下水道系統設計及解說

(增修訂)(第三版)

上冊

內政部國土管理署

中華民國 113 年 1 月 17 日

序

依下水道法第一條：下水道「為促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質」。，而下水是指一般家庭、商業辦公場所及事業場所等，因生活、營業及生產活動所排出的污水及降雨的地面逕流之總稱。

因之下水道即是收集處理下水而設之公共或專用下水道，包括為輸送下水之抽揚水站設施。又因我國下水道採分流制，故包括分置雨水下水道系統及污水下水道系統。

台灣雨水下水道歷經四、五十年的建設，全國建設率已近 80%，污水下水道自民國八十一年起，有計畫的分期建設，普及率也已近 40%，兩者之建設皆已具相當的經驗累積，因之建立完整的技術準則以提供依循，已是必要的階段。

內政部營建署為推動下水道建設有所遵循，分別在雨水下水道頒行有「雨水下水道設計指南」(109 年版)。另污水下水道頒行有「污水下水道工程設計指針與解說」(105 年版)及「公共污水下水道管線設計手冊」(109 年版)。前者分別於 107 年及 110 年持續修訂為「污水處理廠設計及解說」，並已頒行使用。

內政部營建署有鑒於雨水下水道系統及污水下水道系統，無論在管線、抽水設施及放流設施等技術多為共通性，為配合各技術之因時修訂，精簡整合為包括雨水及污水之「下水道系統設計及解說」於一冊，並分為上下冊，上冊以系統規劃、管渠及抽水設施為重點，下冊則以污水處理單元為內容。

本新增修訂之「下水道系統設計及解說」(上冊)，內容主要為污水及雨水下水道之規劃、管渠及抽水站設計，為整合內政部營建署所印行之「污水下水道工程設計指針及解說」(105 年版)、「雨水下水道設計指南」(109 年版)、「污水處理廠設計及解說」(110 年版)、「公共污水下水道管線設計手冊」(109 年版)及參考日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針と解説(前編)」(2019 年版)，採滾動式的配合環境、社會及技術變化，做前瞻性的綜整編修而成。

經綜整後的下水道系統設計及解說(上、下冊)，涵蓋全下水道的內容和範圍，具實務應用，可稱為下水道的大全，提供做為下水道技術者的工具書，期望下水道從業人員，充分學習、應用，以整體提升下水道建設規範的一致性及水準，發揮下水道投資的最高效益。

本新增修訂版，係委託台灣水環境再生協會辦理，由張添晉教授為召集人，歐陽嶠暉教授除協助綜整外，並為第一章總論、第三章污水下水道規劃・設計原則增修訂及第四章 4.1～4.2 執筆。另邀請資深技師參與，包括第二章雨水下水道規劃・設計原則及第四章管渠與附屬設施之第 4.3～4.8 節，由郭遠錦博士執筆，另第 4.9～4.13 節，由廖彥雄技師及王朝民技師執筆。第五章為新整合雨、污水之抽揚水站設施，由陳立儒技師執筆。再由各章執筆者及黃台琪、陳伯珍、劉穎川等資深技師共同協助諮詢，並承營建署水工處曾淑娟處長指導修訂方向，在此一併致謝。

附註：本增修訂(第三版)之第四章，係依 113 年 1 月 8 日國署水建字第

1120560719號函同意更換之章節內容。

下水道系統設計及解說(增修訂)(第三版)上冊

目錄

第一章　總論 1

1.1 概說 1
1.2 下水道的功能與效益 1
1.3 世界各國下水道的發展 2
1.3.1 世界各國下水道的發展 2
1.3.2 台灣的下水道發展 3
1.4 下水道相關法規 5
1.4.1 下水道法 5
1.4.2 水污染防治法 7
1.4.3 水利法 8
1.4.4 再生水資源發展條例 8
1.5 下水道規劃基本方針 8
1.5.1 下水道資源循環之道 8
1.5.2 污水處理以前瞻多元及整體效益考量 9
1.5.3 污泥處理及其利用 9
1.6 下水道建設應避免對環境的影響 11
1.7 下水道面臨之挑戰與對策 13
1.7.1 少子化造成之衝擊及對策 14
1.7.2 污泥跨區集中處理或擴大為生質能中心 15
1.7.3 藉 ICT(應用資訊及傳達技術)活化污水處理產業提高效能 15

第二章　雨水下水道規劃・設計原則 17

2.1 概說 17
2.2 規劃設計基本原則 17
2.2.1 資料蒐集及現場調查 17
2.2.2 積淹水原因探討 19
2.2.3 測量調查計畫 20
2.2.4 保護標準選用 23
2.2.5 檢討規劃及設計原則 24
2.2.6 改善計畫檢討 24
2.2.7 節能減碳設計原則 27
2.2.8 設計工作流程 30
2.3 水文及水力分析原則 33

2.3.1 水文分析原則 33
2.3.2 雨量站選擇 35
2.3.3 降雨型態分析 35
2.3.4 降雨強度分析 36
2.3.5 雨型設計方法 40
2.3.6 水力計算原則 41
2.3.7 水力計算方法 44
2.3.8 管渠粗糙係數及流速限制 45
2.3.9 下游排水出口水位設定原則 48
2.4 雨水下水道系統規劃原則 50
2.4.1 下水道系統規劃設計準則 50
2.4.2 下水道系統底圖製作 50
2.4.3 下水道系統配置原則 50
2.4.4 雨水抽水站設置計畫 54
2.4.5 雨水調節及貯留設施設置計畫 56
2.4.6 總合治水規劃原則 57
2.4.7 極端氣候因應對策 58
2.4.8 分期建設計畫 58
2.4.9 維護管理計畫 59
第三章　污水下水道規劃・設計原則 61
3.1 概說 61
3.2 設計基本原則 61
3.2.1 污水處理計畫區域 61
3.2.2 計畫目標年 63
3.2.3 污水集污區的重整合併、廣域化及共同化 63
3.2.4 計畫人口 63
3.2.5 計畫污水量及設計污水量 64
3.2.6 計畫污染負荷量、計畫進流水水質 67
3.2.7 管渠收集系統 72
3.2.8 抽水站設施 73
3.2.9 污水處理分期設計 74
3.3 污水處理方法的選定 74
3.3.1 計畫放流水水質 75
3.3.2 放流水體 76
3.3.3 污水處理廠進流水量及水質 81
3.3.4 污水處理水回收利用 81
3.3.5 污泥處理方法及資源利用 81

3.3.6 污水處理廠用地及地域特性 82
3.3.7 操作維護管理性 82
3.3.8 經濟性 83
3.3.9 污水處理方法及水質 83
2.3.10 三級處理之目的及去除物 83
3.3.11 污水處理程序的選擇 85
3.4 設施配置之考量 86
3.4.1 污水處理設施配置 86
3.4.2 污水處理廠池槽 94
3.4.3 污水處理系統繞流之考量 96
3.4.4 設施間之水位差及導水渠設計 97
3.4.5 污水處理設施節能 97
3.4.6 污水處理廠多目標使用 97
3.4.7 營運初期對策 103
第四章　管渠與附屬設施 105
4.1 概說 105
4.1.1 管渠設施之組成及概述 105
4.1.2 管渠設施的重要性和安全性 105
4.1.3 管理為主的宏觀與前瞻規劃設計 106
4.1.4 下水道管渠及附屬設施名詞定義 107
4.2 管渠水力(水理)學 108
4.2.1 管渠形狀 109
4.2.2 管流之能量線 110
4.2.3 摩擦損失水頭 111
4.2.4 平均流速公式 112
4.2.5 水力特性曲線 120
4.2.6 末端(上游端)管渠設計 126
4.2.7 摩擦以外損失水頭 127
4.2.8 陡坡管渠 130
4.2.9 管渠餘裕 137
4.2.10 人孔 138
4.2.11 倒虹吸管(Invert siphon) 142
4.2.12 量水設備 144
4.3 雨水下水道設計 146
4.3.1 前置作業 146
4.3.2 補充資料蒐集及測量調查 146
4.3.3 管線佈設初步計畫 149

4.3.4 相關單位協調計畫 149
4.3.5 交通維持計畫 149
4.4 暗渠工程設計 151
4.4.1 平縱斷面佈置 152
4.4.2 管材選用 153
4.4.3 結構分析方法 153
4.4.4 埋設斷面圖及擋土工法 156
4.4.5 附屬設施 157
4.5 明渠工程設計 157
4.5.1 排水斷面檢討 159
4.5.2 平縱斷面佈置 161
4.5.3 排水斷面設計 164
4.5.4 出水口及其他設施 166
4.6 雨水地面逕流收集系統設計 167
4.6.1 進水口 168
4.6.2 側溝 170
4.6.3 雨水井(集水井) 172
4.6.4 雨水連接管 173
4.7 雨水滲透及貯留設計 173
4.7.1 滲透設施 174
4.7.2 貯留設施 179
4.8 設計書圖製作 190
4.8.1 設計圖製作 190
4.8.2 預算書編列 192
4.8.3 施工規範編列 192
4.8.4 設計計算書製作 192
4.8.5 土方圖繪製及計算 192
4.9 污水下水道管線設計作業 193
4.9.1 設計程序及工作內容 193
4.9.2 設計應注意事項 195
4.9.3 相關計畫及機關協調 195
4.10 污水下水道管線設計調查 195
4.10.1 既有資料調查 199
4.10.2 現勘 200
4.10.3 地下物埋設調查 201
4.10.4 測量 201
4.10.5 地質鑽探 202
4.10.6 道路禁挖 203

4.10.7 生態檢核初步調查 203
4.11 污水下水道管線試挖作業 204
4.11.1 作業流程 204
4.11.2 準備工作 204
4.11.3 施工安全規定 206
4.11.4 試挖作業 207
4.11.5 試挖成果 207
4.12 污水下水道管線設施設計 210
4.12.1 規劃設計準則檢討 210
4.12.2 原規劃管線系統配置之檢討 210
4.12.3 水理計算分析 210
4.12.4 施工方法及管材研選 220
4.12.5 工程數量、工程費及時程計畫 227
4.12.6 細部設計圖 228
4.12.7 施工規範 229
4.12.8 工程估價 232
4.13 污水下水道壓力管線系統 234
4.13.1 壓力管線系統 235
4.13.2 輸送系統(壓送式) 238
4.13.3 收集系統(壓力式、真空式) 244

第五章　抽揚水站設施 251

5.1 概說 251
5.1.1 抽揚水站設施概要 251
5.1.2 雨水與污水系統抽揚水站組成之差異 252
5.2 營運管理時代的規劃設計考量 253
5.2.1 既有抽揚水站設施常見問題及參考對策 254
5.3 抽揚水站設計基本原則 256
5.3.1 雨水系統抽揚水站設計基本原則 256
5.3.2 污水系統抽揚水站設計基本原則 262
5.3.3 抽水站操作維護空間配置注意事項 264
5.3.4 選址、安全措施、環保措施、腐蝕措施及節能 265
5.3.5 管線和閥類配置基本需求 269
5.4 抽水站整體設計考量 272
5.4.1 抽水機抽水量、台數及容量 272
5.4.2 抽水機轉數 274
5.4.3 動力源及驅動裝置 274
5.4.4 抽水機吸水口及出水口管線及附屬設備設計考慮事項 276

5.4.5 抽水站之濕井及乾井 279
5.4.6 抽水機變速操作 291
5.4.7 抽水機操作運轉自動控制 296
5.4.8 抽水機系統運轉保護裝置 298
5.4.9 水錘(Water Hammer)防制 300
5.4.10 孔蝕(Cavitation) 302
5.5 抽水機特性 307
5.5.1 抽水機分類及選型考量 307
5.5.2 比速及相似定律 316
5.5.3 抽水機特性曲線 318
5.6 管線系統操作曲線特性 321
5.6.1 管線系統水頭損失計算 321
5.6.2 壓力管線系統水頭-流量曲線之繪製 330
5.6.3 管線系統曲線與定速抽水機特性曲線之關係 331
5.6.4 抽水系統操作包絡範圍 336
5.6.5 變速抽水機之操作範圍之訂定 336
5.7 抽水站附屬設施 338
5.7.1 閘門 338
5.7.2 攔污柵 346
5.7.3 沉砂池 360
5.7.4 抽水站之除臭及換氣 383
5.7.5 抽水機之保護裝置 385
5.7.6 抽水站之防爆考量 386
5.7.7 起重設備/電動吊車 386
5.7.8 放流管渠及附屬設施 390
5.7.9 繞流設施 392
5.7.10 抽水機附屬設備 393
5.7.11 皮帶輸送機 393
5.7.12 抽水機基礎 394
5.8 電動機 395
5.8.1 電動機選用 396
5.8.2 傳動方式 399
5.8.3 電動機保護裝置 400
5.9 內燃機 400
5.9.1 種類 400
5.9.2 進排氣管、消音器和排氣措施 401
5.9.3 動力傳動裝置 403
5.9.4 燃油供應系統 403

5.9.5 冷卻系統 405
5.9.6 通風換氣設備 406
5.9.7 噪音對策 407
5.9.8 保溫隔熱 408
5.10 特殊抽水機形式 408
5.10.1 螺旋式抽水機(Archimedes screw) 408
5.10.2 閘門抽水機 410
審查會議紀錄回覆表……413

第一章　總論

1.1 概說

下水是指一般家庭、商業辦公場所及事業場所等，因生活、營業及生產活動所排出的污水及降雨的地面逕流之總稱。

下水道是指收集處理下水而設置之公共或專用下水道，包括為輸送下水之抽(揚)水站設施，但不包括灌溉排水渠道及水肥淨化槽(化糞池)等設施。

下水道與自來水系統，同為都市維生活動所必要的基本設施，亦為健全都市發展、維護公共衛生、確保國民健康及保護水域環境不可欠缺的社會基礎設施。下水包括雨水及污水，但其收集系統，則各別以雨水下水道系統及污水下水道系統分別收集排除或處理後排放。下水道的建設，不僅確保公共衛生，維護都市居民的財產、生命，並具有創造健全的水循環再利用、建構循環型社會及促進都市水資源再生之效能。

1.2 下水道的功能與效益

下水道不僅能防止雨天的積水、淹水，維護生活環境所必要的公共設施，更具保護水體水質的功能。

下水道是為保障都市安全、防止淹水、確保公共衛生、維護良好水體及處理水循環利用等，以健全水資源建構循環型社會，進而以流域性綜合治水，達到安心宜居的環境。其效益包括：

1. 公共衛生效益

   自來水及下水道的普及完備，可促使糞尿等排泄物順利排除，亦可減少水媒介疾病的發生率。

2. 防止雨水氾濫

   豪雨造成市區淹水，會造成交通、財產及衛生的災害，影響地區經濟活動，雨水下水道的建設，可達到防止淹水，確保公共安全，安心宜居的生活。

3. 擴大土地利用

   由於雨水下水道的敷設，使得原排水不良地區之低窪土地獲得改善，可擴大供發展利用。例如台北市內湖地區原為低窪地，經敷設雨水下水道系統，其土地已發展成為高度工商業使用區。

4. 減低道路修繕費及河川疏浚費

   由於雨水下水道的敷設，改善地區排水，使得道路因地下水位下降而減少受壓損壞，維護費降低，相對的流入河川的砂土也減少，得以減低疏浚費。

5. 淨化水體水質

   由於下水道的建設，下水經收集處理後，再利用或排放於水體，而不再直接排放水源地區、河川或海洋，達到防止污染恢復河川水體水質。例如近年台北地區由於污水下水道建設普及，使得淡水河及基隆河河川水體恢復清

淨。

6. 解決水肥問題

下水道的普及，一般沖洗廁所普及化，化糞池及合併淨化槽拆除，污水納入下水道收集處理，原應定期抽取化糞池水肥或淨化槽污泥得以解決。例如台北市區每日所清理污水下水道尚未普及地區化糞池之清除物，則皆載送至迪化污水處理廠與污水一併處理，達到解決水肥的處理去處。

7. 促進都市的舒適性

由於下水道的建設，都市生活環境品質提升，形成安全、衛生的社區，地價因而提高，創造舒適的都市生活。例如台北市由於污水下水道普及，改善河川水質，河岸成為高級住宅綠帶，水上親水活動結合沿河文化設施，成為更富國際性的舒適水岸城市。

8. 能資源可回收利用

台灣地區水資源不足，又因全球氣候變遷，使降雨量不均勻，導致未來水資源更加不足，影響民生及經濟至大，且隨著世界資源逐漸稀缺，污水廠的氮、磷及污泥能源化回收更顯重要，為構築次世代污水廠之重要改善項目。

下水道收集處理後，所產生的處理水及下水污泥，將是未來珍貴的資源，可依當地用水不足的現況，做為水資源移轉利用，可滿足不同利用程度水質之需要，以充實水資源利用。目前台灣地區推動污水處理水回收再利用，除已有數百所學校、社區外，污水處理廠放流水再生回收為產業製程用水或冷卻用水，其未來在枯水季的貢獻至大，現階段已有高雄鳳山、臨海、台南安平及永康、台中福田及水湳、桃園北區等，正進行工程建設階段。另下水污泥中，含有各種可回收利用的資源，包括沼氣、磷、氮、熱能及生物質等，如台北迪化污水處理廠乾燥污泥與垃圾共燒，回收電力，皆為未來開發新資源的寶藏。

1.3 世界各國下水道的發展

1.3.1 世界各國下水道的發展

從人類文明的演進，可知道古代都市由於人口密度低，住宅周邊就是農耕地，因之其下水多經由岩石渠道引至農地供做灌溉用。到中世紀都市人口增加，且已有街道排水設施，故開始規範各戶的污水或污物，必須予以收集後，倒入街道的溝渠，最後流入河川，但卻因此造成河川污染，都市環境及衛生狀態惡化。

東西方國家生活文化的差異，與下水道建設文明有極密切的關係。歐洲各國在其現代化以前，其糞尿污水都經收集後排入溝渠，或居住高樓者，直接從窗戶潑出，經由溝渠流入河川，因而造成城鎮環境衛生，傳染病發生，並導致河川嚴重污染，為改善其環境衛生，各大都市開始籌建現代化下水道。但東方國家，例如日本、韓國、台灣，早期城鄉內的糞尿，都經由收集，運至市郊供做農作肥料或養殖利用，而未發生太大的環境衛生問題，直至城鄉人口聚居，糞尿超出利用

量後，即行倒入河川或海洋，其後在建築技術規則中，規定建築物必須設置化糞池，糞尿先經化糞池消化後，其溢流水再排入溝渠流出，因之現代化下水道的建設起步較歐美晚，亦即因生活文化上的差異，影響現代化下水道的建設和普及。

到了近代，工業革命後都市人口急速增加，都市環境衛生極差，因而造成霍亂等疾病，死亡嚴重，又因下水直接排入河川，使河川污染更惡劣，而開始建設截流管，將下水導至河川下游排放，以防止污染。制訂法令，並開始下水道系統化之建設，也發展出污水處理技術，以減輕河川污染。歷經一百多年來的建設，各國下水道及污水處理率已相當普及，都市環境及河川水質獲致充分改善。

隨著社會環境變化，人口增加，工商業發展，能資源短缺，全球氣候變遷，生態環境破壞，人類的文明持續在進化，因之今日的下水道已是一進化的下水道，不再只是早期 Civil Engineering(民生工程)，而成為一跨領域綜合性的治理學問。

瑞士洛桑管理學院(IMD)每年評估並公布各國國家競爭力，在其評比做為國家進步指標的「基礎建設」項目，共包括五項因子，即基本基礎設施、技術基礎設施、科學基礎設施、健康與環境及教育，而「污水下水道普及率」則屬「健康與環境」指標之一，因此污水下水道普及率，遂成為國家健康與環境進步指標。

1.3.2 台灣的下水道發展

台灣地區下水道建設，可溯自清朝時期，為築造城牆、官衙、興修水利而建設，其中以劉銘傳擔任巡撫，銳意經營治理，尤以台北市於清光緒十四年(公元 1888 年)起有電燈、自來水及溝渠之施設。

台灣於 1895 年割據予日本，日本為統治台灣於台北設置總督府，為建立一文明都市，亟需就市街之整潔、衛生設備及交通，加以改善及建設。適逢當時日本內務省衛生局，聘請英籍顧問衛生工程師巴頓(William Kinnimond Burton)，任期屆滿介聘至台，從事台北、基隆之自來水及下水道調查，此為台灣下水道具有系統規劃之開始。1899 年總督府制定律令台灣下水道規則供依循。

由於巴頓熟稔熱帶及亞熱帶地區之環境特性，並基於：

1. 明溝較暗溝易於清運。
2. 明溝較暗溝造價便宜。
3. 在交通量低時，明溝尚不易肇至危險。
4. 適當井水可供沖洗。
5. 糞便可以糞桶及水肥車收集供肥料。
6. 抽水馬桶尚未使用。

前述因素乃採用石材砌積兩側，底部砌積成半圓形，內面以膠泥粉刷之明渠，為輸送下水之主要構造。嗣各市街之下水溝渠雖採用不同建材構築，惟以明渠收集及排除下水(未含糞尿)為光復前台灣下水道之主要構造物。

下水道工程初為市區改善工程之一，亦為都市計畫事業，隨都市計畫之訂定公告，次第興辦，迄 1931 年共計公告六十九個市鄉鎮之都市計畫，其所興辦之

都市計畫事業費，自 1896 年迄 1931 年共計 3,186 萬餘日圓，由於都市計畫事業，包括市街道路開建拓寬、下水道工程設施及土地重劃，下水道工程費用並未另計列，雖無法臆測其設施實況，但對下水道溝渠興建已多所推展，殆無疑義。以主要都市言，台北市自 1895 年，基隆市自 1899 年，台中市自 1911 年，台南市自 1902 年，高雄市自 1908 年相繼開始有都市計畫事業興辦之統計，可窺一斑。

又依據 1899 年公告之台灣下水道規則，曾指定台灣下水道規則施行市鄉鎮，計有基隆、台北、新竹、台中、麻豆、台南、嘉義、高雄、屏東、宜蘭及羅東等處。

台北市於 1895 年開始著手改善市內下水道，構築建造排水溝，次年構築主要道路之下水溝渠。1898 年發佈台北城內市區計畫，並完成部分工程。

台北城內地區之排水計畫，係依巴頓及濱野技師之建議，採用開(明)渠式合流法興建，施做懷寧街、館前街及忠孝西路等數條排水溝，為台灣雨水下水道之始，至 1901 年幾已全部完成。城內地區及萬華方面之南、北排水幹線，則於 1906 至 1913 年間完成。下水幹線之排水口，計有兩處設有制水閘門，暗渠之構造為馬蹄形、圓形或矩形之鋼筋混凝土構造，總長為七公里，於淡水河設出水口，總共歷時七年完成。而城內東南方之兒玉町、佐久間町及千歲町，驟雨時仍為下水之氾濫所苦，污水則匯流於老松町與若竹町(今萬華地區)附近，為此，1927 年 12 月乃計畫增設南門下水幹線暗渠，次年公告實施。依 1910 年「台北市區改正圖」(1/5,000)地圖史料內所繪當時之下水明溝，其構築法依各種排水斷面，計有二十種。下水幹線之設計及築造，堪稱都市現代化不可或缺之基礎設施。

其後隨市區之發展逐年增加，在 1938 年為供市區東部一帶排水，開鑿新生南路大排水溝，於 1942 年完成(即今之新生南路道路下之排水系統)。

由於當時房屋多將廁所另築於屋外，並採出糞坑式廁所，由人工收水肥挑運至郊外當作肥料之用，故排入下水道之家庭污水污染量濃度較低，且由於污水量少而河川水量豐沛(因上游尚未構築水庫)，因此不影響河川自淨能力造成河川污染。

台北市於 1933 年修正都市計畫，將松山納入台北市轄區，預計至 1955 年可容納人口六十萬人。其中有關下水道措施方面，除在中崙、中和及三重等地設水肥殺菌池以外，並於淡水河右岸及基隆河左岸，設置六處污水處理計畫用地，以配合排水幹線，將收集之污水於排入河川前先行處理再排放，以避免污染河川。可惜此六處處理廠計畫用地，迄光復時仍未開闢建設，目前除迪化污水處理廠、雙園水肥投入站及濱江維護場已開闢使用外，其餘均已變更為其他土地使用。

在下水道系統規劃中，台北市於 1942 年完成台北市下水道調查書。該項調查書以都市計畫特一號路線為界，迄第四十一號為範圍之人口稠密區域。計畫面積為 1,696 公頃，計畫人口為四十五萬人。排水區劃為四個集水區，內含十一個排水區，污水處理區分為二，含城內、城北、城東及城南流域區。下水收集排除方法採合流式，但城內區域採分流、合流併用。設計雨水量為 58 mm/小時，抽水站為 45 mm/小時。設計污水量為每人每日 300 公升。管渠為暗渠式，採圓形、

矩形兩種，以鋼筋混凝土構築建造，總工程費為日幣 2,950 萬圓，此為台灣下水道系統，將雨水與污水一併規劃之先河。

迄光復止，台灣雨水下水道完成規劃地區，計有台北市、基隆市、新竹市、台中市、彰化市、台南市、高雄市、埔里、水里、竹山、員林、斗六、虎尾、北港、朴子、麻豆、白河、學甲、鳳山、屏東、豐原及南投等二十三處。

台灣光復後為配合中興新村的新闢，於 1959 年完成分流式下水道系統；台北市為配合民生東路新社區的開發，也於 1970 年完成分流式下水道系統。台北區污水下水道綱要計畫，於 1972 年由聯合國及世界衛生組織協助完成，其後策訂第一期六年計畫，並於 1975 年自士林開始籌建持續至今。高雄市於 1986 年完成仁愛河九處污水截流設施。同一時期台中市黎明社區、鳳山市五甲社區及基隆市安樂社區等，都是為了配合新闢社區而籌建污水下水道系統。

政府有計畫的全面推動污水下水道建設，始於民國 77 年制訂「污水下水道發展方案」，並依社會經濟發展和都市環境之狀況，據以研提第一期六年計畫循序推動，並延續至五期六年建設計畫，屆 109 年共已開辦 90 處系統，建設完成 66 座污水處理廠，可處理污水量約 408 萬 CMD，公共污水下水道普及率 34.68％，累計接管戶數 305.3 萬戶，並完成公共污水處理廠放流水回收再利用示範方案，完成首座水資源回收中心再生廠 2.5 萬 CMD，提供產業用水再利用，並研訂第六期污水下水道建設計畫，預定延續前五期，自 110 至 115 年度，預計至 115 年底，全國公共污水下水道用戶接管數，累計可達 396 萬戶，再生水處理廠至 6 座，再生水量每日 13.9 萬噸之階段目標。

近四年來，在瑞士洛桑管理學院(IMD, The Institute for Management Development) 評比各國污水處理率資料中，依據 2022 年公告之各國整體污水處理率，我國在 48 個評比國家中排名第 46，如表 1.1，顯示有待積極推動。

我國的整體污水處理率，包括「公共污水下水道普及率」、「專用污水下水道普及率」及「建築物污水設施設置率」，其中公共污水下水道普及率部分，截至 111 年 9 月，全國普及率為 39.4％，各縣市之普及狀況，如圖 1.1。

1.4 下水道相關法規

下水道之建設與管理，其相關法規有「下水道法」、「水污染防治法」、「水利法」及「再生水資源發展條例」等。

1.4.1 下水道法

依據下水道法第 1 條：「為促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質，特制定本法；本法未規定者適用其他法律。」具體規定下水道法之建設，是以都市計畫地區及經指定地區為主，以健全都市計畫地區之生活環境，進而以能達到保護水域水質為最終目的。

表 1.1　108 年～111 年各國污水處理率及 IMD 排名

排名	報告年份							
	108 年		109 年		110 年		111 年	
	國家	污水處理率(%)	國家	污水處理率(%)	國家	污水處理率(%)	國家	污水處理率(%)
37	斯洛伐克	65.8	約旦	65	愛爾蘭	70.1	保加利亞	79.2
38	約旦	65	哥倫比亞	60	冰島	69.8	加拿大	77.1
39	臺灣	55.9	臺灣	58.1	斯洛維尼亞	63.5	澳洲	76.2
40	哥倫比亞	54.6	沙烏地阿拉伯	54.8	葡萄牙	62.5	挪威	75.7
41	沙烏地阿拉伯	54	羅馬尼亞	51.5	克羅埃西亞	58.7	葡萄牙	73.6
42	羅馬尼亞	49.3	巴西	46.3	臺灣	58.1	冰島	73.5
43	巴西	48.1	蒙古	26	羅馬尼亞	56.7	斯洛維尼亞	67.2
44	克羅埃西亞	46	印尼	11.5	墨西哥	51.1	賽普勒斯	67.2
45	印尼	11.5	泰國	9	希臘	50.3	中國	64.8
46	泰國	8.3	菲律賓	5	匈牙利	50.1	臺灣	64.5
47	菲律賓	5			中國	45.1	土耳其	63.3
48					秘魯	39.2	南非	61.3

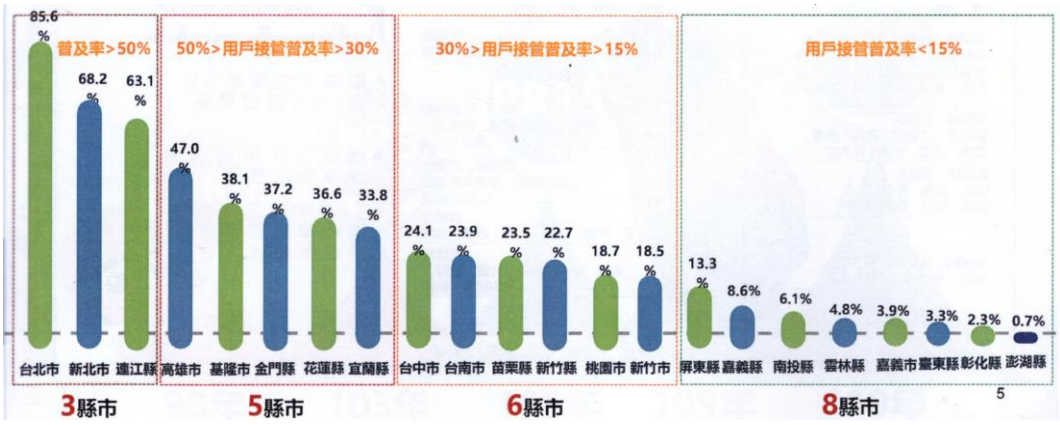


圖 1.1　全國各縣市污水下水道普及率狀況(110 年 9 月)

另下水道法第 11 條：「直轄市、縣(市)主管機關，應視實際需要，配合區域排水系統，訂定區域性下水道計畫，報請中央主管機關核定後，循法定程序納入都市計畫或區域計畫實施。」亦即下水道計畫之計畫範圍，配合區域排水系統，可將數個都市計畫區或指定地區，納入成為區域性下水道計畫地區，下水道系統範圍，不侷限於個別鄉、鎮、市之都市計畫地區，可考量納入多個鄉、鎮、市，為一區域性下水道計畫地區。

鑒於未來少子化，部分鄉、鎮、市將因人口減少，污水量也勢必減少，且污水下水道未達一定規模以上，其系統及設施之管理，將因人力不足或技術不足而將無法有效營運管理，致其單位處理量及營運費不具經濟規模，故未來規劃污水下水道系統，宜朝由直轄市或縣(市)，跨鄉、鎮、市整合鄰近數個行政區為一系統之規模，尤其為達到水體分類水質標準時，更需連結流域區內之數個收集區域成為一系統，形成流域性污水下水道系統，以保護承受水體分類水質標準之需求。

1.4.2 水污染防治法

水污染防治法第 5 條：「為避免妨害水體之用途，利用水體以承受或傳運放流水者，不得超過水體之涵容能力。」即已明訂污水下水道所收集之污水，經處理後，其放流水之水質不得超過承受水體之涵容能力。

水污染防治法第 7 條：「事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，排放廢(污)水於地面水體者，應符合放流水標準。前項放流水標準，由中央主管機關會商相關目的事業主管機關定之，其內容應包括適用範圍、管制方式、項目、濃度或總量限值、研訂基準及其他應遵行之事項。直轄市、縣(市)主管機關得視轄區內環境特殊或需特予保護之水體，就排放總量或濃度、管制項目或方式，增訂或加嚴轄內之放流水標準，報請中央主管機關會商相關目的事業主管機關後核定之。」

由上所述，環境特殊或需特予保護之水體，其排放之總量或濃度，即為水污染防治法第 6 條：「中央主管機關應依水體特質及其所在地之情況，劃定水區，訂定水體分類及水質標準。」

依水污染防治法第 5 條、第 6 條及第 7 條之內涵，即污水下水道之放流水水質，除須符合放流水標準外，若超過承受水體的涵容能力，且承受水體具有環境特殊或需特予保護之水體者，則所排放之放流水總量或濃度，就應同時符合水體分類之水質標準。

水污染防治法第 8 條：「事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之廢(污)水處理，其產生之污泥，應妥善處理，不得任意放置或棄置。」

水污染防治法第 12 條：「污水下水道建設與污水處理設施，應符合水污染防治政策之需要。中央主管機關應會商直轄市、縣(市)主管機關訂定水污染防治方案，每年向立法院報告執行進度。」水污染防治法，中央主管機關為行政院環境保護署。

綜合上述，水污染防治法對污水下水道之相關規範，包括：

1. 公共污水下水道污水處理後之放流水水質，應符合放流水水質標準。
2. 下水道放流水之水質，不得超過承受水體涵容能力，若超過且該水體被列為環境特殊或需特予保護之水體，則其排放總量或濃度，就應減量或減排，甚至零排放，以達到符合水體分類之水質標準。
3. 水污染防治法第 8 條明訂，污水下水道系統之廢(污)水處理所產生之污泥，應妥善處理。

4. 中央主管機關，應會同下水道主管機關內政部營建署，共同策劃污水下水道建設及管理，以達適當放流水質。

1.4.3 水利法

雨水下水道為現代化都市不可或缺之公共設施，其功能在解決都市排水問題，以確保民眾免遭水患，並促進都市之健全發展。

依下水道法，公共雨水下水道係指「都市計畫地區」或「指定地區」，專供排除「雨水」之各種雨水下水道設施及附屬設施，即為水利法所稱排水設施，如依水利法施行細則第三條，對「排水」用詞定義為「指用人為方法排洩足以危害或可供回歸利用之地面水或地下水」。

1.4.4 再生水資源發展條例

該條例所指的再生水，是指廢(污)水或放流水，經處理後可再利用之水；依其處理水源不同，分為系統再生水及非系統再生水。而系統再生水，是指取自下水道系統之廢(污)水或放流水，經處理後可再利用之水。使污水處理水成為重要的水資源之一。

該條例不僅下水道污水處理水可提供再利用外，下水道機關更可為再生水經營業，經該條例獲得許可後，可興辦系統再生水開發案，以提供系統再生水予他人使用。

在此一條例之許可下，下水道水資源再生中心更是都市中永不乾涸的都市水庫，下水道污水處理水，可做為民生或產業用水最不受極端氣候變遷乾旱影響，而可經年提供穩定的水資源，顯示下水道之效益對社會韌性發展和貢獻，將是一無可替代之都市重要的維生設施。

1.5 下水道規劃基本方針

1.5.1 下水道資源循環之道

下水道所收集的污水，因擁有水、資源、能源之機能，具有循環之動能，可持續發揮超越地區性、跨世代，在質和量上構成健全的循環型社會的貢獻，包括污水再生循環回收利用，成為產業發展增加所需用水或以替代用水，轉移原水源供其他利用，亦可供灌溉用水利用，達到充裕水資源的效能。

下水污泥可跨系統以管線或運輸將數個系統的污泥集中，併同廚餘、水肥，甚至食品業的有機廢渣，共同厭氧消化形成生質能工廠沼氣發電，回收能源，並達到降低溫室氣體。脫水泥餅與垃圾共燒回收熱能、電能，焚化底渣供做建設材料或水泥原料等利用，達到下水全部循環資源化。

污水下水道在常態下，用以污水的收集處理及資源循環利用。雨水下水道則以排除、滲透或貯存等軟、硬體調節，達到排水的功能，並透經管理達到防止災害，進而可發揮為創造出國民健康、生命、財產及經濟活動，構建成強韌社會的

貢獻。

1.5.2 污水處理以前瞻多元及整體效益考量

台灣有系統推動公共污水下水道之建設，已進入第六期，顯示局部系統已建設使用二、三十年，此已是管理和建設雙頭並進。

對於新闢污水處理系統之標準設計方法，傳統上乃以計畫最大日污水量及計畫流入水質，以及計畫污泥量的計算值，依水力停留時間及水面積負荷等之設計參數，做為設計的基準。污水處理系統之組成例如圖 1.2。

但對於擴建或改建的污水處理系統，其過去實際處理操作值和原計畫設計值如有差異時，經嚴謹評析既有設施之差異值(如初級沉澱池之沉澱去除率等)，則可據以取代一般標準值，以達到降低擴建、改建之建設費及降低操作費等之最適處理設計。

在新建、擴建或改建設計時，應就節能效率、自動化、ICT(應用資訊及傳達技術)，利用設備狀態監視及時間計畫維護之併同檢討，以縮減設施之生命週期總費用。

新建污水處理系統之設計，除需考量未來放流水質之氮磷限值，對於與既有系統如何整合，以達到新放流水標準外，另對強調水體用途之水質分類標準之達成，應以流域性、區域性或廣域性進行系統評估，更能達水體分類之水質標準值。

污水去氮生物處理設計時，對於缺氧槽脫硝反應，無法提供足夠的有機物碳源時，檢討以繞流初級沉澱污泥直接進入生物反應槽或採取多段進流之處理方法，以避免長期操作補充外部碳源之不經濟。

1.5.3 污泥處理及其利用

在污水處理系統中所產生的污泥，其含水率約在 98～99%，約為流入污水量的 1～2%，由於含有多量的有機物，任意放置必發生腐敗惡臭。污泥處理設施係能充分立即處理污泥，以防止腐敗，並達到減量化或利用。

1. 污泥的減量化，包括濃縮、消化、脫水、乾燥等。
2. 污泥的利用，包括土壤改良劑、建設材料、能源利用等。

過去污水處理廠污泥處理的設計，係依據過去的設計指針及解說的標準方法，評估計畫污泥產生量、計畫產生的固體物量的數值、污泥濃縮濃度及含水率之設計參數，進行設計並營建。但對既有污水處理廠歷經操作後，若發現上述標準設計和經驗檢討後，發現原設計值及實際操作條件有所差異時，則可於相關污水處理設施擴建及改建時，予以修訂更符實際。

對於擴建及改建計畫，可就其既有設施自開始操作以來所累積之資訊，污泥產生量及含水率，由污泥處理設施所排出的污泥迴流液所產生的負荷量，消耗電力等維護管理所累積的資訊，予以充分檢討後，回饋做為擴建或改建之設計依據。

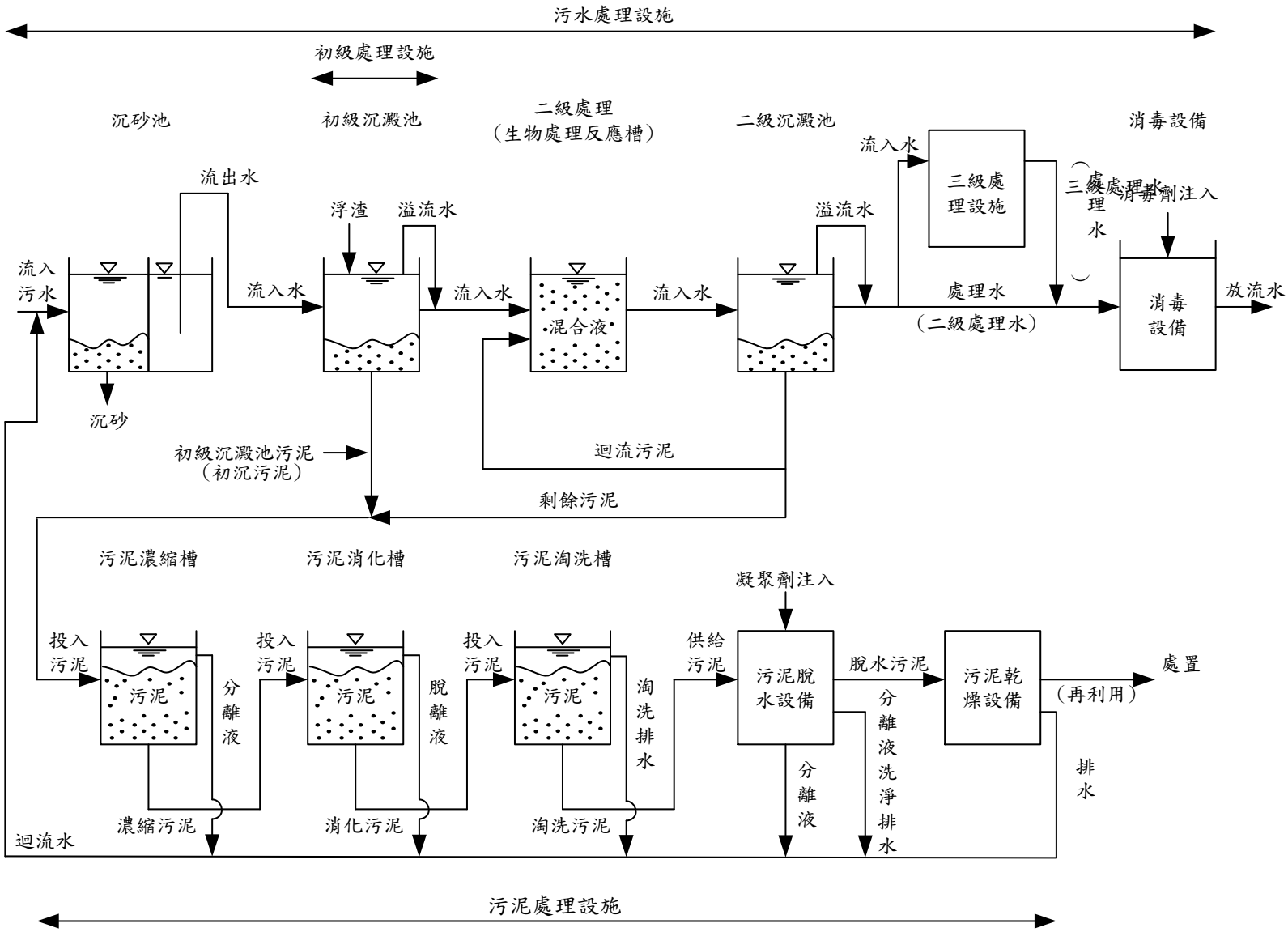


圖 1.2　污水處理系統之組成(例)

於擴建或改建時，對於既有設施操作上之影響，應朝廣域化、共同化、效率化的檢討，共同集中處理之效益，包括接納其他小規模污水處理廠所產生的污泥、水肥、廚餘，結合成新的生質能或綠能之新基地，以增大擴建之效益。

在檢討新建、擴建或改建時，應就操作自動化、省人力化之 ICT(應用資訊及傳達技術)，於維護管理上，兼採設備狀態監視及時間計畫維護之併用，以達到減少設備生命週期的總支出。

於進行新建、擴建或改建之設計時，應就既有同規模相關設施及污水處理廠，對於其污泥處理及處置之問題，詳加瞭解掌握，以為設計之參考，包括污泥濃縮之操作方式與效益、消化效率、脫水污泥含水率、消化瓦斯之產生率及各種能資源之利用效率等，以及未來社會變遷、跨部門與垃圾焚化廠之共同處理或處置之方式，應從長期性及廣域性之思維整體納入設計考量，以發揮效益。

1.6 下水道建設應避免對環境的影響

下水道建設除具有正面的效益外，相對的也有在建設期間、建設完成後之長期和短期影響、放流水體之影響及水資源回收中心內之環境影響等問題，因之如何使其影響能降至最低，須加以重視及避免。

1. 建設期間之影響

下水道為都市工程之一，無論是管渠施工、抽水站或水資源回收中心施工，皆可能對環境造成長短期性之影響。

(1)長期性影響：下水道建設完成後，可能產生之長期性環境影響有：

1) 減少水媒傳染病之發生，改善生活環境衛生。
2) 有些地區由於水污染之改善，恢復水資源之有效利用，有些地區則因放流水之影響，而改變放流點下游水體之生態環境。
3) 對水資源回收中心四周造成空氣污染、惡臭、噪音等二次影響，若能妥善設計並適當營運操作，則其影響可大幅減低或完全避免。
4) 好氧性生物處理轉化有機物為二氧化碳及水，二氧化碳為對溫室效應之物質，如表 1.2。
5) 某些水資源回收中心在除氮過程中，應達到氮化物以 N_2 氣體釋出，避免以 N_2O 釋出，防止對溫暖化之影響。
6) 污泥厭氧消化應避免以 CH_4 排氣，經燃燒或發電後排氣，可減少對溫室效應之影響。

(2)短期性影響

下水道建設之短期性環境影響，乃指施工期間及營運初期所發生之問題，由於施工過程將導致自然環境水土之破壞；又初期試營運期間各處理設施之功能尚無法充分發揮，可能導致二次公害之發生。

2. 放流水之影響

污水下水道之最大目的，在確保河川等水體之水質及水量，而流域性污水下水道將上游之污水予以截流收集，則有導致河川乾旱之問題，造成即使

改善水質，但因河川沒有或減少流量，而失去其意義，因此基於生活環境之需要，以能維持河川流量愈大為宜。

污水水質要達到100%之處理，在技術上、經濟上並不可行，故為防治污染，於低稀釋流量之河川或有水源取水的地方，其上游之污水仍以流域性幹管予以收集繞流為宜。

若採地區性分散處理，由於污水於水資源回收中心內經處理設施之操作，使可分解物質在短時間內分解後放流，而此等放流水中殘存之未分解物，在流程中並不能期待迅速達到自淨作用，並且會有沉澱等問題，當大雨時水流增加造成沖刷，這些難分解之物質將導致降雨初期下游受到污染；但若污水集中於下游處理後才予以放流，則無此問題。

至於被一般生態學者詬病認為減少河川基流量，而未能達到水之自然循環，以及大量流量集中於下游經處理後放流，會破壞放流地點下游之生態問題，則是力所不逮，但仍以能合乎水體分類水質標準整合為流域性排放系統，排放至河川最下游，達到不影響放流點下游之水體利用或從放流設施之稀釋、擴散，或於放流點之河道、河灘地進行淨化處理後排放以改善之。

上述雖一般常被認為流域性水質管理之流域下水道可能造成之問題，由於台灣地區土地利用為高密度之發展，都市周邊地區水資源回收中心用地取得困難，以及河川普遍缺乏稀釋之固有流量，流域性之水資源回收處理設施，已是必然的趨勢。

3. 水資源回收中心內的影響

水資源回收中心廠內所受到的影響，包括來自污水處理系統單元所產生的惡臭與噪音，污泥處理系統單元所產生的惡臭、噪音、空氣污染等，其中惡臭與噪音對水資源回收中心外周圍環境影響較少。若污泥處理採用焚化法時，廢氣由煙囪排出，屬於固定污染排放源，排出污染物以粉塵與硫氧化物為主，若焚化爐操作不當，亦可能有惡臭與大量粉塵排出之虞。其影響內涵如圖1.3。

表 1.2　污水處理方法及各種氣體之排出

處理方法	處理過程各種氣體的排出	可加以抑制之各種氣體之排出
好氧性處理	污水中有機碳之氧化，造成CO_2的排出	因曝氣所需動力發電廠致CO_2的排出
厭氧性處理	甲烷氣體的排出或甲烷氣體發電，造成CO_2的排出	甲烷氣體的直接排出，以及因加溫消耗燃料導致CO_2的排出
生物脫氮去除氮化物	脫氮時產生之氮氣(N_2)，並非溫室效應氣體	硝化、脫硝過程產生之N_2O的排出
污泥焚化	污泥中之有機碳在燃燒過程，產生CO_2的排出	助燃所使用化石燃料之CO_2的排出及硫化物、氮化物(N_2O、NO_X)的排出

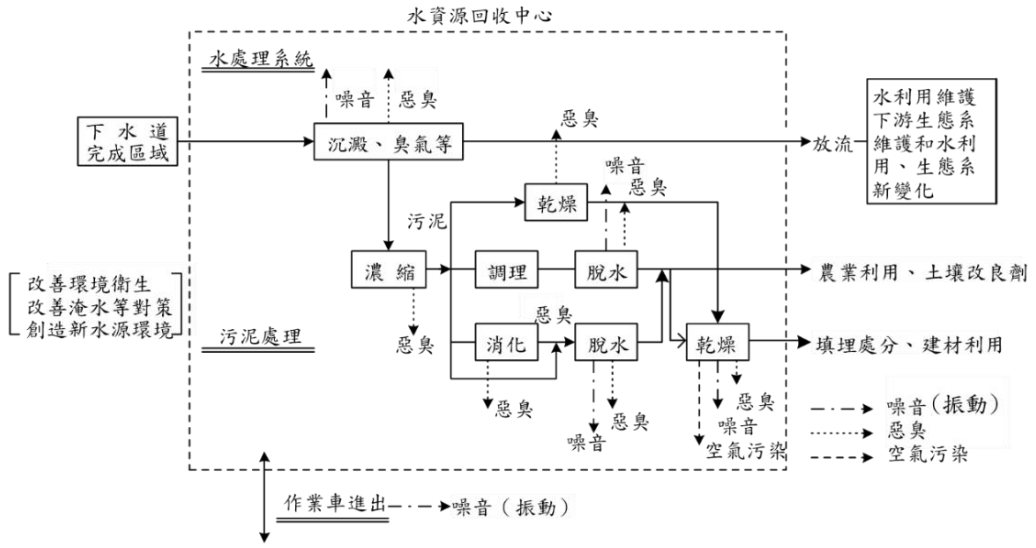


圖 1.3　水資源回收中心對環境之影響

4. 綠營建之下水道建設

為建設提供國民可安全舒適居住的環境，同時形成方便的社會生活，其進行實現的行為過程，即為公共建設。而下水道建設即為公共建設之一。

近年來由於人口都市化，都市基礎建設之需求，國民環保意識的提升，能源及資源愈形匱乏，而人類愈文明，愈尊重生命，也愈尊重自然，重視能源和資源的平衡，因之未來的公共工程將是一朝向「生態、安全、舒適和管理之土木」的新境界發展之趨勢。

而污水下水道建設在於提升生活環境品質，則在建設、營運中，如何減少對環境之影響，包括減少溫室氣體的排放，從節能、創能及資源循環利用之投入，並進而創造前瞻性之效益，有賴工程師之智慧及貢獻。

因之為降低下水道建設對環境造成之影響，在下水道建設規劃設計階段，就應針對建設計畫之內涵，做充分之環境影響分析，並擬訂影響減低對策，確實防範於未然，並做有系統的追蹤和評估，以充分發揮下水道建設之正面效益。

1.7 下水道面臨之挑戰與對策

台灣地區下水道建設，雨水下水道起步較早，全台建設率已近 75%，但因早期雨水下水道排水設施設計降雨頻率多為 2~5 年發生一次，所產生的逕流做為管線排水設計依據，而近年在極端氣候豪雨下，常造成市區雨水下水道排水設計不足而淹水，居民蒙受損失之社會問題，亟待改善。

台灣污水下水道之建設起步較緩，其建設受限於人口老化社會福利需求日殷，導致排擠效應，使得下水道之建設財源受到限制，以及擔負設施維護管理責任之地方政府，也因原有預算分配之排擠效應，其可供轉供新增支出之財源籌措

不易，恐增設施因經費影響而有維護不足，導致設施加速劣化影響設施永續利用之效能。

台灣地區少子化問題嚴峻，2018 年達到尖峰 2,359 萬人，預估將開始逐年遞減，至 2065 年高、中、低推估之總人口，將分別降為 1,880 萬人、1,735 萬人、1,601 萬人，更有部分縣市在其鄉鎮行政區中，由於人口遷移，降幅有達 30%以上者，佔該縣市中行政區總數之二分之一至三分之一之現象，顯示對於尚未建設之行政區，為免有管無水可流或沉積，及有廠無水可處理之虞，皆為未來檢討計畫發展必須提早加以重視者。

對於各地污水廠污泥之有效處理、減量及最終處置，以及因應人力及經費不足之龐大操作維護管理，也是一大挑戰，要改變傳統維護管理之模式者，於設計時皆必須有不同的思考及部署。

1.7.1 少子化造成之衝擊及對策

1. 少子化對下水道之衝擊，包括
   (1)人口老化及減少，政府稅收減少，但社福負擔比例增多，可供下水道的預算將更不足。
   (2)下水道設施，機電設備標準耐用年數 10～20 年，土木設施 50 年。在未來即要新建，又要更新，更新將逐年增多，經費更不足，不僅普及率不易提升，若未能及時更新，設施將破敗不堪使用。
   (3)未來某些地區因人口減少，污水量減少，每人每日用水量減少，污水量更少，將造成管線流速降低，因淤積而加速腐敗。污水廠污水量減少，單位處理成本提高。
   (4)人口少子化後，職業選擇性多，恐造成下水道建設及設施維護人力不足，將更加速劣化。
2. 人口減少及設施老化之下水道因應
   (1)台灣都市計畫面積內之總人口，約為總人口之 85%，依法為建設目標，建設期程需 40 年以上。
   (2)人口在減少中之市區及市區周邊聚落，未來有可能更加衰退甚至廢村者，重新檢討下水道計畫地區之優先性、統合或以合併式淨化槽或聚落式污水處理設施替代，或以截流方式於河灘地採生態處理等。
   (3)檢討建設成本，提升下水道管材材質及延長各種設備的壽命。強化管理模式，減緩老化，土木設施以能達 50 年壽命為目標，以延緩更新的來臨。
   (4)避免下水道設施過度或不足設計，尤其一般市區計畫人口密度之引用，應從社會未來之變遷，宜更保守檢討污水處理廠之分期建設。
   (5)加強下水道設施的維護管理，延遲老化。
   (6)建立受益者付費，收取污水下水道使用費，補充營運財源。

1.7.2 污泥跨區集中處理或擴大為生質能中心

考量除為跨行政區統合為水資源回收中心之污水處理外，其產生之污泥，除對於中心市區規劃為處理該廠之污泥外，檢討擴大地區性聚落污水處理設施之污泥、合併淨化槽、廚餘及市場廢棄物，或容納水肥處理、堆肥處理場之廢液處理，以形成地區性生質能中心，聚集生質能發電，除為能源自給，並達到地區或本身之能源自立，以及處理水轉供再生水利用。藉統合、擴大生質能處理之潛能，提升水資源回收中心之魅力及地區據點之機會。

1.7.3 藉 ICT(應用資訊及傳達技術)活化污水處理產業提高效能

藉 AI(人工智慧)或自動化建設水資源回收中心廠站，朝向自動化及遠距管理，以及各種檢測效率化推動，進而達到下水道管線維護管理台賬系統之大數據的活用管理效能，以發揮污水處理系統的價值和魅力，使下水道成為「看得到」之先端技術效能，或可誘導優秀人力加入，同時提升下水道整體效能。

1. 檢討設置下水道光纖系統，促進下水道維護管理，以提升管理效率，包括：
   (1)遠距監視、遠距操作。
   (2)區域性系統流量及水質監測。
   (3)機電設備振動、裂紋、異溫、異音之監測。
   (4)各種旋轉機器鼓風機、抽水機，異常振動、異常溫度之全天候預防檢測。
   (5)各種閘門、截流設施閘門之遠距控制。
   (6)下水道幹管地震龜裂、管路老化等之檢測，震災後龜裂段及老化預測等之功能。
2. 維護管理的區域化、共同化檢討，以能發揮緊急時可互相共助對應之最大效果及經濟效益。

第二章　雨水下水道規劃・設計原則

2.1 概說

由於臺灣目前雨水下水道實施率約達百分之八十，因此檢討規劃雨水下水道系統除考量既有雨水下水道系統之效能外，亦需因應都市發展、土地利用類型改變、氣候變遷、總合治水及節能減碳等綜合性改善考量，方能完成合適的雨水下水道檢討及設計成果。因此，本章係就雨水下水道規劃、設計時，應綜合考量的基本事項，包括規劃雨水下水道系統應考量事項，以規劃流程各考量事項，包含水文分析、水力分析、調查測量、規劃檢討及節能減碳考量等，所需的各項規劃需求加以說明。

2.2 規劃設計基本原則

雨水下水道系統規劃之良窳，取決於對「規劃區及鄰近環境」之地理境背景、排水特性等現況之瞭解與掌握，因此辦理規劃工作首先必須進行相關資料之收集，及測量調查工作。相關資料之蒐集分析，亦應與現場踏勘調查結果相互印證；而蒐集資料之高程等數據，與辦理地形、既有排水設施、斷面等各項測量，均需換算為同一控制點基準。

2.2.1 資料蒐集及現場調查

辦理「雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)」，所需蒐集資料之項目及內容，依「規劃區」環境現況及特性略有不同，所蒐集之資料係為建構規劃區雨水下水道與其整體環境之關聯性，應說明蒐集該資料之用途與目的，並對關鍵影響提出分析。再將資料配合現場踏勘及訪談成果，納入檢討評估內容。

解說：

1. 資料蒐集

(1)自然環境

自然環境調查，包括地理位置、地形地勢、地質與地下水、氣象、潮汐、環境水系等。

(2)社經環境

社經環境調查，包括都市計畫及土地利用、人口成長、產業經濟、交通建設、道路現況及計畫道路開闢情形等。

(3)雨水下水道系統規劃報告

搜集鄰近地區之「雨水下水道系統規劃報告」，以了解「規劃區」周遭環境情況及其規劃情形。此有利於「規劃者」辦理「雨水下水道系統規劃」時，初步掌握區域環境概況及所需收集調查資料之方向。而辦理「雨水下水道系統檢討規劃」除收集原規劃報告，以作為「檢討規劃」之依據外，亦宜借取鄰近規劃區之「雨水下水道系統規劃報告」，以利瞭解周遭環境背

景、相關需配合事項、以及評估保護標準之參考等事宜。

(4)雨水下水道幹支線竣工圖或下水道資料庫資料

辦理「雨水下水道系統檢討規劃」，需洽取竣工圖或已完成下水道資料庫資料，包括歷年淹水改善工程，作為調查測量雨水下水道既有設施之基本資料，惟仍需全面辦理檢測及補充調查測量之工作。

(5)既有雨水抽水站調查

除收集調查抽水機組數、口徑、抽水量、起抽(及停機)水位等基本資料外，亦應訪查雨水抽水站，以利了解實際操作情形及其問題癥結等。

(6)承受水體(區域排水或河川)治理規劃報告或治理計畫

應向主管機關洽取最新完成之規劃報告等資料，包含水文水理分析成果，作為雨水下水道幹線出口水位之釐訂，亦應注意了解其計畫縱、橫斷面，以利規劃合宜之雨水下水道系統幹線(型式、斷面尺寸及高程)，得以順利銜接排放承受水體。

(7)灌排系統設施

向主管機關洽取灌排系統設施資料，而如無書面資料，應拜訪主管單位或共赴現場踏勘，並將所獲得資訊，摘述於「雨水下水道系統規劃報告」。

(8)都市計畫書圖

向主管機關洽取目前頒布實施之都市計畫書圖，並取得都市計畫圖(數值)檔，以免量測計算集水面積有所偏差。

(9)航測地形圖及數值地形資料

向行政院農業委員會林務局農林航空測量所，洽購航測地形圖，並取得內政部國土測繪中心之數位地形 DTM 資料，以利辦理外圍集水區之劃分及量測。

(10)雨量資料

除前述一般氣象資料外，亦應向主管機關洽取鄰近「規劃區」雨量測站之歷年降雨資料，作為降雨強度公式分析檢討之依據。

(11)其他地下管線資料

洽取既有地下管線埋設路線、斷面尺寸、埋設深度等資料，以作為雨水下水道系統佈置之參考。另如有污水下水道系統規劃或其他管線之建設計畫，亦需收集納入雨水下水道系統配置之考量。

(12)相關建設計畫

拜訪「規劃區」之行政機關，以利了解並洽取相關建設計畫，作為規劃方案之參考。

(13)淹水調查

蒐集「規劃區」近年之淹水事件，繪製易淹水區位，以利瞭解淹水原因與規劃區之排水瓶頸，作為規劃檢討擇定方案及工程優序之參考。

(14)雨水下水道水情資料

雨水下水道水情資料包括現有監測設施位置，及其所紀錄之水位、流

量及監視畫面等資料紀錄。

2. 現場踏勘

蒐集資料及測量調查後，均應再赴現場踏勘相互比對印證。另外現場踏勘之重點，至少包括如下：

(1)檢核實地集流面積與下水道系統規劃之面積劃分是否相符合，例如側溝建設流向與規劃集流背離，及實地地勢變化等。

(2)踏勘調查既有排水設施現況，包括地面逕流收集系統，是否影響進排水。

3. 訪問調查

計畫區民眾長年生活於此，對計畫區之問題癥結及建設需求，最為清楚及了解。此外，災害發生時，民眾往往為第一視角，藉由智慧型裝置紀錄可作為分析成果之憑證。此並非規劃設計者，依蒐集資料分析及經驗之研判可比擬。為確實掌握排水問題癥結及障礙，以利研擬最佳可行方案，亦得使規劃設計成果符合民眾需求，設計期間應辦理訪查並向民眾說明。

2.2.2 積淹水原因探討

根據基礎調查的結果分析發生積、淹水之原因反映在雨水檢討規劃成果。

1. 積、淹水災害狀況之整理

根據災害發生的事件，連續的紀錄降雨情況及積、淹水災害狀況整理積、淹水災害地圖等。

2. 積、淹水災害的發生原因分析

根據積、淹水災害事件，像超標降雨及都市化伴隨的逕流量增加，加上社會環境變化所伴隨之課題，低窪地形、既有雨水設施排水能力、河川排水規則、河川水位上升影響、設施現況操作等進行在既有設施情況下的原因分析。

3. 觀測資料累積的應用

為了提升淹水模擬之精度，應累積降雨資料並利用過去積、淹水事件資料進行驗證。

解說：

各規劃地區已歷經多年之建設，迄今仍有易淹水情形發生，因此辦理規劃檢討及設計時應先探討其造成積淹水之原因，以利雨水下水道建設，得以確實解決排水問題癥結。茲將造成積淹水原因，探討說明如次：

1. 氣候變遷

溫室效應造成全球氣候異常現象，台灣亦免除於外。近年來因降雨日數減少而降雨強度集中之現象，導致既有雨水下水道管渠系統無法負荷，而擴大淹水範圍、深度及時間。

2. 都市計畫變更

都會區之快速發展，並歷經多次通盤檢討或變更都市計畫，常導致部份原屬可滯留逕流之農業區或保護區，紛紛變更為商業區、住宅區或工業區。

都市高度開發結果，造成既有雨水下水道系統無法負荷。

3. 都市發展現況差異

早年規劃時，依地面高程測量成果予以劃分集水分區，惟都市細部計畫道路之開闢，及建築陸續開發後，其所建構之側溝走向，恐與當初規劃集水分區之劃分不符，此將導致部份依原規劃構築之幹支線輸水容量不足，而造成淹水之情事。

4. 未依原規劃建設

探討未依原規劃辦理雨水下水道建設之主要原因，除經費(包括建設及土地)外，亦包括道路尚未開闢或無法開闢、其他管線障礙或民意等因素。未依原規劃施設雨水下水道，逕流無法渲洩當造成淹水之情事。

5. 外水位頂托

雨水下水道系統出口水位之釐定，需依排放「區域排水」等承受水體之計畫洪水位。惟部份系統恐因早年規劃雨水下水道出口之承受水體，尚未治理或因修正其治理計畫，致使已建構之雨水下水道幹線，無法將逕流順利排除，而造成淹水之情事。

6. 地面逕流收集系統

地面逕流收集系統包括進水口、側溝、雨水井及連接管，為地面逕流進入下水道幹支線之關鍵。規劃設計不當，將無法使地面逕流適時排除而漫溢路面。

7. 抽水站功能不足

早年可供滯留逕流之農業區或保護區已成高樓大廈，致部份抽水站因抽水機設計容量不足而導致水患。亦有因地層下陷、或因抽水機之起抽水位訂定過高，導致抽水站尚未達起抽水位，而上游部份區域已開始積水情形。

8. 疏於維護管理

雨水下水道設施疏於維護管理，導致既有排水設施無法發揮其應有功能，而造成淹水。

9. 探討說明

依上述探討，造成目前都市淹水之原因很多，不可全推說是降雨強度超過原規劃再現期。而應先檢討「原規劃」，包括都市發展之變遷、外水位影響、及雨水下水道建設無法執行等問題癥結，再針對排水問題癥結予以研擬改善計畫或方案。雨水下水道提高至 10 年、25 年一次再現期之保護標準當最為理想，惟所增加經費將造成政府財政負擔，亦需考量道路埋設空間等執行面之問題。執行面問題無法解決，僅規劃提高保護標準，並無助於目前排水問題之改善。

2.2.3 測量調查計畫

為獲得優質之規劃成果，當需有詳盡及準確之測量成果作為依據，應於工作計畫書階段研提測量計畫，計畫內容就本規劃案所需包含項目及預定工作進

度進行說明。雨水下水道測量成果以滿足本案規劃參考為原則，包括各項排水設施調查測量、地形平面圖、地面高程圖(含道路高程及等高線)等彙集成冊，相關測量作業規定，詳「測量、調查作業及 GIS 建置工作說明書」(以下簡稱測量說明書)，空間資料庫建置內容及格式應依招標文件所附之「下水道 GIS 資料規範」製作辦理。

解說：

其測量項目之測量重點及方法說明如下：

1. 測量控制

平面控制需採 TWD97 座標系統，高程系統則需採內政部公佈台灣地區 TWVD2001 一等水準點。另目前各都市計畫，大多已有都市計畫測量地形圖檔，可作為既有排水設施調查及測量之基本圖，惟引用相關報告或資料之座標或高程數據，需換算為同一測量控制基準。

2. 道路中心樁等高程測量

雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，需辦理道路中心樁(地面)以及計畫區內地形變化處高程測量工作。部分都市計畫區雖已有都市計畫測量地形圖檔，而有道路等高程資料，惟仍應依前述高程測量控制點引(重)測。

3. 既有排水設施調查及測量

辦理雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，需針對「規劃區」內之既有道路及排水設施，作一詳細之調查及測量，尤其辦理「檢討規劃」時，雨水下水道系統建設應已頗具規模，竣工等資料搜集後，仍應全面踏勘、調查及測量。而有關道路及既有排水設施調查及測量，應於委託服務契約書詳細載明。茲將既有道路及排水設施調查及測量項目內容，簡述如次：

(1)製作「雨水下水道設施調查底圖」

製作「雨水下水道設施調查底圖」(以下簡稱調查底圖)，供本計畫測量及調查作業參考使用。前述調查底圖應套繪地形圖或電子地圖，圖面內容至少應包含：雨水下水道人孔概略位置、雨水下水道管渠概略位置、地名、道路名稱及重要地標名稱。

(2)管渠孔蓋位置調查測量

除調查、收集竣工圖等資料，以了解雨水幹支線敷設情形外，亦需全面踏勘調查，並拜訪「規劃區」之行政機關、里(村)長等，以利確認雨水幹支線位置、路線，以免因人孔蓋被 AC 覆蓋而有所遺漏。所調查之人孔蓋需予以編號。並以高程測量引據點，測量人孔頂之高程；以平面座標控制點為依據，測量人孔人孔中心之平面坐標，再套繪於地形圖。製作人孔支距圖，記載人孔中心與附近固定參考地物之相對距離。

(3)人孔屬性調查

開啟人孔蓋進入人孔內部，調查人孔內部結構，並製作人孔展開圖，表示人孔內部尺寸及各設施相對位置，並記載人孔位置所屬行政區、地址、地標、調查日期等資料，並拍照紀錄。此外須調查人孔內部之連接管接入

情形，判斷人孔周邊集水井位置，據以辦理後續集水井位置測量調查及連接管調查工作。

(4)明溝排水斷面測量調查

除需辦理暗渠調查測量外，亦需辦理明溝之橫、縱斷面測量。明溝斷面除雨水下水道系統外，另外包括縣管區排及灌排，以契約規範之間距進行每一橫斷面測量為原則，防洪構造物及明顯變化處亦應加測，以利檢討分析其輸水能力。

(5)道路側溝位置測量及屬性調查

測量及調查標的涵蓋本計畫作業範圍內所有道路之側溝，前述道路不侷限於都市計畫道路。測量點包含起訖點溝蓋板中心坐標，記載內容包含側溝頂寬度、側溝深度、側溝長度、流向、高程及調查日期等資料，調查後套繪於地形圖，以利排水分區之劃分，並拍照記錄。

(6)排水出口設施調查

包括出口斷面尺寸、高程、出口工及設施、既有水工構造物等。

(7)集水井位置測量及屬性調查

集水井測量項目包含集水井中心之平面坐標(X、Y 坐標)、集水井底部高程。開啟集水井格柵(板)，調查集水井內部結構，應調查及記載內容包含集水井尺寸(長度、寬度)、深度，並記載銜接之連接管編號及調查日期等資料，並拍照記錄。

(8)連接管屬性調查

調查接入人孔之連接管尺寸(寬度、高度)、長度、材質、上游底高程、接入點頂距，並記載連接管之接入人孔編號及調查日期等資料，並拍照紀錄。

(9)滯洪池位置測量及屬性調查

依據主管機關認定之滯洪池及設施進行調查，記載內容包含滯洪池面積、蓄洪量、入流斷面及高程、出流斷面及高程。

註：滯洪池為河川排水系統中之滯洪設施(Detention basin)主要指可滯蓄洪水之貯留空間，藉此降低目標排水設施尖峰流量，因廣為大眾使用，因此不少都市計畫區之雨水調節池亦稱為滯洪池。(雨水調節池設計參考手冊，營建署，民國 108 年)

(10)路面及人行道緣石測量

測量範圍包含所有道路(非侷限於都市計畫道路)，測量道路路面寬度(包含道路鋪面及側溝寬度)，道路路面高程明顯變化處及路口皆應測量高程點，並測量人行道緣石上側及下側高程。

(11)地形測量補測

辦理計畫區(1/1000)地形測量補測。

4. 雨水下水道管渠縱走調查作業說明

係為了解管渠尺寸、尺寸變化位置、橫交流入管渠位置、尺寸、渠底高

程、跌降位置、跌降高度及其他影響排水情形(含遭管線穿越或附掛及管渠破損等)，以利正確計算之箱涵敷設坡度等事宜。縱走調查，應注意調查人員之安全，包括加強交通、管內通風等安全設施；而如係屬銜接外圍山區幹線，應注意臨時發生暴雨之安全；另感潮區域等尋常即積水管段，係不利於縱走調查。

(1)調查項目

管徑大於或等於 1.2 公尺(或非圓形管涵之最小淨高大於或等於 1.2 公尺)之雨水下水道管渠，應指派人員進入管渠內執行縱走調查作業，縱走調查過程應全程以數位攝影機拍攝。管徑未達 1.2 公尺(或非圓形管涵之最小淨高未達 1.2 公尺)之雨水下水道管渠，或其它經業主認定無法派員進入之管渠，得以全程 TV(車)檢視方式執行縱走調查作業。所有拍攝內容應記載日期、時間、道路名稱、起訖人孔編號等相關資訊。

(2)錄影原則

縱走調查過程應全程以數位攝影機拍攝，或全程以 TV(車)錄影，影片攝錄過程不可中斷，攝影機應保持穩定之速度前進，速度不得超過 9m/min，其解析度須高於 250,000 畫素。各管段縱走調查攝錄影片之起始應為縱走調查起始紀錄內容，並錄製起點人孔外明顯地標景物，接續為機器置入人孔內部過程、調查過程、機器移出人孔過程、終點人孔外明顯景物等接續影片。

(3)調查內容

調查內容應包人孔位置、連接管位置、水流方向及管渠缺失(含淤積、破損、管線橫越、纜線附掛等)，並記載前述設施或缺失位置與上下游人孔之距離。調查紀錄應包含現場拍攝相片，拍攝相片內容應納入以白板書寫之日期等說明文字。

2.2.4 保護標準選用

排水設施之建設及維護管理費用不貲，惟卻關係集水區域內居民生命財產之安危，以及生活環境品質，因此計畫規模之釐定，過與不及均屬不當。

解說：

前省住都局在降雨再現期之選擇方面，主要考慮因素如下：

1. 考慮因素

(1)經濟分析：包括浸水損害冒險度(Risk)及減低損害之益本比較。

(2)社會衛生觀點：包括免於浸水之法律責任考慮，人體生命危害程度，及浸水之不便與合流制下水道系統因浸水所造成環境衛生之衝擊等。

(3)其他特殊之考慮：包括重要國防建設設施之保護，以及未來之發展計畫配合考慮等。

2. 以人口數分級標準

依上述因素考量後，前省住都局擬定標準如次：

(1)社區人口在五萬人以下者：採用 1～2 年暴雨頻率

(2)人口在五萬至十萬人之地區：採用暴雨頻率為 2～5 年

(3)人口在十萬以上者：則採用 2～10 年之暴雨頻率。

3. 採行政區級訂定原則

由於都市雨水下水道系統，均係就公佈之都市計畫區予以規劃設計，而都市計畫區常為各市鄉鎮行政區之一部分，因此前省住都局配合行政區級而訂定之原則說明如後：

(1)鄉級地區：採用 1～2 年一次再現期

(2)縣轄市及鎮地區：採用 2～3 年一次再現期

(3)直轄市級地區：採用 5 年一次再現期。

4. 擇定原則建議

探討目前都市易淹水地區之淹水原因，除降雨強度超過原規劃再現期外，亦包括都市環境之變遷、外水位頂托影響、雨水下水道建設無法執行等問題癥結。因此需針對排水問題癥結予以改善，同時亦需加強下水道設施之維護管理，始能有效解決淹水問題。

提高至 10 年、25 年一次再現期當最理想，惟所增加排水斷面尺寸，除增加建設經費外，亦需考量道路埋設空間有限等執行面問題。執行面問題無法解決，「規劃」提高保護標準，亦無助於易淹水地區之改善。參酌「公路排水設計規範(交通部 106.12)」，建議再現期應至少 2 年(含)以上，而考量建設經費、建設期程等執行面問題，建議以 2～10 年範圍為宜。至於再現期選用之分級，可參考上述前省住都局之分級標準及原則，惟不宜依行政層級硬性分級，建議由規劃單位考量「規劃區」所處環境特性、建設效益及爾後操作維護管理能力等因素，擇定之。另地面逕流收集系統包括進入口、側溝、雨水井及連接管，為地面逕流進入下水道幹支線之關鍵，規劃設計不當，無法使地表逕流適時排除而造成積淹水之情事。由於都市排水係考量立即排除地面逕流，與集水範圍寬廣之區域排水體系，依河川等級訂定再現期保護標準不同，因此都市地面逕流收集系統，應與雨水下水道幹支線採同一保護標準。

2.2.5 檢討規劃及設計原則

檢討規劃及設計，原則宜依最新頒布之規劃原則。

解說：

「檢討規劃」後續需施設管渠，原則上應符合最新頒布之「下水道工程設施標準」之規定，並參考「下水道設計指南」、「雨水下水道規劃原則檢討」等內容，相關內容可由營建署網站獲得。惟如都市計畫區屬行政院公告之山坡地，其規劃設計準則，則需參考「水土保持技術規範」。有關「水土保持技術規範」之規劃設計準則，可進入水保局網站查詢。

2.2.6 改善計畫檢討

雨水下水道檢討應符合「流域整體治理」之理念，亦即需考量上游外圍集水區之排水，以及下游排放之區域排水或河川，此部分資料應先調查詳盡明確，以利妥善規劃計算上游集水面積與溝渠之銜接，以及釐訂下游排放出口水位。

解說：

我國各都市計畫區之雨水下水道系統實施率已達百分之八十，目前以辦理「檢討規劃」為主。以下系統配置原則，分基本(共同性)原則、辦理新規劃地區及檢討規劃地區予以說明。

1. 基本(共同性)原則

辦理雨水下水道系統規劃，不可侷限於都市計畫範圍，而應符合「流域整體治理」之理念，亦即需考量上游外圍集水區之排水，以及下游排放之區域排水或河川，此部分資料應先調查詳盡明確，以利妥善規劃計算上游集水面積與溝渠之銜接，以及釐訂下游排放出口水位。而管渠規劃配置基本(共同性)原則，條列說明如次：

(1)雨水下水道系統，依地形地勢、維持既有排水流況，以重力流方式排放為基本原則。

(2)考量高低地排水分離，高地逕流採重力流方式就近排放，以避免增加下游管渠斷面或加大抽水規模。

(3)上述高地(外圍集水(山)區或「規劃區」有明顯之高地)逕流，如無適當排放出口，而需流經低地後始能排放堤外，亦應檢討考量以壓力涵管方式，穿越低地後排放之可行性。「規劃者」應先視堤內地面高程與外水位關係(並粗估損失水頭)，規劃佈置壓力涵管路徑，再反覆模擬演算(反覆修正路線、修正斷面及坡度等)，以減免抽水站設置或減少抽水規模為目標。

(4)雨水下水道幹支系統，以暗渠敷設於計畫道路為原則，避免再徵收土地。

(5)暗渠規劃敷設於既有道路或計畫道路，應考量道路寬度及維生管線等地下構造物之埋設空間。

(6)明溝規劃路線應配合都市計畫，如都市計畫尚未劃設，宜循既有溝渠路線為規劃原則。明溝用地寬度需求，除計畫渠頂淨寬外，尚包括護岸構造物、維護道路(單側或雙側)、堤內側之安全措施及綠美化等所需空間。明溝規劃路線、用地寬度，應於規劃報告書說明，以利主管單位先行辦理都市計畫變更及土地取得等事宜。

(7)雨水下水道系統規劃，常循既有農田灌排溝渠，作為雨水下水道幹支線之規劃路線。由於灌排水溝常兼具提供灌溉水及回歸水之收集排放功能，規劃或檢討規劃時，應先與主管單位溝通協調，切勿未經同意即逕行劃設為雨水下水道系統。

(8)規劃管渠系統應考慮可利用之水頭、管渠之斷面形狀及坡度，並參酌覆土深度，維持適當流速。而幹渠應儘量配置於集水範圍內之最低路徑。

(9)系統規劃應依「規劃區」環境特性、排水條件，考量設置雨水調節設施，

並推廣採用雨水滲透設施及雨水貯留回收再利用，以削減尖峰逕流，降低淹水風險。

(10)排水幹支線路線規劃，應考量減少與其他地下管線衝突，以及交通等環境之衝擊。

(11)管渠系統應儘量避免採用倒虹吸管。

2. 新規劃地區

(1)系統配置，依上述基本(共同性)原則辦理。

(2)大排水分區之劃分，依地形地勢以維持排水現況為原則，而小排水分區之劃分，參考計畫道路及現有道路中心樁之測量高程、調查既有排水溝之流向等，並考慮未來之開發計畫作適當之劃分。

(3)集水面積需依各土地使用分區類別，分別量測計算。

(4)計畫逕流量，依水文分析所述原則辦理。

(5)管渠輸水容量，依水力分析所述原則辦理。

(6)針對現況街道水流系統、已竣工之排水系統(已施設管渠-依既有排水設施調查及測量成果)予以組合形成一個完整之都市排水系統。

3. 檢討規劃地區

辦理「檢討規劃」之目的，在於檢討規劃區建設雨水下水道系統迄今，在都市環境等外在條件變遷下，是否仍可依「原規劃」系統繼續施設或需研擬改善對策。茲將檢討原則說明如後。

(1)針對現況街道水流系統、已竣工之排水系統(已施設管渠-依排水設施調查及測量成果)予以組合形成一個完整之都市排水系統。

(2)由於現有人孔、管渠等設施恐與原規劃不同，因此需將現況、原規劃各管段人孔，依「原規劃」編號原則，賦予新編號並對照說明之。

(3)都市計畫及都市發展現況，或與早年原規劃所預期不同，需依目前頒布之都市計畫為依據，並依重新調查測量之地面高程、側邊溝流向等，合理劃分子集水區，計算各管段集水面積，並依各土地使用分區類別量測計算。

(4)管渠系統應先採曼寧(Manning)公式、合理化公式計算計畫逕流量，對管渠輸水能力進行靜態檢核。

(5)辦理「排水現況模擬系統」水理演算排水系統之現況排水能力檢討，應續採 SWMM 模式進行動態模擬分析，以利比對研析及驗證。

(6)排水問題癥結研析

「排水現況模擬系統」應針對現況街道水流系統、已竣工之排水系統採 SWMM 模式模擬演算水流狀況，且針對現況實際淹水場次進行模擬說明，以作為模式是否可正確反映計畫區水理情況之依據。當此現況排水系統確認可正確模擬規劃區水理情況後，並據以進行排水問題癥結研析。SWMM 程式模擬演算水流演算成果可依其報告、圖表及系統配置動態，顯示管網輸水容量不足或人孔冒孔之結果，其演算成果建議與採曼寧公式計算成果，作一比對研析及驗證，以利研擬改善對策。

(7)改善原則

考量下水道建設後不易改善，建議依「排水現況模擬系統」經 SWMM 模式演算而有造成冒孔之異常管段，予以研擬改善對策及方案為原則。而計畫改善方案之後續需施設管渠(含改建管渠)之尺寸規劃，以滿足曼寧(Manning)公式計算所需之排水斷面為準。

(8)改善對策研擬

一般排水問題癥結，在管渠系統方面，以輸水斷面不足及受外水位影響為主；而抽水站部分，主要係因抽水功能不足(包括抽水量及馬力不足)、或起抽水位訂定太高。

管渠輸水斷面不足除改建外，各幹線如因排水量過大、設施造成淹水瓶頸，應視淹水程度，依序採用改善收集系統、增加排水容量(如增建管涵、改建既有管線或加大側溝以輔助排水)等策略以降低積淹水情況。除此之外，可考慮透過分流、截流，重新修正集水區劃分，以整體系統觀點設計改善方案為之。

亦可考量於適當之公共設施用地，設置雨水調節設施，以減少既有管渠之負荷；另如係受外水影響，而無法以重力排除則需設置抽水站，亦應檢討幹支線系統，採高低地排水分離方式，或局部低窪地區採圍堤抽排水方式，以減小抽水規模。

既有抽水站功能不足，主要原因包含土地利用型態改變、保護標準提升、集水區效能提升等因素，亦有因地層下陷或因抽水機之起抽水位訂定過高，導致抽水站尚未達起抽水位，上游部分區域已開始積水等情形。上述抽水功能不足，則需依問題癥結研擬改(擴)建等對策。

(9)改善方案系統水理演算

將既有管渠及規劃後續需施設管渠等設施，合併為一「改善方案排水模擬系統」，並依上述程序辦理水理演算。

(10) 定案計畫

「改善方案排水模擬系統」經 SWMM 演算成果，規劃區內無冒孔現象，即其能量線不高於流經之地面而無淹水情形，則此「改善方案系統」，即可為定案計畫，並據以繪製系統圖略圖及詳圖。

(11) 分期改善實施原則

定案計畫可依據受災程度、成本效益、實施難易度、預算編列、短中長期效益等條件，分期改善實施。

2.2.7 節能減碳設計原則

規劃設計時是否充分考量「節能減碳」措施，攸關未來雨水下水道建設及操作維護管理，是否能展現其「節能減碳」之成效。

解說：

近年來全球暖化現象造成全球氣候異常現象，導致各地受洪災範圍與程度均

較過去為烈，造成全球暖化與氣候變遷二氧化碳是主要元兇。而「節能減碳」即節約能源及減少二氧化碳之排放量，要節約能源才能減碳，因此「減碳」是目的，而「節能」是手段(方法)。「節能減碳」規劃設計原則，概述如後。

1. 雨水下水道系統規劃

雨水下水道系統規劃應以採重力流為主要方式，儘量避免規劃設置抽水站或減小抽水規模為原則，以避免能源之耗費。

(1)設置方式

雨水下水道系統規劃，應依規劃區地形地勢配置幹線，並避免管渠系統水頭之浪費，以重力流方式就近排放區域排水、河川或海洋為主要規劃設置方式。

(2)設置條件

1) 利用地勢條件，以重力流方式規劃配置雨水下水道系統。
2) 雨水下水道系統規劃，依規劃區之地理條件採高低地排水分離方式，高地逕流採重力流方式排放，儘量避免以抽水方式排除。
3) 上述高地逕流如受外水位影響，雨水下水道管渠無法就近排放，而需流經低地後始能排放堤外，亦應考量以壓力涵管穿越低地後排放方式，以減免雨水下水道系統規劃設置抽水站或減小設置抽水站規模。

2. 抑制逕流之流出

建構雨水滲透設施以補助地下水，進而抑制逕流之流出，另採用雨水貯留再利用系統，以達水資源永續經營再利用。

(1)設置方式

1) 推廣採用透水性舖面、滲透管(溝)、滲透側溝、滲透集水井等設施，以抑制逕流之流出，除可入滲補注地下水外，亦有減輕雨水下水道系統負荷之功效。
2) 雨水貯留再利用系統係以貯水觀念代替排水，除可抑制逕流之流出外，雨水貯留再利用為沖洗廁所、澆灌、洗車等生活雜用水，亦可達節約自來水用水量之功效。

(2)設置條件

1) 滲透係數(K值)較大地區，應採滲透性排水設施，包括滲透管(溝)、滲透側溝、滲透雨水井等設施，各單位在審查相關設計圖說，應予以要求辦理，以利滲透設施之推廣採用。
2) 依據建築技術規則第4-3條，都市計畫地區新建、增建或改建一定面積以上之建築物，應依規定設置雨水貯集滯洪設施。
3) 新建建築物若總樓地板面積達規定標準時，需依內政部101.6.27修訂「建築物雨水貯留利用設計技術規範」設置雨水貯留利用系統，惟要全面廣為施設，需加強向民眾宣導及教育，始能有效落實執行。

3. 材料及設備選用

考量需求性及最佳化配置，優先採用再生能源、節約能源、低污染、省

資源、高效率、再生利用、可回收等綠色環保產品、建材及設備。

(1)設置方式

1) 雨水下水道管渠設計，宜從生物的角度去思考，如何使環境景觀獲得恢復及重建，因此應依所處環境現況，以生態為基礎、安全為導向，選用合宜之環保產品予以設置。
2) 規劃設計機電設備功能及效益，應符合實際需求，避免有不必要或過當之設置。

(2)設置條件

1) 管渠材料選用應因地制宜選用適當構材及工法，如就地取材或採用回收在利用及天然材料，並在不同之人文地理、生態環境，及考量排水、構造安全之條件下予以設計。
2) 機電設備應在符合計畫功能、效率下，並考量操作安全、簡單及維修容易之條件下，選用低能源、低噪音、高效率之設備，並在不違反採購法之條件下，選用有節能標章之產品。

4. 綠建築營造

雨水抽水站房設計，應與基地所處環境相融合，而在考量相關動線及維護管理空間需求下，應妥善利用空間予以配置、並選用綠色環保建材，而設備選用與佈置需考量節能，以營造節能減碳之環境。

(1)設置方式

1) 抽水站房包括空間及建材，應避免有華而不實等過當之設置。
2) 應考量自然通風及採光之設置，以節約能源。
3) 設備及管線(件)配置，應減少損失水頭或磨擦損失，以降低能源之耗費。
4) 照明度(Lx)標準依照明場所設置，並運用節能、環保、壽命長的照明光源，創造舒適、安全、低成本的照明環境，達到節能之目的。
5) 其他電器設備亦應考量選用能源效率比值(EER)較高之產品。

(2)設置條件

1) 抽水站房應考量基地環境區位、氣候條件及抽水規模等因素，在符合操作維護管理需求條件下，發揮創意，營造節能減碳之環境。
2) 機房及站區整體配置，需融合於當地環境條件，並在不違反採購法之條件下，選用綠色環保建材及有節能標章之產品。

5. 綠色工法

因地制宜，選擇適當工法，優先採用可節省資材、能源或低耗能、減少廢棄物、施工自動化之工法及措施。

(1)設置方式

1) 工法評估需考量減輕對當地環境之衝擊，亦避免影響當地生態環境，及造成二次環境污染。
2) 拆除構材再利用及土方平衡以減少外運，而如有剩餘土石方亦應資源化及回收再利用之配合機制。

3) 規定承攬廠商需採用低油耗、低噪音、低振動之機具及設備，以降低施工所造成之環境衝擊。

(2)設置條件

1) 依工程性質、規模及工址環境條件，選擇適當工法及構材，以減輕對當地環境之衝擊為要。
2) 考量以減少開挖、或以預鑄構材採乾式施工法，以降低對當地交通等環境衝擊之功效，進而減輕社會能源之耗費。
3) 依工址環境條件慎選適當機具，並採用低油耗、低噪音及低振動之施工機具，以降低施工所造成之環境衝擊外，亦因加強維護與保養，始能達節能減碳之功效。

6. 操作維護管理

雨水下水道系統營運良好與否，除要有良好之規劃設計與施工等先決條件外，亦需有完善之操作維護管理機制，以利颱風暴雨來襲時能發揮預期功能。而抽水站標準操作及維護保養程序之建立，方能提升抽水機組之操作效率及達成設備使用年限之目標。

(1)設置方式

1) 依「雨水下水道設施維護管理手冊(營建署民國110年)」作好維護管理工作。
2) 設計階段需因應內外水位變化狀況，研擬編製操作計畫書，以確保在防洪排水安全之前提下，使能源耗用達最小化之目標。
3) 竣工前，廠商應依站內設備編制提供完整之操作程序(SOP)及維護程序(SMP)，作為爾後操作及維護管理之依據，確保操作期間各項設備，得以發揮預期效率，減免不必要之能源損耗。
4) 竣工前，廠商亦需辦理教育訓練，包括訓練教材編製及人員訓練，提升操作營運效率。

(2)設置條件

1) 操作計畫書應依抽水站環境、內外水位關係、抽水規模等條件，研擬抽水機起抽及停機時機，以達抽排水最大功效及節省能源損耗為目標。
2) 設備操作程序(SOP)與維護程序(SMP)，應提供操作維護人員了解標準操作及維護保養程序，進行正確之操作步驟及有效地維護保養，維持設備預期功能效率及使用年限符合原訂目標，進而達成節能減碳之目的。

2.2.8 設計工作流程

設計工作流程包含資料收集、規劃設計準則訂定、改善計畫研擬、水理計算、定案計畫擬定、管線平縱面佈設、結構及地工設計、工程設計圖繪制、預算書及發包文件編制等項目。

解說：

辦理雨水下水道設施之設計，原則上應依其「規劃報告」為圭臬，惟依上節

積淹水原因探討，可知環境發展現況與「原規劃」預期有所差異，亦為淹水主要原因之一。

依上述，擬訂辦理設計工作之流程，請詳圖2.1，並先簡述如次，而主要工作之設計要領，則於後續章節予以說明。

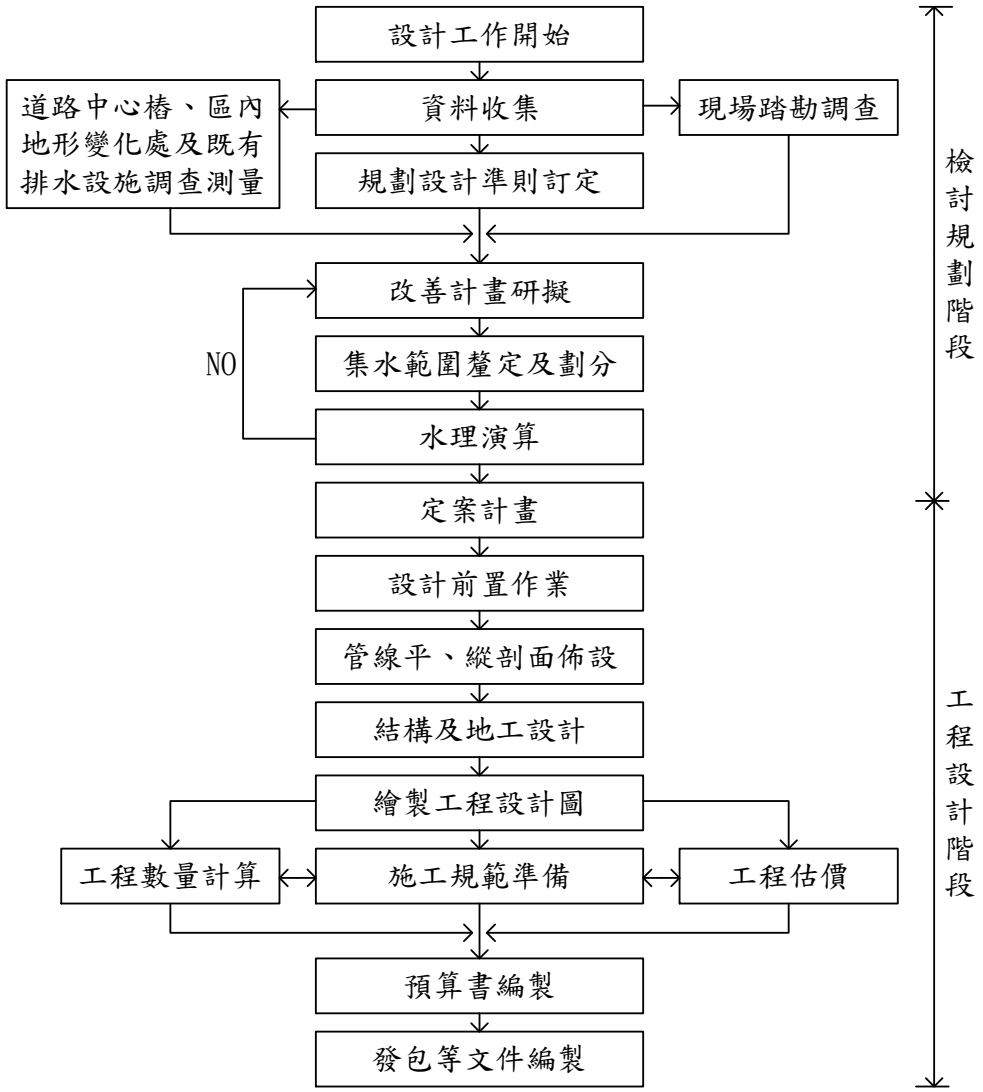


圖 2.1　設計流程圖

1. 資料收集

(1)集水區之自然環境、生態及社會環境等資料，作為規劃設計之基本資料。

(2)雨水下水道系統規劃報告、竣工圖說，以作為檢討規劃及設計之參考依據。

(3)承受水體等相關規劃報告，作為配合銜接或排放之規劃設計參考。

(4)地下埋設物資料調查(種類、位置、斷面尺寸、深度)，作為管線佈置參考。

2. 測量調查

(1)進行包括地形、既有排水設施(斷面尺寸、高程、流向)等測量調查工作。

(2)測量成果應換算為同一高程及座標控制基準。

(3)進行計畫區現場測量時，亦需檢測相關都市計畫等樁位。

3. 踏勘及訪查

(1)蒐集資料及測量調查後，應再赴現場踏勘相互比對印證，並確定集水範圍。

(2)踏勘調查地面逕流收集系統現況，如進水口、雨水井設置，是否影響進排水。

(3)藉由踏勘及訪查，確實掌握排水問題癥結及施工障礙，以利研擬最佳可行方案。

4. 規劃設計準則訂定

參考原規劃、下水道工程設施標準及規劃區環境特性，訂定規劃設計準則，以利規劃設計工作。

5. 改善計畫研擬

依收集資料及調查測量成果，並經探討排水問題癥結後，研提排水改善計畫系統。而改善計畫系統研擬，依下列原則辦理。

(1)依測量調查及現勘成果，釐清既有排水分區是否與規劃相符或需重新劃設。

(2)依地形地勢、維持既有排水流況，以重力流方式排放為基本原則。

(3)幹渠應儘量配置於集水範圍內之最低路徑。

(4)管渠系統規劃須充分考慮可利用之水頭，而以水力坡降不露出地面(集流範圍最遠處之側溝)為原則。

(5)為避免越往下游埋設越深，規劃設計水面線宜與地面坡度平行。

(6)管渠斷面、坡度之決定，應確保適當流速，俾免管渠發生沖蝕或沉澱。

(7)管渠佈置儘量避免遷移現有埋設物為原則，亦需考量交通等環境衝擊等因素。

(8)改善計畫系統，除增(擴)建下水道管渠外，亦應將滯洪調節設施納入考量。

6. 集水範圍釐定及劃分

依地形地勢、既有雨水下水道幹支線佈置及側溝流向調查，辦理集水範圍釐定及劃分。

7. 水理演算

依據集水區之氣象、水文等資料，進行水文分析檢討；並依研擬之排水改善計畫系統，進行水理分析演算。

8. 定案計畫研提

(1)依所研擬之排水改善計畫系統，進行水理演算，如可符合「規劃設計準則」所訂定之需求，即為定案計畫。

(2)定案計畫，應包括設計標的之工程內容及爾後配合計畫(或設施)之建議。

9. 設計前置作業

(1)係為辦理細部設計，所需取得更詳盡之補充收集資料及測量調查等工作，包括道路中心樁位與地籍圖等資料收集、以及銜接既有排水設施之詳細調查測量等工作。

(2)完成管線佈設初步計畫，並函送有關單位協助套繪地下管線資料或提供資

料。

(3)與各相關單位作好溝通協調，以利後續細部設計之進行。

10. 平面及縱剖面佈置

依定案計畫辦理平面及縱剖面佈置，應妥善設計與既有排水設施銜接，亦需考量後續工程之接入問題。而設計準則除依據定案計畫及下水道工程設施標準外，亦需注意下列事項：

(1)下水道管渠應佈設於既有道路或用地範圍內，為使廠商可於現場放樣施設，管渠設計路線應提供樁位座標及中心線幾何數據資料。

(2)管渠設計應有安全出水高度。

(3)渠道縱坡過陡，流速過高而有沖刷之虞時，應作坡度調整或設置消能設施。

11. 構造物設計

包括管渠構造物、附屬設施及施工中臨時措施等設計，而各排水構造物之結構設計，須考慮水理條件、地文特性、社會經濟條件、施工材料以及爾後維護管理等因素。

12. 設計圖說編製

設計圖說成果至少包括設計計算書(如結構計算、設備功能、地盤改良、水理計算、開挖擋土支撐計算等)、設計圖、數量計算書、施工規範(含特定條款或施工補充說明書)、工程預算書及發包文件等。為使雨水下水道系統圖製作成果之一致，爰訂定「雨水下水道系統圖標準格式」，此「標準格式」內容包括檔案資料建立及圖面輸出之作業規範，以使閱讀時更為清楚明確，亦有利於爾後圖檔資料之管理。各單位辦理雨水下水道系統規劃或檢討規劃))，其報告書所附之雨水下水道系統圖，包括「系統略圖」及「系統詳圖」以A3尺寸輸出格式呈現於報告書外，亦需提供「系統略圖(A1及A3尺寸」與「系統詳圖(A1及A3尺寸」之出圖圖檔。有關「雨水下水道系統圖標準格式」，請詳「雨水下水道系統規劃原則檢討(營建署民國109年) 」。另委託服務契約工作內容，如包含地理資訊系統資料建置工作，應符合「下水道GIS資料規範營建署」地理資訊資料建立相關規則詳細內容請參閱營建署資料庫資訊網站。

2.3 水文及水力分析原則

2.3.1 水文分析原則

水文分析需考量降雨強度公式選定、再現期選定、逕流係數選定及逕流量推估等項目。

解說：

1. 行政院公告「山坡地」之都市計畫區

都市計畫區如屬行政院公告之「山坡地」，其水文分析應參考「水土保持技術規範」規定辦理，茲摘述如次：

(1)降雨強度公式

降雨強度之推估值，依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第十六條規定，不得小於下列無因次降雨強度公式之推估值：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H\,log\,T)\frac{A}{(t+B)^C} \quad (2\text{-}1)$$

$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.094P}\right)^2 \quad (2\text{-}2)$$

$$A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31P}\right)^2 \quad (2\text{-}3)$$

$$B = 55 \quad (2\text{-}4)$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45P}\right)^2 \quad (2\text{-}5)$$

$$G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33P}\right)^2 \quad (2\text{-}6)$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.836P}\right)^2 \quad (2\text{-}7)$$

式中，T：重現期(年)

t：降雨延時或集流時間(分鐘)

I_t^T：重現期 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(mm/hr)

I_{60}^{25}：重現期 25 年，降雨延時 60 分鐘之降雨強度(mm/hr)

P：年平均降雨量(mm)

A、B、C、G、H：係數

上式P(年平均降雨量)，應採計畫區就近之氣象站資料。

(2)再現期之選定

依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第八十三條排水系統之設計洪水量原則如下：

1) 坡地農地內排水系統之設計洪水量，以重現期距十年之降雨強度計算。其他非農業使用以重現期距二十五年之降雨強度計算。
2) 排水設施之斷面應參酌泥砂含量加大斷面。
3) 開發區或構造物有被其上游逕流沖刷之虞者，宜在其上游處設置截水溝。
4) 排水設施避免設置在填土區上，否則應加強基礎之處理。
5) 排水設施縱坡度較大而有滑動之虞者，應設置止滑樁或截水牆。

(3)逕流量分析

依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第十七條洪峰流量之估算：有實測資料時，得採用單位歷線分析；面積在一千公頃以內者，無實測資料時，得採用合理化公式(RationalFormula)計算。合理化公式如下：

$$Q_p = \frac{1}{360} \times C \times I \times A \quad (2\text{-}8)$$

式中，Q_p為設計逕流量(cms)、C為逕流係數、I為降雨強度(mm/hr)、

A為集水面積(ha)。

(4)逕流係數推估

依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第十八條逕流係數C值得參考下表，但開發中之C值以1.0計算。

集水區狀況	陡峻山坡地	山嶺區	丘陵地或森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數	0.79~0.90	0.70~0.8.	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
開發整地區整地後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95~1.00

上述合理化公式之C值(逕流係數)，建議比較其第十八條規定及一般都市計畫區採用之C值(逕流係數)後，取大值辦理。

2. 一般都市計畫區

一般都市計畫區(非屬行政院公告山坡地)之雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)之水文分析原則，依雨量站選擇、降雨強度公式分析。再現期選定及雨型設計之流程辦理(請詳2.3.2～2.3.6)。

2.3.2 雨量站選擇

雨量站選擇應考量計畫區與雨量站之距離、地理條件、雨量站之紀錄年限、資料類型、紀錄頻率等因素。

解說：

都市雨水下水道系統集流時間絕大部分均在一小時內，故分析研究對象以短時間降雨為主，降雨資料需取自記雨量站記錄，可資研究分析資料之可靠記錄年數，不宜少於所用再現期之3～5倍，通常雨量站選用其記錄年數宜大於20年以上。目前可供選用之雨量站，包括交通部中央氣象局(以下簡稱中央氣象局)及經濟部水利署(以下簡稱水利署)，爾後辦理「規劃」及「檢討規劃」時，當需依規劃區之水文氣象特性，選用「鄰近」「規劃區」，且有長期雨量記錄之雨量站。

2.3.3 降雨型態分析

一般降雨情形可分為「短時間暴雨」與「長時間颱風雨」兩種，都市雨水下水道系統集流時間絕大部分均在一小時內，故分析研究對象以短時間降雨為主。

解說：

1. 降雨型態分類

一般降雨情形可分為「短時間暴雨」與「長時間颱風雨」兩種，前省住都局因其對雨水下水道設施之影響各異，而常於規劃報告規定如下：

(1)暴雨

降雨範圍小、時間短、惟降雨強度大，易造成市區局部積水，雨水下水道管渠之規劃設計，恆以「暴雨」為依據。

(2)颱風雨

降雨強度通常較「短時間暴雨」為小，但範圍廣、時間長，常造成外水位高漲而氾濫成災，因此堤後抽水站以「長時間颱風雨」為規劃設計之依據。

2. 檢討建議

考量部分低窪地區於暴雨時，即需藉抽水站抽排，因此建議有下列情形抽水站抽水量以暴雨強度公式計算。

(1)抽水站引水幹管集水區域內都市計畫所擬訂之最低地盤高程如低於出口河川平均高潮位或出口擬排入之幹渠計畫水位或河川常水位加上自該最低點至出口所需之水力坡降時。

(2)擬排入河川之洪峰到達該抽水點之時間短於三小時。

2.3.4 降雨強度分析

降雨強度分析宜依前住都局分析方式，採用短延時分析，採經驗次數法並以Horner公式建立降雨強度公式。

解說：

1. 降雨強度公式之型式

雨水下水道降雨強度公式，主要以採二參數之Talbot、Sherman及三參數之Horner等型式予以分析。而前省住都局早期係較常採Talbot及Sherman予以分析，並經檢驗比較其精確度後，擇定降雨強度公式之型式。三參數之Horner公式之c=1，即為Talbot公式；而Horner公式之b=0，即為Sherman公式。一般分析成果以Horner公式之精確度較高，因此水利署及中央氣象局均採Horner公式分析，爾後辦理降雨強度公式檢討分析，建議採三參數之Horner公式。

Talbot 降雨強度公式$I = \frac{A}{t+B}$ (2-9)

Sherman 降雨強度公式$I = \frac{A}{t^C}$ (2-10)

Horner 降雨強度公式$I = \frac{A}{(t+B)^C}$ (2-11)

式中I=降雨強度；a、b、c為常數；t=降雨延時(分鐘)

各單位在辦理雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，有關降雨強度公式分析方式或選用，大致上可分為(a)引用前省住都局所分析之公式或依前省住都局分析方式重新計算降雨強度公式(b)選用「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」所分析之成果或依其分析方式重新計算降雨強度公式。茲將前省住都局及水利署分析方式，說明如次。

2. 降雨延時資料收集方式

(1)前省住都局

前省住都局早期辦理降雨強度公式分析，考量雨水下水道集流時間絕大部份均在一小時內，因此分析研究對象以10、20、30、40、60、90、120分鐘等雨量記錄資料予以分析。至於其「短時間暴雨」與「長時間颱風雨」公式分析之差異，在於「長時間颱風雨」降雨強度公式，係擇歷年颱風期間之降雨資料為樣本，予以分析；而「短時間暴雨」降雨強度公式，則係以歷年來降雨資料，刪除颱風雨之降雨資料後，予以辦理分析。

(2)水利署

「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」，係配合中央氣象局可提供資料，降雨延時資料收集包括10、60、90、120、180、240、360、720、1080、1440分鐘共10種延時，予以分析。

水利署亦考量其為配合中央氣象局可提供資料，所分析之精確度，而以草嶺(2)測站為例，採10、20，30，40，60，90，120，180，240，360，720，1080及1440分鐘等13種延時，比較刪除10、20、30及40分鐘短延時，與刪除20、30及40分鐘短延時而保留10分鐘，分別建立公式之結果。而由對數皮爾遜三型理論分布所得50年再現期降雨強度之比較如圖3-1。由圖2-2顯示短延時僅採10分鐘，與含20、30及40分鐘短延時資料均納入分析時，所建立的降雨強度-延時Horner公式皆可密合(fitting)。

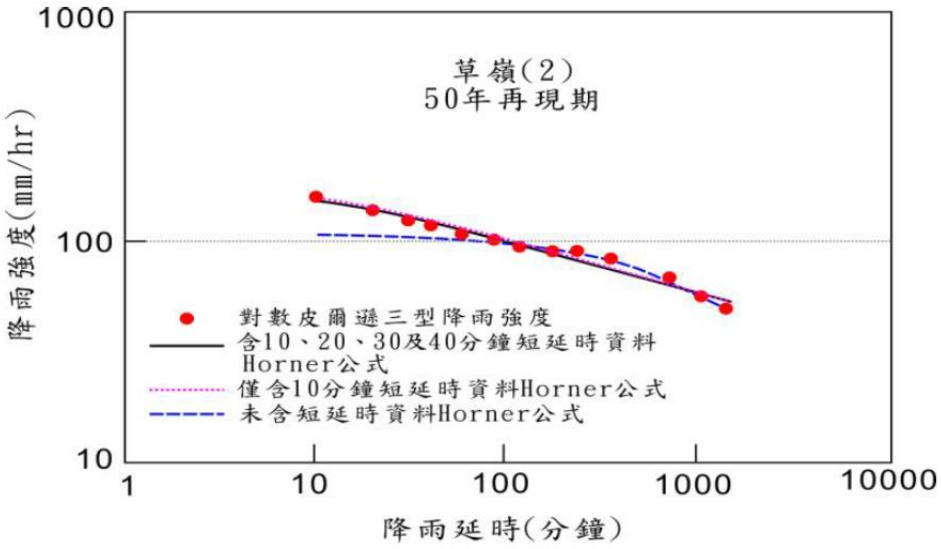


圖 2.2　延時取樣與分析成果比較圖

3. 資料攫取方式

分析資料之攫取，一般採「部分延時系列法(Partial-duration series)」，或採「年最大值系列法(Annual maximun series)」。前省住都局早期辦理降雨強度公式分析，均採「部分延時系列法」；而「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」及部分「雨水下水道系統檢討規劃」，則係採用「年最大值系列法」。「部分延時系列法」係降雨強度大於每一數值

均取樣分析，因資料筆數較多，分析資料費時；而「年最大值系列法」其各延時分析資料，攫取每年最大值，因此理論上，其短延時取自暴雨，而長延時取自颱風或豪大雨資料。依美國氣象局統計4,000個雨量站分析結果，二者之比值如表2-1，而由表2-1顯示採「部分延時系列法」資料攫取方式，所得之分析結果較為保守(依其計算之降雨強度較大)。

表 2.1 年最大值與部分延時系列法分析成果比值表

再現期(年)	年最大值系列法/部分延時系列法
2	0.88
5	0.96
10	0.99

4. 再現期分析

一般常採「經驗次數分析法」及「頻率分析法」，前省住都局早期辦理降雨強度公式分析，均採用「經驗次數分析法」，其由歷年資料各延時降雨強度發生次數予以分析；而「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」及部分「雨水下水道系統檢討規劃」，則係採用「頻率分析法」。「頻率分析法」有採二參數對數常態、三參數對數常態、皮爾遜三型、對數皮爾遜三型、極端值一型等分布等。「經驗次數分析法」係由歷年發生次數分析再現期，一般而言較為可靠，惟其所需分析資料之記錄年數不宜少於所用頻率之3倍至5倍，因此無法如「頻率分析法」推算較高再現期之降雨強度公式。

5. 分析方式探討

上述降雨資料選取及分析方法，分析結果之精確度各有不同，前省住都局辦理降雨強度公式分析，考量雨水下水道集流時間絕大部分均在一小時內，因此以10、20、30、40、60、90、120分鐘等雨量記錄資料予以分析，而分析資料攫取方式採「部分延時係列法」，再現期分析則係採「經驗次數法」。

而近年來，各單位辦理雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，其擇訂降雨強度公式情形說明如下。

(1)繼續沿用前省住都局早期所分析之降雨強度公式，如「台北縣汐止市配合基隆河治理計畫堤後排水及原有雨水下水道修訂報告(營建署89.11)」等。

(2)採前省住都局早期所分析之降雨強度公式，與「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」比較後，沿用前省住都局早期所分析之降雨強度公式，如草屯鎮雨水下水道系統檢討規劃(南投縣政府96年)等。

(3)重新收集資料，依前省住都局分析方式，重新辦理降雨強度公式分析，如台北縣新店市雨水下水道系統規劃報告(新店市公所91.11)等。

(4)重新收集資料，依水利署分析方式，辦理降雨強度公式分析，如土城市雨

水下水道系統重新檢討規劃報告(台北縣政府91.6)等。

(5)採用「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」：極端值一型之降雨強度公式，如高雄縣澄清湖特定區雨水下水道系統重新規劃報告(高雄縣政府96.8)等。

(6)經比較後選用「水文設計應用手冊(水利署90.12)」所分析之公式，如高雄縣大寮鄉雨水下水道重新檢討規劃報告(高雄縣政府95.6)。

(7)採用「台灣地區(北區)降雨量強度之評估(內政部91年)」之分析成果，如宜蘭縣羅東地區雨水下水道系統(重新檢討)規劃報告(營建署93.8)等。

(8)引用水利署規劃報告之公式，如高雄縣梓官鄉蚵仔寮近海漁港特定區雨水下水道系統規劃(高雄縣政府98.9)。

由上述說明目前降雨強度公式選用，未能有一致之標準，亟需統一整合辦理降雨強度公式重新分析。

6. 降雨強度比較

依上述，各單位辦理雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，有關降雨強度公式分析方式或選用，未能有一致之標準，乃先就各單位採用公式之降雨強度，作一比較並說明如下：

(1)前省住都局早年分析公式

目前辦理規劃(或檢討規劃)仍有沿用前省住都局早年分析之降雨強度公式，由於其所分析之資料年代久遠，而近年來溫室效應造成全球氣候異常現象，早年規劃所採用之降雨強度公式，是否滿足目前之降雨型態之所需，做一檢討比較。

(2)近期依前省住都局分析方式之成果

調查近年來各單位辦理雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)，重新依前省住都局分析方式，與「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署92.2)」之降雨強度公式作一比較。

(3)各單位以不同分析方式成果

以近年來新北市地區辦理重新檢討規劃案件為例，包括淡水鎮都市計畫及淡水(竹圍地區)都市計畫區雨水下水道系統調查報告(前台北縣政府95年1月)、土城市雨水下水道系統重新檢討規劃報告(前台北縣政府91年11月)以及中和市、永和市(重新檢討)雨水下水道系統規劃報告等(營建署91年5月)，台北縣新店市雨水下水道系統規劃報告(前新店市公所91年11月)，臺北縣蘆洲市鴨母港溝整治工程設計及監造委託技術服務(營建署95年12月)，均係收集中正橋雨量站資料，重新分析降雨強度公式。

(4)不同降雨強度公式型式分析

另查前臺北縣蘆洲市鴨母港溝整治工程設計及監造案，搜集民國67年～94年台北中正橋雨量站資料，採Sherman、Tablot及Horner型公式，依前省住都局分析方式，予以分析暴雨強度公式比較，以Horner型公式為最高，因此在公式選用方面，採用Horner型公式之分析成果。

7. 分析原則說明

早期自記雨量站較少，且分佈各地區不密集或與規劃地區較遠，因此早期規劃有採取普通與自記雨量站情形；而近年來各單位辦理「規劃」或「檢討規劃」採用之降雨強度公式混淆不一。為因應近年來溫室效應造成全球氣候異常現象，降雨強度公式應重新檢討，茲說明如次。

辦理降雨強度公式分析，應依「規劃區」之水文氣象特性，選用「鄰近」水文氣象條件相似，且有長期雨量記錄之自記雨量站。

如相關雨量資料無法取得時，則以「台灣地區雨量測站降雨強度－延時Horner公式分析(水利署)」成果，擇其鄰近「規劃區」之降雨強度公式，與前省住都局所分析之公式作一比較，而擇降雨強度大之公式為規劃依據。

未來建議依最新雨水下水道檢討成果，採Horner公式之降雨強度公式。

2.3.5 雨型設計方法

雨型設計方法應採短延時雨型分析，即其時間刻度(或時距)應不大於十分鐘。

解說：

排水工程以單位歷線法或降雨-逕流模式推算設計流量時，常需要有一場假設之降雨作為基本資料，俾便據以推估流量歷線，該場假設降雨即是設計雨型(Design hyetograph，或稱暴雨歷程線、合成雨型)。設計降雨代表某種再現期與設計延時狀況下之虛擬降雨，是由設計降雨深度(design depth)、設計雨型(design hyetograph)兩部分所組成，設計雨型之求算方法，因排水工程性質之不同而異。

1. 前省住都局

前省住都局採合理化計算逕流量，其中C值之推算，考量地層含水率愈高，滲透率愈低，故逕流係數隨著降雨延時之增加而增加，因此需先分析暴雨歷程線。其最常採用降雨強度公式法(亦有少部分採數場暴雨資料分析)，再依最大降雨發生時間、順序排列而成。在分析上，其係考量台灣地區暴雨歷線之延時為90分，而最大降雨發生時間在降雨開始後第30分鐘，其次再依右、左(或左、右)順序予以排列而成。

目前辦理「雨水下水道系統檢討規劃」採SWMM水理模式演算，各單位有關暴雨歷程線，有採降雨強度公式之設計雨型，亦有採序率馬可夫(SSGM)設計雨型，再依合理化公式假設，推求整個逕流歷線，其歷線依序分為上升、尖峰及哀退三部分。

2. 水利署

現階段水利署辦理區域排水(不含河川)規劃，係採用民國101年修正之「水文分析報告審查作業須知」所規範之分析方法，確保分析報告品質。其雨型設計之考量重點如下：

(1)一般採用同位序平均法為原則，配合設計延時，挑選歷年暴雨事件中最大3、6、12、24或48小時之時雨量記錄(須包含流域內之歷史重大水文事件或

致災之暴雨、颱洪場次)，並繪製累積雨量曲線圖，挑選至少六場峰值百分比較大之暴雨，以其位序百分比經平均後之重新分配結果作為設計雨型。

(2)集流時間3小時以下之集水區得採用降雨強度-延時-頻率公式分析，設計時以挑選集水區內或鄰近區域測站近年更新之Horner公式為主，若缺乏Horner公式得採用物部公式或其他方法進行之，惟應敘明其分析方法。

(3)雨型時間刻度得視集流時間予以調整，集流時間3小時以下者，其刻度以不超過0.5小時為原則。

(4)雨型設計一般採最大位序百分比置於中央為原則，惟亦可利用暴雨前進係數決定其尖峰位置(暴雨前進係數之決定，係依歷次暴雨尖峰發生時間佔總降雨延時比例之統計結果而定)。

(5)雨型分析成果應與相關文獻報告等結果進行檢討比較，必要時亦得利用流域內歷史重大水文事件或致災暴雨之實際雨型，作為探討設計雨型妥適性之比較依據。

3. 檢討說明

一場降雨之特性有三，一為降雨時間(或稱降雨延時)之長短，二為總降雨量之多寡，三為降雨量之分佈(亦即降雨強度)，因此在實際之降雨資料中，甚難覓得兩場完全相同之降雨，任意兩場之降雨其降雨時間可能就不相同，即使降雨時間相同，總降雨量也許不同，即使降雨時間及總降雨量兩者皆相同，其降雨量之分佈也不太可能相同。惟在逕流模式推算設計流量，常需要有一個虛擬降雨作為基本資料，俾便據以推估流量歷線。

目前各單位辦理SWMM水理模式演算，大多以降雨強度公式或序率馬可夫(SSGM)法來設計雨型，均屬可行，惟應採短延時雨型分析，即其時間刻度(或時距)應不大於十分鐘。

2.3.6 水力計算原則

依「下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正發布)」第三條第二項規定，管渠之水力計算，採曼寧(Manning)公式或庫特(Kutter)公式。

解說：

1. 水力計算公式

依「下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正發布)」第三條第二項規定，管渠之水力計算，採曼寧(Manning)公式或庫特(Kutter)公式，其公式如下：

曼寧公式

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \tag{2-12}$$

庫特公式

$$V = \frac{23+\frac{1}{n}+\frac{0.00155}{S}}{1+(23+\frac{0.00155}{S})\frac{n}{\sqrt{R}}} \times \sqrt{RS} \tag{2-13}$$

式中：

V=流速(m/sec)

n =管渠粗糙係數

R =水力半徑(通水面積 m^2/潤周 m)

S =水力坡降

而前省住都局辦理雨水下水道系統規劃大多採曼寧公式，以雨水下水道系統規劃採重力流方式，應屬洽當。惟辦理都市雨水下水道系統現況檢討，乃係依雨水下水道建設之實際情況，在計畫逕流量下，檢討下水道系統現況之功能是否建全。而既有下水道管渠往往由於施工品質不良或牽就現況及施工條件，管渠接合無法順暢，完成之管渠坡度及尺寸，無法與當初規劃設計一致。因此既有幹支線輸水能力之檢討，常已超出一般採用曼寧公式或庫特公式之使用範圍，而需採用如SWMM等套裝模式予以演算檢討。而目前國內使用於下水道動態水理模擬之SWMM軟體，多達數種(計算核心均採用不同版本EPA-SWMM)，考量數值分析模式應具備易於取得、計算穩定、流通性高等特點，建議採用EPA所開發的免費軟體SWMM 5.0以上版本進行建置(2005年之後版本)，以利後續各單位之整合應用與資料流通。

考量以往應用SWMM進行雨水下水道模擬時，僅考慮下水道水流傳輸過程，當超過下水道設計流量，而產生側溝或人孔溢流時，溢流水量將沿著街道漫流；此外，街道側溝亦是重要排水系統，當側溝排水不足以疏排瞬間暴雨，將造成街道溢淹情況，此部分亦無法僅以單純的雨水下水道模式模擬之。因此為適切掌握都市逕流特性，應以SWMM軟體(5.0以上版本)建立雨水下水道系統、街道水流系統(含街道斷面及側溝)、區域排水系統、水工構造物等水利設施，以建置完整的「複合型都市排水系統」，藉此模擬人孔或側溝溢淹後水流漫流情況。

為建置完整的「複合型都市排水系統」，針對SWMM模式建置範圍及原則、模式建置作業說明、成果繳交、檢核行政流程，以及水理檢核內容等，詳如「複合型都市排水系統模式建置說明書」所述。(複合型都市排水系統模式建置說明書，請至「內政部營建署下水道資訊入口網-檔案下載區」下載參閱)。

2. 集流時間

雨水下水道系統集流時間=「流入時間(降於房舍或地面之雨水流入下水道管渠之時間)」+「管內流下時間(管渠長度÷流速)」。

都市計畫區之流入時間一般「流入時間」規定如下：

A.側溝及雨水井：採用5分鐘至10分鐘。

B.雨水下水道幹支線系統：採用10分鐘至15分鐘。

C.地下道採用：5分鐘。

外圍集水區如為山坡地，屬人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙係數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；如屬天然河段可採用加州公路局公式、Rziha(芮哈)公式或周文德公式估算集流時間之公式另外圍集

水區如屬經林地及草地漫地流之流入時間，參考「公路排水設計規範」，由流經距離除以流速0.3m/sec計算；或參考「水土保持技術規範」漫地流流速以0.3～0.6m/sec計算之(註：漫地流流動長度之估算，在開發坡面不得大於100公尺，在集水區不得大於300公尺)。

3. 逕流係數

一般逕流係數各土地使用分區逕流係數範圍值如表2.2，應依規劃區特性計算選用。颱風雨降雨延時長，導致地表含水量均已飽和，因此地表逕流係數採用0.9以上。集水區包含不同土地類型(土地使用類別可參考表2.3)時，應採加權平均方式計算地表逕流係數。

表2.2　逕流係數表

使用區別	逕流係數 範圍值	平均逕流係數
商業區	0.70~0.93	0.83
住宅區	0.66~0.89	0.79
工業區	0.56~0.78	0.67
機關學校	0.50~0.72	0.61
公園、綠地	0.46~0.67	0.56
農業區	0.30~0.50	0.38
山區(平原)	0.55~0.75	0.60
山區(陡坡)	0.75~0.90	0.83
混凝土及瀝青路面	0.85~0.95	0.90
颱風雨	0.90~0.95	0.93

表2.3　各土地使用分區分類表

項目	土地使用分區種類
商 業 區	商業區、市場、加油站、停車場
住 宅 區	住宅區
工 業 區	工業區、變電所、污水廠
機 關 學 校	機關、學校、宗教專用區
公 園、綠 地	公園、綠地、兒童遊樂場、室外運動場
農 業 區	農業區
山 區	山區、保護區

4. 加權平均計算方式

假設地表逕流流經土地使用項目A：面積A1、地表逕流係數C1及土地使用項目B：面積A2、地表逕流係數C2，加權平均之地表逕流為

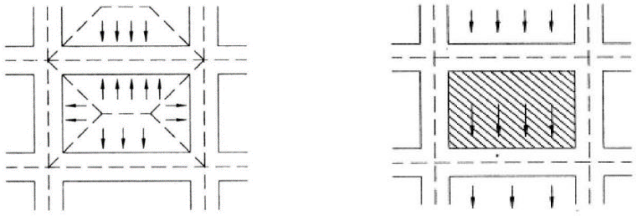
$$C = \frac{C1 \times A1 + C2 \times A2}{A1 + A2} \tag{2-14}$$

5. 集水分區劃分方式

都市計畫區內集水面積劃分方式，現行做法係先行取得內政部數值高程

模型資料，透過ArcGIS外掛套件依地表地形變化，進行子集水區初步劃分，再套疊計畫區內各河川排水及下水道分布圖資，以及國土測繪中心通用之電子地圖，依據排水系統實際分布及流向，沿圳路、道路之高崁處，修正與細分子集水區並計算其面積。

市區街廓範圍則採用內政部「市區道路及附屬工程設計規範」中之「集水面積劃分法」進行集水面積劃分，如圖2.3，如地面平坦，可採用圖中左側之劃分原則，如坡度較陡之區域則視情況採用右側之劃分原則，輔以側溝流向，評估劃分方式以符合實際。



地面平坦時劃分法　　地面坡度較大(1%以上)劃分法

圖 2.3　都市計畫區內集水面積劃分法

2.3.7 水力計算方法

新規劃地區，應採用曼寧公式或庫特公式，計算符合重力流之排水管渠斷面。現況街道水流系統、已竣工之排水系統應建置SWMM水理模式，並以現況實際淹水場次進行模擬說明，作為模式是否可正確反映計畫區水理情況之依據。

解說：

辦理新規劃地區檢討之目的，需針對新規劃地區排水問題癥結研析與輸水能力進行檢討，並佈設完整且符合設計原則保護標準之雨水下水道系統；而辦理檢討規劃地區之目的，在於探討規劃區建設雨水下水道系統是否仍可依原規劃排水系統繼續施作，或需研擬改善方案對策。考量各種排水系統模擬建置情況，可分別說明如下：

排水現況模擬系統

應針對現況街道水流系統、已竣工之排水系統(已施設管渠-依既有排水設施調查及測量成果)建置SWMM水理模式，並以現況實際淹水場次進行模擬說明，作為模式是否可正確反映計畫區水理情況之依據。

改善方案排水模擬系統

依據前述模擬結果，納入「已施設管渠-依既有排水設施調查及測量成果」，考量「尚未依原規劃施設管渠」可行性，研擬提出改善方案對策，並依實際分析所需為原則，建立改善規劃方案排水模擬系統模式，以進行水理模式確認。

1. 新規劃地區

辦理新規劃地區，應採用曼寧(Manning)公式或庫特(Kutter)公式，計算符合重力流之排水管渠斷面。於研擬系統計畫之前，應針對「排水現況模擬系

統」(包含街道水流系統、已竣工之排水系統)建置SWMM模式，蒐集近5年具代表性淹水場次進行模擬與說明，以作為SWMM模式是否可以正確反映規劃地區水理情況之依據。當此現況排水系統確認可正確模擬規劃區水理情況後，並據以進行排水問題癥結研析與輸水能力之檢討。之後依據系統計畫所需，提出之規劃改善方案，採用SWMM模式進行「改善方案排水模擬系統」水理模擬，以作為新規劃區幹線輸水能力之評估參考。如無淹水紀錄，則利用現地調查資料、雨量、水位監測紀錄資料，進行雨水下水道水位模擬與驗証。

2. 檢討規劃地區

檢討規劃地區仍應採曼寧(Manning)公式或庫特(Kutter)公式計算，並針對「排水現況模擬系統」(包含街道水流系統、已竣工之排水系統)建置SWMM模式，依前節分析方式納入淹水事件或相關資訊予以比對、驗證，以及研析說明。

經SWMM模式演算有造成冒孔之管段而需改建時，其尺寸規劃建議以滿足曼寧(Manning)公式或庫特(Kutter)公式計算所需之排水斷面為準。

3. 行政院公告山坡地之都市計畫區

依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第八十四條規定，坡地排水渠流之平均流速得採用曼寧公式計算，如屬行政院公告山坡地之都市計畫區，當需從其規定。

2.3.8 管渠粗糙係數及流速限制

下水道工程受限於地下管線、道路開發等因素，難以同時全面大規模整建。為了消除局部低窪地區之局部積、淹水情形，可採用零星工程，採局部管線加大等措施，以消除常態性積、淹水現象。

解說：

1. 管渠粗糙係數

(1)暗渠及U型側溝

暗渠及U型側溝粗糙係數,原則上依前省住都局辦理雨水下水道系統規劃，所訂定之準則辦理，請詳表2.4。

表2.4　管渠粗糙係數表

管渠類別	粗糙係數n值
鋼筋混凝土管D>60公分	0.013
鋼筋混凝土管D≦60公分	0.015
矩形箱涵	0.015
梯型RC明溝	0.015
梯型漿砌卵石明溝	0.025
U型側溝	0.016
明　溝	0.014~0.040

(2)明溝

由於早年前省住都局大多採漿砌卵石明溝及RC明溝規劃設計，因此僅分別訂定其粗糙係數n值為0.025及0.015二種。而目前常採多樣化構材，或不規則斷面設計，而需依選用不同渠道材料之n值，以不規則斷面潤邊之材料n值，計算其複合粗造係數。

各種渠道材料n值範圍及平均值，調查整理如表2.5及表2.6。

表2.5　渠道之粗糙係數及最大容許平均流速

渠道材質				最大容許平均流速(m/s)		曼寧公式採用 n 值	備註
渠底		側坡		V(常流量)	V(計畫流量)		
土質	砂土	土質	砂土	0.5	1.0	0.030~0.026	渠底側坡土質
	壤土		壤土	0.8	1.5		
	黏土		黏土	1.2	2.0		
土質(含砂礫土)		混凝土砌塊石		2.0	3.0	0.021~0.029	渠底土質、側坡混凝土砌塊石
		混凝土砌塊石		2.5	4.0	0.015~0.029	渠底土質、側坡混凝土坡面工
混凝土		混凝土坡面工		4.0	6.0	0.014~0.017	渠底、側坡混凝土工
混凝土		混凝土		4.0	6.0	0.014~0.017	渠底、側坡混凝土工

資料來源：水利署水規所 87 年 3 月「區域排水規劃」講義

表2.6　渠道粗糙係數值

渠　道　狀　況	粗　糙　係　數
平整混凝土面	0.014～0.016
未粉飾混凝土面	0.017～0.020
噴漿面	0.020～0.025
混凝土砌卵石側牆(混凝土打底)	0.025～0.030
混凝土砌卵石側牆(天然渠底)	0.027～0.030
乾砌卵石	0.030～0.035
乾砌塊石	0.032～0.035
水泥砂漿砌磚	0.015～0.018
平滑瀝青面	0.014～0.015
粗糙瀝青面	0.017～0.018
清潔土渠	0.020～0.025
短草土渠	0.027～0.033
密生水草高及水面土渠	0.080～0.120
密生灌木高及水面土渠	0.100～0.140
均勻岩面	0.030～0.040
不規則岩石面	0.040～0.050
內面光滑混凝土管	0.013～0.014
排水瓦管	0.017～0.018

而如明溝採複式等不規則斷面規劃設計，則應採複合粗糙係數方式計算。一般明渠潤邊之粗糙度不一，可採下列公式計算：

$$\text{等值粗糙係數} n_e = \left[\frac{1}{\sum p_e}(p_1 n_1^{1/\alpha} + p_2 n_2^{1/\alpha} + ...)\right]^{\alpha} \quad (2\text{-}15)$$

(A)Manning　$\alpha = 2/3$

$$n_e = \left[\frac{1}{\sum p_e} p_1 n_1^{1.5} + p_2 n_2^{1.5} + ...)\right]^{2/3} \quad (2\text{-}16)$$

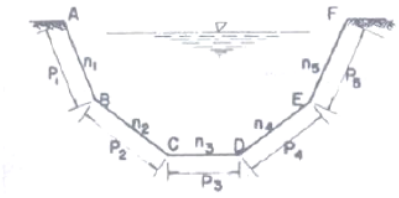
(B)何爾，海馬(Forchheimers)　$\alpha = 0.7$

$$n_e = \left[\frac{1}{\sum p_e}^{10/7} + p_2 n_2^{10/7} + ...)\right]^{7/10} \quad (2\text{-}17)$$

(C)近似式

$$n_e = \frac{1}{\sum p_e}(p_1 n_1 + p_2 n_2 + ...) \quad (2\text{-}18)$$

部份	粗糙係數	潤邊長
AB	n_1	p_1
BC	n_2	p_2
CD	n_3	p_3
DE	n_4	p_4
EF	n_5	p_5
全潤邊	n_e	$\Sigma\ p_e$



2. 流速限制

前省住都局辦理雨水下水道系統規劃，流速限制並無一致之標準，其最小有0.75m/sec，最大則有達4.00m/sec。「規劃」管渠及「檢討規劃」後續需施設管渠，應參照「下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正發布)」第三條第三項規定為0.8m/sec～3.0m/sec。

而如都市計畫區屬行政院公告之山坡地，其最大容許流速依「水土保持技術規範(水保局109.03.03)」第八十五條規定：坡地排水之平均流速，應小於最大容許流速。超過其最大容許流速者，應於適當位置，設置消能設施。其常流水之最大容許流速如表2.7選定之

表 2.7　坡地排水之最大容許流速建議值

土　　質	最大安全流速 (m/sec)	土　　質	最大安全流速 (m/sec)
純細砂	0.23-0.30	平常礫土	1.23-1.52
不緻密之細砂	0.30-0.46	全面密草生	1.50-2.50
粗石及細砂石土	0.46-0.61	粗礫、石礫及砂礫	1.52-1.83
平常砂土	0.61-0.76	礫岩、硬土層、軟質、水成岩	1.83-2.44
砂質壤土	0.76-0.84	硬岩	3.05-4.57
堅壤土及粘質壤土	0.91-1.14	混凝土	4.57-6.10

無常流水之最大容許流速可提高如下：

(1)混凝土或混凝土砌塊石：最大容許流速為6.1m/sec。

(2)鋼筋混凝土：採最大容許流速為12m/sec。可依混凝土抗壓強度比例調整最大容許流速。

上述山坡地最大容許流速，較「下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正發布)」規定寬鬆，建議在狀況條件許可下，以符合「下水道工程設施標準」規定為佳。

2.3.9 下游排水出口水位設定原則

雨水下水道(檢討)規劃區排水出口至河道(或區排)之空間關係如圖 2.4 所示，針對「設計流量」及「實際暴雨場次」，排水出口之水位歷線設定方法應有所不同。

下游河道(或區排)

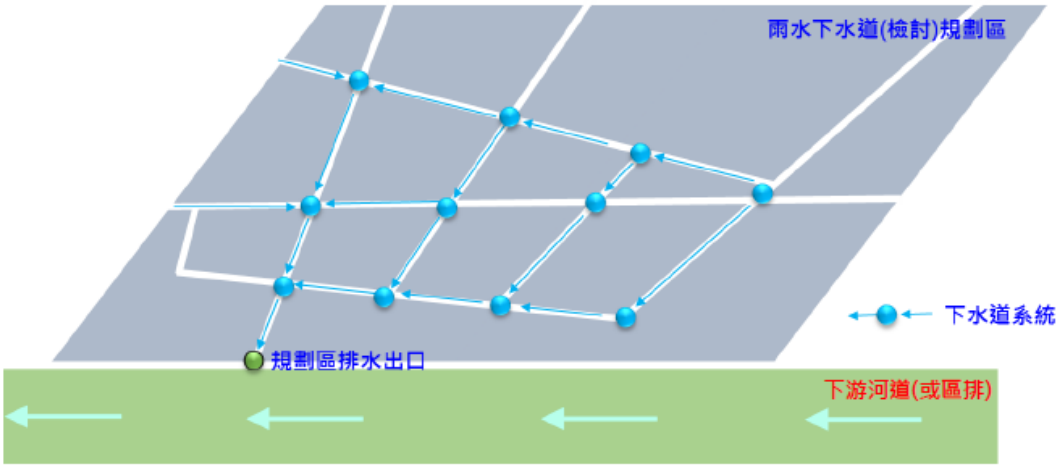


圖2.4　規劃區排水出口與下游河道(或區排)

1. 設計流量水位設定

出口水位釐訂即為下游邊界條件，雨水下水道排水幹線出口水位之設訂，如無設置抽水站，則排水出口(起算)水位，以排入位置點的河道(或區排)

之保護標準下「計畫洪水位」設定之；如直接排放海洋者則採7～10 月大潮平均高潮位；若下游承受水體無計畫洪水位，則應視實際情況進行合理條件之設定。續依上述出口(起算)水位，辦理水理演算。

2. 實際暴雨場次水位歷線設定

SWMM模式實際暴雨場次演算時，雨水下水道排水幹線出口水位歷線的設定，原則上應以下水道水流排入位置點實測河道(或區排)水位紀錄為下游邊界條件；若無該位置點之實測水位紀錄，則應採用水文模式及水理模式分析該位置點的河道(或區排)水位歷線；若下水道水流排入位置點的河道(或區排)上游集水面積過大，分析過程甚為繁瑣，則可以下簡化方式處理：

(1)首先考慮下游邊界條件為正常水深時，應用SWMM模式分析規劃區排水出口之流量歷線(如圖2.5左側)。

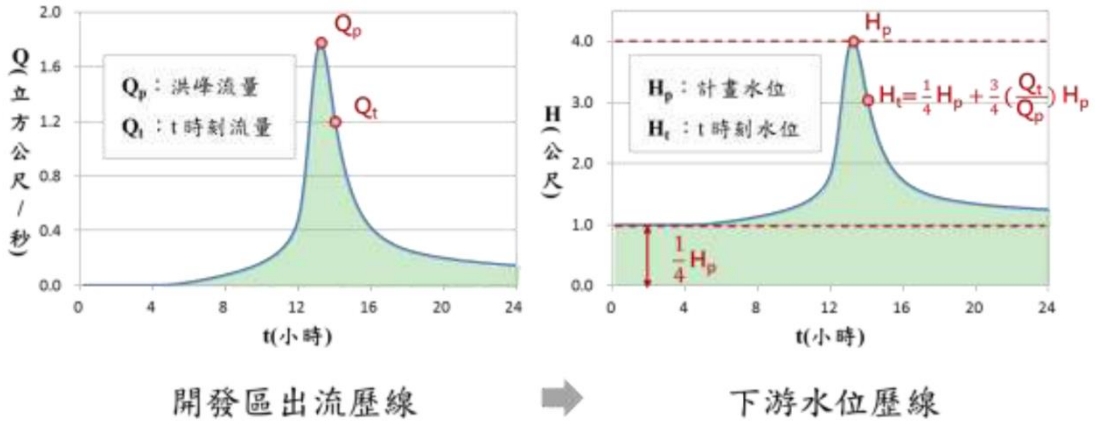
(2)分析規劃區雨水下水道排水區域之最大集流時間Tc；

(3)分析該場暴雨尖峰時刻於Tc時間內之累積最大降雨量R，再藉由Tc與R對應規劃區之對應規劃區之降雨強度-延時-頻率公式，求得該場暴雨之重現期T；

(4)分析下水道水流排入位置點的河道(或區排)所相對應重現期T之計畫水深HT；

(5)參考水利署「出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法」(經濟部,108.2.1.)第9條之規定，以10分鐘為計算時間間距，設定排水出口最高外水位為計畫水深HT，最低水深為該計畫水深HT的1/4，並以步驟(1)計算而得之規劃區排水出口之流量歷線中各時段流量值之百分比，依據上述最高及最低水深為基礎，將規劃區出流歷線轉換下游外水位歷線，計算示意圖如圖2.5右側所示。

(6)以步驟(5)所推求之外水位歷線為(檢討)規劃區之下游邊界條件，重新進行複合型都市排水系統水理演算。



資料來源：「出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法」經濟部(108.2.1)

圖2.5　下游排水邊界水位歷線設計原則示意圖

2.4 雨水下水道系統規劃原則

2.4.1 下水道系統規劃設計準則

辦理都市雨水下水道設計工作，應依其「規劃報告」，辦理設計工作，需先檢討環境發展差異，並依最新頒布之「下水道工程設施標準」，辦理雨水下水道系統檢討規劃工作。

解說：

辦理都市雨水下水道設計工作，原則上應依其「規劃報告」，惟因氣候變遷及都市發展環境現況與「原規劃」當時有所差異，且早期之「規劃報告」並無一致之規劃設計準則。因此辦理設計工作，需先檢討環境發展差異，並依最新頒布之「下水道工程設施標準」，辦理雨水下水道系統檢討規劃工作，以利設計符合目前環境現況及設施標準需求。

而考量改善易淹水地區排水問題之急迫性，建議以該設計標的相關之排水分區為檢討範圍，並經檢討後提出改善計畫，包括本設計標的內容及爾後配合計畫(或設施)之建議。

2.4.2 下水道系統底圖製作

應依營建署「雨水下水道系統規劃原則檢討(營建署民國109年)」供告知繪圖格式及標準繪製。

解說：

1. 應採最新頒布實施之都市計畫圖，而為正確利用電腦軟體(Auto CAD)量測排水分區之面積，宜採用數值檔。
2. 面積量測時，應依都市計畫圖檔之土地使用分區界線，及小排水分區界線，依各地使用分區類別，分別量測計算。
3. 雨水下水道系統圖製作標準格式，請另詳「雨水下水道系統規劃原則檢討(營建署民國109年)」第六章。

2.4.3 下水道系統配置原則

雨水下水道設計原則應依「下水道工程設施標準」辦理。

解說：

1. 管渠接合

下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正) 第六條第一項第一款規定：管渠之管徑變化或二支以上管渠匯合時，以設計水位或管渠頂部內緣齊平相交接合。依上述規定，採「設計水位」接合者，管涵內設計水深通常採0.8倍D(管徑)或1.0倍D(管徑)，而箱涵則採0.9H(淨高)，計算管渠設計水位接合。

2. 人孔最大間距

雨水下水道系統規劃報告，常未規定人孔設置之最大間距，其系統詳圖

常為計算方便，以一街廓為一節點(人孔)，中間人孔亦無顯示，其規劃節點(人孔)間距常超過規定。設計時需依下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正)第八條第二項規定辦理。其管渠直線部分，人孔設置之最大間距規定如表2.8。

表 2.8　人孔設置之最大間距表

862	箱涵最小淨寬(mm)	最大間隔(m)
600 以下	1200 以下	100
超過 600，1200 以下	超過 1200，2000 以下	150
超過 1200	超過 2000	200

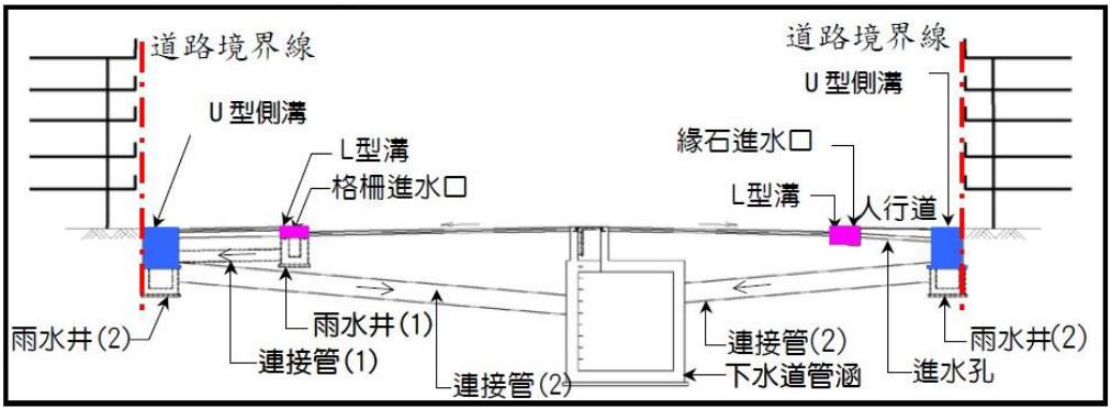
3. 最小尺寸

(1)管涵

依雨水下水道設計指南(營建署民國 109 年)雨水下水道工程設計規定，雨水下水道幹支線，最小管徑建議採 800mm(含)以上；而銜接 U 型側溝之連接管(下水道工程設施標準所稱合流管渠)之最小管徑為 500mm；銜接 L 型溝之連接管最小管徑為 300mm，如圖 2.6 之連接管(1)。然若因條件特殊，在無礙排水能力條件下，管渠斷面得不限於此規定。

(2)箱涵

前省住都局辦理雨水下水道系統規劃，箱涵最小尺寸並無一致之標準。規劃時，應依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正) 」第四條第三項第二款規定辦理。



資料來源：雨水下水道設計指南(營建署99.7)

圖 2.6　地面逕流收集系統配置示意圖

4. 覆土深度

前省住都局辦理雨水下水道系統規劃，覆土深度沒有一致之標準，宜依下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正) 第五條第二項規定辦理：

(1)第一款規定：

1) 圓形管覆土深度應在 75cm 以上

2) 鋼筋混凝土管應在 50cm 以上

3) 因地形限制，覆土深度不足時應予以補強

(2)第二款規定：箱涵無最小覆土深度限制

上述第二款，箱涵雖無最小覆土深度之限制，惟規劃時仍應考量 AC 鋪面、箱涵頂板及人孔蓋之厚度，避免施工後箱涵高於路面高程。

5. 出水高度

出水高依下列規定辦理：

(1)箱涵：以設計水深 10%計

(2)管涵：採設計水深 20%計

(3)明溝：梯形、U 型明溝其設計水深小於 1.0m 者，以 30cm 計；設計水深大於 1.0m 者，以設計水深 20%計，且不得小於 30cm。

6. 倒虹吸管

倒虹吸管因易阻塞維護清理不易，原則上避免採用，而如需穿越無法遷移之構造物時，必須設置倒虹吸管，則倒虹吸管規劃設計，依「下水道工程設施標準(營建署98.11.27修正) 」第七條規定辦理，亦可參酌下列各點：

(1)倒虹吸管需傾向下游設置適當之坡度，管內流速應大於其上游管渠內之流速 20%~30%，且最小流速應大於 0.9 m/sec。

(2)應為兩平行管。

(3)倒虹吸管出入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)為防止地盤之不均勻沉陷，必須配合地盤承載強度施設牢固之基礎。

(6)倒虹吸管之水頭損失以下式，計算之。(詳參閱圖 2.7)

$$H = \left(f_e + f_0 + f \cdot \frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2g} + \alpha \qquad (2\text{-}19)$$

式中：

V：倒虹吸管之流速

H：倒虹吸管之總水頭損失(m)

L：倒虹吸管之長度(m)

D：倒虹吸管之管徑(m)

g：重力加速度 9.8 m/sec2

α：餘裕量(以 10 公分為原則)

fe：入口之摩擦係數

fo：出口之摩擦係數

f：採用管徑大小為基準之摩擦係數

但 fe=0.5，fo=1.0

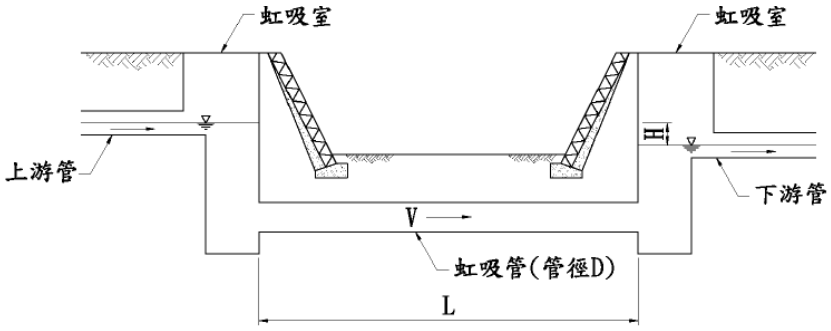


圖 2.7　倒虹吸管示意圖

7. 壓力涵管設置原則

雨水下水道涵管以採重力流為規劃原則，而如部分管段採壓力涵管規劃設計，其設置原則說明如下：

(1)管內流速最小不低於 1.0m/sec，最大不得大於 3.0m/sec。

(2)涵管基礎均勻壓實，至能承載涵管為準，最小覆土深度 1m 以上。

(3)為清理維護而需設置人孔，應避免外水位高漲時造成冒孔，需採密閉式人孔。

(4)壓力涵管之人孔蓋，如採沒入地面下敷設，應裝置 GPS 設施。

(5)壓力涵管路段係屬封閉式，地面逕流收集系統不得接入，以避免外水位高漲時，倒灌流入堤內並經由地面逕流收集系統漫溢地面。

(6)一般涵管均可承受此內壓，惟亦應注意接合之水密性。

8. 出口水位釐訂

(1)早期釐訂標準

前省住都局早年規劃雨水下水道系統時，計畫排放之區域排水體系，有因「尚未規劃整治」、或因區域排水體系「重新檢討規劃」，造成外水位等狀況與當初雨水下水道系統規劃之條件不同。颱風暴雨來襲，造成外水頂托而導致堤內逕流無法排放，亦係目前都市淹水主要原因之一。

早期「台灣省下水道工程設計標準(前省住都局 86.9)」第六條第六項規定：重力排水之計畫放流口水位應高於河川計畫洪水位或大潮平均高潮位。上述「計畫放流口水位」，應係指「排水幹線出口設計水位」。

而前省住都局在管渠水力計算上，排水幹線出口設計水位高於外水位，以曼寧公式計算；而如低於外水位，則採標準步推法，以計畫外水位為起算水位，往上游逐段計算至呈重力流管段(以上不受外水迴水影響管段，則採曼寧公式計算)，計算過程中採反覆放大排水斷面尺寸，以減少水頭損失，避免水面能量線超出地面而造成冒孔情形，而如因地勢低窪無法以擴大適當之排水斷面來解決冒孔問題，則規劃設置抽水站。

(2)釐訂標準探討

上述「台灣省下水道工程設計標準(前省住都局 86.9)」有關放流口水位之規定，因部分規劃區之地盤高程無此敷設條件，而於後續修訂之「下水

道工程設施標準」予以刪除。今佈置雨水下水道系統，仍應減少水頭之浪費，以利堤內都市逕流之排放。

而釐訂出口水位，應係指釐訂雨水排水幹線出口之起算水位，亦係指堤外洪水位、或海洋潮位。為避免外水頂托而造成堤內都市排水無法排除，外水位之釐訂需依區域排水或河川最新完成之規劃報告或治理計畫，而屬感潮區域亦需詳細調查其潮位。此部分關係到堤內都市雨水逕流，是否可順利排放，規劃時應調查清楚，妥為釐訂出口水位，並將引用依據註明於雨水下水道系統規劃報告。

(3)出口水位釐訂

雨水下水道排水幹線出口水位之釐訂，如無設置抽水站，釐定幹線出口(起算)水位，需依承受水體之「計畫洪水位」；而如直接排放海洋者則採7～10 月大潮平均高潮位。並依上述出口(起算)水位，辦理水理演算。

當雨水下水道排水幹線出口設計水位，高於出口(起算)水位(堤外計畫洪水位或 7～10 月大潮平均高潮位)，係採重力流方式排放，可以曼寧公式計算；而如排水幹線出口設計水位，低於出口(起算)水位(堤外計畫洪水位或 7～10 月大潮平均高潮位)，則排水出口幹線在外水位高漲時係呈壓力流，至於是否冒孔而造成淹水，則需依出口(起算)水位，採標準步推法或 SWMM 模式演算，而如無法以擴大排水斷面，減少損失水頭，達不冒孔而造成淹水情形，則需規劃設置雨水抽水站。

雨水抽水站抽水機之操作揚程，需適應河川外水位之變化，因此較其他抽水機之揚程變化幅度為大，釐訂抽水站外水位需考量「額定點外水位」及「參考點外水位」。「額定點外水位」之釐定，應以最常運轉抽水機頻率為依據，以期選用抽水機性能之最佳效率點，得以於實際發生在經常運轉時機；而為使外水位之(高低點)變化均可運轉，因此亦需訂定「參考外水位(高點)」及「參考外水位(低點)」，其中「參考外水位(高點)」通常以堤外計畫洪水位、或暴潮位為準。

如雨水下水道排水幹線系統出口設有抽水站，則幹線出口(起算)水位，不受堤外水位影響，而係視抽水站之起抽水位。抽水站起抽水位之釐訂，需考量堤內容許內水位，惟通常係以低於排水幹線出口設計水位設定，則此抽水站排水幹線系統，可以重力流方式計算；否則此排水系統，需以起抽水位為幹線出口(起算)水位，予以演算確認無冒孔淹水情形。

2.4.4 雨水抽水站設置計畫

依「下水道工程設施標準(營建署民國98年)第十六條抽水站設施規定如下：(1)應設於地形上較低及接近排放口位置，並避免浸水。(2)雨水下水道抽水量之估計採用計畫逕流量。(3)吸水位應以流進管渠之最高及最低水位決定；出水位應以計畫外水位設計。(4)選擇抽水機組及其動力設備應設置備用機組。(5)抽水機室、配電室及主控室之消防設備應符合消防法規規定。

解說：

其他規劃設計應注意之基本事項，條列如下：

1. 確實把握排洪量(即抽水量)

排洪抽水站之抽水能量必須滿足計畫水位之條件，諸如內水位(容許淹水位)，外水位(河川計畫蓄水位，各種潮位等)，及各種不同頻率之洪水量與洪水位。因此規劃設計前，除檢討合宜之抽水規模外，亦需蒐集上述最新之外水位等資料，予以探討分析後決定計畫(額定)抽水量。

2. 抽水站之運轉必須安全確實

抽水站在運轉時，其水位條件經常變動，因此選用抽水機機型及抽水機數量等應特別注意，包括下列各基本條件。

(1)最低運轉水位

決定抽水機之最低可能運轉水位時，應考慮將來地盤下陷，水頭損失之變動，或因區域性開發而可能降低抽水井之水位。

(2)抽水機之設置數量

抽水機之設置數量，應配合洪水時其支出水變動率，即抽水機之設置數量必須能以動態運轉方式配合動態之出水變動，以決定每一個抽水機之抽水容量，抽水機之設置數量至少需二台以上。

(3)抽水機之型式

為減少日後維修費用，抽水機之型式最好選用同一型式，又因需配合流量之變遷時，可選用二種大小不同而同一型式之抽水機。

(4)預期效果及可靠性

為確保抽水站能確實地運轉且發揮其預期效果、保持其可靠性，必須考慮下列各基本要領：(A)抽水設備之構成必須單純化，以排除發生故障之機率。(B)考慮以數台抽水機分擔總排水量，達到危險分散之目的。(C)設置備用抽水機。(D)運轉操作簡單化，同時明示故障判定方法及故障之排除對策。(E)抽水機之驅動設備應以引擎為原則，抽水機為沉水式時，其電動機之電源以柴油引擎發動機供給為原則。(F)非沉水式抽水機之驅動設備或沉水式抽水機之柴油引擎發電機裝設位置，必須考慮抽水機組故障及降雨超過設計容量之可能淹水發生可能。(G)地層下陷嚴重區域應考量地層下陷量。

3. 抽水站之維護必須簡單容易

排洪抽水站是一典型之緊急設備，其運轉頻率雖然甚低，但必須是常設之應急設備。故為顧及其平常之維護簡易，規劃設計時，特別注意站址之周遭環境條件，作為抽水站之平面佈置，立面之構造及器材與材質選用依據。

4. 納入自動化及智慧操作管理

都會地區抽水站數量日益增加，操作管理人力有限條件下，抽水站運轉機制已從傳統現場單機啟動機組，進化為遠端控制及自動運轉。設計時可配合運轉需要，建置自動化監控系統，透過遠端監視及遙控，由管理單位及防

災指揮中心直接指揮調度，以加強防災整備效率及縮短應變時間。

2.4.5 雨水調節及貯留設施設置計畫

LID 係以分散式、小規模的就源處理設計，透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流，並以生態系統為根基的暴雨管理方法，目的為減少地表逕流的發生及減少土地開發帶來的環境衝擊，且具有其他非常重要的附加價值。

解說：

近年來溫室效應造成全球氣候異常、水文極端現象明顯，全球各地受洪災範圍與程度均遠較過去為烈，台灣亦無例外。而都市地區高度開發，地下管線等構造物錯綜複雜，既有雨水下水道系統管渠改(增)建實屬不易，因此各國無不依其地理環境特性及國情研擬其他改善對策，而所研擬之改善對策，除改(增)建管渠系統外，主要為採行「抑制逕流之流出」策略，包括(1)推廣採用透水性舖面、滲透管(溝)、滲透側溝、滲透集水井等設施(2)雨水貯留再利用(3)滯洪調節池(4)地下貯留管或地下蓄洪池等，我國早已採用透水性設施，國內亦有部份學校、公園及私人機構等建築，已建構「建築物雨水貯留再利用」設施。

近年來營建署為減輕都市地區淹水風險，配合雨水下水道系統之改善，亦常利用都會區之公共設施用地、國營事業用地或軍方用地，設置雨水調節池或滯洪池，以改善低窪易淹水地區之排水。此外，營建署為因應氣候變遷下土地調適策略須以國土資源規劃角度來利用與管理，爰參考國際上推動低衝擊開發(Low Impact Development，簡稱LID)設施之經驗，於民國104年發行「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，工從業人員參考使用。

LID係以分散式、小規模的就源處理設計，透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流，並以生態系統為根基的暴雨管理方法，目的為減少地表逕流的發生及減少土地開發帶來的環境衝擊，且具有其他非常重要的附加價值，如：涵養水源、美化城市、改善生態環境及降低都市熱島效應等，其目的即與所述抑制逕流設施相同。有關抑制逕流設施之分類，係參考「臺北市總合治水對策規劃」劃分為滲透設施及貯留設施，而貯留設施再分為現場貯留及非現場貯留，請詳圖2.8。

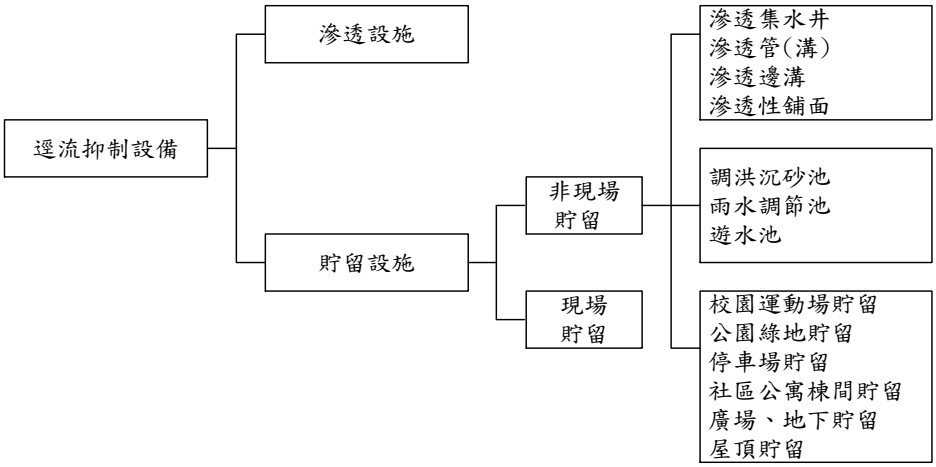


圖2.8　逕流抑制設施分類示意圖

2.4.6 總合治水規劃原則

總合治水推動方案包含防災管理規劃、非工程手段措施擬定、法規策略調適即整合修訂、防災系統及都市水情監測推動等項目。

解說：

1. 都市總合治水創新防災管理規劃

自 68 年起前省政府住宅及都市發展局陸續辦理台灣地區各都市計畫區雨水下水道系統規劃，迄今因都市發展迅速或因氣候異常，極端降雨事件頻傳，及都市發展與原規劃條件差異，部分地區實有重新檢討之必要，除以較易積淹之地區優先辦理，此外依據內政部營建署「全國都市防洪保護標準相關指標訂定(核定本)」所研提之優先順序，依序辦理應提升區域保護標準之檢討規劃案。

以往都市排水均以雨水下水道為主，近年依各地方政府災後分析反映，除極端降雨超過保護標準外，其側溝、下水道及其他連接排水間之介面，尚存諸多整合性問題；另針對雨水調節池及低衝擊開發等雨水滯留設施，亦缺少相關規劃執行準則，爰為加強「都市總合治水」推動，本計畫將由以往協助各縣市政府辦理「雨水下水道系統檢討規劃」，逐次提升為「都市總合治水創新防災管理規劃」之規劃架構，優先辦理包含跨縣市、跨行政區、跨都市區與非都市地區等區位，以融入都市發展、閒置公共空間利用、道路排洪、側溝系統改善、洪水基準線及建築管理及其他都市建設應用等措施規劃，有效提升都市容洪、排洪、蓄洪、耐洪能量。

2. 政策法規調適及非工程措施

(1)法規策略調適及整合修訂

依下水道法規定，同時因應未來環境變化，依據所研訂之區域下水道計畫範圍及內容，辦理區域下水道計畫內容轉置整合作業。此外，水利署所辦理「出流管制及逕流分擔」計畫核定後，屬於都市計畫區之治理工程，將可能歸屬於營建署補助範圍，應事先建立協議審查機制，透過法規修訂，規範治理工程之都市滯洪效益、營運管理權責及經費分工來源等模式，並配合相關調適策略進行內政部各類法規整合及調整修訂工作。以確定分工模式，避免權責不清。

(2)非工程措施

隨雨水下水道智慧感測及防災預警系統逐漸普及化，為令全國人民居安思危提升防災意識，應積極宣導政府機關智慧警戒作業流程，應結合產官學界力量，以村里為單位，針對民眾不分性別年齡，進行防災預警、都市排水設施維護管理、救災避難措施等項目之教育訓練課程與說明會，透過相關課程引導民眾，說明重大都市防洪法規政策及相關案例成效，並宣導於豪大雨災害發生前中後應如何整備、因應及配合政府相關作為，以深化教育達成韌性城市目標。

3. 辦理防災系統精進計畫及都市水情監測

為提升都市淹水示警精確度，將研訂雨水下水道智慧警戒系統監測機制，搭配「都市總合治水創新防災管理規劃」作跨區、跨縣市之下水道水位即時監測，且有別於「縣市管河川及區域排水整體改善計畫」所建置自記式水位計，僅得每 2 至 3 個月至現地讀取水位資料作後續分析方式；本計畫所裝設為即時水位計，藉由近年科技數位傳輸，並搭配雲端資訊應用，可驗證水理模式正確性，並可即時呈現當地精確下水道水位狀況(含不明水來源、水流速度、水體溫度等)，亦得為 EMIC 災情通報確認，作全區域淹水模式滾動式調整分析，以逐年提升防災精確度，亦可為災後淹水瓶頸點分析運用。為建全全國性之都市智慧防災警戒系統，本計畫將依據各縣市都會區防災預警需求，協助辦理下水道即時水位計之裝設及監測資料傳輸等相關規劃，以有效掌控都市計畫區淹水情形，投入有效應變資源，保護人民生命財產安全。

4. 淡水河流域抽水站維護管理(案例)

大台北防洪計畫所建設諸多抽水站，新北市及基隆市政府均表示因難以負荷相關維護管理費用，無法接管，並報請中央協助，經前行政院研究發展考核委員會 89 年開會裁示，決議抽水站部分由內政部委託前台北縣政府辦理，且相關經費由經濟部(堤防及水門部分)統籌編列。惟行政院於 109 年 5 月 6 日核定經濟部「中央管流域整體改善與調適計畫(民國 110~115 年)」函文中指示，「淡水河水系抽水站維護管理」及更新改善等經費需求，請內政部由相關計畫或研擬新興計畫，編列經費辦理。

2.4.7 極端氣候因應對策

極端氣候因應策略包含逕流抑制、土地利用管理、建物管理、淹水預警、災害防救及居民宣導等項目。

解說：

近年來全球氣候異常，水文極端現象明顯，全球各地受洪災範圍與程度均遠較過去為烈，台灣亦無例外。而為減少降雨強度超過規劃保護標準所造成之災害，最直接之方式，

1. 「抑制逕流之流出」，包括推廣採用透水性鋪面、雨水滲透溝渠、及雨水貯留調節再利用等，此部分需相關單位配合推廣。
2. 改善都市排水除上述「工程方法」外，亦可採「非工程方法」措施，「非工程方法」措施必須通過法令、政策、經濟及工程措施以外之手段，以減少淹水災害為目的。「非工程方法」措施包括A.土地利用管理、B.建物管理、C.淹水預警(水情監測預警系統)、D.防救災應變措施、E.民眾教育宣導等。上述「非工程方法」措施，均需相關單位配合。

2.4.8 分期建設計畫

雨水下水道工程規模浩大，推動困難，因此均採分年分期方式推動。優先

考量1.無用地及拆遷問題。2.易淹水地區。3.已都市化人口密集地區。4.配合道路開闢。5.先求下游暢通，再次往上游施作。

解說：

「規劃區」雨水下水道系統總工程費不貲，實無法全面實施，祈求利用有限財力作最有效之運用，因此前省住都局在報告書內，均有述明「應急工程」或「主要工程分期實施計畫」，以利後續執行計畫者得以依序執行，建議可分為短、中、長期計畫說明之。而納入「應急工程」或「優先實施工程」，應注意列入優先考量原則如下：

1. 無用地及拆遷問題。
2. 易淹水地區。
3. 已都市化人口密集地區。
4. 配合道路開闢。
5. 先求下游暢通，再次往上游施作。

2.4.9 維護管理計畫

雨水下水道系統維護管理宜參照「雨水下水道設施維護管理手冊(營建署98.4.14)」及營建署110年印行「下水道管渠設施維護管理預算編訂要領」依權責作好維護管理。

解說：

雨水下水道系統為現代都市不可或缺之公共設施之一，其功能在解決都市積水，維護居住環境衛生及促進都市健全發展，世界先進國家莫不以下水道建設為施政重點。惟建設後常因疏於維護管理，導致颱風暴雨來襲時，無法發揮原規劃之排水功能，造成積淹水情形，而危及民眾生命財產安全。

因此報告書內宜請操作維護管理單位，參照「雨水下水道設施維護管理手冊(營建署98.4.14)」依權責作好維護管理；而為避免管渠淤積而阻礙排水，導致遇雨成災，亦需依內政部營建署民國98年4月14日所訂定之「雨水下水道清疏作業規範」辦理清疏工作；在颱風或豪雨期間之整備及通報聯繫作業，則應依「內政部營建署下水道清疏及抽水站整備作業要點(營建署96.10.23)」規定辦理。

除上述說明維護管理單位應注意事項外，「規劃者」亦應將下列事項，於報告書說明，以利列入維護管理之重點管段。

1. 依管渠縱走調查，所發現管渠淤積、積水情形、及地下管線附掛有影響排水管段。
2. 依水理演算結果，應加強維護管理之管段。

另外如有規劃設置抽水站，應於報告書說明操作維護管理計畫(草案)，內容至少包括：

(1)抽水站排水分區概述

說明抽水站排水分區範圍、集水面積、防洪排水設施、堤外洪水位、堤內地盤高程等。

(2)抽水站設置計畫

站址及環境現況、抽水規模、抽水機建議型式及組數、動力來源、及附屬設備等。

(3)操作原則及機制

說明操作原則、起抽與停機水位、控制管理機制。

(4)維護管理計畫

第三章　污水下水道規劃・設計原則

3.1 概說

本章係就污水下水道規劃、設計時，應綜合考量的基本事項，包括設計污水量及設計水質的估算，以階段性分概念設計、基本設計，再進入細部設計，而於細部設計時，應將其未來進入施工階段及營運階段，所需的整體性、方便性、節能減碳及經濟性等內容加以納入考量。次就污水處理是否合乎污水處理放流水標準或水體分類水質要求限值，或環評承諾下之放流水質及其處理方法、處理程序的選擇做完整的敘述。另就污水處理設施的配置和構造、污水處理系統繞流、設計可回饋的事項等予以充分列出，以配置案例詳加分析討論，並就污水處理廠站多目標利用的型式，以能朝友善的環境地標，以促進公共設施的親和性，也應能因應污水處理廠營運初期所面臨之污水量少、水質低,於設計時應予考量之對策，做整體綜合性的敘述。

3.2 設計基本原則

3.2.1 污水處理計畫區域

污水處理計畫區域係指污水下水道系統，其管線擬收集的範圍，其決定應從投資的效益、經濟性、維護管理等加以評估，依廣域性、共同性，並就相關區域及流域特性，檢討污染削減目標及承受水體水質目標決定之。

解說：

污水處理區域，是針對一定區域之都市計畫區域為範圍，檢討其現在及未來人口變動，以及污水經收集處理後，放流水排放點之水質要求等目標，並考量將來污水處理廠之長期營運之經濟性，將都市計畫地區內人口較密集地區之污水連結成為污水收集處理系統。

為促進區域性之經濟效益，以及減少放流水之排放點，計畫區域宜朝區域性、流域性、廣域性及共同性檢討，即使在一都市計畫區內，亦可依其係市區或郊區、分散性聚落之人口密度及經濟性，評估將其納為一污水收集處理之下水道系統，或分別以聚落性社區之污水下水道系統，或以建築物污水處理設施併同存在，以界定其區域。污泥處理資源化利用，可以共同化集中處理考量。各種規模污水處理設施之分區處理如圖 3.1。其考量如下：

1. A 類社區聚落數處，經評估結果，以納入既有系統較為適合，因而併入既有市鎮之污水下水道系統。
2. B 類社區聚落，則因距既有市鎮之污水下水道系統較遠，並受地形及距離等因素，而以社區聚落規模設置獨立之聚落污水下水道系統為宜。
3. C 類聚落內因人口較分散，污水量少，在收集管線之最小管徑及一定坡度下，會造成固體物的沉積而腐敗，反而成為公共衛生問題，且在經濟上並不適合

連結成為污水下水道系統，故規劃為建築物污水處理設施(合併淨化槽)之地區。

4. D 類聚落地區為分散性既有村落，故規劃為可維持其既有的單獨化糞池之村落。

污水下水道之建設，除所需建設費甚為龐大外，其設施之操作維護費，也依規模相差很大。

在人口密度較低之地區，生活污水採就地處理(合併淨化槽)及排放，其個別設置費皆相同，但集中處理之污水下水道，一般在人口密度較小地區較高，若有一定住戶數以上，將其污水以管線收集納入集中處理，其管線埋設工程費及操作維護費，將隨著人口密度愈大，其每人之費用將愈低，其變化依人口密度而異，如圖 3.2。

評估污水下水道系統之開辦，需從相關法令、放流水標準之流量分級、都市化狀況、經濟性，並配合放流水標準等做為檢討建設之基準，且以未來人口減少可較緩以及人口較密集之地區為優先，同時考量可世代共享，以發揮投資之效益。

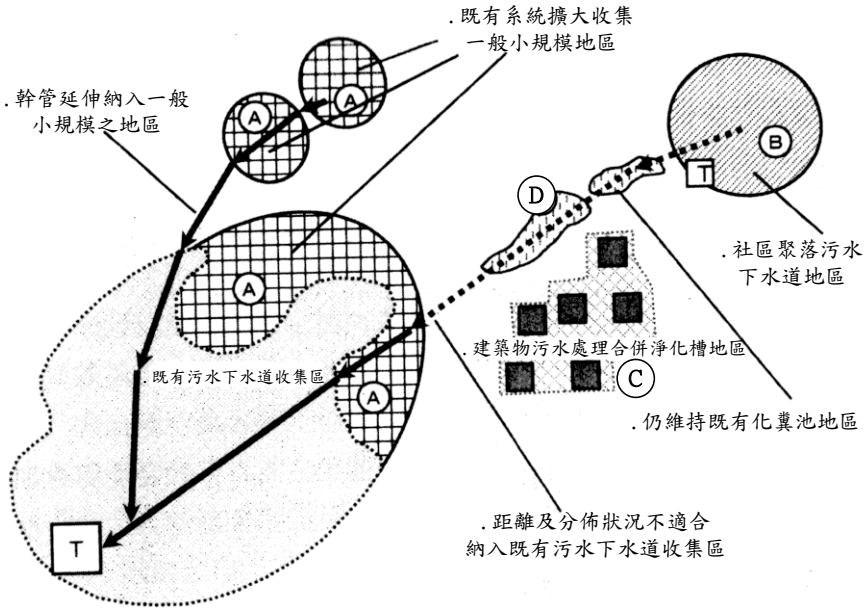


圖 3.1　各種規模污水處理區域之考量

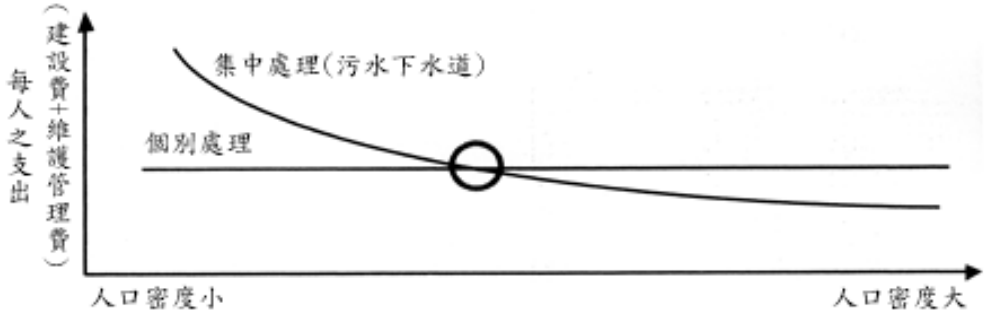


圖 3.2　污水個別處理及集中處理之每人費用示意圖

3.2.2 計畫目標年

1. 污水下水道計畫之目標年，為從基準年起約 20～30 年為範圍決定。
2. 污水下水道設施設計時，若有因人口減少致進流污水量減少，則應針對設施的處理量變動狀況，進行處理設施的計畫目標年檢討修正。

解說：

1. 污水下水道系統的管渠及處理廠之土木設施標準耐用年數約 50 年，尤以管線經埋設後，要進行階段性的擴建有其困難，因此必須預估規劃長期的使用年限。
2. 台灣人口在 2018 年達到尖峰 2,359 萬人，預估將開始逐年遞減，至 2065 年高、中、低推估之總人口將分別降為 1,880 萬人、1,735 萬人、1,601 萬人，因此必須考量設施將來的營運管理，而配合計畫目標年之營運管理，包括設施的改建、整合、廣域化之營運管理為目標，而設定計畫目標年。

3.2.3 污水集污區的重整合併、廣域化及共同化

1. 對於既有的污水集污區，須檢討同一行政區域內鄰接污水集污區之重整合併，進行廣域化的檢討。
2. 相鄰近污水下水道系統之重整合併、污泥處理或資源化利用之共同化。

解說：

1. 因應未來人口之變化，需檢討既有污水處理廠與鄰接污水集污區之重整合併，其具體做法為優先檢討同一行政區內之污水集污區之重整，包括：
   (1)跨越既有污水集污區域或行政區之廣域化。
   (2)階段性既有污水集污區的重整、廣域化。
   (3)設施重建或功能提升時，進行共同處理設施之重整計畫。
   (4)以直轄市或縣市為行政區考量進行重整。
2. 相鄰近污水處理系統的連結，包括因既有系統改建，而短期間將污水部分抽送至鄰接處理廠或管線連結，因應地震防災之緊急對策。
3. 集中化係為提升污泥處理效率或資源回收效率，將污泥抽送或搬運至鄰近污水處理廠集中處理之共同處理措施。

3.2.4 計畫人口

計畫人口為計畫目標年計畫區域內之人口預測，包括常住人口及移動人口，分別估算之。

解說：

計畫目標年計畫人口之推估，必須依都市將來之發展狀況，檢討將來各種社會因素後決定之。

一個都市，一般發展至某一程度，人口就不會再增加，甚至近年來少子化現象，人口反而逐年減少，故依都市土地使用計畫，按飽和人口密度法及年輪推估

法等各種推估法加以比較，並考量社會變遷等因素進行預估。而對於都市立體化及都市更新等問題亦應充分加以檢討，有些辦公地區白天比夜晚人口多，而一些夜間活動地區則反之，因此在此種地區人口之推估，應朝常住人口及移動人口，分別估算之。

1. 常住人口

常住人口以過去人口之變動資訊為基礎推估未來之人口，可收集內政部對各都市計畫地區之人口推估資訊做為參考。若自行進行推估，則應依人口變化之趨勢，分別進行不同公式之推估。包括對未來人口呈少子化減少地區，為能反應出人口變動趨勢，其變動之推估方法，可採年輪推估法。在人口呈穩定的市鎮，則可以曲線延長法的簡易法推估。人口呈增加發展的市鎮，則可以最小二乘法推估。

2. 移動人口

在計畫區內若有大規模商業區，可能白天流入人口多，影響污水產生量大，則以下列另估之：

(1)辦公地區、商業活動地區及學校地區等，以單位面積上班人數、上學人數估計之。

(2)觀光地區可分為常態性或季節性，若為常態性則可視其歷年活動性估計常住及非常住人口。若屬季節性的移動人口，則應調查其尖峰週期變動，評估其影響估計之。

3.2.5 計畫污水量及設計污水量

1. 污水量區分為生活污水量、事業廢水量、觀光污水量、其他污水量及地下水入滲量等。
2. 特定遊憩觀光地區的污水量，則需另行估算，並以事業廢水分類之。
3. 計畫污水量，包括平均日污水量、最大日污水量、計畫最大時污水量。最大時污水量即尖峰污水量。

解說：

1. 生活污水量的內涵

廣義的生活污水，包括家庭污水、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。其規劃原則如下：

(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，乘上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，一般約為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預估，約 180～250

公升(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，或依組織編制及實際調查估算。

(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。

但已發展飽和之區域，或人口較少之偏遠地區，仍以實際調查之污水量估算。

(4)公園綠地污水量

都市計畫區內之公園綠地，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)遊憩觀光地區污水量及水質

遊憩觀光地區污水量，以每人每日污水量推估。由於遊憩觀光地區污水量及水質，與該地區衛生排水設備狀況有關，依日本調查統計，建議屬住宿者為常住家庭污水量的 50%,污水水質負荷 BOD、SS 及 T-P 為 85%、T-N 為 95%。不留宿者為常住家庭污水量的 15%，BOD、SS 及 T-P 為 25%、T-N 為 40%。(依日本下水道設施計畫、設計指針及解說，2019 年版)。

(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，零星事業用地所產生之事業廢水量，如一般診所、洗衣、大型賣場、小規模食品業(麵包等)，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，則需另行考量。

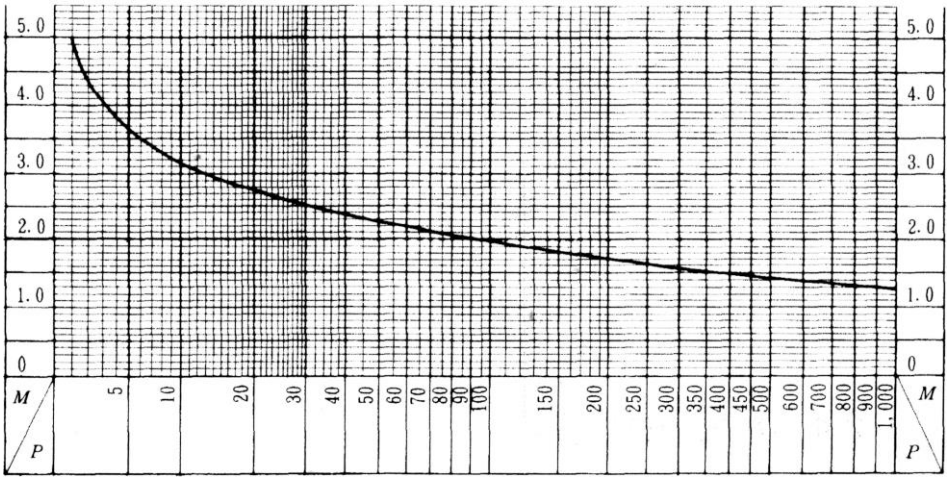
(8)平均日/最大日/最大時污水量

家庭污水量、各種生活活動及事業廢水量之總和，為平均日污水量，在一般小規模污水下水道系統，平均日污水量約每人每日 200 公升。因廣義生活污水量，已涵蓋家庭、機關、學校、公園綠地、遊憩地區、商業區等污水量，故上述(1)～(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。同時應就歷年自來水用水量加以比對確認，如台北市 109 年用水量分析，每人每日生活用水量為 335 公升(生活用水量/轄區在住人口數)，每人每日家庭用水量為 212 公升(家庭用水量/轄區人口數)。生活用水

量＝售水量－工廠－市政－支援台水-其他用水量。家庭用水量＝生活用水量－非屬家庭場所用水量(含機關、學校、營業等用水)。

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

另計畫最大時污水量的決定，也可利用 Babbitt 公式，如圖 3.3。該公式可自小口徑至幹管，依計畫人口求出最大時污水量，依據計畫人口求出之最大日污水量之平均 1 小時當量，乘上 Babbitt 係數 M，即可算出最大時污水量。



備註：$M=5\times P^{-1/5}$

P<1.0(1,000 人)時，M＝5

P>1,000(100 萬人)時，M＝1.25

P：1,000 人為單位之人口數

引自「下水道施設計畫、設計指針と解說」(2019 年版，日本下水道協會)

圖 3.3　Babbitt M 曲線

(9)入滲量

入滲量(入滲及入流量)，應充分考量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、管線施工方法及維護品質等因素。

建議採最大日污水量之 10%～15%，平均日之 12～21%估算。其水質負荷設定為 0(BOD、COD)，特殊情形可視實際情況考量其入滲量。

2. 特定遊憩觀光地區之污水量及水質

特定遊憩觀光地區之污水量及水質，依其規模、季節、例休假日，分別調查其活動特性估計之。

在一般都市計畫區內之遊憩觀光活動人口所產生之污水量，已涵蓋計畫區內之每人每日生活用水量，經換算為都市計畫區內常住人口之每人每日污水量中，但若在一特定遊憩觀光地區，其污水經收集後要納入公共污水下水道，但其污水量經評估會影響到公共污水下水道污水處理廠之穩定操作時，

則不適合納入，而應依事業廢水相關規定自行處理後排放。

特定遊憩觀光地區活動人口所產生的污水量及水質,應就其住宿為常住、遊客住宿及非住宿分別調查，其產生之污水量及水質，則依前第(5)項遊憩觀光地區污水量及水質推估之。

3. 計畫設計污水量

計畫污水量乃污水下水道設施設計之基本數據，係調查當地自來水公司在收集區域內之實際售水量，以及實際用水人口數，據以推估每人每日生活用水量，同時調查有無使用地下水或山泉水而整合推估之。

(1)平均日污水量，係指計畫目標年一年內，總產生污水量除以 365 日之值，為預估使用費及操作維護費之用。

(2)最大日污水量，係指計畫目標年一年內，最大一日產生之污水量，主要為供污水處理設施設計依據之用。

(3)最大時污水量，係指發生最大日污水量時，其尖峰時段一小時或一年間最大一小時之污水量，主要可為管線、抽水站及處理廠內的前處理等設施之設計依據。

(4)計畫設計污水量

污水量以實測值推估，有困難時再依單位污水量估計。各污水量之和加入滲量，即為計畫設計污水量。

計畫平均日污水量為平均日污水量與入滲量之總和。

計畫最大日污水量為最大日污水量與入滲量之總和。

計畫最大時污水量為最大時污水量與入滲量之總和。

3.2.6 計畫污染負荷量、計畫進流水水質

1. 計畫污染負荷量，以生活污水、事業廢水及觀光污水分別估計之。
2. 計畫進流水質，依負荷量之合計除以計畫平均日污水量估計之。
3. 既有污水處理廠之進流水水質及其變動，可供做為參考資訊。

解說：

1. 生活污水污染負荷量，可依每人每日產生之污染量(g/人・日)估計，平均 BOD 約 34～43 g/人・日，SS 約 34～43 g/人・日，T-N 約 9g/人・日，T-P 約 1.0g/人・日。事業地區之計算甚不容易，但可比照生活污水負荷估計之。觀光客之污染負荷量，常住人口與一般生活污水相同，住宿客以常住人口的 85%估計，非住宿人口則以 25%估計之。
2. 污染負荷量之總和，除以計畫平均日污水量，即為計畫進流水水質。一般生活用水量若為 180～250 L/人・日，則原污水 BOD 及 SS 濃度約為 136～239 mg/L 之間，故取較穩定的 140～240 mg/L，T-N 約 36～50 mg/L，T-P 約 4.0～5.5 mg/L(設計時得依實際情況,適度調整說明之)。一般污水水質,如表 3.1。

基於上述說明，本污水處理廠設計及解說，建議污水下水道每人每日 BOD 及 SS 之污染量，採每人每日 40 g(34～43 g)。滲入水之污染量以零估算，事業用

地事業廢水污染量另計，設計用水量每人每日 180～250 公升，則原污水 BOD 及 SS 之濃度各約為 140～240 mg/L，T-N 約 36～50 mg/L，T-P 約 4.0～5.5 mg/L，惟設計時應參考就近污水處理廠實際流入水之水質設定之。

表 3.1　一般污水平均水質

水質項目	平均水質(mg/L)
pH	6.5～7.5(無單位)
$BOD_{5,20℃}$	140～240
COD_{cr}	250～350
SS	140～240
TS	600～700
T-N	36～50
T-P	4.0～5.5

3. 台灣各既有污水處理廠在現階段，因部分為初期建設，水質尚不具代表性，又部分系統包括截流污水、化糞池未拆除及雨污水未徹底分流者，故實際進流水濃度多偏低。

為建立在地化污水處理廠之進流水時間流量變動及水質變動特性，特由游勝傑教授等人，就目前較具代表性的污水處理廠，進行平日及假日變動之差異調查並做分析，可供做為設計考量之重要參考資訊。

游等人(2021)針對大規模(桃園北區)、中規模(北大特區)及小規模(三鶯)三座不同規模水資源回收中心，各進行連續 48 小時進流水水質調查，其調查時間自周五 0 時至周六 24 時止，含跨平日與假日兩個時段，以每個小時採樣一次之頻率進行。

桃北流量變動調查結果如圖 3.4 所示，水質分析結果如圖 3.5 所示，氮、磷水質分析結果如圖 3.6 所示。

由圖 3.4 可看出桃園北區水資源回收中心之進流水水量，在平日平均為 2,072.7 CMH，假日平均為 2171.2 CMH，假日較平日高出 4.5%，但其差異性不大，顯見大規模污水處理廠平假日之水量無明顯差異，另無論平日或假日，其水量的尖峰時間均約為 0 時前後。

圖 3.5 則顯示桃園北區水資源回收中心之化學需氧量，於平日平均水質濃度為 249.3 mg/L，假日平均為 310.8 mg/L，假日較平日高出 19.8%，平日尖峰時間約為 10 至 22 時，假日最高峰出現在 22 時前後。而生化需氧量平日平均濃度為 90.9 mg/L，假日平均濃度為 98.2 mg/L，差異性不大，平日沒有明顯的尖峰值，而假日最高峰出現在 15 時。懸浮固體物平日平均為 36.1 mg/L，假日平均為 21.0 mg/L，平日較假日高出 41.7%，平日最高峰出現在 7 時，假日最高峰出現在 14 時。

圖 3.6 顯示氨氮平日平均水質濃度為 35.9 mg/L，假日平均濃度為 38.6 mg/L，

總氮平日平均濃度為 46.1 mg/L，假日平均濃度為 42.7 mg/L，兩者平日均較假日高出 7.3%，平日與假日尖峰時段均為 12 時前後。總磷平日平均為 5.1 mg/L，假日平均為 6.1 mg/L，假日較平日高出 15.8%，平日最高峰出現在 10 時前後，假日則出現在 14 時前後。

整體而言，表 3.2 顯示桃園北區水資源回收中心化學需氧量、生化需氧量、懸浮固體物、總磷與總氮之平均值為 280.1 mg/L、94.5mg/L、28.5mg/L、5.6mg/L 以及 44.4mg/L，尖峰係數在 1.5-2.2 不等。

北大特區流量調查結果如圖 3.7 所示，生化需氧量、化學需氧量及懸浮固體物之水質分析結果如圖 3.8 所示，氮、磷水質分析結果如圖 3.9 所示，相關水質數據如表 3.3 所示。

由圖 3.7 可看出北大特區之進流水水量平日平均為 501.1 CMH，假日平均為 533.6 CMH，假日較平日高出 6.1%，無論平日或假日，其尖峰時間約為 22 時至 2 時，離峰時段為 3 時至 7 時。圖 3.8 則顯示北大特區之化學需氧量平日平均為 357.6 mg/L，假日平均水質濃度為 321.4 mg/L，平日較假日高出 10.1%，平日最高峰出現在 19 時，假日尖峰時間在 7 至 12 時。生化需氧量平日平均為 116.5 mg/L，假日平均為 119.5 mg/L，差異不大，平日在 8 至 22 時濃度較高，無明顯尖峰值，假日尖峰則在 11 時左右。懸浮固體物平日平均為 103.6 mg/L，假日平均為 84.7 mg/L，平日較假日高出 18.3%，平日與假日尖峰均出現在上午 7-8 時左右。

圖 3.9 所示氨氮平日平均水質濃度為 35.4 mg/L，假日平均為 39.4 mg/L，總氮平日平均為 39.7 mg/L，假日平均為 45.2 mg/L，假日均較平日約高出 10-12%，無論平日或假日最高峰皆出現在 8 時。總磷平日平均為 5.8 mg/L，假日平均為 6.4 mg/L，假日較平日高出 9.3%，無論平日或假日最高峰皆出現在 8 時。

整體而言，表 3.3 顯示北大特區化學需氧量、生化需氧量、懸浮固體物、總磷與總氮之平均值為 339.5 mg/L、118.0 mg/L、94.2 mg/L、6.1 mg/L 以及 42.4 mg/L，尖峰係數在 1.7-3.1 不等。

三鶯水資源回收中心流量調查結果如圖 3.10 所示，生化需氧量、化學需氧量及懸浮固體物之水質分析結果如圖 3.11 所示，氮、磷水質分析結果如圖 3.12 所示，相關水質數據如表 3.4 所示。

由圖 3.10 可看出三鶯水資源回收中心之進流水水量平日平均為 188.5 CMH，假日平均為 219.1 CMH，假日較平日高出 14.0%，無論平日或假日，其尖峰時間約為 0 時至 2 時，離峰時段為 3 時至 7 時。圖 3.11 則顯示三鶯水資源回收中心之化學需氧量平日平均為 289.1 mg/L，假日平均為 311.5 mg/L，假日較平日高出 7.2%，平日最高峰出現在 13 時，假日最高峰出現在 21 時。生化需氧量平日平均為 122.6 mg/L，假日平均為 160.2 mg/L，假日較平日高 23.5%，平日最高峰出現在 13 時，假日尖峰則在 7 時至 12 時左右。懸浮固體物平日平均為 166.5 mg/L，假日平均為 106.6 mg/L，平日較假日高出 36.0%，平日最高峰出現在 13 時，假日尖峰時間在 8-20 時。

圖 3.12 所示氨氮平日平均為 47.5 mg/L，假日平均為 53.9 mg/L，假日較平日高出 12.0%，平日尖峰時間約為 6-8 時，假日最高峰時間出現在 6 及 16 時，總氮平日平均為 60.6 mg/L，假日平均為 62.3 mg/L，假日較平日高出 2.7%，平日尖峰時間約為 6 時至 8 時，假日尖峰時間約為 6、10、16 及 20 時。總磷平日平均為 4.1 mg/L，假日平均為 5.4 mg/L，假日較平日高出 23.2%，無論平日或假日尖峰時間皆出現在 8-16 時。

整體而言，表 3.4 顯示三鶯水資源回收中心化學需氧量、生化需氧量、懸浮固體物、總磷與總氮之平均值分別為 300.8 mg/L、142.2 mg/L、136.6 mg/L、4.8 mg/L 以及 61.5 mg/L，尖峰係數在 1.5-4.9 不等。

綜整上述三座大、中及小規模水資源回收中心，可看出化學需氧量平均約在 280.1-339.5 mg/L，三廠平均為 306.8 mg/L；生化需氧量平均約在 94.5-142.2 mg/L，三廠平均為 118.2 mg/L；懸浮固體物平均約在 28.5-136.6 mg/L，三廠平均 86.4 mg/L；總磷平均約在 4.8-6.1 mg/L，三廠平均為 5.5 mg/L；而總氮之平均值約在 42.4-61.5 mg/L，三廠平均約在 49.4 mg/L。可看出除懸浮固體物外，其餘水質項目大、中及小規模之差異均不到 10%。

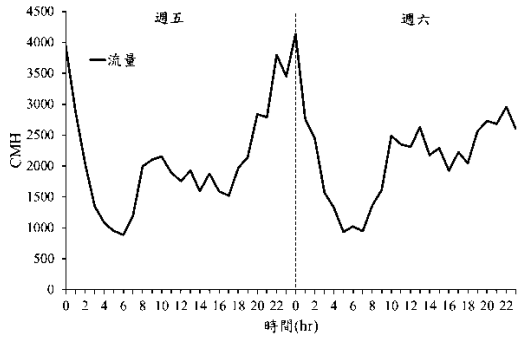


圖 3.4　大規模系統進流水流量時間變動(桃北為例，2021 年)

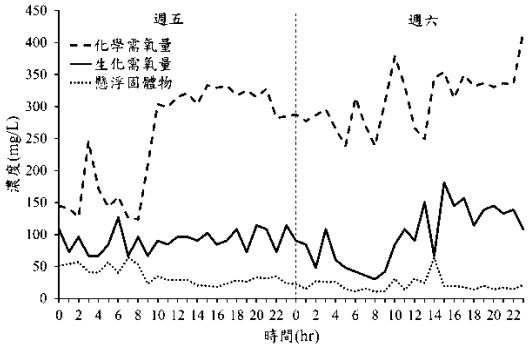


圖 3.5　大規模系統進流化學需氧量、生化需氧量及懸浮固體物之時間變動(桃北為例，2021 年)

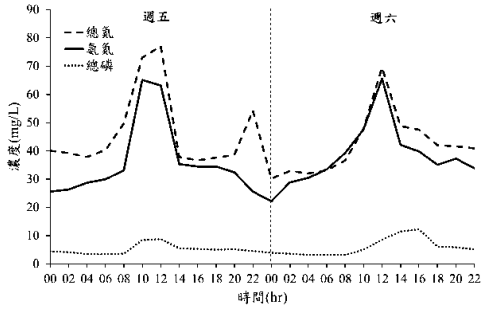


圖 3.6　大規模系統進流水總氮、氨氮及總磷之時間變動(桃北為例，2021 年)

表 3.2　大規模系統進流水水質數據(桃北為例，2021 年)

項目 / 數值	水量	化學需氧量	生化需氧量	懸浮固體物	總磷	氨氮	總氮
	CMH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
最高值	4,132.0	416.1	181.2	64.1	12.2	65.6	77.1
最低值	884.0	124.1	30.2	11.1	3.2	22.1	30.2
平均值	2,121.9	280.1	94.5	28.5	5.6	37.3	44.4
標準差	782.6	72.7	33.6	14.3	2.5	11.9	12.7
尖峰係數	1.9	1.5	1.9	2.2	2.2	1.8	1.7

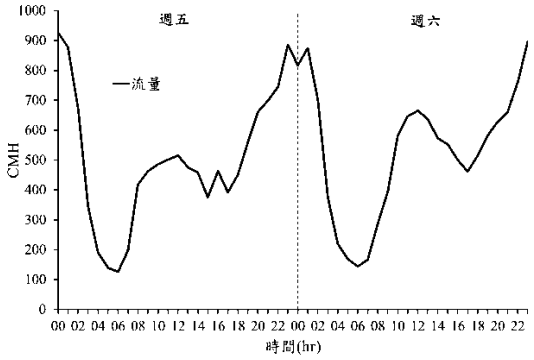


圖 3.7　中規模污水處理廠進流水流量之時間變動(北大特區為例，2021 年)

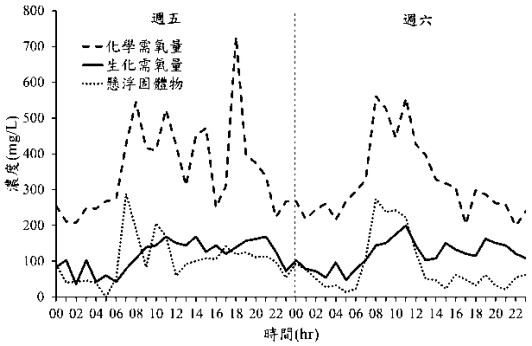


圖 3.8　中規模污水處理廠進流水化學需氧量、生化需氧量及懸浮固體物之時間變動(北大特區為例，2021 年)

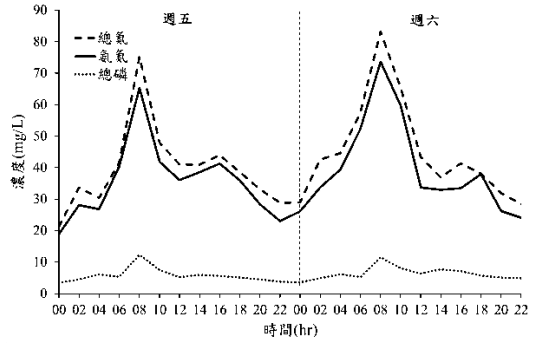


圖 3.9　中規模系統進流水總氮、氨氮及總磷水質之時間變動
(北大特區為例，2021 年)

表 3.3　中規模系統進流水水質數據(北大特區為例，2021 年)

項目 / 數值	水量	化學需氧量	生化需氧量	懸浮固體物	總磷	氨氮	總氮
	CMH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
最高值	927.0	728.0	199.3	288.0	12.4	73.6	83.2
最低值	126.0	198.9	36.2	0.5	3.4	18.9	21.2
平均值	517.4	339.5	118.0	94.2	6.1	37.4	42.4
標準差	220.1	118.6	40.1	71.1	2.2	13.5	14.8
尖峰係數	1.8	2.1	1.7	3.1	2.0	2.0	2.0

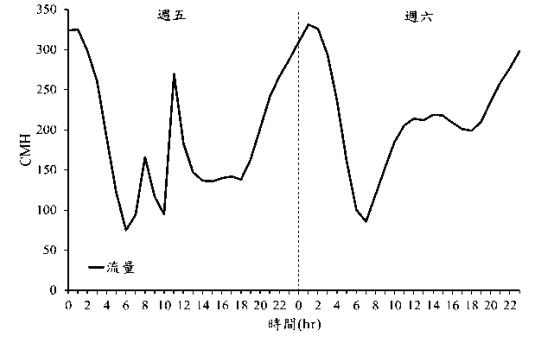


圖 3.10　小規模系統進流水流量之時間變動(三鶯為例為例，2021 年)

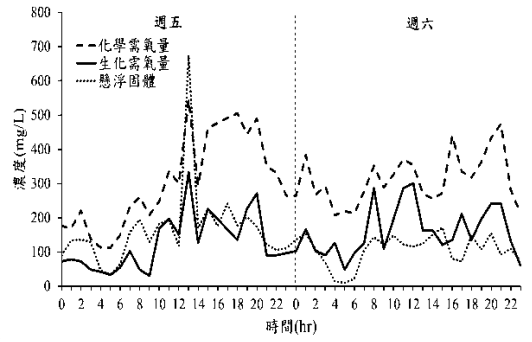


圖 3.11　小規模系統進流水化學需氧量、生化需氧量及懸浮固體物之時間變動(三鶯為例，2021 年)

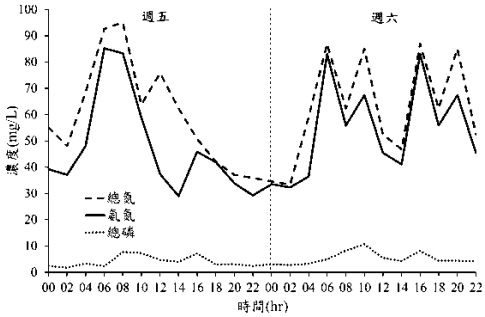


圖 3.12　小規模系統進流水總氮、氨氮及總磷水質之時間變動(三鶯為例，2021 年)

表 3.4　小規模系統進流水水質數據(三鶯為例，2021 年)

項目 / 數值	水量	化學需氧量	生化需氧量	懸浮固體物	總磷	氨氮	總氮
	CMH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
最高值	331.0	545.4	332.2	674.7	10.7	85.3	95.1
最低值	75.0	112.6	30.2	10.5	1.8	29.0	33.5
平均值	203.8	300.8	142.2	136.6	4.8	50.7	61.5
標準差	72.6	105.0	78.7	95.0	2.3	18.5	19.4
尖峰係數	1.6	1.8	2.3	4.9	2.3	1.7	1.5

3.2.7 管渠收集系統

污水下水道管線設施，由於會發生各種不同之環境問題，包括從人孔溢水、產生臭氣及道路塌陷等，對周邊環境及社會活動造成影響，因之應充分檢討下列各項後，進行管線設施之規劃。

管線設施若為重建，應就既有設施的問題，以能達到改善，做必要的更新。

1. 管渠設施之排水方式應為重力流，除非特別狀況始考慮壓力式或真空式。
2. 管渠設計污水量，應為計畫最大時污水量加餘裕量。
3. 管渠的配置，原則上應為暗管，並依道路網為基礎配置之。
4. 管渠構造，應具必要的強度、水密性及流力特性，並避免使用倒虹吸管。

解說：

管渠設施為將計畫污水量收集至污水處理廠的設施，係計畫污水量或計畫雨水量的計算值，依據流速及覆土深度等設計標準，進行管渠設計及維護管理。

1. 管渠設施之排水方式，原則上從污水產生源輸送至污水處理廠，以重力流設計，但若因水深太深時，則可以人孔泵因應。但在特殊地形時，也可就經濟上檢討壓力式或真空式，經綜合評估後決定之。
2. 管渠計畫污水量

   以最大時污水量為計畫污水量，並考量若干餘裕量決定管徑。
3. 管渠的配置

   管渠基本上應設置於公共道路下，管渠的配置計畫，原則上以道路網為基本，視地形、河川、鐵路、地質、地下埋設物等之地形條件、地域特性、土地利用計畫、經濟性、維護管理等綜合評估檢討對策決定之。

   管渠原則上除放流管渠外，應為暗管。

   管渠在流向或坡度明顯改變處，或有沉澱物堆積處等，為維護管理的方便性，應設置人孔。又管渠之流速急激增加，會造成衝擊壓等，或人孔氣壓急激增加等，則應設置排氣口。
4. 管渠構造

   依設施之重要程度，管渠與人孔接合處，應以撓性接合。又在軟弱地盤

由於土壤液化會造成設施上浮而受害，必要時應有適當對策。

由於下水道管渠係收集各種污水，從保健衛生上，應能避免漏水。而雨水及地下水若大量入滲，不僅增加抽水站及污水處理廠的操作費，更有因周邊的土壤滲入，而導致地盤下陷，以及因砂土滲入影響水流，造成阻塞而有從人孔溢水之問題，應極力避免。

管渠的斷面，依適當的流速及餘裕下，以能滿足計畫污水量。流速過於緩慢將造成淤積，進而使污水腐敗產生硫化氫及惡臭，增加清疏等，流速若過大，是造成管渠損傷的原因，故設計時應從水理特性考量安定維持適當的流速。

管渠原則上避免設置倒虹吸管，以防阻塞、發臭，但在地形上無法避免時，應設置為兩條。

3.2.8 抽水站設施

抽水站設施之設置，對於經濟性、維護管理及周邊環境等會有極大影響，因之其設置應就其機能和以下各項充分考慮後設計之。

1. 抽水站的位置，應考量整體污水收集系統之經濟性、周邊環境等綜合檢討後決定之。
2. 抽水站的型式，依計畫污水量、攔污柵篩渣、沉砂量及用地條件等為基礎，再就經濟性及維護管理加以考量後決定之。
3. 抽水能力應為可充分抽取計畫污水量之容量。

解說：

抽水站設施設計計畫，係將計畫污水量抽取導入處理廠、處理廠內之初級沉澱池及反應槽為目的之抽水設施，依計畫處理水量之計畫值、水面積負荷及抽水機台數為基準設置，詳細注意項目，可參照第五章各設施設計。

1. 抽水站的位置

抽水泵的設置與台數若多時，不僅建設費及維護管理費增加，維護管理也不易，故原則上盡可能減少設置為宜，而從污水收集系統整體的經濟性、施工性、維護管理容易，以及對周邊環境之影響狀況，綜合檢討後決定之。

2. 抽水站的型式

抽水站有中繼抽水站、污水進流污水處理廠之進水抽水站，以及處理水放流之放流抽水站。

中繼抽水站依揚水規模，除砂方法等之不同，可分為三種。第一種為設有沉砂池及除砂設備者，第二種為簡易型抽水站，設有沉砂、簡易攔污柵或破碎機之型式，第三種為人孔泵，為不設沉砂的管渠設施。一般來說第一種為中大規模者，第二種及第三種之型式為小規模者使用。惟抽水站的型式，不僅考量污水量的多少，也需考量攔污篩渣、沉砂量的多少及維護管理性，加以檢討後決定之。

人孔泵抽水站，一般是用在最大時污水量 $3m^3/min$ 以下，但若為低壓受電，

也可用在最大時污水量 $3m^3/min$ 以上。

流入管渠若深、污水量大且抽水站是大規模及大深度時，應考量能縮減建設費、工期及維護管理性，而縮小地下構造物後，檢討沉砂池設置方式之。

3. 抽水能力

分流式污水下水道，計畫污水量即為最大時污水量，抽水容量即為計畫污水量，並不考慮餘裕量，但應考慮維護或故障時仍能排水，故需設置備用機。

3.2.9 污水處理分期設計

污水處理分期設計，應依計畫區目前及未來人口、污水量之變化，依最終規模分別考量之。

解說：

鑒於未來人口有少子化趨勢、人口將因產業活動變動及社會因素等，導致未來人口變動之可能性，同時考量用水量的變動、管線及工程上用戶接管進度等因素，加以分析檢討，以免污水處理設施過早投資造成維護操作問題及不經濟性，應採分期建設。管線系統則依人口較密集、容易用戶接管之地區，優先以計畫目標年之計畫人口污水設計量一次設計，而分為：

1. 大規模污水處理計畫，即最大日污水量在 30,000 CMD 以上者，原則上分三期建設，第一期以計畫目標年之三分之一計畫污水量設計。當其進流污水量達到八成設計量時，再檢討第二期的設計量。
2. 中規模污水處理計畫，即最大日污水量在 10,000～30,000 CMD 者，原則上分二期建設，第一期以計畫目標年之二分之一計畫污水量設計。當其進流污水量達到八成設計量時，再檢討第二期的設計量。
3. 小規模污水處理分期設計，即最大日污水量在 5,000 CMD 以下者，可參考「臺灣地區小規模污水處理設施設計及解說」。
4. 污泥處理設計分期，可參考本設計及解說。

3.3 污水處理方法的選定

污水處理方法的選定，應就承受水體特性及其放流水水質標準，考量下列後決定之。

1. 計畫放流水水質標準。
2. 放流水體特性。
3. 污水處理廠進流水流量及水質。
4. 污水處理水回收再利用及用途。
5. 污泥處理方法，污泥有效利用與否及用途或最終處置。
6. 污水處理廠用地條件及地域特性。
7. 操作維護管理性。
8. 經濟性。

9. 污水處理方法，應就處理物質濃度及要達到的目標水質加以選定。
10.污水處理程序，應就整體性加以評估檢討。

3.3.1 計畫放流水水質

1. 計畫放流水水質，依環保署最新法令「放流水水質標準」。 2. 目標水質，係以能達到放流水體水質分類之限值的放流水水質。

解說：

1. 放流水標準(依最新法令標準訂定)：
   (1)水源水質水量保護區：除上述 BOD、SS、油脂、硝酸鹽氮(若無總氮管制)外，尚有總氮 15 mg/L、總磷 2 mg/L。氨氮 113 年之前為 10 mg/L，113 年開始為 6 mg/L，另外無總磷管制者，正磷酸鹽(以三價磷酸根計算)為 4 mg/L 以下。
   (2)一般地區：Q＞250 CMD 者，BOD 限值為 30 mg/L，SS 限值為 30 mg/L，油脂 10 mg/L，硝酸鹽氮 50 mg/L，大腸桿菌群 200,000 CFU/100mL。Q＜250 CMD 者，BOD 限值為 50 mg/L，SS 限值為 50 mg/L，油脂 10 mg/L，硝酸鹽氮 50 mg/L，大腸桿菌群 300,000 CFU/100mL。另氨氮及總氮，則依有無同時收集截流水、水肥及事業廢水，以既設、新設而異，如表 3.5。

表 3.5　放流水水質標準-公共污水下水道系統氨氮及總氮管制

項目				限值 mg/L	備註
氨氮 (適用流量大於 250 立方公尺/日	排放於自來水水質水量保護區外者	許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量達總廢(污)水最大量百分之二十以上者	既設	75	自 113 年 1 月 1 日施行
				30	自 110 年 1 月 1 日施行
			新設	20	自 113 年 1 月 1 日施行
		許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量未達總廢(污)水最大量百分之二十者；或未收受處理事業廢水、截流水或水肥者	既設	10	
			新設	10	自 110 年 1 月 1 日施行
				6	
總氮 (適用流量大於 250 立方公尺/日)	排放於自來水水質水量保護區外者	許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量未達總廢(污)水最大量百分之二十者；或未收受處理事業廢水、截流水或水肥者	既設	50	自 113 年 1 月 1 日施行
				35	自 110 年 1 月 1 日施行
			新設	20	自 113 年 1 月 1 日施行

公共污水下水道系統放流水水質項目及限值，如表 3.6。社區專用污水下水道系統放流水水質項目及限值，如表 3.7。

2. 放流水目標水質，除符合放流水水質標準外，若放流水體為水污染主管機關認定為環境特殊或需特予保護之水體，則應檢討放流水水質與承受水體設定之流量及水質混合後，應能達到地面水體分類及水質標準，如表 3.8。計畫或區域放流水水質之決定程序，如圖 3.13。

3.3.2 放流水體

污水處理廠放流地點的選擇，應考量對承受水體水質不造成影響，以獲致稀釋效果，且具自淨作用之良好水體，放流水水質除應達到放流水水質標準外，若承受水體之放流點被列為環境特殊或需特予保護之時，則需整體考量各種措施，以減少對承受水體的直接影響。

解說：

污水處理廠放流地點，若被列為環境特殊或需特予保護者，應考量事項如下：

1. 污水處理水放流水水質，如第 3.3.1 節「計畫放流水水質」。
2. 承受水體之自淨能力良好者。
3. 放流水量與承受水體水質混合稀釋擴散之狀況。
4. 放流水體水質分類之水質，在與放流水混合稀釋後，一年間可有 75%以上達到水體分類水質限值之地點。
5. 放流水體放流口下游現在及未來水資源利用要求之水質狀況，且需位於自來水取水口下游一定距離(各地不同，非定值)以上。(依飲用水管理條例第 5 條規定，該距離由直轄市、縣主管機關訂定，報請中央主管機關公告之)。
6. 承受水體主管機關及水體利用者之因應能力或策略。
7. 污水下水道集污區域與放流點位置之關係，包括距離及高程。

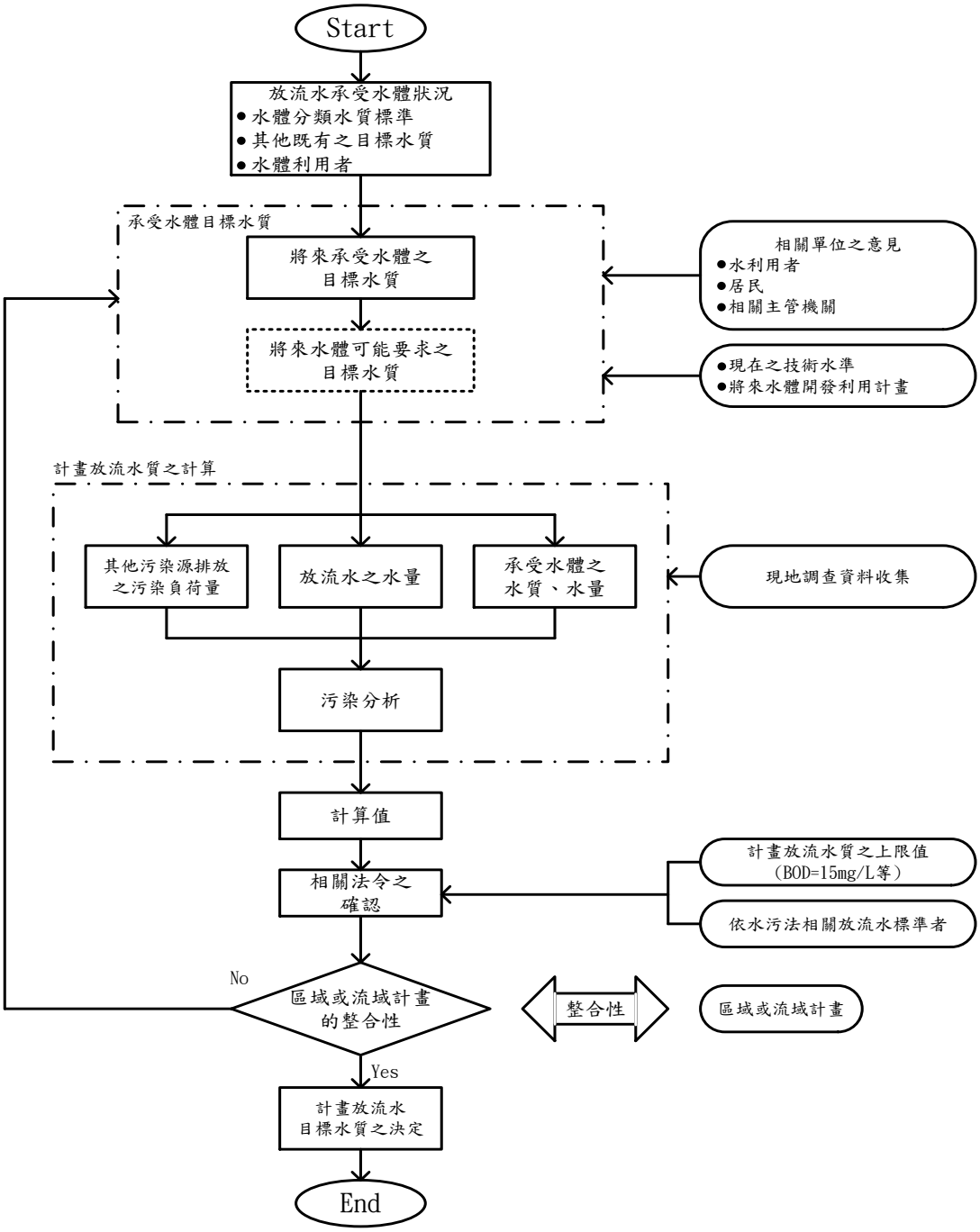


圖 3.13　計畫或區域放流水目標水質之決定程序

表 3.6　公共污水下水道系統放流水水質項目及限值(108 年 4 月)

適用範圍	項目				限值	備註
共同適用	水溫	排放於非海洋之地面水體者			攝氏三十五度以下(適用於十月至翌年四月)	
					攝氏三十八度以下(適用於五月至九月)	
		直接排放於海洋者			放流口水溫不得超過攝氏四十二度，且距排放口五百公尺處之表面水溫差不得超過攝氏四度	
	氫離子濃度指數				六．0—九．0	
	硝酸鹽氮				五0	不適用有總氮管制者。
	正磷酸鹽(以三價磷酸根計算)	排放於自來水水質水量保護區內者			四．0	不適用有總磷管制者。
	總磷	排放於自來水水質水量保護區內者	中華民國九十年十一月二十三日前尚未完成工程招標者		二．0	
	陰離子界面活性劑				一0	
	油脂(正己烷抽出物)				一0	
流量大於二五0立方公尺／日	生化需氧量				三0	
	化學需氧量				一00	
	懸浮固體				三0	
	大腸桿菌群				二00、000	
	氨氮	排放於自來水水質水量保護區內者			一0	
					六	自中華民國一百十三年一月一日施行。
		排放於自來水水質水量保護區外者	許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量達總廢(污)水最大量	中華民國一百零六年十二月二十五日前完成建造、建造中或已完成工程招標者	七五	自中華民國一百十年一月一日施行
					三0	自中華民國一百十三年一月一日施行。
			百分之二十以上者	中華民國一百零六年十二月二十五日前尚未完成工程招標者	二0	
			許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量未達總廢(污)水最大量百分之二十者；或未收受處理事業廢水、截流水或水肥者	中華民國一百零六年十二月二十五日前完成建造、建造中或已完成工程招標者	一0	自中華民國一百十年一月一日施行。
				中華民國一百零六年十二月二十五日前尚未完成工程招標者	一0	
					六	自中華民國一百十三年一月一日施行。
	總氮	排放於自來水水質水量保護區內者	中華民國九十年十一月二十三日前尚未完成工程招標者		一五	
		排放於自來水水質水量保護區外者	許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量未達總廢(污)水最大量百分之二十者；或未收受處理事業廢水、截流水或水肥者	中華民國一百零六年十二月二十五日前完成建造、建造中或已完成工程招標者	五十	自中華民國一百十年一月一日施行。
					三五	自中華民國一百十三年一月一日施行。
				中華民國一百零六年十二月二十五日前尚未完成工程招標者	二十	
流量二五0立方公尺／日以下	生化需氧量				五0	
	化學需氧量				一五0	
	懸浮固體				五0	
	大腸桿菌群				三00、000	
	氨氮	排放於自來水水質水量保護區內者			一0	
	總氮	排放於自來水水質水量保護區內者	中華民國九十年十一月二十三日前尚未完成工程招標者		一五	

表 3.7　社區專用污水下水道系統放流水水質項目及限值(108 年 4 月)

適用範圍	項目		限值	備註
共同適用	水溫	排放於非海洋之地面水體者	攝氏三十八度以下(適用於五月至九月)	
			攝氏三十五度以下(適用於十月至翌年四月)	
		直接排放於海洋者	放流口水溫不得超過攝氏四十二度，且距排放口五百公尺處之表面水溫差不得超過攝氏四度	
	氫離子濃度指數		六．0—九．0	
	硝酸鹽氮		五0	
	氨氮	排放於自來水水質水量保護區內者	一0	
	正磷酸鹽(以三價磷酸根計算)	排放於自來水水質水量保護區內者	四．0	
	陰離子界面活性劑		一0	
	油脂(正己烷抽出物)		一0	
	溶解性鐵		一0	
	溶解性錳		一0	
	鎘		0．0三	
	鉛		一．0	
	總鉻		二．0	
	六價鉻		0．五	
	甲基汞		0．000000二	
	總汞		0．00五	
	銅		三．0	
	鋅		五．0	
	銀		0．五	
	鎳		一．0	
	硒		0．五	
	砷		0．五	
	硼	排放於自來水水質水量保護區內者	一．0	
		排放於自來水水質水量保護區外者	五.0	
流量大於二五0立方公尺／日	生化需氧量		三0	
	化學需氧量		一00	
	懸浮固體		三0	
	大腸桿菌群		二00、000	
流量二五0立方公尺／日	生化需氧量		五0	
	化學需氧量		一五0	

表 3.8　地面水體分類及水質標準(106 年 9 月 13 日修正)

基準點		甲　類		乙　類		丙　類		丁類	戊類
		陸域	海域	陸域	海域	陸域	海域	陸域	陸域
保護生活環境相關環境基準	pH 值	6.5~8.5	7.5~8.5	6.5~9.0	7.5~8.5	6.5~9.0	7.0~8.5	6.0~9.0	6.0~9.0
	溶氧量(DO)	≥6.5	≥5.0	≥5.5	≥5.0	≥4.5	≥2.0	≥3.0	≥2.0
	大腸桿菌群	≤50	≤1,000	≤5,000		≤10,000			
	生化需氧量(BOD)	≤1.0	≤2.0	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤6.0	≤8.0	≤10.0
	懸浮固體(SS)	≤25		≤25		≤40		≤100	無漂浮物且無油污
	氨氮(NH_3-N)	≤0.1		≤0.3		≤0.3			
	總磷(TP)	≤0.02		≤0.05					
保護人體健康相關環境基準	鎘	0.01							
	鉛	0.1							
	六價鉻	0.05							
	砷	0.05							
	汞	0.002							
	硒	0.05							
	銅	0.03							
	鋅	0.5							
	錳	0.05							
	銀	0.05							
	有機磷劑+氨基甲酸鹽(2)	0.1							
	安特靈	0.0002							
	靈丹	0.004							
	毒殺芬	0.005							
	安殺番	0.003							
	飛佈達及其衍生物 (Heptachlor, Heptachlor, epoxide)	0.001							
	滴滴涕及其衍生物 (DDT, DDD, DDE)	0.001							
	阿特靈－地特靈	0.003							
	五氯酚及其鹽類	0.005							
	除草劑(3)	0.1							

註：(1)各項目之單位：pH 值無單位、大腸桿菌群 CFU/100ml，其餘均為 mg/L。
(2)有機磷劑係指：巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松、陶斯松。
　　氨基甲酸鹽係指：滅必蝨、加保扶、納乃得。
(3)除草劑係指：丁基拉草、巴拉刈、2,4-地。
(4)陸域地面水體指河川、湖泊。保護人體健康相關環境基準：全部公共水域一律適用。
(5)資料來源：環保署修正發布之“地面水體分類及水質標準”106.9.13。

3.3.3 污水處理廠進流水量及水質

污水處理廠進流水量及水質，應考量事項如下：

污水處理廠設計進流水量及水質之推估，應同時考量其變動特性以及放流點之水體分類水質要求，據以選定污水處理方法。

解說：

污水處理廠設計於選定污水處理方法時，對於進流水量及水質的變動特性應加以掌握，作為系統選定之依據，其進流水質水量變動大者，應有因應或不同程序的考量，同時要考量處理規模用地等因素。有關設計進流水量及水質之建議於第 3.2.5 節及第 3.2.6 節討論。

3.3.4 污水處理水回收利用

污水處理水回收利用，應考量事項如下：

污水處理廠處理水若計畫回收再利用，其處理方法的選定，應依回收水利用標的所需水質檢討其處理程序。

解說：

由於污水處理廠處理水流量穩定，為一可靠的水資源，可供綠地澆灌、清洗用水、事業用水、沖廁用水、農業用水及環境維持用水。惟再利用水之條件，必須有各種評估因子，且此等水質項目互有關連，必須加以綜合考量，以能達到最經濟之效益，包括：

1. 衛生上之問題：大腸桿菌群、餘氯量。
2. 美質上之問題：外觀、濁度、色度(或 SS)。
3. 舒適度之問題：臭味。
4. 污染上之問題：BOD、pH、氮、磷。
5. 供水管線系統不造成障礙：結垢、軟泥的形成。
6. 供應工業或高科技廠所需之回收利用，其所需水質要求，依其需求而定。

若全廠之放流水計畫全部回收再利用時，其處理程序則可以一步到位，依再利用需求水質規劃設計之，否則仍以一般達到放流水質之要求進行規劃設計，而僅就再利用水量部分進行處理。

3.3.5 污泥處理方法及資源利用

污泥處理方法及資源利用，應考量事項如下：

污泥處理因處理方法的不同，其處理過程所產生的分離水及污泥產量也異。而污泥資源回收利用及最終處置之不同及污水處理是否除磷，其污泥處理方法也需有所因應，皆應納入污水處理方法選定之考量因素。

解說：

1. 污泥處理方法之不同，其分離水水質影響污水處理負荷差異頗大，如污泥採好氧消化或厭氧消化，而在厭、好氧消化過程中，由於固體物分解也會增加

COD 及氨氮等，致其分離水之水質，會影響污水處理程序及效果。另污泥的產生量多少也是一大因素，選定污水處理方法時，必須充分檢討。

2. 污泥處理過程之不同，所產生之最終產物的性質及量有很大的差異，必須就其能源及資源效益一併加以考量。
3. 中規模污水處理廠之污泥穩定處理，宜採無加溫或加溫厭氧消化。大規模廠則採用厭氧消化。小規模則依生物處理方式而定。其分離液除有很大的差別外，污水處理若為除磷系統則污泥所攝取的磷化物，可能在污泥濃縮及厭氧消化過程中釋出，而影響污水處理磷的去除效果，因此污泥的處理影響因素，也需加以掌握或排除。

3.3.6 污水處理廠用地及地域特性

污水處理廠用地及地域特性，應考量事項如下： 污水處理方法之選定，應針對處理廠用地條件及地域特性加以考量。

解說：

1. 在用地條件上，應考量的事項，包括：
   (1)用地面積及形狀。
   (2)用地地形(坡地等)。
   (3)用地的地質條件(軟弱地盤、岩盤等)。
   (4)用地之利用狀況及設施配置(既有或改建)。
   (5)原則上以都市計畫污水處理廠用地，或在鄰近系統而土地可取得之用地。
   (6)與居民社區之距離遠近及最多風向之影響。
2. 在地域特性上，應考量的事項，包括：
   (1)氣象條件(氣溫、風向、降雨量等)。
   (2)廠址區位條件(海濱、國家公園、歷史文化遺址、自來水水源保護區)。
   (3)處理廠用地周邊的土地利用狀況(有無指定為特定用途)。
   (4)產業及觀光動態(產業地區、觀光地區)。
   (5)環境保護法規(水污染防治、噪音、空污及海岸管理法等相關法規)。
   (6)污水處理產生物之最終處置(篩渣、沉砂、污泥餅等)。
   (7)都市計畫土地使用分區。
   (8)環境影響評估。

3.3.7 操作維護管理性

操作維護管理性，應考量事項如下： 污水處理廠於設計時，應就未來操作維護空間及安全等納入考量，以利營運後之維護管理。

解說：

污水處理廠之維護管理性，考量層面包括維護管理體制、空間、人力需求、安全、技術水準、點檢、維修頻率及位置數、操作管理的難易度等，應就各種不

同處理程序，其營運、管理及維護面，加以充分檢討後，提出最適合的程序，以決定處理方法。

3.3.8 經濟性

經濟性，應考量事項如下：

污水處理廠於污水處理方法選定時，應就能源效率、建設費及操作維護費充分檢討比較之。

解說：

1. 污水處理方法之不同，其處理機械、電機設備差異頗大，應就能耗納入比較之。
2. 污水處理方法之不同，建設費及操作維護費也異，故應就建設費、設備費及可使用年限評估比較，同時加入耗能、操作維護費及年費等，計算其生命週期總支出(LCC)等充分比較選定之。

3.3.9 污水處理方法及水質

污水處理方法及水質，應考量事項如下：

於檢討污水處理時，應就其處理對象物質及濃度選定處理方法。

1. 污水處理依其處理對象物質的不同，其處理方法也異。
2. 各種生物處理方法可達到的放流水水質，其處理方法也異。

解說：

一般公共污水下水道污水的處理流程，如圖 1.2。污染物質之處理項目及可選定之處理方法，如表 3.9。各處理方法的類型及可達到的水質，如表 3.10。

表 3.9　污水去除物質及其處理方法

項目	處理方法
有機物去除	活性污泥法等
有機物及氮去除	各種生物處理法、循環式硝化脫硝法
有機物及磷去除	厭氧、好氧活性污泥法
有機物、氮及磷去除	各種厭氧、缺氧、好氧法

2.3.10 三級處理之目的及去除物

三級處理之目的在於難分解物質的去除，或為改善處理水的色度、混濁等觀感，以及確保衛生安全性之處理。

解說：

三級處理其主要的處理方法，為於二級處理之後段，增加物化處理方法為主。至於過去列為三級處理分類之氮、磷去除之營養鹽類，則已併入二級生物系統中一併去除，不再納入三級處理之分類。三級處理之物質及處理方法，如表 3.11。

表 3.10　日本不同計畫放流水質之污水處理方法

計畫放流水水質			處理方法及可達同等以上水質的處理方法
生化需氧量	氮含量	磷含量	
BOD_5(mg/L)	mg/L	mg/L	
10 以下	10 以下	0.5 以下	循環式硝化脫硝膜濾法(MLE+膜濾，限添加凝聚劑)、厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加有機物質及凝聚劑)併快濾法
		0.5～1.0	循環式硝化脫硝膜濾法(MLE+膜濾，限添加凝聚劑)、厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加有機物質及凝聚劑)併快濾法，以及循環式硝化脫硝法(MLE 法，限添加有機物質及凝聚劑)併快濾法
		1.0～3.0	同上
		—	循環式硝化脫硝膜濾法(MLE+膜濾)、厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加凝聚劑)併快濾法，以及循環式硝化脫硝法(MLE 法，限添加凝聚劑)併快濾法
	10～20	1.0 以下	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加凝聚劑)併快濾法，以及循環式硝化脫硝法(MLE，限添加凝聚劑)併快濾法
		1.0～3.0	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法)併快濾法，以及循環式硝化脫硝法(MLE，限添加凝聚劑)併快濾法
		—	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加凝聚劑)併快濾法，以及厭氧好氧活性污泥法併快濾法
	—	1 以下	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法，限添加凝聚劑)併快濾法，以及厭氧好氧活性污泥法併快濾法
		1～3	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法)併快濾法，以及厭氧好氧活性污泥併快濾法
		—	標準活性污泥法併快濾法
10～15	20 以下	3 以下	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法)及循環式硝化脫硝法(MLE 法，限添加凝聚劑)
		—	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法)及循環式硝化脫硝法(MLE 法)
		3 以下	厭氧缺氧好氧法(A^2O 法)及厭氧好氧活性污泥法
		—	標準活性污泥法

備註：日本下水道協會，下水道設施計畫設計指針と解說，2019 年

1. 活性污泥法，包括氧化渠法、長時間曝氣法、分批式活性污泥法、好氧過濾法、接觸曝氣法、活性污泥膜濾法(MBR)。
2. 好氧缺氧脫氮法，包括 A^2O 法、階梯多段流入式硝化脫硝法、好氧缺氧氧化渠法。
3. 處理水水質項目中，「－」係表示無該水質要求。

表 3.11　三級處理之對象物質及處理方法

目　　的	去　除　物　質		水　質　項　目	處　理　方　法
提升達公共水域水質	有　機　物	懸浮性(膠體)	SS，VSS	快濾，微細篩，凝聚沉澱，浮除分離
		溶　解　性	BOD，COD，TOC，TOD	活性碳吸附，凝聚沉澱，臭氧氧化，生物膜接觸
水再利用	微量物質	無機鹽類	TDS，電導度，Na，Ca，Cl 離子等	薄膜，電透析，溶解，離子交換

3.3.11 污水處理程序的選擇

污水處理程序的選擇，應考量事項如下：

污水處理除要達到放流水水質標準之要求，其處理程序必須充分評估其他重要因素，綜合決定之。

解說：

污水處理程序的選擇，應考量事項如下：

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，達到穩定的放流水質的能力。
2. 以系統方法評估處理單元操作程序：污水處理廠是由不同的處理單元操作程序所組合而成，設計時須以系統方法評估處理單元操作程序的不同組合及其相互作用，例如：採用調節池單元時，須考量其下游各處理單元水量及水質的均勻負荷，另外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，故質量平衡分析亦為系統評估重要之一環。
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、公布的數據、實廠及模廠研究的數據等。如遇到新的或不尋常的情況，有必要做模廠實驗。
4. 應用的流量範圍：處理程序應適合預期的流量範圍，例如：接觸曝氣法，並不適合極大的流量或污染負荷。
5. 應用的流量變化：大多數處理單元操作程序，必須設計在廣泛流量變化範圍內才能操作，而大多數處理單元在相對穩定流量下，有最佳的處理效果，如果流量變化太大，有必要採用流量調節。
6. 進流污水特性：進流污水的特性，會影響預備選用處理程序的種類(例如：化學處理或生物處理程序)及適當操作這些處理程序的需求性。
7. 抑制及無法處理的污染物成份：污水中所含污染物成份，其可能對處理程序產生抑制作用，在處理過程中須評估能否有效處理。
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，溫度也可能影響設施的實質操作，較高溫度可能加速厭氧臭味的產生以及大氣的擴散。
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，通常係源自經驗值、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，可參考相關的文獻。

10. 處理效能：處理效能通常以放流水水質做為衡量，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：污泥處理成本高低，處理過程迴流之固體物是否影響污水處理單元操作程序，污泥處理系統的選擇，須與污水(迴流液)處理系統的選擇同步進行。
13. 水頭需求：污水處理單元操作程序通常採重力流，處理系統中如有雙重生物處理程序，除了活性污泥之懸浮生長式反應池外，尚有生物濾床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。污泥處理單元操作程序，通常採用泵送壓力流方式。
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處理單元操作程序。
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，需要去除特定成分如氮、磷。
16. 化學藥劑需求：部分處理單元操作需要化學藥劑、需求數量及儲備時間，加藥可能會對處理殘留物的特性以及處理費用產生影響。
17. 能源需求：欲設計經濟有效的處理系統，能源需求及未來可能的能源費用，應予了解。
18. 其他資源需求：若有資源需求，則須予以儲備，以便能順利執行處理單元操作程序。
19. 人員需求：人力組織規模及何等技術需求，這些技術是否需要訓練。
20. 操作及維護需求：何種特殊的操作或維護需求，需要何種備用零件，其庫存及費用等考量。
21. 附屬設備：需要之支援程序，特別是在程序不正常時，其是否影響放流水水質。
22. 可靠度：處理單元操作程序的長期可靠度，該單元操作程序是否穩定，受週期性的突增負荷之因應。
23. 複雜度：正常或緊急情況下，運轉該處理單元程序之複雜性，操作人員須有訓練以因應。
24. 相容性：處理單元操作程序與既有設施的配合性，擴廠之考量。
25. 土地面積是否足夠：是否有足夠的空間，容納現現有的處理設施以及未來的擴充用地，有多少緩衝區可做為景觀綠地，以減少視覺及其他衝擊。

3.4 設施配置之考量

3.4.1 污水處理設施配置

污水處理設施配置，應考量事項如下： 污水處理廠之配置，依用地面積、廠址形狀及毗鄰狀況，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，應高於洪水水位重現期，距 100 年降雨狀況下之淹水潛勢高程。

解說：

污水處理廠，依規模別其單位處理量用地需求，若採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如表 3.12，若設消化槽者，則為前述用地面積的 1.2 倍。若採氧化渠法，則約為 2.6～2.8 倍。另有三級處理時，則須另加考量。其用地原則上，至少應為各槽體及建築物投影面積總和之兩倍。

表 3.12　污水處理廠採標準活性污泥法依設計規模別單位處理量用地需求

單位：(m^2/m^3・日)

處理規模(m^3/日)	10,000～20,000	20,000～50,000	50,000～100,000
二級處理廠 用地需求	1.0～2.0	1.0～1.5	0.8～1.2

污水處理廠之配置，須考量處理設施功能、水力動線及操作運轉維護管理等因素，以達到建設分期彈性、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、地質及基礎條件、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、經濟性、景觀、環境之控制、未來擴廠之準備(包括增加土地面積)等。配置上一般需考量下列數點：

1) 污水處理廠用地若與住宅相鄰接，應有充分的緩衝綠地隔離。
2) 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。中小規模廠之操作維護及管線配置成本考量，並不建議設置管廊。
3) 初級沉澱池、生物反應槽、二級沉澱池，應採複數池槽自成一系列配置，並視污水增加及經濟狀況，分期擴建。
4) 污泥處理設備，應避免接近民宅或上風處。
5) 未設置初級沉澱池之氧化渠等處理系統之設計，應考量設置油脂之去除設施。
6) 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、處理機械管廊及污泥處理設施鄰近配置之。

7) 依處理程度及處理廠規模設置，必須適當配置水質檢驗室。

8) 儘可能設計由管理中心監控室環視全廠區處理單元。

9) 處理廠為防止臭氣外溢，必要時進流抽水站應設於室內，前處理、初級沉澱池及污泥處理設施等皆應加蓋，並設置適當之除臭設施。

10) 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。

11) 廠內除值日室外，得視需要設置相關生活所需設施。

12) 民眾參觀動線與廠區操作區域做區隔，以維安全舒適。

(2)考量因素

1) 維護管理方面

①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。

②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 150mm 以上，彎管少，且儘量配置於接近污泥處理設施處。

③操作人員之巡視動線，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。

④人員、污水、污泥、送風、電纜等動線應能流動順暢。大規模污水處理廠可考量設置管廊。

⑤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，以維安全及方便觀察。另池槽應考慮排水及清洗水之設置。

⑥各種設備之驅動裝置，其位置除應考量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外，需有欄杆或安全措施。

⑦廠內道路之配置，應考量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，又廠內道路應考量具環廠巡迴，除一般用 2～4 噸車可進入外，亦須考量大型(吊)車可通行，除用地受限外，應有側門供污泥車出入。

⑧對於預防颱風、豪雨、地震等之災害及非常事故之對應，也應加以考量。

⑨為防污水處理廠進流水發生異常暴量，應於進水抽水站進流井設置制水閘門，控制進入抽水站濕井內，使其在前幹管之人孔配置，可溢流至排水系統之緊急排水設施，以維護污水處理廠之安全。

⑩鼓風機房、脫水機房、抽水機房、電氣機房，應預留設備搬運出入口，以及維修所需間距、吊升高度及通風換氣之考量。

2) 周邊環境調和及現場條件方面

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，以降低民眾之嫌惡觀感。

①廠址若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，或生長的果實不會招引鳥類啄食者，以避免大型高飛禽鳥闖入飛航區。

② 避免散發臭氣、噪音、產生泡沫及振動，致影響當地環境。

③ 放流水承受水體之用途。

④ 水災、停電、地震之考量。

⑤ 地質、地盤之考量。

3) 建設分期方面

① 依用地平行順暢配置，同時兼具擴建彈性之考量。

② 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。

4) 處理功能方面

① 污水處理及污泥處理分成複數系列配置之，以二系列以上配置，以利故障時之調整。

② 大規模設置管廊者，有利於配置、動力、控制設備之維護。

③ 處理設施中，沉砂池、抽水機房、鼓風機房、污泥處理機房等，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。

④ 管理中心、前處理單元(含沉砂池)、機械房、電氣房、污泥處理機房、變電站及緊急發電機房等建築物分開或共構，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。

⑤ 上述考量可以歸納為外部因素及內部因素，污水處理廠配置考量事項，如表 3.13。

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念設計，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，往內劃設適當寬度或依規定之植栽用地，做為與附近住戶的緩衝綠地分隔，若用地充足，必要時再往內劃設一條環廠道路。

(3)污水處理廠的配置，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、生物反應槽、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，全廠水頭損失應力求減少，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，鼓風機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。

表3.13　污水處理廠配置考量事項表

外部因素	1.一般因素	1.用地狀況(形狀、面積、高程差、方位) 2.道路狀況(道路寬度、計畫道路) 3.各種維生管線之引入(自來水、電力、瓦斯) 4.放流河川位置、流入管位置
	2.地域特性	1.氣候(風向、雨量、溫度) 2.氣象(地震、高潮位、颱風、淹水) 3.地域、地形(都市、農地、丘陵、地質)
	3.法規限制	1.土地用途(住宅、商業、工業…) 2.都市計畫法、水利法… 3.其他規定
	4.居民要求	1.各種請願、回饋要求、居民說明 2.公害防治(噪音、振動、臭氣、日照、排氣) 3.用地的多元化(公園、運動場、停車場)
	5.睦鄰及環境調和	1.地標、環境調和 2.地區回饋(消化瓦斯) 3.公園、綠地
內部因素	1.機能因素	1.物流(機器、器材、廠內外道路) 2.水流(處理水、放流水、再利用水) 3.污泥流(初沉污泥、迴流污泥及廢棄污泥、分離液、污泥餅、浮渣) 4.操作維護動線(巡檢、維修及各種公用管線) 5.處理方法(水、污泥、三級處理) 6.處理法的校核(未來提升等) 7.安全及衛生
	2.管理因素	1.各設施的連絡(動線規劃、管廊規劃) 2.控制系統(管理中心、中央控制系統) 3.配管之平衡、單純 4.未來技術提升之對應(三級處理…) 5.防災對策(地震、內水淹水、外水侵入) 6.操作管理體制 7.監視、控制方法及程度 8.水肥投入計畫 9.管廊配置
	3.建設技術	1.分階段施工(次期施工容易、單元方法) 2.假設工程、基礎工程 3.覆蓋(上部利用、排氣脫臭、梁柱跨距) 4.危險物設施之設計、建設(瓦斯、氯鹽、重油) 5.初期投資之合理化(第一期建設設施) 6.水路及管廊之交錯 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(2012年)

(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 150 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、污泥處理設施及管理中心，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，亦須有維修道路做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、未來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)污水處理廠應依不同使用者進出，動線應獨立設計，員工上下班及來訪客人應由正門進出，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做為他用，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。

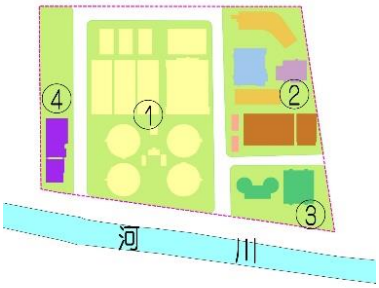
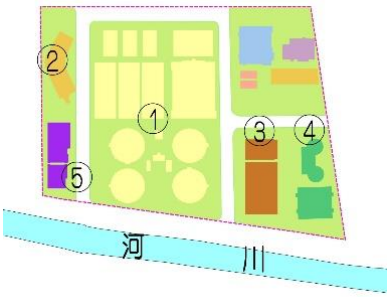
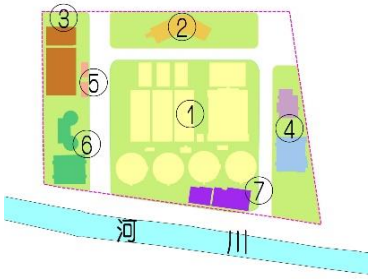
(9)污水處理廠的配置依污水處理廠規模，可採(1)集中型、(2)集中+分散型、(3)分散型配置，其優缺點比較，如表 3.14。

(10) 圖 3.14 為依數方案經評估比較後之一定案配置案例，其考量因素包括：

1) 本廠為中規模廠，故編號 1 管理中心(含檢驗室及備品房)、編號 2 抽水站房及編號 3 污泥處理機房合併，其管理及建設費用可較低，且距住宅區較遠，主要管理動線短。惟各機房應在建築上加以適當區隔，避免噪音、臭味之互為影響。
2) 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。
3) 污水處理設施(初級沉澱池、曝氣池、二級沉澱池)之進出流渠道，若加區隔可變更為複數操作。
4) 本方案編號 4 初級沉澱池及編號 6 二級沉澱池之管道長度為最短。
5) 污泥流經編號 9 濃縮槽、編號 10 消化槽及編號 3 污泥處理機房之動線可順暢。編號 11 鼓風機房鄰近曝氣槽，動線短且靠近管理中心。
6) 本方案因水流動線最短，各單元連結，距河川放流口近，因之水頭損失可達最小。
7) 本方案之分期建設沒有困難，且擴建時不干擾住宅區。

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「鄰近河川」100 年重現期距之洪水位。

表 3.14　污水處理廠配置比較

	配置計畫	設施名稱(編號)	優點	缺點
(1)集中型		①污水處理設施。 ②管理中心、前處理單元(進流抽水站、沉砂池)、鼓風機房、污泥處理房。 ③污泥消化槽。 ④消毒單元。	1. 動線最短。 2. 建設費最低。 3. 維護管理較易。 4. 能源設施集中。	1. 噪音振動易對其他設施造成影響。 2. 污泥處理之通風影響較大。 3. 由於日照面積較小，直接採光較差。
(2)集中+分散型		①污水處理設施。 ②管理中心、前處理單元(進流抽水站、沉砂池)。 ③污泥處理房。 ④污泥消化槽。 ⑤消毒單元。 ⑥鼓風機房。	1. 污泥處理設施遠離，故對其他單元影響較少。 2. 污泥處理若委託辦理，可有明確的工作分界。	1. 管理中心與污泥處理房之聯絡不便。 2. 管理中心與污泥處理房之距離稍遠。
(3)分散型		①污水處理設施。 ②管理中心。 ③污泥處理房。 ④前處理單元(進流抽水站、沉砂池)。 ⑤鼓風機房。 ⑥污泥消化槽。 ⑦消毒單元。	1. 分期建設較易。 2. 南側臨河川，若未來鄰近區域規劃設置住宅區，其影響較小。 3. 噪音、振動、臭氣之影響最少。 4. 鼓風機接近生物處理單元，空氣輸送距離較短。	1. 管理中心與其他設施距離過遠。

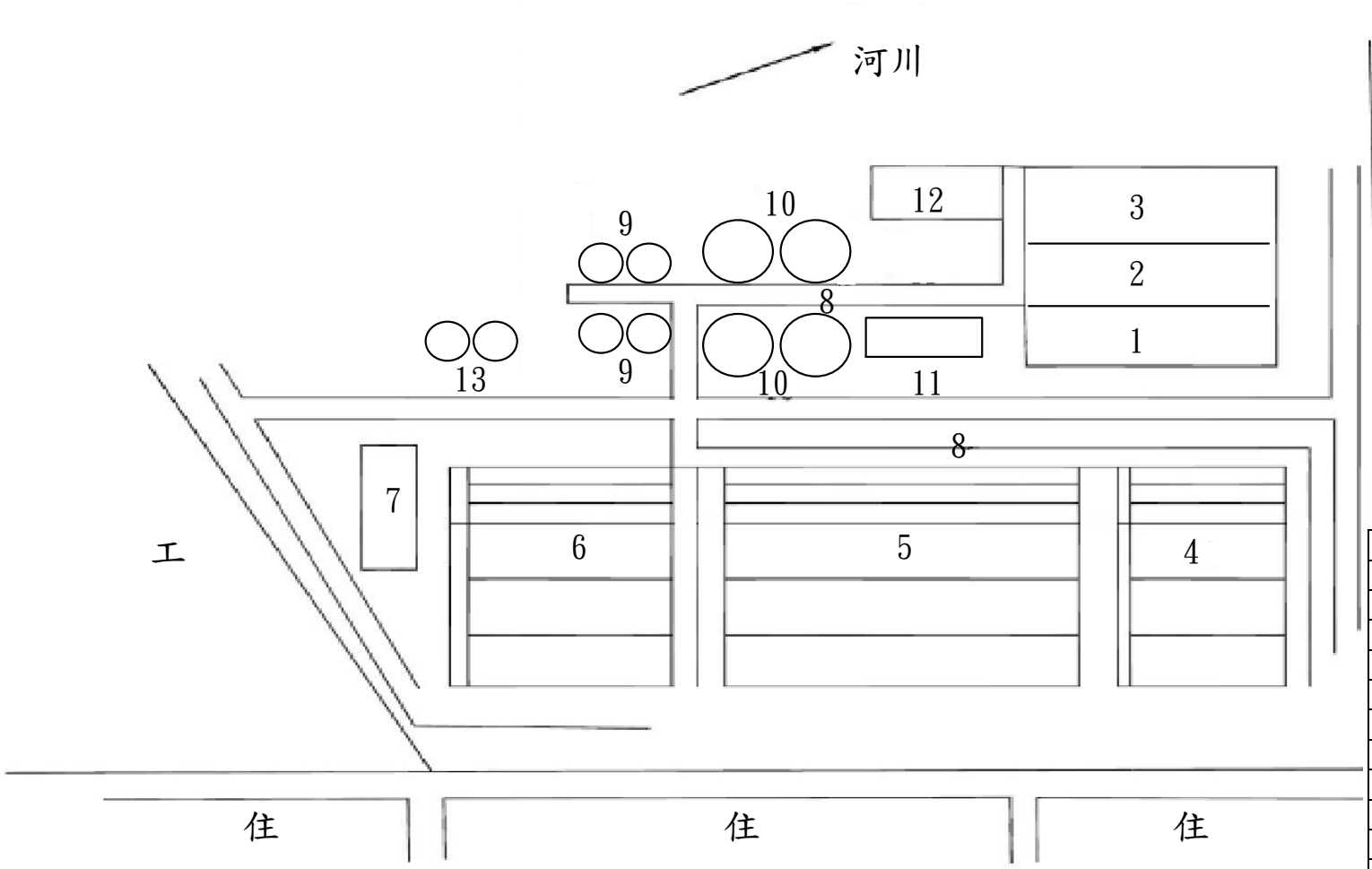


圖　　例	
1	管理中心
2	抽水機房
3	污泥處理機房
4	初級沉澱池
5	曝氣槽
6	二級沉澱池
7	消毒槽及再生水砂濾
8	管廊
9	濃縮槽
10	消化槽
11	鼓風機房
12	污泥分離液貯槽
13	瓦斯槽

圖 3.14　平面配置方案檢討最佳方案圖例

3.4.2 污水處理廠池槽

污水處理設施之池槽，大部分為圓形或長方形，本節就設置應有之考量加以討論。

污水處理池槽構，應考量事項如下：

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度。
4. 池槽應考量能排空池水的措施。
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分應設置欄杆。
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，應設置可撓性管件或採用雙套管之設計。
7. 廠內池槽設置，應考量節省土地面積。

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，但若有下述特殊目的，則應改用長方形池槽：

      1) 槽體用地面積須減少時。

      2) 槽體須隔間或需要多個池槽時。

   (2)鋼筋混凝土池槽，如超過 3 m 高，壁厚至少須為 30 cm。任何次要結構元件厚度至少為 15 cm，如須要 5 cm 保護層厚度，則厚度至少為 20 cm。

   (3)受地下水浮力影響的池槽，須以增加自重對應。

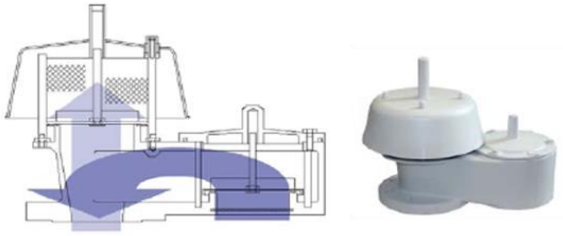
   (4)暴露於中等濃度硫化氫濃度以上(150～1000 ppm)侵蝕的鋼筋混凝土池槽，應採用抗硫化物水泥。

   (5)同一結構物中不同水泥，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，且可抵抗大部分的化學侵蝕，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：厭氧消化池等，如其頂板為固定式，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，如池槽頂板結構強度不足，可能會使池槽頂板遭受大氣壓力壓垮；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，如池槽頂板結構強度不足，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，可採加強頂板結構，或在池槽頂板裝設呼吸閥(breather valves)(如圖 3.15)，該閥兼具有釋壓閥及真空閥功能。保護通氣(conservation vents)或安全通氣(safety vents)，係以法蘭固定在頂板上，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 3.15　釋壓及真空閥

3. 池槽出水高度，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 頂板時，出水高度應足夠，使頂板的梁底合乎下述要求：①在最高水位之水面上，②不致阻礙水面浮渣之流動，③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，可較其他部分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度，使泡沫不易被風吹走，並可使消泡噴水頭能有效的消泡。
4. 污水處理廠的池槽須定期排乾池水，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，而以重力流方法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，必須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之目的，故欲在池槽設置排水閘門，首應考量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，而以重力流方法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槽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槽的進流渠道中。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，約離池底地板 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，而生物反應槽及加氯消毒池，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「職業安全衛生設施規則」之規定，在高度達 2 m 以上之加蓋池槽槽頂上作業時，對於邊緣及開口部分，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。加蓋池槽槽頂邊緣及開口之欄杆扶手高度，不得小於 1.20 m。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。各池槽的周邊應有護欄。
6. 地下管線與結構物因兩者重量不同，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(如橡膠或鑄鐵材質可撓管)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)設計，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法，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，應設置銜接車行道路的維護管理步道。

3.4.3 污水處理系統繞流之考量

為增加污水處理系統之安全及彈性操作，應考量系統繞流之配置。

解說：

為提升污水處理設施之安全及操作彈性，應考量污水處理系統繞流之配置，包括：

1. 為因應氣候變遷之極端降雨，造成集水區淹水，導致大量雨水逕流灌入污水下水道系統，或污水處理廠發生意外事故，而不得不停止進水時之風險，宜在主幹管流入抽水站前之人孔，設置可將雨、污水緊急消毒後，溢流入周邊雨水下水道管渠或水體之設施。或為暴雨之雨污水由進流抽水站經細攔污柵、巴歇爾量水槽及沉砂池之前處理，再繞流初沉池及生物反應池而直接排至消毒池，最後經消毒後放流，以達紓流之目的。
2. 為因應污水處理系統之正常穩定操作及初期低流量與維修需要，宜考量不經初級沉澱池，而直接流入生物反應槽之規劃與配置。
3. 在去氮、除磷系統，為提升反應槽之釋磷或脫硝反應所需之碳源，可考量部

分或全部污水，以及初級沉澱池之沉澱污泥，以繞流管引入生物反應槽之彈性操作考量。

3.4.4 設施間之水位差及導水渠設計

1. 各污水處理單元間的水位差，則依各處理單元水頭損失分別計算。若為改建或擴建工程，則可參考操作之實際狀況做適當的決定。
2. 導水渠之設計流量，以計畫時最大污水量加各種迴流量設計之。

解說：

1. 設施間水位差之設計考量，包括：
   (1)各處理單元的水位，依下游處理單元水位為基準，分別針對各處理單元配置構造上的損失水頭，並加計導水渠及量測設備的損失水頭。另依抽水機之最大能力(含備用抽水機)抽水時，確認其不會造成溢流狀況為原則。
   (2)各處理單元間的水位差若偏大，將造成進流抽水機的過高揚程而不經濟，水位差過小，則下游處理單元有影響上游處理單元水位之虞，在處理機能上不適宜，故應以能達各處理單元間之平衡設定其水位差，並須考量因流量增加或一般沉陷量，設計適宜的餘裕量。
2. 導水渠的設計量，依計畫最大時污水量，加計畫迴流污泥量、分離液及脫硝硝化液量，考量設施間之水位關係，以平均流速 0.6～1.0 m/sec 設計之。

3.4.5 污水處理設施節能

污水處理設施節能，應考量事項如下：

污水處理廠的設計，應就未來營運操作，從流程依各設備之能耗加以考量節能設計，使未來的營運能達到節能之效果。

解說：

污水處理廠的設計，應就處理廠流程，檢討各設備，從營運角度考量各設備之操作狀態，進行設備設計及選用，以達到節能之目的。

污水處理廠各主要設備節能設計考量，如表 3.15。

3.4.6 污水處理廠多目標使用

污水處理廠多目標使用，應考量事項如下：

污水處理廠的上部空間等，係都市中重要的開放空間，應加以考量多目標使用。

解說：

污水處理廠頂部空間，可做為公園、運動設施、避難所、產生能源等使用，對於下水道的順利推動，以及提升下水道的形象等，皆有密切的關連。污水處理廠頂部空間做為多目標用途時，可使用之型式，如表 3.16。

表 3.15　污水處理廠各主要設備節能設計考量內容

流程	設備區分		設備、系統、技術 具體內容
前處理流程	電氣使用設備	沉砂池設備、泵浦設備	1.攔污機間歇操作(定時器、水位差、主泵浦連動) 2.洗砂機間歇操作，依據池序、交互運轉 3.依據流量實施池數管控 4.進流水抽水機運轉效率化 1)台數管控、2)轉速管控、3)高水位運轉(揚程減低) 5.進水抽水機流量穩定(管線、調節池利用)
污水處理流程	電氣使用設備	初級沉澱池設備	1.依據流量實施池數管控 2.刮泥機操作(檢視污泥界面) 3.污泥輸送泵浦間歇操作(定時、濃度、排泥量設定) 4.提升浮渣去除捕捉率(迴流污水減量)
		生物反應槽設備	1.調控適宜送風量 1)進流流量比例管控、2)MLSS 管控、3)DO 管控 2.提升曝氣系統氧氣傳輸效率 3.硝化循環泵浦(流量管控、台數管控、轉速管控) 4.防止曝氣系統阻塞(壓損降低) 5.降低電力使用量 1)離心式鼓風機(台數管控、變頻裝置) 2)魯氏鼓風機(台數管控、轉速管控) 3)水中攪拌機、曝氣機(轉速管控、間歇操作) 6.消泡流量間歇操作、間接灑水
		二級沉澱池設備	1.依據流量實施池數管控 2.刮泥機操作(檢視污泥界面) 3.污泥輸送抽水機間歇操作(定時、濃度、排泥量設定) 4.迴流污泥抽水機(台數管控、轉速管控) 5.浮渣去除設備提升捕捉率(迴流污水減量)
		消毒設備	1.依出流水量調節加氯量
		三級處理設備	1.水中攪拌機、曝氣機(轉速管控、間歇操作) 2.最佳化砂濾過濾、膜濾法曝氣機(轉速管控、間歇操作)、設備沖洗計畫
污泥處理流程	電氣使用設備	污泥濃縮設備	1.提升濃縮功能(濃縮污泥減量) 2.提升固形物捕捉率 3.降低機械濃縮設備動力
		污泥厭氧消化設備	1.進流污泥濃度管理 2.污泥消化槽溫度管理 3.污泥消化槽加強保溫隔熱 4.污泥消化槽攪拌設備用低動力化 5.蒸氣配管加溫設備加強隔熱保溫 6.鍋爐、加熱器等自動控制 7.蒸氣、溫水有效利用
		污泥好氧消化設備	1.調控適宜送風量(VSS 及 DO 管控)
		污泥脫水設備	1.供給污泥濃度管理 2.降低污泥餅含水率 3.污泥輸送及脫水設備流程管控 4.降低脫水設備用電量

流程	設備區分			設備、系統、技術 具體內容
污泥乾燥流程	電氣使用設備	污泥乾燥設備		1.污泥乾燥操作運轉計畫與污泥餅產量調整 2.調整負荷運轉率 3.降低污泥餅含水率 4.減低輔助燃料使用、增加自燃時間 5.熱回收利用設備(燃燒空氣預熱、白煙防止預熱、污泥預備乾燥) 6.加強隔熱保溫 7.減低排氣處理流量 8.熱媒洩漏防止 9.自動控制系統 1)燃燒空氣量與發熱量的調整 2)溫度管理 3)鼓風機、排氣等運轉速管控
其他主要耗能設備	電氣使用設備	除臭設備		1.除臭空氣量減少 1)除臭發生源的擴散防止 2)臭氣發生的洩漏防止 3)與一般換氣分開 2.排風扇間歇操作(季節、時段)
		受變電、配電設備	低耗能變壓器	使用低耗能變壓器(模鑄式變壓器、非晶質鐵心型變壓器、高效率變壓器)
			穩壓器	高負載設備使用高壓電，為提高供電系統的可靠性增加穩壓器，瞬間電壓的突升與突降，造成損壞後面的設備如切換變壓器、電壓調整器、自動電壓調整器等台數管控裝置。
其他主要用電設備	空調、換氣、熱水、升降機等	受變電、配電設備	變壓器台數管控裝置	監視變壓器的負載率，控制系統並聯、解聯方法以減少負載損失、提升負載率等之變壓器台數管控裝置。
			變壓器容量	電力使用容量與負載率等配合調整
			高效率不斷電系統	正常狀態下使用電壓、頻率穩定之商用電源，如停電或頻率變動過大，自動啟動蓄電池等變頻式不斷電系統裝置，正常時採用變頻運轉，可降低電能損失。
			蓄電設備	控制日間尖峰用電過大，使用高效率大容量蓄電設備。
		功率因素改善	進相電容器	設備受電端、電流相位會落後電壓現象，加裝油式、乾式電容後有效調整電流的相位，來改善整體功率因數。
			自動功率因素調整器(APFR)	測定系統功率因數，以達到0.95落後為需求，設置投入/開放自動裝置以改善功率因素。
			機械式進相電容器	於個別的機械設備上配置進相電容器，個別改善功率因素。
		高效率馬達	高效率馬達	採用高級鐵心及改善線圈之冷卻風扇，相較於標準型效率損失較小之感應馬達。
			永久磁鐵馬達	採用轉子為永久磁鐵(PM)的同步馬達，即使不投入二次側繞組電力，亦可以有較高效率。

流程	設備區分			設備、系統、技術 具體內容
		運轉速管度管控	變頻設備	泵浦、風機等設備流量可調整，採用變頻設備有效控制馬達的頻率、電壓等。
			多段式馬達	可多段調整馬達轉速，以有效多段控制轉速變換及固定。
		電能管控	需求控制裝置	監測最大電力使用量，當超過預估之設定值時，自動發出警報、並切斷負載。
		空調、熱源設備、系統等	高效率離心式冷凍機	採用定格運轉時其性能系數(COP)在 6 以上的冷凍機。壓縮機採用變頻設備，冷卻水於溫度低時 COP 有上升現象。
			瓦斯引擎熱循環泵浦系統	啟動瓦斯引擎熱循環泵浦系統，提供為冷暖氣時，於暖氣時可回收瓦斯引擎之熱排氣。
			高效率中央空調	壓縮機、排風扇採用直流電馬達，提升壓縮機，室外內機熱交換性能高的中央空調。個別空調系統亦可使用。
			儲冰式中央空調	冰水主機桶槽與中央空調系統結合，夜間製冰產生冷氣白天使用。個別空調系統亦可使用。
			改良型雙效用吸收冷溫水機	吸收液再生、冷凝流程等所排放熱值做為燃燒用空氣、吸收液預熱或製造溫水等之配備。
			外氣冷房空調系統	冬季時，適當的利用較低溫度之室外進氣，可節省冷氣空調系統的能源消耗。另外、設置全熱能交換器的空調系統，也可以將熱能進行繞流。
			紅外線暖房	藉由紅外線的照射，提供暖房效果。由於空氣溫度較為暖和，有其功效。
			全熱交換器	有效回收排氣的熱能，可降低進氣量的補充。
			預冷熱之外氣進氣控制	溫度預冷或預熱時，管控室外進氣量的補充。
			外氣取入量控制	監測室內 CO_2 氣體狀態，管控適當的室外進氣量。
			冷熱水供水最佳設定控制	冷卻或溫水設備提供冷水或熱流量，依據負載需求配合適當的輸送動力，可有效提升性能系數(COP)。
			冷卻水最佳設定溫度控制	冷卻水於溫度低時，有利於冷凍效率提升，因此在維持冷凍設備正常運轉的保護回路熱平衡下，管控適當的溫度。
			熱源台數量控制	對於已設置複數台的冷凍設備，管控適當的台數以符合實際的需求。
		空調設備、系統等動力節約	減低水、空氣輸送時之水頭損失	自動化管控適當的壓力。
			葉輪間距的調整	泵浦葉輪間距調整，依據供流量之壓力需求選定特性曲線符合之泵浦。
			配管內摩差損失減低	密閉系統配管內，利用界面活性劑混合流體使得阻抗減低，以減少動力消耗。
			漿狀水化物	水化物與水溶液混合的熱傳導媒介劑，屬於高密度

流程	設備區分			設備、系統、技術 具體內容
			空調系統(VCS)	材質，可提升冷熱能的傳導功能，降低空調系統動力消耗。
		空調設備相關等及其他	內壁、窗戶、床等隔熱	針對非空調空間與房屋間之隔間進行隔熱。
			外壁、屋頂、窗戶、床等隔熱	建築物外牆、屋頂、窗戶、床等強化隔熱效果。
			建物氣密性	使用氣密門、雙重門、回轉門等增加氣密性。
			屋頂綠化、牆壁綠化	考量散熱、冷氣效應加強屋頂、牆壁綠化。
			日曬隔熱	使用遮蔽材料、熱反射玻璃、選擇透光性材料、隔熱塗刷素材等。
			適當劃分空調區域	依據使用時間、負載型態等適當劃分空調區域。
		熱水裝置	自然冷媒(CO_2)熱循環泵浦熱水裝置	自然冷媒(CO_2)熱循環泵浦熱水裝置，運轉可以得到90℃的熱水。利用自然冷媒(CO_2)取代海龍，可降低對環境的負荷，並且可以得到高溫的熱水。熱循環泵浦熱水裝置可與熱水供應裝置組合成套裝設備。
			高效率熱循環泵浦熱水裝置	新冷媒(R410A)熱循環泵浦熱水裝置，運轉可以得到80℃的熱水，效能係數(COP)高。熱循環泵浦熱水裝置可與熱水供應裝置組合成套裝設備。
			潛熱回收型熱水裝置	一般瓦斯熱水供應裝置，常將200℃的廢氣排放，利用潛熱回收型熱水裝置，可將廢氣排放溫度降至80℃，回收的熱能可做為熱水預熱。
			瓦斯引擎熱利用熱水裝置	瓦斯引擎發電的同時，將廢氣排熱儲存利用，供熱水供應裝置使用，瓦斯引擎裝置可與熱水供應裝置組合成套裝設備。
		高效率換氣設備	可變式換氣設備	利用變頻設備調節換氣風量。
			局部換氣系統	針對吸煙場所、燃燒器具、影印機等空氣污染源高負荷區域，降低用電量。
		適當換氣量	依據CO_2、CO濃度控制適當換氣系統	使用於停車場等，監測CO_2、CO濃度以控制換氣系統之適當鼓風機數量、轉速等運轉系統。
			依據溫度適當換氣系統	使用於電氣室、機械室等，依據設定之上下溫度以控制換氣系統之適當運轉。
			利用定時器控制適當換氣系統	配合倉庫、機械室等使用時間、季節性等特性，利用定時器控制換氣系統，並適時檢討間歇使用，調節適當換氣系統。
		電梯	使用變頻設備	電梯運轉系統使用變頻設備。
			電力回收系統	每次電梯運轉之人數及方向，運轉時馬達消耗電力的同時，可利用電力回收系統回收部分電力。
			永久性電磁捲揚機	採用永久性電磁馬達之無段式捲揚機，電梯加速、減速時噪音小，效率高。
		電扶梯	自動運轉裝	電扶梯前加設光感器具，光感有使用者時電扶梯才

流程	設備區分			設備、系統、技術 具體內容
			置	自動運轉的裝置。
			台數管控	依據帶狀使用時間，管控使用台數。
	照明設備	高效能照明設備	LED 照明器具	使用 LED 照明器具，低耗能、降低發熱、體積小、壽命長
			窗邊照明回路分離	白天光線充足時可自動關燈、將窗邊照明回路分離配置。
			光導管系統	光導管內部設置鏡面，可有效將日曬光線導入屋內之系統，可補足正常照明。
			高反射率板	設置螢光燈具之高反射板提升高反射率。
			高亮度誘導燈	使用冷陰極管提高亮度之誘導燈。
		照明設備控制裝置	窗簾遮蔽控制	依據季節性、時間性等日曬有效使用，並配合空調負載調節系統。
			照明自動開關裝置	利用定時器、光感、人員感應等，自動控制照明開關裝置。
			多段調光系統	依據必要照度多段調整亮度系統，可避免多餘亮度使用。
			日間利用系統	利用光感設備，將日曬有效使用，並配合調整亮度系統。
	未利用能源	下水熱能有效利用設備		1. 做為空調設備熱源 2. 提供溫水
		消化瓦斯有效利用設備		1. 消化瓦斯做為發電機引擎燃料 2. 焚化爐輔助燃料 3. 做為鍋爐熱源 4. 提供其他單位使用
		小水力發電設備		利用水壓位能做為開放型蓄熱系統揚水動力、利用水壓位能設置小型水力發電設備、回收部分電力。
		烘乾廢熱有效利用設備		1. 污泥預烘乾熱源 2. 做為空調設備熱源 3. 消化槽加溫 4. 提供溫水

備註：引自日本省エネルギーセンター「節能省エネ 104 項目」

表 3.16　污水處理廠多目標使用之型式

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、圖書室
	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	出租停車位
	產生能源	太陽能發電、風力發電、生質能

污水處理廠多目標利用，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，以不須事先報備方法，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法，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，又可分成兩種方法，其一是在平面上，如：廠區範圍內建廠多餘的土地，或是保留做為未來擴建的用地，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；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及台北市內湖污水處理廠，兩者之污水處理設施部分，皆採用半地下化方法興建，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，在國內多數是屬公共的污水處理廠，實例有雲林斗六水資源回收中心。

污水處理廠頂部空間利用，應對下列事項加以檢討：

1. 適合利用為公共設施的內容。
2. 對地方及周遭住戶的貢獻。
3. 下水道設施維護管理上的阻礙。
4. 將來擴建及改建時的阻礙。
5. 對下水道形象增進的貢獻。

3.4.7 營運初期對策

初期低流量低濃度操作對策，應考量事項如下：

污水處理廠營運初期進流水量低，其水質也因水量低流速慢，而在流程中因沉積及分解，以致濃度低，故於設計時，應有因應之考量。

解說：

1. 污水處理廠分期施作時，第一期工程建設會受到收集管線工程建設期程之影響，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水補注污水處理量，因此於概念設計時，就應將初期彈性操作維護需求，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。另第一期進水抽水站之濕井設計，應考慮中間隔牆，作為操作之彈性。
3. 污水處理廠第一期建設之污泥因水量水質因素，污泥量應會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. 營運初期進流水量低，宜考量由進流抽水站直接繞流至初級沉澱池(不經沉砂

單元)，或不經初級沉澱池，而直接流入生物反應槽之規劃與配置，並於初次設立之申請時，登載於「特殊操作流程」中。

5. 營運初期污泥產生量少，為配合濃縮槽間歇性操作，應有間歇放空濃縮槽，以防污泥腐敗之排空配置，以及併同分離液引入抽水井或生物反應槽之配置。
6. 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，以提升機械設備運轉效率避免投資浪費。
7. 污水處理廠分期施作之後期建設，如收集系統依計畫建設，污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。

第四章　管渠與附屬設施

4.1 概說

4.1.1 管渠設施之組成及概述

管渠設施係管渠、人孔、雨水排放口、陰井、連接管等的統稱，是下水道的基本設施。藉由各種下水道管渠設施收集住宅、商業和工業區排出之污水或雨水，並輸送到抽水站，污水處理廠或放流口等進行處理或排放。

下水道收集方式分為分流式和合流式，另外，下水之輸水方式分為重力流和壓力流，並以重力流爲標準，至於採用方式則根據地形和地理條件等進行綜合評估決定。

分流式下水道分污水下水道及雨水下水道，其管渠及附屬設施包括：

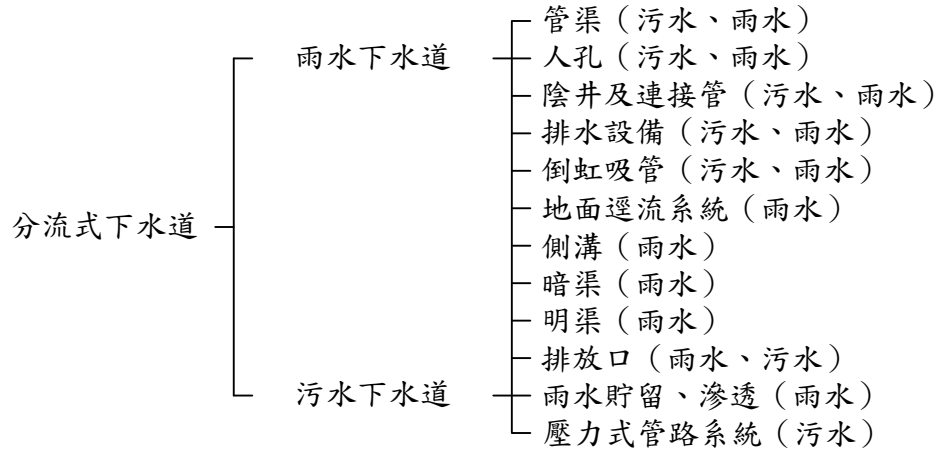


圖 4.1　管渠設施的分類

本章共分 13 節，係就上述分流式下水道各設施分類，於 4.1 節概述管渠設計以宏觀前瞻及安全性之基本原則，以及重要的管渠及附屬設施名詞定義等。4.2 節管渠水力(水理)學，就管渠形狀及管渠和附屬設施設計時，所需應用到相關計算式的基本原理，各種係數等，加以臚列，以供設計時引用之需要。4.3 至 4.8 係摘錄營建署現行雨水下水道管渠設計指南之重點。4.9 至 4.13 節則為摘錄營建署現行公共污水下水道管線設計手冊(109 年)相關內容而成，以利參採。

4.1.2 管渠設施的重要性和安全性

下水道管渠設施，無論雨水下水道或污水下水道，皆為都市計畫區的重要維生設施，除迅速排除降雨所產生的地面逕流，以保護國民的生活安全，保障生命財產免於遭受災害損失外，污水下水道更是收集市民生活活動所排出之污水及排出物，以維護周邊生活環境衛生，確保承受水體水質及保護水資源之利用。

臺灣地區雨水下水道建設率至 2022 年已達近 80%，污水下水道普及率近 35%，其管渠系統，雨水長約 6,000 公里，污水約 12,000 公里，這些管渠皆埋設於各道路巷弄下，部分久者已四、五十年，由於承受交通車輛之承載及振動，埋設在地下輸送雨水、污水之惡劣環境，長期使用致老化、劣化，再者若因設計、施工或維護管理不善，反而成為市民生活威脅，隨時有發生坍塌等災害事故之虞，為甚具風險的公共設施，故不能加以忽視。

在高雄市曾於 2014 年 7 月 31 日深夜至隔日凌晨，在數條人口密集的市區道路發生總長達四公里多的石化氣連環爆炸之嚴重事件，造成 32 人死亡，包含前來救援的消防人員，受輕重傷者多達 321 人，沿線所有維生系統全毀，停電、停水、停氣、停話，共影響 32,968 戶，83,819 人。其肇因於雨水下水道箱涵年久失察，而與其相交錯埋設的石化管線洩氣，長期竄入箱涵，擴散長達數公里所造成。該箱涵在埋設後的 23 年期間，每年僅就路面做外觀檢視，且因其路面並無損害下陷或淤積、阻塞等異常現象，疏於內部檢視而未察覺，以致釀成重大災害，可為殷鑑，故必須痛定思痛，改變及提升下水道管渠設施的維護管理，以保障市民生命財產安全。

因此管渠設施之設計、施工或設施維護管理，必須是整體考量，始能確保其安全性，保障市民之生活。

4.1.3 管理為主的宏觀與前瞻規劃設計

臺灣有計畫的推動下水道建設已四、五十年，全國雨水下水道的建設率已近 80%，污水下水道普及率也近 35%，除已完成的建設亟待有效加強維護管理，以臻延壽使用，而針對未來的建設，更應以過去為基礎，以前瞻宏觀的視野，持續有計畫的推動。

管渠設施以標準方法決定流入之計畫污水量、計畫雨水量等計畫量，管渠之設計標準，包括爲防止管渠內沉澱物等堆積的最小流速和便於維護管理而規定的最小管徑，以有效率進行整備及維護管理。

由於近年來社會結構的變化，使得計畫污水量和實際污水量間存在差異，有案例顯示，按設計標準設置的設施不符合現況條件，因此出現了很多問題，在這種情況下，有必要於改建計畫時重新評估計畫污水量，以設計符合現況條件的設施。

下水道開始使用以來，已累積許多淹水案例、道路塌陷、發生臭氣狀況等之維護管理資訊。在改建管渠設施時，應根據這些資訊，分析原因來解析問題、研擬改善對策與改建計畫，在設計上是很重要的。

另外，針對雨水排放管或污水處理廠進流管等大口徑幹線管渠，通常因該幹管之輸送水量大，更新管渠時往往難以進行，因此在設計興建該管渠設施之前，宜考慮朝雙管化作為替代管渠設施或預留將來的彈性考量。

未來的下水道建設更應從宏觀與前瞻的視野去推動：

- 傳統的下水道設計偏於經驗法則，而忽略了設計上的理論基礎。建設後的下

水道管渠，也常存在設計或施工階段未加察覺的事態。

- 未來的下水道面臨全球極端氣候的變遷、溫室氣體效應、人口老化及人口減少問題，將是下水道建設必須積極面對的課題。
- 下水道管渠系統的建設，應從生命周期總支出，考量其最佳化，並能達到節能減碳，從減少收集系統的水頭損失、防止不明水的滲入，提升管線的使用壽命與減少揚水耗能，以達經濟性及最適化。
- 都市雨水下水道系統，除能達到所設計之排水能力外，更應朝抑制逕流量之綜合考量，以彌補雨水下水道建設後，管渠負荷及土地利用的變化所增加之逕流量。
- 下水道管渠的建設在於達到建立安全安心的生活環境，以減低淹水災害，同時能達到舒適居住環境品質，改善居住環境衛生，提升生活環境品質。

4.1.4 下水道管渠及附屬設施名詞定義

(1)下水道：指為處理下水而設之公共及專用下水道(下水道法)。

(2)公共下水道：指供公共使用之下水道(下水道法)。

(3)專用下水道：指供特定地區或場所使用而設置，尚未納入公共下水道之下水道(下水道法)。

(4)下水道用戶：指依下水道法及下水道管理規章接用下水道者(下水道法)。

(5)用戶排水設備：指下水道用戶因接用下水道以排洩下水所設之管渠及有關設備(下水道法)。

(6)下水道工程設施：管渠、抽水站、污水處理廠及其相關設施(下水道工程設施標準)。

(7)倒虹吸管：橫越河川、運河、鐵路及地下道等障礙物底部之凹形壓力管渠(下水道工程設施標準)。

(8)計畫污水量：污水下水道計畫中，為決定管渠、抽水站及處理廠等容量所採用之污水量。

(9)家庭污水量：指廣義家庭污水，包含住宅污水、機關、學校、醫院、辦公室、飯店等之營業場所產生之生活污水。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。

(10)工業用地事業廢水量：指事業於製造、操作、自然資源開發過程中或作業環境所產生含污染物之水。以單位產品、單位原料或單位用地面積之用水量及其回收率之歷年變化為估算依據，對排水量較大者，應考量其將來擴建增產，予以個別調查。

(11)滲水量:由埋設於地下之管渠接頭裂隙或人孔等處滲入管內之水量(下水道工程設施標準)。

(12)人孔：為銜接、檢查或清理管渠，使人能出入管渠之設施(下水道工程設施標準)。

(13)污水井：為收集污水並導入污水管渠之設施(下水道工程設施標準)。

(14)連接管：污水井或雨水井與下水道管渠或設施連接之管(下水道工程設施標準)。

(15)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(下水道工程設施標準)。

(16)日間人口：居住人口加上日間來自他區之流動人口數。

(17)雨水調節池：在都市排水過程中，將雨水下水道系統中部分流量暫時儲留，俟下水道水位下降後，再行放流，以減低水路流量負擔之設施。(雨水調節池設計參考手冊)

(18)逕流係數：逕流量與降雨量之比。(下水道設施標準)

(19)雨水井：收集雨水並導入雨水管渠之設施。(下水道設施標準)

(20)排放口：放流水進入承受水體之處所。(下水道設施標準)

(21)外水位：護岸或堤防外側臨水面之水位。(下水道設施標準)

(22)滯洪池：為河川排水系統中之滯洪設施(Detention basin)主要指可滯蓄洪水之貯留空間，藉此降低目標排水設施尖峰流量，因廣為大眾使用，因此不少都市計畫區之雨水調節池亦稱為滯洪池。(雨水調節池設計參考手冊)

(23)雨水幹線：專供處理雨水之下水道。(下水道法施行細則)

(24)下水道設備：包含下水道系統管渠、放流口及其附屬設施、下水道抽水站設施及其相關設備、下水道處理廠設施及其相關設備及其他有關下水道重要設施。(下水道法施行細則)

(25)暗渠：早年管渠施設採暗渠形式，斷面形狀有圓形、卵形、矩形及馬蹄形等。惟考量工廠製造生產、材料堅實經濟、貯存、搬運及施工、地下水滲入等因素，目前暗渠施築大多採工廠製造之圓形管涵，及現場鑄造之矩形箱涵為主。(下水道設計指南)

(26)市區排水：指排洩經依下水道法規劃設置排水設施內之雨水或污水。(排水管理辦法)

4.2 管渠水力(水理)學

下水道設施主要是為處理排水區域內之雨水、家庭污水及事業廢水而設，一般下水通常含有 100～300mg/L 左右之懸浮物質，在水理學上仍以普通之水來考量。然而因為生下水中含有容易腐敗之有機物及砂土，所以在管渠設計時，應考慮避免在管渠內發生腐敗或沉澱等現象。

在水力計算上，應分別考慮不同之流體現象，例如是否為有自由水面之明渠，或是在密閉管中之壓力流，各有其不同之適用計算公式。

管渠之水理計算大部分以決定管徑為主，其他亦有適用在人孔，倒虹吸管、溢流堰(含分水人孔)等設計。在計算下水道設施時，通常適用柏努利方程式(Bernoulli equation)、連續方程式及運動量之定理。

下水道水力學有下列特性：

1. 下水道系統之水流一般為自由水流，屬明渠水力學之重力方式流動。

2. 下水中常含有懸浮固體物及油污，故其流速限制包括最低流速防止淤積之自清流速，最大流速在於避免對管體造成沖刷。
3. 下水道一般為非滿流，而以計畫目標年最大小時流量為設計依據，但初期流量低，需加以檢討是否仍達自清流速。
4. 下水道管渠水流為變量流及變速流，各點皆異，但一般以兩人孔間假設為定量及等速設計。

4.2.1 管渠形狀

一、管渠

下水道管以在水力上有利、施工容易、搬運方便、材料堅實經濟、維護管理方便，並配合施工地點之實際狀況等因素決定之。

一般管渠形狀包括圓形、矩形、馬蹄形及卵形等，如圖 4.2，各有其特性，在水力學上以具有最大的流水斷面及最小的潤周長為經濟，圓形管最具這些優點，使用也最廣。但在理論上當低流量時仍能維持一定流速，以防止污泥淤積而言，當以卵形較佳，惟因搬運及施工不易，在國內很少使用，一般都採用圓形。

(1)圓形管(Circular section)

圓形管在水力學上最具理想已如前述，且因工廠製造、貯存及搬運方便而被廣泛採用，同時具甚強的外壓及施工容易等特性。

(2)矩形渠(Rectangular section)

覆土或埋設寬度受限制時，甚為有利，施工簡便、經濟，水力計算簡單，但當滿流時，潤周增加，容量則減少，致有自上游溢流之缺點。

(3)馬蹄形渠(Horse-shoe type section)

圓形管下部之拱狀部份之混凝土可減少，為一經濟斷面，大體上高度可較低而具與圓形管相同的容量，覆土亦可減少，在基礎不良處，需較大的基礎面，但此點仍為有利且經濟，所需施工期較長為其缺點。

(4)卵形管(Egg-shaped section)

水力學上較有利，但施工困難且較不經濟。

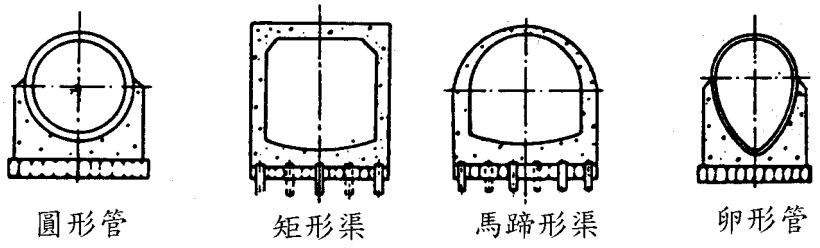


圖 4.2　管渠斷面圖

二、明渠

明渠一般應用為雨水排水設施，明渠一般均以混凝土、石砌、混凝土塊堆砌、鋼筋混凝土或鋼筋混凝土塊組立擋土式等方式築造，明渠斷面圖，如圖 4.3。斷

面之決定主要為依據地形及使用材料，但下列諸點仍為決定因素：

(1)水力學上較為有利。

(2)對於土壓具有較高的承受力。

(3)底部不發生變動。

(4)施工費低廉。

(5)維護管理容易。

(6)配合施工地點之條件。

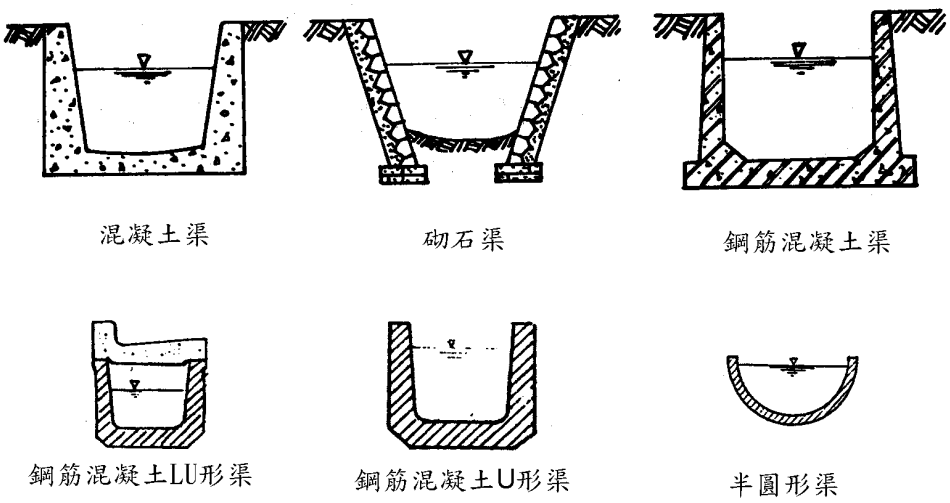


圖 4.3　明渠斷面圖

4.2.2 管流之能量線

一定流量 Q 在流動管渠之連續式可以下式表示：

$Q=A_1V_1=A_2V_2$.....(4-1)

其在明渠狀態下之能量坡降線、動水坡降線及水面，如圖 4.4(a)。壓力管狀態，如圖 4.4(b)。

假設下游斷面為 2，則其總能量水頭，可由上游斷面 1 之總能量水頭，以其差值計算出摩擦損失，而其運動式可以下式表示：

1.明渠

$$z_1 + h_1\cos\theta + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2\cos\theta + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad \text{.....(4-2)}$$

2.壓力管

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad \text{.....(4-3)}$$

式中：

Q＝流量(m^3/sec)

V＝斷面內平均流速(m/sec)

A＝流水斷面積(m^2)

Z＝基準面至管底高度(m)

h＝與基底呈直角測得之深度(m)

θ＝管渠傾斜角

α＝能量修正係數(≒1)

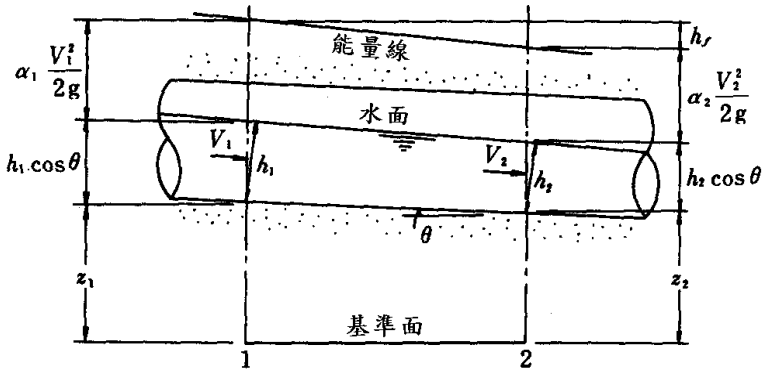
g＝重力加速度(9.8m/sec^2)

h_f＝摩擦損失水頭(m)

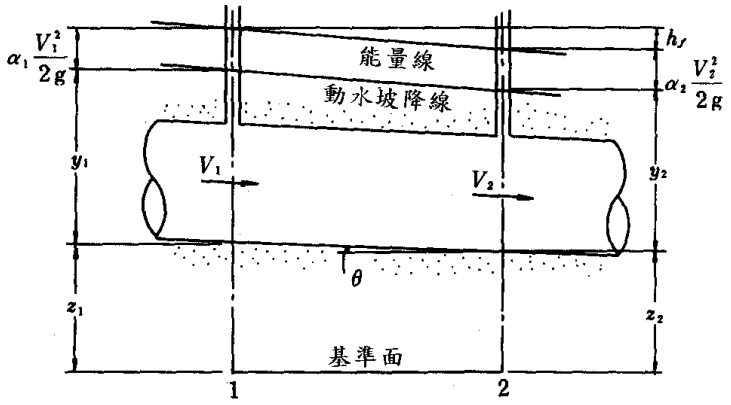
y＝從管底起測得之壓力水頭(m)

在明渠相同斷面時$h_1=h_2$，則$V_1=V_2$，故其能量坡降、水面坡降及動水坡降皆與管底坡度相同，其水面位置為z+h，動力坡降線位置為z+hcosθ表示之，管底坡度平坦時，兩者相同。

在壓力管流，管渠內因壓力，管渠內的水位可以維持動水坡降，而下水道管渠的壓力管流，則相當於人孔內之水位，相同斷面的管渠$V_1=V_2$，其能量坡降及動水坡降相同，而與管渠的坡度無關。



(a)明渠



(b)壓力管

圖 4.4　水流之能量線

4.2.3 摩擦損失水頭

下水道管渠為明渠水流，在等流管路中，水因流動與管壁摩擦而損失能量，其損失水頭之大小以h_f表示，h_f與水路之長度(L)及速度水頭平方(V)成正比，而與管徑(D)反比，可以下式表示：

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{.....(4-4)}$$

式中，f 為摩擦損失係數，f 值大小受水流之雷諾數及管之粗糙程度影響。

$$f = 0.02 + \frac{1}{2{,}000 \cdot D}$$（新鑄鐵管）

$$f = 0.04 + \frac{1}{1{,}000 \cdot D}$$（新鑄鐵管）

4.2.4 平均流速公式

式(4-4)適用於圓形管，其他斷面因管徑不一，因此 D 以水力半徑 R 表示，$R = \frac{A}{P}$，P 表示因水流所濕潤之周邊，亦即與水接觸產生摩擦作用之周長，A 為平均之流水斷面積，因此式(4-4) 可改成下式：

$$h_f = f' \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{.....(4-5)}$$

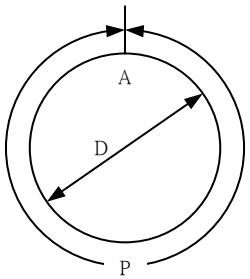
但$f' = \frac{f}{4}$

f'稱為達西－韋斯伯(Darcy-Weisbach) 摩擦損失係數。

一般稱 R 為水理之平均水力半徑，通常以下式表示：

$$\text{水力半徑 } R = \frac{\text{流水斷面積(A)}}{\text{潤水周邊(P)}} \quad \text{.....(4-6)}$$

1.圓形斷面之管徑在滿管流時

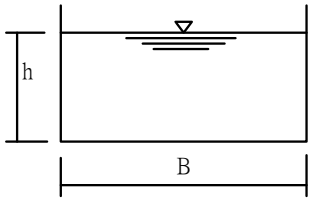


$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$P = \pi D$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} \quad \text{.....(4-6')}$$

2.矩形斷面之水力半徑



$A = h \cdot B$

$P = 2h + B$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{h \cdot B}{2h + B}$$

若在等流之流管中，水無加速流動，水因水力坡降而加速產生之力量，與在單位長度之管長之動摩擦損失平衡。

因此可得式(4-7)及式(4-8)可得：

$$I = \frac{h_f}{L} \quad \text{.....(4-7)}$$

$$h_f = f' \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{.....(4-5)}$$

$$\therefore I = \cdot \frac{f'}{R} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

由此可反求得平均流速$V = \sqrt{\frac{2g}{f'}} \cdot \sqrt{RI}$ .....(4-8)

若僅考慮摩擦損失,上式可稱為在等流之平均流速以實驗所得之平均流速。式(4-4)不僅適用於求得在等流管之平均流速，對於具有自由水面之等流明渠亦同樣適用。只是，在具有水力坡降 I 之管路，亦可從柏努利方定理求得，因為在管流之壓力水實線之斜率與管軸之傾斜度無關，而在明渠水路之水面斜率(渠底斜率)與水力坡降相等。

利用平均流速公式可求得管路或明渠水路之流量,以下為說明如何利用斷面形狀求平均流速。

1.謝塞公式(Chezy formula)

式(4-5)，若$C = \sqrt{\frac{2g}{f'}}$

則$V = C\sqrt{RI}$ .....(4-9)

在此 C 稱為 Chezy 係數，上述稱為 Chezy 平均流速公式。式(4-5)為利用實驗求得之公式，水流的阻力為流速的二乘方，並與潤邊的長度成比例之關係。

2.曼寧公式(Manning formula)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \text{.....(4-10)}$$

式中，n 為曼寧粗糙係數。

曼寧公式為從 Chezy 公式演變而成。本式為經驗公式，但其在理論上與實驗上極為符合，為目前最常用之公式，計算簡單明瞭。

表 4.1 為曼寧公式之粗糙係數 n 值，一般下水道管渠之 n 為 0.015。

表 4.1 所述之 n 值係針對下水而使用，在清水時之 n 值應略小，在利用曼寧公式計算平均流速及流量時，應注意下列兩點：。

(1)所有數值之單位使用公尺。

(2)通常以管渠底之斜率當坡降計算。

表 4.1　曼寧公式之 n 值

管渠材質	管渠內面			
	最佳	良好	普通	劣
瓷化黏土管	0.011	0.013	0.015	0.017
鋼筋混凝土管	0.012	0.013	0.015	0.017
鋼筋混凝土管內襯高分子聚合物	0.010	0.011	0.012	0.015
聚酯樹脂混凝土管	0.011	0.012	0.014	0.016
鋼管	0.010	0.012	0.013	—
延性鑄鐵管(樹脂裡襯)	0.011	0.012	0.013	—
延性鑄鐵管(水泥砂漿裡襯)	0.012	0.013	0.015	0.017
玻璃纖維強化塑膠管	0.010	0.011	0.012	0.015
高密度聚乙烯塑膠管	0.010	0.011	0.012	0.015
聚氯乙烯塑膠硬質管	0.010	0.011	0.012	0.015
丙烯晴-丁二烯-苯乙烯塑膠管	0.010	0.011	0.012	0.015

Chezy 係數 C，Darcy-Weisbach 係數f'及曼寧公式之 n 值之間有下列之關係：

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{R^{1/6}}{n} \\ f' &= \frac{2gn^2}{R^{1/3}} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\text{-}11)$$

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，其水面與管底相同，故實際上可認為管底坡度為水面坡度。

坡度的表示法如 0.003 為 1000 分之 3 或 0.3%(3‰)，在普通設計以(‰)表示較為方便。

粗糙係數為水流之阻力中，R 和 I 以外不確定因素之全部，管之水深小時 n 值愈大，在選擇上需加注意，一般設計時都依上式計算出各種斷面坡度之流速表，以利查閱較為便利，依曼寧公式所繪之圖解，如圖 4.5～圖 4.8，使用上較為方便。

管渠之斷面積，一般以流量及坡度按上式計算決定之，通常斷面尺寸以計畫流量設計圓形管滿流，矩形管渠水深百分之九十，馬蹄形管渠水深百分之八十計算，上述雖非最大流量，但為設計安全上最適之斷面尺寸。

3.海生-威廉公式(Hazen-Williams formula)

Hazen-Williams 公式一般使用於下水道壓力管之設計，其公式：

$Q = 0.85\ CR^{0.63}\ S^{0.54}\ A$ .....(4-12)

式中：

C＝摩擦係數，依管材而定，如表 4.2

Q＝流量(立方公尺/秒)

A＝管斷面積(平方公尺)

S＝能量坡降

表4.2 Hazen-Williams C值一覽表

管型	C
石棉水泥管	140
黃銅管	130－140
鑄鐵管	
新無襯裏	130
舊無襯裏	40－120
水泥襯裏	130－150
瀝青釉襯裏	140－150
塗以焦油	115－135
鋼筋混凝土管或混凝土襯裏	140
銅管	130－140
鍍鋅鐵管	120
鉛管	130－140
塑膠管	140－150
鋼管(新、無襯裏)	140－150

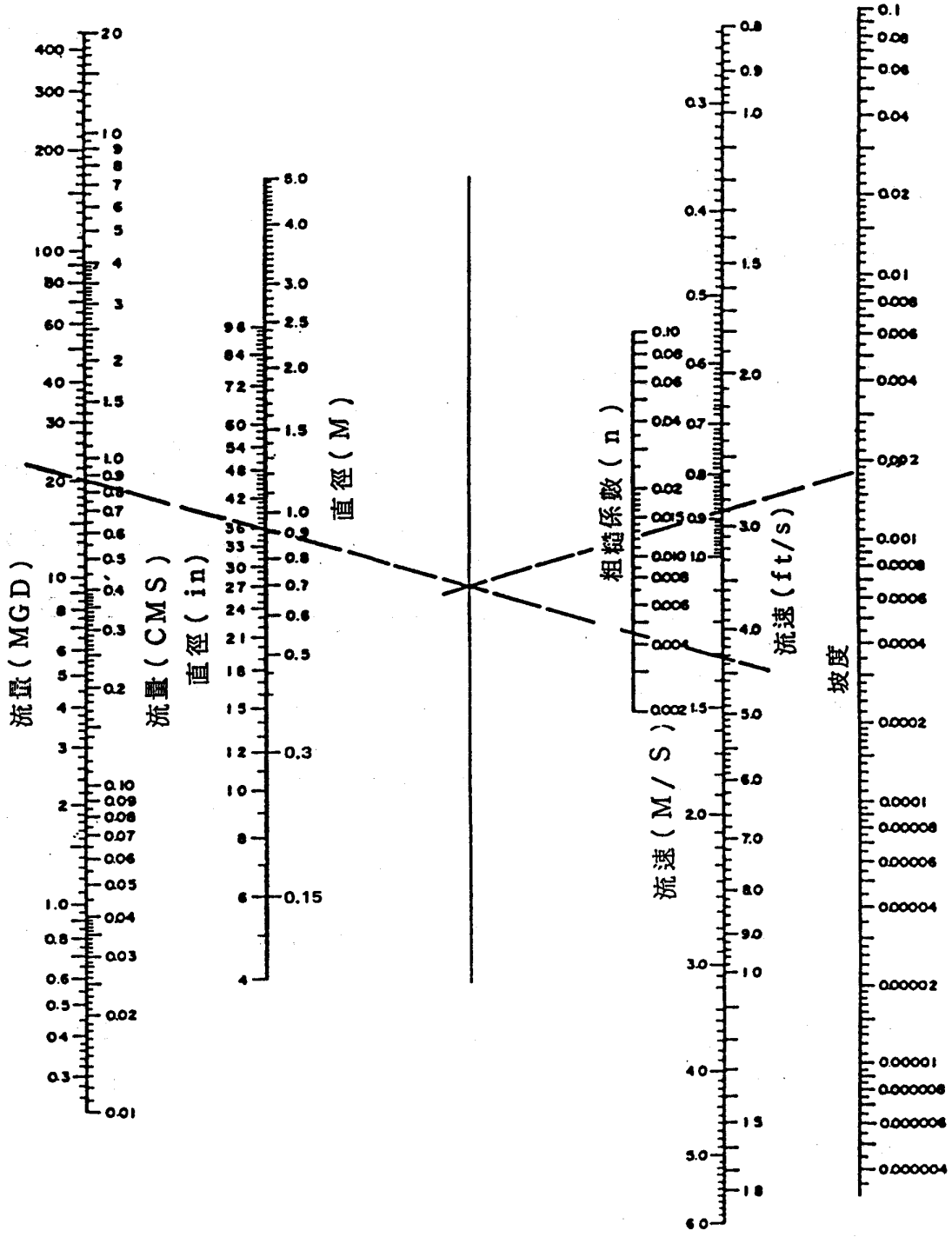


圖 4.5　曼寧公式圖解法

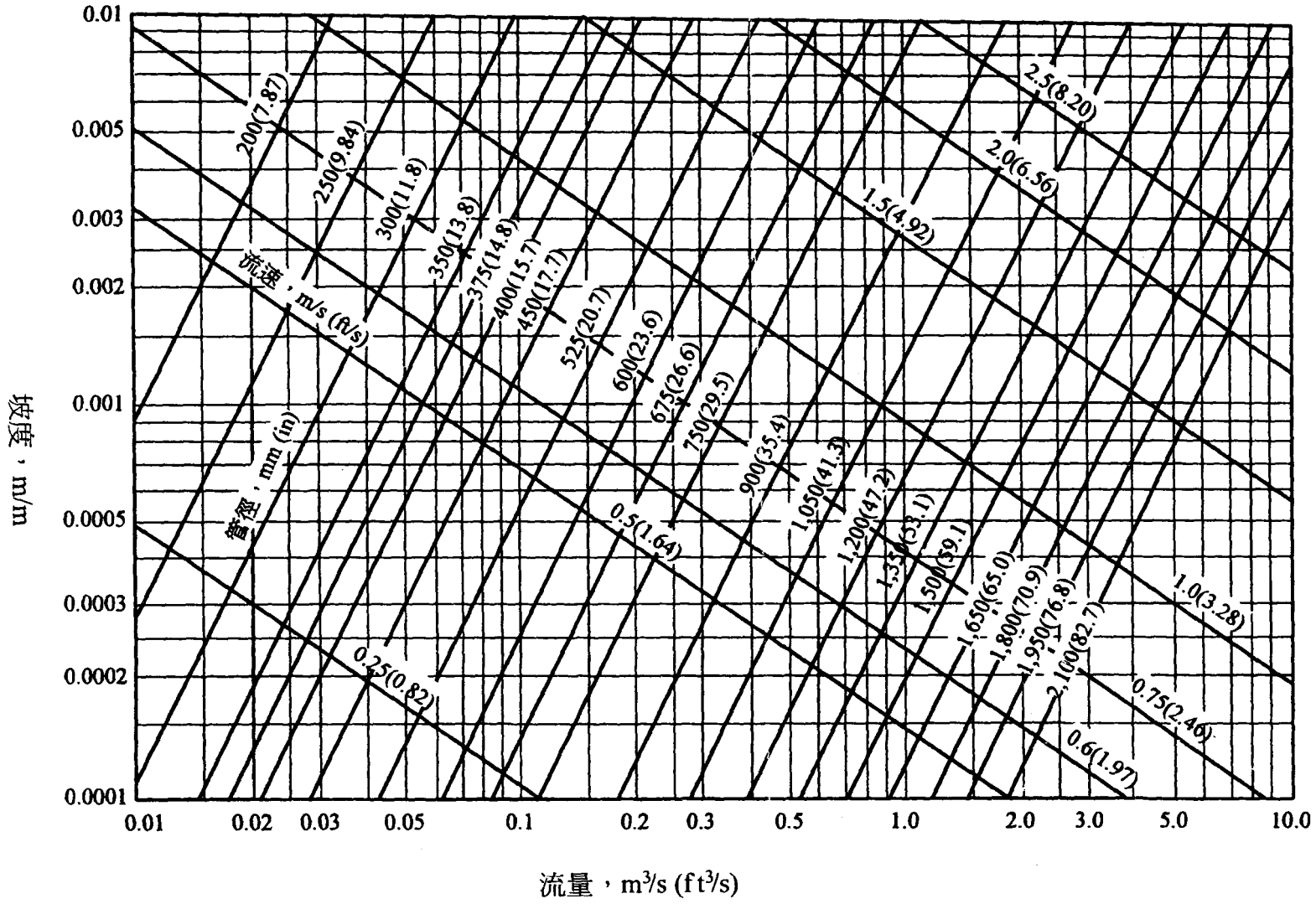


圖 4.6　圓管曼寧公式圖解圖

(n=0.013，流量=0.01 至 10.0 至 m^3/s，坡度=0.001 至 0.01)

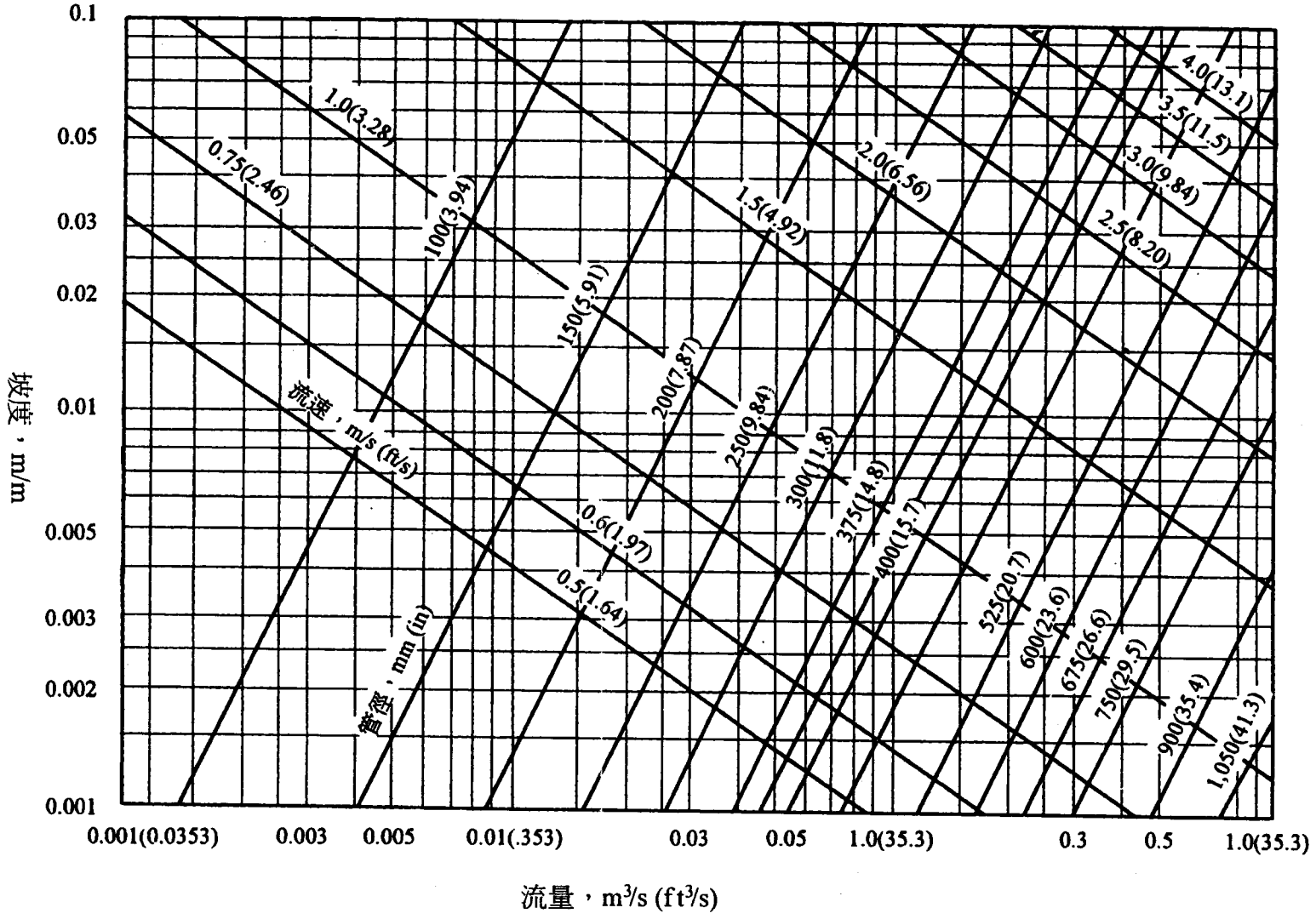


圖 4.7　圓管曼寧公式圖解圖

(n=0.015，流量=0.001 至 1.0 至 m^3/s，坡度=0.001 至 0.1)

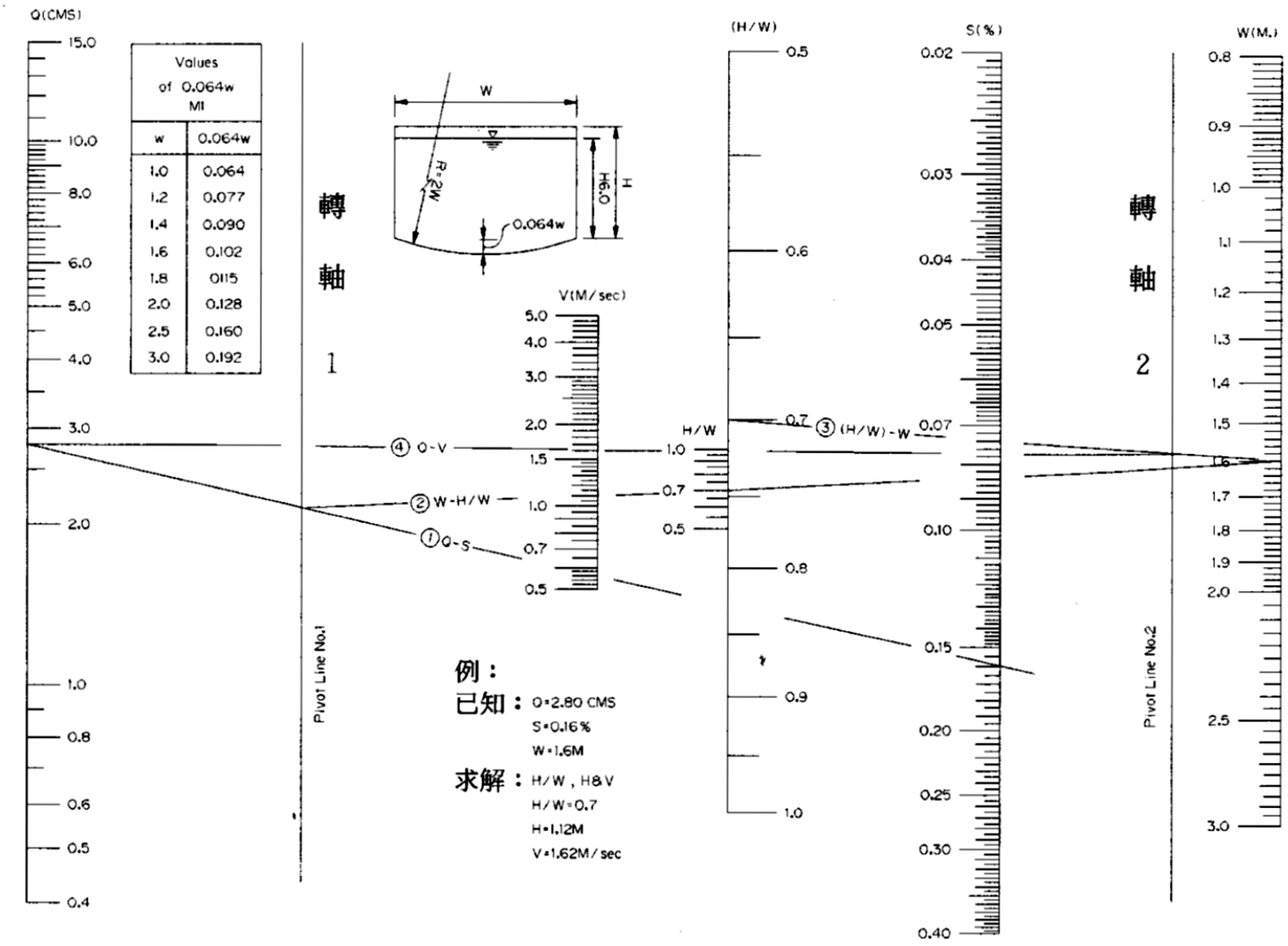


圖4.8　矩形涵溝曼寧公式圖解法

4.2.5 水力特性曲線

一、管渠之斷面形狀

1.最佳水力斷面

下列為連續方程式及曼寧公式：

$Q=AV$ ..... (4-13)

$V=\frac{1}{n}\cdot R^{2/3}\cdot I^{1/2}$ ..... (4-10)

$R=\frac{A}{P}$ ..... (4-6')

由式(4-13)，Q=AV

$=A\times(\frac{1}{n}\cdot R^{2/3}\cdot I^{1/2})$

$=A\times\frac{1}{n}\times(\frac{A}{P})^{2/3}\times I^{1/2}$

$=\frac{1}{n}\times(\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}})\times I^{1/2}$ ..... (4-14)

式中，若 n、A、I 值一定，從式(4-14)中潤水周邊 P 最小時，水力半徑為最大，可得最大流量，因此在同一斷面之各種形狀中，欲得潤水周邊最小，而流量大之最理想之水力斷面應為圓形。

2.圓形管斷面

根據下列各式可求得圓形管斷面之水力特性，如圖 4.9：

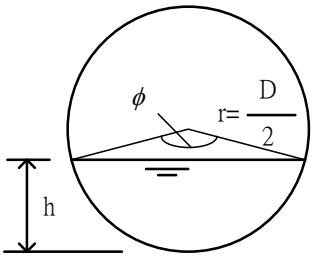


圖 4.9 圓形管斷面

$$h=\frac{1}{2}D(1-\cos\frac{\varphi}{2})$$

$$A=\frac{1}{8}D^2(\varphi-\sin\varphi)$$

$$P=\frac{1}{2}D\varphi$$

$$R=\frac{A}{P}=\frac{1}{2}D(\frac{\varphi-\sin\varphi}{2\varphi})$$

.....(4-15)

利用上述公式可以整理成表 4.3，由表 4.3 可查出在不同水深時之各項數值。

表 4.3 (D=2r)

水深 h	流積 A	潤邊 P	水力半徑 R
0.05 D	0.0587 r^2	0.902 r	0.0651 r
0.10 D	0.1635 r^2	1.287 r	0.1270 r
0.20 D	0.4473 r^2	1.855 r	0.2412 r
0.30 D	0.7927 r^2	2.319 r	0.3419 r
0.40 D	1.1735 r^2	2.739 r	0.4285 r
0.50 D	1.5708 r^2	3.142 r	0.5000 r
0.60 D	1.9681 r^2	3.544 r	0.5553 r
0.70 D	2.3489 r^2	3.965 r	0.5925 r
0.80 D	2.6943 r^2	4.429 r	0.6084 r
0.812803 D	2.7348 r^2	4.439 r	0.6086 r
0.820000 D	2.7571 r^2	4.531 r	0.6085 r
0.90 D	2.9781 r^2	4.996 r	0.5961 r
0.938 D	3.0608 r^2	5.277 r	0.5801 r
0.938182 D	3.0612 r^2	5.278 r	0.5800 r
1.00 D	3.1416 r^2	6.283 r	0.5000 r

3.矩形管斷面

在寬 B，高為 H_0 之矩形渠道之最佳水力斷面，在水深為 h 時，如圖 4.10：

流水斷面積 $A=2h^2$
潤 水 周 邊 $P=4h$
徑 深 $R=h/2$
寬 $B=2h$

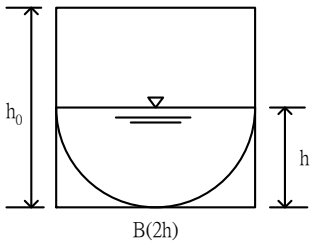


圖 4.10 矩形管斷面

二、水力特性曲線

所謂水力特性曲線就是在特定之管渠斷面，水深(h)、流速(V)及流量之關係，在滿管流時之數值(h_0、V_0、Q_0)與任意值(h、V、Q)之比率，亦即以 h/h_0、V/V_0、Q/Q_0 來表示，因此水力特性曲線即根據其間之關係事先加以計算，對任意水深、流速及流量皆可方便求得。

根據式(4-15)可以計算圓形斷面之水力特性曲線，經整理可得下列各式(如圖 4.9)。

$$\frac{h}{h0}=\frac{\frac{D}{2}(1-\cos\frac{\varphi}{2})}{D}=\frac{1}{2}(1-\cos\frac{\varphi}{2}) \quad \cdots\cdots (4\text{-}16)$$

$$\frac{A}{A0}=\frac{\frac{D^2}{8}(\varphi-\sin\varphi)}{\frac{\pi D^2}{4}}=\frac{\varphi-\sin\varphi}{2\pi} \quad \cdots\cdots (4\text{-}17)$$

$$\frac{R}{R0}=\frac{\frac{D}{2}(\frac{\varphi-\sin\varphi}{2\varphi})}{\frac{D}{4}}=\frac{\varphi-\sin\varphi}{\varphi} \quad (4\text{-}18)$$

因此

$$\frac{V}{V0}=\frac{\frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2}}{\frac{1}{n}R0^{2/3}I^{1/2}}=(\frac{R}{R0})^{2/3}=(\frac{\varphi-\sin\varphi}{\varphi})^{2/3} \quad (4\text{-}19)$$

$$\frac{Q}{Q0}=\frac{AV}{A0V0}=(\frac{\varphi-\sin\varphi}{\varphi})^{2/3}(\frac{\varphi-\sin\varphi}{\varphi}) \quad (4\text{-}20)$$

經由各式之關係，在各水深$\frac{h}{h0}=\frac{\frac{D}{2}(1-\cos\frac{\varphi}{2})}{D}=\frac{1}{2}(1-\cos\frac{\varphi}{2})$相對角φ可求得不同情況下$\frac{A}{A0}$，$\frac{R}{R0}$，$\frac{V}{V0}$，$\frac{Q}{Q0}$等數值，再加以整理得出表 4.4。

三、各種不同斷面積之水力特性曲線

利用表 4.4，可做成圖 4.11 之水力特性曲線，圖 4.12～圖 4.15 分別為不同斷面之水力特性曲線圖。

表 4.4　水力特性表

h/h_0	A/A_0	R/R_0	V/V_0	Q/Q_0
0.05	0.019	0.130	0.257	0.005
0.10	0.052	0.254	0.401	0.021
0.20	0.142	0.482	0.615	0.088
0.30	0.252	0.684	0.776	0.196
0.40	0.374	0.857	0.902	0.337
0.50	0.500	1.000	1.000	0.500
0.60	0.626	1.111	1.072	0.672
0.70	0.748	1.185	1.120	0.837
0.80	0.858	1.217	1.140	0.977
0.813	0.871	1.217	1.140	0.992
0.90	0.948	1.192	1.124	1.066
0.938	0.974	1.160	1.104	1.076
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000

由表 4.4 可知，在水深比達 0.8 左右時，水力半徑比也達最大值，接近滿管時，水力半徑比相對減少。由 4-14 式、4-19 式及 4-20 式，可求得水深比為 0.938 時發生最大流量比約為 1.076，但最大流速比發生在水深比約為 0.813 時，其值約為 1.14。

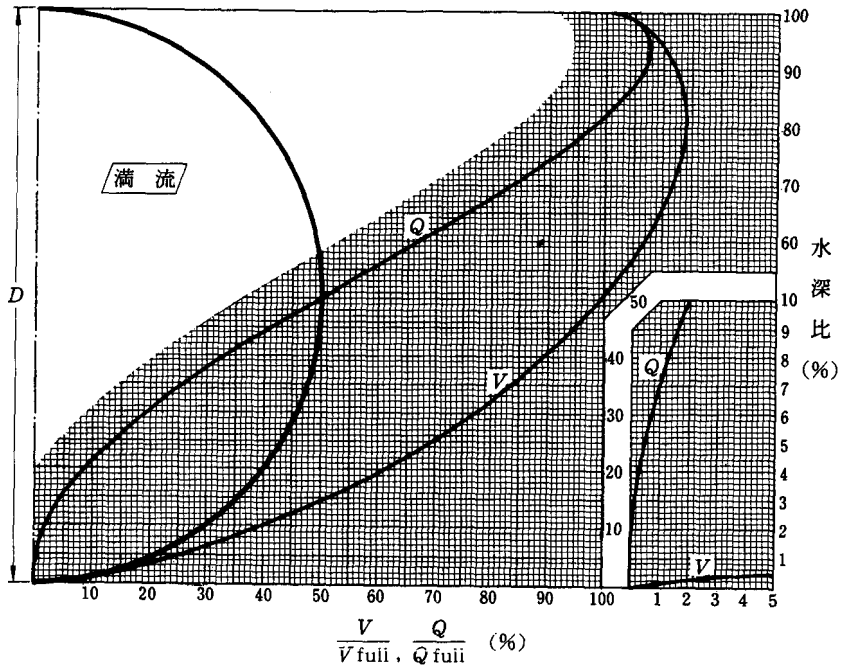


圖 4.11　圓形管之特性曲線(曼寧公式)

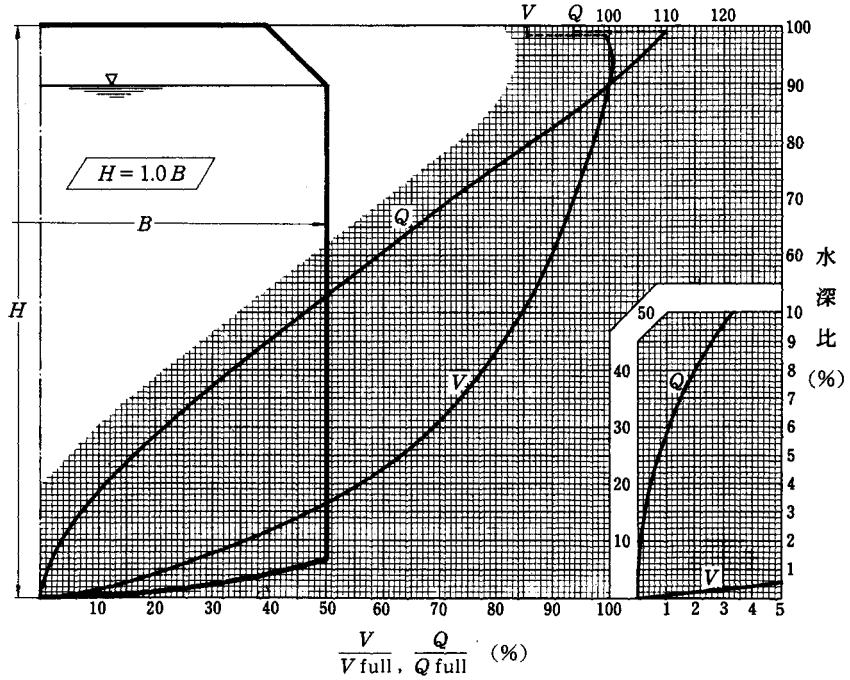


圖 4.12　正方形管渠之特性曲線(曼寧公式)

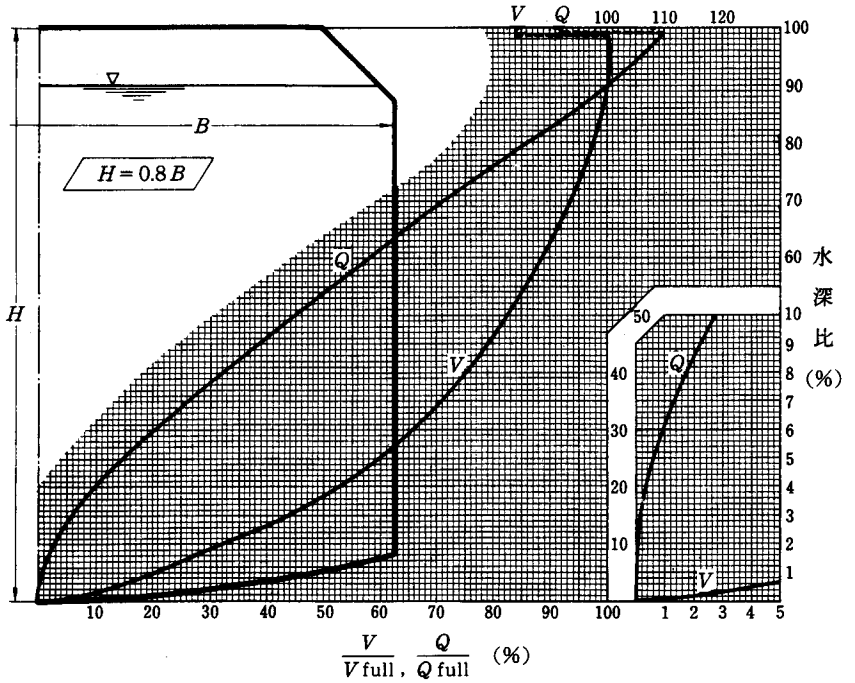


圖 4.13　矩形管渠之特性曲線[H＝0.8B](曼寧公式)

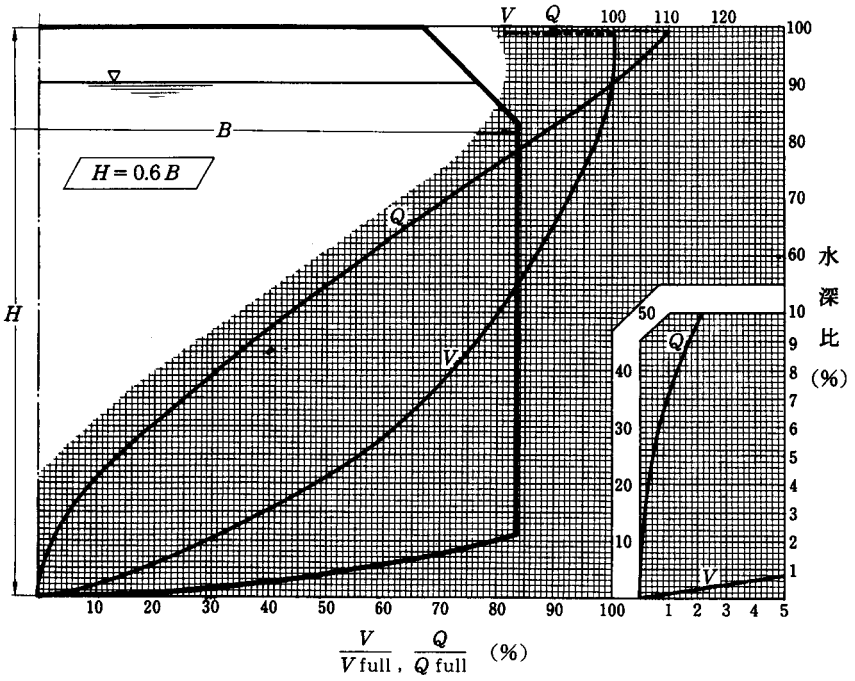


圖 4.14　矩形管渠之特性曲線[H＝0.6B](曼寧公式)

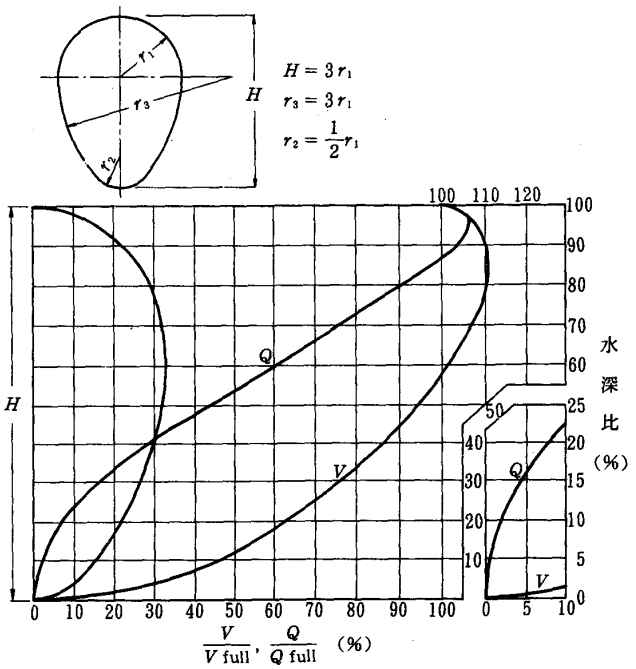


圖 4.15　卵形管之特性曲線(曼寧公式)

四、粗糙係數

設計管渠時，假設曼寧公式之粗糙係數不因水深之不同而有所變化，從多數實驗所得，粗糙係數 n 與水深間存有相當之關係，由圖 4.16 可知，粗糙係數在水深小時，n 值大，在水深大時，n 值相對減少。

在 n 為一定數，當水深為 0.5 倍管徑時之流速與在滿流時之流速相同。在 n 為非定數時，其流速則為滿流時之 0.8 倍而已。當水深為 0.8 直徑時，n 為一定數時，流速比為 1.14，當 n 為非一定數時，其流速比僅為 1.03。

因此在設計時，若依水深不同可能造成之變化應加注意。

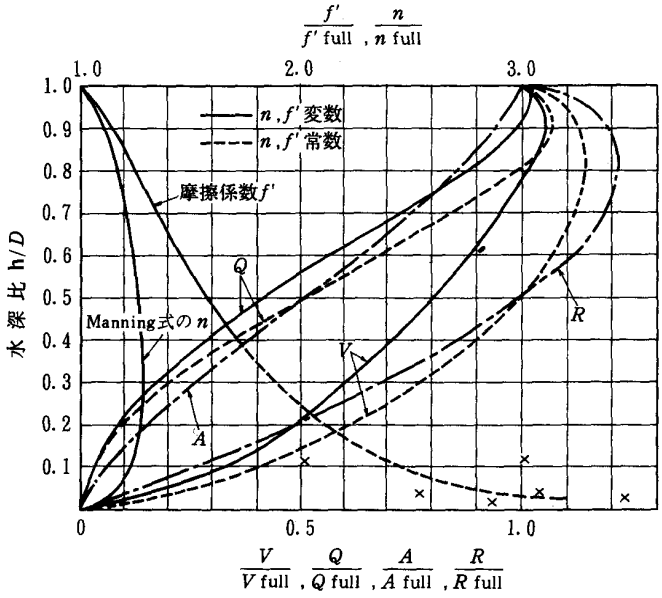


圖 4.16　圓形管之特性曲線(n 變化)(曼寧公式)

4.2.6 末端(上游端)管渠設計

一般而言收集區域小的末端(上游端)管渠具備以下 3 個特點。其一，末端管渠堆積物主要為固體物，這與主要分支管系統以砂為主的堆積物有所不同。其二，末端管渠污水量較不穩定，但每日會有瞬間大流量發生。最後，受限於最小管渠限制，末端管渠水深極淺，故相對可容納的堆積物比例承受度也較高。

由於末端管渠具備上述3個特點，因此在設計實務上，若末端管渠流量極小，但仍一昧以實際流量為基礎進行設計，則會產生管渠坡度極大的現象，而這現象對於地表坡度平緩區域將會極不經濟。對於上述的情形，設計者是可考慮以滿管流速來進行設計，而於此情況下，因坡度較緩、水深比也小於 0.5，經分析，其管徑會較以實際流速設計下的管徑大(但若受限於商用管徑，也可能是相同管徑)。

此外，於末端管渠設計上，一般並無明確的準則可循，而由設計者依末端管渠流速、掃流力等因素來決定管渠坡度，由圖 4.17 所調查的日本的末端管渠坡度分布圖，顯示管徑 200㎜ 的末端管渠坡度在 0.2%～0.6%之間。

另外末端管渠同時亦需考量到施工精度問題，例如由圖 4.18 的調查結果顯示，施工與設計值的誤差值在 0.02%～0.1%之間。

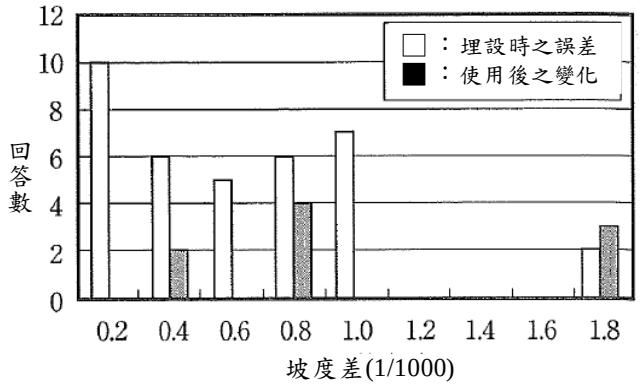


圖 4.17　末端管渠最小坡度調查分布圖

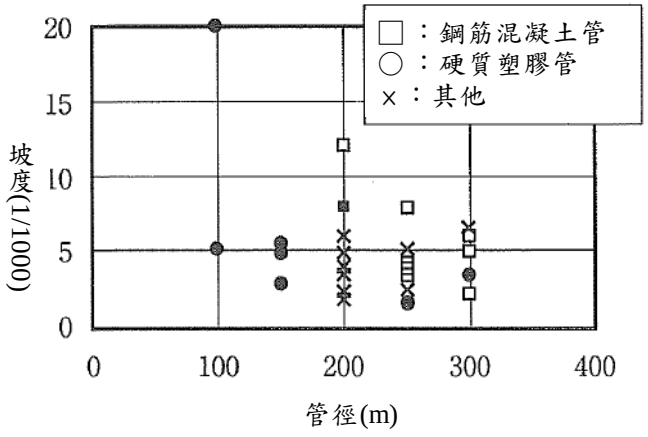


圖 4.18　施工坡度誤差與使用後坡度變動調查分布圖

依日本針對末端管渠的實際調查，流入污水管的固體物主要為糞便污物及衛生紙，並未發現沙土流入。再者，因末端管渠污水收集區域小，管渠零流量及低流量之延時頗長，此時污物幾不流動，而需較大的水流才能慢慢移動污物。

末端管渠多於清晨及傍晚發生較大水流，當產生日尖峰流量時其水深也僅10～30㎜，即水深比僅為國內所設定之最小管徑200㎜的5%～15%，調查發現，即便末端管渠水深極淺，但當有水流時，停滯於污水管的污物即會順流而下，並不會造成搬動的影響。

由以上的實際調查成果，以坡度決定末端管渠的流速設計，實際流速即使在最低流速(例如0.6m/s)以下，使用上仍不會有問題。換言之，於管渠末端，若以實流量設計並要達到最低流速限制，將會造成很大的坡度，但若從其現象的特性看，以滿管流量設計也不會有問題。但在滿管流速設計下，若欲加大管徑藉以增大滿管流速，因實際流量很小，故對於增加實際流速並無關係，故於設計上可加以避免。

4.2.7 摩擦以外損失水頭

前已述明，在實際流體中，除摩擦損失外，尚有其他如斷面變化、閘門閥等障礙物、管渠彎曲等能量損失，這些能量損失與摩擦損失不同，發生在局部地方，通常以下式表示：

$$h_i = f_i \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}21)$$

但通常以$h_i = f_i \frac{(V1-V2)^2}{2g}$表示

式中，f 稱為損失係數，可經由實驗或理論求得，以下將介紹常用之損失水頭。

一、滿管流之水頭損失

1. 管路入口之損失

從水槽之類由廣大斷面流入管中所產生之損失水頭為：

$$h_e = f_e x \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}22)$$

式中，f_e：流入之損失係數(如圖4.19)

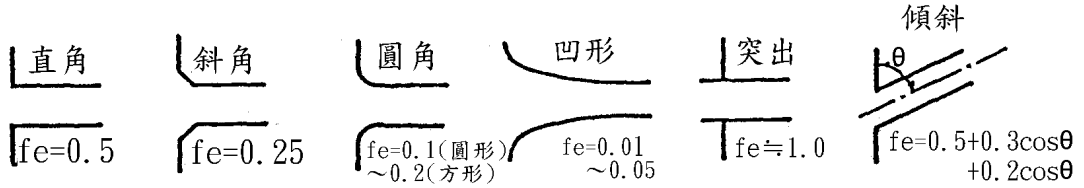


圖4.19　流入口之損失係數

2.管路出口之損失

從管路流出至水槽之類，具有較大斷面，所產生之損失水頭為：

$$h_0 = f_0 \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}23)$$

式中，f_0：流出之損失係數(f_0=1.0)

3.彎曲損失

管路在彎曲處產生之損失水頭為：

$$h_b = f_b \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}24)$$

式中，f_b：彎曲損失係數

韋斯柏(Weisbach)實驗結果，如表 4.5。

表 4.5　Weisbach 彎曲損失係數

θ	15^0	30^0	45^0	60^0	90^0	120^0	140^0
Weisbach(圓形管)	0.0222	0.0728	0.183	0.365	0.99	1.86	2.43

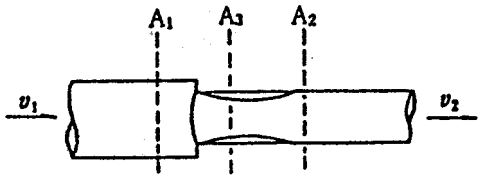
上表之 f_b 值因管壁之粗糙程度而有變化，表 4.6 顯示出不同粗糙程度時之彎曲損失係數。

表 4.6　彎管之 f_b 值

θ	5^0	10^0	15^0	25^0	30^0	45^0	60^0	90^0
滑壁 f_{b0}	0.016	0.034	0.042	0.066	0.130	0.236	0.471	1.129
粗壁 f_{b0}	0.024	0.044	0.062	0.154	0.165	0.320	0.684	1.265

4.斷面急縮之損失水頭

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}25)$$

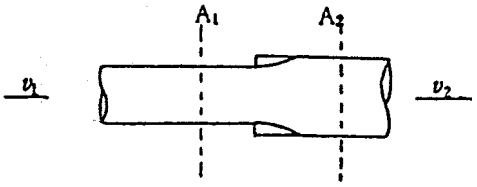


A_2/A_1	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
A_3/A_2	0.60	0.61	0.62	0.65	0.70	0.77	1.00
f_{sc}	0.50	0.45	0.42	0.33	0.22	0.13	0.00

5.斷面急擴之損失水頭

$$h_{se} = f_{se}\frac{V_1^2}{2g} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\text{-}26)$$

$$f_{se} = (1 - \frac{A_1}{A_2})^2$$



二、具有自由水面之管渠

在雨水流出口及抽水站流入口等處，通常設有攔污柵以截留漂浮物，為了容易清除渣滓，大多數攔污柵成傾斜狀設立，攔污柵之損失水頭通常使用下述之實驗公式來計算：

$$\Delta hr = hr + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} = fr\frac{V_1^2}{2g} + (\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\text{-}27)$$

$$fr = \beta \sin\theta \cdot (\frac{t}{b})^{4/3} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\text{-}28)$$

在實際計算時，假設 $V_1=V_2$

$$\beta \sin\theta \cdot (\frac{t}{b})^{4/3} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + (\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g})$$

$$= \beta \sin\theta \cdot (\frac{t}{b})^{4/3} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\text{-}29)$$

式中：

△hr：攔污柵之水位變化量

hr：攔污柵之損失水頭

fr：攔污柵之損失係數

β：攔污柵之斷面係數

θ：攔污柵之傾斜角度

t：攔污柵之厚度

b：攔污柵之淨間距

V_1，V_2：攔污柵上下游側之平均流速

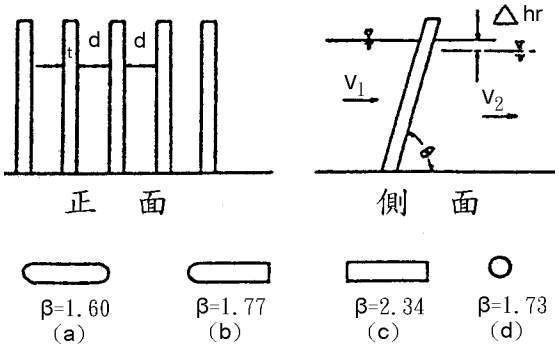


圖 4.20 攔污柵之形狀與係數

4.2.8 陡坡管渠

一、管渠流況分析

由於管渠流況影響著使用年限與使用安全，因此判定管渠流況是重要一環。管渠(明渠)水流可根據水流速度與液面干擾波的傳播速度的對比關係來定義亞臨界流、臨界流、超臨界流(subcritical flow、critical flow、supercritical flow，又稱常流、界限流、射流)三種流態。此三種流況僅存在於渠道水流的物理特性為當水流的速度小於干擾波的傳播速度時(或福祿數<1.0)，重力對渠流之影響較渠流之慣性力為大，這時水流為亞臨界流，亞臨界流況下之渠道流速較緩慢，干擾波擾動可以傳遞到上游，故下游的流動情況可以影響上游。反之，當水流的速度大於干擾波的傳播速度時(或福祿數>1.0)，此時重力對渠流之影響較渠流之慣性力為小，這時水流為超臨界流，超臨界流流況下之干擾波不能夠向上游傳播，故渠道水流之擾動無法傳遞至上游，即下游的流動情況不會影響至上游。臨界狀況則定義為當水流的速度等於干擾波的傳播速度時，這時干擾波也不能夠向上游傳播，其水流稱為臨界流。

另以渠道水深來分析，當比能(specific energy)於最小狀態下，只有唯一值的臨界水深(critical depth)、臨界坡度(critical slope) 與之相對應，而比臨界水深較大之水位稱為亞臨界水深(亞臨界流)，比臨界水深較小之水位稱為超臨界水深(超臨界流)。由於在固定流量、管徑下所對應的臨界水深、臨界坡度為一定值，故可做為判定管渠流態的一重要指標。式(4-30)～式(4-32)即為反映圓管水流緩急的臨界水深 h_c、臨界坡度 S_c、反應水流均勻程度的正常水深(normal depth)h 經驗式，另雖可藉式(4-32)計算出臨界坡度，惟其數值僅為一近似解。

$$h_c = \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{(gD)^{\frac{1}{4}}} \cdots\cdots(4\text{-}30)$$

$$\frac{h}{D} = 0.926\left\{1-\left(1-3.11\frac{nQ}{\left(S^{\frac{1}{2}}D^{\frac{8}{3}}\right)^{\frac{8}{3}}}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots(4\text{-}31)$$

$$S_C = \left\{\frac{3.11ng^{\frac{1}{2}}D^{\frac{1}{6}}y_c^2}{1-\left(\frac{y_c^2}{0.857}-1\right)}\right\}^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots(4\text{-}32)$$

式中：

h_c：臨界水深(m)，於 $0.1<h_c/D<0.9$ 範圍，誤差率小於 6.5%；於 $0.2<h_c/D<0.9$ 範圍，誤差率小於 4%

Q：流量(cms)

g：重力加速度(m/s^2)

h：正常水深(m)，於 $0.2<h/D<0.95$ 範圍，誤差率小於 5%

n：曼寧粗糙係數

S：管渠坡度

S_c：臨界坡度，為一近似解

y_c：$y_c=h_c/D$，相當於在臨界水深下之水深比

二、判斷發生超臨界流的管渠坡度

在設定管材 n=0.013 及 n=0.015 下，將式(4-33)，以圖 4.21 及圖 4.22 展現不同管徑於不同臨界水深比(yc)之臨界坡度，並再以表 4.7 說明在水深比限制條件(管徑≦500mm，水深比≦0.5；600mm≦管徑≦900mm，水深比≦0.7；1000mm≦管徑，水深比≦0.8)及不同粗糙係數(n=0.010～0.015)與不同管徑(200mm～2000mm)下之臨界坡度。由所繪出之圖表分析：

1. 由圖 4.21、圖 4.22 各管徑代表曲線所對應的坡度為臨界坡度，亦即曲線上方區域為超臨界流、下方為亞臨界流。
2. 由圖 4.21、圖 4.22 顯示曼寧粗糙係數 n 影響臨界坡度。
3. 由表 4.7，當 n=0.015、水深比=0.5 情況下，當管渠坡度超過 0.92%時，管徑 200mm 之末端管渠之坡度超過 0.92%時，已達超臨界流狀態。
4. 由表 4.7，管徑 1000mm 以上管渠之臨界坡度所代表之流速已超過管渠最大流速 3.0m/s 之限制，因此於一般設計情況下不易發生。

表 4.7　不同管徑、曼寧係數下之臨界坡度表

管徑(m)	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800	2000
水深比	0.5				0.7				0.8				
n粗糙係數	臨界坡度												
0.01	0.41%	0.36%	0.32%	0.30%	0.41%	0.38%	0.37%	0.35%	0.44%	0.42%	0.39%	0.36%	0.35%
0.011	0.49%	0.43%	0.39%	0.36%	0.49%	0.47%	0.45%	0.43%	0.54%	0.51%	0.47%	0.44%	0.43%
0.012	0.59%	0.51%	0.47%	0.43%	0.58%	0.55%	0.53%	0.51%	0.64%	0.60%	0.56%	0.53%	0.51%
0.013	0.69%	0.60%	0.55%	0.51%	0.68%	0.65%	0.62%	0.60%	0.75%	0.71%	0.66%	0.62%	0.60%
0.014	0.80%	0.70%	0.64%	0.59%	0.79%	0.75%	0.72%	0.69%	0.87%	0.82%	0.76%	0.71%	0.69%
0.015	0.92%	0.80%	0.73%	0.68%	0.91%	0.87%	0.83%	0.80%	1.00%	0.94%	0.87%	0.82%	0.79%
臨界設計流速(m/s)	0.87	1.06	1.23	1.37	2.01	2.17	2.32	2.46	3.01	3.30	3.69	4.04	4.26
臨界流量(CMD)	1,177	3,244	6,658	11,632	36,748	54,026	75,436	101,265	175,341	276,591	483,184	762,195	991,881

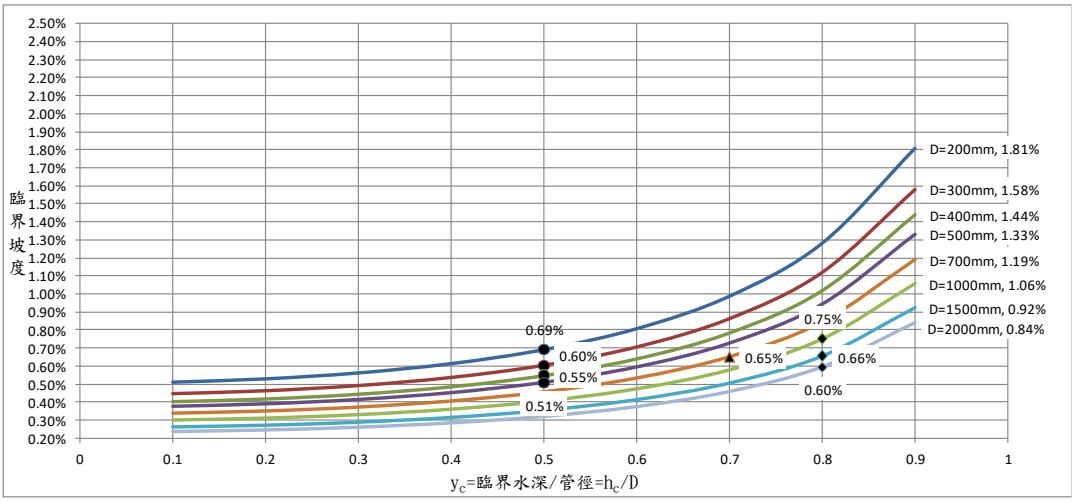


圖 4.21　不同管徑下臨界坡度曲線圖(n=0.013)

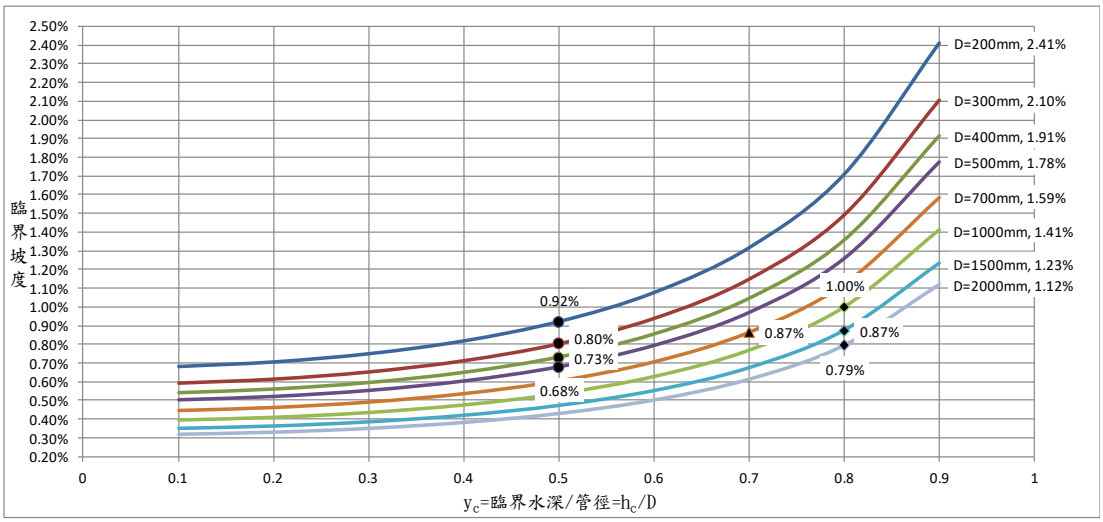


圖 4.22　不同管徑下臨界坡度曲線圖(n=0.015)

三、空氣混入流體現象

陡坡管渠為封閉斷面，必須充分考慮水面上空氣的流動，於陡坡管渠若未能充分排氣可能使空氣混入流體，而產生流體密度變化使流體體積膨脹導致管渠水位增加，甚至無法達到原設計流量下的水力狀態。空氣是否有因陡坡管渠作用而混入流體之現象，可由 Hager, W.H.(1999. Wastewater hydraulics. Springer)之式(4-34)的經驗式加以判斷，Hager 亦以式(4-35)表示於為圓形管條件下空氣混入流體的水位增加率經驗式。為降低此影響，可在有發生空氣混入之地點，設置排氣裝置以消除此現象。

$$\chi = \frac{1}{n} S^{\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{6}} g^{-\frac{1}{2}} \cdots\cdots (4\text{-}33)$$

式中：

χ：空氣混入流體指標，當 $\chi \geqq 8$ 表示發生空氣混入流體現象

n：曼寧粗糙係數

S：管渠坡度

D：管徑(m)

g：重力加速度(m/s^2)

表 4.8 即為不同管徑、曼寧係數下之空氣混入流體最小坡度表，由表顯示，當 n=0.010 時，開始發生空氣混入流體之坡度在 4.98%(管徑 2000mm)～10.74%(管徑 200mm)之間；當 n=0.015 時，開始發生空氣混入流體之坡度在 11.21%(管徑 2000mm)～24.16%(管徑 200mm)之間。顯示空氣要混入流體所需的坡度極大，亦即在一般情形下，於管渠發生機率不大，但於管渠進入有落差之人孔段，則有發生之可能。

表 4.8　不同管徑、曼寧係數下之空氣混入流體最小坡度表

管徑(m)	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800	2000
n粗糙係數	開始發生空氣混入流體之坡度												
0.01	10.74%	9.38%	8.52%	7.91%	7.44%	7.07%	6.76%	6.50%	6.28%	5.91%	5.48%	5.16%	4.98%
0.011	12.99%	11.35%	10.31%	9.57%	9.01%	8.56%	8.18%	7.87%	7.60%	7.15%	6.64%	6.25%	6.03%
0.012	15.46%	13.51%	12.27%	11.39%	10.72%	10.18%	9.74%	9.36%	9.04%	8.51%	7.90%	7.43%	7.18%
0.013	18.14%	15.85%	14.40%	13.37%	12.58%	11.95%	11.43%	10.99%	10.61%	9.98%	9.27%	8.72%	8.42%
0.014	21.04%	18.38%	16.70%	15.50%	14.59%	13.86%	13.26%	12.75%	12.31%	11.58%	10.75%	10.12%	9.77%
0.015	24.16%	21.10%	19.17%	17.80%	16.75%	15.91%	15.22%	14.63%	14.13%	13.29%	12.34%	11.61%	11.21%

四、消能設施

為因應地表坡度等變化，污水管渠由陡坡變為緩坡時，污水流況常會由超臨界流變為亞臨界流，此時所產生之水躍現象使管渠水位異常上升、可能引致人孔蓋飛跳等意外事故。為此，需於有產生水躍現象處設置消能設施以消除水躍帶來的潛在設施維護問題。

消能設施的設置，需由位置、水力條件(如管徑、流量、流速、污水性質、污水量時變性)及操作管理條件檢討等，作一全盤探討。而消能設施的構造需滿足下列要件：

1. 需仍能維持上下游管渠為重力流況。
2. 仍能維持自淨能力，使污物、懸浮物、土砂等能順利排出。
3. 流量變化下，仍能有消能效果。
4. 因水躍現象會激起污水內的硫化氫而引起硫酸腐蝕混凝土及水躍之動水壓大將會衝擊構造物造成損壞等因素，故於設計消能構造物時需選擇耐腐蝕與耐沖刷之材質。
5. 為穩定管渠空氣壓力變化，應設置排氣設施。
6. 消能結構物需考量操作維護便利性。

設置消能設施的目的為利用此構造物來分擔水流之動水壓或產生強制的水躍來消能進而降低對管渠的沖刷。實務上，適合於陡坡的消能設施構造雖無限定(如可設置如小水壩、趾壩構造物)，但為防止沉積物沉積並有利於排除沉積物，設計上應設置沉積物排除口。圖 4.23 及圖 4.24 為消能設計實例與照片。

為確保下水穩定流下，一般會在上下游管段間存在高低差之處採用高低差接合：在人孔配置副管的「跌落接合」，或是在管渠內建置階梯的「階梯接合」(圖 4.25)。

五、跌落井方式

跌落井共有五種類型，即「多段重力跌水式」、「湧入流式」、「渦流式」、「螺旋導引式(spiral guideway type)(渦流流入型)」、「螺旋導引式(等流流入型)」(圖 4.26)，都是在日本或美國研發而成。日本曾採用多段重力跌水式、渦流式與螺旋導引式(等流流入型)三種方式。

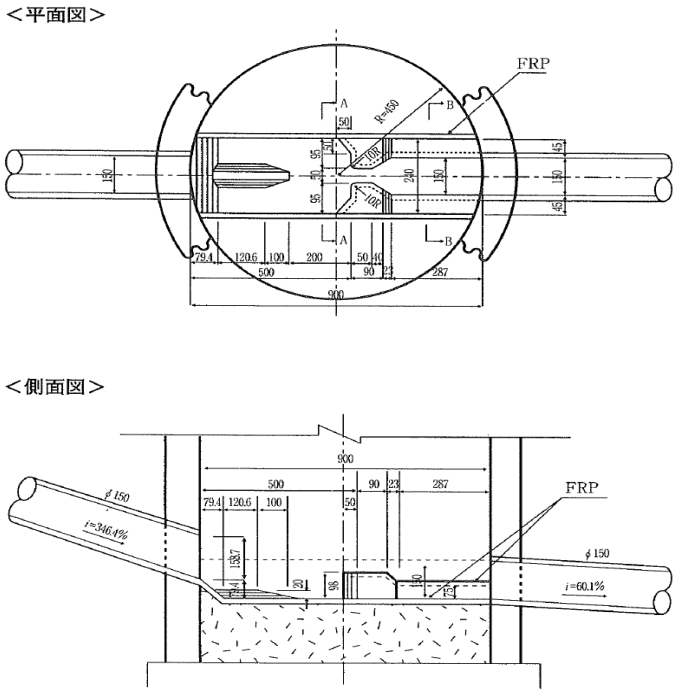


圖 4.23　消能設施案例示意圖



圖 4.24　趾壩型消能設施

各種方式的水理特性如下：

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堰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。

目前日本運作中的多段重力跌水式設施之中，有些可在混凝土內壁觀察到幾處硫化氫造成的明顯劣化。

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。最底部建構堰與空氣分離室，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)

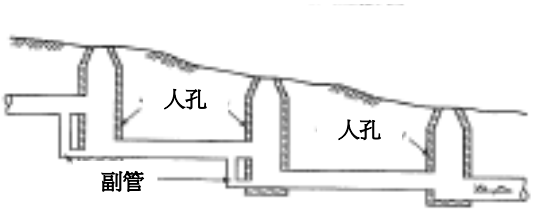
進流端的形狀同渦流式。進流水經由跌落井內裝設的螺旋狀導引路徑，被引導至底部。能量處理是透過壁面及螺旋狀導引路徑的摩擦進行，空氣則經由跌落井中心(air core)排至頂端。跌落井內可進行充分的能量處理及空氣分離，最底部的水流僅剩少許能量，因此不需設置空氣分離室或排氣管。

5.螺旋導引式(等流流入型)

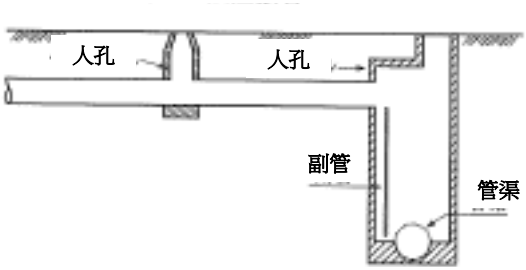
進流端形狀大致同湧入流式，係對齊進流管中線(center)與跌落井中心。進流水流下的原理與螺旋導引式相同，結構可分為中段不裝設導引路徑者(中空式跌落井)與導引路徑延續到底者(等間距(equal pitched)式跌落井)。相較於其他四種，此法的面積較小且更經濟。

六、陡坡下管材之選用

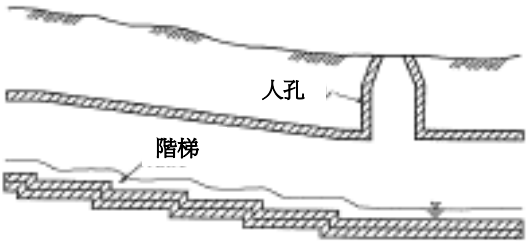
為因應高流速的陡坡管渠，應選用耐摩擦、內面平滑的管材，依據日本下水道新技術推進機構對 HDPE 管(高密度聚乙烯管)、鋼筋混凝土管、PVC 管(聚氯乙烯管)的摩耗試驗顯示，HDPE 管具最優的耐摩擦性。



(a)陡坡之跌落接合



(b)平坦地區之跌落接合



(c)階梯接合

圖 4.25　管渠跌落之接合

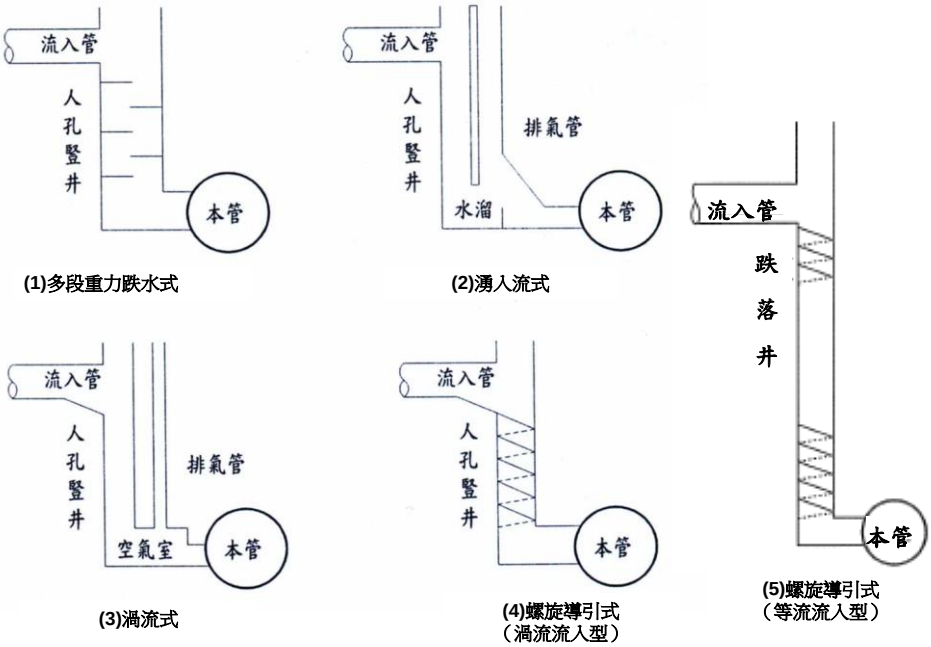
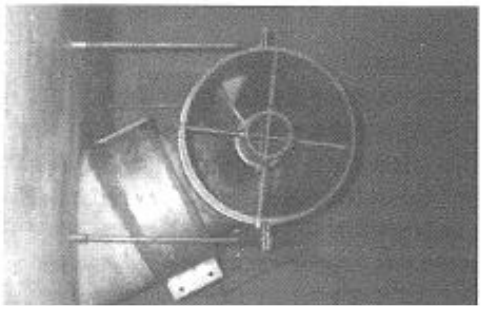


圖 4.26　跌落井型式概要



螺旋導引式跌落上部

4.2.9 管渠餘裕

於計畫最大時污水量設計條件下，管渠應需具備適當餘裕量的輸送能力，現行分流式污水下水道工程設計規範與解說規定：管徑≦500㎜者，採 d/D≦0.5(餘裕量 100%)；600㎜≦管徑≦900㎜，採 d/D≦0.7(餘裕量 16.3%)；管徑≧1000㎜者，採 d/D≦0.8(餘裕量 2.3%)。而日本的現行設計指南則訂出小口徑管渠(200～600㎜)餘裕量約 100%(水深比 d/D=0.5)、中口徑管渠(700～1500㎜)餘裕量約 50～100%(水深比 d/D 約 0.597～0.5)、大口徑管渠(1650～3000㎜)餘裕量約 25～50%(水深比 d/D 約 0.5～0.67)。由上資料顯見管渠餘裕率因區域不同而有不同考量，基本上，設計時需對以下影響管渠餘裕之事項加以考慮。

污水管渠設計流量雖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。而管渠須考慮餘裕量之原因歸納如下列 8 大因素，其中的 1、2、3、7、8 項因素為可以量化的餘裕量。

1.地下水滲入因素(如區域環境不同、單位滲入量設定之差異)

地下水滲入主要發生於管接頭與管裂縫處，當管渠位於地下水水位高且為軟弱地盤區域、或產生差異沉陷區域等均有地下水滲入的可能。因此，管渠地下水滲水量之多寡與環境的地下水水位高低、地質(影響地下水之透水係數)、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。由現今施工技術與管理制度的實務角度來看是無法避免地下水入滲問題，雖然，現今管渠設計流量已考量地下水入滲因素(相當於平均日污水量之 12%～21%)，但因變化幅度甚大，故仍需考慮餘裕因素。

2.雨水滲入因素(如區域環境不同引致的設定誤差)

污水管渠滲入雨水主因為建物、住戶未有效實施建築物內部雨污分流等，導致施工錯接雨水排水設備或雨水自污水人孔、陰井、清除孔流入。因此，雨水滲水量之多寡與環境的住宅型態、降雨、人孔型式、管線施工方式及維護品質等因素有關。雖然我們可藉由詳盡的施工調查與後續維護來降低雨水滲入影響，但終究仍無法避免。此部分的影響雖已併入地下水入滲因素(相當於平均日污水量之 12%～21%)，但仍因變化幅度甚大，故需考慮餘裕因素。

3.平均日污水量誤差(如計畫人口、單位用水量誤差)

污水下水道設計年限至少達 20 年以上，因此，必須推估計畫區域的計畫人口與單位用水量等數據。然而除了推估人口可能產生差異外，每人每日污水量亦與季節相關，一般冬季較低、夏季較高；再者，由於一日間之綜合污水量隨時間而變化，因此最大時污水量亦有推估差異。而為減低上述推估之差異，故需考慮餘裕因素。

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)

地下水、雨水滲入多寡，除了施工、維護因素外，於收集區域大的污水下水道系統，因存在各集污區因地下水水位高低、地質、降雨強度的異同，而使得計畫污水量有所差異，故需考慮餘裕因素。

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)

同樣的，因為施工誤差或施工後因地層下陷等因素導致設計坡度改變，也會影響管渠輸送量。而實務上，此因素影響值推估困難，故需考慮餘裕因素。

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)

污水下水道管渠主要採重力方式設計，同時為穿越河川、避免與既有它屬管線(如雨水、電力、電信、瓦斯)衝突，一般而言，埋設深度在 3～15m 之間。所以，當管渠埋設後，若因管渠設計量不足，導致需再變更管徑、坡度，其工程相當困難且經費龐大，故需考慮餘裕因素。

7.確保管渠通風(避免產生硫化氫氣體腐蝕管壁)

當計算出污水收集區域之設計流量後，為確保污水管渠流動下能自然產生適當之通風現象，以避免產生硫化氫氣體腐蝕管壁，故需考慮餘裕因素，預留適當餘裕量以備污水量之驟增。

在確保管渠通風方面，設計者應先考慮流體再曝氣功能、溶氧的補注與消耗，故需有充分的管渠水面寬度及氣液境界面。日本研究資料曾指出若圓管之水深為管徑的 2/3 時，無法有效的獲得適當的再曝氣。

8.確保污水管渠內之水流為重力流

重力流設計的污水管渠系統，管渠輸送水量隨水深而改變，以圓管為例，當水深為管徑的 0.938 時，管渠能輸送流量為滿管情況下的 1.076 倍，當水深大於管徑的 0.938 時，管渠能輸送流量又逐漸降為滿管流量。故基於為確保污水管渠內之水流為重力流，並預留適當餘裕量，故需考慮餘裕。

4.2.10 人孔

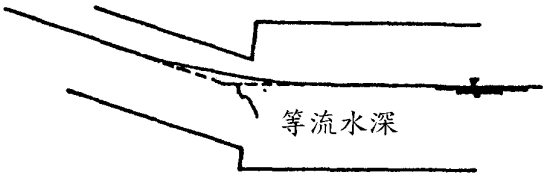
人孔為管渠的檢查、清理工作人員的出入口，同時也是管內的通風換氣及管接合為目的的設施，也是管渠之方向、坡降、管徑變化之處及管渠合流連接所必須者，在管渠設計上，通常對人孔產生之水頭損失皆忽略不計，在設計人孔時，應儘可能減少能量損失，因此對管渠之接合方式，或是人孔內呈管狀底(invert)之落差設計，同時應考慮在水理上能使水流順暢，有必要詳加考慮。

1.管渠之接合

管渠之接合方法有水面接合、管頂接合、管中心接合及管底接合等，依排水

區域內之路面坡度、其他埋設物狀況、放流河川水位、管渠的埋設深度等決定之，雖然各種接合方式有其優缺點，但原則上以水面接合或管頂接合為宜。(圖 4.27～圖 4.30)

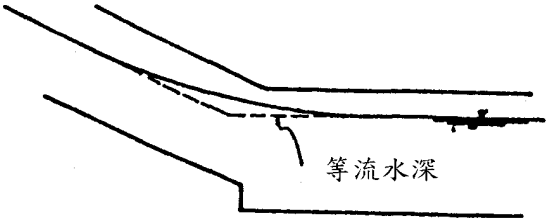
(1)水面接合



為依水力特性曲線求出斷面變化時的水深，使計畫水位一致的接合方式。接合水位依計畫最大流量時水一致位，在水理上水流最平順，但計算繁雜。

圖 4.27　水面接合

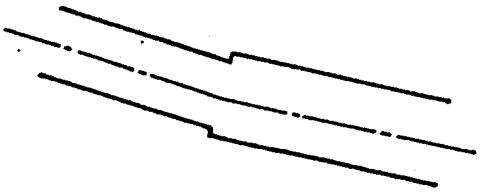
(2)管頂接合



管渠內頂部一致之接合方式，可得較為順暢之水流，即使在滿流也能有效利用管渠斷面，但在地形平坦之排水區域，將增加開挖深度，若以抽水機排水時，會增加抽水揚程為不利之點。

圖 4.28　水面接合

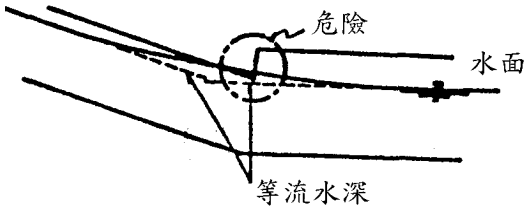
(3)管中心接合



本法為水面接合及管頂接合之中間方法，不必計算出水位。

圖 4.29　管中心接合

(4)管底接合



本法在大管渠接合時，將造成上游端管渠在水理條件上較差，但對於小管渠之接合影響較小，可減少管溝之挖深，降低工程費。

圖 4.30　管底接合

2.人孔之能量損失

如何計算人孔內之水頭損失，及求出管狀底之必要落差量，有下列：

(1)中間及坡降有變化時

圖 4.31 為人孔內之水力剖面情形。本來水力之變化由人孔全部平均分布，為方便計算，假設能量損失，內部管狀底落差及水面變化皆在人孔中央產生。

圖 4.31，斷面Ⅰ、Ⅱ之間可適用柏努利定理。

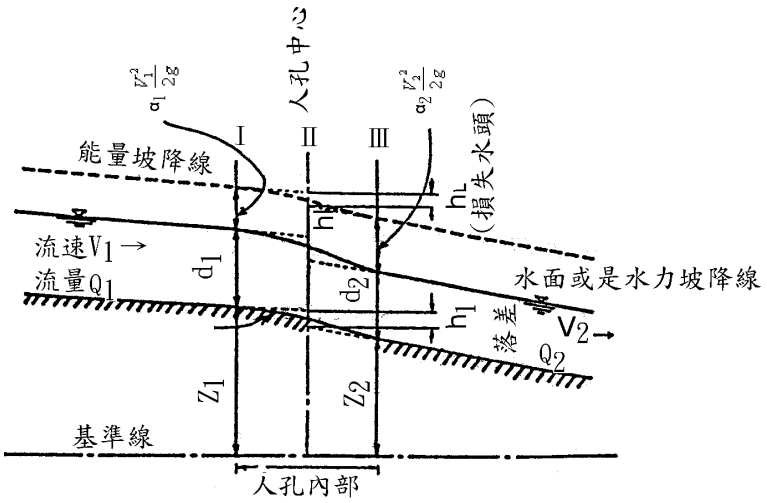


圖 4.31　人孔之水力剖面圖

$$\alpha_1\frac{V_1^2}{2g}+d_1+Z_1=\alpha_2\frac{V_2^2}{2g}+d_2+Z_2+h_L$$

$$Z_1-Z_2=(d_2-d_1)+(\alpha_2\frac{V_2^2}{2g}-\alpha_1\frac{V_1^2}{2g})+h_1$$

式中：

h_L：人孔之損失水頭

α_1，α_2：修正係數為 1.0

上下游間管底落差 $h_1=Z_1-Z_2$

$$h_i=(d_2-d_1)+(\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_1^2}{2g})+h_L \quad \text{.....(4-34)}$$

而損失水頭$h_L=k\Delta\frac{V^2}{2g}$ .....(4-35)

此處$\Delta\frac{V^2}{2g}$為速度水頭之變化，即$\frac{V_2^2-V_1^2}{2g}$，k 值在水流速度增加時為 0.1，流速減少時為 0.2。

(2)合流及會合處所

在管渠之合流及會合處所之人孔，前後兩管渠通過人孔應有多少落差是重要問題，可是要正確估計在明渠合流處所損失之水頭相當困難，在人孔內，幾乎不可能沒有損失，基本的考慮方式做一定性敘述，欲對管渠能做合理的設計，今後有必要從實驗、觀測等做完全著手加以了解，也有必要儘可能對定量方面確實加以了解。

在管渠之合流處上下游之管徑不同，在此場合，若採管頂接合之接合法，則可假設其管徑差大於合流部之損失水頭，做為人孔計畫之設計，但是否足夠，則有賴經驗之判斷，另若在管渠之合流部沒有副管，而成為三支管合流則副管流入

水所具有的運動能量及位能，會使合流部的水位上升，而對上游管側造成迴水之影響，甚至使上游管成為壓力管，若有此種狀況，則可改採管頂接合有助於流水的改善，此種要正確的進行水理定量計算甚為複雜而不易。

(3)彎曲處

與前述相同，對明渠彎曲處有關損失水頭之報告不多，有賴設計者做適當的判斷，這些判斷之根據係基於在小壓力管之彎曲損失。

在彎曲處之水頭損失可以下式來表示：

$$h^b = k^b \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (4\text{-}36)$$

此處 k_b 為彎曲損失係數。

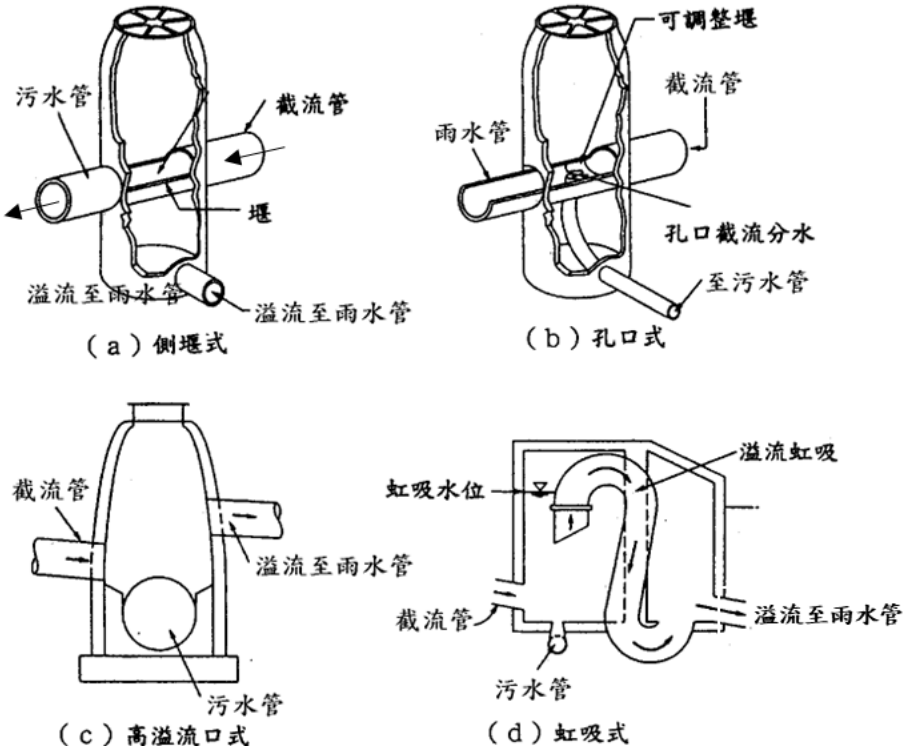
(4)截流分水人孔及溢流設施

在污水下水道截流區域，尤其是老舊市區或夜市地區無法徹底分流時，可藉截流分水人孔，將該局部地區之截流水分水納入污水下水道管線中，其所設置之分水設施，可因地制宜有各種型式之截流分水人孔。各種截流分水人孔案例，如圖 4.32(1)。

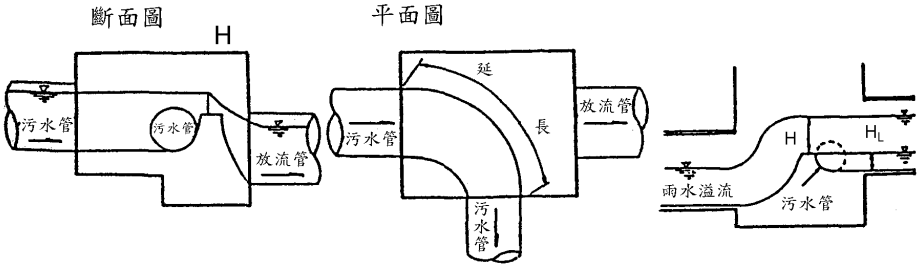
另雨水下水道做溢流設施，係指以截流晴天污水引入污水下水道之初期污水下水道設施，當降雨時為避免超量的雨水進入污水下水道之分水設施稱之。

降雨時，當雨水管渠內之流量達晴天污水量的程度時，將超過之流量引經雨水溢流設施直接放流河海，其他一定量仍引至污水處理廠處理後始放流。

各種溢流設施，如圖 4.32(2)。依下列計算，利用溢流堰之基本公式 $Q=C\cdot B\cdot H^{3/2}$ 概算。



(1) 各種截流污水分水人孔



(2)雨水溢流設施例

圖 4.32　各種截流污水分水人孔及雨水溢流設施例

1.全堰(Complete weir)

$$\left.\begin{aligned} Q &= 1.8 \cdot L \cdot H^{3/2} \\ L &= \frac{Q}{1.8\,H^{3/2}} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4\text{-}37)$$

式中：

Q：雨水溢流量(m^3/s)

L：堰長度(m)

H：溢流水深

2.潛堰(Submerged weir)

$$L = \frac{Q}{1.84(H_1+1.4H_2)\sqrt{H_1}} \cdots\cdots (4\text{-}38)$$

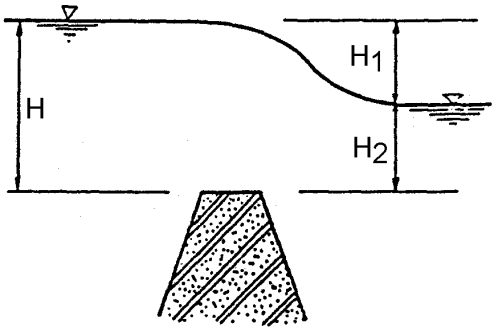


圖 4.33　潛堰

4.2.11 倒虹吸管(Invert siphon)

下水道管渠穿越鐵路、地下鐵路、自來水管、瓦斯管、河川、堤防、電纜以及無法移設之構造物時，在不得不之情況下，必須設置倒虹吸管。

依據下水道工程設施標準，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者，設計時應注意。

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 90 cm/sec 以上。

另外倒虹吸管之出入口、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。

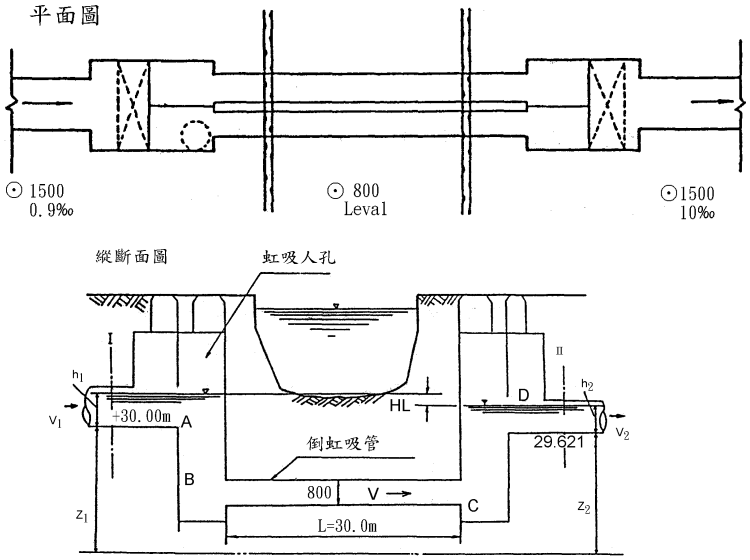


圖 4.34　倒虹吸管圖

倒虹吸管設施，如圖 4.34，其水頭損失之計算如下所述。由圖 4.34 斷面Ⅰ、Ⅱ之間可適用柏努利定理，改寫：

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + Z_1 = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + Z_2 + H_L \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4\text{-}39)$$

式中：α_1，α_2：流速修正係數，假設為 1.0

Z_1，Z_2：位能高

H_L：損失水頭

H_l 為下列各段水頭損失之和

1. 流入損失水頭 h_e(圖中 A、B)由式　$h_e = f_e \frac{V^2}{2g} (f_e = 0.5)$

2. 流入損失水頭 h_0(圖中 C、D)由式　$h_0 = f_0 \frac{V^2}{2g} (f_0 = 1.0)$

3. 流入損失水頭 h_b(圖中 A、D)由式　$h_b = f_b \frac{V^2}{2g} (f_b = 1.0)$

4. 摩擦損失水頭 h_l(圖中 A～B，B～C，C～D)由 4-14　$h_l = il$

因此 $H_1 = 2(h_e + h_0 + h_b) + i(l_{A-B} + l_{A-C} + l_{C-D})$

而在 A 點流入之彎曲，D 點流出之彎曲、A～B 間及 C～D 間之摩擦通常忽略不計，簡化得下式：

$H_l = h_e + h_0 + h_f + \alpha$

式中：α 為餘裕，通常估計 3～5 公分。

經整理後 $H_l = f_e \frac{V^2}{2g} + f_0 \frac{V^2}{2g} + il + \alpha$

$$H_l = 1.5\frac{V^2}{2g} + il + \alpha \quad \text{.....(4-40)}$$

但是上述計算過程中有多項損失水頭忽略不計，故在實際設計時，仍應計算全部之水頭損失，同時也要將餘裕量估計在內。

4.2.12 量水設備

測量下水流量之量水設備，以簡單且故障少者為佳，但必須考慮設備裝設位置及所量測之水質決定之，明渠有各種堰及巴歇爾槽等，管渠有 Orifice、Venturimeter、超音波及電磁流量計等。

1.全堰：同 4.2.10-1。

2.矩形堰

$$Q = c \cdot b \cdot h^{3/2} \quad \text{.....(4-41)}$$

$$C = 1.785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237\frac{h}{D} - 0.428\sqrt{\frac{(B-b)h}{BD}} + 0.034\sqrt{\frac{B}{D}} \quad \text{.....(4-42)}$$

式中 b：缺口寬(M)，餘與上式同。

3.直角三角堰

$$Q = c \cdot h^{5/2} \quad \text{.....(4-43)}$$

$$C = 1.354 + \frac{0.004}{h}(0.14 + \frac{0.2}{D})(\frac{h}{B} - 0.09)^2 \quad \text{.....(4-44)}$$

式中 C：流量係數

以上各種堰之尺寸有其一定界限，量水量範圍也有一定，可參考表 4.9 決定之。

4.巴歇爾槽

巴歇爾槽其斷面，如圖 4.35，當水流經過度槽，普通發生自由流之情形，於頂部產生臨界水深，而於出口段產生水躍，其流量公式當 W＝7～240cm 時為：

$$Q = 2.2WH^{3/2} \quad \text{.....(4-45)}$$

式中：

Q：流入水量(m^3/s)

H：測定水位井之水深，在自由流時以 H_A 水深表示(m)

W：收縮部寬度(m)

水流情況變化，巴歇爾槽之下游水深 H 較大時變為潛流，則式(4-45)必須將修改項加以減去，其值可參考專門著作，一般以不發生潛流，而以維持之 H'/H 比在 0.5～0.7 以下為宜。

巴歇爾槽之參考尺寸表，如表 4.10。

表 4.9　流量測定堰尺寸

堰形式	寬 B×b (m)	水頭範圍 h(mm)	水量範圍 Q(m^3/min)	L1(以上) (m)	L3(m)	L2(以上) (m)	ℓ(m)	L(以上) (m)	D(m)	A(m)	C(m)
60° 三角	0.45	40-120	0.018-0.26	0.69	0.24	0.57	—	1.50	0.12	0.27	0.37
80° 三角	0.60	70-200	0.11-1.5	1.00	0.40	0.80	—	2.20	0.12	0.35	0.50
80° 三角	0.80	70-260	0.11-2.9	1.32	0.52	1.06	—	2.90	0.30	0.60	0.75
四角	0.9×0.36	30-270	0.21-5.5	1.71	0.54	1.44	—	3.69	0.20	0.50	0.60
四角	1.2×0.48	30-312	0.28-9.0	2.41	0.63	1.83	—	4.60	0.25	0.60	0.75
全堰	0.6	30-150	0.36-4.0	1.35	0.30	1.05	0.15	2.70	0.30	0.50	0.60
全堰	0.9	30-225	0.54-11.4	2.05	0.45	1.60	0.23	4.10	0.30	0.60	0.75
全堰	1.2	30-300	0.72-24	2.70	0.60	2.10	0.30	5.40	0.30	0.70	0.90
全堰	1.5	30-375	0.9-42	3.40	0.75	2.65	0.38	6.80	0.40	0.90	1.05
全堰	2.0	30-500	1.2-86	4.50	1.00	3.50	0.50	9.00	0.50	1.20	1.50
全堰	3.0	30-750	1.8-237	6.75	1.50	5.25	0.75	13.5	0.75	1.70	2.00
全堰	5.0	30-800	3.0-425	9.00	1.60	7.40	0.80	18.0	1.00	2.00	2.50
全堰	8.0	3-800	4.8-671	12.00	1.60	10.40	0.80	24.0	1.50	2.50	3.00

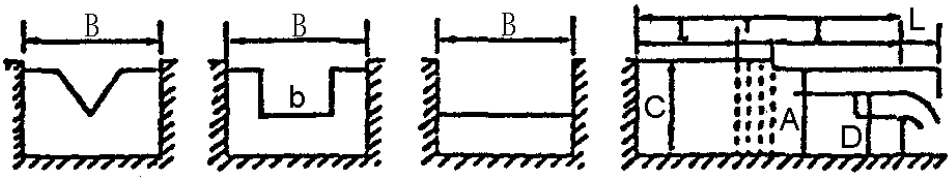


表 4.10　巴歇爾槽參考尺寸(cm)

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	流量(m^3/s)	
													最大	最小
7.62(3 in)	31	45.7	17.8	25.9	61.0	15.2	30.5	2.5	5.7	40.6	30.5	76.8	0.00085	0.0538
15.24(6 in)	41	61.0	39.4	39.7	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4	40.6	30.5	90.2	0.00142	0.110
22.86(9in)	59	86.4	38.1	57.5	76.2	30.5	45.7	7.6	11.4	40.6	30.5	108.0	0.00255	0.252
30.48(1ft)	91	134.3	61.0	84.5	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	50.8	38.1	149.2	0.00311	0.456
45.72(1.5ft)	97	141.9	76.2	102.6	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	50.8	38.1	167.6	0.00425	0.697
60.96(2ft)	102	149.5	91.4	120.7	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	50.8	38.1	185.4	0.0119	0.937
91.44(3ft)	112	164.5	121.9	157.2	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	50.8	38.1	222.3	0.0173	1.43
121.92(4ft)	122	179.4	152.4	193.7	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	61.0	45.7	271.2	0.0368	1.92
152.40(5ft)	132	194.3	182.9	230.2	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	61.0	45.7	308.0	0.0453	2.42
182.88(6ft)	142	209.2	213.4	266.7	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	61.0	45.7	344.2	0.0736	2.93
213.36(7ft)	152	224.2	243.8	303.2	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	61.0	45.7	381.0	0.0850	3.44
243.84(8ft)	163	239.1	274.3	339.7	91.4	61.0	91.4	7.6	22.9	61.0	45.7	417.2	0.0991	3.95

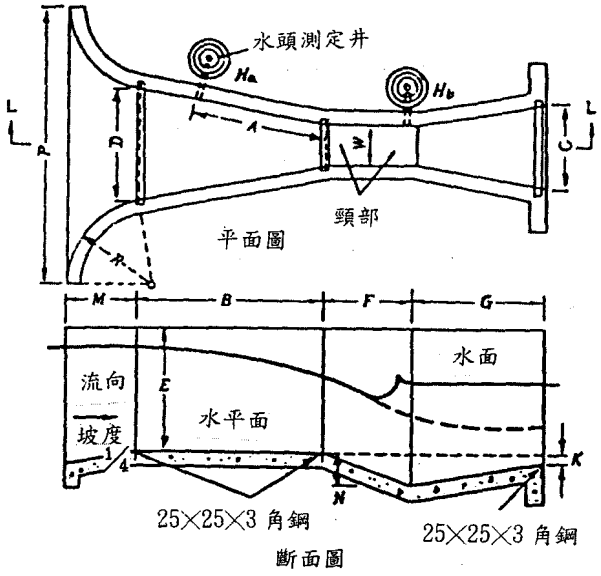


圖 4.35　巴歇爾槽

4.3 雨水下水道設計

4.3.1 前置作業

工程設計前置作業，係辦理細部設計所需取得更詳盡之補充資料及測量調查等工作，以利設計工作推行。

解說：

工程設計前置作業，係辦理細部設計所需取得更詳盡之補充資料及測量調查等工作，並將初步完成之管線佈設計畫，函送各地下管線等單位，以利細部設計前，先作好與各相關單位之溝通協調。

4.3.2 補充資料蒐集及測量調查

設計與規劃，在收集資料之詳盡程度上有所差異，因此工程設計前仍需針對設計標的，辦理更詳盡資料之收集、及必要之補充測量與調(勘)查，以避免有所遺漏或疏失，而影響工程設計及施工品質。

解說：

解說：

「檢討規劃」階段雖已辦理相關資料之收集、研判及分析後，始研提定案計畫。惟設計與規劃，在收集資料之詳盡程度上有所差異，因此工程設計前仍需針對設計標的，辦理更詳盡資料之收集、及必要之補充測量與調(勘)查，以避免有所遺漏或疏失，而影響工程設計及施工品質。茲將設計前補充資料收集及測量調查重點，說明如下：

補充資料收集及分析：收集調查分析重點依計畫區及工程內容特性，一般常需辦理補充資料如下：

1. 設施用地資料(包括都市計畫樁位成果、地籍圖等)。
2. 地下管線資料(包括管線種類、路線、斷面尺寸、埋設深度等)。
3. 道路交通現況(道路幾何特性、交通量等現況調查資料)。
4. 銜接排放之既有雨水下水道(竣工圖、下水道資料庫資料等)。
5. 幹線排放之區域排水或河川(最新完成之規劃報告或計畫)。
6. 相關構造物或設施等設計或竣工圖資料。

補充測量調查計畫：

1. 測量依據

依檢討規劃階段所引用之座標及水準控制點為依據。

2. 測量範圍及比例

(1) 測量範圍

以涵蓋設計所需測量範圍為原則，亦包括銜接既有管線或幹線出口、橫交流入工等。

暗渠建議以計畫道路二側境界線各再加至少十公尺。而明溝則以計畫用地界線二側各再加至少十公尺為原則。

(2) 測量比例

地形測量比例原則可採 1/500 或 1/600，並以等高線輔助表示地形地勢，惟如需繪製較詳細之設計圖說，則需加大比例測繪。

3. 平面測量內容

(1) 既有排水設施類

測繪雨水下水道管渠及人孔、人行道、側溝，以利後續正確配置雨水下水道設施(如幹支線銜接及雨水井之位置)。另側溝除平面測量外，溝頂底高程、淨寬、淨高亦需予以另行測繪斷面，並標示於測量平面圖，以利雨水井位置、型式、尺寸及井底高程之設計。

(2) 其他地下管線及構造物

包括地下管線人(手)孔、地上電桿、消防栓、變電箱、人(車)行地下道、人(車)行路橋等。其中辦理人(手)孔測繪之目的，係為後續套繪地下管線位置之準確性，以利雨水下水道管渠之配置；而測繪電桿等地上構造之目的，在避免雨水井等設施之佈設與其衝突。

(3) 都市計畫及地籍類

測繪道路邊界線、道路中心樁、用地界樁及地籍圖圖根點等。其中辦理樁位及圖根點測量之目的，係為將都市計畫圖及地籍圖套繪於測量平面圖之準確性，以利作為管渠配置路徑之參考依據。

(4) 建物及其出入口

測繪建築物、地下停車場或大型建物及工廠出入口位置等，作為人孔、雨水井佈置位置之參考，以減輕爾後施工時造成民眾出入之不便。

(5) 既有溝渠或溪流

與設計有關之溝渠、溪流、跨河構造物(含附掛管線)，亦需納入測繪。

以利規劃設計銜接或排放既有溝渠(或溪流)；並檢討跨河構造物改建與否，如需改建則於設計階段，即需與管線單位協商拆遷及重新分配管線附掛等事宜。

4. 高程測量

暗渠測量，包括道路中心、二側溝頂與溝底高程及測量範圍邊界均需測繪，並以每 20 公尺為一橫斷面標註為原則，而如有變化處(點)亦需加測繪。另橫交道路亦需測繪標示道路中心及其二側溝頂與溝底高程。

明溝測量，包括溝底、二側溝頂及測量範圍邊界均需測繪，並以每 20 公尺為一橫斷面標註為原則，而如有變化處(點)亦需加測繪。另與幹線橫交流入之溝渠亦需辦理測繪及標示。

5. 橫斷面測量

明溝工程設計，需辦理橫斷面測量，通常以每 20 公尺作一橫斷面測量，而跨河構造物(上、下游)及明顯變化處，亦需增加橫斷面測量，比例採 1/100，另橫交流入管渠，亦需依上述原則辦理橫斷面測量，且至少有上下游二個斷面。

河道橫斷面標示內容至少包括：測量樁號里程、測量基準線、距離與高程、溝渠材質、用地界樁線等。

地質調查計畫：地質調查目的，係為提供管渠結構及開挖擋土措施之設計參考依據，需調查或收集計畫區附近其他工程之鑽探成果資料，或經濟部中央地質調查所網站(參考網址：https：//www.moeacgs.gov.tw/)之工程地質探勘資料庫查詢系統；必要時，亦需辦理地質鑽探試驗及分析。

1. 調查項目

地質鑽探調查，建議至少包括(1)土層深度、厚度及土壤性質(2)地下水位及水壓高程(3)土層之土壤物理性質，如單位重、比重、孔隙比、孔隙率、含水量等(4)土層之工程性質，如滲透性、壓縮性、剪力強度等。

2. 鑽探孔數及深度

土壤鑽探工作主要目的，係取得一個地層剖面圖，此剖面圖，必須顯示地層在各方面之變化，鑽孔位置依下水道沿線佈置，依工程規模、施工環境條件等因素，建議以 300～500 公尺作一孔位鑽探為原則。

下水道管渠結構物其基礎類如條狀版基，因此鑽孔深度，建議應在基礎面下 1.5～2.0 倍之下水道結構體尺寸為原則。

3. 鑽探報告內容

地質調查報告書基本內容至少包括(1)前言及摘要(2)工作項目及數量(3)基地地質及土層分布概況(4)大地工程分析(5)施工建議及注意事項。

其他地下物埋設調查：雨水下水道體積龐大為避免與既有地下物(管線)衝突，需先調查計畫區內既有或計畫中之雨水、污水、自來水、特高壓、輸配電、電信、瓦斯、中油油管、天然氣、電訊管線、固網管線、寬頻管線、軍屬管線、警訊管線等管線或人行地下道、河溪(橋梁)、捷運路網、地鐵、共同管道等地下構造物

資料，地下物調查。

4.3.3 管線佈設初步計畫

雨水幹線布設應考量公共管線位置，避免管線衝突。

解說：

雨水下水道管渠佈設，應避免與其他地下管線(包括人手孔)衝突，如無法避免衝突，應研提遷移計畫(包括遷移管線種類、臨時遷移或永久遷移、遷移位置、遷移位置預定時程等)，函送各地下管線主管單位，並協調管線單位同意。依上述完成雨水下水道管渠初步計畫配置後，亦應再赴現場勘查各項排水設施計畫位置，是否可行、恰當。

4.3.4 相關單位協調計畫

由於管線衝突無可避免及預期，設計前應洽相關政府機關、地下管線主管單位協調，以利工程順利推動。

解說：

設計工作進行前，與相關政府機關、地下管線主管單位協調是十分重要的。尤其目前各級政府大多委外進行設計監造工作，由於民間顧問公司進行調查工作較為不易，委託之政府機關應積極提供必要之協助，以利民間顧問公司資料收集得以周全，減免變更設計之發生。

有關設計工作之協調事項，應事前辦理，以利計畫得以順利進展，而需協調單位及協辦事項，條列如下：

1. 水利機關：河川地之同意使用或涉及灌溉圳配合。
2. 管線機關：有關地上與地下埋設物之配合。
3. 路政機關：道路埋設管線同意挖掘。
4. 交通維護機關：有關施工期間車輛交通維持。
5. 地方政府：用地取得、拆遷補償、樁位及其他相關資料之確認。
6. 接管機關：事先瞭解工程內容以利完工驗收後之接管。
7. 其他相關單位：事先瞭解工程內容，俾做相關事宜之配合等。

4.3.5 交通維持計畫

為確保道路交通品質，降低使用道路道路施工期間之交通衝擊，維護施工區域周邊道路通暢及人車安全，應依主管機關規定提送交通維持計畫書，並辦理交通維持計畫之審查。

解說：

交通維持計畫書內容包含(不限於以下內容)

1. 工程計畫概要
   (1) 工程名稱。
   (2) 工程發包、施工、設計、監造、委託等單位負責人之姓名、聯絡電話、傳

真及住址。

(3) 工程範圍(含位置圖)。

(4) 工程期限(含工期、開工日期、完工日期及施工時段)。

(5) 工程內容(含各施工階段與進度、施工方法與順序、施工機具材料配置地點及工程用車、廢土進出方式及路線)。

(6) 相關工程之相互影響說明。

2. 道路施工影響範圍界定

3. 週邊道路交通現況說明

(1) 基地附近土地使用現況及道路交通系統。

(2) 道路系統現況(路段或路口幾何特性、車道寬、車道數、車道分布、行人設施及相關設施照片等)。

(3) 交通特性(車流特性、流量調查、容量調查及服務水準分析)。

(4) 交通管制現況(號誌時制、轉向管制、單行管制、調撥車道或不平衡車道管制、槽化設施及停車管制等)。

(5) 大眾運輸系統(高鐵、車站出入口、計程車招呼站、客運及公車路線、班距、站位等)。

(6) 行人系統狀況。

4. 施工計畫評估

(1) 施工時段及施工期間。

(2) 施工方法。

(3) 施工機具、材料及廢土進出方式、路徑、時段、數量(如有夜間施工，應附與相關單位協調同意夜間施工之書面資料)。

(4) 施工圍籬種類及範圍。

(5) 對施工區之環境衝擊。

5. 施工影響範圍內之交通衝擊分析

(1) 道路占用情形(含圖)。

(2) 工程施工期間週邊道路容量及交通服務水準分析。

6. 交通維持方案

(1) 施工車道配置及車流導引計畫(施工期間車道佈置、疏導路線、引措施及預告標誌)。

(2) 交通管制配合措施(號誌時制調整、轉向管制、單行管制、調撥車道或不平衡車道管制、槽化設施及停車管制等)。

(3) 安全防護措施【含圍籬、交通錐、紐澤西護欄、夜間安全防護、預告牌片及疏導人員配置計畫(佈設圖)等】。

(4) 大眾運輸系統調整(例：公車路線、班距調整及站牌遷移)。

(5) 行人動線規劃及通行安全措施。

(6) 緊急應變計畫

1) 各任務編組之緊急連絡人及其聯絡方式。

2) 緊急事故之處理程序。

7. 交通維持計畫宣導措施

(1) 媒體宣導方式(報紙、摺頁、海報、告示、電視、廣播、可變標誌、電子看板、網際網路等)。

(2) 預計宣導時間。

(3) 其他。

8. 道路及交通設施復舊計畫

工程施作完成後，施工單位對於道路及交通設施(包含：標誌、標線、號誌之回復，施工設施的拆除，公車站牌的還原等)之回復計畫。

9. 需相關單位協助事項

如警力、公車(班車)路線或站位調整、停車格(場)封閉或啟用、號誌調整等。

10. 附錄

(1) 工程圖說(依比例繪製)。

(2) 計畫範圍內現況圖及照片(彩色)。

(3) 相關協調會勘記錄。

(4) 其他。

4.4 暗渠工程設計

1. 斷面形狀

為避免再徵收用地，規劃大多係循都市計畫道路埋設雨水下水道，因此雨水下水道管渠，以暗渠為居多。早年施設暗渠斷面形狀有圓形、卵形、矩形及馬蹄形等。惟考量工廠製造生產、材料堅實經濟、貯存、搬運及施工、地下水滲入等因素，目前暗渠施築大多採工廠製造之圓形管涵，及現場鑄造之矩形箱涵為主。

2. 斷面形狀選用要領

圓形管涵，在水力學上有較佳之排水功能、工廠製造管制容易可獲得優良品管、搬運方便、施工期短可縮減交通管制時間，為其優點；而圓形管涵受限於管長，接頭多易造成地下水滲入情形為其缺點。早年規劃考量經濟性、承受水體深度及運送等因素。

矩形箱涵不受覆土深度之限制、可配合道路線形採曲線施設，減少如管涵於曲線道路上，需設置方向變化(角度)之人孔，為其優點；惟採現場灌築之箱涵，工期長影響交通、其施工品質也較工廠製造之管涵差、其砂石粒、污物等沉積問題亦較管涵多。

依上述說明，規劃設計者在水力計算選用暗渠斷面形狀時，即應考量其優、缺點而加以運用，以利獲得理想之雨水下水道系統規劃設計成果。

3. 斷面尺寸選用依據

辦理雨水下水道工程設計時，原則上應依「規劃報告」或「檢討規劃報

告」所載明之幹支線形狀、尺寸、坡度及渠底高程等數據辦理。惟常因與現場銜接等因素，而需改變「原規劃」尺寸等數據。此時，設計者可採曼寧(Manning)公式計算，計畫改變之暗渠，其輸水容量不得小於「原規劃」，且需檢討確認後續上游管段，亦可順利接入。

4.4.1 平縱斷面佈置

管渠埋設需考量埋設位置、曲線布置並繪製縱斷面圖及平縱面圖以供對照。埋設位置應依工程設計前置作業，調查「地下管線埋設資料」成果，以減少與其他地下管線衝突為原則。

解說：

1. 埋設位置

為維護市區道路之完整，促進各種管線之統一施工，避免道路經常挖掘現象，並增進交通安全與市容觀瞻，民國 64 年 9 月 20 日內政部頒行「市區道路地下管線埋設物設置位置圖說明」(以下簡稱「設置位置圖說明」)，責成各管線單位埋設地下管線應按「設置位置圖說明」埋設。各路寬之管線配置請進入營建署網站查詢。惟因「設置位置圖說明」頒行迄今年代已久，恐不符合目前管線種類需求，因此配合新闢道路埋設雨水下水道，宜協調各地下管線單位，以「設置位置圖說明」為原則，協調分配各地下管線之埋設位置；而目前設計雨水下水道幹支線，以埋設於既有道路居多，由於其他地下管線已埋設完成，因此埋設位置應依工程設計前置作業，調查「地下管線埋設資料(包括種類、路線、斷面尺寸及埋設深度)」成果，選定埋設位置以減少與其他地下管線衝突為原則。

2. 曲線布設

為配合道路線型或避開地下障礙物，管涵以設置人孔來改變埋設方向。箱涵則採曲線佈設，一般係以圓曲線佈設，曲率半徑依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年修正發布)」第六條規定辦理：以曲線匯合時，其曲率半徑應大於管徑(渠寬)之五倍。但情形特殊者，不在此限。

3. 縱斷面圖

(1) 採用比例：依計畫管段尺寸、渠底高程及既有地面高程，繪製縱斷面圖(包括上述數據)，縱斷面圖水平(H)比例配合平面圖採 1/500 或 1/600，而垂直(V)比例採 1/100。

(2) 縱斷面圖標註：除每 20 公尺外，包括施工起終點、人孔位置、管渠尺寸變化處，均需標註數據。另人孔型式、頂高程、頸高及橫交流入管渠之尺寸、渠底高程，亦需標示註明於縱斷面圖。

4. 平縱斷面圖

組合上述平面及縱斷面圖，上方為平面圖(需標示指北)、下方為縱斷面圖，每一張平縱斷面圖，左側起始位置需對齊，相關數據應相吻合。平縱斷面圖繪製示意。

4.4.2 管材選用

選用管材宜以經濟性、結構安全性、水密性、施工之便利性及計畫區之特性，為管材選用之考量重點。

解說：

1. 管材種類

依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第四條第一款規定：管渠種類採用瓷化黏土管、鋼管、鋼筋混凝土管、延性鑄鐵管、強化玻璃纖維管、硬質塑膠管等，材質並應符合國家標準。目前國內採用以鋼筋混凝土管居多。規劃設計者得以經濟性、結構安全性、水密性、施工之便利性及計畫區之特性，為管材選用之考量重點。

2. 鋼筋混凝土管型式

鋼筋混凝土管依接頭型式，可分 A 型(套環)、B 型(平口)、C 型(承口)等 3 種，如圖 4.36。一般係依施工環境、荷重因素等條件選擇採用。

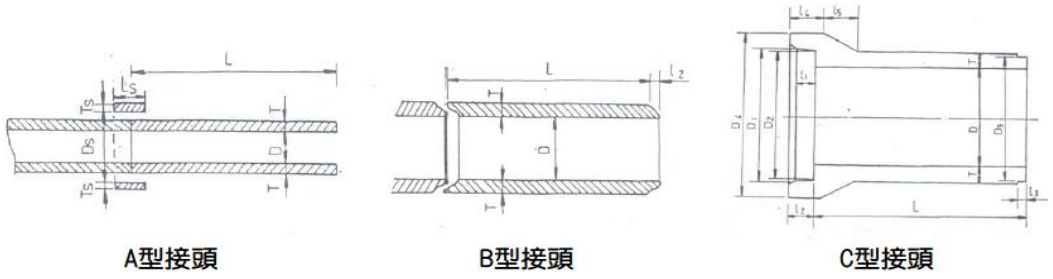


圖 4.36　管涵接頭型式示意圖

(1) A 型管

A 型管接頭(套環)使用水泥砂漿塞接，多使用於埋設深度較淺無地下水之雨水排水。

(2) B 型管

B 型管接頭部份較薄，管體不均勻沉陷時接頭易破壞，因此大多在管徑 600mm 以上始使用。

(3) C 型管

C 型管止水效果較佳，多用於雨水管，須搭配管墊以利坡度控制。

(4) 選用型式

目前在辦理雨水下水道管涵設計時，以選用 B 型或 C 型接頭為主。

4.4.3 結構分析方法

結構分析管涵荷重及外力應考慮覆土重、自重、水重、靜水壓、側土壓、上舉力、輪荷重及其衝擊力等，在作用力特殊情況時，如地震力等外力亦應詳加考慮。箱涵載重包括靜載重、活載重及其衝擊力，另尚需考慮上浮力及地震力等，靜載重包括自重、垂直土壓力，側向土壓力及水壓力等。

解說：

1. 管涵結構分析

管涵荷重及外力應考慮覆土重、自重、水重、靜水壓、側土壓、上舉力、輪荷重及其衝擊力等，在作用力特殊情況時，如地震力等外力亦應詳加考慮。且管涵應依埋管方式、座墊型式及活載重與覆土情況計算荷重，並參考管涵製品規格強度及所需安全係數研選之。

管涵之活載重分析得參考布士耐氏(Boussinesq)，紐馬克氏(Newmark)等垂直土壓力分析法，以侯爾(Holl)公式分別計算集中載重或均布載重情況下之管涵單位長度載量。

集中載重作用或均布載重作用下之公式如下：

$$W_{sc} = C_S \frac{PF}{L} \tag{4-46}$$

$$W_{sd} = C_s W F B_c \tag{4-47}$$

式中：

Wsc，Wsd：分別為集中載重及均布載重下單位長度之管載重(公斤/公尺)

Cs：載重係數，參考公路排水設計規範(交通部，民國 106 年)

P：集中載重(公斤)

F：衝擊力係數，通常公路採用 1.5

L：涵管有效長度(公尺)，實長超過 0.9 公尺時取用 0.9 公尺

W：均布載重(公斤/平方公尺)

Bc：管外徑(公尺)

管涵之覆土載重分析得參考馬斯頓(Marston)公式計算管溝式埋管、填土式埋管或隧道式埋管之管涵單位長度載重。分析公式如下：

管溝式埋管時，$W_d = C_d \cdot W \cdot B_d^2$

填土式埋管時，$W_c = C_c \cdot W \cdot B_c^2$

隧道式埋管時，$W_t = C_t \cdot B_t \cdot (W \cdot B_t - 2C)$

式中：

Wd,Wc,Wt：各式管之單位長度載重(公斤/公尺)

Cd,Cc,Ct：各式管之載重係數，參考公路排水設計規範

W：覆土單位重(公斤/立方公尺)

Bd：管溝寬(公尺)

Bc：管外徑(公尺)

Bt：隧道直徑(公尺)

C：土壤凝聚力(公噸/平方公尺)，參考公路排水設計規範(交通部，民國 106 年)。

剛性管材如鋼筋混凝土管，預力鋼筋混凝土管等，採用安全係數應在 1.5 以上，柔性管材如塑膠管者，安全係數應在 1.25 以上。

鋼筋混凝土管外壓強度依 CNS483 規定分五級，如表 4.11。雨水下水道一般狀況採用三級管，其外壓強度可符合管涵結構分析之安全需求。

表 4.11　鋼筋混凝土管外壓強度表

單位：kgf/m

標稱管徑	外壓強度(最小值)裂紋 0.3mm				
(mm)	一級	二級	三級	四級	五級
500	2,040	2,550	3,310	5,100	7,390
600	2,440	3,060	3,970	6,120	8,870
700	2,850	3,570	4,640	7,140	10,350
800	3,260	4,080	5,300	8,160	11,830
900	3,670	4,590	5,960	9,180	13,310
1,000	4,080	5,100	6,630	10,200	14,790
1,100	4,480	5,610	7,290	11,220	16,270
1,200	4,890	6,120	7,950	12,240	17,750
1,350	5,510	6,880	8,950	13,770	19,970
1,500	6,120	7,650	9,940	15,300	22,190
1,650	6,730	8,410	10,940	16,830	24,410
1,800	7,340	9,180	11,930	18,360	26,630
2,000	8,160	10,200	13,260	20,400	29,590

2. 箱涵型式

就水力學、施工及維護管理，採管涵埋設下水道為最佳，而為排除逕流需求、以及覆土深度或埋設條件受限制時，則採箱涵規劃設計。雨水下水道規劃排水箱涵以單孔居多；惟部份為排除逕流量需求，而規劃為双孔、甚至有三孔箱涵。規劃設計時，應併其他地下管線，檢討道路埋設空間是否足夠。另箱涵雖也有工廠預鑄產品，惟迄今仍未廣泛採用，目前設計仍以場鑄箱涵為主。

3. 箱涵尺寸

箱涵尺寸設計係需考量水理並為配合下游承受水體深度(溝渠高度)及施工環境，依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第四條第三項第二款規定：箱涵之寬、高不得小於 1.2m。但現況條件特殊，經計算證明無礙排水能力並經主管機關同意者不在此限。

4. 結構分析

依內政部頒之「建築技術規則」及交通部頒之「公路橋梁設計規範」，箱涵載重包括靜載重、活載重及其衝擊力，另尚需考慮上浮力及地震力等，靜載重包括自重、垂直土壓力，側向土壓力及水壓力等。

計算自重時，鋼筋混凝土單位重為 2.4T/m^3，計算土壓力時，分別考慮垂直土壓力 1.92T/m^3 及側向土壓力 0.48T/m^3 與垂直土壓力 1.92T/m^3 及側向土壓

力 0.96T/m^3 兩種情況。活載重則以車輛載重為主，分為 H20-44、H15-44、H10-44、HS20-44 及 HS15-44 等五級，重要道路其車輛載重不得小於 HS20-44 標準貨車重量之 1.25 倍。

車輛載重之衝擊力大小隨覆土深而變，覆土深度 0.0m～0.3m 時，衝擊係數採用 30%，覆土深度 0.3m～0.6m 時，衝擊係數採用 20%，覆土深度 0.6m～0.9m 時，衝擊係數採用 10%，覆土深度大於 0.9m 時，則不需考慮衝擊係數。覆土深小於 0.6m 時，車輛載垂直接由車輪作用於頂版上，以集中載重計算，若箱涵覆土深大於 0.6m 時，則車輛載重以均佈載重計算。混凝土材料一般採用 fc'≧210kg/cm^2，鋼筋材料 D16(含)以下採用 fy≧2800kg/cm^2，D19(含)以上則採用 fy≧4200kg/cm^2，設計時得依現地情況選用較高強度之材料。箱涵每隔約 20 公尺設置伸縮縫，且伸縮縫內應設止水帶。

4.4.4 埋設斷面圖及擋土工法

排水工程開挖可分為邊坡式開挖及擋土式開挖。邊坡式開挖即明挖斜坡施工法，適合基地周圍無緊鄰之建築物或設施、具有足夠空間可設置邊坡，且地質狀況良好時可考慮採用。選擇擋土設施，一般考慮施工難易，水密性及其剛性。

解說：

1. 埋設斷面

一般管箱涵開挖、擋土及回填材料，應依道路主管機關規定或埋設地點特性，選用適當之回填材料。

2. 擋土工法種類

排水工程開挖可分為邊坡式開挖及擋土式開挖。邊坡式開挖即明挖斜坡施工法，當基地周圍無緊鄰之建築物或設施，具有足夠空間可設置邊坡，且地質狀況良好時可考慮採用，若無法以邊坡式開挖維護開挖安全時，則必需採用合適的擋土設施以保護施工之安全。選擇採用何種擋土設施，一般考慮施工難易，水密性及其剛性，目前國內開挖基地常用之擋土設施，如表 4.12，應依現地情況選用適當之擋土設施。

3. 結構分析

依內政部頒之「建築技術規則」及「建築物基礎構造設計規範」，擋土及支撐設施應足以承受外力所傳達之荷重，包括側向土壓力、地下水壓力、地表上方載重，施工期間之臨時性載重及地震影響等。除需計算外力作用時，材料應力符合安全規定外，尚需檢核擋土式開挖之穩定性，包括貫入深度、塑性隆起、砂湧，上舉及施工各階段之整體穩定性分析。另基地開挖宜利用適當儀器量測開挖前後之擋土結構系統、地層及鄰近結構物變化，以維護開挖工程及鄰近結構物之安全。

結構系統、地層及鄰近結構物變化，以維護開挖工程及鄰近結構物之安全。

表 4.12　國內開挖基地常用之擋土設施表

擋土方法	施工方法	適用地層	優點	缺點
兵樁 (包括鋼軌、H型鋼)	打擊式； 震動式； 油壓貫入； 預鑽孔	堅實粘土層； 開挖深度<8m (市街附近，安全性更須嚴謹，建議不大於 4m)	施工簡單； 便宜； 可重覆使用； 位置調整容易	須要降水； 垂直度差； 背側沉陷量大； 拔除後常留下空洞
鋼板樁	震動式； 打擊式； 油壓貫入	軟弱土層； 開挖深度<8m	水密性良好； 可重覆使用； 品質控制容易	施工易有噪音及震動； 變形量大； 背側沉陷量大 (施工中及拔除後)
預壘排樁	空幹螺旋鑽	軟弱土層； 開挖深度<10m	施工簡單； 便宜； 快捷	水密性不良； 垂直度差； 不超過 15m 長度
鑽掘排樁	衝擊式； 鑽掘-無套管 鑽掘-有套管	各類土層； 卵礫塊石地層較不宜； 開挖深度<15m	剛性良好	水密性不良； 垂直度差； 昂貴； 用地較多
手掘式沉箱	人工挖掘	卵礫塊石地層； 開挖深度<15m	無噪音及震動 剛性良好； 可多組人員同時施工	昂貴； 安全性差； 工作條件差； 須要降水配合
連續壁	抓斗式； 反循環式	各類土層； 卵礫塊石地層較不宜； 開挖深度不限	噪音量低； 無震動； 剛性良好； 水密性較好； 可用作永久牆	昂貴； 技術要求較高； 用地較多

4.4.5 附屬設施

暗渠之附屬設施包含人孔、人孔框蓋及踏步。

解說：

1. 人孔型式

計有管涵用之標準人孔及特殊人孔，特殊人孔包括管涵用跌落人孔及箱涵用煙囪形人孔，人孔蓋應符合路權機關規定最低抗滑標準。管涵人孔頸部及箱煙囪形人孔，可採場鑄或預鑄產品。人孔入口內徑最小為六十公分，並以七十五公分以上為優先，入口深度大於五十公分時，內徑應漸增至九十公分。預鑄人孔頸部型式，如圖 4.37(1)及圖 4.37(2)。

2. 人孔框蓋

人孔入口上部應設不影響交通之人孔蓋，其材質為鑄鐵或耐壓材料製成，具有高度調整功能，並留設安裝開啟機具之孔口。人孔蓋直徑應配合人孔入口內徑最小為 60 公分，並以 75 公分為優先，一般人孔框蓋採球狀石墨鑄鐵，現多採新型鉸扣式人孔框蓋。

3. 人孔踏步

應於人孔直壁設置符合國家標準之塑膠包覆不銹鋼踏步，人孔不銹鋼踏步每階間距 30 公分，最上一階之間距為 30 公分至 45 公分，最下階不小於 30 公分。

4.5 明渠工程設計

早年辦理雨水下水道規劃，除大都會區外多數城鎮係以農業為主，因此規劃區除有區域排水等明溝外，亦有灌溉排水溝渠、圳溝穿越其間。當時都市計畫圖，亦有配合灌溉排水需求劃設，保有部份之水溝用地，后因經濟快速成長，部份農

業區紛紛變更為商業區、住宅區或工業區，部份既有溝渠已經加蓋成為道路，或因已無灌溉需求，而將既有水路之土地，變更為住、商或工業區使用，因此辦理明溝工程設計前，應先查明規劃施設位置之土地使用分區類別(現行頒布實施之都市計畫)，並查明土地所有權歸屬，以利先行辦理都市計畫變更及用地取得等事宜。早期常循既有農田灌排水溝，規劃作為雨水下水道幹支線之規劃路線。由於灌溉溝渠，常兼具提供灌溉水及回歸水之收集排放功能，因此規劃前，應先與主管單位協調同意後，始得規劃之；而辦理設計時，亦應考量其爾後之操作維護管理機制。

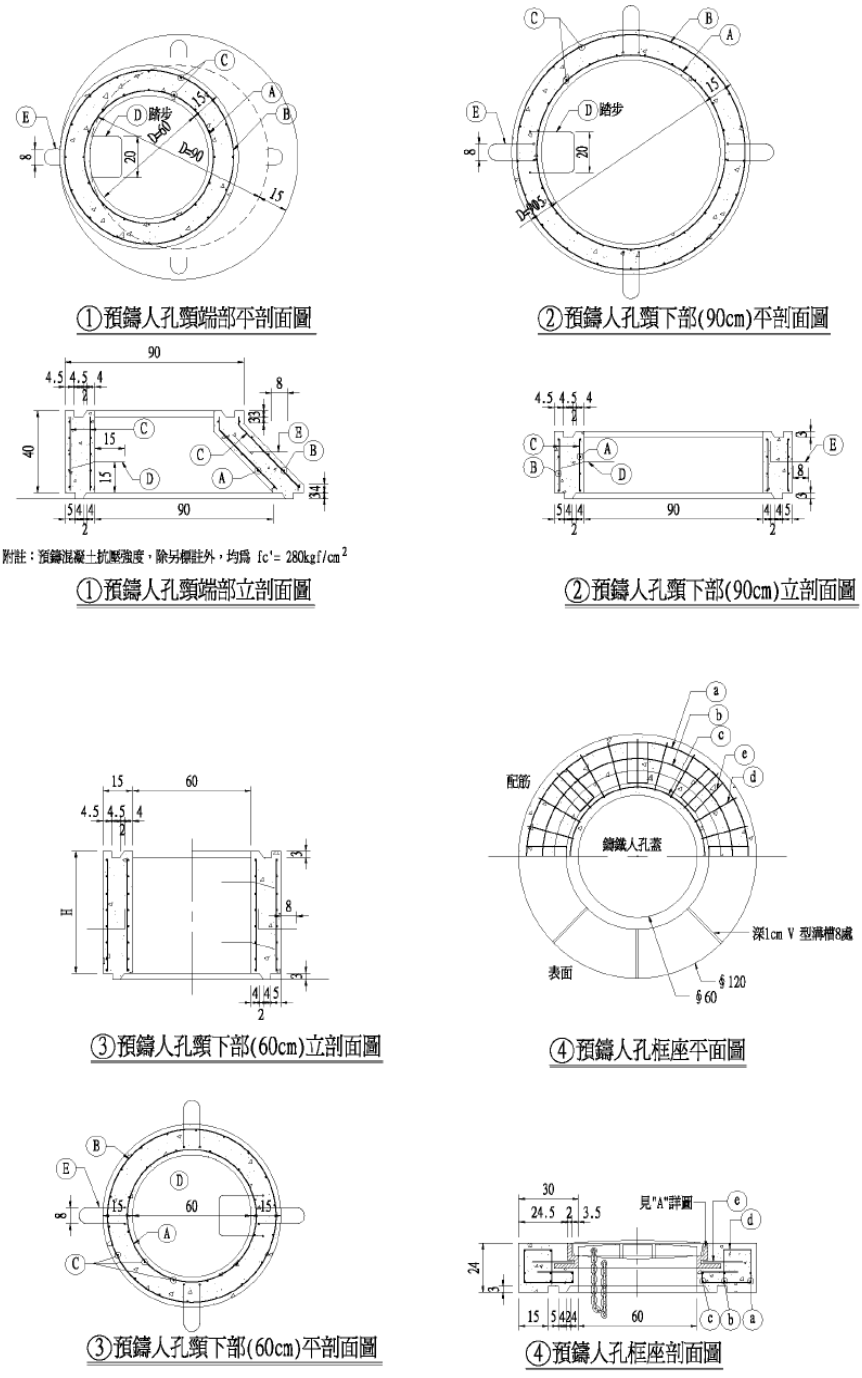


圖 4.37(1)　預鑄人孔頸部詳圖(60cm)

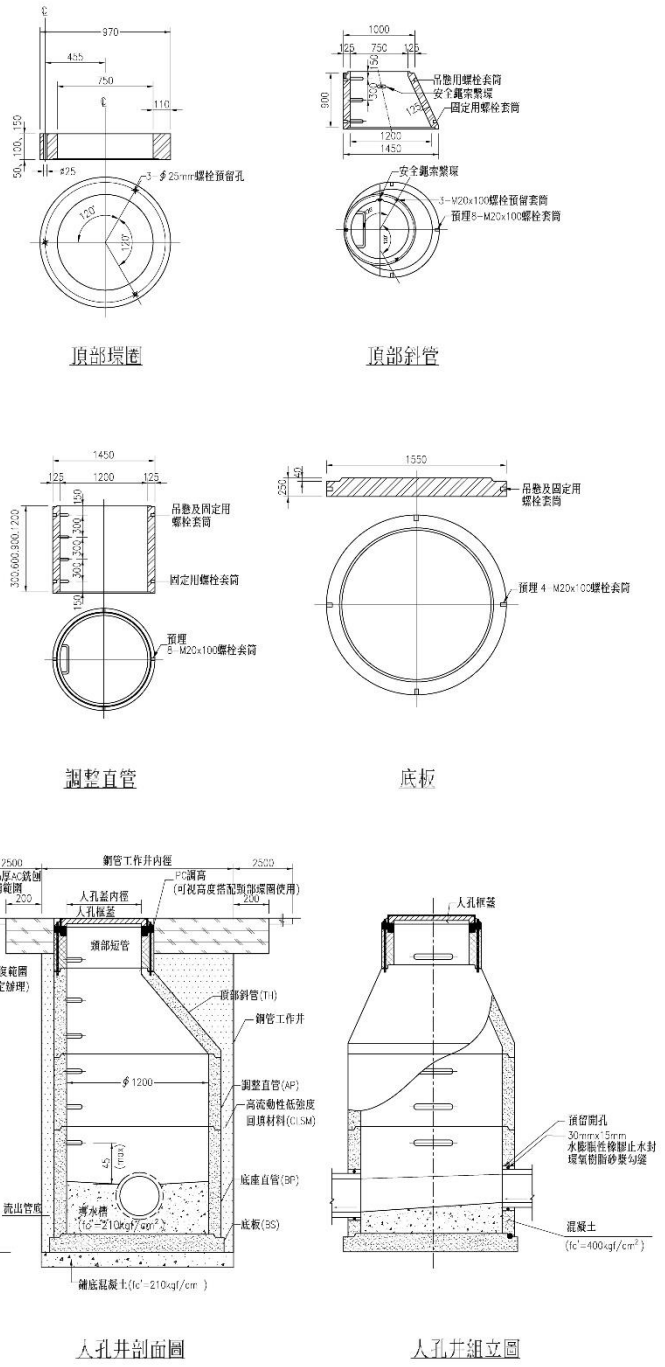


圖 4.37(2)　預鑄人孔頸部詳圖(75cm)

4.5.1 排水斷面檢討

排水斷面檢核需考量計畫逕流量，包含集流面積、集流時間並採曼寧公式估算計畫逕流量後，再選用適宜之渠道材質、尺寸及坡度。

解說：

1. 斷面檢討

前省住都局規劃明溝斷面型式以梯形為主，並常以漿砌卵石明溝為主要施築方式，亦有因用地因素而採 U 形 RC 明溝規劃之。目前設計則需考量以生態為基礎，並落實生物多樣性保育及永續發展，因此明溝斷面型式及構材，有多樣性之選擇。設計者宜從生物的角度去思考，如何使環境景觀獲得恢復及重建，而在應用上需因地制宜選用適當工法及構材，如就地取材或採用回收在利用及天然材料，並在不同之人文地理、生態環境，及考量排水、構造安全之條件下予以設計。

而如需修正原規劃排水斷面型式、尺寸，則應依計畫排水斷面、型式及構材種類，重新辦理水力計算，並需檢核其輸水能力不得小於原規劃之排水斷面。

2. 水理計算檢核

(1) 計畫逕流量

前省住都局辦理雨水下水道系統規劃，有關暗渠及明渠計畫逕流量雖均採合理法公式計算，惟二者在集流面積及集流時間計算方式不同，說明如下：

A. 集流面積

暗渠集流面積係以管段上游端人孔(或節點)之累計面積計算(不含所計算管段流經之收集面積)；而明渠因地面逕流可直接漫流匯入，因此明渠之收集面積，係以明渠段下游端節點之累計面積計算(含所計算渠道流經之收集面積)。

B. 集流時間

依上述集流面積計算之差異，前省住都局計算各管段之集流時間，暗渠係以上游端人孔計算，而明渠則採下游端之節點計算該管段之集流時間。

(2) 水力計算

水力計算採曼寧公式(Manning)計算，其公式如下：

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....(4-48)}$$

式中：

V=流速(m/sec)

n=管渠粗糙係數

R=水力半徑(m)

S=水力坡降

3. 粗糙係數 n 選用及計算

早年大多採漿砌卵石及 RC 明溝規劃設計，而僅分別訂定其粗糙係數 n 值為 0.025 及 0.015。而以目前採多樣化構材，或不規則斷面設計，而需依選

用不同渠道材料之 n 值，並以不規則斷面潤邊之材料 n 值，計算其複合粗糙係數。各種渠道材料 n 值範圍及平均值，調查整理如表 4.13、表 4.14 及表 4.15。

表 4.13　渠道之粗糙係數及最大容許平均流速表

排水路材質				最大容許平均流速(m/sec)		曼寧公式採用 n 值	備註
渠底		側坡		$V_{1.11(MAX)}$	$V_{計畫(MAX)}$		
土質	砂土	土質	砂土	0.5	1.0	0.030～0.026	渠底側坡土質
	壤土		壤土	0.8	1.5		
	黏土		壤土	1.2	2.0		
土質		混凝土砌塊石		2.0	3.0	0.021～0.029	渠底土質、側坡混砌石
(含砂礫土)		混凝土砌塊石		2.5	4.0	0.015～0.029	渠底土質、側坡混凝土坡面工
混凝土		混凝土坡面工		4.0	6.0	0.014～0.017	渠底、側坡均混凝土工
混凝土		混凝土		4.0	6.0	0.014～0.017	渠底、側坡均混凝土工

表 4.14　坡地排水之粗糙係數表

溝內物質	n 值範圍	平均值
漿砌磚	0.012-0.017	0.014
漿砌石	0.017-0.030	0.020
乾砌石	0.025-0.035	0.033
有規則土底兩岸砌石	-	0.025
不規則土底兩岸砌石	0.023-0.035	0.030
純水泥漿平滑者	0.010-0.014	0.012
礫石底兩岸混凝土	0.015-0.025	0.020

4.5.2 平縱斷面佈置

平面位置布置應考量土地使用計畫，曲線部設宜以圓曲線布設為原則，坡度過陡時宜設跌水消能設施，接入管渠時需繪於平面圖。

解說：

1. 土地使用計畫

都市計畫已劃設水溝用地，在滿足水理及計畫斷面需求下，依都市計畫界樁佈置，都市計畫如未劃設水溝用地，而計畫循既有水溝改(擴)建，應提出土地需求計畫書，請主管機關辦理土地變更及用地取得等事宜。

用地寬度依計畫斷面所需，計畫斷面包括規劃報告所註明之淨寬度及水深，亦需考量出水高度、護岸構材、維護道路、堤內側安全措施及綠化等，如圖 4.38。

2. 平面線型佈設

(1) 佈設原則

都市計畫已劃設水溝用地，依都市計畫佈設；而計畫循既有水溝改(擴)

建，常係以既有水溝中心為所需用地中心線為基準劃設。

(2) 曲線設置

曲線設置時，以圓曲線佈設為原則。

表 4.15　坡地(渠道)排水之粗糙係數表

渠道狀況	粗糙係數
平整混凝土面	0.014～0.016
未粉飾混凝土面	0.017～0.020
噴漿面	0.020～0.025
混凝土砌卵石側牆(混凝土打底)	0.025～0.030
混凝土砌卵石側牆(天然渠底)	0.027～0.030
乾砌卵石	0.030～0.035
乾砌塊石	0.032～0.035
水泥砂漿砌磚	0.015～0.018
平滑瀝青面	0.014～0.015
粗糙瀝青面	0.017～0.018
清潔土渠	0.020～0.025
短草土渠	0.027～0.033
密生水草高及水面土渠	0.080～0.120
密生灌木高及水面土渠	0.100～0.140
均勻岩面	0.030～0.040
不規則岩石面	0.040～0.050
內面光滑混凝土	0.013～0.014
排水瓦管	0.017～0.018

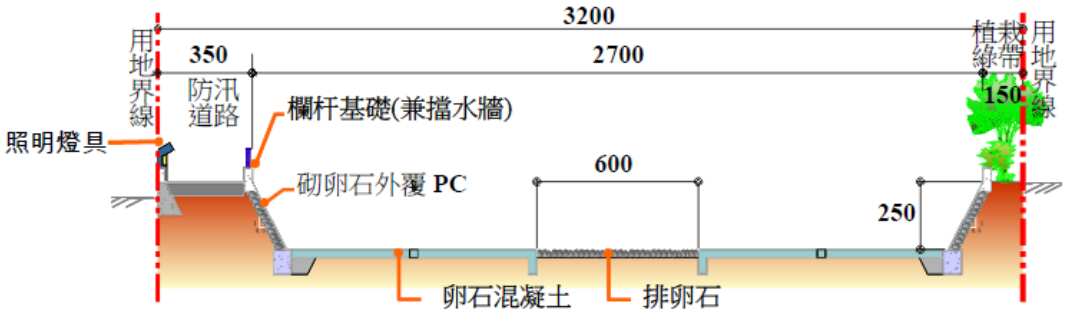


圖 4.38　排水斷面標準圖

(3) 消能設施

明渠縱坡過陡，流速過高而有沖刷之虞時，應作坡度調整或設置消能設施，一般明渠上下游水位差 60cm 以上，即應設計消能設施。

常見之跌水消能設施，計有垂直式跌水、斜面式跌水、齒坡式跌水、

衝擊式跌水等，原則依上下游流況、單位寬度流量、水頭落差、地形及消能設施特性等因素選用之。

都市明渠渠道局部落差常在 3 公尺以下，因此大多採垂直式跌水構造消能。跌水構造應有足夠長度及適當水褥，使跌落之水舌及產生之水躍或波浪，不致沖刷下游渠道。設計垂直跌水構造之下游最高水位小於上游渠底加 0.6 倍臨界水深時，可參考下式計算構造物最小長度 L 及尾檻高度 h'(如圖 4.39)。

垂直式跌水構造物最小長度(L)及尾檻高度 h'

$$L = \{2.5 + 1.1\frac{h_c}{h} + 0.7\left(\frac{h_c}{h}\right)^3\}(h \times h')^{\frac{1}{2}} \quad (4\text{-}49)$$

$$h' = \frac{h_c}{2} \quad (4\text{-}50)$$

式中：

h ＝上下游渠底高差(m)

h' ＝尾檻高度(m)

h_c ＝臨界水深(m)

L ＝垂直跌水構造長度(m)

(4) 維護道路佈置

採單側或雙側配置，主要考量因素為建設費用、用地取得、計畫溝渠寬度、交通環境需求。如採單側配置於左岸或右岸，應依環境現況及銜接動線需求。

(5) 既有橫交流入管渠

橫交流入管渠亦需繪製於平面圖，包括以漸變方式銜接之設計。

(6) 採用比例及注意事項。

依上述說明將平面線型佈設計畫，繪製於測量平面圖上，平面圖一般採用 1/500 或 1/600 比例，圖面需有指北及比例標示，而各段平面線型佈設，應與各段之排水斷面標準圖相吻合。

3. 縱斷面圖

應依原規劃報告或檢討後之明渠數據佈置，標示方式與暗渠原則相同，除暗渠係標示既有地面線，而明渠則需標示既有左岸、右岸地面高、及溝渠中心線之地高(既有溝底高)。另橫交流入管渠之尺寸及渠底高程，亦需標示註明於縱斷面圖，如圖 4.40。

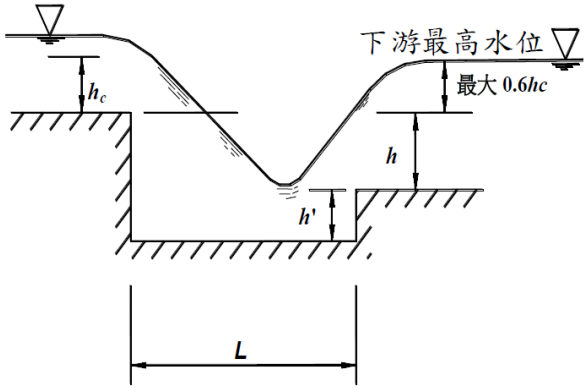


圖 4.39　垂直式跌水示意圖

4.5.3 排水斷面設計

排水斷面型式除「梯形」、「U形」外，亦可考量束縮平時流量以減少淤積之「複式斷面」等。設計者可依排水斷面所需寬度、用地寬度、平時流量及基地條件等環境因素，選用合宜之排水斷面及工法設計。

解說：

1. 斷面型式及構材

排水斷面型式除「梯形」、「U 形」外，亦可考量束縮平時流量以減少淤積之「複式斷面」等。一般常用於都市排水明溝型式，包括梯形護岸採混凝土砌卵石、漿砌卵石、混凝土格框、預鑄混凝土組立擋土、蛇籠、砌石等等；亦可採重力式擋土牆、懸臂式擋土牆、石籠、預鑄混凝土板樁等構材，施設 U 形明溝。設計者可依排水斷面所需寬度、用地寬度、平時流量及基地條件等環境因素，選用合宜之排水斷面及工法設計。

2. 結構安全設計

結構安全設計需考慮浮力、構造物穩定性及構造物之結構安全。依內政部頒之「建築技術規則」及「建築物基礎構造設計規範」，明渠兩側擋土牆護岸應考慮之作用力如下列：

(1) 側向土壓力，包含如主動土壓力、被動土壓力及靜止土壓力等。
(2) 水壓力如靜水壓力、滲流壓力及上浮力等。
(3) 地震所產生之土壓力、水壓力及慣性力等。
(4) 地表上方超載。
(5) 牆背回填土所產生之回脹壓力。
(6) 結構體之靜載重。

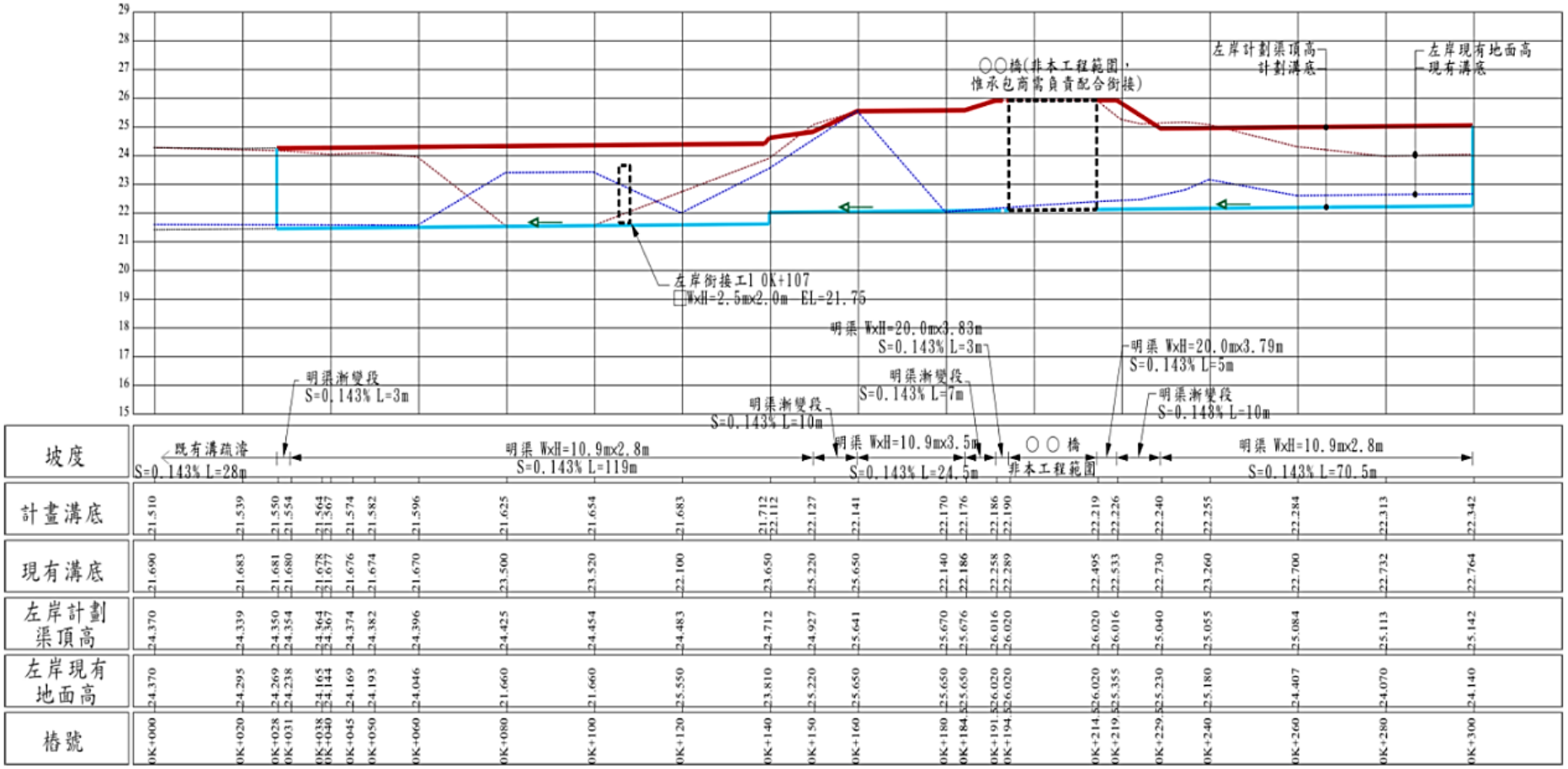


圖 4.40　明溝縱斷面示意圖

擋土牆護岸需檢核在上述作用力下，牆體之穩定性與牆體自身之結構安全性。牆體之穩定性則包含檢核牆體滑動、牆體傾覆、基礎容許支承力、整體穩定性及土壤液化評估。

牆體抵抗滑動之安全係數，於長期載重狀況應大於 1.5，於地震時應大於 1.2，安全係數之計算原則為：

$$\text{安全係數}=\frac{\text{作用於牆前被動土壓力+牆底摩擦力}}{\text{作用於牆背之側壓力}}$$

牆體抵抗傾覆之安全係數，於長期載重狀況應大於 2.0，於地震時應大於 1.5，安全係數之計算原則為

$$\text{安全係數}=\frac{\text{對牆前趾產生之抵抗力距}}{\text{對牆前趾產生之傾覆力距}}$$

結構基礎支承力之安全係數，於長期載重狀況應大於 3.0，於地震時應大於 2.0，且亦應考量基礎之總沉陷量及不均勻沉陷量。整體穩定性為檢核通過牆體底部土層滑動破壞面之安全性，其安全係數於長期載重狀況時應大於 1.5，於地震時應大於 1.2，考慮最高水位狀況時應大於 1.1，唯不考慮地震與最高水位同時發生之狀況。設計時亦應評估牆背面土壤及牆基礎下方土壤，在受地震作用時之液化潛能，並研判其對牆體穩定性之影響，必要時應採用地層改良，深基礎或結構加強等方式處理。牆體本身之結構安全性，依採用材料及外加載重予以分析計算，需符合各採用材料之安全要求。

4.5.4 出水口及其他設施

穿越維護道路之管涵或箱涵，出口處應施作端牆，主幹線如為梯形明溝，橫交流入溝渠出口端，亦需構築翼牆及護床。

解說：

計畫新建明溝沿線之橫交流入溝渠，在用地範圍內應依計畫斷面或經水理檢討後所需斷面設計。穿越維護道路以暗渠施作，並構築漸變段以銜接既有橫交流入溝渠，而漸變段側牆線與上下游渠道之夾角，應依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第六條第一項第四款規定辦理。

穿越維護道路之管涵或箱涵，出口處應施作端牆，主幹線如為梯形明溝，橫交流入溝渠出口端，亦需構築翼牆及護床，如圖 4.41。

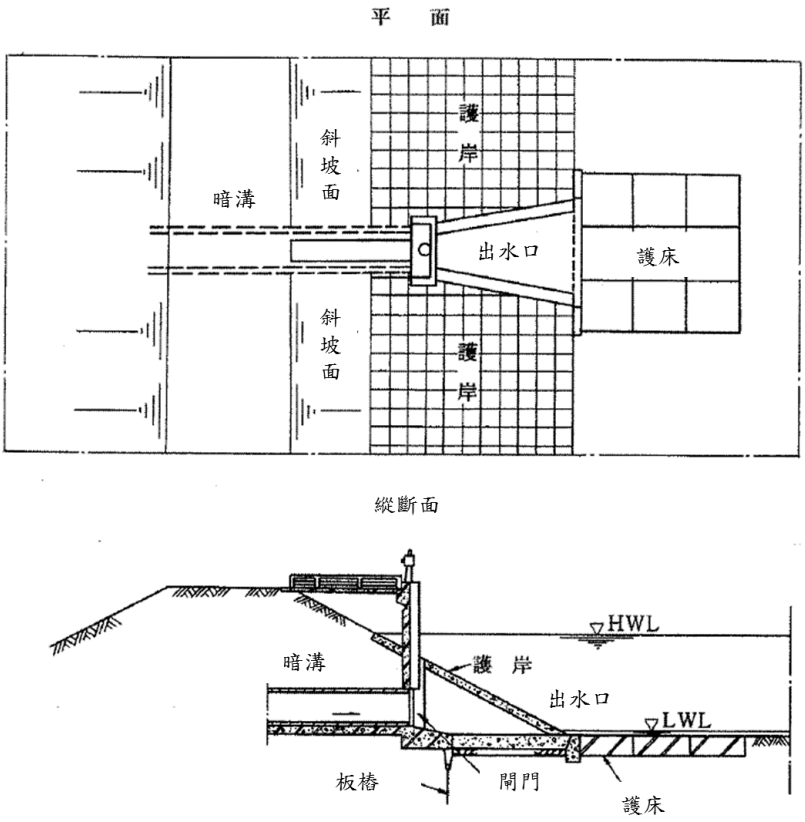


圖 4.41　出水口設置示意圖

4.6 雨水地面逕流收集系統設計

地面逕流收集系統，包括進水口、側溝、雨水井及連接管，為地面逕流進入下水道幹支線之關鍵，規劃設計不當無法使地面逕流適時排除，而造成積淹水之情形。

依「下水道法」，公共雨水下水道係指「都市計畫地區」或「指定地區」專供處理「雨水」之下水道設施，其設施包括下水道系統管渠、放流口及其附屬設施、抽水站及其相關設施、其他有關下水道重要設施；而地面逕流收集系統，則係屬道路之附屬工程設施。依「下水道工程設施標準，營建署，民國 98 年修正發佈」第十四條第一項規定 U 型側溝設置道路二側，而第十三條第一項第一款規定雨水井應設置於道路內之道路側溝或 L 型溝匯流點，並以連接管接入雨水下水道幹支渠。

考量地面逕流收集系統與雨水下水道幹支線，在都市排水功能檢討係密不可分，且在既有道路建構雨水下水道幹支線，亦需於既有側溝設置雨水井，並以連接管接入雨水下水道幹支線。因此辦理雨水下水道幹支線設計，應調查既有側溝，並檢討其輸水能力後，再行佈置雨水井、連接管及其他改善措施，始能確實解決排水問題。

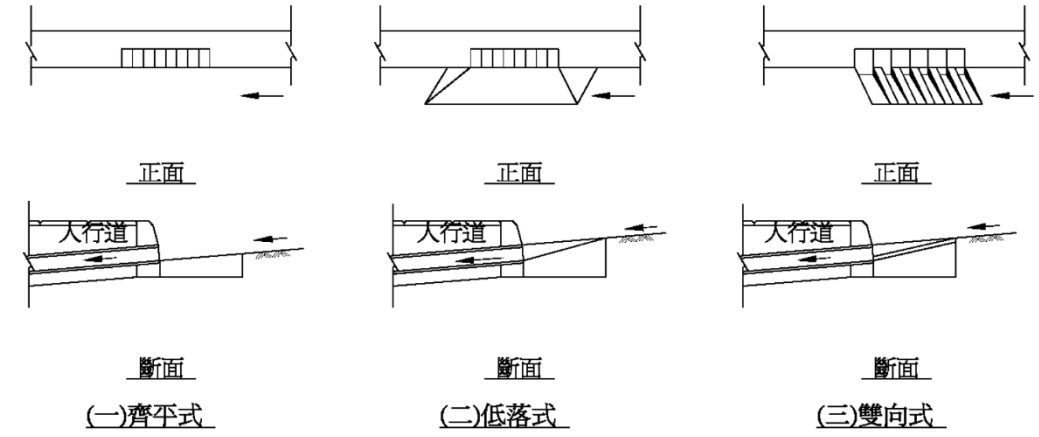
4.6.1 進水口

進水口型式一般可分緣石進水口、格柵進水口及緣石與格柵混合進水口三種，進水口最大間隔，視地表逕流量而定，而施設位置應以避免妨礙住戶出入為原則。另外，格柵之型式需考量使用者安全，或殘障通道之特殊規定。

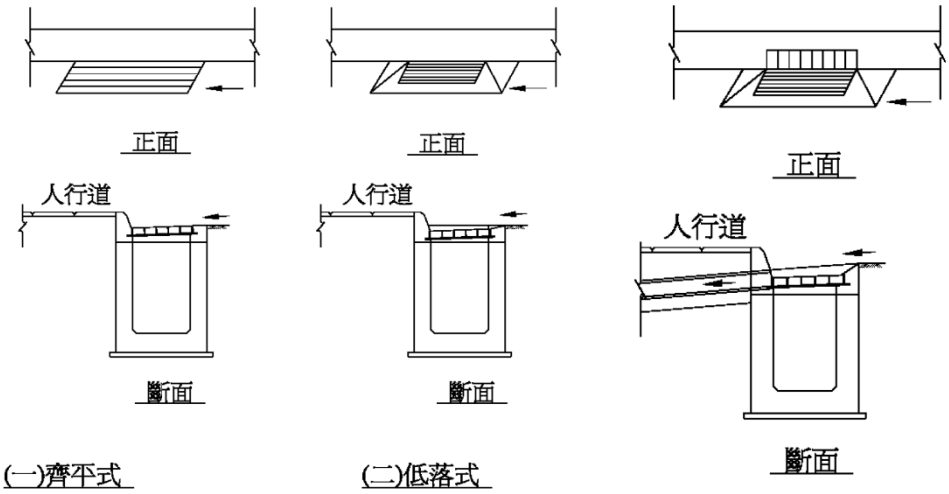
解說：

1. 進水口型式

雨水進水口係收集地面逕流，匯入埋設於地下排水管渠之設施。一般可分緣石進水口、格柵進水口及緣石與格柵混合進水口三種，如圖 4.42。進水口最大間隔，視逕流量之多寡而定，而施設位置應以避免妨礙住戶出入為原則。另外，格柵之型式需考量使用者安全，避免行人鞋跟或自行車車輪卡入，或需依殘障通道之特殊間隙規定選用。



一、緣石進水口



二、格柵進水口　　三、複式進水口

圖 4.42　進水口示意圖

2. 緣石進水口

緣石進水口開孔長度，一般不小於 50 公分，高度不小於 8 公分；如有漂浮物進入可能時，得加設攔污柵，其流量可依下述公式計算，而考量瞬間水量越流至下個進水口，因此所計算之間距，需再乘 0.8 為設計依據。

當道路縱坡度大於 4%，截水率甚低且清理不易，設計時需考量收水效能及維護管理方式。

3. 格柵進水口

格柵開口淨面積，一般不小於 250 平方公分，格柵淨距不大於 3 公分，其流量可參考下述公式計算，而考量瞬間水量越流至下個進水口，因此所計算之間距，再乘 0.8 為設計依據。格柵進水口為目前主要設計方式。

4. 進水口間距

依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第十四條第二款規定：進水口間距為 4 公尺～10 公尺，惟目前有人行道之進水口間距常採 4.5 公尺，無人行道進水口之間距則採 5 公尺設計。惟市區快速道路及主要道路等寬廣道路，仍宜計算檢核設計進水口間距。

5. 進水口流量計算

<u>緣石進水口之流量計算公式</u>

$$Q_c = 0.386\left(\frac{L_n}{h}\right)\left[(h+a)^{\frac{5}{2}} - a^{\frac{5}{2}}\right] \qquad (4\text{-}51)$$

式中：

Q_c =緣石進水口流量(立方公尺/秒)

L_n =進水口淨長度(公尺)

h =淺溝水流平均水深(公尺)

a =緣石進水口前低落量(公尺)

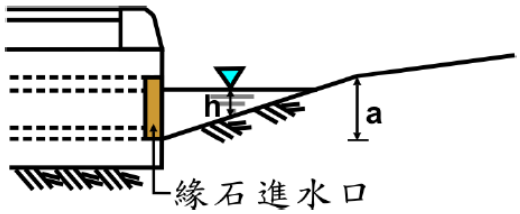


圖 4.43　緣石進水口示意圖

格柵開口淨面積，一般不小於 250 平方公分，格柵淨距不大於 3 公分，其流量可參考公式計算，而考量瞬間水量越流至下個進水口，因此所計算之間距，再乘 0.8 為設計依據。

<u>格柵進水口之流量計算公式</u>

$$Q_g = KC_dA_g\left(\sqrt{2gh}\right) \qquad (4\text{-}52)$$

式中：

Q_g =格柵進水口流量(立方公尺/秒)

K =考慮阻塞之安全係數(一般採用 0.5)

C_d =孔口係數(一般採用 0.5～0.6)

g =重力加速度(9.8 公尺/秒 ^{2})

h =淺溝水流平均水深(公尺)

A_g =格柵孔淨面積(平方公尺)

4.6.2 側溝

道路側溝設計，依「下水道工程設施標準(營建署，民國98年)」第十四條設置規定辦理。溝底坡度應使得溝內水流符合最小流速為每秒0.8公尺，最大流速為每秒3公尺。

解說：

1. 側溝型式

目前都市計畫區內常見側溝型式，大致可分為明溝、加蓋 U 型側溝、及 L 型溝與暗渠併用等三種。

(1) 明溝

混凝土建造 U 型或磚造明溝，排水功能佳，惟對行人及行車有安全之威脅。

(2) 加蓋 U 型側溝

於明溝上加蓋，大多使用活動 RC 預鑄板，為目前設計最常用之側溝型式。

(3) L 型溝與暗渠併用

此種側溝仍係沿車道與人行道相接處設置 L 型溝，以收集路面雨水，再於適當地點經由雨水進水口流入暗渠。

2. 計畫逕流量

側溝之計畫逕流量採合理法公式計算，其降雨強度公式依規劃區所訂定再現期之降雨強度公式，集流時間一般則採用 5 分至 10 分鐘。

3. U型側溝設計

(1) 水力計算

U 型側溝水力計算採曼寧公式，其中 n 值粗糙係數一般採 0.016。

(2) 斷面規定

下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)第四條規定：U 型溝寬度不得小於 30 公分，深度(含出水高，不含溝蓋厚度)為 40 公分以上，1 公尺以下。U 型側溝一般型式(如圖 4.44)，其型式及配筋得依現地狀況酌予調整。

明溝上加 RC 預鑄蓋板，其預鑄蓋板又分「有人行道用(L 型)」及「無人行道用(S 型)」。配合現地既有條件限制，可於現場澆置混凝土施作場鑄蓋板，亦分 L 型(含緣石突起)及 S 型(平面無緣石)場鑄溝蓋板。

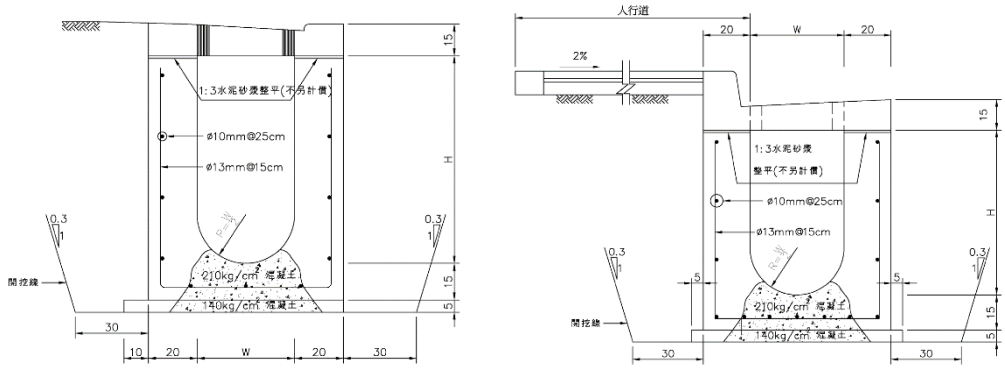


圖 4.44　U 型側溝示意圖(左圖無人行道 S 型，右圖含人行道緣石 L 型)

(3) 出水高度

參考「桃園市雨水流出抑制設施設計參考手冊」(108.07)，溝寬 60 公分以下 U 型溝，出水高以設計水深 30%計，且不得小於 20 公分。U 型側溝其設計水深小於一公尺者，出水高度以 30 公分計，設計水深大於一公尺者，以水深之 20%計，且不得小於 30 公分。

(4) 側溝佈設

一般 U 型側溝上覆預鑄溝蓋板，其佈設原則分有人道及無人行道，有人行道佈設於車道與人行道之分界線，無人行道者則設於道路與私有地之分界線(道路境界線)，並於適當距離設置進水口。

4. L型溝設計

L 型溝為收集路面排水經由「進水口」再流入 U 型側溝，其形狀似英文字母 L，故稱之 L 型溝。「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第十四條規定：道路 L 型側溝橫坡最緩為十分之一，最陡為五分之一。依「市區道路附屬工程設計規範」(營建署，民國 111 年)，L 型溝輸水容量計算公式如下：

L 型溝輸水容量計算公式

$$Q = 1.745 \times 10^{-6} \left(\frac{Z}{n}\right) \times S^{\frac{1}{2}} \times Y^{\frac{8}{3}} \qquad (4\text{-}53)$$

式中：

Q ＝流量(立方公尺/秒)

Z ＝為 L 型溝橫斷面坡度之倒數(一般採用 5～10)

n ＝粗糙度係數(採用 0.015)

S ＝L 型溝縱向坡度

Y ＝L 型溝最深處之水深(公分)

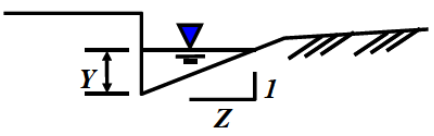


圖 4.45　L 型側溝計算示意圖

4.6.3 雨水井(集水井)

雨水井(集水井)及連接管設計，依「下水道工程設施標準(營建署，民國98年)」第十三條設置規定辦理。設計雨水井深度應考量沉砂高度，深度大於1.2公尺之集水井應設置踏步以確保人員安全。。

解說：

1. 下水道工程設施標準

依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第十三條(雨水井及連接管設置規定)：應設置於道路內之道路側溝或 L 型溝匯流點，並以連接管接入雨水幹支渠，為矩形之混凝土或鋼筋混凝土製，內寬為 60 公分，井深為 120 公分以上，底部應設有 15 公分以上之沉砂池，井蓋為鑄鐵或鋼筋混凝土製。得設置滲透雨水井或滲透管，以減低逕流量、增加地下水位。

2. 設計建議

上述「下水道工程設施標準」第十三條規定：內寬為 60 公分之雨水井，應係指 L 型溝匯流點設置之雨水井。內寬為 60 公分之雨水井(1)，適合以 300mm 管徑之連接管(1)接入道路境界線之側溝，再經由道路境界線側溝收集至雨水井(2)，后再經由第十三條規定最小管徑為 500mm 之連接管(2)，接入雨水幹支線(如圖 4.46)。

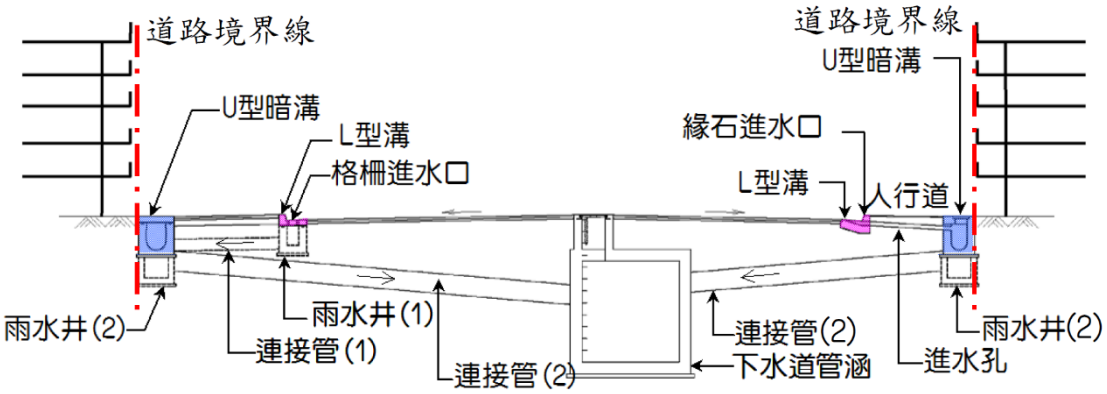


圖 4.46　地面逕流收集系統配置示意圖

因此，建議 L 型溝匯流點之雨水井(1)，其內寬可採 60 公分設計，而其深度應考量沉砂部、埋設連接管(300mm 管徑)及以 1%以上坡度，接入道路境界線側溝深度後決定之，至於井蓋目前以採預鑄格柵蓋板 L2 型居多，以利逕流之流入。

3. 於明溝上加RC預鑄蓋板之雨水井寬度，需配合側溝寬度；而其長度則依「有人行道」及「無人行道」，分別為0.9公尺及1.0公尺，其深度考量沉砂部、埋設連接管(最小管徑為500mm)，及以1%以上坡度接入幹支線情形決定之，其蓋板分別採用L2及S2型(含格柵型)。另於既有道路興建雨水幹支線，需配合設置雨水井及連接管，以利地面逕流之匯入。而於既有道路設置(正方形)雨水井，

考量與最小管徑為500mm之連接管銜接，其內寬一般採90公分設計，其深度則考量沉砂部、埋設連接管，及以1%坡度以上接入幹支線情形決定之，井頂則以格柵蓋板施設。

4. 上述已說明雨水井深度設計之考量，設計時亦應考量爾後之維護管理，亦不宜設置太深，深度大於1.2公尺之雨水井應設置塑膠包覆不鏽鋼踏步，以確保人員安全。

4.6.4 雨水連接管

雨水井及連接管設計，依「下水道工程設施標準(營建署，民國98年)」第十三條設置規定辦理。設計時需考量外壓強度、坡度、最小管徑及設計輸水容量。

解說：

依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第十三條(雨水井及連接管設置規定)辦理，包括應為鋼筋混凝土管或其他同等外壓強度之耐久性管渠。坡度保持百分之一以上，與本管之連接處應在本管之上半部。最小管徑為 500mm 為原則。而一般連接管設計，其挖填等計量以實際設計長度計之；而管材支數則以半支管之倍數計之，以排水管涵採鋼筋混凝土管而言，一支管(B 型管)長為 2.4 公尺，因此一處連接管設計長度為 1.2 公尺之倍數。上述連接管應在本管之上半部，如連接管可以水位接水位(含以上)與本管接合，可直接以曼寧公式檢核連接管之輸水容量；否則需以壓力流方式計算連接管之輸水容量。

4.7 雨水滲透及貯留設計

近年來溫室效應造成全球氣候異常、水文極端現象明顯，全球各地受洪災範圍與程度均遠較過去為烈，臺灣亦無例外。而都市地區高度開發，地下管線等構造物錯綜複雜，既有雨水下水道系統管渠改(增)建實屬不易，因此各國無不依其地理環境特性及國情研擬其他改善對策，而所研擬之改善對策，除改(增)建管渠系統外，主要為採行「抑制逕流之流出」策略，包括(1)推廣採用透水性鋪面、滲透管(溝)、滲透側溝、滲透雨水井等設施(2)雨水貯留再利用(3)滯洪調節池(4)地下貯留管或地下蓄洪池等，臺灣早已採用透水性設施，國內亦有部份學校、公園及私人機構等建築，已建構「建築物雨水貯留再利用」設施。

近年來營建署為減輕都市地區淹水風險，配合雨水下水道系統之改善，亦常利用都會區之公共設施用地、國營事業用地、軍方用地及鼓勵私有用地，設置雨水調節池或滯洪池，以改善低窪易淹水地區之排水。此外，營建署為因應氣候變遷下土地調適策略須以國土資源規劃角度來利用與管理，爰參考國際上推動低衝擊開發(Low Impact Development，簡稱 LID)設施之經驗，於民國 110 年公告第二版之「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，供從業人員參考使用。

LID 係以分散式、小規模的就源處理設計，透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流，並以生態系統為根基的暴雨管理方法，目的為減少地表逕流的發生及減少土

地開發帶來的環境衝擊，且具有其他非常重要的附加價值，如：涵養水源、美化城市、改善生態環境及降低都市熱島效應等，其目的即與所述抑制逕流設施相同。本節有關抑制逕流設施之分類，係參考「臺北市總合治水對策規劃」劃分為滲透設施及貯留設施，而貯留設施再分為現場貯留及非現場貯留。

4.7.1 滲透設施

滲透設施包括透水性鋪面、滲透管(溝)、滲透側溝、滲透雨水井等設施，以補注地下水、抑制雨水流出以達削減逕流量，建議各單位在審查相關設計圖說，應予以要求辦理，以利滲透設施之推廣採用。

解說：

1. 滲透設施包括透水性鋪面、滲透管(溝)、滲透側溝、滲透雨水井等設施，以補注地下水、抑制雨水流出以達削減逕流量，建議各單位在審查相關設計圖說，應予以要求辦理，以利滲透設施之推廣採用。

(1)透水鋪面設計

透水鋪面係將透水性良好、級配孔隙率高之材料應用於面層與基底層，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基土壤，具有讓水入滲於地下之功能，其利用滲透和表面蒸發方式減少地表逕流，可減輕排水系統的負擔。依據透水鋪面材質與施工方式之不同，可分為：透水混凝土磚、透水混凝土鋪面及多孔隙瀝青鋪面等三種透水材質類型，另有利用不透水材質的鋪面與鋪面間間隙透水之非連續拼接或鏤空鋪面，例如俗稱植草磚之混凝土格框鋪面。

1) 透水混凝土磚

使用水泥、粒料、摻和物、化學添加劑及其他無機添加物等原料製作之透水性地磚，水流可進入高透水材質空間及鋪面接縫，再向下入滲進入碎石鋪層以進行貯水。

2) 透水混凝土鋪面

透水混凝土又稱無細骨材混凝土，為一種骨材粒徑分布在狹窄級配範圍內，並且含(或無)微量細骨材加上不足量膠結漿體構成的多孔隙複合材料，其中粗骨材可以是碎石、人造輕骨材、再生骨材或其它強度較高的建築廢棄物等。透水混凝土藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能，有時會在透水混凝土上方另外鋪設其他透水性材料，增加耐損性及美觀。

3) 多孔隙瀝青鋪面

具高孔隙率之排水性材料，其發展最早始於歐洲，1970 年代中期歐洲地區大量使用，日本則是於 1980 年代開始發展。多孔隙瀝青混凝土又名開放級配瀝青混合料，為將傳統密級配瀝青混合料中之中等粒料骨材(主要是粗砂)除去，使骨材級配變成開放級配，其粗粒料間的空隙率約

提高至 20%左右，能使降於鋪面上的水可由大量的孔隙迅速滲透至路基，避免在鋪面上形成水膜，因而減少行車打滑與水沫飛濺的現象，甚至可降低噪音。

4) 非連續拼接或鏤空鋪面

非連續拼接或鏤空鋪面為目前最常見之鋪面磚，易與透水混凝土磚混淆，如常見之植草磚即為此類型鋪面。一般而言，非連續性拼裝塊狀鋪面多為不透水，其鋪面與鋪面間間隙填入細砂，鋪面下採用透水性底層如無細骨材混凝土、砂土層，而鏤空的鋪面則直接提供植被生長的環境及水流入滲，使人車行走在上面不至造成植物壞死。另外公共工程委員會所列之管式透水鋪面，該工法於不透水表面之間隙中佈設細管，將地表逕流引入下方級配層及保水層貯留，亦為利用間隙入滲貯水。

車道、步道、廣場等人類活動之地面構造，通常係由鋪面、底層及基層所構成，一般底層及基層均由透水性十分良好之碎石級配構成，因此鋪面選用透水良好性能之材料，如透水瀝青、透水磚及植草磚等透水性鋪裝，不但具有基地保水、地下水涵養等優點外，進而可抑制雨水流出，並達削減逕流量之功效。

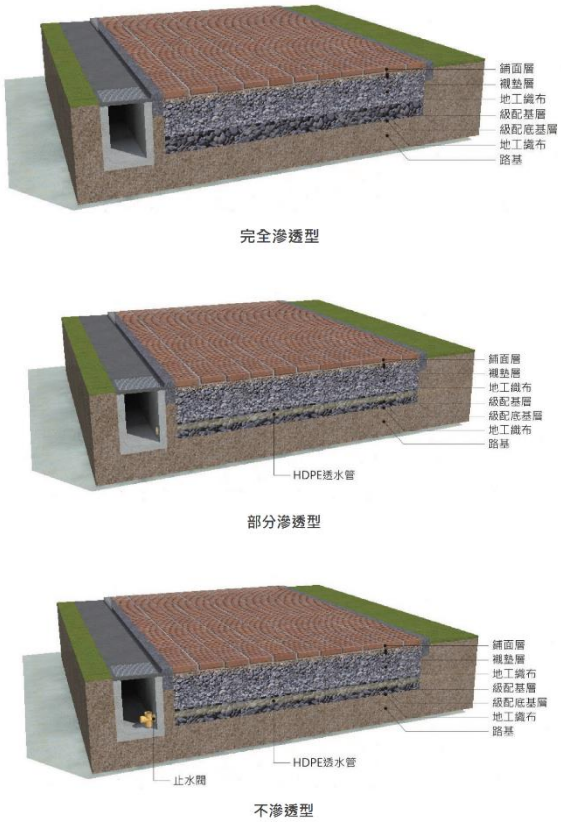
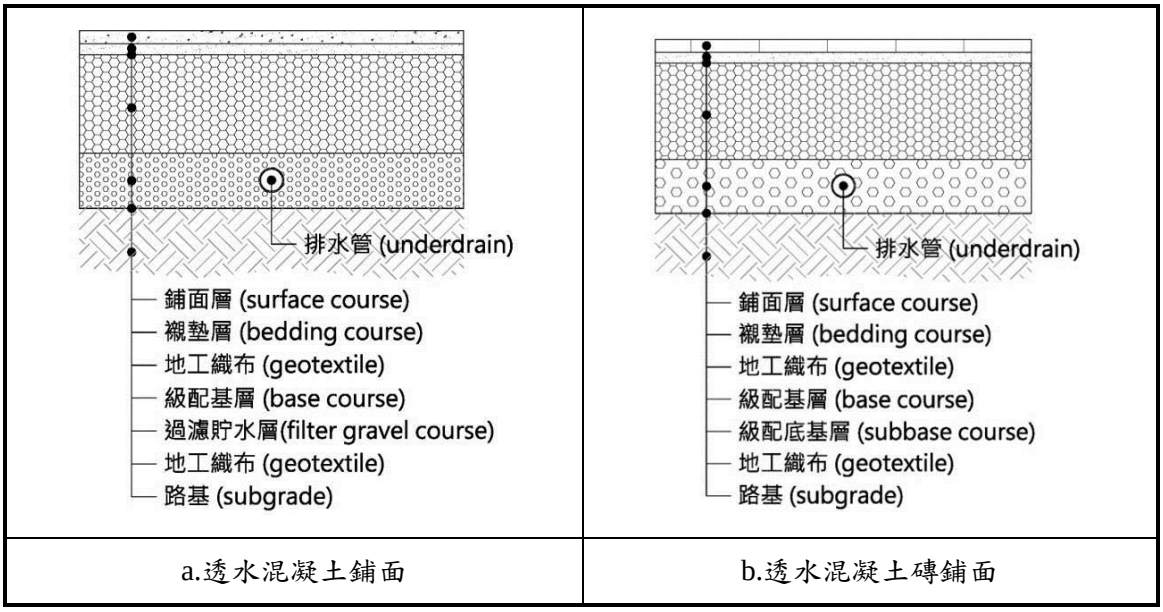


圖 4.47　透水鋪面設計

(2)透水鋪面設計原則建立

完整之透水鋪面設計結構由上往下依序為：鋪面層、襯墊層、級配基層、級配底基層或過濾貯水層、地工織布、排水管等，若水質要求較高者，則可將級配底基層以過濾貯水層取代，如圖 4.48。經參考相關技術設計手冊及規範，各層設計原則說明如下：



a.透水混凝土鋪面	b.透水混凝土磚鋪面

圖 4.48　透水鋪面組成結構斷面示意圖

2. 滲透性排水設施(參考「水環境低衝擊開發設施操作手冊」民國 111 年)

滲透性排水設施，包括滲透管(溝)、滲透側溝、滲透雨水井等設施。

(1)滲透溝(管)及滲透雨水井

滲透側溝採透水材料製作側溝本體，並以碎石材料填充側溝底部及兩側。當地表逕流匯集至側溝排水系統後，在傳輸水體的過程中，使部分逕流由側溝的側面及底面入滲至土壤，降低整體逕流量，減輕下游排水負擔。滲透雨水井為垂直式輔助入滲與地下貯留之設施，與滲透側溝同樣以透水材料製作雨水井本體，並以碎石材料填充周圍。逕流透過排水系統或地表入口柵欄進入雨水井後，可暫時貯留並使部分逕流量滲透至底部與四周的土壤。

滲透側溝與滲透雨水井同為道路排水系統的一部分，經常共同配合施作，適用取代原本不具滲透機能的道路排水系統或是基地開放空間，如：社區開放空間、建築物周圍、街道、人行道、停車場、庭院等地區。由於滲透側溝及滲透雨水井之主要功能仍以水體傳導為主，然為避免道路路基含水造成承載力弱化，產生不均勻沉陷，故不建議設置於車流量大及重要道路，應以社區道路為主，並配合設置側向滲透阻隔設施。

(2)滲透溝(管)及滲透雨水井設計原則

滲透側溝與滲透陰井的基本組成大致相似，包含：滲透側溝或滲透陰井結構本體、過濾貯水層及地工織布，經參考相關技術設計手冊及規範，

各單元設計原則說明如下：

1) 滲透側溝及滲透陰井結構本體功能：貯留與傳輸水體。

材料選用：透水混凝土或穿孔之混凝土、高密度聚乙烯、玻璃纖維混凝土。設計注意事項：

1 滲透側溝可以採用現場製作或是預鑄形式。

2 滲透陰井底部可以是鑿孔或開放式，側面也可以根據材質透水與否配合鑿孔。

3 過濾貯水層(filter gravel course)

功能：包覆於結構本體兩側及下方，進行過濾及傳輸地表逕流。

材料選用：

A. 建議可採第公共工程委員會第 02726 章 V5.0 之級配粒料底層施工規範規範中，第三類型底層級配粒料之 B 型級配，或採用粗砂級配。

B. 若欲提高過濾層之貯水能力，則可採粒徑約 50 毫米之碎石。

C. 設計厚度：級配鋪設於結構體的側邊與底部，底部厚度至少需要 10 公分，兩側至少要 20 公分以上。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成堵塞及水質污染。

4 過濾砂層(filter course)

功能：位於過濾貯水層下方，進行過濾。材料選用：細砂。

設計厚度：5～10 公分。

5 地工織布(geotextile)

功能：側面地工織布可避免邊坡的土砂阻塞過濾貯水層，而平行分隔各層的地工織布可以提升污染物去除並減少溝渠底部污染物負荷量，減少維護頻率。

材料選用：地工織布應符合公共工程委員會第 02342 章地工織物之規定，並應可防撕裂、穿刺或其它破壞。

設計注意事項：

A. 地工織布應全面包覆過濾貯水層及過濾砂層，因此應鋪設於過濾貯水層與土壤或過濾砂層接觸面，以及過濾砂層及土壤中間。

B. 因織造薄膜和非織造熱融地工織布易造成堵塞，故不宜採用，應採用非織造針刺或單絲織造地工織布。

C. 地工織布應在每一面相互重疊，重疊接縫至少應有 30 公分。

(3)整體設計注意事項

1) 土壤類型：設施設置地區之土壤之入滲速度需大於 1.3 公分/小時，但不可超過 6 公分/小時。

2) 距離最高地下水位應至少有 1.2 公尺。

3) 坡度：排水區域的坡度影響逕流速度與其挾帶的污染物量體，上游排水區域坡度小於 5%時，滲透側溝具有較佳的運作能力，坡度最多不可大

於 20%。此外，除非經過特殊設計容許集中的水流，否則周圍的坡度應使地表逕流可以均勻地以薄層流的方式進入。

4) 可設置觀測井用以監測水深，若觀測到排水不順時表示需要進行維護工作。

(4)施工注意事項

1) 在開挖與溝渠施工時，使用輕便型工具(例如：鋤耕機、輪式或階梯式挖溝機)可以盡量減少周圍土壤的壓密。
2) 施工期間需管制進出，唯有施工所需工具可以進入，避免因放置重物或交通負荷造成土壤壓實。
3) 設置地點應避免有大型植栽或樹木，以防止根系入侵。
4) 需考慮施工時的結構強度進行管理。
5) 事前調查：調查設置處的地下埋設物與地上障礙物等，掌握施工上的限制條件，並調查周遭地表狀況、地形坡度及排水系統。若滲透設施的溢流水排入公共下水道時,需調查其管線與公共系統的高度與深度等準則。
6) 工法選擇：考慮施工性、經濟性、安全性，選擇具效率的工法。因用地限制與施工規模，可討論合用人力與機械施工。
7) 工程計畫：為保護滲透面，開挖面不應放置到隔天，且不應在下雨天施工，故需事先適當的工程計畫。

在都市高密度開發地區，基地內雨水逕流往往無法自然入滲排除，而為增加地表水入滲，常於寬廣道路、廣場、公園綠地、運動場等，設計水平式「滲透排水管(溝)」，以達輔助入滲之效果。

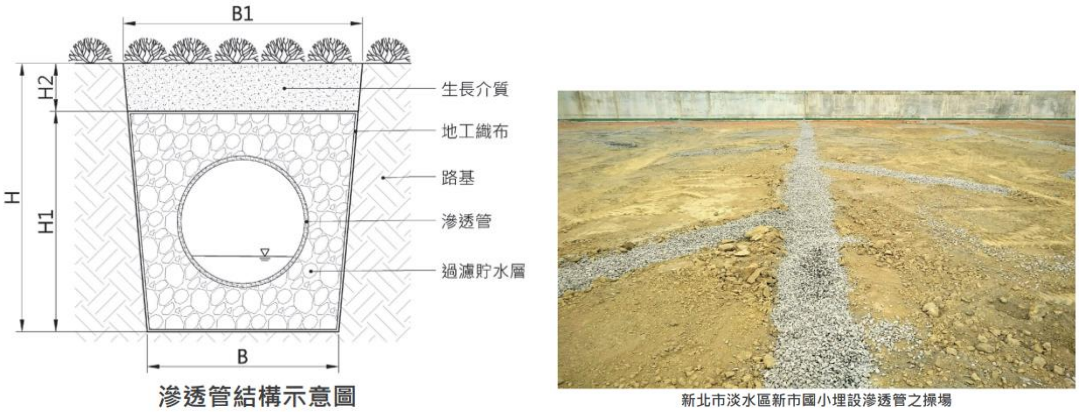


圖 4.49　透水舖面設計

3. 滲透側溝及滲透雨水井

側溝及雨水井可設計兼作為入滲設施(如圖 4.50)，以增加入滲補注地下水外，亦有減輕管渠系統負荷之功效。

4. 設計應注意事項

建構雨水滲透設施，係利用滲透設施補助地下水，進而抑制逕流之流出，因此設計時，應注意下列因素。

(1)土壤滲透係數愈大，入滲效果較好。
(2)地下水位太高不易滲透，效果不佳。
(3)坡度較大影響入滲，效果不好。
(4)地勢低窪易淹水地區，不易入滲。
(5)設施隨使用時間增加，滲透能力隨之遞減。



圖 4.50　滲透側溝及滲透雨水井

依水環境低衝擊開發設施操作手冊，各類滲透性設施及雨水桶保水量，如表 4.16。

4.7.2 貯留設施

貯留設施可分為現場貯留及非現場貯留。其中現場貯留設施，需由建築或公共設施開發單位配合辦理建構；而非現場貯留設施，則可屬雨水下水道系統之一環。

1. 現場貯留設施

現場貯留設施包括建築物雨水貯留再利用，及公園綠地、運動場、停車場等公共設施用地之貯留設施。依據建築技術規則「建築設計施工編」第 4-3 條，都市計畫地區新建、增建或改建一定面積以上之建築物，應依規定設置雨水貯留滯洪設施，建物配合相關條件並參考法定建蔽率後，以建築基地面積乘以 0.045m3/m2 計算貯留量。

現地貯留常用雨水桶(如圖 4.51)作為貯留設施，雨水桶屬於小型雨水收集系統，主要用以收集並貯留來自屋頂之雨水逕流，通常位於地面上，其回收貯留之水量可提供花園灌溉或沖廁使用。雨水桶之貯留體積可根據不同的物理環境、設置目的和管理要求而訂定。雨水桶可設置在住宅區、商業區、公共地區或工業區，尤其適用於地價高、土壤入滲能力低或是沒有開放空間可以設置其它入滲設施之地區，例如：高度都市化地區、高密度住宅開發區。

基本之雨水桶設計：雨水桶之結構組成為：落水管、分流設施、溢流設施及水箱等。經參考相關技術設計手冊及規範，各單元設計原則說明如下：

(1) 落水管：

功能：連接屋頂落水孔，收集屋頂表面雨水逕流並導引至水箱。

材料規定：聚氯乙烯(PVC)管、乙烯、鋁或鍍鋅鋼。

設計大小：尺寸大小應配合屋頂落水孔。

設計注意事項：

1) 因雨水是微酸性，不應使用銅或鋅材料的落水管，避免造成污染，內部應塗一層環氧漆。
2) 屋頂落水孔應安裝格柵，防止較大雜物(如：樹葉、樹枝)進入。

表4.16　各類滲透設施保水量估算公式

低衝擊開發設施	生態滯留單元/雨水花園	樹箱過濾設施	綠屋頂	植生溝	透水鋪面	滲透側溝/滲透陰井
保水量推算公式	V=(H+h1×P1+h2×P2)×A	V=(H+h1×P1+h2×P2)×A	V=h1×P1×A+L	V=(h1×P1+h2×P2)×A	V=h2×P2×A	V=h2×P2×A
單位面積保水量V (m^3)	0.3	0.375	0.07	0.075	0.175	0.025
變數假設	H：15cm h1：40cm P1：25% h2：20cm P2：25%	H：10cm h1：40cm P1：25% h2：70cm P2：25%	h1：40cm P1：25% L：0.04m^3	h1：10cm P1：25% h2：20cm P2：25	h2：50cm P2：25%	h2：10cm P2：25%
變數說明 A：設施面積、H：蓄水深度、h1：介質深度、h2：碎石深度、 P0：蓄水層孔隙率、P1：介質層孔隙率、P2：碎石層孔隙率、 L：蓄保水層保水體積。						
備註 1. 設施各結構深度為建議之標準尺寸，可依需求進行調整。 2. 此處保水量不包含土壤入滲及植栽吸收之水量。 3. 保水量會因結構深度調整而改變。						

註：參考「水環境低衝擊開發設施操作手冊」民國111年



圖 4.51　雨水桶作為建物貯留系統

(2) 初期降雨分流設施：

功能：因暴雨初期的逕流污染物含量較高，利用分流器將初期逕流從收集系統中分離，可避免污染水質。簡易的分流系統是在落水管裝設分流室，初期雨水逕流先流入分流室，一旦分流室滿了，水再流至落水管，分流室末端則設有出流閥控制。

設計尺寸：雨水桶尺寸決定於降雨量、屋頂集水面積、用途、空間大小與預算，同時也需將取水口以下的低水位與上部的空氣層納入考量。以個人住宅而言，美國一般採用之尺寸為 200 公升的圓筒狀水桶，日本通常為 150～300 公升，德國則為 300～500 公升，澳洲因有缺水問題，以 3,000 公升之雨水桶最為常見。

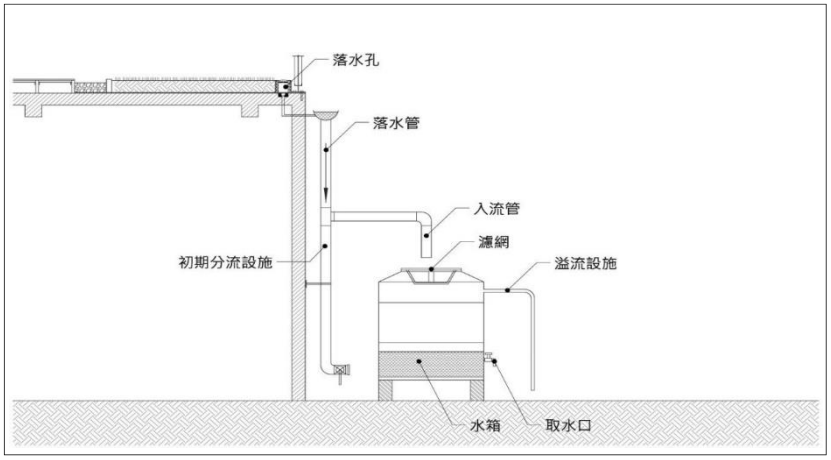


圖 4.52　雨水桶附屬設施示意圖

設計注意事項：

1) 若用於沖廁與澆灌，建議使用分流設施進行前處理，惟若對水質無特別要求，則非屬必要設施。
2) 一般視需分流的逕流量決定設計尺寸，以國外經驗而言，分流室容量以每平方公尺的集水面積約 0.5 公升設計。
3) 雨水桶箱體功能：貯留雨水。

材料選用：玻璃纖維、聚乙烯、混凝土、金屬、木材等不會造成水質污染的材質。

4) 雨水桶取水口至少應距底部 15 公分，供沉澱物沉降空間。

5) 雨水桶應為不透明或其它可免於陽光照射的設計，以防止藻類生長，保障雨水桶使用期限。

6) 體積較大之雨水桶可於底部設置排放口，可排空蓄存水量以利雨水桶清洗維護。

(3) 溢留設施：

功能：排除多餘水量。

設計尺寸：管徑需大於或等於水箱入流口。

設計注意事項：

1) 溢流點可設置於雨水桶上部或落水管上。

2) 溢流出口應設置網格較小之濾網，避免蚊蟲進入。

3) 若不與雨水下水道系統連接，需要導引溢流水流到安全地方排放，例如雨水花園或道路排水系統。

(4) 雨水桶貯留之雨水可供澆灌、沖洗馬桶等水資源再利用，其取水方式可分為重力與壓力系統兩種，說明如下：

1) 重力系統：若屬重力系統取水，多僅作為澆灌用水，最常見的取水方式是在雨水桶底部裝設水龍頭或出流筏。因水箱所在位置越高，重力供水水頭越大，故結構允許情況下，雨水桶若可放置在屋頂，亦可供沖洗馬桶用水，惟其集水設施需高於雨水桶。

2) 壓力系統：若屬壓力系統取水，需裝設抽水幫浦，亦可於屋頂加裝貯水桶，將雨水桶之貯留水量運送至此後，再採重力供水，故雨水桶設置地點較不受限制，但需注意輸送路線不宜過長。

雨水桶貯留水量若要供沖洗馬桶之用，則應搭配後備供水管路連接自來水系統，以備雨水桶水量不足時補充用水之用。若對雨水桶之貯留水體有較高之水質要求，則可於落水管加裝過濾設施過濾雨水。

2. 公共設施用地設置貯留設施

係利用公園綠地、運動場、停車場等公共設施用地設置貯留設施，以貯留抑制雨水之流出。利用公共設施用地設置貯留設施方式條列如下。

(1) 採小開挖或築小堤方式

利用公共設施用地之地形，採小開挖或築小堤方式，貯留公共設施用地之雨水逕流。

(2) 地下貯留槽(池)設置

1) 利用公共設施用地設置地下貯留槽(池)，貯留公共設施用地之雨水逕流。

2) 地下貯留設施可配合雨水滲透設施之設置，尤其在入滲效果不佳地區，無論是先貯留後再滲透，或先滲透後再貯留之設計，均有助於抑

制雨水流出之功效。

3) 亦可規劃設置雨水滲透貯留再利用設施，除補助地下水功能外，亦可提昇設置之效益。

4) 如規劃設置雨水滲透貯留再利用設施，應先評估再利用之目標及需求性，並考量爾後維護管理事宜，以避免投資設置之浪費。

常用之現地貯留設施包含生態滯留單元及雨花園,生態滯留單元為具美化景觀功能的現地暴雨逕流處理系統,使用經過設計的混和土壤及適合當地氣候的植物所完成的造景淺窪地，能夠接收小區域的雨水逕流，並且透過滲透、貯留、過濾以延遲雨水逕流，通常在區域中分散及小規模設置，具整體景觀美化效果。生態滯留單元和雨水花園經常互用,但有些地區將生態滯留單元定義為需要施作水質處理和流量控制的工程設施，包括：設計的混合土壤、下水道和控制結構，而雨水花園則僅是簡單的翻修，土壤結構之限制較少，且通常沒有銜接下水道或其他控制結構。生態滯留單元之設計相當多元，依據設置的位置會呈現不同之型式，包含：停車場中景觀安全島、分隔設施、公共道路用地景觀設施、道路中央分隔島或圓環、建築物透水區景觀設施、加長型樹坑、路緣擴展設施等，如表 4.17。

3. 非現場貯留設施

非現場貯留設施，主要為滯洪調節池等。依「下水道工程設施標準(營建署，民國 98 年)」第二條第八項雨水調節池：具有適當容量可調節降雨時尖峰流量之貯留池。滯洪池容量估算及設計，可參考「雨水調節池設計參考手冊」(營建署，民國 108 年)。

(1) 設置法源依據

都市計畫土地寸土寸金，且早期並未訂定在公共設施用地，設置下水道系統設施之法源依據，因此雨水下水道系統，鮮少規劃設置雨水調節池。內政部民國 106 年 9 月 20 日修正發布之「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」,其對多目標使用範疇予以修訂,相關內容重點摘述如次：

公共設施用地得作捷運系統及其轉乘設施、節水系統、環境品質監測站及都市防災救災設施使用、面積在零點零五公頃以上兼作機車停車場使用、地下作滯洪設施、自來水、下水道系統相關設施使用，及閒置或低度利用之公共設施經地方政府都市計畫委員會審議通過者,得作非營利性之臨時使用等，明定不受附表有關用地類別、使用項目及准許條件之限制。

目前於公共設施用地設置雨水調節池已有法源依據,因此雨水調節池亦是雨水下水道系統設施之一環，辦理「檢討規劃」時應納入改善方案評估。

表 4.17　生態滯留單元利用型式一覽

型式	說明	圖片
停車場中景觀安全島及分隔設施	停車場之景觀安全島及分隔設施設置生態滯留單元，可以同時提高停車場的美感和處理地表逕流，其可藉由整地將雨水逕流呈片狀導引流向景觀安全島及分隔設施，並透過無路緣的邊緣或路緣切口集水。(來源：CWP) 註：CWP 為 Center For Watershed Protection 之縮寫。	
公共道路用地景觀設施	公共道路用地的景觀設計可以施作生態滯留單元以處理路面逕流，其可直接接收來自道路的片狀水流，或者透過草渠或管涵傳輸，惟適用於交通流量較小之街道，以臺灣都市發展現況來說較不適用。(來源：Seattle Public Utilities)	
中央分隔島或道路圓環	道路的坡面可設計成朝向中心的中央分隔島或圓形安全島傾斜，前者需使用路緣切口集水，後者除緣切口集水外，亦可使用無路緣的邊緣集水。(來源：CWP)	
建築物透水區景觀設施	建築物周圍透水區的景觀設施，可利用生態滯留單元成為多功能滯蓄洪空間，將屋頂、人行道和建築物周圍等其他不透水區域之雨水逕流收集至此處理及短期蓄存。(來源：CWP)	
加長型樹坑	一般設置在人行道區域，就國內目道路型態而言最為適用，道路雨水逕流可透過路緣切口或排水溝導引至加長型樹坑。若栽種大型喬木，則需要較大的土壤量體。	
路緣擴展設施	與加長型樹坑類似，安裝於公共道路用地內，惟路緣擴展設施之目的通常是為降低車速和路邊停車控制，其將混凝土之處改為低窪生態滯留單元。	

(2) 設置原則

辦理「雨水下水道系統規劃(或檢討規劃)」，不可侷限於都市計畫區之範疇，而應有「流域整體治理」之理念，亦即需考量上游外圍集水區之排水，以及下游排放區域排水或河川之相互配合。而為確保都市排水之安全，滯洪調節池除依都市計畫區需求設置外，亦需考量「規劃區」所處環境特性，於都市計畫上游外圍集水區域，配合設置滯洪沉砂池，茲分別說明如下。

1) 滯洪沉砂池

「規劃區」上游外圍集水區如為山坡地，其溝渠集水面積小於 1,000 公頃，依水土保持技術規範，係以 25 年再現期降雨強度(無因次)公式，採合理法計算計畫逕流量。

都市計畫雨水下水道系統如銜接山坡地排水，應協調主管單位於接入雨水下水道系統前，設置滯洪池與沉砂池，並視滯洪池下游雨水下水道系統之排水能力，計算滯洪池之容量。另為避免坡地土石沖蝕，造成土石流入雨水下水道管渠而造成淤積情形，亦需施設沉砂池。上述滯洪池得與沉砂池合併設置，如分別設置時，滯洪池應設於沈砂池之下游。

2) 雨水調節池

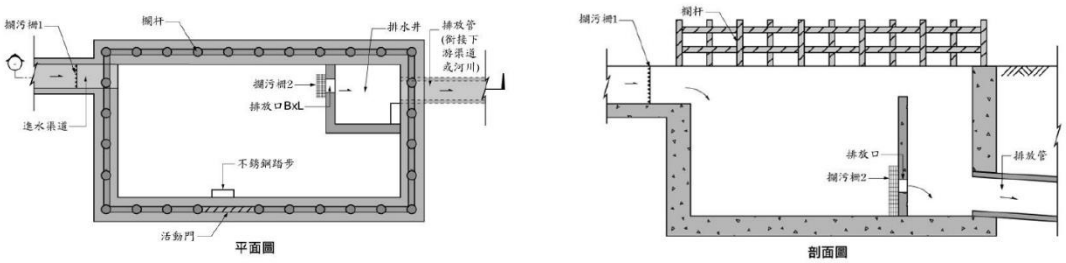
「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法(內政部 106.09.20)」頒布實行後，在公共設施用地構築雨水調節池有法源依據，爾後都市計畫通盤檢討或變更(擴大)都市計畫，其土地高度開發及利用，所增加之地面逕流，應於其變更(擴大)都市計畫之公共設施用地，設置雨水調節池。

另辦理雨水下水道系統檢討規劃時，如部份既有管線輸水容量不足，而改(擴)建不易，可考量於適當地點(公共設施用地)建構雨水調節池，貯存調節下游管渠輸水容量不足之逕流量。

(3) 滯洪設施之構造

一般山坡地於開發時，設置滯洪設施以降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間，滯洪設施多採用滯洪池(Detention pond，又稱為滯留地、調節池或調整池)。

滯洪池通常設在集水區內地勢最低之集流點，其構造常呈一皿器形狀。滯洪池前方銜接進水渠道，係讓逕流流入，池中末端設有一隔牆，隔牆下方設有一排放口，隔牆與滯洪池牆間形成一排水井，逕流由排放口排入排水井後，再以排放管排入下游渠道或河川；而為阻止雜物流入滯洪池，可於進水渠道進入滯洪池之進口處設置攔污柵，此外為防止雜物萬一進入滯洪池而阻塞排放口，亦可於排放口前端再設置攔污柵，如圖 4.53，為較為常見之滯洪池構造型式。



資料來源：山坡地排水與滯洪設計(余濬)

圖 4.53　一般式滯洪池構造示意圖

一般滯洪池其池底及四週邊牆為鋼筋混凝土所構成，因此只有滯洪功能而無入滲功能，又稱之為乾式滯洪池；至於池底及四週非由鋼筋混凝土所構成之滯洪池，兼具有入滲功能，則稱之為濕式滯洪池。目前配合公園等景觀設計，即常採濕式滯洪池設計，如圖 4.54。



圖 4.54　濕式滯洪池示意圖

滯洪池頂部予以加蓋時，則稱為封閉式，優點為滯洪池埋設於地下，其頂部地表可作其他用途，如停車場、運動場等之使用；反之無加蓋時，則稱為開放式，優點為清淤維護方便且可作成綠美化之景觀設計。

都會區之土地利用密集，用地取得不易，因此雨水調節池型態亦趨 多樣化，以配合都市發展需求。都市計畫區之建築物、地下室、停車場、公園、廣場或遊憩場所， 均可規劃適合之雨水調節池，以提升都市計畫區防洪保護能力，同時依據現地原始地貌及使用型態等條件進行規劃設計。

都市地區雨水調節池分為地下式、開放式之型式，並可視土地使用現況，規劃不同型式之雨水調節池，提升都會地區容納洪水之能力，說明並繪製示意，如圖 4.55 及圖 4.56。

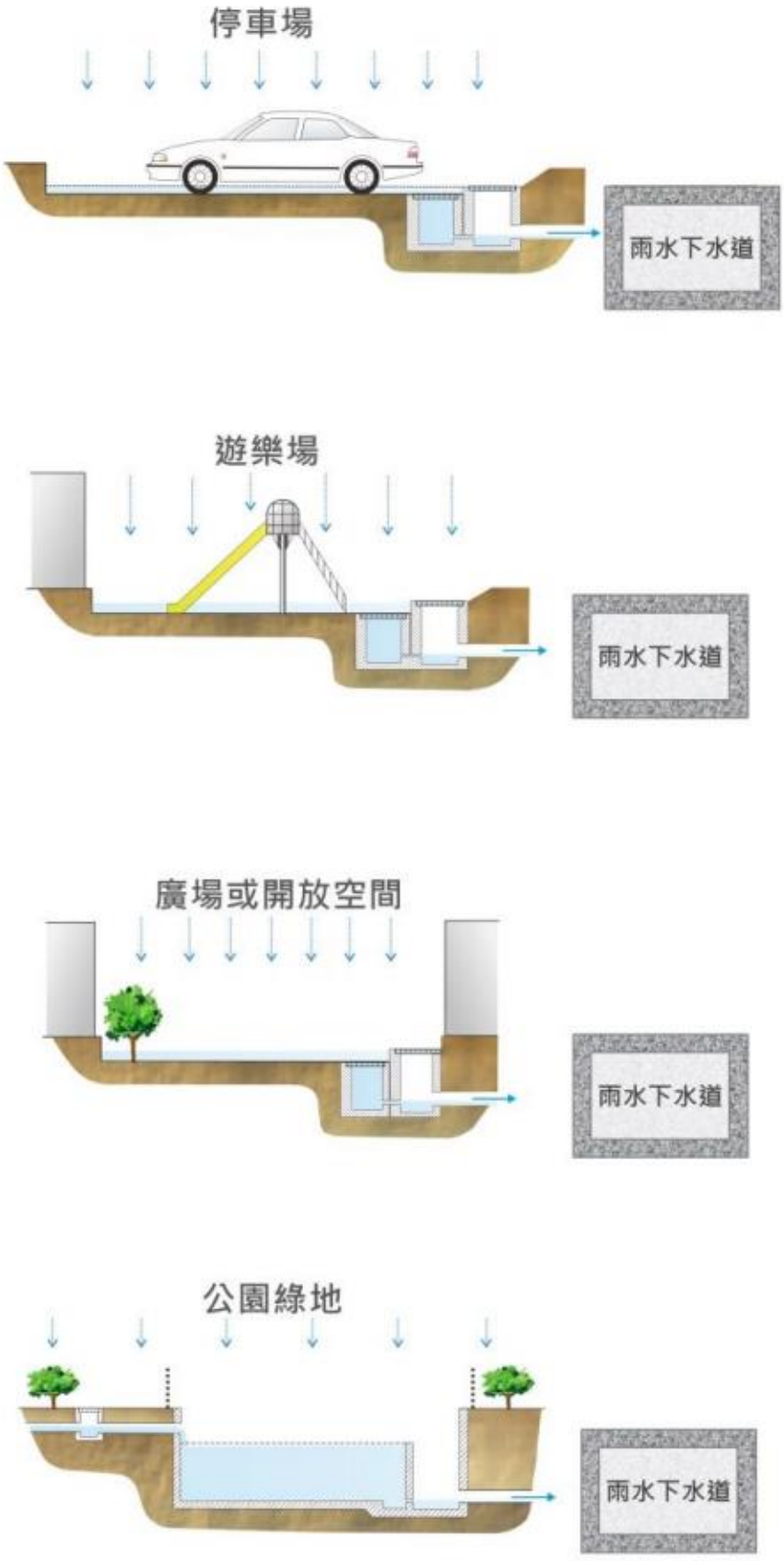


圖 4.55　開放式雨水調節池

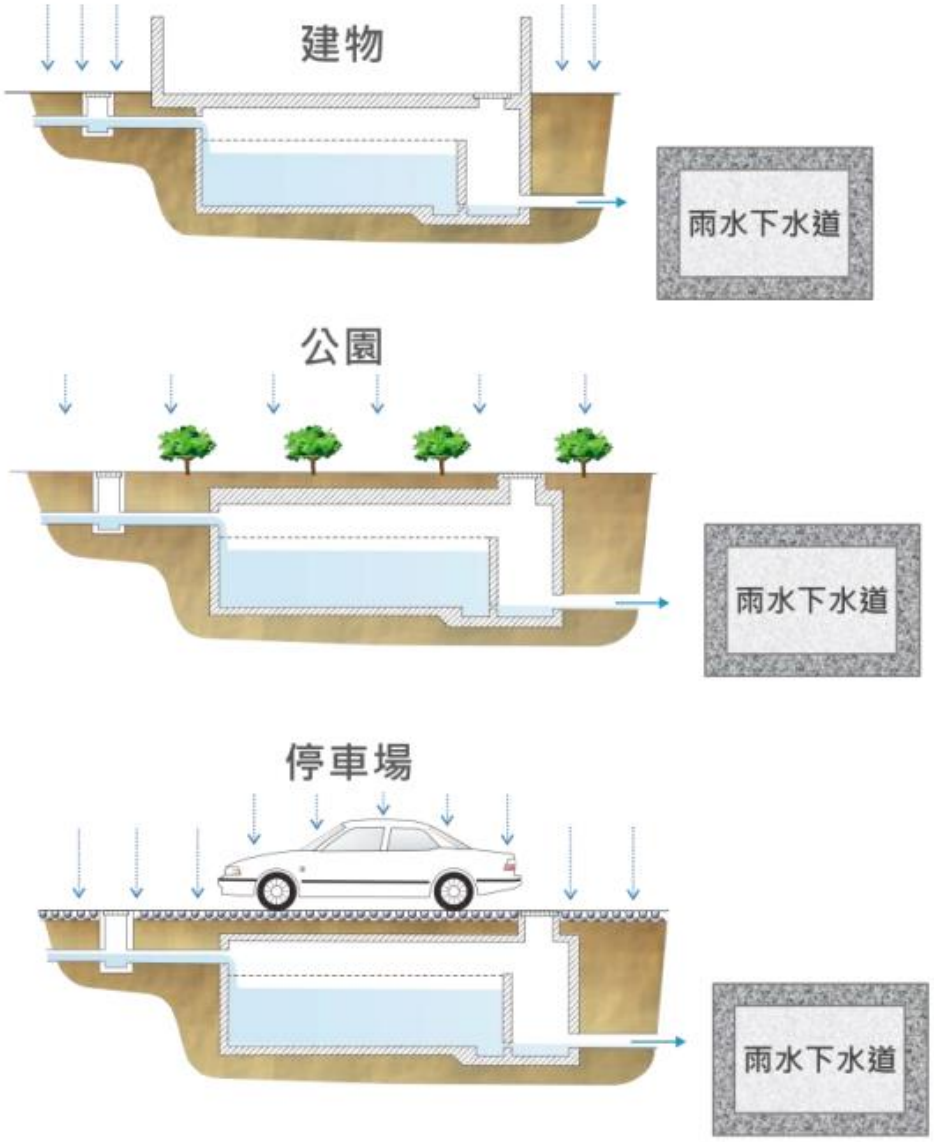


圖 4.56　地下式雨水調節池

為解決高雄市義華路與澄清路口一帶長年淹水問題，高雄市政府利用三民區寶業里 41 期自辦重劃區內之公有地，包含公園與學校預定地(總面積約 4.46 公頃)設置寶業里滯洪池(分別為南側與北側滯洪池)，其中學校預定地由於少子化因此無設校需求)，透過設置滯洪池之工程手段，將可降低雨水幹線洪峰流量，減緩淹水發生率。寶業里滯洪池，如圖 4.57。



圖 4.57　寶業里滯洪池平時及滯洪狀態

(4) 斜坡車道

此外為方便清理與維護，須於適當處設置不銹鋼踏步，較大規模之滯洪池為便於清除淤砂，甚至設置有斜坡車道，以供清運車輛通行，如圖4.58。若滯洪池為開放式構造，為安全考量則須於四周池頂設置圍籬、欄杆、警告標語及安全爬梯等防護設施，以防止人員跌入池中。



圖 4.58　斜坡車道示意圖

註：

1. 雨水調節池：在都市排水過程中，將雨水下水道系統中部分流量暫時儲留， 俟下水道水位下降後，再行放流，以減低水路流量負擔之設施。
2. 滯洪池：為河川排水系統中之滯洪設施(Detention basin)主要指可滯蓄洪水之貯留空間，藉此降低目標排水設施尖峰流量，因廣為大眾使用，因此不少都市計畫區之雨水調節池亦稱為滯洪池。

參考：雨水調節池設計參考手冊(營建署，民國 108 年)

4.8 設計書圖製作

4.8.1 設計圖製作

設計圖製作依工程內容，一般包括封面、圖目錄、管渠系統總平面圖(或工程位置圖)、管渠平縱斷面圖、埋設斷面圖、箱涵結構圖及鋼筋表、明溝標準斷面圖、人孔構造詳圖(含人孔型式構造、人孔蓋及踏步)、其他及附屬設施等詳圖。

1. 封面

設計圖冊加一張封面圖，用以標註業主全銜、工程名稱、及日期等項目。

2. 圖目錄

標註工程名稱、圖名及圖號。工程規模較大、圖數較多，建議加註張數或頁數。

3. 位置圖及圖例說明

位置圖採用比例得視工程範圍調整，一般採用比例為 1/10,000～1/30,000 之間，位置圖製作應足以明確顯示工程位置為基本原則。圖中除標示計畫管渠位置(採實線)及計畫接入既有管渠(採虛線)外，亦需標示指北及比例、街道名稱、河川、溝渠、橋梁及公共設施等。並說明本套設計圖所用之圖例，而測量控制點(高程及座標)位置圖及其數據亦應列入，否則需增另圖繪製。

4. 系統平面配置圖

規模較大工程，為使工程人員明確瞭解整體管渠系統，需繪製系統平面配置圖，一般採用比例為 1/3,000，惟可視工程範圍調整，圖中記入事項，臚列如下。

(1)指北、比例、圖例等。

(2)街道名稱、河川、溝渠、橋梁及公共設施等。

(3)管渠及人孔編號、管渠尺寸及長度等數據、流向等。

(4)既有管渠及人孔編號、既有管渠及人孔之數據。

(5)區域大而劃分為若干圖面時，需有索引圖。

(6)其他必要之標註。

5. 一般說明

一般說明在小型工程，得併「位置圖及圖例」繪製，而工程性質特別者，可另行繪製說明。「一般說明」描述工程一般規定、特殊規定、廠商應注意事項、主要材料(如鋼筋、混凝土、模板等使用規定)及特殊計價方式等。目的在於扼要說明工程重要特性、注意事項及規定，以利投標廠家清礎了解後，再依「圖說規定」詳細估價投標。得標廠商當亦需依此「一般說明」及契約等「圖說規定」履約。

6. 計畫樁位圖及平面幾何數據表

管渠工程需於用地範圍內施設，設計線形依用地情況採直線及圓曲線佈

設，而為使廠商可於現場放樣施設，需提供設計樁位圖及中心線幾何數據表(含座標)，如明渠二岸與中心線不是同心圓曲線，則二岸亦均需繪製樁位圖及數據表。

7. 平面及縱斷面圖

平面及縱斷面圖分成上下兩部份，圖上半部繪製平面圖，比例採用 1/500 或 1/600。圖下半部繪製縱斷面圖，垂直比例採 1/100、水平比例配合平面圖採用 1/500 或 1/600。圖中記入事項包括：

(1)指北、比例、圖例

(2)街道名稱、河川、溝渠、橋梁及公共設施等。

(3)管渠及人孔編號、管渠尺寸、長度、流向及曲線半徑等。

(4)既有管渠及人孔編號、既有管渠等。

(5)工程分界線，各管線系統相互流入之關係情況

(6)縱斷面中管渠編號、管渠尺寸、管長、坡度及上、下游渠底高程。

(7)縱斷面中人孔編號、地面標高、渠底標高，樁號。

(8)人孔型式、頂部高程及頸高(h)等必要之標示。

(9)規模較大工程建議繪製索引圖。

8. 排水斷面標準圖

明溝工程應有排水斷面標準圖，排水斷面標準圖分上下兩部份繪製，圖上半部繪製平面圖、下半部繪製橫斷面圖。說明明溝詳細構造型式、各項尺寸、材料使用及各項附屬設施等。如有漸變段或特殊斷面，亦需另行加繪製斷面型式。

9. 埋設斷面圖

說明暗渠開挖(含擋土措施)埋設方式、開挖寬度及深度、回填材料及路面舖設等規定，並標示開挖計價線。

10. 箱涵結構圖及鋼筋表

說明各型斷面箱涵之細部尺寸、混凝土採用強度及鋼筋配置方式，亦需繪製鋼筋表。

11. 人孔詳圖

說明人孔型式構造、尺寸、構築材料(含混凝土採用強度及鋼筋配置方式)，亦需繪製人孔蓋、踏步等附屬設施，及開挖(含擋土措施)回填等。

12. 其他構造物詳圖

明溝工程採多樣化設計，其構造型式不同，而需繪製構造物詳圖(含混凝土採用強度及鋼筋配置方式)。

13. 土方圖

明溝土方計算需繪製土方圖，以每 20 公尺繪製一個斷面為原則，而計畫斷面尺寸、型式變化點(里程)，亦需將其上、下游不同計畫斷面，套繪於該里程之橫斷面測量底圖。

14. 其他標準圖等

依工程需要繪製其他必要之圖說。

4.8.2 預算書編列

預算編列包括數量計算、數量統計、單價分析表、預算詳細表、預算總表、資源統計表等。

解說：

預算編列包括數量計算、數量統計、單價分析表、預算詳細表、預算總表、資源統計表等。

1. 數量計算

工程數量需詳細研讀圖面、施工規範，詳實計算，而其計算及統計之「單位」，應與單價分析及施工規範計量計價之「單位」相吻合。

2. PCCES 軟體作業

工程預算金額一千萬元以上標案，預算總表、預算詳細表、單價分析表，需依公共工程委員會開發之公共工程電腦估價系統(Public Construction Cost Estimating System,簡稱 PCCES)辦理。

其中單價分析表之項目及工率，可參考營建署「工料分析表」或其他公家機關之單價分析資料；而工料之基本單價，則可依營建物價或訪價後訂定之。

4.8.3 施工規範編列

施工規範為工程施工、監督、估驗及驗收之依據，其訂定之目的在於確保工程施工符合設計要求及施工品質。

解說：

施工規範為工程施工、監督、估驗及驗收之依據，其訂定之目的在於確保工程施工符合設計要求及施工品質。設計時可參酌公共工程委員會編製之「公共工程施工綱要規範」，依計畫工程特性予以編製，如有不足再依計畫之施工特性，訂定施工補充說明書，以臻完善。

編製注意重點包括施工要求或規定、檢驗項目及頻率等，是否符合工程規模及特性；另其計量計價單位，是否與數量計算、單價分析、詳細價目表相吻合。

4.8.4 設計計算書製作

設計計算書為設計之依據，內容應與圖面一致。

解說：

設計預算書圖成果呈送,亦應依設計標的內容及性質,提送相關設計計算書,如結構、設備功能、地盤改良、照明 、水理計算、擋土支撐分析等。

4.8.5 土方圖繪製及計算

明溝設計應繪製土方圖,採每20公尺斷面繪製一處,以利土方計算集對照。

解說：

1. 將計畫排水明溝斷面套繪於橫斷面測量圖

有別於雨水下水道暗渠，明溝土方計算需繪製土方圖，以橫斷面測量為底圖，從施工起點起，每 20 公尺套繪計畫斷面；既有明顯變化點(里程)，需將計畫斷面，套繪於該變化點(里程)上、下游橫斷面測量底圖；計畫斷面尺寸、形式變化點(里程)，需將其上、下游不同計畫斷面，套繪於該里程之橫斷面測量底圖。

2. 於圖面上量測挖方及填方數據

完成上述套繪工作，於圖面量測各里程之挖方、填方數量，並標示於圖面。

3. 土方計算

將圖面上各里程之挖方、填方數據，填入土方計算表，予以計算統計。

4.9 污水下水道管線設計作業

臺灣從事公共污水下水道建設已約三十年，藉由過去大量推展污水下水道建設之經驗，伴隨時代演進及工程技術之推展，將既有工程實績進行回饋，有效歸納並藉以滾動進行相關法規之修訂。本署自 99 年起著手編修設計手冊修正初版，並分別於 100、101、102 及 103 年配合臺灣污水下水道建設執行成果進行檢討修正，至 109 年已修正至第六版。本節起有關污水下水道管線相關章節，將摘錄公共污水下水道管線設計手冊最新版(109 年)相關內容編製，以利有關單位進行污水管線設計參採。

4.9.1 設計程序及工作內容

將以「污水下水道管線設計調查」、「污水下水道管線試挖作業」、「污水下水道管線設施設計」等章節內容，分別說明應如何製作準備 1 份完整之污水下水道設計文件。同時也納入「污水下水道壓力管線系統」章節供污水壓力管線系統設計之參考。

解說：

「污水下水道管線設計調查」階段即使已配合管線套繪工作及現場人、手孔之比對，惟仍需要再行對現場試挖確認，主要目的係為確保工作井位置與重大管線不致發生衝突，避免工作井無法施工及做為確認是否須進行管遷之參考。

「污水下水道管線試挖作業」則包括準備工作、試挖作業及成果製作等 3 個階段。

「污水下水道管線設施設計」則建議應包括之工作內容如下：(各標案視需要自行編修)

1. 基本資料調查與分析報告書：包含地質鑽探成果報告、地形測量成果報告(含管線工程及用戶接管佈設路線之水準測量並設立參考水準點)、施工條件、鄰近地區地上現有設施、地下管線(含構造物)、交通量、都市計畫道路、現有道

路分布情形與鋪面種類及型式、後巷違建物及其他有關資料之調查與建檔。

2. 有關地質鑽探成果報告須依經濟部國土資訊系統工程地質探勘資料庫制式最新版格式製作。
3. 計畫區內各地上、地下管線及其附屬設施分布、地下障礙物、構造物、古蹟文物等調查及套繪作業。
4. 研提適用之用戶接管工程設計準則、因應現場實際狀況之各類標準接管型式與相關設施、管材(含必要之佈設)、研判分支管網配合巷道連接管之配置方式。
5. 擬訂基本設計方案：包括基本設計圖說、施工方案、主要材料選用評估、交通維持初步方案及分標計畫。
6. 職業安全衛生計畫、安全監測系統及緊急應變計畫。
7. 財務及時程計畫：工程費用概算及工期概估(含施工計畫及網狀圖)。
8. 其他須配合辦理之基本設計相關工作等。
9. 檢討原規劃或實施計畫成果。
10. 生態檢核初步調查。
11. 細部設計圖：說明應如何製作圖面，且應完成包括一般圖、管線圖、標準圖、結構圖、用戶接管配置圖、交通維持設施佈設圖及其他圖等。
12. 施工規範：包括一般規範、共同技術規範及專用技術規範等 3 部分，其中「一般規範」及「共同技術規範」於公共工程委員會彙編 22 類別專業工程成套之施工規範都可引用；惟其中「專用技術規範」公共工程委員會已自 101 年 11 月彙編相關內容，分別依污水管線之常用管材、附屬設施(含用戶接管)及施工工法(含用戶接管)，所需之施工規範編修，且不定期進行施工規範之編修，所需之施工規範編修可自行於營建署網頁下載。
13. 工程估價：按所完成之設計圖說及施工規範，依照行政院公共工程委員會之 PCCES 系統編製工程預算書(包括預算總表、詳細價目表、單價分析表、資源統計表、工程數量及材料計算表)、結構計算書、水理計算書及招標文件；另依行政院公共工程委員會 104 年 10 月 19 日工程技字第 10400338110 號函，編碼正確率需高於 40%，綱要編碼正確率需高於 70%，以促使價格資料庫之運作及提供之單價資訊更合理。

本解說係以國內目前污水管線一般常見之明挖、推進工法施作為主，適合管徑≦2,000mm 以下之污水管線應用，至於潛盾工法或需現場場鑄之管線及附屬設施，一般需依下水道埋設特性擬定而另行考量。

設計使用者可依據其工程範圍內所涵蓋之工作項目或內容，參考選用各章節內容辦理，依工程特性、規模或功能，酌予增修施工規範成為工程契約中之施工規範，從而構成該工程之施工規範及圖說，作為工程施作之依據。此外，有鑑於各縣市政府有其特殊狀況或單行法規規定，或因工程併標發包，各縣市政府可視實際需要予以增刪。

有關污水管線設計從「調查」開始至「招標文件」製作完成止，所需之作業項目繁多，茲將污水管線設計工作各項作業項目，依順序整理如圖 4.59 之流程，

並將各項目之作業重點內容及所涉及之有關單位，整如表 4.18，供設計使用者參考。

另增納之「污水下水道壓力管線系統」則包括壓力管線系統、輸送系統(壓送式)及收集系統(壓力式、真空式)等 3 種類型。

4.9.2 設計應注意事項

為減少污水管線施工時之障礙，於設計階段時需注意相關事項。

解說：

1. 檢討原規劃內容是否合宜，以作為設計之依據。
2. 計畫區之土地利用狀況與地形地物可能已經發生變化，需事先調查加以確認。
3. 地下埋設物(管線、地下構造物等)資料需事先分析。
4. 補充必要之地形測量及地質鑽探作業。
5. 規劃或實施計畫之污水管網，係以都市計畫道路為依據，惟進行污水管線設計時，通常都市計畫道路或多或少有未開闢情形，將影響管線設計，需先予現勘確認。
6. 管線設計時是否採最新發展成熟之施工技術進行設計作業。
7. 配合試挖成果報告檢討初步管線配置及施工方法。
8. 建立「下水道資料圖資更新擴充及資料庫規範」，以利後續下水道管線營運管理。

4.9.3 相關計畫及機關協調

設計工作進行前，需與相關政府單位、管線管理單位協調。

解說：

設計工作進行前，與相關政府單位、管線管理單位協調是十分重要的。尤其目前各級政府大多委外進行設計監造工作，由於民間公司進行調查工作較為不易，委託之政府單位應提供必要之協助，以利資料蒐集與設計工作進行。

4.10 污水下水道管線設計調查

工程調查旨在取得與污水下水道設計及施工之相關資料，以作為路線研擬、設計、施工方法、工期、工程安全性及環境保護考量之依據，並以既有資料調查、現地踏勘、測量、地下物埋設調查、探勘及試驗(包含鑽探及試挖)等方法為之。

污水管線工程計畫大致可分為資料調查、基本設計、細部設計及施工等 4 個階段，資料調查階段之調查可稱為預備調查，其內容一般為資料蒐集及現場踏勘(或測量、鑽探)，基本設計及細部設計階段之調查則統稱為細部調查，其內容包括測量、鑽探及試挖等。

在污水下水道整體規劃時(工程實施計畫)，即已對計畫區內現有資料加以調查分析，並初步配置計畫區域內污水下水道管線系統圖，基本設計階段除作確認及參考依據外，應進行補充或更細部之資料調查，以供作設計階段之分析使用。

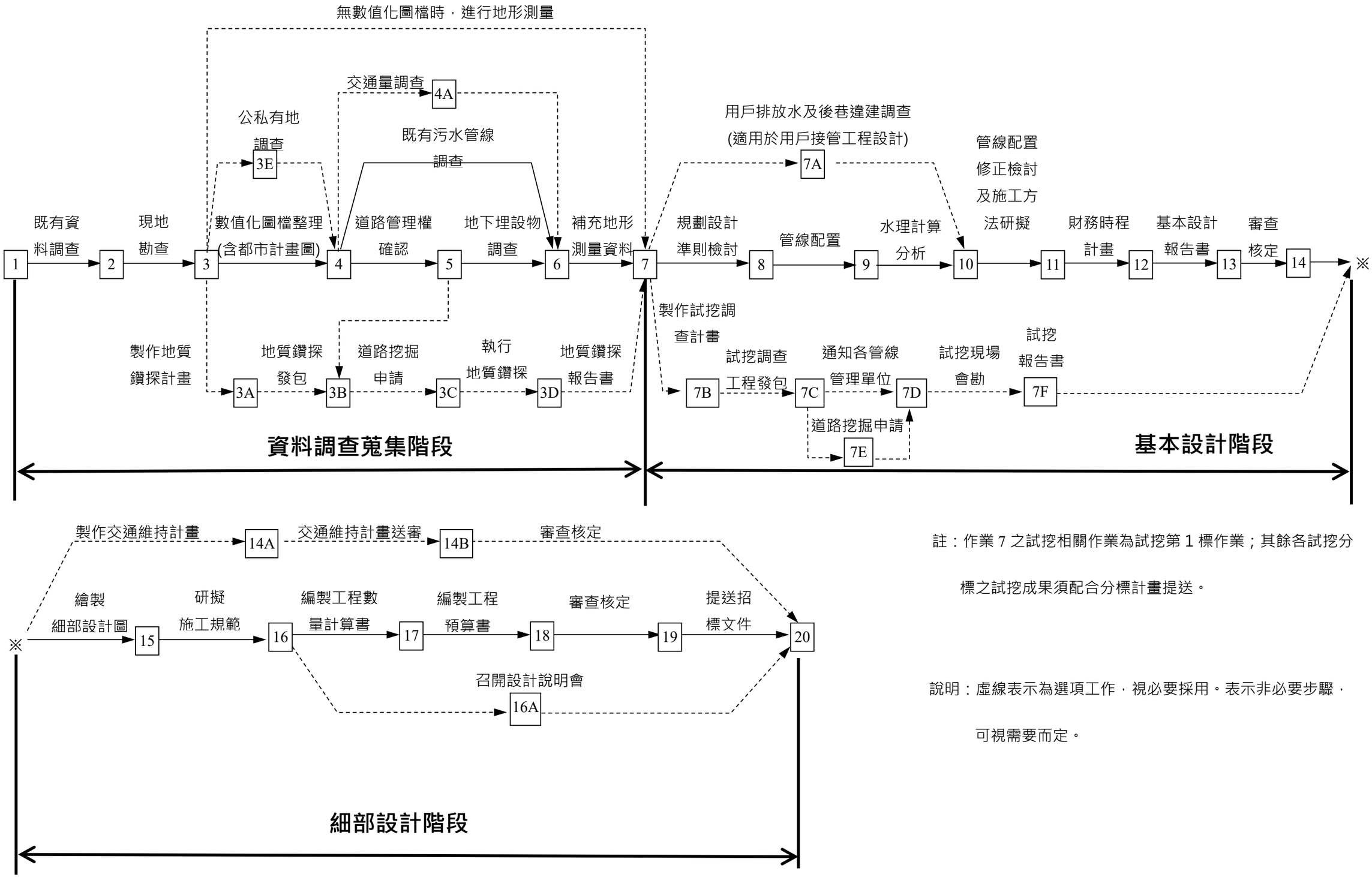


圖 4.59　污水管線設計工作進行順序

註：作業 7 之試挖相關作業為試挖第 1 標作業；其餘各試挖分標之試挖成果須配合分標計畫提送。

說明：虛線表示為選項工作，視必要採用。表示非必要步驟，可視需要而定。

表 4.18　污水管線設計作業內容

階段	作業順序	作業項目	作業內容	相關單位
資料調查蒐集階段	1-2	既有資料調查	蒐集一般平面圖、都市計畫圖、河川計畫圖、地質圖；確認設計範圍、路線；確認檢核各集污區流向，管徑、坡度、長度、集水區分割面積、計畫流量、等高線、水準點等	
	2-3	現地勘查	檢核規劃圖和現地是否一致，並將現場發現的差異事項註明於圖上。另可選定地質調查預定施做的地點	
	3-4	數值化圖檔整理(含都市計畫圖)	取得計畫區相關的數值化圖檔，並加以整理，作為地形測量資料的依據	都市計畫主管機關
	4-5	道路管理權確認	查詢都市計畫道路的管理機關及其道路鋪面種類及型式	
	4-6	既有污水管線調查	管徑、坡度、埋設深度、使用情況，是否有裂縫、人孔的狀況、是否堪用等檢討	
	5-6	地下埋設物調查	蒐集相關管線及結構物的圖說資料	各管線單位及管理單位
	6-7	補充地形測量	視數值化圖檔整理結果，擬定補充地形測量的範圍與數量	
	3-3A	製作地質鑽探計畫	明確標示地質調查的內容	
	3A-3B	地質鑽探發包		
	3B-3C	道路挖掘申請	地質鑽探用	道路主管機關
	3C-3D	地質鑽探		
	3D-7	地質鑽探報告書		
	3-3E	公私有地調查	調閱地籍圖，判斷都市計畫道路的開闢、徵收情況	
	4-4A	交通量調查	調查離峰、尖峰與不同日期的交通量變化，替代道路的檢討，以主要幹道為對象	
	3-7	無數值化圖檔時，進行地形測量		

階段	作業順序	作業項目	作業內容	相關單位
基本設計階段	7-8	規劃設計準則檢討		
	8-9	管線配置	集水區域分割、面積計算	
	9-10	水理計算分析	利用現場調查與計畫路線方案的結果製作流量計算表，並檢核計畫流量	
	7-7A※	用戶排放水及後巷違建調查(適用於用戶接管工程設計)	用戶排放位置及深度的確認可依據以下 5 項原則進行之：(1)既有污水管線、污水人孔、污水專管等調查；(2)建物調查應包含：建物型式、樓層戶數、房屋使用狀況簡述、大樓污水排放方式(重力或壓力)、道路箱涵及邊溝深度；(3)建物污水排放情形：現場環境許可條件下需調查糞管、雜排水管、雨水管之排放支數、管徑、位置；(4)側後巷情況：現場勘查側後巷寬度、可施工空間，瞭解用戶接管銜接佈設可能遭遇之狀況；(5)都市計畫道路開闢情況：勘查計畫區內都市計畫道路，實地瞭解道路開闢情形。藉由施工前調查疑似違建物無法施工部分，提請拆除單位查察拆除，以排除影響施工障礙物。同時調查用戶附近狀況，是否可順利接入收集管線	管線單位、住戶、道路路權機關、各級政府水利機關
	7-7B	製作試挖調查計畫	含試挖招標文件	
	7B-7C	試挖調查工程發包		
	7C-7D	通知各管線管理單位		埋設物相關單位
	7C-7E	道路挖掘申請	試挖調查用	道路主管機關
	7D-7F	試挖現場會勘	與各管線管理單位確認管線用途、管種、狀況、位置關係等，並以 GIS 建置系統建立及照相留存	各管線管理單位
	7F	試挖報告書	平面圖、斷面圖、會勘結果，由試挖施工廠商製作	
	10-11	管線配置修正檢討及施工方法研擬	依試挖成果修正管線配置及各種工法檢討	
	11-12	財務時程計畫	工程數量、工程費及時程計畫	

階段	作業順序	作業項目	作業內容	相關單位
	12-13	基本設計報告		
	13-14	審查核定		
細部設計階段	14-15	繪製細部設計圖	平面圖、橫縱斷面、相關標準圖	
	15-16	研擬施工規範		
	16-17	編製工程數量計算書		
	17-18	編製工程預算書		
	18-19	審查核定		
	19-20	提送招標文件		
	14-14A	製作交通維持計畫		
	14A-14B	交通維持計畫送審		道路主管機關
	14B-20	審查核定	審查交通維持計畫	道路主管機關
	16-16A	召開設計說明會	向鄉鎮市區公所或里民說明設計內容	鄉鎮市區公所

※：請參考本署「污水下水道用戶接管實務手冊」(103.5)之詳細說明。

4.10.1 既有資料調查

既有資料調查蒐集可區分為相關法規、相關計畫及基本資料蒐集。

解說：

既有資料調查蒐集可區分為相關法規、相關計畫及基本資料蒐集等 3 部份。

1. 相關法規：主要彙集整理與下水道計畫相關之法規條文，以利規劃設計之參酌依據。主要法規計有下水道法、下水道法施行細則、水污染防治法、下水道工程設施標準、下水道用戶排水設備標準、專用下水道費用徵收辦法等。
2. 相關計畫：蒐集相關計畫以作為污水下水道路線設計之參考，並依現場踏勘、鑽探、測量等調查回饋資料檢討原規劃系統內容(含管線佈置、集污分區等)，應蒐集之相關計畫計有：
   (1) 前期實施計畫：藉以瞭解計畫區原規劃狀況。
   (2) 計畫區內之大型工程計畫(如捷運路線、高架道路及共同管道等)：藉以瞭解規劃路線應避開之路線。
   (3) 計畫區內雨水下水道及其他大型管線建設計畫：藉以調整佈設路線或高程。
   (4) 其他地方政府、管線單位相關重大建設計畫。
3. 基本資料：
   (1) 圖籍資料
   應蒐集地形圖、計畫系統圖、都市計畫圖、行政區域圖、河川計畫圖(治理報告)、地質圖、地籍圖、已竣工之地下管線及各種埋設物圖等圖面。
   (2) 自然環境資料
   蒐集相關機關已有之計畫區地質特性、土壤及地下水資料、水文河川資料，除藉圖面資料之蒐集研判外，另以現場勘查及地質鑽探等方式進行資

料取得。

(3) 環境背景資料

a.戶政資料

蒐集人口戶數資料，藉以進行相關污水量統計分析。

b.道路及水路管理權

蒐集計畫區內道路及水路管理機關資料，以利進行試挖、道路開挖或佈線穿越河道之設計協調聯絡事宜。

c.交通流量及特性資料

蒐集計畫區內道路交通量及服務水準，並視需要進行幹道交通量調查，資料提供作為污水下水道佈線之參考及施工交通維持規劃之依據。

d.用戶建物資料

如計畫內容含用戶接管工程，至少應蒐集計畫區內之下水道資料、建物型式、樓層及戶數、污排水方式(重力或壓力)、後巷寬度、雨污水排水方向、違建及障礙調查。

e.都市計畫道路開闢情況

依據都市計畫圖及現有地形圖，整理及比對兩者之差異情況，並洽詢相關單位瞭解開闢期程，以利污水下水道管線配置。

f.自來水普及率

蒐集自來水公司各區管理處「供水戶口概況」表資料彙編內容，瞭解各縣市自來水普及率(用水量)情況，提供作為污水量推估之參考。

g.用戶接管普及率

調查計畫範圍內公共污水下水道、專用污水下水道以及建築物污水處理設施之接管情況，以避免重複計算之虞產生，並提供作為管線配置之參考。

4.10.2 現勘

判讀基本資料及初步瞭解集污區範圍、流向、污水管線配置規劃後，應進行現地踏勘工作，其目的在瞭解比對地勢地質狀況、環境狀況(住宅區、商業區或學校)、交通運輸狀況(交通量、主次幹道或巷道寬、施工可行性)、地上構造物情況(電力及電信架空線、水路、分隔島、路樹情況、高架道路墩柱)、各管線單位地面人、手孔分布情形等，以核對原規劃污水管線配置路線之適當性。

解說：

現地勘查時可依據以下原則進行之：

1. 現地勘查應不侷限於任何時程，在計畫執行期間為確實掌握狀況，皆有必要重複至現場再作確認。

(1) 鑽孔位置研選：瞭解地形地勢及地物，研選鑽孔位置，並依據地質變異情況增減鑽孔數量。

(2) 工作井位置佈設勘查：勘查鄰近交通狀況或進行交通量調查、瞭解工作井位置之用地情況、工作井施工時可能之替代道路研選、地上物及架空線之施工空間研判、施工時當地民眾進出之影響等。
(3) 地上物及既有管線勘查：進行既有污水下水道人孔之現場勘查、其他既有管線人孔之現場瞭解釐清、地上物可能影響工作井施工之情況。
(4) 用戶接管工程後巷情況：計畫內容含用戶接管工程時，應現場勘查後巷現況，瞭解用戶匯流管銜接佈設可能遭遇之狀況。
(5) 都市計畫道路開闢情況：勘查計畫區內都市計畫道路，實地瞭解道路開闢情形。
(6) 勘查其他可能影響設計施工者：如歷史古蹟位置。

2. 現地勘查應進行必要之記錄、照相，以利設計之參酌研判。

4.10.3 地下物埋設調查

污水下水道屬地下管線種類，其管線埋設之平面位置、高程應考量避免與既有地下物(管線)衝突，故需先調查計畫區內既有或計畫中之雨水、污水、自來水、特高壓、輸配電、電信、瓦斯、中油油管、天然氣、電訊管線、固網管線、寬頻管線、軍屬管線、警訊管線等管線或人行地下道、河溪(橋梁)、捷運路網、地鐵、共同管道等地下構造物資料。

解說：

地下物調查一般以下列方式進行：

1. 先瞭解管線種類及所屬單位
   (1) 瞭解既有管線圖說資料中各類管線圖例及相關設施圖例。
   (2) 依據蒐集工程計畫區內之管線機構行文表中瞭解各管線或構造物所屬機構名稱、住址及各分支單位，並由電話聯繫找出各單位主辦人員，以利日後設計中之各項協調聯絡事宜。
2. 取得圖說參考資料
   (1) 由承辦機關函文各管線單位及管理單位取得圖說資料及套繪管線位置，並將調查結果繪製成既有管線平面(底)圖或參考圖。
   (2) 計畫區規劃銜接之既有污水管線，應取得竣工圖說資料，瞭解管徑尺寸、坡度、埋設深度、人孔型式及擋土設施情況，以利設計銜接。
3. 依據現地測量人孔位置修正管線平面(底)圖或參考圖。
4. 依據試挖調查回饋資料修正既有管線平面圖，並標示試挖溝位置，繪出橫斷面圖。
5. 上述圖說標示須清晰並容易判讀。

4.10.4 測量

計畫執行為配合設計作業需要，應洽詢都市計畫主管機關取得數值化圖檔，如無建檔資料或建檔資料年代久遠，經檢測資料內容與現況差異明顯者，

則應進行詳實之地形測量(含路線測量、水準測量及依契約指定之內容)，成果應顯示道路寬度、地面高程、地形地貌、地上物種類及位置(含架空線路、分隔島、水溝、各類建物、高架道路、鐵路等)、地下管線人、手孔位置(種類)等；另針對既有人孔位置接入及接出位置，應開孔檢測人孔底部高層、管徑、管底高程及人孔蓋高程，如有建檔資料，則應依據圖檔內容研判並視需要進行補充測量。

解說：

測量成果應依下列各要點辦理：

1. 測量工作應委由專業測量公司進行，成果報告並經專業技師簽證。
2. 平面控制採用臺灣地區 TM 二度分帶(TWD97)座標系統,並使用內政部公布之三角點及三等衛星控制點成果。
3. 高程控制採用臺灣省一等水準系統(引測規劃階段之測量水準點並引用當地縣市政府都市計畫航測地形圖控制點)。
4. 測量成果精度應為 1/1000 或 1/500 地形圖，以利工程設計及圖示，並視需要以等高線輔助表示地形地勢。
5. 依據地形測量結果，判讀下水道佈設路線情況，如有私地疑義，必要時調閱地籍圖釐清之。

4.10.5 地質鑽探

依據既有地質資料及現場勘查結果，並研判可能之工程地質問題及處理原則，提出計畫區相關現場地質鑽探調查、取樣、試驗及分析工作執行計畫；其主要目的為掌握計畫區工程地層之分布狀況、岩盤工程特性及工程性質參數(含一般物理性質、單軸抗壓及弱面直剪強度特性等性質)、地下水位分布等，以提供地工設計或結構設計所需之各項參數，俾釐清大地工程疑點，避免工程災害，完成安全且經濟之地工或結構分析設計。

解說：

地質鑽探應依下列方法為之：

1. 應委由專業技師辦理調查作業，成果報告並需簽證，以確保調查有效、確實。
2. 污水下水道地質調查,設計階段需針對設計目的配置所需之鑽孔及鑽孔深度，且應注重取樣及力學試驗之品質與數量，鑽孔數量之規劃應能瞭解整個計畫區地層之大致變化為原則，並針對規劃之構造物如人孔(工作井)等佈設鑽孔進行鑽探調查，在地質條件變異性較大之地區或大區域均勻分布之卵礫石地層，視情況增加調查孔數。
3. 依據一般施工規模而言，主、次幹管平均約 300～500m 鑽孔一處，分支管網平均約 20 公頃鑽孔一處，鑽孔深度需達設計管底以下 2～5m 或視實際情況調整鑽孔深度，原則以各系統最大及次大管徑認定為主次幹管。
4. 應依照設計需要,訂定地質調查項目,地質調查項目應包括表 4.19 所列項目，地質調查後，應由專業工程顧問或專業技師依據現地鑽探紀錄及各項試驗結

果，分析及彙整為地質鑽探報告書，其內容應包括有下列成果：

(1) 工程範圍及鑽孔位置平面圖。

(2) 地質柱狀圖(如圖 4.60)。

(3) 地質鑽探及試驗成果表。

(4) 現場鑽探相片、岩心箱相片。

(5) 大地工程分析及建議。

表 4.19　下水道設計施工之地質調查項目

試驗項目			試驗內容		試驗結果應用
現地試驗	試料採取				地質柱狀圖、地質斷面圖製作
	標準貫入試驗(SPT)		N值		內摩擦角、地盤承載力之推測
	水位測定(GWM)				地下水位之推測
	十字片剪試驗(VST)		凝聚力		剪力強度推測
	現地透水試驗(FPT)		滲透係數		排水工法、壓氣工法之檢討
	孔隙水壓測定(PTS)		地下水之水壓實測		防止湧水對策 壓氣工法之檢討
室內試驗	粒徑試驗(PSDT)		篩分析 (#200 以上)	粒徑分布曲線	土壤分類、最大粒徑、有效粒徑、均勻係數、防止湧水對策、透水透氣性之檢討
			比重計分析 (#200以下)		
	物理試驗(SCT)		含水量、單位量、比重、孔隙比		土層之性質，夯實程度之判斷
	阿太堡限度試驗(ALT)		液性限度、塑性限度		細粒土壤之分類
	試剪驗力	直接剪力試驗(DST)	剪應力		土壓、地盤承載力、安定計算
		＊單軸壓縮試驗(UCT)	單軸壓縮強度		
		三軸壓縮試驗(TCT)	內摩擦角、凝聚力、孔隙水壓力		
	壓密試驗(OT)		孔隙比-載重曲線 -壓縮指數 沉陷-時間曲線壓密係數		壓密沉陷量、壓密沉陷速率之計算
	透水試驗(LPT)		滲透係數		排水工法、壓氣工法之檢討

4.10.6 道路禁挖

調查計畫範圍內道路禁挖需求。

解說：

應調查計畫範圍內是否有道路禁挖需求，如遇禁挖期程衝突時，為避免降低用戶接管執行效率，將於必要時申請提前解禁或更改工程施作期程，以利工進。

4.10.7 生態檢核初步調查

生態檢核秉持生態保育、公民參與及資訊公開原則。

解說：

生態檢核初步調查應秉持生態保育、公民參與及資訊公開之原則考量個案特性、用地空間、水理特性、地形地質條件及安全需求等，因地制宜依迴避、縮小、

減輕及補償等四項生態保育策略之優先順序考量及實施，以達減輕公共工程對生態環境造成之負面影響，以積極創造優質之環境。

4.11 污水下水道管線試挖作業

於地下物調查階段即使已配合管線套繪工作及現場人手孔之比對，建議再行現場試挖確認，主要目的為確保工作井位置與重大管線不致發生衝突，避免工作井無法施工及確認是否須進行管遷之參考。

設計階段是否應辦理試挖作業，須視工程規模、特性、道路寬度、都市密集程度等因素研判，避免試挖作業成果難以回饋設計單位使用；如研判後須辦理試挖，則應以工作井、管線交會處、重要路口為原則，並先洽路權管理單位確認禁挖路段。施工階段之試挖作業則配合設計階段之試挖成果，採每一工作井皆試挖為原則。

4.11.1 作業流程

試挖計畫主要可以分成準備工作、試挖作業及成果製作。

解說：

試挖計畫主要可以分成準備工作、試挖作業及成果製作等 3 個階段，為利工作之推行，茲以流程圖方式說明其作業流程，如圖 4.61。

4.11.2 準備工作

試挖前應進行相關準備工作。

解說：

試挖前應準備工作如下：

1. 試挖範圍之界定，須配合管線工程之發包期程，擬定試挖計畫。
2. 辦理試挖作業前須向路權單位申請挖路許可。
3. 試挖安全措施應依相關規定辦理。
4. 試挖前應事先協調相關管線單位派員至現場協助指導，以避免挖損管線，且一旦有管損時可立即做好緊急應變處理及進行修復工作。
5. 施工機具、材料應於施工前覓妥適當場所存放，避免妨礙交通或影響附近用路人之方便與安全。
6. 施工機具、材料之搬運，務必符合交通安全管制措施相關規定。

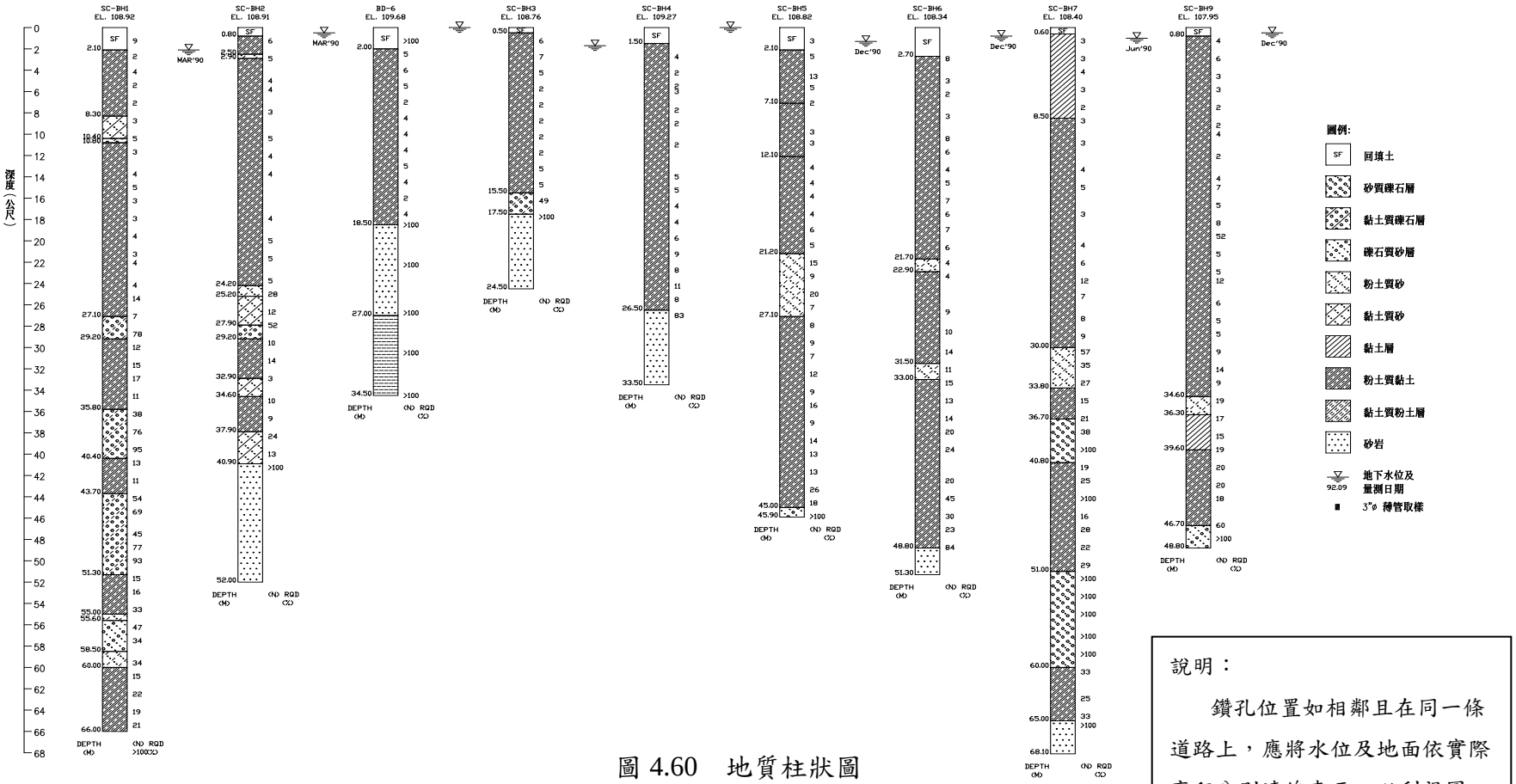


圖 4.60　地質柱狀圖

說明：

鑽孔位置如相鄰且在同一條道路上，應將水位及地面依實際高程分別連線表示，以利視圖。

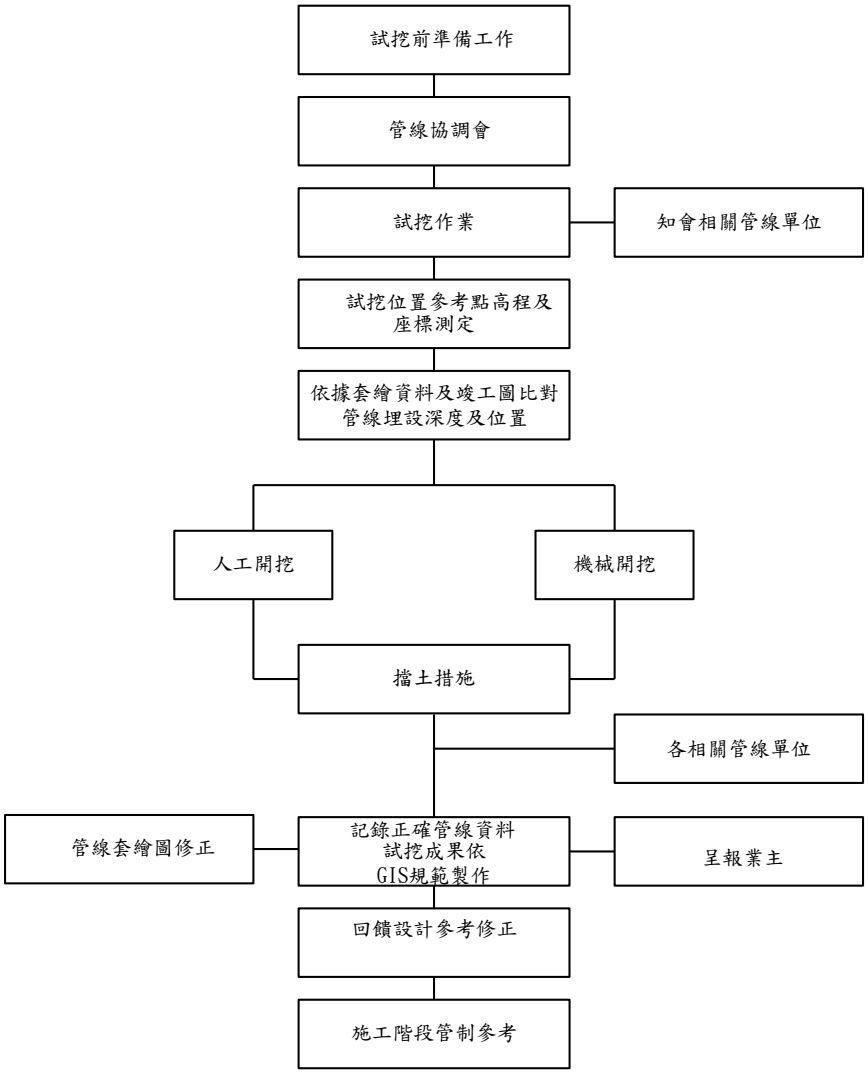


圖 4.61　試挖計畫工作流程圖

4.11.3 施工安全規定

施工須恪遵各項安全措施設置標準及規定。

解說：

施工須恪遵各項安全措施設置標準及規定，包括：

1. 職業安全衛生法。
2. 道路交通標誌、標線、號誌設置規則。
3. 管道施工安全措施。
4. 工作安全守則。
5. 其他有關規定。

4.11.4 試挖作業

試挖作業須恪遵各項相關規定。

解說：

試挖作業須恪遵下述各項規定，包括：

1. 每一試挖探管位置均應進行寬度 0.6～2.0m，深度為 2.0～3.0m 之試挖溝，以檢查有無管線存在，如發現有地下管線或其他非天然障礙物，應立即向監造人員報告，並拍照、記錄該管線或障礙物之種類及相關位置。
2. 試挖探管必須先淺挖至 1.5m 處，確定無管線通過時再進行臨時擋土支撐之施作。
3. 管線試挖探勘深度原則應達 2.5m，若遇管線密集之巷道致使試挖深度無法達到 2.5m，應試挖至抵觸位置，並繪製成管線圖資回饋予設計單位修正。若有需要側壁應予支撐，俾使各開挖面之自然地層及管線狀況皆清晰可見。如人員需下坑丈量時，各開挖面應隨時予以適當支撐，以確保施工人員生命財產安全。
4. 本工程若於夜間施工，則須提供相關之照明設施及安全設施，並依地方政府夜間施工相關規定辦理。開挖復舊工作於次日早上 6 時前完成，若無法即時回填時，則須鋪以防滑鋼質覆蓋鈑，並設置警示標誌。
5. 試挖進行前須確實記錄各路口交通標線位置，並作成現況照片紀錄。管溝以當日回填為原則,並於完成假修復後 7 日內視路面沈陷狀況進行第 2 次修補。
6. 回填料應採多功能再生混凝土(MRC，Multi-functional Recreation Concrete)或控制性低強度回填材料(CLSM，Controlled Low Strength Materials)。
7. 試挖型式主要可分成一字形、冂字形及 L 字形 3 種。在沒有管線匯入或非道路交匯處之分管網工作井之試挖形式以一字形為原則。在有管線匯入，道路交匯處或矩形工作井處，試挖採 L 字形或冂字形為原則。
8. 一字形之試挖型式，除非遭遇特殊情況(如特高壓、光纖電纜)或另有考量外，原則採橫向全路幅開挖，並配合交通狀況調整施作方式。

4.11.5 試挖成果

試挖成果應依內政部營建署「下水道 GIS 資料規範」製作。

解說：

試挖成果應依內政部營建署「下水道 GIS 資料規範」製作，且至少須包括以下內容，其成果如表 4.20～表 4.21：

1. 各管線實測位置圖樣(1/200)。
2. 管線試挖溝橫斷面圖樣(1/50)。
3. 施工拍照紀錄。
4. 試挖工作日誌。

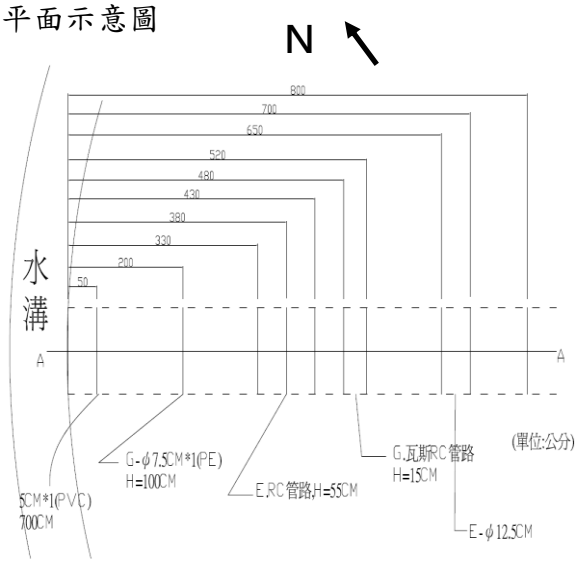
表 4.20　試挖拍照紀錄表

工程名稱		日　　期		天氣	
試挖地點		記錄人員			
說明：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 說明：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿					
備註					
內政部國土管理署		施工相片圖(僅供參考)			

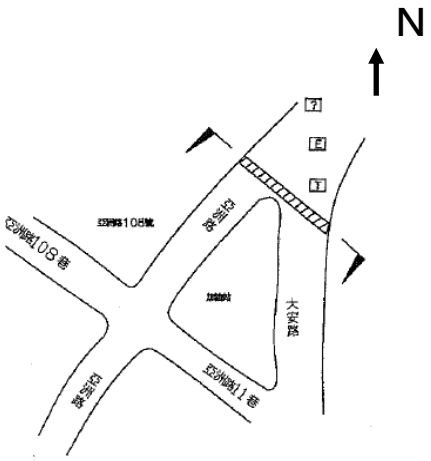
表 4.21　試挖成果紀錄表

工程名稱：	新北市中和地區污水下水道系統第 2 期工程(試挖工程第 2 標)			日期	100 年 03 月 15 日
位置：	民生街 17 號	長度	8.0m	深度	2.5m
管線種類		管徑		特性	
台電(E)藍					
台電高壓					
電信(T)綠					
電信光纖					
電信寬頻					
瓦斯(G)紅					
輸油管(P)灰					
自來水(W)青藍					
水溝箱涵(D)白					
路燈(L)橘					

平面示意圖

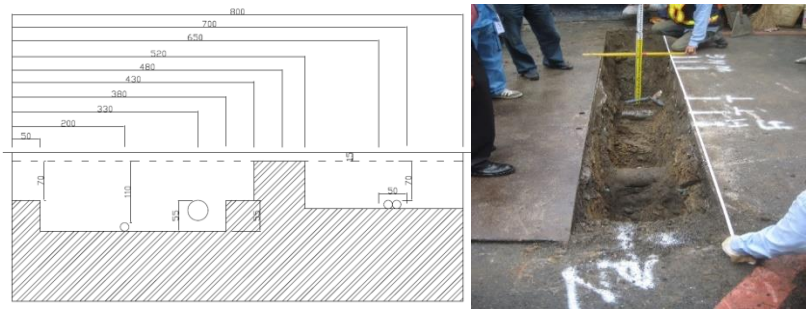


註：依現場實際試挖成果增減管線項目



施工地點： 民生街 17 號

斷面示意圖



施工廠商：　　監造廠商：

4.12 污水下水道管線設施設計

4.12.1 規劃設計準則檢討

規劃設計準則一般包括有計畫目標年、計畫人口、污水量推估、滲水量、設計水量之推算等進行檢討。

解說：

計畫目標年、計畫人口、計畫設計污水量之設計檢討，請參考第三章 3.2.5 計畫污水量及設計污水量。

4.12.2 原規劃管線系統配置之檢討

若已有原規劃配置，需針對原原規劃管線系統配置進行檢討。

解說：

污水管線配置之檢討包括：

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、人孔位置及用戶接管實際可施作。
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. 接入既有污水管線人孔位置、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。
8. 如屬一般用戶管線時，除上述解決方式外，另可考量管線單位配合遷管方式辦理。

4.12.3 水理計算分析

水理計算分析除依水理公式計算外，尚需針對設計流速與設計水深、粗糙係數、最小覆土深度、最小管徑、管接合方式、人孔內徑尺寸、人孔間距、跌落人孔、人孔框蓋、回填材料利用、下水道耐震對策及管渠流量監測等相關設計要項進行評估分析，另水理分析報表格則依實際情形參酌辦理。

解說：

1. 水力計算公式

(1) 重力污水管線水力計算採曼寧(Manning)公式：

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (4\text{-}54)$$

$$Q=86,400\times AV \quad (4\text{-}55)$$

式中：

V＝流速(m/s)

n＝粗糙係數，依管材而定

R＝A/P 水力半徑(m)

S＝水力坡降(分數或小數，無因次)

Q＝設計流量(m^3/日)(m/s)(半管或滿管流量)

A＝水流斷面積(m^2)

P＝潤水周長，即水流斷面周邊之長度(m)

(2) 壓力污水管線水力計算採 Hazen-Williams 公式：

$$V=0.355CD^{0.63}S^{0.54} \quad (4\text{-}56)$$

式中：

C＝粗糙係數，依管材而定，如表 4.22

V＝流速(m/s)

D＝管徑(m)

S＝能量坡降(分數或小數，無因次)

表 4.22 Hazen-Williams C 值一覽表

管　　型	C
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

2. 設計流速與設計水深

(1) 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：

① 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 1.0m/s～1.8m/s。

② 設計流量(設計水深下之流量)之流速大(等)於 0.6m/s，小(等)於 3.0m/s。建議理想流速為 1.0m/s～1.8m/s。

③ 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。

④ 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。

(2) 設計水深或水深比(d/D)

1) 為確保污水管渠內之水流為重力式流動及給予適當之通風，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。

2) 建議採用之設計水深於管徑φ≦500mm 者，採 d/D≦0.5；於 900mm≧φ≧600mm 者，採 d/D≦0.7～0.8；於φ≧1000mm 者，採 d/D≦0.8。

3. 粗糙係數

曼寧公式之粗糙係數(n 值)其值視各種不同材質而異，污水管線常用各種材質之粗糙係數如表 4.23，一般採用 n 值在 0.012～0.016 之間。建議採 0.015。

表 4.23　各種管材之 n 值表

管　材	管渠內面 n 值			
	最佳	良好	普通	劣
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

4. 最小覆土深度

(1)訂定公共污水管線最小覆土深度主要考慮因素為保護污水管線、施工需求、用戶接管能順利接入公共污水管線及避免牴觸地下結構物。最小覆土深度剛性管材至少應在 50 cm 以上，撓性管材及其他管材至少應在 100 cm 以上，依其埋設位置決定。惟一般用戶接管(巷道連接管)需從 U 型側溝底下穿越，接入公共污水管，故公共污水管最小覆土深度至少應低於型側溝底版以下 0.2m。

(2) 為確保用戶接管(巷道連接管)能順利接入公共污水管，減少與其他地下管線牴觸需辦理遷移，建議在小型都市計畫區(如鄉鎮市)公共污水管線最小深度應至少以得已穿越道路側溝為原則，在大都會區或人口密集都市，考量路面尖峰承載建議最小覆土深度應較小型都會區之深度為深，惟仍應以上游用戶接管能順利銜接為原則。

(3) 若採推進施工(需確保不牴觸地下管線)或僅為大街廓初步規劃(如都市計畫尚未訂定細部計畫，無詳細街廓)，則公共污水管線視需要酌予增加覆土深度。

5. 最小管徑

(1) 訂定公共污水管線最小管徑主要考慮因素為避免阻塞、便於維護清理及施工方便性等因素。

(2) 最小管徑以ϕ200mm 為原則，若需訂定較大之最小管徑(如配合國內推進工法設備限制等)，應敘明理由。

6. 管接合方式

(1) 為確保污水管線內之水流為重力流及給予適當之通風，避免硫化氫氣體產生腐蝕管壁並預留適當餘裕量以備污水量之遽增。

(2) 依「下水道工程設施標準」第六條第一項規定辦理，說明如下：

1) 管渠之管徑變化或 2 支以上管渠匯合時，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) 2 支管渠匯合時，其中心交角之角度應在 60 度以內；以曲線匯合時，其曲率半徑應大於管徑之 5 倍。但情形特殊者，不在此限。矩形溝渠以寬度作為管徑。

7. 人孔內徑尺寸

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。
1,200	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。
1,500	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。
1,800	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。
2,000	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。
2,200	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 900 mm 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。

(3) 人孔內徑尺寸，應將跌落設施及巷道連接管接入納入考量，且須避免過多銜接點影響人孔結構體。

8. 人孔間距

(1) 設置人孔之目的在於便利管檢查、維修，亦為管內通風換氣及接合之必要設施，一般在管渠起始點、管渠方向、坡度、管徑變化點、管渠合流點、管渠底部高程驟變點或為量測流量、清理需要等處應設置人孔。另外直線過長亦應設置人孔，以利維護。

(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 攝影之普及，故管人孔最大間隔可加長以減少人孔設置。

(3) 推進工法或潛盾工法，為免影響交通，而採長距離化施工，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。

(4) 管渠直線部分，人孔設置間距依清理、維修、管渠接合等因素以下表定之。

管內徑(mm) D	最大間隔(m)
D≦600	100
600＜D＜1,200	150
D≧1,200	200

(5) 無法依前二款規定設置人孔或人孔間隔較最大間隔值為大者，應另加說明。

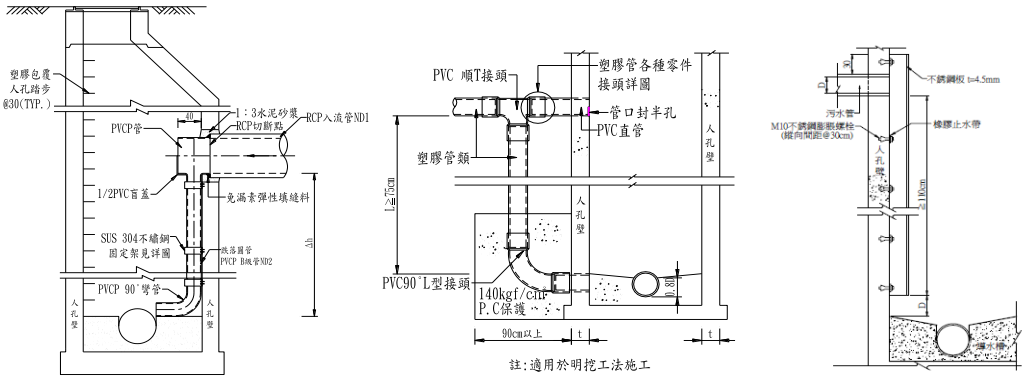
9. 跌落人孔

(1) 人孔內入流管管底與底座導流導槽槽頂落差超過 75 ㎝ 時，應設置跌落設施，如圖 4.62，或加大入流管段坡度減少落差，以避免設跌落設施。

(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)。跌落設施分為內跌落及外跌落，設置原則為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。

(3) 一般跌落設施主副管尺寸建議如下：

主管(mm)	副管(mm)
200	150
300	200
400	200
≧500	另行考慮



內跌落圓管示意圖　　外跌落管示意圖　　內跌落方箱示意圖

圖 4.62　人孔內跌落及外跌落示意圖

10. 人孔框蓋

(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 CNS15536 A2302，其適用範圍用於下水道用球狀石墨鑄鐵人孔、陰井、連接井及匯流井之框座與面蓋(二者合稱為人孔框蓋)。

(2) 新式人孔框蓋具備功能如下：

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。

2) 防止脫落及噪音

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 度轉向及 180 度垂直開啟功能。

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。

3) 防止墜落設施

為了防止人孔蓋不當移位造成用路人墜落意外發生，可設置防止墜落保護措施。防墜落設施須能承受 4.5kN 重量不致破壞。

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，常有造成人孔蓋浮上及移位，因此人孔蓋應可承受內部水壓或氣壓之耐揚壓載重強度 60 kN～106 kN 及上浮高度 20 mm 以下，當內部壓力下降後能平整回復於框座內部，其殘留高度在 10 mm 以下。

5) 防滑處理

有關人孔框蓋防滑要求可參考本署最新頒布下水道專用技術規範第 02532 章，若道路主管機關另有防滑規定，請依其規定為準。

11. 回填材料利用

(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，可選用各類混凝土、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各類混凝土、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，針對自重較輕管線如塑化管、鋼管或延性鑄鐵管 DIP 等應預先以鐵絲及鋼筋或其他方式將管線固定，避免回填澆置各類混凝土或 CLSM 或 MRC 時因浮力造成管線位移及上浮，並依據配比的凝結時間特性，妥善規劃施工流程。

12. 下水道耐震對策

(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：

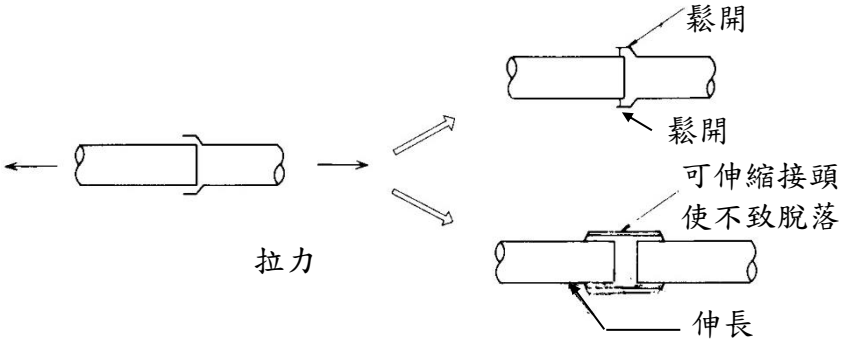
1) 管體受拉力之部位，必須使其具有可伸長或容許偏移之構造，以防止其脫落(如圖 4.63)，如承插式接頭之插入長度增長或採可伸縮接頭。

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(如圖 4.64)。

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(如圖 4.65，如可撓性接頭、可伸縮接頭或承插式接頭之插入長度增長。

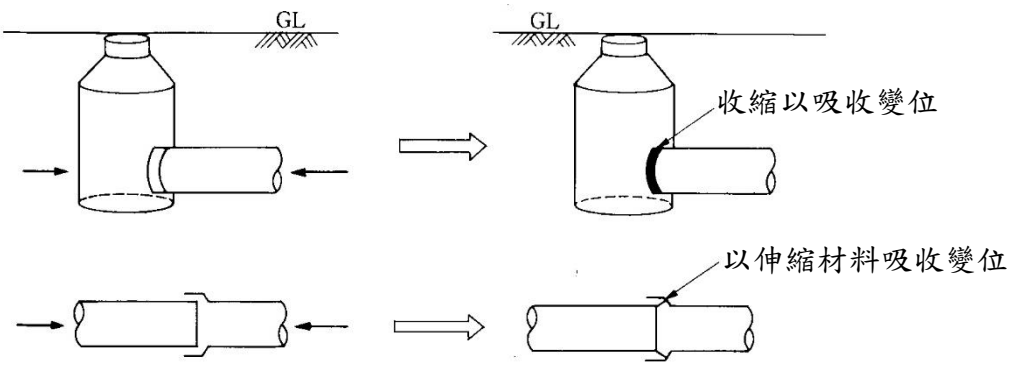
4) 人孔會產生剪力之部位，必須使其緊結或容許有側脫、偏移之構造，以避免構造受損或砂土流入(如圖 4.66)。

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(如圖 4.67)。



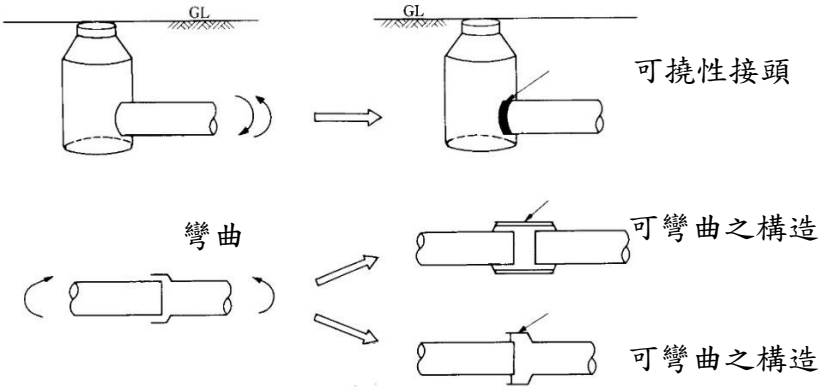
註：管線接頭發生拉力之部位如圖，若其容許偏移量如所示之範圍程度，則視為可確保設計輸水能力之構造。

圖 4.63　管體受拉力之部位圖



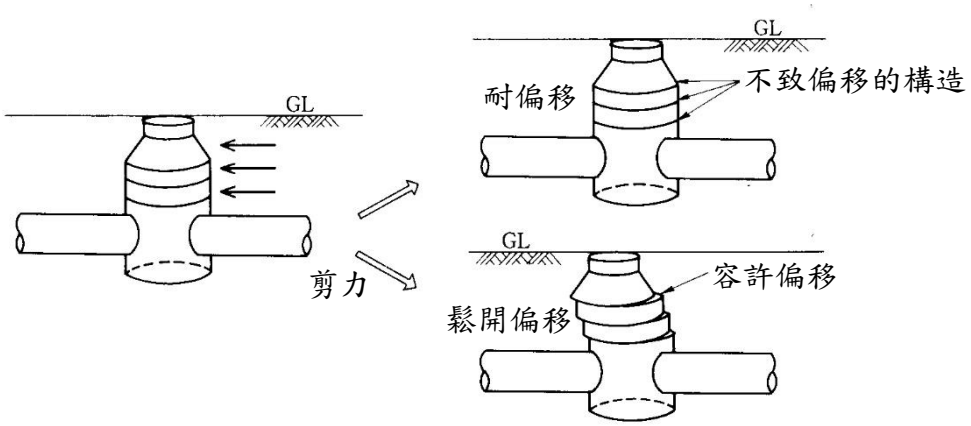
註：管線與人孔之接頭或管線與管線之接頭，會發生壓縮之部位，如圖所示，須採用對壓縮力有充分耐力之材料或構造。

圖 4.64　管體發生壓縮之部位圖



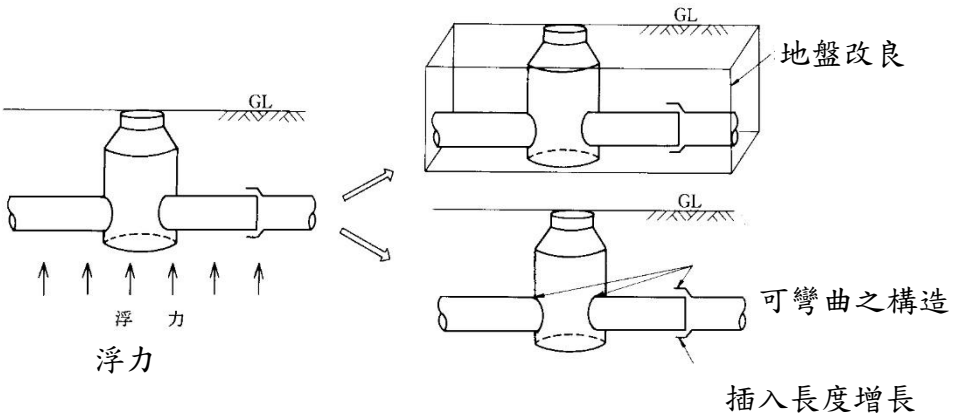
註：管線與人孔之接頭或管線與管線之接頭，會發生彎曲之部位，如圖所示，須採用具有可撓性接頭之材質或構造。

圖 4.65　管體發生彎曲之部位圖



註：人孔側塊等承受剪力之部位，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 4.66　管體發生剪力之部位圖



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 4.67　體受浮力之部位圖

(2) 管線耐震之具體對策

一般污水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。有關污水管線耐震設計之具體對策，如表 4.24，另外人孔與管線及管線與管線之耐震對策例，如圖 4.68 及圖 4.69。

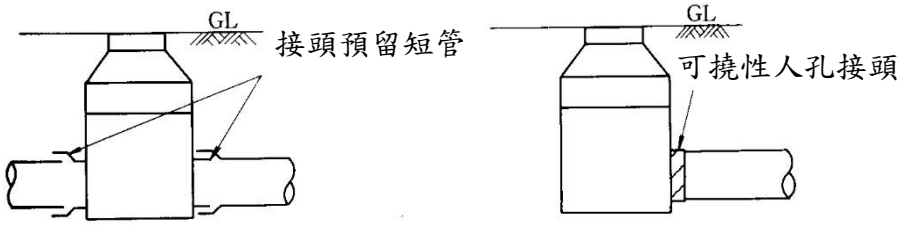


圖 4.68　人孔與管線接頭耐震對策之圖例

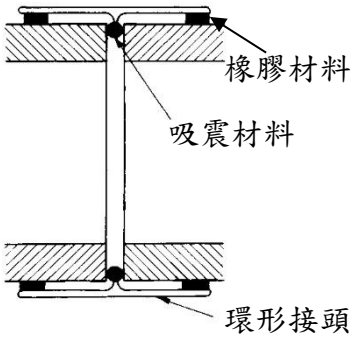


圖 4.69　管線與管線接頭耐震對策之圖例

13. 水理量測

污水下水道管網系統有兩個非常重要特性即重力非滿管流以及管線深埋於地下，因此裝設流量監測系統時必須考量以上兩點。

下水道管線設施一般採用的流量量測方式，依測定原理大致區分為水位法、水位與流速法及電磁式流量計，以下就三種流量計加以說明。

(1)水位法

水位法是預先藉由觀測流量、現地調查或實驗求出水位與流速或是水位與流量的關係，僅從水位的測定值算出流量。最普遍的採用方法是使用水位計、堰堤或水槽，常見的有巴歇爾量水槽、三角堰以及矩形堰等，適用於明渠以及非滿管流。

污水下水道管網空間狹小，而堰堤或量水槽需要較大的量測空間，因此測量位置受限，較不適用於污水下水道管網流量的測量。另外，可單就水位計測量得知水位的高低變化，因而可以得知流量的變化，此種方法為簡易的水位測量，可得知水位變化，並可依管線之管徑及坡度推估流量，可用於污水下水道系統之流量管理及緊急應變監測，有關液位計型式有水壓感應式、超音波式(水下反射式)超音波式(水上反射式)及雷達波式等。

(2)水位與流速法

水位與流速法是將水位與流速分開獨立量測，應用連續公式(Q = A*Vm)及各種理論公式等運算處理兩者之值以求出流量，其中常見有超音波流量計及雷達波流量計。

在污水管中有許許多多的因素可能造成流量的測量不準確，如直管段長度不夠所造成的擾流，或是流速變動太大而儀器精度不高等。因為流體剖面流速分布不均勻，造成流量測量的誤差較大，故安裝位置應避免設置於管段匯流處、管徑以及坡度變化處以免造成測量誤差。

由於此類型之流量計因精確度易受安裝地點影響，並不適用於污水收費量之量測，多用於污水下水道系統之流量管理及緊急應變監測。

(3)電磁流量計

電磁流量計係利用電磁感應原理，以一組電力驅動線圈產生磁場及另一組和液體相接觸之電極偵測。基於法拉第電磁感應定律，當一個導體在磁場內運動，在與磁場方向、運動方向相互垂直方向的導體兩端，會產生感應電動勢。因此，當液體流動時，由電極可測得一感應電壓，該電壓大小和液體之流速成正比，據此而測量出流量，適用於滿管流，污水用戶端多採用電磁流量計。

為求電磁流量計之精確度，其安裝位置應於前 5D 及後 3D 的直管段(D 為流量計內直徑)；而流量計安裝地點應盡可能遠離泵浦、閥門、大功率電台，避免電磁場干擾源等設備，安裝位置除了設置於直管段外還需維持壓力流

14. 水理分析報表格式

至少應包括管線編號、上游人孔編號、下游人孔編號、管長(m)、管徑(mm)、上游管底高程(m)、下游管底高程(m)、上游地面高程(m)、下游地面高程(m)、上游覆土深度(m)、下游覆土深度(m)、平均流量(CMD)、平均水深(m)、平均流速(m/s)、尖峰流量(CMD)、尖峰水深(m)、尖峰流速(m/s)、滿管(或設計水深下)流量(CMD)、滿管(或設計水深下)流速(m/s)、坡度(%)及備註等。另因規劃、設計所需增列之表格欄位請依實際情形參酌辦理(如表4.25)。

4.12.4 施工方法及管材研選

污水管線工程基本(初步)設計階段尚須針對施工方法及管材就地質條件、經濟性及適用性因地制宜合宜選用。

解說：

1. 工法概述

公共污水下水道管線施工法,主要包含明挖施工法及地下掘進法兩大類，在設計時應考量經濟性、地質條件等選擇適當之工法,工法描述,如表 4.26。

在考慮計畫區地質條件及對地下管線拆遷與環境影響之考量下，建議地質屬卵礫石層或屬覆土較淺、路徑短且管徑為ϕ300mm 以下之支管區域，採明挖埋管工法。而屬覆土較深、管徑在ϕ300mm～ϕ2,400mm 之間且需穿越重要管線處之支管及次幹管，則採推進工法設計；管徑ϕ1,350mm 以上，路徑較長且曲折之主幹管可考量採潛盾工法或長距離曲線推進工法。

短管及小管推進為目前地下掘進小管徑(§300mm～§1,000 mm)管線工法中成熟之施工法，其可以長度 1.0m 之短管推進管，在圓形工作井內推進地下管線，因其工作井尺寸較小，開挖範圍及可能影響需遷移之其他公共管線相對較少。同時短管推進工法所採用之圓形工作井無掘進路線與工作井壁面間角度限制問題，施工較具彈性。

目前國內污水下水道管線採用之短管推進工法，已有相當之工程實績，而推進之機械設備除已可以克服卵礫石及岩盤等特殊地質外，亦可於一般地質中採§1,000mm 之管徑推進施工。

推進施工時，各千斤頂之推力、速度、方向之控制等必須有專人監視及以儀器自動記錄，如有特殊狀況應隨時報告，另有關出土量及其他事項等須載入每日之施工日報表內。管線推進中為防止管線蛇形，應隨時自動量測其偏差量，且每支推進管至少須做一次精密中心及水準測量，並將自主檢查表或電腦紀錄送業主備查。

2. 管材選擇與防蝕

(1) 管材之簡稱

管材主要分為混凝土管、金屬管及塑化管 3 大類，為方便稱呼，訂定各種管材之簡稱，如表 4.27。

(2) 符合國家標準

表 4.24　污水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，檢討梁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。	—

表 4.25　污水管線水理分析表(例)

管線編號	人孔編號		管線		人孔中心底高程		地面高程		覆土深度		坡度	平均			尖峰			設計水深			滿管		
			長度	管徑	上游	下游	上游	下游	上游	下游		流量	水深比	流速	流量	水深比	流速	流量	水深比	流速	流量	流速	
	上游	下游	(m)	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(CMD)		(m/S)	(CMD)		(m/S)	(CMD)		(m/S)	(CMD)	(m/S)	
PAa13	PAa13	PAa06	41.30	500	4.82	4.67	9.33	9.57	3.94	4.33	0.0036	2234	0.24	0.69	6390	0.42	0.93	8482	0.50	1.00	16965	1.00	
PAa21	PAa21	PAa20	50.00	300	6.28	5.93	9.64	9.48	3.00	3.20	0.0071	490	0.20	0.60	1639	0.37	0.85	3054	0.50	1.00	6107	1.00	
PAa20	PAa20	PAa19	36.50	300	5.93	5.67	9.48	9.33	3.20	3.31	0.0071	742	0.23	0.68	2394	0.43	0.94	3054	0.50	1.00	6107	1.00	
PAa19	PAa19	PAa18	50.00	400	5.59	5.35	9.33	9.25	3.28	3.44	0.0048	994	0.20	0.62	3117	0.38	0.86	5429	0.50	1.00	10857	1.00	
PAa18	PAa18	PAa17	29.20	400	5.35	5.20	9.25	9.21	3.44	3.54	0.0048	1134	0.23	0.65	3509	0.40	0.89	5429	0.50	1.00	10857	1.00	
PAa17	PAa17	PAa16	39.30	400	5.20	5.01	9.21	9.49	3.54	4.01	0.0048	1196	0.23	0.66	3680	0.40	0.90	5429	0.50	1.00	10857	1.00	
PAa16	PAa16	PAa15	34.60	400	5.01	4.85	9.49	9.57	4.01	4.26	0.0048	1275	0.23	0.67	3896	0.43	0.92	5429	0.50	1.00	10857	1.00	
PAa15	PAa15	PAa14	48.30	600	4.59	4.49	9.57	9.52	4.29	4.35	0.0022	3554	0.28	0.65	9556	0.47	0.85	20951	0.80	1.00	21434	0.88	
PAa14	PAa14	PAa13	36.00	600	4.49	4.41	9.52	9.26	4.35	4.17	0.0022	3554	0.28	0.65	9556	0.47	0.85	20951	0.80	1.00	21434	0.88	
PAa13	PAa13	PAa12	40.00	700	4.33	4.26	9.26	9.32	4.15	4.28	0.0018	12754	0.46	0.85	28158	0.79	1.00	28516	0.80	1.00	29174	0.88	
PAa12	PAa12	PAa11	49.70	700	4.26	4.17	9.32	9.49	4.28	4.53	0.0018	12754	0.46	0.85	28158	0.79	1.00	28516	0.80	1.00	29174	0.88	
PAa11	PAa11	PAa10	34.30	700	4.17	4.11	9.49	9.59	4.53	4.69	0.0018	12754	0.46	0.85	28158	0.79	1.00	28516	0.80	1.00	29174	0.88	
PAa10	PAa10	PAa09	35.00	700	4.11	4.05	9.59	9.82	4.69	4.99	0.0018	12838	0.47	0.85	28312	0.80	1.00	28516	0.80	1.00	29174	0.88	
PAa09	PAa09	PAa08	40.00	800	3.97	3.91	9.82	9.84	4.95	5.03	0.0015	16812	0.46	0.85	35452	0.76	1.00	37246	0.80	1.00	38105	0.88	
PAa08	PAa08	PAa07	40.00	800	3.91	3.85	9.84	9.64	5.03	4.89	0.0015	16812	0.46	0.85	35452	0.76	1.00	37246	0.80	1.00	38105	0.88	

1)國家標準之管材種類中，規定可適用於污水者，只有 CNS11646 之 GFRPP 及 CNS14813 與 CNS14814-PRCP，此 3 種管材皆有考量防蝕之問題，故可直接應用於污水之環境。

2)國家標準之其他塑化管，雖未明文規定可適用於污水，但已規定有浸漬試驗者，如無特殊之考量，亦可直接應用於污水之環境，包括 CNS1298 之 PVCP、CNS14899 之 HDPEP、CNS11608 之 FRP-PVCP、CNS13474 之 ABSP、CNS14345 之 H-PVCP。

表 4.26　污水管線施工法比較

施工方法 / 項目	明挖工法	短(小)管推進工法	中大管推進工法	長距離曲線推進工法	潛盾工法
說明	以人工或機械直接開挖	可依施工方式分一次工法或二次工法施工	具元押、中押(連動式推進)千斤頂	於潛盾機後組裝環片方式施工	推進機頭可調整角度及推力，並以短管銜接施工
適用管材內徑	無管徑限制	300 mm～1,000 mm 卵礫石層通常管徑需採用 400mm 以上，岩層需另考量機械推力	1,000～2,400 mm	長距離、曲線路徑或特殊施工需求時之較大管徑	長距離、曲線路徑或特殊施工需求時之較大管徑
適用土質	無土質限制	無土質限制，但於卵礫石層或岩層需考量粒徑及單軸抗壓強度	無土質限制，但於卵礫石層或岩層需考量粒徑及單軸抗壓強度	無土質限制	無土質限制，但於卵礫石層或岩層需考量粒徑及單軸抗壓強度
最長推進距離	可長距離施工	D≦600mm，100m 600mm＜D≦1,200mm，120m	600mm＜D≦1,200mm，120m D≧1,200，150m	可長距離施工	可長距離施工
沿線狀況	適用交通流量小、鄰近屋舍疏落且埋深較淺者	適用交通流量大、人口密集且建築物林立都市區，繞道不易或須採較深埋設深度者	適用交通流量大、人口密集且建築物林立都市區，繞道不易或須採較深埋設深度者	適用交通流量大、人口密集且建築物林立都市區，繞道不易或須採較深埋設深度者	適用交通流量大、人口密集且建築物林立都市區，繞道不易或須採較深埋設深度者
障礙物處理與遷移能力	較易遷移	自遷困難，須其他管線單位辦理管線遷移	自遷困難，須其他管線單位辦理管線遷移	自遷困難，須其他管線單位辦理管線遷移	自遷困難，須其他管線單位辦理管線遷移
曲線施工	可	不易	不易	可	可
可否修正管線蛇行	埋設時即可校準	難度較高 (推進操作過程中有可能修正，需視剩餘到達路徑長短而定)	難度較高 (推進操作過程中有可能修正，需視剩餘到達路徑長短而定)	較易	較易
覆土厚度	建議最大覆土為3～4m，視土質及施工環境而定，需可供上游用戶接管銜接為原則	建議覆土深 2.5～3m 以上	建議覆土深 2.5～3m 以上	建議覆土深 2.5～3m 以上	潛盾外徑 1.5 倍或 3m 以上
工期	短	較短	較長	短	長
設備規模	小	小	中等	大	大
公害問題(交維、環境影響等)	噪音、粉塵、交通影響嚴重	影響較小，且影響期間較短	影響較小，且影響期間較短	影響較小，且影響期間較短	影響較小，且影響期間較短

註：1.推進及潛盾工法依排土方式可分為土壓平衡、泥水加壓及泥濃式等不同型

2.長距離：一次推進距離大於標稱管徑 250 倍或 500m 者。

3.本表為說明一般性管線施工方法之特性分析比較。

表 4.27　管材之簡稱

種類	管材之名稱	英文名稱	管材簡稱
混凝土管	鋼筋混凝土管	Reinforced concrete pipes	RCP
	無鋼襯預力混凝土管	Prestressed concrete non-cylinder Pipes	PSCP
	鋼襯預力混凝土管	Prestressed concrete cylinder pipes	PCCP
	聚酯樹脂混凝土管(推進)	Polyester resin concrete pipe(jacking)	PRCP
	聚酯樹脂混凝土管(明挖)	Polyester resin concrete pipe(open cut)	PRCP
金屬管	延性鑄鐵管(水泥砂漿襯裡)	Ductile iron pipes with cement lining	DIPCL
	延性鑄鐵管	Ductile iron pipes	DIP
	鋼管	Steel pipes	SP
塑化管	丙烯腈－丁二烯－苯乙烯(ABS)塑膠管	Acrylonitrile-Butadiene-Styrene plastic pipes	ABSP
	高密度聚乙烯塑膠管	High density polyethylene pipes	HDPEP
	玻璃纖維強化塑膠管	Glassfiber reinforced plastic pipe	GFRPP*
	聚氯乙烯塑膠硬質管	Unplasticized polyvinyl chloride pipes	PVCP*
	耐衝擊硬質聚氯乙烯塑膠管	Unplasticized high impact polyvinyl chloride pipes	H-PVCP

註：管材簡稱後註有*者，為國家標準規定之簡稱。

3) 國家標準之混凝土管，雖列有多種可使用之水泥，但未規定其種類，而由於不同水泥之防蝕性也不同，故混凝土管欲使用於污水時，應詳細規定防蝕要求。

4) 國家標準之一般金屬管，包括 CNS13272 之 DIP，CNS6568 及 CNS13638 之 SP，雖有規定以塗覆、被覆、襯裡或塗裝方式增加防蝕性，但未詳細規定其品質之要求，故欲使用金屬管於污水時，應增列品質之規定，以確保其防蝕功能；而國家標準之不銹鋼管，由於使用不同之材質會具有不同之防蝕效果，故應視使用處所及污水之腐蝕性，選用合適之材質。

(3) 管徑之考量

新建污水下水道如管徑區分太細，常面臨某種管徑數量太少，不合經濟採購或施工之規模，導致工程費用增高，且增加以後維修之複雜性，故適當之簡化管徑有其必要性。茲提供下列簡化管徑之方向，以供參考。

1) 管徑之考量以 100mm 為單位，如 300mm、400mm、500mm 等。

2) 當某種管徑數量甚少，簡化採購；或於推進施工時，為減少推進機之

種類，可放大其管徑，使其與上一管徑數量合併，以達經濟採購或施工之規模，而設計時亦應依放大後之管徑進行水理分析。

(4) 管材使用年限

一般來講，混凝土容易遭受腐蝕；金屬管受電位差之影響，如未作好防蝕處理，亦易產生腐蝕；塑化管雖有較高耐蝕性，但其物理性質會隨時間之加長而衰減，故各種管材之使用年限甚難訂定一符合實際情況之數值。依不同地質環境及載體水質，選擇管材特性不同，建議污水管管材採用優質長壽命管材，並且以 50 年為設計年限為考量，各種管材之參考使用年限，

如表 4.28，此值並不代表該管材之實際使用年限，僅係供國內各界作為比較之參考。

(5) 選用管材之原則

選用管材時首要考量安全性，以確保能正常使用；其次由於污水會腐蝕管壁，影響將來使用之安全，故須考量防蝕性；另依照內政部訂定之「綠色內涵」規定，管線之耐久性越長，其日後重置之次數、費用亦相對較為節省，較能符合節能減碳的宗旨；再者，管線漏水時，地下水滲入管內會增加下游污水處理廠之負荷量，增加污水處理之費用，污水外洩則會污染地下土壤，影響地下水之水質，故須考量其止漏性。綜合以上說明，選用管材之要素至少應包括安全性、防蝕性、耐久性、止漏性等 4 個項目。

表 4.28　各種混凝土管材使用年限

內壁防蝕	使用年限(年)
抗菌混凝土管(全管)	50
聚酯樹脂混凝土管	50
全鋁質水泥混凝土管	30
卜作嵐混凝土	50

資料來源：100 年 8 月內政部營建署污水下水道管材物理化學特性分析及相關檢驗標準專業服務報告

(6) 管材之防蝕方法

1) 國家標準中，混凝土管規定可使用之水泥種類，其中 RCP 可使用卜特蘭水泥、卜特蘭高爐水泥、卜特蘭飛灰水泥及鋁質水泥 4 類。RCCP、PSCP、PCCP 則使用卜特蘭水泥、卜特蘭高爐水泥及卜特蘭飛灰水泥 3 類。如表 4.29，由於各類水泥有不同之類型，導致防蝕能力有所差異，應詳細規定使用防蝕方式。混凝土管防腐蝕處理方式如下：

① 依符合排入公共污水下水道水質標準之污水腐蝕性，考量混凝土管材防腐蝕處理功能性區分為兩類，以達到延長使用年限之目的：

a. 管材本身具有抵抗污水腐蝕之能力，以混凝土管之配比設計及製作，如卜作嵐混凝土管、鋁質水泥混凝土內襯管、全鋁質水泥混

凝土管。

b. 管材本身具有抑制污水中硫黃氧化細菌生成使污水不致產生腐蝕作用之能力，以添加抗菌劑之混凝土製作，如防腐蝕抗菌混凝土內襯管。設計圖規定須防腐蝕處理時，則依其規定；設計圖未規定時，則須依照以下所述之管材，作為防腐蝕處理之最低需求。

表 4.29　國家標準對混凝土管防蝕性之規定

管材簡稱	防蝕處理	規定內容
RCP	使用水泥或添加4.5kg以上抗菌劑的抗菌混凝土	卜特蘭水泥(1)、卜特蘭高爐水泥(2)、卜特蘭飛灰水泥(3)、鋁質水泥(4)防腐蝕抗菌混凝土內襯管
PSCP	使用水泥或添加4.5kg以上抗菌劑的抗菌混凝土	卜特蘭水泥(1)、卜特蘭高爐水泥(2)、卜特蘭飛灰水泥(3)、防腐蝕抗菌混凝土內襯管
PCCP		
PRCP	聚酯樹脂混凝土	CNS14813(埋設用)、CNS14814(推進用)

註(1)： 依 CNS61 規定，卜特蘭水泥分為第Ⅰ型、輸氣第ⅠA 型、第Ⅱ型、輸氣第ⅡA 型、第Ⅲ型、輸氣第ⅢA 型、第Ⅳ型、第Ⅴ型等 8 型。

(2)： 依 CNS3654 規定，卜特高爐水泥分為 Type IS、Type IS-A、Type IS(MS)、Type IS-A(MS)、Type IS(MH)、Type IS-A(MH)、Type IS(MS-MH)、Type IS-A(MS-MH)等 8 型。

(3)： 依 CNS11270 規定，卜特蘭飛灰水泥依飛灰之含量分為 A、B、C 等三類，而原料中之水泥應為符合 CNS61 所規定之第Ⅰ型卜特蘭水泥。

(4)： 依 CNS13548 說明，鋁質水泥混凝土之耐酸鹼 pH 值在 4～11。

② 卜作嵐混凝土管：係以Ⅰ型卜特蘭水泥加上符合 CNS 3036 規定之 50%卜作嵐攙和物，水膠比須小於 0.4，製程以離心澆置。混凝土表面電阻須大於 20kΩ-cm。

③ 鋁質水泥混凝土內襯管：適用於標稱管徑 600mm 以上之混凝土管，在管內壁襯以鋁質水泥混凝土使達到防腐蝕效果，鋁質水泥混凝土之水膠比須小於 0.4，鋁質水泥須符合 CNS 13548 之規定，製程先以Ⅰ型卜特蘭水泥混凝土離心澆置管外層部分，再以鋁質水泥混凝土澆置管內層部分。防腐蝕層之厚度至少需有 35mm，其三氧化二鋁含量須不低於鋁質水泥混凝土量單位重之 5%。

④ 全鋁質水泥混凝土管：適用於標稱管徑 500mm 以下之混凝土管，整支混凝土管之全部水泥使用鋁質水泥，水膠比須小於 0.4，鋁質水泥須符合 CNS 13548 之規定，製程以離心澆置。混凝土管成品之三氧化二鋁含量須不低於鋁質水泥混凝土量單位重之 5%。

⑤ 防腐蝕抗菌混凝土內襯管(屬抑制硫酸菌功能)：在管內壁襯以每立方公尺混凝土添加 4.5kg 以上抗菌劑的抗菌混凝土使達到防腐蝕效果，防腐蝕層之厚度至少需有 35mm，製程先以Ⅰ型卜特蘭水泥混凝土離心澆置管外層部分，再以抗菌混凝土澆置管內層部分。抗菌劑為具有抗菌效果的金屬離子(重量百分比為銀離子 0.12±0.04%、銅

離子 2.40±0.25%)與沸石(矽鋁酸鹽)化學結合而製成的粉體混合材料。

2) 國家標準中，金屬管規定以襯裡或被覆方式防蝕，如表 4.30，但未詳細規定品質之要求，故在國家標準未修改前，應加強規定使用之材料種類、厚度及檢驗方法，方能確保其防蝕性。有關各種金屬管應加強規定內容，如表 4.31。

3) 國家標準中，塑化管係規定浸漬試驗以確保其防蝕性，如無特殊之考量，塑化管可直接使用於污水環境。

表 4.30　國家標準對於金屬管防蝕性之規定

管材簡稱	防蝕處理	規定內容
DIP	襯裡	外部以鋅塗裝外加精整層，內部以鋁質水泥砂漿襯裏；管件及配件須為內、外環氧樹脂塗裝。
SP	塗覆	管內外面塗覆瀝青、煤焦油瓷漆、聚乙烯、水泥砂漿襯裡、油漆等
	被覆	管外面被覆聚乙烯，分為 P1H、P2S、P1F 等 3 種，其中之 P1H 及 P1F 係以被覆為目的，規定有一種厚度；P2S 外層之聚乙烯，係以包裝為目的，規定有被覆及包裝二種厚度
SSP	材質	採用 304、309、310、316、317、321、329、347、405 等種類之不銹鋼

表 4.31　建議金屬管規範應加強規定之內容

管材	防蝕方法	加強規定內容
DIP、SP	水泥砂漿襯裡防蝕	使用鋁質水泥
DIP	環氧樹脂粉體塗裝防蝕	厚度
SP	塗覆方式防蝕	採用乙烯並規定其厚度
SP	被覆方式防蝕	採用 P1H 及 P1F,並依國家標準之厚度辦理

4.12.5 工程數量、工程費及時程計畫

基本(初步)設計階段尚須針對工程數量、工程費及計畫時程進行估算。

解說：

1. 工程數量

工程數量之概估，於基本(初步)設計階段應至少包含設計區域內，各種管徑管線長度及各深度人孔之數量估算，其精確度需足以依據概估工程經費及推算工期為原則。

2. 工程費

污水下水道及其附屬設備之工程，其預算編列組成可分為直接工程費(即發包工程之預算金額)、間接工程費及準備金等 3 種：

(1) 直接工程費

直接工程費為建造工程目的物所需之費用一般名為施工費(即發包工程之預算金額)，依工作性質可分管線及人孔等項(可依設計內容增減工程項目)。此外，勞工安全及衛生費、工程品質管理費、保險費、施工廠商利潤及管理費、營業稅均包含在直接工程費之項目內。

(2) 間接工程費

間接工程費包含物價指數調整款、空氣污染防制費、試驗費、交通維持勤務費、道路挖掘許可及土地鑑界費、地上/地下物管線拆遷復原及排除費、用地補償費、委外服務費及工程管理費等。

(3) 準備金

準備金為設計期間，因所蒐集引用資料之精度、品質和數量等不夠完整、可能的意外或無法預見之偶發事件等狀況，所準備的費用；但不包括超出原設計以外之工程範圍和內容變更所造成之費用增減。準備金之編列按直接工程費之百分比估計，編列標準因各工程性質與類別有所差異，一般按直接工程費之 5～10%估列。

(4) 工程費用概估原則，因於基本(初步)設計階段，應已大致確定佈管路線、管徑及採用工法;亦已概算大項之工程數量,故可概略推估計畫工程費用，以為分標數量及規模之依據。

3. 時程計畫

工期時程計畫，於基本(初步)設計階段，應至少包含分期分標時程計畫及各分標工期概估。為能以最經濟的投資有效提昇污水下水道系統建設之工程效益，可依下列 4 項原則擬定分期分標計畫：

(1)以污水集污系統為分標原則，避免產生過多施工界面。

(2)以人口密集區、道路完善及污水量產生較大之地區優先辦理建設。

(3)鄰近主次幹管或主要支管之大型高層建築或集合式住宅優先辦理用戶接管建設。

(4)分標數量、時間及規模須考慮配合區域年度預算及計畫期程。

各標工期推估需考量開工、設備進場、前置作業、主體工程、場地整理等時間，一般污水下水道工程工期建議工率如表 4.32。

4.12.6 細部設計圖

細部設計階段需繪製污水管線細部設計圖，設計圖則應依工程標案特性自行設計並符合規範要求。

解說：

污水下水道污水管線細部設計圖包括一般圖、管線圖、標準圖、結構圖、用戶接管配置圖、交通維持設施圖、公共管線調查圖及其他圖等，必要之圖名，如表 4.33，僅作為典型之細部設計圖組成之參考用，使用者應依其工程標案特性自行設計並符合規範要求。

4.12.7 施工規範

細部設計階段需依據「公共工程施工綱要規範」內容編寫污水管線適用之專用技術規範，其中「污水管線施工」及「污水下水道用戶接管工程埋設施工」為涉及施工之主體規範，「污水管附屬工作」、「污水管管材」及「污水下水道用戶接管附屬設施」係規定與污水管線收集系統有關之材料製造、數量、尺寸、性質、型式等，使用時須依工程特性需要，自行取捨相關章節內容。

解說：

為改進長久以來國內工程技術資料各行其事之差異現象與不利電子化之工程技術資訊環境，行政院公共工程委員會(以下簡稱工程會)乃落實整編劃一全國工程施工綱要規範、工程項目編碼以及工程項目名詞等標準化及電子資訊化事宜。通過完整版「公共工程施工綱要規範」(以下簡稱完整版)、精簡版「公共工程施工綱要規範」(以下簡稱精簡版)、「公共工程細目碼編訂規則表」、「公共工程綱要編碼」、「公共工程製圖手冊」、「公共工程施工綱要規範使用說明」、「公共工程施工綱要規範編撰說明」、「整合中心出版文件版本機制說明」及「公共工程細目碼編訂說明」等，均屬「公共工程施工綱要規範」(以下簡稱「施工規範」)相關工具性應用之成果公告實施。

「公共工程施工綱要規範」中，將污水下水道管線工程可能用到之規範，屬於 00 篇「招標文件及契約要項」及 01 篇「一般要求」者列為「一般規範」、屬於 02 篇「現場工作」及 03 篇「混凝土」者列為「共同技術規範」，第 02531 章～第 02535 章列為「專用技術規範」，如表 4.34。其中「一般規範」及「共同技術規範」於公共工程委員會彙編22類別專業工程成套應用之施工規範都可引用，並非只限於該表所列部分，而「專用技術規範」網站最新，可適合污水管線工程使用之需要。

表 4.32　工期推估建議準則

前置作業	主體工程施工(施工長度÷工率)	場地整理及竣工
60～120 日	推進工法一般土層工率 2.5～10m/日 推進工法卵礫石層工率 1.0～5.5m/日 推進工法岩層工率 2.0～3.0m/日 明挖工法工率 4.0～8.0m/日 推進工法複合地層工率請參考「下水道推進工法工率檢討分析」報告之計算方式 可依工程規模及計畫特性考量數個工作面執行工程作業內容	14～30 日

註：1.本表僅供參考，依據各地層型態及各不同管徑大小有不同之推進工率。

2.推進工率每日以 8 小時計。

3.前置作業時間包含補充地鑽探、地下管線施工前會勘、工作井試挖、相關材料驗廠及檢(試)驗、計畫書送審、交維計畫申請及核准、道路挖掘許可證申請、鄰房現況鑑定等。

表4.33　污水下水道管線細部設計圖組成

分類	圖名
一般圖(G 圖)	封面
	圖名及圖號索引
	索引及圖例
	計畫範圍圖
	工程總平面圖應依其工程標案特性自行設計並符合規範要求
	鑽探平面位置及柱狀圖
	工程施工位置圖及一般說明
管線圖(P 圖)	平面配置圖
	管線平面圖及縱斷面圖
	管線資料表
	工作井、人孔資料表
標準圖(STD 圖)	明挖及擋土設施示意圖
	短管推進設施標準圖及圓形覆工板參考圖
	RC 預鑄人孔標準組立示意圖
	RC 預鑄人孔組件大樣示意詳圖
	RC 預鑄人孔接頭與踏步詳圖
	人孔及陰井框蓋示意圖
	矩形人孔詳圖
	豎坑式圓形工作井詳圖
	圓形推進坑、到達坑與人孔詳圖
	沉設式圓形工作井施工及人孔座詳圖
	沉設式矩形工作井施工及人孔詳圖
	鋼襯板工作井參考圖
	鋼襯板工作井附屬設施參考圖
	鋼襯板工作井覆蓋板設施參考圖
	跌落管設施、導水槽示意圖
	接入既有人孔參考圖
	安全監測設施及配置示意圖
	施工安全及交通維持設施詳圖
	活動式圍籬及工程告示牌詳圖
	場鑄沉箱配筋圖
	沉箱刃口及蓋鈑配筋詳圖
公共管線調查圖(U 圖)	公共管線調查平面圖(可放入平面配置圖內)
建築圖、機電及儀控圖	如揚水站、壓力管線細部圖及其他如電力單線圖、P&ID 圖等

表 4.34　污水管線工程所需之施工規範章節彙總表

一、一般規範		二、共同技術規範(續)	
編號	章節名稱	編號	章節名稱
第 00700 章	一般條款	第 02260 章	開挖支撐及保護
第 00370 章	施工廠商初步計畫及施工計畫	第 02266 章	連續壁
第 01310 章	施工管理及協調	第 02291 章	工程施工前鄰近建築物現況調查
第 01320 章	施工過程文件紀錄	第 02300 章	土方工作
第 01321 章	施工照相與攝(錄)影	第 02316 章	構造物開挖
第 01330 章	資料送審	第 02317 章	構造物回填
第 01421 章	規範定義	第 02319 章	選擇性回填材料
第 01450 章	品質管理	第 02323 章	棄土
第 01500 章	施工臨時設施及管制	第 02361 章	土質改良
第 01510 章	臨時設施	第 02463 章	鋼板樁
第 01523 章	施工安全衛生及管理	第 02475 章	沉箱
第 01532 章	開挖臨時覆蓋板及其支撐	第 02726 章	級配粒料底層
第 01556 章	交通維持	第 02742 章	瀝青混凝土鋪面
第 01564 章	施工圍籬	第 02745 章	瀝青透層
第 01572 章	環境保護	第 02747 章	瀝青黏層
第 01574 章	勞工安全衛生	第 02764 章	標記
第 01583 章	工程告示牌及工地標誌	第 02898 章	標線
第 01610 章	基本產品需求	第 02952 章	道路維護及復舊
第 01701 章	構造物之一般要求	第 02961 章	瀝青混凝土面層刨除
第 01725 章	施工測量	第 02996 章	再生瀝青混凝土鋪面
第 01740 章	清理	第 03050 章	混凝土基本材料及施工一般要求
第 01773 章	竣工驗收要項	第 03053 章	水泥混凝土之一般要求
第 01781 章	竣工文件	第 03054 章	水泥混凝土構造物
二、共同技術規範		第 03110 章	場鑄結構混凝土用模板
編號	章節名稱	第 03210 章	鋼筋
第 02209 章	試挖	第 03310 章	結構用混凝土
第 02210 章	地下調查	第 03410 章	工廠預鑄混凝土構件
第 02220 章	工地拆除	第 03377 章	控制性低強度回填材料(再生粒料)
第 02231 章	清除及掘除	三、專用技術規範	
第 02240 章	祛水	編號	章節名稱
第 02251 章	地下構造物保護灌漿	第 02531 章	污水管線施工
第 02252 章	公共管線系統之保護	第 02532 章	污水管附屬工作
第 02253 章	建築物及構造物之保護	第 02533 章	污水管管材
第 02255 章	臨時擋土樁設施	第 02534 章	污水下水道用戶接管工程埋設施工
第 02256 章	臨時擋土支撐工法	第 02535 章	下水道用戶接管附屬設施

依據「公共工程施工綱要規範」內容編寫污水管線適用之專用技術規範，其中「污水管線施工」及「污水下水道用戶接管工程埋設施工」為涉及施工之主體規範，「污水管附屬工作」、「污水管管材」及「污水下水道用戶接管附屬設施」係規定與污水管線收集系統有關之材料製造、數量、尺寸、性質、型式等，使用時須依工程特性需要，自行取捨相關章節內容。相關施工規範章節名稱如下：

1. 第 02531 章--污水管線施工

說明有關污水管明挖或推進施工及其材料設備之供應、檢驗、試水等相關規定。

2. 第 02532 章--污水管線附屬工作

說明有關污水管附屬工作包括人孔及陰井、人孔蓋及蓋座、塑膠包覆人孔踏步、人孔跌落管、人孔撓性接頭等材料設備之供應、檢驗及安裝相關規定。

3. 第 02533 章--污水管管材

說明有關符合排入公共污水下水道水質標準之污水用管網管材設備之供應、試驗及其他相關規定。

4. 第 02534 章--污水下水道用戶接管工程埋設施工

說明有關下水道用戶接管埋設施工及其材料設備之供應、安裝、檢驗等及相關規定。

5. 第 02535 章--下水道用戶接管附屬設施

說明有關下水道用戶接管工程附屬設施及其附件之供應、安裝、檢驗等及相關規定。

上述之規範內有部分內容以[　]號表示者，應由使用者依其工程特性需要，自行填入或修改文字或數值。

4.12.8 工程估價

污水下水道管線工程之建設分為規劃、設計及施工 3 個階段，本節工程估價所規定者係以細部設計階段中之工程預算編列為適用對象。

解說：

預算書之編制，參考「公共污水下水道管線設計手冊」之建議如下：工程預算書之編撰，須於封面及各頁編制欄位核蓋公司大小章，並依據工程會 98 年 12 月 2 日工程技字 09800526520 號函示，設計單位於工程預算書封面或內容首頁簽署並加蓋技師執業圖記；且全份文件應裝訂成冊、編目錄及頁碼並加蓋騎縫章，另依工程會 108 年 11 月 6 日工程技字第 1080201267 號令，提送之圖樣及書表逾 1 份時，技師應於其中 1 份簽署並加蓋執業圖記，其餘各份得採影印，及與首頁簽署並加蓋執業圖記。

各級政府機關辦理污水下水道及其附屬設備之工程，預算編列組成可分為直接工程費(即發包工程之預算金額)、間接工程費、準備金及物價指數調整款等。

其中直接工程費之估算方法(含工程項目、單位、計價基礎及影響因素等之

說明)詳見表 4.35；間接工程費之估算方法詳見表 4.36。

表 4.35　污水下水道管線及其附屬設備直接工程費估算方法表

工 程 項 目	單位	計價基礎及影響因素	備　　註
一、施工費			
1.路面切割費	m	按工作井開挖範圍周長計列	
2.機械及人工挖方	m^3	依工作井開挖土方量計列	
3.路面復舊	m^2	含面層刨除，臨時路面鋪設，完工後道路重鋪	
4.推進管線	m	(1) 按設計長度估算。 (2) 單價依管材、管徑、地質、深度、施工法(推進施工法、特殊結構施工法(例：倒虹吸管)等)而定。	
5.推進井及到達井	處	(1) 按設計數量(處)估算。 (2) 單價依工作井形式(矩形工作井、圓形工作井等)、尺寸、深度(圓形工作井標示鋼環「內開挖深度」；矩形工作井標示「擋土設施內開挖深度 m」)及支撐拔除與否而定。	
6.人孔	個	(1) 場鑄人孔實做數量估算。 (2) 預鑄人孔分別按底座、各種長度之短管、頂部組件、調整直管部組件、中間部組件及底部組件等之個數估算。 (3) 單價依型式、孔徑、深度、施工方法等而定。	推進工法其人孔建造可利用既設之工作井加以改造
7.明挖管線	m	(1) 按設計長度估算。 (2) 單價依管材、管徑、埋深等而定。 (3) 抽排水費。	含管材、施工
8.雜項工程費	式	需按實編列(含施工圍籬、臨時水電、工程告示牌、安全監測、施工中抽排水、土石方處理、障礙物處理、GIS 屬性建置作業、材料堆置場地使用費、公共工程維護管理設置費、鄰屋調查及汛期防災處理費等)	約上述(1.至 7.項)和之 3～5%估列
二、勞工安全衛生費	式	按一、之 1～3%估列	可按實編列，分為「勞工安全衛生措施費」及「勞工安全管理費」，分別以「式」及「月」計價，但須詳列單價分析。
三、交通維持費	式	按一、之 0.5～1.5%估列	可按實編列，分為「交通安全措施費」及「交通維持管理費」，分別以「式」及「月」計價。
四、環境保護	式	按一、之 0.5～1%估列	可按實編列，「環境保護費」以「日」計價，其單價分析應包含「空氣污染防制」、「振動噪音防制」、「水污染防制」、「廢棄物清理」等子項單價分析，該子項單價分析皆以「式」計價。
五、品質管理費及試驗費	式	(1) 品質管理費按一、之 0.6%～2%估列。 (2) 工程材料試驗費按實編列，或併入各單項工程中不再單獨提列。	
六、施工廠商利潤	式	按一～五合計之 4～8%估列	
七、施工廠商管理費	式	按一～五合計之 3%～5%估列	
八、保險費	式	按一、之 0.8～3%估列	檢據核銷
九、營業稅	式	按一～八合計之 5%估列。	

表 4.36　污水下水道管線及其附屬設備間接工程費及估算方法表

工程項目	單位	計價基礎及影響因素	備註
1.物價指數調整款	式	依契約規定	
2.空氣污染防制費	式	依「空氣污染防制費收費辦法」相關規定予以編列	
3.二級品管費及試驗費	式	按工程施工費用 0.06%～0.2%估列或依各機關需求予以編列	
4.地上/地下物、管線拆遷復原及排除費	式	依計畫需要予以編列	
5.道路挖掘許可費	式	依計畫需要予以編列	
6.土地鑑界費及用地補償費	式	依計畫需要予以編列	
7.其他工程費	式	依計畫需要予以編列	
8.委外服務費	式	委外規劃設計費： 按直接工程費之 3.2～5.9%估列	依政府採購法－機關委託技術服務廠商評選及計費辦法估列
	式	委外監造費： 按直接工程費之 2.4～4.6%估列	依政府採購法－機關委託技術服務廠商評選及計費辦法估列
9.準備金	式	按直接工程費之 5～10%估列	
10.工程管理費	式	按工程管理費提列計算表估算	依中央政府各機關工程管理費支用要點規定估列

以上資料係提供作業之參考，實際編列時應依設計內容及各機關所訂標準，自行酌量。

4.13 污水下水道壓力管線系統

輸水系統有兩種類型：重力系統和壓力系統，如圖 4.70。重力系統是標準的輸水系統。但是，如果待開發地區的地形和地質條件，採重力系統在施工性、經濟性等方面存在問題，也可考慮壓力系統，並加以綜合考慮，還應全面審查壓力系統。

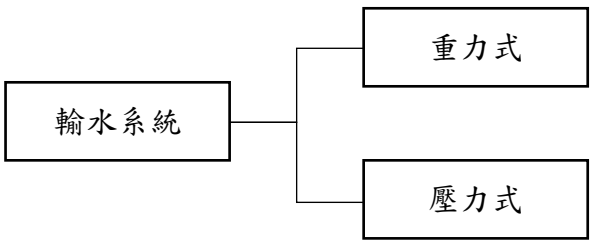
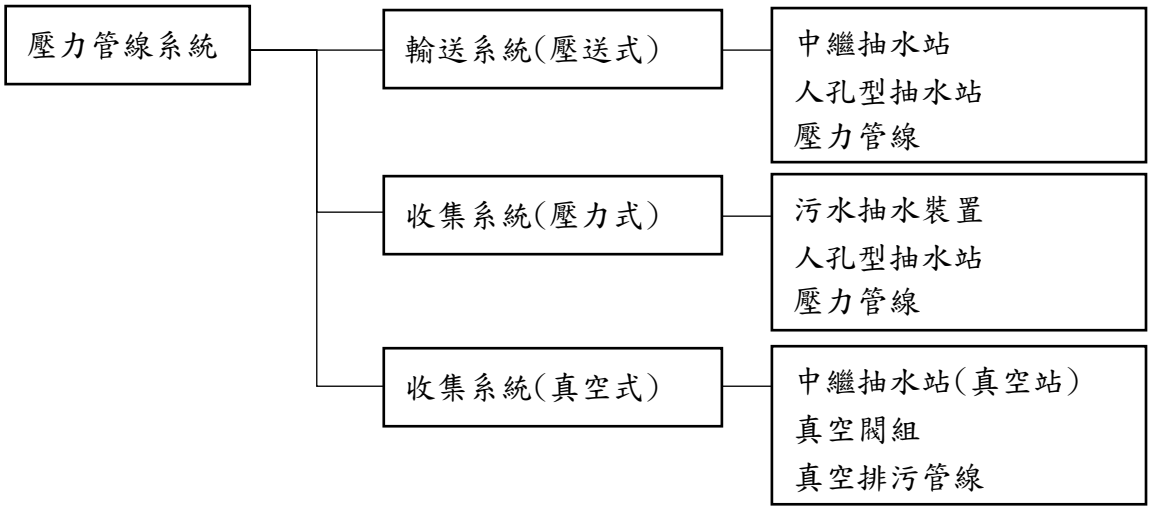


圖 4.70　輸水系統的分類

壓力管線系統分為輸送系統和收集系統，而收集系統又分為壓力式和真空式。每個系統都由設備和設施組成，如人孔型抽水站、帶破碎機構的小型沉水抽水機(以下簡稱粉碎抽水機)裝置和真空閥裝置(如圖 4.71)。



註：對於輸送系統的中繼抽水站(壓送式)，請參考第五章。

圖 4.71　壓力系統的類型

對人孔型抽水站、污水抽水導管、真空閥組等設施，要進行日常和定期檢查。由於管渠的壓力條件，很難對運輸和收集各種壓力系統的管渠進行攝影調查等，因此有必要採取適當的維護和管理措施。

此外，還要考慮停電和災害發生時的風險對策。

4.13.1 壓力管線系統

壓力管線系統有兩種類型，包括輸送系統的壓力泵送系統和收集系統的壓力和真空系統，這兩種系統都是為了處理污水。在選擇系統時要考慮以下項目，在重建的情況下，除了上述內容外，還應考慮維護管理方面的資訊。

1. 壓力系統的選擇

除了每種方法的特點外，還應考慮待開發地區的規模、重要性、地形、地質和社會條件，並包括重力式進行比較，以選擇合適的方法。

2. 風險管理措施

風險對策選擇的前提是，採取壓力管線的一分為二和網絡化、儲備臨時抽水機、保證設備和材料的供應商等措施。

解說：

壓力管線系統，是利用正壓和負壓收集和輸送污水的系統。在重建時，應考慮根據堵塞和維修頻率、維護成本和其他維護資訊來選擇合適的管渠系統。

1. 壓力系統的選擇

從家庭和企業收集污水，並將其輸送到抽水站和處理廠的管線系統，可分為運輸系統和收集系統，如圖 4.72。定義如下。

輸送系統:將收集系統收集的污水輸送到處理廠的管線和抽水站的總稱，處理廠主要配備有重力式或壓力式系統。

收集系統：主要包括直接接收來自源頭的污水而安裝的管線等，並採用

重力、壓力或真空系統建造。

標準的輸水系統是重力系統，但根據地形、地質和社會條件(建築形式、施工限制、施工期等)，使用正負壓的壓力系統可能更有利，所以也應充分考慮。以下是可以考慮壓力系統類型的例子。

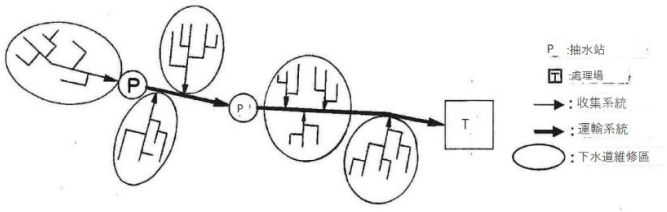


圖 4.72　下水道管線系統的分類示意圖

(1) 如果待開發地區有以下特點，應進行輸送系統(壓送式)的比較研究。

1) 將污水從一個集污區輸送到另一個集污區或處理廠時，或因人口減少而重組或擴大集污區時。

2) 當低窪地區的污水以重力的方式收集，然後送到高地地區的處理廠。

3) 當運輸距離很長時。

4) 埋設深度因過河等原因發生變化時(如過河下、過河上等)。

5) 當有許多起伏和集污區不連續時，或經過無人居住的地區時。

6) 當地質條件使深埋變得困難時。

7) 由於道路條件(寬度、交通量等)或地下埋設條件限制時。

決定採用輸水方式，應了解每種方法的特點，並對以下項目進行比較和討論。

1)施工性。

2)建設和維護費用。

3)維護和檢查工作。

4)應急措施(管渠堵塞、停電時的事故對策等)。

5)重建時應採取的措施。

6)其他。

(2) 如果開發地區有以下特點，應進行收集系統(壓力式或真空式)的比較研究。

1) 由於地形、地理條件、地面和土壤特性，污水處理系統發展被推遲的地方。

2) 人口快速增長實際污水量超過規劃污水量，導致管線容量不足的情況。

3) 地下埋設物太厚，難以設置重力管線，或即使可以埋設，但建設成本太高。

4) 季節性人口波動嚴重的地方，如度假區。

5) 因景觀和自然保護，不能埋設大口徑管線的場所。

6) 在初始投資較少且有分階段建設計畫的地方

7) 希望下水道系統盡快開始運作的地方。

8) 人口密度低的地方。

9) 需要設置合流系統的地方。

(3) 重力式和壓力式各送水方式的特性，如表 4.37。

2. 風險管理措施

在許多情況下，壓力式系統的維護和管理，已經建立在日常和定期檢查的基礎上。壓力式系統要接受日常和定期檢查，而壓力管線往往沒有進行維護和管理，已經有報告指出，由於管線損壞、接頭錯位和其他問題，未經處理的污水流入公共水體。

鑑於壓力管線將來有可能因老化或地震造成損壞，建議採取以下措施，防止未經處理的污水排入公共水體。

與重力式系統相比，壓力管線在正常情況下，更難檢查、調查和維護，有必要採取措施，防止壓力系統在無意中損壞。透過將壓力管線改成雙線系統、網絡等，提高其抗震能力。最好在正常時間內進行檢查和調查等維護管理，並根據這些檢查和調查的結果，採取防止老化的措施。

在過去地震、海嘯和內部洪水破壞中，有許多是壓力式管線系統的故障。其中特別是抽水設施需要電力供應，由於洪水和其他原因造成的停電，以及由於控制面板故障造成的抽水功能停止，因此，在選擇壓力管線系統的前提下，有必要儲備攜帶式應急供電設施和臨時抽水機，作為應急救災物資和設備，或保障上述各項物資和設備的採購等措施。

表 4.37　各種送水方式的特性彙整表

	重力式	壓力式		
	輸送系統及收集系統	輸送系統	收集系統	
		壓送式	壓力式	真空式
收集輸送原理	透過重力收集和輸送污水	透過中繼抽水站和人孔型抽水站抽送污水	污水由研磨泵或人孔式泵站加壓收集	利用真空的負壓收集污水
標準設施配置	個人用戶排水設備安裝、分支管、管線和人孔	中繼抽水站、人孔型抽水站和壓力管線	為單個或多個用戶服務的污水抽水裝置和人孔型抽水站及壓力管線	個人或多個用戶的真空閥組和真空排污管線和中繼抽水站(真空站)
管　　徑	一般為ϕ150mm 以上 (特定條件下可用ϕ100mm)	中繼抽水機的孔徑以上 (一般為ϕ75mm 以上)	污水抽水機的孔徑以上 (一般為ϕ30-150mm 以上)	一般為ϕ100 至 250mm
管　　材	高密度聚氯乙烯管 強化塑料複合管 樹脂混凝土管	聚乙烯管 高密度聚氯乙烯管 延性鑄鐵管	聚乙烯管 高密度聚氯乙烯管 延性鑄鐵管	聚乙烯管
埋設深度	據地形、障礙物等情況，可能會更深	可以埋在淺層中		可以埋在淺層，達到幾乎固定的深度。
地形條件	影響大。	可在各種地形條件下使用		只要能保持真空度，就適用於連貫的區域
電　　源	不需要	中繼抽水站和人孔型抽水站需要	每個污水抽水單元和人孔型抽水站都需要	中繼抽水站需要
建　設　費	因地形條件有很大差異	根據地形條件，可能比其他方法更便宜。		
維護管理費	相對容易維護，沒有動力成本	需要中繼抽水站等維護和電力費用	污水處理抽水機組等需要維護和動力費用	真空閥組、中繼抽水站等維護和動力費用

註：壓力式收集系統(壓力式)中的人孔型抽水站規格等，詳見左欄的運輸系統(壓送式)。

4.13.2 輸送系統(壓送式)

輸送系統(壓送式)係對收集的污水進行加壓，並將其輸送到處理廠或重力式系統的管線設施。該系統由一個中繼抽水站、一個人孔型抽水站和一個壓力管線組成。

在規劃和設計輸送系統(壓送式)時，應考慮以下幾點，在重建的情況下，除上述情況外，最好使用適當的輸送系統(壓送式)，並考慮維護和管理等方面的資訊。

1. 配置規劃

在規劃管線和抽水站的配置時，應選擇適當的輸送系統類型，並考慮便於施工、維護和管理及經濟效益等因素。

2. 人孔型抽水站規劃和設計應考慮重點

人孔型抽水站規劃和設計，應考慮以下幾點。

(1) 規劃的合理性和經濟性

規劃人孔型抽水站，應從長遠角度充分考慮規劃合理性和經濟效益。

(2) 可維護性

人孔型抽水站設計應簡化設施，並考慮維護和管理。

(3) 型式

人孔型抽水站包括揚水站和抽水站。

3. 壓力管線規劃和設計應考慮重點

壓力管線規劃和設計，應考慮以下幾點。

(1) 設計水壓

由於內部壓力作用於供壓管線，結構和材料應能充分抵禦設計水壓，包括水錘壓力。

(2) 流速

Hazen-Williams 公式用於流量計算，原則上最小流速為 0.6 m/sec，最大流速為3.0 m/sec。

(3) 閥門

在管線的適當位置安裝污水隔斷閥、氣動閥等。

(4) 防止硫化氫的措施

考慮防止硫化氫的措施。

解說：

有關輸送系統(壓送式)，可參考第五章。小規模抽水站，可參考「小規模下水道計画・設計・維持管理指針と解説」(日本下水道協会，2004)。

在重建抽水站時，應根據堵塞、維修頻率、維護和管理資訊，如維護費用等，選擇合適的輸送系統(壓送式)。

1. 配置規劃

如果在一個待開發的地區，需要一個以上的抽水站，有必要從以下類型的壓力輸送系統中，選擇一個合適的輸送系統類型。

(1) 單一壓送型

每個抽水站都要單獨輸送到處理廠(如圖 4.73)。

(2) 多重壓送型

通過壓送進入主供壓管線的一種中途流入型式(如圖 4.74)。

並注意每個抽水站的總揚程計算，應考慮所有抽水站同時運轉的情況。

換句話說，從 P1 到 P2 匯合點的壓力損失，是用流量(Q1)計算。

從 P2 到 P3 匯合點的壓力損失，是用流量(Q1+Q2)計算。

從 P3 到處理廠的壓力損失，是用流量(Q1+Q2+Q3)計算。

但是，如果抽水站 P2 和 P3 的運轉時間很短，而且主線上的抽水站 P1 也是間歇性地運轉，這就不適用。

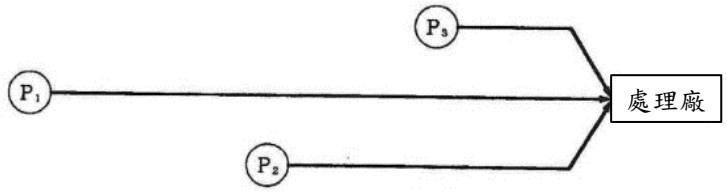


圖 4.73　單一壓送型

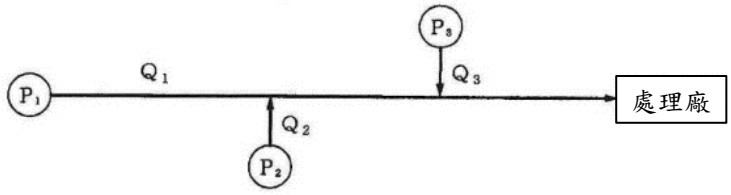


圖 4.74　多重壓送型

(3) 多段壓送型

透過每個抽水站進行分段抽水的型式(如圖 4.75)。

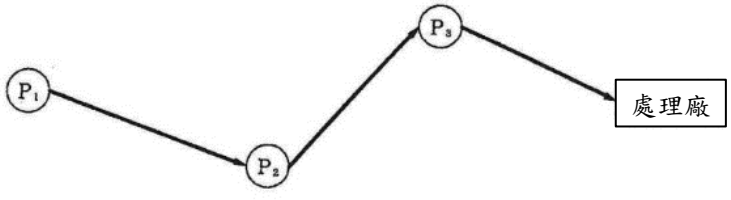


圖 4.75　多段壓送型

(4) 壓送/重力流組合型

壓送到一半，然後透過重力流進的型式(如圖 4.76)。

並注意根據地形條件，可能會有重力管線壓力流的型式流入。

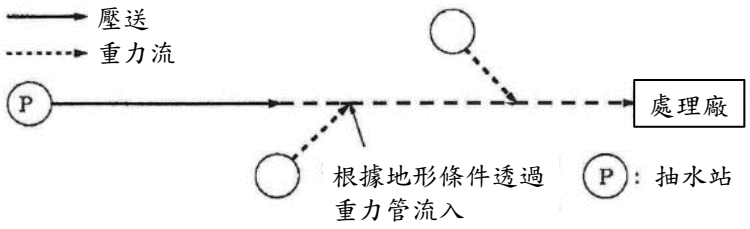


圖 4.76　壓送/重力流組合型

2. 人孔型抽水站規劃和設計應考慮重點

有關人孔型抽水站的規劃、設計、施工和維護的資訊，可參考「下水道マンホールポンプ施設技術マニアル(下水道新術推進機構，1997 年)及「下水道マンホールポンプ施設の改築計画に関する技術資料」(日本下水道新技術機構，2015 年)。

(1) 規劃的合理性和經濟性

人孔型抽水站用於高效能污水處理發展，必須進行有效的規劃，充分考慮到整個污水輸送系統的合理性和經濟效益。

還需要對與重力式系統比較，以及需安裝人孔型抽水站的數量進行徹底評估。對於人孔型抽水站的維護管理資訊，如因停電等原因造成的故障或停止運轉，以及在改建或提高排水能力時，應考慮取消人孔型抽水站，包括增設補充管線等設施。

在規劃人孔型抽水站時，有必要了解整個上下游系統，以構建一個穩定的污水輸送系統，防止污水逆流或溢出造成事故。

如果需要採取防止水錘的措施，建議在抽水機上加裝飛輪或縮短抽水距離以防止水錘。由於人孔型抽水站沒有預處理設施，有必要根據現場條件，選擇結構允許異物通過的抽水機，但要注意抽水效率的降低。此外，考慮到在停電情況下的快速反應，控制面板應配備一個緊急電源的插座。

在改建人孔型抽水站時，應考慮減少維護和管理成本，如電力和通訊費用，而不是簡單地更新。

(2) 可維護性

人孔型抽水站的基本概念，是透過簡化設施來減少維護和管理的負擔，設施的設計應盡量減少其功能。

在人孔型抽水站中，人孔本身涵蓋沉澱池、抽水井和浮渣坑的功能，因此，形狀和配置應考慮到人孔內的清潔。特別是當人孔安裝在公共道路下時，考慮到抽水機的裝卸和清潔，人孔蓋應放在道路的人行道一側，同時考慮到維護和管理，也應確定控制板的位置。

如果在過去的維護資訊中發現有異物造成堵塞，那麼安裝一個攔污籃或類似的東西是有效的。考慮到人孔型抽水站的維護和管理，抽水機安裝、

拆卸裝置,應採用耐腐蝕材料,根據現場條件,也應考慮使用污水抽水機。在發生故障等情況下，可以使用管線的上游儲存。

(3) 型式

1)人孔型抽水站配置範例

參考人孔型抽水站配置實例,組裝好的人孔應具有足夠強度和水密性的結構，符合安裝條件。為了減少人孔中浮渣的產生，可以考慮在人孔底部安裝一個預攪拌坑或集水坑,並安裝有坑內清洗系統的沉水抽水機(如圖 4.77)。

2)揚水站

在相對平坦的地形上鋪設管線，當管線較長時,所需的坡度可能會使管線埋設的深度明顯偏深，這是不經濟的。在這種情況下，用於適當位置抽水使埋深變淺的人孔型抽水站，稱為揚水站。

在選擇揚水站的安排和位置時,應徹底比較系統的建設和維護成本。揚水站的特點是總揚程比較小，其中大部分是實揚程(如圖 4.78)。

由於抽水機的排出量(抽水機運轉時單位時間內的水量),一般大於揚水站的流入量,抽水機排出的污水在揚水站的下游流入下游的管線，因此，在設計下游管線設施時，需考慮抽水管線的排放。

3)抽水站

當管線建在相對起伏的地形上時,有必要將污水從低處抽到高處。此外,污水的重力流使管線更長,在短距離內抽送污水可能更有效率。用於將污水抽到所需位置的抽水站，稱為壓力抽水站。

抽水站的特點是,總水頭是一個相對較大的數值,因為輸水管線的水頭損失被加到實際水頭上(如圖 4.79 和圖 4.80)。

抽水站的情況與揚水站一樣,在設計重力管線時,必須考慮到抽水管線的排放。

3. 壓力管線規劃和設計應考慮重點

(1) 設計水壓

壓力管線的設計水壓，由靜水壓力和水錘壓力組成，如圖 4.81。當靜水壓力是全揚程時的水壓,水錘壓力應透過計算確定,如果不使用計算,靜水壓力小於 0.44MPa(4.5kgf/cm^2)，則為靜水壓力的 100%，如果靜水壓力為 0.44MPa(4.5kgf/cm^2)或以上，則為靜水壓力的 60%或者 0.44MPa(4.5kgf/cm^2)取較大者。水錘壓力設計計算，請參考§5.4.9。

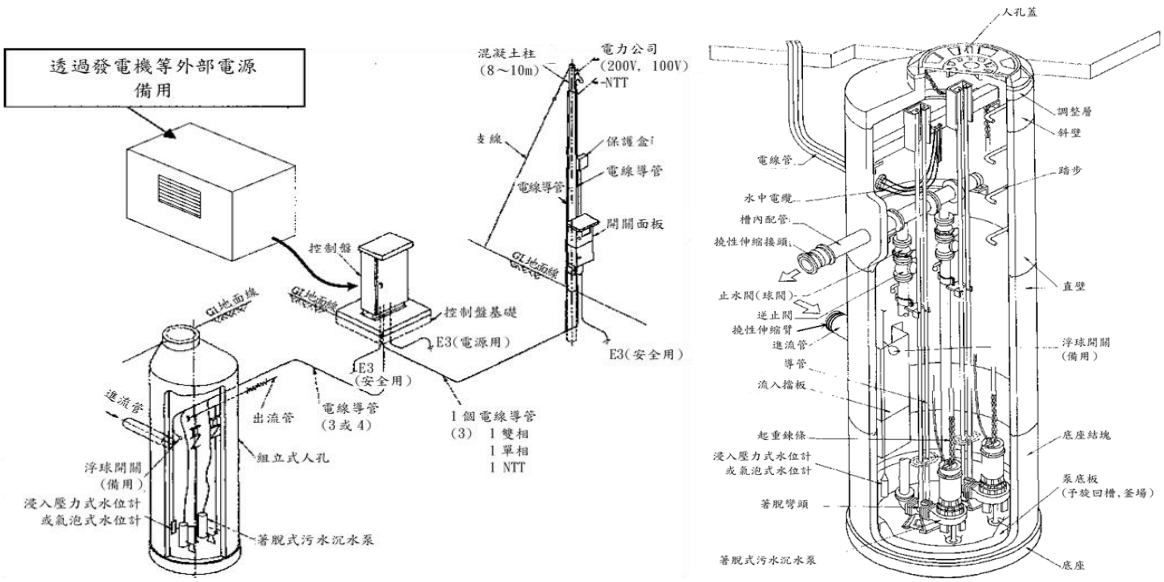
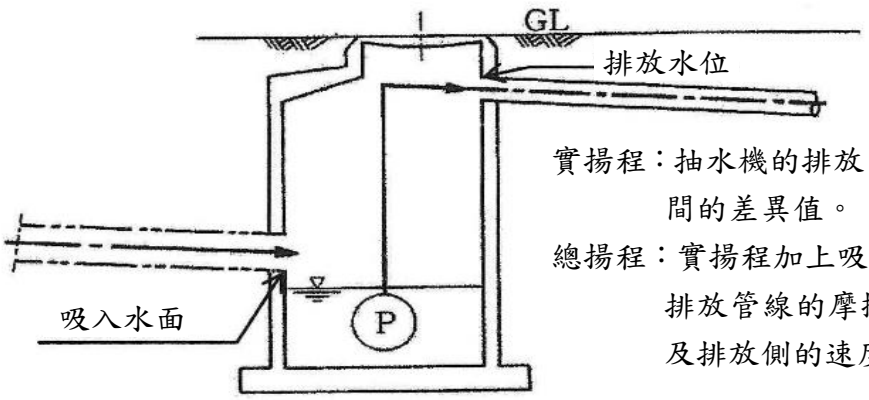


圖 4.77　人孔型抽水機的配置範例



實揚程：抽水機的排放面和吸入水面之間的差異值。

總揚程：實揚程加上吸水管線、閥門和排放管線的摩擦水頭損失，以及排放側的速度水頭損失。

圖 4.78　揚水站的範例

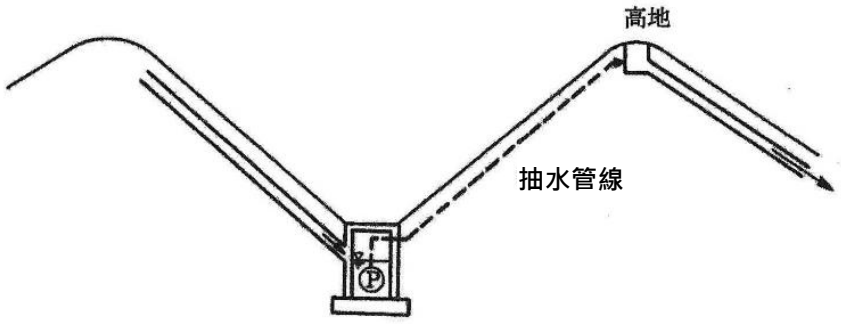


圖 4.79　抽水站的範例

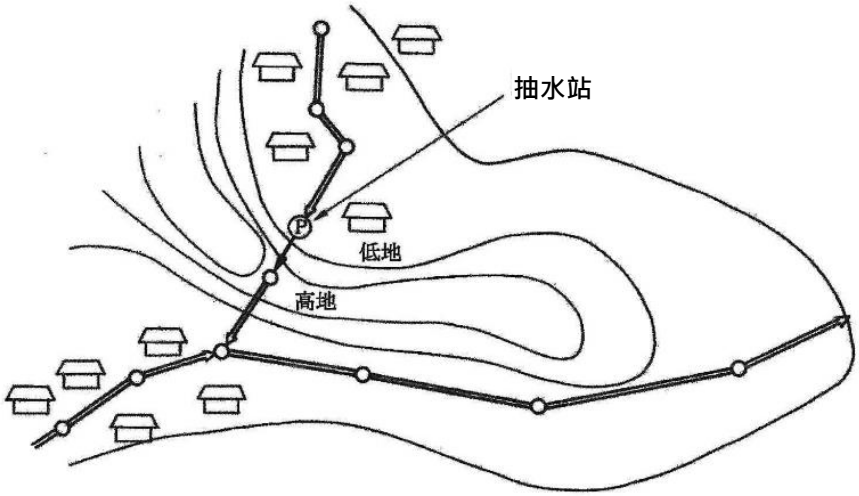


圖 4.80　使用抽水站的地形範例

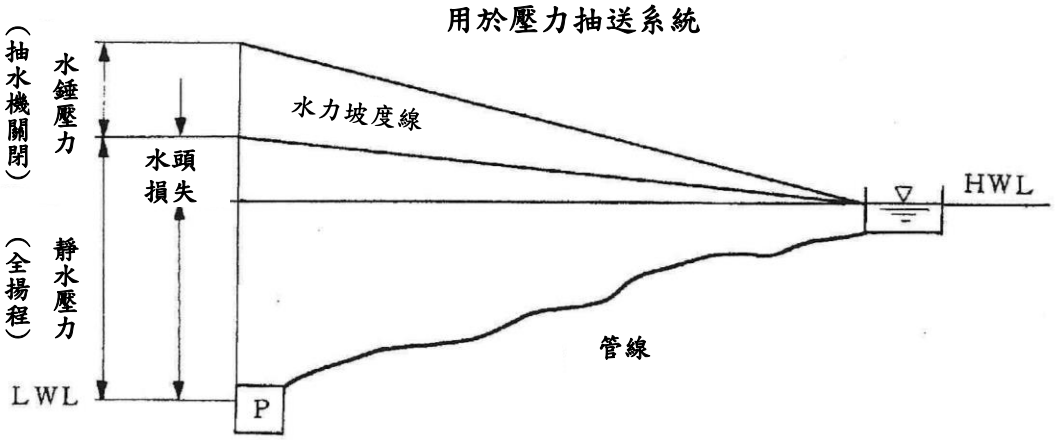


圖 4.81　靜水壓力和水錘壓力

(2) 流速

一般來說，Hazen-Williams 公式係用來計算壓力管線的流量，管渠內的最小流速應為 0.6m/sec，以防止沉積物堆積，最大流速應為 3.0m/sec 左右，以防止損壞管壁、內壁砂漿襯裡、塗料等。

由於摩擦損失水頭隨著流速的增加而增加，還應該考慮管徑和流速之間的關係，以確保選擇較經濟的抽水機。

(3) 閥門

為了維護和管理壓力管線和抽水站，應根據管線走向在適當位置安裝閘閥、管線切換閥、排水閥、逆止閥、吸排氣閥等。可參考「圧送方式による下水道管渠施設設計および維持管理マニュアル」(下水道压送管渠研究会，2002 年)及「下水道幹線圧送検討資料集」(建設省土木研究所，1994 年)。

(4) 防止硫化氫的措施

因為污水與空氣隔絕，污水的厭氧反應發生在壓力管線中，這時污水中的硫酸鹽被微生物還原為硫化物，硫化物在壓力管線的末端和其他地方，以硫化氫的形式釋放到大氣中，在該處再被微生物轉化為硫酸。硫化氫會產生異味，硫酸會導致混凝土設施的惡化，因此，建議對減壓區的管線和人孔採取防止硫化氫的措施，如防腐蝕措施。需要注意的是，如果管徑或抽水機的容量與目前污水量相比過大，水就會被間斷地抽出，導致污水分解，也會腐蝕管線和人孔。

壓力管線的排放點被視為"腐蝕風險大的位置"，依日本下水道法規規定，至少每五年檢查一次(「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン―2015 年版-」(国土交通省水管理・国土全局下水道部，2015 年)。下水道的維護和管理，可參考「下水道維持管理指針」(日本下水道協会，2014 年)予以充分考慮。

4.13.3 收集系統(壓力式、真空式)

收集系統分為壓力式和真空式。改建時，收集系統應根據維護和管理資訊等，採用適當的壓力類型(壓力式或真空式)。

1. 收集系統(壓力式)

收集系統(壓力式)是將污水加壓，並立即收集和輸送到處理廠或重力流管渠設施的系統。該系統由以下設施組成。此外，還有一個人孔型抽水站。

(1) 污水抽水裝置(抽水設施)

(2) 壓力管線

2. 收集系統(真空式)

收集系統(真空式)是通過導管內產生的真空壓力與大氣壓力之間的差值來抽吸、收集和輸送污水的系統。該系統由以下設施組成。

(1) 中繼抽水站(真空站)

(2) 真空閥組

(3) 真空排污管線

解說：

收集系統(壓力式和真空式)暫時儲存住戶等排出的污水，並通過抽水設施對污水加壓，將其收集並輸送到處理廠或重力管線設施等。

改建時，最好是根據堵塞、維修的頻率、維護成本和其他維護管理資訊，選擇合適的壓力管線收集系統。

1. 收集系統(壓力式)

壓力式收集系統為與自來水系統相反的系統，自來水系統具有單一的壓力流入點及數個流出點。而壓力式收集系統則具有數個壓力流入點，而僅有單一的流出點。

壓力式收集系統，係以人孔型抽水站收集低窪地區之家庭污水，從單獨

各戶或數戶流出之污水收集至抽水機單元，先以口徑 30～40㎜之磨碎式抽水機壓送至直徑 50～150㎜ 之壓力幹管，再流至污水處理廠。磨碎式抽水機單元，包括貯留槽、磨碎式抽水機、配管閥類、水位控制浮球及控制盤，如圖4.82。壓力式收集系統概念圖，如圖 4.83。壓力式收集系統主要組成，如圖4.84。

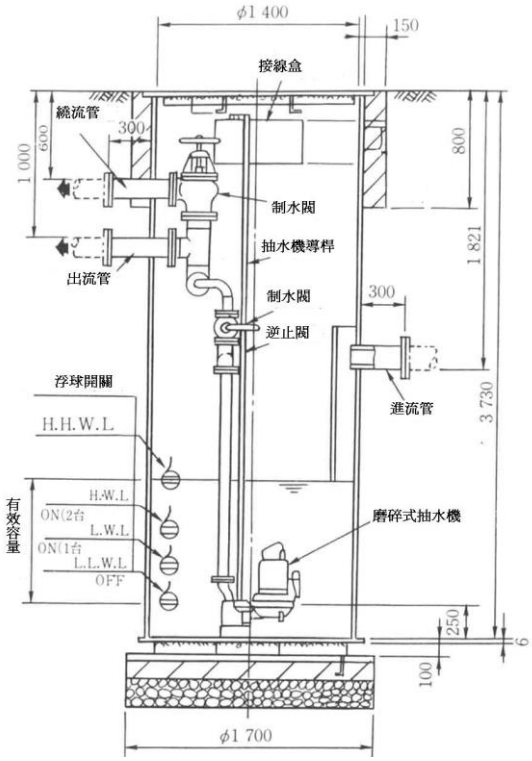


圖4.82　磨碎式抽水機單元斷面圖

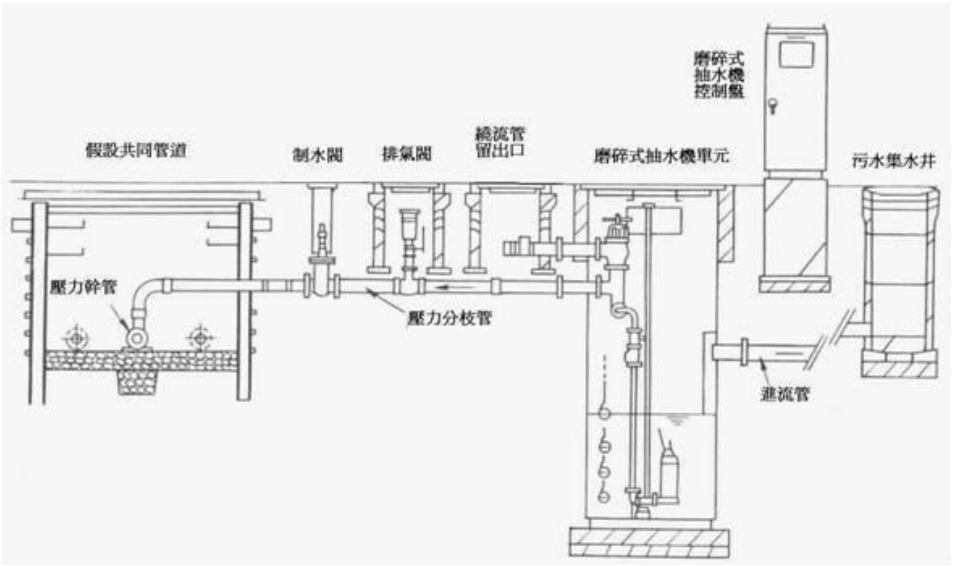


圖4.83　壓力式收集系統概念圖

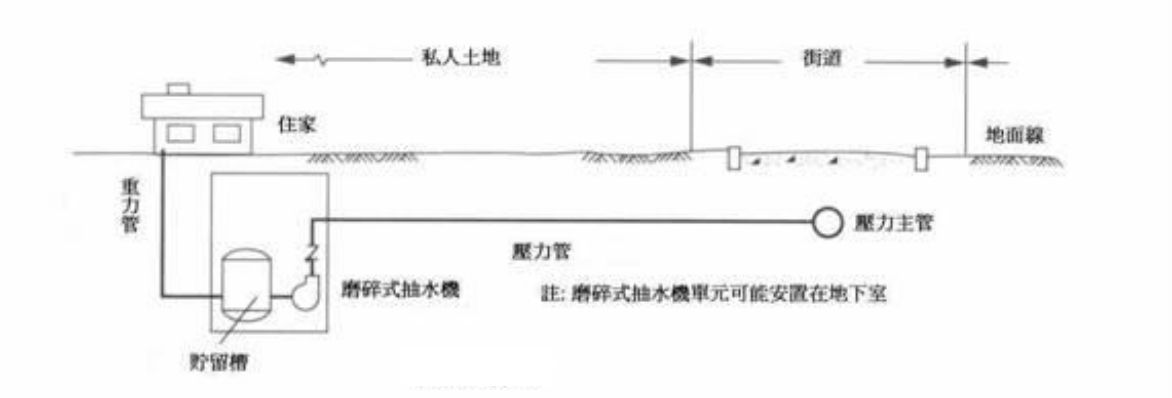


圖4.84　壓力式收集系統主要組成圖

(1) 壓力式下水道適用地區

1) 住戶分散，收集管線長的地區。

2) 地形複雜，以重力方式收集困難的地區。

3) 岩石地質挖掘困難的地區。

4) 地下水位高的地區。

5) 軟弱地盤會發生不均勻沉陷的地區。

6) 部分低窪地區。

7) 道路狹窄，深開挖困難的地區。

8) 舉辦短期活動須收集污水的情況。

(2) 壓力式下水道系統抽水機種類

1) 磨碎式抽水機(grinder pump,GP)，一般設置於較主幹線低窪之地區，於公共道路上設置人孔抽水站，以一戶或多戶共用一抽水井為原則，抽水井電費，常以電線桿附掛之電表度數累計。每戶收集管線之直徑採 40mm，抽送至壓力管主線之管徑採 75mm。其示意圖，如圖 4.85。

2) 化糞池出流水抽水機(septic tank effluent pump,STEP)，經腐敗槽沉澱雜質後，再行抽送，常使用於地形高低起伏較大之區域，由於污水中雜質已經腐敗槽沉澱，只要上游端之污水能量線高於下游，管渠可順地形坡度埋設。

(3) 壓力式下水道收集系統之優缺點

1) 優點

① 考慮覆土層之土質、道路交通量等因素，須以簡易之明挖施工法施工，使施工費得以降低，縮短工期。

② 使用口徑小，接合容易，不易漏水。

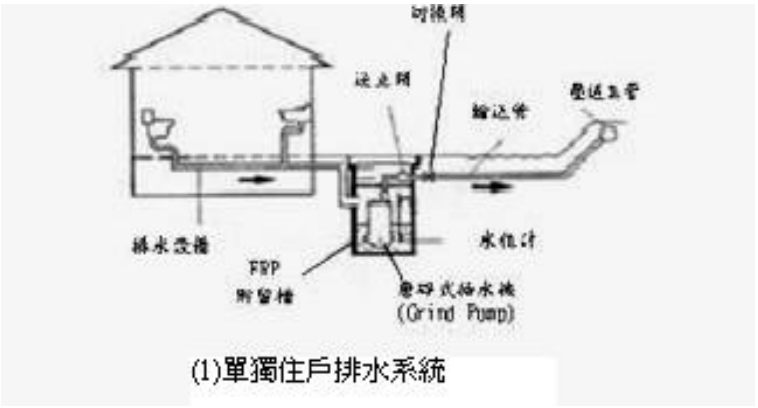
③ 埋深淺，偵漏及修理改善容易。地下水入滲少，可降低處理廠負荷。

2) 缺點

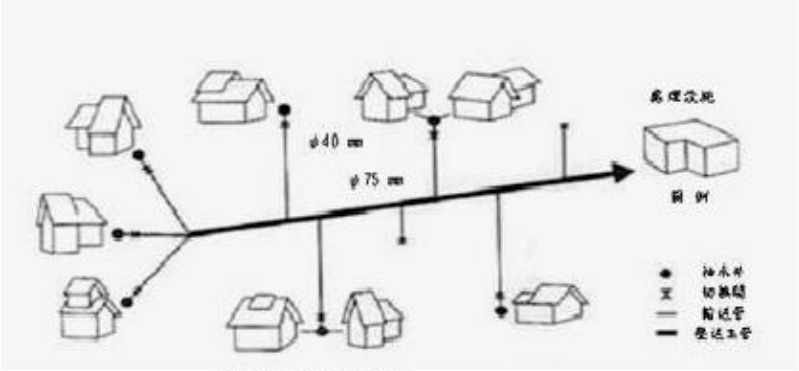
① 管網系統常因地層移動、交通負荷及建設中的意外被損壞。

② 對於管線或接頭上的洩漏，很難去分離與預測，容易造成對環境之污染。

③ 輸送之污水，可能長期滯留在某些管網之死角處，而使微生物滋生。



(1)單獨住戶排水系統



(2)系統性收集系統

圖 4.85　壓力式下水道系統案例說明

2. 收集系統(真空式)

真空污水收集系統，為利用真空與大氣壓力之差異，促使污水運送流動的一種設計。真空污水下水道系統，非常類似自來水配水系統，只是管內壓力由正壓轉成負壓，自來水改成污水及流向逆向。

污水真空收集系統，包括下列基本單元：

(1) 中繼抽水站(真空站)

含真空收集槽、真空泵、污水抽水泵、控制盤及設備等，僅真空站須置動力設備，以產生管體負壓，至真空站後，以抽水機抽送至主幹線，再以重力或壓力輸送至污水處理廠，如圖 4.86。

(2) 真空閥組

包括收集坑、「真空/重力」界面閥、真空控制及感應單元。

(3) 真空排污管線

含污水運送主管、分支管及用戶接管。從單獨各戶或數戶流出之污水，先以φ100～φ200mm 污水管流入真空閥單元(真空閥與貯留槽一體的構造，如圖 4.87)，單元中水位計偵測到高水位後，自動開關真空閥，將污水及

空氣強制吸入ϕ75mm 之真空管線中，而向真空抽水站的集水槽(壓力保持在-6m 至-7m 程度)流入，最後再以抽水機壓送至污水處理廠，如圖 4.88。

1)特性及適用條件

真空式下水道的最大特性，是不需要有重力流所需的連續坡度的水力剖面，污水用強制的吸引方式傳送。真空式下水道的主要特徵如下：

①管線口徑小，埋深不大，開挖較淺，工程費便宜，建設期間短。

②由於埋深較淺，地下水入滲量少。

③真空式廁所的沖水量少，使每人平均污水量減少。

④真空式下水道的真空抽水機，可由中央系統管理之。

⑤比起壓力式下水道，由於空氣與污水一起抽送，污水保持好氧性，不會產生腐敗氣體。

⑥污水槽不須經常清疏。

⑦集水槽內部氣壓保持在 380～635mmHg 程度，總揚程可達 4m 的限度，適用於地形起伏大的情況，限制在半徑約 3.5km 以內的比較平坦的地區。

⑧地理上與市區相隔，但較集中的聚落、別墅區、觀光區及漁村等較適合。

2)真空式下水道收集系統之優缺點

①優點：

(a)真空系統可提供 7m 高差之污水抽升能力，如有障礙物，可簡單的繞行迴避，使家庭污水收集系統能施做於地上、沿著牆壁或通過天花板等抽升能力服務範圍內之任意空間。

(b)由於本管網系統埋設淺，不需特別考慮管線埋設之土壤及交通負荷之壓力。

(c)合宜的管線尺寸(30 mm 至 150 mm)，最小的管線坡度 0.2%，不論設置於天花板、牆上或設施附近，均相當簡單。

(d)管線穿越設施之拆解與組裝，不會因為切割地板、開挖之潮溼、受污染土壤之移除、回填及修補地板等工作所阻礙。

(e)個別的真空界面閥，不會因其他排入點單元之修復等工作阻礙其功能。

(f)高水頭真空系統技術提供個別之污水運送途徑，因此減少沖刷水之用量及污水處理費用。

(g)污水於高水頭真空系統管網中，以每秒 4.6～5.5 m/s 高速水流之運送特性，因此不會造成堵塞與雜物的堆積，且可減少微生物之滋生環境。

(h)因可彎曲架設，可以節省下水道人孔的設置，縮短工期，並減輕負擔。

(i)在地下水位高的地方或是在卵礫石之區域，均可簡單的架設。

(j) 需從範圍廣的區域收集污水，且需長距離埋設管線的地方，如果污水收集地區在綜合公園、運動公園等大型公園或農業集散地、渡假休閒中心及大規模的工廠，需長距離埋設管線的地方相當適用。

② 缺點：

(a) 技術層次較高。

(b) 國內設計及施工實績應用經驗不多。

(c) 未來維修技術層次較高。

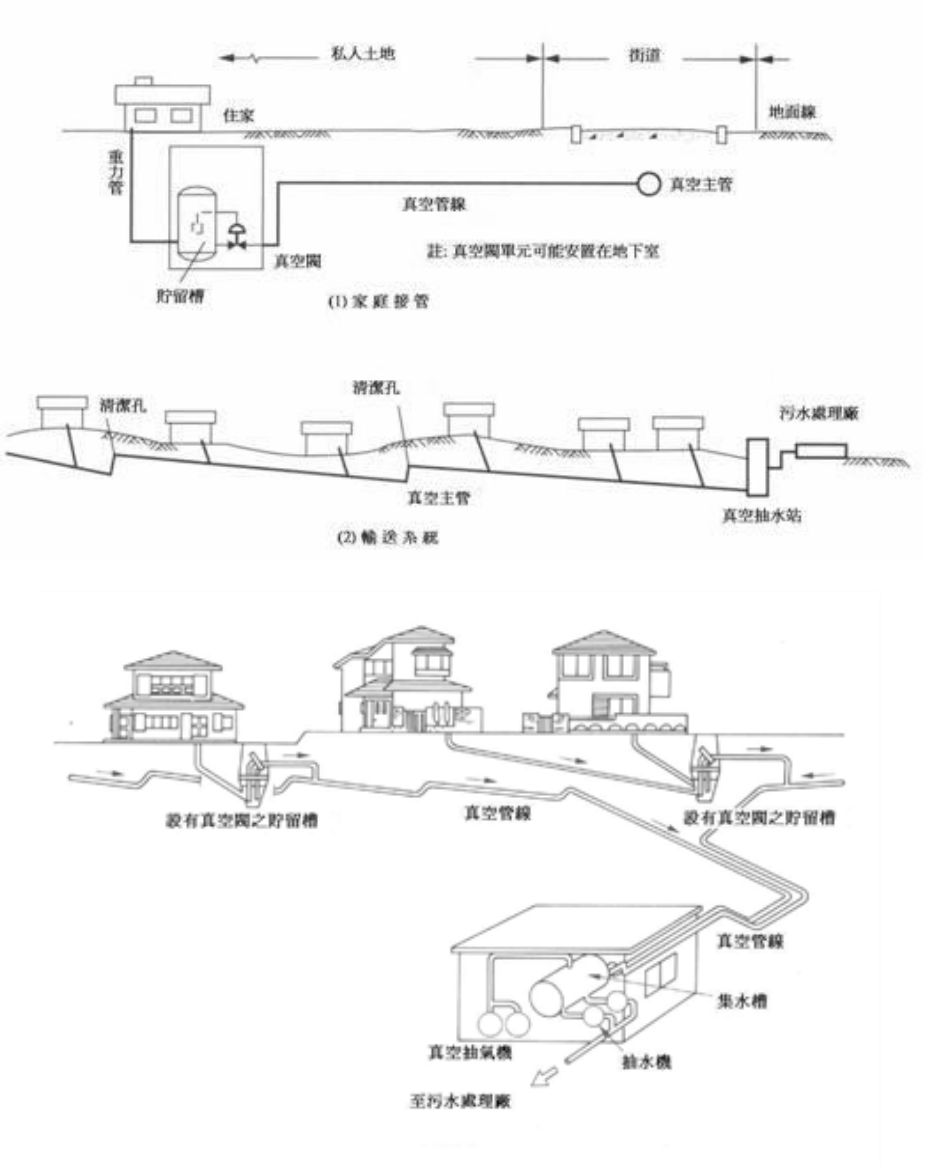


圖4.86　真空式下水道主要組成圖



圖 4.87　真空閥與貯留槽一體之構造

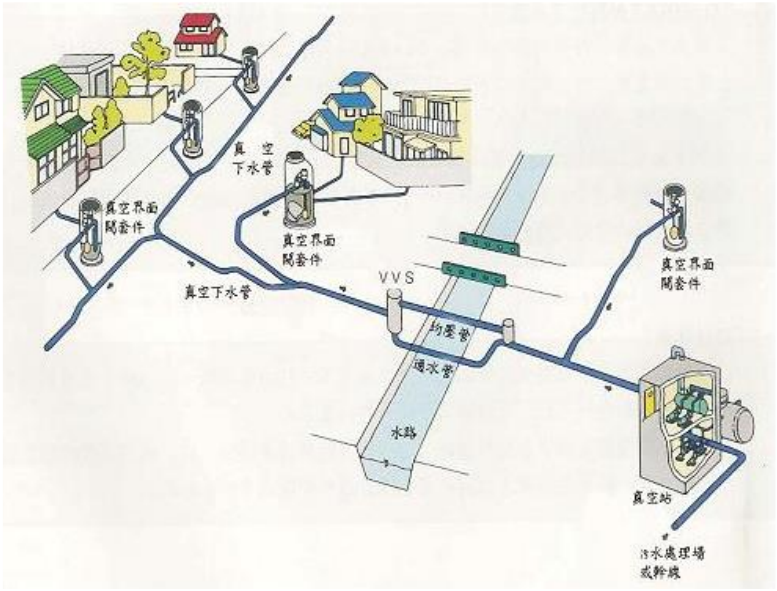


圖4.88　真空式下水道收集系統示意圖

第五章　抽揚水站設施

5.1 概說

5.1.1 抽揚水站設施概要

當雨、污水收集排放管道因坡度埋設逐漸加深，以至於無法採重力繼續排放至下游管線或排放水域時，或在處理廠內各單元間無法採重力輸送流體時或排放至承受水體時，會設置抽揚水站輔助輸送流體。

1. 下水道抽揚水站分類

下水道系統抽揚水站之種類，包括管線系統之中繼揚水站、抽水站和處理廠之抽揚水站等。

抽水站定義是透過抽水設備，將污水遠距輸送至下游銜接重力管線或處理廠內。

中繼揚水站則設於管線埋設甚深或位於低窪地帶，應用抽水設備將雨、污水揚升至適當高程後，繼續以管線重力輸送。

雨水系統抽水站之主要目的，在於外水位高漲時，堤內雨水下水道無法以重力流方式排放堤外，而需藉由抽水機組，採機械動力強制將堤內逕流抽排除。

至於處理廠所需之抽揚水站，則包括進流抽水站，係將較深處之進流污水揚升至污水處理程序所需之適當高程，放流抽水站則是將處理後之放流水揚升高程後，排放或直接壓力輸送至承受水體，及處理單元間因無法重力輸送所需之抽揚水站，如迴流液輸送、污泥輸送等。

抽揚水站按輸送方式和用途分類如下。

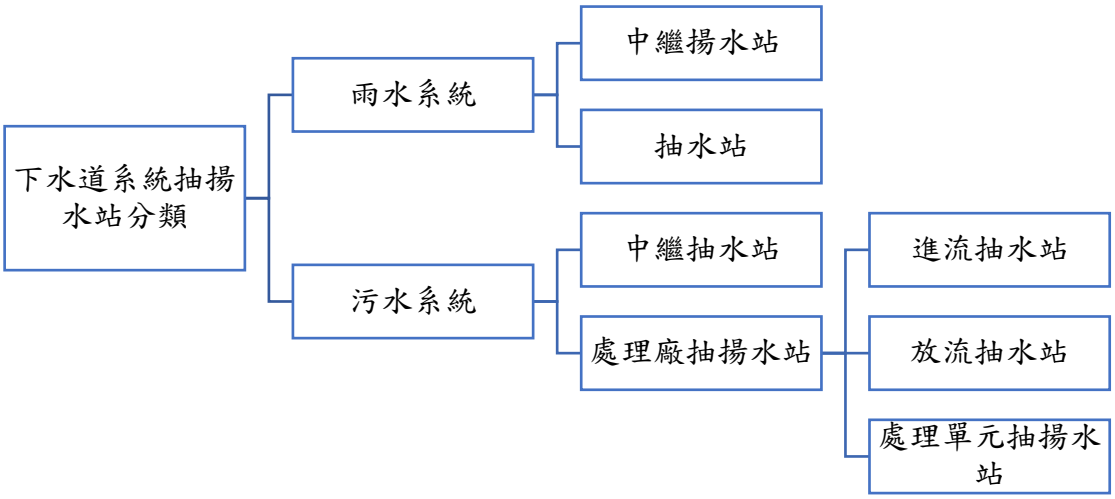


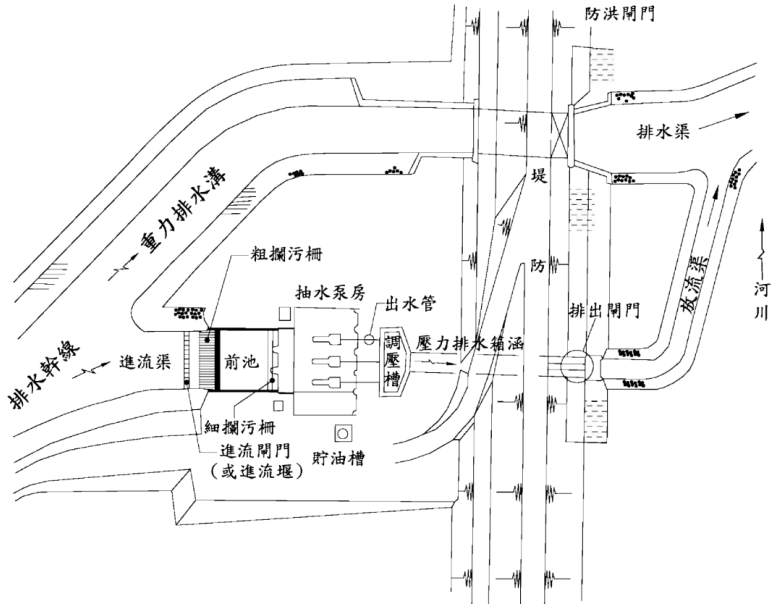
圖 5.1　下水道系統抽揚水站分類

5.1.2 雨水與污水系統抽揚水站組成之差異

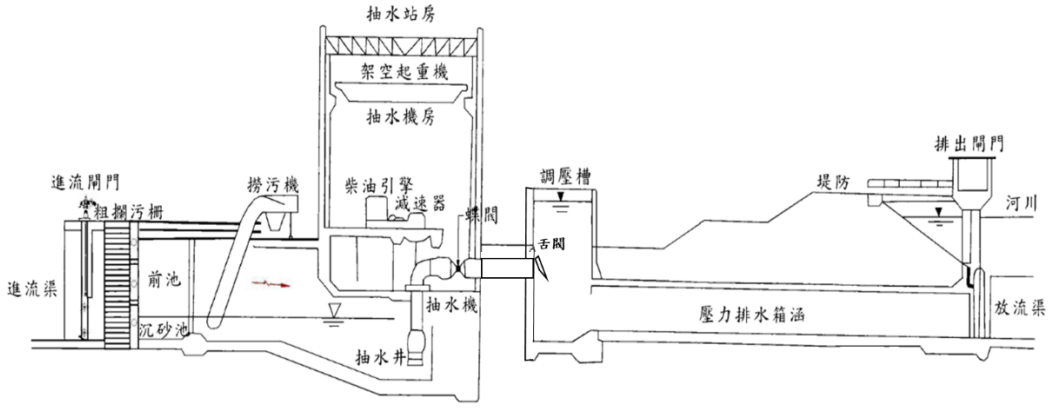
雨水與污水下水道系統，因為輸送流體之差異，兩者抽揚水站組成有所差異。

1. 雨水下水道系統之抽揚水站組成

雨水系統之中繼揚水站及抽水站組成，主要由前池(或沉砂池)、粗攔污柵(含撈污機)、進流閘門、細攔污柵(含撈污機)、抽水機房、調壓槽、緊急發電機、儲油槽、排出水道及平常雨水重力排水溝出口之防洪閘門等主要構造物組成，抽水機設備可採軸流、斜/混流式抽水機，整體組成亦包括機電、儀控、給排水、消防及其他附屬設備等，如圖 5.2。



平面圖



剖面圖

圖 5.2　雨水抽水站平剖面例

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

2. 污水下水道系統之抽揚水站組成

污水系統抽水站組成，主要由粗攔污柵、進流閘門、抽水機房、除臭設施、緊急發電機、儲油槽、緊急溢流管等主要構造物組成，抽水機設備多採非阻塞離心式抽水機或斜/混流式抽水機，還需考量防爆需求，整體組成亦包括機電、儀控、給排水、消防、流量計及其他附屬設備等，如圖 5.3。

處理廠之抽揚水站則差異性較大，進流抽水站應考量污廢水性質，設施包括前處理、濕井和輸送管等土木工程結構、電氣機房等建築物，設備則包括粗攔污柵、非阻塞型抽水機等相關設備，同時須考量除臭、緊急供電及防爆需求。

處理廠放流抽水站，應考量輸送距離、承受水體水位，設施包括濕井、平壓塔和輸送管等土木工程結構，設備則包括抽水機、流量計、溢流控制等相關設備，同時須考量緊急供電需求。

處理廠處理單元的抽揚水站，應考量功能控制需求，設施包括濕井和輸送管等土木工程結構，設備則包括抽水機、流量計、電動閥等相關設備，同時須考量流量控制、備用切換及緊急供電等需求。

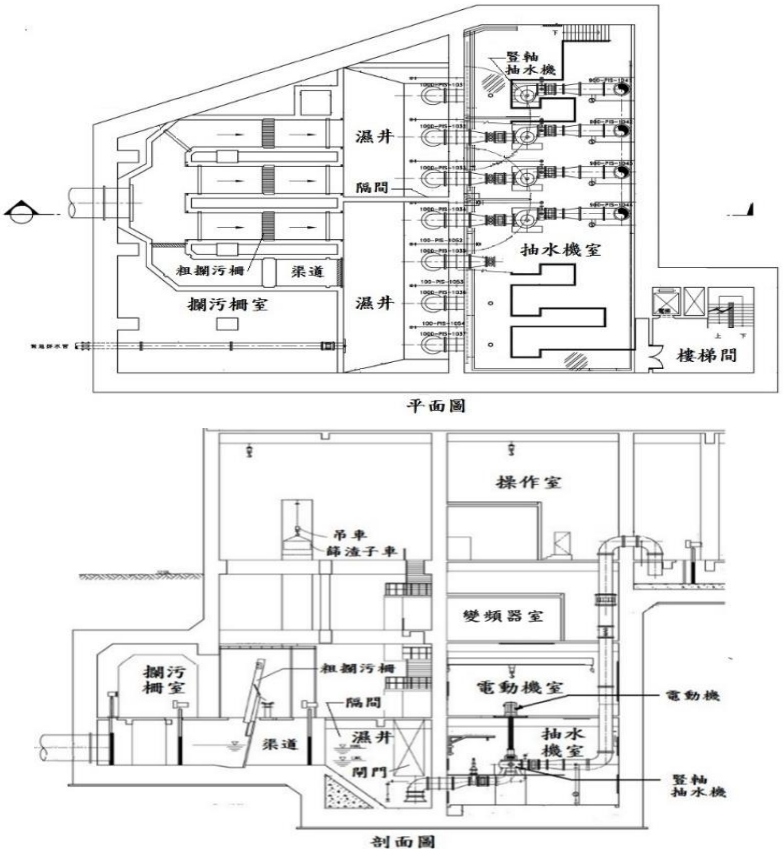


圖 5.3　污水處理廠進流抽水站例
(臺北市內湖污水處理廠)

5.2 營運管理時代的規劃設計考量

目前抽揚水站設施，多參考設計準則之參考數值設計(如規劃污水量和規劃

雨水量、設計負荷等)，但由於規劃值常與既有設施操作現況存在差距，如只參考設計準則設計方式，可能會出現適用問題，在這種情況下，針對新設或既設改擴建時，就可多參考既有設施現場操作維護資訊進行設計優化。

優化設計時，可依據自啟用後積累的操作數據，如抽水站的進水量、洪水歷史和故障記錄等數據，分析這些相關資訊後，可判別設施存在的問題後，反應在後續規劃中。

近年來，影響下水道功能的異常風險增多，例如地震、海嘯、洪水和颱風等自然災害以及停水、停電等事件，因此規劃興建時，應充分考量這些異常風險的影響，確保抽揚水站設施和設備能應對此類事件。

同時應配合低碳節能趨勢，考量導入 ICT(Information and Communications Technology)來節省能源、節省勞動力、降低生命週期成本。此外，可從經濟效率和可維護性的角度來檢討，考慮多區域合併或取消抽揚水站方式，進行跨域整合措施。

5.2.1 既有抽揚水站設施常見問題及參考對策

抽揚水站設施改擴建時，可依據目前下水道建設、抽揚水站設施建設及使用現況問題，尋求優化設計的方案，考量點應包括工程內容、建設程序、設施操作、維護、經費等常發生的問題，作為後續設計考量。

解說：

1. 既設下水道建設方面常見問題及參考對策

(1)提高抗震性

依據既有設施的抗震狀況，考量新建或改擴建設施之抗震能力，同時設計內容，應依據最新的建築物耐震設計規範及解說與下水道設施耐震設計及解說(內政部營建署 109 年)辦理。

既有設施改擴建時，應一併考慮提高抗震性能，並確認設備及管線安裝也符合抗震性。

(2)經費限制考量

考量下水道管理後續的財務需求，應提升效率，減少人力資源，提升自動化，考慮利用 ICT(Information and Communications Technology)節省勞動力，進行廣域監控、通過自動控制優化運轉等，在規劃設計抽揚水站時可引進新技術，包括 CFD(Computational Fluid Dynamics)流體模擬、高效率節能電動機，如永磁同步電動機等新技術。

(3)全球暖化及能資源缺乏

抽揚水站設施消耗較多能源，也代表排放較多溫室氣體，應提升效率減少能資源使用。

在規劃設計時，應採用節能設備，如 LED 照明、高效率電動機、優化量體減少除臭通風需求，也可利用建築物和場地的空間設置太陽能發電。

2. 抽揚水站設施方面常見問題及參考對策

抽揚水站設施的評估時常見問題如下。

(1)計畫排水量不正確

現況排水量與計畫排水量差異很大,造成抽水機設計容量不足或過大，如果是既有設施，容量不足應先檢查空間是否可增設或改設合適容量的抽水機，如果是抽水機過大，除改設合適容量的抽水機外，可考慮採變頻自動控制。

(2)因用地不足造成除砂功能不佳

雨水抽水站可能因為用地等限制，沉砂設施無法達到功能，造成除砂效率不佳，讓濕井增加砂沉澱及抽水機葉輪磨損，可考量濕井清理或擾動設施減少沉砂，同時考量變更葉輪材質為高硬度材質。

(3)雨水抽水站前池或與污水進流管渠或污水抽水站濕井流況不佳

雨水抽水站前池或與污水進流管渠或污水抽水站濕井設計與實際狀況不一致，可能造成流況非預期，大量水流分布不均，可能造成抽水機負荷變大、抽水量不均勻，水面漩渦、亂流和汽蝕等現象，加劇抽水機之振動甚至造成抽水機操作維護異常及壽命縮短，已可能造成濕井積砂等狀況。

(4)降雨、地震等風險

由於颱風或降雨超量，導致潮位上升或承受水體水位暴升，以致抽揚水站被淹沒，導致設施停止營運，在規劃設計時建築結構開孔高程，應考量水利署公布淹水潛勢或既有淹水歷史紀錄，避免異常水位淹水，並考慮加強機房排水。

(5)發生災害停電時的緊急供電

抽水站如未設緊急供電、緊急發電動機負載不足、柴油儲存容量不足或冷卻系統故障等,停電時都會造成設施功能喪失,因此設施規劃設計時，應針對災害發生時的停電做好對策。

(6)腐蝕和臭味

由於污水抽揚水站特有的腐蝕性環境，經常會出現機電設備異常和故障，也會造成開口蓋板容易造成腐蝕，造成可能墜落的安全問題，同時臭味也常會造成周圍居民有很多異味投訴。

應收集既有設施的腐蝕現狀、硫化氫濃度等，評估原因和對策後，根據現場設施的條件，採用耐腐蝕材料，並為臭味來源設置蓋板，收集臭氣後，採設置除臭設備或採添加除臭劑處理。

(7)污水分流系統的異常

由於部分污水下水道系統分流建設不完整，雨天時進流量暴增，進流水質大型污物增多，造成處理設施能力不足，無法處理大量攔除物，造成堵塞或抽水機故障。

整體改善應檢討下水道整體分流成效或尋找異常水來源，至於設施應考量加強攔污能力及緊急關斷等設施，或加設緊急抽水機組及旁通管線，如設置緊急溢流，應考量緊急消毒的需求。

(8)維護檢查需求考量不足。

設計未考慮到設備在維護和檢查、事故、故障等過程中，如何部分停用，造成整體設施停止運作。

當既有改擴建，如果用地不足，在改擴建工程途中半施工，可能會造成容量不足，應探討透過管網轉移量能到其他抽揚水站之可能，或者尋找可用地(如可多功能利用之土地)開發新的抽揚水站,如果不足的容量很小，則考慮安裝臨時抽水機。

新建抽揚水站，應考慮是否具備部分濕井放空清池維護檢查之需求，配合需求設置關斷閘門、閥類、管線和排水抽水機等設備。

輸送管線，則可考慮設置兩條管道及停用切換措施。

至於雨水抽揚水站運轉設施，應特別考量平日在進行雨水抽水機負載試運轉時，測試水源及輸送管閥之需求。

(9)操作維護所需的公用設施

必須仔細規劃抽揚水站維護所需的公用設施，以增加維護操作人員便利、安全，同時可提高設備健全度，也可減低操作維護成本，考量點應包括安全、環保、防腐蝕、除臭、吊裝、節能等。

5.3 抽揚水站設計基本原則

5.3.1 雨水系統抽揚水站設計基本原則

5.3.1.1 抽水站規模檢討

考量都市發展及環境變遷，抽水站設計前，應先檢討辦理需求。

1. 檢討需求，應參考營建署公布之「雨水下水道系統規劃原則檢討」。
2. 應急工程或用地取得不易之地區，可考慮採用移動式抽水機組，達到計畫抽水量之目標。

解說：

抽水站建設及後續操作維護都需要相當的經費,而且可能關係到民眾生命財產安全及環境生活品質，因此計畫抽水站規模設計過與不及均屬不當。

針對雨水抽水量之檢討內容，抽水量之估計應採用計畫逕流量，檢討時應考量保護頻率、降雨強度公式、集水範圍等等。

集水範圍，主要係依其規劃管線系統而劃定，辦理抽水站工程設計，應先檢討目前管線系統施設情形，並依目前各地區設計規範、都市計畫發展及後續管線建構計畫情形，釐定計畫抽水保護範圍。

抽水保護範圍，應檢討排水分區之幹支線，有無採高、低地排水分離方式，使高地逕流採重力流排放之條件，以減免或減小抽水站規模，以達節能減碳之功效；屬局部低窪地區，則建議採局部圍堤(小區域)抽排水方式。

1. 營建署公布之「雨水下水道系統規劃原則檢討」

(1)降雨強度公式選用

一般堤後抽水站之抽水量，係以颱風雨為規劃設計之依據。惟考量部分感潮及低窪地區，尋常暴雨時即需起動抽水機組抽排，因此建議分颱風雨抽水站及暴雨抽水站，並分別採用颱風雨及暴雨公式，以合理化公式計算抽水量，近年亦有應用數值模式如 SWMM 進行動態模擬後檢討抽水站規模。

(2)再現期擇定

台北市雨水下水道管渠係採 5 年一次暴雨強度公式，颱風雨抽水站則採 5 年一次颱風雨強度公式計算，比較其降雨強度，考量建設經費(含用地費用)及爾後之操作維護費用，計畫頻率採 3～5 年應屬合理。

(3)逕流係數

考量先期降雨之影響，地層含水率已達飽和，「颱風雨逕流係數」以 0.90～0.95 固定值計之；而如屬暴雨抽水站，則應參酌管渠之逕流係數方式計算。

(4)降雨延時

以合理化公式估算抽水量，其中降雨強度公式之降雨延時，常採堤外洪峰流達時間，其論述為外水洪峰流達時，抽水站始需起動抽排。惟堤外洪峰流達時間，無實際之量測統計資料可作為依據，且堤內都市排水集流時間甚短，外水位高於內水位時機，並非俟堤外洪峰流達。

因此建議以堤內雨水下水道管渠流達排放出口之集流時間，為其計算降雨強度公式之降雨延時，以策安全。

(5)壓減率探討

早年視當時都市計畫發展情形，並考量建設及運轉費用，而常採板蒼誠公式壓減抽水量。板蒼誠公式理論，係考量一般雨水下水道管渠，均以瞬間尖峰流量為設計標準，而抽水站恆位於系統最下游出口處，流達時間延長，且受河川洪峰流達時間影響，所需抽水量均較管渠系統之設計容量為小，因此下水道管渠系統具有貯水功能，可調節滯留尖峰流量。

惟採板蒼誠公式壓減抽水量，應有其適用性，如管渠淤積、低窪地區尋常渠道內即有積水、或坡度極佳之地形等，多將影響其滯留空間，因此不建議採用。惟如抽水站計畫分階段建構，則可依其計算成果作為分期建設之參考。

5.3.1.2 規劃設計應注意之基本事項

下水道工程設施標準針對雨水抽水站設施之規定應考量如下：

1. 計畫逕流量。
2. 抽水站之安全運轉。
3. 操作維護的難易。
4. 自動化及智慧操作管理。

解說：

依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第十六條雨水抽水站設施規定如下：

1. 應設於地形上較低及接近排放口位置，並應避免浸水。
2. 雨水下水道抽水量之估計採用計畫逕流量。
3. 吸水位應以流進管渠之最高及最低水位決定；出水位應以計畫外水位設計。
4. 選擇抽水機組及其動力設備，應設置備用機組。
5. 抽水機室、配電室及主控室之消防設備，應符合消防法規規定。

其他規劃設計應注意之基本事項，條列如下：

1. 確實把握排洪量(即抽水量)

排洪抽水站之抽水能量必需滿足計畫水位之條件，諸如內水位(容許淹水位)、外水位(河川計畫蓄水位，各種潮位等)，及各種不同頻率之洪水量與洪水位。因此規劃設計前，除檢討合宜之抽水規模外，亦需搜集上述最新之外水位等資料，予以探討分析後決定計畫(額定)抽水量。

2. 抽水站之運轉必須安全確實

抽水站在運轉時，其水位條件經常變動，因此選用抽水機型及抽水機數量等應特別注意，包括下列各基本條件。

(1)最低運轉水位

決定抽水機之最低可能運轉水位時，應考慮將來地盤下陷、水頭損失之變動，或因區域性開發而可能降低抽水井之水位。

(2)抽水機之設置數量

抽水機之設置數量，應需配合洪水時期之出水變動率，即抽水機之設置數量，必須能以動態之運轉方式配合動態之出水變動，以決定每一個抽水機之抽水容量，但無論如何，抽水機之設置數量至少需二台以上。

(3)抽水機之型式

為減少日後維修費用，抽水機之型式最好選用同一型式，又因需配合流量之變遷時，可選用兩種大小不同而同一型式之抽水機。

(4)預期效果及可靠性

為確保抽水站能確實地運轉且發揮其預期效果，及保持其可靠性，必需考慮下列各基本要項：

1) 抽水設備之構成必須單純化，以排除發生故障之機會。
2) 考慮以數台抽水機分擔總排水量，達到危險分散之目的。
3) 設置備用抽水機，以防萬一。
4) 運轉操作簡單化，同時明示故障判定方法及故障之排除對策。
5) 抽水機之驅動設備，應以內燃機為原則，抽水機為沉水式時，則其電動機之電源，以柴油內燃機發電機供給為原則。
6) 非沉水式抽水機之驅動設備或沉水式抽水機之柴油內燃機發電機裝設位置，必須考慮抽水機組故障及超過設計效率之可能淹水情況而釐定。

7) 地層嚴重下陷地區，抽水揚程計算應考慮沉陷量。

3. 抽水站之維護必須簡單容易

排洪抽水站是一典型之緊急設備，其運轉頻率雖然甚低，但必須是常設之應急設備，為顧及其平常之維護簡易，規劃設計時，應特別注意站址周遭之環境條件，作為抽水站之平面佈置、立面之構造及器材與材質之選用依據。

4. 納入自動化及智慧操作管理

都會地區抽水站數量日益增加，操作管理人力有限條件下，抽水站運轉機制，已從傳統現場單機啟動機組，進化為遠端控制及自動運轉。設計時可配合運轉需要，建置自動化監控系統，透過遠端監視及遙控，由管理單位及防災指揮中心直接指揮調度，以加強防災整備效率及縮短應變時間。

5.3.1.3 雨水抽水站導水(進流)渠及抽水井

抽水機抽水井與抽水井附近導水路之形狀及尺寸應仔細評估，避免抽水機性能差異或產生噪音及振動現象。

解說：

抽水機抽水井與抽水井附近導水路之形狀及尺寸，直接影響抽水機之性能及運轉狀態，尤以豎軸軸流或斜/混流抽水機，由於葉輪距吸入管端很近，吸入喇叭口之流速分布或壓力分布直達葉輪入口，故吸入管之水流狀況對此兩種抽水機之性能影響極大，擁有自由水面之抽水井，若設計不良，井內極易發生渦流，將空氣吸入吸水管內，導致抽水機性能發生變化，並產生噪音及振動現象。

1. 導水(進流)渠

導水(進流)渠為連結排水幹線至抽水站抽水井之渠道，導水渠之佈置應避免發生偏流、渦流，而影響抽水機之性能。茲將設計注意事項，說明如下，如圖 5.4。

(1)導水渠與抽水井之連結宜保持直線，而與排水幹線之交角不宜大於 120 度，以免產生偏流。

(2)導水渠流入抽水井之方向及流速不應急速變化。抽水井入口附近導水路之平均流速為 0.5～0.8 m/sec，最大不宜超過 1.2 m/sec。

(3)分水渠為導水渠進入抽水井前之漸變段，其長度不宜小於導水渠及抽水站寬度和之四分之一，以免水流擴散太快產生渦流。

2. 抽水井

抽水井設置係考量抽水機在運轉時，不產生亂流引起之水面旋流、渦流、孔蝕現象及振動等。為防止這些不良之影響，設計時應注意避免流速激烈變化情形、避免流向急變情形、及避免吸水管之間發生流向干涉情形。抽水井相關尺寸設計及規定，說明如下。

(1)吸水管與其後牆之距離，不應超過必要值，距離若太大，則易發生渦流。

(2)吸水管端務必裝設吸入喇叭口，吸入喇叭口應有足夠之浸沒水深，特別是單一抽水井內設有數支吸水管處。又喇叭口至抽水井底面之垂距，不應超

過必要值，否則將影響喇叭口下之流速分布。

(3)單一抽水井內同時設有數支吸水管時，一吸水管之後面，應避免裝設另一吸水管。

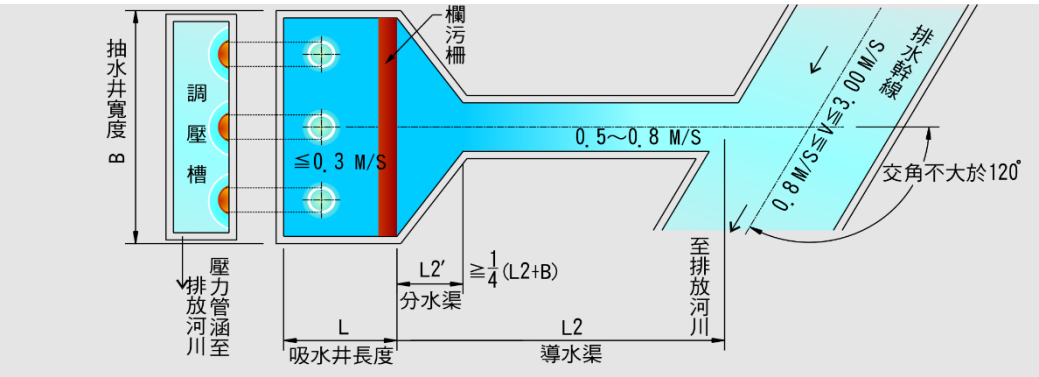


圖 5.4　排水幹線、導水渠及抽水井相關尺寸示意圖

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

5.3.1.4 雨水抽水站內外水位

雨水抽水站之設置，應檢討內外水位，特別是河川之洪水位、地面高度。

1. 「設計流量」及「實際暴雨場次」，排水出口之水位歷線設定方法，應有所不同。
2. 放流管不宜過長，其佈置應避免空氣積留影響抽水量。多組抽水機可設出水調壓槽。

解說：

如雨水下水道排水幹線系統出口設有抽水站，則幹線出口(起算)水位，不受堤外水位影響，而係視抽水站之起抽水位。抽水站起抽水位之釐訂，需考量堤內容許內水位，惟通常係以低於排水幹線出口設計水位設定，則此抽水站排水幹線系統，可以重力流方式計算；否則此排水系統，需以起抽水位為幹線出口(起算)水位，予以演算確認無冒孔淹水情形。

雨水抽水站之設置，係為解決集水區排出口河川水位高於集流區排水出口水位時，集流區排水無法藉重力排出，會有河川倒灌之虞；因此排出口河川之洪水位，與排水區內之地面高度、排出口水位及土地利用情形等，關係密不可分。其相互關係，如圖 5.5，並說明如下。

1. 下游排水出口水位設定原則

雨水下水道(檢討)規劃區排水出口至河道(或區排)之空間關係，如圖 5.5。針對「設計流量」及「實際暴雨場次」，排水出口之水位歷線設定方法應有所不同，茲說明如下：

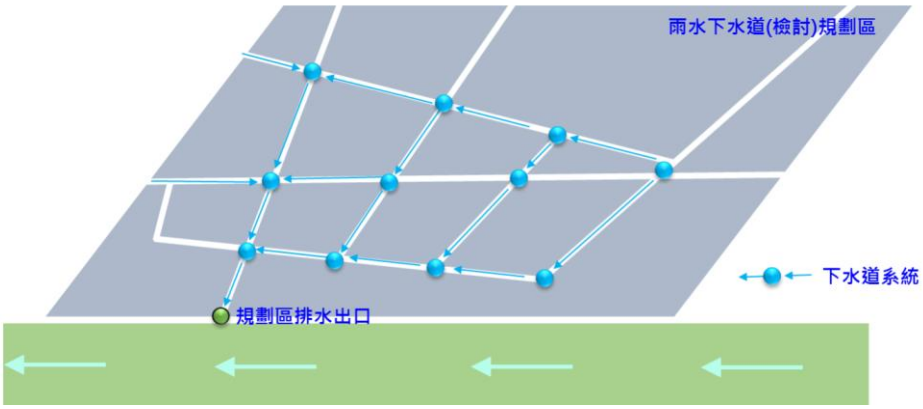


圖 5.5　規劃區排水出口與下游河道(或區排)

上圖整理自營建署「雨水下水道系統規劃原則檢討」109 年版

(1)設計流量水位設定

出口水位釐訂即為下游邊界條件，雨水下水道排水幹線出口水位之設訂，如無設置抽水站，則排水出口(起算)水位，以排入位置點的河道(或區排)之保護標準下「計畫洪水位」設定之；如直接排放海洋者，則採 7～10 月大潮平均高潮位；若下游承受水體無計畫洪水位，則應視實際情況進行合理條件之設定。續依上述出口(起算)水位，辦理水理演算。

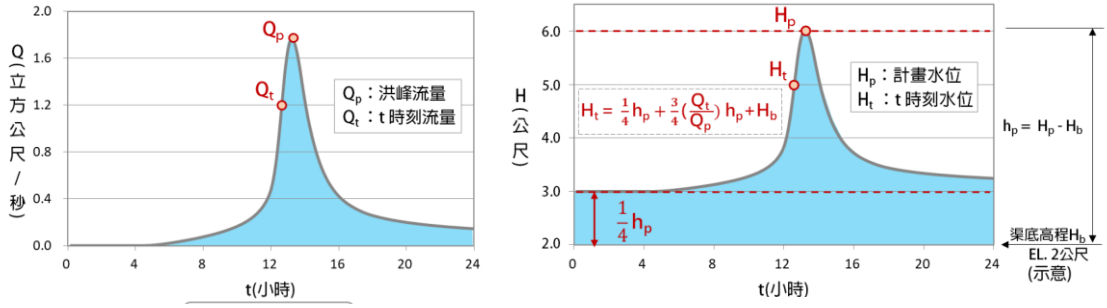
(2)實際暴雨場次水位歷線設定

SWMM 模式實際暴雨場次演算時，雨水下水道排水幹線出口水位歷線的設定，原則上應以下水道水流排入位置點實測河道(或區排)水位紀錄為下游邊界條件；若無該位置點之實測水位紀錄，則應採用水文模式及水理模式，分析該位置點的河道(或區排)水位歷線；若下水道水流排入位置點的河道(或區排)上游集水面積過大，分析過程甚為繁瑣，則可以下列簡化方式處理：

1) 首先考慮下游邊界條件為正常水深時，應用 SWMM 模式分析規劃區排水出口之流量歷線(如圖 5.6 左側)。
2) 分析規劃區雨水下水道排水區域之最大集流時間 Tc。
3) 分析該場暴雨尖峰時刻於 Tc 時間內之累積最大降雨量 R，再藉由 Tc 與 R 對應規劃區之對應規劃區之降雨強度-延時-頻率公式，求得該場暴雨之重現期 T。
4) 分析下水道水流排入位置點的河道(或區排)所相對應重現期 T 之計畫水深 HT。
5) 參考水利署「出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法」(經濟部,108.2.1)第 9 條之規定，以 10 分鐘為計算時間間距，設定排水出口最高外水位為計畫水深 HT，最低水深為該計畫水深 HT 的 1/4，並以步驟 1)計算而得之規劃區排水出口之流量歷線中各時段流量值之百分比，依據上述最高及最低水深為基礎，將規劃區出流歷線轉換下游外水

位歷線，如圖 5.6 右側所示。

6) 以步驟 5)所推求之外水位歷線為(檢討)規劃區之下游邊界條件，重新進行複合型都市排水系統水理演算。



規劃區出流歷線　　下游外水位歷線

上圖整理自經濟部「出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法」108 年版

圖 5.6　下游排水邊界水位歷線設計原則示意圖

2. 放流管愈短愈好，以減少水頭損失，而其佈置應避免急彎及凸處，以免空氣積留而影響抽水量。而目前於抽水機組多之抽水站，常有加設調壓槽，亦即各抽水機之出水管，先將水匯入調壓槽，再藉壓力管渠排放至河川，此可減少放流管線施設時，破壞堤防之範圍，亦有利於排放管線之最佳配置。

5.3.2 污水系統抽揚水站設計基本原則

5.3.2.1 抽水站規模檢討

污水抽水站設施，分流制污水下水道抽水量，採用計畫最大時污水量。

解說：

依據下水道工程設施標準第 33 條，污水抽水站設施，除分流制之污水下水道抽水量採用計畫最大時污水量，最大時污水量指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。

分流式污水下水道之中繼加壓站、抽水站及污水處理廠進放流抽水站，皆以污水最大時流量為設計流量。如果抽水站每日進流量的時變遷較大，需考量以多台、變速或不同容量之抽水機因應之。

處理廠內單元抽水站，則依據功能計算之需求決定其輸送量，惟應特別注意污水或污泥管線之最小流速是否會造成沉積，流速過小時，應考量加大設計容量，並採用間歇操作模式。

處理廠進流抽水站，應注意收集系統是否可能有異常超量污水，如為改擴建，可依據既有操作維護資料分析，如有超量污水應注意輸送量及管線是否可以負荷，必要時應先考量有防淹水緊急應變措施，如閘門緊急操作或水位保護措施。

另污水收集系統及用戶接管興建時程變動較大，應仔細考量不同建設時期之輸送需求，選用適當規格高效率之抽水機或採變頻操作，以達節能減碳之功效。

5.3.2.2 規劃設計應注意之基本事項

抽水站設置位置、安全、環境及節能考量如下：

1. 抽水站的位置，依用途別、最適水理條件、用地條件及動力條件檢討設計。
2. 抽水站應防止雨水異常流入，以確保抽排水能力之考量。
3. 放流口之設置，應考量承受水體之狀況、放流口高程等，必要時應設置排水抽水機。
4. 抽水站應具有在大規模地震下，仍可維持正常運作及危機管理對策設計之。
5. 應有防止抽水站發生振動、噪音、臭氣等環境保護措施及防爆安全設備之考量。
6. 抽水站應具節省能源之考量。

解說：

1. 污水抽水站位置，依流入管渠、處理設施配置及放流管渠等，加以綜合考量配置決定位置。在位置的決定時，也要檢討未來改建或修繕的方便性等，污水抽水站規劃設計時，仍應依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第十六條至第二十五條雨水抽水站設施規定考量設置共通注意事項(詳 5.3.1.2 節)，除此外在第三十三條至第三十八條規定污水抽水站設施額外要注意事項：
   (1)攔污柵應設置於抽水站或處理設施之前。
   (2)抽水站或處理設施之前應設置沉砂池。
   (3)抽水設備應視需要考量防爆等安全措施。
2. 抽水站應有防止因豪雨、颱風時等造成異常流入量之措施，並為防止污水處理廠進流水發生異常暴量，應於進流抽水站前幹管之人孔或抽水井配置超高水位時緊急溢流，以維護污水處理廠安全，緊急溢流應有防止排水逆流設施，抽水站整地高程，應不低於周邊高程。抽水機室、電機室、監控室等重要設備之外部開口及通道出入口等，應依政府公告之淹水潛勢圖資及歷史淹水災害資料決定設置高程，必要時加設水密性防水閘門，以確保抽水機之抽水機能等防止淹水對策。
3. 當處理廠排放承受水體外水水位升高淹沒放流管，以致外水有倒灌入廠內之可能時，應設置防逆流之閥門(如舌閥)及關斷用閘門或擋水設施，以阻擋外水進入廠內。當外水水位升高，以致於放流水無法排出時，必須利用放流抽水站以抽水機壓力排放。
4. 抽水站之結構，應具大規模地震之耐震設計，以防地震損壞，影響整體運作，依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第十六條及第十九條規定，抽水井應為鋼筋混凝土等水密性抗浮力之構造物，抽水井及其進流口之配置，應防止引起亂流或渦流現象。
5. 抽水站若鄰近住宅用地，其可能產生的振動、噪音、臭氣等應加充分檢討之，並應有防爆及安全設備之考量。

6. 為節省能源，抽水站所用的抽水設備，應採用具高效率節能型設備。

5.3.3 抽水站操作維護空間配置注意事項

抽水站操作，會依據地區、用途、規模、維護需求等有不同的空間需求，於設計時應參考既有設施經驗檢討最適配置。

解說：

抽水站操作，會依據地區、用途、規模、維護需求等有不同的空間需求，小規模的抽水站操作空間侷限，以能維持基本功能為原則，大規模抽水站則因設備數量、人員數及維護需求，需要仔細安排空間，各空間考量說明如下：

1. 抽水機操作室

由於抽水站內安裝許多設備，如抽水機、閥門、管道、流量計、電機和現場操作面板，因此需要確保一個不干擾這些設備的安裝和維護的空間，確保搬入路徑和維修空間。樓層高度應考量裝卸和安裝電動機、抽水機等所需的高度，並考慮起重機設備的類型及各種管道的佈置。

其配置應考慮下列各項：

(1)操作室應考慮機械進出口，操作、分解抽水機零件所必須之空間，以及配置管路、配電盤、日用油箱與通道等。

(2)門窗之配置，應充分考慮換氣、採光及噪音之防止等。

(3)與控制室之隔牆，應考量可視覺監督之需求。

(4)操作室之地面高度，應考慮抽水機故障，或超過設計頻率之可能淹水情況而釐定，內燃機座最少應高於操作室地面 20～30 公分，並應防止室外雨水之漫流入操作室。

(5)操作室應考慮室內排水。

(6)各主要機械應配置在同一保護程度之高度。

(7)抽水機每台間之間隔，最少應有抽水機口徑之三倍以上為理想。

(8)各主要機件之配置，應考慮不得阻礙架空起重機行走操作空間。如無該設備者，應考慮檢修維護時，各分解組件能吊動、出入為原則。

(9)操作室之高度除應參考抽水機製造尺寸外，如有起重機時，應加計架空起重機安裝及維護上所需之高度。

2. 電氣及控制室

電氣及控制室，可能包括配電盤、監視盤及控制盤等，配置上應注意下列各項：

(1)控制室應避免潮濕及浸水，若有自動控制儀錶設備者，應有空氣調節設備。

(2)配電盤、監視盤、控制盤或其他操作器具周圍，應留有足夠之操作及檢修空間，各器材須距離天花板最少應有 1 公尺之空間。

(3)配置上，必須考慮各項器材之搬進、運出通路及搬運之方法。

(4)各有關電力及控制之電纜、電線採用明管時，應考慮電磁互相干擾問題。

(5)值日及操作人員座位，應考慮採用自然姿式而能全盤監視，一目了然為原

則。

(6)應採用隔音設施，以免受抽水機、內燃機等噪音干擾。

(7)警示裝置應採用可看見與可聽到之警報設備，設置位置應易於察視。

3. 緊急發電機室

雨水抽水站因使用期間大部份於颱風季節，經常須在停電狀況下操作，污水抽水站則需維持輸送連續操作無法停止運轉，因此多備有緊急發電機設備。為安全考量，緊急發電機應與抽水機操作室及控制室有安全的隔離，如空間許可，並須與防洪抽水機驅動內燃機用之油料分開配置以作區隔，並應有足夠安裝及檢修維護空間。

4. 辦公、值勤所需生活空間

包括值勤室、盥洗室、茶水間等，空間大小應符合抽水站規模，在配置時如採自動化無人監控時，應減少設置非必要空間。

5. 儲藏室

抽水站需設置儲藏室，以備儲存保養工具及備用零件，其空間應依各站之規模而定。在小規模抽水站，空間有限的情況下，可考慮與發電機室共用。

6. 消防設施設置空間

依內政部「公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法」規定，機房設置應依消防法規規定辦理，並留設消防設施設置空間。

7. 除臭設施設置空間

污水抽水站濕井易釋出臭氣，操作維護開啟蓋板時，臭氣也會外洩，因此應考量設置除臭所需空間，包括藥槽、加藥設施及除臭設施，整體結構高度也需注意除臭風管需求。

8. 工作環境及設備維護空間

由於抽水機一般安裝在地下，因此會安裝適當的照明和通風設備，以保證檢查和維修時的工作環境。

如果原動機是內燃機，則應安裝足夠的通風設備以防止室溫升高，並應安裝必要的噪聲和振動對策。

關於抽水站的通風量和照明，應考量節能，例如配合抽水機設備的運轉時的通風設備的連鎖運轉及採用感應LED照明等。

9. 地板載重考量

安裝原動機的樓板會有較大的操作負荷，因此要注意在某些情況下，樓板有無可能彎曲或振動，因此具有足夠安全地抵抗原動機運行負載的結構。

此外，也需要有足夠的基礎或結構，來承受抽水機的運行負荷、振動、彎管的推力等。

5.3.4 選址、安全措施、環保措施、腐蝕措施及節能

抽水站設置應注意選址，考量相關安全需求，並考量環保、防腐蝕、節能及新技術導入等。

1. 適當選址
2. 防淹水安全措施
3. 地震因應對策
4. 操作穩定對策
5. 減輕環境影響措施
6. 避免腐蝕對策
7. 節能減碳措施
8. 新技術評估及導入
9. 改擴建時維持原有輸水功能

解說：

污水抽水站一般是連續抽送不斷流入的污水，必須保證持續運轉，雨水抽水站，則要保護集水區在降雨期間不被淹沒，更是極為重要的設施，因此需要規劃考量各項因素，確保抽水站的安全及穩定操作，即使在各項惡劣環境中，也需要確保功能。

1. 適當選址

抽水站設施會有將部分或全部設施位於地面下，因此應仔細考慮設施安裝地點的地形和地質條件。雨水抽水站宜盡量靠近排放區縮短排放管。

中繼抽水站的位置，應在系統規劃時充分利用地表坡度，盡可能減少設置數量。

處理廠抽水站選址，應綜合考慮進流管、處理設施佈置、出水管等，合理佈局方案確定。

近年來，由於系統管線深度較大，抽水耗電量趨於增加，設置時應仔細考量抽水站的深度需求以減少能耗。

2. 防淹水安全措施

由於抽水站通常安裝在河流和海岸附近的低地，因此必須假設它們會因地震、颱風和海嘯引起的暴潮，而讓護岸和堤岸溢堤被淹沒。

此外還必須考慮到降雨量超過計畫降雨量，因此要有針對內河淹水、外部水域淹沒或異常進流量的應對措施。

針對外水氾濫的對策，應檢討抽水站設施可能的淹水高程，另考量下水道操作維護，開口應採防水或淹水時不被淹沒的構造或設施，或採耐水性設施，確保抽水站周圍區域被淹水，也能維持抽水站的抽送功能。此外要考慮與排放管連接排放點的高程等。

相關防水及耐水措施，如以下範例。

(1)耐水性範例

1) 建築物和設施設置高程，皆高出預期淹水深度。

2) 在超過預期淹水深度的高處安裝機電設備。

3) 建築物的開口(門口、窗戶、通風口等)設置高程，都高出預期淹水深度或採可密閉止水設施。

(2)防水性範例

1) 在預期淹水深度以下的開口處安裝防水門。

2) 預期安裝之設備可能被淹，採防水規格設備。

(3)其他措施

1) 如果確定無法避免泛洪，應考慮其他抽水站納入支援之功能。

2) 與排放管相連的排放槽上部開口高程，應高於計畫排放的規劃高水位或堤防高度等。

至於各項前處理設施的因應對策，如表 5.1，如果機械設備驅動單元的電動機無法採用表內措施，則應考量採用沉水式設備。

表 5.1　防止設備浸水的措施示例

防止淹水對策	應用機器或設施
進水閘門、主抽水機設備用電部分、電氣設備等放置在一樓或地上以上	進流閘門開關裝置、主抽水機開關裝置、主抽水機電氣輔助設備、主抽水機控制面板、受電/變電設備、配電設備、監控設備(監控室)、緊急發電設備等
地下抽水機房內不安裝抽水機輔助設備、電氣及儀控設備等	主抽水機電動閥、主抽水機現場操作面板等
前處理(沉砂、攔污)機械設備及電氣儀控設備移到較高處設置	電動閥開關、電機、現場操作面板等

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」, 日本下水道協會 2019

3. 地震因應對策

抽水站必須考慮地震對策，使其功能不受大地震的影響。抽水機應注意可能因地震造成限制用水的情況下，也能保證抽水功能，應考量密封水替代水源或無須外接水源設備。

還須考慮地震造成異常水質流入、異常水量流入及設施停電等危機管理對策。

4. 操作穩定對策

抽水機突然啟停、水位過高、水位低運轉等引起的不穩定現象，也必須考慮。

(1)孔蝕

在離心抽水機中，葉輪入口處的壓力最低，因此在吸入區域會形成無數個蒸汽氣泡。這些氣泡會與流動流體一起被輸送到靠近葉輪出口的較高壓力區域，從而會在此處因內爆而崩塌。氣泡突然崩塌時會產生衝擊波，

這會在葉輪的金屬表面上造成小點蝕，一段期間內幾百萬個小點蝕的累積效應，最後會造成葉輪的孔蝕，同時亦會產生噪音及振動。詳 5.4.10 節。

(2)喘振(Surge)

在抽水機的運轉過程中，排放量和排放壓力可能會周期性變動。這種狀態稱為喘振現象。當出現喘振時，可能會發生抽水機及管線設施振動。

(3)水錘現象

當滿管中的水流速度突然變化時，水中的壓力會發生劇烈變化，產生水錘，水錘現象引起的壓力上升或壓力下降的大小，因流速的變化程度、管道狀況、流速、抽水機的性能等不同而不同，但可能會出現異常壓力。這將影響抽水機、閥門及管道等。另外抽水機和驅動設備，可能會反向旋轉造成故障。

5. 減輕環境影響措施

抽水站應遵守環保法規，特別是在市區人口稠密的地區，應充分考慮防振、噪聲、異味等措施，砂和攔除物的儲存、處理和處置，要注意臭味，建議盡可能增加綠地隔絕周邊。

如設置除臭設施時，應考慮除臭設備的安裝空間、管道路線、排氣口等。

6. 避免腐蝕對策

抽水站的污水滯留時，伴隨污水攪動，氣液接觸面積變大，沉積物產生的硫化氫變成氣相的硫化氫氣體，會腐蝕土木結構和機電設備。可在混凝土表面採用防蝕塗裝，增加開孔覆蓋、除臭設備和臭氣收集管道等。

7. 節能減碳措施

為了節能和降低對地球暖化影響，應積極採用高效率電動機、低耗能設備、LED照明、高水位運轉、自動運轉等節能措施。還需要考慮資源的有效利用，例如將污水和雨水用於回收水，引入利用低能耗空調設備。還可考慮利用再生能源，如太陽能發電、風力發電及減少抽水機水封使用量等。

8. 新技術評估及導入

土木、建築、機械、電力、水質處理等各個領域的技術進步迅速，因此應充分評估新技術的適用及導入措施，譬如可考量技術包括ICT(Information and Communications Technology)/IOT(Internet of Things)營運管理、數位流體分析抽水井設計、高效率永磁同步電機節能，以及控制沉積物輸送進行臭味控制。

9. 改擴建時維持原有輸水功能地震對策等

抽水站改擴建時，維持原有輸水功能是基本需求，如果功能不足，應透過臨時抽水機設備、臨時動力設備、臨時管道、臨時水槽等來確保功能。

若既有抽水站場地狹小，無法設置上述措施時，可考量先利用管網其他抽水站臨時因應，或者提前新建一個抽水站先取代原有功能後逐一改建。

改擴建時也可檢討是否可利用管網的蓄水量，因應臨時需求或採用臨時抽水機抽送。

最重要的是，在改擴建前要重新確認抽水的實際情況，確認降雨流入變化或是人口增減等導致的計畫污水量變化，依據資料再檢討抽水機及驅動設備的負荷，並評估受配電設備需求、緊急用電需求、契約容量需求等。

5.3.5 管線和閥類配置基本需求

輸送管線是利用抽送設備將雨污水輸送到下一個設施(處理廠、抽水站、出水口等排放設施等)的管道，管道和閥類設計，應考慮維護性、耐用性、可操作性、經濟性和危機管理，選擇適當的管線材質、流速、管徑、閥類。

1. 管徑

   污水管的管內流速約為 0.6～3.0m/s，雨水管的管內流速約為 0.8～3.0m/s 管。

2. 管種

   輸送管線應選用接頭結構強度高、管線損失小、耐腐蝕性和耐磨性優良，並能承受內外壓力。

3. 排氣、排泥

   必要時應在輸送管線設置排氣和排泥裝置。

4. 複數管

   重要的輸送管線必要時可採用複數管線，以維持必要的抗震、維護以減輕災難時的風險。

5. 吸水管

   各抽水機獨立設置吸水管，水平距離應盡量短。

6. 出水關斷閥

   抽水機出水管，應安裝關斷閥。

7. 逆止閥

   如果排出側的水位比抽水機的水位高很多，並且在停電等事故時有逆流的危險時，應安裝逆止閥。

8. 吸入管隔離閥

   抽水機為了維護需求，應設置手動操作關斷閥。

9. 抽水站內管線接頭應考量防震、安裝伸縮及防脫開。

10. 管線材質及接頭

    應考量接頭強度、耐腐蝕性和耐磨性。

解說：

對於輸送管線，應選擇適合長期使用的管種，並根據流速確定所需管徑，並考慮可維護性。

設置時應考慮應急和維修造成的停水影響，同時確保抗震性能，重要的壓力管道應考量複數管線，以確保規劃的輸送量。

擴改建時應評估實際水量、現有設施的劣化狀況、其他維護資訊、維護可管理性等，確認管徑、類型和結構狀況。

如果與現有管線設施相比，計畫水量增加且擔心管道流速增加會導致管道損壞，則需要重新審查管道直徑。另一方面，當計畫的水量減少時，管內流速將降低，需討論沉積物產生和停留時間延長的處理方式。

輸送管線通常設定使用壽命較長，但可能處於腐蝕性環境中，維修風險大，因此需要進行充分的檢查檢查和清潔工作。

輸送管線的檢查和腐蝕環境調查，可參閱“下水道管道設施存量管理指南2016”(日本下水道協會出版)和“下水道管道中下水道腐蝕部分的有效調查”。

1. 管徑

管線管徑流速應避免泥沙積聚，污水管最小流速為 0.6m/s，雨水管為0.8m/s。為避免管線內壁、砂漿襯裏和塗層不被破壞，最大流速應小於 3.0m/s。依據最小和最大流速確認管線直徑。在確定管線直徑時，原則不考慮備用機組的抽水量。

2. 管種

壓力管埋入地下就很難更換，因此要選擇適當的管種，常用管種包括聚乙烯管、延性鑄鐵管、鋼管、HDPE 管等，選用時應考慮抗震性的接頭結構\。

3. 排氣、排泥

應盡量避免抽送管道出現倒虹吸等不平整現象，並防止抽送管道中積存泥沙，如果無法避免地有很多高低起伏，則應根據需要在高點頂部安裝排氣閥，但由於會產生臭氣，因此應仔細考慮安裝位置。

必要時，在低處設置排泥、排水管，用於管道維修時排水或排放泥沙。

氣味和腐蝕通常是輸送污水和污泥的壓力管道的排氣和排泥問題，因此需配合周圍環境和維護點，將其安裝在適當的位置，詳圖 5.7 壓力管道排氣及排泥管示意圖。

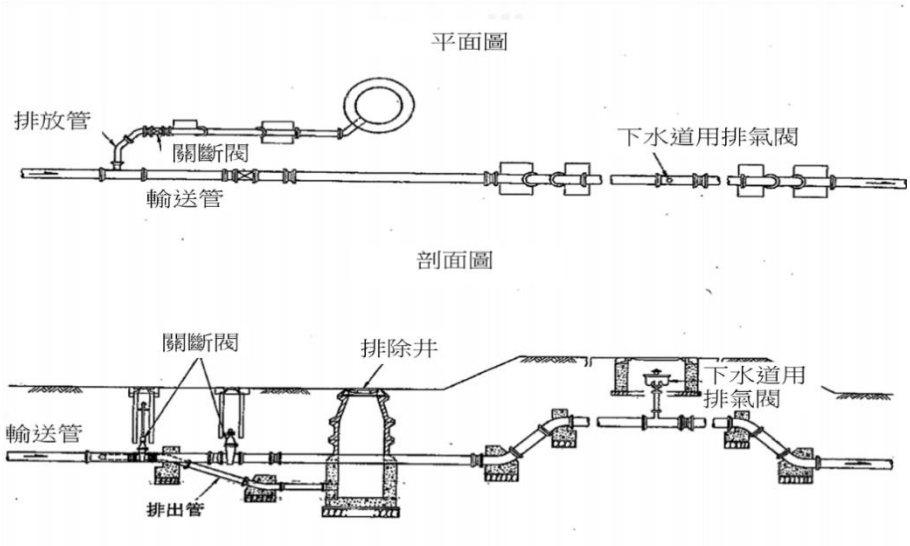


圖 5.7　壓力管道排氣及排泥管示意圖

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」2019 年版

為了防止管道被沉積物、內部污泥等堵塞，應考慮清潔工作的處理方式，可考慮設置回收水清洗和管道檢測儀清洗(Pipeline Inspection Gauge,PIG)，PIG 是藉由清洗儀在管道裡面移動來做清潔、位置定位及檢測的設備等清洗方法。

4. 複數管

如果抽水站設施的抽水管道堵塞或因維修而停止供水,或因地震而損壞，抽水能力將受損。因此重要幹線為確保輸送能力，可設置複數管。

譬如在橋樑或檢查清潔工作量較大的地方，需要排水和排泥維護管理，但不能長時間停供。或者預測會因老化和自然災害造成破壞會導致供水故障和事故的地方，需要採取複數管措施避免風險。

一般情況下，複數管的總輸送量可為計畫輸送量。但是在設定每根管線的輸送量時，也應考慮在發生故障或長期停機維護時也能保證輸送能力。

5. 吸水管

原則上，各抽水機獨立設置吸水管，吸水管如採水平設置，水平距離應盡量短，以便抽水機啟動時空氣可容易排除，減少管內水頭損失。

6. 出水關斷閥

抽水機出水管，應安裝關斷閥可調整排放量或防止回流，如果要縮短閥開/關時間或要調節流量，可考慮使用蝶閥。常開關閥可採電動開/關，不常使用者採用手動開關。

7. 逆止閥

如果排出側的水位比抽水機的水位高很多，並且在停電等事故時有逆流的危險時，應安裝逆止閥以防止倒流。逆止閥應採用阻力盡可能小的結構設計，一般安裝在抽水機和出水關斷閥之間。如果低揚程的大型抽水機的排放側較短且沒有設置逆止閥，則應在管道末端安裝舌閥。

8. 吸入管隔離閥

抽水機採乾井水平安裝吸入管時，為了維護需求，應設置手動操作關斷閥。

9. 抽水站內管線接頭應考量防震、安裝伸縮及防脫開

管線應考慮削減設備震動傳遞，同時考量維護拆卸之伸縮，可設置防震接頭、可撓管或雙拉桿伸縮接頭，管線安裝應防止斷開，直管、管件及閥應設置固定支撐、固定台或固定座，設置時應考量滿水荷重、抽水機啟動後之推拉力及地震可能之影響。

10. 管線材質及接頭

抽送管線應具有考量接頭強度、損失小、耐腐蝕性和耐磨性優良，並能承受內外壓力。

11. 雙管考量

如果抽水站設施的抽水管道堵塞或因維修而停止供水，或因地震而損壞，抽水能力將受損，抽水站將停止運行，污水會流出，因此重要幹線要確保不

受影響時，可依據需要設置雙管，一般情況，雙管的輸送量即為計畫輸送量。

5.4 抽水站整體設計考量

5.4.1 抽水機抽水量、台數及容量

抽水機抽水量、台數及容量，考量如下：

1. 抽水機台數，應依計畫抽水量大小設置之，改擴建時，應根據操作維護資訊確定合適的數量。
2. 抽水機台數及容量，應依抽水量作分配。
3. 污水抽水機的標準安裝台數為 2～5 台(不含備用)，雨水抽水機的標準安裝台數為 2～6 台(不含備用)。

解說：

抽水站採用之抽水機類型，須配合液體特性、容量及揚程選用，抽水機的安裝台數，應考慮使用成本、建設成本、維護成本及危機管理等；改擴建時則應根據操作維護資訊確認水量、變動狀況、既有設施運轉狀況等。

1. 雨水抽水站抽水機台數

雨水抽水站依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第二十條抽水設備設置規定：抽水機應採同一性能同一容量，其設置台數依計畫抽水量之時變遷及抽水機性能而定。但計畫抽水量之變化甚大者，得採用不同容量之抽水機，設計時可參考表 5.2「施工手冊第三篇(前省住都局 73.10)」建議雨水抽水站抽水機組數如下。

表 5.2　雨水抽水站抽水機計畫抽水量與台數關係

抽水量(cms)	台數(台)
3 以下	2
3 ～ 6	3
6 ～ 12	3 ～ 4
12 ～ 20	4 ～ 5
20 ～ 30	5 ～ 6
30 ～ 42	6 ～ 7

2. 污水抽水站抽水機台數

污水抽水站抽水機台數及容量之決定，應配合進流水量之變動，穩定抽取水量，以均衡污水處理設施之流量，不含備用之總抽水量應符合尖峰污水量需求，因應維修之需要，應設置備用抽水機，備用抽水機規格應與最大容量機組同規格。

污水抽水站計畫抽水量與設置台數之關係，參考表 5.3。進流抽水機台數，應考量單台或多台並聯性能曲線、抽水系統曲線、定變速、備用考量、啟停模式等操作原則，確認是否符合操作需求。

表 5.3　污水抽水站抽水機計畫抽水量與台數關係

計畫抽水量(m^3/s)	設置台數(含一台備用)
≦0.5	2～4
＞0.5 且≦1.5	3～5
＞1.5	4～6

3. 污水抽水站初期進水變動對策

污水抽水站可考慮安裝兩種或三種不同輸送量的抽水機，以因應初期進水的高變動而引起的水量變化，也可考量採用變速控制方法。

進流量相對穩定的抽水站，應設置相同容量的抽水機組，以利後續操作維護，進流量因初期接管率較低，導致初期污水量與全期差異甚大，或該區域因特殊因素(如上班時間集中)導致進流量變動大的抽水站，則需考量低進流量對較大容量機組啟停時間之影響。常用的應對方式如下：

(1)設置變速機組

選用時應注意定速與變速機組間性能曲線及操作啟停模式的搭配，詳 5.4.6 節。

(2)採用不同容量機組搭配

全期進流量變動大不同容量機組，可參考日本設計指針所建議之台數及容量關係，如表 5.4。如抽水機為並聯使用時，則需依實際需求選用規格，選用時應繪製各機組性能曲線及不同機組之性能組合曲線，並比對抽水系統曲線，以確保各機組提供之水量能滿足系統所需，並確保各機組在合理的操作範圍，避免發生小台抽水機因關閉水頭不足，而無法並聯使用之情況。

抽水站抽水機如配合初期污水量選用較小容量機組時，應注意採用管線管徑需考量全期輸送需求，擴建時應檢討抽水機規格需求，避免過多規格影響操作維護。

表 5.4　全期進流量變動大之抽水機台數及容量選用參考

容量 / 台數	配置方式	小	中	大
2 台	—	—	1/2Q×2 台	
3 台	甲	1/4Q×2 台	—	2Q/4×2 台
	乙	1/6Q×1 台	2/6Q×1 台	3/6Q×2 台
4 台	甲	1/8Q×2 台	2/8Q×1 台	4/8Q×2 台
	乙	1/8Q×1 台	2/8Q×2 台	3/8Q×2 台
5 台	甲	1/10Q×2 台	2/10Q×2 台	4/10Q×2 台
	乙	1/13Q×1 台	2/13Q×2 台	4/13Q×3 台
備註：Q 為計畫抽水量，甲、乙為依流入量變動選擇之。不含備用台數				

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」, 日本下水道協會 2019

由於污水抽水機需要一直運轉，並且需要隨時保證計畫抽水量，出於保證容量的需要，必須至少一台備用，備用抽水機的排放量應與抽水站的最大容量抽水機相同。

5.4.2 抽水機轉數

抽水量及揚程確定後，在選定抽水機回轉數時，應考量預算、NPSH、比速及輸送流體特性等。

解說：

回轉數之決定須考慮下列：

1. 抽水機費用

回轉數選擇較小時，葉輪要大，也就是抽水機增大，價格較不經濟。回轉數選擇較大時，較經濟，但於吸入揚程受限，而要保持良好吸入性能時，抽水機將有孔蝕現象發生，須予以詳細檢討。

若抽水機製造廠商未提供各轉速曲線，則可採用"相似定律"進行計算，得出各轉速下抽水機的曲線。

2. NPSH(有效淨吸水高度/Net Positive Suction Head)

防洪抽水機大多採用軸流或斜/混流抽水機，故其比流速有一定之範圍，否則將影響效率，故選擇抽水機回轉數時，應考慮不使NPSH太大。

3. 比速

抽水機之種類、形式、特性等，與比速值有密切之關連；一般防洪抽水機所採用之軸流豎軸抽水機之比速(Ns)，適用範圍界於1,200～2,500 rpm之間，最好在1,500～2,000 rpm之間，斜/混流採用700～1,300 rpm之間，詳第5.5.2節比速及相似定律說明。

一般防洪軸流抽水機，因抽水量大，揚程小，其抽水機回轉速均低，而Ns值大，故選擇抽水機時，若抽水機回轉速過低，致Ns與N值之比值必須大過5：1時，或Ns值無法選擇在優良迴轉數時，可考慮採用斜/混流抽水機，防洪抽水機Ns與N值之比若大於5，角齒輪吃力，噪音及震動均較大，除非角齒輪材料特殊及噪音、防震方面能有效防治，否則必須採用雙段變速；防洪抽水機應盡可能採用機械變化簡單，以減少故障率，採用雙段變速，將增加機械損耗，影響效率，故一般均採用單段變速。

4. 流體種類

如果用於污水、污泥或含有大量砂礫之輸送流體，應考量抽水機殼及葉輪的磨耗，選擇適用的轉速建議值如下。

(1)污水用低壓離心式抽水機轉速不大於1,800 RPM。

(2)污泥用低壓離心式抽水機轉速不大於1,200 RPM。

(3)迴流污泥用低壓離心式抽水機轉速不大於900 RPM。

5.4.3 動力源及驅動裝置

抽水機的驅動裝置的選擇，應考慮使用條件的可靠性、穩定性和經濟性。改擴建時，需根據操作維護資訊選擇合適的驅動裝置。

1. 污水抽水機驅動裝置，一般使用由台電供應電源驅動的電動機。
2. 雨水抽水機驅動裝置，可使用內燃機或電動機驅動裝置。
3. 電動機選型，應考慮周邊環境和危機管理、維護以及節能的措施。

解說：

無論是污水還是雨水抽水機運轉時，意外停止運轉對排水和現場設施影響很大，所以在選擇驅動裝置時，首先要確保功能的穩定性，依據下水道設施標準第二十條規定，抽水機之原動機出力應為抽水機之軸馬力加適當之餘裕；使用電動機時應加抽水機軸馬力百分之十至百分之二十之餘裕;使用內燃機時應加抽水機軸馬力百分之十五至百分之三十之餘裕。另設減速機者，原動機之出力應有零點九二至零點九七之傳達效率。

抽水機驅動裝置，可採市電電動機、自設發電電動機、內燃機三種。

1. 污水抽水機驅動裝置

污水抽水機通常為長時間連續運轉，由於需要根據進水量和排污量的時間變動進行機組控制、調速等操作，為操作維護方便且供應穩定，多選擇電動機由市電供電驅動。

惟此類型抽水站，除遇電力供應中斷時，可經由繞流管道排出者外，一般皆需再設置備用緊急發電機，以供停電時仍可運轉。

2. 雨水抽水機驅動裝置

雨水抽水機考慮到每年的運轉時間短，但經常會遇到颱風、雷雨等停電情況，特別是在大雨期間運轉的需求，因此雨水抽水機的動力源，可採用內燃機或採自設發電機驅動電動機。但對於頻繁運轉的雨水抽水機，可以採用市電供電驅動，便於操作和維護，如圖5.8雨水抽水站驅動設備類別所示。

當使用內燃機作為驅動裝置時，為了維護目的，應該定期以實際負載進行試運轉，特別是在旱季，停止狀態會持續較長時間，因此在抽水機排放側可設置旁通管回抽水濕井，以便進行試運轉。

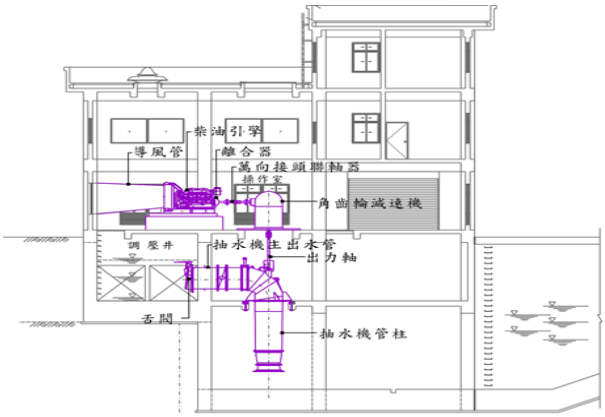
此外，根據抽水站的位置條件，應考慮內燃機或發電機啟動時的黑白煙等廢氣處理、噪音和振動防制措施，特別是應考慮結構物本體噪音傳播的問題。

3. 驅動裝置選型

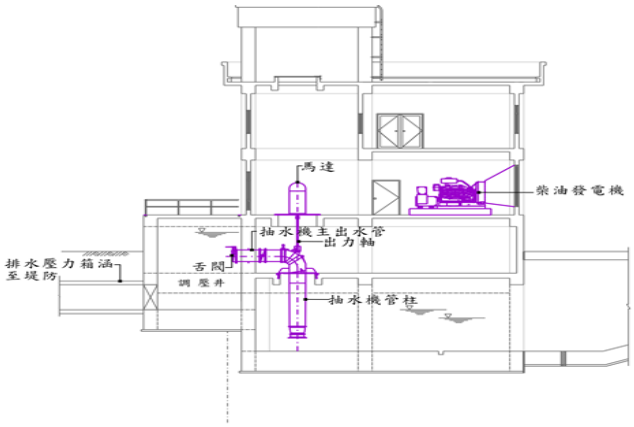
關於抽水機的驅動裝置選擇，應考量能源消耗、溫室氣體減排、既有設施的運轉結果評估以及災害發生時的風險考慮。

改擴建驅動裝置時，應考慮維護(維護系統、維護成本的降低)和周圍環境(排煙、噪音/振動對策)。

考慮驅動裝置的類型，應順便評估功能和運轉控制方法，同時選擇合適的節能措施。特別是需要考慮配合計畫污水量的增減，可調整自設發電設施的容量或台電契約容量。



採內燃機為驅動設備



採電動機搭配發電機為驅動設備

圖 5.8　雨水抽水站驅動設備類別

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

5.4.4 抽水機吸水口及出水口管線及附屬設備設計考慮事項

抽水機吸水口及出水口如下：

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. 污水抽水機規範，應訂定能通過圓球狀固體直徑，並配合選用抽水機機殼之吸水端及出水端開口直徑。
3. 抽水機吸水管，須配合需求設置大小頭、隔離閥、壓力計等。
4. 抽水機出水管，須配合需求設置大小頭、隔離閥、逆止閥、壓力計、流量計等。
5. 污水抽水機吸水管及出水管，應注意設計流速。

解說：

1. 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。
   (1)在淨吸水揚水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。
   (2)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。

(3)離心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。

(4)抽水機大小一般以口徑表示之。抽水機吸水管內流速，依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第二十條規定，約在 2.0～3.0m/sec 間，吸水管徑依(5-1)式計算，出水管之管徑則依吸水管管徑、總揚程及比速決定。一般情況下，出水管之管徑會採與吸水管一樣管徑予以設計。

$$D = 146\left(\frac{Q}{V}\right)^{1/2} \quad \text{.....(5-1)}$$

式中：

D：抽水機吸水管徑(mm)

Q：抽水量(cmm)

V：流速(m/sec)

2. 污水抽水站，不論在抽水機上游端是否已設置攔污柵，污水抽水機應選用不阻塞型抽水機，並於規範應明訂通過最小直徑之圓球狀固體。

(1)如抽水機尺寸夠大，污水抽水機應考量能夠通過直徑至少為 75mm 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 20mm 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與其他固體物互相纏繞之結果而定。

(2)隨抽水機機殼吸水口口徑之增大或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。

(3)乾井式安裝之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。

3. 抽水機吸水管及附屬設備之設計

(1)每台抽水機應分設吸水管一支，吸水管應盡量縮短水平管長度。

(2)吸水管接頭及其管件不得漏氣，管內不應堆積空氣，並應盡量減少彎曲。

(3)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，詳第 5.4.5 節說明。

(4)具有壓力水頭之吸水管，應設置隔離閥。

(5)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。

(6)污水抽水機之淨吸入揚程，應使抽水機不發生孔蝕現象，並依抽水機之型式使其淨吸入揚程降至最低。

(7)污水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 NPSHa，對廠商提供的抽水機 NPSHr，須有 NPSHa＞1.2NPSHr 的安

全係數考量。前述名詞中，NPSH 為有效淨吸水高度(Net Positive Suction Head)，為判斷抽水機是否會發生孔蝕現象的數值資料，NPSH 分為 NPSHa：可用淨吸水高度(Net Positive Suction Head Available)及 NPSHr：必要淨吸水高度(Net Positive Suction Head Required)。

(8)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。

(9)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。

4. 抽水機出水管及附屬設備之設計

(1)出水管與抽水機出水口間之漸縮管，可採同心型式。

(2)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。

(3)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。

(4)污水抽水機得於出水共同管上設置電磁流量計，流量計前後應維持前 5D 後 3D 之直線段，D 為管徑，並應設繞流管及隔離閥；廠內回流污水應另設流量計。

(5)輸送含大量固體物或砂礫之污水時，擺動式逆止閥應盡量設於出水管之水平段，如須設於垂直段，應盡量減少其上方之垂直段，採用圓球逆止閥、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，應有方便進出的地方。

(6)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。

(7)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。

(8)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。

(9)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。

(10) 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。

(11) 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。

(12) 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，隔離應變的最好方法，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)。

5. 污水抽水機吸水管及出水管應有合適的設計流速，建議值如下。
   (1)抽水機吸水管在最大流量時的適當流速為 1.2～1.8m/s。
   (2)出水管的適當流速為 1.8～2.4m/s。
   (3)進流喇叭口(Pump intake)流速為 1.1～1.2 m/s。

5.4.5 抽水站之濕井及乾井

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。

2.抽水站之金屬物品，亦應採用防蝕材質。

3.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。

4.應慎選合適之污水抽水站濕井型式。

5.抽水站設計，以不在濕井底部造成淤積為佳。

6.設於室內之抽水站，應有通風換氣設備、除臭及其他附屬設備，並考量防爆需求。

7.應考量初期低流量之因應措施。

8.乾井有浸水之虞時，可採用：(1)豎軸透平式抽水機；(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)沉水式抽水機採乾井安裝。

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，其地下結構物應為鋼筋混凝土構造，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。濕井的混凝土內壁為防止污水中硫化氫的侵蝕，應採防蝕塗刷或防蝕內襯。
   (1)防蝕塗刷可採煤焦油環氧樹脂(coal tar epoxy)、水性環氧樹脂漆、尿素甲醛(Urea formaldehyde)聚合物或聚脂(Polyester)聚合物。
   (2)防蝕內襯可採 FRP 內襯，做為濕井混凝土內壁的裡襯。
2. 污水中之硫化氫，易腐蝕抽水站之金屬物品，重要設備、閘門及維護設施，可採用 304 或 316 不銹鋼；開孔蓋板材質，可採用玻璃纖維、鋁或鍍鋅材質；管閥可採用 304 或 316 不銹鋼，或採延性鑄鐵管外表塗刷環氧樹脂。
3. 濕井容量之考量，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，須考量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，將迫使抽水機之啟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。

(1)單台抽水機操作所需之濕井高低水位間的有效蓄水容量，可由公式(5-2)計算之：

$$V_{min} = \frac{Q_p T}{4} \quad \text{.....(5-2)}$$

式中：

V_{min}：定速抽水機由運轉水位(HWL)到停機水位(LWL)之最小控制容量(m^3)

Q_P：定速最大抽水機之揚水量(m^3/min)

T：定速抽水機所需之最小循環時間(抽水機啟動、停機至再啟動之時間，min)

上述Vmin係指該台抽水機由高水位(HWL)到低水位(LWL)之所需容量，單台抽水機啟動至停機水位間濕井之所需容量，又稱有效容量(active volume)或控制容量(control volume)，日本稱為有效貯留容量。Q_P係指定速抽水機單台之揚水量，非指該抽水站之尖峰進流量。

(2)抽水機所需之最小循環時間

T 係指定速抽水機所需之最小循環時間(即抽水機啟動、停機至再啟動之時間)，皆與電動機之馬力數有關。馬力愈大，最小循環時間就愈長，每小時容許抽水機啟動次數就愈少，如表 5.5。

依據 Metcalf & Eddy 所載：15 至 75 kW(20 至 100 bhp)鼠籠式感應電動機驅動之定速抽水機電動機，最小循環時間至少需要 15 min。75 至 200 kW(100 至 268 bhp)，電動機最小循環時間至少需要 20 至 30 min，大於 200 kW(268 bhp)之電動機，最小循環時間最好由該抽水機之廠商提供。至於小於 15 kW(20 bhp)之電動機啟動時間可減為 10 min，但仍建議採 15 min。

表 5.5　抽水機電動機最小循環時間的規定

電動機馬力,bhp	t,分鐘
少於 20	10 至 15
20 至 100	15 至 20
100 至 250	20 至 30
超過 250	由抽水機製造商建議

另依據日本下水道協會「小規模下水道計畫.設計.維持管理指針及解說」2004，沉水式污水抽水機依據電動機容量之最小循環時間(參考值)，如表 5.6。

表 5.6　沉水式抽水機最小循環時間(參考值)

抽水機電動機容量	最小循環時間：Tmin
0.4 kW～7.5 kW	6 分
11 kW～22 kW	10 分
30 kW～45 kW	15 分
55 kW	20 分

本手冊建議設計一般污水抽水站,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 15min 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。

(3)多台抽水機操作濕井容積

多台抽水機操作濕井容積計算應配合操作模式，可採陸續啟動，先開啟先關閉，如圖 5.9，或採陸續啟動，先開啟後關閉，則濕井總容量，可依式 5-3 計算。

<table>
<tr><td>高高水位警報▲</td><td colspan="2">ΔH(高水位警報)</td><td>▼高高水位警報關</td></tr>
<tr><td>第四台啟動▲</td><td>ΔH</td><td rowspan="2">V min</td><td rowspan="2">▼第一台關閉</td></tr>
<tr><td>第三台啟動▲</td><td>ΔH</td></tr>
<tr><td>第二台啟動▲</td><td>ΔH</td><td>ΔH</td><td>▼第二台關閉</td></tr>
<tr><td rowspan="2">第一台啟動▲</td><td rowspan="2">V min</td><td>ΔH</td><td>▼第三台關閉</td></tr>
<tr><td>ΔH</td><td>▼第四台關閉</td></tr>
<tr><td>低水位警報解除▲</td><td colspan="2">ΔH(低水位警報)</td><td>▼低低水位警報</td></tr>
</table>

先啟先閉參考模式

<table>
<tr><td>高高水位警報▲</td><td colspan="2">ΔH(高水位警報)</td><td>▼高高水位警報關</td></tr>
<tr><td>第四台啟動▲</td><td>ΔH</td><td rowspan="2">V min</td><td rowspan="2">▼第四台關閉</td></tr>
<tr><td>第三台啟動▲</td><td>ΔH</td></tr>
<tr><td>第二台啟動▲</td><td>ΔH</td><td>ΔH</td><td>▼第三台關閉</td></tr>
<tr><td rowspan="2">第一台啟動▲</td><td rowspan="2">V min</td><td>ΔH</td><td>▼第二台關閉</td></tr>
<tr><td>ΔH</td><td>▼第一台關閉</td></tr>
<tr><td>低水位警報解除▲</td><td colspan="2">ΔH(低水位警報)</td><td>▼低低水位警報</td></tr>
</table>

先啟後閉參考模式

圖 5.9　多台抽水機操作參考模式

濕井總容量

$$V_{tot,n} = V_{min} + (n-1) \times \Delta H \times S \quad \text{.....(5-3)}$$

式中：

V_{min}：依(5-2)式計算

S：濕井水面積

ΔH：各台操作啟停間隔水位

Vmin 濕井容量計算時，應採用最大容量抽水機及其最小循環時間計算，各台操作水位需求，應注意水面變動影響，建議不小於 0.2M。

另因污水處理廠採分期建設，各期抽水機設置時，應依設計處理水量，抽水設備之設置相關標準，配置大、中、小不同容量之抽水機及台數。此外，污水處理廠採分期建造，若進流抽水站土建結構亦採分期擴建者，其濕井體積可依該分期設計處理量配合前述公式進行計算，若抽水站土建結構一次興建者，其濕井體積需先考量全期需求計算之，惟為因應初期污水量，可於濕井內施作隔牆及聯通閘門，未來可依進流污水量變化彈性操作。

4. 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較低，用於調節池做為流量調節抽水機或做為放流水抽水機等，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，矩形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。進流管及濕井介紹如下：

1) 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)，如圖 5.10。

2) 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。

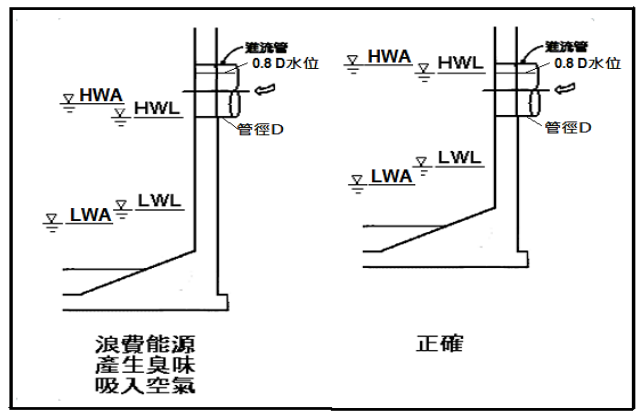
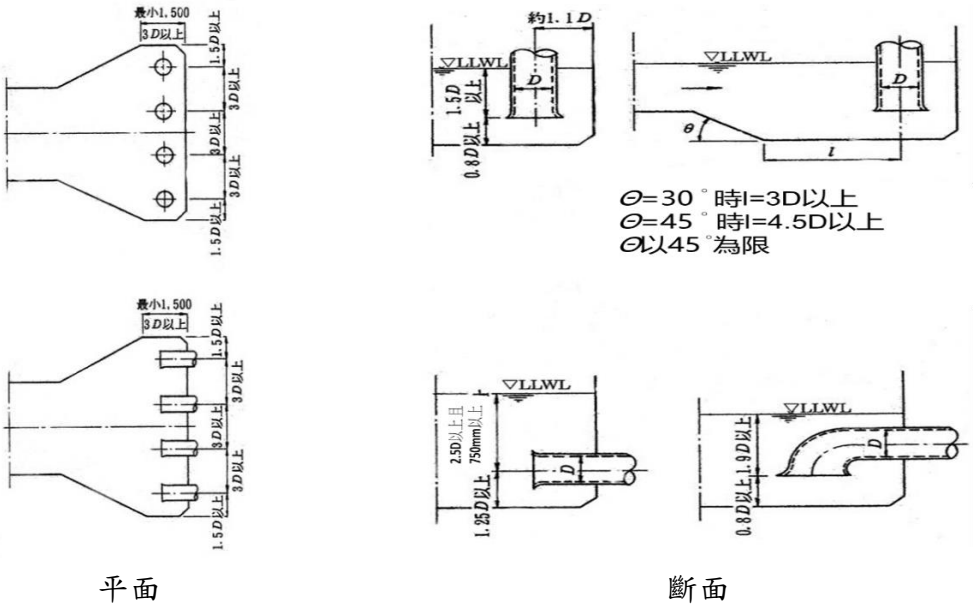


圖 5.10　濕井高水位位置之決定

(HWA：高水位警報，HWL：最高水位，LWL：最低水位，LWA：低水位警報)

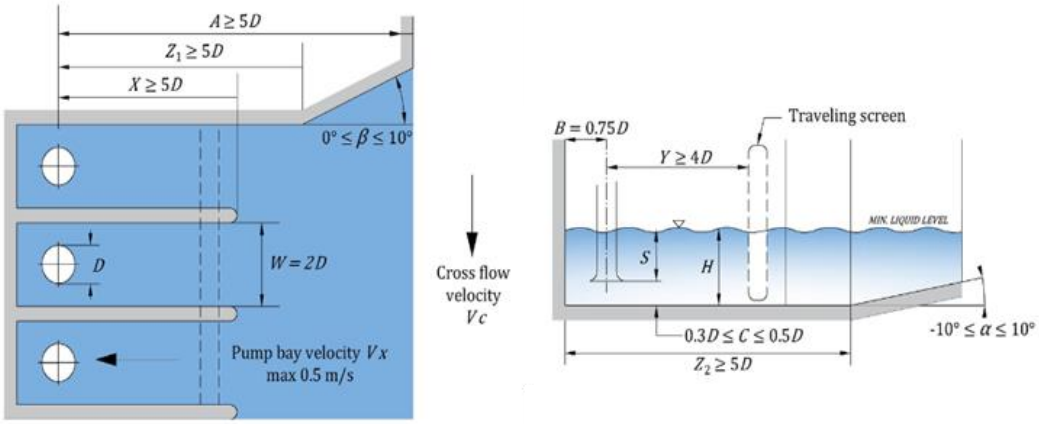
濕井不當設計導致的問題，絕大部分發生在因為局部漩渦而在水面上產生的漏斗狀渦流，這種漏斗狀渦流會將吸入的空氣，經由抽水機吸水口而帶到葉輪上，使葉輪產生徑向的不平衡，從而使水流產生水力脈動，導致軸承及葉輪導引的機械過載。

吸水管端為喇叭形，整理日本下水道協會「下水道施設設計指針と解說」及 Hydraulic Institute 建議之各種吸水管的型式，如圖 5.11。喇叭口至最低水位之浸水深度為 S，參考公式(5-4)及(5-5)。



平面　　斷面

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解說」2019 年版



上圖整理自 HI Pump intake structure layout-1998

圖 5.11　各種吸水管的型式

$$S = (1 + 2.3 * F_D) * D \quad \text{.....(5-4)}$$

式中：

S：浸水深度(m)

F_D：福祿數(Froude number，無因次)

$$= \frac{v}{(g*D)^{0.5}} \quad \text{.....(5-5)}$$

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)

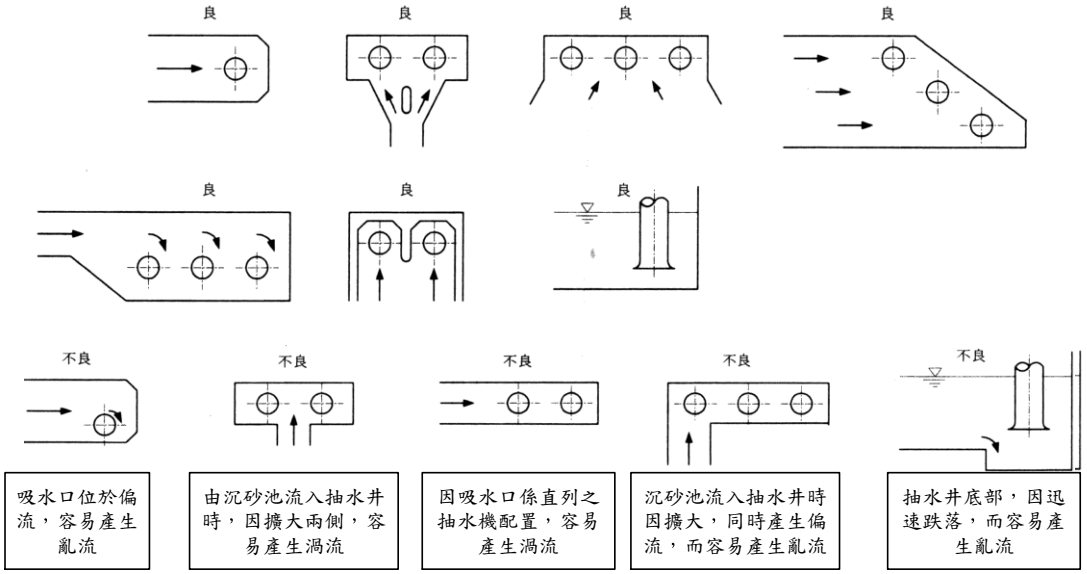
濕井中，水流方向突然改變會造成渦流。濕井中朝向抽水機的水平流速，應遠小於 0.3 m/s。濕井角落沒有填角的不連續性，以及水流經過分隔牆鼻端，引起之不均勻水流分配，常導致形成挾帶空氣的漩渦。濕井或吸水口管線的形狀，會造成不均勻流速，從而使水流旋轉，當水流靠近吸水口時，旋流會增大，抽水機吸水管的渦流，會使葉輪中心局部的可用淨吸水高度(Net Positive Suction Head Available，簡寫為 NPSHa)不足，導致孔蝕、噪音及急速磨損。矩形濕井及進流口之優劣配置設計，如圖 5.12，雖然該圖已將不良的矩形濕井配置顯示出，但即使劃歸為良好的配置，其抽水機吸水口的水流循環仍可能產生渦流。

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，如圖 5.13 填角及地圓錐。對於小型濕井，這些防止渦流的方法可能不具成本效益，其替代方法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 30,000 CMD 之大型抽水站。

如圖 5.14，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)。

如圖 5.15 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法，對於濕井用地面積大、浮渣無法排出等問題仍無解。



上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解說」2019 年版

圖 5.12　抽水井之大小尺寸及進流口之優劣配置設計

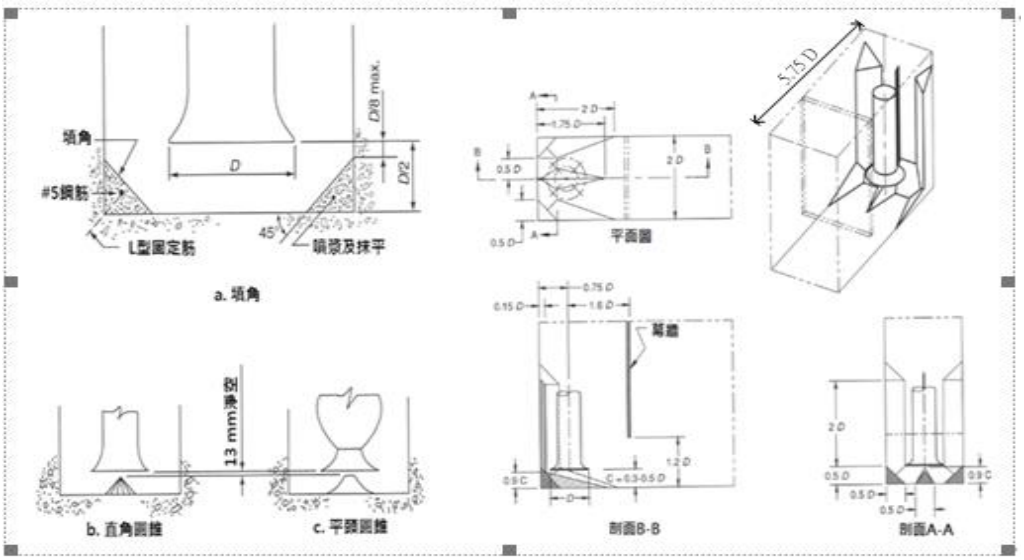


圖 5.13　填角及地版圓錐

圖 5.14　大型抽水機防止渦流隔間圖

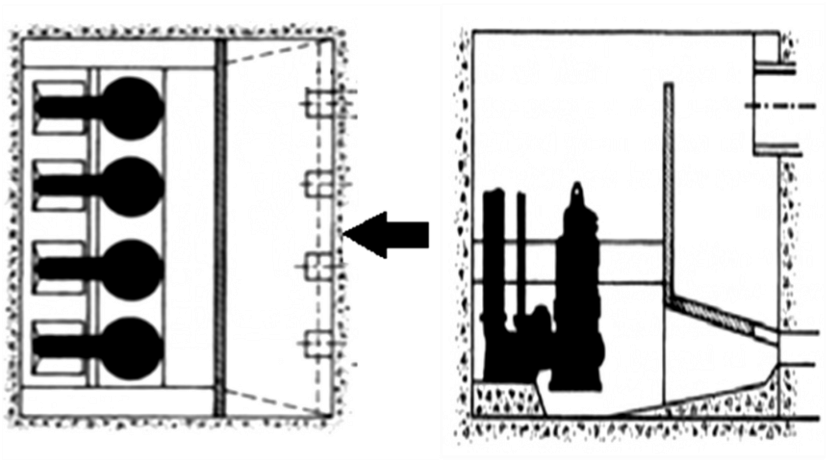


圖 5.15　典型使用沉水式抽水機之矩形濕井平剖面圖

(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，濕井可以混凝土場鑄或採混凝土管製造，也可採用 FRP 管或鋼管。

圓形濕井通常採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 2 D 高的筒中來解決。

圓形濕井有進流污水跌落之缺點，當進流污水跌落底下，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，可採用較大坡度之進流接近管，如圖 5.16 裝設兩台沉水式抽水機之小型圓形濕井，接近管設置長度，需配合重力管線人孔設置位置整體考量，坡度建議維持流速不超過 3 m/s。

圓形濕井其他缺點包括：I.過大而平坦的池底會使污泥淤積及腐敗及 II.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。

(4)狹窄隔間之濕井

狹窄隔間之濕井配置，如圖 5.17，其優點為：I.抽水機平時運轉時有優良的水力條件；II.抽水機全速運轉時可將污泥抽出；III.抽水降低水位時可將浮渣抽出；IV.適合大型抽水機。

另一方面，其缺點為：I.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)；II.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；III.費用較圓形濕井為高。

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。

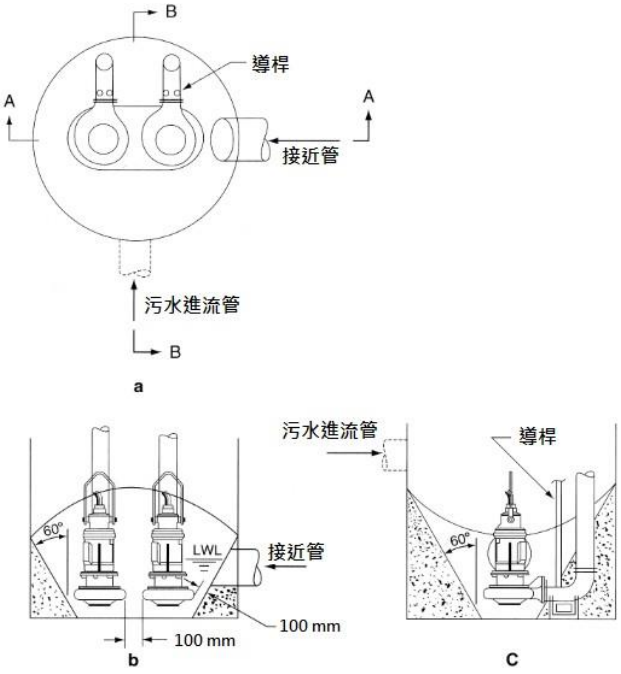
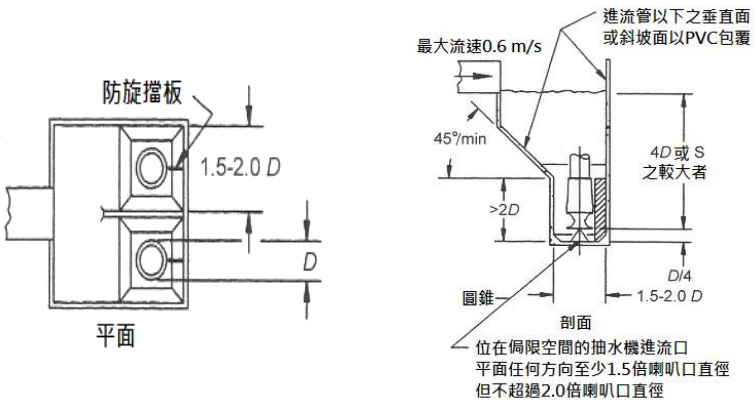


圖 5.16　裝設兩台沉水式抽水機之小型圓形濕井
(建議以實線之接近管代替虛線之進流管)



a.平面圖　　b.剖面圖

圖 5.17　狹窄隔間之濕井配置示意圖

5. 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 0.3 m/s 的流速可保持污泥流動，而大於 0.5 m/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 1.6 m/s 的流速，才能將沉積物有效的沖走。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(如圖 5.18 a)，

亦可用沉水式攪拌機(如圖 5.18 b)。應用機械攪拌機攪拌來清除濕井中沉積物時，有下列缺點：A.機械設備費用高。B.電力費用高。C.機械設備的維護費用大。D.尚有死角無法清除乾淨。E.污水中棉絮殘繞。



a.豎軸式攪拌機



b.沉水式攪拌機

圖 5.18　機械式攪拌機

(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(如圖 5.19)，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。

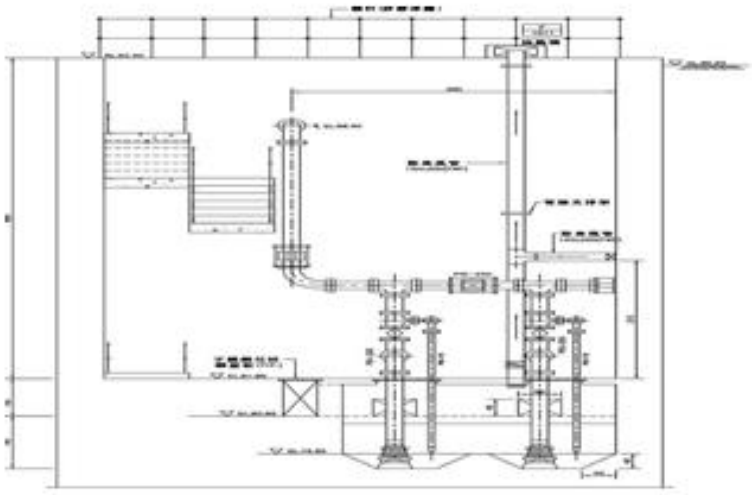


圖 5.19　分支管攪拌

(3)豎軸集水坑抽水機以及沉水式抽水機(如圖 5.20 及圖 5.21)：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 5.20　豎軸集水坑抽水機

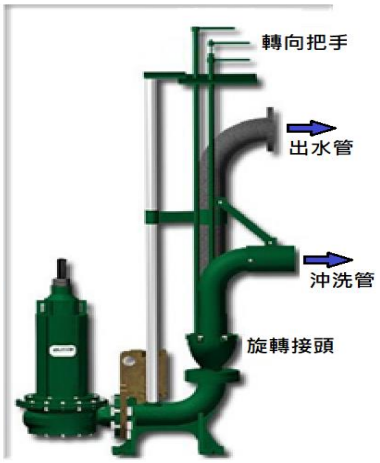
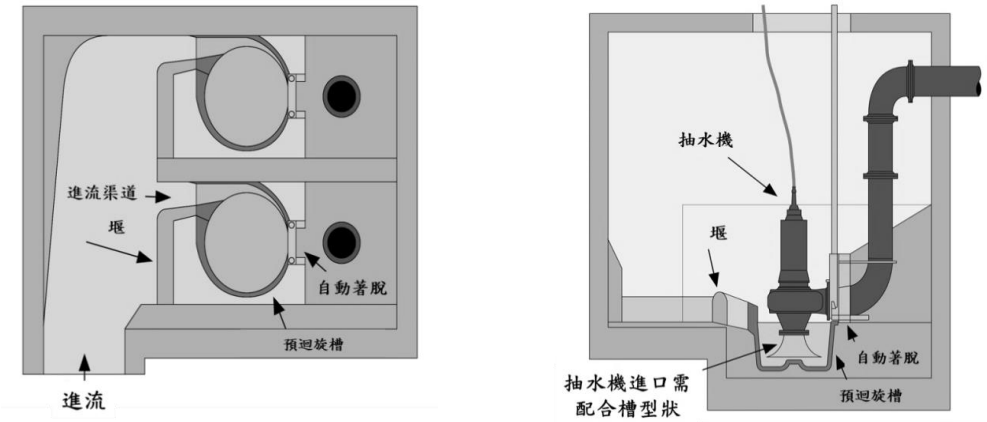


圖 5.21　沉水式抽水機

(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。預迴旋槽是設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。預迴旋槽如圖 5.22。



a.平面圖　　b.剖面圖

圖 5.22　預迴旋槽之例

6. 為降低初期低流量對進流抽水站操作所帶來的不利影響,在規劃設計階段時，即須對進流抽水站之配置予以妥善構思，包括攔污柵渠道、濕井及抽水機。

(1)攔污柵渠道

小規模進流抽水站使用攔污柵籃，故沒設攔污柵渠道；而對於中大規模進流抽水站之攔污柵渠道，為減少渠道的固體物淤積，可將攔污柵上下游的渠道寬度設計的比攔污柵的寬度還要窄，以提高渠道之水流流速，同時可滿足攔污柵柵間最大流速不得大於 0.9 m/s 之要求。

(2)濕井

一般小規模抽水站，如果採用傳統式圓形或矩形濕井，為減少濕井中固體物可能淤積的死水區，濕井的平面面積應減至最小，另外，為使濕井中的固體物在沉降時，能盡量靠近抽水機的吸水口，濕井池牆與底板間應填築底邊長至少為 0.3 m，仰角至少為 60 度的填角；如為矩形濕井，兩面池牆間，亦應填築邊長至少 0.3 m 的填角。

一般傳統乾井式中大規模進流抽水站之濕井形狀可為圓形、矩形或梯形，數台抽水機隔著乾溼分隔牆在乾井處呈等距排列。為減少濕井中固體物可能淤積的死水區，濕井的平面面積應減至最小，另外，為使濕井中的固體物在沉降時，能盡量靠近抽水機的吸水口，除進流管側的濕井底部須有朝向抽水機之斜坡外，其他側的池牆與底板間，應設置底邊長至少為 0.30 m，仰角至少為 45 度的填角。

一般濕井式進流抽水站亦可採用圓形、矩形或梯形，數台沉水式抽水機在濕井內呈等距排列。同樣的，為減少過低的污水量在濕井中有過長的停留時間，濕井應設計成具有兩座或三座隔間，每座隔間都應有獨立的入口及制水閘門，以便將初期過低的水流集中流往一座容積較小的隔間。

(3)抽水機

各種規模的進流抽水站，如果預估進流污水的低流量狀態會維持一段相當長的時間，則可在設計階段即考量採用適合低流量之小台抽水機，等未來進廠污水流量成長到達一定程度，再改用合適流量之中大台抽水機。這種方法最適用於每台抽水機的出水管直接接到前處理區進水渠道的情況；如果每台抽水機的出水管先接到一條共同主管，再以主管銜接到前處理區進水渠道，此時因低流量在主管中的管速太低，恐會使固體物沉降在主管中。抽水井(機)應設操作平台或吊升設備，並規劃適當操作空間及動線規劃。

乾井位置較低窪，有浸水之虞時，可採用下列方法：(1)豎軸式抽水機，如圖 5.23；(2)自吸式抽水機，如圖 5.24；(3)真空吸引式抽水機，如圖 5.25；(4)沉水式抽水機採乾井安裝，如圖 5.26。

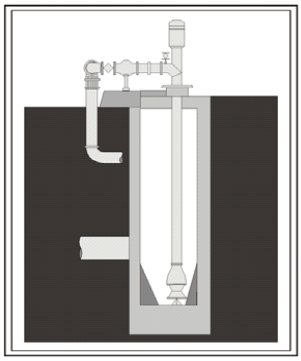


圖 5.23 豎軸式

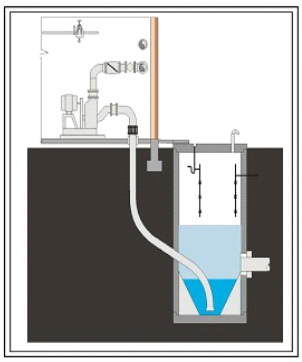


圖 5.24 自吸式

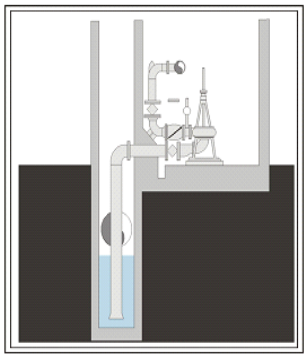


圖 5.25 真空吸引式



圖 5.26　進流抽水站乾井使用沉水式抽水機

5.4.6 抽水機變速操作

抽水機因應初期水量或水量變動大時，得視情況選擇使用變速操作。

解說：

1. 變速抽水機之使用

(1)前導點

著眼於抽水量永遠等於進水量目的之變速抽水機，其主要的優點如下：

1) 下游流量變動緩和，不會因定速抽水導致突然衝擊下游管線。
2) 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。
3) 中大型抽水站需要較少台抽水機，抽水站空間可節省，且須維護的設備較少。
4) 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。
5) 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，故可節省能源。
6) 因啟動不頻繁，電動機壽命可延長。
7) 大型定速抽水機啟動的特性是會產生高湧浪電流〈Inrush Current〉，變速抽水機則是利用變頻器(AFD or VVVF)啟動，可大幅減小湧浪電流。降低湧浪電流啟動的方法稱為「軟啟動」。
8) 大型定速抽水機啟動電壓會造成諧波干擾，此困擾可加裝以固態電子裝置(solid state devices)之降壓啟動器(Y-Δ)或馬達緩衝啟動器(motor soft starter)而大幅減小，尤其是當操作速度達到時，它們會從電路上被切換掉，所以不會繼續有諧波干擾。而大型變速抽水機一般利用變頻器(VVVF)啟動，亦同樣可減少該困擾。

(2)污水抽水站使用變速抽水機的理由

1) 變速操作的連續抽水及非常短的污水停留時間可減少 A.有機固體物淤積；B.腐敗；C.產生臭味及腐蝕性、毒性氣體；D.水面來回起伏導致污水管氣體進入大氣中。
2) 變速抽水可避免污水在進流管與濕井水面間的高跌落，從而避免空氣氣泡被挾帶進入抽水機中，而大幅減少抽水機效率的情形。
3) 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 的平均淨水頭。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。
4) 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，最後並打亂加氯系統，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。

(3)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。

1) 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。
2) 如操作人員不了解變速驅動器，或認為其不易維護，操作時可能關閉使用，如此將造成設備投資的浪費，且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，抽水機更會因頻繁啟動而減少壽命。
3) 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)。
4) 變速驅動軸的振動較難處理，因為共振的容許頻率範圍較狹窄，因此亦較易造成噪音問題。
5) 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。
6) 變速驅動器並不適合平緩的系統水頭流量曲線，因為 A.在速度範圍內無法得到良好效率；B.速度些許差異會使流量有重大改變；C.高耗能(高費用)。
7) 技術快速的改變，會使某些變速驅動器的型號變得過時。
8) 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。

(4)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：

1) 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。
2) 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。
3) 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。
4) 啟動或停止一台抽水機引起的激流尚不嚴重，但當多台抽水機啟動時，就顯得嚴重。定速抽水機啟動可採利用降壓啟動器或抽水機與電動閥連鎖控制消除激流。而變速抽水機則利用變頻器運轉無此困擾。抽水機設計時應衡量其優缺點，做客觀的評估。如決定採用變速，則應針對該特定用途選擇最佳的變頻器。

(5)變速驅動器

變速驅動器，包含一個變頻轉換器(變頻器，converter)及一個交流電鼠籠式感應電動機(即驅動器)，變頻轉換器係一組固態電子組件，包括：

1) 整流器(rectifier)：將交流電轉換為直流電。
2) 濾波器(filter)：減少直流電中的紋波。
3) 逆變器(inverter)：在設計範圍內以任何選定的頻率，將直流電轉換為交流電使用變速驅動器時，交流電先以整流器整流為直流電，從外部設備來的控制訊號，會使得逆變器的輸出頻率及電壓依照一些變數的功能，例如污水抽水站濕井水位，轉換為抽水機所需轉速的交流電。變頻器(參考圖 5.27)比其他種變速器更有效率，因其滑移損失不是被減除，就是被轉換為有用的功率。



圖 5.27　300 hp 電動機變頻器照片

2. 變速抽水機設計考量

抽水站穩定的抽水量，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。抽水站如同時包含定速及變速抽水機，則應能如同全數都是變速抽水機一樣，提供相同的操作結果。變速抽水機設計考量如下：

(1)抽水機抽水站設置的抽水機數量，取決於 A.進流污水量變化範圍，B.可選擇的抽水機，C.濕井大小與抽水機大小的最適化，D.操作費用。

(2)濕井變速抽水站的濕井容量，僅須抽水機在啟動、停機至再啟動時(循環時間內)不會對水位造成過多的改變，為了該目的大多數變速控制系統允許循環時間內，皆保持濕井水位變化約 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淨水頭。

(3)抽水機選擇

各種變速抽水機系統，皆包括當任一台抽水機無法使用時，其餘抽水機須有足夠抽水能力以抽送尖峰進流量。

1) 抽水站僅設置兩台變速抽水機時，每台變速抽水機須能夠抽送尖峰進流量，單台的額定抽水量，應在 BEP 右側以便整個操作範圍都有不錯的效率，如能在操作範圍的中央，其效率更高。

2) 抽水站僅設置三台變速抽水機時，其中任兩台抽水機須能夠抽送設計尖峰抽水量，而第三台係做為備用單元。除非系統曲線呈現緩和狀，否則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。又因「後隨」抽水機需克服額外壓力，才能抽送污水進入合流管，如圖 5.28，進而導致效率不佳。

3) 兩台抽水機操作方法有兩種，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，其後兩台抽水機並聯操作，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，其後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」抽水機係非全速操作，「交錯式操作」會增加控制的複雜度、增加能源使用、增加「後隨」抽水機非全速時的流量不平穩(「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)，因為係不良的操作方法，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。

4) 四台或四台以上變速抽水機組合的選擇原則與前述相同，然而，變速及

定速抽水機合併使用之抽水站，其設備費較低。但其限制是任何一台抽水機不能在其允許操作範圍區(AOR)之外操作。



圖 5.28　前導、後隨抽水機操作示意圖

(4)變速抽水機最高速度限制

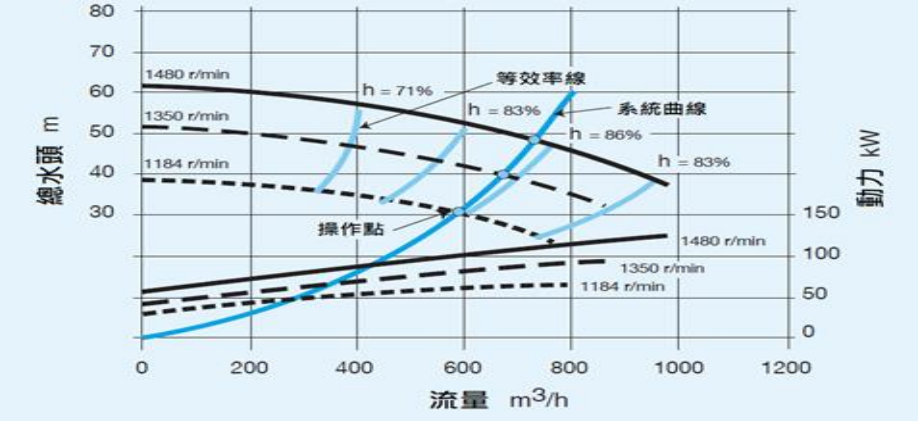
抽水機絕不能在超過製造商所繪水頭及流量曲線的流量範圍外操作，也不能在其容許操作區以外操作。換言之，不能往外延伸一條水頭及流量曲線。所以可能必須限制一台抽水機的速度，以確定抽水機曲線不僅與系統曲線相交，同時也重疊一部分。須考量可能的系統曲線範圍，並須注意管線摩擦損失可能比預期還要低，特別係新管時，此可能更加限制抽水機的速度範圍。

進水抽水機至少應有一台為變頻，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。

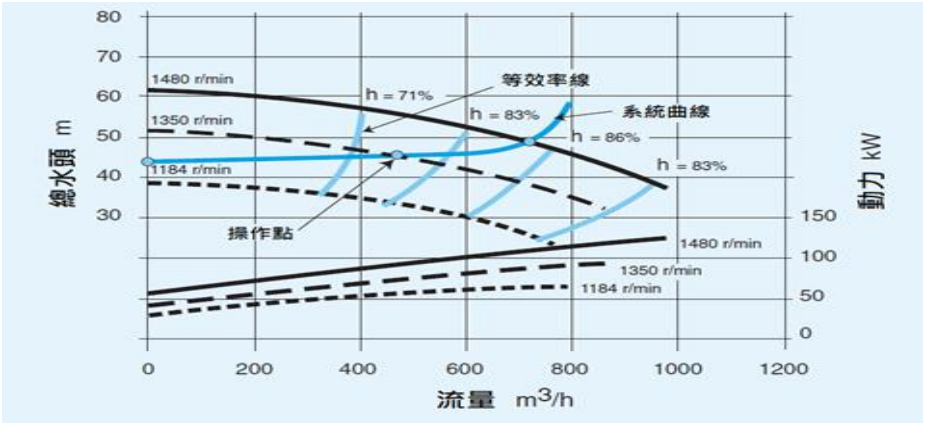
(5)淨水頭與摩擦損失

一般抽水站採用變速器控制抽水量，應注意總淨水頭及摩擦水頭的占比關係，如總動水頭係以摩擦水頭佔大部分，變速抽水機的有效變頻範圍較大，如圖 5.29 a 其變速範圍可自 1480 rpm 降低至 1184 rpm。

如抽水系統中的總動水頭係以總淨水頭佔大部分，摩擦水頭佔小部分，變速抽水機的有效變頻範圍將變小，如圖 5.29 b 變速範圍僅可自 1480 rpm 降低至 1350 rpm，實際上還是以近乎全速運轉。故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.總淨水頭佔大部分之情況

圖 5.29　變頻抽水機在不同總淨水頭下之有效變頻範圍

5.4.7 抽水機操作運轉自動控制

抽水機運轉的自動控制，請參考以下項目。

1. 控制方式的選擇

當選擇抽水機自動運轉控制方法時，應考慮抽水機的類型和使用條件、驅動設備的類型、監控系統和自動運轉控制設備的可靠性、建設成本和可維護性，此外，還需防止人為錯誤，並提高自動控制的可靠性。

2. 抽水機運轉可採控制水位或控制流量時，可透過機數或轉速達成。
3. 優化自動運轉

依據既有的抽水機設施中，分析流入記錄和運轉模式，優化自動運轉模式。

解說：

1. 控制方式的選擇

在抽水站設計時，為了使抽水機正常運轉，要配合的控制點很多，包括抽水機軸封冷卻、潤滑、驅動設備的啟停、關斷閥的開關或流量控制等，由於這些操作很複雜且操作程序因抽水機的類型而異，為避免錯誤操作，通常通過電氣聯鎖或自動化來優化操作。

選擇控制方式時，要綜合考慮進流水量的變動、抽水機型和運轉頻率、建設成本、維護成本、操作人員數量和技術能力、初期低水量等，近年為節省勞動力，在改擴建中也會導入使用ICT(Information and Communications Technology)的廣域監控。

不過無論採用哪種自動化控制，都應可在現場獨立運轉以進行試運轉和調整。

抽水機的自動控制方法有很多種，從簡單的檢測水位自動啟停，到抽水機台數的選擇和排放量的控制相結合。

如果在開始使用或夜間水量較小，或水量變化較大時，可安裝不同容量的抽水機或控制抽水機的轉速，以方便運轉管理。

一般污水抽水機設備採用水位和流量控制。雨水抽水機設備則採用水位控制。

(1)水位控制

水位控制採測量抽水濕井水位因流入水量而發生的變化，控制抽水濕井水位保持在一定的變動範圍，讓抽水量保持幾乎與流入水量相同，這種方式如設定採用高水位運轉，可以減少淨揚程需求有助於節能。

(2)流量控制

流量控制則設定不同水位下排放需求量關係，然後依據出水管線流量計資料，依據抽水濕井水位來控制排放量。

2. 控制水位或流量的方法

控制水位和流量通過以下列方法進行。

(1)抽水機數量的控制

根據抽水濕井水位為每台抽水機設定起停水位，並據此增減運轉抽水機的台數。在某些情況下，可以根據初期需求或微降雨時的進水量，在一定水位或更低的水位組合採用較小排放量的抽水機。

(2)抽水機轉速的控制

改變抽水機的轉速以調整排放量。

1) 電動機驅動-採電動機驅動之抽水機，由於需要考慮抽水機揚程變化，可使用轉速變動範圍一般為 70%～100%，主要採用變頻器控制。

2) 內燃機驅動-考慮揚程變化，與抽水機組合時的實際轉速變動範圍一般為70%～100%，主要有以下方法。

① 通過改變內燃機的燃料噴射量來控制轉速。

② 採液力偶合器連結，透過改變液力偶合器中的油量來控制轉速。

③ 出口閥開度控制-改變抽水機出口閥開度，因閥損失加大讓系統曲線變陡，抽水機輸送量會降低。

3. 自動運轉控制優化

目前大部分抽水站是根據安裝在抽水站中的水位數據自動運轉的，但未來趨勢會根據進流管線中的水位水量數據自動運轉。

譬如為了避免局部的短時間集中降雨造成瞬間流入水量增加的現象，可提早啟動抽水機。

採用自動運轉控制設備的維修和改建也應考量資產管理。特別是自動控制設備常因停產或技術更新造成維修零件難以取得，因此應考慮採用較通用技術和長壽命的設備。

另外在抽水機運轉時，如能減少啟動和停止的次數，並控制在較有效的揚程和轉速持續運轉可達成節能成效，因此應分析流入記錄並考量優化自動運轉模式。

5.4.8 抽水機系統運轉保護裝置

抽水機、內燃機等應配備適當的保護裝置，以檢測運轉過程中發生的異常情況，並根據不同程度停止運轉、報警或顯示故障。改擴建時應操作維護資訊確認保護裝置需求。

解說：

應安裝保護裝置，以檢測抽水機在啟動或運轉過程中出現的異常情況，並能自動控制安全停止操作，並可在控制室或遠端監控等必要場所顯示警報或故障指示。在抽水機的啟動或運轉過程中發生的異常情況因設備內容而異，但通常包括以下內容。

1. 電動機(抽水機及輔助設備)短路、過流、斷相、接地故障。
2. 抽水濕井水位異常下降。
3. 抽水機和驅動裝置推力軸承溫度異常升高。
4. 軸封水、冷卻水和潤滑油(或潤滑油)流量不足，壓力異常下降，冷卻水溫異常升高。
5. 啟動和停止遲滯。
6. 內燃機轉速異常。

檢測這些異常的裝置，包括過電流繼電器、速度繼電器、溫度開關、流量繼電器(流量開關)、壓力開關、液位開關等，需要根據抽水機的類型、操作方法、使用條件等選用。

另外，根據需求可在操作面板上設置抽水機緊急停止開關。

故障按重要性，分為主要故障和次要故障，主要故障應立即自動停止抽水機，並顯示報警和故障顯示，次要故障可僅報警和顯示故障。故障顯示應集中顯示在操作面板或監控面板上，便於監控。

表 5.7 為豎軸旋流斜/混流抽水機(電動機驅動)和豎軸斜/混流抽水機(內燃機驅動)的主要和次要故障的一般項目參考示例。

改擴建時，應根據既有抽水機的運轉狀況和故障的發生狀況，判斷是否需要保護裝置，並配備合適的保護裝置並設定設定值。

表 5.7　豎軸軸流或斜/混流抽水機(電動機驅動)主要故障項目例

故障類別	檢知項目
主要	啟動延遲 抽水濕井水位異常下降 推力軸承溫度異常升高 電動機過電流等 短路 水封故障
次要	停止延遲 高架水箱水位下降 自來水箱水位異常下降 電動控制閥過轉矩 輔助抽水機故障

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」,日本下水道協會 2019

表 5.8　豎軸軸流或斜/混流抽水機(內燃機驅動)主要故障項目例

故障類別	檢知項目
主要	內燃機啟動延遲 內燃機超速 潤滑液壓異常下降 冷卻水量不足 排氣溫度異常升高 減速機潤滑油壓力異常下降 冷卻水溫異常升高 推力軸承溫度異常升高 潤滑水量不足 抽水濕井水位異常下降
次要	內燃機停止延遲 潤滑油高溫 減速機潤滑油溫度高 減速機潤滑油油位下降 電動控制閥閥過轉矩 抽水機故障 空氣儲槽壓降 內油箱油位低

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」,日本下水道協會 2019

5.4.9 水錘(Water Hammer)防制

抽水站、輸送管線水錘防制考量如下：

1. 抽水站抽水機及管線系統，應考量水錘(Water Hammer)破壞。
2. 抽水系統因污水具有腐蝕性，且含有油脂、繩狀固體及砂礫等之因素，考量水錘防止時，應審慎選擇合適的設備。
3. 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. 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，當抽水機在瞬間停機或瞬間啟動，由於停電、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遽變化，會導致管內壓力發生相當大的改變。壓力會驟增或驟降，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(Water Hammer)現象。與水錘現象同時發生的是壓力管線的水柱分離(column separation)現象。

   依下水道工程設施標準第二十條規定，抽水機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，其位置應接近抽水機出口。

   水錘現象造成的損害如下：

   (1)壓力升高，致破壞抽水機、管線、閥類等。

   (2)壓力降低，致管壁被壓損。

   (3)壓力降低，致使管內部分的水會在飽和蒸汽壓以下，而發生水柱分離現象，這個空洞部位當再滿管時，則會產生異常高壓而破壞管、閥。

   (4)水在逆流時，若抽水機或電動機無法承受逆轉，則會造成破損事故。

2. 抽水系統水錘現象的防止對策

   防止水錘現象，應考量水錘作用可能的程度，並針對污水具有腐蝕性，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。水錘現象的防止或減輕方法，如圖 5.30。

   (1)防止發生水柱分離的方法

   1) 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，電動機啟動方法亦須另外考量。

   2) 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。

   3) 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。

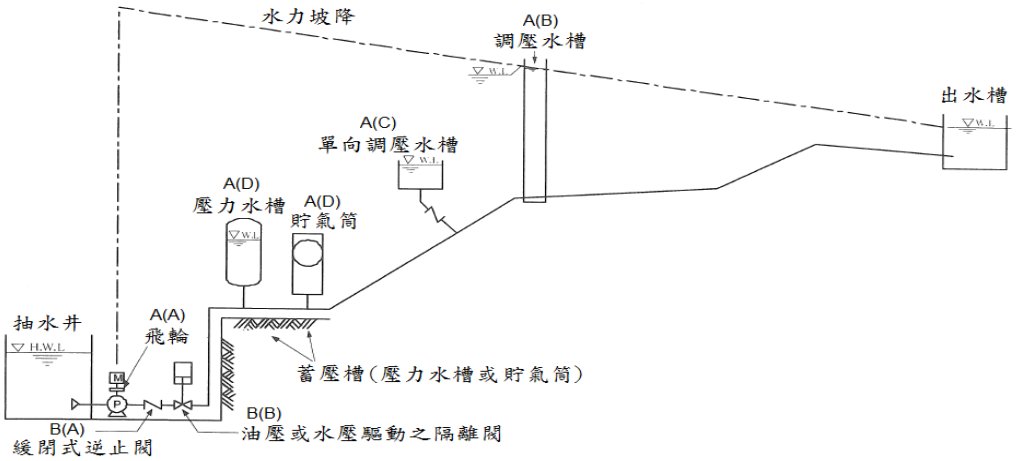


圖 5.30　水錘現象防止或減輕方法

4) 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。

(2)防止壓力上升的方法

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 ㎞，平均坡降小於 4%，管線縱斷面沒有近乎 90 度陡坡，而經電腦分析所得到的抽水機葉輪停止轉動時間足夠長，則快關式逆止閥，通常已足夠防止水錘現象。

3. 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：

(1)變更壓力管線管徑，降低管內流速。

(2)縮短壓力管線長度，減少總動水頭。

(3)重新配置壓力管線，避免陡坡(近乎 90 度)或負水力坡降，以消除管內堆積空氣。

(4)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，其安裝方法亦須確保可靠性，如圖 5.31，而容易被油脂堵塞的型式，則不能使用。

(5)強度管線：此方法限於小系統，但如果壓力管線的管徑為 200 mm 或更小，此可能為最廉價的解決方法。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、淨水頭、壓力管線長度大於下述數值之情況應予檢討，必要時應有對策。

總動水頭：20 m 以上

淨水頭：10 m 以上

壓力管線長度：300 m 以上

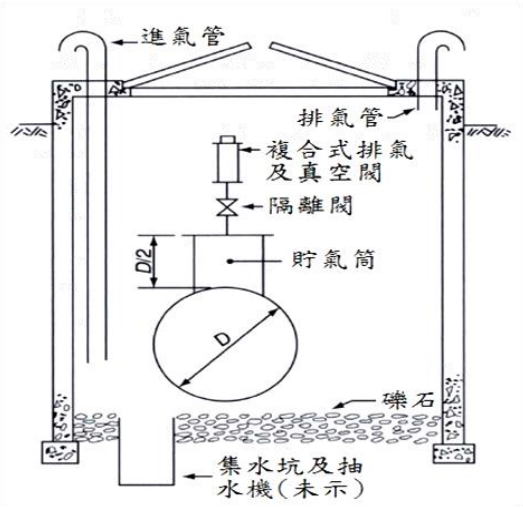


圖 5.31　複合式排氣及真空閥安裝方法示意圖

5.4.10 孔蝕(Cavitation)

抽水系統孔蝕防制考量如下：

1. 抽水系統設計，應避免發生抽水機孔蝕。
2. 抽水機應有足夠的可用淨吸水高度(NPSHa)，以避免發生孔蝕現象。

解說：

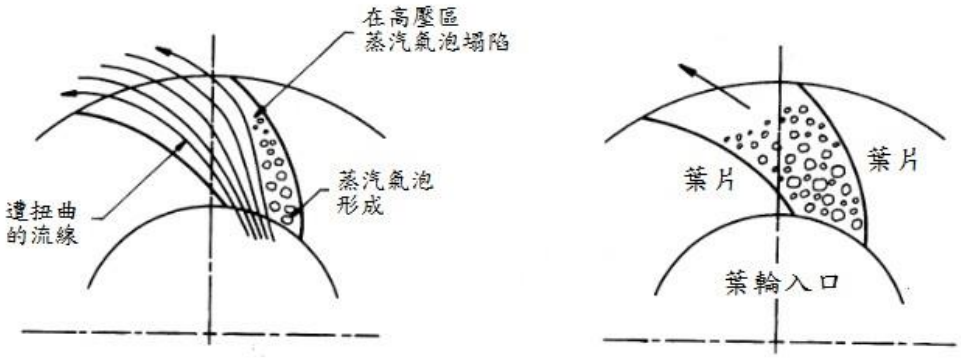
1. 孔蝕現象

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，致水蒸氣產生氣泡，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。

孔蝕現象是離心式抽水機運轉時潛在的危險，孔蝕現象可能會造成降低抽水機容量及效率及損壞抽水機。

(1)降低 NPSHa 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 V_1 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(absolute pressure, p_1)低於同溫度下之飽和蒸氣壓(vapor pressure, p_v)，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)。當 NPSHa 繼續降低，氣泡的體積會增加，抽水機性能即會降低；如 NPSHa 再降低到一定程度，葉輪的葉片間會充滿蒸汽，如圖 5.32b 完全空穴，使抽水機無法再產生水壓。



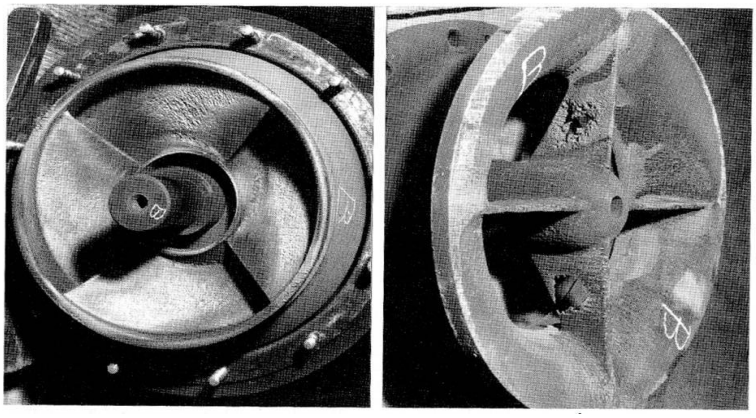
a.部分空穴　　b.全部空穴

圖 5.32　抽水機葉輪上蒸汽氣泡的形成

(2)孔蝕損壞抽水機

這些氣泡會隨水流被帶到靠近葉輪出口的水壓較高處，在此處氣泡中的蒸氣會凝結而使氣泡突然崩塌，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，稱為孔蝕現象。這種氣泡崩塌的力道會引發衝擊波(shock wave)，其導致的局部高應力，會在轉動葉片的前緣造成極細微的點蝕，在幾小時或幾天期間形成的幾百萬個小點蝕的累積效應，會造成葉輪的孔蝕。

如圖 5.33 豎軸軸流式抽水機孔蝕損壞照片(a)。孔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 5.33　豎軸軸流式抽水機孔蝕損壞照片

2. 孔蝕與 NPSH 之檢討

NPSH判斷抽水機是否會發生孔蝕現象的數值資料，NPSH分為可用淨吸水高度(NPSHa)及必要淨吸水高度(NPSHr)，分別說明如下。

(1)可用淨吸水高度(NPSHa)之計算

在理論上抽水機之吸水高度為 10.33 m(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 NPSHa，其中 a 表示「可用」(available)。其計算如公式(5-6)。

$$NPSHa = Ha + hs - hv - hent - hfs - \Sigma hfvs - hvol \quad \text{.....(5-6)}$$

式中：

NPSHa：可用NPSH(m) (有效淨吸水高度)

Ha：水柱的大氣壓力，以m表示，須依表5.9海拔高度作修正。暴風雨時大氣壓力會減少約1.7%

hs：濕井水位超過葉輪入口的淨吸水頭(m)，當濕井水位低於葉輪入口的淨吸水揚水時，hs變為負值

hv：該水溫下之飽和蒸汽壓(m)(如表5.10)

hvol：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)

hfs：吸水管摩擦損失水頭(m)

Σhfvs：吸水管之管件及閥類之損失水頭和(m)

hent：吸水口損失水頭(m)

表 5.9　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

註：海拔 3000 m 以內，每提高 12 m，大氣壓下降 1.36 cm 水柱高。

表 5.10　水溫與飽和蒸汽壓之關係

水溫(℃)	0	5	10	15	20	25
飽和蒸氣壓 hv(m)	0.062	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323
水溫(℃)	30	35	40	45	50	
飽和蒸氣壓 hv(m)	0.433	0.573	0.752	0.977	1.258	

(2)必要淨吸水高度(NPSHr)特性曲線，由設備廠商提供，NPSHr 依據流量的增加而增加(如圖 5.34 Q- NPSHr 曲線)。

NPSHa 大於 NPSHr 時，可確定對抽水機沒有任何危害；而 NPSHa 小於 NPSHr 時，可能對抽水機會有危害。由於計算 NPSHa 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 NPSHa 須大於 1.2 NPSHr，以避免發生孔蝕現象之可能。

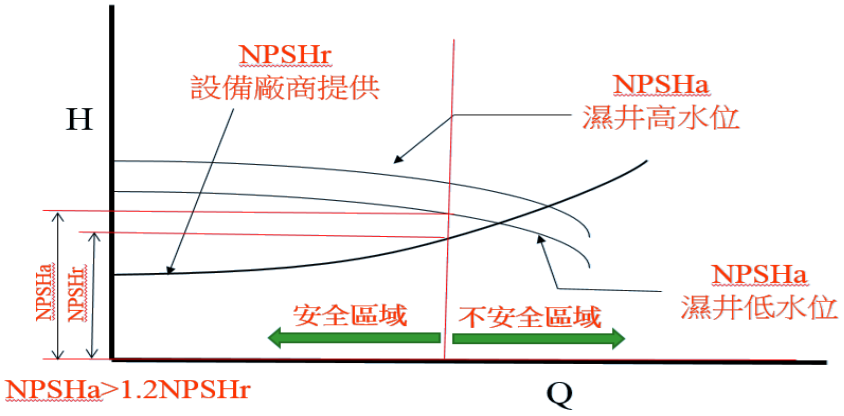


圖 5.34　Q-NPSHr 曲線

(3)孔蝕現象之預防及控制

消除孔蝕現象之最容易、最直接及最好的方法，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；惟如果孔蝕現象已經存在，可能的解決方法如下：

1) 提高 NPSHa

①減少負吸水淨水頭或增加正吸水淨水頭。

②減少吸水管水頭損失(如：使用較大管徑、較大的轉彎半徑等)。

③可能的話，降低蒸汽壓(如：降低污水水溫)。

2) 降低 NPSHr

①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。

②避免在製造商規範的「最低流量」下或附近操作。

③在抽水機進口處輸入空氣，但缺點為：空氣中含氧量會增加腐蝕、空氣會增加 NPSHr、空氣導致噪音及一些振動。

④減少最大流量以避免孔蝕。

⑤使用變速驅動器以減少轉速。

⑥更換為較低 NPSHr 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。

⑦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)，如圖 5.35，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孔蝕，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孔蝕時，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。

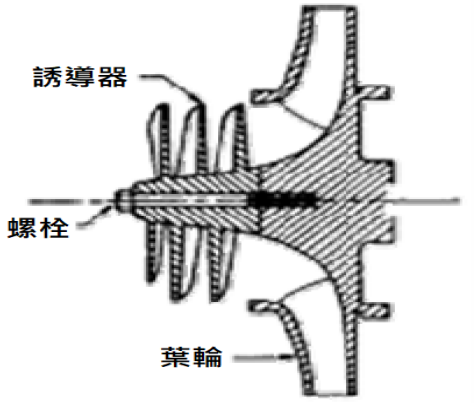


圖 5.35　裝在傳統抽水機葉輪的典型誘導器(軸流葉輪)

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，形成的孔蝕體積會小很多，抽水機製造商對於室溫水所訂的 NPSHr，對於高溫水可能可以減小。

3) 改變抽水機設計

①指定葉輪、聯接葉片及其他暴露在孔蝕的部位，改用對孔蝕較具抵抗性的材質，如不銹鋼、鈦鋼等，如表 5.11。

②使用沒有彎頭或其它太大改變流向的形狀做為軸向進流管，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，葉片上的射擊愈大，造成的孔蝕也就愈大。

③重新設計葉輪葉片，以減少產生孔蝕的局部性壓力降低。

表 5.11　不同金屬之孔蝕相對抵抗力

材質	英文名稱	孔蝕相對抵抗力
鑄鐵	Cast iron	1
含 3%鎳之鑄鐵	Cast iron with 3% Ni	1+
銅錫合金(炮鋼)	Tin bronze(gun metal)	1.2
鋁	Aluminum	1.7
碳鋼	Carbon steel	3.4
錳銅	Manganese bronze	4.5
抗蝕含高鎳合金	Ni-resist	4.6
鉬	Monel	6.8
CB7 不銹鋼	CB7 stainless steel	8.8
CF8M 不銹鋼	CF8M ss	14
鈦	Titanium	18
鋁銅	Aluminum bronze	28
CA15 不銹鋼 410BHN	CA15 ss 410BHN	35

5.5 抽水機特性

抽水機是承擔抽送功能的重要設備，構成抽水站功能的基礎。下水道常用的抽水機形式，包括徑流、軸流式、斜/混流式等抽水機。容易拆裝的沉水抽水機可用於容量較小的區域，例如中繼抽水站和人孔抽水站。除此之外有些特殊功能需求，會使用閘門抽水機和螺旋式抽水機等。

無論輸送的是污水還是雨水，抽水機如操作不穩定，常故障停機將對收集系統或設施都有很大的影響，因此確保功能的穩定性是第一要務。

5.5.1 抽水機分類及選型考量

主抽水機的類型，包括徑流、軸流、斜/混流抽水機，設計時需先選型來確定抽水站的結構和抽水機的規格，選型是根據額定的輸送量、總揚程及轉速等來確定，所以選型時要考慮以下幾項。除此之外，改擴建時還需要根據長期操作維護資料確認較合適的類型。

1. 抽水機類型常用分類-依據葉輪型式、軸向、抽水機殼、安裝位置及輸送固體物需求等。
2. 比速-依據抽水機規劃條件計算比速判斷抽水機葉輪類別。
3. 抽水機揚程範圍-依據實際的吸入揚程和排放揚程需求考量選用。
4. 抽水機依據軸向分類，分為橫軸及豎軸，選用要依據用地、維護需求考量。
5. 結構-結構應易於拆卸和清潔，無內部堵塞，腐蝕和磨損少。
6. 改擴建時應從操作維護資料中確認輸送量及設備形式適用性。
7. 污水抽水機應注意污物堵塞或磨耗需求。

解說：

抽水機根據抽送原理，大致分為渦輪式和容積式。渦輪抽水機是一種在外殼中旋轉葉輪以向液體提供能量的機器，而容積式抽水機是採用活塞、柱塞或轉子等，在外殼中往復或旋轉運動而形成的封閉空間，通過改變液體體積為液體提供能量的機器。下水道常用渦輪抽水機，根據工作原理和葉輪形狀，分為徑流、軸流、斜/混流抽水機三種。

1. 抽水機選用應考慮其標準特性，根據輸送量和總揚程的條件，確定轉速後，計算選擇最合適的類型，如果比轉速過高，則降低轉速，如果比轉速過低，則提高轉速，並將比轉速設置為合適的值。如果存在孔蝕風險，請使用低轉速來防止這種情況。
2. 比速

(1)抽水機葉輪類別

抽水機葉輪類別可以比速 Ns(specific speed)值判斷，詳 5.5.2 節說明。Ns 值一經決定，則相當其值之抽水機形式即可概略決定。揚程高抽水量小之抽水機，其 Ns 值低；反之揚程低抽水量大者，Ns 值較高。

(2)比速和孔蝕特性

一般比轉速愈大，吸入性能愈差，愈容易發生孔蝕。

(3)轉速和標準特性

抽水機若以規定轉速外之轉速運轉時，其標準特性依相似定律(affinity laws)變化，詳第 5.5.2 節說明。

3. 抽水機揚程範圍

依據實際的吸入揚程和排放揚程需求考量選用，表 5.12 為不同抽水機型式可適用的揚程範圍。

表 5.12　不同抽水機型式可適用的揚程範圍

全揚程(m)	形式	抽水機口徑 (mm)
5 以下	軸流抽水機	400 以上
3-20	斜/混流抽水機	400 以上
5～20	渦卷斜/混流抽水機	300 以上
5 以上	渦卷抽水機	65 以上

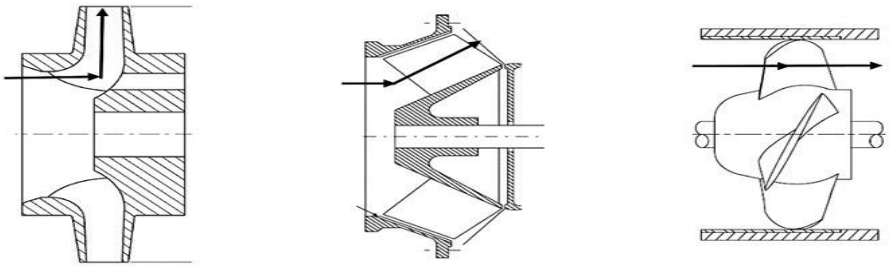
抽水機常用分類如下：

(1)依據流體經葉輪方向分類，可分為下列三種，如圖 5.36。

1) 徑流(Radial flow)-指流體流出葉輪之方向與軸向呈垂直狀態。

2) 斜/混流(Mixed flow)-指流體流出葉輪之方向與軸向呈傾斜狀態。

3) 軸流(Axial flow)-指流體流出葉輪之方向與軸向相同。



徑流 Radial flow　　斜/混流 Mixed flow　　軸流 Axial flow

圖 5.36　抽水機流體經葉輪方向分類

(2)離心式徑流抽水機依據葉輪型式分類，可分為下列三種，如圖 5.37。

1) 全開放式(Full open)-葉輪前後側均無蓋板，適用輸送流體含固體物。

2) 半開放式(Semi open)-葉輪僅有後側蓋板，適用輸送流體含固體物。

3) 密閉式葉輪(Closed type)-葉輪前後側均有蓋板，不適用輸送流體含固體物。





全開放式	半開放式	密閉式葉輪
Fullopen	Semiopen	Closedtype

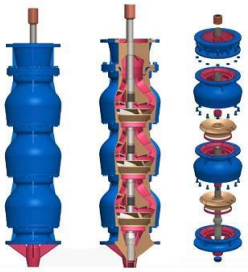
圖 5.37　抽水機葉輪型式分類

(3)離心式抽水機依據抽水機殼輸送流況分類，可分為下列三種，如圖 5.38。

1) 渦卷抽水機(Volute)-指利用如蝸牛殼般的渦卷型抽水機殼與葉輪的迴轉達所需之揚程。

2) 透平抽水機(Turbine)-適用於多段式葉輪之抽水機，外殼內設有導葉引導經葉輪液體至下一級葉輪加壓。

3) 渦流抽水機(Vortex)-指利用退縮葉輪於抽水機殼內迴轉所產生之渦流來帶動液體。


渦卷抽水機	透平抽水機	渦流抽水機
Volute	Turbine	Vortex

圖 5.38　抽水機抽水機殼分類

抽水機依據安裝位置分類，可分為下列兩種。

(1) 沉水抽水機(Submersible pump)-指抽水機整體機組含電動機，皆安裝於沉水之區域。

由於沉水式抽水機是將抽水機與電動機一體化，可以直接放入濕井中，因此抽水站體積可以減小，但抽水機本體和電動機長期位於水下，定期檢查和維護相對不易，可能減少使用壽命。沉水式抽水機常用於中繼抽水站、小型人孔抽水站、排水井等容量較小的區域。

沉水式抽水機安裝時應特別考慮電源線的損壞預防措施、吊裝措施，接線盒應安裝在考慮到由於異常流入引起的溢流的位置和高度，要有足夠

長度，吊裝鋼索或鍊條則應防腐蝕，並設置於適當位置。

沉水式抽水機可安裝為水平軸式或豎軸式，如圖 5.39。豎軸式沉水式抽水機與管線銜接的方式有突緣固定連接式如圖 5.40a、可拆卸自動著脫式如圖 5.40b 或豎軸套筒式如圖 5.40c 三種。

(2) 乾井抽水機(Drypit pump)-指非整體機組安裝於沉水之區域之抽水機組，乾井式結構易於安裝維護保養，可依現場空間及配管需求，採豎軸或橫軸等兩種型式，抽水機本體或吸入彎管處可設置除污蓋，不須拆卸抽水機組即可清除異物，易於平日維護保養。

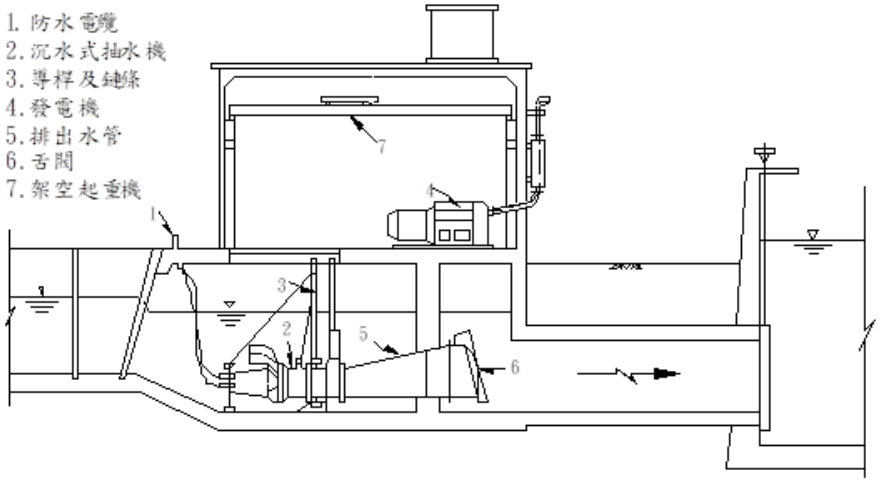


圖 5.39　沉水式橫裝抽水機示例

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

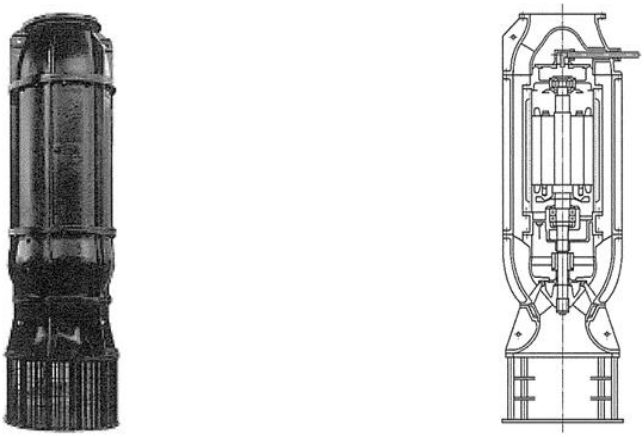


圖 5.40 a　突緣連接沉水式抽水機例

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」2019 年版

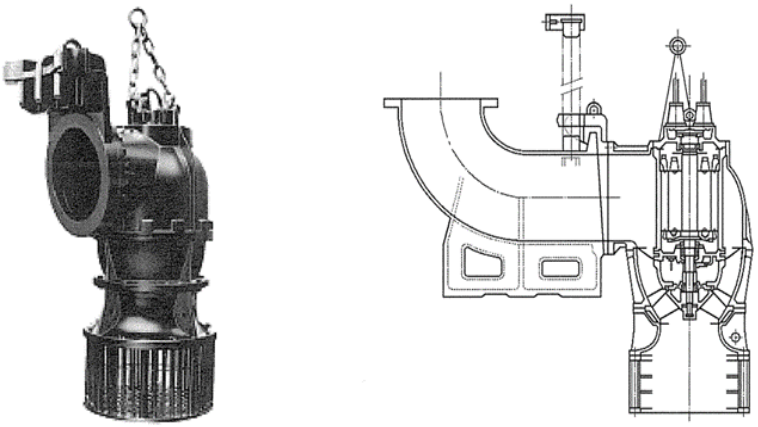


圖 5.40 b　可拆卸自動著脫式抽水機例

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」2019 年版



圖 5.40 c　豎軸筒式沉水式抽水機示例

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」2019 年版



乾井橫軸安裝



乾井豎軸安裝

圖 5.41　乾井式抽水機安裝分類

近年污水用抽水機廠商考量操作維護需求，會建議將原設計為沉水式安裝的抽水機，用於乾井式安裝，由於原設計置於濕井內，全密閉的電動機可透過熱交換降溫，改採用乾井安裝的抽水機因不會浸沒在液體中，需增設冷卻夾套透過外部液體循環或泵送液體內循環進行冷卻，如圖 5.42。

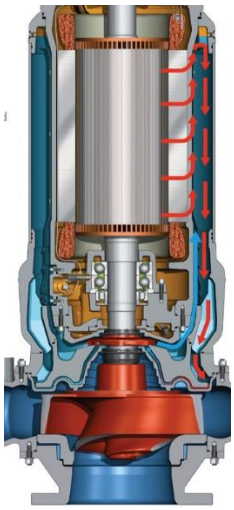




圖 5.42　沉水式抽水機採乾井安裝之示意

4. 抽水機依據軸向分類

抽水機依據軸向分類，分為橫軸及豎軸，豎軸安裝後軸心與水面垂直，其占地使用面積較小，但葉輪位置較高，電動機位置高較難維護，橫軸則安裝後軸心與水面水平，使用面積較大，葉輪位置較低，電動機位置低要防淹水，兩者選用要依據用地、維護需求考量。

(1)軸流式抽水機(Axialflow type pump)

軸流式抽水機適用於大流量低揚程者。

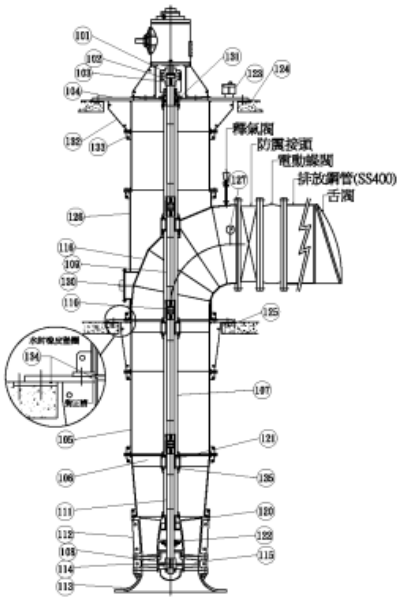
1) 豎軸軸流式抽水機

其外觀為圓筒狀，其構造如圖 5.43，其內部係由螺槳狀之翼片及導翼所構成，翼數一般為 3～6 片，裝配於輪殼(Boss)上。翼片可分固定型及可動型兩種，翼片可與殼一體鑄造，或以螺栓互相結合，可動型則於轂中設有調整翼片角度之構造。導翼本身為靜止不動固定者，其目的是將水流之圓周方向轉變為軸向速度，並將流體之速能轉變為壓能，同時在構造上有結合轂與外殼之作用。外殼通常分為吸入喇叭口、導翼管、中間管及曲管等部份。

軸流抽水機除外部軸承外，在導翼轂內設有水中軸承，小型者以水為潤滑劑(Water lubricated)，大型者則用油潤滑(Oil lubricated)。

選用設備時應考量原水中常有大量纖維，可能造成纏繞，長期運轉會損傷軸或造成斷裂，在軸套件(如圖 5.43 之 107)應有防纖維繞軸之功能。

豎軸抽水機之站房構造，依豎軸抽水機與原動機之設置方式，可分單床式、半二床式及二床式三種，如圖 5.44。

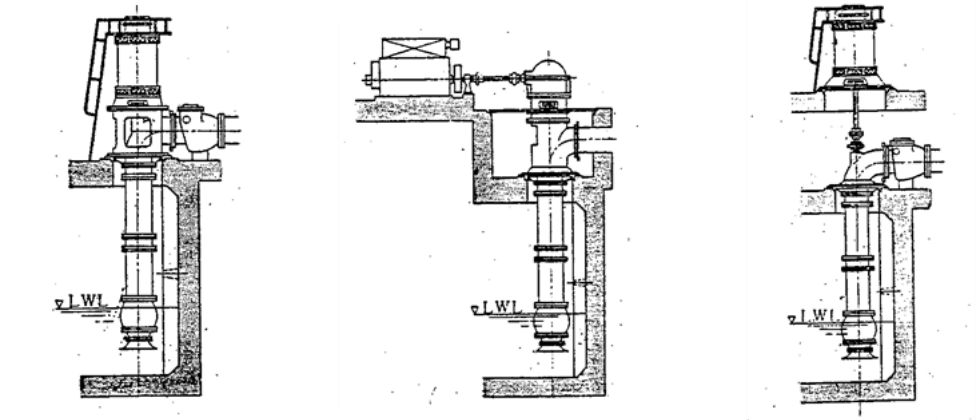


件號	構件名稱	件號	構件名稱
115	葉輪及輪轂	135	PACKING
114	葉輪殼	134	O-Ring
113	吸入鐘口	133	吊耳
112	導葉殼	132	支撐型鋼
111	葉輪軸	131	填料軸封
110	軸聯接器	130	人孔(φ400mm)
109	連接軸	127	壓力計
108	鍵	126	保護管(罩)
107	軸套管	125	抽水機底座墊板
106	軸套管支撐	124	減速機底座墊板
105	抽水機管柱	123	潤滑油箱
104	減速機底座板	122	雙層油封(Seal)
103	抽水機聯結器	121	中間軸承
102	調整板	120	導葉殼軸承
101	驅動軸聯結器	116	出水肘管
NO.	NAME	NO.	NAME

圖 5.43　豎軸軸流式抽水機示意圖

「單床式」之土建結構簡單且較為經濟，而採「二床式」之土建結構經費則較高，惟採「二床式」構築，其爾後之維護管理較為方便。而採「二床式」應注意抽水井水位，與地下二樓樓地板之關係，考量上浮力及止水設施，以免造成地下二樓滲水情形。

通常單床式之抽水機，排出管外殼與原動機直結，抽水機構造及土木構造均較簡單，普通多適用於中、小形抽水機。半二床式之抽水機構造與單床式者相同，但其土木構造別異於單床式，而比二床式者簡單，圖 5.44(b)係適用以柴油內燃機驅動之狀況。二床式之設置形式，則適用於大口徑抽水機及原動機必須設於洪水位以上時之場合。



(a)一床式豎軸幫浦　　(b)半二床式豎軸幫浦　　(c)二床式豎軸幫浦

資料來源：實用防洪幫浦設計(蘇宗智 63.07)

圖 5.44　豎軸抽水機之設置形式

2) 沉水式軸流抽水機(submersible propeller type sewage pump)

此型抽水機揚程較低，抽水量較大，一般皆供雨水抽水站使用，由於其抽水機下半部(包括葉輪部份)接浸在水面下，故亦可歸類為沉水式抽水機。

原理與構造與上述沉水式豎軸抽水機相似，唯抽水機之翼輪採用軸流(Propeller or axial flow type)。雨、污水可直接經翼軸由垂直軸流方向往上輸出，在抽水機外另設置一管柱，將雨、污水由抽水井底部吸口吸入直接排水，不必如上述沉水式豎軸抽水機在側旁另設排水管，因此可以減省深井或抽水井之面積。此種機器可免設笨重之連接軸及排水管，故較具有經濟、簡便及維護方便等優點。其構造型式，如圖 5.45。

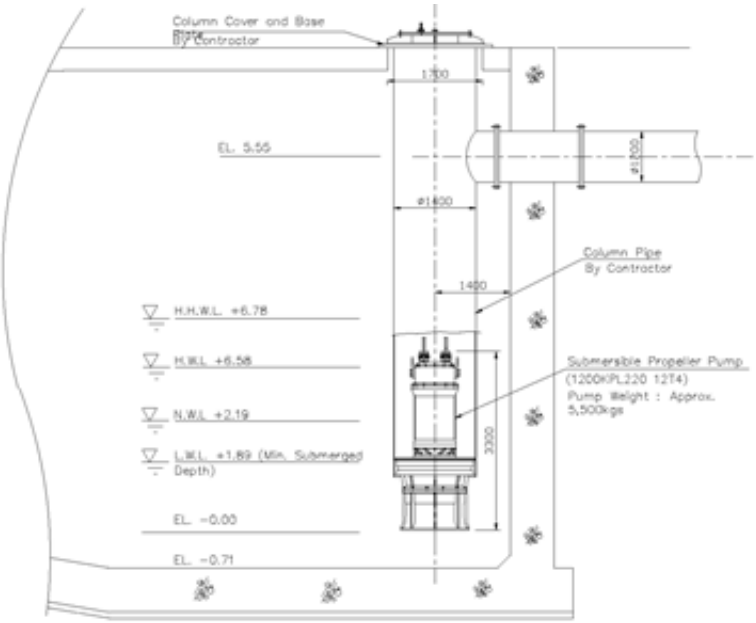


圖 5.45　沉水式軸流抽水機示意圖

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

(2)豎軸斜/混流式抽水機

豎軸斜/混流式抽水機(Mixed flow type pump)，其構造大致與豎軸軸流式抽水機相同，主要差別係其翼輪流向與軸心傾斜，外由導翼胴及曲胴所構成，如圖 5.46。其轉速較高，葉輪寬大，形體輕巧，揚程較軸流式略高，水中有污雜物亦可使用，且不易發生空轉使用方便，因此雨、污水抽水站工程均可適用。

5. 抽水機結構考量

(1)抽水機的葉輪入口處，可能會被灰塵、木屑、纖維等堵塞，因此要能開啟葉輪或減少葉輪的數量來防止這種情況。

(2)為減少污水、灰塵和泥沙等造成的腐蝕和磨損，抽水機的各部分材料，應選用耐腐蝕、耐磨性優良的材料。

(3)選用豎軸軸流泵或斜/混流泵，纖維和塑膠片可能會與設置在抽水機管柱中

的水中軸承支架纏繞，在逐漸擴大後堵塞豎管，因此較小抽水機管柱直徑選用時必須注意。

(4)在管柱和渦殼的外形的情況下，需要具有易於檢查的結構，例如提供易於清潔的清潔口。

(5)要考量原動機與抽水機本體之維護拆卸便利性。

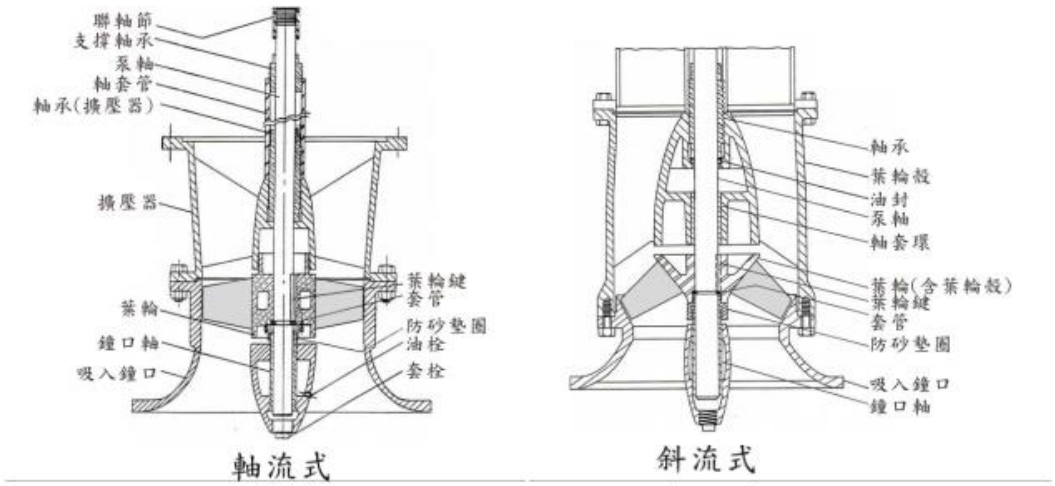


圖 5.46　軸流式及斜/混流式差異示意圖

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

6. 改擴建時，應從操作維護資料中確認輸送量及設備形式適用性。

(1)改擴建考量

抽水機設備改擴建時，如果設備輸送量增加，需檢查抽水站土建或建築的安全性和耐久性，必要時可採取加固等措施。

由於規劃污水量與當前污水量存在差距,抽水站結構有時不符合需求，需針對目標區域、既有進水量、操作水位、抽水機井徹底檢查結構、運轉條件等，選擇合適的類型和容量。

(2)抽水機改建時，如果抽水機的排放量與既有抽水機井的容量相比過大等，可能會增加抽水機的啟動頻率，必要時檢查並控制流量。

(3)此外，由於在改建過程中會盡可能保持既有抽水站的抽水能力，我們會盡可能考慮不干擾運轉的方法，例如安裝臨時抽水機和建造臨時抽水站等。

7. 污水抽水機特殊需求：

(1)抽水機輸送流體允許含一定規格之固體物,稱不阻塞型抽水機(Non-Clog)，通常是指採用 100%內縮葉輪或經過特殊設計的非阻塞式葉輪之抽水機,這種抽水機一般允許通過的固體物粒徑等於抽水機出口直徑。

(2)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。

(3)輸送流體如含有硬度較高的物質(如砂礫),將造成抽水機本體及葉輪的磨損，

可選用離心渦流式，並選用高硬度材質，如硬鎳材質。

(4)輸送流體如具腐蝕性(如藥劑)，抽水機本體及葉輪可選用耐蝕材質。

(5)如使用在輸送污泥，依下水道工程設施標準第四十九條規定，應設置二部以上，其中一部為備用機，其裝設位置應低於污泥井水面，可採用單軸螺旋式、往復活塞式或其他適用於抽送污泥之種類。

5.5.2 比速及相似定律

抽水機比速及相似定律如下：

1. 抽水機之型式，係依流量、總動水頭及抽水機轉速之比速度(specific speed)來決定，依照比速度之增大，而依徑流、斜流式，逐漸變為軸流式。
2. 抽水機若以規定轉速外之轉速運轉時，其標準特性依相似定律(affinity laws)變化。

解說：

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：相似定律及比速度。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。

1. 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(5-7)計算之。

$$N_s = N \cdot \frac{Q^{1/2}}{H_t^{3/4}} \quad \text{.....(5-7)}$$

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：抽水機於最佳效率點(BEP)之抽水量(m^3/min)，雙吸時則為 Q/2

H_t：抽水機於最佳效率點(BEP)之總動水頭(m)

在以上述單位計算時，比速度之範圍約介於 100～2,500。抽水機型式依照比速度之增大，而依徑流、斜流式，逐漸變為軸流式，揚程高抽水量小之抽水機，其 Ns 值低；反之揚程低抽水量大者，Ns 值較高。

圖 5.47 為 Ns 與葉輪形狀之關係，幾何形狀相似之兩葉輪，若欲流動狀態亦相似，兩者之 Ns 值應相等。

抽水機型式不同，其性能曲線形狀也會改變，如圖 5.48。

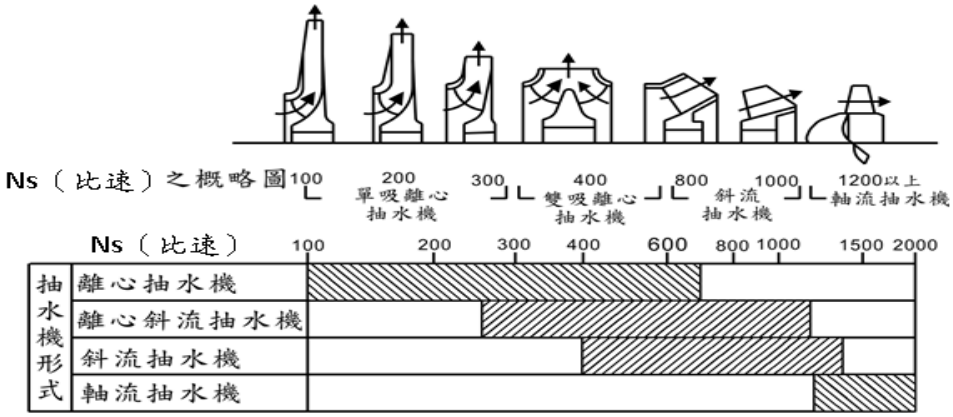


圖 5.47　比速 Ns 與葉輪形狀之關係

資料來源：日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」(2019 年版)

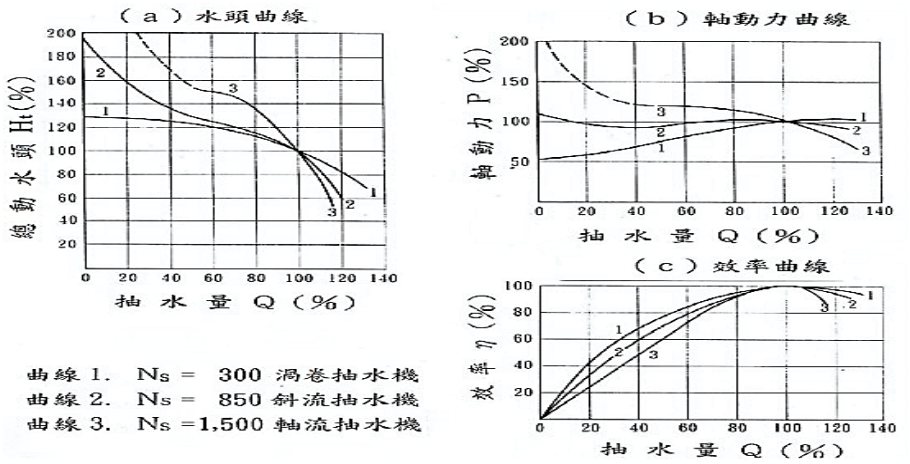


圖 5.48　各種離心式抽水機性能曲線之比較

2. 相似定律

抽水機若以規定轉速 N 外之轉速 N′運轉時，其標準特性依下列公式(5-8)～(5-10)變化，這些關係稱為相似定律(affinity laws)。

轉速 N′時之抽水量 $Q' = Q\frac{N'}{N}$ .....(5-8)

轉速 N′時之總動水頭 $H_t' = H_t\left(\frac{N'}{N}\right)^2$ .....(5-9)

轉速 N′時之軸動力 $P' = P\left(\frac{N'}{N}\right)^3$ .....(5-10)

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)

公式(5-11)～(5-13)適用於 N′/N=0.8～1.2 之範圍。

相似定律公式可求得不同轉速下抽水機的揚程-流量曲線及馬力-流量曲線變化情形，如圖 5.49。

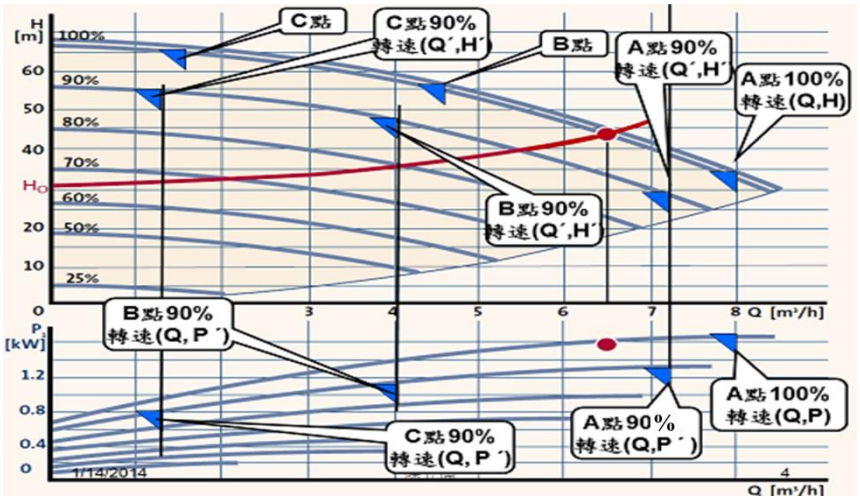


圖 5.49　利用相似定律繪出不同頻率之 Q-H 曲線及 Q-P 曲線

如抽水機的轉速不是介於 N´/N=0.8～1.2 之範圍，則必須參考設備商提供之抽水機不同轉速之性能曲線，如圖 5.50。

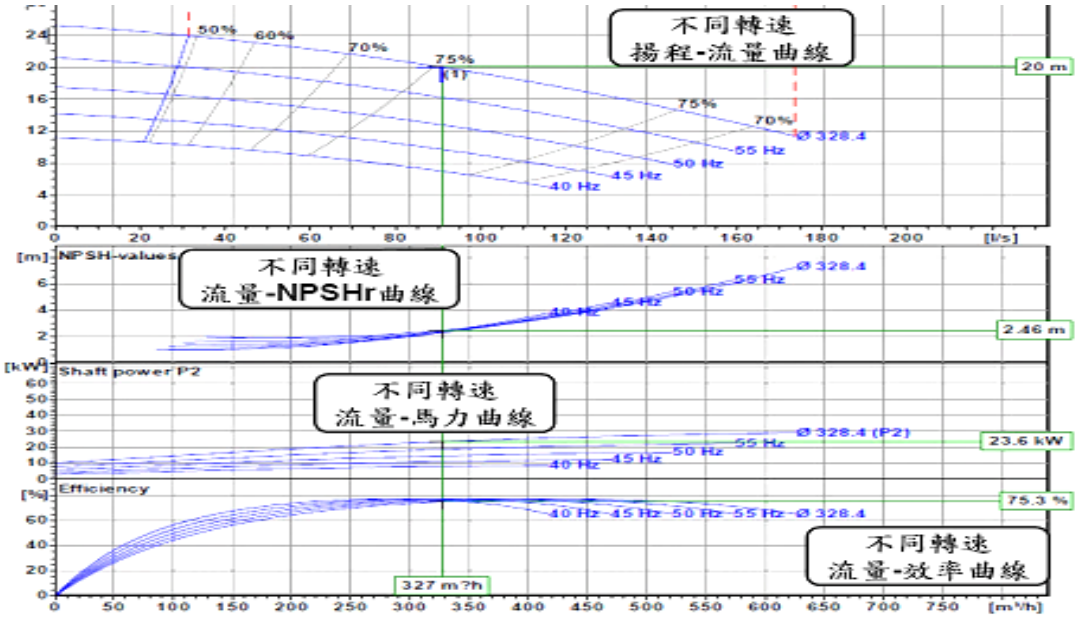


圖 5.50　抽水機不同轉速之特性曲線

5.5.3 抽水機特性曲線

抽水機特性曲線考量如下：

1. 抽水機選用應由製造商提供特性曲線。
2. 特性曲線應至少包括流量、揚程、效率、功率和淨吸水高度(NPSHr)等資料。
3. 選用抽水機應注意依據效率選定抽水機工作區域。
4. 抽水機選用驅動設備，應考量連結傳動效率及驅動設備效率，應注意設備

廠商資料所指所需功率是水馬力、軸馬力或總馬力。

解說：

3. 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「抽水機特性曲線」，如圖 5.51。
4. 抽水機曲線可提供有關抽水機性能的資訊，其中 x 軸以流量為單位，y 軸以揚程為單位，此外應包括效率、軸馬力和淨吸水高度(NPSHr)。

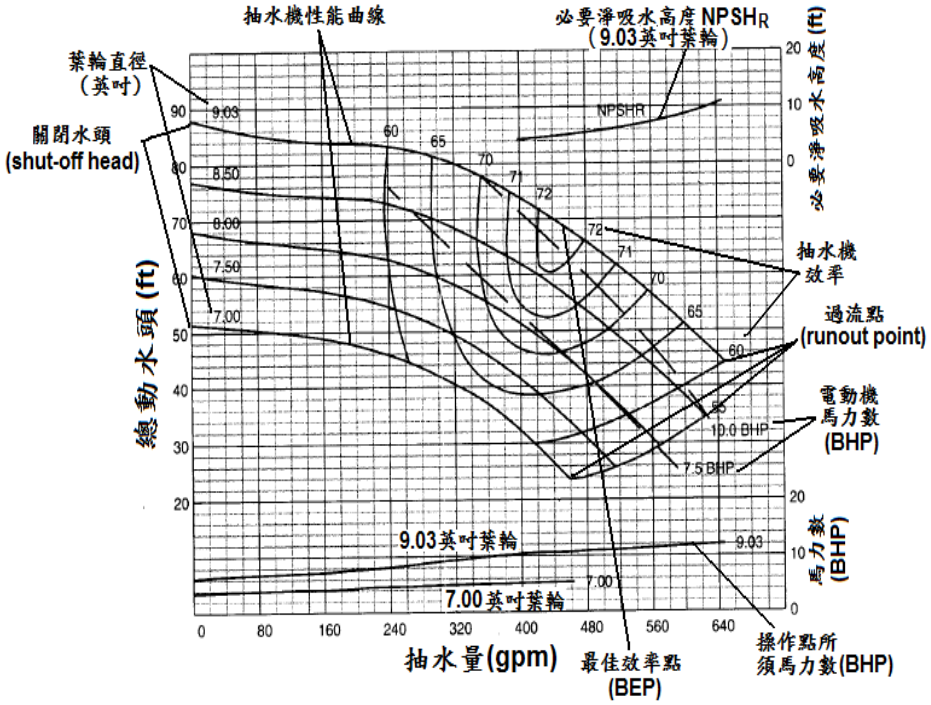


圖 5.51　離心式抽水機典型特性曲線

5. 抽水機的效率，是在特定操作條件下，驅動抽水機所需的輸入功率與產生水功率之間的關係，依據抽水機性能曲線所標示的最佳效率點(BEP)，可定義出最適合該抽水機連續操作的優選工作範圍(Preferred Operating Range，POR)，依據美國 Hydraulic Institute 建議，一般離心式抽水機的 POR 為抽水機最佳效率點(BEP)流量的 70%至 120%，而抽水機製造商則會標示整個抽水機性能曲線的允許操作範圍(Allowable Operating Range，AOR)，AOR 範圍標示可以連續運轉而不會嚴重影響抽水機的性能或壽命，惟使用壽命將低於 POR 操作範圍。

   另抽水機特性曲線上的每一點並非皆能作連續或長期運轉，當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，為抽水機製造商允許之最大流量點)連續操作將會導致抽水機嚴重的損壞。

選擇抽水機時，操作點愈盡量靠近最佳效率點，當偏離最佳效率點愈多時，會產生孔蝕及高溫現象並影響抽水機整體壽命，如圖 5.52。

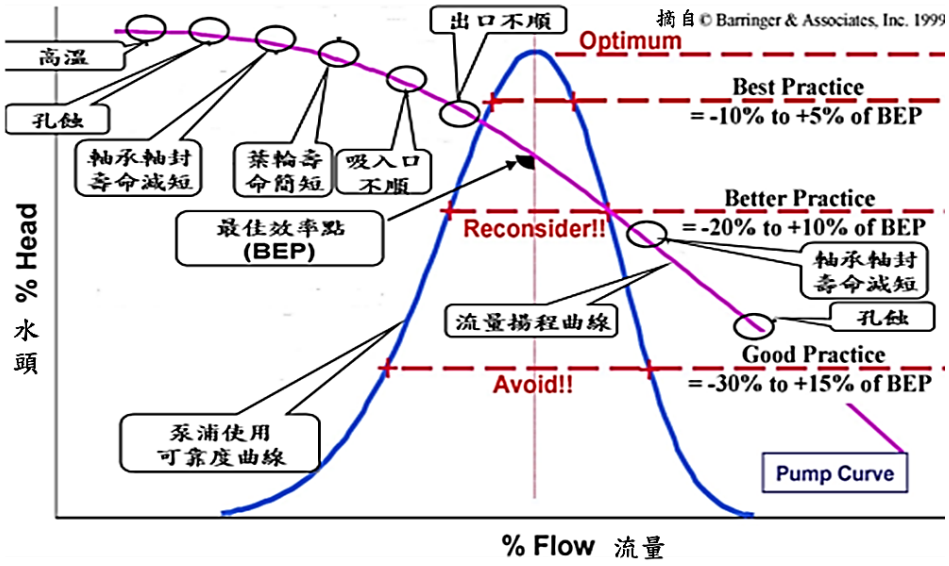


圖 5.52　離心式抽水機操作範圍與可靠性關係圖

6. 流量-效率曲線：抽水機於不同流量下會有相對應不同的效率，如中 Q-EFF 曲線，部分廠商之效率曲線，分為抽水機效率曲線及電動機含抽水機效率曲線兩種，如圖 5.53。

(1)淨吸水高度(NPSHr)曲線，可提供不同流量下抽水機吸入特性，曲線應標識在該流量下所需的淨吸水高度，以避免孔蝕問題造成整體性能影響或造成損壞。

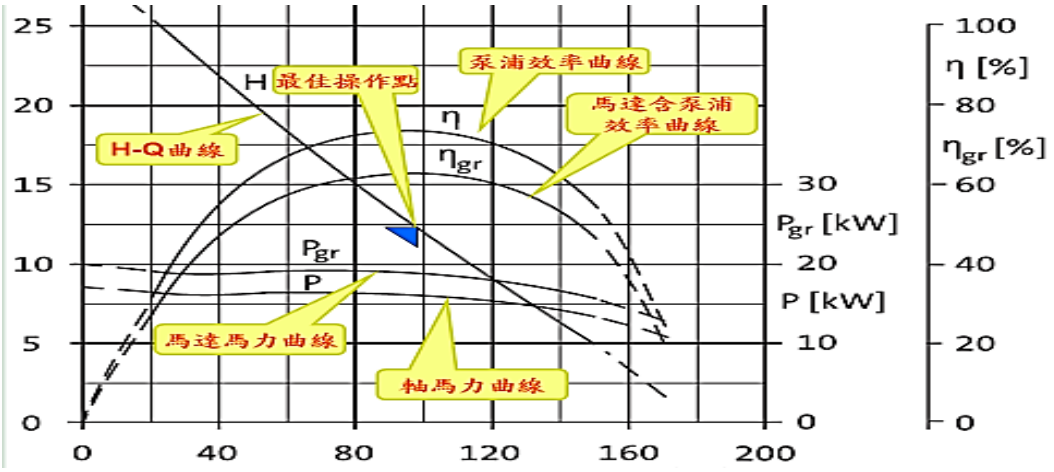


圖 5.53　離心式抽水機流量-效率曲線

(2)流量-馬力曲線：抽水機於不同流量下會有相對應不同的馬力，抽水機的水馬力(WHP)，表示抽水機推動液體流動所需的有效功率，與抽水機的流量、揚程，液體密度與重力加速度相關；抽水機軸馬力(BHP)，表示為提供抽水

機水馬力，於抽水機軸端所施加之功率，與抽水機的水馬力與抽水機本體的效率有關；抽水機電動機輸入功率(Pin)，表示抽水機運作時所須消耗的總功率，與抽水機本體效率、電動機本體效率及連結傳動效率有關。抽水機可依據抽水量及揚程需求，計算抽水機之水馬力。

$$P_w = 0.163\gamma \cdot Q \cdot H_t \quad \text{.....(5-11)}$$

抽水機之軸動力，可由公式(5-12)計算之

$$P_b = \frac{0.163\,\gamma \cdot Q \cdot H_t}{\eta} \quad \text{..... (5-12)}$$

式中：

P_b：抽水機之軸動力(kW)(1Hp=0.746 kW)

γ：水之單位體積重量(kg/L)(污水之 γ=1)

Q：抽水機之抽水量(m^3/min)

H_t：抽水機之揚程(m)

η：抽水機之效率(小數)

抽水機效率會因流體輸送或葉輪型式，而對效率有所改變，應參考製造廠商資料，一般而言，不阻塞式抽水機的效率較清水抽水機低，而渦流式抽水機(退縮葉輪式抽水機)的效率較不阻塞式抽水機低。

抽水機操作時電動機之動力，實際上應考量動力之安全係數，電動機動力可由公式(5-13)計算之：

$$P = \frac{P_b(1+\alpha)}{\eta_t} \quad \text{..... (5-13)}$$

式中：

P：電動機動力(kW)

P_b：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

5.6 管線系統操作曲線特性

5.6.1 管線系統水頭損失計算

管線系統水頭損失計算考量如下：

1. 抽水機之總動水頭為總淨水頭、各種管及閥損失水頭、出水管末端之速度水頭等之總和。
2. 直管水頭損失計算常用公式，包括 Darcy-Weisbach 公式或 Hazen-Williams 公式。

解說：

1. 抽水機之總動水頭，為淨水頭、各種管、管件及閥損失水頭、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，為淨水頭、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(5-14)決定，如圖 5.54a 及圖 5.54b。

$$H_t=H_{stat}+h_{ent}+h_{fs}+\Sigma h_{fvs}+h_{fd}+\Sigma h_{fvd}+v_d^2/2g \quad \text{..... (5-14)}$$

式中：

H_t：總動水頭(Total dynamic head，TDH，m)

H_{stat}：總淨水頭(Total static head，m)=h_d-h_s

h_s：淨吸水水頭(Static suction head，m)，濕井水位在葉輪基準線上方為淨吸水水頭(Static suction head)，其值為正值；濕井水位在葉輪基準點下方為淨吸水揚水(Static suction lift)，其值為負值。各種葉輪型式之抽水機基準線，如圖 5.55

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)

Σh_{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)

Σh_{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

淨水頭受抽水機之吸水位，出水位之變化影響很大。應考量其變化範圍、計畫水量及抽水機特性操作運轉之經濟性等決定之。

(2)出水管中間高程高於末端出口高程對總動水頭之影響

計算總動水頭(總水頭損失)時，如出水管的最頂部在末端，如圖 5.56a，則依據公式(5-15)計算，如出水管的高點在中途，則計算總動水頭時，需要比較出水管至最頂部的總動水頭 H_{t1} 與出水管至末端的總動水頭 H_{t2}，設計採用之總動水頭，應兩者中取其大者，如圖 5.56b。

$$H_{t1}=H_{stat1}+\Sigma h_{f1}+v_d^2/2g \quad \text{..... (5-15)}$$

$$H_{t2}=H_{stat2}+\Sigma h_{f2}+v_d^2/2g \quad \text{..... (5-16)}$$

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}：最頂部之總淨水頭

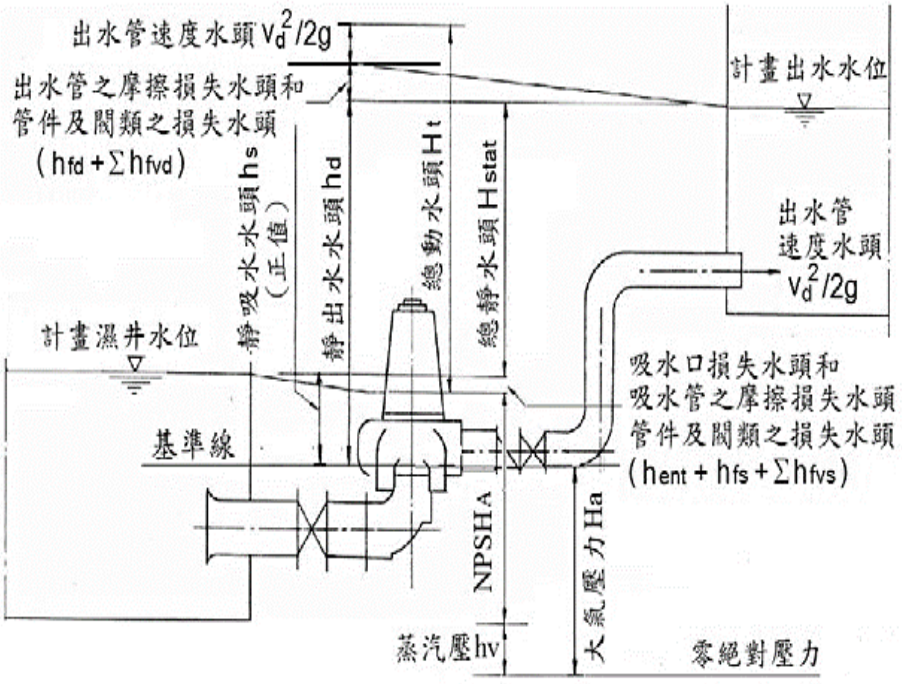
h_{stat2}：末端之總淨水頭

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

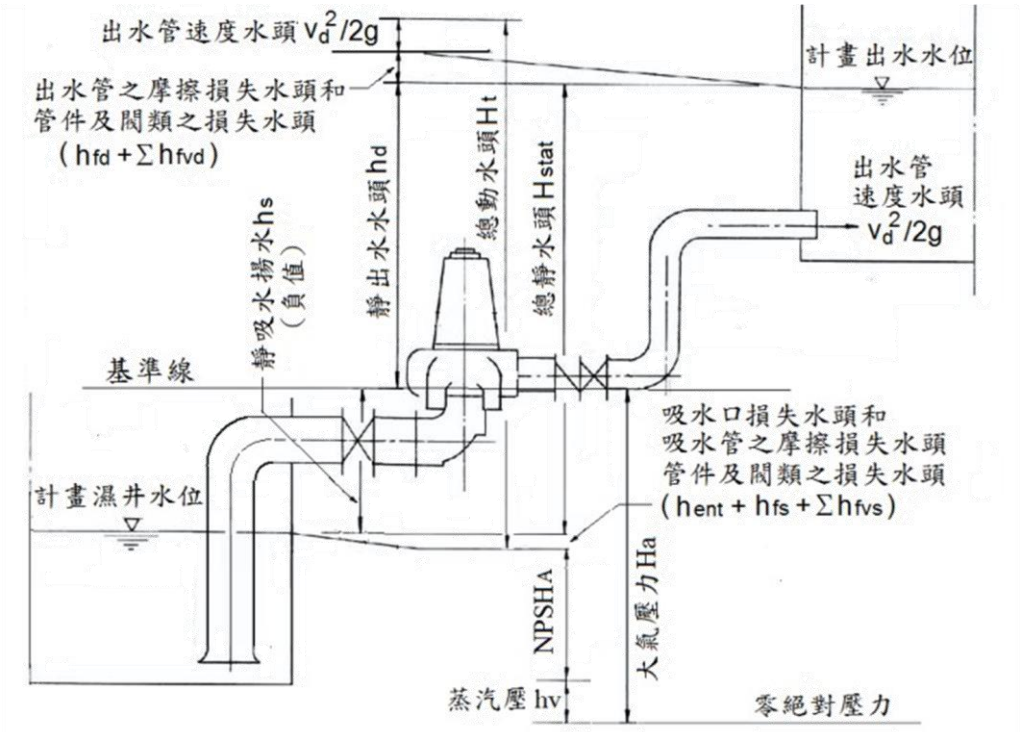
Σh_{f2}：至管線末端(吸水口、吸水管、出水管、管件及閥類等)全部之

損失水頭

$vd^2/2g$：出水管末端之速度水頭



a.淨吸水水頭



b.淨吸水揚水

圖 5.54　抽水系統之各種水頭

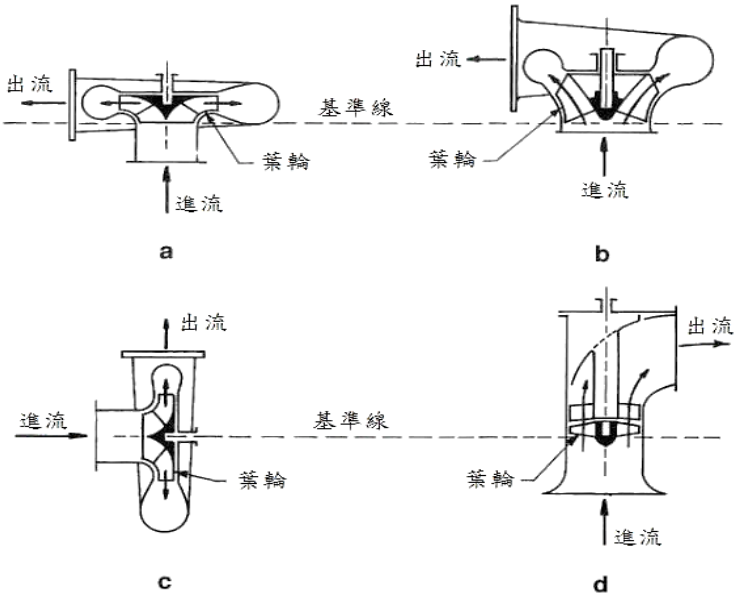
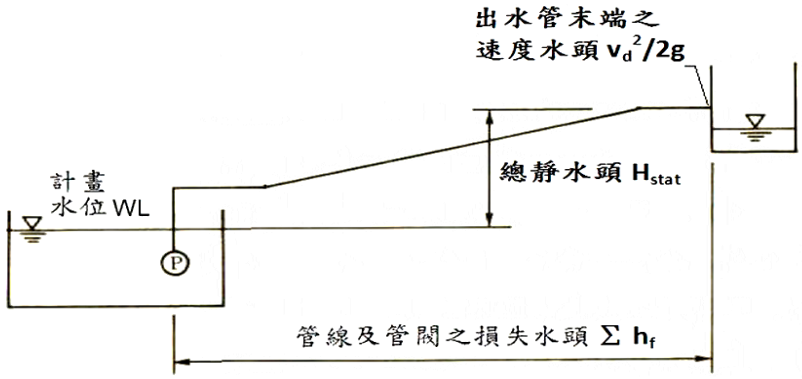
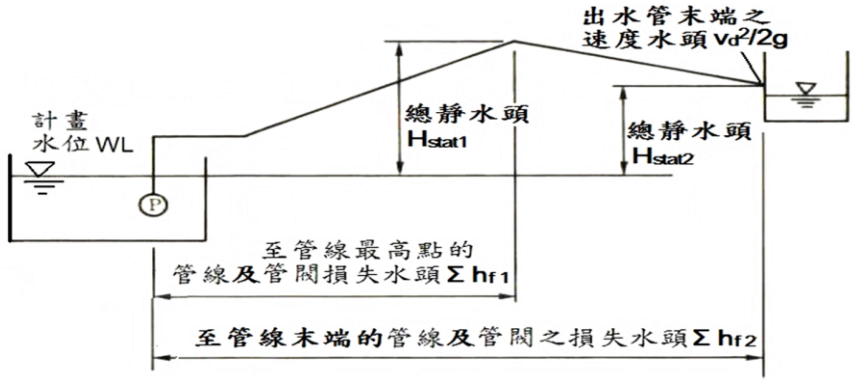


圖 5.55　抽水機之基準線



a.出水管的最頂部在末端



b.出水管的最頂部在中途

圖 5.56　出水管高點位置對總動水頭之影響

2. 直管水頭損失

(1)達西–威斯巴哈公式 Darcy-Weisbach Equation

由亨利·達西和尤利烏斯·威斯巴哈完成本方程式，描述固定長度管路內，因摩擦力產生的水頭損失和管路中的平均流速的關係，流體流經一定管徑的直管時，由於流體內摩擦力而產生的阻力，阻力的大小與路程長度成正比，公式如下。

$$H_f = f \times \frac{L}{D_h} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{(5-17)}$$

式中：

Hf：水頭損失[m]

f：摩擦係數[無因次]

L：管長[m]

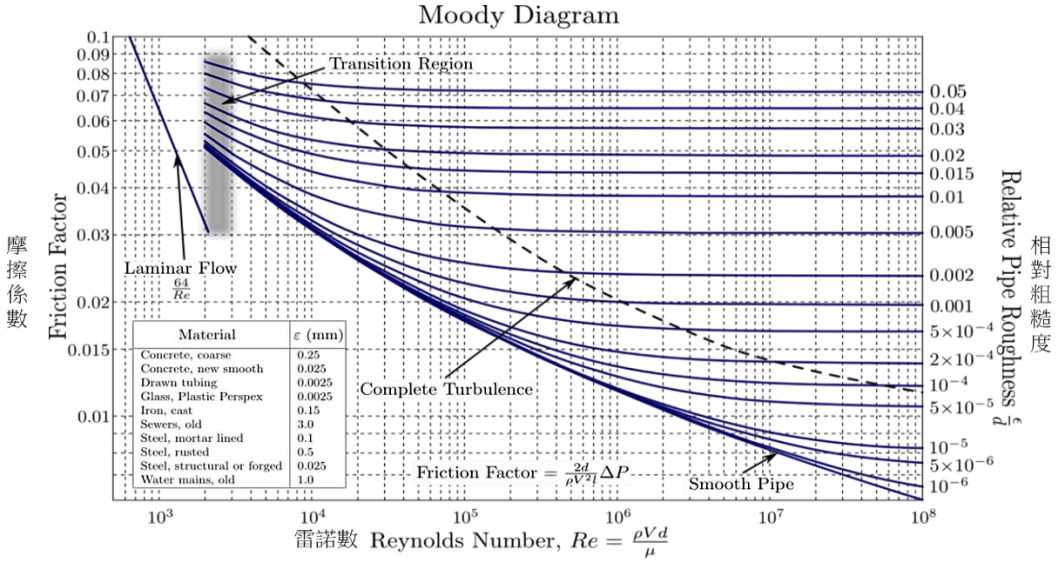
V：平均管中流速[m/s]

Dh：水力半徑[m]

方程式中包括一個無因次的摩擦係數 f，與雷諾數 Re 和管壁粗糙長度 ε 有關，f 值可採實驗測定也可計算得出，當流體為層流(Re<2300)時：

f=64/Re.....(5-18)

如果流體為紊流(2100<Re<4000)時，f 值可由兩種方法確定：一種是應用 Moody chart，如圖 5.57 判讀；另一種是直接根據實驗結果，綜合成阻力係數的經驗公式，如 Colebrook equation 或 Swamee-Jain Equation 或 Blasius(1911)formula 等，設計時可依需求採用。



Material	ε (mm)
Concrete, coarse	0.25
Concrete, new smooth	0.025
Drawn tubing	0.0025
Glass, Plastic Perspex	0.0025
Iron, cast	0.15
Sewers, old	3.0
Steel, mortar lined	0.1
Steel, rusted	0.5
Steel, structural or forged	0.025
Water mains, old	1.0

資料來源：S Beck and R Collins，University of Sheffield

圖 5.57　穆迪圖 Moody chart

應用 Moody chart 選用摩擦係數 f，除了與雷諾數 Re 有關外，亦會受

管壁的粗糙長度的影響，粗糙長度 ε 的定義為突出管壁之粗糙物的平均高度，其因次為長度[L]，參考數據如表 5.13，請注意因材料的粗糙長度隨採購來源不同而變化，因此粗糙長度參考數據會有±30～50%的不確定差異。

表 5.13　各種管材之粗糙長度 ε

材質	表面	粗糙長度 ε 單位：mm
鋼管 Steel	焊接無縫	0.061
	鋼板/板金/新管	0.05
	商業鋼管/新管	0.046
	鉚接	3.0
	鋼管/舊	2.0
	不銹鋼管	0.002
鐵管 Iron	延性鑄鐵管	0.061
	鑄鐵管/新	0.26
	鍛造管/新	0.046
	鑄鐵管/鍍鋅內層	0.15
	鑄鐵管/瀝青內層	0.12
	延性鑄鐵管/瀝青內層	0.12
銅管	銅管/新	0.002
塑料	熱塑管	0.0015
混凝土	打磨平滑	0.04
	粗糙管	2.0
橡膠	平滑管	0.01

資料來源：Hydraulic Institute，Engineering DataBook

另依日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針及解說」2019 所建議採用之經驗值公式，摩擦係數 f 可依下列公式計算。

鑄鐵管(新管).....$0.02+\frac{1}{2000\times D}$ .....(5-19)

鋼管(新管).....$0.03+\frac{1}{1000\times D}$ .....(5-20)

PVC 管(新管).....$0.018+\frac{1}{2300\times D}$ .....(5-21)

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。

(2)Hazen-Williams 公式

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，該式為由水力學實驗過程所累計的統計值而得的經驗公式。

$$V = 0.3549 \times C \times D^{0.63} \times \left(\frac{h_L}{L}\right)^{0.54} \quad \text{.....(5-22)}$$

$$h_L = L \times \left(\frac{V}{0.3549 \times C \times D^{0.63}}\right)^{1.852} = 6.81 \times \frac{L}{D^{1.167}} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{1.852} \quad \text{.....(5-23)}$$

$$Q = 24，082 \times C \times D^{0.63} \times \left(\frac{h_L}{L}\right)^{0.54} \quad \text{.....(5-24)}$$

式中：

V：壓力流流速(m/s)，設計流量時最小流速經驗值為 0.6m/s，最大流速經驗值為 3.0m/s

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 5.14 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(m^3/day)

表 5.14　各種管材表面粗糙係數參考 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)	100-140
鍍鋅鐵管(Galvanized Iron Pipe，GIP)	120
鋼管(SP)新、無襯裏	140-150
無縫焊接用鋼管 Steel	100
銅管(Copper Pipe)	130-140
塑膠管(Plastic Pipe，PP)	140-150
PE 管(Polyethylene，PEP)	140
PVC 管(CPVC)	150
ABS 管	130
FRP 管(Fiber Glass Pipe－FRP)	150
註：1.C 值會因磨耗、管垢、接頭形式變動。 2.本表未列管材 C 值應諮詢生產廠商。	

3. 管件及閥類損失

(3)損失水頭

損失水頭，可由公式(5-25)表示之。

$$h = f \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{.....(5-25)}$$

式中：

h：損失水頭(m)

f：損失係數

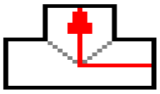
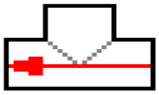
v：流速(m/s)

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，閥類依照其種類及尺寸亦有所不同，如表 5.15。上述表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2019 日本下水道協會。

表 5.15　管件及閥類水頭損失係數表

種類	係數								備註
吸水口	0.15 以下								喇叭口情況
彎管	$f = f_{b1} \times f_{b2}$ f_{b1} 及 f_{b2} 參考圖 5.58 式中： f_{b1}：依據彎管之曲率半徑 P 及管徑 D 之比(P/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係數與彎管中心角 90 度之損失之比								f_{b1} 及 f_{b2} 值係由 Anderson 及 Straub 所發展的，該值不含摩擦係數，故 f_{b1} 係指光滑管的數值。
逆止閥	口徑(mm)	300	350	400	450	500	600	700	
	係數	1.11	1.05	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	
	口徑(mm)	800	900	1,000	1,200				
	係數	0.92	0.90	0.88	0.86				
球形逆止閥	口徑(mm)	65	80	100	150				
	係數	2.7	2.3	2.2	1.9				
舌閥	口徑(mm)	450	500	600	700	800	900	1,000	
	係數	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	
	口徑(mm)	1, 200	1, 350	1,500	1, 650	1, 800			
	係數	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6			
閘閥	口徑(mm)	65	80	100	150	200	250	300 以上	全開
	係數	0.172	0.169	0.164	0.145	0.103	0.047	0	

種類	係數								備註
球閥	開度(%)	全開	67	33					
	係數	0.05	5.5	200					
隔膜閥	開度(%)	全開	3/4	2/4	1/4				
	係數	2.3	2.6	4.3	21.0				
蝶閥	口徑(mm)		350		400~500		600~900		
	係數		0.75		0.6		0.4		
	口徑(mm)		1,000~1,500		1,650~2,000				
	係數		0.3		0.2				
T 型管	流向								
	係數		0.55		0.50		0.10		
急擴管	1								$h_e = f_e \frac{(v_1-v_2)^w}{2g}$……(5-26) 式中： h_e：急擴管或漸擴管的水頭損失 v_1：擴大前的流速(m/s) v_2：擴大後的流速(m/s)
漸擴管	參考圖 5.59								
急縮管	$\frac{A_2}{A_1}$	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0		$h_{sc} = f_{sc} \times \frac{v_2^2}{2g}$....(5-27) $\Delta h_{Sc} = h_{sc+}[\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}]$…(5-28) 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/s) v_2：縮小後的流速(m/s)
	係數	0.49	0.49	0.46	0.38	0.18	0		
水表	7								
閘刀閥	0.2								金屬閥座
	0.3								彈性閥座
底閥	1.5～2.0								
底閥附篩濾器	15.0								
偏心塞閥	1.0								矩形(80%)開孔
	0.5								全開孔

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」，日本下水道協會 2019

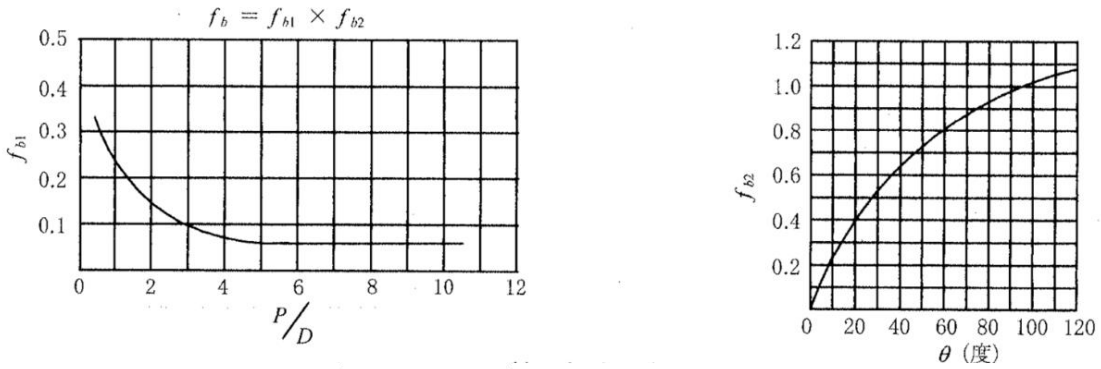


圖 5.58　彎管水頭損失係數之 fb 值

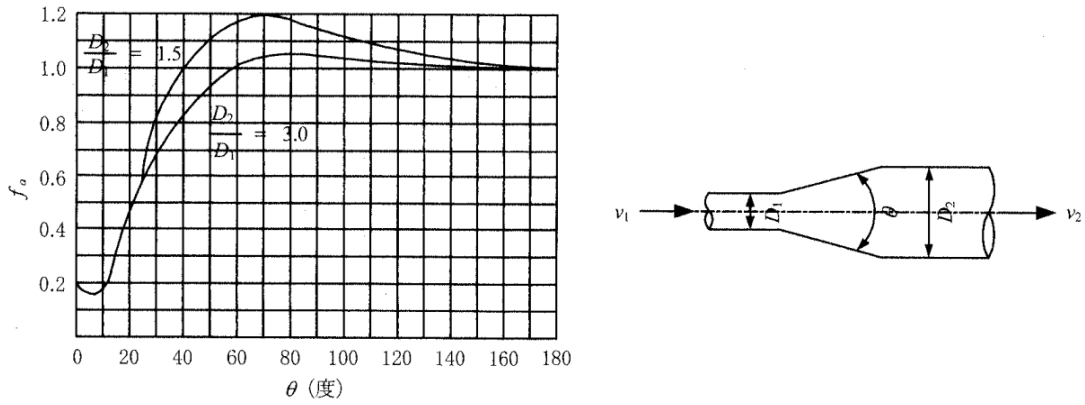


圖 5.59　漸擴管損失係數

(4)速度水頭

$$h_o = \frac{V^2}{2g} \quad \text{.....(5-29)}$$

5.6.2 壓力管線系統水頭-流量曲線之繪製

管線系統水頭-流量曲線繪製考量如下：

1.管線系統繪製系統曲線，應考量在低水位(LWL)及高水位(HWL)之總淨水頭。

2.計算損失時，應考量新舊管之損失係數 f 值不同。

解說：

7. 濕井內水位，會在低水位(LWL)到高水位(HWL)之間變動，因此總淨水頭也會變動，因此繪製系統曲線時要注意。
8. 新管預期在一段期間內會相當平滑，但管內會因生長黏菌、淤積、腐蝕或毀壞，而提高損失係數 f 值。

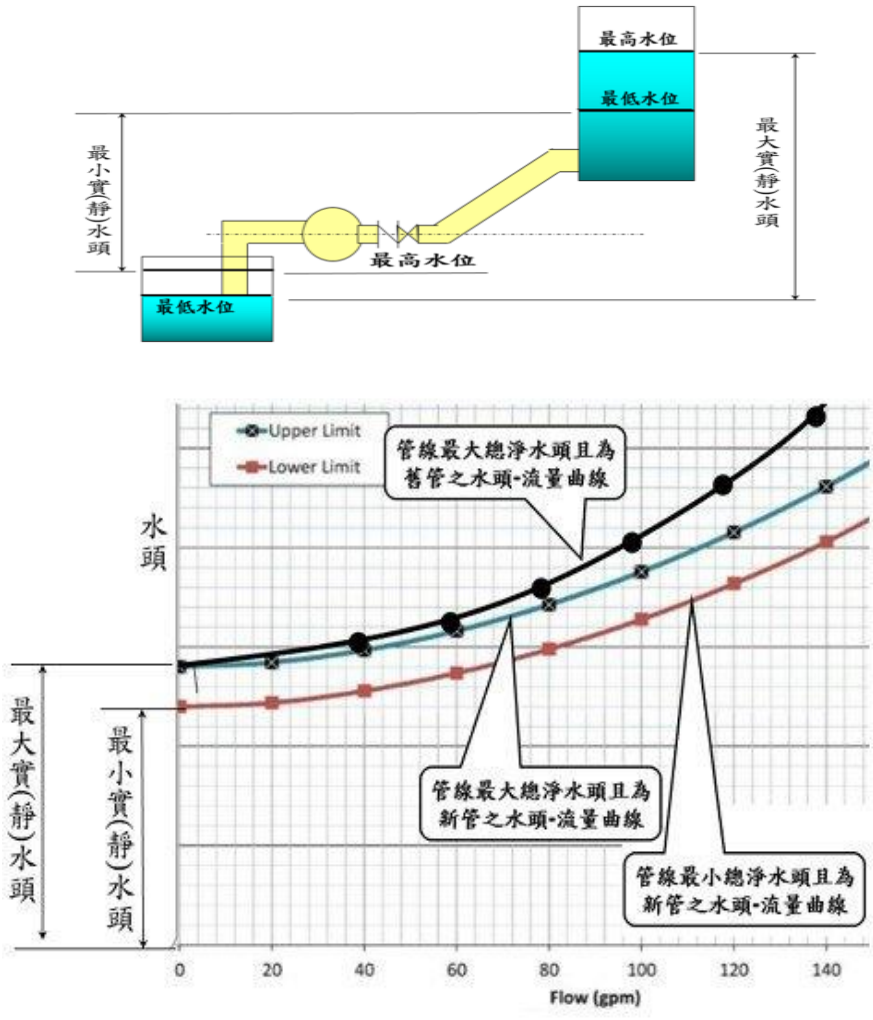


圖 5.60　壓力管線系統水頭-流量曲線範例

5.6.3 管線系統曲線與定速抽水機特性曲線之關係

系統曲線與抽水機特性曲線關係如下：

1. 應依照系統曲線與抽水機特性曲線，選擇靠近最佳操作點之抽水機。
2. 設計時應依據抽水機及管線系統實際配置，繪製系統曲線與抽水機特性曲線之關係圖，常見系統包括單台抽水機操作、串聯抽水機操作及抽水機並聯操作。

解說：

9. 抽水機特性曲線上的每一點，並非皆能作連續或長期運轉，應選擇靠近效率高之操作點，同時避免太靠近零流量之關閉水頭(Shut-off head)，或在最遠端的過流點(Runout point)，為抽水機製造商允許之最大流量點。
10. 設計時應依據抽水機及管線系統實際配置，繪製系統曲線與抽水機特性曲線之關係圖，單台操作、串聯操作及並聯操作說明如下。

(1)單台定速抽水機操作之關係圖

1)單台定速抽水機之操作，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「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)，如圖 5.61。

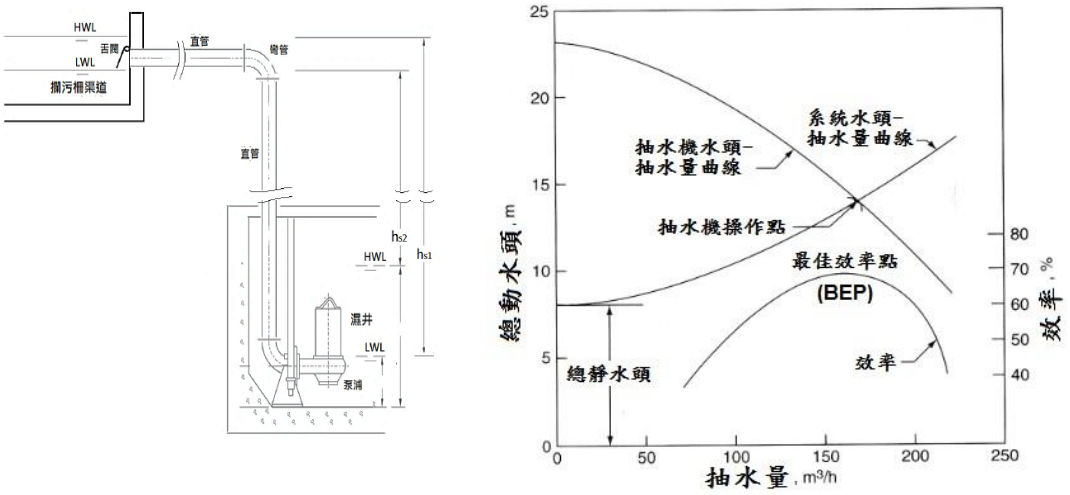


圖 5.61　決定單台定速抽水機在固定總淨水頭之操作點

2)如考慮系統曲線在濕井不同液位高有不同的淨水頭，且考慮管線於老舊，水頭損失會增加時，抽水機實際操作不是一點，而是一條曲線範圍，(如圖 5.62)點 A 和點 B 之間的曲線 AB，就是實際抽水機操作範圍。

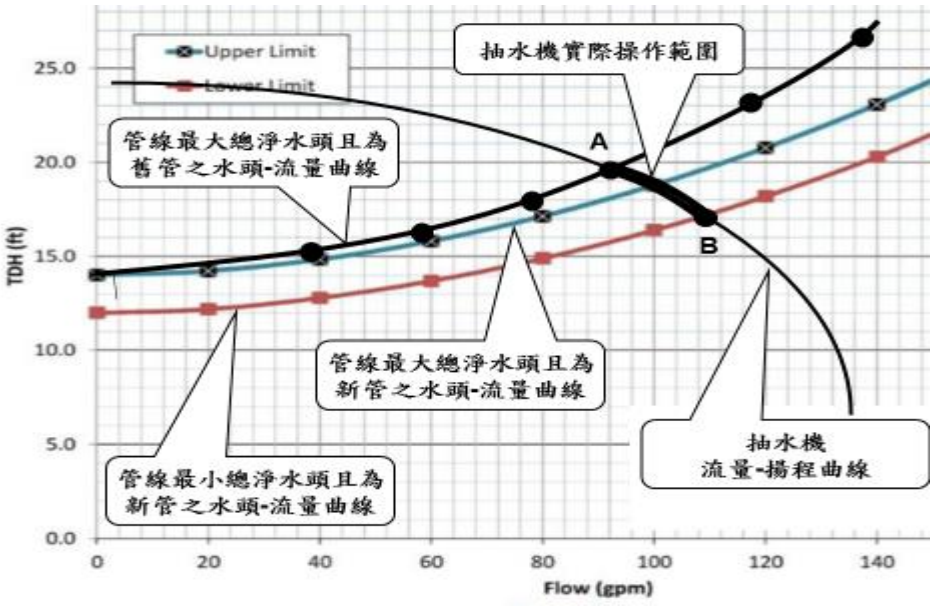


圖 5.62　變動靜揚程之實際抽水機操作範圍

(2)抽水機串聯操作之關係圖

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，如圖 5.63,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。

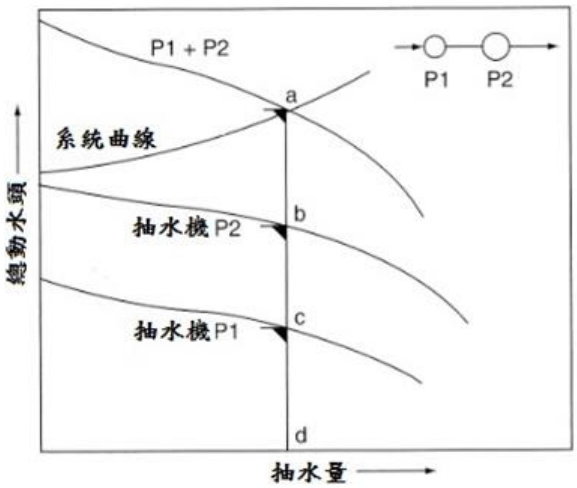


圖 5.63　抽水機串聯操作圖

(3)抽水機並聯操作之關係圖

1) 並聯操作(二台大小相同之抽水機並聯)：

並聯條件，以測量點的位置作為中心，並聯的抽水機之提供主管流量，並聯條件如下：

① 測量點之流量為各抽水機流量之和

② 測量點之壓力與各抽水機提供壓力相同

③ 岐管之水頭損失為零

可繪出並聯曲線圖，如圖 5.64 及圖 5.65。

2) 並聯操作(二台大小不同之抽水機並聯)

並聯條件，以圖 5.64 測量點的位置為中心，並聯的抽水機與測量點之間關係如下：

① 測量點之流量為各抽水機流量之和

② 測量點之壓力與各抽水機提供壓力相同

③ 岐管之水頭損失為零

由以上條件可繪出並聯曲線圖，如圖 5.66,抽水機大小台並聯時，要特別注意 P1 抽水機操作點之流量不可太小(需在包絡線之範圍內)，否則會產生抽水機之損壞。

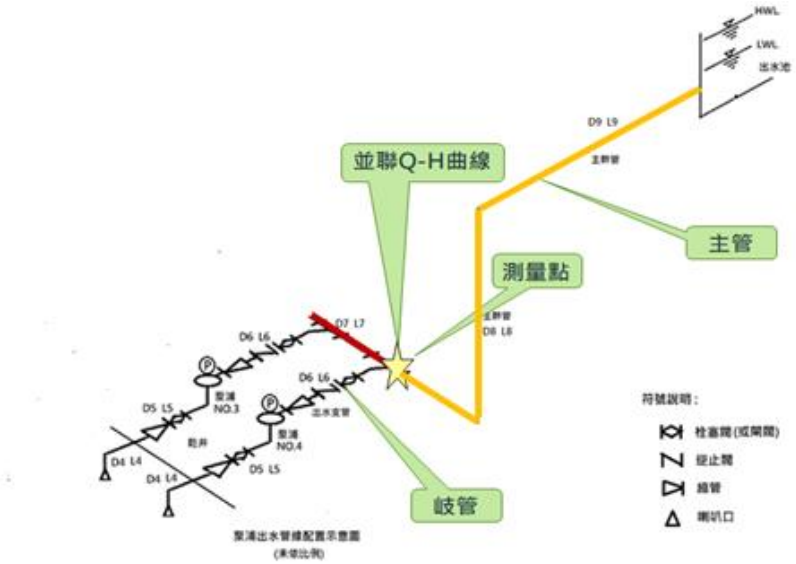


圖 5.64　抽水機二台大小相同並聯操作圖

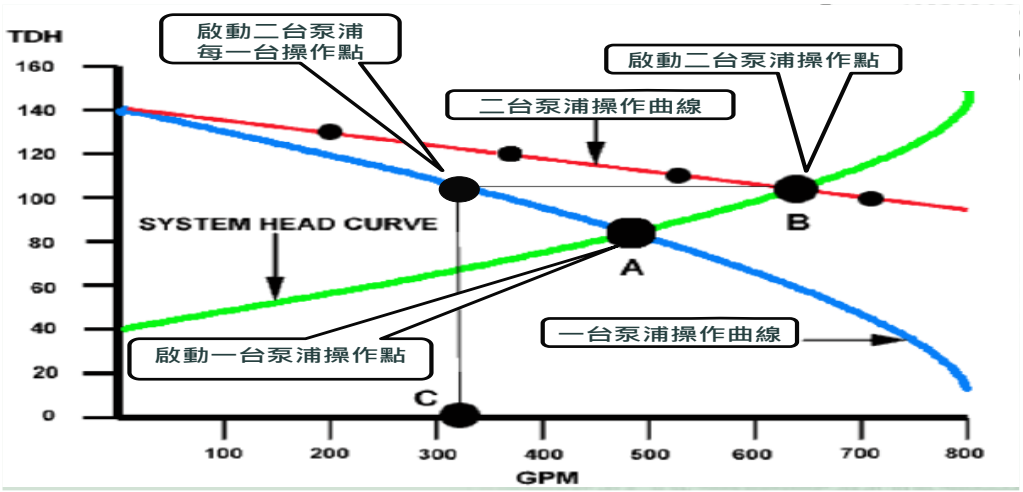


圖 5.65　抽水機二台大小相同並聯操作圖

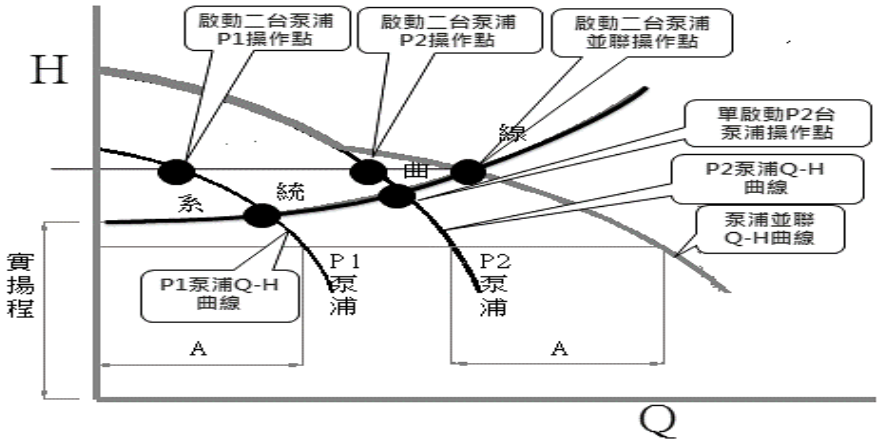
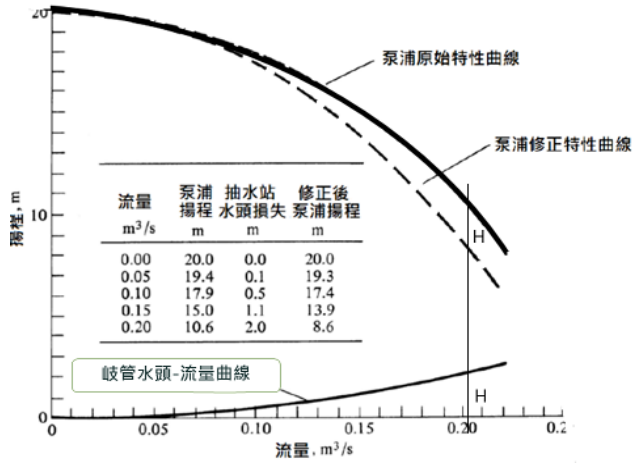


圖 5.66　抽水機二台大小不同並聯操作圖

3) 並聯操作(二台大小不同之抽水機並聯且考量岐管水阻)

並聯條件，以圖 5.64 測量點的位置為中心，並聯的抽水機與測量點之間關係如下：Ⅰ.測量點之流量為各抽水機流量之和，Ⅱ.測量點之壓力與各抽水機提供壓力相同，Ⅲ.要考慮岐管水頭損失，由以上條件繪出並聯曲線圖之前，要先行繪出抽水機修正特性曲線，如圖 5.67。

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岐管的損失水頭，故可從抽水機曲線中將損失水頭扣除。如圖 5.68，MP1 係已扣除水頭損失之 P1 抽水機曲線，MP2 係已扣除水頭損失之 P2 抽水機曲線，MP1 及 MP2 抽水量的累加，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。



流量 m^3/s	泵浦揚程 m	抽水站水頭損失 m	修正後泵浦揚程 m
0.00	20.0	0.0	20.0
0.05	19.4	0.1	19.3
0.10	17.9	0.5	17.4
0.15	15.0	1.1	13.9
0.20	10.6	2.0	8.6

圖 5.67　考慮岐管水阻時抽水機修正特性曲線

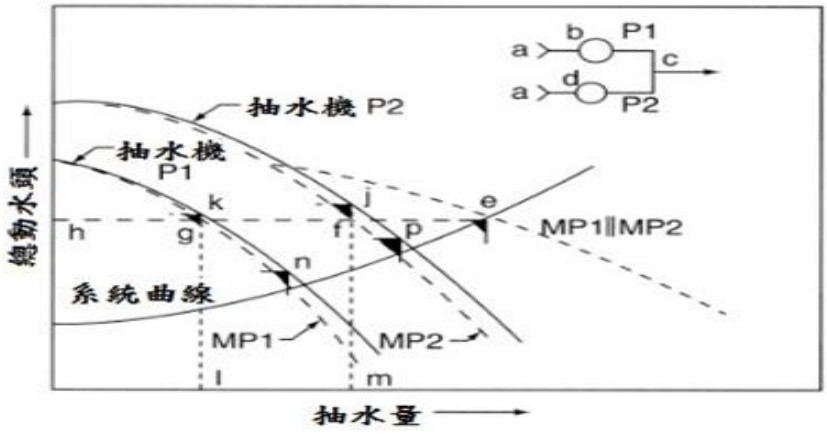


圖 5.68　考慮岐管水阻時，抽水機並聯特性曲線

5.6.4 抽水系統操作包絡範圍

考量抽水機定速、變速操作需求，管線系統抽水井高低液位差造成系統曲線差異等因素，抽水機系統設計時，應先繪製抽水機不同轉速操作特性曲線及不同淨水頭之系統曲線，依據各曲線所形成的包絡範圍，應盡量維持在抽水機較佳之操作範圍內。

解說：

抽水機應盡量在 BEP 附近操作最佳，因在 BEP 葉輪徑向不平衡負荷最小，軸承徑向負荷亦最小，當抽水機操作點大於 BEP 時，徑向負荷增加，效率降低且需有絕對壓力去防止孔蝕發生；當抽水機抽水量低於 BEP 抽水量時，流體於葉輪內循環，引起抽水機振動與水頭損失，亦會造成孔蝕問題。故抽水機有必要將操作範圍限定於由高、低轉速(或不同葉輪半徑)之特性曲線與 BEP 之 70%～120%兩線所形成之包絡線範圍內，如圖 5.69 及圖 5.70。

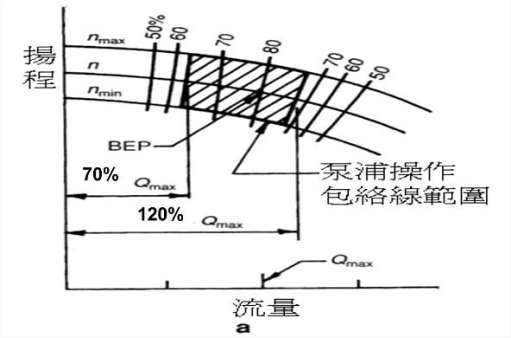


圖 5.69　抽水機包絡線

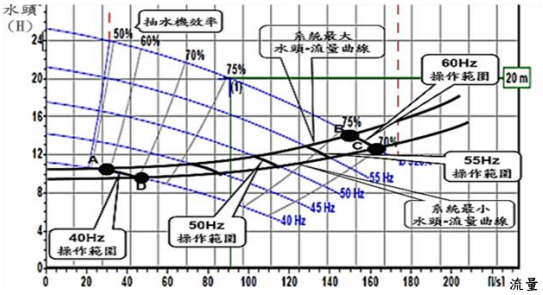


圖 5.70　變速抽水機操作範圍

5.6.5 變速抽水機之操作範圍之訂定

變速抽水機之操作範圍考量如下：

1. 變速抽水機之操作範圍係為一區域。
2. 抽水機操作範圍要控制於包絡線範圍之內。

解說：

1. 變速抽水機之操作範圍係為一區域

變速抽水機與系統水頭-流量曲線相交處為操作範圍，因考慮系統曲線共兩條，一條是系統最大水頭-流量曲線，一條是系統最小水頭-流量曲線，故抽水機實際操作點不是一點或區線，而是一條曲線範圍，如圖 5.71，ABCD 範圍內為抽水機 40Hz 到 60Hz 轉速之操作範圍。

2. 抽水機操作範圍要控制於包絡線範圍之內

(1)為了達到改操作曲線的範圍，必須在包絡線範圍內，可限定抽水機轉速使用範圍，圖 5.72 如將操作頻率設定於 43 到 55Hz 間，操作曲線的範圍 EFHG 就在包絡線範圍內，故抽水機於 43 到 55Hz 間操作係屬安全範圍。

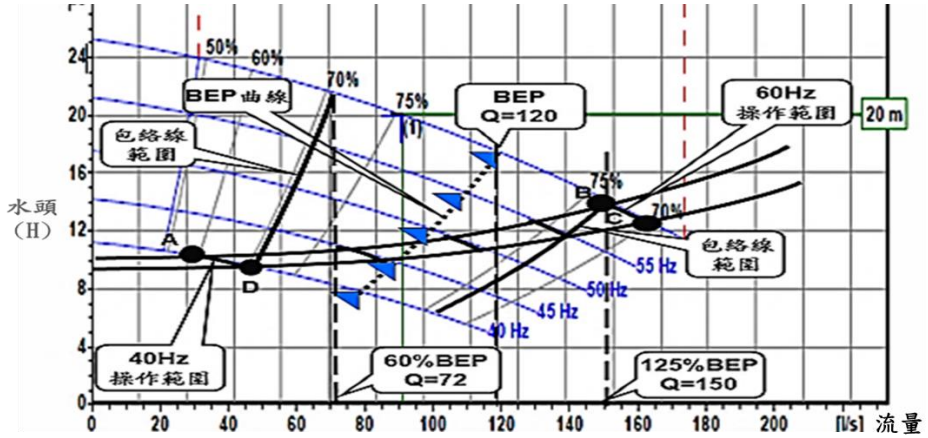


圖 5.71　變速抽水機操作範圍和包絡線之關係

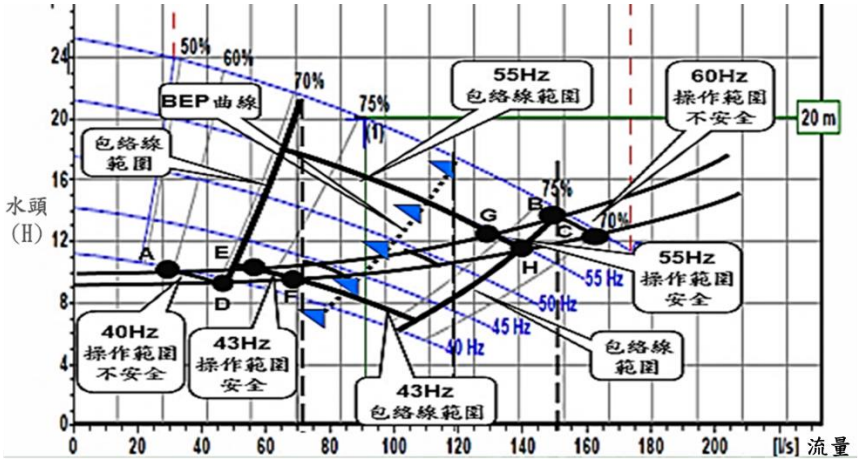


圖 5.72　抽水機限定使用頻率之範圍

(2)並聯且變頻使用的抽水機使用注意事項：

為達成前述目的，可採以下步驟。

1) 經設備商確定每台抽水機之包絡線範圍(如圖 5.69)。

2) 如圖 5.73 為一台大台抽水機和一台小台抽水機並聯使用，WGH 曲線為兩台抽水機並聯曲線，大台抽水機保持全頻運作，小台抽水機從 60Hz 降速至 50Hz；WMN 曲線為大台抽水機全頻小台抽水機 50Hz 並聯曲線，並聯後全部抽水機操作範圍為 MNHG 範圍，且小台抽水機可以改變轉速，可限定抽水機轉速使用範圍，使抽水機之操作曲線的範圍在包絡線範圍內，圖 5.73 如將操作頻率設定於 43 到 55Hz 間，對應大台抽水機操作範圍為曲線 EF，小台抽水機操作範圍為 ABCD 間之區域，再確定各操作範圍是否在包絡線範圍內，就可確認收抽水機是否能正常運作。

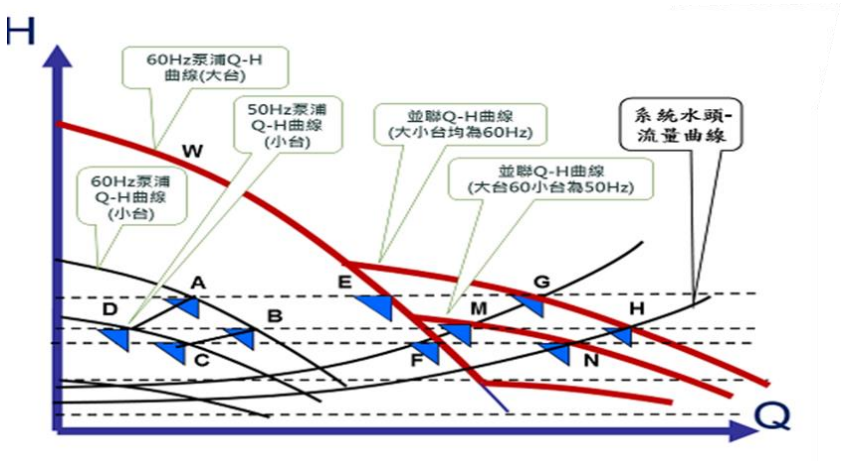


圖 5.73　抽水機並聯且變頻使用

5.7 抽水站附屬設施

5.7.1 閘門

5.7.1.1 制水閘門及滑動閘門之設計考量

抽水站採用閘門考量如下：

1. 制水閘門通常用在進流抽水站的進入口及抽水站濕井間的連通孔,其門框及門鈑的材質通常為延性鑄鐵，開關裝置可依動力的不同而分為手動式、電動式及液壓式。
2. 滑動閘門門框及門鈑，可選擇 304L 或 316L 不銹鋼及鑄鋁等材質，其開關裝置可依動力的不同，而分為手動式及電動式。

解說：

閘門為抽水站及污水處理單元，確保維護機能及處理機能之重要設備，閘門之種類，包括用於管道及水池之制水閘門、滑動閘門、止水閘門、止水塊板、蝶式閘門及排泥閥等，以及用於開孔之制水閘門、堰閘、舌閥等，本節介紹主要使用於抽水站之閘門。

抽水站之閘門，通常包括制水閘門及滑動閘門，具有下列之目的：

- 豪雨或異常進流量時之保護，以防止抽水設備淹水。
- 依流量之變化，調整抽水站內之使用管道數，以及流出口方向之改變。
- 抽水站內機械設備或土木構造物之檢查或修繕時使用。

以下將分別對抽水站制水閘門及滑動閘門之設計考量作介紹。

1. 制水閘門使用時機及設計考量

水密性較佳的制水閘門，通常用在污水處理廠進流抽水站的進入口，以及抽水站濕井間的連通孔，以作為緊密隔絕水流之用。

制水閘門門框及門鈑的材質，可依閘門尺寸之大小及正壓/背壓水頭(seating/unseating head)之高低，可選擇延性鑄鐵或不銹鋼，當尺寸愈大及正壓

/背壓水頭愈高時，則僅能選擇延性鑄鐵，例如4.3m×4.3m尺寸的制水閘門在正壓/背壓水頭超過9m時，僅能選擇延性鑄鐵；而3.7m×3.7m尺寸的制水閘門在正壓/背壓水頭超過12m時，亦僅能選擇延性鑄鐵。用於污水抽水站之制水閘門，通常以延性鑄鐵材質為標準選擇。

傳統制水閘門之門框及門鈑的邊緣，各自鑲有一圈表面光滑的鑄銅薄片，同時在門鈑的兩側、頂部及底部，都設有數個鑄銅製的可調楔組(wedge)，剛開始關閉閘門時，門框及門鈑的兩圈鑄銅薄片，會先面對面的靠在一起，如再繼續關緊閘門，則鑄銅楔組會產生楔形作用，使得門框及門鈑的鑄銅薄片會愈靠愈近，最後會達到緊密不漏水的情況。傳統式鑄鐵制水閘門，如圖5.74。

制水閘門的形狀通常為方形或矩形，安裝在混凝土池牆的方形、矩形或圓形的開孔上，方形、矩形或圓形開孔可裝設廠商提供之過牆套管，但圓形開孔亦可裝設鑄鐵管線突緣接頭，使閘門框的突緣可與過牆套管的突緣或管線的突緣相接合，如圖5.75。原則上，矩形制水閘門之高寬比以1.5：1為標準。為防止過牆套管的突緣漏水，閘門框的突緣與過牆套管的突緣間，須設置橡膠墊片。過牆套管的型式可為F型、E型及突緣及機械接頭，如圖5.76，後者之機械接頭可直接與鑄鐵直管相連接。

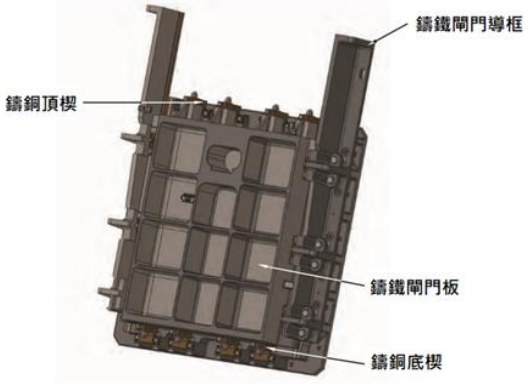
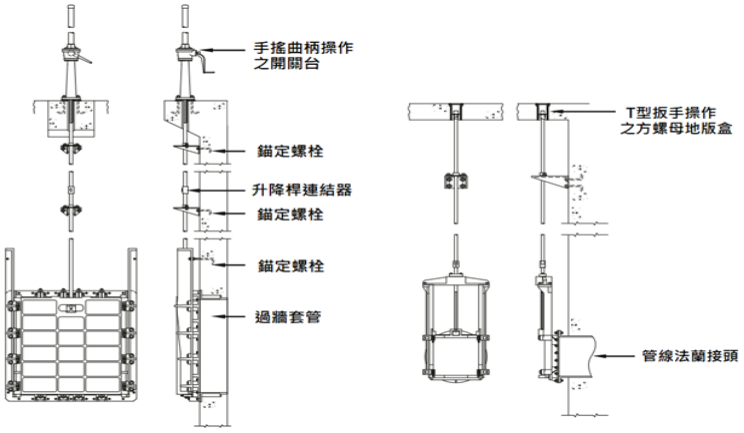


圖 5.74　傳統式鑄鐵制水閘門



A.方形或矩形開孔的過牆套管　　B.圓形開孔的管線突緣

圖 5.75　傳統式制水閘門之門框與過牆套管及管線的突緣相接合

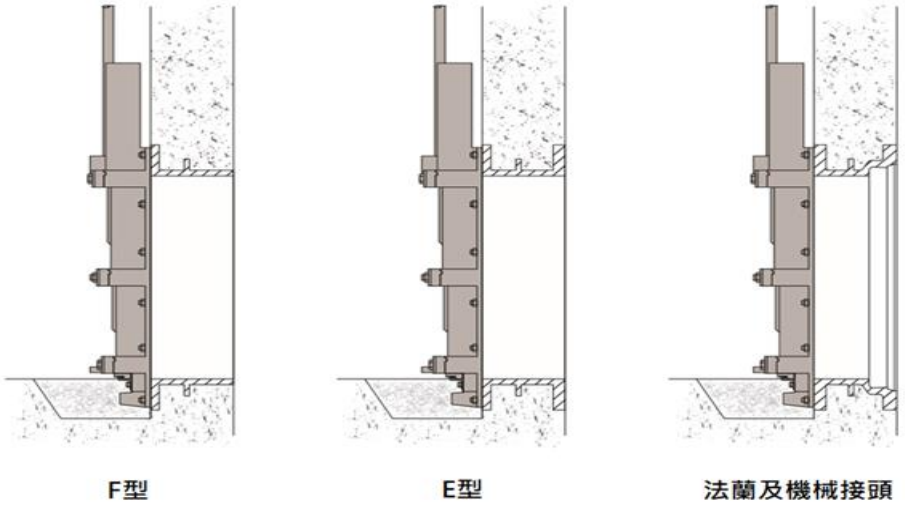


圖 5.76　過牆套管的型式

傳統式制水閘門的門鈑底部，因需要安裝鑄銅楔組，故其開孔底部須與池底有段距離，而如果開孔底部與池底齊平，則開孔前之底板須設有凹槽，如前圖 5.77，此凹槽會妨礙水流，並會因淤積砂土而使閘門無法緊密關閉。為解決此問題，新式的制水閘門在門鈑底部，不使用鑄銅楔組而改用彈性止水封，當彈性止水封緊壓在閘門底框的固定鐵片時，能達到極有效的密閉效果，如圖 5.74。新式的制水閘門在安裝完成後，底板上的凹槽可以使用輕質混凝土填平。

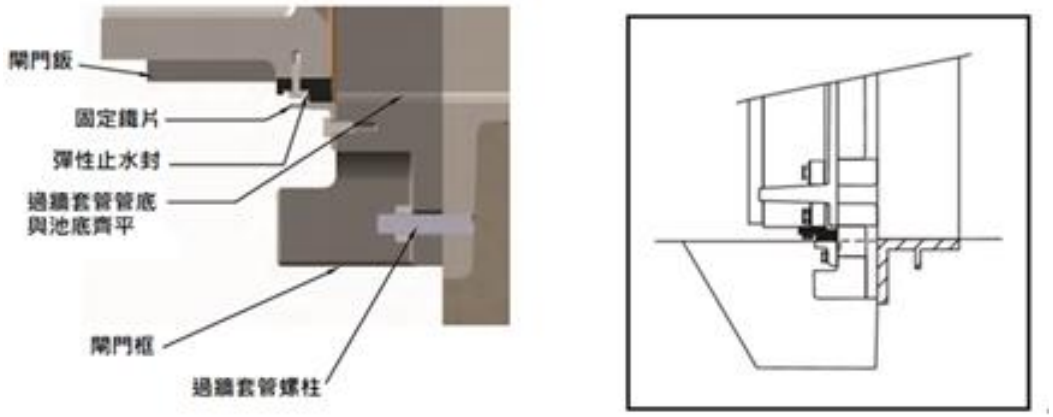


圖 5.77　新式制水閘門的底部可與池底齊平

制水閘門的開關裝置可依動力的不同，而區分為手動式、電動式及液壓式，如圖 5.78。





A. 手動式





B.電動式　　C.液壓式

圖 5.78　制水閘門開關裝置

制水閘門各種開關裝置之特性及選擇應考量要項，如表 5.16。

2. 滑動閘門之使用時機及設計考量

滑動閘門主要使用於抽水站內的渠道，需臨時變換水流流向時(如分流或繞流)，其水密性相對較制水閘門為差。

滑動閘門主要構件，包括閘門框、閘門鈑、升降桿及手輪等元件，如圖 5.79。滑動閘門門框及門鈑，可選擇 304L 或 316L 不銹鋼及鑄鋁等材質。

滑動閘門門鈑的形狀通常為方形或矩形，其係利用門框兩側及底部等三側的彈性止水封做為止水用，混凝土渠道內的滑動閘門安裝方式計有：A.門框兩側及底側皆嵌入渠道牆內，B.門框設於渠道末端，及 C.門框兩側及底側皆固定於渠道牆內等三種，如圖 5.80 所示。

滑動閘門的設計，應考量閘門本身承受水壓、門鈑自重、桿件細長比等因素，以決定開關裝置採手動式或電動式。

表 5.16　制水閘門各種開關裝置之特性及選擇應考量要項

開關裝置	特徵	選擇考量
手動式	1. 適用於尺寸小於 500～600mm 之閘門。 2. 開關時間不急迫，使用頻率不大。	1. 以人力旋轉方向盤，以人力傳導齒輪使閘門上下啟動，僅適用於人力 10～15kg 可旋轉開關者。
電動式	1. 可遙控操作。 2. 關閉速度約 30～40cm/min，一般較液壓式為緩慢。 3. 停電時閘門可藉自重關閉。 4. 小尺寸者，可同時配置手輪，以保有手動開啟功能。	1. 應防止淹水。 2. 停電時欲行開關，需有自備緊急發電設備。 3. 電力負荷大。 4. 開關速度一定。 5. 較液壓式之驅動設備簡單，維護管理容易，單台設備費用較低。
液壓式	1. 包括油壓、水壓及氣壓。 2. 停電時可自動關閉。 3. 開關速度一般約為 0.5～1m/min 左右。 4. 電力費比電動式省。	1. 停電時多台可同時藉自重關閉。 2. 台數多時，同時開關的速度會降低。 3. 由於液體洩漏，閘門會有因自重而落下的可能。 4. 如使用油壓，因設有油槽，安全上需特加注意。

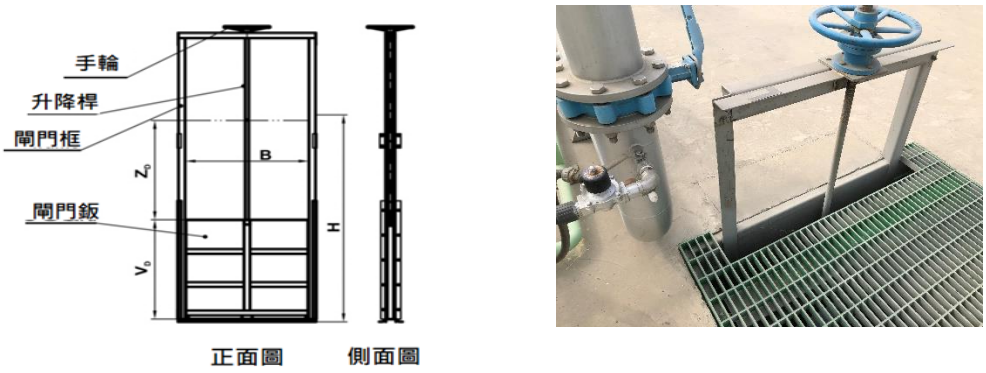
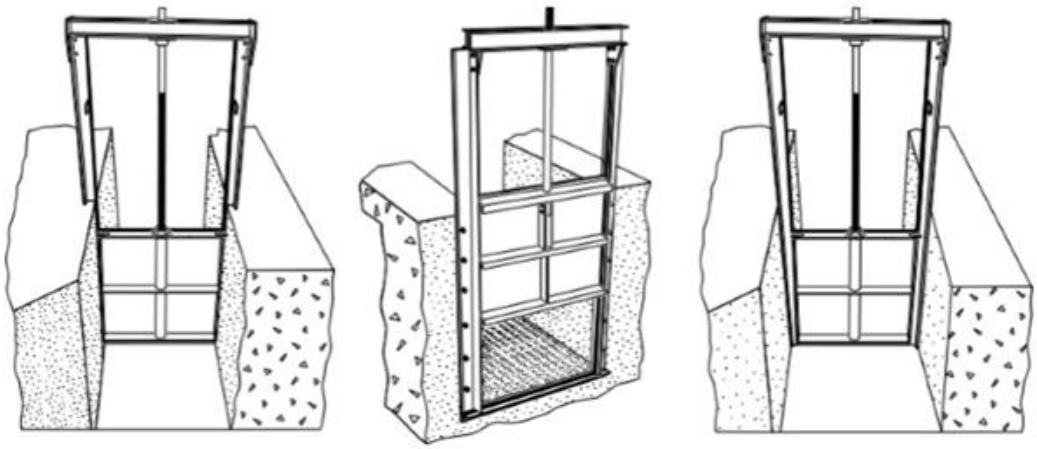


圖 5.79　滑動閘門



A.門框嵌入渠道牆內　　B.門框設於渠道末端　　C.門框固定於渠道牆內

圖 5.80　滑動閘門安裝方式

5.7.1.2 抽水站進入口制水閘門之設計及考量

1. 抽水站進入口制水閘門的開口面積，應依最大時流量來設計，而流經閘門開口的速度以 1m/s 較為適當。
2. 進入口制水閘門的底部，應與流入管管底或渠道底的高程齊平，而閘門的頂部則應位在流入管之計畫水位之上。
3. 制水閘門的設置，應盡可能採用正壓水頭配置。
4. 閘門必須在無法預料的異常水位下，不會被破壞，並仍可進行開關操作。

解說：

1. 抽水站進入口制水閘門的開口面積，應依最大時流量來設計，計算閘門的開口面積時，若水流通過開口的速度過大，會影響粗攔污柵的攔除，若速度太小，則砂土會沉降在閘門附近，故流經開口的速度一般以 1m/s 較為適當。

   制水閘門的開口面積，可依下式計算之：

   $A = (Q/N) / V$ .....(5-30)

   $H = 1.5 \times B = 1.23 \times \sqrt{A}$ .....(5-31)

   $B=0.82\times\sqrt{A}$ .....(5-32)

   式中：

   A：每一閘門的開口面積(m^2)

   H：閘門開口高度(m)

   B：閘門開口寬度(m)

   Q：設計流入污水量(m^3/s)

   N：閘門數

   V：通過流速(m/s)

2. 進入口制水閘門位置的考量，為使進流水以重力流經過閘門，閘門的底部應與流入管管底或渠道底的高程齊平，而閘門的頂部則應在流入管之計畫水位之上。

3. 制水閘門的設置，應盡可能採用正壓水頭配置，如圖 5.81，但用於抽水站進入口的制水閘門，因需要在站外建造深層的閘門陰井，且須設置蓋板及爬梯等設施，同時閘門的升降桿須延伸到地面，故須加大升降桿的直徑，連帶增加各種開關裝置的設備費，使得總工程費大幅增加。另外考量其惡劣的工作環境(密閉及狹窄的空間，無通風及照明設備)，使得維修困難，故如果進入口制水閘門有如下的情況，則可考慮改用背壓水頭配置。

   (1)閘門尺寸較小。

   (2)背壓水頭(自閘門底部高程起算，至上游人孔地面高程為止之高差)不大。

   (3)制水閘門採購時，應依照制水閘門的設計規格：高×寬×正壓水頭×背壓水頭，要求廠商依照規格生產及提供。此外，另須出示獨立驗證機構合格的水壓測試報告，供業主審查。

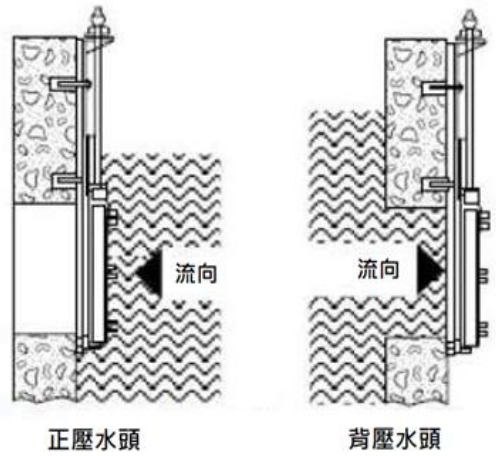


圖 5.81　制水閘門正壓/背壓水頭配置之比較

4. 當停電、異常流入及抽水機故障等無法預料的狀況發生時之異常水位下，閘門必須不會被破壞，並且在此異常水位下仍可進行開關操作。設計水深係自閘門開口底端至閘門開關裝置的底座為止的水深為基準，而閘門下游側的水深則以零計算。操作水深一般即為設計水深。

5.7.1.3 雨水抽水站閘門之設計及考量

雨水抽水站閘門設計考量如下：

1. 雨水抽水站設置閘門，包括防洪閘門及抽水站進流閘門。
2. 防洪閘門採兩道式設計，堤外閘門採用吊摺型閘門；堤內閘門採固定輪閘門。
3. 閘門材質應以確保安全。
2. 閘門啟閉吊門機採電動操作之，可採用桿式、鋼索式、油壓式、梯桿式及齒桿式，門寬如為 2m 以上，採雙桿設計。

解說：

1. 雨水抽水站設置閘門，包括防洪閘門及抽水站進流閘門。防洪閘門係設於排水渠道出口處，當河川水位上漲時予以關閉，以免河水倒灌；進流閘門設在抽水站之入口處，作為抽水站內除砂或檢修時封閉進水之用。
2. 防洪閘門因受河川洪水位影響，水壓較大，且直接濱臨河川，因此水利署常採兩道式設計，如圖 5.82。堤外閘門除了防止外水倒灌外，應具有平(適)時(輔助)排水之功能，故採用具有自動操作之吊摺型閘門；而堤內閘門則著重在防止外水倒灌之安全性上，故採用止密效果較佳之固定輪閘門。
3. 建議閘門採用不銹鋼、延性鑄鐵或碳鋼之材質，以確保安全。
4. 啟閉動力，採電動(兼具手動功能)，同時具備可接台電及自備發電機電源。而吊門機種類，包括螺桿式吊門機、鋼索式吊門機、油壓式吊門機、梯桿式吊門機以及齒桿式吊門機等。其中梯桿(或齒桿)式吊門機可利用閘門重量自動下降等多項優點，其排水門開啟揚程不超過 5m 可適用；如開啟揚程大於 5m 時，則

建議採用鋼索式捲揚機如圖 5.83a，以馬達帶動減速機及鋼索鼓驅動鋼索操作之。

就一般雨水抽水站之進流閘門，鮮有開啟揚程超過 5m，因此目前常採用梯桿(或齒桿)式吊門機設計，門寬如為 2m 以上，採雙梯桿設計，並裝設於門體兩邊盡量靠近門框處垂吊升降，以利兩邊升降速度同步如圖 5.83b。

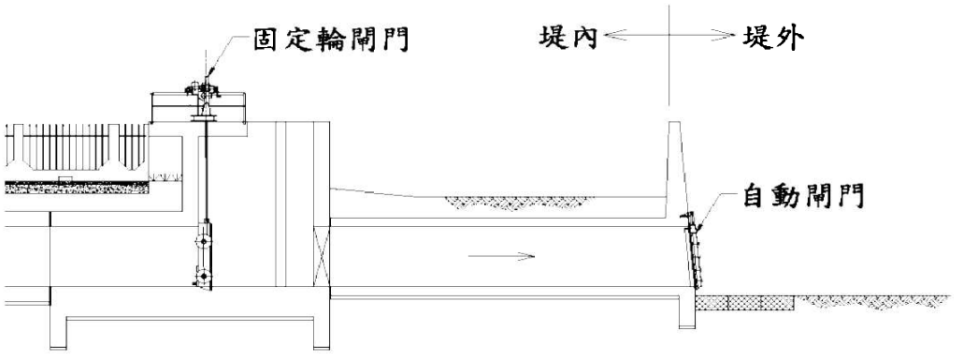


圖 5.82　二道式防洪閘門示意圖



圖 5.83a　鋼索式吊門機示意圖



圖 5.83b　雙桿吊門機示意圖

5.7.2 攔污柵

5.7.2.1 欄污柵形式

攔污柵之設計考量如下：

1. 攔污柵可依柵條間距或篩孔直徑之不同，而分為粗攔污柵、細攔污柵及細篩機等三大類，其設置位置各不相同。
2. 常用粗攔污柵之柵條間距約為 20mm 至 150mm。細攔污柵之柵條間距約為 3mm 至 20mm，細篩機其間距約為 0.5mm 至 3mm。
3. 各種粗細攔污柵設計時應考量下列事項：(A)設置位置、(B)渠道及柵間流速、(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。
4. 攔除物處置方法包括：(1)送至掩埋場，(2)單獨焚化或與污泥合併焚化及(3)排放至磨碎機或切碎機，經破碎後流回污水中。
5. 設計攔污柵設施時，應審慎考量其附屬設施。

解說：

1. 攔污柵的分類，一般可分為粗攔污柵、細攔污柵及細篩機等三大類。

(1)粗攔污柵選擇時之考量因素

1) 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。依據其清除方法，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(依設備類型及提升高度不同而異)；人工清除式以人工方法清理者，傾斜角與水平成 45～60 度。人工清潔式係用於小規模污水廠。
2) 粗攔污柵之柵條間距為 20mm 至 150mm，一般都設置於抽水機前，其設計容量應考量尖峰流量，柵條間距較大之粗攔污柵(150mm)，係用於有截流設施之污水處理廠。
3) 機械清除式粗攔污柵設施，應設置兩台或更多台，以便一台可停機維修。攔污柵的上下游渠道中應設置閘門，或在渠道牆壁內裝設止水擋板之凹槽，以便該段渠道可排水而維修攔污柵。
4) 如僅設一台機械清除式攔污柵，則應設置一條繞流渠道，並在其間設置一台人工清除式攔污柵，以供緊急時使用。當機械清除式粗攔污柵無法使用時，特別是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。
5) 粗攔污柵為保護進流抽水機，設置深度應配合進流管線深度。

(2)抽水站細攔污柵及細篩機種類及選擇時之考量因素

1) 細攔污柵通常用於與粗攔污柵併用之前處理。
2) 抽水站前處理細攔污柵之柵條間距為 3mm 至 20mm，大多設置於沉砂池之前，目的主要是用於去除水中較小固體物，降低初沉池之負荷。

3) 細篩機用在設計容量為小規模污水處理廠以代替初級沉澱池，與粗攔污柵並用之前處理，柵條間距或篩網孔徑直徑約為 0.5mm 至 3mm，細篩機典型 BOD 及 SS 去除率，如表 5.17。攔污功能係利用不銹鋼材質之篩網、沖孔板或楔型柵條，由於相對攔除量較多，須注意要連續移除收集到的固體物，並佐以高壓清洗水避免阻塞，選用時需謹慎比較其經費、管理及效益。

4) 細攔污柵或細篩機，應設置有備用機組，以便一台可停機維修。攔污柵的上下游渠道中，應設置閘門，或在渠道牆壁內裝設止水擋板之凹槽，以便該段渠道可排水而維修攔污柵。

表 5.17　代替初級沉澱池之細攔污柵的典型 BOD 及 SS 去除率

替代初沉池 細攔污柵種類	柵條間距或開孔直徑 (mm)	去除率(%)	
		BOD	TSS
靜態楔型網式	1.6	5-20	5-30
旋轉鼓式	0.25	15-30	25-45

備註：如 MBR 前之細攔污柵

(3)機械式攔污柵，一般分成迴轉式、往復式、階梯式及連續清除式四類，粗攔污柵之種類，請參考圖 5.84。

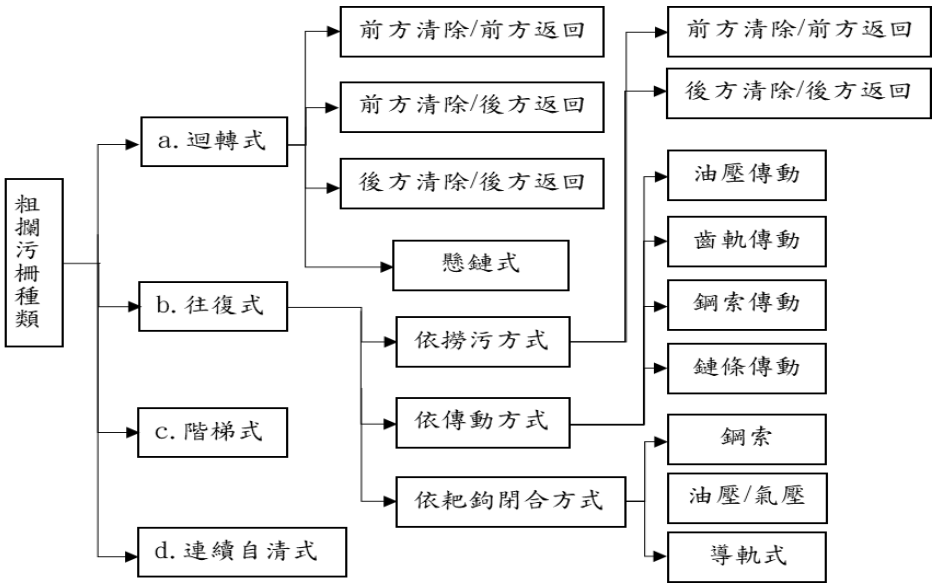


圖 5.84　機械式粗攔污柵種類

1) 迴轉式攔污柵

迴轉式攔污柵是藉由鏈條帶動耙齒呈迴轉式運動，讓耙齒和柵條形成相對運動來清除污物，可概分為前方清除/前方返回式、前方清除/後方返回式、後方清除/後方返回式以及懸鏈式四種類型(參考示意圖 5.85)。

① 前方清除/前方返回式

該式是指刮耙在柵條前面運轉，污物未到柵條前就被刮耙攔截，能有效減少污物通過攔污柵為該式優點。當刮耙把污物運到高處，會透過刮渣板，將污物刮到輸送帶或垃圾子車上。該類型普遍應用在一般都市污水，柵條為梯型斷面，所形成的漸闊開孔可以避免固體夾在柵條中，如圖 5.85a。缺點是棉絮毛髮不易清除且沒有被清耙機所清理的碎物可能會越過柵條，且刮耙運轉至底部時，可能會被較大型污物卡住，導致無法運作。此外，鏈條帶動耙齒的設計，易受到砂礫及碎布影響而有所損壞，故驅動設備經常須要檢視及維護。

② 前方清除/後方返回式

該式攔污柵是指刮耙在攔污柵條前面，將污物撈起並運送到高處至輸送帶後，如圖 5.85b，變成刮耙在柵條後面，一直運轉到再次越過柵條撈污為一循環。刮耙旋轉方向與前方清除/前方返回式相反，該方式通常應用在雨水雨水抽水站，不容許設備被污物擋住，或大型污物從杷齒間隙通過，因此水底會加裝一個短柵條，如圖 5.85d，來確保底部不會被異物卡住為該式優點，缺點則是長柵條需用工字樑兩邊固定，且刮耙停機位置需與短柵條密合，才不會讓污物通過。

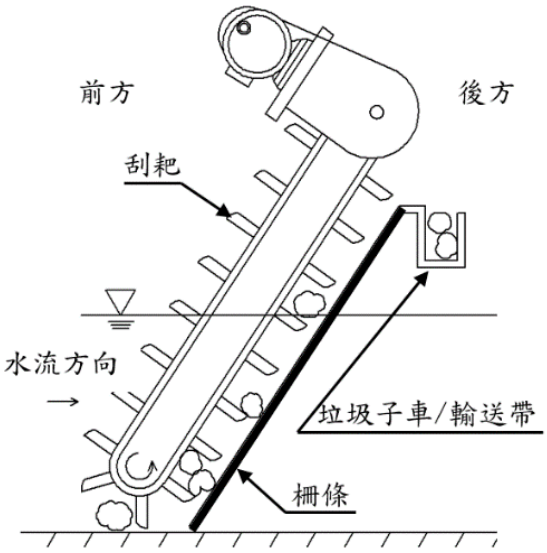
此型攔污柵可設計為粗撈或細撈均相當適用，操作上單台作動或多台連動控制，除可與抽水機作連動操作外，如果垃圾量不多時亦可作間歇運轉。為目前雨水抽水站，最常被選用之機型，如圖 5.86a。

③ 後方清除式攔污柵

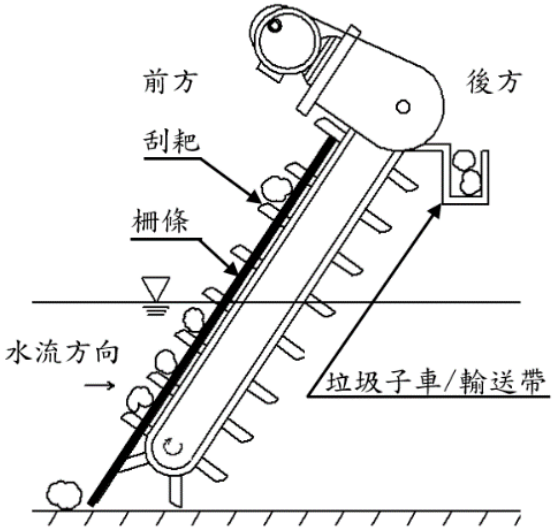
該式是指刮耙皆在柵條後面運轉，運轉時刮耙會伸出柵條將污物推離柵條間隙，如圖 5.85c，以避免污物在柵條間被擠迫而卡住。優點是耙齒及運轉設備有柵條保護，可避免受到污水中碩大物體的破壞，缺點是柵條結構強度要足夠，否則柵條容易彎曲變形，且通過柵條的長耙齒容易彎斷，相較於上述兩種方式，機械元件磨耗較為劇烈，且大型污物無法清除，多用於極小型廠之細欄污柵。

① 懸鏈式攔污柵

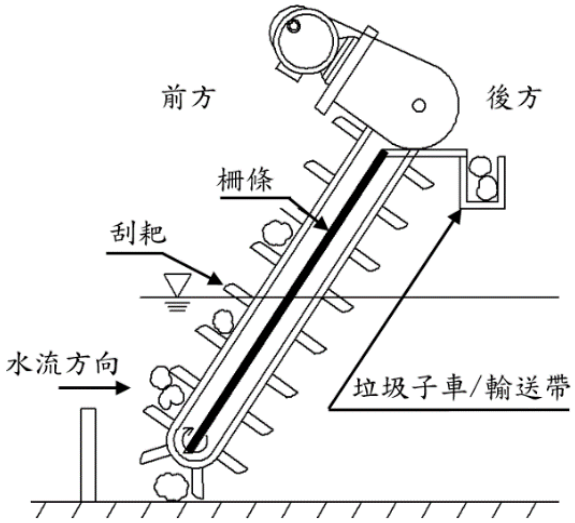
該式的運作方式與前方清除/前方返回類，如圖 5.85e，不同點在於懸鏈式攔污柵所有的鏈輪、軸及軸承都在水面上，維修容易也能降低磨損及鏽蝕為優點；鏈條因懸掛而在底部自然形成一個環形，靠近柵條部分因齒耙及鏈條的自重而緊靠在柵條上，能移除柵條底部附近的污物。缺點為耙齒主要僅靠其鏈條的重量而緊貼在柵條上，大的破布或固體會牢牢貼在柵條上，而使得耙齒爬過而刮不乾淨，多用於雨水抽水站污物較大且較多的地方。



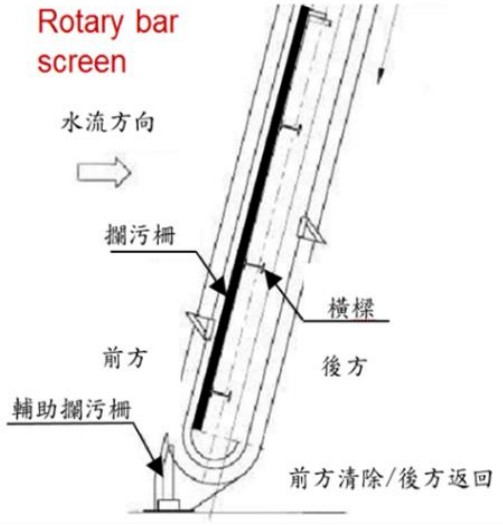
a.前方清除/前方返回



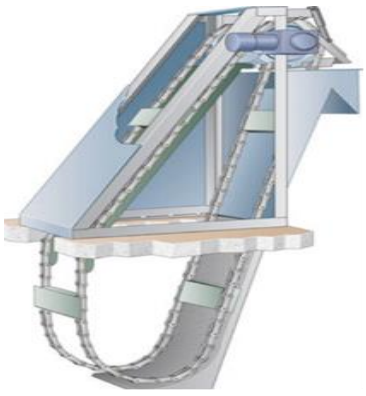
c.後方清除/後方返回



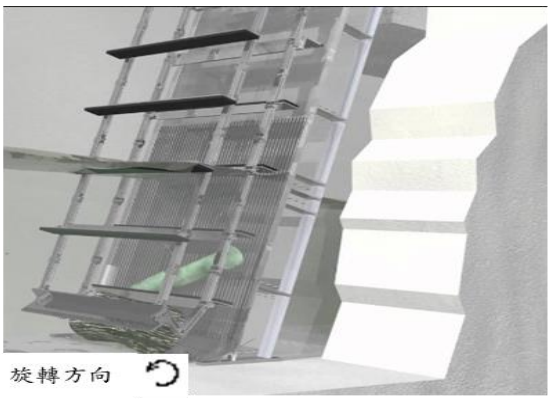
b.前方清除/後方返回



d. 前方清除/後方返回細部圖



e. 懸鏈式攔污柵



f. 懸鏈式攔污柵底部示意圖

圖 5.85　迴轉式攔污柵類別



圖 5.86a　前方清除/後方返回式攔污柵圖

2) 往復式攔污柵(reciprocating rake screen)

作動原理是藉由耙斗上下往復運動來清除污物，耙齒上下的往復運動，很像人工拿刮耙在撈污，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，即可容易的進行檢視及維護工作，但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。

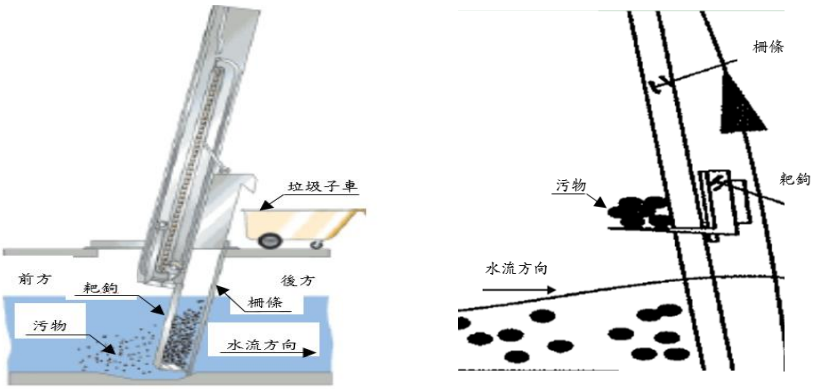
當耙鉤上升到頂端時會與刮渣板接觸藉而清掉污物，其優點是相較於旋轉式更能減少垃圾卡住的機會，缺點是僅有單一的耙齒，此會限制其處理大量負荷的能力，特別是在渠道很深而耙行一次需要很長的時間的情況。

① 依撈污方向分類：

可分成前方清除/前方返與後方清除/後方返回兩類，如圖 5.86b。

前方清除/前方返回為污水廠主要使用型式，能減少污物掉落柵條後方的流失量，其缺點為異物卡住柵條時，會造成柵條磨損。

後方清除/後方返回適用於小型污水廠,較大的垃圾易往復掉落，且耙鉤較長，易產生耙鉤變形或斷裂。



a. 前方清除/前方返回　　b. 後方清除/後方返回

圖 5.86b　攔污柵以撈污方向分類

② 依驅動方式分類：

驅動方式是指帶動耙齒上下的動力傳輸方式，一般可分鏈條、鋼索、油壓和齒軌式四類。前三種差別在於驅動連桿的方式不同，比較特別的是齒軌式(cogwheel and toothed rail-rack)驅動裝置，如圖 5.87c；這種設計中，將耙齒與齒輪電動機都安裝在台架上，沿著齒軌上下移動。耙齒可強制去除污物，若耙齒完全卡住時，極限開關會將驅動電動機關掉；缺點為電動機上下移動，壽命較短且太接近水面易遭水淹沒。

一般通常渠道底部至垃圾子車的高度 12-22m 可以用鋼索式，12m 以內使用鏈條式，而齒輪、油壓式多用在 8m 以下。



鍊條式



鋼索式



齒軌式



油壓式

圖 5.87　攔污柵以驅動方式分類

③ 依耙鉤開合方式分類：

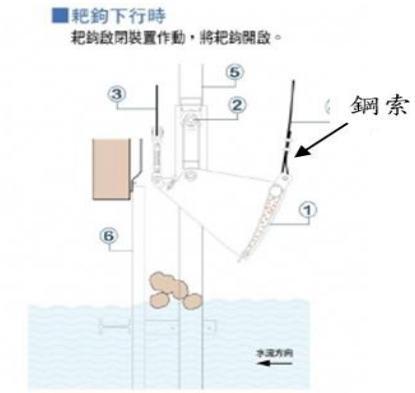
鋼索、油壓/氣壓和導軌式三類，如圖 5.88。

- 鋼索式是目前污水廠使用最多的，設備結構單純，主要利用電動機帶動滑輪旋轉，使鋼索拉緊與放鬆耙鉤。
- 油壓/氣壓則是利用油壓/氣壓缸帶動耙鉤開關，作動穩定，油壓管則利用捲輪旋轉使油壓管能隨耙鉤上下移動，管長則依耙鉤行程來決定，故行程不可太長，一般約 5-8m 以下使用。

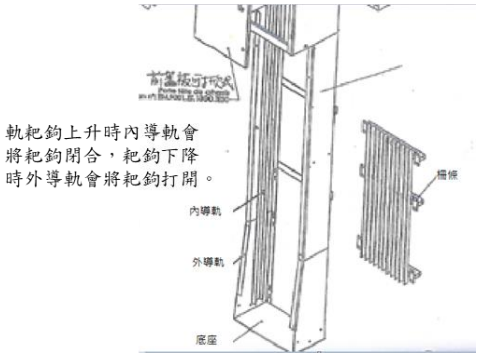
- 導軌式的作動確實，下降時外導軌會漸漸將耙鉤打開，但到渠道底部時，沒有外導軌，此時耙鉤因彈簧力量而關閉，進到內導軌；當耙鉤上升時，利用內導軌使耙鉤處於關閉情況，一直上升至頂端再進入外導軌，使耙鉤打開。優點是構造簡單，動作確實，缺點則是耙鉤若與污物卡住，不易排除障礙及維修故不適合污物較大、較多之粗欄污柵。



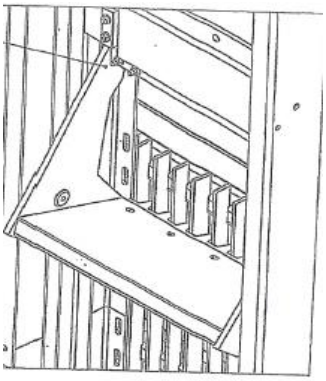
油壓式



鋼索式



導軌式支架及導軌組合圖

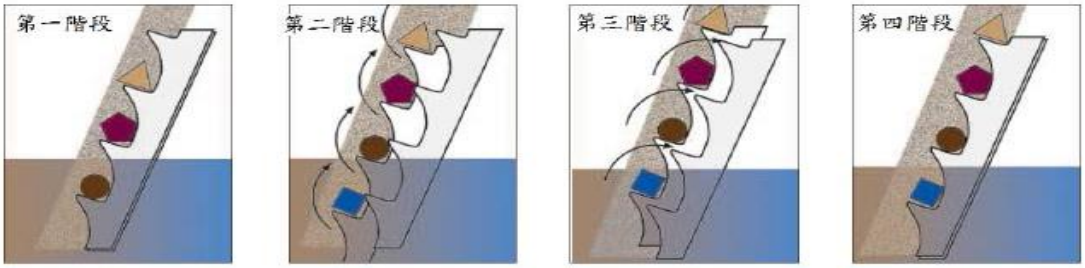


導軌式細部組合圖

圖 5.88　污柵以耙鉤開合方式分類

3) 階梯式攔污柵(step stair screen)

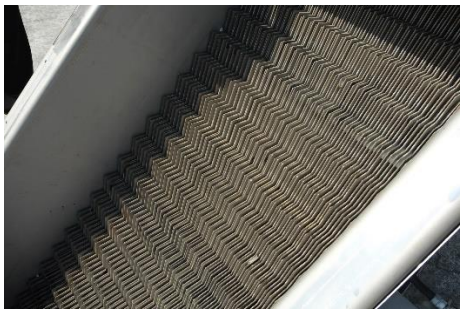
階梯式攔污柵(參考圖 5.89)的攔污柵片，是由固定柵片與活動柵片交叉並排組成，且設計成階梯的外型。當進流管道中的懸浮物積累績在柵片前，使得柵片前後的水位差達到預先設置值，活動柵片便週期性的迴旋運轉。活動柵片的每一個迴旋運轉，會將懸浮物舉升至固定柵片的上一層階梯，逐漸輸送到柵板頂端，最後排至收集貯斗中。活動柵板的旋轉動作對每一動作提供自清作用。階梯式攔污柵柵板的開孔距範圍通常在 5-6mm，也有小到 1mm。攔除在柵板上的固體物也形成「濾墊」，可促進固體物去除效果。除了作為污水的攔污外，階梯式攔污柵也可用於從化糞池、最初沉澱池污泥或消化污泥中去除固體物。裝設角度為 60°～80°（標準為 75°）。



階梯式細攔污柵柵板提升固體物示意圖



階梯式細攔污柵現場圖



裝設在渠道內之階梯式

圖 5.89　階梯式攔污柵

4) 連續清除式攔污柵(continuous self-cleaning screen)

連續清除式攔污柵(參考圖 5.90)，原理為電動機帶動環帶在污水中連續迴轉運轉，整條環帶都可做為攔污柵條，依據攔污機制，可分為採耙勾及多孔版兩種型式。

①連續耙勾

耙勾固定於環帶上。環帶是由塑膠或不銹鋼組作所構成，柵條開孔一般將垂直設計比水平開孔為大，柵條開口為 1-80 ㎜。該式通常採用小開孔，可從污水中攔除更多的固體。該式優點因在渠道底部有下齒輪鏈輪或導軌來支撐柵條元件，而連續柵除作用可有效的移除大量的固體。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，也可設計為可抬出水面以便於維修，缺點為必須保持一個角度，否則較大污物不易清理，一般用於細欄污柵。

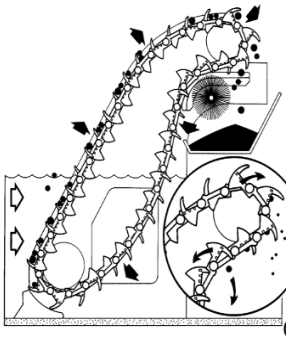
②多孔板攔污柵(perforated plate screen)

依本設備使用單位表示，在處理設備中，馬達的傳動軸承經常被纖維、頭髮等雜物纏繞而停止轉動。而多孔板式攔污柵適用於去除大量纖維、毛髮及微細無機物，整個攔污範圍由多片穿孔板組成一個連續輸送帶，孔徑可小至 3㎜。如圖 5.91。

由於設備攔除纖維類功能較優，可能造成攔除物量多，因此配合設施如攔除物輸送機或擠壓泵要注意輸送量、阻塞、纏繞或攔除物含水量減量等問題。



連續耙勾型式



操作示意圖



淡水廠安裝照片

圖 5.90　連續清除式攔污柵





圖 5.91　多孔板攔污柵

(4)細篩機一般分成靜態及旋轉鼓式二類

1) 靜態楔型網式細攔污柵(static wedge-wire screen)

靜態楔型網式細攔污柵(如圖 5.92)，通常具有 0.2 至 1.6mm 淨柵條間距，細攔污柵單位面積設計流量約為 400 至 1，200L/m^2min，水頭損失範圍自 1.2 至 2m。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，有時也用於處理初沉池之浮渣。

2) 旋轉鼓式細篩機(drum screen)

旋轉鼓式細篩機，如圖 5.93 的濾網，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，通過旋轉鼓的濾網，朝著外部流出，濾網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，

通過旋轉鼓的濾網，朝著內部流出，濾網收集到的固體物係在旋轉鼓外面。內部進水的細篩機每台可用的流量範圍在 0.03 至 0.8m^3/s，而外部進水的細篩機每台可用的流量範圍小於 0.13m^3/s。旋轉鼓式細篩機的尺寸直徑自 0.9 至 2m，長度自 1.2 至 4m。

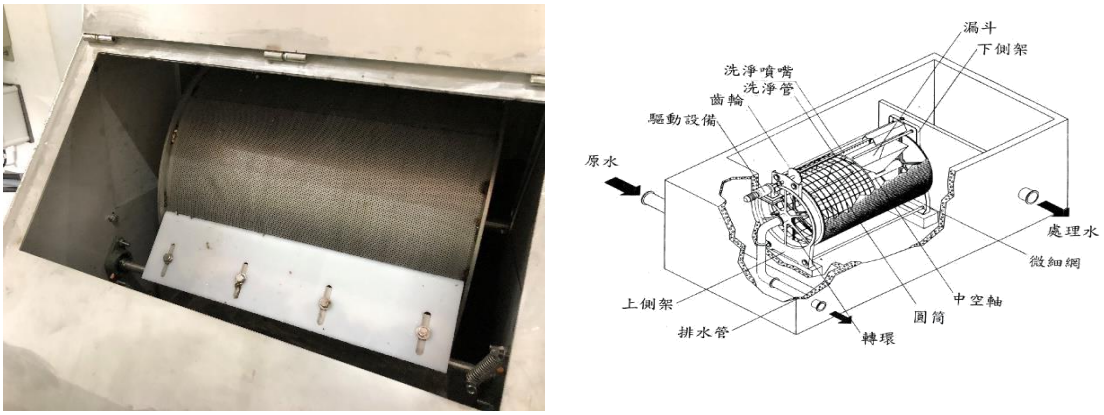


a.操作情況照片　　b.外觀照片　　c.楔型柵條

圖 5.92　靜態楔型網式細攔污柵



a.內部進水型外觀照片　　b.外部進水型外觀照



c.內部篩網照　　d.操作示意圖

圖 5.93　旋轉鼓式細攔污柵

2. 攔污柵之設計考量

攔污柵之設計考量包括：(1)設置位置，(2)渠道及柵孔流速，(3)柵條間距，(4)通過攔污柵水頭損失，(5)安全及防護，及(6)電氣設備及控制系統。

(1)設置位置

粗細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。粗攔污柵一般都設置於抽水機前，細攔污柵一般都設置於位於地面層的沉砂池之前。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。當將砂礫抽出，就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。

(2)渠道及柵間流速

粗細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，渠道的接近流速採用至少 0.4m/s。機械清除式攔污柵柵間流速太大時，會將已攔除之攔除物沖走，故在計畫最大時流量下，水流通過粗細攔污柵之柵間流速應在 0.9m/s 以下。由於在同一條渠道中，既要求攔污柵的上下游渠道，應具有較大的沉積物沖刷流速，又要求攔污柵處，應具有較低的柵間流速，以免將已攔除之攔除物沖走，其可行方法為將上下游渠道的寬度，設計的比攔污柵處的寬度更為狹小。

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，水流通過攔污柵之柵間流速應在 0.45m/s 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。

(3)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，粗攔污設備所截留的攔除物，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，故可考量該抽水機允許通過抽水機葉輪的顆粒粒徑大小，設定粗攔污柵的柵條間距，而讓不會有堵塞抽水機葉輪之虞的攔除物，都可順暢的通過抽水機，待抽水機將較小的攔除物送至地面層後，再以柵條間距較小的細攔污柵作進一步攔除。

細欄污柵間距選擇要注意，該廠進流水棉絮是否較多，需要特殊考量。

(4)通過攔污柵水頭損失

通過粗細攔污柵之水頭損失，係上游渠道的接近流速以及柵間流速的函數，可以式(5-33)計算之。

$$h_L = \frac{1}{C}\left(\frac{V^2 - v^2}{2g}\right) \quad \text{.....(5-33)}$$

式中：

h_L：水頭損失(m)

V：柵間流速(m/s)

v：上游渠道的接近流速(m/s)

C：假設柵條無阻塞時採 0.7；柵條部分阻塞採 0.6

g：重力加速度值(9.8m/s^2)

上述公式計算所得之水頭損失，當柵條堵塞時，柵間有效通水面積減少，使柵間流速增加，假設柵條堵塞率為 p，則此時之柵間流速如公式(5-34)

$$V'=Q/[(1-p)\times A] \quad \text{.....(5-34)}$$

式中：

V’：柵條堵塞後之柵間流速(m/s)

Q：通過攔污柵之流量(m^3/s)

A：柵條水面下之柵間面積(m^2)

p：柵條堵塞率，以小數表示

以 V’ 取代公式 5-34 之 V，即可計算水頭損失。

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 150mm。

當攔除物累積時，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 1m 時做為設計依據。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。

(5)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。

(6)電氣設備及控制系統

採用計時器操作的機械清除式粗細攔污柵，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法。如攔污柵無法將高水位降低，即應有警報顯示。

粗攔污柵設施區，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(zone1)：「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。

(7)其他考量事項

需有監測刮耙水平度功能，當刮耙歪斜可發出警告信號。

刮耙之提吊力測試方法：假設提吊力為 100kg，其測試方法係以砂包 10kg×10 包平均放置於刮耙，從刮耙升起、撇除器自刮耙上撥除砂包、至滑入收集裝置，其過程不得有異常現象。

1) 刮耙上升速度需≦10m/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。
2) 攔污柵試車測試時，需以約 10 分鐘啟動撈除污物一次之頻率，經連續運轉 24 小時，並維持正常功能。
3) 攔污柵可設自動清洗設施，應與運輸帶連動避免撈物累積及延遲操作時間。
4) 機械驅動設備及齒輪等，應設可開掀或滑動蓋板或檢視孔。

3. 攔除物處理及處置方法

機械攔污柵設施中，攔除物可由攔污柵直接排送到破碎機、管中氣壓噴射推送抽水機(pneumatic ejector)或攔除物子車以便續做處置；或卸載到輸送機上，以便傳送到攔除物壓榨機或收集貯斗。輸送機及氣昇式抽水機，通常係機械式傳送攔除物的主要方法。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，需加覆蓋物。氣昇式抽水機較無臭味，對空間之需求通常亦較少；然而如果攔除物中存有大件物體，則較會阻塞。攔除物壓榨機可用於攔除物之脫水及減少體積，實際設計圖，如圖 5.94。攔除物壓榨機包括液壓油缸及螺旋壓榨機，從攔污柵直接收受攔除物，並可輸送壓榨後的攔除物至貯斗中。壓榨機能減少攔除物之含水率達到 50%，及減少體積達到 75%。如同氣昇式抽水機，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。

攔除物處置方法：(1)送至掩埋場，包括與都市垃圾合併處置；(2)單獨焚化或與污泥合併焚化(僅適用於中大規模污水處理廠)；及(3)排放至磨碎機或切碎機，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，攔除物需要以石灰穩定，以便在掩埋處置前控制病原菌。

4. 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，其設計應充分考量操作管理方便性及環境衛生。攔除物貯斗及攔污柵中間，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，須設置扶手或欄杆。攔除物輸送機之空間，依輸送機之種類、機械高度及餘裕寬度決定之，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，其存放攔除物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，其存放攔除物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。

攔除物搬運室之平面配置，應依搬運車之作業而定。搬出口之配置應考量風向、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。

機械式攔污柵清除攔除物時，通常須配合刮渣的動作，同步自動對於柵條上的攔除物噴灑回收水，以沖散及溶解攔除物中之有機物，將之沖回污水渠道中，以便該有機物可在下游端生物處理程序中繼續處理。此方法可減少攔除物中久置會發臭的有機物含量。

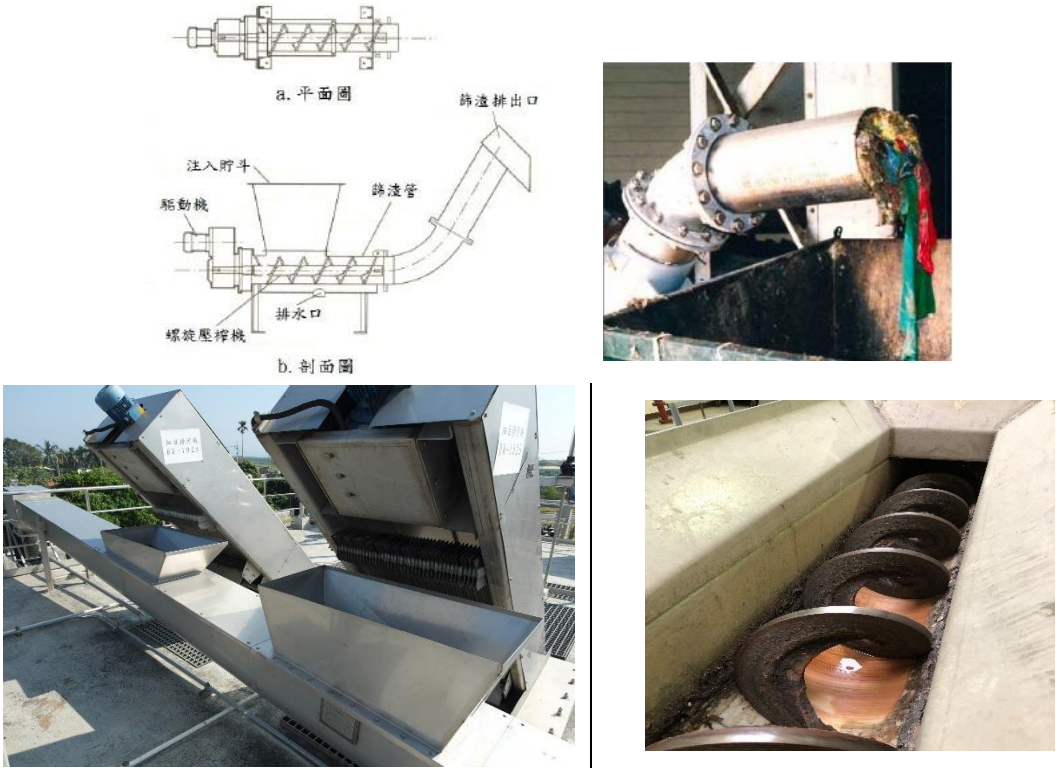


圖 5.94　攔除物壓榨機典型設備

5.7.2.2 攔污柵攔除物產生量

分流式污水攔除物產生量，參考如下列：
1. 不同區域之攔除物產生量會有所差異，可依附近既有廠資料進行評估。
2. 污水系統收集範圍內，如有大型家禽市場、餐飲業等，應確認納管水質狀況。

解說：

1. 不同區域之攔除物產生量會有所差異，也可能依據柵距有所差異，可依附近既有廠資料進行評估，依據日本下水道施設計畫-設計指針解說(2019 版)，日

本攔除物產生量在分流式污水系統，一般攔除物產生量在污水中為約 0.0005～0.005m^3/1000 m^3；雨水中約 0.0005～0.01m^3//1000 m^3，攔除物的產生量因流域特性、規模等而差異較大，需根據處理區流域情況和下水道維護情況來判斷攔除物產生量。

另參考 Wastewater Engineering(Fifth Edition)，攔污量則與攔污柵尺寸有關，如下表 5.18。

表 5.18　攔污柵開孔尺寸與攔污量

間距或開孔尺寸(mm)	攔污量：L/1000m^3
6	51-100
12.5	37-74
25	15-37
37.5	7-15
50	4-11

2. 依據目前操作維護資訊，如果污水系統收集範圍內，如有大型家禽市場、餐飲業等，如該場所前處理不佳，納管時會產生大量攔除物，應特別注意。

5.7.3 沉砂池

沉砂池可除水中的無機物，防止抽水站內泥沙的堆積，除此外可減少抽水機及處理設施的磨損和堵塞，讓處理作業相對順暢，原則上多設置於抽水機或處理設施前端，但在流量較小的抽水站時，會省略沉砂池。

近年來，收集管線往往非常深，抽水站會加深，在這種情況下，為了減少地下結構體積，並降低施工成本及施工時間，且為簡化維護管理，會改在抽水機後放置沉砂池。

在進行改擴建造時，應根據抽水站的實際情況，考量攔污和沉砂的產生量、維護管理性、經濟性等，選擇適當的沉砂池結構、規模、處理型式。此外應考量雨水、污水抽水站等的特性和臭味對策等需要等，選擇適當的攔污物及沉砂處理方法。

污水處理廠中的砂礫相對特殊，會包括生活污水中所含不會在後續生物處理階段分解的較重的惰性無機物質及有機物質，其組成之惰性無機物質，包括：砂礫、煤渣、石塊、礫石、菸蒂及金屬片，有機物質包括：骨頭碎片、蛋殼、咖啡渣、種子及大塊食物殘渣，其中以無機物為主。

砂礫會減少污水處理廠處理單元之容量，降低處理設備之效率，提高處理設備之磨損及增加設備維護之費用，因此廠內需設置沉砂池，以便將其去除。

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

法沉澱。傳統上美國環保署定義沉砂為粒徑大於 0.21mm(ASTM 70 號篩)比重大於 2.65，但是最近的認知是必須去除更小的砂礫，以避免損壞下游的處理單元，許多現代的除砂設計，能夠去除高達 75%之 0.15mm(100 號篩)的物質。

5.7.3.1 沉砂池的設計考量

沉砂池之設計考量如下：

1. 雨水抽水站之沉砂池通常設置在抽水機之前。
2. 污水處理廠之沉砂池通常設置在進流抽水站之後的地面層，細攔污柵之後及初級處理單元之前。
3. 除使用套裝設備外，沉砂池應為堅固耐久的鋼筋混凝土構造物，並應具有水密性。
4. 為防止臭氣外溢，沉砂池原則上應加蓋，並應有防止沉砂池內部頂版發生腐蝕的措施。
5. 應考量異常流入量時，沉砂池淹水的問題。
6. 沉砂池至生物反應槽之間，應有繞流配置。
7. 中繼抽水站可省略不設沉砂池。

解說：

8. 雨水抽水站沉砂池，通常設置在抽水機濕井的上游側保護抽水泵，可清除砂及垃圾。因此如採用後沉砂池時，必須注意抽水機的規格、結構和維護。
9. 近年來污水收集管線有加深之趨勢，使進流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，所以地下構造物會盡量縮小量體，因此形成沉砂池設置在進流抽水站之後的地面層。沉砂池為污水前處理設施之一，為保護污水處理設施的各項設備，沉砂池應設置於細攔污柵之後及初級處理單元之前。
10. 除使用 FRP 或不銹鋼製之套裝設備外，沉砂池應為堅固耐久的鋼筋混凝土構造物，其結構設計應考量自重、活載重、水壓、土壓及浮力等應力因素，並在颱風及地震之侵襲下，仍可屹立且無損其功能，沉砂池應可防止地下水滲入及污水滲出的水密性構造物。使用 FRP 或不銹鋼製之沉砂池套裝設備，在整體設備之運輸、現場安裝、底部承載支撐、接管，接水及接電等過程中，應有該設備製造商派出有經驗的工程人員全程在現場指導。
11. 為防止沉砂池內有機物與砂礫一併沉降而發生臭氣，沉砂池原則上應加頂蓋，並須設置除臭風管及連接至除臭設備，加蓋後水池內部頂版的混凝土表面，可能會受到硫化氫的腐蝕，亦應有防範對策。
12. 應考量異常流量流入沉砂池所造成之淹水，檢討進流閘門達到安全關閉所需的時間，及沉砂池水位異常的上升高度，防止污水繼續流入造成沉砂池設備淹水的溢流高程等。另應考量設置防止異常水流流入的各種保護隔離措施。
13. 進流污水自沉砂池出水渠道至生物反應槽進流渠道之間，應有繞流配置，以利污水水質濃度低時之操作彈性。

14. 在中繼抽水站，也有省略不設沉砂池的情況，這種情況下，抽水站的沉砂係採疏浚方法來處理。

5.7.3.2 沉砂池的種類及設計依據

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等三大類。 2. 污水用沉砂池應採用尖峰流量設計，其池數原則以 2 池以上為原則。

解說：

15. 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大類，分別說明各大類沉砂池之細分類及其設計特性如下：

(1)水平流沉砂池

水平流沉砂池分為方型沉砂池及等速流矩型沉砂池兩種，其設計方法不同，分別說明如下。

1) 方型沉砂池(Detritus Tank)(參考圖 5.95)係允許所有大於某設計砂礫粒徑(一般為 0.21mm)之沉降速度的所有砂礫及有機固體物皆沉降於池底，再以旋轉刮板，將沉降物刮在沉砂池一側的砂礫排除坑中，最後以洗砂裝置，將砂礫及有機固體物分離，砂礫會被淘出水面而落在儲筒中，有機物則迴流至沉砂池內。

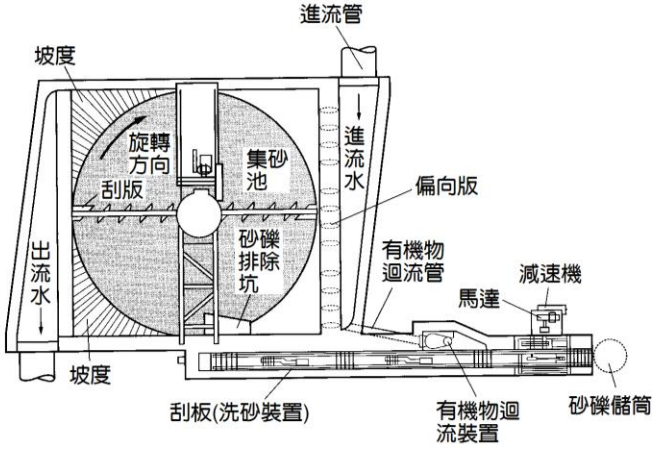


圖 5.95　方形沉砂池例

方型沉砂池池面積由水面積負荷決定，而水面積負荷即為砂礫之沉降速度，任何單獨砂礫在水中的沉降速度，可由它本身及水的特性來決定，假設砂礫為圓形，則砂礫的沉降速度 Vs 可由公式(5-35)來計算：

$$Vs = \sqrt{\frac{4g(S-1)D}{3Cd}} \quad \text{.....(5-35)}$$

式中：

V_s：砂礫的沉降速度(m/s)

Cd：牛頓拖曳係數=$24/R+3/\sqrt{R}+0.34$，當 $1<R<10^4$

R：雷諾數=V_sD/ν

S：砂礫比重

D：砂礫直徑(m)

ν：水的運動黏度(kinematic viscosity)(m^2/s)

由於D與V_s需同時滿足兩個公式，故最後的V_s需以試誤法才能求得。

當砂礫粒徑 D=0.00021m，砂礫比重 S=2.65，水溫 20℃時之運動黏度 ν 為 $1.0034\times10^{-6}m^2/s$，先假設砂礫的沉降速度 V_s=0.016m/s，則雷諾數 $R=0.016\times0.00021/1.004\times10^{-6}=3.35$，故牛頓拖曳係數 Cd=17.6，代入公式 3.，求出 V_s=0.016m/s，與前述假設相同。

水溫對砂礫的沉降速度影響很輕微，水溫 25℃時之運動黏度 ν 為 $0.8926\times10^{-6}m^2/s$，則砂礫粒徑 D=0.00021m 之沉降速度 0.0159m/s。30℃時水之運動黏度 ν 為 $0.8007\times10^{-6}m^2/s$，則砂礫粒徑 D=0.00021m 之沉降速度 0.0156m/s。

沉砂池有效水深與流速關係，示如圖 5.96，任何砂礫達到完全沉降，其關係為：

$$\frac{v}{V}=\frac{H}{L} \quad \text{.....(5-36)}$$

$$\text{故}v=\frac{H\cdot V}{L} \quad \text{.....(5-37)}$$

$$\text{另}V=\frac{Q}{W\cdot H} \quad \text{.....(5-38)}$$

$$v=\frac{H\cdot Q}{L\cdot W\cdot H}=\frac{Q}{L\cdot W} \quad \text{.....(5-39)}$$

$$A=L\cdot W \quad \text{.....(5-40)}$$

$$V=\frac{Q}{A}\text{(水面積負荷)} \quad \text{.....(5-41)}$$

$$t=\frac{W\cdot L\cdot H}{Q} \quad \text{.....(5-42)}$$

式中：

v：砂礫沉降速度(m/s)

V：平均流速(m/s)

L：池有效長度(m)

W：池有效寬(m)

A：水面積(m^2)

Q：流入量(m^3/s)

t 沉降時間(s)

由(5-41)式及(5-42)式可得

$$v=\frac{Q}{L\cdot W}=\frac{Q}{A} \quad \text{.....(5-43)}$$

式中砂礫之沉降速度 v 即為水面積負荷，可以 $m^3/m^2 \cdot d$ 表示之，可知被去除砂礫之沉降速度與水深無關，砂礫去除率僅受沉砂池之水面積所左右。沉砂池所需水面積可依公式 5-41 求得。

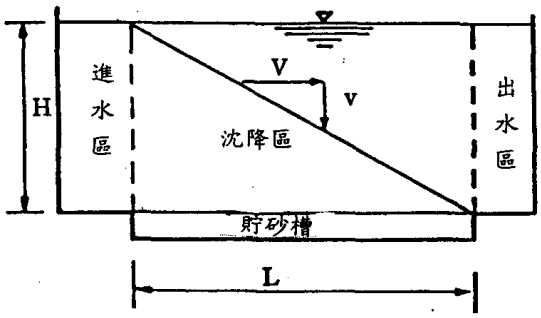


圖 5.96　沉砂池有效水深與流速之關係

幾種常用之砂礫粒徑，在水溫 20℃時之沉降速度及水面積負荷，請參考表 5.19，其中水面積負荷係由沉降速度單位換算而來，例如：砂礫直徑為 0.21mm，沉降速度=0.016m/s×86，400s/d=1，380m/d=1，380$m^3/m^2/d$=水面積負荷。方型沉砂池停留時間<1.0min，尖峰流量時設計水平流速為 0.3m/s，在低流量時，水平流速小於 0.3m/s，所以有機固體物會沉積。

表 5.19　方型沉砂池水面積負荷表

砂礫直徑(mm)	砂礫篩號	沉降速度*(m/s)	水面積負荷($m^3/m^2/d$)
0.355	45	0.019	1,640
0.30	50	0.018	1,560
0.25	60	0.017	1,500
0.21	65	0.016	1,380
0.18	80	0.015	1,290
0.15	100	0.014	1,180

*依據：水溫 20℃，砂礫比重 2.65

2) 等速流矩型沉砂池(Constant Velocity Grit Chamber)

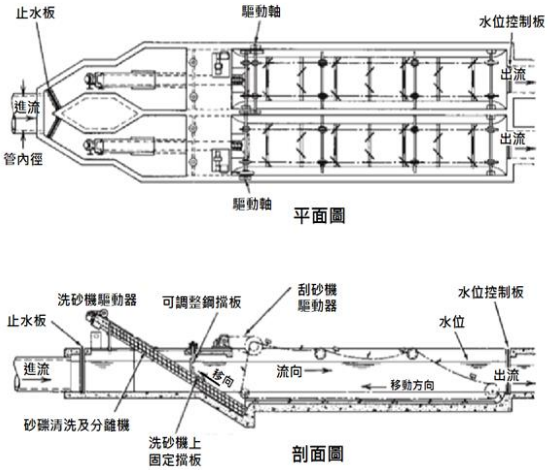


圖 5.97　等速流矩形沉砂池例

水平流沉砂池之流速若偏低，會造成比重較小的有機物沉澱；若流速偏高，超過目標砂礫之掃流速度(scouring velocity)時，會造成已沉降的砂礫再度揚起。掃流速度依 Shield 及 Darcy Weisbach 公式表示之：

$$Vc = \sqrt{\frac{8\beta}{f} \cdot g(S-1)D} \quad \text{.....(5-44)}$$

式中：

V_C：掃流流速(m/s)

f：摩擦係數(≒0.03)

β：常數(≒0.06)

g：重力加速度(=9.8m/s^2)

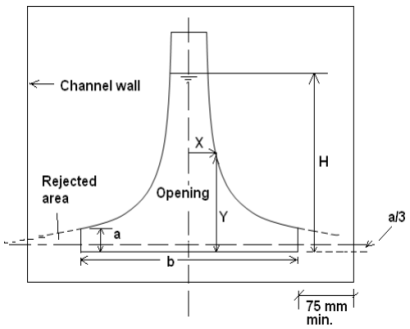
S：砂礫的比重

D：砂礫的直徑(m)

若以粒徑為 0.2m/m，比重為 2.65 之砂礫，依式(5-44)求之 V_C 約 0.23m/s，又若砂礫粒徑為 0.4m/m，則其 V_C 為 0.32m/s，因此，沉砂池之平均流速以 0.3m/s 為較適當，此流速將使沉降速度 V_S>0.3m/s 之砂礫沉降，但此速度將可使有機物被帶離沉砂池。

採用等流速控制法，也就是池內流速不管在任何流量下，皆可維持在 0.3m/s，等流速控制方法計有：

①矩形斷面：下游端設置比例堰(圖 5.98)。



$$Q = C.b\sqrt{2ag}.\left[H - \frac{a}{3}\right]$$

Q = Discharge, m^3/sec^1

C = constant = 0.61 for symmetrical sharp edged weir

a = 25 to 35 mm as shown in the Figure 15.3.

b = base width of the weir

H = Height of water above the crest of weir

$$x = \frac{b}{2}\left[1 - \frac{2}{\pi}\tan^{-1}\sqrt{\left(\frac{y}{a} - 1\right)}\right]$$

圖 5.98　控制等流速矩型沉砂池比例堰

②水平流矩型沉砂池的設計數據，如表 5.20，池底坡度為 0.5～1.0%，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 30cm 以上之沉砂槽，其進流口之配置應防止短流(圖 5.99)。

表 5.20　水平流矩型沉砂池的設計數據表(以巴歇爾量水槽控制流速)

項目	常用	範圍
停留時間(秒)	60	30～60
水平流速(m/s)	0.3	0.25～0.4
沉降速度		
70 號篩(m/min)	1.15	1.0～1.3
100 號篩(m/min)	0.75	0.6～0.9
水頭損失(渠深%)	36	30～40
進流及出流長度容許量	30%	25～50%

資料來源：Metcalf & Eddy Wastewater Engineer FifthEdition，2014.

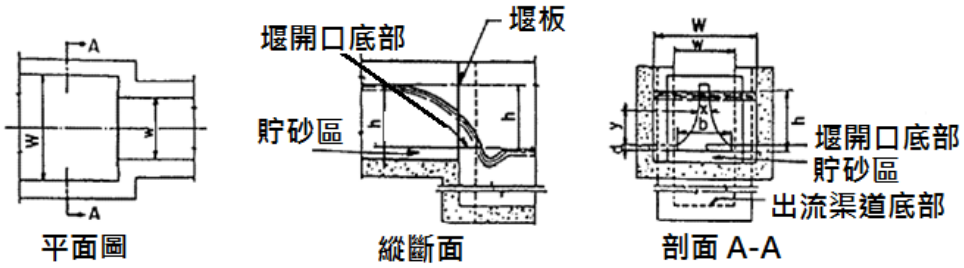


圖 5.99　比例堰控制等流速之矩形水平流沉砂池

③梯形斷面：下游端設置巴歇爾量水槽(圖 5.100)。

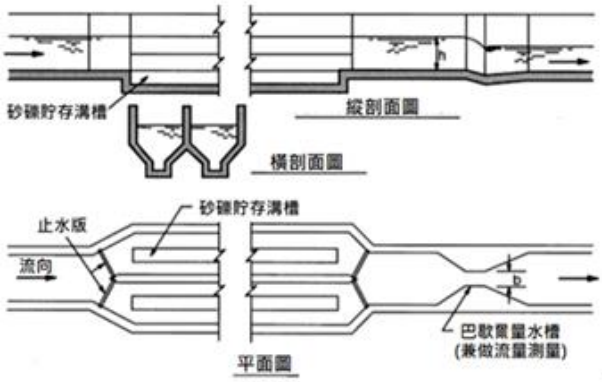


圖 5.100　巴歇爾量水槽控制等流速之矩型沉砂池

④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。

(2)曝氣沉砂池

典型的曝氣沉砂池，係設計用於去除粒徑 0.21mm(ASTM70 號篩)或更大的砂礫，沉砂池的型式有方形曝氣沉砂池、曝氣沉砂池及曝氣沉砂除油池

等三種。各種曝氣沉砂池介紹如下：

1)方形曝氣沉砂池

方形曝氣沉砂池(Rolling Grit units)之散氣設備，設於靠近方形池中央底部的上方，集中沉降在池底中央的沉砂，使用氣昇式抽砂抽水機送到池旁的洗砂機，請參見圖 5.101。

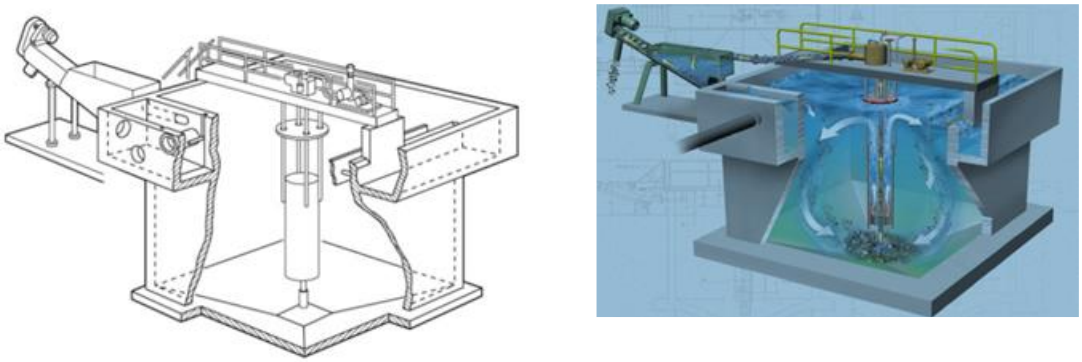


圖 5.101　方形曝氣沉砂池

2)曝氣沉砂池

曝氣沉砂池(圖 5.102)最早發展於美國，國內早期曾用於工業區廢水處理廠，該型式之沉砂池係由長條形水池的長邊一側，以與長邊呈垂直的方向進水，而於水池長邊之一側以散氣設備送入空氣，污水從進流口到出流口，會以螺旋形水流流動，帶動砂礫與附著於其上之有機物一起翻滾，此滾動的速度應足夠至一方面使砂礫脫離有機物並沉降於池底，一方面使有機物保持懸浮而繼續流到後續處理單元並接受處理。沉砂池的散氣設備，一般設於水深 70%處，池底坡度為 30%。曝氣量的大小，會影響去除砂礫之粒徑，若曝氣量太大，則砂礫無法充分沉降；若太小，有機物會隨砂礫一起沉降於池底。含有有機物的砂礫被清出後，因容易腐敗發臭，使後續砂礫處置工作困難。由於進行曝氣，故曝氣沉砂池應設置消泡設施。曝氣沉砂池一般設計參考數據，如表 5.21。

另依下水道工程設施標準，規定散氣裝置設於距離池底六十公分以上，送氣量以曝氣沉砂池每一公尺長度曝氣每秒五公升至十三公升為準，並應設置消泡設施。停留時間為一分鐘至五分鐘，有效水深為二公尺至四公尺，出水高為三十公分以上，池底應加三十公分以上之沉砂槽。

曝氣沉砂池在各種水力停留時間，對各種粒徑砂礫之去除率，參考圖 5.103。

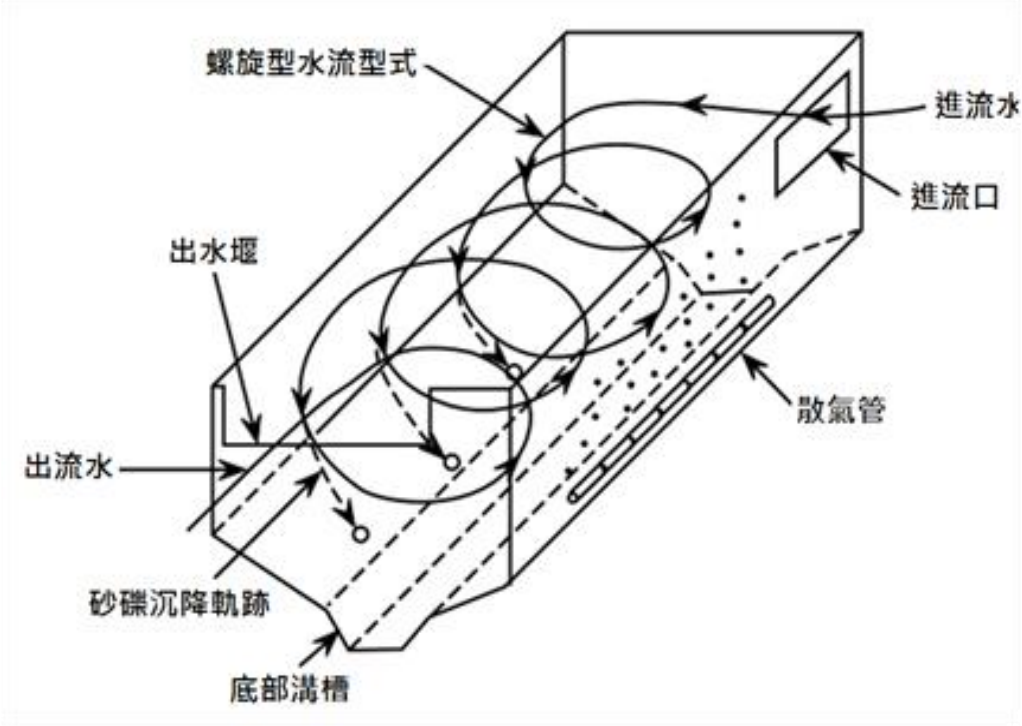


圖 5.102　曝氣沉砂池

表 5.21　曝氣沉砂池設計數據參考表

設計項目	設計值	備註
深度(m)	2～5	
長度(m)	7.5～20	
寬度(m)	2.5～7.0	
寬深比	1：1～5：1	
長寬比	3：1～5：1	
尖峰流量時之水力停留時間(min)	2～5	一般為 3，如沉砂池用於預曝氣或用於去除粒徑小於 0.21mm(ASTM70 號篩)之砂礫時，則需要更長的停留時間
單位池長空氣供應量(L/secm)	4.6～12.4	
砂礫量	4～200m^3/百萬m^3之水	
散氣設備位置	約高於池底 0.45～0.6m 處	

資料來源：Metcalf & Eddy Wastewater Engineer Fifth Edition，2014.

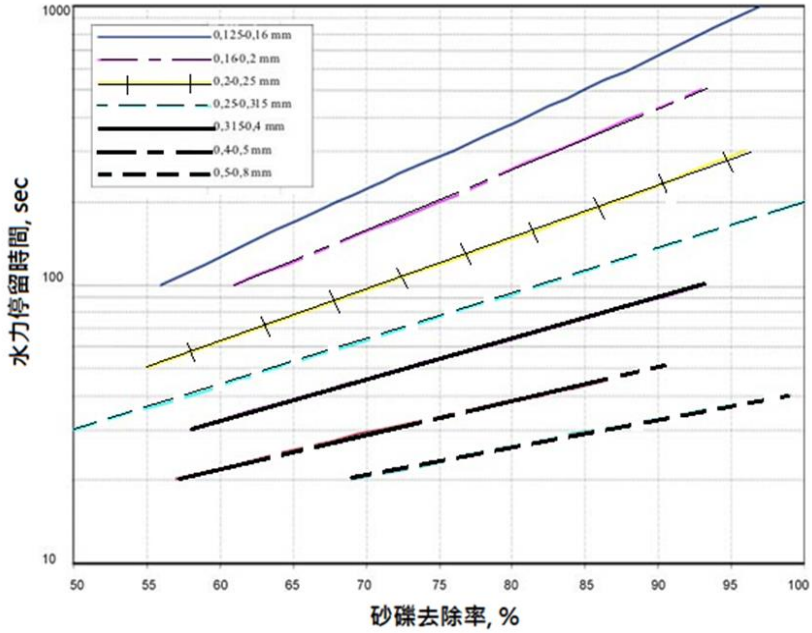


圖 5.103　曝氣沉砂池在各種水力停留時間下對各種粒徑砂礫之去除率

3) 曝氣沉砂除油池

曝氣沉砂除油池(圖 5.104)首先發展於歐洲，國內曾一度普遍使用在許多家工業區廢水處理廠，它除了除砂功能外，還兼有除油的功能，除了專用的除油設備外，這是唯一能附帶處理油脂/浮渣的前處理設備。曝氣沉砂除油池，係由長條形水池的短邊一側，以與長邊呈平行的方向進水，而於水池長邊之一側以散氣設備送入空氣，污水從進流口到出流口，會以螺旋形水流流動，帶動砂礫與附著於其上之有機物一起翻滾，此滾動的速度，應足夠至一方面使砂礫脫離有機物並沉降於池底，一方面使有機物保持懸浮而繼續流到後續處理單元並接受處理。曝氣量的大小，會影響去除砂礫之粒徑，若曝氣量太大，則砂礫無法充分沉降；若太小，有機物會隨砂礫一起沉降於池底。曝氣沉砂除油池，設有曝氣沉砂除油設備，來回行走於池頂，藉由螺旋形水流使浮油及浮渣經由擋板的間隙，上浮於除油池液面。浮在液面之浮油及浮渣利用刮板，刮送至渠端之油脂/浮渣收集裝置，再排放至浮渣槽運棄並作最終處置。附著於砂礫上之有機物，在通過螺旋形水流後會剝離，然後隨著水流流到後續處理單元。而沉砂則採用沉水式抽砂抽水機，將砂水混合液抽送至洗砂槽內，利用循環水流來分離污水中的有機物及砂礫，砂礫沉澱於洗砂槽底部，而含有有機物之污水，則溢流至迴流管而返回沉砂池內。堆積於洗砂槽內之砂礫最後可運棄並作最終處置。曝氣沉砂除油池的設計數據與曝氣沉砂池不同，須依照廠商建議的流量及各部尺寸對照表來設計。

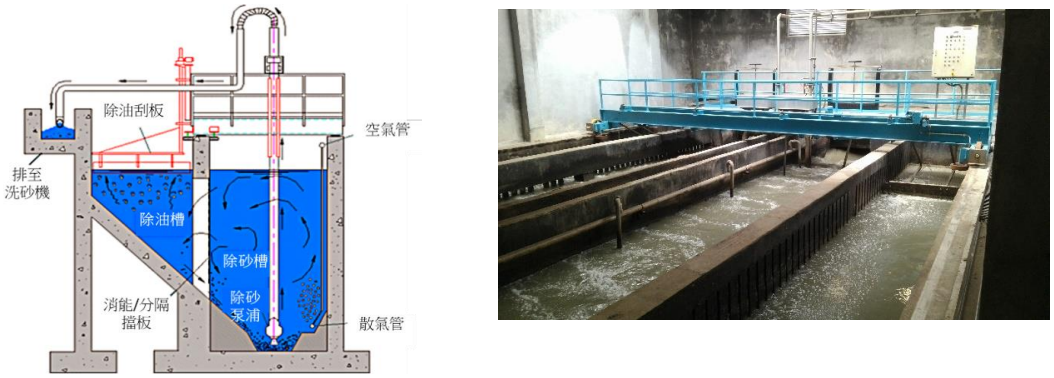


圖 5.104　曝氣沉砂除油池示意圖及現場照片

(3)渦流沉砂池

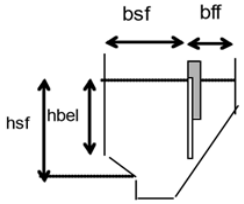
1) 以機械產生渦流之沉砂池(Mechanical induced vortex system)

機械引發之渦流沉砂池的組成，為上層的圓柱形沉砂池槽及下層的圓椎形貯砂斗。沉砂池槽中央有一支不斷旋轉的攪拌機，可協助使池槽中循環的污水，在各種流量下都保持相同的轉速。攪拌機會在沉砂池槽中引發渦流，渦流有一個靜止中央區，在此區的砂礫會沉降而掉入沉砂池槽下層的貯砂斗中，再利用設置在沉砂池槽頂部的自吸式抽砂抽水機或氣昇抽水機，或是設置在沉砂池貯砂斗旁邊的抽砂抽水機，將砂礫自貯砂斗中去除。

機械引發之渦流沉砂池，包括兩種基本設計：①平底池槽，其上層圓柱形沉砂池槽與貯砂斗直接連接，沒有漸變段，兩者間設有一塊分隔平板，平板周圍有一狹縫，可使在上層沉砂池槽中沉降的砂礫通過而進入貯砂斗中；②斜底池槽，其上層圓柱形沉砂池槽與貯砂斗間設有斜坡做為漸變段，沉砂池槽具有一個大開孔連接下層的貯砂斗。兩種設計的攪拌器槳葉型式不同。

平底池槽之進流水流入型式，可再分為兩種：第一種型式係水流自進流渠道進入沉砂池槽，沿著池槽旋轉 270 度後，再自出流渠道流出：進流水流經長而平直的進流渠道，使水流盡可能以片流(lamilar)型式流動，此可使砂礫沉降而不是被轉彎等所造成的亂流所擾動。進流渠道的前段為水平渠道，後段為斜坡(ramp)，以便使已經沉降在進流渠道底部的沉砂，能沿著斜坡滑落至池槽底部而被去除，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。進流渠道的水流沿著沉砂池邊緣，以切線方向流入池槽的水面上，以便更能產生旋轉水流。沉砂池的出流水須經過至少 1.8m 長的平底出流渠道，以便減少出水堰的效應及建立水位。進流渠道的亂流會挾帶空氣進入水中，出流渠道的污水如跌入垂直管，會產生渦流，使得大氣泡通過管線，而如果水流進入初沉池，將特別難以接受。水流 270 度轉動之平底渦流沉砂池構造示意，參考圖 5.105。

表 5.22　曝氣沉砂除油池設計數據表

設計項目	設計值	備註
深度(m)		
長度(m)	10～50	
除油池寬(bff)/除砂池寬(bsf)	0.2～0.5	
寬深比	bsf/hsf<1 分流制 bsf/hsf<0.8 合流制	
長寬比	長約為寬之 10 倍	
尖峰流量時之水力停留時間(min)	10	如除砂要求較低，約需 5min，如除砂要求較高，約需 20min
水平流速(m/s)	<0.2	
除油池表面負荷率(m/hr)	<25	
空氣供應量($m^3/m^3/hr$)	0.5～1.3	沉砂池斷面積<$3m^2$，空氣供應量<$0.8m^3/m^3.hr$。 沉砂池斷面積>$3m^2$，空氣供應量為 $1.3m^3/m^3.hr$。
散氣設備位置	hsf-hbel=30cm (在砂溝上緣)	
池底坡度	35～45 度	

資料來源：ATV，Korrezpondenz Abwasser1998(45)Nr.3

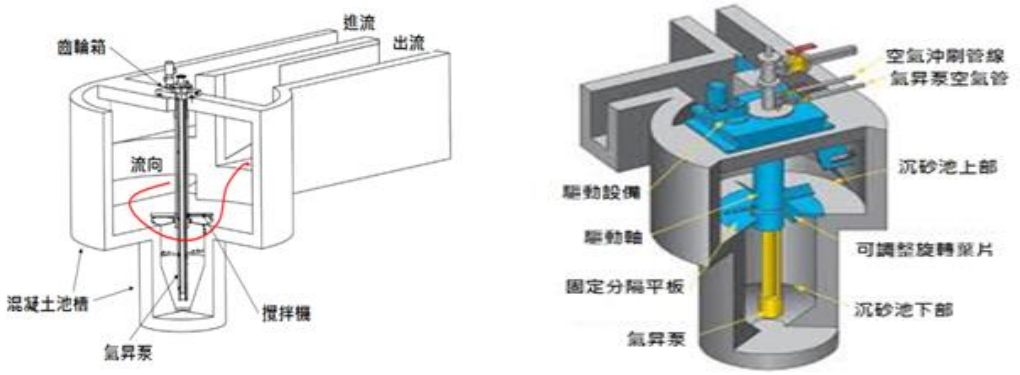


圖 5.105　水流 270 度轉動之平底渦流沉砂池構造示意圖

平底池槽的渦流沉砂池，利用往上層流動的軸流攪拌機、進流擋板及斜坡型式的進流水渠道，可在上層沉砂池槽中製造一種像甜甜圈的環狀(toroidal)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法。所有的砂礫在掉入貯砂斗前，都會流經攪拌機的葉輪，使得砂礫與有機物分離。渦流也協助污水中較輕的有機物維持懸浮，再隨著污水流出沉砂池。為避免貯砂斗內積砂過多致抽砂抽水機無法操作，故攪拌機深入貯砂斗的底部設有砂礫攪拌器，使砂礫呈現懸浮狀態較容易抽送。平底渦流沉砂池之環狀水流示意，參考圖 5.106。

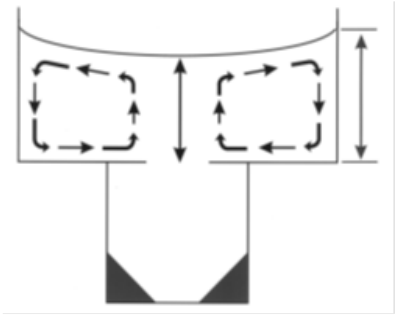


圖 5.106　平底渦流沉砂池之環狀水流示意圖

平底池槽進流水之第二種流入型式，係水流自進流渠道進入沉砂池槽，沿著池槽旋轉 360 度後，再自出流渠道流出：進流渠道的水流沿著沉砂池邊緣，以切線方向流入池槽的水面下，進流渠道整段皆為為斜坡，其進流及出流渠道皆設有擋板，進流的擋板係引導進流水產生渦流及避免以短流的方法進入池槽、容許 360 度繞行通過進流口及出流口，提供最長的運轉距離以獲得最有效的砂礫去除。出流的擋板係引導水流離開池槽，做為堰閘來控制池槽及進流渠道的水位，在不需其他流量控制設施的情況下，可使進流渠道在 10：1 的流量變化下維持最適流速，尖峰流量下流速為 1.1m/s，最低流量下流速為 0.5m/s，以便在最小亂流下能輸送砂礫，以及提供適當進入池槽的流速。水流 360 度轉動之平底渦流沉砂池構造示意，參考圖 5.107。

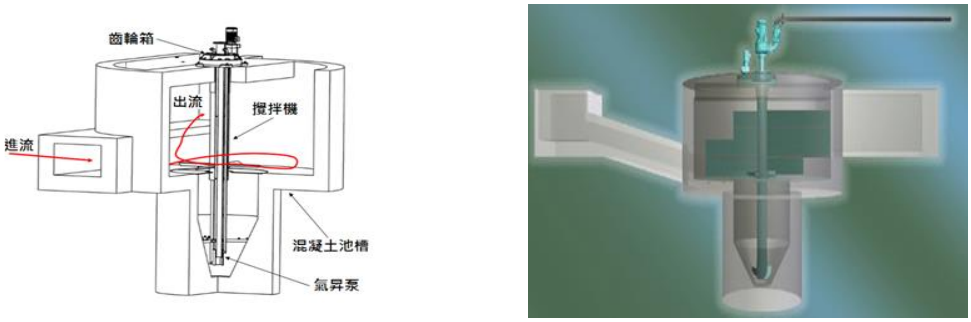


圖 5.107　水流 360 度轉動之平底渦流沉砂池構造示意圖

國內常用的渦流沉砂池，為水流 270 度旋轉的斜底池槽型式，斜底池槽之進流水，亦係自進流渠道沿沉砂池邊緣，以切線方向流入沉砂池槽的水面上，經沉砂處理後沿著池槽旋轉 270 度，再自較寬的出水渠道流出。斜底池槽的渦流沉砂池，係利用往四周流動的徑流攪拌機，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，使砂礫往牆邊移動，再結合重力作用使砂礫沉降於池槽下層之貯砂斗內，基本上本法係屬於應用砂礫沉降速率的除砂方法。斜底渦流沉砂池構造示意，參考圖 5.108。

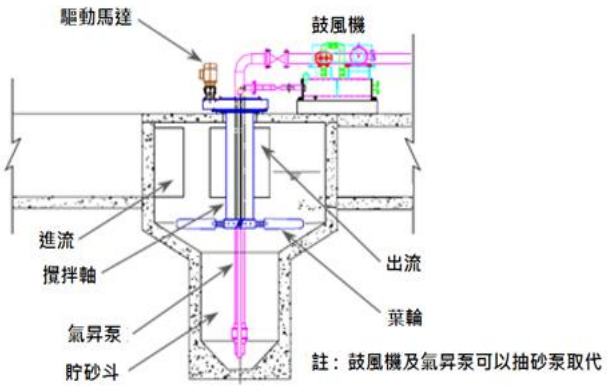


圖 5.108　水流 270 度轉動之斜底渦流沉砂池構造示意圖

新近的斜底池槽渦流沉砂池，亦有廠商推出 360 度型式者，如圖 5.109，其特點如下：

① 進流口：進流口位於沉砂池槽段的水面底下。

② 池槽內水流路徑：藉由裝在池槽內的分隔圓盤，將進流路徑與出流路徑分開。

③ 連接渠道形狀：出流渠道基本上與進流渠道同方向，以得到 360 度之水流型式。

④ 出流渠道：分隔圓盤可提供出流渠道位在進流渠道的任何方向。

⑤ 攪拌機：引發渦流的攪拌機提供沉砂池最適水流型態。

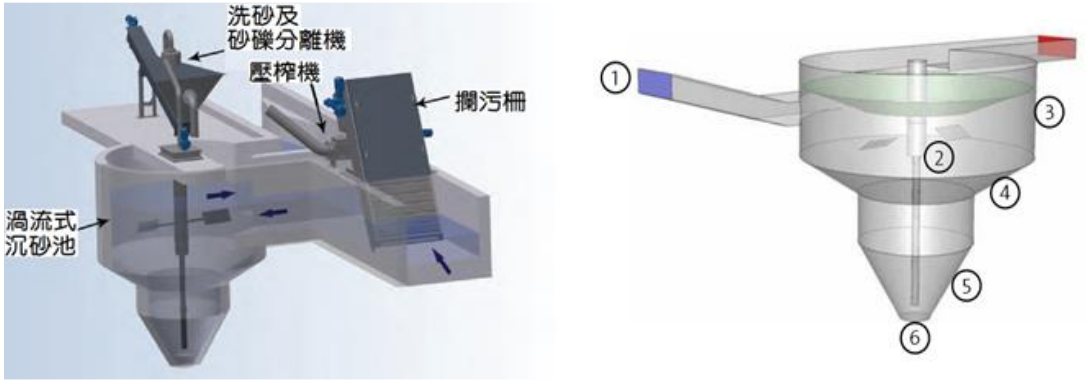


圖 5.109　水流 360 度轉動之斜底渦流沉砂池構造示意圖

機械引發之渦流沉砂池，建議設計準則如下：

①流進渦流沉砂池的理想化的水流應平直、滑順及呈流線型，實務上，平直段的進流渠道長度，應為進流渠寬之七倍或是 4.6m，應取兩值之較大者。

②進流渠道理想化的流速範圍自 0.6 至 0.9m/s，此理想化的流速範圍應約為尖峰流量的 10 至 80%，低流量之最低可接受流速為 0.15m/s，因為更低的流速將無法將砂礫帶入沉砂池中。如果預期流速會低至 0.15m/s，則需設置沖刷設施，以將沉降在渠道上的砂礫移到沉砂池中。此沖刷系統應避免通過沉砂池來洗砂。

③平底池槽沉砂池在入口處設置擋板，以協助控制沉砂池的水流系統，使砂礫流進來時能強迫它往下。但一些較大型渦流沉砂系統，並不需要進流擋板，這種沉砂池的出流口為進流渠道的兩倍寬，導致較低的流速，所以可避免低於開口水平的砂礫，被出流水挾帶出去。

④選擇渦流沉砂池的尺寸，係依據設備製造廠商所提供的建議型號，通常以標準化尺寸來上市的這些單元係以尖峰流量來選定。這些單元在設計尖峰流量下的典型停留時間很短，約為 20 至 30 秒鐘。270 度的平底及斜底渦流沉砂池的水頭損失為 6mm，360 度的平底渦流沉砂池的水頭損失會較大。設計者應與製造廠商確認該選定的型號，曾做過決定性能參數的野外試驗。如果沒有製造廠商事先的同意，就與建議尺寸有所偏差，可能會導致性能保證失效。

⑤在選定渦流沉砂單元後，需從製造廠商的設計圖及設計資料中，取得進一步的資訊，以提供適當的進流及出流渠道，安裝除砂設備的混凝土池槽。

⑥目前國內外普遍使用渦流沉砂池，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)。採用渦流沉砂池，具有容易控制維修、節省能源，且確保可充份去除砂礫之高效率。

2)以水力構造產生渦流之沉砂池(Structured flow induced vortex system)

水力構造引發之渦流沉砂池(請參考圖 5.110)，在國內有墾丁污水處理廠使用中，基本上它與機械引發之渦流沉砂池不同，它是利用進流管在圓柱形沉砂池周邊的某個水深之下，以切線方向進入時，管線內的水流速度，會推動沉砂池內的巨量流體，使其圍繞垂直軸而產生圓周流動，此旋轉的流體會產生離心力，將砂礫推向池槽外圈。此時池槽內除了水平面的渦流外，也會產生二次垂直渦流。平面渦流會延長砂礫在池槽內的停留時間，增加砂礫從流體中除去的或然率；而垂直渦流會提高砂礫與有機物脫離的有效性，且如同曝氣沉砂池一樣，當砂礫在池槽中央隨垂直渦流往上流動時，水的拖曳力及重力會互相抵銷，而當砂礫在池槽外圍隨垂直渦流往下流動時，水的拖曳力及重力會互相結合，使砂

礫沉降在池槽底部。而有機物會隨著出流水，在靠近池槽周邊處流出沉砂池。分離的砂礫會集中在池槽中央，再以抽砂抽水機抽走。因為渦流係藉由進流的力量而產生的，所以水力構造引發之渦流沉砂池的直徑比較小，但進流水需要抽水機來加壓。水力構造引發之渦流沉砂池，可設計為比機械引發之渦流沉砂池能去除更高比率的細砂，但會導致更多的水頭損失。去除 95%之 25μm 砂礫需要 5 至 7m 的水頭損失是很平常的。如果進流管之流速太低，不足以引發足夠的渦流，則固體物與砂礫無法藉水流分離，而一併沉降於沉砂池底部，使沉砂池如同小型的沉澱池，脫水後的砂礫會含有容易腐敗的有機物，導致發生臭味。

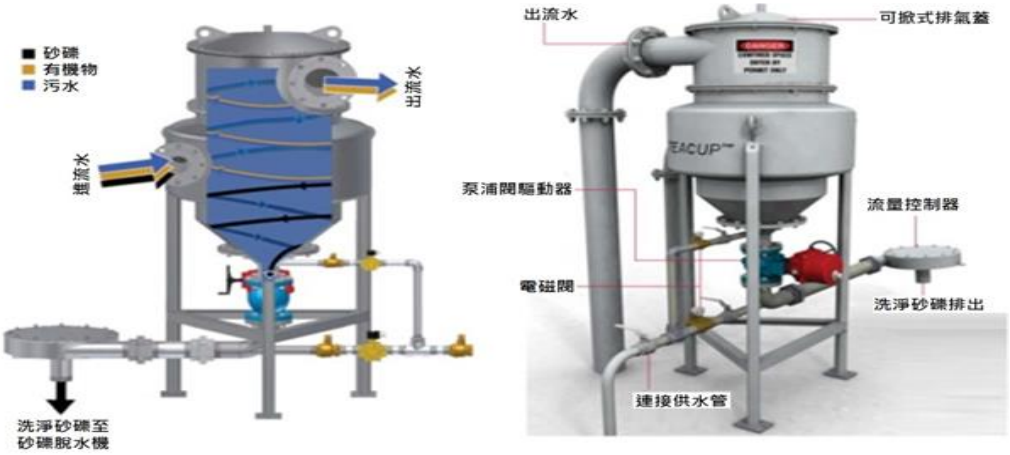


圖 5.110　水力構造引發之渦流沉砂池

3) 多盤式渦流沉砂池(Stacked Tray Separator)

多盤式渦流沉砂池，為日趨普遍的一種專利產品，它係使用流量分配設施，將進流水分配到多重錐形圓盤上。沿著沉砂池邊緣以切線方向流入池槽的水流會產生渦流型態，使得固體物沉降在每層圓盤的邊界層(boundary layer)上，然後流進位在中央的底流收集室以備以抽砂抽水機抽離。這種設備應用傾斜板技術來除去包含砂礫的固體物，那是使用層層的圓盤來創造一個碩大，但濃縮的表面積及很短的沉降距離。對於新系統，多盤系統可以設在混凝土池槽中，用地比機械引發之渦流沉砂池還要小。對於既設廠，多盤系統可擠進既有沉砂池或調整池。因為砂礫與有機物一併沉降，如需考量砂礫中有機物產生臭味的問題，則除去之固體物須進一步經過洗砂機處理。圖 5.111 為多盤式渦流沉砂池示意圖。

4) 依據營建署公告之「廠站設備延長使用年限之基本原則」，渦流沉砂池設計處理效率處理效率，當砂粒徑分析篩網篩號小於 50mesh 時其去除率≥95%；砂粒徑分析篩網篩號小於 70mesh，大於 50mesh 其去除率≥85%；砂粒徑分析篩網篩號小於 100mesh，大於 70mesh 其去除率≥65%。

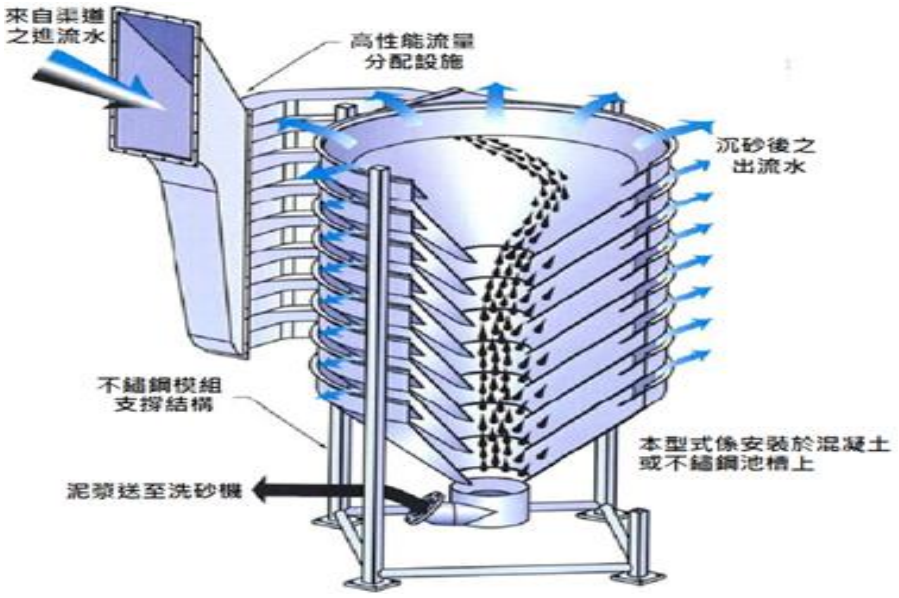


圖 5.111　多盤式渦流沉砂池示意圖

5) 渦流沉砂池的水表面積負荷率，在直徑為 3.0m 時為每日 3,700m^3/m^2‧day 以下，4.2m 直徑為每日 5,000m^3/m^2‧day 以下，6.0m 直徑為每日 6,500m^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 20～30sec。

6) 渦流沉砂池設計設備廠商，依處理多有一定尺寸規直徑，如 180mm、210mm、240mm、300mm 及 360mm 等，處理廠流量較低時，應確認廠商最小規模尺寸之池體之處理效率是否符合。

7) 依據 Water Environment Federation(WEF)2017 年對於沉砂技術之事實報告(FactSheet)，最常用之除砂技術整理，如表 5.23。

16. 沉砂池屬於前處理設施之一，其容量設計應採用尖峰流量；此外，考量沉砂池在嚴酷條件下運轉，需要經常的排空以便進行點檢、修繕及清理，故以設置 2 池以上為原則。

表 5.23　常用之除砂技術

除砂方法	優點	缺點
水平流沉砂池	• 可藉由調整出流控制設施，而使其具有彈性。 • 建造相當簡單。 • 藉由有效的流速控制，不需進一步分類的砂礫，可立即運棄。	• 流量範圍廣時，很難維持所需之流速。 • 沉浸在水中的鏈條、刮板及軸承會承受過度的磨損。 • 沒能有效控制流量時，會去除過多的有機物，需要洗砂及砂礫分離。 • 水頭損失甚大(通常為水深之 30 至 40%)。 • 使用比例堰時渠底可能產生高速流，導致沉降在底部的砂礫會被沖刷出去。
曝氣沉砂池	• 在寬廣的流量變化範圍內，砂礫去除效率相當一致。 • 去除的砂礫中，含有相對較少的有機物。 • 預曝氣可能提升下游處理單元的性能。 • 具有多功能，可做為加藥、攪拌、預曝氣及混凝。	• 可能會釋放出有害的揮發性有機物及臭氣。 • 需要更多能源。 • 需要較多維護及控制的人力。
渦流沉砂池	• 在寬廣的流量變化範圍內，砂礫去除效率相當一致。 • 沒有需要維護的沉浸式軸承及零件。 • 用地面積相對很小。 • 很小水頭損失(通常為 6mm)。	• 攪拌機葉片可能會纏住破布。 • 貯砂斗可能堵塞，需要高壓攪拌將砂礫弄鬆。
方型沉砂池	• 不需要流量控制。 • 所有的軸承及會磨損的機械零件，都在水面上。 • 水頭損失很小。	• 流量變化大時，均勻分水會有困難。 • 在低流量時，會沉降大量的有機物，需要洗砂及砂礫分離。 • 淺池情況(水深小於 0.9m)時，刮砂機的刮臂會擾動已沉降的砂礫，使其再度上浮。
多盤式渦流沉砂池	• 去除砂礫粒徑≥75μm。 • 沒有會磨損的機械零件。 • 短沉降距離。 • 用地小。 • 可擴充性。	• 專利設計。 • 消耗水量。 • 30cm 水頭損失。
水力構造引發之渦流沉砂池	• 去除砂礫粒徑≥75μm。 • 沒有會磨損的機械零件。 • 用地小。	• 高水頭損失(通常>90cm)。 • 進流水需要以抽水機加壓。

資料來源：“Liquid Stream Fundamentals：Grit Removal” FactSheet，Water Environment Federation(2017)

5.7.3.3 沉砂池的附屬設施

沉砂池的附屬設施如下：

1. 出入口應設閘門或擋水板。
2. 沉砂池應有抽砂設施、洗砂機及洗砂機設備。抽砂設施應有防阻塞功能。
3. 沉砂池機械室之空間配置，應考量設備的種類。
4. 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。
5. 應有保養檢查用空間，並須設置扶手或欄杆。

解說：

1. 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。
2. 沉砂池應有抽砂設施、旋流機及砂礫脫水分離機設備，沉砂池抽砂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。
3. 沉砂池機械室，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。
4. 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，以直接將砂礫自沉砂池卸載到卡車上。
   (1)搬出口之配置應考量風向、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、適當地面坡度及集水溝。
   (2)貯砂斗中的砂礫不易流動，可以下述方法解決：A.貯砂斗使用傾斜側邊；B.砂礫底下使用空氣攪拌或高壓回收水攪拌；C.使用貯砂斗震動器。
   (3)短距離輸送砂礫，有時可用氣昇式抽水機，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。氣昇式抽水機主要的缺點，係其管線會有相當大的磨損，特別係在彎管處。
   (4)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，以便採局部方法脫臭。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。以局部方法排氣之沉砂池，一般須考量脫臭處理。室內換氣量，如表 5.24，該表僅做為初步的參考，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)將於另章敘述。

表 5.24　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×10㎥/(㎡・小時)※	沒有防臭罩時也一樣
	輸送機	輸送機防臭罩之容量×7 次/小時※	
	貯斗	有效容量×3.5 次/小時※	
室內	作業空間	5～10 次/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」,日本下水道協會 2019

※註：排氣需經脫臭處理

5. 沉砂池抽砂抽水機、洗砂機、砂礫脫水分離機及砂礫貯斗等設備，應有保養檢查用空間，未加蓋之水池渠道開孔及挑高之操作平台，須設置扶手或欄杆。砂礫脫水分離機上方應保留空間，供吊升維修該機之螺桿及耐磨片等。

5.7.3.4 沉砂處理

沉砂的處理及處置，於考量下列後決定之：

1. 沉砂池應視情況或需求，設置水力離心分離器，應設置洗砂機。
2. 沉砂的搬運及暫存，應有防止飛散、掉落及發生臭氣的措施。
3. 沉砂之處理設施，應考量防止臭氣。
4. 砂礫最普遍的處置方法，係運送至掩埋場。
5. 沉砂產生量會因雨污水、流域特性、規模、附近開發等產生差異。

解說：

1. 除砂設施設置目的之一，係減少砂礫上有機物的附著，然而不同程度的有機物，總會伴隨砂礫而被去除，由於污水中油脂及清潔劑的影響，去除細砂所需的長停留時間，會導致提高沉砂中的有機物含量，所以設計每一個除砂系統，必須在去除細砂需求度，及更有效洗砂設備的較高費用之間做衡量。

砂礫掉入沉砂池的貯砂斗後，以抽砂抽水機將沉砂抽送至水力離心分離器(cyclone separator)，或稱砂礫濃縮機(grit concentrator)，使砂礫濃縮。通常用於沉砂池，以將砂礫污泥中的砂礫與有機物分開的水力離心分離器，有時亦會用於從初沉污泥中分離砂礫。當沒有沉砂池時，水力離心分離器有時直接用於從污水中分離砂礫及懸浮固體。水力離心分離器流出之砂礫再流到洗砂機(grit classifier)，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。另有以氣提抽水機來抽砂者，因出水水頭不足以採用水力離心分離器，故沉砂出水係直接流入洗砂機。為避免沉砂池積砂過多致抽砂抽水機無法操作，故於抽砂抽水機啟動前，於貯砂斗內注入高壓空氣攪拌，使砂礫呈懸浮狀態而易於抽送。抽砂抽水機的吸水管，通常會連接一條高壓回收水管，

以便利用高壓水來沖洗常會阻塞的吸水管線。水力分離器、洗砂機及抽砂抽水機之性能特性需互相配合，方能達到去除砂礫之功能，以下將分別介紹這些設備。

(1)水力離心分離器/洗砂機

大部分的沉砂池於沉砂過程中，污水中較重的有機物會與砂礫同時沉降，為避免含有機物的砂礫在貯砂斗中產生惡臭，沉砂應先經洗砂的程序，將黏結在一起的有機物與砂礫，利用水流的沖刷力量予以強制分離。旋流洗砂系統，常用於將沉砂中的砂礫與有機物分開，水力離心分離器產生的離心力作用，使得較重的砂礫及懸浮固體集中在水力離心分離器的側面及底部，而浮渣及較輕的固體，則通過水力離心分離器的頂部而從中央部位分離。水力離心分離器最好操作在定流量及定水壓下，如果偏離設計流量，固體物會隨砂礫流出。水力離心分離器，通常可將砂礫中有機物含量減少至<5%。水力離心分離器之操作示意圖，如圖 5.112。

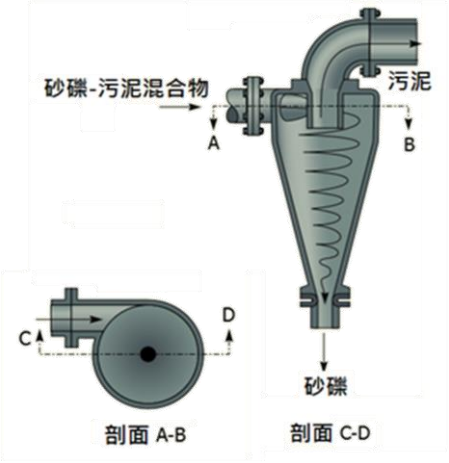


圖 5.112　水力離心分離器操作示意圖

今日所使用的水力離心分離器共有兩種，一種是傳統的水力離心分離器，係在水力離心分離器中產生高速流，另一種是調整過的引發渦流技術，係使切線方向的進流在水力離心分離器中，產生一種次旋流的渦流(sub cyclonic vortex)。砂礫的去除機制，是圓柱體中的離心力會將比重高於水的砂礫推向內壁，而重力會使砂礫跌落到底部；較輕的有機物隨著出流水自頂部流出。與砂礫夾帶在一起的有機物，會在底部藉由沖刷而部分去除。水力離心分離器以離心方法濃縮砂礫，需要砂礫泥漿在壓力 34 至 140kPa 下穩定進流，固定進流率依照水力離心分離器的尺寸，範圍通常為 800 至 1，900L/m。間歇性操作的循環時間，可從 5 分鐘變成 8 小時，在砂礫尖峰負荷時，可能需要連續性操作。水力離心分離器的尺寸，係由輸入的砂礫泥漿進流量及其固體物濃度來決定，在砂礫泥漿固體物濃度小於 1%時，旋流操作的最好，水力離心分離器的離心作用，能將固體物含量提高到平均約 5 至 15%。輸入進流量中，大約有 90 至 95%會通過水力離心

分離器頂部的渦流開孔而排出去，此股水流體積的減少能節省輸送及貯存量，並減少所需的洗砂機的尺寸。

洗砂機無論是傾斜螺旋式或刮板式，皆能藉由分離易腐敗的有機物而達到洗砂之目的，洗砂機通常可將砂礫中有機物含量減少至<25%。洗砂機操作示意請參考圖 5.113。脫水分離機，依照所要去除的砂礫的沉降速度、輸入流量及耙砂能力來決定尺寸。擇定好所要去除的砂礫大小及輸入流量，設計者選出一個最小水面積及溢流堰長度，再檢核脫水分離機坡度，以確保能去除所希望的砂礫的最小尺寸，較平緩的坡度能去除較細的砂礫。廠商所提供脫水分離機的安裝角度，為自水平起算 15 至 30 度。除了坡度外，螺旋輸送機適當的螺旋葉片轉速(r/min)及螺距(pitch)(通常為半螺距或雙螺距)有助於去除砂礫，而分段螺旋葉片(sectional flight)構造可能比螺線形螺旋葉片(helicoid flights)構造的表現要好。螺旋葉片邊緣應予硬化，以便能抵抗砂礫的磨損作用。螺旋葉片或刮板的尺寸，應足以輸送預期的尖峰砂礫負荷量。

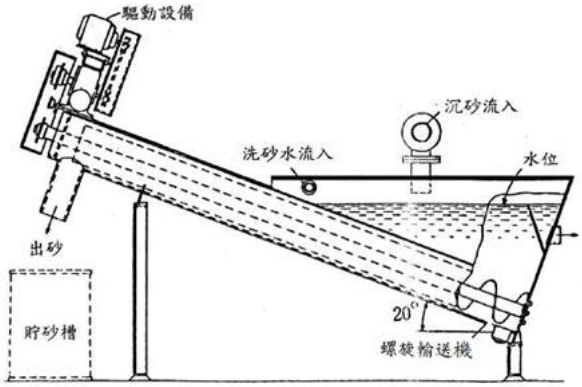


圖 5.113　洗砂機操作示意圖

從沉砂池抽取砂礫加壓進入水力離心分離器的抽砂抽水機，其額定揚程通常須符合水力離心分離器的高水頭需求、靜揚程及管線水頭損失，由於通過水力離心分離器的水頭，係為流量及尺寸的函數，所以計算水力離心分離器的水頭時，需參照廠商的水壓及流量相關資料。抽砂抽水機通常使用渦流式抽水機(vortex pump)，又稱為凹陷葉輪式抽水機(recessed impeller pump)。抽砂抽水機使用擺動式逆止閥時，常會受到磨損，所以建議改用橡膠製擠壓式逆止閥(rubber pinch-type check valves)。將水力離心分離器/洗砂機設置在砂礫子車或貯砂斗的上方，靠近砂礫排入口，可減少砂礫運送的需求。圖 5.114 為抽砂抽水機、水力離心分離器及洗砂機合併操作示意圖。

由於傳統水力離心分離器之高水頭需求及需要維護，將沉砂段放大的洗砂機最近有增加的趨勢，如圖 5.115。在傾斜螺旋輸送段設有噴水頭以便用於洗砂，這種單元比水力離心分離器/洗砂機，需要更大的空間需求。

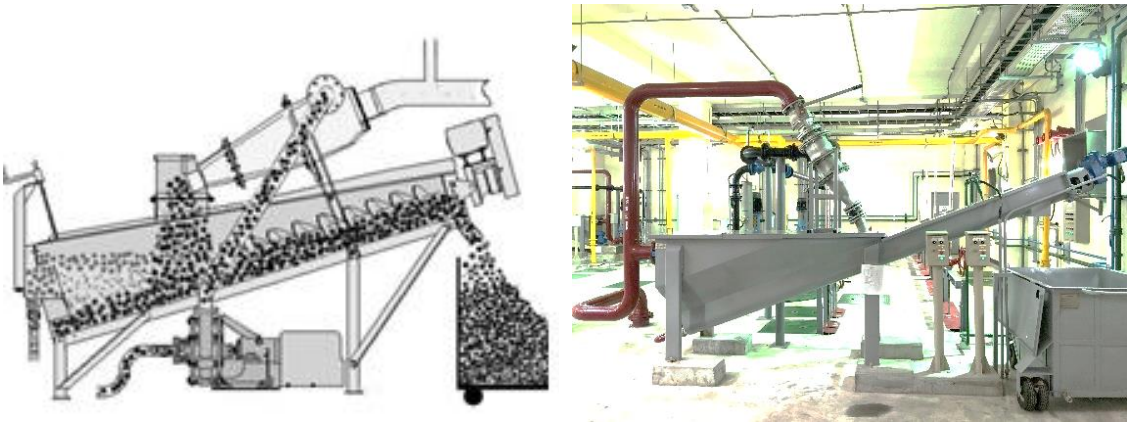


圖 5.114　抽砂抽水機、水力離心分離器及洗砂機合併操作示意圖

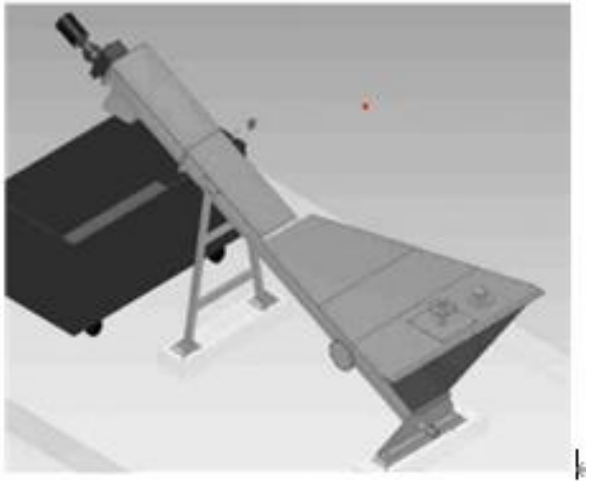


圖 5.115　沉砂段放大的洗砂機

(2)圓錐形洗砂機

圓錐形洗砂機(Conical grit washer)為使用不同系統，從砂礫中洗去有機物之圓錐狀不銹鋼容器，容器中的攪拌機緩慢的攪拌沉砂，而設置於容器底部，以定時器及電磁閥控制的清洗噴頭強力的清洗砂礫，較輕的有機物連續從上端的溢流管溢流出去，而較重的有機物從中層溢流管以間斷方法排除。這種洗砂機能產生低有機物含量的砂礫。包括清洗水的表面流速應該小於 25m/h，而堰溢流率應小於 15m^2/h。圖 5.116 為圓錐形洗砂機及洗砂機構造示意圖。

2. 經洗砂後的砂掉落入包裝袋定期封袋密閉搬出掩埋。惟包裝袋周邊應有排水系統，可供定期清理。
3. 為防洗砂機在洗砂過程散發臭氣，該系統應為封閉式並設置於室內，經抽氣處理者，洗砂機處理能力，應能將粒料直徑在100號標準篩以上(含)的砂粒，至少分離出95%(重量比)以上，其粒料比重等於或大於2.65，且有機物VS含量<25%。



圖 5.116　圓錐形洗砂機及洗砂機構造示意圖

4. 砂礫最普遍的處置方法係運送至掩埋場，在所有情況下，砂礫處置應符合相關的環保法規。
5. 沉砂產生量會因雨污水、流域特性、規模、附近開發等產生差異，依據日本下水道設施計畫設計指針及解說(2019)，一般為每1000m^{3}的污水，分流式下水道的污水為0.0005～0.005m^{3}左右，雨水為0.0005～0.01m^{3}左右。

5.7.4 抽水站之除臭及換氣

抽水站除臭及換氣考量如下：

1. 抽水站的渠道及濕井等會產生臭氣，該區域應盡量採用密閉設計減少臭氣外洩。
2. 考量周遭環境及作業環境，必要時應設置除臭設備。

解說：

1. 抽水站整體考量

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，以便採局部方法脫臭。



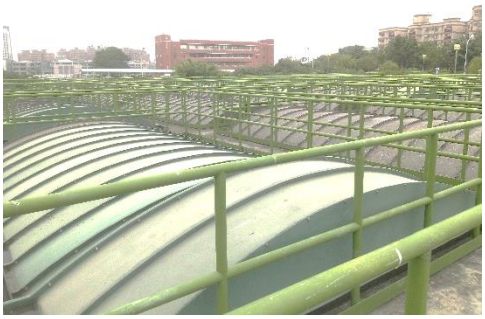


圖 5.117　抽水站的渠道及濕井除臭蓋板示意圖

抽水站為確保良好的作業環境，防止腐蝕性氣體對機械腐蝕及劣化，應設

置通風換氣設備。設置通風換氣設備時應注意務必將風管深入臭源，同時亦須避免新鮮空氣的短流，換氣方法應採第一種機械換氣方法，如表 5.25，並依個案狀況進行評估。

表 5.25　換氣方法

方法		內容
機械換氣	第一種	利用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法
	第二種	室內適當位置設置排氣口，利用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法
	第三種	室內適當位置設置進氣口，利用風機將室內空氣排出屋外，使外氣從進氣口自然流入室內的方法
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

2. 攔污柵考量

攔污柵室的污水、攔除物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，以便採局部方法排氣及脫臭。

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 1.2m 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。抽水站之換氣量，如表 5.26，以局部方法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)將與其他設施另章節解說。攔污柵單元設施之換氣，如表 5.27，該表僅做為初步的參考，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。

表 5.26　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，換氣次數為 2～3 次/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，換氣次數為 5～10 次/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

*註：排氣一般須考量脫臭處理；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。

表 5.27　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×10m^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×3.5 回/小時※	
室內	作業空間	5～10 回/小時	渠道沒有加蓋情況

※註：局部排氣一般須考量脫臭處理

5.7.5 抽水機之保護裝置

抽水機應配備適當的保護裝置，以檢測運轉過程中發生的異常，並根據異常程度，停止運轉或發出警報或顯示故障。

解說：

保護裝置可檢測在抽水機的啟動或操作期間發生的異常，可安全地停止抽水機操作，並在控制室顯示警報或故障的資訊。

在抽水機啟動或運轉期間發生的異常情況，會根據設備的內容而有所不同，但通常包括以下內容。

1. 電動機-短路、過電流、斷相和接地故障，沉水式抽水機電動機浸水或過溫。
2. 水位、壓力-濕井水位異常下降或超高水位，管路壓力過低或過高。
3. 軸承-抽水機軸承溫度異常升高。
4. 軸封水、冷卻水和潤滑水流量不足，壓力異常下降，冷卻水溫度異常上升。
5. 控制-啟停時間異常、轉速流量異常。

設計時應根據抽水機類型、操作方法及使用條件等，選擇設置檢測異常的裝置，如過電流，速度偵測、溫度開關、流量開關、壓力開關、液位開關等，依據保護需求設定控制連鎖條件，如果無法滿足指定的條件，則採取保護動作，如緊急停止、降速或警報等，必要時可在操作面板上設置用於緊急停止的操作開關。

另依據故障的嚴重程度，將故障分為嚴重故障和次要故障。在發生重大故障時，抽水機應立即自動停止，並顯示警報和故障顯示。

在發生次要故障的情況下，僅顯示警報和故障顯示。

故障顯示應集中顯示在操作面板或監視面板上，以方便監視。

5.7.6 抽水站之防爆考量

污水下水道設置抽水站時，內部設備及電氣儀控設施，視需要考量防爆等相關安全措施。

解說：

污水下水道收集系統，因污水在管線內有可能分解產生易燃之氣體，因此應視需要依法規考量防爆等相關安全措施。

1. 職業安全衛生設施規則第 177 條規定：「雇主對於作業場所有易燃性液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造」。另機械設備器具安全標準第 110 條規定：「用於氣體類之防爆電氣設備，其性能、構造、試驗、標示及危險區域劃分等，應符合國家標準 CNS3376 系列、國際標準 IEC60079 系列或與其同等之標準規定」。
2. 在抽水站經常或可能存在易燃性氣體(主要為甲烷)或液體，因此該等場所即適用於職業安全衛生設施規則第 177 條及機械設備器具安全標準第 110 條與第 111 條之規定，必須進行危險區域劃分，並且選用防爆電氣設備，以避免所使用之電氣機械設備具有點火源時，可能產生火災爆炸之危險。
3. 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，選用防爆型設備，選用耐壓防爆構造(或日規 d2G4，美規 CLASS1 DIV.1 GROUP D，或歐規 ExdeIIBT4)或本質安全防爆(日規 i2G4)。

5.7.7 起重設備/電動吊車

起重機設備用於抽水機和電動發電動機等設施中設備的安裝、拆卸和運輸。本設備需確認所需負載，結構物設計時應考量相關法規。

解說：

依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」規定，使用大型內燃機者應裝設電動吊車。大型抽水站因泵浦等機械設備之維修、檢查或搬出、搬入等需求，故需設置吊車設備以利作業進行。

吊車設備屬於起重機之一種，其種類繁多，一般抽水站建築物大多採用架空式起重機，其包括一個鋼製基礎構架、電動馬達及剎車、扭力軸、減速齒輪、絞筒、鋼索、現場及遠方控制設備、位置指示器及其他必需之零件等，此類起重機於建築物上部空間架設，沿著建築物兩側樑柱裝設直行軌道，軌道所及之處即為其作業範圍，其目的乃是在保修與維護抽水站內不易移動之重型設備，皆以架空吊車吊出，再予以維修。

5.7.7.1 起重設備的安裝

起重設備安裝在抽揚水站，應根據操作維護吊裝需求來判斷安裝起重噸數及形式，如單軌或架空式起重機，結構物則應配合梁深、起重走橋尺寸、起重機組高度、吊鉤長及設備尺寸來考量足夠高度。

解說：

1. 在抽揚水站安裝起重機設備，用於抽水機、發電動機、原動機等的安裝、檢查、維修等。
2. 起重機設備的選擇應考慮起重載荷、抽水機的安裝狀態、工作範圍等，如果載荷比較輕，可以使用單點懸掛的手動鏈輪或小型電動吊車，搭配三角吊架或門型吊架使用。
3. 安裝起重機時，其結構和安裝程序應符合相關起重機安全檢查構造標準、起重升降機具安全規則等。還要注意安裝後檢查的必要性和成本。
4. 抽揚水站的重要設備可能安裝在起重機的底部，如果起重機設備在地震中脫落，則可能會造成嚴重損壞
5. 規劃設計時，應根據使用頻率，比較包括工作/施工結果和維護/檢查在內的成本，再考慮安裝的必要性。

5.7.7.2 起重機類型

起重機的類型，表 5.28 按額定載荷為標準，電動型以低速型為標準。改建時，最好根據維修資訊選擇合適的格式。

解說：

電動起重機的吊裝不僅用於抽水機、發電動機、電動機等的安裝、檢查和維修，還用於排放閥、輔助設備等的安裝、維護和檢查，可減輕勞動負擔。

但是，如果根據抽水機的數量、重量等因素判斷使用頻率低，則可使用手動型。

表 5.28　起重機類型

額定荷重	起重機形式
5t 未滿	單軌電動起重機
5t~10t 未滿	吊車架空式電動起重機(雙軌單橋)
10t 以上	吊運車架空式電動起重機(雙軌雙橋)

起重機依其構造、型式及用途，分述如下：

1. 單軌式電動起重機

單軌電動起重機(電動吊車)之走行軌道架設於建築物梁下，起重機有橫行裝置可沿軌道前後移動，起重機上裝有主鋼索捲胴、副鋼索捲胴、原動機、制動裝置等，以分別操作吊鉤之升降以及橫行，如圖5.118。



圖 5.118a　單軌式電動起重機(室內)



圖 5.118b　單軌式電動起重機(室外)

2. 吊運車架空起重機

此類型起重機之桁架橫跨於建築物兩側之高架軌道上，桁架可沿軌道前後直行，桁架亦設有軌道，吊運車可沿軌道左右橫行，吊運車上裝有主鋼索捲胴、副鋼索捲胴、原動機、制動裝置等，以分別操作吊鉤及副吊鉤之升降以及吊運車之橫行，此類起重機使用相當廣泛，常用來搬運貨物及組立機械。

3. 吊車架空式起重機

裝置有起重機之架空起重機但無吊運車裝置，此類型起重機，其桁架結構較簡單，用途與吊運車架空起重機相同，適用於吊升能力較小者。

注意額定荷重是可以施加到吊鉤上的最大荷重。

額定負載10t以上時，吊運車架空式電動起重機分為高速型、普通型和低速型，從操作和安全的角度來看，一般採用低速型(見圖5.119及圖5.120)。



圖 5.119　吊車架空式電動起重機(雙軌單橋)



圖 5.120　吊運車架空式電動起重機(雙軌雙橋)

起重機的額定負荷應從抽水機的類型和形狀考慮合理的負荷。另外，吊升高度是根據抽水機的拆卸形狀等考慮起吊餘裕量，並考慮裝載時和越過障礙物時的最小高度來確定的，如於防爆區則起重機電氣設備亦須具防爆功能。

如為既有設施改擴建時，除根據工作頻率、安全和維護等需求考量容量和起重機形式，更要檢討吊重負荷對既有結構的影響。

另外在污水處理廠涉及空間利用及使用頻率低時，可設置移動式門型架裝設電動起重機作為臨時吊裝用，如圖5.121。



圖 5.121　門型工作架配合電動吊車

5.7.8 放流管渠及附屬設施

抽水站的放流管及附屬設施考量如下：

放流管風管及附帶裝置，考慮以下各項而確定。在翻新時，除了這些，根據維護管道資訊等，最好確定適當的結構和輔助設備。

1. 明渠-放流採明渠的情況下，要配合計畫外水位，考量渠道側壁高度，並預留足水頭損失。
2. 埋設管線-當放流採管線埋設時，結構安全考量應注意抽水機緊急停止或突然啟動，造成水錘現象。
3. 排放槽，溢流堰-必要時可設置排放槽或溢流堰。
4. 排放口-應與放流渠道、河川、港口、海岸等的主管機關協商，採用適當的結構或輔助設備。此外採用電動閘門時，應在停電時可靠地完全關閉。

解說：

放流管用於抽水站抽水後排放，應與放流水路目的主管機關協商。並須考量放流水路水位條件，同時應考量環境保護和周邊居民等。

放流管與河堤、海岸潮堤等連接，從防災的角度出發，需要事先與主管機關充分討論且符合法規，如果排放處為感潮河段或海域，應注意高鹽分水逆流對設施造成損害。

此外要注意當排放管較長或排放到水流較弱的承受水體時，水會滯留並腐爛，導致腐敗並產生氣味。為了提高可維護性可考量設置多組排放管，如圖 5.122 放流管及附屬設施示意圖。

1. 放流管一般採管線埋設，但可能依據所處位置採用明渠，由於結構會跟河川或海洋的護岸或堤壩共構，應確保有足夠堅固的結構。

   明渠的側壁高度應以堤壩相等的高度為基準，或者以計畫外水位為基準，應以計畫排放量通過放流管渠計算所需的水頭損失，並考量餘裕量，以免因抽水機的排出變動衝擊而產生的大波動造成溢水。

2. 放流管的排水採壓力管時，當排放管變長時，因地形影響或管線坡度變化大，容易因水錘造成壓力暴增或抽水機瞬間停止等原因產生水錘壓力時，應特別注意結構強度、水密、調壓及排氣，此外要注意結構的基礎設計和伸縮接頭等，以免在發生沉陷。

   當排放口被淹沒時，為避免排放管產生空氣累積，應設置排氣閥或開口，並應防止污水從這些設備洩漏或溢出或污水中污物堵塞空氣閥。

3. 放流口排放槽是將抽水機排出的污水暫時放入有自由水面的水槽中，通過靜水壓力向河川等放流的設施，需要減少對放流目的地的影響時，另外需吸收抽水機緊急停止或急起動時的水錘。

   排放槽頂部可安裝通風口以釋放壓力，但考慮到承受水體流速，最好將其高度高於堤壩頂端高度，以便在河流達到高水位時不溢水。

4. 在設置放流口的土木和設備時，需與承受水體的主管機關協商。排放口的結構還應符合相關法規的結構規定。由於放流口結構常與河川堤防相關，因此需要使其抗震能力與堤防保持一致。

   安裝的閘門，應考慮在緊急情況可通過自重下降並完全關閉的結構及驅動系統(可採電動或液壓)等，並可考慮遠程控制，以便在發生地震或海嘯等災難時可以安全地操作閘門。

   通常，電動閘門的驅動設備需要防水及備有緊急電源。

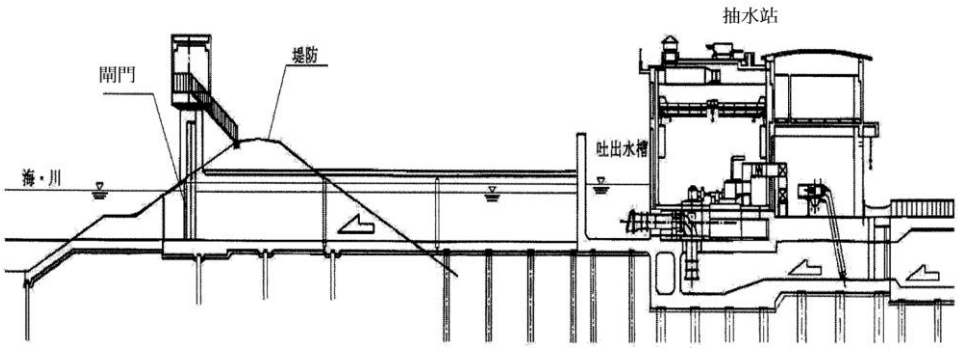


圖 5.122　放流管及附屬設施示意圖

5.7.9 繞流設施

雨水抽水站的繞流設施，應考慮以下事項。

1. 流入側繞流設施

在雨水抽水站，應考量排水水位和進流水位的條件，如果可以重力排水，則應在進水側設置重力流繞流設施。

2. 測試運轉用繞流設施

當雨水抽水機的管理運行為使用旁通渠的循環方式時，在流出側安裝旁通渠，並利用該渠進行運行。如果無法安裝水路，請考慮循環路線管道。

解說：

流入側旁通通道是在進流水位高於排水位時通過重力進行排水的設施。應根據流入側的水位和排出管側的水位情況，考慮能否設置。除此外，流出側的旁通通道可以作為雨水抽水機試運行時抽出的雨水的循環通道，也可以作為排水槽的排水通道。

1. 流入側繞流設施

不是所有的雨水抽水站都能設置流入側繞流設施，當進流水位高於排水水位時可採用如圖 5.123。繞流設施在排水水位昇高時，有倒流的危險，抽水機逆止功能及繞流設施關斷功能要注意。

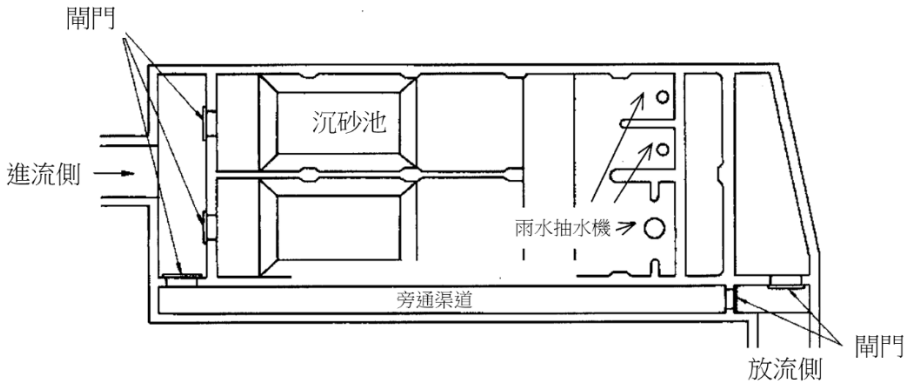


圖 5.123　進流側繞流設施示意圖

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解説」2019 年版

2. 測試運轉用繞流設施

由於雨水抽水站可能長時間停止運轉，為防止功能劣化，需要定期進行測試運轉，試運轉需操作足夠負荷和運轉時間，為達成試運轉目的，可以設置重力流渠道搭配閘門循環方式或回流管循環方式。

採用重力流渠道搭配閘門的循環方式時，結構物可藉由閘門開啟經繞流設施流回抽水濕井進行持續試運轉。如果無法設置繞流設施時則可於抽水機出水管設置回流管方式。

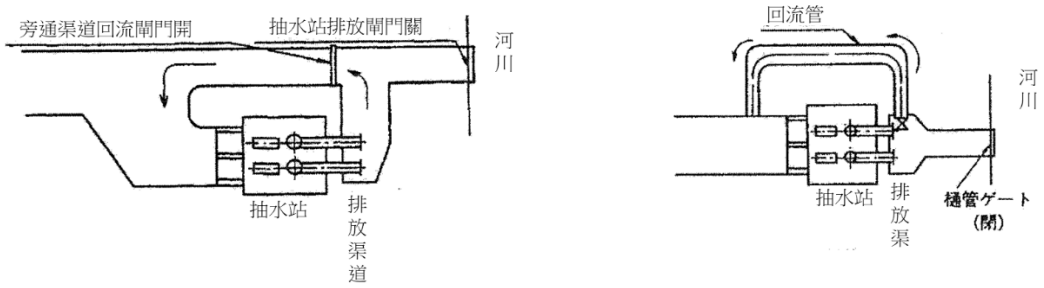


圖 5.124　測試運轉繞流設施示意圖

上圖整理自日本下水道協會「下水道施設設計指針と解說」2019 年版

5.7.10 抽水機附屬設備

抽水機的附屬設備，應考慮以下項目

1. 真空表和壓力表

在抽水機的吸入側和排出側應安裝真空表和壓力表(或複合表)。

2. 真空泵和滿水檢測儀

如果需要滿水操作，將安裝真空泵和滿水檢測器。

3. 供水裝置

必要時加裝水抽水機軸封、冷卻、潤滑等供水裝置。

解說：

抽水機的輔助裝置包括真空表、壓力表(或複合表)、水位表和供水裝置，同時為確保抽水機的功能，如必須同時啟動和操作抽水機附屬設備時，應確保供電。

1. 真空表和壓力表

將安裝真空表和壓力表(或複合表)以掌握抽水機的運行狀態。

2. 真空泵和滿水檢測儀

當抽水機的吸入側為正壓或葉輪始終處於水下時，可以在不將水充滿外殼的情況下抽水。在這些情況之外的抽水機中，抽水需要滿水運行，因此須安裝真空泵和滿水檢測器。

3. 供水裝置

由於污水不能用於抽水機軸封、軸承冷卻或是水中軸承的潤滑，因此需要單獨配備合適的供水裝置。

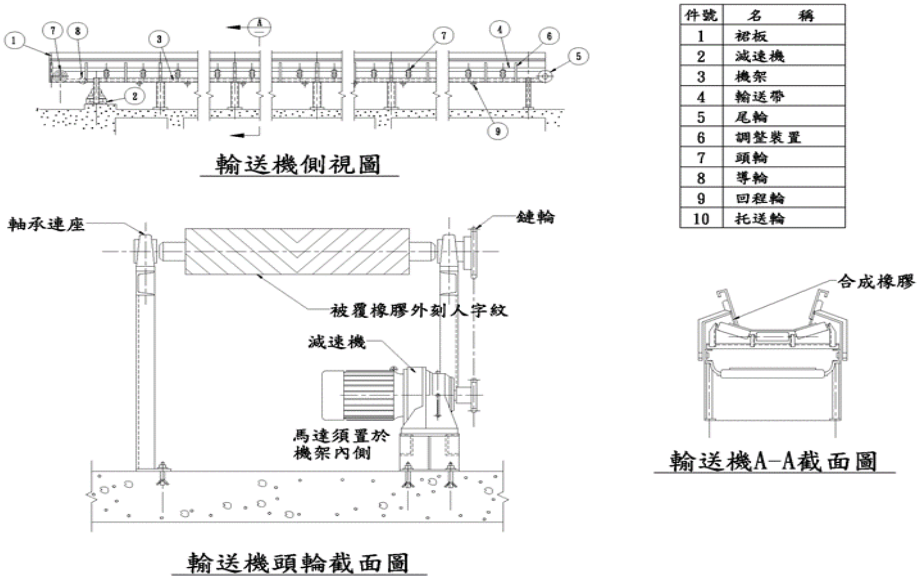
另抽水機的密封壓力壓力下降和水量減少，軸可能會燒毀，因此需要保護裝置或壓力開關。

5.7.11 皮帶輸送機

皮帶輸送機之設計應能承受所有粗目攔污柵之耙污機所耙取之渠道垃圾與雜物，而不得有溢漏之情況發生。每組皮帶輸送機至少需包括輸送皮帶、惰輪、框架滑輪、驅動裝置、支撐架、卸料滑槽及其他附件。

解說：

皮帶輸送機及其附屬設備應設計成在所有可能發生之負載情形下可連續全負載操作，無機組構件之扭曲、變形、破裂之情形，以及馬達與減速機過載之虞，且其驅動裝置不致有振／顫動、異音及漏油之現象。為確保平穩的操作，皮帶輸送機每一組件均應有適當之強度及耐磨、防蝕性，所有之零件均需可承受在處理、運送、安裝及操作時所產生之應力。輸送帶應可於粗、細目攔污柵之控制箱連鎖控制而自動操作，如圖 5.125。



件號	名　稱
1	裙板
2	減速機
3	機架
4	輸送帶
5	尾輪
6	調整裝置
7	頭輪
8	導輪
9	回程輪
10	托送輪



圖 5.125　皮帶輸送機基本構造示意圖及現場照片

5.7.12 抽水機基礎

抽水機之基礎應具有足夠之大小、強度、耐震、沉陷量應極微小，與抽水機連結之原動機、配管及閥等相互務必不發生不均勻下陷，需控制正確進出口高程，以利進出管線銜接。

解說：

抽水機基礎之設計施工，應注意之事項如下：

1. 抽水機基礎高度，應考慮不受浸水之適當高度。

(1)抽水機基礎必需考慮機器重量及地盤之耐壓力，設置充分之面積與容積、強度、耐震，其沉陷量應極微小。

(2)與抽水機連結之原動機、配管及閥等相互務必不發生不均勻下陷。其基礎盡可能採一體構造，如不可能時，其連結部應採可撓性構造。

(3)基礎螺栓預留孔應有足夠大小，以免安裝機械之定心(centering)工作及填充水泥砂漿發生困難。

(4)為水平調整及定心工作之需要，機械底座及基礎面間須留適當空間(小型機約 30mm，大型機約 100mm)，並於安裝完妥後，以水泥砂漿填充之。

(5)除螺栓預留孔外，基礎之施工應注意尚有排水孔或配線配管等之預留孔。

2. 設計荷重

抽水機基礎通常須考慮下列荷重：

(1)抽水機荷重=(抽水機重量+水重)×1.2

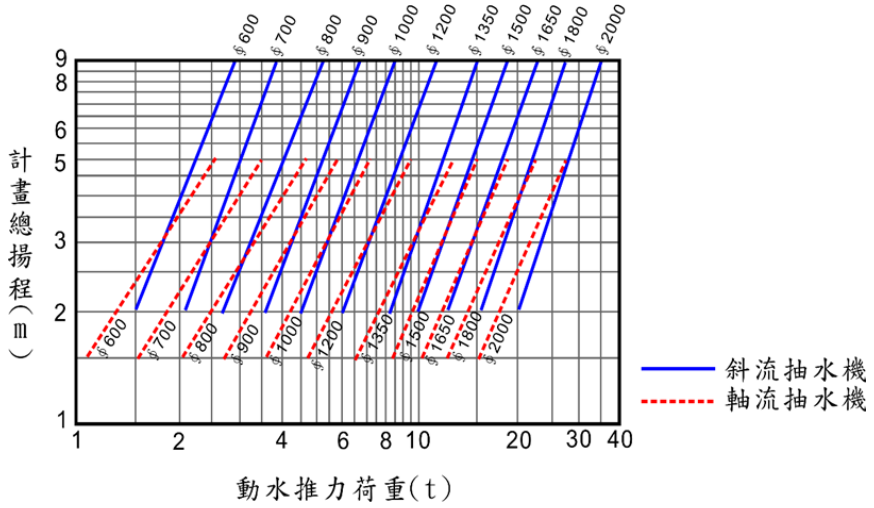
(2)內燃機荷重=(內燃機重量+基座重量)×1.3

(3)聯軸荷重=聯軸器重量×1.2

(4)出水閥荷重=(出水閥重量+水重)×1.2

(5)管路荷重=(管重量+水重)×1.2

(6)豎軸抽水機之動水推力荷重 (Hydraulic Thrust)，如圖 5.126



資料來源：環境工程技術研究班講義集(國立中央大學土木工程學研究所 73.6)

圖 5.126　抽水機之動水推力荷重參考圖

3. 內燃機基礎尺寸

內燃機基礎混凝土之大小，概略如下：

(1)混凝土重量為內燃機重量之 5 倍以上。

(2)混凝土基礎版之厚度應為汽缸內徑之 5～6 倍。

5.8 電動機

5.8.1 電動機選用

電動機是抽水機設備重要的動力源，必須要求穩定性和安全性，另一方面，由於電動機是抽水站主要耗電，因此電動機的節能可以有助於降低成本和減少溫室氣體排放，選用應注意下列事項

1. 電動機保護等級應依安裝地點之周圍環境而定，劃分為防爆範圍者應使用防爆設備。
2. 起動電流應符合臺灣電力股份有限公司屋內裝置規定。
3. 應選用適當的絕緣等級及服務係數。
4. 乾井抽水機採用之電動機需符合 CNS 14400 高效率馬達之 IE3 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)

解說：

1. 下水道工程設施標準第 22 條規定電動機應採用感應式電動機,保護等級型式,依安裝地點之周圍環境而定。
   (1)污水處理廠使用之電動機，大都為鼠籠式感應電動機非繞線型，其選擇之基本要求有使用環境(如屋內、外或防爆型)、結構形式及冷卻方法(如全閉外扇冷卻型、全閉外扇型)等。
   (2)電動機外殼之保護等級(IEC IP 碼)，如使用於屋外，屬潮濕場所，應為整體密閉、風扇冷卻；如使用於進流抽水站、前處理設施及污泥濃縮、消化機房，應依規定劃分防爆範圍並使用防爆設備，其構造等級至少符合經濟部頒布之「用戶用電設備裝置規則」為第 1 種場所或美規 NEC CLA.1 DIV.1 GROUP C&D 或日規 1 級，d2G4 或歐規 ZONE 1，Ex deIIB T4。防腐蝕場所如加藥機房及加氯機房,應選用防腐蝕之設備,採用美規 NEMA 4X 或對應之國際電工委員會 IEC IP56。
   (3)電動機外殼保護等級，國際電工委員會 IP 係以保護等級代號來認定該設備之防塵防異物進入及防濕防水特性。IP 保護等級是由兩個數字組成,第 1 個數字(0～6)表示設備之防塵、防異物進入之等級；第 2 個數字(0～9)表示設備之防濕、防水之等級。兩個數字組合起來愈大，表示保護等級愈高，如 IP54 表示部分防塵,可在水噴流狀況下發揮保護作用。詳如表 5.29,IEC 60529 防護等級標記說明，其保護等級在陸上防水型至少為 IEC IP54，水中型為至少為 IEC IP68。
2. 起動電流
   (1)當向停止的感應電動機施加額定電壓時，會流過很大的啟動電流，當該電流的功率因數較差時，如果電源容量小，電壓降可能會打開電磁開關或對同一系統中的其他設備產生不利影響。
   (2)起動電流應符合臺電公司屋內裝置規定。採用非全電壓起動者，應配合電動機之種類及容量依表 5.30 選用。

表 5.29　IEC 60 529 防護等級標記說明

第一位數	名稱	說明
0	—	等同於直接暴露，無法保護接觸與外物入侵
1	直徑 50 mm 和更大的固體異物防護	物體探測器－球體直徑－不可完全穿過
2	直徑 12.5 mm 和更大固體異物的防護	物體探測器－球體直徑－完全不得穿過分段測試指標允許侵入的長度最大為,但必須保持足夠的間隔距離
3	直徑 2.5 mm 和更大固體異物的防護	物體探測器－球體直徑－完全不得穿過
4	直徑 1.0 mm 和更大固體異物的防護	物體探測器－球體直徑－完全不得穿過
5	防塵	不可能完全阻止灰塵侵入,但灰塵的侵入量不能對裝置的正常工作或安全造成不良影響
6	灰塵密封	箱體內壓力為 20 毫巴－低壓時不應有灰塵侵入
第二位數	名稱	說明
0	無防護	-
1	水滴防護	垂直落下的水滴不應造成損害
2	外殼傾斜不超過15°,必須能提供水滴防護	當外殼兩側直立面傾斜角不超過 15° 時，垂直落下的水滴不得造成損害性的影響
3	濺水防護	以相對於外殼直立面60° 角朝兩側直立面潑水時，不可造成損害性的影響
4	噴水防護	從每個方向對準箱體噴射的水都不應造成損害
5	噴射水防護	從每個方向對準箱體噴射的水都不應造成損害
6	強力射水防護	從每個方向對準箱體強力噴射的水都不應造成損害
7	短時間浸入水中的防護	箱體在標準壓力和時間條件下短時間浸入水中時，水浸入量不應造成損害
8	長時間浸入水中的防護	箱體在製造商和用戶達成協定的條件下,長時間浸入水中時,水浸入量不應造成損害,條件必定較代碼 7更為嚴格
9	高壓水柱／蒸氣噴射清潔 從每個方向對準箱體大	幅度提高壓力的高壓水都不應造成損害

表 5.30　起動設備選擇

電動機種類	起動設備
鼠籠型感應電動機	1. Y－△減壓起動器
	2. 自耦變壓起動器
	3. 限流型起動器
	4. 一次電阻降壓起動
線繞轉子型感應電動機	起動電阻器

3. 絕緣等級及溫升

(1)絕緣等級是指電動機繞組採用的絕緣材料的耐熱等級。常用的絕緣材料等級為 A、E、B、F、H 五種。每一絕緣等級的絕緣材料都有相應的極限允許工作溫度。

表 5.31　絕緣等級及溫度關係

絕緣等級	Y 級	A 級	E 級	B 級	F 級	H 級
耐熱溫度	90℃	105℃	120℃	130℃	155℃	180℃

電動機運轉時，繞組最熱點的溫度不得超過表 5.31 的規定，否則會引起絕緣材料加速老化，縮短電動機壽命；如果溫度超過允許值很多，絕緣會損壞，導致燒燬。

(2)溫升則是電動機運轉時，因內部損失而發熱致溫度上升，且經過數小時之後即趨於一定之溫度。電動機之溫度與周圍氣溫之差謂之溫升，如果此溫升之值過高時，將加速絕緣物之劣化或燒損。

(3)重要抽水機其絕緣等級建議以 F class 以上為原則，次要抽水機應具有 E 級以上之絕緣等級；服務係數建議採 1.15，歐規服務係數為 1.0，其馬力數應乘以 1.15 選用。

4. 高效率感應電動機的適用範圍

(1)表 5.32 為 CNS14400「低壓三相鼠籠型高效率感應電動機(一般用)」電動機額定輸出功率表，是在額定頻率和額定電壓下運轉時，在電動機軸上連續產生的輸出。

(2)高效率感應電動機的適用範圍(IE-3)為低壓三相鼠籠式感應電動機，下列項目的電動機不在範圍內。

1) 專為變頻變器控制而設計的電動機。

2) 內置於機器(例如沉水抽水機、風扇和壓縮機)中且不能與機器分開測試的電動機。

3) 特殊用途的電動機(因未規定技術測量方法和評估方法)。

表 5.32　低壓三相鼠籠型感應電動機 IE3 能源效率基準

額定輸出功率		2 極			4 極			6 極			
		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率 η(%)		實施日期
kW	HP (參考值)	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	
0.75	1	3600	77.0	77.0	1800	85.5	85.5	1200	82.5	82.5	自一百零五年七月一日起
1.1	1.5		84.0	84.0		86.5	86.5		87.5	86.5	
1.5	2		85.5	85.5		86.5	86.5		88.5	87.5	
2.2	3		86.5	85.5		89.5	89.5		89.5	88.5	
3.7	5		88.5	86.5		89.5	89.5		89.5	89.5	
5.5	7.5		89.5	88.5		91.7	91.0		91.0	90.2	
7.5	10		90.2	89.5		91.7	91.7		91.0	91.7	
11	15		91.0	90.2		92.4	93.0		91.7	91.7	
15	20		91.0	91.0		93.0	93.0		91.7	92.4	
18.5	25		91.7	91.7		93.6	93.6		93.0	93.0	
22	30		91.7	91.7		93.6	94.1		93.0	93.6	
30	40		92.4	92.4		94.1	94.1		94.1	94.1	
37	50		93.0	93.0		94.5	94.5		94.1	94.1	
45	60		93.6	93.6		95.0	95.0		94.5	94.5	
55	75		93.6	93.6		95.4	95.0		94.5	94.5	
75	100		94.1	93.6		95.4	95.4		95.0	95.0	
90	125		95.0	94.1		95.4	95.4		95.0	95.0	
110	150		95.0	94.1		95.8	95.8		95.8	95.4	
150	200		95.4	95.0		96.2	95.8		95.8	95.4	
185~200	250~270		95.8	95.4		96.2	96.0		95.8	95.8	

5.8.2 傳動方式

電動機與抽水機間傳動方式，如以下項目。

1. 直接連接-以採撓性聯軸接頭為標準配置。
2. 齒輪減速機傳動-需要調整抽水機轉數時無法直接連接，可採用齒輪減速機傳動。
3. 液壓聯軸器。-如果負載變動較快，在功能上需要在電機和負載之間提供滑動等緩衝，可使用液壓聯軸器、電磁聯軸器等。

解說：

傳動方式應能可靠地將電動機的動力傳遞給抽水機等負載設備，並應具備吸收軸心偏心、減速功能等必要功能。

1. 直接連接

電動機和抽水機之間的標準連接是採用撓性聯軸器。這是因為軸的輕微錯位不會對驅動造成阻礙。

如果電動機和抽水機有不同的基礎並且存在不均勻沉陷的風險時，或軸會產生偏心位移(如推進腔抽水機)，可採用萬向接頭，或使用薄金屬彈性軸接頭。此外，大功率電動機中則會使用齒輪式軸接頭(齒輪聯軸器)。

2. 齒輪減速機傳動

如果由於負載需要減速可採用齒輪減速機傳動，齒輪減速機傳動裝置一般為油浴式。對於高負載可採用強制潤滑方式，需要油冷卻器和初始潤滑裝置等輔助設備。

3. 液壓聯軸器

當負載變動較大時，如果使用液壓聯軸器、電磁聯軸器等作為軸接頭，在過載的情況下，可透過滑動吸收負載保護電動機。

5.8.3 電動機保護裝置

電動機保護裝置，應考慮以下項目

1. 防止誤操作

電動機和啟動器的開關與二次短路裝置之間設有聯鎖裝置，以防止誤操作。

2. 故障保護

電動機可配備在發生浸水、高溫、短路、過流、接地故障、欠相或低電壓時之保護電路。

解說：

安裝保護裝置在電動機本體操作損壞和可保護工作人員維護檢查過程中免受危險。

1. 防止誤操作

為防止繞線式電動機啟動時發生電氣事故，應加裝保護裝置，使啟動器和電動機二次側短路裝置未回到啟動位置時開關不能合閘。

2. 故障保護

為防止浸水、過溫、短路、過流、接地故障、欠相或低電壓等造成操作維護危險和停電後重送危險，應考量需求在抽水機安裝偵測器，並於配電盤或配電箱上安裝保護線路、警報，以在發生故障時及時切斷電路並告知操作維護人員。

5.9 內燃機

電動機或內燃機用作抽水機設備的驅動裝置。內燃機使用的電能較少，因此其電費較低，但需要注意燃料成本、溫室氣體排放以及避免燃料災害的發生。採用時，將考慮各種條件來決定。

5.9.1 種類

內燃機應以柴油機為標準，選用時應綜合考量所在場所的大氣條件、運轉條件、安全性、可靠性、可維修性、環境條件等因素。

解說：

依據下水道工程設施標準第 23 條規定，內燃機設置規定如下：

1. 雨水抽水機之動力或備用發電之原動機，應為柴油內燃機。
2. 柴油內燃機應設置之輔助設備：
   (1)可貯存四十八小時連續運轉所需油類之燃料箱。
   (2)起動設備：空氣起動者：壓縮空氣筒及空氣壓縮機；電力起動者：蓄電池及充電設備。
   (3)冷卻水設備。
   (4)潤滑油設備。
   (5)消音設備。
   (6)使用大型內燃機者應裝設電動吊車。

由於內燃機的輸出因大氣壓力、溫度、濕度、冷卻水溫度、進排氣管阻力等條件而變化，因此需要充分考慮發動機所在場所的大氣條件和運轉條件。

選用機型，應檢核包括噪音及振動值，必要時採取如隔振裝置、獨立基礎等噪音振動防制對策。

內燃機的啟動方式有空氣啟動式和電啟動式兩種。空氣啟動方式包括分配閥啟動和氣動馬達啟動，將壓縮空氣直接送入氣缸進行啟動，一般採用分配閥的空氣啟動方式。電啟動器啟動器由於啟動扭矩和直流電源容量大，用於小型發動機。

調速機有多種類型：機械式、機械液壓式、電子式和電液式。機械式多用於小型發動機，機械液壓式、電子式和電動式多用於中型發動機和更大的發動機。採用液壓式。調速器應能在機器側手動調節轉速。

一般採用電子式調速器控制。調速器應能調節使自無負載至全負載間之轉速變動率不超過額定轉速±3%或規定值，除電子式調速器外，需另配有手動油門操作裝置，俾使電動調速器故障時，可直接連結手動或腳踩操作器，使內燃機繼續操控運轉。

在不同轉速下運轉時，要充分考慮扭轉振動的問題。

在寒冷地區冬季柴油機啟動較困難，因此要根據發動機的溫度和結構，採取加熱機艙、冷卻水、燃油、預熱潤滑油等措施。

5.9.2 進排氣管、消音器和排氣措施

內燃機的排氣和消音措施，應考慮下列項目

1. 排氣系統-內燃機設有排氣管和消音器。
2. 廢氣對策-根據內燃機的類型、容量和周圍環境採取廢氣處理措施。

解說：

1. 排氣系統

來自內燃機的廢氣通過排氣管和消音器等排氣系統被排放到外部空氣中。如果排氣系統的阻力增大，可能會降低內燃機的輸出功率，因此，應確定排氣管的路徑和橫截面，使其不超過內燃機背壓的允許限值。

一般排氣系統需為每一組內燃機各自獨立，排氣系統包括排氣歧管及煙道，消音器，排氣歧管至渦輪增壓器處之隔熱裝置。

內燃機排氣系統之背壓超過容許範圍時，即會降低其輸出動力，故設計排氣系統時，必需使排氣管路盡量短，同時盡量避免使用彎管。背壓容許範圍依內燃機種類不同而異，一般以 300～400mmAq 為原則。而排氣溫度通常為 300～400℃，故需設耐熱可撓伸縮管，並設隔熱設施，以免室內溫度太高，另為防止雨水流入排氣管出口需有適當之防水設計。

如果安裝兩台或多台內燃機，如採集中煙道排氣時，應將廢氣順利引導至煙囪，並安裝防倒流擋板。

如果僅採用隔熱措施進行檢查等時存在危險風險，請考慮使用圍欄等進行分隔。

對於消音器，要考慮聲源的特性來選擇有效的消音器，並根據需要考慮組合具有不同衰減特性的消音器。此外，為了防止從排氣管和消音器傳來的聲音，考慮在室內安裝吸音材料和消音器的外部。

此外，還將安裝防鳥網，防止鳥獸進入排氣管。

改擴建時應考慮對既有設施的影響、周圍環境和對居民的反應等措施。由於安裝時所需的消音性能可能會因周圍環境的變化而發生變化，例如產生低頻噪音，因此需一併考量；此外，散熱量可能會因容量等規格的變化而發生變化，這可能會影響既有的通風設備。

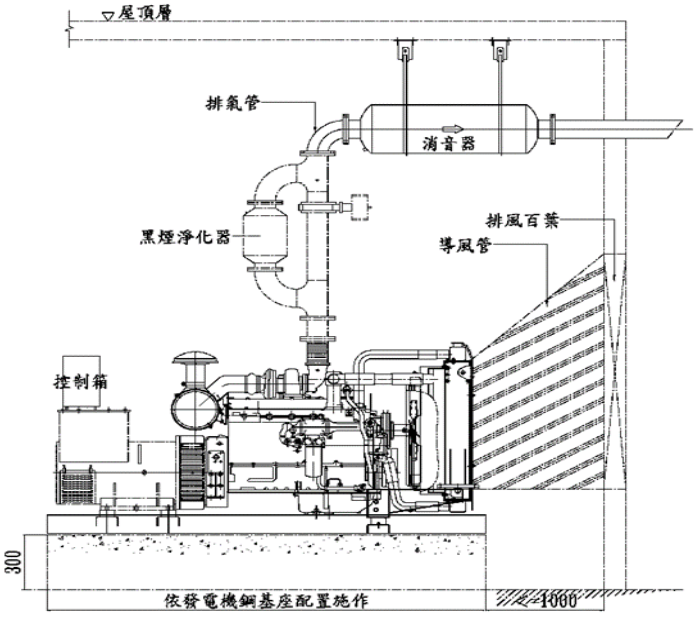


圖 5.127　柴油內燃機發電機與排氣管配置示意圖
上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

2. 廢氣對策

廢氣中含有氮氧化物(NOx)和硫氧化物(SOx)等空氣污染物。應檢討環保法規要求，並依據檢討結果設置空污防制設備。

由於柴油發動機在啟動和負載變動時可能產生黑煙，因此還需考慮採取必要的排煙措施(黑煙、白煙)。

5.9.3 動力傳動裝置

動力傳遞裝置的確定，應考慮以下項目。

1. 連接內燃機和抽水機時，可使用齒輪減速機和軸接頭，必要時安裝離合器或液力偶合器。
2. 與發電機的連接方式內燃機與發電機的標準連接方式是直接連接。

解說：

動力傳動裝置應能將內燃機的動力可靠地傳遞給抽水機和發電機，並應具有吸收軸偏心、減速功能等必要功能。

此外，還應注意降低動力傳動裝置產生的噪音，並通過提高效率來節約能源。

1. 與抽水機的連接方式

對抽水機的動力傳遞裝置的一般配置是通過減速器和軸接頭從內燃機驅動抽水機。根據內燃機的類型、啟動裝置和試車方法，可以使用離合器或液力偶合器。

齒輪減速機的傳動能力是根據內燃機的類型、接頭的類型、工作時間等因素來確定的。考慮到內燃機的類型、傳動能力、軸轉速、安裝位置、安裝精度等，應選擇不會在動力傳動系統中引起異常振動的軸接頭。

2. 與發電機的連接方法

作為內燃機與發電機直接連接的方式，發電機為雙軸承時一般採用柔性接頭，發電機為單軸承時一般採用固定軸接頭。

5.9.4 燃油供應系統

燃油供應系統一般包括主儲油槽、日用油箱、供油抽水機、液位開關連接裝置、配管等，供油抽水機一般為電動橫軸齒輪式或為單吸渦卷式，應具有能力將主儲油槽之燃油輸送至日用油箱。

解說：

燃油供應系統應包括儲油槽、供油泵(含控制盤)、必要之設備接地設備、油管、配件、閥、油位計、油泵壓力錶及所有必需之設備、爬梯、欄杆、控制裝置、附件等。

1. 儲油槽

儲油槽可為臥、立式圓筒型，一般採結構鋼(JIS SS400)製外覆防蝕塗料材質，或以雙層 FRP 或更佳之材質製作。儲油槽構造組合包含人孔及蓋、爬

梯、吊耳、通氣管、油入口、迴油口閥、通氣管閥(並防止水濺入)、底部排放閥、油位計、油位指示器、卸油口，注油口(含快速接頭)等，儲油槽之前端應裝設 80A 之過濾器，後端應裝設 80A 之複式切換過濾器。

依「下水道工程設施標準(營建署 98.11.27 修正發布)」第 23 條第 2 款規定：柴油內燃機應設置之輔助設備，可貯存四十八小時連續運轉所需油類之燃料箱。

2. 主儲油槽容量估算

主儲油槽容量，依下式計算：

$$V = ((Be * Pe * T) / (1000 * \rho b)) \times \alpha \quad \text{.....(5-45)}$$

式中：

V：儲油槽容量(Kl)

Be：燃油消耗率(kg/PS×hr)，詳表 5.33

Pe：內燃機輸出動力(PS)

T：運轉時間，採 48hr 計

α：餘裕量，採 1.2～1.3

ρb：柴油密度：中國石油輕質柴油 0.83kg/l、中國石油重油柴油 0.85kg/l、超級柴油 0.8kg/l

表 5.33　內燃機輸出動力與燃油消耗率

內燃機輸出動力(PS)	燃油消耗率(kg/PS×hr)
100～300	0.27
300～500	0.20
500～1000	0.18
1000 以上	0.17

資料來源：環境工程技術研究班講義集(國立中央大學土木工程學研究所 73.6)

雨水抽水站使用時，運轉期間大部份是風雨交加，欲臨時購油恐有困難，因此宜備有足夠一次連續運轉需要之油料，並應附有油抽水機及供油管線系統等，其設計容量通常大於實際需要量之 1.1 倍；另為消防考慮，於其周圍設阻油堤，堤內之有效容積應為蓄油量之 1.2 倍以上，且最好維持 0.3m 以上之出水高。燃油供應系統詳圖 5.128。

3. 日用油箱

日用油箱容量應具 8 小時耗油量為設計實際容積基準，日用油箱主要材質採碳鋼 SS400+防蝕塗裝或 SUS304 材質，或於室內可採 FRP 耐蝕桶槽。自動化操作亦可搭配油位計與燃油輸送抽水機連鎖，俟低油位時應自動啟動燃油輸送抽水機補充日用油箱油位。燃油輸送抽水機與油位計如置於與油箱同區之密閉空間時，宜設排氣裝置且應依防爆設置規定採用耐壓且防爆產品。

日用油箱組合包含油位計、排氣孔、油出入口及其他必要配件等，並設有自動油位指示計、傳訊器及連接線路，以控制油泵啟動並將油位訊號連接

至控制盤。自動量測油位高低，於油位達預設之高度時可啟動或停止油泵，並預留油位高度傳輸接點供控制室使用，當油泵應啟動而未啟動或應停止而未停止時，應於控制室發出警報。

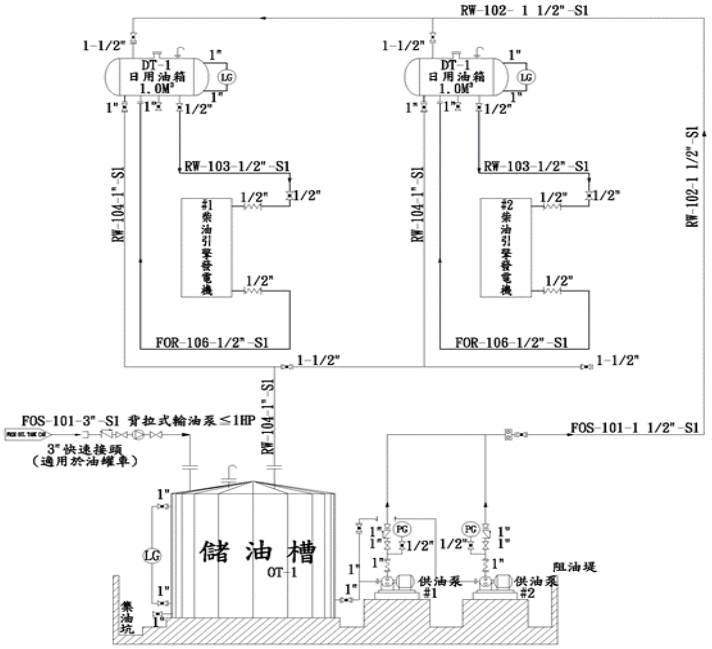


圖 5.128　儲油槽及燃油抽水機管線安裝配置示意圖
上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

4. 供油泵

供油泵一般為電動橫軸齒輪式或為單吸渦卷式，需為適合柴油之輸送，油泵之選用需具足夠能力，將儲油槽之燃油輸送至各柴油內燃機發電機之日用油箱，設二台(含)以上日用油箱供油泵，係採自動交互運轉，且需為防爆電動型，並具有不外洩之構造。其揚程、流量及馬力應足夠供應抽水站操作之實際功能需求。其與流體接觸部份材質需為鑄鐵、不銹鋼或更佳材質，並附機械軸封。馬達型式一般為鼠籠式，絕緣 F 級以上。

5. 配管及閥件

燃油管及閥件之材質一般採用標準厚度 S.10 或更大厚度之不銹鋼鋼管，供油管、迴管等之口徑、日用油箱油管口徑，應配合供油泵出口及內燃機需求。

5.9.5 冷卻系統

內燃機汽缸中之氣體溫度遠高於大氣溫度，如無法將其中一部份熱量傳出，需加裝冷卻系統方能達到散熱效果，避免內燃機受損。

解說：

冷卻系統應為強制循環密閉式水箱風扇冷卻系統，可避免避免因颱風期間水塔內循環水喪失造成冷卻系統失效，每一內燃機組均個別設有散熱水箱及風扇冷

卻系統。該冷卻系統應有足夠容量滿足內燃機超負載 10%運轉所需之散熱能力，俾使整個機組能獲得適當冷卻。

- 散熱風扇需為外吹式，其風扇皮帶周圍應有適當防護罩隔離。
- 每一內燃機應設有冷卻水濾清器含適當防銹劑，裝置於內燃機側。
- 在水套尾端之旁通管，裝設有溫度感應元件之溫度調節器。
- 每一內燃機設有冷卻水溫過高及水箱水位過低之停機功能，並具液位顯示。

水槽循環冷卻式系統，冷卻水需要量包括內燃機冷卻水需要量(QWE)及齒輪變速箱冷卻水需要量(QWG)。其總冷卻水需要量(QWC)計算

1. 冷卻水系統

(1)柴油內燃機冷卻水量(Q_{WE})

$$Q_{WE}=\frac{Q_V}{\nabla T\times 60} \quad \text{.....(5-46)}$$

$$=\frac{P_e\times B_e\times H_u\times \gamma}{\nabla T\times 60}(1/min)$$

式中：

$Q_v=P_e x B_E x H_u x \gamma$

B_e：燃油消耗率(kg/PS×hr）

P_e：內燃機輸出動力(PS)

H_u：燃料發熱量，一般採重油 10,200Kcal/Kg

γ ：冷卻水放熱效率，一般採 0.3

∇T ：出入口溫差，一般採 15°C

(2)減速機冷卻水量(Q_{WG})

$$Q_{WG}=\frac{0.17565\times 60\times P_1}{\nabla T} \quad \text{.....(5-47)}$$

∇T (溫差)=0.3°C

$\therefore Q_{WG}\fallingdotseq 3.5\times P_1$

式中：

P_1：損失馬力(PS)

(3)冷卻水需要量(Q_{WC})

$Q_{WC}=Q_{WE}+Q_{WG}$

5.9.6 通風換氣設備

通風設備的設置關係到抽水機房所設置內燃機設備(柴油內燃機、發電機)、動力傳動裝置(角齒輪、離合器)等設備於長時運轉下所發生之幅射熱，會造成抽水機房溫度上昇，各設備運轉時相關潤滑油品及燃料油汽化造成室內空氣污染，以及內燃機設備燃燒所需必要空氣量供給，因此需設置通風換氣設備。

通風換氣設備一般可分為自然式及強制式兩種。

解說：

1. 自然式通風

形成自然通風的主要驅動力為結構物內外溫度差產生之浮力換氣，及外風造成室內各部壓力不同產生的風力換氣等兩種。浮力換氣及風力換氣對自然通風的影響常因風向、風速、日照量等氣象因子之變化而改變。隨著這兩種動力作用程度之相異，結構物所能達成的自然通風量亦有所不同。且自然通風量也因結構物本身構造、通氣窗形狀、面積，位置等之不同而有所差異。

2. 強制式通風

強制通風又稱為機械通風，係使用風扇及風管之組合，以動力驅使之通風方法。設計時通常在一側設置空氣流入開口，而於相對側設置通風扇抽風，使空氣產生對流，藉以達到通風排氣之目的。風扇之種類大致可分為離心式與軸流式風扇兩大類。

5.9.7 噪音對策

抽水站噪音之防制，乃係針對噪音形成要素，包括噪音源及聲音傳遞路線加以改善。

解說：

針對抽水站噪音防制措施之設計，應先瞭解所需防護之對象，防護對象原則上可分為工作人員及周遭住民。對於工作人員之噪音防制應依勞工安全衛生設施規則辦理。對於抽水站產生之噪音過大影響周遭居民時，噪音防制應依噪音管制標準規定辦理。

1. 噪音源

噪音源之改善，基本上可從音源物體本身之設計、操作及維護著手。由於站內機械設備本體之設計建造，通常須考量機械設備之效能與專屬用途，因此往往較難僅針對噪音問題尋求出最佳之設計，惟可利用適當之防音處理或良好之操作保養，以降低噪音的產生。通常噪音源改善之具體方式，除了選擇低噪音、低振動之設備外，一般可藉由下列兩種方式來處理，(A)更換部份之機械設備零件，(B)使用阻尼材料(如橡膠、塑膠類等)包覆機械設備，將來自機械設備之振動能量吸收，減少振動能量之傳遞，以降低其所產生之噪音。

2. 噪音傳遞路線

可於噪音傳播路徑加裝吸音材質、聲音遮斷材料，如設置隔音牆或防音屏；或使用重質材料(如水泥建築)將噪音密閉，並於其內壁加裝吸音材質等。

3. 消音之設計

消音設計，包括噪音防制及振動防護，簡述如下：

噪音防制設計上可考量A.利用吸音材料降低室內噪音,如採用吸音建材，B.阻隔空氣傳播的聲音，如以牆、門、窗、隔音罩及隔音屏等固體物阻隔，

C.採用消音技術設備，如消音器來降低噪音，其種類可分為阻性、抗性及阻抗複合式消音器等三種類型。

而抽水站可採用之隔振方式，包括於機器基座與樓板選取橡膠墊塊及鋼彈簧等複合減振系統，而管道部份則採用撓性接頭。

整體而言，一般抽水站機房內噪音改善之設計，可採用消音器、消音罩、隔音設備及隔振彈簧等多種方式來降低噪音。

5.9.8 保溫隔熱

內燃機本體輻射熱可藉由散熱風扇將熱氣帶出室外，惟內燃機排氣管路、消音器、黑煙淨化器等亦為內燃機運轉時會隨之產生高輻射熱之設施，故為將其熱源與室內氣體隔絕，而需於其外部設保溫材料予以隔熱，以確保作業人員安全。

5.10 特殊抽水機形式

5.10.1 螺旋式抽水機(Archimedes screw)

螺旋式抽水機(或阿基米得螺旋抽水機)屬於正位移型抽水機，如圖5.129。此型抽水機之構造為於一可旋轉之中心軸上裝設一片或二片或三片螺旋型葉片，放置於一傾斜之半圓型溝槽(開放型螺旋抽水機)或圓型筒內轉動(閉合型螺旋抽水機)，將水沿溝槽或圓筒一起旋轉往上推移。

解說：

螺旋式抽水機其輸送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之優點，其另一項顯著優點，即可抽水機送含大顆粒固體物之污水而不造成阻塞(不需設置攔污柵)；而於變化甚大之流量範圍內維持定速運轉仍能保有甚佳之效率。而缺點係因旋轉會引起亂流，使污水的臭氣及其它揮發性物質釋出。

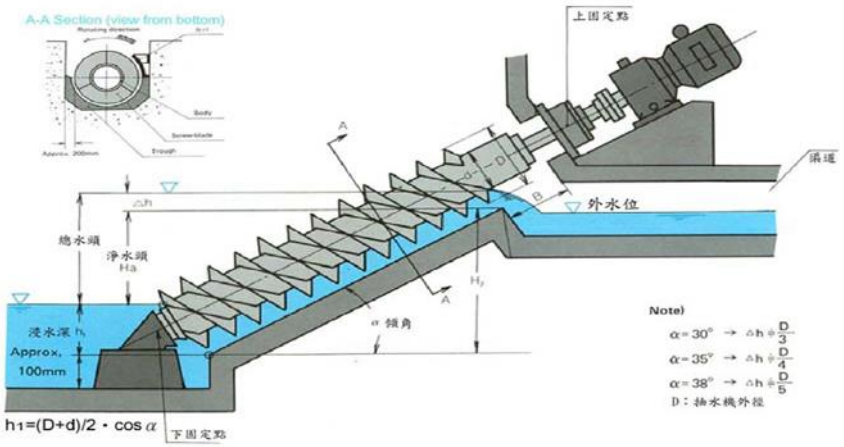


圖 5.129　螺旋式抽水機構造示意圖

此型抽水機之尺寸，常用者介於直徑 0.3～3.0 公尺之間，抽水量介於 0.01～3.2CMS 之間。抽水機之傾斜角度可介於 30～38 度之間；同一直徑之抽水機，傾斜角小者抽水量較大，惟所需之用地面積亦較大。此型抽水機一部所能揚水之最大高度約 9 公尺，此係因螺旋式結構需要之限制所致。螺旋式抽水機之選用，需先向該種抽水機之製造商確認，再據以設計。

此型抽水機通常以定速馬達帶動，馬達轉速經減速機減速及傳動抽水機，其轉速介於 30～50 rpm 之間。抽水量之多少，係視進入螺旋之水深而定，水位低抽水量就少。

螺旋式抽水機型式可分(1)開放型螺旋抽水機(螺旋於槽中旋轉)及(2)閉合型螺旋抽水機(螺旋及其閉合圓柱筒一起旋轉)。

1. 開放型螺旋抽水機

開放型螺旋抽水機(如圖 5.130)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。

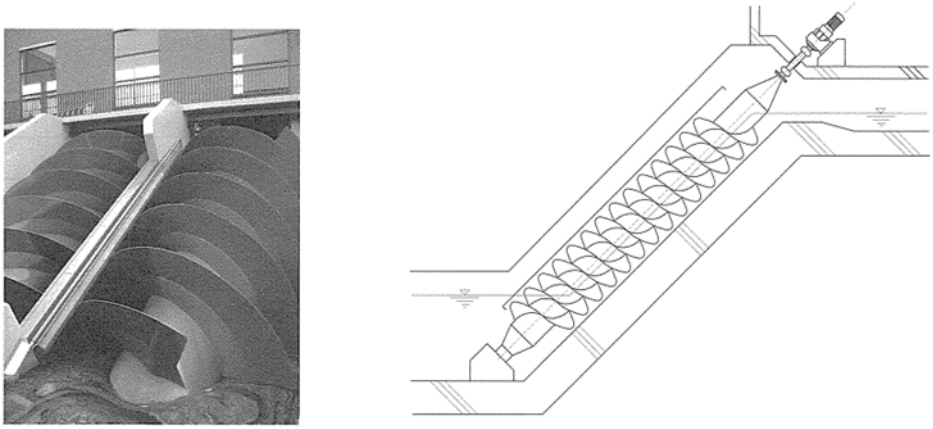


圖 5.130　開放型螺旋抽水機

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旋葉。較小的抽水機可採用鋼槽，惟較常用的應為混凝土槽。抽水機槽上沿著螺旋型葉板的上揚側裝有組立之屈折板，其凹曲面係由槽壁的圓弧所延伸，此種裝置可增加抽水機之效率。

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 0.3m 的水頭損失不計，整個抽水機系統在設計流量時最大之效率可達 80%。在約 30%之設計流量時，由於摩擦損失及流

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°。

此種抽水機之安裝簡易，在斜坡上澆置混凝土時可先以假安裝，即可使抽水機與混凝土槽間更密合。

2. 閉合型螺旋抽水機

閉合型螺旋抽水機(如圖 5.131)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之徑向推力。因螺旋與閉合圓柱筒一體成型，故不需大量混凝土結構。

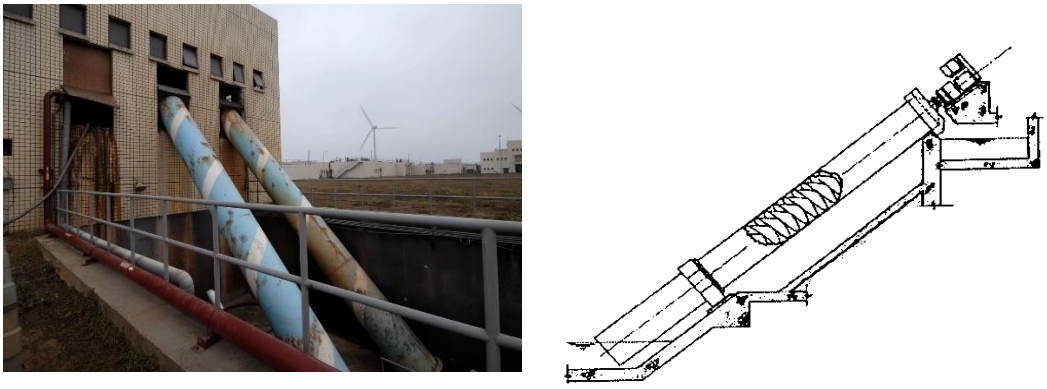


圖 5.131　閉合型螺旋抽水機

5.10.2 閘門抽水機

由於都會環境用地狹小或是早期設置之抽水站不敷使用，改擴建時因用地侷限而無法擴建，可採用閘門抽水機(GATE PUMP)。

解說：

因為閘門抽水機係設置於重力出口渠道(如圖 5.132)，因此閘門抽水機抽水量之選用，受限於既有渠道寬度、高度及內外水位關係等因素，須視情況評估選用。

1. 抽水機「軸向型式」及「共構型式」

其抽水機需隨閘門門體啟閉，因此係採沉水式抽水機與閘門結合為「閘門抽水機」，主抽水機依「軸向型式」，分為豎軸型與橫軸型，如圖 5.133。

豎軸型抽水機葉輪設置於進水口下方，抽水機與閘門成平行方向，排水渠道水位到達起抽水位即可進行抽水；橫軸型抽水機葉輪設置於進水口前方或後方，排水渠道水位較低時即可進行抽水。橫軸閘門抽水機適用於常閉型閘門，其抽水機不運轉亦可小量排水，所需之浸沒深度較小，因抽水機體積較小，而可安裝於較小渠道。而閘門抽水機共構型式，又可分突出型及內藏型，應配合既有渠道及水流條件選用。

2. 閘門抽水機設計考量

一般閘門組吊門機提吊力為最大提吊荷重之 125%，此項最大提吊荷重包

括吊桿重量，門扇重量，水封、輥輪及導輪之摩擦力、越頂溢流水作用力及閘門開啟時可能發生之下拉力。

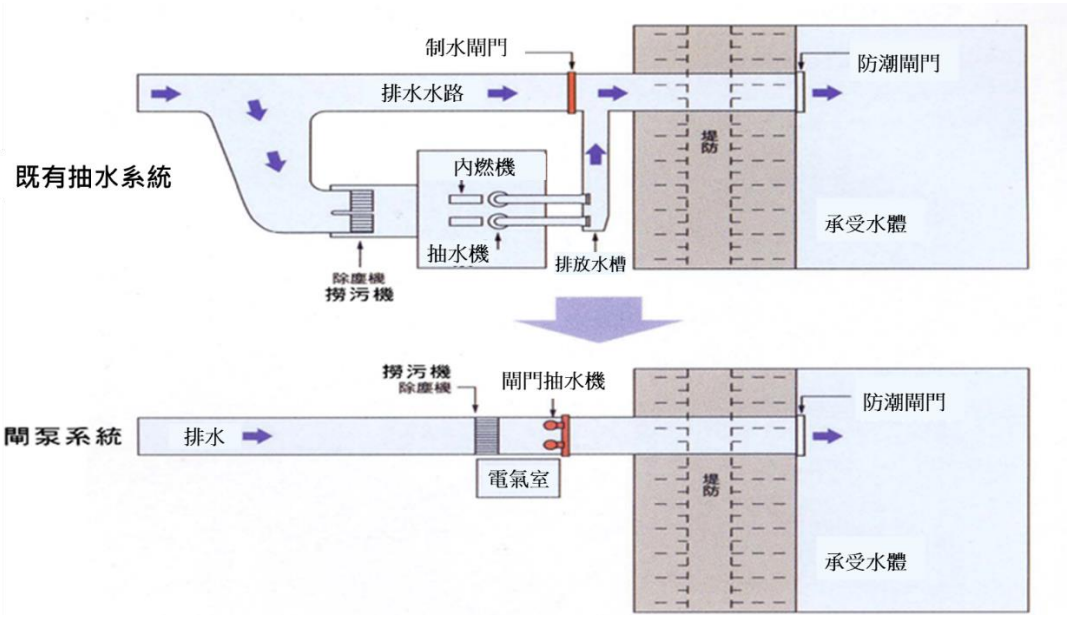


圖 5.132　閘門抽水機系統平面佈置示意圖

上圖整理自營建署「雨水下水道設計指南」109 年版

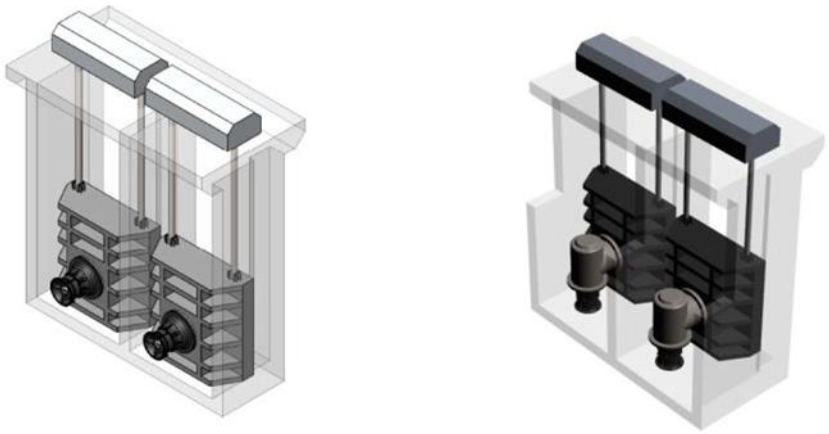


圖 5.133　豎軸式、橫軸式閘門抽水機示意圖

資料來源：GATE PUMP PUMPING STATION GRUNDFOS 公司

而閘門抽水機之吊門機，除上述之提吊力外，另需增加計算抽水機、抽水管、舌閥、纜線及纜線架之重量，以及抽水機運轉時之推力及振動之考量。閘門抽水機抽水機組並沒有可裝置防震接頭的空間，因此閘門抽水機設計需克服抽水機運轉振動問題，以確保抽水機運轉順利及使用年限。

閘門因抽水機運轉產生的振動分為橫向及縱向兩種，而目前設計係以固定滾輪加設彈簧墊圈來吸收抽水機運轉產生的橫向振動，彈簧墊圈依抽水機大小推力調整；而縱向振動部份，則由吊桿式吊門機來克服，乃係因其製造規範皆有要求需具備過扭力裝置，且為機械式可調整型，如此調整過扭力裝

置的扭力值及調整下限開關延時(機械式扭力裝置亦是以彈簧墊圈做扭力值調整)，既可吸收抽水機運轉產生的縱向振動，扭力值調整依製造廠標準既可。

3. 活動式撈污機

抽水機可跟隨閘門啟閉，平時檢修保養相當方便且容易，惟不論橫軸式閘門抽水機及豎軸式閘門抽水機，均需於閘門抽水機前設置活動式撈污機攔截雜物，以免影響抽水機之運轉，如圖 5.134。

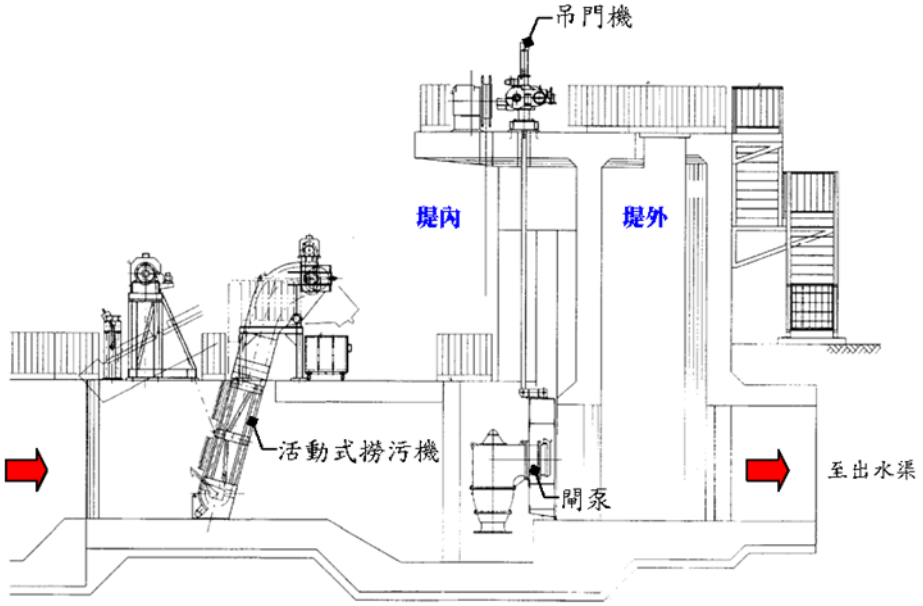


圖 5.134　閘門抽水機抽水站縱斷面示意圖

下水道技術相關手冊編修訂計畫
第一階段「下水道系統設計及解說(增修訂)(第三版)」
初稿審查會議紀錄 意見回覆表
111 年 8 月 15 日

委員意見	回覆
（一）凌委員邦暉	
1. 序中第六段「污水下水道工程設計及解說」(105 年版)，經查是否應為「污水下水道工程設計指針與解說」	謝謝指教。 漏字已加修訂。
2. 相關重要名詞建議，應有說明。	閱讀本設計及解說者，應已有相關下水道涵養，且名詞皆已於出現時做敘述。
3. 驗證降雨強度分為 LEVEL 1 及 LEVEL 2，表 3.1 中說明 L1 之標準為介於計畫降雨及最大降雨間，是否範圍過大，且依 P.76，驗證降雨對策此範圍降雨仍以工程手段為主，是否有其必要?是否可適當調降 L2 之標準，以利非工程手段之提早藉入。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。(原第三章已前移為第二章，以下同)。
4. 考慮時間軸做階段性的雨水管理計畫立意良好，與工程會目前強調工程全命週期設計一致，但內容不明確，建議應針對規劃、設計、施工及後續管理等階段於設計時應注意事項並進行解說。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
5. P.78，雨水管理設施規劃的基本考量， (1)雨水下水道設施計畫原則，所列 6 點原則是否有必要(是否為壓力管原則 P.84~85)，是否應於後第四章說明即可；或採 3.3.3 小節內說明。 (2)雨水流出抑制設施導入應為提高雨水下水道設計標準之手段，非為計畫降雨之基本考量，請確認。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
6. P.79，計畫雨水逕流量、計畫雨水量、最大計畫雨水逕流量，建議統一名稱，建議依『下水道工程設施標準』第 2 條標準名詞定義「計畫逕流量」為統一名稱。	感謝委員指導，配合統一修正為「計畫逕流量」。

委員意見	回覆
7. SWMM 進行計畫流量之計算於模式中有不同之方式可採用，建議經比較後建議採用之方式，以利計算之一致性。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
8. P.82，圖 3.7 中圖(1)應為地面平坦時劃分法，圖(2)為坡度較大時劃分法，請修正。	感謝委員指導，已配合修正於 2.3.6。
9. P.83，2)受到外水位對背水的影響時，「背水」是應為「迴水」之誤，請確認。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
10. P.84，設計水位、設計水深之定義建議明確說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第三章內容。
11. 3.3.5 雨水抽站規劃原則，雨水抽水量中說明計畫排水量及解說 3 中之應能達到計畫逕流量等名詞應能統一。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第三章內容。
12. P.90，設置密度應有定義，請補充；圖 3.12 中，有效降雨一般應已考量扣除入滲之概念，其後再次考量滲透是否合理，且圖中「放集水體」一詞為何意?	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第三章內容。
13. P.93，圖 4.1 中有關倒虹吸管、壓力式管路系統，均標示只適用污水是否合理，請確認。	已加修改。
14. P.93，2.管理為主的規劃與設計第一段第一行之文字請再校核，是否第二個計畫污水量應為計畫水量之誤，同理 P.94 第一行亦同。	已加修改。
15. P.97，4.1.1 計畫污水量，是否應為計畫水量，另雨水管之計畫雨水量則依計畫雨水量計算一詞是否合理，且與解說明中之設計雨水量有何不同?。	已加修改。
16. 餘裕量之解說明雨水管未如污水量有建議，是否有必要加入，請再考量。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
17. P.98，流量計算中 Q=A×V 為連續方程非為曼寧公式、庫特公式等，公式表示請修正。	已加修改。
18. P.105，階梯狀跌落(如圖 4.25)，應為	已加修改。

委員意見	回覆
圖 4.24 之誤，請校核。	
19. P.106，圖 4.8 中矩形管渠剖面圖所示低部為一弧形面與一般採用水平或複式均不同，且施工不易是否採用此形狀請再考量。	已加修改。
20. P.115，雨水管最小管徑說明應與污水管不同，建議應分開說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
21. 第四章 4.1~4.7，主要均以污水管為主，雨水部分內容明顯不足建議分開撰寫。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
22. 4.9 雨水非現場貯留設施，其目的若主要為滯洪調節建議補充定義及修正名詞，其中 4.9.4 貯留設施容量估算，參考依據是否以營建署研究案為主。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
23. 抽水站規模檢討，有關壓減率不建議採用本人無意見，但依目前重新檢討規劃所瞭解，目前抽水量亦有採用依 SWMM 動態模擬成果進行抽水站規模之檢討，是應納入請考量；除此之外是否應針對抽水站位置採用暴雨或颱風雨之條件進行檢討說明。	1. SWMM 動態模擬成果已納入 2. 抽水站位置採用暴雨或颱風雨之條件進行檢討，原 5.3.1.1 解說 1.(1)已說明。
24. 雨水抽水站內外水位之檢討，對內水位(操作水位)未見相關論述及檢討。	已於 5.3.1.4 解說補充
25. 抽水站雨、污水因抽排量及揚程明顯不同，建議分開撰寫。	抽水量等說明屬一致性描述，不另分節。
26. P.235，公式 5-2 之依據來源，建議有解說。同理 P.237 公式 5-3、P.298 公式 5-30~5-32)亦同，且其符號 n 之說明請補充。	本書為設計應用，原始公式之解說不另做細部說明。
27. 本計畫名稱「下水道系統設計及解說」是否應以設計及解說設計時應注意問題為主，規劃之原則已有其它相關規定是否有必要於本計畫再次重覆，請考量。	基於完整性，仍做整體敘述較宜。
（二）羅委員秋秀	
1. P5，近四年來，…..評比各國污水處理率資料中，依據 2019 年公告之各國整	謝謝指教。 已加修訂。

委員意見	回覆
體污水處理率，我國在 48 個評比國家中排名第 39，如表 1.1，顯示有待積極推動。其實 IMD 2022 評比已公告，我國在眾評比國家中排名落至第 46，雖然我國的整體污水處理率提升至 64.5%，請重新 UPDATE 此章節及表 1.1。	
2. P9，1.5.2 污水處理及水再生利用，此章節缺水再生利用之敘述，請補正。	標題已修正，已與內文更契合。
3. P29 第 2 行，由於下水道管渠係收集各種污水….，以及因砂土滲入影響水流，造成阻塞而有從人孔溢水之問題，應能極力避免。建議改成應極力避免。	已加文字修改。
4. P29，2.2.8 抽水站設施，解說：1.抽水站的位置，本節敘述之內容不達意，請修正。	已加文字修改。
5. P61，有關雨水管理計畫，目前各縣市有其雨水下水道規劃書，而此雨水管理計畫書位階將高於現有之雨水下水道規劃書，所以此計畫似乎後續需要與新的子法銜接。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
6. P62，3.2.1 雨水管理計畫之基本考量及擬定流程，解說：1 考慮時間軸做階段性的雨水下水道設施維護及建設計畫，時間軸可否加註英文(Timeline?)，時間軸與本文內之期程(Schedule)意義不一定相等。時間軸包含未來之計畫期程還包括舊有及現有之水文資料與災情之紀錄。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
7. P65，註：4.根據「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」第 4 條，及「災害防救法」第 48 條，實際居住的住處因水災淹水達 50 公分以上，可以申請水災 補助，即將 50 公分以上訂為淹水，以下則為積水。此註是補充表內何項?	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。

委員意見	回覆
8. P69，3.2.4 考慮時間軸做階段性的雨水管理計畫，1.階段性的維護及建設計畫…，此敘述就比本意見書第 6 條正確。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
9. P158，4.5.1 屋外排水設備，用戶污水下水道接管時，應注意事項包括：1….3…容易管理。建議加上 4.建物接出之雨水管與污水管不能錯接。	已取消。
10. P160，4.5.3 附屬設備 7.通風管為了保護排水陷阱中的密封水，應為為了保護排水存水彎中的密封水。請修善。	已加修改。
11. P207，圖 5.1 下水道系統抽揚水站分類本圖及本節未明列及說明污水紓流揚水站，請補充。	污水紓流揚水站仍屬處理廠抽揚水站範圍，不另列明
12. P229，表 5.4 備註：Q 為….。不含備水台數，有錯字。	已修正
13. P230，NPSH(有效淨吸水高度(淨吸水高度)/Net Positive Suction Head)防洪抽水機大多採用軸流或斜/混流抽水機，故其比流速(比速)有一定之範圍，否則將影響效率，因浸水深取決於 NPSH 之大小(因浸水與 NPSH 無關)，而 NPSH (Ns)又與揚程息息相關，故選擇抽水機回轉數時，應考慮不使 NPSH 太大。本節有修飾之需要。	刪除「因浸水深取決於 NPSH 之大小，而 NPSH 又與揚程息息相關」
14. P230，3 比速抽水機之種類…..比速(m/s)(Ns)…。請修正。	已修正為 Ns
15. P267，基於國內污水抽水站之經驗建議於本頁(1)軸流式抽水機(Axialflow type pump)中補述強調軸套件(如圖 5.43 之 107)可防棉絮繞軸致使斷軸之功能。	已補充在 5.5.1 解說 4.(1)
16. P308，②多孔板攔污柵(perforated plate screen)也有國內某廠使用此設備後，因棉絮攔除功能好而使攔除物量多，造成既有攔除物輸送機及擠壓泵失效之問題。建議加註。	已補充在②多孔板攔污柵內容

委員意見	回覆
17. P344，5.7.7.2 起重機類型，如於防爆區則起重機電氣設備亦須具防爆功能。請補強。	已補充於 5.7.7.2 起重機類型
（三）黃委員良銘	
1. 設計及解說報告內容整體完整且豐富，值得肯定。	謝謝指教。
2. P.2-3，有關 1.3.1 世界各國下水道的發展，是否有機會/需要增加篇幅。	已加修改。
3. P23-28，計畫污染負荷量、計畫進流水水質，這邊列出桃北(大規模)、北大特區(中規模)及三鶯(小規模)的進流水值為例，這三座水資中心進流水的 COD 值相對於台灣其他水資中心是屬於較高的，建議是否有機會整理出全台灣的進流水值資料表做為參考。	全台的進流水水質資料，可參閱營建署相關年報。此處係以水質較能反應真實者供瞭解。
4. P.58，2.4.7 營運初期對策，建議是否能提供一些國內案例。	已在 2.7.4 解說 4.敘述。
5. P.101-103，圖 4.2 到 4.7 解析度建議可以再高一點。	已加修改。
6. P.210，提到 CFD 的應用，建議是否可以提供案例。	本版次無適當 CFD 案例可補充，後續更版會收集適當資料納入
7. P.273，圖 5.50 解析度建議可以再高一點或是放大。	已放大
8. P.291-292，圖 5.70-5.72 中未說明 X 軸為何?	已補充
9. P301，5.7.2 攔污柵及 P316，5.7.3 沉砂池是否放在第五章或是放在污水廠的設計規範中。	沉砂池因部分資料通用於雨污水系統，經討論後仍放在
10. 應列出所有參考文獻。	主要參考文獻為日本下水道協會 2019 年版「下水道設施設計及解說」，已述明於序中。
（四）陳委員一銘	
1. P14，「為避免下水道設施過度設計，尤其一般市區計畫人口密度之引用，宜更保守，污水處理廠更分多期建設」，雖國內污水處理廠處理容量閒置多有案例，惟尚有新設重劃區污水	謝謝指教。 已加文字修改。

委員意見	回覆
量成長超乎預期之案例，應視集污區域之特性而定，建議考量增加國內案例之說明為宜。	
2. P59，有關營運初期低水量繞流的規劃，文中建議需申請變更操作許可，於實務處理上，會將繞流的操作於初次設立之申請時，登載於「特殊操作流程」中即可，建議考量補充說明。	已加文字修改。
3. P59，有關初期低水量操作，建議考量初期設置較小容量機組，待後期擴建更換為較大容量機組，建議補充說明提醒，初期設置之相關管線是否可匹配為設置之初即須考量的部分。	已補充於 P.103，3.4.7 之 2。
4. P65，說明淹水 50 公分以上定為「淹水」，以下則為積水，文中引用「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」第四條，該條內容為「水災查報」，另引用「災害防救法」第 48 條，為「承受補助」內容，建議考量引用「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」第二條，「本標準所稱水災，指因中央氣象局發布豪雨特報或颱風警報，造成淹水達五十公分以上之災害。」較為適合。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
5. P67，文中說明「省轄市」部分，建議考量更新名詞。	已加修改。
6. P200，有關溢流量計算中，所用之公式，與 P199「堰流」公式應為一致，惟兩公式中之參數代碼表示均不一致，建議考量統一，或是於溢流量計算公式旁以圖示說明各參數代碼之位置，增加閱讀性。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
7. P207，第五章抽揚水站系統章節中，雨水系統之抽水站為大規模系統說明，似無對於污水廠中設置之小型「疏流系統」的解說說明，建議考量可增	污水紓流揚水站仍屬處理廠抽揚水站範圍，不另列明。

委員意見	回覆
加此部分之解說。	
8. P230，有關迴流污泥泵轉速建議需不大於 900rpm，實務上較少選用八極馬達，請再確認本建議值是否合宜。	迴流污泥涉及生物膠羽的成形及穩定，故轉速越低越有利，本建議尚可執行。
9. P242，有關圓形濕井之說明，其中有「接近管設置」之說明，圖 5.16 中亦說明「建議以實線之接近管代替虛線之進流管」，有關接近管之用途及規劃僅一語帶過，建議補充說明。	進流接近管指較大坡度的進流管，可避免進流污水跌落，並提高濕井的儲存容量。
10. P292，有關並聯且變頻使用的抽水機使用注意事項中，有關圖 5.73 一大(定頻)一小(變頻)的系統流量曲線之檢核及判讀，建議可增加步驟說明並搭配圖示，可較容易使讀者理解。	感謝指正，更版將納入建議
（五）侯委員嘉洪	
1. 「下水道系統設計及解說」(增修訂)之第一章至第五章(上冊)撰寫優良，並對於下水道的功能、面臨挑戰進行增修，同時增加雨水管理、管渠附屬設施、揚水站設施等章節，使得整體更為完整，值得肯定。	謝謝指教。
2. Page 2：解決水肥問題中，“例如台北市區每日清理污水下水道……一併處理”之語意，與前段文字的論述“污水納入下水道處理可以解決水肥問題”之論述關聯性不清，建議加強說明。	已加文字修改。
3. Page 2：在能資源可回收利用的部分，建議加強都市污水廠放流水的再生利用之論述。	已加文字修改。
4. Page 11：“好氧性生物處理轉化有機物為二氧化碳及水，二氧化碳為對溫室效應之物質，也是負面影響”。依據溫室氣體之盤查，此部分生物轉化之二氧化碳，不列入溫室氣體的範疇中，請再釐清。另外，表 1.2 的部分，在生物脫氮去除氮化物中，脫氮時產生之	1. 雖不列入，但也是溫室氣體的部分，只是現階段尚無法處理，不計而已。 2. 脫氮時產生之氮氣，已有註明非溫室氣體。 3. N_2O 為硝化過程，因未充分硝化而形成，並可藉充分硝化抑制。

委員意見	回覆
氮氣，並非溫室氣體，為何列入“處理過程溫室氣體的排出”?“硝化、脫氮過程產生之N_2O”為何列入可以加以抑制之溫室氣體排出?請加強說明。	
5. 表 2.14 中：消毒設備的內容，加氯消毒的單元，是否增加考量 UV 等單元(如放流水位於水源保護區等)。	將在調整後的第九章 9.3 紫外線消毒設計專章敘述。
（六）黃委員國文	
1. 建議本書於序言或適當章節，補充本書使用方法，與既有「雨水下水道設計指南」、「污水下水道工程設計指針與解說」、「公共污水下水道管線設計手冊」、「污水處理廠設計及解說」等手冊之主要差異，一般設計者應如何查詢或運用本書？	謝謝指教。本書為整合上述各冊，而滾動修訂成全面性替代。
2. 本書「下水道系統設計及解說」內容相當豐富完整，建議可作為營建署同仁雨水及屋污水系統之教育訓練教材，並與現地操作實習整合，可提升新進同仁於雨水及污水系統之專業技術。	洽悉。
3. 建議於本書「1.2 下水道的功能與效益」或其他適合章節補充下水道於減碳之效益，以及下水道功能與效益可對應 17 項聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)的哪些項目或子項目？	下水道建設應避免對環境的影響已敘述於 1.6 之說明 4.中。
4. 第 61 頁「大安區臺灣大學雨量站測量到最大降雨強度為時雨量 209 公釐」，因該場降雨經中央氣象局研判臺灣大學雨量站量測數據有疑慮，建議改用其他雨量站數據。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
5. 第 65 頁「3. LEVEL.2 降雨強度為最大可能降雨，可以採用假想毀滅性降雨情形」及第 67 頁「2) L2 降雨：由於氣候變遷，極端氣象活動所引致之最大降雨強度已難以預測」，建議考量	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。

委員意見	回覆
是否引用氣候變遷預測模式，進行最大可能降雨推估，並進行淹水模擬，以作為巨災演練之參考。	
6. 建議營建署參考第 70 頁表 3.4 雨水管理計畫指標範例之「都市積淹水防制對策達成率」，與目前的「雨水下水道實施率」合併運用。因為目前常常單看實施率，因囿於都市計畫道路未開闢之限制，實施率無法逐漸提升，此項非取決於政府執行力之因素，不易使民眾瞭解，故建議輔以「都市積淹水防制對策達成率」，以激勵相關管理同仁。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
7. 建議考量有關第 73 頁「圖 3.4 綜合型防災策略計畫之擬定順序」，是否有雨水下水道排入水體未完成出流管制，需要雨水下水道檢討規劃協助？	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
8. 第 78 頁「(4)壓力涵管之人孔蓋，如採沒入地面下敷設，應裝置 GPS 設施。」，如此 GPS 可否發揮功能？另「(5)壓力涵管路段若屬封閉式，地面逕流收集系統不得接入」，壓力涵管一般皆為封閉式，是否有特殊案例？	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
9. 第 79 頁「SWMM 模式之降雨逕流模組，同樣採用合理化公式(式 3-2)推算地表逕流」，是否考量 SWMM 非線性水庫搭配 SCS-CN 法之降雨逕流模式？是否在進行各雨水下水道系統檢討規劃時，需統一降雨逕流模式？	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
10. 建議是否於第 91 頁「3.3.9 節能減碳規劃設計原則」小節中，整理一張減碳效益表格？將各項目羅列其中，以利讀者對照使用。	感謝委員指導，新增表 2.1 說明。
11. 第四章 4.1 節至 4.7 節似乎是雨水污水共同之章節，惟「4.4.2 連接管」、「4.6 倒虹吸管」、「4.7 壓力管線系統」等節並未納入雨水部分，請再確認；另	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。

委員意見	回覆
「4.7.1 壓力管線系統」是否加入雨水之常用之「壓力箱涵」？「4.8.3 暗渠」與「4.2 管渠」之差異為何？因為「4.2 管渠」大部分亦為暗渠。	
12.「4.8.1 補充資料收集及調查」建議考量是否增加降雨紀錄、水位紀錄及淹水紀錄等資料。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
13. 第 210 頁「5.2.1 既有抽揚水站設施常見問題及參考對策」建議考量是否增加下列議題： (1)雨水抽水站聯合運用或互相支援。 (2)雨水抽水站進流渠及前池流況不理想，造成抽水機組使用不均。 (3)污水抽水站進流渠及前池流況不理想，造成漩渦、亂流和汽蝕等現象，加劇抽水機之振動。	已補充「雨水抽水站前池或與污水進流管渠或污水抽水站濕井流況不佳」
14. 第 212 頁「5.3.1 雨水系統抽揚水站設計基本原則」建議考量是否增加滯洪池與抽水站聯合運用之議題，於設計抽水站及滯洪池時，可考量兩者操作機制。	滯洪池目前非本冊說明內容
（七）北區分處	
1. 審查前應先說明本書「下水道系統設計及解說」與既有「雨水下水道設計指南」、「公共污水下水道管線設計手冊」、「污水處理廠設計及解說」之區別，及修訂完成後是否會將部分既有手冊廢止，以利委員決定本案之審查標準。	謝謝指教。 本書為綜整所述各手冊而成，並經滾動式修改，用以替代之基本手冊。
2. 本書既為設計及解說，建議各章節均增添案例說明，而非僅採文字論述，以利出版後相關單位進行設計時參採，提升整體下水道工程設計品質。	本解說乃以設施設計之基本原則和設計基準，提供使用者依循，並非教科書，無法包括各種設計案例。
3. 本書內容應符合 CNS 及下水道工程設施標準，另建議參照下水道工程設施標準部分條文修正草案會議紀錄調整相關內容。	已於第四章改寫。

委員意見	回覆
4. 目錄：手冊電子檔建議增加電子目錄連接各章節。	已增加。
5. 序：「雨水下水道設計指南」已有 109 年 9 月版請更新。	洽悉。
6. P.6：圖 1.1 全國各縣市污水下水道普及率狀況(110 年 9 月)建議改用彩色版，其他圖表建議一併修正，以利閱讀。	已加修改。
7. P.6：污水下水道第五期建設計畫為(104 至 109 年度)，文中統計資料應修正為 109 年度。	已修改為 109 年。
8. P.19：2050 年人口預測與國家發展委員會公布數據有差異。	國發會所公布為預估圖高、中、低三條線，由圖中讀得三數據。
9. P.21：都市計畫區內事業廢水量，將零星事業用地(一般診所、洗衣、大型賣場、小規模食品業(麵包等)，建議採 10 CMD/公頃估算)，請確認實際設計時是否可依循。	10 CMD/公頃=400～500 人/公頃，應屬合理數據。
10. P.21：生活用水量＝售水量－工廠－市政－支援台水-其他用水量，請確認實際設計時是否可依循。	該值係台北市自來水事業處估算值，也即包括活動人口在內，經推算相近。
11. P.23：觀光客之污染負荷量，常住人口與一般生活污水相同，住宿客以常住人口的 85%估計，非住宿人口則以 25%估計之，與 P.21 內容不一致，請釐清。	P.21 係指日本調查值。P.23 為台灣觀光區之建議值。取稍高之設計值，並都據以設計。
12. P.38：污水處理方法及水質，除參考表 2.9 日本不同計畫放流水質之污水處理方法外，也可增列台灣現行水資中心各級之污水處理方法。	表上所提的處理方法，台灣都有用到，可供參考。
13. 第三章：雨水管理、設施規劃及設計原則，本章節內容排序方式容易讓人混淆例如： (1) 雨水管理計畫內提及規劃內容。 (2) 第 3.3.1 節先提及雨水設計(流速?)，後又提雨水分析。	已於第二章改寫。
14. P.65：文中敘述根據「災害防救法」第	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整

委員意見	回覆
48 條可以申請水災補助，經查應為第 63 條、「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」經查應為第 2 條。	報告書第四章內容。
15. P.67：目標降雨(1)計畫降雨強度；日本計畫降雨強度一般以 5～10 年，請確認是參考日本資料還是誤植?另目前 109 年版雨水規劃原則檢討已將重現期改為再現期，請統一名詞，本章節涵蓋水文分析請詳細解說有關降雨強度分析、雨型設計，如何選定?	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
16. P.80：Sherman 降雨強度公式 D 應修正為 C。	感謝指導，已配合修正。
17. P.85：第 3.3.5 節雨水抽水站規劃原則，敘述過於簡略，一般雨水抽水站設置是由雨水規劃報告內擇定此處應無法順利重力排放有積淹水疑慮才需設置，設置的大小依據規劃報告內的雨量去評估，如何評估請詳述說明。	已於第二章改寫。
18. P.86：第 3.3.6 節雨水逕流抑制設施的計畫，請詳述貯留、滲透及土地利用管理之實際應用方式。另貯留計算方式(參數選定、計算有效降雨波形)，建議以案例解說。	已於第四章改寫。
19. P.93：圖 4.1 管渠設施的分類，倒虹吸管請增加雨水。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
20. P.109：圖 4-10~12 建議使用台灣常使用之明挖、小管徑、中大管徑及潛盾工法示意圖。	已於第四章改寫。
21. P.115：最小管徑 2.雨水管標準為 500mm，依據 109 年版雨水下水道工程設計，上述最小管徑為 500mm 係指連接管；系統規劃雨水下道幹支線，最小管徑建議 800mm 以上，請修正。另雨水箱涵規定尺寸，請補充。	已於第四章改寫。
22. P.118：管渠的接合，請評估是否將雨水與污水分開說明。	已於第四章改寫。

委員意見	回覆
23. P.133：圖 4.33 標準人孔範例與現行施工之標準人孔不一致。	已於第四章改寫。
24. P.136：表 4.13 下水道用樹脂混凝土製人孔的不同形狀用途(日本型式)，建議修正使用台灣使用規格，其餘請一併修正。	已於第四章改寫。
25. P.144：圖 4.3.3 標準人孔範例，與 CNS 不符，其餘請一併修正。	已於第四章改寫。
26. P.157：圖 4.60 一般建築排水設備及圖 4.61 高樓建築排水設備，與現行台灣建物排水不盡相符，建議修正。	不包括排水設備，已刪除。
27. P.196：文中敘述內政部 106.09.20 修正發布之「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」，經查已於民國 109 年 12 月 23 日修正，請更新。	已加改寫。
28. P.249：第 5.4.6 節中提及許多設備，惟僅選擇性提供部分設備照片(圖 5.27 貼圖電動機變頻器照片)，介紹原則應統一。	本節主要分析變速控制，應無其他照片補充需求。
29. P.264：第 5.5.1 節僅針對部分設備介紹，例如：圖 5.37 抽水機葉輪型式分類及圖 5.38 抽水機抽水機殼分類，其餘設備例如鼓風機及污泥脫水機等並未統一介紹。	鼓風機及污泥脫水機並非本章說明內容
30. 本書部分圖例過於老舊且引用日本，與現況實際執行方式落差甚大，建議檢視更新。	感謝指教，已重新檢視
31. 文中有「滯洪池」及「雨水調節池」文字，所代表意思是否相同?建議增加名詞定義及解釋，並將名詞統一。	感謝委員指導，滯洪池之目的為調節坡地排水，雨水調節池之目的為調節雨水幹線容量。
（八）中區分處	
1. 「序」第五段內容，「下水道系統設計及解說」分為上下冊，依報告書內容應為上冊，建議於封面名稱修改為「下水道系統設計及解說(上)」。	謝謝指教。 於下年度正式分上下兩冊印行。
2. 目錄建議增列頁碼，目錄第一頁，「1.4.4 再生水資源發展條例」應補列。	已補充。

委員意見	回覆
3. 因應第 1.4.4 節納入再生水內容說明，建議可於適當章節增列再生水水質標準。	再生水水質標準在下冊(未來的第八章水再生利用及三級處理)
4. P.9 第 1.5.2 節污水處理及水再生利用，建議將污水處理大數據彙整運用納入說明，另水再生利用未提相關內容併請補充。	標題已以更寬宏的視野修正。
5. 1.5.2 節最末段，檢討以繞流「最初沉澱污泥」直接進入生物反應槽，應修正為「初級沉澱池」，近年用語多採初級沉澱池，若依下水道設施標準則為初步沉澱池；另有關最初沉澱池、初級沉澱池、初步沉澱池等用語建議統一。另前處理到生物池建議增加繞流。	已全部調整為初級沉澱池。
6. P.10 圖 1.2 建議調整為「進流抽水站→前處理及初級沉澱池→生物池→二級沉澱池→(三級處理)→消毒→放流→再生水」，「最初沉澱池」建議修正為「初級沉澱池」，「最終沉澱池」建議修正為「二級沉澱池」；「返送污泥」建議修正為「迴流污泥」。	1. 抽水站列為收集系統。圖 1.2 係處理系統。 2. 名詞已修改。
7. P15 藉應用資訊及傳達技術活化污水處理提高效能部分，建議將大數據整理、檢討推測最佳處理參數，並可連動自動操作等納入說明。	已列在 1.7 中敘述。
8. P.20 第 2.2.5 節每人每日用水量預估，約 180~250 公升(經濟部水利署規劃)，惟依經濟部水利署用水量統計，近 10 年逐年上升(268~289 公升)，均超過 250 公升，平均約 277 公升，建議更新描述。	從目前已接管用戶之用水量統計，仍在 180～250 公升，之間。數據不宜隨時變動。
9. P22 入滲量採最大日污水量之 10%~15%，建議再補充相當於平均日之 12%~21%。	已加補充。
10. P.23 第 2.2.6 節目前設計案生活污水水質濃度調降，每人每日產生之污染量	依目前實際操作數據，該值仍恰當。在未有充分調查，不宜輕言變更。

委員意見	回覆
BOD、SS 約 34~43 g/人・日是否可檢討調整。	
11. P.24 表 2.1 一般污水平均水質，建議增加 NH_3-N。	依據文獻只能查到 T-N 為 9 g/人日，未有 NH_3-N 數據，但約為 T-N 的 80～90％，在未有充分調查，且經驗證，不宜貿然增加。
12. P28 第 2.2.7 管渠收集系統，有關人孔溢水部分，解說請補充緊急溢流排出水高程訂定原則，並應預為評估當緊急溢流時是否可能在上游發生冒孔溢流情形。	有關繞流請參考第 2.4.3 節「污水處理系統繞流之考量」。
13. P29 第 2.2.8 抽水站設施，亦應考量緊急溢流與停電應變機制。	請參考第 2.4.3 節。
14. P37 第 2.3.6 污水處理廠地域特性，應將是否有積淹水情形、排水位置及非都土地使用情形等納入考量。	請參閱「污水處理廠設計及解說」第 11.5.2 節。
15. P.31 第 2.3.1 節放流水標準(依最新法令標準訂定)，惟解說內容與 P.33 表 2.5 不一致，應再確認修正。	
16. P.33，表 2.5 氨氮排放於自來水質水量保護區外者，「許可核准收受處理事業廢水、截流水或水肥之設計最大量達總廢(污)水最大量」、「百分之二十以上者」，兩項欄位應合併。	該表係直接列印自環保署公告。
17. P.42 表 2.11 污水處理廠用地需求建議增列小型廠(≦5000 CMD)範圍。	未有 5,000 CMD 以下文獻。但在解說中已有替代方式，即至少應為各槽體及建築物投影面積總和之兩倍。
18. P.63，圖 3.2 係依日本下水道設施計畫設計指針と解說撰寫，基本資料調查、規劃原則及改善計畫近似目前辦理之檢討規劃，減災目標多樣化策略、附加方案及保護標準提升又似總合治水計畫、下水道發展計畫，建議依國內目前實際執行情形，納本署後續推動方向撰寫。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
19. P.67 計畫降雨強度參採日本，建議內容應依規劃原則檢討撰寫。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。

委員意見	回覆
20. P.73 表 3.7 新的綜合型治水概念，應提及流域整體治理概念，再依本署都市總合治水相關論述撰寫。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
21. P.76 第 3.2.7 節驗證降雨應包含確認雨水系統模式正確性，建議將目前雨水檢討規劃，辦理之 1D-1D 模型驗證納入撰寫。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
22. P.89 雨水貯留應提及可參考本署水環境低衝擊開發設施操作手冊。	感謝委員指導，已納入參考。
23. P.98 污水管餘裕量表 4.1 建議依公共污水下水道管線設計手冊所列設計水深及水深比呈現，設計水深於管徑 Φ≦500mm 者，採 d/D≦0.5；於 900mm≧Φ≧600mm 者，採 d/D≦0.7～0.8；於 Φ≧1000mm 者，採 d/D≦0.8。	已加改寫。
24. P.131 表 4.11(一)污水管渠管徑之人孔最大間距，與下水道工程設施標準第 29 條所列管徑、距離，亦或污水下水道管線設計手冊均不符應再修正，並建議補充依據來源名稱。	已於第四章改寫。
25. P.132 第 4.3.2 節 (1)「每隔 3~5m 設置一個平台（中間平台）」設置不易，無空間，建議依職業安全衛生設施規則第 37 條第一項第八款，固定梯梯長連續超過六公尺時，應每隔九公尺以下設一平台，並應於距梯底二公尺以上部分，設置護籠或其他保護裝置。但符合下列規定之一者，不在此限：（一）未設置護籠或其它保護裝置，已於每隔六公尺以下設一平台者。（二）塔、槽、煙囪及其他高位建築之固定梯已設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安全裝置，以防止勞工墜落者；另於 P.138 補充敘明。	已於第四章改寫。

委員意見	回覆
(2)依下水道用戶排水設備標準第 23 條，污水管渠落差在七十五公分以上者，應設置跌落人孔或陰井，並配置跌落(副)管。另管徑規定已列於 P.139 表 4.16，惟該表內容與此標準不一致應再修正。	
26. P.135「公共污水下水道管線設計手冊」應補充版本年月。	已加修訂。
27. P140 導槽高度一般依水深比設置，建議修正。	已加修訂。
28. P146 人孔蓋多引用日本下水道協會內容，建議補充人孔蓋國家標準 CNS15536 內容說明。	已於第四章改寫。
29. P156 內文說明連接管為用戶排水設備接入公共污水下水道的銜接管段，其設置應能就近接入人孔如圖 4.59，惟圖 4.59 為配管箱，請調整圖文相符。另陰井原則上 40m 設置一個建議敘明清楚依規定間距不大於管徑 200 倍，故約 40m 一個。	已於第四章改寫。
30. P.165「如無法避免時，倒虹吸管為容易腐蝕場所，應每五年至少檢查一次」，依公共污水下水道管渠維護管理要點第五條第一項第 4 款，「倒虹吸管道每年檢測人孔兩端水位差至少一次，並依其流量判斷淤積情況」，建議修正描述。	已於第四章改寫。
31. P.167 依下水道工程設施標準第 7 條，倒虹吸管設置最小流速應大於 0.9 m/s，建議納入補充。	已於第四章改寫。
32. P.229 表 5.4 全期進流量變動大之抽水機台數及容量選用參考內容，與「污水處理廠設計及解說(110 年版)」不一致，請再確認。	已於第四章改寫。
33. 本報告內容摘自污水下水道工程設計及解說(105 年版)、雨水下水道設計指南(99 年 7 月版)、污水處理廠設計及	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。

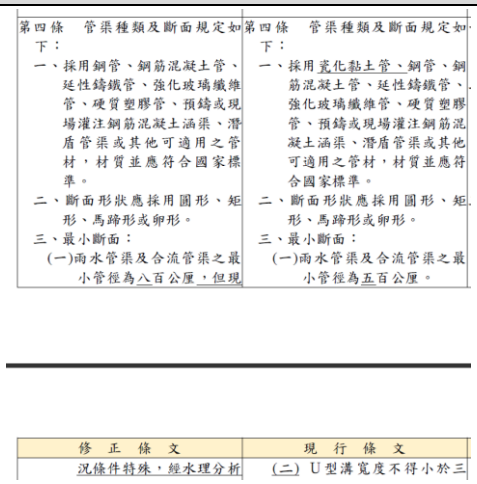
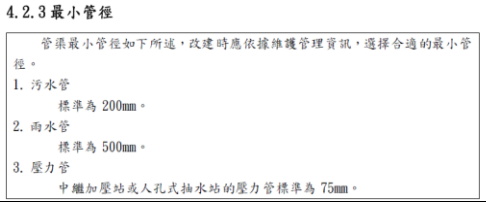
委員意見	回覆
解說(110 年版)，如有修正是否應將該資料一併進版調整？另雨水設計內容建議以雨水下水道設計指南(109 年 9 月版)調整更新較適宜。	
（九）南區分處	
1. 對於本技術手冊之編修，建議釐清並說明： (1) 本「下水道系統設計及解說」(增修訂)(第三版)，係指哪本第三版增修訂？(經查沒有與歷年編修相同名稱之手冊)。 (2) 序言內說明本書整合 4 本(本署 3 本及日本下水道協會之手冊)，本署於方修訂 106~110 年技術手冊之關係?是新的手冊還是更新?那舊版的手冊是前一版，還是並列做為參考引用?建議其目的邏輯脈絡釐清，以據以訂定手冊內容架構及內容。 (3) 建議使用名詞、標準、規範與本署各技術手冊有一致性，內容有區隔性，除利後續編修更新外，可避免本署前後公布類似的技術手冊讓使用者混淆。 (4) 本手冊若有上、下冊之區分，亦建議於簡報時說明辦理項目及時程。	1. 本手冊即為下水道系統設計及解說之上冊，但因第一、二、五章，係前 110 年之「污水處理廠設計及解說」之第三次修改，故暫以第三版稱之。 2. 本手冊即為整合前相關手冊而成之上冊。而下冊則將「污水處理廠設計及解說 110 年版」之第四章至第十一章滾動式增修訂。 3. 名詞將力求一致，因係配合時代性之發展，做滾動式增修訂，範圍或有不同。
2. 本手冊多處直接引用日本書籍彙編，因台灣管理方式不同，建議應納入本國法規、相關規範為優先： (1) 第一章、建議補充下水之定義、下水道之組成及排水方式(合流式、分流式)，因本文多處參考日本下水道書籍，建議說明台灣與日本下水道背景之差異。 (2) 引用之法規(標準)，建議增加引用法規之修正日期，避免因版次造成誤解。例：P31、第 7 行，放流水標準(依最新法令標準訂定)。	(1) 下水及下水道之定義，已在第 1.1 節明確敘述。至於排水方式是分流式，已補充在第三段。 (2) 各法規標準上，皆附有其公布日期。 (3) 已加改寫。 (4) 已加改寫。 (5) 已加改寫。

委員意見	回覆
(3) 若引用日本相關規定應同時敘明本國相關規定(範)、工法(或處理方法..)，避免混淆。例：2.3.10 三級處理之目的及去除物、P111 表 4.3 明挖推進工法主要管種與特點、P113 圖 4.13 管渠改建工法分類、P134、136 下水道人孔形狀及用途、P143 小型人孔… (4) 多處出現日文翻譯用字，或提及可參考日文○○書籍，請依國內常用詞彙、用書為主。例：P73 圖 3.4”逆轉”(河川<下水道)、P75 表 3.8 下水道雨水排水設施之”整備”圖製作級公布、”對低窪地之高架屋住宅之義務”、P78 解說 1.(4)…”沒入地下敷設”…。P94(1)1)②”…也有必要盡早”消除”下水道未普及地區。P95⑧…省略人孔維護時，就會出現”阻礙對管渠設施檢點和調查”。P113 自立管。第四章，內文皆會提及管渠”改建”時應依維護管理紀錄等選擇管徑、工法…，因所述內容多引用日本下水道規定及相關書籍，請補充國內現況、相關法規、規範等。	
3. 1.4 下水道相關法規，建議補充下水道工程設施標準、下水道用戶排水設備標準、下水道法施行細則…。引用之法規(標準)，建議增加引用法規之修正日期，避免因版次造成誤解。	已加引述於各章中。
4. 第二章污水下水道規劃、設計原則： (1) 2.2.8 抽水站設施解說 1.抽水站位置，內文敘述與標題無法對應。 (2) 2.2.9 污水處理廠分期設計解說 4.，請補充污泥處理可參考本文之對應章節或頁碼。 (3) 2.3.1 計畫放流水水質解說 1.，①因放流水標準包括事業、污水下水	1. 強調應從整體性、經濟性及環境面予以慎加考量設置。 2. 污泥處理設計考量，可參考「污水處理廠設計及解說」第八章。 3. 依附表 2.5 及附表 2.6 詳細說明。 4. 在解說中，同時列有「其用地原則上至少應為各槽體及建築物投影面積總和之兩倍」，可供依據。

委員意見	回覆
道系統及建築物污水處理設施，污水下水道系統又分科學園區、社區專用、公共污水下水道…等，故建議說明解說係以「公共污水下水道放流水標準」作為相關限值。相關水質項目限值如有未盡羅列者，建議敘明詳他處表格、圖說或法規說明，俾利予以釐清。②所述油脂限值與放流水質標準不同。③文中所述「…氨氮(未收受水肥者)」既設廠為 10mg/L，新設廠為 6mg/L。」，其中既設廠、新設廠以何年度認定?收受水肥之污水廠其標準為何? (4) 2.4.1 污水處理設施配置，目前污水廠常有去氮除磷需求，僅用活性污泥法評估用地需求似有不足。	
5. 第三章雨水管理、設施規劃及設計原則： (1) 3.3.1 雨水管理設施規劃的基本考量，(1)內文說述雨水下水道計畫設置原則以涵管說明，建議箱涵、管涵、明溝皆應完整納入。(2)內文「壓力涵管之人孔蓋，如採沒入地下敷設，應裝置 GPS 設施。」，請確認 GPS 之必要性? (2) 3.3.2，表 3.9 除日本及美國資料外，建議有台灣常用之集流時間。 (3) 3.3.4 雨水下水道管渠設計原則，與 P131，4.3.1 人孔的設置，兩者內容提及管渠設置人孔間距、覆土深…等相關規定建議整併。 (4) 3.3.5 雨水抽水站規劃原則解說 2「一般抽水站設置位置之選定條件，可參考 2.2.8 節解說(1)…」，請確認污水和雨水抽水站位置選定條件相同? (5) 3.3.7 下水道之軟性管理配合策略，	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章及第四章內容。

委員意見	回覆
解說內容提及主要軟性管理配合對策如表 3.3，惟表 3.3(P68)為各土地使用分區分類表，請釐清。	
6. 第四章 管渠與附屬設施： (1) 因污水、雨水系統之差異建議應予區分(同第五章抽揚水站設施)，例如：4.2.2 管渠的種類及結構所提及之管材種類、規格、工法。 (2) 4.4.1(P149)陰井應有 5 公分以上之磚石、砂石或混凝土為基礎，與本署公共污水下水道管線設計手冊內容不符，請再確認。	已加改寫。
7. 其餘錯誤請再確認釐清： (1) P35-表 2.7 地面水體分類及水質標準(保護人體健康相關環境基準值），經查行政院環保署 106 年 9 月 13 日法規中「鎘」、「汞」、「硒」基準值不同，請再確認修正。 (2) P82-圖 3.7 都市計畫區內集水面積劃分法，圖 1、2 內容與圖相反，請修正。 (3) P86-3.3.5 雨水抽水站規畫原則中 4.抽水站之構造，與內文中地震對策詳細與第 2.4.2 節中土壤液化與標題不符，請修正。 (4) P87-圖 3.9 抑制逕流的效益，雨水滲透陰井及滲透井有何不同?	(1) 已加修正。 (2) 感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
8. 手冊圖說之問題，請調整修正： (1) 部分附圖線條及文字經掃描翻印清晰度不佳。 (2) 直接引用日文資料，有日文未翻譯、漢字和中文差異、資料與我國規範不符之情形。	已加修正。
（十）四課意見	
1. 序：「本新增修訂之「下水道系統設計及解說」（前冊），內容主要為整合污水及雨水下水道之規劃、管渠及	謝謝指教。 已加修正。

委員意見	回覆
抽水站設計，為整合內政部營建署前所印行之「污水下水道工程設計及解說」（105 年版）、「雨水下水道設計指南」（99 年 7 月版）、「污水處理廠設計及解說」（110 年版）及參考日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針と解説(前編)」2019 年版進行編修而成。」目前最新「雨水下水道設計指南」版本，應為 109 年 9 月，建請修正	
2. 第 3.3.4 節雨水管渠系統設計原則，表 3.10 人孔設置之最大間距表，該表內容與「下水道工程設施標準」第 8 條第二款之論述，似乎有所不同，建請釐清。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
3.3.4 雨水管渠系統設計原則 管渠設施在設計上，應考量管徑變化、流速、管接合、人孔配置、覆土埋深及倒虹吸管等，依相關標準設計。 解說： 管渠設施設計，應考量的標準如下： 1. 管渠之管徑變化或二支以上管渠匯合時，以設計水位或管渠頂部內緣齊平相交接合。依上述規定，採「設計水位」接合者，管涵內設計水深通常採 0.8 倍 D(管徑)或 1.0 倍 D(管徑)，而箱涵則採 0.9H(淨高)，計算管渠設計水位接合。 2. 人孔設計間距設計時，需依「下水道工程設施標準」第八條第二項規定辦理。其管渠直線部分，人孔設置之最大間距規定，如表 3.10 所示。 表3.10 人孔設置之最大間距表 管涵內徑(mm) / 箱涵最小淨寬(mm) / 最大間隔(m) 600以下 / 1200以下 / 100 超過600，1200以下 / 超過1200，2000以下 / 150 超過1200 / 超過2000 / 200 *「下水道系統設計及解說」(增修訂)初稿 修正條文 / 現行條文 設置人孔。 二、管渠直線部分，人孔設置之間距依下表規定。雙孔以上箱涵之人孔，應分別設置並交錯排列： 管內徑(公厘) / 箱涵最小淨寬(公厘) / 最大間隔(公尺) 五百以下 / — / 五十 超過五百 / 一千二百以上 / 一百 設置人孔。 二、管渠直線部分，人孔設置之間距依下表規定。雙孔以上箱涵之人孔，應分別設置並交錯排列： 管內徑(公厘) / 箱涵最小淨寬(公厘) / 最大間隔(公尺) 五百以下 / — / 五十 超過五百 / 一千二百以上 / 一百 *下水道工程設施標準修正草案	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。

委員意見	回覆
 第四條　管渠種類及斷面規定如下： 一、採用鋼管、鋼筋混凝土管、延性鑄鐵管、強化玻璃纖維管、硬質塑膠管、預鑄或現場灌注鋼筋混凝土涵渠、潛盾管渠或其他可適用之管材，材質並應符合國家標準。 二、斷面形狀應採用圓形、矩形、馬蹄形或卵形。 三、最小斷面： (一)雨水管渠及合流管渠之最小管徑為八百公厘，但現 第四條　管渠種類及斷面規定如下： 一、採用瓷化黏土管、鋼管、鋼筋混凝土管、延性鑄鐵管、強化玻璃纖維管、硬質塑膠管、預鑄或現場灌注鋼筋混凝土涵渠、潛盾管渠或其他可適用之管材，材質並應符合國家標準。 二、斷面形狀應採用圓形、矩形、馬蹄形或卵形。 三、最小斷面： (一)雨水管渠及合流管渠之最小管徑為五百公厘。 修　正　條　文 況條件特殊，經水理分析 現　行　條　文 (二) U型溝寬度不得小於三	
3. P98，公式(4-1)、公式(4-2)資料不完整，建請確認。	已於第四章改寫。
4. P115，第 4.2.3 節“2.雨水管標準為 500mm，是否需配合第 3.3.4 節  4.2.3 最小管徑 管渠最小管徑如下所述，改建時應依據維護管理資訊，選擇合適的最小管徑。 1. 污水管 標準為 200mm。 2. 雨水管 標準為 500mm。 3. 壓力管 中繼加壓站或人孔式抽水站的壓力管標準為 75mm。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
5. 「下水道工程設施標準」刻正修正中，本修訂報告有涉及相關內容之引用者，宜與「下水道工程設施標準」修正內容同步。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
6. 為與「都市總合治水建設計畫」語詞統整，建議本修訂報告有關「綜合型防災」乙詞修訂為「總合型防災」。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
7. 本修訂報告增述《水利法》出流管制與逕流分擔規定說明，此對雨水管理、設施規劃及設計原則有何影響(諸如下游允排量超逾雨水下水道設計流量情況)，建議應釐清二者之競合關係，確定規劃設計原則。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
8. 部分修改文字與章節用紅字呈現或刪除。	洽悉。
9. 驗證降雨強度觀念創新，所設立驗證降雨強度為 L1 及 L2，除藉由水文分析及歷史降水強度外，亦建議結合氣象局所頒佈超大豪雨雨量；驗證降雨強度為 L1 及 L2，有以長短延時來區分嗎？必要時在文中說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
10. 雨水管理建議加入本國災害防救法	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整

委員意見	回覆
元素。	報告書第四章內容。
11. 文中均以河川為主題，建議增加為河川及區域排水。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
12. 3.2.9 提及分散災害是否有誤，請再確認。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第一章內容。
13. 3.3.2、3.3.3 及 3.3.4 逕流量的計算及管渠規劃設計原則請與本署目前訂定手冊及原則數據及內容一致，如另有考量及建議請於文說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
14. 3.36 雨水逕流抑制設施的計畫建議將本署頒訂 LID 元素融入。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
15. 表 3.11 項目幹線系統互相支援，有無越域排水之疑義，幹線之間如何連結？請說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
（十一）六課意見	
1. 3.3，章節的順序，3.3.4 與 3.3.9 為設計原則，但穿插在計畫及規劃的節次內有點亂，建議再調整順序，並可考量參考污水章節內容編排。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
2. 本手冊增加雨水管理計畫，現有機制並無管理計畫，建議回歸目前的雨水下水道規劃或區域性下水道計畫之內容來說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
3. 「雨水下水道規劃原則檢討」109.10 與這本設計解說的界線在哪?是否這本是以雨水設計為主，但污水含規劃?	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
4. 4.1.1 章節名稱為「計畫污水量」，但內容含雨污水，請修正。	洽悉。
5. 4.5 排水設備內容皆為污水排水，雨水排水有無需要納入?	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
6. P64，LEVEL.1 及 LEVEL.2 降雨強度除了降雨強度以超標降雨及最大可能降雨區隔外，是否可以加入重現期距相關明確保護標準的數據，以表示降雨量差異。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
（十二）其他	
1. P97，4.1.1，計畫污水量採計畫時間最大污水量，本解說 P22 之最大時污水量採 Babbitt 公式推估，而「公共污水下水道管線設計手冊」計畫最大時污	已加改寫。

委員意見	回覆
水量=平均日污水量*尖峰係數+滲水量（P2-19）、或採平均日每小時污水量之 1.5～3 倍（P2-16），請釐清。	
2. P98，4.1.3 於「公共污水下水道管線設計手冊」（P2-24）中尚有建議設計水深比。	已加改寫。
3. P99，4.1.3，Hazen.williams 公式之 $V=0.84935CR^{0.63}S^{0.54}$，而「公共污水下水道管線設計手冊」採 $V=0.355CD^{0.63}S^{0.54}$，採用何式，請確認。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第二章內容。
4. P115，4.2.3 污水管最小管徑標準為 200mm（同「公共污水下水道管線設計手冊」P2-25），惟內文中又可設置 100mm 或 150mm；另於本解說 P159 以使用人數建議之污水管渠管徑從 100mm～250mm（同「下水道用戶排水設備標準」第 33 條），且都使用污水管渠字樣，容易混淆，請確認。	已加改寫。
5. P117，管渠覆土規定主幹管管頂與路面距離至少 3M，而「公共污水下水道管線設計手冊」（P2-38）規定為 2.5～3M。	已加改寫。
6. P118，表 4.5 為管徑 300MM 以下之覆土深度，其與「下水道用戶排水設備標準」第 33 條規定有抵觸（例如管渠埋設於 6M 以下道路埋深需 100 公分以上，6M 以上道路埋深需 120 公分以上。）。	已加改寫。
7. P118，4.2.5 管渠管徑變化與管渠會合處接合方式，是原則採水面接合或管頂接合，但於「下水道工程設施標準」第 6 條看來是只能採水面接合或管頂接合方式。	已加改寫。
8. P123，管渠基礎是否加註明挖埋設之管線適用。	洽悉。
9. P131，表 4.11，污水管渠管徑之人孔最大間距，管徑 600mm 以下為 75M、	已加改寫。

委員意見	回覆
管徑 1000mm 以下為 100M，與「下水道工程設施標準」第 8 條所訂管徑 600mm 以下為 100M、管徑 601～1200mm 間距為 150M 不同，請釐清。	
10. P134～137，人孔放了許多日本形式人孔，台灣是否有生產？如有對應形式應加註說明，如無生產，請考量是否需放入本解說。	已加改寫。
11. P138，(3)板及中間板間距為 30cm 左右，「下水道工程設施標準」尚有最上一階可為 30～45cm 之規定。	已加改寫。
12. P138，跌落管於「公共污水下水道管線設計手冊」P2-27 有規定落差超過 75CM 即需設置跌落設施，建議納入。	洽悉。
13. P139，表 4.16 主管與跌落管組合，主管管徑 400mm 對應跌落管管徑 200mm、主管管徑 500mm 對應跌落管管徑另行考慮、主管管徑 600mm 對應跌落管管徑另行考慮，與「下水道用戶排水設備標準」第 23 條主管管徑 400mm 對應跌落管管徑 250mm、主管管徑 500mm 對應跌落管管徑 250mm、主管管徑 600mm 對應跌落管管徑 300mm 不同，請釐清。	已加改寫。
14. P141，4.3.3 小型人孔於「公共污水下水道管線設計手冊」並無規定，台灣是否有在使用？另小型人孔是否與本解說 P148 之 4.4.1 陰井相似。	已加改寫。
15. P147，人孔蓋之性能於「公共污水下水道管線設計手冊」P2-29 尚有防脫落及噪音、上浮狀態防止位移等規定，應納入。	已加改寫。
16. P148，4.4.1 陰井於「下水道用戶排水設備標準」第 26 條有適用範圍及連接管 200mm 以下之限制。	排水設備不納入，已刪除。
17. P155，4.4.2 連接管最小管徑為 200mm，應指污水連接管，惟「下水	已加改寫納入。

委員意見	回覆
道工程設施標準」第 13 條尚有規定雨水連接管最小管徑為 500mm，且材質應為鋼筋混凝土管或其他同等外壓強度之耐久性管渠。	
18. P159，4.5.1 屋外排水設備之覆土深度是否應符合「下水道用戶排水設備標準」第 33 條規定？	已加改寫納入。
19. P164，4.6 倒虹吸管於雨、污水皆有使用，內文僅敘述污水，另應將「下水道工程設施標準」第 7 條之規定納入。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
20. P178，4.7.6 收集系統內容系針對污水；P186，4.8.2 地面徑流收集系統係針對雨水，建議皆加註說明。	感謝委員指導，經與執筆者研析，已調整報告書第四章內容。
（十三）北區分處	
原意見第 8 點：(P63) 2050 年人口預測與國家發展委員會公布數據有差異。	已加修改，謝謝指教。
原意見第 11 點：(P65) 觀光地區污水推估(日本調查值)，因僅於本頁出現且本書內容皆未採其調查值設計，建議可刪除，避免與台灣觀光區之建議值混淆。	由於台灣未有具體之調查數據可引用，仍保留日本實際數據，供觀光地區開發時可參考。
原意見第 16 點：(P36) Sherman 降雨強度公式 D 應修正為 C。	已加修改，謝謝指教。
原意見第 19 點：(P105) 圖 4.1 管渠設施的分類，倒虹吸管請增加雨水。	已加補充，謝謝指教。
原意見第 31 點：文中「滯洪池」及「雨水調節池」建議增加名詞定義及解釋。	感謝指導，依雨水調節池設計參考手冊(營建署民國 108 年)之名詞定義： 雨水調節池：在都市排水過程中，將雨水下水道系統中部分流量暫時儲留，俟下水道水位下降後，再行放流，以減低水路流量負擔之設施。 滯洪池：為河川排水系統中之滯洪設施（ Detention basin 主要指可滯蓄洪水之貯留空間，藉此降低目標排水設施尖峰流量，因廣為大眾使用，因此不少都市計畫區之雨水調節池亦稱為滯洪池。