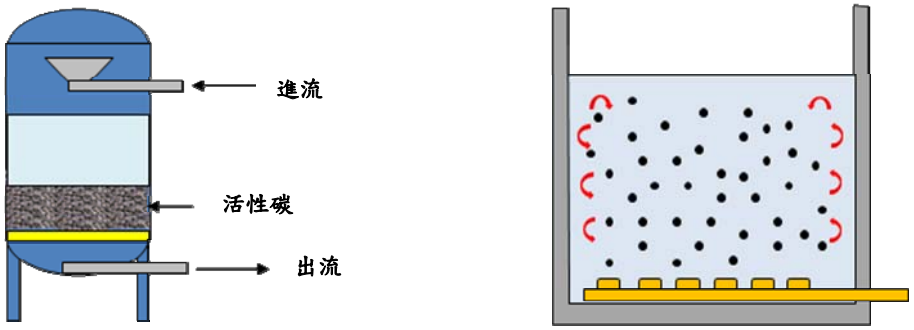
2.三級處理所用之活性碳，可為椰子殼、木材、煤炭等原料經高溫碳化者，形狀可為粉狀、粒狀或纖維狀，直徑約 1~5 mm 程度。

3.選用活性碳之種類及量，過濾之線速度(向下流 5~10 m/hr，向上流 10~20 m/hr)、容積速度，依原水水質而異，應依實驗結果決定之。

4.上述實驗可以等溫吸附曲線及管柱法來決定處理該種污水所需的活性碳容量與反應槽容積。

【解說】

1. 因活性碳原料及製造方法之不同，其吸附特性亦異，故其選擇和設計應依吸附實驗決定之。



(a)固定式活性碳吸附槽　　(b) 流動式活性碳吸附槽

圖 5-8　活性碳吸附法示意圖

2. 對於常用於污水處理的活性碳種類，包含粒狀活性碳(GAC)與粉狀活性碳(PAC)，一般採用粒狀活性碳為主，其基本特性如下表 5-4 所示。

表 5-4　粒狀活性碳基本資料表

參數	單位	活性碳種類
		GAC
總表面積	m^2/g	700~1300
密度	kg/m^3	400~500
顆粒密度(含水時)	kg/L	1.0~1.5
顆粒粒徑範圍	mm	0.1~2.36
均勻係數		≦1.9
平均孔徑	Å	16~30
碘值		600~1100
磨損值(最小)		75~85

*1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

2.上述活性碳資料將會依材料製程與來源而有所改變。

3. 活性碳再生與再活化：對於吸附飽和的活性碳而言，可藉由化學氧化、溶劑洗滌或生物轉換等再生的程序將吸附物質趕出，使活性碳得再進行吸附作用；而再活化的用意，乃當活性碳失去吸附的能力後，可藉由加熱的程序使其活性碳再具有吸附的

活性。

4. 等溫吸附方程式：一般等溫吸附方程式包含 Freundlich、Langmuir 及 Brunauer, Emmet, Teller(即 BET isotherm)，茲就較常用的前二者做介紹。

i. Freundlich isotherm：

$$\frac{X}{m} = K_f C_e^{1/n} \quad \text{.....(5-4)}$$

式中 x/m：單位吸附劑(活性碳)可吸附的吸附質(污染物)，mg/mg

K_f：Freundlich 容量因子

C_e：吸附質的平衡濃度，mg/L

1/n：Freundlich 強度參數

ii. Langmuir isotherm：

$$\frac{X}{m} = \frac{abC_e}{1+bC_e} \quad \text{.....(5-5)}$$

式中 x/m：單位吸附劑(活性碳)可吸附的吸附質(污染物)，mg/mg

a, b：經驗常數

C_e：吸附質的平衡濃度，mg/L

5. 粒狀活性碳反應器設計：針對較常用的粒狀活性碳反應器可以質量平衡的觀點寫成以下的方程式；另設計參數表請參考下表。

累積量 = 進流量 - 出流量-吸附量

在穩態下，即

$M = QC_0t - QC_et - M_{GAC}\, q_e$ .....(5-6)

式中 Q：流量，L/hr

M：累積量，mg

C_0：吸附質初始濃度，mg/L

t：時間，hr

C_e：吸附劑最終平衡濃度，mg

M_{GAC}：吸附劑質量，mg

q_e：平衡後吸附相的濃度，mg 吸附質/mg 吸附劑

表 5-5 粒狀活性碳反應槽設計參數表

參數	單位	設計值
體積流率	m^3/hr	50~400
空床體積	m^3	10~50
斷面積	m^2	5~30
反應槽長度	m	1.8~4
孔隙比	m^3/m^3	0.38~0.42
活性碳使用密度	Kg/m^3	350~550
速度	m/h	5~15
有效接觸時間	min	2~10
空床接觸時間	min	5~30
設定可操作時間	day	100~600

*1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

2.上述設計參數將會依活性碳規格與水值而有所調整，設計者需詳細依照進出流水質、水量來評估與設計反應器。

第 6 節　薄膜分離法

5-6-01 薄膜分離法設計 **（原則 26）**

薄膜分離法的使用，在於去除水中膠體物質及微細固體物，甚至是離子態物質。其設計於考量下列參數決定之：

1.薄膜設備之型式可分平版式(Flat Sheet)、中空纖維式(Hollow Fiber)、螺旋式(Spiral wound)或管狀式(Tubular form)。薄膜材質可分有機性及無機性，一般用於污水處理者採有機性，主要有聚丙烯(Polypropylene)、纖維二醋酸酯(Cellulose acetate)、芳香族聚酰胺(Aromatic polyamide)及複合薄膜(Thin-film composite)等。

2.薄膜的使用選擇，可依驅動力與孔徑來區分為逆滲透(Reverse Osmosis, RO)、極微過濾(Nano-Filtration, NF)、超濾(Ultra-Filtration, UF)及微濾(Micro-Filtration, MF)四種。設計時可依進出流水質與水量需求選擇所需的處理程序。

3.操作壓力(驅動力)依據所選擇之薄膜的種類驅動之，如后表格所述。

【解說】使用薄膜處理程序，需要注意以下之設計因子。

1. 薄膜種類之選擇(RO、NF、UF 或 MF)，乃依據其孔徑大小來定義之，一般分類如下圖 5-9 所式，而其參數如下表 5-6 所述。

10^{-3}　10^{-2}　10^{-1}　1　10　10^{2}　10^{3}

小示意圖

表 5-6　薄膜種類特性表

薄膜種類	分離機制	操作結構	操作範圍
微濾(MF)	篩分	大孔徑 (>50 nm)	0.06~2.0 μm
超濾 (UF)	篩分	中孔徑 (2~50 nm)	0.008~0.08μm
極微過濾(NF)	篩分+溶液/擴散+排斥	微孔徑 (< 2 nm)	0.0008~0.008μm
逆滲透 (RO)	溶液/擴散+排斥	極微孔徑 (< 2 nm)	0.0001~0.003μm

2. 操作壓力與通量：適當的操作壓力與通量可以確保出流水質與所需的產水率，並參考以下參數作為設計考量。

表 5-7 薄膜應用於污水處理之操作參數

薄膜技術	操作壓力 (kg/cm^2)	通量 ($L/m^2/d$)	薄膜材質	薄膜型式
微濾 (MF)	0.07~1.05	405~1600	聚丙烯、丙烯晴、尼龍、聚四氟乙烯	螺旋式、中空纖維、平版式
超濾 (UF)	0.70~7.03	405~815	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維、平版式
極微過濾 (NF)	5.27~10.54	200~815	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維
逆滲透 (RO)	8.78~70.30	320~490	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維、複合薄膜

*本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

*表中部份材質已無生產，為陶瓷、聚砜、聚二氟乙烯及聚丙烯等材質所取代

3. 薄膜阻塞：可區分為進流水物質於膜面阻塞、於膜面化學沉澱的形成、化學物質對膜面的損害。對於操作階段薄膜阻塞的預防，需以控制進流水質、設置必要之前處理單元、定時膜面水洗或氣洗之反沖洗、定期酸洗或鹼洗等方式進行設計。設計前若有模廠操作數據，則對於該薄膜之操作行為、反洗頻率與壽命等更可加以掌握。
4. 前處理需求：對於 NF 與 RO 的設計，由於其過濾孔徑甚小，若直接採原水過濾容易造成阻塞。因此，前處理單元的設置是必須的，並依照下列選擇前處理單元之搭配。
   (1) 二級放流水需以化學沉澱、多層濾料過濾或 UF 薄膜先行去除膠體物質與顆粒。
   (2) 餘氯(Cl^-)對薄膜的傷害甚大，因此，處理水進入薄膜前需以還原劑先行去除之。
   (3) 鐵、錳的去除可降低膜面積垢。
   (4) pH 值需被控制在 4.0~7.5 間，以免造成膜面積垢。
5. 阻塞指數：上述前處理單元的設置是否可達薄膜前處理需求，故可用 SDI(淤泥密度指數)加以評估。阻塞指數必須以簡單的薄膜測試行之，需以孔徑 0.45μm 及直徑 47mm 的微孔過濾器(Millipore filter)，在 2.1 kg/cm^2 的操作壓力下測試之，測試時間為 15 至 120 分鐘不等。SDI 之計算如下所示。

$$SDI = 100 \times [1 - (T_i - T_f)] / T \qquad (5\text{-}7)$$

式中 T_i 為收集初始水樣 500mL 所需時間

T_f 為收集後端水樣 500mL 所需時間

T 為總測試時間

採用逆滲透(RO)薄膜時，進流 SDI 以小於 5 為原則

處理程序：有關薄膜處理程序範例圖，如下圖 5-9 示。設計者可依需求將前處理單元、串聯式薄膜或並聯式薄膜程序、加藥系統等整合進入設計資料中。

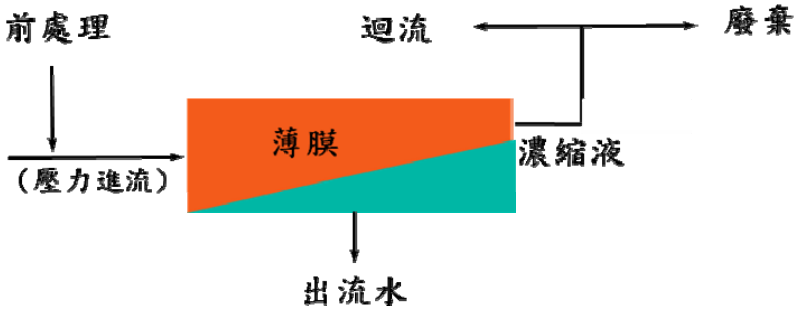


圖 5-9 薄膜分離法示意圖

第六章污水消毒處理

第 1 節　總論

一般生活污水經二級或三級處理後，雖可減少部分致病菌，然而為確保水質能夠完全符合排放標準或回收之要求，於二級處理後或三級處理前後，採用適當的消毒處理流程應為必須。

第 2 節　消毒方法

6-2-01 消毒方法　**（原則 28）**

污水消毒處理方法計有氯氣消毒，次氯酸鈉消毒、紫外線消毒及臭氧消毒等方法，其設計污水量以計畫最大時污水量設計。消毒以達到大腸桿菌群 200,000 CFU/100 mL 以下為目標。

【解說】

1. 採用氯氣或次氯酸鈉消毒時，容易因溶解於水中之氯離子或次氯酸根與有機化合物反應，尤其是未飽和之化合物，該類反應產生之化合物，經驗證將有致癌之慮，因此如果放流點位於自來水取水口上游或養殖用水上游者，應採用紫外線或臭氧消毒為宜，若採用氯氣或次氯酸鈉消毒者，必要時得以硫代硫酸鈉等還原劑進行脫氯，以避免產生該類化合反應之現象。
2. 上述反應化合物包括氯酚及三鹵甲烷(三氯甲烷 $CHCl_3$, 一溴二氯甲烷 $CHCl_2Br$, 二溴一氯甲烷 $CHClBr_2$)等物質。

6-2-02 加氯消毒設計　**（原則 29）**

加氯消毒處理方法計有氯氣消毒、二氧化氯消毒及次氯酸鈉消毒等方法。一般污水處理以採用次氯酸鈉消毒法為主。

1.加氯消毒量：

氯之注入率以維持放流水中結合餘氯量 0.2~1.0 mg/L，注入率如下表：

種　類	注　入　率 (mg/L)
流入生污水	7～12
初級處理水	7～10
二級處理水	2～8
三級處理水	1～5

2.加氯消毒接觸槽之容量依計畫最大時污水量 15 分鐘之水力停留時間決定。槽之構造應符合污水與藥劑充分混合，並有接觸槽排空之洩水設施。混合裝置之接觸時間，自消毒劑注入後經接觸至放流口，至少需 15 分鐘。

3.氯加藥機容量宜為平常操作量之 1.2～1.6 倍，並應有備用設備。

【解說】

1. 不論是採用氯氣、二氧化氯及次氯酸鈉等不同之消毒方式，為使水中大腸桿菌數低於 200,000 CFU/100 mL 之目標，宜維持水中結合餘氯於 0.2~1.0 mg/L 之範圍。注入率濃度應視採用消毒劑之種類及濃度，換算為上表氯之注入率濃度值。除傳統採用之次氯酸鈉消毒外，二氧化氯(ClO_2)是一種最新型強氧化性殺菌劑，是污水處理、醫療衛生、食品加工、環境保護、自來水、工業循環用水等領域中殺菌、消毒、除臭及降解 BOD、COD 的理想氧化劑，同時具備藥效長、不破壞環境等特點。
2. 氯劑加入後，將會被污水中有機物質及還原性無機物所消耗，因此所注入之氯劑並

非全數作為殺菌使用。氯劑之消毒效果係受污水性質、接觸時間、混合度、溫度以及氯劑注入率等因素影響。為提升消毒效果，接觸時間最低採用 15 分鐘，並必須使氯劑充分混合與接觸。混合裝置係指注入氯劑後予以混合與接觸之接觸槽或放流管渠等，如在放流管渠內可確保充分之接觸時間時，接觸槽之設置亦可予以省略。

3. 一般加藥設施應採用可調整流量之設備，為避免突增流量或機械效能降低之原因，採用平常操作量 1.2~1.6 倍之加藥容量設計加藥機設備應屬必需，並且為避免設備故障時大腸桿菌超出標準而污染環境，宜設置線上備用加藥機設備予以因應。

4. 考量化學品危害，應設置安全防護設施如標示、緊急淋浴洗眼裝置、防護具等。

6-2-03 氯氣消毒系統設計 **（原則 29）**

氯氣消毒設計應注意事項如下：

1.設計氯加藥機房時應考慮：(1)適當的設置地點；(2)保持加藥設備與其他設施之距離；(3)加藥管線及其他附屬設施之材質。

2.消毒劑之貯藏數量及方法。

3.消毒劑貯存室之監測及安全設施。

4.氯氣洩漏之中和設施。

5.操作室及加藥量控制設備之注意事項。

【解說】

1.氯氣加藥流程示意如圖 6-1 所示，另外有關加藥機房之設置應考慮：

(1) 單獨設於靠近加藥處且較地面為高之地點，不得設於地下室或低窪地，並應為採光、密閉良好之耐火、防震構造，側壁靠地面處應設氣窗，地板以混凝土建造。

(2) 加藥機與牆壁或鄰機之間隔至少為 60 cm。

(3) 藥管應使用光滑、耐蝕及防腐材料。

(4) 機房內電機器具及其他金屬應加耐酸鹼腐蝕處理。

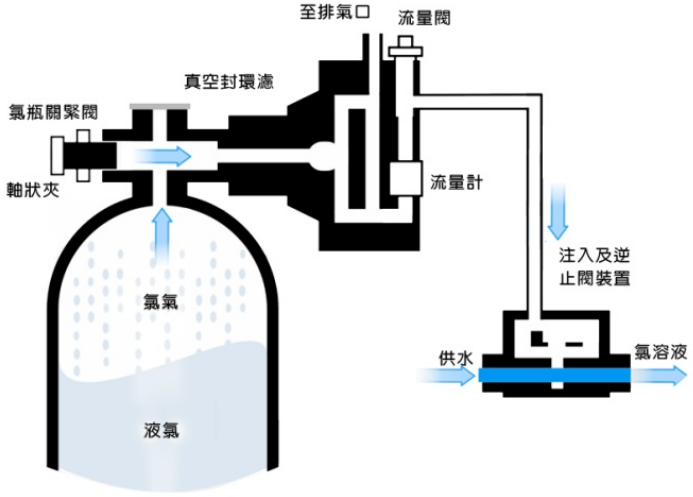


圖 6-1　氯氣加藥流程示意圖

2.加氯消毒使用之消毒劑，其貯藏數量及方法：

(1) 消毒劑之貯存量為一星期平均用量。

(2) 貯存法採高壓鋼筒及桶裝二種，高壓鋼筒之貯存量為 50 公斤及 1 噸裝二種；桶貯法之桶容量為 10 噸、15 噸、20 噸或 30 噸裝液體，且應 2 桶以上併用，並應設置計量設備。氯氣貯存型式如圖 6-2。



(a).高壓鋼筒



(b).藥劑桶

圖 6-2　氯氣貯存型式實景圖

3.消毒劑貯存室：

(1) 氯氣及液氯貯存室應為耐火構造並設有氯氣檢漏及外洩時可自動關閉之安全裝置，貯存室應設於安全位置。貯存能力在一噸以上者應與加藥機房分開，其位置應便於高壓鋼筒搬運並易於監視，且不得設於地下室或高溫處。貯存室及加氯控制機房之空氣中含氯量不得超過 0.5 mg/L，並應設置氯氣之計量監測及警報系統裝置。

(2) 防毒面具、急救箱及自動淋洗等裝置應設於消毒劑貯存室外，並應至少半年內定期檢視一次，必要時修護或更新之。氯氣檢漏及安全設施如圖 6-3。



(a) 氯氣洩漏警報器



(b) 氯氣洩漏安全開關



(c) 氯氣偵測計



(d) 緊急淋浴洗眼器

圖 6-3　氯氣檢漏及安全設施實景圖

4.氯氣洩漏之中和設備：

(1) 使用 50 公斤高壓鋼筒裝者，應設置氯氣檢漏設備及中和反應槽。

(2) 使用一噸裝高壓鋼筒或貯存槽者，應設置漏氣檢查器、中和反應槽及抽風機等。

(3) 中和裝置應設於密閉室內並能充分中和氯氣，中和室之排氣應經氯氣吸收塔，並應達空氣污染物排放標準。

(4) 中和設備主要係利用 NaOH 溶液噴灑於洗滌塔內，與洩漏之氯氣(Cl_2)加以中和去除如圖 6-4 所示，其化學反應式如下所示。

$$2NaOH + Cl_2 \rightarrow Nacl + H_2O + NaClO$$



(a) 氯氣中和設備



(b) 加藥設備

圖 6-4　氯氣中和設備洗滌塔實景圖

5.操作室及加藥量控制設備：

(1) 操作室應設於加藥室之鄰近處，如圖 6-5 所示。

(2) 放流水所需加藥量應有控制設備。

(3) 加藥機、中和設備及漏氣檢查器之儀錶盤應設於同處。



(a) 加氯控制統計



(b) 加氯控制設備

圖 6-5　加氯控制設施實景圖

6-2-04 次氯酸鈉消毒設計 **（原則 29）**

次氯酸鈉消毒規定如下：

1.接觸槽之容量依計畫最大時污水量至少 15 分鐘之水力停留時間決定。

2.加藥機採用隔膜式或磁驅離心式，其容量及台數依水量與水質變化決定，至少應有一台以上備用單元。

【解說】

1.次氯酸鈉消毒加藥量依下式計算：

$$VR = Q \times R \times \frac{100}{C} \times \frac{1}{D} \times 10^{-3} \qquad (6\text{-}1)$$

式中：

VR：加藥量(l / hr)

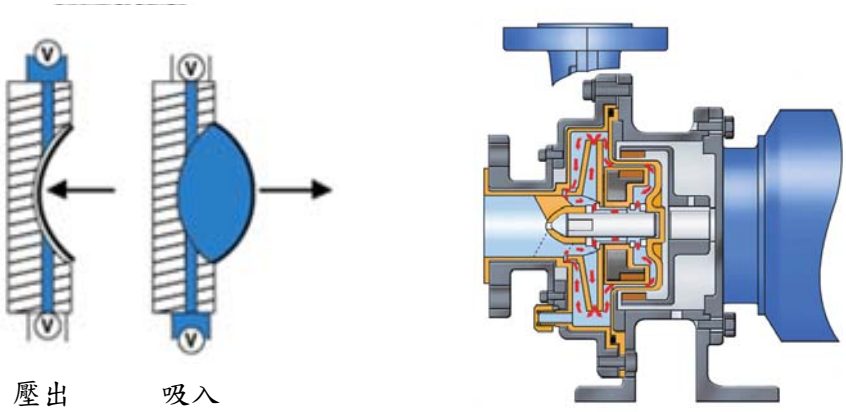
Q：處理水量(m^3 / hr)

R：氯加藥率(mg /L)

C：有效氯濃度(％)

D：次氯酸鈉溶液之比重

2.隔膜式加藥機係採用富彈性且抗腐蝕材質之薄膜於一密閉之壓力室內，利用氣動或電動方式推動薄膜，使薄膜進行壓縮動作將藥劑定量吸入及送出之型式。另外磁驅離心式係利用電磁原理，在不與葉輪接觸之情形下，以磁力帶動葉輪，將藥劑以離心方式送出之型式。由於電磁驅動方式並不直接以驅動軸連結葉輪，因此無須於驅動軸與泵浦室之間設置軸封，故亦稱為無軸封泵浦，另因本型式可避免藥劑自軸封處洩漏，因此亦常作為一般化學藥劑加藥使用。以上兩種不同型式之加藥機原理示意如如圖 6-6。



(a)隔膜式加藥機　　(b)磁驅離心式加藥機

圖 6-6　加藥機設備

3.次氯酸鈉溶液貯存容量以七日份為原則，以耐腐蝕之材料或經表襯之鋼材或鋼筋混凝土造之貯存槽，貯存槽應設置二槽以上，並設置液位計作為監控為宜。

4.溶液貯存室應為耐震及耐火性、通風採光及防曬設施良好之構造。

5.應防日照及溫度上升，以抗腐蝕槽體貯存。

6.消毒房應位於鄰近氯接觸消毒槽，建築物應為耐震之鋼筋混凝土構造，由貯槽室、注入機室及操作室所組成，進出口門朝外設計。

7.貯槽依貯存容量、貯槽總重量、槽體尺寸、高度、易於作業設計，地板應維持清洗坡度並設置集水溝，槽之周邊應有槽容量 1.1 倍容積之圍堤。

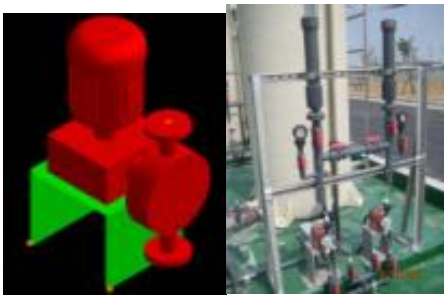
8.次氯酸鈉之注入方式，以泵浦(pump)注入、噴射或吸入式 (ejector or injector) 注入及重力式注入等型式為宜。採用重力式注入之型式，則應具有適當之高低位差以利藥劑注入。

9.機室及操作室依機械種類及作業性設計。機室之加藥機應與次氯酸鈉貯槽相鄰，並應設置加藥機操作盤，地下配線配管。

10.次氯酸鈉溶液除了直接自供應商處採購外，另亦可依現地環境以電解方式製作使用如圖 6-7 所示。



(a) 消毒接觸槽



(b) 加藥機設備

圖 6-7 次氯酸鈉加藥設施實景及示意圖

6-2-05 紫外線消毒設備 **（原則 29）**

紫外線消毒裝置考慮事項如下：

1.一般紫外線消毒裝置之型式及規格如下：

(1) 照射方式有內照式及外照式兩種。

(2) 紫外線消毒裝置之設置方式有密閉式及渠道式兩種。

(3) 燈管的設置方法有水平式及垂直式兩種。

(4) 燈管與水流之關係有平行式或垂直式兩種。

(5) 波長 233.7 至 273.7 nm 之燈管紫外光發散率應達 90%。

(6) 原水之紫外線透過率應達 70 %以上。

(7) 元件材質應為不銹鋼、石英或鐵弗龍。

2.紫外線消毒設備應有備用設備。

3.為避免直接對眼睛及皮膚照射，應有安全保護措施。

4.紫外線照射量與大腸桿菌不活化率(%)之關係如下表。

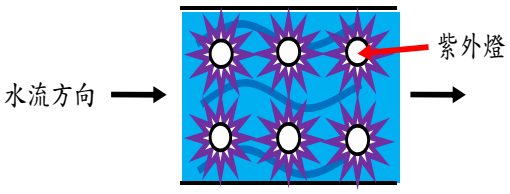
種 類	大腸桿菌不活化率（%）	紫外線照射量（J/m^2）
二級處理水	90.0	150～200
	99.0	200～300
	99.9	300～500

5.紫外線燈管有低壓及中壓紫外線燈管，應依其特性配合污水處理廠狀況選定之。

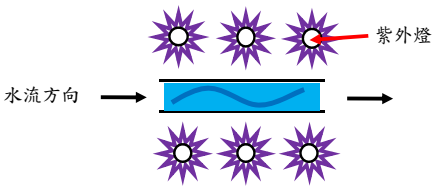
【解說】

紫外線設備選用時，應就使用目的設置空間、維護管理等，檢討下列選定之，如圖 6-8。

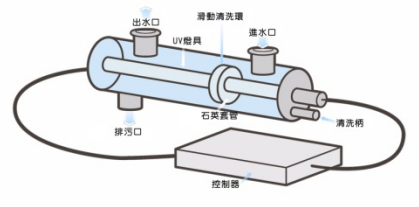
1.採用紫外線消毒方式者，進流水質之 TSS 應以小於 10 mg/L 為宜。



(a) 內照式紫外線消毒設備



(b) 外照式紫外線消毒設備



(c) 密閉式紫外線消毒設備



(d) 渠道式紫外線消毒設備



(e) 水平渠道式紫外線消毒設備



(f) 垂直渠道式紫外線消毒設備

圖 6-8　紫外線消毒設備實景及示意圖

2.為避免紫外線消毒設備因燈管壽命已屆或零件損耗之因素而失效，應於處理廠內準備適當數量之燈管及消耗材等備用零件以供隨時替換。另為考慮停電或其他無法控制之因素導致紫外線消毒設備無法運作之情形，宜設置適當的備援系統因應(如人工加氯方式)。

3.採用渠道式之紫外線消毒設備，宜於渠道上方加上護蓋，避免直接對眼睛及皮膚照射。

4.紫外線的照射量為紫外線照射強度(W/m^2)及照射時間的乘積：

紫外線照射量(J/m^2)＝紫外線照射強度(W/m^2)×照射時間(s)。

5.渠道式之紫外線消毒設備，不論採用低壓(單管功率低於 320w)或中壓型式(單管功率約 400-1000w)，宜設置水位控制裝置，保持燈管浸沒於水中，避免溫度過高而故障。

6-2-06 臭氧消毒設備 **（原則 29）**

臭氧消毒設備於考慮下列決定之：

1.反應槽容量以水深 4～6 m，水力停留時間 10～20 分鐘決定之。

2.注入設備有散氣筒及散氣板等方式，依臭氧送氣量、臭氧溶解效率及經濟性等檢討決定。

3.臭氧注入率為 1.0~5 mg/L，殘存率為 0.3~0.9 mg/L。

4.基於臭氧設施的安全及運轉效率，應設置臭氧濃度量測設備。

【解說】

1.臭氧產生器容量依臭氧注入率及計畫污水量決定之。

2.臭氧產生原料可為空氣或氧，依計畫污水量或臭氧濃度決定之。

3.反應槽會排出未反應之臭氧，應設置臭氧排氣處理設備。臭氧排氣處理設備主要可採用以下四種方式將臭氧破壞，比較常用的方式為利用金屬觸媒氧化之型式。

(1) 加熱破壞(於 300~350℃下加熱 3 秒以上)。

(2) 加熱及觸媒氧化併用。

(3) 觸媒氧化。

(4) 濕式粒狀活性碳吸附。

4.當臭氧未完全反應及破壞時，仍會逸散至大氣中，當大氣中臭氧濃度超過一定程度時，被人體或動物吸入時會造成不同程度之傷害，因此宜設置臭氧濃度量測設備加以監控。大氣中臭氧濃度對於人體及動物之影響如表 6-1 所示。

表 6-1　大氣中臭氧濃度對人體及動物影響程度表

臭氧濃度(ppm)	對人體及動物之影響
0.01~0.02	略感異味存在，一段時間後即無感覺異味存在。
0.1	明顯感到異味，並造成鼻子或喉嚨有刺激性的感覺。
0.2~0.4	暴露在此濃度下 3~6 小時，將使視力下降。
0.5	上呼吸道會有明顯的刺痛感。
1~2	暴露於此濃度下 2 小時，將會有頭痛、胸痛及上呼吸道乾澀之感覺，重覆的暴露於此濃度之環境下將會導致慢性中毒現象。
5~10	將有脈搏增加、身體疼痛及麻痺的現象產生，長時間暴露於此環境，將導致肺水腫。
15~20	小動物暴露於此環境下 2 小時將會死亡。
50	暴露超過 1 小時會有生命危險。

5.一般典型臭氧添加流程圖示意如圖 6-9。

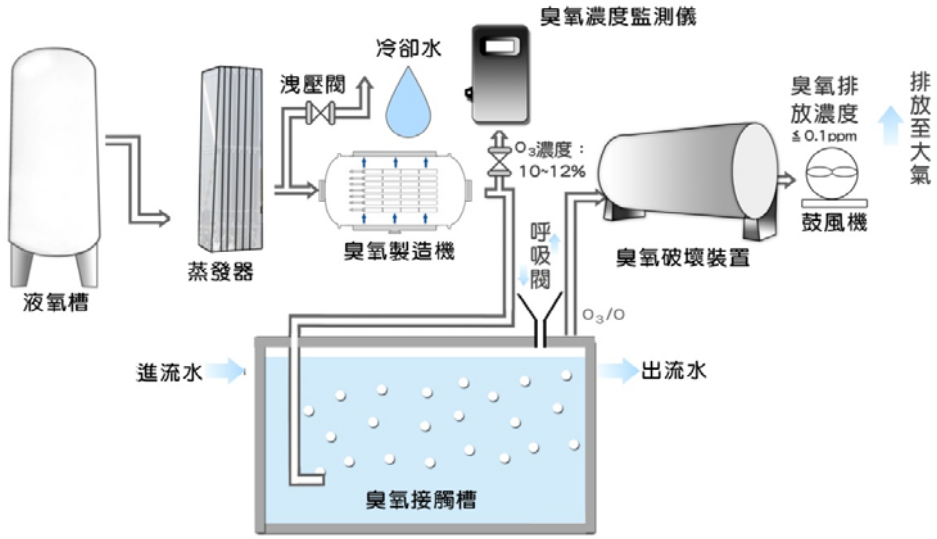


圖 6-9　臭氧消毒系統流程示意圖

第 3 節　回收再利用

6-3-01 污水處理水回收再利用　　**（原則 30&原則 31）**

污水處理設計時，應充分檢討處理水再利用計畫設計之：

1.污水處理水應回收為廠內水封用水、消泡用水、凝聚劑溶解用水、各種設備清洗用水、沖廁用水、消防用水及廠區澆灌用水。

2.處理設施配置時，處理污水達到一定水量時，可輸送至廠外再利用，所需設置取水設施的空間。

【解說】

1.污水處理水再利用為污水下水道的功能之一，為未來之趨勢，其再利用水水質，依相關主管機關所定之水質標準辦理。

2.取水場所應設於水位變動少，且避免受沉澱物影響，且能確保充分取水量之處。

3.回收水再利用之處理設備應設置備用設施。

第七章污泥處理

第 1 節 總論

污泥處理的目的係將污水處理系統轉化出的固體物，其中包含初級沉澱污泥及生物污泥，以各種程序進行減容及安定化，使污泥可安全的進行最終處置。

7-1-01 污泥處理及最終處置 **（原則 32）**

1.污泥處理及最終處置方法依處理設施之規模、污泥量及污泥性狀、最終處置、用地條件、建設費、維護費、管理難易及公害對策等定之。

2.污泥處理及最終處置單元程序，包括污泥濃縮、消化、脫水、曬乾、堆肥、乾燥及熱處理（如焚化、碳化、熱解、熔融等）、最終處置及能資源利用等，其設計應依最終處置方式組合之。

【解說】

1.處理程序選定有各項條件需留意，最適合之污泥處理程序需經設計計算，並且綜合評估污泥量、污泥性質、建設費、維護管理費、維護管理性等，另水溫高低、污泥濃縮性、氣候皆有相關影響，地域特性亦各不相同，這些因素都是污泥處理程序選定的重要考慮因素，處理程序選定流程如圖 7-1。

2.設計前應充分檢討污泥處理程序，主要污泥處理程序如圖 7-2。

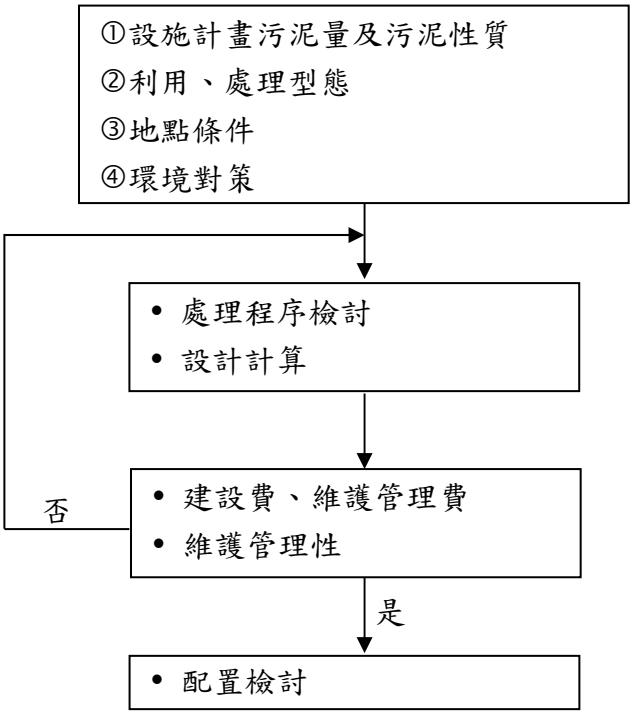


圖 7-1　污泥處理程序選定流程圖

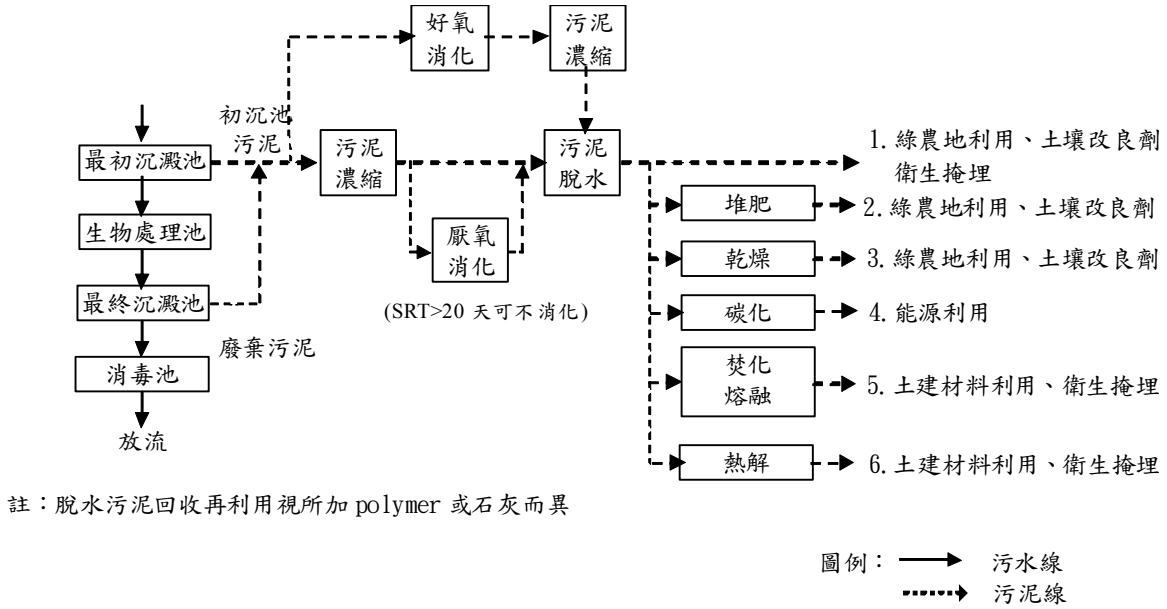


圖 7-2　污泥處理及最終處置程序

7-1-02 污泥處理設施設計流量及污泥量計算　　**（原則 33）**

污泥處理各項處理設施之設計流量，以計畫最大日污泥量設計。

【解說】

污泥產生量主要來源有二，包括初級沉澱池去除懸浮物質產生量及生物曝氣池 BOD 之污泥增殖產生量，分別計算如下：

懸浮物質產生之污泥量（初級沉澱池）

$$P_{ss}=Q(SS_o-SS_e)\times10^{-3}=Q\,SS_o\,E_{ss}\times10^{-3}\quad\text{.....(7-1)}$$

式中，P_{ss}：由懸浮物而產生之污泥量（kg/d）

Q：處理量（m^3/d）

SS_o：進流懸浮物質濃度（mg/l）

SS_e：自沉澱池出流懸浮物質濃度（mg/l）

E_{ss}：懸浮物質之去除率

污泥增殖產生之污泥量（生物曝氣池）

$$P_{BOD}=\frac{Q\times Y(So-Se)}{1+K_d\theta_c}\times10^{-3}\quad\text{.....(7-2)}$$

（理論式，請參見§ 4-3-01 計算）

或 $P_{BOD}=a\,Lr-b\,X\,V\times10^{-3}$（經驗式）.....(7-3)

式中，P_{BOD}：生物增殖而產生之剩餘污泥量（kg/d）

a：BOD 之污泥轉換率（0.5～0.8）

Lr：BOD 去除量（kg/d）

b：污泥體內自行氧化率（0.01～0.1）（day^{-1}）

X：曝氣槽內混合液 MLSS 濃度（mg/l）

V：曝氣槽容積（m^3）

$Lr = Q\ S_o\ E \times 10^{-3}$…….....(7-4)

式中，　Q：處理量（m^3/d）

S_o：進流 BOD 濃度（mg/l）

E：BOD 去除率

則總污泥量 $P = P_{ss} + P_{BOD}$…….....(7-5)

$$= [SS_oE_{ss} + \frac{Y(So - Se)}{1 + K_d\theta_c}] \times Q \times 10^{-3} \quad \text{…….....(7-6)}$$

或　　$P = (SS_oE_{ss} + aS_oE - bX\theta) \times Q \times 10^{-3}$…….....(7-7)

式中，θ：曝氣槽停留時間（=V/Q，day）

但是，污水處理廠污泥產生量以下列公式計算亦可：

$P = Q \times SS_o \times 10^{-6} \times E \times m$…….....(7-8)

式中，P：總污泥量（Ton/day）

Q：處理量（m^3/day）

SS_o：進流懸浮物質濃度（mg/l）

E：全廠懸浮物質總除去率

m：去除 SS 當量之污泥產生率（參見表 7-1）

表 7-1　不同處理方法之 SS 當量之污泥產生率

發生率 / 處理方法	去除 SS 當量之污泥產生率 (%)
標準活性污泥法	100
氧化渠法	75
延長曝氣法	75
分批式活性污泥法(低負荷)	75
好氧過濾法	100
接觸曝氣法	93

資料來源：日本下水道協會下水道施設計畫-設計指針及解說(後編 2009 年版)

污泥流量計算如下：

$Q_s = P \div S \times 10^3$…….....(7-9)

式中，Q_s：污泥流量（m^3/day）

P：污泥總量（kg/day）

S：污泥濃度（mg/l）（參見表 7-2）

表 7-2 污泥濃度表

處理方法	污泥濃度(mg/l)		
	初沉污泥	廢棄污泥	混合污泥
標準活性污泥法	20,000~40,000	5,000~10,000	10,000
氧化渠法	—	5,000~10,000	—
延長曝氣法	—	5,000~10,000	—
分批式活性污泥法(低負荷)	—	5,000~10,000	—
好氧過濾法	—	—	10,000
接觸曝氣法	20,000	8,000	10,000

資料來源：日本下水道協會下水道施設計畫-設計指針及解說(後編 2009 年版)

第 2 節 污泥輸送

污泥輸送，應依輸送污泥之質與量，並充分考慮周邊環境，以最經濟的輸送方法設計。

7-2-01 污泥管 **（原則 32）**

污泥管之設計考量如下：

1.材質應為延性鑄鐵管或其他堅固可耐久使用者。
2.管內流速以 1.0～1.5 m/sec 為準，管徑應在 150 mm 以上。
3.必要時應設置管內洗淨裝置。
4.必要時應有保護之設備。

【解說】

1.污泥管的配管方法，應考慮下列：

(1)在動水坡降線以下配管。

(2)盡可能為直線，並避免急彎曲。

2.污泥管內流速以 1.0～1.5 m/sec 為準，但長距離輸送時，為了減少摩擦損失水頭，流速大約為 1.0 m/sec；污泥管管徑應在 150 mm 以上，避免管線阻塞。

(1)污泥濃度 2%以下、流速 1.0 m/sec 以上時，污泥輸送水頭損失計算公式如下：

$$H_f = 6.82\, C_H^{-1.85} \cdot D^{-1.17} \cdot V^{1.85} \cdot L \quad \text{.....(7-10)}$$

式中，H_f：水頭損失(m)

C_H：流速係數(Hazen-Williams 係數)

D：管徑(m)

V：流速(m/s)

L：管線長度(m)

(2)污泥為粘性流體，液體溫度變化對於污泥特性有所影響，故污泥輸送時管摩擦水頭損失計算應考慮污泥濃度及溫度之影響。一般而言，污泥溫度較少低於 10℃，管摩擦水頭損失計算如下：

$$K = 1+0.11C \quad \text{.....(7-11)}$$

$$H_f = 6.82\,(C_H^{-1} \cdot V)^{1.85} \cdot D^{-1.17} \cdot L \cdot (1+0.11C) \quad \text{.....(7-12)}$$

式中，K：液體溫度 10℃管摩擦損失水頭係數比

C：污泥液體溫度 10℃濃度

污泥溫度介於 10~20℃時，修正公式

$$C=[1-0.019(T-10)]0.37C_r \quad \text{.....(7-13)}$$

式中，C_T：污泥於液體溫度 T℃時之濃度(%)

3. 必要時應設置排泥閥、排泥管及排氣閥。

4. 必要時應有保護之設備。

(1)管線與本體接合處，應具耐震性。

(2)在橋樑掛架設置之地點，應為可撓性接頭。

(3)彎曲管、T 字管等管件，為避免與混凝土固定座脫離，應以金屬片固定。

7-2-02 污泥泵 **（原則 32）**

污泥泵之設計，考慮下列條件決定之：

1.具不阻塞、耐磨損、耐腐蝕，且為容易拆解之構造。

2.台數（含備用）2 台以上。

3.污泥泵吸入端設置高程原則需保持在正淨吸水頭。

4.應有考慮水錘作用之對策。

【解說】

1.污泥中含泥砂，故污泥泵應採不阻塞、硬度高、耐磨損之材料製造。

2.污泥泵設置數量應該考量故障維修情況，故台數（含備用）2 台以上。

3.考量氣穴現象，污泥泵吸入端設置高程原則需保持在正淨吸水頭。

4.污泥泵快速啟動或運轉中遇停電急速停止，泵之吐出側管線可能發生水錘現象，應設置必要之防範裝置。

7-2-03 污泥泵機房 **（原則 34）**

污泥泵機房，於考慮下列條件設置之：

1.構造原則上應為鋼筋混凝土構造。

2.其空間需考量污泥泵及管線和其他設備之搬出入、拆解及修理所需。

3.污泥泵機房內應有適當的照明及排水。

4.污泥泵機房在安全上，應有充分換氣及防臭對策。

5.電氣設備之裝設位置，應能防淹水。

6.應考慮污泥採樣的方便。

7.為防污泥管阻塞，應適當的設置反沖洗管。

【解說】

1.污泥泵機房多設於地下，以鋼筋混凝土構造較堅固，並且應避免地下水滲入，具水密構造；排水口、電氣管處應避免雨水滲入。

2.空間應足夠大以利機具搬運進出，並且因污泥泵的拆解、清理及維修頻率較高，應考慮有足夠之作業空間。

3.污泥泵機房內應有適當的照明及排水，以利操作運維。

4.污泥泵機房換氣率應足夠，確保為適當之作業環境，因污泥產生各項臭氣，故考慮作業環境之改善及設備機器之保護，應充分換氣及具有防臭對策。

5.電氣設備於濕度高環境下修理維護易發生意外，裝設位置應避免淹水。

6.污泥性質改變對污泥處理有重大影響，故於污泥泵機房需考慮污泥採樣方便，以利採樣分析。

7.污泥管徑最小採 150 mm，當污泥沉積於管內時，應以反沖洗裝置沖洗，避免污泥持續阻塞。

7-2-04 污泥貯槽 **（原則 33）**

污泥貯槽於考慮下列條件決定之：

1.污泥貯槽之容量應考量各項需求及機能後決定之。
2.構造上應為鋼筋混凝土，需考量耐腐蝕或防蝕塗裝。
3.數量原則以 2 槽以上。
4.為防止污泥腐敗或沉澱，應有攪拌設備。
5.應充分考慮室內臭氣收集及除臭。

【解說】

1.污泥貯槽之容量，於考慮污泥投入量、抽泥量、連續或間歇抽泥及維護管理上必要的貯留時間決定之。
2.污泥貯槽較多位於地下，以鋼筋混凝土構造較堅固，並且應避免地下水滲入，具水密構造。且需考量耐腐蝕或防蝕塗裝。
3.基於設備維修需要，貯槽數量原則以 2 槽以上，污泥貯槽配置案例如圖 7-3 所示。
4.污泥長時間放置，易腐敗或沉澱，為避免浮渣產生及泥砂沉積於底部，應設置攪拌設備、打入空氣或裝設浮渣去除器。
5.污泥貯槽之臭氣應避免外洩並且妥善收集至除臭設備。

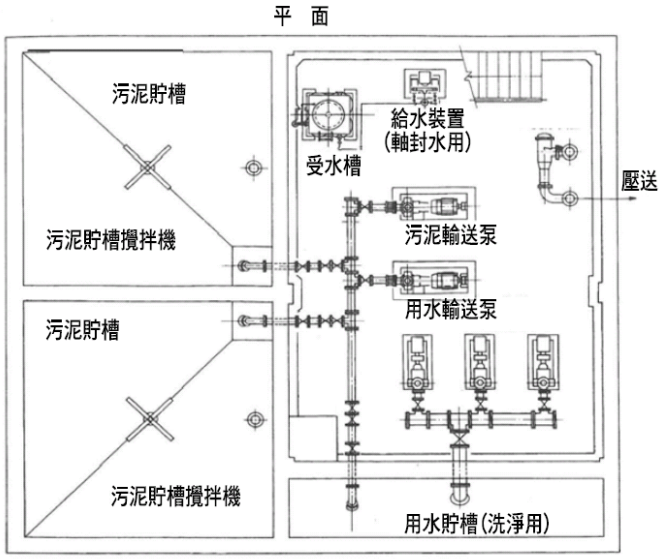


圖 7-3　污泥貯槽配置圖

第 3 節 污泥濃縮

7-3-01 污泥濃縮方式 **（原則 33）**

污泥濃縮方式有重力式濃縮、帶濾式濃縮、離心式濃縮、滾筒式濃縮、及浮除式濃縮等。

【解說】

1.污泥濃縮可分為重力濃縮及機械濃縮，除重力式濃縮外，帶濾式濃縮、離心式濃縮、滾筒式濃縮、及浮除式濃縮等皆為機械式濃縮。
2.污泥含水率定義公式如下：

$$Ww(\%) = W/(S+W) \times 100 \quad \text{.....(7-14)}$$

式中，S：污泥中乾燥固體質量

W：污泥中水分質量

Ww：污泥含水率

3.各項污泥濃縮方式優缺點比較如表 7-3，另機械式濃縮方法之比較如表 7-4。

4.建議以下選用原則：小規模污水廠採重力濃縮或不濃縮，中規模可考慮機械濃縮，大規模則採用機械濃縮。

表 7-3 污泥濃縮設備優缺點比較表

	重力式濃縮	帶濾式濃縮	離心式濃縮	滾筒式濃縮	浮除式濃縮
優點	1.設備簡易 2.操作費用低 3.操作簡易 4.兼具污泥貯存功能 5.勿需加藥調理 6.動力消耗低	1.佔地面積少 2.可調整功能 3.污泥濃縮效果佳 4.污泥適用性廣	1.佔地面積小 2.可調整功能 3.對廢棄活性污泥效果佳 4.無臭味問題 5.可勿需加藥調理 6.固體濃縮功能佳	1.初設費低 2.動力消耗低 3.固體捕集率高	1.對廢棄活性污泥效果佳 2.在負荷降低時，勿需加藥調理
缺點	1.有臭味問題 2.污泥濃縮功能不佳，固液分離效果低 3.土地需求高	1.濾帶壽命較短 2.需加藥調理 3.有臭味問題 4.濾帶清洗需反洗水量	1.初設費及動力消耗高 2.維護工作複雜 3.較適合連續式操作 4.操作技術稍高	1.需加藥調理，且對不同藥劑敏感度高 2.有臭味問題	1.動力消耗高 2.固體濃縮功能較差 3.有臭味問題 4.與其他機械濃縮比較，佔地面積大

表 7-4 機械式濃縮方法之比較

	帶濾式	離心式	滾筒式	浮除式
初設費	＋	－	△	△
操作維護費(含加藥需求)	＋	△	△	－
濃縮功能	＋	＋	△	△
佔地面積	＋	＋	＋	－
臭味問題(需加蓋除臭)	△	＋	＋	－
動力需求	＋	－	△	△

註： ＋：較優　　△：中等　　－：較差

7-3-02 重力式濃縮槽 **（原則 33）**

重力式濃縮槽於考慮下列決定之：

1.容量以計畫最大日計畫污泥量之 12 hr 量為準，其

固體物負荷

初級沉澱污泥為	60~90 kg/m^2・day
混合污泥為	40~60 kg/m^2・day
二級沉澱污泥為	25 ~50 kg/m^2・day
氧化渠或延長曝氣法為	30 ~50 kg/m^2・day

水表面積負荷

初級沉澱污泥為	6 ~ 9 m^3/m^2・day
混合污泥為	4 ~ 6 m^3/m^2・day
二級沉澱污泥為	3 ~ 5 m^3/m^2・day
氧化渠或延長曝氣法為	3 ~ 5 m^3/m^2・day

其濃縮污泥含水率為 97 % 至 98 %。

2.濃縮槽為圓形或矩形之水密性構造，必要時並加覆蓋。有效水深為 3.5 ~ 4 m。中規模以上者應為二池。

【解說】

1.容量以計畫最大日計畫污泥量之 12 hr 量為準，其固體物負荷、水表面積負荷應符合規定範圍值。其濃縮污泥含水率為 97 % ~ 98 %。

2.濃縮槽為圓形或矩形之水密性構造，必要時並加覆蓋。有效水深為 3.5 ~ 4 m。中規模以上者應為二池。案例如圖 7-4 所示。

(1)附有搔泥機之槽底坡度宜為 5 %以上；未設刮泥機者，槽底為漏斗狀，對水平之傾斜角為 60 度以上。

(2)設置污泥進流管、污泥排出管及上澄液排出管，必要時增設溢流堰及除臭設備。

(3)槽體構造應為鋼筋混凝土，需考量耐腐蝕或防蝕塗裝。

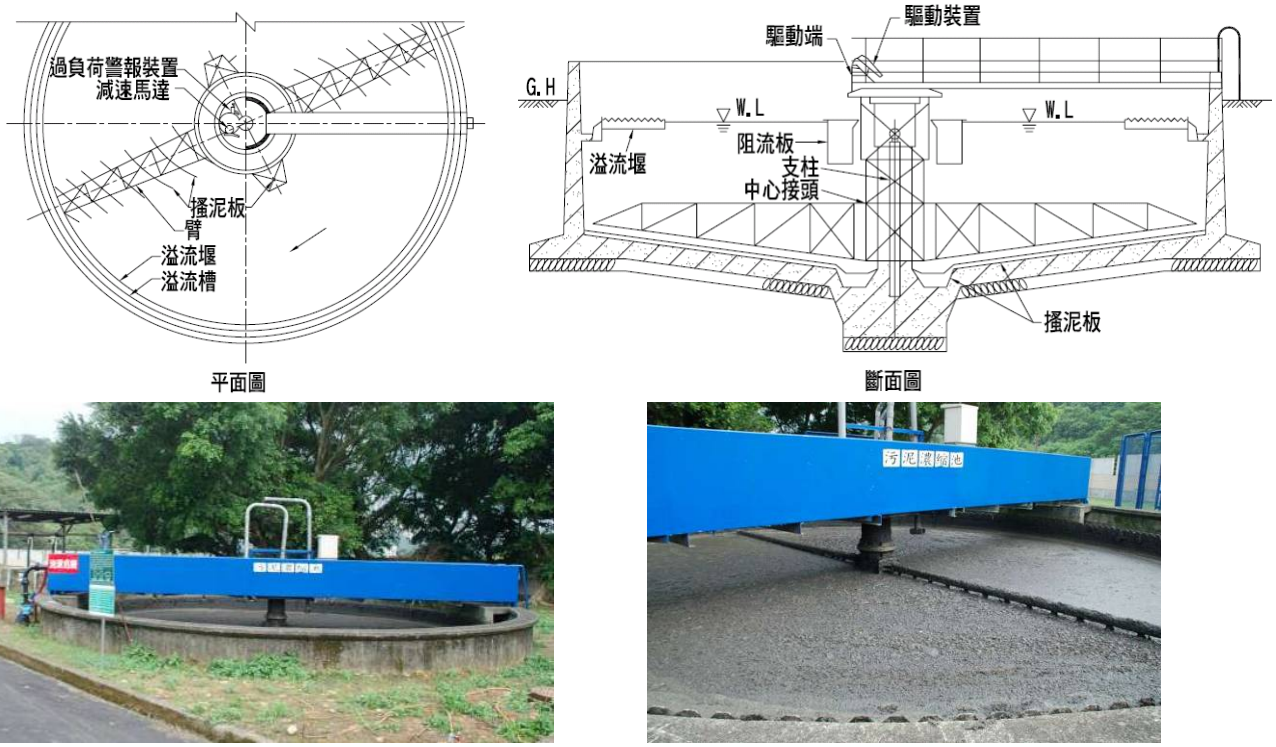


圖 7-4　重力濃縮槽(林口南污廠例)

7-3-03 帶濾式濃縮機 **（原則 33）**

帶濾式濃縮機依下列條件決定之：

1.台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。

2.帶濾濃縮機濃縮性能如下：

濃縮後固體物濃度	4～5 %
凝聚劑添加率	≦0.3 %（依固體物量）
SS 回收率	95 % 以上

濃縮後污泥含水率視污泥種類而定，約為 95 % 至 97 %。

3.污泥濃縮負荷終沈污泥負荷為 300 ~ 540 kg（SS）/ m（濾帶寬）・hr；混合污泥負荷(含初沈污泥)為 700 ~ 1,100 kg（SS）/ m（濾帶寬）・hr。

4.濃縮機含備用設二組以上。

【解說】

1.帶濾濃縮機有效濾帶寬度及台數如下：

$$B=\frac{S_o}{t\times Q_o} \quad \text{.....(7-15)}$$

式中 B：帶濾濃縮機有效總寬度（m）

S_o：工作日每日處理懸浮固體物量（kg SS/day）

Q_o：單位濾帶固體負荷量（kg/m・hr）

t：工作日 1 天操作時間（hr/day）

$$N=\frac{B}{a} \quad \text{.....(7-16)}$$

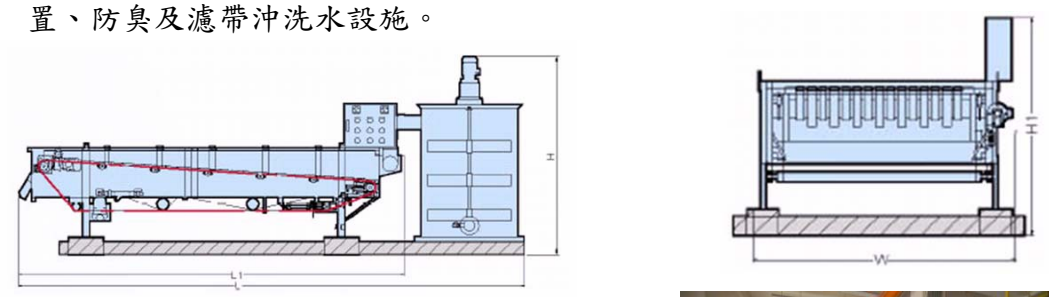
式中 N：台數

a：每一台有效濾帶寬度（m）

2.帶濾濃縮機濃縮性能須符合規定，案例如圖 7-5 所示。

3.污泥濃縮負荷包括終沈污泥負荷、混合污泥負荷(含初沈污泥)須依規定設計。

4.為促進固液分離，可於濾帶上設耙犁機具將污泥攪動。污泥進料泵應使用具備可調整流量功能之污泥泵，每組濃縮機各設置一台。附屬設備包括凝聚劑攪拌及混合裝置、防臭及濾帶沖洗水設施。



帶濾式濃縮機（宜蘭地區水資源回收中心例）



帶濾式濃縮機外圍設置玻璃防臭罩照片（宜蘭地區水資源回收中心例）

圖 7-5 帶濾式濃縮機

7-3-04 離心式濃縮機 **（原則 33）**

離心式濃縮機於考慮下列條件決定之：

1.台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。

2.濃縮機應設二組以上，由具轉速差之旋轉本體與螺旋軸體組成，耐磨、耐久、堅硬之金屬構成，離心力為重力加速度之 1,000 倍至 2,500 倍。

【解說】

1.濃縮機台數依下列公式計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \quad \text{.....(7-17)}$$

式中，

N：台數

Q：處理污泥量（m^3/day）

q：1 台每小時處理容量（m^3/hr）

t ：工作日 1 天操作時間（hr/day）

2.污泥進料泵應使用具備調整流量功能之污泥泵，每組濃縮機各設置一台。應設置濃縮污泥含水率控制裝置及必要之加藥設備，並設噪音防制設施。一般操作可將污泥含水率降至 96%以下，離心濃縮機約有 85～95%的標準固體回收率，離心效果一般為 1,000～2,500G。離心濃縮機室應具備良好之通風換氣、排水及照明，案例如圖 7-6 所示。





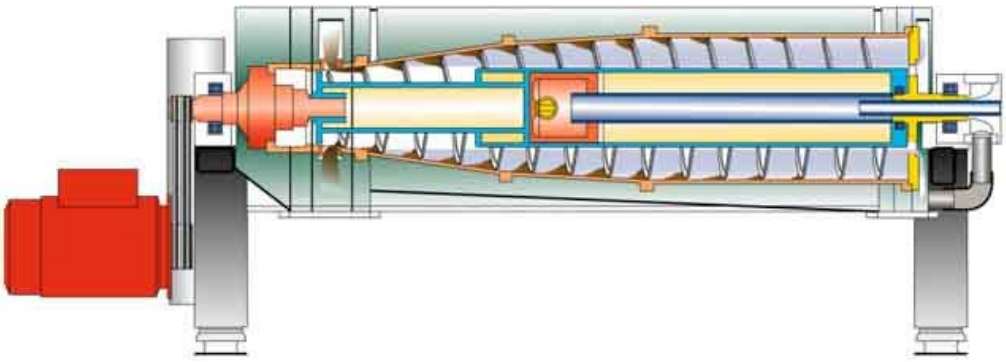


圖 7-6　離心式濃縮機

7-3-05 滾筒式濃縮機 **（原則 33）**

滾筒式濃縮機於考慮下列條件決定之：

1.台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。

2.濃縮機應設二組以上，由具低轉速之濾布或金屬篩網所構成之旋轉主體、攪拌器、支撐架、驅動馬達、減速機組成。

【解說】

1.濃縮機台數依下列公式計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \quad \text{.....(7-18)}$$

式中，

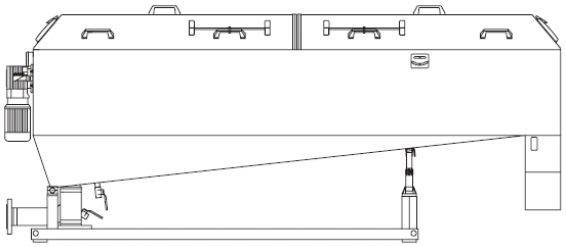
N：台數

Q：處理污泥量（m3/day）

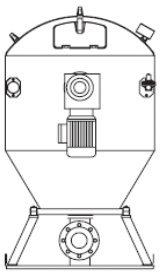
q：1 台每小時處理容量（m3/hr）

t：工作日 1 天操作時間（hr/day）

2.污泥進料泵應使用具備定排量功能之污泥泵，每組濃縮機各設置一台。應設置加藥設備。滾筒式污泥濃縮機為一機械式污泥濃縮機，案例如圖 7-7 所示，必須利用驅動馬達驅動旋轉主體，利用低速離心過濾方式，將通過該機組之膠羽污泥中懸浮固體物與液體分離，分離後之濃縮污泥由旋轉機體內側排出，廢液則由包覆於旋轉主體外側過濾排出至旋轉主體外的承載外殼。濃縮機為完全封閉式構造，避免操作時污泥或分離液臭味外溢。污泥可由足夠重力輸入靜態攪拌器，經膠羽化後重力流入滾筒式濃縮機作污泥濃縮。滾筒轉速為 5～20 rpm，濃縮後污泥濃度約可達 3～4%。



正面圖



剖面圖





淡水水資中心例

圖 7-7　滾筒式污泥濃縮機

7-3-06 浮除式濃縮槽 **（原則 35）**

浮除式濃縮槽之設計，依下列考慮之：

1.容量依固體物負荷 100～120 kg DS/m^2・d，固體物回收率以 85～95%為標準。

2.槽之有效深度為 4～5 m。

3.停留時間依浮除分離面積及有效水深而定，一般為 2 小時以上。

4.形狀可為方形、圓形或長方形。

5.槽數以 2 槽以上。

【解說】

1.容量依固體物負荷 100～120 kg DS/m^2・d，固體物回收率以 85～95%為標準。浮除式濃縮槽重要設計參數有四項，分別為空氣/固體比、固體負荷率、水力負荷、polymer 用量，空氣/固體比公式如下：

$$\frac{A}{S}=\frac{1.3sa(fP-1)q}{SaQ} \quad \text{.....(7-19)}$$

$\frac{A}{S}$＝空氣/固體比

sa＝相對大氣壓力下之空氣溶解度（ml/L）

Sa＝廢水中懸浮固體物濃度（mg/L）

f＝空氣溶解效率，0.5~0.8

P＝壓力（atm），一般為 3~5 atm

q＝加壓迴流水量（m^3/hr）

Q＝廢水量（m^3/hr）

2.槽之有效深度為 4～5 m。

3.停留時間依浮除分離面積及有效水深而定，一般為 2 小時以上。

4.構造應為具水密性混凝土構造物，並設堰及其他設施，以調整水位。應設有上浮物刮集及沉澱污泥刮除設備，案例如圖 7-8 所示。加壓泵之出口壓力為 2～4 kgf/cm^2，可為部份加壓、全面加壓及循環水加壓。若為循環水加壓，其加壓水量依氣固比、溶解效率及氣泡放出率而定，一般為投入污泥量的 1.5～3.5 倍。空氣溶解槽之構造應合乎相關規定，以空氣溶解效率高者為例，容量以停留時間 2 分鐘估算，並應設有擴散設備、壓力計、安全閥及檢修人孔。

5.應設置投入污泥貯存槽、上浮污泥脫氣槽、濃縮污泥貯存槽、污泥泵、循環水槽等附屬設備。



圖 7-8　浮除式濃縮槽

第 4 節 污泥消化

7-4-01 污泥消化穩定處理 **（原則 33）**

污泥消化穩定處理，包括厭氧消化及好氧消化，其設計規定如下：

1.污水處理生物反應槽為長時間曝氣處理者，污泥停留時間在 20 日以上者，得免設污泥消化處理設施。

2.污水處理廠計畫最大日污水量在 5,000 m^3 以下，採活性污泥法污泥停留時間大於 20 日或生物膜法方式且無初沉污泥者，得不設消化槽。污泥停留時間在 20 日以下者，採好氧消化或尹霍夫槽消化。

3.污水處理廠計畫最大日污水量在 5,000(含)至 10,000 m^3 者，污泥得以好氧消化處理或厭氧性無加溫消化處理。

4.污水處理廠計畫最大日污水量在 10,000(含)至 30,000 m^3 者，污泥得以厭氧性無加溫消化處理，並回收沼氣利用。

5.污水處理廠計畫最大日污水量在 30,000(含) m^3 以上者，污泥應以厭氧性加溫消化處理，並回收沼氣利用。

【解說】

說明小中大不同規模處理設施之污泥穩定處理原則。

7-4-02 厭氧性加溫消化槽 **（原則 33）**

污泥厭氧性加溫消化槽考慮下列設計之：

1.槽之容量按污泥之混合液揮發性懸浮固體濃度、消化溫度或日數、消化程度及操作方法等因素決定。消化溫度，中溫消化為 35～37℃，高溫消化為 50～55℃。單段式消化之消化日數中溫消化以 15～20 日為準，高溫消化日數為 10 天；二段式消化時，消化日數與單段式相同，應考量實質操作時因槽內產生之浮渣及沉積砂量會減少槽體有效空間。

2.目標年槽數為 2 槽（含）以上。

3.槽體應為具水密性、不透氣、耐壓及耐腐蝕。如採一般圓筒形構造，內徑為 10～30 m，池之有效水深約為內徑之半。

【解說】

1.厭氧消化示意圖如圖 7-9 及圖 7-10 所示。加熱鍋爐設置應依有關之法令規定；加溫所需之熱量，依進流污泥加溫所需之熱量及槽體與加溫管之熱量總損失計算；加熱方式採蒸氣注入或槽外熱交換，鍋爐應能自動控制燃燒、溫度及給水等，配管類應以絕熱材料包覆，並設有蒸氣祛水裝置，蒸氣鍋爐用水應有硬水軟化裝置。瓦斯貯存槽之容量為半日份之最大日瓦斯產生量為準，並應考慮安全設施。

2.目標年槽數為 2 槽（含）以上。

3.消化槽上澄液應能自三個以上之不同深度抽出，並迴流至污水處理單元再處理，消化槽內應設溢流管。消化槽應設置浮渣結塊之防止及破壞裝置、人孔採樣裝置、溫度測定裝置、液位計、監視窗及避雷器等附屬設備。攪拌方式包括以消化瓦斯注入、機械攪拌、泵送循環及水位差等方式，如圖 7-11 所示。消化槽頂蓋型式之比較如表 3-7-5，消化槽頂蓋型式示意如圖 7-12 所示。污泥進流管裝設位置應能使生污泥完全擴散於槽內，排出管應設於槽底中心處，各污泥輸送管之內徑為 150 mm 以上，並應設置逆止閥或緊急遮斷閥等裝置。消化槽頂應設集氣塔，塔內應考慮防蝕並裝設瓦斯安全閥，瓦斯收集管內徑為 100 mm 以上。與未脫硫之消化瓦斯接觸之管線或機械應使用高耐蝕性材質。操作室應設置於污泥消化槽鄰近處，具耐火性，並有防火及瓦斯洩漏檢測警報之安全裝置，室內配置應便於機器搬運及設備檢修之構造，並應有良好之隔音、換氣、照明及排水等設備。消化瓦斯之收集及貯存槽之設置應依有關法令規定，消化瓦斯之收集方式應根據消化狀態、生污泥進流、消化污泥與上澄

液之抽出、瓦斯產生量及瓦斯壓力之變化決定，消化瓦斯貯存槽之型式如圖 3-7-13 所示，分為濕式、乾式及球形三種，濕式貯存槽藉由水浮力平衡槽蓋，當瓦斯進出時槽蓋可隨之升降以貯存；乾式貯存槽為於槽內懸掛橡膠袋，瓦斯進入橡膠袋時，橡膠袋會膨脹貯存；球形貯存槽槽體固定，瓦斯經由鼓風機加壓注入槽內。消化瓦斯燃燒裝置如圖 7-14 所示。瓦斯貯存槽周邊 6 m 以上應列為危險區域，需避免車輛經過或其他可能產生火焰之設施。相關案例如圖 7-15～圖 7-19 所示。消化機房內若有沼氣溢出之虞之空間，應列為 Class I DIV II 之防爆區。

(1).厭氧消化設施所在及相連地區的電氣設備、燈具及控制，因可能累積危險瓦斯，應符合NEC Class 1, Division 1, Group D場所之規定(NEC Class 1, Division 1, Group D場所相當於CNS 3376-1038中之第0種場所-可能連續產生爆炸之氣體，其濃度在爆炸下限以上之場所，及第1種場所-在正常狀態下，有可能產生危險之場所，氣體族群為甲烷)。

(2).任何與消化槽連接或設置污泥管、瓦斯管或設備之地下室，包括未與消化槽作氣密式隔開的封閉地方，或設有瓦斯壓縮機、沉積物捕捉器、水滴捕捉器、瓦斯洗滌器、或調壓及控制閥的地方。應依照Class 1, Division 2, Group D場所之規定，設置強制通風，如採連續式換氣，應每小時至少換氣12次。(Class 1, Division 2, Group D場所相當於CNS 3376-1038中之第2種場所-在異常狀態下，有可能產生危險之場所，氣體族群為甲烷)。

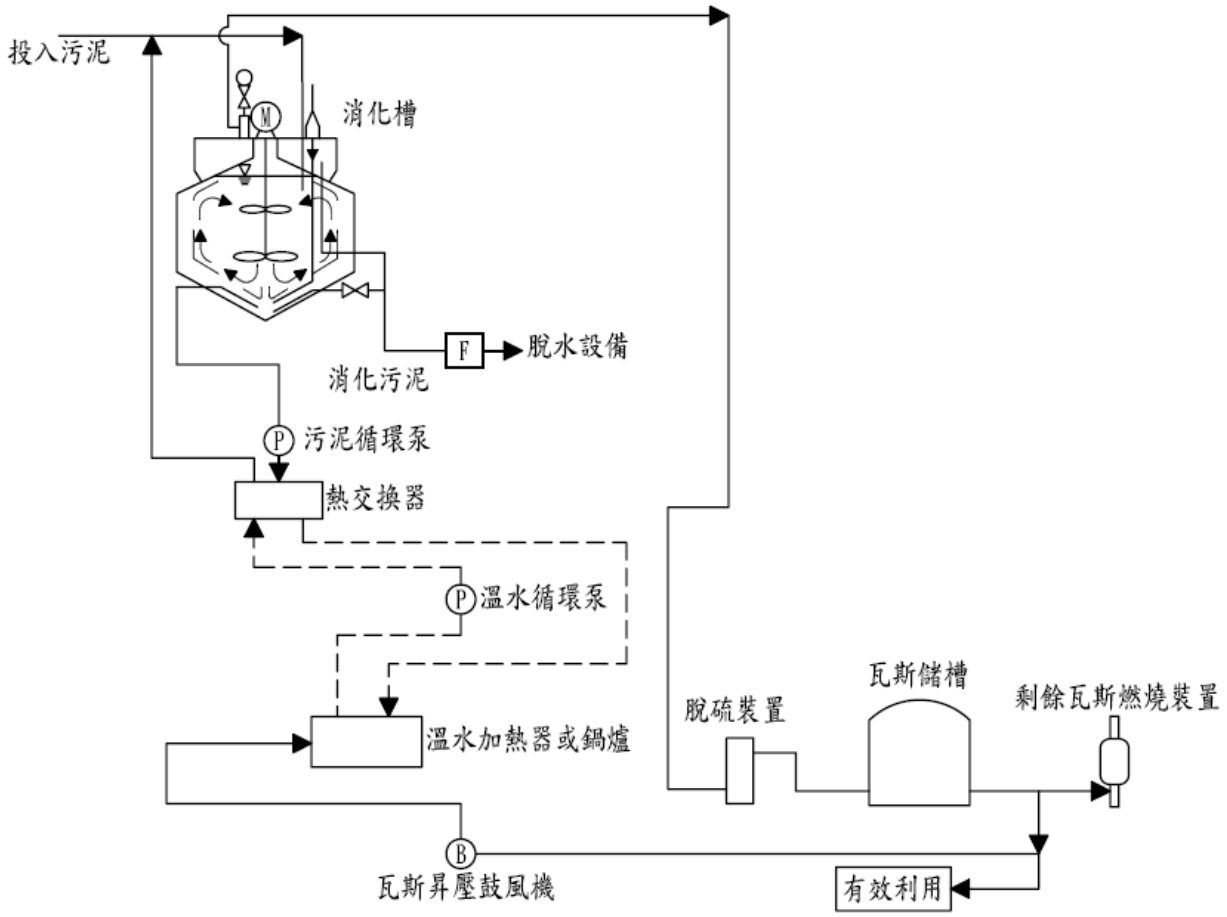


圖 7-9　單段厭氧消化處理流程示意圖

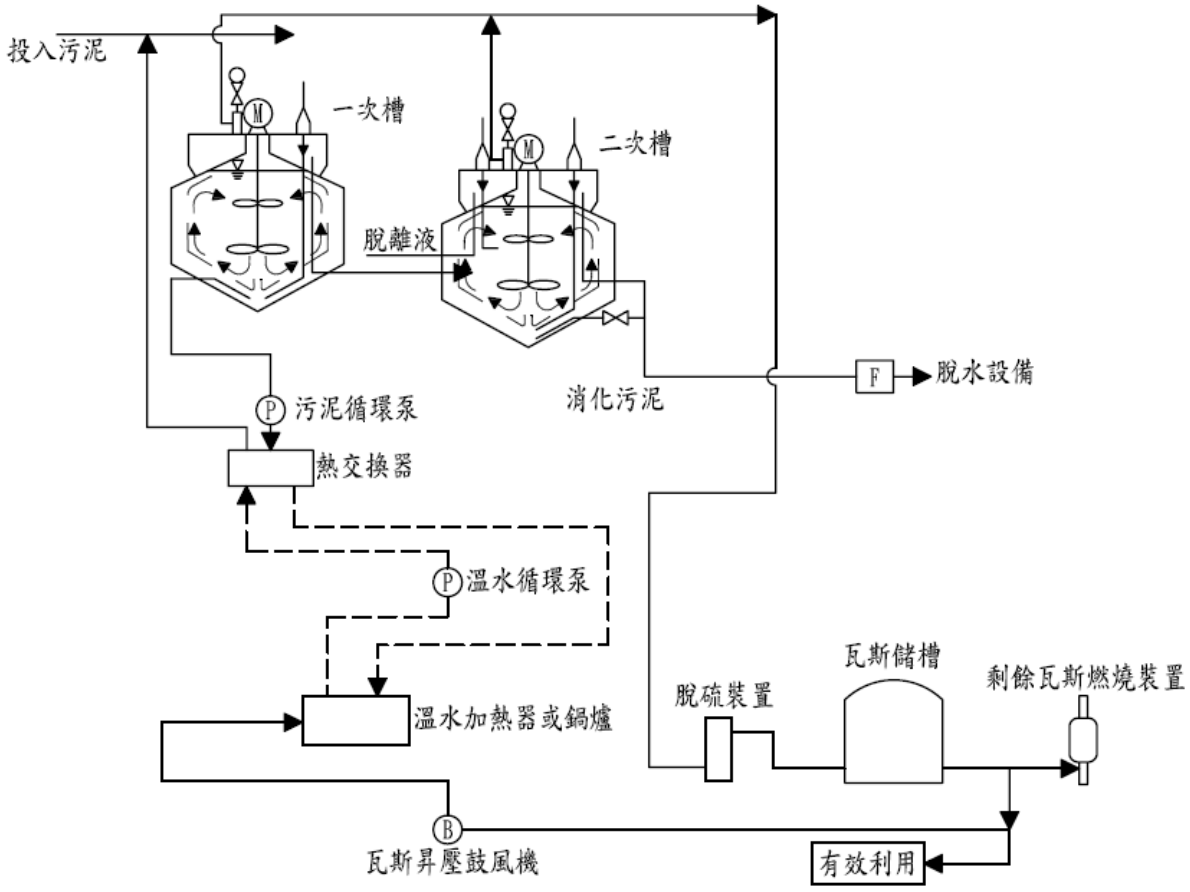
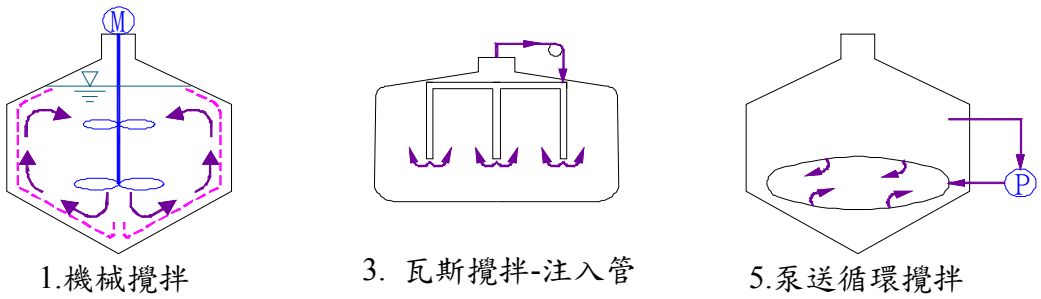
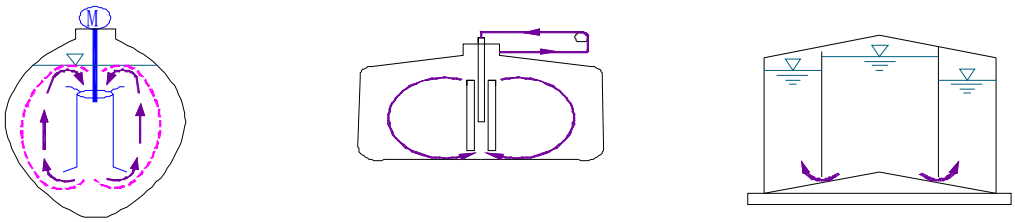


圖 7-10　二段式厭氧消化處理流程示意圖



1.機械攪拌　3. 瓦斯攪拌-注入管　5.泵送循環攪拌



2.機械攪拌-中間管　4.瓦斯攪拌－中間管　6.水位差攪拌

圖 7-11　消化槽攪拌方式示意圖

表 7-5　消化槽頂蓋型式之比較

類別	固定蓋(機械式)	固定蓋(壓差式)	浮動蓋(瓦斯攪拌)	說明
穩定性、氣密性	佳	佳	不良	浮動蓋因頂蓋移動，介面磨耗，且瓦斯存於槽內受頂蓋壓力，瓦斯處於中高壓狀態易造成瓦斯洩漏。
建設成本	可	低	高	浮動蓋造價比固定蓋(須瓦斯貯槽)高，固定蓋壓差式無鼓風機及複雜瓦斯曝氣管線。
系統供應商	多	少	少	固定蓋國內有實績者有 3 家以上，浮動蓋僅一家，浮動蓋在歐洲早已停產不再使用。
使用壽命	長	長	中	國內固定蓋均正常使用中，有些已超過 10 年，浮動蓋在台南安平使用狀況不佳，包含蓋体跌落、卡住、氣密性喪失等。

表 7-6　消化槽體型式之比較

類別	圓筒形	蛋形	龜甲形
構造經濟性	佳	差	可
污泥攪拌效果	差	佳	可
內徑/有效水深	2/1	-	1/1
槽底坡度	30/100	1/1	1/1

表 7-7　消化槽攪拌方式之比較

類別	機械式	壓差式	瓦斯攪拌	說明
系統功能	可	可	可	三種型式去除率約 40~60%
能源消耗	中	小	大	瓦斯攪拌動力大，壓差式平時免攪拌動力，機械式尚可。
操作難度	中	易	中	壓差式僅設定內外槽壓力差即可操作。
維護難易	易	易	難	瓦斯攪拌設備多，且因瓦斯貯存於中高壓狀態，系統維護不易。

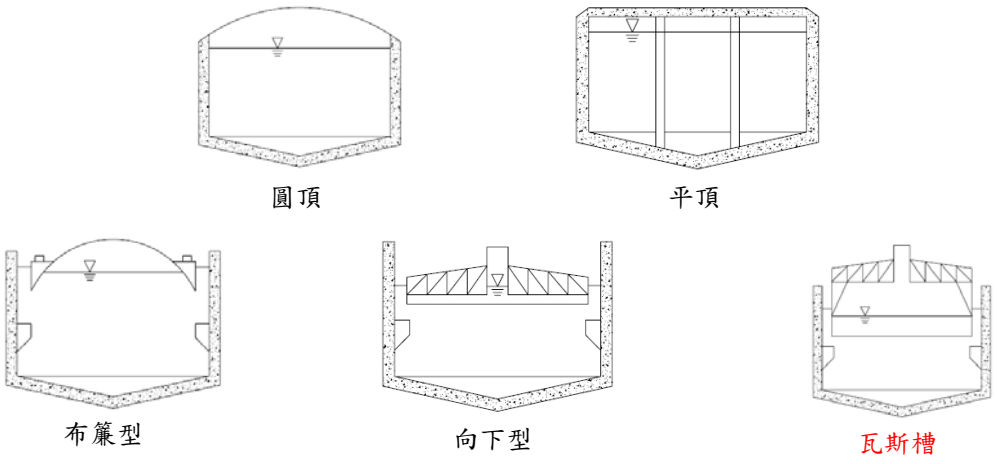
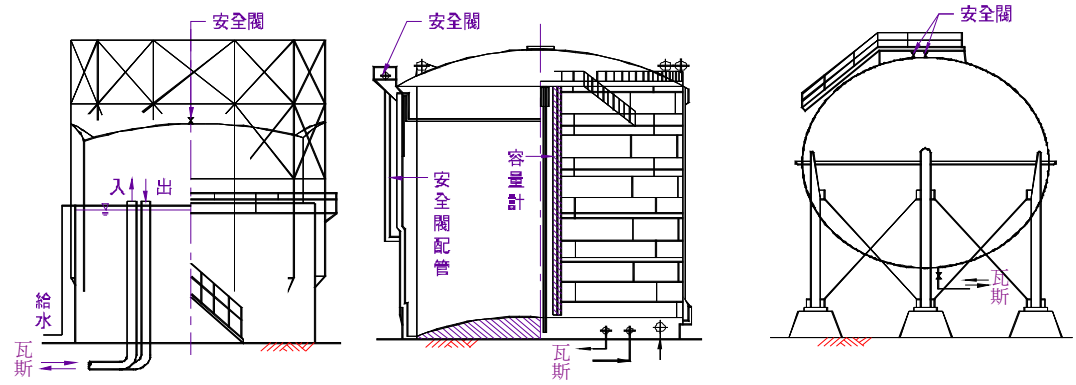


圖 7-12　消化槽頂蓋型式示意圖



(a) 濕式(低壓)　(b) 乾式(低壓)　(c) 球形(中壓)

圖 7-13　消化瓦斯貯存槽之型式



圖 7-14　消化瓦斯燃燒裝置



圖 7-15　厭氧消化槽（六塊厝污水處理廠例）

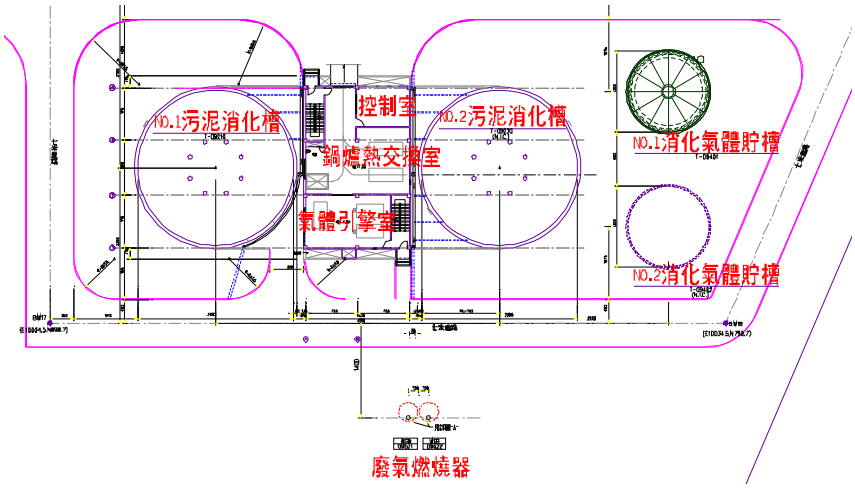


圖 7-16　厭氧消化槽（六塊厝污水處理廠例）



圖 7-17　厭氧消化槽（淡水水資源回收中心例）



圖 7-18　厭氧消化槽（迪化污水處理廠例）



圖 7-19　消化瓦斯貯槽（迪化污水處理廠例）

7-4-03 厭氧性無加溫消化槽 **(原則 33)**

厭氧性無加溫消化考慮下列條件設計之：

消化日數視槽數及氣候而定，為 50～80 日。

【解說】

1.污泥消化槽應為水密性構造。應設置攪拌裝置或其投入前生污泥與生物污泥之混合裝置，及裝設浮渣結塊之防止及破壞裝置。

2.與未脫硫之消化瓦斯接觸之管線或機械應使用高耐蝕性材質。

7-4-04 尹霍夫槽 **(原則 33)**

尹霍夫槽考慮下列設計之：

1.尹霍夫槽為具沉澱污泥貯留，消化（厭氧無加溫消化）等機能之設施。可做為替代初級沉澱池之水處理設施。也可將廢棄生物污泥導入沉澱、貯留及消化。

2.尹霍夫槽形狀為正方形或圓形，分沉澱部、浮渣部及污泥貯留部，水流為平行流或放射流，與普通沉澱池相同，並設有進出流設備及排氣設施，如圖 7-20 所示。

【解說】

1.沉澱部容量以一日最大污水量決定之，沉澱時間 2～3 小時，平均流速以 30 cm/min 為標準。有效水深 1.5～4.5 m，含污泥貯留部以不超過 10 m 為原則，底部隔壁之坡度為 1.2：1～1.5：1。

2.沉澱部與污泥貯存部之整流斜板孔隙有效間隔為 15～20 cm，其前端重疊之水平距離為 15～20 cm，漏斗之坡度 1.7：1，原則分設 3 個以下。污泥貯留部有效容量以每人 60 公升計算之，依水質、氣溫而異。浮渣部寬度最小 60 cm，其面積為污泥貯留部面積的 20～30%。污泥貯留部設置污泥排泥管，最小管徑 200 mm。

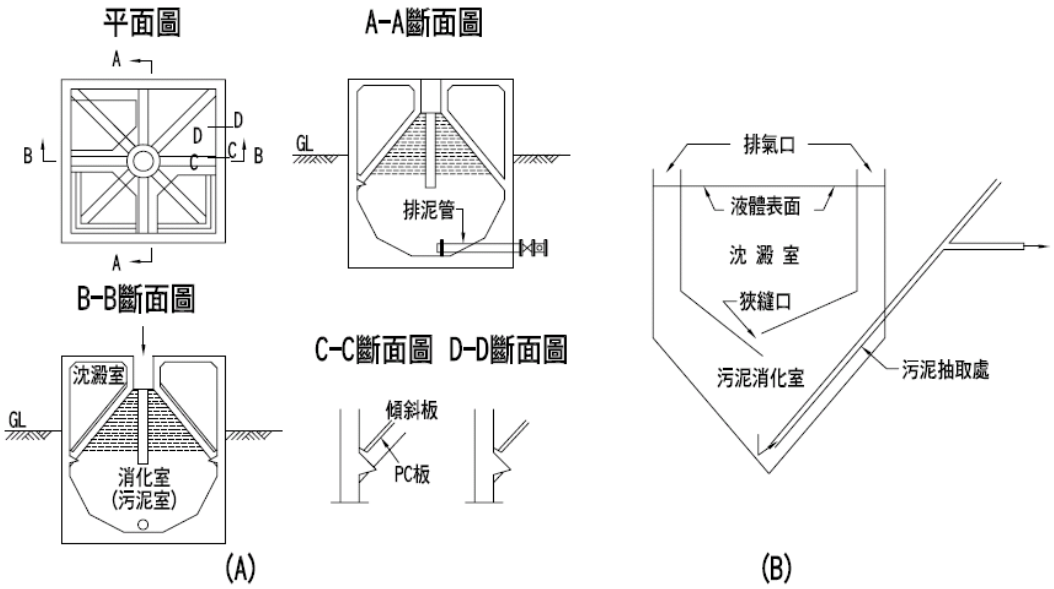


圖 7-20　尹霍夫槽示意圖

7-4-05 好氧性污泥消化槽　　**（原則 33）**

好氧性污泥消化槽於考慮下列條件設計之：

1.槽之容量依污泥停留日數 10～12 日決定。

2.槽之形狀原則上為矩形，可依地形配置之，如圖 7-21 所示。矩形槽之寬應為水深之 1～2 倍，有效水深 3.5～5 m。

【解說】

1.利用散氣式曝氣或機械攪拌式曝氣設備之配置，曝氣所需空氣量，以每 1,000 m^3 採 20~30 cmm 計算。污泥之進流及排出方法等依生物反應槽規定。曝氣設備之清水測試傳氧效率應達 20 %以上。

2.消化槽應設置消泡設備。好氧性污泥消化一般用於中小規模廠生物污泥之穩定，除揮發性固體物減少率較厭氧消化為低之外，上澄液 BOD 濃度較低，污泥脫水性良好、操作較容易，以及最終產物處分容易等均為其優點，但耗費能源較高，且不能回收利用消化瓦斯、固肥、液肥及產生污泥量較多等缺點。好氧消化槽之消化污泥處理比照濃縮池設計。



圖 7-21　好氧消化槽（大溪污水處理廠例）

7-4-06 消化槽容量、消化污泥量及消化率 **(原則 33)**

1.消化槽容量，依進流污泥量、消化日數及消化污泥量計算之。

2.消化污泥量依進流污泥之有機成分、消化率及污泥含水率而定。消化率係指進流污泥中有機物氣化而減少之比率。

【解說】

1.一般消化槽之有效容量(含第 1 段及第 2 段消化)，其公式如下：

$V = Q \times T$……(7-20)

式中，V：消化槽有效容量 (m^3)

Q：進流污泥量 (m^3/d)

T：水力停留時間 (日)

2.消化污泥量

(1)消化污泥量可以下列公式計算之：

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{100 - MC_1}{100 - MC_2} \times (1 - \frac{VS_1}{100} \times \frac{D}{100}) \quad \text{……(7-21)}$$

式中：

Q_1：進流污泥量 (m^3/d)

Q_2：出流污泥量 (m^3/d)

MC_1：進流污泥含水率 (%)

MC_2：出流污泥含水率 (%)

VS_1：進流污泥有機成分 (%)

D：消化率 (%)

(2)消化率視消化日數、消化濃度、消化溫度及進流污泥有機成分而異，其公式如下：

$$D = (1 - \frac{FS_1 \times VS_2}{VS_1 \times FS_2}) \times 100 \quad \text{……(7-22)}$$

式中：

FS_1：進流污泥無機成分 (%)

VS_1：進流污泥有機成分 (%)

FS_2：出流污泥無機成分 (%)

VS_2：出流污泥有機成分 (%)

第 5 節 污泥脫水

7-5-01 污泥高分子凝聚劑調理設備 **（原則 33）**

1.污泥高分子凝聚劑調理設備，依下列決定之：

2.污泥濃縮機及脫水機調整用有機性高分子凝聚劑，其添加量以固體物量的 0.5～1.5 %估計之。藥劑貯存量依計畫添加量，應有 7 日以上之貯存量。

【解說】

1.污泥高分子凝聚劑調理設備包含：進料機、加藥泵、攪拌機、給水設備等，案例如圖 7-22 所示。

2.依高分子凝聚劑(POLYMER)所具有的性質，可區分為陽離子性凝聚劑、陰離子性凝聚劑、非離子性凝聚劑及兩性凝聚劑四類，高分子凝聚劑溶液濃度 0.2～0.3%。凝聚劑溶解槽應有防蝕設施，並設置攪拌設備。加藥機應為可調式正排量加藥機，並可正確計量者。若採用無機凝集劑，另由施工規範規定。

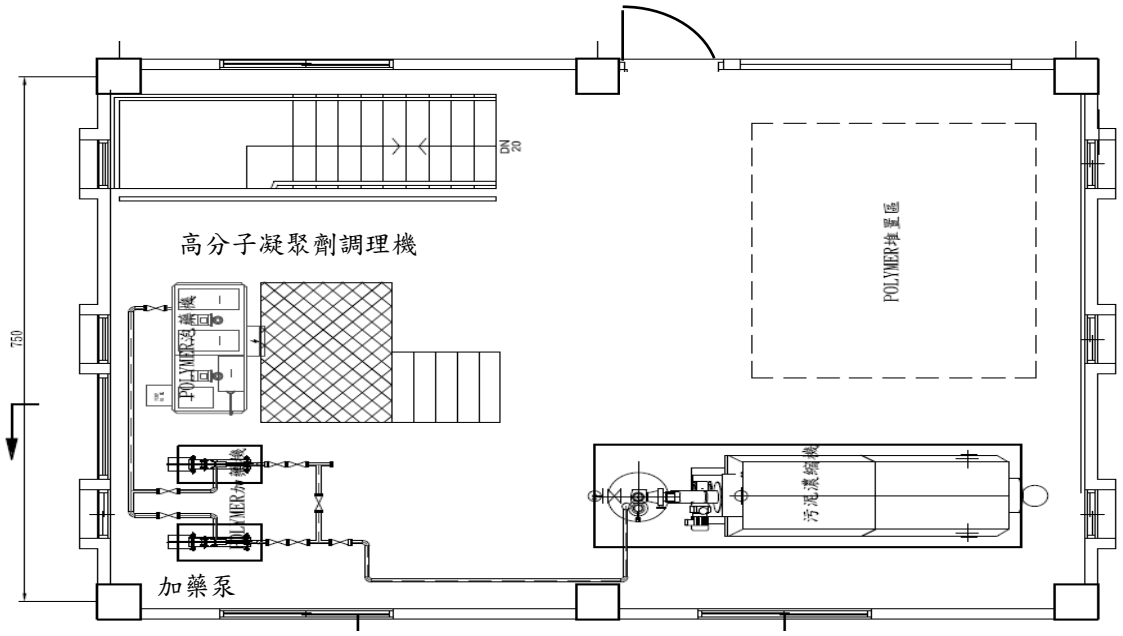




圖 7-22　高分子凝聚劑調理機配置及相片

7-5-02 污泥脫水設備　　**（原則 33）**

污泥脫水設備有帶壓式脫水機、離心式脫水機、壓濾式脫水機及螺旋壓濾式脫水機，依其脫水特性、操作管理及設置空間和設備費等選定之。

【解說】

1.污泥脫水之目的在於減少污泥之水分及體積，使污泥容易搬運，並需配合污泥最終處置方式選擇最合適之脫水系統，以達到經濟、合理及有效之處理效果。

2.一般而言在日曬充足及土地取得容易之情況下，可採用污泥曬乾床脫水最經濟，但常受限土地及防止臭味等二次公害產生之因素，故以機械式脫水為主要考慮。初步評估如表 7-6 所示。

3.脫水機容量及污泥進料貯槽應考量每週工作天數，一般一星期工作五天，每天工作六小時。

表 7-8　各種污泥脫水機初步評估表

項次	型式 / 特性	帶壓式脫水機	離心式脫水機	壓濾式脫水機	螺旋壓濾式脫水機
1	脫水方式	連續式	連續式	分批式	連續式
2	脫水 SS 回收率 污泥餅含水率	1. 95% 2. 80%~85%	1. 95% 2. 74%~84%	1. 97% 2. 65%~75%	1. 95% 2. 78%~79%
3	維護	1.清洗濾布及清洗水噴口 2.加油 3.濾布蛇行調整，張度調整	1.清洗胴體 2.加油 3.軸承更換 4.螺旋更換	1.更換濾布 2.加油 3.檢查濾布洗淨 4.更換壓榨級齒	1. 需清洗篩網。 2. 潤滑油加油
4	優點	1.能源消耗低. 2.固體物不因注藥而降低發熱量 3.操作單純 4.污泥及藥品的混合容易 5.設備單純 6.附屬設備少，更換品也少	1.注藥設備併於機體內 2.固體物不因注藥而降低發熱量 3.操作單純 4.由於係密閉式，故不散發臭氣 5.污泥及藥品的混合容易 6.設備單純 7.附屬設備少，更換品也少	1.含水率可最低 2.如需焚化，可省燃料油 3.泥餅量少 4.泥餅含水量可調整 5.噪音低	1.泥餅含水率低 2.可操作低濃度污泥 3.操作簡單，全自動化操作 4.能源消耗最低 5.維護費低 6.採密閉式空間設計，可將氣味吸走處理 7.耗水量少 8.噪音小、振動小
5	缺點	1.濾布用久效率降低 2.設置面積於各種脫水機間居中 3.脫水機效率及 SS 回收率較低	1.因高速運轉，故有振動及磨損等問題 2.必須控制注藥的操作 3.藥品費高 4.螺旋葉片之維修需定期送至工廠	1.設置面積大 2.附屬設備多	1. 初設成本稍高。 2. 需注意污泥調理。
6	投資費用比較	低	次高	較高	較高
8	總評	1.污泥餅含水率較高 2.操作最簡易 3.電力費較省	1.近年來由於螺旋體的新開發，含水量可降至 75%以下 2.由於係連續密閉操作，因之操作管理容易 3.在運轉中不易直接監視 4.電力消耗較大	1.減少污泥含水量最多 2.操作技術最難，投資較高	1.處理量大 2.操作簡單 3.維護簡便 4.可於製作螺旋桿上，設計各不同之壓縮率以達到欲壓縮脫水之需求。

依上述表中之比較及評估：

(1)帶壓式雖污泥餅含水率略高但其操作維護最簡單，投資成本亦低。

(2)離心式脫水機雖具有造價低廉、操作成本低、佔地小等之優點，但污泥脫水效果較差且有噪音、振動、葉片磨損、故障率高、電力費高，維修困難等缺點。

(3)壓濾式雖可得含水率較低的污泥，但其操作技術最難，投資成本高、設置面積大，且因添加消石灰及氯化鐵增加污泥量等缺點。

(4)螺旋壓濾式初期建設成本稍高，但具備能源消耗低、維護費用低、耗水量少、噪音量小等優點。

7-5-03 帶壓式脫水機 **（原則 33）**

帶壓式脫水機考慮下列決定之：

1.容量（濾布有效總寬度）及台數，依處理污泥量、過濾速度、工作日操作時數決定之。

2.過濾速度：

重力濃縮污泥為　90～120 kg/m・hr

機械濃縮污泥約　130 kg/m・hr

厭氧消化污泥為　70～90 kg/m・hr

3.原則上應為 2 台以上（含備用）。

【解說】

1.脫水機濾布有效總寬度及台數，依下列計算之：

$$B=\frac{1{,}000\left(1-\frac{W}{100}\right)\times Q}{V\times t} \quad \text{……..……(7-23)}$$

式中　B：必要有效濾布寬度（m）

W：污泥含水率（%）

Q：處理污泥量（m^3/ day）

V：過濾速度（kg/m・hr）

t：工作日 1 天操作時間（hr / day）

$$N=\frac{B}{b} \quad \text{……..……(7-24)}$$

式中　N：台數（台）

b：每台有效濾布寬度（m /台）

2.過濾速度應符合規定範圍值。過濾速度及濾布的張力及軌跡應為可調節者。

3.帶壓式脫水機係污泥餅經壓縮層之上，藉上下濾布之轉壓脫水而徐徐壓榨，污泥間之水分及附著之水分被脫水，污泥餅由刮泥板刮離，濾布經足夠的加壓清洗水水洗以免阻塞，經水洗後的濾布繼續循環脫水。濾布應為不易阻塞，且可耐久使用者。應有防臭氣集氣罩、臭氣收集及除臭設備。脫水機室、污泥搬送設備及脫水污泥貯留設備清洗設備等，依各種脫水方式共同事項設置。案例如圖 7-23、圖 7-24 所示。



圖 7-23　帶壓式脫水機（林口南區污水處理廠例）

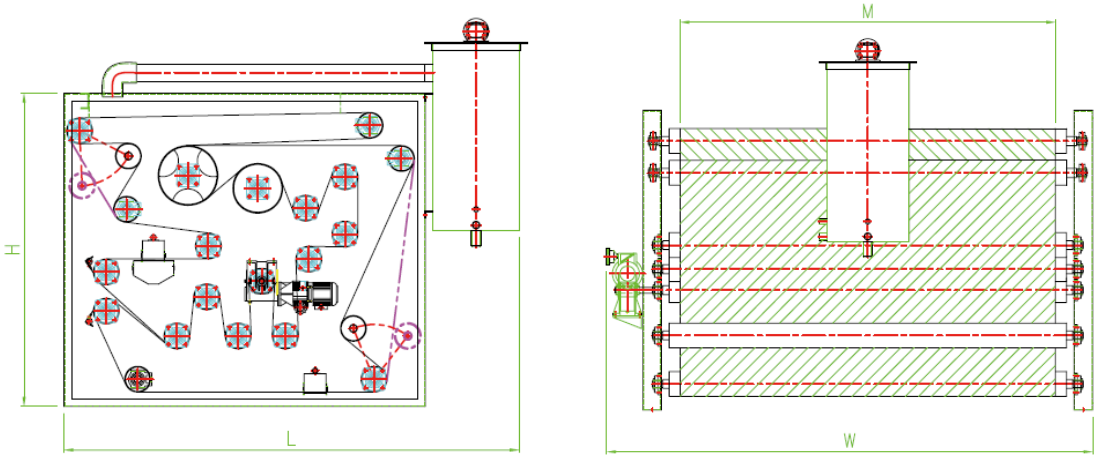


圖 7-24　帶壓式脫水機示意圖

7-5-04 離心式脫水機　　**（原則 33）**

離心式脫水機依下列決定之：

台數依污泥處理量及每台每小時可處理量定之，原則上應有 2 台以上（含備用）。

【解說】

1.脫水機台數依下列計算：

$$N=\frac{Q}{q\times t} \quad \text{.....(7-25)}$$

式中　N：台數

Q：處理污泥量（m^3/d）

q：每台每小時可處理量（m^3/h）

t：工作日操作時間（hr/day）

2.離心式脫水機原理：

利用離心力使污泥中的水分分離的方法是為離心脫水，離心分離機在高速回轉時，自回轉體之投入口連續注入污泥，經由分離胴之孔導入分離筒以分離固體物。

3.離心機之材質應為具耐久性者。

4.旋轉差速應為可變速型。

5.脫水機室、污泥搬送設備及脫水污泥貯留設備清洗設備等，依各種脫水方式共同事項設置。案例如圖 7-25、圖 7-26 所示。



圖 7-25　離心式脫水機例（宜蘭水資源回收中心）

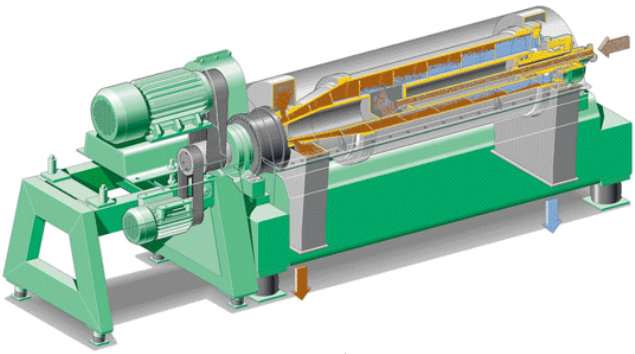


圖 7-26　離心式脫水機示意圖

7-5-05 壓濾式脫水機　　**（原則 33）**

壓濾式脫水機之設計，於考慮下列決定之：

1.過濾面積依每日處理污泥量、污泥含水率及過濾速度決定之，並以每台之過濾面積計算台數。

2.過濾速度，濃縮污泥為 2～4 kg/m^2 hr，消化污泥為 2～3.5 kg/m^2 hr。

3.濾布應具不易阻塞且可耐久使用者。

【解說】

1.脫水機之過濾面積及台數依下列計算：

$$A = 1{,}000 \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) \times \frac{Q}{V \cdot t} \quad \text{……(7-26)}$$

式中　A：總過濾面積（m^2）

Q：每日處理污泥量（m^3/day）（不含凝聚劑注入量）

V：過濾速度（kg/m^2・hr）

W：污泥含水率（%）

t：工作日 1 天工作時間（hr / day）

$$N = \frac{A}{a} \quad \text{……(7-27)}$$

式中　N：台數（台）

a：每台脫水機之過濾面積（m^2 / 台）

2.過濾速度應符合規定範圍值。

3.過濾時全部濾板由油壓予以閉合，污泥經由濾板上所開之孔藉壓入泵送入各濾室，當全部濾室填滿污泥並繼續加壓，污泥中的水分被絞出達到脫水的效果。壓濾式脫水機主要操作程序：油壓啟動→濾板閉合→開始進料→物料濾水→濾餅形成→膜片二次壓榨→濾餅落料。污泥進料泵應為不阻塞構造，每一台脫水機設置一部，泵容量為脫水機容量的 2 倍。加壓泵或空氣壓縮機吐出壓力宜為 7 kgf/cm^2 以上，台數含備用應為 2 台以上。脫水機室、污泥搬送設備及脫水污泥貯留設備清洗設備等，依各種脫水方式共同事項設置。案例如圖 7-27、圖 7-28 所示。。



圖 7-27　壓濾式脫水機(淡水水資源回收中心例)

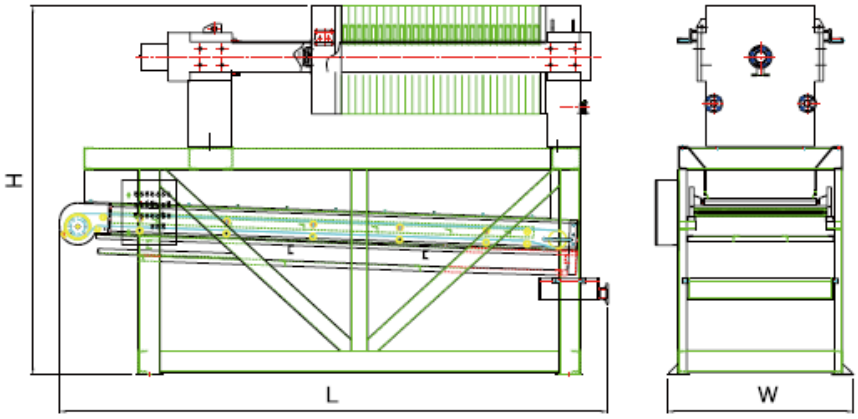


圖 7-28　壓濾式脫水機示意圖

7-5-06 螺旋壓濾式脫水機　　**（原則 33）**

螺旋壓濾式脫水機考慮下列決定之：

1.台數依處理污泥量、每台每小時處理固體量（過濾速度）、每日操作時數決定之（原則含備用應有 2 台以上）。

2.處理量依機械濃縮混合污泥約 4.5 kg DS / hr、厭氧消化污泥 2.6～3.1 kg DS / hr。

【解說】

1.脫水機台數依下列計算之：

$$N = \frac{S_0}{t \times Q_0} \quad \text{.....(7-28)}$$

式中　N：脫水機操作台數

Q_0：每台脫水機每小時處理固體物量（kg DS / hr・台）

t　：工作日每日操作時間（hr / day）

S_0：處理污泥量（kg DS / day）

2.處理量應符合規定範圍值。污泥進料泵應為正排量污泥泵，每台脫水機設置 1 台。污泥泵的容量應為脫水設備容量的 0.5～1.5 倍。脫水機室、污泥搬送設備及脫水污泥貯留設備清洗設備等，依各種脫水方式共同事項設置。案例如圖 7-29 所示。螺旋壓濾式脫水機原理：

(1)污泥濃縮

第一階段為污泥濃縮段，此段的篩網孔徑為 § 1.5mm

(2)水份濾出

第二階段為濾出段，此段的篩網孔徑為 § 1.0mm

(3)泥餅擠壓

第三階段為擠壓段，此段的篩網孔徑為 § 0.5mm

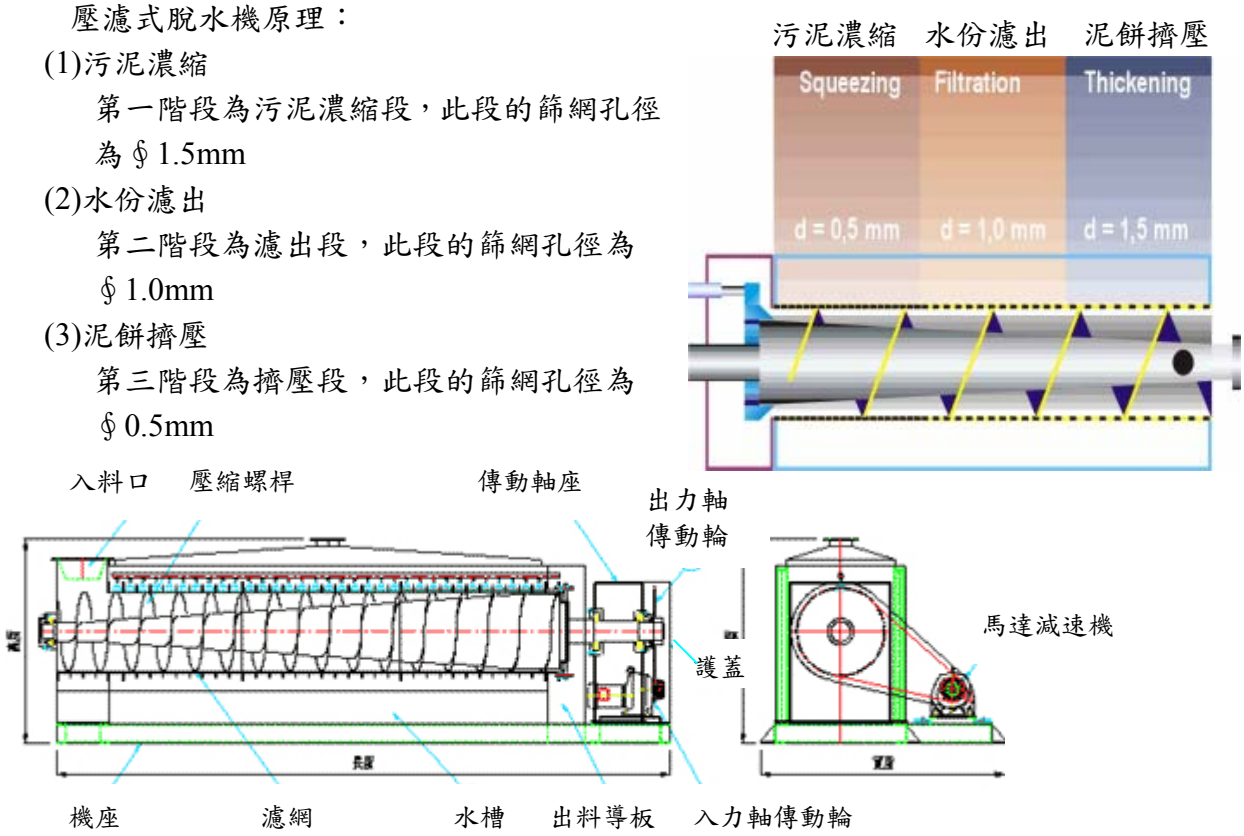


圖 7-29　螺旋壓濾式脫水機示意圖

7-5-07 污泥曬乾床　　**（原則 33）**

曬乾床之設計，於考慮下列條件決定之：

1.曬乾床形狀應為長方形，床數應達曬乾所需日數以上。每床長度 20 m 以下，面積依每一污泥投入口以 200 m^2 為限，以求均勻。

2.污泥曬乾日數，依當地氣侯及污泥性質而定，一般為 10～15 日。

3.投入污泥厚度為 10～30 cm，出水高度為 15 cm 以上。

【解說】

1.曬乾床所需面積及床數，依下列計算：

$$A=\frac{Q\times T}{D} \quad \text{.....(7-29)}$$

$$N=\frac{A}{a}$$

式中　A：所需總面積（m^2）

Q：每日污泥量（m^3/ day）

D：投入污泥厚度（m）

T：曬乾日數（day）

a：每床之面積（m^2）

N：床數

2.污泥曬乾日數，依當地氣侯及污泥性質而定，一般為 10～15 日。

3.投入污泥厚度為 10～30 cm，出水高度為 15 cm 以上。曬乾床之構造，其最上層 20～30 cm 為粗砂層（砂粒徑 0.3～0.8 mm），其下 20 cm 為礫石層（粒徑 3～25 mm），再其下應有適當的坡度，最深部為內徑 150～200 mm 之有孔集水管，每間隔 2～6 m 配置，案例如圖 7-30 所示。應設有上澄液排除及過濾液抽水之設備，濾液應排回污水處理系統處理。曬乾床周壁應為混凝土，並防止雨水侵入。曬乾污泥貯存設施，底部應為混凝土構造，必要時得設置遮雨設施。

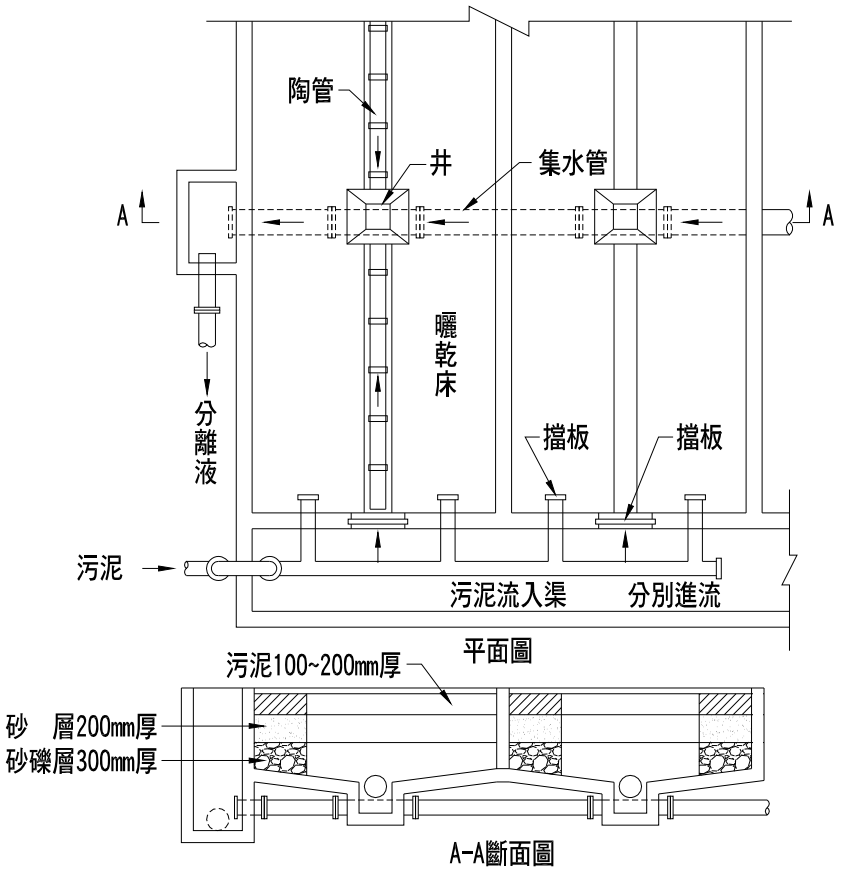


圖 7-30　污泥曬乾床

第 6 節 污泥處理共同附屬設施

7-6-01 各種污泥脫水方式應考慮下列共同事項　**（原則 33）**

1.脫水機室應考慮機器操作及維修所需空間、脫水泥餅搬出方便，並備吊車以備裝設維修用，同時考慮通風照明及地面排水。

2.應設置污泥餅之搬送、計量及貯存斗，貯存斗容量依搬運計畫定之。

3.並應備置污泥貯留槽、沖洗水抽水機、小型空壓機及防臭設備。

【解說】

1.應以鋼筋混凝土或鋼骨混凝土築造，且需不滲水、場地寬敞，能使抽水機、管件等易於搬動，便於分解及修理等，抽泥機房需有充分之通風、換氣、照明及排水設備，電氣設備之配置應儘可能設在高處。

2.應設置污泥餅之搬送、計量及貯存斗，貯存斗容量依搬運計畫定之，須考量運輸車輛容量及運輸頻率等因子。

3.長距離輸送污泥時宜設置污泥貯存槽，其容積宜等於一日之污泥量，並須有除臭設備，請參考 2-7-01 臭氣控制解說。

7-6-02 脫水污泥後續處理原則 **（原則 33）**

脫水後之污泥餅以資源化利用為原則，配合資源化利用之需要，以堆肥、乾燥、焚化、碳化、熱解及熔融等處理方式之一種或多種組合之。於污水處理廠規劃設計時，就應檢討採單獨或複數污水處理廠集中處理其污泥，並充分檢討其經濟性、能源消耗、資源利用效益等，以決定其後續處理程序。

都市污水處理過程會產生污泥，若處理不當將會對環境產生二次污染，故多數都市污水處理廠已將污泥濃縮、調理、穩定、脫水等單元，列為標準處理流程，惟污泥經上述單元處理後，仍須面臨最終處置問題，目前最終處置主要仍採用傳統掩埋方式，其他尚包括有採焚化方式處理；非焚化熱處理方式(如乾燥)將污泥調製作為培養土基材、土壤改良劑、建築材料、工程填地材料或水泥副原料等用途；堆肥；土地利用方式(即脫水污泥經日晒乾燥後，耕入土壤以提供肥力)等，惟再利用產品之最終去處須詳加考量。

第 7 節 污泥堆肥

7-7-01 污泥堆肥 **（原則 33）**

污泥堆肥計畫，於考慮下列決定之：

1.污泥堆肥設施之規模，依製品之需求量，若污泥產生量全量堆肥時，原則上以計畫最大日污泥量為設計量，並考慮其經濟性及維護管理。

2.堆肥化設施包括前調理單元、醱酵單元、製品化單元所組成，考慮自動化程序決定設備內容。

【解說】

1.醱酵日數和有效容量

醱酵日數應考慮有效容量，各項考慮如下：

(1).一次醱酵的醱酵日數標準約 10～14 天，進行二次醱酵可保持堆肥品質穩定。

(2).醱酵槽有效容量、添加物量、破碎混合程度、翻攪程度、送風量都是考量的範圍。

2.堆肥化之一般程序包括預先調整、第一次醱酵、第二次醱酵（腐熟），如圖 7-31。

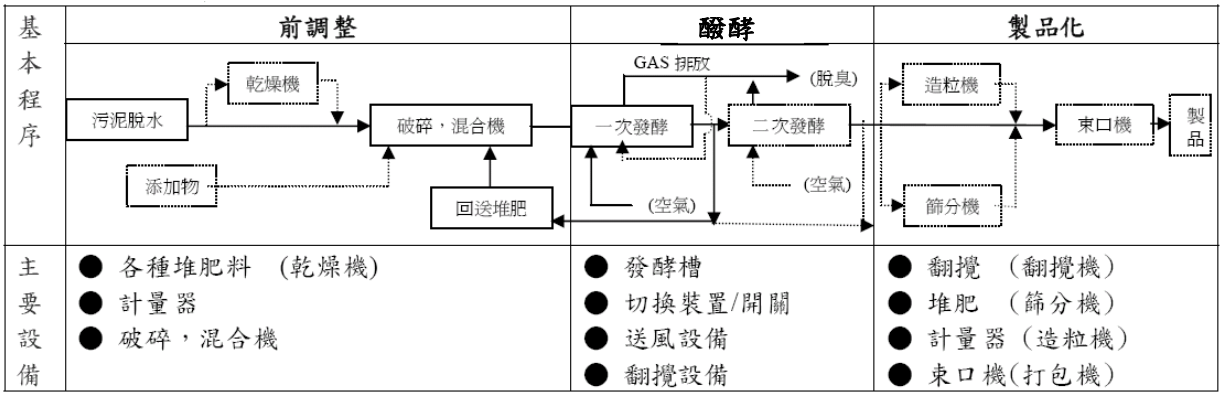


圖 7-31 堆肥一般程序

醱酵槽構造形式有堆積式、橫式以及直立式。形式的選定視設施容量、原料屬性、製品處理、經濟效益、環境（包括處理作業的環境與周邊環境）影響、實際效果等決定。

(1).堆積式醱酵槽

佔地面積較寬廣，易受天候影響，此外因為醱酵時日較長，需要長時間通氣，如圖 7-32 所示。

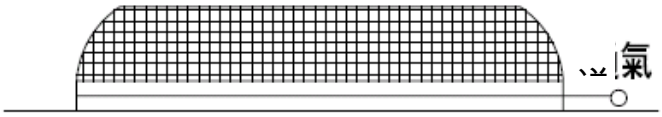


圖 7-32　堆積式醱酵槽

(2).橫式醱酵槽

藉翻攪設備使堆肥與空氣接觸多，故醱酵過程較均勻，可直接監控過程，但須注意臭氣、粉塵的產生與水蒸氣等問題。(請參照圖 7-33)

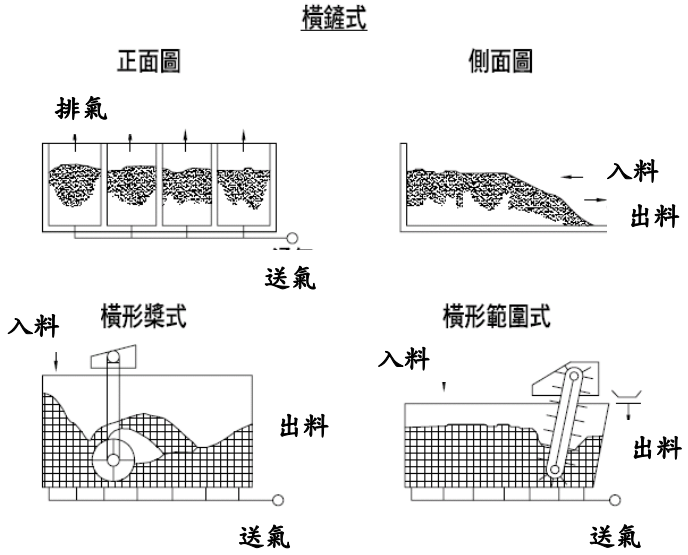


圖 7-33 橫式醱酵槽

(3).直立式醱酵槽

污泥從上方投入、逐層往下方移動，以污泥逐層下落時可進行攪拌並與空氣混合產生醱酵，污泥於底層以皮帶運送出去。因為是密閉式結構，所以醱酵環境可保持最佳狀態，與橫式等開放式醱酵槽相比，具有醱酵熱能損失最少，臭氣易處理等優點。(請參照圖 7-34)

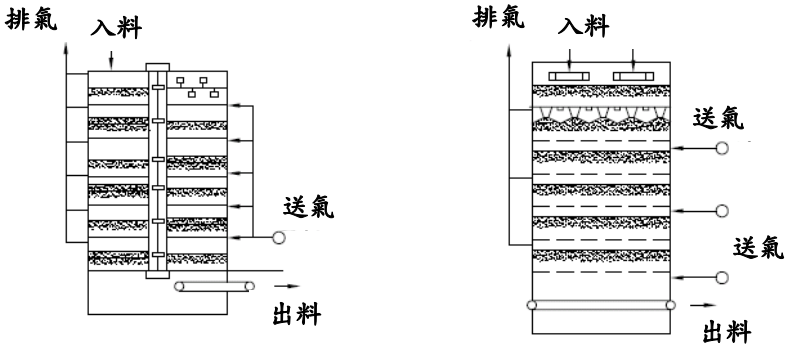


圖 7-34　直立式醱酵槽

第 8 節 污泥乾燥

7-8-01 污泥乾燥 **（原則 33）**

脫水污泥乾燥，考慮下列各項設計之：

依據脫水污泥之特性及含水率，乾燥污泥之利用目的及後續處理程序，檢討適當乾燥目標。一般以乾燥污泥含水率 20～40 %為目標。

【解說】

1.乾燥方式可為直接加熱及間接加熱乾燥方式，依乾燥目的、程度、熱源種類及污泥量，綜合檢討選定之。

乾燥機乾燥方式之比較如表 7-7。

表 7-9　乾燥機乾燥方式比較

項目＼方式		直接加熱型	間接加熱型
設備型式		附攪拌機熱風旋轉乾燥機 氣流乾燥機	攪拌型乾燥機
乾燥方式		熱風直接接觸傳熱	熱媒經傳熱面傳熱
廢氣	氣體量	大	小(約為熱風加熱式之 1/2~1/5)
	灰塵量	大(1～10 g / Nm^3)	小(0.1～2 g/ Nm^3)
	溫度	低(露點 40~70℃)	高(露點 80～95℃)
	廢氣處理設備	大	小
乾燥效率(%)		50~70	75~85

2.污泥乾燥機之容量，依熱容量係數、綜合熱係數及蒸發速度定之。污泥乾燥機之台數，依每台乾燥機之蒸發量、系列數及未來擴建計畫定之。

3.污泥乾燥機之材質，應具耐熱、耐腐蝕及耐磨損等特性。污泥乾燥機之型式包括旋轉乾燥機、氣流乾燥機及攪拌型乾燥機。

4.污泥乾燥條件依熱媒體之乾燥機進口溫度、乾燥所需熱媒體量、乾燥用空氣量及溫度決定之。

5.污泥乾燥機之附屬設備包括定量供給設備、鍋爐及熱產生爐、集塵器、熱交換器等，必要時應有專用之脫臭設備等。

6.乾燥使用熱源優先以廠內自有熱源或鄰近可用熱源為主要來源考量。

7.去除水分之技術

應用最廣泛之去除水分技術係以乾燥為主，依其乾燥原理可分為〝自然乾燥〞與〝熱乾燥（機械乾燥）〞等兩種，相關技術茲說明如下：

(1)自然乾燥

自然乾燥係利用自然力量（以我國氣候特性，主要為太陽能）減少污泥水分之方式，其適用於較小規模之污水處理廠，或氣候較乾燥、佔地較廣之區域，常見自然乾燥技術即曬乾床，其具備優點包括初設成本較低（於不需額外購地之前提）、操作技術複雜性較低、低能源需求、幾無藥劑消耗、對污泥性質變動較不敏感、經曬乾污泥含水率較機械脫水為低等；至於缺點則包括佔地面積較大、污泥須經相當程度穩定處理、易受天候因素影響、清除工作較耗費人力、臭味逸散等。

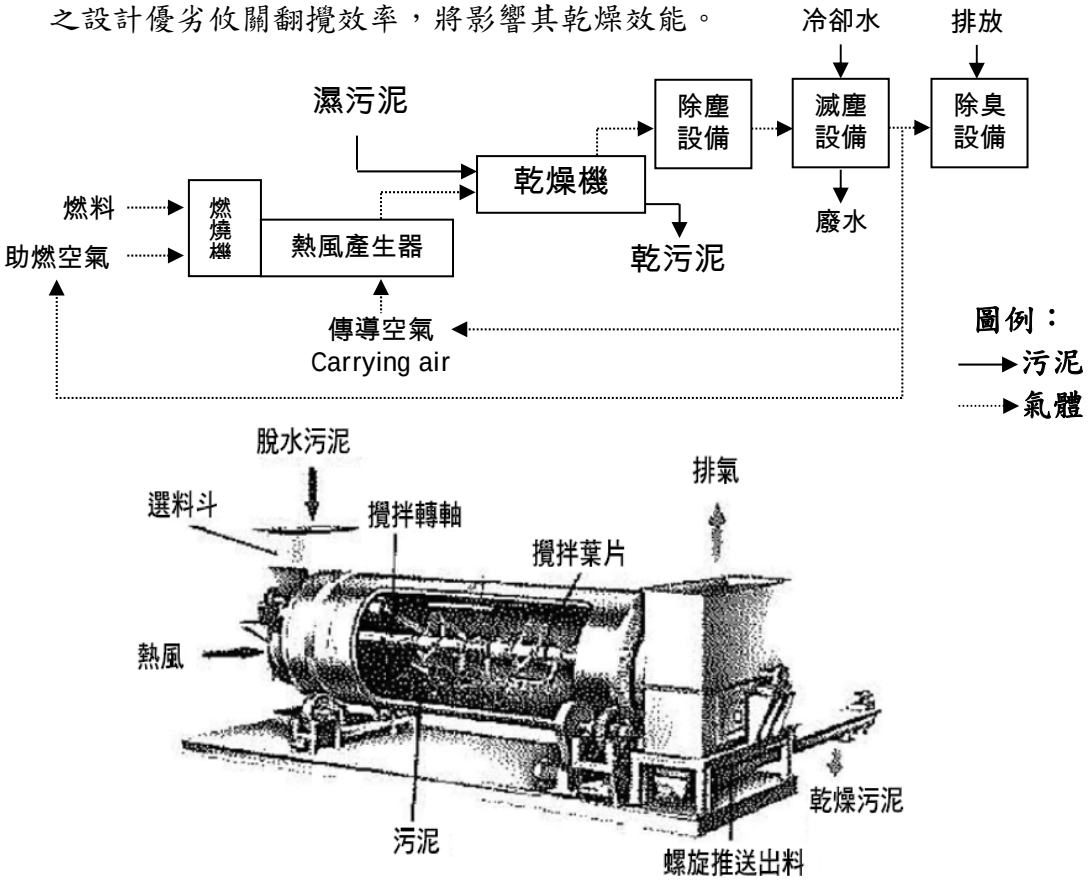
(2)加熱乾燥

常見污泥乾燥機型式包括直接接觸型之旋轉窯、流動床等，熱源多為高溫熱風，以及間接接觸之中空或夾套漿板式、推板式、碟盤式、多層床式等（旋轉窯、流動床亦有間接接觸設計），熱源多為蒸汽或熱媒油，至於其他型式尚包括傳導與接觸混合型、紅外輻射型、油溫減壓型（油炸法）、微波加熱型等。針對部分主流

乾燥機機種及特色，茲說明如下：

A.旋轉窯乾燥機（直接加熱型）

旋轉窯乾燥機如圖 7-35 所示。其主體為一直徑 0.3～3 m 且略帶傾斜之旋轉圓筒，長度約為直徑之 4～10 倍。污泥從一端進料，圓筒內部裝有螺旋狀之斜板以攪動污泥，污泥正向或反向與熱風接觸，再送往另一端之出口排出，其中斜板之設計優劣攸關翻攪效率，將影響其乾燥效能。



資料來源：孫世勤等，都市下水道污泥乾燥減量及再利用整合規劃，工業污染防治期刊第 104 期（2007 年）。

圖 7-35　旋轉窯乾燥機流程暨示意圖

由於旋轉窯之處理量大，適用性廣，清理亦容易，為使用甚廣之乾燥機型式。一般其翻攪進度為 3～30 rpm，空氣流速為 1.5～2.5 m/s，熱風溫度約為 100～200℃。過去此類型乾燥機因熱風需求較大，導致尾氣處理成本亦偏高，惟目前多改採氣體循環再利用之設計，估計約 85%熱風可返送回製程，除減少尾氣處理負擔，且可有效控制乾燥系統氧氣量，大幅提升系統安全性，有關旋轉窯乾燥機之特點包括：

(A)熱介質（熱風或蒸汽）與污泥接觸而受污染，後續排放廢水或蒸汽均需經無害化處理後方可排放。

(B)熱接觸介質體積需求較大，能量消耗亦大。

(C)廢氣量與臭味均難控制（惟採空氣循環系統可降低其影響程度）。

旋轉窯乾燥機之相關應用相當普遍，處理規模範圍亦大，相關應用案例說明如表 7-8 所示。

表 7-10 旋轉窯乾燥機案例說明

項目	Changi(新加坡)	Bran Sands(英國)	Valenton(法國)
容量 (l/h 蒸發水量)	5×11,000	7×5,000	3×7,000
熱源	天然氣/沼氣	天然氣/煤油	—
污泥進料量(ton/h)	60	7×6.55	—
乾燥前含水率(%)	75	75	72 至 75
乾燥後含水率(%)	6±2	8	8
乾燥後(造粒)尺寸 (mm)	1 至 4 mm	1 至 4 mm	—
運轉年度	2007 年	2001 年	2005 年
備　註	為世界上最大 污泥乾燥廠	為歐洲最大 污泥乾燥廠	巴黎市第一座 污泥乾燥廠

資料來源：內政部營建署，全國都市污水處理廠污泥等廢棄物處置方式評估及工程規劃（2010 年）。

B.槳板式乾燥機（間接加熱型）

槳板式乾燥機（詳圖 7-36）為在有外套之橫臥圓筒中裝置攪拌槳葉，進料之污泥沿加熱面旋轉移動，同時被槳葉所翻攪，以提升其熱傳效果而乾燥，最後再由槳葉將乾燥污泥排出。此種設備可處理多種型態之污泥，從黏稠狀到液狀者均可，熱傳係數約 85～350 $W/m^2.K$。有關槳板式乾燥機之特點包括：

(A)乾燥過程排氣氧氣濃度維持 2%以下，大幅降低爆炸與著火之危險性。

(B)排氣處理量少，所需相關成本低，處理系統操作亦較單純。

(C)以熱煤油為熱介質者，熱回收系統較為複雜。

C.流動床乾燥機（直接加熱型）

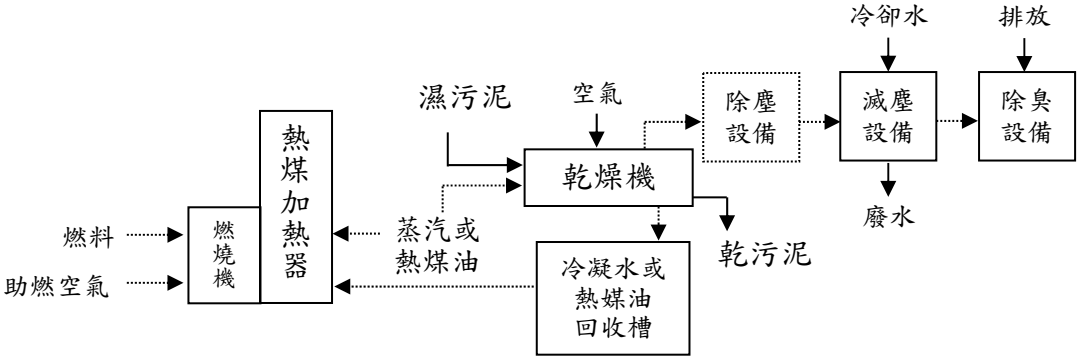
流動床乾燥機（詳圖 3-7-37）係利用流動床內不斷上升熱氣流，使固體顆粒處於懸浮狀態呈現流體化，增加有效熱傳面積，而達到去除水分功能，熱效率約為 6～80%，體積熱傳系數高達 2000～6000 $kcal/s.L.m^3$。通常要求只有粒狀顆粒物方可進入乾燥機內，且其尺寸亦須控制不可過大。有關流動床乾燥機之特點包括：

(A)因結合熱交換器之接觸乾燥及循環氣體之對流乾燥，故乾燥效果良好。

(B)處理量大，且乾燥機本身無機械機構，維修工作較單純。

(C)乾燥後顆粒粒徑無法控制。

(D)乾燥後氣體流量大，廢氣冷卻與除塵等系統規模需求大。



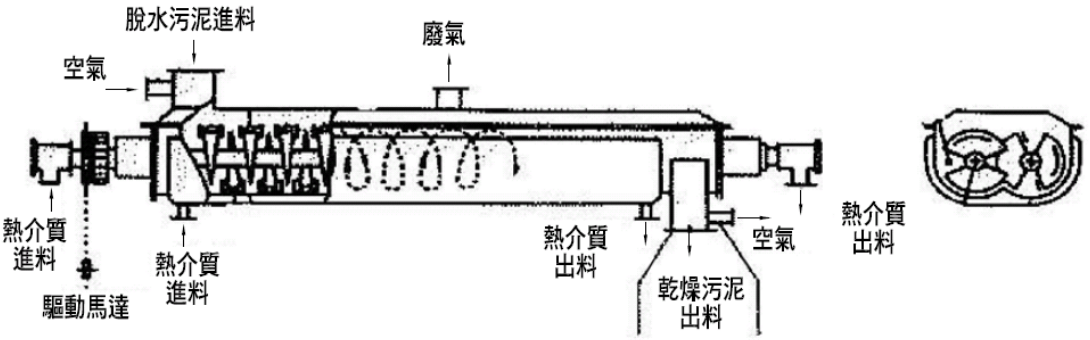


圖 7-36　中空或夾套之槳板式乾燥機流程暨示意圖

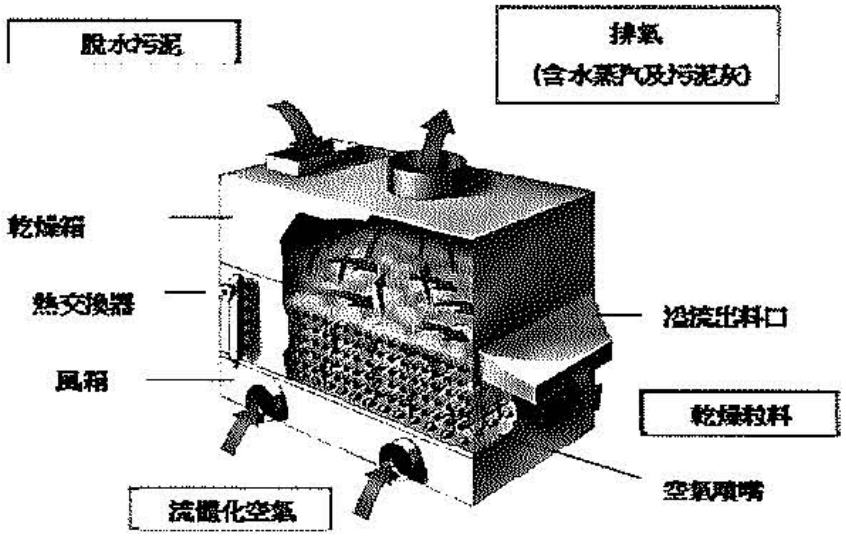


圖 7-37　流動床乾燥機示意圖

D.兩段式乾燥機

兩段式乾燥係由兩組乾燥設備所組成(詳圖 7-38),第一段為「薄層乾燥機」,以中心筒為主結構,利用中心筒與隔熱層間之蒸汽或熱油對熱油對內壁傳熱,至於污泥經高速運轉形成薄層,經中心軸安裝翼片保持污泥均勻性及推動污泥至出口端,此時含水率可控制 50～60 %間,且於過程間並無粉塵產生。

經第一段乾燥後污泥,尚有可塑性,可藉擠壓裝置與切碎機(chopper)製成直徑 5 mm 左右之條狀物(長度視再利用去處而定),即送至第二段「帶式乾燥機」;於乾燥機輸送帶之條狀物,因輸送帶上開有小孔,故可藉熱風循環提高乾燥效果,通常於輸送帶末端溫度已降低 40～50℃,污泥含水率則視需要調整輸送帶速度使其控制於 10~40 %間。兩段式乾燥機特點有:

(A)成型效果佳,且尺寸較易控制(由切碎機控制)。

(B)採「先成型,再乾燥」設計,避免粉塵產生,減少爆炸等意外發生機率。

(C)可視再利用市場需求,調整乾燥污泥之形狀及含水率(控制切碎機及輸送帶速度),操作彈性佳。

(D)因設備較多,系統配置所需空間亦較大。

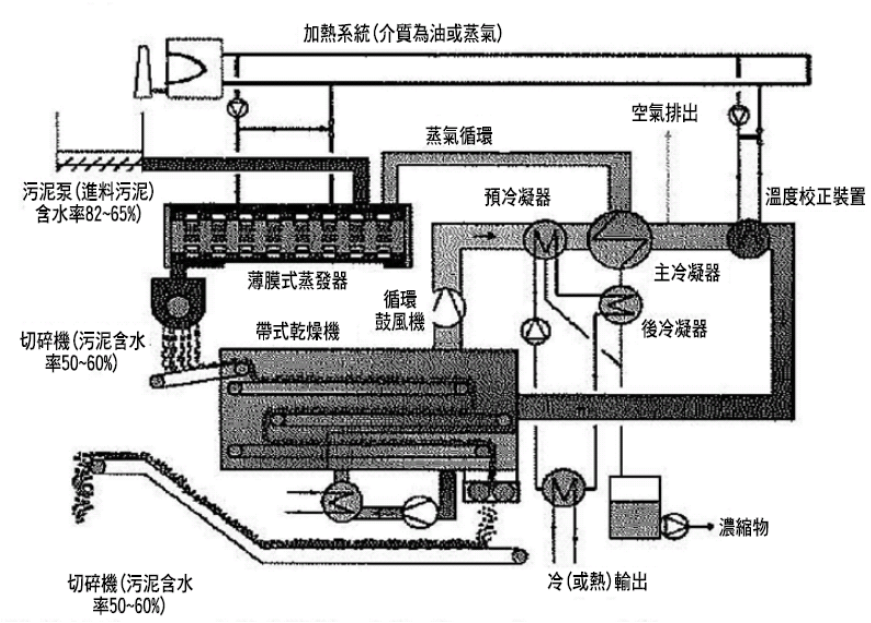


圖 7-38 兩段式乾燥機示意圖

由於市面上乾燥機型式種類繁多,故針對乾燥設施之比較,將以國外某設備廠商就其製造乾燥機之評估說明為範別,即針對應用較廣之皮帶式、圓筒式及流動床式及板框式等四種乾燥機型式進行比較,詳表 7-9,其比較項目係以能源使用、操作需求、產物品質及製程安全等為主。

表 7-11 不同乾燥機型式比較

項　　目		皮帶式	圓筒式	流動床式	板框式
能源使用	廢熱	可使用	可使用 (須＞100~150℃)	可使用 (需設鍋爐)	可使用 (需設鍋爐)
	熱水	可使用 (須於 100~150℃)	可使用 (輔助熱源)	不可使用 (溫度過低)	不可使用 (溫度過低)
	沼氣	可使用	可使用	可使用 (連接鍋爐)	可使用 (連接鍋爐)
	蒸汽 (＜6 BAR)	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用 (輔助熱源)	可使用 (輔助熱源)
	蒸汽 (＞6 BAR)	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用	可使用 (輔助熱源)
	化石燃料	可使用	可使用	可使用 (連接鍋爐)	可使用 (連接鍋爐)
	熱媒油	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用	可使用 (連接鍋爐)
操作需求	規格範圍	0.5~3.0t/h (蒸發水量)	1.0~15.0t/h (蒸發水量)	1.0~20.0t/h (蒸發水量)	0.2~2.0t/h (蒸發水量)
	完全乾燥	可 (DS 約 90~94%)	可 (DS 約 92~96%)	可 (DS 約 94~98%)	可 (DS 約 50~70%)
	部分乾燥	可	不可 (但可採乾料返混)	不可 (但可採乾料返混)	不可
	直接加熱	可	可	不可	不可
	間接加熱	可	可	可	可
	自動化操作	可	可	可	可
	操作彈性	可	可	可	可
	空間需求	單層空間即可	需多層空間	近圓筒式 (樓層可減少)	板框式脫水機相同 需多層空間
產物品質	成型效果	形狀與尺寸較不均勻	(球狀)成型物抗壓性佳，尺寸差異性不大	如採乾粉返混可獲較佳成型效果	形狀與尺寸較不均勻
	成品粉塵量	粉塵量較圓筒式稍高	低粉塵量	粉塵量較圓筒為高 (可藉乾料返混改善	粉塵量因卸料時開板掉落故較大
製程安全	防爆、 防火、 人員防護	因操作溫度較低，乾燥區較無需通入惰性質，亦無需結構防爆	● 導入燃燒尾氣或蒸汽以確保乾燥製程區欲得維持安全 ● 周遭設備應結構防爆	● 導入燃燒尾氣或蒸汽以確保乾燥製程區欲得維持安全 ● 周遭設備應結構防爆	因操作溫度較低，乾燥區較無需通入惰性質，亦無需結構防爆

E.真空乾燥機

真空乾燥機案例如圖 7-39，其方式為在密閉乾燥機內裝入濕污泥原料，在真空條件下使用內部攪拌軸，同時進行攪拌、乾燥、破碎、粉碎。加熱方式由導入乾燥機本體外套以及攪拌軸片的蒸汽或熱媒等，經由壁面傳導，採間接加熱方式進行。

污泥真空乾燥機特色如下：

(A)不受原料含水率的限制，污泥、生垃圾各種殘渣物的乾燥都可適用，乾燥處理後成品為粉狀或粒狀，易於後續處理操作。

(B)處理成品含水率可以自由設定，因此最適用於肥料、飼料等的生產。

(C)無惡臭、污水的問題，因全系統全體皆為密閉構造，且採用循環處理熱交換機，利用生物處理方式，同時完成脫臭、淨化處理。

(D)採真空方式，可以低溫乾燥，故操作成本低廉。

(F)乾燥機系統簡潔節省空間。

(G)乾燥機自動運轉方式操作簡單，採批次式運轉或連續式運轉可自由選擇，因此可配合原料做最適當的運轉。





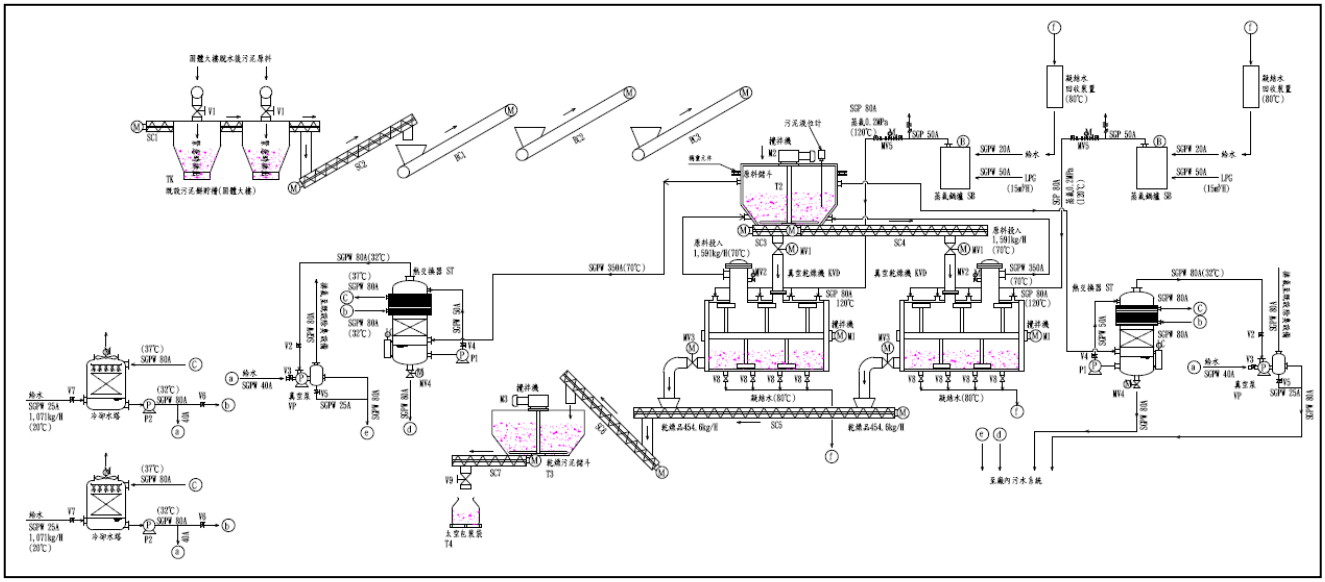


圖 7-39　真空式乾燥機流程及照片

第 9 節 污泥熱處理

7-9-01 污泥焚化 **（原則 33）**

污泥焚化爐之設置，於考慮下列各項設計之：

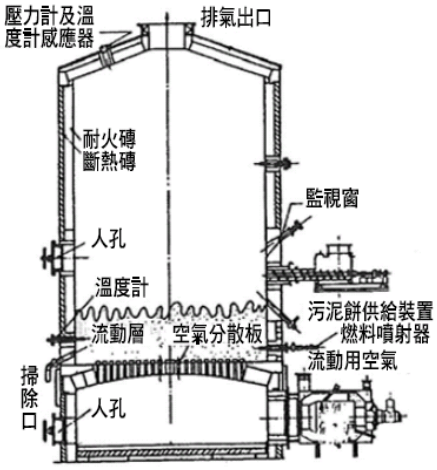
1.依污泥處理目標年之污泥性質、年間變動、操作日數等決定處理規模。

2.基於必須定期停爐檢修，原則上爐數應為複數，並考慮負荷變動，應有適當餘裕量。

【解說】

1.常見污泥焚化設備包括流動床、多段床及旋轉窯等種類，又以流動床焚化爐 (Fluidized bed combustor) 應用最廣。流動式焚化爐之設計，視爐體本體重量、附屬設備重量、流動媒體重量、供給污泥重量、旋轉力矩、地震及風壓等，取大者設計，如圖 7-40 所示。流體焚化床之爐床面積及爐高度，依污泥的性質、空塔速度及爐內停留時間、水分負荷率定之。爐體之構造及高度，以能形成流動層的均勻，可在爐內達到完全燃燒，且流體媒體不會濺出爐外，其高度在靜止時約 1m，流動時約 1.5 倍，流體媒體為矽砂，粒徑為 0.1～1.0 mm。爐體應具耐火磚之材質，能充分耐火、耐腐蝕及耐磨損。

2.應有餘裕高度，並設置爐壁維修檢查口設施等。依需要設置流動媒體之供給及排出之設施。若將沉砂、浮渣及篩渣一併混燒時，應於流動層下部設置粗大物排出口，並設置異常時之緊急排放閥。為防止產生 CN、戴奧辛及 N_2O，燃燒溫度為 850℃以上為宜，沉砂一併混燒時，應酌升溫度。為維持流動床的接觸效率，空氣比以 1.3 為宜。為防止燃燒氣體自檢查口外溢，爐體餘裕應經常維持負壓（-50～-500 Pa）。焚化爐輔助燃料，原則上以消化瓦斯為之，但消化瓦斯不足時，則以天然瓦斯或重油為燃料，或垃圾與污泥混燒。應設置防二次公害氣體排出設施。焚化爐之廢熱，應回收做為燃燒空氣之預熱用。廢氣處理設施，應有防止產生白煙之熱交換器的回收設施。為節省輔助燃料，鍋爐所產生的廢熱、廢氣，應以熱交換器回收，供做脫水污泥餅乾燥用。洗煙廢水的熱能，也應檢討回收利用。



資料來源：歐陽嶠暉 下水道工程學 2011 年版

圖 7-40 流體化床式焚化爐示意圖

7-9-02 污泥熱解 **（原則 33）**

污泥熱解係利用高溫將污泥在無氧或缺氧條件下，使有機物之化學鍵結斷裂重組，熱解時可將污泥中有機成分轉化成燃油或燃氣回收再利用，處理流程如圖 7-41 所示。

【解說】

1.熱解係將污泥加熱至固定溫度(高溫為 600 至 1,000℃，低溫指小於 600℃)、無氧或缺氧之操作條件下，藉由乾餾及熱解作用將污泥之有機物轉化為小分子碳氫化合物之反應行為，其受熱分解過程包括碳化、液化及氣化等反應，使污泥分解為油、不凝性氣體與碳化物等。

2.污泥於熱解的過程中，由於熱力學上限制，往往導致部分燃燒或燃燒不完全，而產生微量的有機污染物，如 VOCs、PAHs 等。

3.分別在不同溫度（550℃、350℃、250℃）下以污泥熱解，發現其碳渣可資源再利用，當作吸附劑、鋪路骨材等。

4.有關污泥熱解技術特點包括：

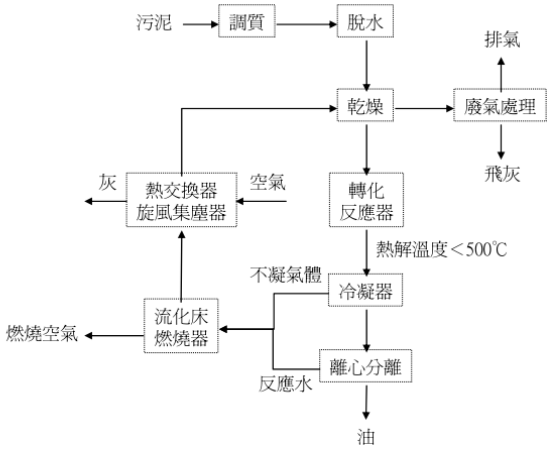
(1) 設備較簡單(與其他能源化再利用技術相比)，無需耐高溫、高壓設備。

(2) 能量回收率高，污泥中含碳約 2/3 得以熱解燃油形式回收。

(3) 由於反應溫度較低，廢氣污染物(如氮氧化物等)濃度亦較低。

(4) 下水污泥如已於污水廠內經厭氧消化，因有機成份降低，熱解燃油產量將受影響。

(5) 技術成熟度與商業化規模尚待觀察。



資料來源：朱開金、馬忠亮，污泥處理技術及資源化利用，化學工業出版社(2006)

圖 7-41 下水污泥熱解處理流程圖

7-9-03 污泥碳化 **（原則 33）**

下水污泥在缺氧或無氧下加熱，其水分及吸著氣體就即行蒸發，繼而熱分解並排出乾餾氣體，在約 800℃之碳化爐燃燒下成為碳化污泥，此一過程稱為碳化。

1.碳化產品因含有磷，容易被植物吸收，可供做綠農地肥料及土壤改良用，也可做為煤炭的替代燃料。

2.污泥碳化方式,可以脫水污泥直接碳化,以及脫水污泥經乾燥至一定含水率後再進行碳化。

3.脫水污泥碳化系統，包括脫水污泥投入供給設備、乾燥設備、碳化設備、排氣及廢氣處理設備等所組成。依其產品做為綠農地肥料用、固體燃料或供做污泥脫水助劑之不同目的，決定碳化系統。

【解說】

1.碳化產品有自燃性，為一可燃物，因之在處理系統之規劃、設計及管理上，應考慮其發熱機制，有適當及安全防護措施，並符合消防相關規定。依東京都經驗，碳化產品熱值估計約 2,000 kcal/ kg(約一般煤炭之三分之一)，可作為鄰近火力發電廠之替代燃料(混燒比約 1%)。

2.脫水污泥直接碳化，其系統比經乾燥污泥進行碳化為複雜，其設計以能減少能源利用或回收熱能供乾燥利用。

3.依日本實廠經驗，碳化技術可依操作溫度分為低溫碳化(250~350℃)、中溫碳化(400~500℃)及高溫碳化(600~800℃)，實廠污泥碳化技術比較如表 7-10。

表 7-12 污泥碳化技術比較

項目		低溫碳化	中溫碳化	高溫碳化
碳化溫度		250~350℃	400~500℃	600~800℃
發熱量 (kcal/kg-DC)	未消化	4,500~5,300	2,650~4,750	2,400~3,600
	消化	3,100~3,800	2,400~2,850	1,700~2,200
臭氣		微臭	無臭	無臭
自然性		低	有必要調濕	低

資料來源：月島機械株式會社

備註：有文獻指出，污泥低溫碳化易產生氧化亞氮。

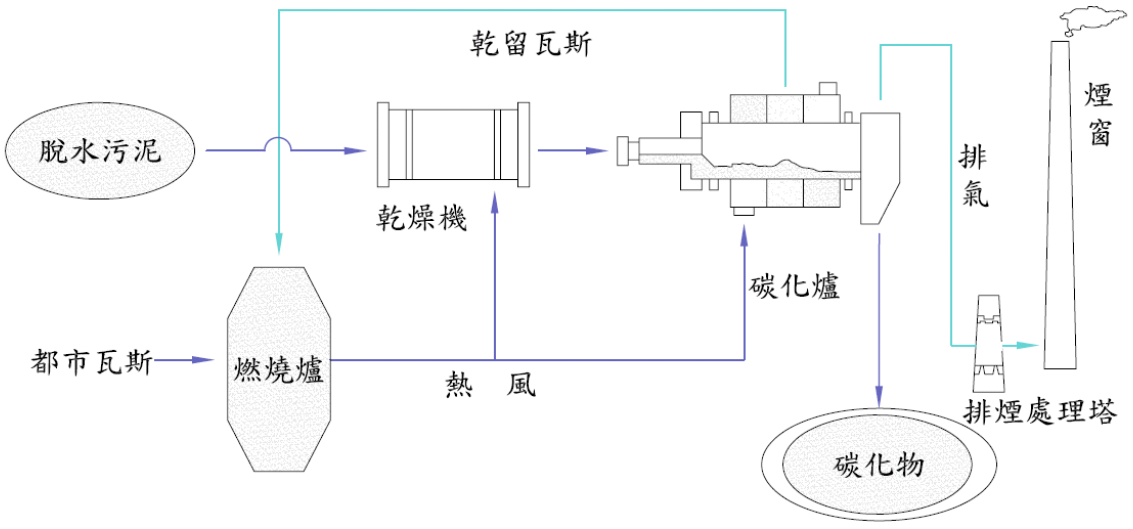
有關污泥碳化技術特點包括：

(1)能源轉換率高，廢氣產生量通常較焚化少。

(2)應用技術多集中於高溫碳化領域，有關低溫碳化之技術成熟度與商業化規模尚待觀察。

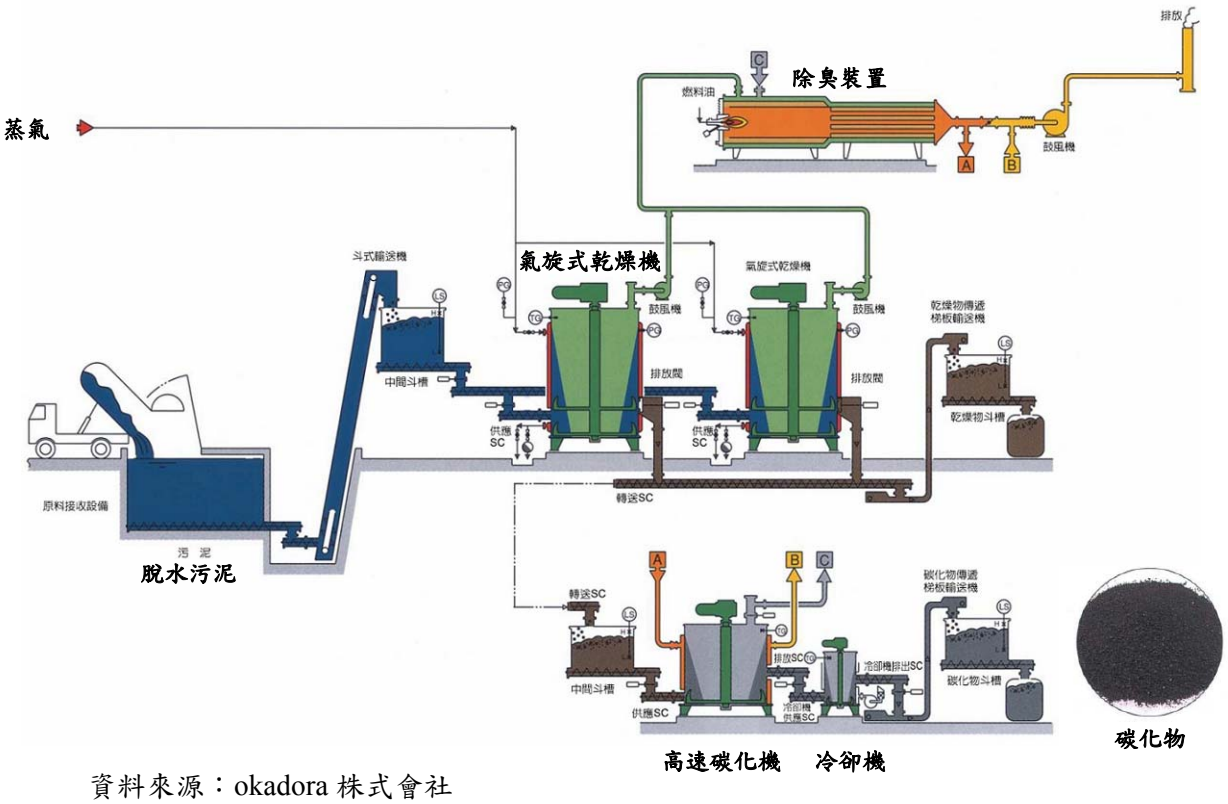
(3)下水污泥如已於污水廠內經厭氧消化，因有機成份降低，碳化產生之碳化物燃料量將受影響。

目前東京都污泥碳化處理流程以及日本下水污泥碳化實廠處理流程，如圖 7-42、7-43。



資料來源：東京都下水道局

圖 7-42 東京都污泥碳化處理流程圖



資料來源：okadora 株式會社

圖 7-43 日本下水污泥碳化實廠處理流程圖

7-9-04 污泥熔融 **（原則 33）**

處理規模依單獨或複數污水處理廠集中處理量，規模及爐數依下列因素定之：

1.處理污泥量及其未來之可能變化。
2.污泥之性狀及其一年間之變化狀況及操作率，以決定處理規模。
3.配合定期檢修及停止使用時之需要，原則上以複數爐數。
4.為因應污泥量之變動，應有餘裕量。
5.應有配合未來設備更新之因應措施。

【解說】熔融係將污泥加熱至熔融點以上(約於 1,100 至 1,400℃條件下)，使其熔化成液狀，再經氣冷或水淬方式冷卻後，形成玻璃狀熔渣，處理流程示意如圖 7-44。污泥熔融處理規模及爐數依下列因素定之：

1.處理污泥量及其未來之可能變化。
2.污泥之性狀及其一年間之變化狀況及操作率，以決定處理規模。
3.配合定期檢修及停止使用時之需要，原則上以複數爐數。
4.為因應污泥量之變動，應有餘裕量。
5.應有配合未來設備更新之因應措施。污泥熔融設施，包括有下列設備：

(1)前處理設備

A.應有污泥餅或灰碴定量供給設備。

B.脫水污泥乾燥設備。

C.灰碴投入設備。

D.調理劑投入設備。

(2)熔融爐之構造及材質，同焚化爐之構造及材質。

(3)熔融產生設備

A.應有可能爐體連續流出融液、冷卻、固化所需設備。

B.應設有融碴貯存斗或堆置場及搬運設備。

C.融液流出口容易維護之空間。

(4)廢熱回收設備

A.利用廢熱供熱交換，以預熱空氣做為燃燒用空氣。

B.爐內水管、鍋爐廢熱及鍋爐之廢氣，可回收熱能，供做為污泥乾燥及蒸氣鍋爐之熱源。

(5)廢氣處理設備之設計，依相關法令規定而定。

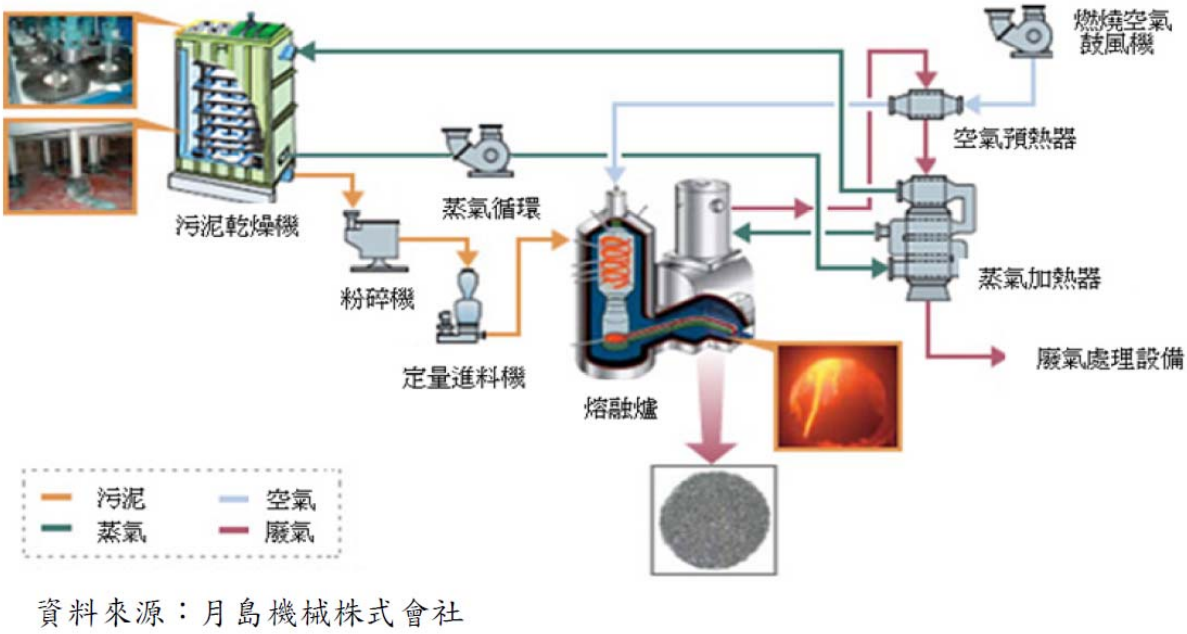


圖 7-44 下水污泥熔融處理流程

第十節 污泥最終處置及能資源利用

7-10-01 污泥最終處置及能資源利用 **（原則 34&原則 35）**

污泥最終處置及能資源利用，包括綠農地肥料與土壤改良利用、建設材料與原料利用、燃料利用及掩埋等，於規劃設計時，應充分檢討再行決定。

【解說】

1.供綠地、農地利用型態，依施用土地狀況、使用方法，可以污泥堆肥、乾燥污泥、脫水污泥、焚化灰碴或碳化污泥等不同狀況選擇使用之。

2.焚化灰或碳化污泥供為肥料之品質，為防止土壤中重金屬及環境賀爾蒙之蓄積，應依相關法令規定，經主管單位審核通過後使用。

3.碳化污泥供做燃料用，於貯存、搬運時應注意其可燃性，以防火災，並依相關法令規定。

4.污泥供為建設材料利用，污泥可經乾燥或熱處理減量，並安定化後，利用其無機質供水泥原料、級配材料或其他副產品，其利用依下列檢討之：

(1).建設材料之利用型態，可為焚化灰燼及熔碴等。

(2).建設材料利用之品質和性狀，應能合乎應用目的之需求。

(3).使用方法之選定，依用途及地區而異。

(4).污泥做為建設材料利用時，其貯存及流通，應配合季節性之變動和需要，依製品之形狀及性狀設置貯存設備，並建立流通體系。

(5).污泥供建設材料利用，應能合乎使用後對環境無影響且安定，在市場上可達持續

供應需求。

5.污泥做為水泥原料利用，乃利用其無機質，依下列決定之：

(1).污泥做為水泥原料利用，可以脫水污泥餅直接利用或乾燥後供利用，配合水泥廠之需求決定之。

(2).污泥中所含之重金屬不得影響水泥成品的品質限值。

(3).應考量適當的貯存及流通系統。

6.脫水污泥衛生掩埋處置，應做下列評估：

(1).脫水污泥衛生掩埋時，可採與垃圾混合掩埋或單獨掩埋，除應依掩埋設施之規定設置掩埋場地外，應依其性狀及周邊環境加以設計，不可造成影響。

(2).掩埋容量應依掩埋計畫期間之掩埋量及覆土容量合計計算之。

7.能資源利用應考量當地需求及經濟性，選用適當利用方式。

第八章　小規模污水下水道系統

第 1 節　總論

小規模污水下水道系統適用於污水量較少，人口分散之鄉村、地勢高低起伏之山坡地社區、都市近郊聚落、農漁村聚落、水源保護區、觀光遊憩風景區及低密度開發地區等，其系統包含污水下水道管線收集系統及污水處理廠二部份。小規模污水下水道管線收集系統之設計，傳統上常以重力方式收集並視需要設置中繼抽水站為原則。由於國外已發展有各種小規模污水下水道之收集系統，本章將針對其收集型式及設計考量予以敘述引用，同時介紹小規模污水處理廠各處理單元之設計考量及注意事項。

第 2 節　小規模污水下水道系統特性

8-2-01 小規模污水下水道系統特性　**（原則 36）**

1.小規模污水下水道系統係指其收集及處理之平均日污水量在 5,000 CMD 以下之系統。
2.小規模污水下水道系統之選擇應考量其適用性。

【解說】

1.一般而言，集污範圍內污水下水道系統收集及處理之平均日污水量在 5,000 CMD 以下時，可稱為小規模污水下水道系統。依地區有下列特性：
(1) 除都市近郊及觀光地區外，多為社會變動顯著之地區。
(2) 計畫規模較小，收集區域內居民之生活方式較一致，因此其平均污水量小，但流量及水質變動較大。
(3) 污水經處理後，放流水之承受水體多為小溪流、水庫或灌排水路，容易受放流水之影響。
(4) 下水道規模小，營運管理費之單位污水處理費較高，負擔重。
(5) 污泥產生量較少，可提供做為周邊綠農地(森林、農牧草地、高爾夫球場、公園路樹)利用。
(6) 較缺乏專業技術員，若有設施故障，其維修所需人員較不易緊急處置。
(7) 未來有可能人口減少，污水量減少，以致有管線輸水及污水處理機能降低之虞。
(8) 部份地區流動人口較常住人口多，尤其是觀光區，對於其污水量及水質之日變動、週變動及季變動，應詳加評估因應。

小規模污水下水道計畫因有上述特性，故於規劃、設計時，應就其特性，做不同的因應考量。

2.小規模污水下水道系統之選擇應考量：
(1) 對於低密度人口區域或較偏遠之地區，因面積較廣或家戶距離較遠，為收集該區域之污水，其管線必須延伸較長。此外，為維持適當之流速，同時確保管線之適宜坡度，管線埋設深度通常較大，因此建設費用相對提高，換算後每人口當量之造價偏高，此時可考慮採行小規模污水下水道系統之收集方式。
(2) 由於小規模污水處理廠，其污水流量及水質變動較大，操作成本高，因此宜選擇處理程序較簡單、穩定、容易管理之處理系統。

8-2-02 小規模污水下水道系統設計考量　**（原則 37）**

1.小規模污水下水道系統之污水流量變動大，設計時必須充分檢討其變動特性，以符合實際需求。
2.小規模污水下水道收集系統應以分流制為原則，並應考量適當之工法及經濟性。
3.於污水排放困難處，或以重力排放將增加工程費時，可考慮設置抽水站。

【解說】

1.小規模污水下水道系統之設計，必須充分檢討人口變化及未來實際狀況，詳實估計其計畫規模。同時須依地區之特性，以建設、管理容易及經濟、效率化等加以充分檢討。有關小規模污水下水道系統之基本設計資料如下：

(1)計畫目標年至少應為 20 年以上。

(2)污水量及污染量可參考第零章第 1 節第 4 項辦理。

(3)放流水標準(依最新法令標準訂定)：

A.一般地區：BOD 限值為 30 mg/l，SS 限值為 30 mg/l。

B.水源水質水量保護區：除 BOD、SS 外，總氮為 15 mg/l、氨氮為 10 mg/l、總磷為 2 mg/l 以下。

2.小規模污水下水道收集系統應以分流制為原則，其種類可包含真空式污水下水道系統、壓力式污水下水道系統及小口徑自然流下式污水下水道系統等。在規劃設計上應充份考量其經濟性，相關設計考量如下：

(1)原則上應以重力方式排放。

(2)抽水站數量應儘量減少。

(3)管線採暗管且收集管線以最短距離為原則。

(4)管線覆土深度應儘量減小。

(5)儘量不要採用昂貴之特殊工法。

(6)在山坡地或丘陵地，於管線穿越河川之處，可考量採用小管徑推進工法。

(7)收集管線應與道路及其他管線作整體規劃。

(8)規劃抽水站時，應就重力式多段揚升系統及壓力式下水道系統加以比較後決定之。

3.污水抽水站之設計考量

當地形自然坡度使污水排放困難，或是污水收集管線以重力排放方式會增加工程費時，可考慮設置抽水站，小規模污水下水道之抽水站應著重功能簡單、經濟性及維護管理便利性。人孔式抽水站採用人孔構造之濕井及沉水式抽水機，可省略攔污柵、沉砂池及抽水站房設置之需要。其適用之情形或階段如下：

(1)小規模污水下水道系統之中繼抽水站：

A.長距離管線以致埋深加大時，可於適當位置設置抽水站。

B.地形起伏較大之地方，需將污水由低處往高處抽送，可設置加壓抽水站。

(2)小集污區低窪地區用以提高水頭之中繼抽水站。

(3)小規模污水處理廠之廠內抽水站。

(4)污水處理廠廠內抽水站及中繼抽水站完工前，因應初期對策用之臨時抽水站。

第 3 節　小規模污水下水道收集系統

8-3-01 小規模污水下水道收集系統型式　　**（原則 38）**

小規模污水下水道收集系統具有埋深較淺、滲水量少及建設費用低之特性，依集污區之規模及地形狀況分類，其收集方式除傳統重力式外，尚有其他型式 (1)真空式 (Vacuum Sewers)。(2)壓力式 (Pressure Sewers)。(3)小口徑自然流下式 (Small Diameter Gravity Sewers)。

【解說】

小規模污水下水道收集系統，其埋設深度通常較淺，因此其滲水量及建設費用相對較少。其型式包含真空式、壓力式及小口徑自然流下式，分別介紹如下。

1.真空式

真空式之污水收集方式不是用重力，而是採污水及空氣混合之吸引收集系統，其系統配置模式詳圖 8-1 所示。真空式之污水收集系統係從單獨各戶或數戶流出之污水，先以 ϕ100~ϕ200 mm 污水管流入真空閥單元(包含真空閥與貯留槽，詳圖 8-2)，單元中水位計偵測到高水位後，自動開啟真空閥，將污水及空氣強制吸入 ϕ75mm 之真空管線中，而流向真空抽水站之集水槽(壓力保持在-6~-7m 程度)，至真空抽水站後再以抽水機抽送至主幹線，最後再以重力或壓力輸送至污水處理廠，其示意圖詳圖 8-3 所示。有關污水真空傳輸及收集系統包含下列三基本單元：

(1) 真空界面閥套件：包含收集坑、「真空/重力」界面閥、真空控制及感應單元(污水真空吸引設施之配置詳圖 8-4 所示)。

(2) 真空管線：包含污水運送主管、分支管及用戶接管。

(3) 真空抽水站：包含真空收集槽、真空泵、污水抽水機、控制盤及設備等。

A. 系統特性

真空式下水道之最大特性是不需要重力流所需連續坡度之水力剖面構造，污水係採用強制吸引方式傳送。其主要特性如下：

(A) 管線口徑小、埋深不大、開挖較淺、工程經費低、建設期間短。

(B) 管線埋深較淺，幾無地下水入滲。

(C) 真空式下水道之真空抽水機可由中央系統管理。

(D) 空氣與污水一起抽送，污水保持好氧性，不會產生腐敗氣體。

(E) 污水槽不須經常清理。

B. 適用地區

真空式下水道之適用地區如下：

(A) 集水槽內部氣壓保持在380~635mmHg程度，全揚程可達4m之限度，適用於地形起伏在3.5公尺以下之地域，在地勢平坦地區通常可以收集達半徑3公里範圍內之所有污水排放源。

(B) 地理上常位於市區近郊區域，以人口較集中的聚落、水源區、別墅區、觀光區及漁村等較適合。

C. 工程案例

真空式下水道系統目前於國內已有施作之工程案例為「大鵬灣國家風景區遊一區第一階段污水下水道收集系統工程」，其工程內容如下：

(A) 埋設真空管線4" HDPE管168m、6" HDPE管250m、8" HDPE管917m、10" HDPE管930m。

(B) 設置標準型單閥式真空井2組、單閥式真空井12組、雙閥式真空井3組。

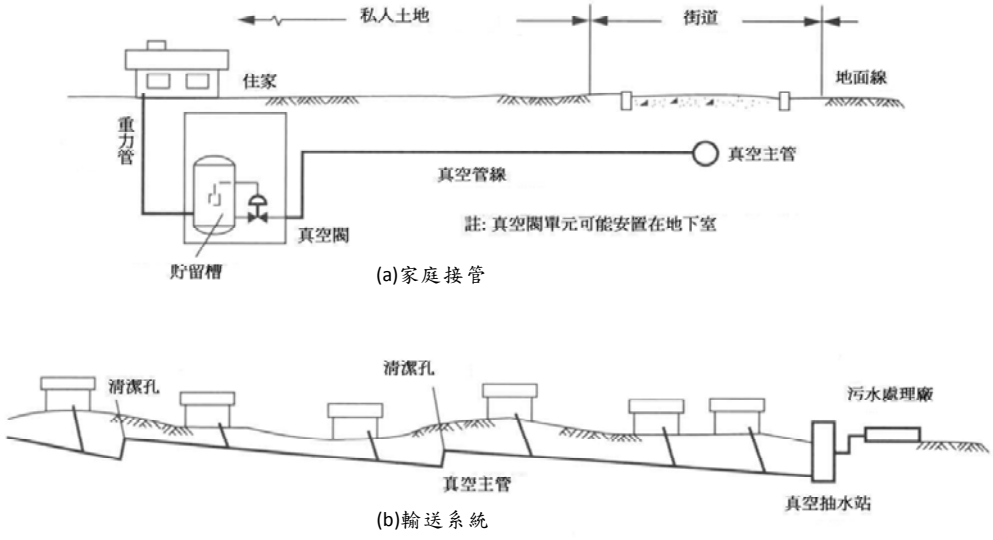


圖 8-1　真空式污水下水道系統主要組成圖

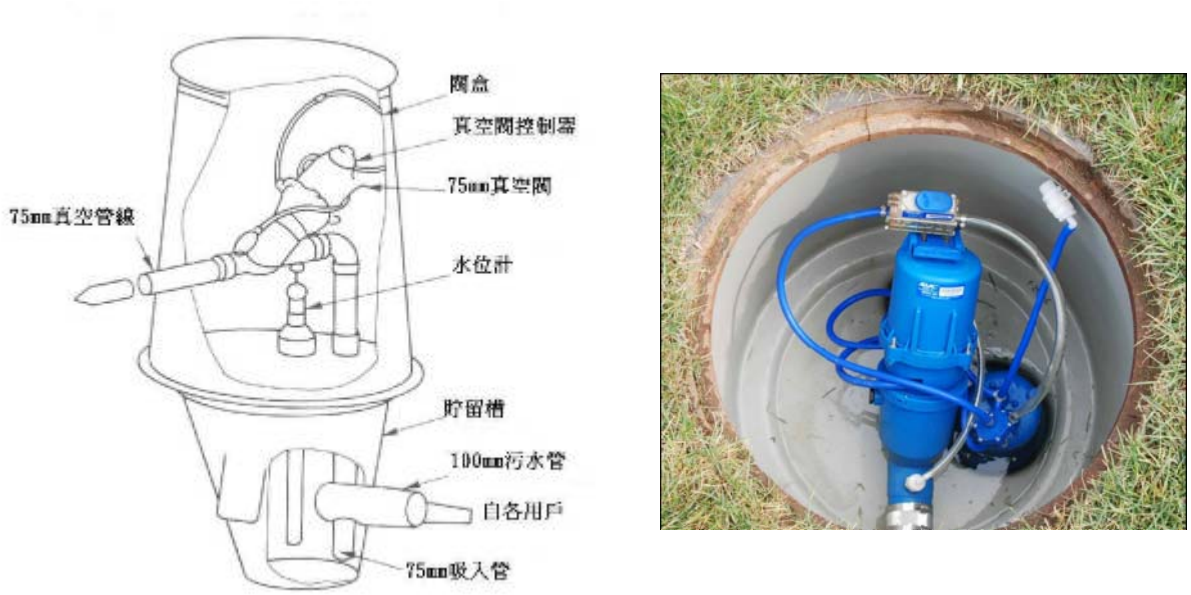


圖 8-2　真空閥與貯留槽一體之構造

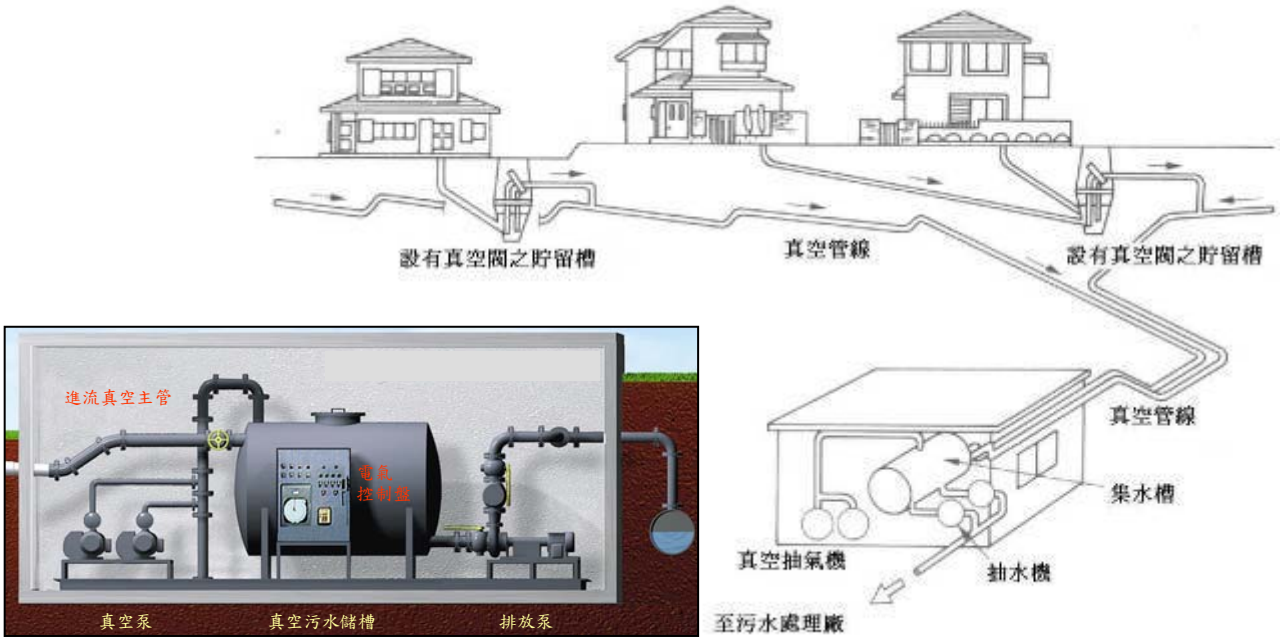


圖 8-3　真空式污水下水道系統圖

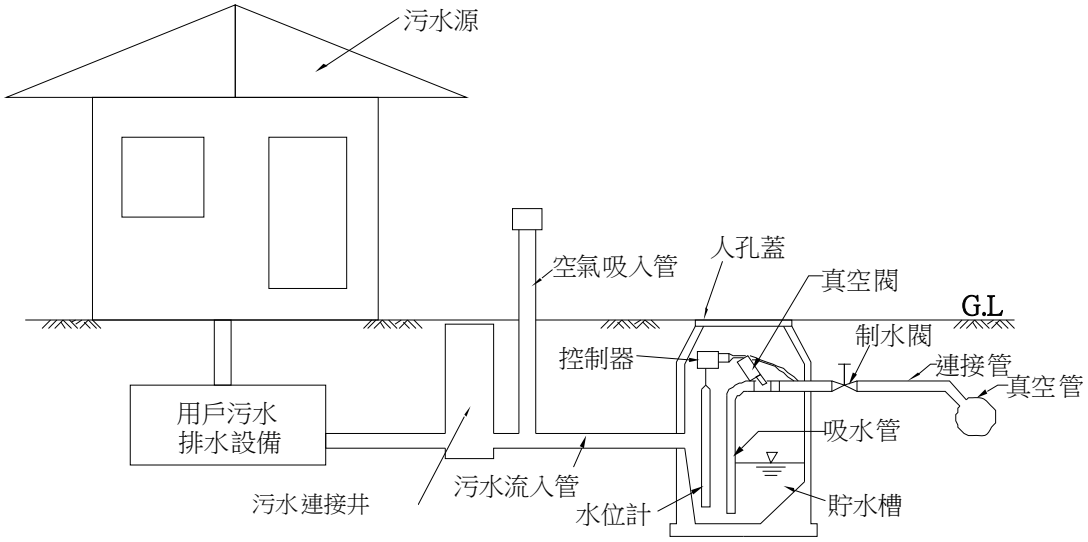


圖 8-4　真空式用戶接管配置示意圖

2.壓力式

壓力式是與自來水系統相反之系統，自來水系統具有單一之壓力流入點及數個流出點；而壓力式則具有數個壓力流入點，而僅有單一之流出點。壓力式污水下水道系統是由二類設施所構成，包含(a)可破碎污水中異物並壓送污水之小型磨碎式沉水泵(grinder pump, GP)，(b)污水處於壓力狀態之管線。

(1)系統特性

壓力式污水下水道系統中，從單獨各戶或數戶流出之污水收集至抽水機單元，先以磨碎式沉水泵壓送至口徑 50~150 mm 之壓力幹管，再流至污水處理廠。磨碎式沉水泵單元包括：貯留槽、磨碎式沉水泵、配管閥類、水位控制浮球及控制盤等(詳圖 8-5 所示)。壓力式污水下水道系統概念圖如圖 8-6 所示，壓力式主要組成及收集系統示意如圖 8-7 及圖 8-8 所示。

(2)適用地區

壓力式污水下水道系統之適用地區如下：

A.住戶分散，收集管線較長之地區。

B.地形複雜，以重力方式收集困難之地區。

C.岩石地質挖掘困難之地區。

D.地下水位高之地區。

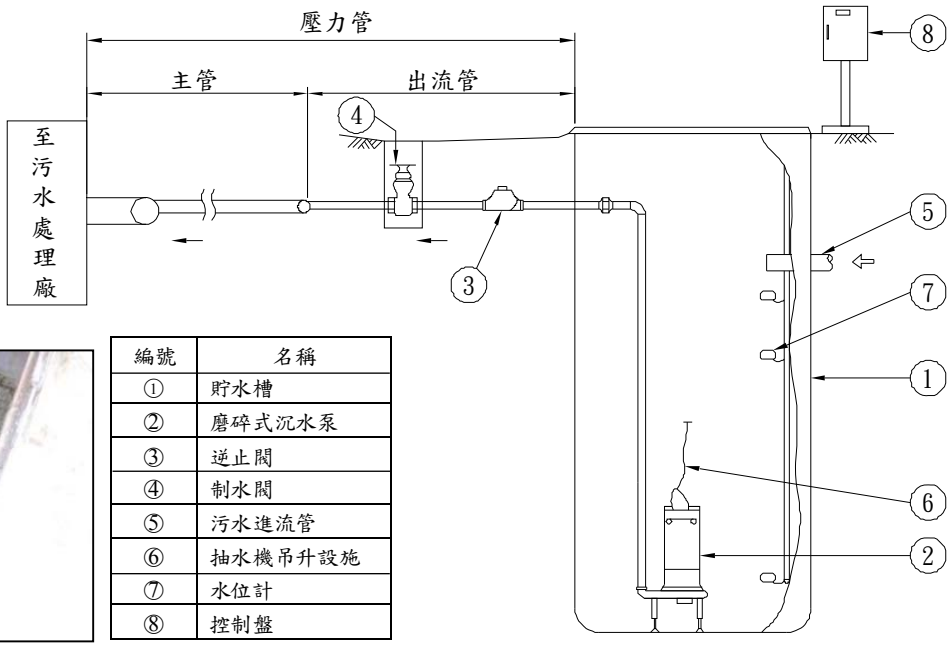
E.軟弱地盤會發生不均勻沉陷之地區。

F.部分低窪地區。

G.道路狹窄，深開挖困難之地區。

H.舉辦短期活動，須臨時收集污水之情況。





編號	名稱
①	貯水槽
②	磨碎式沉水泵
③	逆止閥
④	制水閥
⑤	污水進流管
⑥	抽水機吊升設施
⑦	水位計
⑧	控制盤

圖 8-5　磨碎式抽水機單元斷面圖

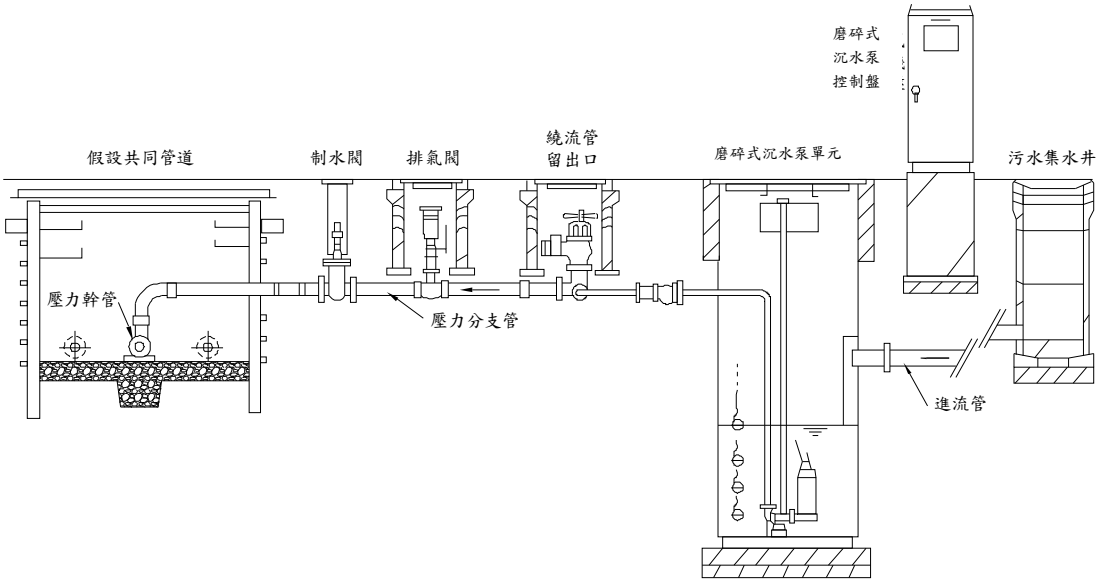


圖 8-6　壓力式污水下水道系統概念圖

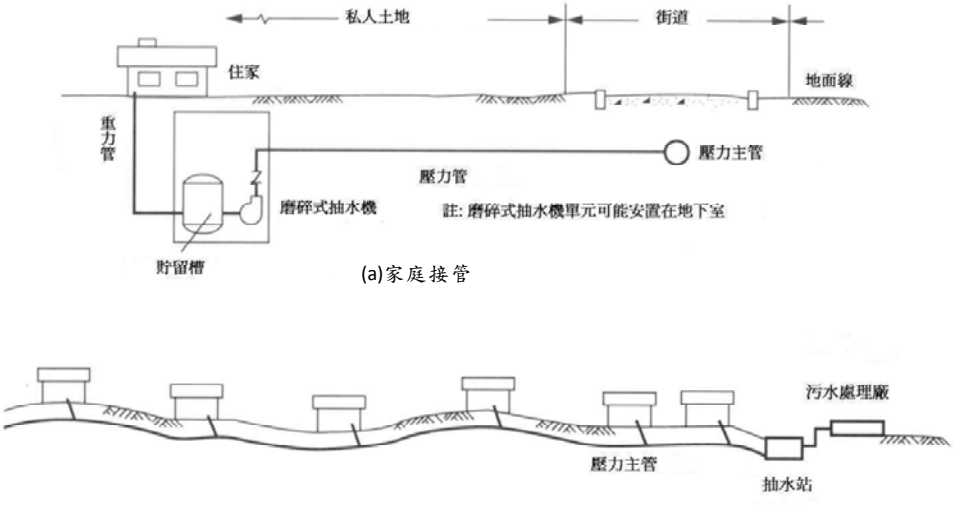


圖 8-7　壓力式污水下水道系統主要組成圖

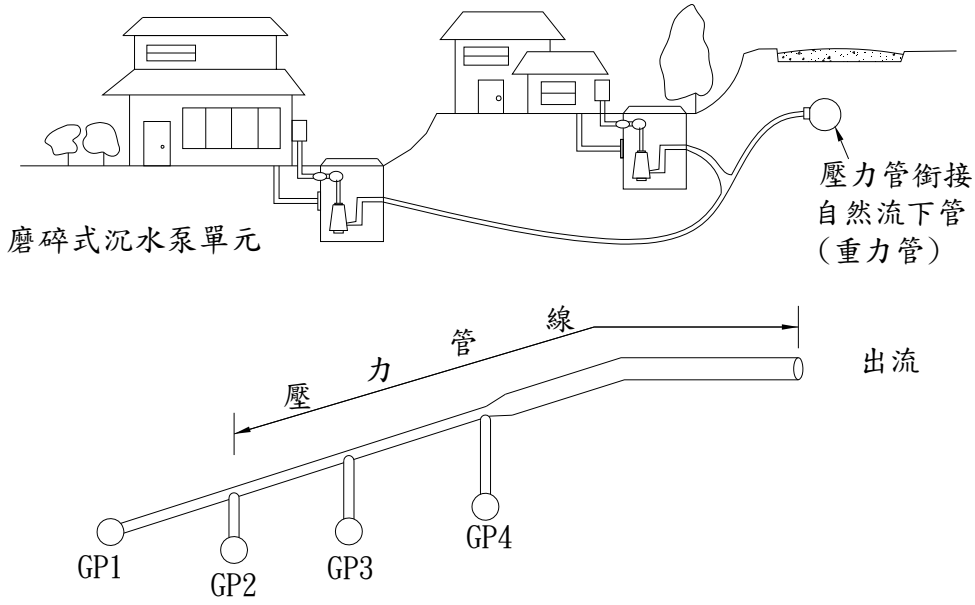


圖 8-8　壓力式下水道收集系統示意圖

(3)小口徑自然流下式

小口徑自然流下式收集系統，係將家庭排水中之砂、油及懸浮固體物等，藉由腐敗槽先行去除，使較無雜質之污水再行流入下水道之一種方式。腐敗槽中之沉澱物及浮渣須定期清理，系統配置方式及用戶排水接入高程概念如圖 8-9 及圖 8-10 所示。

A.系統特性

管渠可順地勢坡度埋設，若地形高低起伏較大之區域，可組合採用部份壓力式污水下水道系統，亦可採經腐敗槽再經抽水機抽送之組合方式。固體物等雜質經腐敗槽沉澱及浮除後，固體物較少之污水再納入收集系統，其具有下列優點：

(A) 輸運固體物之水量可減少，適用於採行節水設施之區域，平坦地形之污水傳輸較無管線阻塞之問題。

(B) 水中雜質已於用戶端先行沉澱處理，幹線系統污水流動性佳，可沿地形坡度埋設，埋深較淺，使坡度、管徑及埋設費用減少。

(C) 清理容易，人孔設置可減少。

(D) 污水處理廠流程簡化，可不用設置前處理設施。

B.適用地區

自然流下式污水下水道系統之適用地區如下：

(A) 範圍不大，管線不致埋設太深之地區。

(B) 地勢較為平坦或起伏不大，可不需設置抽水站之地區。

(C) 住戶間平均距離較近之地區。

(D) 受限於人力、經費等因素，不需較多維護管理之地區。

(E) 受產業、觀光等影響，污水量變動較大之地區。

(F) 地形條件適當，污水可集中於一處進行處理之地區。

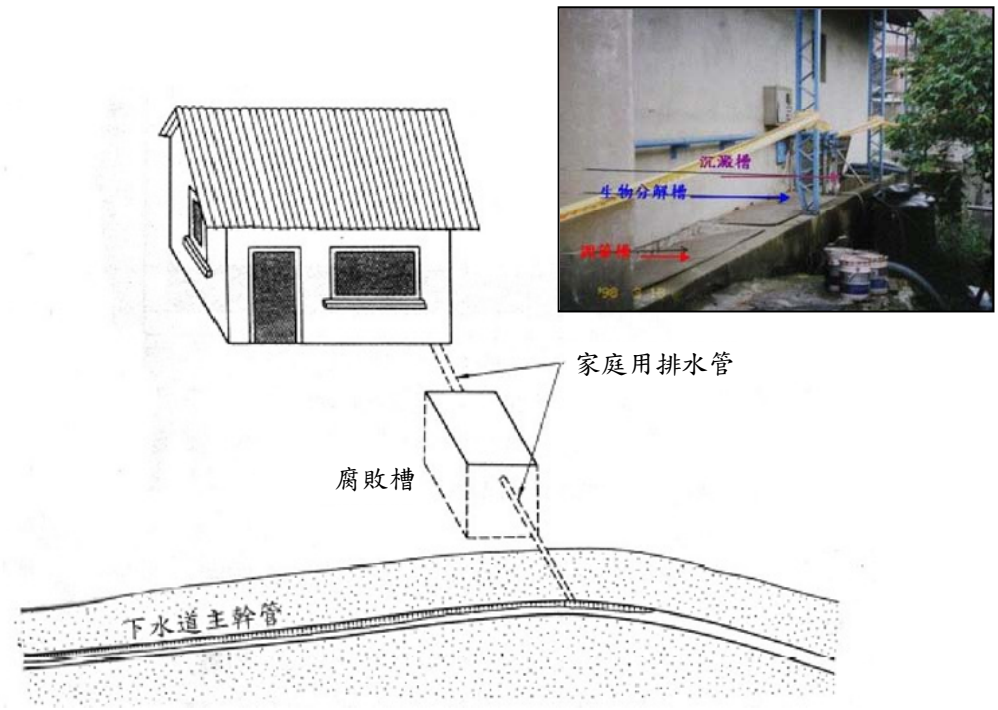


圖 8-9　小口徑自然流下式下水道系統配置圖

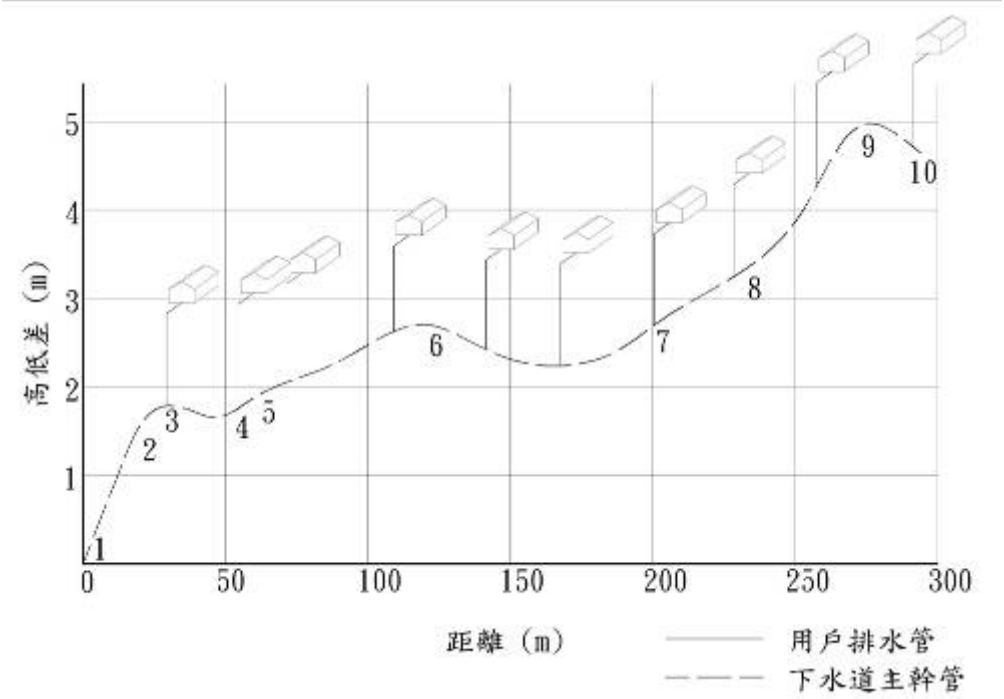


圖 8-10　小口徑自然流下式下水道用戶接管接入高程概念圖

8-3-02 小規模污水下水道收集系統選定原則　　**（原則 38）**

小規模污水下水道系統之選擇，應就計畫污水量、流入水質、抽水機單元、主幹管管徑、埋深及施工等特性，加以比較選定之。

【解說】

1.特性比較

小口徑自然流下式、壓力式及真空式污水下水道系統之特性比較如表 8-1 所示，於系統選擇時應就表中各項目如計畫污水量、流入水質等綜合比較選定之。

2.適用範圍

小規模污水下水道系統各種污水收集方式(包括小口徑自然流下式、壓力式及真空式)之適用範圍如圖 8-11 所示。簡要說明如下：

A.平均住戶間距離較近時，以小口徑自然流下式收集較佳。

B.住戶間距離較遠，且收集點數多，地盤軟弱、岩盤地帶或起伏在 3.5 公尺以下及地下水位較高之地域，適用真空式下水道。

C.起伏較多之區域，採壓力式下水道系統收集較有利。

表 8-1　小口徑自然流下式、壓力式與真空式下水道系統特性比較表

項目	自然流下式	壓力式	真空式
收集原理	污水採重力自然流下	污水以磨碎式抽水機壓送	污水利用真空負壓輸送
計畫污水量	入滲量為最大日污水量之 10~15%	沒有管線之入滲量	埋深較淺，地下水幾無入滲
流入水質濃度	較壓力式為低	沒有入滲量，污水 SS 濃度高，管路長時污水會腐敗使溶氧不足，處理程度要求高	較重力流方式為高
設施標準配置	每戶設置貯留槽及人孔	每戶或以數戶為對象，設置磨碎式抽水機單元及壓送管線	每戶或以數戶為對象，設置真空閥單元、真空管線及中繼真空抽水站
抽水機單元	一般情況不用抽水機單元	單獨各戶或數戶合併用一座磨碎式抽水機單元	單獨各戶或數戶合併用一座真空閥單元
管徑	ϕ150mm 以上	ϕ32~ϕ150mm	ϕ100~ϕ250mm
埋設深度	受地形、障礙物影響，越往下游越深	於淺層處埋設	於淺層處埋設，埋深一定
地形條件	影響大	可適用於較廣之地理條件	利用真空度的保護，可適用地形起伏不大及平坦之地域
電源需求	中繼抽水站(含人孔式抽水機單元)	磨碎式抽水機單元	中繼真空抽水站
工期	長	短	短
建設費	依地形條件而有較大變化	不論地形條件，較為便宜	不論地形條件，較為便宜
維護管理費	維護管理簡便，多不需動力費，較為便宜	磨碎式抽水機單元需動力，較自然流下式之維護管理費高	真空閥單元、中繼真空抽水站需動力，較自然流下式之維護管理費高
計畫污水量變化之彈性	大	小	小
處理廠位置之選定	以地形之下游端為原則	自由度大	自由度大

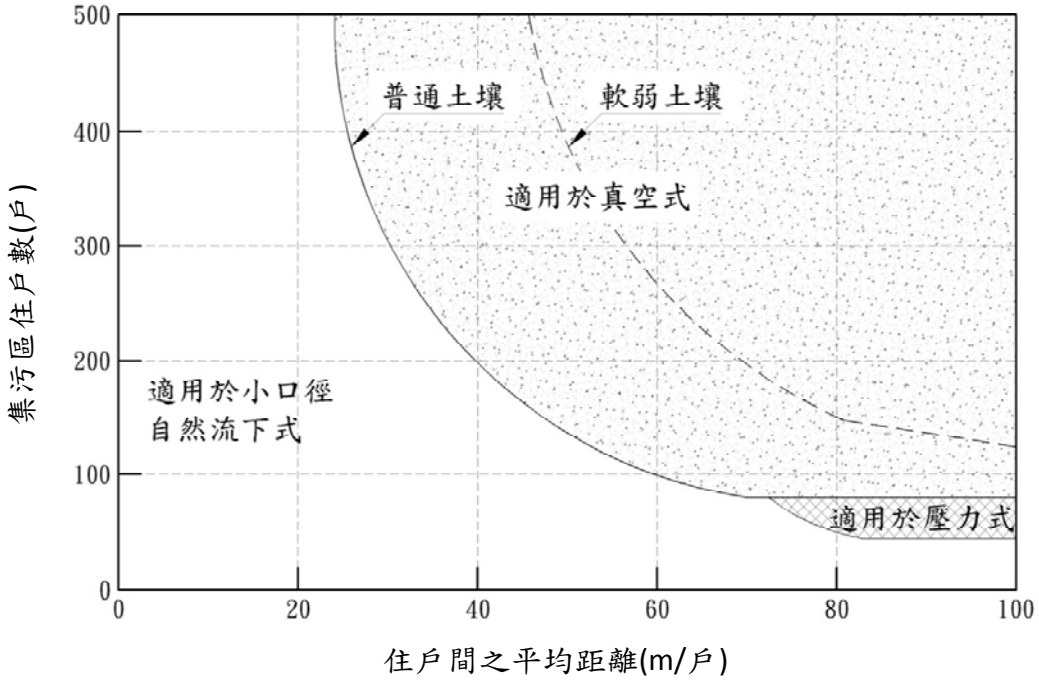


圖 8-11　小規模污水下水道系統收集方式之適用範圍

第 4 節　小規模污水處理廠

8-4-01 小規模污水處理廠設計流量　　**（原則 37）**

小規模污水下水道系統之污水流量變動大，設計時必須充分檢討其變動特性，包括季節性及週間之變動等之污水量及水質。污水處理廠之計畫污水量除前處理、消毒及放流單元採用最大時污水量外，其餘採用最大日污水量。

【解說】

小規模污水處理廠因為地域環境、產業觀光及人口流動等特性，致污水量及水質變動較大，設計時必須充分加以檢討，同時必須考慮季節因素及每週間人為活動與相關產業觀光所產生污水量及水質之變化。有關設計污水量及水質之一般考量原則如下：

1.小規模污水處理廠之計畫污水量除前處理、消毒及放流單元採用最大時污水量外，其餘採用最大日污水量。

2.依處理方法及流量變動特性得設置調節池，其水力停留時間應為 4~6 hr 以上。

3.設有調節池者，各單元之設計水量應酌予檢討之。

4.各單元之設計規範原則上與前述各節中大規模污水處理廠規範相同，相異部份或特殊考量部份則於本章說明。

5.依照設計條件及環境特性，必要時可檢討不需設置粗攔污柵。

6.處理單元以操作簡易具彈性者為佳，而 SRT 長者，可以節省污泥穩定處理經費。

7.污泥處理原則以尹霍夫槽(Imhoff tank)或重力濃縮方式設計，並宜檢討以多廠共同處理污泥之可行性。

8.水質檢驗可檢討以鄰近之污水處理廠代行或以多廠共同設置一檢驗室辦理之。

9.可檢討以巡迴管理或遠距離遙控管理之可行性。

8-4-02 小規模污水處理廠設計需考量事項 **（原則 37）**

小規模污水處理廠之處理方式選定須考量各處理方法之處理效率、穩定性、維護管理性，並對處理區域之地方特性、地方政府財力、社會背景等予以比較檢討。

【解說】

一般小規模污水處理廠設計需考量之主要事項如下：

1.污水量規模(如：最大日污水量、第一期建設時之計畫水量)。

2.進流污水水質及放流水質(如：BOD、SS、N、P、放流水標準、回收再利用、承受水體條件等)。

3.負荷變動(如：水量及水質之時變遷、日變遷、週變遷、季節變遷等)。

4.用地面積(如：處理廠用地面積、單位處理水量之面積、用地之形狀等)。

5.維護管理(如：自行操作、委託操作、不定期操作、常駐操作維護等)。

6.經濟性(如：建設費、維護管理費、設備折舊費等)。

7.其他(如：地方特性、環境條件、多目的利用等)。

8-4-03 小規模污水處理廠代表性處理方式 **（原則 37）**

小規模污水處理廠代表性之處理方式，主要包括活性污泥法之修正法及生物膜法兩大類，其考量事項如下：

1.依進流及放流水量水質、負荷變化、使用土地等各種條件選擇適合之處理方式。

2.小規模污水處理廠各處理單元之設置，需依所決定處理方式之特性為基準進行選用。

3.在選用處理方式前，應對處理方式之特徵有充分之瞭解。

【解說】

1.小規模污水處理廠處理方式之選擇程序如圖 8-12 所示。

2.小規模污水處理廠之處理方式主要有活性污泥法之修正法及生物膜法兩大類，其中活性污泥法之修正法包含氧化渠法、延長曝氣法、活性污泥膜濾法及分批式活性污泥法等，而生物膜法則包含好氧過濾法及接觸曝氣法等，其標準處理單元之比較如表 8-2 所示。

3.小規模污水處理廠處理方式之特徵如表 8-3 所示。

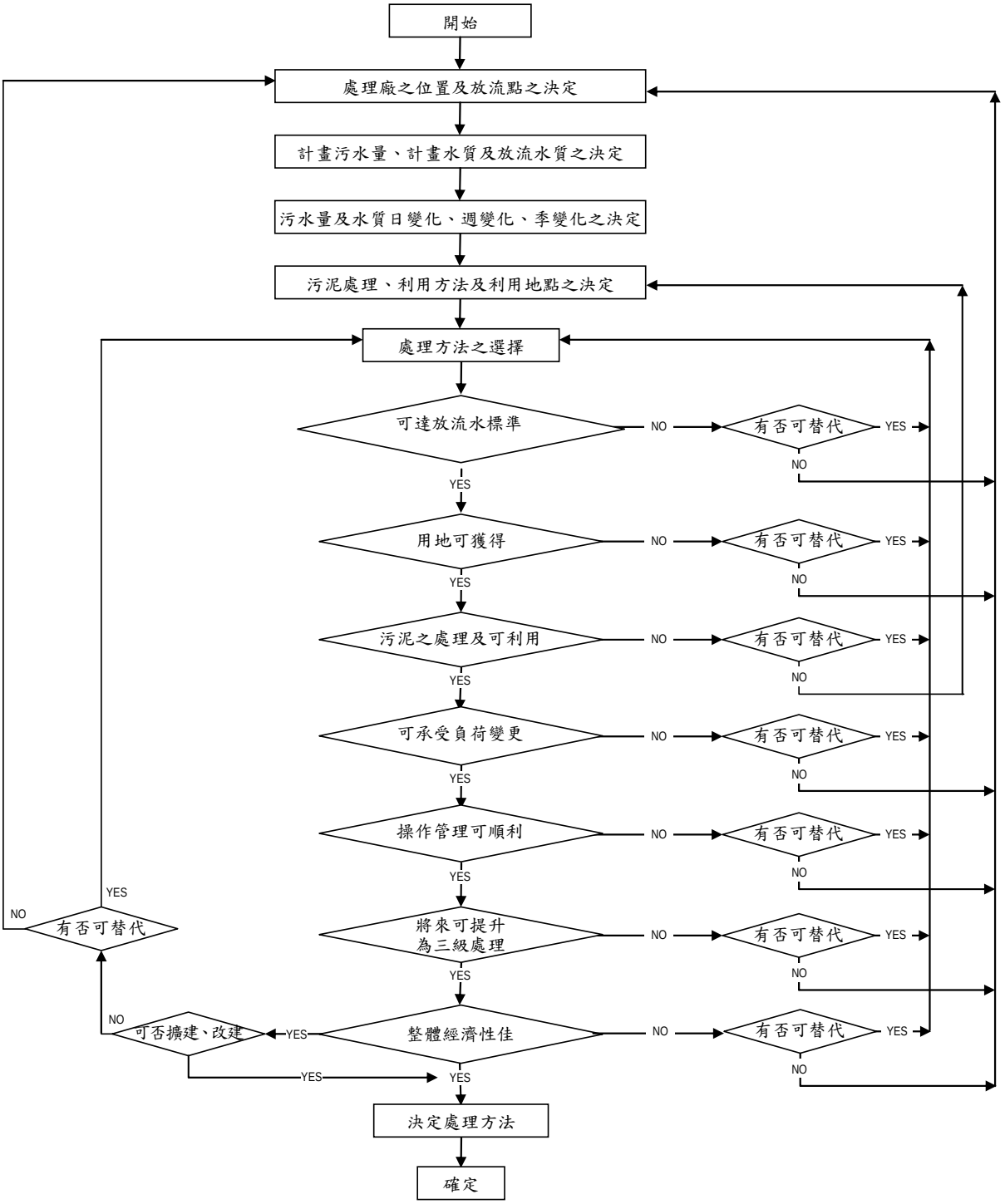


圖 8-12　小規模污水處理廠處理方式之選擇程序

表 8-2　小規模污水處理廠各種處理方式之標準處理單元比較

處理方式 / 處理單元	氧化渠法	延長曝氣法	分批式活性污泥法	活性污泥膜濾法	好氧過濾法	接觸曝氣法	備註
除砂設施	△	△	△	△	△	△	水量少時可不須設置
攔污柵	○	○	○	○	○	○	設置攔污柵時，應檢討柵除物之處理
調節池	╳	╳	○	○	○	○	流量變動大的地區方需設置調節池，其容量依進流污水量之變動而定。
初級沉澱池	╳	╳	╳	╳	○	○	
生物反應池	○	○	○	○	○	○	
二級沉澱池	○	○	—	╳	—	○	
過濾設備	╳	╳	╳	╳	╳	○	
消毒設備	○	○	○	╳	○	○	

註：○ 必要，△ 視情況而定，╳ 可不必要，— 其他設施具有此功能

表 8-3　小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(一)

處理方法 項目	標準活性污泥法 （參考比較用）	延長曝氣法
處理流程	• 進流水→調節池→初級沉澱池→曝氣池→二級沉澱池(迴流污泥)→消毒池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄	• 進流水→曝氣池→二級沉澱池(迴流污泥)→消毒池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄
設計數據	• BOD/SS 負荷：0.2~0.4 kg·BOD/ kg·SS·d • BOD 容積負荷：0.4~0.6 kg·BOD/m^3d • MLSS：1500~2000 mg/l • 污泥迴流比：20~70% • 曝氣時間：6~8 小時 • 初級沉澱池表面負荷：35~50 m^3/m^2·d • 二級沉澱池表面負荷：20~25 m^3/m^2·d	• BOD/SS 負荷：0.03~0.07 kg·BOD/ kg·SS·d • BOD 容積負荷：0.15~0.25 kg·BOD/m^3·d • MLSS：2500~4500 mg/l • 污泥迴流比：100~200% • 曝氣時間：24 小時 • 二級沉澱池表面負荷：10~15m^3/m^2·d
處理性能 **1. 處理水質(BOD、SS、N、P)** **2. 變動負荷之適應性**	**1.曝氣池內有一定溶氧，處理水之透明度高、去除效率佳，預期處理結果佳** **2.變動負荷需依賴調節池緩衝**	**1.同標準活性污泥法** **2.反應池停留時間長，變動負荷之適應性佳**
污泥產生量	—	與標準活性污泥法比較，固體量減少 20%，但受含水率影響，污泥量增加 10~20%
經濟性 **1. 池面積** **2. 池容量** **3. 電費**	—	**1.標準活性污泥法之 2.1 倍** **2.標準活性污泥法之 2.4 倍** **3.標準活性污泥法之 2.3 倍**
維護管理費	設備多，維護管理費高	可減少調節池及初沉池設施之維護管理費用
實績	中大規模實績多	多用於社區污水處理廠

表 8-3　小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(二)

處理方法 項目	氧化渠法	分批式活性污泥法	活性污泥膜濾法
處理流程	• 進流水→氧化渠→二級沉澱池(迴流污泥)→消毒池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄	• 進流水→分批式處理池→消毒池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄	• 進流水→完全混合或柱塞流式反應池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄
設計數據	• BOD/SS 負荷：0.03~0.07 kg·BOD/kg·SS·d • MLSS：2500~3500 mg/l • 污泥迴流比：100~200% • 曝氣時間：24~36 小時 • 污泥停留時間：15~25 日 • 硝化速度：0.2~0.7 mgN/gMLSS·hr • 脫硝速度：0.1~0.4 mgN/gMLSS·hr • 二級沉澱池表面負荷：6~12m^3/m^2·d	• BOD/SS 負荷：0.03~0.4 kg·BOD/kg·SS·d • MLSS：2500~5000 mg/l • 排水比：1/2~1/6 • 出水高：50cm 以上	• BOD/SS 負荷低 • MLSS：8000~15000 mg/l • 水力停留時間：3~6 小時
處理性能 **1. 處理水質(BOD、SS、N、P)** **2. 變動負荷之適應性**	**1.同標準活性污泥法 曝氣池內溶氧濃度呈坡降現象，具脫硝效果 2.與延長曝氣法相同**	**1.同標準活性污泥法 間歇式曝氣，溶氧濃度隨時間變化，高負荷法脫磷及低負荷法脫硝效果佳 2.曝氣設備受進流污水量之限制，對極端之變動負荷適應性差**	**1.經濾膜過濾，污染物含量低，優於標準活性污泥法 2.可維持高濃度 MLSS，且操作範圍彈性大，變動負荷適應能力優於標準活性污泥法**
污泥產生量	與延長曝氣法相同	高負荷法污泥固體量與標準活性污泥法相同，污泥量增加 30~40%；低負荷法與延長曝氣法相同	依 MLSS 而定
經濟性 **1. 池面積** **2. 池容量** **3. 電費**	1.標準活性污泥法之 3.4 倍 2.標準活性污泥法之 2.4 倍 3.標準活性污泥法之 1.8 倍	1.標準活性污泥法之 1.5 倍(高負荷法) 標準活性污泥法之 2.1 倍(低負荷法) 2.標準活性污泥法之 1.9 倍(高負荷法) 標準活性污泥法之 2.8 倍(低負荷法) 3.標準活性污泥法之 1.2 倍(高負荷法) 標準活性污泥法之 1.8 倍(低負荷法)	1.標準活性污泥法之 1/3~1/3.5 倍，因不需終沉池 2.標準活性污泥法之 1/3 倍，因不需終沉池 3.曝氣動力高，約為標準活性污泥法之 3~7 倍
維護管理費	可減少調節池及初沉池設施之管理費用	須使用定時器來操作，閥門檢查頻率高	須增加更換濾膜之費用
實績	小規模實績多，信賴性高	實績比氧化渠法少，惟有增加趨勢	實績比氧化渠法少，惟有增加趨勢

表 8-3　小規模污水處理廠各處理方式之特徵比較表(三)

處理方法 項目	接觸曝氣法	好氧過濾法
處理流程	• 進流水→初級沉澱池→接觸曝氣池→二級沉澱池(迴流污泥)→消毒池→放流 • 污泥→濃縮池→脫水機→運棄	• 進流水→初級沉澱池→生物濾池(反沖洗水)→反沖洗水槽→消毒池→放流
設計數據	• BOD 容積負荷：0.3 kg/m^3·d 以下 • 水深：3~5 m • 段數：2 段以上 • 深寬比：1:2 • 二級沉澱池表面負荷：25~50 m^3/m^2·d • 溢流堰負荷：100 m^3/m·d 以下 • 有效水深：2.5~4.0 m	• 濾材粒徑：3~5 mm • 濾層厚度：2~3 m • 平均濾過速度：30 m/d 以下 • 平均 BOD 容積負荷：2 kg·BOD/m^3·d 以下 • 最大小時濾過速度：50 m/d 以下 • 最大小時 BOD 容積負荷：4 kg·BOD/m^3·d 以下 • 濾過速度：30 m/d 時，反應時間為 1.6 小時 • 反沖洗頻率：1 天 1 次 • 初級沉澱池負荷：30m^3/m^2·d
處理性能 **1.處理水質(BOD、SS、N、P)** **2.變動負荷之適應性**	—	—
污泥產生量	—	• 去除 1kg BOD，產生污泥量為 0.7~0.8 kg • 去除 1kg SS，產生污泥量為 1.2~1.3 kg • 初沉污泥量以進流量 0.2 kg/m^3 計算
經濟性 **1.池面積** **2.池容量** **3.電費**	1.標準活性污泥法之 1.0 倍 2.標準活性污泥法之 1.0 倍 3.標準活性污泥法之 0.8 倍	1.— 2.— 3.曝氣時間 24~36 小時，電費較標準活性污泥法高
維護管理費	—	—
實績	—	較少

4.工程案例

日月潭國家風景區為台灣中部最負盛名的觀光勝地，近年來觀光旅客人數成長快速，區內污水排放量日增，造成湖體水質污染問題日益嚴重。依地理特性及環境條件，於水社村及日月村兩區域分別規劃設置獨立之污水下水道收集系統及污水處理廠，其污水處理廠之設計污水量、處理流程及考量重點等內容說明如下：

(1)污水處理廠之設計水量及水質

本工程所採用之設計污水量、進流水質及放流水質等各項資料說明如下：

A.污水量包含居民生活污水量、旅客污水量(含住宿及住宿)及地下水入滲量等。

B.參考國內相關文獻及類似案例(如墾丁南灣及雪壩武陵等污水下水道系統)訂定設計進流水質，另因位於自來水水源水質水量保護區，處理水質標準除生化需氧量(BOD)及懸浮固體物(SS)外，尚需對總氮(T-N)及總磷(T-P)的去除訂定水質標準，以符合法令的規定。本工程所採用之進流及放流水質如下：

廠名	進廠污水水質(mg/l)				放流污水水質(mg/l)			
	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
水社	200	200	20	10	10	10	10	2
日月	200	200	20	10	10	10	10	2
國家放流水水質標準					30	30	15	2

(2)污水處理廠之處理流程

污水處理廠之處理流程考量重點說明如下：

A.計畫區污水來源(居民生活污水及觀光旅客污水)之水質差異與流量變化大。

B.污水處理流程須具備脫氮除磷之功能。

C.為維護日月潭水質防止水體優養化之問題發生，設計採較高標準之放流水水質。

D.本計畫採用分批式活性污泥法(Sequencing Batch Reactor,簡稱 SBR)+砂濾之三級處理系統。以水社污處理廠為例，其處理流程示意如圖 8-13 及圖 8-14 所示。

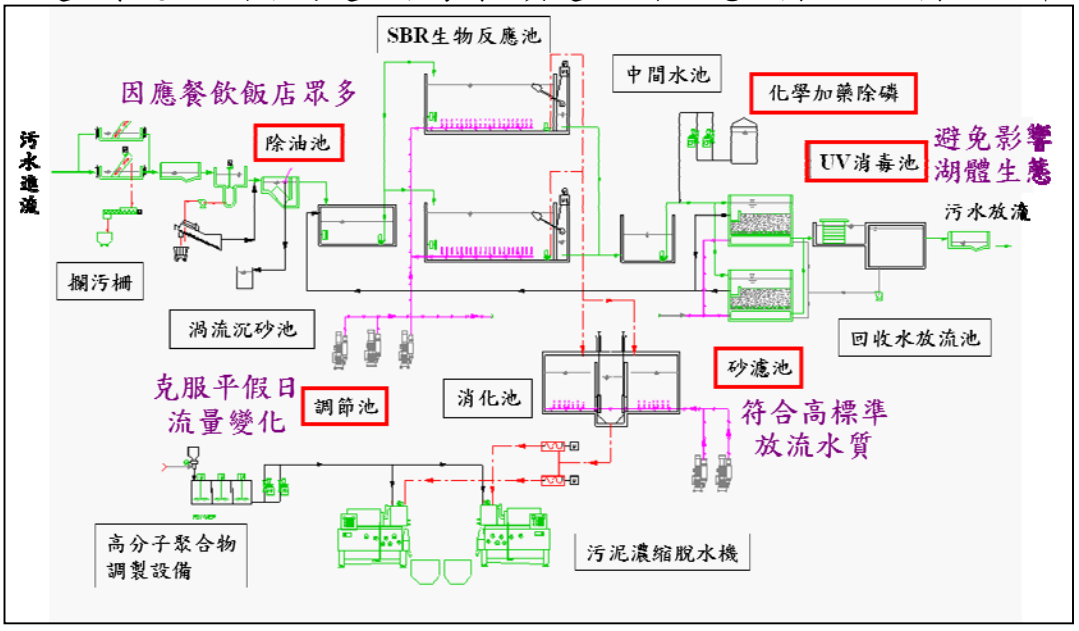


圖 8-13　水社污水處理廠之處理流程示意圖

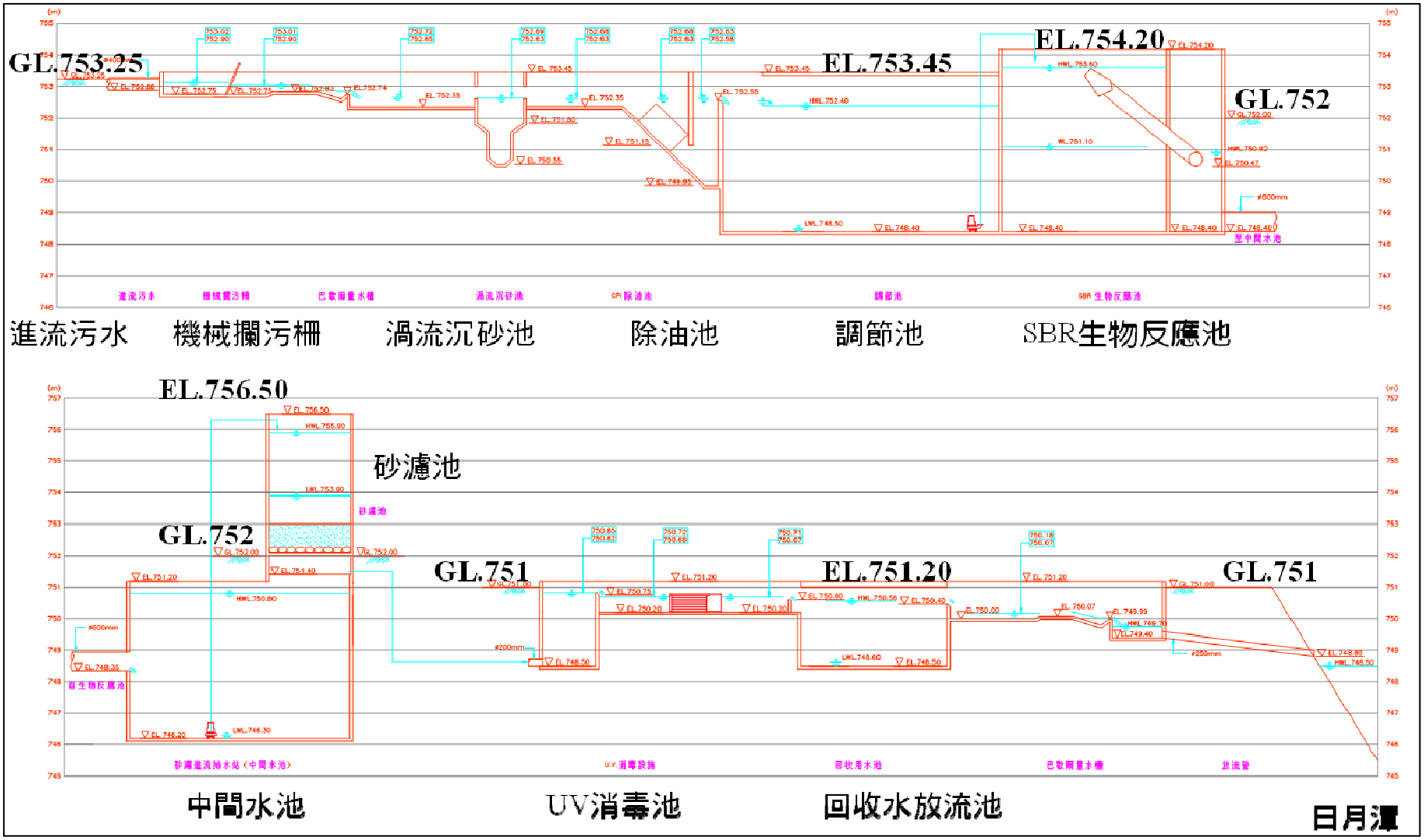


圖 8-14　水社污水處理廠之處理流程示意圖

8-4-04 小規模污水處理廠部份處理單元需有特殊考量 **（原則 38）**

小規模污水處理廠有其特性條件，部份處理單元應有之特殊考量，包括如下(無特殊或前各章已說明者，不納入本章說明)：

1.調節池

2.初級沉澱池

3.二級沉澱池

4.消毒單元

【解說】

1.調節池

小規模污水處理設施之調節池，設計時應考慮事項如下：

(1)流入污水之變動型態，處理對象區內之地形、土地利用狀況及生活型態等。

(2)高負荷型之活性污泥法，若流入污水之水量、水質變動顯著者，應考慮設置調節池。

(3)低負荷型活性污泥法之處理設施，以不設置調節池為原則。

(4)生物膜法之處理設施，原則上以設置調節池為宜。

(5)調節池之設計方式、容量、形狀、池數、構造等，應充分考慮小規模處理廠之特性決定之。處理水量在 1,000CMD 以下者，應考量經濟性及操作管理便利性，並以設置 1 池為原則。

2.初級沉澱池

(1)初級沉澱池之設置

小規模處理設施之初級沉澱池，應充分考慮下列各項：

A.採用活性污泥法之低負荷處理方式，原則上可省略初級沉澱池。

B.採用生物膜處理法者，應設置初級沉澱池。

(2) 形狀、池數及構造

初級沉澱池之形狀、池數及構造，應充分考慮小規模之特性決定之。

A.原則上以矩形及方形為宜。

B.若為生物膜法應採具有污泥貯留功能之漏斗型(如 Imhoff 槽)初級沉澱池為宜。

C.池數以兩池以上為原則，但若流量在 1,000CMD 以下者，則可設置 1 池，但應有繞流之考慮。

D.初級沉澱池原則上應設置浮渣去除設備。

E.初級沉澱池污泥之排除，應以設置抽泥機加以排泥為原則。

(3) 設計負荷

初級沉澱池以最大日污水量為計畫污水量，其有效水深、水表面積負荷及溢流堰負荷之設計參數如下：

處理方法	一般生物處理法	生物膜法
水表面積負荷 (m^3/m^2・day)	35~70	20~30
有效水深(m)	2.5~4.0	2.5~4.0
溢流堰負荷 (m^3/m・day)	<150	<80

3.二級沉澱池

(1) 二級沉澱池之設置

小規模污水處理設施二級沉澱池之設置，應考慮下列各項：

A.採活性污泥法及其修正法者(分批式活性污泥法除外)，應設置二級沉澱池。

B.採生物膜法者(好氧過濾法除外)，應設置二級沉澱池。

C.初級沉澱池若以 Imhoff 槽設置者，二級沉澱池之污泥可抽送至 Imhoff 槽併同穩定之。

(2) 形狀、池數及構造

二級沉澱池之形狀、池數及構造，應充分考慮小規模之特性決定之。

A.原則上以正方形或圓形為宜。

B.池數原則上以 2 池為宜。

C.二級沉澱池原則上應設置浮渣去除設備。

D.污泥抽送原則上應以抽泥機為宜。

(3) 設計負荷

二級沉澱池以最大日污水量為計畫污水量，其有效水深、水表面積負荷及溢流堰負荷之設計參數如下：

處理方式	有效水深 (m)	水表面積負荷 (m^3/m^2・d)	溢流堰負荷 (m^3/m・d)
活性污泥法 (低負荷法)	2.5~4.0	6~15	50 以下
生物膜法	3.0~4.0	20~25	80 以下

4.消毒單元

小規模污水處理設施之消毒單元，設計時應考慮下列事項：

(1) 以最大小時污水量為計畫污水量。

(2) 水源區消毒採紫外線消毒為原則。

(3) 非水源區消毒以次氯酸鈉溶液或次氯酸鈣之固體氯鹽錠劑為原則。

(4) 加氯點應設於接觸槽入口處，接觸時間應有 15 分鐘以上。

(5) 氯注入率以達到大腸菌類 200,000 CFU/100 mL 以下為目標。

8-4-05 小規模污水處理廠污泥處理及處分 **（原則 38）**

小規模污水處理設施之污泥處理，應充分依當地自然、社會及經濟環境等加以檢討，主要項目如下：

1. 污泥處理之基本原則
2. 污泥輸送方式
3. 巡迴管理方式之污泥處理
4. 巡迴管理方式之污泥貯存

【解說】

1.污泥處理之基本原則

小規模污水處理設施其污泥處理之基本原則如圖 8-15 所示，主要考量如下：

(1) 以複數處理廠為對象，而不以區域為限制，可採共同處理及污泥回收再利用，以節省人力及處理費用。

(2) 應確認污泥之最終利用方法，包括綠農地利用、掩埋、至他廠共同處理等，並充分檢討之。

(3) 確定最終污泥處理狀態，包括生污泥、濃縮污泥、消化污泥、脫水污泥、堆肥污泥、機械乾燥、焚化灰渣等，並以最經濟之方式，選擇污泥處理方法。

(4) 確定污泥處理設施之操作管理方式，從經濟及技術觀點，以巡迴管理或採移動式脫水車之方法最為適當。

(5) 污泥產生量較少之小規模污水處理廠，其污泥處理程序應以集中化(共同化、區域化)及設備簡單化、省略化以及低成本化為原則。

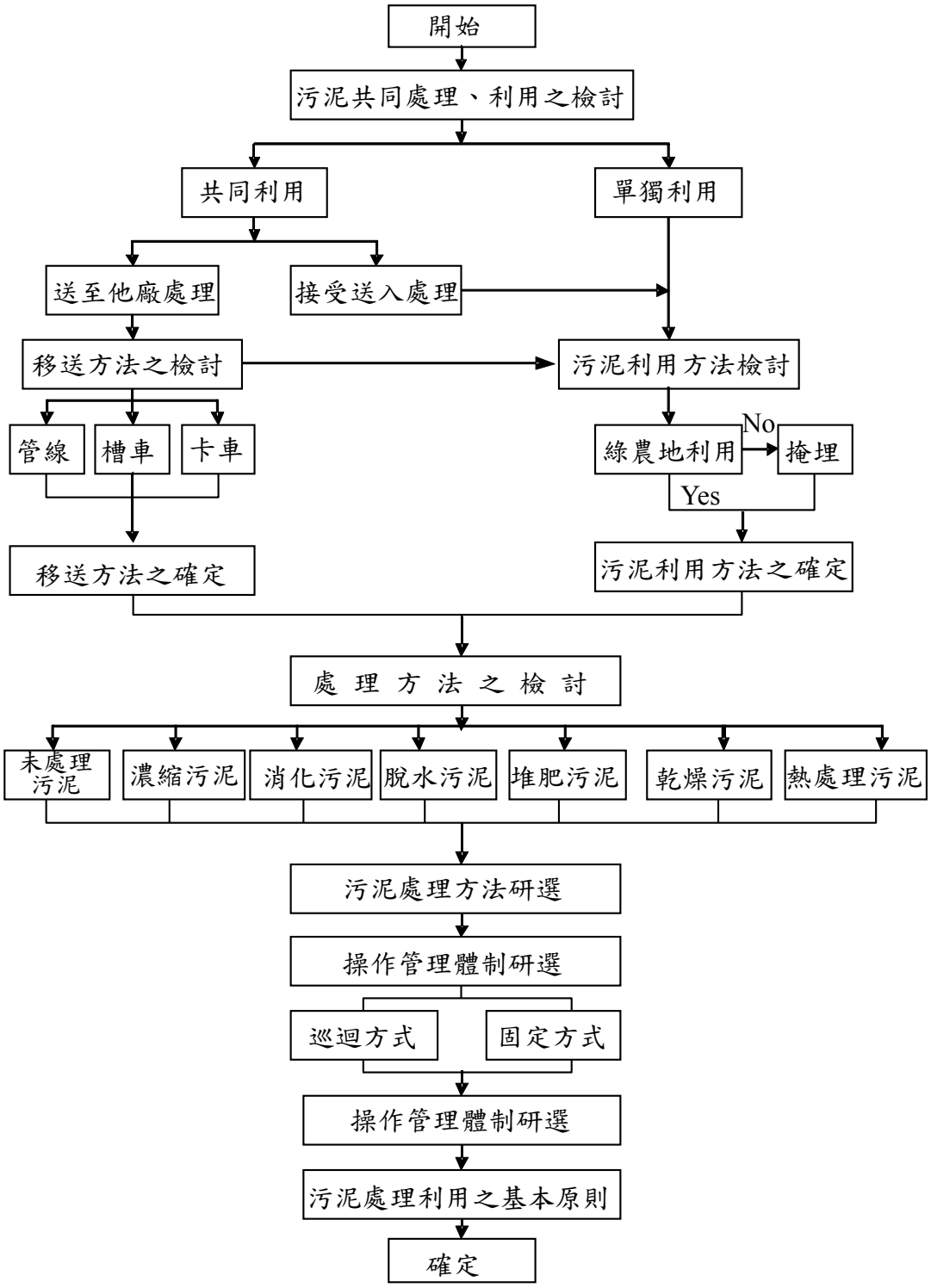


圖 8-15　污泥處理方式之選擇程序

2.污泥輸送

(1) 污泥輸送至他廠處理時，應就輸送目的、輸送污泥之性質和量、以及周邊環境條件等，充分加以檢討，並選擇最經濟之輸送方法。

(2) 各種輸送方法包括管路、槽車、卡車等之選擇，應就建設費、操作管理費、輸送距離、輸送費用等加以比較，同時考慮接受污泥之污水廠所增加之回流水和其周邊環境問題、污泥貯存方法、管路堵塞等因素決定之。一般而言，小型污水處理廠污泥量較少，以車輛輸送為宜。

3.巡迴管理方式之污泥處理

(1) 移動式污泥處理設施包括污泥吸泥車、污泥脫水車(圖 8-16)、污泥乾燥車及行動式堆肥車等，駕駛可身兼污泥處理之操作人員，並可在各污水處理廠進行巡迴式之污泥處理。

(2) 移動式污泥處理設施之巡迴處理，應就污泥產生量、污泥貯存能力、巡迴頻率、設施移動及操作時間等加以考量，以決定污泥處理方式。

(3) 對於移動式污泥處理設施之電源、使用藥品以及處理過程所產生分離液之處理應充份加以檢討。

4.巡迴管理方式之污泥貯存

(1) 小規模污泥處理設施，由於係屬間歇性處理方式，故對於污泥之貯留槽數、貯留容量、貯留方法等，應加以檢討注意。

(2) 沉澱池或濃縮池之污泥貯留，由於污泥係生污泥，貯留時間長，易發生上浮、脫水性差、臭氣等問題，應加以注意。

(3) 對於污泥貯留槽，因有淤積問題，必要時應有攪拌、曝氣等措施。

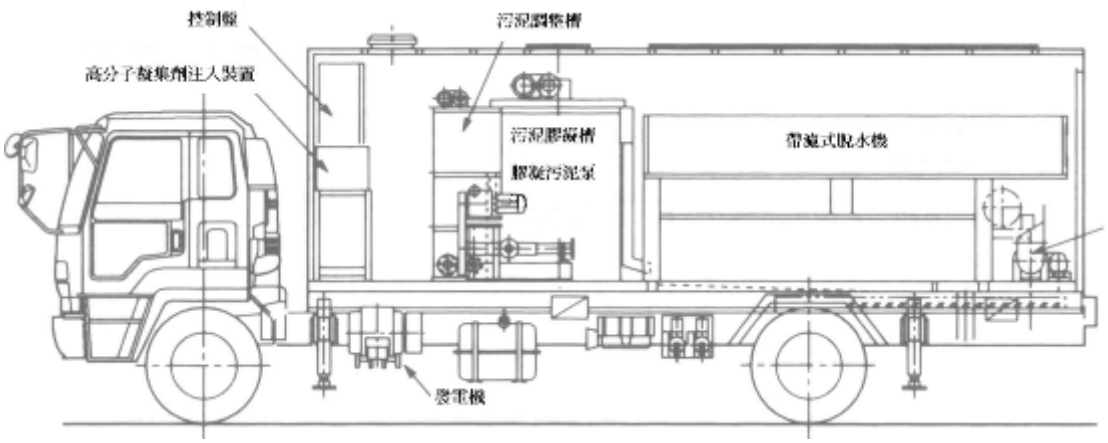


圖 8-16　移動式污泥脫水車

8-4-06 小規模污水處理廠機械設備之設置考量　　**（原則 38）**

小規模污水處理廠之機械設備，應考量處理規模、處理方法及維護管理體制，並以簡單化、單純化、省略化及經濟性為原則。

【解說】

1.機械設備選擇：

(1)機械設備之選擇，應符合功能需求，並以標準品為優先，同時須考量初設費低、備品取得及保存容易。

(2)設備之選定應有地域性之考量。

2.進流污水水質及負荷變動之應變能力：

一般而言，小規模污水下水道系統流入水量及水質負荷之時變動性較大，設計機械設備時，需考量其可承受之變動負荷，使其不致影響效率為原則。

3.自動運轉：

小規模污水處理廠常無人操作(如每週 2~3 次巡迴操作)，污水處理場操作上需能採全自動運轉。

4.小規模污水處理廠之主要設備應考量下列各項：

(1)抽水設備

污水、處理水及污泥抽水機需有流量調整功能。

(2)攔污柵

A.可省略粗柵。

B.有設置破碎機者則需設置粗柵保護。

C 宜設置手動繞流。

(3)除砂設備

有含砂量特性之污水，需檢討抽砂設備之設置需求。

(4)抽水機

A.設置 2 台以上，需考慮污水量增加之需求、時間變動、初期低水量等對策。

B.選用附著脫裝置之沉水式抽水機為原則。

(5)調節池設備

應避免污物沉積及腐敗，以空氣攪拌為原則。

(6)沉澱池設備

A.採中央驅動懸掛式(圓形池)為原則。

B.以設計浮渣去除裝置為原則。

(7)生物處理池設備

A.可選用機械式、散氣式或兩者併用。

B.依選擇之處理方式、池體形狀、經濟性等加以考量，計算必要之供氧量。

(8)脫臭設備

脫臭設備請參考2-7-01臭氣控制解說。

第九章儀錶及控制設備

第 1 節　總論

污水處理廠設置自動化之主要目的，在於有效地節省人力及時間、減少人為操作錯誤、降低運轉費用、提高效率及節省能源損耗，使污水處理廠在操作人員之監控下，安全、穩定、順利地自動運轉。

自動控制系統之設置，為實現自動化必需的手段，它利用儀表檢測，並透過監控設備與通信網路技術，依各處理單元之操作程序，隨時自動檢測、控制、調節、監視、指示及記錄，以達到所設定的目標範圍值內。

儀表及自動控制系統係由現場、中央及聯繫網路三大部份組成。現場之儀表由量測元件、控制器及最終控制元件組成；中央控制中心(室)之監控設備包含電腦主機、伺服器、可程式控制器、控制桌、顯示器、印表機、不斷電系統等硬體設備及各種套裝軟體構成；聯繫網路則利用高速通訊，以複聯式光纖電纜或高頻同軸電纜，作為現場與中央控制室之間，信號傳遞之媒介。

污水處理廠儀表及自動監控系統之設計與安裝，應依污水處理廠規模大小，擬定一套完整之控制策略，並考慮各種可能影響控制之因素，作正確選擇。

第 2 節　儀控設備之設置

儀控設備之設置為自動控制系統的核心，所有控制策略均需透過儀控設備裝置來實現，本節在說明儀控設備設計選用時，應考慮之各種因素。

9-2-01　儀控設備之設置規定　　**（原則 39）**

1. 儀控設備之設置應考慮其控制之種類、操作方式及各種控制因素選定儀控設備。
2. 儀控自動化之程度應視設施之規模大小、日後維修之難易、操作人員之技術程度及社會環境等因素決定。

【解說】

1.在污水處理設施中，處理流程之控制，應考量處理流程特殊性及控制之種類、可靠度、穩定性、準確性、時間響應及維護管理難易等因素，控制可依下列幾種不同之方式加以分類，在實際應用時，常選用下列單項或多項組合：

(1) 依信號是否回授區分：閉迴路控制(closed loop control)與開迴路控制(open loop control)

閉迴路控制係利用輸出信號之檢測，對控制動作直接影響之控制系統，如水位自動控制，曝氣池內溶解氧濃度控制。回授信號分為正回授與負回授，污水處理廠程序控制，一般皆採負回授控制系統，負回授數值，為輸入量與回授量相減之結果，採負回授控制，才能使被控制量與設定量之差，消除或減小，因回授系統不斷地量測其控制變數，並加以比較、修正其偏差，使控制系統得到較高的精確度，為其主要優點。其缺點為量測元件及控制器所佔之費用比率高，若因系統太注意偏差，而調整不當，將會使系統出現不穩定而失去控制，閉迴路控制系統如圖 9-1 示。

開迴路控制對輸出量並無檢測及提供回授信號，輸出量對控制動作無直接影響之控制系統，如馬桶沖洗系統，對是否沖洗乾淨，不會因誤差而不斷地修正，開迴路控制系統如圖 9-2 示。

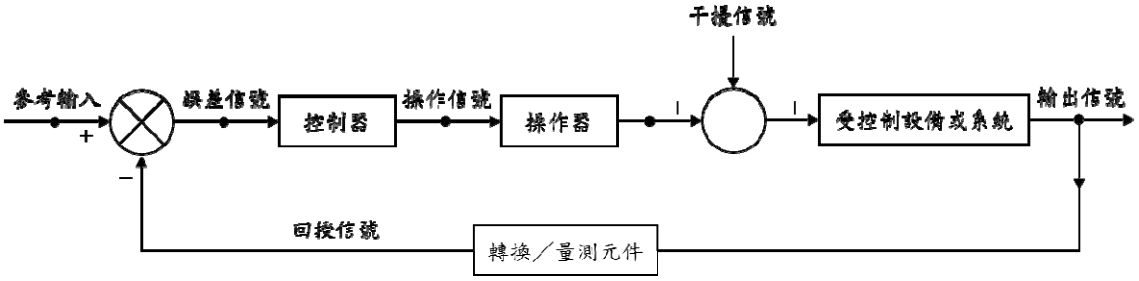


圖 9-1　閉迴路控制系統方塊圖



圖 9-2　開迴路控制系統方塊圖

(2)　依控制變數是否隨時間變化區分：定值控制(static control)、追值控制(follow-up control)與程式控制(program control)

控制變數的大小與時間，為控制系統之兩大因素。定值控制為目標值不隨時間而變之控制，例如某一桶槽之水位控制，不論時間多長，要求將水位控制在一定水準之上；追值控制為追求之目標值隨時間而變，其變化模式無法預知，例如山區開車，車子前進方向，隨馬路彎曲狀況，隨時在改變；程式控制為目標值隨時間變化，其變化模式可預知，例如複製鑰匙，隨時間在改變切割量，但由鑰匙形狀可知其變化。

(3)　依信號性質區分：類比信號(analog signal)控制與數位信號(digital signal)控制

控制系統之輸入信號與輸出信號，有類比信號與數位信號兩種。類比信號，為信號之大小值隨時間連續在改變，屬非等級跳躍式之變化，在污水處理流程中，例如進出水系統之溫度、水管或桶槽之壓力與電動機之電壓及電流量等；數位信號為一非連續式的信號，電的數位量，常採二進位制，只使用 0 與 1 兩個數字表示，信號在控制上，不是開就是關。

控制系統信號之組合有四種，即類比輸入(AI)類比輸出(AO)；類比輸入(AI)數位輸出(DO)；數位輸入(DI)類比輸出(AO)；數位輸入(DI)數位輸出(DO)。在控制系統裡，一般以類比輸入類比輸出為主，類比輸入數位輸出及數位輸入數位輸出為輔。類比信號與數位信號之間，可透過轉換器互相轉換(類比轉為數位 A/D 或數位 D/A 轉為類比)。類比信號如圖 9-3 示，數位信號如圖 9-4 示，監控系統輸入、輸出信號之組合如圖 9-5 示。

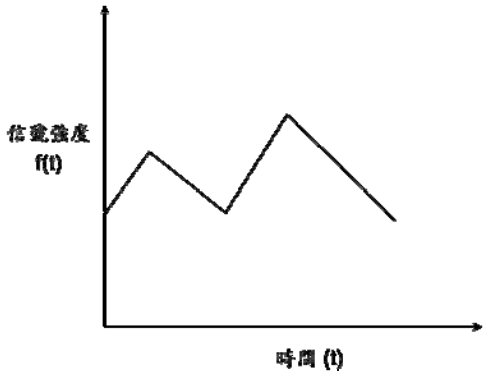


圖 9-3　類比信號圖

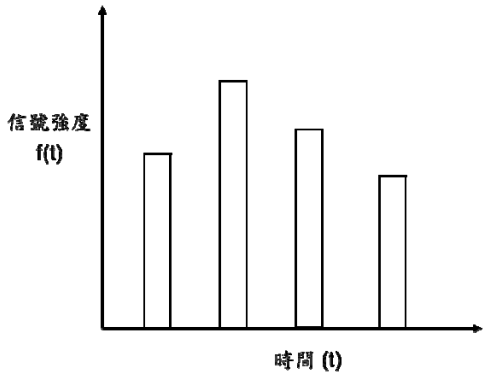


圖 9-4　數位信號圖

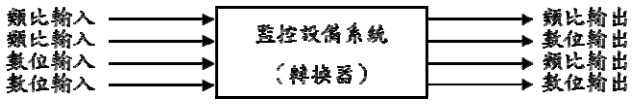


圖 9-5　監控系統信號組合圖

(4) 依使用能源區分：電氣(electrical)、機械(mechanical)、氣壓(pneumatic)與液壓(hydraulic)控制

控制系統通常採電氣、氣壓或液壓作為控制能源，在危險氣體或蒸氣存在之場所，常採氣壓式控制能源，除價格較低廉外，為避免採電氣控制，當電驛或開關動作時，若防爆構造保護失效時，可能因小火花引起爆炸。但於危險場所，採電氣控制時，其量測或控制元件，則應採取適當等級之防爆構造，如耐壓防爆構造或本質安全防爆作保護，以防萬一發生爆炸時，傷害僅及於設備本身內部，不致擴大到外部，以避免產生更大災害。

(5) 依控制器之控制模式區分：兩位置控制(ON-OFF)、比例控制(P)、積分控制(D)、比例積分(PD)、比例微分(PI)及比例積分微分控制(PID)

A.兩位置控制(two position control or on-off control)：為最簡單常用之控制模式，控制器之輸出僅有兩種可能，不是全開即是全關，故又稱為 ON-OFF 控制，如冷氣機之室內機，當溫度高於某設定溫度時，壓縮機即轉動，低於設定值時，即停止運轉。

B.比例控制(proportional control)：為控制器之輸出變化與誤差信號成正比，目的為消除兩位置控制所造成之遲滯現象，但仍會使控制變數產生一定之穩態誤差。

C.積分控制：為控制器之輸出變化與誤差信號的積分成正比，目的為消除比例控制所造成之穩態誤差，又稱為重置控制（reset control）。

D.比例積分控制：為比例控制加積分控制，比例控制為控制器之輸出變化與誤差信號成正比，積分控制為控制器提供額外之輸出變化與誤差信號的積分成正比，不斷改變控制器之輸出，以重新設定，直到誤差降至零為止。

E.比例微分控制：為比例控制加微分控制，比例控制為控制器之輸出變化與誤差信號成正比，微分控制為控制器提供額外之輸出變化與誤差信號的變化率成正比，以預測誤差信號之未來值，並據以改變控制器之輸出。微分控制僅在誤差改變時才對控制器之輸出有影響，在誤差無變化時控制器之輸出為零，因此，微分控制不能單獨使用，須與比例控制連用。

F.比例積分微分控制：兼具比例、積分及微分控制之特性，比例控制用來提供適當之操作量，積分控制用來消除穩態誤差，微分控制用來提供更穩定操作。

上述控制器使用之能源可為電氣式、氣壓式或液壓式，在選擇時，應考慮安全性、精確度、可靠度及價格等因素。

(6) 依應用區分：程序控制(process control)與順序控制(sequential control)

在污水處理流程中，程序控制為利用量測元件檢出各處理流程之輸出量，然後加以調節控制，控制變數如液位、流量、溫度、壓力、pH 值等。順序控制是依指令，按一定順序，執行一連串之控制系統，可利用邏輯控制迴路來實現。

(7) 依安全性區分：單獨控制與連鎖控制(interlock control)

控制系統常因安全考量及程序設定之要求，需將設備與設備，或設備與控制系統之間，除採單獨控制外，尚須進行連鎖控制之設定，以確保操作運轉之安全。

(8) 最佳化控制(optimal control)、類神經網路控制(artificial neural network control)

最佳化控制為一系統為符合某一特定要求或特性，所作之控制，例如完成工作時間需最短，成本需最低，品質需最好之控制。類神經網路控制為利用人工智慧，將某一被控制對象或程序，輸入許多可能錯綜複雜之因素，而達到一特定要求之控制系統，如空調空間內所採行之優質室內溫度控制。

上述控制方式，一般都採多項組合，而對一控制系統是否被吾人接受，應視其品質，如穩定性、精確度及暫態響應時間三個要件而定，彼此間可能有相互衝突，但須滿足規定之要求。

2.處理設施之操作方式，依設施規模、土地利用配置、作業型態及環境等而定，為達到順利、合理地運轉及維護管理，處理設施之操作得選用下列控制方式之單項或多項組合：

(1)手動控制(manual control)方式

操作者利用人的感官，以眼、手等為量測器，並以大腦為控制器作判斷，再用手直接控制稱為手動控制。一般任何設備或系統之操作，皆離不開手動控制操作，尤其是進行單機試運轉，或設備檢修後的再啟動操作，均須以手動控制方式，並監視其狀態，待正常運轉後，再改為自動控制方式。

(2)自動控制(automatic control)方式

操作者若將上述受控制之量測器(眼、手)及控制器改為機械裝置，則受控制之設備或系統，將利用量測器及控制器，自動依控制命令，及預先設定目標值，使受控制之變數，達到預設目標者即為自動控制。例如乾井區進流抽水機之單元控制操作，係利用濕井內之水位量測元件，檢出水位高低變化，抽水機再依程序作連續自動之啟停操作方式。

(3)遠端控制(remote control)方式

遠端控制方式為在獨立運轉之污水處理廠，設立中央監控中心(室)，將全廠各處理流程之所有資訊透過聯繫網路(控制電纜或光纖)傳送至中央監控中心之監控設備進行處理及監控，不需至現場操作，只要操作人員定時巡視即可。其操作環境雖然較佳，但因長距離之電氣信號傳送，可能受到外界之干擾，須採遮蔽型電纜以防止之。

遠端監控方式亦可由數座污水處理廠設立聯合監控中心，再透過遠端各污水處理廠控制中心，去即時監視、控制各污水處理廠之處理流程及設備運轉狀況，以符合需求。信息之傳遞係藉有線(光纖)或無線之通信網路(512k、ADSL、GPRS、UHF 等)達成，監控項目包含污水處理廠受控變數與設備運轉狀態監視，並能直接有效地調度和控制遠端各污水處理廠設備之啟停，以節約能源及節省人力。

(4)現場控制(local control)方式

現場控制方式為將控制盤裝設於現場設備附近，或裝於機器設備上，或將控制操作開關設置於機器設備旁，直接操作，此控制方式之優點為可減少信號線長度，避免信號長距離傳送受到干擾，並可直接觀察其運轉情形，其缺點為現場操作環境較差，控制裝置需相對需提高保護等級，例如置於屋外需採防水型箱體，在危險場所須採防爆控制開關等。

9-2-02　儀控設備設置應考慮之因素　（原則 40）

儀控設備之設置應考量控制目的、反應特性、工作範圍、操作能力、可靠度及管理難易、經濟、安全、環境等因素。

【解說】

儀控設備除應針對控制需求設置外，並依控制目的與設備之反應特性、工作範

圍、操作能力、可靠度及管理難易、經濟、安全、環境等因素考量如下：

1.依污水處理廠之規模大小，採 PLC 組合或 DCS 監控系統。

2.控制點之數量，應考慮未來擴建之需求，至少預留 20%。

3.可採集中操(監)控或遠距操(監)控。

4. 儀控之選用應考量初期低水質、低水量之需求。

第 3 節　儀控系統之架構

本節在說明污水處理廠儀控系統之架構，包含控制系統之選擇與各處理單元之計測項目及控制設備等。

9-3-01　儀控系統之架構　　**（原則 41）**

儀控系統之架構係依污水處理廠規模由現場、中央及聯繫網路三部份所構成。

1.現場之儀控設施由量測元件、轉換器、傳信器、控制器及最後控制元件所構成。

2.中央之儀控設施由顯示、監視、警示、記錄、控制等設備所構成。

3.聯繫網路則為傳送現場與中央儀控訊息之媒介。

【解說】

污水處理廠儀控系統，得依污水處理廠規模大小，選擇不同之監控系統及操作方式，以達到安全、穩定地運轉。儀控系統之架構由現場、中央及聯繫網路三大部份所構成。

現場儀表包含量測元件、轉換器、傳信器、控制器及最後控制元件。它常因處理程序之不同，選用不同量測元件，所欲量測之參數、種類與型式亦不相同；控制器型式及參數之選擇，與所欲控制之程序有密切關聯，而選用不同型式，如可採比例控制、比例-微分控制、比例-積分控制或比例-微分-積分控制；最後控制元件則依不同之控制應用與使用場所，亦採用不同型式，如調整流體流量依使用能源之不同，可採用氣動與電動控制閥。

中央控制中心(室)需依污水處理廠規模大小，與監控及操作需求而定，由顯示、監視、警示、記錄、控制等設備所構成，除負責全廠各系統之監視、操作、控制、警報、安全保護及連鎖控制外，亦提供完整之資訊服務包含維修、管理等資料之收集。

聯繫網路為整個儀控系統各單元，或現場與中央控制室之間，信號傳送與接收之主要骨幹，小型監控系統，可採雙絞線(Cat 5e)及高頻同軸電纜網路；中、大型監控系統，通常分設數個區域控制站及一個中央監控中心，並透過複聯(雙重)式光纖網路，將各區域控制站與中央監控中心連結在一起，使全廠資訊不但可達到橫向聯繫，亦可達到縱向監控，整體之儀控系統說明如下:

1. 現場處理單元之計測項目

污水處理廠在各處理流程中，對控制變數施加量測，其目的在即時了解其變數值，是否維持在設定值或附近穩定的變化範圍內，各處理單元量測之項目(控制變數)繁多，如表 9-1 所示，量測原理及構造互異，但皆由測量、轉換傳信及指示三部份所構成，它們可能組合在一起，也可能分開設置。

污水處理廠量測儀表設備大致可分為線上量測、實驗室用及攜帶式儀表三種。線上使用之量測儀表，一類屬於安裝於管線渠道上，量測處理過程中之控制變數，如抽水站濕井之水位、流量；曝氣池之進出水量、曝氣池水溫等，另一類則屬於檢測污水水質及污泥成分之分析儀表，如化學需氧量(COD)、酸鹼值(pH)、溶解氧(DO)、污泥濃度(MLSS)總磷及總氮(TN)等。

污水處理過程欲量測之項目，有時雖相同，但常因測量之介質不同，如量測污水

或污泥或空氣，將使用不同之量測原理與設備，如表 9-2，各計測項目量測方法所示，亦常因安裝之場所或環境條件或精確度等級要求之不同，而採不同構造及保護等級，需視情況而定。

線上量測之儀表，如量測濕井水位採氣泡式，與量測污泥貯槽液位使用超音波液位，將分別使用不同之儀表；量測污水進流量可採巴歇爾流量槽搭配超音波液位計，而量測抽水機出流量則採電磁流量計或超音波流量計,以自動連續量測其瞬間流量及累積量。其他，例如量測乾井空間溫度、電動機線圈溫度、鼓風機送風溫度及鍋爐溫度所使用之溫度檢測儀表，亦不相同，它分別依不同量測方式與原理，採接觸式或非接觸式，接觸式如熱電偶或白金熱電阻，應用於馬達線圈之溫度偵測；非接觸式如輻射感測器，應用於爐內之溫度偵測，濕井水位偵測如有安全之虞，可加裝高液位保護偵測。

監測水質及污泥成分之分析儀表，如在水池中裝置酸鹼度(pH)計，以自動連續量測污水中酸鹼值之變化；裝置固體懸浮物(SS)計，自動連續量測污水中固體懸浮物濃度值之變化；裝置溶氧(DO)計，以自動連續量測污水中溶氧值之變化；裝置化學需氧量(COD)計，以自動偵測污水中化學需氧量值之變化；裝置污泥濃度(MLSS)計，以自動偵測曝氣池中所含懸浮固體重量等，將作為污水處理廠處理流程操作控制之依據。

污水處理流程設計與選用計測儀表時，應視污水處理廠規模、特性、現場裝設條件及維修能力，考慮裝設儀表之目的、性能、精確度、靈敏度、響應時間、安全性、經濟性及其外殼保護構造等級與引用電源等作正確之選擇。

表 9-1　污水處理廠各處理單元之量測項目(1/2)

處理單元名稱		量測項目
污水處理	擋水設施	幹管水位、幹管閘門開度、擋水閘門開度
	攔污設施	液位差
	沉砂池	沉砂池水位、pH 值、空氣量、抽砂量
	抽水井	濕井水位、出水口水位、泵出水口閥開度、泵轉速、燃料貯留量、冷卻水量、乾井溫度、有害氣體
	調節池	出流水量、調節池水位
	初級沉澱池	進流水量、進流閘門開度、初級沉澱污泥量、初級沉澱污泥濃度、出流水位、污泥介面、進流 pH 值、污泥容積(SV-30)
	鼓風機	鼓風機吸入風量、鼓風機吸入溫度、吸入口開度、送風口開度、鼓風機送風量、鼓風機送風溫度、鼓風機送風壓力、鼓風機吸入壓力、鼓風機轉速、振動、噪音
	曝氣池（氧化渠法）	進流水量、水面曝氣機葉輪浸水深度、中游及下游溶氧、混合液懸浮固體物、渠道水溫、出流水量、出流水堰高度、進流水調節口開度、渠道水流速、污泥容積(SV-30)
	曝氣池（標準活性污泥法）	進流水量、風量調節口開度、空氣流量、溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、出流水量、進流調節口開度、污泥容積(SV-30)
	曝氣池（缺氧-好氧法）	進流水量、風量調節口開度、空氣流量、好氧池溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、缺氧池氧化還原電位、好氧池 pH 值、出流水量、進流調節口開度、污泥容積(SV-30)
	曝氣池（厭氧-缺氧-好氧法）	進流水量、風量調節口開度、空氣流量、好氧池溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、厭氧池氧化還原電位、凝聚劑加入量、凝聚劑貯留池液位、循環水量、好氧池 pH 值、出流水量、進流調節口開度、循環水調節口開度、曝氣池水位、缺氧池氧化還原電位、入口氮濃度、入口磷濃度、曝氣管曝氣壓力、污泥容積(SV-30)

表 9-1　污水處理廠各處理單元之量測項目(2/2)

處理單元名稱		量測項目
	二級沉澱池	進流水量、迴流污泥量、剩餘污泥量、迴流污泥濃度、剩餘污泥濃度、泵轉速、污泥槽水位、出流水 pH 值、出流水磷濃度（厭氧-好氧法、厭氧-缺氧-好氧法）、出流水氮濃度（厭氧-缺氧-好氧法）污泥介面、污泥容積(SV-30)、污泥條調節閥開度
	消毒設備 (次氯酸鈉)	次氯酸鈉加藥量、次氯酸鈉液位或貯存量、餘氯量
	消毒設備 (氯氣)	液氯貯存量、氯氣檢漏設備、餘氯量、加氯量、稀釋水量
	消毒設備 (臭氧)	臭氧濃度、臭氧餘剩濃度、加藥量、稀釋水量
	消毒設備 (UV)	液位高度、濁度
	放流泵	放流池水位、放流泵轉速、放流口開度
	放流口設備	放流水量、放流水體水位、放流口開度、化學需氧量、pH 值、餘氯量
	輸泥設備	污泥流量、污泥貯槽液位、污泥泵出口壓力、污泥泵轉速、污泥濃度
污泥處理	重力濃縮槽	進流污泥量、濃縮槽液位、污泥界面、濃縮污泥出流量、濃縮污泥濃度
	機械濃縮設備	污泥貯槽（進流污泥及濃縮污泥）液位、進流污泥量、進流污泥濃度、濃縮污泥量、濃縮污泥濃度、濃縮設備驅動偵測（如轉速、溫度、振動）、加藥量、加藥槽液位
	污泥消化槽	進流污泥量、污泥消化槽液位、污泥消化槽溫度、抽除消化污泥量、抽除污泥濃度、上澄液流量、抽出瓦斯流量、消化瓦斯硫化氫濃度、消化瓦斯壓力、消化瓦斯溫度、加溫蒸氣量、污泥消化槽出口開度、pH 值、甲烷（含二氧化碳）濃度
	污泥脫水設備	污泥貯槽（濃縮及消化）液位、進流污泥量、進流污泥濃度、濃縮污泥量、濃縮污泥濃度、污泥脫水設備驅動偵測（如轉速、溫度、振動）、加藥量、加藥槽液位
	鍋爐	給水量、重油量、供給瓦斯量、鍋爐溫度、加熱蒸氣量、爐槽水位、爐內壓力、重油貯留槽液位
	瓦斯貯槽	瓦斯貯槽壓力、消壓槽壓力、受水槽壓力、鍋爐供給瓦斯量、剩餘瓦斯燃燒量、瓦斯漏洩檢測、瓦斯貯存量
	消化瓦斯發電設備	冷卻水溫度、燃料瓦斯流量、燃料瓦斯壓力、燃料瓦斯溫度、廢氣溫度。發電機轉速、發電機線圈溫度。廢氣氮氧化物濃度、廢氣含氧濃度。脫硝裝置入口、出口廢氣溫度、廢氣熱交出口溫水溫度。消化瓦斯流量、壓力、溫度、熱量
	污泥貯槽	進流污泥量、貯槽液位
備用緊急發電設備		電壓、電流、功率因數、頻率、燃料貯留量、發電機及柴油引擎各部之溫度、振動、冷卻水量、廢氣溫度
其他		大氣溫度、濕度、大氣壓、降雨強度、雨量、風向、風速自來水使用量。廠房作業環境如硫化氫、甲烷、氫氣之偵測器、風量及空間溫度。

表 9-2　常用各量測項目之量測元件(1/2)

量測項目	量測值/量測元件	適用對象
流量	1.差壓式　測量元件：孔口板、皮托管、文氏管	液體/進流渠，氣體/風管
	2.電磁場及電壓變化式：電磁式流量計	液體/污泥/污水進流
	3.螺旋轉動式：渦流式流量計	乾淨液體
	4.超音波式：超音式流量計	液體/明渠，污泥
	5.水面的高度差式　測量元件：巴歇爾式、堰	液體/明渠
壓力	1.平衡壓力作用於金屬膜片兩側式　測量元件：液體對空氣膜片器	氣體、液體/管線 0~200kN/m^2
	2.變位式　測量元件：伸縮管	氣體/風管 0~20000kN/m^2
	3.曲管變位式　測量元件：巴登管	氣體/管線 0~35000kN/m^2
液面	1.浮球移動式　測量元件：浮球或浮筒	液體/桶槽 0~11m
	2.空氣泡沫背壓式　測量元件：泡沫浸管	液體/濕井/初沉池 2~56m
	3.空氣壓力式　測量元件：膜片器	液體 0~15m
	4.超音波式：超音式液位計	明渠/水池
污泥液面	1.光電管式(光電管流過污泥覆蓋之光速檢測)：光電管式液面傳送器	初沉池、終沉池及重力式濃縮槽的污泥覆蓋層
	2.超音波式：超音波式液面傳送器	初沉池、終沉池及重力式濃縮槽
溫度	1.兩種不同金屬間有電流流通其電路式　測量元件：熱電偶體	厭氧式消化槽、熱水鍋爐
	2.氣體壓力膨脹式　測量元件：熱膨脹球莖器	污泥、管線
	3.電阻變化式　測量元件：電阻體檢測器	厭氧式消化槽、熱水鍋爐、馬達線圈、設備軸承
速度	電壓，電流式：轉速計	發電機、抽水機
密度	1.輻射光式：γ輻射儀	混合液懸浮固粒的濃度(MLSS)，迴流活性污泥，活性廢污泥及消化污泥
	2.超音波式：超音波式發射器及接受器	混合液懸浮固粒的濃度(MLSS)，迴流活性污泥，活性廢污泥及消化污泥
酸鹼度(pH)	電壓式(基於氫離子活動而產生)　測量元件：離子電極	廢水進流的酸鹼值，化學液，厭氧式消化槽，污泥脫水及廢水放流
氧化/還原電位(ORP)	電位差式(基於氧化或還原而產生之電位差值)　測量元件：氧化/還原的電極體	厭氧式消化槽
溶氧值(DO)	電流式(因氧分子的減少而感應之電流)　測量元件：電極體檢測器	污水進流及放流、曝氣池

表 9-2　常用各量測項目之量測元件(2/2)

量測項目	量測值/量測元件	適用對象
總有機碳值(TOC)	取樣二氧化碳式：含碳分析儀	廢水進流、放流及曝氣池
餘氯	電流輸出式　測量元件：含氯殘餘量檢測器	氯液槽、廢水放流所含氯殘餘量值
氧氣	測量元件：氧氣檢測器	曝氣池內的污水
甲烷與硫化氫及二氧化碳等氣體	測量元件：甲烷及二氧化碳分析儀	厭氧式消化槽所產生的消化氣體量及濕井區
厭氧生物狀態	測量元件：甲烷及二氧化碳分析儀	厭氧式消化槽

2. 控制系統架構

污水處理廠之操作及監控方式，常依規模而定，小規模污水處理廠，大都以個別監視操作方式或採集中監視、個別操作方式運作；中規模污水處理廠，可採集中監視、集中控制操作方式，或集中監視、分散控制方式(DCS 系統)運作；大規模污水處理廠，則採集中監視、分散控制方式操作，控制系統架構說明如表 9-3 及圖 9-6~9-11 所示。

表 9-3　控制系統架構

處理廠規模	儀控設施內容及功能		備註
	現場	中央	
小規模	量測元件、轉換器、傳信器、控制器及最後控制元件	重要之操作資訊之顯示、警示、記錄	中央僅監視，控制功能視需求而定。
中規模	量測元件、轉換器、傳信器、控制器及最後控制元件(現場操作器)及套裝設備單元控制盤及區域控制盤	1.重要之操作資訊之顯示、警示、記錄 2.較複雜之單元與區域聯鎖控制	1.中央對現場控制器/分區之控制盤僅監視不控制。 2.單元及設備間聯鎖控制應以現場為主。 3.中央對現場之控制在現場有裝設閉路監視設備(CCTV)且無安全顧慮時，可設置遠端直接控制。
大規模	量測元件、轉換器、傳信器、控制器及最後控制元件(現場操作器)及套裝設備單元控制盤及區域控制盤	1. 重要之操作資訊之顯示、警示、記錄 2.除套裝設備現場控制器(盤)之控制外，整廠完整之控制盤	1. 中央對套裝設備現場控制器僅監視不控制。 2. 中央對分區之控制盤除監視外，可強制(over-ride)進行控制。 3. 中央對現場之控制在現場有裝設閉路監視設備(CCTV)且無安全顧慮時，可設置遠端直接控制。

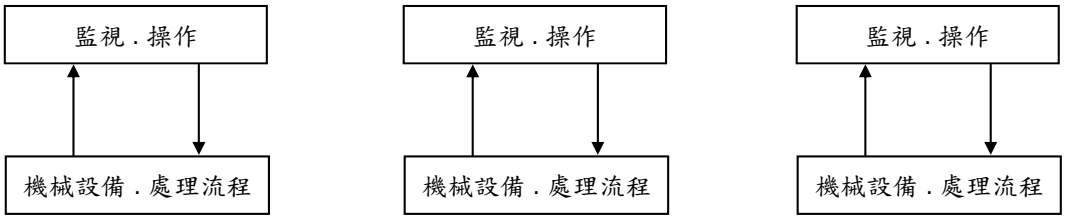


圖 9-6 個別監視操作方式

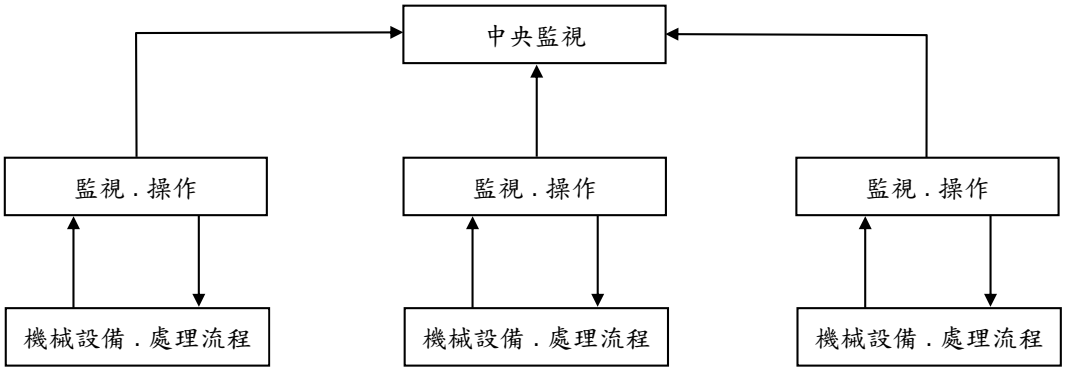


圖 9-7　集中監視個別操作方式

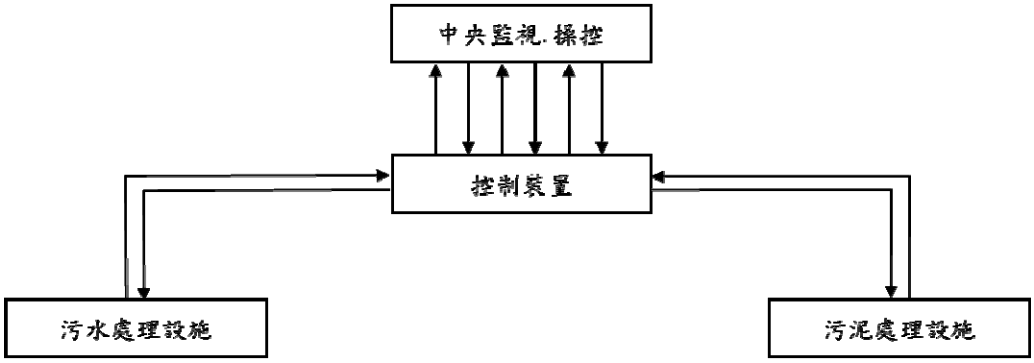


圖 9-8　集中監視集中控制(操作)方式

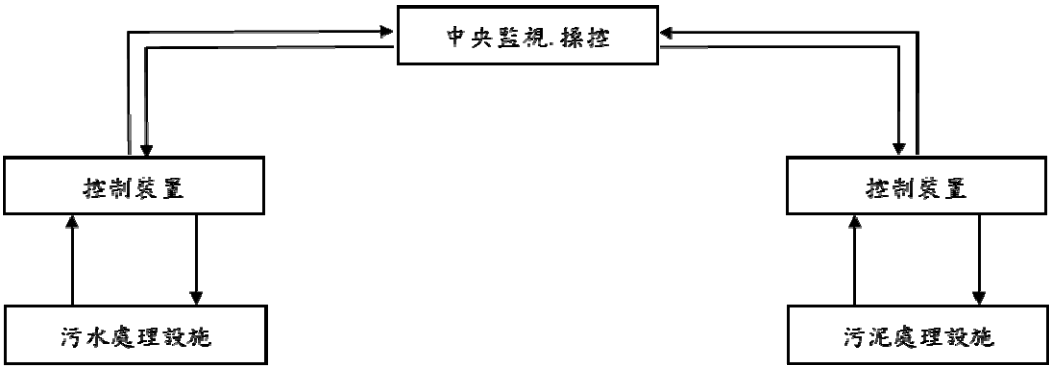
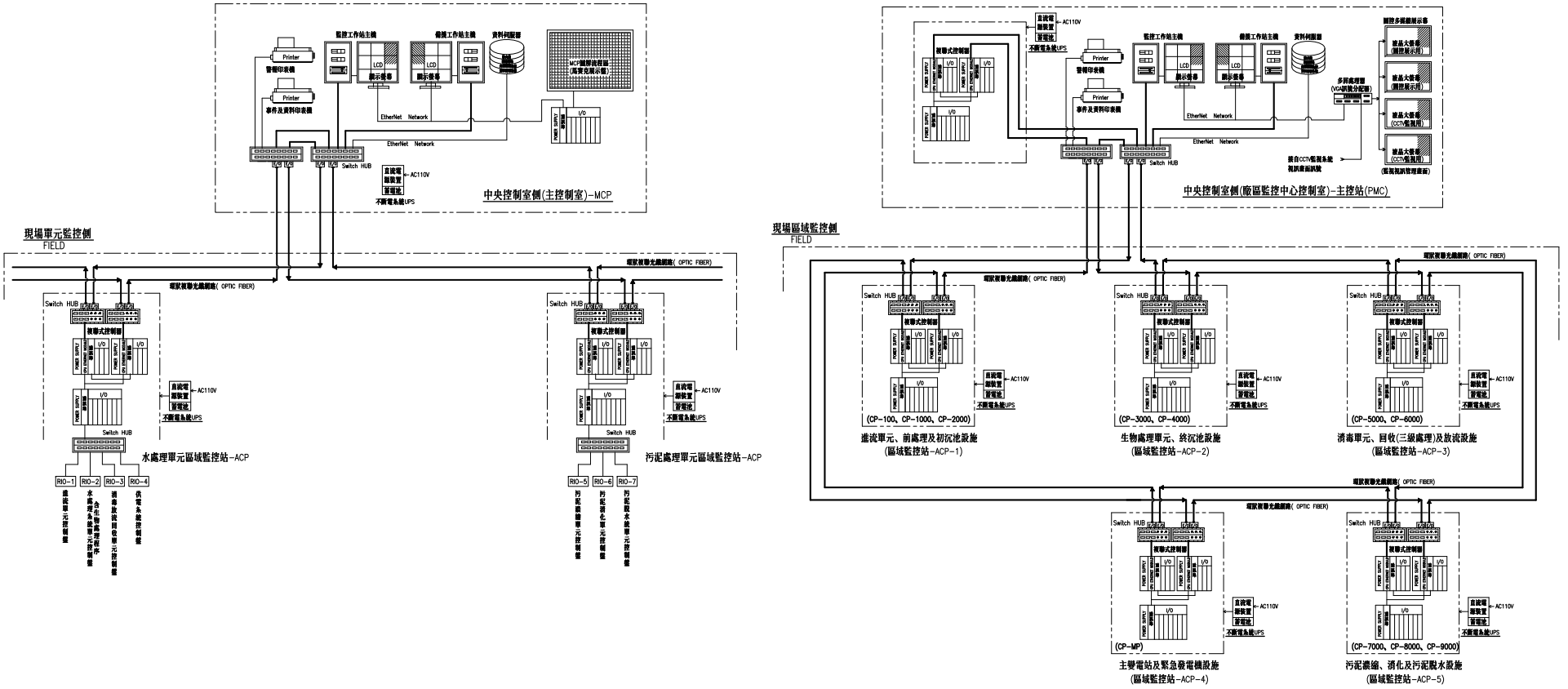


圖 9-9　集中監視分散控制方式



中小規模污水處理廠監控系統架構(採主控制室遠端監控)範例　　較大規模污水處理廠監控系統架構(採區域工作站分散式監控)範例

圖 9-10　污水處理廠監控系統架構示意圖

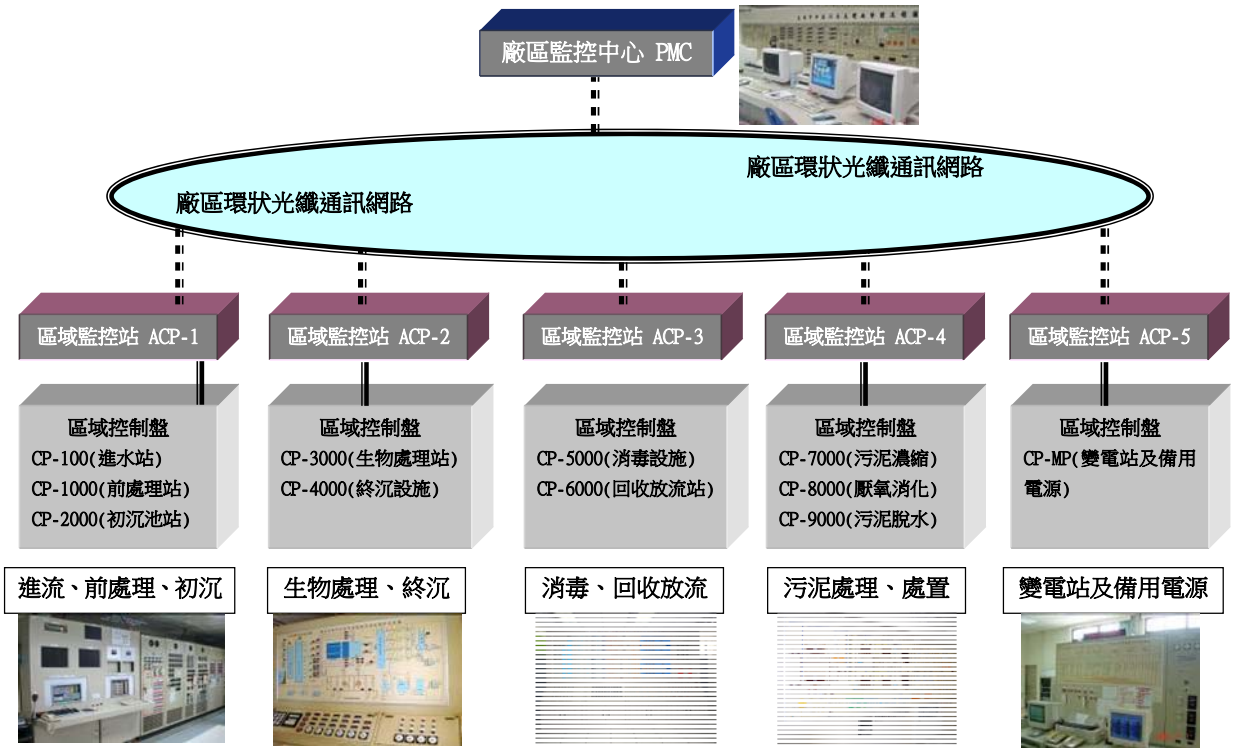


圖 9-11　電腦監控系統架構示意圖

(1).監控系統建構原則說明

A.較大規模污水處理廠監控系統建置建議策略

(A).配合系統規模及流程需要，藉區域工作站以分散中央監控系統集中管控風險，同時整廠操作監控資訊採分散處理，減低中央系統負荷，可達有效、安全及信賴管控。

(B).以處理單元為主，按系統流程分區構建控制盤(CP)，提供向下管控現場操作端及程序檢測元件與單元控制盤(UCP)等，並作為上位指令與現場間操作資訊傳遞。

(C).依規模統合各 CP 盤並以區域工作站型態組合，分擔上位集中監控風險，設置方式如進流前處理、水處理系、污泥處理系、消毒放流及回收、電力與公用設施等，依規模檢討調整建置。

(D).中央控制室以集中管控處理廠監控資訊為主，並肩負整廠程序數據統合彙總，且收受與傳遞外部訊息(如集水區污水管網流量資訊、分區中繼揚水站管控、處理效率水質監視發佈及未來多廠聯合處理質量收受及管控等)。

(E).工作站區網路連結通訊：採複聯式環狀通訊網路(光纖)建置，廠外部分可依既成電信機構藉無線通訊或有線專線等申辦統合建置，提供足夠資訊傳遞頻寬。

A.中小規模污水處理廠監控系統建置建議策略

(A).依據規模及處理流程統合監控之需，以簡潔操作程序考量建置，以達省力、安全及可信賴需求。

(B).系統建置可除可採工作站型態精簡調整建置外，亦可依系統流程控制盤(CP)依佈置分別匯集現場端單元操作及程序資訊後，直接藉廠區環狀通訊網路(光纖)建置，將現場操作資訊納入廠區主控制室(MCP)中採遠端集中監控管理。

(C).有關廠外資訊及廠區網路連結通訊方式，視規模及操作需求檢討調整辦理。

污水處理廠各處理單元之程序控制，可採手動或自動控制方式。一般在污水處理過程中，平時常採自動模式運轉，異常或檢修時，則採手動控制方式運轉。選擇自動控制方式時，可透過儀表設備之自動監測，即時了解設備之運轉狀態，例如進流抽水機依濕井液位高低及泵啟動順序等條件自動啟動或停止運轉，此種自動控制為程序控制，它包含以 PLC 作程序控制及監視馬達啟動及運轉狀態，並進行液位、排水量或運轉電流等量測。

各處理單元之程序控制採手動式及自動式控制，應依規模、維修能力及需要性決定之，如表 9-4 示：

表 9-4　各處理單元程序控制方式

處理單元	手動式	自動式
進流（放流）泵	手動啟停/調整	依水位進行變轉速泵、多台定速泵、定速及變速泵組合
攔污柵	手動啟停/調節	間隔時間、液位差
沉砂池抽砂泵、洗砂機	手動啟停	固定流量、間隔時間
沉澱池污泥泵	手動啟停	固定流量、間隔時間
沉澱池刮泥機	手動啟停	連續運轉
生物處理鼓風機	手動控制	主管風壓控制或曝氣槽溶氧控制
生物處理機械曝氣機	手動啟停	連續運轉
曝氣槽溶氧	手動調節	溶氧與空氣量迴路控制
剩餘污泥泵	手動啟停/調節	固定流量、污泥停留時間控制
迴流污泥泵	手動啟停/調節	依污水量比例調整流量
消毒加氯系統	手動啟停/調節	流量比例控制、流量比例與餘氯組合迴路控制、氧化還原電位控制、餘氯控制
厭氧消化系統	手動調節	各子系統或迴路自動控制
好氧消化池系統	手動調節	必要時設置溶氧與空氣量迴路控制
污泥濃縮機/脫水機	手動啟停	系統周邊設備連鎖控制

3.聯繫網路

整個儀控系統各單元或現場儀控設備與中央控制室之間，信號傳送與接收之主要骨幹，較小規模污水處理廠則可採雙絞線(Cat 5e)及高頻同軸電纜網路，中、大型規模污水處理廠可採光纖網路，惟有透過正確之網路銜接，才能執行通信、量測與監控任務。

第 4 節　儀控系統之設計

本節在說明儀控系統之設計，包含儀控設備之選擇、管線之設計、供電設計、接地及避雷系統設計與中央監控中心(室)設計等，應依各污水處理廠之規模、處理設施配置等充分考量，以達到預期的目標。

9-4-01 儀控系統之設計　　**（原則 42）**

污水處理廠儀控設計，應依各污水處理廠之規模、處理設施配置等充分考慮設計之。

【解說】

污水處理廠儀控系統設計，應配合污水處理廠之規模及處理流程，繪製 P&ID(管線及儀表圖)與廠區監控系統圖，如表 9-5 及 9-6 與圖 9-12 至 9-22 示，包含儀表量測元件、控制器、最終控制元件、現場及遠方控制開關、指示燈及警告聲光、電氣控制及監控設備配置等，應注意事項分述如下：

1. 儀表量測元件與控制器之選擇與應用圖例

污水處理廠儀控系統之組成，至少包含三個基本部分，即量測元件(含信號轉換器及傳信器)、控制器及最終控制元件，其中以量測元件為程序控制不可或缺最主要、最基本的元件，其系統設計及選用之一般原則如下：

(1) 儀表量測元件及控制信號種類，應依其目的選擇。

(2) 量測元件之選擇應考慮精確度、靈敏度、響應時間、安全性、經濟性、統一性、擴充性、各種信號特徵及量測原理與構造等。

(3) 量測元件應依裝設地點之環境條件作選擇，於室內可分為一般場所、防爆區及防腐蝕區等，室外可分為潮濕場所及濱海地區之防鹽害區等，量測元件之構造需配合環境條件，審慎選擇適當之保護構造及等級。

(4) 儀控設備裝設於屋內濕井區、消化槽區等危險氣體(甲烷)及腐蝕氣體(硫化氫)蓄積空間時，應依「屋內線路裝置規則」危險氣體場所設置規定選用耐壓防爆構造(或日規 d2G4，美規 CLASS 1 DIV.1 GROUP D，或歐規 EEx deⅡB T4)或本質安全防爆 (日規 i2G4)及防蝕構造，於屋外時，應依規定選用防雨型(IEC 規定 IP 54 或美規 NEMA 3 以上等級)保護構造。

(5) 各計測項目在操作上之重要性，視情況而定，一般對處理過程影響不大，但需經常監視的控制變數，可選指示型；對需經常了解其變化趨勢的重要變數，應選記錄式；對處理過程影響比較大，又需經常監控的控制變數，應設為控制點；對需要累積之變數如流量、耗電量等應設積算器；對可能影響處理過程或造成安全問題者，應設警告裝置。

(6) 控制器選用之種類及裝設方式，應適合其使用目的，儀表盤應適合其管理方式，並應與主控室相配合。

(7) 控制盤應儘量避免設置於劃定為電氣危險場所範圍內。

(8) 操作器(最終元件)應依其操作目的，視需要選擇具有遙控或/及現場操作裝置。控制閥之型式及口徑，應為最適合控制目的者。操作抽水機與其他設備所組合之控制設備，應適合其操作目的，且需操作安全。

(9) 儀表控制設備之電源，應為電壓與頻率穩定者，使用其他能源例如空氣源、高壓水源及高壓油源時，應符合儀表設備之要求，並具充足之容量。對儀表用動

力源(能源)故障或停電所可能引起之問題，應有妥善之對策，如提供備用能源或不斷電系統(UPS)。

(10)儀表控制設備應提供管理上所必要之流量、水位、酸鹼值、溶氧量、溫度、壓力、餘氯量、濁度及污泥濃度等數據，並考慮操作人員安全，裝設一氧化碳、甲烷、硫化氫等危險氣體之偵測及警告設備，予以適當之監控。

(11)加藥設備之儀表控制設備，應能達到最佳之加藥效果，其量測主要部分，應具充分之耐腐蝕性。

(12)抽水機設備之儀表控制設備，應符合其運轉之目的並考量以經濟、安全及可靠之操作為原則。

(13)電力系統之儀表控制設備，應能自動連續量測其瞬間流量或累積量，並具有高度之安全性，使能源之監控管理，經濟而合理。

(14)儀控信號之傳輸應採有線傳輸，並應防止電磁感應之干擾，但經認可時，得採用無線電傳輸。長距離之傳輸線應有備用線路(或複聯)，構造物內之配管及配線，應在構造物設計時配合規劃之。信號之轉換型式及精確度，應配合控制需求選擇，以達到合適之信號傳輸。

(15)流量量測元件設置時，其安裝位置，應考量儀表之特性，與使用限制，審慎選擇，以減低誤差，一般設置準則如下：

A.壓力管線式流量計，應於上游直線穩流段至少為 5 倍管徑，或於下游至少為 5 倍管徑，或依儀表廠商建議調整之。

B.明渠式巴歇爾量水槽

上游直線穩流段至少為最大流量下喉寬之 8 倍。液位量測點之距離，依標準槽體尺寸決定，於下游端為自由跌水式 (Free fall) 設計時，為一點量測，於下游端為浸沒式 (Submerged flow)設計時，則為兩點量測。

C.明渠式堰上游直線穩流段至少為最大之堰上水頭之 20 倍，堰板上游之液位量測點距離堰板至少應有 3 倍之最大堰上水頭。

(16)監控系統應至少預留 20 %之輸出/輸入擴充點數，以供將來擴建或改善之需。

表 9-5　儀表功能符號用字(字母)意義一覽表

項目	第一位字母		後續字母			備註
	被測變數或初始變數	修飾詞	讀出或被動功能	輸出功能	修飾詞	
A	分析		警報			
B	燃燒器、火焰		選用(程式)	供選用	供選用	
C	導電度			控制		
D	密度(比重)	差量				
E	電壓		檢測元件			
F	流量	比例				
G	氣體(容量尺寸)	計量	視鏡、觀測			
H	手動(人工)				高	
I	電流		指示			
J	功率		掃描			
K	時間、時間程序	變化速率		操作站		
L	液位(高程)		燈號		低	
M	水分或濕度	瞬時			中、中間	
N	選用(振動)	點火	供選用	供選用	供選用	
O	選用(操作)		節流孔口			
P	壓力或真空		結點、測點			
Q	數量或事件	累計或總和				
R	放射(輻射)線		紀錄			
S	速度或頻率	安全		開關		
T	溫度			傳送		
U	多種變數		多功能	多功能	多功能	
V	黏度、機械監視			閥件、風門		
W	重量、力量		管接口			
X	未分類變數(依機能)	X 軸	未分類	未分類	未分類	
Y	事件、狀態	Y 軸		積算、轉換器		
Z	位置、尺寸	Z 軸		執行最終元件		

註：一覽表中列下水道工程常用儀表功能符號，其他識別選擇意義詳細涵義與應用規則，請另參考 ISA(美國儀表協會)出版相關準則參照選用。

用法舉例：(首字字母與後續字母應用範例)

LS-液位開關　LIC-液位指示控制器 LAH-液位警報(高)

PI-壓力指示計 PSH-壓力開關(高壓力設定)

FE-流量檢出元件(計) FIT-流量只是傳訊器 FQIR-流量積算指示紀錄器

AE(PH)-酸鹼度計 AE(DO)-溶解氧測定計 ZE-開度檢出計 ZI-開度指示計

表 9-6　儀控單元操作開關及盤體代號組裝位置功能應用說明

代號	名稱	安裝位置區域	功能說明
HS/UCS	操作開關/開關站	機組現場側或開關站操作箱	直接執行操作獨立動作或功能
UCP/LCP	單元/現場控制盤	現場套裝設備區或現場端操作區	執行套裝設備單元功能或統合現場端各獨立單元程序動作
CP	區域控制盤	處理流程範圍主要單元區域	統合流程內各單元操作程序與監控指令中介傳遞
ACP	區域工作站控制盤	按處理規模及流程建置於水處理及污泥處理區內	整合各分區流程單元操作資訊，以工作站型態進行區域監控、數據統合以分散管理風險
MCP	主(中央)控制盤/廠區操控中心	廠區中央控制室	統合全廠處理流程單元，進行程序監控及操作資訊管理，進行外部管網資訊收集、處理資訊彙整及放流水質監控發佈與應變處置

2.儀表符號建置及圖例

有關儀表控制圖說(P&ID 圖、管線儀表控制圖)，常表現於下水道工程建設中，用於展現處理單元流程所應具備之控制程序與操作策略，藉由一定程序功能運用與使最終操作能於省力、節能、安全與可信賴情況下合理達成。

一般建置與標示原則如下：

(1)管線儀表控制圖中有關處理過程檢測和單元控制系統字母代號及圖形識別符號標準，一般以 ISA S5.1(美國儀表學會)及 ISO 3511(國際標準化組織)所發行準則為主要架構參酌建置。

(2)在過程檢測或控制系統中，構成單元一個回路的每個儀表或元件，都應有自己的儀表符號定義及應用原則。儀表符號建置架構，分別由字母代號組合和回路編號兩部分組成。

A.儀表字母代號組合：第一位字母表示「被測變數或初始變數」；後續字母表示「儀表讀出(被動引發)或輸出之功能」。

B.回路編號編排：由處理單元設定工序(系統裝置單元序號)和順序(項次號)組成，一般採 3～5 位號碼表示。

(3)儀表符號分類與編號規則一般採用如下：

A.儀表符號按被測變數或初始變數字母代表涵義進行分類，同一個裝置或單元中相同涵義的內容，其儀表符號後端之數字編號應是連續的，但允許中間有空號。不同之涵義內容物件，則數字編號不能採連續編號。

※範例：FIT-1010、FIT-1020、FIT-1030(○正確)；FIT-1010、PIT-1020(× 錯誤)

B.在 P&ID(Process piping & instrument flow diagram 程序管道及儀錶流程圖)中，儀表符號標註方式：

a.字母代號填寫在儀表圓圈之上半圓中，回路編號填寫在下半圓。

b.如安裝於集合儀表盤(單元、區域或中央)之盤裝儀表類，其區別方式為於符號圓圈中應加一橫(表屬盤裝者儀表)；如歸屬現場安裝者，則圓圈中間沒有一橫(空白表屬現場者錶計)。

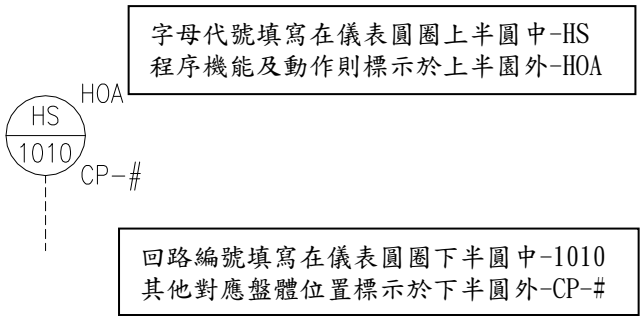


圖 9-12 儀表符號標註方式範例

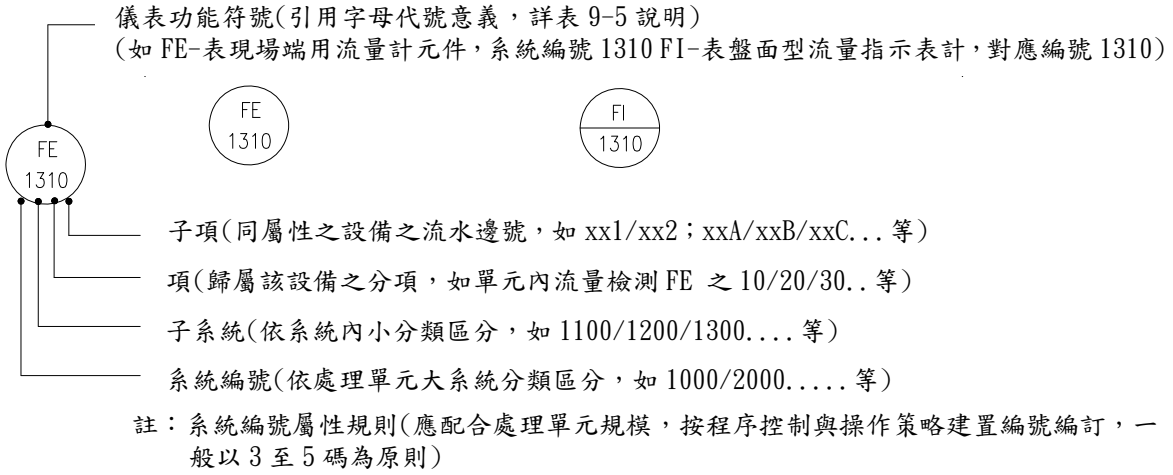


圖 9-13 處理單元儀表元件編號屬性及建置原則範例

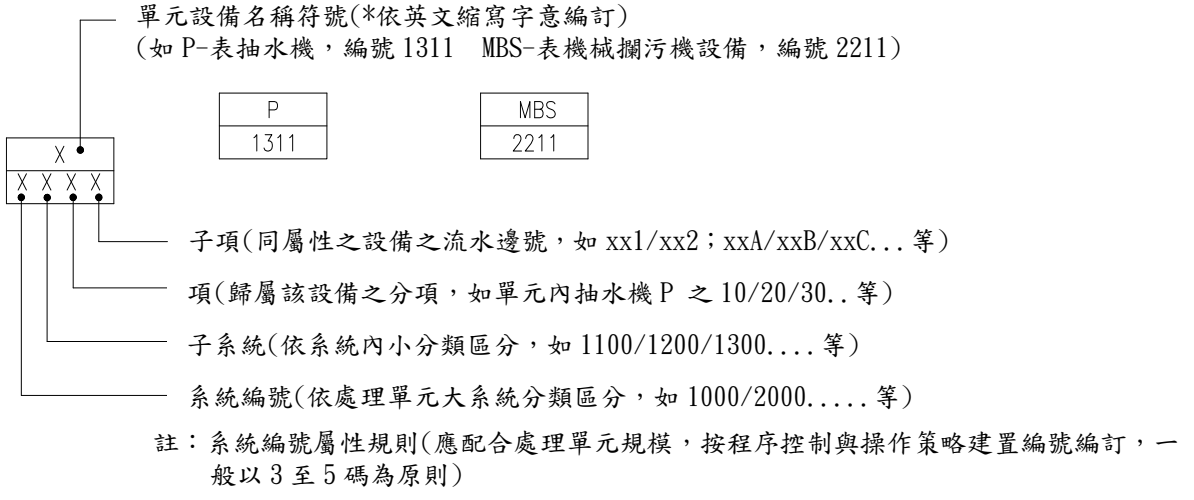


圖 9-14 處理單元設備編號屬性及建置原則範例

儀表元件組裝場所符號 儀表組件功能	現場端元件 僅適於現場 (單項功能)	單元控制盤或 現場操作盤區 (輔助用功能)	主控制盤或區 域工作站操作 (主要監控功能)
獨立型-元件 儀表及控制器			
分散控制- 共同顯示控制			
電腦系統控制兼 具計算機功能			
具可編譯程式邏 輯控制功能			

圖 9-15 處理單元及程序儀表連接線形及符號範例

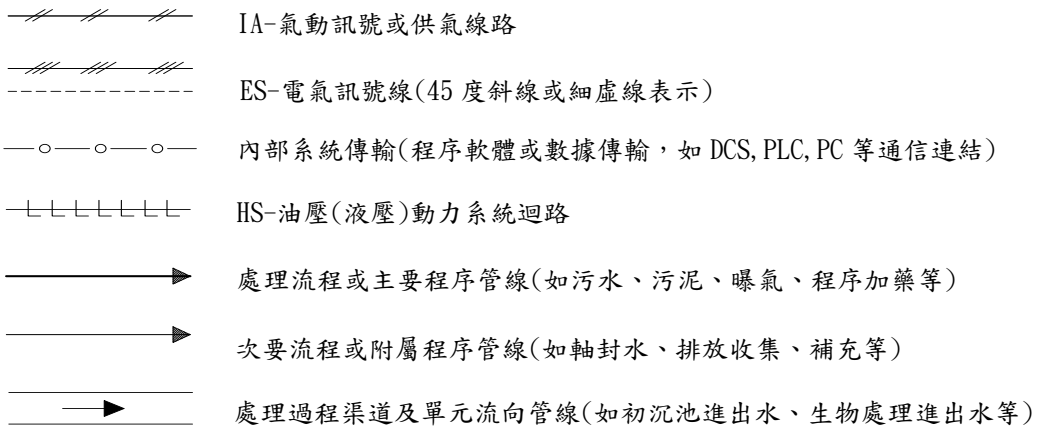


圖 9-16 處理單元及程序儀表連接線形及符號範例

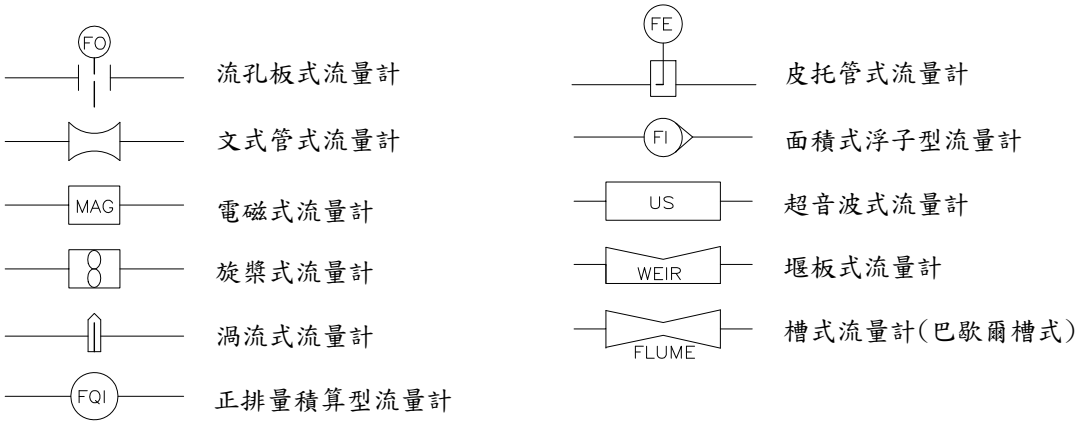
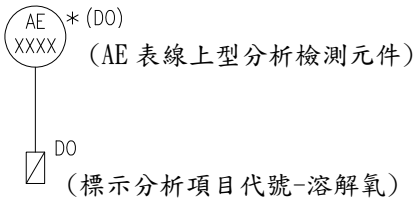


圖 9-17 程序儀表計量檢測元件符號範例

BOD	生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand)
COD	化學需氧量(Chemical Oxygen Demand)
SS	懸浮固體物量(Suspend Solids)
MLSS	懸浮固體物混合液(Mixed Liquor Suspend Solids)
DO	溶解氧(Dissolved Oxygen)
CL	氯離子(Chlorine ion)
ORP	氧化還元電位(Oxidation-Reduction Potential)
PH	酸鹼值(氫離子濃度)(Hydrogen-ion Concentration)
TB	濁度(Turbidity)
TDS	總溶解固體物(Total Dissloved Solide)
TOC	總有機碳(Total Organil Carbon)
CH_4	可燃性氣體-甲烷(Methane)
H_2S	有毒氣體-硫化氫(Hydrogen Suifide)

（標示分析項目代號-溶解氧）



註：表中僅列舉常用分析類項目，如未列入者依實際需求增列引用

圖 9-18 程序儀表特殊檢測符號及標示(分析類)範例

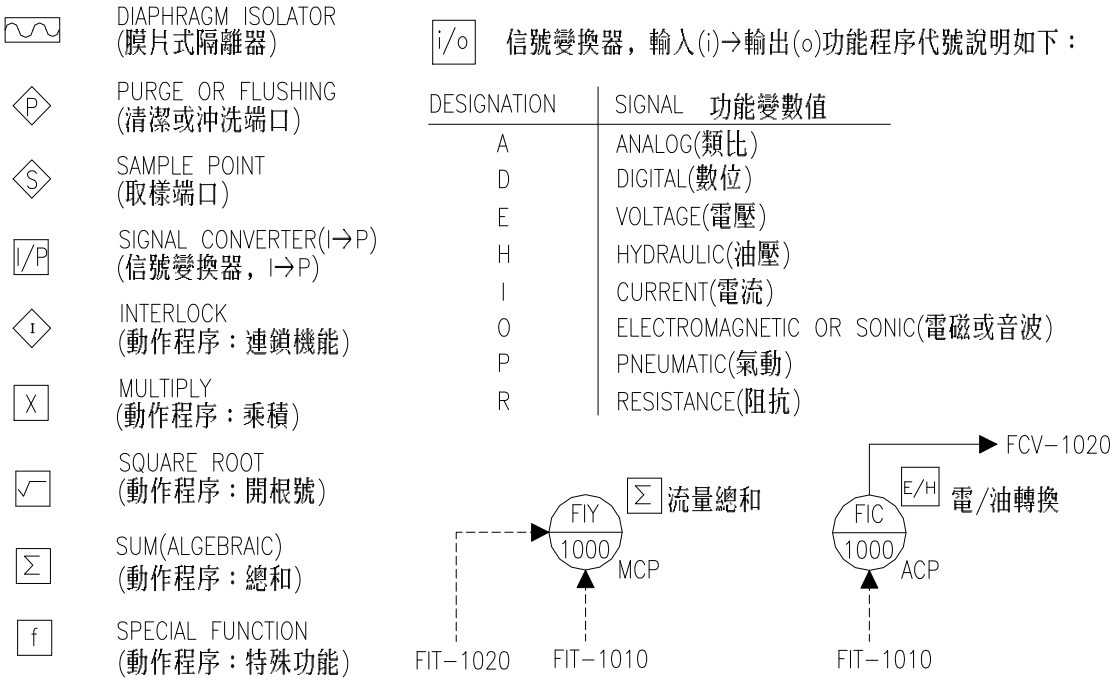


圖 9-19 程序儀表檢測計量與變換器功能變數符號及標示範例

HOA　手動 — 關閉 — 自動

OCS　開 — 關 — 停止

OCA　開 — 關 — 自動

OC　開 — 關

L/R　現場 — 遙控(遠端中央)

DS　使用(責務) — 備用

S/S　起動(ON) — 停止(OFF)

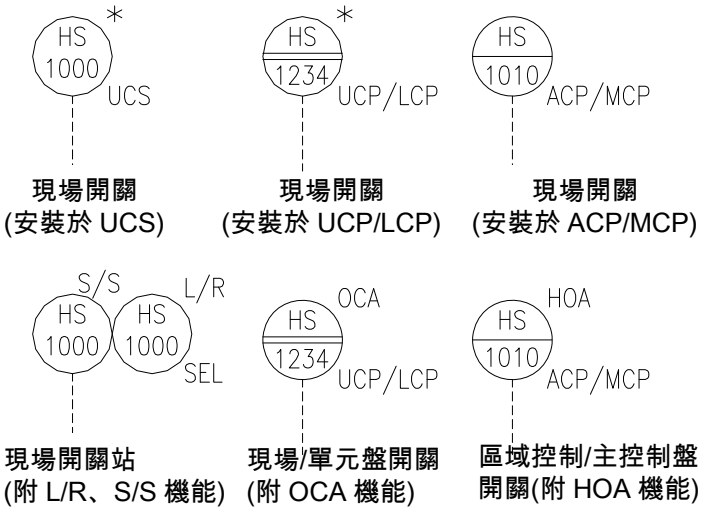
SEL　選擇器(開關)

FS　快— 慢(雙段設定)

FR　正轉 — 反轉

LL　前導 — 滯後

FORJ　前進 — 關閉 — 反轉 — 緩行



＊ 標示於儀表圓圈之上半圓右上部記號，表該項元件屬由隨機械設備依需求功能提供，安裝於現場流程操作檢出端或現場單元控制盤(UCP)及控制盤(CP)上，以供識別。

圖 9-20 儀控單元驅動設備用操作開關功能變數符號及標示範例

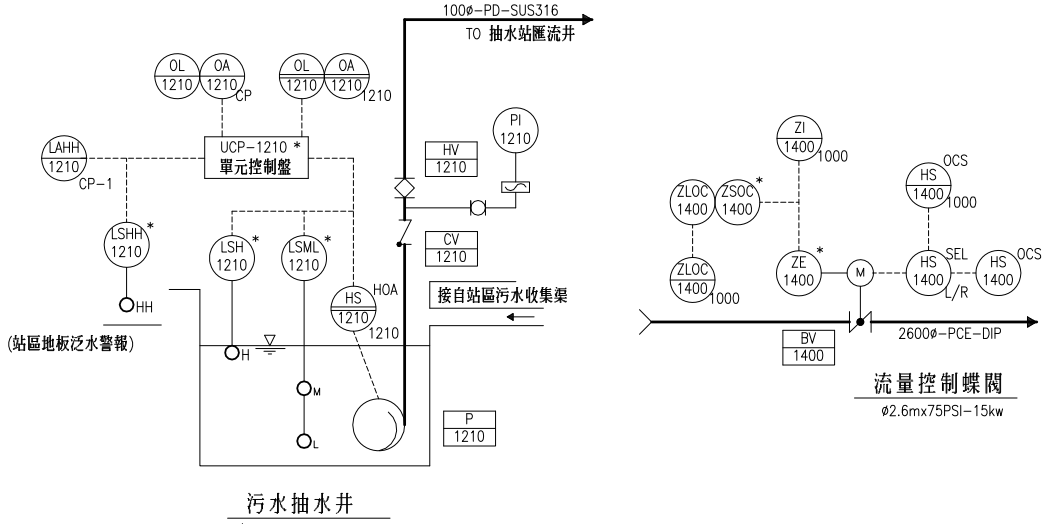


圖 9-21　儀控系統 P&ID 示意圖之一(污水抽水井及流量控制閥)範例

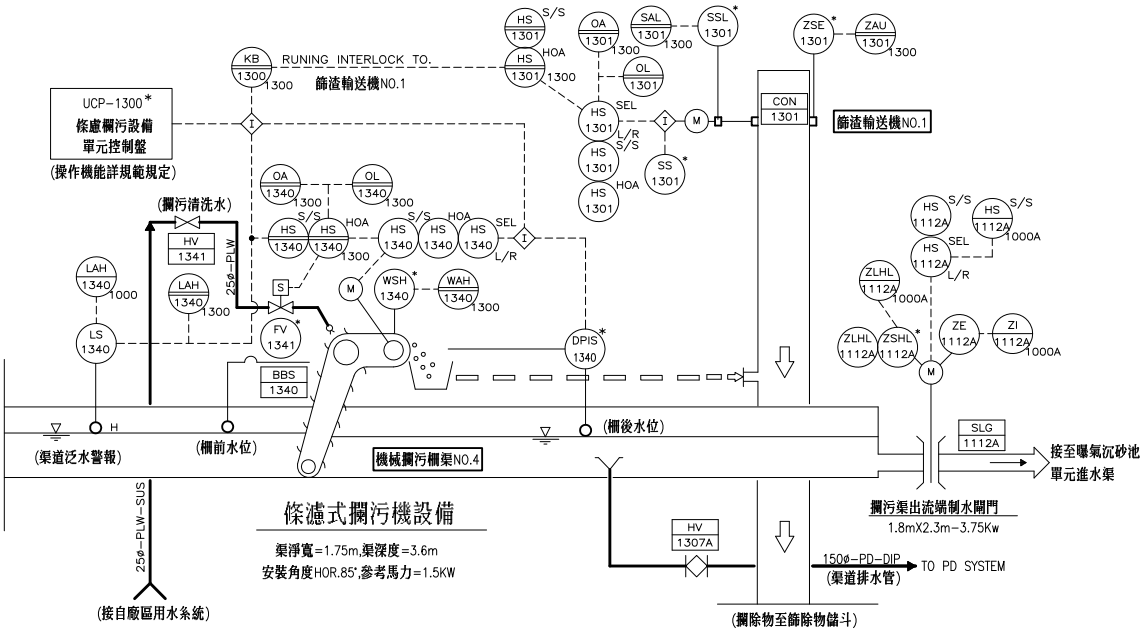


圖 9-22　儀控系統 P&ID 示意圖之二(欄污機與篩除渣輸送)

3. 儀控管線之設計

儀控管線之設計安裝時應注意事項：

(1) 儀控設計應參照最新之法規、標準及準則，如 ISA(Instrumentation Society of America)。

(2) 儀控用電線、電纜及導線管之配置，須遵照經濟部最近頒布「屋內線路裝置規則」及「屋外供電線路裝置規則」有關之規定設計。

(3) 進出有危險氣體蓄積空間之儀控管路，如抽水站濕井區、欄污柵區濃縮槽、消化槽區等應於管路上適當處所加裝防爆管封配件，並於完成穿線後，以填縫劑(封閉混合物)密封。

(4) 抽水站濕井區屬防爆區及防蝕區，應避免有穿越乾、濕井隔牆之儀控管路，若無法避免時，應依規定採用防爆管封配件加以密封，並以防蝕塗料保護。

(5) 儀控導線管之材質需配合實際需求選用，採金屬管或非金屬管。金屬管依管壁厚度分為厚導線管、薄導線管、EMT 管及可撓金屬管四種；非金屬管係指 PVC 製成之電氣用硬質塑膠管。原則上，厚導線管及 EMT 管不適用於發散腐蝕性物質之場所，若使用時則須施行防蝕塗料保護;非金屬管限制使用於有危險氣體存在與高溫及容易受機械碰損之場所。暗管以採用硬質塑膠管為主，明管採用金屬管厚導線管為主;有多條電纜之路徑相同時，為方便敷設，非防爆區可採電纜架或電纜槽。

(6) 儀控配管須注意配至儀器或連接箱之高度，屋外儀控設備管線配置，不可高於儀器或連接箱底部，以防儀器設備進水。

(7) 所有信號導線管由屋外進入屋內之落地式配電盤之管線，應以矽利康(Silicon)填塞，以防螞蟻或老鼠咬破電纜絕緣層，或水氣及硫化氫等氣體藉管線進入箱體，腐蝕電氣接點。

(8) 電線管內導線之總截面積佔電線管截面積之百分比須符合「屋內線路裝置規則」之規定。

(9) 電纜敷設時應儘量避免穿越建築物伸縮縫，如無法避免時，則應採取相應之保護措施。

(10)所有信號導線應避免與電力交流導線平行，並至少與電力交流線相距 60 公分以上，若無法避免交叉時，應保持垂直角度，以抗電磁干擾。

(11)所有控制電纜置於不同的電線管內必須予以編號，以利查核。

(12)不同類型之信號，例如直流與交流信號，或電流(4-20mA)與電壓(1-5V)信號，電力與警報及連鎖控制等交流信號之配線，應分別置於不同的電線管內。

(13)不同場所之信號如防爆與非防爆區，應分別置於不同的電線管內。

(14)應配合儀表設置需求，選用合適之電纜類別。

(15)電纜敷設距離應儘量短，以避免信號受到干擾及造成過度衰減之可能。

(16)電纜敷設路徑應儘量避開大功率設備，以避免受到較強之磁場，對電氣信號產生干擾。

(17)電纜敷設路徑應儘量避開高溫場所，以免影響電纜散熱及降低載流量。

(18)電氣信號與弱電信號應分別置於不同的電線管內。

4. 供電系統設計

儀控設備供電系統設計應考量事項：

(1)供電電壓與頻率：採 AC 1φ220V 60HZ 或 1φ110V 60HZ 由電機工程提供，低於 1φ110V 60HZ 由儀控工程設計；DC 1φ110V 由電機工程提供，低於 1φ110V 由儀控工程設計。

(2)供電量：由儀控工程提出用電需求量，電機工程配合提供。

(3)供電品質：供電系統之電壓與頻率變動率，應符合電業法規定及儀控設備需求。

(4)正常與緊急或不斷電供電系統(UPS)：正常與緊急電源由電機工程提供，儀控用不斷電系統由儀控工程提供。

5. 接地及避雷系統設計

儀控設備接地系統主要目的，為避免操作與維修人員意外感電，及設備故障時可減低漏電電流對設備之損害，並為電力系統提供一參考之零電位。

為避免人員及儀控設備遭受雷擊，污水處理廠廠區應由電氣工程設置避雷系統，以保護建築物與操作人員及屋內外儀表設備之安全；而儀控設備及線路則應由儀控工程裝設避雷器或突波吸收器保護。所有儀控系統接地網，應由電氣工程提供設計，儀控工程配合銜接。

9-4-02 中央監控中心(室)設計 **（原則 41）**

污水處理廠中央控制中心(室)之設計，應依各污水處理廠之規模與操作管理需求、維修能力等加以評估後選定之。

中央監控中心(室)為值班人員透過電腦自動化監控系統，藉分散式控制系統(DCS)，或可程式邏輯控制器(PLC)組合之系統，對污水處理廠進行監視與控制之核心據點，配置參考如圖 9-23 至 9-26 示。中央監控室之設置，應依污水處理廠規模大小與操作管理需求，對自動監控系統設備提供良好之運轉條件，及值班人員提供一舒適之工作環境。

中央監控室設計時，儀控工程師應提出污水處理廠監控設備設置之構想，供建築、水電、空調、消防工程設計參考，並充分討論之，應考慮之事項至少包含樓層位置之選擇、面積大小、採光與照明、通風空調、控制電纜線之進出(管道間之設置)、供電電源、

消防安全設備及通信與接地系統等，分述如下：

1.監控設備之要求

(1) 監控設備應有展示盤，或馬賽克流程板，或藉由控制桌之電腦連線至投影機投影於銀幕上，或採用液晶螢幕電視牆，以顯示污水及污泥處理流程及設備操作狀態及警告信息。

(2) 監控設備應能監視並即時顯示污水處理過程運轉狀態及控制變量（輸出量）之變化。

(3) 處理廠各單元監控設備，除接收與下達操作量及運轉策略外，應視需要設置遠端視訊監視設備(閉路電視)，以即時顯現影像畫面，提升操作安全。

(4) 監控策略應提供省力、即時與安全及可靠之要求。監控表計及模組選擇，應滿足操作規模所需，且應有備援裝置，以充分發揮整廠監控機能。

(5) 污水及污泥各處理單元主要設備工作狀態，應於中央監控室以紅色燈表示運轉中，綠色燈表示待機中，故障或異常時，應以聲音及黃色閃爍燈顯示，警告值班工程師到現場處理。

(6) 盤面高度及儀控設備配置應考慮操作人員視覺上最方便之設計。

2. 建築之要求

(1) 中央監控中心位置之選擇，可設置於行政(管理)中心一樓或二樓，設於二樓時，儘可能在接近樓梯口附近或方便進出的位置，其座向宜座北朝南，避免西晒，並能環視全廠區為宜，如果無法避免時，應採取適當遮陽措施。

(2) 避免與高壓配電室相鄰，如無法避免時，應採取適當的防止電磁干擾之遮蔽措施。

(3) 面積大小，應依污水處理廠規模、電腦監控設備、儀表盤數量及控制桌等配置方式調整，小規模污水處理廠至少應有 40 平方公尺以上，控制桌與前後左右牆壁及液晶螢幕電視牆之間應有適當距離約 1.5～2.5 公尺。

(4) 設有天花板及高架地板時，室內淨高至少應大於 2.1 公尺。

(5) 高架地板之設置高度應保持在 60 公分以下。

(6) 中央控制室進出門之大小，應由控制室內最大設備之尺寸來決定，控制室門應向外開，控制室長度超過 12 公尺，建議設置 2 個門，以利進出及緊急逃生。

(7) 中央控制室外牆應依最新建築技術規則規定，留設採光用窗或開口應在有效採光範圍內。

(8) 中央控制室牆壁、地面及天花板等之色調應柔和，並與儀表盤顏色協調。

3. 工作環境之要求

(1) 中央控制室照明應依國家標準及綠建築解說與評估手冊要求，進行節能設計，平均照度應介於 300-500 lux 之間，燈具配置應使操作面不產生眩光與陰影，燈光之點滅控制，可採手動操作或自動感應等方式。

(2) 應設置空調設備，空間溫度應控制於 24±2℃，相對濕度控制於 50±10%。

(3) 中央控制室內應裝置通信設備。

(4) 應依各類場所消防安全設備設置標準提供必要之消防安全設備，以確保生命與財產之安全。

(5) 監控系統應接至緊急備用供電系統，並備有不斷電系統支援設備，以維持系統之運作及執行必要之數值記錄、分析、判斷、警示與警告通報等。

(6) 監控系統應依規定對電源系統、設備進行避雷接保護或裝設突波吸收器，以避免儀控設備受傷害,設備信號之接地電阻值應≦5Ω，避雷接地電阻值應≦10Ω。

(7) 中央控制室由室外進入室內之電纜線的敷設方式，可採管道間或電纜溝配線方式，進入室內則利用高架地板方式敷設，進線之密封需考慮，以防蟻害及鼠害

或水氣及硫化氫等氣體進入。控制室如設置於一樓室內溝底應高出室外溝底至少 30cm 以上，纜線敷設方式應符合屋內線路裝置規則規定。

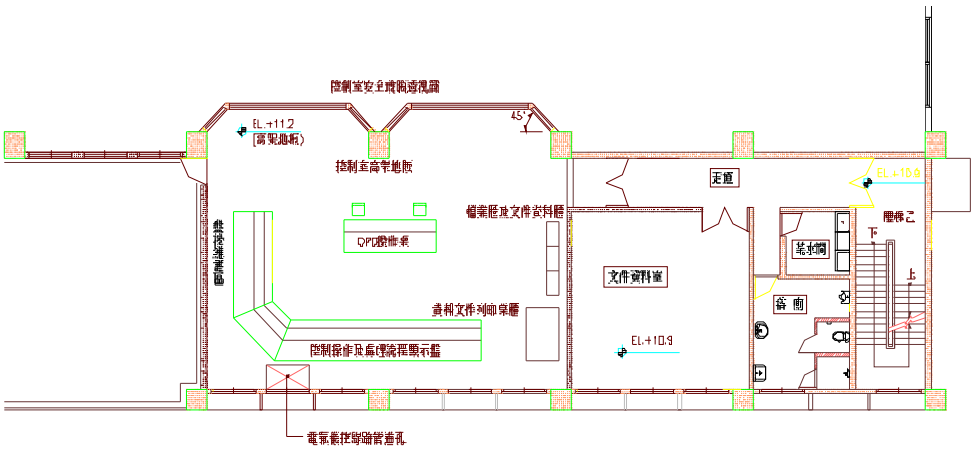


圖 9-23　中央監控中心監控設備配置示意圖

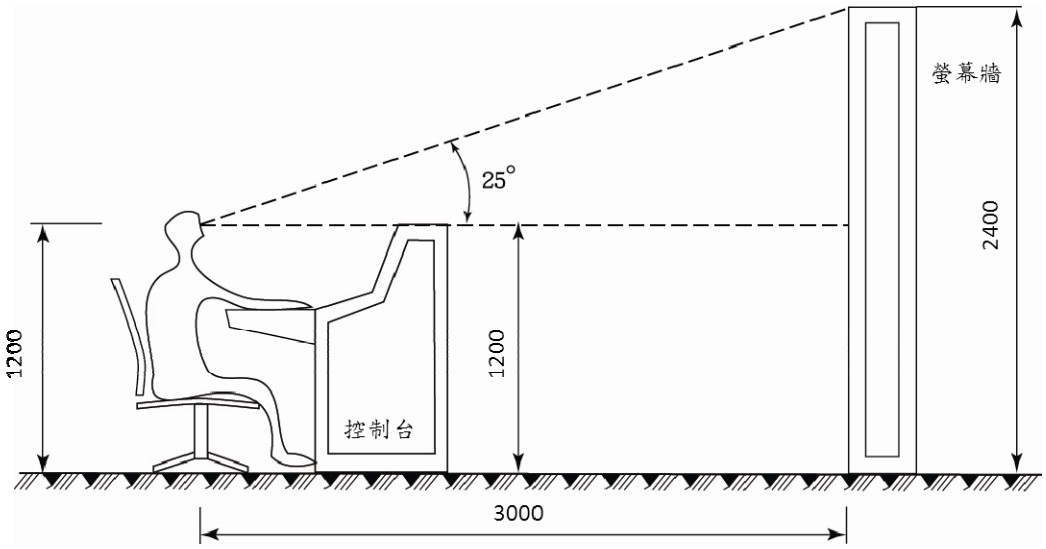


圖 9-24　控制台與螢幕或電視牆配置示意圖



圖 9-25 中央監控中心監控設備配置實景圖之一



圖 9-26 儀控系統組合配置實景圖之二