

下水道系統設計及解說

(增修訂)(第三版)

下冊

內政部國土管理署

中華民國 112 年 10 月 16 日

下冊序

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」。下水道的功能，在於改善國民生活環境品質，維護公共水體水質，回收資源循環利用及創造水岸優質水環境。新的污水處理廠設計，除需考量污水處理的功能外，更需考量污水處理過程中，能資源的耗費，重視節能及溫室氣體排放，進而回收各種能資源。

內政部國土管理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，下冊則以污水處理之單元為主要內容。

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，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。

本新增修訂係將109年完成增修訂之「公共污水下水道管線設計手冊」，增修訂為「下水道系統設計及解說」(上冊)之第一章至第五章，並將110年完成增修訂之「污水處理廠設計及解說」，第四章至第十一章，調整為「下水道系統設計及解說」(下冊)之第六章至第十三章。又檢討「溫室效果ガス排出抑制対策の解説」資料，彙整為「節能設備選擇及使用」，依其所屬章節改寫融入各章中。並將歷年內政部國土管理署對既有污水處理廠評鑑，所列舉設計時有關缺失之彙整，依單元程序分別檢討後，於各章增加「常見建設問題及考慮事項」專節。另第九章新增9.5.4節「小水力發電」。又新增附件一「下水道抑制溫室氣體排放設備節能選擇及控制」，及摘錄日本國土交通省印行之「単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術導入ガイドライン(案)」，改寫為附件二「硝化脱窒程序之ICT、AI控制技術(指引)」。

本新增修訂版，係內政部國土管理署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，並為第一章總論及第三章污水下水道規劃・設計原則增修訂執筆，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4.1～4.7節，由郭遠錦博士執筆，另第4.8～4.12節，由廖彥雄技師及王朝民技師執筆，第五章抽揚水站設施，由陳立儒技師執筆，第六章污水沉澱處理及初級沉澱池設計，由黃靖修技師執筆，第七章污水生物處理及固液分離，由王朝民技師執筆，第八章水再生利用及三級處理，由謝長原技師執筆，第九章污水消毒處理，由林金德技師執筆，第十章污泥處理及資源化，由陳立儒技師執筆，第十一章污水處理廠附屬設施，由謝長原技師執筆，第十二章電力儀控及計測設備，由陳松傑技師執筆。新增附件一及附件二部份，各由陳立儒技師及謝長技師執筆。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，並承內政部國土管理署下水道建設組曾淑娟組長及鄭惠君科長指導修訂方向，在此一併致謝。

下水道系統設計及解說(增修訂)(第三版)下冊

目錄

第六章	污水沉澱處理及初級沉澱池設計.....	1
6.1	概說.....	1
6.2	污水沉澱處理.....	1
6.3	初級沉澱池處理設計.....	2
6.3.1	沉澱設計時間及水表面積負荷.....	2
6.3.2	初級沉澱池之形狀及池數.....	3
6.3.3	初級沉澱池之構造.....	9
6.3.4	初級沉澱池有效水深.....	10
6.3.5	初級沉澱池出水高度.....	12
6.3.6	進流口及整流設備.....	12
6.3.7	浮渣去除設備及浮渣處理.....	19
6.3.8	初級沉澱池出水設備.....	21
6.3.9	長方形池污泥刮泥機.....	25
6.3.10	正方形或圓形池污泥刮泥機.....	30
6.3.11	初級沉澱池污泥抽除.....	35
6.3.12	多層沉澱池.....	35
6.4	常見設計問題及考慮事項.....	39
第七章	污水生物處理及固液分離.....	41
7.1	概說.....	41
7.2	活性污泥法.....	42
7.2.1	活性污泥法之淨化原理.....	42
7.2.2	活性污泥法的種類及特性.....	51
7.2.3	活性污泥法設計及操作因子.....	52
7.3	活性污泥法處理單元設計.....	66
7.3.1	設計基本考量.....	66
7.3.2	各種活性污泥法處理單元及特性.....	68
7.3.3	各種活性污泥法反應槽設計.....	83
7.3.4	活性污泥篩選槽設計.....	91
7.3.5	去氮除磷凝聚劑的添加設計.....	92
7.4	曝氣及送風系統.....	97
7.4.1	需氧量.....	97
7.4.2	必要之空氣量.....	99
7.4.3	生物反應曝氣槽形狀、構造及槽數.....	101
7.4.4	曝氣方法的選定.....	102

7.4.5 鼓風機的選定	103
7.4.6 鼓風機壓力	110
7.4.7 動力、電動機及台數	112
7.4.8 鼓風機室	113
7.4.9 附屬設備	115
7.4.10 機械曝氣方法	117
7.4.11 厭缺氧槽的攪拌動力	122
7.4.12 活性污泥法污泥抽水機、附屬設備及監測設備	122
7.5 去氮或去氮除磷系統設計應有之考量	123
7.5.1 各種去氮或去氮除磷系統設計考量	123
7.5.2 去氮或去氮除磷反應槽應有之設備	124
7.5.3 既設活性污泥法設施之改造	127
7.5.4 水質檢測項目	128
7.6 生物膜法	130
7.6.1 基本原理	130
7.6.2 接觸曝氣法及其特性	130
7.6.3 接觸曝氣法處理系統設計	137
7.6.4 好氧過濾法及其特性	139
7.6.5 好氧過濾處理系統設計	140
7.7 固液分離及二級沉澱池	143
7.7.1 基本原理與特性	143
7.7.2 二級沉澱池設計	144
7.8 常見設計問題及考慮事項	151
第八章 水再生利用及三級處理	155
8.1 概說	155
8.2 再生水的利用	155
8.3 再生水利用評估	156
8.3.1 污水處理放流水再生利用策劃	157
8.3.2 三級處理	159
8.3.3 水再生處理物質及處理程序	160
8.3.4 再生水利用水質	160
8.4 三級處理種類及程序設計	164
8.4.1 三級處理種類	164
8.4.2 快濾法過濾設計	165
8.4.3 活性碳吸附法設計	169
8.4.4 薄膜分離法設計	172
8.4.5 活性污泥膜濾系統(MBR)設計	175
8.5 常見設計問題及考慮事項	176

第九章	污水消毒處理及放流.....	179
9.1	概說.....	179
9.2	氯消毒.....	179
9.2.1	氯消毒理論.....	180
9.2.2	必要加氯量.....	180
9.2.3	氯消毒設計.....	181
9.3	紫外線消毒設計.....	185
9.3.1	紫外線消毒基本特性.....	185
9.3.2	設計處理量及水質考量.....	185
9.3.3	紫外線消毒設備.....	186
9.4	臭氧消毒設計.....	189
9.4.1	臭氧消毒特性.....	189
9.4.2	臭氧消毒設備.....	190
9.5	處理水放流設施.....	191
9.5.1	排放口設計及排放位置選擇.....	192
9.5.2	處理水排放口型式.....	194
9.5.3	排放口設計其他應考量事項.....	195
9.5.4	小水力發電.....	195
9.6	常見設計問題及考慮事項.....	196
第十章	污泥處理及資源化.....	199
10.1	概說.....	199
10.1.1	污泥處理、處置及資源化.....	201
10.1.2	污泥處理設施設計污泥量.....	205
10.1.3	污泥處理設施概要.....	208
10.1.4	污泥系統分離液處理.....	208
10.1.5	營運管理面向的規劃設計.....	210
10.1.6	污泥處理施設の配置及構造.....	212
10.2	污泥輸送.....	214
10.2.1	污泥管設計.....	214
10.2.2	污泥抽水機.....	217
10.2.3	污泥抽水機房.....	218
10.2.4	污泥貯槽.....	219
10.2.5	其他附屬設備.....	220
10.3	污泥濃縮.....	221
10.3.1	重力濃縮.....	222
10.3.2	離心式濃縮.....	226
10.3.3	帶濾式濃縮.....	230
10.3.4	滾筒式濃縮.....	234

10.3.5 浮除濃縮	236
10.3.6 各種濃縮設施設計比較	240
10.4 污泥消化處理	242
10.4.1 概說	242
10.4.2 污泥穩定處理設計原則	246
10.4.3 厭氧性加溫消化	246
10.4.4 厭氧無加溫消化	267
10.4.5 好氧污泥消化槽	268
10.5 污泥脫水	271
10.5.1 污泥機械脫水設備設置考量	272
10.5.2 帶濾式脫水機	273
10.5.3 離心式脫水機	279
10.5.4 多盤式螺旋壓榨脫水機	284
10.5.5 壓濾式脫水機	289
10.5.6 污泥曬乾床	291
10.5.7 污泥處理共同附屬設施	292
10.6 污泥調理	293
10.6.1 污泥混合設備	294
10.6.2 凝聚劑調理設備設計	295
10.7 污泥堆肥	297
10.7.1 污泥堆肥化計畫	297
10.8 污泥乾燥	299
10.8.1 污泥乾燥方式	300
10.9 污泥熱處理	309
10.9.1 污泥焚化	310
10.9.2 污泥熱解	311
10.9.3 污泥碳化	312
10.9.4 污泥熔融	314
10.10 污泥資源化利用及最終處置	316
10.10.1 污泥資源化利用及最終處置	316
10.11 常見設計問題及考慮事項	322
10.11.1 污泥處理系統	322
10.11.2 濃縮系統	322
10.11.3 厭氧消化	322
10.11.4 好氧消化	323
10.11.5 脫水	323
第十一章 污水處理廠附屬設施	325
11.1 概說	325

11.2 廠內污水抽水機.....	325
11.3 管理中心實驗室.....	327
11.3.1 管理中心	327
11.3.2 實驗室	329
11.4 維修室及備料貯藏室.....	330
11.5 臭氣處理設施.....	339
11.5.1 臭氣控制及處理	339
11.6 池槽分水.....	355
11.7 各種量水設施.....	364
11.7.1 各種量水設施之選用	365
11.8 不同流量之分水方式.....	377
11.9 廠內各種連絡管線.....	379
11.9.1 連絡管線	379
11.9.2 管線、管閥之設置	381
11.10 水位及高程.....	396
11.11 吊車的選定.....	398
11.12 常見設計問題及考慮事項.....	402
第十二章 電氣儀控及計測設備.....	403
12.1 概說.....	403
12.2 受電、變電及配電設備.....	403
12.2.1 法規之遵守	403
12.2.2 受電計畫與方式	404
12.2.3 受電、變電及配電設備	407
12.3 負載設備.....	413
12.3.1 負載設備對供電之要求	413
12.3.2 動力負載設備	414
12.3.3 照明設備	418
12.4 緊急備用柴油引擎驅動發電機設備.....	420
12.5 控制及計測設備電源.....	422
12.5.1 交流控制電源	422
12.5.2 直流控制電源	423
12.5.3 不斷電裝置系統	423
12.5.4 電氣計測監控用電源設備	423
12.6 儀控計測設備.....	424
12.7 自動化與監控系統.....	428
12.7.1 自動化系統之設計	429
12.7.2 監控系統及安全防爆之設計	433
12.7.3 中央監控中心(室)設計	444

12.8 配電室及緊急備用柴油引擎驅動發電機室.....	447
12.8.1 配電室	447
12.8.2 緊急備用柴油引擎驅動發電機室	448
12.9 常見設計問題及考慮事項.....	449
12.9.1 電氣系統	449
12.9.2 儀控系統	451
第十三章 廠區規劃及環境安全計畫.....	453
13.1 概說.....	453
13.2 廠址地區特性考量.....	453
13.3 設施配置考量.....	454
13.3.1 設施配置	454
13.3.2 設施上部加蓋	456
13.4 建築計畫.....	457
13.4.1 建築計畫	457
13.4.2 一般管理設施(管理中心)	458
13.5 環境保護.....	460
13.5.1 周邊環境對策	460
13.5.2 廠區道路、排水及綠美化	462
13.6 設施劣化及安全對策.....	462
13.6.1 設施腐蝕及劣化對策	462
13.6.2 防災及安全對策	464
13.7 常見設計問題及考慮事項.....	464
附件一 下水道削減溫室氣體排放設備節能選擇及控制.....	467
附件二 單槽式硝化脫硝程序 ICT・AI 控制高度處理技術(日本案例).....	471

第六章 污水沉澱處理及初級沉澱池設計

6.1 概說

污水處理廠的進流水經前處理，包括粗、細攔污、沉砂等處理後，繼而進行初級處理，而初級處理主要為沉澱處理。

污水之沉澱處理，乃使污水中可沉澱性懸浮固體物，能自污水中沉澱分離之，而沉澱分離物中，包括部分有機物質(以 BOD 表示)，同時使上浮於水面上的懸浮物及油脂等浮渣，也可自污水中分離之，以提高後續生物處理之效能為目的。

在污水處理流程上，污水流入沉澱池前，必先經篩除及沉砂池處理，故沉澱對象為微細的懸浮物，尤其有機性物質較多，沉澱之污泥很容易腐敗，必須迅速自沉澱池排出處理。

設於生物處理設施前的沉澱池稱為初級沉澱池，設於生物處理設施後的沉澱池稱二級沉澱池或最終沉澱池，如圖 6.1。

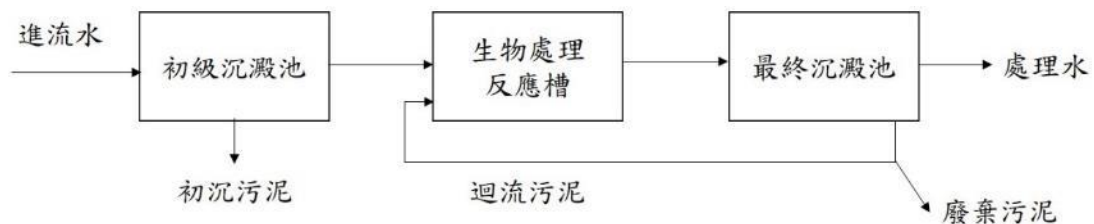


圖 6.1 污水處理之沉澱處理流程示意圖

6.2 污水沉澱處理

污水沉澱處理，包括初級沉澱池及最終沉澱池兩單元。

沉澱池為用以去除可沉澱性懸浮物質(SS)的設施，可分為初級沉澱池及最終沉澱池。初級沉澱池是用以去除進流水中，在前處理沉砂池未能去除的微細砂粒及懸浮物質(SS)，藉緩慢的流速達到沉澱分離，以降低有機負荷，使其後段之生物處理，可達到良好的處理為目的之處理設施。而最終沉澱池，則為用以使自生物處理反應槽流入之混合液，使活性污泥或(接觸生物處理水)沉澱分離，以獲得清澈的處理水，將一部分沉澱污泥迴流，另部分剩餘污泥則予排出為目的之處理設施。

沉澱池所沉澱分離之污泥，因容易腐敗，因之必須設置污泥刮泥機，以將污泥刮集排除之設備。另會因污泥上浮而成為浮渣，因之必須設置浮渣去除設備。而從沉澱池所分離之污泥，經由濃縮，流入量若減少，SS 的去除率則有提高趨勢，因之以能達到濃縮所需時間。

若處理廠用地不足，或於改建時必須擴大用地，而無法擴大時，則可考量設置多層式的沉澱池解決之。

上述狀況是以標準活性污泥法處理之各種狀況，但若採用其他生物處理法，則需另加考慮。尤其如循環式硝化脫硝法(MLE)等氮、磷生物處理，則因需有有機物碳源，則有時需有考慮繞流初級沉澱池進水或初級沉澱池不操作直接引入生物反應池的做法。

最終沉澱池之處理及設計，將於第七章敘述。

6.3 初級沉澱池處理設計

初級處理乃物理處理，用以去除污水中較大的固體物，並藉降低流速，以使污水中的砂土及可沉澱性的有機物得以分離。污水經初級處理，約可去除 25%~40% 的 BOD 及 40%~60% 的 SS。去除後的污泥，則與後續生物處理之廢棄污泥一併處理，經初級處理後的污水再進行二級處理。

初級處理的處理效率，受污水在初級沉澱池的沉澱停留時間及水表面積負荷之影響。

6.3.1 沉澱設計時間及水表面積負荷

沉澱池設計水力停留時間及水表面積負荷考量如下：

1. 初級沉澱池設計以最大日污水量設計，沉澱停留時間以 1.2~2 小時設計。
2. 初級沉澱池設計水表面積負荷，以最大日污水量活性污泥法 $35\sim70\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 、生物膜法 $35\sim50\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 為範圍。

解說：

1. 一般沉澱池沉澱時間愈長，懸浮物的去除效果愈佳，但若超過某一定時間，其去除效果並不顯著增加，反而會使沉澱池處於厭氧狀態，導致沉澱水質惡化。沉澱時間與 BOD 及 SS 去除率(%)之關係，如圖 6.2。因此都市污水的初級沉澱時間，以活性污泥法 1.5(1.2~2)小時，生物膜法則為 1.5~2.0 小時。該一標準值，係沉澱池內平均流速在 30 cm/min 以下，以最大日污水量設計者。
2. 初級沉澱池以去除 SS 為主，同時亦去除 SS 中之 BOD，去除 SS 時，沉澱去除率，係與水表面積及顆粒的沉降速度成正比，而與進流水量成反比，所以進流水量除以水表面積，即為重要設計因子的水表面積負荷。沉澱池的容量，係先決定表面積負荷，再考量有效水深及沉澱時間後訂定之。SS 的去除率，依照污水水質、沉降性物質的比率及 SS 的濃度等而不同，去除率約 40~60%，同時 BOD 約 25~40%。

依日本下水道協會「下水道設施計畫・設計指針と解説(2019 年版)」，不同處理方法之初級沉澱池設計有效水深、水表面積負荷及溢流堰負荷，如表 6.1。

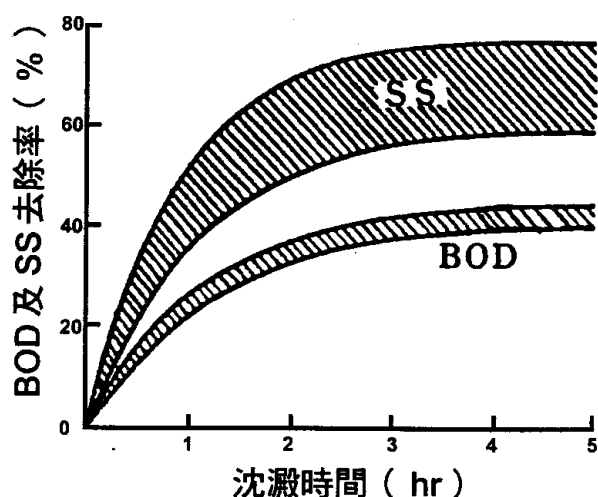


圖 6.2 初級沉澱池沉澱時間與 BOD 及 SS 去除率關係

表 6.1 不同處理方法之初級沉澱池有效水深、水表面積負荷及溢流堰負荷

處理方法	有效水深(m)	水表面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	溢流堰負荷 ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)
活性污泥法	2.5~4.0	35~70	250 以下
生物膜法	2.5~4.0	35~50	100 以下

6.3.2 初級沉澱池之形狀及池數

初級沉澱池之形狀及池數考量如下：

1. 池之形狀可為長方形、正方形或圓形，依其型式為水平流或放射流。
2. 正方形或圓形池直徑 10~40 m。
3. 長方形沉澱池之長寬比為 3:1 以上，其寬度依污泥刮泥機之長度而定，標準池寬以 3~4 m，而不超過 5 m。一般採用 5:1 以上。
4. 池數以 2 池以上為原則。

解說：

1. 初級沉澱池之形狀，依照處理廠之規模、廠地面積及全廠各單元設施的配置等，可為長方形、正方形或圓形，其水流之流向分為水平流或放射流。水平流用於長方形池，放射流用於圓形池及正方形池。
2. 正方形或圓形池直徑 10~40 m。邊長或直徑與水深比若不恰當，水池過深，池內的流況會不平均，亦會導致沉澱效果不良。依照實驗結果，正方形或圓形沉澱池之邊長或直徑與水深比 6:1~12:1 時，沉澱效果最佳。正方形沉澱池如圖 6.3，圓形沉澱池如圖 6.4。
3. 長方形沉澱池之長寬比範圍可為 1.5:1 至 15:1，若長寬比 3:1 以上，可防止短流(U.S.EPA,1974)，一般係採用 5:1 以上。長方形池寬度，應配合其使用之污泥刮泥機在市面上常用之長度而定。一般而言，長寬及深需有一定比率。長方形沉澱池如圖 6.5。

4. 為便利清掃、修理、改建等，沉澱池池數以 2 池以上為原則，並考量清掃及修繕需要，應有排空之考慮。

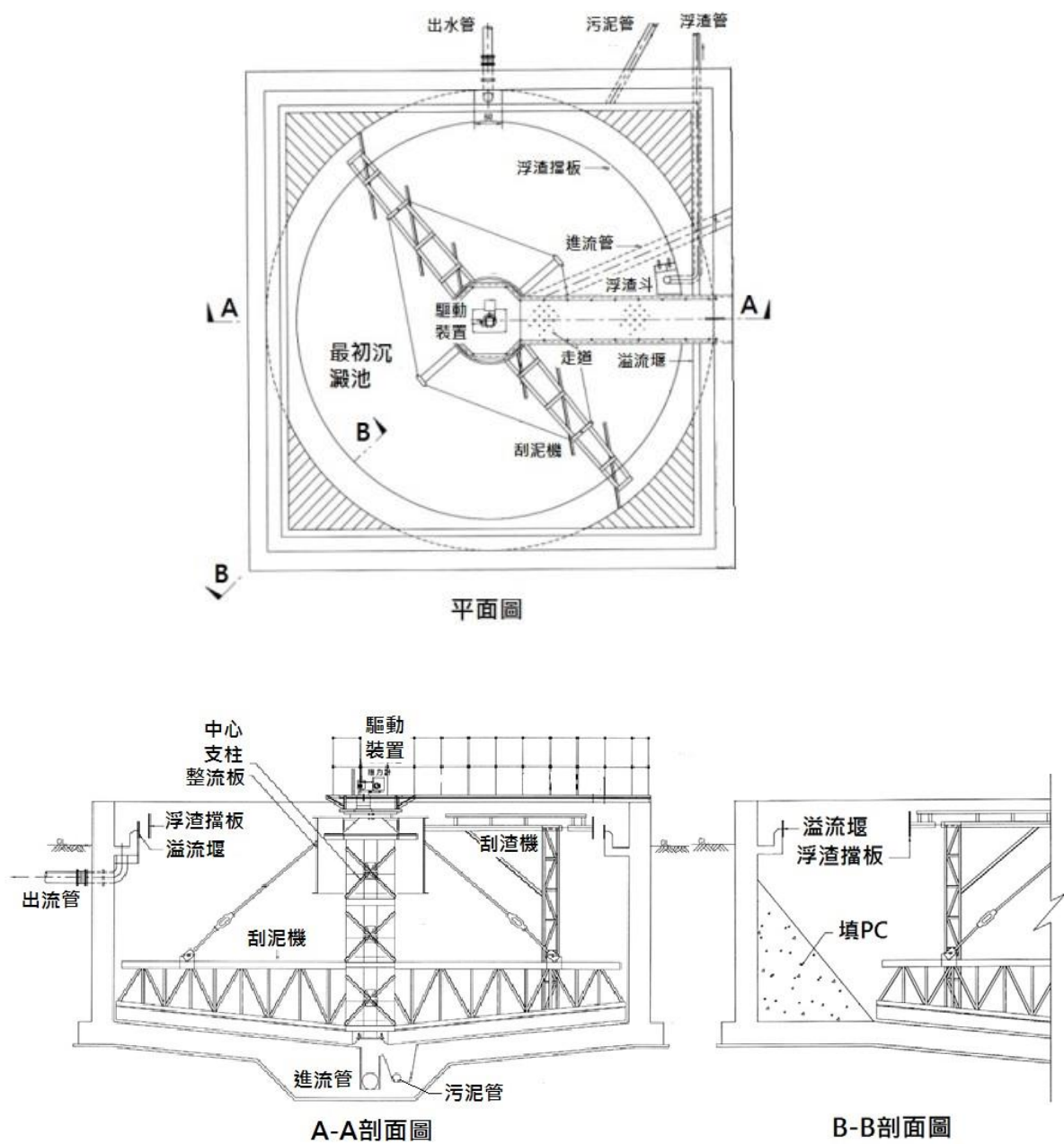
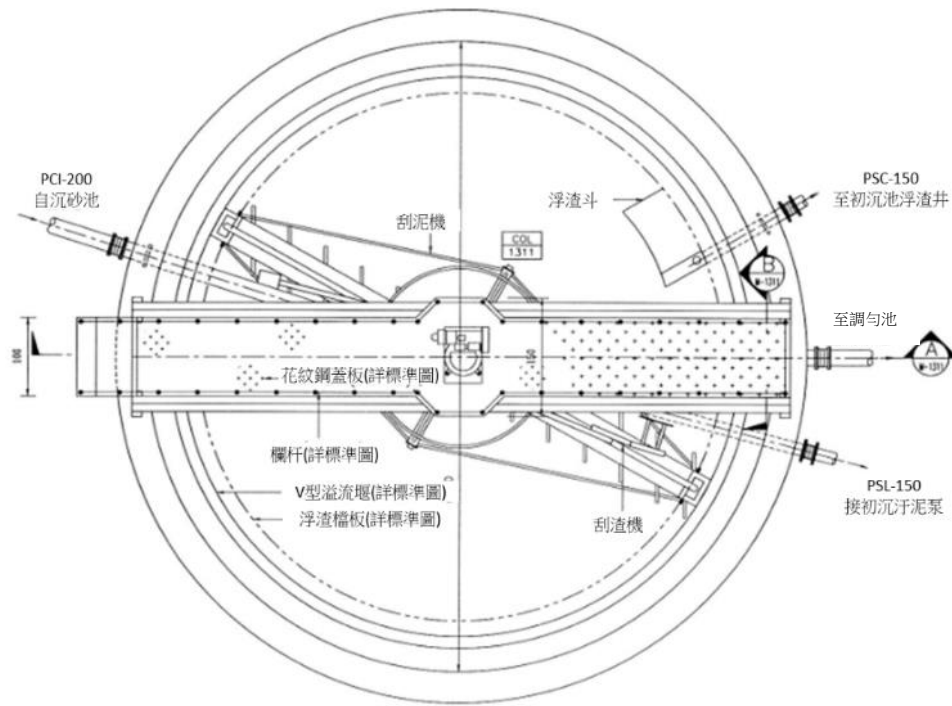


圖 6.3 正方形沉澱池(例)



圖形初沉池平面圖
S=1:30

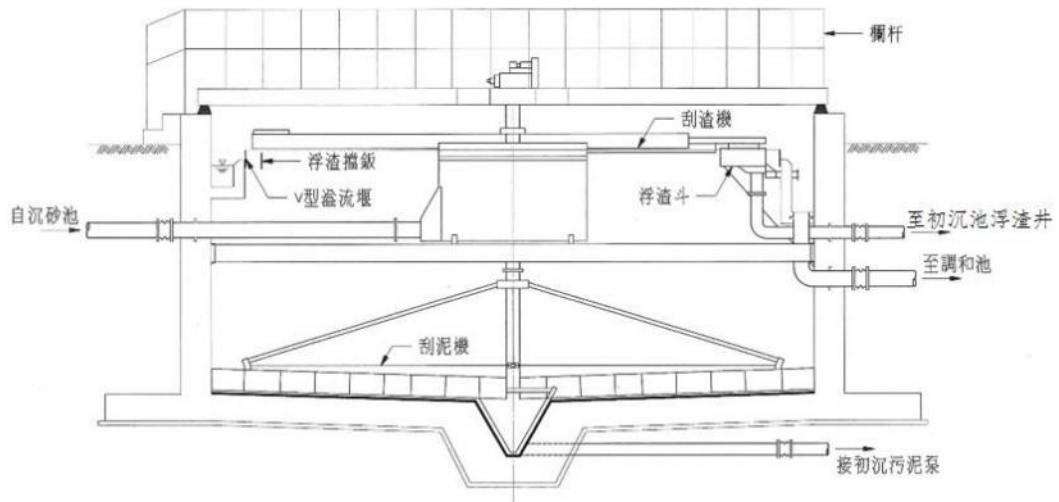
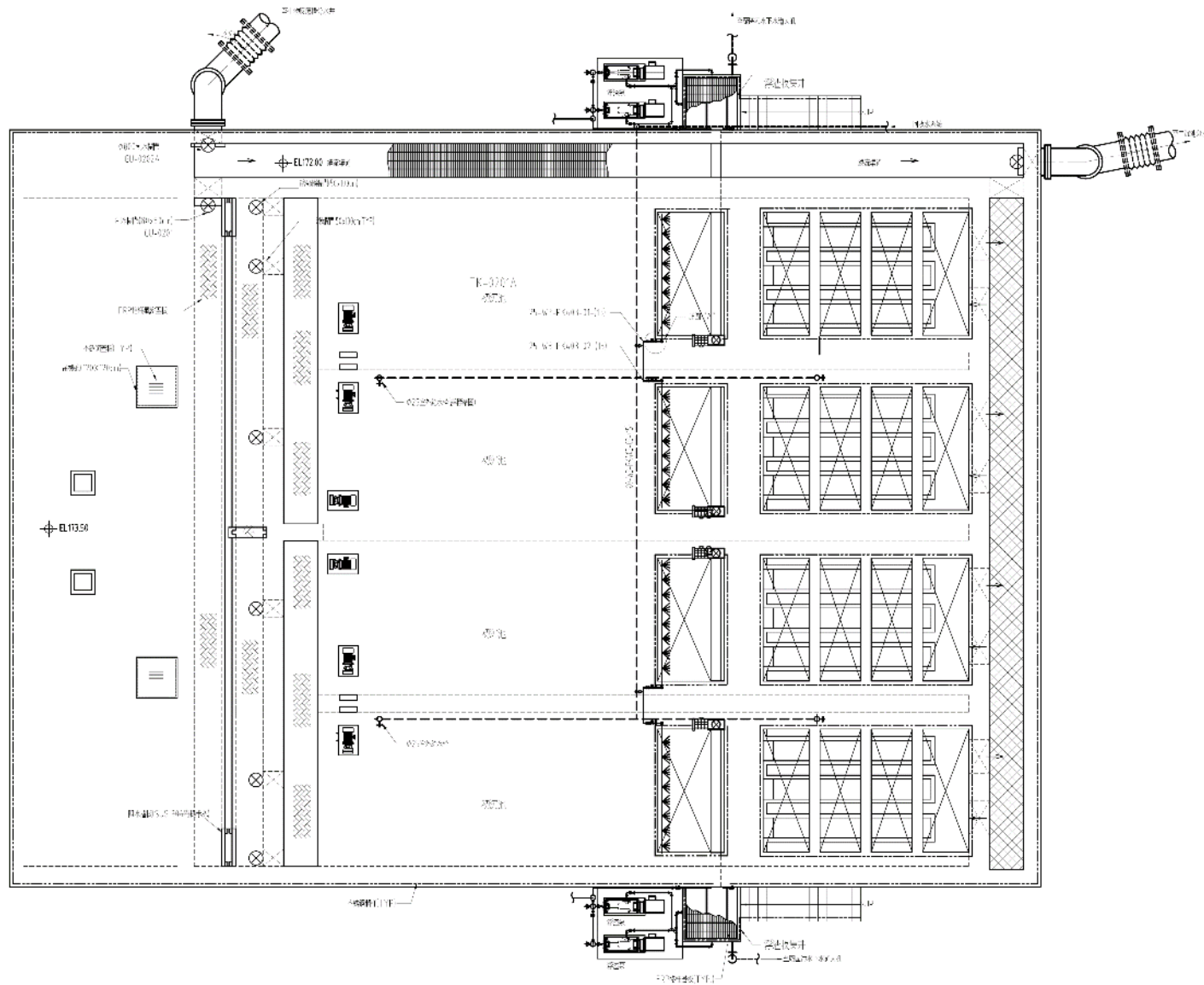
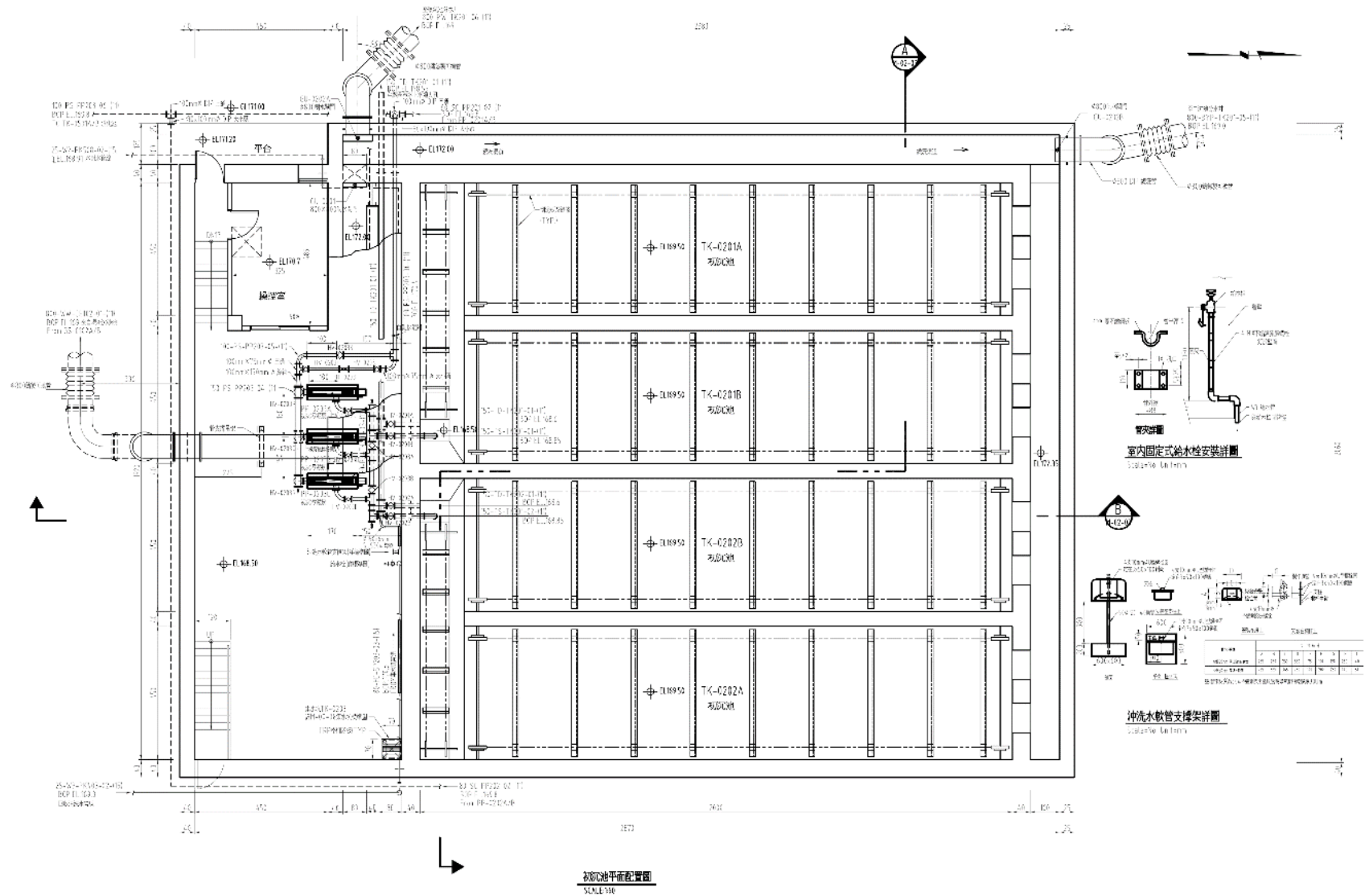


圖 6.4 圓形初級沉澱池(例)



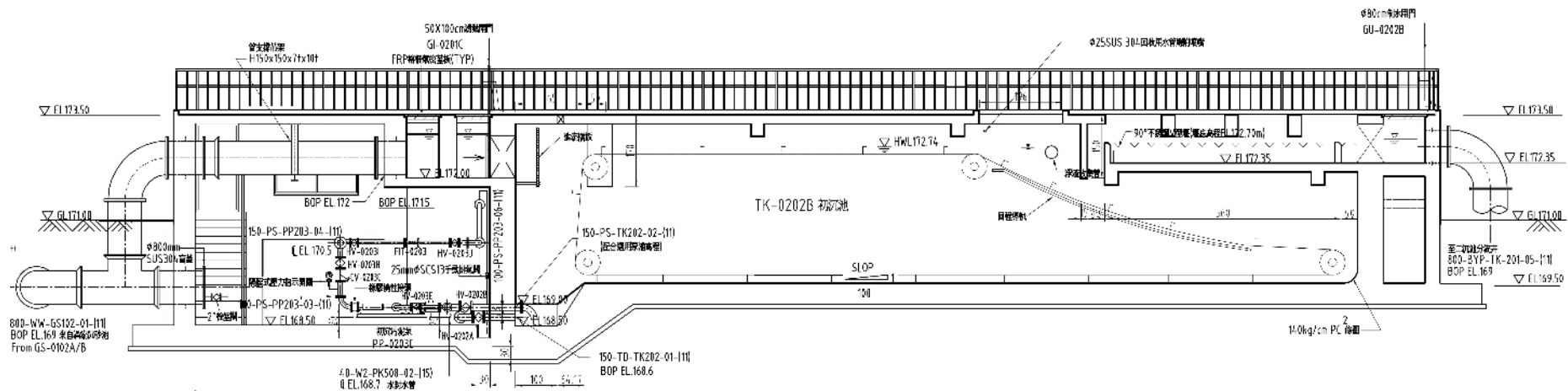
a.上層平面圖

圖 6.5 長方形沉澱池(1/3)(桃園市石門水資源回收中心例)



b.中層平面圖

圖 6.5 長方形沉澱池(2/3)(桃園市石門水資源回收中心例)



c.底層平面圖

圖 6.5 長方形沉澱池(3/3)(桃園市石門水資源回收中心例)

6.3.3 初級沉澱池之構造

初級沉澱池之構造考量如下：

1. 池槽之構造應具堅固耐久性，且具水密性之鋼筋混凝土，可抵抗浮力之安全構造。
2. 應設置污泥刮泥機。
3. 設置污泥刮泥機之情況，池底坡度，圓形池及正方形池為 5/100~10/100，長方形池為 1/100~2/100。污泥斗之坡度為 60 度以上。
4. 考量污水臭氣對環境之影響，應檢討是否覆蓋。
5. 應設置繞流裝置。
6. 池槽設置覆蓋時，應考量觀察及堰清理之需求。

解說：

1. 池槽構造，述於第 3.4.2 節。
2. 初級沉澱池應設置污泥刮泥機，長方形池一般皆須設置縱向刮泥機，將污泥刮至沉澱池進流端之污泥斗。初級沉澱池因污泥較重及高固體物負荷，污泥斗設在進流端，可將污泥早些自沉澱池中移除。沉澱池寬度較小時(如： $<6\text{ m}$)，沉澱池之一側直接設置兩個污泥斗，兩個污泥斗共用一組抽泥抽水機，或每個污泥斗配置一組抽泥抽水機，兩組污泥抽水機互為備用。沉澱池寬度較大(如： $\geq 6\text{ m}$)時，沉澱池之一側設置一條污泥坑，污泥坑之一側設置一個污泥斗，使用橫向刮泥機，將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內，每個污泥斗配置一組初沉污泥抽水機，另設一組初沉污泥抽水機備用，如圖 6.6。而其中沉澱池寬度，則以所需表面積與前述長寬比建議範圍內決定之。
3. 設置污泥刮泥機之情況，池底坡度，圓形池及正方形池為 5/100~10/100，長方形池為 1/100~2/100，以利排泥及排空水池後清理水池等配合排泥方式設計。污泥斗之坡度須與水平呈 60 度以上。
4. 考量污水臭氣對環境之影響，應檢討是否須在初級沉澱池設置全面或局部的加蓋，後者係設在出水溢流堰處，由於污水跌入出水渠道而容易釋出臭氣，加蓋時應在浮渣管、出水堰、取樣點及其他適當位置裝設活動蓋板，以便操作人員能打開蓋板加以檢視，如圖 6.7~圖 6.9。在加蓋的情形下，污水中之硫化氫，容易溶解在水池及水渠內面的混凝土表面的水珠中，經細菌氧化而形成腐蝕性甚強的硫酸，故混凝土及金屬表面須做防蝕處理，此外，仍須加裝換氣及脫臭設備，才會達到防臭效果。由於此舉會增加建設費及維修管理費，故對於是否加蓋有必要作全面的檢討。換氣方法應採表 3.14 所示之第一種機械換氣方法，換氣量參考表 6.2，局部或全部覆蓋之初級沉澱池，加蓋內之排氣一般須考量脫臭處理。有關臭氣控制(包括硫化氫的控制)將於後續解說。
5. 考量污水處理廠通水初期污水中有機物量較少，污水經前處理及初級處理，即可符合放流水之 BOD 及 SS 排放標準，可在初級沉澱池下游適當地方，設置繞流管渠連接至(1)加氯消毒池單元，以便初級沉澱池出水可直接加氯消毒後

放流；或(2)砂濾池單元，以便初級沉澱池出水可經砂濾及後續紫外線或加氯消毒後放流，皆可得節約能源之效。該繞流管渠在生物處理單元發生異常狀況無法有效處理污水時，亦可啟用，待問題解決後，方將連絡管線中污水流向回復原狀。另外通水初期亦可考量在前處理單元下游適當地方(亦即初級沉澱池上游進水端)設置繞流管渠連接至生物反應槽，以便生物處理單元有足夠之基質維持微生物之生長。

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

表 6.2 初級沉澱池之換氣量

外圍型式	場所	換氣量	備註
室內或地下化	作業空間，如機房	3~5 回/小時	初級沉澱池設有加蓋情況
	初級沉澱池覆蓋物內	水面積 $\times 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{小時})$ ※	初級沉澱池設有加蓋情況
室外	初級沉澱池覆蓋物內	水面積 $\times 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{小時})$ ※	初級沉澱池設有加蓋情況

※註：排氣須經脫臭處理，本表整理自「下水道設施計畫・設計指針と解説」2019 日本下水道協會

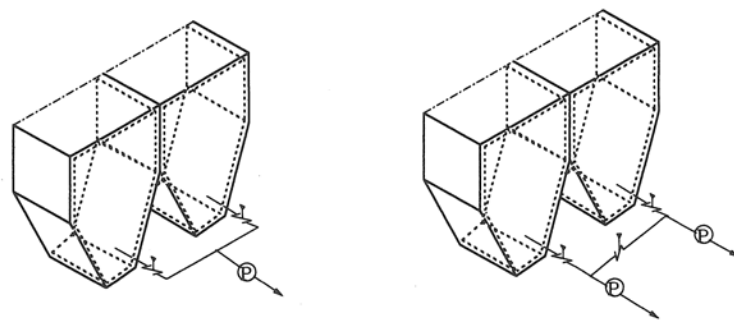


圖 6.6 污泥斗與抽泥抽水機配置圖

6.3.4 初級沉澱池有效水深

初級沉澱池有效水深考量如下：

初級沉澱池有效水深以 2.5~4.0 m 為標準。若為改建，則應依據過去累積的操作資訊，設定適當的水深。

解說：

一般來說，沉澱效果受到池表面積所左右，而與深度關係不大。實際上，水池較淺時會受到水流、刮泥機等影響，使污泥上浮，溫度、風大時，也會降低沉澱效果，故有效水深以 2.5~4.0 m 為標準。有效水深係指水池最淺部分至池底的

水深，長方形沉澱池通常在出水端牆量測，圓形沉澱池則指池周邊水深。

長方形池的情況，其表面積負荷、有效水深及沉澱時間與水池容量間，可成立下述公式(6-1)~(6-3)。



圖 6.7 初級沉澱池的防臭蓋板
(基隆和平島污水處理廠)



圖 6.8 圓形初級沉澱池加防臭蓋板
(澳洲 Subiaco 污水處理廠)



(a)



(b)

圖 6.9 (a)澳洲 Pimpama 污水處理廠 45 m 直徑圓形初級沉澱池出水渠道加蓋，及
(b)美國德州 Wichita Falls 鎮之 River Road 污水處理廠

$$A = \frac{Q}{I}$$

$$V = A \cdot h = Q \cdot \frac{t}{24} \dots \dots \dots (6-1)$$

$$t = \frac{h}{I} \times 24 \dots \dots \dots (6-2)$$

$$L = v \cdot t \dots \dots \dots (6-3)$$

式中：

I：水表面積負荷($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) ($= \frac{Q}{A}$)

Q：進流水量(m^3/d)

A：池表面積(m^2)
t：沉澱時間(小時)
h：池之有效水深(m)
V：池之容量(m^3)
L：池之有效長度(m)
v：平均流速(m/時)

以平均流速 v 為 0.3 m/min (18 m/時)以下求出 L 。而沉澱池總寬度則以 A/L 求出，再對應適當數量的刮泥機來分配各池寬。

沉澱時間較長時，SS 的去除會更好，但超過一定時間後，沉澱效果並不會隨之增加，反而會有因腐敗而使水質惡化的情形，所以，沉澱時間應考量沉澱之目的及污水水質而做決定，一般為 1.5 小時的程度。

6.3.5 初級沉澱池出水高度

初級沉澱池出水高度考量如下：
初級沉澱池出水高度以 50 cm 為標準。

解說：

初級沉澱池出水高度以 50 cm 為標準，一般採用 $50 \sim 70 \text{ cm}$ ，此係考量沉澱池下游端出現水理問題，可能使出流渠道淹水，但不至於溢出池牆外，此出水高度足夠迴水至沉澱池前的分水井。

水池的出水高度，如比必要的還要高，除會增加建設費外，也會造成維護管理上的不便，同樣標準在其他構造物上也不經濟。

但出水高度過小，水位的變化以及風浪，會造成溢流。

另外，有結構樑情況，需要考量浮渣上浮高度等，避免被擋住，影響排渣。如圖 6.10 所示。

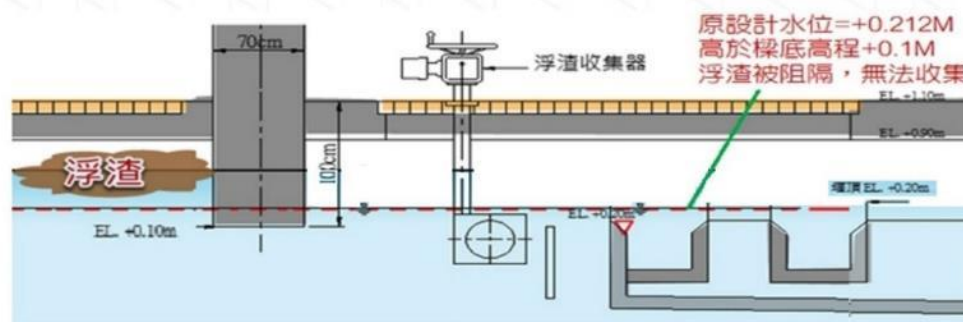


圖 6.10 浮渣上浮考量示意圖

6.3.6 進流口及整流設備

初級沉澱池進流口及整流設備考量分為：

1. 長方形初級沉澱池的進流渠道、進流口及整流設備之設計。
2. 圓形初級沉澱池的進流口及整流設備之設計。

解說：

1. 長方形初級沉澱池的進流渠道、進流口及整流設備之設計考量事項如下：

(1)長方形池進流渠道設計

- ① 多池之沉澱池，應考量進流污水之水質及水量能均勻分配，因之應有分水設施。各種分水方法敘述於第 11.6 節。
- ② 欲確保各池流量分配均勻，進流渠道之水頭損失，應比進流入口水頭損失較小。在尖峰流量時，進流閘門應關小或沉沒孔口尺寸，應設計使流經其間之水頭損失為流經進流渠道總水頭損失之 10 倍。
- ③ 進流渠道加寬，可提高通水面積，使流經渠道的水頭損失減小，以此方法確保各沉澱池有相同水位。
- ④ 在 50%設計流量時，渠內流速應設計為 0.3 m/s(0.2 至 0.4 m/s)。為防止渠內固體物沉澱渠道，可設置曝氣系統。
- ⑤ 進流渠道的下游端，通常會堆積漂浮物禍浮渣，需要偶爾打開下開式閘門，使漂浮物或浮渣流到沉澱池內，以便隨後能去除。
- ⑥ 渠道如有曝氣，破布等漂浮物會纏在一起，要用絞盤或吊車撈出這些物體。
- ⑦ 沒有曝氣的渠道，可人工清理之考量。
- ⑧ 渠道下游端可設置部分沉沒的傾斜攔污柵，以便在撈出漂浮物前能有過篩的功能。

(2)進流口設計

①進流口設計原則

初級沉澱池進流口的設計，應為消散進流速度，使水流能在垂直及水平方向流動，均勻分配水流，以便充分利用沉澱池的整個斷面積，降低噴流直接流向沉澱池末端的出水區，以避免短流，且進流水應能避免直接跌落，造成不穩定影響沉澱。

②進流口數量尺寸及形狀

進流口應沿著池寬設計成多孔口來分配水量，進流口間隔距離配合每池進流口數量進行設計，如：池寬 $\leq 6\text{m}$ ，設置 1~2 個；池寬 $>6\text{m}$ ，則依需求設置。

應避免以污水抽水機直接抽入沉澱池，或以任何形式的跌水方法，流入沉澱池。

③長方形池進流口的型式分為：

(A) 自由水面式開孔

開孔位在水面附近，進流水以自由水面方法，通過開孔進入沉澱池。開孔設有閘門(開孔處水深較沉沒孔口為小，通過同樣流量時，閘門尺寸較沉沒孔口為大)，當沉澱池要維修時可關閉。如欲因應流量變化而調整閘門，則開孔會變成沉沒孔口。本型式的優點是浮渣可自由通過開孔，缺點是進流渠道底層的固體物無法排出，積久會發臭。解決方法為渠道須以機械或空氣攪拌(採用空氣攪拌時，會增加

水中溶氧，對初級沉澱池下游端緊接厭氧池或缺氧池之去氮除磷生物反應槽，可能會有不利之影響)。如將開孔底部與渠底劃齊，雖可解決固體物排出之問題，但在水力計算上，為求各池配水均勻，開孔面積原本就很小，在開孔面積同樣的情況，因為開孔高度變大，使開孔寬度可能變得很狹窄而不切實際。

(B) 沉沒孔口(如圖 6.11 a)

開孔為沉沒式之孔口，進流水以孔口流方法進入沉澱池中，開孔設有閘門(開孔處水深較自由水面式孔口為大，通過同樣流量時，閘門尺寸較自由水面式孔口為小)，當沉澱池要維修時可關閉。由於孔口尺寸固定，尖峰流量時配水量會受限，如採閘門調整流量，則因閘門沒有與孔口相同的進流特性，可能會改變沉澱池的操作，而低水量時可能配水無法控制。本型式的優點是進流渠道底層的固體物可自由通過孔口，缺點是浮渣無法排出。解決方法係在進流渠道的下游端，須設置下開式閘門，使浮渣流到沉澱池內，以便隨後能去除。

(C) 潛堰式進流口(如圖 6.11 b)

進流水自進流渠道流入後，在長方形沉澱池進水端，以全池寬幅度的平頂潛堰方法流入池中，由於進流水已平均分配至全池，故速度水頭已消散。如採用可調整平頂堰堰板，則分配至各池的流量亦可調整。本型式的優點是浮渣可經堰頂自由流出，缺點是進流渠道底層的固體物無法排出，積久會發臭。解決方法為渠道須以機械或空氣攪拌。

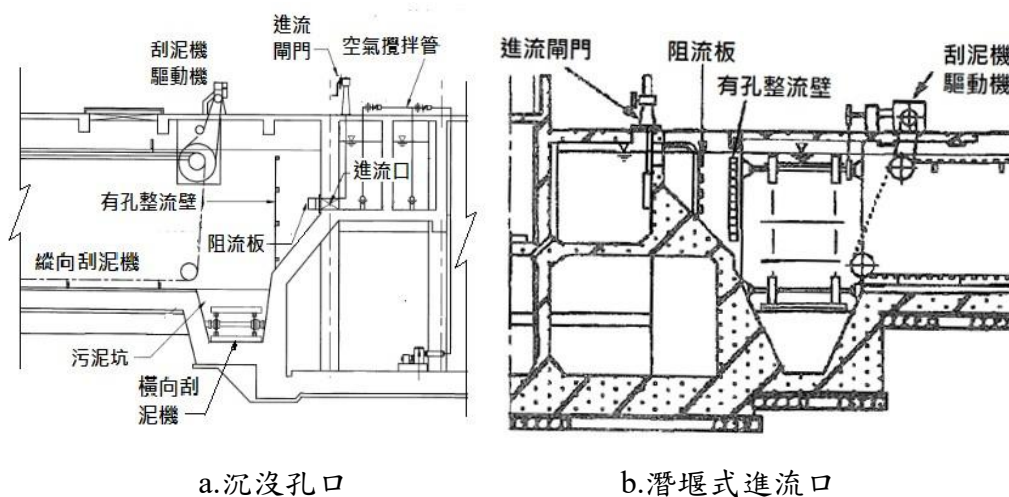
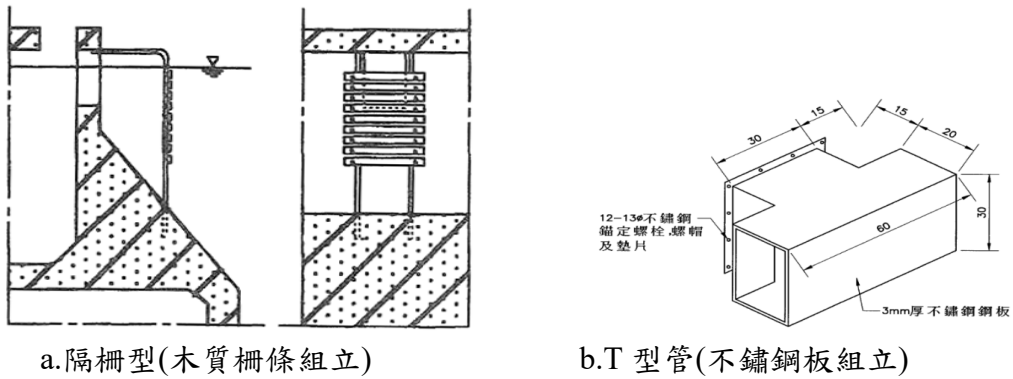


圖 6.11 長方形初級沉澱池進流口設計

- (3)長方形池的進流口，為自由水面式開孔時，其阻流板型式可為木質柵條之隔柵，如圖 6.12 a，可消散進流口水流的速度水頭，進流口為沉沒孔口時，阻流板型式可為不銹鋼板之 T 型管，如圖 6.12 b，可將進流口的水流轉向左右兩側。進流口為潛堰式時，可不須再設置阻流板。

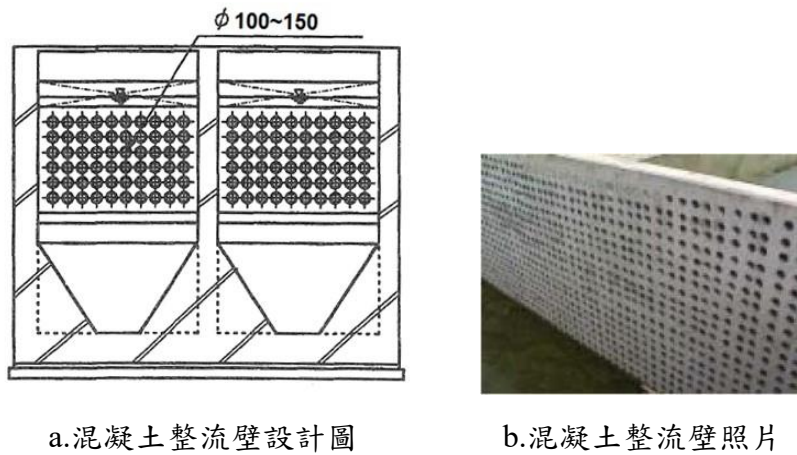


a.隔柵型(木質柵條組立)

b.T 型管(不鏽鋼板組立)

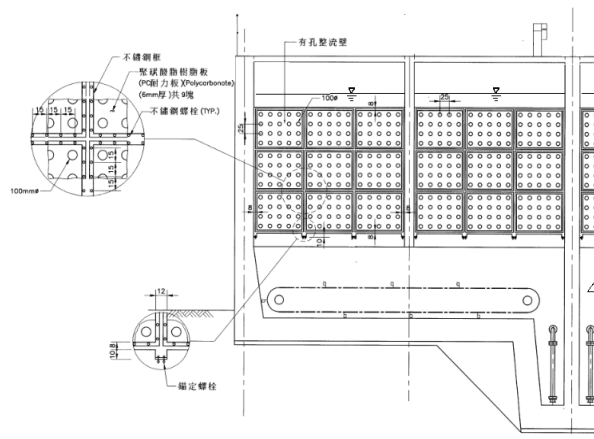
圖 6.12 阻流板之例

自由水面式開孔、沉沒式開孔及平頂潛堰式進水口下游端，皆建議設置有孔整流壁，以進一步將進流水的噴流作用打破及分散水流，如圖 6.13，a 及 b 為混凝土整流壁，c 為耐力板(polycarbonate)整流壁。其設計考量事項如下：



a.混凝土整流壁設計圖

b.混凝土整流壁照片



c.耐力板整流壁

圖 6.13 有孔整流壁例

- ① 通過有孔整流壁的水頭損失，應約為進流水速度水頭的 4 倍。
 - ② 開孔直徑為 10~15 cm，開孔不宜太小，以避免阻塞而形成較小的噴流，特別是在初級沉澱池，依據其前處理的種類，破布或塑膠袋可能存在，而阻塞較小的孔洞。開孔太大，則各別孔口的噴流，將持續呈水平狀態，而減少沉澱池實際的體積。
 - ③ 有孔整流壁應橫跨整個斷面，整流壁頂高在水面下，以容許浮渣在水面流動，底高亦離池底一小段距離(約池深 1/3~1/4)。
 - ④ 開孔以全斷面均勻設置，佔池總斷面積之 6~20% 為宜，具有最佳處理效果。
 - ⑤ 沉澱池設有孔整流壁時，池面應加設高壓噴嘴洗淨設備，以回收水定期噴洗孔口積泥及雜物。
2. 圓形初級沉澱池的進流水注入方法，分為中央進水式及周邊進水式兩種，分述如下：

(1) 中央進水式沉澱池

① 進流管及進水孔口

中央進水式沉澱池的進流管可為水平管或豎管，其周圍皆有設置圓筒形整流板，如圖 6.14。水平管的管端，應設有擋板或朝上彎管，以防止產生水平流速。

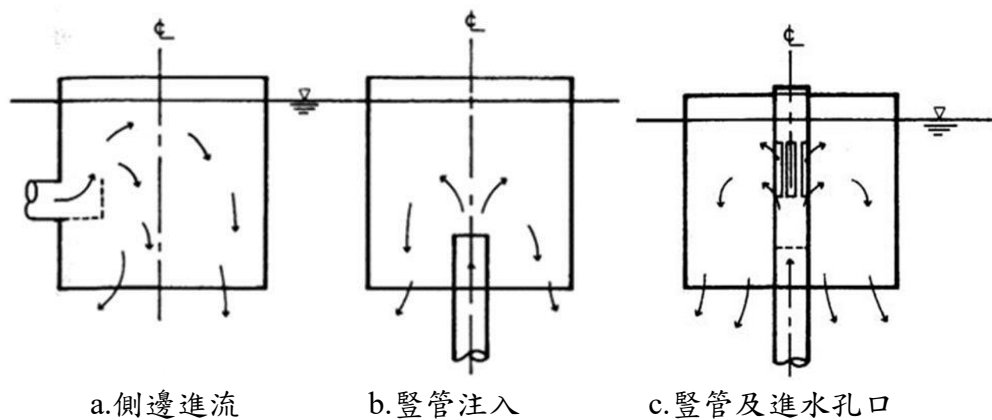


圖 6.14 傳統中央進水式的進流管進水孔口設計方法

豎管上端設有四個進水孔口，進水孔口可為全浸沒式，或孔口頂端高出水面數公分。進水孔口下游端，有時設有轉向板以阻擋出口流速。中央進水式沉澱池水流型態，如圖 6.15。標準型中央進水豎管及進水孔口設計，如圖 6.16。

② 進流井擋板

圓形池圓筒式進流井擋板(如圖 6.14~6.16)，直徑為沉澱池直徑之 15 至 20%。在不考量沉澱池直徑情況下，擋板直徑不超過 10 至 15 m。整流板向下流速限制在 0.7 m/min。在尖峰流量及一池停用時，擋板頂端通常

會低於水面，應加注意。擋板底端浸水深為池邊水深之 25 至 50%，底端邊緣，須位在進水孔口底部約 0.3 m，以防止孔口水流低過整流板而進入沉澱區。擋板主要功能為防止進入沉澱池底部的流速增加(擋板底部空間深度為池邊水深減去整流板浸水深)。擋板有的支撐在刮泥設備上，而隨著刮泥機而轉動，有的支撐在橋下而固定不動。如擋板支撐在橋下而固定不動，其進水孔口的方向須與排浮渣開孔錯開。

- ③ 圓型沉澱池周邊之牆頂，應有適當寬度之走道，並加強圍欄、救生圈、安全繩索及腰(背)帶之設置，以供操作管理人員做經常性溢流堰及集水渠清理之動線需求，並確保安全。

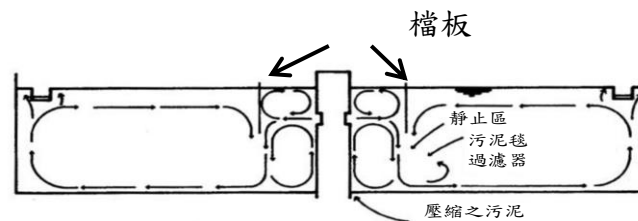


圖 6.15 中央進水式沉澱池水流型態

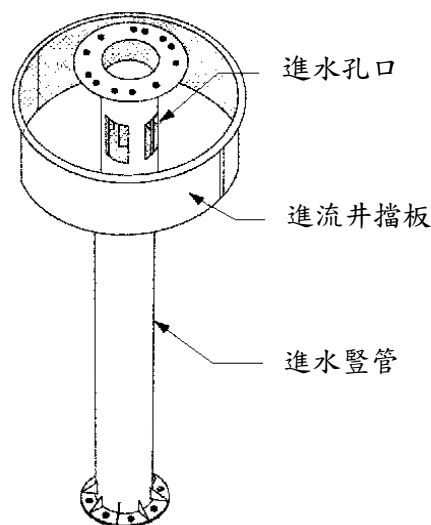


圖 6.16 標準型中央進水豎管及進水孔口設計

(2) 周邊進水式沉澱池

周邊進水式沉澱池又分為：1. 利用進流渠道底部開孔來配水(如圖 6.17 及圖 6.18)，2. 利用在進流通道單向進水，使產生螺旋流型式來配水(如圖 6.19)。兩種大部分用於二級沉澱池，但螺旋流型式也用於初級沉澱池。

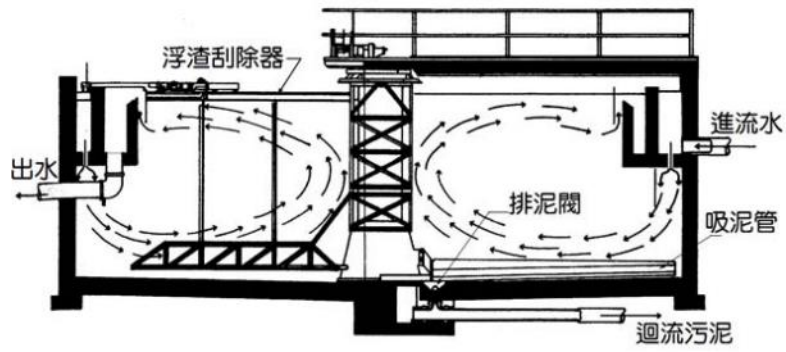


圖 6.17 利用進流渠道底部開孔來配水之周邊進水式沉澱池



圖 6.18 周邊進水式沉澱池照片

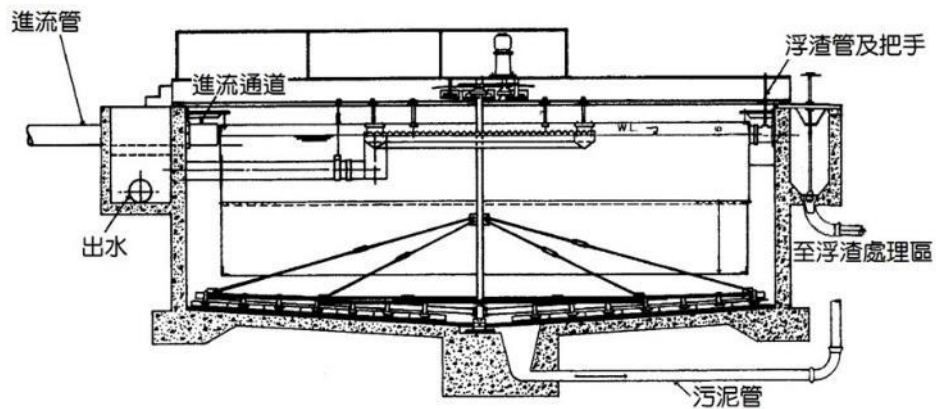


圖 6.19 利用螺旋流型式配水之周邊進水式沉澱池

(3) 周邊進水式與中央進水式沉澱池之比較。

① 優點：

(A) 比中央進水式具有較高的水力效率。

(B) 比中央進水式具有較高的懸浮固體去除率。

② 缺點：

- (A) 尖峰流量係數大於 3 比 1 之沉澱池為使周邊配水均勻，需要較大的孔口水頭損失(60 mm)，更大的尖峰流量時，需採用特殊溢流裝置。
- (B) 進流渠道容易堆積漂浮物。
- (C) 由於周邊進水方法容易堆積漂浮物，使用時應檢討對策。

6.3.7 浮渣去除設備及浮渣處理

浮渣去除設備及浮渣處理考量如下：

初級沉澱池應設置浮渣去除設備，浮渣應有適當的處置。

解說：

處理生活污水之初級沉澱池水面，常有浮渣及漂浮物，例如：油脂、塑膠品、樹葉、破布、毛髮及其他等，應設置浮渣去除設備予以去除，並對浮渣採適當的處置方法。

1. 浮渣去除設備

(1) 長方形池浮渣去除設備

浮渣通常在長方形池出水端，以回轉到水面的刮泥板(此時成為刮渣板)加以收集，刮渣板係將浮渣移動到水池末端的浮渣擋板處再去除之。利用設置在水面上之浮渣噴嘴的噴水力量，也可移動浮渣。浮渣可以人工方法自斜坡上刮除，也可以水力方法或機械方法刮除。中小規模沉澱池，最常使用刮渣管，如圖 6.20。長方形池刮渣管安裝，如圖 6.21。使用刮渣管時，其上方之開口邊緣須旋轉到剛好在水面下，使堆積在水面上的浮渣流入浮渣管中，再排入設置在池邊的浮渣井中。採用刮渣管會產生相當大量的浮渣液體。

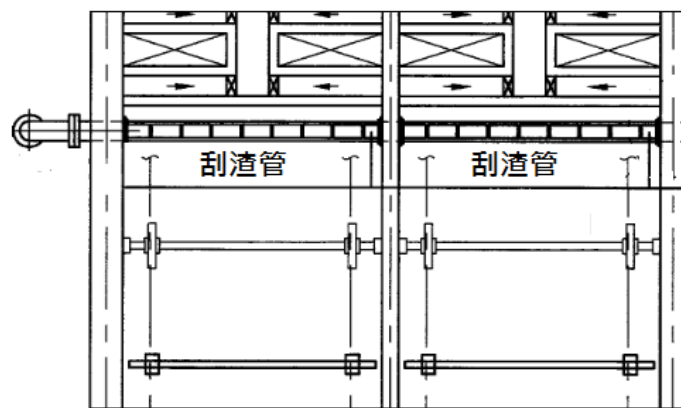


圖 6.20 長方形池刮渣管設計

還有一種浮渣刮除方法，係為固定在轉軸上的橫向螺旋式刮渣機，浮渣從水面上移除後，通過一小段斜坡，再排到橫向收集的浮渣槽中，最後流到浮渣噴出器(scum ejector)或浮渣收集井中。

浮渣刮除另一種方法，包括鍊條刮板式的刮除機，將沉澱池一側的浮

渣收集後，經短斜坡刮到浮渣井中貯存，最後以抽水機抽送到處置設施。走橋式刮泥機的刮板，自污泥斗回到出水端時，會舉到水面當做刮渣板。



圖 6.21 長方形池刮渣管安裝示意圖

(2)圓形池浮渣去除設備

圓形池浮渣去除採用之刮渣機，包括旋轉刮渣機及浮渣斗，如圖 6.22。

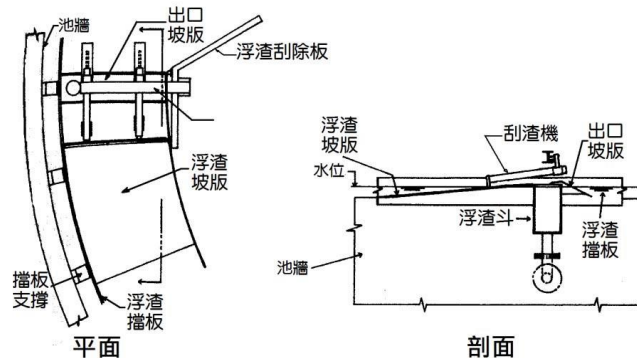


圖 6.22 圓形池浮渣去除設備

2. 浮渣處置

浮渣的比重約為 0.95，固體含量約為 25 至 60%。浮渣量範圍，係介於每 L 污水為 0.1 至 19 mL，中間值約為 5 mL/L，或為 2 至 13 kg/10³m³。浮渣量及化學成分變化很大，決定於幾項因素，包括下水道收集區域內的工業發展程度及種類、廠內污水回流、上游處理程序，對浮渣之去除效率及浮渣去除設備。

收集容量較大的浮渣井，通常設置攪拌機或其它混合設施，以便在以抽水機抽送前能攪拌均勻，避免浮渣結塊。浮渣井底部應有斜坡，浮渣井深度不宜過深或過淺，渠道過長易造成收集浮渣堵塞。抽送浮渣的抽水機，可為推進腔式抽水機、氣壓噴射抽水機(氣昇式)(pneumatic ejector)及離心沉水式抽水機，切削裝置則可有可無。

浮渣通常與廠內產生的初級沉澱池污泥及生物污泥合併，經好氧或厭氧消化後，予以掩埋或焚化處置，然而亦有許多污水處理廠採浮渣分開處置方法。高雄市楠梓水資源回收中心的初級沉澱池浮渣，經刮渣管收集到浮渣篩洗井後，於井中設置斜板細篩機，利用篩網進行渣水分離，濾過液則流入廠內污水下水道系統，斜板內外均設置沖洗噴嘴，透過沖洗使斜板上浮渣收集至垃圾子車，以利後續清運，如圖 6.23。



圖 6.23 高雄市楠梓水資源回收中心斜板細篩機

6.3.8 初級沉澱池出水設備

初級沉澱池出水設備考量如下：

1. 採出水渠時，應設置溢流堰溢流，溢流堰負荷小於 $250 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 。必要時溢流堰及集水槽應考量防藻對策。
2. 採沉水式開孔管時，其下游出水端，需要有流量控制裝置。

解說：

1. 初級沉澱池出水設備，分為出水渠道及沉水式開孔管兩種，其中以出水渠道最為普遍。由於沒有二級沉澱池所需考量的密度流及牆端效應，出水渠道可設在池牆邊。圓形池出水渠道分為池牆外及池牆內兩種(如圖 6.24)，前者之溢流堰設在池牆邊緣頂端，後者之溢流堰則設在出水渠道邊緣頂端。

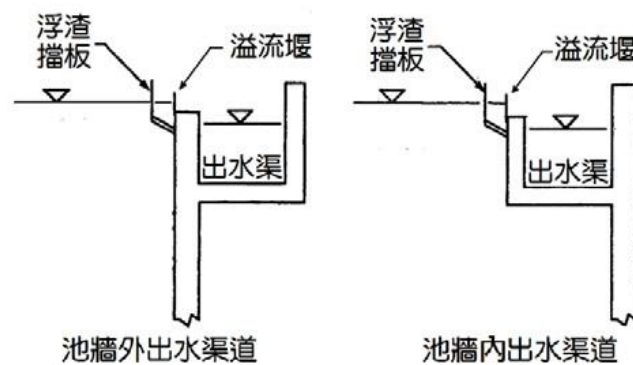


圖 6.24 圓形池出水渠道及溢流堰

長方形池出水渠道係設在池末端，分為(1)單一溢流堰及出水渠、(2)雙重溢流堰及出水渠、(3)多重溢流堰及出水渠、(4)出水渠道在中央、(5)多重溢流堰及出水渠，出水渠道在側邊，如圖 6.25。溢流堰設在出水渠道頂端，如渠道貼著側牆，則溢流堰僅設於單側，如渠道距側牆有些距離，則溢流堰設於兩側。由於沒有二級沉澱池所需考量的密度流及牆端效應，出水渠道可設在池末端。為保持出水渠道潔淨，操作人員經常須靠在池牆上，而以水管沖洗渠道，甚至要穿上雨鞋而進入渠道內清理。因此大多數大型沉澱池之渠道約為 30 cm 寬，

而操作人員配備有攜帶式爬梯以進入渠道內。建議在沉澱池周圍每隔 30 m 或更小的距離，設置沖洗龍頭以利沖洗渠道，並減少工作人員進入渠道的需求。

出水溢流堰分為 V 型缺口堰、平頂堰及矩形缺口堰三種，分述如下：

- (1) V 型缺口堰：堰頂不平時仍可均勻出水。
- (2) 平頂堰：堰頂不平或強風吹襲時，容易不均勻出水。
- (3) 矩形缺口堰：矩型缺口堰與 V 型缺口堰特性相同，可避免不均勻出水情形，惟矩型缺口堰，較易使漂浮物及浮渣流出，故 V 型缺口堰阻擋水面漂流物及浮渣數量，遠比矩形缺口堰會高出許多。故一般皆用連續型 V 型缺口堰。溢流堰負荷應小於 $250 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 。必要時溢流堰及出水渠道，應考量防藻對策，如圖 6.26。
- (4) 沉澱池應加強堰板與結構密合度，避免污水漏流或出水不均，堰出水應保持自由落水。

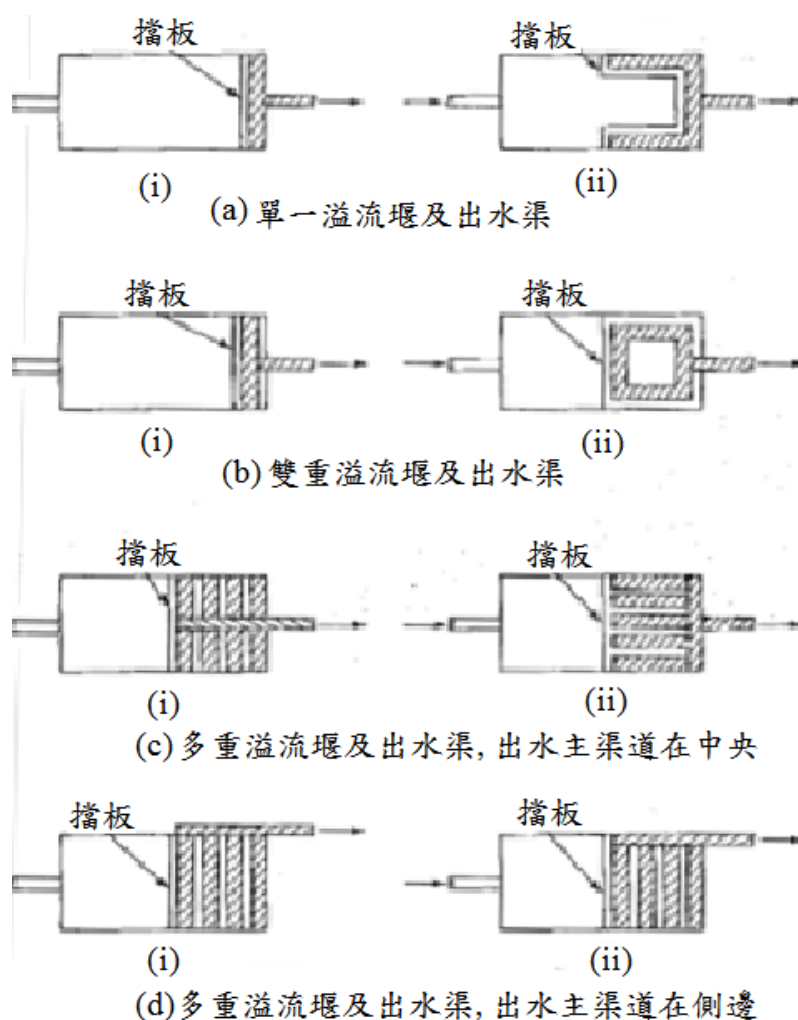


圖 6.25 長方形池出水渠道設置位置圖



圖 6.26 噴水系統去除圓形池蛇狀溢流堰上的藻類

2. 沉澱池出水管採用沉水式開孔管者，為沿著沉澱池內牆設置的圓管，管上開有均勻配置的圓孔。長方形沉澱池沉水式開孔管如圖 6.27。圓形沉澱池沉水式開孔管如圖 6.28。為避免漂浮物進入出水管，出水管下游出水端，需要有流量控制裝置，以維持池內的水位在管頂上 30 至 35 cm。流量控制裝置係在下游端設置一道短渠道及溢流堰，而在中大規模廠通常採自動水位控制閥。

(1) 沉水式開孔管之優點為：

- ① 整個池面可刮渣，故可避免浮渣流入出水管，且不須設置浮渣擋板。
- ② 由於浸水深，出水管上極少藻類生長。
- ③ 池內水位變化，對沉澱效果影響比出水渠道小。
- ④ 沒有出水渠道不均勻沉陷，導致出水不均的問題。
- ⑤ 沒有出水渠道短流的問題。
- ⑥ 沒有溢流堰出水產生臭味的問題。
- ⑦ 沒有溢流堰出水產生曝氣效果而增加水中溶氧，以致影響下游處理單元，如厭氧性菌種選擇池功能的問題。

(2) 沉水式開孔管缺點為：

- ① 孔口被破布或其他物品堵塞的可能維護問題。管線中生物生長導致的惡臭。
- ② 由於出水管上層水，非屬沉澱區的一部分，故出水管沉澱池的總水深，應比傳統出水渠沉澱池增加一些，此會增加建造費。
- ③ 由於沉澱池各池進流分出不易平均，若為溢流堰，則可藉觀察各池溢流之水位，做為調整進流量之依據，沉水或則無法呈現。

(3) 沉水式開孔管設計時，應考量下列事項：

- ① 孔口直徑應為 25 至 45 mm。
- ② 開孔管出口端最大流速應為 0.6 m/s。
- ③ 在尖峰流量情況下，通過孔口之流速應為 0.6 至 1.0 m/s。
- ④ 開孔管及出水歧管，應每隔適當距離設置支撐。

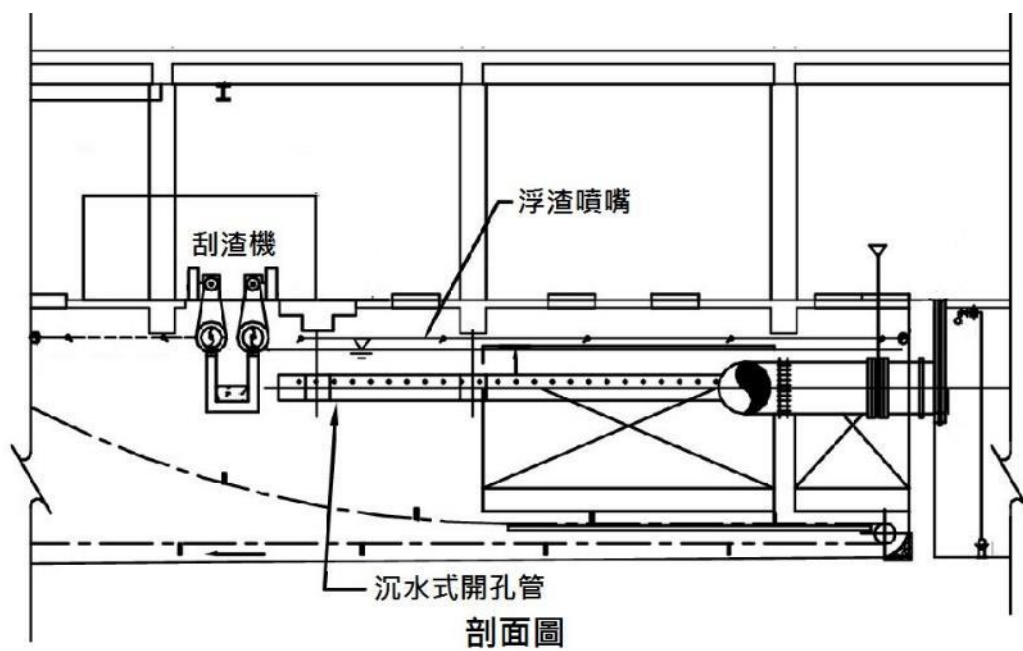
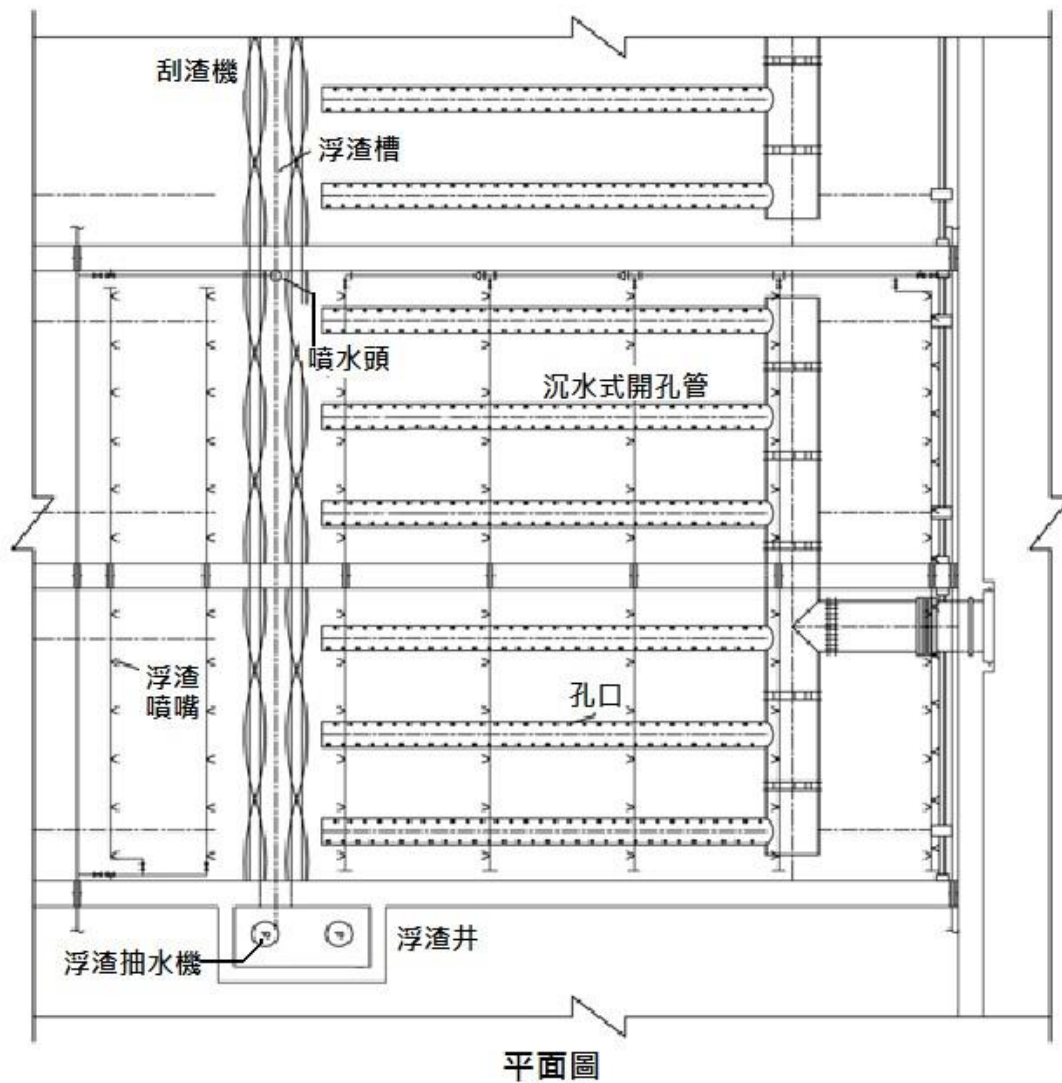


圖 6.27 長方形池之沉水式開孔管(台北內湖污水處理廠例)



圖 6.28 圓形池之出水管照片

6.3.9 長方形池污泥刮泥機

長方形池污泥刮泥機考量如下：

1. 各種長方形池污泥刮泥機中，一般以鏈條刮板式，刮泥區域可達全池底面為宜。
2. 沉澱池寬度較大時(如 ≥ 6 m)，建議可使用橫向刮泥機，將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內。
3. 刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則。
4. 因應降低溫室氣體排放之淨零碳排政策，可參考日本環境省・國土交通省，2016 年之「節能設備選擇及使用」，採用樹脂等輕質鏈條。

解說：

1. 長方形池污泥刮泥機，包括下列各種型式：

(1) 鏈條刮板式

鏈條刮板式刮泥機係在兩條頭尾相連的鍊條上設置許多條刮板，驅動此裝置以將污泥刮除。在池數多的情況，一台驅動機可驅動兩池之刮泥機。鏈條刮板式刮泥機，以往採紅木或金屬刮板及金屬鍊條，現今改用輕量化的非金屬刮板、鍊條及鍊輪，以降低腐蝕及磨損問題。過去由於受到標準材質紅木刮板的撓度、浮力及重量的綜合影響，矩形沉澱池一池寬度限制在 6 m。最近由於玻璃纖維複合材料刮板的進步，使得矩形沉澱池一池寬度可提高到 10 m，刮板間隔為 3 m。長方形沉澱池使用鏈條刮板式刮泥機，如圖 6.29。刮泥板縱斷面可分為兩種型式，包括：①封閉型，方形、日形或 Δ 形。②非封閉型，如 Γ 形、 Π 形或 Σ 形。

近年有使用單軌鏈條刮泥機。單軌鍊條刮泥機，係以馬達驅動鍊條，以鍊條帶動設於池底單軌上所設置之自動刮板機，每組自動刮板機上設有 2 組刮板，刮板設置間，距視池槽尺寸與刮泥量進行選用，如圖 6.30。通常單軌鍊條刮泥機，係以 1 組馬達帶動 2 組刮泥機，此 2 組刮泥機之刮板為對向互動，即 1 組刮泥機向前移動，另 1 組刮泥機則向後移動。當刮板將污泥刮集至池前端之集泥坑後，自動刮板機將開始後退之際，其刮板將旋轉

90 度，使刮板面與池底平行，若刮板退至最後端，將再次前進刮泥時，則刮板會再旋轉 90 度，使刮板面與池底垂直後開始刮泥，其運行如圖 6.31。

二級沉澱池，若選用單軌鍊條刮泥機，須考量因其回程運行階段並未刮泥，而迴流污泥則有連續迴流之需求，選用時需考量自動刮板機數量設置是否足夠，避免污泥濃度有不均勻之現象。

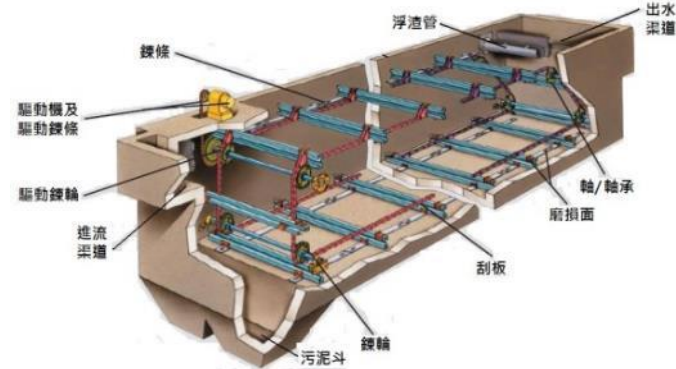


圖 6.29 長方形沉澱池使用鏈條刮板式刮泥機



圖 6.30 單軌鍊條刮泥機

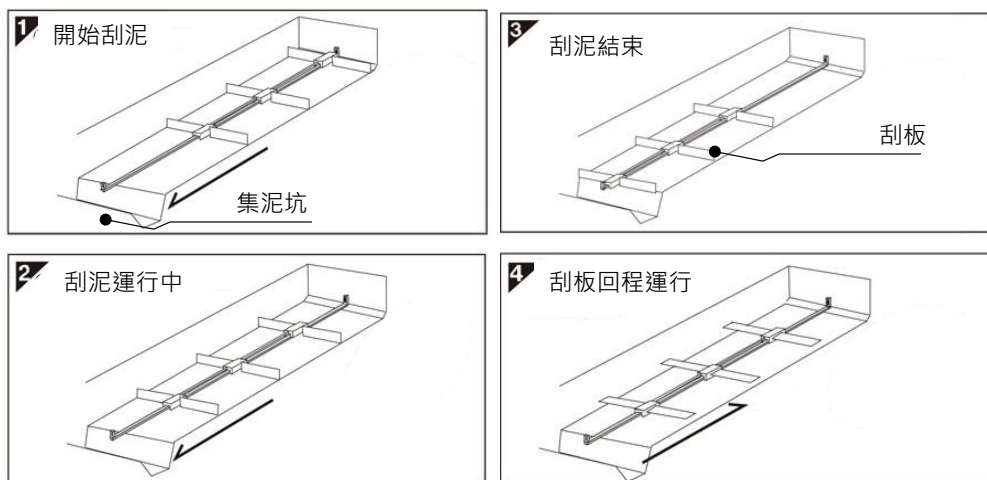


圖 6.31 單軌鍊條刮泥機運行過程圖

(摘自 [http : //www.fj-i.co.jp/English/monore.htm](http://www.fj-i.co.jp/English/monore.htm))

(2) 走橋式刮泥機

主要於歐洲各國，用於初級沉澱池及三級沉澱池化學污泥。刮板在出水端時放到池底，再以走橋拉向進水端之污泥斗。刮板自污泥斗回到出水端時，會舉到水面當做刮渣板。其特色係需要維護時不用排乾池水。長方形沉澱池使用走橋式刮泥機，如圖 6.32。

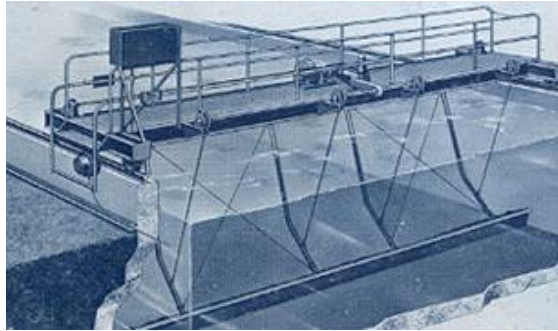


圖 6.32 長方形沉澱池使用走橋式刮泥機

(3) 往復式刮泥機

往復式刮泥機，其往復行走的楔型刮板在去程時，垂直面可將污泥推往前方，而在回程時容許污泥滑過斜坡面，以此方法逐步將污泥推向污泥斗。該機傳動裝置少、維修保養簡單及故障率低。但其浮渣刮除設備，須另外裝設。長方形沉澱池使用往復式刮泥機，如圖 6.33。

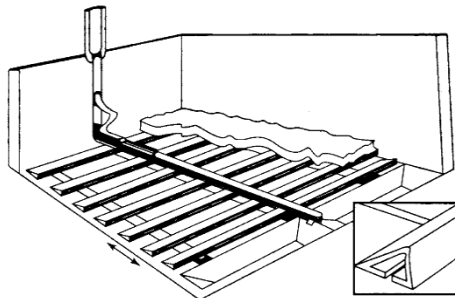


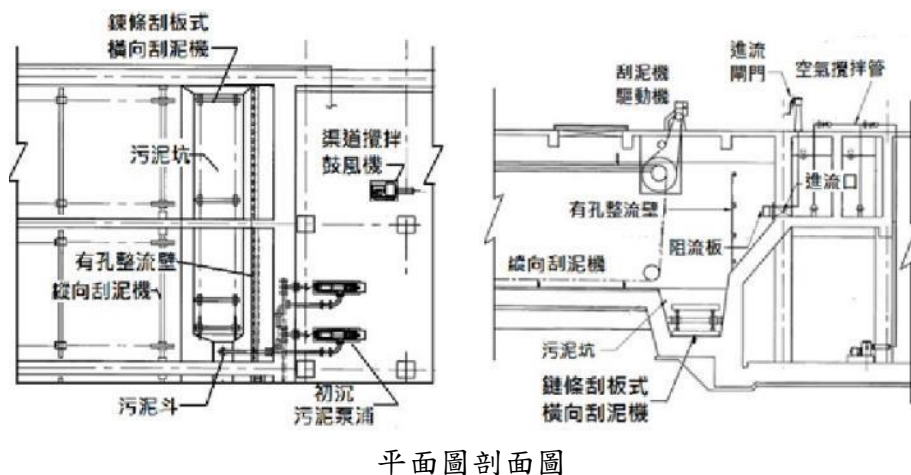
圖 6.33 長方形沉澱池使用往復式刮泥機

在各種型式的刮泥機中，應考量過去使用之實績及優劣經驗，審慎比較後採用之，國內一般常用鏈條刮板式。長方形沉澱池長度約為 25~60 m。長方形沉澱池長度，受到刮泥機系統的限制，因為刮泥鏈條及刮板系統長度的增加，該系統的機械應力也增加。沉澱池太長，只用一組刮泥系統很難將污泥刮過全池，但採用中央污泥斗及多組刮泥系統會增加設備費、維護及設計複雜性。增加長方形沉澱池寬度的另一方法為採用平行多池，池間採開孔隔牆(如圖 6.34)。其缺點為一組刮泥機需要修理時，全部池槽皆須排空，暫停使用。另外，尚不清楚隔牆的開孔是否會形成渦流，而嚴重影響水理的穩定度及懸浮固體的去除率，設計階段隔牆開孔時，建議進一步評估水力之影響。



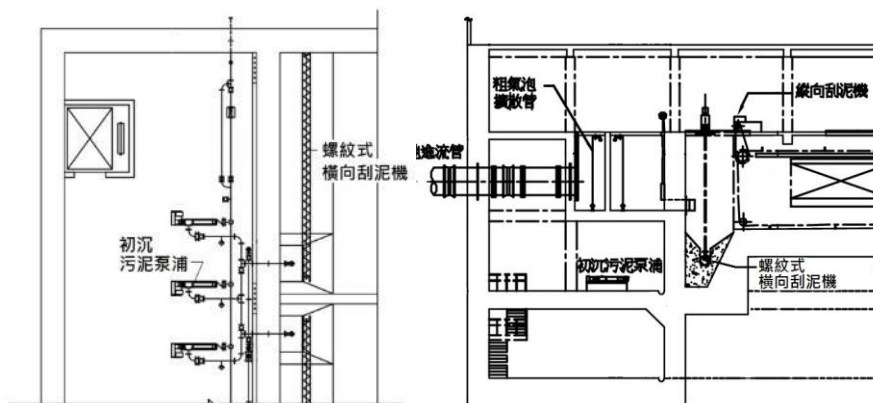
圖 6.34 長方形沉澱池池間採開孔隔牆

2. 大規模之初級沉澱池，其長方形池寬度較大，一般皆設置縱向刮泥機，先將污泥刮至沉澱池進流端之污泥坑，再使用橫向刮泥機，將污泥坑中之污泥刮送至污泥斗內。橫向刮泥機種類，包括鏈條刮板式(如圖 6.35)及螺旋式(如圖 6.36)。



平面圖剖面圖

圖 6.35 鏈條刮板式橫向刮泥機(新竹客雅水資源回收中心例)



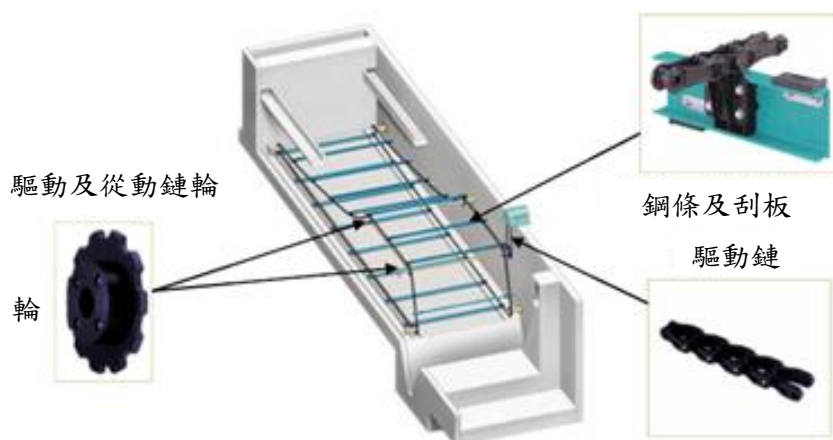
平面圖剖面圖

圖 6.36 螺旋式橫向刮泥機(台北內湖污水處理廠例)

3. 刮泥速度，以不攪動沉澱物揚起為原則，鏈條刮板式刮泥機移動速度為 0.3 至 0.9 m/min，刮板速度應調整至接近密度流引起的污泥流動速度，以促進水流穩定及避免逆向刮泥引起的亂流。
4. 鍊條式刮泥機安裝基本原則
 - (1) 土建結構要求
矩型鏈條刮泥機土建結構施工(垂直、水平、平行度)，應符合原廠安裝說明書要求及施工規範之規定，並依選用設計型式擇優訂之。
 - (2) 主動軸安裝
全長水平度偏差，應符合原廠安裝說明書要求，但不得超過 5 mm。
 - (3) 角軸安裝
角軸鏈輪的安裝，表面角軸輪的位置，必須根據主驅動軸位置決定，應符合原廠安裝說明書要求，其偏差不得超過 8 mm。
 - (4) 角軸和池底
應符合原廠安裝說明書要求，其偏差不得超過 10 mm。
 - (5) 刮板導軌安裝
應符合原廠安裝說明書要求，直線度偏差其偏差不得超過 2/1000。
 - (6) 驅動裝置安裝
減速機的動力輸出軸齒輪與刮泥機主驅動輪在同一平面，其安裝偏差應符合原廠安裝說明書要求，但不得超過 3 mm。
 - (7) 廠商應提供施工安裝說明書及安裝圖送審，安裝廠商應有施工安裝經驗證明。
 - (8) 螺栓預埋件或化學螺栓安裝後，應再測量確認，除定位外應符合原廠安裝說明書要求，確認螺栓長度及螺栓埋入深度。
 - (9) 組裝應做好齒輪、軸承保護，並應確認潤滑狀態。
 - (10) 刮泥鏈條安裝，應符合原廠安裝說明書要求，調整張緊度，調整時應避免熱脹冷縮效應。
 - (11) 驅動鏈條安裝，應符合原廠安裝說明書，要求調整鍊條張力。
 - (12) 刮泥機全系統安裝完成後，應提送安裝定位核對報告，確認安裝位置符合原廠安裝說明書要求，並經設備原廠人員出具安裝完成證明。
5. 「節能設備選擇及使用」之採用樹脂等輕質鏈條：
 - (1) 施設概要
鏈條式刮泥機使用於矩形的初沉池和終沉池，也有通過樹脂化和減輕構件重量，來降低能耗的機型。下圖是全塑料刮泥機的結構示例。
 - (2) 導入效果
根據日本設計計算實例，當水池尺寸為寬 5.0x 長 35.0x 深 3.5m，使用 2 個水池和 1 個驅動器時，金屬所需的電動機輸出力為 0.19 至 0.38 kW，但當引入輕質鏈條時，估計減少 0.06 到 0.12 kW。

(3)參考資料

公益財団法人日本下水道新技術機構，チェーンフライト式汚泥かき寄せ機技術資料(2016/3)



6.3.10 正方形或圓形池污泥刮泥機

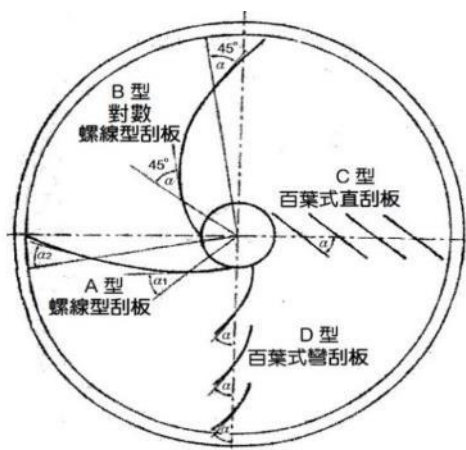
正方形或圓形池污泥刮泥機考量如下：

1. 正方形或圓形池，一般採用迴轉式刮泥機。
2. 刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則。

解說：

1. 正方形或圓形池採用迴轉式刮泥機，以池中央支柱為軸心迴轉，將污泥順序往中央刮除。

(1)迴轉式刮泥機的刮板型式如圖 6.37，分為 A.螺線型；B.對數螺線型；C.百葉式直刮板；D.百葉式彎刮板。



A.螺線型，其中 $\alpha_1 > \alpha_2$ ；B.對數螺線型，角度 α 固定在 45° ；

C.百葉式直刮板；D.百葉式彎刮板

圖 6.37 迴轉式刮泥機的刮板型式

A.螺線型刮板(如圖 6.38)：



圖 6.38 螺線型刮板

B.對數螺線型刮板(如圖 6.39)，此為較常用之型式：

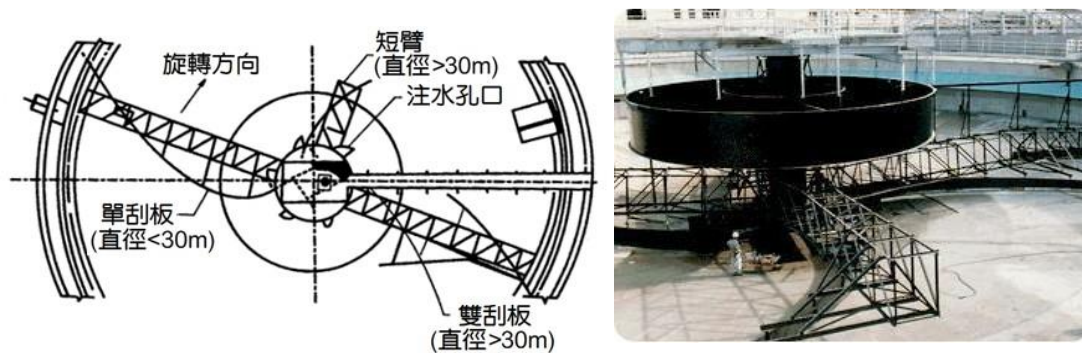


圖 6.39 對數螺線型刮板

C.百葉式直刮板(如圖 6.40)：



圖 6.40 百葉式直刮板

D.百葉式彎刮板(如圖 6.41)：



圖 6.41 百葉式彎刮板

傳統百葉型刮板與螺線型刮板對於污泥刮除所需的時間不同，可由圖 6.42 污泥移動路徑之比較而看出。

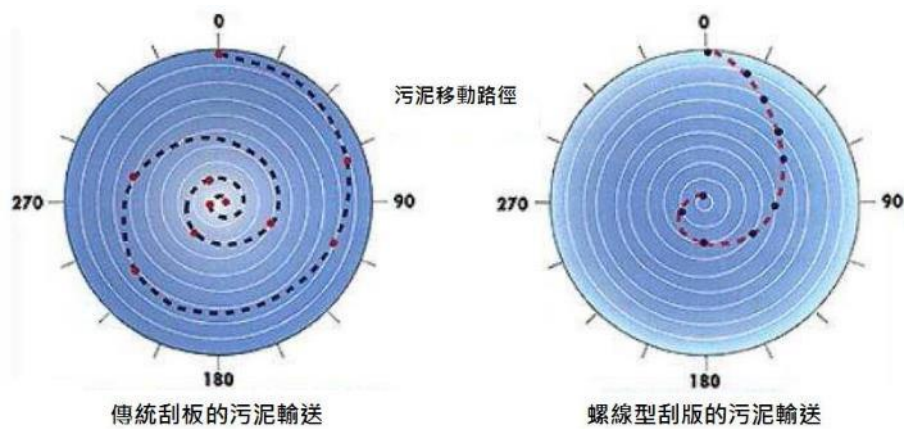


圖 6.42 傳統刮板與螺線型刮板之污泥移動路徑

(2)迴轉式刮泥機的驅動機，依照位置分為下列兩種：

A.中央驅動式，又分為：

(A)橋面支撐式，又稱為全橋式(如圖 6.43：用於直徑 $<15\text{ m}$ 之沉澱池)

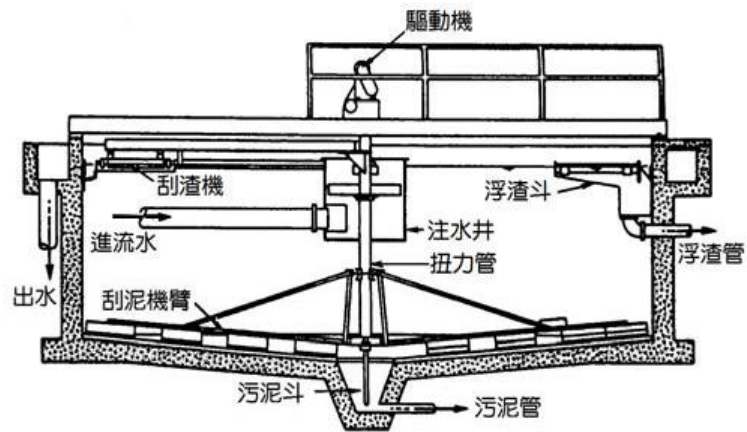


圖 6.43 橋面支撐式驅動機

(B)中心柱支撐式，又稱為半橋式(如圖 6.44)：用於直徑 $>15\text{ m}$ 之沉澱池

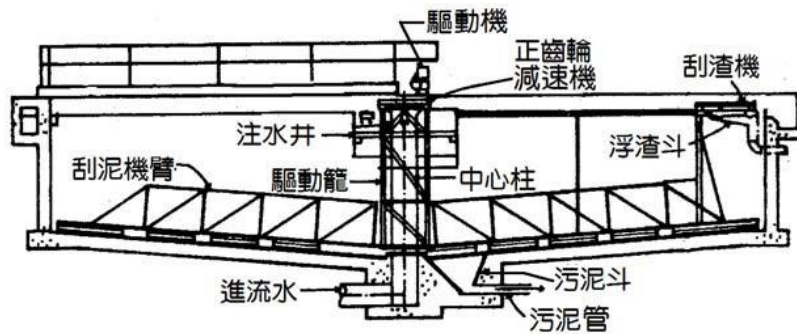


圖 6.44 中心柱支撐式驅動機

B.周邊驅動式(如圖 6.45)：



圖 6.45 周邊驅動式驅動機照片(斗六市水資源回收中心例)

2. 刮泥速度以不攪動沉澱物揚起為原則，迴轉式刮泥機周邊之刮板速度約為 3.0 m/min 。各種初級沉澱池污泥刮泥機之種類及特性，如表 6.3。

表 6.3 各種沉澱池污泥刮泥機之種類及特性

機種	鏈條刮板式刮泥機	單軌式刮泥機	走橋式刮泥機	往復式污泥刮泥機	中央驅動及周邊驅動污泥刮泥機
刮除速度	初級沉澱池約 0.7 m/min 二級沉澱池約 0.35 m/min	初級沉澱池約 0.7 m/min 二級沉澱池約 0.35 m/min	初級沉澱池約 0.7 m/min 二級沉澱池約 0.35 m/min	約 2.0 m/min	初級沉澱池周邊速度約 3.0 m/min 二級沉澱池周邊速度約 1.5 m/min
適用範圍	初級沉澱池及二級沉澱池	初級沉澱池及二級沉澱池	初級沉澱池及二級沉澱池	初級沉澱池用	初級沉澱池及二級沉澱池，使用中心驅動內徑 25 m 以下，外周驅動內徑 25~50 m
構造	於兩條鏈條上附置多數的刮板，藉驅動以刮除污泥	由單一鏈條牽引刮泥機組中心，使其穩定於池底軌道上運行，刮板往集泥坑運行時垂直於池底面，回程運行時旋轉 90 度與池底平行	2 支可動臂與側寬相配合，附著 1 片刮泥板，於兩側臂的軌道上往復走動。往程將污泥刮除至池之他端的污泥坑。復程時刮泥板提升至水面上行走	往復行走的楔型刮板，在去程時垂直面，可將污泥推往前方，而在回程時容許污泥滑過斜坡面，以此方法逐步將污泥推向污泥斗	以池中央之支柱為軸旋轉之，順次將污泥刮除至中央。驅動裝置有置於中央支柱之中央驅動方法及於外緣放置驅動裝置之周邊驅動方法
優點	1. 由於作連續刮除污泥，因此污泥刮除量大。 2. 操作簡單，自動化運轉。 3. 利用去程之刮泥板刮除水面浮渣。 4. 沉澱池上機械設備少，要加覆蓋時較為便利。 5. 可做成二層式，土地利用率高。	1. 可承受較大負荷和單邊不平均負荷，且與刮泥台呈剛性接合，較為穩固。 2. 兩側及下緣設置橡膠刮板，能將污泥完全刮除。 3. 水中如有垃圾雜物，在刮板容許強度下仍能正常操作。	1. 污泥刮泥部可提升至水位上。因之維護、檢查較容易。 2. 即使堆積大量高濃度的污泥，也不會損壞機械設備。 3. 污泥刮泥臂上，可裝置浮渣刮除板。	因傳動裝置少，維修保養簡單及故障率低	1. 機械構造簡單，單價較低。 2. 故障少，維護管理容易。 3. 具耐久性，可自動化。 4. 驅動用動力少。
缺點	1. 軸及鏈條皆在水面下，機械易磨損及腐蝕。 2. 沉澱污泥有被刮泥板的反動或振動而攪亂之可能。 3. 由於機械在水中，故障時修理檢查皆困難，需放空水池。	1. 運行回程時，可能造成池底污泥翻揚。 2. 刮板於池底運行，檢視不易，故障時修理檢查需放空水池。	1. 由於係往復操作，易發生蛇形，走行裝置易故障。 2. 刮泥板吊入水中時，會攪亂污泥而污染處理水。 3. 因受刮泥板吊下機械的限制，無法配置適當的堰長。 4. 無法配置於二層式沉澱池。	1. 浮渣刮除設備須另外裝設。 2. 刮泥設備皆在水面下，機械易磨損及腐蝕。 3. 沉澱污泥有被刮泥板的反動或振動而攪亂之可能。 4. 由於機械在水中。故障時修理檢查皆困難，需放空水池。	1. 用地利用效率低。 2. 溢流堰置於外周，因之溢流堰長度受限制。 3. 中心部流速大，易發生渦流。 4. 雖可裝置於數層次，惟構造複雜。

6.3.11 初級沉澱池污泥抽除

初級沉澱池污泥的抽除，應考量下列事項：

1. 污泥的抽除係以抽泥機為之。
2. 抽泥機台數含備用應為 2 台以上。
3. 排泥管的配管應易於進行清管，考量管線須封閉的情況，在適當地方應設置清潔口及壓力水清洗管。排泥管口徑應為 150 mm 以上為原則。

解說：

1. 初級沉澱池的污泥，比二級沉澱池污泥，含有較多的無機質，比重也較大，另外，又包括多量的渠道雜物，以水位差的方法來抽除時容易閉塞，故以抽泥機強制抽除為較佳。污泥量會隨進流水量的變動及水質影響，通常會有約 2 倍的變化，故設計抽除設備時，應慎重的考量。大規模廠利用自動閥及計時器來順序切換抽泥機的運轉，能使維護管理較容易。
2. 抽泥機台數考量故障等因素，含備用應為 2 台以上。初級沉澱池的污泥，通常都抽送至污泥濃縮單元，污泥斗加深，污泥可達壓密效果，則可直接抽送至消化槽，以減少濃縮單元。
3. 為防止排泥管會不均勻沉陷及腐蝕，應採用堅固及防蝕的材質。配管應易於進行清管，在管線閉塞時，應以壓力水沉澱池上部清洗，以及考量在配管的彎管段設置清潔口，而以壓力水逆向清洗配管。為防止污泥斗底部堆積的砂土閉塞管線，排泥管在配管時，應距污泥斗底部 30 cm 以上。為防止管線阻塞，排泥管口徑應為 150 mm 以上，排泥管以鑄鐵為宜。
4. 污泥抽泥機管線設計，需避免停機時產生虹吸現象。

6.3.12 多層沉澱池

沉澱池多層化時，考量下列條件設計之：

1. 形狀原則上為長方形、水平流。
2. 原則上，各層進流部及出水部的流量應均勻。
3. 出水設備可採溢流堰或沉水式開孔管。初級沉澱池的出水設備，以溢流堰設計，二級沉澱池則各層採同一型式。
4. 抽泥管由於水深較大，應有對付阻塞的安全構造。
5. 有效面積為各層水平面積之合計。

解說：

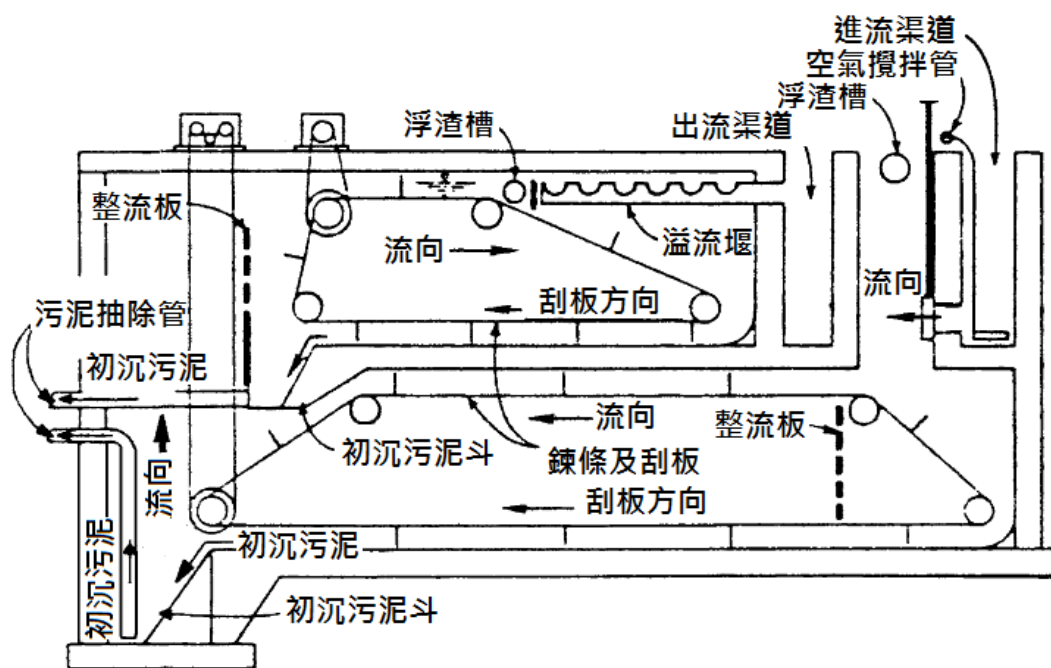
1. 多層沉澱池，包括雙層及三層等型式，形狀原則上為長方形、水平流，而依水流方向，則可分為串聯流及並聯流型式。雙層初級沉澱池如圖 6.46，設計如圖 6.47。串聯流其設計上，進流水先至下層沉澱區，經沉澱刮泥後再由上層沉澱區的出流渠道出水，為下層進上層出。並聯流其水流同時進去上、下兩層沉澱區，出水段也為上、下兩層，同時藉由上層出流渠道出水，其出水詳細設計方式，請詳 3.說明。

2. 進流部的位置及形狀，應儘可能使各層進流的流量均勻，另外，出水部應有設計以調節流量均勻的構造。
3. 各層出水設備無法設計在同一高度的情況，可採沉水式開孔管。在這種情況開孔管的設置係與流向成垂直，此主管再與出流管銜接。但是從各孔口均勻出水的開孔管，從上游端至下游端，孔口面積須逐漸減小。孔口大時，可防止渠道雜物阻塞，直徑以 5 cm 左右為佳。各出流管須考量能調節流量。二級沉澱池的固液分離，各層出流設備的形狀不同，長時間流量變動使各層水量分配有偏差，必須注意放流水水質之惡化。初級沉澱池因需有浮渣去除設施，故其出水應採溢流堰。
4. 有效面積可參考初級沉澱池水表面積負荷率
 - (1) 計算下層水平面積時，池長係自整流板算至池末端。
 - (2) 多層沉澱池之各層水量會不易平衡。
 - (3) 由於污泥容易堆積在下層，設計二級沉澱池時，應注意放流水質管理上的問題。各種初級沉澱池優缺點比較，如表 6.4。

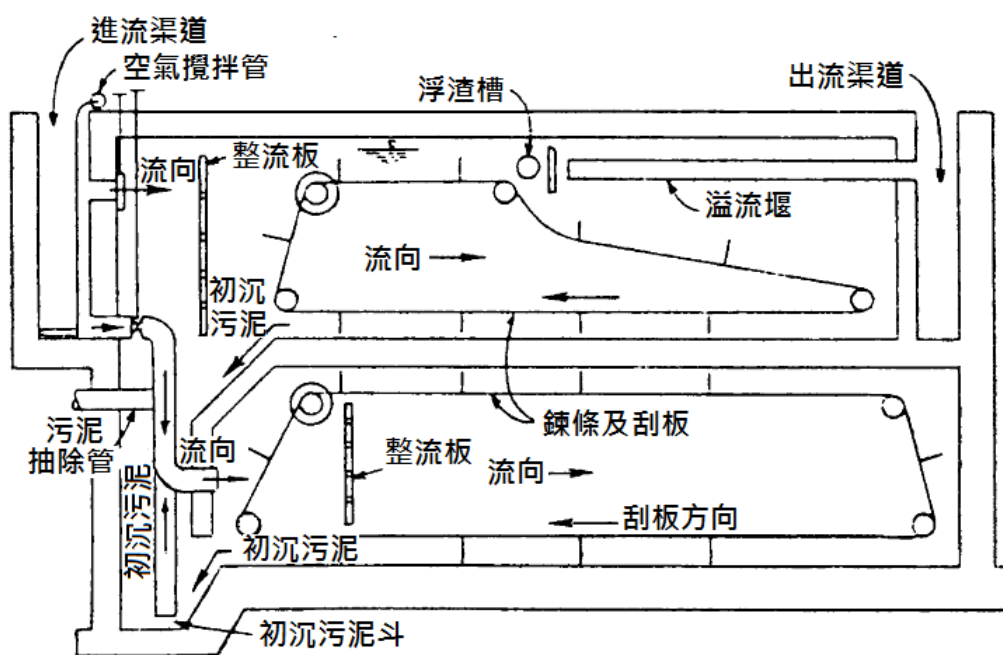
表 6.4 初級沉澱池優缺點比較表

項目 \ 方法	長方形	方形或圓型	多層式
懸浮固體物去除效果	△	○	△
初設成本經濟程度	△	○	—
年操作運維成本經濟程度	△	○	—
池體佔地大小比例	1	1.4	0.6
污泥沉降濃縮效果	○	○	○
臭味衝擊程度	—	—	△
景觀效果	△	△	○
使用普遍程度	○	○	△

註：○：優 △：中等 —：差

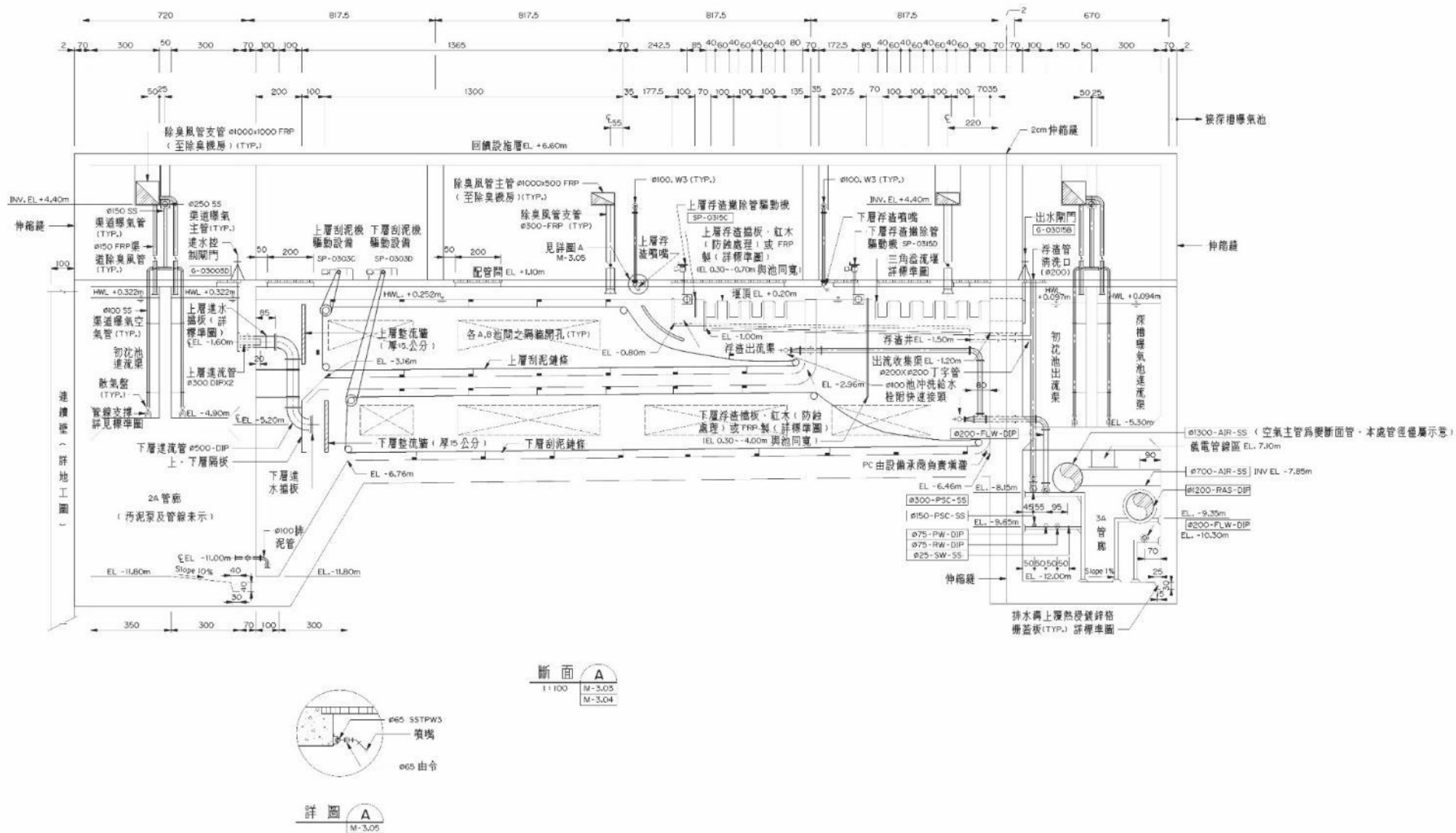


a. 串聯流型式



b. 並聯流型式

圖 6.46 雙層沉澱池示意圖



6.4 常見設計問題及考慮事項

參考營建署 110~111 年度全國公共污水廠營運評鑑(100~109 年)評鑑計畫各單元設計施工面及操作維護面意見，針對細部設計時應考慮事項如後：

1. 建議於初沉池前之相關單元增設油脂及棉絮簡易處理設施，減少對處理功能及相關設備造成的影響。
2. 初沉池設計應考量設置繞流管線，以作為低負荷時將污水繞流至生物處理單元。
3. 初沉池進流應避免跌落造成水流不穩定，影響沉澱效果；出水應保持自由跌落；溢流堰設計應預留調整高程保持水平之機制，以避免出水不均勻之狀況。
4. 初沉池溢流堰應避免採孔口方式設計，以利觀察分水均勻之狀態。
5. 初沉池進流如採潛孔口型式，須注意浮渣排除閘門設置位置及高度。
6. 初沉池出水渠道設計應考量坡度及設計流速，以避免污水停滯產生厭氧狀態與沉積；維護階段亦應注意流況及加強清理。
7. 沉澱池之進水或分水設施應考量浮渣排除功能。
8. 渠道曝氣管應配合需求風量進行設計。
9. 初沉池水力停留時間設計勿過長，使進流有機物過度去除；亦勿過短，使 SS 沉降時間不足。
10. 初沉池各池槽設施之覆蓋，應考量操作管理性，對所有驅動系統、攔污柵、刮泥系統鬆緊狀態、浮渣排除和溢流系統之觀察和清理，以及各池分水均勻狀態之觀察等需求加以適當配置，並以透明或為可移動容易開啟者。
11. 加蓋式沉澱池應避免人員進出之維修孔位置靠近污泥斗，以避免人員跌落污泥斗之風險，並設置具有換氣功能之開孔，以避免污泥斗若有沼氣產生，影響人員安全。
12. 圓型沉澱池周邊牆頂，應有適當寬度，以供操作管理人員做經常性溢流堰及集水堰清理之動線需求，以策安全。
13. 沉澱池應加強堰板與結構密合度避免污水漏流，或出水不均。
14. 刮泥及刮渣板與池壁縫隙過大，恐影響刮除效率。
15. 刮板沒水無法刮渣，應檢視水位設定、安裝問題或池體不均勻沉陷。
16. 沉澱池刮泥鍊條調整應設計具尺度標示，以利操作進行鬆緊調整及檢核作業。
17. 浮渣井或出口深度、長度及寬度應適當；收集渠道過長易造成收集浮渣堵塞。
18. 浮渣以抽水泵抽送效果不佳。
19. 初沉浮渣送至污泥消化，應改為直接收集丟棄。
20. 沉澱池浮渣刮除設備之刮渣高度範圍，應可符合最高與最低水位。
21. 浮渣收集管設置位置，使浮渣收集效果不彰。
22. 浮渣井使用篩渣濾網孔徑過大，效果不佳使污物迴流。
23. 浮渣噴嘴位置須配合浮渣收集裝置設置。
24. 浮渣收集井或過篩設備需符合浮渣收集管之瞬間流量。

25. 電動浮渣收集開關應與浮渣收集管位置相近，利於同時觀察及操作。
26. 污泥泵管線設計需留意避免停機時產生虹吸現象。
27. 廢棄污泥泵應設有流量計。
28. 廢棄污泥應配有維修管線。
29. 廢棄污泥泵抽送流量、管線管徑設計不當。
30. 廢棄污泥泵採用陸上型離心泵，未來操作時應檢視冷卻效果是否適宜。
31. 若污水處理廠設有厭氧消化系統時，可考量將初沉污泥直接納入消化系統。
32. 如採單軌式刮泥機，應檢核污泥貯斗大小是否足夠貯存刮泥機往復時間之排泥量。
33. 污水處理廠位於易受侵蝕之區域，例如鄰近海岸受鹽類腐蝕，需考量戶外相關設備與設施之耐蝕性。

第七章 污水生物處理及固液分離

7.1 概說

污水經初級沉澱處理後，仍殘留有會造成水污染的溶解性、懸浮性的有機物及氮磷等無機物，必須依放流水標準需求，進一步的處理，而在各種處理方法中，污水生物處理及固液分離，無疑是最經濟及最常用的。

生物處理為利用微生物的代謝作用，使污水中的有機物及氮磷等無機物轉化後，於二級沉澱池將可沉澱的固體物，予以分離為目的之處理方法。

存在於污水中的微生物，以污水中之一部分有機物為基質加以攝取分解，作為維持體內及合成新細胞的能源。另一方面，存在於污水中的有機物，則轉換成為無機物或微生物細胞為主之膠羽物質，大部分轉換後的物質，最終經沉澱分離後，成為廢棄污泥排出。

污水生物處理，可分為微生物在反應槽中呈懸浮生長(Suspended Growth)狀態的活性污泥及其衍生法，以及微生物在載體上呈固定生長(Attached Growth)狀態的生物膜法兩大類。近年來各種生物處理法蓬勃開發，其中包括使用活性污泥膜濾法(MBR)。各種污水生物處理法之處理程序及去除物質，如表 7.1。

表 7.1 各種污水生物處理法之處理程序及去除物質

方法		處理程序	主要去除物質
活性污泥法	一般活性污泥法	標準活性污泥法、分段配水(階梯)式活性污泥法、延長曝氣法、氧化渠法(oxidation ditch)、回分式活性污泥法(SBR)、深層曝氣法及活性污泥膜濾法(MBR)	BOD、SS
	去氮活性污泥法	循環式硝化脫硝法(MLE)、(間歇進流及連續進流)分批式活性污泥法 (ICEAS、CASS)、Bardenpho(四段式)程序、相分離氧化渠法、多段進流法、硝化內生脫硝法(OAO 法)、循環式硝化脫硝活性污泥膜濾法(AO-MBR)	BOD、SS、T-N
	去氮除磷活性污泥法	A ² O 法、Modified Bardenpho 程序、MUCT、VIP、MSBR、TNCU、多段進流法、硝化內生脫硝除磷法	BOD、SS、T-N、T-P
生物膜法		接觸曝氣法及好氧過濾法	BOD、SS、T-N

上表中各生物處理去除率，累計 BOD 約 85~95%、SS 約 80~90%、T-N 及 T-P 皆約 60~80%。

本章涵蓋污水生物處理兩大類的基本原理及設計解說，以及固液分離之二級沉澱池設計及解說和生物處理供氧曝氣設施。至於污泥生物處理將另章討論。

7.2 活性污泥法

7.2.1 活性污泥法之淨化原理

活性污泥法處理程序，如圖 7.1，為經前處理後的污水，流入反應槽(曝氣槽)與槽內呈流動狀的好氧性微生物群之活性污泥相，混合接觸後之流出水，於二級沉澱池沉澱分離之，沉澱分離後之污泥，一部分連續迴流至曝氣槽，一部分成為廢棄污泥排出，另行處理之。

活性污泥系統，即為控制上述於最有利環境條件，以達到良好的處理效果為目的。

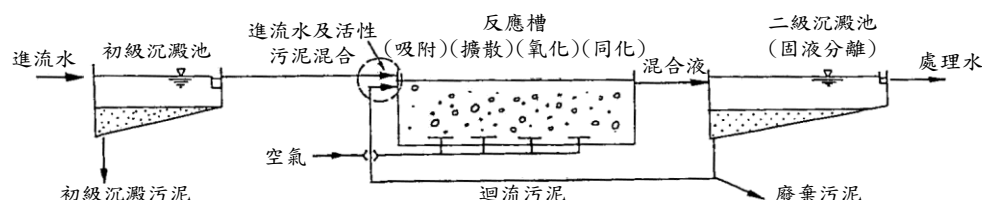


圖 7.1 活性污泥法處理程序

活性污泥微生物所去除污水中的主要成分，包括構成有機物主要的碳化合物、氮化合物及磷化合物等。去除這些物質的活性污泥微生物，依其生理特性可分為四大群，包括：

1. 在好氧條件(有溶氧狀態)下，包括絲狀及單細胞細菌所構成的異營性細菌，利用有機物來增殖，主要的細菌例如：*Pseudomonas*，嗜食碳水化合物(醣類)及碳氫化合物(脂肪類)，而 *Bacillus*、*Flavobacterium* 及 *Alcaligenes* 則是嗜食蛋白質，除這些細菌外，活性污泥中包括原生動物及後生動物，利用這些細菌作為食物。
2. 在好氧條件下，將氨氮氧化為亞硝酸鹽的自營性細菌，包括 *Nitrosomonas*、*Nitrospira* 及 *Nitrosococcus*，屬氨氮氧化細菌(Ammonia oxidation bacteria, AOB)，將亞硝酸鹽氮氧化為硝酸鹽的自營性細菌，包括 *Nitrobacter*、*Nitrospira*、*Nitrococcus* 及 *Nitrospina*，屬亞硝酸鹽氮氧化細菌(Nitrite oxidation bacteria, NOB)，這些 AOB 及 NOB 細菌統稱為硝化菌，此一作用稱為硝化作用。
3. 在缺氧狀態下(低溶氧，但有硝酸鹽、亞硝酸鹽存在狀態)，將亞硝酸氮及硝酸氮還原為氮氣，並分解有機物碳源以獲得能量的異營性細菌，此一反應稱為脫氮，具此一反應機能的細菌稱為脫硝菌 denitrifiers。

4. 厭氧狀態(沒有溶氧，硝酸鹽及亞硝酸鹽也不存在狀態)與好氧狀態相互交互作用下，能超量蓄積多磷酸鹽之異營性細菌，稱為脫磷菌或蓄磷菌。

活性污泥法即為在人為控制條件下，依處理目標利用上述微生物的特色和生理特性，以達到不同物質的去除。

活性污泥的淨化機能，為去除污水中的有機物，以其淨化機能分述之：

1. 活性污泥對有機物的吸附及攝取

當污水與活性污泥混合並加曝氣，則污水中的代表性有機物碳化物就會被去除，污水中有機物的去除量與活性污泥溶氧利用量的關係，依時間的變化而增加，顯示有機物與活性污泥接觸的短時間內就被大量去除，此一現象稱為活性污泥吸附。而固體性有機物被活性污泥的表面吸附之同時，溶解性有機物會很迅速的進入活性污泥中微生物的體內，也即被攝取。

被活性污泥吸附的固體性有機物，經由細菌所分泌的酵素等而行水解之後，再進入微生物體內被攝取，而被攝取的有機物則被氧化及同化所利用，相對的行氧化及同化是依曝氣時間而增多，因之有機物的去除量愈大，所需氧量也愈增加。

有機物(C-BOD)被活性污泥吸附、攝取及轉化過程，如圖 7.2。C-BOD 去除量及曝氣時間之相關性，如圖 7.3。

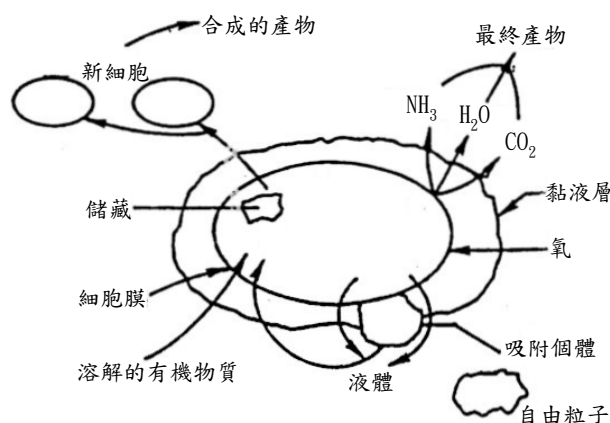


圖 7.2 C-BOD 去除機能示意圖

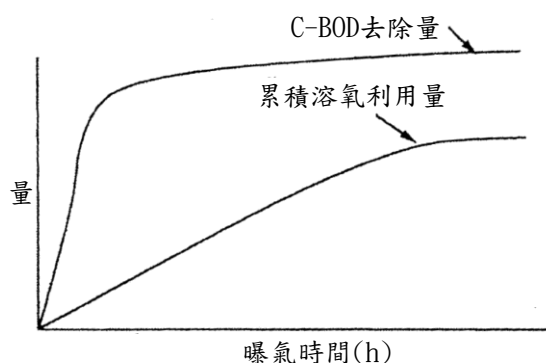


圖 7.3 污水中 C-BOD 去除量及活性污泥法溶氧利用量變化示意圖

當有機物與微生物接觸時即產生傳輸作用。在這個步驟中，污水中之有機物係藉吸附與吸收同時進行作用，傳輸到微生物體內。

圖 7.2 說明溶解狀有機物通過細胞膜，直接進入細胞而被吸收。顆粒與膠體狀有機物則吸附於細胞膜表面，經水解後才能通過細胞膜，而被細胞所吸收。圖 7.3 說明污水中 C-BOD 有機物與活性污泥接觸後因吸附作用很快被去除，吸附作用過程中可溶性有機物很快被微生物利用，但固體性有機物被吸附在活性污泥表面，經酵素水解後才能被微生物利用(氧化分解和細胞合成)。

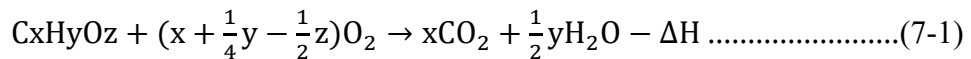
2. 攝取有機物之氧化及同化

活性污泥所攝取之有機物除成為微生物的營養源所利用，部分成為其能源而氧化分解，以及一部分同化合成成為新細胞。

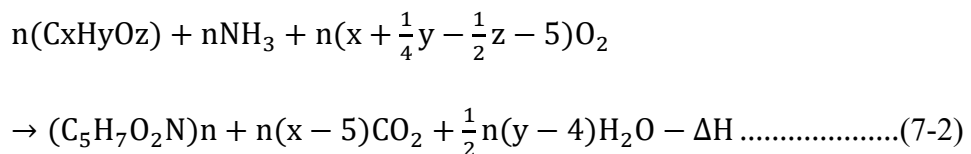
被微生物攝取進入體內的有機物變為細胞的過程為轉化作用，也即經由吸附、攝取、轉化三個程序同時進行，並完成反應。

活性污泥之有機物氧化、細胞合成及細胞氧化作用，可以下式表示之：

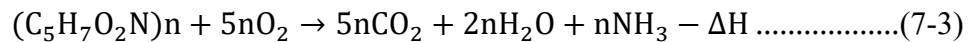
(1) 有機物氧化



(2) 細胞合成



(3) 細胞分解



式中：

$C_xH_yO_z$ ：污水中的有機物

$C_5H_7O_2N$ ：活性污泥微生物之細胞質

ΔH ：反應熱

活性污泥之去除有機物，乃藉吸附、氧化及同化之順序進行以達成之。

活性污泥法淨化機制模式，如圖 7.4。

3. 膠羽之沉降分離性

污水中的有機物，經活性污泥吸附、攝取，繼而氧化、同化之後，若要獲得清澈的處理水，必須同時於二級沉澱池，使其活性污泥具有良好的膠凝及沉降性，才能達到良好的沉澱分離效果，獲得清澈處理水。

活性污泥的膠凝性及沉降性，隨活性污泥的微生物增殖過程而產生變化，活性污泥的增殖過程，如圖 7.5。

由圖 7.5 可知，對數增殖期乃有機物及微生物之比率較大時發生，在本期內，微生物去除有機物量較多，但欠缺凝聚性及沉降性。隨著微生物增殖的結

果，有機物量減少，經由減衰增殖期至體內呼吸期，一般藉減衰增殖期及體內呼吸期之微生物以處理污水。

當可利用之有機物缺乏時，即進入體內呼吸期，微生物以自體的細胞質為能源，進行氧化及分解，微生物數量減少。

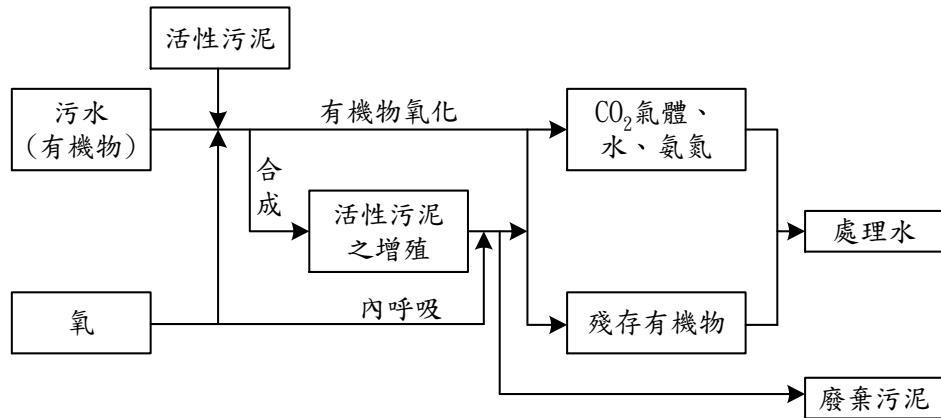


圖 7.4 活性污泥法淨化機制模式

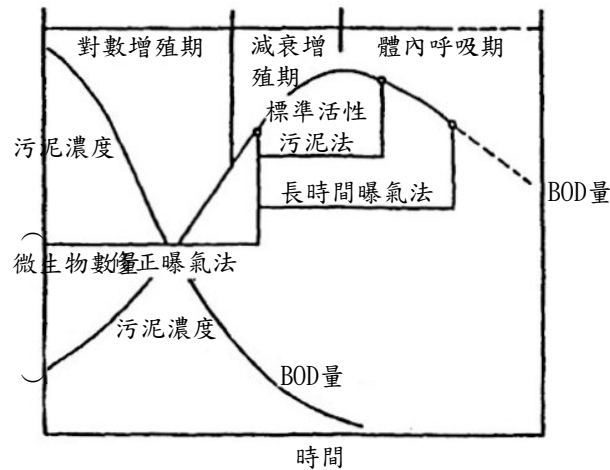


圖 7.5 微生物之增殖過程

微生物的成長及可利用之有機物量之關係，即為各種活性污泥法之負荷條件。

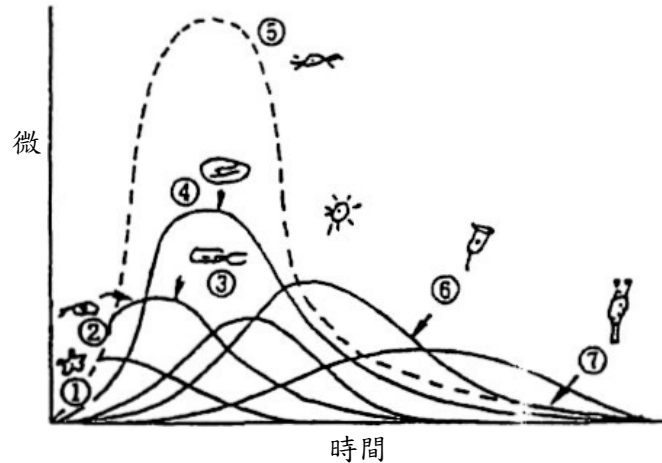
活性污泥為由細菌類、真菌類、原生動物及後生動物等異種個體群微生物所構成之混合培養體。在處理上最初擔任重要角色的為分解、同化有機物之異營菌及液狀營養性真菌類，此等為最低之營養階段，其次被活性營養性之原生動物所捕食，再則被輪蟲及圓蟲類之後生動物之二次捕食者所捕食，而達到淨化，其關係如圖 7.6 所示。

若發生活性污泥的沉降性不佳，其原因多為絲狀菌膨化造成固液分離差，其主要多為操作條件中，溶氧(DO)濃度偏低、F/M 負荷低、有腐敗性(含硫化氫)的污水流入、營養鹽不足或 pH 低等原因所致。

4. 硝化作用

氮在污水中以有機氮和氨氮存在，合稱為凱氏氮，主要為人體所排出之蛋白質代謝物。而有機氮中生物可分解部分，必先經水解化為氨氮，再併同原來生污水中之氨氮，經由好氧細菌的反應，部分合成為細胞，部分則由硝化菌的作用氧化為亞硝酸鹽再氧化為硝酸鹽。由氨氮轉化為硝酸鹽氮的現象，稱為硝化。

經硝化後的硝酸鹽在缺氧狀態下，藉脫硝菌的作用，還原成氮氣，而散出於大氣中，予以去除。氮處理程序中氮之轉換流程，如圖 7.7。



- ①根足蟲類②植物性鞭毛蟲類③動物性鞭毛蟲類
④自由游泳性纖毛蟲類⑤細菌⑥有柄纖毛蟲⑦輪蟲

圖 7.6 活性污泥中微生物之變化

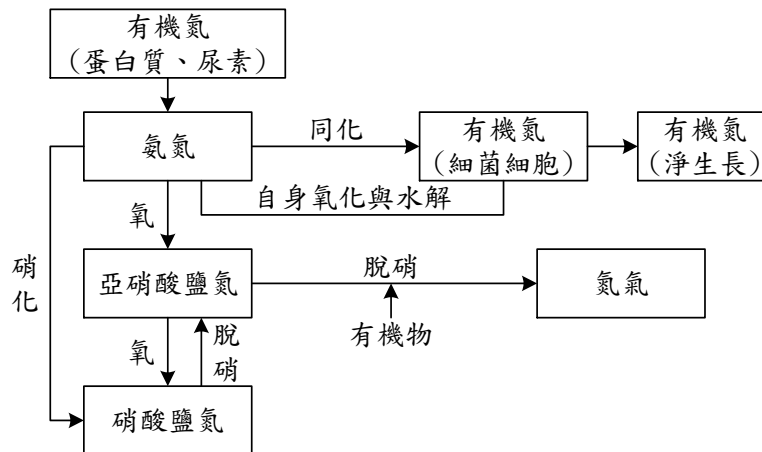
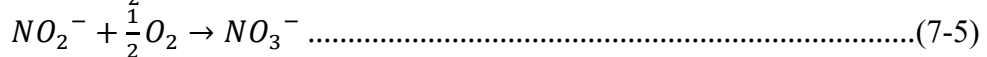
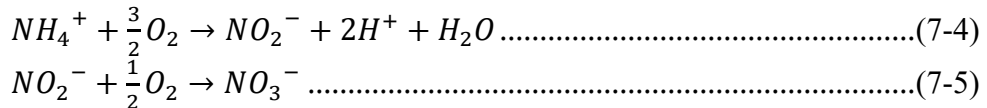
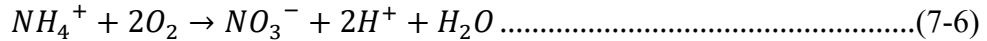


圖 7.7 氮處理程序中氮之轉換流程

硝化作用為自營菌將氨氮先氧化為亞硝酸鹽，再氧化成硝酸鹽氮而釋出能量，並以二氧化碳或碳酸鹽為碳源，合成細胞質。硝化作用的化學反應式可表示如下：



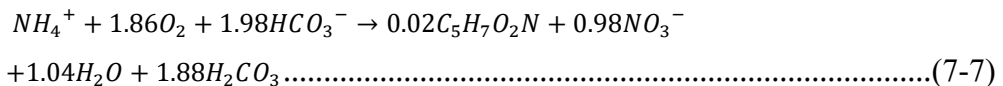
其總反應式為：



氮氮氧化為亞硝酸氮所釋出的標準自由能，約為 66~84 kcal/mole ammonia，而亞硝酸氮的氧化，約釋出 17.5 kcal/mole nitrite。若微生物的細胞合成量正比於能量釋放，則因氮氮氧化所形成的微生物量，將比因亞硝酸氮氧化所形成的微生物量要多。

因此，氮氮完全氧化的理論需氧量是 4.57 g O₂/g N，其中 3.43 g O₂/g N 是用來形成亞硝酸氮，1.14 g O₂/g N 用來形成硝酸氮，但是當考量微生物的合成作用時，實際的氧需求量將較低，根據 U.S. EPA，氮氮完全氧化與細胞合成之需氧量為 4.18 g O₂/g N，細胞生長率(cell yield)分別為 0.15 g O₂/g NH₄-N oxidized 和 0.02 g O₂/g NO₂-N oxidized。

在考量硝化過程，於鹼度消耗利用之反應下，其總反應如下式：



此外，由方程式中可計算出，每公克的 NH₄-N 硝化會消耗 7.14 公克的鹼度(asCaCO₃)，這表示都市污水處理廠，若進流水中有 25 mg/L 的氮氮，要將之完全去除，需在進流水中有 260 mg/L 的鹼度，才能保證曝氣槽出流水中仍有 80 mg/L 的鹼度。因此現場的操作上，有必要時通常是添加石灰或蘇打粉維持硝化槽的 pH 值，以利硝化作用的進行。

硝化之發生，可從污水處理中的 BOD 量測中看出，其 C-BOD 乃一般有機物的氧化耗氧量，而當殘存有機物低量時，則呈現 N-BOD 即為氮化物硝化耗氧量，T-BOD 即為總耗氧量，如圖 7.8。

硝化細菌的增殖速度，一般比活性污泥中的異營菌為慢，因之為保持活性污泥中的硝化細菌，需要比較長的 SRT，另硝化細菌的增殖速度受水溫、DO 濃度、pH 等影響很大。

若進流污水中的鹼度低，而氮濃度高時，會因硝化過程而降低污水中的鹼度，使處理水的 pH 下降，處理水的鹼度與 pH 之關係，如圖 7.9。當進行硝化時，若活性污泥混合液及處理水的 pH 降低，可藉添加鹼液或於脫氮時所產生的鹼度，恢復其 pH。

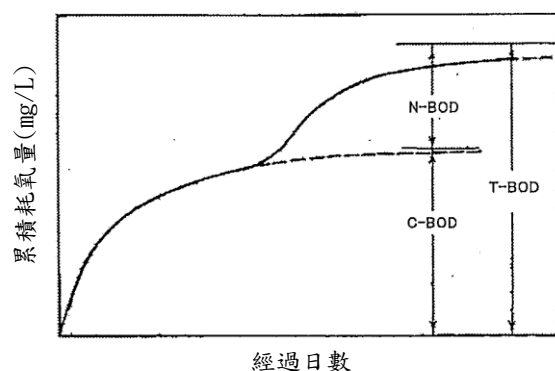


圖 7.8 BOD 的概念圖

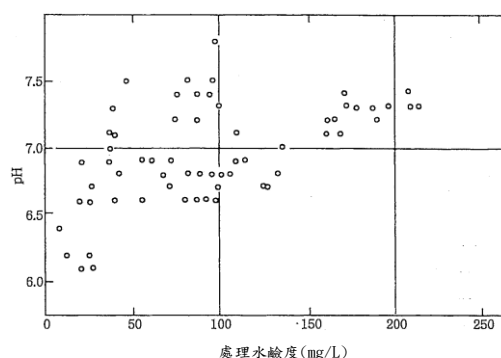
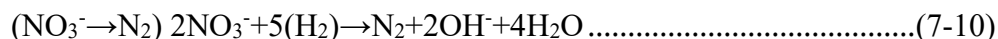
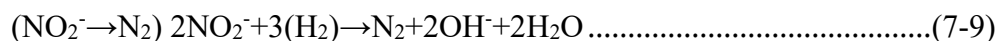
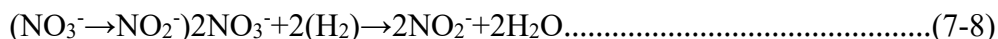


圖 7.9 處理水鹼度及 pH 之關係例

5. 脫硝作用

脫硝作用係以有機物作為氫之電子接受者，將硝酸鹽氮還原為氮氣，並分解有機碳源以獲得能量之作用，其脫硝作用的化學反應式為：



上述反應中之 (H_2) 由有機質提供，為甲醇等有機物及蓄積於細胞內的蓄積物分解後供給。在進行脫硝反應中，反應槽中的溶氧濃度要非常低，同時應存在有反應之細菌內氧化對象的有機物為條件。

由式(7-10)的脫硝反應，1 公克的硝態氮會產生 3.57 公克的鹼度，2.86 公克的有機物(換算 COD)被消耗利用。惟脫硝反應的同時，微生物也在增殖，因之其利用的有機物若以甲醇為碳源，則以下式表示之：



由上式知，脫硝反應每去除 1 公克的硝酸鹽氮會消耗 2.47 公克的甲醇，甲醇 1 公克約 BOD 1 公克或 COD 1.5 公克，因之脫硝時所需 BOD 或 COD 量約 2.5 公克 BOD/公克 $\text{NO}_3\text{-N}$ 或 3.75 公克 COD/公克 $\text{NO}_3\text{-N}$ ，但實際上因污水之有機物有所差異，脫硝所利用之 BOD 量，也會有所幫助，再加上硝化反應槽的氧化分解所消耗的，脫硝所需之 BOD/T-N 比約在 3.0~3.5 以上。

典型缺氧好氧生物脫氮處理程序，如圖 7.10，其 BOD 及各種氮化合物濃度之變化情形，如圖 7.11。於缺氧階段，水中 $\text{NO}_x\text{-N}$ 逐步降低至完全脫硝，BOD 濃度同時降低，於好氧階段， $\text{NH}_4\text{-N}$ 降低，同時 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度增加，達成硝化作用。

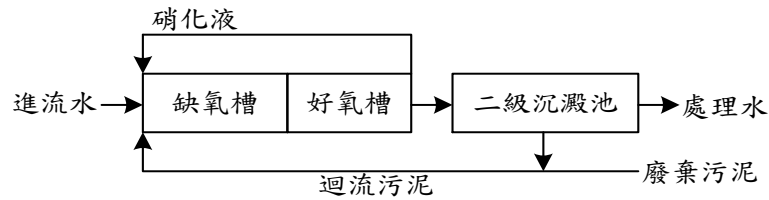


圖 7.10 典型缺氧好氧脫氮程序

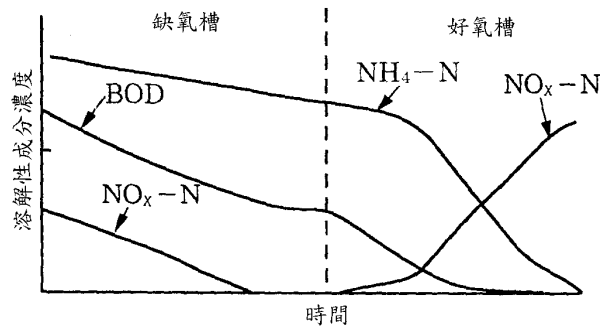


圖 7.11 去氮系統反應槽中 BOD 及氮化物的變化

6. 厭氧氨氧化

新的脫氮生物反應(Anammox)，利用氨和亞硝酸鹽進行脫硝的新生物反應(厭氧氨氧化反應)，其機制如圖 7.12。

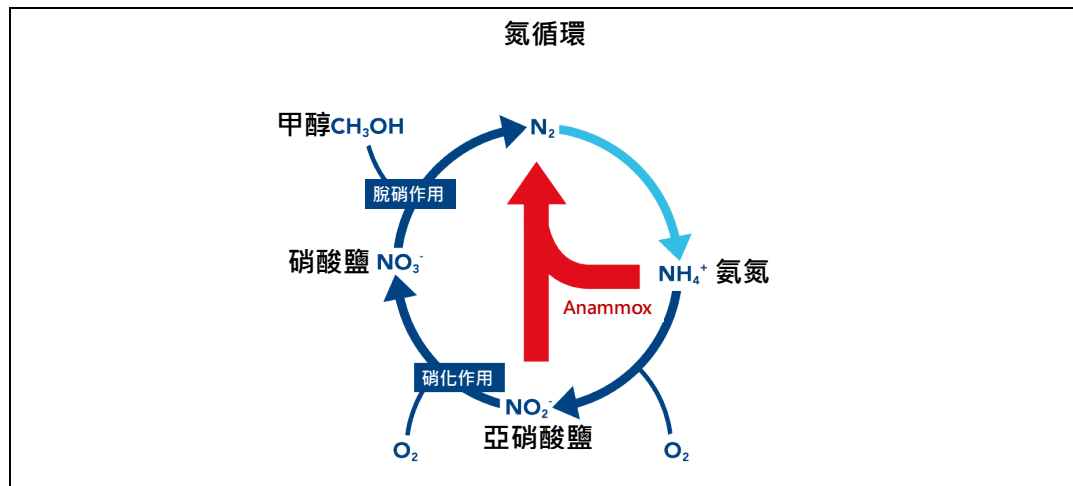


圖 7.12 厭氧氨氧化反應機制

具有以下特點：

- 不需要有機物(因為 Anammox 菌是自營菌)
- 需要少量氧氣(因為不需要全部硝化，假設最佳亞硝酸化速率所需的理論氧氣量，約為完全硝化所需的 43%)

- 產生的污泥量少(因為厭氧氨氧化菌的生長量小)
- 厭氧氨氧化反應處理流程如圖 7.13

但 Anammox 缺點主要在於生長速率緩慢，需要相較長污泥停留時間，另外應用時因有機碳對 ANAMMOX 易產生抑制作用，所以較適合應用於低碳氮比的廢水處理，另外 ANAMMOX 也因為生長速率緩慢，要確保得到穩定的菌種，對於進流濃度、DO、pH、溫度之控制相形重要，目前國內較成功的應用案例為新北市八里垃圾掩埋場垃圾滲出廢水處理廠(SNAD)，至於國外成功實例包括 Swind(中)、Strass(奧)、Dokhaven(荷)、MSG(越)等。

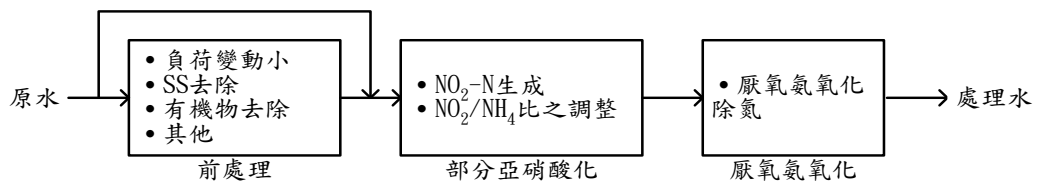


圖 7.13 厭氧氨氧化反應處理流程

7. 生物除磷

生物除磷乃是藉磷蓄積菌以去除水中的磷。傳統二級生物處理系統，藉由 BOD 氧化之生物合成作用而攝取水中的磷，而被攝取的磷，則被用來作細胞內能量移轉之用，是細胞合成作用的重要成份，此磷的攝取量多寡和生物合成作用成計量需要的關係。一般而言，傳統二級生物處理污泥磷含量在 1.5~2%，但 AO(Anaerobic-Oxic process)系統中，污泥磷含量可至 4~12%之間，大約是傳統活性污泥的 2~4 倍，這是由於在 AO 系統中會形成 PAO(Phosphorus accumulating organisms)，此類磷蓄積菌的優勢環境，因而加強生物去除的效果。

圖 7.14 為活性污泥法中磷的質量平衡圖，廢棄污泥中磷的含有率愈高，磷的去除率就愈大。

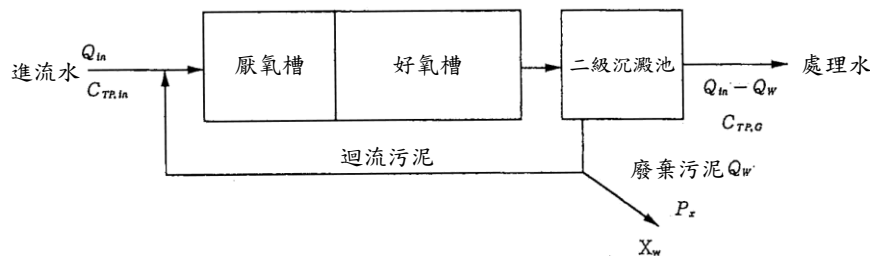


圖 7.14 活性污泥法除磷平衡圖

反應槽及其相關之磷的質量平衡，可以下式表示之：

$$Q_{in} \cdot C_{TP,in} = Q_w \cdot X_w \cdot P_x + (Q_{in} - Q_w) C_{TP,G} \dots \dots \dots (7-12)$$

式中：

Q_{in} ：進流量

Q_w ：廢棄污泥量

$C_{TP,in}$ ：進流水 T-P 濃度

$C_{TP,G}$ ：處理水 T-P 目標值

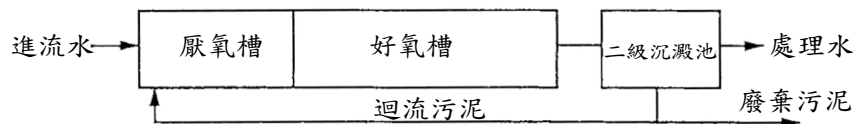
X_w ：廢棄污泥 SS 濃度

P_x ：廢棄污泥中磷含有率

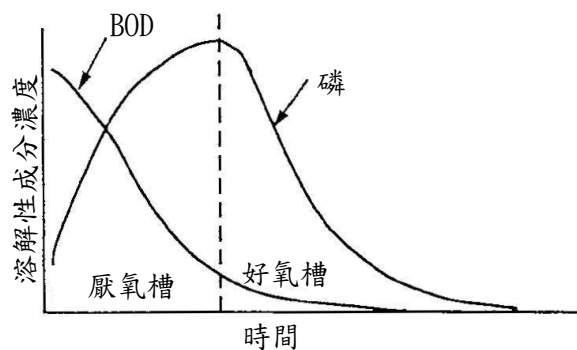
處理水中 T-P 濃度，可改寫成式 7-13：

$$C_{TP,G} = \frac{1}{Q_{in} - Q_w} (Q_{in} \cdot C_{TP,in} - Q_w \cdot X_w \cdot P_x) \dots\dots\dots(7-13)$$

在活性污泥反應槽中，前段設定為厭氧槽時，活性污泥於厭氧槽釋出正磷酸鹽($PO_4^{3-}P$)，再於好氧槽攝取超量的正磷酸，最終使處理水中磷的濃度降至接近於 0，同時基質濃度也減少，顯示在厭氧狀態下有機物也被攝取，生物除磷原理，如圖 7.15。



(a)厭氧、好氧活性污泥程序



(b)反應槽中 BOD 及磷的變化

圖 7.15 生物除磷之原理(厭氧、好氧狀態磷濃度變化)

7.2.2 活性污泥法的種類及特性

活性污泥法，依反應槽形狀、混合條件、環境條件(好氧狀態、缺氧狀態、厭氧狀態)、去除對象物質、單位操作機能等不同，而有各種處理法，若以反應槽形狀之特性加以分類，可分為：

1. 依反應槽形狀加以分類，有一般標準活性污泥法使用的矩型，以及氧化渠法的迴流渠道型。前者可深槽化，用地較省。後者水深多較淺，用地較大。
2. 依反應槽內的混合特性分類，可分為完全混合型及栓塞流動型。

曝氣槽內之水流狀態，依污水之流入方法、迴流污泥之注入方法、曝氣槽內混合液之混合流動方法之不同，而有栓塞流動型及完全混合型兩種，也有其中間型者，如圖 7.16。

(1) 栓塞流動型

栓塞流動型為長方形水路之曝氣槽，初級沉澱水自槽之一端流入，而於另一端流出。迴流污泥則於曝氣槽之流入端注入與流入之污水相混合。

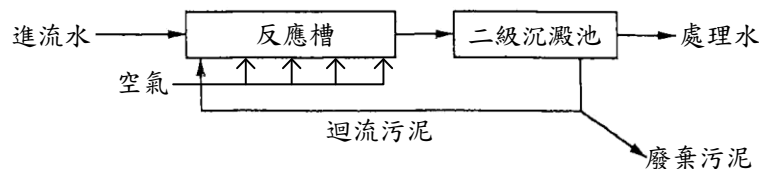
槽內之混合液，大都由設置於槽之一側之曝氣設備所產生之旋迴流所混合，而向槽之流出端流出。

在這種流動狀態下，槽內各點之食微比漸次減少，倘流入污水之食微比增大時，槽之流入部附近就常有溶氧不足的現象。

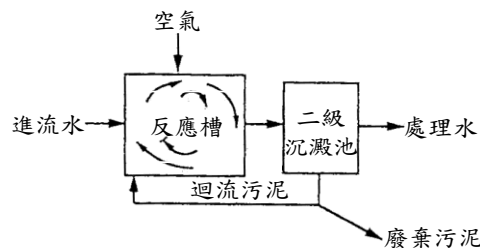
(2) 完全混合型

槽之形狀及曝氣方法加以特殊配置，使流入污水、迴流污泥及槽內混合液在短時間內混合，使槽之溶氧消耗均勻化之方法，稱為完全混合型曝氣槽。

這種流動狀態下，槽內之食微比一定，流入污水之平均停留時間也可縮短，但較栓塞流動型容易發生短流現象。



(a) 栓塞流流動型示意圖



(b) 完全混合流流動型示意圖

圖 7.16 曝氣槽的反應型式

- 依反應槽內的環境條件分類，依處理對象物質而異，若為去除一般有機物 BOD、硝化或攝取除磷，則其環境條件為好氧狀態，若為脫硝去氮，則在缺氧狀態下脫硝。另若為除磷，則依磷蓄積菌(PAO)的生理特性，先於厭氧狀態釋磷，再於好氧狀態攝磷，藉排除污泥以去除磷，因之反應槽之環境條件，依去除目的物質而異。
- 依反應槽之單元操作機能之分類，活性污泥微生物及污水中之污染物質的反應，以及活性污泥的固液分離，而依單元操作區分為反應槽及二級沉澱池。

7.2.3 活性污泥法設計及操作因子

活性污泥法之設計及操作因子，包括水力停留時間(HRT)、污泥停留時間(SRT)、食微比(F/M)、微生物濃度(MLSS、MLVSS)、廢棄污泥產生量、硝化反應

控制、溶氧濃度、需氧量及污泥沉降性等。

標準活性污泥法反應槽容量，其適當 HRT 約 6~8 小時，依水溫、負荷、硝化與否而異。

SRT 依負荷、停留時間及硝化控制而定。

溶氧量依反應需求，pH 下降也會阻礙硝化菌的增殖，尤其在硝化程序影響更大。SRT 則為假設流入反應槽之水質在一定濃度下，依各種活性污泥法的經驗所設定的 HRT 及 MLSS 濃度所求出者。而 MLSS 濃度，則可依迴流污泥的 SS 濃度及污泥迴流比求出。廢棄污泥的產生量，則視 SRT 的長短而異，SRT 愈長污泥產生量愈少。當進行硝化反應所需氧量，也因活性污泥行內呼吸作用，其需要量也愈增加，其結果單位污水處理量之需氧量也增加。

活性污泥的沉降性及濃縮性惡化原因之一，是為絲狀菌的膨化，在活性污泥混合液中，絲狀性細菌之增殖，會導致活性污泥的分離沉降性及濃縮性變差，因之在活性污泥法操作上，必須考量混合液中絲狀性細菌增殖之控制因子，而做適當的因應。

茲就活性污泥法的設計及操作因子分項分析之：

1. 活性污泥之反應速度

在生物處理的反應過程中，微生物對有機物的代謝與微生物的增殖特性，如圖 7.15。在對數增殖期階段，單位時間微生物濃度變化與微生物增殖速率之關係，可以下式表示之：

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g = \mu X \dots\dots\dots(7-14)$$

式中：

$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g$ ：微生物增殖速率(mg/L · hr)

X：微生物濃度(mg/L)

μ ：微生物比增殖速率(mg/hr · mg)

改寫上式得

$$\mu = \frac{(dX/dt)_g}{X} \dots\dots\dots(7-15)$$

在對數增殖期及減衰增殖期階段，基質濃度與微生物比增殖速率之關係，依 Monod 實驗，推估殘留基質濃度與比增殖速率之關係，呈一雙曲線式，一般稱 Monod 式，如下式：

$$\mu = \mu_m \left(\frac{S}{K_s + S}\right) \dots\dots\dots(7-16)$$

式中：

μ_m ：飽和濃度中微生物最大增殖速率(hr⁻¹)

S：基質濃度(mg/L)

K_s：飽和常數， $\mu = \frac{\mu_m}{2}$ 時基質濃度(mg/L)

綜合上述對數增殖期及減衰增殖期階段，其微生物比增殖速率與基質濃度關係，如圖 7.17。合併(7-15)及(7-16)式，得

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g = \frac{\mu_m X \cdot S}{K_S + S} \dots\dots\dots(7-17)$$

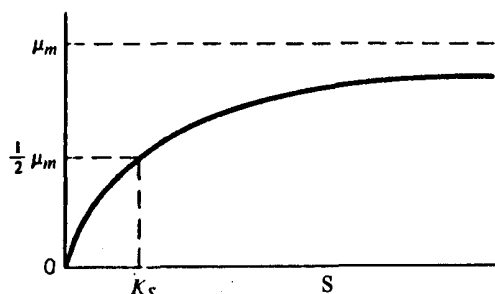


圖 7.17 微生物比增殖速率與基質濃度之關係

微生物之增殖，乃微生物利用基質而轉化成為新的細胞所增加者，則其間的關係，可以下式表示之：

$$X_m - X_0 = YS_0 \dots\dots\dots(7-18)$$

式中：

X_m ：基質限制濃度($S_m=0$)時，微生物濃度(mg/L)

X_0 ：最初基質濃度 S_0 時之微生物濃度(mg/L)

Y ：微生物增殖係數(mg/mg)

改寫(7-18)式得

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g = Y \left(\frac{dS}{dt}\right)_u \dots\dots\dots(7-19)$$

基質濃度極低時，可將(7-19)式代入(7-17)式，得(7-20)式如下：

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_u = \frac{\mu_m X \cdot S}{Y(K_S + S)} \dots\dots\dots(7-20)$$

式中：

$\left(\frac{dS}{dt}\right)_u$ ：基質利用速率(mg/L · hr)

而在減衰增殖期，由於部分微生物死亡或一部分微生物，以其原生體為維持生存的能量來源，以致微生物濃度減低，可以下式表示之：

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_d = -k_d X \dots\dots\dots(7-21)$$

式中：

$\left(\frac{dX}{dt}\right)_d$ ：微生物減衰速率(mg/L · s)

k_d ：微生物減衰係數(hr^{-1})

欲求取體內呼吸期微生物之淨增殖率，則可聯合(7-17)、(7-21)及(7-19)得(7-22)及(7-23)式。

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g^{net} = \frac{\mu_m X \cdot S}{K_s + S} - k_d X \dots\dots\dots (7-22)$$

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_g^{net} = Y \left(\frac{dS}{dt}\right) - k_d X \dots\dots\dots (7-23)$$

將(7-22)除以 X，即得修正之 Monod 式

$$\mu_{net} = \mu_m \frac{S}{K_s + S} - k_d \dots\dots\dots (7-24)$$

再依(7-19)，以 Y_{obs} 為淨增殖係數推估體內呼吸階段的微生物淨增殖係數，得

$$Y_{obs} = \frac{(dX/dt)_g}{(dS/dt)_u} - k_d \frac{X}{(dS/dt)_u} \dots\dots\dots (7-25)$$

式中：

Y_{obs} ：淨微生物增殖係數

另將(7-23)式兩側除以 X，改寫之得

$$\frac{dX/dt}{X} = Y \frac{dS/dt}{X} - k_d \dots\dots\dots (7-26)$$

上式為有限量及有限時間時

$$\frac{1}{X/(\Delta X/\Delta t)} = Y \frac{\Delta S/\Delta t}{X} - k_d \dots\dots\dots (7-27)$$

(7-27)式中 $(\Delta S / \Delta t)/X$ 為單位微生物於單位時間內所分解之基質，即比基質利用率，以(q)表示之。又 $X/(\Delta X/\Delta t)$ 為平均污泥停留時間，以(θ_c)表示之，則(7-27)可改寫為：

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot q - k_d \dots\dots\dots (7-28)$$

式中：

q：比基質利用率(Specific substrate utilization rate)

θ_c ：污泥停留時間(Sludge Retention Time, SRT)或固體物停留時間(Solid Retention Time, SRT)

活性污泥系統之微生物動力反應參數典型值，如表 7.2。

上列諸式，乃在微生物增殖所必須營養物皆充足，僅異營性微生物增殖所須有機物為唯一限制基質，而 pH 及溫度，皆可調整為最適增殖速率等條件下導出者。

活性污泥法有效處理污水，必須注意下列幾點：

- (1)可沉澱性固體物，應先於初級沉澱池去除之。
- (2)污水與活性污泥之混合液應充分曝氣，以維持好氧性。
- (3)利用空氣或機械設備攪拌混合液，使活性污泥膠羽維持懸浮狀，使活性污泥與污水中之懸浮物質及溶解性物質容易接觸及吸著。
- (4)處理水需經二級沉澱池沉澱，使污水中的活性污泥得以分離。

- (5)持續將必要的活性污泥迴流至曝氣槽，廢棄的污泥予以排出。
- (6)為達到上述諸項條件，必須有各種處理設施配合。普通為污水先經沉砂、過篩、初級沉澱等初級處理，再經生物處理後，於二級沉澱池使上澄液與污泥分離，上澄液消毒後放流於水域。

表 7.2 活性污泥系統之微生物動力反應參數典型值

參數	單位	數值	
		範圍	典型值
k	(d ⁻¹)	2-10	5.0
k _s	mg/L BOD ₅	25-100	60
	mg/L COD	15-70	40
Y	mg VSS/mg BOD ₅	0.4-0.8	0.6
	mg VSS/mg COD	0.4-0.6	0.45
k _d	(d ⁻¹)	0.025-0.075	0.06

註：(1) $\mu_m = Yk$, $k = q_m$ (最大比基質利用率)(2)20°C參考值

被分離後的污泥，一部分成為迴流污泥，再送至曝氣槽，其餘污泥成為廢棄污泥排出，另行處理之。

2. 污泥停留時間(SRT)

在一個有迴流污泥的活性污泥反應槽(如圖 7.18)，以 Q_0 、 S_0 、 X_0 表示進流污水量、進流污水 BOD 及 SS 濃度。以 V 、 S_e 、 X 表示反應槽中之槽體積、BOD 濃度、MLSS 濃度。以 Q_R 、 X_R 、 Q_W 表示迴流污泥量、迴流污泥濃度、廢棄污泥量。以 X_e 表示出流水 SS 濃度。若反應槽為完全混合槽，則該反應槽與二級沉澱池之質量平衡，可以下式表示之：

$$\text{反應槽中微生物之變化率} = \text{進流水之微生物變化率} + \text{微生物產生率} - \text{微生物去除率}$$

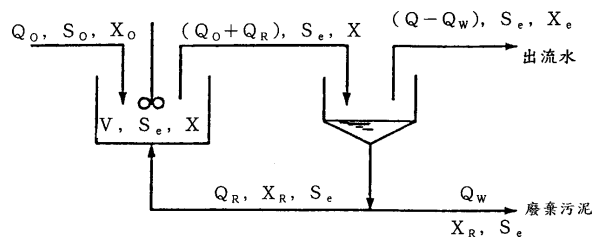


圖 7.18 活性污泥法反應槽質量平衡示意圖

將上述質量平衡以方程式表示，若反應槽容積為 V ，進流固體物濃度(X_0)甚低予以省略，可示如下式：

$$\frac{dX}{dt} V = \mu X V - [(Q_0 - Q_W) X_e + Q_W X_R] \dots \dots \dots (7-29)$$

$$\text{簡化之 } \frac{dX}{dt} = \mu X - \frac{[(Q_0 - Q_W) X_e + Q_W X_R]}{V} \dots \dots \dots (7-30)$$

在穩定狀態(Steady State)下設 $\frac{dX}{dt} = 0$ ，則

$$\mu = \frac{(Q_0 - Q_W)X_e + Q_W X_R}{VX} \dots\dots\dots(7-31)$$

$$\text{代入得污泥停留時間}\theta_c = \frac{VX}{(Q_0 - Q_W)X_e + Q_W X_R} \dots\dots\dots(7-32)$$

即 $\mu = \frac{1}{\theta_c}$ ，上式污泥停留時間(θ_c)並未包括微生物自行減衰之減少量，而實際 θ_c ，應將微生物自行減衰量包括在內，而稱為平均細胞停留時間(MCRT， θ_m)，則

$$\theta_m = \frac{VX}{(Q_0 - Q_W)X_e + Q_W X_R + k_d XV} \dots\dots\dots(7-33)$$

3. 食微比(Food/Microorganism ratio, F/M ratio)

若活性污泥反應之周邊，以基質平衡關係表示之，則為[反應槽基質變化率]=[基質流入率]-[基質流出率]+[基質去除率]。改以方程式表示之：

$$\frac{dS}{dt}V = Q_0 S_0 + Q_R S_e - \left[\frac{\mu XV}{Y} + (Q_0 + Q_R)S_e \right] \dots\dots\dots(7-34)$$

簡化之

$$\frac{dS}{dt} = \frac{Q_0}{V}(S_0 - S_e) - \frac{\mu X}{Y} \dots\dots\dots(7-35)$$

當在穩定狀態，假設 $\frac{dS}{dt} = 0$

$$\text{則}\frac{\mu}{Y} = \frac{Q_0(S_0 - S_e)}{VX} \dots\dots\dots(7-36)$$

上式 $\frac{\mu}{Y}$ 可以 q 表示之。

$$q = \frac{Q_0(S_0 - S_e)}{VX} \dots\dots\dots(7-37)$$

q 為總基質量被總微生物之利用率

$$\text{若 } E = \frac{(S_0 - S_e)}{S_0} \times 100 \dots\dots\dots(7-38)$$

式中：

E ：BOD 去除率(%)

且加入有機物負荷率(L_s)或食微比(F/M Kg BOD/Kg MLSS · d)，為單位微生物量在一天時間內所負荷的有機物。若上述之(7-37)式中，不計流出水之 S_e ，其式為

$$\frac{F}{M} = L_s = \frac{(Q_0 \cdot S_0)}{VX} \dots\dots\dots(7-39)$$

$$q = \frac{(Q_0 \cdot S_0)}{VX} \times \frac{(S_0 - S_e)}{S_0} = \frac{(F/M)E}{100} \dots\dots\dots(7-40)$$

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y(F/M)E}{100} - k_d \dots\dots\dots(7-41)$$

又負荷量也有以容積負荷(L_v , $\text{kgBOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)表示：

$$L_v = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V} \dots\dots\dots(7-42)$$

曝氣槽單位容積食微比，可以曝氣槽之容積和 BOD 與流量之積計算之。

食微比增加，則 BOD 去除率降低。食微比及有機物之分解及污泥增殖之關係，如圖 7.19。即食微比愈大，未淨化之有機物量愈多，處理水水質愈差。食微比之不同，污泥之沉降性也異。為獲得良好的處理水，如何能形成沉降性良好的污泥為先決條件。

依據實際污水處理廠操作經驗，一般採 BOD 容積負荷量 $0.5 \sim 1 \text{ kg BOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 、食微比 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg BOD}/\text{kg MLSS} \cdot \text{d}$ 為宜。

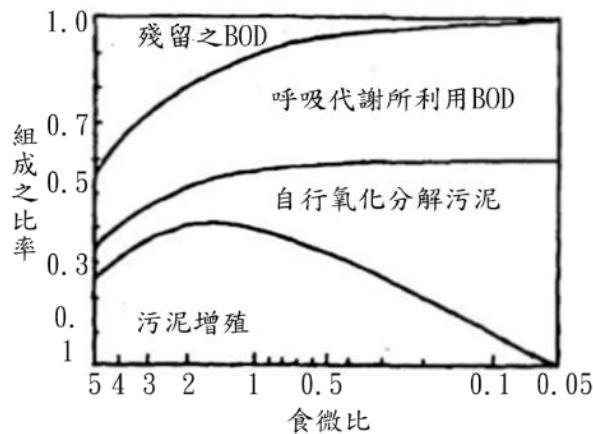


圖 7.19 食微比及有機物之分解和污泥增殖之關係

4. 微生物濃度、反應槽體積及污泥產生量

反應槽中微生物濃度與基質濃度之變化，可以下式表示之：

$$\frac{dX}{dt} = Y \frac{dS}{dt} - k_d X \dots\dots\dots(7-43)$$

$$\mu = Yq - k_d \dots\dots\dots(7-44)$$

$$\text{改寫之 } q = \frac{(1/\theta_c + k_d)}{Y} \dots\dots\dots(7-45)$$

$$\text{依(7-45)} \frac{1/\theta_c + k_d}{Y} = \frac{Q_0(S_0 - S_e)}{VX} \dots\dots\dots(7-46)$$

調整上式，得反應槽中微生物濃度為：

$$X = \frac{YQ_0(S_0 - S_e)}{V(1/\theta_c + k_d)} \dots\dots\dots(7-47)$$

一般以下式表示之：

$$X = \frac{YQ_0(S_0 - S_e)\theta_c}{V(1 + k_d\theta_c)} \dots\dots\dots(7-48)$$

相對的若出流水 S_e 及 θ_c 或 F/M 已知，則曝氣槽體積可由(7-49)式改寫：

$$V = \frac{YQ_0(S_0 - S_e)\theta_c}{X(1 + k_d\theta_c)} \dots\dots\dots(7-49)$$

另污泥產生量(P_X ，kgVSS / d)則可改寫為

$$P_X = \frac{YQ_0(S_0 - S_e)}{1 + k_d\theta_c} \dots\dots\dots(7-50)$$

5. 曝氣槽水力停留時間(HRT)

污水 BOD 之去除，需有充分的反應時間，送入曝氣槽之空氣，具有使活性污泥與污水混合液充分攪拌混合的效果。曝氣時間長短，視污水之濃度及種類而異，一般曝氣槽當迴流比一定時，系統之平均水力停留時間可以下式表示：

$$\theta = \frac{V}{Q_0} \dots\dots\dots(7-51)$$

上述有機物負荷率(L_s)、BOD 容積負荷(L_v)及水力停留時間的關係，如式(7-52)及(7-53)。

$$L_v = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V} \times 10^{-3} = \frac{1}{\theta} \times S_0 \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-52)$$

$$L_s = \frac{Q_0 \cdot S_0}{X \cdot V} \times 10^{-3} = \frac{S_0}{X} \times \frac{1}{\theta} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-53)$$

通常流入污水 BOD 較一定時，活性污泥法處理上 HRT 與 BOD 容積負荷呈反比，BOD-SS 負荷在經驗上，可藉以預估處理水的 BOD 或 BOD 去除率。

在活性污泥法的設計及操作指標上，SRT 及食微比(F/M)為一重要因子。

6. 活性污泥之沉降性

經活性污泥法處理後的污水，必須將處理水與污泥分離，而以沉降性較佳、容易分離之污泥為宜。污泥沉降性之指標，以污泥容積指標(Sludge volume index 簡稱 SVI)表示。

SVI 乃曝氣槽內之混合液在 1000 mL 的量筒中，靜置三十分鐘之沉澱率，以 1g 之活性污泥所佔容量以 mL 表示。

$$SVI = \frac{\text{活性污泥 30 分鐘沉澱率}(\%) \times 10^4}{\text{曝氣槽內混合液 MLSS 濃度}(\text{mg/L})} \dots\dots\dots(7-54)$$

操作正常活性污泥之 SVI 為 50~100 mL/g(一般活性污泥 MLSS 濃度下，1 g 的污泥在量筒的體積)，但當污泥發生膨化時，其 SVI 常高達 300~400 mL/g。SVI 與食微比有密切的關係。通常在低負荷 0.05~0.1、中負荷 0.2~0.4

kgBOD/kgMLSS 下操作，其 SVI 較低。另 SVI 的倒數 SDI 為單位體積濃度的重量。

影響 SVI 之因素，包括 BOD 濃度、溶氧濃度、曝氣時間、水溫、F/M 及有毒物質等。

一般污水處理廠，大都選擇 SVI 較低的低負荷或中負荷之生物處理法設計。

7. 污泥迴流比及污泥沉降性

為維持曝氣槽內污泥濃度一定，並假設進流水及放流水中之 SS 偏低不計，則曝氣槽內混合液濃度 X 和迴流污泥之濃度 X_R 間之關係，可以下式表示之：

$$Q_R X_R = (Q_R + Q_0) X \dots\dots\dots (7-55)$$

$$Q_R = \frac{Q_0 X}{X_R - X}$$

$$R = \frac{Q_R}{Q_0} = \frac{X}{X_R - X} \dots\dots\dots (7-56)$$

式中：

X_R ：迴流污泥 SS 濃度(mg/L)

R ：污泥迴流比(Q_R/Q_0)

Q_R ：迴流污泥量

若欲維持曝氣槽內一定之混合液濃度(MLSS) X 時，依迴流污泥之濃度(X_R)，可藉以決定迴流污泥比，則(7-57)式，可改以圖 7.20 表示之。

另曝氣槽之最大可能 MLSS 濃度(X)，可由污泥迴流比(R)及 SVI 求取之，即

$$X = \frac{10^6}{SVI} \times \frac{R}{1+R} \dots\dots\dots (7-57)$$

因此，若知道污泥沉降性 SVI，則迴流污泥量就可決定之。污泥迴流比，SVI 和 MLSS 之關係，如圖 7.21。

同樣 SVI=400 時，

$$R_{400} = \frac{1}{10^6/(2000 \times 400) - 1} = 4 = 400\%$$

由本例可知，若 SVI 愈大，迴流污泥量必愈大，當 SVI=400(mL/g)以上時，實際上已非活性污泥法。

8. 硝化及脫硝作用

(1)硝化作用

硝化之原理及作用，已於第 7.2 節敘述，至於其設計及操作因子，包括：

- ① 水力停留時間：水力停留時間愈長，硝化作用愈完全，但欲達到硝化作用之水力停留時間，隨系統內活性微生物量之增加而縮短，故增加活性微生物量，可縮短水力停留時間。

- ② 有機物負荷：食微比的高低影響處理水濃度，進而影響對氮氮去除率，如圖 7.22。此外， BOD_5/TKN 比的高低，會直接影響活性污泥系統中硝化菌的比率。當 BOD_5/TKN 比大於 5 時，硝化菌所佔比率將降低，會影響硝化之進行，因此其比率以低於 5 以下為宜。
- ③ 溫度：溫度的影響與一般活性污泥法相同，溫度愈高，其系統愈能完全氧化為亞硝酸鹽氮與硝酸鹽氮，使得系統的氮氮去除率愈高，一般操作溫度在 $20\sim 35^{\circ}C$ 。

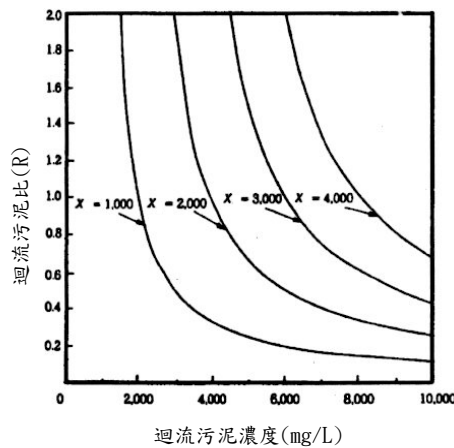


圖 7.20 一定 MLSS 濃度下，迴流污泥濃度與迴流比之關係

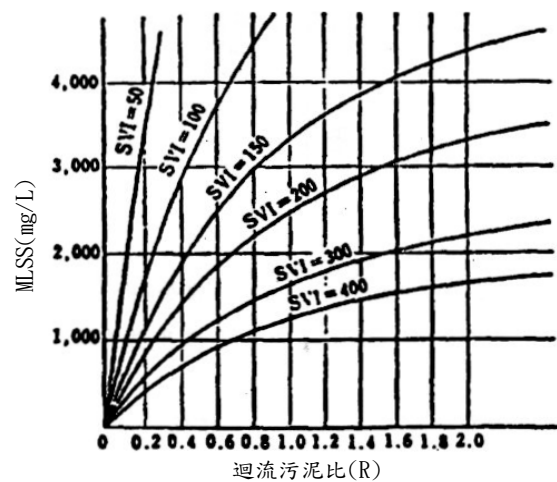


圖 7.21 迴流污泥比、SVI 和 MLSS 之關係

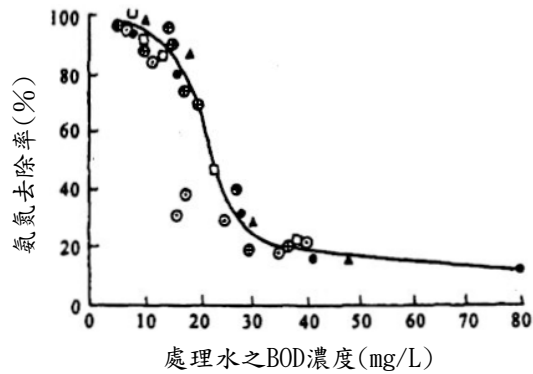


圖 7.22 處理水 BOD 對氨氮去除之影響

硝化之溫度影響關係式如下：

$$\mu_m' = \mu_m \exp[0.098 - (T - 15)] \dots\dots\dots(7-58)$$

式中：

μ_m' ：T°C時硝化反應之最大比生長速率(L/d)

μ_m ：15°C時硝化反應之最大比生長速率(L/d)

- ④ 溶氧：由於硝化菌皆為好氧菌，硝化反應的進行需要有溶氧，通常水中的溶氧愈高，硝化的速度愈快。故欲增進硝化作用的效果，一般污水中溶氧的濃度，應維持在 2.0 mg/L 以上較佳，如圖 7.23。
- ⑤ pH：由於硝化作用會消耗鹼度(7.14 mg/mgN as CaCO_3)，因此若水中鹼度不足，硝化槽的 pH 值將逐漸降低，通常須於槽中添加鹼液調整 pH 值。一般 pH 值範圍在 6.5~8.6 之間，最佳 pH 值在 8.0~8.6 左右，如圖 7.24。

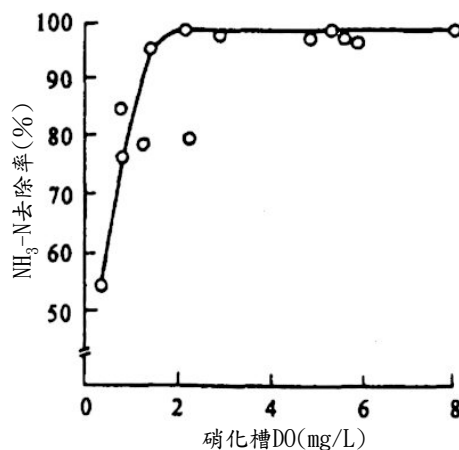


圖 7.23 硝化槽 DO 與氨氮去除率之關係

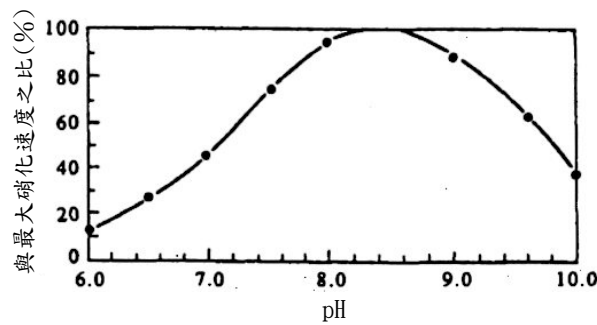


圖 7.24 pH 變化對最大硝化速度之影響

- ⑥ SRT：為維持硝化菌能不被洗出，以較長 SRT 為宜(10~15 日)，因此若為活性污泥系統，為達硝化效果，其 MLSS 濃度應高於一般活性污泥法之濃度，以 2,000~3,000 mg/L 為宜。
- ⑦ 其他影響因子：例如非游離態自由氨分子(free ammonia)及非游離態亞硝酸(unionized nitrous acid)，均會對硝化作用造成抑制。其他尚有如重金屬等，均會影響系統的硝化效果。

(2)脫硝作用

- ① pH：脫硝作用最適 pH 為 6.5~7.5，若太低則其產物為 N_2O ，為影響溫室效應的氣體。
- ② 必要溶氧量：包括有機物氧化消化、活性污泥微生物內生呼吸所需氧量及系統維持量，如下式：

$$\text{必要溶氧量} = D_B + D_N + D_E + D_O \dots\dots\dots (7-59)$$

式中：

- D_B ：有機物氧化所需溶氧量
- D_N ：硝化反應所需溶氧量
- D_E ：內呼吸所需溶氧量
- D_O ：維持系統所需溶氧量

- ③ 溶氧：脫硝速率受溶氧之影響，溶氧在 0.2 mg/L 以上，即會抑制脫硝反應，其影響式

$$R'_{DN} = R_{DN}(1 - DO) \dots\dots\dots (7-60)$$

式中：

- R'_{DN} ：修正值
- R_{DN} ：未受溶氧影響之脫硝速率
- DO：溶氧濃度(mg/L)

- ④ 氧化還原電位(ORP)：氧化還原電位需維持負值，以確保達到缺氧狀態，一般 ORP 值低於 -100 - 150 mV 以下，有助於微生物脫硝反應之進行。
- ⑤ BOD-SS 負荷之影響：脫硝率受 BOD-SS 負荷之影響，其關係如圖 7.25。

- ⑥ 碳氮比：脫硝作用的進行，需要以有機物做為氮的電子接受者，若以污水中的 COD 有機碳做為碳源，(COD/T-N)比值須在 4.5 以上，其 T-N 去除率才能維持在 70% 以上。但有機物負荷過高，異營菌大量繁殖，將導致硝化菌無法留置於槽中，使硝化作用不明顯，故將脫硝槽置於硝化槽之前，以利脫硝作用的進行，並降低硝化槽的碳/氮比，促進後續的硝化作用。C/N 比與脫硝率關係圖，如圖 7.26。活性污泥系統之硝化與脫硝反應動力參數值，如表 7.3。

9. 生物除磷

生物除磷之原理及作用，已於第 7.2.1 節敘述，至於其設計及操作因子，包括：

- (1)pH：一般最適 pH 為 7.5~8.0 之間。
- (2)溫度：在 24~37°C 間，有最大好氧磷攝取量。

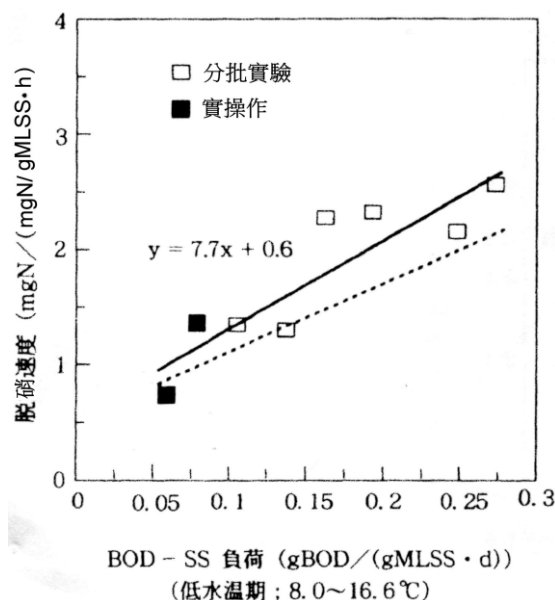


圖 7.25 低負荷時之脫硝率

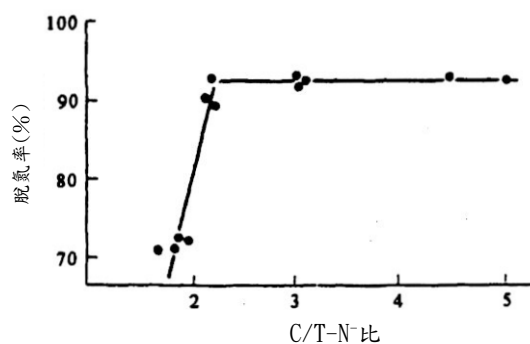


圖 7.26 C/N 比對脫氮率之影響

表 7.3 活性污泥系統之硝化及脫硝動力反應參數典型值

參數	單位	硝化		脫硝	
		範圍	典型值	範圍	典型值
μ_m	(d^{-1})	0.3-3.0	1.0	0.3-0.9	0.3
k_s	mg NH_4^+-N/L (硝化)	0.2-5.0	1.4	-----	-----
	mg NO_3^--N/L (脫硝)	-----	-----	0.06-0.20	0.1
Y	mg VSS/mg NH_4^+-N (硝化)	0.1-0.3	0.2	-----	-----
	mg VSS/mg NO_3^--N (脫硝)	-----	-----	0.4-0.9	0.8
k_d	(d^{-1})	0.03-0.06	0.05	0.04-0.08	0.04

(3)磷的蓄積能力(phosphorus storage capability)：依磷的蓄積能力，可將活性污泥程序區分為兩種型式，一種為"磷的負荷限制(phosphorus loading limited)"，另一種為"磷的蓄積限制(phosphorus storage limited)"。如果系統中的污泥，具有超過其相對應磷負荷的磷蓄積能力，則此程序的除磷效果為磷的負荷所限制，若程序中污泥缺乏磷攝取及儲存的能力，則稱該程序為磷的蓄積能力所限制。一般傳統活性污泥法由於缺少厭氧段，因此通常為磷的蓄積限制。典型的磷在厭氧及好氧段的濃度變化情形，如圖 7.27。

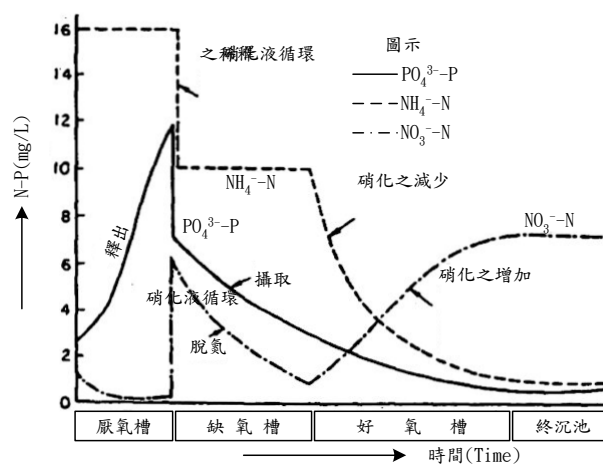


圖 7.27 厭氧/缺氧/好氧程序對去氮除磷特性之典型示意圖

(4)碳/磷比：在現有的程序中，其污泥的最大含量所對應的碳/磷比值為一臨界值。當碳/磷比值大於此臨界值時，則此系統屬於"磷的負荷限制"，系統中的磷含量小，於最大污泥磷含量，其放流水中磷的濃度與進流水之磷負荷無關。系統中污泥的磷含量，隨 MCRT(平均細胞停留時間)、碳/磷比值等變動，而能自行調整其污泥的磷含量，使系統達到一定程度之磷去除率。反之，若進流水之碳/磷比值小於系統之碳/磷臨界值，則此處理程序便是屬於"磷的蓄積限制"，此系統中污泥磷的含量維持一定，且無法再增加其磷含量。其磷的去除主要依廢棄污泥達成，而放流水中磷的濃度，則隨負荷之增加

而升高。因此，在程序的設計上，其碳/磷比值應在其碳/磷臨界值以上，使其處於"磷的負荷限制"之下操作，以確定系統對磷的去除，是處在安全的磷負荷之下。一般建議之 BOD/T-P 比，以 20 以上為宜。

- (5)厭氧槽的水力停留時間：生物除磷程序最重要的關鍵，乃在厭氧段中污泥的釋磷作用，因其釋出的量愈多，在好氧段所超量攝取的量將愈多。而厭氧段的停留時間，卻影響到污泥釋磷作用的進行，若停留時間不夠，污泥所釋出磷的量太少，將直接影響其在好氧段對磷的攝取量，導致系統的除磷效率降低。因此，厭氧段的停留時間愈長，其污泥將具有較大的"蓄積能力"。一般建議在完全厭氧的環境(指沒有溶氧及硝態氮的存在)，應具有 1~2 小時以上停留時間為宜。
- (6)污泥停留時間(SRT)：生物除磷系統中磷的去除，僅能藉廢棄污泥排出，增加廢棄污泥量將可提升磷的去除率。因此，SRT 不宜過長，一般在 5~12 日左右，故通常以傳統活性污泥法之 MLSS 濃度(2,000 mg/L)操作，增加廢棄污泥量或減少 MCRT，可增進系統對磷的去除效果。
- (7)硝酸鹽的抑制：在生物除磷程序中，硝酸鹽的存在會造成厭氧槽中磷釋出的抑制。因此，在考量將氮、磷合併去除時，應將迴流的硝酸鹽避免流進磷釋出的厭氧槽，即另外設置一缺氧的脫氮槽，以避免影響磷的釋出，而降低系統的除磷效果。
- (8)攝磷溶氧量：為使磷蓄積菌於好氧槽中能充分攝取磷，好氧槽中之溶氧量以維持在 2.0 mg/L 以上為控制條件。活性污泥系統之除磷反應動力參數值，如表 7.4。

表 7.4 活性污泥系統之除磷動力反應參數典型值

參數	單位	典型值
μ_m	(d^{-1})	1.2(磷負荷限制)
		0.42(磷累積限制)
k_s	mg COD/L	0.18(磷負荷限制)
		0.18(磷累積限制)
Y	mg VSS/mg COD	0.66
k_d	(d^{-1})	0.04

7.3 活性污泥法處理單元設計

活性污泥法處理設施，包括生物處理單元及二級沉澱池單元，各單元之設計流量、形狀、尺寸等設計參數及設計應注意事項，以及生物處理單元分一般去氮及去氮除磷之設計程序，將分項予以討論。

7.3.1 設計基本考量

7.3.1.1 設計流量及水質

活性污泥法生物處理，包括生物處理單元及二級沉澱池，其設計流量以計畫最大日污水量設計。

解說：

1. 污水二級處理其質量平衡計算及功能計算設計流量，以計畫最大日污水量設計。
2. 污水二級處理單元之水理計算，因選用流程不同，應考量進流污水分配、污泥迴流量、硝化液循環量之影響，各單元之水力控制點應注意通過水量之差異。
3. 上述設計流量，應考量質量平衡計算後之數值。
4. 設計水質，依初級沉澱後之水質與內部循環迴流水混合後之水質而定。

7.3.1.2 設計應考量之內涵

活性污泥法設計，應就其系統及設計參數和操作因子，做整體的考量。

解說：

活性污泥法系統設計，應考量事項包括：

1. 確認處理規模及進入二級生物處理之流量和污染負荷。
2. 選擇生物處理方法：判斷是否有去氮除磷需求或是回收再利用，依需求選擇適當之處理程序。
3. 根據全廠的設計處理量及水量水質負荷變動，選擇適當的設計參數(如污泥齡、MLSS 濃度、食微比、SVI 及安全係數)，污泥齡應考量溫度影響。
4. 要注意活性污泥的混合液懸浮固體濃度(MLSS)，對生物反應槽體積影響是相反的。生物反應槽的體積，隨著 MLSS 濃度的增加而減小，二級沉澱池的表面積需求，則隨著 MLSS 濃度的增加而增大。
5. 依選擇的污泥齡，計算生物反應槽需要的容積。
6. 根據需要，確定生物除磷的厭氧槽、脫硝缺氧槽的尺寸。
7. 去氮需求之生物處理，應考量需要脫硝的硝酸鹽量，並根據選擇的去氮處理流程，確定生物處理單元的脫硝缺氧槽的體積比例。
8. 根據污水成分，生物反應槽的構造和混合特性(如選用菌種選擇池)，選擇污泥容積指標(SVI)，並決定迴流污泥濃度，依此計算所需迴流污泥率及選擇適當的二級沉澱池表面積負荷或固體物負荷。
9. 根據二級沉澱池水表面積負荷或固體物負荷，決定二級沉澱池之表面積，並決定沉澱池的深度及確認刮泥機的性能可符合需求。
10. 計算廢棄污泥產量，必要時需考量去氮和除磷外來碳源產生的污泥量。
11. 計算進入脫硝缺氧槽的循環硝化液流量(依選擇流程)或計算 SBR 去氮週期。
12. 計算需氧量，設計符合需求的曝氣設備，設計厭氧槽攪拌設備。
13. 驗算剩餘的鹼度，以計算後續操作需要的鹼量，需考量包括氨化、硝化、脫硝、磷沉澱對鹼度的影響。
14. 生物處理單元的設計，應考量營運初期進流水流量低時，可彈性操作，以及未來若有放流水水質標準提升時，可容易調整因應之措施。

15. 生物處理單元的設計，應充分考量節能、減碳及降低污泥產量之整體效能。

7.3.2 各種活性污泥法處理單元及特性

7.3.2.1 一般活性污泥處理方法及設計參數

一般活性污泥法處理方法，包括標準活性污泥法、階梯式活性污泥法、深層曝氣法、延長曝氣法、氧化渠法、回分式活性污泥法(SBR)及活性污泥膜濾法(MBR)等，係以直接去除污水中之污染物質 BOD 為對象，其設計參數包括 MLSS 濃度、食微比(F/M)及 HRT 等。

解說：

各種一般活性污泥法(C-BOD 處理)之種類及設計參數，如表 7.5。

活性污泥法係指經前處理程序之污水，流入生物反應槽與槽內成流動狀的好氧性微生物群之活性污泥物質，充分混合接觸後之流出水，於二級沉澱池沉澱分離，沉澱分離後之污泥部分迴流至生物反應槽，另一部分則成為廢棄污泥排除後，另行處置之處理法，為污水處理系統中常見之二級處理程序。

污水主要利用好氧性微生物對於有機物的分解代謝能力，配合各生長階段的懸浮固體物活性污泥，以達到去除有機物或氮磷等污染物。考量需處理水質目標、進流水水質條件、廠址現地條件、處理程序效率、操作管理便利性及經濟性等因素，除傳統標準活性污泥法外，尚發展出許多改良方法，包括階梯式活性污泥法、延長曝氣法、氧化渠法、回分式活性污泥法(SBR)、深層曝氣法及活性污泥膜濾法(MBR)等，各種方法簡述如下：

1. 標準活性污泥法(Activated Sludge)

標準活性污泥法，可採用完全混合式或柱塞流式池槽，迴流污泥自生物反應槽流入端與初級沉澱池沉澱後之進流水混合後，一併流入生物反應槽，藉水平流動經一定時間曝氣之方法，生物反應槽流出水導入二級沉澱池沉澱分離懸浮固體物質，上澄液即為處理水，沉澱之懸浮固體物，一部分迴流生物反應槽，一部分則成為廢棄污泥排除。

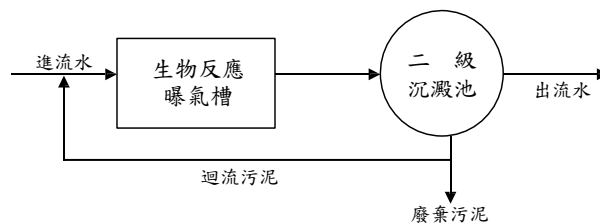


圖 7.28 標準活性污泥法(Activated Sludge)示意圖

表 7.5 去除 C-BOD 為對象各種活性污泥法設計參數

處理方法	特性	食微比 (Kg BOD/ Kg MLSS · d)	混合液懸浮固 體濃度 (MLSS)(mg/L)	反應槽 水深(m)	水力停留 時間 (HRT)(hr)	污泥停留時 間(SRT)(d)	污泥迴流率 (%)	反應槽形狀
標準活性污泥法*	為包括初級沉澱池、生物反應槽及二級沉澱池之活性污泥處理法	0.2~0.4	1,500~2,000	4~6	6~8	5~10	25~50	柱塞流式、完全混合式
階梯式活性污泥法*	同標準活性污泥法，惟生物反應槽進流水以多段均勻進流	0.2~0.4	1,500~2,000	4~6	4~6	5~10	25~50	多段柱塞流式
深層曝氣法*	設施與標準活性污泥相同，反應槽水深較深	0.2~0.4	1,500~2,000	10~12	6~8	5~10	50~100	柱塞流式、完全混合式
延長曝氣法*	為可不設初級沉澱池，低負荷，污泥產生量較少	0.05~0.10	3,000~4,000	4~6	16~24	20~40	100~200	柱塞流式、完全混合式
氧化渠法*	為可不設初級沉澱池，反應槽為迴流渠道型	0.03~0.05	3,000~4,000	1~5	24~36	20~40	100~200	繞流式完全混合形 可無初級沉澱池
回分式活性污泥法 (SBR) *	為一單槽，兼供進流、生物反應、沉澱排水等機能，高負荷型	0.2~0.4 (高負荷型)	1,500~2,000 (高負荷型)	4~6	12~24	5~10	排水比 1/4~1/2 (高負荷型)	完全混合式
	同上，其負荷為低負荷型	0.03~0.05 (低負荷型)	2,000~3,000 (低負荷型)		24~48	20~40	排水比 1/6~1/3 (低負荷型)	
活性污泥膜濾法 (MBR)	為有細篩，初級沉澱池可省略，附有 MF 或 UF 膜代替二級沉澱池，可無二級沉澱池及消毒池	高負荷 0.2~0.4 低負荷 0.03~0.05	6,000~8,000*	依膜材而定	3~6	長(依 MLSS 而定)	柱塞流式，依操作混合 MLSS 而定，完全混合式則無	柱塞流式、完全混合式

備註：

1. 處理方法中，有*符號各項之食微比、MLSS 濃度、反應槽水深及 HRT 等數據，係參考自日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針と解説」2019 年版。其他數據則參考其他文獻考量後設定。
2. 其他處理方法，活性污泥膜濾法，則依污水處理廠主要設備規範及解說第 11308 章。MBR 的選用，必須考慮在操作上可確實除砂及微細篩，且模組重置時可不受相關採購的限制。

2. 階梯式進流活性污泥法(Step Feed Aeration)

為達生物反應槽內混合液之溶氧利用量均勻化，將狹長生物反應槽分成數處分別流入污水之方法，稱為階梯式活性污泥法，操作之 BOD 雖與標準活性污泥法相同，但 BOD 容積負荷較大，去除一定 BOD 所需生物反應槽之容積較標準活性污泥法小，曝氣時間短，亦可使污泥濃度降低。

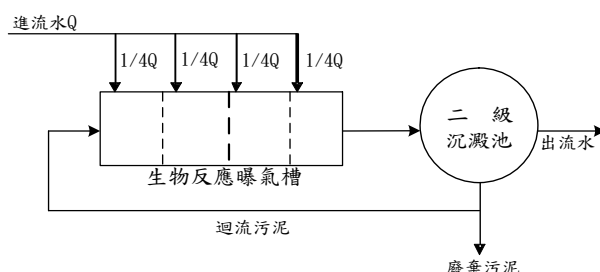


圖 7.29 階梯式進流活性污泥法(Step Feed Aeration)示意圖

1. 深層曝氣法(Deep Tank Aeration)

標準活性污泥法經過多年發展，其各種變化方法之生物反應槽水深多為 4~6 m，如採更深生物反應槽則稱為深層曝氣法，因其池槽水深較深，設施單位面積將可大幅減少(如水深 10 m 時池槽面積可減低至 50%)，適合用地取得困難之地區。

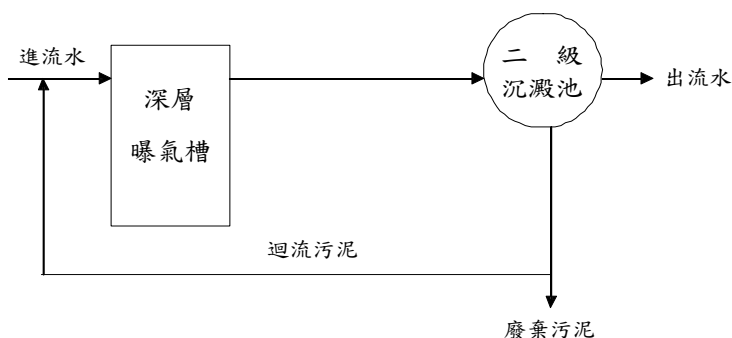


圖 7.30 深層曝氣法(Deep Tank Aeration)示意圖

2. 延長曝氣法

本方法之流程與標準活性污泥法相同，惟採用調整設計參數方法，利用微生物體內分解期之階段，使污水中 BOD 減少，同時減少廢棄活性污泥。本法生物反應槽內 F/M 負荷很低，由於長時間曝氣，使槽內之活性污泥處於營養不足狀態，利用微生物體內呼吸期，因此一度形成之污泥膠羽再度分解，以減少廢棄污泥產生量。

3. 氧化渠法(Oxidation Ditch)

氧化渠法與延長曝氣法原理相同，但處理設施不同，為深 2.0 至 5.0 m，寬 2.0 至 6.0m 之溝渠連結成環狀或帶狀，典型方法以橫軸輪刷式曝氣機自水面供給氧，同時使污泥不沉降，混合液之流速維持 0.3 m/s 以上之處理方法。

氧化渠的水深若太深，則不易確保流速，惟可以曝氣攪拌設備或設置阻流板等方法，而可不需提高水深。渠道寬度依軸長的經濟性為考量，以 6m 為標準，如圖 7.31(b)。

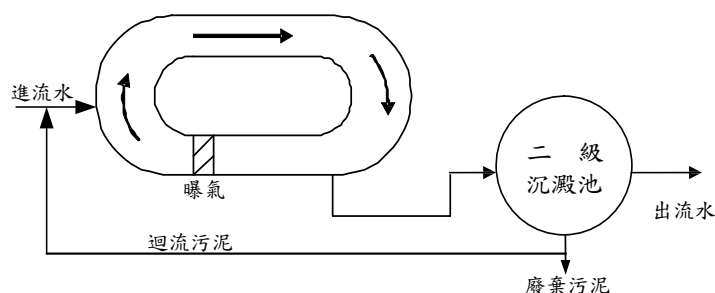


圖 7.31(a) 氧化渠法(Oxidation Ditch)示意圖

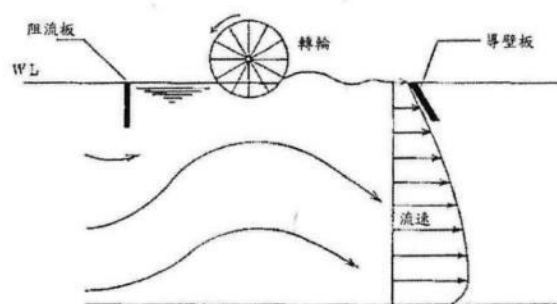


圖 7.31(b) 阻流板設置(例)

轉角部由於愈外周期流速愈快，內側流速較慢，產生滯留污泥沉降，以致有效容量有減少之虞，故轉角部可設置導壁板使內側流速增大，如圖 7.31(c)。

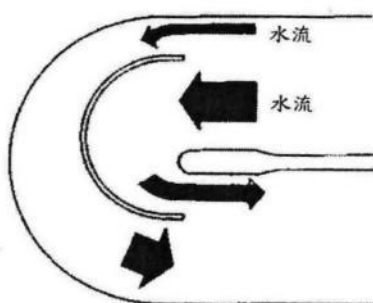


圖 7.31(c) 轉角部設有導壁板之設置(例)

4. 回分式(分批次)活性污泥法(SBR)

回分式(分批次)活性污泥法為活性污泥法之修正法，基本上為生物反應槽兼具沉澱池之用，而依其流入水為間歇流入或連續流入而有不同操作，間歇流入者，其操作分污水流入、曝氣、沉澱及排水等四個階段進行。由污水流入至排水為一循環，其循環之操作，包括曝氣及攪拌設備，皆在一個反應槽內依次進行，而以連續循環操作之，如圖 7.32。

回分式(分批次)活性污泥法，不需如同一般活性污泥法，需另設置二級沉澱池及迴流污泥泵浦，進流方法連續流入者，則需有避免影響沉澱之阻流設施。

5. 活性污泥膜濾法(Membrane bio-reactor, MBR)

活性污泥膜濾法係於生物反應槽內(或採外掛方法)加設微濾膜(Microfiltration)/超濾膜(Ultrafiltration)模組，其結合薄膜固液分離與生物反應槽功能之處理技術，具備生物分解與薄膜分離之雙重作用，可達到去除溶解物質及固體物之效。本法將反應槽內微生物或懸浮固體，以薄膜分離阻絕而產生澄清濾後水，由於微生物被有效滯留於反應槽內，因而可穩定控制微生物在反應槽之停留時間(污泥齡)，膜組操作時利用透膜壓力為驅動力，將經過活性污泥處理過之混合液過濾，而得到過濾液放流水，由於本法通常使用之薄膜孔徑僅約 0.01 至 0.4 μm ，濾後放流水水質較一般砂濾為佳，可直接作為都市用途水，如景觀澆灌、街道灑水、沖廁等使用。活性污泥膜濾法，因其藉由膜進行固液分離，可取代傳統生物處理系統之沉澱池、砂濾及消毒單元，惟膜系統必須定期反沖洗及藥洗以恢復通量。模組之配置分為內置型及外置型，如圖 7.33。

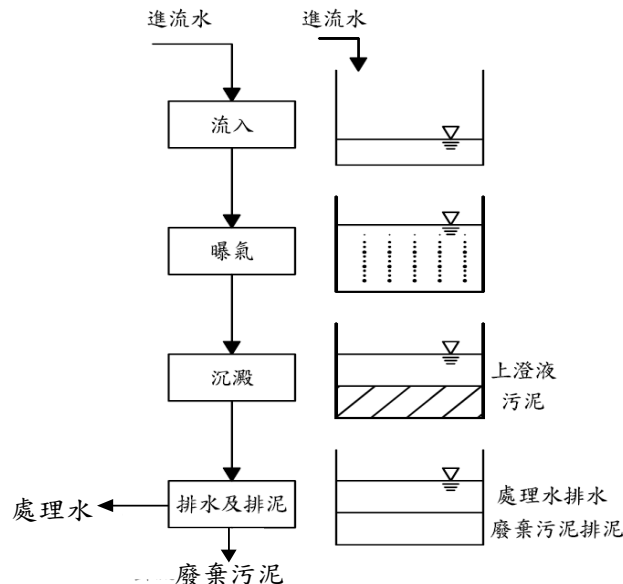


圖 7.32 回分式(分批次)活性污泥法(Sequencing Batch Reactor)示意圖

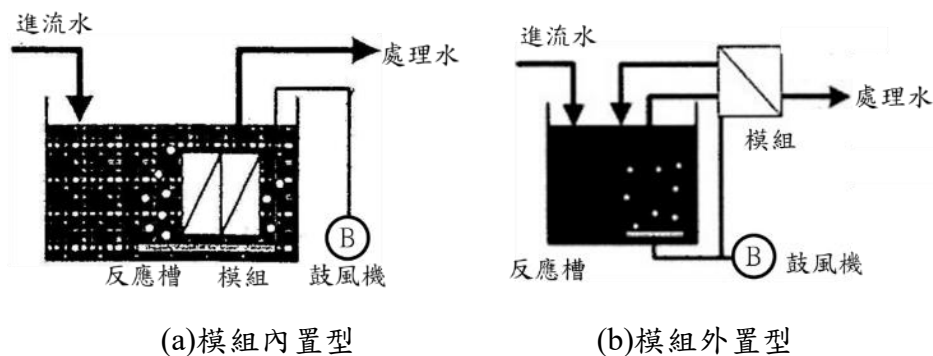


圖 7.33 活性污泥膜濾法(Membrane Bioreactor, MBR)示意圖

7.3.2.2 活性污泥法去氮處理之種類及參數

活性污泥法去氮處理，包括生物硝化及脫硝處理，其處理方法，包括循環式硝化脫硝法(MLE)、硝化內生脫硝(OAO)、回分式(分批次)去氮活性污泥法(SBR)、Bardenpho 程序、循環式硝化脫硝活性污泥膜濾法(AO-MBR)、多段進流等多段缺氧進流方法。其設計參數，包括食微比(F/M)、SRT/ASRT、HRT 及硝化液循環率等。

解說：

各種活性污泥法去氮處理單元，主要為其有機物負荷低於標準活性污泥法，並同時具有硝化及脫硝程序，其種類及參數說明如下：

1. 循環式硝化脫硝法(MLE)(modified Ludzack-Ettinger process)

為將反應槽分割為兩部分，前段缺氧槽以進流水 BOD 作為碳源進行脫硝反應，後段好氧槽進行硝化反應。本修正系統(如圖 7.34)為將後置的脫硝槽改置於硝化曝氣槽之前，而增加一內部循環，將曝氣槽中已硝化的硝化液循環迴流至前段的脫硝槽中進行脫硝作用。而脫硝作用其微生物所需的碳源，則由原污水中可生物分解性的有機碳提供，即所謂使用內部碳源。但因好氧槽出流水仍有未迴流的硝酸鹽流出，而未能完全脫硝。本程序在循環比為 2 之下，氨氮去除率約 70~80%，總氮約 60~80%。

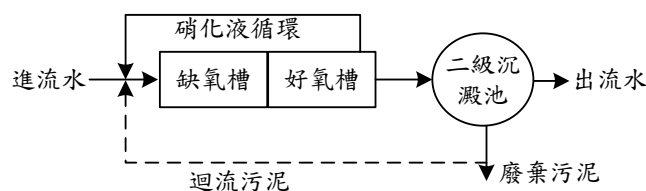


圖 7.34 循環式硝化脫硝法(MLE)

2. 硝化內生脫硝法(OAO 法)

本法流程如圖 7.35，係 Wuhrmann 於 1964 年所發展，於硝化段後配置脫硝，而以在硝化段時活性污泥所吸附的有機物及蓄積於細胞內的有機物，做為脫硝所需的碳源，故於脫硝時既不需添加外部有機物碳源，也不需要迴流硝化液。

本法於脫硝後再曝氣，以使出流水處於好氧狀態，不會於二級沉澱池因發生脫硝，而可防止污泥上浮。

本法若進流水穩定，反應槽對於其流入的氨氮去除率約 70~80%，總氮約 60~70%，反應槽容量較循環式硝化脫硝法(MLE)大 1.2~1.3 倍。脫硝槽應維持 DO 在 0.5 mg/L 以下，以達脫硝。本法為維持脫硝所需碳源，可不設初級沉澱池。

表 7.6 各種去氮活性污泥法設計參數

處理方法	特性	食微比 (kgBOD/ kgMLSS·d)	ASRT (day)	MLSS (mg/L)	水力停留時間(hr)(HRT)			污泥迴流率 (%)	硝化液循環率 (%)
					缺氧段	好氧段	合計		
循環式硝化脫硝法 (MLE 法)*	為以前段進流水之 BOD 為碳源脫硝，後段進行硝化反應，需迴流硝化液	0.1~0.2 (較標準活性 污泥法略低)	11~15	2,000~3,000	1~3	4~12	5~15	50~100	100~200
硝化內生脫硝法*	生物反應槽之前段為好氧硝化，中段為缺氧脫硝，後段為好氧再曝氣，不設初級沉澱池	0.05~0.1 (較標準活性 污泥法略低)	18~24	2,500~4,000	好氧，缺氧，再曝氣 14~18，3~4，1~2		18~24	50~100	不迴流硝化液 (不設初級沉 澱池)
回分式(分批次) 去氮活性污泥法 (SBR)**	為一單槽分批進流水同槽生物反應、沉澱分離	0.03~0.05	10~30	2,000~5,000	可變動	可變動	20~30	-	-
相分離(硝化脫硝)氧 化渠法*	在氧化渠循環系統中，區分為缺氧及好氧段，以氧化脫硝，不設初級沉澱池	0.1~0.2	20~30	2,500~4,000	好氧缺氧時間比 1:1		依計算	50~100	-
Bardenpho 法	為改進 MLE 程序，利用進流水中的微生物分解有機碳進行脫硝	0.1~0.2	11~15	2,000~3,000	(缺氧 1) 1~2	(好氧 1) 2~9	5~15	50~100	100~200
					(缺氧 2) 1~2	(好氧 2) 1.0			
循環式硝化脫硝活 性污泥膜濾法 (AO-MBR)*	為於 MBR 系統中，置前段為缺氧，後段為好氧，並置 MBR 於好氧段進行固液分離	依 MLSS 濃度而定	長 (依 MLSS 濃度而定)	8,000~12,000*	1~2	3~4	4~6	20~100	100~300
多段進流活性污泥 法(Step Feed)*	生物反應槽分為缺氧、好氧多段，污水進流入缺氧段之方法，分 2~3 段依去除重點可有不同比例	0.1~0.2 (較標準活性 污泥法略低)	11~15	2000~3,000 (最終段)	配合進流水比例控制好氧段之 相同食微比設計，總 HRT6~9			50~100	不迴流硝化 液，若為高去 氮需求可增設 段數
間歇曝氣延長 曝氣法	為不設初級沉澱池，採間歇曝氣以達脫硝	0.1~0.2	20~30	3,000~4,000	好氧缺氧時間比 1:1		16~24	50~100	-

備註：

1. 處理方法中，有*符號各項之食微比、MLSS 濃度及 HRT 等數據，係參考自日本下水道協會「下水道施設計畫，設計指針と解説」2019 年版，P.44~P.45。其他數據則參考其他文獻考量後設定。
2. 處理方法中，有**符號各項之 ASRT、MLSS 濃度及 HRT 等數據，係參考 Metcalf & Eddy/Aecom(Wastewater Engineering)(第四版)，P.797。(因第五版欠相關資料)
3. 其他處理方法，延長曝氣法，則參考其他文獻考量後設定。
4. 設計者應以設計流量和設計水質，就處理方法之食微比、ASRT 和 MLSS 各參數之數據範圍值為設計依據，水力停留時間值僅做為參考較為妥適。

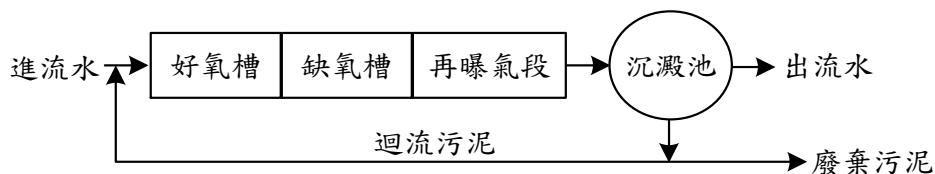


圖 7.35 硝化內生脫硝程序

3. 回分式(分批次)去氮活性污泥法(SBR)

SBR 去氮程序，為單槽反應槽分六個階段為一循環之操作程序，而於反應槽排泥後，再進流污水至操作水位後的缺氧狀態下，將反應槽予以攪拌，使進流水之有機物做為碳源，進行充分脫硝，繼而進行好氧硝化、沉澱、排水及排泥程序之循環操作。本程序操作為達硝化 MLSS 濃度一般較高，ASRT 也較長，約 10~30 日。

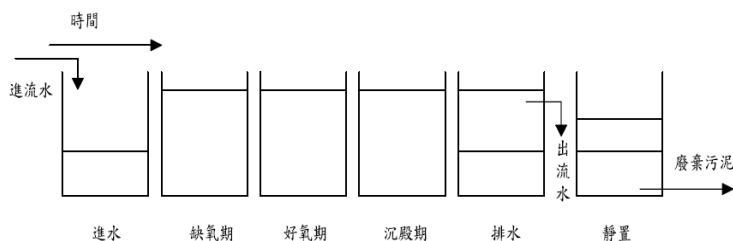


圖 7.36 SBR 處理程序循環示意圖

4. 相分離(硝化脫硝)氧化渠法(OD)

氧化渠硝化脫硝程序如圖 7.37，為氧化渠的循環流動系統中，藉區分為好氧區及缺氧區，亦即氧化相區與還原相區，以形成同時行硝化及脫硝作用，但亦可以全面好氧及全面缺氧，輪流操作，達到去氮的處理程序。本程序好氧及缺氧段停留時間比約 1:1，氮氮去除率約 70~80%，總氮約 60~70%。

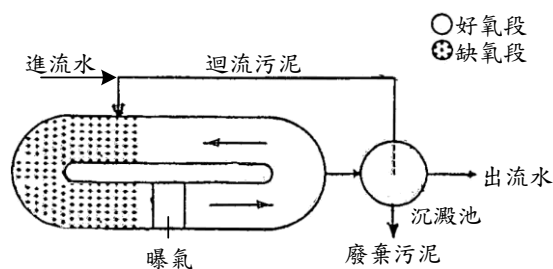
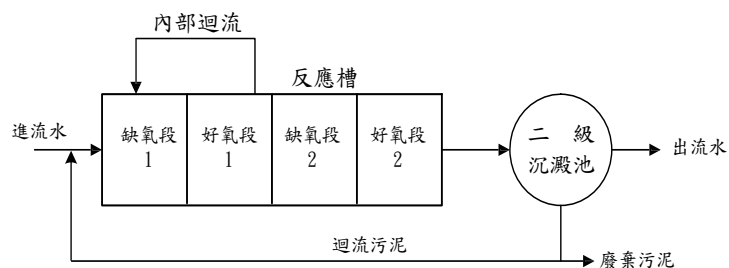


圖 7.37 相分離(硝化脫硝)氧化渠程序

5. Bardenpho 程序

Barnard 為改進循環式硝化脫硝法(MLE)系統，如圖 7.38，使得前脫硝槽中微生物，利用進流水中生物之可分解性之有機碳，進行脫硝反應，而水中殘餘的硝酸鹽，則由後脫硝槽中微生物利用外加碳源或代謝產生的生物碳源，進行二次脫硝，故幾乎可達完全脫硝之目的。



6. 循環式硝化脫硝活性污泥膜濾法(AO-MBR)

活性污泥膜濾系統如圖 7.39，可將好氧性反應槽之硝化液以 100~300% 循環至前段缺氧反應段，成為具有硝化、脫硝功能之系統，硝化液迴流循環為本技術特色。進流水應先經細篩分離，穩定流量，反應槽前段為缺氧槽，後段為曝氣活性污泥槽，內置中空絲膜組或片板模組，放流水由膜分離之，可維持高濃度的懸浮固體液。

本處理程序設計及解說，可參考「小規模污水處理設計及解說」第 5.4.7 節。

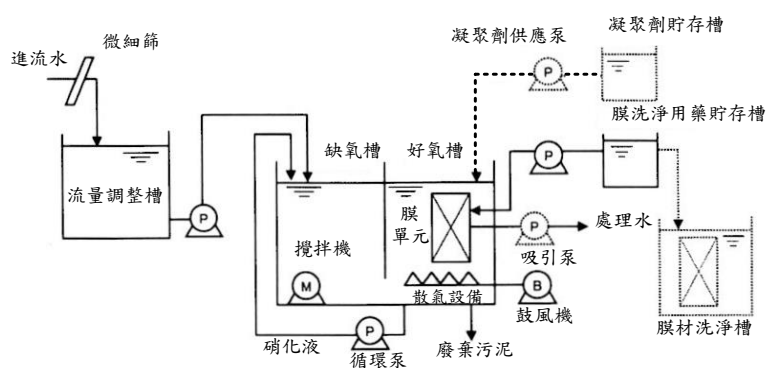


圖 7.39 循環式硝化脫硝活性污泥膜濾法系統圖(AO-MBR)

7. 多段進流去氮程序(Step Feed)

前述方法雖然都可以達到良好的去氮處理效率，惟如須泵送大量之硝化液進行內部循環，來達到脫硝效果時，將消耗較高動力，而多段進流去氮處理程序，可分二段或三段多段缺氧-好氧槽配置進水，如圖 7.40，可不需內部硝化液循環，由於進流水多段進入各缺氧-好氧區，槽內污泥濃度之稀釋作用將被推遲至後幾段，前幾段之 MLSS 濃度將高於後幾段，因此多段進流去氮程序，具較多之污泥儲存量及較長之 SRT，可承受較大的變動負荷。

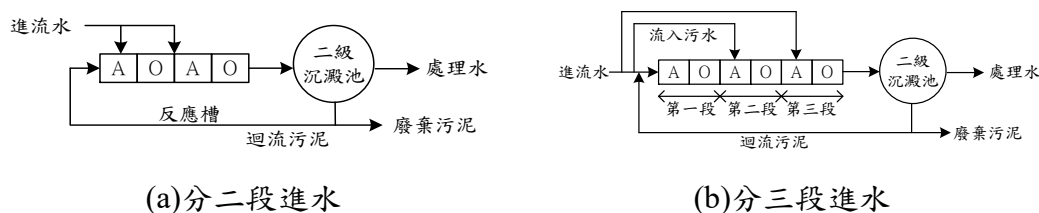


圖 7.40 多段進流去氮程序示意圖
(A：缺氧段、O：好氧段)

多段進流應用者，有兩段進水、TNCU 的三段進流及 Metcalf 及 Eddy/Aecom 的四段進水。TNCU 三段進水流量比為 0.7、0.2 及 0.1，其前段 MLSS 較高，相對的負荷較低，可促進硝化作用，中段進流則可提供脫硝碳源並補充鹼度，而後段進流除仍可提供脫硝碳源外，因進流水流量較低，其出流水中未硝化之氮氮及硝化後之 $\text{NO}_3\text{-N}$ 相對濃度則可較低，在不添加外部碳源下，其處理水總氮可達 12 mg/L 以下，氮氮亦可達 6 mg/L 以下。

日本三段進流法，則為各段進流 1/3 流量，其後續再以人工添加碳源脫硝或各段迴流硝化液。同時 TNCU 也可視進流水之濃度，其三級進流水比，調整為 0.8：0.1：0.1 或適當比列操作。

另依據 Metcalf 及 Eddy/Aecom，其反應槽分八段，缺氧及好氧各分四段，進流水分四段進流，其流量比分別為 15：35：30：20，並依進流水 TKN 濃度添加適量外部碳源下，其處理水的硝酸鹽，可降低 5 mg/L。惟其最後段進流比較大，其出流水恐仍有未脫硝之氮氮，存在量有較高之虞。多段進流對於其各分段之進流量，應能精確分流。

8. 間歇曝氣延長曝氣法

為在前述延長曝氣法之設施中採間歇曝氣之方法，以達去氮之處理方法。

7.3.2.3 活性污泥法去氮除磷處理法之種類及設計參數

活性污泥法去氮除磷處理方法之種類，包括 A^2O 法、Modified Bardenpho 法、MUCT 法、VIP 法、回分式去氮活性污泥法(MSBR)法、TNCU 法及硝化內生脫硝除磷法等。其設計參數包括 F/M、ASRT、HRT、RAS 及內部循環迴流率等。

解說：

各種活性污泥法去氮除磷處理程序之種類及其設計參數，如表 7.7，說明如下：

1. 厭氧缺氧好氧活性污泥法(A^2O)：

典型之厭氧/缺氧/好氧程序為厭氧、缺氧及好氧三單元之組合 (Anaerobic/Anoxic/Oxic)，厭氧槽置於最前端，迴流之磷積蓄菌可直接利用進流污水中之有機物，使其與其他細菌競爭，又由於脫硝菌利用有機物較不敏感，

可於第二(缺氧)槽中，將迴流水之 NO_2^- 及 NO_3^- 進行脫硝反應，第三(好氧)槽中則具有硝化作用。此程序之特點，在於設計較短之污泥停留時間 SRT，及較高之食微比(F/M)。本法氮氮去除率約在 70~80%，總氮約 60~70%。由於本法中流至厭氧池的迴流污泥可能富含硝酸鹽，將會妨礙厭氧菌的生存環境，因此乃有人在厭氧池前端增設一缺氧池，以便將迴流污泥中的硝酸鹽還原為氮氣，便將此法稱為改良型 A^2O ，實際上，在前端增設缺氧池的改良型 A^2O ，即為約翰尼斯堡處理程序(Johannesburg, JHB)，如圖 7.41(b)所示。

2. Modified Bardenpho 處理方法：

Modified Bardenpho 為厭氧、缺氧及好氧等三生物反應槽組合，第一段厭氧槽，可將有機碳及有機氮裂解出較小分子之有機物，如脂肪酸及乙酸，並產生無機氮和磷酸鹽，經由第二段缺氧槽時，迴流之混合液挾帶結合氧，如 NO_2^- 及 NO_3^- ，在此與有機碳被脫硝菌所利用分解而發生脫硝反應，產生 N_2 逸出水中，再流經第三段曝氣槽由好氧性硝化菌繼續進行生物氧化氮氣，轉化為更完全之硝酸鹽氮，同槽內磷積蓄菌進行攝取水中大量磷酸鹽入胞內，形成含高磷量之污泥，除部分污泥排棄於系統外，部分污泥迴流返送回厭氧槽，再行釋磷並分解更多有機物。

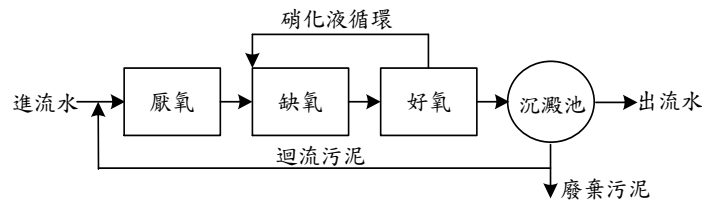


圖 7.41(a) A^2O (Anaerobic-Anoxic-Oxic)處理程序示意圖

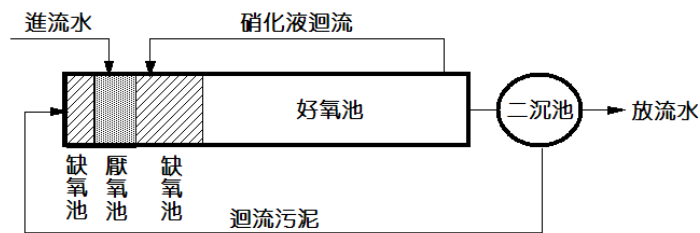


圖 7.41(b) 約翰尼斯堡處理程序示意圖

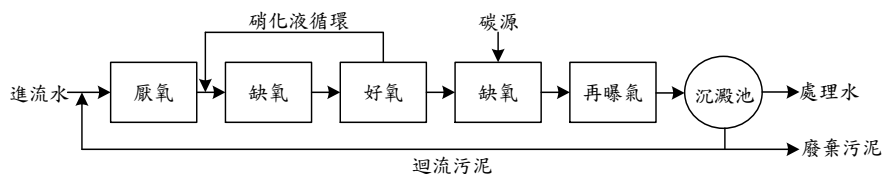


圖 7.42 Modified Bardenpho 處理程序示意圖

3. UCT 及 MUCT 處理方法示意圖如下：

為避免厭氧槽的釋磷作用，受到迴流污泥中硝酸鹽的干擾，UCT 系統將三階段式 A^2O 系統之外部迴流污泥及內部迴流重新排列，由二沉池迴流之污泥先經過缺氧槽進行脫硝後，再迴流至第一段厭氧槽進行生物釋磷作用。依 Metcalf & Eddy/Aecom，本方法如沉澱良好，其處理水總氮可達 3~5 mg/L，但 SRT 長，其總磷處理較差，操作系統複雜，多層迴流，惟若沉澱氮、磷去除可佳。

MUCT 是 UCT 的改良型，其特色是將缺氧池分隔成二池，迴流污泥係流入第一缺氧池，但硝化液迴流並沒流入該池，硝酸鹽在此池被還原，而該池的混合液則迴流至厭氧池，第二缺氧池接在第一缺氧池之後，並從好氧池接受硝化液迴流，而成為此處理程序脫硝的主要部分。

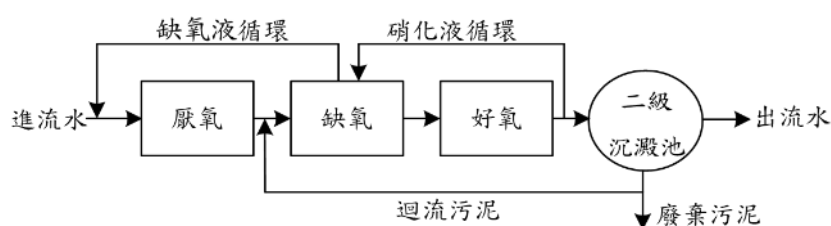


圖 7.43(a) UCT(University of Cape Town)處理程序示意圖

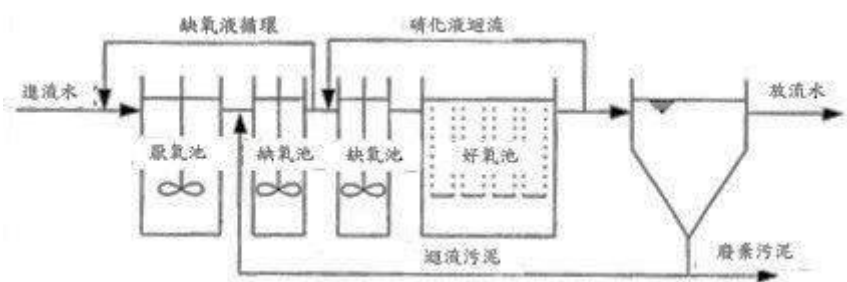


圖 7.43(b) MUCT(Modified University of Cape Town)處理程序示意圖

1. VIP 與階梯式 VIP 處理方法：

VIP 法處理程序，如圖 7.44(a)，為將污泥及硝化混合液都迴流至缺氧槽，其後再自缺氧槽迴流混合液至厭氧槽之程序，則迴流之循環硝化液及污泥中硝酸鹽，可在缺氧槽內先被去除，減低對厭氧槽釋磷之抑制。

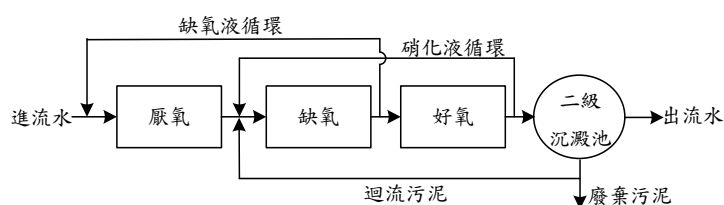


圖 7.44(a) VIP(Virginia Initiative Plant)處理程序示意圖

表 7.7 去氮除磷活性污泥法設計參數

處理方法	特性	食微比 (kg BOD/kg MLSS•d)	ASRT (day)	MLSS	水力停留時間(hr)(HRT)						污泥迴 流率 (%)	硝化液 循環率 (%)
					厭氧段	缺氧 1	缺氧 2	好氧 1	好氧 2	合計		
A ² O ^{**}	反應槽分厭氧、缺氧段、硝化液循環	0.1~0.2	5~25	3,000~ 4,000	0.5~1.5	1~3	—	4~8	—	5.5~12.5	25~100	100~400
Modified Bardenpho ^{**}	為五段式的反應槽，包括厭氧、缺氧、好氧、缺氧及再曝氣	0.1~0.2	10~20	3,000~ 4,000	0.5~1.5	1~3	2~4	4~12	0.5~1.0	9.5~23	50~100	400
MUCT ^{**}	為厭氧、缺氧、缺氧、好氧反應槽	0.1~0.2	10~25	3,000~ 4,000	1~2	—	2~4	4~12	—	7~18	80~100	100~600 (缺氧液 100~300)
VIP ^{**}	反應槽分厭氧段、缺氧段及好氧段，而污泥迴流缺氧段，再迴流厭氧段	0.1~0.2	5~10	2,000~ 4,000	1~2	1~2	—	4~6	—	6~10	80~100	200~400 (缺氧液 100~300)
MSBR ^{**}	為單一槽分批進水同槽生物反應，沉澱分離	0.1~0.2	20~40	3,000~ 4,000	1.5~3	1~3	—	2~4	—	1 循環 8~12	—	—
TNCU	為將反應槽分六區，包括缺氧、缺氧、好氧、缺氧及再曝氣，進流水分三段，0.7、0.2 及 0.1，進流入厭缺氧段	0.1~0.2	11~15	2,000~ 3,000	1~1.5	1.5~2.0	1.5~2.0	好氧(1) 3~3.5	好氧(2) 1.5~2.0	9~12	20~50	—
									好氧(3) 1.0~1.5			
硝化內生脫 硝除磷法	為不設初沉池，反應槽分好氧、缺氧、厭氧及再曝氣	0.1~0.2	11~15	2,000~ 3,000	2~3	1~2	—	6~8	1~2	10~15	20~100	—

備註：

- 處理方法中，有^{**}符號各項之 ASRT、MLSS 濃度、HRT 及污泥迴流率等數據，係參考 Metcalf & Eddy/Aecom(Wastewater Engineering)(第五版)，P.873。其他數據則參考其他文獻考量後設定。
- 其他處理方法，TNCU 及硝化內生脫硝除磷法，則參考其他文獻考量後設定。
- 設計者應以設計流量和設計水質，就處理方法之食微比、ASRT 和 MLSS 各參數之數據範圍值為設計依據，水力停留時間值僅做為參考較為妥適。

MVIP 法處理程序，如圖 7.44(b)，其特色仍是採用 VIP 法隔成二至三個小池的厭氧/缺氧/好氧池，但同時採用多段分段配水法，將初沉出水平均分配至厭氧池，本法除迴流污泥流至第一段的缺氧池外，只有缺氧液迴流係利用泵浦送至厭氧池，但硝化液迴流則以重力方式，自前段的好氧池流入後段的缺氧池，因此省去了好氧液迴流泵浦，本法的去氮除磷效果佳。台北市內湖污水處理廠，即是採用階梯式 VIP 處理法來設計。

5. 回分式(分批式)去氮活性污泥法(SBR)：

SBR(Sequential Batch Reactors)，如圖 7.45，所有活性污泥之反應，均於同一完全混合式的反應槽中完成，此反應槽兼具生物反應槽與沉澱池之功能，本程序為將 SBR 系統之操作，分為進水、厭氧期、好氧期、缺氧期、沉澱期、排水及排泥之操作，以使釋磷、硝化、攝磷、脫硝及分離，達到去氮除磷。惟在放流前放流部分，宜再有曝氣。本法若沉澱良好，可有效去除氮、磷。

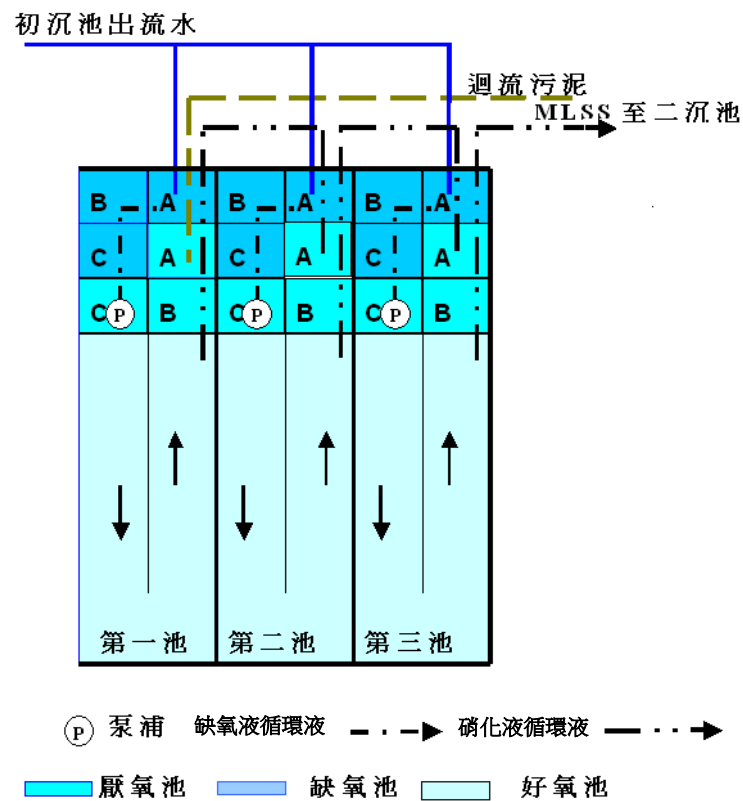


圖 7.44(b) MVIP 處理程序示意圖

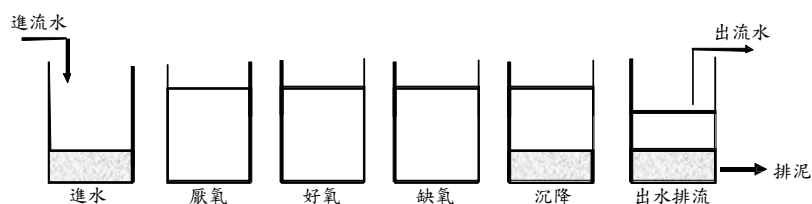


圖 7.45 SBR(Sequential Batch Reactors)處理程序示意圖

6. TNCU 處理方法：

本法處理程序，如圖 7.46，大部分流入水與迴流污泥混合，先進行厭氧釋磷反應後，再於後續好氧槽進行充分硝化及攝磷反應，其後再於後續之 AOA 缺氧槽，充分脫硝及好氧槽硝化，為提供足夠碳源進行脫硝反應，將小部分流入水引至各缺氧槽，出流前再予提供溶氧，因出流水硝酸鹽有效被去除，可避免迴流污泥影響厭氧槽充分釋磷，各段進流分別以 80%：10%：10% 或 70%：20%：10% 為適當。本法若進流水分水良好，可獲總氮 12 mg/L、氨氮 6 mg/L 以下之處理水。

一般去氮除磷系統，在於同時去氮、除磷，因之其處理負荷 F/M 比受限，以及不外加碳源脫硝及添加藥劑除磷之經濟考量下，其總氮及總磷之去除率，多約在 70% 左右。

但若要獲得更高的去除率，則可採「多段硝化脫硝法+後脫硝及除磷程序」。

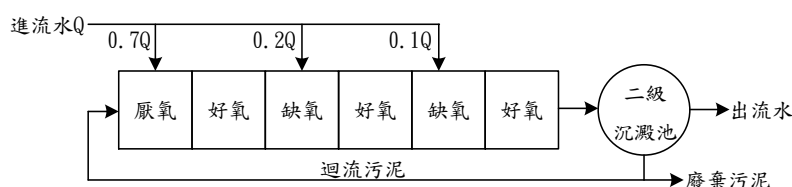


圖 7.46 TNCU(Taiwan National Central University)處理程序示意圖

本程序以低負荷，將污水分三段均量進流，在經三段硝化、脫硝後，於後續再添加外部碳源，進一步達到充分脫硝，另於其後再外加 PAC 進行化學除磷，故本程序可獲得 COD 7.5 mg/L、總氮 3.0 mg/L、總磷 0.08 mg/L 以下之處理水，為一超級去氮、除磷程序，其流程如下：

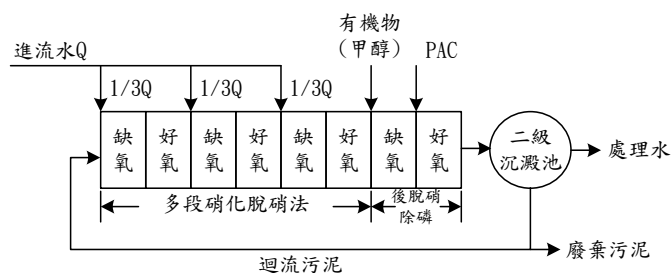


圖 7.47 多段硝化脫硝法+後脫硝及除磷程序

本程序為使各段之固體物量呈同量，故設定各段(含缺、好氧)之槽容量比分別為 1.0：1.4：1.8，且因未有如 A²O 法等程序，未有未脫硝的氮流出，故其反應槽體積可大為縮小，總氮去除率就可大為提升。

本生物反應槽的 MLSS 濃度可較高(與 A²O 法等比較)，MLSS 3,000~4,000 mg/L，F/M 比 0.1~0.2 kgBOD/kgMLSS，設施可較小，且係各段皆以缺氧、好氧排列設置，其操作較易掌握，維護管理也較為容易。

本程序適用於大規模污水處理水排放封閉性水域，為降低排放氮、磷總量之系統。在日本琵琶湖污水處理廠之應用實績，其放流水總氮濃度達 2.0 mg/L、總磷 0.04 mg/L 以下。

7. 硝化內生脫氮除磷法：

硝化內生脫氮除磷法，係位於硝化內生脫氮系統之缺氧及再曝氣段間，增置厭氧段，以形成釋磷環境，再於其後予以曝氣攝磷處理，處理水經沉澱池沉澱，排除含高濃度含磷的污泥，以達去氮除磷目的，如圖 7.48。

各種去氮除磷系統特性之比較，如表 7.8。

各種去氮或去氮除磷系統之各反應槽，應設置 MLSS、DO 及 ORP 計，以為操作控制之掌握。

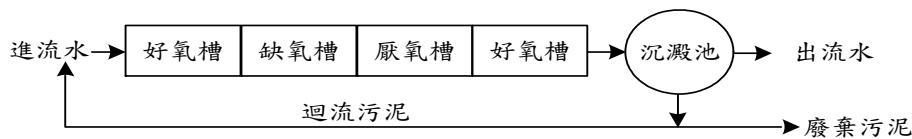


圖 7.48 硝化內生脫氮除磷系統

7.3.3 各種活性污泥法反應槽設計

各種活性污泥法反應槽容積之設計，應依其係一般活性污泥法、硝化脫氮活性污泥法或去氮除磷活性污泥法之不同，分別依其反應特性設計反應槽容積。

解說：

1. 一般活性污泥法反應槽容積設計

活性污泥法之設計，須包括食微比、生物反應槽型式、污泥產生量、需氧量、營養需求、環境需求、固液分離、放流水水質、廠址現地條件等項目，活性污泥法之反應槽容積，依各處理方法之設計參數水力停留時間及設計流量計算之。

當以去除碳源污染物為主時，反應槽的容積及污泥產生量，可依下列公式計算：

(1) 依食微比計算：

$$V = \frac{Q(S_o - S_e)}{L_s X} \dots\dots\dots(7-61)$$

(2) 依污泥泥齡計算：

$$V = \frac{QY\theta_c(S_o - S_e)}{X_V(1 + k_d\theta_c)} \dots\dots\dots(7-62)$$

表 7.8 各種生物去氮除磷系統的比較

生物去氮除磷系統	優點	缺點
A ² O 法	1. 可同時去除污水中的 C、N、P。 2. 脫氮及除磷時，直接利用污水中的有機碳，不需外加碳源。 3. 部分碳源因脫氮作用消耗，因此污泥產量較一般活性污泥法少。	1. 脫氮及除磷所需污泥停留時間長短不同，且互相牽制。 2. 缺氧槽中的脫硝菌與好氧槽中的硝化菌，亦因堵塞水流的緣故，不易停留於槽中完全發揮效用。 3. 需要迴流大量硝化液，能耗大。 4. 為使好氧槽氮氮完全氧化為亞硝酸氮及硝酸氮，需要相當長的停留時間，以使有機碳先行氧化去除後，自營性硝化菌才能完全發揮效用。
Modified Barbenpho 法	1. 可同時去除污水中的 C、N、P。 2. 脫氮及除磷時，直接利用污水中的有機碳，不需外加碳源。 3. 放流水的磷可小於 1 mg/L。 4. 污泥產量是所有生物除磷系統中最少的。 5. 污泥磷含量高，可當作肥料。 6. 總氮可處理到比其他處理程序還低。 7. 好氧槽的鹼度可由缺氧槽提供，因此可減少或不用鹼度的添加。 8. 已經被廣泛的使用，有大量的資料可參考。	1. 由於好氧槽直接或迴流到缺氧槽，可能造成溶氧過高，影響到脫硝效率。 2. 槽數太多，泵浦也多。 3. 因槽數較多，所以比 A²O 法的體積大。 4. 進流需要高的 BOD/P 值。 5. 需要雙重迴流大量缺氧循環液及硝化液而能耗大。
UCT 法及 MUCT 法	1. 可同時去除污水中的 C、N、P。 2. 二沉池迴流污泥到缺氧槽再迴流到厭氧槽，此法可提高脫硝效率和厭氧釋磷環境。 3. 脫氮及除磷時，直接利用污水中的有機碳，不需外加碳源。 4. 部分碳源因脫氮作用消耗，因此污泥產量較一般活性污泥法少。 5. 槽體積比 Barbenpho 稍少。	1. 厭氧槽之厭氧菌，由於堵塞水流的緣故，不易停留於厭氧槽中發揮其水解複雜有機碳的功能。 2. 要提供動力來攪拌，使厭氧槽和缺氧槽的污泥能懸浮。 3. 大量的內部迴流，因此泵浦的能量消耗大，保養也複雜。 4. 需除磷要添加化學藥劑，浪費成本且污泥量多。 5. 進流需要高的 BOD/P 值。
SBR 法	1. 可同時去除污水中的 C、N、P。 2. 單槽處理，系統操作簡單。 3. 系統的操作彈性，可依操作人員的需求而變。 4. 集初沉、曝氣、二沉，3 功能於 1 槽，節省土地的需求。 5. 硝化菌與脫硝菌，因可貯存於槽中的緣故，所以不易流失。 6. 由於單槽處理，所以管路系統趨於簡單。	1. 處理流量多用於小規模者。 2. 因長時間曝氣的關係，所以上澄液 SS 較高。 3. 由於波段的關係，污泥經常上浮而隨放流水流失，導致槽中 MLSS 異常下降。
多段進流及 TNCU 法	1. 可同時去除污水中的 C、N、P。 2. 脫氮及除磷時，直接利用污水中的有機碳，不需外加碳源。 3. 不需內部迴流硝化液，可節省能耗。 4. 部分碳源因直接脫硝利用，因此污泥產量較一般活性污泥法少。 5. 好氧槽的鹼度，可由多段進流及厭氧槽提供，可不用外加鹼度。	1. 由於進流水以定量多段進流，因之進流分水要特別設計。 2. 厭氧槽之厭氧菌，由於堵塞水流的緣故，不易停留於厭氧槽中發揮其水解複雜有機碳的功能。 3. 由於好氧槽污泥直接流入缺氧槽，可能造成溶氧過高，影響脫硝。

式中：

V ：反應槽的容積(m^3)

S_0 ：反應槽進流水 5 日生化需氧量(mg/L)

S_e ：反應槽出流水 5 日生化需氧量(mg/L)

Q ：反應槽的設計流量(m^3/d)

L_s ：反應槽的 5 日生化需氧量污泥負荷 [$kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$]

X ：反應槽內混合液懸浮固體平均濃度($mgMLSS/L$)

Y ：污泥產率係數($kgVSS/kgBOD_5$)(一般取 0.4~0.8)

X_v ：反應槽內混合液揮發性懸浮固體平均濃度($mgMLVSS/L$)

θ_c ：設計污泥停留時間 SRT(d)

k_d ：衰減係數(d^{-1})

(3) θ_c (SRT)

θ_c 為 SRT，代表污泥在系統中停留的平均時間，是活性污泥法設計時關鍵的參數，最小污泥停留時間與微生物比生長率成倒數關係，常用的最小參考值，如表 7.9。

表 7.9 最小污泥停留時間與微生物比生長率最小參考值

處理目標	SRT 範圍(day)	影響 SRT 因素
生活污水去除溶解性 BOD	1-2	溫度
生活污水轉換顆粒有機物	2-4	溫度
處理生活污水形成生物膠羽	1-3	溫度
完全硝化	3-18	溫度、尖峰 TKN 負荷、抑制物質
生物除磷	2-4	溫度
穩定活性污泥	20-40	溫度

參考 Grady/Daigger/Lim“Biological Wastewater Treatment”^{2nd}

去氮除磷活性污泥法之 SRT 用於計算好氧槽容積，一般也表示為 ASRT，如果活性系統需考量硝化時，選擇硝化設計 SRT 要考量溫度、尖峰 TKN 負荷、抑制物質等影響，需乘上安全係數提高設計 SRT 值，安全係數可為 TKN 尖峰負荷與平均負荷之比值。

(4) 衰減係數 K_d 值

應以當地冬季和夏季的污水溫度進行修正，並依下列公式計算：

$$k_{dT} = k_{d20} \times (\theta_T)^{T-20} \dots\dots\dots(7-63)$$

式中：

k_{dT} ： $T^{\circ}C$ 時的衰減係數(d^{-1})

k_{d20} ： $20^{\circ}C$ 時的衰減係數(d^{-1})

T ：設計溫度($^{\circ}C$)

θ_T ：溫度係數，採用 1.02~1.06

(5) 污泥產生量

$$P_X = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1 + k_d \theta_c} \dots \dots \dots (7-64)$$

式中：

P_X ：污泥產生量(kg VSS/d)

依上述計算之反應槽容積、進流水流量及水質，以及設定之 MLSS 濃度，校核食微比(F/M)、處理水水質、迴流污泥率及污泥停留時間。

(6) 反應槽型式

反應槽型式已詳述於第 7.2.2 節，其中完全混合型、進流污水及迴流污泥流入反應槽後，即與槽內的混合液徹底混合，因此池內混合液亦具稀釋污水之能力，而使此類反應槽可承受較大的污水濃度與性質變化之衝擊。

(7) 延長曝氣法、氧化渠法、回分式活性污泥法及活性污泥膜濾法，其處理流程可省略初級沉澱池，適用於中小規模處理廠。

(8) 活性污泥膜濾法，因過濾膜採用 MF 或 UF 膜(孔徑 0.01~0.4 μm)，為避免濾膜損傷，進流水應先經細篩處理，並調勻流量，其設計可參考「小規模污水下水道設計及解說」。

2. 硝化反應及硝化槽設計

一、活性污泥法去氮的機制

(1) 活性污泥法去氮，包括硝化及脫硝兩種機制。硝化為硝化菌將氨氮氧化為亞硝酸鹽氮，再行氧化成硝酸鹽氮，脫硝則為脫硝菌以硝酸鹽或亞硝酸鹽為電子接受者，有機碳為電子供應者，進行生物還原作用成為 NO、N₂O 及 N₂。

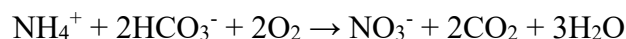
(2) 硝化作用，主要受 pH、溶氧、碳氮比、溫度、水力停留時間、污泥停留時間、分子氮濃度等因子影響。

(3) 相關反應式

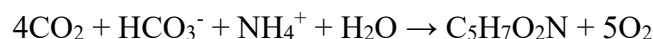
A. 硝化理論需氧量為 4.57 g-O₂ / g-N，反應式如下：



B. 硝化理論鹼度消耗量為 7.14 g-CaCO₃ / g-N，反應式如下：

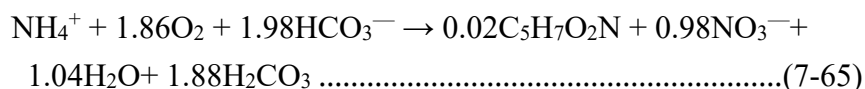


C. 氨氮轉化成生物細胞，反應式如下



D. 總反應可參考如下：

(A) 依本章 7.2 硝化作用總反應式



(B) 參考 Metcalf & Eddy/Aecom“Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery”5th. P.623 ,2014



$$0.01982C_5H_7NO_2 + 0.9852NaNO_3 + 2.9232H_2O + 1.9852CO_2 \dots (7-66)$$

E. 硝化比生長率

硝化比生長率計算參考如下，與最小污泥停留時間 $\theta_{c,min}$ 成倒數關係：

參考 Metcalf & Eddy/Aecom “Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery” 5th. P.762, 2014

$$\mu_n = \mu_{nm} \times \left(\frac{S_{NH_4-N}}{K_n + S_{NH_4-N}} \right) \times \left(\frac{S_{O_2}}{K_o + S_{O_2}} \right) - K_{dn} \dots (7-67)$$

式中：

μ_{nm} ：硝化菌最大比生長率(1/d) (0.9)

S_{NH_4-N} ：氨氮濃度(mg/L)

K_n ：硝化半飽和常數(mg/L) (0.5)

S_{O_2} ：溶氧濃度(mg/L)

K_o ：溶氧半飽和常數(mg/L) (2.0)

K_{dn} ：硝化菌衰減係數(L/d) (0.17)

二、硝化槽體積計算可參考如下：

- (1) 參考 Taylor & Francis “Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal”, P.30

$$V_{NO} = \frac{[Y_{nH}(S_0 - S) + X_i + Y_{nN} \times N_{OX}] \times Q \times \theta_{c,d}}{X} \dots (7-68)$$

式中：

Y_{nH} ：淨污泥產率係數(kg-VSS / kg-BOD₅) = $Y / (1 + K_d \times \theta_{c,d})$ ，其中
 $Y = 0.6$ (無論是否有初級處理)

S_0 ：進流水 BOD₅ 濃度(mg/L)

S ：出流水 BOD₅ 濃度(mg/L)

X_i ：進流水不可分解惰性固體物濃度(mg/L)

Y_{nN} ：硝化菌淨污泥產率係數(kg-VSS / kg-BOD₅)，0.15 (無論是否有初級處理)， $Y_N / (1 + K_{dn} \times \theta_{c,d})$

N_{OX} ：氨氮氧化成硝酸鹽濃度(mg/L)

$\theta_{c,d}$ ：設計污泥停留時間(d)，應等於 $\theta_{c,min} \times S.F.$

X ：硝化槽 MLSS 濃度(mg/L)

或

- (2) 參考日本下水道協會 “下水道施設計畫・設計指針と解説 V.1 - 後編 (2019 年版)”

$$V_A = Q_{in} \times t_A = Q_{in} \times \theta_{XA} (a \times C_{S-BODin} + b \times C_{SS,in}) / (1 + c \times \theta_{XA}) X \dots (7-69)$$

式中：

Q_{in} ：進流量(m³/d)

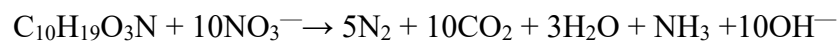
t_A ：好氧槽停留時間(d)

θ_{XA} ：好氧之污泥停留時間(A-SRT)(d)
 $C_{S-BODin}$ ：進流水溶解性 BOD 濃度(mg/L)
 $C_{SS,in}$ ：進流水 SS 濃度(mg/L)
 X ：MLSS 濃度(mg/L)
 a ：溶解性 BOD 之污泥轉換率(g MLSS/g S-BOD)
 b ：SS 之污泥轉換率(g MLSS/g SS)
 c ：污泥自行分解係數(L/d)
 一般 $a=0.5\sim0.6$ ， $b=0.9\sim1.0$ ， $c=0.025\sim0.035$

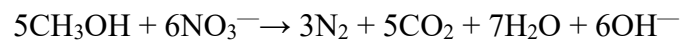
3. 脫硝反應及脫硝槽設計

一、脫硝所需碳源(電子供應者)不同時，其反應式如下

(1) 污水



(2) 甲醇



(3) 醋酸



二、硝化液內部迴流比IR計算

參考 Metcalf & Eddy/Aecom “Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery” 5th. P.808

$$IR = \frac{NO_x}{N_e} - 1.0 - r \dots\dots\dots(7-70)$$

式中：

IR：硝化液循環比

N_e ：設計出流水 NO_3^- 濃度(mg/L)

r ：迴流污泥比

NO_x ：好氧硝化所產生之 NO_x

三、比脫硝率 r_{NO_x} 可依F/M、溫度、R校正後求取經驗式，或計算參考如下：

(1) 經驗式：參考 Metcalf & Eddy/Aecom “Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery” 5th. P.737

$$r_{NO_x} = [0.03 \times (F/M) + 0.029] \times 1.026^{(T-20)} \dots\dots\dots(7-71)$$

(2) 理論通式：參考 Metcalf & Eddy/Aecom “Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery” 5th. P.743

$$\begin{aligned}
 r_{NO_x} = & \left(\frac{1-1.42Y}{2.86} \right) \times \left(\frac{kXS}{K_s+S} \right) \times \left(\frac{NO_3}{K_{s,NO_3}+NO_3} \right) \times \left(\frac{K'_O}{K'_O+DO} \right) \times \eta \\
 & + \left(\frac{NO_3}{K_{s,NO_3}+NO_3} \right) \times \left(\frac{K'_O}{K'_O+DO} \right) \times \left(\frac{1.42}{2.86} \right) \times k_d X_\eta \dots\dots\dots(7-72)
 \end{aligned}$$

式中：

K_{s,NO_3} ：硝酸鹽限制反應半速率常數(mg/L)，0.1

K_o ：DO 對硝酸鹽抑制係數(mg/L)，0.1~0.2

η ：脫硝菌佔比例，0.6~0.8

四、脫硝槽體積計算參考如下：

- (1) 參考 Metcalf & Eddy/Aecom “Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery” 5th. P.803

$$V_{AN} = \frac{NO_r}{r_{NOx} \times X_b} \dots\dots\dots(7-73)$$

式中：

NO_r ：去除之 NO_3 -N 量(g- NO_3 -N / g-VSS / d)

X_b ：脫硝槽 MLVSS 濃度(mg/L)

或

- (2) 參考日本下水道協會 “下水道設施計畫・設計指針と解説-後編 V.1 - (2019 年版)”

$$V_{AN} = \frac{Q_{in} \times t_{AN}}{24} \dots\dots\dots(7-74)$$

式中：

Q_{in} ：進流水量(m^3/d)

t_{AN} ：缺氧槽停留時間(h)

缺氧槽進流水之停留時間一般為 1~2 小時

五、去氮系統的效率

- (1) 去氮系統的效率，是依據硝酸鹽氮的脫硝程度計算，計算時應扣除廢棄污泥及出水中所去除的凱氏氮，計算式如下：

$$\text{去氮去除率} = \left(1 - \frac{TN_{ef} - TKN_{ef}}{TN_{in} - TN_{ex} - TKN_{ef}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots(7-75)$$

式中：

TN_{in} ：進流水總氮量

TN_{ef} ：放流水總氮量

TN_{ex} ：廢棄污泥總氮量

TKN_{ef} ：放流水凱氏氮總量

- (2) 根據硝酸鹽氮之平衡關係，各種處理方法所能達成之最大去氮理論去除率(如圖 7.49)，計算式如下：

$$\text{最大去氮理論去除率} = \left(1 - \frac{1}{N} \times \frac{1}{1+r+R}\right) \times 100\% \dots\dots\dots(7-76)$$

式中：

N ：缺氧槽段數

r ：迴流污泥率(0-1)

R ：系統最後一段之硝化液內部循環比

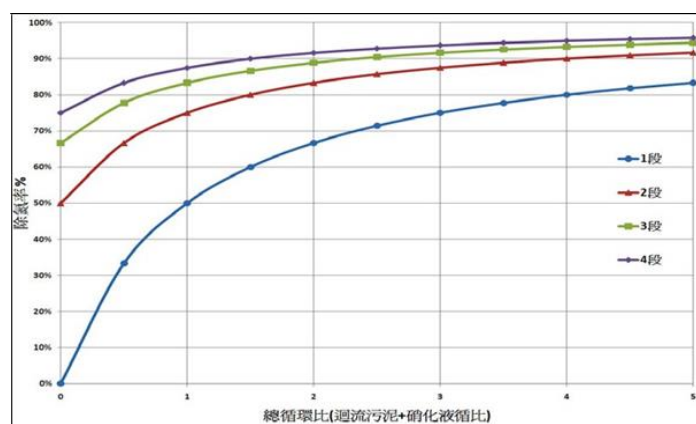


圖 7.49 去氮段數、循環比與去氮效率圖

4. 攝磷反應及厭氧槽容量設計

活性污泥法除磷的機制

- (1) 活性污泥除磷程序，即藉由超量攝取磷之磷蓄積菌的行為，以降低廢水中磷之濃度，而儲存於磷蓄積菌體內的磷，則藉由系統排泥，以達到除磷之目的。
- (2) 除磷作用，主要受 pH 值、磷的蓄積能力、碳磷比、厭氧槽水力停留時間、污泥齡、硝酸鹽濃度、攝磷溶氧量等因子影響。
- (3) 厭氧槽容量之計算

厭氧槽容量，可依厭氧段停留時間計算或是參考日本下水道協會“下水道設施計畫・設計指針と解説-後編 V.1 - (2019 年版)”

$$V_{DN} = V_{DN+A} - V_A \dots\dots\dots(7-77)$$

$$V_{DN+A} = \frac{C_{BODin} \cdot Q_{in}}{L_{BOD/X} \cdot X} \dots\dots\dots(7-78)$$

式中：

V_{DN} ：脫硝段容量(m^3)

V_A ：好氧段容量(m^3)

C_{BODin} ：進流水 BOD 濃度(mg/L)

Q_{in} ：進流量(m^3/d)

$L_{BOD/X}$ ：BOD-SS 負荷($kg \text{ BOD}/kg \text{ MLSS}/d$)

X ：MLSS 濃度(mg/L)

5. 反應槽設計補充要點

綜合上述各不同反應槽容量設計，補充相關要點如下：

- (1) 反應槽容積，依各種處理方法之設計參數水力停留時間及設計流量計算之，並藉以區分各處理方法之相關各段之容積，再依設定 MLSS 濃度，校核該處理方法之食微比、污泥停留時間等。
- (2) 為有效去除污水中的磷，得於污水處理廠進流水中，自沉砂池後設置繞流管直接引水入去氮除磷之生物反應槽。

- (3)去氮除磷生物系統中，二級沉澱池所沉降之活性污泥，應維持循環迴流，其污泥排出時，應即進行污泥處理，以防止固體物中磷的釋出。
- (4)厭氧、缺氧、好氧槽間，應設池牆或隔板區隔(如圖 7.50)，隔牆的設置要注意其開口需避免造成短流，另外在隔牆接近水位處需設置開口，以利上方浮渣可以往後排送。流入應避免或降低帶有自由氧之混合液迴流至厭氧槽或缺氧槽。
- (5)厭、缺氧槽攪拌之目的，在以維持混合液懸浮狀態，可以使用沉水式攪拌、豎軸攪拌或噴射攪拌等方法，並避免表面渦流使空氣帶入混合液中。
- (6)去氮處理系統及去氮除磷系統中，採多段進流之程序者，其各段之流量累積變動，因而 MLSS 濃度互異，而逐段 MLSS 濃度漸增，故反應槽之 MLSS 濃度，則應以各段之濃度加以平均，並據以核算全反應槽之 F/M 負荷(如圖 7.51)。

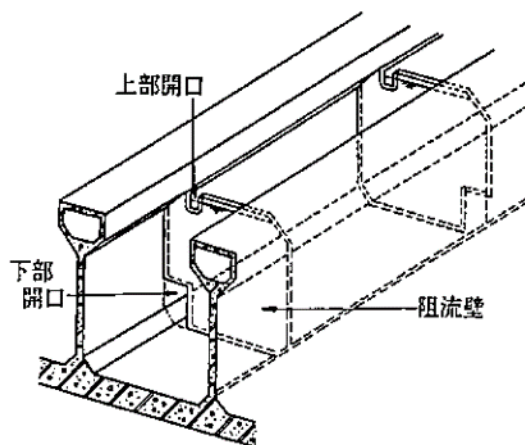


圖 7.50 反應槽池牆或隔板設置案例圖

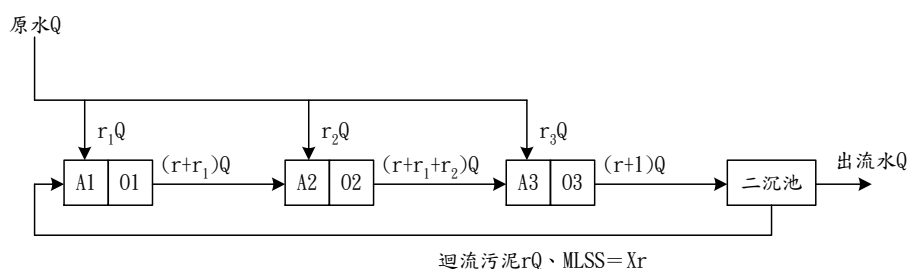


圖 7.51 多段進流反應槽 MLSS 計算方法

7.3.4 活性污泥篩選槽設計

活性污泥法缺氧性菌種篩選槽(Anoxic Selector)容量設計考量：

為抑制活性污泥膨化，可於活性污泥生物反應槽前設置菌種篩選槽，其容量以水力停留時間 20~30 min 設計。

解說：

1. 活性污泥膨化(Bulking Sludge)現象，係指污泥的重量輕、顏色淡、會隨放流水流出之現象，其 SVI 值通常大於 150，可分為絲狀菌及非絲狀菌兩種，絲狀污泥係，因絲狀菌在活性污泥中不正常繁殖，導致 SVI 極端增高所致，以致沉降性變低，影響二級沉澱池之固液分離效能。
2. 為抑制活性污泥膨化，可於活性污泥生物反應槽前設置菌種篩選槽，其可混合進流污水及迴流活性污泥，並應設置攪拌器，以維持進流水及迴流污泥的均勻混合及缺氧狀態。
3. 菌種篩選槽設計容量需具備足夠停留時間，讓迴流污泥之膠羽快速攝取溶解性有機物，以利後續處理程序，但需控制不可過大，以避免氧化過多 BOD，故菌種篩選槽容量，宜以水力停留時間 20~30 min 設計。

7.3.5 去氮除磷凝聚劑的添加設計

一般以生活污水為對象的污水處理，並不需要添加凝聚劑，但在去氮除磷生物處理系統，則因硝化而會降低 pH 值，致影響硝化的進行時，有時必須檢討添加鹼液。若污水處理廠進流水 BOD 濃度偏低，但厭氧、缺氧所需的 BOD 源不足時，則需添加外部碳源。另為促進磷的沉澱去除，有時需要添加凝聚劑等，故必須檢討進流水水質及氮、磷處理的穩定操作及要達到的處理水水質，並從經濟上考量是否添加藥劑、藥劑的種類和添加量。

7.3.5.1 氫氧化鈉、石灰或小蘇打等的添加

反應槽設備，於考慮下列決定之：

1. 因硝化反應及凝聚劑的添加，而造成槽內 pH 下降時，應設置氫氧化鈉、石灰或小蘇打等添加設備。
2. 流入水之有機物濃度若偏低，於缺氧段進行脫硝所需之氮供給體(有機物)，若不足，必要時應添加甲醇等及設置其所需之設備。

解說：

1. 硝化速率常數 Kw 對於 pH 的影響甚為敏感，若 pH 值下降，Kw 也降低，其主要的原因為硝化過程利用鹼，惟污水於硝化後流入缺氧段時，因脫硝可生成鹼度，而回收部分。

在硝化過程每氧化 1 mg 的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ，在化學量上會消耗 7.14 mg 的鹼度。另 1 mg 有機氮分解為氨氮時，以及脫硝 1 mg 的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 還原為氨氮時，約會生成 3.27 mg 的鹼度。

另若為添加硫酸鋁等凝聚劑，也會消耗鹼度。添加凝聚劑硫酸鋁時，所消耗的鹼度其化學量添加硫酸鋁 1 mg 為 5.56 mg。若為 PAC(聚氯化鋁)時，依實例為 1 mg 的鋁約消耗 3.24 mg/L 鹼度。

因之鹼度之消耗量 $\Delta C_{\text{ALK}}(\text{mg/L})$ 可依下式計之：

$$\Delta C_{\text{ALK}} = 7.14 \cdot \alpha \cdot C_{\text{TN, in}} - 3.57(C_{\text{org-N}} + C_{\text{NOx}}) + \epsilon \cdot C_{\text{Al}} \dots\dots\dots (7-79)$$

式中：

$C_{TN,in}$ ：流入水之 T-N 濃度(mg/L)

C_{org-N} ：分解為 NH_4^+-N 之有機氮濃度(mg/L)

C_{NOx} ：脫硝的氮濃度(mg/L)

α ： C_{TN} 被硝化之氮濃度比(通常 0.7~0.8)

ε ：添加鋁 1mg 之鹼度消耗量(mg/mg)

C_{Al} ：鋁添加濃度(mg/L)

若無添加凝聚劑，則所添加氫氧化鈉、石灰或小蘇打等鹼度提供量如下，無需計算凝聚劑鹼度消耗量： $\Delta C_{ALK} \doteq 7.14 \cdot \alpha \cdot C_{TN,in} - 3.57(C_{org-N} + C_{NOx})$ 。

若流入水之鹼度低，而 T-N 超過 50 mg/L 時，將明顯的消耗多量鹼度，就有必要添加鹼劑。生物處理設施設計時，若好氧槽的流出水鹼度低於 30~40 mg/L，就必須考量設置鹼劑注入設備，其添加位置應位於好氧槽的流入端。

鹼劑注入泵應以隔膜泵為適當，注入泵的接觸部及貯存槽等皆應具耐鹼性的材料，且貯存槽應設置防溢堤。

2. 若流入污水之有機物濃度偏低，缺氧槽脫硝所需的氮供給體(有機物)無法提供時，可以甲醇(高純度)或糖蜜為碳源，1g 的甲醇相當於 1g 的 BOD。

增加缺氧槽脫硝所需的碳源之方法，可以污水進流水不經初級沉澱池，而直接繞流入生物處理反應槽，或將初級沉澱池的污泥直接提供反應槽。基於經濟性，於檢討添加甲醇之前，宜充分加以考量比較。

7.3.5.2 除磷凝聚劑的添加

除磷凝聚劑的添加，於考慮下列設計之：

1. 為確保處理水 T-P 濃度在限值內，必要時宜檢討設置除磷凝聚劑添加設備，或流入水之 BOD 偏低，厭氧槽處理反應所需有機物不足時，必要時亦可檢討醋酸等添加設備。
2. 凝聚劑以 PAC 等鋁鹽、聚硫酸亞鐵之鐵鹽等為主，選定時依凝聚劑的性質、處理系統特性選定之。
3. 凝聚劑添加量，依流入水的溶解性總磷濃度、凝聚劑添加莫耳比及設計流量而定。
4. 凝聚劑的添加方式，有定量方式、流量比例方式及負荷比例方式，依處理程序之特性而定。
5. 其他包括添加位置於反應槽末端。凝聚劑添加配管應加保溫。
6. 凝聚劑貯存量以 2 週至 1 個月為宜。

解說：

1. 藉由好氧槽對磷的攝取速度及處理水溶解性 T-P 濃度，以確認處理水磷濃度，可由下式求之：

$$C_{P-A,out} = C_{P-A,N,out} / (KU \cdot X \cdot \tau_{AT} \cdot 10^{-3} + 1) \dots \dots \dots (7-80)$$

式中：

$C_{P-A,N,out}$ ：厭氧槽流出水溶解性 $PO_4^{3-}-P$ 濃度(mg/L)

$C_{P\cdot A\cdot out}$ ：好氧槽流出水溶解性 $PO_4^{3-}P$ 濃度(mg/L)=處理水溶解性 $PO_4^{3-}P$ 濃度 $CP\cdot eff$ (mg/L)

KU ：溶解性 $PO_4^{3-}P$ 攝取速度可設定為 $0.5(1/g\ MLSS\cdot h)$ 值

X ：MLSS 濃度(mg/L)

τ_{AT} ：好氧槽實停留時間，以好氧槽容量乘以 24 除以計畫最大日污水量加迴流污泥量之值

處理水溶解性 T-P 濃度 $C_{SP\cdot eff}$ (mg/L)依實驗，其濃度與處理 T-P 濃度之關係如下式：

$$CP\cdot eff = C_{Peff} \times 1.02 + 0.07 \dots \dots \dots (7-81)$$

由上式求出之處理水溶解性 T-P 濃度 $C_{SP\cdot eff}$ (mg/L)值，應能確認處理水 T-P 濃度在目標值 $C_{TP\cdot G}$ (mg/L)以下。

除磷處理系統，也可由活性污泥中含磷率 P_x (gp/gMLSS)，用以確認磷之去除，其含磷率可由下式求之：

$$P_x = \frac{(C_{TP,in} - C_{SP\cdot eff})Q_{in}}{Q_w \cdot X_w} \dots \dots \dots (7-82)$$

式中：

$C_{TP,in}$ ：流入水 T-P 濃度(mg/L)

Q_{in} ：流入水量(m^3/d)

$Q_w \cdot X_w$ ：廢棄污泥量(kg/d)

實際上污泥中磷含有率 P_x 約 $0.025 \sim 0.05$ (gp/g MLSS)為良好的除磷狀態。

而為達到處理水磷的濃度在目標值以下，則可從處理水溶解性 T-P 濃度及活性污泥之磷含有率，計算出處理水 T-P 濃度之目標值 $C_{SP\cdot G}$ (mg/L)，可由下式求之：

$$C_{SS\cdot G} = (C_{TP\cdot G} - C_{SP\cdot eff}) / P_x \dots \dots \dots (7-83)$$

藉以確認處理水含磷濃度。

2. 若為促進磷的去除，而需添加凝聚劑時，原則上以選用添加 PAC 為普遍，另其他代表性凝聚劑及其性質，如表 7.10。

凝聚劑的選用，應同時考慮到污泥最終處置之安全性，鋁鹽添加的污泥，不宜當肥料用，應加注意。

3. 凝聚劑的添加，若以鋁鹽或硫酸鋁者，處理水的總磷及溶解性磷，與流入水之溶解性磷及其凝聚劑添加莫耳比之關係，如依實廠操作數據，如圖 7.52。

表 7.10 代表性凝聚劑

凝聚劑 (液體)	成分及濃度	腐蝕性	其他特性	防止膨 化效果	處理水 清澈感
硫酸鋁	以 Al_2O_3 表示，88.2%	較弱	最適 pH6.0 左右	有	高

聚氯化鋁	以 Al_2O_3 表示，10%	弱	最適 pH6.0 左右，鹼度消耗較硫酸鋁低	有	高
聚硫酸亞鐵	以鐵表示，11%	較弱	最適 pH6.0 左右	有	高

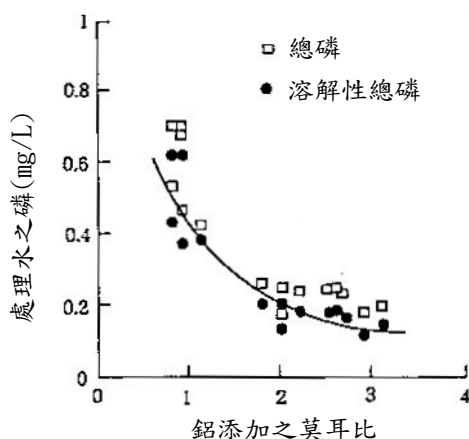


圖 7.52 處理水之磷濃度 Al/P 莫耳比之關係(調查例)

依上圖，若欲達到二級沉澱池流出水總磷及溶解性總磷之目標水質，分別為：

$$C_{TP\cdot eff}=1\text{mg/L}$$

$$C_{SP\cdot eff}=0.4\text{mg/L}$$

並以硫酸鋁凝聚劑之添加率，依圖 7.50 添加莫耳比為 1 時，二級沉澱池流出水之 SS 濃度，可由下式求之：

(1) 處理水總磷濃度，可由下式求之：

$$C_{TP\cdot eff}=C_{SP\cdot eff}+C_{PP\cdot eff}\dots\dots\dots(7-84)$$

式中：

$C_{SP\cdot eff}$ ：處理水之溶解性總磷濃度(mg/L)

$C_{PP\cdot eff}$ ：處理水 SS 中之磷濃度(mg/L)

(2) 處理水 SS 中之磷濃度，可由下式求之：

$$C_{PP\cdot eff}=C_{SS\cdot eff}\times P_X\dots\dots\dots(7-85)$$

式中：

$C_{SS\cdot eff}$ ：處理水之 SS 濃度(mg/L)

P_X ：磷含有率(mg/L)

(3) 磷含有率，可由下式求之：

$$P_X = \frac{(C_{TP,in}-C_{SP\cdot eff})\times Q_{in}\times 10^{-3}}{L_{SS\cdot w}}\dots\dots\dots(7-86)$$

式中：

$C_{TP,in}$ ：流入水總磷濃度(mg/L)

$C_{SP\cdot eff}$ ：處理水之溶解性總磷濃度(mg/L)

Q_{in} ：計畫最大日污水量(m^3/d)

$L_{SS\cdot w}$ ：產生污泥量(kg/d)

- (4) 若添加之凝聚劑為鋁鹽，污泥產生量($L_{SS\cdot w}$)，可由下式求之：

$$L_{SS\cdot w} = Q_{in}(a \cdot C_{S\cdot BOD, in} + b \cdot C_{SS, in} - c \cdot X_A \cdot \tau_A + r \cdot C_{Al}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-87)$$

式中：

Q_{in} ：流入水量(m^3/d)

$C_{S\cdot BOD, in}$ ：流入水溶解性 BOD 濃度(mg/L)

$C_{SS, in}$ ：流入水 SS 濃度(mg/L)

X_A ：未含有凝聚劑之活性污泥濃度(mg/L)

τ_A ：好氧槽水力停留時間(d)

C_{Al} ：鋁添加率(mg/L)

a ：溶解性 BOD 之污泥轉換率 0.4~0.6(g MLSS/g BOD)

b ：SS 之污泥轉換率(0.9~1.0 g MLSS/g SS)

c ：污泥內分解速率(0.03~0.05 g 1/d)

r ：鋁鹽之固體物產生倍率(5)

- (5) 二級沉澱池出流水 SS 量 $L_{SS\cdot eff}$ (kg/d)，可由下式求之：

$$L_{SS, eff} = C_{SS, eff} \times Q_{in} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-88)$$

式中：

$C_{SS\cdot eff}$ ：處理水 SS 濃度(mg/L)

- (6) 進而可依剩餘污泥固體物量($L_{SS\cdot w} - L_{SS\cdot eff}$)及污泥含水率 W ，求出廢棄污泥量：

$$Q_w = (L_{SS\cdot w} - L_{SS\cdot eff}) \times \frac{1}{1-W} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-89)$$

在標準添加凝聚劑為鋁鹽 2~4 mg/L 下，依實際操作經驗，廢棄污泥量約比標準活性污泥法之廢棄污泥量增加 5~20%。

4. 凝聚劑的添加方式，包括定量方式、流量比例方式及負荷比例方式，應配合處理廠的處理特性採用最佳方法，其考量依據如下：

(1) 定量方式為最簡易方法，處理結果可獲最佳，惟若流入水磷濃度周期性變化大，因莫耳比之降低，會造成水質惡化。

(2) 流量比例方式，所設定的凝聚劑添加量可維持一定的方式，但若雨天流入低濃度的污水量增加時，可能造成過度添加問題，而應有對策。

(3) 負荷量比例應為最正確的操作方式，但相對的在控制上較為複雜，維護管理較不易，另泵流量的控制範圍若太大，設置費將提高，因之本方法只適用在負荷變動很特殊的場所。

5. 添加位置原則以添加於反應槽的末端，添加液及混合液可充分混合，但應防止過度攪拌而造成膠羽細小化，一般多在末端前為宜。添加劑的配管，若添加量少且外溫偏低時，有可能造成添加劑凍結導致管線破裂，因此在寒冷季節之配

管應有保溫措施。

6. 凝聚劑的貯存日數容量以 2 週至 1 個月為宜，若太長，硫酸鋁的水分將蒸發致結晶，導致配管阻塞的問題，皆應加注意。

7.4 曝氣及送風系統

為使好氧性微生物吸附、氧化污水中有機物，曝氣槽內之混合液，必須經常維持有溶氧狀態。微生物利用溶氧限界濃度為 0.2~0.5 mg/L。因此，須要曝氣以維持曝氣槽混合液中之溶氧濃度，經常處於 0.5~1.0 mg/L 以上。

7.4.1 需氧量

生物處理需氧量，包括有機物(BOD)之氧化、活性污泥微生物內呼吸之需氧量、硝化反應時之硝化需氧量。

解說：

活性污泥處理必需氧量(AOR, Actual Oxygen Requirement)，可以下式表示之：

$$\text{必需氧量(AOR)} = D_B + D_N + D_E + D_O \dots\dots\dots(7-90)$$

式中：

D_B ：有機物氧化所需氧量(kg O_2 /d)

D_N ：硝化反應所需氧量(kg O_2 /d)

D_E ：內生呼吸所需氧量(kg O_2 /d)

D_O ：反應槽維持溶氧濃度所需氧量(kg O_2 /d)

1. 有機物氧化所需氧量 D_B (kg O_2 /d)

依去除之 BOD 總量乘以 BOD 去除量係數(A)可求得，若包括脫硝時，則脫硝所消耗的 BOD 量應予以減除， D_B 依下式計算之。

$$D_B = \{ (C_{BOD_{in}} - C_{BOD_{eff}}) \times Q_{in} \times 10^{-3} - (L_{NOX_{DN}} - L_{NOX_A}) \times K \} \times A \dots\dots\dots(7-91)$$

式中：

$C_{BOD_{in}}$ ：進流水 BOD(mg/L)

$C_{BOD_{eff}}$ ：處理水 BOD(mg/L)

Q_{in} ：反應槽進流水量(m^3 /d)

$L_{NOX_{DN}}$ ：缺氧槽 NO_X -N 負荷量(kgN/d)

L_{NOX_A} ：缺氧槽 NO_X -N 流出量(kgN/d)

K：脫氮所消耗 BOD 量(2.0~3.0 kgBOD/kgN)

A：去除單位 BOD 所需氧量(0.5~0.7 kg O_2 /kgBOD)

2. 硝化反應所需氧量(kg O_2 /d)

藉硝化反應之氮量比求出。硝化的氮量，依凱氏氮之去除量減去廢棄污泥之氮利用量，以下式求出之。

$$D_N = C \times \text{硝化之凱氏氮量(kgN/d)} \dots\dots\dots(7-92)$$

式中：

C：硝化過程中所消耗的氧量(4.57 kg O_2 /kgN)

硝化之凱氏氮量：(進流水 Kj-N 量)-(出流水 Kj-N 量)-(廢棄污泥所轉換的 Kj-N 量)

$$\text{進流水 Kj-N 量} = Q_{in} \times C_{KN,in} \times 10^{-3}$$

$$\text{出流水 Kj-N 量} = Q_{in} \times C_{KN,eff} \times 10^{-3}$$

$$\text{廢棄污泥所轉換的 kj-N 量} = \text{廢棄污泥量} \times N_X$$

$$\text{廢棄污泥固體物量} : (a \cdot C_{S-BODin} + b \cdot C_{SS,in} - c \cdot \tau \cdot X) \cdot Q_{in} (m^3/d) \dots\dots\dots (7-93)$$

式中：

$C_{S-BODin}$ ：進流水 BOD 濃度(mg/L)

$C_{SS,in}$ ：進流水 SS 濃度(mg/L)

$C_{KN,in}$ ：進流水 Kj-N 濃度(mg/L)

$C_{KN,eff}$ ：出流水 Kj-N 濃度(mg/L)

N_X ：廢棄污泥含氮率(%)

c ：污泥內分解速率(1/d)

τ ：鋁鹽之固體物產生倍率

X ：MLSS 濃度(mg/L)

3. 內生呼吸所需氧氣量 D_E (kg O₂/d)

反應槽內之微生物量(MLVSS)乘以單位微生物量內呼吸所消耗氧氣量(B)，由下式算出之。

$$D_E = B \cdot V_A \cdot MLVSS \dots\dots\dots (7-94)$$

式中：

$C_{KN,eff}$ ：出流水 Kj-N 濃度(mg/L)

B ：單位 MLVSS 於內呼吸所消耗氧氣量(0.05~0.15 kg O₂/kg MLVSS·d)

V_A ：好氧部分之反應槽容量(m³)

$$V_A = \tau_A \cdot Q_{in} (m^3/d)$$

τ_A ：好氧槽水力停留時間(d)

Q_{in} ：反應槽進流量(m³/d)

MLVSS：活性污泥中有機性微生物量(MLSS 中 SS 之強熱減量 mg/L)

4. 維持反應槽所必要之氧氣量 D_O (kgO₂/d)

即為好氧槽流出之溶氧氣量，可由下式計算之。

$$D_O = C_{O \cdot A} \cdot (Q_{in} + Q_r + Q_c) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (7-95)$$

式中：

$C_{O \cdot A}$ ：好氧槽出水端溶氧濃度(一般為 2 mg/L)

Q_r ：迴流污泥量(m³/d)

Q_c ：循環污水量(m³/d)

上述 1、2、3 及 4 合計之量，即為必要之需氧氣量。

實務上，依進流水水質及操作方法的不同，以及所採用處理方法而有很大的變化，在應用時該等數據需詳加檢討引用，藉以計算必要之需氧氣量。

7.4.2 必要之空氣量

必要之空氣量，係指曝氣設備的溶氧溶解效率，在 1 大氣壓未有溶氧(脫氧)的清水狀態下，污水處理所必要之空氣量。

解說：

必要之空氣量，係指以下式換算其在清水狀態所得的溶氧供給量 SOR(Standard Oxygen Requirement)，由溶氧溶解效率可計算出必要之空氣量。

1. 參考日本下水道協會 2019 年版之計算如下：

$$SOR = \frac{AOR \times C_{S1} \times r}{1.024^{T_2 - T_1} \times \alpha (\beta \times C_{S2} \times r - C_0)} \times \frac{101.3}{P} \dots\dots\dots(7-96)$$

式中：

- SOR：T₁°C 下清水狀態所供給氧量(kg O₂/d)
- AOR：每一反應槽在 T₂°C 下一天所必須溶氧量(kg O₂/d)
- T₁：曝氣設備之性能為前提的清水溫度(°C)
- T₂：混合液之水溫(°C)
- C_{S1}：清水 T₁°C 時之飽和溶氧量(mg/L)
- C_{S2}：清水 T₂°C 時之飽和溶氧量(mg/L)
- C₀：混合液之 DO 濃度(mg/L)
- α：綜合溶氧移動容量係數 K_{La} 之修正係數(與清水時之 K_{La} 相對應混合液之 K_{La} 之比。低負荷法 0.93，高負荷法 0.83)
- P：大氣壓(KPa)
- β：飽和溶氧濃度之修正係數(與清水時之飽和溶氧濃度相對應混合液之飽和溶氧濃度之比。低負荷 0.97，高負荷法 0.95)
- r：散氣水流之飽和溶氧濃度之修正係數

$$r = \frac{1}{2} \times \left(\frac{10.332 + h}{1.332} + 1 \right) \dots\dots\dots(7-97)$$

式中：

- h：散氣水深(m)
- 另曝氣設備之必要空氣量(Gs)可由下式計算之

$$G_S = \frac{SOR}{E_A \times \rho \times O_W} \times 100 \times \frac{273 + T_2}{273} \times \frac{1}{1440} \dots\dots\dots(7-98)$$

式中：

- P：處理廠所在地之大氣壓(KPa)
- G_S：必要空氣量(Nm³/min)
- E_A：溶氧溶解效率(%)
- ρ：空氣密度(1.293 kg 空氣/Nm³)
- O_W：空氣中所含溶氧之重量(0.232 kg O₂/kg 空氣)

2. 參考 Metcalf & Eddy “Wastewater Engineering Treatment and Reuse”之空氣量

計算如下列說明：

(A) 理論需氧量(AOR)

$$R_0 = Q(S_0 - S) - 1.42 \times P_{x\text{bio}} + 4.32Q(\text{NO}_x) - \text{脫硝所提供氧量}(2.86\text{g O}_2/\text{g NO}_3\text{-N}) \times (\text{進流氮氮氧化為NO}_x\text{濃度} - \text{進好氧段NO}_x\text{濃度}) \times Q \dots\dots\dots(7-99)$$

$P_{x\text{bio}}$ ：VSS 廢棄量 g/d

NO_x ：TKN-Ne-0.12 $P_{x\text{bio}}/Q$

TKN：進流TKN mg/L

Ne：放流 $\text{NH}_4\text{-N}$ mg/L

S_0 ：bCOD=1.6 BOD(進流)

S ： $K_s[1+kd\text{SRT}]/[\text{SRT} \times (\mu_m - kd) - 1]$

K_s ：單位體積活性污泥去除BOD 量 $20\text{g}/\text{m}^3$

kd ：內呼吸削減係數，g VSS/g VSS.d

(B) SOR (Standard Oxygen Requirement)

$$\text{SOR} = \text{AOTR} \times \text{CS}_{20} / [(\beta \text{CSTH} - \text{CL}) \times \alpha \times F] \times 1.024^{(T-20)}$$

$$\text{AOTR} = \text{SOR} \times (\beta \text{CSTH} - \text{CL}) / \text{CS}_{20} \times 1.024^{(T-20)} \times \alpha \times F \dots\dots\dots(7-100)$$

β ：0.95-0.98

CSTH：飽和溶氧 mg/L

CS_{20} ：20°C飽和溶氧 mg/L

CL：操作溶氧濃度 mg/L

T：操作溫度

F：fouling factor 0.65-0.9

(C) 設計空氣需求量

$$\text{設計空氣需求量} = \frac{\text{SOR}}{E \times 60 \times \text{空氣比重} \times \text{含氧比率}} \times \text{SF} \dots\dots\dots(7-101)$$

空氣比重 $1.201\text{ kg}/\text{m}^3$ ，氧佔23.2%(注意相關數據會因溫度及氣壓變動)

E：Diffuser 效率

SF：考量溫度、水量變化或是污染負荷激增或是管損變動，系統需可調整負荷，設計風量需考量安全係數(1.5-2)。

(D) 鼓風機動力

$$P_w = wRT_o(29.7n_e) \times [(P/P_o)^{0.283} - 1] \dots\dots\dots(7-102)$$

P_w ：每台鼓風機所需動力，kW

w：空氣流量質量，kg/s

R：氣體常數， $8.314\text{ kJ}/\text{K ml}$

T_o ：進氣絕對溫度，K

P_o ：進氣絕對壓力，atm

P：出氣絕對壓力，atm

n： $(k-1)/k=0.283$ ， $k=1.395$

29.7：常數

e：效率(70-90%，視鼓風機類型)

7.4.3 生物反應曝氣槽形狀、構造及槽數

生物反應槽之形狀、構造、槽數、水深及出水高度，於考量下列決定之。

1. 形狀為長方形或正方形，槽寬為水深的 1~2 倍，深槽式則與深度相同。
2. 為避免短流，應設置阻流壁，進水端設置制水閥或閘，槽底應有排空的考量。
3. 槽體為堅固耐久之水密性鋼筋混凝土，並能達到防止淹水的安全構造，周壁應高於地面，並設置步道及扶手。
4. 槽數以 2 槽以上為原則。
5. 有效水深標準以 4~10 m，槽深較大者可為 10 m。
6. 出水高度標準者 80 cm，深槽式以 100 cm。
7. 深槽式以旋迴流者，依水流方向設置導流板。
8. 槽體在泡沫集合側應設置消泡設備。
9. 出水端可採堰流或孔口流之方式進行設計。
10. 散氣裝置以能充分攪拌供氣之設備。

解說：

1. 為使反應槽內維持均勻混合能達良好狀態，槽寬以水深的 1~2 倍為宜，深槽則寬度與水深相同。
2. 為防止發生短流，使槽內達均質化之目的，宜設置阻流壁，並於下側開最小開口，並於上部為防止浮渣亦開小開口，一般每一槽可設置 3 片阻流壁。另進水口應有制水閥或閘門，池底有集水排空之設置。
3. 為防地面水或砂土流入，槽頂應高於地面 10 cm 以上，但以能不增加水頭損失為原則。
4. 為清理及修繕保養，以 2 池以上為原則。
5. 一般以構造物建設費考量，槽深以 4~6 m 為宜，但為節省用地，可用槽深 10 m。
6. 在考量建設費之經濟及維護管理之方便，出水高度以 80 cm 為適。惟深槽因送氣管較粗大，考量所需空間，出水高度可為 100 cm。
7. 深槽者為提升氧溶解效率及混合液的循環效率，宜設置導流板，則其散氣設備的配置，可在較淺的水深 4.5~5.0 m 處。
8. 消泡設備一般設置在曝氣池表面，泡沫集中的一側，設置於距水面 0.3~0.6 m 之高度處，每間隔 1.2~1.5 m 設置一個消泡嘴，其一般噴出壓力為 100~150 KPa，噴水量 6~12 L/min，如圖 7.53 及圖 7.54。
9. 出水端可採堰流或孔口流之方式進行設計，相關設計準則可參考第九章內容。
10. 散氣裝置以能達到充分攪拌供氣之規定設置，其清水測試氧氣之溶解效率應達 20% 以上，且散氣盤風量選用，應避免產生曝氣不均勻狀況。

(1)反應槽體安裝散氣裝置係用於分散曝氣空氣，供應廢水處理流程中所需之

氧氣，並保持廢水中之固體物懸浮，安裝於曝氣池內散氣設備應採用細氣泡散氣設備。

- (2)常用細氣泡散氣設備型式，為盤(或管)式預穿孔薄膜散氣組合，包括散氣盤(管)、供氣垂管、歧管、支撐、排水等。
- (3)散氣盤(管)：每個散氣盤(管)組件，包括散氣薄膜、散氣盤(管)基座、固定整組元件之固定裝置、密封墊片等；散氣盤(管)須有流量控制孔口以限制空氣流量，防止散氣盤(管)遭受機械性損壞時，空氣由此散氣盤大量洩漏。
- (4)散氣盤之水頭損失，包括散氣盤本體與流量控制孔口所造成的損失。
- (5)管線的水頭損失，包括所有控制孔口上游端供氣垂管頂端管線的全部水頭損失。散氣管線系統的設計須便於現場安裝，並考慮空氣管線高程的調整及全部管路元件之熱膨脹等因素。
- (6)生物反應槽應考量攪拌需求，主要目的在於避免固體物在池內沉積，對於散氣盤(或管)排列於生物反應槽底，如採全面曝氣型式，其混合需求為10~15 CMM/1000 m³池容積。(參考Metcalf & Eddy“Wastewater Engineering Treatment and Reuse”，5-12節曝氣系統)，如採側邊SPIRAL 曝氣則攪拌量為20-30 SCMM/1000 m³，或另依下列公式計算所需G 值，在一般好氧系統中，活性污泥要維持其懸浮性其G值需介於20~75 sec⁻¹：

$$G=[(Q \times \gamma \times h)/(60 \times V \times \mu_w)]^{0.5} \dots\dots\dots(7-103)$$

其中：

G：速度梯度(sec⁻¹) Q：空氣流量(m³/min)

γ：液體比重(N/m³) h：散氣盤上水深(m)

V：池體積(m³) μ_w：絕對黏度(N/sec·m²)

(以上參考WEF, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants(5th Edition)，p14-123~124)

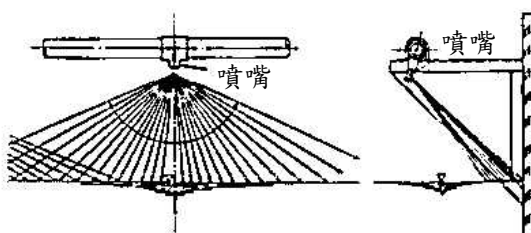


圖 7.53 散水設施例

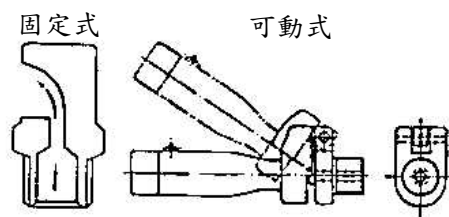


圖 7.54 消泡噴嘴例

7.4.4 曝氣方法的選定

1. 曝氣方法，包括旋迴流式、全面曝氣式、氣泡噴射式及水中攪拌式等，於採用時應考量氣液混合、氧溶解效率、經濟性及在地條件等決定之。
2. 散氣設備的選定，必須考量空氣溶解效率決定之。

解說：

曝氣方法有散氣式及機械攪拌式兩種。機械攪拌式另於第 7.4.10 節分述。

1. 散氣式曝氣為自鼓風機送入的空氣，使成為微細的氣泡狀進入水中，空氣成為氣泡而向水面上升，達到使空氣溶解之效果。污水向上旋迴流中具有攪拌及混合的效果，同時活性污泥微生物所需的氧也得以補給。曝氣方法依槽之形狀及曝氣設備之配置之不同，可分為旋迴流式及全面曝氣式，如圖 7.55。

旋迴流式之槽底為水平，於槽之長方向一側配設散氣設備，藉空氣之噴出使水流形成旋迴流。旋迴流式者有於槽之底部附近噴出空氣的高壓及自水面下 80 公分左右噴出空氣之低壓式兩種。低壓式之送風壓可較低，但為使水能形成充分的旋迴流，比起高壓式要多出數倍的空氣量。

全面曝氣式之槽底部與水流方向成直角，每一間隔成一低谷，在低凹處配設散氣設備，使水流成直流。

2. 散氣式曝氣設備，包括多孔性散氣盤設備、多孔管散氣設備及噴射式等，如圖 7.56。升降式曝氣系統配置，如圖 7.57。

散氣設備之選定，必須考量溶解效率、氣泡直徑、設備耐久性及氧溶解效率(%)，如表 7.11 及表 7.12。若以節能考量，建議所採用設備之清水之氧溶解效率，至少應為 28%。

薄膜式微細氣泡散氣設備開發以來逐漸成為主流，產生之微細氣泡直徑約為 1mm，與傳統的細氣泡散氣設備相比，氧溶解效率有所提高，顯著降低鼓風機電力實現節能，而且無需增加鼓風機即可滿足硝化和高級處理。計算不同散氣設備，供氧量與每次供氧耗電量關係，如圖 7.58 所示，顯示薄膜式微細氣泡散氣設備單位供氧量的耗電量與傳統擴散器相比較，最大約可降低 1/2。

圖 7.59 顯示各種薄膜微細氣泡散氣設備，其中 a~c 為橡膠材質，分別為面板式、盤式、管式。d 由矽橡膠製成，為管型。e 由聚氨酯製成，呈片狀。f 由橡膠和聚氨酯製成，為管型。g 由聚氨酯製成，呈片狀。

7.4.5 鼓風機的選定

鼓風機的台數種類、構造，於考量下列決定之：

1. 台數以 2 台以上(含備用台數)，並能依最適化考量選定之。
2. 機種依送風量、送風壓及節能效率而選定，並能長時間連續運轉而不發生障礙者。

解說：

1. 依污水量、水質調整送風量，以達到節能。初期對策為防止過度曝氣，並能依進流水各時段水質變動而調節，應考量設置不同送風量的鼓風機，並以台數控制之，也可藉變頻旋迴數及閘等控制之。
2. 鼓風機依送風量、壓力、空氣性質及使用目的等不同，而有各種機型，散氣式反應槽所用之鼓風機，以離心式及容積式為主。於選定鼓風機機種時，應就送風量、送風壓力、節能效率、控制方法及噪音等，加以考量決定。鼓風機的分類及適用範圍，如表 7.13。近年來，如圖所示的磁浮軸承及氣浮軸承離心式鼓風機開發以來，使用案例增加。其特點是軸懸浮，消除與軸承的物理接觸，消

除摩擦損失，並搭配變頻器採用高速旋轉電動機，取代增速齒輪，避免齒輪機械損失。

通過表 7.14 比較，單段離心磁浮與單段離心齒輪增速相比，電力預計將降低 11%；單段離心磁浮與多段離心相比可降低 14%。

表 7.11 各種曝氣設備特性(例)

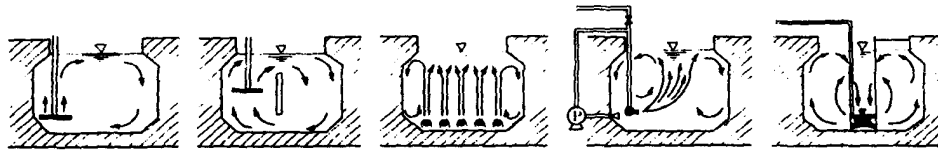
型式	旋迴流式				全面曝氣式			
	散氣板		散氣筒		散氣板			散氣盤
材質	陶瓷	合成樹脂	陶瓷	合成樹脂	陶瓷(矩形)	陶瓷(圓形)	合成樹脂	合成樹脂
標準通氣量(L/min)	80~100/個	80~120/個	120~150/支	100~150/支	20~40/個	30~40/個	40~80/個	50~70/個
氣孔徑(μm)	200~400	100~400	200~450	100~400	200~260	150	150	150

表 7.12 各種曝氣設備之效率(例)

曝氣設備			清水之氧溶解效率 $E_A(\%)$
微細氣泡	全面曝氣		28~31
	旋迴流式	標準式	26~30
		深槽式	24~27
高密度配置式	全面曝氣		27~31
	旋迴流式	標準式	23~27
		深槽式	22~28
散氣板 多孔性散氣筒	全面曝氣		20~32
	旋迴流式	標準式	14~16
		深槽式	15~17
機械攪拌式	表面低速		20~30
	表面高速		20~30

註：1.參考自日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針と解説」2019 年版，P.71。

2.表內數值以 5m 水深為基準，其他情況需修正 E_A 。



(a)旋迴流式 (b)全面曝氣式 (c)氣泡噴射式(d)水中攪拌式

圖 7.55 曝氣槽曝氣方法

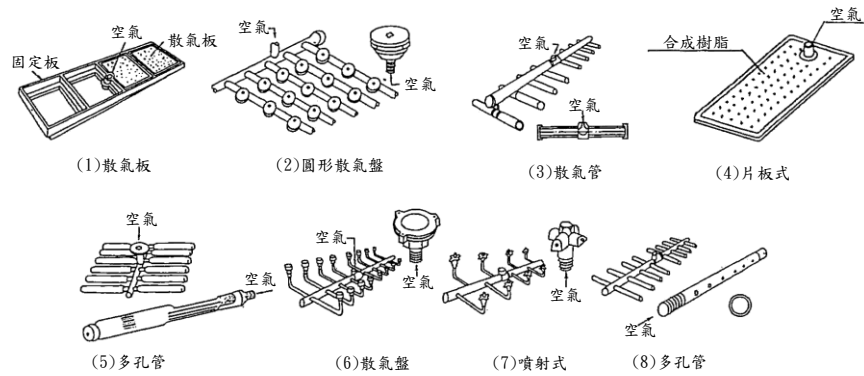


圖 7.56 各種散氣設備

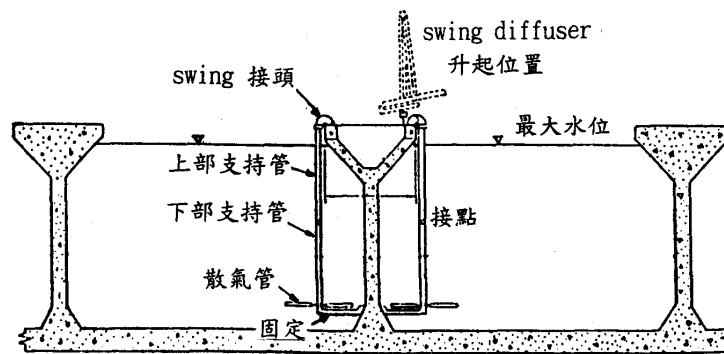


圖 7.57 升降式曝氣系統配置例

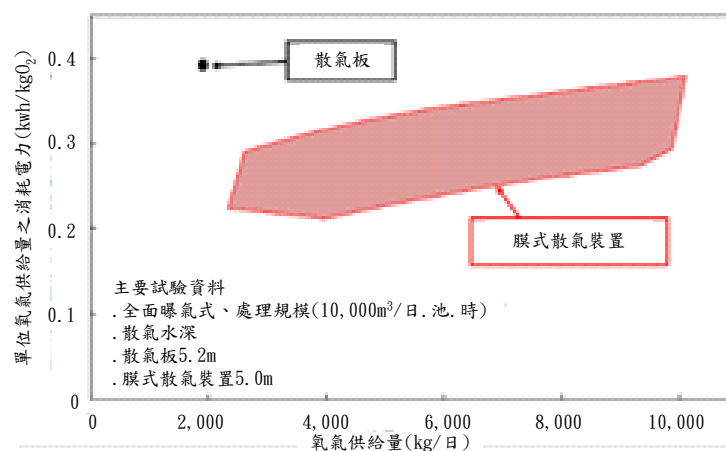


圖 7.58 薄膜式微細氣泡散氣設備與傳統散氣板單位供氧量耗電量關係

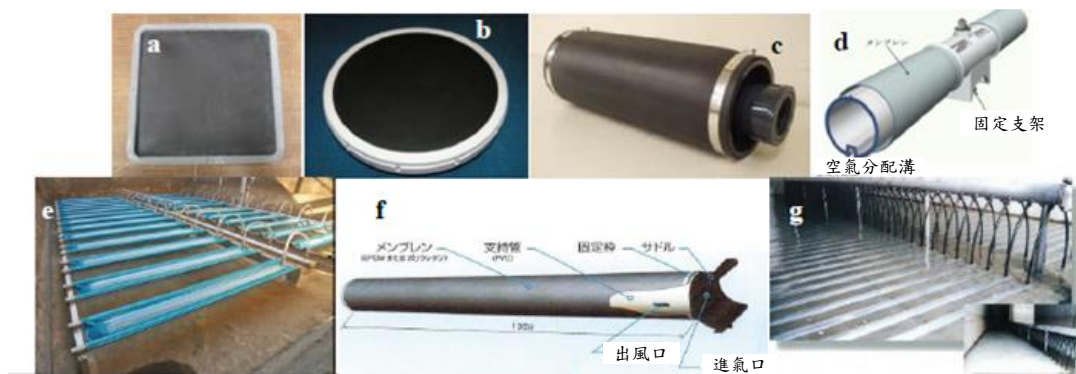


圖 7.59 各種薄膜式微細氣泡散氣設備

(1)多段離心式鼓風機

- ① 風量約 40 cmm 到 500 cmm(依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)以上，壓力可以高到 7000 mmAq，性能曲線壓力與流量變化大，可以用進流閥控制調整供氣量。流量控制可採進流閥控制、出流閥控制或變頻控制。
- ② 因離心式風壓問題，故管損計算可考量增加安全量 3.4 Kpa，以避免碰到啟動阻力增加造成振動。
- ③ 常用轉速約 3,600 RPM。
- ④ 構造及外觀，如圖 7.60。

(2)單段離心式鼓風機(馬達直驅式)

- ① 風量約 30 cmm 到 500 cmm，(依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)壓力可以高到 10,000 mmAq 以上，其性能曲線壓力與流量變化大。
- ② 流量控制採變頻馬達或出流閥控制。
- ③ 因離心式有風壓問題，故管損計算可考量增加安全量。
- ④ 採用高轉速鼓風機，設備應注意隔音及通風導熱。
- ⑤ 構造及外觀，如圖 7.61。
- ⑥ 單段離心式鼓風機系統，應含有溫度、壓力、風量及積時器等裝置，能夠測量入口、出口之壓力、風量及馬達溫度，並應訂定軸承保護及預防維護機制。

表 7.13 鼓風機的分類及適用範圍

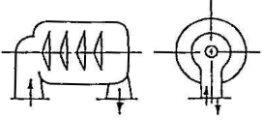
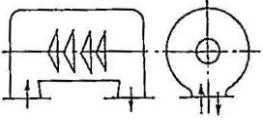
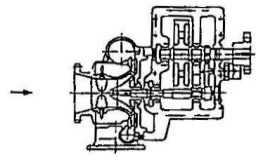
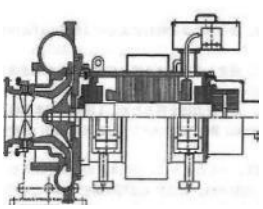
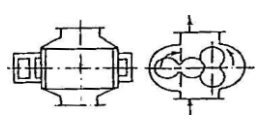
機種			範圍	風量 (m ³ /min)	壓力 (mmAq)	旋轉數 (min ⁻¹)
離心式	多段	鑄鐵製		40~500	4,000~7,000	3,000(50Hz) 3,600(60Hz)
		鋼板製		20~100	4,000~7,000	3,000(50Hz) 3,600(60Hz)
	單段 (馬達直驅式)			30~500	4,000~10,000	8,000~20,000
	磁浮軸承或 氣浮軸承式			30~200	5,000~8,000	12,000~34,000
容積式	旋轉式(魯氏)			5~80	700~7,000	400~2,500

表 7.14 單段離心磁浮、單段離心齒輪增速及多段離心動力比較

	單段離心磁浮	單段離心齒輪加速	多段離心
總效率	66.0%	58.6%	58.6%
規格點(100%)輸入動力	60kW	67kW	67kW
80%部分負載輸入動力	49kW	56kW	58kW
60%部分負載輸入動力	41kW	46kW	50kW
消耗電力量	1,200kWh/日	1,352kWh/日	1,400kWh/日

註：

1. 鼓風機規格如下：吸入風量 44 m³/min，吸入壓力 -2 kPa (-204 mmAq)，排出壓力 60.76 kPa(6,203 mmAq)。
2. 鼓風機非 365 天、每天 24 小時額定點運轉，而是根據季節和時間進行調整。在此，耗電量在 100%、80%、60%的額定點分別合計 8 小時、24 小時情況下算出。
3. 單段離心磁浮與 10 多年前傳統型多段離心鼓風機進行比較。單段離心磁浮在包括變頻器損耗，且不包括冷卻用動力(冷卻風扇、冷卻塔、冷卻水泵等)的條件下計算。

(3)單段離心式鼓風機(馬達+增速機驅動)

- ① 風量約 15 cmm 到 2000 cmm (依據不同風壓需求有不同風量供應範圍)，壓力可以高到 15,000 mmAq 以上，其性能曲線壓力與流量變化大。
- ② 流量控制採進出口導流葉調整或出流閥控制。
- ③ 離心式有風壓問題，因此管損計算可考量增加安全量。
- ④ 採用 10,000 至 14,000 RPM 高轉速，設備應注意隔音及通風導熱。
- ⑤ 構造及外觀，如圖 7.62。
- ⑥ 單段離心式鼓風機系統，應含有溫度、壓力、風量、震動之感測器及積時器等裝置，能夠測量入口、出口之壓力、風量、馬達溫度及軸承之溫度及震動。

(4)單段離心式磁浮軸承或氣浮軸承鼓風機(高速馬達+變頻器)

- ① 軸懸浮，消除與軸承的物理接觸，消除摩擦損失。
- ② 變頻器驅動取代增速齒輪，避免齒輪機械損失。
- ③ 磁浮軸承構造及外觀，如圖 7.63。

(5)容積式(魯式)鼓風機

- ① 包括兩葉及三葉轉輪型式。
- ② 適合中小風量，從 5~80 cmm，可達 7,000 mmAq 以上壓力，惟耗能較高易產熱，大馬力要設置水冷系統，因屬定容類機種，無法以進出閥控制風量。
- ③ 風量控制常採 BYPASS 或變轉速控制(改 PULLEY 或變頻)，常用轉速約 1,100 RPM。
- ④ 構造及外觀，如圖 7.64。

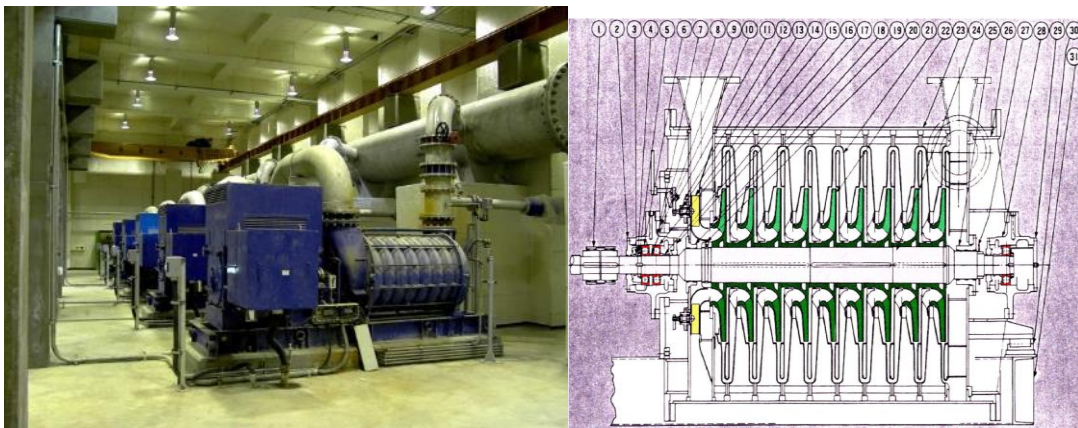


圖 7.60 多段離心式鼓風機

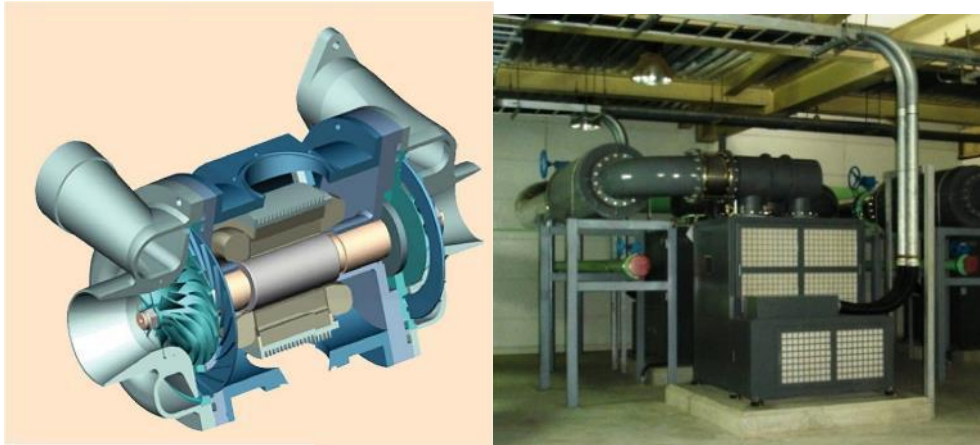


圖 7.61 單段離心式鼓風機(馬達直驅式)

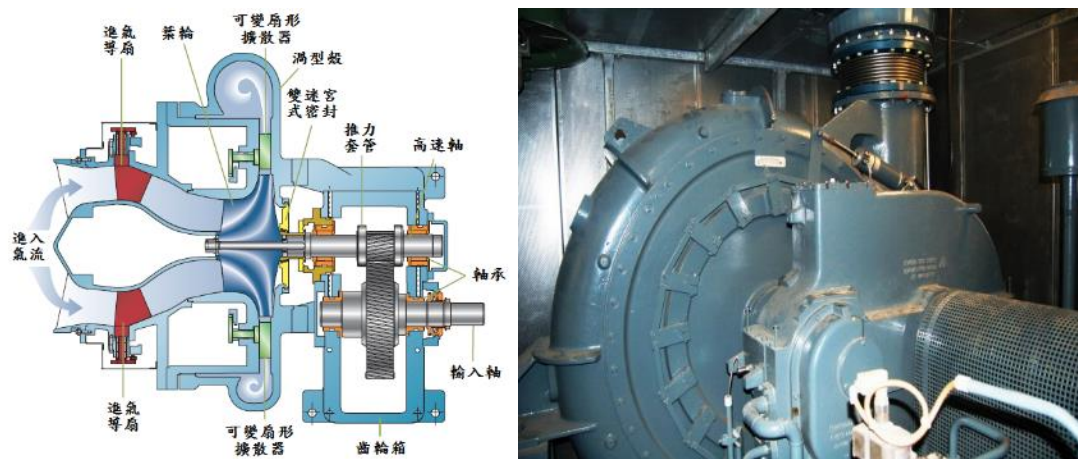


圖 7.62 單段離心式鼓風機(馬達+增速機驅動)

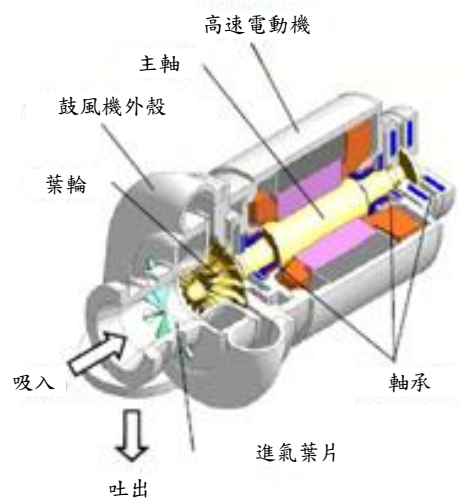


圖 7.63 磁浮軸承單段離心式鼓風機(變頻器+高速馬達)

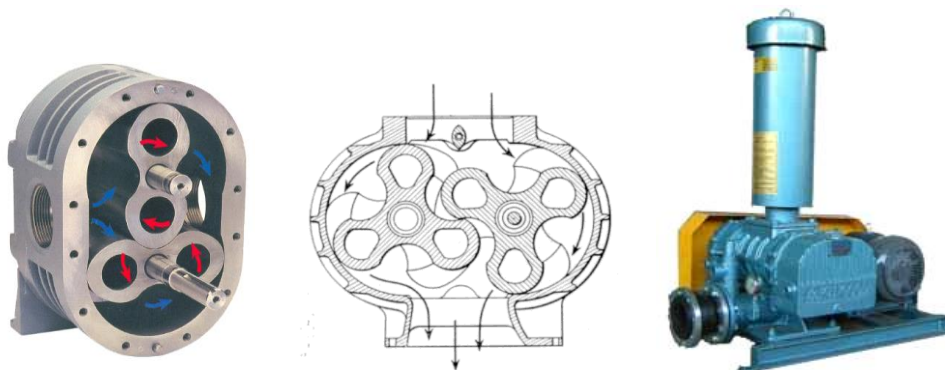


圖 7.64 容積式(魯式)鼓風機

7.4.6 鼓風機壓力

鼓風機壓力設計考量如下：

鼓風機壓力應為散氣設備之水壓，以及包括透過空氣過濾機、送風管風量量測裝置及曝氣設備等阻力之合計，並加適當餘裕量之和。

解說：

鼓風機壓力應為能滿足曝氣設備之曝氣效果者，其鼓風機壓力以下式表示之。

$$Pr = h + H_C + H_P + H_Z + H_M + H_A + \alpha \dots \dots \dots (7-104)$$

式中：

Pr ：鼓風機壓力(Kpa)

h ：水頭壓力(Kpa)

H_C ：通過空氣過濾器之阻力(Kpa)

H_Z ：送風異形管壓力損失(Kpa)

H_P ：送風直管壓力損失(Kpa)，由式 7-105 及 7-107 求之

H_M ：通過風量量測裝置之阻力(Kpa)

H_A ：通過曝氣設備之阻力(Kpa)

α ：餘裕壓(Kpa)(於考量曝氣設備的阻塞壓力損失及配管損失，以 5.0 Kpa 為適當)

各種損失之計算分述如下：

1. 直管段的壓力損失

直管段的壓力損失計算式如下：

$$H_P = 4f_1 \times \frac{\ell}{d} \times \frac{rv^2}{2} \times 10^{-3} \dots \dots \dots (7-105)$$

式中：

H_P ：直管段的壓力損失(Kpa)

f_1 ：損失係數(=0.004~0.0059)

ℓ ：配管管長(m)

d ：管徑(m)

r ：空氣密度(kg/m^3) ($=1.293 \times \frac{273}{T} \times \frac{P}{P_A}$)

v：空氣流速(m/s)

T：空氣絕對溫度(k) (=t°C+273)

P：空氣絕對壓力(Kpa) (=101.3+量測表壓力)

P_A：大氣絕對壓力(Kpa) (=101.3)

在 20°C 之大氣條件下，損失係數為 0.005(鋼管)，空氣密度為 1.2 kg/m³ 時，直管段之壓力損失為

$$H_P = 0.02 \times \frac{\ell}{d} \times \frac{1.2v^2}{2} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-106)$$

2. 異形管的壓力損失

異形管段的壓力損失計算式如下：

$$H_Z = f_2 \times \frac{rv^2}{2} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-107)$$

式中：

H_Z：異形管段的壓力損失(Kpa)

f₂：損失係數(如表 7.15)

表 7.15 異形管段之壓力損失係數(f₂)

90 度彎曲管					T 字管	管入口	管出口	閥	
r/R								逆止閥	蝶閥
1/3	1/2	1/1.5	1/1.2	1/1					
0.21	0.36	0.70	1.37	2.44	1.23	0.62	1.23	0.02	0.26

3. 曝氣設備的壓力損失

透過曝氣設備之阻力所產生的壓力損失，如表 7.16。

表 7.16 曝氣設備之壓力損失

種類	散氣板	散氣筒	高密度配置式	微細氣泡式	風量量測裝置	空氣過濾器
壓力損失(Kpa)	3.92	3.92	3.0	11.0(標準型) 6.0(低壓損型)	1.9	0.29

4. 送風管之管徑及流速

送風管的管徑及流速，於考量經濟性及管的振動等，如表 7.17。

表 7.17 曝氣管之經濟性流速

管徑(mm)	流速(m/s)
25~80	3~5
100~250	4.2~7.5
300~600	7.5~10
650~1,500	10~15

另鼓風機之吸入及壓出之連接管，各管通過風量下之流速以 20~30 m/s 定之。

又鼓風機吸入管的風量，在 20°C，一大氣壓下，以能使壓出連接管風量達到壓縮縮小狀態，經壓縮後的壓縮風量，可以下式表示之：

$$Q_{BD} = Q_{BS} \times \frac{r_s}{r_D} \dots\dots\dots(7-108)$$

式中：

Q_{BD} ：經壓縮後之縮小風量(m^3/min)

Q_{BS} ：鼓風機吸入管之風量(m^3/min)

r_s ：鼓風機吸入之空氣密度(kg/m^3) (20°C，一大氣壓時， $r_s=1.2$)

r_D ：經壓縮後縮小之空氣密度(kg/m^3) ($= r_s \times \frac{T_s}{T_D} \times \frac{P_D}{P_s}$)

T_s ：鼓風機吸入連接管之空氣絕對溫度=(K)×(t°C+273)

P_s ：鼓風機吸入之絕對壓力(Kpa) (=101.3+量測表壓力)

P_D ：鼓風機壓出連接管(Kpa) (=101.3+量測表壓力)

T_D ：鼓風機壓出連接管空氣絕對溫度(K)

$$= \left(T_s + \frac{T_s}{\eta_{TH}} \times \left\{ \left(\frac{P_D}{P_s} \right)^{[(k-1)/k]} - 1 \right\} \right)$$

η_{TH} ：鼓風機之溫度效率(絕熱效率) (=0.6~0.8)

k：空氣之比熱比(=1.4)

7.4.7 動力、電動機及台數

鼓風機的動力及電動機的設計，於考量下列決定之：

1. 所需動力及電動機馬力，依所需空氣量、壓送空氣壓出壓力、氣溫條件等加以充分考量，而設定絕熱效率、餘裕率訂定之。
2. 鼓風機若不是使用電動機，而使用其他原動機時，應考量鼓風機的機種、型式、規模、安全性及經濟性。
3. 鼓風機最少應有 2 台。

解說：

1. 動力及電動機的出力，依下式計算之。

$$L_{AD} = \frac{k}{k-1} \times \frac{P_S \cdot Q_S}{60} \left[\left(\frac{P_D}{P_S} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \dots\dots\dots(7-109)$$

式中：

L_{AD} ：理論斷熱壓縮動力(kw)

k ：比熱比(為氣體的定壓比熱與定容積比熱之比，空氣為 1.4)

P_S ：吸入空氣的絕對壓力(=101.3+儀錶量測壓力)(Kpa)

Q_S ：換算為吸入狀態之空氣量(m^3/min)(換算為壓出空氣量為標準狀態下 20°C，一大氣壓，濕度 65%及密度 $1.20 kg/m^3$ 之體積)

P_D ：壓出空氣的絕對壓力(=101.3+儀錶量測壓力)(KPa)

$$L_S = \frac{L_{AD}}{\eta} \dots\dots\dots(7-110)$$

式中：

L_S ：鼓風機的驅動動力(kw)

η ：總絕熱效率

$$P = L_S \times \alpha \dots\dots\dots(7-111)$$

式中：

P ：電動機的動力(kw)

α ：餘裕率(電動機為 1~1.2)

鼓風機的性能，依吸入狀態而變化，其壓力及動力亦隨之變化，由上述兩式所求出之動力，必須換算為標準吸入狀態之空氣，而在冬天氣溫 t 低於 20°C 以下時，其動力必須乘以 $(273+20)/(273+t)$ 倍，且不超過電動機負荷之動力。一般多段離心鼓風機及單段增速鼓風機總絕熱效率為 60~80%，魯氏鼓風機則為 50~60%。

2. 由於鼓風機多為連續運轉，驅動鼓風機之電動機，以不影響鼓風機的運轉，而能具安定性及經濟性，選定優良的電動機。原動機原則上以使用電動機，但若為利用廢熱，則有使用熱氣渦輪機者。

鼓風機的驅動通常係與電動機直結，低速運轉可以傳送皮帶、高速運轉，則以齒輪增速機等為傳導裝置。

3. 鼓風機最少應有兩台，以備維護輪替使用，惟可視污水處理廠初期流量，規劃最經濟的台數組合或變頻式。

7.4.8 鼓風機室

鼓風機室及鼓風機基礎，於考量下列決定之：

1. 鼓風機室應為不燃性建築物、不沉陷、不會產生地下水入滲及淹水之構造，並應有隔音設施。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">2. 鼓風機室應考量鼓風機、電動機、附屬機器運轉及整修維護之需要，有適當的大小，並具良好換氣者。3. 鼓風機及電動機的基礎，應有防震裝置及承受運轉時最大載重之設施。4. 鼓風機室應有機器吊升之裝置。5. 鼓風機室設置位置，應為鄰近曝氣反應槽。6. 應設置進氣口過濾器。7. 符合噪音值限。 |
|---|

解說：

1. 鼓風機室為防噪音及各種機器轉動發生共鳴等，應有隔音或消音設備，為防止噪音，可採下列措施：
 - (1)多段鼓風機者，鼓風機之進出口應有消音器。
 - (2)單段增速鼓風機，應將鼓風機加蓋，鼓風機之進出口應有消音器。
 - (3)魯氏鼓風機，則應加蓋。並為防止噪音外洩，鼓風機室應具遮音性的構造，室內裝置吸音材，以防噪音反射，必要時門窗應為雙層隔音玻璃。另吸氣及排氣管為防風速過大，必要時其內部應使用吸音材料外，吸排氣口也應設隔音設施。鼓風機進氣口及旁邊釋壓管廊部分，需設置管線延伸至室外等機械管線配置。
2. 鼓風機室除鼓風機、電動機、潤滑油供給裝置，啟動用阻抗器、控制器之外，尚有空氣過濾器及各種管、閥類等，為各種機器的運轉及維護作業之需要，各機器類間的間隔、機器與建築物牆壁之間隔，以及管理動線等，皆應加以適當考量。同時也應確保機器類備品之更換、分解整修之需要，所必要的空間。

另鼓風機室由於鼓風機設備的散熱會導致室溫上升，故應有充分的換氣及冷卻設備。
3. 鼓風機及原動機的基礎，應能承受啟動時及運轉時最大的載重，不下陷，不龜裂等強度，運轉時的振動，對鼓風機、電動機及建築物不造成影響。基礎應能吸收振動之構造。並於鼓風機及電動機的共用台座及基礎間，設置防振裝置，以達防振。
4. 鼓風機室為鼓風機的裝設、維修等需要，應依鼓風機機種設置天井吊車等裝置，並應有節能之考量。
5. 鼓風機室之設置位置應臨近反應槽，以減少配管長度及鼓風機壓力。且應設計戶外入風口及制訂百葉窗高度在地面(3m)以上，防止塵土、樹葉等雜物通過百葉窗進入進風廊道。
6. 在中小型廠的鼓風機室，鼓風機進氣口可直接拉至戶外。大型廠可考慮使用進氣通道，進氣通道需考量鼓風機進氣量需求，並設置乾式或濕式空氣過濾器，惟乾式空氣過濾器需考量濾布耗材成本支出，濕式空氣過濾則有污泥，需進一步處理。
7. 鼓風機室應依法規檢討周界噪音值限制如下：

頻率	20~200 Hz			20~20,000 Hz		
時段	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
管制區						
第一類	32	32	27	55	50	35
第二類	37	32	27	57	52	42
第三類	37	37	32	67	57	47
第四類	40	40	35	80	70	60

資料來源：行政院環保署「噪音管制標準(102.8.05)」

7.4.9 附屬設備

鼓風機之附屬設備，於考量下列決定之：

1. 鼓風機吸入端設置空氣過濾器。
2. 依機種，設置潤滑油供給裝置。
3. 依機種，設置風量控制裝置，同時設置逆止閥、出口壓閥、放風閥、風量計、壓力計、溫度計及振動計等。

解說：

1. 空氣過濾器為防止散氣設備阻塞，於考量設計風量、散氣孔之大小、除塵效果及空氣阻力選定之。

散氣式反應槽的空氣過濾器，有乾式及濕式空氣過濾器。空氣過濾器都設置於空氣吸入端之前，一般為單獨乾式或濕式、乾式之順序串聯組合設置之。

(1) 乾式空氣過濾器

乾式空氣過濾器，為使空氣通過後，空氣中的雜塵，由濾材加以捕捉之空氣過濾設備，其型式為被濾材吸著的雜塵，自動被捲取至下部的的方法，以及濾材自動真空清除機清除的自動清除方法。

濾材通常為玻璃纖維物、濾紙、尼龍纖維毛、綿等，纖維質的雜塵很容易過濾，油性的雜塵則容易造成濾材阻塞。

除塵效果及空氣阻抗，依纖維的粒徑、密度、厚度而變化，一般風速 1.5~2.0 m/s 下，空氣阻抗為 45~120 Pa，若為濾材自動清除者，空氣阻抗則為 120~240 Pa。(如圖 7.65 及圖 7.66)

(2) 濕式空氣過濾器

濕式空氣過濾器為於空氣通過濾材後，使空氣中的雜塵附著於油膜之濾材而達到空氣過濾。金屬性濾材一般為複數的嵌板所組成，以簾狀重疊並與鏈條連結，而以定時間歇性的迴轉經過油槽，則附著的雜塵就可被自動洗除。

其適用在雜塵粒子較大量且較多之處，必須定時更換濾材，並清除下部的污物，以及定期更換油，其性能在風速 1.5~2.5 m/s，其空氣阻抗為 50~150 Pa，如圖 7.66。

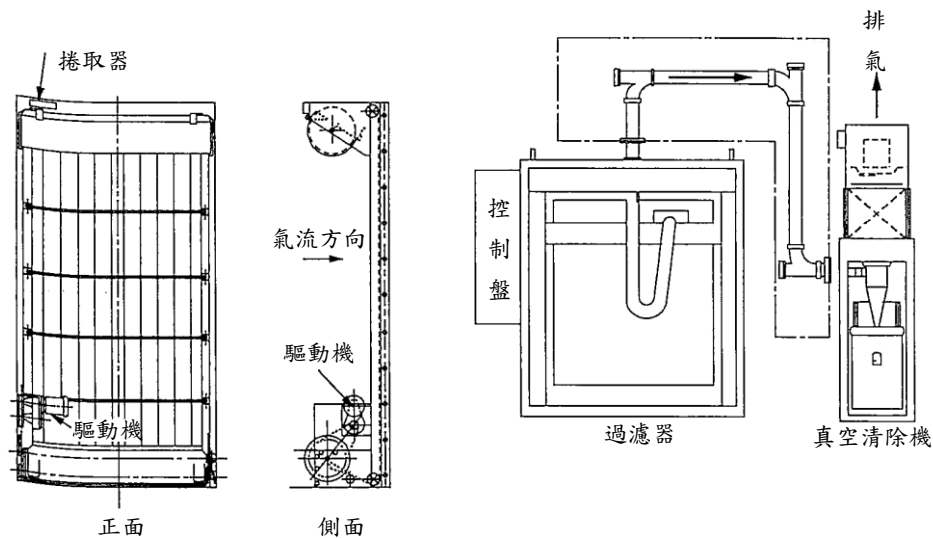


圖 7.64 自動捲取式過濾器(乾式) 圖 7.65 自動清除式過濾器(乾式)

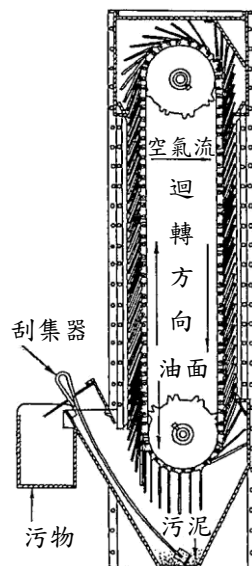


圖 7.66 自動捲迴轉式過濾器(濕式)

2. 輪機型鼓風機，為使用強制給油潤滑，有個別給油及集中給油方法，原則上為個別給油。個別給油裝置包括油泵浦、油冷卻器、油槽、油配管及保護裝置所構成。個別給油方法設有軸端泵浦，以防停電時軸承燒毀。潤滑油之貯存量，應依原廠操作手冊之建議。
3. 風量控制裝置，在多段鼓風機及單段增速鼓風機，為調節送風量，設置於吸入端與風量計連動操作。
 - (1) 逆止閥，為鼓風機啟動及停止送風時防止空氣逆流者，設置於出風口。
 - (2) 出口壓閥，為使鼓風機停止操作時，於出口端保持氣密性，其閥以使用控制閥，並以電動式操作。
 - (3) 放風閥(Blow-off Valve)主要用於魯氏、多段離心式及單段增速鼓風機，為防

止風壓激變或喘動(surging)及調整鼓風機壓力，而設於出口端，一般為自動開閉，並與自動調整裝置連結操作。

(4)另為呈現鼓風機之運轉狀態，應於現場設置可直接閱讀之風量計、軸壓計、溫度計及振動計等。

(5)藉由初級沉澱池出流和生物反應槽設置線上氨氮水質自動偵測器，除檢測生物反應槽氨氮濃度為指標，來判斷風量過剩或不足外，還根據初級沉澱池出流氨氮濃度，修正風量以調節負荷變動，提高連動應變性，降低鼓風機的耗電量，控制處理流程如圖 7.67。圖 7.68 顯示日本某污水處理廠(總處理量 40,600 m³/日)，利用 6 線生物反應池其中 1 線設置線上氨氮水質自動偵測器，進行風量控制前、後累計風量，設置新控制系統前，每日平均送風量為 20,600 Nm³，設置新控制系統控制後，送風量約減少 30%。

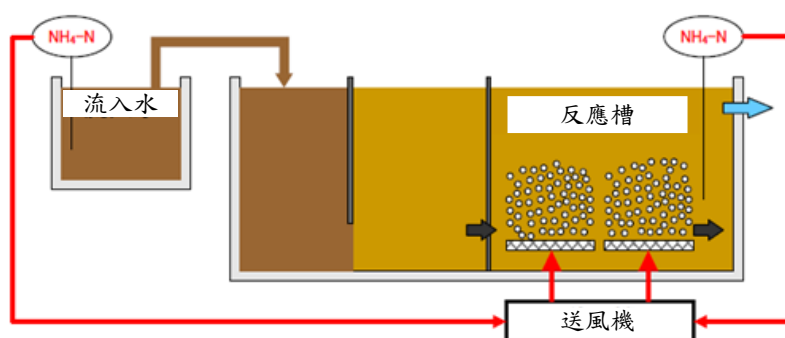


圖 7.67 降低鼓風機耗電量控制處理流程

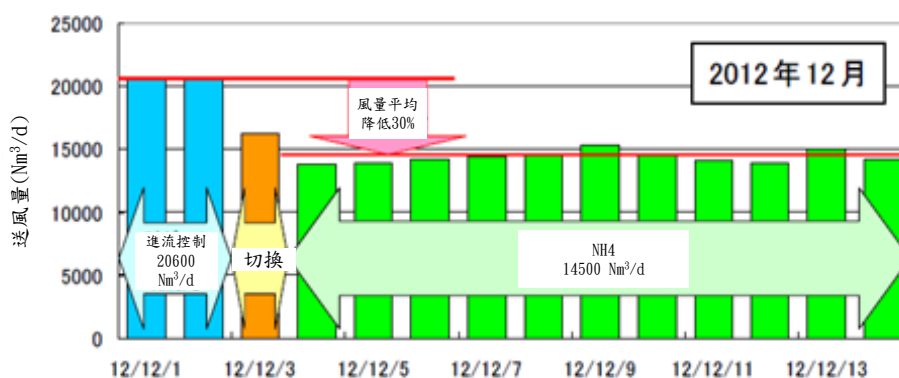


圖 7.68 日本實廠設置線上氨氮水質自動偵測器降低鼓風機能耗案例

7.4.10 機械曝氣方法

機械曝氣方法反應槽供氧量、槽體及動力之設計，依考量下列決定之：

1. 供氧量依生物化學需氧量之去除量、混合液懸浮固體需氧量、出流水必要之溶氧量、硝化反應需氧量及曝氣設備之氧傳輸動力效率決定，設備動力除供氧量外，亦應考量攪拌均勻所需動力。
2. 豎軸式機械攪拌反應槽之容量，依計畫最大日污水量、食微比及曝氣時間估算之。池體為水密性之構造物，一般活性污泥法由多室之正方形池所構成，

正方形各室間應設阻流板，若採氧化渠法則不在此限。池頂高出地面至少 10 cm 以上，並設維護曝氣機之走道，池之四週及走道應設護欄。

3. 橫軸式機械攪拌反應槽之容量，依計畫最大日污水量、食微比及曝氣時間估算之。池內流速應大於 0.3 m/s。曝氣機為輪刷式曝氣機者，其旋轉數為 60～120 rpm，並設變速或變浸水深度裝置。
4. 噴射攪拌曝氣系統主要利用循環泵浦達到池內流體連續並且完全混合之攪拌，並可視需求增設鼓風機供氣。
5. 池底應設自然排水抽水坑。
6. 機械曝氣動力依傳導設備之效率決定之。

解說：

機械曝氣式為於曝氣槽之水面，以機械設備(渦輪翼、水車等)攪拌混合，使大氣中之空氣溶入混合液中，由於發生旋迴流，使溶氧移動和攪拌混合，達到曝氣之目的。

機械攪拌方法有豎軸式及橫軸式兩種，豎軸式有縱圓筒式及無圓筒式兩種。縱圓筒之型式乃於正方形池之中央設置一圓筒，於圓筒的頂部裝設迴轉翼而成。當迴轉翼快速迴轉時，混合液從圓筒的底部上升之同時，並於周圍造成曝氣的型式。未有縱圓筒而以渦輪翼直接攪拌混合者，為於圓板上裝置數片葉片成放射的迴轉翼，藉浮於曝氣槽上的浮箱或架橋予以固定，將其垂於水面下 0.6～1.2 m 以高速迴轉者。

橫軸式曝氣槽，為於水深較淺的槽設置混合攪拌設備，將污水攪拌之同時發生循環達到曝氣目的，曝氣程度視攪拌混合機的台數、迴轉數及浸水深度調整之。

1. 機械攪拌式

- (1)利用機械攪拌以維持固體物在污水中的懸浮狀態，使用豎軸攪拌機之輸入淨動力為 $12\sim16\text{ W/m}^3$ ，橫軸攪拌機為 $5\sim7\text{ W/m}^3$ ，如採設置隔板的攪拌方法，則隔板間通道內流速應大於 0.3 m/s 或另依下列公式計算所需 G 值，在一般好氧系統中，活性污泥要維持其懸浮性其 G 值需介於 $20\sim75\text{ s}^{-1}$ (參考 WEF, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants (5th Edition), p14-123～124)

$$G=[(1000\times P)/(V\times\mu_w)]^{0.5}\dots\dots\dots(7-112)$$

式中：

G：速度梯度(s^{-1})

P：輸入動力(kW)

V：池體積(m^3)

μ_w ：絕對黏度($\text{N/s}\cdot\text{m}^2$)

- (2)機械攪拌機主要有豎軸式及橫軸式，可再區分為表面曝氣及浸沒式曝氣兩種。

2. 豎軸式表面曝氣攪拌機

- (1) 豎軸式表面曝氣攪拌機，是由淹沒或部分淹沒於液面下的葉輪所構成，葉輪材質由不銹鋼、鑄鐵、耐蝕性合金或強化玻璃纖維材質構成，葉輪型式有離心式、斜流式或軸流式。依轉速可分為高速或低速。離心式葉輪屬低速型，軸流式葉輪則屬高速型，典型豎軸式表面曝氣攪拌機，如圖 7.69。
- (2) 豎軸浸沒式曝氣攪拌機於攪拌時，空氣可在攪拌葉輪下面或通過葉輪的下降水流的過程中，經由水流擴散溶入處理水中。葉輪可使空氣氣泡分散並攪拌池內污水。典型豎軸浸沒式曝氣攪拌機，如圖 7.70。

3. 橫軸式曝氣攪拌機

- (1) 橫軸式曝氣攪拌機，主要有輪刷式曝氣機、配合氧化渠深度及寬度之曝氣機。
- (2) 輪刷式曝氣機，其構造主要為安裝於水面上具有刷毛的水平圓柱，圓柱體快速轉動時，藉由刷毛帶動之處理水將其變成較小水滴，並將空氣帶入處理水中。刷毛有角鋼、型鋼、塑料桿或其他型式葉片型式。
- (3) 橫軸浸沒式曝氣攪拌機，其原理與橫軸式表面曝氣攪拌機相近，惟利用附在轉軸上的圓盤或槳板來攪拌處理水。橫軸圓盤浸沒式曝氣攪拌機常用於氧化渠，圓盤浸沒於水中的深度約圓盤直徑之 $1/8 \sim 3/8$ 。
- (4) 氧化渠常用之攪拌曝氣裝置說明，如表 7.18。
- (5) 噴射攪拌曝氣系統

噴射攪拌曝氣系統，多由噴射攪拌器及循環泵浦構成(如圖 7.71)，池內流體經由循環泵浦吸入後，再經由液體管、內噴嘴到噴嘴混合室(空氣或導流流體)均勻混合，呈噴射流經外噴嘴射出，達到池內流體(或與空氣)連續、完全混合之攪拌，如需供氧則可採外部供氣或自吸供氣，如由外部供氣(如空壓機或鼓風機)，需考量空氣和泵浦流體最佳比例。

- (6) 池底應設置自然排水抽水坑。

(7) 機械曝氣動力

機械攪拌式曝氣設備所需之動力，可由下式求之

$$L = \frac{2\pi nT}{6,120} \dots\dots\dots(7-113)$$

式中：

L：動力(kW)

n：旋轉數(rpm)

T：旋轉扭力(kgf-m)

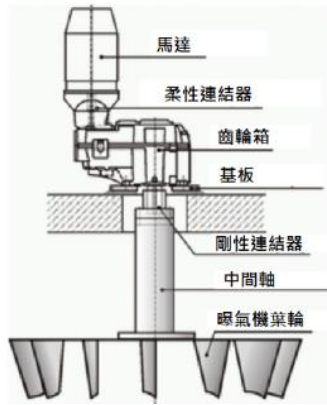
式(7-113)中之 T 為可測定之值，若由馬達出力，則必須計算傳導設備之效率，其計算式如下：

$$L = \eta L_M \dots\dots\dots(7-114)$$

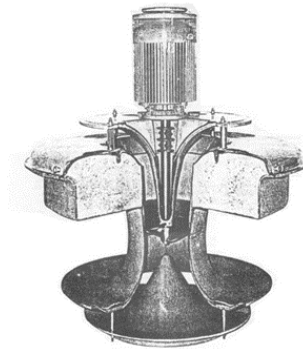
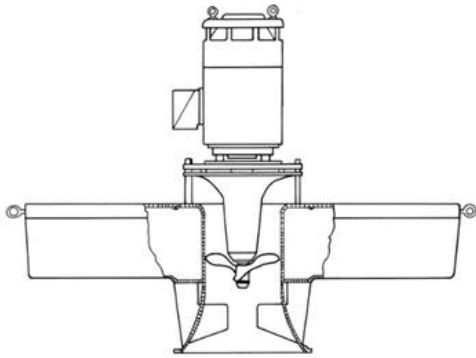
式中：

L_M ：馬達出力(kW)

η ：傳導效率(建議應不低於 70%)



A. 豎軸式低速表面曝氣攪拌機



B. 豎軸式高速表面曝氣攪拌機

圖 7.69 豎軸式表面曝氣攪拌機

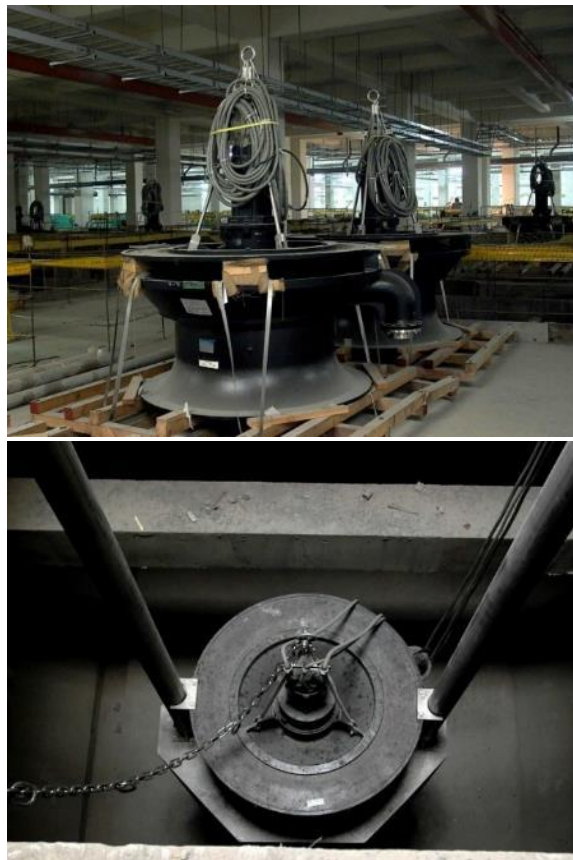
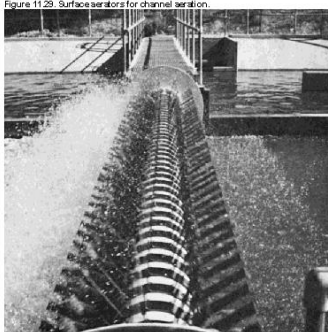
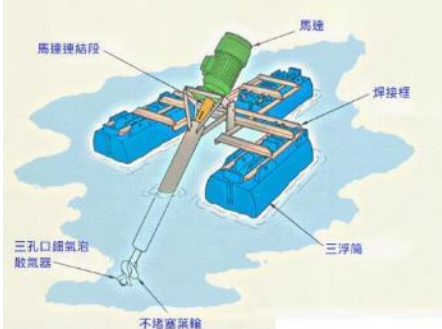
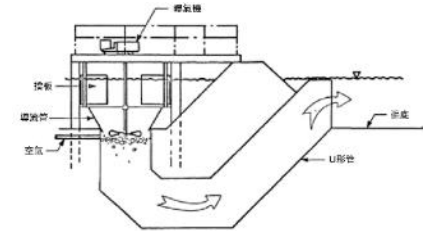


圖 7.70 浸沒式曝氣攪拌機

表 7.18 氧化渠曝氣設備之種類概要

型式	概要	
橫軸型		為在橫型旋轉軸上裝置葉片形成滾轉機，於水表面進行攪拌曝氣，為一表面曝氣方法
豎軸型		藉驅動部的旋轉動力，帶動渠道水面上部分浸水之翼輪，進行曝氣的表面曝氣方法
螺旋型		藉螺旋之旋轉造成負壓，以利用自動供給的空氣，形成微細氣泡而擴散於水中的水中曝氣方法
軸流泵型		藉軸流推進器的攪拌和由散氣管供給的空氣相混合，形成氣液混合體，經由軸流泵之下游側再由槽底噴出之方法
推進器型		攪拌及混合由水中的螺旋槳行之，氧的供給則由散氣板散氣之方法行之

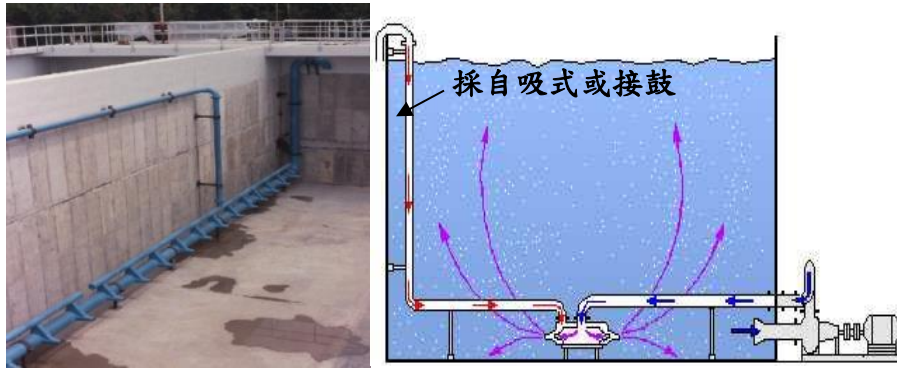


圖 7.71 噴射攪拌曝氣系統

7.4.11 厭缺氧槽的攪拌動力

活性污泥去氮除磷程序中，其厭氧段及缺氧段為維持混合液於懸浮狀態，應設置攪拌設施，其所需動力依槽中 MLSS 濃度估計之。

解說：

在氮磷處理程序中，於厭氧段及缺氧段，皆必須維持反應槽中固體物，處於充分混合的懸浮狀態，而多採用攪拌器攪拌，攪拌葉片設於底層，必要時於中層亦配置，而其表面的攪動以能達輕微者，攪拌所需動力可以下式計算之：

$$\frac{P}{V} = 0.00094(\mu)^{0.3}(\text{MLSS})^{0.298} \dots\dots\dots(7-115)$$

式中：

MLSS：反應槽中之懸浮固體(mg/L)

μ ：1.0087(20°C時)

$\frac{P}{V}$ ：單位體積所需求之動力(kw/m³)

7.4.12 活性污泥法污泥抽水機、附屬設備及監測設備

迴流污泥抽水機應設二部以上，其設計容量為迴流污泥量之 1.5 倍，並應附有易於採樣及計量之裝置。

解說：

1. 活性污泥法污泥抽水機、消泡及附屬設備，設計依據如下：

- (1) 進流及出流口應設制水閥或閘門，並在適當處設置排水管或可移動之抽水機。
- (2) 應設有消泡裝置，噴嘴之出口壓力為1.0~1.5 kgf/cm²。每一噴嘴之噴水量為6~12 Lpm，噴嘴高度為水面上0.3~0.6 m，噴嘴間之距離為1.2~1.5 m。消泡水之抽水機，以使用離心式為主，噴嘴及配水管應具耐蝕性。
- (3) 迴流污泥抽水機計畫容量，為計畫迴流污泥量之1.5倍，惟平日操作時迴流污泥量，約為20至80%流量(迴流污泥量過大會增加二級沉澱池的固體物

負荷)，因此抽水機輸送量及台數，應注意低流量操作之需求。

(4) 迴流污泥量之控制，一般可採迴流污泥流量計，搭配變頻控制抽水機輸送量，或是採迴流污泥流量計，搭配蝶閥開度控制流量。

(5) 廢棄污泥抽水機抽水量，宜配合後續污泥處理池槽之容量及操作模式設計。

2. 一般活性污泥反應槽，宜設置 DO 及 MLSS 自動顯示之監測設備，以作為調控之依據。至於去氮活性污泥法及去氮除磷活性污泥法，則應設置 DO、MLSS 及 ORP 自動監測設備，並以好氧段依進出調控溶氧濃度，而在缺氧段之 DO 應為 0.5mg/L 以下，ORP 應能控制在-50~-100，厭氧段則可控制其 ORP 在-200 以下之正常操作狀態。

7.5 去氮或去氮除磷系統設計應有之考量

各種去氮或去氮除磷生物處理法之設計，在生物處理反應上各有其特性，除依設計參數外，其相關之關係值要能維持最適條件，始能達到有效之處理，並獲致預期之去除率，故於設計時應加以充分檢討之。

7.5.1 各種去氮或去氮除磷系統設計考量

去氮或去氮除磷系統，設計考量如下：

1. 污水中生物可分解之有機物對去氮除磷之影響。
2. 適當的污泥齡。
3. 適當的溶氧。
4. 依設計進流水污水濃度，決定是否不設初級沉澱池。
5. 硝化時總凱氏氮之負荷應在 $0.05 \text{ kg TKN} / \text{kg} \cdot \text{MLSS} \cdot \text{d}$ 。
6. 脫硝時水中溶解性 BOD 濃度與硝酸態氮之濃度比要大於 4。
7. 防止處理水於沉澱池產生厭氧、缺氧狀態，以避免聚磷菌釋放磷，降低磷的去除或脫硝，導致脫硝產生 N_2 氣體，干擾沉澱。
8. 去氮除磷系統為促進處理效果，視需要可添加鹼劑、外部碳源或 PAC 等凝聚劑。

解說：

去氮或去氮除磷系統，係控制反應槽之厭氧、缺氧及好氧狀態，以各種不同排列考量而成，故其應考量事項如下：

1. 厭氧段進流水之磷與溶解性 BOD_5 比，應小於 0.06 才能有較佳釋磷效果。另污水的 COD/TKN 比值大於 1 時，總氮的去除率才能達 80%。若 COD/TKN 比小於 0.7，則無法以生物處理去氮。
2. 同時去氮除磷系統，由於受硝化菌污泥齡需較長，除磷菌則不宜過長之限制，因之污泥齡以 10~15 天為宜。
3. 好氧段之 DO 應為 2 mg/L 左右，太高太低皆不適合，對於厭氧或缺氧愈低愈佳。但由於污泥迴流與進流水的影響，應保證厭氧段之 DO 能小於 0.2 mg/L，缺氧段之 DO 小於 0.5 mg/L。

- (1)因之應減少污泥迴流過程中有曝氣，以使厭氧段或缺氧段的 DO 最低，以利去氮或去氮除磷。
- (2)厭氧段或缺氧段的攪拌器功率不宜過大，一般為 $3W/m^3$ ，否則會產生渦流，導致混合液 DO 升高，影響脫硝或除磷效果。
- (3)污泥迴流或各段進流水進流，其流入厭氧段或缺氧段，皆應為淹沒流入，以減少曝氣。
- (4)每硝化 1 g NH_4-N ，會消耗鹼度 7.14 g (as $CaCO_3$)，致降低 pH 值。
4. 視污水進流水濃度，污水流入厭氧段之濃度低者，污水可不經或不設初級沉澱池，以維持較高 C/N 比，以有利於去氮除磷。
5. 進行硝化時，總凱氏氮的負荷率應小於 $0.05 \text{ kg TKN} / \text{kg} \cdot \text{MLSS} \cdot \text{d}$ 。
6. 脫硝時，BOD 與硝態氮濃度比應大於 4。每 1 g 硝態氮脫硝反應，會產生 3.57 g 鹼度，也即有 2.86 g 的有機物(COD)被消耗利用。
7. 除磷系統為防止於最終沉澱池內產生厭氧及缺氧狀態導致釋磷，應防止污泥的蓄積，廢棄污泥抽出後應立即脫水，以防污泥腐敗，磷從污泥中再釋出。
8. 去氮除磷系統，在硝化處理過程中，會消耗鹼而降低 pH 值，故有時為促進硝化需添加鹼劑氫氧化鈉，以中和水質。又脫硝時必須有足夠碳源，若污水中 BOD 濃度偏低，為提升脫硝效果，需添加外部碳源，如甲醇等。另在除磷程序，為提升磷的去除，有時必須添加 PAC 等凝聚劑，各種藥劑添加時機、添加量及添加方式，可參考第 7.3.5 節。

7.5.2 去氮或去氮除磷反應槽應有之設備

應依處理對象氮或氮與磷物質及處理方法，充分瞭解其生物處理之基本原理，依處理單元的特性，設置下列各項設備：

1. 於厭氧槽設置高效率攪拌設備，有助於減少溫室氣體排放。
2. 於缺氧槽設置高效率攪拌設備，有助於減少溫室氣體排放。
3. 於好氧槽設置高效率曝氣設備。
4. 為脫硝從好氧槽循環硝化液至缺氧槽之設備，其循環倍數(不含迴流污泥)，依設計量定之。
5. 各槽之流入口，應設置制水閥或制水門，以調節流量或分水量，另設置各槽清理維修所需之排水管及集中井。
6. 各槽應設置防止泡沫設備、防止浮渣設備及監測設備。

解說：

1. 厭氧槽之目的，在於使所流入的污水，能維持在厭氧狀態下釋放磷，而必須設置攪拌設備，以防止污泥在反應槽中沉降，同時使流入水能充分與活性污泥中的微生物獲得良好的接觸。攪拌設備，一般有機械式、水中攪拌式及橫軸水中螺旋槳式等，也有使用粗大氣泡攪拌設備，做間歇性的曝氣攪拌方式。攪拌設備之種類及特性，如表 7.20。槽上驅動式因維護管理方便，較常使用。

案例研究中，明確將槽上驅動式節能攪拌器(照片如下圖 7.72)引入安裝既

有水中攪拌器的四個實際反應槽中的效果，經試算槽上驅動式節能攪拌器的耗電量減少率為 69~95%(平均 79%)，推算攪拌動力密度降低率為 66~96%(平均 79%)，槽上驅動式節能攪拌器的攪拌動力密度在 $0.8\sim 3.5\text{ W/m}^3$ 範圍內，水中攪拌器的生產廠測值為 $6\sim 10\text{ W/m}^3$ 相比，減量效果達 42-92%。

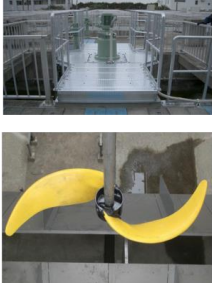
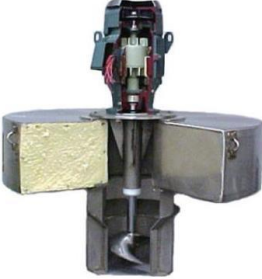
螺旋槳式			
			
雙曲面型攪拌翼型	導筒式	直結型	旋回機構附螺旋槳式
 	 		 

圖 7.72 槽上驅動式節能攪拌器

2. 水中攪拌式，有以沉水馬達或以散氣筒攪拌之設備，厭氧槽因不需要氧，故不需要配置散氣管。
3. 橫軸式水中攪拌之攪拌機，為由沉水馬達、螺旋槳、導引環及吊升裝置所組成，以維持保養之需要。
4. 缺氧之目的，在於維護反應槽內之流入水與自好氧槽循環迴流之硝化液，得以充分混合，並使脫硝菌利用流入水中之碳源進行脫硝反應，其攪拌設備與本解說 1.相同。

上述於好氧槽設置曝氣設備，並於好氧槽的末端設置硝化液循環泵，循環比率依設計需要，將硝化液循環至缺氧槽之流入端。循環流量之調整，可依抽水機之設置台數或變頻轉數控制之。循環方式也有氣升方法，惟因循環液量需配合進流水之流入量變動，並不易控制。

硝化液循環克服的揚程極低，即便採用高效率的沉水泵或螺旋離心泵，有時消耗電力大。最近針對低揚程的水處理用循環泵被開發、應用，應用流程如圖 7.73 所示。硝化液循環泵採用超低揚程(1~5 m 左右)可節能操作。另外，

透過變頻器轉速控制，能控制循環水量，達到高效運轉。

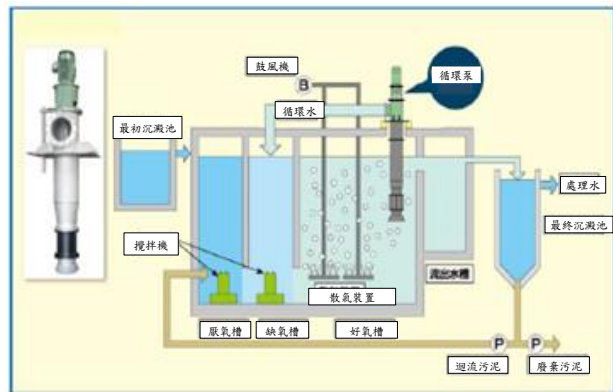


圖 7.73 利用豎軸式軸流泵進行硝化液循環

表 7.19 顯示豎軸式軸流泵相較於傳統沉水泵、螺旋離心泵，在同樣泵送 2 m 左右揚程，估計可以減少約 50%的硝化液循環電力消耗。

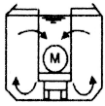
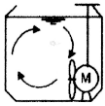
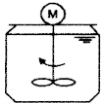
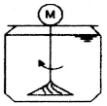
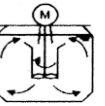
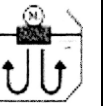
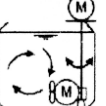
表 7.19 豎軸式軸流泵相較於傳統沉水泵、螺旋離心泵耗電量比較(日本案例)

	豎軸式軸流泵	可拆式水中離心泵	吸入螺旋的離心泵
泵規格	口徑 $\phi 250$ 排出量 $6.3 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚程 2.6 m	口徑 $\phi 250$ 排出量 $6.3 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚程 4.0 m	口徑 $\phi 250$ 排出量 $6.3 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚程 4.0 m
電動機規格	額定輸出 5.5 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz	額定輸出 11 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz	額定輸出 11 kW 電壓 400 V 頻率 60 Hz
能量消耗	211.2 kWh/日	422.4 kWh/日	422.4 kWh/日

註：假設負載率為 80%和 24 小時運行的計算值

- 各反應槽的流入口，為調節控制流入量，應設置遮斷閘門、控制閥或可以人工調節流量之小閘門，並為反應槽定期清理需要，設置排水側溝、排水管及集水坑，以應需要。
- 去氮除磷系統之二級沉澱池，會有浮渣形成，故需設置浮渣去除設備，同時在生物反應槽的缺氧段，水面也會有浮渣形成，也應考量設置消泡破碎設備。另缺氧槽應設置 pH、ORP 計，好氧槽應設置 DO 計監測設備。

表 7.20 各種攪拌設備特性

種類	水中驅動式		槽上驅動式				
型式	曝氣式	攪拌機式	螺旋槳式	雙曲面式	導筒式	直結式	旋回機構附螺旋槳式
概念圖							
驅動部	水中	水中	槽上	槽上	槽上	槽上 水面上	槽上
攪拌翼徑 (mm)	吐出筒 $\phi 400$ ~2600	$\phi 300$ ~1100	$\phi 1400$ ~2500	$\phi 1500$ ~2500	$\phi 400$ ~1000	$\phi 100$ ~300	$\phi 300$ ~400
旋轉數 (min^{-1})	600	600 ~1800	10~40	20~30	300 ~500	1000 ~1500	850 以下

7.5.3 既設活性污泥法設施之改造

既設活性污泥法設施，擬改造為去氮或去氮除磷處理設施，如厭氧缺氧好氧活性污泥法時，其應考慮事項如下：

1. 設置厭氧槽及缺氧槽之攪拌設備。
2. 硝化液之循環設備。
3. 各反應槽間之分隔牆。
4. 浮渣去除設備。
5. 初級沉澱池之繞流渠道及污泥投入配管。
6. 附屬設備，必要時包括鹼劑及凝聚劑等添加設備。
7. 其他。

解說：

1. 即於厭氧槽及缺氧槽設置攪拌設備。
2. 硝化液循環，其配管之排出口應浸入槽中，並盡量降低水頭損失。
3. 各反應槽間，應依各段之設計容量，設置分隔牆。
4. 在厭氧槽及缺氧槽會產生浮渣，為免在槽內貯積，應以檔板予以分隔。為避免在最終沉澱產生浮渣，應設置散水設備及浮渣去除裝置。
5. 為避免脫硝所需碳源不足，應有自初級沉澱池繞流管或以渠道，將進流水或初級沉澱污泥引入缺氧槽之配置。
6. 必要時設置添加鹼劑及凝聚劑等附屬設備。
7. 由於硝化之需要，去氮系統所需之曝氣量會較標準活性污泥為多，因之有需要檢討既有的鼓風機及曝氣設備的容量。

圖 7.74 為美國德州奧斯丁污水處理廠由活性污泥法，改為分段配水式去氮除磷處理法之概念設計圖。

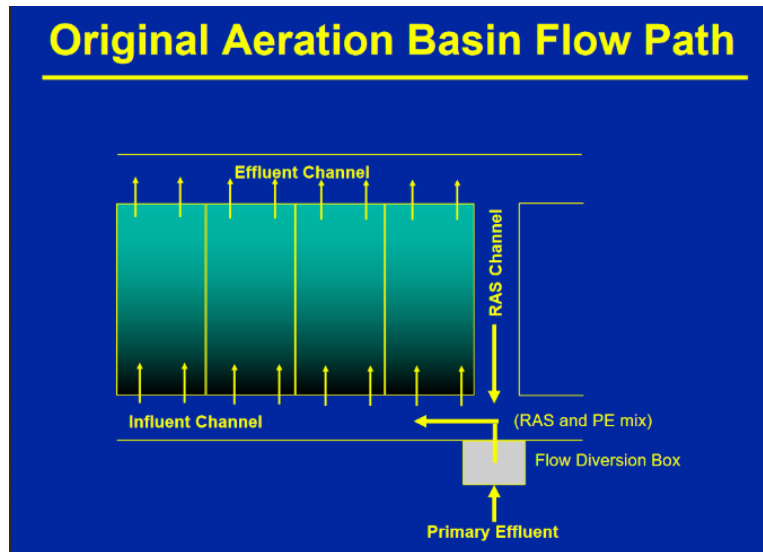


圖 7.74(a) 原設計曝氣池

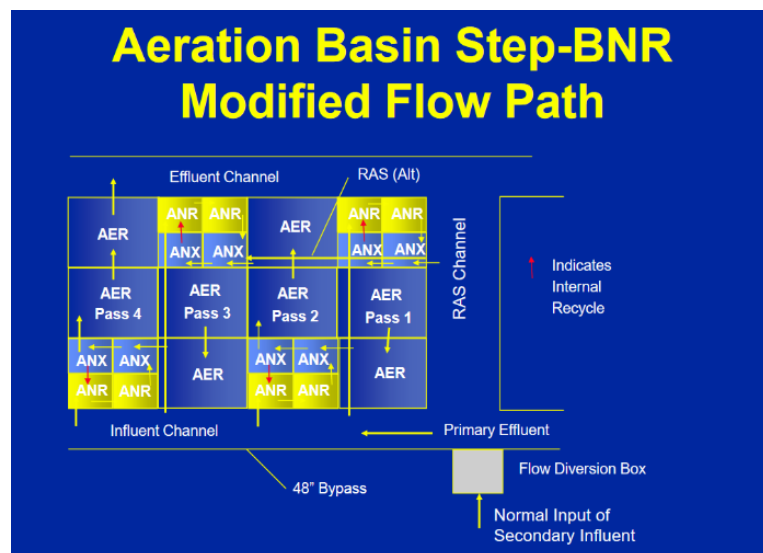


圖 7.74(b) 修改為分段配水式去氮除磷處理法

7.5.4 水質檢測項目

水質檢測在於掌握處理程序能達到適當管理，依設施的規模及相關法令規定檢測水質。

解說：

為掌握各去氮或去氮除磷系統之處理狀況，其應檢測之水質管理項目及設備之目的，如表 7.21。

表 7.21 去氮除磷系統水質管理項目

項目	T-N	BOD	NO ₂ ⁻ -N NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	T-P	PO ₄ ³⁻ -P	ORP	pH	MLSS	MLDO
生物反應槽流入水	○	○		○	○	○		○		
厭氧槽末端		○ (溶解性)	△			○	○			
缺氧槽末端		○ (溶解性)	○			△	○			
好氧槽			△	△		△		○	○	○
處理水	○		○	○	○	○		○		
迴流污泥					△ (污泥中)	△ (濾液中)				

○：水質管理為目的之定期檢測項目

△：掌握操作狀況之檢測項目

1. NO_x⁻-N 項

為掌握硝化槽硝化進行狀況之指標。

2. NH₄⁺項

為掌握硝化進行狀況及硝化過程中，預測 DO 消耗量之指標。

3. PO₄³⁻項

為掌握反應槽之除磷進行狀況之指標。

4. ORP(氧化還原電位)項

在厭氧槽或缺氧槽，若有溶氧或硝酸性氮存在，較難有磷的釋出，因之維持厭氧狀態甚為重要，而厭氧槽的厭氧狀態，可藉 ORP 計的檢測判斷。

5. pH 項

pH 對於微生物活動的影響甚為重要，同時也是判斷硝化狀態進行狀況的指標，應於好氧槽連續測定。

6. MLSS 項

若為去氮除磷系統，要維持硝化細菌於系統中，又要達成去氮除磷，循環式硝化脫硝法及硝化內生脫硝法比較上，就必須控制 SRT 在一定範圍，因之要在 SRT 的範圍內維持 MLSS 濃度，進行管理。

7. MLDO 項

若溶氧不足，會影響有機物的分解、硝化及磷的釋出。若溶氧過高，循環至缺氧槽的溶氧將過多，就會阻礙脫硝，過度的曝氣也不適當，因此應於好氧槽末端設置溶氧計，以有效掌握好氧槽中的溶氧濃度。

8. 其他尚需檢測項目

- (1) 流入水水溫。
- (2) 流入量及迴流污泥量的檢測。
- (3) 迴流污泥的濃度。
- (4) 剩餘污泥量及濃度的檢測。

7.6 生物膜法

7.6.1 基本原理

對於規模較小的污水廠，除延長曝氣法、回分式活性污泥法及氧化渠法等活性污泥法外，接觸曝氣法及好氧過濾法由於操作上較容易，自 1970 年開始以來，在歐、美、日已漸被普及應用，其中接觸曝氣法在國內也廣被採用。

在反應槽中置入濾材，當污水流入並予以曝氣，與污水流入之微生物，由於生物物理化學作用而附著於濾材表面，附著後的生物在適應其環境下逐漸繁殖而成生物膜。生物膜形成後，當水流流經濾材表面時，污水中之懸浮物及溶解有機物，就被生物氧化分解。

棲息於生物膜中之生物，有 Zooglea 狀細菌類、原生動物、藻類、菌類、後生動物等多種生物，以流過濾池之污水中有機物為營養分而繁殖，而在污水的處理機能上，以細菌及原生動物較為重要。

一般生物膜中之微生物以細菌佔優勢，雖濾池表面因光合成的關係有藻類存在，但與污水淨化之機能完全無關，反有容易造成濾池阻塞之虞。

在反應中，生物膜(污泥)自濾材表面向外漸次生長堆積，生物膜的下部由於食物及氧量的不足，漸成為厭氧性細胞內代謝，一到此種狀態，厭氧性代謝之最終生成物有機酸、醛、酒精等類漸次自表面擴散，另生物膜之表面繁殖之好氧性微生物，則自污水中攝取有機物及氧，而氧化分解之。

這種生物膜表面之好氧性微生物受表面以及下部之積厚影響，其結果有機物去除率將降低。

當細胞內代謝作用繼續進行，由於細胞之死亡而分解，則生物膜脫落，尤其在春天 4~5 月間，濾材上生物自冬季形變成夏季形，冬季形生物開始死亡而剝落，致處理效率降低，且由於多量污泥的剝落混入，致處理水水質較差。又秋天十月也會因生物相的變化，有如同春天的影響。生物膜的正常形成受污水水質濃度、散水狀態、通氣狀態、溫度、濾材之條件等影響。

活性污泥法，依食微比條件以決定污泥停留時間，因此增殖速度較慢的微生物會被排出系統外，但生物膜法則因微生物固著於濾材，故與污水的停留時間無關，即使增殖速度慢的微生物亦會存在。因此比起活性污泥，生物膜微生物之種類較多，構成安定化的生態系。

生物膜法在污水處理上之應用，比活性污泥法還早，在十九世紀就已有使用，其間滴濾法在歐美使用很廣，國內早期在四、五十年代也曾有使用，中興新村曾在四十年代使用。旋轉生物圓盤法在六、七十年代也有應用，惟目前小規模處理設施，則多普遍使用接觸曝氣法。

7.6.2 接觸曝氣法及其特性

接觸曝氣法乃是將接觸材料浸於曝氣槽內之污水中，並在槽內給予充分曝

氣，使流入的污水充分攪拌循環流動，而與接觸材料相接觸。經一段時間後，接觸材料表面開始生長附著生物性污泥(微生物)而形成生物膜，利用該生物膜在好氧性狀態下吸附、氧化污水中有機物質的處理方法。

接觸曝氣法之去除 BOD 及去氮的模式，如圖 7.75 所示。本法之優點包括：

1. 不需調整 MLSS 濃度，也不需迴流污泥，操作管理容易。
2. 可承受食微比的變動，獲穩定之處理水，並可達部分氮化物的去除。
3. 廢棄污泥量少。
4. 沒有污泥膨化問題。
5. 好氧層生物之底下，形成厭氧生物層，可達脫硝效果。

其缺點為：

1. 接觸材上附著之生物量為操作條件，無法調整控制。
2. 負荷過高時，有生物膜阻塞問題。
3. 接觸材為固定於曝氣槽，因此欲達接觸材內之均勻曝氣不易。

接觸曝氣法污水處理系統有異於活性污泥法，其系統係由初級沉澱池、反應槽及二級沉澱池組成，如圖 7.76 所示，而不需迴流生物污泥，且二級沉澱池進流水之污泥濃度(SS)濃度較低，約在 100 mg/L 左右，不像活性污泥法高約 2,000 mg/L，有利沉澱。

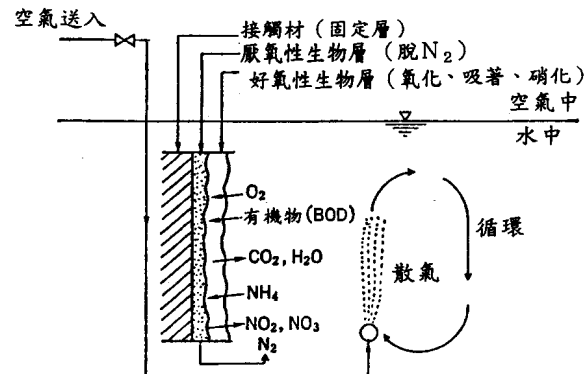


圖 7.75 接觸曝氣法之 BOD、氮去除特性

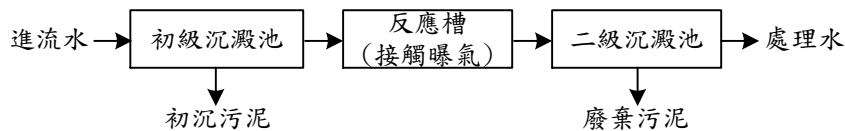


圖 7.76 接觸曝氣法處理系統

1. 接觸材的種類及形狀

目前所使用之各種接觸材料之分類，可分類為：

- (1)粒狀不定形(形狀不均勻)：礫石、碎石、坑火石、焦煤、貝殼、煤碳渣、木片、塑膠片等。
- (2)粒狀(形狀均勻)：管片、變形管片、桿環。
- (3)棒狀、繩狀體：木棒、枝篠、多環繩等。
- (4)有孔管體：蜂巢管、多孔性圓筒。
- (5)平板、波浪板：石綿板、木板、塑膠網、塑膠浪板。(圖 7.77)

一般成形粒狀之接觸材料，對於懸浮物之捕捉力較強，且其貯留空間也較多，因此捕捉之能量亦多，反之對於水流之阻力大，容易導致濾池的阻塞。尤其是不定形者其粒徑、形狀皆不均勻，且空隙率亦較小，此乃粒狀接觸材料之缺點。

至於平板、波浪板、網狀等其間隔較適當，較無阻塞之問題，但對於懸浮物之捕捉力較弱，對於維持生物膜量之能力較差。

接觸材的選定，應留意下列：

- (1)材質安定並具耐久性。
- (2)長期使用仍不變形。
- (3)不會溶出有害物質。
- (4)維持管理及清理容易。
- (5)生物容易附著、生成，不易阻塞。
- (6)單位體積之表面積大，且不易阻塞。

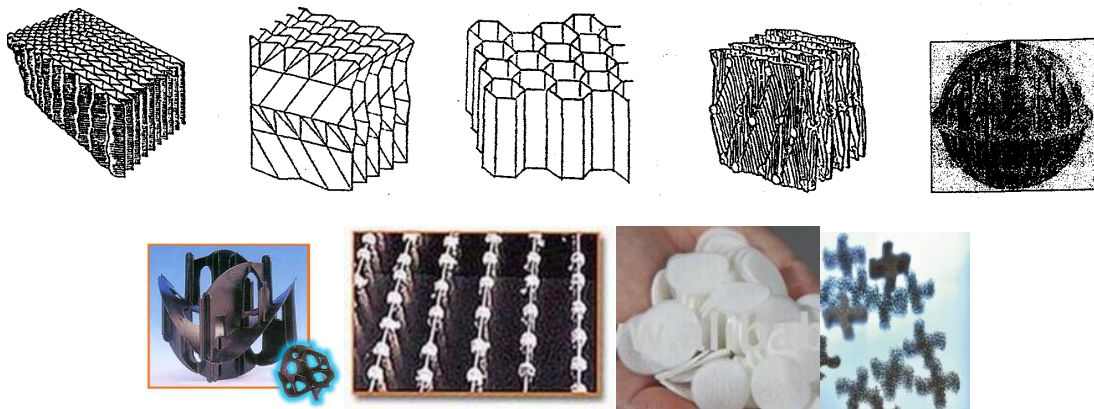


圖 7.77 接觸材之形狀

2. 曝氣方法

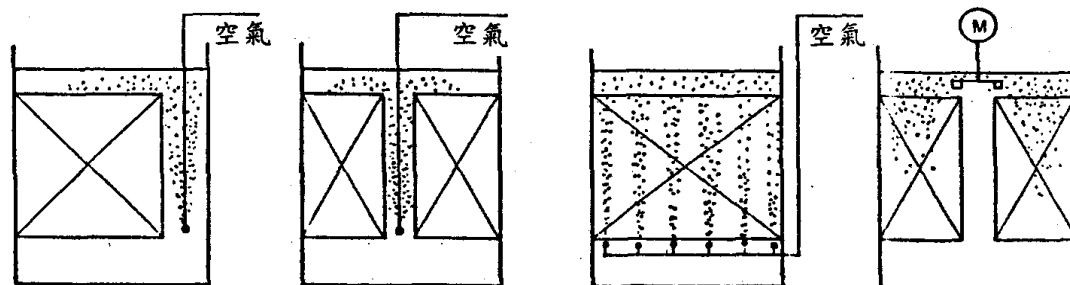
曝氣方法如圖 7.78 所示，有側面曝氣以形成旋迴流方法及槽中心曝氣於兩側形成旋迴流之。中心曝氣方法、於槽底全面曝氣方法，以及於水面機械曝氣等方法。

無論採用何種曝氣方法，以能達到污水與空氣在反應槽內均勻混合及旋迴流動。底部全面曝氣方法，應防止接觸材表面附著之生物剝落、接觸材破損、變形或接觸材上浮等。

3. 接觸材填充方法及槽之構造

(1) 填充方法

接觸曝氣法接觸材的填充方法及曝氣槽的構造，對於槽內的水及空氣的循環，影響甚大。



(A)側面曝氣方式 (B)中心曝氣方式 (C)全面曝氣方式 (D)機械曝氣方式

圖 7.78 接觸曝氣法各種曝氣方法

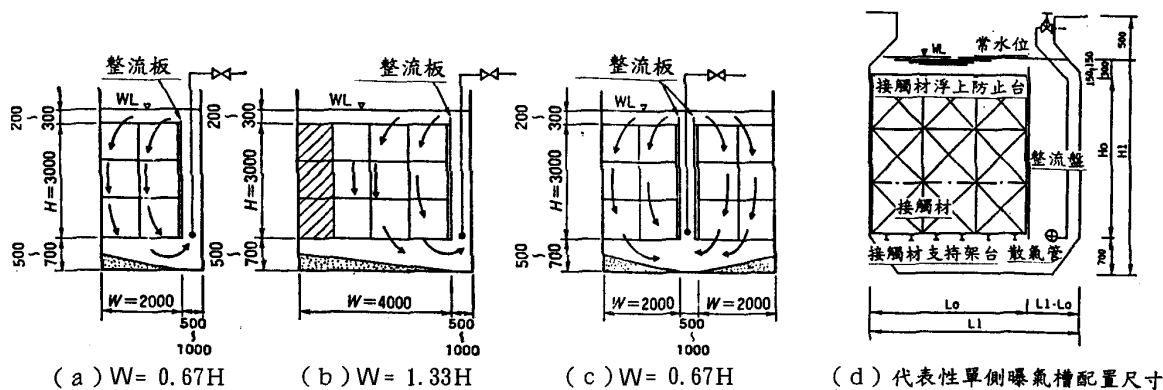
單側曝氣及中心曝氣之曝氣槽形狀及接觸材的填充方法例，如圖 7.79(a)(b)為單槽，曝氣(c)為中曝氣，槽的底部應有 50~70 cm 的空間，以容許污水循環，並呈傾斜狀。

散氣設備氣泡上升空間應有 50 cm~100 cm 之寬度，以便維護管理，接觸材頂端至水面應有 20~30 cm，以容許水之流動。

以寬(W)、填充材深(H)之比 $W(0.3 \sim 1.0)H$ 為宜。市面上常見之：

a. 高(H)×寬(W)×厚(T)=1,000×1,000×1,000 m/m

b. 高(H)×寬(W)×厚(T)=1,000×1,000×500 m/m



說明：

H_0 ：接觸材堆積高度(m) H_1 ：有效水深= $H_0 + 1,000$ (mm)

L_0 ： $L_1 \times (0.4 \sim 0.75)$ L_1 ：曝氣槽寬(0.5~1.0) H_1

($L_1 - L_0$)散氣部寬約為 500~1,000 mm，接觸材佔曝氣槽容積比 50~60% 以上

圖 7.79 曝氣槽形狀及接觸材填充方法

以此尺寸，為準決定填充方法及曝氣槽之尺寸。代表型的蜂巢管接觸材之尺寸特性，如表 7.22。

表 7.22 蜂巢管接觸材之尺寸(例)

商品編號	間距 (mm)	厚度 (μm)	密度 (kg/m^3)	單位體積之 比表面積 (m^2/m^3)	耐壓 強度 (t/m^2)	標準尺寸 (mm)
VH-13-100	13	100	29	308	2.0	寬度 500
VH-20-120	20	120	23	200	1.5	長度 1,000
VH-30-180	30	180	23	133	1.5	(2,000)
VH-50-280	50	280	21	80	1.7	高度 1,000
VH-75-350	75	350	18	57	0.7	

註：耐壓強度為 250 mm 間隔之正方形格子上的壓縮強度。

(2)流程配置

接觸曝氣槽分 2~3 段，第 1 槽取較大的容積，愈後段愈小，以達負荷之平均。接觸材料以各段皆不易阻塞者為宜，惟前段較易阻塞，因此愈前段其粒徑或間隔採愈大者為宜，也有採不同的接觸材料予以組合以達上述目的。二級沉澱池原則上應予設置，但若採用 SS 捕捉力高之接觸材料，且能定期清洗者，也可省略之。

槽數的決定，基於下列因素，應為 2 系列以上且多段為宜。

接觸槽定期檢查、清理之需要。

①防止發生短流。

②提升處理效率。

同時複數系統設施，應有均勻分流及整流設備，以達處理效果，圖 7.80 為接觸槽配置例。

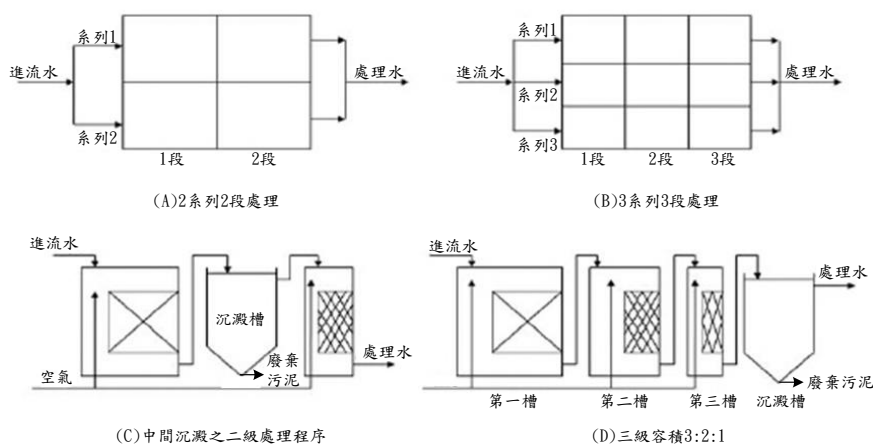


圖 7.80 接觸曝氣法流程配置例

(3) 架台

接觸材支撐架台之設計，依接觸材料之種類而異，而對於反應槽內支撐蜂巢管所設置之架台，為免妨礙水流，以格子狀為宜。

使用蜂巢管時，蜂巢管的耐壓強度，依格子的間距而異，以 6mm 的鋼材，做成的正方形格子，格子的間隔和耐壓強度之關係，如圖 7.81。又平行棧板時之間隔為正方形間隔的 1/2，則其耐壓也同樣可求出。

蜂巢管本體雖很輕，但於生物膜附著後會增加重量，而當水槽內滿水時並無問題，但當槽內的水放空時，所有生物膜的重量將加諸於蜂巢管最下端的管面及格子上，此時蜂巢管壁面之附著生物膜厚度和重量之關係，可以下式表示：

$$W = 4,000(C - t) \cdot \frac{t}{C^2} \dots\dots\dots(7-116)$$

式中：

W：附著生物膜重(kg/m³)

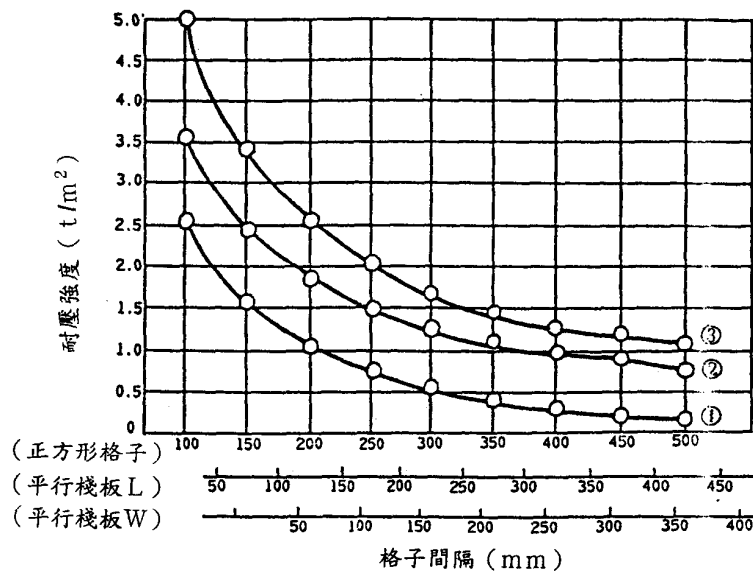
t：附著生物膜厚度(mm)

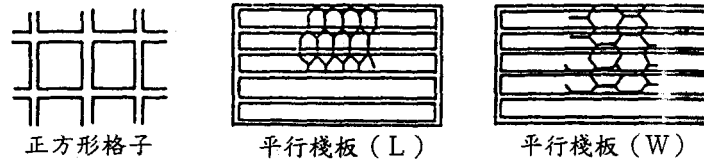
C：蜂巢管之淨間距(mm)

若以表 7.20 之 VH-20-120 之蜂巢管，以 3 層堆置，其平均生物膜厚度為 2 mm 時，則其重量為：

$$W = 4,000 \times (20 - 2) \times \frac{2}{20^2} = 1,140 \text{kg/m}^3$$

則支持格子之間距及應具有之耐壓強度，由圖 7.81 知可用正方形間距 400 mm。





- ①：V-75-350 ②：V-20-120，V-30-180，V-50-280
 ③：V-12-100（棧板厚）

圖 7.81 接觸材支撐之格子間隔所形成之耐壓強度(例)

4. 接觸曝氣槽容積負荷

接觸曝氣槽的容積負荷，依進流水濃度、接觸材的形狀等決定之。依經驗 BOD 容積負荷超過 $1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 就有阻塞之虞，為維持長時間操作，其接觸材食微比以 $0.3 \sim 0.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 左右為宜。反應槽之形狀可為長方形或正方形，寬為水深 1~2 倍。

依實際操作，污水進流水 BOD 200 mg/L ，其接觸材附著生物污泥(含水率 96%)約 100 kg/m^3 ，相當於附著 MLSS $4.0 \text{ kg/m}^3 [100 \text{ kg/m}^3 \times (1-0.96)]$ 。若曝氣槽容量 100 m^3 ，接觸材填充率為 55%，則曝氣槽 MLSS 濃度為

$$4.0(\text{kg/m}^3) \times 55(\text{kg/m}^3) / 100\text{m}^3 \times 10^3 = 2,200\text{mg/L}$$

相當於標準活性污泥法 MLSS 濃度。

接觸材的間隔與原水濃度之關係，為防止阻塞，依經驗如表 7.23 所示。

表 7.23 原水濃度與接觸材間隔

BOD(mg/L)	間隔(m/m)
500 以上	100
250~500	80
100~250	50
100 以下	30

接觸曝氣法不像活性污泥法，需操作控制曝氣槽中的 MLSS 濃度，其操作較簡單，但相對的因不能控制其濃度，故在設計更應特別注意。

食微比包括曝氣槽容積之 BOD 容積負荷、接觸材料容積之食微比及接觸材面積之 BOD 面積負荷。由於接觸材料之形狀並不一定，因此一般設計都以單位曝氣槽容積食微比設計之。惟接觸曝氣法乃附著於接觸材料表面之微生物來處理基質，因此其評估仍以單位接觸材料容積之 BOD 容積負荷及單位面積之 BOD 面積負荷較為適當。

(1)BOD 容積負荷

$$L_v = \frac{Q \cdot S_0}{V} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(7-117)$$

式中：

L_v ：BOD 容積負荷($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)

S_0 ：進流水 BOD 濃度(mg/L)

Q ：進流量(m^3/d)

V ：接觸槽容積(m^3)

(2)BOD 面積負荷

$$L_s = \frac{Q \cdot S_0 \times 10^{-3}}{A} \dots\dots\dots(7-118)$$

式中：

L_s ：BOD 面積負荷($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

A ：接觸材表面積(m^2)

各種接觸材料之設計負荷，依其比表面積、接觸材料內之循環水流速、供氧量及曝氣槽形狀、填充接觸材料等條件之不同，其食微比與去除率也異，因此應依據模廠實驗操作後決定之為宜。

接觸曝氣槽為防止阻塞，可設置反沖洗設備以因應之，通常於接觸材下部 10 cm 處設置之，並以接觸材固定架台固定，如圖 7.82。

反沖洗時為使氣泡均勻，以利用封閉型散氣管，並以鼓風機以手動控制操作，其頻率視生物膜附著狀況而定。

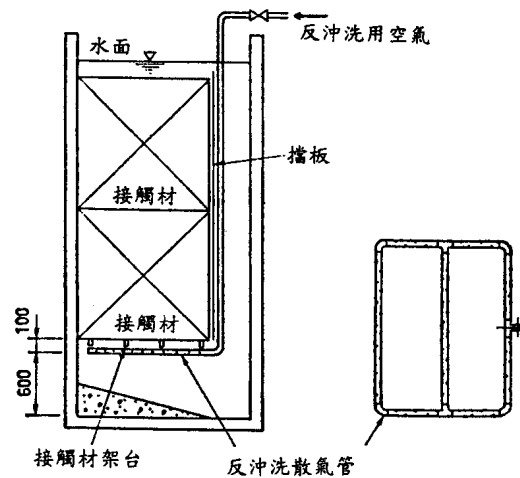


圖 7.82 反沖洗設備例

7.6.3 接觸曝氣法處理系統設計

7.6.3.1 接觸曝氣法前處理

接觸曝氣法前處理考量如下：

1. 進流量之日間流量變動大者，應設置流量調整槽。
2. 初級沉澱池設計參數，依前處理初級處理設計參數。

解說：

1. 接觸曝氣法污水處理系統，已述於圖 7.76，但若進流水日間流量變動大者，應設污水調整槽，其設計參數可參考「臺灣地區小規模污水處理設施設計及解說」第 7.5.1.6 節。
2. 初級沉澱池之形狀，可為正方形、長方形或圓形，但為減少固體物進入反應槽，而設計負荷多採一般負荷範圍內較低之負荷，包括水表面積負荷 $25 \sim 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，有效水深 $2.5 \sim 4.0 \text{ m}$ ，溢流堰負荷 $100 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 以下設計為宜。為防止污泥腐敗，應防止沉澱污泥的長時間滯留。

7.6.3.2 反應槽之容量、形狀、構造及槽數之考量

接觸曝氣反應槽之容量、形狀、構造及槽數之考量如下：

1. 反應槽容量，依計畫最大日污水量 BOD 容積負荷 $0.3 \sim 0.5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 以下設計。
2. 反應槽寬度為水深的 1~2 倍，一般水深以 3~5 m 為適當。
3. 於考量清理及維修需要以 2 池以上。
4. 為避免短流以 2 段為適。
5. 構造應能避免短流，並應有排泥考量。

解說：

反應槽之容量、形狀、構造及槽數之考量如下：

1. 濾材之比表面積愈大，雖可提高 BOD 容積負荷，但因濾材之間隙小，有造成污泥過度蓄積而阻塞的問題，而無法維持穩定處理，因之反應槽的適當容積負荷，以計畫最大日污水量 $0.3 \sim 0.5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 為標準。
2. 為使污水在反應槽內能整體均勻接觸，應能保持良好的水流狀態，因此反應槽的寬度以水深的 1~2 倍為適當，若寬度比水深差為大，水流恐無法維持完全接觸濾材，而未能充分利用。反應槽水深若太深，既不經濟，但若太淺則需較大面積，因之一般水深以 3~5 m 為適當。
3. 於考量清理及維修之需要，以 2 池為原則。
4. 為避免進流水在反應槽中有短流問題，原則上以 2 段為適，因若其第一段負荷大，則第 2 段可較低負荷，而達安定處理。反之若第 1 段的處理機能降低時，第 2 段則可提升，以補充其負荷，達到互補作用。而第 1 段及第 2 段的容量比，則以 3:2 左右為宜。
5. 構造上為使水能與濾材充分均勻接觸，以不產生短流為考量。底部為定期排泥清洗之需要，應依流出方向有 1~2% 左右的坡度，以利排泥。

7.6.3.3 濾材材質、濾材配置、送風量及二級沉澱池設計

濾材材質及濾池配置考量如下：

1. 濾材應具充分孔隙率、均勻、表面積大及不易損傷之特性。
2. 濾材配置可為全面配置、兩側配置及單側配置。

3. 二級沉澱池設計應考量生物膜沉降特性。

解說：

1. 濾材之形狀及材質考量如下：

(1)濾材應具均勻及充分孔隙率，生物膜可附著表面積大，不受水流流動所損傷之強度，且長期在污水中不變質，具化學強度之特性。原則上以管狀、繩狀、網狀、平板狀、球狀等，由於形狀之不同，其填充及曝氣方法也異，應依進流水性質選定適合濾材及曝氣方法。

(2)濾材材質以輕質不腐蝕的合成樹脂製品為標準，為確認生物膜附著成長狀況，濾材宜能有一部分可提升觀察之構造為宜。濾材填充以反應槽容積之50~60%為宜。

2. 濾材的配置方法及送風量，依下列決定之：

濾材的配置方法如圖 7.83。分為反應槽中全面配置、兩側配置及單側配置。

(1)全面配置時，空氣量以能全槽均勻攪拌，並維持 DO 為 2~3 mg/L。所需空氣量為計畫污水量的 8 倍左右。

(2)兩側及單側配置時，以能維持旋迴流而增加其所需送風量。

(3)若考量持續於高負荷操作，有造成生物膜過於肥大而阻塞之慮者，可於濾材之下部配置空氣反沖洗配置，定期反沖洗去除之。反沖洗量、時間及壓力依阻塞狀況而調整。

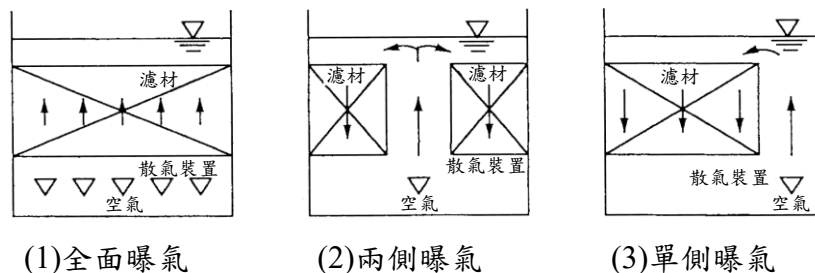


圖 7.83 濾材配置方法

3. 接觸曝氣法污水處理系統的二級沉澱池，其形狀可為正方形、長方形或圓形放射流。由於從反應槽流出之處理水中，其 SS 濃度約在 100 mg/L 左右，且係剝落之生物膜其沉澱性較快，甚至有部分係破碎的微細顆粒不易沉澱，因之其設計負荷可選擇較低些，水表面積負荷 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，有效水深 2.5~4.0 m，溢流堰負荷 $80 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 以下。

7.6.4 好氧過濾法及其特性

對於規模較小的污水廠，除可採用接觸曝氣法、延長曝氣法、回分式活性污泥法等外，好氧過濾法由於操作上較容易，自 1970 年開始以來，在歐美日已漸普及應用。

好氧過濾法(Biological Aerated Filter, BAF)為生物膜法的一種，其原理如圖

7.84，為於反應槽內充填 2~5 mm 之濾材，污水自上部流入，而自底部所設置之散氣設備曝氣，供給好氧性生物污泥所需之空氣量的處理程序。

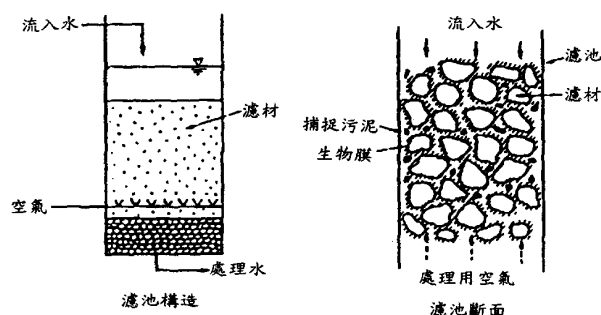


圖 7.84 好氧過濾法之原理

污水由反應槽上部流下時，其懸浮物質(SS)被濾池內之濾材間隙所阻留，而溶解性有機物則被濾材間增殖的生物膜所吸附分解，故本法為兼具有生物膜處理及砂濾之雙重特性。

但相同的因具砂濾之特性，也就有因微生物增殖造成阻塞之問題，此時為恢復其處理機能，就必須以壓力空氣和水(處理水)反沖洗之，而此等沖洗的反沖洗水則引至初級沉澱池去除 SS 等。

好氧過濾法之特性如下：

1. 本法比起活性污泥法之回分式、長時間曝氣及氧化渠法等，其所需反應時間較短，且可節省二級沉澱池，因之其所需用地面積較小。
2. 本法不需如活性污泥法需迴流污泥，必須控制反應槽的 MLSS 濃度及 DO 濃度，也無二級沉澱池污泥膨化問題，因之操作管理較容易。但相對的在操作上需控制空氣量及過濾速度，以及負荷急激變動時溶氧的濃度及微生物量的管理，則較為複雜困難。
3. 藉由好氧性微生物的吸附作用、生物分解及物理性的過濾，在短時間內可獲得良好水質。惟容易受到污泥處理設施迴流液負荷變動之影響，以及水溫降低時，處理水水質可能惡化之虞。
4. 由於氧的溶解效率高，比起其他處理方法，所需溶氧量可較低，風壓也較低，且不需迴流污泥等動力，較節能。
5. 負荷較低時，因停留時間短可達硝化效果；若氣溫偏低則不易達完全硝化。
6. 為防止迴流水影響水質負荷，應防止污泥及迴流水發生腐敗，對於脫水過濾應設置貯槽，定量控制迴流水。

7.6.5 好氧過濾處理系統設計

好氧過濾處理系統，如圖 7.85。為由污水處理調整槽、初級沉澱池、好氧過濾池、鼓風機、濾池反沖洗槽反沖洗排水貯存槽所組成。

污水調整槽藉以穩定進流水，其設計考量同接觸曝氣法，初級沉澱池的水表面積負荷於考量迴流反沖洗排水之下，以計畫最大日污水量 $30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 設計，

餘同接觸曝氣法，但也可以微細篩替代初級沉澱池。

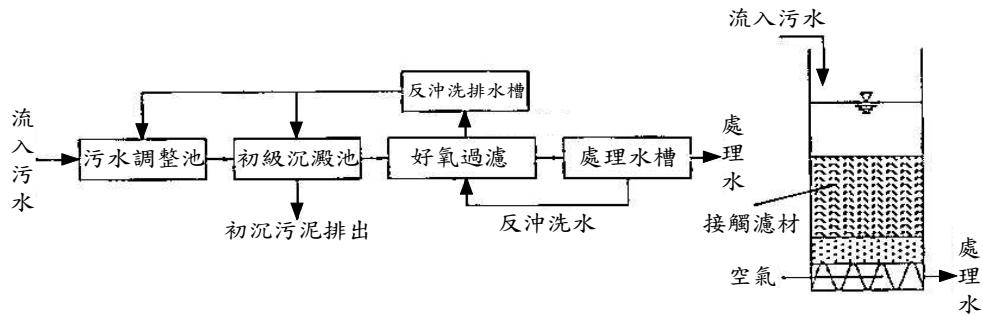


圖 7.85 好氧過濾法處理流程及好氧過濾槽構造圖

7.6.5.1 好氧過濾池之設計

好氧過濾池之設計，應考量事項如下：

1. 過濾速度，以計畫污水量之 25 m/d 以下設計之。
2. BOD 容積負荷，以計畫污水量之 $2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 以下設計。
3. 平面形狀可為正方形、長方形或圓形。其斷面形狀應能避免產生短流及污泥堆積。
4. 池數應為 2 池以上，應為堅固的鋼筋混凝土構造，周邊出水端應考量反沖洗時所需之水位。
5. 濾材應為具耐久性、表面粗糙及粒狀均勻，粒徑 3~5 mm。
6. 濾層厚度以 2 m 為宜

解說：

1. 好氧過濾法處理都市污水時，平均過濾速度以 25 m/d 以下(平均 BOD 容積負荷 $2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$)，最大時負荷 50 m/d 以下(最大時 BOD 容積負荷 $4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$)，其處理水可達 BOD 20 mg/L 以下，SS 10 mg/L 以下。
2. 一般 BOD 容積負荷、過濾速度愈大，其 BOD 去除率降低，與標準活性污泥法 BOD 容積負荷 $0.3 \sim 0.8 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{d}$ 相比，本法之 BOD 容積負荷很大，且反應時間僅需 2 hr，為最大優點。
3. 又過濾速度 30~35 m/d 以下可達硝化反應，當 25 m/d 時， $\text{NH}_4\text{-N}$ 去除率可達 50~80%。

濾池表面積及 BOD 容積負荷之計算如下：

$$\text{濾池表面積}(\text{m}^2) = \frac{\text{計畫最大日污水量}(\text{m}^3/\text{d})}{\text{過濾速度}(\text{m}/\text{d})} \dots\dots\dots(7-119)$$

$$\text{BOD 容積負荷}(\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}) = \frac{\text{計畫最大日污水量}(\text{m}^3/\text{d}) \times \text{進流水 BOD}(\text{mg}/\text{L})}{\text{濾池表面積}(\text{m}^2) \times \text{濾池濾料填充厚度}(\text{m} \times 10^{-3})} \dots\dots\dots(7-120)$$

另過濾速度及 BOD 去除率之關係，如圖 7.86。

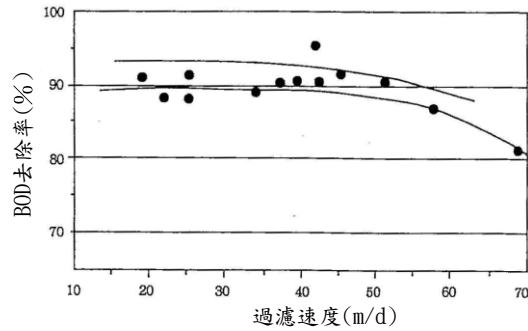


圖 7.86 過濾速度及 BOD 去除率之關係

4. 濾池之進流水，以能從濾池整體均勻速度過濾之形狀為正方形、長方形或圓形，其內部以能避免短流及污泥堆積。
5. 於考量濾池清理、維護及反沖洗，而能持續過濾，以設置 2 池以上為宜。構造應為堅固之構造物，高度應考量反沖洗時之水位。
6. 濾材以適合生物附著，反沖洗時不會破碎之耐久性材料。
7. 濾層厚度以考量反沖洗時，反沖洗水的流速，反沖洗空氣的流速及軀體強度，粒徑 3~5 mm，濾層厚度以 2 m 為宜。

7.6.5.2 曝氣設備及送氣量之設計

曝氣散氣設備及送氣量考量如下：

1. 散氣設備以多孔管為宜。
2. 送風量依進流水水質濃度，約 1 kg BOD 0.9~1.4 kg O₂ 為標準。

解說：

1. 散氣設備以多孔管為標準，並能均勻供給空氣配置之。且由於通常每日反沖洗一次，因此多孔管之直徑，以能避免被濾材阻塞之大小為宜。
2. 送風量依流入 1 kg BOD 0.9~1.4 kg O₂ 為標準。

7.6.5.3 反沖洗設施之設計考量

反沖洗設施及迴流水之考量如下：

1. 反沖洗設施包括空氣洗淨、空氣及水同時反沖洗。
2. 反沖洗原則以一天一次。
3. 反沖洗應有反沖洗水貯槽，並迴流至污水處理調整槽或初沉池。

解說：

1. 反沖洗為採強制的濾材洗淨，故採分空氣洗淨、空氣及水同時洗淨、水洗淨三段反沖洗為原則。通常兩槽輪流，並以處理水洗淨。其沖洗量如表 7.24。
2. 反沖洗原則上在過濾 24 小時，仍可獲良好水質之條件下，以定時器控制每天一次，並於流入污水量較少的時段進行。

表 7.24 好氧過濾池反沖洗條件

方式	反沖洗量($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)	洗淨時間(min)
空氣洗淨	50~60	2~4
空氣及水同時洗淨	50~60(空氣) 30~40(水)	1~2
水洗淨	40~60	3~5

3. 反沖洗排水原則上，於可貯存一次反沖洗排水容量之貯存槽貯存後，在不影響正常操作下定量排入污水處理調整槽。

4. 設計上應注意事項

(1)處理系統之考量

好氧過濾法為由初級沉澱池、處理反應槽及反沖洗水槽所組成，若因流量變動，將影響 SS 的去除，進而影響濾率，導致處理水水質降低或縮短過濾時間，增加反沖洗頻率等連鎖反應，因此應以能達到流量變化最小為原則。

(2)初級沉澱池

為防止因污泥蓄積，造成污水腐敗，進而影響處理機能，因此初級沉澱池構造以易於排泥為宜。

(3)反沖洗水之排除及攪拌

反沖洗水排除系統應在不淤積之下，順暢排除處理之。

反沖洗排水槽若需短暫儲留，由於需排至調整槽，其反沖洗水之 SS 一般約 200~500 mg/L，為防止沉澱，應有攪拌設備。

(4)散氣設備之阻塞

散氣設備有因生物系統或微小濾材造成阻塞之問題，應設法防止之。

7.7 固液分離及二級沉澱池

7.7.1 基本原理與特性

污水生物處理後，尤其是活性污泥處理，其自反應槽流出之處理水，含有濃度在 2,000~3,000 mg/L 的懸浮固體物(即為生物體的污泥)，必須藉沉澱池予以固液分離，並將分離後的 SS 濃度高約近 10,000 mg/L 的污泥迴流至反應槽，以達到進流水與污泥充分接觸，藉以淨化污水，另一部分沉澱的污泥則以廢棄污泥予以排出，另行處理，此一用以固液分離的設施，稱為二級沉澱池，其沉澱的對象在活性污泥系統，即為具膠凝性的污泥。但在生物膜法則為剝落顆粒狀污泥，與初級沉澱池以去除進流水中可沉澱性的有機物為主不同。

基本上，生物活性污泥沉澱為層沉降，層沉降是屬於阻滯沉降(Hindered Settling)的一種，污泥顆粒整團的沉降速度，較單顆粒或膠凝顆粒的沉降速度為慢，其主要原因，為污泥沉降時所取代出污水上升的速度，降低了污泥有效的下

降速度。

壓密沉降(Compression Settling)，主要是由於固體物濃度過高，使污泥顆粒互相堆疊在一起，且底部的污泥固體物撐著上層的固體物，此時上部顆粒因重力作用緩慢地下降，而將下層污泥中的水份擠壓出來。一般層沉降及壓密沉降，會發生在二級沉澱池及污泥濃縮池內。

另生物膜處理系統由於沒有迴流污泥，因之其自反應槽流出的處理水，其所含的固體濃度則較低，約 100 mg/L，而其污泥係自介質剝落之顆粒為主，而形成粒狀沉降之特性，有異於活性污泥法反應槽的流出水，而沉澱後的處理水 SS 雖低，但因有部分破碎細顆粒，致水質稍有混濁現象。

活性污泥生物處理過程所產生的污泥，需仰賴二級沉澱池沉澱去除，以獲得清澄的處理水，二級沉澱池在原理上與構造上與初級沉澱池相同，惟進流水中之欲沉澱物質，主要為有機物質較生污泥為輕，容易流出須加注意。

沉澱污泥量遠較初級沉澱污泥量為多，含水率約 98~99%，需有充分的排泥設備排泥。沉澱池刮泥機之刮泥速度，應比初級沉澱池小，且能調整速度者為宜。

7.7.2 二級沉澱池設計

7.7.2.1 二級沉澱池的設計負荷

二級沉澱池的設計負荷，依生物處理法而定。

1. 設計流量依最大日污水量設計之。
2. 水表面積負荷、有效水深、溢流堰負荷及沉澱時間，依生物處理法而定。
3. 設計時應檢討可能影響之因素。
4. 除需符合水表面積負荷外，也應檢核固體物負荷。
5. 充分檢討設計程序應考慮事項。

解說：

1. 二級沉澱池的設計流量，依設計最大日污水量，含污泥處理之濃縮分離液及脫離液迴流量。
2. 生物處理法，包括一般活性污泥法(高負荷)及(低負荷)之氧化渠及延長曝氣法等生物膜法，其設計負荷依處理方法而定。
3. 二級沉澱池主要機制為第三類層沉澱，其可能影響沉澱效果之因素，包括污水因素-污水內容、溶解物質、溫度、TSS、迴流污泥特性等及微生物因素-操作方法(缺氧/厭氧/好氧)、SRT、MLSS、溶氧等。
4. 二級沉澱池是為達成澄清出水和迴流污泥濃縮，設計時應考量足夠沉降時間，二級沉澱池之表面積除須符合水表面積負荷外，並須檢核固體物負荷，如表 7.25 所示。一般活性污泥法及生物膜法水表面積負荷，以最大日污水量 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，固體物負荷 $< 150 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 進行設計。

表 7.25 各種生物處理法二級沉澱池設計負荷

處理方法	一般活性污泥處理法 (高負荷)	氧化渠及延長曝氣法 (低負荷)	生物膜法
水表面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	20~30	10~15	20~30
有效水深(m)	3.5~4.0	3.0~4.0	2.5~4.0
溢流堰負荷 ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	<150	30~50	<80
沉澱時間(hr)	3~5	6~12	3~5

5. 二級沉澱池設計程序如下：

- (1)依據污水進流量特性，選擇水表面積負荷，以達到所需的出水水質。
- (2)依水表面積負荷率計算所需池表面積，並校核固體物負荷，同時應考量池槽停用(維護或修護)之需求。
- (3)選擇適當的池深度，提供固體澄清、濃縮和儲存。(一般需 0.6 m 供濃縮，1 m 的深度供緩衝，2.4 m 深供澄清)。如果晝夜或進流泵浦流量變化或峰值流量狀況超大(如大於 2:1)，則需要更多的緩衝深度。出水高至少約 0.5 m 高度。
- (4)設計配置合理的出水堰長度。考量消除出水結構附近之 MLSS 密度流影響，可視狀況於溢流堰前設置出水擋板。
- (5)依據池槽型式選擇污泥排除機制，可採犁式、螺旋曲線的刮泥葉片、鏈條和刮板或水力吸入系統等。
- (6)鏈條和刮板可選用通過樹脂化和減輕構件重量，來降低刮泥設備能耗，降低溫室氣體排放，圖 7.87 是全塑料刮泥機的結構示例。水池尺寸為寬 5.0x 長 35.0x 深 3.5m，使用 2 個水池和 1 個驅動器時，構件採金屬刮泥設備所需的電動機輸出力為 0.19 至 0.38 kW，但當引入輕質鏈條時，估計減少 0.06 到 0.12 kW。

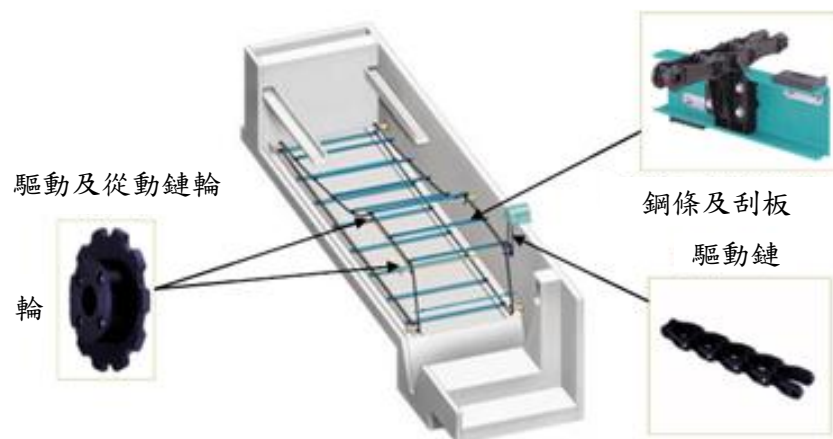


圖 7.87 長方形沉澱池設置樹脂等輕質鏈條跟刮板

(7)完成其他細節設計(刮浮渣設備、浮渣輸送或浮渣攔除設備。設置欄杆扶手和走道。設置排水渠蓋或藻類去除的機制，加強定期的壓力水刷洗。配置清洗用軟管架、照明和維修設備用之電源、救生圈和安全欄杆)。

7.7.2.2 二級沉澱池構造設計考量

二級沉澱池形狀、尺寸、池數、溢流堰、刮泥設備及抽泥設備，考量如下：

1. 池之形狀可為長方形、正方形或圓形，依其形狀為水平流或放射流。
2. 長方形池者，長寬比為 3：1 以上，其寬度依污泥刮泥機之長度而定。長方形池長度 25~60 m，出口端水深 3.5 m。圓形池直徑 10~40 m，周邊水深 4 m，但深度可酌予加深。
3. 池數原則為 2 池以上。
4. 應設置污泥刮泥機，其設置之池底坡度，圓形池及正方形池者 5/100~10/100，長方形池者為 1/100~2/100，並設置污泥斗，其坡度為水平角 60 度以上。
5. 採吸泥多孔管式池底坡度者，可採 5/100~6.5/100，採刮泥形式池底坡度者，可採 8.5/100~10/100，並應設置浮渣去除設備。
6. 必要時溢流堰及出水槽，應有防藻對策之考量。
7. 刮泥設備，在長方形池一般以鏈條刮板式，速度為 0.3~1.2 m/min。正方形或圓形池為迴轉式，其轉速為每小時 1~3 迴轉，圓形池其周邊刮泥速度為 3.0 m/min 以下。其速度以不攪動沉澱物揚起為原則。
8. 污泥可用水位差排放或以抽泥機排放，抽水機台數含備用 2 台以上。
9. 其他應考量事項，包括進流管、注水井、消能井、混凝井等，也應加以重視。

解說：

1. 池之形狀依處理廠規模、用地面積及處理廠各單元之配置而定，另池槽設計須考量下列幾點：
 - (1)池尺寸比例、直徑等，應考量污水水流之平均。
 - (2)池進流應具防止污水滯留、亂流及偏流功能。
 - (3)二級沉澱池內因為溫度、分層、污泥濃度因素，應注意密度流造成短流以致於影響出水水質，圓形槽或正方形池之出水可將出水槽設置於池內(如圖 7.88)。
2. 二級沉澱池之長寬比及長度，應配合刮泥設備之功能，池深度應考量固體澄清，濃縮和儲存所需深度。
3. 考量清潔、維護等不能進水之狀況，應設置池數 2 池以上。池槽得採單層及多層設置。
4. 二級沉澱池應設置污泥刮泥機，同時配合設備型式池底應有適當之坡度，長方形池排泥應設置污泥斗，為避免污泥堆積，應注意四面之坡度採水平角 60 度以上。刮泥機型式請參考第六章。其池底坡度吸泥多孔管式為 5~6.5%，刮泥形式為 8.5~10%為宜。

5. 為避免出水水質不佳，二級沉澱池應設置刮浮渣設備、浮渣輸送或浮渣攔除設備。
6. 部分區域出水水質會造成藻類孳生，造成排水水質或觀感不佳，可考量於溢流堰或是排水出水槽加蓋阻擋陽光照射，可減少藻類繁殖，或是設置藻類刷除裝置，或採定期壓力水刷洗。
7. 刮泥機設備應配合池槽形狀選擇。
 - (1) 刮泥機刮泥速度，以不攪動沉澱物揚起為原則。
 - (2) 長方形池槽之刮泥機，需要確認刮泥速度與迴流污泥量是否符合，同時需注意污泥停留於池內之時間是否過長。
 - (3) 圓形二級沉澱池之刮泥機除採刮板式外，如當採用直徑大於 20 m 以上時，為考量污泥濃度均勻、避免老化等因素，可選擇採用雙吸泥管如圖 7.89(1)，或多吸泥管式如圖 7.89(2)。
8. 二級沉澱池排泥包括迴流污泥及廢棄污泥。
 - (1) 多槽操作時為考量迴流污泥量及濃度之均勻，可將各沉澱池之污泥採 Telescope Valve(提流斯克閥，如圖 7.90)，其構造為上下套筒，有如望遠鏡可伸縮，當上套筒下降時，則可以水位差方法集中排至特定污泥槽內，再以迴流污泥抽水機、廢棄污泥抽水機輸送至後續流程，提流斯克閥之淨水頭差建議不小於 0.9 m；此外，須配合設置制水閥俾利維修時止水。另進入污泥井之管線前端可設置三通管延伸至地面，並設置壓力清掃口以利管線堵塞時清理。
 - (2) 規模較小的二級沉澱池(如：單池處理量小於 1,000 CMD)也可採抽水機直接抽取，應注意多池間抽取量及濃度之差異。

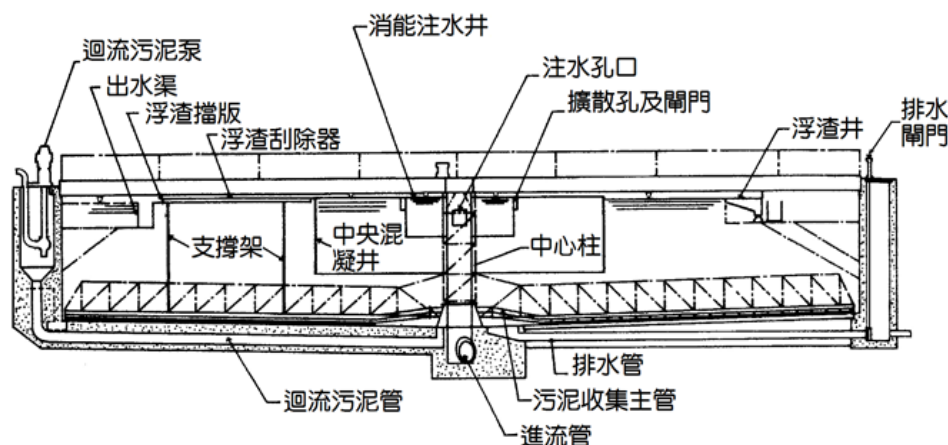
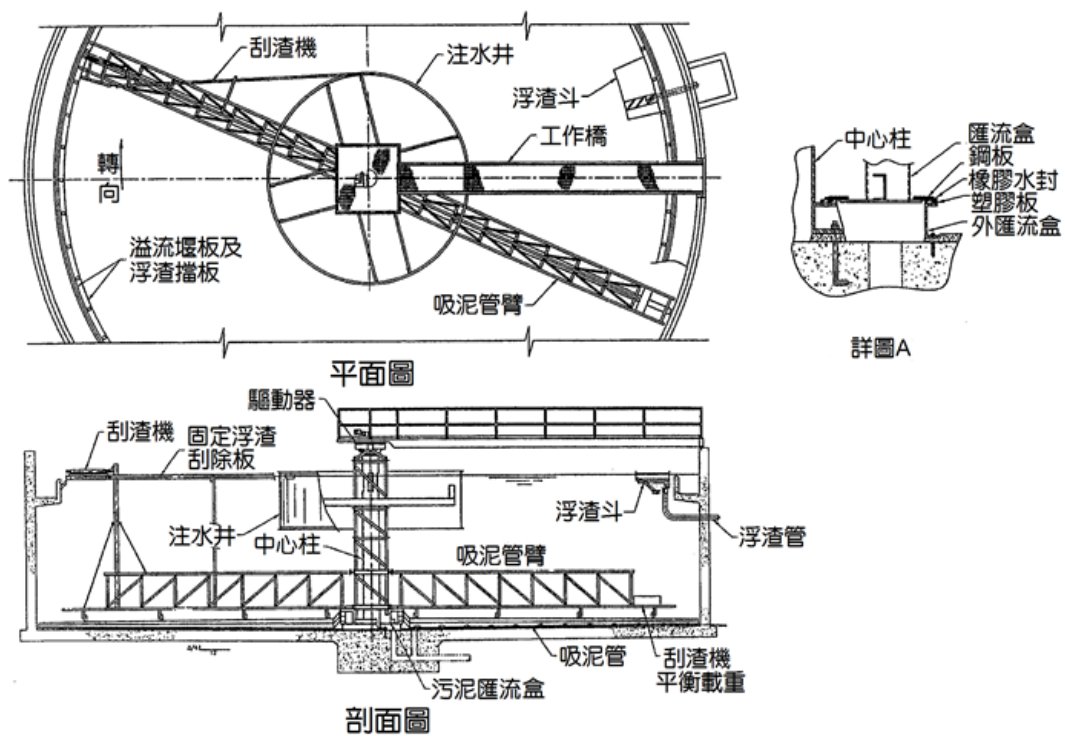
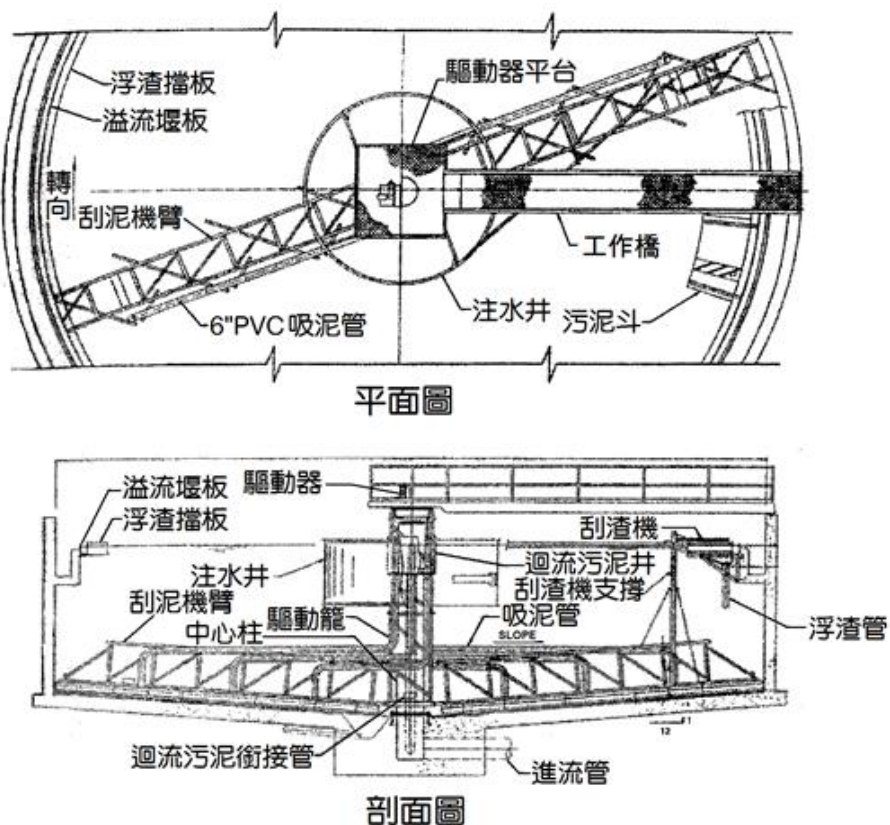


圖 7.88 圓形沉澱池出水渠設置於池內示意圖

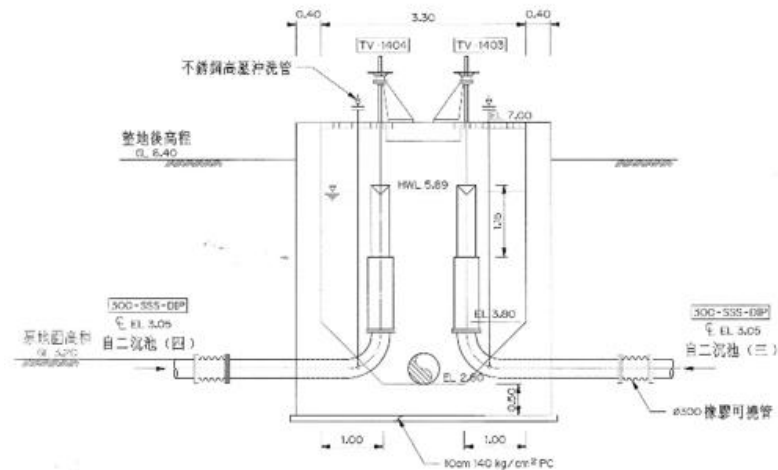


(1)圓形中央驅動半橋式雙吸泥多孔管沉澱池示意圖



(2)圓形中央驅動半橋式多吸泥管沉澱池示意圖

圖 7.89 圓形沉澱池設置吸泥管例



二沉池進流分水井剖面 B-B

圖 7.90 提流斯克閘示意圖

9. 其他設計上應考量事項，包括：

(1) 進流管

- ① 設計原則：管徑大小需使水中固體物保持懸浮，同時保持低流速，以避免污泥膠羽破壞及過大的水頭損失。
- ② 在一池停用時，進流管流速在尖峰流量及最大迴流污泥量時，不得大於 1.4 m/s (有的設計者採用更低之 0.7 m/s，以防止污泥膠羽破壞)。

(2) 注水井 (如圖 7.91)

- ① 初級沉澱池及固定膜生物反應槽之二級沉澱池：注水井直徑為沉澱池之 15 至 20%。
- ② 活性污泥反應池之二級沉澱池：注水井直徑為沉澱池之 20 至 25%。
- ③ 在不考量沉澱池直徑情況下，注水井直徑不超過 10 至 15 m。注水井向下流速限制在 0.7 m/min。
- ④ 在尖峰流量及一池停用時，注水井擋板頂端通常會高出水面，擋板頂端亦設有四個排渣開孔。
- ⑤ 注水井擋板底端浸水深為池邊水深之 25 至 50%。
- ⑥ 注水井擋板底端邊緣，須位在注水孔口底部約 0.3 m，以防止孔口水流低過注水井擋板而進入沉澱區。
- ⑦ 注水井擋板底部的圓柱型面積約等於注水井的截面積，以防止進入沉澱池底部的流速增加。(注水井底部空間深度為池邊水深減去注水井浸水深)。
- ⑧ 注水井擋板有的支撐在刮泥設備上，而隨著刮泥機而轉動，有的係支撐在橋下而固定不動。
- ⑨ 如注水井擋板支撐在橋下而固定不動，其注水孔口的方向須與排渣開孔錯開。

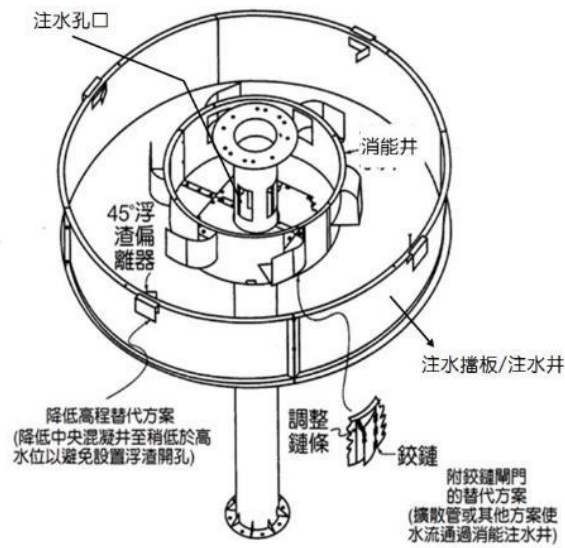


圖 7.91 注水井及消能井

(3)消能井

在某些廠的設計，因為考量懸浮固體到沉澱池時尚未完成形成膠羽，所以要提高沉澱池效能需要提供一個混凝區，有些做法是加大中心注水進流管徑，有些則是採消能井的做法，將水流分布到注水擋板內的區域。

① 尺寸

- 直徑：約為沉澱池直徑之 10 至 13%。
- 建議之停留時間：8 至 10 秒。

② 種類

- 可調整閘門。
- 曲型槽。
- 可調整雙閘門開孔(Central Weber,猶他州)。
- 多點擴散管(LA 洛杉磯市專利)。
- 消能混凝井(FEDWA)。

(4)混凝區：為注水孔口至注水擋板間之區域

① 僅擴大注水井，使形成混凝區。

體積：20 分鐘停留時間(依據平均日流量加上迴流污泥量)。

混凝區深度：少於池邊水深。

混凝區中設置膠凝機。

② 混凝區中設置消能井。

(5)混凝區中漂浮物之移除。

① 混凝區擋板上端與 V 型堰底同高程。

特點：流量大時，上澄液會稀釋混凝區的污泥以及縮短進流水的停留時間。

② 混凝區擋板高程可調整。

③ 固定式混凝區擋板配合高程可調整之堰板。

(6)進水方式

進水

進水分流孔

排水

浮渣刮除裝置

出水渠

隔牆

進水檔板

導流

沉澱

排水

刮泥

7.8 常見設計問題及考慮事項

1. 活性污泥池

- 151

拌機，必要時可設置一座污泥、污水混合井先予以降低 ORP，避免溶氧過高無法形成缺氧狀態。

- (6)為強化處理程序全廠脫硝能力及污泥系統濾出液處理，污泥脫水後之濾出液可送至生物曝氣池缺氧段增加碳源。
- (7)為達最佳消泡效果，建議消泡噴嘴高度應適當，且噴灑區域應充足。另為達節能減碳的目的，消泡噴嘴宜配合季節性之風向、污水攪拌曝氣之反應性，可做彈性調整，消泡水宜採用處理後之回收水再利用，廠內回收水加壓系統建議採用恆壓變頻控制方式。
- (8)考量初期低水量，採用除氮生物處理程序時，可於厭氧或缺氧池裝設曝氣設備，以利彈性調整操作模式。
- (9)生物反應槽建議依反應特性，於適當位置設置可即時掌握操作狀態之 DO、ORP 計等自動監測計，並直接呈現，惟建議操作人員於每日巡場檢查時，必須確實檢查維護，俾利於操作控制之穩定性。
- (10)現場監測儀器量測位置、深度不適當，將導致數值代表性不足；建議於重要點位設置監測設備(如 AO 系統好氧段出水渠道尾端)。

2. 鼓風機

- (1)鼓風機之裝置為便於巡檢及預防故障，建議每台鼓風機宜有操作狀態之電流值、振動值、電壓、軸溫、出口壓力及送風量之整體監視儀表配置。
- (2)鼓風機房應有防制噪音、通風及散熱之設計考量。
- (3)鼓風機進氣口宜設置在室外(亦有設計潔淨吸氣室之設計方式)，以確保進氣量充足；出口端直角彎管處應加裝洩水閥，避免水迴流至鼓風機造成損壞。
- (4)考量全廠節能之需求，可評估生物曝氣池與污泥好氧消化曝氣系統彈性調控。
- (5)建議鼓風機風量可視進流量、濃度及曝氣池溶氧做適當調整，可安裝變頻設備調整轉速、不同風量或控制閥開度之設計，以利輸出動力彈性調控。
- (6)鼓風機若採間歇操作者，建議調控各台運轉時數平均，且間歇啟停頻率勿過高，以免軸承損壞。

3. 二沉池

- (1)沉澱池建議進流端設置擋板，提高沉降效果；保持溢流堰平整及出水自由落水；加強堰板與結構密合度避免污水漏流或出水不均。
- (2)矩形沉澱池之電動浮渣收集開關應與浮渣收集管位置相近，利於同時觀察及操作。
- (3)浮渣刮板建議採用橡膠片而非塑膠片，可確保刮泥效果較佳。
- (4)浮渣井深度不宜過深或過淺，過深有浮渣累積惡臭問題，過淺有可能造成浮渣污水漫流問題，另排渣渠道不宜過長，可能造成收集浮渣堵塞。
- (5)矩形沉澱池刮泥機傳動鏈條建議設置鏈條偏移檢出裝置，以利管控鏈條偏移狀況，並能及早預警。
- (6)刮板行走速度需適當(約 0.6 m/min)，並配合排泥及浮渣收集操作模式進行

最佳化操作。

- (7)以沉水閘門控制排泥，無法觀察及調整濃度，建議可採用提流斯克閘，並設反沖洗設施，以預防污泥管堵塞問題。
- (8)排泥模式(頻率及抽送時間)需合理，避免間隔過久，造成污泥停留時間過長，污泥累積上浮及降低除磷效果。
- (9)污泥泵管線設計需留意避免停機時產生虹吸現象，且於設置污泥電磁流量計時，需考量若無法滿管時，檢測流量可能失真。
- (10)二沉池若採各期獨立迴流設計，等於各個生物系統各自獨立，操作控制上未必較具優勢，建議設置連通管以調節負荷不均時之需求，並配合適當操作，以維持生物系統之穩定。
- (11)圓型沉澱池周邊牆頂，應有適當寬度，以供操作管理人員做經常性溢流堰及集水堰清理之動線需求，以策安全。

4. 薄膜生物反應器(MBR)

- (1)操作維護單位應充分了解並建立薄膜基本資料，如孔徑、膜通量、操作壓力、維護更新程序。
- (2)膜操作參數宜可連線資料，建議彙整並可傳到中控進行管理及分析。
- (3)MBR 原廠所提供操作設定及監控程序，相關操作程序編輯及參數設定等，建議應取得必要之操作程序編譯授權，及便後續維護支援與整體處理整合。
- (4)膜壓力過高(>0.5 bar 或原廠設定值)或膜通量過低(50~150 L/m²-hr)時，建議應依原廠操作程序進行反洗。
- (5)反洗時間及頻率模式建議隨通量及膜阻力變化建立最佳化及標準化操作。
- (6)MBR 系統藥洗部分，建議參考通量及透膜壓力狀況決定藥洗時機。
- (7)反洗時，反應槽進水、排水及曝氣應同時進行，以防阻塞。
- (8)加蓋之膜濾池宜設置維護檢視開孔，以利觀察池內薄膜組件曝氣掃流均勻度變化。

第八章 水再生利用及三級處理

8.1 概說

近年來由於全球氣候變遷，降雨頻率及降雨量更加異常變化，造成旱澇加劇之趨勢，根據過去六十年統計，台灣地區不僅連續不降雨日數增長，不降雨日數也增加，且發生的間距愈短愈頻繁，洪旱交替頻率密集。根據經濟部水利署 2016 年統計顯示，乾旱週期由 17 年降為 9 年，導致旱者愈旱造成水資源嚴重不足，同時也造成豪大雨頻傳，每次豪大雨造成水源集水區嚴重沖刷，且影響坡地災害增大、增多，淹沒湖庫，清淤困難，影響水庫調節容量，也是造成水源不足原因之一。

基於上述兩大因素，傳統的水資源供應穩定度備受挑戰，而常有缺水問題，政府為長期改善供水穩定，擴大水資源利用來源，特於 2015 年制定「再生水資源發展條例」，並已公布實施。

依再生水資源發展條例第 3 條，再生水係指「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」，依上述條例定義，系統再生水係指下水道系統之廢(污)水或放流水，經處理後可再利用之水，明確界定系統再生水乃以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，供應水資源利用，另非系統再生水，則係指取自未排入下水道系統之廢(污)水或排放水，經處理後可再利用之水，皆以充裕水資源為目的。

根據經濟部水利署民國 108 年預估，至民國 120 年台灣地區再生水之需水量約 132 萬 CMD，其中系統再生水約 77 萬 CMD，非系統再生水約 50 萬 CMD，其他 5 CMD。

8.2 再生水的利用

再生水的利用，視再生處理後之水質或依使用端所要求的水質，提供各種不同的用途。用途包括：

(1) 澆灌與清洗用水

台灣地區夏天氣溫高蒸發量大，每年使用於維持都市綠化、公園綠地、行道樹及高速公路緩衝綠帶之綠化，其用水量相當大，若以再生水供應綠化所需之景觀澆灌用水，可利用水車或配管從污水處理廠直接取水利用。

另台灣地區之落塵量亦很高，為清洗街道，過去皆從消防栓取水以清洗街道，未來清洗街道或抑制揚塵均可以再生水替代之，以減少自來水之損耗。

(2) 工業用水

鄰近污水處理廠之工業區或工廠，其次級清洗用水或製程用水等，可自都市污水處理廠以專管輸送引用，除可穩定供水之水源外，亦可不受豐枯水期之影響，對水資源再生利用之效益及替代工業用水需求，具很大之助益。近年如鳳山污水廠之再生水供中鋼利用，台南安平污水廠之再生水供南科之台積電

利用，皆為具體再利用例。

(3) 沖廁用水

其利用污水處理放流水之目的，主要為確保水源，以防水源不足。而於社區開發同時，就配置中水道系統回收污水處理水之再生水做為沖廁用水。

(4) 農業用途用水

由於農業灌溉之用水量大，多為依賴不確定性水庫或河川取水，對於經常用水不足的地方，再生水可為一適當的替代水源，同時也為一種穩定的水源。

使用污水處理放流水做為灌溉用水，與一般的農業用水相同，且即使是枯水季也可供水，可避免因枯水而受害，但做為水田灌溉，一般需控制氮肥。

利用污水處理放流水引為灌溉利用，需要輸送水費用，但若抽送至主要圳道，並以處理水直接補充稻作氮肥，則輸送成本可因減少施肥而降低。污水處理放流水可灌溉，且甚具效益，一般一期稻作約需 90-100 公斤/公頃之氮肥，若利用處理水灌溉可減少氮肥施用量，即可減少施用化學肥料，也是減低稻米生產成本。

(5) 環境維持用水

環境用水為維持都市內溝渠之清流、池塘、公園水塘、噴水池及水簾等需水用途，以增進都市景觀之用水，可由污水處理廠將再生水抽送，充分達到環境與綠之增進效果。

其效益為維持都市內河川之生物棲息，沿河及公園周邊居民，享有水岸空間，利用污水處理放流水之效益和引入河川水相同。有關引用污水處理放流水為環境維持用水，對於引用水的水質應能合乎要求，但其引用之建設費及維護費，以能較經濟之條件為考量。

(6) 污水處理廠廠內用水及一般再利用

污水處理廠廠內用水，包括廠區之沖廁、澆灌等一般利用外，在污水處理廠處理程序上用水量約處理水的 5%，包括抽水機水封、消泡用水、脫水機濾布清洗水、泡藥用水及清潔用水等，皆可使用再生水，以節約用水。

8.3 再生水利用評估

台灣西部區域擁有全世界最高密度之工業區與大型用水產業，於枯水期其承受之缺水風險最高，將大型污水處理廠之放流水再生供作其第二水源，將有助於穩定工業生產，產生最大效益，目前國內水資中心再生水利用之供水量及用戶對象如圖 8.1 所示。

污水處理水再利用，將可達到都市內水資源的有效利用。又都市內因河川污染或下水道建設而欠缺流量之溝渠，若將水資源再生廠放流水引入，以增進流量，提供市民水遊樂等水岸活動，或將處理水引至大廈提供廁所沖洗用水之利用或都市內澆灌植生等。此外，配合新社區開發時設置二元供水系統，以再生水替代非飲用之都市用水，亦為水再生極大效益之展現，皆為水循環及水再利用之措施。

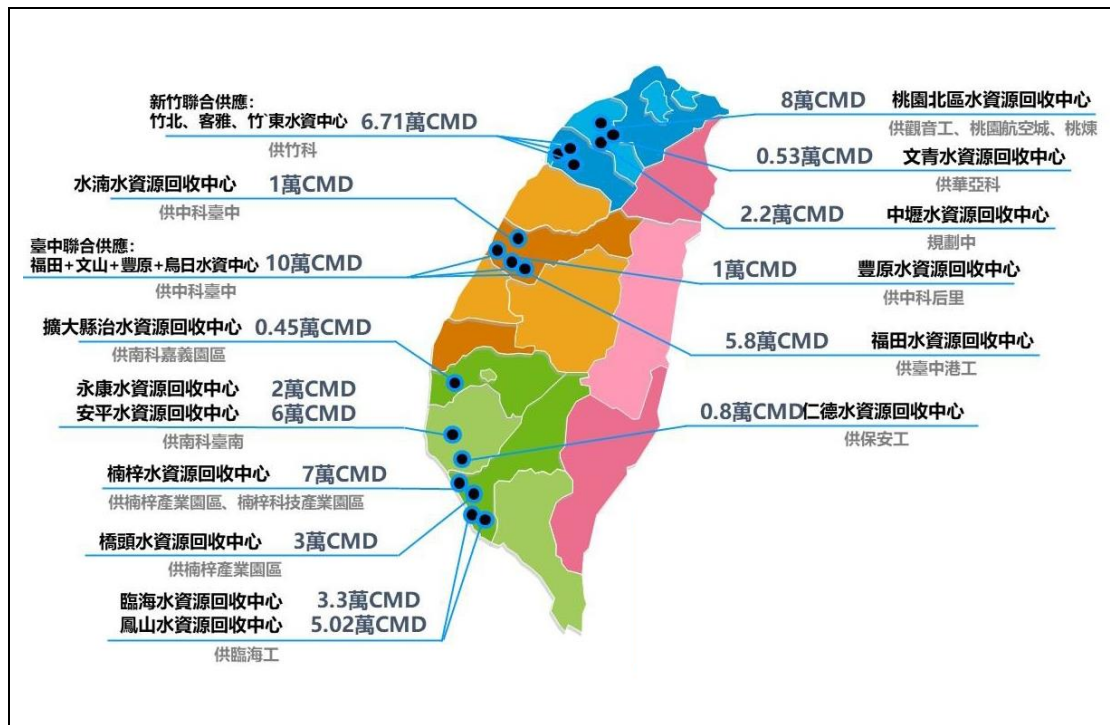


圖 8.1 國內水資中心再生水供應量及用戶需求

8.3.1 污水處理放流水再生利用策劃

在策劃污水處理廠處理放流水再生利用時，應注意之項目包括：

1. 對利用者不造成障礙。
2. 應具合理性、安全性及經濟性。
3. 依再利用條件檢討水再生計畫。

解說：

1. 對利用者不造成障礙

放流水的再利用，乃原來由自來水供水的一部分，以再生水替代供應，因之所供應的水，對於利用者多少會有些排斥感，尤其一般污水處理放流水，多有色度、微臭味等問題，依需要必須有適當的再生設備淨化之。又處理水及再生水，比起自來水容易腐蝕、積垢、產生軟泥等，造成供給水的問題，因之再生處理設施、輸、配水設備及再生利用設備，以及其構造和材質，皆應加以適當的考量因應之。

2. 應具合理性、安全性及經濟性

污水處理水再生利用之整體系統的選擇，對於其合理性及經濟性應充分考量，且因污水處理放流水中含有大腸桿菌及一般細菌，故於策訂再利用計畫時，對於人體衛生的安全性，更應加充分注意。

為獲得良好的再生水，除上述之外，更應注意再生水處理系統的操作管理，並有明顯的標示以防止誤接、誤飲等安全管理。

3. 依再利用條件檢討水再生計畫

應根據再生水的用途、再生水使用量、各種用途之目標水質以及循環系統

等策訂再生水利用計畫。其策劃之流程如圖 8.2 所示。

再生水之基本條件，除需符合維持安定之再生水水質外，且必須對人體健康衛生上無礙，對設備管線不造成腐蝕阻塞等，並對使用者不造成不快感，同時做為用水需保有應有之清澈條件。在這些必備條件中，對於人體健康上的重視，更應高於對設備及衛生器具功能之問題，故衛生上之問題更應慎重考量。但成為再生水之條件必須有多式各樣之因子，且此等水質項目互有關連，必須加以綜合考量，包括：

- (1)衛生上之問題：大腸桿菌群、餘氯量。
- (2)清澈上之問題：外觀、濁度(或 SS)。
- (3)不快感之問題：臭氣。
- (4)污染上之問題：BOD、總氮、氨氮、pH。
- (5)供水系統不造成障礙：結垢、軟泥的形成。

為克服上述之問題，水質指標項目，應以大腸桿菌群、餘氯量、外觀、濁度(或 SS)、臭氣、BOD、pH、氨氮為水質指標項目。

在規劃再生水為工業用水之水源時，核心關鍵在於再生水之用途，不同用途將影響技術之選擇，當然，水質特性與再生水之成本效益，亦為決定水再生利用系統時所必須考量之因子。於各類再利用之用途中，以工業使用具最大效益。工業利用以用於冷卻用水為最普遍之用途，而製程用水需求，則依各產業特性而異，其中亦存在許多應用之機會與潛力。

再生水利用於冷卻用途時，需考量之問題，包括冷卻系統的結垢(Scaling)、腐蝕(Corrosion)及生物滋長堵塞(Biofouling)等。結垢主要是碳酸鈣及磷酸鈣所造成，而腐蝕可藉由 TDS、氯、銨鹽之管制而控制，對管材之選用應加注意。生物滋長則是冷卻水營養物質(BOD₅、氮及磷)過多所造成。

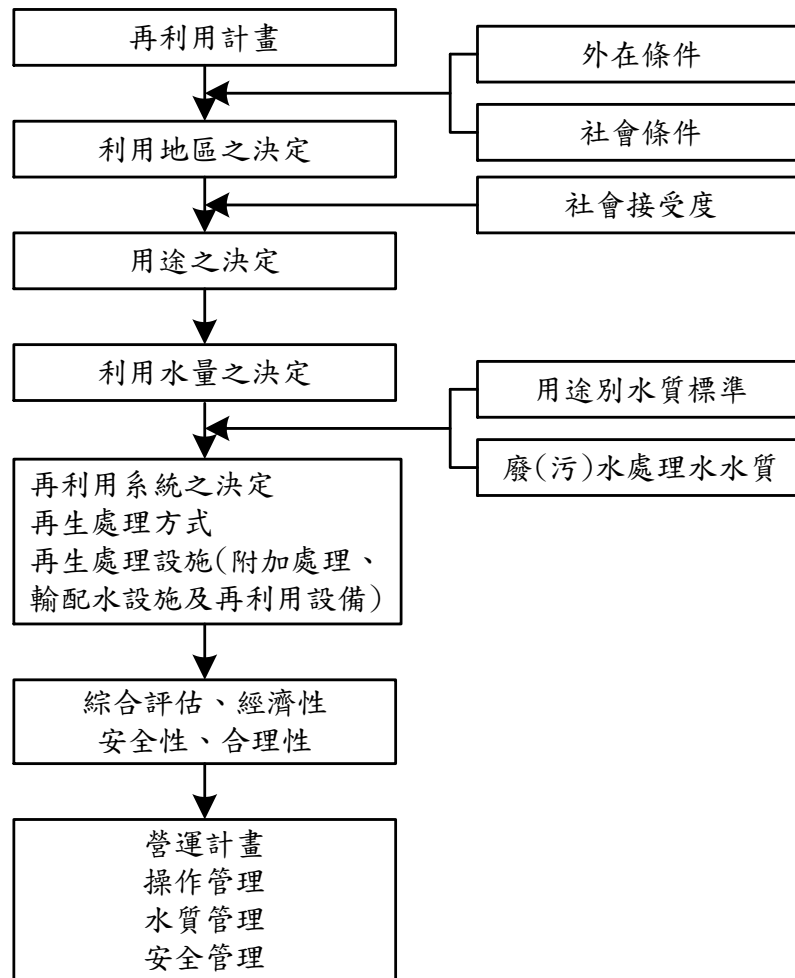


圖 8.2 策訂再生水利用計畫之流程

8.3.2 三級處理

污水處理水之三級處理，依處理水用途，考量處理方法。

解說：

一般污水處理程序上，以篩除及初級沉澱等去除固體物者稱初級處理。活性污泥法及生物膜法等生物處理稱二級處理。接續於二級處理程序之後，以進一步提升水質為目的之處理，稱為三級處理(Tertiary treatment)，若污水未經二級生物處理。而直接處理至同三級處理之水質者，稱為高級處理(Advanced treatment)，其目的包括提升公共水域水質或再利用。

無論三級處理或高級處理，迄今其處理方法尚未定形化，依所要求處理水水質，有各種不同處理方法，有時則因經濟條件，而限定其處理方法，但近年來因處理水再利用之需求，而漸重要。

經濟條件為選定三級處理的重要因素，因在獲得良好處理水水質之同時，會消耗多量的藥物及電力等，同時也可能對環境造成影響。若處理水需回收再加利用，應先考量用途及所需水質條件，在可能範圍內以較經濟的處理方法為宜。

三級處理之目的、去除物質及處理方法，如表 8.1。過去三級處理去除物質中之氮、磷，皆已併入生物處理去除，而不另行處理，因之不再列入為三級處理之對象物質。

表 8.1 三級處理之目的、去除物質及處理方法

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，臭氣氧化，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
		微 生 物 細菌，病毒	滅菌，消毒

資料來源：日本下水道協會「下水道施設計画・設計指針と解説」2019 年版

8.3.3 水再生處理物質及處理程序

污水處理水再生處理程序之選擇，依處理水殘留成分及再生水利用水質要求，決定再生處理技術。

解說：

污水處理水再生處理，係依污水二級處理水水質及處理水再利用水質之要求，評估各種不同的處理程序或單元，一般三級處理原水水質(即為二級處理後尚未經消毒的處理水)，如表 8.2，為污水處理廠二級處理的放流水水質。而因應二級處理水放流水水質所殘留的成分，其水再生技術，依污染物的特性，而有各種處理單元，如表 8.3。

8.3.4 再生水利用水質

再生水利用水質依用途別之水質規定或建議值決定之。

解說：

經濟部公告之再生水水質標準及使用遵行規定，如表 8.4。經濟部水利署也訂有再生水用於工業用途水質基準建議值，如表 8.5。行政院農委會也於 92 年 11 月 7 日公告「灌溉用水水質標準」，如表 8.6。農委會亦於 109 年公告放流水排入農田水利設施者，其農業灌溉水質基準值。

表 8.2 三級處理原水水質(二級處理水後尚未經消毒之水質)(例)

項目	濃度	項目	濃度	項目	濃度
水溫	21.6°C	Cl ⁻	65 mg/L	NH ₄ ⁺ -N	12.35 mg/L
濁度	6.3 NTU	總鐵量	0.25 mg/L	SO ₄ ²⁻	60.8 mg/L
色度	17 度	FDS.	340 mg/L	PO ₄ ³⁻ -P	1.77 mg/L

pH	6.9	V.DS.	134 mg/L	DO	2.9 mg/L
電導度	571(μS/cm)	SS	7.4 mg/L	一般細菌	3,200 個/mL
鹼度	104 mg/L as CaCO ₃	BOD	15.7 mg/L	大腸桿菌	2,100 個/mL
總硬度	122 mg/L as CaCO ₃	COD	26.8 mg/L	原生動物	517 個/mL
鈣硬度	91 mg/L as CaCO ₃	ABS	0.66 mg/L		

表 8.3 水再生技術單元處理對象污染物

放流水殘留成分	水再生技術單元							
	過濾	微濾/超濾	吸附	氧化	逆滲透	電透析	離子交換	消毒
1. 無機性及有機 懸浮固體與膠體 • 懸浮固體 • 膠體	● ●	● ●	● ●		● ●	● ●	● ●	
2. 溶解性有機物質 • 總有機碳 • 難分解有機物 • 揮發性有機物			● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	●	
3. 溶解性無機物質 • 氨 • 硝酸鹽 • 磷 • 總溶解固體物					● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	●
4. 生物性成分 • 細菌 • 原生生物及孢子 • 病毒	●	● ●	●		● ● ●	● ● ●	●	● ● ●

表 8.4 再生水水質標準及使用遵行水質規定

用途		景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵使用
水質項目	單位	限值
pH	-	6.0~8.5
總有機碳	mg/L	10 以下
氨氮(以氮計)	mg/L	10
餘氯	mg/L	結合餘氯 0.4 以上。且自由餘氯 0.1 以上
濁度	NTU	最大限值 5 以下
大腸桿菌群	CFU/100mL	200

資料來源：105 年 10 月 17 日經濟部公告再生水水質標準及使用遵行辦法

表 8.5 再生水用於工業用途水質基礎建議值

一、製程及鍋爐用水用途

項目	單位	建議最大容許量	
		製程用水	鍋爐用水
pH	-	6.0~8.5	7.0~9.0
濁度	NTU	2	
總有機碳(TOC)	mg/L	5	
總溶解固體(TDS)	mg/L	150	
導電度	μS/cm	250	
總硬度	mg/L as CaCO ₃	50	
氯鹽	mg/L	20	
硫酸鹽	mg/L	50	
氨氮	mg/L	2	
硝酸鹽氮	mg/L	10	

二、冷卻用水用途

項目	單位	建議最大容許量
pH	-	6.0~8.5
濁度	NTU	4
總有機碳(TOC)	mg/L	10
總溶解固體(TDS)	mg/L	500
導電度	μS/cm	800
總硬度	mg/L as CaCO ₃	400
硫酸鹽	mg/L	250
氨氮	mg/L	10
二氧化矽	mg/L	25

資料來源：經濟部，107 年 6 月 28 日公告「再生水用於工業用途水質基準建議值」。

表 8.6 灌溉用水水質標準

項目	限值
水溫(°C)	35
氫離子濃度指數(pH值)	6.0—9.0
電導度EC($\mu\text{S}/\text{cm}25^\circ\text{C}$)	750
懸浮固體物SS(mg/L)	100
溶氧量DO(mg/L)	3以上
氯化物Cl ⁻ (mg/L)	175
硫酸鹽SO ₄ ⁻² (mg/L)	200
總氮量TN(mg/L)	3.0
陰離子界面活性劑(mg/L)	5.0
油脂(mg/L)	5.0
鈷Co(mg/L)	0.05
銅Cu(mg/L)	0.2
鉛Pb(mg/L)	0.1
鋰Li(mg/L)	2.5
錳Mn(mg/L)	0.2
汞Hg(mg/L)	0.002
鉬Mo(mg/L)	0.01
鎳Ni(mg/L)	0.2
硒Se(mg/L)	0.02
釩V(mg/L)	0.1
鋅Zn(mg/L)	2.0
鈉吸著率SAR(meq/L) ^{1/2}	6.0
殘餘碳酸鈉RSC(meq/L) ^{1/2}	2.5
鋁Al(mg/L)	5.0
砷As(mg/L)	0.05
鈹Be(mg/L)	0.1
硼B(mg/L)	0.75
總鉻Cr(mg/L)	0.1
鐵Fe(mg/L)	5.0

*資料來源：行政院農委會 92.11.07 公告「灌溉用水用水質標準」。

農委會對於申請許可排放於農田水利設施範圍內之非農田排水者，需依據「農田灌溉排水管理辦法」第 20 條，其排放水質須符合灌溉水質基準值之規定，水質基準值可分為管制項目限值及品質項目限值，整理如表 8.7。若為申請搭排經許可者，其水質應符合管制項目限值；而申請搭排於下游具引灌需求之渠道者，其水質不得超出品質項目之限值；另申請搭排於下游不具引灌需求之渠道者，其水質應符合放流水標準。

表 8.7 農業灌溉水質基準值規定(農委會 109 年公告)

項目類別	項目	單位	灌溉水質基準值
品質項目	溶氧(DO)	mg/L	3.0
	導電度(EC)	μS/cm	750
	懸浮固體(SS)	mg/L	100
	氯鹽(Cl ⁻)	mg/L	175
	硫酸鹽(SO ₄ ⁻²)	mg/L	200
	氨氮(NH ₃ -N)	mg/L	3.0
	鈉吸著率(SAR)	meq/L	6.0
	殘餘碳酸鈉(RSC)	meq/L	2.5
	油脂	mg/L	5.0
	陰離子界面活性劑(MBAS)	mg/L	5.0
管制項目	鉛(Pb)	mg/L	0.1
	砷(As)	mg/L	0.05
	總鉻(Cr)	mg/L	0.1
	鎘(Cd)	mg/L	0.01
	汞(Hg)	mg/L	0.002
	銅(Cu)	mg/L	0.2
	鋅(Zn)	mg/L	2.0
	鎳(Ni)	mg/L	0.2
	pH	-	6.0~9.0

註：1. 考量環境地理、水域特性及農業生產條件，其灌溉水質視為背景值，得不受本表之限制。

2. 主管機關於受理申請搭排時，得視實際需要納入全部或部分品質項目管制。

8.4 三級處理種類及程序設計

8.4.1 三級處理種類

污水經二級處理後，如需加強去除水中之殘存懸浮固體物、膠體物質、總磷及其他微量物質時，得設三級處理。污水三級處理以快濾法、活性炭吸附法、薄膜分離法及細篩機為主。

解說：

1. 快濾法主要去除二級處理放流水中殘留之 SS，併同時去除 SS 中所含之有機物、磷、氮化物等。說明如下：

(1)快濾法係將二級處理後殘留之懸浮固體物，藉濾料之附著或攔截功能加以去除。污水經二級處理後，通常含有以 5~20 mg/L 微生物膠羽為主之懸浮

固體物，如將此等懸浮固體物去除，則可獲得較澄清之處理水。

(2)另外在以除磷為主之處理過程，伴隨著懸浮固體物之去除，更可達到穩定的除磷效果。

(3)依臺北市迪化污水處理廠之水質資料，二沉池出流水經快濾處理後之回收水水質，懸浮固體物平均約可自 22.6 mg/L 降至 9.6 mg/L 左右，驗證二級處理水經快濾處理後，可大幅降低懸浮固體物。

2. 活性碳吸附法，可有效去除二級處理放流水中尚殘存之溶解性有機物、微量色素及臭味等。

(1)活性碳吸附，主要係藉由一種可逆作用之凡得瓦力原理，將水中物質加以分離。當溶液中所含溶質與活性碳間的吸引力，大於溶質與溶液間之吸引力時，溶質將被吸附於活性碳表面上與溶液分離。

(2)活性碳顆粒表面具有許多毛細管，吸附作用即發生於這些毛細管內表面及活性碳顆粒表面。

3. 薄膜分離法，係利用各種不同孔徑之薄膜，以加壓之方法，將水與水中膠體物質、微細固體物，甚至離子態物質予以分離，確保水質可達污染減量或回收再利用之要求。薄膜分離法常用者，包括微過濾(MF)、超濾(UF)、奈米過濾(NF)及逆滲透(RO)。水中常見的殘存污染物及處理法，如圖 8.3。

4. 用於二級處理水三級處理之細篩機可參考第 3.3.3 節之(3)。

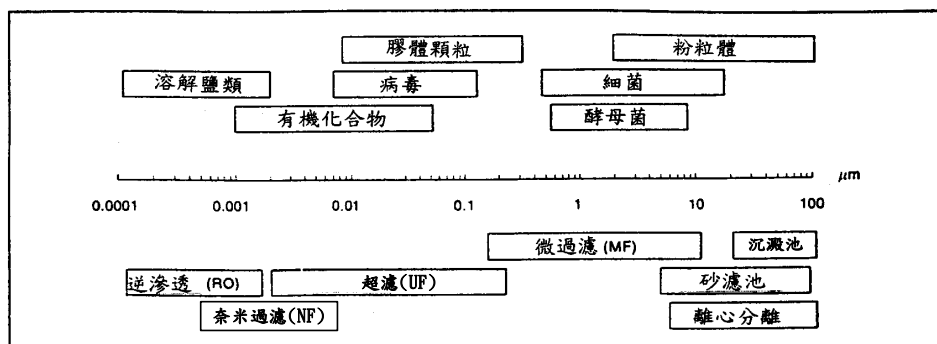


圖 8.3 水中常見污染物與處理方法

8.4.2 快濾法過濾設計

快濾法之設計，其設計於考量下列決定之：

1. 需考量進流水質條件與出流水質要求，並擇定過濾方法與濾料種類及配置，以達成水質淨化的目標。過濾池每一池的面積以 80 m^2 為上限，以求反洗之均勻性。過濾方法依流向或流速來區分，可概分為向上流、向下流及高速過濾等不同方法。
2. 過濾速度依過濾水之水質、懸浮固體之去除能力及持續過濾時間等因素而定。
3. 過濾單元的反沖洗頻率、反沖洗方法(以空氣或過濾水洗淨濾層)、所需設備與管線等，皆需併同本單元考量。反洗方法可分為：水反洗、水反洗加水

表面洗、水加空氣反洗以及水、空氣反洗加水表面洗等不同形式。

解說：

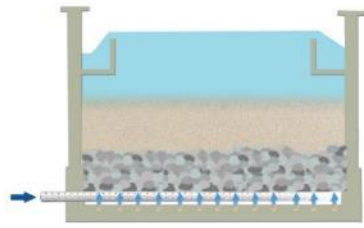
1. 快濾法的設計，需視進流水質與所需處理之水質，慎選其過濾方法與濾料的搭配。除水質要求外，尚需考量到可設立之空間、操作便利性、操作成本等因素，再搭配過濾方法來配置反沖洗之設備與管線。各種過濾方法之濾層組成及其設計最大過濾速率，如表 8.8。

表 8.8 過濾設計參數一覽表

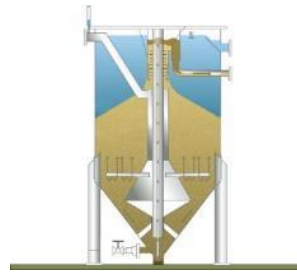
過濾方法		濾層之構成	最大過濾速率 (m/d)
向 上 流	重力式	• 由較粗之砂構成 1.5~1.8 m 之濾層。 • 濾層之表面下方 10 cm 處設置鋼製格子。 • 濾料有效粒徑 1~2 mm，均勻係數 1.4 以下。	300
向 下 流	重力式 或 壓力式	• 由層厚比例 0.6 以下之砂及無煙煤所構成之二層過濾池。 • 無煙煤之有效粒徑以 1.6~2 mm 為準，且為砂有效粒徑之 2.7 倍以下。 • 無煙煤及砂之均勻係數應儘可能為 1。 • 無煙煤及砂構成之濾層厚度為 60~100 cm。	300
高 速 過 濾	壓力式	• 由纖維粒、球、片或絲構成濾層。 • 有效濾層為 1.0~1.5 m。 • 纖維濾料材質可為 PP 或 PE 或 PS。	720~1,200

- (1) 向上流式過濾法，主要係將原水導入濾池下方，經過濾石、濾砂、無煙煤等濾料過濾後，於上方收集之一種過濾方法。目前市面上較常見之連續反洗式砂濾設備亦屬此種方法，如圖 8.4 所示。
- (2) 向下流式過濾法，主要係將原水導入濾池上方，經過無煙煤、濾砂及濾石等濾料過濾後，於下方收集之一種過濾方法，一般重力式快濾或慢濾池皆屬此種型式，另外根據進流型式及出流收集型式，目前市面上尚有 V 型濾池、走橋式、綠葉式、韋氏(或稱惠勒式)、多孔磚、透水板、多孔管及集水器等不同型式，如圖 8.5 所示。
其中走橋式連續過濾設備，主要特色在於可以連續運轉、自動反洗及低水頭等，惟此類設備多屬具專利之設計。進流水經由重力下流至濾床並經底部濾水版進入濾後水通道隔間。每一個通道隔間都可藉由走橋上相關設備進行反沖洗，而單一通道反沖洗時，其他通道可繼續過濾。
- (3) 高速過濾法，主要係將原水導入一壓力容器，利用加壓方法增加過濾速率，使原水經過濾砂、纖維及其他各種特殊型式之濾料等過濾後，於上方或下

方收集之一種過濾方法，如圖 8.6 所示。

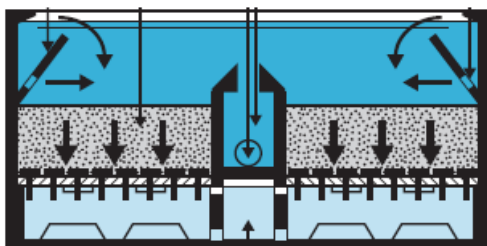


(a)傳統向上流形式快濾池

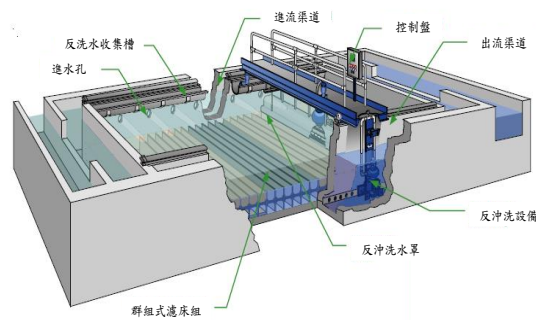


(b)連續反洗砂濾設備

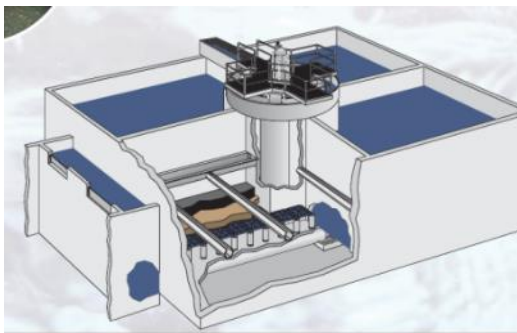
圖 8.4 向上流式過濾法



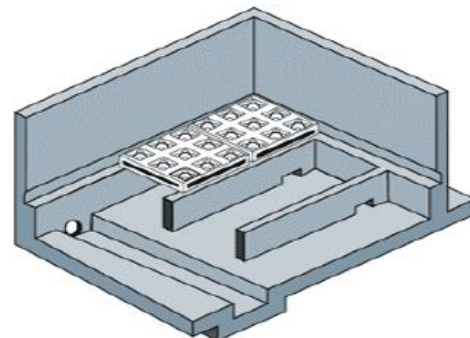
(a)傳統向下流形式快濾池(V 型濾池)



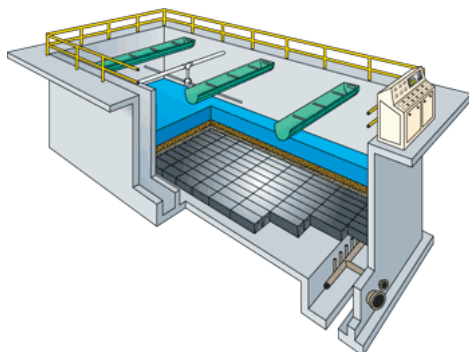
(b)其他向下流形式快濾池(走橋式)



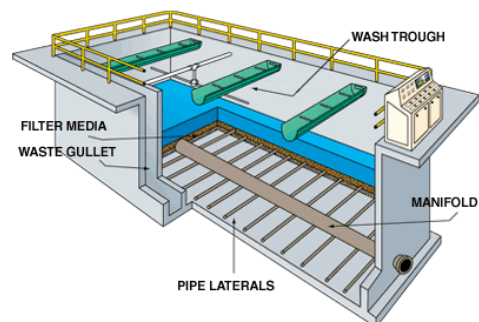
(c)綠葉式快濾池



(d)韋氏(惠勒式)濾床



(e)多孔磚濾床



(f)多孔管濾床

圖 8.5 向下流式過濾法

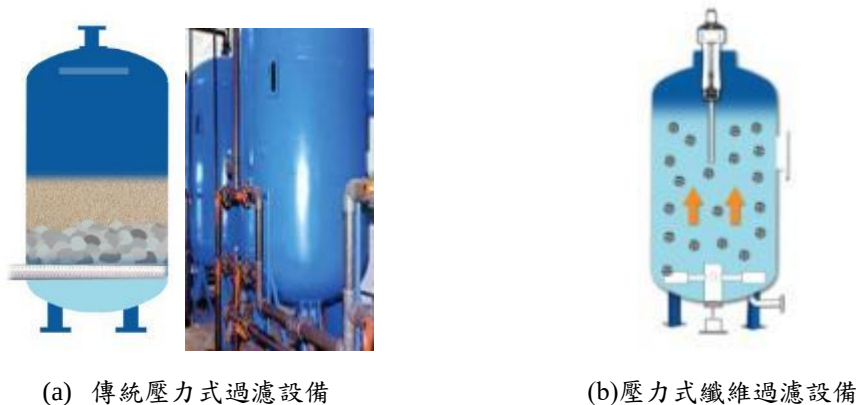


圖 8.6 高速過濾法

2. 濾層組成與最大過濾速率與濾料型式、粒徑、組成、濾程及水質等相關，上表所示資料為典型參考值，實際濾層及過濾速度應考量過濾前後水質，以試驗或實廠運轉數據作為最後所需設計規格。針對過濾與反沖洗方法的決定與設計，設計前若能針對所選用的濾料與過濾方法，獲得實驗規模的測試或模廠測試資料，將可達成未來操作維護的最大效率。
3. 過濾反沖洗系統主要區分為(1)表面水洗裝置的水清洗法(2)空氣清洗法(3)結合空氣/水的清洗法。針對(1)(2)的方法，若採向下流的過濾方法，在反沖洗時需要使濾料得以流體化，方得使濾層中的雜質可以去除乾淨，如圖 8.7。流體化過濾濾速，如表 8.9。空氣與水反沖洗步驟與濾速，如表 8.10。

表 8.9 流體化反沖洗濾速一覽表

濾層種類	濾料採用粒徑 (mm)	流體化所需最小反沖洗速率 ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$)
單一濾料(砂)	2.0	1.8~2.0
雙層濾料(無煙煤+砂)	1.5 (無煙煤) 0.65 (砂)	0.8~1.2
多層濾料 (無煙煤+砂+石榴子石)	1.4 (無煙煤) 0.5 (砂) 0.35 (石榴子石)	0.6~1.2
纖維濾料	28~30 mm	0.4~0.6

* 1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 5th edition, 2014

2.上述之反沖洗速率範圍乃基於特定濾料粒徑數，設計者需依照所選用之濾料決定反沖洗速率。

表 8.10 空氣與水反沖洗之步驟與濾速一覽表

濾料	濾料特性		反沖洗步驟	反沖洗速率($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$)	
	有效粒徑 (mm)	均勻 係數		空氣氣洗 (20°C)	水洗
砂+無煙煤	0.6(砂) 1.5(無煙煤)	1.4	1 st —氣洗 2 nd —氣洗+水洗 3 rd —水洗	1 st —0.8~1.6 2 nd —0.6~1.6	2 nd —0.3~0.5 3 nd —0.6~0.9
砂	1.0	1.4	1 st —氣洗+水洗 2 nd —水洗	1 st —0.8~1.3	1 st —0.25~0.3 2 nd —0.5~0.6
砂	2.0	1.4	1 st —氣洗+水洗 2 nd —水洗	1 st —1.8~2.4	1 st —0.4~0.6 2 nd —0.8~1.2
無煙煤	1.7	1.4	1 st —氣洗+水洗 2 nd —水洗	1 st —1.0~1.5	1 st —0.35~0.5 2 nd —0.6~0.8

*1.本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 5th edition, 2014

2.上述之反洗速率範圍乃基於特定濾料粒徑與均勻係數，設計者需依照所選用之濾料決定反沖洗速率。



(a)水洗加表面洗形式



(b)水洗加空氣洗形式

圖 8.7 反沖洗方法

8.4.3 活性炭吸附法設計

活性炭吸附，以去除二級處理水中之有機物、色度及臭味為目的，其設計於考量下列決定之：

1. 活性炭吸附設備，分為固定床及流動床。一般多使用並聯多段床或多段直列固定床，其構造與快濾池相同，並必須定期洗淨。
2. 三級處理所用之活性炭，可為椰子殼、木材、煤炭等原料經高溫碳化者，形狀可為粉狀、粒狀或纖維狀，直徑約 1~5 mm。
3. 對於吸附飽和的活性炭而言，可藉由化學氧化、溶劑洗滌或生物轉換等再生程序再生。選用活性炭之種類及量，過濾之線速度(向下流 5~10 m/hr，向上流 10~20 m/hr)、容積速度，依原水水質而異，應依實驗結果決定之。
4. 上述實驗，可以等溫吸附曲線及管柱法，來決定處理該種污水所需的活性炭容量與反應槽容積。

5. 活性炭吸附能力降低時，應進行再生或更換新碳。

解說：

1. 因活性炭原料及製造方法之不同，其吸附特性亦異，故其選擇和設計應依吸附實驗決定之。

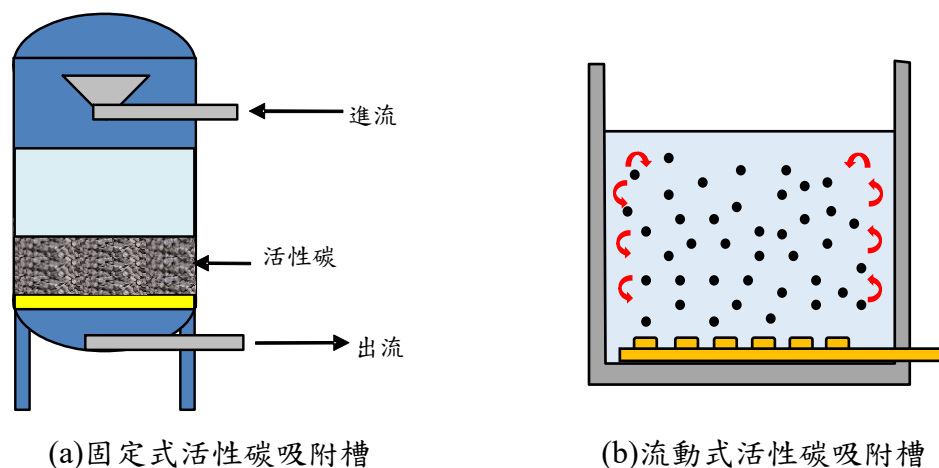


圖 8.8 活性炭吸附法示意圖

2. 對於常用於污水處理的活性炭種類，包括粒狀活性炭(GAC)與粉狀活性炭(PAC)，一般採用粒狀活性炭為主，其基本特性如表 8.11 所示。

表 8.11 粒狀活性炭基本資料表

參數	單位	活性炭種類
		GAC
總表面積	m ² /g	700~1,300
密度	kg/m ³	400~500
顆粒密度(含水時)	kg/L	1.4~1.5
顆粒粒徑範圍	mm	0.1~2.40
均勻係數	-	≤1.9
平均孔徑	Å	16~30
碘值	-	600~1,100
磨損值(最小)	%	75~85
灰分	%	≤10

*1. 本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 5th edition, 2014

2. 上述活性炭資料將會依材料製程與來源而有所改變。

3. 活性炭再生與再活化：對於吸附飽和的活性炭而言，可藉由化學氧化、溶劑洗滌或生物轉換等再生的程序，將吸附物質趕出，使活性炭得再進行吸附作用。而再活化的用意，乃當活性炭失去吸附的能力後，可藉由加熱的程序，使其活

性碳再具有吸附的活性。

4. 等溫吸附方程式：一般等溫吸附方程式，包括 Freundlich、Langmuir 及 Brunauer, Emmet, Teller(即 BET isotherm)，茲就較常用的前二者做介紹。

(1) Freundlich isotherm：

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(8-1)$$

式中：

x/m ：單位吸附劑(活性碳)可吸附的吸附質(污染物)(mg/g)

K_f ：Freundlich 容量因子

C_e ：吸附質的平衡濃度(mg/L)

$1/n$ ：Freundlich 強度參數

(2) Langmuir isotherm：

$$\frac{x}{m} = \frac{abC_e}{1+bC_e} \dots\dots\dots(8-2)$$

式中：

x/m ：單位吸附劑(活性碳)可吸附的吸附質(污染物)(mg/mg)

a, b ：經驗常數

C_e ：吸附質的平衡濃度(mg/L)

- (3) 粒狀活性碳反應器設計：針對較常用的粒狀活性碳反應器，可以質量平衡的觀點寫成以下的方程式。另設計參數如表 8.12。

5. 當活性碳之吸附能力降低時，應再生或更換新碳；通常粒狀活性可進行再生，粉狀碳可再生或廢棄。惟再生設備造價昂貴，且操作維護不易，目前多數污水處理廠並不設置再生系統，而交由合格廠商進行再生或廢棄處理。

表 8.12 粒狀活性碳反應槽設計參數表

參數	單位	設計值
體積流率	m ³ /hr	50~400
空床體積	m ³	10~50
斷面積	m ²	5~30
反應槽深度	m	1.8~4
孔隙比	m ³ /m ³	0.38~0.42
活性碳使用密度	kg/m ³	350~550
流速	m/h	5~15
有效接觸時間	min	2~10
空床接觸時間	min	5~30
設定可操作時間	day	100~600

*1. 本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 5th edition, 2014

2. 上述設計參數將會依活性碳規格與水質而有所調整，設計者需詳細依照進出流水質、水量來評估與設計反應器。

累積量=進流量-出流量-吸附量

在穩態下，即

$$M=QC_0t-QC_e t-M_{GAC} \cdot q_e \dots\dots\dots(8-3)$$

式中：

Q：流量(L/hr)

M：累積量(mg)

C₀：吸附質初始濃度(mg/L)

t：時間，hr

C_e：吸附劑最終平衡濃度(mg/L)

M_{GAC}：吸附劑質量，mg

q_e：平衡後吸附相的濃度比值，mg 吸附質/mg 吸附劑

8.4.4 薄膜分離法設計

薄膜分離法的使用，在於去除水中膠體物質及微細固體物，甚至是離子態物質。其設計於考量下列參數決定之：

1. 薄膜設備之型式，可分平版式(Flat Sheet)、中空纖維式(Hollow Fiber)、螺旋式(Spiral wound)或管狀式(Tubular form)。薄膜材質可分有機性及無機性，一般用於污水處理者採有機性，主要有聚丙烯(Polypropylene)、纖維二醋酸酯(Cellulose acetate)、芳香族聚酰胺(Aromatic polyamide)及複合薄膜(Thin-film composite)等。
2. 薄膜的使用選擇，可依驅動力與孔徑區，分為微濾(Micro-Filtration, MF)、超濾(Ultra-Filtration, UF)、奈米過濾(Nano-Filtration, NF)及逆滲透(Reverse Osmosis, RO)四種。設計時可依進出流水質與水量需求，選擇所需的處理程序。
3. NF 與 RO 的設計，由於其過濾孔徑甚小，若直接採原水過濾容易造成阻塞，故需設置前處理單元。
4. 前處理單元的設置是否可達薄膜前處理需求，可用 SDI(Silt density index 淤泥阻塞指數)加以評估。

解說：

使用薄膜處理程序，需要注意以下之設計因子。

1. 薄膜種類之選擇(RO、NF、UF 或 MF)，乃根據其分離機制與孔徑大小來定義之，一般分類如表 8.13 所示，而其參數如表 8.14 所示。
2. 操作壓力與通量：適當的操作壓力與通量，可以確保出流水質與所需的產水率，如表 8.15 參數作為設計考量。
3. 薄膜阻塞：可區分為進流水物質於膜面阻塞、於膜面化學沉澱的形成、化學物質對膜面的損害。對於操作階段薄膜阻塞的預防，需以控制進流水質，設置必要之前處理單元、定時膜面水洗或氣洗之反沖洗、定期酸洗或鹼洗等方法進行設計。設計前若有模廠操作數據，則對於該薄膜之操作行為、反洗頻率與壽命

等更可加以掌握。

表 8.13 薄膜種類特性表

薄膜種類	分離機制	操作結構	操作範圍
微濾(MF)	篩分	大孔徑 ($>50\text{ nm}$)	$0.07\sim 2.0\mu\text{m}$
超濾(UF)	篩分	中孔徑 ($2\sim 50\text{ nm}$)	$0.008\sim 0.2\mu\text{m}$
奈米過濾(NF)	篩分+溶液/擴散+排斥	微孔徑 ($< 2\text{ nm}$)	$0.0009\sim 0.01\mu\text{m}$
逆滲透(RO)	溶液/擴散+排斥	極微孔徑 ($< 2\text{ nm}$)	$0.0001\sim 0.002\mu\text{m}$

註： $n=10^{-9}$ ， $\mu=10^{-6}$

表 8.14 薄膜應用於污水處理之操作參數

薄膜技術	操作壓力 (KPa)	通量 ($\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$)	薄膜材質	薄膜型式
微濾 (MF)	34~200	40~60	聚丙烯、丙烯晴、尼龍、聚四氟乙烯	螺旋式、中空纖維、平版式
超濾 (UF)	68~350	40~60	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維、平版式
奈米過濾 (NF)	700~1400	14~20	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維
逆滲透 (RO)	800~1900	14~20	纖維二醋酸酯、芳香族聚酰胺	螺旋式、中空纖維、複合薄膜

*本表整理自 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering 5th edition, 2014

*本表適用於水質 TDS 濃度為 800~1,200 mg/L

4. 前處理需求：對於 NF 與 RO 的設計，由於其過濾孔徑甚小，若直接採原水過濾容易造成阻塞。因此，前處理單元的設置是必須的，並依照下列選擇前處理單元之搭配。

(1)二級放流水需以化學沉澱、多層濾料過濾或 UF 薄膜先行去除膠體物質與顆粒。

(2)餘氯(Cl^-)對薄膜的傷害甚大，因此，處理水進入薄膜前，需以還原劑先行去除之。

(3)鐵、錳的去除可降低膜面積垢。

(4)pH 值需被控制在 4.0~7.5 間，以免造成膜面積垢。

5. 淤泥阻塞指數：上述前處理單元的設置，是否可達薄膜前處理需求，故可用 SDI(Silt density index 淤泥阻塞指數)加以評估。阻塞指數必須以簡單的薄膜測試行之，需以孔徑 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 及直徑 47 mm 的濾紙(Millipore filter)，在 $2.1\text{ kg}/\text{cm}^2$ 的操作壓力下測試之，測試時間為 15~120 分鐘不等。SDI 之計算如下所示。

$$\text{SDI} = 100 \times [1 - (T_i - T_f)] / T \dots\dots\dots(6-4)$$

式中：

T_i 為收集初始水樣 500 mL 所需時間(min)

T_f 為收集後端水樣 500 mL 所需時間(min)

T 為總測試時間(min)

採用逆滲透(RO)薄膜時，進流 SDI 以小於 5 為原則。

處理程序：有關薄膜處理流程，如圖 8.9 所示。設計者可依需求將前處理單元、串聯式薄膜或並聯式薄膜程序、加藥系統等整合進入設計資料中。另表 8.15 為一般都市污水二級放流水經微濾/超濾薄膜過濾之產水水質。

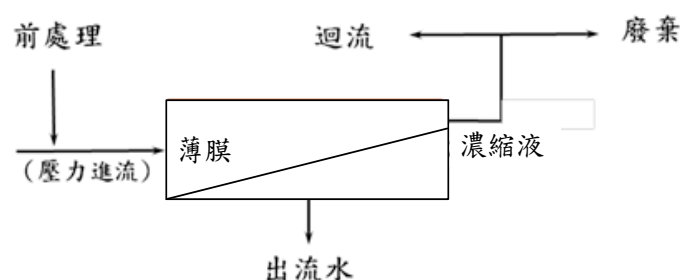


圖 8.9 薄膜分離法示意圖

表 8.15 都市二級放流水經薄膜處理後之水質例

項目	MF 膜/UF 膜處理水	RO 膜處理水	備註
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	為提高消毒效果，pH 不宜降至 8.0 以下
大腸桿菌群數 (CFU/mL)	未檢出	未檢出	
濁度(NTU)	1 以下	1 以下	
真色色度	15 以下(添加混凝劑)	1 以下	
BOD	3 以下	1 以下	
COD	10 以下	1 以下	
MBAS	0.3 以下	0.05 以下	
TDS	二級處理水相同	14~138	
鹼度	二級處理水相同	6~13	
硬度	二級處理水相同	1~18	
氯離子	二級處理水相同	8~35	
總氮	二級處理水相同	0.7~7.9	
總磷	未添加混凝劑則與二級處理水相同	0.03 以下	
	添加混凝劑則 0.04~0.2		

資料來源：下水道學(2022 年版)P.460。

備註：表中未列單位者，除 pH 及真色色度外，餘為 mg/L。

8.4.5 活性污泥膜濾系統(MBR)設計

1. 目前生產 MBR 薄膜模組公司產品，主要可分為中空纖維模組及平板模組兩類。
2. MBR 是於曝氣池上加裝薄膜模組組合而成，薄膜依孔隙大小主要可分 MF (Microfiltration，微濾)及 UF (Ultrafiltration，超濾)兩類選用，操作時利用透膜壓力，將活性污泥混合液過濾而得到濾出水。
3. 為維持 MBR 系統操作穩定，需進行適當之前處理。
4. 沉浸式 MBR 系統之曝氣量除曝氣槽所需風量外，另須考慮維持膜組掃流作用，以防止膜之積垢阻塞時所需要的空氣量。
5. 在薄膜洗淨裝置方面，可分為反沖洗水洗淨、藥液注入洗淨以及藥液浸漬洗淨等三類。
6. MBR 清水試車運行後不可讓膜乾燥，因為膜乾燥後會產生疏水化現象，穿透能力會下降。

解說：

1. 中空纖維薄膜模組因單位體積所含薄膜面積較大，在大型污水處理廠實際應用案例上較多；平板模組則因操作維護容易，多應用於小型污水處理設施。
2. MBR 操作時利用透膜壓力，將活性污泥混合液過濾而得到濾出水，無須設置快濾單元，此外，曝氣池活性污泥微生物，也因無法穿透薄膜而被留在生物反應池中，故無需再設置二沉池，可減少污水處理廠用地面積。
3. 公共下水道污水處理廠，皆透過廣大收集管線作為污水調節設施，故多未設計調節池單元，但若採用 MBR 處理程序時，可考量設置調節池，以維持 MBR 系統穩定操作；而在前處理單元，除進流攔污柵單元外，必須設計沉砂除油裝置及細篩機：
 - (1)沉砂除油池主要依據直徑 0.2mm 砂粒可去除 95%之效率來設計，必須配置油脂去除之裝置，通過去除油脂及浮渣，可防止這些物質沉積在細篩機上，避免細篩機之過濾面積縮小且產生堵塞及臭味，而增加過濾水頭及清理之人力負荷。
 - (2)在 MBR 處理程序之細篩機中，設計原則須考慮：
 - A. 若前段未設置調節定量出水泵時，儘可能利用重力水頭進入細篩機，以降低操作運轉費用。
 - B. 設置細篩機之前段進流渠道及後段之出流渠道，儘可能維持同一渠道之直線段，且渠內流速不得小於 0.5m/s。
 - C. 由於細篩機因篩網孔徑或篩柵距離較小，容易因篩渣未能及時去除而造成水位上升，故設計時渠道設計出水高應考量於水力計算之最高水位再增加 0.5m 以上。
4. 在沉浸式 MBR 系統中，曝氣的作用除提供曝氣池足夠氧氣給微生物外，並可促進薄膜系統之擾動與減緩積垢之發生。曝氣系統除考量生化作用需求外，亦

須設計一定曝氣量，以維持膜組掃流作用，進而防止膜之積垢阻塞，膜清洗時所需要的空氣量，隨膜組件種類、廠牌及型號不同而有所變化，曝氣量不當會導致膜的破損或污堵，宜依原廠進行試車後所設定空氣量操作。此外，除利用曝氣系統維持膜組掃流作用外，需設置循環泵達到水循環掃流，來防止膜之積垢阻塞。另外為了解膜積垢或是否因毛髮或纖維纏繞造成功能異常，需於設計時考量吊裝設備，並留有式當空間可讓模組定期吊裝至池外檢視。

5. 膜洗淨原則如下，需另參考原廠操作維護手冊建議進行設計：

- (1) 在反沖洗水部份，建議以每 10~15 分鐘為一循環，以 10 分鐘為例，每抽 9 分鐘的過濾液，即用反沖洗水洗淨 0.5 分鐘。
- (2) 藥液洗淨部份，一般有機性積垢，可用 12% 或者是數百到 5,000 mg/L 的次氯酸鈉溶液清洗，無機性積垢，則可用鹽酸、草酸或檸檬酸溶液清洗，藥洗量約為 $1\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 左右，藥洗時間為 2 小時，其藥洗頻率可依濾膜壓差決定，當壓差到達 15~30kPa 時即可進行，一般從每週一次到每四個月一次不等。
- (3) 有關藥洗設備設計應考量如下：
 - A. 各藥槽之容量須配合各膜組清洗之需求用量進行設計，經常性操作之藥品量以可滿足 15 天操作為原則。
 - B. 藥槽以室內配置為佳，各藥槽間須設置圍阻溢堤，其所圍阻之體積至少須大於藥槽之貯存容積。
 - C. 藥槽區、加藥區及加藥管溝均須進行防蝕塗刷。
 - D. 於加藥區附近須設置緊急淋浴洗眼器及給水栓含快速接頭。
 - E. 藥液管線須以不同顏色標示名稱及加藥方向，補充藥品之快速接頭須集中設置一處，底部須設置防漏裝置。

8.5 常見設計問題及考慮事項

水再生利用及三級處理於細部設計時，應考慮未來施工面及操作面之銜接，以利現場工作之推動，建議考量事項如下：

1. 砂濾系統

- (1) 砂濾系統最好可經常性(定期或不定期)操作，如操作後停用時間過久，過濾桶內容易長青苔或粘菌，不易清除。
- (2) 砂濾系統設計時，其濾層過濾速度建議依流入水及處理水水質、SS 去除能力及過濾持續時間決定。

2. 活性炭吸附法

- (1) 活性炭的性質，依細孔大小之分布、活性炭之粒度及活化再生之方式等而異，又被吸附物質，對於水之溶解度、分子的大小、pH 濃度、溫度等不同，活性炭之吸著力亦不同。因此活性炭處理裝置設計時，建議先進行吸附實驗，做為設計依據。
- (2) 固定層吸附槽內填充粒狀活性炭過濾，由於處理水之懸浮物沉積於活性炭層表面，通水阻力增大需進行反沖洗，設計時建議設置表面沖洗設備以破

壞表面之泥球。

3. 薄膜分離系統

- (1)若有 RO 再生水處理程序時，二級處理水建議先經混凝沉澱、MF 等處理後，再調整 pH 等，並選擇合適的薄膜處理。
- (2)依薄膜通量求出膜面積，並求出膜組數，而薄膜通量為重要設計因子，無法用理論計算，建議依實驗求出之。

第九章 污水消毒處理及放流

9.1 概說

一般生活污水經二級或三級處理後，雖可減少部分致病菌，然而為確保水質能夠完全符合排放標準或回收之要求，於二級處理後或三級處理前後，採用適當的消毒處理為必要的處理方式。

處理水之消毒，除消毒水中之致病菌外，尚有氧化水中有機物質之作用。一般使用之消毒劑，包括氯化物、臭氧等。另對於小規模處理設施或位於自來水水源保護地區之處理廠，則可考慮採用紫外線消毒或臭氧消毒，其中以紫外線消毒較為普遍。由於經濟上的理由，大多數污水處理廠多以使用氯化物消毒為主，並以使用次氯酸鈉溶液最為普遍。小規模污水處理廠，也有使用次氯酸鈣(氯錠)或次氯酸鈉溶液者，但因安全考量，近年來紫外線消毒也漸漸受到重視。

處理水經消毒可符合放流水排放標準後，除可部分回收再利用外，於放流時，應考量不得影響承受水體下游水質之利用，因此放流水質中之餘氯量應妥善控制，放流設施亦需要完善的設計。

依目前放流水標準之規定，污水消毒處理之目的，係將處理水中的大腸桿菌群數降低至 200,000 CFU/100 mL 以下。以提高處理水的安定性為目的時，消毒處理主要多以氯鹽消毒為主，但若放流水體下游有自來水水源，或處理水有再利用計畫時，原則上須考慮到餘氯之安全問題，此時可檢討使用紫外線消毒或臭氧消毒之適宜性。消毒方法選擇時，應依污水處理廠之特性選擇之，如表 9.1。

表 9.1 消毒方法之適合特性

消毒方法 污水處理廠特性	氯消毒		紫外線消毒	臭氧消毒
	次氯酸鈉	固體氯錠		
適合規模	中、大	小	小、中	中、大
現場安全管理	重要	中	小	中
對水體生物影響	有	有	無	無
接觸及反應時間	長	長	短	長

9.2 氯消毒

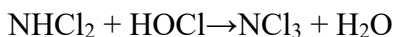
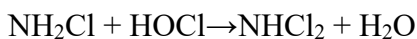
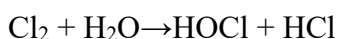
氯不僅對生物有毒，對人體也甚具毒性，尤其在常溫常壓下呈氣體狀，一旦外洩不易收回，對人畜會造成很大的傷害，因此加氯設備之安全性甚為重要，萬一外洩應立即處理之。

氯亦具有抑制臭氣及分解硫化氫之作用，硫化氫與氯的作用為瞬時反應，不須長時間接觸，同時氯也具有降低 BOD 的效果。

氯消毒有可能與水中有機物結合生成三鹵甲烷，為具毒性之物質，且具有致癌之潛能，因之放流水設在自來水取水口上游之處理廠，應避免用氯消毒。

9.2.1 氯消毒理論

氯注入水中後，氯與污水中氮之反應如下式：



在氯與氮之反應過程中，氯之注入量與氮氮之減少，並不成一定比率的關係。注入污水中的氯量、餘氯量及氮氮量間的關係，如圖 9.1 所示。

圖 9.1 之 B 點稱為折點(Breakpoint)，加氯至該折點之法，稱折點加氯法。

在上述反應中所產生之 NH_2Cl (一氯胺)及 NHCl_2 (二氯胺)，雖具殺菌力，然而比起 HOCl 之殺菌力則甚小。為使氯能達到完全消毒，氯之加入量必須增加至折點為止。因此理論量為污水中氮氮之 7.6 倍，但實際上需要 8~9 倍之氯量。

在污水處理上，除經濟上之理由外，為避免危害放流水域之水棲生物，一般加入量都選用低於折點以下之加入量。

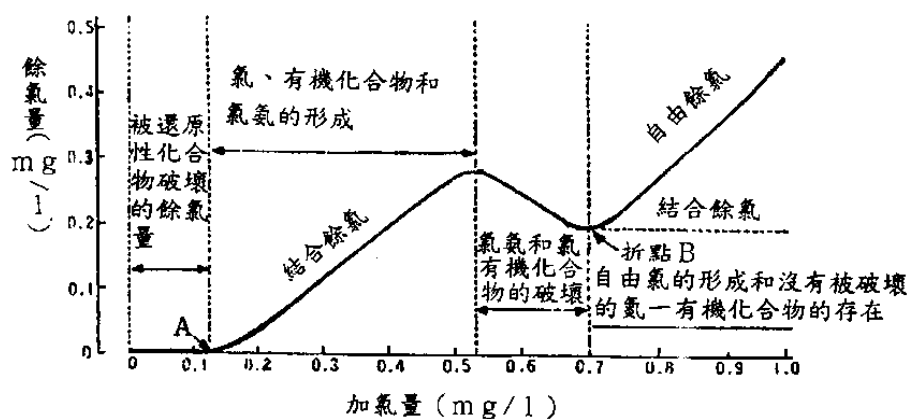


圖 9.1 氯加入量和餘氯量

9.2.2 必要加氯量

污水中病原性微生物一般以大腸桿菌群數為指標，其主要理由為糞便所含細菌之中，大腸桿菌群較其他病原菌為多，對於消毒又較其他病原菌稍具耐性，故可從大腸桿菌群知道病原菌之污染狀況，藉以推測消毒效果。污水中存在之細菌，一般而言，細菌數約 $10^5 \sim 10^7$ 個/mL，大腸桿菌群數約 $10^3 \sim 10^6$ 個/mL，腸球菌數約 $10^2 \sim 10^5$ 個/mL 左右。污水處理過程中細菌之去除率，如表 9.2 所示。

消毒處理之程度，依放流水域之水體水質利用需求或狀況而定，如自來水、遊憩用水、魚貝類養殖等消毒處理程度各有不同。

加氯於處理水中，一部分氯被存在水中的有機性物質及還原性無機物質所消耗，故並非全部氯都作為殺菌之用。氯之消毒效果，依污水水質、接觸時間、混合狀況、溫度及氯注入率而異。一般各種污水消毒所必要的加氯量，如表 9.3 所示，依表中之加氯量，通常可產生 0.2~1.0 mg/L 之結合餘氯量，處理水中大腸

桿菌之去除率則可達到 99.9%。目前污水下水道放流水標準中大腸桿菌群數為 200,000 CFU/100 mL。

為控制進流水可能因腐敗而產生硫化氫等臭氣，亦可於污水流入口進水抽水站前，添注含氯溶液，以防臭氣產生。而為控制濃縮槽的臭氣，亦可於濃縮槽添加次氯酸鈉溶液，其量約 8~15 mg/L，視臭氣濃度而定。

表 9.2 處理方法及一般細菌去除率

處理方法	細菌去除率(%)
細篩處理	10~20
沉澱法	25~75
標準活性污泥法	90~98
生活污水直接加氯處理	90~95
二級處理水加氯處理	98~99

表 9.3 各種污水之加氯量

污水種類	加氯量(mg/L)
生活污水	7~12
腐敗生活污水	12~25
初級沉澱池流出水	7~10
二級處理水	2~8
砂濾池處理水	1~5

9.2.3 氯消毒設計

氯消毒有氯氣消毒、次氯酸鈉或二氧化氯消毒，由於氯氣消毒有其安全性問題，在污水處理上幾乎皆以次氯酸鈉消毒為主，唯在小規模污水廠，也有以氯化鈣即氯錠來消毒之案例。

9.2.3.1 次氯酸鈉消毒設計

次氯酸鈉消毒設計考量如下：

1. 設計污水量，以計畫最大時污水量設計，消毒目標以達到大腸桿菌群數 200,000 CFU/100 mL 以下為目標。
2. 加氯消毒量是以維持放流水中結合餘氯量 0.2~1.0 mg/L 來添加次氯酸鈉。
3. 接觸槽之容量，依計畫最大時污水量至少 15 分鐘之水力停留時間決定之，並具有可排空以供清洗之考量。

解說：

1. 用以做為接觸反應槽之消毒設施，其設計容量以計畫最大時污水量設計之，並以能達到放流水標準大腸桿菌群數 200,000 CFU/100mL 以下為目標。

2. 不論是採用次氯酸鈉或二氧化氯等不同之消毒方法，為使水中大腸桿菌群低於 200,000 CFU/100 mL 之目標，宜維持水中結合餘氯於 0.2~1.0 mg/L 之範圍，因此放流水餘氯量應納入水質檢測計畫中。消毒藥劑之加氯量(即注入率濃度)，應根據表 9.3 之加氯量(注入率濃度值)，並視採用消毒劑之種類及溶液濃度加以換算之。除傳統採用之次氯酸鈉消毒外，二氧化氯(ClO_2)是一種較新型之強氧化性殺菌劑，也是污水處理、醫療衛生、食品加工、環境保護、自來水、工業循環用水等領域中殺菌、消毒、除臭及降解 BOD、COD 的理想氧化劑，同時具備藥效長、不破壞環境等特點。
3. 氯劑加入後，將會被污水中有機物質及還原性無機物所消耗，因此所注入之氯劑，並非全數作為殺菌使用。氯劑之消毒效果係受污水性質、接觸時間、混合程度、環境溫度及氯劑注入率等因素所影響。為提升消毒效果，設計時應採最大時流量，其接觸時間最低採用 15 分鐘，處理水之流速在 0.2 m/秒以上，並須使氯劑充分混合與接觸。氯接觸槽的形狀，以狹長型為佳，若受地形限制，可於長方形槽中設置繞流牆(版)以增加流程，且池底應有可排空繞流之配置。為增加氯劑與污水之混合與接觸，一般多會設計混合裝置。所謂混合裝置係指注入氯劑後有助於與污水混合、接觸之設施，如接觸槽或放流管渠等，如在放流管渠內可確保具有充分之接觸混合時間時，接觸槽亦可全部或部分省略。

9.2.3.2 次氯酸鈉加藥量及加藥機之設計

次氯酸鈉消毒，其加藥機及反應槽設計考量如下：

1. 次氯酸鈉加藥量之設計，依處理水量、氯加藥率、有效氯濃度及次氯酸鈉溶液之比重設計之。
2. 加藥機採用隔膜式或磁驅離心式為原則，其容量及台數依水量與水質變化決定之，至少應有一台以上之備用加藥機。
3. 次氯酸鈉溶液之注入，可採壓力式或重力式注入。

解說：

1. 次氯酸鈉消毒其加藥量依下式計算：

$$VR = Q \times R \times \frac{100}{C} \times \frac{1}{D} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(9-1)$$

式中：

VR：加藥量(L/hr)

Q：處理水量(m^3/hr)

R：氯加藥率(mg/L)

C：有效氯濃度(%)(10~12%)

D：次氯酸鈉溶液之比重(有效濃度 C%時約 1.2)

2. 一般加藥設施，應採用可調整流量之設備及設計。為避免進流污水量突增或機械效能降低等原因，加藥機設備之加藥容量，可視需要採用平常操作量 1.2~1.6 倍加以設計，唯加藥機之容量設計，亦須考量初期低流量負荷或設計流量

時之正常操作。另為避免設備故障，或大腸桿菌超出標準而污染環境，設計時應同時設置備用加藥機組設備予以因應。

隔膜式加藥機，係採用富彈性且抗腐蝕材質之薄膜於一密閉之壓力室內，利用氣動或電動方法推動薄膜，使薄膜進行壓縮動作，將藥劑定量吸入及送出之型式。另外磁驅離心式係利用電磁原理，在不與葉輪接觸之情形下，以磁力帶動葉輪，將藥劑以離心方法送出之型式。由於電磁驅動方法並不直接以驅動軸連結葉輪，因此無須於驅動軸與泵浦室之間設置軸封，故亦稱為無軸封泵浦。另因本型式可避免藥劑自軸封處洩漏，因此亦常作為一般化學藥劑之加藥使用。以上不同型式之加藥機原理示意圖，如圖 9.2。

3. 次氯酸鈉之注入方法，可採泵浦(pump)注入、噴射注入或吸入式(ejector or injector)注入及重力式注入等型式。採用重力式注入之型式，則應具有適當之高低位差，以利藥劑注入，但必須注意藥劑液位降低時將影響其注入率。

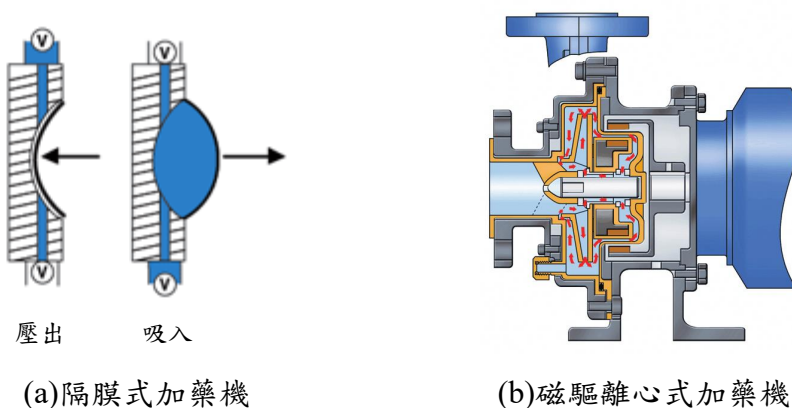


圖 9.2 加藥機設備

9.2.3.3 次氯酸鈉貯存槽設計

次氯酸鈉貯存槽設計考量如下：

1. 次氯酸鈉溶液，其貯存日期以 7 日為原則。
2. 次氯酸鈉溶液之貯存，應注意環境條件及貯存槽之材質。
3. 次氯酸鈉貯存室設計，應考量其安全及適合之環境，且應設置量測設施。
4. 加藥機室應鄰近次氯酸鈉貯存槽，並配合加藥機組進行設計。

解說：

1. 次氯酸鈉溶液，其有效氯濃度隨貯存日數增加而衰減，如圖 9.3。次氯酸鈉溶液設計貯存容量以 7 日份為原則，初期低流量負荷時其貯存時間以不超過 20 天為宜。使用期過長時，應參考其有效氯濃度之衰減情形，適度調整加藥量。次氯酸鈉溶液應採耐腐蝕、不透光之材料，如 FRP 或 PE 之貯存槽，貯存槽以設置二槽(以上)為原則，並應設置液位計作為監控之需。

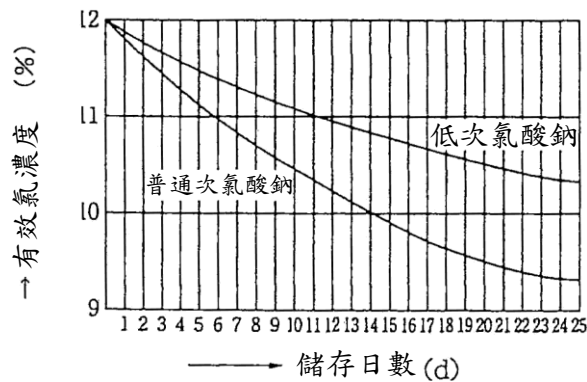


圖 9.3 次氯酸鈉貯存日數之有效氯變化(30°C)

2. 溫度及紫外線對次氯酸鈉溶液之穩定性影響很大，溫度升高或光照強度增加，次氯酸鈉溶液之分解速度將明顯加速。因此次氯酸鈉溶液桶槽應置於低溫、避光之環境，一般均置放於室內。次氯酸鈉溶液之貯存室，應為耐震、耐火、通風採光及防曬機能良好之構造物，並應避免日照，防止溫度上升，並以抗腐蝕之槽體加以貯存。
3. 次氯酸鈉貯存槽以設置於室內為原則，一般稱為消毒機房。消毒機房應儘量設計緊鄰於氯接觸消毒槽(消毒池)，建築物應為耐震之鋼筋混凝土構造，由貯槽室、加藥機室及操作室所組成，進出口門應朝外設計，並應妥善設計貯存槽之進出空間及相關吊裝設備或方式。貯槽空間規劃，應考慮貯存容量、貯槽總重量、槽體尺寸、高度及作業之便利性，貯槽室地板應維持清洗坡度並設置集水溝，貯存(桶)槽須設置可直接觀察、掌握槽內液位之量測設施(如液位計)。貯存槽之周邊，應設計槽容量 1.1 倍有效容積之圍堤，圍堤內底板、牆面宜有耐蝕塗裝之保護，堤內集水溝與區外排水溝間宜設置封阻設施，平時保持封阻狀態。
4. 加藥機室及操作室應鄰近次氯酸鈉貯存槽，亦可依需求設置於同一空間，無須加以區分。加藥機組及操作盤體，應根據加藥機房空間規劃妥善配置，並應依機械種類及作業特性加以設計。加藥機組應與次氯酸鈉貯存槽相鄰，如加藥機組與貯存槽設置於同一圍堤空間時，原則上二者應設置隔板加以區隔，或者提升加藥機組高程，不可佔用到圍堤有效空間與高度。如圖 9.4 為實景示意圖。



圖 9.4 次氯酸鈉加藥設施實景及示意圖

9.3 紫外線消毒設計

9.3.1 紫外線消毒基本特性

紫外線(Ultraviolet, 簡稱 UV)為介於 X 光及可見光二者之間, 波長約 100~380 nm 之間的電磁波總稱。其能量約為 1.2~301 kJ/mol, 較紅外線(波長 1,000 nm) 之能量 12 kJ/mol 大很多, 因此其分子即使吸收紅外線也僅是行熱運動而已, 但紫外線被吸收時會產生各種結合而解離, 同時產生化學反應。

紫外線的消毒作用, 係直接破壞單細胞微生物(如細菌、病毒)之 DNA(去氧核糖核酸)及 RNA(核糖核酸), 使微生物體之蛋白質無法形成, 造成其立即死亡或喪失繁殖能力。

DNA 的紫外線吸收特性及效果曲線如圖 9.5, DNA 的吸收以 260 nm 波長附近達最大值, 殺菌效果的曲線亦同, 因之紫外線的消毒即以 260 nm 附近波長的紫外線來加以設置, 以期達成最大之 DNA 破壞效果。

因紫外線吸收而受損傷的微生物, 其後再被可見光線照射時, 受損傷的 DNA 可獲得修復, 這一現象稱為光恢復。大腸桿菌群及其他微生物因本身具有修復機能之故, 紫外線消毒系統的設計, 必須確保充分的紫外線照射量, 並考量光恢復對於消毒效果的影響, 避免污水滯流及光線照射。

紫外線會被污水中的 SS、污濁物及有機物所吸收, 因此 UV 設施所照射的紫外線並不是全部作為殺菌之用, 故紫外線的消毒效果, 會受污水性質、接觸時間、環境溫度及紫外線照射量所影響。一般紫外線消毒效果, 係以原水紫外線透過率可達 70% 以上為標準。為降低紫外線消毒所受之影響, 處理水之 SS 應有效加以控制, 必要時可以過(砂)濾單元作為其前處理設施。

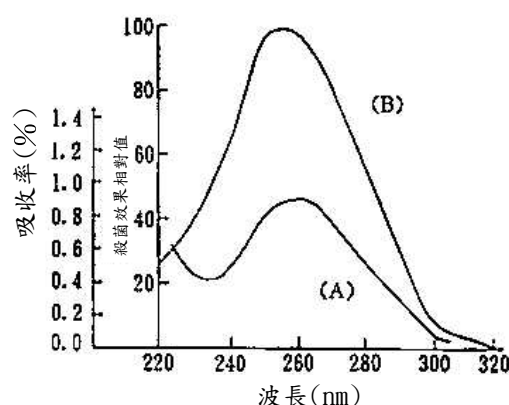


圖 9.5 紫外線之吸收曲線(A)及殺菌效果曲線(B)比較

9.3.2 設計處理量及水質考量

污水以紫外線進行消毒處理, 應採計畫最大時污水量設計, 其進流污水之 SS 濃度需控制在 10 mg/L 之下。

解說：

紫外線消毒處理，應以計畫最大時污水量設計，以確保處理後水質可符合放流水標準；進入紫外線消毒系統之處理水，其水質 SS 應控制在 10 mg/L 以下。

9.3.3 紫外線消毒設備

紫外線消毒裝置考量事項如下：

1. 一般紫外線消毒裝置之型式及規格如下：
 - (1) 紫外線消毒裝置之設置方法有密閉式及渠道式，其配置如圖 9.6。
 - (2) 照射方法有內照式及外照式。
 - (3) 燈管的設置方法有水平式及垂直式。
 - (4) 燈管與水流之關係有平行式及垂直式。
 - (5) 波長 233.7 至 273.7 nm 之燈管紫外光其發散率應達 90% 以上。
 - (6) 原水之紫外線透過率應達 70% 以上。
 - (7) 元件材質應為不銹鋼、石英或鐵弗龍。
2. 紫外線消毒設備應有備用設備，並定期自動清洗或人工化學清洗，以免影響消毒效率。
3. 為避免直接對眼睛及皮膚照射，應有安全保護措施。
4. 依紫外線照射量與大腸桿菌群不活化率(%)之關係決定照射量。
5. 紫外線消毒裝置之設計應注意渠道流速及水位控制，以確保消毒功能，並保護紫外線消毒裝置(燈管)。

解說：

1. 紫外線設備選用時，應就使用目的設置空間、維護管理等，加以檢討選定之。

裝置的形態，依低壓紫外線燈管或中壓紫外線燈管而異，低壓紫外線之燈管數較多，主要係以數組燈管模組型式設置於渠道上。相對的中壓紫外線燈管，若為小容量時係採配管連接型，大容量則採用乾井型為多。

紫外線消毒系統配置如圖 9.6。紫外線消毒設備模組如圖 9.7。消毒設備種類如圖 9.8。

紫外線消毒設備之種類如表 9.4。

表 9.4 紫外線消毒設備之種類

項目	種類	
設置方法	渠道式	密閉式
照射方法	內照式	外照式
燈管設置方法	水平式	垂直式
燈管與水流關係	平行式	垂直式(直角)

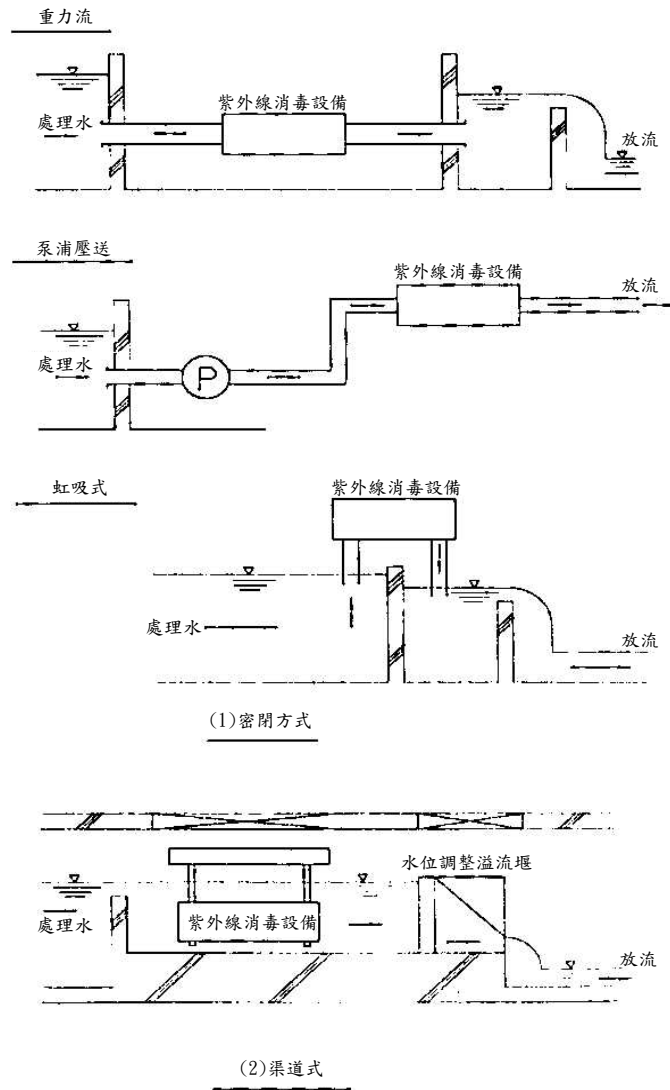


圖 9.6 紫外線消毒系統設置方法

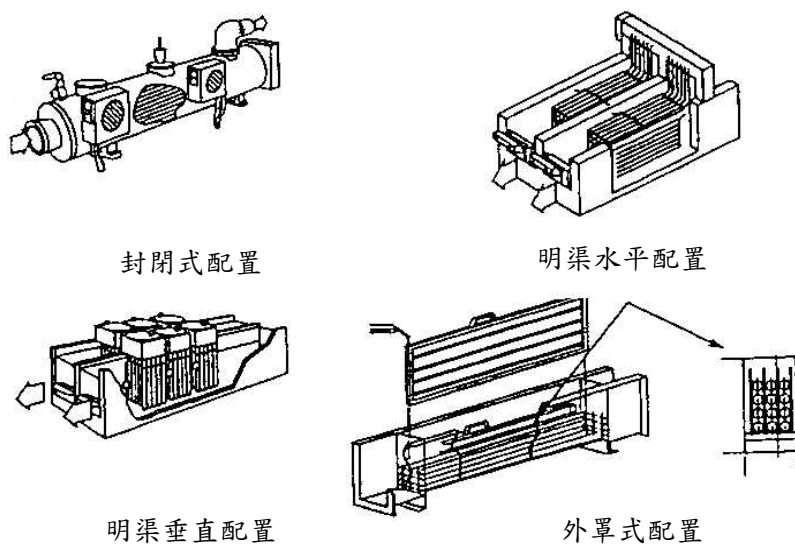
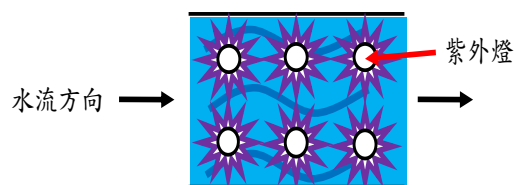
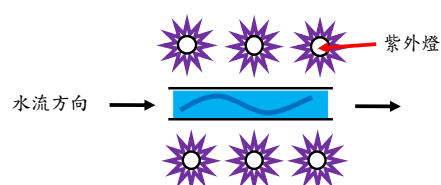


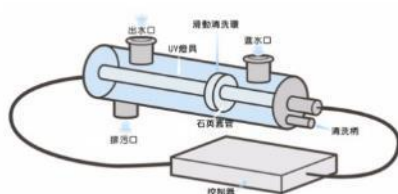
圖 9.7 紫外線消毒模組例



(a) 內照式紫外線消毒設備



(b) 外照式紫外線消毒設備



(c) 密閉式紫外線消毒設備



(d) 渠道式紫外線消毒設備



(e) 水平渠道式紫外線消毒設備



(f) 垂直渠道式紫外線消毒設備

圖 9.8 紫外線消毒設備種類示意圖

紫外線消毒設備之裝置方法，有渠道(浸水式)方法及密閉(流通式)方法。而其照射有覆以保護管內設置之內照式及照射於流水管內之外照式，內照式及外照式之特性如表 9.5，應依其特性管理之。

表 9.5 內照式及外照式之特性

內照式	外照式
• 紫外線照射能量大部分被利用，照射效率高	• 燈管所照射之紫外線有效利用率較內照式低
• 燈管由原水(放流水)冷卻，不會有高溫	• 有時需要燈管冷卻設備
• 保護管及燈管破壞時會混入水中	• 燈管即使破壞，也不會混入水中
• 容易受水溫所影響	• 燈管較容易更換
• 保護管污染清理容易	• 保護管污染清理及維護管理較不易

2. 為避免紫外線消毒設備因燈管壽命已屆或零件損耗之因素而失效，應於處理廠內準備適當數量之燈管及消耗材等備用零件以供隨時替換。紫外線消毒設備於設計時應考量設置照度計或積時器(使用時間累計)，並於照度衰減程度達到設定值或燈管累計使用時間達到預定時數後，主動進行汰換更新。另為考量停電或其他無法控制之因素，導致紫外線消毒設備無法運作之情形，宜設置適當的備援系統加以因應(如納入緊急備用發電供電系統、增設人工或自動加氯設施)，並應設置定期自動清洗設備或人工化學清洗設施。
3. 採用渠道式之紫外線消毒設備，宜於渠道上方加上護蓋，避免直接對眼睛及皮膚照射。
4. 紫外線的消毒效果與紫外線照射量成正比。紫外線照射量(J/m^2)係以紫外線照射強度(W/m^2)與照射時間(s)的乘積求之。污水二級處理水採紫外線消毒，一般於消毒後大腸桿菌群的平均殺菌率可達 99.9% 的程度，如表 9.6 所示。考量光恢復作用與大腸桿菌群達 300,000 CFU/100 mL 之污水，紫外線之照射量需達 300~500 J/m^2 ，其平均殺菌率可達 99.9%，與加氯消毒之效果相同，並可確保放流水中大腸桿菌群可達安全的 200,000 CFU/100 mL 以下。
5. 紫外線燈管之選擇應以不含汞為原則，廢棄燈管應妥善保存管理，並依環保相關法規回收處理或資源化再利用。渠道式之紫外線消毒設備，不論採用低壓(單管功率低於 320 W)或中壓型式(單管功率約 400-1000 W)，均需設置水位控制裝置，以保持燈管浸沒於水中，避免溫度過高而故障。
6. 紫外線消毒裝置之設計應注意渠道流速及水位控制，一般需參考設備特性(型錄資料)及廠商專業意見來決定渠道流速及水位控制之範圍與限制。其中渠道流速不宜過快，以免影響消毒功能；水位控制不可低於燈管浸沒水深需求，以確保燈管之壽命。一般水位控制多採溢流堰(平口堰)，溢流堰通常屬於紫外線消毒設備之附屬設施，實務上則常由專業營造廠商自行訂製安裝。為利於紫外線消毒裝置之維修保養，一般於設置紫外線消毒裝置渠道之上下游(適當位置)應考慮設置制水閘門之需求。

表 9.6 紫外線照射量與殺菌率

對象水	大腸桿菌群殺菌率(%)	紫外線照射量(J/m^2)
二級處理水	90.0	150~200
	99.0	200~300
	99.9	300~500

9.4 臭氧消毒設計

9.4.1 臭氧消毒特性

臭氧為不安定的氧之同素異形體，分子式以 O_3 表示，密度為 $2.14 \text{ kg}/\text{m}^3$ (0°C ， 101.3 kPa)，熔點為 $-192.7 \pm 2^\circ\text{C}$ (101.3 kPa)，沸點為 -111.9°C 。在常溫下呈帶狀厚層

青色，通常為無色的氣體，具刺激性臭味，與空氣或氧混合可呈稀薄狀態存在。

臭氧為一種常溫下氣態的強氧化劑，其消毒過程屬於生物化學氧化反應，臭氧之消毒方式係直接於反應槽中使污水與臭氧接觸，以達到處理水消毒滅菌之目的。臭氧消毒設施，包括注入裝置、反應槽及排臭氧處理裝置。而臭氧生成反應設備，則係由原料氣體供給裝置、臭氧產生裝置及冷卻裝置等設備所構成，必要時尚需有前處理及後處理設施。

臭氧消毒設施處理流程，如圖 9.9。臭氧在水中的溶解度，大於氧氣數倍至 10 倍，其溶解度依亨利法可以式(9-2)表示之。

$$C = \frac{0.604(1 + \frac{T}{273})}{1 + 0.063T} \times Ca \dots\dots\dots(9-2)$$

式中：

C：溶液中臭氧濃度(mg/L)

Ca：氧中臭氧濃度(mg/L)

T：水溫(K)

在水溫 25°C 之水中含有 20 mg/L 之臭氧氣體，其在水中相平衡的濃度為 5.12 mg/L，而其於水中的半衰期係依水質而異，在空氣中則約 16 小時(1 大氣壓下)。

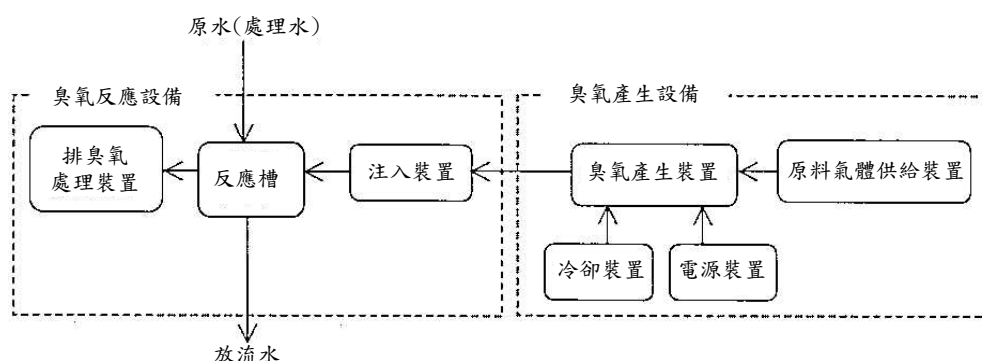


圖 9.9 臭氧消毒設施流程圖

臭氧產生方法，有無聲放電法、電解法及光化學反應法。污水處理消毒所利用者為無聲放電法。無聲放電法係在一對電極間以玻璃等為誘導體，使空氣或氧通過電極間，並以 6~8 kV 的交流電壓使其發生無聲放電，放電空間內的光化學反應將使氧生成臭氧。濕氣會使臭氧產生效率降低，並造成腐蝕，故應先充分乾燥之。

上述方法中，自電極放出的電子會與氧分子互相衝突反應，故而產生臭氧。臭氧與氯同為重要的消毒劑，臭氧的殺菌力，比次氯酸鈉或二氧化氯強上數十倍，其殺菌的機制，係對細胞壁等原形質的直接破壞作用，且對於病原菌可直接破壞其 DNA 及 RNA，使其死亡或不活化。

9.4.2 臭氧消毒設備

臭氧消毒設備須考量下列各點決定之：

1. 反應槽容量以水深 4~6 m 為原則，水力停留時間以最大時流量下 10~20 分鐘決定之。
2. 注入設備有散氣筒及散氣板等方法，依臭氧送氣量、臭氧溶解效率及經濟性等檢討決定之。
3. 臭氧注入率為 1.0~5.0 mg/L，殘存率為 0.3~0.9 mg/L。
4. 基於臭氧設施的安全及運轉效率，應設置臭氧濃度量測設備及警告系統。

解說：

1. 反應槽應為具耐腐蝕性及安全性的混凝土製水槽或不銹鋼製的密閉性構造物，並有防止反應時臭氧外洩的裝置。接觸水槽雖愈大愈佳，但若水深太深，則因臭氧產生裝置的壓力會增加，相對的臭氧發生效果將會降低，且反應槽臭氧注入的動力費也會增加。為使臭氧於污水處理水中達到適度溶解程度及確保反應的進行，反應槽水深以 4~6 m 為適當，接觸時間則以確保有 10~20 分鐘的接觸反應為宜。
2. 注入裝置須以計畫水量及注入率來計算並做為決定注入量的基礎。計畫水量須採最大時污水量，臭氧反應槽則以計畫最大日污水量估計。臭氧消毒時，當臭氧溶解濃度及接觸時間的乘積愈大，其消毒效果則愈大。在有機物質及亞硝酸鹽等還原性物質較少的處理水中，注入 5 mg/L 以下的臭氧，通常就可達到處理水大腸桿菌群數降至 200,000 CFU/100 mL 以下的效果，但若還原物質較多時，臭氧會很快被消耗，故需注入較多的臭氧。
3. 反應槽會排出未反應之臭氧，故應設置臭氧排氣處理設備。臭氧排氣處理設備主要可採用以下四種方法，以達到臭氧破壞之目的，其中比較常用的方法係為金屬觸媒氧化技術。
 - (1)加熱破壞(於 300~350°C 下加熱 3 秒以上)。
 - (2)加熱及觸媒氧化併用。
 - (3)觸媒氧化。
 - (4)濕式粒狀活性碳吸附。
4. 臭氧未完全反應及破壞時，會逸散至大氣中，而大氣中臭氧濃度超過一定程度時，被人體或動物吸入之機會將增加，對生物也會造成不同程度之傷害，因此須設置臭氧濃度量測設備及警告系統來加以監控。有關大氣中臭氧濃度對人體及動物之影響，如表 9.7 所示。

一般典型臭氧消毒系統之流程，如圖 9.10 所示。各種消毒方法選用考量之比較，則如表 9.8 所示。

9.5 處理水放流設施

污水經處理並消毒後排放，排放設施也是污水處理廠設計的一部分，是水再回歸自然界的一道設施，其設計必須配合承受水體的狀況，達到排放後對環境能產生正面的效益，而不影響水體的利用。污水排放前應依法設置自動監測(視)設

施，並進行連續監測及管理。

9.5.1 排放口設計及排放位置選擇

排放口設計之基本原則及位置的選擇，應就放流水體環境加以充分調查及掌握，以做為選擇放流點之依據。

解說：

1. 設計基本原則

- (1)應能掌握承受水體的特性，依據水文、地形、地質及水體中人工構造物設施，充分調查後加以規劃。
- (2)放流點環境之水位落差，須在一定水頭以上，如具有發電效益時，可檢討回收能源。
- (3)放流水擬排放之河段應保有一定水深，排放口應在河流之常水位之下，且河川水位可淹沒排放口。
- (4)排放口以不設於自來水水源取水口上游或下游 100 公尺之範圍內，並符合飲用水管理條例及公告飲用水取水口一定距離之規定。
- (5)排放口的位置，應就其對環境影響加以考量後定之。
- (6)排放口的位置，若需跨河堤建造其排放設施者，應依「申請施設跨河建造物設置審核要點」申請之，並經水利主管機關核可。

表 9.7 大氣中臭氧濃度對人體及動物之影響程度表

臭氧濃度(ppm)	對人體及動物之影響
0.01~0.02	略感異味存在，一段時間後即無感覺異味存在。
0.1	明顯感到異味，並造成鼻子或喉嚨有刺激性的感覺。
0.2~0.4	暴露在此濃度下 3~6 小時，將使視力下降。
0.5	上呼吸道會有明顯的刺痛感。
1~2	暴露於此濃度下 2 小時，將會有頭痛、胸痛及上呼吸道乾澀之感覺，重覆的暴露於此濃度之環境下將會導致慢性中毒現象。
5~10	將有脈搏增加、身體疼痛及麻痺的現象產生，長時間暴露於此環境，將導致肺水腫。
15~20	小動物暴露於此環境下 2 小時將會死亡。
50	暴露超過 1 小時會有生命危險。

表 9.8 消毒方法之比較表

項目 \ 方法	紫外線 消毒	加氯消毒			臭氧消毒
		氯氣	次氯酸鹽	二氧化氯	
消毒效果	+	+	+	+	+
初設成本	—	++	++	++	---
年操作運維成本 /經濟程度	△	+	△	△	—
脫氯設備	+	—	—	—	+
土地大小需求	+	△	△	△	---
環境友善度	+	—	—	—	+
危險物品操作貯存與 運輸之避免	+	---	△	△	—
殘餘量監測衝擊程度	+	—	—	—	+
進流水之水質要求	—	+	+	+	+
技術應用普遍性	+	++			△

註：++：最優，+：優，△：中等，—：差，---：最差

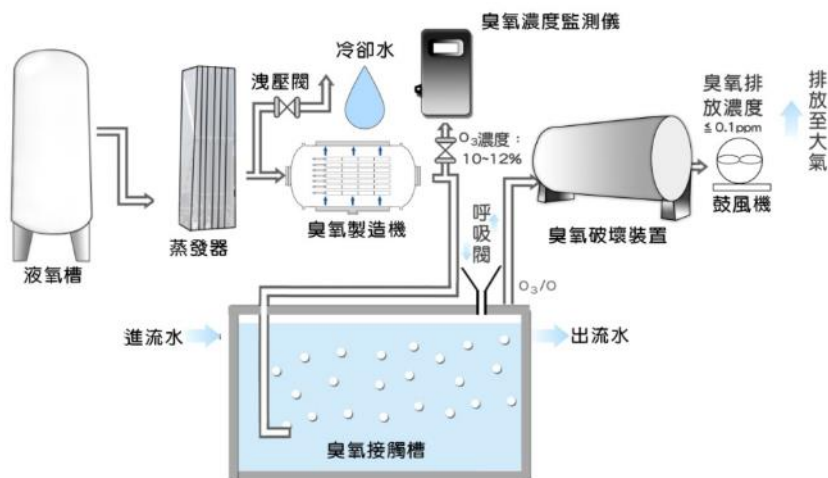


圖 9.10 臭氧消毒系統流程示意圖

2. 位置選擇

- (1) 排放口應接近污水處理廠附近，以降低工程費。
- (2) 河床和地形上，若為彎曲河段，應選在水深岸陡的凹岸，並避免頂沖點，而設在頂沖點下游一定距離處。在順直段，選擇水深較深，流速較大，可加速放流後混合之處，且水深常年穩定之處。
- (3) 放流口位置應充分考量鄰近人工及天然構造物之可能影響，不宜在橋樑、碼頭、堤堰附近設置。
- (4) 放流口應依規定設置告示牌。

(5)排放口位置應為地質構造穩定，承载力高的基礎上，不宜在斷層、流砂層、風化嚴重的岩層之處。

(6)施工條件上，應為施工便利、方便之處。

9.5.2 處理水排放口型式

處理水排放口之型式，有岸邊排放、近岸排放及河心排放等，於考量排放點之承受水體特性設計之。

解說：

污水處理水排放口依承受水體特性，而採重力或壓力排放，可為岸邊排放、近岸排放及河心排放，如圖 9.11。

1. 岸邊排放

排放口位於河道凹岸，河岸較陡，流量較大，且可充分混合之處，若排放管不能引入河心，可採用岸邊排放。岸邊排放時排放口的結構簡單，建設費可較低，但對河道水質可能影響較大，污染帶相對較長。

2. 近岸排放

依據河寬、河床狀況，將排放管延伸入河道，使排放口位置有足夠水深，同時可避免受到淤積，一般適用於近岸水位變化較大之處。

3. 河心排放

係將排放管延伸到河心進行排放，其建設費較高，維護較不易，小規模污水處理廠較不適用。

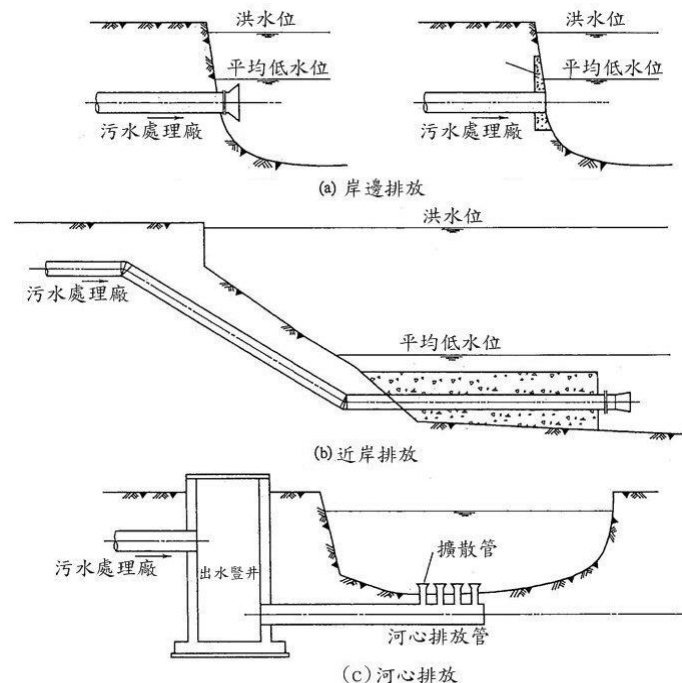


圖 9.11 排放口設置型式

9.5.3 排放口設計其他應考量事項

排放口設計，採重現期 100 年一次之洪水位進行設計，其他應考量事項，包括是否分期建設、防護設施、防止倒灌以及防止沖刷淤積等，於設計時皆應加以考量。

解說：

1. 為避免初期流量太低，污水廠建設期程長者，宜考量分期建設之可行性，唯其工程費將相對較高；一般中大規模者，仍以一次建設為考量。
2. 排放口附近應有防護設施，設立明顯標誌，確保排放口安全。
3. 排放口之設計應以重現期 100 年一次之洪水位設計之(或以排入水體之計畫洪水頻率為設計標準)。對於河道在洪水位時，可能高於出流水之水位者，應於排放管上游端，設置制水閘或其他啟閉設備(如舌閘)，以防止河水倒灌。
4. 排放口應能避免沖刷、淤積，尤其山溪型小溪，於山洪發生時，可能造成水流的沖擊，必須有因應措施，以確保安全。
5. 對於排放口附近流速較慢的河川，則應避免放流水在排放口附近造成淤積。

9.5.4 小水力發電

與一般水力發電類似，小水力發電是透過水輪機，將水流的位能、動能、壓力能，轉化為轉動動能，帶動發電機轉動而獲得電力。與一般水力發電不同者，是它不需要大型的土木工程設施，且其營運期間沒有溫室氣體排放。特別是針對水量穩定的污水處理設施時，可以晝夜穩定發電。

解說：

水力發電的利用始於 18 世紀，相較於其他再生能源(如太陽能、風力發電、生質能等)而言，其處理技術更為成熟。小型水力發電設施利用水位差即可發電，在技術及成本方面，具有更佳之發展及推廣優勢。圖 9.12 為小水力發電之示意圖。

1. 依據我國再生能源發展條例，小水力發電係指利用圳路或既有水利設施，設置未達二萬瓩(<20MW)之水力發電系統；而聯合國工業發展組織則係以是否匯入電網作為判斷，將發電量小於 100kW 以下者稱為微水力發電。目前國際上對於小水力或微水力之區分，尚沒有標準的定義。
2. 污水處理廠發展小水力發電其主要考量在於水位差、水量及流速等因子，水流經過渠道或壓力管道時，可利用其位能、動能而轉換成電能，以供利用。
3. 污水處理廠各單元間存有適當水頭(落差)者，不論明渠或壓力管道，均具有設置小水力發電之潛能，須視各廠之配置而定，一般較常見者，包含調整池、消毒池、放流池等前後單元，尤其是放流單元通常最具有發展小水力發電之可行性。
4. 水輪機之種類可分為壓力型、衝擊型及重力型等三大類，選擇時應考慮水頭、流量、設置容量及其他環境與空間等相關條件而決定之。

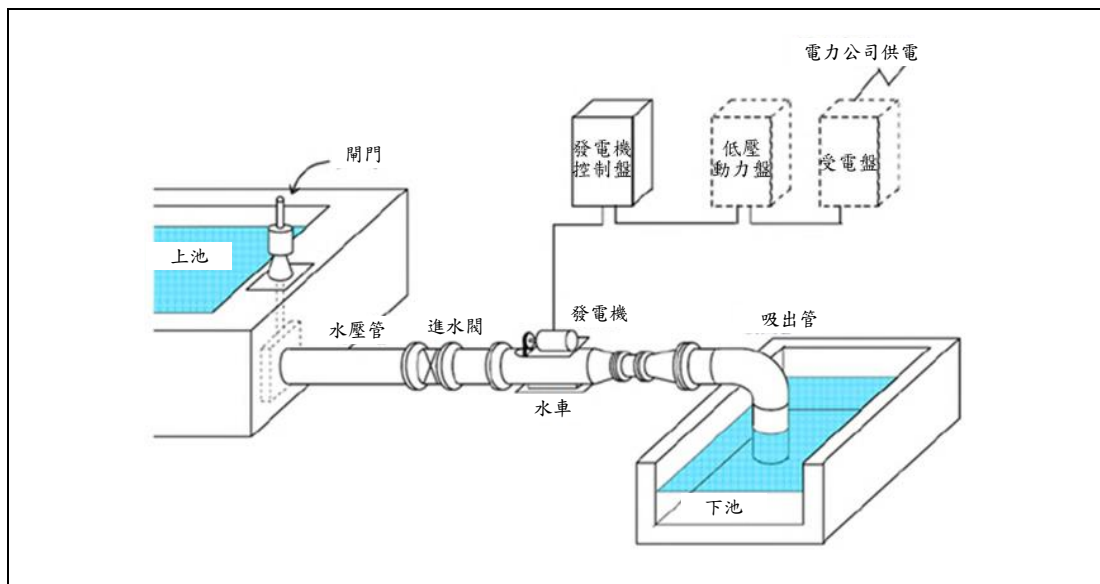


圖 9.12 小水力發電示意圖

9.6 常見設計問題及考慮事項

污水消毒處理及放流於細部設計時，應考慮未來施工面及操作面之銜接及配合，以利現場操維工作之順利推動，建議考量事項如下：

1. 加氯消毒(次氯酸鈉溶液)

- (1)加氯消毒設計，除了加藥量(注入率、注入濃度)及水力停留時間外(至少 15 分鐘以上)，藥劑注入位置需適當選擇，並避免短流現象，必要時可設置進流井，或採多點位注入藥劑，以確保藥劑與污染物質可充分混合及有效接觸。
- (2)消毒藥劑以直接注入於水中為原則，如以管線直接重力滴落至消毒池(渠)之表面時，應確保水流可使藥劑充分混合(如紊流)，並須避免短流之發生。
- (3)接觸池槽之水流動線及空間配置應避免短流之產生，並須營造適當之水力攪拌及充分混合之條件，可以池槽轉折、隔間牆、隔板等方式來增加水流之變動或紊流之產生，以提高接觸時間及混合作用。
- (4)消毒系統中的加藥機，應配有計量及流量調節控制等功能，以利加藥機操作及計量管控。設計時可運用污水調節程序或控制，使生物處理之水量維持穩定，如此消毒加藥之注入率，可根據二沉池之出水量及水質來決定，可避免必須經常檢核及調整加藥量之問題。

2. UV 消毒

- (1)UV 設施之選擇，其燈管及裝置對於原水之紫外線透過率應達到 70%以上，燈管之有效壽命在連續使用時，應可達到 10 萬小時以上，設計時應考量適當數量之燈管及耗材作為備品，以供隨時更新或替換。
- (2)UV 消毒系統必須設置自動監控設施，當燈管故障、滅菌功能衰減至設定值、紫外線照射量不足、連續使用超過設定時數及其他異常現象時(如水位過低、

水中雜質過高等)，系統必須發出警報，以通知操作人員進行檢修、故障排除或設備汰換更新(如燈管)。

3. 放流系統

- (1)計量設施如採重力巴歇爾量水槽搭配超音波流量計配置時，應避免跌落水頭不足或產生潛流現象，以免計量不正確。
- (2)計量設施如採壓力管放流搭配電磁流量計配置時，應確保管線內水流保持滿流狀態，使流量計可以滿流計量，降低誤差發生。
- (3)細設時應考慮初期低流量之狀況，計量設施之尺寸及量測範圍，應儘量涵蓋初期至全期之流量。初期低流量時，可參考供應廠商設備資料及建議，考慮加裝臨時設施以縮小計量裝置之尺寸，或維持計量所需之最小水深，以減少誤差。

第十章 污泥處理及資源化

10.1 概說

污水在處理過程中所產生之污泥，含水率約在 96~99.5%，體積約為處理水量的 0.5~2.5%，由於含有較多有機物，放置後容易腐敗散發惡臭。污泥處理乃為減少污泥容積和水分，使污泥最終容易處置，達到安定化並合乎衛生，進而以能資源化為目標。

污水處理所產生的污泥屬事業廢棄物，係屬有機污泥之範疇，其再利用應依據廢棄物清理法第 39 條規定進行再利用，依據該條文，「事業廢棄物之再利用，應依中央目的事業主管機關規定辦理」，而下水道主管機關內政部已訂有「公共污水下水道處理廠事業廢棄物再利用管理辦法」，依據該辦法規定，產生污水污泥之事業及再利用機構之事業廢棄物再利用應經內政部核定。

因此污水污泥之處理，除應充分考量污泥減量及穩定處理外，其最終處置也應加以考量其事業廢棄物的屬性，而依規定另申請最終污泥處置。

污泥處理程序，包括濃縮、消化、脫水、乾燥及焚化等。其單元操作依污泥量、污泥最終處置及污泥利用計畫，可有多種組合。下水污泥處理及處置方法如表 10.1。

表 10.1 下水污泥處理及處置方法

處理程序	濃縮	消化、堆肥化	調理	脫水	加熱乾燥	焚化及其他	能資源化及最終處置
目的	減少體積	安定化	促進脫水性	減少體積	減少體積	減少體積	回歸環境及資源再利用
處理程序之種類	重力式 浮除式 離心式 帶濾式 滾筒式	厭氧消化 好氧消化 堆肥化	添加藥劑 熱處理	曬乾 離心脫水 加壓過濾 多盤式螺旋壓榨 帶濾式	氣流乾燥 回轉乾燥	多段爐 流體化床	沼氣發電 磷回收 綠農地利用 建築資材利用 衛生掩埋 燃料利用

資料：本計畫整理自日本下水道協會，下水道施設計画・設計指針と解説，2019 年版

污泥的處理方式，應依污泥最終處置方式決定，並以最終處置為前提，檢討都市污水的特性、處理廠位置、處理規模、處理方法的組合、處理設備等因素選擇決定。污泥處理處置之組合如圖 10.1。

污水在處理過程中，各種污泥產生的來源，以及一般污泥為處理程序及最終處置，如圖 10.2，國內最終處置常採掩埋、焚化、製造建築原料(造粒或製磚及水泥副原料)、有機質肥料及栽培介質之原料。而在污泥處理過程中，各單元的污泥性質，如表 10.2，各廠因規模及操作有其差異。

在污泥處理程序中，於各單元處理時，分離出濃度甚高的廢液，包括濃縮槽濃縮分離液、消化槽消化分離液及脫水機脫水分離液。此等廢液量仍多，且污染性高，一般需迴流至調整池或初級沉澱池前，與流入之生活污水混合後再行污水處理，或先導入再曝氣槽處理並沉澱後，併同一般初級沉澱池處理水，進行二級處理，或設廢液暫存槽集中貯留後，定量少量抽送至生物處理分水槽，與初沉水、迴流污泥混合後，再一併生物處理。

污泥處理各處理單元廢液水質，如表 10.3。各處理過程中固體物回收率(例)如表 10.4。

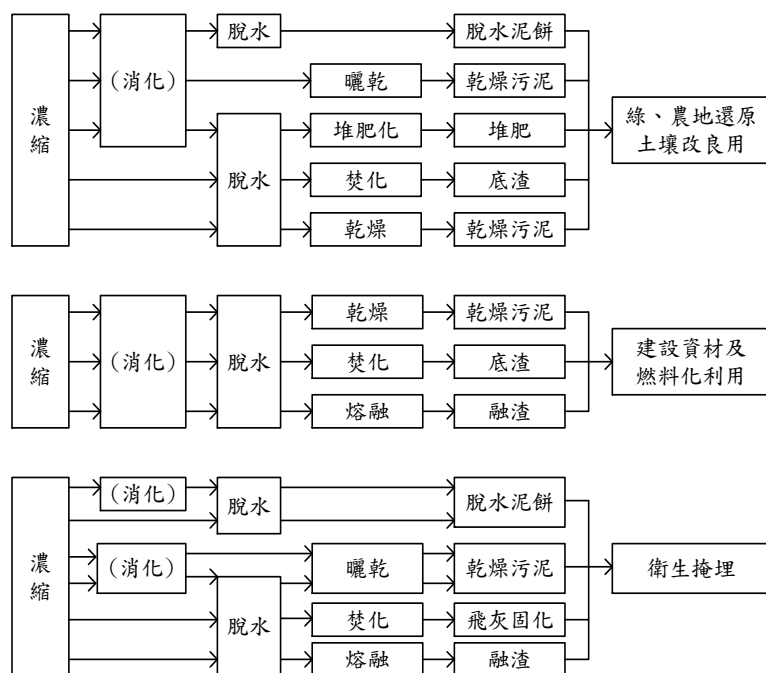


圖 10.1 污泥處理處置之組合

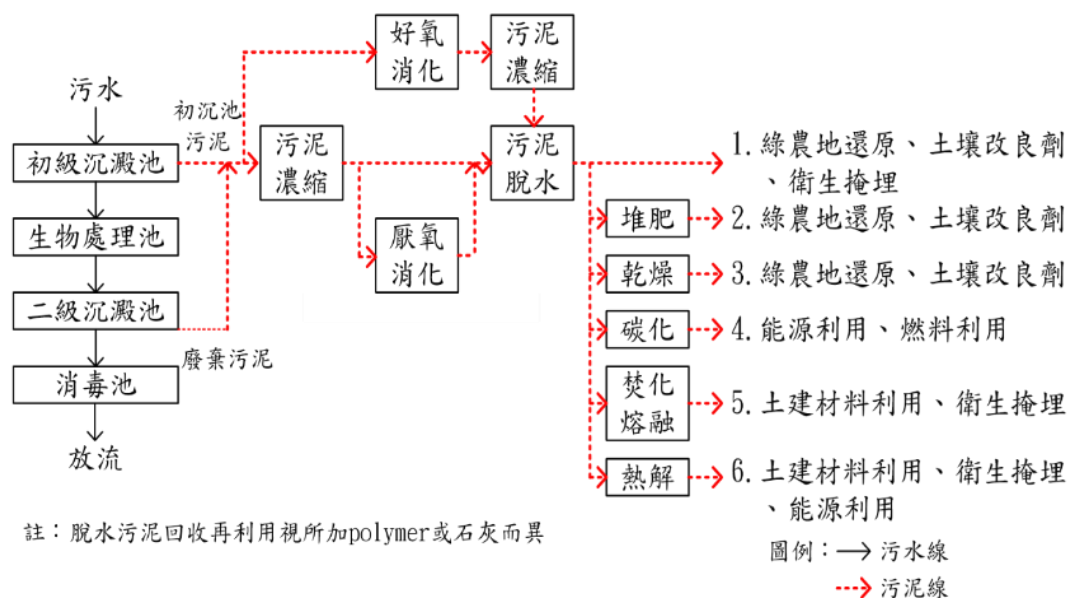


圖 10.2 污泥處理及最終處置程序

表 10.2 污泥處理中各單元污泥性質(案例)

項目	生污泥	濃縮污泥	厭氧消化污泥	污泥餅
採樣位置	濃縮槽入口	濃縮槽出口	消化槽出口	脫水機出口
污泥溫度(°C)	18.6	19.7	42.5	—
pH 值	5.6~6.9	5.4~6.9	6.8~7.2	—
水分(%)	97.5	95.9	97.1	74.8
*固體物質(%)	2.5	4.1	2.9	25.2
有機分(%)	54.7	54.7	43.0	33.7
無機分(%)	45.3	45.3	57.0	66.3
鹼度(mg/L)	—	670	2,330	—

*：固體物質比(%), 依污泥處理特性及脫水方法而異。

表 10.3 污泥處理各單元分離液之性質(案例)

項目	重力濃縮分離液	厭氧消化澄清液	脫水分離液
位置	濃縮槽出口	消化槽出口	脫水機出口
溫度(°C)	23.1	42.2	21.4
pH 值	6.6~11.5	6.9~7.2	6.6~7.1
懸浮固體物(mg/L)	4,730	9,690	350

註：各項目之懸浮固體物，依處理方法而異。

表 10.4 各處理過程中固體物回收率(例)

處理程序	處理方法	固體物回收率(%)
污泥濃縮	重力濃縮	80~90
	離心濃縮	85~95
	加壓浮除濃縮	≥95
	帶濾式濃縮	≥90
	滾筒式濃縮	90~95
污泥消化	揮發性固體物減少率	30~40
污泥脫水	多盤式螺旋壓榨脫水	90~95
	壓濾式脫水	≥95
	帶濾脫水	90~95
	離心脫水	85~95
乾燥	乾燥後含水率	20~40

資料：本計畫整理自日本下水道協會，下水道施設計画・設計指針と解説，2019 年版

10.1.1 污泥處理、處置及資源化

污泥處理、處置及資源化宜考量下列決定之：

1. 污泥處理及最終處置方法依處理設施之規模、污泥量及污泥性狀、最終處

- 置、用地條件、建設費、維護費、管理難易及公害對策等定之。
2. 污泥處理及最終處置單元程序，包括污泥濃縮、消化、脫水、曬乾、堆肥、乾燥及熱處理(如焚化、碳化、熱解、熔融等)，其程序選擇應依最終處置充分考量訂定。
 3. 污泥能源、資源化利用之充分檢討。

解說：

1. 污泥處理程序之選定，有各項條件應考量，最適合之污泥處理程序需經設計計算，並且綜合評估污泥量、污泥性質、建設費、操作維護費、維護管理性等，另水溫高低、污泥濃縮性、氣候皆有相關影響，地域特性亦各不相同，這些因素都是污泥處理程序選定的重要考量因素，污泥處理程序選定流程如圖 10.3。

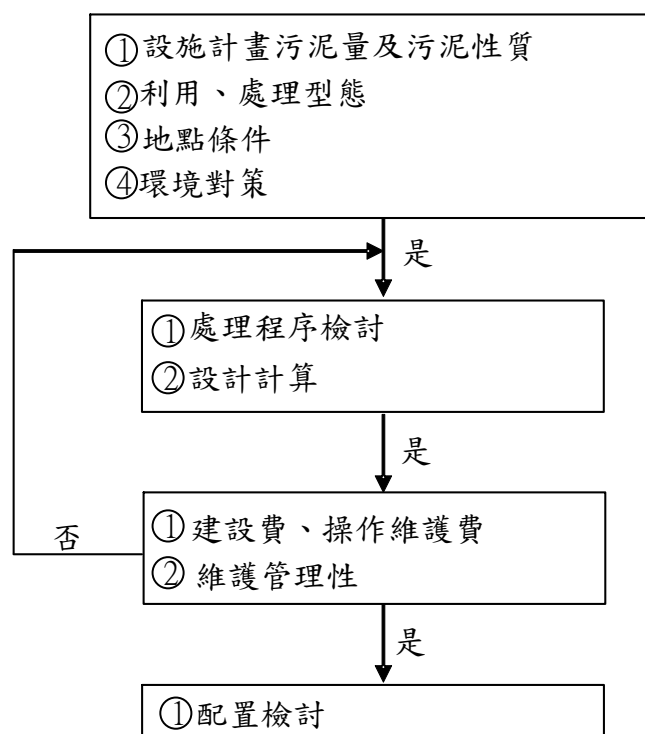


圖 10.3 污泥處理程序選定流程圖

2. 污泥最終處置選擇考量事項，包括：

(1) 評估項目、評估指標及基準

污泥處理處置之選擇，先決基本條件為如何建立有效處理及處置系統，而其重要方向包括：

- ① 目標從傳統的單純處置，轉化為資源化利用目標。
- ② 具經濟的省能源、省資源下水道污泥處理系統之建立。
- ③ 操作簡單容易且合乎上述兩項條件之處理系統。
- ④ 對環境影響少的下水道污水、污泥處理系統。

從以上的四個方向，列出污泥處理程序選擇評估指標和基準，如表 10.5。

(2) 評估選擇之考量

污泥處理處置程序選擇評估，如表 10.5，有很多的評估項目，各有其指標、基準、評估立場、時空觀點、重要性和緊急性等不同之權重加以選擇。

表 10.5 污泥處理程序選擇評估

評估方向	評估項目	評估指標及評估基準
能資源化利用	· 減量化效果 · 資源化效果 · 長期安定性 · 實現可能性	· 依處置所需求之減量化 · 處置之可能性 · 資源化率、利用率 · 有用性 · 資源化可能性 · 系統的彈性、替代性及安定性 · 處理技術的確立 · 流通及利用體制確立 · 地區或都市之地理條件
具經濟性	· 初設費 · 操作維護費 · 生產價值 · 省能源、省資源	· 建設費、折舊費 · 用地面積 · 操作管理費、機械耐久性 · 資源回收、利用之利益 · 燃油電力、藥品等使用量
操作管理容易	· 管理及作業性	· 操作管理之難易 · 管理系統之確立度 · 操作管理人數 · 管理技術層次
環境影響低及接受性	· 水質 · 臭氣 · 空氣 · 土壤	· N、P、BOD、SS、有機物質 · 氨、硫化氫等 · SO_x、NO_x、煙塵等 · C/N 比、氮、有害物質等

資料：本計畫整理自日本下水道協會，下水道施設計畫・設計指針と解説，2019 年版

- ① 依當地的自然條件、社會條件接受性、經濟條件、設立有效的處置方法(可複數)，再依方法就污泥量、污泥性質及其他條件選擇可達到的處理程序。
- ② 各項評估項目之個別評估，不僅要考量污泥處理系統，同時應包括考量處理、處置系統整體，以及階段性分期計畫，一併加以考量評估。
- ③ 從長期安定性考量，檢討將來改變最終處置條件，而考量其系統的安定性、彈性及可替代性等評估之，故可以有下列之考量：

- a. 複數的處理、處置系統的組合。
- b. 區域處理、處置的可能性。
- c. 其他廢棄物之共同處置。

而在上述 b. 中，尤應就經濟性、省能源、回收資源加以檢討之。

(3) 經濟性等多面向考量

從過去傳統的單純處置之觀念及衛生掩埋處置之做法，如何改變為從經濟性、省能源、回收資源的經費平衡，則必須從多方面檢討之。

污水處理及污泥處理，在經濟上以能降低建設費及操作維護費為首要，尤其如何達到經費平衡或減輕支出，則必須從回收資源抵消支出，做一考量。在此一原則下，以能從可回收利用量，以及其價值為考量重點。

在污泥之最終處置上，若添加多量之無機藥劑，不僅增加藥品支出成本、污泥的搬運量增加，且污泥之有機成分降低，而失去肥料利用之價值，仍不具經濟效益。

再者污泥餅若要焚化處理，除非有適當熱值，否則將增加燃料支出，以及焚化系統的設置，皆耗費投資很大，而焚化後之灰渣，其量雖可降低，且經掩埋之體積小，具經濟，但焚化之建設及操作費皆很大。

此外污泥處理，應有一定規模，其設置及操作始具經濟，因此污泥若能集中處理或最終處置，當更具經濟性。因此經濟性的考量應從整體加以評量。

3. 省能源、資源回收利用

污泥餅所含有機成分，依污泥性質以及污泥處理程序而異，但若予以焚化時，不僅因含水率高，必須添加燃油外，其所含的有機成分未能回收有效利用，若污泥餅能直接利用，將更具經濟性，且不必耗損能源，尤其未來由於溫室氣體排出的限制，能源的利用和消耗，將會是社會的一大瓶頸。參考營建署下水污泥處理減量及再利用審查管理計畫報告書內容，桃園市龜山廠、臺中市福田廠、新北市林口廠、臺北市八里廠、新竹市客雅廠、屏東市六塊厝廠和雲林縣斗六廠乾燥污泥均規劃採焚化方式(分別送至桃園市南區 BOO 焚化廠、烏日焚化廠、八里焚化廠、新竹市垃圾資源回收廠和崁頂焚化廠)，考量焚化爐運作及設備操作上之狀況，先將下水污泥先經乾燥或造粒等前處理。

污泥的資源化很廣，應依水資中心的位置、搬運距離、初期污泥量、以及再利用對象使用量，和使用者的接受性，而做綜合性評估。

台灣地區污水下水道建設對於污泥餅的回收利用，應針對各廠污泥產量之變化，做具有彈性之評估，在初期污泥餅量不多之階段，污泥可與其他廢棄物共同處置，俟將來污泥餅量增加後，則可朝向多元化考量，包括乾燥後與垃圾混燒，以回收熱能增加垃圾焚化發電量，現階段應為最可行的能資源回收利用。

污泥在處理過程中，若經消化、脫水，則已趨穩定，不僅含水率低，並已無病菌，且不發臭，在此一狀況下做為有機肥料，無論其經堆肥化與否，已是

很適合做肥料利用，在國外已較普被接受。而其成份與目前市面出售的有機肥並無太大差別。因此，利用的接受性應無慮。惟目前受相關法令限制，有待突破。

雖然污泥脫水時，為保有機成分，多不添加石灰等無機劑脫水，採用高分子凝聚劑，因此其脫水泥餅稍具粘性，此等性質若經乾燥將可消失，且易於破碎，或予以堆肥化後，其粘性也降低，對於施用上並不造成困擾。

10.1.2 污泥處理設施設計污泥量

污泥處理設施設計污泥量，宜考量下列決定之：

1. 污泥處理各項處理設施之設計流量，原則上以計畫最大日污泥量設計。應依規模充分檢討流量狀況等不確定因素，是否分期建設。
2. 還應考慮時間和季節的波動、性質、含水量、有機物含量、回收率、從污泥處理設施返回和循環的固體量等。

解說：

1. 污水處理各種廢污量

污泥處理設施的容量應綜合考慮污水處理設施、合併處理等計畫產生的污泥量，以及各污泥處理設施的固體返回量來確定。

此外應注意以下事項。

- 未來污泥產生的預測
- 根據季節產生的污泥量和每天設施的運行時間
- 各季節污泥性質(濃度、有機物含量等)的結果
- 考慮到檢查的停池時間。

污水處理係藉各種固液分離方法，為將污泥固液分離的設施，分離所產生的固體物，依各不同處理設施產生者有攔除物、沉砂、浮渣、初級沉澱池污泥及廢棄污泥。惟其中所產生之攔除物量、沉砂量及浮渣量，則尚未建立量化統計。

(1) 攔除物

為污水處理廠內第一個固體分離的渣物，原則上應將固液分離後之渣物搬出，其處置方法包括以一般事業廢棄物掩埋或焚化，也可與沉砂及脫水污泥一併掩埋。

(2) 沉砂

可與脫水污泥一併掩埋，沉砂屬於事業廢棄物，原則上應與攔除物一併處置。

(3) 初級沉澱污泥

初級沉澱池沉澱分離的懸浮固體物稱為初級沉澱污泥，初級沉澱污泥一般較廢棄污泥容易腐敗。

(4) 浮渣

主要為初級沉澱池沉澱時浮於池面被蒐集的漂浮物，二級沉澱池也有

浮渣，惟一般較少，一般亦以事業廢棄物另行處理或合併污泥直接脫水，或併同脫水污泥一併處理。

(5) 廢棄污泥

反應槽流出水經二級沉澱池沉澱分離後，活性污泥法程序中，不再迴流至反應槽的部分污泥，排出至污泥處理設施進行進一步減量、安定化處理者。而生物膜法之二級沉澱污泥，則全部以廢棄污泥排出進行污泥處理。

(6) 混合污泥

初級沉澱污泥與二級沉澱污泥，合併稱為混合污泥。

2. 污泥產生量主要來源有二，包括沉澱池(初級沉澱池及二級沉澱池)去除懸浮固體物產生量及生物處理池 BOD 之污泥增殖產生量，分別計算如下：

懸浮固體物產生之污泥量：

$$P_{ss} = Q(SS_o - SS_e) \times 10^{-3} = Q SS_o E_{ss} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(10-1)$$

式中：

P_{ss} ：由懸浮物而產生之污泥量(kg/d)

Q ：處理量(m^3/d)

SS_o ：進流懸浮固體物濃度(mg/L)

SS_e ：自二級沉澱池出流懸浮固體物濃度(mg/L)

E_{ss} ：懸浮固體物之去除率(%)

污泥增殖產生之污泥量(生物曝氣池)

$$P_{BOD} = \frac{Q \times Y(S_o - S_e)}{1 + K_d \theta_c} \times 10^{-3} \dots\dots\dots(10-2)$$

$$\text{或 } P_{BOD} = a L_r - b X V \times 10^{-3} \text{ (經驗式)} \dots\dots\dots(10-3)$$

式中：

P_{BOD} ：生物增殖而產生之剩餘污泥量(kg/d)

S_o ：進流水 BOD 濃度(mg/L)

S_e ：出流水 BOD 濃度(mg/L)

Y ：微生物增殖係數(mg/mg)

K_d ：微生物衰減係數(d^{-1})

θ_c ：污泥齡(SRT, d)

a ：BOD 之污泥轉換率(一般為 0.5~0.8)

L_r ：BOD 去除量(kg/d)

b ：污泥體內自行氧化率(0.01~0.1)(d^{-1})

X ：曝氣槽內混合液 MLSS 濃度(mg/L)

V ：曝氣槽容積(m^3)

$$L_r = Q S_o E \times 10^{-3} \dots\dots\dots(10-4)$$

式中：

E ：BOD 去除率

$$\text{則總污泥量 } P = P_{ss} + P_{BOD} \dots\dots\dots(10-5)$$

$$= [SS_0 E_{ss} + \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + K_d \theta_c}] \times Q \times 10^{-3} \dots\dots\dots(10-6)$$

$$\text{或 } P = (SS_0 E_{ss} + a S_0 E - b X \theta) \times Q \times 10^{-3} \dots\dots\dots(10-7)$$

式中：

θ ：曝氣槽停留時間(=V/Q，day)

但是，污水處理廠污泥產生量，也有依不同生物處理方法，以去除 SS，包括 BOD 轉換之綜合值，做為去除 SS 當量之污泥產生率之經驗計算式如公式：

$$P = Q \times SS_0 \times 10^{-6} \times E \times m \dots\dots\dots(10-8)$$

式中：

P：總污泥量(Ton/day)

Q：處理量(m³/day)

SS₀：進流懸浮固體物濃度(mg/L)

E：全廠懸浮固體物總除去率(%)

m：去除 SS 當量之污泥產生率(如表 10.6)

表 10.6 不同處理方法之 SS 當量之污泥產生率(例)

處理方法 \ 產生率	去除 SS 當量之污泥產生率(%)
標準活性污泥法	100
氧化渠法	75
延長曝氣法	75
分批式活性污泥法(低負荷)	75
好氧濾床法	100
接觸曝氣法	93
活性污泥膜濾法	70

資料來源：日本下水道協會，下水道施設計畫-設計指針及解說(後編 2019 年版)

污泥流量計算如下：

$$Q_s = P \div S \times 10^3 \dots\dots\dots(10-9)$$

式中：

Q_s：污泥流量(m³/day)

P：污泥總量(kg/day)

S：污泥濃度(mg/L)(如表 10.7)

表 10.7 污泥濃度表(例)

處理方法	污泥濃度(%)		
	初沉污泥	廢棄污泥	混合污泥
標準活性污泥法	2.0~4.0	0.5~10	1.0
氧化渠法	—	0.5~10	—
延長曝氣法	—	0.5~10	—
分批式活性污泥法(低負荷)	—	0.5~10	—
好氧濾床法	—	—	1.0
接觸曝氣法	2.0	0.8~1.2	1.0
活性污泥膜濾法	—	0.8~1.2	—

資料：本計畫整理自日本下水道協會，下水道施設計画・設計指針と解説，2019 年版

3. 污水處理廠之污泥設計流量，除考量目前之污水量外，係以計畫目標年之污泥產生量設計。惟因建設時程，常有用戶接管之延宕、預估未來人口及污水量產生變化等不確定因素，故需再定期加以檢討評估，因之污水處理廠之污泥處理設計量，應依系統之規模整體規劃，並考量分期建設計畫辦理之。

- (1) 原則上，系統規模在 1,000~5,000CMD 之小規模者，即以單一系統一次設計之。
- (2) 原則上，系統規模在 5,001~30,000CMD 之中規模者，可依實際評估採二期建設，其第一期可依目標年之一半人口之污泥量之規模建設，待第一期之進流污泥量達七、八成時，再檢討評估第二期之建設。
- (3) 原則上，系統規模在 30,001~100,000CMD 之大規模者，其污泥量之處理設計，則可分三至四期，視進流污泥量之狀況，評估決定建設時程。但厭氧消化槽之設計量，則可考量分兩系統分二期設置。

10.1.3 污泥處理設施概要

污泥處理程序，包括濃縮、貯留、消化、脫水、乾燥、堆肥化及材料化，各種處理設施之概要，如表 10.8。

10.1.4 污泥系統分離液處理

污泥處理程序產生的分離液一般返回污水處理設施進行處理，但如需考慮分離液進行單獨處理時宜考量下列決定之。此外，在改擴建時應根據維護資訊確實檢討適當的分離液處理方式。

1. 污泥系統分離液水質監測項目。
2. 集中處理分離液負荷對策。
3. 污泥系統分離液負荷的具體對策。

解說：

污泥系統分離液處理是對污泥濃縮、消化、脫水等各個過程中產生的濃縮濾液、消化分離液、脫水濾液等(一般稱為分離液)進行處理，然後返回到污水處理

廠進行處理。如果分離液要進行獨立處理，則需要對水質、維護和管理、經濟效益等進行評估，並考慮包括安裝前處理設施。

表 10.8 各種污泥處理設施概要

設施名稱	設施概要
①濃縮	污泥減量化為目的之設施，藉以減少後續污泥處理程序的負荷及設施的容量，以減少處理經費，提升效率
②貯留	小規模污水處理廠處理量少，為後續脫水等間歇操作之需要，供污泥暫存為目的。另亦可以污泥消化槽供貯留、污泥消化穩定之用
③消化	污泥消化目的在於達到安定化，可分為好氧消化、無加溫厭氧消化及加溫厭氧消化。係藉不同的微生物反應，使污泥中的有機物進一步降解，且在厭氧消化可產生沼氣供利用
④調理	為降低污泥與水的親和性，以降低脫水含水率，包括添加藥劑、淘洗、超音波污泥破碎或熱處理等
⑤脫水	為降低污泥含水率，以達污泥減量化，使污泥便於最終處理，並達降低處置費用
⑥乾燥 共燒	藉日曬乾燥或機械乾燥機乾燥，可與垃圾共燒回收能源，達到污泥減量化並易於最終處置
⑦堆肥化	脫水污泥經由醱酵，以達堆肥化的設施
⑧材料化	污泥經由燒結造粒輕質骨材
⑨燃料化	污泥燃料化技術如乾燥、碳化等系統，所製成的固體燃料可以替代化石燃料的使用，減少因使用化石燃料所產生的 CO ₂ 排放量。

資料：本計畫整理自日本下水道協會，下水道施設計画・設計指針と解説，2019 年版

改擴建時，宜根據分離液量、水質、對污水處理設施的影響、維護和經濟效益等維護資訊對現有系統進行評估較適當分離液處理方案。

注意在不同季節污泥性質的變化，以及雨天異常污水可能增加污泥產量，都可能影響分離液處理後的水質。

1. 分離液水質監測項目

各處理程序產生的分離液要特別注意以下水質項目。

- (1) 濃縮：SS、氮、磷。
- (2) 厭氧消化：氮、磷、COD。
- (3) 脫水：氮、磷(如果有消化過程)。
- (4) 焚化、熔化、乾燥、碳化：重金屬(低沸點)、戴奧辛、氰化物。

2. 分離液負荷對策的注意事項

在僅處理個別廠產生的污泥時，該廠污水處理設施的設計會考慮污泥系統產生的分離液負荷不影響污水處理設施。

然而，在集合處理來自其他處理廠污泥的污水處理廠中，污泥系統分離液會增加該廠污水處理設施的負荷，因此需要詳細研討。

如果水中 BOD、SS、COD、氮、磷等濃度變高，現有處理設施難以達到計畫處理水質時，應規劃引進污水高級處理設施或者應該考慮使用厭氧氨氧化法。

關於分離液水質和因有無消化過程而增加的氮磷負荷，可參閱《污水處理系統維護和管理指南》(由日本下水道協會出版)。

如果分離液量和水質隨時間波動較大，也可採取設置調勻池並儘可能均勻地把分離液送回污水處理設施。

分離液可送至初沉池進水側，並做好防腐防臭措施考慮對策。

對現有設施進行改擴建時，如果分離液流入沉砂池或者與重力進流管相連，都會造成管道產生異味和腐蝕，應考慮改用抽水機輸送至初沉池的流入側。

3. 污泥系統分離液負荷的具體對策

當只處理分離液時，有兩種方法：一種是將分離液處理至與污水處理設施的進廠水質標準，然後再送回污水處理設施，另一種是將分離液處理至可以直接排放的程度，但需要綜合判斷處理成本和處理後水質的穩定性。

此外，如果以除磷為目的進行厭氧-好氧活性污泥法等高級處理，為了防止磷重新釋放到分離液中，採用機械濃縮→脫水，可在好氧狀態下處理從污水處理設施產生的含有高濃度磷的剩餘污泥。

如果採厭氧消化(濃縮→厭氧消化)，污泥會變為厭氧狀態並釋放出磷，因此採用消化程序需要慎重考慮，近日可考慮從分離液中去除磷，可考慮添加氯化鎂($MgCl_2$)將磷形成磷酸銨鎂(Magnesium ammonium phosphate, MAP)顆粒。

此外，根據污泥焚化爐的操作流程，其底灰槽及煙道氣處理系統所收集之分離液有可能含有戴奧辛和氰化物，因此須妥善管理焚化爐的操作，例如提高爐內溫度，保持適當的氧氣量，降低除塵器入口處的煙氣溫度。

10.1.5 營運管理面向的規劃設計

無論新建或改擴建之規劃設計，考量營運管理需求，宜考量下列決定之：

1. 從現有污泥處理設施檢討常見問題。
2. 對現有污泥處理設施已發生問題尋求對策構想。

理論上依據本規範的方法所確定的污泥量、固體量、污泥濃度、含水率等設計值進行系統設計，處理廠可以達到高效率運轉和維護。但是這些原始假設值可能與現狀操作存在差異，或是設計安裝的設施不符合現場條件等因素時會出現問題。因此在有現有設施進行營運情況，如有改擴建計畫時應考慮納入計畫值和現場條件的分析與訂定解決對策。

另一方面，營運管理單位會累積大量的維護和管理資訊，例如實際污泥產生量、含水量、污泥處理設施的分離液負荷量、或耗能數據等。因此必須分析這些維修資訊來提取問題，並將改進措施反映在改擴建計畫中。

此外，在制定處理廠改擴建計畫時，為保持其正常功能，除延長可高負荷運行設備的運行時間外，還可考慮推動替代設施建設以保持功能。

也可根據土地需求考量採污泥集中處理，擴大區域與附近的處理廠共同使用。另可考量藉由自動化節省勞動力、利用資訊和通信技術(以下簡稱“ICT”)結合操作維護來降低生命週期成本。

接著，說明從既有污泥處理設施的常見的問題與對策。

1. 從現有污泥處理設施檢討中常見的問題

(1) 整體處理系統評估

- ① 改擴建時部分處理設施將停用而影響污水處理功能問題。同時缺乏備用設備或安裝空間。
- ② 再利用之間的成本負擔考量，污泥所含灰分、熱值和重金屬等問題，降低再利用的多樣性。
- ③ 污泥處置成本提高對管理產生影響。
- ④ 減少溫室氣體、節能。
- ⑤ 在污水系統排放的溫室氣體中，污泥處理過程中排放的二氧化碳(CO₂)與電能和焚化產生的一氧化二氮(N₂O)等相關的比例較高。為此，需要積極引進節能技術和溫室氣體減排技術。
- ⑥ 利用污泥中的能量的技術包括利用污泥消化過程中產生的消化瓦斯發電和利用污泥焚燒過程中產生的廢熱，應考慮處理過程所消耗的保溫能量與輔助燃料用量之間的關係，改擴建應優化整個系統的能量使用。

(2) 現有污泥處理設施評估

在改擴建時，我們應比較計畫量(例如產生的污泥量)和設計標準值(例如含水率)來評估既有設施的實際狀況後發覺問題。以下是常見的問題。

- ① 處理能力可能存在過量或不足
- ② 處理能力不足、含水量增加、固體回收率下降、焚燒過程輔助燃料消耗增加、溫室氣體排放增加、脫水污泥和焚燒灰處置量增加等。處理成本的增加和污泥系統回流液體造成水處理設施負荷增加。
- ③ 處理能力餘裕量大，設備難以有效運行，導致每處理污泥量的耗電量增加，輔助燃料使用量增加，維護成本或溫室氣體排放量增加等問題
- ④ 消化瓦斯產生的氣體量或濃度低於計畫值，發電量等可能達不到計畫值，影響財務估算。
- ⑤ 管道輸送過程中的污泥腐敗、磷酸銨鎂(MAP)等結垢等問題。
- ⑥ 消化瓦斯提供在產能利用，但確定整個污泥處理系統的能源利用未優化。
- ⑦ 減少焚燒過程中產生的 N₂O 而導入的高溫焚燒措施，造成輔助燃料使用量增加、煙道因含磷而堵塞煙道等問題。
- ⑧ 只設置單線設施或無備用，在定期檢查和大修時，會出現脫水污泥的短期處置去向及處置成本增加等問題。

- ⑨ 在多異常水流入下水道中，降雨後污泥產生量變動，增加污泥處理設施的負荷或含水率降低需要處理的污泥量增加，增加維護成本和溫室氣體排放量。

2. 對現有污泥處理設施已發生問題的對策構想

(1) 整體系統的問題

- ① 在擬定改擴建方案時，考慮是否可以保持濃縮污泥的濃度、含水量、固體回收率等，避免因設施停工而導致處理功能下降。
- ② 考慮替代設施和臨時設施的事先建設以維持功能，並預為保留用地。此外可考量集中化處理的可行性。
- ③ 考量最終處置及污泥處理的成本效益，考慮污泥如何能夠擴展用途。
- ④ 考慮以消化瓦斯為熱源進行乾燥以減少污泥體積。此外考慮肥料、土壤改良劑的利用。
- ⑤ 結合改擴建，積極引進節能技術和溫室氣體減排技術。

(2) 現有污泥處理設施的對策

改擴建時，應參考現有污泥處理設施的維護管理資訊進行適當審查。

- ① 如果處理能力過大，應考慮縮小規模，達成節能和減少溫室氣體排放。
- ② 評估現有消化瓦斯產生量和濃度是否符合計畫值，為避免 VS 降低，可採縮短重力濃縮時間或改為機械濃縮。此外，如果有能量損失較大的地方，應考慮採取保溫等措施。
- ③ 考慮污泥長距離輸送造成污泥腐敗和產生 MAP 等問題，可將輸送管道做成兩條，並檢討污泥輸送管的直徑確保流速等措施。
- ④ 集中處理可能導致污泥處理設施的分離液負荷增加，影響現有處理設施氮、磷處理水質，考慮到入高級處理。
- ⑤ 污泥系統分離液流入廠進流處出現腐蝕或產生異味的問題，可考慮改排入初級沉澱池。
- ⑥ 在利用污泥的能量時，應檢查消化、焚燒和燃料轉換等整個污泥處理系統的熱平衡和成本效益的優化。在考慮熱平衡時，還要注意污泥的濃度、水分、VS 等。
- ⑦ 改擴建時，應考慮採用既能節能又能減少溫室氣體排放的設施。
- ⑧ 應對雨天異常流量增加污泥量，應考慮加裝調勻池等。另外，針對夏季初沉污泥性質可能惡化的問題，考慮由重力濃縮改為機械濃縮，採用高效脫水機。

10.1.6 污泥處理設施的配置及構造

污泥處理設施的配置和結構，宜考量下列決定之：

1. 各設施的配置和結構。

每個設施都應照處理程序順序進行配置，不過於複雜，配置和結構應考慮分期建設、改擴建和維護，並根據需要考量備用設施或替代設施。

2. 考量臭味和噪音影響。
3. 安全耐用。
4. 降低地震、海嘯、暴雨等災害時的影響。
5. 新技術引進應進行技術審查。
6. 改擴建設施時，應檢查現有土木結構的劣化狀況，必要時採取土木結構修復、防腐蝕施工等措施。

解說：

1. 各設施的配置和結構

為便於日常維護和異常情況下的檢查/確認，應簡化管道和運送系統，各單元依照處理程序的順序安排。配置時要考慮乾污泥的運送(乾污泥含水量低)。此外，還應考慮未來的改擴建。由於擴建或重建設施需要時間，因此根據過去污泥量的變化等預測未來的污泥量，並在必要時留出餘裕量。此外，由於在整修、檢查等期間將關閉全部或部分設施，為了維持必要的功能，適當數量的分列，包括多池、備用設施或維持功能的替代設施。

此外，由於污泥處理設施的地面可能會進行清洗以進行維護，因此應考慮地面排水的能力。

2. 臭味和噪音

濃縮設備、消化設備、脫水設備、焚燒設備、熔化設備等，整體建築與機械設備往往是臭味、振動和噪音的來源。這些應放置在盡可能遠離廠區邊界的地方，或應採用結構來抑製或防止其發生。電氣室、監控室等應能免受設備噪音、臭味、灰塵、腐蝕性氣體等的影響。

3. 安全耐用

由於整體系統與污泥接觸並產生腐蝕性氣體的位置多，因此土木工程和建築結構的設計應考慮到耐腐蝕性，機械和電氣設備應考量耐用性、易於維護和安全性(如防爆、局限空間、缺氧環境等)。

特別是硫化氫會引起明顯的結構劣化，甚至會縮短混凝土結構的標準使用壽命，在可能發生這種情況的位置需要採取防腐蝕塗裝措施。

4. 地震、海嘯、暴雨等災害時

伴隨地震、海嘯、暴雨等災害，可能發生可燃性氣體洩漏而引發火災等二次災害的危險設備，宜考量在設施周邊淹水的情況下也能發揮其功能，須注意其防水性。

5. 新技術引進

由於污泥處理領域的技術創新很快，因此在選擇技術和設備時應考慮引進新技術，包括本指南中描述的技術。在考慮引進新技術時，應充分考慮各種技術評估效果是否存在等。

6. 改擴建設施時

由於設備的使用壽命比土木工程結構要短，因此通常只需要更換設備即可。但污泥處理設施與污泥接觸並與產生腐蝕性氣體接觸的區域較多，土建

結構比污水處理設施更易劣化。

10.2 污泥輸送

污水處理設施及污泥處理設施所產生的污泥，需藉污泥輸送管線及抽水機予以集中，或輸送至次一單元進行處理，污泥的輸送依其輸送對象，含水率有很大的差異。污泥的輸送，應考量其質和量及周邊環境，選用最經濟的輸送方式。

污泥的輸送依污泥性質，一般液狀污泥，可藉管線或真空車輸送，而脫水污泥，因已屬固體狀，多以卡車載送。本節以液狀之污泥輸送，包括污泥管、污泥抽水機、污泥抽水機室、污泥貯槽及附屬設備，加以敘述。

污泥的輸送應考量其質和量及周邊環境，選用最經濟的輸送方式。

採用管道輸送方式輸送液狀污泥時，為了便於設施之間的協調，通常會安裝具有中繼功能的污泥抽水機和污泥儲槽，在污水處理設施與污泥處理設施之間通過管道輸送污泥時，或收集污泥等長距離輸送時，應盡可能考慮污泥接收側能快速輸送新鮮污泥。

10.2.1 污泥管設計

污泥管之設計，宜考量下列決定之：

1. 材質應為延性鑄鐵管或其他堅固可耐久使用者。
2. 管內流速以 1.0~1.5 m/sec 為準，為避免阻塞，管徑原則採 150 mm 以上。
3. 管道設計應使管道內部需要時可進行清洗。
4. 配管方式。
 - (1)應盡量保持筆直，避免急彎。
 - (2)結構體和管道的連接處使用柔性接頭，確保管體和接頭的抗震性。
 - (3)彎管、T 型管等應使用混凝土、防脫接頭、防脫配件等進行保護。
 - (4)根據需要安裝閘閥、排放管、污水用空氣閥等
 - (5)污泥抽水機設備根據需要配備保護裝置(洩壓、過壓、過溫、乾運轉等)。
 - (6)長距離污泥輸送考量採用複數管。

解說：

污泥管線在改擴建時，應根據運行記錄、污泥特性和預估值，檢討污泥輸送管線的管徑、材質和路線。

1. 材質

污泥管應耐內外壓、不漏水，並應考慮可操作性和經濟性來選擇，管材一般採用內表面塗有環氧樹脂粉末塗料或砂漿襯裡的延性鑄鐵管，也有使用聚乙烯(PE)管、硬質 PVC 管等樹脂管。配管設計中的注意事項如下。

- (1) 管線材質標準可參考相關管路設施規範。
- (2) 在酸性土壤中鋪設鋼管時，或將鋼管連接到橋樑或專用污泥管橋上時，應考慮防腐蝕。另外，在鐵軌、變電站等危險區域，應採取防止電化學腐蝕

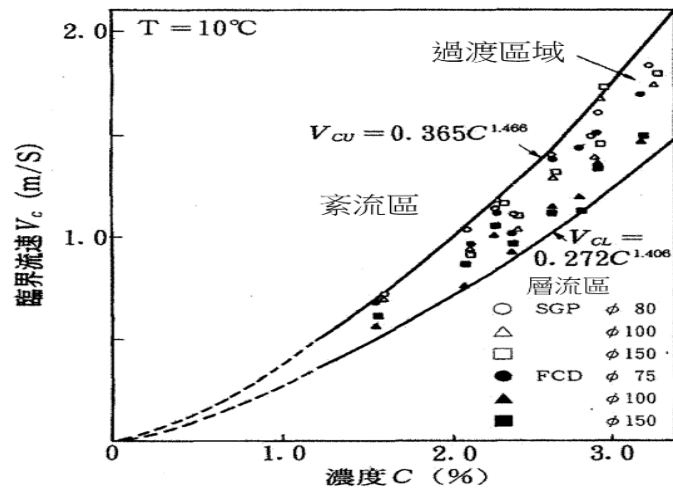
的措施。為了防止埋設地下金屬管道的外部腐蝕，可在外表面附加防蝕 PE(聚乙烯)套袋。

(3) 使用樹脂管暴露於戶外時要考慮耐候性。

(4) 需考慮硫化氫的腐蝕對策。

2. 污泥管內流速以 1.0~1.5 m/sec 為準，但長距離輸送時，為了減少摩擦損失水頭，流速大約為 1.0 m/sec；污泥管管徑應在 150 mm 以上，以避免管線阻塞。

圖 10.4 顯示污泥濃度與臨界速度之間關係。



資料來源「污泥輸送に関する調査報告書(その3)」東京都下水道局計画部(1982)

圖 10.4 污泥濃度與臨界流速關係圖

由於污泥運輸固體濃度低於 2% 且流速為 1 m/s 或更高的會變得紊流，因此計算污泥運輸過程中水頭損失的簡單方法是 Hazen Williams 修正公式。

(1) 污泥濃度 2% 以下、流速 1.0 m/sec 以上時，污泥輸送水頭損失計算公式如下：

$$H_f = 6.82 C_H^{-1.85} \cdot D^{-1.17} \cdot V^{1.85} \cdot L \dots\dots\dots(10-10)$$

式中：

H_f ：紊流區水頭損失(m)

C_H ：流速係數(Hazen-Williams 係數)

D ：管徑(m)

V ：流速(m/s)

L ：管線長度(m)

污泥是一種粘性流體，其粘度隨污泥濃度和液體溫度而變化。因此，在計算污泥輸送過程中管道摩擦水頭損失時，需要考慮污泥濃度和液體溫度的影響。

應用該公式(10-10)時，由於 C_H 對 H_f 的影響非常大，因此需要適當設定流速係數 C_H 。一般情況下，考慮到管道的老化情況，經常使用表 10.9

中的數值。表內數值供值管損失計算，管件、閘類等應分別計算加總。

此外，污泥管道的摩擦損失水頭如內含固體濃度約為 2% 時，可以簡單地計算為水的約 1.3 至 1.5 倍，如果設計污泥濃度超過 2%，請仔細考慮安全係數，以免低估假設的壓力損失。

表 10.9 Hazen Williams 公式 C_H 值

管別	C_H 值
水泥襯裡鑄鐵管	130
塗裝鋼管	130
不銹鋼管	130
強化樹脂管	150
聚乙烯管	150
環氧樹脂襯裡鑄鐵管	150

- (2) 污泥為粘性流體，溫度變化對於污泥特性有所影響，故污泥輸送時管摩擦水頭損失計算應考量污泥濃度及溫度之影響。一般而言，污泥溫度較少低於 10°C，管摩擦水頭損失計算如下：

$$K = 1 + 0.11C \dots\dots\dots(10-11)$$

$$H_f = 6.82(C_H^{-1} \cdot V)^{1.85} \cdot D^{-1.17} \cdot L \cdot (1 + 0.11C) \dots\dots\dots(10-12)$$

式中：

K：液體溫度 10°C 管摩擦損失水頭係數比

C：污泥液體溫度 10°C 濃度

污泥溫度介於 10~20°C 時，修正公式

$$C = [1 - 0.019(T - 10)]0.37C_r \dots\dots\dots(10-13)$$

式中：

C_r ：污泥於液體溫度 T°C 時之濃度(%)

3. 考慮到污泥的可能沉澱於輸送管道，管線設計應可根據需要拆卸和清洗的構造，以利後續維護。
4. 污泥管的配管方法，應考量下列：
 - (1) 污泥配管應在動水力坡降線以下，如佈設在水力坡降梯度線以上，抽水機運轉不會充滿管，易造成管處於硫酸腐蝕環境中，如果不可避免，請安裝污水用排氣閘。
 - (2) 盡可能為直線，彎管常用於抽水機周圍應避免急彎，因為它們會引起紊流和污泥的沉澱。
 - (3) 地震對策-管接頭應具有優良的水密性和施工性。對於地下管線應能安全抵抗回填土壓力、重車輪載、地面不均勻沉降和地震等外力。特別是對於地震時結構(抽水站和處理廠的結構)移動的行為與管線移動的行為有很大不同，可安裝可撓性伸縮接頭。

- (4) 必要時應設止水控制閥、排泥管、排氣閥及洗淨裝置。污泥管及各種閥類設置例，如圖 10.5。另污泥管線在配置上，需有互為備用之考慮。
- (5) 應有保護之設備。
- ① 為了檢測抽水機運行過程中發生的污泥管道異常，可安裝壓力開關、過溫、乾運轉等保護
 - ② 如果污泥管道起伏較大，可能會出現水錘現象，應裝設複合式排氣閥、緩閉式逆止閥。
 - ③ 管線與抽水機或結構接合處，應具耐震性。
 - ④ 在橋梁掛架設置之地點，應為可撓性接頭。
 - ⑤ 彎曲管、T 字管等管件，為避免與混凝土固定座脫離，應以金屬片固定。
- (6) 長距離污泥輸送原則上宜鋪設兩條或兩條以上的污泥管道，包括替代管道，以確保管道沿線地震和其他意外情況的輸送。管線間應根據需要安裝連接管道提高安全性。在這種情況下，抽水機應考慮每條管線的水頭損失以便共用。污泥管線的鋪設應考慮維護和管理、洩漏檢查和災害應對(洩漏點的識別、恢復)、社會影響(道路沉陷、環境衛生等)、成本等。如果因現地情況無法避免使用單一的污泥管時，可考慮安裝儲量充足的污泥儲槽等，以防地震等災害和風險等。

10.2.2 污泥抽水機

污泥抽水機之設計，宜考量下列決定之：

1. 具不阻塞、耐磨損、耐腐蝕，且為容易拆解之構造。
2. 台數(含備用)2 台以上，以能變頻操作，並可因應操作變動調節流量。
3. 污泥抽水機吸入端設置高程原則需保持在淨吸水高度。
4. 應有考量水錘作用之對策。

解說：

因污泥中含有容易造成磨損的砂土，故污泥抽水機應為高硬度耐磨耗的材料。

污泥抽水機吸入蓋、外殼及吸管，應預留設有人手可伸入大小的清除口，以利有布片等阻塞時可清理的構造，因污泥抽水機常因清理或維修需分解，故以容易分解及組成的構造為宜。

1. 污泥中含泥砂，故污泥抽水機應採不阻塞、硬度高、耐磨損之材料製造。
2. 污泥抽水機設置台數應該考量故障維修情況，故台數含備用 2 台以上。
3. 考量孔蝕現象，污泥抽水機吸入端設置高程原則需保持在淨吸水高度。
4. 污泥抽水機快速啟動或運轉中遇停電急速停止，抽水機之排出側依管線狀況可能發生水錘現象，應設置必要之防範裝置。

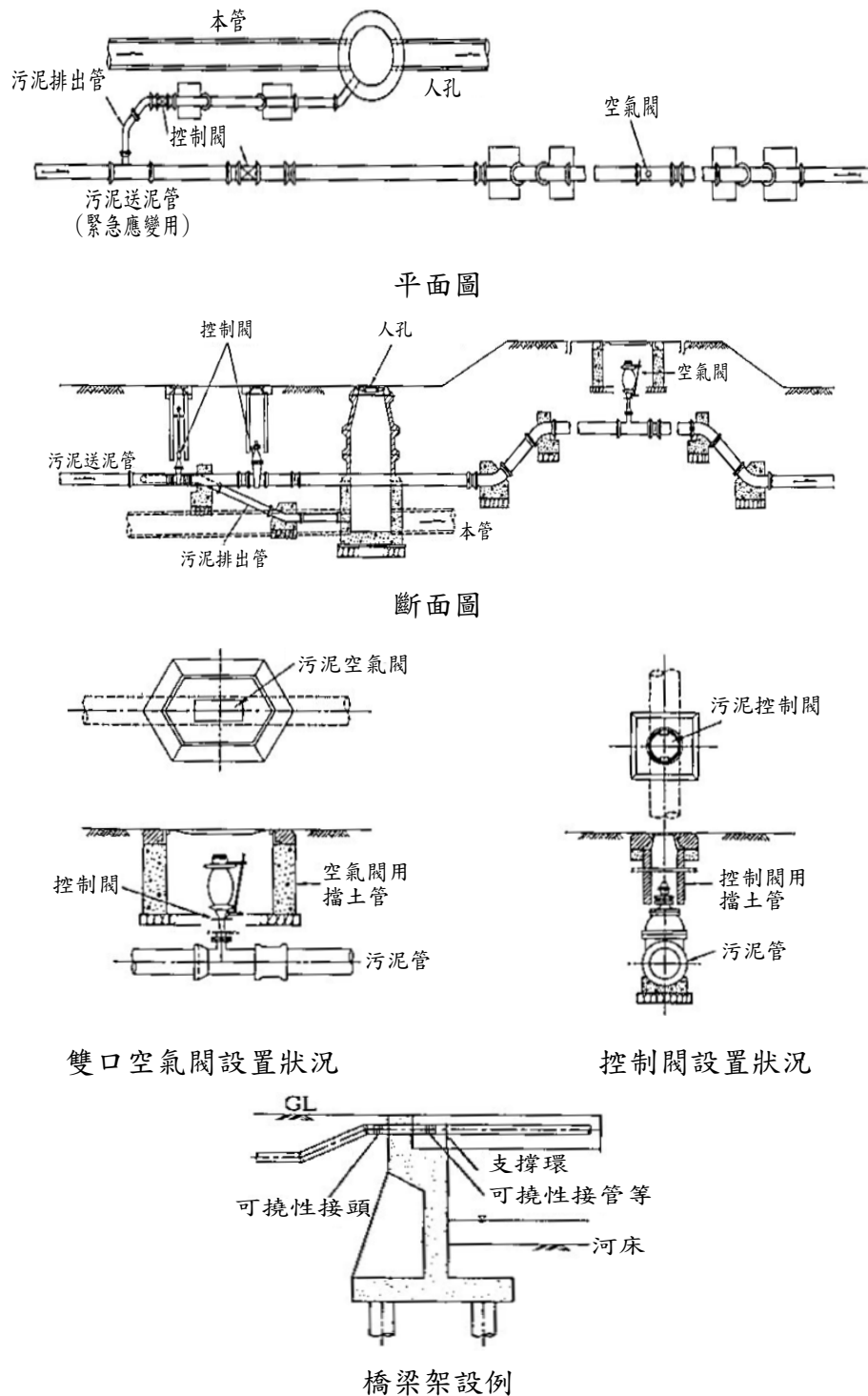


圖 10.5 污泥管及各種閥類設置例

10.2.3 污泥抽水機房

污泥抽水機房，宜考量下列決定之：

1. 構造原則上為鋼筋混凝土構造。
2. 其空間需考量污泥抽水機及管線和其他設備之搬運、拆解及修理所需。
3. 污泥抽水機房內應有適當的照明。

4. 污泥抽水機房內應有適當的排水設施。
5. 污泥抽水機房在安全上，應有充分換氣及防臭對策。
6. 電氣設備之裝設位置，應能防淹水。
7. 應考量污泥採樣的方便。
8. 為防污泥管阻塞，應適當的設置反沖洗管。

解說：

污水處理廠有時會在管道中安裝污泥抽水機，所以有時沒有抽水機房，即使在這種情況下，也需要有相同的考慮。改擴建時應依據實際運轉結果和未來預估外，並考量維修動線、佈置等問題，並應注意現有抽水機房中施工程序，以及確保維護和檢查所需的空間。

1. 污泥抽水機房多設於地下，以鋼筋混凝土構造較堅固，並且應避免地下水滲入，具水密構造；排水口、電氣管處應避免雨水滲入。
2. 空間應足夠大以利機具搬運進出，因污泥抽水機的拆解、清理及維修頻率較高，應考量有足夠之作業空間。污泥抽水機房的大小應使抽水機、管道和其他機械足夠進出。由於污泥中混有砂、布屑和其他污染物，抽水機的拆卸、清潔和維修頻率很高。因此還應考慮安裝用於裝卸和檢查機械的起重裝置等。
3. 污泥抽水機房內應有適當的照明及排水，以利操作運維，為了節省電力，應考慮使用天窗等照明。
4. 由於污泥抽水機房常是地下結構，且需常常地面或管線清洗，因此要安裝排水抽水機，以便在清潔地板時可以將其排出。
5. 污泥系統容易產生硫化氫等，特別因污泥等的腐敗，因此需要考慮改善工作環境和設備的保護，並採取足夠的通風和除臭措施，污泥抽水機房換氣率應足夠，確保為適當之作業環境，因污泥產生各項臭氣，應設置除臭設施。
6. 電氣設備的安裝高度應考慮維修和檢查工作以及防止因水浸和潮濕引起的事務。
7. 污泥性質改變對污泥處理有重大影響，故於污泥抽水機房需考量污泥採樣方便性，以利採樣分析。
8. 污泥管徑最小採 150 mm，當污泥沉積於管內時，應以反沖洗裝置沖洗，以避免污泥持續阻塞。

10.2.4 污泥貯槽

污泥貯槽，宜考量下列決定之：

1. 污泥貯槽之容量應考量各項需求及機能後決定之。
2. 構造上宜為鋼筋混凝土，需考量耐腐蝕或防蝕塗裝。
3. 數量原則以 2 槽以上。
4. 為防止污泥腐敗或沉澱，應有攪拌設備。
5. 應充分考量室內臭氣收集及除臭。

解說：

設施間設置污泥儲槽，可用於儲存或轉送從初沉池、終沉池和重力濃縮池間斷抽取的污泥，以便將污泥連續輸入到後續處理過程中，可儲存一定量的污泥以調整污泥長距離運輸前後的運行時間等，以及在污泥接收處儲存用於後續處理時調整處理量，在改擴建時，應注意運轉記錄、污泥性質、未來預測、施工期間庫容量連續性等。並注意既有污泥性質或臭味產生等問題。

1. 污泥貯槽之容量，於考量污泥投入量、抽泥量、連續或間歇抽泥及維護管理上必要的貯留時間決定之。
 2. 污泥貯槽較多位於地下，以鋼筋混凝土構造較堅固，並且應避免地下水滲入，具水密構造。由於污泥腐敗會產生硫化氫等腐蝕性氣體，考慮到槽內耐腐蝕性，槽內應塗上防蝕塗層。在既有處於嚴重腐蝕環境中的設施，為了解腐蝕環境的季節變化，可以安裝測量口，以便在日常檢查等中測量硫化氫濃度。一般情況下，可使用除臭管道的測量口。
 3. 基於設備維修需要，貯槽數量原則以 2 槽以上，污泥貯槽配置案如圖 10.6。
 4. 污泥長時間放置，易腐敗、產生浮渣或沉澱，為避免浮渣產生及泥砂沉積於底部，應設置攪拌設備、打入空氣或裝設浮渣清除設備。如果要安裝攪拌設備，應考慮安裝起重裝置以利檢查。
- 另外，為了抑制污泥排入引起的臭氣和硫化氫的產生，應檢查污泥輸入管的形狀及高程，並應防止因虹吸現象造成污泥倒流。
5. 污泥貯槽之臭氣應避免外洩並且妥善收集，如果使用空氣攪拌，則除臭風量應超過空氣攪拌量。另外，將污泥排入槽內時，槽內的壓力可能會短暫變為正壓造成臭氣外洩，要特別注意。

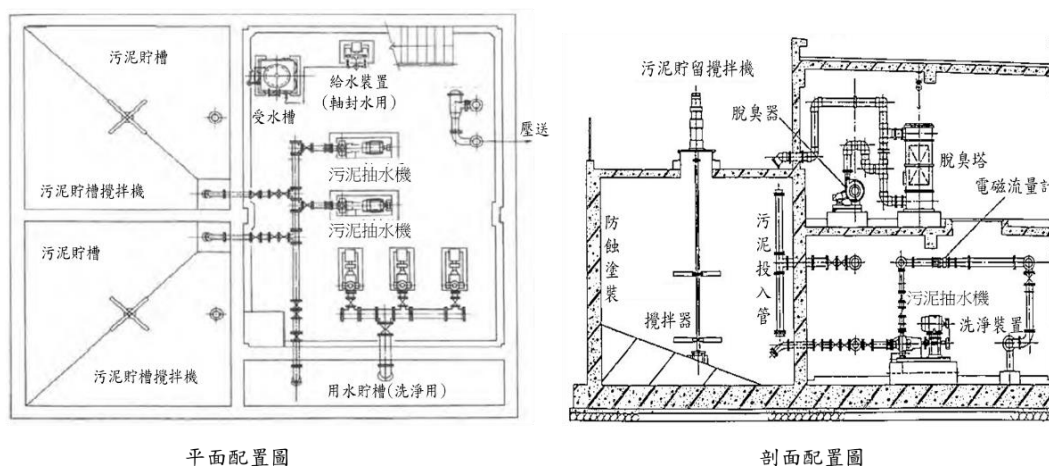


圖 10.6 污泥貯槽配置圖

10.2.5 其他附屬設備

污泥輸送系統設計，宜考量下列決定之：

1. 必要時應在污泥輸送及貯留設施前，設置前處理裝置，包括沉砂、除渣。
2. 必要時對於所去除的沉砂、除渣，應考量能容易處理或處置。
3. 必要時應設置加藥設備、流量計及濃度計等。

解說：

1. 為避免污泥在一般處理程序中，濃縮、消化、脫水、乾燥、焚化等設施，受砂礫、篩渣之影響，因之污泥輸送之前處理可有沉砂、除渣設備，另由各污泥處理設施排出的污泥，於暫存用的污泥貯存槽或調整槽，必要時也應有沉砂、除渣設備。此時設置應為抽砂抽水機、旋流洗砂機、砂粒分離機、自動除渣之攔渣設備。在某些情況下，會安裝破碎設備來處理異物。
2. 沉砂及篩渣為便於分離搬運，必要時設置沉砂分離機及沉砂斗。除渣設備為便於搬運，必要時應有脫水裝置。以及篩渣搬運貯留設備，輸送帶及篩渣斗，以利容易搬運。
3. 為能掌握輸送之污泥量，必要時應設置流量計及濃度計等，如果污泥長距離運輸或儲存預計會產生惡臭、MAP 沉積、磷釋放等，可考慮安裝化學加藥設備（聚合硫酸鐵）、氧氣注入設備等作為應對措施。

10.3 污泥濃縮

污泥濃縮系統設計，宜考量下列決定之：

1. 污泥濃縮可分為重力濃縮和機械濃縮。
2. 設計時應注意下列幾項。
 - (1)處理量。
 - (2)後續處理程序。
 - (3)周邊環境。
 - (4)維護性。
 - (5)建設費、維修費。
 - (6)節能減碳。
 - (7)防腐蝕措施。
 - (8)空間需求。

解說：

1. 污泥濃縮的作用是對污水處理廠產生的低濃度污泥進行濃縮，使後續的污泥消化和污泥脫水工作能有效進行，污泥濃度由下式計算。

$$C(\%) = \frac{S}{S+W} \times 100 \dots\dots\dots(10-14)$$

式中：

S：污泥中乾固體的量

W：污泥中的水量

C：污泥濃度

污泥濃縮按濃縮方式可分為重力濃縮和機械濃縮兩種，重力濃縮是利用重力來濃縮污泥。當污泥中有機物含量增加(如生物廢棄物泥)或污泥腐敗而難以進行重力濃縮時會採用機械濃縮，惟在選擇機械濃縮設施時，要考慮安裝成本、電力成本、維修成本、化學成本等維護成本，常用機械濃縮方式有

帶濾式、離心式及浮除式機械濃縮。

濃縮後的污泥濃度可能會因季節波動、污泥長途運輸等造成污泥性質的變化而降低。尤其是夏季水溫升高，污泥易腐敗，污泥濃度趨於降低。

污泥濃度不足不僅會降低後期污泥處理的效率，還會使含有大量懸浮物的分離液返回污水處理設施，造成處理水水質惡化。

2. 設計應注意事項

設計濃縮時，應由計畫最大日污水量、污水水質、計畫處理水質等計算得出產生的污泥量和產生的固體量。搭配污泥的最終利用和處置方法，選擇適當的污泥濃縮系統。

(1)濃縮的污泥投入量由計畫污泥量和計畫污泥濃度確定，在新建處理廠的情況下，設施規模要考慮到污泥量和污泥的性質需要多年才能達到假設值的實際狀況。

(2)後續污泥處理程序的關係

污泥濃縮位於污泥處理過程的第一階段，增加濃縮污泥濃度可導致後續設施規模縮小，譬如在污泥濃縮後有消化過程時，可以減小消化池的規模。

但要注意為了提高濃縮污泥濃度而增加藥劑注入量，則後段的設備小型化效果有可能減弱。

(3)根據污泥處理設施的周圍環境，根據使用區域和居民的情況，應考慮噪音和振動規定，要選擇噪音低、振動小、易處理異味的系統。

(4)在選擇機械濃縮設備的類型時，需考慮維護性和可控性。

(5)建設費、維修費

選擇重力濃縮時，濃縮後的污泥濃度會隨季節波動，可能會影響後續消化和處理成本。尤其是在濃縮污泥中的有機物含量可能會變動降低時，所以後期如果有消化過程，產生的消化瓦斯量會減少，如果有焚化或乾燥，輔助燃料的使用量可能增加。

此外，在比較機械濃縮設備的成本時，應考慮建造成本、使用壽命和維護成本。

(6)選擇能效較優的機型，有助於節能減碳。

(7)防腐蝕措施

污泥濃縮設施周圍存在硫化氫等腐蝕性氣體洩漏的風險，可能會導致嚴重的事故及人的生命安全。

(8)空間需求

不同型式及處理量需求，所需的空間和設備負載差異大，設計應評估整體空間需求。

10.3.1 重力濃縮

污泥靜置於量筒進行沉降，由於污泥濃度不同而有不同現象。稀薄污泥之沉

降，其污泥及分離液之境界面不很明顯，這一狀態為粒子之自由沉降(Free settling)。若濃度高者，則呈清楚的境界面而下降，這一狀態為粒子間呈集合而相互干擾之同時而下降，稱阻滯沉降(Hindered settling)，所呈清楚的界面稱層沉降(Zone settling)。接著污泥濃度增加，上層粒子與下層粒子間呈壓密狀態，稱為壓密沉降(Compression settling)。濃縮沉降狀態如圖 10.7。

重力濃縮系統通常包括下列項目

1. 重力濃縮槽體，一般採用鋼筋混凝土，應設置包括進流擋板、溢流堰、浮渣擋板及浮渣排放管。
2. 刮泥機，包括驅動裝置、刮泥機、刮泥板和壓密破除攪拌格柵
3. 污泥進出管、抽水機及相關閥類等附屬設備。

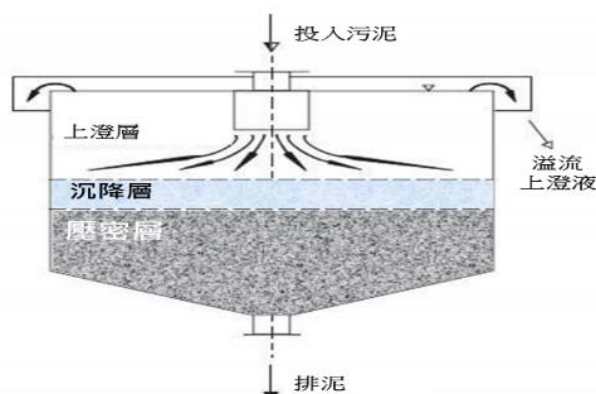
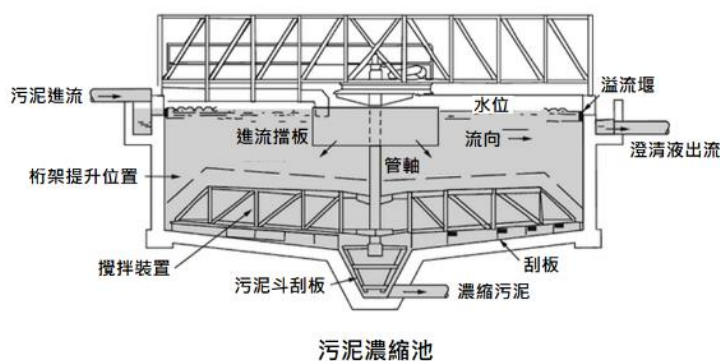


圖 10.7 重力濃縮模式



污泥濃縮池



圖 10.8 重力濃縮槽(龜山水資源回收中心)

10.3.1.1 重力濃縮槽容量

重力式濃縮槽之容量，宜考量下列決定之：

1. 固體物負荷以 $60\sim 90\text{ kg DS/m}^2\cdot\text{d}$ 。
2. 有效水深 4 m 設計之。

解說：

重力濃縮槽的容量要考慮到固體物負荷、有效水深等。

重力濃縮槽所需面積要考量 2 個條件，一是在圖 10.7 所示的上澄區域內，SS 不因槽內的上升流而溢流(澄清條件)；二是槽內污泥層離水面的深度要固定，固體物在單位時間內具有能夠通過沉降層的水面積(濃縮條件)。

當投入的污泥濃度較低時，水面積負荷(溢流率)的影響較大，隨著投入的污泥濃度的增加，固體負荷的影響增大。當投入污泥為正常濃度時，水面積負荷的影響較小，固體負荷很重要。

一般重力濃縮後的污泥濃度為 2~4% 左右。

根據污泥性質的不同，可採在投入重力濃縮槽前對污泥進行稀釋，提高污泥濃縮性。在這種情況下，可採用污泥和回收處理水混合稀釋的方法。

如果重力濃縮不能充分濃縮污泥，就有必要考慮引進機械濃縮設備，另外，在改擴建時，必須對重力濃縮槽的固體負荷及濃縮污泥濃度等計畫值的實際數值進行評估。如固體負荷大於計畫值但濃縮污泥濃度也比計畫值良好時，可以評估實際值合理時，可以使用實際值設計。

在後段有消化系統工程的情況下，可根據消化瓦斯產量的實際情況等，考量縮短停留時間。藉由縮短停留時間可穩定整年度消化瓦斯量。

1. 濃縮槽容量時可以固體物負荷 $60\sim 90\text{ kg DS/m}^2\cdot\text{d}$ ，投入污泥濃度 1% 計算
2. 有效水深 4 m，其停留時間約為 12 小時，水深主要考量為防止污泥外流，重力濃縮池內的污泥界面宜保持在水面以下 2m 以下，同時確保污泥在重力濃縮槽內的停留時間，因此要求污泥層的厚度。但如果停留時間過長，就會在夏季腐敗浮出水面，所以一般來說停留時間在 12 小時左右。

10.3.1.2 重力濃縮槽形狀及池數

重力濃縮槽的形狀和數量，宜考量下列決定之：

1. 形狀。
形狀原則上為圓形。
2. 底部坡度。
(1)設置污泥刮泥機時，應在 5/100 以上。
(2)不設污泥刮泥機時，採用漏斗形底部卸料時，與水平傾斜角為 60 度以上。
3. 池數，原則上設 2 個以上。

解說：

1. 形狀

重力濃縮槽是將污泥滯留在槽內，利用重力進行污泥濃縮，通過污泥刮泥機將堆積在底部的濃縮污泥收集到出泥口，配合刮泥機設置方式，槽的形狀一般為圓形。

2. 底部坡度

在小型設施等中，有時不設置污泥刮泥機而採用漏斗式底部出泥，但當重力濃縮槽的直徑較大時，為了順利排出濃縮污泥，應設置刮泥機。

3. 槽數

重力濃縮槽會因設備檢查等原因需要空槽，因此設定為 2 個以上，但是小型廠不設置污泥刮泥機，或者可以臨時採用其他方法處理污泥，也可以設置一池。

10.3.1.3 重力濃縮槽構造

重力濃縮槽的構造，宜考量下列決定之：

1. 結構原則採用鋼筋混凝土結構，考慮到耐腐蝕性能，採用防蝕塗裝層等。
2. 應設置污泥進出管、分離液管等。

解說：

1. 重力濃縮槽多為地下構造物，多採用鋼筋混凝土結構，具有不受地下水滲透的水密性。另外，由於污泥的腐蝕性高，考慮到槽內的耐蝕性，內層應覆蓋防蝕塗裝層。
2. 配合操作維護的需求，池槽應設置污泥進流及出流管、分離液排除管或浮渣排除等。

10.3.1.4 重力濃縮槽附屬設備

附屬設備，宜考量下列決定之：

1. 污泥刮泥機速度-污泥刮泥機的速度以不攪亂沉降的污泥為標準。
2. 排泥-污泥的排出原則上用抽水機。
3. 污泥輸送管-污泥輸送管的最小管徑為 150mm，一般採用 DIP 延性石墨鑄鐵管，考慮到管道阻塞的情況，應考量管線清洗的構造。
4. 有多個重力濃縮槽的情況，需在前段設置分配槽。
5. 濃縮槽的液面上設置除渣裝置。另外還應考慮溢流堰口清掃。
6. 根據需要設置除砂、除浮渣設備和破碎設備作為濃縮的前處理設備。
7. 根據需要設置覆蓋、通風、除臭、防爆設備。
8. 可以量測重力濃縮槽的污泥介面。
9. 刮泥機設置攪拌柵條。
10. 濃縮進出管線方面要考慮到維護管理。

解說：

重力濃縮槽的附屬設備包括將污泥分配到多個重力濃縮槽的分配槽；收集因重力沉澱的濃縮污泥的刮泥機；抽出濃縮污泥的污泥抽出管、污泥抽出抽水機、

浮渣泥清除等。另外，根據投入污泥的情況，有時需要預處理設備，有時作為環境對策和工作用設備設置除臭設備和通風設備。另外，為了從外部確認污泥濃縮情況，有時還設置污泥介面計等。

改擴建時，應對污泥濃縮狀況和重力濃縮槽內狀態等維護管理資訊等課題進行評估，如有發生污泥界面上升和出流水質等問題時，重新檢查污泥刮泥機和污泥抽水機等，檢討設置適合的配套設備。

具體來說，應從濃縮污泥濃度和污泥介面狀態等開始，對分配槽的結構和功能、污泥刮泥機的速度、抽水機的能力和台數等進行重新評估。當重力濃縮槽內的砂堆積量較大或污物阻塞污泥抽水機時，需提高除砂設備的能力，並在輸送管和抽水機吸入端設置自動污物攔除等。另外，為了適應周邊環境和工作環境的變化，也需評估換氣設備和除臭設備的功能。另外，為了管理污泥濃縮槽的污泥濃度，將研究設置污泥介面計。

1. 污泥刮泥機的速度，其周邊速度為 3m/min 左右。
2. 污泥抽水機的最小口徑為 80mm。為了避免故障時應設置備用機。多槽的情況下可以共用備用機組。
3. 污泥輸送管

污泥抽水機的連接管道可使用不銹鋼管，污泥抽水機的口徑和輸送管的管徑不一定相同。為了保護輸送管不被堵塞，最小管徑為 150mm。另外，由於管內流速變慢會導致砂分堆積，所以污泥輸送管應設計可反沖洗的構造。

4. 有多個重力濃縮槽時要有分配槽，可以適當地分配和調整流入污泥的量。
5. 重力濃縮槽的液面，由於污泥和其他的雜物，很容易浮出浮渣，造成溢流堰附著浮渣，阻礙水流，因此應考慮設置了浮渣刮除裝置。刮除物可與上澄分離液等返回沉砂池等。
6. 濃縮的預處理設備

如果後面有消化工序，可在濃縮設備前設置除砂裝置，以防止砂的堆積和機器的磨損，並可設置攔污柵裝置，以減少污泥消化槽中浮渣的產生。另外也可考慮於濃縮設備後之管線上設置污泥磨碎機，以避免污泥泵及污泥熱交換器阻塞。

7. 根據選址條件，需要除臭可覆蓋，並根據需要考慮設置換氣和除臭設備等。
8. 為了進行適當的污泥管理，在重力濃縮槽中最好設置污泥介面計。
9. 為了有效地進行污泥濃縮，污泥刮泥機原則上要設置攪拌柵條，柵條的框架設計可在污泥中形成垂直通道。允許從污泥絮凝釋放的分離水和微氣泡移動到液面。在設置時要牢固不發生脫落設置。
10. 重力濃縮槽的進出管線，當有 2 個以上污泥濃縮槽時，應考慮檢修將槽體放空的機制，可採用污泥抽水機的輸出管轉移到其他儲槽的設計。

10.3.2 離心式濃縮

離心式濃縮機係藉旋轉體高速轉動的離心力，分離污泥中的固體污泥及液體

之構造，整個系統包括離心濃縮機、進料抽水機及污泥進料槽。

離心式濃縮機有連續式橫軸型及分批式縱立型兩種，一般使用橫軸型。不易藉重力沉降濃縮之污泥，採用離心式濃縮頗具效果。

橫軸型離心機主要為由本體(殼)及螺旋輸送器而成，投入的污泥在旋轉體內承受離心力，濃縮污泥則分離至旋轉體的周邊部，藉旋轉體的旋轉差轉動之螺旋輸送器將濃縮污泥排出。離心式濃縮機(橫軸型)例，如圖 10.9。

離心濃縮機可以在短時間內將難以進行重力濃縮的剩餘污泥濃縮為 4~5%。設備的設置面積比重力濃縮小得多。耗電量方面，雖然與其他濃縮法相比最大，但近年來正在向節能方向發展。原則不需要注藥設備。

一般離心式濃縮機之設置，應有兩台以上，一般操作可將含水率降至 96% 以下，固體物回收率可達 85~95% 之目標，離心力為重力加速度的 1,000~2,500 G。

若污泥中含砂量多，對離心式濃縮機螺旋器前端將造成磨損，選用時應加克服或注意。

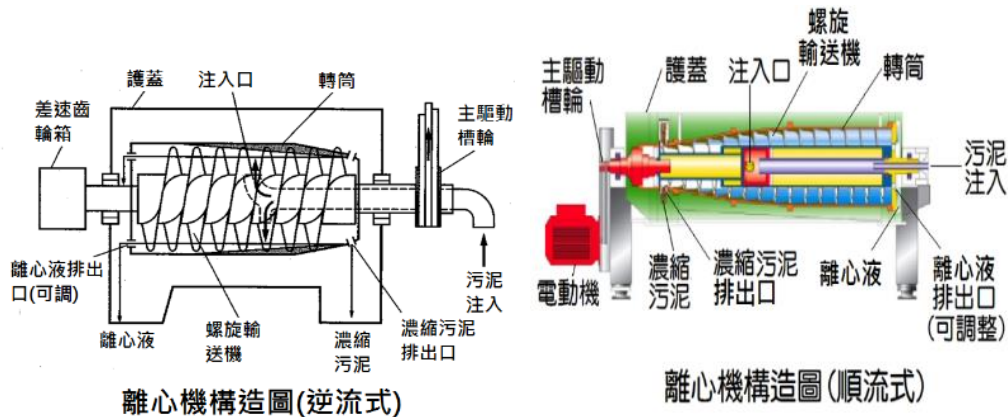


圖 10.9 離心式濃縮機例(橫軸型)

10.3.2.1 離心式濃縮機設計

離心式濃縮機，宜考量下列決定之：

1. 台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。
2. 濃縮機應設二組以上，由具轉速差之旋轉本體與螺旋軸體組成，耐磨、耐久、堅硬之金屬構成，離心力為重力加速度之 1,000 倍至 2,500 倍。

解說：

1. 濃縮機台數依下列公式計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \dots \dots \dots (10-15)$$

式中：

N：台數

Q：處理污泥量(m³/day)

q：1 台每小時處理容量(m³/hr)

t：工作日 1 天操作時間(hr/day)

2. 污泥進料抽水機應使用具備調整流量功能之污泥抽水機，每組濃縮機各設置一台。濃縮機對於進流污泥濃度及進流量的改變，應有對應之考量，並設置必要之加藥設備，並設噪音防制設施。一般操作可將污泥含水率降至 96% 以下，離心式濃縮機約有 85~95% 的標準固體回收率，離心力一般為 1,000~2,500 G。離心式濃縮機，如圖 10.10。

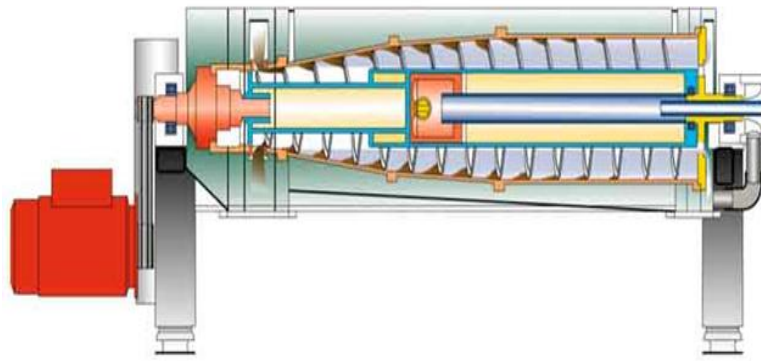


圖 10.10 離心式濃縮機例

10.3.2.2 離心式濃縮機進料抽水機設計

污泥進料抽水機，宜考量下列決定之。在改擴建時，還應根據維護管理資訊等來確定合適的抽水機。

1. 選用可定量設備，數量為每台離心濃縮機搭配一台進料抽水機。
2. 依需求設置備用機組。

解說：

污泥進料抽水機於改擴建時，應根據濃縮機實際的能力決定抽水機容量。

1. 由於供給污泥量對離心濃縮機的正常運行至關重要，因此污泥進料抽水機應採用供給量恒定的方式。一般多使用單軸螺旋抽水機(正排量推進腔式)。污泥進料抽水機如同時供給兩台以上的離心濃縮機組合時，運行管理會變得複雜，抽水機容量也會變大，因此每台離心濃縮機配置一台抽水機。
2. 為了避免抽水機發生故障時無法運轉離心濃縮機，可考慮設置共用的備用抽水機。

10.3.2.3 離心式濃縮機加藥設備

離心濃縮加藥設備，宜考量下列決定之：

1. 原則以無加藥為基礎，可根據需要設置加藥設備。
2. 設置高分子凝集劑溶解設備。
3. 設置凝集劑加藥機。

解說：

1. 離心濃縮以不加藥為原則，在濃縮混合污泥時或是生物廢棄污泥時，如濃縮性能和固體回收率較差時，可考慮增設置加藥設備。加藥量一般為處理固體量的0.2%以下。
2. 高分子凝集劑溶解設備是將高分子凝集劑溶解到一定濃度後供應給混合裝置的設備，由槽體、攪拌器、高分子凝集劑粉體供應機等構成。高分子凝集劑粉體供應機是將水和高分子凝集劑按一定濃度送入濕潤裝置。讓水流和粉體先行混合，再進入槽體攪拌。
3. 凝集劑加藥機可採單軸螺旋抽水機(正排量推進腔式)或膜片式加藥機。

10.3.2.4 離心式濃縮機機房

離心濃縮機房設置，宜考量下列決定之：

1. 面積大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備和地面排水溝等，必要時設置防爆、除臭設備和排水抽水機。
3. 佈置位置應考量其他污泥處理設施的相關佈置。
4. 設置頂棚式起重機等架空式起重機。

解說：

1. 離心濃縮機房的大小，應考量在拆卸附屬設備、管閥類及其他設備時，放置這些設備所需的空間，並滿足人員在各設備的檢查、維護及操作需求。必要時要考慮分期改擴建時的空間。離心濃縮機房牆壁與設備前後端的間隔以及相鄰設備之間的間隔應預留足夠的距離。
2. 離心濃縮機房應設置通風及照明設備，並根據需要設置適當的除臭設備。另外，在清洗旋轉體及螺旋輸送器等時須具備清洗水，地板應考慮排水設施，如排水坡度、排水溝及排水坑，必要時須設置排水抽水機。
3. 離心濃縮機房的位置，需要考慮污泥消化設備、污泥脫水設備等一系列污泥處理設施的配置來決定。另外，為了提高濃縮污泥的投入效率，最好設置在與後段設備相鄰的位置。
4. 為了安裝、分解、修理離心濃縮機，可設置架空式電動起重機等。

10.3.2.5 離心式濃縮附屬設備

附屬設備，宜考量下列決定之：

1. 離心濃縮預處理設備。
必要時加裝除砂、除塵、破碎設備作為離心濃縮的預處理設備。
2. 設置污泥供給槽。
3. 設置濃縮污泥儲槽。
4. 設置供水系統來清潔離心濃縮器的內部並冷卻軸承。
5. 設置防止振動和噪音的措施。
6. 安裝濃污泥濃度控制裝置。

解說：

離心濃縮的輔助設備是提升濃縮效率所必需的，包括用於穩定向離心濃縮機供應污泥的污泥供給槽、以及用於向穩定後續程序供應污泥的濃縮污泥儲槽、用於清洗離心濃縮機內部和冷卻軸承等的供水裝置，以及用於達到濃縮效果的濃縮污泥濃度控制裝置。

此外，根據污泥進料的情況，可能需要預處理設備，並可能需要安裝除臭設備和通風設備作為環境控制措施。

改建時，則須依據污泥濃縮現況、設備運行情況、未來污泥量預測、施工期連續性等進行判斷。例如，當旋轉體(碗)、螺桿、排泥嘴等出現磨損時，就需要提高除砂、除塵和破碎設備的能力。

1. 離心濃縮預處理設備

旋轉體(碗)、螺桿、排泥嘴等容易被污泥中的砂磨損。因此，對於含砂污泥，應盡可能安裝旋流器以去除砂粒。此外，為了防止污染物在螺桿和噴嘴中的纏繞，安裝與離心濃縮機容量相匹配的篩網或破碎設備。

2. 污泥供給槽

安裝污泥供給槽以穩定地向離心濃縮機供給污泥。

3. 濃縮污泥儲槽

加裝濃縮污泥儲槽，為後續程序穩定供應污泥，此外，濃縮污泥較粘稠可能會堵塞管道。

4. 離心濃縮機內部清洗

如果離心濃縮機內殘留的污泥在停機時沒有充分清除，污泥會粘在上面，對後續的運行將造成問題，所以需要對內部進行清潔。另外，大容量機器在運轉過程中需要軸承潤滑油冷卻水，所以應安裝供水裝置。

10.3.3 帶濾式濃縮

1. 重力帶濾式污泥濃縮機，主要是藉由重力原理使間隙水經濾布過濾後分離。此外在污泥進入帶濾式污泥濃縮機前，可於污泥中加入高分子凝聚劑增加污泥凝聚性，因此帶濾式污泥濃縮機所分離排除之水分主要為污泥中之間隙水及表面附著水，而污泥含水量可由原來之 99% 降至 95%~96%。
2. 帶濾式污泥濃縮機係自帶濾式脫水機演變而來，通常帶濾式脫水機第一段為重力排水，可使污泥有效濃縮，因此將重力排水段獨立成為一設備即為帶濾式濃縮機。
3. 通常投入濃縮機前會加入高分子凝聚劑調理，添加量約每 kg 污泥 0.3 g，並經由濃縮機之污泥分佈器後，均勻入流於濾布上，進行重力排水以達濃縮效果，混合污泥濃縮負荷混合污泥約 700~1100 kg SS/(濾帶寬)m·hr，通常在濾布上方污泥移動方向上設有數排之耙犁，使污泥於濾布上翻騰及均勻分佈，以增加污泥排水效能，最終濃縮污泥自另一端排出。帶濾濃縮系統例，如圖 10.11。

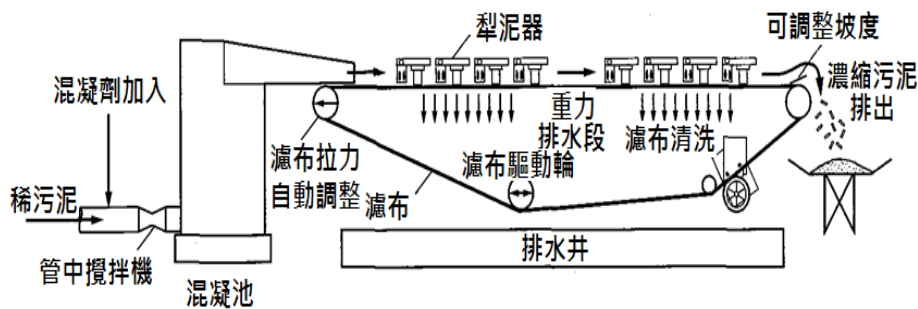


圖 10.11 帶濾濃縮系統例

10.3.3.1 帶濾式濃縮機設計

帶濾式濃縮機，宜考量下列決定之：

1. 台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。
2. 帶濾濃縮機濃縮性能如下：
 - 濃縮後固體物濃度 4~5%。
 - 凝聚劑添加率 $\leq 0.3\%$ (依固體物量)。
 - 固體物回收率 90%以上。
 - 濃縮後污泥含水率視污泥種類而定，約為 95%至 96%。
 - 每台處理量約 $10 \text{ m}^3/\text{h} \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。
3. 污泥濃縮負荷二級沉澱污泥負荷為 $300 \sim 540 \text{ kg(SS)}/(\text{濾帶寬})\text{m}\cdot\text{hr}$ ；混合污泥負荷(含初沉污泥)為 $700 \sim 1,100 \text{ kg(SS)}/(\text{濾帶寬})\text{m}\cdot\text{hr}$ 。
4. 濾帶上應設耙犁。

解說：

1. 帶濾濃縮機有效濾帶寬度及台數如下：

$$B = \frac{S_o}{t \times Q_o} \dots\dots\dots(10-16)$$

式中：

B：帶濾濃縮機有效濾帶寬(m)
 S_o ：工作日每日處理固體物量(kg SS/day)
 Q_o ：單位濾帶固體負荷量(kg/m · hr)
 t：工作日 1 天操作時間(hr/day)

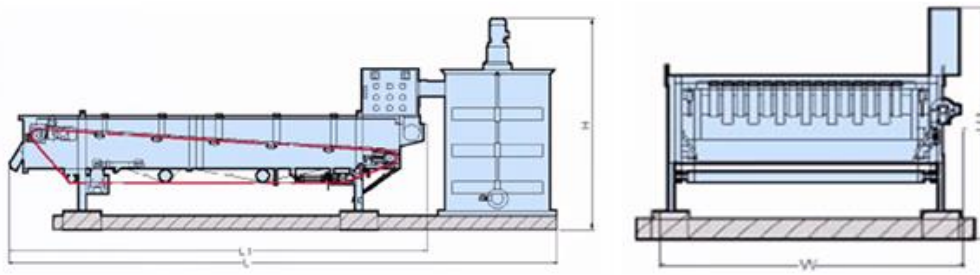
$$N = \frac{B}{a} \dots\dots\dots(10-17)$$

式中：

N：台數
 a：每一台有效濾帶寬度(m)

2. 帶濾式濃縮機，如圖 10.12。濃縮性能標準藥品添加率約 0.3%(依固體物量)，濃縮污泥濃度約 4~5%，SS 回收率約 90%以上。

3. 污泥浓缩负荷包括终沉污泥负荷、混合污泥负荷(含初级污泥)须依规定设计。
4. 为促进固液分离，可于滤带上设耙犁机具将污泥搅动，如图 10.13。



帶濾式濃縮機



濃縮機外圍設置玻璃防臭罩

圖 10.12 帶濾式濃縮機(宜蘭地區水資源回收中心例)



圖 10.13 帶濾式濃縮機耙犁

10.3.3.2 帶濾式濃縮機形狀及數量

帶式過濾濃縮設備的形狀和數量，宜考量下列決定之：

1. 形狀。

標準濾帶布置是水平的或略微向上傾斜的。

2. 單元數。

設置單元數量應至少兩組。

解說：

1. 形狀

濾帶呈現水平或略微上坡運行，污泥由濾帶上部投入。

2. 單元數

帶式過濾濃縮的台數應考慮維護管理、設備維修、檢查、運轉率等因素，

如果停機時沒有替代設施，包括備用設備在內，應至少設置 2 台。

10.3.3.3 帶濾式濃縮機加藥設備

帶濾式濃縮機加藥設備，宜考量下列決定之：

1. 需要設置加藥設備。
2. 設置高分子凝集劑溶解設備。
3. 設置凝集劑加藥機。

解說：

1. 典型加藥劑量約為 0.3%。建議設備與污泥脫水設備分開，因為它與污泥脫水機中使用的聚合物絮凝劑不相同。
2. 高分子凝集劑溶解設備是將高分子凝集劑溶解到一定濃度後供應給混合裝置的設備，由槽體、攪拌器、高分子凝集劑粉體供應機等構成。

高分子凝集劑粉體供應機是將水和高分子凝集劑按一定濃度送入濕潤裝置。讓水流和粉體先行混合，再進入槽體攪拌。

3. 凝集劑加藥機可採單軸螺旋抽水機(正排量推進腔式)或膜片式加藥機。

10.3.3.4 帶濾式濃縮機機房

帶濾式濃縮機機房設置，宜考量下列決定之：

1. 面積大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備和地面排水溝等，必要時設置除臭設備和排水抽水機。
3. 佈置位置應考量其他污泥處理設施的相關佈置。
4. 設置頂棚式起重機等架空式起重機。

解說：詳 10.3.2.4 節說明

10.3.3.5 帶濾式濃縮機附屬設備

附屬設備，宜考量下列決定之：

1. 設置污泥供給槽。
2. 設置濃縮污泥儲槽。
3. 污泥進料抽水機。
4. 除臭設施。
5. 設置供水系統來清潔濃縮機。

解說：

帶濾式濃縮機的輔助設備是提升濃縮效率所必需的，包括用於穩定向離心濃縮機供應污泥的污泥供給槽、以及用於向穩定後續程序供應污泥的濃縮污泥儲槽、用於清洗濾帶的供水裝置，並考量污泥進料的抽水機設置，並需要安裝除臭設備和通風設備作為環境控制措施。

1. 設置污泥供給槽，穩定地向帶式過濾濃縮機供給污泥。
2. 設置濃縮污泥儲槽，為後續程序穩定供應污泥。

3. 應提供污泥進料抽水機，將污泥供應到帶式過濾濃縮。
4. 帶濾式濃縮機與空氣接觸面積較大，可設置隔離罩壁面臭氣外洩，蓋內部應抽氣進行除臭，防止軸承等驅動部件腐蝕。
5. 帶濾式濃縮機的濾帶如沒有充分清除，污泥會粘著降低效率，甚至造成濾帶偏移，所以需要清潔並安裝供水裝置。

10.3.4 滾筒式濃縮

滾筒式濃縮係欲濃縮之污泥先與高分子調理劑在調理槽中混合反應形成膠羽，隨後進入滾筒式濃縮機部的滾筒中，滾筒依各廠家採用型式之不同，可能為細篩網或篩網表面覆蓋合成濾布，並以大約 5~20 rpm 之速度旋轉，利用低速離心過濾方式將通過滾筒式濃縮機之膠羽污泥中的懸浮固體物與液體分離，分離後之濃縮污泥留於旋轉機體內側，廢液則經由旋轉主體外側過濾排出至旋轉主體外的承載外殼，濃縮後污泥的濃度主要取決於進流污泥的含水率、調理劑的加入量與種類、滾筒的轉速以及滾筒的傾斜角度等，一般濃縮污泥含水率約 96~97%。濃縮機為完全封閉式構造，可避免操作時污泥或分離液臭味外溢。滾筒式濃縮機構造及原理，如圖 10.14。

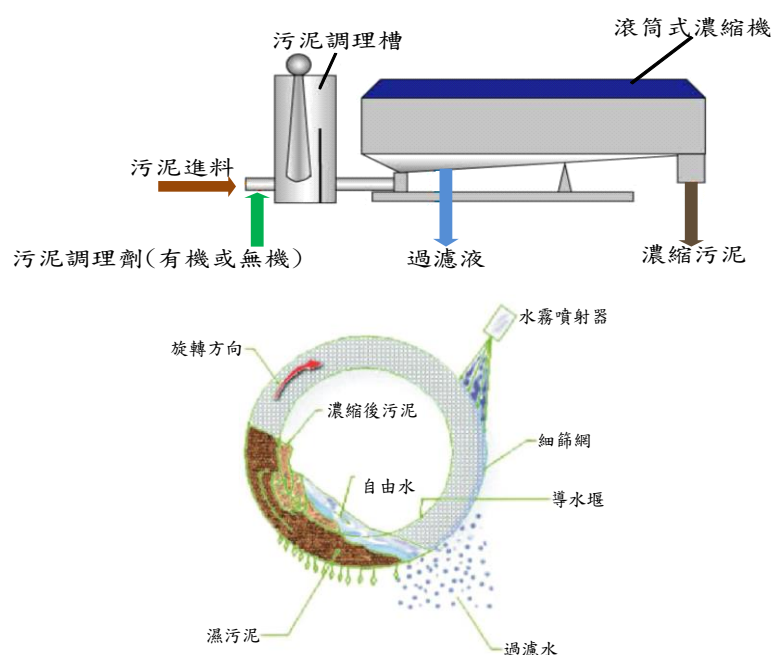


圖 10.14 滾筒式濃縮機構造及其濃縮原理圖

10.3.4.1 滾筒式濃縮機設計

滾筒式濃縮機，宜考量下列決定之：

1. 台數依處理污泥量，每台處理容量及工作日操作時數決定之。
2. 濃縮機應設二組以上，由具低轉速之濾布或金屬篩網所構成之旋轉主體、攪拌器、支撐架、驅動馬達、減速機組成。

解說：

1. 濃縮機台數依下列公式計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \dots\dots\dots(10-18)$$

式中：

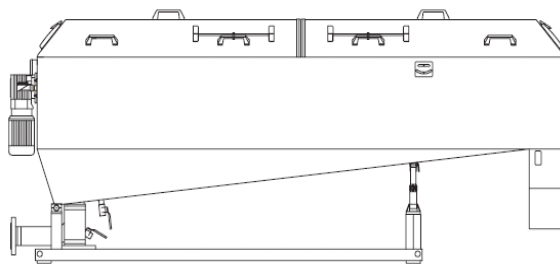
N：台數

Q：處理污泥量(m³/day)

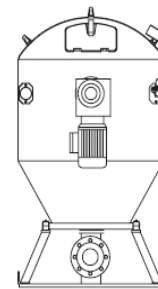
q：1 台每小時處理容量(m³/hr)

t：工作日 1 天操作時間(hr/day)

2. 污泥進料抽水機應使用具備定排量功能之污泥抽水機，每組濃縮機各設置一台。應設置加藥設備。滾筒式污泥濃縮機為一機械式污泥濃縮機，如圖 10.15，必須利用驅動馬達驅動旋轉主體，利用低速離心過濾方式，將通過該機組之膠羽污泥中懸浮固體物與液體分離，分離後之濃縮污泥由旋轉機體內側排出，廢液則由包覆於旋轉主體外側過濾排出至旋轉主體外的承載外殼。濃縮機為完全封閉式構造，避免操作時污泥或分離液臭味外溢。滾筒轉速為 5~20 rpm，濃縮後污泥含水率約 96~97%。



正面圖



剖面圖



淡水水資中心例

圖 10.15 滾筒式污泥濃縮機例

10.3.4.2 滾筒式濃縮機進料抽水機設計

污泥進料抽水機，宜考量下列決定之。在改擴建時，還應根據維護管理資訊等來確定合適的抽水機。

1. 選用可定量設備，數量為每台滾筒式濃縮機搭配一台進料抽水機。
2. 依需求設置備用機組。

解說：

詳 10.3.2.2 說明

10.3.4.3 滾筒式濃縮機加藥設備

滾筒式濃縮機加藥設備，宜考量下列決定之：

1. 需要設置加藥設備。
2. 設置高分子凝集劑溶解設備。
3. 設置凝集劑加藥機。

解說：

1. 典型加藥劑量約為 0.3%。建議設備與污泥脫水設備分開，因為它與污泥脫水機中使用的聚合物絮凝劑不相同。
2. 高分子凝集劑溶解設備是將高分子凝集劑溶解到一定濃度後供應給混合裝置的設備，由槽體、攪拌器、高分子凝集劑粉體供應機等構成。
3. 凝集劑加藥機可採單軸螺旋抽水機(正排量推進腔式)或膜片式加藥機。

10.3.4.4 滾筒式濃縮機機房

滾筒式濃縮機機房設置，宜考量下列決定之：

1. 面積大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備和地面排水溝等，必要時設置除臭設備和排水抽水機。
3. 佈置位置應考量其他污泥處理設施的相關佈置。
4. 設置頂棚式起重機等架空式起重機。

解說：

詳 10.3.2.4 說明

10.3.4.5 滾筒式濃縮機附屬設備

附屬設備，宜考量下列決定之：

1. 設置污泥供給槽。
2. 設置濃縮污泥儲槽。
3. 污泥進料抽水機。
4. 除臭設施。
5. 設置供水系統來清潔濃縮機。

解說：

詳 10.3.3.5 節說明

10.3.5 浮除濃縮

浮除濃縮為在水中通入或產生大量的微細氣泡，使其附著在懸浮顆粒上，造成密度小於水的狀態，利用浮力作用，使懸浮粒浮至水面，達到固液分離之目的。

浮除過程大致可分為：①首先在廢水中，加入適當的混凝劑與膠凝劑等起泡

助劑及空氣，在適當的操作下進行混凝、膠凝反應，使廢水中的微細顆粒凝聚成疏水性的粗大膠羽。②在廢水中產生多量的微細氣泡。③使細小氣泡與膠羽顆粒充份接觸，以形成良好的膠羽+氣泡結合體(比重<水)，以有效於廢水中浮上分離。

浮除法可用以替代初級沉澱池或生物活性污泥法之二級沉澱池。廢水中之纖維類及其他不易沉澱、妨礙廢水生物處理之物質，其與混凝劑、高分子聚合物反應形成膠羽之後，可使用浮除法使之成為浮渣去除。

加壓浮除濃縮系統例，如圖 10.16，起泡裝置(採渦輪式或靜態型混合器)中，將起泡助劑和空氣混合攪拌，在加壓下生成微氣泡，通過混合裝置添加高分子絮凝劑，使之形成絮狀物和氣泡結合的固體，固體接著送入浮除裝置，污泥固相經浮除分離刮除後，通過機械攪拌將污泥中的細小氣泡脫氣。分離後的液體由溢流水位控制裝置從浮除裝置底部抽出。

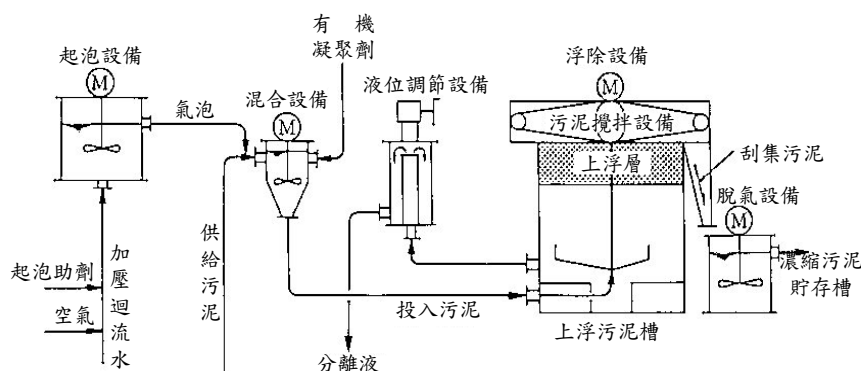


圖 10.16 加壓浮除濃縮系統例

10.3.5.1 加壓浮除式濃縮槽設計

浮除式濃縮槽之設計，宜考量下列決定之：

1. 容量依固體物負荷，以單位面積處理固體物量 $25 \text{ kg DS/m}^2 \cdot \text{h}$ 設計，固體物回收率以 95% 以上為標準。
2. 槽之有效深度為 4 m。
3. 停留時間依浮除分離面積及有效水深而定。

解說：

1. 容量依固體物負荷 $25 \text{ kg DS/m}^2 \cdot \text{h}$ ，固體物回收率可達 95% 以上。浮除式濃縮槽重要設計參數有三項，分別為空氣/固體比、固體負荷率、polymer 用量，一般氣固比為 $0.03 \sim 0.05 \text{ kg 空氣/kg} \cdot \text{DS}$ 為標準。氣固體比公式如下：

$$\frac{A}{S_a} = \frac{1.32 \times C_s \times (f \times P - 1) \times R}{S \times Q} \dots\dots\dots (10-19)$$

式中：

A = 溶解槽溶解空氣量(g/m^3)

S_a = 處理去除之懸浮固體物質質量(g/m^3)

C_s = 相對大氣壓力下之空氣溶解度(mL/L)

S = 廢水中懸浮固體物濃度(mg/L)

f = 空氣溶解效率，0.5~0.8

P = 壓力(atm)，一般為 3~5 atm

R = 加壓迴流量(m³/hr)

Q = 污水量(m³/hr)

2. 槽之有效深度為 4~5 m。
3. 停留時間依浮除分離面積及有效水深而定，一般為 2 小時以上。濃縮污泥含水率約 95%。

10.3.5.2 加壓浮除式濃縮槽形狀及池數

浮除濃縮槽的形狀和數量，宜考量下列決定之：

1. 形狀原則上為圓形。
2. 池數，原則上設 2 個以上。

解說：

1. 標準浮除槽為圓形，因為刮除器和污泥進料抽水機等浮除裝置的限制，最小採用內徑為 1.7m。
2. 因設備檢查等原因需要空槽，因此設定為 2 個或更多，但是小型廠不設置污泥刮泥機，或者在設備維修等期間有替代設施處理污泥時，可以設置一池。

10.3.5.3 加壓浮除式濃縮槽構造

加壓浮除式濃縮槽的構造，宜考量下列決定之：

1. 結構可由鋼板或鋼筋混凝土結構製成，應考慮到耐用性和耐腐蝕性。
2. 應提供堰和其他裝置用於水位控制。

解說：

1. 浮除式濃縮槽的主體構造，應考慮到耐久性和耐蝕性，可由鋼板或鋼筋混凝土結構製成。為了方便檢查和修理污泥清除機，在濃縮槽頂部應設置密閉維修蓋，防止分離氣泡和臭氣外洩。
2. 為了調節污泥的濃度，應設置可調節的水位調節裝置，應設有上浮物刮集及沉澱污泥刮除設備，如圖 10.17。

10.3.5.4 加壓浮除式濃縮刮除及底部刮泥機

浮除池應設置浮除物刮除設備及底部污泥刮泥機。

解說：

浮除池應設置浮除物刮除設備，應盡可能減少浮除物層之干擾。此外，底部會安裝刮泥機，可排除沉降至池底之砂礫。

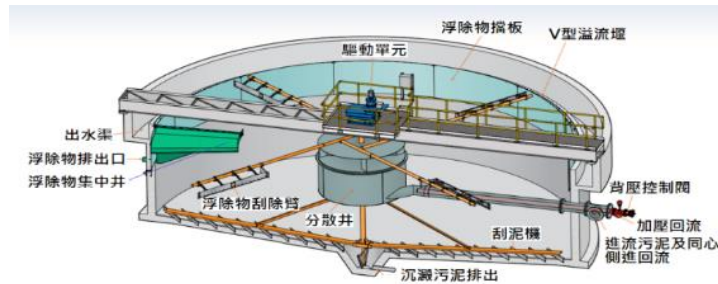
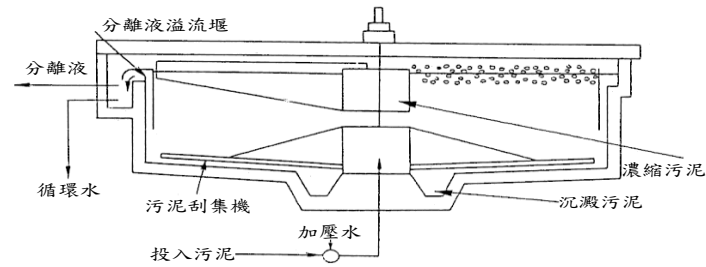


圖 10.17 污泥浮除濃縮槽

10.3.5.5 起泡裝置/混合裝置

發泡裝置/混合裝置包含以下項目。

1. 起泡裝置。
2. 起泡水抽水機。
3. 空氣壓縮機。
4. 攪拌機。

解說：

1. 起泡裝置是通過攪拌添加了發泡助劑的發泡水和空氣的混合物來產生微細氣泡的裝置，也有使用管中加藥攪拌的靜態混合器類型。
2. 起泡水抽水機將起泡水從起泡水箱供應至起泡裝置，當起泡裝置採用為渦輪攪拌式時，用於起泡的水量應與用於起泡的空氣量相同，當起泡裝置為靜態混合器型時，應為每 1kg 固體 40L。
3. 空氣壓縮機的容量是通過考慮供應給起泡裝置的起泡水空氣量和用於氣動閥和凝劑加料器的量來確定的。如果起泡裝置是靜態混合器類型，起泡水空氣是從連接的噴射器中自吸的。
4. 混合裝置是將起泡裝置產生的氣泡和污泥用絮凝劑混合的裝置，內部設有攪拌機。

10.3.5.6 加壓浮除式濃縮加藥設備

加壓浮除式濃縮加藥設備應考慮下列項目。

1. 發泡劑注入抽水機。
2. 發泡劑稀釋槽。

3. 絮凝劑溶解槽。
4. 絮凝劑進料器。
5. 絮凝劑注入抽水機。

解說：

1. 發泡助劑注入抽水機用於將發泡助劑注入發泡裝置，通常採隔膜式加藥機。
2. 發泡助劑稀釋槽可將發泡助劑原液稀釋至規定濃度後保存，考慮到耐久性和耐腐蝕性，通常採用鋼製密封結構，內部設有攪拌器。
3. 絮凝劑溶解槽等，詳第 10.3.2.3 節說明。

10.3.5.7 加壓浮除式濃縮機房

加壓浮除式濃縮設置，宜考量下列決定之：

1. 有足夠的空間進行設備操作和檢查。
2. 提供通風、照明設備、排水等，必要時安裝除臭設備和排水抽水機。
3. 佈置位置應考量其他污泥處理設施的相關佈置。

解說：

詳第 10.3.2.4 節說明

10.3.5.8 加壓浮除式濃縮附屬設備

附屬設備，宜考量下列決定之：

1. 設置污泥供給槽及安裝污泥進料抽水機。
2. 設置脫氣槽。
3. 設置濃縮污泥儲槽。
4. 安裝除臭設施。

解說：

1. 污泥供給槽可緩解投入污泥濃度和投入量的變動，並安裝污泥進料抽水機穩定供泥。
2. 脫氣槽是利用機械攪拌機等將含有的氣泡進行脫氣，容量根據污泥的性質而不同，通常採 15~30 分鐘停留時間，此外應注意脫氣池過淺或過長時，脫氣效率較差。
3. 除臭設施可減輕罩內臭味並防止污泥裝置腐蝕。

10.3.6 各種濃縮設施設計比較

濃縮設施設計之選擇，宜考量下列決定之：

1. 依規模考量各種濃縮設施之特性、優缺點，加以比較選定。
2. 對於機械式濃縮方式，應就其初設費、操作維護費、濃縮功能及環境影響，加以比較選擇。

解說：

1. 各種污泥濃縮設備相對比較，如表 10.10。

表 10.10 污泥濃縮設備優缺點相對比較表

項目		重力濃縮	機械濃縮			
			離心式	加壓浮除	滾筒式	帶濾式
最大處理能力		中央驅動式直徑 Φ28m x 有效水深 10m	150m³/h/unit	70m³/h·unit (輸入濃度 0.5%)	180m³/h·unit	150m³/h·unit
污泥濃縮原理		重力	離心力	加入混凝劑以電化學方式吸附氣泡和固體，使其漂浮濃縮	在污泥中加入混凝劑後，經過篩網滾筒重力過濾濃縮	在污泥中加入混凝劑後，經過濾布帶上重力過濾濃縮
功能/ 維護	用電量	低功耗	耗電量比較大	耗電量比較大	低速驅動低功耗	低速驅動低功耗
	臭味	易產生臭味，但可加蓋控制	密封結構，臭味洩漏少	要將浮選裝置密閉	密封結構，臭味洩漏少	採用密閉蓋控制臭味
	用地	需要大面積	占地面積小	配件多 占地面積比較大	占地面積小	占地面積中
	噪音/ 振動	低速旋轉噪音或振動小	高速旋轉必須注意噪音和振動	有許多低速旋轉的電機，噪音和振動小	低速驅動噪音和振動小	低速驅動噪音和振動小，有高壓清洗噪音
	維護性	污泥濃度會根據污泥界面高度波動，需要每天量測界面。此外需要浮渣去除裝置	大約 20,000 小時後進行製造廠機械檢查	加壓運轉，無高速旋轉部件，維修方便，現場檢查	易於維護，檢查和更換可原地進行	易於維護，檢查和更換可原地進行。濾布需要化學清洗
	清洗水	需求低	需求低	需求低	水量需求高	水量需求高
應對污泥性質的變化等		水溫高污泥腐敗上升，污泥濃度及固體回收率下降，此時應縮短污泥停留時間，必要時加入混凝劑	輸入污泥的性質(固體濃度、有機物含量等)會影響濃縮性能，可調節離心力、負荷應對	可以保持穩定的濃縮污泥濃度和固體回收率	輸入污泥的性質會影響濃縮性能，可通過調整注入負荷應對	輸入污泥的性質會影響濃縮性能，可通過調整注入負荷應對
混凝劑		原則不使用	原則不使用 (回收率較差時使用高分子凝集劑)	發泡助劑+ 高分子凝集劑	高分子凝集劑	高分子凝集劑
污泥濃度		污泥濃度約 2-4%。在比重差異小的污泥(高有機物)或難壓密污泥，濃度會降低	濃縮污泥濃度約 4-5% 固體回收率 無加藥：≥90% 有加藥：≥95%	污泥濃度約 4-5% 固體物回收率 95%以上	污泥濃度約 4-5% 固體物回收率 90%以上	污泥濃度約 4-5% 固體物回收率 95%以上

10.4 污泥消化處理

污泥消化處理在於促使污泥穩定化，其處理方式有污泥厭氧消化及污泥好氧消化。

10.4.1 概說

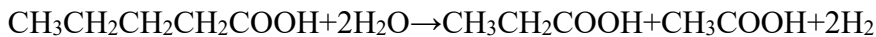
1. 污泥厭氧消化基本原理

由污水中分離出的污泥，經由厭氧菌的分解作用達到安定無害的過程，稱為污泥厭氧消化。

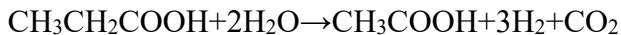
厭氧消化之處理過程，可分為酸性醱酵期(水解)、酸性減退期(酸生成)及鹼性醱酵期(甲烷生成)三階段說明之。

污泥厭氧消化為一極其複雜的過程，為 1979 年 Bryant 等學者根據微生物的生物種群，提出的厭氧消化三階段理念，也是一般較為公認的理論模式，三階段厭氧消化的第一階段，在水解與醱酵細菌作用下，將複雜的有機物油脂、木質素、蛋白質與纖維素組成的污泥分解成單醣、氨基酸、低碳脂肪酸及揮發酸與二氧化碳，第二階段是在產氫及產乙酸菌的作用下，將前一階段的產物分解成氫、二氧化碳和乙酸、戊酸、丙酸及乙醇轉化反應式如下：

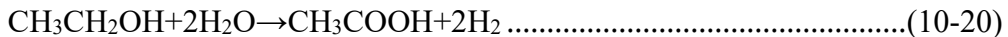
戊酸的轉化



丙酸的轉化



乙醇的轉化



第三階段是通過兩類不同的產甲烷菌的作用，一類把氫和二氧化碳轉化為甲烷，即



另一類對乙酸脫羧產生甲烷，即



在厭氧消化的過程中，由乙酸形成的 CH_4 約佔總量的 2/3，由 CO_2 還原形成的約佔總量的 1/3。

由上述可知，產氫產乙酸菌在厭氧消化中具有極為重要的作用，它與水解及醱酵細菌及產甲烷細菌之間存在共生關係，且不斷地提供大量的 H_2 做為產甲烷細菌的能源，以及還原 CO_2 生成 CH_4 的電子供應體。

厭氧性污泥消化，即為於鹼性醱酵期狀態下，在槽內投入污泥，使污泥中有機物成為分離液、安定化污泥及瓦斯之處理方法。

經厭氧消化後的污泥，可達到下列之效果：

- (1) 污泥量減約為原來的 1/3～1/5。
- (2) 污泥較容易脫水。

(3)污泥臭味得以減少。

(4)污泥中病原性生物可以減少，達到衛生安全之目的。

消化過程中所產生的甲烷瓦斯，可供做消化槽加溫及發電之用，消化污泥呈腐植土狀，與堆肥之性質與組成相似，可供做肥料用。

一般厭氧消化產生瓦斯起自 6°C ，瓦斯產量隨溫度上升而增加， $25\sim 38^{\circ}\text{C}$ 為最適溫度，中溫消化以 $30\sim 37^{\circ}\text{C}$ 為最佳。

污泥厭氧消化達到 90% 最終產生量所需消化日數，約 20 日左右，依消化溫度而異，最適消化溫度可分為約 $30\sim 37^{\circ}\text{C}$ 及約 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，前者稱為中溫消化，後者即為高溫消化。

高溫消化具有增加瓦斯產生量、提高污泥處理負荷、縮短消化日數等優點，但因對溫度變化甚為敏感，且加溫所需熱量大等不經濟，故採用不多。一般以產生之瓦斯為燃料，採用中溫消化適當溫度 $30\sim 37^{\circ}\text{C}$ 。

消化瓦斯產生量，在正常消化狀態下，約為含水率 98% 之投入污泥量的 7~10 倍容量。瓦斯的成份依投入污泥之性質而異。熱量為 $5,000\sim 5,500\text{ kcal/m}^3$ ，但當 5~15 倍之空氣混入時，因瓦斯之閃火點變低，易發生爆炸，故管線及設備需有防爆之考量。

污泥厭氧消化是在密閉槽中進行，消化槽的機能可分為複雜有機物為微生物進行分解的生物化學作用，以及經壓密而進行濃縮脫水的物理作用。

污泥消化中若予以充分攪拌及加溫，可促進生化作用的進行，而物理作用部分並無加溫之必要，經靜置就可達到濃縮之目的。兩種相反條件而在同一環境下消化反應現象，有諸多不妥之處，因此消化過程有分以二段進行，以補救上述缺點。即於第一消化槽進行加溫及攪拌，而於第二槽進行澄清液之分離，即為兩段式污泥消化，如圖 10.18 所示。

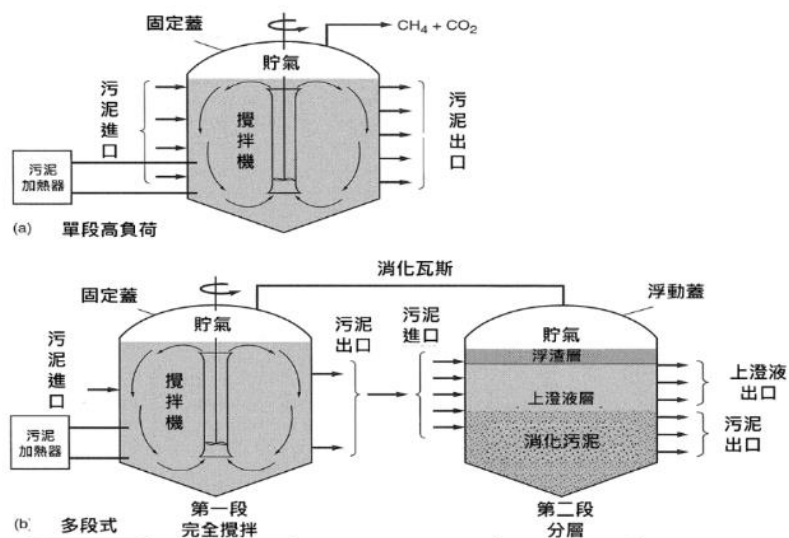


圖 10.18 典型厭氧消化池示意圖(資料來源:Metcalf & Eddy 5th)

厭氧消化過程中重要的環境因素為(1)固體停留時間/水力停留時間、(2)溫度、(3)鹼度、(4)pH 值、(5)有害毒性物質、(6)營養物和微量金屬的生物利用率，前三項因素是最重要的，在此說明影響。

(1)固體和水力停留時間

在混合良好的反應器中提供充分的停留時間可充分分解揮發性懸浮固體(VSS)，一般採用標準有二，一為固體停留時間 SRT，即固體在消化過程中的平均時間，其二為水力停留時間 τ ，即液體在消化過程中的平均時間。

對於溶解性基質，SRT 可以用反應器內固體量(M)除以每日去除的固體量(M/d)來計算，水力停留時間 τ 則等於反應器內液體量除以去除的生物固體量，對於沒有回流的消化系統， $SRT=\tau$ 。

三種反應(水解，發酵和產甲烷)與 SRT(或)直接有關，增加或減少 SRT 導致每種反應的程度增加或減少，每種反應均有最短 SRT 如果 SRT 低於最短 SRT，細菌不能正常生長將導致消化過程失敗(WEF，1998)。

(2)溫度

溫度不僅對微生物群體的代謝活性有影響，而且對某些因素如氣體傳送速率、生物固體沉澱特性也有較大的影響，設計操作溫度會影響 SRT，大多數厭氧消化系統設計成在中溫，即 30~37°C 運行，也有系統設計成在高溫範圍 50~55°C 內運行，也有使用中溫和高溫結合分級消化。

系統保持穩定的運行溫度更為重要，因為細菌跟甲烷菌，對溫度變化很敏感。溫度變化大於 1°C/d 可能影響效能，因此建議穩度變化小於 0.5°C/d(WEF，1998)

(3)鹼度

碳酸氫鈣、碳酸氫鎂和碳酸氫銨是在消化池可找到的緩衝物質。在消化池中鹼度的濃度與加入的固體濃度成比例。良好的消化池鹼度為 2,000~5,000 mg/L(WEF，1996)。

在消化池中主要消耗鹼度的是二氧化碳，而不是揮發性脂肪酸，二氧化碳產生於消化過程的發酵和產甲烷階段，溶解形成碳酸而消耗鹼度。因此二氧化碳的濃度會反映鹼度需要量，可以投加碳酸氫鈉、石灰或碳酸鈉補充所需鹼度。

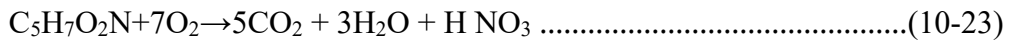
2. 污泥好氧消化基本原理

好氧消化基本原理是污泥中的微生物利用細胞基質的自營消化作用，取得能源來消化污泥細胞中不易分解的有機物質，氧化轉變為二氧化碳、水和氨，氨最後轉變為硝酸鹽類，處理後污泥可減少臭味和固體物並增加污泥的脫水性。

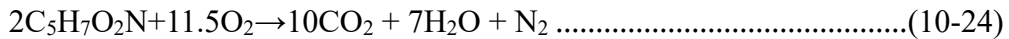
好氧消化類似於活性污泥法。當加入的有效基質(食物)耗盡時，微生物開始消耗其本身的原生質以獲得細胞維持反應所需的能量。在這種情況下，微生物被認為處於內源期。細胞組織被好氧氧化為二氧化碳、水和氨。實際上，細胞組織只有 75%~80% 左右可以被氧化剩餘的 20%~25% 由惰性組分和不能

生物降解的有機化合物組成。氮隨消化過程的進行而陸續氧化成硝酸鹽。不能生物降解的揮發性懸浮固體將留在好氧消化的最終產物中。

在消化過程中，氧化所產生的氮再氧化成硝酸鹽，總反應如下：



如產生脫硝，將以硝酸鹽作為電子受體，總反應如下：



好氧消化過程中由於有機物的氧化及有機氮的硝化，如果污泥中沒有足夠的緩衝能力可以利用 pH 就會降低。氧化 1kg 氮約消耗 7kg 鹼度(以 CaCO_3 計)。理論上硝化時消耗的鹼度約有 50% 可以在脫硝時重新獲得。如果所處條件緩衝能力不足，導致 pH 值降至 5.5 以下，可能就需要增加鹼度加藥設備。

好氧消化為藉體內呼吸，因此生物可分解物質的減少速度與其濃度成比例。

$$\frac{dS}{dt} = -K_d S \dots\dots\dots(10-25)$$

式中：

S：生物可分解有機物(mg/L)

t：時間(d)

K_d ：自行氧化速率(d^{-1})

K_d 依污泥性質及濃度而異，而污泥分解依消化日數和濃度而變。

好氧消化一般用於小規模生物污泥之處理，尤其是延長曝氣法等生物污泥，除可得與厭氧消化同樣較低之揮發性固體物外，其分離液 BOD 濃度較低，污泥脫水性佳及處置容易均為其優點，但耗費能源較高，且不能回收有用副產物。

3. 污泥消化處理特性比較

厭氧性污泥消化處理與好氧性污泥消化處理，其特性比較如表 10.11。

表 10.11 厭氧性污泥消化與好氧性污泥消化之概略性比較

項目 \ 消化	厭氧性消化		好氧性消化
揮發性固體物減少率	較高		稍低
分離液 BOD 濃度	高		低
最終產物有臭味	稍有		無
消化污泥脫水性	優		佳
可回收沼氣	可		不可
設備費	高		低
操作額外耗能	小		大
消化污泥量(VS/TS)	低		高
回收肥效	低		高
溫度影響	加溫	無影響	低溫有影響
	不加溫	有影響	
適用規模	加溫	大	小
	不加溫	中小	

10.4.2 污泥穩定處理設計原則

污泥消化穩定處理，包括厭氧消化及好氧消化，基於節能、創能及操作管理複雜性之考量，宜考量下列決定之：

1. 污水處理廠計畫最大日污水量在 5,000 m³ 以下，採活性污泥法污泥停留時間大於 20 日或生物膜法方式且無初沉污泥者，得不設消化槽。污泥停留時間在 20 日以下者，採好氧消化或尹霍夫槽消化。
2. 污水處理廠計畫最大日污水量在 5,000(含)至 10,000 m³ 者，污泥得以好氧消化處理。
3. 污水處理廠計畫最大日污水量在 10,000(含)至 30,000 m³ 者，污泥得以厭氧性無加溫消化處理，並回收沼氣利用。惟若採加溫消化，應就經濟性及操作複雜性做效益比較。
4. 污水處理廠計畫最大日污水量在 30,000(含)m³ 以上者，污泥得以厭氧性加溫消化處理，並回收沼氣利用。

解說：

說明小、中、大不同規模處理設施之污泥穩定處理原則。惟若初期流量低，或污泥量尚未到一定規模，經評估後，則可考量暫依替代之穩定方式處理之。

10.4.3 厭氧性加溫消化

污泥厭氧消化有一段消化及二段消化。原則上，中規模者以一段消化，大規模者採一段消化或二段消化。

一段消化為污泥在經重力濃縮或機械濃縮後，投入消化槽濃度較高的污泥，經污泥消化後，未經固液分離，直接進行脫水的消化方式。由於其未先經固液分離，因之脫水分離液濃度較高，直接送分離液處理系統再處理，負荷也較大。

二段消化係投入之污泥，在第一段槽進行加溫及生物反應，而於第二段槽進行濃縮及固液分離，則其分離出之消化污泥濃度一般較高，而分離液迴流至處理系統再處理，其負荷也可較低，一段及二段體積比為 2：1，而以二座為一段消化，另座為二段消化併列運轉，二段槽若設有加溫及攪拌設備，也可依修繕之需要，調整為一段槽操作。

10.4.3.1 有效容量及消化污泥量

有效容量之計算及消化污泥量，宜考量下列決定之：

1. 污泥消化槽有效容量，依污泥投入量及消化日數定之。
2. 消化污泥量，依投入污泥中之有機成分、消化率及污泥含水率定之。

解說：

1. 消化槽容量，依投入污泥量、消化日數及消化污泥量計算之，一般消化槽之有效容量(含第 1 段及第 2 段消化)可以下式計算之。

$$V=Q_1 \cdot T \dots\dots\dots(10-26)$$

式中：

V：消化槽有效容量(m³)

Q₁：投入污泥量(m³/d)

T：消化槽污泥消化停留日數(日)

一般分解污泥中有機物之中溫消化溫度為 30~37℃，總消化日數 20~30 日，其中第二段以分離為目的採 10 日左右，但其容積亦可以有機負荷量推算之。

為考慮上部有浮渣及底部沉積砂土，除應以漏斗狀外，並考慮其有效容積。消化槽內徑一般以小於 30 m，側深為內徑的一半，槽底坡度≥0.3 為宜。

2. 消化污泥量及消化率

消化污泥量依投入污泥之有機成分、消化率及污泥含水率而定。消化污泥量，依消化率可以下式計算之。

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{100 - MC_1}{100 - MC_2} \right) \times \left(1 - \frac{VS_1}{100} \times \frac{D}{100} \right) \dots\dots\dots(10-27)$$

式中：

Q₂：消化後污泥量(m³/d)

Q₁：投入污泥量(m³/d)

MC₁：投入污泥之含水率(%)

MC₂：消化污泥之含水率(%)

VS₁：投入污泥之有機成分(%)

D：消化率(%)

消化率是指投入污泥中之有機物因氣化而減少之比率，依消化日數、消化濃度、投入污泥之有機成分而異，一般可以下式計算之。

$$D = \left(1 - \frac{FS_1 \times VS_2}{FS_2 \times VS_1} \right) \times 100 \dots\dots\dots(10-28)$$

式中：

FS₁：投入污泥之無機成分(%)

VS₁：投入污泥之有機成分(%)

FS₂：消化後污泥之無機成分(%)

VS₂：消化後污泥之有機成分(%)

依日本下水道協會「下水道施設計画・設計指針と解説，2019 年版」指出，一般中溫若消化溫度 30~37℃，消化日數 20~30 日，而投入污泥之有機成分在 70%左右，則約可獲消化率 50%左右。高溫消化溫度 50~55℃，消化日數 10~15 日。

消化污泥含水率約 96.0~97.5%，與投入之污泥濃度相近。

消化的固體物之減少率約為

$$Y_0 = \left(\frac{VS_1}{100} \times \frac{D}{100} \right) \times 100 \dots\dots\dots(10-29)$$

式中：

Y_0 ：固體物減少率(%)

一般經驗上消化槽之容量，則以污泥投入量 Q_1 及消化污泥量 Q_2 以下式計算之。

$$V = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) \times T \dots\dots\dots(10-30)$$

至於無加溫消化日數，日本下水道協會「下水道施設計畫・設計指針と解説，2019 年版」指出，應考量冬季溫度決定日數 60~90 日，惟台灣終年污泥溫度多在 15°C 以上，故建議以 50~60 日為考量。

10.4.3.2 形狀、槽數

消化槽之形狀、槽數，宜考量下列決定之：

1. 形狀為圓筒形、蛋形或龜甲形，其內徑及有效水深之比，以能達到槽之攪拌效果為考量。
2. 槽底坡度於考量防止砂土淤積決定。
3. 全期原則上 2 系列以上。

解說：

1. 污泥消化槽的形狀，於考量污泥攪拌，槽內溫度均一化，加溫、保溫及構造上之經濟性、安定性為考量，一般使用圓筒形，但從攪拌上看，國外則以蛋形較佳而漸普及。另龜甲形除具上述優點外，其施工較容易為其優點。

圓筒形者其內徑以 10~30 m，內徑及側深(有效水深比以 2:1 為宜。若以消化瓦斯攪拌，為確保攪拌效果，其水深以最低 4 m 為宜)。

蛋形者，其槽側為球殼構造，頂部及底部幾成直線，因之單位容積之表面積較小，熱損失也可較小，且較不淤積砂礫為其優點。

龜甲形者，其內徑及有效水深比以 1:1 為宜。污泥消化槽之形狀例，如圖 10.19。消化槽之體型比較，如表 10.12。

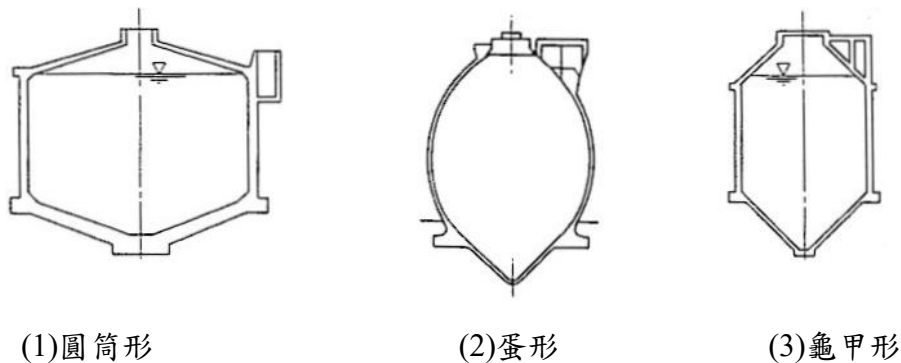


圖 10.19 污泥消化槽之形狀例

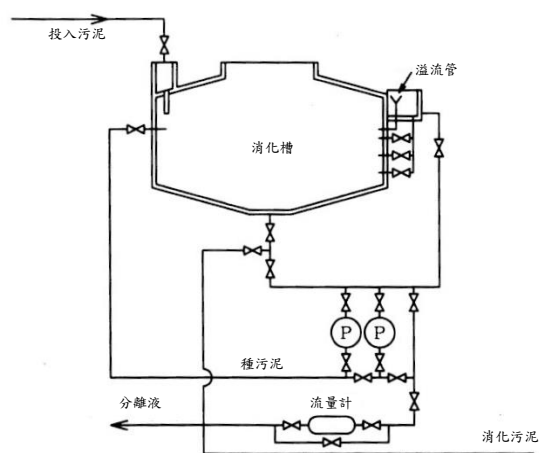
表 10.12 消化槽體型之比較

類別	圓筒形	蛋形	龜甲形
構造經濟性	佳	差	可
污泥攪拌效果	普	佳	可
內徑/有效水深	2/1	—	1/1
槽底坡度	30/100	1/1	1/1

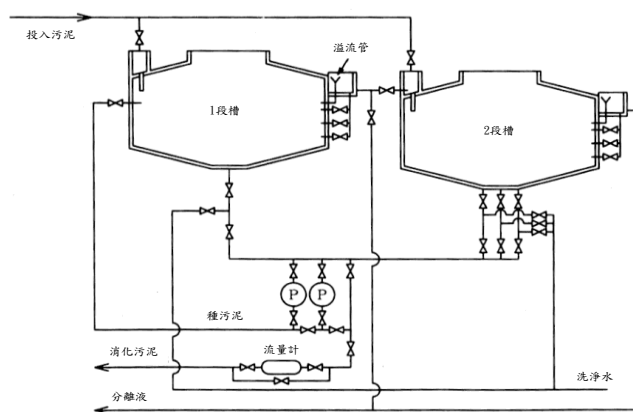
2. 為防止砂土淤積，以維持有效容量，槽底坡度以圓筒形 30/100 以上，蛋形及龜甲形則為 1：1 之坡度為宜。
3. 考量消化方式的轉變，消化槽修理、檢查及清理等需要，消化槽全期以 2 系列以上為宜。

二段消化之第一、二段容量比以 2：1，若消化槽設置 3 座，則 2 座做為第一消化操作，另 1 座做第二段操作，且 3 座之容量皆為相同為宜。

一段(單段)及二段厭氧消化處理系統流程如圖 10.20。另厭氧消化槽如圖 10.21 及圖 10.22。



(1)一段槽



(2)二段槽

圖 10.20 一段及二段式厭氧消化處理流程示意圖



圖 10.21 厭氧消化槽(淡水水資源回收中心例)



圖 10.22 厭氧消化槽(迪化污水處理廠例)

10.4.3.3 構造

厭氧消化槽的構造，宜考量下列決定之：

1. 構造應為具氣密性、水密性及耐腐蝕性之鋼筋混凝土或鋼構構造。
2. 可防止熱能的擴散。
3. 頂端與液面間之間隔，能使瓦斯配管及污泥飛散不會波及之高度。
4. 二段式消化槽其位差，應為可自第一段直接重力排泥進入第二段消化槽。

解說：

1. 污泥消化槽之構造，與其他污水處理設施相同，應為具水密性的鋼筋混凝土或鋼構構造等為準的設施。且厭氧消化槽因有瓦斯產生，以能防止外漏甚至發生爆炸之危險，依相關法令規定。槽體內部應塗以環氧樹脂，有玻璃觀察孔處應以陶瓷等施工，並能達到防止硫化氫等氣體的腐蝕。槽體的頂蓋有固定式及浮動式，如圖 10.23。
2. 為減少槽體熱能的溢散，對其周壁及蓋等皆以輕骨材混凝土等熱傳導較小的材料為覆蓋或雙重壁之保溫構造。

周壁覆以適當厚度的覆土保溫，而以黏土質較少透水性較佳的砂土為主。

蛋形槽的壁面因呈球狀，故施以發泡樹脂保溫材後，再塗防水材，並為保持防水及防氣候變化。

- 頂端與液面的空間，應考慮瓦斯配管及污泥攪拌之飛濺不影響之距離，同時考量污泥投入及抽出時因液位變動，造成對槽內產生壓力的緩衝效果，如圖 10.24。屋頂與液面之距離 A，依蓋的構造而異，一般取 2 m，平頂者可酌量減少，另排氣及作業孔之內徑 B，以能考量維護人員出入及設備的搬運所需空間，消化槽體頂蓋型式及特性比較，如圖 10.23、圖 10.24 及表 10.1。

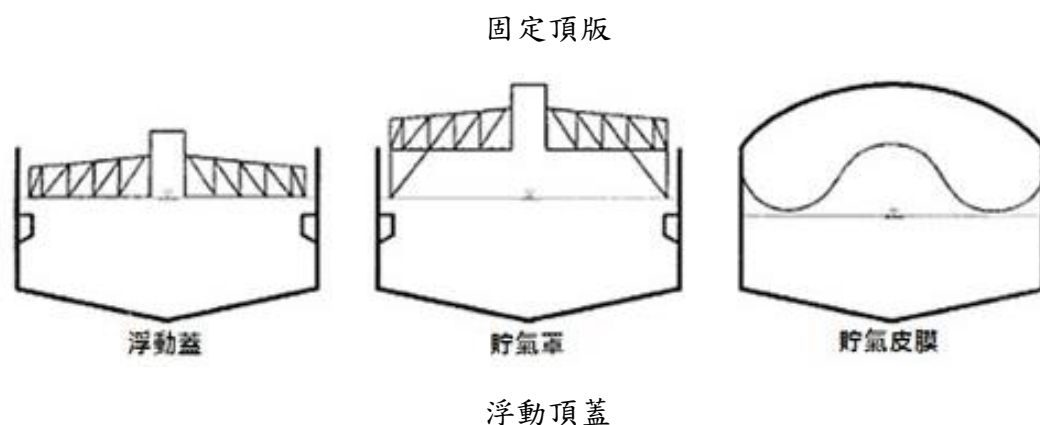


圖 10.23 消化槽頂蓋型式示意圖

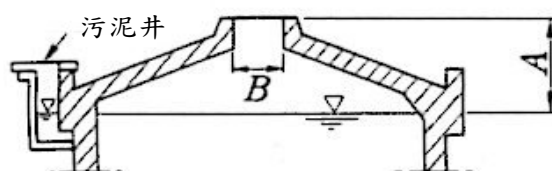


圖 10.24 消化槽頂蓋例

表 10.13 消化槽頂蓋型式之比較(參考)

類別	固定蓋	浮動蓋
穩定性、氣密性	佳	較不穩定
建設及維護成本	低	高
使用壽命	長	中
綜合比較	原則上，固定蓋較簡易，而浮動蓋之操作水準較高	

10.4.3.4 攪拌設備

攪拌設備的設置，宜考量下列決定之：

- 能達槽內污泥的充分攪拌，以達溫度的均勻化及污泥均質化。
- 若以瓦斯攪拌，其攪拌用則可以消化所產生的瓦斯進行。
- 對消化瓦斯應設置有安全裝置。

解說：

1. 攪拌之目的，除達到槽內溫度的均勻化及污泥的均質化，尚可防止浮渣結硬，並提升消化效率促使消化氣體分離。

另二段消化槽為破碎浮渣，也應設置表面攪拌設施。

攪拌方式有機械攪拌及瓦斯攪拌。機械攪拌有強攪拌力的導流管(draft tube)、攪拌機、螺旋槳攪拌機及於槽外部以抽泥循環抽水機，將污泥以機械攪拌方式，如圖 10.25。也有螺旋槳式+循環抽水機複合攪拌方式。

導流管攪拌機及螺旋槳攪拌機，兩者因驅動軸係由大氣中貫穿槽體，致常有瓦斯外洩，應加注意。污泥循環抽水機的攪拌一般係與瓦斯攪拌併用。

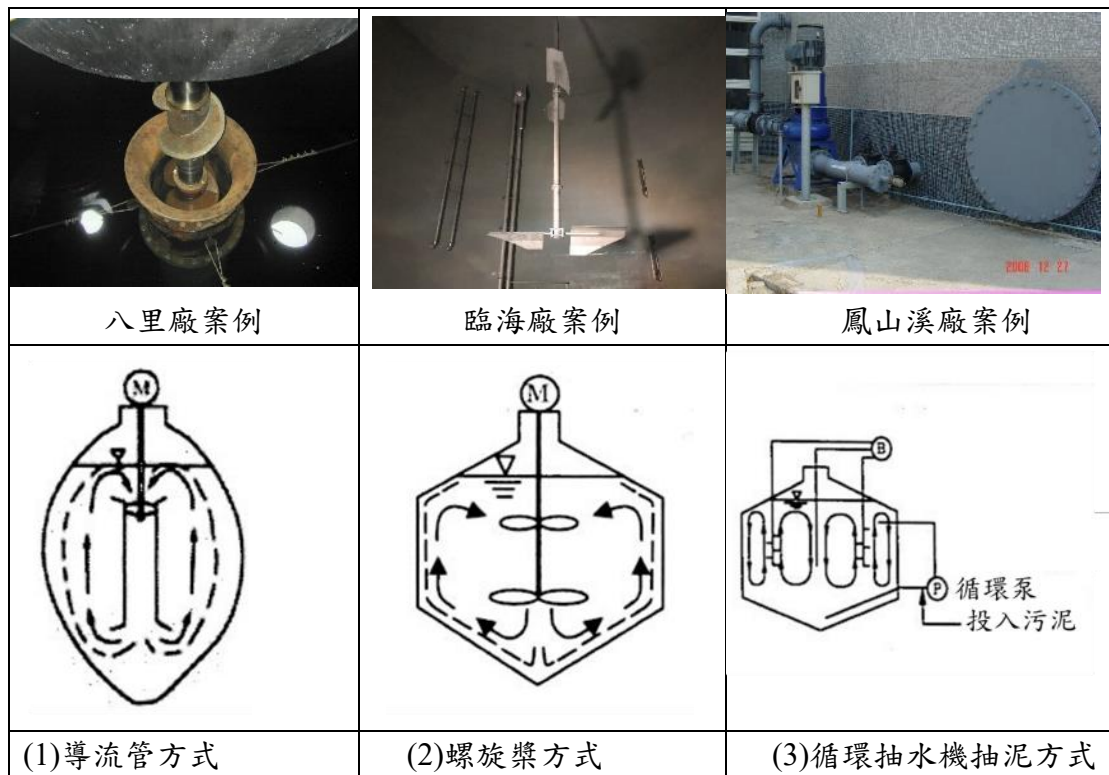


圖 10.25 機械攪拌方式示意圖

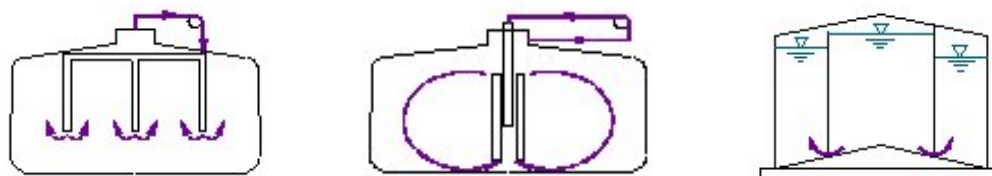
瓦斯攪拌是將槽內瓦斯層的瓦斯抽出加壓後，再灌入槽內，使污泥上升流動混合，其優點：

- (1) 即使槽內液位變動，仍可確保一定攪拌力。
- (2) 槽內並沒有機械攪拌設備，故障少，但不容易掌握攪拌用瓦斯量。

一般機械濃縮所投入之污泥，其濃度達 5% 以上，污泥的黏性也高，就必須考慮以機械攪拌。

2. 瓦斯攪拌，攪拌瓦斯之灌入方式，包括有無噴出口、構造及導管之不同，其方法也異，而攪拌方法有全部攪拌及部分攪拌。一般多採全槽攪拌，攪拌消化之氣體量，依槽直徑 $0.3 \sim 0.6 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}$ 進行。二段消化槽浮渣的破碎為短時間，可以一次消化槽攪拌瓦斯的一部分或備用機械運轉。瓦斯壓縮機其吐出壓較低，可用魯式型，若吐出壓高且量大者，則多用 vane 式壓縮機。

3. 攪拌用瓦斯壓縮機，其抽壓之瓦斯為高溫且可燃性者，吸入口應有沉澱祛水器(sediment trap)之瓦斯過濾及逆火防止器等，吐出側若使用潤滑油，則應有油污分離器，若為水封式則應有乾燥分離設備及安全閥等安全裝置。消化槽之瓦斯及水位差壓攪拌方式，如圖 10.26。其比較如表 10.14。



1. 瓦斯攪拌-注入管

2. 瓦斯攪拌-中間管

3. 水位差壓攪拌

圖 10.26 消化槽瓦斯及水位差壓攪拌方式示意圖

表 10.14 消化槽攪拌方式之比較

比較項目	機械式	水位差壓式	瓦斯攪拌	說明
系統功能	可	可	可	三種型式去除率約 40~60%
能源消耗	中	小	大	瓦斯攪拌動力大，壓差式平時免攪拌動力，機械式尚可
操作難度	中	易	中	差壓式僅設定內外槽壓力差即可操作，惟無分離液排出口且槽係平底式
維護難易	易	易	難	瓦斯攪拌設備多，且因瓦斯貯存於中高壓狀態，系統維護不易

10.4.3.5 加溫設備

加溫及鍋爐設備，宜考量下列決定之：

1. 加溫有直接加溫及間接加溫方式。
2. 加溫所需熱量，包括投入污泥所需熱量、槽體、配管等散熱等。
3. 鍋爐、熱水鍋爐之容量，於考量污泥消化槽最大加熱量、運轉時間及台數決定之。惟原則上鍋爐及加熱器各為 2 台。
4. 鍋爐構造依相關法令規定。
5. 蒸氣配管等以保溫材包覆，蒸氣管應設有蒸氣祛水器(steam trap)及真空破壞閥，為防止蒸氣壓入管發生異音及振動，應考慮噴入深度及設備形狀。

解說：

1. 加溫式厭氧消化槽，一般係以消化瓦斯為燃料，供作鍋爐或熱水器熱源。若設有消化瓦斯發電，也可以利用其廢熱，以熱交換器供作槽內加溫。

直接加溫係以蒸氣噴入槽內的污泥中，與污泥充分攪拌，設備簡單，操作容易，惟本法必須補充蒸氣之補給給水和鍋爐設施。

間接加溫方式則以熱交換器從槽外部，以雙層管式或螺旋型式熱交換器，

雙層管是將污泥流入內管，熱水於外管流動循環之構造。螺旋式則為圓管內以傳熱板呈螺旋狀，使熱水與污泥以同一方向流動，以達傳熱效果，如圖 10.2。

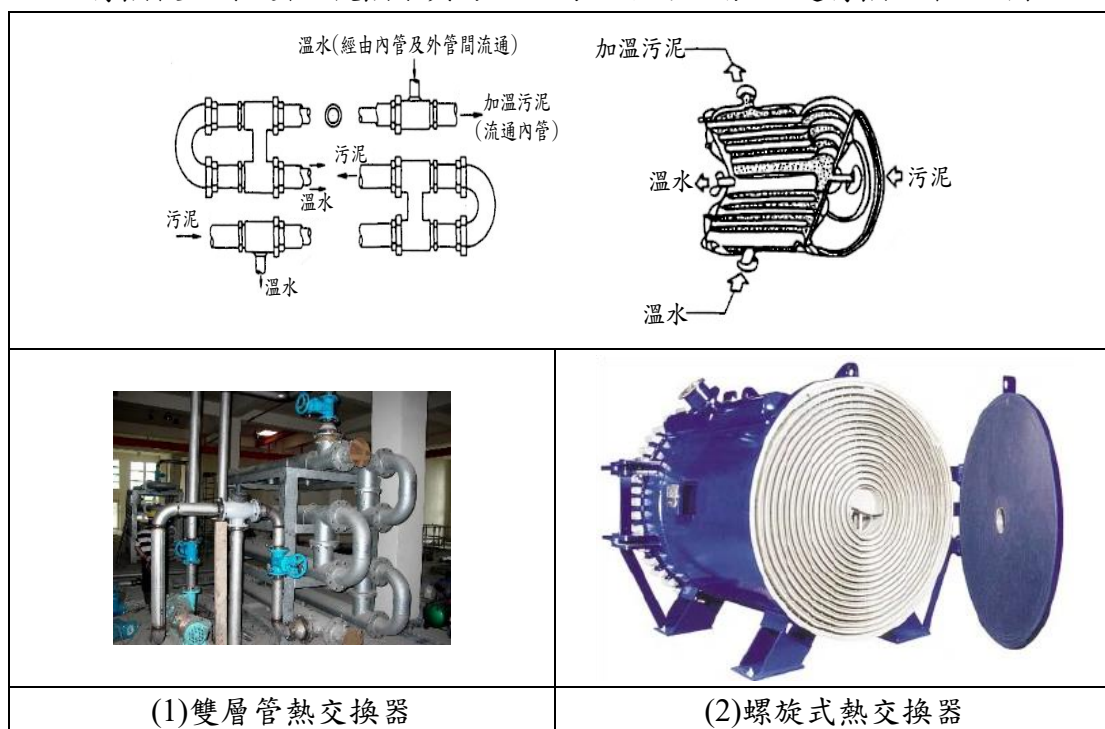


圖 10.27 熱交換器例

熱交換器所需面積依下列計算

$$A = \frac{Q_{\max}}{K \times \Delta T} \times 1.2 \dots\dots\dots(10-31)$$

式中：

A：熱交換器傳熱面積(m²)

Q_{max}：消化槽污泥加溫最大熱量(W)(kcal/h)

K：總傳熱係數(W/m²•K)(kcal/h•m²)(K)(°C)

△T：對數平均溫度差($\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2.3 \log(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$)(K)(°C)

△T₁：熱交換器入口之溫水溫度 Tw 及出口之污泥溫度 Ts'之差(K)(°C)

△T₂：熱交換器入口之溫水溫度 Tw'及出口之污泥溫度 Ts 之差(K)(°C)

1.2：總傳熱係數之餘裕量

若污泥循環量為 Q_s(m³/h)，溫水循環量為 Q_w(m³/h)，則 Ts'及 Tw'可由下式求之：

$$Ts' = Ts + \frac{Q_{\max}}{Q_s \times 1,000} \dots\dots\dots(10-32)$$

$$Tw' = Tw + \frac{Q_{\max}}{Q_s \times 1,000} \dots\dots\dots(10-33)$$

(T_w 為 $60\sim 90^{\circ}\text{C}$ 時， T_w-T_w' 約為 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$)

2. 加溫所需熱量的計算，包括投入污泥所需熱量、槽、加溫配管等從外界散出的熱量，皆需加計，其計算：

(1)投入之消化污泥，欲提高至消化溫度所需熱量為

$$Q_1 = CQ_s(T_D - T_s) \times 1,000 \dots\dots\dots (10-34)$$

式中：

Q_1 ：投入污泥之溫度提高至消化溫度所需熱量(W)(kcal/h)

C ：污泥之比熱($\doteq 1 \text{ kcal/kg}$)($^{\circ}\text{C}$)

Q_s ：投入污泥量(m^3/hr)

T_D ：污泥消化溫度(K)($^{\circ}\text{C}$)

T_s ：投入污泥之溫度(K)($^{\circ}\text{C}$)

(2)由槽向外界所散出之熱量 Q_2 (kcal/h)

若消化為單段消化，則消化槽周圍之地面及大氣中所散發之熱損失量單一槽，熱交換器對外界所散發的熱量，可由式(10-35)及式(10-36)求之。

①單一槽所散發熱量

$$Q_2 = [\Sigma K_1 \cdot A_1 (T_D - T_A) + \Sigma K_2 \cdot A_2 (T_D - T_B)] \times 1.2 \dots\dots\dots (10-35)$$

式中：

Q_2 ：單一槽所散發熱量(W)(kcal/h)

A_1 ：槽壁面等放熱面積(m^2)

A_2 ：槽底部壁等放熱面積(m^2)

K_1 ：槽壁面、蓋等總傳熱係數($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)($\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)($^{\circ}\text{C}$)

K_2 ：槽底部壁等總傳熱係數($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)($\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)($^{\circ}\text{C}$)

T_A ：大氣溫度(K)($^{\circ}\text{C}$)

T_B ：土中之溫度(K)($^{\circ}\text{C}$)

②熱交換器等散發熱量

$$Q_3 = \Sigma K \cdot A (T_m - T_A) \times 1.2 \dots\dots\dots (10-36)$$

式中：

Q_3 ：熱交換器所散發熱量(W)(kcal/h)

A ：熱交換器放熱面積(m^2)

K ：熱交換器之總傳熱係數($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)($\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)($^{\circ}\text{C}$)

T_m ：鍋爐、熱水鍋爐出、入口之平均溫度(K)($^{\circ}\text{C}$)

1.2：各式中之 1.2，為溫水、蒸氣及加溫污泥配管之放熱所考慮之值因之污泥消化槽之加熱量及鍋爐、熱水器所需發熱量，則依式(10-37)及式(10-38)求之

$$Q_{tm} = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (10-37)$$

$$Q_{max} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (10-38)$$

式中：

Q_{tm} ：污泥消化槽之加熱量(W)(kcal/h)

Q_{max} ：污泥消化槽加溫用鍋爐、熱水器熱量所需發熱量(W)(kcal/h)

Q_1 ：污泥之加溫所需熱量(W)(kcal/h)

Q_2 ：污泥消化槽等散發熱量(W)(kcal/h)

Q_3 ：熱交換器等散發熱量(W)(kcal/h)

污泥消化槽之加溫所需熱量，通常要有餘裕量之考量，故中溫消化訂為 30~37°C，而能依投入污泥的負荷設定消化溫度為宜。

保溫材若為兩種以上組合時，其總熱傳導率如表 10.15。

又污泥之加溫、槽體等散熱量，最低溫之月平均值(1~2 月)為外氣溫度，同時設定投入污泥溫度及土中之溫度並進行計算。

保溫材若由兩種以上組成時之總傳熱係數，可由式(10-39)計算之(圖 10.28)。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \dots\dots\dots(10-39)$$

式中：

K ：總傳熱係數(W/m²·K)(Kcal/h·m²，°C)

α_1 ：消化瓦斯或污泥之熱傳達率(W/cm²·K)(Kcal/h·m²，°C)

α_2 ：空氣或土中之熱傳達率(W/m²·K)(Kcal/h·m²，°C)

λ_1 、 λ_2 ：保溫材之熱傳導率(W/m·K)(Kcal/h·m，°C)

δ_1 、 δ_2 ：保溫材之厚度(m)

保溫材之熱傳導率(λ)及熱傳達率(α)，示如表 10.15 及表 10.16。

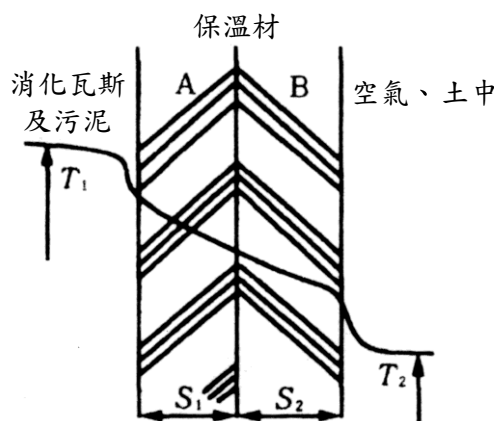


圖 10.28 散熱狀況

表 10.15 保溫材之熱傳導率

項目	熱傳導率 {W/(m · K)} {kcal/(h · m · °C)}	項目	熱傳導率 {W/(m · K)} {kcal/(h · m · °C)}
磚砌	0.5(0.58)	空氣	1.0~2.0
水泥面	1.2(1.4)	土	1.2~2.3
輕混凝土	1.2(1.4)	壁—空氣	20(33)
鋼筋混凝土	1.4(1.6)	壁—地下水	500(582)
混凝土塊	1.0(1.2)	壁—高水分污泥	300(349)
玻璃壁	0.04(0.05)	壁—濕土壤	5(6)
骨材(砂)	0.32(0.37)		

表 10.16 熱傳達率

項目	熱傳達率 {W/(m ² · K)}{kcal/(h · m ² · °C)}
壁-空氣	23(20)
壁-地下水	582(500)
壁-高水分之污泥	349(300)
壁-濕土土壤	6(5)

3. 蒸氣鍋爐之容量，依污泥消化槽最大加熱量、運轉時數及台數決定之。台數於考量故障及定時維修，以 2 台以上為宜。鍋爐容量計算：

$$Ge = \frac{G(I-I')}{L} \dots\dots\dots(10-40)$$

式中：

Ge：蒸氣鍋爐容量(相當蒸發量)(kg/h)

G：常用蒸發量(吹入蒸發量)($\frac{Q_{max}}{I-I_1}$)(kg/h)

Q_{max}：蒸氣鍋爐必要發生熱量(W)(kcal/h)

I'：消化污泥之烩(J/kg)(kcal/kg)

I：蒸氣鍋爐常用壓力時發生蒸氣之烩(J/kg)(kcal/kg)[蒸氣鍋爐常用壓力為 0.2~0.5 MPa(2~5 Kcal/cm²)]

I₁：蒸氣鍋爐用水的烩(J/kg)(kcal/kg)，其值與當地最低溫時蒸氣鍋爐用水水溫同一數值，例如溫度 15°C 為 63 kJ/kg(15 kcal/kg)

L：大氣壓下 100°C 之水的蒸發潛熱(2,255 kJ/kg)(538.8 kcal/kg)

飽和蒸氣烩如表 10.17。

表 10.17 飽和蒸氣焓

溫度(°C)	絕對壓力(KPa)	焓(kJ/kg)
100	101.325	2676.0
110	143.27	2691.3
120	198.54	2706.0
130	270.13	2719.9
140	361.38	2733.1
150	476.00	2745.4
160	618.06	2756.7
170	792.02	2767.1
180	1002.7	2776.3
190	1225.1	2784.3
200	1554.9	2790.9

熱水鍋爐之容量，以其單位時間所發生熱量表示之：

$$G_H = \frac{Q_{\max}(I_H - I_1)}{I_H - I_1} \dots\dots\dots(10-41)$$

式中：

G_H ：熱水鍋爐之容量(W)(kcal/h)

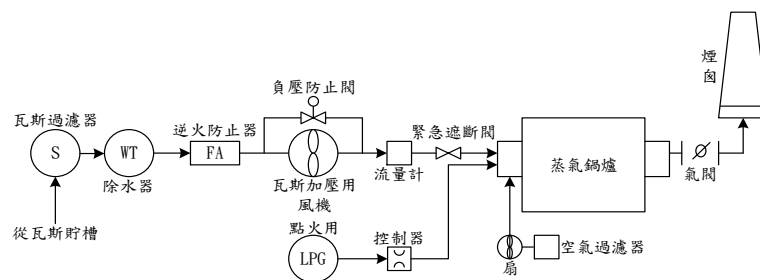
I_H ：熱水鍋爐使用溫度之焓(J/kg)(kcal/kg)

蒸氣鍋爐為簡單的爐筒煙管式，以能獲得熱效率較好，相當於蒸發量 10 t/h 量的使用較廣。

熱水鍋爐因係低壓，其一部分的組成或拆解及搬運容易，並以鋼製為宜。

蒸氣鍋爐、熱水鍋爐之燃料，原則上以使用消化瓦斯，不足時再以燃油補充，故宜裝設可切換的雙燃料燃燒機(Burner)。

4. 鍋爐構造及系統配置例，依相關法令製造及操作管理，蒸氣鍋爐系統之流程如圖 10.29。



S：strainer

WT：water trap

FA：flame arrester

LPG：Liquefied Petroleum Gas

圖 10.29 蒸氣鍋爐系統圖

5. 蒸氣鍋爐、熱交換器、蒸氣管、溫水管等，必須以保溫材覆蓋，盡可能減少散熱損失。蒸氣管因要去除冷凝水，需設置蒸氣祛水器及防止逆流之真空破壞閥。

溫水管需設膨脹槽及空氣閥。加溫配管依溫度變化而會膨脹、收縮，造成伸縮或偏心，故應於適當位置設置伸縮管。

蒸氣鍋爐水系統之流程如圖 10.30。

蒸氣吹入管，因其蒸氣吹入為不連續性，故會發生異音或振動，因之蒸氣吹出部應予固定，並維持流速在 20 m/s 以上。吹入管的側面也應設置噴出口，以分散蒸氣的吹入及擴散，並設置於液面下 4 m 以上為考慮。又吹入管的直徑以 50~80 mm，厚度以 40 mm 程度，其前端為防止破裂，應以環管補強為宜。

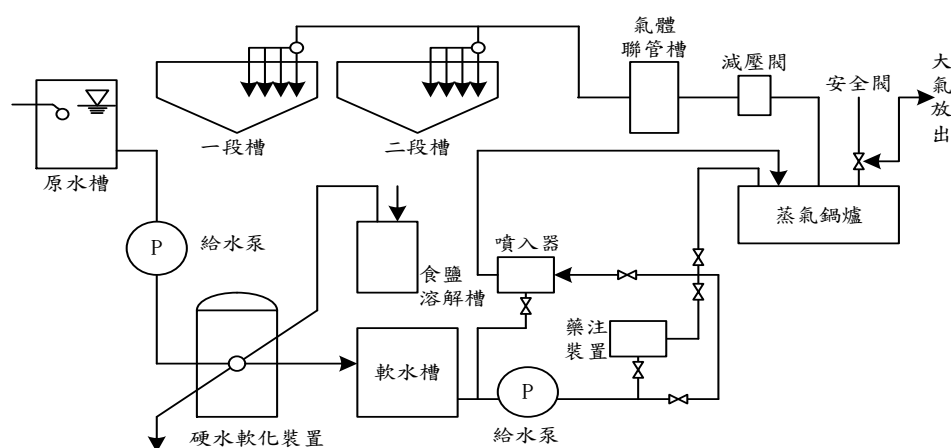


圖 10.30 蒸氣鍋爐水系統圖

10.4.3.6 污泥投入及抽出

污泥之投入及抽出，宜考量下列決定之：

1. 濃縮污泥投入管，應設置於可使槽內均一擴散之位置。
2. 污泥抽泥管之管徑 150 mm 以上。
3. 污泥管之設置，應以能達到防止阻塞。
4. 污泥抽泥閥等，應有停電之對應措施。

解說：

1. 污泥的投入應能與消化槽內的污泥充分混合，一般為自槽的頂部或側壁直接或經接受井投入。
2. 為防止污泥管阻塞，其管徑應在 150 mm 以上，並設置以處理水或澄清液(設有二段消化時)，以壓送污泥抽水機可反洗的配置，以供備用。

消化污泥因很容易沉澱於槽的底部，因之污泥抽泥管應設於槽中央的底部，而可均質抽泥，同時考慮防止砂土堆積，而設置備用管，依次自動輪流操作抽泥。

3. 消化槽污泥的抽出，原則上藉水位差進行，但為考慮阻塞必須以強制抽泥或

設反洗抽水機備用，若以抽水機抽泥則應設備用抽水機。

另抽泥管及澄清液輸送管，因液中含磷在高 pH 下磷酸銨鎂結晶(MAP)，致容易造成阻塞，故應採用較不會有 MAP 附著之合成樹脂管等材質，以避免 MAP 的附著，並考慮以清洗較方便的構造。

若為二段消化，應配置自二段迴流至一段之配置，以便一段槽污泥的植種污泥的補給，或暫時性消化污泥的移送貯留之對應，並能兼供抽泥、移送、反洗及植種污泥抽送之用。

自一段槽移送污泥至二段槽，原則上以溢流管(或受井)移送、受井經大氣中，就會有浮渣，故仍要配置連接管可直接移送之措施。

4. 消化污泥抽泥閥等自然重力流下的閥類，在操作中若發生停電，則有無法關閉導致污泥溢出，故應考慮設置可逆作動之緊急氣動關斷閥。

10.4.3.7 分離液之抽出及處理

污泥消化槽內固液分離後，分離液之抽出及處理，宜考量下列決定之：

1. 分離液之抽水管，以能抽出不同深度的澄清液配置。
2. 分離液以直接或經處理後，迴流至調整池、沉砂池或初級沉澱池所需之配管配置。

解說：

1. 二段消化的第二段消化槽，其底部為高濃度的消化污泥，水面為懸浮固體物，但其中內層則為 SS 很低的澄清液，依消化良好程度不同，其厚度也異，而可於槽深一半以上，設置 3~4 個水深不同的抽水管，並自其中選擇最好的深度抽出之。

二段槽澄清液的抽出，係以溢流管(或受井)抽出。污泥抽入二段槽，澄清液的抽出及消化污泥的抽出，可考慮以控制液位運轉，設置迴轉溢流管的配置，其管徑以 150 mm 以上為宜。

2. 澄清液量比起流入污水量少很多，但濃度高，可能對水處理設施造成瞬間負荷，原則上為引入沉砂池或初級沉澱池，也可由污水廠內的排出管引入沉砂池。也可引入反應槽供生物處理程序之利用。

澄清液因含高 COD、磷及氮，也可考慮以 MAP 法結晶回收氮、磷肥。

10.4.3.8 瓦斯收集及貯留

消化瓦斯的收集及貯留，宜考量下列決定之：

1. 瓦斯的收集，必須考慮消化狀態、污泥投入、消化污泥的抽出及澄清液(二段消化者)的抽出，皆會影響消化瓦斯量及瓦斯壓的變動。
2. 拱頂貯氣室(gas dome)及瓦斯貯存，應考量安全裝置。
3. 應設脫硫設備。
4. 瓦斯貯存量是依用途而定，而以貯存半天份以上。
5. 瓦斯貯存槽的構造，依相關法令。

6. 設置剩餘瓦斯燃燒設備。

解說：

消化瓦斯量，依消化進行是否良好，在良好狀態下，每投入 1 kg 污泥有機物，會產生約 $0.5\sim0.6\text{ Nm}^3$ 之消化瓦斯。消化瓦斯成分，依消化狀態而異，如表 10.18。若混入 3~15 倍空氣，可能會有爆炸危險，其低位發熱量 $21,000\sim23,000\text{ kJ/Nm}^3$ (約 $5,000\sim5,500\text{ kcal/Nm}^3$)。

瓦斯收集及貯存設施容量，於考慮消化產生量的變動，以投入污泥之有機物每 1 kg 以 0.6 Nm^3 估計之。

表 10.18 消化瓦斯成分例(%)

甲烷	二氧化碳	氫	氮	硫化氫
60~65	33~35	0~2	0~3	0.02~0.08

1. 除考慮消化瓦斯量的變動，應對其有爆炸危險控制，故消化槽的瓦斯壓，應經常維持在 $1\sim3\text{ kPa}$ ，如圖 10.31。

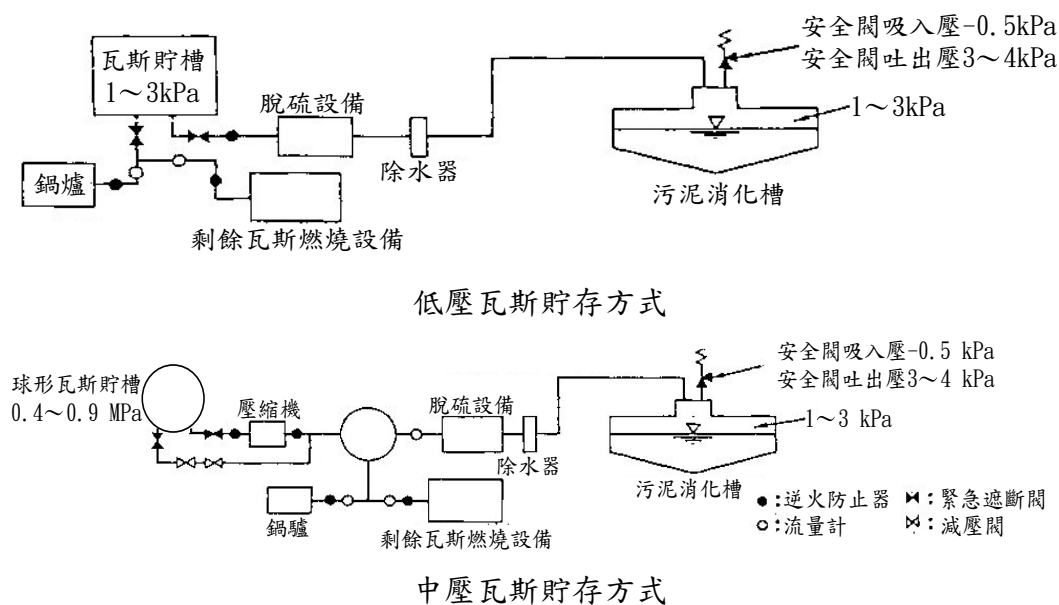


圖 10.31 瓦斯收集及貯存系統例

消化瓦斯配管與瓦斯貯槽間的管徑以 $100\sim300\text{ mm}$ 為標準，並考量凝結水及煙霧之附著，造成瓦斯產生量變動應以安全閥設定壓力等，又當抽出消化污泥時，以及澄清液抽出時，會有異常液位的下降，而為避免造成槽內產生負壓，而從安全閥頻繁吸入空氣，槽相互間及瓦斯貯存槽間的配管的管徑，必須考慮其損失壓力決定之。

瓦斯槽出口側瓦斯管的管徑，從安全上考慮，瓦斯的流速多定為 $3\sim5\text{ m/s}$ ，同時考量瓦斯管中之飽和蒸氣壓，會因溫度的下降，使得管內有凝結水，而

影響消化瓦斯的流動，因之其配管應依其流向配置成 1/200 之坡降，而在低點處、上升部之前將冷凝水排出之考量。

2. 要從消化槽收集消化瓦斯，可於槽上部中央設一拱頂貯氣室(gas dome)，並從該處收集同時加以計量。該貯氣室的瓦斯壓應以不變動之下，為避免發生高壓或負壓，可設置如機械式瓦斯安全閥例，如圖 10.32。

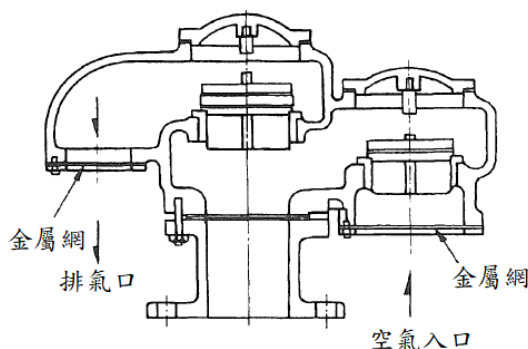


圖 10.32 機械式瓦斯安全閥例

又為安全閥的點檢，可設置手動閥。球形(中壓)瓦斯貯槽，若其緩衝槽容量少，當抽消化污泥時，消化槽內會呈負壓，因之槽與瓦斯貯槽間應設置負壓防止閥的連結管。瓦斯貯槽除設安全閥外，也應設地震時關閉所需的緊急切斷閥。若未有瓦斯槽及脫硫設備備用單元者，則應設置瓦斯繞流配管。

3. 消化瓦斯之硫化氫濃度約 200~800 ppm，若與水肥混合處理約 1,000~2,000 ppm，為無色氣體，呈腐敗臭，比重為 1.2，具毒性，尤其在濕潤狀態存在 600 ppm，很快就會使金屬腐蝕。

燃燒時會產生腐蝕性很強的亞硫酸氣體，故一般消化瓦斯必須加以脫硫處理。

消化瓦斯的脫硫，主要是考慮硫化氫的腐蝕性及燃燒時產生硫磺酸化物，故應降至 500 ppm 以下，一般消化瓦斯經鹼性洗淨及脫硫劑等處理過後，其硫化氫含量可降至 10 ppm 以下。又硫化氫在濕潤狀態較乾燥狀態，其腐蝕性更強，因之應裝設祛水器，以去除消化瓦斯中的水滴，以排出瓦斯管內的凝結水。

硫化氫含量，依職安法規定，應為 10 ppm(15 mg/Nm³)，為防止其外洩，對於室內的通風排氣應加注意。

脫硫設備因脫硫劑的更換及維修需要，應有 2 座為宜。

脫硫設備有乾式及濕式兩種，詳細請參閱本解說 9.5 節臭氣處理設施。

4. 瓦斯產生量，因污泥投入、抽出操作而增減，為保留均衡而需設置瓦斯貯槽。消化槽數若多，其總產生消化瓦斯量變動較少，則貯槽容量則以一天產生量的半日量以上。若槽數少或消化瓦斯有所利用時，則其貯存量依用途決定之。
5. 瓦斯貯槽有低壓式或中壓式。低壓式內壓為 1~3 KPa(100~300 mmAq)，中壓式(球形)為 0.4~0.9 MPa(4~9 kgf/cm²)。一般都使用低壓式(國內常用低壓瓦斯貯氣囊(Gas bag))，大規模則有用中壓式。瓦斯貯槽設置槽數以 2 槽以上

為宜。瓦斯貯槽種類如圖 10.33。瓦斯貯槽的設置必須依據相關法令，如「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」等規定進行設計施作及管理。

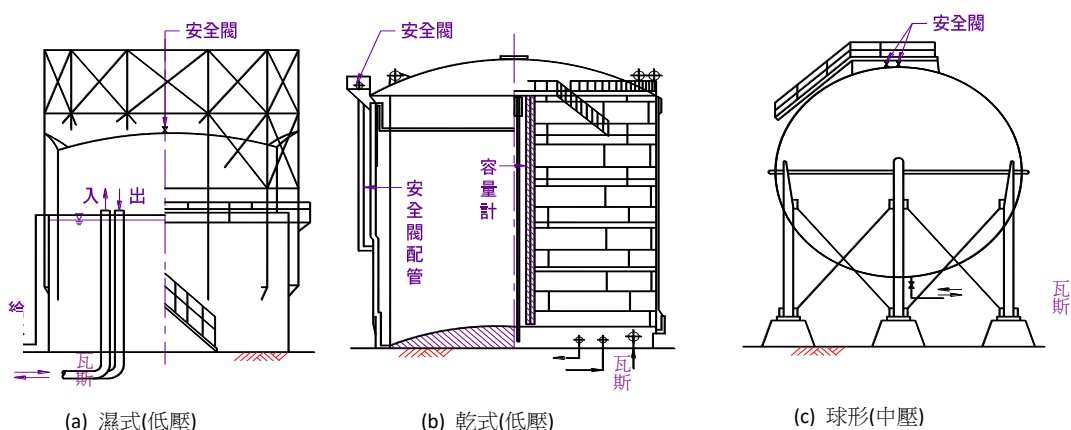


圖 10.33 消化瓦斯貯存槽之型式

6. 未利用的消化瓦斯，從安全及減少溫室氣體的減量不可直接排出，必須加以焚燒，焚燒設備設置應考慮安全場所，並配有自動切斷閥及逆火防止器等。

剩餘瓦斯的燃燒設備，有爐內燃燒型及爐外燃燒型，後者有於導管內燃燒，使外部看不到火焰，惟不易區分。燃燒時供給燃燒器的瓦斯壓力，依供給爐的空氣壓力之有無加壓而不同。

瓦斯貯槽即使在維修中，消化瓦斯仍必須直接從污泥消化槽導入燃燒，因之以不加壓消化瓦斯的機種為宜，惟因設備會較大，故大規模廠之瓦斯則多使用加壓機種。剩餘瓦斯燃燒設備的容量，於考慮消化瓦斯產生量及消化瓦斯利用等變動因素決定之。

10.4.3.9 配管室

污泥消化槽之配管室，宜考量下列決定之：

1. 配管室以收納消化槽附隨的管閥類、熱交換器、循環抽水機、瓦斯壓縮機及其他設備，而設置於消化槽鄰接處。
2. 具耐火性、防止消化瓦斯外洩、火災等安全構造。
3. 考慮瓦斯壓縮機的噪音。
4. 室內的通風、排氣及防止淹水等，皆應依相關法令加以考慮。

解說：

1. 由於配管室應鄰接消化槽設置，因此可以利用消化槽外壁設置配管室，較為經濟，配管上也較方便。污泥消化槽為 2 座時，普通則設於兩槽間，但應注意不均勻沉陷問題，又因管閥類及機械設備之點檢、維修、拆出或搬運之需要，應有較寬廣的工作空間，甚至備有推車，以利點檢、修理。
2. 壁、屋頂及窗等，應為不燃性材料，且為耐火構造物，並為防止各不同配管瓦斯外洩，除應配置自動偵測警報裝置外，電氣設備原則上應為防爆型。

3. 瓦斯壓縮機的噪音大，依周邊環境，其換氣導管中應設有消音器，專用室也應設置，通常因除點檢以外，並無人在內，故室內應有簡易的吸音設施。
4. 配管室因消化槽壁及瓦斯壓縮機之排放熱量比較大或瓦斯外洩時，該等應迅速以換氣排除。且因有臭氣問題，必要時應考量脫臭。

配管室之地面排水，應有坡度、排水溝及集水井之設置，以達容易排水，有需要時應設置排水抽水機。

10.4.3.10 附屬設備

附屬設備包括浮渣之防止及抽出設備、人孔、取樣口、溫度測定設備、液位計、觀察窗、保護管及避雷針。

解說：

1. 浮渣

主要為投入污泥中含有油脂、纖維物質、塑膠、毛髮等，因消化瓦斯的排出而上浮所形成。浮渣的產生皆於液面層，會阻礙消化瓦斯的產生而抑制消化，同時也會減少消化槽有效容量，並影響澄清液分離，因之應避免浮渣的形成而予破碎。

二段式消化，因其第一段消化槽皆在持續攪拌，因之浮渣形成較少，惟第二段消化槽為處於靜態狀態較易發生浮渣，因之浮渣的防止，以第二段槽為主要重點。

浮渣的破碎方式有下列各項：

- (1)污泥投入前再一次經設置攔污除渣。
- (2)以消化瓦斯攪拌液面部分。
- (3)以機械設備攪拌液面，防止浮渣層形成。

2. 人孔

為搬出槽內部堆積的砂土及浮渣之用，於槽的蓋或壁面所設置之作業用人孔。

人孔為以硬脂塑膠的襯墊予以氣密固定，並藉水封兼做安全裝置。小容量的消化槽，則以瓦斯拱頂(gas dome)兼做人孔用，在該區的配管，可與人孔的側壁相連接，人孔蓋應做成可單獨開啟者。

3. 採樣設備

為確認消化程度、浮渣堆積及槽內的混合狀態，而於蓋之下配內徑 400 mm 的管，至低於液位約 1.0 m，而可從該管內以採樣瓶採樣，澄清液及消化污泥的採樣設備例，如圖 10.34。

抽泥管、澄清液輸送管及瓦斯管等，也皆應設置採樣之配管，尤其污泥採樣用配管，應設於洗淨及排水方便之處。

4. 溫度量測設備

由於溫度對消化效果影響很大，因之必須設有溫度量測設備，以備經常量測，一般溫度量測設備多設置於槽的側壁、中段及下段設置鞘管，而於其

內設置電阻式測溫計。

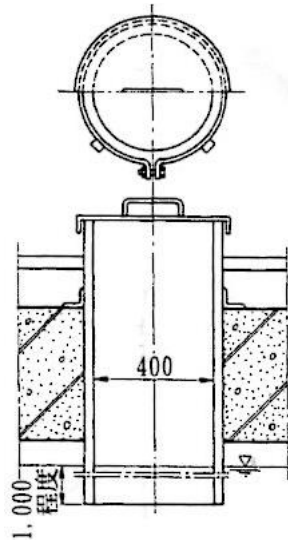


圖 10.34 採樣設備(例)

5. 液位計

液位計為自槽之上部至液中配置瓦斯氣體捕集管(purge pipe)，將消化瓦斯捕集，而測其背壓的瓦斯捕集方式，或於槽的側壁裝設套管或以污泥管之支管，藉量測水深的壓力之壓差式。

瓦斯氣體捕集方式常因有污泥或泡沫等造成阻塞，故應設有瓦斯風機及水洗淨設備。

常有因停電造成液位計錯誤操作，以致波及設備的誤操作，為防止誤操作，工業計測器的各種電源，皆應考慮以不斷電系統供應。

6. 觀察窗

為觀察槽內部的液位，可於槽的頂部設置 2 處觀察窗。其內部備置清掃用滑動片(wiper)及噴嘴，並可使用採光器照射內部的構造。

7. 保護管

蒸氣吹入管、瓦斯吹入管等，配置於槽內的污泥中之配管，皆設於保護管內，以便在管理上可單獨抽出。

8. 避雷針

為保護瓦斯貯槽及污泥消化槽，於其保護範圍內設置，其構造依相關標準，但若在海岸地區應考慮鹽害對策。

10.4.3.11 防蝕

防蝕措施，宜考量下列決定之：

1. 在脫硫前的消化瓦斯及與污泥接觸的各種材質，皆應具耐腐蝕性。
2. 塗裝除需充分處理底層，而可使用合成樹脂的耐熱及耐藥品塗料。

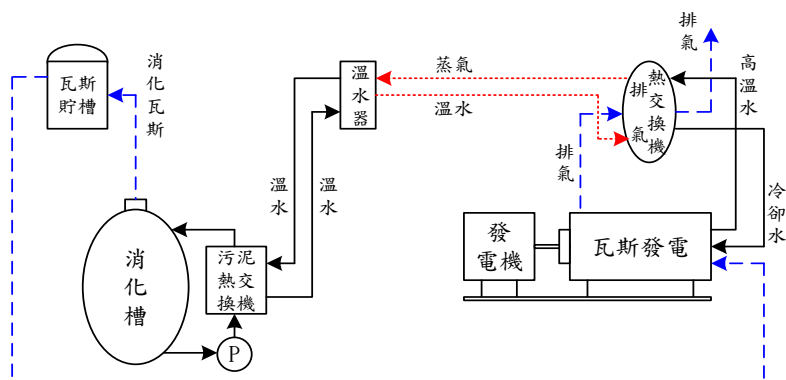
解說：

1. 與消化瓦斯及污泥相接觸的配管、機器之材質，應以不鏽鋼、環氧樹脂粉體塗裝等處理的鋼管，或至少應使用碳鋼時，也應施以內襯充分考慮防止腐蝕。法蘭式接頭，應使用具耐腐蝕的合成橡膠、天然橡膠。
2. 與消化瓦斯及污泥相接觸部分之塗裝，應考慮耐熱性及耐藥品性，而用環氧樹脂系的塗料塗裝，並為防止瓦斯槽因太陽熱照射致溫度上升，其外面也應塗以吸收太陽熱較低之顏色為宜。

消化瓦斯利用，宜考量下列決定之：

解説：

消化瓦斯之利用，其相關設備及照明等，皆應有防爆之考量。



10.4.3.13 尹霍夫槽設計

1. 尹霍夫槽為具沉澱污泥貯留，消化(厭氧無加溫消化)等機能之設施。可做為替代初級沉澱池之水處理設施。也可將廢棄生物污泥導入沉澱、貯留及消化。
2. 尹霍夫槽形狀為正方形或圓形，分沉澱部、浮渣部及污泥貯留部，水流為平

行流或放射流，與普通沉澱池相同，並設有進出流設備及排氣設施，如圖 10.36。另相關設計可參考「小規模污水下水道設計及解說」。

解說：

1. 因本設計及解說之對象規模較小規模為大，故深度採 10 m，單位容量採較小每人 60 公升最小管徑採較大，沉澱部容量以一日最大污水量決定之，沉澱時間 2~3 小時，平均流速以 30 cm/min 為標準。有效水深 1.5~4.5 m，含污泥貯留部以不超過 10 m 為原則，底部隔壁之坡度為 1.2:1~1.5:1。
2. 沉澱部與污泥貯存部之整流斜板孔隙有效間隔為 15~20 cm，其前端重疊之水平距離為 15~20 cm，漏斗之坡度 1.7:1，原則分設 3 個以下。污泥貯留部有效容量以每人 60~80 公升計算之，依水質、氣溫而異。浮渣部寬度最小 60 cm，其面積為污泥貯留部面積的 20~30%。污泥貯留部設置污泥排泥管，最小管徑 200 mm。

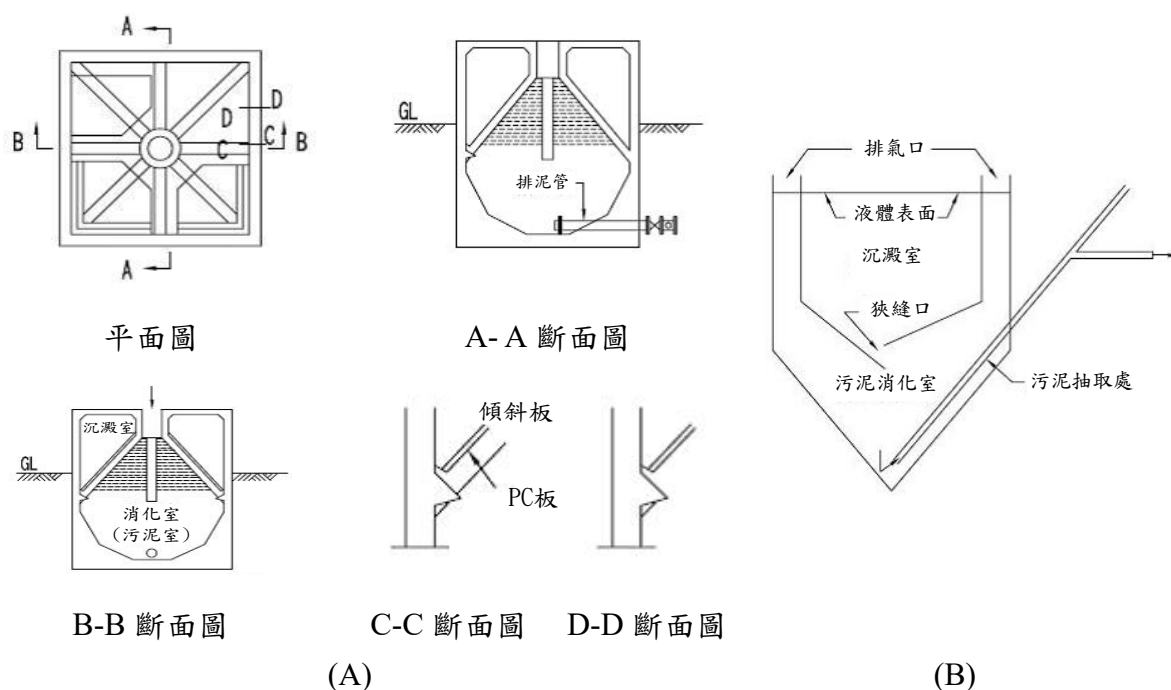


圖 10.36 尹霍夫槽示意圖

10.4.4 厭氧無加溫消化

厭氧無加溫消化槽之構造及消化日數，宜考量下列決定之：

1. 消化日數以 50~60 日設計之。
2. 構造物應為水密性鋼筋混凝土或鋼構構造，原則上應加蓋。
3. 設置攪拌及浮渣破除設備，投入前生污泥與植種污泥應有混合設備。

解說：

厭氧無加溫式的消化，因未加溫，溫度較低，故消化所需日數較長，致消化槽容量較大。

又消化因受氣溫的影響，若所在位置之溫度較低，則所需消化日數也更長，

僅能適用在小規模之投入污泥，惟因其可節能且操作維護較易，為其優點。

厭氧無加溫消化槽，其設計除本節列舉事項外，餘依有加溫厭氧消化相關設計準則。

1. 消化日數原則上為 50~60 日，設置 2 座，可為一段式或二段式配置。
2. 污泥無加溫消化槽為防臭氣外散及收集瓦斯之需要，原則上應設置固定蓋，但若對周邊沒有影響，則可不加蓋。設置固定蓋時，必須同時設置消化瓦斯收集及貯存槽，以及瓦斯焚燒器。
3. 應有攪拌均質及浮渣破除設備。

10.4.5 好氧污泥消化槽

10.4.5.1 好氧污泥消化槽考量

好氧性污泥消化槽設計，宜考量下列決定之：

1. 設定減量比及溫度。
2. 進流固體濃度。
3. 需氧量。
4. 攪拌需要的能量。
5. 操作程序控制。

解說：

1. 設定減量比

好氧消化的主要目的是減少要處理的揮發性固體物，假設減量僅指污泥內可生物降解的部分，揮發性固體減量通常可達 35%~50%，在完全混合消化池內，可生物降解的揮發性固體變化在固定容積條件下可用一級生化反應，時間係數是在好氧消化池中的污泥齡(固體停留時間，簡稱 SRT)，而依據好氧消化池運轉模式，SRT 可以等於或明顯大於理論水力停留時間。

對廢棄活性污泥而言，有反應速率代表性的值範圍在 15°C 時的 0.05d^{-1} 到 25°C 時的 0.14d^{-1} 。由於反應速率受某些因素的影響，可能需要用實驗確認，如圖 10.37。

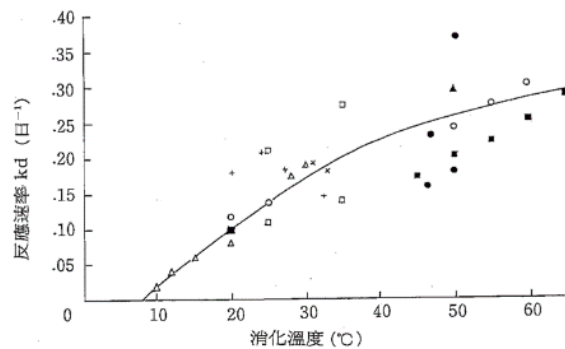


圖 10.37 反應速率 K_d 與消化溫度之關係

(資料來源:經濟部工業局工業污染防治技術手冊-好氧消化)

固體減量比基本上是池內液體溫度和 SRT(污泥齡)兩者的直接函數,如圖 10.38。

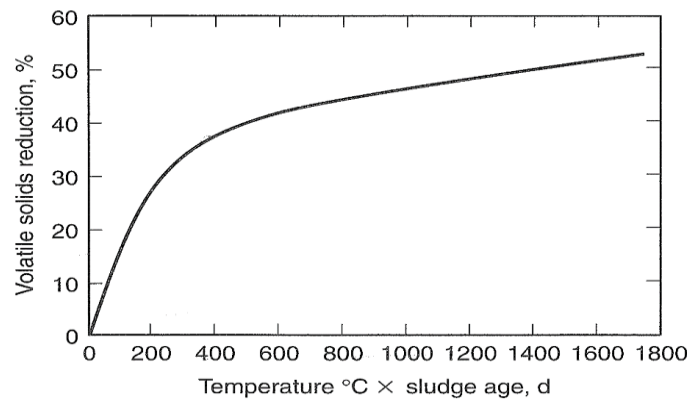


圖 10.38 好氧消化揮發性固體減量與消化溫度和污泥齡的函數關係
(摘自 WEF, 1995a)

圖 10.38 的曲線表示揮發性固體減量比與 $^{\circ}\text{C}$ -天數(溫度乘以污泥齡)的關係。開始時,隨著度數-天數的增加,揮發性固體減量迅速增加。當 $^{\circ}\text{C}$ -天數接近 500 時,曲線開始變平,建議好氧消化系統至少 400°C -天。

溫度因為好氧消化池大多數為開放式池體,消化池的液體溫度取決於氣候條件,而且會大範圍波動。和所有的生物系統一樣,低溫延緩過程,而較高的溫度加速過程。在考慮溫度的影響時,應使熱損失最小,可採用下列措施:用混凝土池體代替鋼池體,或將池體建於地面以下,用水面下曝氣代替表面曝氣。設計應確認在預計操作溫度最低時所需要的污泥穩定程度,並應確認在預計操作溫度最高時的最高需氧量。

2. 進流固體濃度

在好氧消化池的設計和運行中,進入消化池的固體濃度是重要的。如果在好氧消化前先濃縮,進流固體濃度較高,將使每單位消化池體積輸入的氧氣較多,但 SRT 較長可縮小消化池體積,操作控制較容易(在間歇運轉的系統分離液較少);但消化需要良好地攪拌並含有適當的溶解氧,因此固體濃度大於 3.5%~4%,則可能影響攪拌和曝氣系統的能力,當進流固體濃度大於 4%時,必須仔細地核算曝氣設備需求,以保證達到適當的攪拌和曝氣。

3. 需氧量

好氧消化時必須滿足需氧量及攪拌需求,生物氧化的需氧量(包括硝化作用)為 7。

Mol/mol cell, 即 2.3kg/kg cell。徹底氧化初沉污泥中 BOD 的需氧量約為 1.6~1.9kg/kg。在所有的運行條件下,剩餘的溶氧應維持在 1mg/L 或更多。

4. 攪拌所需的能量

為了保證正常的運轉,好氧消化池內的物料應予以很好地攪拌。在大型池

內應設置多台攪拌設備，以保證攪拌能量能很好地分佈。通常應該校核攪拌需要的能量，如果濃縮過程使用聚合物，特別是離心濃縮，用於攪拌的單位能量需要較大。

5. 操作程序控制

消化池可採間歇進流或是連續進流，如圖 10.39，如果消化池操作使進流的污泥置換分離液，因固體物會積聚造成 SRT 將不等於水力停留時間。

分離液出流可採可調整高度或浮動式之除水器或採提流斯克閥或採浮動排水抽水機排除。

在 pH 值低時可能發生絲狀菌的生長，應定期檢查和調節。也應檢查溶氧量和呼吸速率，以保證適當效能。

好氧消化池無後濃縮程序者應設置分離液排除設施，使消化污泥在後續處理前進行濃縮。操作程序控制和分離液排除操作是設計考慮的重要事項

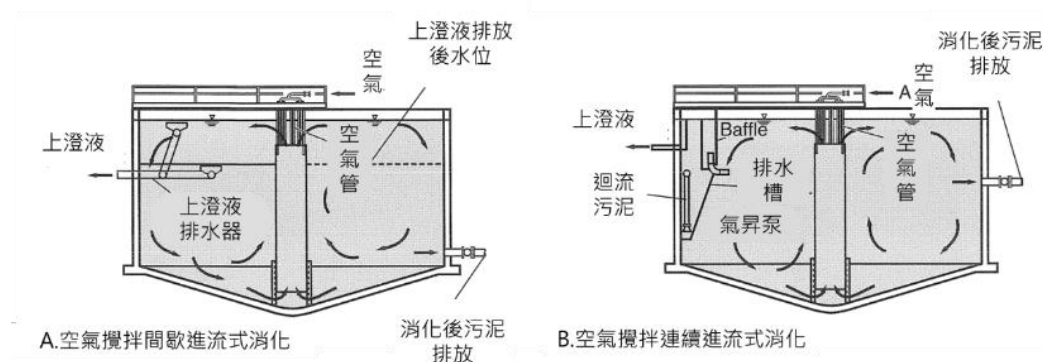


圖 10.39 好氧消化池進流形式 (Metcalf & Eddy 5th)

10.4.5.1 好氧污泥消化槽容量及形狀

好氧污泥消化槽，宜考量下列決定之：

1. 設計參數如表 10.19。
2. 槽數為二槽以上，形狀為矩形或圓形，具水密性構造。
3. 配置供氧及攪拌設備。
4. 考量設置消泡設備及池頂覆蓋。

解說：

1. 設計參數，如表 10.19。
2. 槽數為二槽以上，形狀為矩形或圓形，具水密性構造，矩形槽之寬應為水深之一倍至二倍，有效水深三點五公尺至五公尺，出水高應為五十公分，槽之容量應依攝氏四百°C-天數程度之水溫所對應之消化日數及計畫污泥量決定。
3. 用散氣式曝氣或機械攪拌式曝氣設備之配置，曝氣所需空氣量，依空氣之槽容積負荷為每日每立方公尺槽容積二十五立方公尺空氣至四十立方公尺空氣計算。機械曝氣 0.025~0.04(KW/m³)。
4. 消化槽宜考量設置消泡設備，頂部如考量除臭及保溫需設置覆蓋。

表 10.19 好氧消化設計參數參考值

參數	單位	數值
SRT 在 20°C	DAY	20 以上
揮發性固體負荷	kg/m ³ ·d	1.6~1.9
需氧量：		
細胞組織	kgO ₂ /kg VSS	2.3
初沉污泥的 BOD	去除量	1.6~1.9
攪拌需要的能量：		
機械曝氣器	kW/1000 m ³	25~40
擴散空氣攪拌	m ³ /m ³ ·min	0.02~0.04
液體中剩餘的溶解氧	mg/L	1~2
VSS 減量比例	%	38~50

10.5 污泥脱水

濃縮污泥或消化污泥含水量約為 96-98%，當脫水至含水量約 80%時，由液態變為污泥狀，其體積減少至約 1/5 到 1/10 更容易後續處理及搬運。

污泥脫水的方法，包括機械脫水及露天曬乾自然乾燥兩大類。機械脫水可在短時間內處理大量污泥，所需用地面積較小。露天曬乾自然乾燥易受天候影響，且所需面積較大，需時也很長，因其不具經濟性，惟仍可在偏遠之小規模地區使用，惟污水處理後污泥屬事業廢棄物，應注意「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」規定之貯存方法規定，如有收受處理石化製程，應注意「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」相關廢水處理設施之規定。

大部分的污泥，主要為膠凝狀之微粒子，具複雜的化學構造，與水之親和力甚強，若直接予以機械脫水，不易分離。因此於脫水設備脫水前必須調理污泥之物理化學性質，使其易於脫水。調理方法包括添加氯化亞鐵等無機性凝聚劑、高分子凝聚劑、或以熱處理、凍結融解等方法改善之，惟目前多以添加高分子凝聚劑為主。

機械脫水的方法，可分為過濾式和離心式，過濾類型則根據過濾壓力和過濾方式的不同，有螺旋壓榨脫水機、帶濾式脫水機、多重板式螺旋壓榨脫水機等，各類型比較如表 10.20，並於下列分項討論之。

表 10.20 污泥脱水設備類型比較

項目		螺旋壓榨	帶濾式	離心式	多板螺旋壓榨
處理最大能力		1,100kg-DS/h	2,400kg-DS/h (濃度 3 %)	420kg-DS/h	40kg-DS/h
脫水原理		污泥置於連續旋轉的圓柱形篩網和錐形螺旋軸之間壓縮脫水	污泥用連續運轉的濾布重力過濾後夾在兩個滾輪之間進行壓縮脫水	污泥放入高速旋轉的圓筒形轉鼓中，通過離心力分離固液進行脫水	污泥由固定板和活動板組合而成的外筒和螺旋軸壓縮脫水
功能/ 維護	用電量	耗電量小	耗電量小	耗電量較大	耗電量少
	含水率調整	調整壓力可以調整含水率，但會影響處理量	污泥含水率調整難度較大	改變差速和扭矩來調整含水率	過改變背壓板和螺旋桿轉數調整含水率，但會影響產量
	氣味控制	封閉式結構，異味低	需要在安裝封蓋形成氣密，異味多	封閉式結構，異味低	封閉式結構，異味低
	面積	小	大	小	小
	噪音/振動	低轉速，噪音和振動小	低轉速，振動小，但高壓清洗噪音增加	高速旋轉，須注意振動和噪音	低轉速，噪音和振動小
	維護性	金屬過濾網不易堵塞，清洗水量少，所以回流量少。可現場檢查	污泥可能洩漏。清洗濾布水量大分離液量大，濾布應定期酸洗，堵塞時應更換	約 20,000 小時後須在製造商的工廠進行檢查	低濃度污泥可直接脫水，無需污泥濃縮設備，可在現場進行檢查
對污泥特性變化的應變能力		供給污泥量和質量波動大，脫水性能會下降。含水量高時，可提高壓榨機的壓力，但處理量和固體回收率可能會降低	• 調理不當含水率增加，固體回收率下降 • 有機物含量越高，含水率越高 • 污泥濃度波動大，加藥量無法配合，降低脫水效率	• 調理不當污泥含水率增加，固體回收率下降 • 含水率或分離液 SS 增加，可調整堰高和差速	• 污泥量波動大時含水率會增加 • 固體濃度低於設定值，處理性能下降。過高濃度會導致過扭矩 • 當轉速增加時，處理量增加，但含水率增加

10.5.1 污泥機械脫水設備設置考量

污泥機械脫水設施，宜考量下列決定之：

1. 處理量。
2. 污泥性質及污泥餅含水率。

3. 是否有濃縮設施。
4. 後續是否有污泥乾燥程序或焚化程序。
5. 周邊環境。
6. 運轉週期。
7. 建設及維護成本。
8. 節能及溫室氣體控制。
9. 腐蝕防護。

解說：

污泥脫水設備的主要目的是通過將初始沉澱污泥和剩餘污泥中的水分去除以用於後續過程(例如乾燥和焚燒)來降低含水量。因此，在選擇污泥脫水設施時，需要考慮處理規模(污泥量)、污泥性質、污泥濃縮設施條件、乾燥方式、污泥焚燒方式、運行方式、周邊環境、建設成本、維護成本(電、藥)、維護等。此外，請根據工作天數及時數確定單元數量，脫水機處理量及污泥進料槽應考量每週工作天數，一般一星期工作五天，每天工作六小時。

1. 根據計畫產生的污泥量、計畫污泥濃度來決定投入污泥脫水機的污泥量，並根據污泥脫水機的運轉頻率及時間，並參考各機種的處理能力來決定安裝數量，空間需求則還需考量安裝空間以及將來改擴建所需的空間。
2. 為了處理量和含水率易有波動，選用設備應考慮餘裕量及操作彈性。
3. 依據污泥處理程序及脫水污泥含水率需求，考量進入污泥脫水機的污泥是原污泥、剩餘污泥、消化污泥或是混合污泥，並根據污泥濃度配合各機型的特點選擇，
4. 如果無污泥濃縮設備，可以選擇同時具有濃縮功能的污泥脫水機。
5. 如果污泥脫水機的下一道程序有乾燥設備，應選用可配合乾燥機進料的機型；如果污泥脫水後採污泥焚化，宜考慮節能和防止全球暖化及脫水至較低含水率之機型。
6. 根據污泥處理設施的周邊環境，考量噪音和振動規定，如有接近居民環境，應選擇低噪音、低振動、低異味的機型。
7. 根據污泥量和維護系統的不同，污泥脫水機可能會間歇運行，而不是 24 小時連續運行。
8. 在選擇污泥脫水機時，應優先考慮污泥處理程序整體的功能和成本，綜合考慮使用壽命，比較包括建設成本、電力成本、化學品成本等成本來選擇。
9. 通過選擇能源效率較高的機型，將有助於節能和控制溫室氣體排放。
10. 污泥脫水設備周邊常產生腐蝕性氣體，有時因該氣體對金屬、電子設備等造成腐蝕而導致老化，因此在機器和管線的材料選擇上要注意，同時應檢討通風設備和除臭設備的完整對策。

10.5.2 帶濾式脫水機

在一系列滾輪之濾布上，因濾布連續移動，藉上下濾布之滾輪轉壓脫水壓榨，

污泥膠羽間之水分及附著之水分被脫水，泥餅由刮泥板刮離，濾布經水洗以免阻塞後繼續循環脫水，帶濾式脫水機流程如圖 10.40 所示。

輪帶速度以 1~3 m/min 連續脫水，脫水能力高。帶濾式脫水機之脫水性，對於 TVS 較高(65~75%)之污泥，高分子凝聚劑添加率為固體物之 0.5~1.5%，其過濾速度在單位輪帶寬度下以脫水污泥固體物量之約 90~120 kg/m·h，依污泥性質而定，脫水污泥餅含水率 70~80%。帶濾式脫水機之容量，一般以輪帶寬表示之。

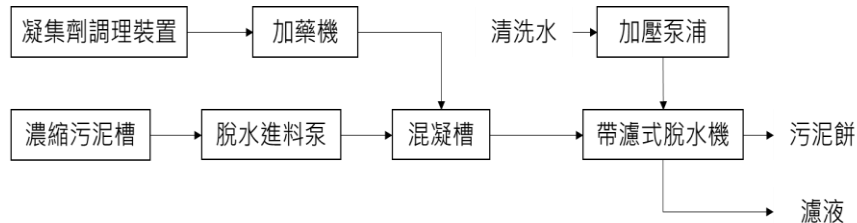


圖 10.40 帶濾式脫水機流程示意圖

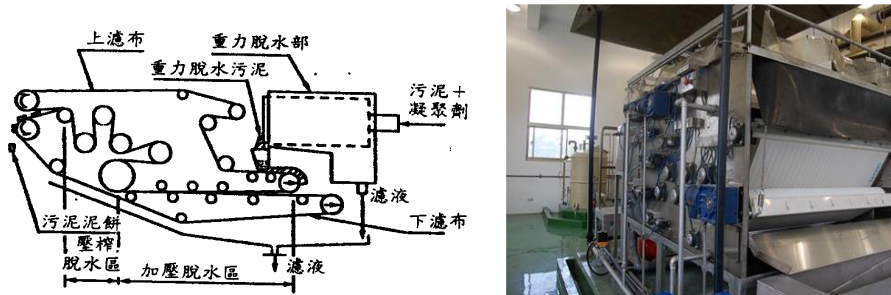


圖 10.41 帶濾式脫水機設備(例)

10.5.2.1 帶濾式脫水機設置考量

帶濾式脫水機，宜考量下列決定之：

1. 容量(濾布有效總寬度)及台數，依處理污泥量、過濾速度、工作日操作時數決定之。
2. 污泥餅含水率約為 80%
3. 選用濾布要用不易堵塞且耐用。
4. 濾布的走行速度和濾布張力壓應是可調。
5. 應設置除臭密閉罩及除臭設施。

解說：

改擴建時應對計畫值與現況處理污泥量、執行時間及運行台數等進行比較確認，並根據脫水機試驗的性能進行評估，在此基礎上重新評估處理能力。如果不能達到規定的含水率，應重新修改設計規格。修改規格時，應進行燒杯測試或利用實驗機進行測試等。

1. 容量

所需有效濾布寬度根據實驗結果和帶壓脫水機的運行業績決定過濾速度，通過公式 10-42 求出。式中的過濾速度是指每小時以每米的過濾寬度可脫水

的固體重量(kg)，過濾速度受容許污泥夾在濾布中的量限制，因此過濾速度是指在帶濾式脫水機的滾壓程序中，發生旁漏(污泥從濾布中滲出)之前的處理量作為最大過濾速度。

工作時間則考慮處理設施的規模、運轉體制，還要考慮污泥脫水機污泥進料和加藥的準備時間、排出脫水污泥和洗濾布所需的時間而設定。

執行時間在考慮處理設施的規模、運行管理體制的同時(每星期操作天數、脫水系統人員工作時間)，還要考慮向污泥脫水機供應污泥和藥品的準備時間、排出脫水污泥和洗濾布所需的時間而設定。

脫水機濾布有效總寬度及台數，依下列計算之：

$$B = \frac{1,000 \left(1 - \frac{W}{100}\right) \times Q}{V \times t} \dots\dots\dots(10-42)$$

式中：

B：必要有效濾帶寬度(m)

W：污泥含水率(%)

Q：處理污泥量(m³/day)

V：過濾速度(kg/m · hr)

t：工作日 1 天操作時間(hr/day)

$$N = \frac{B}{b} \dots\dots\dots(10-43)$$

式中：

N：台數(台)

b：每台有效濾帶寬度(m / 台)

2. 污泥餅含水率

污泥餅含水率根據污泥的種類、供給污泥濃度、有機物含量等污泥性質和加藥的種類、添加量、濾布壓力、濾布走行速度等運轉操作條件而不同。

含水率的設定以盡可能低為宜，但應注意處理污泥的性質狀、脫水污泥的處理處置方法和經濟性，設定適當的含水率，不同污泥在帶濾式機械濃縮的性質變化如表 10.21 所示。

表 10.21 帶濾式脫水機處理不同污泥脫水性質範例

污泥種類		機械濃縮 混合污泥	機械濃縮 厭氧消化污泥
污泥性質	TS 濃度	約 3.5%	2.0～2.5%
	VS/TS 比	75～83%	57～64%
加藥量		1.0～1.2%	1.6%
過濾速度		約 140kg DS/m-h	
含水率		約 80%	約 80%
SS 回收率		93%以上	90%以上

3. 過濾速度應符合規定範圍值。應用於不同污泥之過濾速度參考如下：
 - 重力濃縮混合污泥 110~140 kg/m · hr
 - 機械濃縮混合污泥 140 kg/m · hr 以上
 - 重力濃縮厭氧消化污泥 80~100 kg/m · hr
 - 機械濃縮厭氧消化污泥 80~110 kg/m · hr
4. 濾布應選擇表面光滑、堵塞少、易於剝離脫水污泥的合成纖維濾布。布的材質多為聚酯、聚丙烯等合成纖維，織法多採用平織、綾織或朱子織。

脫水污泥要用刮片剝離，因此必須充分考慮濾布的接合部分。除了要具有機械強度外，還需要防止產生褶皺和從布的側面等處不產生污泥洩漏。

濾布清洗裝置設置清洗噴嘴，以便能夠分別清洗上下濾布的表面(根據需要也清洗背面)，清洗在污泥脫水機運行過程中連續進行，設有高壓清洗抽水機裝置，因此清洗需要大量的水。一般可用經過過濾的回收水。
5. 由於濾布的走行會因污泥進料量和絮凝狀態而發生側漏，因此應儘量低速運行，控制在適當的含水率。濾布運行速度過快含水率就會變高。濾布張力調整裝置有空氣式或電動裝置等，但如果張力過高，脫水污泥易嵌入濾布中造成不易剝離，會造成固體物 SS 回收率降低。
6. 帶濾式脫水機是開放式的，為了防止臭氣且考慮到工作環境等因素，應設置防臭罩進行覆蓋，強制排除罩內的臭氣並進行除臭處理。

10.5.2.2 污泥進料抽水機

污泥進料抽水機，宜考量下列決定之：

1. 選擇可定量輸出，每台污泥脫水機至少設置 1 台進料抽水機。
2. 抽水機輸送量應可調整達設定供給量的 0.5~1.5 倍。
3. 污泥進料抽水機的揚程依據公式 10-45 計算。
4. 檢討備用需求，包括抽水機及管線連通需求。

解說：

1. 抽水機形式考慮可定量輸出，原則上採用單軸螺旋污泥抽水機。每台污泥脫水機至少配置 1 台進料抽水機。

2. 輸送量

為了使污泥脫水機有效運轉，必須根據污泥的性質改變污泥進料量。因此污泥進料抽水機應採用可變速、可調整輸送量的機型，排出量應達到污泥脫水機設定供給量的 0.5~1.5 倍。污泥進料抽水機吐出量採用公式如下。

$$Q_1 = \frac{S \cdot 100}{C_0} \times \frac{1}{60} \times 10^{-3} \times k \dots\dots\dots(10-44)$$

式中：

- Q₁：每台污泥進料抽水機輸送量(m³/min)
- S：污泥脫水機每小時處理量(kg-DS/h)
- C₀：污泥濃度(%)

k：可變係數 0.5~1.5

3. 抽水機揚程

$$H=H_a+H_f+H_0 \dots\dots\dots(10-45)$$

式中：

H：總揚程

H_a ：淨揚程

H_f ：污泥輸送管線水頭損失

H_0 ：輸送出口壓力(=5m)

4. 應考量進料抽水機故障、脫水機故障之進料方式，檢討是否應設置備用進料抽水機或繞流管線。

10.5.2.3 帶濾式污泥脫水機機房

污泥脫水機室，宜考量下列決定之：

1. 面積的大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備及地面排水溝等，必要時設置除臭設備和地面排水抽水機。
3. 設置位置要便於運出污泥餅，且要注意符合法規規定。
4. 依據維護需求考量設置起重機或電動吊車。
5. 注意隔音防振需求。

解說：

1. 污泥脫水機室的大小，在分解附屬設備、管閥類及其他機械時，要考慮放置這些設備所需面積，同時要足夠操作各設備。另外還要考慮改建時的空間。污泥脫水機室牆壁與機器間的間隔以及相鄰設備的間隔應留有足夠的空間以便操作人員通過。
2. 污泥脫水機室應設置通風和照明設備，並根據需要設置適當的除臭設備，另外，為了在清掃各設備時使用清洗水，應在地板上設置排水坡度，地板排水溝和排水坑，必要時須設置排水抽水機。
3. 污泥脫水機室的位置必須配合污泥消化設備、乾燥設備等一系列污泥處理設施的位置。
4. 為了污泥脫水機的安裝、分解、修理等，可設置了起重機或電動吊車。
5. 帶濾式脫水機清洗水時噪音大，如果機組採用氣動式調整濾布偏移，會有氣動缸及空氣壓縮機組，因此要注意噪音及振動防治。

10.5.2.4 脫水污泥清運裝置

脫水污泥清運裝置，宜考量下列決定之：

1. 脫水污泥(污泥餅)輸送裝置可採輸送帶、有軸式螺旋輸送機、無軸式螺旋輸送機或抽水機壓輸送等。
2. 為了統計脫水污泥的產生量，原則上應設置計量裝置。

3. 根據含水率、管道壓力損失、脫水機設置位置、臭氣、能源效率等因素選用清運裝置。

解說：

1. 輸送裝置

(1)採用傳送帶方式時，傳送帶應以水平輸送為原則，並具有耐磨性和耐化學性能。輸送帶寬度和輸送速度根據污泥脫水機的容量和台數而不同，通常使用的傳送帶寬度為 500~900mm 左右，另外，可根據需要設置頂蓋，輸送帶和下部設置防止脫水污泥掉落托盤，並在托盤上設置沖洗裝置。

輸送帶的傾斜度大時，污泥可能會在輸送帶上滑動，因此傾斜度應控制在 20 度以下，輸送使用高分子絮凝劑的脫水污泥時，由於產生的臭氣較重，應特別注意防臭。

(2)有軸式螺旋輸送機由槽、有軸螺旋杆及驅動裝置組成，通過密閉結構的 U 形槽內的螺旋杆的旋轉進行輸送，整體是相對密封結構可有效除臭。

(3)無軸型螺旋輸送機方式由槽、螺旋驅動裝置組成，無軸的螺旋在密封結構的 U 形槽內襯板上一邊滑動一邊旋轉輸送，整體是相對密封結構可有效除臭。另外，可進行傾斜輸送和垂直輸送。

(4)抽水機壓輸送方式較不受輸送路線的限制，不會有惡臭散發、脫水污泥溢出等現象，但會有機器的磨損和較大動力需求，壓送裝置由壓送抽水機、壓送管線等構成。壓送抽水機可使用活塞抽水機或單軸螺旋抽水機，但必須分別考慮防止異物混入、防止因管線關閉導致壓力異常上升的保護裝置等。長時間停止的情況下，管道內部最好先清洗，考慮到可以用水清洗。

2. 在日常的維護管理上，必須掌握整個處理廠的污泥收支情況，最好在脫水污泥輸送裝置或脫水污泥儲存設備上設置脫水污泥的計量裝置。

3. 根據含水率的不同，有可能出現出口壓上升、輸送效率下降、無法輸送等現象。因此，最好事先選定合適的管線口徑，並考慮彎曲部分較少的直線配置等，計算管線壓力損失值，以及考慮將脫水機靠近焚化爐設置等。但是，在這種情況下，之前的脫水機大樓的空出的空間需要考慮作為重建用脫水機和濃縮機器的設置空間。由於污泥輸送裝置的形式不同，有時無法順利輸送，因此要考慮臭氣的產生和能源效率等因素。

10.5.2.5 脫水污泥貯存裝置

脫水污泥貯存設備，宜考量下列決定之：

1. 貯存方式可為儲斗、子車或太空包堆置
2. 貯存能力根據脫水污泥產生量和運出計畫確定。

解說：

1. 脫水污泥貯存設備是為了在進行後續處理和處置之前暫時儲存脫水污泥而設置的。貯存方式應考慮周邊環境、設置面積、運出方法等因素而定。

常用貯存方式包括設置污泥貯斗，可每台設置一斗或多台共同用輸送機

輸送至共同的貯斗，後續待清運斗車與底部承接送出，也可由清運單位提供較大容量之子車，脫水污泥貯滿後可直接由拖車頭直接銜接拖運。

貯斗設置面積較小設置高度較高，多由鋼板製成，底部呈漏斗形或圓筒形，應有避免架橋的結構或設施。排出機構可採滑動閘門、抓斗式開關門或螺旋輸送式，驅動方式有電動、氣動及油壓式。由於各有特點，因此在選擇機型時要考慮設置空間、與輸送裝置的相容性、排出時間等。

為了掌握儲存情況，可在貯斗設置計量裝置。因為高度，在運送至輸送車時，可能會有污泥飛散的情況，因此要注意防止飛散，同時在適當的位置設置排水口，以便於用水沖洗掉在地板上的脫水污泥。

除了貯斗外可採用污泥滑斗搭配太空包裝袋設施，將污泥裝袋後貯放於符合法規之場所堆置，堆置場所面積應預估出搬運作業間隔所需的足夠貯存面積，並考慮雨天的情況下設置屋頂。另外由於高分子絮凝劑脫水污泥氣味強烈，從工作環境和周邊環境方面考慮，應注意防臭措施，並為清掃等設置沖洗水管線及排水溝。

2. 每天的脫水污泥產生量根據污泥脫水機的執行時間、含水率等而增減。另外，還需要考慮到因脫水污泥的接收方的情況、運出路徑的交通情況等而難以運出的情況。貯存能力不少於一天的脫水污泥產生量。另外，如果後級有污泥乾燥等，考慮到污泥乾燥設備的操作，維護等因素，應另外考慮貯存量。

10.5.2.6 附屬設備

附屬設備包括清洗水抽水機、空氣壓縮機、除臭設備等。

解說：

附屬設備應配合設備操作維護需求設置。

10.5.3 離心式脫水機

離心式脫水機是在污泥中添加高分子絮凝劑，以達到重力加速度的 1,500～3,000 倍的離心效果，可在短時間內固液分離。常用為橫式離心脫水機，離心式脫水機流程如圖 10.42 所示。

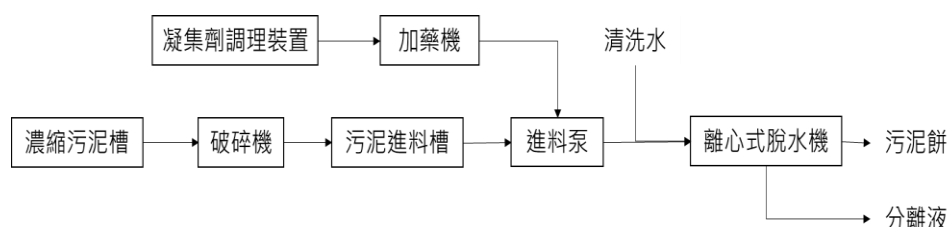


圖 10.42 離心式脫水機流程示意圖

混凝後污泥在旋轉筒(碗)旋轉的離心力的作用下分離為分離液和固體。分離出的固體通過差速裝置，在螺旋輸送機的壓密下移動排出脫水污泥。分離液的排

出口一般有堰，以溢出的形式排出分離液。堰提高液面深則分離液的水質變好，但污泥的含水率變高。反之，如果堰低污泥的含水率就會降低，但分離液的水質就會變差，所以設定堰的高度時必須考慮供給污泥的性質等因素，如圖 10.43。

固體分離時，分離液的流出速度越慢，污泥通過旋轉筒的時間越長，離心效果越好。

離心效果為 2,000~3,000 G，若添加 0.4~1.0% 之高分子凝聚劑，脫水污泥之含水率可達 75~80%。

污泥脫水若固體物和澄清液之分離不良，可減少液面半徑增加回轉數，或減少處理量等方法改善之。

進料污泥中的砂粒和雜粒等會促進污泥脫水機的磨損，引起阻塞，因此必須事先清除砂粒，破碎雜粒。

藥品注入有兩種方式，一種是在機外與污泥混合後供給，另一種是將污泥供給管做成雙管，與污泥分開供給，在機內進行混合，最近機內混合使用較多。機內二液調理，使用高分子絮凝劑和無機絮凝劑(多硫酸亞鐵)的調理方法，作為第一液。在污泥供給管或轉筒內添加分子絮凝劑，對固液分離到一定程度的污泥添加第二液無機絮凝劑，從而進一步提高脫水性能，降低含水率。

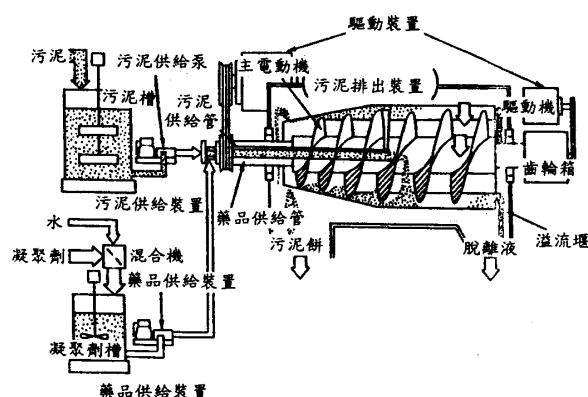


圖 10.43 離心脫水機系統例

10.5.3.1 離心式脫水機設置考量

離心式脫水機，宜考量下列決定之：

1. 台數依污泥處理量及每台每小時可處理量、工作日操作時數決定之
2. 原則上應有 2 台以上(含備用)。
3. 高效型標準含水率為 76~81%，機內二液調理型標準含水率為 69~74%。
4. 螺旋輸送部等的材質使用具有耐久耐磨性的材料。
5. 可變差速裝置。

解說：

1. 確定離心脫水機的離心效果、差速、加藥率、含水率等脫水條件及性能的方法有：實驗機的運轉實驗、試管離心分離測試、已有的離心脫水機的運轉成績等。

污泥脫水機的執行時間要考慮處理設施的規模和運行管理體制，還要考慮向污泥脫水機供應污泥和藥品的準備時間以及脫水污泥排出和機內清洗所需的時間。

脫水機台數依下列計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \dots\dots\dots(10-46)$$

式中：

N：台數

Q：處理污泥量(m³/d)

q：每台每小時可處理量(m³/h)，以污泥濃度 3~5%，每小時 35~50 m³ 之供泥量。

t：工作日操作時間(hr/day)

2. 建議每年實施 1 次自行檢查，在長時間運行後，必須對容易磨損的部分(螺旋輸送部及脫水污泥排水口)進行檢查和修理，由於常要運出至製造工廠進行修理，因此台數要針對檢查整備和故障時，考慮到日常的執行時間和定期檢查的停止時間等而設定的。

含水率根據污泥的性質、供給污泥量、離心效果、藥品的種類和數量等而不同，最好根據實驗結果或實廠的運行結果等來決定。

含水率的設定最好是盡可能低，但要注意處理污泥的性質、脫水污泥的處置方法和經濟性，設定適當的含水率。針對普通污泥的高效型脫水性能如表 10.22 所示，機內二液調理型性能如表 10.23 所示。

表 10.22 離心式脫水機性能範例(高效率型)

污泥種類		離心濃縮 混合污泥	離心濃縮 厭氧消化污泥
污泥性質	TS 濃度	約 3.5%	2.0~2.5%
	VS/TS 比	75~83%	57~64%
藥品添加率		1.0~1.2%	1.5~1.6%
含水率		76~79%	79~81%
SS 回收率		95%以上	95%以上

表 10.23 離心式脫水機性能範例(機內二液調理型)

污泥種類		離心濃縮 混合污泥	離心濃縮 厭氧消化污泥
污泥性質	TS 濃度	約 3.5%	2.0~2.5%
	VS/TS 比	75~83%	57~64%
藥品添加率	高分子 (對 TS)	0.8~1.0%	1.5~1.6%
	無機 (對 TS)	20%以下	35%以下
含水率		69~74%	72~74%
SS 回收率		97%以上	97%以上

對機械濃縮污泥等高濃度污泥進行離心脫水時，污泥脫水機內的固體負荷量超過污泥脫水機固有的允許負荷量，有可能導致固體粒子向分離液一側洩漏，SS 回收率明顯降低。因此，一般在投入污泥量低於標準的情況下運行。

另外，在污泥難脫水化、脫水污泥處置費降低等背景下，越來越多的處理廠採用以降低含水率為目的的高效型離心脫水機。

與標準型相比，高效型的機內停留時間更長，而且機內液深度更深，因此具有更高的壓密力。因此，可將含水率降低約 3%。

高效型還引進了以低動力化和小面積化為目的的低動力型高效離心脫水機。低動力型是通過減小分離液的排出半徑、降低流體的加速動力等實現省電，通過變更主電動機及差速電動機的配置實現省面積的污泥脫水機。

- 離心脫水機螺旋輸送邊緣、轉筒入口、脫水污泥排水口等表面容易磨損，應使用硬度高的材料。
- 離心脫水機的旋轉筒由外筒(碗)和內筒(螺旋輸送機)組成，螺旋輸送機與碗以 2~10min 左右的旋轉差(差速)旋轉。該差速是對污泥脫水機性能影響較大的操作因素。差速越小，脫水時間越長，含水率越低，但 SS 回收率往往越差，因此必須考慮根據污泥的性質和運行條件進行適當設定。差速的控制方法有油壓式和齒輪式兩種。油壓式是直接利用油壓馬達驅動螺旋輸送機驅動皮帶與碗

之間的轉差，齒輪式則是通過行星齒輪等構成的齒輪單元，採變頻馬達來提供轉差。

10.5.3.2 污泥進料抽水機

污泥進料抽水機，宜考量下列決定之：

1. 選擇可定量輸出，每台污泥脫水機至少設置 1 台進料抽水機。
2. 抽水機輸送量應可調整達設定供給量的 0.5~1.5 倍。
3. 污泥進料抽水機的揚程依據公式 10-47 計算。
4. 檢討備用需求，包括抽水機及管線連通需求。

解說：

1. 抽水機形式考慮可定量輸出，原則上採用單軸螺旋污泥抽水機。每台污泥脫水機至少配置 1 台進料抽水機。
2. 輸送量

為了使污泥脫水機有效運轉，必須根據污泥的性質改變污泥進料量。因此污泥進料抽水機應採用可變速、可調整輸送量的機型，排出量應達到污泥脫水機設定供給量的 0.5~1.5 倍。污泥進料抽水機吐出量採用公式如下。

$$Q_1 = Q \times \frac{1}{60} \times k \dots\dots\dots(10-47)$$

式中：

Q_1 ：每台污泥進料抽水機輸送量(m^3/min)
 Q ：污泥脫水機每小時處理量(m^3/h)
 k ：可變係數 0.5~1.5

3. 抽水機揚程，詳 10.5.2.2 節說明。
4. 應考量進料抽水機故障、脫水機故障之進料方式，檢討是否應設置備用進料抽水機或繞流管線。

10.5.3.3 離心式污泥脫水機機房

污泥脫水機室，宜考量下列決定之：

1. 面積的大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備及地面排水溝等，必要時設置除臭設備和地面排水抽水機。
3. 設置位置要便於運出污泥餅，且要注意符合法規規定。
4. 依據維護需求考量設置起重機或電動吊車。
5. 注意隔音防振需求。

解說：

1.~4.請參照 10.5.2.3 節說明。

5.離心式脫水機清洗水少較無噪音，但因高速運轉要特別注意機組本體噪音及振動防治，必要時可設置隔音罩。

10.5.3.4 脫水污泥清運裝置

脫水污泥清運裝置，宜考量下列決定之：

1. 脫水污泥(污泥餅)輸送裝置可採輸送帶、有軸式螺旋輸送機、無軸式螺旋輸送機或抽水機壓輸送等。
2. 為了統計脫水污泥的產生量，原則上應設置計量裝置。
3. 根據含水率、管道壓力損失、脫水機設置位置、臭氣、能源效率等因素選用清運裝置。

解說：

請參照 10.5.2.4 節說明

10.5.3.5 脫水污泥貯存裝置

脫水污泥貯存設備，宜考量下列決定之：

1. 貯存方式可為儲斗、子車或太空包堆置
2. 貯存能力根據脫水污泥產生量和運出計畫確定。

解說：

請參照 10.5.2.5 節說明

10.5.3.6 附屬設備

附屬設備包括清洗水抽水機、空氣壓縮機、除臭設備等。

解說：

請參照 10.5.2.6 節說明，離心式脫水機因採密閉式機組，針對內部除臭設施容量需求較低，惟仍應注意一併考量配套設施除臭需求。

10.5.4 多盤式螺旋壓榨脫水機

多盤式螺旋壓榨脫水機是將污泥篩網、污泥調理裝置、脫水機本體、操作面板等集成在一個公共底座上的脫水機組。

脫水機主體由環形活動板和固定板交替疊放的外殼、安裝在外殼內的螺旋輸送桿在輸送污泥時旋轉壓縮污泥體積，以及對脫水污泥施加內壓。排放口由一個加高的背壓板組成。

污泥經篩分除雜、多硫酸鐵和兩性高分子絮凝劑調理絮凝後，在重力流下流入脫水機主體進行濃縮脫水。螺桿將外筒的可動板向上推，在可動板和固定板之間形成間隙(間隙)，分離出的液體通過該間隙排出。通過不斷清洗外筒，具有不會造成堵塞的結構，可以連續操作減少濃縮污泥儲存設備。多盤式螺旋壓榨脫水機流程如圖 10.44 所示，構造如圖 10.45 所示。

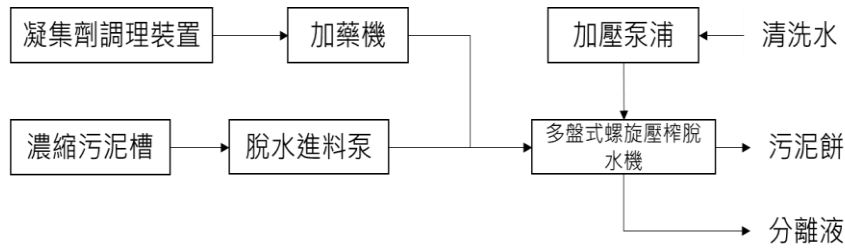


圖 10.44 多盤式螺旋壓榨脫水機流程示意圖

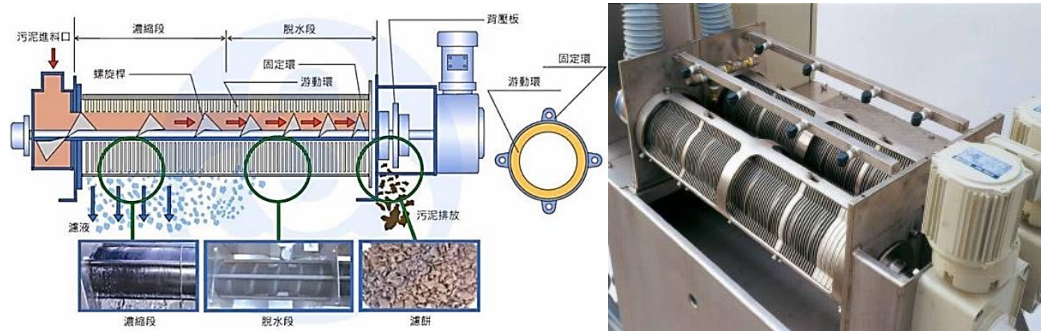


圖 10.45 多盤式螺旋壓榨脫水機系統例

10.5.4.1 多盤式螺旋壓榨式脫水機設置考量

多盤式螺旋壓榨式脫水機設置，宜考量下列決定之：

1. 適用於生物處理系統中廢棄污泥直接脫水。
2. 總體規劃時的數量原則上將設置多台相同容量的設備。
3. 含水率約為 80~83%。
4. 以直接型壓入式螺旋壓濾脫水直接濃縮一體化脫水裝置減少單元設備，提升效益。

解說：

改建時，將對計畫值的現狀處理污泥量、執行時間及運行台數等進行確認，並根據試驗結果對脫水機的性能進行評價，在此基礎上對過濾速度等處理能力進行重新評估。如果不能達到規定的含水率，最好重新修改設計規格。

1. 多盤式螺旋壓榨脫水機採用的是從反應槽內直接抽出剩餘污泥脫水的“反應槽”，目的是為了簡化水處理的管理。
 - (1)直接從氧化渠法和延長曝氣法的反應槽中抽出的低濃度(2,000~4,000mg/L)、污泥濃度變化小的污泥。
 - (2)SRT(固體物停留時間)長，性狀(污泥濃度、熱減量、纖維狀等)穩定的污泥。
2. 脫水機單元本體與螺桿支數的組合。

多板型螺桿衝壓脫水機是將內徑約 200mm 的脫水機安裝在支架上的單元結構。

根據處理量，可在主體架臺上設置 1~5 個脫水機(螺桿)。配置在本脫水機主體單元上的設備結構原則上按以下區分。

- (1)用於 1、2、3 個螺桿數量

主體單元：脫水裝置，兩性高分子絮凝劑溶解裝置，現場動力控制台配套設備：兩性高分子絮凝劑原液裝置，無機絮凝劑供應處所。

(2) 4、5 個螺桿數用

主體單元：脫水裝置，現場動力控制板

附屬設備：兩性高分子絮凝劑溶解裝置、兩性高分子絮凝劑原液裝置、無機絮凝劑供應裝置。根據產生的污泥量的增長，在主體單元支架上增設脫水機(螺桿)也是可能的。但是，為了充分發揮本脫水機的性能，為了在凝集槽中進行良好的污泥調理，必須確保最佳的停留時間。能夠搭載的螺桿數量的組合有限制。

確定脫水機的效果、差速、加藥率、含水率等脫水條件及性能的方法有：實驗機的運轉實驗、已有的脫水機的運轉成績等。

污泥脫水機的執行時間要考慮處理設施的規模和運行管理體制，還要考慮向污泥脫水機供應污泥和藥品的準備時間以及脫水污泥排出和機內清洗所需的時間。

脫水機台數依下列計算：

$$N = \frac{Q}{q \times t} \dots\dots\dots (10-48)$$

式中：

N：台數

Q：處理污泥量(m³/d)

q：每台每小時可處理量(m³/h)，以污泥濃度 3～5%，每小時 35～50 m³ 之供泥量。

t：工作日操作時間(hr/day)

(3) 安裝數量

對於小規模設施，有時會在第一期規劃階段設置符合整體規劃的污泥脫水機。另外，污泥脫水機是污泥處理設施中的重要設備，考慮到設備的檢查、維修以及故障等情況下零件的互換性和使用的方便性，原則上應設置多台同容量機

本脫水機的適用範圍為滲濾液排除法及長時間曝氣法，由於在緊急情況下可將污泥貯於系統內，因此原則上不設備用機。

3. 含水率根據污泥的性質、供給污泥量、藥品的種類和數量等而不同，最好根據實驗結果或實廠的運行結果等來決定。

含水率的設定最好是盡可能低，但要注意處理污泥的性質、脫水污泥的處置方法和經濟性，設定適當的含水率。針對普通污泥的高效型脫水性能如表 10.24 所示。

表 10.24 多盤式螺旋壓榨式脫水機性能範例(高效率型)

污泥種類		反應槽直接廢棄之污泥
污泥性質	TS 濃度	0.2~0.4%
	VS/TS 比	75~82%
二液調理	藥品添加率	無機凝集劑：15%以下(TS) 高分子凝集劑：3.0%以對 TS
	過濾速度	6~8kg-DS/m · h
	含水率	83%以下
	SS 回收率	95%以上

4. 濃縮一體化脫水

是一種在污水處理系統，所產生的污泥不經過濃縮設備，而以直接型壓入式螺旋壓濾脫水機(簡稱直接型 SP)，為未濃縮狀態下直接脫水之處理流程，如圖 10.46。適用於沒有消化程序的污水處理廠。

流入污泥處理設備的污泥，為從初級沉澱池抽水的污泥及從最終沉澱池抽出剩餘污泥，因多為從水處理系統抽出之低濃度污泥，於污泥貯存槽混合後，經添加藥劑設備，以直接型 SP 脫水機脫水。混合污泥槽混合後之固體物濃度依各廠而異，約為 0.6~1.0 左右。

濃縮一體化脫水法，為能效率化處理，即使低濃度污泥也能獲得良好的濃縮濃度，因係搭載有高速型螺旋壓濾脫水機增大過濾面積之濃縮結構。

由於可以省略濃縮設施所需要的供應污泥泵和濃縮污泥貯槽，因此可以降低整個污泥處理程序的建設成本、電力消耗和溫室氣體排放量(CO₂ 排放量)。

由於可省去固體物回收率低的重力濃縮池，污水處理的污泥可以快速脫水處理。減少污泥在污泥處理中的停留時間。使透過水處理吸收污泥中的磷再次釋出之前進行脫水，可以減少放流水中的磷濃度，迴流水的負荷得以減低。

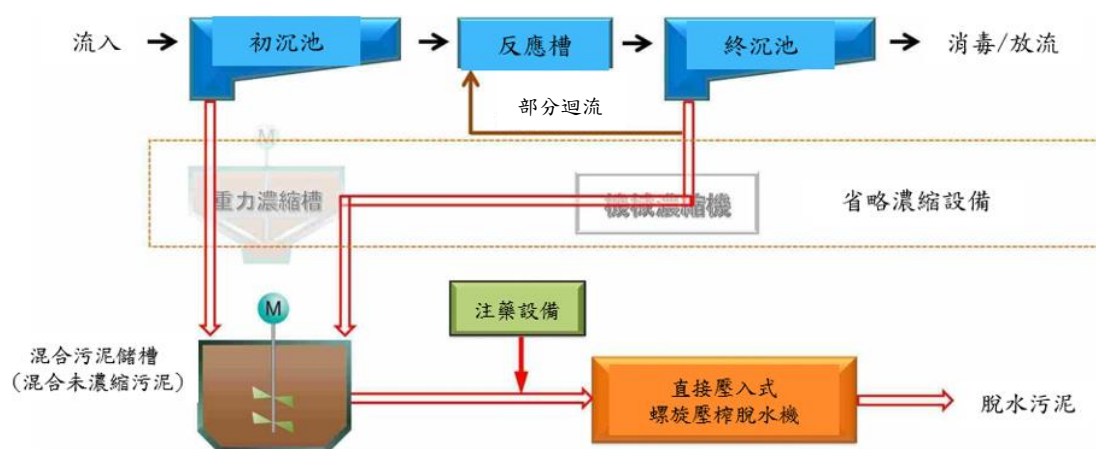


圖 10.46 濃縮一體化脫水法技術流程

10.5.4.2 污泥進料抽水機

污泥進料抽水機，宜考量下列決定之：

1. 選擇可定量輸出，每台污泥脫水機至少設置 1 台進料抽水機。
2. 抽水機輸送量應可調整達設定供給量的 0.5~1.5 倍。
3. 污泥進料抽水機的揚程依據公式 10-49 計算。
4. 檢討備用需求，包括抽水機及管線連通需求。

解說：

1. 抽水機形式考慮可定量輸出，原則上採用單軸螺旋污泥抽水機。每台污泥脫水機至少配置 1 台進料抽水機。
2. 輸送量

為了使污泥脫水機有效運轉，必須根據污泥的性質改變污泥進料量。因此污泥進料抽水機應採用可變速、可調整輸送量的機型，排出量應達到污泥脫水機設定供給量的 0.5~1.5 倍。污泥進料抽水機吐出量採用公式如下。

$$Q_1 = Q \times \frac{1}{60} \times k \dots\dots\dots(10-49)$$

式中：

Q_1 ：每台污泥進料抽水機輸送量(m^3/min)

Q ：污泥脫水機每小時處理量(m^3/h)

k ：可變係數 0.5~1.5

3. 抽水機揚程請詳 10.5.2.2 節說明
4. 應考量進料抽水機故障、脫水機故障之進料方式，檢討是否應設置備用進料抽水機或繞流管線。

10.5.4.3 脫水污泥機機房

污泥脫水機室，宜考量下列決定之：

1. 面積的大小應足以操作和檢查機器。
2. 設置通風、照明設備及地面排水溝等，必要時設置除臭設備和地面排水抽水機。
3. 設置位置要便於運出污泥餅，且要注意符合法規規定。
4. 依據維護需求考量設置起重機或電動吊車。
5. 注意隔音防振需求。

解說：

請參照 10.5.2.3 節說明

10.5.4.4 脫水污泥清運裝置

脫水污泥清運裝置，宜考量下列決定之：

1. 脫水污泥(污泥餅)輸送裝置可採輸送帶、有軸式螺旋輸送機、無軸式螺旋輸

送機或抽水機壓輸送等。

2. 為了統計脫水污泥的產生量，原則上應設置計量裝置。
3. 根據含水率、管道壓力損失、脫水機設置位置、臭氣、能源效率等因素選用清運裝置。

解說：

請參照 10.5.2.4 節說明

10.5.4.5 脫水污泥貯存裝置

脫水污泥貯存設備，宜考量下列決定之：

1. 貯存方式可為儲斗、子車或太空包堆置。
2. 貯存能力根據脫水污泥產生量和運出計畫確定。

解說：

請參照 10.5.2.5 節說明

10.5.4.6 附屬設備

附屬設備包括清洗水抽水機、空氣壓縮機、除臭設備等。

解說：

請參照 10.5.2.6 節說明。

10.5.5 壓濾式脫水機

壓濾脫水機如圖 10.47 所示，當過濾時，全部濾板由油壓予以閉合，污泥經由濾板上所開有之孔藉壓入抽水機送入各濾室，當全部濾室填滿污泥並繼續加壓，污泥中的水分受擠壓達到脫水的效果。過濾液經由濾板下部刻有數小孔之排出口排出。而至濾室內充滿泥餅時停止供給污泥，並灌入壓縮空氣將餅中的水分排出，當濾板打開時，污泥餅由於自重從濾布剝落。污泥餅含水率可達 65~75%。

壓濾式脫水機之設計，宜考量下列決定之：

1. 過濾面積依每日處理污泥量、污泥含水率及過濾速度決定之，並以每台之過濾面積計算台數。
2. 過濾速度，濃縮污泥為 2~4 kg/m² hr，消化污泥為 2~3.5 kg/m² hr。
3. 濾布應具不易阻塞且可耐久使用者。原則上宜為 2 台以上(含備用)。

解說：

1. 脫水機之過濾面積及台數依下列計算：

$$A = 1,000 \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) \times \frac{Q}{V \times t} \dots\dots\dots(10-50)$$

式中：

A：總過濾面積(m²)

Q：每日處理污泥量(m³/day)(不含凝聚劑注入量)

V：過濾速度(kg/m² · hr)

W：污泥含水率(%)

t：工作日 1 天工作時間(hr/day)

$$N = \frac{A}{a} \dots\dots\dots(10-51)$$

式中：

N：台數(台)

a：每台脫水機之過濾面積(m²/台)

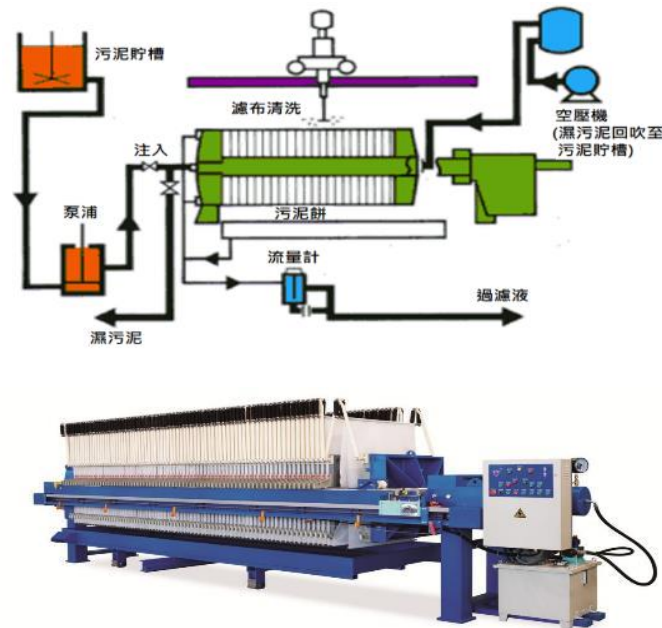


圖 10.47 橫軸式壓濾脫水機圖

2. 過濾速度應符合規定範圍值。
3. 壓濾式脫水機主要操作程序：油壓啟動→濾板閉合→開始進料→物料濾水→濾餅形成→膜片二次壓榨→濾餅落料。污泥進料抽水機應為不阻塞構造，每一台脫水機設置一部，抽水機容量為脫水機容量的 2 倍。加壓抽水機或空氣壓縮機吐出壓力宜為 7 kgf/cm² 以上，台數含備用應為 2 台以上。脫水機室、污泥搬送設備及脫水污泥貯留設備清洗設備等，依各種脫水方式共同事項設置如圖 10.48，系統流程例，如圖 10.49。

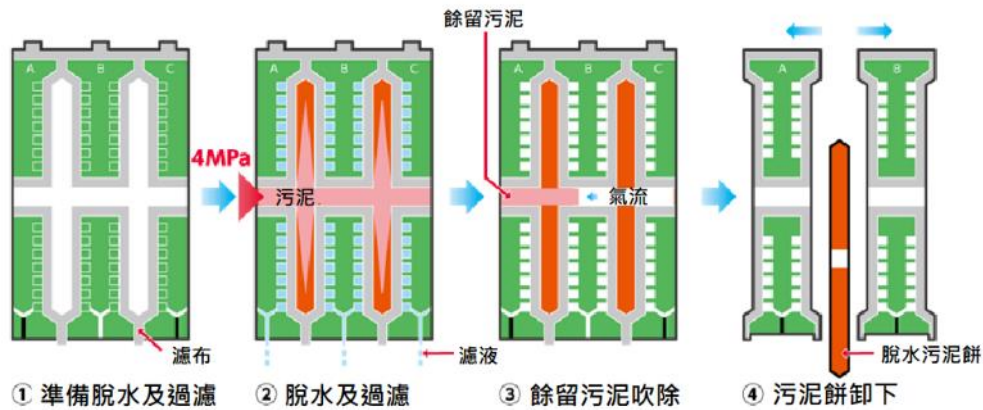


圖 10.48 加壓過濾機操作過程

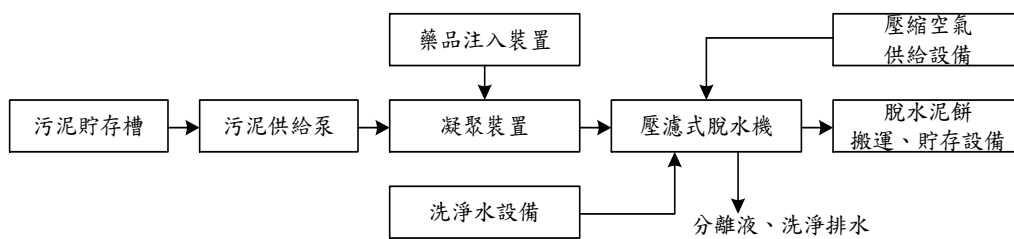


圖 10.49 壓濾式脫水系統流程(例)

10.5.6 污泥曬乾床

將污泥分散於砂床上，其中一部分以水分過濾作用去除之，同時由太陽熱能及風的作用自然乾燥為污泥曬乾。由於係自然乾燥，其乾燥速度依天候、氣溫及風速而異。本法具有沉降、脫水、乾燥三種特性，使污泥體積得減少外，也具有促進污泥分解的效果，污泥曬乾適用於經充分消化後之污泥，至於生污泥或未經充分消化之污泥，欲以曬乾時，所須面積較大，同時在乾燥中會發散惡臭。

消化污泥之曬乾日數，依當地之天候、氣溫、濕度、污泥性質、污泥之散積厚度而異，一般為 10~15 日。

乾燥之良否，依污泥之種類、消化程度等而異，消化程度低時，不僅乾燥慢也易腐敗散發惡臭。經常需於曬乾床中之污泥表面上，定時噴灑殺蟲劑，以防止蚊、昆蟲等發生。

基於臭氣問題、天候問題及觀瞻上的考慮，也有於曬乾床上架設以玻璃者，則應配置換氣通風設備，以免蒸發的水蒸氣，於玻璃上凝聚為水再降落至曬乾床。

自污泥中沉降之脫出液，經曬乾床底下之排水管收集，此等過濾液回送至最初沉澱池前與流入水再處理之，極少量者或以重力流入進水井。

曬乾床之設計，宜考量下列決定之：

1. 曬乾床形狀宜為長方形，床數應達曬乾所需日數以上。每床長度 20 m 以下，面積依每一污泥投入口以 200 m² 為限，以求均勻。
2. 污泥曬乾日數，依當地氣候及污泥性質而定，一般為 10~15 日。

3. 投入污泥厚度為 10~20 cm，出水高度為 15 cm 以上。

解說：

一般而言在日曬充足及土地取得容易之情況下，可採用污泥曬乾床脫水最經濟，但常受限土地及防止臭味等二次公害產生之因素。

1. 曬乾床所需面積及床數，依下列計算：

$$A = \frac{Q \times T}{D} \dots\dots\dots(10-52)$$

$$N = \frac{A}{a}$$

式中：

A：所需總面積(m²)

Q：每日污泥量(m³/day)

D：投入污泥厚度(m)

T：曬乾日數(day)

a：每床之面積(m²)

N：床數

2. 污泥曬乾日數，依當地氣候及污泥性質而定，一般為 10~15 日。

3. 投入污泥厚度為 10~20 cm，出水高度為 15 cm 以上。曬乾床之構造，其最上層為細砂層(20~30 cm)，其下為粗砂層 15~30 cm(粒徑 0.7~2 mm)，再其下應有適當的坡度 10%，最深部為內徑 100~200 mm 之有孔集水管，或為楔型濾板(其材質可為 HDPE 或 PU)，每間隔 2~6 m 配置，如圖 10.50。應設有分離液排除及過濾液排出設備，濾液應排回污水處理系統處理。曬乾床周壁宜為混凝土構造，並防止雨水侵入。曬乾污泥應有暫貯存設施，底部宜為混凝土構造，必要時得設置遮雨設施。

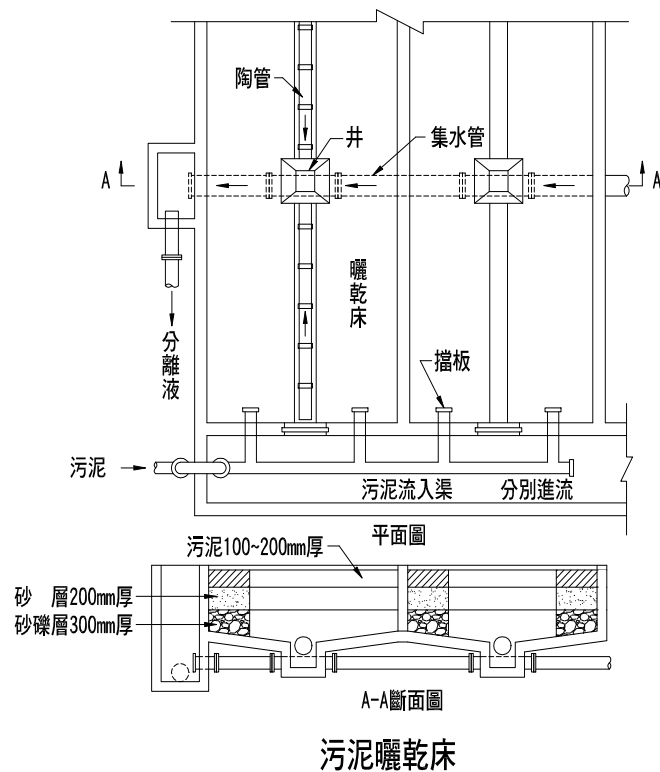
10.5.7 污泥處理共同附屬設施

各種污泥脫水方式，宜考量下列決定之：

1. 污泥脫水機房，應考量機器操作及維修所需空間、脫水泥餅搬運方便，並備吊車以備裝設維修用，同時考量通風照明及地面排水。
2. 應設置污泥餅之搬送、計量及貯存斗，貯存斗容量依搬運計畫決定之。
3. 並應備置污泥貯留槽、沖洗水抽水機、小型空壓機及防臭設備。

解說：

1. 應以鋼筋混凝土或鋼骨混凝土築造，且需不滲水、場地寬敞，能使抽水機、管件等易於搬動，便於分解及修理等，污泥處理機房需有充分之通風、換氣、照明及排水設備，電氣設備之配置應儘可能設在高處。



楔型濾板

圖 10.50 污泥曬乾床及楔型濾板

2. 應設置污泥餅之搬送、計量及貯存斗，貯存斗容量依搬運計畫決定之，須考量運輸車輛容量及運輸頻率等因子。
3. 長距離輸送污泥時宜設置污泥附有攪拌設備之貯存槽，其容積應大於最大日污泥量，並須有除臭設備。

10.6 污泥調理

污水處理系統產生的污泥，根據水處理方法的不同性質也不同。即使採用一般的標準活性污泥法，來自初始沉澱池的初沉污泥和來自最終沉澱池的廢棄污泥的特性也不同，初沉污泥的有機物和蛋白質含量較低，纖維狀物、砂分多，是脫水性好的污泥。另一方面，與初沉污泥相比，廢棄污泥是有機物和蛋白質含量高，纖維狀物和泥砂含量少的難脫水污泥。

這樣，性質不同的污泥混合脫水時，混合污泥質的穩定性是污泥脫水穩定的

重要因素。例如，將廢棄污泥強制機械濃縮後的污泥和初沉污泥重力濃縮後的污泥混合脫水時，如何穩定混合比例對污泥脫水的運行控制影響很大。重力濃縮污泥一般根據運行狀況和季節變化濃度變動較大，而機械濃縮污泥可以確保全年濃度穩定。不是以容量為基準的混合，而是以固體物量為基準的混合，以謀求性質的穩定化是理想的。

10.6.1 污泥混合設備

- 污泥混合設備，宜考量下列決定之：
1. 污泥的混合以固體量為基準。
 2. 考慮到與污泥濃縮和污泥脫水工程的關係，決定混合槽的容量。另外，在混合槽中設置攪拌裝置。
 3. 導入節能攪拌裝置。

解說：

1. 混合方法有連續式和批次式。連續式是先將重力濃縮和機械濃縮的污泥分別儲存在不同的貯槽中，然後連續地以固體量比供給混合貯槽。而批次式則設有2個混合槽，其中1個槽向污泥脫水設備提供混合的污泥，另1個槽按固體量比對重力濃縮及機械濃縮的污泥進行混合操作。無論哪種方式，固體物量都是用流量計測量污泥的量，用濃度計測量污泥的濃度，以固體物量比固定的方式控制向混合貯槽的供給量(式 10-53)。

$$\frac{q_i \times d_i}{Q_i \times D_i} = \frac{q_0 \times d_0}{Q_0 \times D_0} = \text{定值} \dots\dots\dots(10-53)$$

式中：

- qi：廢棄污泥量(m³/d)
- di：廢棄污泥的濃度(%)
- Qi：初沉污泥量(m³/d)
- Di：初沉污泥的濃度(%)
- go：濃縮廢棄污泥的供給量(ms/d)
- do：濃縮廢棄污泥的濃度(%)
- Qo：重力濃縮污泥的供給量(m²/d)
- Do：重力濃縮污泥的濃度(%)

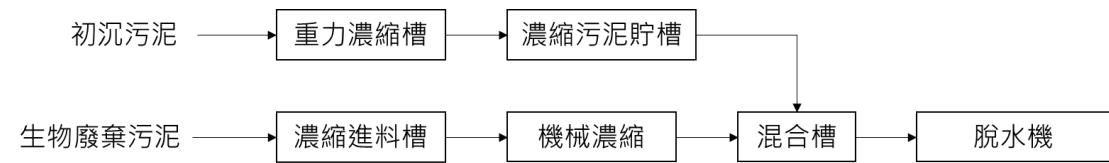


圖 10.51 污泥混合方式示意圖

2. 在混合槽中設置機械攪拌裝置，充分進行污泥的混合。混合儲槽的容量最好為連續式，能夠承擔污泥脫水機的污泥供給儲槽的作用。回分式的每槽容量也應考慮到從重力濃縮槽抽出污泥的迴圈，最好達到足以向污泥脫水設備提供污泥的容量。
3. 在攪拌裝置方面，最好是進行包括節能和溫室氣體排放控制在內的比較研究後選定。

10.6.2 凝聚劑調理設備設計

污泥粒子帶負電，相互排斥，所以粒子之間的凝聚受到了阻礙。對這樣的污泥，如果添加帶正電荷的凝固劑，就會產生電中和，促進粒子的結合。

此時，高分子絮凝劑可進行粘結的交聯結合等，無機絮凝劑可生成氫氧化物，使污泥粒子大化，其結果改善了污泥的固液分離性和脫水性。

綜上所述，絮凝劑分為有機性和無機性兩種，其使用區分一般由污泥脫水機的機種決定。

螺旋式螺榨、旋轉加壓、帶壓式以及離心脫水機均採用有機性。

高分子絮凝劑的藥劑注入率(絮凝劑的重量與污泥乾燥固體重量的比例)非常小，因此不會因注入絮凝劑而增加脫水污泥量，有利於污泥的焚燒填埋。

高分子凝聚劑分為陽離子高分子凝聚劑、陰離子高分子凝聚劑、鹼性高分子凝聚劑以及兩性高分子凝聚劑 4 種。

一般在下水污泥中使用陽離子高分子絮凝劑，以 0.2~0.3%的濃度在水中溶解，將該水溶液作為污泥乾燥固體物的高分子絮凝劑，添加時要達到 0.5~1.5%左右。

高分子凝聚劑的選定要先進行燒杯測試、努切測試等表測試，選擇藥品種類，再進行實機測試，從含水率、藥品注入率、固體回收率等方面來決定。

污泥脫水，一般使用高分子凝聚劑調理，所用之藥劑為能促使污泥收斂性較大者，以增大其凝聚力，使粒子粗大化，提高污泥之脫水性。

至於高分子凝聚劑，一般有機性污泥大都使用陽離子性之 Polyacrylamide 及 Polyamide 系者。無機性污泥則用陰離子性 Acrylate Ester。高分子凝聚劑，以重合度高者較具凝聚性。高分子凝聚劑添加量過多時，將因粒子表面過剩吸著高分子層呈親水性，致凝聚效果反而降低。

污泥高分子凝聚劑調理設備，宜考量下列決定之：

1. 高分子調理系統，應完整配置。
2. 污泥脫水機調理用高分子凝聚劑，其添加量以固體物量的 0.5~1.5%估計之。藥劑貯存量依計畫添加量，應有 7 日以上之貯存量。

解說：

1. 污泥高分子凝聚劑調理設備包含有進料機、加藥機、攪拌機、給水設備及填料台等，其配置如圖 10.52。

2. 依高分子凝聚劑(polymer)所具有的性質，可區分為陽離子性凝聚劑、陰離子性凝聚劑、非離子性凝聚劑及兩性凝聚劑四類，高分子凝聚劑溶液濃度 0.2~0.3 %。凝聚劑溶解槽應有防蝕設施，並設置攪拌設備。加藥機應為可調整藥量加藥機，並可正確計量者。污泥混合方式流程如圖 10.53，但亦可將初沉污泥直接與廢棄污泥同時投入混合污泥貯槽，再以濃縮機濃縮，而不設置重力濃縮槽。高分子凝聚劑注入設備流程如圖 10.54。兩種藥劑調理流程，示如圖 10.55。

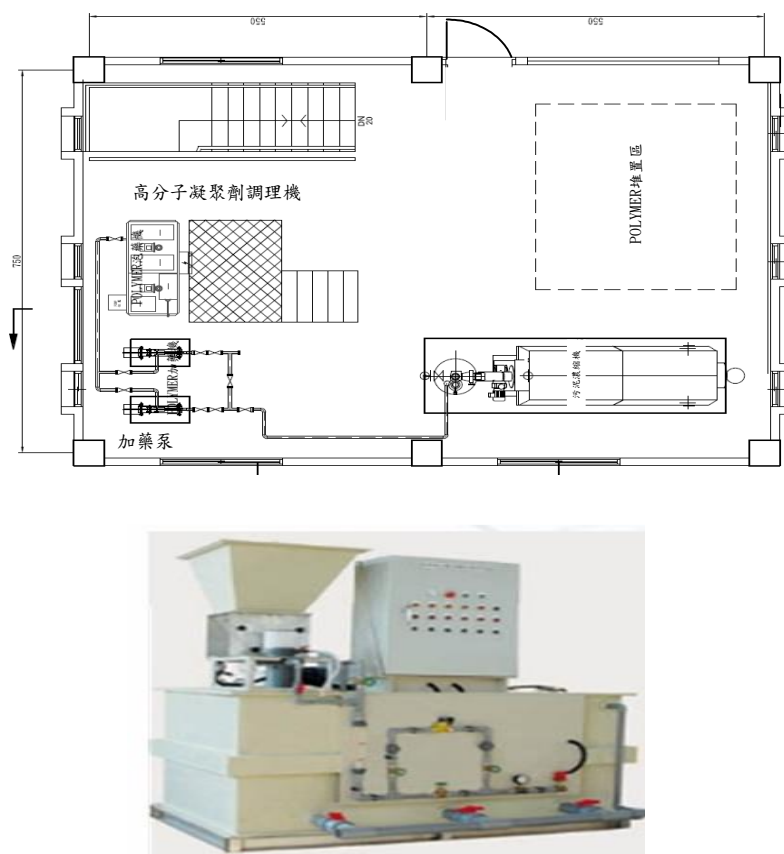


圖 10.52 高分子凝聚劑調理機及濃縮機配置室(例)

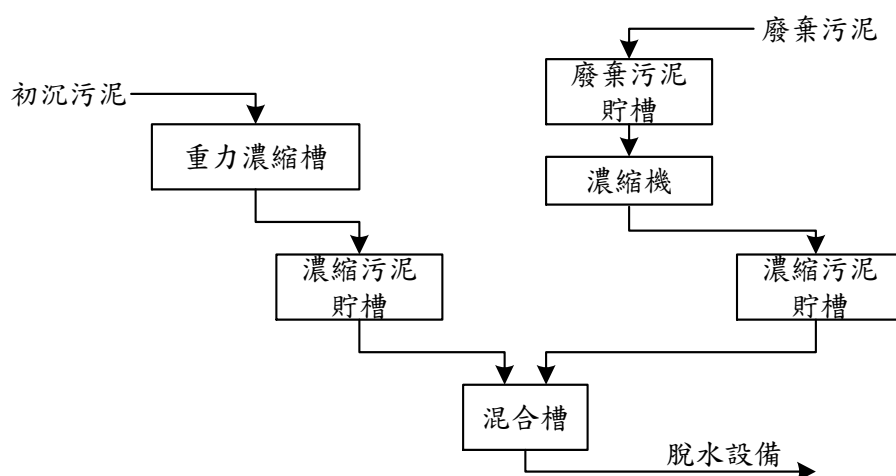


圖 10.53 污泥混合方式流程(例)

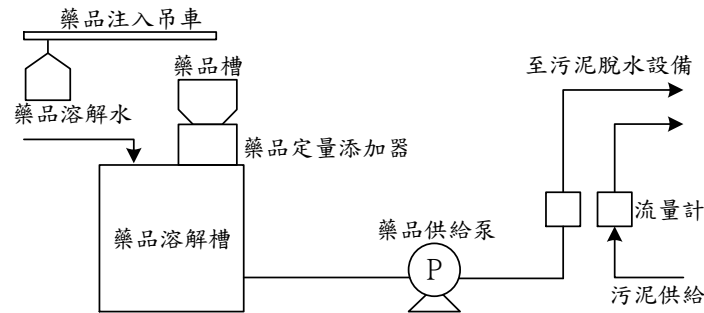


圖 10.54 高分子凝聚劑注入設備流程(例)

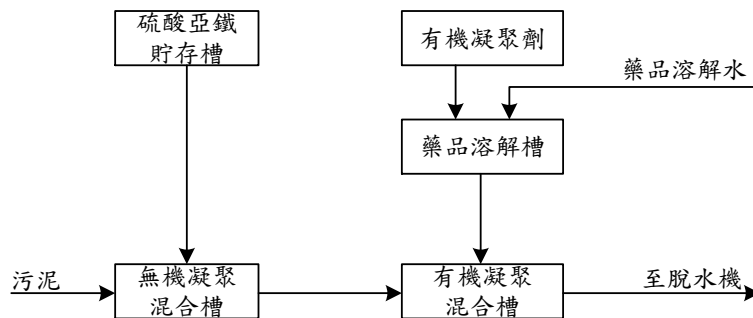


圖 10.55 兩種藥劑調理流程(例)

10.7 污泥堆肥

脫水污泥餅直接供肥料用，由於會散發臭氣，並有病原菌及寄生蟲等問題，而曬乾或機械乾燥則因受天候及燃料費之限制等。若將脫水污泥餅予以堆肥化除可減輕費用、可達使用方便及臭氣少，且由其發酵熱可具消滅病原菌及寄生蟲等優點。

堆肥化的反應為藉微生物將生物可分解性有機物分解、資源化的反應，與過去農家所做以厭氧性條件下做長時間堆肥的方法有所不同。通常的堆肥化方法係在好氧性條件下，儘量以短時間使原料有機物獲得生物性安定化的一次發酵過程，及施用於農地時不阻礙植物生育為目的之二次發酵過程等二個步驟所組成。

10.7.1 污泥堆肥化計畫

污泥堆肥計畫，宜考量下列決定之：

1. 污泥堆肥設施之規模，依製品之需求量，若污泥產生量全量堆肥時，原則上以計畫最大日污泥量為設計量，並考量其經濟性及維護管理。
2. 堆肥化設施包括前調理單元、發酵單元、製品化單元所組成，考量自動化程序決定設備內容，以及其貯存及搬運需符合事業廢棄物之相關規定。

解說：

1. 發酵日數和有效容量。

發酵日數應考量有效容量，各項考量如下：

- (1) 一次發酵的發酵日數標準約 10~14 日，進行二次發酵視自然通氣需 30~

60 日，強制通氣 20~30 日，可保持堆肥品質穩定，進行醱酵時，含水率過高會影響醱酵溫度，過低則可能使微生物活動能力受阻，故其含水率宜調整至一次醱酵熟成時在 30~50% 為宜。

- (2) 醱酵槽有效容量、添加物量、破碎混合程度、翻攪程度、送風量都是考量的範圍。

2. 堆肥化之一般程序包括預先調整、第一次醱酵、第二次醱酵(腐熟)，如圖 10.56。

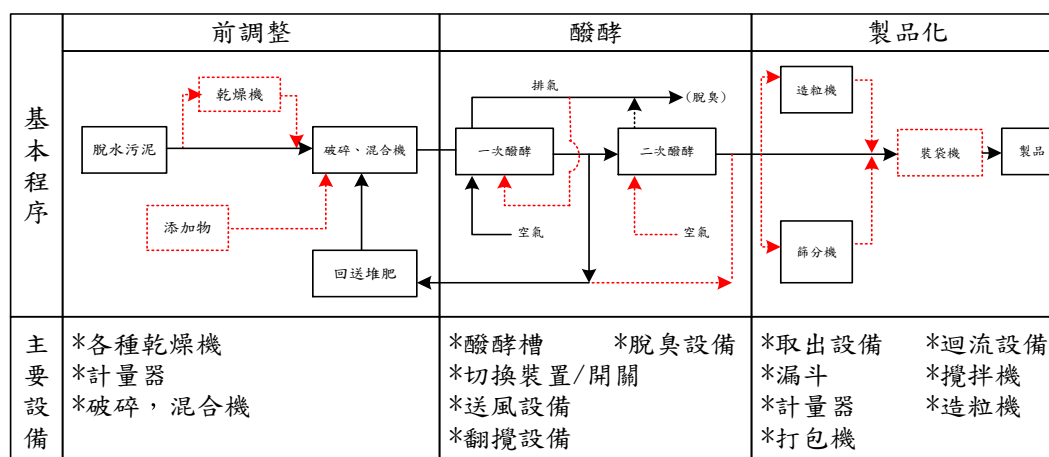


圖 10.56 堆肥化之一般程序

醱酵槽構造型式有堆積式、橫式以及直立式。型式的選定視設施容量、原料屬性、製品處理、經濟效益、環境(包括處理作業的環境與周邊環境)影響、實際效果等決定。

- (1) 堆積式醱酵槽

佔地面積較寬廣，易受天候影響，此外因為醱酵時日較長，需要長時間通氣，如圖 10.57。

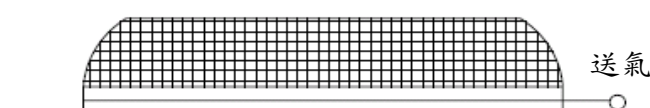


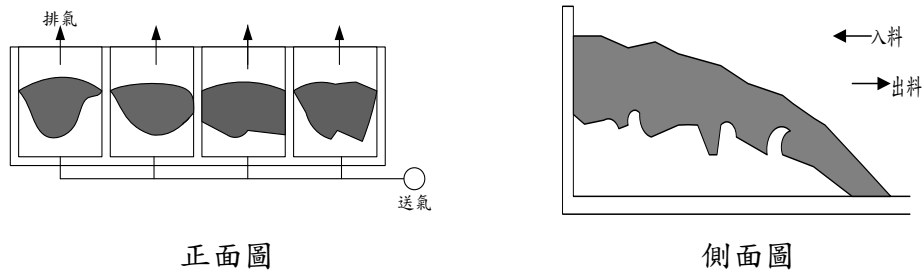
圖 10.57 堆積式醱酵槽

- (2) 橫式醱酵槽

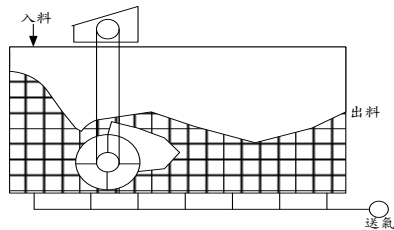
藉翻攪設備使堆肥與空氣接觸多，故醱酵過程較均勻，可直接監控過程，但須注意臭氣、粉塵的產生與水蒸氣等問題，如圖 10.58。

- (3) 直立式醱酵槽

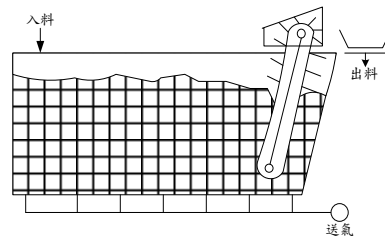
污泥從上方投入、逐層往下方移動，以污泥逐層下落時可進行攪拌並與空氣混合產生醱酵，污泥於底層以皮帶運送出去。因為是密閉式結構，所以醱酵環境可保持最佳狀態，與橫式等開放式醱酵槽相比，具有醱酵熱能損失最少，臭氣易處理等優點，如圖 10.59。



(1)橫形鐵鍬式



(2)橫形槳式



(3)橫形勺子式

圖 10.58 橫式發酵槽

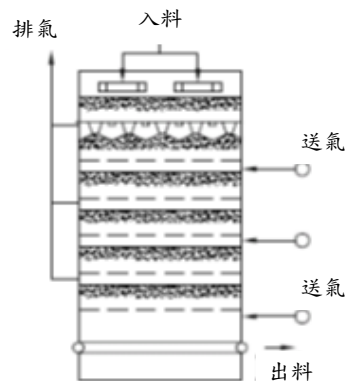
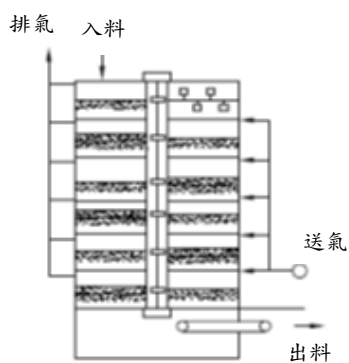


圖 10.59 直立式發酵槽

10.8 污泥乾燥

污泥藉消化處理及機械脫水以減少含水率，使成固體狀之泥餅後可搬運處分，然仍含多量水分及有機物，若予以烘乾，其容積將更為減少。

乾燥污泥除減少體積，適用搬運降低運費外，也可與垃圾共燒，回收污泥中之熱能，達到資源化。

下水污泥中含有多量熱量。污泥中揮發性物質發熱量約 5,000~6,000 Kcal/kg，消化污泥餅一般為 1,500~2,000 Kcal/kg，生污泥餅約 2,000~3,000 Kcal/kg。為使污泥乾燥時不發生臭氣，其排出的廢氣，應適當處理之。

污泥乾燥設備依其方式，有直接加熱型與間接加熱型。而乾燥機的类型有旋轉式、槳葉式、流體化床式、兩段式、真空乾燥式及蒸發冷凝式，各有其特性，應依乾燥目標、設置費、能源使用、操作狀況及安全性，加以檢討選用之。

10.8.1 污泥乾燥方式

脫水污泥乾燥方式，宜考量下列決定之：

依據脫水污泥之特性及含水率，乾燥污泥之利用目的及後續處理程序，檢討適當乾燥目標。一般以乾燥污泥含水率 20~40% 為目標。

解說：

1. 乾燥方式可分為直接加熱及間接加熱乾燥方式，依乾燥目的、程度、熱源種類及污泥量，綜合檢討選定之。乾燥機乾燥方式之比較如表 10.25。

表 10.25 乾燥機乾燥方式比較

項目 \ 方式		直接加熱型	間接加熱型
設備型式		附攪拌機熱風旋轉乾燥機 氣流乾燥機	攪拌型乾燥機
乾燥方式		熱風直接接觸傳熱	熱媒經傳熱面傳熱
廢氣	氣體量	大	小(約為熱風加熱式之 1/2~1/5)
	灰塵量	大(1~10 g/Nm ³)	小(0.1~2 g/Nm ³)
	溫度	低(露點 40~70℃)	高(露點 80~95℃)
	廢氣處理設備	大	小
乾燥後含水率		6~10(%)	20~40(%)

2. 污泥乾燥機之容量，依熱容量係數、綜合熱係數及蒸發速度決定之。污泥乾燥機之台數，依每台乾燥機之蒸發量、系列數及未來擴建計畫決定之。
3. 污泥乾燥機之材質，應具耐熱、耐腐蝕及耐磨損等特性。污泥乾燥機之型式包括旋轉乾燥機、氣流乾燥機及攪拌型乾燥機。
4. 污泥乾燥條件依熱媒體之乾燥機進口溫度、乾燥所需熱媒體量、乾燥用空氣量及溫度決定之。
5. 污泥乾燥機之附屬設備包括定量供給設備、鍋爐及熱產生爐、集塵器、熱交換器等，必要時應有專用之脫臭設備等。
6. 乾燥使用熱源優先以廠內自有熱源或鄰近可用熱源為主要來源考量。
7. 去除水分之技術。

應用最廣泛之去除水分技術係以乾燥為主，依其乾燥原理可分為「自然乾燥」與「熱乾燥(機械乾燥)」等兩種，相關技術說明如下：

(1) 自然乾燥

自然乾燥係利用自然力量(以我國氣候特性，主要為太陽能)減少污泥水分之方式，其適用於較小規模之污水處理廠，或氣候較乾燥、佔地較廣之區域，常見自然乾燥技術即曬乾床，其具備優點包括初設成本較低(於不需額外購地之前提)、操作技術複雜性較低、低能源需求、幾無藥劑消

耗、對污泥性質變動較不敏感、經曬乾污泥含水率較機械脫水為低等；至於缺點則包括佔地面積較大、污泥須經相當程度穩定處理、易受天候因素影響、清除工作較耗費人力、臭味逸散等。

(2) 加熱乾燥

常見污泥乾燥機型式包括直接接觸型之旋轉式、多層床式及流化床式等，熱源多為高溫熱風，以及間接接觸之中空或夾套槳葉式、盤式等(旋轉式及流化床式亦有間接接觸設計)，熱源多為蒸汽或熱煤油，至於其他型式尚包括傳導與接觸混合型、紅外輻射型、油溫減壓型(油炸法)、微波加熱型等，其設計流程如圖 10.60。針對部分主流乾燥機機種及特色，詳表 10.27 比較，說明如下：

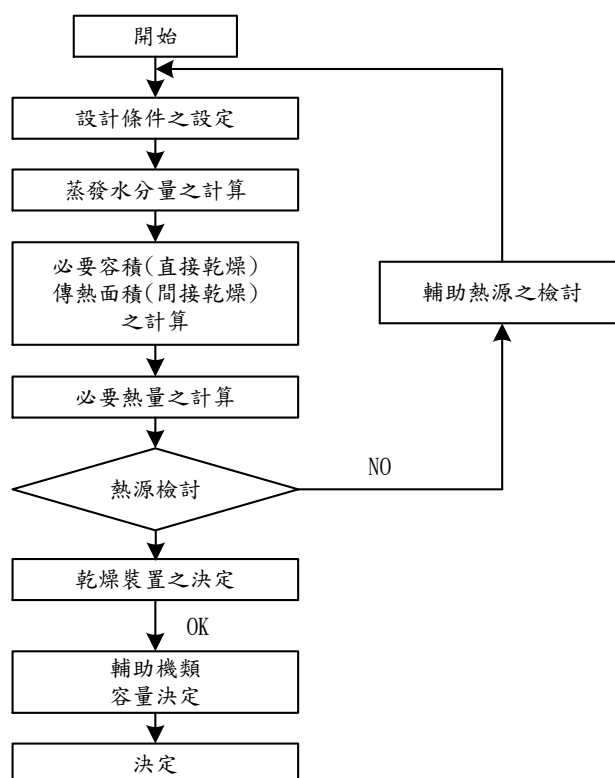
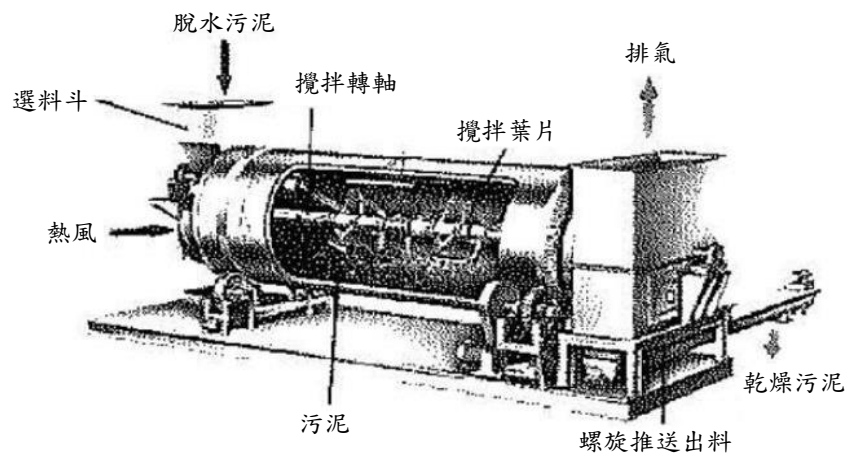


圖 10.60 脫水污泥乾燥機設計流程

① 旋轉式乾燥機(直接加熱型)

旋轉式乾燥機，示如圖 10.61。其主體為一直徑 0.3~3 m 且略帶傾斜之旋轉圓筒，長度約為直徑之 4~10 倍。污泥從一端進料，圓筒內部裝有螺旋狀之斜板以攪動污泥，污泥正向或反向與熱風接觸，再送往另一端之出口排出，其中斜板之設計優劣攸關翻攪效率，將影響其乾燥效能。旋轉式乾燥機乾燥方式流程例，如圖 10.62。



資料來源：孫世勤等，都市下水道污泥干燥減量及再利用整合規劃，
工業污染防治期刊第 104 期(2007 年)。



圖 10.61 旋轉式干燥機示意圖

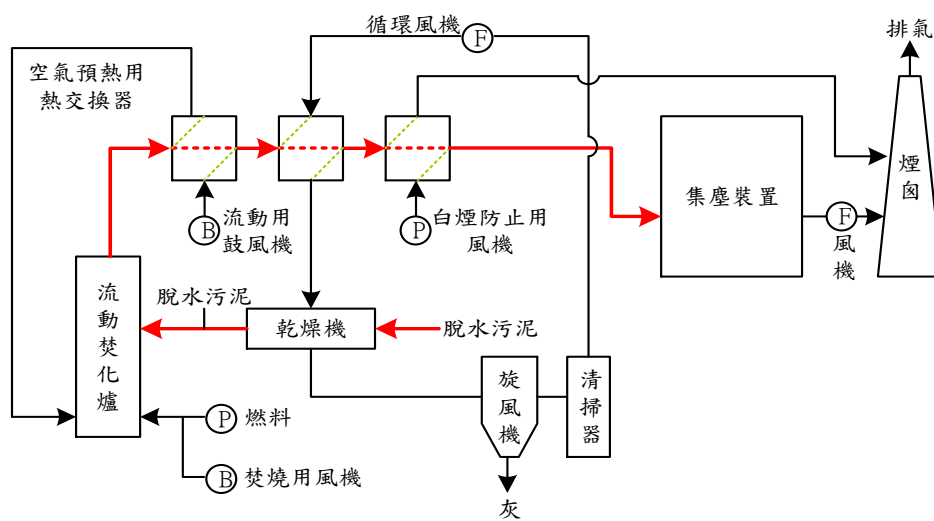


圖 10.62 旋轉式干燥機干燥方式流程(例)

由於旋轉式之處理量大，適用性廣，清理亦容易，為使用甚廣之乾燥機型式。一般其翻攪進度為 3~30 rpm，空氣流速為 1.5~2.5 m/s，熱風溫度約為 100~200°C。過去此類型乾燥機因熱風需求較大，導致尾氣處理成本亦偏高，惟目前多改採氣體循環再利用之設計，估計約 85% 熱風可返送回製程，除減少尾氣處理負擔，且可有效控制乾燥系統氧氣量，大幅提升系統安全性，有關旋轉式乾燥機之特點包括：

- 熱介質(熱風或蒸汽)與污泥接觸而受污染，後續排放廢水或蒸汽均需經無害化處理後方可排放。
- 熱接觸介質體積需求較大，能量消耗亦大。
- 廢氣量與臭味均難控制(惟採空氣循環系統可降低其影響程度)。

旋轉式乾燥機之相關應用相當普遍，處理規模範圍亦大，相關應用案例說明如表 10.26。

② 槳葉式乾燥機(間接加熱型)

槳葉式乾燥機如圖 10.63，其處理流程如圖 10.64。為在有外套之橫臥圓筒中裝置攪拌槳葉，進料之污泥沿加熱面旋轉移動，同時被槳葉所翻攪，以提升其熱傳效果而乾燥，最後再由槳葉將乾燥污泥排出。此種設備可處理多種型態之污泥，從黏稠狀到液狀者均可，熱傳係數約 85~350 W/m².K。有關槳葉式乾燥機之特點包括：

- 乾燥過程排氣氧氣濃度維持 2% 以下，大幅降低爆炸與著火之危險性。
- 排氣處理量少，所需相關成本低，處理系統操作亦較單純。
- 以熱煤油為熱介質者，熱回收系統較為複雜。

表 10.26 旋轉式乾燥機案例說明

項目	Changi(新加坡)	Bran Sands(英國)	Valenton(法國)
容量 (l/h 蒸發水量)	5×11,000	7×5,000	3×7,000
熱源	天然氣/沼氣	天然氣/煤油	—
污泥進料量(ton/h)	60	7×6.55	—
乾燥前含水率(%)	75	75	72 至 75
乾燥後含水率(%)	6±2	8	8
乾燥後(造粒)尺寸 (mm)	1 至 4 mm	1 至 4 mm	—
運轉年度	2007 年	2001 年	2005 年
備 註	為世界上最大 污泥乾燥廠	為歐洲最大 污泥乾燥廠	巴黎市第一座 污泥乾燥廠

資料來源：內政部營建署，全國都市污水處理廠污泥等廢棄物處置方式評估及工程規劃(2010 年)。



圖 10.63 漿葉式乾燥機示意圖

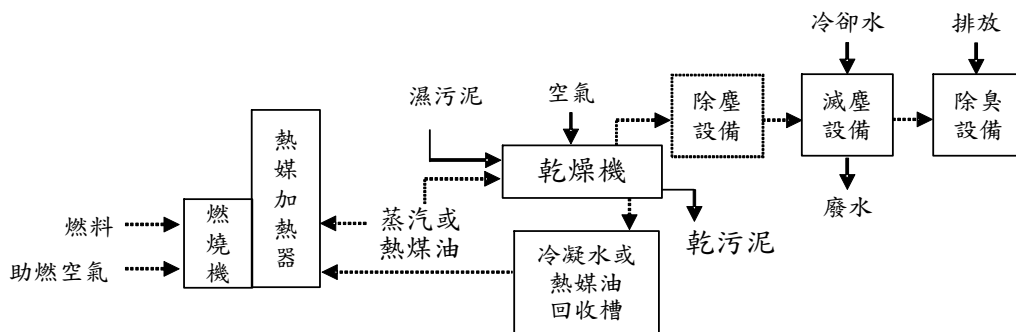


圖 10.64 漿葉式乾燥機處理流程例

③ 流化床式乾燥機(直接加熱型)

流化床式乾燥機如圖 10.65，係利用流動床內不斷上升熱氣流，使固體顆粒處於懸浮狀態呈現流體化，增加有效熱傳面積，而達到去除水分功能，熱效率約為 60%~80%，體積熱傳系數高達 2,000~6,000 kcal/s.L.m³。通常要求只有粒狀顆粒物方可進入乾燥機內，且其尺寸亦須控制不可過大。有關流化床式乾燥機之特點包括：

- 因結合熱交換器之接觸乾燥及循環氣體之對流乾燥，故乾燥效果良好。
- 處理量大，且乾燥機本身無機械機構，維修工作較單純。
- 乾燥後顆粒粒徑無法控制。
- 乾燥後氣體流量大，廢氣冷卻與除塵等系統規模需求大。

④ 兩段式乾燥機

兩段式乾燥係由兩組乾燥設備所組成(如圖 10.63)，第一段為「薄層乾燥機」，以中心筒為主結構，利用中心筒與隔熱層間之蒸汽或熱油使熱油對內壁傳熱，至於污泥經高速運轉形成薄層，經中心軸所安裝的翼片保持污泥均勻性及推動污泥至出口端，此時含水率可控制 50~60%間，在於過程間並無粉塵產生。

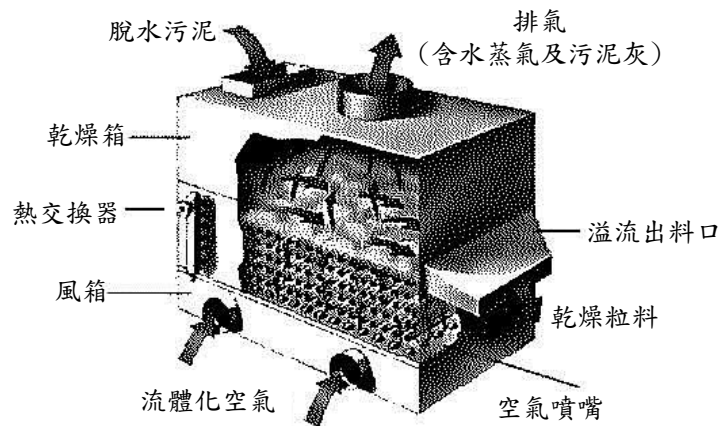


圖 10.65 流化床式乾燥機示意圖

經第一段乾燥後污泥，尚有可塑性，可藉擠壓裝置與切碎機(chopper)製成直徑 5 mm 左右之條狀物(長度視再利用去處而定)，再送至第二段「輸送帶式乾燥機」；於乾燥機輸送帶之條狀物，因輸送帶上開有小孔，故可藉熱風循環提高乾燥效果，通常於輸送帶末端溫度已降低 40~50°C，污泥含水率則視需要調整輸送帶速度使其控制於 10~40% 間。

兩段式乾燥機特點有：

- 成型效果佳，且尺寸較易控制(由切碎機控制)。
- 採「先成型，再乾燥」設計，避免粉塵產生，減少爆炸等意外發生機率。
- 可視再利用市場需求，調整乾燥污泥之形狀及含水率(控制切碎機及輸送帶速度)，操作彈性佳。
- 因設備較多，系統配置所需空間亦較大。

由於市面上乾燥機型式種類繁多，故針對乾燥設施之比較，將以國外某設備廠商就其製造乾燥機之評估說明為範例，即針對應用較廣之輸送帶式、旋轉式及流化床式及槳葉式等四種乾燥機型式進行比較，如表 10.27，其比較項目係以能源使用、操作需求、產物品質及製程安全等為主。

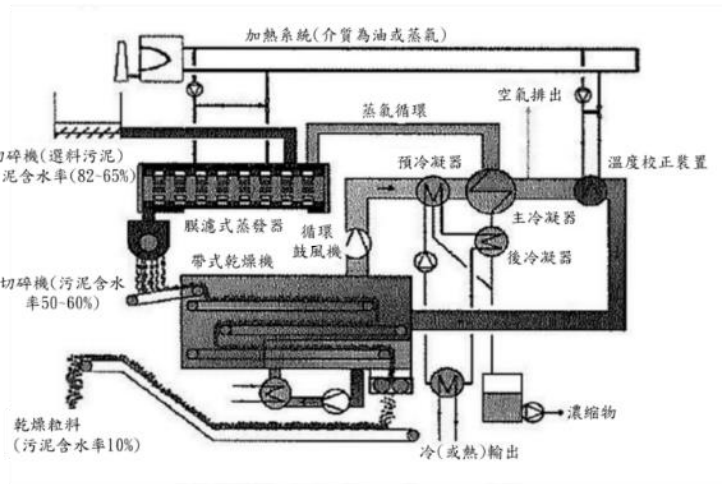


圖 10.66 兩段式乾燥機示意圖

⑤ 真空乾燥機

真空乾燥機如圖 10.67，其方式為在密閉乾燥機內裝入濕污泥原料，在真空條件下使用內部攪拌軸，同時進行攪拌、乾燥、破碎、粉碎。加熱方式由導入乾燥機本體外套以及攪拌軸片的蒸汽或熱媒等，經由壁面傳導，採間接加熱方式進行。

污泥真空乾燥機特色如下：

- 不受原料含水率的限制，污泥、生垃圾各種殘渣物的乾燥都可適用，乾燥處理後成品為粉狀或粒狀，易於後續處理操作。
- 處理成品含水率可以自由設定，因此最適用於肥料、飼料等的生產。
- 無惡臭、污水的問題，因全系統皆為密閉構造，且採用循環處理熱交換機，利用生物處理方式，同時完成脫臭、淨化處理。
- 採真空方式，可以低溫乾燥，故操作成本較低。
- 乾燥機系統簡潔節省空間。
- 乾燥機自動運轉方式操作簡單，採批次式運轉或連續式運轉可自由選擇，因此可配合原料做最適當的運轉。

表 10.27 各種乾燥機型式比較

項 目		輸送帶式	旋轉式	流化床式	槳葉式
能源使用	廢熱	可使用	可使用 (須 $>100\sim150^{\circ}\text{C}$)	可使用 (需設鍋爐)	可使用 (需設鍋爐)
	熱水	可使用 (須於 $100\sim150^{\circ}\text{C}$)	可使用 (輔助熱源)	不可使用 (溫度過低)	不可使用 (溫度過低)
	沼氣	可使用	可使用	可使用 (連接鍋爐)	可使用 (連接鍋爐)
	蒸汽 ($<6\text{ BAR}$)	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用 (輔助熱源)	可使用 (輔助熱源)
	蒸汽 ($>6\text{ BAR}$)	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用	可使用 (輔助熱源)
	化石燃料	可使用	可使用	可使用 (連接鍋爐)	可使用 (連接鍋爐)
	熱煤油	可使用	可使用 (輔助熱源)	可使用	可使用 (連接鍋爐)
操作需求	規格範圍	$0.5\sim3.0(\text{t/h})$ (蒸發水量)	$1.0\sim15.0(\text{t/h})$ (蒸發水量)	$1.0\sim20.0(\text{t/h})$ (蒸發水量)	$1\sim2.8(\text{t/h})$ (蒸發水量)
	完全乾燥	可 (DS 約 $90\sim94\%$)	可 (DS 約 $92\sim96\%$)	可 (DS 約 $94\sim98\%$)	可 (DS 約 $92\sim98\%$)
	部分乾燥	可	不可 (但可採乾料返混)	不可 (但可採乾料返混)	可
	直接加熱	可	可	可	不可
	間接加熱	可	可	可	可
	自動化操作	可	可	可	可
	操作彈性	可	可	可	可
產物品質	空間需求	單層空間即可	需多層空間	近旋轉式 (樓層可減少)	單層空間即可
	成型效果	形狀與尺寸較不均勻	(球狀)成型物抗壓性佳，尺寸差異性不大	如採乾粉返混可獲較佳成型效果	形狀與尺寸較不均勻
製程安全	成品粉塵量	粉塵量較旋轉式稍高	低粉塵量	粉塵量較旋轉式為高 (可藉乾料返混改善)	含水率 $6\sim8\%$ 以下，粉塵量較高， $6\sim8\%$ 以上則較無粉塵量
	防爆、防火、人員防護	因操作溫度較低，乾燥區較無需通入惰性物質，亦無需結構防爆	● 導入燃燒尾氣或蒸汽以確保乾燥製程區欲得維持安全 ● 周遭設備應結構防爆	● 導入燃燒尾氣或蒸汽以確保乾燥製程區欲得維持安全 ● 周遭設備應結構防爆	● 因操作溫度較低，乾燥區較無需通入惰性物質。 ● 周遭設備有防爆需求

以迪化污水處理廠乾燥機為例(如圖 10.68)，廠內設置 2 台污泥乾燥設備，每台每日可處理 70 噸脫水污泥，以熱煤油(溫度維持 124~226℃)間接加熱污泥，其燃料優先使用廠內污泥厭氧消化槽所產生之消化瓦斯，不足者再補充天然氣作為燃料。脫水污泥於乾燥設備內部停留約 4~6 小時後，其污泥含水率可由 80%降至約 10%，乾燥後污泥藉由污泥輸送機運送直接掉入太空包裝袋內後封口打包，再清運至最終處置場所。

⑥ 蒸發冷凝式乾燥機

蒸發冷凝式乾燥機如圖 10.69 其原理為污泥水分於乾燥箱中被帶出，濕氣中的水分在冷凝器中凝結後，變為乾燥氣流，重新加熱並在系統內循環，用以加熱污泥，與食品冷凍乾燥原理相似。

污泥蒸發式乾燥機特色如下：

- a. 密閉循環，幾無異味外逸。
- b. 能耗低，電力消耗 0.4 kWh/kg H₂O。
- c. 多於 70~80℃下運轉，產出污泥含水率約 40~50%，亦有達 30%者(花蓮)。

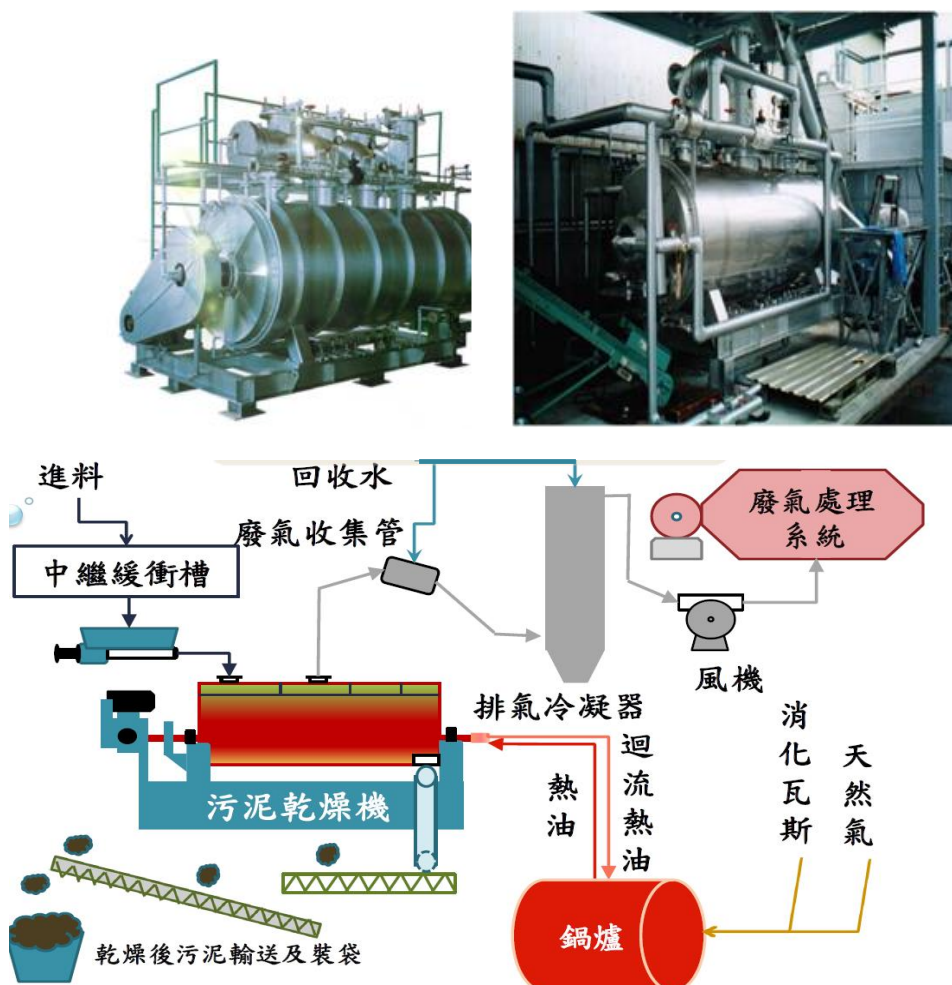


圖 10.67 真空式乾燥機流程及照片



圖 10.68 污泥乾燥機例(迪化污水廠)

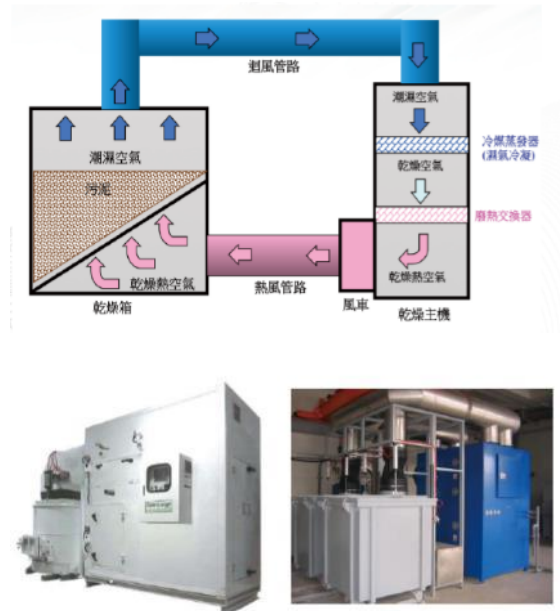


圖 10.69 蒸發冷凝式乾燥機

10.9 污泥熱處理

脫水泥餅之含水率仍約 80%，若為減量或材料資源化利用，則可進一步做熱處理，包括焚化、熔融處理、熱能、碳化、水解及燃料化。

例如含水率 75% 的污泥予以焚化，若去除殘留之水分及相當固體中 50% 揮發性物質(有機物)，則焚化後殘留約為脫水污泥量的 12.5%。

污泥中含有多量水分，為使燃燒時排出之氣體不具臭味，燃燒溫度應達 700～1,000°C。污泥中揮發性物質發熱量約 5,000～6,000 Kcal/kg，消化污泥泥餅一般為 1,500～2,000 Kcal/kg，生污泥餅約 2,000～3,000 Kcal/kg。為使污泥燃燒時不發生臭氣，應使其達完全燃燒，排出的廢氣，應適當處理。

表 10.28 國內乾燥機設置情形與能耗比較表

污水廠	設備型式	能耗	能耗單位
八里污水處理廠	間接加熱	<770	千卡 / kg H ₂ O
林口水資源回收中心	蒸發冷凝	0.45	度電 / kg H ₂ O
龜山水資源回收中心	間接加熱	<770	千卡 / kg H ₂ O
客雅水資源回收中心	蒸發冷凝	0.45	度電 / kg H ₂ O
福田水資源回收中心	間接加熱	<770	千卡 / kg H ₂ O
斗六市水資源回收中心	蒸發冷凝	0.5	度電 / kg H ₂ O
朴子市水資源回收中心	蒸發冷凝	0.49	度電 / kg H ₂ O
六塊厝污水處理廠	間接加熱	<800	千卡 / kg H ₂ O
花蓮水資源回收中心	蒸發冷凝	0.5	度電 / kg H ₂ O
榮湖水資源回收中心	間接加熱	<850	千卡 / kg H ₂ O
安平水資源回收中心	蒸發冷凝	0.41	度電 / kg H ₂ O

10.9.1 污泥焚化

污泥焚化爐之設置，宜考量下列決定之：

1. 依污泥處理目標年之污泥性質、年間變動、操作日數等決定處理規模。
2. 基於必須定期停爐檢修，原則上爐數宜為複數，並考量負荷變動，應有適當餘裕量。

解說：

1. 常見污泥焚化設備包括流動床、多段床及旋轉窯等種類，又以流動床焚化爐 (Fluidized bed combustor) 應用最廣。流動式焚化爐之設計，視爐體本體重量、附屬設備重量、流動媒體重量、供給污泥重量、旋轉力矩、地震及風壓等，取大者設計，如圖 10.70。流體焚化床之爐床面積及爐高度，依污泥的性質、空塔速度及爐內停留時間、水分負荷率決定之。爐體之構造及高度，以能形成流動層的均勻，可在爐內達到完全燃燒，且流體媒體不會濺出爐外，其高度在靜止時約 1m，流動時約 1.5 倍，流體媒體為矽砂，粒徑為 0.1~1.0 mm。爐體應具耐火磚之材質，能充分耐火、耐腐蝕及耐磨損。
2. 應有餘裕高度，並設置爐壁維修檢查口設施等。依需要設置流動媒體之供給及排出之設施。若將沉砂、浮渣及篩渣一併混燒時，應於流動層下部設置粗大物排出口，並設置異常時之緊急排放閥。為防止產生戴奧辛及 N₂O，燃燒溫度為 850°C 以上為宜，沉砂一併混燒時，應酌升溫度。為維持流動床的接觸效率，空氣比以 1.3 為宜。為防止燃燒氣體自檢查口外溢，爐體餘裕應經常維持負壓 (-50~-500 Pa)。焚化爐輔助燃料，原則上以消化瓦斯為之，但消化瓦斯不足時，則以天然瓦斯或燃油為燃料，或垃圾與污泥混燒。應設置防二次公害氣體排出設施。焚化爐之廢熱，應回收做為燃燒空氣之預熱用。廢氣處理設施，應

有防止產生白煙之熱交換器的回收設施。為節省輔助燃料，鍋爐所產生的廢熱、廢氣，應以熱交換器回收，供做脫水污泥餅乾干燥用。洗煙廢水的熱能，也應檢討回收利用。

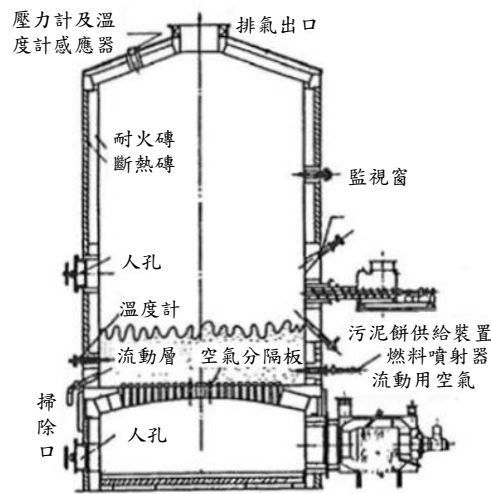


圖 10.70 流體化床式焚化爐示意圖

10.9.2 污泥熱解

污泥熱解係利用高溫將污泥在無氧或缺氧條件下，使有機物之化學鍵結斷裂重組，熱解時可將污泥中有機成分轉化成燃油或燃氣回收再利用，處理流程如圖 10.71。

污泥熱解設計考量如下：

1. 依污泥熱解後之用途需求，年間變動及操作日數，決定處理規模。
2. 污泥熱解溫度，以 600~1,000°C。

解說：

1. 熱解係將污泥加熱至固定溫度(高溫為 600~1,000°C，低溫指小於 600°C)、無氧或缺氧之操作條件下，藉由乾餾及熱解作用將污泥之有機物轉化為小分子碳氫化合物之反應行為，其受熱分解過程包括碳化、液化及氣化等反應，使污泥分解為油、不凝性氣體及碳化物等。
2. 污泥於熱解的過程中，由於熱力學上限制，往往導致部分燃燒或燃燒不完全，而產生微量的有機污染物，如 VOCs、PAHs 等。
3. 分別在不同溫度(550°C、350°C、250°C)下以污泥熱解，發現其碳渣可資源再利用，當作吸附劑、鋪路骨材等。
4. 有關污泥熱解技術特點包括：
 - (1) 設備較簡單(與其他能源化再利用技術相比)，無需耐高溫、高壓設備。
 - (2) 能量回收率高，污泥中含碳約 2/3 得以熱解燃油型式回收。
 - (3) 由於反應溫度較低，廢氣之污染物(如氮氧化物等)濃度亦較低。
 - (4) 下水污泥如已於污水廠內經厭氧消化，因有機成份降低，熱解燃油產量將受影響。

(5) 技術成熟度與商業化規模尚待觀察。

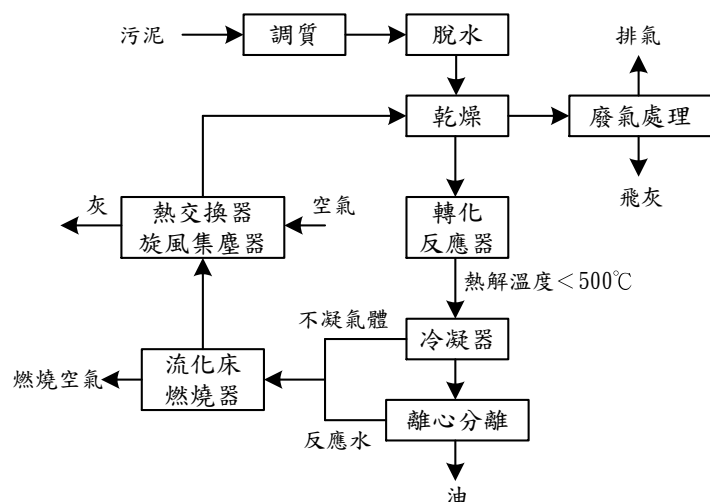


圖 10.71 下水污泥熱解處理流程圖

10.9.3 污泥碳化

下水污泥在缺氧或無氧下加熱，其水分及吸著氣體就即行蒸發，繼而熱分解並排出乾餾氣體，在約 800°C 之碳化爐燃燒下成為碳化污泥，此一過程稱為碳化。

碳化產品因含有磷，容易被植物吸收，可供做綠農地肥料及土壤改良用，也可做為煤炭的替代燃料。

污泥碳化設計考量如下：

1. 依污泥碳化後之用途需求，年間變動及操作日數，決定處理規模。
2. 污泥碳化方式，可以脫水污泥直接碳化，以及脫水污泥經乾燥至一定含水率後再進行碳化。
3. 脫水污泥碳化系統，包括脫水污泥投入供給設備、乾燥設備、碳化設備、排氣及廢氣處理設備等組成。依其產品做為綠農地肥料用、固體燃料或供做脫水污泥助燃劑之不同目的，決定碳化系統。

解說：

1. 碳化產品有自燃性，為一可燃物，因之在處理系統之規劃、設計及管理上，應考量其發熱機制，有適當及安全防護措施，並符合消防相關規定。依東京都經驗，碳化產品熱值估計約 2,000 kcal/kg(約一般煤炭之三分之一)，可作為鄰近火力發電廠之替代燃料(混燒比約 1%)。
2. 脫水污泥直接碳化，其系統比經乾燥污泥進行碳化為複雜，其設計以能減少能源利用或回收熱能供乾燥利用。
3. 依日本實廠經驗，碳化技術可依操作溫度分為低溫碳化(250~350°C)、中溫碳化(400~500°C)及高溫碳化(600~800°C)，實廠污泥碳化技術比較如表 10.29。

有關污泥碳化技術特點包括：

- (1) 能源轉換率高，廢氣產生量通常較焚化少。
- (2) 應用技術多集中於高溫碳化領域，有關低溫碳化之技術成熟度與商業化規

模尚待觀察。

- (3) 下水污泥如已於污水廠內經厭氧消化，因有機成份降低，碳化產生之碳化物燃料量將受影響。

目前東京都污泥碳化處理流程以及日本下水污泥碳化實廠處理流程，如圖 10.72。

宜蘭污水處理廠也設置有每日處理污泥量 10 噸之污泥碳化處理驗證廠，其流程示如圖 10.73。

本系統主要將脫水污泥進行乾燥，利用污泥碳化過程所產生的可燃性乾餾氣體燃燒後產生約 750-850°C 高溫煙氣為熱源，並將水分乾燥至 30% (含水率) 後透過輸送機送至乾燥後污泥貯槽。

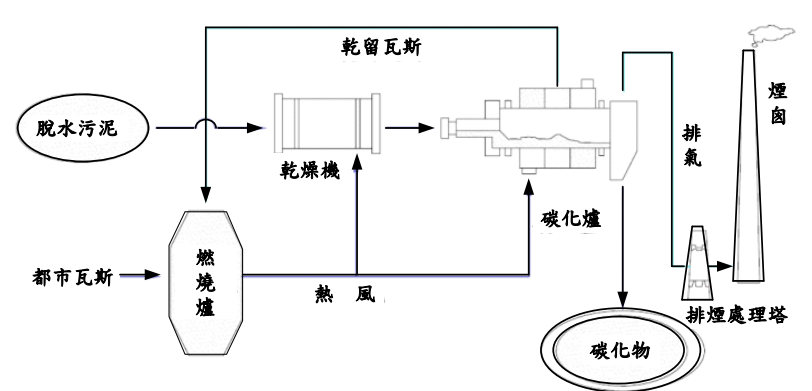
本系統為外熱多段式碳化加熱爐，爐內由多段螺旋輸送管上下貫通，螺旋傳送器外面有一層設有小孔的外殼。並由分段式的螺旋輸送管依次被移送到上段、中段、下段。碳化系統爐內溫度可依現況作調整，加熱方式為從螺旋輸送管的殼體加熱，而通過碳化加熱爐螺旋輸送管內的乾燥污泥在低氧狀態下受熱分解，碳化時間為 20~60 分鐘，污泥在碳化加熱爐中加熱後，在表面和內部形成了眾多的孔洞，進一步的升溫後，有機成分持續減少，最終形成富含固定碳的碳化產品。

表 10.29 污泥碳化技術比較

項目		低溫碳化	中溫碳化	高溫碳化
碳化溫度		250~350°C	400~500°C	600~800°C
發熱量 (kcal/kg-DC)	未消化	4,500~5,300	2,650~4,750	2,400~3,600
	消化	3,100~3,800	2,400~2,850	1,700~2,200
臭氣		微臭	無臭	無臭
自然發火性		低	有必要調濕	低

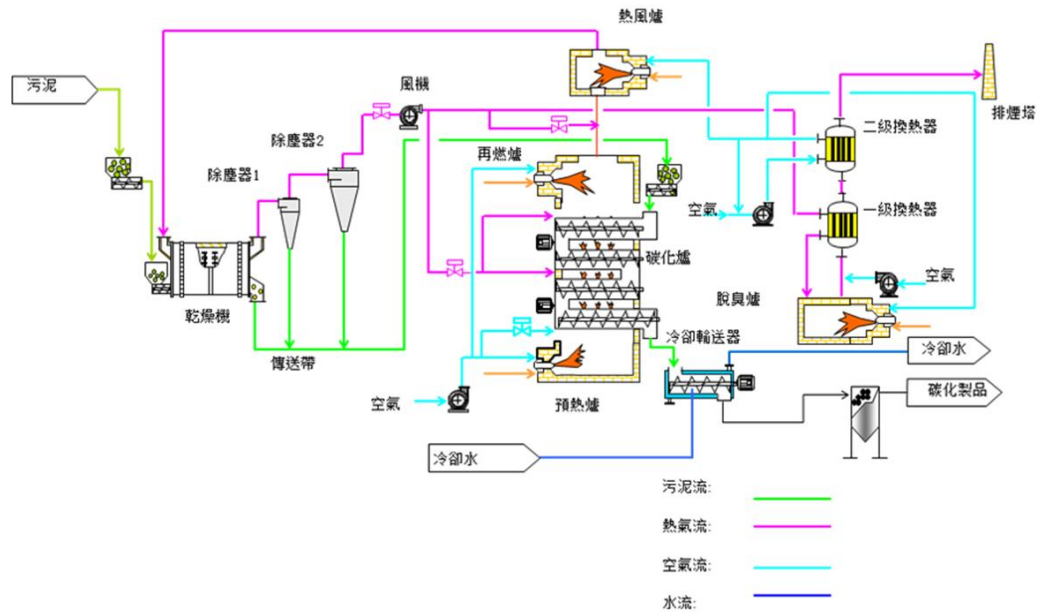
資料來源：月島機械株式會社

備註：有文獻指出，污泥低溫碳化易產生氧化亞氮。



資料來源：東京都下水道局

圖 10.72 東京都污泥碳化處理流程圖



資料來源：晶淨科技股份有限公司

圖 10.73 宜蘭脫水污泥碳化處理驗證廠流程圖

10.9.4 污泥熔融

熔融係將污泥加熱至熔融點以上(約於 1,100~1,400°C條件下)，使其熔化成液狀，再經氣冷或水淬方式冷卻後，形成玻璃狀熔渣，處理流程如圖 10.74。

污泥熔融處理規模及爐數，宜考量下列決定之：

1. 處理污泥量及其未來之可能變化。
2. 污泥之性狀及其一年間之變化狀況及操作率，以決定處理規模。
3. 配合定期檢修及停止使用時之需要，原則上以複數爐數。
4. 為因應污泥量之變動，應有餘裕量。
5. 應有配合未來設備更新之因應措施。

解說：

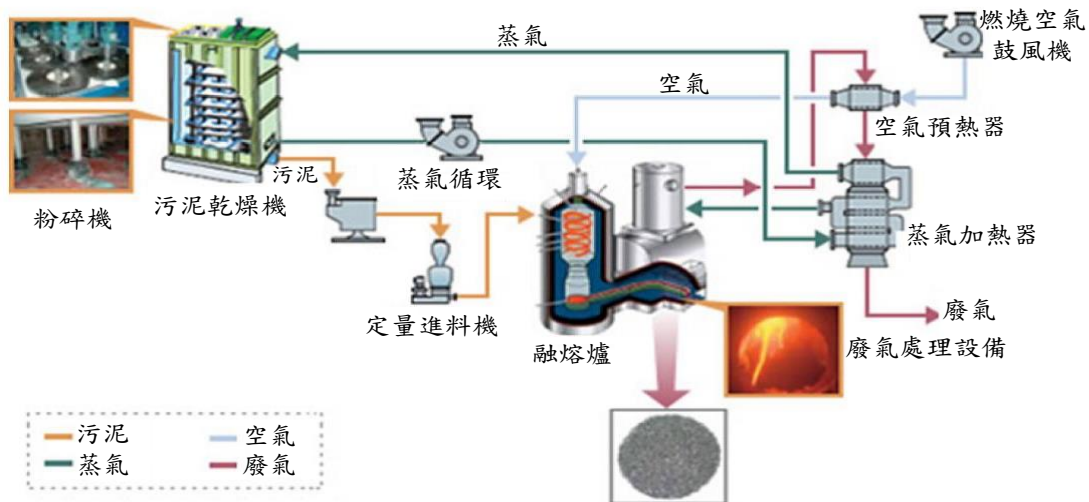
處理規模依單獨或複數污水處理廠集中處理量，規模及爐數依下列因素決定之：

1. 處理污泥量及其未來之可能變化。
2. 應掌握污泥之性質及其一年間之變化狀況及操作率，以決定處理規模。
3. 配合定期檢修及停止使用時之需要，原則上以複數爐數。
4. 為因應污泥量之變動，應有餘裕量。
5. 應有配合未來設備更新之因應措施。污泥熔融設施，包括下列設備：

(1) 前處理設備

- ① 應有污泥餅或灰渣定量供給設備。

- ②脫水污泥乾燥設備。
- ③灰渣投入設備。
- ④調理劑投入設備。
- (2) 熔融爐之構造及材質，同焚化爐之構造及材質。
- (3) 熔融產生設備
 - ①應有可能爐體連續流出融液、冷卻、固化所需設備。
 - ②應設有融渣貯存斗或堆置場及搬運設備。
 - ③融液流出口容易維護之空間。
- (4) 廢熱回收設備
 - ①利用廢熱供熱交換，以預熱空氣做為燃燒用空氣。
 - ②爐內水管、鍋爐廢熱及鍋爐之廢氣，可回收熱能，供做為污泥乾燥及蒸氣鍋爐之熱源。
- (5) 廢氣處理設備之設計，依相關法令規定而定。



資料來源：月島機械株式會社
圖 10.74 下水污泥熔融處理流程

10.10 污泥资源化利用及最終處置

下水道是改善都市生活環境及保護水域水質，都市生活之中重要的公共設施。但近來由於全球溫暖化氣候變遷及資源、能源的不足，下水道之功能漸趨多樣化。

下水道為水、熱等各種利用可能的資源、能源，從廢棄物問題解決及資源的有效利用的觀點，污泥的有效利用甚為重要。

有效利用技術包括物質回收、物質轉換及能源轉換三大類。物質轉換包括堆肥、焚化灰渣建設材料化之污泥循環利用處置轉換技術。能源轉換包括消化瓦斯發電或污泥乾燥化。另污泥中有用物質的回收則尚在發展階段。

污水處理過程中有用物質可回收構想流程如圖 10.75。下水污泥资源化之途徑如圖 10.76。下水污泥依污泥型式不同之資源利用樹，如圖 10.77。

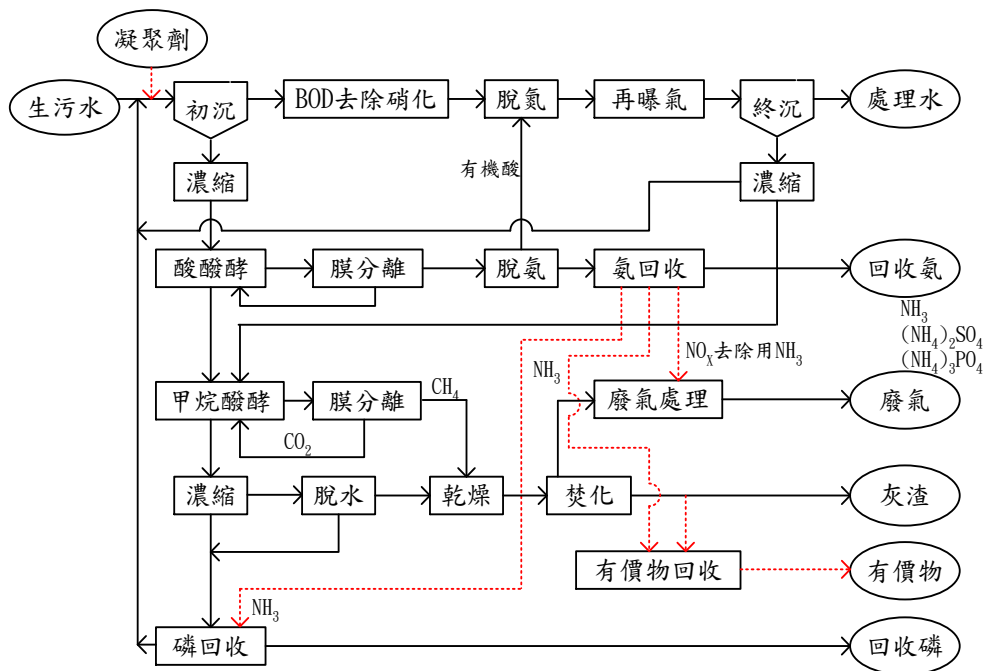


圖 10.75 污水處理過程中回收有用物質構想(例)

10.10.1 污泥资源化利用及最終處置

污泥资源化回收利用，應就規模、用途及經濟性比較後，選擇應用：

1. 綠農地利用。
2. 建設材料利用及最終處置。
3. 消化氣體能源利用。
4. 磷回收利用。

解說：

1. 綠農地利用

- (1) 在現階段下水道堆肥污泥利用尚未鬆綁之前，宜朝綠地、花卉、行道樹等土壤改良利用，目前雨水下水道側溝清理之污泥，係作為綠地、花卉、行

道樹等土壤改良利用。

- (2) 將來法令有所改變調整後，可朝供水稻、蔬菜及果樹有機肥料利用，其利用量如表 10.30。

表 10.30 農作物有機肥需求量

作物		施肥量(t/ha•year)
水稻(水田)		2~4
蔬菜	露天式	3~6
	遮蔽式	2~4
果樹		3~6

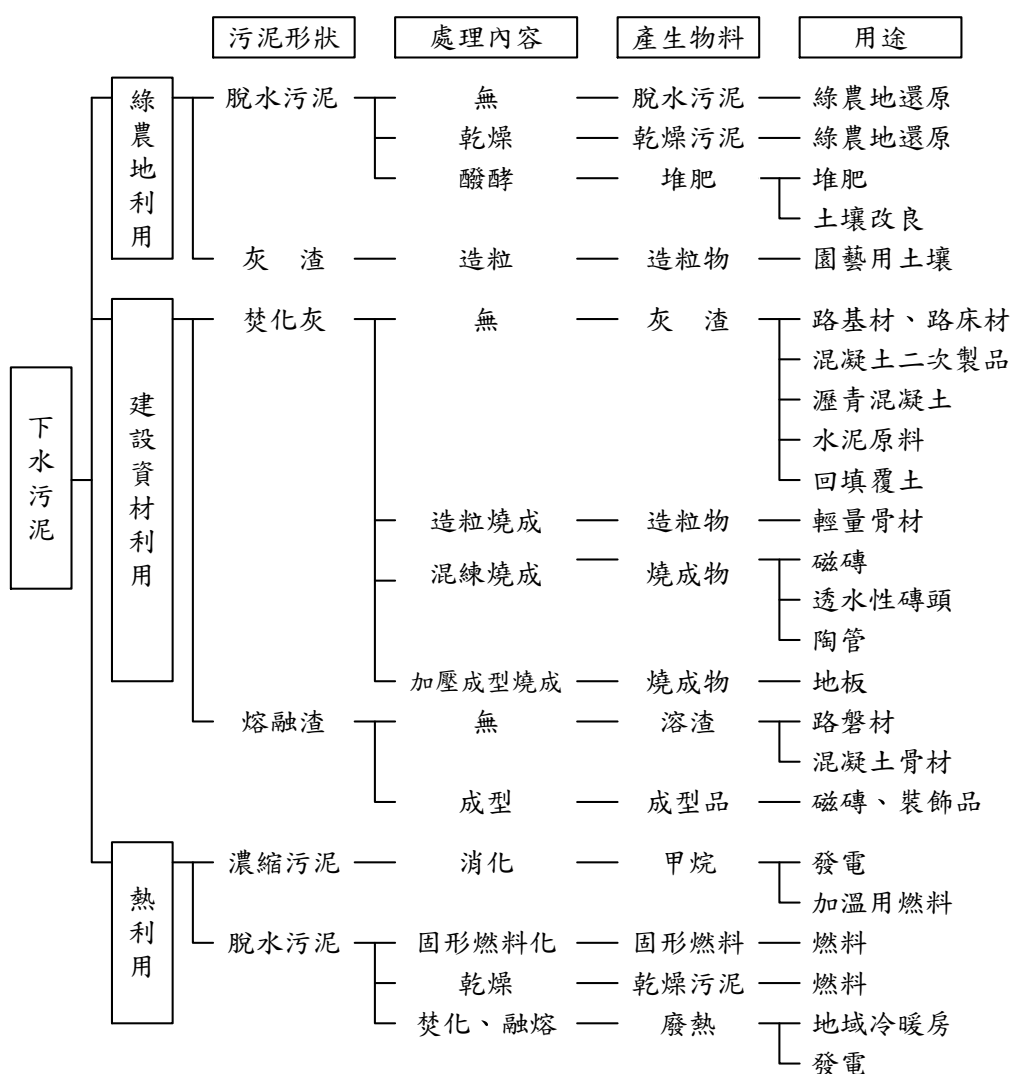


圖 10.76 下水污泥資源化之途徑

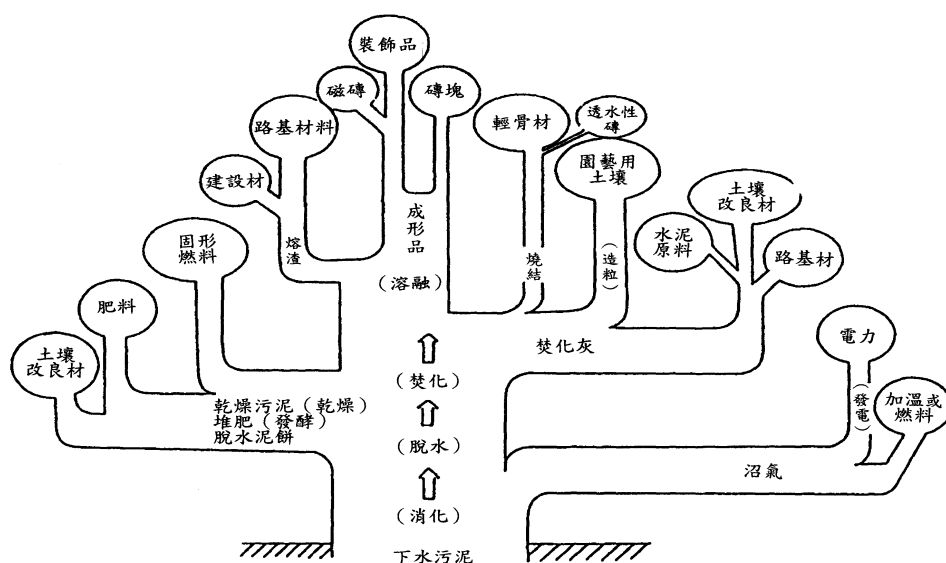


圖 10.77 下水污泥資源樹

2. 建設材料利用及最終處置

下水污泥建設材料利用，分為污泥經適當處理後，直接利用或經加工程序後利用等兩種型態。

一種是污泥經烘乾、焚化後之焚化灰渣，未再加工而直接利用為建設材料，一般多做為柏油混合料、土壤改良材料、混凝土二次製品原料、水泥原料、垃圾掩埋場覆土、路基材料等利用。尤其建設路基及下水道管線埋設回填料需求大，且污泥經焚化後灰渣之化學成分，皆可符合土壤標準利用，各種檢驗項目之現值，當可有效使用。

依據營建署下水污泥處理減量及再利用審查管理計畫，污泥特性調查結果如表 10.31。各檢驗項目在生活污水處理廠皆符合土壤污染管制標準限值，應為現階段最適的利用及最終處置。至於台中港特定區及六堵因係工業廢水處理為主，而有銅、鎳、鋅等超標現象，故可朝管制生活污水廠以不納入工業廢水，以免造成污泥最終處理之問題。

另一種利用型態，則以焚化灰渣做為原料的一部分或全部，予以加工處理做成建築材料。加工方法主要為加工成形、燒結等，而做成磁磚、磚塊、紅瓦、陶管、輕量骨材及裝飾品等利用之。

3. 能源利用

(1) 消化瓦斯利用

消化瓦斯主要成分為甲烷(約 60%)、二氧化碳(約 35%)，其他為硫化氫、水分等。消化瓦斯發熱量約 $5,500 \text{ kcal/Nm}^3$ ，與低位發熱量的都市瓦斯具同等燃料價值。將消化瓦斯中具腐蝕性的硫化氫予以去除就可供燃料用，做為發電機、鼓風機、抽水機等原動機之燃料，污泥加溫用鍋爐、污泥烘乾熱源及污泥焚化爐之補助燃料，甚至可出售予瓦斯公司等。消化瓦斯及蒸氣供給系統如圖 10.78。

表 10.31 台灣地區污水廠污泥特性與土壤污染管制標準比較(mg/kg)

廠家/檢驗項目 (105-106 年度)	砷	鎘	鉻	銅	汞	鎳	鉛	鋅
土壤污染管制標準	60	20	250	400	20	200	2,000	2,000
淡水	3.6	1.7	54.8	244.5	2.7	33.5	27.8	1,175
林口	3.8	2.0	126.5	201.0	3.2	68.2	31.9	1,123
客雅	4.4	1.5	45.9	156.0	2.5	28.2	27.3	688
竹南頭份	6.7	2.5	65.8	179.3	4.0	47.1	41.8	982
斗六	14.7	2.8	92.4	348.0	3.2	56.3	71.9	1,982
楠梓	5.1	2.3	115.8	250.8	4.7	74.5	58.8	1,950
羅東	15.8	2.4	50.7	217.8	8.5	37.5	44.1	812
花蓮	4.6	1.7	52.0	170.3	4.2	82.0	28.4	911

(2) 消化瓦斯發電利用與垃圾焚化廠能源連結利用

歐美各國自早期即進行以消化瓦斯發電，下水污泥(乾固體物)每 kg 約可產生 0.35 Nm³ 之消化瓦斯，該瓦斯之燃燒熱能之 30~37% 轉變為電力下，約可獲得 0.7 kW 之電力。消化瓦斯與垃圾焚化廠能源利用例，統如圖 10.79。

未來污水處理廠為節省能源，應朝向減少契約用電，將自產的消化瓦斯發電約可達自給率 15~30%，而國外有達 64~73%，甚至 100%。消化瓦斯也可與垃圾焚化廠能源共同連結利用。

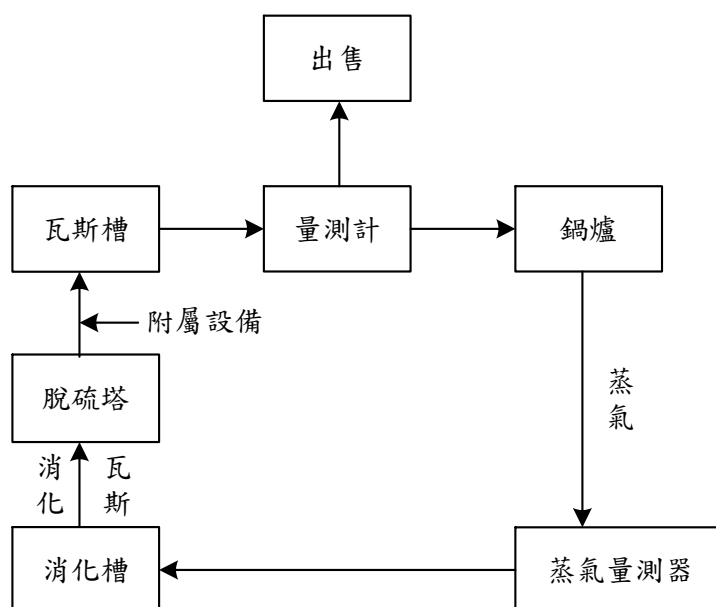


圖 10.78 消化瓦斯、蒸氣供給系統例

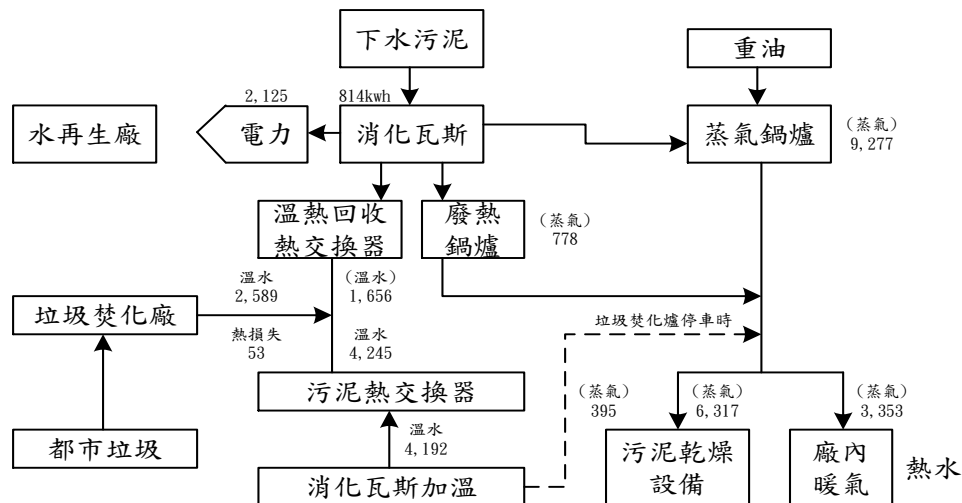


圖 10.79 消化瓦斯與垃圾焚化廠能源利用例(單位：kWh)

(3) 消化瓦斯燃料電池

燃料電池比起消化瓦斯發電，其具發電效率較高，且其廢氣 NO_x 量低，而具清潔、低振動噪音之特性，未來利用潛勢大。

一般燃料電池所使用之燃料氣體，要求高純度，而消化瓦斯對於電池燃料中含有高濃度的 CO_2 約 35%，因不具活性會影響電池出力，又硫化氫因腐蝕性強，會腐蝕電池內部的觸媒，因之將消化瓦斯做為燃料電池時，必須先去除此兩種物質，其他物質在可能範圍內，應予去除，以獲得高純度的甲烷。

燃料電池是將消化瓦斯進行前處理，將 60%濃度的甲烷純化為 90%的高濃度氣體，再將該氣體以水蒸氣高溫化，藉觸媒作用將氫氣變換，而該氫氣瓦斯與空氣中的氧做為燃料電池之電解質進行化學反應(水的電化分解及逆反應)，而發生直流電。其反應為發熱反應，高溫之排氣可由熱交換器回收有效利用。發電效率比消化瓦斯發電的 30%高約 40%， NO_x (氮氧化物)濃度在 10 mg/L 以下(瓦斯引擎約 200 mg/L)， SO_x (硫氧化物)在 0.01 mg/L 以下，噪音約 65 dB(瓦斯引擎 100 dB)，燃料電池所發生水蒸氣可供污泥處理利用。

(4) 下水污泥燃料化

下水污泥固體物約含有機成分 65~80%，此一污泥固體物平均具有熱值 4,200 kcal/kg(高分子凝聚劑脫水泥餅)，而脫水後污泥餅固體物約 20%，水分 80%，經乾燥處理至含水率約 30%以下，與垃圾共燒回收能源，即為污泥燃料化。一般做為燃料化之污泥，仍以先經厭氧消化，並回收瓦斯做為污泥餅烘乾之熱源，較未消化直接脫水污泥餅之烘乾，其能源效益較高。

另污泥燃料化，可先將其含水率 80%的脫水污泥餅，以消化瓦斯為熱源，降低含水率至 4%左右，含油份 10~20%，與低位發量 4,000~5,000

kcal/kg 的煤炭相近的污泥燃料。

污泥燃料可供作水泥製造用燃料，其燃料灰渣成為水泥的一部分，對於下水污泥的有效利用甚具效能。污泥燃料也可作為各種鍋爐之固體燃料，其所產生的蒸氣熱能，可供發電、溫水游泳池等熱源。

4. 磷回收利用

台灣並無磷礦產出，為一輸入國，每年約需輸入 55,952 噸，供肥料、飼料及化工業利用。

依統計至民國 120 年公共污水下水道普及率 52% 時，流入污水中每年約含有 8,000 噸的磷，此等污水中的磷若能藉污水處理程序，從厭氧消化澄清液，可予以回收，提供肥料利用。國內磷之使用量與下水道系統磷量推估量，如圖 10.80。

磷於污水處理過程，可藉由厭氧好氧活性污泥法，透過磷蓄積菌之代謝將磷累積於污泥中，之後，污泥於濃縮或消化單元，磷大量被釋出存在於分離液中，高磷濃度之分離液，可藉由結晶技術將磷轉化為顆粒狀之磷肥。一般常見之磷結晶產物為磷酸鈣晶體($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ，Hydroxyapatite，簡稱 HAP)或磷酸銨鎂晶體($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，Magnesium ammonium phosphate hexahydrate，簡稱 MAP，俗稱鳥糞石)，磷酸銨鎂晶體之市場價格較高。

荷蘭、日本等流體化床結晶技術大部分已有實廠運轉經驗。流體化床結晶法以污泥處理過程中分離液或脫水濾液為對象進行磷之回收，磷回收最佳單元為污泥濃縮、消化槽及脫水機單元，此三單元皆可取得含磷之水樣，再經由流體化床結晶技術以 MAP 及 HAP 結晶法進行磷回收，如圖 10.81 所示。此外，亦有從污泥焚化或燒卻之殘留灰加酸萃取磷之回收方式。我國之磷回收有待未來於設有厭氧消化之污水廠以實廠驗證。

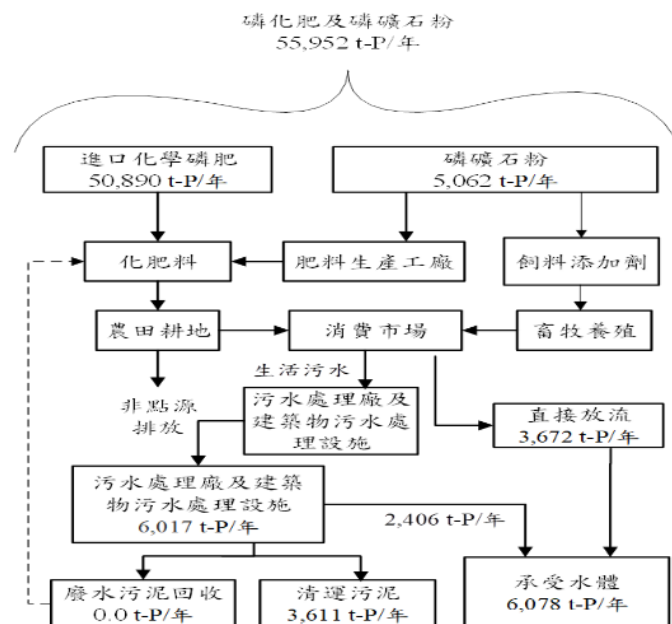


圖 10.80 國內磷之使用量與下水道系統磷量推估(民國 108 年資料)

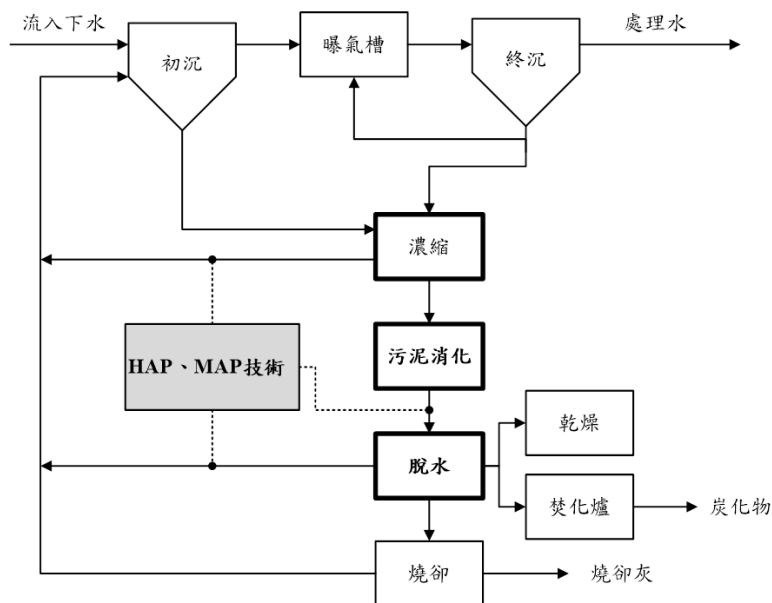


圖 10.81 磷回收技術應用單元與對象

10.11 常見設計問題及考慮事項

10.11.1 污泥處理系統

1. 污泥系統分離液不可送至全廠進流端，避免影響進流水量及水質量測。
2. 污泥系統機房應設置清洗用水並應有地面排水系統避免積水。
3. 污泥管線應設置壓力清洗口作為平日管線維護用。
4. 為全廠質量平衡，應檢討污泥流量計、分離液流量計及清洗用水流量計設置需求。
5. 應配合全廠污泥處理單元平日操作時間間隔檢討進出流暫存槽容量。

10.11.2 濃縮系統

1. 重力濃縮系統刮泥機應連續操作，避免污泥沉積壓密造成扭力過大而損壞。
2. 機械濃縮設置加藥攪拌設施應有變頻調整轉速功能。
3. 污泥濃縮機應注意排水管線容量，並注意分離液防溢堤高度。
4. 機械濃縮應設置操作平台，讓操作人員可觀察污泥處理狀況。
5. 機械濃縮應設置緊急停止開關。

10.11.3 厭氧消化

1. 厭氧消化設施機房應進行防爆區域劃分，防爆區內電氣設備應採用符合防爆法規之產品及施工方式。
2. 厭氧消化廢氣燃燒塔應設安全防護設施，並建議加高基座，避免火焰外溢，廢氣燃燒塔位置應有明顯告示、足夠距離或適當圍籬作為區隔。

3. 厭氧消化瓦斯產氣應設去除硫化氫之純化設施避免相關設備腐蝕。
4. 厭氧消化槽應控制溫度，應以消化瓦斯回收熱加溫控制。
5. 消化槽容量不宜過大，停留時間過長將不利污泥脫水。
6. 沼氣管線配置高低不一，尤其地下段部分，應設置凝結水之排除裝置。
7. 應避免進流污泥含砂量高，而減少消化槽有效體積。

10.11.4 好氧消化

1. 應有 DO 監測計。
2. 小規模處理設施如與生物處理共用鼓風機，應注意水深是否差異。

10.11.5 脫水

1. 機械脫水設置加藥攪拌設施應有變頻調整轉速功能。
2. 脫水機應注意排水管線容量，並注意分離液防溢堤高度。
3. 脫水機應設置操作平台，讓操作人員可觀察污泥處理狀況。
4. 脫水機應設置緊急停止開關。
5. 螺旋輸送機角度不宜過大並應納入防溢清洗區。
6. 污泥儲斗應有人員避免墜落之安全防護措施，並設置重量量測、防止架橋、防止積水等設施。
7. 離心脫水機應避免長纖維進入後端污泥脫水單元，如果纏繞附著於螺旋葉，可能影響離心機構高速旋轉之平衡，造成操作障礙影響脫水效能
8. 應使用適當藥劑及加藥量，進行瓶杯試驗(Jar test) 及比阻抗相關評估，避免過度加藥影響消化脫水，降低濾布及設備壽命並增加污泥量，並依此評估設置加藥設施。
9. 脫水污泥暫存方法及場所設計，應考量符合「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」相關規定，避免積水、塵土逸散或污泥流入排水溝等影響。
10. 高濃度濾液可在增加碳源的角度考量返回污水處理系統的點位，且須進行定量及水質檢測並納入質平計算；另應注意應配合單元水質採樣之點位及時間，勿影響其水質代表性。

第十一章 污水處理廠附屬設施

11.1 概說

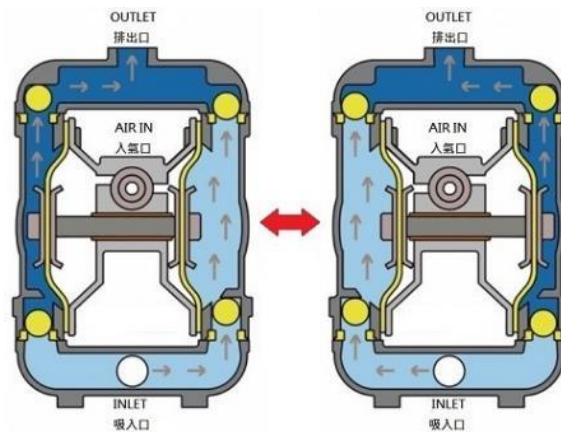
本章主要說明處理單元外之附屬設施，如：管理中心、實驗室、維修室及備料貯藏室等設置時應有之考量，並介紹污水處理廠的臭氣處理設施之設計要點。最後對於池槽利用聯絡渠道、管線等分水方式、全廠水位及高程等設計應有之考量，加以詳述。

11.2 廠內污水抽水機

抽水機除為前述進流污水抽水站之主要設備外，亦應用於污水處理廠之其他設施中，如污泥抽水機、給水抽水機及加藥機等。污水處理廠使用抽水機之型式及數量皆相當多，為適合各種用途，應依各目的選用最適當的型式、大小及材質，如表 11.1，為三種抽水機型式、特徵、構造分類及用途之概要說明。

污水處理廠內各種用途目的之抽水機，如表 11.1。圖 11.1 為各用途別可選用之抽水機種，其中氣昇式及離心式抽水機之說明，詳前述章節內容，而隔膜式抽水機、柱塞式抽水機及推進腔式抽水機，其特性說明如下：

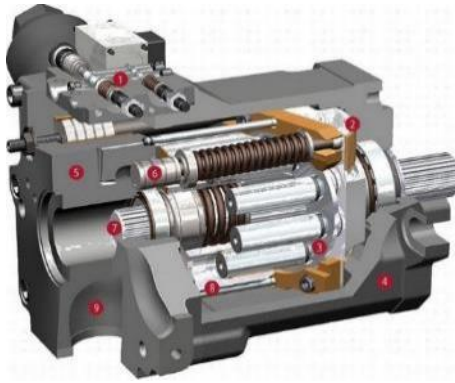
1. 隔膜式抽水機屬於往復式抽水機的一種，利用彈性薄膜、耐腐蝕橡膠或彈性金屬片，將抽水機分隔成互不相通的兩部分，分別是被輸送液體和活塞區域。活塞的往復運動，通過同側的介質傳遞到隔膜上，使隔膜亦作往復運動，從而被輸送液體經球形活門吸入和排出。隔膜式抽水機內與被輸送液體接觸的唯一零件，只有球形活門。一般在污水處理廠隔膜式抽水機，主要用於輸送藥劑，例如次氯酸鈉等。



隔膜式抽水機

2. 柱塞式抽水機屬於容積式抽水機、往復式抽水機的一種抽水機。它依靠柱塞在缸體中往復運動，使密封工作容腔的容積發生變化來吸液體、壓液體。柱塞式抽水機具有額定壓力高、結構緊密、效率高和流量調節方便等優點，被廣泛應用於高壓、大流量和流量需要調節的場合。以軸向柱塞式抽水機為例，是活塞或柱塞的往復運動方向與缸體中心軸平行的柱塞式抽水機，利用與傳動軸平

行的柱塞，在柱塞孔內往復運動所產生的容積變化來進行工作的，由於柱塞和柱塞孔都是圓形零件，可以達到很高的精度配合，因此容積效率高。



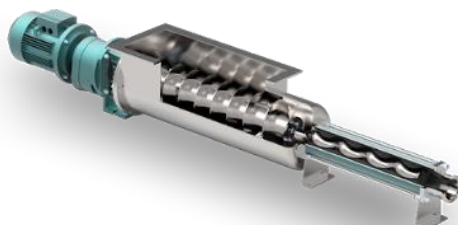
柱塞式抽水機

表 11.1 抽水機型式、特性、構造分類及用途之概要說明

種類	型式		特性	構造分類或代表名稱	用途
動能式抽水機	離心式抽水機	徑流抽水機	高水頭、低容量	不阻塞式、自吸式、渦流式(葉輪退縮型)、單吸、雙吸、單段、多段、開放型葉輪、密閉型葉輪、沉水式、螺旋-離心葉輪式、磨碎式、切削式、豎軸透平污泥輸送(VTSH, vertical turbine, solid-handling pump)。	雨水、污水、排泥、污泥迴流、取水樣、井水
		混流抽水機	中水頭、中容量		雨水、污水、迴流污泥
		軸流抽水機	低水頭、高容量		防洪、污水、迴流污泥
	渦輪式抽水機	混流抽水機	高水頭、低容量	1. 線軸驅動豎軸多段式、沉水馬達驅動豎軸多段式	深井、清水
		軸流抽水機	低水頭、高容量	2. 橫軸軸流式	防洪
正位移式抽水機	往復式抽水機		低容量、高壓力、定量	活塞式、柱塞式、隔膜式	污泥、化學藥劑
	旋轉式葉瓣抽水機		低容量、高壓力、定量	葉瓣式、齒輪式	污泥、化學藥劑
	推進腔式抽水機		低容量、高壓力、定量	單段、多段	污泥、化學藥劑
	螺旋抽水機		構造簡單，不阻塞	開放型、閉合型	防洪、污水、迴流污泥
特殊抽水機	氣壓噴射抽水機		小容量、中水頭		利用廠內多餘的高壓空氣作為排水用
	氣昇式抽水機		水頭僅 1~1.5M，無轉動零件、故障少，需有送氣設備、效率低僅 30%。	氣昇	排泥、沉砂排除、污泥迴流、深井

註：本表所註各型式抽水機之用途僅作為參考。

3. 推進腔式抽水機為一種迴轉容積型之單軸螺旋抽水機，其轉子為斷面成圓形之金屬製外螺旋，而定子為斷面長圓形之橡膠製(彈性材料)內螺旋。轉子置於其偏心軸之中心做迴轉，則轉子會在定子內部一方面做迴轉，一方面做上下運動。當轉子一開始迴轉，即可立刻產生強而有力之自吸作用，此時被吸入充滿在轉子與定子兩者空隙(與轉子之容積相等)間之液體，便會順著其螺旋之前進運動方向，連續不斷的由吸入口，輸送到排出口。



推進腔式抽水機

11.3 管理中心實驗室

11.3.1 管理中心

污水處理廠管理中心設計考慮事項如下：

1. 污水處理廠管理中心，應包含辦公室、會議室、檔案室、更衣室、茶水間、浴室、廁所、備勤寢室、中央監控室、實驗室等及其他機電室，並視需求設置值日室、詢問台及配合環境教育設置之相關設施。
2. 廠內的連絡電話、閉路電視、監控攝影機及廣播設備。
3. 依建築技術規則辦理綠建築與智慧建築進行設計。

解說：

1. 污水處理廠管理中心之設計，應依污水處理廠規模、管理人力、管理體系及污水處理廠概況，做合理的空間配置，並以綠建築設計。為使污水處理廠能進行適當的維護管理，應設置以下的各種必要設施：
 - (1)辦公室，污水處理廠管理中心，應包含辦公室、會議室、檔案室、更衣室、茶水間、浴室、廁所、中央監控室、實驗室等及其他機電室，管理中心除為全廠之操作管理控管中心外，尚包括外來訪客、參觀服務及員工工作活動之空間，故能提供管理之用外，更應呈現其形象和環境友善性。設計時應依污水處理廠規模、管理人力、管理體系及污水處理廠概況，做合理的空間配置，並以綠建築設計。
 - (2)會議室，係作為召開管理及營運會議、員工之講習及研修等使用，也做為供一般參觀訪客的說明場所來使用。

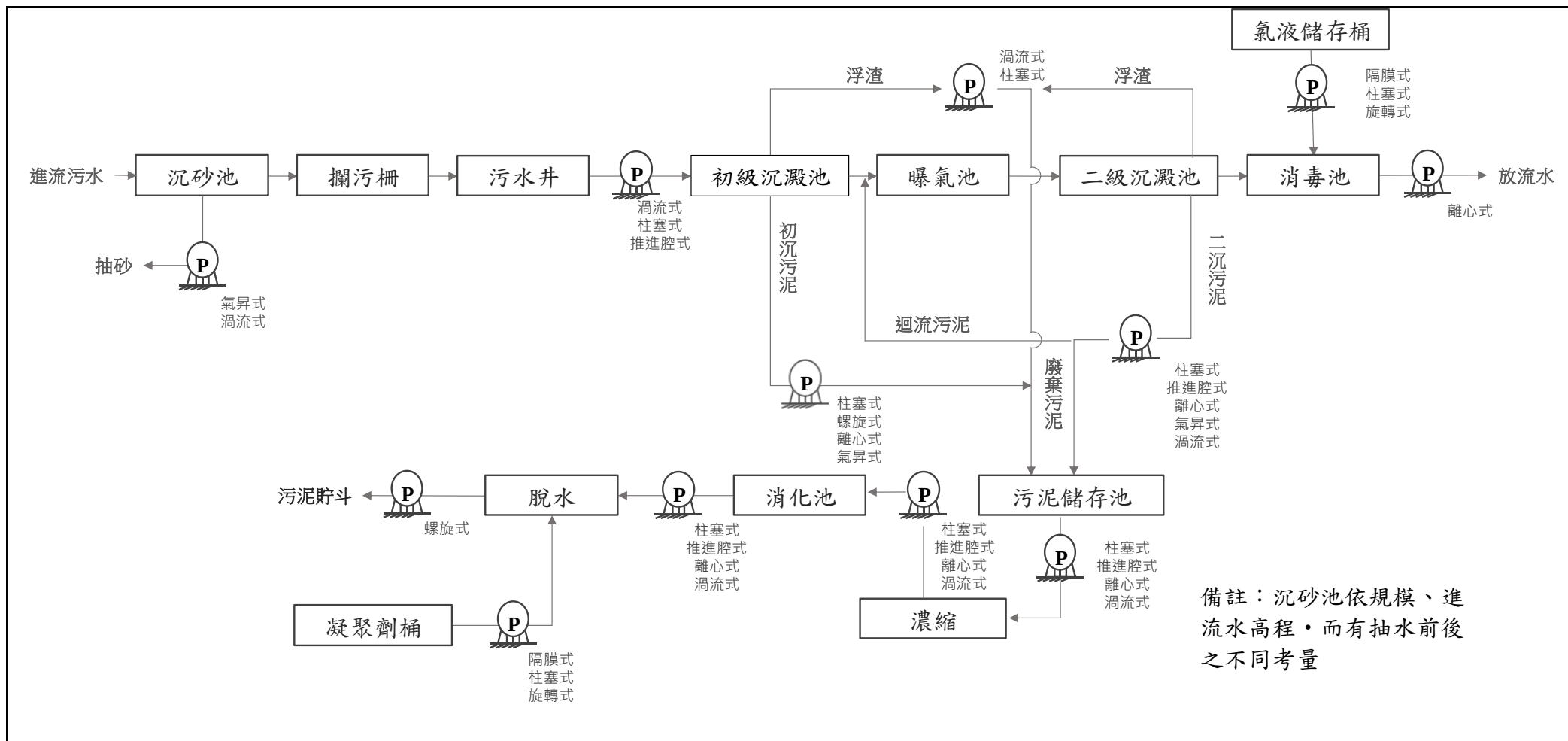


圖 11.1 污水處理廠抽水機種類之應用

- (3)檔案室，係存放污水處理廠之竣工圖、設計原圖、施工紀錄、操作運轉手冊、型錄、水質試驗報告、操作日報、月報、年報等維修管理上必要之資料，而一般事務用之公文紙，係放在倉庫中保管，其位置應考量能與辦公室連通。
 - (4)走道的動線，應考慮到簡明及最短化，對於高齡及身障者，應考量安全及容易移動，具體的說，應確保輪椅通行的路寬、並提供無障礙坡道，必要時設置電梯等。
 - (5)廁所應考量供參觀訪客之使用，男廁與女廁分開，亦應考量供身障者使用。處理廠占地遼闊時，距離管理中心較遠的場所，也有必要設置廁所。
 - (6)管理中心各室之大小，可參考表 11.2 計算其面積。
2. 污水處理廠廠內適當處所，應備有通信設備，以備各設施間之連絡、緊急狀況之通報等。小規模污水處理廠，可使用對講機，一般污水處理廠，使用廠內電話。要連絡在戶外的人員時，如備有擴音器則較為方便。比起以對講機或手機連絡，擴音器一方面可同時連絡一群人，一方面亦可連絡正用對講機或手機與他人通訊中的人，且避免忘記帶手機、手機關機、手機沒電等無法以手機聯絡之情況。再者，聽到廣播的人，亦可提醒沒注意到廣播的其他人。
3. 有關管理中心設計時應參考最新法規規定，如：
- (1)「建築技術規則」
 - (2)「中華民國國家標準(CNS)」
 - (3)「建築物耐震設計規範及解說」
 - (4)「建築物基礎構造設計規範」
 - (5)「公共藝術設置作業要點」
 - (6)「噪音管制法」
 - (7)消防法規」及「各類場所消防安全設備設置規則」
 - (8)各縣市政府之都市設計及土地使用開發許可審議規定
- 其他適用法規依個案引用進行相關設計。

11.3.2 實驗室

實驗室之設置考量如下：

- 1. 實驗室原則上，應設置於管理中心內，適合採取樣品及維護管理之處。
- 2. 實驗室的組成，依照處理廠的規模、檢驗內容及工作人員數量而定。實驗室可包括中央檢驗室、研究室、天秤室、儀器分析室、恆溫室、瓶桶裝室等。配置以中央檢驗室為中心，需考量檢驗作業效率及與諸室連絡之方便性。
- 3. 實驗室空間，應考量樣品處理、一般檢驗、生物檢驗、儀器分析、藥品、鋼瓶、研究、品保品管及實驗室廢液收集貯存區等空間。總面積依污水處理廠之規模計算，大規模者為 200 m² 以下，中規模者為 150 m² 以下。小規模污水處理廠之實驗室，僅檢驗基本水質項目：水溫、pH、SS、BOD、DO，其他必要時(如 COD)可交由中大規模污水處理廠或委外予合格實驗室檢驗代

為檢驗。

解說：

1. 水質及污泥檢驗的結果，如未能及時獲得會反映到處理廠的操作運轉，因此實驗室原則上，應設置於較好連絡到辦公室及中央監控室的管理中心內。水質及污泥檢驗相伴隨的作業，係到處理廠內各單元設施處採樣及目視檢查，如做現場檢驗，會搬出各種機器，多次進出戶外，所以實驗室的位置，最好設在管理中心的一樓，以避免二樓以上機器搬出及搬入的問題。另外實驗室可在面向戶外的牆上，設置水樣收受口，採到的水樣可經由收受口送進實驗室。該牆上並可設一扇後門，以專供採樣人員的進出，避免採樣人員採樣時，鞋底所沾的污泥，會經由管理中心的大門，沿路散布到連接實驗室門口的地板上，或是其攜帶的水樣，可能沿管理中心走道滴漏到地板上。另外在該扇門外適當地點處，可設一個沖洗水龍頭，以便在進入實驗室之前，能清洗受污之手及鞋子。此外，於實驗室規劃設計時，應注意開門方向，出入口應以向外開啟，俾利逃生、急救。
2. 實驗室的規模及組成，應視檢驗項目、儀器設備之需求及規模，並以中央實驗室為中心與諸室容易連絡配置之。實驗室可包括中央實驗室、研究室、天秤室、儀器分析室、恆溫室、瓶桶裝室。污水處理廠廠內各單元水質檢測分析項目，參考表 11.3 及表 11.4。大規模處理廠之實驗室基本設備，建議參考表 11.5，中小規模應酌量減少之。一般生活污水處理廠，通常不設置原子吸收光譜儀(AA)或其他重金屬分析設備，但若兼收集處理工業廢水者，則可列入或委外予合格實驗室代為檢驗。
3. 實驗室為污水處理廠應有之設施，惟其規模及設備，應確實檢討其必要性，以免造成設備閒置之浪費。大規模污水處理廠實驗室配置，參考圖 11.2，其總面積以 200 m² 為限。中規模配置參考圖 11.3，其總面積酌縮小為 150 m² 以下。至於小規模者，可不考慮專任檢驗員或以兼任者或採巡迴檢驗之方式，故可不設專用空間，而可與其他管理室合用之隔間配置之。

11.4 維修室及備料貯藏室

維修室及備料貯藏室之設置考量如下：

1. 維修室空間體積大小，應配合處理廠規模及維修最大設備體積考量之。
2. 備品儲存空間以設置於室內為主。
3. 維修室應設置維修設備及工具，包括全廠機械設備、儀表等設備之保養及維護所需之設備及工具。

解說：

1. 維修室空間體積大小，應配合處理廠規模及所需自行維修最大設備體積考量之，並設置空調設備、物料架、工具櫃及工作桌。
2. 備品儲存空間，應考量全廠備品數量進行設計，另備品儲存及維修空間，以設置於室內為主。日常維修所需之潤滑油及塗料等，應有獨立地點供儲藏，其貯

藏量因涉及法規上列為危險物品，應依照消防法等危險物品貯藏限制之相關法令來貯藏。

3. 備用零件、修理工具及緊急時使用的工具，其數量常比預期來的多，在估計維修室空間時，應保持一些餘裕。在修理及修繕工作較多時，應設置工作室，並提供工作台、簡易修理程度的工作機械、常用的工具及道具。各工作機械及設備均應附有完整之控制、保護及指示裝置。

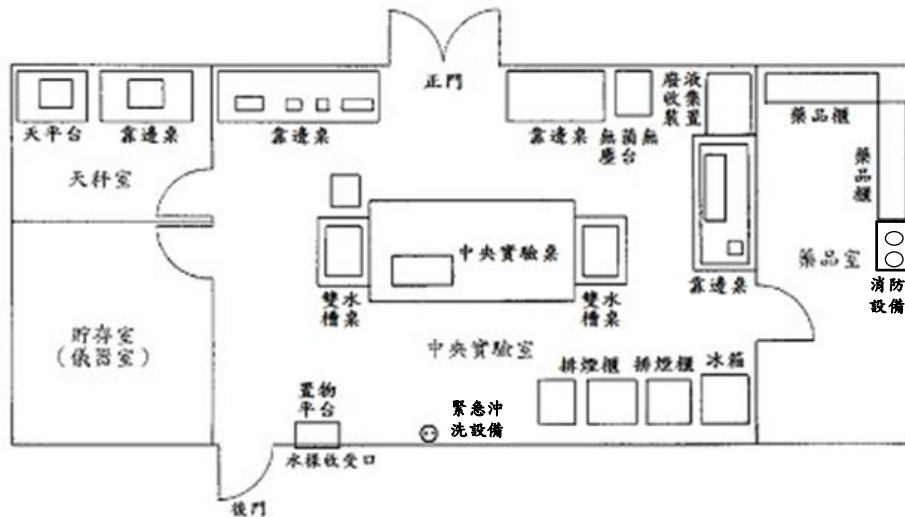


圖 11.2 實驗室配置示意圖例(大規模)

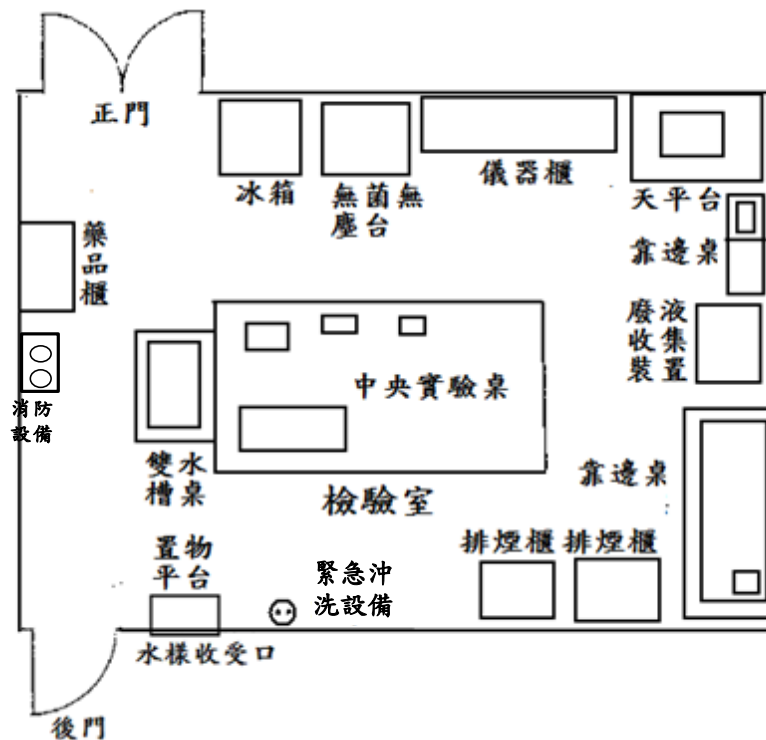


圖 11.3 實驗室配置示意圖例(中小規模)

表 11.2 管理中心各室之面積計算

項目	面積計算			
辦公室	4.0 m ² /人×(換算人員數)+20 m ²			
	換算人員數權重如下			
	區分	廠長級	組長級	員工
	換算人員數	8	2.5	1
備註：操作管理員、水質檢驗員不包含在內。				
會議室	依計畫最大日污水量 R 萬 m ³ /日計算：5 m ² ×R+50 m ²			
檔案室	辦公室面積的 17% 以下			
操作管理員 辦公室	操作管理員	10 人以下	20 m ² 以下	
		10 人以上	1.5 m ² /人×(白天人數)+5 m ²	
更衣室	男性	1.0 m ² /人×操作員數		
	女性	4 人以下	4 m ² 以內	
		4 人以上	1.0 m ² /人×女性人數	
茶水間	每層 13 m ² 以下			
浴室	操作管理員	25 人以下	25 m ² 以內	
		25 人以上	1 m ² /人×操作人員數	
廁所	男性用	30 人以下	30 m ² +15 m ² /層 x(層數-1)以內	
		30 人以上	1 m ² /人×人員數+15 m ² /層×(層數-1)以內	
	女性用	15 m ² /層×層數以內		
	無障礙	依建築技術規則建築設計施工編第 167 條相關規定設置		
無障礙升降梯	兩層樓以上設置			
玄關、走廊、 階梯	依需要規模			
值日室	4.0 m ² /人×(值日人數-1)+10 m ²			
詢問台	2.0 m ² /人×(人員數-1)+10 m ²			
備勤寢室	4.0 m ² /人×(夜間工作人員數-1)+10 m ²			
中央監控室	依需要規模(含台帳貯存室)，設於樓上為原則			
實驗室	依需要規模(含研究室)，設於一樓為原則			
通風、空調間	依需要規模			
資訊通訊機室	依需要規模			
管道間	需考量實驗室排風櫃管線、電氣儀控線路、衛生給排水管路與通風空調進排氣管線尺寸及數量需求進行設計。			

表 11.3 污水處理廠各處理單元建議水質分析項目

採樣點	分析項目	分析頻率	
		大、中廠	小廠
進流水	外觀 [※]	日	日
	水溫 [※]	日	日
	溶氧 [※]	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	生化需氧量 [※]	日	日
	化學需氧量 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
	導電度	日	日
	大腸桿菌數 [※]	日	日
	總氮	日	日
	氨氮	日	日
	硝酸鹽氮	日	日
	總磷 [※]	月	月
	總油脂 [※]	季	季
	重金屬 ^{※※}	季	季
	酚類 [※]	季	季
	氰化物 [※]	季	季
前處理系統入口	外觀顏色	日	日
	水溫	日	日
	氫離子濃度指數	日	日
	生化需氧量 [※]	日	-
	化學需氧量 [※]	日	-
	懸浮固體 [※]	日	日
	揮發性固體	日	日
	大腸桿菌群數	月	-
	總油脂	季	-
	總氮	週	-
	氨氮	週	-
	總磷	月	-
	酚類	季	-
	氰化物	季	-
	重金屬	季	-
初沉池進流水	懸浮固體 [※]	週	週
	生化需氧量 [※]	週	週
初沉池出流水	懸浮固體 [※]	週	週
	生化需氧量 [※]	週	週

表 11.3 污水處理廠各處理單元建議水質分析項目(續)

採樣點	分析項目	分析頻率	
		大、中廠	小廠
厭氧池/缺氧池	外觀顏色	日	日
	水溫 [※]	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
	揮發性固體 [※]	日	日
	溶氧 [※]	日	日
	ORP(氧化還原電位) [※]	日	日
	顯微鏡觀察 [※]	月	月
	總磷 [※]	月	月
	總氮 [※]	週	週
	氨氮	週	週
	鹼度 [※]	週	月
曝氣池	外觀顏色	日	日
	水溫 [※]	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	化學需氧量	日	日
	生化需氧量 [※]	日	週
	MLSS [※]	日	日
	MLVSS [※]	日	週
	溶氧 [※]	日	日
	SVI [※]	日	日
	SV30 [※]	日	日
	ORP(氧化還原電位) [※]	日	日
	總氮 [※]	週	週
	氨氮	週	週
	總磷 [※]	月	月
	鹼度 [※]	週	月
	顯微鏡觀察 [※]	月	月
曝氣池出流水	生化需氧量 [※]	日	週
	化學需氧量 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
終沉池出流水	外觀	日	日
	水溫	日	日
	溶氧	日	日
	氫離子濃度指數	日	日
	生化需氧量 [※]	日	日
	化學需氧量 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
	溶解性固體物 [※]	日	月
	總磷 [※]	月	月
	總氮 [※]	週	週
	氨氮	週	週
	濁度 [※]	週	-
	大腸桿菌數	月	-
迴流污泥	懸浮固體 [※]	週	週
	揮發性固體物 [※]	週	週

表 11.3 污水處理廠各處理單元建議水質分析項目(續)

採樣點	分析項目	分析頻率	
		大、中廠	小廠
放流水	外觀	日	日
	水溫 [※]	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	導電度	日	日
	生化需氧量 [☆]	日	日
	化學需氧量 [☆]	日	日
	懸浮固體 [☆]	日	日
	溶氧 [※]	日	日
	真色色度 [※]	日	週
	餘氯量 [※]	日	週
	大腸桿菌數 [☆]	日	週
	總氮 [☆]	日	日
	氨氮 [☆]	日	日
	總磷 [※]	月	月
	總油脂 [※]	季	季
	酚類 [※]	季	季
	氰化物 [※]	季	季
	重金屬 [※]	季	季
回收水	外觀 [※]	日	日
	水溫	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
	餘氯量 [※]	週	週
	生化需氧量 [※]	週	週
	化學需氧量	週	週
	大腸桿菌數 [※]	週	週

表 11.4 污泥處理單元建議分析項目

採樣點	分析項目	分析頻率	
		大、中廠	小廠
污泥混合槽內污泥	懸浮固體 [※]	日	日
	總固體物 [※]	日	日
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
污泥濃縮槽上澄液	氫離子濃度指數 [※]	日	日
	懸浮固體 [※]	日	日
	生化需氧量 [※]	週	月
	化學需氧量 [※]	週	月
	總磷	季	-
	氨氮	季	-
	總氮	季	-
污泥濃縮槽進流污泥	懸浮固體 [※]	日	日
	總固體物 [※]	日	日
	揮發性懸浮固體 [※]	日	週
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
污泥濃縮槽出流污泥	懸浮固體 [※]	日	日
	總固體物 [※]	日	日
	鹼度 [※]	日	週
	揮發性懸浮固體 [※]	日	週
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
厭氧污泥消化槽污泥	懸浮固體 [※]	日	日
	總固體物 [※]	日	日
	揮發性懸浮固體 [※]	日	週
	鹼度 [※]	日	週
	氫離子濃度指數 [※]	日	日
好氧污泥消化槽污泥	懸浮固體 [※]	日	日
	溶氧 [※]	日	日
	總固體物 [※]	日	日
	揮發性懸浮固體 [※]	日	週
	氫離子濃度指數 [※]	日	日

表 11.4 污泥處理單元建議分析項目(續)

採樣點	分析項目	分析頻率	
		大、中廠	小廠
污泥貯存槽污泥	懸浮固體 [※]	日	-
	揮發性懸浮固體 [※]	日	-
	氫離子濃度指數 [※]	日	-
	生化需氧量	週	-
	化學需氧量	週	-
	鹼度 [※]	週	-
脫水機進流污泥	氫離子濃度指數 [※]	週	週
	總固體物 [※]	週	週
	揮發性懸浮固體 [※]	週	週
污泥脫水機濾液	化學需氧量	月	-
	生化需氧量	月	-
	懸浮固體 [※]	月	月
	氫離子濃度指數 [※]	月	月
	總磷	月	-
	總氮	月	-
	氨氮	月	-
污泥餅	含水率 [※]	月	月
	VS [※] (僅限送焚化爐處理/燃料化再利用/材料化再利用)	月	-
	熱值 [※] (僅限送焚化爐處理與燃料化再利用)	月	-
	總磷(僅限肥料化再利用)	月	-
	總氮(僅限肥料化再利用)	月	-
	TCLP	季	季
	重金屬總量 [※]	季	季

表 11.3 及表 11.4 備註：

1. “*”表法令規定的檢測項目；“※”表操作管理上需瞭解的項目；除此之外，其他項目則依各廠狀況進行調整。
2. TCLP、重金屬總量：包括砷、鎘、總鉻、銅、鉛、總汞、鋅、鎳、六價鉻。
3. 總氮：包括氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮、有機氮。
4. 水質分析項目應視各廠狀況，依行政院環境保護署環境檢驗所公告之檢測方法進行檢測。
5. 本表僅供參考，各檢測項目及頻率機關，得依各廠污水量及地方特性進行調整。
6. 若於水源水質保護區，總氮、總磷檢測頻率需增加，並需符合放流水標準。
7. 小型污水處理廠總氮、總磷、重金屬等檢測頻率，應依實驗室設備規模進行調降，若實驗室無該檢驗設施，仍應購置或委外完成該檢測項目。
8. 廠內若設置水肥投入站，需於污泥消化槽進流污泥增設採樣點，採樣項目如污泥濃縮槽出流污泥。
9. 各廠進、出流水每季需進行 1 次非假日連續 24 小時採樣，每 2 個小時採樣 1 次並進行檢測，以瞭解污水處理廠進流及出流水質之變化，檢測項目為 BOD、SS、總氮、氨氮、總磷及大腸桿菌。

表 11.5 實驗室基本設備(參考)

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

11.5 臭氣處理設施

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

1. 胺(amine)：魚臭味。
2. 氨(NH₃)：氨氣味。
3. 二胺(Diamines)：腐肉味。
4. 硫化氫(H₂S)：臭蛋味。
5. 硫醇(mercaptan)：臭鼬味。
6. 有機硫化物：腐敗捲心菜味。
7. 糞臭素(skato)：糞臭味。

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

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

本節介紹污水處理廠的臭氣控制方法及處理設施。

11.5.1 臭氣控制及處理

臭氣處理方法之設計考量如下：

1. 限制臭氣產生法，係在設計時即應考量縮短污水的停留時間，以及避免固體物的沉積；當產生臭氣時，可用添加氧、空氣、生物製劑或化學藥劑，來限制或控制臭氣的產生。一般配合防止渠道固體物沉積，多採用渠道曝氣法。
2. 臭氣處理設施，係在污水處理廠前處理單元、污泥處理之污泥濃縮及脫水單元中，已經產生臭氣後，對臭氣所採用的消除或破壞方法，其方法包括化學濕式洗滌塔、生物氧化法、吸附系統法三種擇一使用，或採其中兩種或三種合併運用。

解說：

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

1. 限制臭氣產生法

限制臭氣產生法係，屬於上游端的控制，即係在污水下水道系統及污水處

理廠中控制臭氣的產生，而不是等到臭氣產生後，再想辦法來處理。限制臭氣產生法可分為兩階段，即設計階段及操作階段。

(1)設計階段

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

(2)操作階段

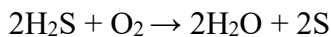
當污水下水道系統及污水處理廠前處理單元，在操作階段產生臭氣時，可在污水中採用下述添加物使硫化氫產生化學變化，或影響硫還原菌之生長，以達到限制或控制臭氣產生之目的。這是一種防止臭氣產生之預防性措施，有別於一旦臭氣產生後，須採取臭氣控制技術之處理措施。

① 石灰

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

② 氧氣

氧氣可將硫化氫氧化成硫元素，如下式：



注入純氧與注入空氣相較，有氮氣不會在壓力管線高點累積的優點，並且容許較高的氧溶解率。溶氧對污水亦具有一些處理效果。

③ 空氣

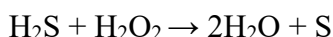
空氣以每 mm 管徑 $0.011 \text{ m}^3/\text{min}$ 的量注入壓力管線中可，有效壓制硫還原菌及 H_2S ，空氣必須連續性不斷注入，即使是在實際抽水循環(啟動-停止-啟動)當中。所需空氣量可能會隨壓力管線長度、停留時間等而改變。空氣中的氧亦會將硫化氫氧化成硫元素。

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

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

④ 過氧化氫

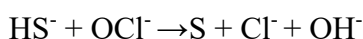
過氧化氫屬強氧化劑，可將硫化氫氧化成硫元素，如下式：



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

⑤ 氯

氯屬強氧化劑，可將硫化氫氧化成硫元素，如下式：



加入足夠的氯氧化劑 OCl^- ，可消除硫化氫的存在，而如加入較高劑量則能抑制黏菌。因為氯較貴，故注入量接近實際需要量很重要，且過多的餘氯可能造成金屬腐蝕及人員安全的問題，對污水處理廠也可能有不利的影響。

⑥ 鐵鹽

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

⑦ 生物製劑

現在市面上有許多不同種類的生物製劑，這些生物製劑常宣稱可促進不產生硫化氫菌種的繁殖，且宣稱可去除管線黏菌及分解油脂。

2. 臭氣處理設施

處理廠操作人員及設計工程師，通常都熟知除臭的許多種技術，但由於缺乏一個有效而持平的方法，以比較每種技術的相對優點，而在選擇適當技術時經常會受到阻礙。量測污水處理廠臭氣去除的新標準正在建立中，新標準將依據檢測門檻(detection threshold)的強度，而不只是依據某種目標化合物的濃度(如 ppm)。新標準將包括硫化氫及其它複雜臭氣化合物的影響，以及對總臭氣單位的合併量測，臭氣樣品曾經收集後送到認證合格的實驗室，實驗人員會校驗該樣品已經稀釋至預先設定的檢測門檻，以判定樣品的臭氣單位。臭氣單位(odour unit,OU)之定義為一臭氣單位(1OU)在標準情況下 1 立方公尺自然空氣中，經聞臭小組中 50%的人聞出氣味時的臭氣量，該值相當於 123 μg n-butanol 蒸發到 1 立方公尺的自然空氣中，其濃度為 0.040 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。台灣目前環檢所，對於臭氣檢驗方法為異味污染物官能測定法—三點比較式嗅袋法(NIEA A201.14A)。

臭氣處理法，係在污水下水道系統、污水處理廠前處理單元、污泥處理之污泥濃縮及脫水單元中已經產生臭氣後，對臭氣所採用的消除或破壞方法，常用的方法包括：化學濕式洗滌塔、生物氧化法、吸附系統法三種擇一使用，或採其中兩種或三種合併運用，分別說明如下。

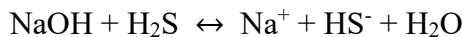
(1)化學濕式洗滌塔

① 一般說明

化學濕式洗滌塔，對於污水處理系統最常見的臭氣化合物中的硫化氫及氨具有高效率去除效果，化學濕式洗滌塔，係藉由臭氣與洗滌容器中的填料上面之化學藥液接觸的物質，轉換吸收而達到除臭目的，並添加藥品調整至適當的 pH 及氧化電位。任何吸收洗滌系統的性能，可以兩個參數來定義，即：氣體/液體接觸的效率，及水溶液相中促進反應及吸收的化學品的足夠性。填料須有高效的表面積以利氣體/液體接觸，促進均勻的液體及氣體，分佈以達高物質轉換率。污水處理廠對於使用氫氧化鈉及次氯酸鈉以控制硫化氫，及使用硫酸以控制氨氣已經標準化。將化學條件維持在有利於最高性能係很重要的。所需的 ORP 及 pH 值通常根據實際存在的氣體組成而在現場調整。

須注意的是，當需要以硫酸去除氨時，將需設置另一段洗滌容器。以下簡化公式說明傳統化學藥液洗滌系統，去除硫化氫及氨的化學組合及典型的 pH/ORP 設定：

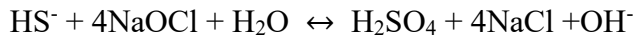
吸收程序(僅有氫氧化鈉)



氫氧化鈉洗滌的設定

pH=11.0~11.5

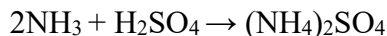
吸收及氧化(氫氧化鈉及次氯酸鈉)



氫氧化鈉及次氯酸鈉洗滌的設定

pH=9.5~10 (ORP=600–700 mv)

氨的吸收(硫酸)



硫酸洗滌的設定

pH=4.0~6.0

② 處理臭氣種類及去除效率

使用兩段氫氧化鈉及次氯酸鈉系統的化學濕式洗滌塔，可去除臭氣中 99% 之硫化氫，使用第一段硫酸(通常設在最前端)，可去除臭氣中 99% 之氨。鹼性濕式洗滌塔對於硫醇及其它有機硫化合物的效率較差，去除效率介於 20-70%。

如同生物洗滌塔，化學濕式洗滌塔對於僅含硫化氫的臭氣之處理後排放至空氣中，可達良好的臭氣單位，然而當臭氣包含有機硫化合物及硫化氫時，排氣的臭氣單位會超過 1,000 OU/m³。

註：排放至空氣中的臭氣單位如小於 100 OU/m³，因該臭氣自源頭被釋出，經大氣稀釋，而最後觸及附近人們的嗅覺器官，通常已聞不出氣味，故係可被接受的臭氣量。

③ 操作維護考量

化學濕式洗滌塔處理臭氣時，容器中的風速係所有臭氣控制技術中最高者，可達 170 m/min，故濕式洗滌塔本身佔地面積比其它兩種方法還要小，但因需加上其它的附屬設施，如化學藥液貯存槽(通常至少兩槽)、循環抽水機、控制及其它設施，故其用地面積會比活性炭吸附系統大，但仍小於生物氧化系統。參考圖 11.4 兩段填料床及一段噴霧洗滌塔處理流程示意圖，及圖 11.5 濕式洗滌塔照片。

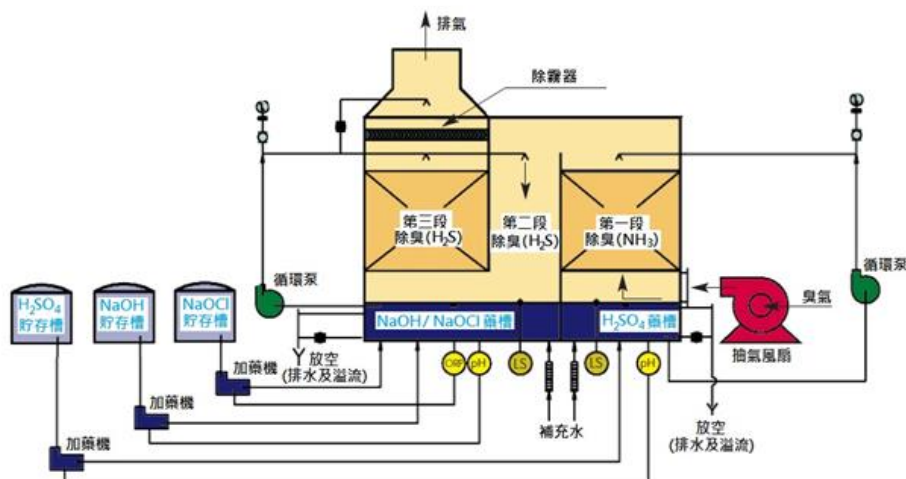


圖 11.4 兩段填料床及一段噴霧洗滌塔處理流程示意圖



圖 11.5 濕式洗滌塔照片

化學濕式洗滌塔，係所有臭氣控制技術中，需要最多及最複雜的控制及儀表者，儀表包括 pH、ORP 感應器、加藥機(有時與硫化氫偵測器連接並受其控制)、循環抽水機、連接到化學藥液貯存槽及警報器的液位

計、及風扇控制，此使得化學濕式洗滌塔，在所有臭氣控制技術中，係最複雜及最須維護者。

化學濕式洗滌塔，需要定期補充化學藥液，此通常包括氫氧化鈉及次氯酸鈉，如果需除氨時，另須硫酸。化學藥液通常每 30 至 60 天需要補充。

④ 使用時機

化學濕式洗滌塔，最適合應用於污水處理廠本身，與收集系統相反，因為化學濕式洗滌塔的高維護需求，最好在永久有人駐守的設施中處理。鹼性濕式洗滌塔極適合處理前處理單元及污泥設施所產生之高濃度硫化氫，酸性濕式洗滌塔對去除氨有效，適合於如堆肥處理設施可能會產生氨的地方。

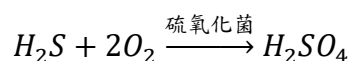
目前常用之兩種化學濕式洗滌系統係填料床洗滌塔系統及噴霧洗滌塔系統，填料床洗滌塔，包括內含惰性填料物質(增加表面積)的洗滌塔、洗滌藥液、藥液循環系統、抽氣風扇、風管及控制，臭氣進入洗滌塔並通過填料床，在該處臭氣與洗滌化學藥液接觸，使用過之洗滌藥液落在洗滌塔底部，經收集後再循環通過整個單元，並依需求補充高濃度化學藥劑。噴霧洗滌塔系統包括二至三段之洗滌塔、洗滌藥液、藥液循環系統、抽氣風扇、風管及控制，臭氣進入洗滌塔，在該處臭氣與霧狀洗滌化學藥液接觸，使用過之洗滌藥液經凝結後落在洗滌塔底部，經收集後再循環通過整個單元，並依需求補充高濃度化學藥劑。

(2) 生物洗滌塔(生物氧化法)

① 一般說明

生物氧化法處理臭氣的應用已有許多年，過去的錯誤名稱為生物過濾。因為這種程序包含臭氣化合物的代謝轉換，並不是過濾。介紹如下：

生物洗滌塔的系統組成、結構及濾料生態系統，係為了能在腐蝕環境下，連續操作 15 至 20 年生命週期而設計的，生物洗滌塔的操作類似生物滴濾池及濕式填料床化學藥液洗滌塔，然而，它們包含一種抗酸的惰性高孔隙濾料，含有礦物營養素及微量元素的二級處理水或補充水，以與處理的臭氣同向或對向方式作循環流動，循環液及濾料係作為促進薄膜的硫氧化菌，主要為 Thiobacilli，生長的生態系統。



因為硫化氫生物氧化的副產品為硫酸，循環液必須有足夠的排空速率，以確保酸濃度不會增加到限制水中硫化氫溶解率的程度。雖然硫氧化菌能在 pH 遠小於 1.0 的情況下存活，但細菌生長及硫化氫溶解率的最適平衡點，為 pH 在 2.0 至 3.0 之範圍。

低 pH 之排空水的酸濃度很弱，可回到處理廠的進流污水中中和，

而不會對處理造成影響。

與其它硫化氫控制技術比較，生物洗滌塔的操作費非常低，因為細菌氧化係發生在周遭溫度下，不消耗化學藥劑，維護只須最少的勞動力。生物洗滌塔單獨作為去除硫化氫及氨的洗滌塔，以及作為與生物濾池及活性炭吸附塔合併處理，以去除揮發性有機碳及複雜臭氣化合物的第一階段，都證明經濟有效，大幅延長有機濾料或活性炭的壽命。

② 處理臭氣種類及去除效率

生物洗滌塔對處理硫化氫最有效，最佳處理範圍為 10 至 1,000 ppm，在此範圍內，生物洗滌塔最低處理效率為 98%，且經常會超過 99%。對於氨及胺的處理效率經常高於 90%，但對於有機硫化合物的處理效率較差。

對於有機硫化合物的處理效率似乎有限制，Thiobacilli 在消耗這些化合物時效率不高。

生物洗滌塔在硫化氫去除程序的二次效應，係去除氨及胺，如前所述，消耗硫化氫的副產品為硫酸，此使得生物洗滌塔有效做為酸性洗滌塔以去除氨及胺，通常處理效率高於 90%。

生物洗滌塔對硫化氫具有高去除效率，對其它化合物的效率則較低，此表示其對僅含硫化氫的臭氣之處理後排氣的平均臭氣單位可以非常好，但對於混和污染物之臭氣處理後排氣可高至 1,000 OU/m³。

③ 操作維護考量

生物洗滌塔需要風扇、流量控制阻風閘門及循環抽水機。濾料壽命通常為 10 年或更久，生物洗滌塔甚至可能永遠不須更換濾料。生物洗滌塔除了簡單的 pH 計及風扇控制盤外，通常不須儀表或控制。參考圖 11.6 生物洗滌塔除臭流程示意圖及圖 11.7 除臭用生物洗滌塔照片。

生物洗滌塔大都為高容器，時常為 6 至 9 m 高，面積需求與活性炭系統類似。

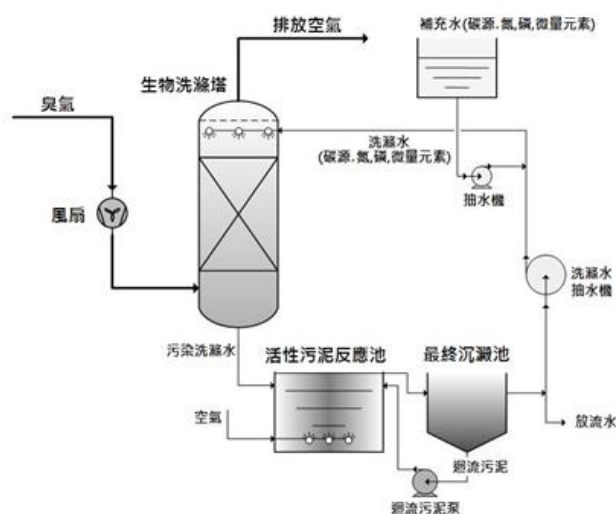


圖 11.6 生物洗滌塔除臭流程示意圖



圖 11.7 除臭用生物洗滌塔照片

④ 使用時機

生物洗滌塔，最適用於去除中至高濃度硫化氫(濃度自 5 至 1000 ppm)，由於二級處理水係生物洗滌塔理想的循環液來源，故此系統最適合用於污水處理廠，它們在補充營養份後，也可用於污水收集系統。生物洗滌塔的應用上，也很適合同時去除氨及硫化氫。生物洗滌塔不建議用於低濃度或濃度變化很大的硫化氫，因為生物群對硫化氫濃度的改變，無法迅速作反應。

(3) 生物濾床法(生物氧化法)

① 一般說明

生物濾床(biofilter)使人想起去除空氣中微粒的網狀物，但那是誤導。生物濾床事實上，係依據如土壤似的生物反應處理程序。自然界會產生細菌及真菌，它們可以將幾乎任何有機物當做食物來源，這些微生物在有機土壤及腐敗的蔬菜物質(例如農田堆肥)中非常豐沛。生物濾床係一個控制的環境，在那環境中，有機臭氣及揮發性有機碳會與自然微生物接觸，而作為微生物的食物來源。此觀念係將污染空氣通過生物性基質，如堆肥，在那裡微生物僅係完成自然生化反應所啟動的捕捉及分解揮發性有機碳及臭氣。

傳統的生物濾床成功的使用，這些原則已幾十年了，在歐洲用的比在美國多，通常它們係設於地面占地極大的單層單元，依靠一層疏鬆的有機濾料床，其下為粗略的空氣分配系統，上面係噴灌系統以控制處理條件。此系統通常為開放式，濾料床的上部曝露在外界中。近幾年，生物濾床展開改造，在提高處理效率及減少占地面積上都有各種進步。污染空氣的溫度及濕度調整到適合微生物新陳代謝的程度，生長微生物的堆肥或有機濾料結構化(有時合併無機結構物)，以提高有效的表面積及使處理能遍佈整個濾床深度。

生物濾床比任何既有的其它臭氣控制技術，更能去除廣泛之複雜臭

氣及揮發性有機碳的混合物，然而，對於處理負荷超過 5 ppm 以上的硫化氫，就有很大的限制。生物濾床中的高負荷硫化氫會產生 thiobacillis 菌群的增加，導致酸的過度生產，此會摧毀所有能分解更複雜臭氣化合物的微生物及真菌，這些微生物及真菌無法在低 pH 環境下存活。此時會出現處理效果喪失，有機濾料會壓實及溝道化。除了這些缺點外，由於硫化氫部分氧化而使硫元素堆積在濾床上，也會因濾料上塗了一層膜使水頭損失增加，進而影響處理性能。雖然可使用鹼液消除，但鹼液很快即被產生的硫酸所耗盡。硫磺時常形成小顆粒，也促使濾床堵塞而須提前更換濾料。

② 處理臭氣種類及去除效率

生物濾床對於處理有機化合物非常有效，包括在污水臭氣中常見的還原性硫化合物。生物濾床對處理胺及氨亦有效。

與活性碳相反，生物濾床適合較高濃度的有機化合物，由於這些化合物構成此生物的食物來源-濃度越高，生物群就越大越強壯。如前所述，低濃度至中濃度(約至 10 ppm)的硫化氫，也可經濟有效的以生物濾床處理，然而，較高負荷會導致失去其它臭氣化合物處理容量，以及產生其它前述的問題。

生物濾床對臭氣的去除效率，傾向於比其它臭氣控制技術較低，去除效率範圍自 50% 至 95%。較老一代的頂部開放、地面上的生物濾床之處理效率，傾向於此範圍較低之一方，由於曝露濾料的壓實、溝道化及惡化，會造成效率的喪失。改造後的生物濾床較能達到污水處理廠所需要的 90% 及以上的效率。去除效率亦與所用的接觸時間有關，生物濾床通常操作的接觸時間介於 15 至 60 秒，接觸時間較高，去除效率也較高。生物濾床通常達到平均臭氣單位約 200 至 400 OU/m³ 的排放水準。

③ 操作維護考量

所有設計妥善的生物濾床，都需要風扇及阻風閘門，以提供及調整進入生物濾床的臭氣，另外生物濾床須保持水潤，所以需要加濕器。參考圖 11.8 生物濾床除臭流程示意圖及圖 11.9 除臭用生物濾床照片。風扇及抽水機須作正常的維護。一些生物濾床也須添加營養份及/或緩衝化學劑，故亦須額外的貯存槽及加藥機。設在地面的生物濾床每二到三年須換一次濾料，而改造的生物濾床，由於其結構化的濾料可防護於外界，通常可撐五年或更久而不須更換濾料。

設在地面的生物濾床需要出入口，以便大型機械如前端裝載機及傾卸卡車更換濾料，更換作業耗時兩周，包括開挖及運棄廢濾料、修理或更換空氣分配管、裝填新濾料及重新組裝澆灌系統。

改造的生物濾床較容易作業，僅須移除廢濾料及裝填新濾料進入容器之出入口。移除作業通常採用真空吸引機通過容器中之人孔，將廢濾料運出，而裝填作業亦係通過同一人孔傾卸新濾料，這種作業最多須時

幾天。

④ 使用時機

生物濾床最適用於處理含有濃度在 ppm 等級範圍之有機化合物的混合臭氣，低濃度的硫化氫(10 ppm 及更少)可有效處理，臭氣負荷相當穩定的應用，也同樣適合生物濾床。

生物濾床不建議應用於處理高負荷硫化氫的情況，亦不建議應用於處理間歇性或高度變化負荷的情況。

(4) 吸附系統法

① 一般說明

典型臭氣吸附，係指使用活性碳將臭氣化合物吸附到活性碳材料上，此通常藉由將臭氣通過活性碳床，使吸附作用發生，並釋出潔淨空氣至大氣中。

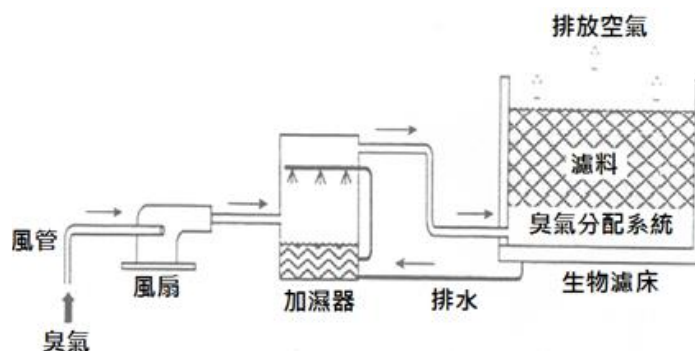


圖 11.8 生物濾床除臭流程示意圖



圖 11.9 除臭用生物濾床照片

臭氣控制用的吸附劑主要為活性碳，其它吸附劑包括活性鋁(activated alumina)、活性鋁浸漬過錳酸鉀、沸石(zeolite)及矽膠(silicagel)等。臭氣控制用的活性碳可分下列數種：

(A) 利用物理吸附的標準活性碳

標準活性碳的吸附功能，係捕捉硫化氫及不同有機分子至碳顆粒的石墨小板結構中，活性碳對捕捉這些化合物有特定的容量，一

旦超過這容量，隨後進入的化合物會未處理即貫穿而出。

(B) 利用化學吸附的鹼性浸漬活性炭

以氫氧化鈉或氫氧化鉀浸漬的鹼性活性炭，可增加活性炭對硫化氫的去除效率。標準活性炭對硫化氫的去除容量很差，添加苛性鈉(氫氧化鈉)後，製造出對硫化氫的吸附容量大為提高。使用鹼性浸漬活性炭時，硫化氫分子首先被物理性的吸附，然後通過與苛性鈉化學反應而轉化為硫分子，所以稱為化學吸附。活性炭對於硫比對於硫化氫，具有更大的吸附容量，結果，鹼性浸漬活性炭對於硫化氫的吸附容量，通常大於標準活性炭而達到 5 至 7 倍。

然而，此效能的提高並非沒有代價，浸漬活性炭犧牲了硫化氫以外所有化合物的吸附容量，並比標準活性炭具有較低的點燃溫度，此大幅提高碳床著火的機會。

(C) 利用化學吸附的混合碳的介質

混合碳的介質與鹼性浸漬活性炭非常類似，在製造混合介質的過程，一開始金屬氧化物(通常為氧化鎂)係以固體形式添加，而並非在製造過程的最後以液體形式噴灑。如同鹼性浸漬活性炭，混合介質，係藉由硫化氫與金屬氧化物間的化學反應形成元素態硫，而提高活性炭對硫化氫的吸附容量。與鹼性浸漬活性炭相同，混合介質相對的耗盡對有機化合物的吸附容量，因為金屬氧化物為非吸附材質，對有機化合物的吸附毫無貢獻，然而混合介質並沒有浸漬活性炭較低的點燃溫度的特性。

(D) 催化型活性炭

催化型活性炭，係臭氣控制的最新型活性炭，此種活性炭也提高了對硫化氫的吸附容量，但其達成提高容量並不與浸漬活性炭或混合碳的介質相關。催化型活性炭，將吸附的硫化氫轉化為硫酸及亞硫酸，而比硫化氫更有效的貯存在活性炭上面(但不像元素態硫那麼有效率)。催化型活性炭主要的好處，係其轉化的酸為水溶性，容許活性炭可在現地以簡單的水洗來再生。催化型活性炭並沒有浸漬，所以並不會如同浸漬活性炭的降低有機臭氣吸附容量及提高碳床著火的可能。

② 處理臭氣種類及去除效率

(A) 硫化氫

各種活性炭對硫化氫吸附容量的比較，如表 11.6 所示。

(B) 有機硫化合物

此種化合物，係污水處理廠臭氣控制僅次於硫化氫的最普遍臭氣，典型的有機硫化合物，包括甲基硫醇(methyl mercaptan)、二甲基二硫(dimethyl disulfide)及羰基硫(carbonyl sulfide)。

在各種情況下，活性炭可以物理吸附方式除去這些化合物。鹼性

浸漬活性碳及混合碳的介質，對這些化合物並沒有提供額外的吸附容量，事實上存在於活性碳裡面或上面的金屬氧化物，會減少活性碳的物理吸附容量。當這些化合物經由物理吸附除去時，活性碳無法在現地再生。活性碳可經濟有效的處理低濃度(1-5 ppm)的有機硫化化合物，較此為高的濃度通常會很頻繁的消耗活性碳，使得換碳會成為不合理的費用及操作者頭痛的問題。

(C) 胺

活性碳對於污水處理廠中大部分的胺化合物，能提供有用的吸附容量，然而如同有機硫化化合物，活性碳對這些化合物的吸附容量有限，且無法現地再生。

(D) 氨

大多數活性碳對去除氨無效，氨分子在活性碳上吸附不良，很快就會貫穿而出，故通常不建議以活性碳去除氨。採用酸性浸漬活性碳係一種例外，然而此方式通常不如其它除氨方法之經濟有效。

(E) 去除效率

活性碳可能是前述任何技術中，具有最高去除效率者，所有進來污染物通常可去除 99.9%。活性碳也具有最低平均臭氣單位約 100 OU/m³ 的排放水準。

表 11.6 各種活性碳對硫化氫吸附容量的比較

活性碳種類	硫化氫容量	備註
標準活性碳	0.01-0.03 g/cc	1
浸漬活性碳	0.12-0.14 g/cc	
混合碳的介質	0.14-0.27 g/cc	2
催化型活性碳	0.09-0.63 g/cc	3

備註：

1. 椰子殼製造的活性碳有較高(0.03 g/cc)的容量，而直接活化煤炭的活性碳具有較低的容量。
2. 依據不同氧化鎂混合活性碳樣品之多次試驗結果。
3. 0.09 g/cc 數字僅用於初步容量，而 0.63 g/cc 極致容量係已考量經水洗的因素。本表顯示標準活性碳僅應用於處理低濃度(1-2 ppm)的硫化氫，而浸漬活性碳、混合碳的介質及催化型活性碳可經濟有效的處理高至 20-30 ppm 的硫化氫。

③ 操作維護考量

活性碳吸附系統，包括風扇或鼓風機、活性碳床(一段或多段)、防蝕風管及必要的控制。活性碳系統，係任何主要的臭氣控制技術中，具有最少活動零件的技術。碳系統本身沒有活動零件，僅有風扇及阻風閘門或鼓風機及閥類，係具有活動零件的組成。碳系統通常不需要電子感應器或儀表，並且除了風扇電動機的啟動器及開關按鈕外，通常不需要其它的控制。參考圖 11.10 臥式活性碳吸附系統示意圖及圖 11.11 立式活性

碳吸附塔照片。

除了催化型活性碳外的所有活性碳，其容量用罄時，必須將系統停機數日，以便自容器中將活性碳移除及更換，活性碳的裝卸，通常需要容器上方至少有 1.8 m 的淨高。

催化型活性碳系統，可用水洗以回復對於硫化氫的吸附容量，所以大幅減少所需更換活性碳的頻率，水洗通常可由操作人員約花 1 至 2 天完成。

標準活性碳系統(當不處理硫化氫時)，通常設計成運轉一年才須更換活性碳，浸漬活性碳，係設計成處理硫化氫約一年後才須更換活性碳，混合碳的介質在正常硫化氫負荷下，可供二至三年之壽命，而催化型活性碳，時常提供五年或以上使用才須更換活性碳。

活性碳系統通常比任何臭氣控制技術，需要最小的整體用地面積。

④ 使用時機

標準活性碳系統，最適合用於處理低濃度的有機化合物(通常係在 ppb 範圍)及用於其它臭氣控制技術處理之後的潤飾(polishing)處理系統。鹼性浸漬活性碳，則因碳床著火的內在安全問題已逐漸廢棄不用。混合碳的介質及催化型活性碳，適合於中濃度至高濃度硫化氫，特殊的催化型活性碳系統可處理 50 ppm 或更高的硫化氫。所有的活性碳系統，皆極適合間歇流及間歇負荷的應用，因為活性碳對臭氣濃度改變具有瞬間的反應，並在啟動後立即生效。活性碳極適合應用在污水收集系統及合流制的溢流站(Combined Sewer Overflow,CSO)/污水管溢流(Sanitary Sewer Overflow,SSO)。

活性碳通常在經濟上，不適合處理高負荷之有機化合物(5 ppm 及更大)，不管甚麼種類的活性碳，也不建議用於高於 200 ppm 之硫化氫負荷。

(5) 合併運用法

表 11.7 為前述各種除臭技術對各種臭氣的去除效率表，每一種除臭技術，都有其不同的強項及弱項，有些係重疊，但也有許多地方其中的一種技術，顯然比其它技術好。同樣明顯的是，時常有一些臭氣，包含許多種臭氣化合物，這種臭氣情況時常無法僅以單一系統或技術解決。舉例而言，可能有臭氣，包含高濃度的硫化氫(30 ppm 或更多)及相當程度的有機硫化合物(可能係 5 ppm 的甲基硫醇)，沒有一種技術能解決這問題。如果使用催化型活性碳系統，可能可以處理硫化氫，但硫醇將會快速填滿所有的吸附部位而貫穿而出；生物洗滌塔同樣可容易的處理硫化氫，但對硫醇不會非常有效；使用鹼性化學洗滌塔也是一樣；生物濾床可處理全部臭氣達一段時間，但高濃度的硫化氫，會逐漸導致消耗硫醇細菌的死亡以及有機濾料的變質。在這種情況下，包含兩種技術的合併系統即成為唯一可行的解決方法。在這個例子中，第一階段如生物洗滌塔或催化型活性碳系統，可用來去除硫化氫，第二階段採生物濾床系統，將係非常理想以去除硫醇及任何剩餘的

硫化氫，後者此時係為非常低的濃度。

另一種時常需要合併運用法的情況，係敏感地區的臭氣控制。有時臭氣源十分接近廠區圍牆線，一些臭氣控制技術所排放空氣的臭氣單位，可能無法被緊鄰圍牆線的鄰居所接受，例如，生物濾床通常排放空氣的臭氣單位介於 200 至 400 OU/m³，此濃度可能代表生物濾床已消除相當量的臭氣，但對鄰居來說仍然太高，此時解決方法係增加第二階段的活性炭系統，以進一步消除臭氣單位至 100 OU/m³ 或更低。

這種活性炭臭氣控制技術係做為進階處理，生物洗滌塔及化學濕式洗滌塔也是做為進階處理的候選者，因為它們通常去除 98% 或更高的硫化氫及/或氨，但它們對去除有機硫化合物並不那麼好，使得排放至空氣中的臭氣單位，有時會高達 1000 ppm，此時增加活性炭吸附系統，可使整個臭氣處理系統達到排放的臭氣單位至約 100 OU/m³。

使用化學濕式洗滌塔及生物氧化法系統時，當臭氣濃度有尖峰情況時，也可增加活性炭做為進階處理。

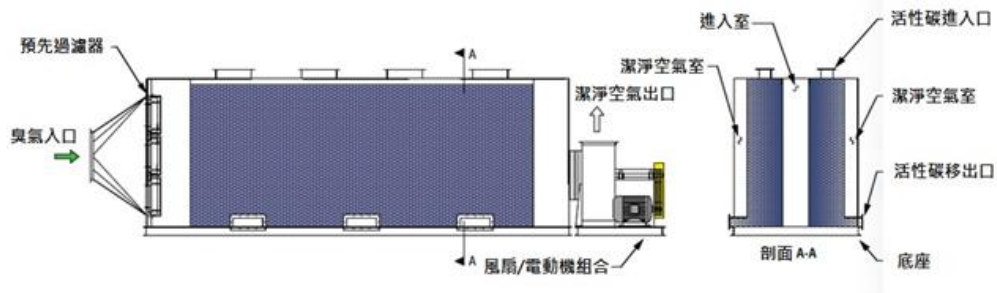


圖 11.10 臥式活性炭吸附系統示意圖



圖 11.11 立式活性炭吸附塔照片

表 11.7 各種除臭技術對各種臭氣去除效率表

除臭技術	型式	H ₂ S	NH ₃	胺	硫醇	有機硫化合物	排放臭氣單位(OU/m ³)
化學濕式洗滌塔	NaOH	去除率 99%	—		去除率 20-70%	去除率 20-70%	臭氣源僅有 H ₂ S 時：良好，臭氣源包括有機硫化合物及 H ₂ S 時：會超過 1,000 OU/m ³
	NaOCl						
	H ₂ SO ₄	—	去除率 99%	去除率 99%			
生物氧化法	生物洗滌塔	5-1000 ppmv。去除率>98%，經常>99%。低 H ₂ S 或 H ₂ S 為間歇性或變化太大時不適用	去除率>90%	去除率>90%		去除率有限	臭氣源僅有 H ₂ S 時：良好，臭氣源包括有機硫化合物及 H ₂ S 時：會超過 1,000 OU/m ³
	生物濾床	適合<10 ppmv。去除率 50-90%較高時，會對其它臭氣化合物的處理產生排擠效應。H ₂ S 為間歇性或變化太大時不適用	去除率佳	去除率佳	去除率佳	去除率佳	200-400 OU/m ³
吸附系統法	標準型	適合 1-2 ppmv 去除率 99.9% 不建議>200 ppmv	去除率差	去除率有限 活性炭無法 現地再生	去除率有限 活性炭無法 現地再生	適合 1-5 ppmv>5ppmv 不經濟	100 OU/m ³
	催化型	適合 20-30 ppmv 去除率 99.9% 不建議>200 ppmv					

臭氣去除效率：可以想像的，有好幾種可能的合併處理系統。合併處理系統，係提供最高去除效率及最大可能減少臭氣單位，目標化合物在第二(或第三)階段排放空氣之去除效率應超過 99%，排放空氣的臭氣單位，在使用生物濾床作為第二階段時，不應大於 200 至 400 OU/m³，而使用活性碳進階處理時不應大於 100 OU/m³。

(6)常見臭氣情況及可能解決方法

臭氣會在污水收集系統以及污水處理廠本身許多地點產生，這些臭氣可能由無機及有機化合物合併所引起，以下選擇三處常產生臭氣的地方加以探討：

① 污水收集系統-抽水站

污水收集管線中含硫化氫之污水流到抽水站後，污水受到攪拌，硫化氫從液相釋放到氣相，導致臭氣產生。空氣中硫化氫濃度從 2 ppm 至數百 ppm，通常硫化氫濃度可假設為 10 ppm。其它臭氣化合物可能存在，但通常僅為非常低的濃度。參考表 11.8 典型抽水站臭氣種類及濃度。

表 11.8 典型抽水站臭氣種類及濃度

污 染 物	說 明	典型濃度
硫化氫(H ₂ S)	高	50-100 ppm
氨(NH ₃)	低	<10 ppm
還原硫化合物	低	<0.1 ppm
其它有機物	低	<0.1 ppm
臭氣單位	臭蛋味 H ₂ S	500-5,000 OU/m ³

解決方法：硫化氫佔大多數，加上沒有太多的有機臭氣化合物，使單段技術可有效解決此問題。硫化氫濃度在較低情況(10 ppm 及更少)時，改造的生物濾床或催化型活性碳系統為不錯的選擇。硫化氫濃度在較高情況，生物濾床變成不太足夠的解決方式，但生物洗滌塔現在可能變成一個可接受的方案。抽水站的特色，係包括靠近民房及有限土地面積，這些其它的因素使活性碳成為最適當的技術。

② 污水處理廠-前處理區

硫化氫通常係前處理區最普遍的臭氣化合物，其出現的濃度自 5 ppm 至 50 ppm 及以上。還原硫化合物也通常存在，濃度自 50 ppb 至幾個 ppm。前處理區時常係合併系統的候選者。參考表 11.9 典型前處理區臭氣種類及濃度。

解決方法：高濃度硫化氫及還原硫化合物的組合，需要合併系統以得到真正有效的解決，解決方案有數個，其中之一為兩階段系統，包括第一階段生物洗滌塔以去除硫化氫，接著為改造之生物濾床(如果有機化合物為低至中 ppm 範圍)及活性碳系統(如果有機化合物為 ppb 至非常低

ppm 範圍)。

表 11.9 典型前處理區臭氣種類及濃度

污 染 物	說 明	典型濃度
硫化氫(H ₂ S)	高	50-100 ppm
氨(NH ₃)	低	<1 ppm
還原硫化合物	低	<0.1 ppm
其它有機物	可能高	>1 ppm
臭氣單位	高強度	500-3,000 OU/m ³

③ 污水處理廠-污泥處理區

污泥處理過程，係所有污水作業中呈現一些最強烈臭氣的地方，通常其硫化氫平均濃度可假設為 10 ppm。參考表 11.10 典型污泥處理區臭氣種類及濃度。

表 11.10 典型污泥處理區臭氣種類及濃度

污 染 物	說 明	典型濃度
硫化氫(H ₂ S)	高	1-25 ppm
氨(NH ₃)	高	50-100 ppm
還原硫化合物	高	1-5 ppm
氨/胺化合物	魚臭味	1-10 ppm
臭氣單位	持久且逸散很遠	500-10,000 OU/m ³

解決方法：此種情況最好以合併技術解決，所有主要臭氣化合物都屬高濃度，可採生物洗滌塔作為第一階段(假設硫化氫濃度為 20 ppm 或更高)以處理硫化氫及氨，接著採生物濾床作為第二階段，以降低有機臭氣及進階處理任何剩餘的硫化氫及氨。如果硫化氫平均濃度低於 20 ppm，第一階段採生物濾床，接著第二階段採活性碳進階處理為最佳選擇。

11.6 池槽分水

多槽之同類型池槽，應考量進流污水之水質及水量能均勻分配。如以沉澱池為例，為使各池能完全利用，流入各池的污水量，需依照其相對的處理容量來分配。如沉澱系統，包括多個大小及形狀都相同的沉澱池，則污水需分成相等分流入各池。污水分流如不良，則沉澱池的處理容量無法完全發揮，低於負荷的沉澱池出水水質改善程度，無法彌補超過負荷的沉澱池出水水質的變差，並且因為水質差的沉澱池出水量較多，導致整體出水水質更加惡化。在此情況下，為改善沉澱池的出水，就必須限制污水進入負荷最大的沉澱池的總流量，使其不超過最大

容量，但此會導致其他沉澱池的負荷跟著降低，而損失了總處理容量。經由污水分流的改善，沉澱系統的容量可提高，因為所有沉澱單元都能完全利用到其容量。

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

池槽分水種類及設計如下：

1. 管線幾何對稱(參考圖 11.12)

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

優點：水頭損失最少。

缺點：管線布置所需用地面積大。

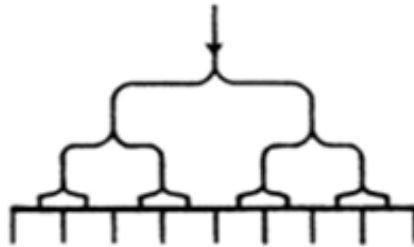


圖 11.12 管線幾何對稱

2. 分水井(參考圖 11.13)

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

優點：本分水井最適合安排在各水池的幾何中央。

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

3. 流量計及控制閥(參考圖 11.14)

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

優點：控制得宜時，分水均勻。

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

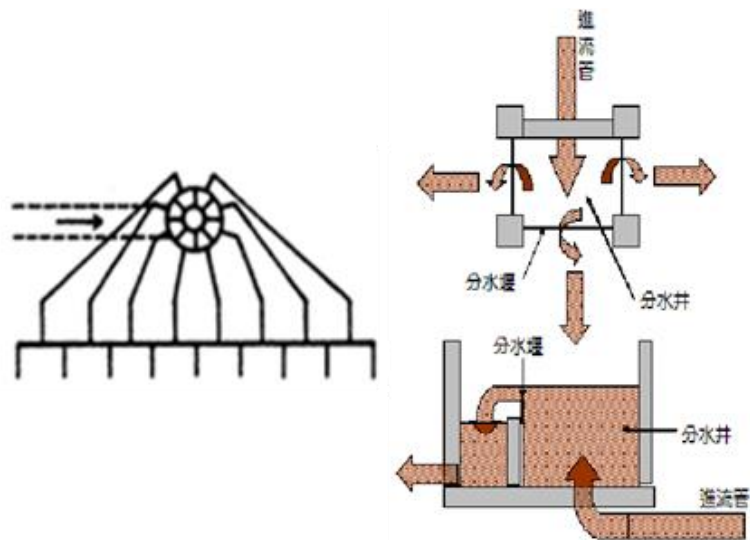


圖 11.13 分水井

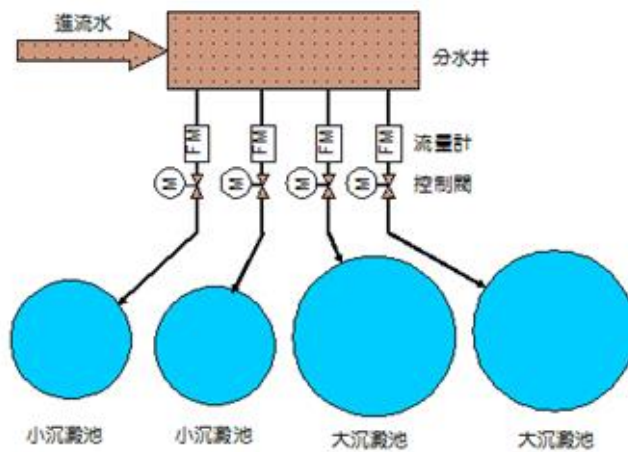


圖 11.14 流量計及控制閥

4. 喉口式水槽(參考圖 11.15)

方法：分水井可以連接多個喉口式水槽來分水，每個喉口式水槽分水至每個水池。

優點：喉口式水槽類似於巴歇爾水槽，但不同處在於沒有平行的喉口段，以及整條水道之底部高程與渠道底部高程相同。

使用喉口式水槽，可避免發生使用孔口分水時的淤積浮渣。喉口式水槽不建議做為量取流量之用途。

缺點：比溢流堰或分水渠道，喉口式水槽構造費用相對較高。

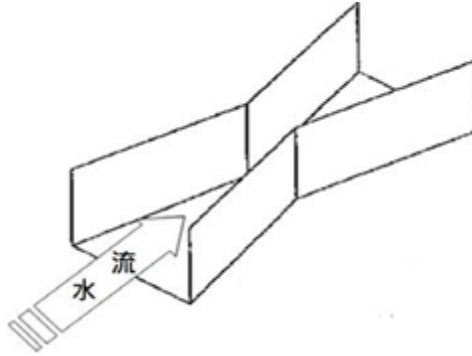


圖 11.15 喉口式水槽(Cut Throat Flume)

5. 分水渠道

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

$$h_{Lp} = \Delta h / (1 - m^2) \dots \dots \dots (11-1)$$

式中：

h_{Lp} = 通過出水孔口的水頭損失，m

Δh = 沿著整條渠道的水力坡降相差值，m

m = 通過各孔口之最低流量與最高流量之比值

例如設計時要求在最大流量時，通過第一個孔口的流量 q_1 與通過第 n 個孔口的流量 q_n ，相差在 5% 以內，即 $m = q_n/q_1 = 0.95$ ，於最大流量下，各孔口的水頭損失，應大於分水渠道整體水頭損失的 10 倍以上。

至於分水渠道整體水頭損失的計算方法，可假設水流係以固定流量(即進流或最大流量)方式通過整條渠道，而依照公式 11-2 計算出水頭損失 H_L ，再將該水頭損失乘以 1/3，如公式 11-3，其結果即約略等於分水渠道的實際整體水頭損失 H_a 。

$$H_L = S \times L \dots \dots \dots (11-2)$$

$$H_a = 1/3 H_L \dots \dots \dots (11-3)$$

式中：

H_a = 分水渠道的實際整體水頭損失，m

H_L = 渠道之水頭損失，m

S = 依照曼寧公式計算所得的渠道水力坡度，m/m

L = 上游及下游渠道間之距離，m

(1) 分水渠道—溢流堰(參考圖 11.16)

方法：使用溢流堰來分水，堰長應該等比於流入該池的流量分配。在擴廠

時，如新池槽容量與舊池槽容量不同，需要用不同長度的堰板來分水。

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

缺點：由於堰板長，些微高程差即會對流量有大程度的改變，準確的調整流量不容易。自由跌落堰板水頭損失大。初沉池進流堰採用自由流的堰板跌落時，會有臭味產生，應改用潛堰。初沉池進流渠道底部容易淤積，應採用粗氣泡攪拌設備或水中攪拌機來防止淤積。二沉池採用進流堰時，須留意混合液自池頂跌落會產生密度流的效應。

(2) 分水渠道—沉沒式孔口(參考圖 11.17)

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

優點：在一定的流量範圍內，分水相當均勻。

缺點：由於孔口大小固定，尖峰流量時，孔口可能限制最大流量；低流量時，孔口可能無法達到分水功能。渠道末端水面須設置漂浮物閘門，以便將漂浮物導引至沉澱池除去。

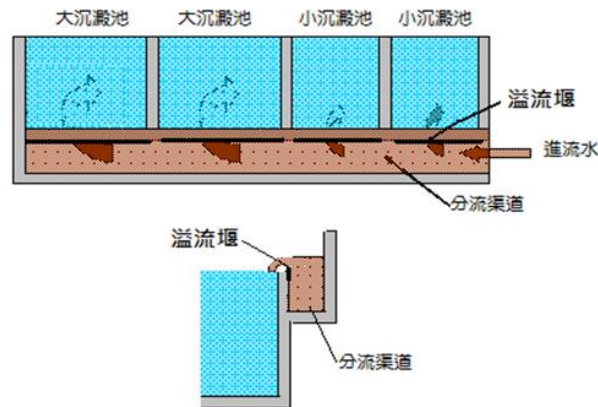


圖 11.16 分水渠道—溢流堰

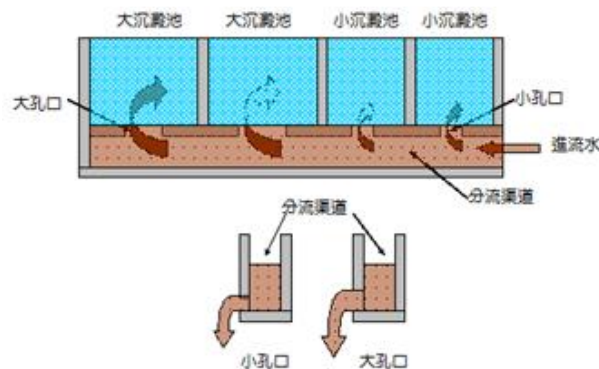


圖 11.17 分水渠道—沉沒式孔口

(3) 分水渠道—沉沒式入口閘門(參考圖 11.18)

方法：利用等斷面渠道各池的沉沒式入口閘門，調整閘門開孔大小，並使出水堰在同一高度。若需排除浮渣時，可做全斷面開口式閘門，平時以沉沒式入口操作，需排浮渣時則閘門完全開啟。

優點：閘門開孔大小，可依據任何持續一段時間的流量來調整，最具彈性。

缺點：渠道末端水面須設置漂浮物閘門，以便將漂浮物導引至沉澱池除去。

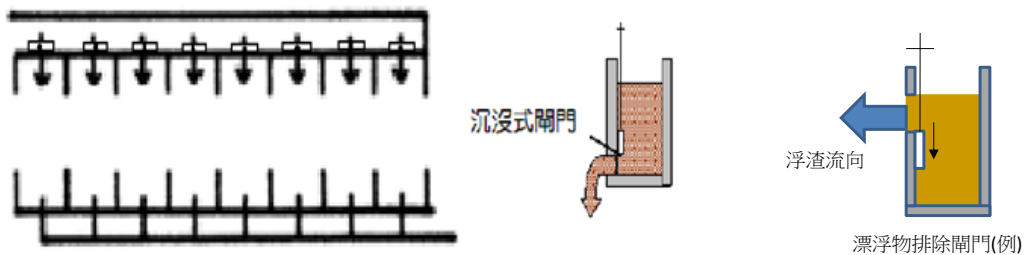


圖 11.18 分水渠道—沉沒式入口閘門

(4) 漸變斷面分水渠道—配合溢流堰、沉沒式孔口或入口閘門(參考圖 11.19)

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

優點：分水較等斷面窄渠道為均勻。

缺點：渠道變化量沒有與流量成等比時，分水仍不均勻。

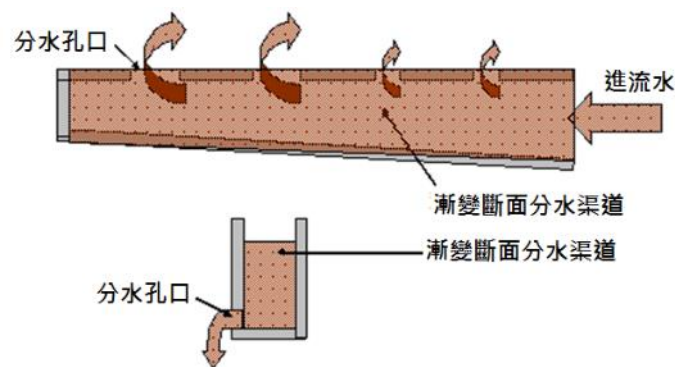


圖 11.19 漸變斷面分水渠道—配合沉沒式孔口或入口閘門

(5) 零流速分水渠道—配合溢流堰、沉沒式孔口或入口閘門(參考圖 11.20)

方法：利用既寬且深的渠道，使流速非常緩慢，約 $0.2\sim 0.4\text{ m/s}$ ，確保各分水孔口的水位相同，以便均勻分水。在擴廠時，如新池槽容量與

舊池槽容量不同，需要用不同面積的孔口來分水。

優點：分水均勻

缺點：為避免污水中固體物沉澱，渠道中要以機械或空氣攪拌。

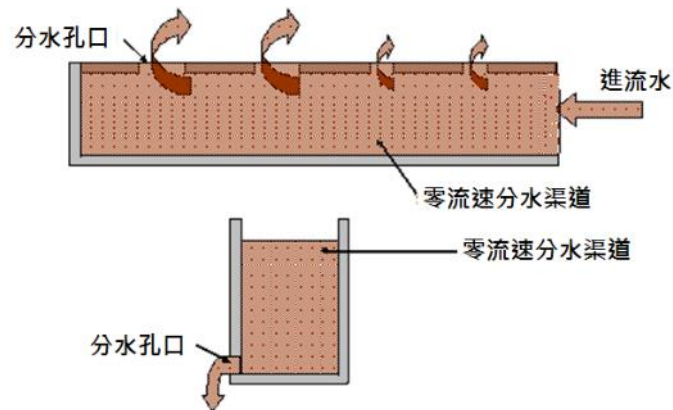


圖 11.20 零流速分水渠道—配合沉沒式孔口或入口閘門

(6) 環狀分水渠道(參考圖 11.21)

方法：利用環狀分水渠道，配合低流速，能確保各出水孔口的水位相同，以便均勻分水。

優點：每個出水孔口上下游的渠道牆壁上，均預設止水擋板專用的槽溝，當要維修某個出水孔口上的溢流堰或入口閘門時，可在該出水孔口的上下游渠道上，安裝臨時止水擋板，以便該渠道段能局部排水，在不影響其他出水孔口水流之情況下，能維修該溢流堰或入口閘門。

缺點：使用環狀分水渠道及配合低流速，用地面積及工程費會增加。

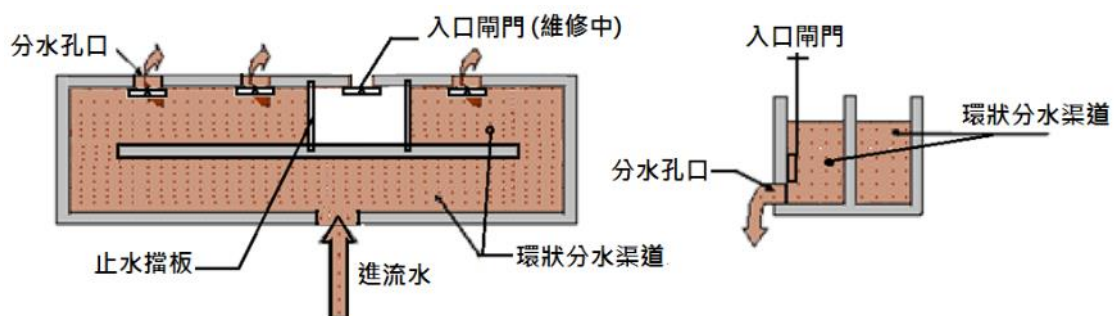


圖 11.21 環狀分水渠道

6. 污水分流的條件：

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

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

7. 渠道或孔口應依其需求分別採用不同之閘門

用於渠道之閘門(參考圖 11.22)種類如下：

- (1) 制水閘門(sluiice gate 又名 penstock)：矩型制水閘門係採用鑄鐵或不鏽鋼製造，通常以設於閘門兩側及底部之可調整黃銅楔組之楔型作用做為水密機制，底部之黃銅楔組亦有改以彈性座封者，用於水壓較大的渠道，其可承受之正壓及背壓水頭皆大於滑動閘門，制水閘門在設計正壓及背壓水頭下不允許滲水或漏水。
- (2) 滑動閘門(slide gate)：又稱為渠道閘門(channel gate, canal gate)，閘門採用碳鋼、不鏽鋼、FRP 或鋁板製造，以彈性座封做為水密機制，附轉輪，用於渠道內、渠道口或浸沒孔口之擋水，閘門僅允許極少量滲水或漏水。
- (3) 止水閘門(stop gate)：又稱為止水閘板(stop plate)，僅附手提把手，不附轉輪，用於渠道內之擋水，閘板允許少量滲水或漏水。
- (4) 止水塊板(stop log)：用於渠道之臨時擋水，採用鋁板或不鏽鋼板製造，依照渠深由數塊止水塊板疊置而成，止水塊板係以彈性座封做為水密機制，塊板間允許少量滲水或漏水。
- (5) 蝶式閘門(butterfly gate)：垂直轉軸式矩形閘門，用於操作空間不足及須控制渠道流量者，閘門允許少量滲水或漏水。
- (6) 排泥閥(mud valve)：閘門係藉由手動、氣動或液動方式操作，採用鑄鐵製造，以黃銅座面做為水密機制，用於渠道底部之排水。

用於孔口之閘門(參考圖 11.23)種類如下：

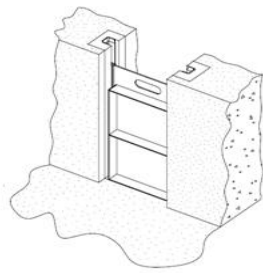
- (1) 堰閘(weir gate)：設置於渠道末端之孔口或渠道側邊分水孔口，藉由閘門向下開啟，而控制上游水位或允許排出一定流量者，堰閘不允許滲水或漏水。
- (2) 舌閥(flap gate)：用於管線或渠道末端之孔口，防止出口處之水逆流進入管線或渠道。



a.制水閘門



b.不銹鋼滑動閘門



c.止水閘板



d.止水塊板



e.矩形蝶式閘門



f.池底排泥閥

圖 11.22 用於渠道之閘門



a. 堰閘



b. 舌閘

圖 11.23 用於孔口之堰閘及舌閘

表 11.11 閘門種類及應用表

閘門種類 應用	制水 閘門	滑動 閘門	止水 閘板	止水 塊板	蝶式 閘門	池底排 泥閘	堰閘	舌閘
渠道		●	●	●	●	●		
孔口/渠道末端	●						●	●
水密性*	+++	++	+	+	+	+++	++	++
永久性裝置	●	●			●	●	●	●
臨時性裝置			●	●				
手動開關	●	●	●	●	●	●	●	
自動開關	●	●			●	●		●
垂直開關	●	●	●	●		●	●	
水平開關					●			●
特殊用途		控制上 游水位				渠底排 水用	調節溢 流量用	單向出 水用

*備註：+越多表示水密性越佳

11.7 各種量水設施

一般水量之測定，是在某一單位時間內，流經渠道某一斷面之水容積，即為流量之測定。用公式表示即為 $Q=AV$

式中：

Q =單位時間內通過渠道某斷面(A)之流量(m^3/s)

A =渠道某一斷面(m^2)

V =水流斷面(A)之平均流速(m/s)

於污水處理廠其流量測定之方法，係利用某些特別設計之量水構造物設置於渠道內，其斷面形式為一定，流量僅與水位有關，故測定流經此斷面水深即可計算流量，普遍採用的量水設施包括：堰、孔口、巴歇爾量水槽及電磁流量計等。

11.7.1 各種量水設施之選用

各種量水設施，依其特性於適當使用場地選擇設置之：

1. 堰。
2. 孔口。
3. 巴歇爾量水槽。
4. 電磁流量計。

解說：

上述量水設施，皆適合及常用於污水處理廠，堰及孔口以污水處理廠，可用水頭為主要選用考量，電磁流量計與巴歇爾量水槽，以商用尺寸為主要選用依據。

1. 堰

- (1) 原理：堰為測定流量最簡單，又相當精確的量水構造物之一。係在渠道適當地點設置隔牆，橫築於明渠中並附設缺口，使水流流經缺口，據以測定流量之構造物。
- (2) 型式：堰之形狀，依其缺口形狀可分為矩形、梯形(trapezoidal)、三角形、拋物線形及其他規則之形狀，其中以矩形、梯形及 90 度三角形堰最為普遍，其形狀如圖 11.24。

(3) 矩形堰

①標準不收縮矩形堰

堰頂與引渠渠底距離發生縱向收縮，堰頂邊端為引渠邊壁而無橫收縮者，稱為標準不收縮矩形堰。

流量計算公式如下：

不考慮接近流速

$$Q = CLH^{3/2} = 1.7LH^{3/2} \dots\dots\dots(11-4)$$

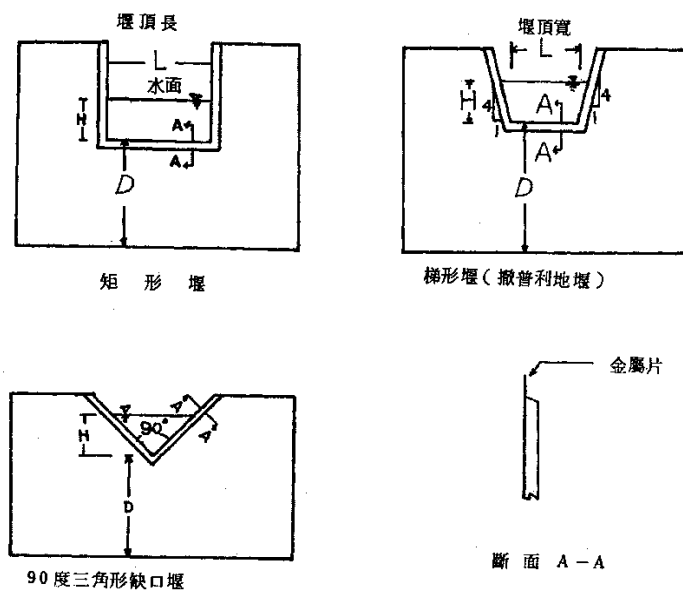


圖 11.24 各式堰

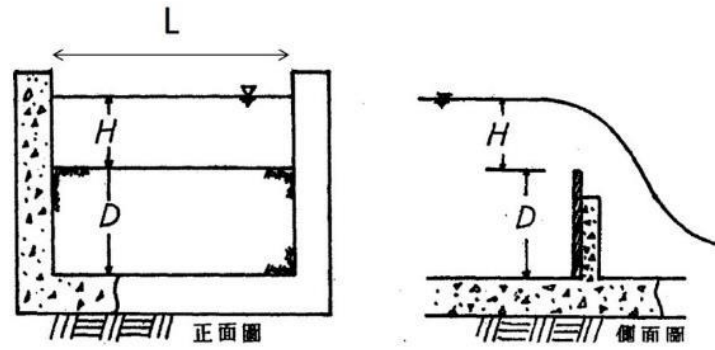


圖 11.25 標準不收縮矩形堰($D > 3H$)

考慮接近流速(H_v)

$$Q = 1.7 L \left[(H + H_v)^{3/2} - H_v^{3/2} \right]$$

式中：

Q ：流量以 m^3/s 計

C ：流量係數=1.7

D ：渠底至堰頂深度以 m 計

L ：堰長以 m 計

H ：堰上水位以 m 計

H_v ：接近流速水頭 ($H_v = \frac{V^2}{2g}$)

② 標準收縮矩形堰

由堰頂至引渠底及由堰頂兩側至引渠邊牆之距離，發生縱向收縮及橫向收縮者為標準收縮矩形堰。

流量計算公式如下：

不考慮接近流速

$$Q = 1.838(L - 0.2H) H^{3/2} \dots\dots\dots(11-5)$$

考慮接近流速時

$$Q = 1.838(L - 0.2H) \left[(H + H_v)^{3/2} - H_v^{3/2} \right] \dots\dots\dots(11-6)$$

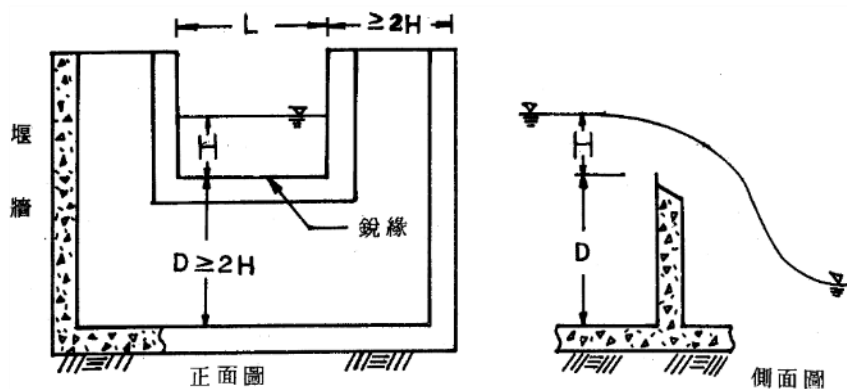


圖 11.26 標準收縮矩形堰

(4) 標準銳緣梯形堰

銳緣梯形堰為收縮堰，堰頂至引渠渠底及至引渠兩邊牆，均應有充分之距離，堰頂左右兩緣之斜度，應保持縱向 4 橫向 1 之比。

流量計算公式如下：

不考慮接近流速時

$$Q = 1.856LH^{3/2} \dots\dots\dots(11-7)$$

考慮接近流速時

$$Q = 1.856L(H + 1.5H_v)^{3/2} \dots\dots\dots(11-8)$$

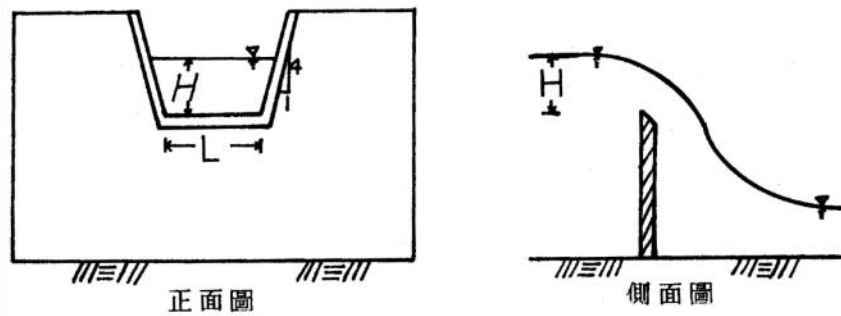


圖 11.27 標準銳緣梯形堰

(5) 標準銳緣 90 度三角形堰

90 度三角形堰，用以測定小流量時，頗為精確方便。

流量公式計算如下：

$$Q = 1.40H^{5/2} \dots\dots\dots(11-9)$$

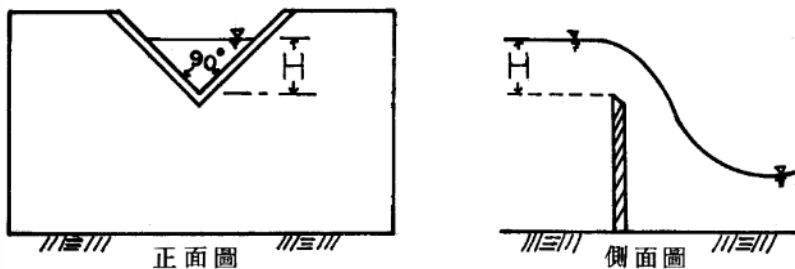


圖 11.28 標準銳緣 90° 三角形堰

(6) 寬頂堰

堰口水流非屬銳緣而屬寬平者，稱為寬頂堰，寬頂堰型式有多種，如矩形頂部、梯形頂部、弧形頂部等，又其堰頂緣面，亦有圓形及方形兩種，以上各種因素均將影響流量係數。

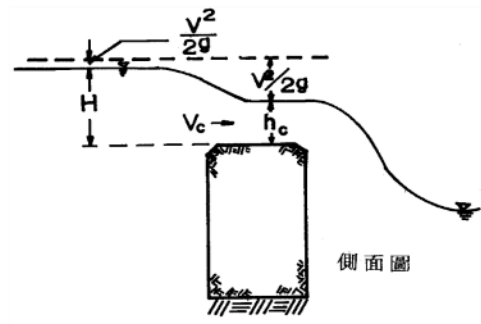


圖 11.29 寬頂堰

流量公式計算如下：

一般寬頂堰公式可按接觸堰頂之接觸緣而定

圓緣寬頂堰： $Q = 1.55LH^{3/2}$(11-10)

方緣寬頂堰： $Q = 1.41LH^{3/2}$(11-11)

除上列公式之外，可以堰上水頭先以銳緣堰求得流量後，再依照寬頂堰之形狀、堰上水頭等因素，加以修正，矩形寬頂堰之流量與銳緣矩形堰之流量關係，可依下式計算：

$$\frac{Q}{Q'} = 0.700 + 0.185 \frac{H}{b}$$

$$Q = \left(0.700 + 0.185 \frac{H}{b}\right) Q'$$

式中：

Q：寬頂堰之實際流量

Q'：同一堰上水頭及堰頂寬時之銳緣堰流量

b：堰之厚度

L：堰長

其他各型寬頂堰，可參閱其他有關書籍。

(7) 潛堰

若下游水位高於堰頂高程，形成潛沒流水理條件，稱為潛流，需以潛流堰公式計算：

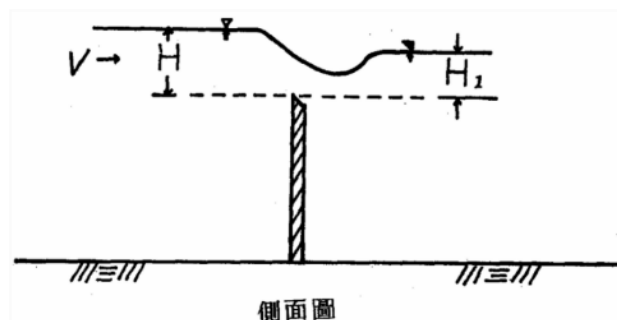


圖 11.30 潛堰

流量公式：

$$Q = 1.838 L(nH)^{3/2} \dots\dots\dots(11-12)$$

式中：

Q = 流量(m^3/s)

L = 堰頂寬(m)

H = 堰上水頭(m)

H_1 = 下游潛浸水頭(m)， $H_1 < 0$ 為自由流； $H_1 > 0$ 為潛流

n = 潛堰係數，由潛浸度 $\frac{H_1}{H}$ 而定

(8) 裝置標準銳緣堰應注意事項

① 標準收縮矩形堰

- (A) 堰頂設於一段平直而均勻的渠道中，水流平順，無渦流之發生，引渠中心線必須經過堰中心，接近流速以不超過 0.2 公尺/秒為宜。
- (B) 堰牆上游面必須光滑，上游之堰頂及其邊緣，必須正直尖銳而平滑，且與堰牆上游面齊平。
- (C) 堰頂兩端必須水平，兩側須為垂直。
- (D) 堰頂至渠底及由堰頂兩側至引渠邊牆之距離，應不小於堰上水頭之兩倍且不得小於 30 公分。
- (E) 水頭(H)以不超過堰前引渠水深 1/4 為宜，以減低接近流速之影響。
- (F) 水頭(H)不宜小於 3 公分以下，以免受表面張力之影響。
- (G) 引渠斷面積，必須大於堰口斷面積之 6~8 倍以上(引渠長度約為堰口水頭之 15~20 倍)以降低接近流速。
- (H) 堰上游之水尺，應設於距離堰頂上最大水頭 4~6 倍處，使不受水面洩降之影響。
- (I) 經堰頂之水舌，應以自由流狀態為原則，並使空氣得以自由進入水舌(水簾)下之空間內。
- (J) 堰之左右側及堰底不得有漏水現象。

② 標準不收縮矩形堰

使用此種堰型與收縮堰相同，但應注意下列兩點：

- (A) 渠道上、下游兩側，應與堰之兩側吻合，以防水舌向下游產生側向擴大情形。
- (B) 水舌下應設置通氣孔，以利通氣作用。

③ 標準 90 度三角形堰

- (A) 缺口邊側與垂直傾斜成 45 度。
- (B) 水頭(H)以 3~30 公分為宜。
- (C) 水頭(H)以引渠水深之 1/2 以下為宜。
- (D) 其他符合於設置標準收縮矩形堰者，均可適用，但流量超過 0.075

秒立方公尺時，則不準確。

④標準銳緣梯形堰

堰頂與邊側均為一薄片，其距引渠之底及兩邊牆均應有充分之距離，以完成收縮。

表 11.12 潛堰係數表

$\begin{matrix} H_1 \\ H \end{matrix}$	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	-	1.004	1.005	1.006	1.007	1.007	1.007	1.006	1.006	1.005
0.1	1.005	1.003	1.002	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.989	0.987
0.2	0.985	0.982	0.980	0.977	0.975	0.972	0.970	0.967	0.964	0.961
0.3	0.959	0.956	0.953	0.950	0.947	0.944	0.941	0.938	0.935	0.932
0.4	0.929	0.926	0.922	0.919	0.915	0.912	0.908	0.904	0.900	0.896
0.5	0.892	0.888	0.884	0.880	0.875	0.871	0.866	0.861	0.856	0.851
0.6	0.846	0.841	0.836	0.830	0.824	0.818	0.813	0.806	0.800	0.794
0.7	0.787	0.780	0.773	0.766	0.758	0.750	0.724	0.732	0.723	0.714
0.8	0.703	0.692	0.681	0.669	0.656	0.640	0.631	0.618	0.604	0.590
0.9	0.574	0.557	0.539	0.520	0.498	0.471	0.441	0.402	0.352	0.275

(9) 堰之維護工作

- ①堰口之銳緣部分及水尺，如發現受損時，須迅速予以更換。
- ②引渠內之泥砂雜物，應經常清除。
- ③堰口以外，其他部分不應有漏水情形，否則必須加以修理。
- ④水尺應定期維護，以求清晰。

2. 孔口

- (1) 原理：在渠道隔牆或側壁上設置洞孔，使水流由洞孔射流而出，以觀測流量者稱為孔口。孔口洩水有自由流孔口及潛流兩種，常用者多為矩形及圓形之潛孔口。

(2) 標準矩形潛孔口

完全收縮矩形孔口稱之

流量公式：

不考慮接近流速

$$Q = CA\sqrt{2gH} \dots\dots\dots(11-13)$$

式中：

C=流量係數採用 0.61

Q=流量(m³/s)

A=孔口斷面積(m²)

$g = \text{重力加速度 } 9.8(\text{m/sec}^2)$

$H = \text{孔口上下游水頭差}(H = H_1 - H_2)(\text{m})$

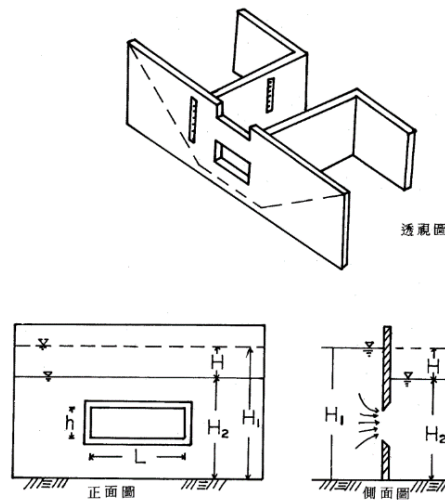


圖 11.31 潛孔口

考慮接近流速

$$Q = CA\sqrt{2g(H + H_v)} \dots\dots\dots(11-14)$$

式中：

$H_v = \text{流速水頭}(\text{m}) = v^2/2g$

(3) 不完全收縮潛孔口

潛孔口不收縮時，流量係數頗難決定，但有時為避免孔口上游泥砂淤積，常將孔下緣置於渠底，致形成底部之不收縮，變成三面收縮矩形孔口，有時亦須施設底部及兩側不收縮之潛孔口。當 $H_2 < \text{孔口高度}$ 時，才屬於孔口流。

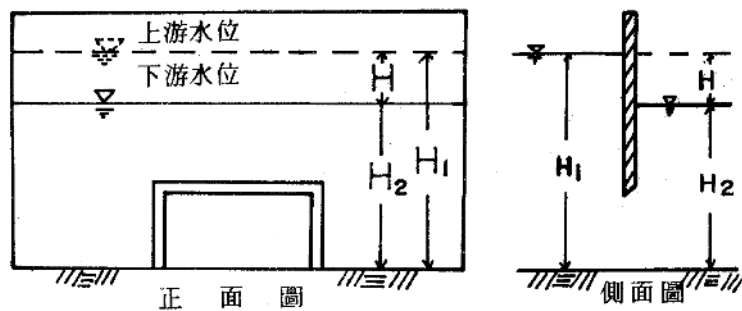


圖 11.32 三面收縮矩形孔口

流量公式：

不考慮接近流速時

$$Q = C(1 + 0.15r)A\sqrt{2gH} \dots\dots\dots(11-15)$$

r = 孔口不收縮部分之周長與全周長之比

考慮接近流速時

$$Q = C (1 + 0.15r) A \sqrt{2g (H + H_v)} \dots\dots\dots(11-16)$$

(4) 孔口裝置應注意事項

- ① 孔口上游面應垂直。
- ② 孔口(不包括定水頭潛孔口)四周應裝置銳緣鋸，銳緣鋸應與胸牆或渠壁在同一平面上、上下緣應保持水平，兩邊緣鋸應與上下緣垂直。
- ③ 完全收縮孔口、緣鋸與引渠渠底及渠壁，需有孔口最小邊長二倍以上之距離。
- ④ 距離孔口上下游 7 m 至 10 m 間之通水斷面積，應為孔口斷面積之 6 倍以上。

(5) 孔口維護

- ① 孔口銳緣鋸如受損而致不平整時，應予更換。
- ② 孔口及其上下游渠道，應經常清除淤砂及雜物。
- ③ 水尺應保持刻度清晰，必要時應予換新。
- ④ 三面收縮孔口，渠底務必保持水平平滑，如混凝土被磨損應補平。
- ⑤ 除孔口外，其他部分有漏水現象時，應予修補。
- ⑥ 定水頭孔口水門務必妥予維護。
- ⑦ 定水頭孔口，為配合分水，故在其下游亦常有淨水池及分水閘門，亦需妥予維護。

3. 巴歇爾量水槽

- (1) 原理：巴歇爾量水槽是在渠道內，將通水斷面以漸變段，使其收縮經一狹窄喉段後，再經一放寬之漸變段，使水流在槽內發生臨界水深、用以觀測水量，其型式可以喉口之大小分為小型、中型、大型三種，依其水流狀態，可分自由流及潛流兩種。

(2) 相關名詞

- ① 在量水槽前段為斷面收縮段，其底部須水平之外，側壁應垂直，中心線長度以 B 表示，側壁長度以 A 表示，上游寬度以 D 表示，下游寬度即為喉口寬度以 W 表示。
- ② 在量水槽中段為喉段兩壁垂直，兩壁間寬度保持一定，槽底向下傾斜喉段長度以 F 表示，喉段寬度以 W 表示。
- ③ 量水槽末段為漸寬段，其底部應隨距離之增加略為提高之。
- ④ 槽頂：喉段起點底部稱為槽頂(與漸縮段底同高)。
- ⑤ 上游水頭：在漸縮段中，由喉段起點溯向上游三分之二頂長處之水位，稱為上游水頭，以 H_a 表示。
- ⑥ 下游水頭：離開喉段終點往下某一點量得之水位，稱為下游水頭，以 H_b 表示。

⑦ 巴歇爾自由流界限

$$\text{小型 } \frac{H_b}{H_a} < 0.6 (\text{自由流})$$

$$\text{中型 } \frac{H_b}{H_a} < 0.7 (\text{自由流})$$

$$\text{大型 } \frac{H_b}{H_a} < 0.8 (\text{自由流})$$

超過上述界限者稱為潛流。

⑧ 潛流流量之計算說明：

巴歇爾量水槽原設計即其水流下游不產生潛流之條件下，進行量水槽設計，並進行單點水位量測後求得其流量。依可找到之參考文獻，目前對於小、中、大型巴歇爾量水槽並未完全有其對應之潛流流量之校正公式。

(1) 小型：無 3 吋及 9 吋之巴歇爾量水槽潛流公式，6 吋水槽公式如下：

$$Q = 0.381H_a^{1.58} - \left[\frac{0.0285H_a^{2.22}}{\left(\frac{H_a + 3.05}{3.05} - K \right)^{1.44}} - \frac{H_a - 0.0561}{87.78} \right]$$

其中 $K = H_a/H_b$

(2) 中型：

$$Q = 0.372W[3.28H_a]^{1.57W^{0.026}} - \left\{ \left(\frac{3.28H_a}{\left[\frac{1.8}{K} \right]^{1.8} - 2.45} \right)^{4.57 - 3.14K} + 0.093K \right\} 0.0746W^{0.815}$$

其中 $K = H_a/H_b$

(3) 大型：

大型水槽目前無公式可計算潛流流量。

⑨ 分級

小型巴歇爾量水槽：凡喉口寬度為 9 吋(含)以下者屬之。

中型巴歇爾量水槽：凡喉段寬度在 1 呎至 8 呎者均屬之。

大型巴歇爾量水槽：凡喉段寬度在 10 呎至 50 呎者均屬之。

⑩ 巴歇爾量水槽主要部分尺寸及流量公式

巴歇爾量水槽主要部分尺寸及流量計算公式均有一定，茲將較常用之中小型量水槽有關尺寸及公式，列述如下：

中小型巴歇爾量水槽自由流之流量公式，如表 11.14。潛流之公式請參閱有關資料。

(3) 巴歇爾量水槽水頭測定

巴歇爾量水槽之水尺安裝，其零點標高均應與槽頂(即漸縮段底)齊平，如裝設在槽內應與槽壁齊平，如裝有量測井者，如通水管被埋，應先予清除後再行觀測。

表 11.13 中、小型巴歇爾量水槽各部分尺寸表

W	A	$\frac{2}{3}A$	B	C	D	F	G	X	自由流流量(cms)	
									最 小	最 大
(3")7.62	46.67	31.12	45.72	17.78	25.88	15.24	30.48	2.54	0.0008496	0.05380
(6")15.24	62.05	41.43	60.96	39.37	39.69	30.48	90.96	5.08	0.001416	0.1104
(9")22.86	87.95	58.74	86.36	38.10	37.47	30.48	45.73	5.08	0.002549	0.2520
(1') 30.48	137.16	91.44	134.24	60.96	84.46	60.96	91.20	5.08	0.003115	0.4560
(1.5')45.72	144.78	96.52	141.86	76.20	102.55	60.96	91.20	5.08	0.004248	0.6797
(2') 60.96	152.40	101.60	149.47	91.44	120.65	60.96	91.20	5.08	0.01189	0.9374
(3') 91.44	167.64	111.76	164.47	121.92	157.16	60.96	91.20	5.08	0.01728	1.427
(4') 121.92	182.88	121.92	179.39	152.40	193.68	60.96	91.20	5.08	0.03682	1.9229
(5') 152.40	198.12	132.08	194.31	182.88	230.17	60.96	91.20	5.08	0.04531	2.424
(6') 182.80	213.36	142.24	209.23	213.36	266.70	60.96	91.20	5.08	0.07363	2.931
(7') 213.36	228.60	152.40	224.16	243.84	303.21	60.96	91.20	5.08	0.08476	3.438
(8') 243.84	243.84	162.56	239.08	274.32	339.93	60.96	91.20	5.08	0.09912	3.951

註：W 及 Y 之單位為 cm

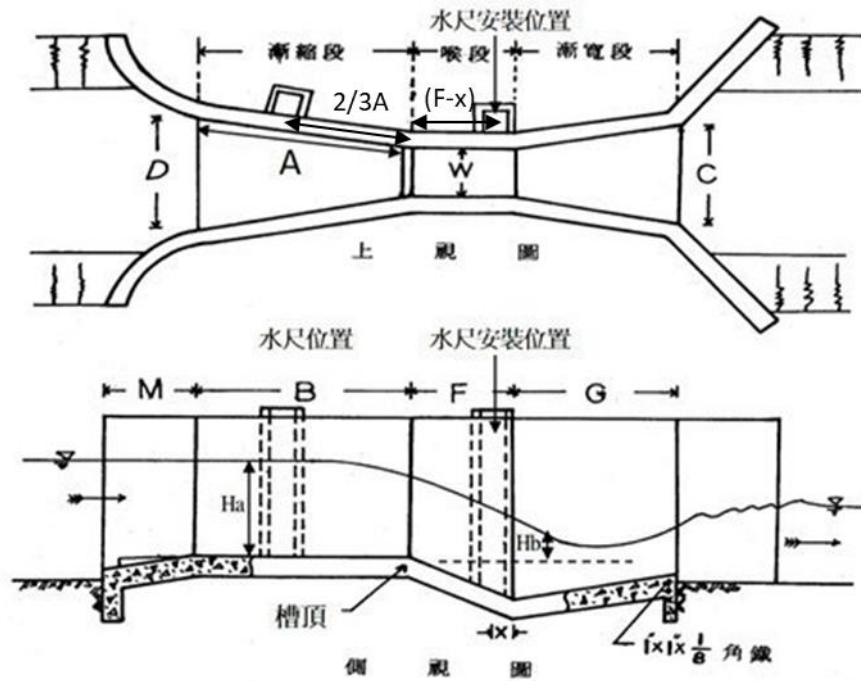


圖 11.33 巴歇爾量水槽

表 11.14 中小型巴歇爾量水槽自由流之流量公式

喉寬(W 值，英吋)	公 式	
1"	$Q=0.048$	$H_a^{1.55}$
2"	$Q=0.096$	$H_a^{1.55}$
3"	$Q=0.141$	$H_a^{1.55}$
6"	$Q=0.264$	$H_a^{1.58}$
9"	$Q=0.466$	$H_a^{1.58}$
備 註	$Q : l/sec$	$H_a : cm$
喉寬(W 值，英呎)	公 式	

		$H_a^{1.522}$
1'	$Q=0.69091$	$H_a^{1.5497}$
2'	$Q=1.4280$	$H_a^{1.5661}$
3'	$Q=2.1843$	$H_a^{1.5779}$
4'	$Q=2.9534$	$H_a^{1.587}$
5'	$Q=3.7321$	$H_a^{1.5946}$
6'	$Q=4.5188$	$H_a^{1.601}$
7'	$Q=5.3123$	$H_a^{1.6665}$
8'	$Q=6.1114$	H_a : m
備 註	$Q : m^3/sec$	

(4) 裝設巴歇爾量水槽應注意事項

- ① 應配合水理現象，選用較為經濟且易於觀測之量水槽尺寸。
- ② 建造固定式之巴歇爾量水槽，須派有經驗之監工人員，詳予測定各部位標高檢查尺寸及模板穩定性，以符合設計標準。
- ③ 水尺應安裝在正確位置，如圖 11.33 所示，其零點應與槽頂齊平。
- ④ 利用移動式巴歇爾量水槽，在安裝時應以水準儀詳加測量調整後，予以固定，槽底下面基礎應穩固並時加檢查，如有移動應即調整。
- ⑤ 應注意巴歇爾量水槽前段應至少有 5~10 倍喉寬之直線距離，才能有較佳流況。

(5) 巴歇爾量水槽維護要點

- ① 水尺應保持良好，如須更換時安置位置應正確。
- ② 量水井及通水管應經常清理。
- ③ 量水槽出口段渠道應當除草，以免下游水流被阻，而產生潛流現象。
- ④ 移動型之巴歇爾槽，不用或移動時，應小心安放以免變形。

4. 電磁流量計

(1) 原理

電磁式流量計的工作原理(如圖 11.34)，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，電動勢的大小與導體運動速度和磁感應強度大小成正比。其中，當導電流體以平均流速 $V(m/s)$ ，通過裝有一對測量電極的一根內徑為 $D(m)$ 的絕緣管子流動時，並且該管子處於一個均勻的磁感應強度為 B 的磁場中，則在一對電極上就會感應出垂直於磁場和流動方向的電動勢(E)。

由電磁感應定律，可寫成： $E=kBVD$

式中：

E ：測量的流體流動面產生的感應電壓，這個電壓信號是由兩端電極

產生(V)

k：傳感器的儀表係數

B：磁感應強度，磁場方向與流體流動方向垂直(T)

V：測量管路截面的平均流速(m/s)

D：測量管路截面的內徑

(2) 口徑與流量範圍

表 11.15 為電磁流量計口徑與流量範圍，於選用時需注意常態流量要在該口徑最大與最小流量範圍內，並避免選用之常態流量於該口徑的流量極限，以減少量測誤差或不準確。另應注意電磁流量計前段，應至少有 10 倍管徑以上之直線距離，後段應有 5 倍管徑以上之直線距離，才能有準確的量測數值。此外，就經濟性而言，管徑超過 1000mm(含)以上，因設置費用太高，因此不建議採用電磁式流量計。

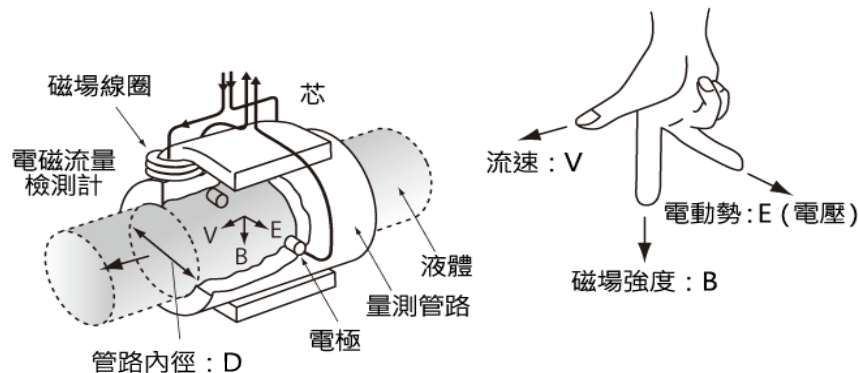


圖 11.34 電磁流量計原理圖

(3) 電極材料選擇

電極材料應根據被測液體的腐蝕性來選擇，需查閱相關防腐蝕手冊，對於特殊流體使用前應作試驗。

(4) 電磁流量計維護要點

- ① 傳訊器應安裝於室內或放置儀表箱內，避免太陽日曬及雨淋。
- ② 水量計應避免強烈振動和過大的溫度變化，同時要防止腐蝕性液體的滴漏對流量計造成損害。
- ③ 信號線與勵磁線要配管加以保護，避免重物壓損而信號中斷或進水。
- ④ 流量計安裝於窰井內應裝設抽水馬達，避免線材與表體長期浸水。
- ⑤ 流量計通訊線材避免與電源線共用一條管路，電源部分應獨立配線配管。

11.8 不同流量之分水方式

污水處理廠若考量去氮除磷，其生物處理經隔槽後，各槽需分配不同進水量時，可採用之分水方式設計如下：

1. 流量計及控制閥

方法：在每槽的進入口設置流量計及控制閥，自動控制系統，可依據各槽處理容量的設定，來調整控制閥以分配不同之流量，如圖 11.35。

優點：控制得宜時，分水均勻。

缺點：高設備費用及高維護費，且需有足夠之水頭。此外，控制閥在其特性曲線末端下，開度與流量可能為非線性關係，此時將無法達到原設定流量。

2. 下開式可調節堰

方法：利用每槽的入口處設置不同寬度之下開堰，利用平頂堰或 V 型堰之堰上水深，來換算每池進流量多寡，以調節分配各槽之流量。如圖 11.36。

優點：控制簡單，所需要的設備及維護費較低。

缺點：水力計算時，需先將各種分水情形先行模擬計算，以決定堰寬及堰頂高程。操作調整時較難以確認堰上水深，而有實際進水量與預設進水量差異較大之情形發生。

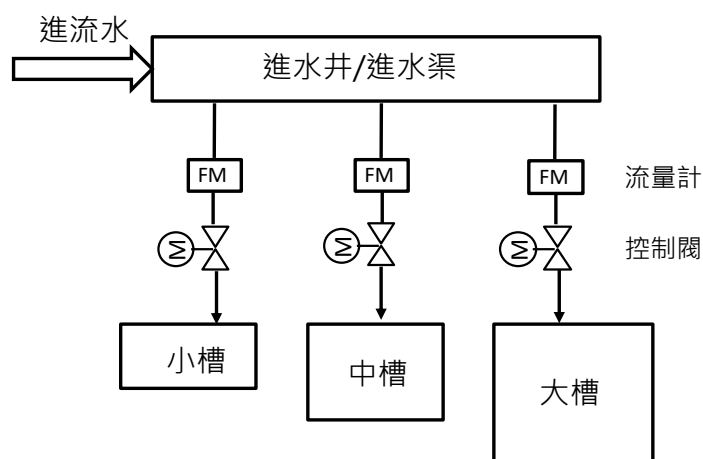


圖 11.35 利用流量計與控制閥進行分水示意圖

表 11.15 各口徑電磁流量計與流量範圍

口徑(mm)	15	20	25	32	40	50	65
Q min(m ³ /h)	0.19	0.34	0.53	0.87	1.36	2.12	3.58
Q max(m ³ /h)	7.63	13.56	21.20	34.73	54.26	84.78	143.28
口徑(mm)	80	100	125	150	200	250	300
Q min(m ³ /h)	5.43	8.48	13.25	19.08	33.91	52.99	76.30
Q max(m ³ /h)	217.04	339.12	529.88	763.02	1356.48	2119.5	3052.08
口徑(mm)	350	400	450	500	600	700	800
Q min(m ³ /h)	103.8	135.6	171.6	211.9	305.2	415.4	542.5
Q max(m ³ /h)	4,154	5,425	6,867	8,478	12,208	16,616	21,703
口徑(mm)	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Q min(m ³ /h)	686.7	847.8	1,220	1,661	2,170	2,746	3,391

Q max(m ³ /h)	27,468	33,912	48,833	66,467	86,814	109,874	135,648
口徑(mm)	2200						
Q min(m ³ /h)	4,103						
Q max(m ³ /h)	164,134						

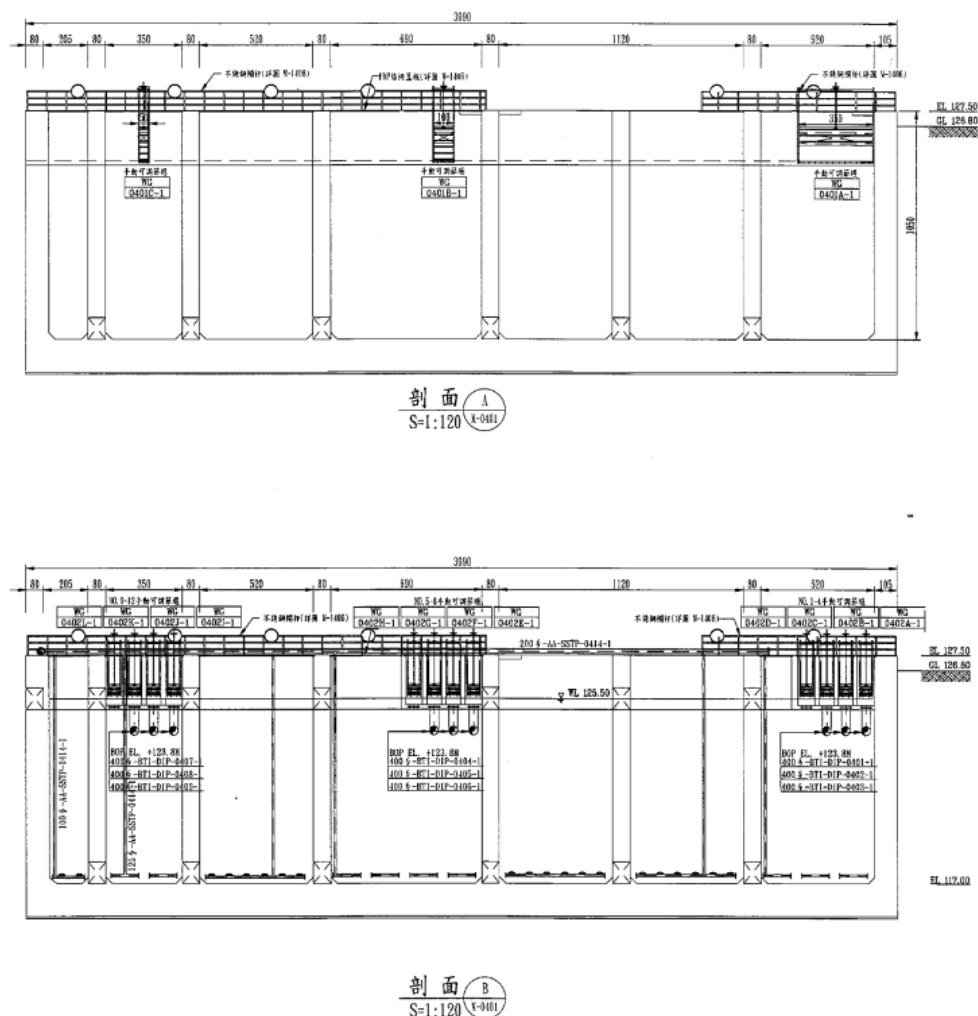


圖 11.36 利用下開式可調堰進行分水示意圖

11.9 廠內各種連絡管線

11.9.1 連絡管線

污水處理廠廠內連絡管渠設置考量如下：

1. 連絡管渠應依照進流的計畫污水量計算其所需的斷面。
2. 管渠內之平均流速以 0.6~1.0 m/sec(最大時污水量)為標準。
3. 應採用耐久性、耐震性構造之鋼筋混凝土管渠、不銹鋼管或鑄鐵管。
4. 聯絡管渠應儘可能短而直。
5. 考量環境對策及地域特性，處理廠應檢討於連絡管渠設置覆蓋。
6. 連絡管渠之配置應能達順暢水流。

7. 用水管分為自來水管及回收水管二類，不得混接。
8. 污水處理廠內之各種配管，應依功能分類，分別以不同顏色或分級著色，並標註內容物及流向。

解說：

1. 處理廠各設施導入的污水量，有日變動及時變動。連絡管渠在考量日變動及時變動下，其設計流量應以計畫最大時污水量為準，參考表 11.16。
2. 管渠內之計畫最大時污水量平均流速採用 0.6~1.0 m/sec，係考量處理廠內各設施間的水位關係，流速較小時污泥會沉澱在管渠底部，但流速較大時，設施間的水位差會變大，使抽水機揚程增加而變得不經濟。生物反應池至二級沉澱池間的連絡管渠，其流速應避免使活性污泥因沉澱而使性質變壞。特別是小規模圓形放射流二級沉澱池連絡管渠的流速，相較於其他的設施，應考量使其連絡管渠為低流速。在這種連絡管渠，為防止活性污泥沉澱，必要時應設置空氣攪拌裝置。

表 11.16 連絡管渠之設計流量

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

本表整理自「下水道施設計畫・設計指針及解說」2019 日本下水道協會

3. 連絡管渠一般以水密性之鋼筋混凝土製造，使用不銹鋼管或鑄鐵管等管類者，應確保管件、混凝土保護及固定支撐，以及不可發生縱斷方向不均勻的沉陷。特別的是，在軟弱地盤上結構物與連絡管渠之銜接點，基礎條件有很大不同的銜接點，以及地盤極度變化的地區，應設置可撓管。另外，對付地震時的耐震對策也有必要。此外，連絡管線中若有空氣不流通的地方，必要時應考量抽除自由水面的空氣。
4. 管廊應為水密性鋼筋混凝土構造，空間應足以容納各類管閥、支撐、維修及逃生空間，並考量通風換氣、照明、擋排水、消防等需求，管廊內之配管，應考量結構伸縮或防振需求，設置可撓管或防振接頭。
5. 為避免因水流停滯而發生污泥沉澱以及浮渣產生，各設施間的聯絡管渠應儘可能短而直，並極力避免倒虹吸管。初級沉澱池、生物反應池及二級沉澱池等主要設施，一般都設置兩池以上，其間的連絡管只有一支時，發生事故時全體的機能恐將會停止，此將造成長時間處理機能的影響，因此主要設施間之連絡管渠，應儘可能設置兩套或採繞流設施。另外，增建及改建工程時有必要分水

的地方，應有設置閘門、止水塊板等的構造。

6. 考量處理廠之環境對策、地域特性及設施內的作業環境，並應檢討加蓋、連絡管渠等處，防止臭氣逸散。另外，進水抽水機出水口至初級沉澱池及初級沉澱池至生物反應池間等，設有加蓋鋼筋混凝土連絡渠道者，恐會產生硫化氫的情況，其連絡渠道的鋼筋混凝土表面，須有例如施加防蝕等的防蝕對策。
7. 污水處理廠內之連絡管渠，為連接各處理單元設施，其配置應能達順暢水流，尤其污泥輸送管線，更應有防止阻塞之考量。同時應考慮其維護管理之方便性。
8. 污水處理廠之用水管，分為自來水管及回收水管二類，不得混接，其設計流量依廠內飲用、冷卻、水封、清洗、消泡、消毒及綠地澆灌等用水量決定。
9. 污水處理廠內之各種配管，應依功能分類分別以不同顏色或分級著色，並標註內容物及流向，其顏色可參考表 11.17。

表 11.17 污水處理廠連絡管線顏色表(參考)

輸送功能	露管外表油漆顏色
空氣	原色(不銹鋼)
污水	棕色
污泥	黑色
回收水	紫色
除臭風管	淺黃色
混凝劑	橙色
助凝劑或調理劑	白色
硫酸	紅色
氫氧化鈉	藍色
次氯酸鈉	黃色
浮渣	灰色
自來水	土耳其藍
上澄液或濾液	棕色

11.9.2 管線、管閥之設置

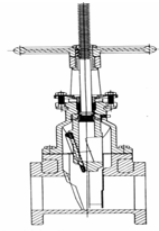
管線、管閥等設置應考慮事項如下：

1. 廠區各種管線所採用之管材，應依據其管徑、管材之物化特性、管線承受內外壓力、溫度、輸送流體之物化特性等使用條件，再考量管線工程費及工程預算、管線預期使用時間之長短、管線重置之難易度、管材耐久性 etc. 經濟因素，綜合考量後選用之。
2. 廠區各種管線所採用之隔離閥，應配合管線之管材，再依據管徑、使用壓力及溫度、輸送流體之物化特性、隔離閥之操控特性及隔離閥費用等經濟因素，綜合考量後選用之。

3. 廠區使用之逆止閥，應依據管線長度、流體性質、流速大小、水平或垂直安裝、湧壓控制、靜音要求等各項因素選用之。
4. 管線應在其可能在管中積氣之高處設置排氣閥，空氣管線水氣凝結，可能在低處累積產生需設置洩水閥。
5. 小管徑的壓力管線，可使用釋壓閥以控制其壓力。

解說：

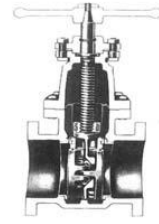
1. 廠區各種管線所採用之管材，應依據其管徑、管材之物化特性、管線承受內外壓力、溫度、輸送流體之物化特性等使用條件，再考量管線工程費及工程預算、管線預期使用時間之長短、管線重置之難易度、管材耐久性等經濟因素，綜合考量後選用之。各種管線常用之管材如下：
 - (1)重力流污水管線
塑膠管、延性鑄鐵管、各種混凝土管(防蝕)。
 - (2)壓力流回收用水、自來水
塑膠管(常溫用)、延性鑄鐵管(水泥砂漿襯裏)、不銹鋼管。
 - (3)壓力流污水及污泥管線
塑膠管(常溫用)、延性鑄鐵管(防蝕襯裏)、不銹鋼管。
 - (4)空氣管線
非浸沒管：不銹鋼管。
浸沒管：塑膠管(常溫用)、不銹鋼管。
 - (5)加藥管線
濃硫酸管(98%濃度)：塑膠管。
 - (6)沼氣管線：不銹鋼管。
 - (7)浮渣管線：延性鑄鐵管(防蝕襯裏)、不銹鋼管、塑膠管。
 - (8)輸砂管線：延性鑄鐵管、不銹鋼管、橡膠管。
 - (9)送風管線：鋁板製、FRP 管、鍍鋅鋼管。
 - (10)排氣(除臭)管線：FRP 管。
2. 隔離閥之種類及應用說明如下：
 - (1)隔離閥之種類(參考圖 11.37)



a. 實心楔型圓盤閘閥



b. 彈性座封閘閥



c. 雙圓盤閘閥



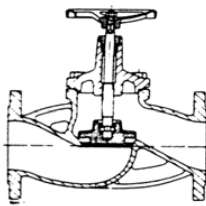
d. 偏心塞閥



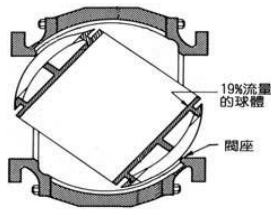
e. 蝶閥



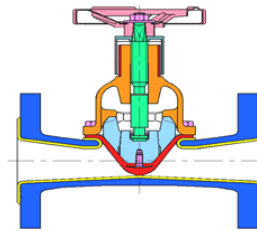
f. 閘刀閥



g. 球型閥



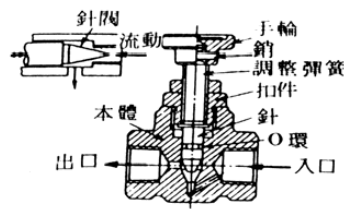
h. 球閥



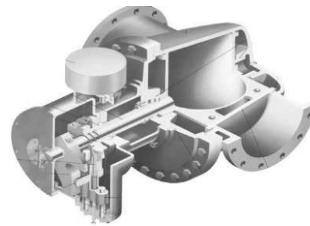
i. 隔膜閥



j. 夾管閥



k. 針閥



l. 錐閥



m. 考克



n. 阻風閘門

圖 11.37 各種隔離閥

① 實心楔型圓盤閘閥(solid wedge gate valve)

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

② 彈性閘座閘閥(resilient seated gate valve)

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

③ 雙圓盤閘閥(double disc gate valve)

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

④ 偏心柱塞閥(eccentric plug valve)

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

⑤ 蝶閥(butterfly valve)

蝶閥是四分之一轉的閘，其圓盤繞著軸心旋轉，而停駐在閘體的圓

環上。閥座通常為彈性材質，黏在或固定在圓盤上或閥體上。蝶閥有三種長度：長體、短體及薄體型，大多數廠商皆以短體作為標準型；薄體型因須挪動其鄰接管線，故不建議作為隔離閥。蝶閥主要是作為隔離閥，及有限度的作為節流閥，蝶閥的關閉可設計成滴水不漏，但如沒有彈性閥座，其洩漏即很可觀。即使有彈性閥座，固體物、磨損及污垢淤積，亦會導致洩漏。作為節流閥用途時，圓盤旋轉角度的控制範圍為 15° 或 20° 至 60° 或 70° 。由於大多數蝶閥設計不是用於調節流量，而有些蝶閥則容易失敗，故僅能選擇廠商所推荐的蝶閥來作為節流閥。在作為抽水機之控制閥等用途時，閥座須非常結實耐久，僅有 AWWAC504 的標準，並不能確保蝶閥閥座足夠適合作為調節流量用途。一些蝶閥可以更換新的閥座，但不是全部蝶閥都可以這樣。蝶閥常用於水及空氣用途，但不適合用於污水、污泥或砂礫用途，因為圓盤會纏住繩狀固體物，而閥座邊緣則容易磨損。當用在原水用途時，圓盤軸心應水平置放，以防止泥砂沉積在軸承上。蝶閥的方向亦須調整，使得圓盤下半部能順著水流方向開啟，在圓盤打開時，水流能沖刷固體物而通過閥體。

⑥ 閘刀閥(knife gate valve)

閘刀閥重量較輕，比其它閘閥更適合用於含雜質的水，但很難防止從關閉的閥或從螺桿襯墊處的洩漏，除非少量的洩漏可以接受，以及水壓較低(如 0.6kg/m^2)，否則應選用它種閥。閘刀閥適合的壓力約為 170 至 350 KPa(25 至 50 PSI)。

⑦ 球型閥(globe valve)

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

⑧ 夾管閥(pinch valve)

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

⑨ 針閥(needle valve)

針閥係一種特殊的球型閥，其栓塞為細條錐型針。其環狀通水口易

⑩ 球閥(ball valve)

386

⑪隔膜閥(無導桿式)(diaphragm valve-no guide)

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

⑫錐閥(cone valve)

錐閥又叫做「提昇作用」塞閥，實際上是一種塞閥，在將其栓塞轉到新位置前，須先將栓塞提昇起來。到達新位置後，栓塞再靠回閥座以維持水密性。這種閥具有極佳特性，可做為水錘突波控制及抽水機控制的用途。錐閥曾成功的用於大型水及污水用途上。與球閥比較，錐閥的栓塞提昇，可減少錐閥的操作力道、閥座磨損以及產生較緊密的關閉。然而，由於需要這種提昇，錐閥的操作措施，需要具有技術的維護人員，並且因為構造複雜而容易損壞。另外一種錐閥是小錐形考克，其栓塞是以彈簧來壓緊，並沒有機械的提昇，當轉動閥時，會稍微有軸向拉動。這種考克適用於自來水、壓力計及取樣口的隔離閥。

⑬考克(cock)

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

⑭阻風閘門(damper)

又稱風門、氣閘或擋板，係作為調節風管中流通空氣量之用。

(2)隔離閥之應用

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

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

①含雜物之污水管線

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

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

大型管：閘刀閥、蝶閥(butterfly valve)、錐閥

② 含雜物之污泥管線(初級沉澱污泥、消化污泥)：偏心塞閥、閘刀閥

③ 迴流活性污泥及廢棄生物污泥管線

小型管($\phi 300$ 以下)：偏心塞閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥

中型管($\phi 300 \sim \phi 900$)：偏心塞閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性座封閘閥、閘刀閥

大型管($\phi 900$ 以上)：偏心塞閥、蝶閥、閘刀閥

流量控制用：偏心塞閥、蝶閥

④ 回收用水及自來水管線

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

中型管：蝶閥、各種閘閥(雙圓盤閘閥、實心楔型圓盤閘閥、彈性閥座閘閥等)

大型管：蝶閥、錐閥

⑤ 空氣管線

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

中型管：蝶閥、雙圓盤閘閥、實心楔型圓盤閘閥

大型管：蝶閥

流量控制用：蝶閥、菱形閥

流量微調用：針閥

⑥ 加藥管線

次氯酸鈉管線：膜片閥(diaphragm valve)

其他加藥管線：球閥、膜片閥

⑦ 沼氣管線：蝶閥、偏心塞閥

⑧ 輸砂管線：擠壓閥(pinch valve)、偏心塞閥

⑨ 進風及排風管線：阻風閘門(damper)

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

(1) 擺動式逆止閥(swing check valve)

① 擺動式逆止閥具有一片鉸接的圓盤，停靠在閥座上，以防止流體逆流，

當圓盤金屬面閥座水密性不佳，而橡皮閥座則較好。

- ② 若用於廠內自來水輸送，擺動式逆止閥可安裝於水平及垂直位置，安裝於水平位置時，閥帽須垂直向上；安裝於垂直位置時，水流須往上方向。
- ③ 用於污水、污泥或泥漿用途時，擺動式逆止閥不可裝在垂直管上，因為破布、雜物及砂礫會沉積在圓盤上，而逐漸使圓盤無法作用。
- ④ 為防止當抽水機停止以及水的逆流所造成的水錘噪音，口徑大於 $\phi 150$ mm的擺動式逆止閥，應附有外掛式槓桿及彈簧，以在流體開始逆流時能迅速關閉閥。
- ⑤ 這種閥的缺點，是此種外掛式槓桿及彈簧或重錘會使圓盤無法完全打開，特別是在低流速(小於 3 m/s)，導致水頭損失的增加。

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

- ① 一些擺動式逆止閥，設有空氣式或水力式緩衝筒，附著在閥上，當水逆流時能調整圓盤關閉的速度。這種緩衝系統包括：加重槓桿支臂、活塞及缸。
- ② 當流速減低時，加重槓桿支臂會迫使圓盤關閉，而活塞在活塞缸中會向下移動。活塞在空氣系統中會壓縮缸內空氣，在油壓系統中會將油排出小孔。調整空氣管或油管上的閥(或緩衝筒上的小孔)就能控制關閉的速度。
- ③ 油壓系統比空氣系統的控制性較佳，空氣系統對減輕水錘噪音常毫無幫助。逆止閥可以快速或緩慢關閉，甚至可分兩階段或三階段關閉，例如快速關閉至 50%，中速關閉至 95%，及緩慢關閉至全關。在安裝後，現場的調整很重要，以便能適當的設定關閉的時間。

(3) 雙葉式逆止閥(double leaf check valve)

- ① 雙葉式(又稱為雙門式、雙盤式或分裂盤式)逆止閥，在短小的閥體內有兩個鉸接的半盤，這兩個半盤是在中間處鉸接，並有彈簧使它們關閉著。這種逆止閥沒有法蘭接頭，必須靠管線的法蘭來夾住它。安裝位置可為水平或垂直。
- ② 這種逆止閥不應用在污水、污泥用途或會磨損的情形，因其鉸接及圓盤會卡住固體，而閥座及圓盤也會被磨損。雙葉式逆止閥體積小、輕盈、不貴且安裝長度小。它們的關閉非常快，但無法從外面調整，也無法在閥座上加緩衝墊，所以在突然有水逆流時，會造成逆止閥砰然巨響以及水錘。這種逆止閥關閉時不會滴水不漏。其它的缺點包括：(1)維修時，閥體須移除，(2)閥之開或關，外表沒有顯示，(3)當流體通過圓盤，其散發的渦流會使逆止閥產生跳動。如果流體速度小於 3.4 m/s，而逆止閥是設置在流況干擾源，如抽水機或管件下游端至少八倍管徑的距離，則此問題會減少。

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

彈性板逆止閥是一種密封式的擺動式逆止閥，其閥座呈 45°角，而內襯

鋼片的拍子，僅須行進約 35° 即可達全開的位置。這種閥片的短行程及輕重量使得它能迅速關閉，再加上其彈性閥座，可減輕砰然巨響。閥的構造非常簡單，維護亦容易。由於沒有外掛的槓桿，故無法調整關閉的力道，也無從分辨閥是開或關。

(5) 斜盤式逆止閥(slanting disc check valve)

① 斜盤式逆止閥，含有一個在轉軸上平衡的圓盤，不像傳統擺動式逆止閥的閥座係垂直於縱向軸，這種逆止閥的閥座係與閥的縱向軸呈 50 至 60° 的角度。斜盤式逆止閥應僅用於自來水用途，污水及污泥中的破布及固體會懸掛在圓盤上。

這種閥的優點是：

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

(B) 有不同種的空氣式及填油式緩衝筒，可用來控制開及關的速度。

(C) 這些控制可在現場調整。

其缺點則為：

(A) 流速小於 1.5 m/s 時，圓盤不能全開。

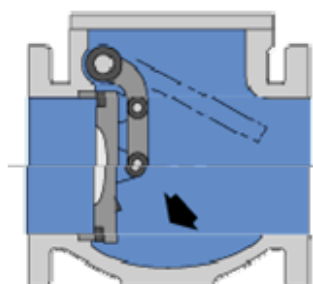
(B) 圓盤在流動的水中震盪，軸承在底部磨損，因此閥會開始漏水，閥沒有全開孔。

② 最常遇參考的兩種控制，為底部緩衝系統及上置式緩衝筒，這兩種系統有時會合併裝在同一閥上。底部緩衝系統包含一油壓缸，在缸中有活塞連著關閉的圓盤，圓盤在關閉的前 90% 係自由活動，然後會觸動緩衝的活塞，該活塞可在現場調整，以控制圓盤最後 10% 的行進。

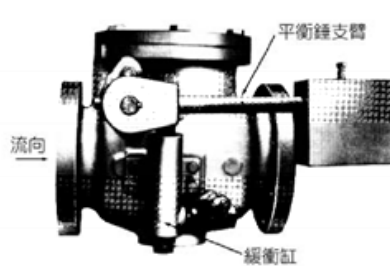
③ 上置式油壓緩衝筒系統，可使圓盤在全部行進範圍，都可調整其開及關的速度，這種調整對於抽水機的啟動特別有用，因為打開閥的速度可以調整變得很慢，此可大大的減小抽水機啟動所導致的水力暫停效應。其缺點是當抽水機到達關閉水頭時，作用在機械聯桿的高負荷。然而，馬達控制中心與逆止閥間，並不需要有電氣的連鎖。

(6) 靜音式逆止閥(silent check valve)

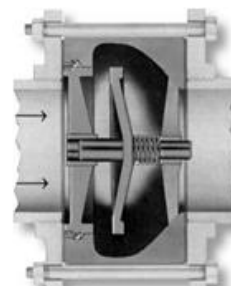
靜音式逆止閥，又稱為中心桿導引式逆止閥(center post-guided check valve)，靜音式逆止閥價格低，它們比其它的逆止閥關閉較快，它的圓盤在抽水機起動前，是以彈簧頂住而保持關閉著。彈簧的選擇是個重要關鍵，須規範為逆止閥的差壓(淨水頭及總動水頭 TDH 之差)，而不是系統的安全壓力定級，不正確的規範會導致逆止閥砰然巨響(slam)。這種閥有三個缺點：
a. 由於動作機制隱藏在閥內，故當維修時，閥體須移除，
b. 圓盤的位置，外表沒有顯示，
c. 高水頭損失。



a. 擺動式逆止閥



b. 緩衝擺動式逆止閥



c. 雙葉式逆止閥



d. 性板逆止閥



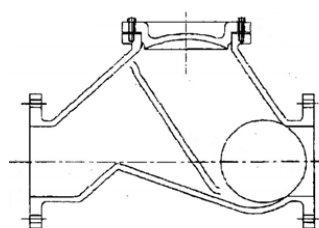
e. 斜盤式逆止閥



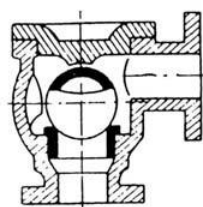
f. 靜音式逆止閥



g. 自動控制式逆止閥



h. 球型逆止閥



i. 昇球式逆止閥



j. 底閥

圖 11.39 各種逆止閥

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

自動控制式逆止閥係數個閥合併成一個，適用於高流速或管長超過 1.6 公里之抽水機浦出水控制，以電動馬達控制，能自動從遠方控制中心來引導，操作期間如突然停電，此閥可不須其他電源，利用本身之水力系統，能以可控制的速率自動關閉。上述各種逆止閥之特性比較參考表 11.18。

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

(1)球型逆止閥(ball check valve)

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

(2)昇球式逆止閥(lift check valve)

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

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

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

(3)底閥(foot valve)

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

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

管線應在可能會積氣之高處設置排氣閥，傳統式污水排氣及真空閥(參考圖 11.40)介紹如下

(8)排氣閥(air release valve)

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

表 11.18 逆止閥之特性比較參考表

應用 \ 種類	擺動式逆止閥	緩衝擺動式逆止閥	雙葉式逆止閥	彈性板式逆止閥	斜盤式逆止閥	靜音式逆止閥	自動控制式逆止閥
低初設費			V				
安裝長度短			V				
水頭損失高						V	
水頭損失低					V		
廢污水	V	V		V			V
清水	V	V	V	V	V	V	V
是否可埋設				V		V	
直立安裝時可向上或向下流						V	V
直立安裝僅可向上流	V	V	V	V	V		
自由開-自由關	V	V	V	V		V	
靜音關閉特性						V	V
緩衝關閉		V					
強制開及關							V
可強制關閉	V	V		V	V		V
遠端控制							V
湧壓控制	V	V			V		V
關斷閥				V			V
節流閥				V	V		V
逆向流(排水用)	V	V		V	V		V
電動操作							V
圓盤位置指示器		V		V	V		V
外掛式槓桿	V	V			V		
流速小於 3 m/s	V	V	V	V	V	V	V
流速小於 4.5 m/s	V	V	V	V	V		V
流速大於 4.5 m/s			V		V		V

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

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

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

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

傳統式污水排氣及真空閥之維護費用高，且在打開或關閉時，會被油脂及雜物所阻塞，新式污水排氣及真空閥，較可靠及僅需較少維護，傳統式需要一至三個月即須清理，新式則至少可維持六倍久之時間才須清理。新式污水排氣及真空閥之運作示意參考圖 11.41。各種管閥種類及用途參考表 11.19。



a. 污水用排氣閥

b. 污水用排氣及真空閥

c. 污水用複合式排氣及真空閥

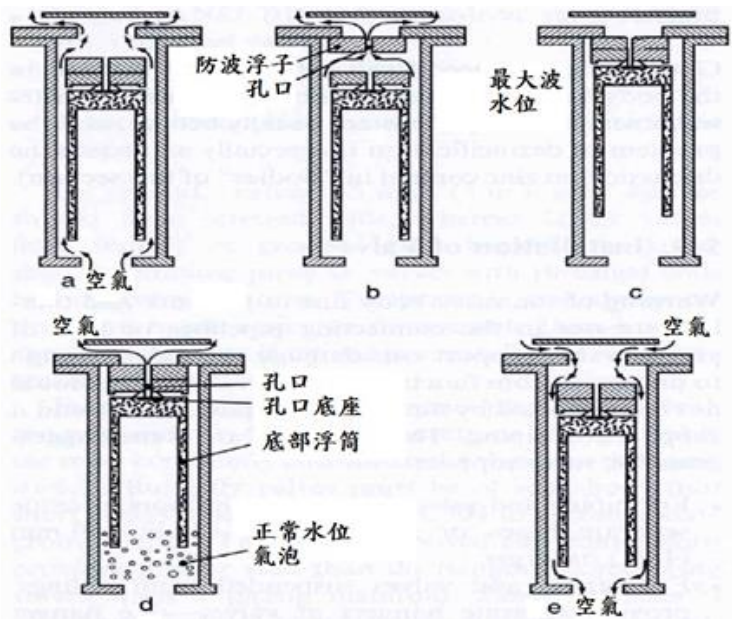
圖 11.40 傳統污水用排氣閥

4. 釋壓閥(pressure relief valve)

污水用釋壓閥能控制污水管線的壓力，保護管線避免因為管閥太快關閉或錯誤關閉、抽水機啟動或停止、甚至停電而產生過度壓力導致破壞(參考圖 11.42)。此種釋壓閥通常用於小管徑的壓力管線。

5. 電磁閥

通過對電磁線圈通電及斷電，控制閥的開啟或關閉。一般於污水處理廠於小管徑的附屬程序控制(如：沉砂池回收水沖刷及空氣沖刷控制閥)較常採用電磁閥。主要流程的污水或污泥管因管徑及控制需求，通常不採用電磁閥進行啟閉(參考圖 11.43)。



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

圖 11.41 新式污水用複合式排氣及真空閥



圖 11.42 污水用釋壓閥



圖 11.43 電磁閥

表 11.19 各種管閥種類及用途

隔離閥		逆止閥		空氣及真空閥	
蝶閥	水、空氣	昇球式	自來水	排氣閥	污水、自來水
偏心塞閥	污水、污泥	底閥	自來水	空氣及真空閥	污水、自來水
雙圓盤閘閥	自來水	擺動式	水平位置：污水、污泥、自來水 垂直位置：自來水、污水、污泥	複合式排氣閥	污水、自來水
實心楔型圓盤閘閥	含砂水、污水、污泥、自來水	緩衝擺動式	水平位置：污水、污泥、自來水 垂直位置：自來水		
彈性閥座閘閥	含砂水、污水、自來水	彈性板式	污水、自來水		
閘刀閥	含砂水、污水、自來水	傾斜盤式	污水、自來水		

11.10 水位及高程

水位及高程設計考量事項如下：

1. 水位高程設計，須考量最大時流量、平均日流量及最大日流量。
2. 水位高程設計，須考量所有主流程之水力高程。
3. 總水頭損失為流經各單元管線及附屬設施之水頭損失總合。
4. 一般污水處理廠全廠水頭損失(不計出流端計量設施)最大日流量下，應以不超過 3.5m 為原則，若有特殊情況可另行說明。
5. 流經單元之水頭損失包括：
 - (1)流入單元結構物。
 - (2)流出單元結構物。
 - (3)流經單元。
 - (4)流況複雜或發生跌水。

解說：

1. 污水處理廠工程的污水處理流程高程設計，主要為確定各處理單元、抽水機浦機房及處理單元之間連接管渠的尺寸及其高程；通過計算確定各部位的水面高程，從而使污水能夠在處理結構物之間通暢地流動，保證污水處理工程的正常運行。

在尖峰設計流量下，避免固體物沉積之最小流速為 0.6 m/s。有時最大及最小流量之比例變化很大且很難維持其臨界流之狀態，在最小臨界流的狀態下，仍需維持最小流速以維持自清能力，有些情況下可在管線內曝氣使懸浮固體物保持懸浮，另外亦需考量在某部分單元停止操作之情況。

2. 污水處理廠主流程及其參考之水頭損失範圍，如表 11.21
3. 流量測量裝置(如文氏管、巴歇爾量水槽、孔板等)會有水頭損失，應就相關水頭加以計算。

4. 流經管線渠道及附屬設施之水頭損失包括：
 - (1) 流入口。
 - (2) 流出口。
 - (3) 突縮或突擴。
 - (4) 與管壁或渠道磨擦。
 - (5) 流經彎管、設備、閘門、閥及流量計。
 - (6) 為其他單元所需要之液位控制。
 - (7) 表面跌水。
 - (8) 預留未來設備擴充時所需水頭。
5. 開放渠道及管線內之次要水頭損失與速度水頭有關。
6. 壓力管線之磨擦損失，可參照 Hazen-Williams formula 計算。

表 11.21 污水處理廠主流程及其參考之水頭損失範圍

處理單元	參考水頭範圍
粗柵	0.02~0.3 m
曝氣沉砂池	0.5~1.2 m
初沉池	0.5~1.0 m
曝氣池	0.3~0.8 m
二沉池	0.5~1.5 m
消毒單元	0.2~0.5 m

7. 渠道中，速度隨深度之變化與流況有關係。流況可分為均勻流及非均勻流，一般使用 Manning's equation 描述均勻流之流量及流速隨深度變化之速度梯度，一般設計過程皆假設流況在尖峰流量為均勻流狀態。
8. 計算原則：
 - (1) 選擇一條距離最長、水頭損失最大的流程進行水力計算，應適當留有餘裕，例如：二沉池溢流堰頂，應高於溢流渠道上游最高水位 5-10 公分，以保證在任何情況下，處理系統都能夠正常運行。
 - (2) 計算水頭損失時，一般應以尖峰污水量作為處理單元和聯絡管渠的設計流量，計算涉及後期流量的管渠和設備時，應以全期最大流量為設計流量，以利擴建時具有適當水頭可用。
 - (3) 污水處理廠水力計算，常以承受水體的最高水位為起點，逆污水處理流程向上倒推計算，盡量使處理後污水在洪水季節也能自流排出，則放流抽水機需要的揚程則較小，操作費用也較低。但同時應考慮到結構物的深度不宜過大，以免土建投資過大和增加施工上的困難。另結構物頂部高程，應配合出水高度及防止地面逕流水流入進行設計。
 - (4) 高程設計時，需注意污水流量與污泥流程的配合，盡量減少需抽升的污泥量。在決定污泥暫存槽、污泥濃縮池、污泥消化槽等結構物的高程時，應注

意上澄液或濾液，皆能以重力排入廠內污水收集系統或其他結構物的可能。

9. 注意事項：

- (1) 計算管道沿程損失、局部損失，各處理單元、計量設備及聯絡管渠的水頭損失，並留有一定的餘裕；還應考慮當某單元停止運轉時，與其並聯運轉的其餘單元及有關的連接管渠能通過全部流量。雨天流量和事故時流量的增加，則採用緊急繞流設施，不納入各單元水力設計。
- (2) 避免處理單元之間跌水等浪費水頭的現象，充分利用地形高程差及以重力輸送污水。
- (3) 經計算並留有餘裕的前提下，盡量縮小全廠水頭損失及加壓站的揚程，以降低操作費用。
- (4) 需要排放的污水，在常年大多數時間裡能夠以重力排放至水體。排放水位不一定選取承受水體水文頻率最長之最高水位。因為其出現時間較短，易造成常年水頭浪費，應選取適當排放水位，當水體水位高於設計排放水位時，可進行短時間以加壓方式排放。
- (5) 若採用壓力排放時，所設置之放流抽水站之抽水機及管線，需考量放流水之最大時流量進行設計。惟若長時間採用壓力排放時，需注意承受水體水位之變化對抽水機之操作影響，且必要時可設置穩壓設施以利放流。

11.11 吊車的選定

起重機吊車，係使用在設備較重，如閘門、抽水機、送風機、脫水機等，必須藉機械協助吊動搬入或維修時需要之設備。

1. 起重機吊車定義

起重機吊車，係指吊車中具有可捲揚裝置之吊車，並使用電動滑車(chain block)之設備以鋼索、吊鏈、吊桿等，使搬運物升降及水平搬運。

2. 起重機吊車分類

起重機吊車分類，依構造分類，如表 11.22 及圖 11.44。

(1) 額定載重

依吊車之構造及材料強度決定之最大負載重量，並扣除吊具及框具等重量後可載之重量，即為可載額定載重。一般載重不可超過該一額定載重。

(2) 額定速度

即吊車在額定載重下，其允許吊升或移動之最大速度。

(3) 最大輪壓

乘載吊車之車輪，每 1 個輪可乘載的最大載重，不含作業時的衝擊係

$$\text{數。最大輪壓} = \frac{\text{鞍座自重} + \text{樑壁自重}}{\text{總車輪數}} + \frac{\text{起重機自重} + \text{限定載重}}{\text{負荷側車輪數}}$$

3. 吊車的選定

屋頂移動吊車之操作，應有最大吊升物載重量及揚程，其移動方式可為電動或手動式，依移動距離判斷決定。

表 11.22 起重機吊車分類

起重機吊車分類		說明
高架軌道吊車 (telfer)		- 起重用之吊升、下降，依其路徑沿線移動 - 路徑通常為使用 I 形鋼，有直線環狀曲線
屋頂 移動	高處滑動吊車 (top running)	於樑柱之兩側設置 2 條滑軌移動的方式為最普遍
	懸吊形	利用屋頂橫樑左右架設 2 條滑軌，於其下移動的方式，一般用於小容量
橋形 吊車	門形吊車	於地板上架設 2 條滑軌，並附有兩腳的起重機吊車，一般於屋外使用
	半門形吊車	即門形吊車之半側，於地面設置單腳，另一側則於構造物上設置單側軌道之半門形吊車
懸臂 起重 機	柱形懸臂吊車	在地面上設置於樑柱的上部，可自由旋迴之水平懸臂裝置，也可以樑柱自行迴轉之形式
	掛壁式吊車	有固定形及移動形掛壁式吊車。掛壁固定形吊車為於壁體或樑上裝置懸臂以旋迴，多用於小容量。掛壁移動形吊車係設置平行 3 條軌道，進行水平移動

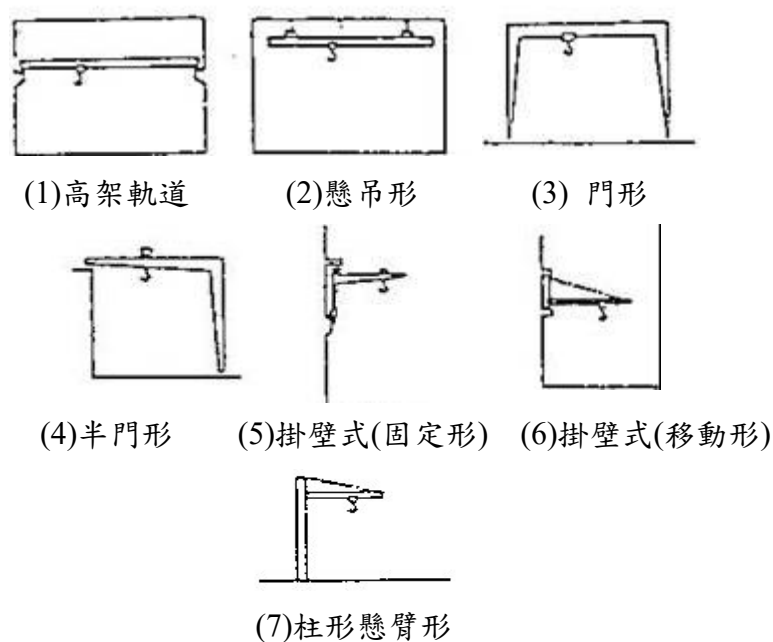


圖 11.44 依構造各種起重機吊車形式分類

污水處理廠需要吊車的設施，可能包括開門、抽水機、鼓風機及脫水機等，為配合裝設維修，需有吊車以供利用，但其移動或搬入則可予分割吊用。

例如鼓風機於搬入時，可分為鼓風機本體、防音罩及電動機分開進行，而該三者之最大重量即為機器最大吊升重量。鼓風機可依其送風量規模之不同，

而有不同之最大吊升重量。

揚程依各機械室、配管室等不同高度、空間配置，若設置於兩層樓時，其預定配置位置之吊升高程，依地面起算。

各種吊車設備，可依各吊車之用途特性及方式，依表 11.23 選擇考慮事項，選擇應用。吊車揚程參考如圖 11.45。屋頂吊車設置如圖 11.46。

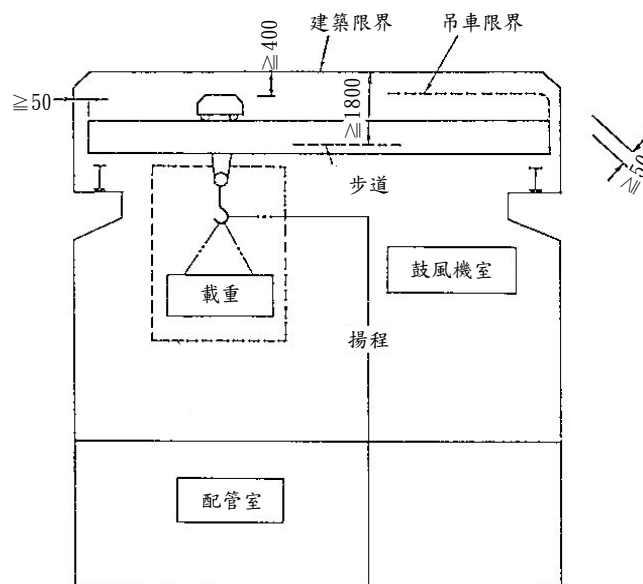


圖 11.45 揚程參考圖

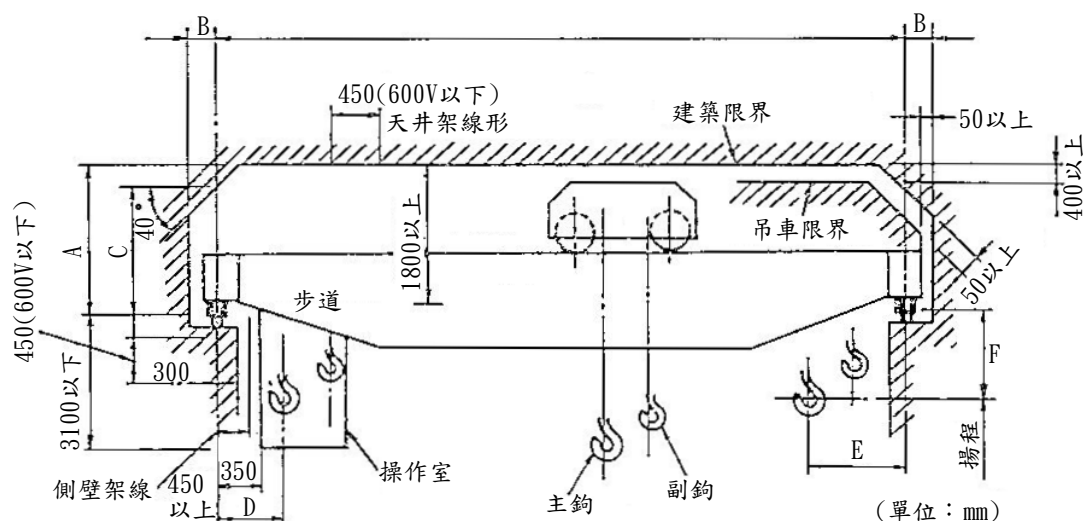


圖 11.46 屋頂吊車設置例

4. 吊車使用應符合職業安全衛生法之「起重升降機具安全規則」，相關重要條文摘錄如下：

- (1) 雇主對於固定式起重機之構造，應符合固定式起重機安全檢查構造標準
- (2) 雇主應注意固定式起重機之使用，其負荷次數及吊升荷物之重量，不得超過該起重機設計時之負荷條件，並應防止起重機構造部分之鋼材、接合處

或銲接處等，有發生變形、折損或破斷等情形。

- (3)雇主對於使用液壓為動力之固定式起重機，應裝置防止該液壓過度升高之安全閥，此安全閥應調整在額定荷重(伸臂起重機為額定荷重之最大值)以下之壓力即能作用。
- (4)雇主對於伸臂固定式起重機之使用，伸臂之傾斜角不得超過該起重機明細表內記載之範圍。
- (5)雇主對於固定式起重機，應於其機身明顯易見處標示其額定荷重，並使操作人員及吊掛作業者周知。
- (6)雇主對於固定式起重機之使用，以吊物為限，不得乘載或吊升勞工從事作業。
- (7)雇主於固定式起重機作業時，應採取防止人員進入吊舉物下方及吊舉物通過人員上方之設備或措施。
- (8)雇主於纜索固定式起重機作業時，為防止捲上用鋼索、橫行用鋼索通過槽輪或其他安裝部分，而發生破損飛落或鋼索震脫彈出等危險，應禁止人員進入有發生危害之虞之鋼索內角側。

表 11.23 依功能需求吊車設備選擇考慮事項

使用方式		選擇考慮事項
屋頂移動式起重機	全電動	(1)使用頻率較多之處 (2)配合抽水機等故障緊急修理之用 (3)載重 10 噸以上，搬入距離長者 (4)維護費高(需定期檢查)
	吊升電動 走行手動	(1)載重 10 噸以上，吊升高度大，但搬入距離短 (2)與全電動(2)(4)同
	吊升手動 走行電動	(1)載重 10 噸以下，吊升高度適當，搬入距離長 (2)配合機械故障不緊急之處 (3)不需定期檢查，維護費低
	全手動	(1)載重輕，吊升高度及走行距離皆短 (2)與上述(2)(3)同
吊車	固定式	(1)搬入閘門等升降口之用 (2)載重為 5 噸以下之輕載重
	單軌式	(1)與上述(1)(2)同 (2)可長方向搬入 (3)在建築物內的吊車，較屋頂移動式起重機大
	雙軌式	(1)搬入閘門等升降口之用 (2)可縱向及橫向搬移 (3)需配合建築物梁柱加設軌道墩座
鏈滑車	固定式	(1)搬入閘門等升降口之用 (2)載重可至 20 噸 (3)任何位置皆可移動使用 (4)手鎖出力約 28~65 kg

11.12 常見設計問題及考慮事項

污水處理廠各項附屬設施於細部設計時應考慮未來操作面需求，以利現場維護工作進行，建議考量事項如下：

1. 臭氣處理設施

- (1) 機房設計需考量氣密需求，以避免除臭效果不佳。
- (2) 除臭設施相關加藥管線應設置背壓閥組件，以免造成虹吸作用；另加藥管線若設置於戶外，其管材需特別選用可抗 UV 材質以避免因長期日曬而變質脆化。

2. 池槽分水或不同流量之分水方式

- (1) 沉澱池應保持溢流堰平整、加強堰板與結構密合度以避免污水漏流或出水不均；沉澱池溢流，應避免採孔口方式，以利觀察各單元分水均勻狀況。
- (2) 各單元池體必須注意污水平均分流，如有設置連通管應確保其可符合原設計之操作性及可控制性。
- (3) 若設計採用蝶閥調整進流水量及比例時，建議參考第 11.8 節內容設置流量計以控制分水量。

3. 廠內各種連絡管線

- (1) 全廠閥類所設計之設置位置建議應於人員易於觀察及檢修處。
- (2) 管線建議參考第 11.9.2 節於適當處裝設複合式排氣閥以防壓縮空氣壓力過大。
- (3) 管線或渠道容量於設計時應考量迴流量，避免渠道或管線容量不足而有污水外溢情形。
- (4) 二沉池於污泥迴流及廢棄控制之設計，若採沉水閘門控制排泥，將無法觀察及調整，建議應裝設提流斯克閥並設置反沖洗設施以避免污泥管堵塞。

4. 水位及高程

- (1) 污水處理廠全廠配置和動線及水流，應考慮整體動線之順暢，避免水頭損失過大、巡檢上下不便等完整配置為原則。
- (2) 各種設備之驅動裝置，其位置除應考慮巡檢人員之可及性外，若置於高處，應設置有利於巡檢之梯架。此外應避免驅動設備或管線懸空，高架管線應設計管線支撐或托架。
- (3) 設計階段應將各項動線(巡檢、清運、設備維護等)納入考量，並規劃適當空間。
- (4) 各池槽開孔之覆蓋板設計，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。

第十二章 電氣儀控及計測設備

12.1 概說

電氣系統是由發電、輸電、變電、配電及用電(用戶)組成。而污水處理廠視為一用電用戶，其所需電能的供應與分配，可由特高壓、高壓、低壓之開關箱設備、變壓器、馬達控制中心、監控系統、高低壓配電線路、緊急備用柴油發電機組、不斷電系統(UPS)及直流設備等組成。

電氣系統之基本要求在達到：(1)安全性高，能充分保證人身與設備安全。(2)可靠性高，能滿足各級電力負荷連續供電要求。(3)品質佳，其電壓、頻率及波形等，具有優質電力之要求。(4)靈活性高，便於操作維護，並能適應負荷之發展與擴充。(5)經濟性佳，能降低投資及操作與運轉費並節能之電氣系統。

一旦電氣設備或線路發生故障時，即可能造成短時間電源供應中斷或設備損壞，甚至波及電氣系統運轉之安全，因此，必須定期維護保養，並以緊急備用柴油發電機組為備用，提供安全可靠之用電。

為符合「下水道工程設施標準」等要求，及實現自動化地操作與管理，污水處理廠需有效地運用儀控與計測設備，依各處理單元系統之操作程序，隨時自動檢測、控制、調節、監視、指示及記錄，以節省時間，減少人為操作錯誤，降低能源損耗及運轉費用，以達到設定的目標。

儀控及計測設備系統，由現場儀控設備、區域控制系統、中央監控系統及聯繫網路等組成。現場儀控設備含初級元件(感測元件)、控制器及最終控制元件；區域控制系統，分為可程式控制器(PLC)、分散式控制器(DCS)及直接數位控制器(DDC)系統等；中央監控系統(CCMS)含電腦主機、伺服器、可程式控制器、控制桌、顯示器、印表機、不斷電系統等硬體設備及各種套裝軟體所構成；聯繫網路則利用高速通訊網路，以複聯式光纖電纜作為現場與中央監控室(中心)之信號媒介與傳遞。

污水處理廠之電氣、儀控及計測設備之設計安裝，應視污水處理廠大中小規模而定，分別以特高壓、高壓或低壓受電，以提供一套完整可靠之供電系統，並計測及處理各儀控系統間之通訊整合，作經濟有效及穩定地運轉。

12.2 受電、變電及配電設備

受電、變電及配電設備為污水處理廠設備設置之重心，所有污水處理廠設備含動力、照明及儀控設備，能否順利地運轉，均靠受電、變電及配電設備合理的供應與分配，因此，受電、變電及配電設備在設計及安裝時，應注意並考慮以下各種因素：

12.2.1 法規之遵守

污水處理廠受電、變電及配電設備之設置與施工，應遵守最新之電業法(用

戶用電設備裝置規則、輸配電設備裝置規則及營業規章等)、職業安全衛生設施規則、建築技術規則及消防法(各類場所消防安全設備設置標準)等有關規定辦理。

12.2.2 受電計畫與方式

受電計畫與方式，於考量下列因素後決定之：

1. 受電計畫視污水處理廠大、中及小規模，依最高需量契約容量及台灣電力公司營業規章規定，決定受電電源及受電方式。
2. 受電電源應視污水處理廠日後維修與擴充之難易及操作人員之技術能力而定。

解說：

1. 受電計畫依規模別及下列因素決定之：

- (1) 最高需量契約容量(kW)的估算，須考慮總負載設備容量×需量率(約 0.4～0.6)等決定。
- (2) 污水處理廠用電，應依台灣電力公司營業規章規定，以電力及非營業用電申請計算之。
- (3) 受電計畫及受電方式，應依台灣電力公司營業規章第六章「供電方式與工程」第四十六條規定，依最高需量契約容量之大小供電。

凡未滿 100kW，採低壓 3 ϕ 4W 380/220V 或 3 ϕ 3W 220V 供電。在 100～500kW 之間，依規定選擇高壓 3 ϕ 11.4kV(或 3 ϕ 22.8 kV)，或視經費之有無，可選擇低壓 3 ϕ 4W 380/220V 供電。

500kW 以上，在 11.4kV 供電區，須選擇以高壓 3 ϕ 11.4kV 供電；1,000～5,000kW 視需要選擇高壓或特高壓 3 ϕ 69kV 供電；超越 5,000kW 者，概以 3 ϕ 69kV 供電。

500kW 以上，在 22.8kV 供電區，須選擇以高壓 3 ϕ 22.8kV 供電；2,000～10,000kW 視需要選擇高壓或特高壓；超越 10,000kW 者，概以 69 kV 供電。詳台灣電力公司營業規章，第六章「供電方式與工程」第四十六條規定，契約容量與供電方式之適用範圍，如表 12.1 所示。

- (4) 污水處理廠，屬小規模者，採低壓 3 ϕ 4W 380/220V 或 3 ϕ 3W 220V 供電；中規模者，採高壓 3 ϕ 3W 11.4kV 或 3 ϕ 3W 22.8kV 供電(視供電線路電壓或可選擇低壓 3 ϕ 4W 380/220V)；大規模者，採特高壓 3 ϕ 3W 69kV 或高壓 3 ϕ 3W 11.4kV 或 3 ϕ 3W 22.8kV 供電。

- (5) 受電計畫與方式及特高壓、高壓或低壓用戶責任分界點，應先檢附圖樣行文台電公司洽詢後確定之。

- (6) 六大都市等污水處理廠之供電方式與工程，其引入都市電源，大都為地下電纜供電方式，郊區部分尚採架空線方式。其餘各縣市污水處理廠，大都設置於郊區，則採架空線供電方式。

新增設之特高壓、高壓或低壓用戶，基於用電需要，應依台灣電力公司營業規章，第六章供電方式與工程，第六節配電場所之設置，第六十六～六

十九條，有關地下配電區及架空線區新增設用戶配電場所規範之設置規定。地下配電區，應於建築基地內或建築物內設置配電場所及通道，以供裝設供電設備，配電場所設置面積，高壓新設至少 4x5m 乙處，低壓新設至少 3x4m 乙處外，長與寬均不得小於 3.5m。架空線區，除特別需要可免之，詳台灣電力公司營業規章第六十七條規定辦理。

- (7) 大規模之污水處理廠，採特高壓供電者，由於供電可靠性高及供電品質良好，且有緊急備用發電機組可資利用，一般建議可採單一回線供電，如無特殊需要，可不採兩回線供電。
- (8) 污水處理廠或鄰近地區，若有特高壓電塔或特高壓線路經過者，除應注意人身及設備保持安全距離外，並考慮對儀控產生干擾問題，請求台電公司採取適當被覆措施。
- (9) 於污水處理廠系統主配電盤與部分重要系統單元之動力設備等處，需架設多功能電表，以利電力分析，並即時顯示，至少包含三相電力、電壓、電流及功率因數等。
- (10) 各污水處理廠規模如表 12.5 所示，屬高耗能動力設備者，亦應裝設電表，以利監控。

2. 受電電源於考量下列條件後設計之：

依用電場所及專任電氣技術人員管理規則與用電設備檢驗維護業管理規則第 4 條規定，低壓(600V 以下)受電，且契約容量達 50kW 以上之工廠、礦場及供公眾使用之建築物之用電場所，應置初級電氣技術人員；高壓(601V~22.8kV)受電之用電場所，應置中級電氣技術人員；特高壓(超過 22.8kV 以上)受電之用電場所，應置高級電氣技術人員。且依第 10 條規定，並應委託檢驗維護業者，每六個月至少檢驗一次，每年應至少停電檢驗一次，且不得干預檢驗結果。

- (1) 用戶供電方式，按表 12.1 視其契約容量而定。
- (2) 應以特高壓供電之用戶，如能提供足夠之變電所土地(無償提供者外，按公告現值計償)，並協助解決線路路權，且台電公司認為需要在該地區建變電所者，得由台電公司投資興建變電所後，得以高壓供電。但 11.4 千伏特二次變電所供電者，以未滿 15,000 瓩為準；22.8 千伏特配電變電所供電者，以未滿 30,000 瓩為準。
- (3) 應以特高壓供電之用戶，經辦妥應辦手續並繳付應繳各項費用後，如台電公司配合設置之供電設備無法及時完成供電而用戶急需用電時，得應用戶要求，個案檢討技術無困難，且用戶願另負擔增加之新建長度設置費，及供電容量設置費差額者，同意暫以高壓或 69 千伏特供電，不受本款第一目應以兩回線經常供電之限制。但 11.4 千伏特供電者，以未滿 7,500 瓩為準；22.8 千伏特供電者，以未滿 15,000 瓩為準；69 千伏特供電者，以未滿 60,000 瓩為準。

表 12.1 契約容量與供電方式之適用範圍(摘自營業規章)

契約容量	供電電壓
未滿 100 瓩	應以低壓供電。
100 瓩以上、未滿 1,000 瓩(22.8 千伏特線路供電地區未滿 2,000 瓩)	- 應以高壓供電。 - 契約容量未滿500瓩者，得以 220/380 伏特供電。
1,000 瓩以上、未滿 30,000 瓩(22.8 千伏特線路供電地區 2,000 瓩以上)	除下列情形外，應以 69 千伏特供電： 11.4 千伏特線路供電地區契約容量未滿5,000 瓩或22.8 千伏特線路供電地區契約容量未滿10,000 瓩，用戶申請以高壓供電者，如技術無困難得以高壓供電。 - 用電整體規劃地區採11.4 千伏特配電，契約容量未滿 7,500 瓩，用戶申請以高壓供電者，如技術無困難得以 11.4 千伏特供電。契約容量5,000 瓩以上者，並應同時提出經常用電備用電力申請，以兩回線經常供電。 - 用電整體規劃地區採22.8 千伏特配電，契約容量未滿 15,000 瓩，用戶申請以高壓供電者，如技術無困難得以 22.8 千伏特供電。契約容量10,000 瓩以上者，並應同時提出經常用電備用電力申請，以兩回線經常供電。 - 如經台電公司檢討以161 千伏特供電或以高壓供電為宜者，依台電公司檢討為準。 - 上述所稱整體規劃地區，係指配合政府政策開發或更新之新市鎮、社區、工商業區等，經開發或更新規劃單位預留變電所用地，並經台電檢討認為需要者。
30,000 瓩以上、未滿 225,000 瓩	- 應以161 千伏特供電。 - 契約容量未滿 60,000 瓩者，如技術無困難者或以69 千伏特供電為宜，得以69 千伏特供電。 - 契約容量 40,000 瓩以上採69 千伏特供電者，並應同時提出經常用電備用電力申請，以兩回線經常供電。 - 供電系統有特殊困難時，台電公司得就個案考量供電電壓。
225,000 瓩以上	- 應以 345 千伏特供電。 - 契約容量未滿450,000 瓩者，如技術無困難者或以161 千伏特供電為宜，得以161 千伏特供電。 - 契約容量 225,000 瓩以上採用 161 千伏特供電者，並應同時提出經常用電備用電力申請，以兩回線經常供電。 - 供電系統有特殊困難時，台電公司得就個案考量供電電壓。

12.2.3 受電、變電及配電設備

受電、變電及配電設備，於考慮下列條件後決定之：

1. 受電、變電設備，包含避雷器、高壓隔離開關、負載開關、主斷路器、自動切換開關、進相電容器組、保護電驛與計測儀表等，應依規定及需求設置於高壓開關箱設備內。
2. 變壓器之分類可為多種，依容量大小分為電力、配電變壓器及變比器；依冷卻方式分為油浸自冷、油浸自冷/風冷、油浸自冷/風冷/迫油風冷式及樹脂模鑄自冷、自冷/風冷式；依絕緣方式常用分為F及H 級絕緣，其設置應依規定辦理。
3. 變壓器容量及台數，應考慮需量因數與未來擴建等需求決定之。
4. 配電設備包含低壓空氣斷路器、自動切換開關、無熔線斷路器、漏電斷路器、進相電容器組及計測儀表等設備，應依規定及需求，設置於馬達控制中心或低壓開關箱內。
5. 上列各項配電設備裝設於變電站或配電室之開關箱設備內，並視污水處理廠規模大小及需要，決定是否設置單元變電站。
6. 除經濟及其他理由設置於屋外，配電設備應設於屋內，以延長使用壽命與增進用電安全。
7. 高低壓受變電及配電設備之系統及外殼，均須依用戶用電設備裝置規則規定加以接地。

解說：

1. 受電及變電設備之設計考量包括下列：

(1) 中、大規模污水處理廠將以 $3\phi 11.4\text{kV}$ 或 $3\phi 22.8\text{kV}$ 之高壓系統受電，如圖 12.1 及圖 12.2 所示。引入後，先經電表箱計費及高壓開關箱設備後（可接單元變電站），再經變壓器降為一般低壓系統，通常為 $3\phi 4\text{W } 380/220\text{V}$ 及 $3\phi 4\text{W } 190/110\text{V}$ 。然後，由低壓線路將電力配送至各用電設備（負載）。設置變電設備及高低壓開關箱設備之場所稱為變電站或配電室。變電站可分為屋外型及屋內型，除經濟及場所等因素考慮外，一般較少採屋外型設置。屋內型則因操作維護方便，佔地面積不大，除考慮所在地區之地理環境，因採光窗緊閉外，變電站設置位置之選擇，應盡量符合下列各項之要求：

- 1) 接近道路，容易引入電源。
- 2) 接近用電負載中心，以減少線路壓降及損失。
- 3) 交通運輸方便，以吊運變壓器及高低壓開關箱設備。
- 4) 不應設於進流抽水站及前處理設施及濃縮消化槽等，有爆炸之虞之危險場所。
- 5) 不應設於有腐蝕性氣體存在之場所，如除臭機房及加氯消毒區等，若無法遠離時，亦不應設於污染源之下風側，或建議加以隔離。

- 6) 不應設於廁所或浴室或其他經常積水之正下方，且不宜有其他排水管路經過。
 - 7) 不應設於地勢低窪和可能淹水之場所，必要時，可移設於二樓。
 - 8) 因門窗緊閉，應依規定提供自然通風口或機械通風設備，可依「用戶用電設備裝置規則」第400條規定辦理，必要時需提供空調系統設備，其冷凍噸位數，依空間與變壓器容量及開關設備之大小而定。
 - 9) 可設於負荷較大之廠房內或附近，除考慮擴建外，應便於維修保養。
 - 10) 變電站進、出口門應向外開，以便危急時順利逃生。
 - 11) 變電站應預防小動物如老鼠等，從採光窗、通風窗、電纜溝等，進入室內高、低壓開關箱設備內(應緊閉門窗，加防護網及矽利康阻塞)，危及用電安全。
 - 12) 變壓器冷卻方式，採乾式樹脂模鑄型者，可與高、低壓開關箱設備設於同一房間內，且變壓器與高、低壓開關箱設備，須有符合規定之接地系統。
 - 13) 除(4)~(11)屬禁止及強制性要求外，其他各項需求仍須配合考量。
 - 14) 其他設有單元變電站者，比照上述規定參考辦理。
 - (2) 避雷器(LA)為防止雷擊產生時，過電壓沿線進入變電站，危及被保護設備之絕緣，應依規定設計，選用型式為廠用級，氧化金屬構造。
 - (3) 隔離開關(DS)為斷路器在斷開情況下，進行高壓電源隔離，以確保設備及線路檢修之人員安全，為必要之設備。
 - (4) 負載開關(LBS)為具有簡單之消弧裝置，能導通或切斷一定之負荷電流及過負荷電流，但不能啟斷短路電流，小容量較為適用。
 - (5) 高壓斷路器可採抽出型真空斷路器(VCB)。真空斷路器須考慮短路容量，當線路故障時，應能自動地啟斷故障電路，防止事故擴大。
 - (6) 低壓斷路器包含空氣斷路器(ACB)、無熔線斷路器(MCCB 或 NFB)及漏電斷路器(ELCB)，ACB 應設置保護電驛與儀表等，以監控及指示之。
 - (7) 自動切換開關(ATS)為當台電停電時，能自動將負載切換至緊急發電機側，繼續供應部分電力，一般可分為 ACB 及 NFB 兩種型式，依需求選用之。
 - (8) 進相電容器組(SC)可設置於低(高)壓側，採非可燃性之進相電容器組，以段數作調整，改善功因至 0.95 為原則。
 - (9) 所有開關設備，均應考慮額定電流、短路電流及耐壓等級，以維用電安全。
 - (10) 所有計測儀表應加以記錄，以利收集資訊及檢討系統與設備效益。
2. 電力或配電變壓器設置時，應考慮及注意之條件如下：
- (1) 現行高壓變壓器，冷卻方式大都採用乾式樹脂模鑄式自冷及自冷/風冷；特高壓主變壓器，則為油浸自冷、自冷/風冷、自冷/風冷/迫油風冷冷卻。冷卻方式，一般可採自然冷卻及機械強制通風或以空調設備以協助散熱。
 - (2) 變壓器宜採Dyn11接線，主要係抑制對3次以上之諧波電流，可在其三角形連結之一次繞組形成環流，而不致流入公共網路中。

- (3) 特高壓電力變壓器之電壓調壓，可採無負載分接頭切換方式，其調壓範圍為 $\pm 2 \times 2.5\%$ 。
 - (4) 阻抗電壓百分比之大小，係配電變壓器之一個重要參數，與容量有關，當容量小時，阻抗電壓百分比小，一般阻抗電壓百分比為4%，對二次側發生短路故障時，產生短路電流亦較小。當容量大時，阻抗電壓百分比大，一般阻抗電壓百分比為6%。對二次側發生短路故障時，產生短路電流亦較大，請參照CNS 13390 規定辦理。
 - (5) 變壓器之二次側電壓降為4.16kV(或3.45kV)、380/220V(400/231V或460V或220V)或190/110V等，一般低壓以不超過兩次降壓為原則。
 - (6) 變壓器應安裝於負載中心，供電半徑約為0.5km 範圍內，負載損失最小，並能滿足壓降之要求。
 - (7) 變壓器不應裝設於有爆炸之虞之危險場所與有腐蝕性氣體存在之場所及經常積水之正下方(如浴室或廁所)或劇烈振動之場所。
 - (8) 變電站應預防小動物如老鼠等，從採通風窗、電纜溝(以Silicon封住)等進入變壓器，危及用電安全。
 - (9) 變壓器與開關箱設備(前面無帶電之配電盤)設置於室內、外時，應符合法規要求，保持一定間距。原則上，室內配置時，除與樑之距離至少保持0.6公尺；門寬至少保持2 公尺與外界直通外；單列配置其保護外殼離牆壁之箱後淨距至少應不小於80 公分；箱前不小於150 公分；兩列以上之箱前相對位置至少應不小於200 公分，以利操作維護及檢修，請參照「用戶用電設備裝置規則」第403條規定辦理。
3. 變壓器容量及台數，應考慮需量因數與未來擴建等需求後設計之：
- (1) 變壓器容量計算式如下：

$$\text{變壓器容量(kVA)} = \text{總設備容量(kW)} \times \alpha \times \beta / \eta \times \text{PF}$$
 α ：裕度因數 β ：需量因數 η ：綜合效率 PF：綜合功率因數
 - (2) 污水處理廠照明及動力用之變壓器，室內一般選用樹脂模鑄式變壓器，或室外選用油式變壓器，容量與台數之選擇，宜將緊急與非緊急分開。
 - (3) 為提高供電的可靠性，大規模之污水處理廠，單台容量之選擇，建議可選用1,500kVA~2,000kVA 或更大之容量；中規模污水處理廠單台容量之選擇，建議一般不大於1,000kVA。一般大規模污水處理廠，選用高壓供電時，主變電站主變壓器選用至少以2台為原則，最多不宜超過4台，如採分期擴建設計時，總容量及台數應作適當考慮。
 - (4) 變壓器之長期負載率建議不大於80%，且較少以單台單一容量來決定(至少2台)，並應根據負載情況考慮需量率及至少25%之擴建需求。

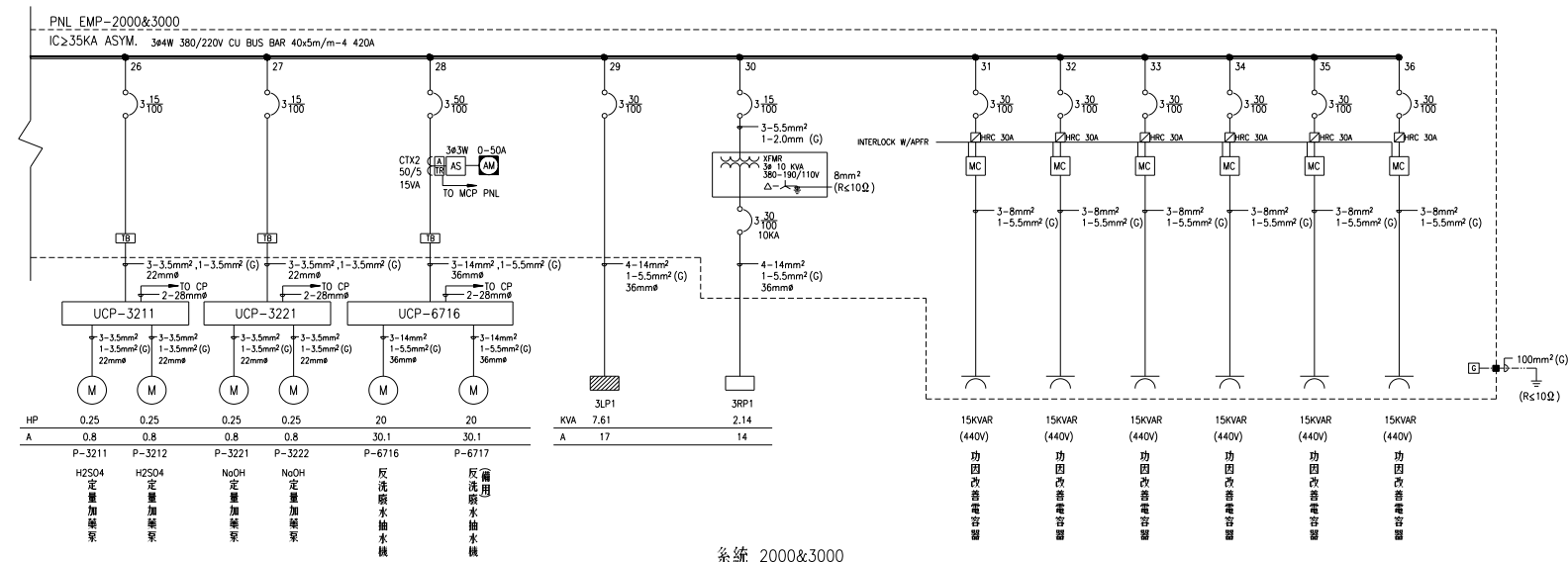
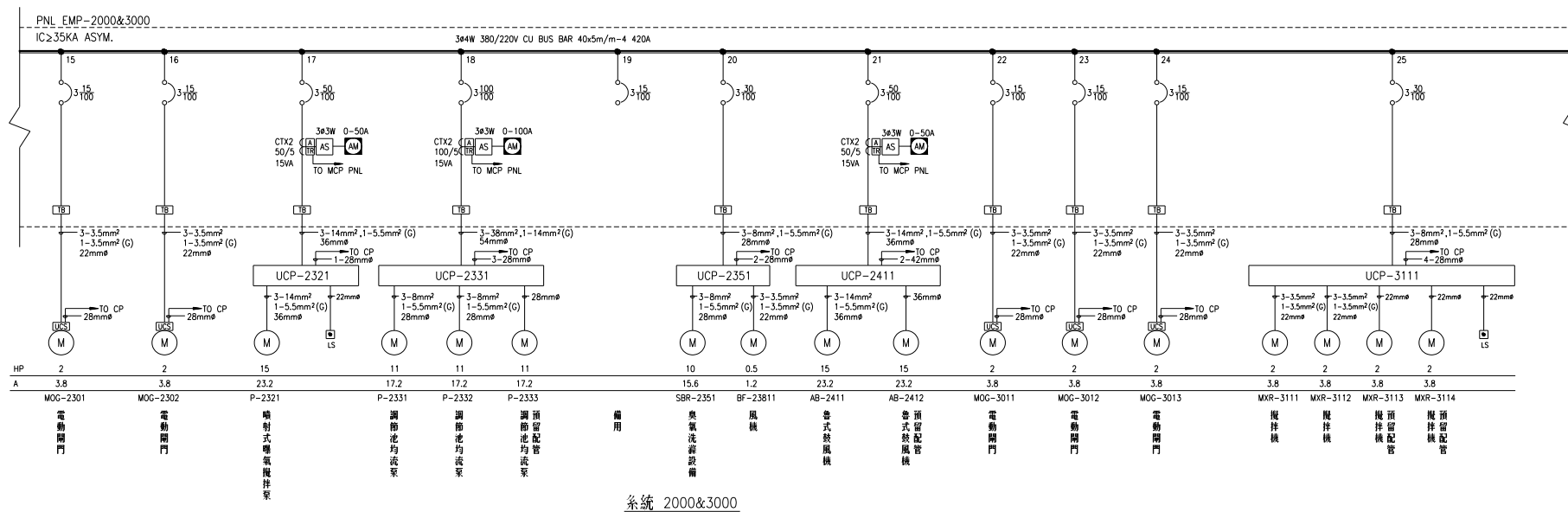


圖 12.2 單線圖例(二)

4. 配電設備之設置，於考量下列情況後設計之：

- (1) 變壓器二次側之空氣斷路器(ACB)，應考慮短路容量及設置保護電驛與儀表，以保護設備及線路。
- (2) 無熔線斷路器(NFB或MCB)應考慮短路容量及依需求設置儀表，以保護線路。
- (3) 漏電斷路器(ELCB)一般設置於潮濕及屋外場所，應考慮短路容量、額定感度電流(毫安)及動作時間，以保護線路及用電安全。
- (4) 自動切換開關(ATS)為意外供電中斷或台灣電力公司停電時，能自動(15～30 秒內)將負載切換至緊急備用發電機側，由緊急備用發電機繼續供電。
- (5) 進相電容器組宜設置於低壓側，採非可燃性之進相電容器組，以段數調整，改善功因至0.95為原則。若配合高、低壓感應電動機而選用之電容器，可與該設備共用控制器及保護裝置。
- (6) 進相電容器裝設於低壓側之優點為總功率減小，從而變壓器容量亦可減小，還可改善電力品質及減低投資與設置費。
- (7) 預防淹水，高、低壓受變電及配電設備(含分電箱或單元控制盤)可設於一二樓，不得設置於地下室及地下管廊。
- (8) 保護電驛應滿足可靠性、選擇性及靈敏性等要求，包含過電流、低電壓、欠電壓電驛等。指示或量測儀表應依規定及需要而設，包含電流表、電壓表、頻率表、瓦特表、功率因數表等，電流表其準確度等級應越小越好，分為0.1～5.0等7級，一般為1.0級。電壓表其準確度一般採5P20。頻率表一般為0.5級。

5. 污水處理廠依規模大小決定設置單元變電站，配電箱型式如下：

金屬閉鎖型配電箱及控制箱之形式稱呼，第1 記號表示隔板的構成：M 表示裝甲型配電箱及控制箱，P 表示隔間型配電箱及控制箱，C 表示箱櫃型配電箱及控制箱；第2 記號表示主要構件的構造：X 表示固定型構件，Y 表示搬出型構件，W 表示抽出型構件；第3 記號表示主迴路絕緣被覆，以G 表示主迴路之匯流排等有絕緣被覆者，其型式記號原則上如MW，MWG，PW，PWG，CX，CY，CW 表示之。請參照中華民國國家標準CNS 3990，3991，13551，13542，13543 等規定說明。

6. 各項配電設備之裝設於屋內外應注意事項：

- (1) 高、低壓配電盤屋內用：最高周溫40℃，最低周溫0℃，相對溼度20～80%，海拔1000M 以下運轉；屋外用：最高周溫50℃，最低周溫0℃，相對溼度20～95%，海拔1000M 以下運轉。
- (2) 大、中及小規模污水處理廠，中控室應設置信號監視、指示等裝置，以便配電設備發生故障時，能發出警告音響及燈光信號，通知值班人員及時處理。
- (3) 高、低壓受變電及配電設備，應依「用戶用電設備裝置規則」第400條規定裝設通風設備，以利散熱。

7. 各受變電及配電設備之裝設應注意事項：

- (1) 高、低壓受變電及配電設備之系統及非帶電金屬外殼，均須依「用戶用電設備裝置規則」第24～29條及59條規定加以接地，接地導線以使用銅線為原則，絕緣皮應為綠色。
- (2) 變電站接地電阻依接地種類分特種(10Ω 以下)、第一種(25Ω 以下)、第二種(50Ω 以下)及第三種接地(依電壓等級， $10\sim 100\Omega$ 以下)，因適用場所之不同而其接地線大小有異。
- (3) 避雷接地系統保護範圍，應能涵蓋整個污水處理廠之電氣儀控設備及操作人員可達之場所，以確保安全。

12.3 負載設備

污水處理廠之負載(用電)設備，包含動力、照明插座、儀控設備等。動力設備如進流抽水泵、撈污機、空壓機、除臭設備單元、迴流污泥泵及脫水機等電動機設備；照明設備如管理中心(行政大樓)及機房之日光燈，高天井機房之照明燈(LED燈)，屋外步道燈(LED燈)，道路照明燈(LED燈)；插座設備如室內一般插座與專用插座等；儀控設備如流量、壓力、液位及溫度等計測項目之用電設備。

12.3.1 負載設備對供電之要求

各負載設備對供電之要求，於考量下列情況決定之：

1. 供應污水處理廠電力負載設備之電源，區分為緊急與非緊急。萬一電力公司供電中斷或停電時，污水處理廠之污水系統及處理設備、廠區部分照明、閉路電視監視系統、消防火警及廣播系統、中控室及區域控制室之儀表及監控系統之緊急負載等，應由固定式緊急備用發電機組繼續供電。緊急備用發電機起動期間，中控室、區域控制室之儀控設備，應可由不斷電系統或直流系統供電。
2. 污水處理廠之污泥系統，除部分特殊需求外，可不加入緊急備用發電機組供電，以節省初裝費及運轉費用。
3. 污水處理廠之配電系統，可配合當地氣候、日照時數、建築方位及設備電力需求等，設置備用或並聯之太陽光電系統，如此，由兩種以上不同電源供電，可紓解夏季尖峰用電及應付緊急用電需求，並節省電費。

解說：

1. 污水處理廠之重要設備，如中控室、消防設備、監控系統等用電，萬一台灣電力公司供電中斷時，應能迅速接入緊急備用發電機組繼續供電。中控室之監控系統除利用緊急備用發電機電源外，緊急備用發電機起動期間，另應由不斷電系統或採直流供電。
2. 其他污泥系統之動力、照明設備，除部分特殊需求外，基於操作需求及經費之理由，可不接入緊急電源系統。
3. 在經費許可情況下，污水處理廠可配合當地氣候、日照時數等，在管理中心(行政大樓)、進流抽水站、初沉池或脫水機房等場所之頂層裝設太陽光電系

統，提供廠區部分用電，以節省電費，或提供場所供能源局(台電公司)施設太陽光電系統發電轉售，提供能源。

12.3.2 動力負載設備

動力負載設備設計考量依下列條件決定之：

1. 污水處理廠在計算總動力負載設備(電動機)時，應將容量、需量率、工作性質、台數及效率等因素考慮在內。
2. 污水處理廠電動機應配合現場規劃，為屋內一般型、防腐蝕型、防爆型、屋外防水型及變頻專用等。防爆型者屬特殊場所之用電設備，須依規定配合裝設；防水型者屬潮濕場所之用電設備，應配合裝設漏電斷路器，其保護等級在陸上防水型至少為國際電工委員會IEC IP54，水中型為至少為IEC IP68；變頻操作專用者須依規定使用變頻電動機，以確保用電安全。
3. 處理單元之每一電動機分路，應包含過電流保護器、操作器(起動器或控制器)、過載保護器、分段設備及儀表等控制單元等，可由現場低壓配電盤(開關箱)或馬達控制中心(MCC)或單元控制盤供電。
4. 三相高、低壓電動機起動電流，應不超過「用戶用電設備裝置規則」第162及430條規定，否則，應使用降壓型啟動設備。
5. 除分數馬力(1/6~3/4HP)用電設備額定容量較小外，電動機之絕緣等級至少應為F級；服務係數為1.15；陸上型電動機須符合CNS14400 高效率電動機IE3+以上標準。
6. 電動機以裝置於通風良好及保養方便之位置為原則，其操作電動機時，應依規定於可視及之範圍內，否則應裝設分段設備，以策安全。
7. 電動機應依規定裝設功率因數改善電容器組，其容量應配合負載大小及功率因數高低來決定，自動地投入設備之段數及諧波濾波電抗器，改善後之功率因數以95%為原則。
8. 電動機之配線保護，常用的可分為金屬管(RSG、EMT)、非金屬管(PVC 管)及金屬電纜架裝置，視場所需求而定。其導線應依電壓、電流及埋設溫度，選用適當之PVC或XLPE為絕緣物，詳「用戶用電設備裝置規則」第219~259 規定，所有管線設備，應考慮防止水氣及腐蝕氣體進入。

解說：

1. 污水處理廠在計算動力設備時應考量下列因素：
 - (1) 用電設備之大小以額定容量表示，其額定容量指用電設備在額定電壓下，能連續輸出或耗用之最大功率。對電動機及照明等設備而言，額定容量係以有效功率表示之；對變壓器及電焊機設備而言，額定容量係以視在功率表示之；而電容器設備而言，額定容量則以無效功率表示之。
 - (2) 污水處理廠動力用電設備，依運轉性質區分為：長期連續工作制，如抽水機、鼓風機及照明設備等；短時間工作制如控制閘門之電動機等；斷續週期工作制如電焊機、電動吊車等。

(3) 當電動機在一定負荷下運轉時其功率計算如下：

$$P = P_0 / \eta_0 \eta$$

P：電動機功率(kW) P₀：負荷之機械功率(kW)

η_0 ：機械效率 η ：電動機效率

2. 電動機設備為確保用電安全應考量下列事項：

(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)、電壓等級、絕緣等級、額定轉速及額定功率等。

(2) 電動機外殼之保護等級(國際電工委員會IEC IP碼)，如使用於屋外，屬潮濕場所，應為整體密閉。風扇冷卻依「用戶用電設備裝置規則」第59條規定，須配合裝設漏電斷路器；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」為危險場所之第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 de IIB 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。兩個數字組合起來越大，表示保護等級越高，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12.2，IEC 60 529 防護等級標記說明。

(4) 電動機之起動器、控制按鈕或控制開關，宜裝設在電動機附近人手可及範圍，便於操作和觀察運轉狀態之地點，一般距離以不超過15 公尺為原則，否則應在電動機附近加裝分段設備(閘刀開關或無熔線開關)，以免檢修時，操作人員發生危險。

3. 處理單元每一電動機分路之設計應考量下列事項：

(1) 電動機起動時，端電壓應保證機械要求之起動轉矩，且引起之電壓波動，應不妨害其他負載設備之運轉為原則。

(2) 進流抽水機建議至少應有一台為變頻起動運轉，並配合初期進水，可設定抽水井於最高水位起動，最低水位停止之起停操作機制，以達初期低流量之穩定操作。

(3) 特高壓用戶大規模之污水處理廠，所有進流泵及放流泵應可配合程序運轉，其電動機可由變頻設備採一使用、一備用或交替，逐一調整轉速，進而調節流量。

表 12.2 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為最大，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	箱體在製造廠商和用戶達成協議的條件下，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。

4. 處理單元每一電動機分路之設計，其起動設備應考量下列事項：

- (1) 電動機起動時，會產生較大之起動電流，使系統電壓下降，影響其他設備正常運轉。低壓用戶，除小容量電動機可採直接啟動外，較大電動機起動電流應不超過「用戶用電設備裝置規則」第162條規定，220V 供電，每台容量不超過15 馬力者，不加限制。380V 供電，每台容量不超過50 馬力者，不加限制。每台容量超過上列限制者，以不超過該電動機額定電流3.5

倍。高壓用戶之低壓電動機，每台容量不超過200 馬力者，不加限制，若超過此限者，以不超過該電動機額定電流3.5 倍，否則，應採降壓起動。高壓用戶之高壓電動機啟動電流，應按第430條規定辦理。

- (2) 電動機啟動方式，一般可分為全壓起動及降壓起動兩種。其中降壓起動有電阻器起動、電抗器起動、自耦變壓器起動及Y-△降壓起動與變頻起動(軟啟動或緩衝啟動)等，應依負載特性選用。
- (3) 大、中規模污水處理廠之進流抽水機、鼓風機等，負載轉矩與轉速成平方關係，可採變頻起動、電抗器起動或電阻器起動。

5. 電動機工程設計時應考量下列事項：

- (1) 污水處理廠採濕井沉水式抽水機時，可設置溫度感測器，除能將訊號傳送至單元控制盤外，並能經單元控制盤傳送至中控室顯示，以利即時監控及狀況處理。
- (2) 若為乾井抽水機時，除馬達線圈溫度感測器外，機械軸封需增設冷卻循環水感測器如流量計，100hp(含)以上，應加裝軸承溫度感測器(類比輸出)及振動感測器，除能將訊號傳送至單元控制盤外，並能經單元控制盤傳送至中控室顯示，以利及時監控及狀況處理。
- (3) 大規模污水處理廠(設計處理水量30,000CMD 以上)，30hp(含)以上；中規模污水處理廠(設計處理水量30,000CMD~5,000CMD)，20hp(含)以上；小規模污水處理廠(設計處理水量5,000CMD 以下)，10 hp(含)以上，屬該污水處理廠內高耗能之動力設備，其單元控制盤或MCC 設備，應設置多功能電表，以利監控。

6. 電動機之裝置時應考量下列事項：

- (1) 污水處理廠內鼓風機之裝置，為便於巡檢及預防故障，每台鼓風機宜有操作狀態之電流值、電壓值、振動值、軸溫及送風量等儀表裝置，並應考慮有防制噪音及通風散熱之設計考量。
- (2) 各種設備之驅動裝置，其安裝位置除應考量巡檢人員之可及性外，若安裝於高處，應設置有利於巡檢之梯架。
- (3) 污泥脫水機輸送帶，應裝置緊急切斷開關，以利緊急時切斷電源。
- (4) 電動機於電源有欠相、反相或接地失效之虞者，宜裝設欠相、反相或接地故障等警報裝置，如箱型冷氣機大都採迴轉式或渦卷式壓縮機，不能逆轉，宜裝設逆向保護開關，以確保人員安全。
- (5) 污水處理廠內之設備，如進流抽水機、鼓風機及放流泵之電動機與現場之起動變頻設備，若為陸上型者，應設充足之通風設備，必要時，可裝設空調設備，以排除熱氣及降溫。
- (6) 鼓風機風量，應視曝氣池溶氧以人工方式作適當調整，可安裝變頻設備調整轉數或利用調節閥控制風量，以降低輸出馬力。鼓風機採間歇操作者，應使各台運轉時數平均，間歇起停勿過頻繁，以免變頻器損壞。操作時應注意兩側軸承溫度，並檢視運轉壓力、轉數及油箱液位等。

7. 污水處理廠之用電設備，大部分是電感性的，無效功率大，功率因數低，電力系統中，若並聯接入電容器，可補償無效功率。改善功率因數其效益包括(1)總消耗功率減小，提高供電設備的能力。(2)降低壓降，改善電壓質量。(3)減低線路之功率損耗。功率因數改善方式一般有：(1)個別補償，其效果最佳，但投資費用較高。(2)分散補償，屬一種比較經濟合理之方式。(3)集中補償，其補償效率最差等三種方式。污水處理廠一般建議採分散補償，大型電動機則採個別補償。
8. 電動機之配線保護，可為金屬管、非金屬管及電纜架裝置(可選用RSG、EMT 或PVC管)，視場所而定，但特殊場所(如防爆場所)應選用RSG 管及管封設備。導線採銅導線PVC 絕緣電線或XLPE 絕緣電線，接地線則採PVC 絕緣綠色電線，PVC絕緣絞線最小應為3.5 mm²。

12.3.3 照明設備

照明設備於考量下列情況設計之：

1. 為提高工作效率、確保生命安全、檢修維護方便、避免事故發生，污水處理廠室內、外應設照明設備，在燈具構造(如防爆區特殊場所等)之選擇、光源顏色及設計照度等要求，應依場所選用安全、高效率燈具，以節約能源。
2. 室內、外照明燈具及照度及均勻度，應符合中華民國國家標準及職業安全衛生法之規定設計及安裝。
3. 污水處理廠室內、外普通插座應普遍設置，以方便使用移動性器具為原則，專用插座及特殊場所使用插座應依專用需求設置。普通插座與專用插座，應以裝設高度及型式不同作為區分。
4. 照明之配管線，可為金屬管、非金屬管及電纜架裝置(RSG、EMT 或PVC 管)，視場所而定。其導線應依其電壓、電流及埋設溫度選用適當之PVC或XLPE為絕緣物。

解說：

1. 照明設備之選用應考量事項包括：
 - (1) 照明品質之好壞，常以平均照度、均勻度、眩光、演色性等指標來評價。室內平均照度，是根據室型指數、選用燈具型式、室內裝修材料之利用率及維護係數等決定所需燈具數量。
 - (2) 照明的分類方法很多，依功能區分為常用照明、緊急照明。常用照明又可分一般照明、局部照明、分區照明、混合照明、道路照明及移動照明。緊急照明(含出口照明)採交/直流兩用電源，性能應安全可靠，因涉及人身安全，應依各類場所消防安全設備標準設置。
 - (3) 照明依光源方式分類，辦公室、機械房等一般以較能節源之T5日光燈、PL型或LED 燈為主。高天井則以高壓鈉氣燈或LED 燈為主。白熾燈及鹵素燈已被淘汰不用，以節約能源。為配合建築物之天花板，可為吸頂式、T-BAR或吊掛式等安裝方式。

- (4) 燈具之選擇應以綠色照明為內涵，包含節能效率(採電子式安定器，T5日光燈)、環境保護、安全和舒適。
 - (5) 照明光源之顏色(演色性)應與室內高度及表面裝修相協調，一般辦公室色溫採3300~5300K，演色指數為中間系列 $Ra \geq 80$ ；若機房高度 ≥ 7 公尺，則 $Ra \leq 80$ ，以利辨識。
 - (6) 照明燈具應配合污水處理廠使用場所之安裝高度，依低(小於4M 用日光燈、LED燈及省電燈泡)、中(4-7M 用大功率日光燈、高壓鈉氣燈及LED燈)、高(7M以上用高壓鈉氣燈及LED 燈)平頂分區使用，高平頂者亦可採壁式裝設。所有照明燈具並應選擇合適之手動開關(15A，300V)加以控制。
 - (7) 一般燈具配置宜均勻，採單邊、交錯或對稱配置，一般均勻度不小於0.8(CIE 標準)。
 - (8) 大型水池附近，如初沉池、終沉池(二沉池)、生物處理池及消毒池等，須裝設室外防雨型投光燈或步道燈，以利夜間巡修，一般採用高壓鈉氣燈或LED 燈，並可施予手動或自動點滅控制。投光燈平均照度宜保持30~10 Lux，燈桿高度不宜超過12m，以免難以更換維修。步道照明如初沉池等須裝設於水池欄杆邊(非步道內)，以不妨害巡修及設備搬運為原則，照度宜保持50~30 Lux，燈桿高度不宜超過3m，燈桿距離不宜超過路幅(走道)寬度3.5~4倍，以維持一定之明暗比。
 - (9) 廠區道路及各處理單元出入口，應裝設道路照明及壁燈或吸頂燈，一般採用高壓鈉氣燈或LED 燈為主，並可施予手動或自動點滅控制。由於車道照明屬服務功能，大部分為2線道，目前以LED燈具為主，照度宜保持30~10 Lux，採半截止燈具，防護等級為IP54以上，燈桿高度視路幅寬度而定，不宜超過路幅寬度1.2倍，燈桿距離不宜超過路幅寬度3.5倍，燈臂長度不宜超過燈桿高度1/4及燈臂傾斜角度不宜超過 15° 。燈具採防水型，維護係數0.7~0.75為宜。
 - (10) 室內照明設備使用於特殊場所，如進流抽水站、前處理設施及污泥濃縮、消化機房，應依規定劃分防爆及非防爆範圍，防爆範圍應採用防爆設備與配管線，燈具構造等級至少符合「用戶用電設備裝置規則」為危險場所之第1 種場所使用，或美規NEC CLA.1 DIV.1 GROUP C&D或日規1 級，d2G4 或歐規ZONE 1，Ex de IIB T4。腐蝕場所如加藥機房及加氯機房，應選用防腐蝕之燈具，採用美規NEMA 4X 或對應之IEC IP56。
2. 污水處理廠之室、內外照明，應提供適當之照度需求，依場所設置考量，須符合中華民國國家標準CNS-12112 照度之參考值及第十三章13.4.2照明表11.2之要求，分述如下：
- (1) 屋外道路：30~10 Lux。
 - (2) 屋外設施通道：50~30 Lux。
 - (3) 辦公室、中控室、會議室、水質實驗室：750~300 Lux。
 - (4) 檔案室、資料室、計算機室：750~300 Lux。

(5) 電氣室、機械室、污泥脫水機室、抽水機室、送風機室、緊急備用發電機室：300~150 Lux。

(6) 走廊、通道、洗手間及廁所：200~100 Lux。

(7) 倉庫、更衣室、值班室、管廊、配管室、覆蓋設施、沉砂池、攔污室：150~75 Lux。

3. 插座之裝設應考量事項：

(1) 一般場所之所有普通插座，一律採接地型為原則，規格為15A 125V，裝高離地30cm；專用插座採20A 250V，接地型，裝高離地120cm。

(2) 特殊場所防爆等級，應符合「用戶用電設備裝置規則」為危險場所之第1種場所使用，或美規NEC CLA.1 DIV.1 GROUP C&D 或日規1級，d2G4 或歐規ZONE 1，Ex de II B T4。

(3) 腐蝕場所應選用防腐蝕者，如美規NEMA 4X或IEC IP56；潮溼場所應選用防潮者，如美規NEMA 3或IEC IP54。

4. 照明及插座之電壓等級為1 ϕ 220V及1 ϕ 110V，配管一般選用PVC 導線管、EMT管或RSG 管(特殊場所防爆配管使用)，導線則採銅導線PVC 絕緣。

12.4 緊急備用柴油引擎驅動發電機設備

當颱風季節來臨時，萬一台灣電力公司電力供應中斷或供電系統故障，為維持污水系統部分設備之繼續運轉，一般污水處理廠常備有低壓(3 ϕ 4W 380V)或高壓(3 ϕ 3.45kV 或4.16kV)固定式緊急備用柴油引擎驅動發電機組，於15~30 秒內隨之自動起動運轉，透過ATS(自動切換開關)，繼續供給污水、曝氣與消防火警及廣播系統與監控系統等重要設施用電，以確保污水處理廠安全。

緊急備用柴油引擎驅動發電機設備，由柴油引擎(含散熱單元及排煙系統)、交流同步發電機及控制系統(包含啟動、自動檢測、控制及保護裝置)等三部分組成，說明如下：

緊急備用柴油引擎驅動發電機設備於考量下列情況設計之：

1. 污水處理廠緊急備用柴油引擎發電機組之選擇，應以污水系統處理設備與消防火警與廣播及儀表監控系統為準，忽略污泥系統處理設備。
2. 緊急備用柴油引擎發電機容量與台數，應依緊急負載大小、投入運轉順序及單台電動機最大起動容量等綜合因素確定，其容量計算請參考「緊急電源容量計算基準」。
3. 緊急備用柴油引擎，應設定自動起動之高速柴油引擎，且為無碳刷激磁之交流同步發電機，並裝設自動調壓裝置。
4. 污水處理廠緊急備用柴油引擎發電機組之設置，應緊鄰主變電站，運轉時將產生較大之噪音，最好遠離辦公區，若一定要安裝於辦公區時，應作必要之隔音處理。

解說：

1. 緊急備用柴油引擎發電機組之容量，以滿足污水處理設施污水部分、消防火警、

廣播系統與管理中心(中控室)監控系統(不斷電供電系統及直流供電設備)之需要為原則，而忽略污泥系統處理設備。

2. 緊急備用發電設備設置應依下列考量：

- (1) 緊急備用柴油引擎發電機組，由於容量(功率)等級較多、安裝面積較小、熱效率高、燃油消耗低、起動迅速、操作維護簡單等優點，適合於污水處理廠作為緊急備用電源之用。
- (2) 發電機組之容量計算，請參考緊急電源容量計算基準：
 - 1) 連續運轉之額定功率。
 - 2) 瞬時壓降之視在功率，發電機組之電壓突降不大於15~20%。
 - 3) 尖峰負荷之備用功率。
 - 4) 比較前3項，以其中最大容量作為選擇發緊急備用柴油引擎發電機之依據。
- (3) 緊急備用柴油引擎發電機組，轉速常以1800rpm(高轉速)，輸出電壓為380/220V，頻率以60HZ，功率因數為0.8，緊急備用額定為12小時為準(允許連續運轉12小時之最大有效功率，其中有1小時超載10%之能力)。
- (4) 當緊急負載較大時(大型污水處理廠之進流抽水站、海洋放流抽水站)，可選擇容量適當、多機組、並聯運轉。依經驗顯示，如中型污水處理廠容量不超過800kW時，宜選用單一機組；超過800kW宜選用2~4台；大型污水處理廠單機容量可再加大，但仍以不超過4台為宜，台數太多，除空間須加大外，可能單機容量較小而無法負擔起動大型電動機之能力(須多台並聯)。
- (5) 緊急備用柴油引擎發電機組多台組合時(2台以上)，有並聯需求時，需有並聯設備裝置。
- (6) 多台機組並聯時，宜選擇型號、容量規格及調壓(電子式)調速特性相同之機組。
- (7) 由於柴油引擎發電機組作為緊急備用，故應以裝設自動起動為原則，一旦台電供電中斷，應在15~30秒內起動完成供電，並具有6次供發電機自動啟動功能，每次時間不大於30秒，當台電恢復供電時，機組可在2~15分鐘內自動卸載停車。
- (8) 緊急備用柴油引擎發電機組啟動系統以採用24V蓄電池啟動，大型(2000kVA以上)柴油引擎發電機組，才採壓縮空氣起動(原則少用)。
- (9) 污水處理廠對斷電有嚴格要求者，如中控室的儀表及電腦系統，除備有緊急備用柴油引擎發電機系統外，還應設UPS設備或直流蓄電池設備。
- (10) 緊急備用柴油引擎發電機組，應注意消音、減振、通風及散熱之需求，並應備有欠相、短路、過電流、超速、水溫過高及油壓過低等保護。
- (11) 緊急備用柴油引擎發電機組機房之建築要求，原則上，一般發電機組超過200kW以上宜有兩個出入口，且門應向外開，以策安全。
- (12) 緊急備用柴油引擎發電機組機房之進風口，以設於正對發電機端或發電

機兩側為宜。

- (13) 緊急備用柴油引擎發電機房照明基準，至少應保持在300~150Lux為原則。
 - (14) 緊急備用柴油引擎發電機組周邊除散熱水箱端外，與牆壁之距離應不小於1.5m；與平頂之距離應不小於1.5m，通常要求淨高不低於4.0m，以利操作維護。
 - (15) 緊急備用柴油引擎發電機組，可採散熱水箱連接於機組型、散熱水箱分離型及熱交換器型等三種，視緊急備用柴油引擎發電機容量大小及安裝場所而定。
3. 緊急備用柴油引擎發電機組輔助系統(附屬設備)，包含起動系統(蓄電池或空壓機系統)、燃油系統(日用油箱及地下貯油槽)、潤滑油系統、冷卻散熱水箱系統、進排氣系統、排煙系統(消音及黑煙淨化器)及監控系統(控制箱及自動調壓器)等。其中燃油系統日用油箱附件應齊全，儲存容量應以不超過1000公升為限，儲油槽應以地下儲油槽設置為原則，且須依「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」辦理，儲油槽儲存容量以不超過2天為限。
4. 緊急備用柴油引擎發電機之設置應緊鄰主變電站，以減低壓降及易於集中管理。運轉時將產生較大之噪音，最好遠離辦公區，必要時須以隔音處理。對於安裝於辦公區地下室之緊急備用柴油引擎發電機組，應作必要之隔音與防振處理及採取分離式散熱水箱型較為妥當。緊急備用柴油引擎發電機之設置，應依噪音管制標準辦理。

12.5 控制及計測設備電源

污水處理廠控制及計測監控用電源設備有數種，如交流電源110V，220V(原則少用，安全電壓約50V，愈低愈安全)，直流電源24V、48V，110V及不斷電裝置交流110V等，可依負載性質、容量及允許中斷供電時間等要求選定。

12.5.1 交流控制電源

交流控制電源設置，應考慮下列情況決定之：

- 1. 高、低壓開關箱設備之控制、保護電驛及指示等電源，採交流操作時，宜自控制變壓器或比壓器取得；供馬達控制中心使用時，宜自個別比壓器取得，且均應滿足最小容量之需求。
- 2. 高壓開關箱設備應配合斷路器等設備，依系統可靠性之要求，選用適當之控制電源，交流控制電源可為110V或220V(原則少用，安全電壓約50V，愈低愈安全)。
- 3. 控制、保護電驛及指示等導線，一般選用PVC 絕緣導線。

解說：

- 1. 高、低壓電源控制依下列設計之：

污水處理廠以高壓受電時，高、低壓開關箱設備，可採交流控制電源，電

源自控制變壓器或比壓器取得。

2. 高壓電源控制依下列設計之：

高壓開關箱設備之交流控制電源容量，最小不少於 $3\phi 22.8\text{kV}(11.4\text{kV})-110/190\text{V } 5\text{kVA}$ ；馬達控制中心之交流控制電源容量，最小不少於 $1\phi 380-110\text{V } 100\text{VA}$ 。

3. 控制、保護及指示等電源之幹線，一般至少選用 5.5 mm^2 PVC 絕緣導線，分路則採 2.0 mm^2 PVC 絕緣導線。

12.5.2 直流控制電源

直流控制電源依下列情況選用之：

1. 特高壓系統受電時，開關箱設備之控制電源，可配合斷路器及電驛等設備要求，選擇直流控制電源。
2. 高、低壓開關箱設備之控制、保護電驛及指示等回路，採直流為控制電源時，具性能穩定、安全可靠之特點。
3. 直流控制電源之蓄電池裝置，宜採浮動充電方式為原則。

解說：

1. 特高壓變電站採直流為控制電源時，因具性能穩定、安全可靠之特點。
2. 高、低壓開關箱設備之控制、保護電驛及指示等回路，可採直流為控制電源時，具性能穩定、安全可靠之優點，亦可採交流作為控制電源。
3. 採直流控制電源裝置含蓄電池、充電裝置及直流分電盤等，採浮動充電方式且應有必要之保護裝置。

12.5.3 不斷電裝置系統

不斷電裝置系統依下列情況選用之：

1. 不斷電裝置系統之選擇，應以滿足監控系統之可靠性及穩定性為原則。
2. 不斷電裝置電源應用於中央控制盤或區域控制盤時，其額定輸出容量應為最大計算負荷之1.3倍。
3. 不斷電裝置電源之蓄電池容量，應依允許中斷供電時間等要求確定。

解說：

1. 不斷電裝置電源系統分為靜態與動態兩種，靜態由電子元件組成，動態由旋轉電機組成，污水處理廠中央控制盤之不斷電裝置，一般選用靜態且為單相者為宜。
2. 依據供電可靠程度之不同，不斷電裝置電源系統有簡單型、具轉換開關及並聯型等多種，污水處理廠依設備要求及重要程度，一般採並聯型者。
3. 蓄電池容量至少允許中斷供電時間15～30分鐘，如中央控制盤至少30分鐘，區域控制盤至少15分鐘。

12.5.4 電氣計測監控用電源設備

計測監控用電源設備參考下列情況選用之：

1. 計測監控用電源設備之容量，應滿足其負荷之種類、計測監控之目的及重要程度而定。
2. 信賴度宜高，維護應容易。
3. 依需要而定，可為直流或交流電源。

解說：

1. 電氣計測監控用電源設備，依負荷之種類、計測監控之目的及重要程度而定，容量應予滿足要求，高、低壓受電時，電壓一般為110V級，容量為5~10kVA。特高壓受電時，採直流電源設備，電壓一般為24V級，容量視需求而定。
2. 直流電源信賴度高，性能穩定，安全可靠，維護較易。
3. 依需要而定，高、低壓受電時，直接由電源側經變壓器降壓或比壓器取得交流電源，特高壓受電時常採交流電源設備。

12.6 儀控計測設備

污水處理廠計測設備，其輸入變數裝置稱為初級元件或檢測器或感測器；轉換與傳訊設備是由初級元件(感測元件)將測量結果轉換成有用信號或壓力裝置，如差壓傳訊器稱為二級元件；用來控制、調整程序用，如控制閥、泵，則稱為最後控制元件。

污水處理廠計測設備參考下列情況選用之：

1. 污水處理廠對現場計測項目加以測量，目的在即時了解其變數值，是否維持在合理的設定值或穩定的變化範圍內。
2. 污水處理廠一般現場計測項目有溫度、壓力、流量及液位等，對特殊用途及目的而量測，如pH 值、好氧池溶氧、入口氮濃度、餘氯量、水質分析表計及氣體偵測器等，因系統需求而裝設。
3. 現場計測項目之計測原理及構造雖互異，但均將測量結果轉換成有用之信號，並傳送到控制器，再由最後控制元件執行之，以構成一個完整之自動控制系統。

解說：

1. 污水處理流程選用計測設備時，應視污水處理廠規模、特性、現場裝設條件及維修能力，其量測項目及元件，如表12.3及表12.4。
2. 污水處理廠一般現場計測項目應依下列考量：
 - 1) 應考慮裝設計測設備之目的、性能、精確度、靈敏度、響應時間、安全性、經濟性、外殼保護構造與引用電源等作正確之選擇。
 - 2) 計測設備皆有其基本特性存在，可分為靜態與動態特性，靜態特性如準確度、精密度、靈敏度及重現性。動態特性如響應度及逼真度。
3. 電氣信號一般為4~20mA或1~5V；空氣壓力信號一般為3~15psi(0.2~1.0kg/cm²)，所有信號將轉換成電氣信號，以執行控制。

表 12.3 污水處理廠各處理單元設備之量測項目

處 理 單 元		名 稱 量 測 項 目
污 水 處 理	擋水設施	渠道水位、渠道閘門開度、擋水閘門開度
	攔污設施	液位差
	沉砂池	沉砂池水位、pH 值、空氣量、抽砂量
	抽水井	濕井水位、出水口水位、泵出水口閘開度、泵轉速、冷卻水量、乾井溫度、有害氣體
	調節池	出流量、調節池水位、pH 值
	初級沉澱池	進流量、進流閘門開度、初沉污泥量、初沉污泥濃度、出流水位、污泥介面、進流pH 值
	鼓風機	鼓風機吸入溫度、吸入口開度、送風口開度、鼓風機送風量、鼓風機送風溫度、鼓風機送風壓力、鼓風機轉速、振動、噪音
	曝氣池(氧化渠法)	進流量、水面曝氣機葉輪浸水深度、中游及下游溶氧、混合液懸浮固體物、渠道水溫、出流量、出流水堰高度、進流水調節口開度、渠道水流速、污泥容積(SV-30)
	曝氣池(標準活性污泥法)	進流量、風量調節口開度、空氣流量、溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、出流量、進流調節口開度
	生 物 反 應 池 MLE(缺 氧 - 好 氧 法)	進流量、風量調節口開度、空氣流量、好氧池溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、缺氧池氧化還原電位、好氧池pH 值、出流量、進流調節口開度、循環水量、入口氮濃度
	生物反應池A ₂ O(厭 氧-缺氧-好氧法)	進流量、風量調節口開度、空氣流量、好氧池溶氧、混合液懸浮固體物、曝氣池水溫、厭氧池氧化還原電位、凝聚劑加入量、凝聚劑貯留池液位、循環水量、好氧池pH 值、出流量、進流調節口開度、循環水調節口開度、曝氣池水位、缺氧池氧化還原電位、入口氮濃度、入口磷濃度、曝氣管曝氣壓力
	二級沉澱池	進流量計、迴流污泥量、廢棄污泥量、迴流污泥濃度、廢棄污泥濃度、泵轉速、污泥槽水位、出流水pH 值、出流水磷濃度(厭氧-好氧法、厭氧-缺氧-好氧法)、出流水氮濃度(厭氧-缺氧-好氧法)污泥介面、污泥容積、污泥調節閘開度
	消毒設備(次氯酸 鈉)	次氯酸鈉加藥量、次氯酸鈉液位或貯存量、餘氯量
	消毒設備(氯氣)	液氯貯存量、氯氣檢漏設備、餘氯量、加氯量、稀釋水量
	消毒設備(臭氧)	臭氧濃度、臭氧餘剩濃度、加藥量、稀釋水量
	消毒設備(UV)	液位高度、濁度、各燈管使用狀態、UV 強度
	放流泵	放流池水位、放流泵轉速、放流口開度
	放流口設備	放流量、放流水體水位、水質分析、放流口開度、化學需氧量、pH 值、餘氯量、閉路監視設備、氨氮、導電度、懸浮固體物
	輸泥設備	污泥流量、污泥貯槽液位、污泥泵出口壓力、污泥泵轉速、污泥濃度
	活性污泥膜濾法 (MBR)	產水系統：產水泵流量計、膜濾池液位計、膜池污泥濃度計、膜壓力計 氣洗系統：膜濾池鼓風機風量計、膜濾池鼓風機風壓計 反洗系統：反沖洗流量計、反沖洗泵浦壓力計

處 理 單 元		名 稱 量 測 項 目
		藥洗系統：加藥泵壓力計 污泥迴流、廢棄系統：廢棄污泥流量計、廢棄污泥泵壓力計、迴流污泥流量計、迴流污泥壓力計
	分批式活性污泥法(SBR)	池槽液位計、污泥濃度計、溶氧計、pH、混合液態懸浮固體物(MLSS)
	快濾設備	前後貯水槽流量計、前後貯水槽液位計、快濾設備壓力計、快濾設備壓力指示警報器
	除臭設備	氫氧化鈉液位或貯存量、次氯酸鈉液位或貯存量、硫酸液位或貯存量、氫氧化鈉加藥量、次氯酸鈉加藥量、硫酸加藥量、pH 值、氧化還原電位
	重力濃縮槽	進流污泥量、濃縮槽液位、污泥界面、濃縮污泥出流量、濃縮污泥濃度
	機械濃縮設備	污泥貯槽(進流污泥及濃縮污泥)液位、進流污泥量、進流污泥濃度、濃縮污泥量、濃縮污泥濃度、濃縮設備驅動偵測(如轉速、溫度、振動)、加藥量、加藥槽液位
	污泥消化槽(厭氧消化槽)	進流污泥量、污泥消化槽液位、污泥消化槽溫度、抽除消化污泥量、抽除污泥濃度、上澄液流量、抽出瓦斯流量、消化瓦斯硫化氫濃度、消化瓦斯壓力、消化瓦斯溫度、加溫蒸氣量、污泥消化槽出口開度、pH 值、甲烷(含二氧化碳)濃度、污泥消化槽氧化還原電位
	污泥消化槽(好氧化槽)	液位計、污泥濃度計、進流污泥流量計、污泥厚度計
	污泥脫水設備	污泥貯槽(濃縮及消化)液位、進流污泥量、進流污泥濃度、脫水污泥量、脫水污泥含水率、污泥脫水設備驅動偵測(如轉速、溫度、振動)、加藥量、加藥槽液位
	鍋爐	給水量、重油量、供給瓦斯量、鍋爐溫度、加熱蒸氣量、爐槽水位、爐內壓力、重油貯留槽液位
	瓦斯貯槽	瓦斯貯槽壓力、消壓槽壓力、受水槽壓力、鍋爐供給瓦斯量、剩餘瓦斯燃燒量、瓦斯漏洩檢測、瓦斯貯存量、硫化氫濃度
	消化瓦斯發電設備	冷卻水溫度、燃料瓦斯流量、燃料瓦斯壓力、燃料瓦斯溫度、廢氣溫度。發電機轉速、發電機線圈溫度。廢氣氮氧化物濃度、廢氣含氧濃度、出口廢氣溫度、廢氣熱交換出口溫水溫度。消化瓦斯流量、壓力、溫度、熱量
	污泥貯槽	進流污泥量、貯槽液位
	備用緊急發電設備	電壓、電流、功率因數、頻率、燃料貯留量、發電機及柴油引擎各部份之溫度、振動、冷卻水量、廢氣溫度
	其他	大氣溫度、濕度、大氣壓、降雨強度、雨量、風向、風速自來水使用量。廠房作業環境如硫化氫、甲烷、氫氣之偵測器、風量及空間溫度、二氧化碳、一氧化碳、LEL 爆炸下限。

表 12.4 常用各量測項目之量測元件

量測項目	量測值/量測元件	適用對象
流量	1. 差壓式測量元件：孔口板、皮托管、文氏管	液體/進流渠，氣體/風管
	2. 電磁場及電壓變化式：電磁式流量計	液體/污泥/污水進流
	3. 螺旋轉動式：渦流式流量計	乾淨液體
	4. 超音波式：超音式流量計	液體/明渠，污泥
	5. 水面的高度差式 測量元件：巴歇爾式、堰	液體/明渠
壓力	1. 平衡壓力作用於金屬膜片兩側式。測量元件：液體對空氣膜片器	氣體、液體/管線0~200kN/m ²
	2. 變位式。測量元件：伸縮管	氣體/風管0~20000kN/m ²
	3. 曲管變位式。測量元件：巴登管	氣體/管線 0~35000kN/m ²
液位	1. 浮球移動式。測量元件：浮球或浮筒	液體/桶槽0~11m
	2. 空氣泡沫背壓式。測量元件：泡沫浸管	液體/ 濕井/ 初沉池 2~5.6m
	3. 空氣壓力式。測量元件：膜片器	液體0~15m
	4. 超音波式：超音式液位計。	明渠/水池
	5. 電極式：電極式液位計	明渠/水池
污泥液位	1. 光電管式(光電管流過污泥覆蓋之光速檢測)：光電管式液面傳送器	初沉池、終沉池及重力式濃縮槽的污泥覆蓋層
	2. 超音波式：超音波式液面傳送器	初沉池、終沉池及重力式濃縮槽
	3. 電阻變化式。測量元件：電阻體檢測器	厭氧式消化槽、熱水鍋爐、馬達線圈、設備軸承
溫度	電壓，電流式轉速計	發電機、抽水機、攪拌機機械曝氣機
濃度	1. 輻射光式：γ 輻射儀	初沉污泥、濃縮污泥混合液懸浮固體物(MLSS)、迴流活性污泥、活性廢棄污泥及消化污泥
	2. 超音波式：超音波式發射器及接受器	濃縮污泥混合液懸浮固體物(MLSS)、迴流活性污泥，活性廢污泥及消化污泥
酸鹼值(pH)	電壓式(基於氫離子活動而產生)。測量元件：離子電極	廢水進流，調節池，生物反應池、厭氧式消化槽，污泥脫水及放流
氧化/還原電位(ORP)	電位差式(基於氧化或還原而產生之電位差值)。測量元件：氧化/還原的電極體	厭氧消化槽、去氮除磷系統缺氧及厭氧段
溶氧值(DO)	光學式，電流式(因氧分子的減少而感應之電流)。測量元件：電極體檢測器	污水進流及放流、曝氣池污泥好氧消化槽
總有機碳(TOC)	取樣二氧化碳式：含碳分析儀	廢水進流、放流及曝氣池
餘氯	電流輸出式 測量元件：含氯殘餘量檢測器	氯液槽、廢水放流所含氯殘餘量值
甲烷與硫化氫及二氧化碳等氣體	測量元件：甲烷與硫化氫及二氧化碳分析儀	厭氧消化槽所產生的消化氣體量及濕井區、進流抽水站、前處理機房、污泥處理機房

12.7 自動化與監控系統

大、中及小規模之污水處理廠，由於人工操作已不符需求，因此，導入自動化與監控系統，所謂自動化與監控系統，皆由監控設備與自動化裝置兩大部分所組成。被監控計測設備，在污水處理過程中，如泵、閘門、撈污機、鼓風機、污泥濃縮、脫水機等，需要計測之參數很多，如進流水之流量、曝氣池之空氣流量、污水中之pH值、溶氧、污泥濃度、消化池內之溫度、液位及壓力等。以流量、壓力、液位及溫度等最能有效監控。自動化裝置至少包含三種功能：(1)自動檢測、指示及記錄裝置。(2)自動監視、保護(聯鎖)及警報裝置。(3)自動操作裝置等。其目的及可能達到之效果，包括節省人力、減少人為操作錯誤、降低能源損耗及運轉費用等。

自動化與監控系統較可靠且常用的控制系統，分為可程式控制器(PLC)系統、分散式控制器(DCS)系統等。可程式控制器系統隨著微電子技術、計算機技術、自動控制技術及通訊技術之迅速發展，性能得到根本性之提升，增加數學演算、數據處理、圖形顯示及聯絡通訊等功能，雖然各廠家之具體結構不盡相同，但基本結構一般都是由中央處理單元、輸入輸出單元、電源及其他外部設備所構成，適用於中、小型污水處理廠。分散式控制器系統是生產過程監視、控制技術發展及計算機網路技術應用之產物，它是縱向分層、橫向分散之大型綜合控制系統，以多層計算機網路為依據，將分布在廣大範圍的各種控制設備和數據處理設備聯接在一起，實現各部分信息共享及協調工作，共同完成各種控制管理及決策功能。分散式控制器系統(DCS)典型結構，包含現場設備、控制設備、監視設備及管理設備等，適用於中、大型污水處理廠，作為自動化監控系統。

污水處理廠由於處理過程中，所使用之監控儀表，在室內外不同天候及條件下運轉，且種類繁多，結構複雜，進流抽水站等更具有爆炸性、腐蝕性或防水性等特點，因此，維修人員須透過對現場操作流程、檢測過程、自動化系統組成之了解，細心保養，包含設備之清潔維護，誤差、精確度及靈敏度等性能校對，以確保良好操作運轉狀態，獲得準確可靠之測量數據。

污水處理廠中央監控系統，不論規模大中小，至少應由儀控系統工作站之主機/副機及軟體、資料處理伺服器、自動控制監控系統工作站及軟體等系統組成。全廠處理流程由複置式(Redundancy)可程式控制系統(PLC)及儀錶設備隨時進行各處理單元之操作、監視、控制、警報及記錄等，依功能應具有以下系統：(1)流程控制系統。(2)水質監測。(3)資訊管理系統。(4)電力監視系統。

全廠儀控系統架構至少由三大部分所組成：(1)現場機械設備、儀錶及單元控制盤(2)區域控制系統之分散式控制單元(DCU)(3)中央監控系統工作站。全廠儀控系統依處理需求設置數處區域控制系統，分別負責監控各處理單元之運轉狀態，並將全廠各單元電力與水量、水質之現場量測及指示訊號，傳輸至區域控制系統操控，並透過高速通訊網路，彙整至中央監控中心集中監控與儲存。關鍵性操作參數應設計自動控制迴路，自動依處理流程負載變化做適度調整操作，並可

保護人身安全及避免廠站設備遭致損壞。

中央監控系統須涵蓋全廠各處理單元，並需預留各處理單元日後擴充設備時之容量，並可利用中央監控中心之資訊處理功能，提供資料收集及報表列印、電腦連線及問題診斷，並可顯示設備啟動停止次數及每日、每月、每年運轉時數累計值。中央監控系統工作站，必須具有OPC UA(Object Linking and Embedding for Process Control Unified Architecture)Server 功能，可提供圖控系統監控/記載數據(如各主要設備運轉、電力資訊、水量、水質之監控、量測數據及其他相關感測資料)給內部或外部OPC UA Client 遠端連接與取值。圖控系統平台經資料匯出連結機制(如OPC UA Client)等連結取出之監測數據(如各主要設備運轉、電力資訊、水量、水質、監控量測數據及其他相關感測資料)，應遵循營建署規範之資料格式、擷取頻率、檔案命名與存檔位置，自動定時產出及儲存傳輸檔案，並安裝營建署發佈的自動傳輸程式(請參閱「數據採擷及資料傳輸設置規範」)，將數據依據訊號編碼解譯原則編譯後，完整正確傳送至「營建署污水下水道資料整合雲平台」接收儲存。

依據內政部營建署公告之相關規定辦理應：(1)新建廠建置儀控系統作業須配合下水道雲端管理雲及智慧管理系統，必須依據各污水處理廠竣工後流程控制示意圖(P&ID 圖)之硬體設備編號，及其自身全廠處理流程涉及各處理系統、單元、設施與處理設備(機電設備、附屬設備、電力、水質監測儀器)及其設備設施單元所屬或依存關係，遵循營建署資料架構邏輯規定建構專屬各污水處理廠之處理系統設備資料庫，其中訊號歸屬編碼應依據原硬體設備編號編撰。(2)既有舊廠擴充作業涉及全廠各單元電力與水量水質之現場量測及指示監控數據，相關訊號編碼解譯原則或OPC UA Item ID List 規則，如公共工程會第13800章儀控系統監控基本需求及數據採集及資料傳輸設置規範之說明。

為了杜絕不法廠商惡意排放污廢水，依據水污染防治措施及檢測申報管理辦法規定：「事業、發電廠、工業區專用污水下水道系統及公共污水下水道系統等應依規定完成水量、水質自動監測設施、攝錄影監視設施、連線傳輸設施及放流水水量、水質自動顯示看板之設置」，如果事業與污水處理廠排放量達行政院環境保護署所定規模以上，就必須依法設置廢(污)水自動監測(視)設施。另外同管理辦法亦規定，如有水污染防治法規定之繞流排放、大量排放污染物與排放公告有害健康物質等情形的事業，屬於重大違規的事業，所以也要安裝廢(污)水自動監測(視)設施，讓業者放流水排放狀況無所遁形。

12.7.1 自動化系統之設計

自動化系統之設計依下列決定之：

1. 自動化與監控系統之架構，係依污水處理廠大、中及小規模，由現場、中央及聯繫網路所構成。
2. 自動化與監控系統依污水處理廠而定，分為個別監視操作方式及中央集中監視運作。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">3. 中央監控系統由顯示、監視、警示、記錄、控制等設備所構成。4. 聯繫網路為傳送現場與中央儀控訊息之媒介。5. 控制點之數量，應考慮未來擴建之需求，各分區至少保留20%之餘裕。 |
|---|

解說：

1. 污水處理流程自動化設計與選用計測儀表時，應視污水處理廠規模、特性、現場裝設條件及維修能力而定。計測項目與可程式控制系統(PLC)或分散式控制器系統(DCS)組合而成。
2. 污水處理廠自動化與監控系統(中央監控中心)，小規模者以個別控制功能視需求而定，中央採集中監視運作；中規模者現場可採個別控制操作或套裝設備單元控制，中央採集中監視方式，或採集中監視、分散控制方式(DCS 系統)運作；大規模者則現場可採個別監視操作或套裝設備單元控制，中央採集中監視、分散控制方式操作。控制系統架構說明，如表12.5及圖12.3～圖12.6所示。各處理單元之程序控制採手動式及自動式控制，應依規模、維修能力及需要性決定之，如表12.6。
3. 中央監控中心(室)需依污水處理廠規模與監控及操作需求而定，由控制、顯示、監視、警示及記錄等設備組成，除負責全廠各系統之控制、顯示、監視、警報、安全保護及連鎖控制外，亦提供完整之資訊服務包含維修、管理等資料之收集。
4. 聯繫網路為整個儀控系統各單元或現場與中央控制室之間，信號傳送與接收之主要骨幹，小型監控系統可採雙絞線(Cat 6或以上)及高頻同軸電纜網路；中、大型規模可採光纖網路，惟有透過正確之網路銜接，才能執行通信、量測與監控任務。
5. 控制點的數量，各分區至少保留20%，以便未來擴建之需求。

表 12.5 自動化系統架構

處理廠規模	儀控設施內容及功能		備註
	現場	中央	
小規模(設計處理水量 5,000CMD以下)	量測元件、轉換器、 傳信器、控制器及 最後控制元件。	重要之操作資訊之 顯示、警示、記錄。	中央僅監視，控制功能 視需求而定。
中規模(設計處理水量 30,000CMD~5,000CMD)	量測元件、轉換器、 傳信器、控制器及 最後控制元件(現 場操作器)及套裝 設備單元控制盤及 區域控制盤。	1. 重要之操作資 訊之顯示、警 示、記錄。 2. 較複雜之單元 與區域聯鎖控 制。	1. 中央對現場控制器/ 分區之控制盤僅監視 不控制。 2. 單元及設備間聯鎖控 制應以現場為主。 3. 中央對現場之控制在 現場有裝設閉路監視 設備(CCTV)且無安全 顧慮時，可設置遠端 直接控制。
大規模(設計處理水量 30,000CMD以上)	量測元件、轉換器、 傳信器、控制器及 最後控制元件(現 場操作器)及套裝 設備單元控制盤及 區域控制盤。	1. 重要之操作資 訊之顯示、警 示、記錄。 2. 除套裝設備現 場控制器(盤) 之控制外，整廠 完整之控制盤。	1. 中央對套裝設備現場 控制器僅監視不控 制。 2. 中央對分區之控制盤 除監視外，可強制 (over-ride)進行控 制。 3. 中央對現場之控制在 現場有裝設閉路監視 設備(CCTV)且無安全 顧慮時，可設置遠端 直接控制。

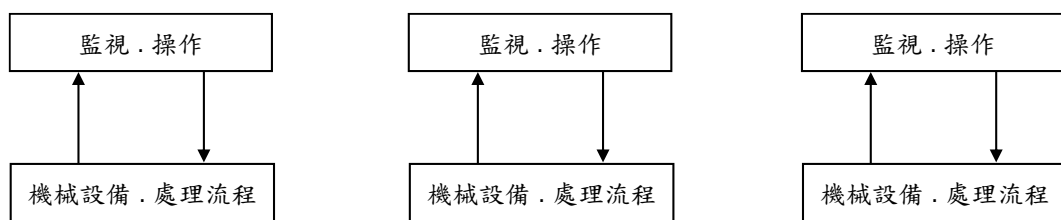


圖 12.3 個別監視操作方式

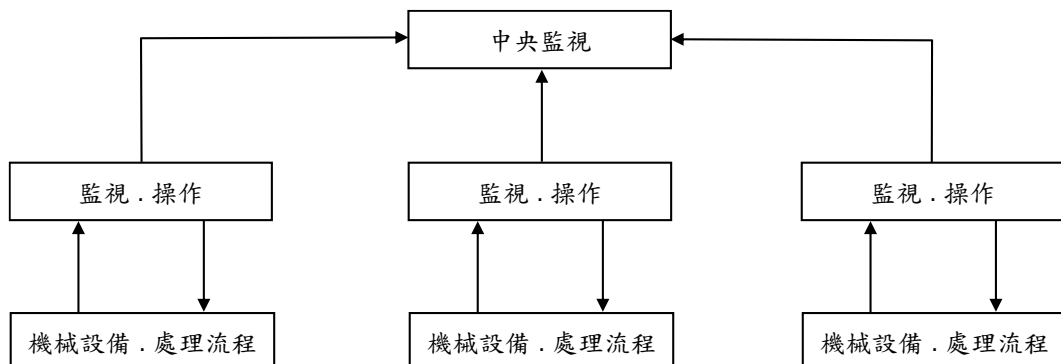


圖 12.4 集中監視個別操作方式

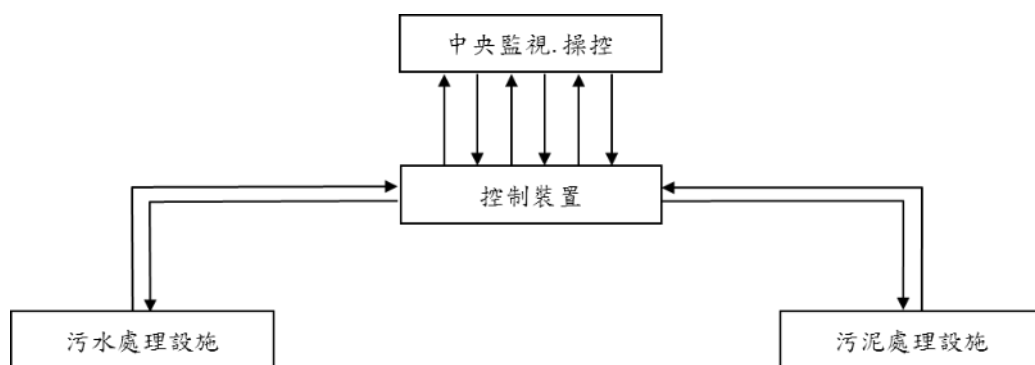


圖 12.5 集中監視集中控制(操作)方式

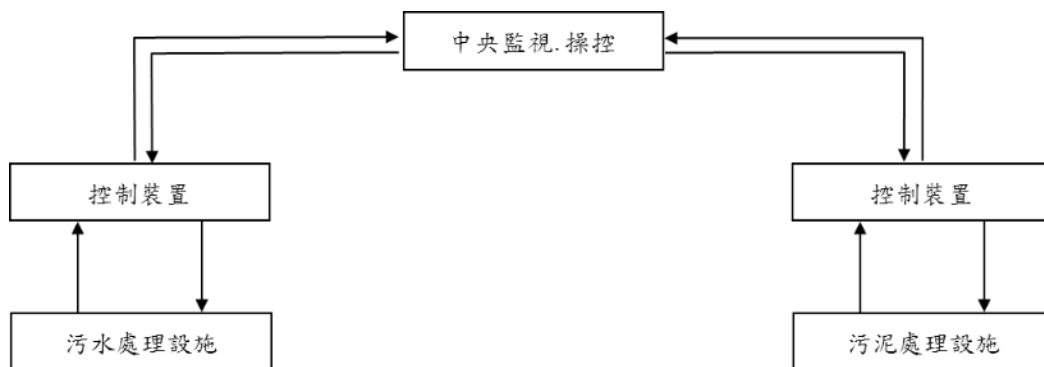


圖 12.6 集中監視分散控制方式

表 12.6 各處理單元設備程序控制方式

設備處理單元	手動式	自動式
進流(放流)泵	手動啟停/調節	依水位進行變轉速泵、多台定速泵、定速及變速泵組合、交替運轉。
攔污柵	手動啟停/調節	間隔時間、液位差。
沉砂池抽砂泵、攪拌機(渦流式)鼓風機(曝氣式)洗砂機	手動啟停	固定流量、間隔時間、周邊設備連鎖控制、交替運轉。
沉澱池污泥泵	手動啟停	固定流量、間隔時間。
沉澱池刮泥機	手動啟停	連續運轉。
生物處理鼓風機	手動控制	主管風壓控制或曝氣槽溶氧控制。
生物處理機械曝氣機、攪拌機、循環泵	手動啟停	連續運轉。
廢棄污泥泵	手動啟停/調節	固定流量、污泥間隔時間控制、交替運轉。
迴流污泥泵	手動啟停/調節	依污水量比例調整流量、依流量進行變轉速泵、多台定速泵、定速及變速泵組合、交替運轉。
消毒加氯系統	手動啟停/調節	流量比例控制、流量比例與餘氯組合迴路控制、餘氯控制。
砂濾系統	手動啟停/調節	由液位、壓力差控制反沖洗水設備，反沖洗後之濾層級配藉由鼓風機送入空氣重新分配。
厭氧消化系統	手動調節	各子系統或迴路自動控制
好氧消化池系統	手動調節	必要時設置溶氧與空氣量迴路控制。
污泥濃縮機/脫水機	手動啟停	系統周邊設備連鎖控制。

12.7.2 監控系統及安全防爆之設計

監控系統之設計考量下列情況決定之：

1. 污水處理廠監控系統設計，包含儀控設備之選擇、管線之設計、配電系統設計、接地及避雷系統設計等。
2. 應依各污水處理廠之規模、處理設施配置等充分考量，以達到預期的目標。
3. 進流抽水站濕井區、濃縮槽及厭氧消化槽等其配電場所，應充分考量安全防爆設計。

解說：

1. 監控系統之設計考量事項包括：

- (1) 污水處理廠監控系統設計，應配合污水處理廠之規模及處理流程，繪製 P&ID(管線及儀表圖)與廠區監控系統圖，如表12.7及圖12.7～圖12.12所示，包含初級元件(感測元件)、控制器、最終控制元件、現場及遠方控制開關、指示燈及警告聲光、電氣控制及監控設備配置等。

初級元件與控制器及最終控制元件選擇，應注意事項分述如下：

- 1) 初級元件及控制信號種類，應依其目的選擇。
- 2) 初級元件之選擇，應考慮精確度、靈敏度、響應時間、安全性、經濟性、統一性、擴充性、各種信號特徵及量測原理與構造等。
- 3) 控制器選用之種類及裝設方式，應適合其使用目的，儀表盤應適合其管理方式，並應與主控室相配合。
- 4) 控制器可由處理單元之PLC 控制器、輸入/輸出(I/O)處理器、電源控制器、輸出/輸入模組、通訊模組、安裝機座、交換器、橋接器及路由器等組成，為確保系統之執行效能，需現場測試並提出報告。
- 5) 最終元件應依其操作目的，視需要選擇具有遙控或/及現場操作裝置。控制閥之型式及口徑，應為最適合控制目的者。操作抽水機與其他設備所組合之控制設備，應適合其操作目的且需操作安全。
- 6) 儀控設計應參照最新之法規及標準，如ISA(Instrumentation Society of America)

(2) 機械管線之設計安裝時應注意事項分述如下：

- 1) 加藥管線之儀表控制設備，應能達到最佳之加藥效果，其量測主要部分，應具充分之耐腐蝕性。
- 2) 抽水機管線其儀表控制設備，應符合運轉之目的控制並考量以經濟、安全及可靠之操作為原則。
- 3) 流量量測元件設置時，其安裝位置，應考量儀表示特性與使用限制，審慎選擇，以減低誤差，一般設置準則如下：
 - A) 壓力管線式流量計，應於上游直線穩流段至少為10倍管徑，於下游至少為5倍管徑，或依儀表廠商建議調整之。
 - B) 明渠式巴歇爾量水槽：上游直線穩流段至少為最大流量下喉寬之10倍。液位量測點之距離，依標準槽體尺寸決定，於下游端為自由跌水式(Free fall)設計時，為一點量測，於下游端為浸沒式(Submerged flow)設計時，則為兩點量測。
 - C) 明渠式堰上游直線穩流段至少為最大之堰上水頭之20 倍，堰板上游之液位量測點距離堰板至少應有3 倍之最大堰上水頭。
- 4) 儀表控制設備應提供管理上所必要之流量、水位、酸鹼值、溶氧量、溫度、壓力、餘氯量、濁度及污泥濃度等數據，並考慮操作人員安全，裝設甲烷、硫化氫或一氧化碳等危險氣體之偵測。

(3) 儀控電氣管線之設計安裝時應注意事項：

- 1) 儀控用電線、電纜及導線管之配置，須遵照經濟部頒布「用戶用電設備裝置規則」有關之規定設計。
- 2) 進出有危險氣體蓄積空間之儀控管路，如抽水站濕井區、攔污柵區濃縮槽、消化槽區等，應於管路上適當處所加裝防爆管封配件，並於完成穿線後，以填縫劑(封閉混合物)密封。
- 3) 抽水站濕井區，屬防爆區及防蝕區，應避免有穿越乾、濕井隔牆之儀控管路，若無法避免時，應依規定採用防爆管封配件加以密封，並以防蝕塗料保護。
- 4) 儀控導線管之材質需配合實際需求選用，採金屬管或非金屬管。金屬管依管壁厚度，分為厚導線管、薄導線管、EMT管及可撓金屬管四種；非金屬管係指PVC 製成之電氣用硬質塑膠管或合成樹脂可撓導線管。原則上，厚導線管及EMT管，比較不適用於發散腐蝕性物質之場所，若使用時則須施行防蝕塗料保護；非金屬管不得使用於有危險氣體存在與高溫及容易受機械碰損之場所。暗管以採用硬質塑膠管為主，明管採用金屬管厚導線管為主；有多條電纜之路徑相同時，為方便敷設，可採電纜架或電纜槽。
- 5) 儀控配管須注意配至儀器或連接箱之高度，屋外儀控設備管線配置不可高於儀器或連接箱底部，以防儀器設備進水。
- 6) 所有信號導線管，由屋外進入屋內之落地式配電盤之管線，應以矽利康(Silicon)填塞，以防螞蟻或老鼠咬破電纜絕緣層，或使水氣及硫化氫等氣體藉管線進入箱體，腐蝕電氣接點。
- 7) 電線管內導線之總截面積佔電線管截面積之百分比，須符合「用戶用電設備裝置規則」之規定。
- 8) 電纜敷設時應儘量避免穿越建築物伸縮縫，如無法避免時，則應採取相應之保護措施。
- 9) 所有信號導線應避免與電力交流導線平行，並至少與電力交流線相距60公分以上，若無法避免交叉時，應保持垂直角度，以抗電磁干擾。
- 10) 所有控制電纜置於不同的電線管內必須予以編號，以利查核。
- 11) 不同類型之信號，例如直流與交流信號，或電流(4-20mA)與電壓(1-5V)信號，電力與警報及連鎖控制等交流信號之配線，應分別置於不同的導線管內。

表 12.7 儀表符號引用字母意義說明表

字母 LETTER	第一位字母 FIRST-LETTER		後續字母 SUCCEEDING-LETTER		
	被測變數或引發變數 MEASURED OR INITIATION VARIABLE	修飾詞 MODIFIER	讀出功能 READOUT OR PASSIVE FUNCTION	輸出功能 OUTPUT FUNCTION	修飾詞 MODIFIER
<i>A</i>	分析 ANALYSIS		警報 ALARM		
<i>B</i>	燃燒器、火焰 BURNER		程式設定 PROGRAMMER		
<i>C</i>	導電度 CONDUCTIVITY			控制 CONTROL	
<i>D</i>	密度(比重)DENSITY OR SPECIFIC GRAVITY	差量 DIFFERENTIAL			
<i>E</i>	電壓 VOLTAGE		檢測元件 PRIMARY ELEMENT		
<i>F</i>	流量 FLOW RATE	比例 RATIO			
<i>G</i>	劑量(容量尺寸) GAGING (DIMENSIONAL)		視鏡 GLASS VIEW DEVICE		
<i>H</i>	手動(人工)HAND (MANUAL)				高 HIGH
<i>I</i>	電流 CURRENT(ELECTRIC)		指示 INDICATE		
<i>J</i>	功率 POWER	掃描 SCAN			
<i>K</i>	時間、時間表 TIME OR TIMESCHEDULE	變化速率 TIME RATE OF CHANGE		控制站 CONTROL STATION	
<i>L</i>	水位 LEVEL		燈號 LIGHT		低 LOW
<i>M</i>	馬達(水分或濕度) MOTOR(MOISTURE OR HUMIDITY)	瞬時 MOMENTARY			中間 MIDDLE OR INTERMEDIATE
<i>N</i>	振動 VIBRATION	點火 IGNITER			
<i>O</i>	操作 OPERATION		節流孔口或限制 ORIFICE OR RESTRICTION		

表 12.7 儀表符號引用字母意義說明表(續)

字母 LETTER	第一位字母 FIRST-LETTER		後續字母 SUCCEEDING-LETTER		
	被測變數或引發變數 MEASURED OR INITIATION VARIABLE	修飾詞 MODIFIER	讀出功能 READOUT OR PASSIVE FUNCTION	輸出功能 OUTPUT FUNCTION	修飾詞 MODIFIER
<i>P</i>	壓力或真空 PRESSURE OR VACCUM		點(試驗接頭) POINT (TEST CONNECTION)		
<i>Q</i>	數量或事件 QUANTITY OR EVENT	累計或總和 INTEGRATE OR TOTALIZE			
<i>R</i>	放射(輻射)線 RADIATION		紀錄或印出 RECORDOR PRINT		
<i>S</i>	速度或頻率 SPEED OR FREQUENCY	安全 SAFETY		開關 SWITCH	
<i>T</i>	溫度 TEMPERATURE			傳送 TRANSMIT	
<i>U</i>	多種變數 MULTIVARIABLE		多功能 MULTIFUNCTION	多功能 MULTIFUNCTION	多功能 MULTIFUNCTION
<i>V</i>	黏度(機械分析) VISCOSITY (MECHANICAL ANALYSIS)			閥件、風門 VALVE OR DAMPER	
<i>W</i>	重量、力 WEIGHT OR FORCE		井口 WELL		
<i>X</i>	未分類變數 UNCLASSIFIED VARIABLE	X 軸 X-AXIS			
<i>Y</i>	事件、狀態 EVENT STATE OR PRESENCE	Y 軸 Y-AXIS		積算 COMPUTE	
<i>Z</i>	位置、尺寸 POSITION DIMENSION	Z 軸 Z-AXIS		執行最終件 UNCLASSIFIED CONTROL ELEMENT	

連接線形及符號

	氣動訊號或供氣線路
	電氣訊號線(45度斜線或細虛線表示)
	內部系統傳輸(程序軟體或數據傳輸)
	油壓(液壓)系統迴路
	處理流程或主要程序管線
	次要流程或附屬程序管線
	處理過程渠道及流向

計量檢測元件符號

	流孔板式流量計
	文式管式流量計
	電磁式流量計
	渦流或旋槳式流量計
	氣體流量計
	正排量積算型流量計
	皮托管式流量計
	面積式浮子型流量計
	視流器
	超音波式流量計

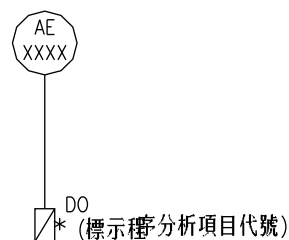
字母代號：

- 1) 在表示儀表之細線圓圈裡，可用字母組合表示該儀表之功能，如 FI 表示流量指示，F 表示流量，I 表示指示。FE 表示流量檢測元件，F 表示流量，E 表示檢測元件。
- 2) 字母“H”“M”“L”可表示被測變量之“高”“中”“低”值，一般標示在圓圈之外。
- 3) 字母 U 表示多種變數或多功能時，可代替兩種以上之變量或功能。
- 4) 字母 X 表示未分類變數或未分類功能。

圖 12.7-1 連接線形計量檢測元件符號

特殊檢測符號及標示(分析類)

BOD	生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand)
CH ₄	可燃性氣體(Methane)
CL	氯離子(Chlorine ion)
COD	化學需氧量(Chemical Oxygen Demand)
DO	溶解氧(Dissolved Oxygen)
H ₂ S	硫化氫(Hydrogen Sulfide)
MLSS	懸浮固體物混合液(Mixed Liquor Suspend Solids)
ORP	氧化還元電位(Oxidation-Reduction Potential)
PH	氫離子濃度(Hydrogen-ion Concentration)
TB	濁度(Turbidity)
TDS	總溶解固體物(Total Dissolved Solids)
TOC	總有機碳(Total Organic Carbon)



註：表中僅列舉常用分析類項目，如未列入者依實際需求增列引用。

圖 12.7-2 檢測與計算及變換器功能變數圖形符號

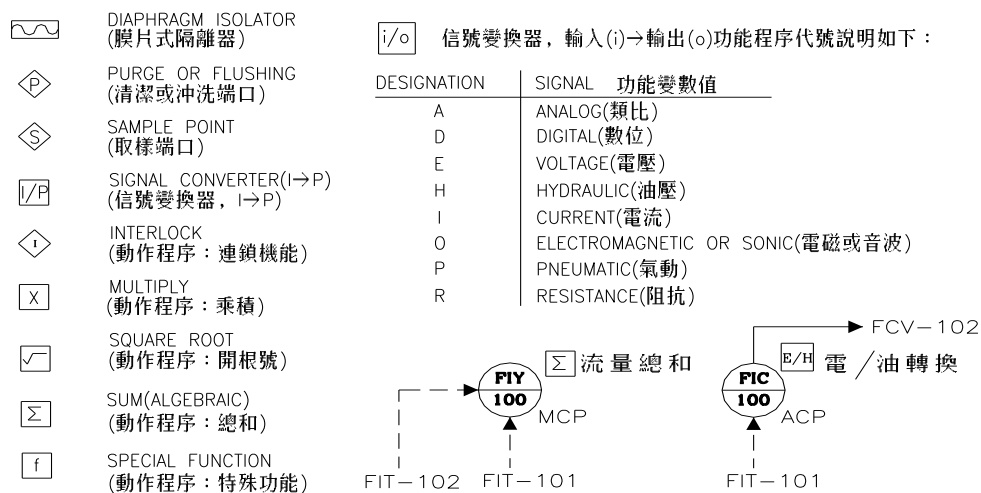
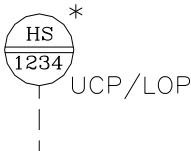
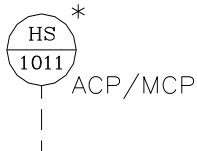
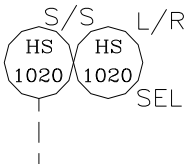
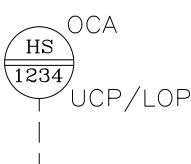
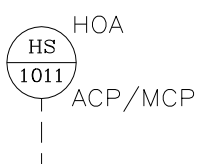


圖 12.7-3 流程設備及儀表元件符號

儀表類型	現場端元件	單元控制盤或現場操作盤區	區域控制盤或主控制盤區
元件或獨立儀表及控制器			
分散控制共同顯示控制			
分散控制兼具計算機功能			
分散控制兼具可程式邏輯控制功能			

圖 12.7-4 操作開關用功能變數圖形符號

HOA	手動 — 關閉 — 自動			
OCS	開 — 關 — 停止			
OCA	開 — 關 — 自動			
OC	開 — 關	現場開關 (附選擇機能)	現場/單元盤開關 (附圖示*機能)	區域控制/主控制盤開關 (附圖示*機能)
L/R	現場 — 遙控(遠端中央)			
DS	使用(責務)— 備用			
S/S	起動(ON)— 停止(OFF)			
SEL	選擇器(開關)			
FS	快 — 慢(雙段設定)			
FR	正轉 — 反轉	現場開關站 (附 L/R、S/S 機能)	現場/單元盤開關 (附 OCA 機能)	區域控制/主控制盤開關 (附 HOA 機能)
LL	前導 — 滯後			
FORJ	前進 — 關閉 — 反轉 — 緩行			

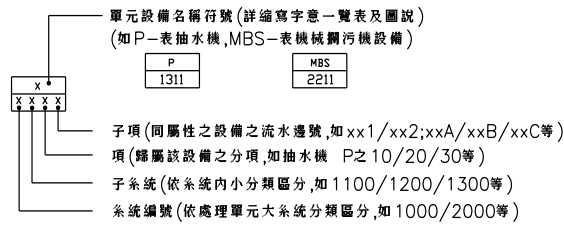
*記號表該項元件，屬由隨機械設備需求功能提供，安裝於現場流程端或盤體

圖 12.7-5 操作開關及盤體組裝位置代號說明

HS/UCS	操作開關/開關站(安裝現場側或盤體，以直接執行操作動作)
UCP/LOP	單元/現場控制盤(安裝於現場套裝設備區或現場端操作處)
CP	區域控制盤(安裝於流程處理單元區域，以界定系統分區操作)
ACP	分區區域控制盤(視流程屬性規模分區統合，以工作站型態進行域監控)
MCP	主(中央)控制盤(統合全廠流程單元，進程序監控及操作資訊管理)

圖 12.7-6 處理單元設備編號及儀表元件屬性及建置原則圖

處理單元設備編號屬性及其建置原則



註:系統編號屬性(另詳系統建置編號原則)

處理單元儀表元件編號屬性及其建置原則

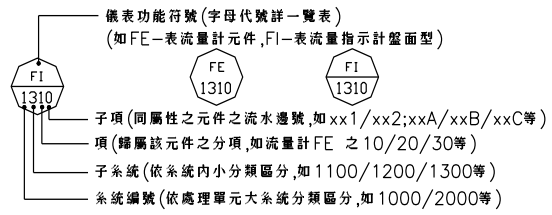


圖 12.8 儀控系統 P&ID 圖控制符號及文字說明

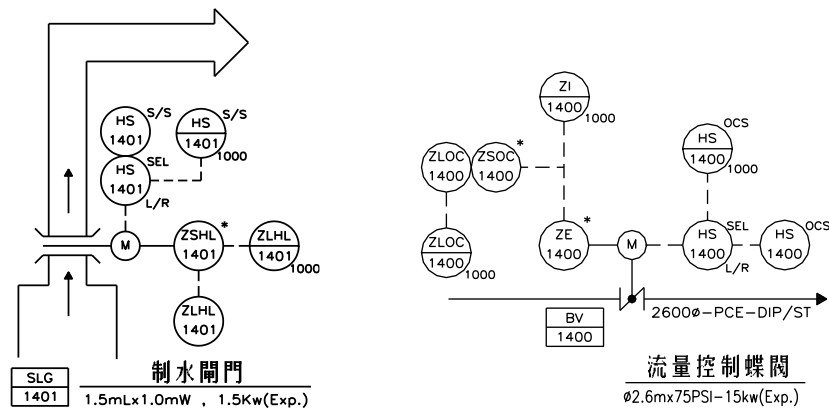


圖 12.9 儀控系統 P&ID 示意圖之一(閘門及控制閥)

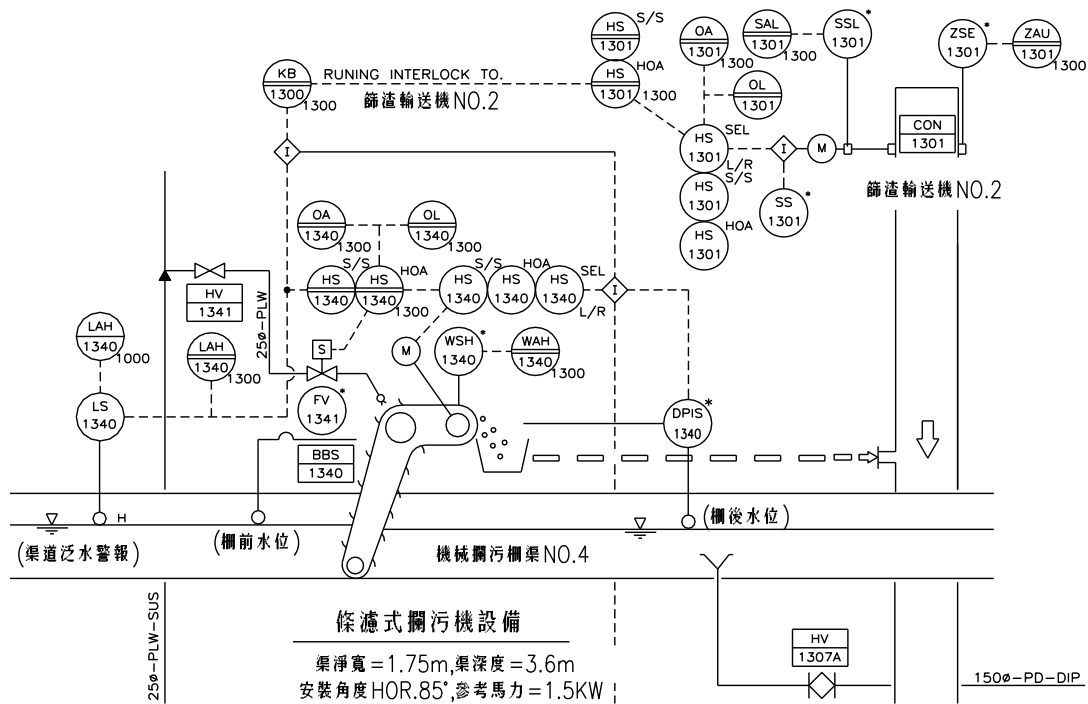


圖 12.10 儀控系統 P&ID 示意圖之二(攪污機與篩渣輸送)

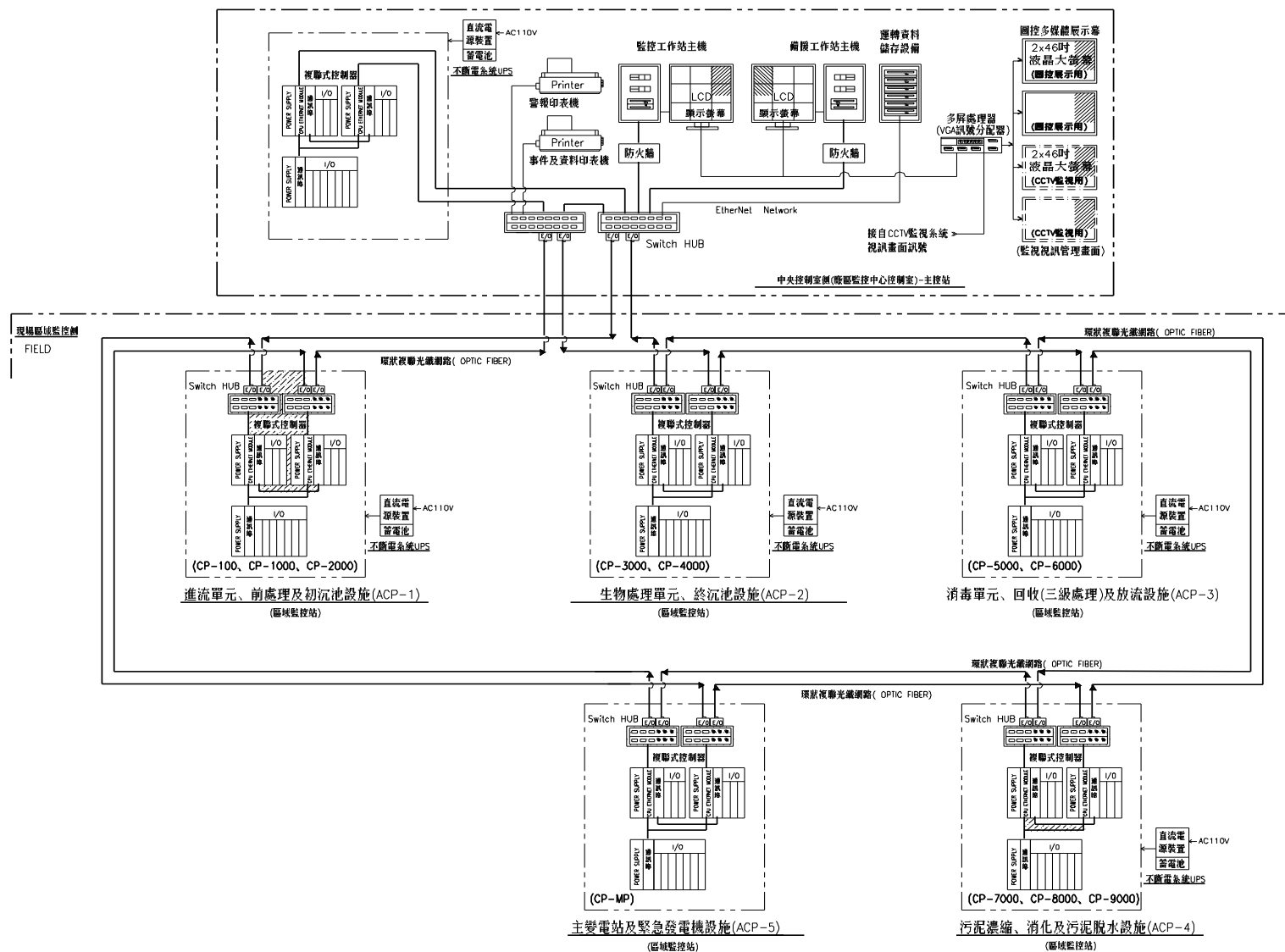


圖 12.11 電腦監控系統架構示意圖(一)

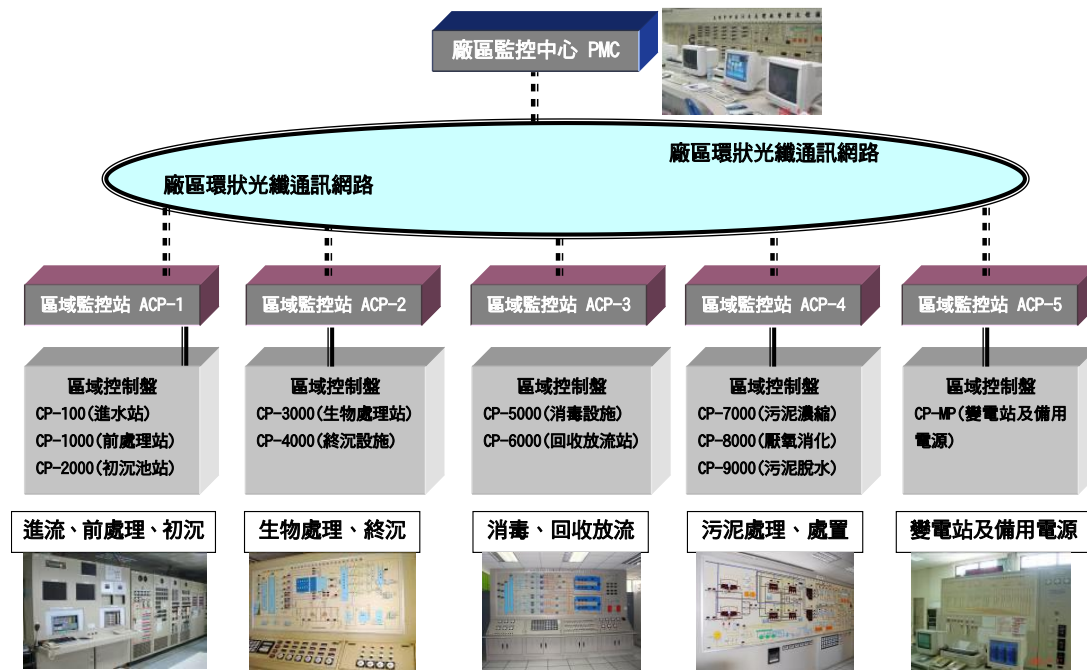


圖12.12 電腦監控系統架構示意圖(二)

- 12) 不同場所之信號，如防爆與非防爆區，應分別置於不同的導線管內。
 - 13) 應配合儀表設置需求，選用合適之電纜類別。
 - 14) 電纜敷設距離應儘量短，以避免信號受到干擾及造成過度衰減之可能。
 - 15) 電纜敷設路徑應儘量避開大功率設備，以避免受到較強之磁場，對電氣信號產生干擾。
 - 16) 電纜敷設路徑應儘量避開高溫場所，以免影響電纜散熱及降低載流量。
 - 17) 電氣信號與弱電信號，應分別置於不同的電線管內。
 - 18) 儀控信號之傳輸應採有線傳輸，並應防止電磁感應之干擾，但經認可時，得採用無線電傳輸。長距離之傳輸線應有備用線路(或複聯)，構造物內之配管及配線，應在構造物設計時配合規劃之。信號之轉換型式及精確度，應配合控制需求選擇，以達到合適之信號傳輸。
- (4) 電系統設計安裝時應考量事項：
- 1) 供電電壓與頻率：採AC 1 ϕ 110V 60HZ 或1 ϕ 220V 60HZ(原則少用，安全電壓約50V，愈低愈安全)，由電機工程提供，低於1 ϕ 110V 60HZ 由儀控工程設計；DC 110V 由電機工程提供，低於110V 由儀控工程設計使用，其他能源例如空氣源、高壓水源及高壓油源時，應符合儀表設備之要求，並具充足之容量。
 - 2) 供電量：由儀控設計提出用電需求量，電機設計配合提供。
 - 3) 供電品質：供電系統之電壓與頻率變動率及波形等，應符合台灣電力公司有關規定及儀控設備需求。

- 4) 正常與緊急或不斷電供電系統(UPS): 正常與緊急電源由電機工程提供, 儀控用不斷電系統由儀控工程提供。
- (5) 接地及避雷系統設計:
 - 1) 儀控設備接地系統主要目的, 為避免操作與維修人員意外感電及設備故障時, 可減低漏電電流對設備之損害, 接地電阻一般應 $\leq 5\Omega$ 以下。
 - 2) 為避免人員及儀控設備遭受雷擊, 污水處理廠應由電氣工程設置避雷系統, 以保護建築物與操作人員及屋內外儀表設備之安全; 而儀控設備及線路, 則應由儀控工程裝設避雷器或突波吸收器保護。所有儀控系統接地網, 應由電氣工程提供設計儀控工程配合銜接。
2. 各污水處理廠監控系統, 應至少預留20%之輸出/輸入擴充點數, 以供將來擴建或改善之需。
3. 監控系統之安全防爆之設計應注意事項包括:
 - (1) 初級元件應依裝設地點之環境條件作選擇, 於室內可分為一般場所、防爆區及防腐蝕區等, 室外可分為潮濕場所及濱海地區之防鹽害區等。初級元件之構造需配合環境條件, 審慎選擇適當之保護構造及等級。
 - (2) 初級元件裝設於屋內濕井區、消化槽區等危險氣體(甲烷)及腐蝕氣體(硫化氫)蓄積空間時, 應依「用戶用電設備裝置規則」危險氣體場所之第1種場所設置規定, 選用耐壓防爆構造(日規1級 d2G4, 美規 CLASS 1 DIV. 1 GROUP D, 歐規Ex de II B T4)或本質安全防爆(日規 i2G4)及防蝕構造。於屋外時, 應依規定選用防雨型(IEC 規定IP 54 或美規NEMA 3 以上等級)保護構造。
 - (3) 控制盤基於安全及價格之考量, 應儘量避免設置於劃定為電氣危險場所範圍內, 否則應為防爆配置。

12.7.3 中央監控中心(室)設計

中央監控中心(室)之設計考量如下:

1. 污水處理廠中央監控中心(室)之設計, 其監控需求應依各污水處理廠之規模大小與操作管理、維修能力等, 加以評估後選定之。
2. 中央監控中心(室)之建築設計要求, 以能環視全場設置為佳。
3. 工作環境之要求應依相關規定為之。

解說:

中央監控中心(室), 為值班人員透過電腦自動化監控系統, 藉分散式控制系統(DCS)或可程式邏輯控制器(PLC)組合之系統, 對污水處理廠進行監視與控制之核心據點, 配置如圖12.13~圖12.16所示。中央監控室之設置, 應依污水處理廠規模大小與操作管理需求, 對自動監控系統設備提供良好之運轉條件, 及值班人員提供一舒適之工作環境。

中央監控室設計時, 儀控工程師應提出污水處理廠監控設備設置之構想, 供建築、水電、空調、消防工程設計參考, 並充分討論之。應考慮之事項至少包含

樓層位置之選擇、面積大小、採光與照明、通風空調、控制電纜線之進出(管道間之設置)、供電電源、消防安全設備及通信與接地系統等，分述如下：

1. 監控設備之要求

- (1) 監控設備應有圖控軟體及展示盤或馬賽克流程板，可藉由控制桌之電腦連線至投影機投影於螢幕上，或採用液晶螢幕電視牆，以顯示污水及污泥處理流程及設備操作狀態及警告信息。
- (2) 監控設備應能監視，並即時顯示污水處理過程運轉狀態及控制變量(輸出量)變化。
- (3) 處理廠各單元監控設備，除接收與下達操作量及運轉策略外，應視需要設置遠端視訊監視設備(閉路電視)，以即時顯現影像畫面，提升操作安全。
- (4) 監控策略應提供省力、即時與安全及可靠之要求。監控表計及模組選擇，應滿足操作規模所需，且應有備援裝置，以充分發揮整廠監控機能。
- (5) 污水及污泥各處理單元主要設備工作狀態，應於中央監控室以紅色燈表示運轉中，綠色燈表示待機中，故障或異常時，應以聲音及黃色閃爍燈顯示，警告值班工程師到現場處理。
- (6) 盤面高度及儀控設備配置，應考慮操作人員視覺上最方便之設計。

2. 建築之要求

- (1) 中央監控中心位置之選擇，可設置於行政(管理)中心一樓或二樓，設於二樓時，儘可能在接近樓梯口附近或方便進出的位置，其座向宜坐北朝南，避免西曬，並能環視全廠區為宜，如果無法避免時，應採取適當遮陽措施。
- (2) 避免與高壓配電室相鄰，如無法避免時，應採取適當的防止電磁干擾之遮蔽措施。
- (3) 面積大小，應依污水處理廠規模、電腦監控設備、儀表盤數量及控制桌等配置方式調整，小規模污水處理廠至少應有40平方公尺以上，控制桌與前後左右牆壁及液晶螢幕電視牆之間，應有適當距離約1.5~2.5公尺。
- (4) 設有天花板及高架地板時，室內淨高至少應大於2.1公尺。
- (5) 高架地板之設置高度應保持在60公分以下，且門應向外開。
- (6) 中央控制室進出門之大小，應由控制室內最大設備之尺寸來決定，控制室門應向外開，控制室長度超過12公尺，建議設置2個門，以利進出及緊急逃生。
- (7) 中央控制室外牆應依最新建築技術規則規定，留設採光用窗或開口應在有效採光範圍內。
- (8) 中央控制室牆壁、地面及天花板等色調應柔和，並與儀表盤顏色協調。

3. 工作環境之要求

- (1) 中央控制室照明，應依國家標準及綠建築解說與評估手冊要求，進行節能設計，平均照度應介於750-300 Lux之間，燈具配置應使操作面不產生眩光與陰影，燈光之點滅控制，可採手動操作或自動感應等方式。
- (2) 應設置獨立之空調系統設備，空間溫度應控制於 $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度控制於

50±10%。

- (3) 中央控制室內應裝置通信設備，以利內外聯絡。
- (4) 應依各類場所消防安全設備設置標準，提供必要之消防安全設備，以確保生命與財產之安全。
- (5) 監控系統應接至緊急備用供電系統，並備有不斷電系統支援設備，以維持系統之運作及執行必要之數值記錄、分析、判斷、警示與警告通報等。
- (6) 監控系統應依規定，對電源系統及設備進行避雷接地保護或裝設突波吸收器，以避免儀控設備受傷害，設備信號之接地電阻值應 $\leq 5\Omega$ ，避雷接地電阻值應 $\leq 10\Omega$ 。
- (7) 中央控制室，由室外進入室內之電纜線的敷設方式，可採管道間或電纜溝配線方式，進入室內則利用高架地板方式敷設，進線之密封需考慮，以防蟻害及鼠害或水氣及硫化氫等氣體進入。控制室如設置於一樓室內，溝底應高出室外溝底至少30cm 以上，纜線敷設方式應符合用戶用電設備裝置規則規定。

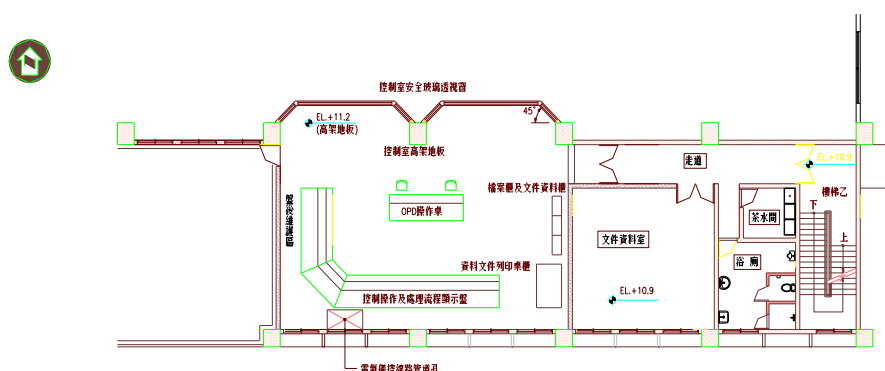


圖 12.13 中央監控中心監控設備配置示意圖

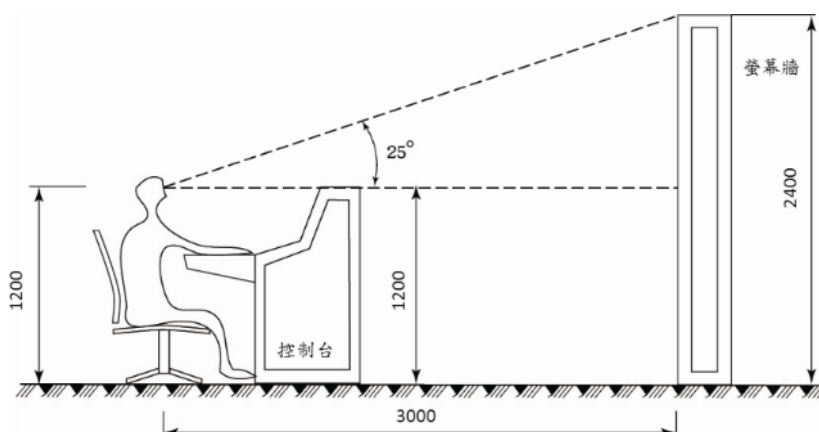


圖 12.14 控制台與螢幕或電視牆配置示意圖



圖12.15 中央監控中心監控設備配置實景圖之一



圖12.16 儀控系統組合配置實景圖之二

12.8 配電室及緊急備用柴油引擎驅動發電機室

污水處理廠之配電室及緊急備用柴油引擎驅動發電機室設計及安裝時，應考慮及注意之一般基本原則。

12.8.1 配電室

配電室(或單元變電站)的工作空間之設置考量如下：

1. 電氣設備與箱體之搬運、安裝及操作距離與維護通道，應有足夠空間。
2. 應有足夠之通風換氣設備。夏季時，設備容量大而有作業環境要求者，應裝設空調設備。
3. 不應設於地勢低窪和可能淹水之場所。
4. 不應設置於有腐蝕性及爆炸性氣體存在之場所。
5. 應有足夠之照明設備及符合消防法規規定之消防安全設備。
6. 樓地板應有足夠之載重，以支撐負載。

解說：

1. 配電室(變電室)應有足夠之出入空間，且至少有一2 公尺寬之雙開防火門，兩扇門均應向外開，直接與外界相通，以利搬運設備，及另應有一1.0 公尺寬向外開之防火門，作為電氣人員平時進出之用。配電室電氣設備與箱體之安裝，距頂板至少不小於0.8 公尺，當有樑時至少不小於0.6 公尺。配電室裝設高低壓箱體設備時，兩側及後側離牆壁至少保持1.0 公尺，前面間距應為設備台車長度加1.2 公尺，應依用戶用電設備裝置規則第七章有關規定辦理。
2. 夏季時，配電室應有足夠之通風換氣設備，當建築物為西曬或有技術要求者，應裝設空調設備。
3. 配電室不應設於地勢低窪和可能淹水之場所。
4. 配電室不應設於有爆炸性及腐蝕性氣體存在之場所。
5. 配電室應有足夠之照明設備，其照度應保持在300~150 Lux，並符合各類場所消防安全設備設置標準之規定。
6. 設置基座並以基礎螺栓固定箱體設備，高度約10~20公分，載重強度為 $PC210\text{kgf/cm}^2$ 。

12.8.2 緊急備用柴油引擎驅動發電機室

緊急備用柴油引擎驅動發電機室應考慮的事項如下：

1. 搬運安裝及操作距離與維護通道應有足夠空間。
2. 應有足夠之通風需求，以防止溫度上升。
3. 應有足夠之照明設備及符合消防法規規定之消防安全設備。
4. 應有消音及減振裝置，以防止噪音及振動。
5. 不應設於地勢低窪和可能淹水之場所。
6. 不應設置於有腐蝕性及爆炸性氣體存在之場所。
7. 應盡量接近配電室，避免採上下樓層配置，以利檢修。
8. 儲油槽及日用油箱，應依「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」規定設置。

解說：

1. 應有足夠之出入空間，且至少有一2 公尺寬之雙開防火門，兩扇門均應向外開，直接與外界相通，以利搬運設備，及應另有一1.0 公尺寬向外開之防火門，作為電氣人員平時進出之用。緊急備用發電機室最小保持距離，兩側離牆壁至少1.5 公尺，兩台間距至少2.0 公尺。
2. 應有足夠之對向上下通風口，以利換氣。
3. 應有足夠之照明設備，其照度應保持在300~150 Lux，並符合各類場所消防安全設備設置標準之規定。
4. 緊急備用發電機室淨高至少不低於4公尺，與平頂之距離至少不低於1.5公尺，以利裝設消音器及黑煙淨化裝置。若無足夠空間裝設散熱水箱排風口之情況下，可將排風機、水箱與柴油引擎分離，而排風機及水箱，可設於一樓空地或

其他適合之場所。

5. 緊急備用發電機室不應設於地勢低窪和可能淹水之場所。
6. 緊急備用發電機室不應設於有爆炸性及腐蝕性氣體存在之場所。
7. 應盡量接近配電室，除考慮電壓降與操作、檢查需求及其他可能因素外，以利台電供電中斷時，能自動切換至緊急備用系統。
8. 日用油箱附件應齊全，儲存容量應以不超過1000公升為限，儲油槽應以地下儲油槽設置為原則，且須依「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」辦理，儲油槽儲存容量以不超過2天為限。

12.9 常見設計問題及考慮事項

電氣儀控及計測設備之細部設計，應考慮未來施工面與操作面及維護面之銜接，以利現場工作之推動，建議考量事項如下：

12.9.1 電氣系統

1. 變電站及高低壓配電盤

- (1) 最高需量契約容量(kW)的估算，須審慎考慮，為總負載設備容量(kW)×需量率(約0.4~0.6)。訂太高，則浪費台電預存之電力，並白繳電費；訂太低，則會受罰(電費)，可於運轉一年後，視污水量之成長情形適當調整之。(調降契約容量後之線路裝置費用並不退還，調升契約容量後之線路裝置費用則必須再繳差額。
- (2) 各單元變電站配電盤內，應有單線圖、維修紀錄卡及一機一卡以便維修。
- (3) 主變電站或單元變電站內，變壓器容量及台數，應考慮需量因數與未來擴建等需求。
- (4) 污水處理廠在經費許可情況下，可配合當地氣候、日照時數等，在管理中心(行政大樓)、進流抽水站、脫水機房屋頂或初沉池等場所裝設太陽光電系統，提供廠區部分用電，或轉賣電力公司。
- (5) 全廠若設有太陽光電設備時，現場及控制盤應標示容量及規格等。
- (6) 變電站內不宜設置消防栓箱。且不應設在浴廁有排水管線下方，以免管線破損時漏水時，影響用電安全。
- (7) 配電盤內外應清除灰塵雜物，保持乾淨。
- (8) 配電盤應注意除銹補漆並依規定定期作測試保養。
- (9) 各配電盤應有單線圖、複線圖、結線圖及控制圖等圖面資料以供檢修。
- (10) 污水處理廠視大、中、小規模，依規定馬力數之大小，於配電盤或馬達控制中心設置多功能電表，以量測監視電力。
- (11) 配電盤宜採用雙向面對面排列，避免L型排列，以利檢修。
- (12) 配電盤應避免設於地下室，並注意進排風散熱設備。
- (13) 配電盤內設備及線路應注意其劣化後更換，確保功能正常。

2. 中控室

- (1) 中控室電腦系統，應盡可能將各配電盤或馬達控制中心等用電量，納入管理，以節省能源。
- (2) 利用能源管理功能，建立用電基線資料。

3. 動力系統

- (1) 鼓風機應確認主要運轉指標，如溫度、風壓、風量及電流等數值及正常之顯示。
- (2) 鼓風機應確認噪音、振動、發熱、異味及契合狀態(五感)之檢查，落實妥善率及健全度之分析，以作為維護保養之依據。
- (3) 鼓風機或進流抽水機等若設置變頻器，應注意散熱狀況，起動及停止次數請勿過頻繁，以免造成變頻器之損壞。
- (4) 鼓風機室內供氣管線，為防止溫升及工作人員碰觸，應實施保溫隔熱。
- (5) 進流抽水機應落實妥善率及健全度之分析，以作為維護保養之依據。
- (6) 進流抽水機運轉、振動及噪音嚴重時，應檢視軸心是否對正。漏水時，應檢視軸封及軸承。
- (7) 應加強動力設備之五感(包含噪音、振動、發熱、鍊條吻合狀況及異味)檢查，並將參數量化數據，紀錄於檢查表上及電子化管理。
- (8) 全廠電動機應密切注意其異音及溫度，並落實防鏽措施處理(尤其是臨海地區)。
- (9) 全廠各閘門螺桿，應塗黃油保養及增加透明保護罩。
- (10) 全廠有淹水之虞的機房，應設防水門。
- (11) 應有預防雷擊措施，避雷針位置應考量全廠保護範圍。

4. 照明設備

- (1) 室內照明設備使用於特殊場所，如進流抽水站、前處理設施及污泥濃縮、消化機房等，應依規定劃分防爆及非防爆範圍。
- (2) 置於防爆範圍之設備應採用防爆設備與配管線，其動力、燈具及插座構造之防爆等級至少符合「用戶用電設備裝置規則」有關規定，採危險場所第一種場所之要求。
- (3) 防腐蝕場所，如加藥機房及加氯機房，應選用防腐蝕之燈具。

5. 緊急備用柴油引擎發電機

- (1) 燃油系統日用油箱附件應齊全，儲存容量應以不超過1000公升為限，儲油槽應以地下儲油槽設置為原則，且須依「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」辦理，儲油槽儲存容量以不超過2天為限。
- (2) 緊急備用柴油引擎發電機，應每月進行空載試車2次每半年執行有載運轉測試1次，並留存紀錄。
- (3) 應注意油水分離器與機油之濾芯濾油情形及水溫異常警報。
- (4) 柴油引擎排煙宜裝設黑煙淨化器，以配合環保。

- (5) 發電機機房應注意通風散熱，以確保設備壽命。
- (6) 日用油箱應設置防液堤，透氣管並排至屋外，以防意外之發生。
- (7) 油箱儲存總量應維持安全量，並注意管線有無漏油情形。
- (8) 應製作緊急備用柴油引擎發電機運轉紀錄表，包含電壓、電流、油壓、水溫、電瓶電壓等數值，以便台電斷電或設備檢修時，紀錄發電機有載運轉數據。
- (9) 應製作緊急備用柴油引擎發電機材料更換表，依紀錄可了解其燃油、潤滑油、冷卻水、進排氣等系統強健度。

6. 控制系統電源

- (1) 控制及計測監控用電源設備有數種，如交流電源110V，220V(原則少用，愈低愈安全)，直流電源24V、48V，110V及不斷電裝置交流110V 等，可依負載性質、容量及允許中斷供電時間等要求選定。
- (2) 應注意不斷電系統蓄電功能有無下降或有異音狀態，可否滿足停電時之供電要求。

12.9.2 儀控系統

- 1. 自動化與監控系統為較可靠且常用的控制系統，分為可程式控制器(PLC)系統、分散式控制器(DCS)系統等。可程式控制系統基本結構一般都是由中央處理單元、輸入輸出單元、電源及其他外部設備所構成，適用於中、小型污水處理廠。分散式控制器系統(DCS)典型結構，包含現場設備、控制設備、監視設備及管理設備等，適用於中、大型污水處理廠，作為自動化監控系統。
- 2. 進流抽水站濕井區、濃縮槽及厭氧消化槽等系統及其配電場所，應充分考量安全防爆設計，依「用戶用電設備裝置規則」危險氣體場所第1種場所之設置規定，選用耐壓防爆構造(日規1級d2G4，美規 CLASS 1 DIV. 1 GROUP D，歐規 Ex de IIB T4)或本質安全防爆(日規 i2G4)。
- 3. 所有信號導線管，由屋外進入屋內之落地式配電盤之管線，應以矽利康(Silicon)填塞，以防螞蟻或老鼠咬破電纜絕緣層，或使水氣及硫化氫等氣體藉管線進入箱體，腐蝕電氣接點。
- 4. 中央監控中心(室)之建築設計要求，可設置於行政(管理)中心一樓或二樓，設於二樓時，儘可能在接近樓梯口附近或方便進出的位置，其座向宜採坐北朝南，避免西曬，以能環視全場設置為佳。
- 5. 儀表設備應定期校正，確保其精確度。

第十三章 廠區規劃及環境安全計畫

13.1 概說

污水下水道建設之目的，在於促進都市計畫地區或指定地區之下水道發展，以改善環境衛生及保護水域水質，因此有關污水處理廠之設置，必須充分考量廠區對外交通之便利性，並須注重污水處理廠之操維環境和作業安全等三大面向，期能促使整體規劃可達到污水下水道建設之目的，以形成一優質環境，確保設施使用壽命及操作維護管理人員之環境品質及工作安全。

本章將就污水處理廠之廠區規劃、環境保護、安全防護及一般環境管理之重點加以分析說明，以供污水處理廠規劃、設計及設置之參考。

13.2 廠址地區特性考量

為提升污水處理廠設置之經濟效益，於規劃階段時，就必須針對污水處理廠座落區位之特性、設施配置、建築計畫、營運管理及操作方便性等，加以整體考量，藉以確定設施規模、內容及必要之設備。

規劃設計時，對於處理廠用地之自然條件、社會條件等須加以考量，並具體針對地區環境特性，進行必要之調查。茲分述如下：

1. 自然生態條件

- (1) 氣溫。
- (2) 海濱地區。
- (3) 自然、生態環境保護地區(國家公園、自來水水源保護區等)。
- (4) 狹隘地區或狹長地區。
- (5) 軟弱地盤、地盤下陷地區。
- (6) 易淹水地區。

2. 社會條件

- (1) 觀光地區。
- (2) 產業狀況。
- (3) 掩埋場地區。
- (4) 文化、古蹟保護區。

解說：

1. 自然生態條件

- (1) 污水處理廠用地四季之氣溫變化應加以注意，例如氣溫上升容易造成絲狀菌之加速增殖，影響污泥沉澱效果，易造成廢棄污泥之腐敗，不易濃縮，並使污泥上浮，以及造成鋼筋混凝土構造物之劣化等。氣溫下降則可能影響污泥厭氧消化之有機削減率，在緯度較高之區域必須考慮保溫包覆之設計。
- (2) 海濱地區常有鹽害、飛砂及海水入滲等問題，除影響處理機能外，也容易造成設施及設備之損壞，包括金屬類之銹蝕、電氣設備絕緣受損、混凝土構造

物劣化、轉動機械之磨損、植栽之枯萎等，皆應審慎考量及因應。

- (3) 污水處理廠如位於自然環境保護地區或自來水水源保護區時，除應獲得主管機關之同意外，應對地下水、噪音、振動、臭氣等環境影響進行分析，並提出適宜之減輕對策。
 - (4) 污水處理廠之設置，應儘量避免設置於狹隘地區或狹長地區，其施工時需有容易出入之道路，並須確保管理人員出入之安全，其位置若位於山谷、海岸等狹長區域或地形坡度較大之坡地，於規劃設計前應充分評估其適合性，並須確保適當之空間及需求。
 - (5) 污水處理廠應避免設在海埔(新生)地、垃圾掩埋場回填地等地質軟弱、地盤下陷之區域，必須事先充分調查用地之屬性及其特性。
 - (6) 污水處理廠如設置於易淹水地區時，除增加防護工程費用外，對於長年維護管理，也將造成莫大之負擔，因此事先充分評估，至為重要。
2. 社會條件
- (1) 觀光地區之污水處理廠，其進流量之季節性變動與觀光客之活動型態相關性頗大，對其變動特性之把握及處理方法之選擇、調勻池之設置、尖峰時之對策，皆應充分檢討及因應。
 - (2) 污水收集地區內之事業特性，有無水產加工、染整業、皮革業等產業，其廢水是否納入污水下水道，其水量比例，對污水處理之影響及對策等，皆應納入檢討及因應。
 - (3) 污水處理廠用地，若曾是垃圾掩埋場，開闢時可能有毒氣體的排出、建設及維護管理之影響及應有的對策，皆應加以檢討。
 - (4) 污水處理廠設置地區是否為文化、古蹟等保護區，於建設時應詳細進行調查，並應事先研擬相關對策。

13.3 設施配置考量

13.3.1 設施配置

處理設施配置時，應考量各設施之機能皆可充分發揮，且應具有經濟性、維護管理方便性及安全性等，應充分考量並適當配置之。

解說：

設施配置計畫，應考量下列事項：

1. 用地面積

污水處理廠之用地面積，原則上應為污水處理設施平面總面積之二倍以上，或為各槽體及建築物之投影面積之二倍以上，設施配置應具有合理性，且規劃於容易配置之範圍內。如有高級處理或回收水處理(再生水)需求時，用地面積可適度增加。

2. 水力及污泥動線

污水處理廠各系統、單元、設施，應考量能以最短或較短距離加以連結，

並使水力動線及污泥動線皆能在同一直線或同一區塊之處理設施上順暢流動為原則。水力動線應考量合宜之水頭損失，以減少能資源之浪費，同時也應保有適度餘裕量，以供未來設備改善、更新、增設或擴充等需求。

3. 廠區動線規劃

污水處理廠應規劃設置車輛進出動線、廠內巡檢管理動線、水質採樣管理動線、參訪動線及逃生動線等，且應確保其順暢及安全。此外，應考量污泥及藥品等出入動線及管制程序，原則上應避開巡檢管理動線、參訪動線及逃生動線。廠區動線規劃應儘量避開渠道蓋板、池體開孔及設備作動區域，以確保人員、車輛之作業安全，必要時應標示警示範圍，並以警示標誌加以區隔，以確保安全。

4. 蓋板

池體或通道上之加蓋(或蓋板)部分，應妥善規劃設計，以避免操作上發生危險。原則上開孔及蓋板不宜過大，以免金屬蓋板重量太大或產生撓度，除影響正常操作維護作業外，也會造成人員之危險。蓋板之設計應考慮操作上之便利性及安全性，除傳統蓋板外，可視需要採拉門式蓋板。其材質應採抗銹蝕、抗腐蝕之種類(如不銹鋼材等)，避免日久劣化產生危險。蓋板上應明顯標示禁止踩踏，以確保人員安全。如有橫跨管路之必要時，應設置跨管蓋板或跨管橋梯，並以顏色線條加以警戒標示。此外應配置充分之夜間照明，以確保夜間巡檢動線之順暢與安全。

5. 環境條件

環境條件包括周邊土地利用狀況、風向、空氣流動等因素。設施配置須考量產生臭氣(異味)來源、噪音源等單元或設備，原則上這些單元、設備應遠離社區或住戶群聚處所，其中臭氣來源應設置於常年下風處，以減少影響周遭之住戶。至於噪音部分，除採趨避方式外，也可將高噪音設備設置於室內，以隔離方式降低噪音能量之傳播。另外都市計畫土地使用分區管制要點規定基地境界線退縮空間、植栽綠化、建蔽率、容積率及都市設計審查等規定，也包含緩衝綠帶之相融性配置。

6. 系列數

處理設施依初期建設及維護管理需求，原則上可依整廠規模分兩期至四期來加以建設，並須配合用戶接管速率及進流污水量來決定建設之系列數，若再考量經濟上之效益，每期以一至二系列分期設置應屬合宜。

7. 管理中心

管理中心以可使來訪者容易辨識，且容易到達之位置為宜。管理中心須有較佳之視野範圍，以觀察廠區之運維狀況為原則，管理中心可規劃設計為當地之特色地標，部分空間則可回饋里民(區民)作為活動、會議之空間。

8. 生態、景觀

廠區環境應與周邊環境相融合，並採生態綠美化來加以規劃設計。

9. 增設、改建對策

因應未來時空環境之變化，整體規劃時應考量系統擴充、增設、改建、整合之可能性，尤其污水處理廠採分期建設者，須預留未來擴充所需之用地面積，包含污泥乾燥、高級處理及水回收(再生水)等需求。

13.3.2 設施上部加蓋

單元設施加蓋，主要考慮於前處理單元、初級沉澱池、生物反應槽、二級沉澱池及重力濃縮槽等上部設置，於考慮下列各項因素決定之，分述如下：

1. 能達到防止臭氣及噪音等發散。
2. 飛砂、鹽害等對策。
3. 周圍及環境之調和。
4. 上部利用。

解說：

污水處理設施之加蓋，雖可防止臭氣發散或提供上部利用，但卻會造成單元設施出入與操作維護之不便，且若通風不良時，硫化氫氣體容易累積則會使構造物及設備加速腐蝕，同時也會增加工程費用。一般而言，必須考量污水處理廠之規模、單元池槽之臭味逸散、廠區四周之環境等因素而決定是否加蓋。主要加蓋之單元設施，包含前處理設施(如沉砂池)、初沉池及污泥處理設施(如重力式濃縮池、污泥好氧消化池)。池體上部加蓋之構造材質，須視上部載重需求及操作啟閉頻率，而考慮採固定式或可移動式，其材質宜就 PC、RC、FRP 等，適當加以選擇。對於日常取樣、巡檢及維護管理而開啟頻率較高之位置，則應考慮設置親子蓋或容易開啟之觀察孔，以提高巡視、觀察、清理及維護之方便性及需要性。

1. 一般沉砂池、初級沉澱池及污泥處理設施之池體上部可考慮加蓋，以達到防止臭氣逸散、泡沫飛散及蟲類飛入之效果，唯設計時須注意良好通風及操作維護之便利性。
2. 在海濱地區為有效防止鹽害及飛砂侵入，避免影響生物處理功能及出流水質，部分池槽亦可考慮上部加蓋，例如生物反應槽、二級沉澱池等。
3. 為使污水處理廠(含進流抽水站)可與周邊環境調和或考量景觀融合之需要，除可採植栽作為綠籬加以區隔外，也可採地下化或半地下化方式，以降低其高度或覆蓋，唯工程費用及營運費用將可能大幅增加，通風及照明需求也會提高，除增加能源消耗外，維護管理之困難度也會增加，設計上宜審慎評估及衡量。
4. 對於較大規模之污水處理廠，設施上部加蓋後可加以綠化或公園化，或供做網球場、籃球場等運動設施，甚至可做為停車場等公共建築之利用，其主要覆蓋方法，如圖 13.1 所示。

(1)一次覆蓋方法

即於池槽水面上設置覆蓋設施，尤其是沉砂池、初級沉澱池及污泥重力式濃縮池等發散臭氣較大之單元，其上部不做利用者。

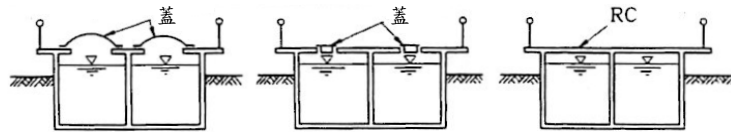
(2)二次覆蓋方法

在池槽上部，設置一般室內活動高度之覆蓋板，可有利於維護管理動

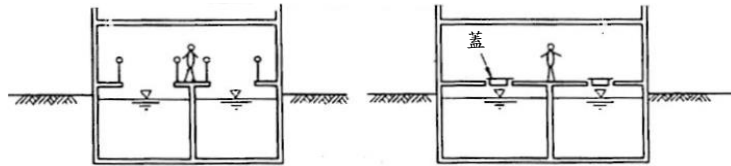
線及設備出入之便利性。

(3)雙層覆蓋方法

即結合上述(1)及(2)兩種覆蓋，形成雙層之設施。



(1)一次覆蓋方法



(2)二次覆蓋方法

(3)雙層覆蓋方法

圖 13.1 設施上部覆蓋方法

13.4 建築計畫

13.4.1 建築計畫

處理廠內之建築物，包括管理中心、污泥處理機房、鼓風機房、緊急備用發電機房、維修備品室及變電室等，可從經濟面及維護管理面加以考量，以檢討決定採取合棟或分棟之設計。茲分述如下：

1. 建築物配置檢討。
2. 合棟、分棟檢討。
3. 管理棟(中心)須注意事項。

解說：

1. 建築物配置檢討

- (1)建築物之配置，依處理方法及機能之需求，以統一軸線配置，達到人流之順暢為原則。
- (2)建築物配置除考慮處理設施維護管理之動線外，水、污泥、空氣及能源等動線，也應加以充分檢討，並考量各設施間之關聯性。
- (3)鼓風機房應設置於鄰近生物反應槽處，且須設計良好通風(進排氣)及防止噪音、振動之具體措施。

2. 合棟、分棟檢討

建築物之配置，應考量下列要點：

- (1)合棟型式：即處理廠內之各機能(抽水、前處理、水處理、污泥處理、消毒、電力含照明管理及其他)做適當整合之方法。
- (2)分棟型式：基本上各機能採分散或局部整合之方法。建築設施之合棟型式

及分棟型式之特性比較，如表 13.1。

3. 管理棟(中心)須注意事項

- (1)會議室及資料庫，原則上應與行政室結合。
- (2)值班室、更衣室及餐廳，原則上配置成可共用，以達最小面積。
- (3)最終處理水量在一定規模以上者(如 2,000 m³/d)，原則上得考量設置水質檢驗室。
- (4)若為低壓受電，可採用室外型之緊急備用發電，電氣盤可考量為室外型；若為高壓受電或於室內設置緊急備用發電時，應盡可能採用最小面積。

表 13.1 建築設施合棟及分棟型式特性比較

項目	合棟型式	分棟型式
管理機能及管理體制	因係在同一棟建築物內設置，管理動線較短，機能性佳。	由於設施分離配置，管理動線較長。
環境污染	由於係合棟，恐有互相干擾及噪音、振動、臭氣等問題，因之必須有避免或防護措施。	因係分棟管理，互相之影響、干擾較少。
建設費	雖初期建設費因一次建設可能較高，但終期則比較低。	若採分階段建設時，一般初期建設費用較低。
景觀	由於人員活動空間及機械設置空間之不同，管理中心及機械設施應能充分考量達到調和。	比較上較容易調整，而不易產生衝突。

13.4.2 一般管理設施(管理中心)

13.4.2.1 行政管理設施

配合進流抽水站及污水處理廠之維護管理需要，污水處理廠應視規模大小考量設置下列設施：

1. 辦公室、值班室、會議室、文件室、洗衣間、廁所、盥洗室等管理及營運之必要空間。
2. 器材貯存室、工作室、車庫等維護管理必要設備收納之用。
3. 廠區照明、通訊聯絡設施、消防及廣播設備等。

解說：

1. 一般污水處理廠之營運管理，多採委託操作維護，其管理中心之辦公室應考量受委託單位人員常駐及機關定期監督之所需，辦公室依污水處理廠最終規模，原則上以每一工作人員 4 m² 之空間進行規劃，並充分考量平日空調等能源之節約，考量其氣密性及斷熱性，以達節能設計之目標。可參考表 11.2 各室面積計算之。其他各室及設施可依規模、參觀及會議等需要，適當配置之。

廠區內應盡量確保地表可透水、綠地環境及生態複層植栽，管理中心之建

築應朝綠建築及智慧建築加以設計，屋頂或壁面可考慮綠化植栽，或考量設置太陽能或風力發電等設施。

2. 各種貯藏室規模及設施，依污水處理廠規模、備用設備貯存及設備維修之需要性加以規劃之。潤滑油及塗料等日常維護用品之貯存量及保管等，應以取用方便為原則，並宜有獨立空間予以置放。
3. 廠區通訊聯絡、消防及廣播通知等通訊設施之配置考量，應符合實務需求及相關法令，如職安、消防等法規之規定。

13.4.2.2 照明

進流抽水站及污水處理廠之照明設備，應考量下列各點而設置之：

1. 適當之照明，並以低耗能為原則。
2. 維護管理容易者。

解說：

1. 照明應以具有充分照度而不浪費能源為原則，並以演色性良好、發熱低，與各場所照明之目的相符之光源、器具、方式、配置等充分檢討設置之(請參第12.3.3 節照明設備)。考量廠區之作業條件需求，各場所必須之照度基準如表13.2 所示。

表 13.2 依場所設置之照明設備照度範圍

場所	照度範圍(Lux)
中控室、辦公室、會議室、水質檢驗室、資訊室	750~300
機械室、電氣室、污泥脫水機房、抽水機房、送風機房、發電機房	300~150
消毒機房、機械室走廊、浴室廁所、出入口	200~100
倉庫、更衣室、值班室、管廊、配管室、覆蓋設施、沉砂池室、攔污室	150~75
屋內緊急台階	75~30
屋外道路	30~10
屋外設施	50~30

備註：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。

由於污水處理廠用電量大，其各項照明之設置應參考下列各點，以符節能原則。

- (1)盡量將自然採光引入。
- (2)使用可節能之 LED 燈及壽命長之照明燈具。
- (3)適當區域可採用間接開關(包括人體感應、定時開閉、直接開閉)。
- (4)照明迴路適當分隔，依作業動線、門戶開啟等配置適當之開閉。
- (5)充分利用投光燈之局部照明。
- (6)避免使用導管或配管類遮光。
- (7)室外照明應考量夜間巡檢動線之安全需要。

2. 由於污水處理廠之照明設備眾多，管理維護不易，因此其裝設應考量更新、清掃容易、方便管理等需求，尤其進流抽水站等挑高場所或池槽上部，更應加以考量適當之裝設位置。

又在貯油、瓦斯等危險物處，以及地下室、抽水站及濕氣高之場所，其照明設備應具有防爆、防濕等功能。有關防爆設施等級，應依相關法令之規定。

13.4.2.3 空調及通風設備

污水抽水站及污水處理廠之空調通風設備，於考量下列各點決定之：

1. 各室依其系統適當分開設置。
2. 空調通風方式依機械使用條件、作業環境等充分檢討，並達節能選定方式。

解說：

1. 空調之設置，依建築技術規則及職安相關法規設置，並針對各種不同場所之特殊環境加以考量，以達空調通風、防銹蝕，同時部分場所配合設置天窗、配管等。
2. 空調設備應考量人體溫熱感覺四大要素，包含氣溫、濕度、氣流速度及空氣清淨度等，並須充分檢討經濟性及維護管理便利性，再依各場所之用途、目的，選定空調方式及換氣方式，如表 13.3 所示。

由於污水處理廠通風換氣之耗電量頗大，應從節能觀點考量下列各點來設置之：

- (1)送風機室之換氣，係將外氣導入通風，故應採節能之熱交換器。
- (2)換氣可考慮利用送風機換氣。
- (3)盡量利用局部空調換氣。
- (4)以定時器或恆溫器自動運轉。
- (5)雙層覆蓋，完整隔離，減少換氣空間及換氣次數。
- (6)配合分期建設，設置換氣扇之容量及台數。

13.5 環境保護

13.5.1 周邊環境對策

下水道設施，應依相關環境保護法規及職業安全衛生設施規則等充分考量之，以達到環境友善之目的。茲分述如下：

1. 防止惡臭。
2. 防止空氣污染。
3. 防制噪音振動。
4. 防止泡沫飛散。

解說：

1. 防止惡臭

各設施設計時，除應依相關法規標準外，應有適當防止對策，包括：

- (1)必要且最基本之防臭設備。
- (2)藉緩衝帶及綠化設計，防止臭氣擴散。
- (3)以封閉性之構造物，防止臭氣逸散。

表 13.3 通風換氣量例

設施名稱			換氣量	備註
	覆蓋方式	對象空間		
沉砂池	雙層覆蓋	作業空間	3~5 次/小時	
		覆蓋內部	開口部水面積 $\times 10^3/\text{m}^2 \cdot \text{小時}^*$	一次覆蓋亦同
		輸送帶	蓋內容量 $\times 7$ 次/小時 *	污泥輸送帶亦同
		漏斗	有效容量 $\times 3.5$ 次/小時 *	
初沉池	一次覆蓋	蓋內	水面積 $\times \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{小時}$	
抽水機房			依發熱量計算 設 2~3 次/小時以上之能力	
鼓風機房			依發熱量計算 設 2~3 次/小時以上之能力	
發電機房			依發熱量計算 設 3~5 次/小時以上之能力	
反應槽	雙層覆蓋	作業空間	3~5 次/小時	
		覆蓋內部	曝氣空氣量 $\times 1.1^*$	
	二次覆蓋	作業空間	5~7 次/小時+曝氣空氣量 $\times 1.1^*$	沒有蓋者
次氯酸鈉加藥機房			3~5 次/小時	
污泥濃縮機		覆蓋內部	覆蓋內部容量 $\times 1$ 次/小時 *	一次覆蓋亦同
污泥脫水機房		覆蓋內部	覆蓋內部容量 $\times 1$ 次/小時 *	機械加蓋者
一般機械室			4~6 次/小時	換氣機械室、除臭機房、工作室等
管廊、地下階梯			3~5 次/小時	

*一般包括除臭需要。

*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。

1. 防止空氣污染

一般污水處理廠，應依空氣污染防治法相關規定，防止空氣污染。

2. 防制噪音振動

空壓機及鼓風機，為噪音、振動之主要來源，應依相關規定規劃具體之防制措施(如隔音罩)，以不造成廠內工作人員及廠外之影響為原則。

3. 防止泡沫飛散

於生物反應池等設置消泡設施，或必要時於污水處理設施上部加蓋，以防止泡沫飛散，但應設有適當之觀察孔及操作維護孔，以供掌握操作狀態。

13.5.2 廠區道路、排水及綠美化

廠區內外進出道路、雨水排水及植栽等包括在內，皆應予以適當配置。茲分述如下：

1. 道路計畫。
2. 雨水排水設施。
3. 植栽及綠美化。

解說：

1. 道路計畫

- (1)依廠區規模及出入動線，考量進出入車輛及維護管理巡迴動線之車道、步道，皆應予以適當配置。
- (2)廠區道路之鋪設，原則上除車道為柏油車道外，步道應為透水性步道。

2. 雨水排水設施

- (1)應依用地面積等檢討是否須提送出流管制計畫。
- (2)廠區內雨水逕流量原則上以合理化公式計算之，降雨頻率至少採十年一次降雨強度，逕流係數以土地利用別為標準值。
- (3)雨水排水方法以預製品 L 型、U 型側溝，配合滲透設施採經濟性考量之。
- (4)廠區內排水須配合廠外排水系統加以整合之。

3. 植栽及綠美化

污水處理廠之植栽，不僅須考量廠內環境，也應與周邊環境加以整合及融合，必要時也可以綠籬做為區隔，以提升地區環境之整體性景觀及美質。

13.6 設施劣化及安全對策

13.6.1 設施腐蝕及劣化對策

污水處理設施之各種鋼筋混凝土構造物，在與污水及腐蝕性氣體長期接觸下，很容易腐蝕、劣化，於設計時應能設想其設置狀況，對於材質之選定、抑制腐蝕能力、劣化之方法及防蝕工法等，皆應充分考量之。分述如下：

1. 硫化氫之腐蝕劣化對策
2. 二氧化碳之中性化對策

解說：

下水道設施暴露在惡劣環境下，會因硫化氫及二氧化碳等化學作用，而導致構造物、管線及設備等劣化。

各設施於設計時，應就其能排除之原因，從材料、材質之選擇及維護管理上，加以重視及預防。

1. 硫化氫之腐蝕劣化對策

硫化氫為造成混凝土及金屬腐蝕之主因，包括在下水道管渠跌落處、污水及污泥之貯留處等，尤其在污水處理廠及抽水站之流入渠、抽水井、初級沉澱池、污泥濃縮槽、消化槽及廠內污泥輸送管線等處最為顯著。其對策包括：

(1) 避免產生硫化氫

污水或污泥在流動中，因滯留、淤積致造成污水、污泥厭氧腐敗而造成厭氧化，促使硫化氫之產生，因此在設計上應能確保水流、污泥之流速，避免滯留、淤積沉澱。最重要的是管線每天應能藉抽水機之起動，達到至少一次以上之掃流流速。抽水井、貯留槽內之堆積物，當抽水機起動排出時，就會有大量之硫化氫產生，是惡臭及管線、設施等劣化之原因，設計時應能避免污水及污泥之停滯及堆積，並使其流動順暢。

初級沉澱池及污泥濃縮槽，是最容易產生硫化氫之單元，為抑制污泥之厭氧化及腐敗，必要時應從操作管理上防止其滯留。此外，也可於污水壓力管注入空氣，或添加過氧化氫及氯化亞鐵等，以抑制硫化氫之產生。

(2) 防止硫化氫排放於大氣中

在水流經過之溢流堰及跌降之亂流處，或處理廠內污水或污泥之混合處，容易散發出硫化氫，因此設計上應有防止水流亂流之考量或構造，盡量減少落差或跌降，以減少硫化氫之逸散。

(3) 通風

一般初級沉澱池及污泥濃縮槽，為最容易散發出硫化氫之設施，因常採用上部加蓋措施，導致槽內高溫且潮濕，其散發之硫化氫，較容易腐蝕混凝土構造物，因此應加強通風設計，以維持內部空間之乾燥，也可達到稀釋硫化氫，抑制腐蝕之效用。

池槽內之換氣，抽氣應加以收集處理後排放，惟為減少換氣量，降低能耗，槽內氣相部之容積應以最小容量設計之。

(4) 使用耐腐蝕材料

在容易產生硫化氫之位置，以考慮使用耐腐蝕之硬質乙烯樹脂管、環氧樹脂內襯鑄鐵管等管材，或採用不銹鋼、鋁、FRP 等耐腐蝕材質設施為原則。混凝土構造物，則可使用煤灰水泥、高爐水泥或二型水泥等耐久性材料。特殊之腐蝕環境，則可考量防菌之方法。

(5) 防蝕被覆

混凝土及金屬之防蝕，則可採遮斷方法，以防腐蝕蓋處理。被覆材料包括環氧樹脂、焦油環氧樹脂、溶入陶瓷之環氧樹脂、乙烯酯樹脂、含玻璃片

乙烯酯樹脂，於考慮材料之經濟性、耐久性及施工法選定之。

2. 二氧化碳之中性化對策

二氧化碳可造成混凝土之碳酸化，對活性污泥反應槽之劣化較為明顯，為防止其劣化宜有適當之措施及對策。

13.6.2 防災及安全對策

污水處理廠設施常見災害(水災、地震、雷擊、火災)之影響及對策，以及維護管理之安全性，設計時皆應充分考量之。

解說：

污水處理設施為生活維生系統之設施，應能達到各種防災及安全之目的。

1. 設計時對於計畫高程之設定，可以歷史淹水水位紀錄再加 0.5 m 或以鄰近河川 100 年重現期距之洪水位進行設計，以達雨水排除、防止水災之目標。
2. 地震考量，應以耐震設計標準為基準以上設計之。
3. 在污水處理廠各槽體內部進行電氣、機械設備之運轉等危險性作業，皆應依相關作業規範考量其安全性。
4. 點檢用開口部之配置及安全對策，其覆蓋板支撐材質、開啟角度、重量及大小以及強度、耐用性等，皆應充分考量之。
5. 維護管理及巡檢動線之順暢及安全，應充分考量之。

13.7 常見設計問題及考慮事項

廠區規劃及環境安全計畫之細部設計，應考慮未來施工面、操作面、維護面之銜接，以利現場工作之推動，建議考量事項如下：

1. 廠區規劃

- (1) 廠區規劃應以全期設計污水量加以配置，並以平面配置圖顯示各期設施之空間及位置，以確保處理系統及單元設施配置之合理性及適宜性。除各期設施外，宜考慮三級處理設施或高級處理設施之預留空間，必要時須考量再生水處理設施之預留空間。各期單元設施配置後如廠區內仍有空間餘裕，宜就該廠地理位置、區位屬性、環境特性及人文風情等因子，規劃其整體景觀、休閒設施及其他空間之利用。
- (2) 廠區規劃須充分考量出流管制機制及方式，並依法令規定提送出流管制計畫，如位於山坡地，應依法令規定辦理水土保持計畫及相關設計，並依需求設置滯洪設施。出流管制及滯洪設施應配合鄰近水體及排水系統加以規劃，並以就近排入水渠或河川為原則。
- (3) 廠區規劃配置應以順應地形地勢為原則，系統單元間之污水傳輸應以重力流為主，在確保單元間具有充足水頭之前提下，宜避免水頭過大而有浪費能源之虞。
- (4) 廠區面積充足時，宜儘量避免採用集合式(集中式)之配置設計。集合式之配置設計，其特點在於上下游單元採直接連結，不同單元池體會形成共構，除

全期土木結構物常需於第一期即建設完成，增加初設成本支出外，由於池體共構相連，污水需以渠道輸送，但因渠道常有長度不足、轉彎較多之現象，因此常會造成流速不足、短流等問題，並導致渠道內易有泥砂淤積、臭味發生，也會發生水頭不足、污水迴水等現象，此外，系統單元之分水設計將較為困難，會產生分水不均之情形。

2. 環境安全計畫

- (1) 下水道設施，應依相關環境保護法規及職業安全衛生相關法規等充分考量之，以達到環境友善之目的。
- (2) 廠區環境之保護，主要包含惡臭、空氣污染之防止、噪音振動之防制及泡沫飛散等，並須加強通風設計，以避免硫化氫之產生。
- (3) 廠區防災及安全對策需針對常見災害，如水災、地震、雷擊、火災等進行充分之考量及設計。此外，針對運轉中之電氣、機械等危險性設備及作業，應設置完善之安全防護措施，以避免危害之發生。

附件一 下水道削減溫室氣體排放設備節能選擇及控制

一、針對削減溫室氣體排放有效且適當的措施

1. 建置整體削減溫室氣體排放的實施體制，培養相關人員對推動削減溫室氣體之重要性的認識。
2. 掌握目前下水道相關建設之溫室氣體排放量、削減設備的選擇、設置、使用方法及運轉等現況。
3. 藉文獻、資料庫的使用、資訊的收集及整理，提供下水道建設選擇相關設備及使用方式。
4. 下水道建設所選用設備及使用方式，應考量將來的計畫變化。
5. 應能掌握上述 4.之實施狀況及效益。
6. 審視檢討上述 5.進行設備選擇及使用方式，並依其成果持續改進實施。
7. 上述 6.下水道建設多為複數設備及多系統的組合，應檢討分析最適合的組合。

二、針對削減溫室氣體排放的措施

1. 選用可削減溫室氣體排放之設施：

(1)前處理、抽水設施之設備

- 沉砂池設備中的抽水機採用高效率揚砂設備。
- 採用抽水機設備台數控制系統，高水位運轉控制系統及轉速控制(如變頻器)系統。
- 採用高效率抽水機及電動機。
- 檢討抽水機台數及設備容量之適用性及其他必要的措施。

(2)水處理單元之設備

① 初步沉澱池

- 採用樹脂製等輕量型鏈條及其他必要措施。

② 生物反應槽設備

- 採用進流水流量比例控制系統、MLSS 控制系統、DO 控制系統及 ORP 控制系統。
- 採用微細氣泡散氣設備以提升氧傳效率，透過微細氣泡設備及鼓風機之優化，提供正確的送風量。
- 離心鼓風機採用台數控制系統，進口葉片(inlet vane)風量控制系統及轉速控制(如變頻器)系統。
- 容積式(魯氏)鼓風機採用台數控制、轉速控制(如變頻器)系統。
- 攪拌可採用高效率攪拌機或高效率曝氣機，水中攪拌曝氣機可採用定時操作或轉速控制(如變頻器)系統。
- 採用高效率鼓風機及電動機。
- 檢討鼓風機台數及設備容量之適用性及其他必要的措施。

③ 最終沉澱池設備

- 採用污泥抽水機台數控制系統及轉速控制(如變頻器)系統。
- 採用樹脂製等輕量型鏈條。
- 採用高效率污泥抽水機及電動機。
- 檢討污泥抽水機台數及設備容量之適用性及其他必要的措施。

④ 去氮除磷反應槽設備

- 採用水中攪拌機轉速控制(如變頻器)系統。
- 採用高效率攪拌機。
- 硝化液循環抽水機採用流量控制系統、台數控制系統、轉速控制系統或採用氣升泵。
- 污泥輸送抽水機採用台數控制系統或轉速控制(如變頻器)系統。
- 導入 Anammox 反應之除氮技術。
- 採用高級監測控制系統(如氨氮監測控制)及其他必要措施。

(3) 污泥處理單元設備

① 污泥輸送設備

- 污泥輸送抽水機採用台數控制系統及轉速控制(如變頻器)系統。
- 採用高效率抽水機及電動機。
- 檢討污泥抽水機台數及設備容量之適用性及其他必要的措施。

② 污泥濃縮設備

- 採用可提高固體物回收率之機械濃縮設備。
- 依污泥性質採用可達高能源效率之機械濃縮機，以減低濃縮動力。

③ 污泥厭氧消化設備

- 加強污泥消化槽本體之隔熱。
- 採用機械攪拌式污泥消化槽降低動力需求。
- 加強蒸氣管、溫水配管等加溫設備之隔熱。
- 採用加溫鍋爐、熱水鍋爐之自動控制系統及其他必要的措施。

④ 污泥脫水設備

- 配合後續污泥處理程序，採用低含水率設備。
- 檢討處理單元相關機械特性，採用可降低動力需求之機械脫水設備，並藉採用較高固體物回收率之污泥脫水設備，減少分離濾液中之固體物量。

⑤ 綜合管理所需設備

- 中央監視控制系統導入能源管理系統。
- 採用節能型監視控制設備及其他必要措施。

(4) 活化未利用能源(資源化設備)

① 下水熱利用設備

- 利用下水的溫度差能源以及其他必要措施

② 消化瓦斯有效利用

- 導入消化瓦斯發電系統。

- 透過與區域生質能如污泥、廚餘、水肥等混合消化增加消化瓦斯產量。
- 以消化瓦斯作為污泥乾燥輔助燃料。
- 導入製作燃料電池用燃料或精製為民生用瓦斯等設備及其他必要措施。

③ 下水污泥固體燃料化設備

- 導入製作下水污泥固體燃料化設備及其他必要措施。

④ 水頭之有效利用設備

- 導入水位差能源(如小水力發電)利用設備及其他必要措施。

2. 抑制溫室氣體排放等可使用的方法

(1) 前處理、抽水站之設備

- 沉砂設備、抽水設備設置使用定時器、水位差檢測設備，藉抽水機連動等進行攔污柵的間歇運轉。
- 抽砂設備的間歇性運轉。
- 依進流流量進行池數控制。
- 利用管渠、調整池做為主抽水機抽水量均勻化操作等必要措施。

(2) 水處理單元之設備

① 最初沉澱池設備

- 依進流水流量進行池數控制。
- 採用計時器或檢測污泥界面進行刮泥機的間歇運轉。
- 採用計時器或濃度檢測或預設量的設定，進行間歇性污泥抽水機的運轉。
- 提升浮渣去除設備之浮渣排除率，減低迴流水量及操作時間等必要措施。

② 生物反應槽設備

- 防止散氣設備阻塞，可減低壓力損失及提升溶氧效率。
- 水中攪拌機、曝氣機採間歇性運轉。
- 間歇性消泡灑水以達適量使用消泡水量。

③ 最終沉澱池設備

- 採用計時器或檢測污泥界面進行刮泥機的間歇運轉。
- 採用計時器或濃度檢測或預設量的設定，進行間歇性污泥抽泥泵的運轉。
- 提升浮渣去除設備之浮渣排除率，減低迴流水量及操作時間等必要措施。

④ 高級處理設備

- 水中攪拌機採間歇性運轉。
- 導入砂濾設備、生物膜過濾設備的洗淨時間管理及其他必要措施。

(3) 污泥處理單元設備

① 污泥厭氧消化設備

- 消化槽投入污泥濃度之適切性管理。
- 消化槽之溫度的適切性管理。
- 有利用價值之蒸氣、溫水的有效利用及其他必要措施。

② 污泥脫水設備

- 供給污泥脫水機之污泥濃度的適切性管理。
- 污泥輸送設施及脫水機系統之控制。
- 減低清洗水量及其他必要措施。

(4) 綜合管理所需設備

① 水處理運轉系統

- 處理水水質及能源消耗量之適切性管理及其必要措施。

② 污泥處理運轉系統

- 依污泥性質及能源消耗量之適切性管理及其必要措施。

(5) 其他之主要能源消耗設備(其他設備)

- 減少除臭設備的除臭空氣量，須防止臭氣擴散外洩，須將產生臭氣處與一般通風隔開。
- 根據季節、時間等進行風扇間歇運轉等必要措施。

(6) 其他

- 上述所列舉各種設施設備中，可適用的措施。

附件二 單槽式硝化脫硝程序 ICT・AI 控制高度處理技術

(日本案例)

一、緣起

日本町田市(以下簡稱本市)位於東京都多摩市南部，人口約 43 萬的城市。污水處理系統始於 1964 年，現在 98.9%的市民可以使用污水處理系統。本市形狀像東京的一個突出部分，被包圍在神奈川縣的相模原市、大和市、橫濱市和川崎市之間(圖 1)。由於這種特殊的地形條件，它不屬於多摩川流域，而由兩個污水處理廠(成瀬水資中心和鶴見河水資中心)作為獨立的公共下水道系統進行處理。

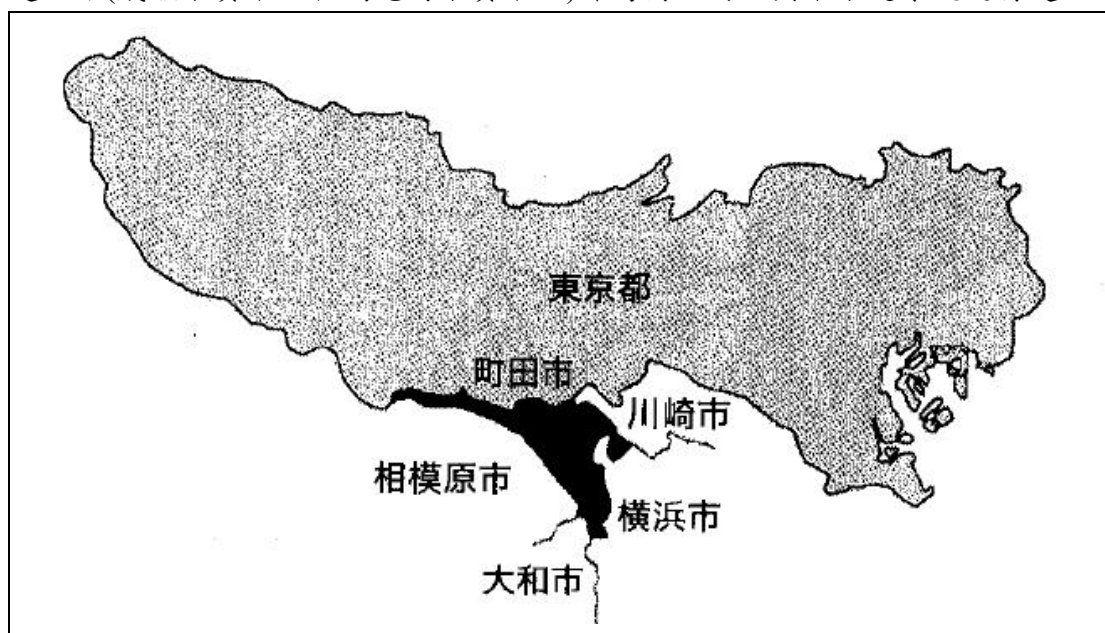


圖 1 町田市位置圖

二、B-DASH 項目參與歷程

為了改善排放承受水體東京灣的水質，基於「多摩川、荒川等流域下水道整備總體計畫」，本市提出了高度處理(A^2O +快速過濾法，目標水質 $T-N=10\text{mg/L}$ ， $T-P=0.5\text{mg/L}$)的要求。然而，由於沉重的財政負擔，並沒有按計畫引進高度處理設施。此外，以高度處理改善水質與增加耗電量之間存在「權衡」關係，同時改善水質和減少電力消耗的技術。利用這種創新的高度處理技術時，發現可以解決這一難題的新技術，下水道局決定聯合進行驗證研究：國土交通省下水道創新技術示範項目 B-DASH 計畫-單槽式硝化脫硝程序 ICT・AI 控制高度處理技術(以下稱本技術)，被採納為 2019 年的示範技術。

三、示範研究概況與技術概況

表 1 顯示了實證研究的概述，圖 2 顯示了本技術的概念圖。

表 1 實證研究概述

研究名稱	單槽式硝化脫硝程序 ICT・AI 控制高度處理技術 示範研究
實施期限	2019-2020 年
研究委託人	國土交通省國土基礎設施綜合管理研究所
實施單位	METAWATER Co., Ltd.、日本下水道事務所、町田市聯合研究組
實證場所	成瀨水資中心(東京都町田市)
實證概要	使用 ICT AI 控制單槽硝化脫硝過程實證
驗證項目	①在與 A ² O 法同等的處理水質下，HRT 較短(比 A ² O 法降低 20%以上) ②減少運轉電力(與 A ² O 方法相比減少 20%以上) ③減輕維護工作的負擔(與 A ² O 法相比，工作負擔減輕)

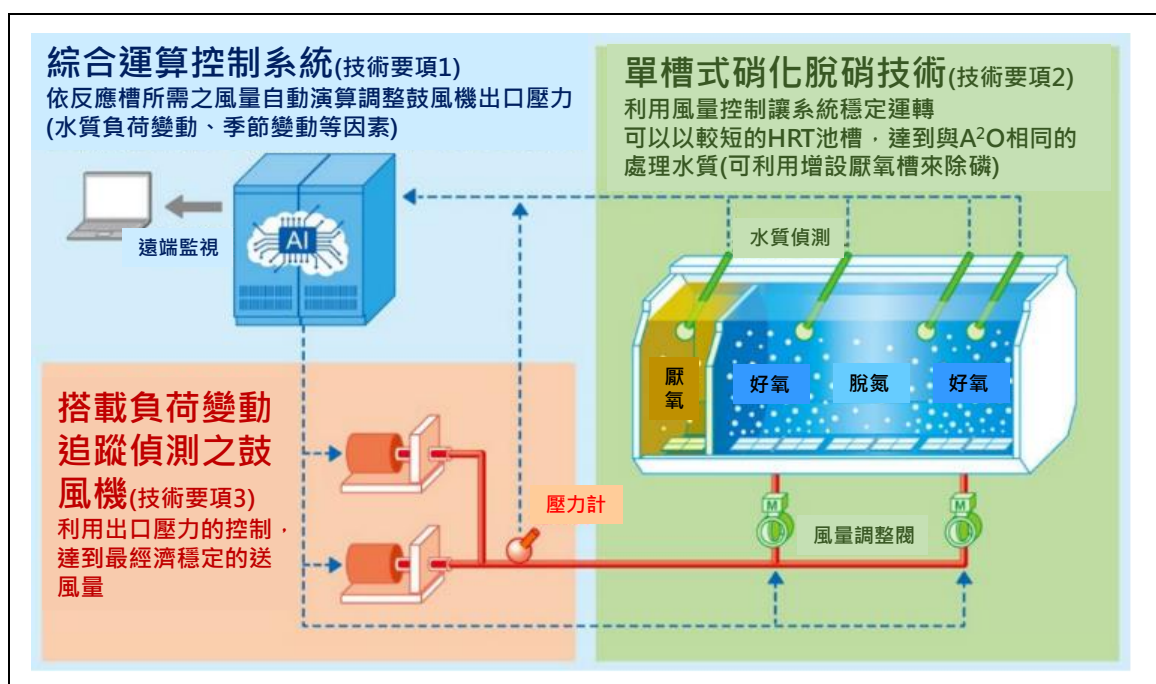


圖 2 本技術概念圖

實證研究於 2020 年 1 月～2021 年 3 月間，在成瀨水資中心(以下簡稱中心)進行，使用中心 3 個水處理設施系列中的 1 個系列(4 池)進行連續運轉，並依表 1 的驗證項目①②③項進行評價。

本技術對整個系統進行統一管理，讓「綜合運算控制系統」的運轉效率最大化，並且「單槽硝化脫硝技術」達到與高度處理設施相同的出水水質要求，以及最佳化高效供給所必要空氣量的「負荷變動追蹤型鼓風機裝置」等三大主要技術

構成。在水力停留時間(HRT)方面，可達到與高度處理程序相當的水質，以及以提高能源效率和可維護性。

(1)綜合運算控制系統概要

綜合運算控制系統如圖 3 所示，利用 ICT-AI 技術「計算反應槽所需風量」及「計算鼓風機最適供氣壓力」。

「反應槽所需風量計算」係透過大數據機器學習(AI 技術)，依據流入反應槽的負荷波動及利用水質監測器的監測數值，計算反應槽所需風量及預測未來水質。當進水水質發生明顯季節波動時，優化理論(AI 技術)會自動調整計算參數選擇最優的新參數繼續運轉。此外，「鼓風機最適化供氣壓力計算」係結合反應槽所需風量演算來決定並計算出鼓風機最適供氣壓力及風量。一般鼓風機運轉係採用定壓，但透過「鼓風機最適化供氣壓力計算」可以依據所自動計算調整的所需空氣量來控制鼓風機出口壓力，進而提升效率。

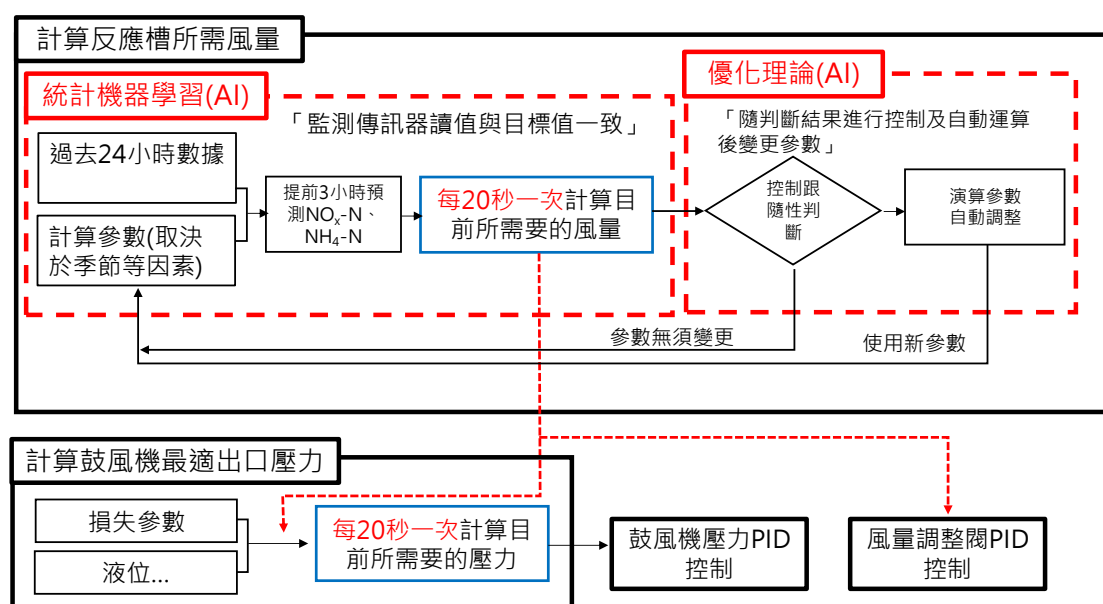


圖 3 綜合運算控制系統演算流程圖

(2)單槽式硝化脫硝處理技術概要

在傳統高度處理技術(A²O 法)中，缺氧槽與好氧槽由池牆隔開，但本技術如圖 2 所示，採用沒有隔牆的單槽反應槽以形成最佳的好氧-缺氧區(若用於除磷，則需設置厭氧段隔牆)。反應槽前後段分別送風，前段 NO_x-N 計量測值保持在預定值；後段 NH₄-N 計量測值係為調整空氣流量，以便可在反應槽末端完成硝化反應。

(3)負荷變動追蹤型鼓風機裝置

鼓風機與反應槽相關設備在傳統上為分別控制，而本技術針對鼓風機與反應槽提供集成控制方式。依據綜合運算控制系統計算出反應槽流入的負荷波動，根據所運算出最佳的鼓風機壓力，來調整控制出口風壓。

一般的「定壓控制」與本技術「變壓控制」示意圖如圖 4。透過定壓控制，無論流入負荷與所需風量波動如何，出口風壓都保持恆定，因此在實際所需風量較低的時段內，將浪費電力。變壓控制則透過流入負荷和所需風量的即時計算和控制壓力的設定，來減少鼓風機能耗，達到節能運轉目標。

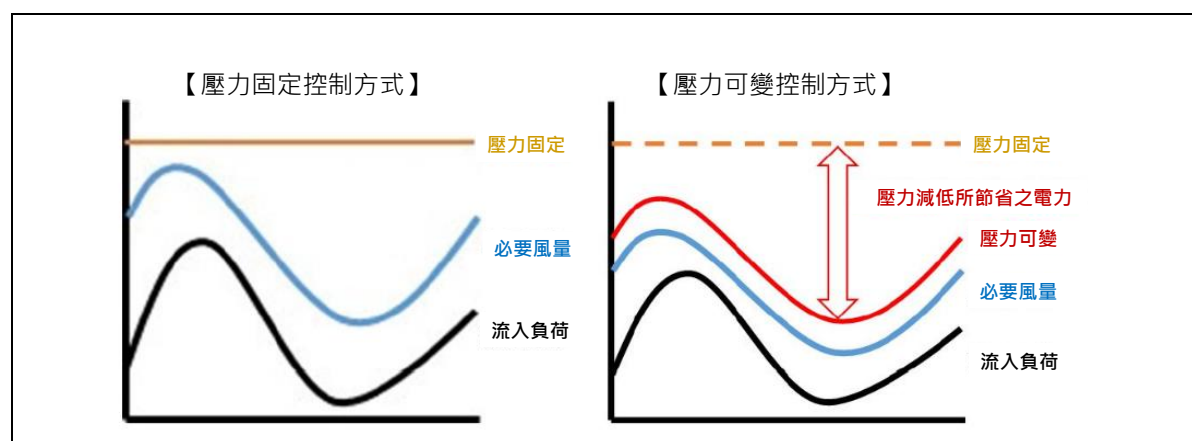


圖 4 「定壓控制」與「變壓控制」示意圖

四、實廠案例

(1) 驗證項目①-處理水質、處理能力之評價

圖 5 為驗證廠的初沉池出水至終沉池出水水質：BOD、T-N、T-P 檢測結果的比較圖。為了便於比對，圖 5 將標準活性污泥法(系列 2)和擔體投入之階段進流 A²O 法(系列 3 的一部分)，其終沉池出水水質一併納入比較。

在各種不同處理方式下，總共進行 34 次的水質採樣檢測，採用本方法都可達到水質調查的目標值(BOD：15 mg/L 以下、T-N：20 mg/L 以下、T-P：3 mg/L 以下)。此外，不包括雨天的情況下，總氮去除率為 61%~74%，平均去除率為 68.1%，相當於 A²O 處理法一般的去除率(60~70%)。在不包括雨天的情況下，調查時間內其 HRT 為 8.9 小時至 10.6 小時(平均 10.1 小時)，低於 12.8 小時之目標 HRT(比 A²O 方法設計之 HRT 為 16 小時少了 20%)。

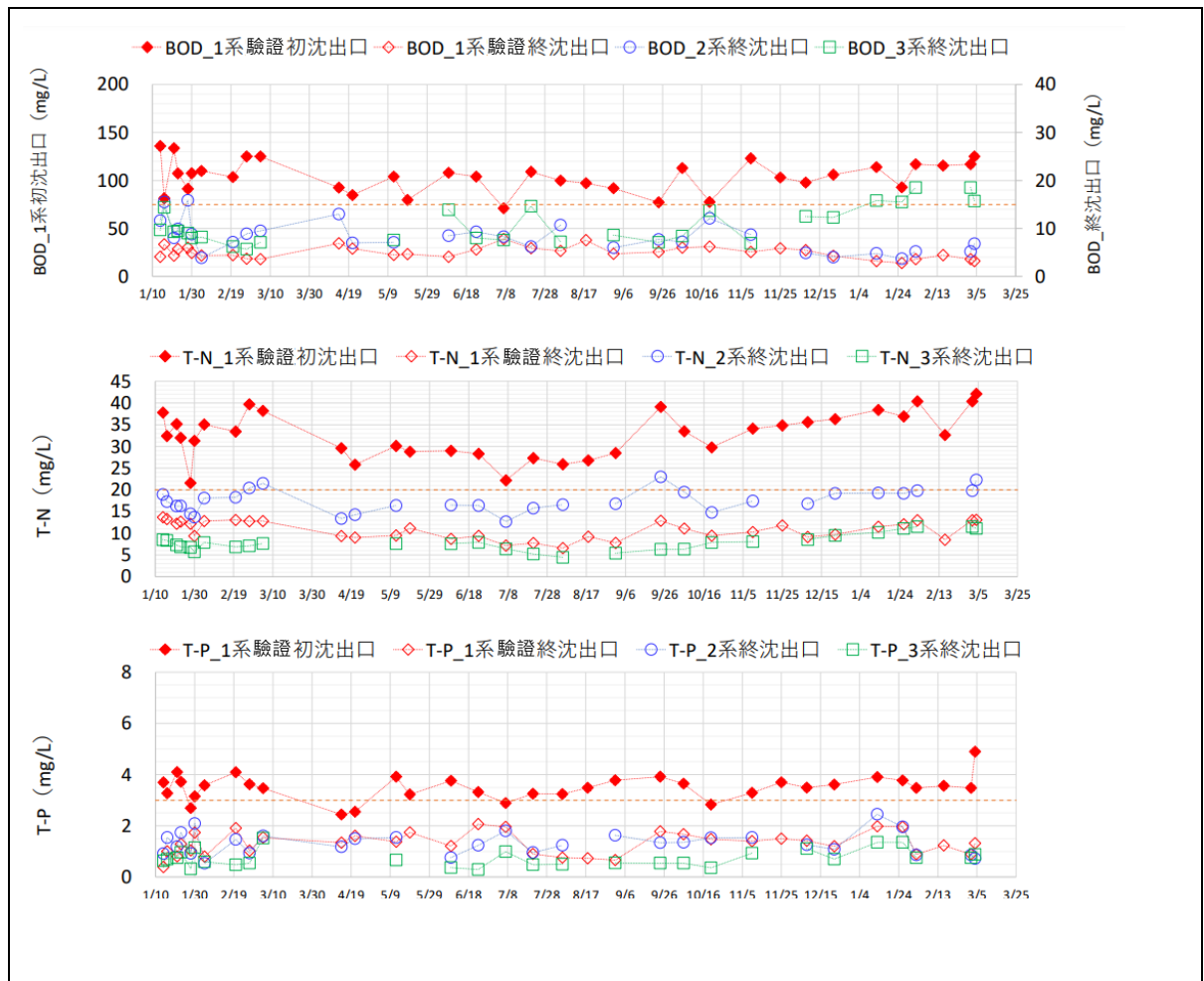


圖 5 各種不同處理方式之初沉池出流水至終沉池出流水水質檢測結果
(註：1 系-本方法；2 系-標準活性污泥法；3 系-標準活性污泥法/擔體投入之階段進流 A²O 法)

(2)驗證項目②-節能評價

本方法為不需隔牆的「單槽式」反應槽，因不需要攪拌器與循環泵，故相對節省所需之用電量。

圖 6 顯示在驗證廠的研究中，鼓風機出口壓力在定壓控制及切換到變壓控制時，反應槽風量及鼓風機出口壓力的變化。

雖然反應槽風量隨負荷變動變化，但在定壓控制中，無論反應槽風量如何變化，其出口風壓都保持一定。另一方面在變壓控制的情況下，可以確認壓力隨反應槽風量變動。

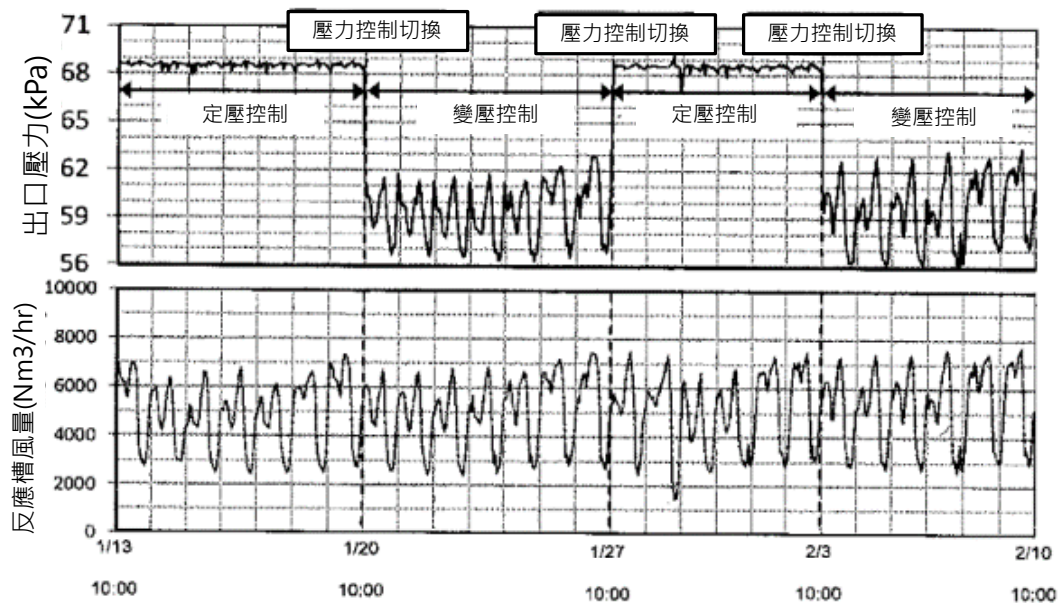


圖 6 反應槽風量與鼓風機出口壓力變化

圖 7 為交替採用定壓控制與變壓控制時，鼓風機出口壓力(上半部，[kPa])與鼓風機單位用電量(下半部，[kWh/Nm³])的變化。透過變壓控制，每單位鼓風機能耗，隨出口壓力下降而降低。比較定壓控制與變壓控制的鼓風機能耗變化，變壓控制的能耗降低了 16.2%，證明在鼓風機節能運轉的效果。

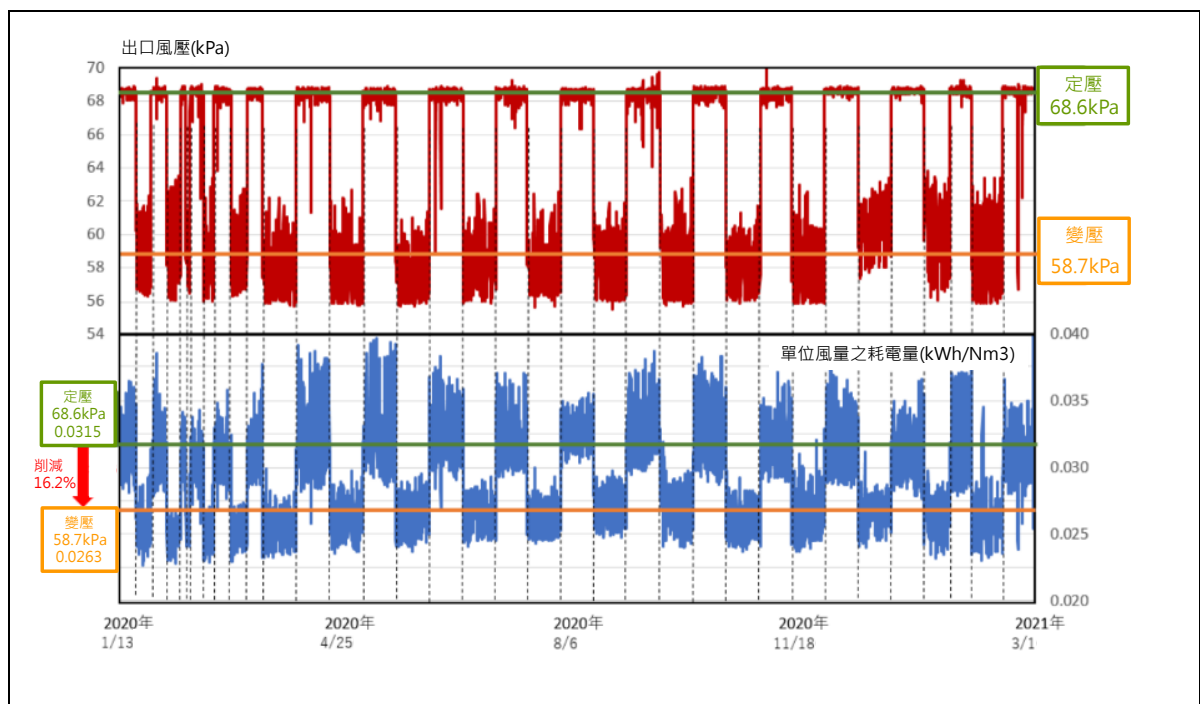


圖 7 變壓控制時，單位風量之耗電量降低效果圖

對於最大日污水量 50,000 CMD、平均日 40,000 CMD 規模的反應槽及鼓風機等相關設施，根據本技術水處理能耗計算，由於不需要「攪拌機」及「循環抽水機」而可降低能耗，並且因鼓風機採變風壓之操作而減少用電量，可以達到預期的目標(超過 A²O 法 20%)，其整體節電效果為 29.2%。

(3)驗證項目③-維護管理評價

本技術與傳統高度處理(A²O)的所需維護管理項目比較如表 2，此表依據「下水道維護管理指針」在上半部為管理項目、下半部為維護檢查項目的對照表。經比較後，管理與維護檢查項目的數量分別減少一項，若僅由數字分析，可能有維護及管理所需花費人力減少幅度有限之現象產生。在高度處理技術之設施包括：厭氧槽、第一缺氧槽、第二缺氧槽，共有 8 台攪拌機(1 池 4 台*2 池)，除日常檢查外，還需定期更換潤滑油、軸承及軸封墊片。此外，對於突發的故障將影響高度處理技術之設備被迫停止運轉，但本技術可採用較少的設備數量來進行高度處理，有助於操作穩定。

表 2 維護管理項目比較表

管理項目比較			維護檢查項目比較		
管理項目	本技術	現有技術(A ² O法)	維護檢查項目	本技術	現有技術(A ² O法)
MLSS濃度	必須	必須	散氣設備	必須	必須
MLDO濃度	視情況而定	必須	消泡設備	必須	必須
ORP	必須	必須	污泥迴流設備	必須	必須
pH	視情況而定	視情況而定	硝化液循環泵、 氣昇設備	不要	必須
SRT	視情況而定	視情況而定	沉水攪拌機	不要	必須
循環比	不要	必須	甲醇、醋酸及氫 氧化鈉加藥設備	視情況而定	視情況而定
迴流污泥比	必須	必須	混凝劑加藥設備	視情況而定	視情況而定
排除廢棄污泥	必須	必須	DO 計	視情況而定	必須
防止浮渣堆積	必須	必須	ORP計	視情況而定	視情況而定
生物相	視情況而定	視情況而定	NOx-N計、 NH ₄ -N計	必須	不要

五、有助於碳中和的技術

日本設定至 2030 年時溫室氣體排放量需比 2013 年減少 46%，以作為到 2050 年實現碳中和的中期目標。對於大量消耗能源的污水處理廠來說，這是一個高度挑戰。污水處理廠的曝氣單元能耗最高，其中鼓風機電力消耗占全廠 3~4 成，如欲減少污水處理廠的溫室氣體排放量，降低風機的耗電量是最重要的課題。

圖 8 是表示本中心的鼓風機總耗電量和反應槽總送風量的逐年變化曲線圖。全年總風量變化不大，基本持平，但 B-DASH 實證研究項目於 2019 年開始後，鼓風機的耗電量減少。

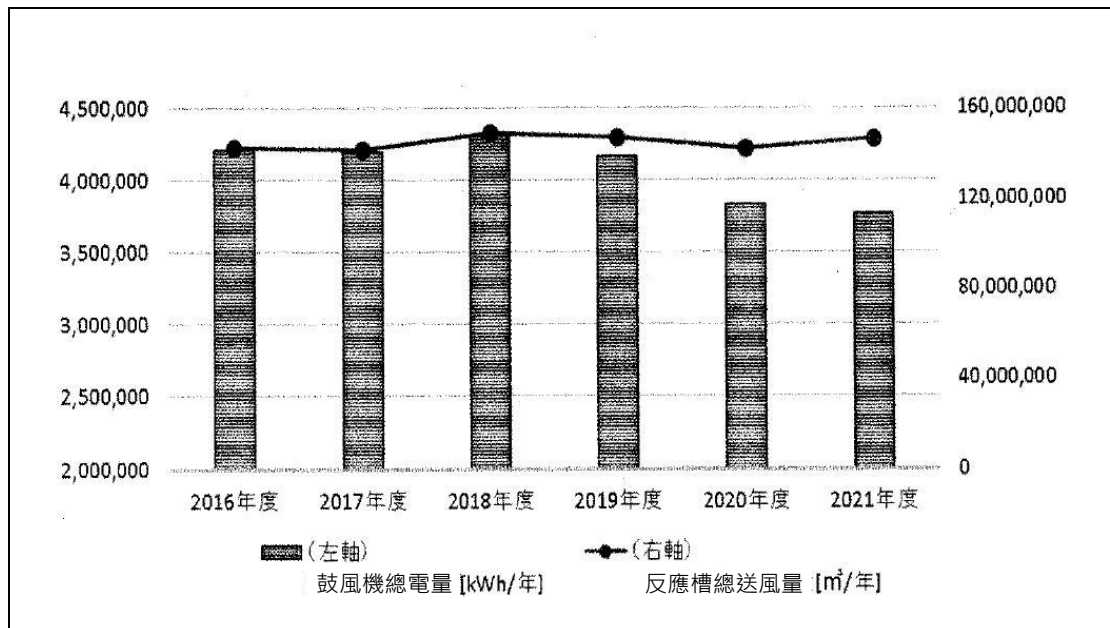


圖 8 鼓風機總耗電量和反應槽總送風量的逐年變化曲線圖

圖 9 為本中心每月單位鼓風量之用電量變化情況，本技術的引入提高了送風效率，降低了單位鼓風量之用電量。如今，即使增加風量也能降低總用電量的理想運轉方式，實現改善水質和節能的雙重目標。

本技術顛覆「增加空氣量(水質更佳)等於用電量增加」的觀念，再次意識到這項技術是一種新的先進處理技術，適用於日本所追求的碳中和社會。

六，結論

本技術目前僅在該中心的 3 個水處理設施系列中導入了 1 個系列，但如果全部 3 個系列都應用本技術，則有望進一步降低鼓風機需電量，因此對於節電具有重大貢獻而可於 2050 年實現碳中和社會。希望這項起源於町田市的創新技術能夠推廣到全國的污水處理廠，並通過展示其潛力，為下水道業務的減碳助一臂之力。