非系統再生水

利用技術參考說明

經濟部水利署
Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs

序

台灣地區隨著都市化的發展與產業結構的改變，生活及工業用水需求量逐漸增加，但是新水源的開發卻越顯困難。位處海島型國家的台灣，降雨時空分布本就不均，再加上受全球氣候變遷的影響，大乾旱、大風暴、大洪水發生頻率不斷創紀錄，如何以新思維與自然共生、適應未來環境、永續利用水資源，成了國家發展最重要指標。鑒於國外行之有年之水再生利用推動經驗，工業用水大戶自廠廢水經處理再生後提供工業、次級或其他環境景觀用水等使用，不但減少對自然水體之污染負荷，且具不受天候影響、水量穩定之優點，可有效減輕傳統水源開發壓力。目前國內工業用水大戶整體回收率已達百分之七十，為使產業界用水更有效率，行政院已指示民國一百二十年將提高至百分之八十。

水再生利用系統涵蓋水利、環保、營建、農業及工業等之技術領域；過去國內相關水再生利用之法規及相關規範分別由各主管部會依其職權管轄，各部會雖有水再生利用技術規範之研究，但隨著處理技術的演進、再利用觀念之更新以及「再生水資源發展條例」之公布，實有進行本技術參考編撰之必要，並提供相關資訊予擬參與自廠水再生設施之規劃設計或投資者，藉由此「非系統再生水利用技術參考說明」之編撰，希冀藉由提供適當之資訊與技術，促進水資源循環永續利用及水再生產業發展，並達到行政院指示之目標。

非系統再生水利用技術參考說明

編輯群謹誌

中華民國 106 年 12 月 1 日

第 1 章 前言 1

1.1 緣起 1
1.2 為何需要技術手冊 3
1.3 技術手冊使用對象 3
1.4 如何使用技術手冊 3
1.5 手冊導覽 4

第 2 章 名詞解釋與定義 7

第 3 章 水再生利用規劃 15

3.1 再生水自行取用 15
3.2 再生水用途 16

第 4 章 再生水水質 19

4.1 再生水水質標準 20
4.2 國內各類用途之水質建議值 22
4.3 各國再生水水質標準 24

第 5 章 取水系統 31

5.1 規劃原則 31
5.2 再生水水源之篩選 31
5.3 取水量規劃 31
5.4 取水設施 32
5.5 攔污設備 40
5.6 量測與控制設施 40

5.7 設施標示 43

第 6 章 輸水系統 45

6.1 輸水管線規劃 46
6.2 揚水站 52
6.3 輸水管線附屬設施 54

第 7 章 處理系統 61

7.1 基本資訊之評估 61
7.2 水再生設施之基本需求 62
7.3 過濾 65
7.4 薄膜技術 71
7.5 常見處理方式 83
7.6 消毒程序 95

第 8 章 配水系統 109

8.1 配水管網規劃 109
8.2 配水管材選擇 110
8.3 最小管壓 110
8.4 設計水量及流速 112
8.5 管徑尺寸選擇 112
8.6 管線埋設 112
8.7 再生水配水池 113
8.8 配水系統退水機制 119
8.9 管網流量及水壓監測 120
8.10 識別標示設施 121

8.11 相關規範及準則 122

第 9 章 使用端系統 123

9.1 供水系統 123
9.2 配管概要 125
9.3 使用端風險管理 126
9.4 用水設備與施工規範 127
9.5 告示標誌與警語 132
9.6 使用端維護檢查 134

第 10 章 監測與風險管理 135

10.1 監測原則 135
10.2 監測類型 136
10.3 風險管理之評估方式 138
10.4 健康風險管理之監測 139
10.5 水質監測管理 142

第 11 章 維護管理 147

11.1 管理制度 147
11.2 操作維護 155

第 12 章 基本設計案例 163

12.1 封裝測試業放流水回收再利用計畫 163
12.2 放流水回收再生規劃 164
12.3 未來規劃 167

相關參考資訊..... 169

附錄 175

◆ 圖目錄

圖 1.1 系統再生水及非系統再生水之定義 2
圖 3.1 工業廢水再生利用系統 - 自行取用 17
圖 5.1 再生水水源取水系統示意圖(以二級生物處理放流水為例) 32
圖 5.2 調節池之流量調整方法 33
圖 5.3 沉水式取水示意圖 34
圖 5.4 截流管渠示意圖 35
圖 5.5 泵浦取水設計型式-沉水乾井式 36
圖 5.6 泵浦取水設計型式-豎軸乾井式 37
圖 5.7 泵浦取水設計型式-橫軸離心式 38
圖 5.8 泵浦取水設計型式-豎軸式 39
圖 5.9 操作中之細攔污柵(範例) 40
圖 5.10 取水系統自動化監測控制設備 41
圖 5.11 流量水質監控系統設置位置 41
圖 5.12 廢水處理廠放流水水質監測設備(範例) 42
圖 5.13 電磁流量計(範例) 42
圖 5.14 加藥機及藥品貯槽(範例) 43
圖 6.1 重力流輸水系統示意 45
圖 6.2 壓力流輸水系統示意 46
圖 6.3 重力流與壓力流合併應用示意 46
圖 6.4 水渠斷面示意 51
圖 6.5 各種管閥 54
圖 6.6 退水設施示意圖 58

圖 7.1 工業用途再生水之處理流程示意圖 62
圖 7.2 砂濾程序 66
圖 7.3 日本高速纖維過濾(FIBAX)示意圖 70
圖 7.4 薄膜過濾程序特性及功能應用 71
圖 7.5 沉浸式中空纖維膜 76
圖 7.6 沉浸式板框膜 76
圖 7.7 終端過濾 76
圖 7.8 掃流過濾 76
圖 7.9 管狀式陶瓷膜 77
圖 7.10 螺旋式薄膜 77
圖 7.11 薄膜生物反應器系統 83
圖 7.12 板框式薄膜生物反應器 84
圖 7.13 中空纖維薄膜生物反應器 85
圖 7.14 氯氣加氯機(左圖)及次氯酸鈉加氯機(右圖) 95
圖 7.15 加氯消毒接觸池(範例) 96
圖 7.16 折點加氯示意圖 97
圖 7.17 加氯的壓力管線與即時監測系統示意圖 98
圖 7.18 柱塞流反應槽示意圖 99
圖 7.19 封閉管式 UV 燈管示意圖及剖視圖 101
圖 7.20 臭氧製造機 103
圖 7.21 臭氧消毒系統 103
圖 7.22 典型的氣泡擴散接觸槽 106
圖 7.23 典型臭氧線注入系統和臭氧側注入系統 107

圖 7.24 渦輪混合槽 108
圖 8.1 壓力流配水系統 109
圖 8.2 管線垂直及水平間距示意圖 113
圖 8.3 水池導流牆示意圖 114
圖 8.4 水池加氯消毒輔助系統示意圖 120
圖 8.5 流量計設置位置 120
圖 8.6 再生水管線警示帶標示 121
圖 9.1 使用端再生水供應模式 123
圖 9.2 自設污水處理設備配管示意圖 125
圖 9.3 直接接水點 130
圖 9.4 間接接水點 130
圖 9.5 倒流防止裝置 132
圖 9.6 再生水使用設備警告標示圖 133
圖 9.7 再生水使用區域警告標示示意圖-以澆灌為例 133
圖 11.1 操作維護策略概念圖 149
圖 11.2 操作管理基本作業流程圖 151
圖 11.3 薄膜操作時變遷與各結垢區域 159
圖 11.4 有無前處理對薄膜滲透係數的影響 160
圖 11.5 薄膜清洗方法影響操作情形 161
圖 12.1 再生水處理流程示意圖 165
圖 12.2 再生水處理流程圖 165
圖 12.3 UF(左)及 RO(右)產水水質(UF<1 NTU、RO<10μs-cm)..... 166
圖 12.4 自來水用量與放流回收水量 166

◆ 表目錄

表 4.1 再生水水質標準 20
表 4.2 建築物生活污水回收再利用於沖廁者 21
表 4.3 建築物生活污水回收再利用於景觀、澆灌、灑水抑制揚塵、洗車或清洗地板者 21
表 4.4 次級及環境景觀用水之水質建議值 22
表 4.5 再生水應用於工業冷卻用水水質建議值 23
表 4.6 新加坡 NEWater 再生水標準 25
表 4.7 澳洲國家水回收指引 26
表 4.8 日本下水處理水再利用水質基準 26
表 4.9 美國非限制性都市用水規範 27
表 4.10 美國限制性都市用水規範 28
表 4.11 美國農業灌溉糧食作物之再生水規範 29
表 4.12 美國農業灌溉非糧食作物之再生水規範 30
表 6.1 Hazen-Williams 管線粗糙係數值 47
表 6.2 設計管徑與適用流量 48
表 6.3 泵浦操作最小循環時間 52
表 6.4 各種流量計之特性比較 57
表 6.5 建議管材使用之接頭型式及長度表 59
表 6.6 CNS 對於管材接頭型式及長度之規定 60
表 7.1 主要水質影響議題之處理程序建議表 63
表 7.2 傳統過濾池之濾料設計參數 65
表 7.3 一般過濾單元設計參數 67

表 7.4 傳統過濾池之反沖洗設計參數 67
表 7.5 篩濾之各種濾布比較 69
表 7.6 機械過濾設計參數 69
表 7.7 高速纖維過濾(FIBAX)之濾材規格 70
表 7.8 薄膜技術之模組分類 72
表 7.9 微濾膜(MF)之過濾功能 73
表 7.10 逆滲透膜(RO)之過濾功能 75
表 7.11 薄膜前處理程序彙整表 78
表 7.12 低壓膜操作設計參數 79
表 7.13 高壓膜進流水質限制 80
表 7.14 板框式 MBR 進流水質限制及操作設計參數 84
表 7.15 MBR 生物處理系統設計值和出流水水質 85
表 7.16 國內 H 大學生活污水 MBR 系統設計參數及出流水水質 86
表 7.17 面板產業高階水回收處理薄膜操作與維護方法 86
表 7.18 沉浸式板框薄膜清洗維護方法 87
表 7.19 各廠牌沉浸式板框薄膜清洗維護方法 87
表 7.20 粒狀活性碳反應槽設計參數表 89
表 7.21 微生物經加氯消毒達 99.9%之 Ct (mg-min/L)值 97
表 7.22 一般傳統臭氧消毒設計參數 104
表 8.1 配水管材比較表 111
表 9.1 不同種類的倒流防止裝置使用條件表 132
表 10.1 健康風險管理之測試及操作監測 139
表 10.2 不同範圍下的監測項目與頻率 144

表 10.3 加強巡查時機建議 145
表 11.1 某廠微濾膜操作與清洗方法 156
表 11.2 高壓膜抗結垢清洗藥劑 157
表 11.3 高壓膜結垢種類及清洗藥劑選擇 158

第 1 章　前言

1.1 緣起

經濟部水利署為促進水資源永續利用，推動再生水之開發、供給、使用及管理事項，特制定**「再生水資源發展條例」, 該條例第三條針對再生水定義如下**, 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。系統再生水係指取自下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。非系統再生水係指取自未排入下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。（系統再生水及非系統再生水之差異請參閱圖 1.1）推展水再生利用系統之優點如下：

- **減輕自然水源開發壓力**：將既有水資源再利用作為輔助水源，可大幅降低自然水源開發及對環境衝擊影響。
- **提供另一穩定的水源**：生活污水之水量大而穩定且水質污染負荷低，若能有效再生利用將可供做為水資源之輔助水源。
- **減少承受水體污染負荷**：部分廢(污)水經處理後再利用，可減少承受水體之負荷。
- **提高全民之環保意識**：再生水產業需要民眾及使用者之接受才能順利推展，因此藉由水資源再利用觀念之教育，可減少水資源之浪費及過度使用。
- **降低用水之成本**：再生水處理成本略高於傳統淨水場，但水再生系統不需要龐大之水源開發費用，因此整體系統之成本會比自來水成本低。
- **附加節能減碳效益：**傳統水源開發工程減少與再生技術效率提昇，均有助整體系統之節能減碳。

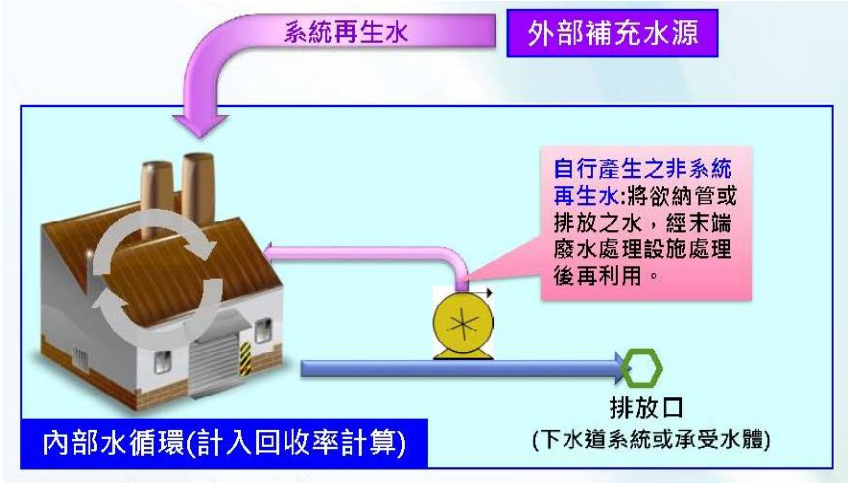
使用再生水有前述優點，然而再生水水源畢竟不是天然水源，因此使用再生水仍需注意以下細節：

- **管控再生水水源**：並非每一種廢(污)水都可做為再生水水源，如工業廢水中含較多成分複雜的物質及化合物，可能具有毒性，容易影響再生水品質。
- **管制再生水用途**：再生水不得供人飲用及與人體直接接觸且不可作為直接食用及食品業、藥品業之用水，訂定再生水水質標準或水質分級制度加以規範再生水之用途。
- **嚴格控管取用過程**：應遵循相關技術準則且嚴格執行才能保障使用者健康安全及環境不受破壞。
- **持續監測與檢驗**：確保長期穩定的再生水品質，讓使用者有信心。

政府自民國 81 年持續推動污水下水道建設工作，廢、污水處理後之可再生水量已逐年增加，現階段再生水利用量約每日 44 萬立方公尺(CMD)，包括工業區廢水處理廠放流水再生利用量約 7,116 CMD、生活污水戶污水再生利用量 7,180 CMD、公共污水處理廠放流水再生利用量 36,500 CMD 以及工業用水戶廢水再生利用量 384,803 CMD，依照目前利用狀況來看，預估民國 120 年我國再生水目標量為 132 萬 CMD。**除此之外,我國已於 104 年底公布「再生水資源發展條例」,**

預計可帶動我國水再生利用產業。伴隨著再生水市場需求,以及水再生技術日益提升，處理成本逐漸下降，再生水已被視為未來水資源不足時的重要輔助水源，因此本手冊將針對水再生利用量最大之對象進行相關規劃，茲修訂工業廢水再生利用技術參考，作為再生水資源規劃、設計與營運管理之參考依據。手冊研擬除參考美國、澳洲、日本、新加坡、中國及歐盟等國家之相關資訊，

也做為「**再生水資源發展條例**」之推動依據，以及設計之工程參考手冊。本手冊提供水再生非系



統實施所應考量之技術、管理要點與法規，亦作為非專業者與專業工程師討論之平台。任何水再生計畫除需遵守政府最新法規及標準外，也請相關人員特別考量水再生利用系統在各階段可能面臨之風險及手冊建議採取之措施以降低水再生利用實施風險。

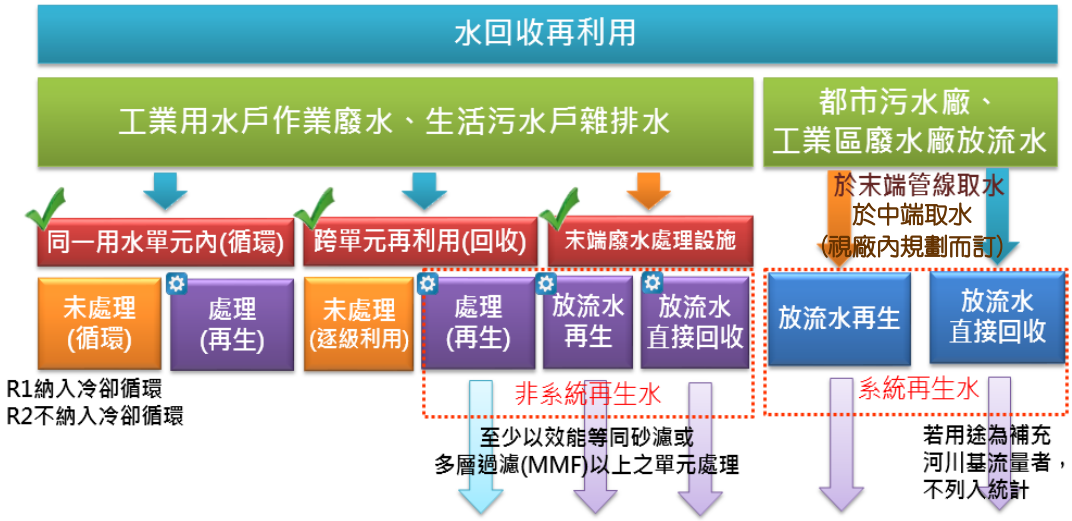


圖1.1　　系統再生水及非系統再生水之定義

1.2 為何需要技術手冊

目前可供再生之水量日益增加，對未來水資源不足解決方案提供重要的替代來源。由於水再生系統之水源取得、輸水過程、處理方式、配水過程及使用端等規定涉及諸多主管機關，內政部營建署、行政院環保署及水利署等機關業已分別依其權責訂定水再生系統相關之法規或規範，如營建署在民國 98 年 1 月發布「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」，環保署在民國 96 年 10 月公告「建築物生活污水回收再利用建議事項」。而自 104 年 12 月 30 日公布「再生水資源發展條例」，水利署陸續於 105 年 12 月前發布**「水源供應短缺之虞地區使用再生水辦法」、「公共下水道系統污水或放流水無償供應之一定期間及計費準則」、「中央對直轄市及縣市政府再生水開發案建設費用補助辦法」、「再生水水質標準及使用遵行辦法」、「再生水經營業籌設許可及再生水開發案興辦許可辦法」、「下水道系統廢污水或放流水供自行使用許可申請辦法」、「再生水開發案取水構造物與水處理設施及供水設施專業技師簽證規則」、「再生水經營業收取再生水費計算公式準則」以及「再生水設施檢查及水量申報辦法」**等 9 項授權子法，包含了再生水經營業興辦與管理、建設補助與**水源供應短缺之虞地區**強制措施、水質標準等法源依據，將有助於水再生產業之推展。

再生水使用以用水安全為最重要考量，藉由本技術參考引導系統之建立，將可以防患風險於未然，使水再生產業推展較易達到預期目標，而技術手冊提出之經營管理及經濟評估資訊則可供管理人員參考，冀藉由技術手冊提供適切訊息以降低水再生利用實施之風險，作為未來水資源規劃之參考。

1.3 技術手冊使用對象

本技術手冊提供水再生利用相關技術及資訊供規劃、設計、營運人員及用水單位參考，技術手冊中水再生系統之相關風險評估與營運資訊，亦可提供決策者及政府機關相關人員實務應用之參考。

1.4 如何使用技術手冊

對於擬參與水再生設施之相關人員， 其已具備廢水再生利用處理知識，但無實際建置經驗者，建議先閱讀{第 3 章}水再生利用規劃，評估再生水水源及使用端用水特性，再參照{第 4 章}再生水水質，建立水再生利用系統供水端與需求端的基線資料。

接著進入基本設計階段，再依{第 5 章}與{第 6 章}確認供需質與量，並決定取水與原水輸水方式，將原水以經濟效益方式輸送至水再生設施，{第 7 章}為水再生設施與技術，提供水再生處理單元與流程之優選方案，{第 8 章}為後續配水系統，其重點為相較自來水配水系統更應注意之特有配水風險管理要點，{第 9 章}為使用端用水安全配置，著重於瞭解可能發生問題之防制措施，以及營運階段所需注意之使用端的自我檢核。

最後應以{第 10 章}風險評估制度預期可能發生之整體風險狀況，可能在何地或何時發生問題，評估問題之影響，再據以設計避免發生問題之防制措施；{第 11 章}營運階段則特別提及再生水經營業之自我檢核及在水質水量監測及控制查核設施之落實，驗證系統之長期穩定性及安全性；{第 12 章}詳細之案例基本設計，提供演練與應用參考。

1.5 手冊導覽

手冊主要分為取水、輸水、處理、配水、用水、風險管理及營運管理等七大方向，其中各章節概述分列如下：

第 1 章 前言	緣起、目的及手冊之架構。
第 2 章 名詞解釋與定義	提供水再生相關名詞解釋與定義。
第 3 章水再生利用之規劃	水再生利用依用途不同可分為工業用水、次級用水、環境景觀用水等用途。規劃時以安全使用作為考量，應符合**「再生水水質標準及使用遵行辦法」**，用水端**需要更高的用水水質時可參考**各用途再生水水質標準。
第 4 章 再生水水質	提供「再生水水質標準及使用遵行辦法」之基礎水質項目及限值或容許範圍，另考量再生水供作景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁用途等生活次級用途，為避免細菌滋生，增加餘氯及大腸桿菌群之最低限值及最大容許量；至於產業或其他標的使用，如有較高之水質需求，得於再生水經營業之供水契約中議定。
第 5 章 取水系統	介紹再生水水源之選定、取水系統之規劃原則與應有之風險考量要點。
第 6 章 輸水系統	基本之輸水管線規劃、設計輸水量、流速設計限值、設計管徑、管材選擇、佈設路線規劃及揚水站等設計要領；同時探討輸水管線附屬設施，如控制閥類及流量計等，以及於再生水發生異常時之退水位置及設施設置建議。
第 7 章 處理系統	可用於處理再生水之方式及其技術要點，包含過濾、薄膜處理(MF,UF,RO)與清洗維護及消毒，並依不同再利用用途與水質要求提供建議處理技術選定之原則。
第 8 章 配水系統	提供配水管網設計、管線水壓維持方式、再生水配水池容積、位置選擇、池體構造及其必要附屬設施等，此外收錄如何減少短流及水質異常之退水方式之規劃識別與標示設施建議以供參考。
第 9 章 使用端系統	規範用戶系統之用水技術要點及自我檢核要項，確保用水安全。
第 10 章 監測與風險管理	說明完整之監測計畫，涵蓋監測應用原則與監測類型，定義基線監測、測試監測、操作監測、驗證監測與必要之監測控制點與項目頻率以有效控制營運操作再生水之健康風險。

第 11 章 維護管理	建議營運階段注意事項，就再生水經營與用戶關係之營運操作管理提供應有之規範要項。
第 12 章 基本設計案例	應用案例供建置規劃參考

第 2 章　名詞解釋與定義

※下列名詞解釋依筆畫順序排列

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
二元供水系統 dual distribution system	結合節約用水與替代水源的概念，除傳統水源(地面水或地下水)供水系統外，開發新興水源並依各用水點之水質要求程度供水的供水系統，以取代傳統水源的供應量，諸如綠化用水、沖廁用水、景觀用水等，除可節水外，亦具防洪，減廢等環境保護的功能。供水系統間各自獨立。	註 1
二級處理 secondary treatment	經初級處理後廢(污)水之後續處理，以去除溶解性、膠狀性有機物為目的並符合放流水標準之處理過程。	註 2
三級處理 tertiary treatment	利用物理、化學或生物方法將二級處理後之廢(污)水中的營養物質、低濃度懸浮固體等去除之處理過程。	註 1 註 2
三鹵甲烷 trihalomethanes, THMs	公共給水源若遭有機性或腐植質(humic substance)污染，在淨水過程的加氯(或鹵素)處理時，污染物會與鹵素反應產生三鹵甲烷類，經證實為致癌物質。	註 1 註 3
工業廢水 Industrial wastewater	指工業、礦場於製造、操作、生產、自然資源開發過程中或作業環境所排出含有污染物之水	註 1、
大腸桿菌群最大可能數 most probable number for total coliform	指利用多管發酵標準方法(MPN/100 mL)所測得的大腸菌類最大可能數值。	-
大腸桿菌群最大密度單位 colony forming unit for total coliform	指利用濾膜標準方法(CFU/100 mL)所測得的大腸菌類最大密度單位。	-
大腸桿菌群 coliform group	指能分解乳糖而產氫氣(H_2)之所有好氧性及兼氧性細菌。以格蘭姆氏染色陰性，無芽胞之桿菌，或以濾膜法培養產生金屬光澤之深色菌落。在水再生利用之過程中，常作為受微生物感染之水質指標。	註 1
已處理水 treated wastewater	在水再生利用系統中，指經廢(污)水收集，並經淨化處理後，但尚未經輸配水系統送至用水端之處理水。為適合其使用目的，須經不同程度之處理淨化程序。	註 1
公共下水道 public sewer	指供公共使用之下水道。	註 1 註 4
反沖洗 back wash	為一種洗砂方法，是指清水經由濾池出水管、集水設備逆流而上以攪動砂層，使砂粒互相摩擦達到洗砂效果。亦稱逆洗。	註 3

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
水再生設施 water reclaimation facility	指設置水再生之處理設備。	-
水質 water quality	有關適用於某特定目的用水的化學、物理及生物特性；通常依照此特性可針對使用目的的特性和需求來決定某種水是否適合使用。	註 3
水頭損失 head loss	當輸送流體時，因黏滯性或邊界摩擦損失以及接管處管徑突增或突減，或是轉彎處所造成的能量損失。	註 3
平均日需水量 average daily demand	即平均每日所需之用水量，包括家庭用水、工業用水、商業用水、公共用水、消防用水等。	註 3
生化需氧量 biochemical oxygen demand, BOD_5	水樣在 20℃恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，水樣中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧量。	註 2
生活次級用水 secondary water supply for domestic use	指用於沖廁、地板清洗、洗車及其他不與人體直接接觸之水。	-
生活污水處理廠 domestic sewage treatment plant	指以處理生活污水為目的所設置之污水處理廠。	-
再生水 reclaimed water	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。 系統再生水：指取自下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。 非系統再生水：指取自未排入下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。	註 1 註 11
再生水水源輸水系統 reclaimable water collection system	指集取再生水水源並輸送至水再生設施之管線系統。	-
再生水供水設施 reclaimed water supply facilities	為輸配系統再生水之泵、輸水管線、配水池、配水管線及其附屬設施。	註 11
再生水配水系統 reclaimed water distribution system	指將再生水經配管送至各建築物之管線系統。	-
再生水配水塔 reclaimed water elevated storage tank	利用設於高點之蓄水構造物，將來自配水池之再生水暫時貯蓄，再藉其位能高程差，提供配水管網相當之管內壓力。	-

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
再生水配水管線 reclaimed water distribution pipe	係指輸送經再生水設施處理後之再生水，通常為再生水設施之配水池至用戶間之壓力管配送水管網等。	-
污水 sewage	指事業以外所產生含有污染物之水。	註 1 註 6
污水下水道系統 sewerage system	專供處理家庭生活污水及事業廢水之下水道。 指公共下水道及專用下水道之廢（污）水收集、抽送、傳運、處理及最後處置之各種設施。	註 1 註 5 註 6
灰水 gray water	家庭雜用排水或洗澡用水，不含人類排泄物的污水，可回收再利用，而不用擔心危害人類健康的問題(指經由排泄物傳染的疾病)。	註 1 註 3
自由餘氯 free residual chlorine	加氯或氯化合物在水或廢水中，在某一定接觸時間後，存在水或廢水中以次氯酸或次氯酸根離子型式存在之餘氯部分。我國飲用水水質標準自由有效餘氯的標準值是 0.2-1.0 mg/L，有效餘氯指水經加氯或氯化合物作消毒處理後，仍存在之有效剩餘氯量。該標準的研訂是考量多數人的感覺及確保水中殘餘氯量之消毒效力。水中自由餘氯量與結合餘氯量的總和為總餘氯量。	註 1
自行取用 reclaimed water for self using	指依再生水資源發展條例取自下水道系統一定水量以上之廢（污）水或放流水，供自行使用之再生水取用案。	註 11
冷卻水 cooling water	用於冷卻物體或設備所需之水。在工業冷卻系統用途包含系統水和補充水。	註 1
初級處理 primary treatment	利用物理方法分離、去除水中大部分懸浮固體、油脂及少部分之膠體與生化需氧量之處理過程；通常為廢(污)水處理之第一階段處理過程。	註 2
再生水經營業 reclaimed water industry	指依再生水資源發展條例許可興辦系統再生水開發案，提供系統再生水予他人使用者。	註 11
放流水 effluent	指進入承受水體前經處理之廢(污)水。	註 6
氧化還原電位 oxidation reduction potential, ORP	為水溶液氧化還原能力的測量指標，其單位是毫伏特(mV)，在氧化還原的化學反應中，還原的一方會釋放電子，氧化的一方會獲得電子，在供求的情況下產生電壓，ORP 就是度量氧化還原產生的電壓。ORP 負數值表示呈現還原狀態(缺氧或少氧)，ORP 正數值越大表示氧化能力越高(有氧)，氧化速率越快。在廢水處理系統則用來測量氧化狀態的當量值。一般自來水 ORP 都是正電位，表示有氧化力，自來水 ORP 值介於+200 至+400 mV，含有	-

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
	餘氯的水樣 ORP 值可能達+600 mV，而生活污水污染越嚴重的水體其負電位值越高。	
消毒 disinfection	用化學或物理方法將水或污水中致病性微生物殺死或破壞其機能的處理程序。	註 1 註 3
消毒副產物 disinfection by products, DBPs	水中之有機物與消毒劑起化學反應而生成之各種副產物，例如水中之黃酸及腐質酸經加氯消毒作用，會產生氯仿及溴化物等。	註 3
高級處理 advanced treatment	利用獨特處理過程，獲得二級處理程度以上處理水質之處理過程。	-
接觸時間 contact time	為達成所要求的反應程度，使材料與其他物質例如活性污泥，活性碳互相接觸反應所需之時間。	註 3
結合餘氯 combined residual chlorine	在加氯消毒時，由於水中含有氨，故氯很快地與氨起化學反應，而形成一氯胺(NH_2Cl)、二氯胺($NHCl_2$)及三氯胺(NCl_3)，前兩種氯胺在水質化學術語上稱之為"結合餘氯"，其消毒效率較次氯酸(HOCl)及次氯酸根(OCl^-)為差。	註 3
新興水源 new water resources	指以污水、廢水、貯留雨水或海水作為水源者。	-
補注 recharge	由降雨、地面河流之入滲及其他水源注入飽和層之水，或以人為方式將經處理水注入地下水層，以補充水量、防止地層下陷或鹽水侵入之行為。	註 1
過濾 filtration	除去某些雜質的過程。水再生處理常用過濾方法為砂濾、機械篩濾及纖維過濾等。	-
廢水 wastewater	指事業於製造、操作、自然資源開發過程中或作業環境所產生含有污染物之水。事業指工廠、礦場、廢水代處理業、畜牧業或其他經中央主管機關指定之事業。	註 1 註 6
餘氯 residual chlorine	氯與水或污水接觸一段時間後在水中以自由或結合氯之形態存在者，即水中餘氯可分為自由餘氯及結合餘氯，適量餘氯可保證持續殺菌，防止水再受到污染。氯在水中濃度約 2~3 mg/L 時，人的嗅覺即能感受到其特殊刺激之氣味。但當餘氯量過高，致使三鹵甲烷等可能致癌物的生成潛能大增，對人類健康有一定的危害作用。	註 1
導電度 conductivity	係指物質讓電流通過之能力，物質中電流密度和電場的比例，亦稱為導電度。水體中之電解質(鹽類物質)會解離成離子如鈣、鎂、鈉、鉀、碳酸根、硫酸根、氯離子，而具有導電之功能，故導電躂之大小為水中電解質含量	註 1

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
	多寡之指標，溶性鹽類越多，則溶液濃度越高，導電度越高。導電度值與溶液中之總鹽類濃度成正比。總溶解固體(TDS)約等於 0.5-0.6 係數乘以導電度，即 TDS (mg/L)= (0.5-0.6) x 導電度 (μS/cm) 。我國都市污水處理廠放流水實測值約 300-500 μS/cm，工業區污水處理廠放流水實測值約 700-2800 μS/cm (因產業類型而異)，一般用水標準限值為 750 μS/cm，工業用水依製程需求提高限值。在水再生利用之過程中，導電度常作為工業回收於冷卻用水水質指標之一。	
濁度 turbidity	水或廢水中懸浮物質存之狀態，可散射及吸收光線，可藉過濾去除。利用光線散射之原理測定水樣之濁度定量。例如以濁度計測定，其單位為 nephelometric turbidity unit，簡寫為 NTU。	註 1 註 3
錯接 cross connection	「錯接」定義為「給水管與未經檢驗認可之其他已污染之水源或水管連接者」，常被另解「錯接」就是「誤接」或「混接」，依照美國環保署對 cross-connection 的定義：「飲用水與非飲用水水源間實際或可能的接觸點」，舉凡：浴缸及洗手檯、給水栓、灌溉噴水系統、循環水系統、游泳池及消防系統等，都屬於 cross-connection，故就自來水配管作業而言，cross-connections 並非狹義的指「誤接」，而是泛指自來水配管工程中所有「可能致污之接水點」。為防止接水點發生受污染水的倒流，應依照該接水點如果受污可能會對公眾的健康危害程度及接水點發生倒流的型式而分別使用不同種類的倒流防止裝置。	註 8 註 9
環境景觀用水 water for scenic use	指用於環境景觀、澆灌、灑水、街道清洗、消防、河川保育及其他不與人體直接接觸之水。	-
總溶解固體 total dissolved solids, TDS	在水或廢水中之總溶解固體(包括揮發及非揮發性物質)。我國都市污水處理廠放流水實測值約 150-250 mg/L，工業區污水處理廠放流水實測值約 350-1400 mg/L，自來水水質標準限值為 500 mg/L。	註 3
薄膜 membrane	(1)可過濾液體的介質。(2)滲析、擴散、滲透、逆滲透及電泳中所用的離子交換介質。	註 3
雜排水 miscellaneous domestic wastewater	廚房、浴室洗滌及其他生活所產出之較低污染生活污水。	註 7
懸浮固體	廢水或其他液體或者是浮在其表面之不溶解性固體	註 3

中文 英文名稱	解釋與定義	參考出處
suspended solids, SS	物。或因攪動或流動，而呈懸浮狀態之固體，為有機性或無機性顆粒(膠懸物、分散物、膠羽或混凝性物)。檢測方式為以玻璃纖維濾紙(約 1-1.5 μm)過濾水樣後，將濾紙以 103-105℃烘箱乾燥至恆重，其所增加之重量即為懸浮固體重。	

參考出處欄內「－」符號表示為本技術手冊整理相關資料後初擬之名詞解釋。

註解

1. 經濟部水利署，「水利科技名詞」，http://gweb.wra.gov.tw/pdhidist/。
2. 內政部營建署，「下水道工程設施標準」，98.11.27 修正發布。
3. 中華民國環境工程學會，「環境保護辭典」，民國 82 年 11 月初版。
4. 內政部營建署，「下水道法」，96.1.3.修正公布。
5. 內政部營建署，「下水道法施行細則」，96.6.5 修正發布。
6. 行政院環保署，「水污染防治法」，96.12.12 修正公布。
7. 內政部營建署，「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」，97.7.15 修正發布。
8. 美國環保署，「Cross-Connection Control Manual」，2003 年 2 月。
9. 南加州大學錯接控制基金會，“An Introduction to Cross-Connection control”，1998。
10. 經濟部水利署，「排水管理辦法」，民國 92 年 10 月修正發布。
11. 經濟部水利署，「再生水資源發展條例」，民國 104 年 12 月發布。

第 3 章　水再生利用規劃

再生水利用以不得供作直接食用及食品業、藥品業之用水為原則，依用途不同，應用上主要為工業用水、廠內次級用水、環境景觀用水等。

廢（污）水經過污水處理設施處理後，其放流水透過水再生設施，或廢（污）水直接進入水再生設施處理後，藉由配水系統提供給工業用水中的冷卻、洗滌，鍋爐及製程等用途，此三類用水為一般工業用水之大宗用途；或廠內次級用水使用，如沖廁、地板清洗、洗車等非與人體接觸之用途；以及環境景觀用水等。

依再生水用途的不同，其所需的水質也不盡相同，再生水之水質可以達到工業、場內次級、**環境景觀用水**；另一方面再生水亦不得併入自來水系統，需專管輸送，管身以紫色作為區分並藉以警示；另考量經濟效益性，需有點狀式穩定使用客源，故我國目前以供應工業使用為優先，廠內次級用水次之。

3.1 再生水自行取用

自行取用模式指取自廠內污水處理設施之放流水或該廠放流水，供自行使用之再生水取用模式。根據「再生水資源發展條例」第十一條第四項規定訂定之「**下水道系統廢污水或放流水供自行使用許可申請辦法**」如自下水道系統取用廢（污）水或放流水水量每日平均三百立方公尺以上，供自行使用作為再生水使用者，應檢具再生水使用計畫書向直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申請廢（污）水或放流水使用許可，變更時亦同。

以工廠放流水或經自設之水再生設施處理後，符合供水水質標準之再生水由再生水配水系統全部專供自用。在公共污水下水道未達地區，經過自設污水處理設施處理後，再由水再生設施處理，透過再生水配水系統返送至廠內作為特定使用(鍋爐、冷卻用水及製程用水)、次級用水或景觀用水等，例如洗滌、澆灌及沖廁等，如圖 3.3a。

若污水已納入公共污水下水道系統之建築物，可將雜排水收集管線直接引至水再生設施，如圖 3.3b，此種方式之水再生系統須設有水質水量監控系統，若無法達到供水水質基準，則須緊急溢流至污水下水道系統。再生水供水設施與自來水供水設施形成二元供水系統，再生水水質不符合使用標準或水量不足時，自來水可取代或補充至再生水供水系統中使用。

3.2 再生水用途

◆ 工業用途

再生水應用於工業用水方面，建議以製程用水、鍋爐用水與冷卻水為主。

工業用水依其用途可概分為製程用水、鍋爐用水及冷卻用水，此三類用水為一般工業用水之大宗用途。製程用水水質因製程要求而異，其差異極大；鍋爐用水之水質要求較高，使用上應加以特別注意；冷卻用水為工業用水中需大量使用且對水質特定項目要求較少之用水類別水，因其使用量大。使用上其水質要求因產業別及、用途不同而異，水質考量因素主要為硬水結垢、管線腐蝕及生物生長等問題。

◆ 廠內次級用水

可將再生水以獨立之配水系統使用於沖廁、地板清洗、洗車及其他不與人體直接接觸用途等次級用水。

再生水於場內次級用途中主要使用於沖廁、地板清洗、洗車及其他不與人體直接接觸用途等場內次級用水，為避免與自來水混淆，需設置獨立之再生水配水系統，包含配水管線及配水池，且應有防制錯接措施。

◆ 環境景觀用水

環境景觀用水可用於景觀澆灌、灑水、廠區道路清洗等其他不與人體直接接觸之用途。

再生水應用於工業用水設計時需考慮因素是供水服務的可靠性和公共健康的安全性，水再生設施必須提供符合水質標準的處理水，並應確保再生水符合客戶要求的用途水質標準，且必須考慮系統不當運作、錯接飲用水管線及非飲用水不當使用等的防護措施。

再生水利用系統有「直接供水」和「間接供水」兩種方式，「直接供水」乃由系統直接加壓運送，適用於特殊再利用之用途，例如景觀澆灌、消防等；「間接供水」則是將再生水置於貯水池(塔)中，使用時再以重力或自由流方式供再利用，利用方式有廠區特殊使用、道路清洗、灑水等。

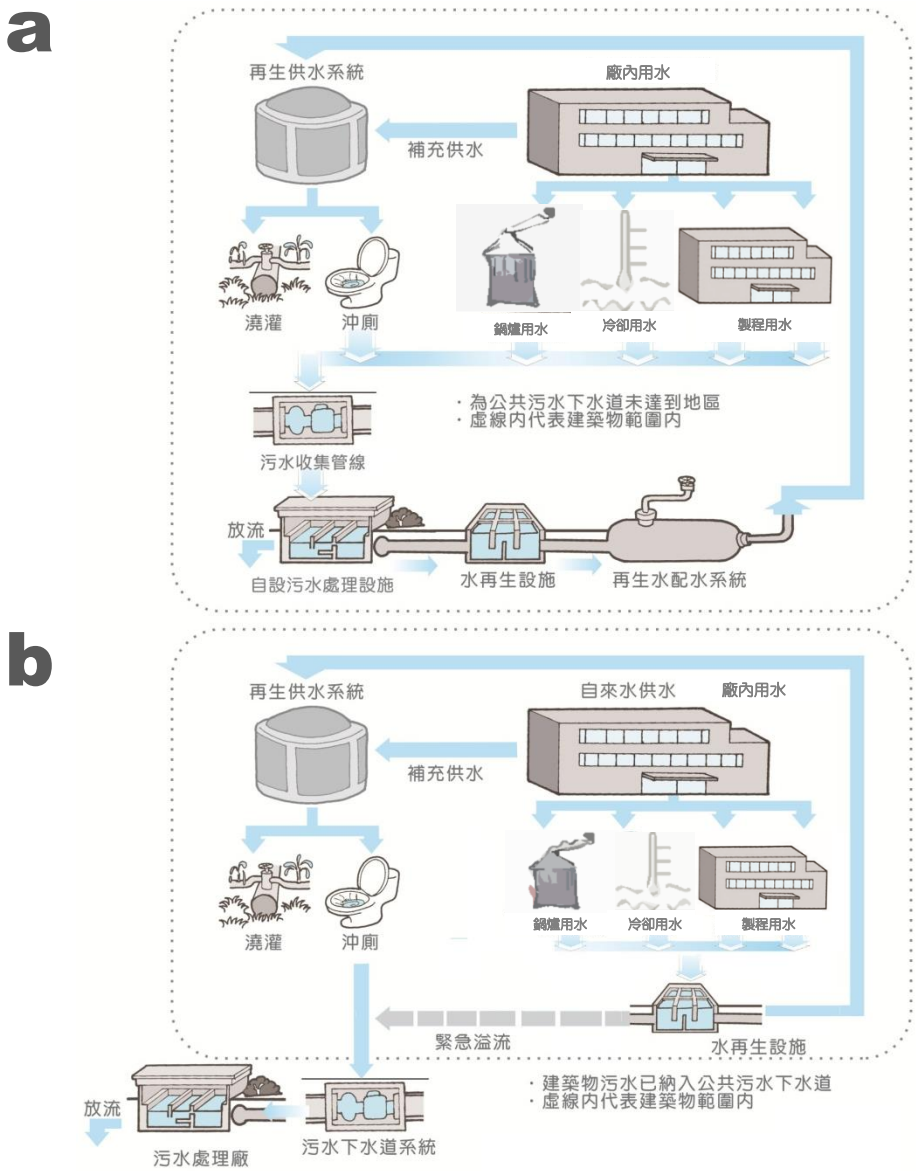


圖3.1　工業廢水再生利用系統－自行取用

第 4 章　再生水水質

為環境保護之管制目的，現行行政院環境保護署按「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第 41 條規定，事業或污水下水道系統產生之廢（污）水，處理至符合放流水標準即得回收使用，訂定之放流水標準中已規定相關環境污染物如重金屬、有毒物質等之限值。根據再生水資源發展條例第七條第二項再生水水質標準、使用限制及應遵行事項，由中央主管機關定之；另各標的用水之目的事業主管機關得視權責使用用途需求，訂定其用水標的水質標準；用水目的事業主管機關如未訂定水質標準者，應從其供需契約議訂水質。

再生水水質標準訂定係以優於放流水標準、使用觀感與與人體接觸之健康風險因素，並參考「建築物生活污水回收再利用建議事項」、美國環保署「Guidelines for Water Reuse」與日本國土交通省「再生水水質及再生處理準則」等水質標準，水利署於「再生水水質標準及使用遵行辦法」中明定再生水應符合之基礎水質項目及限值或容許範圍，至於產業或其他標的使用之需，如有較高之水質需求，得於再生水經營業之供水契約中議定；另考量再生水供作景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁用途等次級用途，為避免細菌滋生，除應符合前述之基礎水質項目及限值或容許範圍，並增加餘氯之最低限值及大腸桿菌群之最大容許量作為控管。

再生水水質標準之訂定乃考量產業工業製程及各類用途相異，需求之水質標準不一，為找尋一個平衡點，如用水戶需要更高水質時，應從其供需契約議訂水質。本技術手冊除收錄國內工業冷卻水系統之系統水用水標準，並根據我國國情對於再生水之用途需求，參考美、澳、歐盟、日現有制度，考量不同用途之經濟效益與健康環境風險。在生活次級用水部分另收錄環保署公告之「建築物生活污水回收再利用建議事項」各類用途水質建議值。

一般工業區公共給水，均以自來水或抽取地下水並處理達自來水標準後供給，採單一供水方式。事業單位考慮水回收再利用時，除水資源再利用之考量外，對再利用水之用途及其潛在可能之影響則關心甚鉅，因此水再利用於工業上時，必須對各種製程用水之水質影響仔細加以考量。

探討工廠用水效率管理首先必須對工業(廠)用水的分類進行分析，從理論上說，對工業用水的類別劃分的愈細，對所用各種水量的統計愈準確，也愈有助於工廠間之互相比較。然而過多的分類將造成管理不易，分類太少則又失之籠統，不易掌握真實用水型態；劃分工業用水的種類時，一般可歸納為：冷卻用水、製程用水、鍋爐用水、次級用水及其他用水等五大類。其中，次級用水及其他用水之水質要求，可歸於其他在利用類別。

4.1 再生水水質標準

「再生水水質標準及使用遵行辦法」中明訂再生水應符合基礎水質項目氫離子濃度指數之限值以及濁度、**總有機碳、氨氮之**容許範圍，如再生水供作景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁等次級用途，則另須符合餘氯之最低限值及大腸桿菌群之最大容許量。

氫離子濃度指數係衡量溶液中酸鹼程度的尺度；濁度係表示光入射水體時被散射的程度，來源包括黏粒、坋粒、細微有機物、浮游生物或微生物等；總有機碳係為水體中溶解性與懸浮性有機物含碳的總量，代表性意義為微生物生長基質，含量越高致使細菌於系統中再生長；氨氮係指水中以游離氨和銨離子形式存在的含氮物質，過高濃度的氨氮可能導致生物結垢增多，及具有揮發腐蝕性，會導致用水管路及鍋爐腐蝕的問題。餘氯分別為結合餘氯及自由餘氯，結合餘氯指以氯胺、二氯胺存在之有效餘氯，自由餘氯指以次氯酸或次氯酸根離子存在之有效餘氯，適量餘氯可保證持續殺菌，防止水再受到污染；大腸桿菌群係指能分解乳糖，格蘭姆染色陰性，無芽胞之桿菌，或以膜濾法培養，產生金屬光澤之深色菌落，作為水體受微生物感染之水質指標。再生水水質標準請參閱表 4.1、依據民國 96 年公布之建築物生活污水回收再利用建議事項中建築物生活污水回收再利用於沖廁使用者及景觀、澆灌、灑水抑制揚塵、洗車或清洗地板者，其處理水質建議值如表 4.2 及 4.3 所示。

表4.1　　再生水水質標準

水質項目	基本水質標準	次級用途 (景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁等)
氫離子濃度指數 pH	6.0-8.5	6.0-8.5
濁度(NTU)	5	5
TOC(mg/L)	10	10
氨氮(mg/L)	10	10
餘氯(mg/L)	-	結合餘氯：0.4；自由餘氯：0.1
大腸桿菌群(CFU/100mL)	-	200

表4.2　建築物生活污水回收再利用於沖廁者

水質項目	基本水質標準	沖廁
氫離子濃度指數 pH	6.0-8.5	6.0-8.5
外觀	-	無不舒適感
BOD_5,20℃	15	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下
臭味	-	無不舒適感
餘氯(mg/L)	-	結合餘氯：0.4；自由餘氯：0.1
大腸桿菌群(CFU/100mL)	-	200

備註：本表水質建議值如回收再利用水質處理係採加氯消毒以外方式如臭氧或紫外線等消毒者，因考量無殘留消毒效果，其大腸桿菌之限值要求應不得檢出。

表4.3　建築物生活污水回收再利用於景觀、澆灌、灑水抑制揚塵、洗車或清洗地板者

水質項目	基本水質標準	次級用途 (景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁等)
氫離子濃度指數 pH	6.0-8.5	6.0-8.5
濁度(NTU)	5	最大限值 5 以下且平均 2 以下
外觀	-	無不舒適感
BOD_5,20℃	15	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下
餘氯(mg/L)	-	結合餘氯：0.4 以上
臭味	-	無不舒適感

備註：本表水質建議值如回收再利用水質處理係採加氯消毒以外方式如臭氧或紫外線等消毒者，因考量無殘留消毒效果，其大腸桿菌之限值要求應不得檢出。

4.2 國內各類用途之水質建議值

◆ 工業用水

本手冊將工業用途之再生水進行水質分級，水質分級概念係依其水質得以應用於各特定用途，符合相關用途水質標準，將再生水水質分為 Class A, B, C 三級(以用途分級表示)，用水單位須自行評估依用水水質需要增設水再生設施與處理單元，分級標準及應用方向建議請參見表 4.2 及表 4.3。

本技術手冊另收錄國內工業冷卻水系統之系統水用水標準，請參見表 4.4，冷卻水系統之補給水及其他未述及之特定考量的水質需求，由用水單位自行評估以達特定使用標準。

◆ 場內次級及環境景觀用水

參考環保署公告之「建築物生活污水回收再利用建議事項」(民國 96 年 10 月 15 日環署水字第 0960078115A 號）水質建議值。請參見表 4.5。

表4.4 次級及環境景觀用水之水質建議值

用途	環保署建議值(基準值)	
	沖廁	景觀、澆灌、灑水、抑制揚塵、洗車或清洗地板者
pH	6.0-8.5	6.0-8.5
濁度(NTU)	-	< 2(平均值) < 5(最大值)
臭味/外觀	無不舒適感	無不舒適感
BOD_5(mg/L)	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下
餘氯(mg/L)	結合餘氯：0.4 以上；自由餘氯：0.1 以上	結合餘氯：0.4 以上
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	200	-

"-"表示不設限。

表4.5　再生水應用於工業冷卻用水水質建議值

水質參數	各國較嚴格冷卻用水標準 (基準值/範圍)	經濟部工業局冷卻用 水建議值	中鋼冷卻用水水質
pH	6.5-8.0/(6.0-9.0)	6.0-9.0	7.0-8.5
濁度(NTU)	2/(2-20)	-	5
色度	30	-	20
BOD_5(mg/L)	10/(10-30)	-	3
COD(mg/L)	60/(60-70)	-	5
TOC(mg/L)	1	-	-
懸浮固體(mg/L)	5/(5-300)	-	-
總溶解固體(mg/L)	500(500-1000)	-	-
導電度(μS/cm)	300(300-1600)	1000	-
氨氮(mg/L)	10	-	0.5
總鹼度(mg/L as $CaCO_3$)	35/(35-350)	500(M 鹼度)	75
總硬度(mg/L as $CaCO_3$)	50/(50-700)	700	225
總磷(mg/L)	0.2/(0.2-1)	-	-
硫酸鹽類(mg/L)	50/(50-600)	-	105
氯化物 Cl^-(mg/L)	100/(100-500)	200	75
二氧化矽(mg/L)	3/(3-150)	150	15(矽)
餘氯(mg/L)	1/(0.05-1)	-	-
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	200/(200-10000)	-	6
總菌落數(CFU/100 mL)	3/(3-350)	-	100
鐵 Fe(mg/L)	0.3/(0.3-1.0)	1.0	-
錳 Mn(mg/L)	0.1	-	-
鈉 Na(mg/L)	200	-	-

資料來源：
*彙整美國、日本、歐盟、中國、澳洲等國工業冷卻用水水質標準相關資料。
*經濟部工業局-工業用水資源整合推動計畫-工業用水冷卻水質建議值，民國 97 年。
*節約能源技術手冊-冷卻用水(補給水)標準建議值，民國 77 年。
*中鋼公司冷卻用水水質-冷卻水平均值。

4.3 各國再生水水質標準

新加坡

新加坡 NEWater 新生水發展污水再生利用技術，以嚴格之「NEWater 再生水標準」如表 4.6，將產水做為科技產業高階用水使用，並輔以水源涵養方式作為給水水源，創造經濟效益及活絡水資源產業。

澳洲

澳洲之再生水水質分級制度較為明確，澳洲國家水回收指引(National Recycling Guidelines)、維多利亞州指引(Victoria, EPA 2003)、南澳州指引(South Australia, DHS 1999)及塔斯馬尼亞州指引(Tasmania, Dettrick 2003)將再生水水質分級為 Class A, B, C, D 並以風險管理為導向，而非以用途之水質規格為導向，其使用用途以農業灌溉與畜牧為主，而都市雜用次之，且工業用途甚少。請參見表 4.7 澳洲國家水回收指引水質標準。

日本

日本國土交通省國土技術政策總合研究所之下水處理水再利用水質基準如表 4.11 所示，主要為沖廁與親水景觀用途。

美國

美國再生水水質分級規範多以農業與畜牧用途為主，表 4.9-4.12 為彙整美國幾個州都市用水與農業用水之水質規範，都市用水規範係以公眾可能接觸機會之高低分為限制性與非限制性兩種規範，非限制性規範考量其與人體接觸的機率較高，需要有高級處理程序(表 4.9)，限制性規範則用以限制民眾接觸機會，因此水質要求比非限制性規範低(表 4.10)。另表 4.11 和 4.12 為農業灌溉用水規範，其對於糧食與非糧食作物灌溉分別有不同的再生水等級標準，其中糧食性作物需再生水等級較高。夏威夷州分級指標則是以再生處理程序作為分級標準，用大腸桿菌群作為差異標準，R-1 Water 代表有效降低致病菌及病毒之再生水，再生水經過氧化及過濾消毒程序，R-2 Water 經過二級處理及消毒之再生水，R-3 Water 為經氧化但未經消毒程序之再生水。華盛頓州再生水是依消毒的程度分級，以大腸桿菌群作為差異標準，再生水水質分為 Class A,B,C,D 四等級，代表不同用途分級。

表4.6　新加坡 NEWater 再生水標準

水質參數	新加坡 NEWater 再生水標準
pH	7.0-8.5
濁度(NTU)	5
色度	5
TOC(mg/L)	0.5
總溶解固體(mg/L)	100
導電度(μS/cm)	250
氨氮(mg/L)	0.5
硝酸鹽氮(mg/L)	15
總硬度(mg/L as $CaCO_3$)	50
硫酸鹽類(mg/L)	5
氟化物 F^-(mg/L)	0.5
氯化物 Cl^-(mg/L)	20
二氧化矽(mg/L)	3
總三鹵甲烷(mg/L)	0.08
餘氯(mg/L)	2
大腸桿菌群群/總菌落數/腸病毒	不得檢出
硼 B(mg/L)	0.5
鐵 Fe(mg/L)	0.04
錳 Mn(mg/L)	0.05
鈉 Na(mg/L)	20
鋁 Al(mg/L)	0.1
鋇 Ba(mg/L)	0.1
鈣 Ca(mg/L)	4
銅 Cu(mg/L)	0.05
鋅 Zn(mg/L)	0.1
鍶 Sr(mg/L)	0.1

表4.7 澳洲國家水回收指引

水質參數	Class A	Class B	Class C	Class D
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
餘氯 (mg/L)	1	-	-	-
大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	10	100	1000	10000
用途	1.非直接飲用之地下水補注(散佈法或井補注)；2.非限制性都市公共用水；3.非飲用之生活用水；4.與再生水直接接觸之食用農作物灌溉用水	1.非直接接觸用水。2.與再生水非直接接觸之作物灌溉用水。3.家畜飲用水	1.與再生水非直接接觸之農作物灌溉用水；2.畜牧飼料用水；3.限制性都市公共用水；4.景觀用水；5.抑制揚塵	-

表4.8 日本下水處理水再利用水質基準

水質參數	水洗用水(沖廁)	親水用水
pH	5.8-8.6	5.8-8.6
濁度 (NTU)	2	2
色度	-	依使用者需求而調整之
臭味/外觀	無不適感	無不適感
BOD_5 (mg/L)	-	-
COD (mg/L)	-	-
餘氯 (mg/L)	-	結合餘氯：0.4；自由餘氯：0.1
大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	不得檢出	不得檢出

日本國土交通省都市・地域整備局下水道部國土交通省國土技術政策綜合研究所所公布之「下水理水の再利用水質基準等マニュアル」，平成 17 年。

表4.9 美國非限制性都市用水規範

地區	亞利桑那	加州	佛羅里達	夏威夷	內華達	德州	華盛頓
再生水等級	Class A	—	—	R-1	—	Type I	Class A
用途	**景觀澆灌**／**沖廁**／**消防用水**／**空調系統**／**洗車**／製雪等	**景觀澆灌**／**沖廁**／**消防用水**／**營建用水**／洗車等	**景觀澆灌**／**沖廁**／**消防用水**／**抑塵用水**／洗車等	**景觀澆灌**／**沖廁**／**消防用水**／洗車等	景觀澆灌	可用於與人體接觸如：**景觀澆灌**／沖廁等	**消防用水**／**景觀澆灌**／**沖廁**／洗街等
處理程序	**二級處理**／**過濾**／消毒	**氧化**／**混凝**／**過濾**／消毒	**二級處理**／**過濾**／高級消毒	**氧化**／**過濾**／消毒	**二級處理**／消毒	-	**氧化**／**混凝過濾**／消毒
BOD_5 (mg/L)	-	-	20	-	30	5	30
懸浮固體 (mg/L)	-	-	5	-	-	-	30
濁度(NTU)	平均 2 最大 5	平均 2 最大 5	-	最大 2	-	3	平均 2 最大 5
大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	糞便大腸桿菌(平均)不得檢出(最大值)23	大腸桿菌群(平均)2.2(最大值)23(30 天內)	糞便大腸桿菌(平均)75%的樣品低於檢測值**(最大值)25**	糞便大腸桿菌(平均)2.2(最大值)23	糞便大腸桿菌(平均)2.2(最大值)23	糞便大腸桿菌(平均)20(最大值)75	大腸桿菌群(平均)2.2(最大值)23

註: 美國各州再生水用途分類與水質標準之代碼不同,例如華盛頓州與亞利桑那州用 Class A 與 Class B, 夏威夷州用 R-1 與 R-2, 德州用 Type I 與 Type II.

表4.10 美國限制性都市用水規範

地區	亞利桑那	加州	佛羅里達	夏威夷	內華達	德州	華盛頓
再生水等級	Class B	-	-	R-2	-	Type II	Class C
用途	限制地區之景觀澆灌、灌溉時不得靠近	墓地澆灌、高速公路澆灌、限制人接近之高爾夫球區澆灌等	與非限制性都市用水相同	可用於噴灑澆灌高速公路與工業區的景觀且澆灌時必須禁止人群靠近等	可用於景觀澆灌但澆灌時必須禁止人群靠近等	只可以用於市民不在場時，如管制人群以進行景觀澆灌	限制地區之景觀澆灌，如高速公路之景觀澆灌
處理程序	二級處理 消毒	二級處理 氧化 消毒	二級處理 過濾 高級消毒	氧化 消毒	二級處理 消毒	-	氧化 消毒
BOD_5(mg/L)	-	-	20	-	30	20	30
懸浮固體(mg/L)	-	-	5	-	-	-	30
濁度(NTU)	-	-	-	最大 2	-	3	平均 2 最大 5
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	糞便大腸桿菌 (平均)200 (最大值)800	大腸桿菌群 (平均)23 (最大值)240 (30 天內)	糞便大腸桿菌 (平均)75%的樣品低於檢測值 (最大值)25	糞便大腸桿菌 (平均)23 (最大值)200	糞便大腸桿菌 (平均)23 (最大值)240	糞便大腸桿菌 (平均)200 (最大值)800	大腸桿菌群 (平均)23 (最大值)240

註: 美國各州再生水用途分類與水質標準之代碼不同,例如華盛頓州與亞利桑那州用 Class A 與 Class B, 夏威夷州用 R-1 與 R-2, 德州用 Type I 與 Type II.

表4.11 美國農業灌溉糧食作物之再生水規範

地區	亞利桑那	加州	佛羅里達	夏威夷	內華達	德州	華盛頓
再生水等級	Class A	-	-	R-1	-	Type I	Class A
用途	噴灑式澆灌糧食作物	澆灌糧食作物	用於灌溉可以剝皮或是烹煮等食物上，如橘子	噴灑式澆灌糧食作物	地面灌溉果樹或堅果樹	不可噴灑可生食之食物，可用於灌溉	可以用於灌溉，但食物本身不得接觸到灌溉水
處理程序	二級處理 過濾 消毒	氧化 混凝 過濾 消毒	二級處理 過濾 高級消毒	氧化 過濾 消毒	二級處理 消毒	沒有規定	氧化 混凝 過濾 消毒
BOD_5(mg/L)	-	-	20 mg/L	-	30 mg/L	5 mg/L	30 mg/L
懸浮固體(mg/L)	-	-	5	-	-	-	30
濁度(NTU)	平均 2 最大 5	平均 2 最大 5	-	最大 2	-	3	平均 2 最大 5
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	糞便大腸桿菌 (平均)不得檢出 (最大值)23	大腸桿菌群 (平均)2.2 (最大值)23 (30 天內)	糞便大腸桿菌 (平均)75%的樣品低於檢測值 **(最大值)25**	糞便大腸桿菌 (平均)2.2 (最大值)23	糞便大腸桿菌 (平均)200 (最大值)400	糞便大腸桿菌 (平均)20 (最大值)75	大腸桿菌群 (平均)2.2 (最大值)23

註: 美國各州再生水用途分類與水質標準之代碼不同,例如華盛頓州與亞利桑那州用 Class A 與 Class B, 夏威夷州用 R-1 與 R-2, 德州用 Type I 與 Type II.

表4.12 美國農業灌溉非糧食作物之再生水規範

地區	亞利桑那	加州	佛羅里達	夏威夷	內華達	德州	華盛頓
再生水等級	Class B	-	-	R-1	-	Type I	Class C
用途	灌溉牧草	限制性綠地，或是農場與觀賞植物(但採收前 14 天不得使用)	限制性景觀澆灌、農場牧場(採收前 15 天不可使用)，森林等	澆灌牧草	澆灌牧草	灌溉牧草	灌溉牧草或觀賞植物
處理程序	二級處理 消毒	二級處理 氧化 消毒	二級處理 基本消毒	氧化 過濾 消毒	二級處理 消毒	沒有規定	氧化 消毒
BOD_5(mg/L)	-	-	20	-	30	5	30
懸浮固體(mg/L)	-	-	20	-	-	-	30
濁度(NTU)	-	-	沒有規定	最大 2	-	3	平均 2 最大 5
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	糞便大腸桿菌 (平均)200 **(最大值)800**	大腸桿菌群 (平均)23 (最大值)240 (30 天內)	糞便大腸桿菌 (平均)200 (最大值)800	糞便大腸桿菌 (平均)2.2 (最大值)23	糞便大腸桿菌 (平均)200 (最大值)400	糞便大腸桿菌 (平均)20 (最大值)75	大腸桿菌群 (平均)23 (最大值)240

註: 美國各州再生水用途分類與水質標準之代碼不同,例如華盛頓州與亞利桑那州用 Class A 與 Class B, 夏威夷州用 R-1 與 R-2, 德州用 Type I 與 Type II.

第 5 章　取水系統

5.1 規劃原則

水源之選定規劃原則：水量穩定以提供定量再生水水源；操作良好之自設水處理設施，出流水品質較佳；距離水再生設施或使用端近，降低輸配水成本。

水再生設施直接取工業廢水之放流水作為再生水水源，且所選擇之再生水水源需能穩定提供再生水水源需水量，以確保任何時間皆有充足的再生水供使用；若選擇之污水處理廠其放流水水質較佳，如總溶解固體與硬度離子濃度較低等，則能降低水再生設施處理的負擔，進而降低成本。

5.2 再生水水源之篩選

可採用工業之放流水或自廢水廠之自設水處理設備之出流水。

藉由水源之管理可以有效降低再利用時造成之風險，因此透過水源之篩選及控管以保障再生水用水安全，作為再生水之水源則建議採用: 採用工業之放流水或自設水處理設備之出流水。

5.3 取水量規劃

取水量為計畫平均日需水量 $Q = \sum Q_n$，n = 1, 2, 3, (各項再生水用途需水量)，計畫最大日需水量=計畫平均日需水量×(安全係數)；以供定需時為考量水源最低供水量並滿足水再生設施之最小運轉量。

取水量設計必須能滿足各種再生水用途之需水量，並兼顧經濟性，故以計畫最大日需水量為設計基準，計畫最大日需水量採計畫平均日需水量(再生水安全系數之建議值為 1.2~1.6 倍)計算，需水量則為各種再生水用途之總量，小規模廠房採較大值；在以供定需為考量方面，則須要確認枯水期間水源最低供水量之狀況以滿足水再生設施之最小運轉量。

5.4 取水設施

水再生取水設施依程序分為分水、中繼調節與取水三個階段。

水再生取水設施依程序可分為分水、中繼調節及取水三階段如圖 5.1，分水為透過閥門控制水源分流至水再生設施及承受水體，中繼調節為水再生設施前端設置調節池用以均勻而穩定的輸水至後續之處理設施，最後透過適當的取水方法將進流水導入水再生設施處理。另取水系統若涉及污水處理廠放流口之放流水量改變，請依水污染防治法相關規定辦理許可證變更。

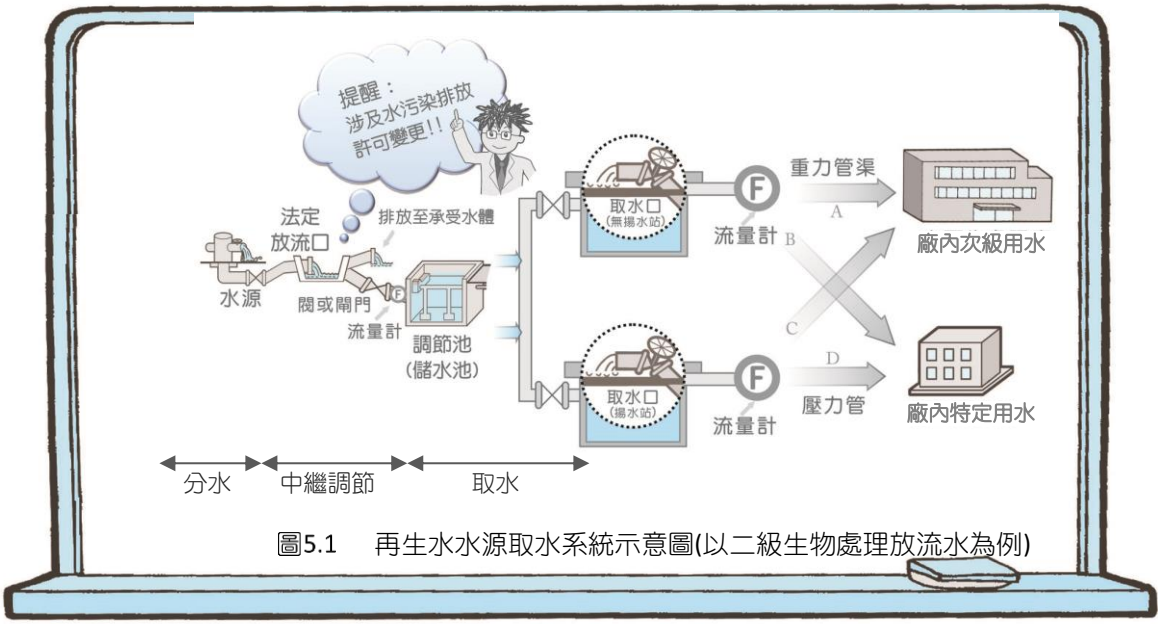


圖5.1 再生水水源取水系統示意圖(以二級生物處理放流水為例)

◆ 中繼調節

調節池

調節池具有調勻流量及水質之功能，使進流水能均勻而穩定輸送至水再生設施，也能確保水再生設施之最低流量安全運轉，以獲得經濟效益之處理成效。

調節池可適用於進流水量變化大者，使其流量均勻，便於處理單元之操作與控制，且可透過加藥自動控制等改變進流水性質如酸鹼值及降低毒性，以便於處理。

調整流量的方法依控制的方式可分為三種，如圖 5.2，分為泵定量抽送方式(I)、閥控制方式(II)及分水計量槽方式(III)。調節池設計容量以平均量的 1.5 倍以下為目標，槽形以攪拌容易、能適應水位及流量為考量，其底部可容易去除沉降懸浮物之槽形為佳。

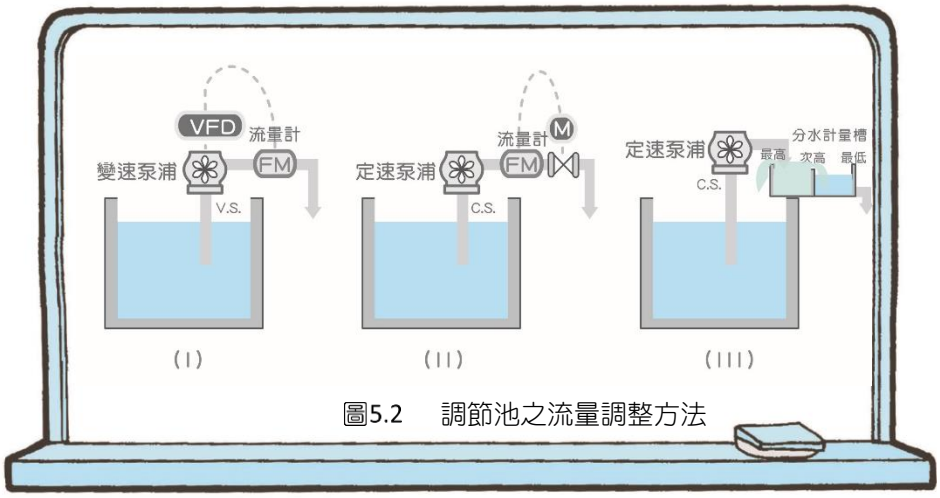


圖5.2　調節池之流量調整方法

◆ 取水

取水主要目的為將放流水進流至水再生設施內，而在預警控制上，利用加裝制水閥或泵浦的開閉來控制進流水。在水質超過進流取水標準時，應避免水源進入水再生設施。

取水方法可分為泵浦直接取水、沉水式及截流管渠取水。取水又稱為導水，可用重力管渠或壓力管線輸送，在線路的選定上應考慮管線距離、流速、水頭損失大小、地形及建設費等，而一般在設計上導水渠道內最高流速不超過 3 m/s，以避免磨損水渠面，導水管在路線的選擇上只要在動水力坡降線下選擇最短距離即可得經濟路線，其在設計上最小流速不得小於 0.3 m/s，最高不得大於 6 m/s，並以計畫最大日需水量設計之。

沉水式取水

沉水式取水系統完全建造於水中，適用於終年水面高度僅微幅變化甚至不變化之地區，受水面漂浮物之影響較少。

此取水系統設置於水中，適用於水面高度較固定之區域，其中進水井應為鋼筋混凝土等水密性構造物，並設置隔網避免較大型的污染物進入系統如圖 5.3。導水管之開口應沉入低水位下之 300 mm，其管徑依抽取水量及管內流速決定，管內流速應為 1.5-3.0 m/sec 範圍內。

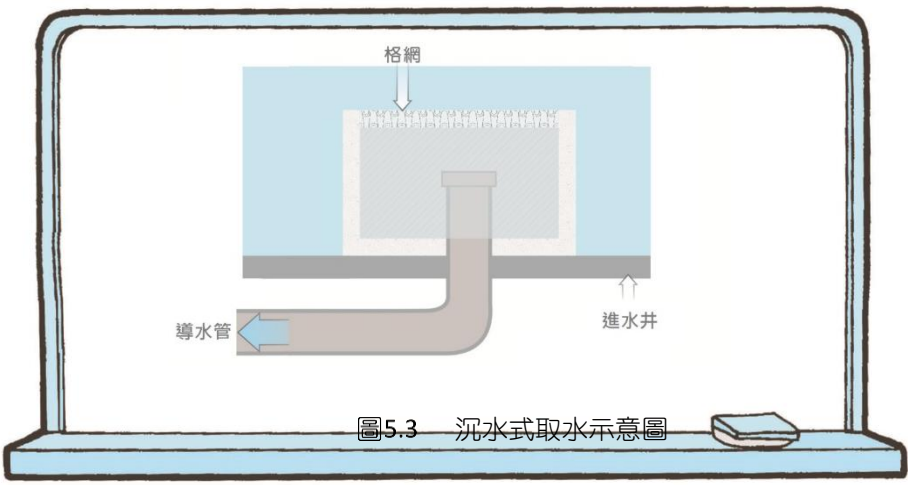


圖5.3　沉水式取水示意圖

截流取水

截流取水為將廢水處理廠之放流水於排放至承受水體前或是直接截取廠內管線，利用截流設施分流部分水量至水再生設施之方式。

截流取水可分為將污水處理廠之放流水於排放至承受水體前，以截流方式收集某一比例水量至水再生設施，或直接截取下水道幹管污水，利用截流設施分流部分水量至水再生設施之方式如圖 5.4，截流站內可設置進水閘門或抽水設施將水源分流至水再生設施，設計上截流管容量建議以放流水排放量為原則。

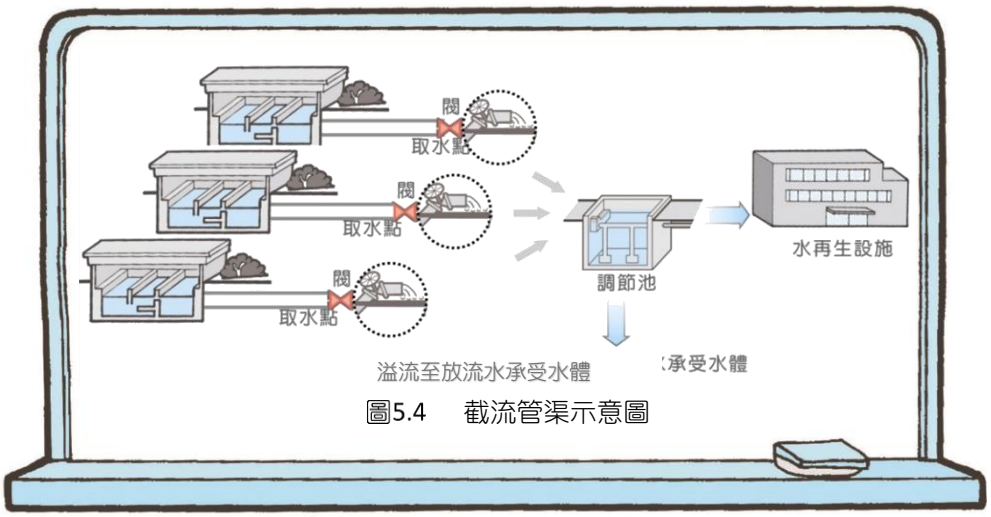


圖5.4　截流管渠示意圖

泵浦直接取水

泵浦直接取水方式依設計型式可分為沉水乾井式、豎軸乾井式、橫軸離心式及豎軸式。

泵浦直接取水方式可依泵浦型式、取水管或取水井型式加以區分，其中較典型之設計型式如下圖 5.5-5.8 所示。

1. 沉水乾井式

特點： 當乾井意外淹水時，沉水泵浦仍可正常運轉。

優缺點： 乾井內的管閥及泵浦操作及維修容易，但整體造價較貴。

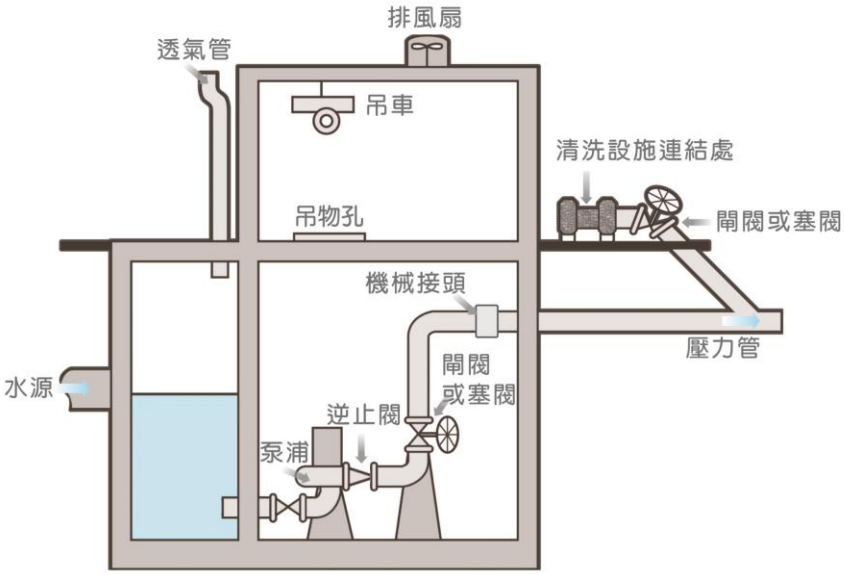


圖5.5 泵浦取水設計型式-沉水乾井式

2. 豎軸乾井式

特點： 當乾井意外淹水時，馬達不會浸濕而損壞，乾井在清理後即可恢復正常運轉。

優缺點： 乾井內的管閥及泵浦操作及維修容易，但整體造價較貴。

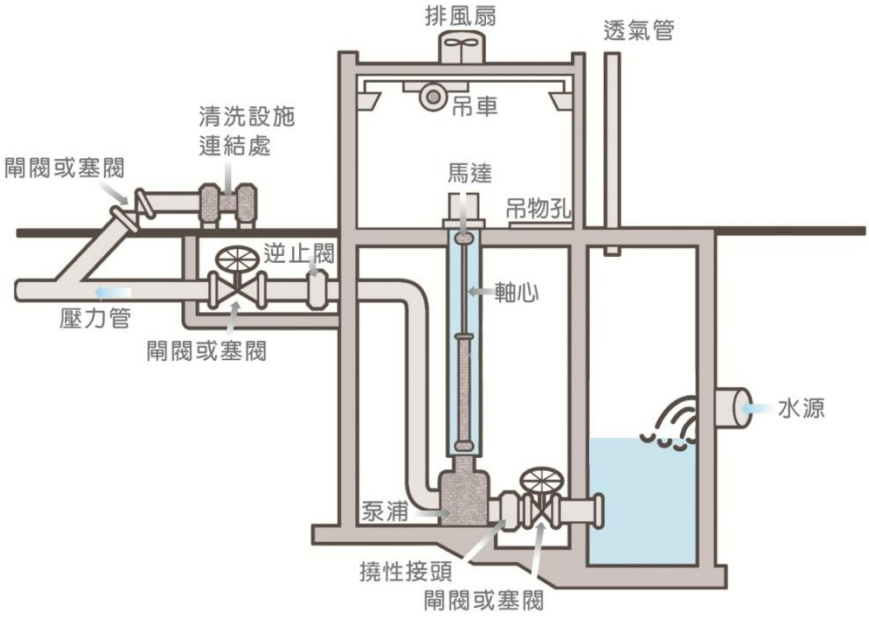


圖5.6 泵浦取水設計型式-豎軸乾井式

3. 橫軸離心式

特點： 不須設乾井及濕井。

優缺點： 露天或有遮蔽的管閥及泵浦操作及維修容易，整體造價較便宜。橫軸離心泵浦較佔水平面積。

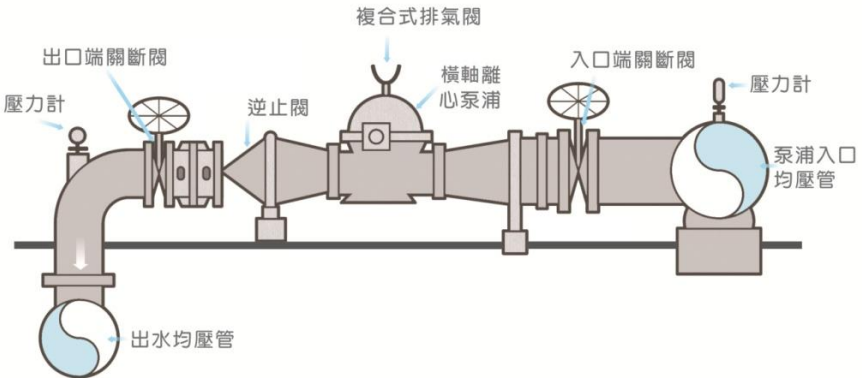


圖5.7 泵浦取水設計型式-橫軸離心式

4. 豎軸式

特點： 不須設乾井，濕井為筒型，佔地較小。

優缺點： 露天或有遮蔽的管閥及泵浦操作及維修容易，整體造價較便宜。豎軸離心泵浦較不佔水平面積。

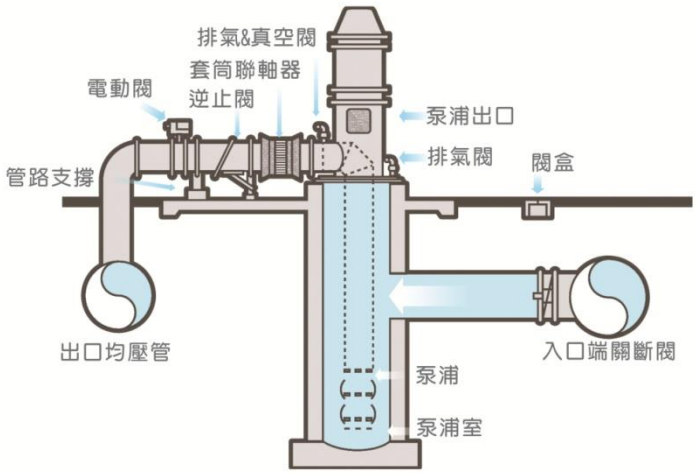


圖5.8 泵浦取水設計型式-豎軸式

5.5 攔污設備

為保護後續處理單元之管線及機械設施，攔污設備位置應設置於取水口之前，且以能承受流入水量之負荷，由於工業廢水水質差異性甚大，因此各廠應考量自身水質狀況，決定是否設置攔污設備。

攔污柵使用細攔污柵如圖 5.9，細攔污柵之柵欄有效間隔則為 15-25 mm，且設計上需能承受污水處理廠放流水之水量負荷，如豎立型攔污柵其設計水流速為 0.45 m/s，強度為水位差 1 m，且其配合機械式自動篩渣之處理量可達 1000 m^3/h。

圖5.9　操作中之細攔污柵(範例)

5.6 量測與控制設施

取水口應設置水量以及水質之監控設備，作為預先處理之依據。

監控設備以自動控制系統為優，由中央電腦監控不同流量及水質之變化時，自動開閉取水系統，並設置警告設施，以利穩定的控制水量及隨時取得符合水質標準之進流水，系統配置如圖 5.10。

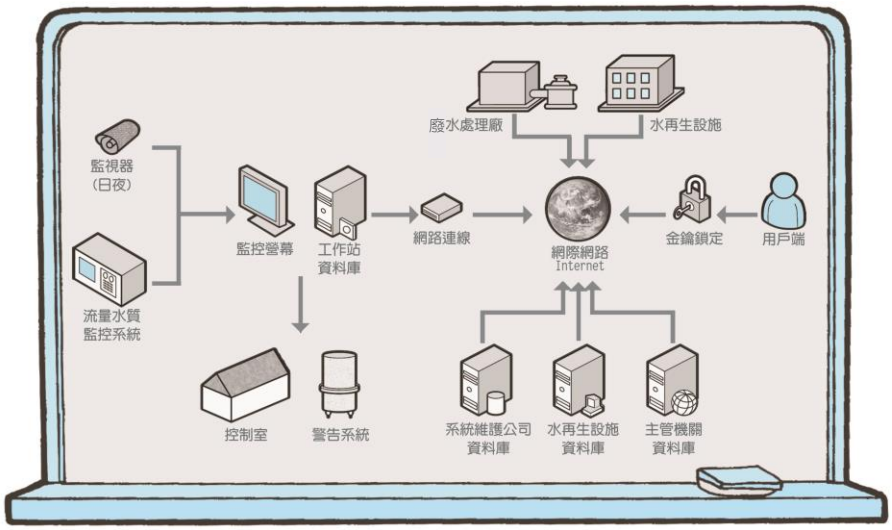


圖5.10　取水系統自動化監測控制設備

◆ 水質水量監控位置

為能完整監測進流水水質及水量的變異以降低風險，建議水質監控系統以設置在取水口前為佳，流量監控系統則設置於廢水廠處理放流水後、取水口後與廢水處理廠之最終放流口三處。

水質監控系統及流量監控系統設置位置如圖 5.11，水質監控系統設置在取水口前，當水質不符合標準時，能在取水口做防治處理，避免不符合標準的放流水進入水再生設施，流量監控系統則設置於污水處理廠放流水之後、取水口後與污水處理廠之最終放流口三處，隨時監控此三處流量是否在設計標準範圍內，並於取水口後設置即時加藥設備調整水質俾符合標準，如將再生水廠與廢水廠為一次到位之同一廠，則不需調整。

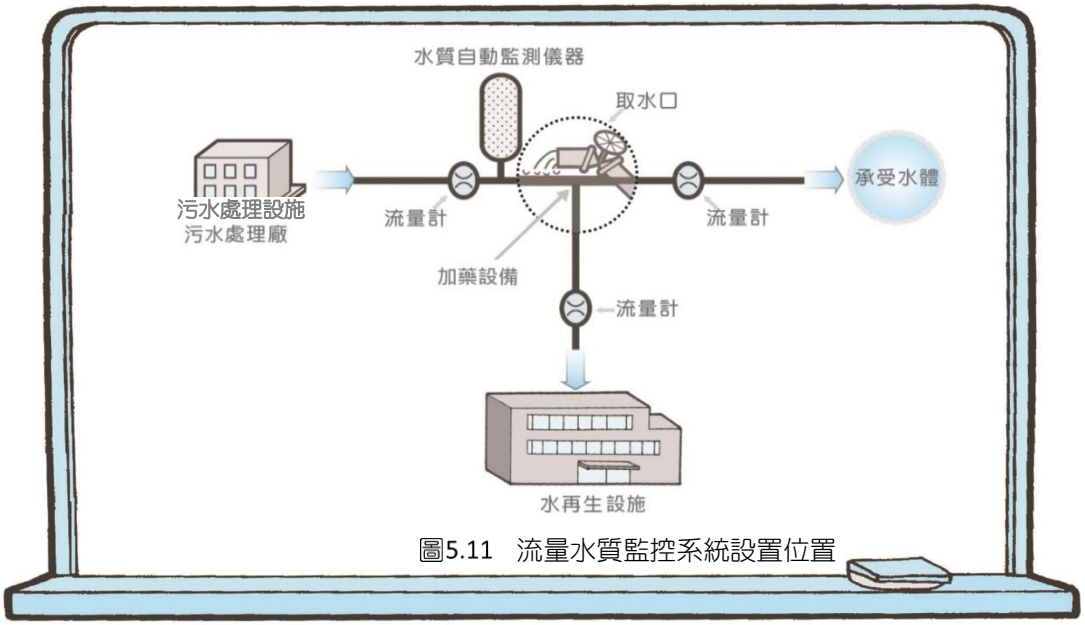


圖5.11　流量水質監控系統設置位置

◆ 水質監測設備

設置能連續記錄監測之水質監測設備，項目包含 pH、水溫、導電度、濁度、氧化還原電位等，並搭配一般實驗室水質檢測項目，如 SS、TOC、COD、重金屬等。

建議設置能連續監測之水質監測設備如圖 5.12，以即時監控水質變化，並對應其變異做適當處理，設計上若其中單一項連續監測 20 分鐘超過標準則系統自動警報提示，立即由操作人員改變流量或加藥或繞流等方式調整進流水水質水量，使符合水再生處理設施設定之水質水量，若超過 30 分鐘，則取水系統自動關閉。水質監測項目與頻率請參見表 10.2 所示。

◆ 水量監測設備

量測各水源水量收集與排放之流量資料，作為水再生設施設計及操作之基本資料，建議可使用精度較高的電磁流量計。

流量計種類繁多，其特性請參考各種流量計之特性比較，建議可使用精度較高的電磁流量計如圖 5.13，以量測廠內各水源之流量資料，其量測精度為±1%，且無所需直徑管長的限制及不受固體物及浮渣物之影響，適用於一般管渠。

圖5.12 廢水處理廠放流水水質監測設備(範例)

圖5.13 電磁流量計(範例)

◆ 加藥設備

加藥設備的設計除考慮藥品種類、加藥量及貯藏等，其容量設計應能提供最高加藥量為原則。

加藥設備的設計需考慮藥品種類、加藥量、加藥機、溶解槽、加藥地點及藥品之貯藏等(如圖 5.14)，加藥機需有 2 台以上之設計，且其設計容量應可在任何時間，不含備用加藥機在內，能提供最高加藥量為原則，常見有濕式加藥機和乾式加藥機兩種，乾式加藥操作較為簡單，且所需體積小，故大多數水廠皆採此法，常見的乾式加藥機有震動盤式、重量式、轉筒式、轉盤式及螺旋輸送式等。

溶解槽(濕式加藥機)之設計應考慮容量是否足夠於計畫取水量下，以最大加藥率可維持 3 小

時以上之容量，另槽數應設 2 槽以上，以利清掃或檢修，而槽內藥品需能以攪拌器保持藥品濃度之均勻性，而藥品的貯藏須以平常之 30 日以上存量為準。

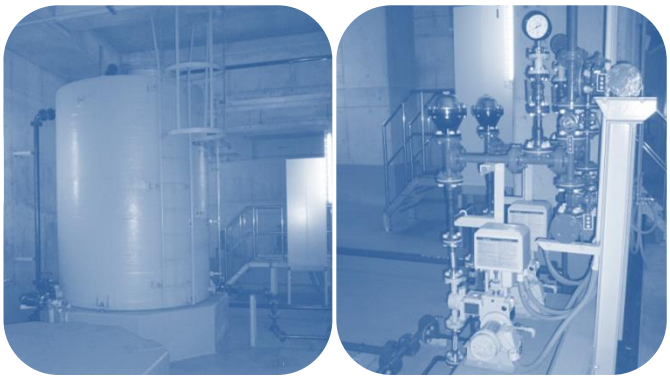


圖5.14　加藥機及藥品貯槽(範例)

5.7 設施標示

為降低使用風險，取水口應設有標示說明，且取水口與管線需以中央主管機關公告之顏色標識。

取水口的標示說明項目應包括：管制編號、取水量(最大、平均)、座標點、取水管線型式大小(渠道或管線、尺寸、重力或壓力、輸水距離)、處理設施名稱、設置日期、管理單位及聯絡電話，且取水口與管線需以中央主管機關公告之顏色標識，以避免與自來水管線系統混接。

第 6 章　輸水系統

6.1 輸水管線規劃

◆ 輸水系統

原則上工業廢水處理廠與自廠之再生水廠距離甚近，因此本節所述僅列為參考。輸水系統依據其起點取水設施至終點水再生設施間之高低關係，及其沿線之地形地勢等情況加以規劃設計。

輸水系統之規劃通常依起點至終點的地形高低關係設計，形式可分為：重力流、壓力流或二者並用等方式。

重力流

重力流應用於地形坡度較平順區域，採用管線輸送，有一定的坡降使水流依重力自由向下流，重力流管渠應注意外部污物滲入與可能之地下水入滲問題。

一般而言，採重力方式可以減少能源的耗用，但受限於水量穩定性高低及坡降大小，應留意流量過小可能停滯或阻塞，及流速太高造成管內沖蝕問題。使用重力流時，採管線輸送，地形沿線坡度使流速維持 0.6-3.0 m/s 之間如圖 6.1，在管渠起始點、管渠方向變化、坡度變化、管徑變化處、管渠會流點、管渠底部高程驟變或為量測流量、清理之需要，應設置人孔。採重力流的管線一般均會發生地下水入滲及地面水流入等問題，可依取水量比例之 10-15% 計算入滲量流量。

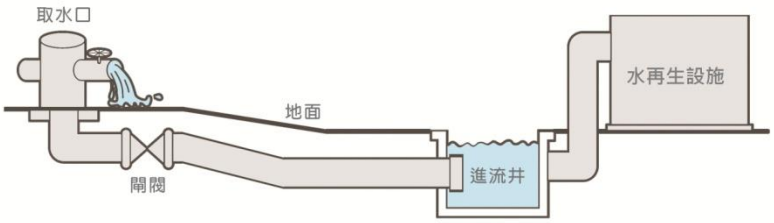


圖6.1　重力流輸水系統示意

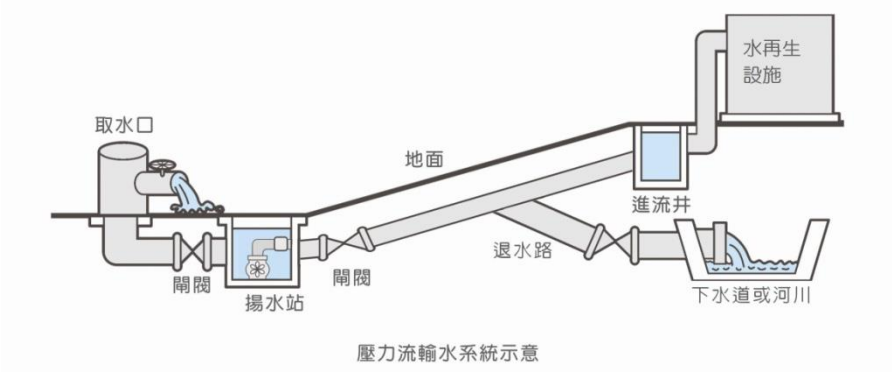


圖6.2　壓力流輸水系統示意

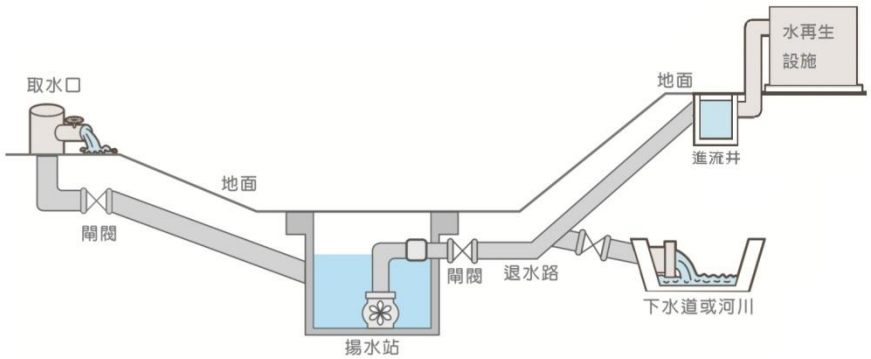


圖6.3　重力流與壓力流合併應用示意

壓力流

壓力流應用於地形坡度呈逆向無法以重力流輸送之區域，於適當地點設置揚水站，以泵浦組加壓輸送，壓力管線應注意因管線接頭施工不良產生之內壓水外滲問題。

地形無法依重力流時，須設置揚水站以提高水位或以壓力方式輸送如圖 6.2，並於管線高點設排氣閥，於低點設排泥及洩水閥。

重力流與壓力流合併

重力與壓力流二者並用適用於地形坡度呈高低起伏不一區域。

配合地勢高低合併重力與壓力方式輸水如圖 6.3，局部區域可順應地形採重力流輸送，遇地形低點則設置揚水站，以克服局部地形高點。

◆ 設計輸水量

設計輸水量以最大日用水量為準，須考慮未來輸水系統擴建難易。

設計輸水量以最大日用水量為原則，最大日用水量約平均日用水量之 1.2-1.6 倍(參考值)，而最大時用水量約為平均日用水量之 2-3 倍(參考值)，須考慮未來輸水系統擴建難易，及原有水源增加取水量之可能性，輸水設備擴充若有施工困難情形(如隧道、穿越堤防或河道等)及一次興建長期經濟性較高或未來擴建工程之用地取得困難者，宜先行規劃投資一次興建，預留未來備用容量較為有利。

◆ 流速設計限值

重力流之輸水管渠，其最大流速應小於 3.0 m/s，最小流速為 0.6 m/s；壓力式導水管路之最大容許流速限度以 3.0 m/s 為原則。

採用重力流的輸水管渠，其最大流速應小於 3.0 m/s，可避免砂礫磨損管渠內面，最小流速為 0.6 m/s 以避免沙礫淤積；若為壓力式導水管路最大容許流速限度亦以 3.0 m/s 為原則。設計管渠流速，選擇以流速 1-2 m/s 推算其口徑或斷面，實際之流速則限制於 3.0 m/s 以內為宜。

壓力管線流速計算的方程式為 Hazen-Williams 公式，$V(m/s)=0.849 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54}$ 。不同管材之管線粗糙係數(Hazen-Williams Coefficient, C)請見下表 6.1。

表6.1 Hazen-Williams 管線粗糙係數值

管材類別	C 值	管材類別	C 值
混凝土管	130	瓷化黏土管	110
新鑄鐵管	130	新鉚接鋼管	110
新焊接鋼管	120	塑膠管	150

※設計時採保守值 C=100

◆ 管徑設計

重力流輸水管之最小設計管徑為 Ø100 mm，應簡化輸水管徑尺寸種類。

為管線裝設、計量、管理及日後維修方便，應簡化管徑尺寸種類。建議重力流輸水管最小設計管徑為 Ø 100 mm，以每 100 mm 級距增加管徑尺寸，若為管線壓力流則不受此限。設計管徑與適用流量建議如表 6.2 所列。

表6.2　設計管徑與適用流量

管徑 (mm)	適用流量		管徑 (mm)	適用流量	
	CMS	CMD		CMS	CMD
Ø 75	0.004-0.01	380-760	Ø 600	0.28-0.57	24,430-48,860
Ø 100	0.01-0.02	680-1,360	Ø 700	0.38-0.77	33,250-66,500
Ø 200	0.03-0.06	2,710-5,430	Ø 800	0.50-1.01	43,430-86,860
Ø 300	0.07-0.14	6,110-12,220	Ø 900	0.64-1.27	54,970-109,930
Ø 400	0.13-0.25	10,860-21,720	Ø 1,000	0.79-1.57	67,860-135,720
Ø 500	0.20-0.39	16,970-33,930			

備註：設計流速為 1-2 m/s。

◆ 管材選擇

輸配水管材之選擇應以適用性為最主要因素，不宜以價格之高低為取捨之依據，而忽略許多無法以量化數字表示之因素，故在成本分析比較時，應以所比較者均能滿足實務工程為前提。管材選擇需根據輸送之水源水質進行選擇，且管線表面須塗以紫色特定，以避免錯接情形發生。

輸水管選用水管材料前，應先針對輸水量實際作用於水管之內壓大小、當地土壤性質及水質是否腐蝕水管材料而縮短其壽命、初設費、未來保養管理費高低等作考量。管材適用性評估可依據下列重點：

- 耐拉力及耐壓力強度大
- 韌性及耐撞性強，運輸施工期間不易受損，耐水衝擊
- 耐蝕性良好，不易銹蝕、磨蝕及腐蝕
- 耐久性佳，環境變化保持品質不變
- 製造品質易於控制，缺點容易檢驗
- 接頭水密性良好，裝接容易，具有可撓性及伸縮性
- 零件齊全，規格完整
- 容易施工、維修及搶救
- 有足夠規模且經營健全之廠家
- 價格便宜具競爭力

再生水輸水管線可採用之管材種類有鑄鐵管、鋼管、預力混凝土管、玻璃纖維管及塑膠管等，管材之選擇與接頭型式及施工方法均有密切關係，因工程費龐大，維護困難，在合理之範圍內，應儘量採用較安全可靠之材料，茲將各種材料特性分述於下供參考：

1.鑄鐵管(DIP)

延性球狀石墨鑄鐵管(簡稱鑄鐵管)可分為灰口鑄鐵管及延性鑄鐵管兩種，前者含較高量之硫，以線狀排列，此管種內部於輸送時即易產生銹瘤，故一般生產工廠均於內部加以水泥砂漿襯裡，已減少鑄鐵生銹之機會，一般認為內襯的鑄鐵管，具有良好的銹蝕能力。延性鑄鐵管強度接近鋼管，抗腐蝕性高，且具有延展性、抗衝擊力及適度之彎曲性，普遍使用於配水幹管系統，屬給水系統常用管材。

若將內部加以防蝕襯裡(如環氧樹脂 Epoxy 或 PE)將為良好的管材料，其水力情形亦十分良好，但使用鑄鐵管支工程費較貴，且每隻管之長度較短，以大管徑為例，φ1,500mm 以上，每隻管長為 5m 或 4m，故接頭較多而施工方法之選擇較受限。依 CNS10808 G3219 延性鑄鐵管之標稱管徑最大可達φ2,600mm。

2. 鋼管 (SP)

鋼管抗張強度大，具強韌特性，對內壓之抗力極強，對承受瞬間衝擊水壓之耐衝擊力甚佳。鋼管重量輕，運輸方便，施工容易，可配合地形焊製特殊另件，故適合於內壓高水錘壓力大，或於水管橋及明管附掛架設等特殊地形路段之大口徑輸送水幹管，價格亦較延性鑄鐵管便宜，惟其管壁厚度與管徑之比值較小，受外壓容易變形，抗外壓力較差。

鋼管最主要缺點在於埋設於土內易腐蝕，管內部輸送易產生管壁腐蝕，故通常需於外部以煤焦油塗佈，另加以 2~3 層之玻璃不包覆，內部除以 PE、Epoxy 或 PVC 作襯裡外，另需加以陰極防蝕，方能確保其使用年限。

3. 預力混凝土管 (PSCP)

預力混凝土管長自 2.5~6m 不等，其價格較為便宜，但管材笨重及施工不易為其缺點，又其尺寸長度固定，管材不能切除，將來維修及變更困難，不是於配水幹管系統，但是用於大口徑之導水或送水工程。對於防止管中輸送之再生水腐蝕內壁問題，可採用抗硫水泥，並加以環氧樹脂或其他塑膠種類塗料作為內襯，此外其接頭漏水為預力混凝土管常見之問題。

4. 玻璃纖維管及塑膠管

塑膠管使用於輸水管多半以 PE、GFRP 等材質為主，此類管種具有抗腐蝕性，管材輕，富有撓曲性，且管壁平滑，水力情況佳。PVC 管生產之口徑僅達φ600mm 左右，管材之抗老化度較差。高密度之 PE 管可生產至φ2,000mm 左右，因其膨脹係數大，溫度變化產生明顯溫度應力為其缺點。FRP 管可生產到φ4,000mm 以上，強度很高，為良好之管材。上述各類塑膠管因其重量輕，必須加深覆土或輔助重量予以固定，對管線管床保護及回填材料之要求均較高，不易完全達到設

計要求。

各管材需就管線輸送之水質與埋設地質等因素考慮，鋼管較其他管材易受電蝕破壞，其耐蝕性較差，所需防蝕保護費用較高；又鋼管一般採法蘭或焊接接合方式，可撓度極為有限，易受地層不均勻沉陷之影響而破壞。預力混凝土管雖價格較低，但接頭容許彎曲角度較小，於軟弱地質，漏水機率大。玻璃纖維管若埋設於道路下，受土壓及活載重等外力之影響大，且大管徑玻璃纖維管之生產品質亦難控制；另外，現場接合施工品質易受工地環境條件好壞影響。至於延性鑄鐵管，則因其施工容易，較不受天候限制，接頭具適度的撓曲性。

◆ 輸水渠設計

輸水渠構造分類有明渠、暗渠及隧道等，以一定的水面坡度(一般為 1/1000-1/3000，採重力方式)輸水，須特別注意外來污水滲透或排入，且不得選設於軟弱地盤或有液化之虞的土質處所。

輸水渠通常為非滿流，且未完全密閉，甚至為露明未加頂蓋，因此必須特別注意外來之污水滲透或排入，且不得選設於軟弱地盤或有液化之虞的土質處所。輸水渠之形狀，依其輸水量規模多寡，有如圖 6.4 之區分。輸水渠採明渠形式，以鋼筋混凝土材質構造為主。

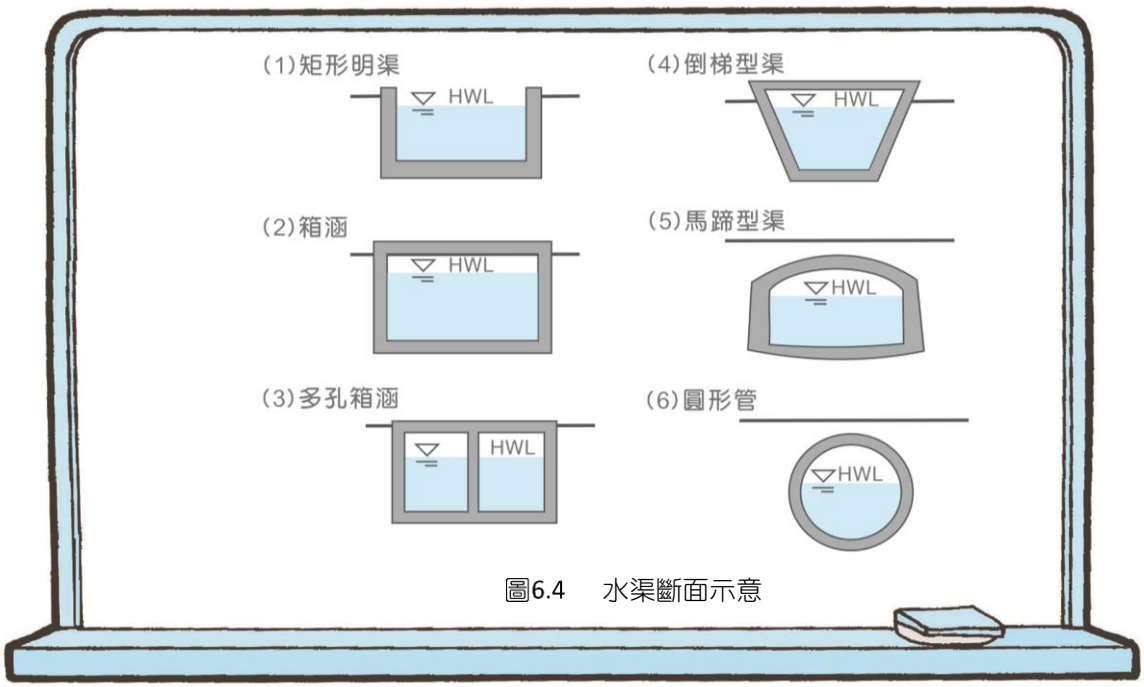


圖6.4　水渠斷面示意

◆ 佈設路線規劃

再生水輸(配)水管線埋設應比自來水系統管線(通常管頂埋深 1.2 公尺)深，建議再生水之配水管頂覆土深度為 1.5 公尺，且其管線埋設上方應鋪設紫色塑膠警示帶。

路線佈設規劃需事先收集管線佈設資料，包括平面測量圖、沿線高程、其他地下管線位置、地質及地下水位高低等，再決定最佳路線。

路線選定方面，管線埋設位置應接近其水力坡降，且須避免水平或垂直方向等急劇轉彎。壓力管線必須全線確保其水力坡降線皆高於埋管線路，即隨時保持管內正壓狀態，以免影響水流及水質。明渠水路則必須盡量選擇平坦地勢，避免因挖填土進行築造等作業而增加成本。

安全支撐或防範措施方面，輸水路線應儘量避免設在基礎不穩定之處，並依據地質資料預先施設，如遇斜坡面時，除充分考慮坡面防護及水土保持設施外，應設置適當之側溝或排水溝等；如經軟弱地盤須選擇具可撓性之接頭管種，且施作地盤改良工法或打樁等措施；如經砂質地盤，且地下水位高，由於地震發生時砂粒間隙之水壓急劇上昇，致有液化之虞，必須選擇具有某種程度伸縮量之連鎖構造型管線(例如：耐震型延性鑄鐵管)，或其它同性能之管體 (例如焊接接頭鋼管或不銹鋼管)等，另須妥善改良地盤。

埋設位置及深度應依道路主管機關之規定或協商同意埋設管線。如於道路範圍施作，應依據道路有關法令規定，事先向道路主管機關提出挖掘申請並獲得許可。管線埋設深度，依規定在道路車道範圍，其埋管管頂覆土如同自來水管至少為 1.2 m，惟設置條件不允許時，得以設置混凝土或鋼筋混凝土板等保護物，以防止遭受往來車重損傷，又如埋設在人行步道或無重型車輛通行

之用地內時，則得採淺埋，惟管頂覆土深度至少為 70 公分 ，旦以能妥埋管閥，並在空管時不因地下水浮力而浮動等條件為主。

6.2 揚水站

◆ 位置選擇

管線採重力方式輸送，常因坡度維持而使埋管越深，故應於適當位置規劃揚水站，以減低管路之埋設深度，確保管線之輸水能力。

管線鋪設於地勢平坦區域，並優先選擇公園或公有地等，且遇水災時，應使站區不淹水、不停電。揚水站一般設於地形最低處以提升輸水水壓，用地空間至少約 2 m× 1 m× 1.8 m，以放置揚水站與配電箱。位置選擇除考量建設費用外，亦須兼顧未來維護管理費，就揚水站之設計總揚程，以實際淨揚程為主。

◆ 濕井

揚水站濕井高低水位間的有效蓄水容積可以公式計算，濕井容量過大與不足均不符合設計原則。

濕井容量之考慮為抽水站設計中重要的一環，適當之濕井容量，須考慮水在濕井中之停留時間，若停留時間過長，則不經濟，反之，如停留時間過短，則將迫使泵浦之起動及停止操作頻率過高而加速泵浦及電動機之損壞。換言之，抽水站濕井容量過大與不足均不符合設計原則。濕井高低水位間的有效蓄水容量可以下式計算之：

$$V_{\min} = \frac{Q_p T}{4}$$

前式中 V_{min} 為濕井之最小容量(m^3)；Q_p：抽水機之抽水量(m^3/min)；T：最小循環時間（泵浦起動、停止至再起動之時間，min)，以 15 min 為原則。依據泵浦馬力大小，最小循環時間請參見表 6.3：

表6.3 泵浦操作最小循環時間

泵浦馬力	≦50 hp	60-200 hp	250-600 hp	＞600 hp
最小循環時間	15 min	30 min	60 min	24 hr

濕井附近的導水路之形狀及尺寸，因會直接影響泵浦的性能及操作狀況，故應加注意。濕井不當設計導致的問題絕大部分發生在因為局部漩渦而在水面上產生的漏斗狀渦流，這種漏斗狀渦流會將吸入的空氣經由泵浦吸水口而帶到葉輪上，使葉輪產生徑向的不平衡，從而使水流產生水力脈動，導致軸承及葉輪導引的機械過載。為使泵浦能在最佳效率下運轉，濕井的設計應參考相關揚水站設計手冊。

◆ 泵浦

泵浦之設備應滿足系統計畫水量及總揚程，且能常在高效率範圍內運轉，吸水淨揚程應在機組不發生穴蝕現象範圍內。建議設置備用泵浦至少一組，以應檢修或故障時交換運作。

泵浦之設計流量應以最大日用水量為原則，離心式泵浦在吸水口及出水口處之流速以 3.0-4.25 m/s 為標準。泵浦吸水管的管徑應比泵浦吸水口口徑大一至二號，而出水管的管徑應比泵浦出水口口徑大一號，大部分泵浦的吸水口口徑與出水口口徑相同，但有時吸水口口徑比出水口口徑大一號。泵浦吸水管在最大流量時的適合流速為 1.2-1.8 m/s，出水管的適合流速為 1.8-2.4 m/s。

原動機出力部分以機組軸馬力加計適當之餘裕量，通常使用電動機時加計 10-20%；而採內燃機時加計 15-30%為原則，且確保其運轉馬力在各種高低水位或水量下，皆能維持安全負載運轉。轉速方面則應配合電動機或內燃機等機械特性，並考慮泵浦之運轉效率、穴蝕作用以及設備費用等因素做選擇。

◆ 溢排及排氣設施

所需之溢流能力，為當出水閥完全關閉時設計進水量可全部經由溢流設施以重力方式排出池外，並接至附近排水路。

溢流設備所需之溢流能力，係採設計進水量可全部經由溢流設施以重力方式排出池外，通常採用之管徑較其進水管口徑大或採同口徑 2 支，池內留設出水高至少 30 cm，以免溢流水從其頂部溢出。排氣設施大小，以進排水或泵浦最大進出水量設計風量，再以 15 m/s 以下風速，決定其排氣設施口徑。

◆ 電氣、儀控及警報設備

電氣設備應符合電力公司屋內外線路裝置原則，並設置備用電力；揚水站監控須能因應站內濕井水位高低，自動操作啟動與停止等；警報設備至少需能發出站內濕井水位異常上、下限之警報訊號。

電氣設備應符合電力公司屋內外線路裝置原則，並預留未來擴建或更新空間，且設置備用電力以維持緊急時最低限設備運轉，以柴油引擎驅動為宜，應妥善考量運轉時阻隔與消音減振等設施。揚水站監控則包含站內水位、出水壓力、泵浦運轉之回轉數及出水流量等，須能因應站內濕井水位高低，自動操作啟動與停止等。

6.3 輸水管線附屬設施

◆ 管閥

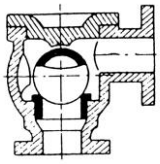
管閥用以控制流體之流路方向、調整流量大小、防止流體逆流、排出管線內空氣或防止管線內形成負壓等。

輸水管線所常用之管閥(如圖 6.5)可分為隔離閥、逆止閥、排泥閥、空氣及真空閥等，各類管閥特性、使用時機及安裝位置等說明如表 6.4。

傳統式制水閘閥

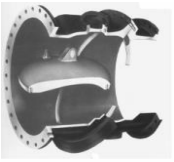
彈性座封制閘閥

蝶閥



昇球式逆止閥

底閥



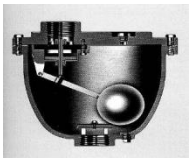
斜盤式逆止閥

擺動式逆止閥

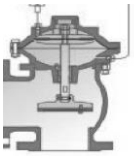
升降式逆止閥

雙瓣式逆止閥

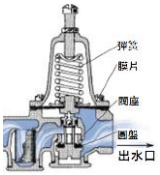
排氣閥



複合式排氣閥(附真空閥)



排泥閥



減壓閥

洩壓閥

持壓閥

圖6.5 各種管閥

隔離閥

隔離閥(isolation valves)用於流體之流路方向控制，適用於全開或全閉之操作，較少使用於節流，對於管路起迄、交叉、分歧點處或設備前後均可配置使用。

用於再生水用途的隔離閥包括閘閥及蝶閥。傳統式閘閥常在竣工通水洗管後，因外物淤積於閥體底部凹槽內，而造成閥體無法完全止水現象；而「彈性座封閘閥」之閥體，係採與水管相同之平底設計，又因閥盤以橡膠包覆，具較佳之彈性及封水性。

蝶閥(butterfly valve)是四分之一轉的閥，其圓盤繞著軸心旋轉而停駐在閥體的圓環上。閥座通常為彈性材質，黏在或固定在圓盤上或閥體上。蝶閥主要是作為隔離閥，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，會因固體物、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˚。

排泥閥(mud valve)亦為隔離閥之一種，設置於配水管網之最低處，主要用於排除管線內可能積蓄之雜物。

逆止閥

逆止閥(check valve)之功能為阻止管路中流體發生逆流，多安裝於泵浦吸水管之末端或泵浦之出水管，惟逆止閥安裝具特定方向性。

逆止閥(如圖 6.5 所示)具特定方向性，安裝時應注意其使用特性，如昇球式逆止閥，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，故僅適用於垂直安裝配管。底閥亦限用於泵浦吸水管之末端，通常為垂直安裝。使用斜盤式逆止閥，常搭配油壓缸以達緩閉止回效果，常用於泵浦之出水管，防止電動泵浦停機時之逆轉。雙瓣式逆止閥具有快速止回之效果，能在逆流發生前，急速關閉閥體，常用於中小型泵浦組出水端。另擺動式逆止閥，利用管路之水流壓力開啟，當壓力逐漸降低，閥門將自動關閉防止流體回流，一般安裝於水平管路上，對流體所造成之壓降小，於管路系統中，常與上述閘閥搭配使用。逆止閥具降低水錘之作用能力，部分業界為克服管路水錘現象採用靜音逆止閥、逆止閥加彈簧、油壓式逆止閥、水錘防止器、洩壓閥、加裝小型逆止閥等設備或互為搭配使用方式。

排氣閥及真空閥

排氣閥及真空閥(air release valve，簡稱 AV)用於壓力管高點，以自動排出管內之空氣，以免氣塞阻礙水流通暢；或在管線發生水柱分離時，能自動吸入空氣，填補管線內之真空，以免管線受到大氣壓力擠壓而變形。

排氣閥構造上分為單口、雙口及快速排氣閥等三種形式，於水管排水時，為提高排水效率，

可設排氣管搭配排氣或吸入空氣，亦可考慮於再生水輸送系統使用「複合式排氣閥」，其操作方式能兼具排氣與進氣等雙重功能，對排氣時瞬間夾帶水氣量有減少效用，而可依再生水之水質好壞，選擇適用型式。

◆ 壓力控制閥

壓力控制閥(pressure-regulate valve)以水壓力作為主閥打開或關閉條件之閥類。減壓閥一般安裝於輸水或配水管線中，藉以保持主閥下游端出口之固定壓力。

壓力控制閥是以水壓力作為主閥打開或關閉動作條件之閥類總稱，包括安全閥(又稱洩壓閥)、減壓閥、持壓閥等類，其共同特性係均有一主閥，其閥盤為膜片式或活塞式，配合一組導向閥(pilot valve)，由導向閥接受設定壓力後，再依據流路流體(水)壓力之變化，引導主閥快速開關動作，發揮管線系統或泵浦組之防護作用。

◆ 流量計

流量計(flow meter)測定場所為管流水路或開放明渠水路，須選用超音波流量計或堰式流量計；測定場所為管流水路則選用電磁流量計。

流量計依其安裝場所及量測條件，可分為：(1)滿管流及(2)渠流等二類，其適用之流量計，前者包括：文氏管式、流孔板式，電磁式、超音波式、面積式及螺旋槳式；後者以巴歇爾或堰式流量計搭配超音波水位量測等。流量計測定處採上流側及下流側配管，且須有足夠長度之直管段，又因安裝流量計所衍生之壓力損失，是否在容許範圍內等，均須列入考慮以選定最適用種類。另為儘量降低計測誤差，實際量測範圍以超過計量刻度之 50%為佳。各種流量計之特性比較如表 6.4。

◆ 退水口

退水口一般設置於管線低窪處，且應於鄰近下水道溝渠處設置制水閥及退水路，以便於修繕期間排空輸水管內剩餘水量。

為輸水管線維修所需，應於適當位置設置退水口。一般於管線低窪處且鄰近河川、污水下水道處設置制水閥及退水路等，俾於修繕期間開啟以排空輸水管內剩餘水量，排出之再生水將導入鄰近之排水溝渠、下水道或河川等(如圖 6.6)。

退水管尺寸應視輸水管尺寸、長度及放流可能性而定，一般採輸水管管徑之 1/4-1/2，且在可能範圍內儘量放大，以縮短退水所需時間。

◆ 管線接頭

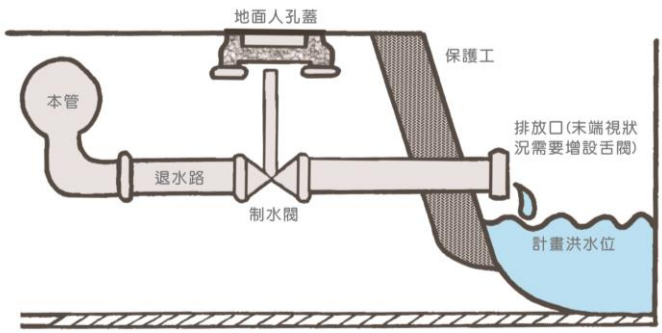
採用接頭型式及耐壓程度應依 CNS 規定辦理。

為增強止漏性，對於管材之接頭型式及管長建議，本手冊提供工程會的綱要規範及污水下水道設計指南之資料供參，如表 6.5 及表 6.6。

表6.4　各種流量計之特性比較

項目	電磁流量計	超音波流量計	文氏管流量計	巴歇爾槽	都卜勒流量計
適用	一般管渠	大、中型管渠	管渠	明渠	管、渠道
量測原理	Farady 原則	依流速之超音波傳播速度	狹口前後壓力能量之減少，並依 Bernouli 定理	狹口之上下水位變化	利用聲波頻率改變量測通過流體量
流量與發信信號關係	與流量成比例	與流量成比例	壓差Δp之平方根成比例	n≒15	與流量成比例
量測精度	±1(%)	±2(%)	±2-3(%)	±4(%)	±2(%)
流速範圍	因廠牌而異，典型使用範圍為 0.1-5 (m/sec)	0.01-20 (m/sec)	較無限制，除了極端範圍外皆可使用	較無限制，除了極端範圍外皆可使用	0.06-10 (m/sec)
適合流體	污水、雨水、污泥、清水	污水、雨水、清水	空氣、污水、雨水、清水	污水、雨水、清水	污水、雨水、清水
所需直徑管長(上游；下游)	10D；5D	10D；5D	(5-10)D；(3-5)D	不適用	10D；5D
固體物及浮渣物之影響	無	影響精度	壓差取出部有阻塞之慮	影響少	影響精度，濃度過高時不適用

型式 I 退水路高於計畫洪水位：



型式 II 退水路高於經常性水位：

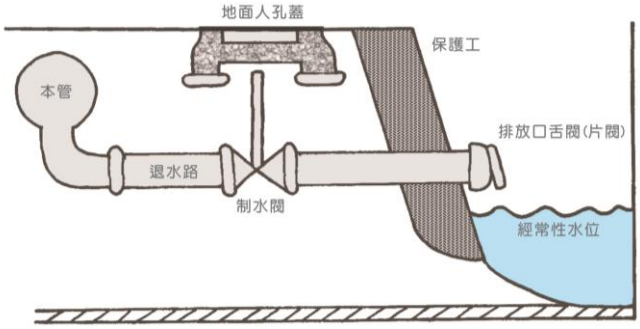


圖6.6　退水設施示意圖

表6.5　建議管材使用之接頭型式及長度表

管材及簡稱	接頭型式	管材長度
鋼筋混凝土管(RCP)	C 型接頭	2.3 m
鋼筋混凝土管(推進施工法用)(JRCP)	Ø900 mm 以下：3S 接頭 Ø1000 mm 以上：T 型接頭	短管：1 m 一般管 3S 接頭：2.4 m 一般管 T 型接頭：2.5 m
鋼襯混凝土管(RCCP)	雙橡膠圈鋼環接頭	6 m
無鋼襯預力混凝土管(PSCP)	S 型接頭	6 m
鋼襯預力混凝土管(PCCP)	Ø1500 mm 以下　外包型 Ø1650 mm 以上　埋入型 雙橡膠圈接頭	6 m
瓷化黏土管(VCP)	橡膠水封元件、聚胺脂水封元件、或聚丙烯套管接頭	短管：1 m 一般管：至少 1.5 m
延性鑄鐵管(DIP)	Ø350 mm 以下：A 型或凸緣型 Ø400 mm 以上：K 型或凸緣型 推進管：U 型接頭	Ø150-250 mm：5 m Ø300-1500 mm：6 m Ø1600-2200 mm：5 m Ø2400-2600 mm：4 m
鋼管(SP)	焊接接頭或凸緣接頭	Ø300 mm 以下：5.5 m Ø350-2600 mm：6 m Ø2700 mm 以上：4 m
不鏽鋼管(SSP)	焊接接頭或凸緣接頭	Ø300 mm 以下：5.5 m Ø350-600 mm：6 m
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑膠管(ABSP)	管網：活套頭 用戶接管：黏接式接頭	短管：1 m 一般管：6 m 或 7 m
高密度聚乙烯塑膠管(HDPEP) 聚乙烯波紋管(CG-PEP)	熔接	6 m 或 12 m
玻璃纖維強化塑膠管(GFRPP)	套管或承插接頭	短管：1 m 一般管：6 m
聚氯乙烯塑膠硬質(PVCP) 玻璃纖維強化塑膠加強聚氯乙烯塑膠硬質管(FRP-PVCP) 耐衝擊硬質聚氯乙烯塑膠管(H-PVCP) 內襯聚乙烯之聚氯乙烯塑膠硬質管(PVC-PEP)	活套頭	短管：1 m 一般管：6 m 或 7 m
硬質聚氯乙烯塑膠蕊層發泡管(CC-PVCP)	放口接頭	6 m 或 7 m

表6.6　CNS 對於管材接頭型式及長度之規定

管材及簡稱		接頭型式		管材長度
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑膠管(ABSP)		活套頭與黏接式二種接頭		無規定
高密度聚乙烯塑膠管(HDPEP)		無規定		無規定
聚乙烯波紋管(CG-PEP)				
聚氯乙烯塑膠硬質管(PVCP)				
玻璃纖維強化塑膠加強聚氯乙烯塑膠硬質管(FRP-PVCP)				
耐衝擊硬質聚氯乙烯塑膠管(H-PVCP)		活套頭		無規定
內襯聚乙烯之聚氯乙烯塑膠硬質管 (PVC-PEP)				
硬質聚氯乙烯塑膠蕊層發泡管(CC-PVCP)		放口接頭		無規定
玻璃纖維強化塑膠管(GFRPP)		含束縛性及束縛性二種接頭		3 m、6 m、10 m、12 m、20 m
延性鑄鐵管(DIP)		包括 K 型、A 型、T 型、U 型、KF 型、UF 型、SII 型、S 型、US 型、PI 型、PII 型、凸緣型，共十二種接頭		Ø100 mm 以下：4 m Ø150-250 mm：5 m Ø300-1500 mm：6 m Ø1600-2200 mm：4 m、5 m Ø2400-2600 mm：4 m
鋼管(SP)	CNS 6568	無規定		Ø300 mm 以下：5.5 m Ø350-2600 mm：6 m Ø2700 mm 以上：4 m
	CNS 13638	無規定		無規定
不鏽鋼管(SSP)	CNS 6331	無規定		無規定
	CNS 13392	無規定		0.5 m 以上
鋼筋混凝土管(RCP)		A 型接頭		1 m、2 m、2.5 m、5 m、6 m
		B 型接頭		1 m、2 m、2.4 m、5 m、6 m
		C 型接頭		1 m、2 m、2.3 m、5 m、6 m
鋼筋混凝土管(JRCP)(推進施工法用)		T 型鋼製接頭		2.5 m
鋼襯混凝土管(RCCP)		雙橡膠圈鋼環接頭		2.5 m、5 m、6 m
無鋼襯預力混凝管(PSCP)		S 型接頭		4.5 m、5 m、5.5 m、6 m
		T 型接頭		2.3 m
		C 型接頭		5 m、5.5 m、6 m
鋼襯預力混凝土管(PCCP)		包括單橡膠圈、雙橡膠圈二種接頭	外包型	5 m、5.5 m、6 m
			埋入型	5 m、5.5 m、6 m、7 m
瓷化黏土管(VCP)		包括橡膠水封元件、聚胺脂水封元件、聚丙烯套管接頭三種接頭		1.5 m、1.75 m、2 m、2.5 m、3 m
		製造廠商之規範		

第 7 章　處理系統

7.1 基本資訊之評估

水再生設施評估項目包括水源特性、用途、處理技術、區域及規模特性、經濟性及社會背景等要素。

廢(污)水經處理後之放流水或經收集至水再生設施處理後，通常提供特定區域(廠內)或特定目的(冷卻水、製程水與鍋爐用水等)使用為主，所以設施所在區域之特性(人口、廠內環境等)將影響再利用的方式與設施的規模(如處理水量、配置、用地面積等)。

◆ 處理系統可靠度

主要處理設備是否具有備用單元以確保處理不中斷，處理效能則需有線上監測儀表與控制系統可即時掌握。

再生水設施設計建造及操作都需要完整系統。再生水的可靠度尚需考慮下述事項：足夠專業知識、備用單元、線上監測儀表與控制系統、警示系統、完善的品質保證計畫、足夠的儲存空間予不合標準的再生水再處理、補充的儲水空間確保水量；工業廢水須有嚴格的前處理程序且有強制條例以避免有害物質排入下水道系統影響再生水性質；另應有完整的操作手冊規範工作人員的義務與責任，以確保再生水系統的可靠度。

◆ 替代的排放設施

水再生設施之產水在實務上無法隨時維持 100% 使用，故有必要規劃過量再生水之替代排放方式。

水再生設施持續運轉的產水可能因用水端的需求改變而無法完全被使用之情形，因此實務上有必要規劃過量再生水之替代排放方式，如地面水排放、注入地下水層及土地的利用(人工溼地)等，若水再生設施為現有污水處理廠之延續，則可以利用既有污水處理廠之放流系統。

7.2 水再生設施之基本需求

無單一處理程序可處理所有物質，應依再生水用途分級水源標的限制，選定各種不同處理單元程序與組合。手冊彙編之常用水再生設施，並非標準程序，實際應用上應再審視水源水質與用水水質並請專業環工技師設計適切之水再生設施。

水再生設施應依其用途考量處理水質需求、設施配置、技術取得之可靠度、操作維護人員習慣及經濟等因素後選擇適當處理程序。

◆ 工業廢水的處理流程建議

水源以工業廢水或經廠內處理設備處理之放流水為限，主要供給工業用水、廠內次級用水及環境景觀用水，處理流程包含過濾及消毒程序。請參見圖 7.1。

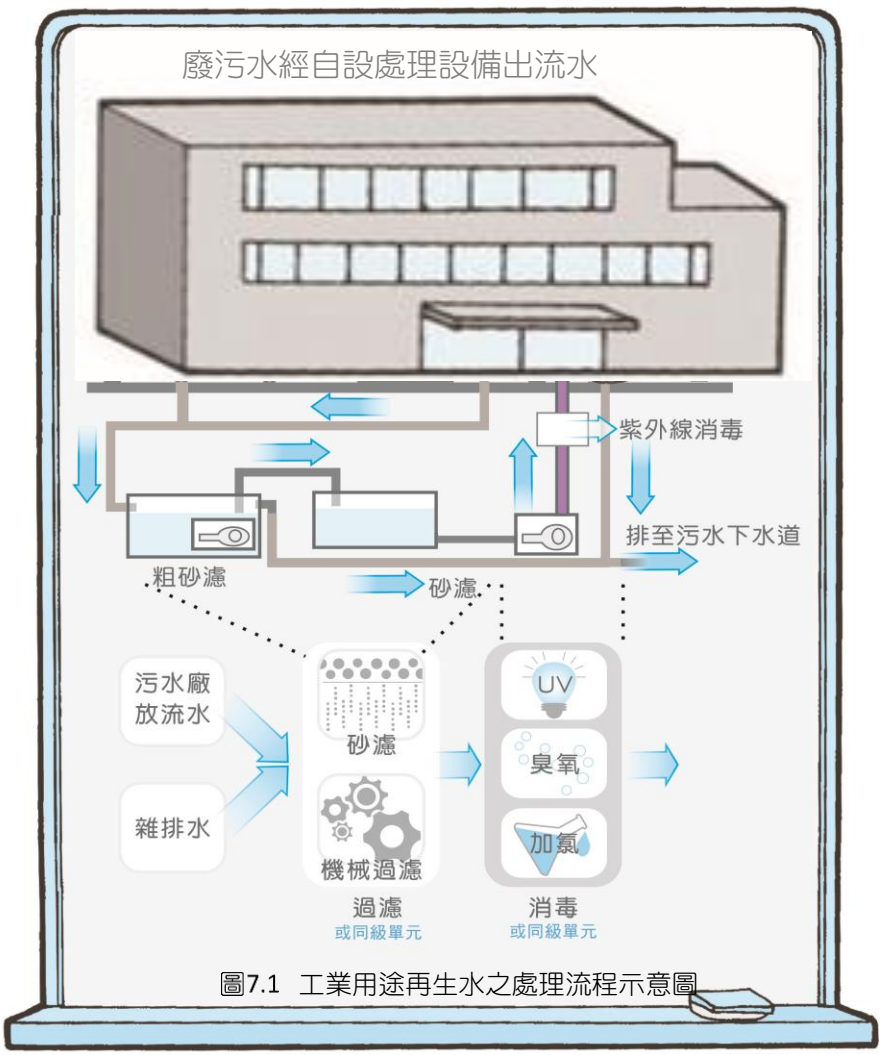


圖7.1 工業用途再生水之處理流程示意圖

水再生設施主要是控制健康風險與用途風險，健康風險可以藉由去除濁度與消毒程序加以控制，而在用途風險方面則須要考量的影響因素相較複雜，依不同工業用途各有其用水水質標準，然如以大都之冷卻與鍋爐用途而論，主要考慮的問題為結垢、腐蝕與生物積垢，影響的主要水質參數包括：磷酸鹽、鈣離子、鎂離子、鐵離子、矽酸鹽、硫酸鹽、總溶解固體、低與高 pH、懸浮固體、氨 (易腐蝕銅質管材)、高氧化價數金屬離子、氯離子、殘餘有機物、氮與磷 (生物養份)等；控制健康風險的主要再生設施有過濾(砂濾、纖維過濾，微濾，超濾)與消毒(加氯、臭氧、UV)；而控制用途風險的再生設施則必須依水源水質與用水水質標準加以專業設計，其中最為困難者為去除結垢離子與腐蝕離子，這必須要應用逆滲透(RO)膜或離子交換或電透析才可以去除總溶解固體及硬度離子，這些單元程序都會增加水再生成本，因此篩選總溶解固體及硬度離子相較為低的都市污水或工業廢水為再生水之水源，是另外一種降低水再生成本及控制用途風險的思考策略。

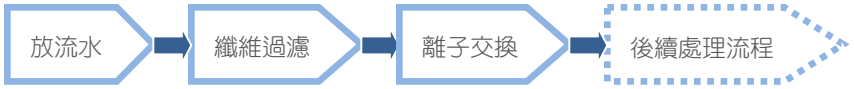
表7.1　主要水質影響議題之處理程序建議表

水質影響議題	影響之主要水質參數	建議處理方法
結垢 (主要形成陽離子與陰離子之低溶解性化學沉澱物如磷酸鈣及硫酸鈣)	磷酸鹽、鈣離子、鎂離子、鐵離子、矽酸鹽、硫酸鹽、總溶解固體、低與高 pH	添加結垢抑制劑、硬水軟化、活性碳吸附、離子交換、電透析、逆滲透
腐蝕 (主要水質參數如氨與管材產生化學反應而侵蝕管材)	溶解與懸浮固體，氨 (易腐蝕銅質管材) 、高氧化價數金屬離子、氯離子、硫酸鹽、低與高 pH	過濾 (對懸浮固體)、中和、脫氨 (如氣提除氨)
生物積垢 (水中微生物再生影響水質與薄膜阻塞)	殘餘有機物，氨與磷 (生物養份)	加氯、餘氯
健康風險 (水中細菌病毒以大腸桿菌群為生物指標)	濁度 (主要去除細菌可能隱藏處) 、大腸桿菌群	過濾、薄膜、加氯、餘氯，臭氧、UV

若水源(假設為經處理之法定放流水)水質須要加強去除懸浮固體，則水再生設施可以考量以下之前段處理流程：

若水源(假設為經處理之法定放流水)水質須要加強去除溶解性有機物，則水再生設施可以考量以下之前段處理流程：

若水源(假設為經處理之法定放流水)水質須要加強去除總溶解固體或硬度離子，則水再生設施可以考量以下之前段處理流程：



本章節彙編控制健康風險與用途風險的常用再生設施，這些再生設施與其組合並非標準程序，也並非保證可以將所有原水處理達到第四章水質標準的組合，實際應用上，建議應再審視水源水質與用水水質，並請專業環工技師設計適切之再生設施。

7.3 過濾

過濾係將水中懸浮與膠體物質分離出來，以防細菌或有害物質隱藏於懸浮固體中，主要功能為將污水濁度降低至符合消毒程序之進水要求，以及在膜處理前將濁度降低之預備性程序。

過濾可將水中懸浮與膠體物質分離出來，以防細菌或有害物質藏於懸浮固體中，如砂濾、纖維過濾等，其主要兩項功能為：(1)將污水濁度降低至 2 NTU 以下，符合消毒程序之進水要求，與(2)於膜處理前，將濁度降低至 0.2 NTU 以下之預備性程序。可依濾速分為慢濾(10 m/d)及快濾(40-310 m/d)，主要是由過濾和反沖洗兩種過程交替循環構成。

◆ 濾料

濾料為決定濾層截流性的重要因素，過濾池利用不同的濾料特性排列而可得更佳的過濾效果；目前使用最廣泛的濾料為石英砂與無煙煤。

濾料的種類、性質、形狀、和級配是決定濾層截流性的重要因素，利用不同濾料特性排列，可得更佳過濾效果，一般設計參數如表 7.2。

表7.2　傳統過濾池之濾料設計參數

濾料	設計參數
單層	有效粒徑(D_{10})為 1-2 mm。 均勻係數(D_{60}/D_{10})為 1.3-1.7。 濾層厚度為 1.5-1.8 m。
級配濾料	大多分為五層，粒徑由頂層小於 0.025 cm 至底層 2.54-5.08 cm。

◆ 砂濾

砂濾設計水量原則上是以最大日再生水量設計，濾速依進水與出水水質、SS 去除能力及過濾持續時間決定，操作上應注意反沖洗時間與頻率。

砂濾依不同過濾機型有不同的適用範圍與欲去除的物質，其設計參數需依各過濾形式不同而規劃設計，表 7.3 為傳統過濾池的設計參數。一般過濾池之反沖洗形式為反沖洗系統、表面沖洗系統、空氣洗淨系統之組合如圖 7.5 與表 7.4。砂濾之操作維護要項於一般情況下需注意反沖洗時間與頻率，損失水頭及出水濁度應控制在適當範圍內；特殊情況則包括砂濾料跟水一起排出砂濾系統(集水系統問題)、過濾週期短(過濾器不夠大或砂子堵塞)、正常運作下出流水質不佳(砂濾料流出阻塞)。

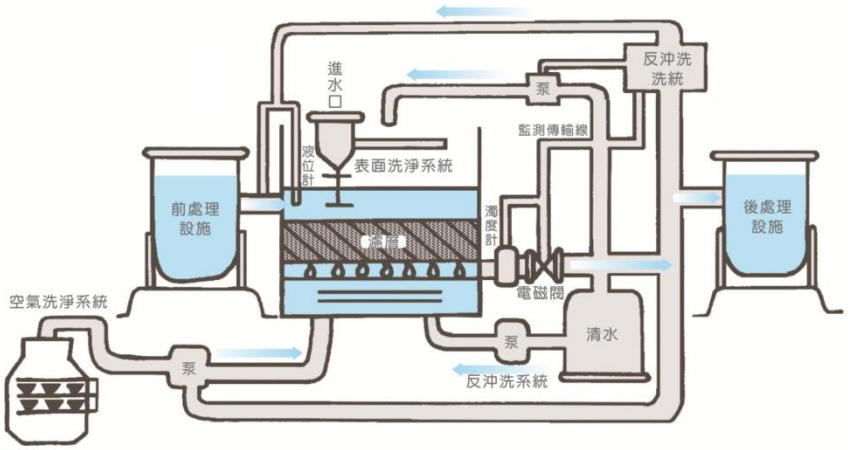


圖7.2　砂濾程序

表7.3　一般過濾單元設計參數

過濾方式	設計量	濾速 (m/h)	濾層結構			反沖洗方式與速度 (m/min)	總損失水頭 (m)
			種類	有效粒徑 (mm)	厚度 (cm)		
向上流 重力式	最大日	12.5 m/h	濾砂 礫石 (底層)	1 2-3 4-6 8-12 20-30 -	1.5 20 20 20 10 0.7	向上流 0.17-0.78	3
重力式 或 壓力式向下流	最大日	12.5 m/h	無煙煤 砂 礫石 (底層)	1.5-2 0.5-0.8 2	共 60-100 25 以上	向上流 0.6-1.0	3

表7.4　傳統過濾池之反沖洗設計參數

濾料	設計參數
反沖洗系統	1.沖洗強度：0.78-0.96 m^3/m^2-min。
	2.沖洗時間：平均 6-10 min。
	3.需水量：過濾水量之 1-5%，典型為 2-3%。
表面沖洗系統	1.沖洗強度：0.0204 m^3/m^2-min。
	2.沖洗時間：平均 1-2 min。
空氣洗淨系統	1.沖洗強度：1 m^3/m^2-min。
	2.沖洗時間：平均 2 min。

◆ 機械篩濾

固液分離處理效果為 10-80%，適用於大水量、場地受限之處理廠。採微篩機可去除液體中之非溶解性物質，將濁度降至 0.2 NTU 以下，作為膜處理之前的預備性程序。

將原水經機械過濾去除較細微的固體雜質，使原水濁度降低至 2 NTU 以下，以減少後續處理單元的負荷，符合消毒程序之進水要求，亦可將濁度降至 0.2 NTU 以下作為膜處理之前的預備性程序。一般機械篩濾可分為網篩機與微篩機，網篩機因濾網孔徑 50-80 mesh(0.30-0.18 mm)較大通常適用於污水處理；微篩機則用於三級處理與高級處理，可去除液體中之非溶解性物質，例如非水溶性的 BOD 和 COD。

微篩機濾網孔隙約 100-500 mesh (150-25μm)。篩濾濾布與機型的選用必須針對其操作壓力、酸鹼值、過濾效果、卸渣性、操作條件及不可釋出影響水質物質等條件為主要依據，表 7.5 為各種濾布比較。操作上主要注意事項為水頭損失、濾桶轉速、濾桶淹沒比例、噴射流洗淨壓力等，其設計參數如表 7.6 所示。依動力形式分為迴轉式微篩機及碟式微篩機。

表7.5　篩濾之各種濾布比較

濾材			性能
紡織濾布	紗線	單絲	表面光滑，孔隙單純，堵塞性最低，易清洗，卸渣性佳，但不宜用於精密過濾及粒徑分布廣之過濾。
		複絲長纖	抗拉強度佳，顆粒截留性較單絲佳，卸渣性稍差。
		短纖	顆粒截留性佳，孔隙易被阻塞，清洗困難，卸渣性差。
	織法	平紋	孔隙小，顆粒截留性佳，壽命長，價格低，易堵塞，卸渣性差。
		緞紋	孔隙最大，不易堵塞，卸渣性佳，顆粒截留性低，過濾效果差。
		斜紋	性能居中，抗磨擦性強，濾速大，壽命長，最為廣泛使用。
合成纖維濾氈	聚丙烯		耐酸、鹼、腐蝕性佳，彈性佳，價格低，洩渣性佳，吸濕性低。
	聚酯纖維		在乾溼狀態下穩定性最好，彈性佳，吸濕性低，吸濕強度不變，易乾，抗化學性佳，不耐強鹼。
	尼龍		在乾溼狀態下強度高，壽命長，耐磨性佳，熱穩定性佳，但在酸性液體中只有在常溫下對弱酸性液體才具穩定性。
	聚氯乙烯		對酸、鹽類、礦物油、微生物有穩定性，但會被氧化劑、鹼破壞，卸渣性佳。
	金屬纖維燒結氈		強度高，結構穩定，孔隙濾高，表面積大，孔徑分布均勻，過濾效果佳，壓力損失小，流量大，若要增加過濾面積可用焊接加工。

表7.6　機械過濾設計參數

項目	範圍
孔徑	10-60 μm
濾速	15 m/h
水頭損失	8-15 cm
濾桶浸沒比例	高度：70-75%　；面積：60-70%
濾桶轉速	(1)當水頭損失 7.6 cm：轉速為 4.6 m/min (2)當水頭損失 15.2 cm：轉速為 35.1-45.7 m/min
噴射流洗淨壓力	3.5-11.7 kPa

◆ 纖維過濾

利用水流壓力壓實纖維，藉以攔截去除水中懸浮物質及非溶解性固體。具過濾阻力低，其濾速可達 1000 m/d 以上，所需反沖洗時間較短及減少反沖洗用水等特點。

纖維過濾是利用水流壓力使纖維濾層呈壓實狀態，藉由纖維對懸浮物質及非溶解性固體的攔阻作用以達到去除效果。以日本高速纖維過濾(FIBAX)為例，過濾時水流自上而下推動纖維束，使纖維壓實以過濾原水，反洗時水流自下而上，拉直纖維束使濾層疏鬆，再配合壓縮空氣實施反洗如圖 7.6。表 7.7 為高速纖維濾材規格。

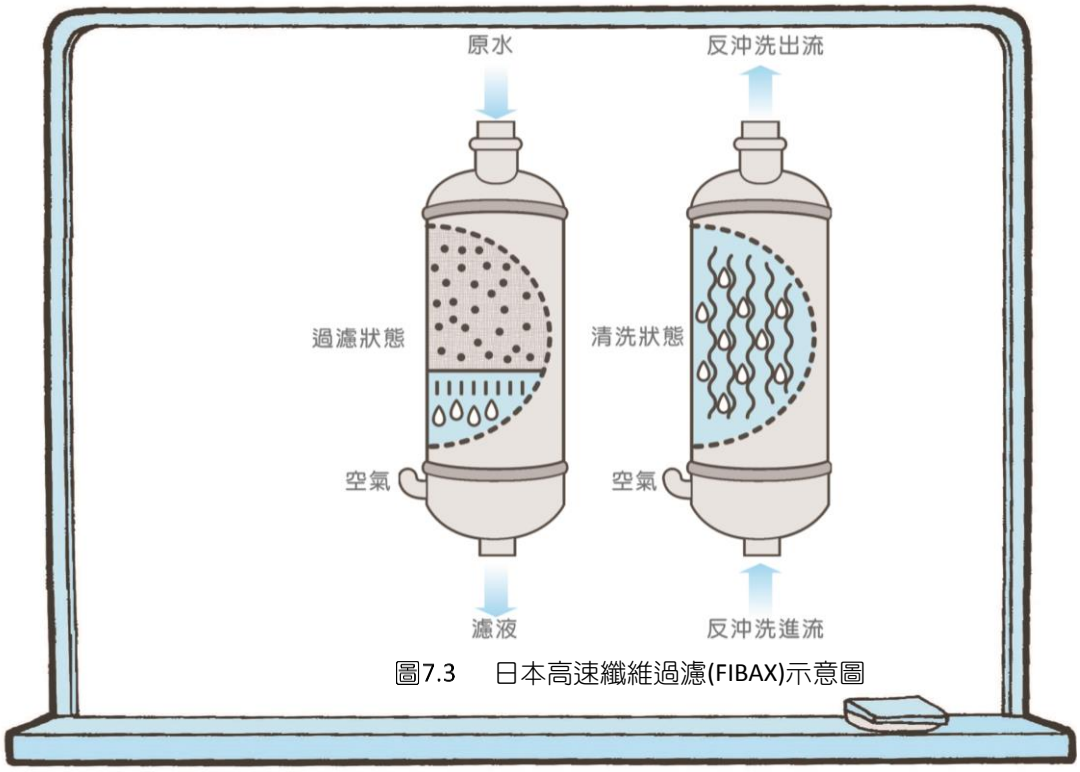


圖7.3　日本高速纖維過濾(FIBAX)示意圖

表7.7　高速纖維過濾(FIBAX)之濾材規格

項目	規格
材質	丙烯酸系纖維(壓克力棉)
纖維直徑	43 μm
纖維長度	1000-1500 mm
孔隙率	9%
比表面積	5000-11000 m^2/m^3

(來源: water re-use promotion center, Japan)

7.4 薄膜技術

薄膜技術程序(membrane process)可分為：微濾(mircofiltration, MF)、超濾(ultrafiltration, UF)及逆滲透(reverse osmosis, RO)薄膜。

以薄膜孔徑大小或分子量截除率(molecular weight cut-off, MWCO)及應用壓力範圍作為區分，MF 膜及 UF 膜屬於低壓膜過濾程序，RO 膜屬於高壓膜過濾程序，如圖 7.7，低壓膜中以大於 0.05 μm 孔徑者為 MF，孔徑介於 0.002-0.05 μm 為 UF，而孔徑小於 0.001 μm 則為高壓膜逆滲透膜(RO)。

薄膜技術常應用於生活污水再生利用、高階用水再生利用及工業廢水再生利用等用途，低壓膜過濾程序能過濾廢(污)水中懸浮固體、膠體粒子、細菌及病毒等，高壓膜程序主要能過濾污水中特殊物質如:三鹵甲烷、重金屬(砷、鉛等)、總溶解性固體及離子等。薄膜技術之模組分類請參見表 7.8。

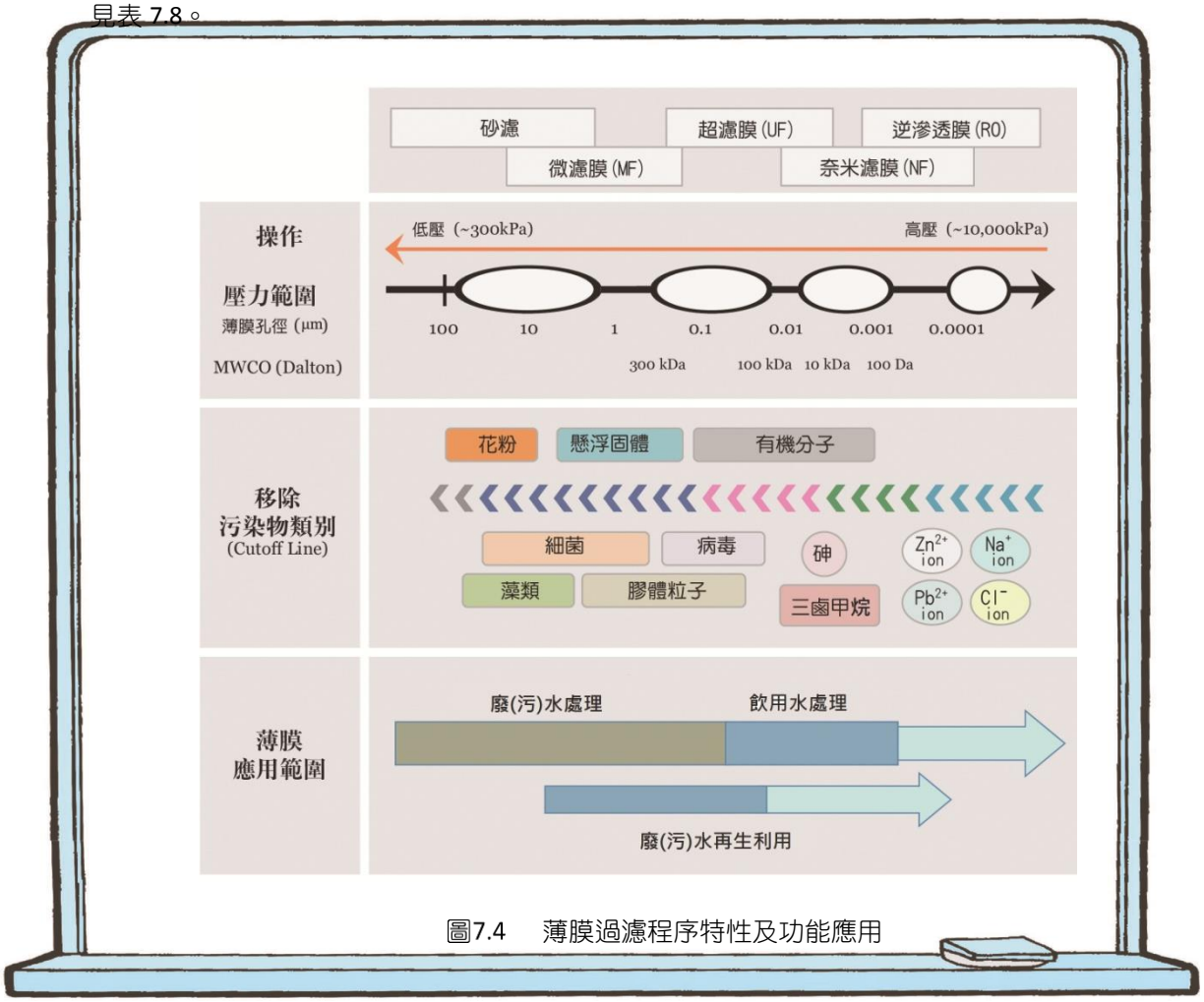
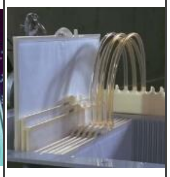


圖7.4　薄膜過濾程序特性及功能應用

表7.8　薄膜技術之模組分類

薄膜技術分類	沉浸式中空纖維膜 (Submerged Hollow Fibers)	沉浸式板框膜 (Submerged Plate & Frame)	外掛式加壓中空纖維膜 (Pressurized Hollow Fibers)	管狀式陶瓷膜 (Tubular Ceramic Membrane)	螺旋式膜 (Spiral Wound Membrane)
薄膜型式					
應用薄膜	MF/UF	MF	MF/UF	MF	UF/NF/RO
操作型式	沉浸式真空負壓操作/由外而內抽取過濾操作(Suction)	沉浸式真空負壓操作/由外而內半掃流過濾操作 Semi-Cross Flow)	外掛式正壓掃流/負壓抽取過濾操作 (Cross Flow/Dead end)	外掛式正壓掃流過濾操作 Dead end)	外掛式逆滲透過濾操作
水處理應用	都市/工業廢(污)水回收處理/三級處理	都市/工業廢(污)水回收處理/三級處理	自來水處理/都市/工業廢(污)水處理	都市/工業廢(污)水處理/自來水處理	自來水處理/高階用水回收/海水淡化

◆ 薄膜規格

微濾膜(MF membrane)

MF 處理後水質可作為廢水再生利用或作為高階水再生逆滲透膜之前處理程序，可攔截污水中細菌、膠體及懸浮固體等污染物。

MF 之處理機制為利用微孔徑(> 0.05 μm)分離污染物及純水，主要的分離及過濾機制為攔截篩除，可攔截污水中粒徑約為 1 μm 的污染物，例如細菌、膠體及懸浮固體等。微濾膜(MF)之過濾功能請參見表 7.9。

表7.9 微濾膜(MF)之過濾功能

水質參數	進流濃度 (mg/L)	出流濃度 (mg/L)	去除率 (%)	平均去除率 (%)
TOC	10-30	10-15	45-65	57
BOD_5	10-30	< 2-10	75-90	86
COD	25-150	15-50	70-85	76
懸浮固體	10-50	< 0.5	95-98	97
總溶解固體	500-620	500-620	0-2	0
NH_3-N	20-40	20-35	5-15	7
NO_3^--N	< 1-5	< 1-5	0-2	0
PO_4^{3-}	5-10	5-10	0-2	0
SO_4^{2-}	90-120	90-120	0-1	0
Cl^-	90-115	90-115	0-1	0
濁度	2-50 NTU	0.08 NTU	>99	> 99

超濾膜(UF membrane)

UF 特性與 MF 類似，在細菌、膠體、懸浮固體及濁度等去除率皆優於 MF，處理後水質也可作為廢水再生利用或作為高階水再生逆滲透膜之前處理程序。

UF 對於水中污染物的分子量移除主要針對在 1-1,000 kDa 範圍，正好得以應用在去除水中大分子溶解性有機物、懸浮固體、膠體和細菌等，其特性與 MF 接近，去除原理機制以篩除、攔截為主。

逆滲透膜(RO membrane)

RO 主要應用於高階用水再生利用及工業廢水再生利用，主要針對水中總溶解性固體、導電度離子及化學物質去除。

RO 為濾水高階薄膜，孔徑約為 0.001 μm 以下，其能有效去除總溶解固體、導電度離子及化學物質等，應用於水再生利用時，其水質可符合高階用水及工業用水如鍋爐及冷卻用水(系統水)等水質標準。逆滲透膜(RO)之過濾功能請參見表 7.10。

◆ 薄膜膜片型式

薄膜膜片依使用型式可區分為螺旋式薄膜、平板式薄膜、中空纖維薄膜和管柱型薄膜。

螺旋式薄膜為將平面式薄膜以同心圓方式捲成圓筒型，每層間均隔網予以支撐，此構造最大優點為增加過濾表面積，增加滲流量和產水效率，唯獨不適合應用於黏稠性高的進流液，易造成支撐網的孔隙阻塞。

平板式薄膜構造上是將一平面薄膜置於上下板框中，底部置一可滲水材料片，作為支撐薄膜使用，常見之模組外觀為長方形或圓形。

表7.10　逆滲透膜(RO)之過濾功能

水質參數	進流濃度 (mg/L)	出流濃度 (mg/L)	去除率 (%)	平均去除率 (%)
TOC	10-15	< 0.5	85-90	>94
BOD_5	< 2-10	< 2	30-60	>40
COD	15-50	< 2	85-95	>91
懸浮固體	< 0.5	0	95-100	>99
總溶解固體	500-620	10-20	90-98	>98
NH_3-N	20-35	1-3	90-98	96
NO_3^--N	< 1-5	0.08-3	65-85	96
PO_4^{3-}	5-10	0.1-1	95-99	99
SO_4^{2-}	90-120	0.5-0.7	95-99	99
Cl^-	90-115	0.9-5	90-98	97
濁度	0.08 NTU	0.03 NTU	已非常低	已非常低

中空纖維薄膜其單一中空纖維薄膜的內徑多為 0.1-3 mm，整體構造依需求將數十至數百根單一中空纖維薄膜集合成一束，單束纖維膜外層已有加強支撐力構造，使膜管較不易破損。

管型薄膜其構造上與中空纖維薄膜類似，由單管、多管束或多通道組成，可應用於懸浮固體濃度和黏稠性高的溶液，在材質方面，以二氧化鋯及氧化鋁所組成，使用上具有耐高溫、強酸、強鹼及重複使用性高等優點。

◆ 薄膜操作型式

薄膜操作型式上可分為沉浸式中空纖維膜或板框膜、外掛式加壓中空纖維膜、管狀式陶瓷膜及螺旋式薄膜等五種。

沉浸式中空纖維膜及沉浸式板框膜，特性為中空負壓抽取，中空纖維膜其過濾型式如圖 7.8 為沉浸式過濾型式，將薄膜沉浸於廢(污)水中從外朝薄膜內側過濾。板框式薄膜過濾型式為半掃流式過濾操作，其操作型式及板框膜片如圖 7.9，其過濾特點為廢(污)水從薄膜兩側掃流至膜內部過濾亦稱為半掃流過濾。

外掛式加壓中空纖維膜為利用泵浦加壓方式將污水從薄膜內側向外或由外而內擠壓過濾得到產水，應用上多以處理低濁度原水，過濾型式可分為終端過濾及掃流過濾兩種。終端過濾將原水直接過濾成產水，無濃水端排出，如圖 7.10；掃流過濾為利用進流水在一定掃流速度下，將水過濾分為濃縮水及產水兩端，藉由濃縮水的持續流動，減少污染物在薄膜上的沉積，如圖 7.11。

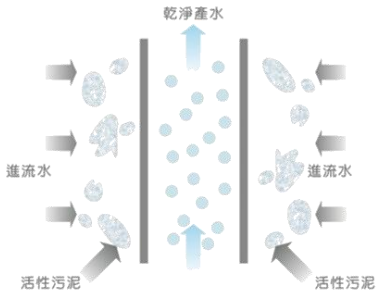


圖7.5　沉浸式中空纖維膜

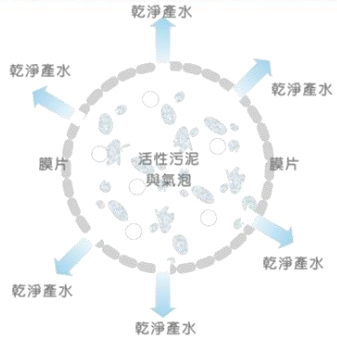


圖7.6　沉浸式板框膜

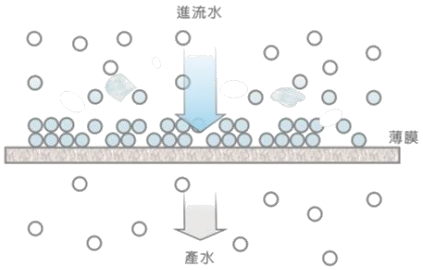


圖7.7　終端過濾

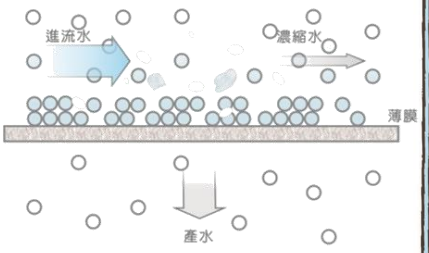


圖7.8　掃流過濾

管狀式陶瓷膜為無機材質型式薄膜，其薄膜材質為無機物氧化鋁或二氧化鈦，使用上較有機性材質薄膜不易損壞，使用年限長，在淨水處理上較能處理高濁度之原水，且濾程較有機性薄膜長，過濾水量也較大；設置成本較有機性薄膜昂貴，膜管內部構造為管狀式孔道所組成，多孔道設計可提升薄膜過濾水量，其相關過濾膜管及膜組參見圖 7.12。

螺旋式薄膜常應用於高壓膜中，如圖 7.13 為 RO 膜過濾型式及膜組圖，隔網置於膜片中間以提升過濾效能，過濾分為濃縮水及滲流產水兩通道，行掃流過濾，膜管中間為經過濾後滲流產水通道，其中膜面材質及隔網設計易影響其產水效能。

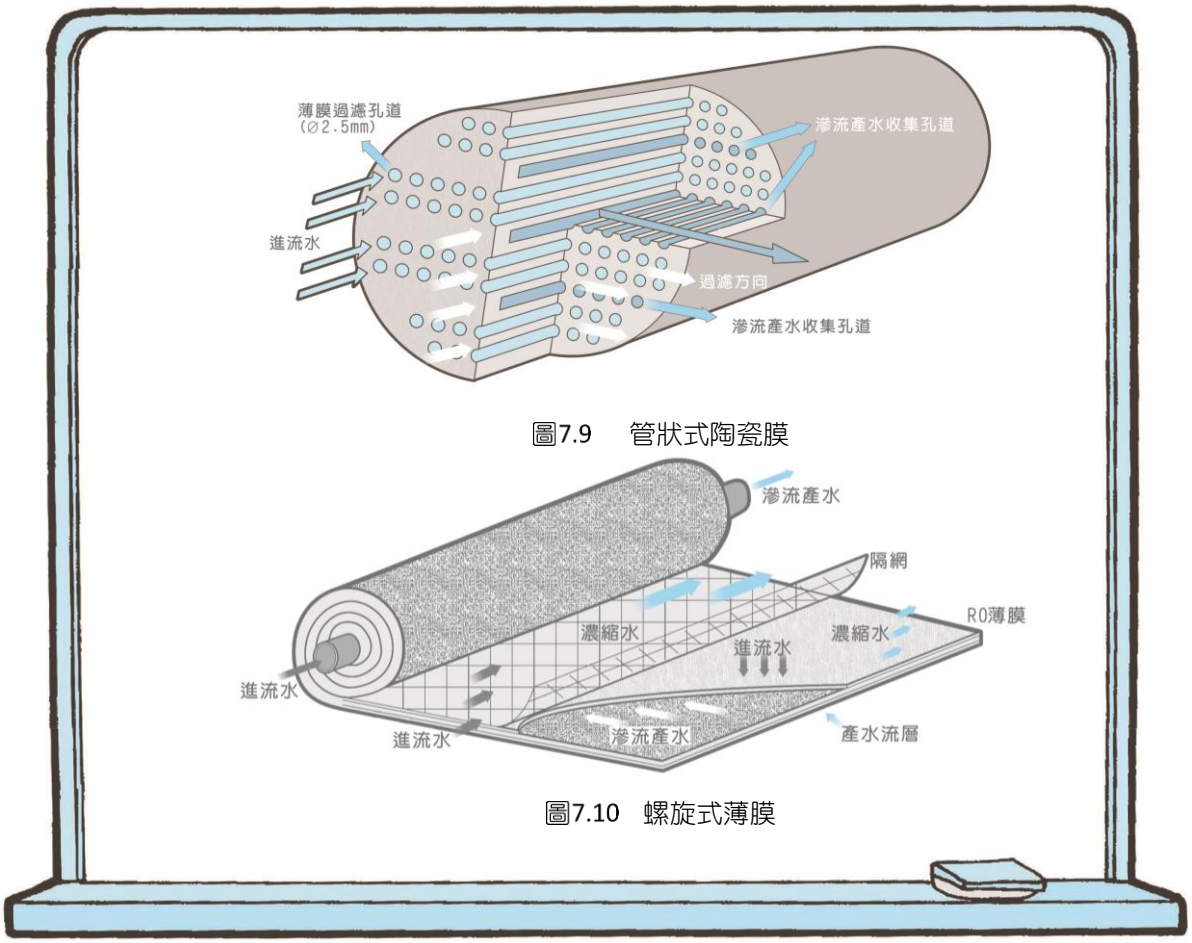


圖7.9　管狀式陶瓷膜

圖7.10　螺旋式薄膜

◆ 模組系統設計

薄膜程序(membrane process)之模組系統設計，依據不同的水處理程序及產水水質要求，結合不同前處理程序，俾利膜過濾程序發揮最佳操作及產水效能。

薄膜前處理程序一般以物理/化學處理方法為主，物理方法以預先去除水中較薄膜孔徑大之顆粒或膠體，減少薄膜操作上結垢生成及薄膜損壞問題，而化學處理方法主要以吸附、混凝、膠凝及沉澱作用機制降低污染物質濃度減少薄膜結垢發生，彙整各前處理程序如表 7.11。

表7.11　薄膜前處理程序彙整表

技術種類	去除機制	去除物質	操作注意事項
物理篩除過濾	篩除、攔截	顆粒、SS、濁度、無機顆粒	反洗裝置
化學混凝膠凝	混凝、膠凝、沉澱	SS、濁度、膠體、無機物質	加藥量 沉澱浮除
聚合物	混凝、沉澱	SS、濁度、膠體、有機物	加藥量 沉澱浮除
pH 值調整	沉澱反應	碳酸鈣、鎂等鹽類	-
漂水 NaOCl	混凝沉澱、殺菌	微生物、有機物	ORP 值
玻璃纖維	攔截	水中較粗顆粒、污泥、懸浮物質等	過濾孔徑 壓損
活性碳	吸附	水中異色、異味、有機化學物質	顆粒大小 材質選擇
樹脂	離子交換	軟化硬水、去離子	處理容量 再生時間 再生使用物質

低壓膜程序系統設計

低壓膜程序系統在設計上主要考慮以前處理程序移除部分濁度及懸浮固體物，以減緩薄膜結垢及延長薄膜操作效能，低壓膜進流水質限制方面，通常懸浮固體物需小於 50 mg/L，濁度小於 500 NTU。

低壓膜程序系統設計，由於薄膜型式及規格種類及功能眾多，多以產水水質、產水通量、膜操作壓力範圍及進流水質限制等作為系統設計考量，表 7.12 為各廠商低壓膜之參數與操作條件，可做為設計時的參考。

表7.12　低壓膜操作設計參數

薄膜廠		A 廠	B 廠	C 廠
薄膜類型		微濾膜	超濾膜	超濾膜
薄膜型式		沉浸式 板框式	沉浸式 中空纖維膜	沉浸式 中空纖維膜
薄膜材質		Chlorinated Ethylene	PVDF	PVDF
薄膜孔徑(μm)		0.4	0.01	0.04
平均產水通量(L/m²-h)		12-25	42-83	18-40
膜操作壓力範圍(-kPa)		5-10	100	90
最高操作溫度(℃)		-	40	40
操作 pH 值範圍		-	1-10	5-9.5
進流水質限制	濁度(NTU)	-	間歇性最大值: 200 連續性最大值: 50	< 5
	懸浮固體(mg/L)			< 50

高壓膜程序單元設計

高壓膜程序系統以前處理程序(通常為 MF/UF)移除濁度物質，避免高壓膜產生損傷及結垢發生降低效能，操作上以粉泥密度指數 SDI 為重要考量因子，一般 RO 進流之 SDI_{15} 應小於 5。

同低壓膜系統，高壓膜在系統設計上須考慮所需的處理水量、進流水水質、出流水水量和水質，高壓膜系統對結垢的行為控制上，前處理為重要考量因子，以避免高壓膜產生損傷及結垢發生降低效能。操作上常配合粉泥密度指數 SDI-(silt density index ASTM D-4189)值做為進流水水質是否影響 RO 過濾效能的評估指標，亦可代表 RO 之薄膜結垢指標。請參考不同廠牌高壓膜之各項參數及進流限制規定如表 7.13。

表7.13　高壓膜進流水質限制

薄膜廠	D 廠		E 廠	
尺寸(inch)	4×40 (4040)	8×40 (8040)	4×40 (4040)	8×40 (8040)
最大進水流量(m^3/h)	3.6	17	3.6	19
最小濃縮水排放量(m^3/h)	0.7	2.8	-	-
產水量及操作壓力	8.5 CMD @ 1.03 MPa	34 CMD @ 1.03 MPa	9.1 CMD @ 1.6 MPa	44 GPD @ 1.6 MPa
最高溫度℃	45	45	45	45
pH 範圍	3-10	3-10	3-10	2-11
最高濁度(NTU)	1	1	-	-
最大(SDI_{15})	5	5	5	5
最大餘氯濃度(mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1
膜元件濃縮水與產水流量最小比	5:1	5:1	-	-

高壓膜程序系統設計

高壓膜在處理技術上利用不同的單元配置及操作型式達到系統設計之回收率及水質，且須設計防止生物結垢單元來避免系統效能降低。

高壓膜在處理技術上會利用不同的單元配置及操作型式達到系統設計之回收率及水質，其系統可分為單段、多段及多級系統，將多支薄膜元件並聯稱為單段系統，對較大流量的進流水，可藉由此來分擔水量，在回收率方面，一般還會於壓力容器內串聯多支膜元件以提昇回收率。多段系統為將第一段系統濃縮水作為下一段之進流水，來提高系統回收率，壓力容器內多支膜元件串聯下，兩段系統回收率約 50-70%、三段約 75-90%。多級系統為將產水再經第二級系統處理，提高產水的品質，應用上可將部分一級產水用於水質需求較低之用途，剩餘部分進入二級系統。濃縮水可回流至一級的進流水，藉以提高回收率。

◆ 生物結垢控制

薄膜結垢問題

薄膜程序之膜結垢一直為薄膜操作之效率與成本問題，理解膜結垢生成機制與預防膜結垢清除技術，對於薄膜技術應用當有莫大之助益。

薄膜結垢依種類可分為有機性結垢、無機性結垢及生物結垢。有機性結垢由水中有機質造成，特別是天然溶解有機質與膜面或膜內孔徑間的吸附與阻塞作用，積久易轉變形成不可逆結垢，造成不可回復滲流衰減。

無機性結垢由陽離子在膜面形成沉澱物或是無機性膠體顆粒在膜面沉積，常造成 MF/UF 處理程序中結垢問題，而鈣鎂化合物和二氧化矽則常造成逆滲透系統結垢問題，係因水中碳酸鈣或其他金屬沉澱物濃度已超過飽和濃度而結晶沉澱並造成薄膜孔徑阻塞。

生物結垢為細菌生物在膜面生長累積而形成，而細胞外聚合物之化學組成與物理分子量分佈為影響 MBR 薄膜生物結垢之重要因素之一，胞外聚合物質(extracellular polymeric substances, EPS)為微生物所分泌，具高分子量之生物凝聚物，EPS 組成大致上認為係由蛋白質、多醣類、碳水化合物、脂肪和核酸組成。

控制方法

生物結垢主要是利用前加氯的方式來控制，一般於調勻池前加氯 5 mg/L，並在進入 RO 薄膜前控制餘氯的濃度小於 0.1 mg/L，避免薄膜損害。

生物結垢為回收再利用系統中常見操作問題，細菌及微生物於系統中附著介質生長累積形成，常造成處理單元如預濾器及薄膜系統阻塞而影響產水效能。

控制方法主要採加氯及餘氯胺控制，因污水經二級處理後之放流水中一般含有氨濃度約 1-3

mg/L，可於調勻池前加氯 5 mg/L 以控制生物結垢於薄膜前處理預篩器形成，估算 2-3 mg/L 氯會被有機物消耗，2-3 mg/L 會和氨反應成為氯胺(chloramines)，經過 MF 過濾系統的氯胺濃度消耗降至 1-2 mg/L，而 RO 系統進流液需控制氯胺濃度在 2 mg/L，以預防生物結垢於 RO 系統中生成。此外，因餘氯會破壞 RO 薄膜，建議餘氯值< 0.1 mg/L 來避免薄膜損害，一般以加入亞硫磺酸鈉(SBS)進行除氯，故控制餘氯濃度及亞硫酸氫鈉對於 RO 系統穩定性相當重要。對於在薄膜系統中已形成的生物積垢，則需配合適當薄膜清洗操作維護程序來加以處理。

7.5 常見處理方式

1.薄膜生物處理

薄膜生物反應器(membrane bio-reactor, MBR)為利用生物活性污泥單元結合薄膜過濾程序，其特點為利用薄膜程序取代沉澱池達固液分離效果以提升出水水質。

薄膜生物反應器 MBR 為利用生物活性污泥(biological treatment process)處理單元結合薄膜過濾(membrane filtration)系統程序，其特點為利用薄膜程序取代沉澱池以達固液分離效果(如圖 7.14)，在污水處理應用上多以都市/工業廢(污)水、三級(tertiary)處理或回收為主。MBR 系統具有提高活性污泥濃度、佔地空間小及處理效率高等優點而受到廣泛應用。

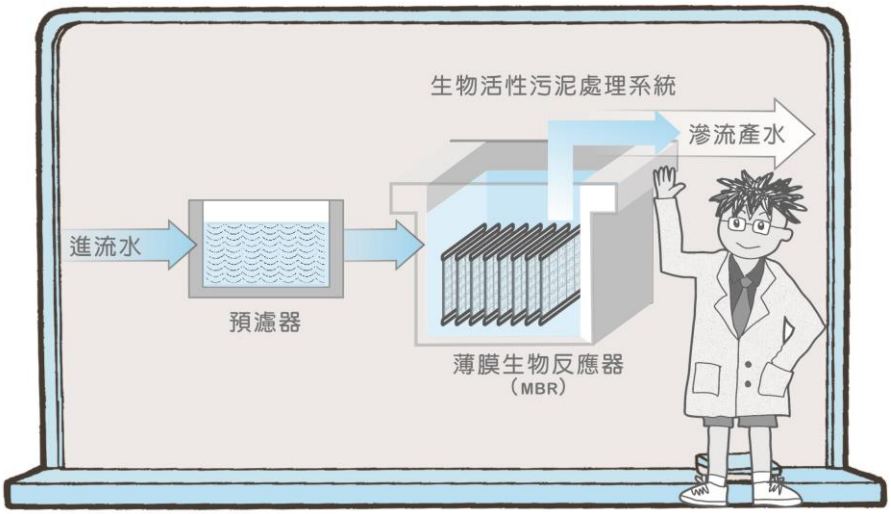


圖7.11　薄膜生物反應器系統

其操作型態以沉浸式(submerged)薄膜過濾為主，亦有外掛式(cartridge)薄膜，薄膜設備型式以板框(plate and frame)膜及中空纖維(hollow fibers)膜，因系統結合生物活性污泥處理程序，故 MBR 系統操作上有衍生薄膜積垢(fouling)、薄膜阻塞及滲流率衰減(flux decline)之現象與問題。在操作與維護上，需考量生物處理程序及不同薄膜設備及操作實施方式，以達到較佳操作維護效能。

◆ 板框式薄膜生物反應器

過濾方式為污水從薄膜兩側掃流至膜內部過濾，操作中利用曝氣作用帶動水流，使懸浮液在薄膜表面產生橫流剪力作用而減輕結垢產生，使薄膜的滲透通量穩定。

板框式薄膜生物反應器(圖 7.15)操作型式之過濾特點為污水從薄膜兩側掃流至膜內部過濾，亦稱為半掃流過濾(semi-cross flow)。利用空氣曝氣作用(aeration)以氣泡流動帶動水流，使懸浮液在薄膜表面產生橫流剪力作用而減輕結垢現象的產生，使薄膜的滲透通量穩定，延長薄膜使用壽命，進而降低操作維護成本，達成放流標準需求。表 7.14 為 T 廠牌板框式 MBR 建議之進流水質

限制條件，由於進流水質限制值可穩定薄膜操作狀態，因此其規範以濁度(turbidity)小於 25 NTU、BOD 小於 130 mg/L 及 TN 小於 56 mg/L，以發揮最佳 MBR 處理效能。

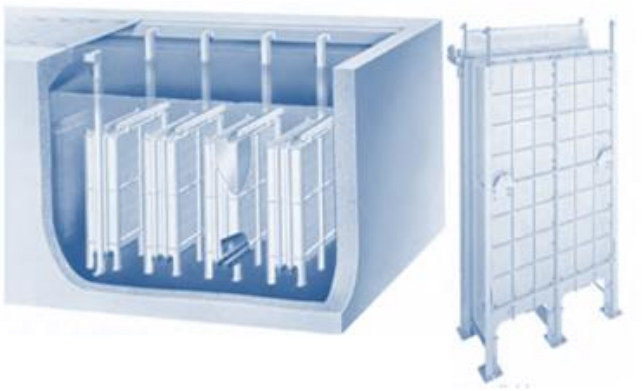


圖7.12　板框式薄膜生物反應器

表7.14　板框式 MBR 進流水質限制及操作設計參數

T 廠牌-板框式 MBR			
進流水質限制		生物處理系統設計參數	
COD (mg/L)	290	MLSS (mg/L)	7,000-18,000
BOD (mg/L)	130	DO (mg/L)	＞1.0
TP (mg/L)	6.5	pH	6-8
Turbidity (NTU)	25	污泥黏滯度（ MPa - s ）	＜250
TN (mg/L)	56	水溫(℃)	15-40
		過濾流速(m^3/m^2-d)	＜0.75

◆ 中空纖維薄膜生物反應器

利用泵浦以中空負壓抽取(suction)操作將廢(污)水從外朝薄膜內側過濾(outside-in)，或利用阻塞過濾方式(dead end)將廢(污)水從內而外過濾。

中空纖維膜薄膜(圖 7.16)應用原理係利用泵浦以中空負壓抽取(suction)操作，將薄膜沉浸於活性污泥反應槽中，廢(污)水從外朝薄膜內側過濾(outside-in)如圖 7.8，或將活性污泥槽中上層液以泵浦抽送至外掛式(cartridge)薄膜模組中過濾，利用阻塞過濾方式(dead end)將廢(污)水從內而外過濾。

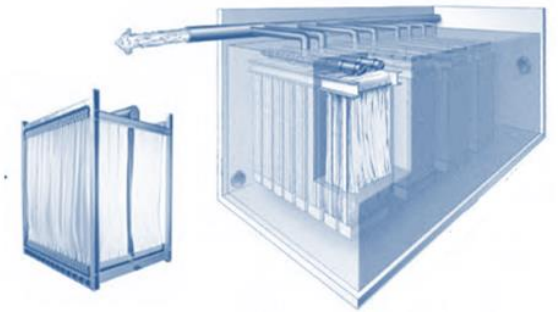


圖7.13　中空纖維薄膜生物反應器

表 7.15 為 G 廠牌參考之 MBR 生物系統設計建議值，設計參數包含有：混合液懸浮固體(MLSS)值、食微比(F/M ratio)、污泥停留時間(sludge retention time, SRT)等生物系統設計參數，此為建議之系統操作條件範圍，在此操作範圍內可有穩定之出流水水質。

表7.15　MBR 生物處理系統設計值和出流水水質

G 廠牌中空纖維膜			
MBR 系統設計值		MBR 系統出流水水質	
參數	設計值	參數	出流水
污泥停留時間-SRT(day)	＜10	BOD (mg/L)	＜5
MLSS (g/L)	8-12	TSS (mg/L)	＜5
MLSS Max. (g/L)	18	NH_3-N (mg/L)	＜1
Alpha factor	0.55	TN (mg/L)	＜10
F/M ratio Max.	0.3/0.15	TP (mg/L)	＜0.1
(kg BOD/kg MLSS*day)		Turbidity (NTU)	＜0.5
污泥迴流比	最低值:	Fecal Coliform	＜10
	每日最高流量之四倍	(CFU/100 mL)	
		SDI	＜3

◆ 國內工程實例

生活污水採國內 H 大學生活污水 MBR 系統為例；工業廢水則以面板產業 J 公司為例。

H 大學生活污水回收再生設施為國內第一座生活污水 MBR 系統，其原水來源為學生及教師上課、活動、住宿及使用衛生設備時所產生之一般生活污水，其設計參數如表 7.16。

面板產業 J 公司將生產機台排放之有機廢水以沉浸式 UF 薄膜之 MBR 處理，再經 RO 程序做為冷卻水循環用水和洗滌塔用水，產水端為製程用水使用，其設計參數如表 7.17。

表7.16　國內 H 大學生活污水 MBR 系統設計參數及出流水水質

MBR 系統設計值		MBR 系統出流水水質	
參數	設計值	參數	出流水
處理水量(CMD)	1200	BOD (mg/L)	--
薄膜型式	沉浸式板框膜	COD (mg/L)	18
薄膜孔徑(μm)	0.4	SS (mg/L)	--
污泥停留時間 SRT(d)	> 60	*E. coli.* (CFU/100 mL)	--
MLSS (g/L)	15	SDI	< 3
F/M ratio Max.	0.2-0.4		
(kg BOD/kg MLSS-d)			
反沖洗頻率	不需反沖洗，僅每過濾 9 分鐘		
CIP	曝氣鬆弛 1 分鐘		
	壓損> 10 kPa		

表7.17　面板產業高階水回收處理薄膜操作與維護方法

參數	設計值
薄膜型式	GE, UF (ZW-500D), 沉浸式中空纖維膜
設計量(CMD)	8200
膜通量(L/m²-h)	20
產水量(m³/d)	2182
反沖洗頻率	產水 15 min 逆洗 35 sec
反沖洗水量(m³/d)	475
CIP 程序	TMP：10-15%變化，約半年一次
清洗藥劑	NaOCl；Citric Acid

註: 進入 UF 薄膜之進流水的 MLSS 濃度控制＜15 g/L

◆ 操作維護要項

薄膜之操作維護依觀察壓力變化，當薄膜壓力增加至廠商建議值時即進行反沖洗或化學清洗，且應依照各廠牌所建議之操作方法進行維護。

薄膜之操作維護方法應依照各廠牌所建議之操作方法。沉浸式板框薄膜不需反沖洗，以過濾 9 分鐘停止過濾 1 分鐘的操作方式，依據觀察壓力的變化，當薄膜壓力增加至廠商建議值時進行化學清洗，或操作 3-6 個月後固定進行化學清洗。表 7.18 是沉浸式板框薄膜清洗維護方法，彙整各廠牌操作維護方法如表 7.19。

表7.18 沉浸式板框薄膜清洗維護方法

頻率	每 3-6 個月
化學藥劑	有機結垢：0.5-0.6%NaOCl 無機結垢：1.0%草酸
清洗時間	注入藥劑 5 min 然後浸泡 60-120 min
TMP 條件	薄膜壓差增加 5-10 kPa

表7.19 各廠牌沉浸式板框薄膜清洗維護方法

項目	G 廠牌	T 廠牌	K 廠牌
薄膜型式	Submerged Hollow Fiber	Cartridge Hollow Fiber	Submerged Plate and Frame
操作壓力範圍	-55-55 kPa	44 kPa(Max)	14-55 kPa
最高操作/清洗溫度	40℃	40℃	
清洗 pH 值範圍	2-10.5 (＜30℃) 2-10 (40℃)		3-12
清洗條件/Max. Cl_2 Conc.	1,000 ppm (as Cl_2)		Max: 2,000 mg/L NaOCl
進流水質限制	1-500 NTU SS < 50 mg/L (for tertiary)		15 min Filtration + 3 min Relaxation
反沖洗方法 (頻率)	Filtration Time: less than 3 hours then backwashing (for tertiary)	過濾時間: 0.3-2 hr 反沖洗時間: 10 sec 反洗通量: 初始通量的 1-2 倍 空氣清洗: 30-120 sec 空氣清洗量: 4-10 Nm^3/hr /Module	反沖洗頻率: 每天 4-6 次(or 壓力上升 0.4 bar)反洗+鬆弛 20 min 反沖洗水量: 9.5±2% 曝氣量: 9-15 L/min/m^2
CIP 操作方法	用藥種類: NaOH/NaOCl, HCl, Citric Acid, Oxalic Acid 頻率: 3-6 個月或壓差上升至 55 kPa	用藥種類: 1 N HCl 或 3,000 ppm NaOCl 頻率: 3-6 個月 清洗壓力:初始過濾壓力的 3-5 倍或達 150 kPa	用藥種類: NaOCl 1,000 ppm 頻率: 3-6 個月一次浸泡時間: 4 hr

2.活性碳吸附

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。

主要係藉由一種可逆作用之凡德瓦力原理將水中物質加以分離。當容易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，且活性碳顆粒表面具有多毛細管，吸附作用即發生於這些毛細管內表面及活性碳顆粒表面。

◆ 單元程序

活性碳吸附設備分為固定床與流動床，一般多使用並流多段床或多段直列固定床，其構造與快濾池相同，並必須定期洗淨。

活性碳主要是由木頭、木屑、水果殼或煤炭等物質經高溫(600℃~800℃)**乾餾後，使其分解形成低分子性的碳氫化合物和多孔性的碳殘留物，再通以熱空氣或水蒸汽加以活性化。活性碳表面具有許多的毛細孔，這些毛細孔洞內表面即顆粒表面即是吸附作用之所在。這些毛細孔孔洞具有相當大的表面積，使得活性碳的總表面積與質量之比分常大。活性碳可以區分為粒狀(GAC)和粉狀(PAC)，粒狀活性碳之粒徑為 0.6~1.5mm。粉狀活性碳維非常微細之碳粒，容易飛散，與以攪拌接觸，再利用沉澱方式去除。**

◆ 處理特性

活性碳的吸附容量可以有效的從廢水中去除 COD、色度、酚類、氯酚類及臭味物質等。

去除能粒三種指標：酚類值(Phenol index)，用以表示活性碳去除臭、味化合物能力；碘值(Iodine index)，用以表示吸附低分子量化合物的能力；莫氏值(Molareses Decoloring index)，表示吸附高分子量化合物的能力。而活性碳吸附速率則受下列因素的影響：

吸附劑特性：比表面積、粒徑大小、硬度、吸附劑的表面極性及孔隙大小等均會影響活性碳的吸附。這其中又以比表面積和顆粒粒徑影響吸附效果最為明顯。一般而言，活性碳粒徑愈小，其比表面積愈大，其平衡吸附容量也愈大。硬度小的活性碳很容易在處理過程中破損，因而造成水質變差。

吸附質的特性：污染物質分子量的大小、溶解度、極性大小或官能基等均會影響活性碳吸附能力。一般而言，高分子量物質較易被吸附，水中溶質溶解度增加使其吸附能力降低，溶質分子結構中，支鏈通常較直鏈易於吸附，鏈長度增加會減少其溶解度，而在取代基方面，具有氫氧根、磺基等取代原子團的分子時，通常會降低其吸附力。活性碳表面為非極性，因此具有非極性或低極性之分子較高極性分子易於被吸附。

廢、污水的特性：包括廢、污水的溫度、pH 值等。一般而言，pH 值愈低較有利於活性碳的吸附，而在溶液的 pH 值接近等電位點時，具有最大的吸附效果。因為吸附微放熱反應，因此溫度增高時會降低活性碳的吸附效果

◆ 設施設備極操作管理

粒狀活性碳反應器設計：針對較常使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，其流程如圖所示；另設計參數表請參考下表。

累積量 = 進流量 - 出流量 - 吸附量

在穩態下，即 $0 = QC_0t - QC_et - M_{GAC}q_e$

其中：

Q：流量，L/hr

C_0：吸附質初始濃度，mg/L

t：時間，hr

C_e 吸附劑最終平衡濃度，mg/L

M_{GAC}：吸附劑質量，g

q_e：單位吸附劑吸附的吸附質，mg/L

表7.20 粒狀活性碳反應槽設計參數表

參數	單位	設計值
體積流率	m^3/hr	50~400
空床體積	m^3	10~50
斷面積	m^2	5~30
反應槽長度	m	1.8~4
孔隙比	$m^{3/} m^3$	0.38~0.42
活性碳使用密度	Kg/ m^3	350~550
速度	m/h	5~15
有效接觸時間	min	2~10
空床接觸時間	min	5~30
設定可操作時間	Day	100~600

*1.本表整理自 Metcalf&Eddy, Wastewater Engineering 4th edition, 2004

2.上述設計參數將會依活性碳規格與水值而有所調整，設計者須詳細依照進出流水質、水量來評估與設計反應器。

3.逆滲透(Reverse osmosis，RO)與奈米過濾(Nanofiltration，NF)

主要目的是去除水中溶解物質，譬如硬度、鹽類、溶解性有機物，亦可去除其他有機物與微生物，其原理為透過驅動壓力克服滲透壓(Osmotic pressure)，使離子自富相透過半滲透膜往貧相「擴散」。

在常見操作條件下，一般 RO 或 NF 之產水回收率約落在 40~60%之間，兩段則可達 70~80%；膜管組合與周邊零件有許多雷同之處，固本小節將兩種薄膜併同介紹。

◆ 單元程序

一般廢污水再生程序裡的逆滲透系統可分為前處理、逆滲透模組和後處理，化學清洗以及輔助加藥機等子單元。

前處理包括多介質過濾器、活性碳濾器、超過濾膜，以及保安濾芯；濾芯置於不銹鋼濾筒中，多為聚丙烯材質，孔徑 1 μm、5 μm 或 10 μm，**長度從 25 cm 至 1.5 m 不等，外徑多為 65mm 等；當進水狀況較特殊而需減輕 RO 膜負荷時，易可能使用離子交換樹脂、倒極電透析作為前處理。**

◆ 處理效能

在常見條件下，經過保安濾芯後之出水需將逆滲透膜進水的淤泥密度指數之 SDI_{15} 控制在 3 以下，在最差的情況下，進水 SDI_{15} 不應該超過 5，濁度應該在 0.5NTU 以下，SS 則是不可測出，導電度限至低於 5,000 μS/cm。

RO 與 NF 主要之區別在於：NF 膜選擇性對二價離子(如硬度、硫酸鹽)或特定高分子量物質有較高去除率(超過 95%)，對於一價離子與有機物去除率較差(約 50%，因整體水質狀況而變)，其分離粒徑範圍則介於 0.01 μm~0.001 μm(1~10 nm)，**切割分子量約 200~1,000 g/mol)，操作壓力比 RO 低，約介於 3~6 kg/cm²。**

◆ 設備操作

處理系統配置自動控制元件，用於控制設備的啟停、設備的再生和清洗、設備間的切換、加藥系統的控制等。

測量儀表主要包括：流量表(測定進水和產水的流量)、壓力表(測定保安濾器進出口壓力)、逆滲透組件進出口壓力、產水壓力、濃水壓力)、pH 計(測定逆滲透進出水 pH)、導電度計(測定逆滲進水、產水、濃排水的導電度)、溫度計、SDI、餘氯計等；控制儀表主要有低壓開關、高壓開關、水位開關、高氧化還原電位(ORP)表等，還有資料紀錄、警報系統以及各種電器指示、控制按鈕等。

◆ 處理案例

中鋼 13,500 CMD 之廢水純化場實廠已於 2009 年 9 月完工投產。

該廠將原先經一、二級處理後之合格工業廢水放流水，泵送至浸入式 UF 系統，經 UF 系統幾乎可移除廢水中所有的微生物、蛋白質及 SS，再經 RO 單元去除水中剩餘的雜質及鹽類後，可產出 13,500 CMD 的 RO 水，其中 4,500 CMD 的 RO 水經陽塔/陰塔/混床純化製程後，產製鍋爐用純水，再泵送回動力工場使用。

該廢水純化場進流導電度設計值上限為 4,500 μS/cm，**平時廢水導電度視豐、枯水期差異介於 2,000~4,000 μS/cm 並持續半小時，此時全場停機並連繫上游廢水處理工場，避免異常水質造成 UF 或 RO 藥洗周期大幅縮短，更甚者會損壞設備。**

4.離子交換(Ion exchange，IE)

目前在廢污水再生上離子交換樹脂之應用尚為有限，主因為再生時會產生大量酸鹼廢水，衍生處理問題。

最早在 1850 年代被發現，20 世紀初期開始應用在水質軟化等領域，隨離子交換材料的進步，1940 年後逐步應用於製造去離子水，採用陰陽樹脂混床技術，可製得電阻率 18 MΩ-cm 之超純水，1960 年代發展出觸媒催化性離子交換樹脂，目前已廣泛用於水處理、食品、醫藥、觸媒反應、分析化學等領域。

◆ 設備單元與程序組合

依操作方法可分成四類，分別為批式、固定床式、流體床式和續式。其中以固定床式操作方便，應用最廣。

在 2B3T 離子交換系統裡，利用陽離子交換樹脂塔吸附進流水中的陽離子，經過脫氣塔去除 HCO_3^-，再利用陰離子交換樹脂塔吸附進流水中的陰離子，使產水電導度可達 10 μS/cm 以下。**當離子交換樹脂吸附飽和後，需使用再生藥劑 HCl 或是 NaOH 進行再生程序，如此可恢復樹脂吸附能力，再次循環使用。若是 2B3T 加上混床樹脂塔則具有占地小和造水率 98%以上的優點。**

◆ 處理效能

離子交換為可逆反應，當反應趨於完全時，可利用酸及鹼將陽離子樹脂回至原來態，樹脂就可進行再次交換反應。

離子交換樹脂大致皆可與不同離子進行交換作用，但就樹脂性質及構造不同，對各種離子親和力亦有差異。

◆ 設備操作

一般離子交換樹脂進水原水電導度限制<1,000 μS/cm，水質越差，造水率越差(約 50~80%)。

操作依次循環使用，包括四項步驟：通液交換、反洗、再生及洗淨，或由多組離子交換樹脂塔間進行「旋轉木馬式」操作。

◆ 處理案例

翰金科技使用「金屬濕式提鍊技術」處理電鍍業清洗水，其以離子交換樹脂為基底，以期達到電鍍廠重金屬排放符合放流水限值、無重金屬污泥產生，以及金屬資源循環利用之目標。

首先於電鍍廠設置「前端程序」從低濃度清洗水中進行目標重金屬之吸附捕捉，實廠規模測試結果顯示，清洗水中鎳濃度約在 20~400 mg/L 間，捕捉後產水鎳濃度已穩定低於 1.0 mg/L，符合放流水標準，亦可再送入軟水系統後，將此依產水於廠內循環利用。

吸附飽和後之離子交換樹脂則由專車攜回中央工廠，於核心程序中進行目標重金屬之濃縮，以鎳為例，可穩定將再生液(從離子交換樹脂中萃出之重金屬剝離溶液)中之鎳濃度保持在 50,000 mg/L(5%)以上，若以六水合硫酸鎳鹽為例，則相當於濃度 22%，進一部特殊設計之結晶槽析出硫酸鎳鹽，純度可穩定於 99~99.9%間，可作為各類工業使用。

5.倒極電透析(Electrodialysis reversal，EDR)

電透析之原理為考慮鹽類在水中解離為陽離子和陰離子，在系統中加以直流電時，陽離子將往陰極移動，陰離子往陽極移動；利用搭配只讓陽離子通過的陽離子交換膜以及只讓陰離子通過的陰離子交換膜，分別選擇性去除水中的陽離子和陰離子，達到分離、濃縮或淡化除鹽之目的。

電透析原理已廣泛運用於超純水製造程序，稱為電去離子技術，在超純水製造程序中已廣泛受到應用，應用領域包括醫療、製藥、電廠、化學製造業和半導體產業等，通常接於逆滲透膜之後，欲將電導度從數十 μS/cm 降至 1 μS/cm 以下；其由多層交錯之陰陽離子交換膜當隔板隔開形成淡化室及濃縮室，形成板框式模組，通電後水中陰離子穿過陰離子交換膜向陽極方向移動，陽離子則穿過陽離子交換膜向陰極方向移動；隔室中的水不斷地淡化而形成淡化室，由於膜之選擇性、同性電荷相斥和異性電荷相吸的作用，淡化室相鄰之隔室的溶液中陰陽離子濃度不斷地增加而形成濃縮室。一般用於進水電導度在 200 μS/cm 以下的範圍，惟在廢污水再生應用時，電導度一般超過此值且水質複雜，容易影響電滲透膜之效果，使得除鹽無法進行

◆ 設備單元與程序組合

倒極電透析系統一般包含薄膜單元、淡水循環單元、濃水與極水循環單元等三大主要單元。

倒極式電透析設備中，每一對陰陽電極即稱為一級，如「陽極-陰極」為 1 級、「陽極-陰極-陽極」為 2 級、「陽極-陰極-陽極-陰極」則為 3 級，由於在 EDR 實廠規模中，薄膜膜對數會因規格需求而要較多數量，此時若只採用較少對數電極，則陰陽電極中夾存太多薄膜時，可能會發生無法產生足夠之電流量

◆ 處理效能

EDR 可以容忍較差之進流水質(如砂 產水，一般濁度仍有數 NTU)，一般建議用於低濃度(TDS>5,000 mg/L)之廢污水再生。

倒極電透析一般除鹽效能約 70%以上，低於逆滲透膜的 80~99%，一般而言倒極電透析對於二價離子去除 較差，約 70%，對於一價離子則較為理想，一般可達 90%以上；此點與 RO 有所區別，RO 對於二價離子去除 佳，可達 95~99%，對於一價離子則約 80~95%。

RO 單元之除鹽效率會優於 EDR 單元，若預期之產水目標水質要求較低，不需達到 RO 產水之水質標準，則採用 EDR 單元取代放流水再生模廠之 UF 與 RO 單元為一較低成本之可行性方案。

◆ 設備操作

相較於 RO 薄膜，EDR 的離子交換膜具有較好之物理與化學性質。

對於雜質、膠質、微生物及矽酸鹽等具有較高忍受程度，而進水水質需求亦較 RO 單元為低；RO 需 SDI_{15} 小於 3(需為 UF 產水方可達成)，EDR 可接受砂　產水。EDR 雖然使用離子交換膜，但並不需如離子交換樹脂一般使用高濃度酸鹼再生，而是比照類似 RO 之方式進行清洗，惟因進水濁度較高，一般而言藥劑使用量未必少於 RO 單元。

◆ 處理案例

現階段倒極電透析裝置在先進國家已被運用在除鹽處理、純水系統前處理、廢水回收、電鍍廢水回收與處理、引用水處理等應用層面上，其處理水量係由數百至數萬 CMD 不等，但相較於逆滲透技術，EDR 之應用案例較為少，仍屬於待開發拓展之技術；在國內則已有應用到地下水、河川水、RO 濃排水、冷卻循環水、工業廢水等多項案例之除鹽應用。

南部某鋼鐵廠第二熱軋直接冷卻排放水 EDR 回收設備，其設計處理水量是取決於水處理場 200D 直接水系統之排放水量(約 35 m3/hr)，排放水經處理後回補原 200D 直接水系統，由於處理後之水質較原水補充水之水質為佳，不但可減少原水用量，同時具有減少廢水廠廢水處理量之雙重效益。該案設計產水量每日達 550 CMD，回收率達 75%，脫鹽　達 80%，其處理前後回收水質電導度由 1,800　μS/cm 降至 350　μS/cm 以下、鹼度由 130 mg/L 降至 60 mg/L 以下、總硬度由 400 mg/L 降至 50 mg/L 以下、氯鹽由 280 mg/L 降至 30 mg/L 以下、硫酸根由 340 mg/L 降至 120 mg/L 以下。

7.6 消毒程序

消毒 (disinfection)是將水中病原體微生物予以消滅，但未必能做到所有細菌消滅之「滅菌」程度，因此單純檢驗大腸桿菌做為再生水生物指標可能低估微生物引起之健康危害。

經由去除(removal)或去活性(inactivation)降低水中細菌微生物濃度是消毒程序最為常用的方法。傳統之砂濾與薄膜過濾屬分離去除法，化學之加氯(氯氣、次氯酸鈉、二氧化氯與氯胺)或臭氧為破壞細菌之細胞壁、酵素與 DNA/RNA 系統，紫外光則以破壞細菌之 DNA/RNA 系統為主，使細菌微生物喪失活性無法再分裂成長或因分子斷鍵而死亡，藉此控制細菌造成的危害風險。

自來水常以大腸桿菌作為水中指標微生物，然美國 EPA 指出都市污水可能存在其他致病源。由污水處理廠放流污水檢驗結果可發現，除大腸桿菌外亦有腸病毒、梨形鞭毛蟲與隱鞭孢子蟲等，單純檢驗大腸桿菌做為再生水之生物指標可能低估微生物引起之健康危害，故本章節就消毒程序之反應動力與消毒方法做完整討論，俾建立正確之消毒操作技術。

◆ 加氯消毒

氯是有效且具經濟效益的消毒劑且餘氯會持續抑制細菌生長，在低濃度時即具有活性，為最廣泛使用之消毒劑，惟非系統再生水之用水端如需除氯水，則本節僅供參考。

加氯消毒可使水中致病菌失去活性，且水中仍會殘存具消毒能力的氯，由於容易量測與控制，已成功地使用在水處理程序。但氯氣屬毒性化學物質，需要有特別工安與緊急應變程序，故一般都採用較安全的次氯酸鈉(如圖 7.17)，高劑量氯會有嗅覺與味覺問題，且會與有機物反應，產生消毒副產物(DBPs)。

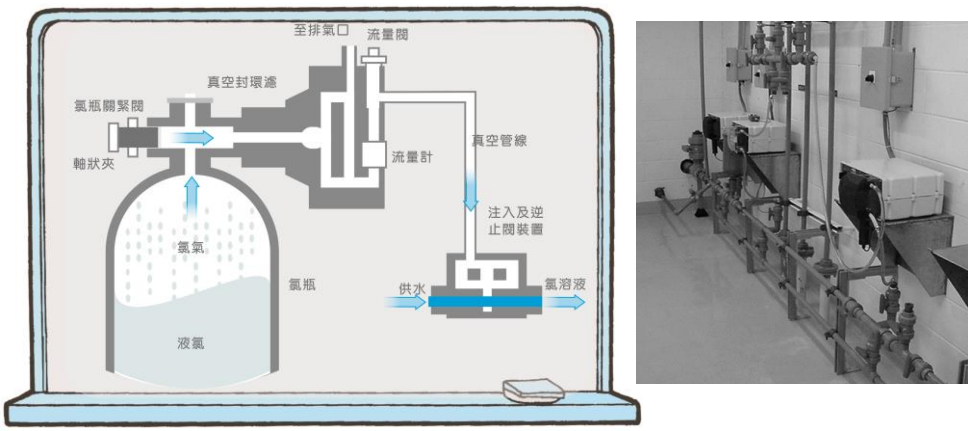


圖7.14　氯氣加氯機(左圖)及次氯酸鈉加氯機(右圖)

加氯消毒接觸池

加氯消毒接觸池應使氯劑能與水快速充分混合，水力停留時間至少 30 分鐘，加氯量維持出流水自由餘氯濃度＞1.0 mg/L。

加氯消毒接觸池型式如圖 7.18 所示。環保署建築物生活污水回收再利用建議結合餘氯需達 0.4 mg/L，而飲用水水質標準餘氯值為自由餘氯 0.2-2.0 mg/L。不同消毒效率(Ct 值)對不同微生物的效果不同，表 7.20 為微生物經加氯消毒達 99.9%的 Ct (mg-min/L)值，Ct 值低(0.6)只能消滅水中的大腸桿菌，無法消滅其他病毒、原生動物，若 Ct 值高則可能會導致成本上的浪費；若接觸時間較短，要達到一定的 Ct 值，則須將消毒劑濃度提高。以色列規定非限制灌溉用水，需達到 30 分鐘的接觸時間，且總結合餘氯至少達 1 mg/L；加州則規定 Ct 值 450 mg-min/L 的接觸時間需達 90 分鐘，且總結和餘氯需達 5 mg/L。

圖7.15　加氯消毒接觸池(範例)

表7.21　微生物經加氯消毒達 99.9%之 Ct (mg-min/L)值

微生物	氯氨的 Ct 值	Cl_2 的 Ct 值
大腸桿菌	113	0.6
小兒麻痺病毒	1420	1.7
梨形鞭毛蟲	430-580	54-250
隱孢子蟲	＞7,200	＞7,200

氯的加藥量

即使放流水的生化需氧量低，餘氯仍會被某些鹽類和有機物反應消耗，因此務必審慎監測氯添加量。

加氯應盡可能發揮消毒效力，減少消毒副產物產生，即使放流水的生化需氧量低，餘氯仍然會被某些鹽類和有機物反應消耗，因此務必審慎控制加氯量。如果原水無硝化或部分硝化，加氯會導致氯胺的形成，而自由餘氯的殺菌效果優於結合餘氯(氯胺)，因此必須進行折點加氯實驗以獲得自由餘氯，圖 7.19 為折點加氯實驗示意圖。氯氣為強氧化劑，當溶於水具腐蝕性，故加氯消毒程序需有嚴格的職業安全防範措施。液氯蒸發洩漏較煤氣洩漏更危險，1 公斤液氯可在 0℃和 10 kPa 產生約 315 L 的氯氣，氯氣比空氣重，會積聚在地面。氯氣瓶應存放在裝設氯氣探測器之封閉建築物，與其他公共建築物應有安全距離。

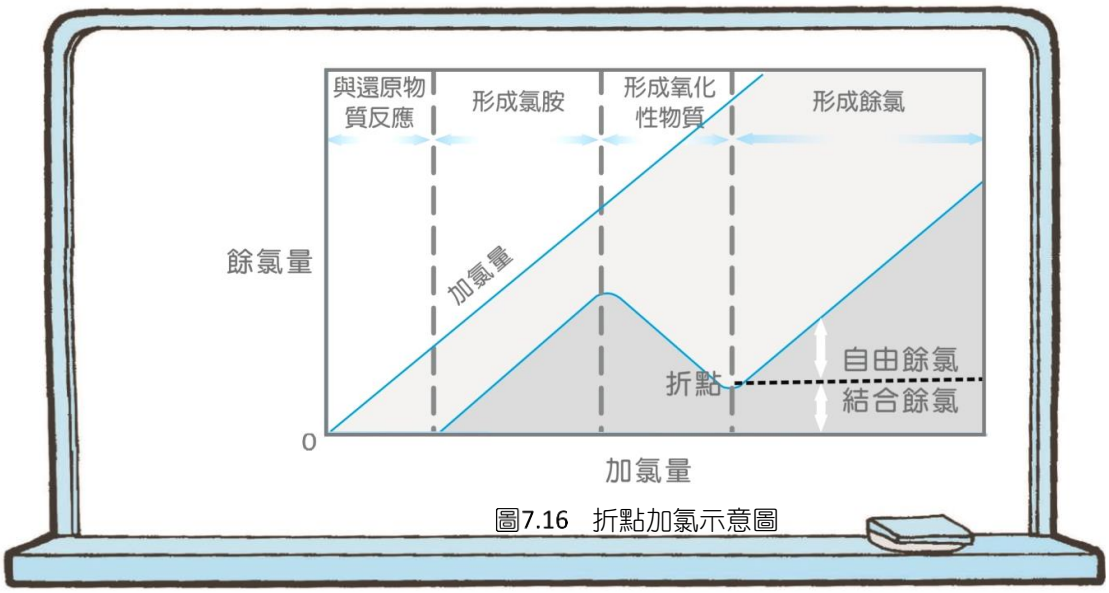


圖7.16　折點加氯示意圖

注入混合

應用高度亂流的攪拌機產生的消毒效果優於傳統快混機。

為達到理想消毒效果，使氯與注入原水混和是非常重要的工作，應用高度亂流的攪拌機($N_{Re} > 10^4$)產生的消毒效果優於傳統快混機效果。為避免原水氯氨形成，氯需以真空注射到適當的水量(使氯氣易溶解)，接著液態氯如圖 7.20 所示達到與原水充分混合。

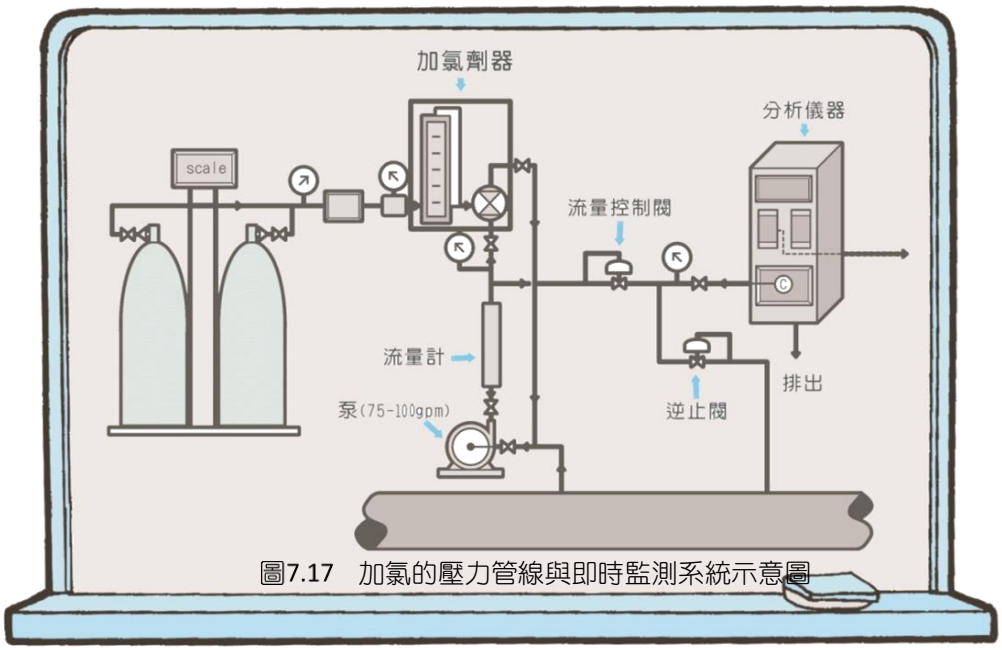


圖7.17　加氯的壓力管線與即時監測系統示意圖

接觸反應池

充足的反應時間是消毒的最後關鍵步驟，最低限的接觸時間為 30 分鐘。

接觸池主要提供氯與微生物充足的反應時間，是消毒的最後關鍵步驟。最低限的接觸時間為 30 分鐘。為確保水體接觸時間與反應的完整性，建議設計柱塞流反應槽(圖 7.21)。各國之規範不同，以色列規定非限制灌溉用水，需達到 30 分鐘的接觸時間；而加州則規定接觸時間需達 90 分鐘。

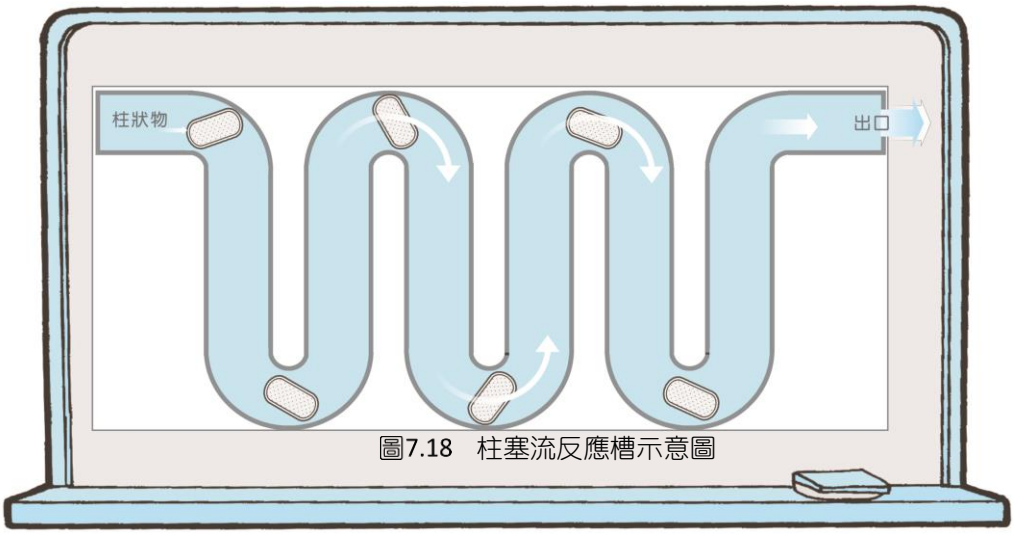


圖7.18　柱塞流反應槽示意圖

◆ 紫外光(UV)消毒

紫外光消毒系統主要是使病毒及微生物失去活性，其消毒所需時間較短。

紫外光對細菌及病毒的消毒作用可在幾秒內完成，而傳統氯氣及臭氧要達到紫外光的效果則需要 20 分鐘至 1 小時。紫外光消毒不需加入化學藥劑，不會產生消毒副產物造成二次污染且能夠有效氧化水中的殘餘物質。紫外光消毒機(如右圖)安裝維修技術簡單，可一天 24 小時連續運行。對隱鞭孢子蟲與梨形鞭毛蟲能夠產生有效的殺菌效果，但若使用低壓紫外光燈管，可能經由光復活機制自行修復損傷而回復活性，故須再確認 Ct 值與消毒效率。

紫外光劑量

UV 系統殺菌的效率取決於 UV 強度與照射時間等因素。

UV 的劑量定義為：UV 劑量(mW-s/cm^2)=輻射強度(mW/cm^2)×暴露時間(sec)。透光率(穿透率)是特定吸光度單位(absorbance unit, a.u.)的函數，定義 $T\% = 100 \times 10^{-(a.u./cm)}$。透光率受水中物質與 UV 燈管老化影響。UV 的劑量亦受到 UV 透光率影響甚鉅，實際操作上應將劑量加成，以彌補這部分的損失。

消毒效率

欲達到總大腸桿菌數 10 CFU /100 mL 之規定，需使用照射劑量為 30-50 mW-s/cm² 的 UV 消毒搭配膜過濾系統，也可使用照射劑量為 40-60 mW-s/cm² 的 UV 消毒搭配傳統過濾系統。

通常 UV 消毒反應槽的接觸時間為數秒；許多國外技術手冊建議，再生水於消毒前的透光率需在 60% 以上，SS 需在 5 mg/L 以下，BOD 需在 10 mg/L 以下，濁度需在 5 NTU 以下，如要求更安全的風險管控(如：大腸桿菌小於 10 CFU/100 mL)，則過濾後 UV 消毒前原水的濁度應控制在小於 2 NTU 甚至更低。

若欲達到更嚴格的水質目標，則需使用更高照射劑量的 UV 消毒，加州規定限制大腸桿菌數 2.2 CFU/100 mL (Californian Title 22 coliform limit)，則最小的照射劑量為 80 mW-s/cm²，義大利規定非限制再生水需達到 2 CFU/100 mL，則 UV 照射劑量須達到 100-160 mW-s/cm²。

接觸反應槽(器)

封閉管式的 UV 消毒系統，可減小長期暴露在 UV 下所衍生的職業傷害。

水再生系統主要的 UV 消毒系統是封閉管式，可以減小長期暴露在紫外光下所衍生的職業傷害。燈管的配置方向有平行於水流方向也有垂直於水流方向，線上(in-line)反應槽的燈管則是垂直於水流方向。封閉管式的擋板系統或渠道式的浸沒孔排擴散系統，都是為了能夠確保 UV 劑量可在接觸反應器中均勻照射。因不同水質特性，渠道或管線應考量重複連續 UV 消毒系統，較多的紫外光系統設置，可避免短流現象與單一 UV 消毒系統的消毒風險。

封閉管式 UV 消毒器屬承壓型，有金屬套體和石英套管的紫外光燈結構(如圖 7.22)。金屬套體用不銹鋼或鋁合金製造，內壁多作拋光處理以提高紫外光的反射能力和輻射強度，可根據處理水量大小調整燈管數量。某些封閉式消毒器在金屬套體內壁加裝螺旋形葉片，用以改變水流的流動狀態，進而避免滯流和管道堵塞，產生的紊流以及葉片鋒利的邊緣亦可打碎懸浮顆粒，使之完全暴露於紫外光輻射，提高消毒效率。封閉管式分為水面式和浸沒式，外罩密封石英套管的紫外光燈管都可以與水流方向垂直或平行佈置。平行系統水力損失小，水流形式均勻，而垂直系統則可以使水流紊動，提高消毒效率。

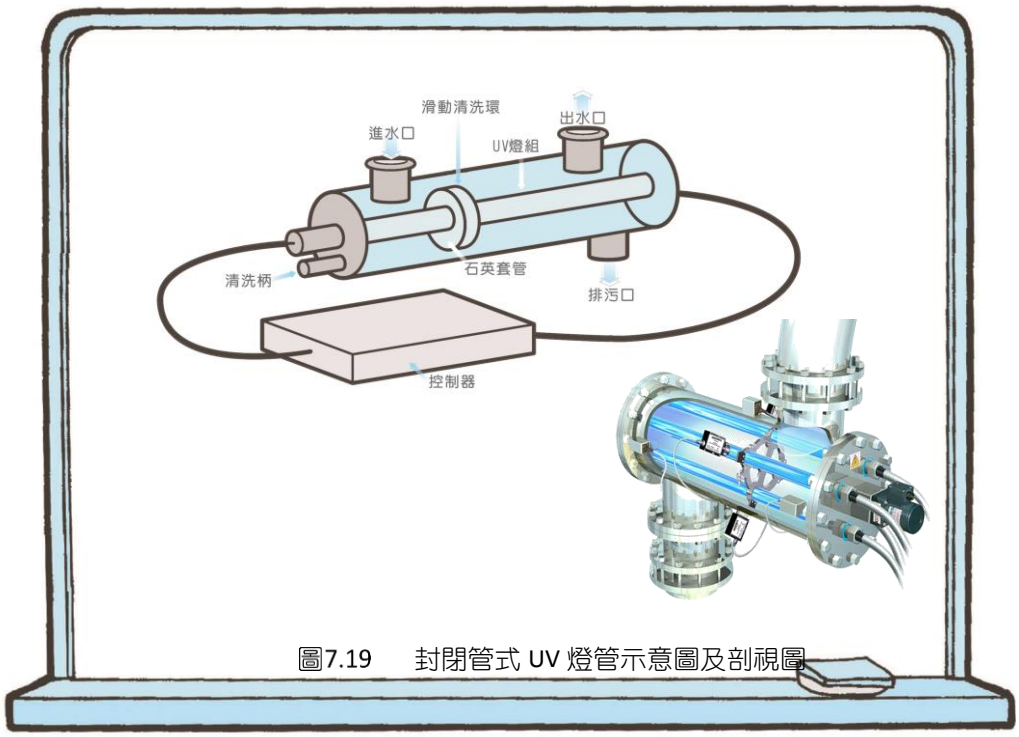


圖7.19　封閉管式 UV 燈管示意圖及剖視圖

UV 系統的驗證

UV 的強度、透光度與劑量，須要在現場驗證；陣列測試 UV 透光率可決定 UV 消毒系統在不同情況下的能力。

UV 之功能特別是強度、透光度與劑量，須要在現場驗證，不建議使用單一測試點驗證。歐盟與美國有發展多點測試驗證程序，以陣列測試 UV 透光率，決定 UV 消毒系統在不同情況下的能力，以描繪出 UV 消毒系統的性能曲線。下列為歐盟所提出的方法。

🗁 UV 強度定點法(UV intensity set-point approach)

擇一定點條件，如 1,500 m^3/h，UV 透光率 90%，60%電力，在紫外光感應器上形成該定點之強度為 25 mW/cm^2 下，進行下列試驗：

- 試驗 A-在高 UV 穿透率條件下，減少 UV 燈管電力 (如 UV 穿透率為 98%，減少了燈管的電力，使特定點 UV 強度為 25 mW/cm^2)。
- 試驗 B-在燈管高電力的條件下，降低 UV 的穿透率(如 100%的燈管電力且降低 UV 的透光率，使定點 UV 強度為 25 mW/cm^2)。

以最低條件作為評定 UV 系統能力。

🗁 UV 強度和 UV 穿透率定點法(UV intensity and UV transmittance set-point approach)

就定點進行試驗，此測試直接評定 UV 系統等級。

🗁 UV 劑量計算法(calculated UV dose approach)

直接量測流率、UV 穿透率與 UV 強度，利用 UV 反應器製造廠之數學模式算出該定點之 UV 劑量。

◆ 臭氧消毒

臭氧是最有效的水處理消毒劑，優點為接觸停留時間較短暫、分解速率快且可現場製造，缺點為劑量需求高、技術及設備複雜、具腐蝕性及處理成本高等，惟非系統再生水之用水端如需除氧水，則本節僅供參考。

臭氧消毒的優點為：消毒殺菌比加氯更有效，接觸停留時間較短暫(約 5-20 min)且臭氧分解速率快，另臭氧現場製造，可以避免運輸、裝卸和貯存的安全問題，可增加處理水中的溶氧濃度。而臭氧消毒的缺點有：低劑量較無法有效抑制水中致病菌、孢子和孢囊；技術較加氯和 UV 消毒複雜，需要複雜的設備，臭氧反應性強，具有腐蝕性，需要防腐蝕材料，受高濃度懸浮固體物、生物需氧量和化學需氧量影響，臭氧為強氧化性，臭氧接觸池排出之臭氧須予去除，處理成本高，耗電量大。

由於臭氧半衰期短，如消毒後之產水停留時間較長或需進行長程輸配，應增加其他消毒劑劑量，以確保消毒效果。

臭氧之程序設備、操作與設計參數

臭氧消毒程序設備系統包括進料氣體預備、臭氧製造機、臭氧轉換和反應槽系統、臭氧破壞裝置和安全設備；工程上應設置兩部臭氧產生機，以供保養維修時之連續操作機制。

臭氧消毒程序設備系統包括進料氣體預備、臭氧製造機(圖 7.23)、臭氧轉換和反應槽系統、臭氧破壞裝置和安全設備(圖 7.24)。

圖7.20　臭氧製造機

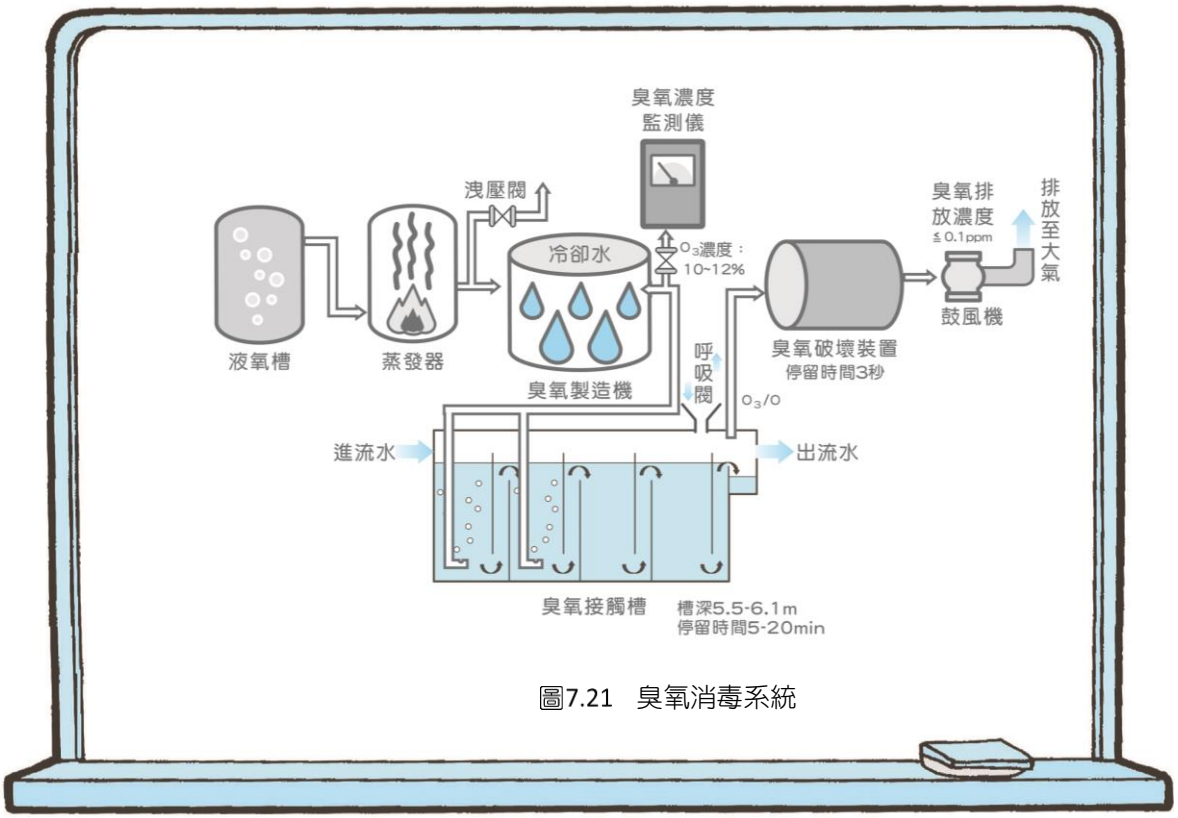


圖7.21　臭氧消毒系統

水質的變異應在臭氧產生機的產量範圍，藉由增加或減少發電機的電壓和頻率來調整臭氧產量，工程上應設置兩部臭氧產生機，以供保養維修時之連續操作機制。一般傳統臭氧消毒設計參數如表 7.21 所示。

表7.22　一般傳統臭氧消毒設計參數

項目	設計參數
臭氧濃度：	1.5-3 mg/L(視用途) 0.3-1.0 mg/L(TOC mg/L)
過濾器	
乾燥前：	3-5 μm
臭氧製造機前：	0.3 μm
壓力降：	3.5 kPa (乾淨時)、14 kPa(凝聚式過濾器)
臭氧接觸槽	
數量：	至少 2 槽
轉換效率：	90-95%
停留時間：	5-10 min 15-20 min (殺死 *Cryptosporidium* 病菌)
接觸階段：	2-10 min
水深：	5.5-6.1 m
散氣器深度：	4.9-5.5 m
自由水面：	1.2-1.8 m
臭氧擴散器	
材質：	SS304 不鏽鋼，玻璃，陶瓷或鐵氟龍
氣泡大小：	2-5 mm
氣體流量：	14-113 L/min
散氣棒(2.5 in × 24 in)：	最大值 113 L/min
散氣盤(直徑 7 in)：	最大值 35 L/min
散氣盤(直徑 9 in)：	最大值 51 L/min
水頭損失：	最多 3.5 kPa
孔隙率：	35-45%

資料來源：Kuwamura (2000). Integrated design and operation of water treatment facilities., John Wiley & Sons, Inc.

預防臭氧外洩措施

室內應保持通風，當臭氧濃度達到 100 μg O_3/m^3，應發出警報，至 300 μg O_3/m^3 立刻停止臭氧產生機，利用臭氧破壞裝置於末端排氣反應之，其出口應加裝臭氧監測器確保排放安全標準。

臭氧毒性強且腐蝕性高，安全上應採取預防臭氧外洩措施。2000 年世界衛生組織提出健康保護閾值(120 μg/m^3 約 0.06 ppm 平均超過 8 小時)，此濃度值遠高於臭氧氣味閾值(20-100 μg/m^3 約 0.01-0.05 ppm)。室內應保持通風，當臭氧濃度達到 100 μg O_3/m^3，應發出警報，至 300 μg O_3/m^3 立刻停止臭氧產生機，利用臭氧破壞裝置於末端排氣反應之，其出口應加裝臭氧監測器確保排放安全標準。

臭氧注入與反應

將臭氧均勻分散且溶於水體是重要的程序，常見的臭氧溶解法有氣泡擴散接觸法、注入溶解法和渦輪混合法。

臭氧的溶解度受溫度、pH 值和離子強度影響，溫度為最大的影響因素，溫度高亨利常數變小，則臭氧溶解度減少。臭氧產生機製造相對較低濃度的臭氧氣體，將臭氧均勻分散並溶於水體是重要的程序。氣泡擴散接觸法為最常用的方法，無須提供額外能源為此法最具經濟效益的優點，轉換速率高、處理程序彈性且操作簡單。典型的氣泡擴散接觸槽有三型，如圖 7.25 所示之逆流法(臭氧與水流為相反方向)，交替流(臭氧與水流方向交替)以及共同流法(臭氧與水流方向一致)。

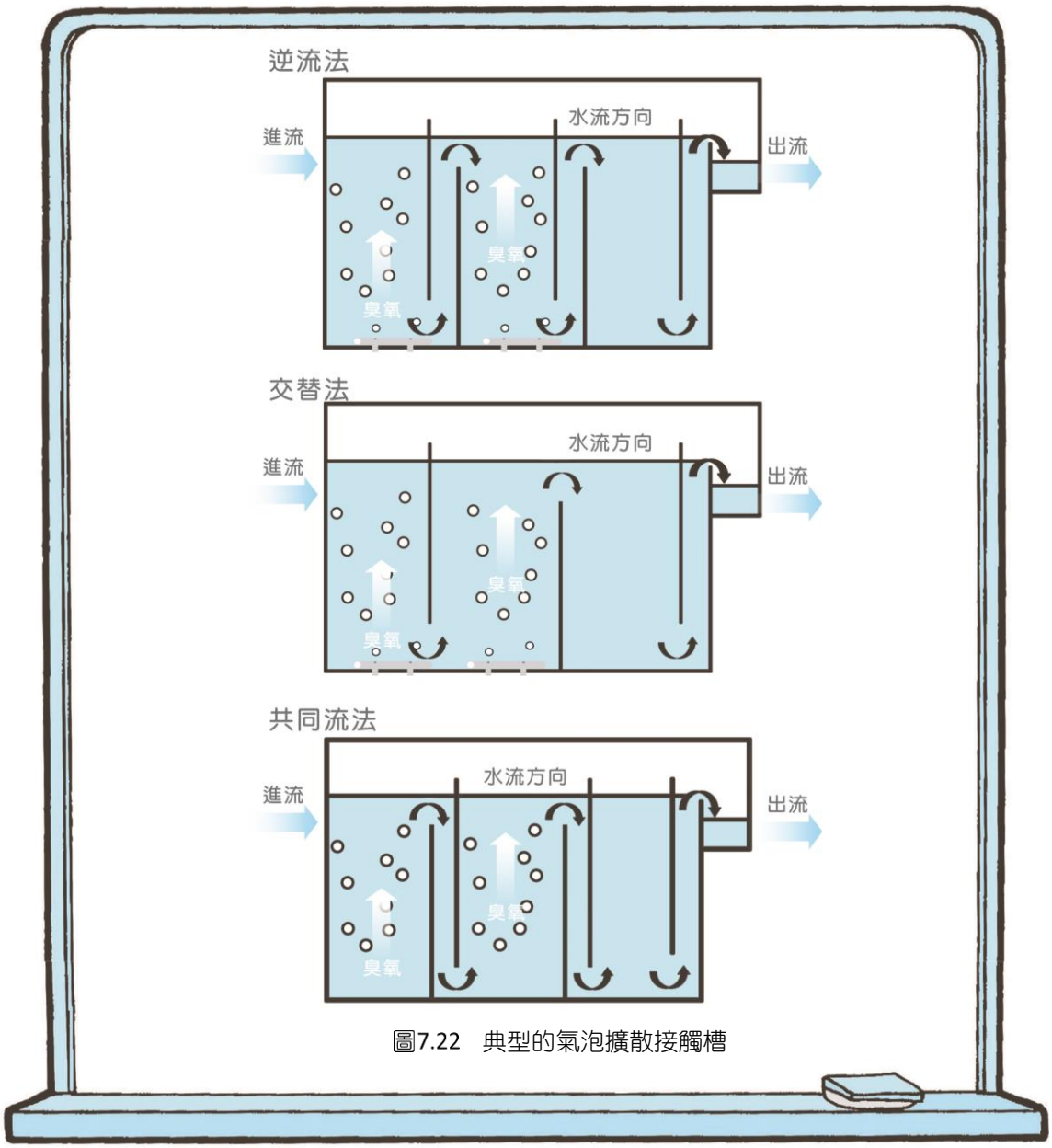


圖7.22　典型的氣泡擴散接觸槽

注入溶解法利用文式管產生負壓，將臭氧注入管流負壓點，促使臭氧與水流混合，以加壓泵將臭氧增壓注入系統水中，利用混合器使臭氧分散，圖 7.26 為典型的臭氧線注入系統和臭氧側邊注入系統。

典型渦輪混合槽(圖 7.27)驅動馬達設於槽體外以便利維修，某些設計採用水底渦輪機，渦輪混合槽臭氧轉換率可達 90%，反應器水深一般為 1.8-4.5 m，分散效果因水深不同而異。渦輪混合槽底部可能無法充足接觸時間，為符合 Ct 值，可能需要額外的接觸臭氧量。

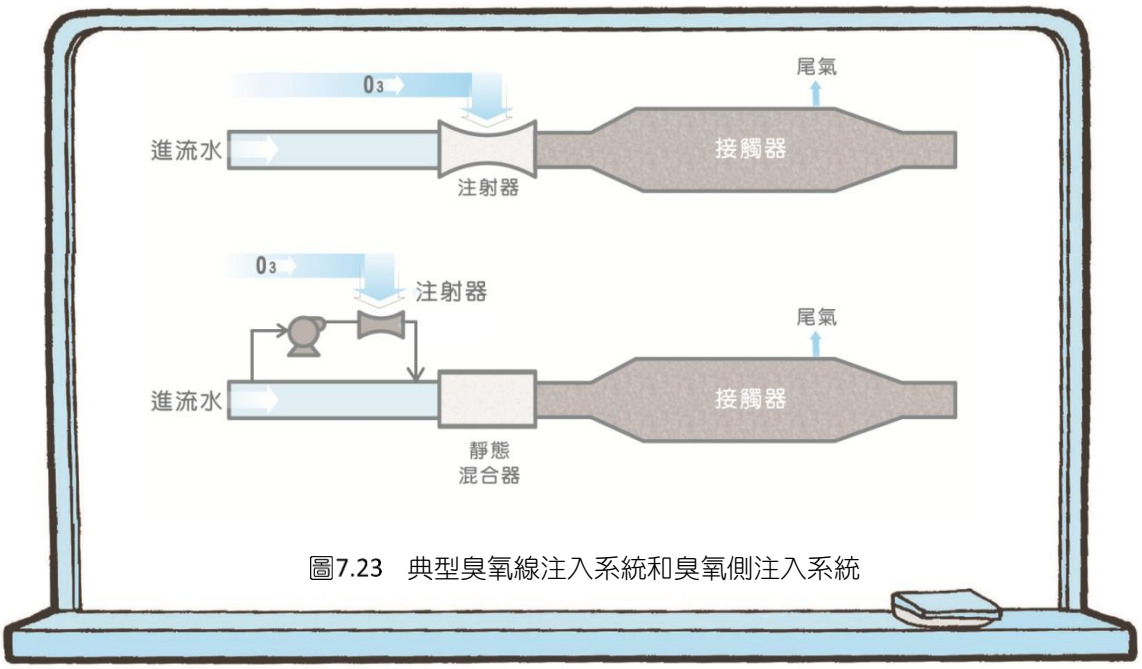


圖7.23　典型臭氧線注入系統和臭氧側注入系統

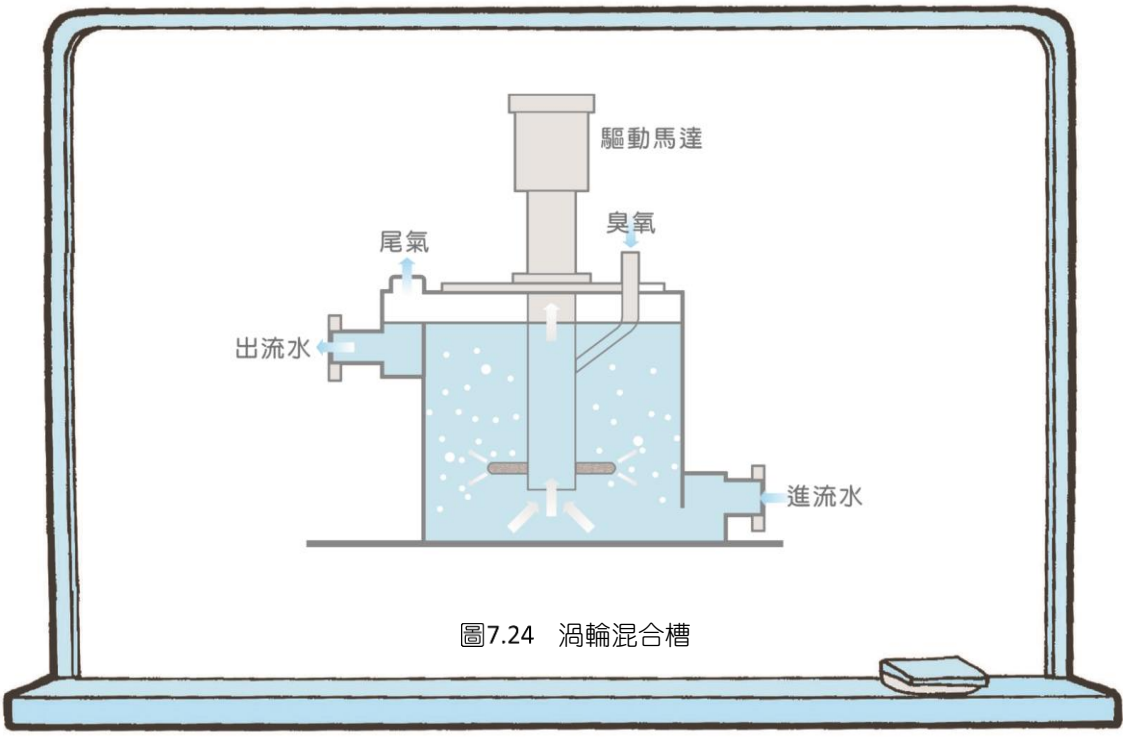


圖7.24　渦輪混合槽

第 8 章　配水系統

8.1 配水管網規劃

如同自來水配水管網，再生水之配水系統也是應用封閉壓力管網，其系統銜接應區分獨立，與傳統自來水系統管線有嚴格區別，系統應以防止管線錯接為首要，非系統再生水多為自廠利用，應自行考量設廠空間配置，本節僅供參考。

再生水配水管網配水方式規劃係以封閉壓力管流為主，壓力流配水管網可藉泵浦組直接加壓配送，或利用地形高差或增設高架水塔等方式平衡水壓詳圖 8.1。再生水配水系統銜接應有區分獨立，與自來水系統管線有嚴格區別，為防止管線錯接，應塗以紫色作為管線區分之辨別。

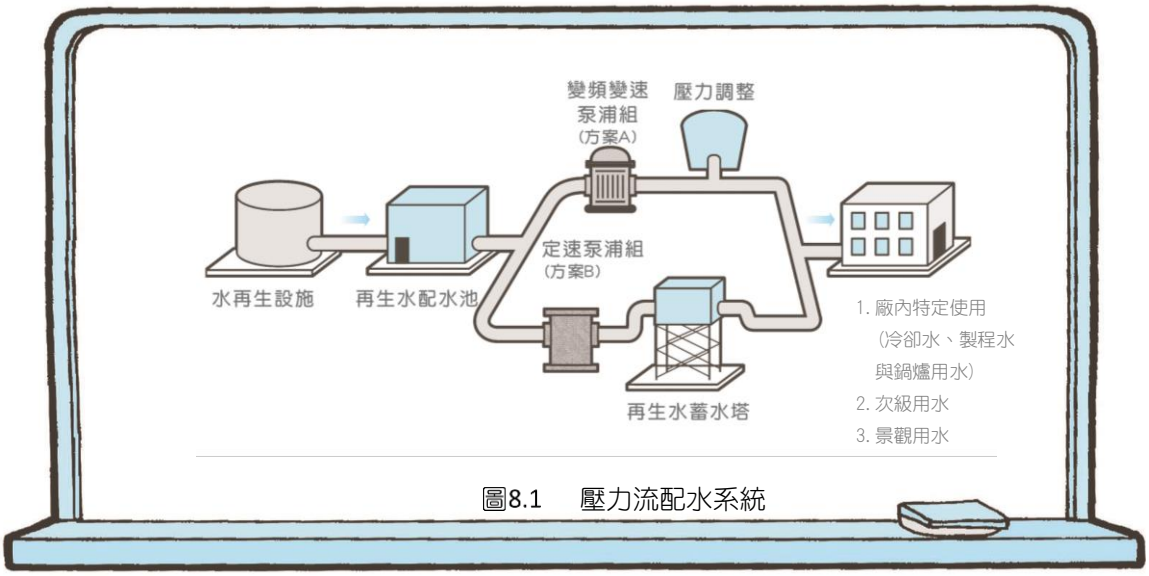


圖8.1　壓力流配水系統

8.2 配水管材選擇

配水管材應考慮水質成分特性，經久耐用、抗蝕性強、抗內外壓力高及不影響水質，管材選用首重耐內壓力強、不易損壞與用戶管銜接方便及長久埋管之覆土外壓負荷考量等因素。

再生水來自經處理後之污水，其水質成分仍含有微量懸浮固體(SS)、生化需氧量(BOD)、無機鹽及有機物等，其配水管以壓力流形式埋設於地下，有關各常用管線管材之特性及優缺點詳表8.1。

8.3 最小管壓

依據使用目的不同設定最小管壓，配水管網若兼具消防功能，建議管內最小壓力需維持 118 kPa；一般供澆灌及沖廁用水，其管內最小壓力需維持 78 kPa。

配水管內之水壓過高易造成滲漏水率增加及水管破裂，建議管內最大壓力依各管材容許壓力之 50% 設計，並建議參照一般自來水管網，以 343 kPa 為上限，俾符合銜接用戶管及其家戶用水器具之允許使用壓力，同時降低水錘衍生之衝擊聲與使用時水花噴濺等困擾，並能間接避免影響用水器具之使用年限。配水管內水壓超過 343 kPa 以上時，建議管段增設減壓閥予以降壓，確保下游用戶之用水器具使用品質。

表8.1　配水管材比較表

管材	優　　點	缺　　點
硬質塑膠管 (PVCP (CNS 1298) ,ABS (CNS 13474) 或 HDPE (CNS 2458) 等)	1.質輕、搬運安裝方便。 2.抗蝕性及抗化學性佳。 3.管內壁光滑不需襯裏。 4.管身較長(可達 6 m 以上)接頭少， 5.可隨意截切，施工容易。 6.價格較低。 7.因管身厚度較大，方便未來用戶管之分水栓(鞍)之鉆孔及施工安裝，可於不停水狀態下，進行用戶管之施工安裝。	1.受外壓易變形，致使接頭鬆脫漏水。 2.長期使用或陽光曝曬，其材質較易老化，耐擊性減低。 3.適用於小口徑(Ø300 mm 以下)。 4.管徑範圍：Ø100-300 mm。 5.耐壓範圍：343-1470 kPa。
延性鑄鐵管 (DIP) (CNS 10808)	1.管內外壓強度均高。 2.可隨意切鋸，裝接容易。 3.管內襯光滑，維護清理時不易破壞。 4.使用年限長。 5.水密性高。 6.可用之管件種類多。 7.管徑範圍：Ø100-2,600 mm。 8.耐壓範圍：735-1470 kPa。 9.因管身厚度較大，方便未來用戶管之分水栓(鞍)之鉆孔及施工安裝，可於不停水狀態下，進行用戶管之施工安裝。	1.價格較貴。 2.管內必須加襯裏或其他防蝕處理。 3.重量較重。
不銹鋼管 (SSP) (CNS 6331)	1.管之內壓強度高。 2.抗蝕性及抗化學性均高。 3.管內光滑，水頭磨擦損失較小。 4.使用年限長。 5.水密性高。 6.耐壓範圍：1.47-19.6 MPa。	1.價格昂貴。 2.抗外壓強度略遜。 3.管身較薄，不利於用戶管分水栓之鉆孔及施工安裝。 4.管徑範圍：Ø100-600 mm。
玻璃纖維管 (FRP) (CNS 11648)	1.具強抗蝕性。 2.水密性佳。 3.重量輕、施工輕便。 4.流速係數 C 值大，水頭損失較小。 5.管徑範圍：Ø200-2,000 mm。	1.不耐外壓，需由特殊管材保護；否則管身將因外壓產生變形，不但易遭壓壞，而且如採用套管式接頭，於接頭處常有因受壓致管身變形，而有漏水等現象。 2.需由專門技術人員確實施工，否則管身及接頭將產生變形。 3.管身較薄，且係由玻璃纖維紗與樹脂等所組成，不利於用戶管分水栓之鉆孔及施工安裝，且於其鉆孔施工時，因而切斷管身部分纖維，將直接影響其鉆孔處之管身結構強度。 4.耐壓範圍：440-1470 kPa。

8.4 設計水量及流速

配水管網之設計水量計算，以最大時用水量或最大日用水量及消防水量合計值為規設基準，設計流速以介於 1.0-2.0 m/s 為原則。

平均日用水量=每人每日用水量×預測人口數×安全係數(取 1.2-1.5)。最大日用水量約為 1.2-1.6 倍之平均日用水量。最大時用水量約 2-3 倍之平均日用水量。有關設計管徑與適用流量之建議請參閱表 6.2。

8.5 管徑尺寸選擇

配水管設計口徑，首應滿足其系統配水需求，亦即藉上述設計配水量與設計流速等，決定配水管網之標準口徑。

為配水管網之施工裝設、計量及管理方便起見，應簡化管徑尺寸種類。建議兼具消防栓供水功能時，應有之最小管徑為 Ø100 mm，並以每 100 mm 級距增加尺寸。不考慮消防用水時，建議至少為 Ø75 mm 以上，次為 Ø100 mm，其後亦以每 100 mm 為增加尺寸，然以延性鑄鐵管(DIP)做為配水管時，建議就市售常用規格 Ø100 mm 為最小選用口徑。

8.6 管線埋設

再生水配水管線埋設應較自來水系統管線(通常管頂埋深 1.2 公尺)為深，建議再生水之配水管頂覆土深度為 1.5 公尺。

為避免與自來水系統管線錯接或因漏水產生水質干擾，再生水配水管線埋設應較自來水管線(通常管頂埋深 1.2 公尺)深，建議再生水之配水管頂覆土深度為 1.5 公尺，且其管線埋設之上方應鋪設紫色塑膠警示帶；若與自來水管線平行配置時，其水平間隔至少為 1.0-3.0 公尺，可視埋管空間之實際情況而調整。在人行道與非車道之用地，再生水配水管線可採淺埋，但須妥善埋設制水閥、排氣閥或地下式消防栓等，建議配水管淺埋之管頂覆土深度約為 0.7 公尺。

為避免管網內空氣滯留及沈澱物淤積現象，於管網頂點處應設置排氣閥。二高點間之最低處，則設置排泥閥，未來管線維修時可兼供退水路使用以排空管內積水。而與其他管種橫交時，其垂直間隔應至少 30 cm 以上，並以置於自來水管之下方，而在污水管之上方，詳圖 8.2。

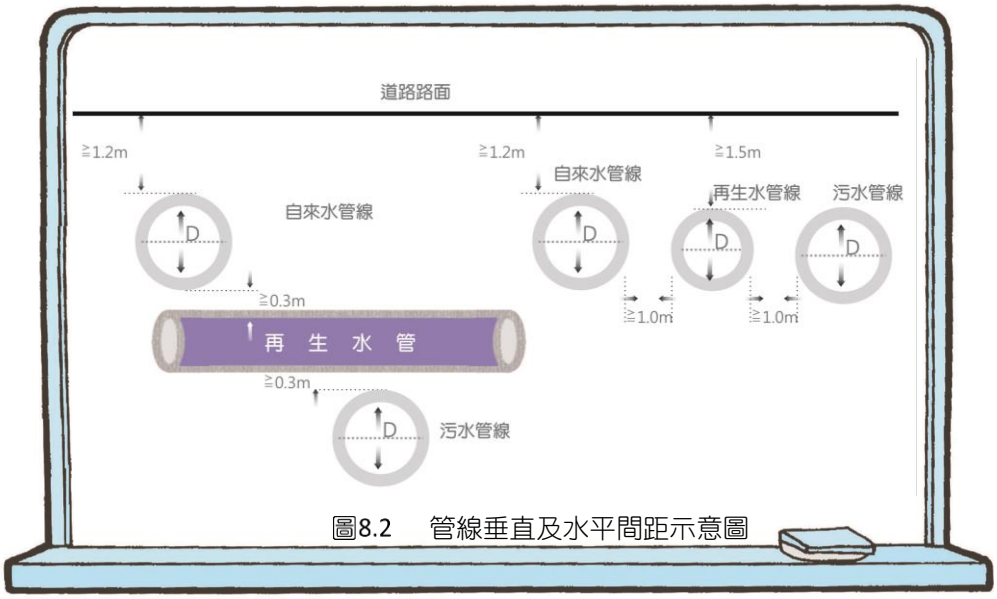


圖8.2　管線垂直及水平間距示意圖

8.7 再生水配水池

提供用水緩衝容量以應付最大日用水量之時間變化，選設位置儘可能靠近供水區域重心，以減少管線水頭摩擦損失；池體須為封閉構造，容積超過 100 m^3 時，應以導流牆區隔，以避免發生短流或死水現象，造成局部水質變化。

配水池緩衝容量一般至少為該廠最大日用水量 30%，(約 7.2 小時之最大日用水量)，有效設計水深約為 2-6 公尺。若採搭設高架水塔方式，其容積至少為供水區域最大日用水量 10%，約 2.4 小時之最大日用水量，其有效設計水深約 2-6 公尺，水塔距地面高度離最近供水者應約有 20 公尺高程差，以提供足夠之配水水頭。

配水池與高架水塔之選設位置，儘可能靠近供水區域重心，以減少管線輸送水頭摩擦損失，並節省配水管尺寸，且配水池宜選擇在地形較高點，尤其高架水塔宜選在更高點，除提供有利地形外，能節省後續配水之加壓揚送電費，更可降低工程造價。選設位置須避免建造於斜坡面、斜坡腳或填土等地基不穩定、地勢危險及有崩坍顧慮之處，若無法避免時，應施加基礎或基樁補強或斜坡保固等措施以策安全，而配水池應避免設在低窪地點以防淹水。

此外考量未來維護管理便利，儘量規劃 2 池以上，並設連通管或閘門予以連通，可具彈性調配之功能。而再生水用水量尚未成長至預期水量時，可彈性關閉部分池體或調整水池高水位設定值，以減少蓄水容積，而避免停留時間太久，以維持穩定之再生水水質。每座配水池或水塔蓄水容積約超過 100 m^3 以上時，應依其形狀規劃水流路徑，並以導流牆區隔如圖 8.3，以避免發生短流或死水現象，造成局部水質變化。

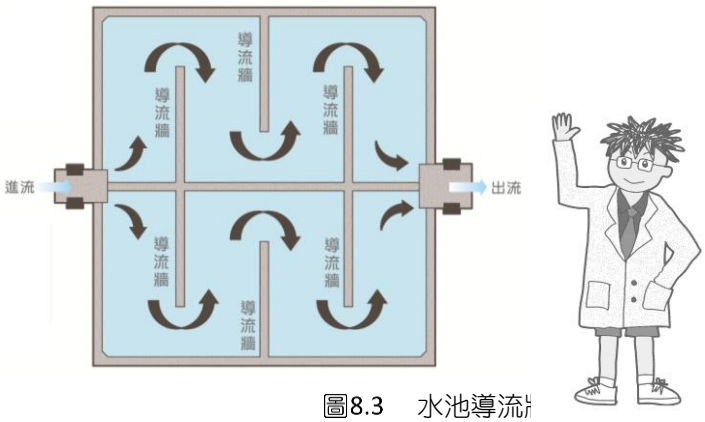


圖8.3 水池導流牆

◆ 配水池監測設施

配水池之出水流端應設置重點水質之相關監測設施如餘氯與 pH 值等。

為確定配水池出流水的水質維持符合標準，應設置重點水質之監測儀器如餘氯及 pH 計，且能線上隨時監控，當水質出現異常時能自動關閉出水，避免造成用水上的安全問題。

◆ 必要附屬設施

溢流設施

溢流設施通常採較進水管口徑大 1 級至 2 級或同口徑採用 2 支溢流，以重力方式排出池外，池內留設出水高至少 30 cm，以免再生水從其頂部溢出。

溢流排出之水量如不大，通常以附近之公共排水設施或下水道系統等排放，惟其溢排量較大時，應妥為規劃，以免衍生下游排水問題。

排水管

排水管在遇到緊急狀況時，須能夠短時間內排空池內全部水量，其設計管徑約為進水管徑之 1/3-1/2，池底板向排水口並設有約 0.2-1%施工坡度。

配水池之排放水質應優於法定「放流水標準」，其排放量較大時，應事先通知下游相關住戶居民，以免釀成意外或災害等。

通風(排氣)設施

配水池頂部應有通風(排氣)設施以便池內空氣隨水位之昇降而進出，其口徑大小設計以最大進出水量為基準，同時風速符合 15 m/s 以下。

每個配水池頂部通氣孔宜設置二個以上，分別設於接近進出水管附近，俾能就近檢知其進排

氣功能。

水位計

水位計應能反應配水池內之實際高低水位，藉以監控管線相關進出水量，包括泵浦啟動、停止及相關警報系統連動等。

例如在超過高水位 20 cm 以上，或低於低水位 20 cm 以下時，即發出警示訊號等，表示系統進出水量異常，應立即警報通知人員到場處理。

人孔

每座水池為便利檢視及安全理由，至少須設有 2 處以上進出入人孔。

人孔上設置不銹鋼或 FRP 等具防蝕、防水蓋板，必要時加鎖以策安全，各人孔內應附設不銹鋼爬梯，供人員上下使用，其爬梯高度如超出 3 公尺，所超出部分應加設防護籠，以確保人員上下安全。

加壓配水設施

配水量隨時間、季節、工作日及氣候等而變化，因此泵浦之容量及台數(含備用台數)等，應配合其供配水條件規劃。

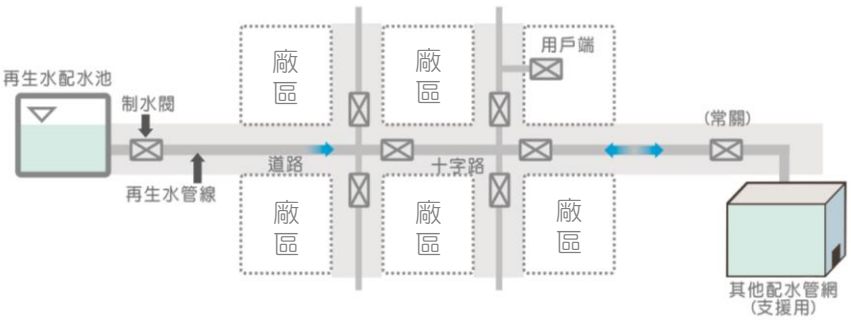
泵浦之設計容量分別計畫供配水能力加以考量，但亦不能忽視夜間之最小供水量。泵浦之容量、台數(含備用台數)等，應配合其供配水條件規劃之。泵浦台選擇方面儘可能規格化，採用相同大小容量與揚程，俾便消耗品及備用零件等之互換性。以恆壓方式供水之變頻變速泵浦為例，配水區內用水量隨時間變化甚大時，藉由增加台數並聯運轉，或設計大小不同抽水組機或控制電動機回轉數，調整其總出水量；夜間及季節別揚程變化甚大時，藉壓力偵測器及儀控系統等，啟動高低兩種流量揚程之泵浦組或控制其電動機之轉速等，達到調節壓力(揚程)之目的。若為高架水塔之定速泵浦，其泵浦組須能適應高架水塔高低水位之揚程變化，其啟動運轉或停止，則依水塔內之高、低水位控制為宜。

控制閥類

控制閥之使用時機及安裝位置包括：閘閥、逆止閥、排氣閥、減壓閥、洩壓閥、持壓閥及排泥管等。

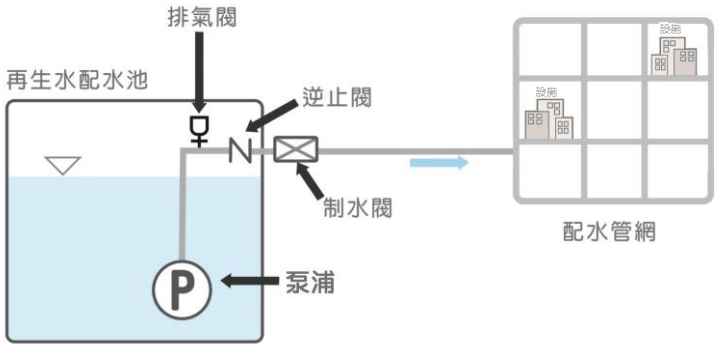
閘閥

為調節及截止管線內流量，使其管線之流量更為穩定控制，以便於配水管網進行操作維修時，截止管內之流量。閘閥通常設於管線之起點、終點、轉彎處及分支幹管等地點。



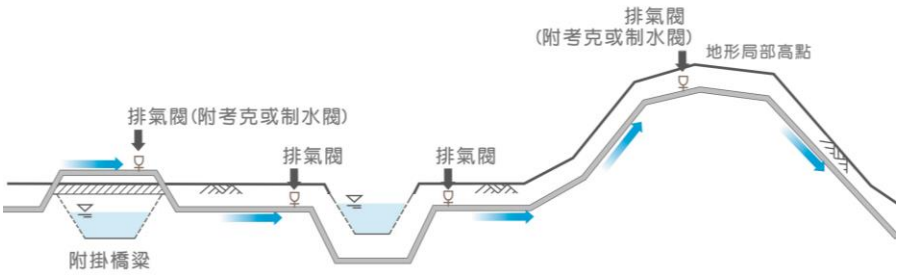
逆止閥

為防止管內水流逆流，主要安裝於泵浦出口處或配水管網系統。



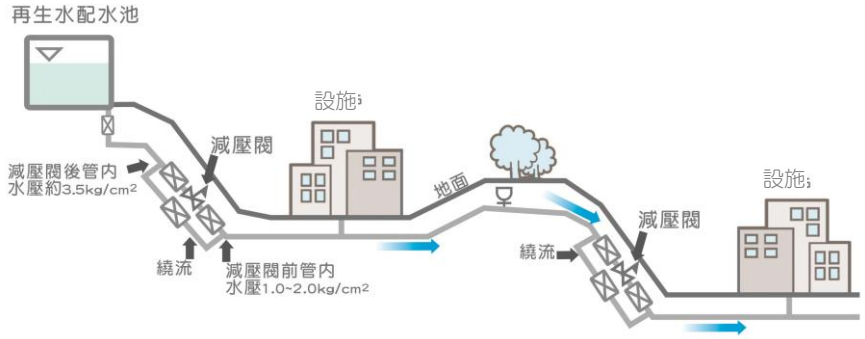
排氣閥

排氣閥為排除輸水管網系統內可能積蓄之空氣，使其管線之輸水狀況更為順暢，主要設於管線中局部較高點處。



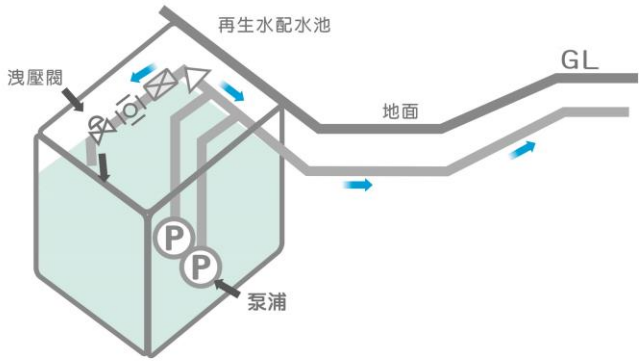
減壓閥

為使配水管網能維持特定之出口壓力，通常於配水管網中較高壓力處(管內水壓≧3.5 kg/cm² 時)、供水分區間之聯絡管線上或山坡地落差較大之管線上等處設置減壓閥。



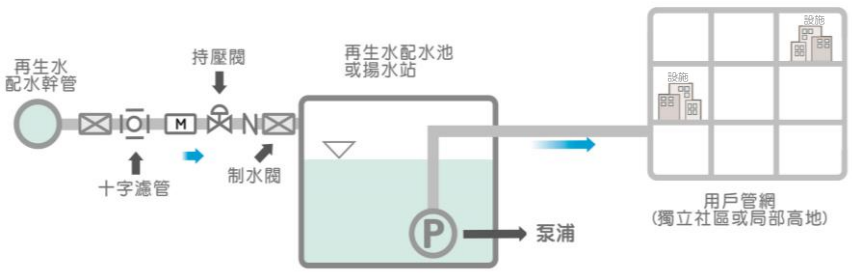
洩壓閥

洩壓閥維持管線進口端於安全壓力內，自動洩放超過設定壓力值之壓力，常用於管網加壓設備與管路，配合泵浦組以並聯方式配置。



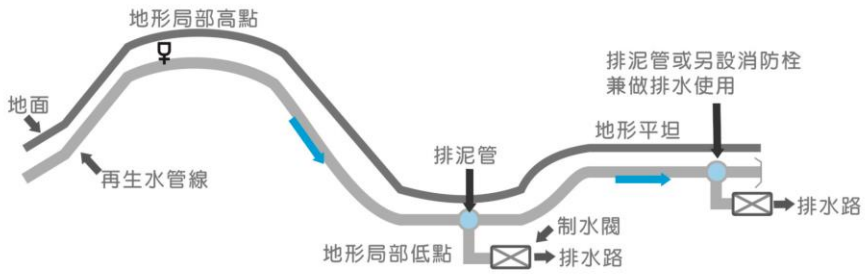
持壓閥

為維持上游管線進口端管內壓力於設定值之上，防止上游主幹管線內呈現低壓，導致水流逆流，亦即優先滿足上游端用水需要，通常設於配水池進流端。



排泥管

為排除管線內可能積蓄之雜物，於配水管網必要時於最低處設置排泥管。



8.8 配水系統退水機制

若配水系統內水質異常，則應停止進水與配水，將配水池(塔)內及配水管網內水量，全數排入法定放流口或回送廢水廠再行處理。

再生水配水池或配水塔均設有排水管，若池內水質屬正常狀態欲排空蓄水，則先停止水池之進水，剩餘水量再由排水管重力(或以排水泵浦(sump pump)輔助揚水)排放；若池內水質異常，則停止水池之進水與配水，將池內水量全數經排水管納入附近雨水下水道或污水下水道，逕行放流或回送污水廠再行處理。配水管網欲排空管內原有水量時，可利用位於低處之排泥管等排至附近河川。若管內水質異常，則應排入附近污水下水道，經回送污水廠再行處理。

配設消毒輔助設施

為降低池內水質異常的情形，減少退水次數，可於水池進流及出流適當地點配設消毒輔助設施，再次加氯消毒以降低水質失效機率。

水質異常情況通常發生於水池內蓄水停留過久時，將導致微生物快速滋生，此可透過水中餘氯濃度之偵測，於水池進流及出流適當地點配設消毒輔助設施(圖 8.4)，再次加氯(如：次氯酸鈉 NaOCl 等)消毒，以減少水質失效機率，亦可減少退水需求次數。

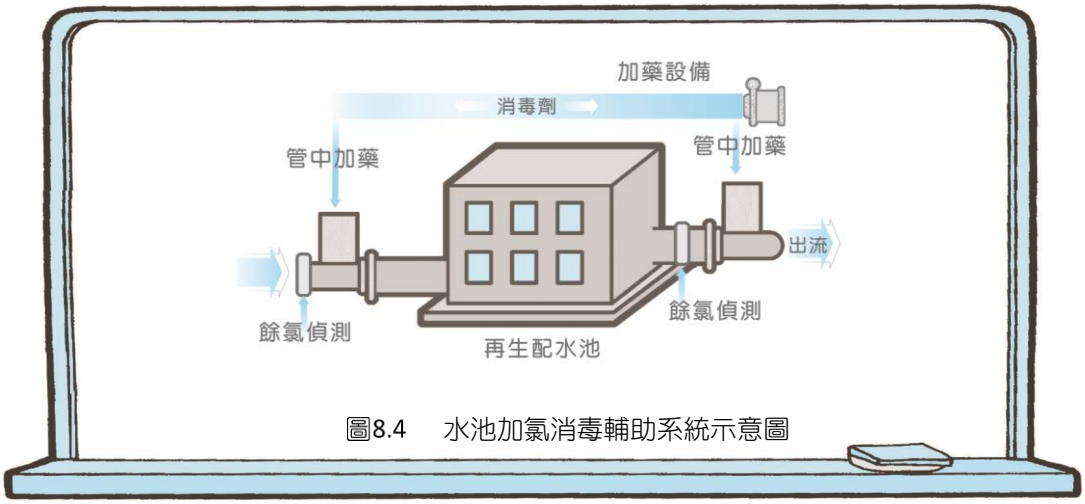


圖8.4　水池加氯消毒輔助系統示意圖

8.9 管網流量及水壓監測

因應供水區域內需水量之時間性變化或季節性變化差異，須於適當地點監測其水量及水壓變化，據以作經濟有效之水量調配，以穩定供水，並作為擬定泵浦及制水閥之控制計畫參考。

◆ 流量監測

配水幹管之起點、重要分支點、配水管網之連絡點與用戶接水位置應設監測流量計。

配水幹管之起點(如配水池或配水塔之出水管)、重要分支點(如小區管網之接水點)、配水管網之連絡點與用戶接水位置應設監測流量計。請參見圖 8.5。再生水水質經處理後，其流體特性相當於自來水，可使用與自來水系統相同之流量計，流量計之紀錄資料以電子資料為宜，方便後續分析統計，必要時以遙測傳訊方式集中監視管理。

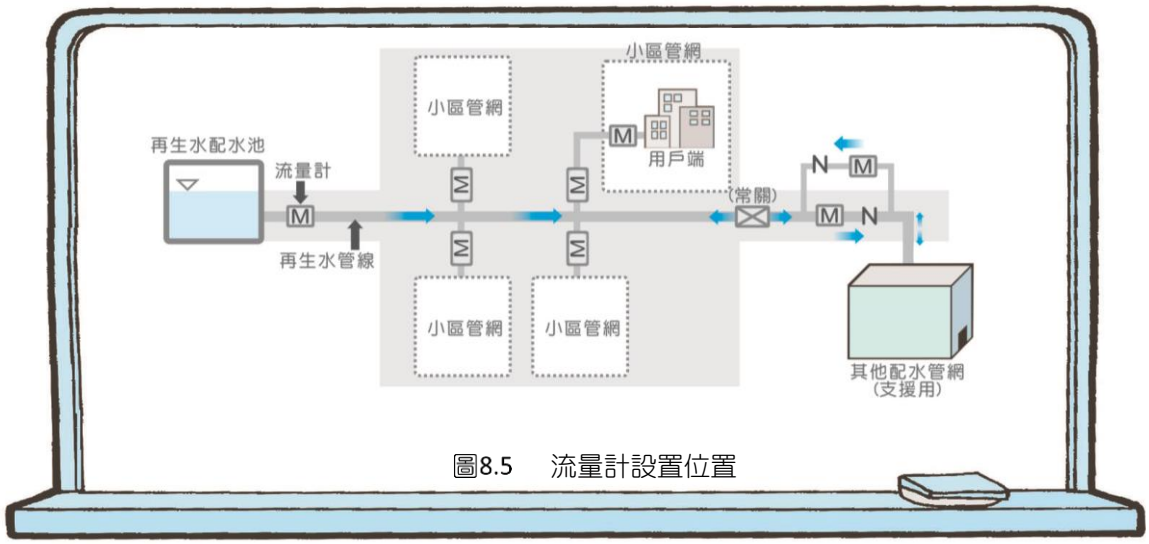


圖8.5　流量計設置位置

◆ 水壓監測

水壓計設置於地勢高處及低處或減壓閥之上下游管段，一般均採用機械式壓力計，需選擇適合計測範圍與精度之機種。

水壓計設置於地勢高處及低處或減壓閥之上下游管段，同流量計之設置位置。室外設置時，須有適當防護避免碰撞、能遮蔽直射日光及雨水之設施，且避免積水，使能維持長期高信賴度之測定作業。一般均採用機械式壓力計，需選擇適合計測範圍與精度之機種。

8.10 識別標示設施

◆ 埋設於地下部分

再生水之管線，除於管身有顏色區別外，管溝埋設時，於其管頂之上方應鋪設紫色塑膠警示帶(與自來水管線區別，其上印有提示文字)。

對再生水之管線，除於管身有顏色區別外，管溝埋設時，於其管頂之上方應鋪設紫色塑膠警示帶(與自來水管線區別，其上應印有提示文字)，詳圖 8.7，以便警示該管線之位置，亦可防止開挖破壞或接錯管線等。管線維修用閥盒包括：相關管件閥類、制水閥盒、排氣閥盒及人孔蓋等，表面均塗刷紫色塗料，表面並鑄有「再生水」等字樣，以別於自來水使用者。

圖片參考來源：
http://www.westbasin.org,
California, US

附註：❶以每2m印刷一組字樣
❷"再生水管線"字體尺度，每字為8X8cm

圖8.6　再生水管線警示帶標示

◆ 管線露明部分

再生水之管線露明接取水設施之戶外接水點、開關閥類及快速接頭等，均統一以紫色區別，並設立警告標示牌及警語。

再生水之管線露明接取水設施，如公園、綠地、消防栓設施等戶外接水點、開關閥類及快速接頭等，均統一以紫色區別，並設立警告標示牌及警語等，請參見圖 9.6 及 9.7。

圖片參考來源：http://poway.org, City of Poway, California, US

◆ 水池及揚水站部分

各水池及揚水站體外牆面塗以紫色，或以明顯字體「再生水槽」或「再生水設施」等標示。

8.11 相關規範及準則

配水系統設計及使用準則以國家標準(CNS)為依據，其項目以管材種類為主。

第 9 章　使用端系統

9.1 供水系統

本實務參考為以非系統再生水供應自廠使用唯說明對象，因此本章節以廠內特定使用、次級及景觀用水為主，各用戶應自行管理，本節僅供參考。

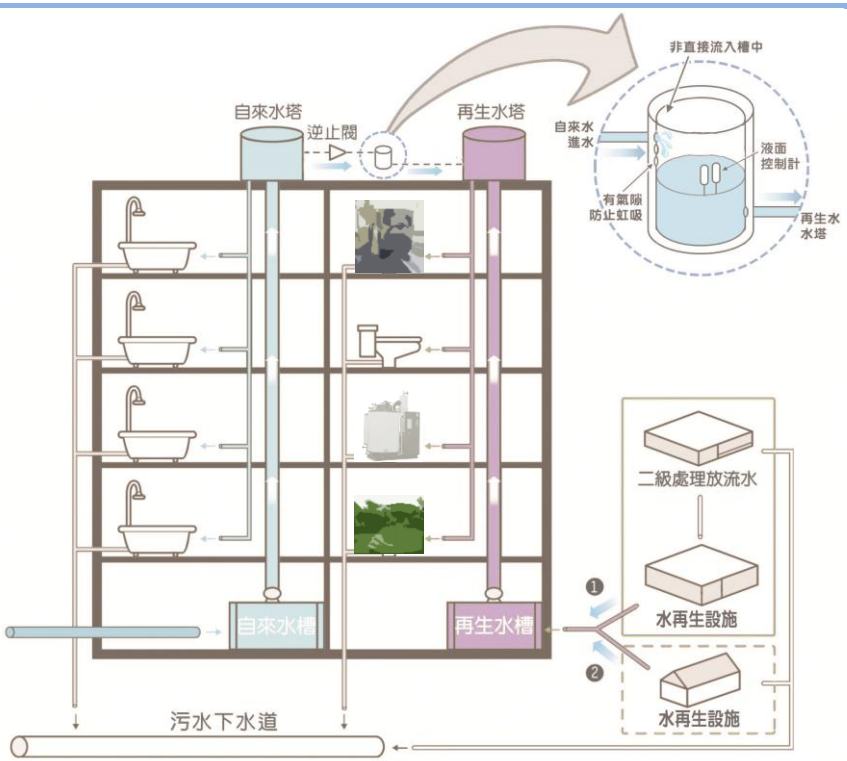


圖9.1　　使用端再生水供應模式

使用端供水系統如圖 9.1，經由再生水配水系統至廠區內再生水儲存水塔。廠區內供水系統包含自來水與再生水共存之供水方式，再生水適用於製程用水、冷卻用水及鍋爐用水等特定使用、沖廁、洗滌等次級以及景觀用水用途，不可作為與人體可能接觸之用途上，因此須特別注意管線錯接問題，再生水供水系統應區分獨立，管身應塗有紫色加以區別。如圖 9.1 所示，圖中紫色管線為再生水管，藍色則為自來水管，經由配水至廠內儲水槽，再利用抽水泵浦抽至再生水水塔與自來水塔，並且於頂樓水塔設置自來水補充再生水水塔管線，並裝置逆止閥與轉接槽防止虹吸污染，避免再生水因負壓而回流進自來水塔而污染水質。

再生水地下槽材質之類別有混凝土、FRP 及不銹鋼槽之區分，且底部應設集水坑，以利清洗排水而排至污水下水道系統，並設 80 cm×80 cm 之不銹鋼人孔蓋以方便清洗與檢查，另水再生水儲存容量以最多 2 日為停滯時間設計，而再生水塔與再生水槽皆有排流與溢流設備排至污水下水道系統，其他注意事項如下：

- ☑ 套管預留處需補強鋼筋，且套管與套管之中心距離不得低於 30 cm。
- ☑ 再生水塔與水槽必須做好防雨設施，並附有防蟲網，並貼有再生水告示警語標誌。
- ☑ 再生水泵浦與再生水管線均採不銹鋼材質。

9.2 配管概要

自設水再生設施配管如圖 9.2 所示，取水管線收集經處理之廢水，並供應廠內製程用水、鍋爐用水、冷卻用水及廠內次級用水等方面。

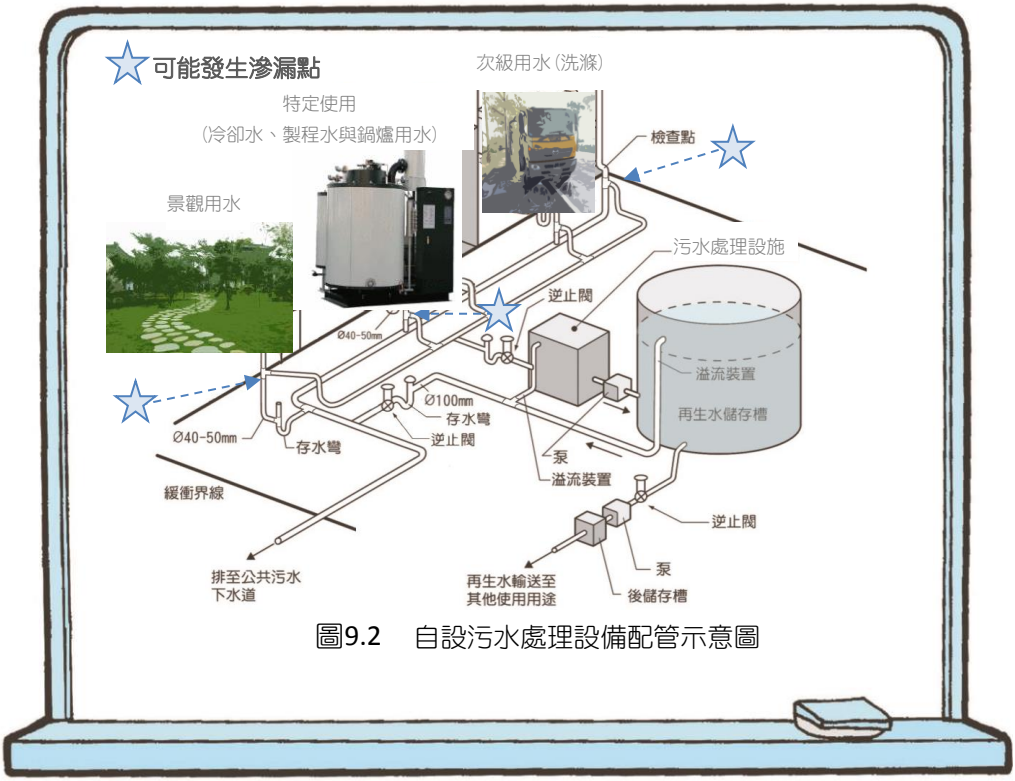


圖9.2　自設污水處理設備配管示意圖

須於適當地點設置存水彎、逆止閥或其他閥件，及在易滲漏點(如接分支管、或裝閥件位置)設檢查點，使可定期監測污水是否有溢漏出而造成環境污染，或產生可能與人體接觸之暴露途逕，自設污水處理設施及再生水貯水槽須有溢流裝置以適應進流水質異常時可以溢流排至公共污水下水道，另可於輸送再生水至使用用途前裝置後貯存槽，可增加用水彈性。

所有管線均有明顯之記號或標誌，且註明再生水、未處理之污水管線，並以顏色區分，以防止管線錯接，再生水貯存槽之停留時間應控制於不宜超過 2 日為宜，水再生設施的建置與配管施工者均須具備合格之施工證照，及符合營建署發布之「建築技術規則—建築設備篇(第二章給水排水系統及衛生設備)」之管線施工配置標準，且使用之相關設施及施工材料，均須符合國家標準(CNS)。

9.3 使用端風險管理

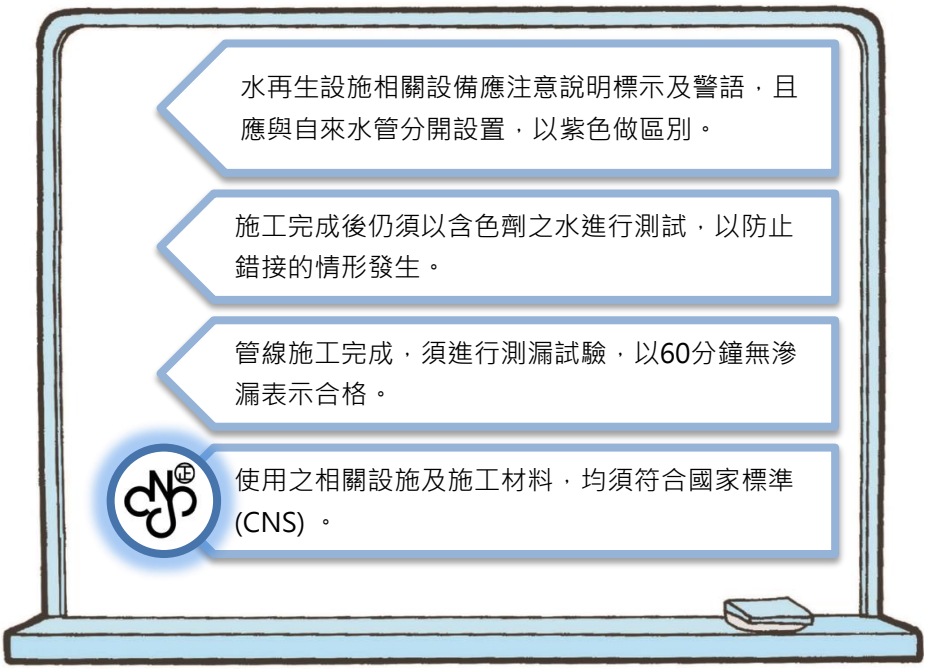
水再生利用首要的考量為「安全使用」，再生水有別於自來水，其水源為未經處理或已處理後之廢(污)水或放流水，雖經法定處理程序達放流水排放標準，然仍存在生物及化學性污染之潛在風險。

維護再生水水質的安全不僅是再生水經營業的責任，用戶亦是，如再生水水池、水塔、用水水管、連接水管及衛生設備、水龍頭等，須由該廠負責。使用端亦應指派專責人員，作為與再生水經營業聯繫窗口。配水系統應有穩定性監測及備用設備，如產水的水量水質監測、備用泵浦等，當水質或設備發生異常時，設有自動警報系統即時通知再生水經營業操作人員及使用端專責人員，同時並能自動關閉再生水地下儲水槽泵浦運轉，由已設置之手動或自動切換改由自來水補注至再生水蓄水塔。

9.4 用水設備與施工規範

再生水管線必須有明顯顏色與再生水記號以防止用戶端系統可能發生之錯接問題。

建築物使用端設計與施工規範應符合營建署發布之「建築技術規則—建築設備篇(第二章給水排水系統及衛生設備)」，與「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」相關規定，摘要如下：



為避免錯接情形發生，再生水管線必須有明顯紫色與再生水記號。一般系統之使用與維護要點如下：

- ☑ 設備所有人日常檢查再生水之水龍頭開關、接頭與管線是否有正常運作或漏水情形。
- ☑ 設備所有人每月定期檢查再生水塔或地下水槽是否有蚊蟲孳生。
- ☑ 若再生水相關設施有損壞情形，應通知具合格操作證照之製造廠商或業主派員前往檢查原因並排除。
- ☑ 遇有停電或維修，而須停止供應再生水時，操作管理人員應提前通知使用者，以免造成使用者的不便和困擾。
- ☑ 再生水管線須有明顯紫色與再生水記號，避免管線錯接或誤用。
- ☑ 再生水設施旁須貼有明顯之再生水告示警語標誌。
- ☑ 再生水使用於籬笆或草坪澆灌時，只能以溢流方式澆灌，不可採用噴霧之方式，以避免隨空氣飛動而接觸民眾之可能機會。
- ☑ 下雨時，不可開啟使用再生水澆灌住宅之戶外植物。
- ☑ 再生水相關設施須能防止臭氣、噪音的擴散並應有二次污染防治措施，同時應防止蚊、蠅的產生及衛生問題。

◆ 錯接防制措施

再生水管線系統應視同自來水系統，對防止其管線受使用端污染而須進行接水點控制及倒流防止。

「錯接」一詞國內一向定義為「給水管與未經檢驗認可之其他已污染之水源或水管連接者」(中華民國環境工程學會，「環境保護辭典」，民國 82 年 11 月初版)，由於過去自來水配管工程中曾將自來水管線與其他管線「誤接」，導致自來水管線受到污染，近有污水下水道用戶接管工程中，亦會發生雨污水排水管的「錯接」，亦即雨水排到污水管，污水排到雨水管的「混接」，因此被狹義的認為「錯接」就是「誤接」或「混接」。按「錯接」一詞原係由英文"cross-connection"翻譯而來，依照美國環保署 2003 年 2 月出版的「Cross-Connection Control Manual」，"cross-connection"定義為「飲用水與非飲用水水源間實際或可能的接觸點」，舉凡：浴缸及洗手檯、給水栓、灌溉噴水系統、附屬供水系統、實驗室及抽氣機設備、洗照片設備、製程水槽、鍋爐、循環水系統、游泳池、太陽能加熱系統及消防系統等，都屬於"cross-connection"，實際上，就自來水配管作業而言，所謂的"cross-connections"並非指自來水管線的「誤接」，而是泛指自來水配管工程中所有「可能致污之接水點」。

因為自來水「接水點」係非飲用物質可能接觸到飲用水系統的一個地方，如果不對接水點加以控制，會導致受污染水經由使用端管線倒流(backflow)至供應潔淨飲用水的主要管線，而造成主要管線受到污染，甚至擴大污染到整個自來水配水系統。此外，各種用戶端的自來水配管系統經常會裝設、變更及延伸接水點，因此使可能傳播污染的問題變成動態性。

接水點分為直接及間接兩種，直接接水點(direct cross-connection)係指使用端管線承受背壓，如果主要管線的水壓降低至小於背壓，使用端管線的受污染水會經由未加保護的交叉連接而倒流入主要管線，稱為背壓(backpressure)倒流，如圖 9.3 之補充水管線因受到泵浦之背壓，當連接補

充水管線的主要管線水壓失去時，循環系統的受污水會受壓而倒流進入主要管線。間接接水點(indirect cross-connection)係指使用端管線沒有承受背壓，如果主要管線的水壓降低，造成使用端管線發生相反的水力坡降，使受污染水經由未加保護的交叉連接而倒流入主要管線，稱為虹吸(backsiphonage)倒流，如圖 9.4 之支管沒有承受背壓，但當連接支管的主要管線水壓失去時，浸沒於受污水槽的支管可能因虹吸而使污水倒流進入主要管線。

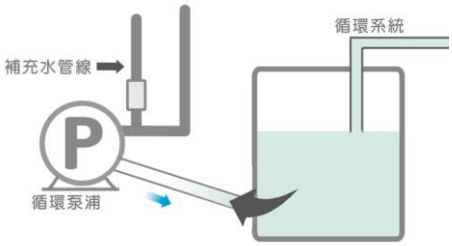


圖9.3 直接接水點

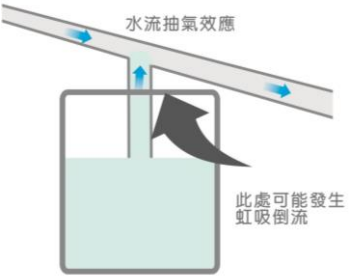
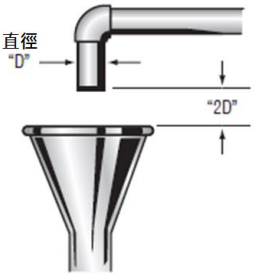


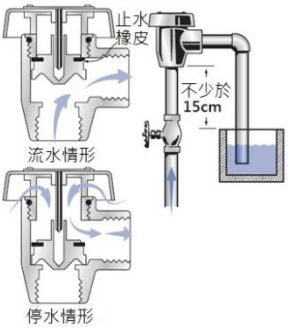
圖9.4 間接接水點

再生水管線系統應視同自來水系統，對防止其管線受使用端污染而須進行接水點控制及倒流防止。再生水水質等級如達飲用水等級，固然須如此保護其管線；惟即使其水質等級不如飲用水等級，為避免影響其正常用途，亦須極力防止其受到污染。某些情況下，自來水經常作為再生水的備用水源，此時須防止再生水經由其接水點倒流進入自來水管線內而污染自來水。

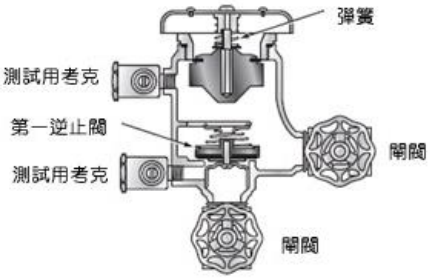
防止倒流應依該接水點如果受污可能會對公眾的健康危害程度(分為嚴重、中等及輕微三等)及接水點發生倒流的型式而分別使用不同種類的倒流防止裝置。倒流防止裝置可分下列五種型式：氣隙淨空(air gap)、大氣壓式真空破壞器、壓力式真空破壞器、雙重逆止閥式及降壓原理式，見圖 9.5。不同種類倒流防止裝置的使用條件如表 9.1 所示。



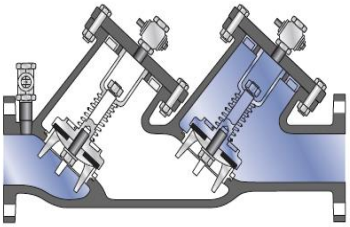
▲氣隙淨空



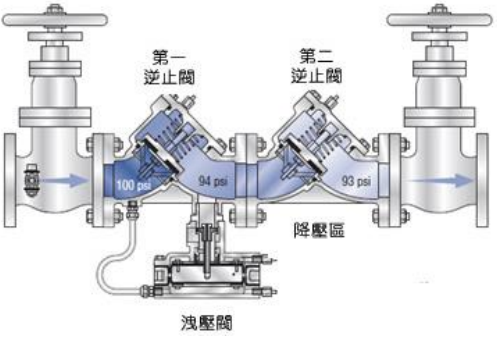
▲大氣壓式真空破壞器



▲壓力式真空破壞器



▲雙重逆止閥式



▲降壓原理式

圖9.5　倒流防止裝置

表9.1 不同種類的倒流防止裝置使用條件表

類別	僅有虹吸倒流		虹吸倒流或背壓倒流
	連續使用	非連續使用	
健康危害性	氣隙淨空、降壓原理式、壓力式真空破壞器	氣隙淨空、降壓原理式、壓力式真空破壞器、大氣壓式真空破壞器	氣隙淨空、降壓原理式
非健康危害性	氣隙淨空、降壓原理式、雙重逆止閥式、壓力式真空破壞器	氣隙淨空、降壓原理式、、雙重逆止閥式、壓力式真空破壞器、大氣壓式真空破壞器	氣隙淨空、降壓原理式、、雙重逆止閥式

9.5 告示標誌與警語

再生水之用水接頭、管線及相關設施旁，應貼示再生水之告示標誌或警語，用水區域應有用途標示，避免誤飲或直接人體接觸。

◆ 用水設備

再生水之用水設備如水頭龍，須漆上紫色與自來水作區別，在明顯處張貼告示牌加以警示，告示牌應明確標示如「使用再生水」、「請勿飲用」等警語，或以特殊且淺顯易懂之標誌圖案，讓民眾清楚明瞭不得做為飲用或與人體接觸(如洗手)之其他用途如圖 9.6。

◆ 用水區域

該廠應在設施入口明顯處張貼「使用再生水」標示，讓廠區人員可以很容易地看到，避免誤飲或接觸，如以再生水作為澆灌用水的草地應設立告示牌(圖 9.7)。

圖9.6　再生水使用設備警告標示圖

圖9.7　再生水使用區域警告標示示意圖-以澆灌為例

9.6 使用端維護檢查

再生水送到使用端用水設備後，使用端將成為安全用水最後一關，定期維護檢查方可確保用水安全。

使用端用戶維護檢查要點：

- ☐ 再生水味道或外觀顏色(應為無色無味)是否異常
- ☐ 再生水中是否有異物或污物
- ☐ 再生水蓄水塔孔蓋是否密合、生鏽或上鎖
- ☐ 再生水蓄水塔是否有龜裂現象
- ☐ 再生水蓄水塔頂部是否有雜物堆積
- ☐ 再生水蓄水塔是否定期清洗
- ☐ 再生水用水設備之警告標示、顏色(紫色)是否脫落或損壞
- ☐ 再生水管線及設備零件是否生鏽或損壞

第 10 章 監測與風險管理

監測係確保取水輸水階段之水源水質控制、處理階段之水再生處理效率及配水及貯水/蓄水階段之水質保證，是再生水風險管理極為重要的工作。

10.1 監測原則[1]

監測目的為確保各階段再生水水質均能夠維持水質品質，保障用水之人體健康與環境安全，須訂定完善的監測計畫。

完善的監測計畫應包括下列要項：具有明確的監測目標，明訂於再生水管理計畫；完善規劃以確定符合監測目標；明列監測項目、監測時程及監測結果應用；採樣與分析技術之穩定可靠性；分析之數據提供作為操作

[1] Australia (2006), Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks (phase1).

再生水系統運轉資訊；分析之數據作為符合法令規定之要件與監督再生水系統效能之用途。

10.2 監測類型[2]

監測類型依其特定目標與階段分為下列型式：

- 基線監測(baseline monitoring)
- 建立系統之背景資料(Where are we now?)
- 測試監測(validation monitoring)
- 監測系統之設計效能(Will it work?)
- 操作監測(operational monitoring)
- 檢核系統之操作功能(Is it working now?)
- 驗證監測(verification monitoring)
- 驗證系統之整體功能(Did it work?)

◆ 基線監測

基線監測目的為提供風險評估之基本資料。

監測再生水水源可以了解現況之危害風險及水源水質之季節變異狀況，蒐集既有水質資料，與基線監測系統所建立之資料相互比較及運用，可作為風險評估之運算及應用數據。

◆ 測試監測

測試監測目的為測試系統預防措施/程序是否有效達到控制再生水水質及再生水使用風險，以確保人體健康及環境安全。

[2] Australia (2006), Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks (phase1).

測試監測必須在再生水系統完成並正式供應使用前即應執行完成(或以模型廠試驗亦可)，應委託外部專業獨立之團隊執行。後續執行之操作監測即可作為與測試監測結果比對之用。

◆ 操作監測

操作監測目的為確保後續階段控制點之正常運作，提供即時資訊建立資料分析及預警機制，防止未符合水質用途標準之再生水輸配至使用端造成健康及環境風險。

操作監測屬日常性之監測工作，可提供預警功能。控制點包括水源、再生處理單元(特別是消毒單元)、貯水槽、配水塔、輸配水系統及用水端。預警系統須能讓人員在 15 秒至數分鐘內啟動警報器。

◆ 驗證監測

驗證監測目的為確認再生水水質符合水質管理標準。

驗證監測須評估事項包括：再生水系統之整體效能、再生水之出水水質及受體環境品質。驗證監測之結果可保證再生水水質之安全及系統操作之穩定性，達成計畫之環境標準，亦能檢視潛在之問題及現況缺乏事項與防止緊急意外事件。應長期監測以保證再生水系統之永續經營品質。

10.3 風險管理之評估方式[3]

以主動運作模式推算風險與管理風險，取代被動式之問題發生與應付對策。

污水再生利用可提供有別於傳統地面水及地下水之新興水源，同時減少都市污水排放總量，減輕環境水體污染負荷。

政府與民眾都必須具備下列污水再生利用之基本原則與認知：

- 確保公眾健康與環境安全為污水再生利用之首要考量。
- 應用預防性風險管理法則於污水再生利用系統。
- 污水再生利用之水源與特定用途須符合污水再生利用之水質管制標準。

美國環保署、澳洲自然資源保育部和環保部以及日本與新加坡亦然，長年應用於食品安全之危害分析與關鍵控制系統(hazard analysis and critical control point, HACCP)，導入再生水之風險管理。HACCP 的主要系統步驟如下：

- 推斷及模擬可能衍生人體健康與環境安全之危害因子，以主動運作模式先行模擬污水再生利用時可能發生之事件與發生原因。
- 估算該危害因子之風險及事件發生之機率，及污水再生利用時發生人體健康與環境安全風險之可能性及其後果。
- 研訂控制危害因子之預防措施，及污水再生利用時發生人體健康與環境安全風險之預防措施。
- 執行污水再生利用時發生人體健康與環境安全風險之預防措施。

風險管理可由下列要點進行控制管理污水再生利用風險，確保人體健康與環境安全：

[3] Australia (2006), Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks (phase1).

- 限制再生水之水源。
- 規範再生水處理程序。
- 訂定再生水用途水質標準。
- 防止再生水與自來水系統之錯接。
- 禁止再生水與人體接觸之用途。
- 再生水水源至用途端之系統監測。
- 再生水之使用安全教育。
- 建立配水系統。
- 建立營運管理系統。

10.4 健康風險管理之監測[4]

工業廢水再生應用於次級用水與環境景觀用途，應謹慎規劃健康風險管理之監測系統。

監測規範之項目與頻率應視系統規模及可能曝露風險而定，健康風險管理之測試及監測項目可依表 10.1 規劃考量。就水再生系統而言，單純的暴露事件即可能造成嚴重的微生物感染風險，因此不論在處理過程或是在配水用水階段，都要以最高等級的防患措施，確保再生水之安全。在驗證監測方面，所有監測項目與結果均必須符合水質標準及用途規範，此外，微生物是驗證監測之首要項目，以確認再生水無致病菌。

微生物之監測物種得依再生水最終用途的敏感度及風險而定，低度風險可以僅檢測大腸桿菌，而在高度風險情境時，應同時監測大腸桿菌、噬大腸桿菌(*coliphage*)及芽孢梭菌(*clostridial*)，高風險情境時以「週」為監測頻率，低風險情境時之「月」為監測頻率。

[4] Australia (2006), Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks (phase1).

表10.1　健康風險管理之測試及操作監測

測試項目	測試監測項目	後續操作監測項目
二級處理系統	1.進流及出流之指標微生物濃度，監測項目必須為大腸桿菌群，最好也能夠考量※噬大腸菌體(*coliphage*)、※產氣莢膜梭菌(*Clostridium perfringens*)及※可能之病菌。	1.系統流量 2.二沈池污泥深度
砂濾單元	1.建立最適濾程及操作技術。 2.建立最適反沖洗流程。 3.進流及出流之指標微生物濃度，監測項目必須為大腸桿菌群，最好也能夠考量※噬大腸菌體(*coliphage*)、※產氣莢膜梭菌(*Clostridium perfringens*)及可能之病菌。	1.濁度(進流及出流) 2.系統水頭損失 3.出流之懸浮微粒 4.pH 及溫度 ※5.混凝劑用量
薄膜單元	1.進流及出流之指標微生物濃度，監測項目必須為大腸桿菌群，最好也能夠考量※噬大腸菌體(*coliphage*)、※產氣莢膜梭菌(*Clostridium perfringens*)及可能之病菌。	1.濁度(進流及出流) 2.系統水頭損失 3.出流之懸浮微粒
紫外光消毒單元	1.建立 UV 燈管操作壽命及時數、UV 燈管功率、流量、UV 穿透度及濁度相關操作維護措施。 2.進流及出流之指標、微生物濃度，監測項目必須為大腸桿菌群(*E. coli*)，最好也能夠考量※噬大腸菌體(*coliphage*)、※產氣莢膜梭菌(*Clostridium perfringens*)及※可能之病菌。	1.消毒上游端之濁度 2.UV 穿透度 3.UV 強度及光劑量 4.流量及停留時間 5.UV 燈管功率及狀態
加氯消毒單元	1.進流及出流之指標微生物濃度，監測項目必須為大腸桿菌群，最好也能夠考量※噬大腸菌體(*coliphage*)、※產氣莢膜梭菌(*Clostridium perfringens*)及※可能之病菌。 2.進流消毒單元之水濁度小於 2 NTU。	※1.消毒上游端濁度 2.消毒下游端濁度 3.下游端監測點之自由餘氯、溫度及 pH，最好在滿足接觸時間點處監測 4.流量，確認 Ct
錯接控制	檢驗自來水管線，關閉自來水管線，使用再生水管線，以確認無管線錯接。	量測流量
意外錯用控制	檢查再生水系統之標誌、顏色、管線及閥高度。	檢查標誌及接合點

測試項目	測試監測項目	後續操作監測項目
使用端	1.確認使用者理解使用風險及限制。 2.使用者簽立同意書。	檢視用戶端之使用狀況

備註：基於操作成本考量上，表內打※為建議需求監測項目，其餘為必要考量監測項目。

10.5 水質監測管理

水質監測的目的在於確保再生水處理流程中的水質達到標準，以保障再生水使用端人體健康與環境安全。

營運階段應確保再生水處理水質符合再生水利用標準，因此建立水質監測系統以確保從水源處至用戶端水質皆達再生水利用標準，依監測方式、監測範圍及監測項目與頻率等三大部分介紹。

◆ 監測方式

❶遠端電腦監測水質系統：

設置水質監測中心和檢驗室，並設立多個控制點，定期檢驗水質，並將數據統整至水質監測中心。其偵測從原水取水輸水系統、水再生處理流程，至配水系統，全程以電腦遠端監測與控制，隨時掌握水質狀況。一般監測設備能連續紀錄檢測之水質項目如 pH、水溫、導電度、濁度、氧化還原電位等。

❷供水區控制點水質監測：

如 SS、TOC、COD、重金屬等項目則須派員採集水樣至實驗室或檢驗室進行檢測。每月派員至供水區域的控制點；如加壓站、蓄水塔(池)及配水塔(池)等現場採樣，各類檢驗應能符合再生水使用水質標準以確保安全無虞。

◆ 監測範圍:

⊙原水水質：

定期巡查及採樣檢驗原水的水質，加上全天候電腦監測，隨時掌握水質概況。

⊙水再生處理單元：

電腦自動化管理控制水再生處理單元，即時監測水質。

⊙配水系統：

經水再生處理程序後的水配送到供水區域，配水系統的配水管線需保持適當的餘氯量，以確保使用安全，因此於供水區定期採樣送驗，並利用電腦監測系統即時掌握水質與水壓狀況。

◆ 監測項目與頻率

為確保用水安全，需定期檢測水質以隨時掌握水質變化。並在供水區設立多處監測站，按監測頻率進行水質檢驗。監測頻率可分為：

即時監測：隨時掌握水質，以電腦遠端控制與記錄。

每周監測：每個星期的水質檢驗項目。

每月監測：每個月的水質檢驗項目。

不同範圍下的監測項目與頻率如表 10.2 所示。水質監測值應符合各使用標的之水質標準，若接近標準限值則建議加強巡查(表 10.3)，以防止或及時掌握可能發生之水質異常現象。

表10.2　不同範圍下的監測項目與頻率

監測範圍	監測項目	監測頻率		
		即時監測	每周監測	每月監測
原水水質	pH、濁度	✓	✓	✓
	水溫、導電度、大腸桿菌群、TOC 或 COD、臭味/外觀		✓	✓
	氨氮、硝酸鹽氮、總硬度、總溶解固體、硫酸鹽類、			✓
水再生設施產水水質	pH、濁度、餘氯	✓	✓	✓
	水溫、導電度、大腸桿菌群、TOC 或 COD、臭味/外觀、		✓	✓
	氨氮、硝酸鹽氮、總硬度、總溶解固體、硫酸鹽類			✓
配水系統(控制點，如取水塔、加壓站、蓄水塔、配水塔)	pH、濁度、餘氯	✓	✓	✓
	水溫、導電度、大腸桿菌群、TOC 或 COD、臭味/外觀		✓	✓
	氨氮、硝酸鹽氮、總硬度、總溶解固體、硫酸鹽類			✓

表10.3　加強巡查時機建議

監測項目	都市用途水質標準建議值	工業用途基本水質標準建議值	需加強巡查範圍值
pH	6.0-8.5	6.0-8.5	＞8.5
濁度(NTU)	2	2	＞1.8
餘氯(mg/L)	結合餘氯：0.4 自由餘氯：0.1	結合餘氯：0.4 自由餘氯：0.1	結合餘氯＜0.44 自由餘氯＜0.12
大腸桿菌群(CFU/100 mL)	10	10	＞9.5
BOD_5(mg/L)(適用水源為生活污水)	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下	最大限值 15 以下且連續 7 日平均限值 10 以下	＞10
COD(mg/L)(適用水源為工業廢水)	-	75	＞68
色度	10	10	＞9
臭味/外觀	無不舒適感	-	異常時
氨氮	-	5	＞4.5
總硬度(mg/L as $CaCO_3$)	-	850	＞770

第 11 章 維護管理

11.1 管理制度

再生水經營業應確保供應之再生水處理水質符合再生水水質標準，依規定需確實執行水質檢測，定期向主管機關提報營運管理報表、設備安全檢查及設備管理與維護檢查工作紀錄報告。

為確保再生水處理水質能符合利用標準，在操作維護的規劃程序上相當重要，如各處理單元與配水系統控制點的水質定期檢驗、供水的水量及水壓等，需逐日記錄，以確保系統流程處理順利與再生水使用端的安全，且再生水經營業應向主管機關定期提交月報及年報，做為水再生設施營管結報，並建檔作為後續技術開發之依據。水再生設施首先需擬定各項完整詳實之作業計畫並落實於實際營運，營運管理目標如下：

- 保證處理功能，使排放水質符合放流水標準。
- 避免二次公害產生。
- 達成最佳化操作(低耗能、低成本及高處理效率)。
- 落實正確完整之操作及維護作業模式。
- 培育及提昇人員素質、確保系統永續操作。
- 維持良好之公共關係及業主滿意度。
- 提昇環境衛生及水體保育。

◆ 專業人員

再生水之供應涉及公共安全，其系統操作與處理宜由專業人員為之。

應設置水再生處理專業人員，負責系統操作與管理，以確保水質安全，所聘僱之工程師，建議為登記合格之環境工程技師，而其他管理、化驗、操作等人員，則建議參考自來水法規定應具有專業技術，並經考驗合格。

◆ 稽核管理

為維持水再生設施之經濟有效及節能減碳運轉，建議利用管理模式，藉由目標、執行及控管稽核等三要素，反覆檢討改善，並建立標準內部及外部稽核作業程序及最佳化操作以達到省資源與省能之目標。

管理模式如 ISO 9000，藉由目標、執行及控管稽核等三要素，以單元流程控制程序(unit process control procedure, UPCP)、標準操作程序(standard operation procedures, SOP)、標準維護程序(standard maintenance procedure, SMP)及人員教育訓練為工具，並因應水質、水量、設備特性及現場實況，不斷調整及反覆檢討改善來達到目標，如圖 11.1。

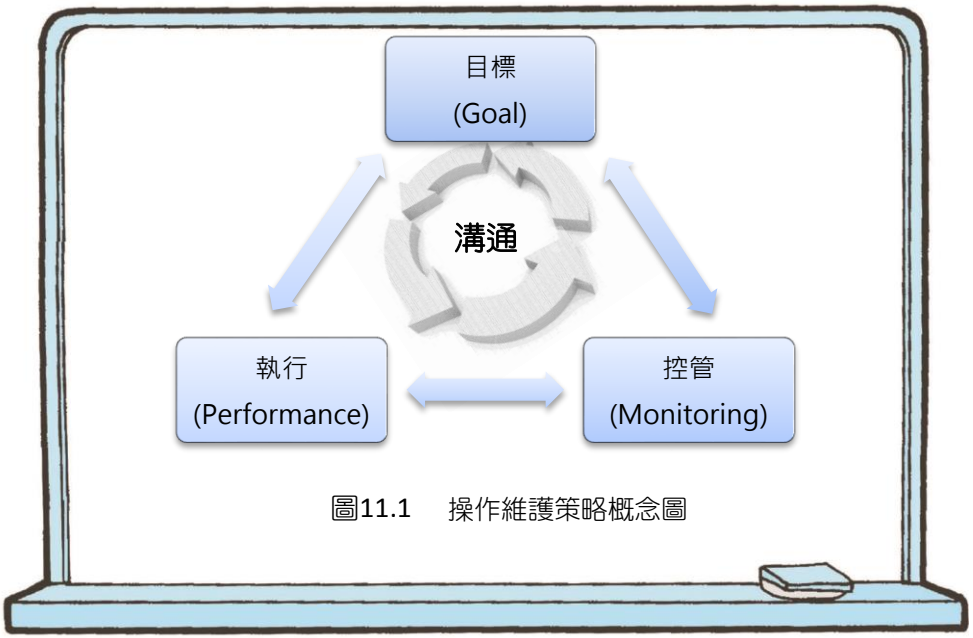


圖11.1　操作維護策略概念圖

而為獲得穩定之再生水水質供應，應建立標準操作管理作業(圖 11.2)，並建立下列操作維護所需之各項標準作業程序以供依循。

- 單元流程控制程序(UPCP)。
- 標準操作程序(SOP)。
- 標準維護程序(SMP)。
- 各單元設備檢點標準值建立。
- 人員訓練基本教材。
- 緊急應變措施。
- 實驗室管理手冊。
- 各單元操作紀錄報表。

標準操作程序(SOP)提供操作人員對於各單元設備基本之操作步驟，若按其發生之狀況，可分為一般正常操作、特殊(不正常)操作及緊急操作程序三種：一般正常操作指在無特殊狀況發生時，例行之正常操作程序可分為正常操作程序(normal procedure)、啟動操作程序(start-up procedure)及關閉操作程序(shut-down procedure)；特殊操作程序為當系統處理有異常現象發生，經判斷可以調節操作補救改正不正常情況操作或替換操作之程序；緊急操作程序指在緊急狀況或不可預料狀況下(如颱風、火災、電力中斷等)之操作程序。

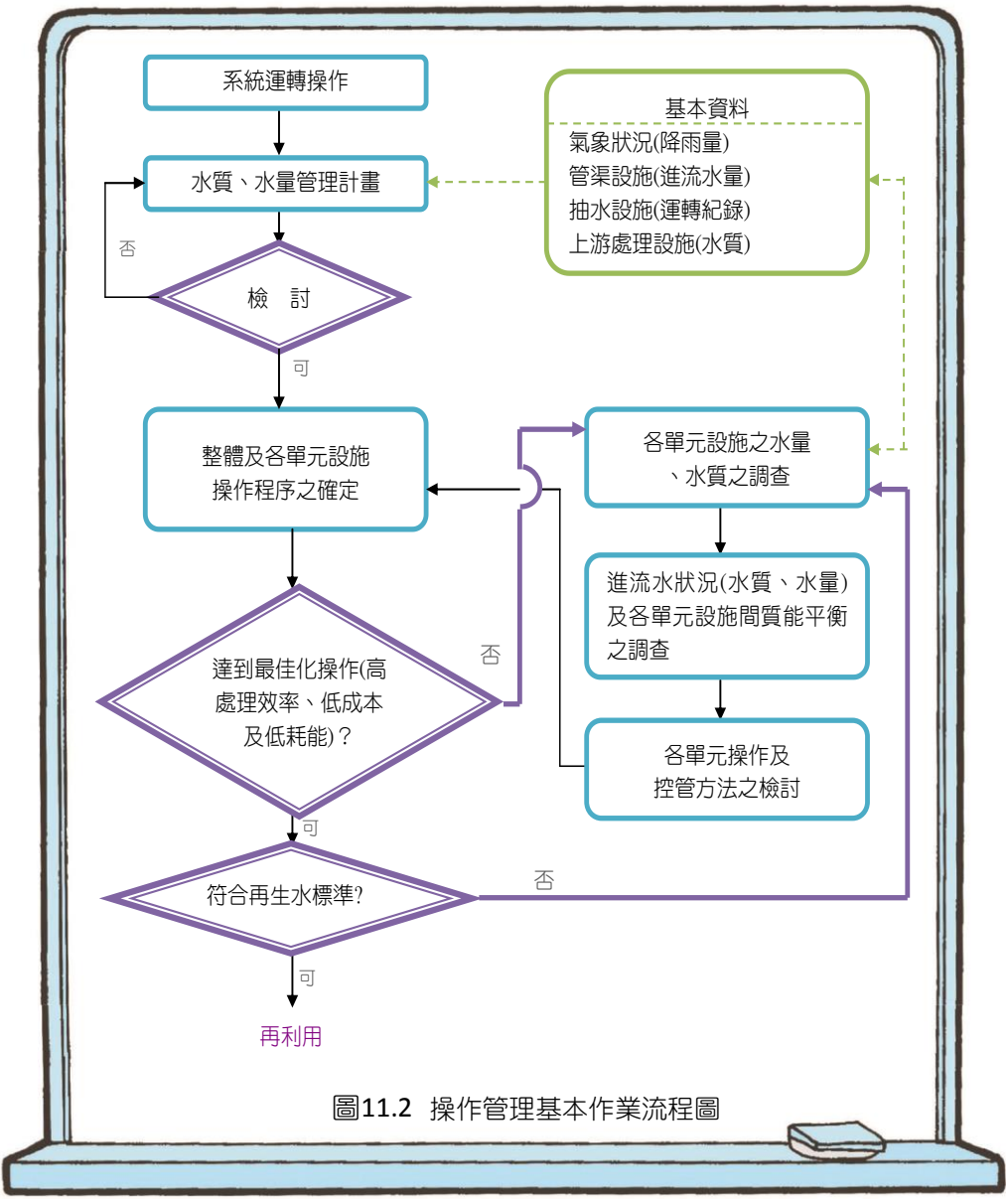


圖11.2　操作管理基本作業流程圖

最佳化操作之目標以全廠運轉為考量，在達到理想處理效率之同時，能夠達成省電、省水、省能源及省物料之效果，而最佳化操作須按客觀條件的改變而不斷調整改善，使其維持最佳運轉狀況，分述如下：

- 適時修訂管理制度(包括行政、物料、操作、維護及安衛等方面)，期使人力與設施得以發揮最大功能。
- 適時適地按實際運轉情形及運轉目標彈性調整組織人力，方能發揮組織及人員績效。
- 對於初步設定之操作參數及操作目標值，操作主管及現場人員應隨時因應客觀條件變化加以檢討修訂，適時調整，期使各單元及設備相互配合，提升處理效率。
- 設備更新、增設或改善：各單元設備為維持其功能或因應新技術發展及新訂法令必須改善該設備之功能時，應適時建議更新、增設或改善，以充分發揮其處理效能。
- 各項操作報表之改善：操作記錄藉各種報表得以存查及分析，而各單元機電儀控操作記錄表，需配合實務持續修正，以臻清楚、實用及完整之目標。
- 操作成本及經濟性考量：最佳化操作運轉除處理效率外，操作成本及耗能亦是重要考量之因素，運轉過程中應隨時加以分析、統計及檢討改善。

◆ 安全應變

水再生設施應對於天然災害及水質異常可能造成之問題，事先規劃緊急應變程序。

遭遇天然災害及意外(如防洪、防震、防颱及防火等)之應變方式如下：

- 防洪措施：洪汛期來臨前，針對基地周圍排水路進行全面檢查，遇有淤積立即清除，並成立機動巡查隊，於洪汛期間，全面監視各排水設施，發現雜草漂流物，隨時清浚。

- 防震措施：依實際需要備妥各項防救器材工具與整備，並辦理各類防震教育訓練與宣導，至少每半年一次舉辦防震演習，預先選定安全避難處所及疏散逃生路徑，並作成標示牌，且需與當地消防機關及緊急救援體系訂立相互支援協議。
- 防颱措施：注意颱風動向，並檢查排水路是否順暢、排水閘門是否操作正常、材料堆置所是否有適當防護，以及緊急電力、緊急照明與緊急通訊系統是否運轉良好。
- 防火措施：於適當地點設置消防安全設備，且至少每年定期檢修一次，並指派防火管理人，負責擬訂消防防護計畫及執行相關消防業務，並配合地方消防機關或經中央消防機關認可之專業機構，針對施工及監工人員施予消防講習，且需與當地消防機關訂立消防作業相互支援協議。

因應水質異常如水源水質、處理功能、輸水與配水系統及使用端之水質等之應變方式，分述如下：

- 水源水質異常：取水系統應設置水質自動監測設備，建議當即時監測之數據發生異常時應立即以手持式儀器再檢查所有監測設備及儀表之正確性，以確定訊號之正確性，而當達連續監測 20 分鐘超過所設定之取水水質標準時，系統自動發出警示，並於連續偵測 30 分鐘超過取水水質標準時系統自動關閉，停止取水之動作。
- 處理功能異常：處理設備中之主要機械或儀電單元應設有備用設備，遇有處理功能異常時應立即啟動備用設備以保障處理功能，而處理水質偵測出異常時則須立即以手持式儀器再檢查所有監測設備及儀表之正確性，確定訊號之正確性，當達連續監測 10 分鐘超過所設定之處理水質標準時，處理水應停止進入配水系統中，並於連續偵測 20 分鐘超過處理水質標準時系統應自動關閉，停止取水及全廠運作，排除原因後再行進水處理。
- 輸水與配水系統異常：應設退水機制，配水池發生水質異常或池內之水超過 72 小時皆無任何流動使用時，應將池內剩餘之水全數排放至污水下水道系統，並檢查清洗池體之必要性後繼續供水，並建議在配水池設置二次消毒設備作為應變之需。

- 供水系統異常：再生水供應端應確保能經常供水，如因災害、緊急措施或工程施工而停止供水時，應有緊急之備用供水系統，並採取適當措施，儘量減少斷水之可能性與時間。或可將停水區域及時間事先通知，如有特殊情形必須連續停水達 12 小時以上或採定時供水時，應先申請所在地主管機關核准，並公告通知。
- 使用端之水質異常：使用端配管施工完成必須會同使用者進行試水，確認無錯接狀況並給予正確之標示以保障自來水及再生水系統安全，使用者在用水端發現有異味或顏色時應立即停止用水並通知系統管理者前往勘查，必要時增設消毒單元，若由於系統或外物所致則須現場查驗改善之，水質之異常除了立即之處置應變外，並應檢討原因後採取必要之預防措施以避免類似事件再發生。

◆ 緊急通報

再生水經營業單位應建立緊急通報系統，俾水質突發異常時，可以在最短時間通知用戶，並執行緊急應變措施與關閉配水系統及緊急排水。

◆ 營運綜合檢核

再生水經營業單位應與使用再生水用戶確立雙方之權利與義務，以確保使用再生水之用水安全及事先防制緊急應變程序。

- 與用戶簽立使用同意書(agreement)，規範使用再生水之設施、用途、時段與地點。用戶單位應指定用水管理員。
- 規範用戶不得私自將再生水提供合約範圍外的使用，包含他人與他處。
- 指導用戶之管線錯接之查核與測試。
- 檢查用戶管線與設施之規格與標示。

11.2 操作維護

◆ 取水、輸水系統

再生水水源之取水系統，可能產生進流水量不足、微生物滋生、藻類生長、機械故障及水質異常等操作風險，須定期進行系統檢查維護，故應考量操作維護風險，並建立相關因應措施。

再生水水源之取水及輸水系統須定期進行系統維護，且應考量操作維護風險，並建立相關因應措施。相關的因應措施如進流水量不足時，可藉設置多槽調節池，由調節池內水量調整以均勻進流水之流量；管線過長造成的管內微生物滋生或於管壁長出生物膜，則可由取水口之水質監測監控水中餘氯濃度，並由加藥設施添加氯或次氯酸鹽以增加水中自由餘氯；取水口因陽光久照，易有藻類生長，故必要時須於取水口加蓋，以避免陽光照射而使藻類生長。

而在導水管線設置人孔、聯絡井、倒虹吸管及溢流口等，以方便人員操作維護，及遇特殊地形仍可保持水量輸送，且導水方式以選擇導水管為宜，以避免外界污染源進入。

機械設備方面如泵浦、攔污柵及調節池等需設 2 座以上，以方便檢修或發生故障時取水系統仍可正常運作，而水質監控警示模式，宜採單一項水質檢測超過自訂標準 20 分鐘時立即發出警示，由操作人員進行操作調整取水作業。

◆ 處理系統

水再生利用程序中薄膜處理費用佔相當高的比例，適切的薄膜操作維護，即能減少薄膜更換及薄膜清洗成本，因此以下針對高階水再生處理中須特

別留意的薄膜操作與清洗維護要點加以說明。

薄膜操作及清洗維護：

低壓膜操作與維護

低壓膜(MF/UF)操作方法採反沖洗(back washing)、曝氣鬆弛清洗(relaxation)及現地清洗(clean in place, CIP)控制其結垢發生。

反沖洗操作指過濾一段時間後，利用產水端之純水反沖洗薄膜內部至表面，將結垢從表面孔徑中帶出，為每日過濾操作定期維護之項目；鬆弛清洗一般用於板框式薄膜操作維護，常搭配曝氣操作，程序為過濾一段時間後停止，鼓風機啟動進行膜面曝氣清洗，讓膜面表面結垢鬆弛脫落，為每日過濾操作定期維護之項目；現地清洗為當薄膜阻塞造成通量下降或壓差上升時，則進入現地清洗程序(CIP)，一般程序採先添加清洗藥劑如氫氧化鈉(有機物)或檸檬酸(無機物)等藥劑清洗後再行沖洗，表 11.1 為某廠商清洗之條件與方法可供參考。

表11.1　某廠微濾膜操作與清洗方法

薄膜廠	F 廠
薄膜種類及型號	微濾膜
薄膜型式	沉浸式板框膜
清洗條件	透膜壓差增加 5-10 kPa 時
反沖洗/鬆弛曝氣方法	每 9 分鐘過濾，鬆弛曝氣 1 分鐘 反沖洗頻率：板框式無反沖洗 氣泡流速：＞0.5 m/s 需要空氣量：　單層：10-15 L/min-pc 雙層：7-10 L/min-pc
CIP 操作方法	3-6 個月一次 加藥濃度：　有機結垢：0.5-0.6%　次氯酸鈉 無機結垢：1.0%　草酸 每片薄膜需劑量：3 升

	清洗時間： 注入藥劑 5 分鐘 浸泡 60-120 分鐘

高壓薄膜操作與維護

RO 膜操作與維護時機以固定操作壓力操作下之產水通量變化或固定產水通量(constant flux)下觀察其透膜壓差變化作為考量。

RO 膜的清洗維護時機，在定壓運轉時產水量下降 10-15%，即進入清洗；在固定產水通量時，壓差增加 10-15%，即進入清洗；或在產水水質明顯下降時，如透鹽率增加 10-15%時，進入清洗。清洗採用化學藥洗，化學清洗藥劑依據不同形式的結垢種類及污染程度選擇不同藥劑，表 11.2 及表 11.3 為某廠商針對清洗藥劑提出之建議。

表11.2 高壓膜抗結垢清洗藥劑

編號	清洗藥劑主要成分	pH 調整	最高溫度
1	2% (w)檸檬酸	使用氫氧化銨至 pH = 4.0	40℃
2	2% (w) STPP 0.8% (w)Na-EDTA	使用鹽酸或硫酸至 pH = 10.0	40℃
3	2% (w) STPP 0.025% (w) Na-DDBS	使用鹽酸或硫酸至 pH = 10.0	40℃
4	0.5% (w) HCl 鹽酸	調低 pH 再加氫氧化鈉至 pH = 2.5	35℃
5	1% (w) 亞硫酸氫鈉	不需調整	35℃
6	0.1% (w) NaOH 氫氧化鈉 0.03% (w) SDS	調低 pH 再加鹽酸至 pH = 11.5	30℃
7	0.1% (w) NaOH	調低 pH 再加鹽酸至 pH = 11.5	30℃

STPP:三聚磷酸鈉，Na-DDBS: 十二烷基苯磺酸鈉，SDS: 十二烷基磺酸鈉
資料來源：Hydranautics 公司，逆滲透和奈濾膜產品技術手冊，2007。

表11.3 高壓膜結垢種類及清洗藥劑選擇

結垢種類	清洗液種類	
	輕微污染	重度污染
金屬氧化物/氫氧化物	1	5
無機懸浮膠體	1	4
無機/有機懸浮膠體混合物	2	6
碳酸鈣結垢	1	4
硫酸鈣、硫酸鋇、硫酸鍶結垢	2	4
SiO_2 沉積	-	7
生物污染	2 或 3	6
天然有機物(NOM)	2 或 3	6

註：數字為表 11.2 所對應的藥劑編號。

優化薄膜操作與維護

薄膜操作與維護的最佳化為找出單位產水成本最低的系統配置及維護如前處理、薄膜通量及清洗維護方法，而最基本的原則是在延長及避免薄膜結垢達到不可回復區，造成薄膜的效能降低。

薄膜隨時間操作形成結垢，大致可分成安全區、可回復區、警示區及不可回復區，如圖 11.3，在警示區之前可透過清洗維護方法來回復薄膜的操作與性能，而到達不可回復區時，薄膜形成不可逆的結垢，造成效能降低且無法回復，因此基本的原則為利用前處理及通量的控制來延長到達不可回復區的時間及透過清洗維護在不可回復區前回復操作與效能。主要考量的有前處理、操作通量及薄膜清洗方法，探討因結垢造成的操作及固定成本變化，來找出最佳化的系統。

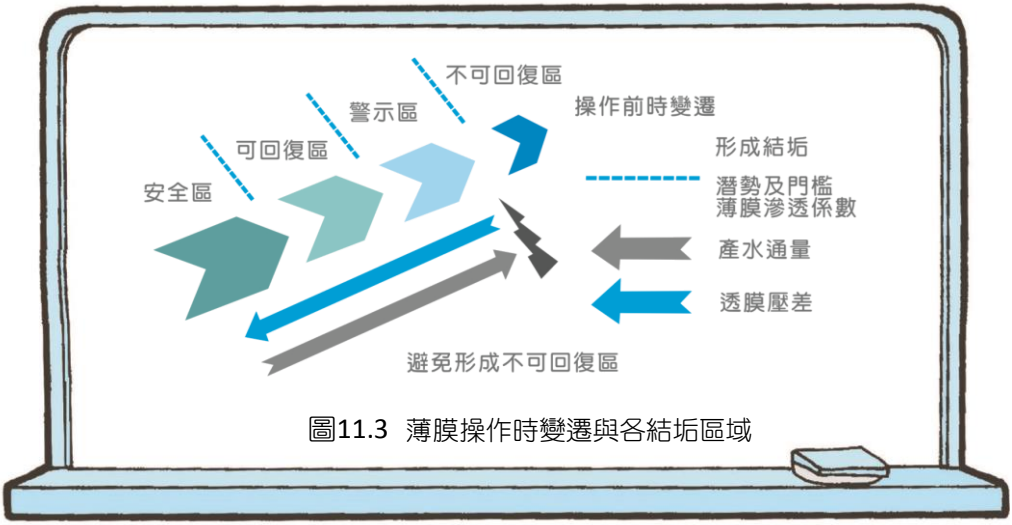


圖11.3 薄膜操作時變遷與各結垢區域

薄膜滲透係數

在實際操作上，利用薄膜滲透係數來表示薄膜結垢的情形。

$$\text{薄膜滲透係數} = \frac{\text{薄膜滲流通量}(\ {}^{\mathrm{L}}/_{\mathrm{m^2 \cdot h}})}{\text{薄膜透膜壓差}(\Delta\mathrm{TMP})} \times \text{黏滯係數}(\mathrm{cp})$$

薄膜系統在操作上為能更準確的知道膜結垢情形，可利用薄膜滲透係數的變化來判斷，薄膜滲透係數定義為單位透膜壓差下的通量，意即考慮到薄膜操作下，結垢造成的通量下降及操作壓力的上升兩者及黏滯係數，為膜結垢的一重要指標。

前處理

前處理目的為減少膜結垢，延長薄膜進入不可回復區的時間，測試不同前處理對薄膜滲透係數影響以做為最佳化時的依據。

前處理能減輕薄膜結垢的情形，減緩薄膜滲透係數的下降，如圖 11.4，

而由於不同前處理對減輕薄膜結垢的程度不同，故須測試各前處理對薄膜滲透係數隨時間的變化及考量前處理的處理成本以做為最佳化的選擇依據。

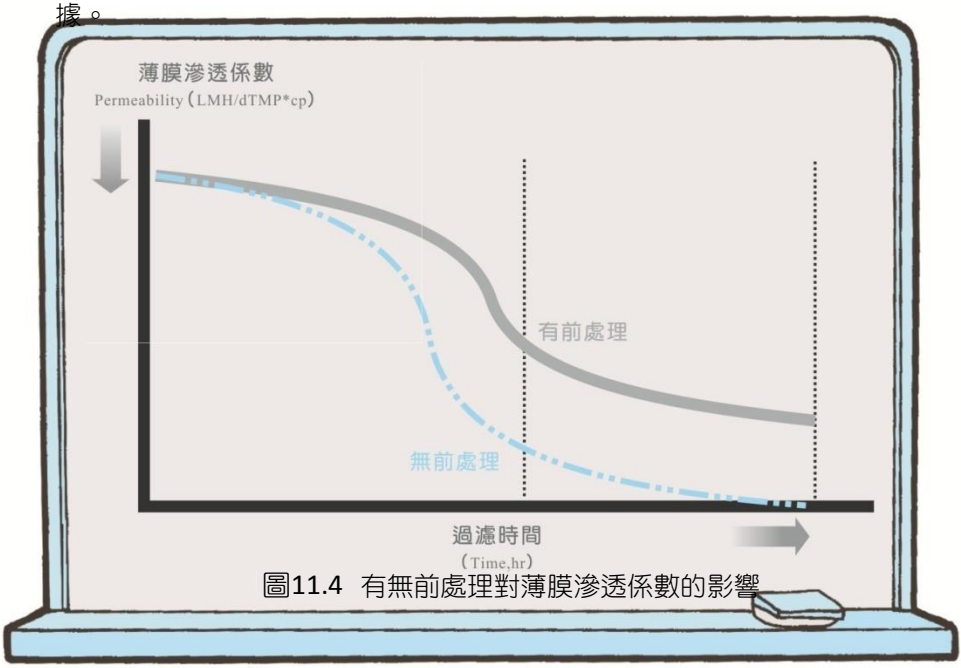


圖11.4 有無前處理對薄膜滲透係數的影響

薄膜通量影響

薄膜通量影響膜結垢的速率及設計時所需的薄膜數量，影響操作變動成本及初設時固定成本，須測試薄膜在不同操作通量下之結垢情形，並計算其操作成本及初設成本做為優化的考量。

薄膜通量是薄膜操作時影響結垢行為的重要參數，高通量雖有較大的產水量，但隨著通過薄膜的水量越高其污染物累積越快，結垢也越嚴重，而低通量的情況下，在同樣的進流水量，所需的薄膜數量增加，進而提高初設成本，故薄膜系統設計時需找出優化的膜操作通量以達到最大的效益。

清洗維護方法影響

清洗維護方法主要是避免薄膜結垢情形進入不可回復區，以回復薄膜的操作與效能，主要考量清洗的頻率，清洗的時間及清洗的藥劑，並考量其清洗成本來做最佳化的操作。

薄膜結垢到一定程度後需透過清洗來清除結垢，以回復其操作壓力、操作通量或薄膜滲透係數，若在不可回復區時清洗，則薄膜的操作無法回復到最初的設計值如圖 11.5，進而增加操作成本，因此需測試不同的清洗頻率，清洗時間及清洗藥劑，以觀測薄膜操作的回復情形及所需的成本俾做為最佳化的考量。

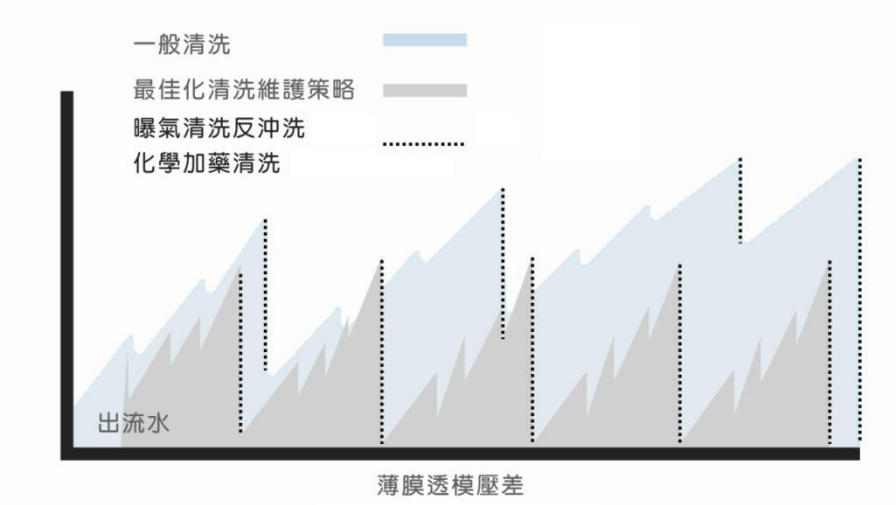


圖11.5 薄膜清洗方法影響操作情形

薄膜歲修保存方法

薄膜元件在系統歲修停運時，必須進行保存處理，以防止微生物的生長與薄膜性能之改變。

各式薄膜保存方法請依廠商所提供之技術手冊建議方式辦理，以 RO 膜為例，參考廠商薄膜技術手冊，歲休時建議先清洗薄膜，再利用 1-1.5% 的亞硫酸氫鈉保護液浸泡元件，將空氣從壓力元件排出並關閉所有閥門避免空氣氧化保護液，管理面上除每月更換保護液外，每星期尚需檢查保護液的 pH 值，當 pH 小於 3 時應更換保護液，而保存的溫度不可超過 45℃。

薄膜損傷檢測方法

薄膜損傷檢測方法係用以評估是否須執行清洗維護程序或進行更換維修，其方法有壓力點試驗法及濁度計量法兩種。

壓力點試驗法為於進流水及產水端測量壓降情形，可運用壓力下降速度時間檢測出膜破損情形，其優點為原理簡單，可新設或追加於原系統中，但其偵測系統較為複雜。濁度計量法為檢測產水中的濁度，若有大幅度的變化即代表薄膜有損壞，其優點為可連續線上偵測，但無法測出膜組的損壞情形。

第 12 章 基本設計案例

工業廢水再生利用案例：

台灣地區地理環境因素、極端氣候之影響，降雨量、降雨季節集中，造成雨量分配不均，面臨缺水乾旱危機；生態環境及環保意識抬頭考量下，興建水庫不易，地下水超抽及水源開發愈來愈困難。另一面向下，污水下水道積極建設，污水處理廠處理後的水質，除符合放流水質標準要求外，更具回收利用之潛力。如能放流水有效再利用，作為工業用水、生活次用水及河川生態流量、水源不足之緊急備用水源。

隨著產業發展，工業用水量日益增加，工業廢水產生量亦與日俱增其中不乏可回收再利用之製程清洗水及符合放流水標準之放流水等等……；為此，放流水及製程水回收技術蘊應而生，藉此提供產業減少放流水排放及自給自足之製程用水及次級用水，減少使用自來水，使水資源供需之風險降低、減少廢污水排放，並能提升水環境之生態品質並達資源循環之目標。

12.1 封裝測試業放流水回收再利用計畫

某半導體製造股份有限公司中壢分公司製程用水量依產能規模用水量與日俱增，製程年用水規模預估由 350 萬噸增加至約 450 萬噸，耗用水量龐大，考量廢水處理廠放流水質及及避免水資源浪費，評估設置放流水回收系統，設計產水量約 5000CMD，可提供並替代自來水以達自來水減量之功效。

12.2 放流水回收再生規劃

設計之放流水回收系統，考量 COD 及 BOD 等污染物恐造成膜濾系統阻塞，設計規劃以生物處理系統為前處理設施再降低 COD、BOD 及膠凝用 Polymer，以保護後續 UF 及 RO 系統，主要處理程序為：放流水⟶前處理(BPAC 活性碳) ⟶UF(Ultr) ⟶ RO ⟶自來水池。

生物前處理系統以生物污泥與粉末活性碳混合，對水中有機物進行處理，降低有機物對後續薄膜系統的影響。槽池內借由曝氣供氧並可藉由曝氣減少污泥沉積，活性碳可以提升有機物的停留時間，更容易聚集大量微生物附著提高有機物的去除效率。微生物於活性碳表面形成生物膜，將廢水中吸附於活性碳顆粒上之殘留污染物質加以分解與再生，達到提升處理水質與延長活性碳使用時間之目的。

生物沉澱池具有澄清及濃縮的雙重功用，於沉澱池中可以將活性污泥沉澱以產生清澈處理水，同時可以將活性污泥濃縮，以增加迴流污泥濃度，槽池中裝有傾斜板 UF 系統利用絲膜濾除水中不溶性固體物，可以有效攔阻穿透 MMF 的細小顆粒及膠態物質、降低水中淤泥污堵指數(SDI)以提升 RO 系統處理效能。

UF 系統採用線上全自動清洗，以 RO 濃縮排水進行自動清洗。UF 清洗排出的廢水經由逆洗水收集池進行收集、緩衝後再進入後處理系統處理，增加處理效率。

RO 系統以逆滲透膜去除水中導電度、有機物等物質，將水質純化至製程所需，RO 產水進入 RO 產水池存放並供往各使用點。RO 濃縮排水則排往 RORO 水池收集做為 UF 系統清洗用。

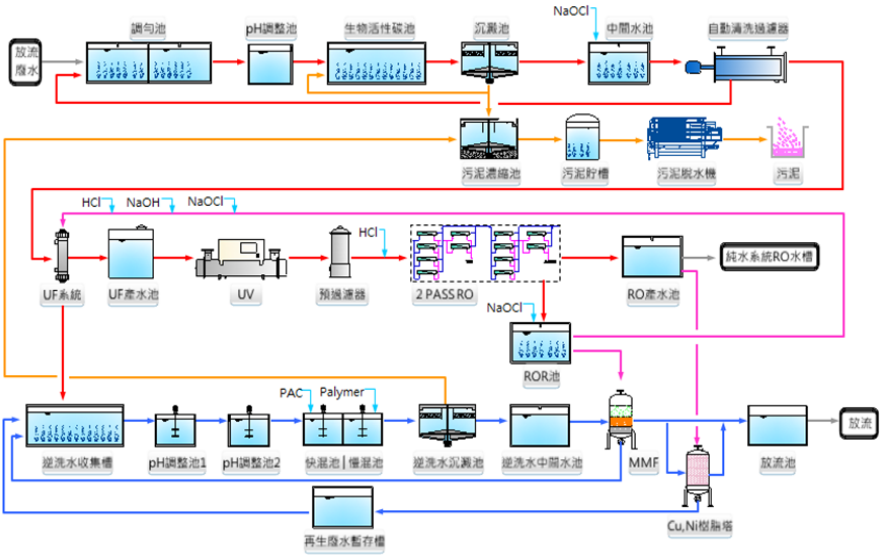


圖12.1　　再生水處理流程示意圖

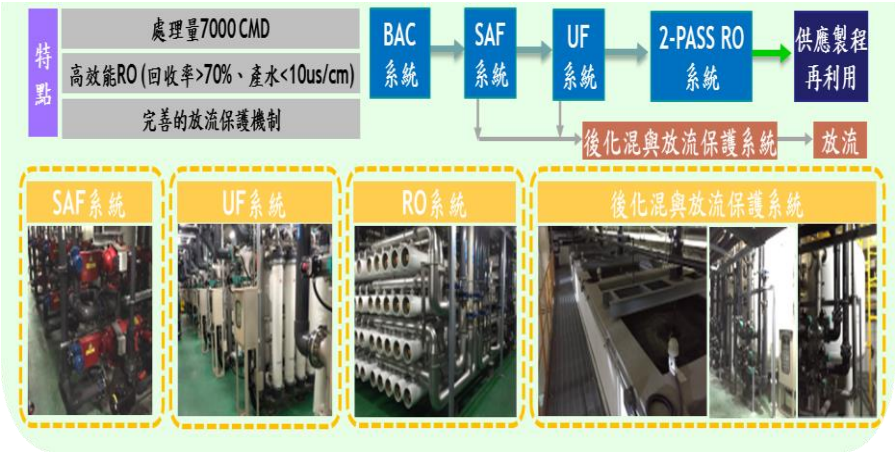


圖12.2　　再生水處理流程圖

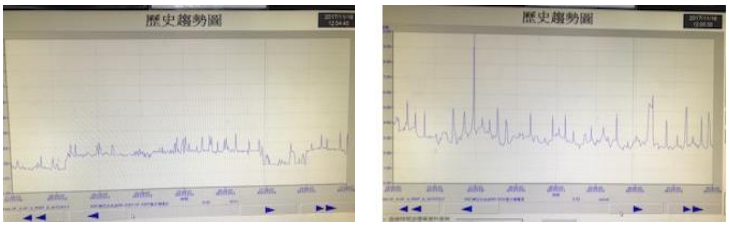


圖12.3　UF(左)及 RO(右)產水水質(UF<1 NTU、RO<10 μs-cm)

回收效果說明：

- 放流水回收系統 2014 年設計規劃、施工、測試產水，2015 年 5 月開始產水營運，由 2015 年 5 月起產水量 66.5 萬餘噸、2016 年 154 萬餘噸及 2017 年迄今的 131 萬餘噸，總計迄今回收水量共 350 萬餘噸，相當於 1400 座標準游泳池。
- 自來水用量由年用量 250 萬餘噸降低至 162 萬餘噸，自來水使用差異減少約 88 萬噸。

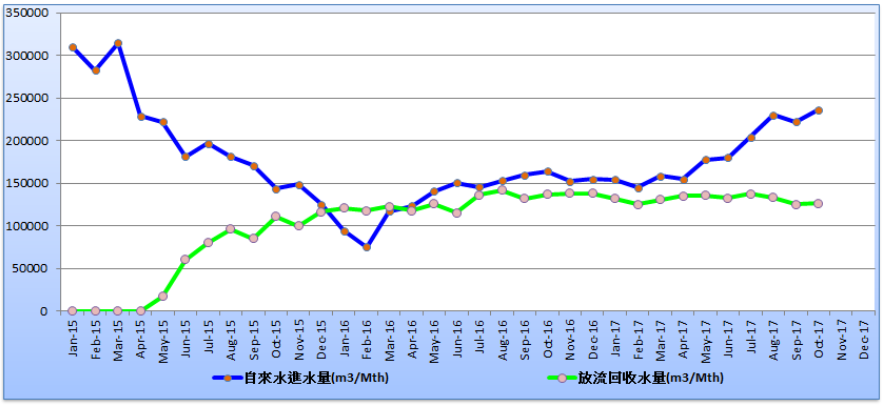


圖12.4　自來水用量與放流回收水量

12.3 未來規劃

- 放流水回收系統預計將持續以每年 1700 噸擴增，總計 2020 年後每日可回收 10000CMD 工業放流水，另一方面在製程回收水部分亦針對品質較高之切割及研磨廢水中進行製程回收再利用，製程回收水率約 50~55%，區內整體回收水率將整體提升至 88~90%，達到水資源再利用之高標準要求。

相關參考資訊

參考文獻

- 中華民國自來水協會，自來水設備工程設施標準解說。
- 李俊德 (民國 76 年)，自來水工程設計。
- 海德能 (2007)，逆滲透和奈濾膜產品技術手冊。
- 高肇藩 (民國 79 年)，給水工程(衛生工程•自來水篇)。
- 澤田繁數 (2006)，現場膜的過濾技術應用，工業調查會，東京都。
- 駱尚廉、楊萬發 (2000)，環境工程(一)自來水工程，第二版，茂昌圖書有限公司。
- 藤田賢二編著，滝沢 智、山本和夫著 (1994)，急速濾過・生物濾過・膜濾過，技報堂出版。

國內水再生相關手冊與政府出版品

- 嘉南農田水利會 (2005)，農田水利施工規範，第 15041 章橡皮壩工程。
- 經濟部水利署 (2009)，台灣地區農業回歸水再利用調查潛勢分析與營運管理之研究(2/2)。
- 經濟部水利署 (2009)，水再生利用產業技術研發聯盟推動計畫。
- 經濟部水利署 (2008)，廢污水廠放流潛勢及推動策略。
- 經濟部水利署 (2008)，廢污水再生利用技術研究-台中市福田水資源回收中心再生水試用計畫(2/2)。
- 經濟部水利署 (2008)，污水再生利用技術研究-環境新興污染物水佈調查及評估(1/2)。
- 經濟部水利署 (2008)，水再生利用技術交流與觀念推廣計畫。
- 經濟部水利署 (2007)，多元化水源發展政策實施計畫之研擬(1/2)。
- 經濟部水利署 (2006)，高科技工業區廢水廠及生活污水廠處理水再生利用研究ー桃園大園工業區及台中福田廠為例。
- 經濟部水利署 (2006)，多元化水源開發策略研究-以桃竹地區為例。
- 經濟部水利署 (2006)，多元化水源發展條例立法推動及法規影響分析。

- 經濟部水利署 (2006)，水資源建設與管理環境成本分析之研究(3/3)。
- 經濟部水利署 (2005)，回收利用廢污水除菌及水質改善之研究(2/2)。
- 經濟部水利署 (2005)，水資源建設與管理環境成本分析之研究(2/3)。
- 經濟部水利署 (2005)，水再生利用政策與法規研訂(2/2)。
- 經濟部水利署 (2004)，水資源建設與管理環境成本分析之研究(I)。
- 經濟部水利署 (2004)，水再生利用政策與法規研訂(I)。
- 經濟部水利署 (2003)，水再生利用風險之研究(II)。
- 經濟部水利署 (2002)，台灣地區水再生利用調查規劃。
- 經濟部水利署 (2002)，水再生利用風險之研究(I)。
- 經濟部水資源局 (2001)，國土及水資源綜合規劃與產業輔導(2/2)--水質淨化及再利用之效益評估。
- 經濟部水資源局 (2001)，高雄中洲污水處理後水再利用。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2009)，廢污水廠放流水再利用潛勢及推動策略，經濟部水利署。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2008)，污水再生利用技術研究-環境新興污染物流佈調查及評估。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2007)，廢污水再生利用技術研究-台中市福田水資源回收中心再生水試用計畫(1/2)。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2007)，廢污水再生利用技術研究-台中市福田水資源回收中心再生水試用計畫(1/2)。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2008)，高雄中區污水處理廠水再生提供工業用水初步規劃。
- 經濟部水利規劃試驗所 (2005)，台南市安平污水處理廠污水再生利用研究。
- 內政部營建署 (2004)，污水下水道設計指南。
- 內政部營建署 (1996)，污水處理廠最適化設計規範之研訂。
- 內政部營建署 (2015)，「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動計畫先期作業」委託專業服務案。

國外水再生相關手冊與政府出版品

美國

- AWWA (1991). Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements for public water systems using surface water sources, AWWA Publishing.
- California Department of Public Health (2009), State of California division of drinking water and environmental management treatment technology report for recycled water, State of California-Heath and Services Agency.
- Cupps, K., and Morris, E. (2005). Case studies in reclaimed water use - Creating new water supplies across Washington State., 05-10-013, Washington state department of ecology.
- San Antonio Water System (2006). San Antonio recycled water users handbook, Water Resources Department, S.A.
- U.S. EPA (2004). Guidelines for water reuse, EPA/625/R-04/108, Municipal support division office of wastewater management office of water Washington, DC.

日本

- 国土交通省国土技術政策総合研究所 (平成 17 年 4 月，2005)，下水処理水の再利用水質基準等マニュアル，国土交通省都市・地域整備局下水道部。
- 東京都下水道局 (2002)，再生水利用事業草案。
- 東京都下水道局 (2002)，有明再生水廠簡介。
- 東京都下水道局 (2002)，芝浦再生水廠簡介。
- 東京都下水道局 (2002)，落合再生水廠簡介。

澳洲

- Australian Capital Territory (ACT) (2007). Greywater use - Guidelines for residential properties in Canberra, ACT Government.
- Natural Resource Management Ministerial Council (NRMMC), Environment Protection and Heritage Council (EPHC), Australian Health Ministers Conference (2006), Australian guidelines for water recycling Managing health and environmental risks (phase1).
- Natural Resource Management Ministerial Council (NRMMC), Environment

Protection and Heritage Council (EPHC), Australian Health Ministers Conference (2008), Australian guidelines for water recycling Managing health and environmental risks (phase2).

- Department of Environment and Conservation (DEC) (2004). NSW environmental guidelines use of effluent by irrigation, ISBN 1 74137 076 0, NSW EPA.
- Department of Human Services and Environment Protection Agency (1999). South Australian reclaimed water guidelines, ISBN 0 642 320217, Government of South Australia.
- Department of Water & Energy (2008). NSW guidelines for greywater reuse in sewered single household residential premises, ISBN 978 0 7347 5940 5, NSW Government.
- Environment Division (2002). Environmental guidelines for the use of recycled water in Tasmania, Department of Primary Industries, Water and Environment.
- EPA Victoria (2003). Guidelines for environmental management use of reclaimed water, ISBN 0 7306 7622 6, Government of Victoria.
- National Water Commission (2008). Urban greywater design and installation handbook, Australian Government.
- Queensland EPA (2005). Queensland water recycling guidelines, Queensland Government.
- WATER cooperation (2002). Draft guidelines for the reuse of greywater in Western Australia, Government of Western Australia.

歐盟

- Angelakis, A.N., Durham, B., Marecos do Monte, M.H.F., Salgot, M., Wintgens, T., and Thoeye, C. (2007). Wastewater recycling and reuse in Eureau countries : With emphasis on criteria used, EU1/2-07-WR-40(1), Recycling & Reuse Working Group.
- AQUAREC (2006). Handbook on feasibility studies for water reuse systems., EVK1-CT-2002-00130, European Commission.
- AQUAREC (2006). Report on integrated water reuse concepts., EVK1-CT-2002-00130, European Commission.
- AQUAREC (2006). Water treatment options in reuse systems, EVK1-CT-2002-

00130, European Commission.

- Bixio, D., Wintgens, T. (2006). Water reuse system management manual, AQUAREC - EVK1-CT-2002-00130, European Commission.

中國

- 中國國家標準化管理委員會 (2007)，城市污水再生利用農田灌溉用水水質。
- 中國國家標準化管理委員會 (2005)，城市污水再生利用工業用水水質。
- 中國國家標準化管理委員會 (2002)，城市污水再生利用城市雜用水水質。
- 杭世珺 (2006)，北京市城市污水再生利用工程設計指南，中國建築工業出版社。

新加坡

- Public Utilities Board (PUB) (2002), Singapore water reclamation study expert panel review and findings, Singapore Government.

其他相關網站

- EU - AQUAREC project (http://www.aquarec.org/)。
- U.S. EPA (http://www.epa.gov/)
- 中國國家標準化管理委員會 (http://www.sac.gov.cn/templet/default/)
- 日本東京都下水道局 (http://www.gesui.metro.tokyo.jp/index.htm/)
- 內政部營建署 (http://www.cpami.gov.tw/web/index.php)
- 行政院環境保護署 (http://www.epa.gov.tw/)
- 雪梨水公司 (http://www.sydneywater.com.au/)
- 新加坡 PUB NEWater (http://www.pub.gov.sg/NEWater/)
- 經濟部水利署 (http://www.wra.gov.tw/)
- 經濟部水利署節約用水資訊網 (http://www.wcis.itri.org.tw/)
- 澳洲 EPA (http://www.environment.gov.au/)
- 墨爾本水公司 (http://www.melbournewater.com.au/)

附錄

再生水資源發展條例

名　　稱：再生水資源發展條例
公布日期：民國 104 年 12 月 30 日

第 1 條
為促進水資源永續利用，推動再生水之開發、供給、使用及管理事項，特制定本條例。

第 2 條
本條例所稱主管機關：在中央為經濟部；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。

第 3 條
本條例用詞，定義如下：
一、再生水：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。
二、系統再生水：指取自下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。
三、非系統再生水：指取自未排入下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。
四、再生水經營業：指依本條例許可興辦系統再生水開發案（以下簡稱再生水開發案），提供系統再生水予他人使用者。
五、區域水資源經理基本計畫：指中央主管機關報請行政院核定之各區域水資源開發及經營管理計畫。

第 4 條
應提出用水計畫之開發單位，其興辦或變更開發行為位於區域水資源經理基

本計畫之水源供應短缺之虞地區（以下簡稱水源供應短缺之虞地區），應依中央主管機關核定之用水計畫，使用一定比率之系統再生水。
已核定用水計畫之開發單位，其興辦或變更開發行為位於水源供應短缺之虞地區，經查核其各年期實際用水情形與用水計畫內容差異達一定比率或一定規模者，應提出差異分析報告送中央主管機關審查，並依審查結果調整用水計畫內容，使用一定比率之系統再生水。
依前二項規定應使用一定比率系統再生水者，如無下水道系統廢（污）水、放流水，應依核定用水計畫或差異分析報告審查結果，以非系統再生水或其他方式替代之。
前三項開發單位使用再生水之適用範圍、一定比率、一定規模、替代方式及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關會商相關目的事業主管機關定之。

第 5 條
為促進系統再生水發展，直轄市、縣（市）主管機關於一定期間無償提供所轄公共下水道系統之污水或放流水予再生水經營業及依第十一條第一項規定許可之取用者。但得收取為提供該水源所增加之建設、營運或其他必要費用；其收費應依計費準則之規定。
水源供應短缺之虞地區之直轄市、縣（市）主管機關應積極興辦再生水開發案或依前項規定提供污水或放流水，並得報請中央下水道主管機關，優先核定辦理該地區之公共下水道系統建設。
第一項一定期間及計費準則，由中央主管機關定之。

第 6 條
直轄市、縣（市）主管機關依前條第二項規定興辦再生水開發案，或自提再生水開發案之再生水經中央主管機關同意納入區域水源者，中央主管機關或中央目的事業主管機關得補助其部分建設費用。
前項補助建設費用之範圍、補助比率、經費來源、審查程序及其他相關事項之辦法，由中央主管機關會同中央目的事業主管機關定之。

第 7 條

再生水不得供作直接食用及食品業、藥品業之用水。
再生水水質標準、使用限制及應遵行事項，由中央主管機關定之；各標的用水之目的事業主管機關定有水質標準者，其供作該標的使用之再生水，應符合該標準。

第 8 條
取自公共下水道系統廢（污）水或放流水之再生水開發案，由管理該公共下水道系統之直轄市、縣（市）主管機關辦理下列事項；該下水道系統跨二直轄市、縣（市）以上者，由中央主管機關指定之直轄市、縣（市）主管機關辦理之：
一、再生水開發案及廢（污）水或放流水使用之審查、許可、廢止、變更。
二、再生水開發案興建及營運之監督、查核。
三、再生水經營業之水價核定。
工業區、加工出口區、科學工業園區、農業科技園區、產業園區或其他經中央目的事業主管機關設置之特定區域（以下簡稱特定園區）使用直轄市、縣（市）主管機關所辦再生水開發案之再生水者，由該特定園區之目的事業主管機關辦理下列事項：
一、區內用水需求整合、分配及其他相關事項之協調。
二、區內相關設施配置之審核。
取自特定園區之專用下水道系統廢（污）水或放流水之再生水開發案，由該特定園區目的事業主管機關辦理前二項各款規定事項。

第 9 條
再生水經營業，以公司組織為限。但政府機關得以基金方式運作之。
申請籌設再生水經營業，除依前項規定以基金方式運作者外，應檢具申請書、資本額證明文件，向直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申請籌設許可，取得許可後，始得辦理公司設立或變更登記。
再生水經營業興辦再生水開發案，應檢具再生水興建及營運計畫書、公司證明等文件，向直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申請興建許可，並取得廢（污）水或放流水使用許可後，始得施工。施工中如有

進度落後，應檢附原因說明，報直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申請工期展延。

再生水開發案於興建完成後，應報請直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關查驗；經查驗合格，取得營運許可後，始得營運。

經許可之再生水興建及營運計畫書，於施工中或完工後如有變更，應檢附相關文件報直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關許可；其變更涉及水質、水量、供水期程、供水區域或興辦人者，應另加附變更計畫。

直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關應將前四項之許可文件，報請中央主管機關備查。

第二項至第五項規定之申請書、計畫書、相關文件、各項許可與變更之程序、條件、廢（污）水或放流水使用許可年限、工期展延、審議規範、許可文件發給、查驗項目及其他相關事項之辦法，由中央主管機關定之。

第 10 條

再生水經營業有下列情形之一，經直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關通知限期改善而屆期未改善者，直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關得廢止其興建許可、廢（污）水或放流水使用許可或營運許可，並令其回復原狀、停止營運或為適當處置：

一、自取得興建許可之日起一年半內尚未興建、興建後持續停工半年、累計停工一年以上或施工進度嚴重落後，經直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關認定顯無法於期限內完成工程。

二、未依許可之計畫內容興建、營運。

三、未經許可，將興建許可或營運許可移轉予他人。

再生水開發案之興建、營運，經直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關認定影響下水道系統正常運作或損害公共利益情節重大者，得令再生水經營業停止興建或營運之一部或全部，並為適當處置。

第 11 條

取自下水道系統一定水量以上之廢（污）水或放流水，供自行使用之再生水

取用案，其取用人應檢具再生水使用計畫書，敘明其取用水量、使用年限、取水構造物詳細圖樣及說明，向直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申請廢（污）水或放流水使用許可；變更時亦同。
取用案之取水構造物於完成興建後，應報請直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關查驗；經查驗合格後，始得取用。
有下列情形之一者，直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關得核減取用水量或廢止其使用許可。但經直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關許可保留者，不在此限：
一、未依第一項許可之計畫內容取用水量。
二、逾第一項許可之期程未開始取用。
三、停用半年以上。
前三項規定之一定水量、計畫書、廢（污）水或放流水使用許可程序、使用許可年限、完工查驗、核減水量、保留、廢止、許可文件發給及其他相關事項之辦法，由中央主管機關定之。

第 12 條
依第九條規定申請之再生水開發案及依前條第一項規定申請之取用案，不適用水利法水利事業興辦相關規定。

第 13 條
再生水開發案取水構造物、水處理設施與供水設施之設計及監造，應由技師法所定執業範圍之相關科別技師辦理簽證。但政府機關或公營事業機構自行興辦者，得由該機關或機構內依法取得相關科別技師證書者辦理。
前項相關專業技師之科別，由中央主管機關會商中央技師主管機關公告之；簽證方式，由中央主管機關定之。

第 14 條
再生水經營業依個別開發案之開發營運成本及合理利潤，向再生水使用者收取再生水費；其計算公式，由中央主管機關定之。
再生水經營業依前項規定擬訂水價詳細項目或調整再生水費，應申請直轄

市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關核定；並由直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關報中央主管機關備查。但再生水經營業依促進民間參與公共建設法興辦者，依該法相關規定及其投資契約約定辦理。

直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關，得邀集相關政府機關、學者專家等各界公正人士審核再生水費及其調整或爭議。

第 15 條

再生水經營業各開發案之取水構造物、水處理設施、供水設施及依第十一條第一項規定許可取用者之取水構造物，應定期檢查、維護管理、歲修養護，並作成檢查紀錄，送直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關備查。

再生水經營業應於每年一月、七月底前，將再生水開發案之廢（污）水或放流水取用量、再生水供應量，向直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關申報；依第十一條第一項規定許可之取用者，應申報廢（污）水或放流水取用量。

直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關應按年彙整前項規定資料報中央主管機關備查。

第一項、第二項之檢查項目、紀錄、申報項目、格式、期限及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第 16 條

直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關為執行再生水經營業各開發案及依第十一條第一項規定許可取用案之管理，得派員進入事業場所、設施範圍，實施各種工程設施、水質、水量等有關資料及紀錄之檢查，並得令相關人員為必要之說明、配合措施或提供相關資料；被檢查者及相關人員不得規避、妨礙或拒絕。

前項規定之檢查人員於執行檢查職務時，應主動出示執行職務證明文件或足資辨別之標誌，並以不妨礙事業正常業務之進行為原則。

第一項規定之檢查機關及人員，對於被檢查者之私人、工商秘密，應予保

密。

第 17 條

意圖營利，違反第七條第一項規定而提供或使用再生水，足以危害人體健康之虞者，處三年以下有期徒刑、拘役或科新臺幣三十萬元以上三百萬元以下罰金；致危害人體健康者，處五年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣五十萬元以上五百萬元以下罰金。

犯前項之罪，因而致人於死者，處無期徒刑或七年以上有期徒刑，得併科新臺幣一千五百萬元以下罰金；致重傷者，處三年以上十年以下有期徒刑，得併科新臺幣一千萬元以下罰金。

法人之代表人、法人或自然人之代理人、受僱人或其他從業人員，因執行業務犯前二項之罪者，除處罰其行為人外，對該法人或自然人科以各該項十倍以下之罰金。

第 18 條

毀損再生水經營業之取水構造物、水處理設施或供水設施，致生公共危險者，處三年以下有期徒刑、拘役或科新臺幣三十萬元以上三百萬元以下罰金。

第 19 條

有下列情形之一者，處新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰鍰，並得按次處罰：

一、再生水經營業違反第七條第一項規定提供再生水。

二、使用再生水違反第七條第一項規定之用途。

三、再生水經營業未依第九條第四項規定經查驗合格，取得營運許可而營運。

四、再生水經營業未依第十條第一項規定停止營運。

五、再生水經營業未依第十條第二項規定停止營運及為適當處置。

六、毀損再生水經營業之取水構造物、水處理設施或供水設施，致妨礙正常供水。

第 20 條

開發單位未依第四條第一項至第三項規定，按用水計畫或差異分析報告使用一定比率之再生水、以非系統再生水或其他方式替代，經中央主管機關通知限期改善，而屆期未改善者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並得按次處罰。

開發單位未依第四條第二項提出差異分析報告或未於中央主管機關通知期限內補正者，準用前項規定。

第 21 條

有下列情形之一者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並得按次處罰：

一、再生水經營業提供再生水之水質不符第七條第二項再生水水質標準、使用限制及應遵行事項或其標的用水之水質標準。

二、再生水經營業未依第九條第三項規定取得興建許可而施工。

三、再生水經營業未依第十條第一項規定回復原狀或為適當處置。

四、再生水經營業未依第十條第二項規定停止興建及為適當處置。

五、依第十一條第一項規定許可之取用者，未依同條第二項規定經查驗合格而取用。

六、再生水經營業及依第十一條第一項規定許可之取用者，未依第十五條第一項規定定期檢查、維護管理、歲修養護，並作成檢查紀錄。

第 22 條

再生水經營業或依第十一條第一項規定許可之取用者無正當理由規避、妨礙、拒絕第十六條第一項之檢查、提出說明、配合措施或相關資料者，處新臺幣二萬元以上十萬元以下罰鍰，並得按次處罰。

第 23 條

再生水經營業或依第十一條第一項規定許可之取用者，未依第十五條第二項規定申報，處新臺幣一萬元以上五萬元以下罰鍰，並得按次處罰。

第 24 條
本條例所定之罰鍰，除第二十條由中央主管機關處罰外，由直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關處罰之。

第 25 條
本條例施行前已提供系統再生水予他人使用者，應於本條例施行日起算二年內，以再生水使用現況報告書替代再生水興建及營運計畫書，依第九條規定申請補辦興建許可，並取得營運許可後，始得繼續營運；違反者，依第十九條第三款規定處罰，其提供再生水違反第七條規定者，依第十九條第一款、第二十一條第一款規定處罰。

第 26 條
本條例自公布日施行。

水源供應短缺之虞地區使用再生水辦法

第 1 條

本辦法依再生水資源發展條例（以下簡稱本條例）第四條第四項規定訂定之。

本辦法授權依據。

第 2 條

本條例第四條所稱水源供應短缺之虞地區，指區域水資源經理基本計畫之各地區供需分析，經中央主管機關檢討水源開發情勢、水源整體調配措施、系統再生水發展潛勢及其他相關因素，於目標年自來水可供水量無法滿足需求水量，並經其公告之地區。

一、明定水源供應短缺之虞地區之劃設條件及程序。

二、區域水資源經理基本計畫內容包括區域水資源供需分析、節約用水、有效管理、彈性調度等。其研提程序由中央主管機關先將各地區水源供需分析進行檢討，經邀集該區域直轄市、縣（市）政府及產業主管機關共同研議水源開發情勢、調配措施及系統再生水發展潛勢因素後，循序報行政院核定。經核定後，依檢討內容顯示屬目標年自來水可供水量無法滿足需求水量之地區者，劃設為水源供應短缺之虞地區，其目的係為避免因用水不足問題限制該地區之開發，透過系統再生水之積極開發、其他水源調配與管理措施，提供該地區均衡發展之選項。因考量其屬攸關人民權益之相關政策，宜以公告為原則，以資明確。

第 3 條

水源供應短缺之虞地區之直轄市、縣（市）主管機關應每年定期公告轄內公共下水道系統廢（污）水或放流水總量與其可供申請量及相關資訊。

一、明定水源供應短缺之虞地區之直轄市、縣（市）主管機關公共下水道系統相關資訊公開之義務。

二、為提供水源供應短缺之虞地區內開發單位、再生水經營業，瞭解公共下水道系統之水源分布，以預佈規劃使用、開發系統再生水，並考量直轄

市、縣（市）主管機關得保留部分水量作為轄內土地開發特定計畫或消防用水、市政公共用水等公務目的使用，爰明定直轄市、縣（市）主管機關應主動定期公告轄內公共下水道系統之放流水總量、可供申請使用量及相關資訊。

第 4 條

開發單位興辦開發行為位於水源供應短缺之虞地區，且用水計畫之計畫用水量達每日三千立方公尺以上者，應依中央主管機關核定之用水計畫，使用系統再生水。

本辦法發布前核定之用水計畫，因變更開發行為致用水計畫之計畫用水量累計達每日三千立方公尺以上者，其擴增水量部分應依用水計畫審查結果，使用系統再生水。

前二項應使用系統再生水之一定比率如下，其用水包含生活、其他及工業用水者，每日應使用系統再生水量得合計之：

一、用水計畫中屬生活及其他用水，應使用百分之十以上系統再生水。

二、用水計畫中屬工業用水，應使用百分之五十以上系統再生水。

依前項核計每日應使用系統再生水量未達一千立方公尺者，得免依前項規定使用系統再生水。

中央主管機關應以開發行為於開發及營運期程間位於政府興辦再生水開發案供水區域內，為核定第一項及第二項規定使用系統再生水期程及對應水量之依據；並得視下水道系統及再生水開發案供應條件，調整第三項使用系統再生水之比率。

開發單位興辦或變更開發行為位於水源供應短缺之虞地區之認定，以其用水計畫審查期間中央主管機關最新公告為準。

一、水源供應短缺之虞地區，即其目標年自來水可供水量已無法滿足需求水量，該地區內大規模開發行為，實無可覓自來水水源之空間，考量系統再生水水量大且不受天候影響，如開發位置所在地於開發及使用期程內位於政府興辦系統再生水開發案供水區域內，系統再生水可作為開發單位需用水源選項之一。惟現行社經條件下，系統再生水之使用較欠缺經濟誘因，確有透過法令管制引導使用之必要，爰於第一項及第二項明定

興辦或變更行為應使用一定比率系統再生水之適用條件。

二、經統計國內由公部門主導規劃開發、開發中或已開發之工業區、科學園區、或產業園區計一百二十七處，其實際用水量或計畫用水量，計約二百九十八萬立方公尺 /日，其中實際用水量或計畫用水量達三千立方公尺 /日以上者，計二百九十二萬立方公尺 /日，占總用水量百分之九十八；另截至一百零四年底全國用水計畫書合計五百六十五件，經期計畫用水量共約二百二十九萬立方公尺 /日，其中計畫用水量達三千立方公尺 /日以上者，計二百十萬立方公尺 /日，佔總計畫用水量百分之九十二，具有關鍵管制之代表性。另考量再生水之輸送經濟效益，爰以計畫用水量每日三千立方公尺為管制使用系統再生水之門檻值。

三、第二項針對本辦法發布前核定之用水計畫，如其變更開發行為致用水計畫之計畫用水量累計達每日三千立方公尺以上者，其擴增水量部分仍將造成該地區供水壓力，爰亦屬適用使用一定比率之系統再生水範疇。

四、各國再生水應用甚廣，包括工業、農業、生活次級、注回水庫稀釋供民生使用或作為地下水補注、林業用水、農業灌溉水源等，本條例第七條再生水使用限制僅限於不得供作直接食用及食品業、藥品業。

五、考量系統再生水如供作生活次級用水、其他用水，實務上以不與人體直接接觸，如沖廁、空調冷卻、澆灌等生活次級用途為主。以住宿人員用水量每人每日二百五十公升以下、非宿人員用水量每人每日三十公升計，以區域性大型生活開發案三成住宿人員、七成非住宿人員平均用水量每人每日九十六公升計，估計以二元供水系統供應水量約二十公升計，約為百分之二十；國內工業主要用於製程、冷卻及鍋爐，其中國內工業區用水量分配而言，製程用水約占五成，冷卻補充用水約占四成，並未涉及食入人體，屬系統再生水使用範疇；惟基於社經條件、政策推動及再生水產業發展初期等因素，以一半為使用下限要求，爰分別訂定其一定比率為百分之十、百分之五十，其用水包含生活、其他及工業用水者，每日應使用系統再生水量得合計之，並由開發單位自行調配使用於生活、其他或工業用途。

六、基於專管輸送經濟規模考量，並於第四項排除應使用系統再生水量低於每日一千立方公尺者。

七、系統再生水之供應需建立在合理、可行的時間和區位平衡基礎上，爰中央主管機關核定用水計畫之系統再生水使用期程及對應水量時，應以開發行為所在地是否位於政府興辦再生水開發案供水區域，及其於開發及營運期程內再生水開發案可供情形為核定依據。另考量再生水開發案系統再生水之供應，有其水量、水質條件，恐有產業特性用水需求，致開發單位無法足量依一定比率使用，爰於第五項後段明定得調整其使用系統再生水之比率。

八、區域水資源經理基本計畫係每四年滾動式檢討各區域用水供需情勢，為避免主管機關審查用水計畫期間，原非水源供應短缺之虞地區經檢討公告納入，致造成開發單位對於用水計畫審查條件之法令適用爭議，爰於第六項明定以中央主管機關審查期間最新公告為準。

第 5 條

本條例第四條第二項規定實際用水情形與用水計畫內容差異達一定比率或一定規模者，指經中央主管機關查核實際用水量連續三年均未達各該年度核定用水量百分之七十且差異量達平均每日三千立方公尺以上者。

符合前項規定之開發單位，應提出差異分析報告送中央主管機關審查，中央主管機關得視其用水差異情形，調整或核減其用水計畫原核定之各年度至終期計畫用水量，或於差異範圍內調整使用一定比率之系統再生水。

前項調整使用系統再生水之一定比率，由中央主管機關評估水源供應條件、產業用水特性、開發單位節水成效、鄰近公共下水道系統及再生水廠建設情形及其他相關因素，視個案情形審議決定之，其比率應低於前條第三項規定之比率。

一、明定已核定用水計畫之開發單位，其變更開發行為位於水源供應短缺之虞地區，實際用水情形與用水計畫內容差異達一定比率或一定規模者，其應使用一定比率系統再生水之適用條件。

二、前二項明定已核定用水計畫之開發單位，經中央主管機關查核實際用水量連續三年均未達各該年度核定用水量百分之七十且差異量達平均每日三千立方公尺以上者，應依所提差異分析報告內容，如其開發位置所在地之下水道系統具足夠之廢（污）水或放流水可供處理為再生水，或位

於政府興辦系統再生水開發案供水區域內者，於差異範圍內調整使用一定比率之系統再生水或核減其用水計畫原核定之各年度至終期計畫用水量，既有使用水量部分不受影響。

三、考量已核定用水計畫之開發單位，其既有用水、配水設施恐已有設置，爰明定中央主管機關應評估水源供應條件、產業用水特性、開發單位節水成效、鄰近公共下水道系統及再生水廠建設情形及其他相關因素，於其差異範圍內調整使用系統再生水之一定比率，視個案情形審議決定之。

第 6 條

依水利法第五十四條之三第六項規定提出之用水計畫，位於水源供應短缺之虞地區，除既有用水需求外，有新增或變更需擴增水量，致用水計畫之計畫用水量累計達每日三千立方公尺以上者，其擴增水量部分應依用水計畫審查結果使用系統再生水之一定比率，準用第四條第三項規定。

一、配合水利法第五十四條之三規定，過去未提送用水計畫者，需依中央主管機關要求提送用水計畫送審，其既有用水需求應予合理維持，惟開發單位預估未來有新增或變更需增加用水需求，致用水計畫之計畫用水量累計達每日三千立方公尺以上，且開發位置位於水源供應短缺之虞地區、其下水道系統具足夠之廢（污）水或放流水可供處理為再生水，或政府興辦系統再生水開發案供水區域內者，其擴增水量部分適用應使用系統再生水之規定。

二、前項應使用系統再生水之一定比率亦屬既有案件之擴增，比照第四條既有案件之規定，視個案情形審議決定之。

第 7 條

應使用系統再生水之開發單位得與同一水源供應短缺之虞地區內之既有用水事業交換水源，以代替履行其使用系統再生水之義務。

開發單位及代替履行者應提出用水計畫及經公證之代替履行契約，送中央主管機關審查核定後，始得為之。

前項代替履行者所提之用水計畫應含實際用水紀錄及依本條例第十一條規定

之廢（污）水或放流水使用許可或其與再生水經營業間之再生水購水契約。

一、考量開發單位因區位因素或水質水量特殊需求，不利使用再生水，得與該水源供應短缺之虞地區內既有用水者，且具較佳之再生水使用條件，交換水源機制，亦可達到強制使用一定比率系統再生水，並避免增加自來水供應需求之問題，發揮水源靈活運用之綜效。

二、第二項明定開發單位及代替履行者申請代替履行使用系統再生水時，應檢附相關資料。

三、為確保代替履行者實際用水情形確有足額水量可供交換，其所提用水計畫應含實際用水紀錄；並應舉證說明其使用系統再生水之方式，爰於第三項明定其應備文件。

第 8 條

本辦法自發布日施行。

中央對直轄市及縣市政府再生水開發案建設費用補助辦法

名　　稱：中央對直轄市及縣市政府再生水開發案建設費用補助辦法
發布日期：民國 105 年 09 月 29 日

第 1 條
本辦法依再生水資源發展條例（以下簡稱本條例）第六條第二項規定訂定之。

第 2 條
本條例第六條第一項所稱直轄市、縣（市）主管機關自提再生水開發案之再生水經中央主管機關同意納入區域水源者，指非位於水源供應短缺之虞地區直轄市、縣（市）政府所提再生水開發案，並符合下列情形之一者：
一、以所開發之再生水取代現有自來水用戶使用之全部或部分自來水量。
二、其他經行政院核定之重大產業政策或區域開發計畫所需。

第 3 條
直轄市、縣（市）主管機關依本條例第五條第二項規定興辦再生水開發案，或自提再生水開發案之再生水經中央主管機關同意納入區域水源，應檢附再生水開發案計畫書，向中央主管機關申請補助其興建取水構造物、水處理設施、供水設施及營運管理設施之建設費用（以下簡稱建設費用）。
前項再生水開發案如與公共下水道系統合併興辦或納入既有公共下水道系統辦理者，應向中央下水道主管機關申請補助建設費用。
前二項申請補助建設費用之再生水開發案計畫書內容，應依行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點或受理申請補助機關規定格式擬訂。

第 4 條
依前條第一項規定辦理者，應依重大水利建設計畫財務規劃審查作業要點之補助比率及程序，審議後核定之；依前條第二項規定辦理者，應依中央對直轄市及縣（市）政府補助辦法之污水下水道工程補助比率及程序，審議後核定之。

為扶植發展再生水資源及考量地區水資源情勢，中央主管機關及中央下水道主管機關得視個案必要性，報行政院申請專案補助。

第 5 條
補助所需經費，由中央主管機關或中央下水道主管機關編列預算或相關基金支應之。

第 6 條
本辦法自發布日施行。

再生水水質標準及使用遵行辦法

第 1 條

本辦法依再生水資源發展條例第七條第二項規定訂定之。

第 2 條

再生水水質應符合下列各款水質項目，其中氫離子濃度指數為容許範圍，其餘水質項目為最大容許量：

一、氫離子濃度指數：六・〇～八・五。

二、濁度：五 ＮＴＵ。

三、總有機碳：十毫克／公升。

四、氨氮（以氮計）：十毫克／公升。

再生水供作生活及其他用水之景觀、澆灌、清洗、灑水抑制揚塵、沖廁使用者，除應符合前項規定外，並應符合下列規定：

一、餘氯最低限值：結合餘氯〇．四毫克／公升；自由餘氯〇．一毫克／公升。

二、大腸桿菌群（濾膜法）最大容許量：二百ＣＦＵ／一〇〇毫升。

第 3 條

再生水經營業應遵行事項如下：

一、於其供水設施適當地點設置前條第一項各款水質項目之水質自動監測設備，並依其廠牌規格或設備製造商指定之週期及方法定期校正。

二、每三個月應委託經行政院環境保護署核發許可證之環境檢驗測定機構，於其供水設施適當地點辦理再生水水體採樣及前條各款水質項目之水質檢驗，並於檢驗結果完成日起三十日內，將採樣與水質檢驗結果以網路傳輸至中央主管機關指定之電子資料庫。

前項第一款水質自動監測設備之監測資料、校正紀錄，應作成書面紀錄，並自製作日起保存五年。

第 4 條

使用再生水應遵行事項如下：

一、再生水使用於第二條第二項用途者，應於適當處設置再生水告示標誌，並標示使用注意事項。
二、再生水供水管線不得與其他輸送可供飲用水源之管線連接。
三、再生水供水管線外露部分以紫色為之，並於管線明顯處以白色文字標示流體名稱及其流向。

第 5 條
本辦法自發布日施行。

再生水設施檢查及水量申報辦法

名　　稱：再生水設施檢查及水量申報辦法

發布日期：民國 105 年 08 月 17 日

第 1 條

本辦法依再生水資源發展條例（以下簡稱本條例）第十五條第四項規定訂定之。

第 2 條

再生水經營業及依本條例第十一條第一項規定取得許可之供自行使用者（以下簡稱供自行使用者）應依直轄市、縣（市）主管機關或特定園區目的事業主管機關（以下簡稱該管主管機關）許可之檢查維護手冊，辦理再生水設施之定期檢查、維護管理及歲修養護。

再生水經營業及供自行使用者應依再生水設施檢查維護管理情形，每三年定期檢討修正檢查維護手冊，報請該管主管機關備查。必要時，該管主管機關得視需求，令再生水經營業及供自行使用者檢討修正檢查維護手冊。

前二項再生水設施，指再生水經營業之取水構造物、水處理設施及供水設施，或供自行使用者之取水構造物。

第 3 條

再生水經營業及供自行使用者應依本條例第十五條第一項規定作成之檢查紀錄，於翌年三月底前送該管主管機關備查。

前項檢查紀錄應依附件一格式製作，並自送該管主管機關備查之日起保存五年。

第 4 條

再生水經營業應將水量自動監測設備所測得之廢（污）水或放流水取用量及再生水供應量，依附件二格式製作水量紀錄；供自行使用者之廢（污）水或放流水取用量，亦同。

再生水經營業及供自行使用者應依前項規定，逐日製作水量紀錄，於當年度七月底及翌年一月底前，依中央主管機關指定之網路傳輸方式向該管主管機關申報前六個月之取供量。

第 5 條

本辦法自發布日施行。

非系統再生水利用技術參考說明

出版日期 / 中華民國一零六年十二月初版

編　　撰 / 台灣水環境再生協會

發 行 所 / 經濟部水利署

http://www.wra.gov.tw/

台中辦公區
40873 台中市南屯區黎明路 2 段 501 號
電話：04-2250-1250，04-2250-1499
傳真：04-2250-1628

台北辦公區
10651 台北市大安區信義路 3 段 41-3 號 9-12 樓
電話：02-3707-3000，0800-212-239
傳真：02-3707-3166

新店辦公室
23159 台北縣新店市安和路三段 76 號
電話：02-8941-5026

經濟部水利署
Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs