



工廠用水回收程序 評估與工程實務

邵 信 · 洪仁陽 · 李茂松 · 張敏超

摘 要

臺灣地區由於先天及後天等因素造成水資源短缺，水源的開發與用水的節約成為亟待加強進行的工作。經濟部大力推動節約用水的工作，研提「節約用水行動方案」，儘速達成民國一百年之節約用水目標，以工業用水而言，需達成平均回收率由32%提升到65%以上。本文針對工業用水探討其回收再利用問題，內容包括：用水回收基本概念、用水處理程序評估與工程實務案例研究，以及用水回收再利用的限制與解決方案等，藉此提供各界參考，期能對工業用水回收再利用觀念的建立和工作的推行有所助益。

前 言

水回收再利用工作的主要誘因，大致可歸納為三項，即水源、法規和成本，可單獨或同

時存在，亦可獨立或綜合考量，分述如下：

(一)水源

衆所皆知，台灣水源短缺問題由來已久，其先天原因包括：台灣的水文條件，年平均降雨量高約2,510 mm，不過降雨的時空分佈卻很不平均。台灣本島的總面積約僅36,000 km²，中央山脈南北縱走，高峰許多超過3,000 m，造成台灣河川大都東西流向，分別注入太平洋及台灣海峽。又因東西最寬處也不過150 km，故河川皆坡陡流急，降雨後逕流入海，甚難蓄存。且河谷狹窄，庫容有限，故水庫雖多，總容量卻不大。加之台灣地狹人稠，每人每年平均可分配之雨量僅為世界平均值1/6。

由於經濟持續發展，生活和工業用水量亦相對增加，依據水資源相關計畫推估，民國110年臺灣地區各標的需水總量為224億m³，其中農業需水量維持零成長，約150億m³，生活與工業用水各需48億與26億m³，比較民國

79年用水量，生活用水需增加一倍，約24億 m^3 ，工業用水亦需增加8億 m^3 ，兩者合計需增加32億 m^3 ，水源的開發與節約成爲亟待解決的問題¹⁾。

(二)法規

臺灣地區水資源缺乏，爲解決缺水問題，政府乃大力推動節約用水工作。根據87年「全國國土及水資源會議」結論與建議，經濟部即就「推動節約用水措施實施計畫」第二階段實施計畫（88年度至97年度）中，必須加速推動以收宏效之重點工作，研提「節約用水行動方案」。希望經由該方案之推動，以落實各項工作之全面推展及加速成果效益之累積，儘速達成民國一百年之節約用水目標，而臻節水型之社會，以工業用水而言，須達成平均回收率由32%提升到65%以上的目標¹⁾。

(三)成本

由於政府長期補貼水費之政策，使得國內民生及工業用水的水價，遠較其他先進國家爲低。不但不符合使用者付費之原則，更易造成水資源之浪費，成爲推動節約用水工作之瓶頸。有鑑於此，經建會於88年5月26日提出之「『全國國土及水資源會議』結論與建議具體行動方案（草案）」中指出，爲推動水價之合理化，應參酌油、電價調整模式予以調整。對於工業用水部分，依據使用者付費之觀念，進行工業用水水權費之開徵，並修正工業用水（相關）法令等程序後，即可建立完整的水價調整制度。同時，加強工業用水回收與地下水管制等措施，以降低工業用水使用量，提升用水回收率。

台灣地區民國85年總用水量約爲202億 m^3 ，其中80.9%爲農業用水，10.2%爲生活用水，8.8%爲工業用水，工業用水約爲487萬 m^3 /天。其中，農業和生活用水各有其不同節約用水策

略，而工業用水占有比例與生活用水相近，但其具有集中、大型和較易管理特性，且節約用水方法較需仰賴科學技術。本文即針對工業用水探討其回收再利用問題，內容包括：用水回收基本概念、用水處理程序評估與工程實務案例研究，以及用水回收再利用的限制與解決方案等，藉此提供各界參考，期能對工業用水回收再利用工作的推行貢獻力量。

工廠用水回收基本概念

所謂水平衡原理，就是指一個用水單元的輸入水量的和，等於輸出水量之和。通俗的說就是一個用水單元所「收入」的水量應該等於「支出」之水量。因此如果「用水單元」爲一台設備，稱爲設備水平衡；由此類推至一個工廠的水平衡（如圖1所示），或一個工業區的水平衡。任何一個工廠的各種水量在同一時段均應保持輸入與輸出之平衡，並依工廠水平衡的原理推導¹⁾。

從圖1工廠水平衡系統分析圖中，我們定義了以下幾個水量參數名詞，分別說明如下：

(一)水量別

1. 總用水量（GW，gross water）：乃指工廠生產過程原始取水量和重複利用水量之總和。
2. 原始取水量（IW，intake water）：乃指取自工廠內外任何一水源，被第一次利用之取水量。一般包括有：自來水（民生系統或契約供給系統）、地下水、地面水、海水、其他用水（雨水貯留…等）。
3. 重複利用水量（RW，return water）：經過處理或未經過處理繼續在工廠中使用的水量，包含循環水量與回用水量。其總量應該涵括：冷卻循環水（cooling recycling）、鍋爐蒸汽冷凝回用水（boiler reuse）、

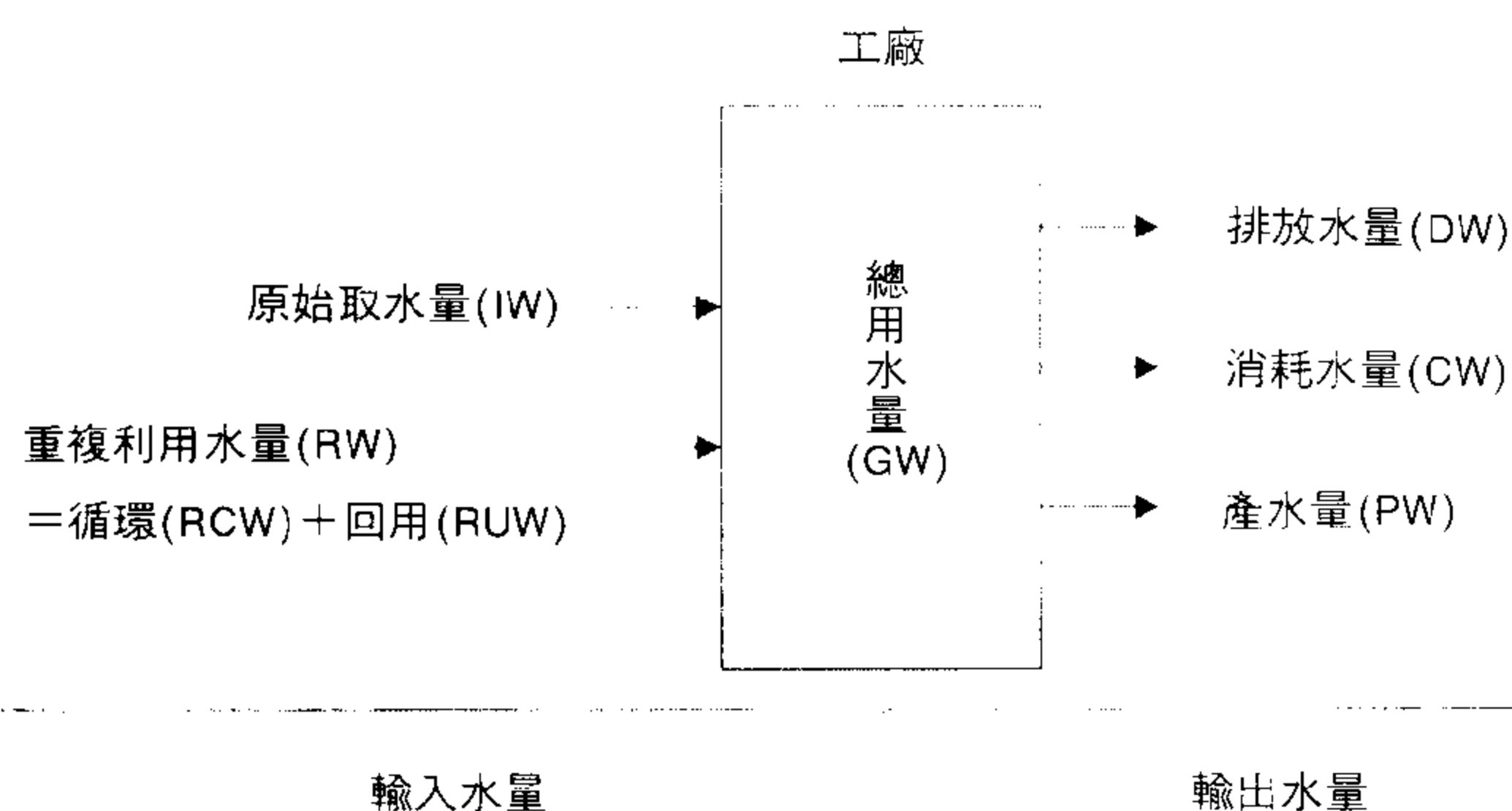


圖1 工廠水平衡系統分析示意圖

製程回用水（process reuse）與逐級利用回用水（cascade reuse）。

4. 循環水量（RCW, recycling water）：在同一個製程單元內水的再利用，不論有無經過處理都稱為循環利用。
5. 回用水量（RUW, reuse water）：屬於跨製程單元水的再利用，不論有沒有處理均稱為回收利用。
6. 產水量（PW, produce water）：產水單元輸出可重複利用水量到本身或其他用水單元，為循環水量與回用水量的總和。
7. 消耗水量（CW, consumption water）：乃指生產過程中因蒸發、飛散、或投入到產品，及生活飲用、烹調、衛生、滲漏損失消耗之水量。
8. 排放水量（DW, discharge water）：乃指排出工廠之廢水。

(二)回收率計算

廣義的工業用水回收率，應該是指在確定單元內一定時間中，重複利用的總水量，其中包括冷卻回用水、鍋爐蒸汽冷凝回用水、製程回用水與逐級利用回用水等，其計算公式為：

$$R = \frac{RW}{RW - IW} = \frac{RW}{GW} \times 100\%$$

式中：R=回收率1，%；

RW=重複利用水量， m^3 ；

GW=生產過程中總用水量，為RW與IW之和， m^3 ；

IW=原始取水量， m^3 。

一般而言，工廠各類用途中，以間接冷卻水用量最高，由於科技進步提升了濃縮倍率，使得冷卻水塔原始取水量降低，但整個冷卻水循環量相當高，在此情況下，雖提升了整廠用水回收率，但如此高回收率對工廠用水來說，並無值得慶祝的地方，反而缺乏了節約用水的推動力。因此建議將冷卻水循環量扣除再來計算各項指標，將更為實際一些，其計算公式為：

$$R' = \frac{RW - RCC}{RW - IW - RCC} \times 100\%$$

式中：R'=回收率2（不含冷卻水塔循環水量），%；

RCC=冷卻水塔循環水量， m^3 ；

工廠用水回收處理方法

工廠中重複利用水包括冷卻循環水、鍋爐蒸汽冷凝回用水、製程回用水與逐級利用回用水 等等，經過處理或未經過處理繼續在工廠

中使用。由於用水在反覆的使用過程中，因帶入、溶入雜質或因水分揮發而濃縮溶質，使水中污染物濃度會累積造成水質變差，必須經過適當處理去除污染物，以符合或增加回用的條件和範圍。用水中的污染物大致尚可歸納為：有機物、無機鹽類、重金屬和懸浮物質等，而相關的處理方法包括：物理化學和生物的方式，如表1所示。

案例探討

本文例舉三個案例，予以說明廢水回收再利用的條件、評估過程和結果，包括一個工程實務案例和兩個模廠程序評估案例，希望提供業界參考，對相關工作的執行能有所助益。

(一)紡織廠水織機製程用水回收再利用工程實務

1. 背景

紡織業是台灣重要傳統工業之一，依據台灣區絲織工業同業公會資料顯示，全國水織機數量約20,000台，每台每天用水量約為2.5 m³～3 m³。水織機以高壓水柱（water-jet）代替傳統梭子達到快速織布、增加產能及提高品質等目的，特別適用於聚酯纖維（PET）及耐龍（Nylon）等疏水性人造纖維織布加工。

隨著織布加工完成，含有漿料、紡織油劑及機台油漬等污染物均混入製程廢水之中，成為水織機廢水之主要污染物。

案例廠目前有水織機1200台，廢水量依產量之多寡而異，一般而言，介於4,000～6,000 CMD之間，以化學混凝和加壓浮除處理後即行排放，就水資源利用觀點而言，相當可惜。

案例廠水織機廢水既有處理流程如圖2，其進流水及放流水水質特性示於表2，出流水水質可符合87年排放標準。該股放流水若經適當處理後，應可回收再利用，以降低廠方對水源依賴度，並增加水資源再利用的機會。本案例為進一步了解其去除效果及系統穩定性，將進行實驗室及現場實驗，並求取最佳操作條件，希望達到該廠訂定廢水回收之水質標準，如表3所示⁴⁾。

2. 設備與方法

泡沫分離技術是利用某些物質特別易於吸著於氣泡表面之特性，藉由氣泡使該物質與其他不會吸著於氣泡的成分分離。換言之，泡沫分離技術是利用物質間不同之表面活性而分離之方法。

將空氣氣泡通入液體中，氣泡與液體間即構成新的界面，液體中所含表面活性高的物質就會吸附在氣泡上，隨著氣泡的上升而被帶至

表1 工廠用水中的污染物及其對應處理方法

污染物	處理方法	
	物理化學	生 物
有機物（如：COD）	混凝沈澱/浮除、砂濾、活性炭、氧化、薄膜	活性污泥、接觸氧化、生物網膜（BioNET [®] ）
無機鹽類（如：鈣硬度）	混凝沈澱/浮除、砂濾、結晶（FBC）、離子交換、薄膜	—
重金屬（如：銅）	混凝沈澱/浮除、砂濾、結晶（FBC）、離子交換、薄膜	—
懸浮物質（如：SS）	混凝沈澱/浮除、砂濾、薄膜	—

註：生物網膜（BioNET[®]）為工研院研發完成之高級生物處理技術，已註冊商標

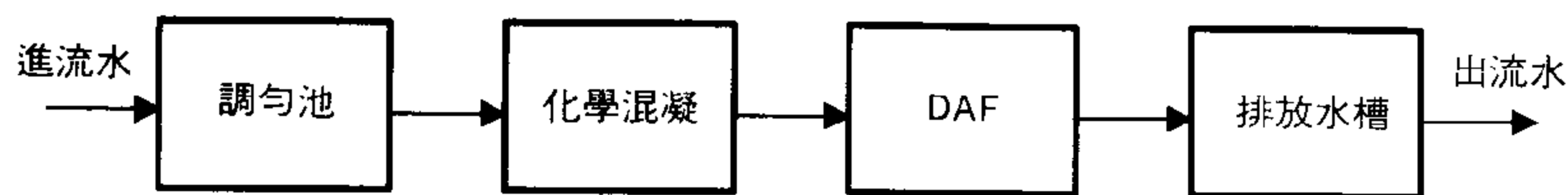


圖2 水織機廢水處理流程圖

表2 水織機廢水處理場進流水及放流水水質特性

項 目	進流水			出流水		
	最大值	最小值	平均	最大值	最小值	平均
COD (mg/L)	469	204	317	285	41	78
SS (mg/L)	58	14	30	32	8	18

表3 案例廠水織機製程用水之水質標準

項 目	水質標準
pH	6~8
COD mg/L	< 50
SS	< 30
鐵	< 0.3
硬度	< 50 (以CaCO ₃ 表示)
鹼度	< 50 (以CaCO ₃ 表示)
導電度	< 500

液體表面。如果液體中含有造成起泡性之物（例如界面活性劑），隨著氣泡持續的通入，將會在液體上方不斷形成泡沫，這些吸附在氣泡上而被帶至液體表面之物質就會隨著泡沫的上升而離開液體，如此可將該物質與液體以及液體中其他表面活性低的物質分離，這種方法稱泡沫分離。泡沫分離技術最早應用於分離各種礦物的成分，近年來已被應用於環保處理技術領域，包括鉛、鈣、鐵、鎘、鉻等金屬及氰化合物之分離或濃縮，而使用界面活性劑屬外加型。另一類廢水本身即含有界面活性劑，如洗衣店廢水及水織機廢水，只要通入適當空氣量，即可達到分離或濃縮之目的。對現場操作而言，經由簡單地操作即可同時達到濃縮SS及去除COD之目的。

實驗室連續實驗，是以連續進流方式，來

探討水質變化狀況下，系統之穩定性及其去除效果，其設備如圖3所示。而實驗室評估中，只針對泡沫分離進行實驗，砂濾塔部分則未進行評估，在實場實驗時才包括此部分實驗結果。

3. 結果與討論

針對水織機廢水特性進行評估，結果發現直接利用漿料中含有微量界面活性劑之特性，再藉由泡沫浮除系統產生微細氣泡與被處理水中界面活性劑之作用，將水織機製程廢水中COD與SS污染物同時去除，再經由砂濾塔將殘餘SS去除後，可將COD與SS濃度分別為150mg/L及42mg/L之進流水，經過處理後之COD與SS濃度則分別23mg/L及2mg/L，兩者去除率分別高達85%及95%，符合該案例廠水織機之用水標準。

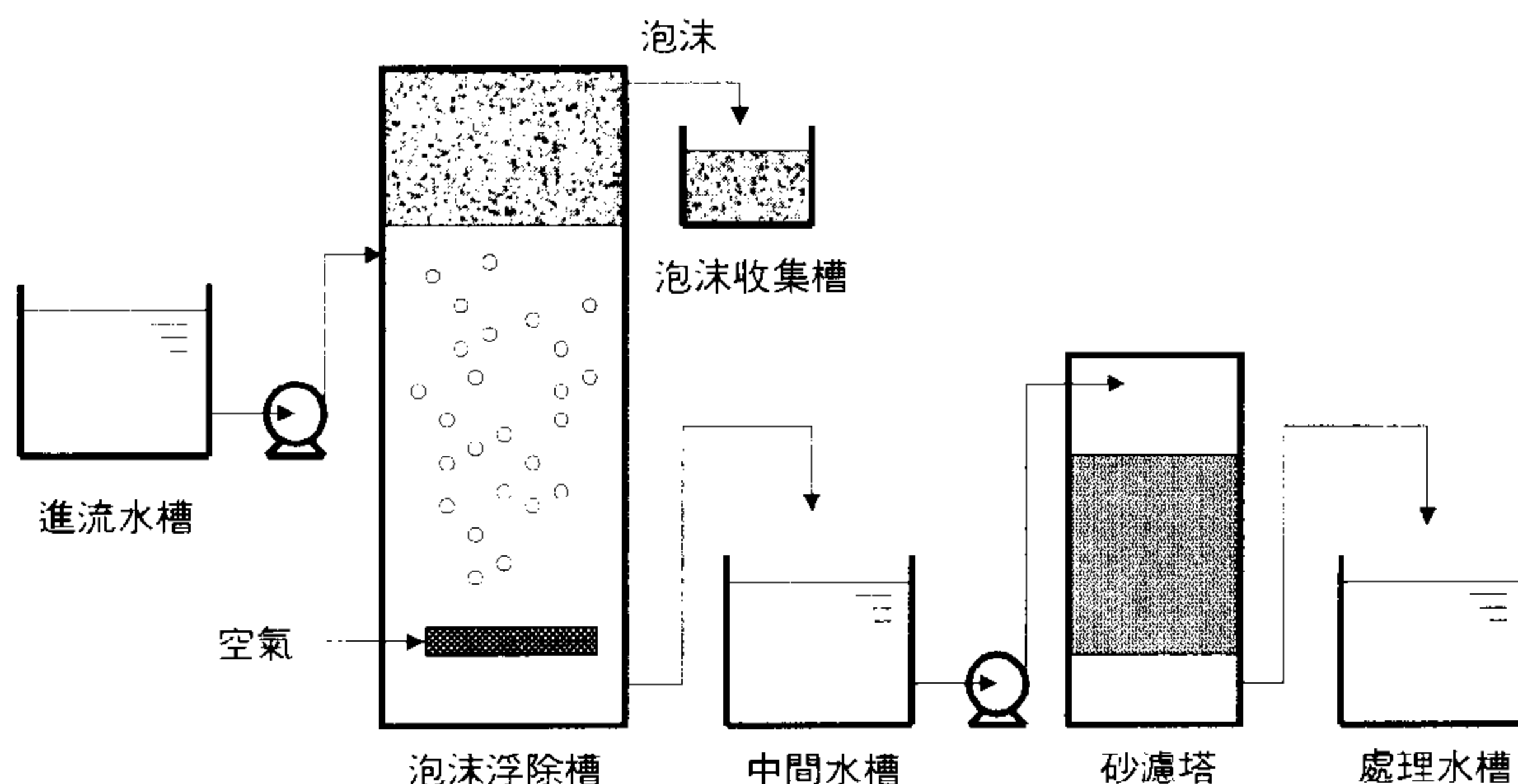


圖3 連續實驗設備示意圖

案例廠水織機製程用水回收處理流程規劃及建造，即依據水質水量特性、模擬試驗處理結果並考慮用地面積有限等因素，以既有處理設施為基礎，增設泡沫分離塔再併入廠內閒置的砂濾塔等設備，如圖4所示。由於泡沫浮除槽之水力停留時間極短，故僅需一座20 m³泡沫浮除塔。目前，案例廠設備持續順利操作，回收水量為2,000 CMD，約達該廠用水量之50%。

此種處理程序具有操作簡單、處理成本低及可回收大量製程用水之優點。對於用水依賴度很深之水織機紡織業而言，除可紓解廠方缺水壓力外，亦可充分利用水資源，以達水資源永續利用之目標。

(二)PVC廠廢水回收再利用研究及工程規畫

1.背景

本案例PVC廠，生產乳液型PVC、S-PVC及HIP-PVC等產品。有鑑於水資源珍貴及未來水資源缺乏可能影響其製程生產，擬針對PVC聚合過程中聚合成品脫水乾燥所排出之廢水進行回收再利用。經筆者們研究評估後，回收水質能夠符合冷卻水塔補充水水質（列

於表4），可達到節水及省水之目的。

通常冷卻水所引發的操作問題，主要包括：(1)腐蝕（corrosion），不同或相同金屬存在電位差時，產生電化學反應，而造成金屬的耗損。(2)結垢（scale），水中鈣鎂等無機鹽類在過飽和的情況下，在金屬表面形成結晶沈積物。(3)積垢（fouling），水中腐蝕產物或懸浮物質沈積於金屬表面。(4)菌藻困擾（slime），微生物滋生所引發的問題，包括生物積垢及生物腐蝕等問題。由於上述操作問題的產生原因和種類，與冷卻水之水質特性有關，因此欲加以回收利用冷卻水，必須審慎地考量冷卻水水質所產生的影響。如表5中所示，為冷卻水中較重要的水質項目的水質與上述操作問題之關係。

2.設備與方法

經由水質資料初步分析結果顯示，初期僅針對S-PVC製程廢水水回收處理程序進行評估，方式大致可分為生物處理評估及物化處理評估兩部分。其中，生物處理部分選定生物網膜（BioNET[®]）反應槽處理系統；而物化處理技術方面則涵蓋有化學混凝、氧化法（次氯酸鈉、雙氧水、Fenton法及H₂O₂+Cu²⁺）等單元技術評估。水回收處理程序篩選原則，除

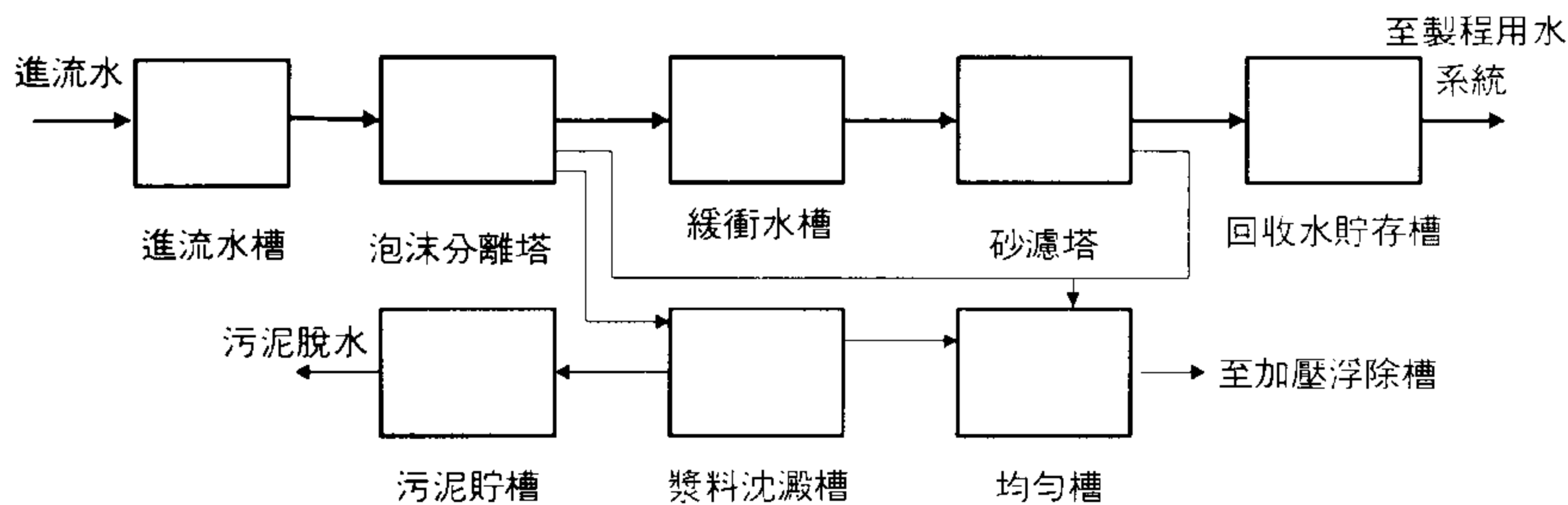


圖4 水織機製程廢水回收再利用處理流程圖

表4 冷卻水塔水質建議值

項目	單位	建議值
pH		6.5~7.8
M-Alkalinity	mg/L(as CaCO ₃)	50~200
Ca-H	mg/L(as CaCO ₃)	50~250
SiO ₂	mg/L	< 50
T-Fe	mg/L	< 0.5
TDS	mg/L	< 500
Bacteria	organism/mL	< 100
SO ₄ ²⁻	mg/L	< 200
PO ₄ ³⁻	mg/L	< 1
COD	mg/L	< 20
SS	mg/L	< 3
Turbidity	NTU	< 10

表5 冷卻水水質之影響

影響水質項目	腐蝕	結垢	積垢	菌藻困擾
溶氧	×	—	—	◆
氨	×	—	—	×
氯離子	×	—	—	—
硫酸根	×	—	—	—
磷酸根	◆	×	—	—
懸浮固體物	◆	—	×	—
鈣鎂硬度	●	×	—	○
二氧化矽	—	×	—	○
低pH值	×	●	—	○
高pH值	●	×	—	○
鹼度	●	×	—	○
高溫	×	×	—	○
低溫	○	○	—	○
高流速	×	○	○	○
低流速	—	—	×	◆

×：主要影響 ◆：次要影響 ●：主要抑制效果
○：次要抑制效果 —：無明顯之影響

重視一般廢水處理程序重視其去除效果外，更需強調下列幾點：(1)將溶解性污染物轉換成非溶解性固體物，以利去除、(2)將微細固體物變成粗大固體物，以便固液分離及(3)儘量避免化學藥品添加，以免增加回收水導電度。

BioNET[®] 技術如圖5所示，為工研院利用經濟部技術處支持經費，所研發完成之高級生物處理技術，已註冊商標。乃是以「多孔性生物擔體」為核心之新型生物處理系統，採用多孔性擔體作為反應槽之介質，提高懸浮固體物攔截之機會，因提供廣大表面積作為微生物附著、增殖之介質，可累積大量及特定族群之生物膜微生物，有助於達到去除各種污染物之目的。

3. 結果與討論

- (1) BioNET[®] 反應槽同時具有去除溶解性COD及懸浮固體物之優點，在HRT為12小時操作條件下，溶解性COD去除率可達50%左右。
- (2) 實驗室評估結果發現，在不調整pH值情況下，pH值為2至3原廢水經過BioNET[®] 反應槽處理後，pH值會上升6至7，除可避免液鹼添加造成處理導電度增加外，亦可經由pH值變化作為BioNET[®] 反應槽處理性能之初期參考指標。
- (3) 經生物處理後出流水建議再經過砂濾塔處理以確保懸浮固體物濃度低於10 mg/L。若選

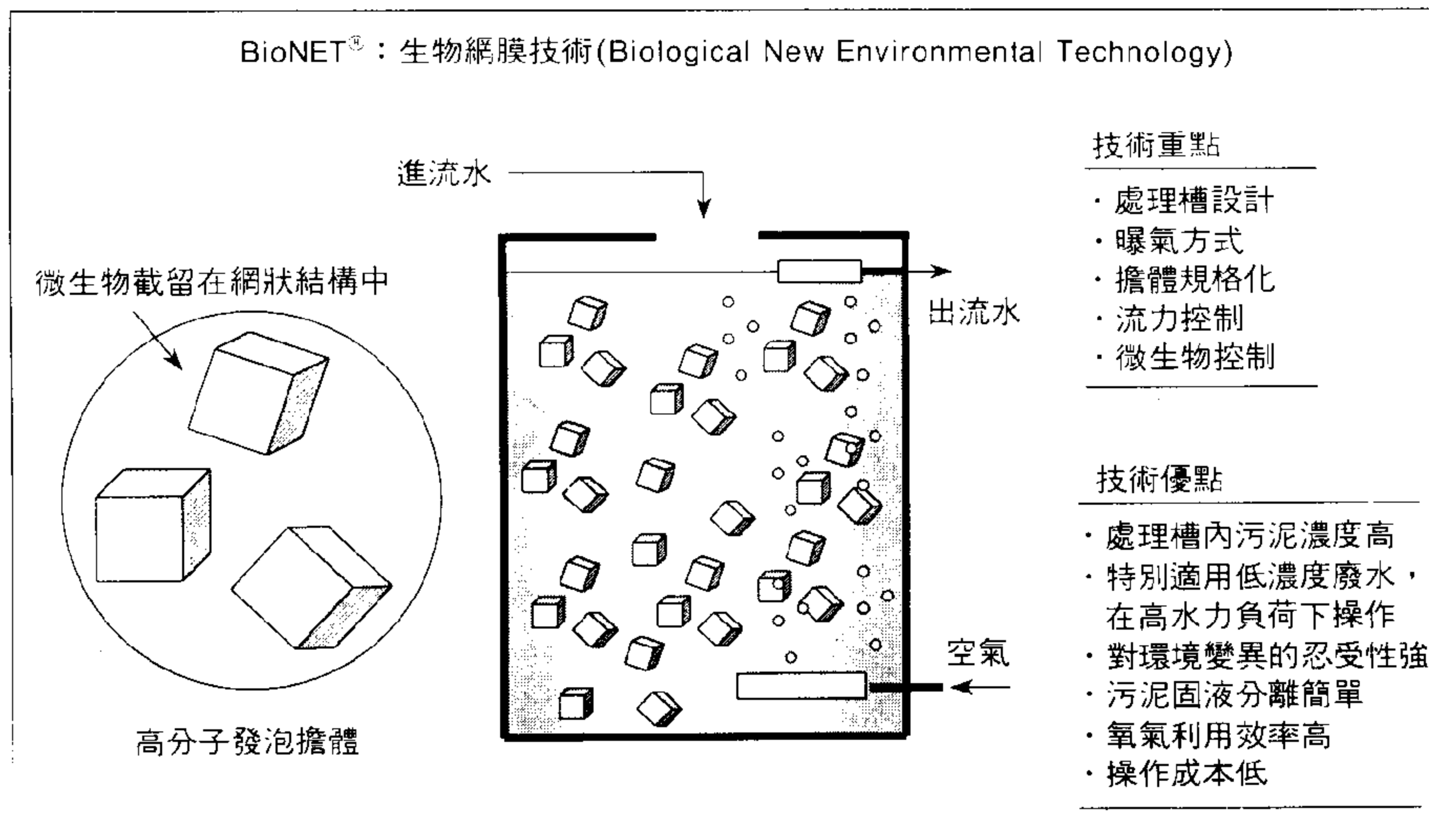


圖5 BioNET[®]高級生物處理技術

擇連續反沖洗砂濾塔則具有穩定出流水流量及節省人力之優點，但其缺點為反沖洗水量較大，約為處理水量之10%左右。

- (4)經生物處理後出流水，需進行消毒，以避免殘留微生物菌體在冷卻水塔內，造成生物積垢之現象。
- (5)雖然S-PVC廢水在離心機脫除塔之後，進行PVC粉回收再利用，但回收水中SS濃度為340 mg/L左右，且此種PVC粉造成SS非常微細，不易沈澱，採用傳統固液分離方式，效果不佳。建議採用加壓浮除方式，以有效去除懸浮固體物及節省土地面積需求，但在加壓浮除操作中，強調不宜添加任何化學藥品，以避免處理水中導電度升高，而影響其水質。
- (6)化學處理或Fenton法對於PVC製程廢水有其一定處理效果，但由於添加化學藥品，造成處理水中導電度增加，不利於水回收再利用。

(三)流體化床結晶法應用於冷卻塔用水處理

1. 背景

案例廠為國內最大鋼鐵製造廠，目前粗鋼年產能約800萬公噸。產品包括鋼板、條鋼、線材、熱軋鋼品、冷軋鋼品、電磁鋼片、電鍍鋅鋼品、生鐵以及商用鋼胚等。全廠需要原始取水量簡稱原水約125,000 m³/day，其中110,000 m³/day用於冷卻水塔當補充水（全廠約25個冷卻水塔區），10,000 m³/day在經離子交換樹脂純化後當製程用水，5,000 m³/day為生活用水。

評估工作期間，該廠原水水質比導電度、鈣硬度及SiO₂濃度平均值分別約為570 μ mhos/cm，170 mg/L（as CaCO₃）及13 mg/L，採用傳統石灰軟化法處理，有3座大型澄清池，純化後水質比導電度及鈣硬度約分別降低12%及27%，可使冷卻水塔濃縮倍率提高至5，但產生大量污泥，需通過酸性洗塵水清洗，形成CaCO₃及鐵化合物，再經真空脫水機脫水後，送至燒結工廠鍛燒形成CaO及鐵化合物，最後轉運至高爐作煉鐵原料。

本案例主要研究對象為# 300K開放循環式冷卻水塔之用水，此系統是用於廠內第二連

續酸洗冷軋工廠、第二連續淬火工廠及電鍍鋅工廠之製程冷卻，熱量約80%以上藉由蒸發而移走，剩餘20%以下熱量則經由冷卻水塔去除。該廠# 300K冷卻水當排放水管制800 mg Ca硬度/L時則補充水量2,400 m³/day，循環水量192,000 m³/day，排放水量480 m³/day，濃縮倍率(n)達5倍。在評估期間，該廠# 300K冷卻循環水水質統計，比導電度及鈣硬度平均分別約為 2,200 μ mhos/cm 及 650 mg/L (as CaCO₃)，當化驗室分析鈣硬度超過800 mg/L時，控制室則以手動方式開始排水，讓三座冷卻水池水位降至1.2 m，通常約8 hrs後再補充石灰軟化水或原水至2.2 m，冷卻水池中定期添加腐蝕抑制劑（磷酸鹽一鋅），結垢抑制劑（H₂SO₄）及微生物抑制劑（NaOCl），循環水處理費用（包含人工費、電費及藥品費等）約0.6元/m³。²⁾

2. 設備與方法

本案例使用之模型廠流體化床結晶廢水處理裝置（Fluidized Bed Crystallization；簡稱FBC）示意如圖6所示，利用直徑0.2~0.5 mm矽砂擔體在結晶槽中作為結晶核種，欲處理之廢水及添加藥劑係由該反應槽之底部進入

並向上流動，而該反應槽外接有一迴流水迴路，用以調整進流水過飽和度及達到擔體流體化的水流速度，使目標無機離子於矽砂擔體表面形成穩態結晶體，而處理後之廢水則由該反應槽頂部流出。當晶體粒徑達1~2mm後，排出槽外進行回收再利用或達廢棄物減量之目的。

3. 結果與討論

本案例利用FBC處理技術於原水及冷卻循環水水質軟化上之應用，探討FBC中添加異質介質（矽砂）進行晶體成長及水處理試驗，重要結果如下：

- (1)原水處理上主要優點是節省初設成本，降低操作藥品費用，提高操作方便性及污泥減量。在Ca(OH)₂-NaOH系統與傳統石灰軟化法比較，Ca硬度去除率由27%提升至60%；比導電度和SiO₂、SO₄²⁻、Cl⁻等離子則效果類似。在NaOH-NaOH系統Ca硬度去除率及操作方便性可提高，不過比導電度約比原水增加100 μ mho/cm，SiO₂比原水降約1 mg/L，效果比Ca(OH)₂-NaOH系統略低。
- (2)冷卻水處理的主要優點是減少冷卻水補水量、改善循環水或補充水水質、增加濃縮倍率

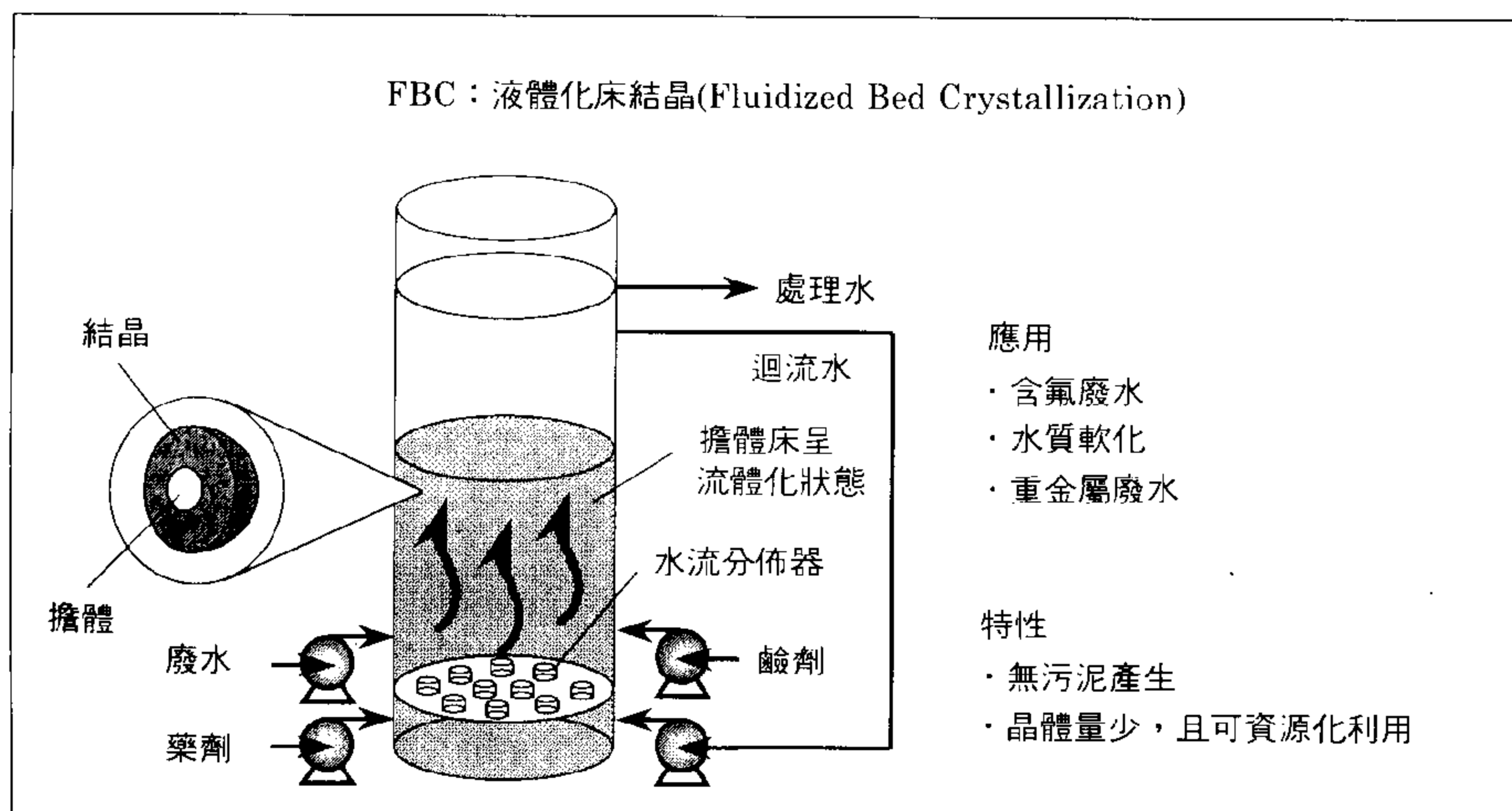


圖6 流體化床結晶（FBC）處理技術示意圖

及減少排放量，若處理補充水在 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - NaOH 系統與石灰軟化法比較濃縮倍率由5提升至9，若處理循環水在 Na_2CO_3 - NaOH 系統與處理前水質比較，則比導電度、 Ca 硬度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 及 SiO_2 去除率分別為10%、66%、19%、39%及48%。

以案例廠# 300K區情況而言，實廠規模單一冷卻塔補充水用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 藥劑之FBC處理系統，如圖7所示。補充水量 $69.63 \text{ m}^3/\text{h}$ 和補充水調配之低濃度藥劑量 $20.37 \text{ m}^3/\text{h}$ 中所含 13.5 kg Ca 硬度/hr污染量作為設計基準，以去除6成鈣污染量和排放水量回收率50%估計，所需要FBC槽體規格為直徑1.0 m，高度6 m。濃縮倍率可提升至9倍，藥品費 $0.67 \text{ 元}/\text{m}^3$ ，電費 $0.24 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。單一# 300K冷卻水塔區，可節省補水量及排放量 $240 \text{ m}^3/\text{day}$ 。以全廠總冷卻塔補充水而言，節水量可達 $4,020,000 \text{ m}^3/\text{年}$ ，節省水費 $4,818 \text{ 萬元}/\text{年}$ 。 CaCO_3 晶體排放量 $194 \text{ kg}/\text{day}$ （含水率10%）。

模型廠晶體經由XRD定性分析證明主成分為 CaCO_3 ，同時晶體純度經由ICP定量分析，發現 Ca 含量約40%，推估 CaCO_3 純度達99%以上，可當資源回用於水泥業、鋼鐵業、肥料業農改場之酸性土壤改質等用途。

工廠用水回收再利用限制及其解決方案

以質量平衡的觀點，由於實施工廠用水回收再利用而節省原始取水量，同樣的亦減少了廢水排放量，且因回收處理流程中不可能百分之百移除所有污染物，必然使工廠廢水中固有的污染物濃度增加。工廠在考量需優先符合現行放流水標準的先決條件下，若因水回收再利用而不能符合法規時，當然會選擇放棄水回收再利用，這點應是推動工廠用水回收再利用的主要限制。

針對上述限制可能解決的方案有：1.製程污染減量；2.法規調整；3.總量管制；4.先進廢水處理技術的應用。若前3個方案難有進展時，就要依賴先進廢水處理技術。此類技術可考慮從兩個方向著手，其一是改善回收前的廢水水質，其二是在加強處理回收後污染物濃度變高的廢水，以符合法規標準。

如圖8所示，最下面的曲線表示在進行工廠用水回收之前，首先必須確認廢水處理廠的二級處理（主要指生物處理）已經過正確的設計、建造和操作，發揮正常處理功能，使放流水能符合法規標準，也因此具備了水回收的基

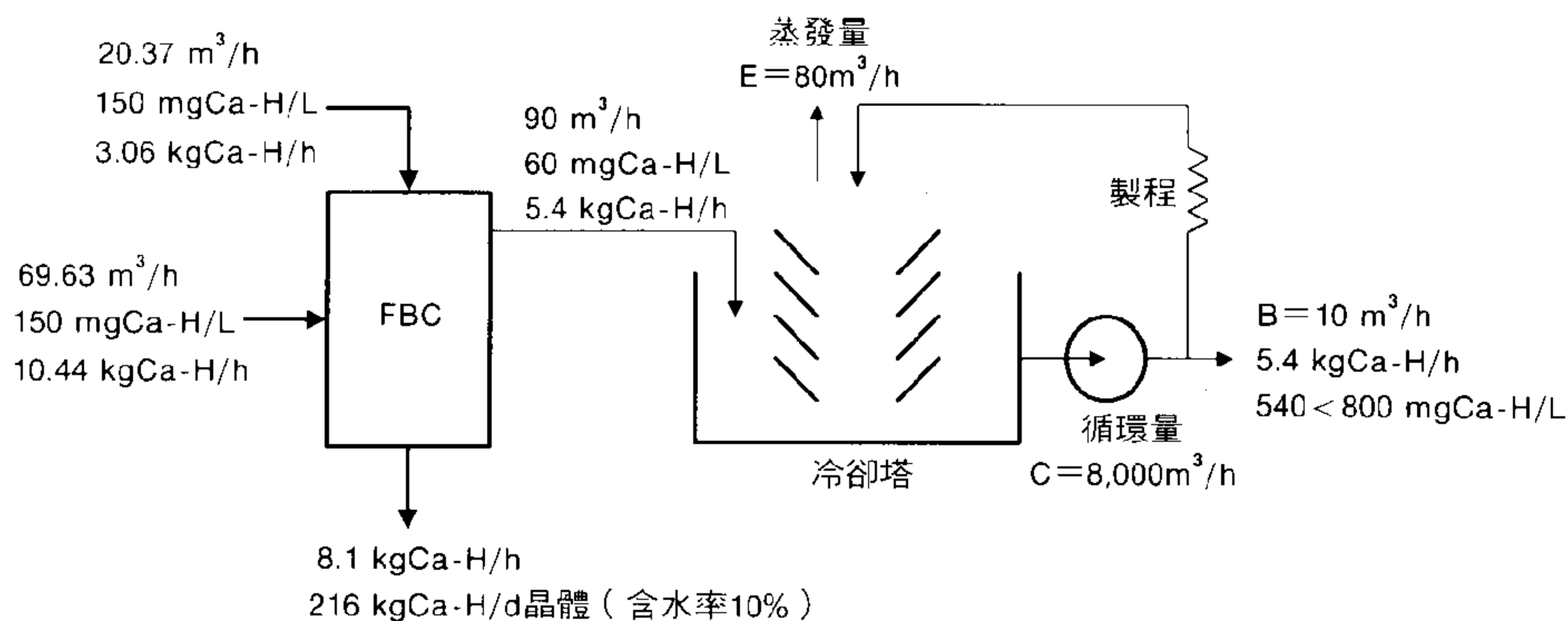


圖7 冷卻水塔補充水之FBC處理系統質量平衡

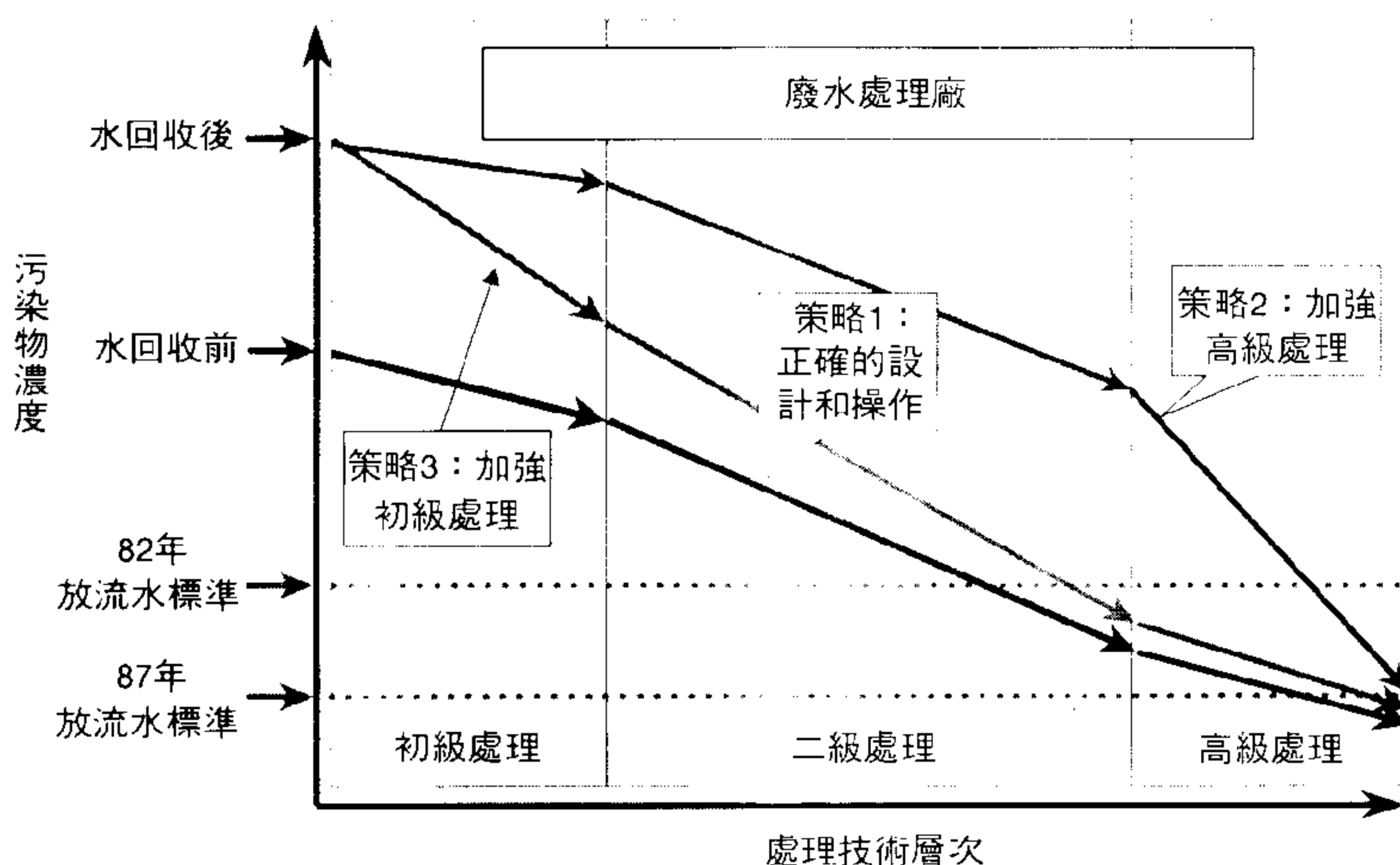


圖8 廢水處理廠改善策略

本條件。在執行水回收之後，可朝初級處理（生物前處理）技術的改善或高級處理（生物後處理）技術的加強兩方向著手（由於兩種作法去除的污染物有相當重疊，故同時改善的空間不大）。中間的曲線代表經適當的前處理增加去除效果，並可提升後續生物處理能力的情況，最上面的曲線則代表在生物處理後，增加高級處理設備以達放流水標準。

結 論

水回收再利用工作的主要誘因，大致可歸納為三項，即水源、法規和成本，可單獨或同時存在，亦可獨立或綜合考量。眾所皆知，台灣水源短缺問題由來已久，由於先天原因和經濟持續發展造成的生活和工業用水量相對增加，水源的開發與節約成為亟待解決的問題。政府乃大力推動節約用水工作，研提「節約用水行動方案」。希望達成民國一百年之節約用水目標，以工業用水而言，需達成平均回收率由32%提升到65%以上的目標。

以質量平衡的觀點，實施工廠用水回收再利用而節省原始取水量，必然使工廠廢水中固

有的污染物濃度增加，若因水回收再利用而不能符合法規時，當然會選擇放棄水回收再利用，這點應是推動工廠用水回收再利用的主要限制。技術性解決方案，首先必須確認廢水處理廠的二級處理（主要指生物處理）已經過正確的設計、建造和操作，發揮正常處理功能，使放流水能符合法規標準，才能具備水回收的基本條件。在執行水回收之後，可朝初級處理（生物前處理）技術的改善或高級處理（生物後處理）技術的加強兩方向著手，提升處理效率以達放流水標準。■

參考資料

1. 經濟部水資源局資訊網，<http://www.wrb.gov.tw/>, 2000
2. 李茂松，廖啓鐘，邵 信，游惠宋，黃昆田，吳聯芳，蔡啓順，流體化床結晶法應用於冷卻塔節水之研究，第二屆水再生及再利用研討會論文集，159-185，1996
3. 張敏超，洪仁陽，莊順興，張王冠，邵信，PVC廠廢水回收再利用研究及工程規畫，工研院化工所內部研究報告，1999

4. 洪仁陽，徐淑芳，邵 信，游惠宋，紡織業
水織機回收再利用之案例探討，第二屆水再
生及再利用研討會論文集，77-86，1996

作者：邵 信

現職：工業技術研究院環安中心污防室經理

學歷：國立交通大學土木工程研究所碩士

經歷：1977年進入工業技術研究院服務迄今。

專長／研究領域：廢水處理技術研究與工程應
用

作者：洪仁陽

現職：工業技術研究院環安中心研究員

學歷：美國以色列技術學院環境工程研究所碩
士

經歷：1991年進入工業技術研究院服務迄今。

專長／研究領域：廢水處理技術研究與工程應
用

作者：李茂松

現職：工業技術研究院環安中心研究員

學歷：私立中原大學化學工程研究所碩士

經歷：1987年進入工業技術研究院服務迄今。

專長／研究領域：廢水處理技術研究與工程應
用

作者：張敏超

現職：工業技術研究院環安中心研究員

學歷：國立清華大學化學研究所碩士

經歷：1974年進入工業技術研究院服務迄今。

專長／研究領域：廢水處理技術研究與工程應
用



機械月刊

2月號第307期精彩內容介紹

傳動機構

專輯

～會錦煥先生 主編～

- 伺服用齒輪減速機的簡介
- 碟式煞車系統概論
- 磁性聯軸器的傳動特性與應用
- 滾珠螺桿的原理簡介與發展
- 整合型線性滑軌量測系統介紹
- 線性步進、伺服馬達原理及其應用
- 精密微步平台的定位誤差補償

精選文章

- CARD與管理程序自動化的相關技術與規劃
(上)

專 欄

- 新品園地
- 油壓漫談(二)－續談流量控制
- 自我挑戰測驗題
- 機械名詞百科

機械人語

- 有助於中小製造業經營的網址精選集

產業分析

- 2001我國機械工業景氣預測

報 導

- 利茗機械股份有限公司林秋雄董事長
- 機械月刊第15屆金筆獎報導