



朝陽科技大學
環境工程與管理系

碩士論文

膜設備水再生系統與純水系統設計參數與操作成效
之比較研究

The Comparative Study on Design and Operation of
Membrane Wastewater Reclamation System and Water
Purification System

指導教授：莊順興 博士

研 究 生：郭家倫

中 華 民 國 105 年 9 月 7 日



朝陽科技大學環境工程與管理系

Department of Environmental Engineering and
Management, Chaoyang University of Technology

碩士論文

Thesis for the Degree of Master

膜設備水再生系統與純水系統設計參數與操作成效

之比較研究

The Comparative Study on Design and Operation of Membrane
Wastewater Reclamation System and Water Purification System

指導教授：莊順興 博士(Shun-Hsing Chuang)

研究生：郭家倫(Chia-Lun Kuo)

中華民國 105 年 9 月 7 日

September 7, 2016



在水資源越來越缺乏的年代，積極開發水資源便相對重要，由於都市廢污水具有水質與水量穩定的特性，因此若能將廢污水處理廠放流水再利用，便具有區域性供水水源之開發潛力，可提高水資源的再利用效率，以取代其他水資源的需求。目前薄膜技術在各產業的應用相當廣泛，主要原因為薄膜程序具有高去除效率，使得出流水可達到良好的水質，隨著工業產能的擴大，如何將這些製程廢水回收，也是目前綠色科技與環保的主軸之一。

本研究以六個案例廠分為水回收及純水處理兩大系統，針對設計流程及參數比較，綜合分析兩大系統之設計與操作數據，探討膜設備的處理參數及成效。結果顯示，水再生系統之案例 A、B 及 C 廠膜通量範圍為 $8.5\text{--}9.0\text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，純水系統之案例 D、E 及 F 廠膜通量範圍為 $9.0\text{--}12.0\text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 。水再生系統案例 A 廠與純水系統案例 D 廠之逆滲透(Reverse Osmosis, RO)單元，膜通量分別為 $8.7\text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 $11.5\text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，其 RO 總回收率為 68.5% 及 59.5%，產水之導電度分別為 $205\text{ }\mu\text{S/cm}$ 及 $0.11\text{ }\mu\text{S/cm}$ ，平均造水成本分別為 30.00 元/ m^3 及 10.88 元/ m^3 ，案例 A 廠之 MBR 系統成本高，使平均造水成本偏高；以純水系統為例，RO 進水前需前處理去除懸浮固體物及大分子，以增加後續 RO 膜通量及回收效率，節省 RO 耗材成本。

關鍵字：水再生、純水回收、逆滲透、膜通量



Abstract

Scarcity of water resources is a serious environmental concern which reflects the importance of the development of new and innovative water resources. Due to the stability in quality and flow of urban wastewater, reuse of effluent from wastewater treatment plants can facilitate the development of regional water supply systems, thus increasing the reuse rate of water sources as well as replacing the exploitation of natural water sources. Membrane technology is used in various fields in recent years, mainly due to the high removal efficiency of membrane processes which discharges effluent of decent quality. In the wake of rapid industrialization, methods to recover process water have become a core of green technology.

This study classifies six case study treatment plants into two groups of systems, namely water regeneration and water purification, and compares as well as comprehensively analyzes both design processes and operational data in order to evaluate the treatment parameters and performance of membrane facilities. Results show that membrane fluxes from water regeneration Plants A, B and C were in range of 8.5-9.0 L/m²·hr while that of water purification Plants D, E, F were in range of 9.0-12.0 L/m²·hr. For Reverse Osmosis (RO) units of Plants A and D, the membrane fluxes were 8.7 L/m²·hr and 11.5 L/m²·hr respectively with a RO recovery rate of 68.5% and 59.5% each. The conductivity of the permeate from these plants were each 205 μ S/cm and 0.11 μ S/cm, and the average cost of water production was placed at NT30.00/m³ and NT10.88/m³ respectively. The high cost of the MBR system at Plant A has led to higher cost of water production, which, in terms of water purification, RO influent must undergo pretreatment to remove suspended solids and macromolecules so as to increase the RO permeate



flux and recovery rate, therefore reducing RO material costs.

Keywords: Water regeneration, pure water recovery, reverse osmosis, membrane flux



在進入朝陽科技大學環管系研究所的進修求學生活已接近尾聲，一份研究的產生背後必定有著許多的支持，理論上的、學習上的、及情感上的。首先由衷感謝指導教授莊順興老師的悉心指導與栽培，並對我由商系跨工系，起步學習上的包容，及學習方向的專業指引，這一學習之路對日後必是受益無窮的，感謝老師孜孜不倦的帶領，將學術研究習得的專業知識，落實於工作實務，提升專業能力更紮實根基，同時也協助我解決許多實務上的問題，特致上最高的謝意，感謝我的良師。論文口試期間，承蒙張維欽教授、張敏超顧問、王順成教授細心的指導批評，多謝口試委員費心審閱，並惠賜諸多建議，使本論文增色許多

於論文寫作期間，要特別感謝峻豪，盈蓁學妹，政中學長，桓輝學弟，嘉誠學弟，冠智學弟，給予諸多意見與指導協助，並且在每一個衝刺的階段不辭辛苦一同陪伴突破困難，全力支援給予我研究幫助，心中滿滿的感謝與感動，謝謝你們，有你們真好。

於這兩年進修求學期間，感謝各位有緣一起進修相伴學習的同班同學，互相鼓勵與激發學習，及學長姐時時勉勵及學業上的指正、教導，與學弟妹平日課業上的幫忙協助。更感謝我的公司老闆、主管、同事，及我最愛的家人，對我再次進入校園進修的全力支持，也特別感謝這篇文章所引用的文獻，每一篇都令本研究有了立論上的基礎，並且幫助我更了解問題的本質及各種應用方法，十分感謝各位前人的研究成果。這麼多人的支持、鼓勵，我點滴心頭，讓我像是站在巨人的肩膀上，我深深感覺到自己的渺小。我由衷的感謝，感謝每一位幫助我的人。



摘要	I
Abstract.....	II
致謝	IV
目錄	V
表目錄	VIII
圖目錄	X
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究內容	2
第二章 文獻回顧	3
2.1 水回收純化處理單元	3
2.1.1 膜過濾處理技術	3
2.1.2 逆滲透與奈米過濾	5
2.1.3 離子交換樹脂	6
2.1.4 新穎去離子水技術	9
2.2 膜設備水再生系統	12
2.2.1 新加坡案例	12
2.2.2 日本琵琶湖案例	13
2.2.3 中鋼案例	14
2.2.4 日月光案例	15
2.3 膜設備純水系統	16



2.3.1 印刷電路板案例	16
2.3.2 晶圓半導體製造業案例	17
第三章 研究方法與步驟	18
3.1 研究架構	18
3.2 案例廠及其處理流程	19
3.2.1 A 案例廠	20
3.2.2 B 案例廠	21
3.2.3 C 案例廠	22
3.2.4 D 案例廠	23
3.2.5 E 案例廠	25
3.2.6 F 案例廠	26
3.3 評估比較參數	27
第四章 結果與討論	29
4.1 水再生系統之設計與操作成效	29
4.1.1 A 廠設計與操作成效	29
4.1.2 B 廠設計與操作成效	35
4.1.3 C 廠設計與操作成效	39
4.2 純水系統之設計與操作成效	43
4.2.1 D 廠設計與操作成效	44
4.2.2 E 廠設計與操作成效	50
4.2.3 F 廠設計與操作成效	55
4.3 水再生及純水系統之比較	59
4.3.1 水再生系統綜合分析	59
4.3.2 純水系統綜合分析	62
4.3.3 水再生及純水系統設計及操作之比較	65



第五章 結論與建議	70
5.1 結論	70
5.2 建議	71
參考文獻	73
附錄 各廠所使用 RO 及 EDI 膜之規格	76



表 3.2-1 水回收案例廠之基本設計概念	19
表 3.2-2 純水案例廠之基本設計概念	19
表 4.1-1 A 廠原水設計條件基準	30
表 4.1-2 A 廠主要設計參數	30
表 4.1-3 A 廠主要設備規格	31
表 4.1-4 A 廠實際操作數值	33
表 4.1.5 A 廠設計與操作數值比較	35
表 4.1-6 B 廠原水設計條件基準	36
表 4.1-7 B 廠主要設計參數	36
表 4.1-8 B 廠主要設備規格	37
表 4.1-9 C 廠原水設計條件基準	40
表 4.1-10 C 廠主要設計參數	41
表 4.1-11 C 廠主要設備規格	41
表 4.2.1 D 廠原水設計條件基準	44
表 4.2-2 D 廠主要設計參數	45
表 4.2-3 D 廠主要設備規格	45
表 4.2-4 D 廠實際操作數值	48
表 4.2-5 D 廠設計與操作數值比較	49



表 4.2-6 E 廠原水設計條件基準	50
表 4.2-7 E 廠主要設計參數	51
表 4.2-8 E 廠主要設備規格	51
表 4.2-9 F 廠原水設計條件基準	55
表 4.2-10 F 廠主要設計參數	56
表 4.2-11 F 廠主要設備規格	56
表 4.3-1 水再生系統綜合分析.....	60
表 4.3-2 純水系統綜合分析.....	63
表 4.3-3 A 與 D 廠設計數值之比較.....	66
表 4.3-4 A 與 D 廠操作數值之比較.....	67



圖目錄

圖 2.1-1 不同薄膜孔徑對不同物質之分離範圍	4
圖 2.1-2 離子交換樹脂反應之構造示意圖	7
圖 2.2-1 新加坡新生水「NEWater」處理流程.....	12
圖 2.2-2 高級處理流程例.....	13
圖 2.2-3 中鋼再生水廠處理流程圖	14
圖 2.2-4 日月光公司中水回收處理流程圖	15
圖 2.3-1 RO 水製程及用水比例.....	16
圖 2.3-2 半導體業純水系統.....	17
圖 3.1-1 本研究架構圖.....	18
圖 3.2-1 A 廠流程圖	21
圖 3.2-2 B 廠流程圖	22
圖 3.2-3 C 廠流程圖	23
圖 3.2-4 D 廠流程圖.....	24
圖 3.2-5 E 廠流程圖	25
圖 3.2-6 F 廠流程圖	26
圖 4.1-1 A 廠主要設備流程圖	32
圖 4.1-2 B 廠主要設備流程圖.....	39
圖 4.1-3 C 廠主要設備流程圖	43
圖 4.2-1 D 廠主要設備流程圖.....	48
圖 4.2-2 E 廠主要設備流程圖	55
圖 4.2-3 F 廠主要設備流程圖	58
圖 4.3-1 A-C 廠膜通量之比較圖	61
圖 4.3-2 A-C 廠回收率與去除率之比較圖	61
圖 4.3-3 A-C 廠產水成本之比較圖	62



圖 4.3-4 D-F 廠膜通量之比較圖	64
圖 4.3-5 D-F 廠回收率之比較圖	64
圖 4.3-6 D-F 廠產水成本之比較圖	65
圖 4.3-7 A 與 D 廠主要設備流程圖之比較	68
圖 4.3-8 A 與 D 廠之 RO 系統處理回收率及去除率之比較	68
圖 4.3-9 A 與 D 廠之 RO 系統產水成本之比較	69



第一章 前言

1.1 研究緣起

在水資源越來越缺乏的年代，積極開發水資源便相對重要，由於都市廢污水具有水質與水量穩定的特性，因此若能將廢污水處理水再利用，便具有區域性供水水源之開發潛力，可提高水資源的再利用效率，以取代其他水資源的需求。尤其近年來缺水頻率明顯增加，水回收再利用已成為全世界關心之議題，國內在因應未來水資源短缺及污染問題，政府單位、產業界及研究單位積極開發各種處理技術並進行實廠建立。

目前薄膜技術在各產業的應用相當廣泛，主要原因為薄膜程序具有高去除效率，使得出流水可達到良好的水質，可依所需達到的水質、水量與操作成本，選擇所需的薄膜程序。薄膜處理程序在淨水處理中佔有很大的優勢，可減少污泥產生量、出流水水質穩定、自動化操作節省人力、佔地面積較小及有效控制消毒副產物的產生等優點。隨著工業產能的擴大，如何將這些製程廢水回收，也是目前綠色科技與環保的主軸之一。

1.2 研究目的

自然界中，不會存在完全純化的水源，簡單的水份子，人類活動過程中經由取水經處理到使用後的排出，水便有了不同的變化面相，為了使用它，依不同的使用目標需要透過不同的水處理流程來達到我們的需求，從地表水淨化成自來水、從海水製取淡化水、從被污染後的廢水經處理後降低環境



衝擊、或從淨水中純化到工業製程需用的超純水、到從排放的廢水處理至可回收再利用等，雖有不同的處理流程與單元設計，唯其中心的技術要素就是利用反應與分離的機制來達到我們的設計目標。依據污染防治、水處理工程等目的不同，所採用的薄膜處理即有所差異。在實務應用方面，可藉由標準設計及實務經驗有效應用薄膜分離技術投入污染防治、水處理工程及物質分離的領域。本研究藉由案例廠的分析，對各種水處理單元之原理、主要之設計參數及其處理目標，有基本且清楚之認識。深入瞭解當代環保議題及工程解決方案對環境、社會及全球的影響，共同為環境的永續盡一份心力。

1.3 研究內容

薄膜系統具有將微粒自溶解性物質分離或由溶解性物質自身分離之能力，及當進流水水質變動幅度大時，過濾的品質僅有小幅度的影響之優點，為了解膜設備處理各種水質之最佳設計及操作方式，採案例廠研究方式，案例廠分為水回收及純水處理兩大系統，針對設計流程及參數比較，綜合分析兩大系統之設計與操作數據，探討膜設備的處理參數變化及成效。主要研究項目如下：

1. 水回收系統及純水處理系統之膜設備設計與操作參數比較
2. 水回收系統及純水處理系統之膜設備處理流程及成本比較



第二章 文獻回顧

2.1 水回收純化處理單元

2.1.1 膜過濾處理技術

薄膜程序廣泛的被應用在淨水及廢污水的處理上，主要原因是可以得到相當良好的處理效果，與傳統物化處理程序比較，薄膜程序能有效提昇水質、節省空間、節省化學藥劑及減少污泥產生等優點(徐偉峻，2005)。但隨著操作時間的增加，易造成濃度極化(concentration polarization)及薄膜積垢(membrane fouling)，使得薄膜回收率(recovery rate)、脫鹽率(rejection rate)下降，操作費用增加，並縮短薄膜的使用壽命(Wang and Song, 1999)。

膜程序是利用不同種類的薄膜材料，藉由篩濾、滲透等方式達到溶質與溶液分離的效果(Cheryan, 1998)。一般常用於水及廢水處理上之薄膜，其孔徑介於 $0.0001\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$ 之間，薄膜種類又因其孔徑大小可分為微濾(microfiltration, MF)、超濾(ultrafiltration, UF)、奈濾(nanofiltration, NF)及逆滲透(reverse osmosis, RO)(Zeman and Zydney, 1996)。圖 2.1-1 為不同薄膜孔徑對不同物質之分離範圍。



物質種類及 其粒徑大小(μm)	離子		分子	巨分子	微粒子	巨粒子	
	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000
水體中污染 物分佈範圍	水中溶解鹽	病毒		細菌			
		—			藻類		
	金屬離子	腐植酸					
				淤泥			
				黏土			砂粒
分離程序	RO	NF	UF	MF	傳統過濾		

圖 2.1-1 不同薄膜孔徑對不同物質之分離範圍(Munir, 1998)

MF 是最早出現的膜過濾程序，德國在 1920 年代就開始利用 MF 濾除水中細菌，但至 1960 年代才應用在工業程序中，MF 膜常用來濾除進料液體及空氣內的菌體，而不需採用高溫高壓殺菌法。至於發酵液中的生物細胞及其所產生的蛋白質，也常以掃流薄膜過濾進行分離，而不會破壞細胞及蛋白質的活性(莊清榮，2008)。

UF 膜則用來分離粒徑較小的巨分子或膠體(colloids)，其膜孔大約在 5 至 100 奈米，因可去除較大的有機分子，能阻擋粒子的分子量(molecular weight cut off, MWCO)來表示其分離能力(莊清榮，2008)。若以 UF 膜之去除機制主要為篩分，去除效率與原水固體物之粒徑分布、薄膜表面之粒徑大



小分布、溶液之化學性質、懸浮固體物存在之行是以操作條件皆有關。

Anselme et al. (1996)定義 UF 膜之主要去除機制為：

- (1) 物理性之阻絕(physical straining) (藉由薄膜或濾餅層)
- (2) 靜電排斥力(electrostatic repulsion)
- (3) 薄膜表面或內部孔洞之吸附
- (4) 水力的因素(例如流動方向及過膜壓力)

2.1.2 逆滲透與奈米過濾

逆滲透膜(Reverse Osmosis Membrane, RO)已被廣泛應用於飲用水淨化和廢水處理。不論是純水製造、海水淡化或廢水回收再利用，通常都會在高級淨水處理後端增設 RO 系統來除菌、分離病毒、過濾小分子物質、脫鹽處理等(台灣自來水公司 2006; Dan Li 2010; Pei Xu 2010)。但皆面臨嚴重之膜阻塞問題，其造成系統之通量衰減、壓力增加，使得反洗頻率須隨之提升，增加操作成本。

阻塞物質分為固體物的污堵、有機污堵、膠體污堵、無機鹽類結垢、生物污堵(Choi YH, 2009)。歸納流速、濃度極化現象、過飽和、成核、機垢成長、濾餅形成六個物理現象會造成薄膜無機結垢(Matthias, 2008)。然而過去想了解薄膜的阻塞物質，最常採用拆膜檢驗(Membrane Autopsy)的方法取膜表面的結垢阻塞物質進行檢驗(Ted Dalton, 2004; Pontie, Rapenne et



al. 2005; Mohamedou, Suarez et al. 2010)。

歷年來許多學者著重於原水中結垢物形成潛勢之研究，各相關式主要考量原水中鹽濃度、離子強度、各鹽類溶解度、溫度、pH 值及 RO 水回收率等，並藉由濃縮水之鹽濃度與溶解度之比較，評估其結垢之潛勢。

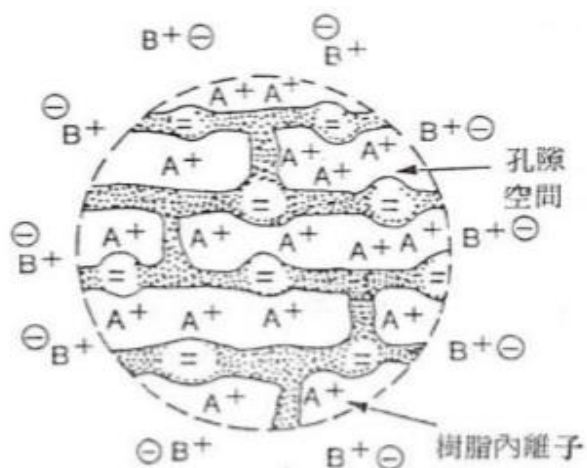
而 NF 膜對二價離子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 之去除可達 95% 以上，故又可稱作薄膜軟化器，在 1970 年代末期起成功地運用於美國佛羅里達州地下水軟化(Colon and McClellan, 1989)，同時亦用於地下水或地表水中含有機成分(Synthetic Organics Chemicals, SOCs)、TOC 及消毒副產前驅物等之去除。NF 可去除細菌及過濾性病毒，故有軟化及消毒之功用(葉，1996)。

2.1.3 離子交換樹脂

離子交換樹脂是一種在交聯聚合物結構中含有離子交換基團的功能高分子材料，離子交換樹脂必須不溶於酸、鹼溶液及各種有機溶劑，才能夠有效去除離子。目前所使用的離子交換樹脂大部分為網狀結構，樹脂的骨架上具可交換的陽離子或陰離子，當水溶液通過樹脂時，溶液中的離子將與樹脂上可交換性離子交換位置，因而自水溶液中移除。圖 2.1-2 為離子交換樹脂反應之構造示意圖。



離子交換反應前



離子交換反應後

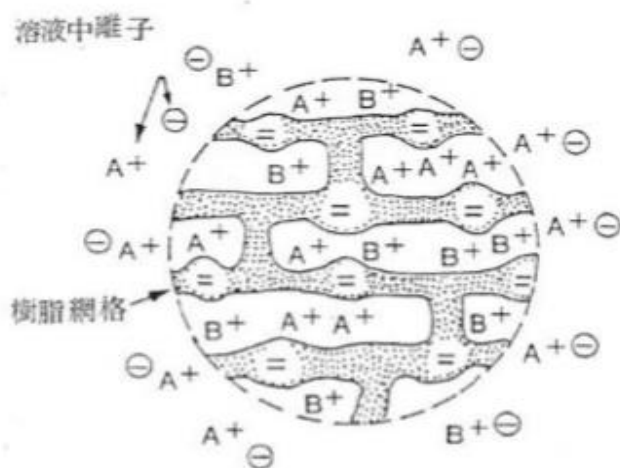


圖 2.1-2 離子交換樹脂反應之構造示意圖 (Weber, 1972)

樹脂種類依樹脂上作用基之總數與型式之差異可區分為(1)強酸型陽離子樹脂、(2)弱酸型陽離子樹脂、(3)強鹼型陰離子樹脂、(4)弱鹼型陰離子樹脂(楊岳軍，1989)，且具有不同的離子交換容量及離子選擇性。各種型式之樹脂特性分述如下：

1. 強酸型陽離子樹脂：

強酸陽離子交換樹脂可以將金屬鹽轉化成酸，活性離子點的功能基是磺酸根(SO_3H)。可代換離子是 H^+ 的交換樹脂可用來生產去離子水，然



後用強酸溶液再生；可代換離子是 Na^+ 的交換樹脂可用來生產軟化水，然後用氯化鈉溶液再生(Juang et al., 2006)。

2. 弱酸型陽離子樹脂：

弱酸陽離子交換樹脂活性離子點的功能基是羧酸根(COOH)。雖然完全再生可以充分達到，但因為弱酸解離度受溶液酸鹼值的影響。弱酸陽離子交換樹脂在 pH 值小於 6 的時，交換能力有限，因此不適合用在酸性含金屬廢水的去離子處理(李浩明，1980)。

3. 強鹼型陰離子樹脂：

離子交換作用基為第四級胺，可與任何陰離子進行交換，適用酸鹼值範圍 0~14，交換離子型態為 OH^- (或 Cl^-)，與 OH^- 親合力小，可利用鹼(NaOH)作為其再生藥劑，再生時需要較大量之氫氧化鈉再生劑，常見用途為胺基酸分離等(胡焯淳，1988)。

4. 弱鹼型陰離子樹脂：

離子交換作用基為第一、二、三級胺，適用酸鹼值範圍 0~9，交換離子型態為 OH^- (或 Cl^-)，與 OH^- 親合力大，在 pH 值大於 7 時，交換能力有限，最多是吸收強酸，無法代換鹽類，利用 NaOH 作為其再生藥劑，再生劑用量小即可達再生效果，常見用途為水處理、糖液純化、脫色等(陳健民，1993；Achaerandio et al., 2002)。



5. 螯合型樹脂:

螯合樹脂表面佈滿著螯合作用基。除在低 pH 值的情形外，螯合樹脂對重金屬離子(如 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Hg^{2+} 等)具有高的親和力，能與其緊密結合，應用於毒性大的重金屬廢水，可有效地降低污染，再生效率低(黃煌洲，2004)。

6. 多孔型樹脂:

苯乙烯與二乙烯苯共聚合時，使用特殊之聚合法，可以製造多孔性樹脂。化學構造與用普通方法聚合而成之膠型樹脂相同，惟在其高分子基體上具備很多細孔且其表面積比膠型樹脂大，多孔型樹脂之細孔，通常以巨孔 (Macropores) 稱之。多孔性離子交換樹脂在非極性溶液中其巨孔並不會消失且表面積大，仍可進行高效率之離子交換(黃煌洲，2004)。

2.1.4 新穎去離子水技術

倒極電透析 (Electrodialysis reversal, EDR) 可於一定週期內 (如一小時) 將兩側電極板經過數次之極性交換，避免離子交換膜片上之結垢過於嚴重，可透過自動清洗去除之，不僅能增加系統操作穩定性，同時也增加膜片與設備之壽命。倒極電透析啟動後，原水持續在桶槽與薄膜單元間循環，藉由電極通電形成陽極與陰極，以水溶液做為導電介質，產生電壓與電流，驅動陽離子向陰極移動，驅動陰離子向陽極移動；EDR 可以容忍較差之進流水質



(SDI15 < 12)，一般建議用於低濃度 ($\text{TDS} < 5,000 \text{ mg/L}$) 之廢污水再生 (Metcalf and Eddy, 2002)。

脫氣塔設置目的即在降低產水中 CO_2 的濃度，一方面提升產水品質，另一方面亦避免過酸之水質影響水處理系統管線的效能和壽命。脫氣塔常用系統為「鼓風脫氣塔」，結構多為圓柱型塔式結構，由配水裝置、填料層和鼓風裝置所組成，填料層有多面空心球和波浪板。陽離子交換樹脂塔或逆滲透單元之產水由上部進入塔體，配水裝置均勻噴淋在填料表面形成水膜，往下流入中間的集水箱，空氣則由鼓風機從塔底送進，與水中析出的 CO_2 一起從頂部排出。主要功能為提升 pH 值，透過常見的薄膜接觸反應器，可將 pH 值從 4~5 提升至約為 6，若用於脫除氨氮，一般而言可達到 50~70% 之脫除效果(于丁一、宋澄章、李航宇，2005)。

電容去離子技術(Capacitive deionization, CDI)為一種應用電吸附原理的除鹽技術，其利用多孔奈米碳材 (Nanoporous carbon materials) 作為電極。當施加外部電場於平行的多孔奈米碳材電極上，溶液流經其正極與負極間，水中離子或帶電粒子等電荷物質受到電場吸引，因庫倫作用力而往相反電性的奈米碳材電極移動，並以電吸附方式儲存於奈米碳材的孔洞當中，達到移除水中離子目的。考一般在低導電度情況下，如純水系統中，對於各種離子去除率約為 80~95%，當導電度增加至數千 $\mu\text{S/cm}$ 以上時，較接近一般廢污水再生之情境，去除率將隨之下降，一價離子 (如 Na^+) 去除率可能降



至 50% 以下，對於 Ca^{2+} 與 Mg^{2+} 等二價離子去除率則低於 70%(矢部江一，2004)。

正滲透(Forward osmosis, FO)為一種近期開始應用於廢污水再生領域的技術，與逆滲透膜、奈米過濾膜透過外加壓力克服濃度差產生的滲透壓(Osmotic pressure)相反，正滲透使用「濃度驅動」驅動水分子透過薄膜，原則上無需外加壓力，可達到節能效果。具有低耗能與高回收率等特點，惟其驅動液中溶質是否能與水分間順利分離，若溶質與水的分離所需能量極大，或容易殘留而影響水質，即不適合。目前最常使用的驅動液溶質為液態氨和二氧化碳之組合，其易溶於水，受熱後與水分之間較易分離，不需太高的外加能量，但氨在產水中的殘留、小分子容易發生逆擴散是為較大問題(惠藤良弘，2005)。

薄膜蒸餾(Membrane distillation, MD)利用疏水性高孔隙度薄膜，薄膜兩側分別為高溫進水端與低溫的水蒸汽冷凝端，待回收之目標液體(在廢污水再生時為水)經由加熱器或熱交換器加熱，使其流經進水端產生高溫水蒸汽，因溫度差，兩端產生蒸氣壓差，而將水蒸汽透過薄膜傳輸至水蒸汽冷凝端，再回收成產水，早期應用在製程產品濃縮程序，近年逐漸出現在海水淡化、半鹹水淡化等領域之應用，並漸次有廢污水再生、電鍍廢水回收等除鹽及各類淨水處理、純水製造之研究與小規模運轉案例。一般而言，硬度、二價離子(如硫酸鹽等)、溶解有機物、色度，去除率均可超過 80~90%，重金



屬之去除率則同樣與價數、分子量有關，一般與導電度接近，去除率可落於 70~90%(賴耿陽，2001)。

2.2 膜設備水再生系統

2.2.1 新加坡案例

新加坡為一缺水的國家，其自來水原水約 50%來自馬來西亞，該國為安定自來水水源的供應，同時推動海水淡化及下水處理水再利用，其水再利用計畫稱為新生水計畫「NEWater 計畫」，自 2002 年進行實廠運轉，預計至 2012 年已有四座污水處理廠的處理水合計 25 萬 CMD 處理為新生水，達到新加坡用水量的 20%，其處理流程如圖 2.2-1 所示。其處理水一部份提供為工業用水，主要為半導體工廠外，另一部份則引入水庫與自然水源混合再做為自來水水源。

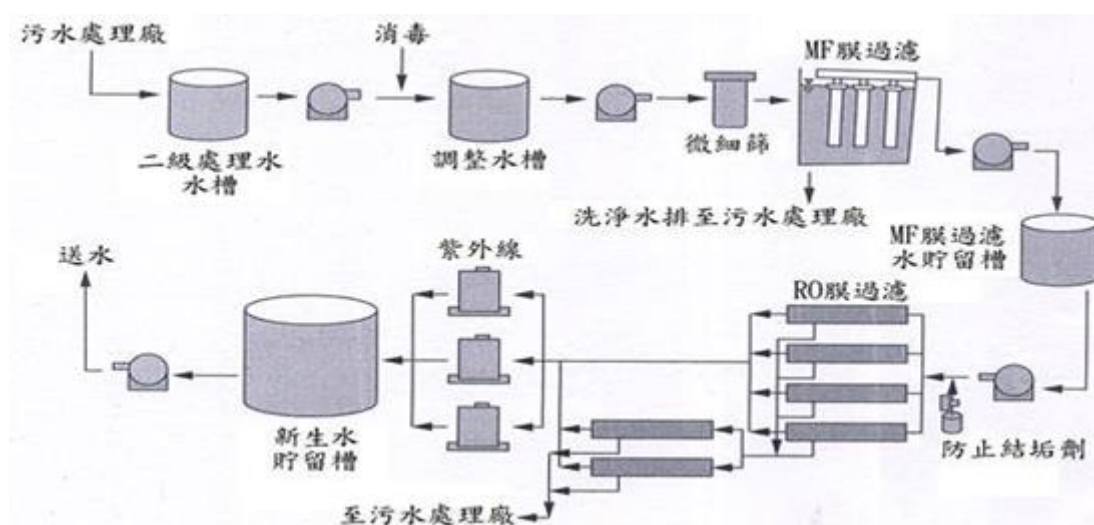


圖 2.2-1 新加坡新生水「NEWater」處理流程



2.2.2 日本琵琶湖案例

日本提供關西地區數千萬人口飲用水的水源為琵琶湖水，為保護原水，計畫至 2010 年能使其水質恢復至 1960 年代之水質流入負荷量，而針對其污水處理廠放流入湖泊的水質所展開的處理技術的組合，為比三級處理更高水準的處理，而導入之高級處理。在本處理上導入臭氧及生物活性碳，使處理水水質更為良好以降低流入水之負荷。本高級處理為採多段進流缺氧好氧（TNCU 分段式進流）並添加甲醇及第一次 PAC，以去氮除磷，如圖 2.2-2 所示。

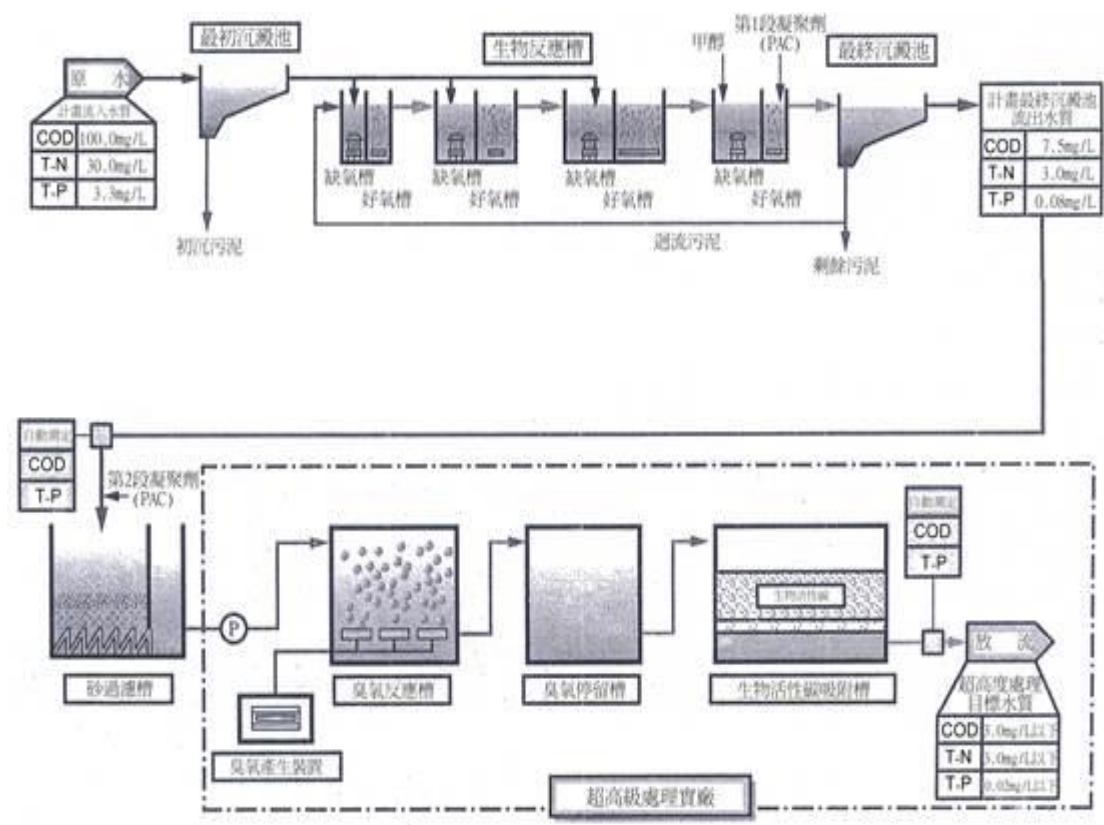


圖 2.2-2 高級處理流程例



2.2.3 中鋼案例

煉鋼必須使用大量水以冷卻鐵水及鋼胚，中鋼公司為確保供水無虞積極開發新水源，自民國 92 年起分別評估薄膜過濾、逆滲透或電透析等高級處理技術回收利用排放水的可行性，選用 COD 及氨氮濃度較低之冷卻/洗塵廢水及冷軋廢水做為再生水水源，廢水經進一步純化，可用於冷卻水塔、純水系統及鍋爐補充水，其處理流程圖 2.2-3 所示。中鋼公司原水電導度約 $2,000 \sim 4,800 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，經 UF/RO 處理後產水電導度降低至 $100 \sim 200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，再經離子交換樹脂處理後，純水電導度低於 $0.3 \mu\text{S}/\text{cm}$ (曾震雄, 2011)。

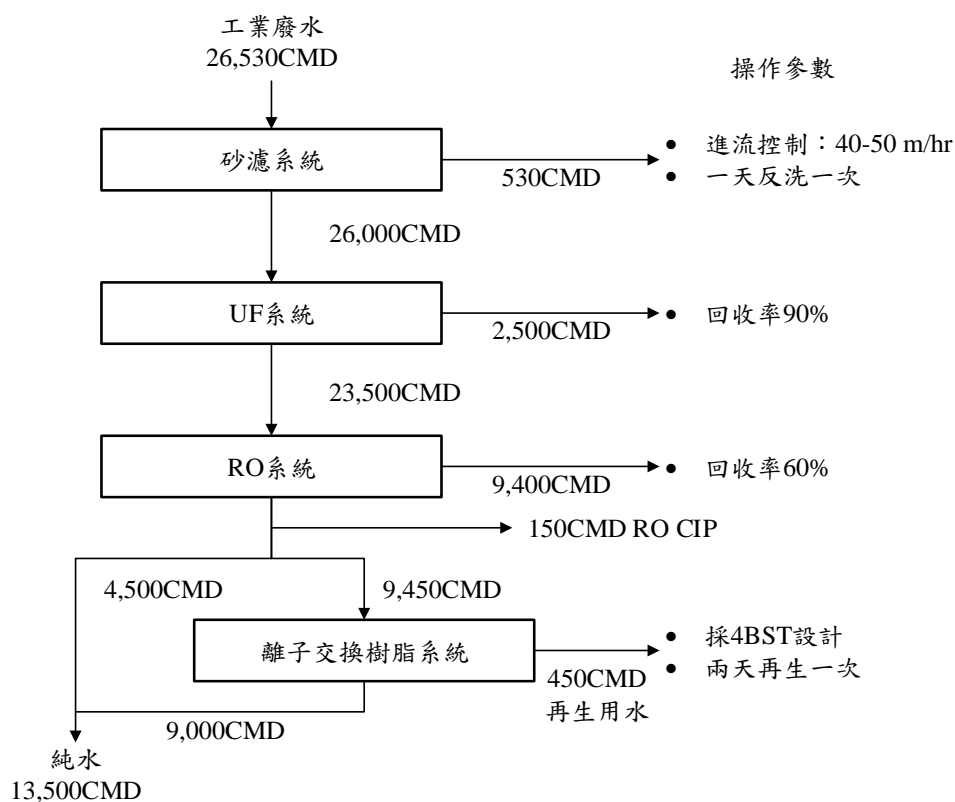


圖 2.2-3 中鋼再生水廠處理流程圖



2.2.4 日月光案例

日月光公司於民國 104 年於楠梓加工出口區內建置工業廢水回收再利用廠，分兩階段進行第一期回收利用量約每日 10,000 立方公尺，第二期回收再利用量每日 20,000 立方公尺。再生水處理流程為收集放流水後，在前端處理採用生物活性碳系統，使 COD(化學需氧量)下降以減少生物生長的營養來源，以保護後段薄膜不受生物污堵(Bio-Fouling)影響。接著再經 MMF 單元(多層過濾器)處理，藉由砂濾篩除懸浮固體物去除率達到 99.9%，最後經由 UF(超濾)及 RO(逆滲透)單元攔阻細小顆粒及膠體物質等污染物而提升水質。處理流程如圖 2.2-4 所示(朱敬平，2011)。

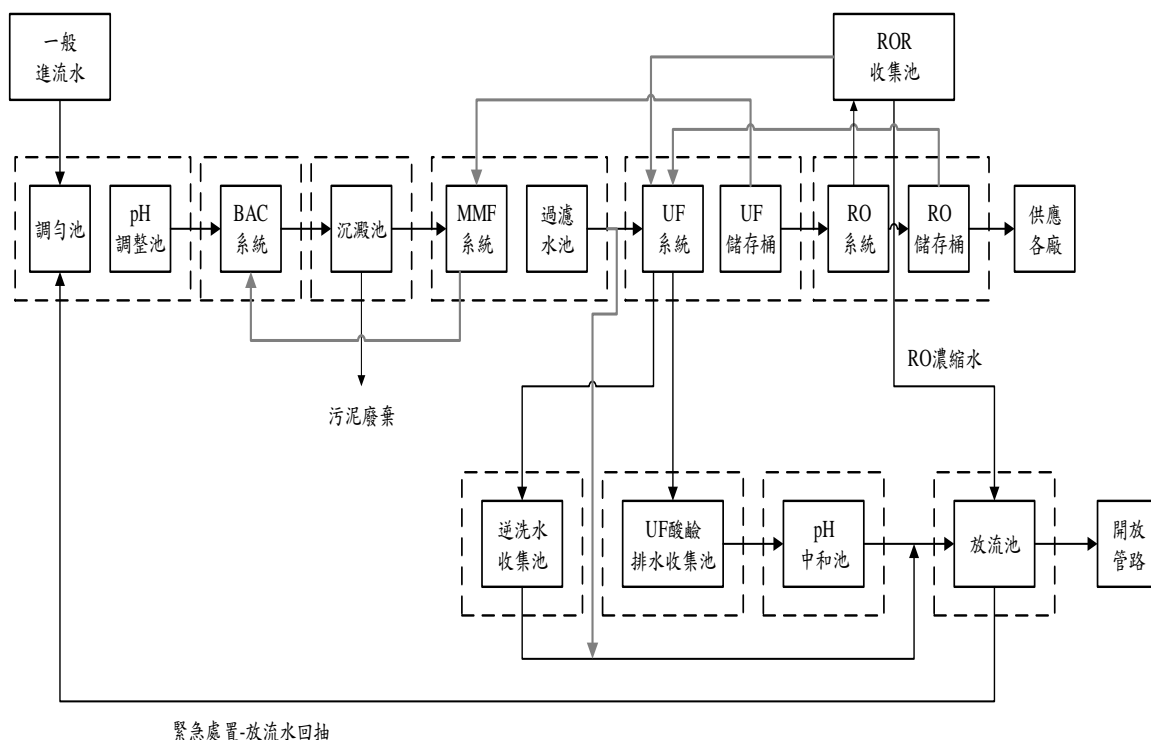


圖 2.2-4 日月光公司中水回收處理流程圖



2.3 膜設備純水系統

2.3.1 印刷電路板案例

印刷電路板案例，主要產品為覆晶載板與印刷電路板，產量約為 117.8 萬平方英尺/月，整廠用水量約為 3,000 CMD，水源為自來水，以製程用水為最大宗，用水單元為各製程單元間之清洗槽，目前多數機台皆採多段式逆流方式清洗，前段清洗水水質要求較低，可直接使用自來水清洗；後段清洗水之水質要求較高，通常使用 RO 等級純水，根據製程單元水質需求不同，部分經離子交換程序軟化處理，部分用水進一步以 RO 系統純化，主要標的用途為各單元後段清洗用水，如圖 2.3-1 所示(中興工程，2005)。

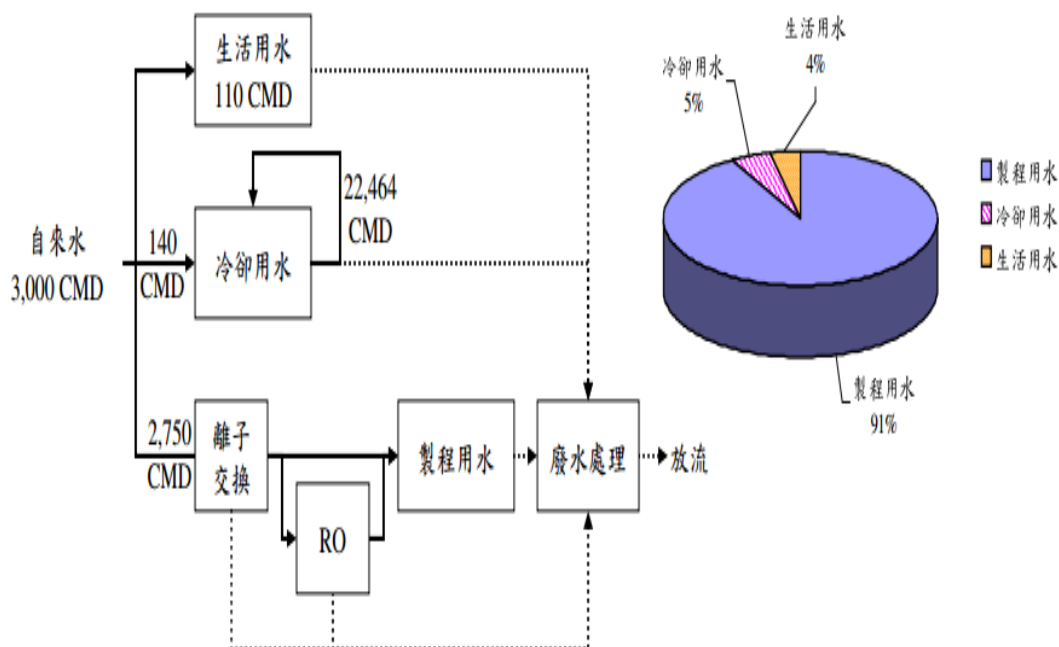


圖 2.3-1 RO 水製程及用水比例



2.3.2 晶圓半導體製造業案例

晶圓半導體製造業案例，半導體製造程序中需使用相當多的超純水，據經濟部技術處估計，六吋晶圓製造之超純水總用水量為 1 噸/片，而八吋晶圓為 2.5-3.0 噸/片，若提升至十二吋晶圓則總用水量將遽增至 10-15 噸/片。以晶圓清洗步驟為例，在製造過程中需經過多次的蝕刻，每次都需要以超純水將其上之各種化學品清洗乾淨，半導體製程工廠主要廢水包括製程廢水、純水系統廢水及廠務廢水，純水製造系統為提供製程設備清洗晶圓表面雜質所需之超純水，隨著半導體的製程進步，晶圓圖案元件的複雜度及積集度的持續增加，其表面的微量雜質劣化原件的特性與可靠度的機會愈高，由於每一製程均有洗淨步驟，故晶圓被重複的清洗以去除表面雜質，如圖 2.3-2 所示(林昱宏，2000)。

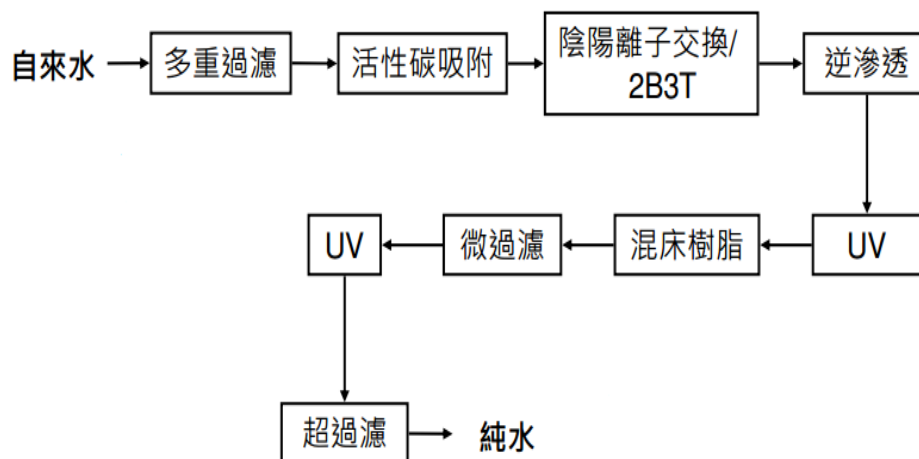


圖 2.3-2 半導體業純水系統



第三章 研究方法與步驟

3.1 研究架構

收集各水再生廠系統與純水廠系統膜設備之操作參數、回收率、膜通量及去除率等資訊，進而以文獻收集之比較水再生廠系統與純水廠系統評估處理成效，建立最佳操作條件參數，以達到經濟效益下又能使系統具有優良之成效，實驗研究架構如下圖 3.1-1 所示。

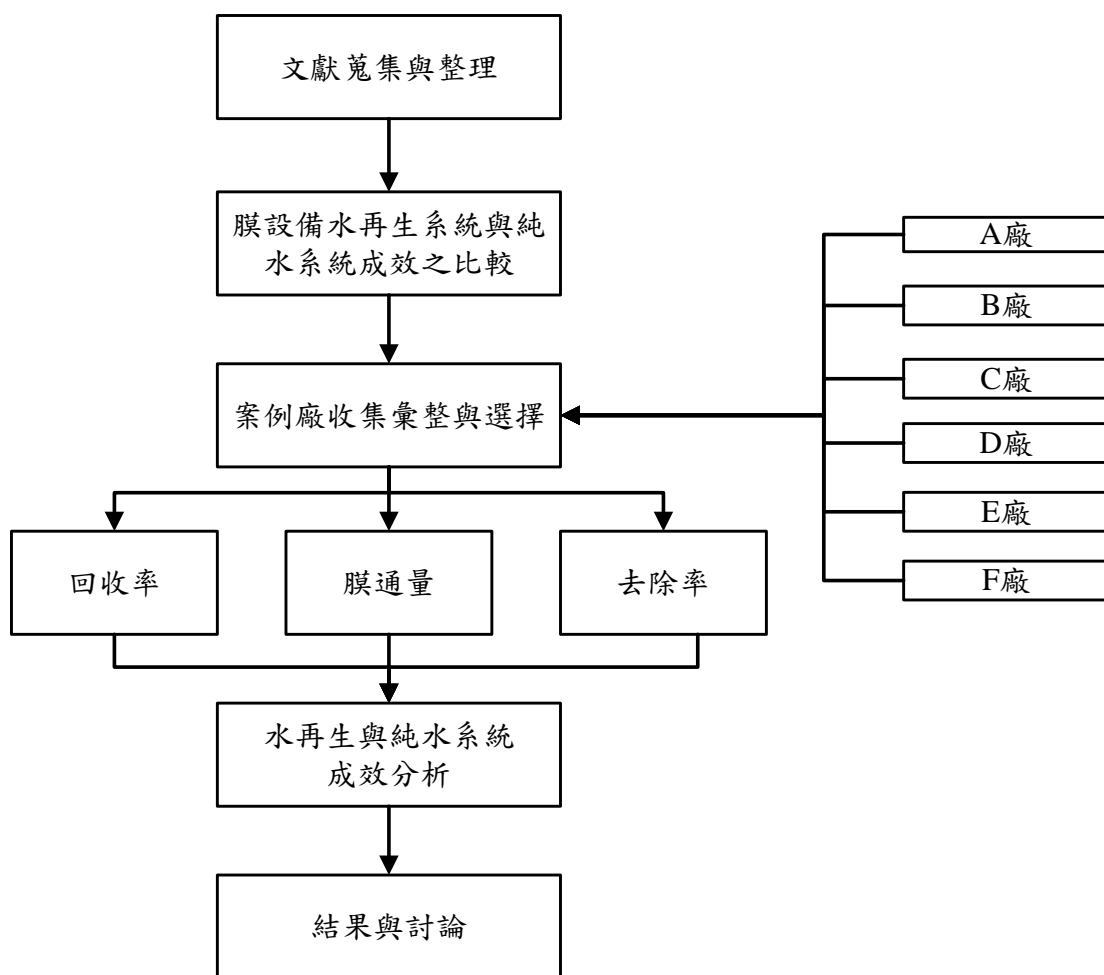


圖 3.1-1 本研究架構圖



3.2 案例廠及其處理流程

分別探討水回收系統與純水系統之設計原水量、產水量和主要膜處理單元，如表 3.2-1 與表 3.2-2 所示。

表 3.2-1 水回收案例廠之基本設計概念

案例廠編號	行業別	水質來源	用途類型	設計水量		主要流程
				原水量	產水量	
A 廠	石化廠	製程廢水	製程用水	5,700CMD	3,920CMD	MBR-RO
B 廠	軟板廠	製程廢水	製程用水	852CMD	528CMD	MMF-UF-RO
C 廠	電子廠	電鍍廢水	製程用水	799.2CMD	624CMD	ACF-RO-RO-UV

註：MBR 為生物薄膜單元，RO 為逆滲透單元，MMF 為微過濾單元，UF 為超過濾單元，ACF 為活性碳單元，UV 為紫外線消毒單元。

表 3.2-2 純水案例廠之基本設計概念

案例廠編號	行業別	水質來源	用途類型	設計水量		主要流程
				原水量	產水量	
D 廠	發電廠	河水	鍋爐用超純水	4,800CMD	2,880CMD	MMF-ACF-RO-RO-MB
E 廠	太陽能面板廠	自來水	製程用純水	1,848CMD	1,200CMD	MMF-ACF-RO-RO-EDI-UV
F 廠	電子廠	自來水	製程用純水	600CMD	480CMD	MMF-ACF-RO-RO-EDI-UV

註：RO 為逆滲透單元，MMF 為多層過濾單元，ACF 為活性碳單元，UV 為紫外線消毒單元，EDI 為電流去離子系統，MB 為混床式離子交換樹脂系統。



3.2.1 A 案例廠

一、 原水特性

A 廠為煉油石化廠，因改建環評說明書針對廢水回用方面，要求改建進行回用處理，使水資源有效利用，廢水回收再利用。整廠廢水類別及水量，依據分類處理原則，將製程有機性及公用無機性廢水儘量分流，利用現有廢水處理廠處理及新增回收系統處理。新設回收系統主要是 MBR+RO 處理流程，來源水的有機廢水主要水量是製程廢水，無機廢水主要水量是冷卻水塔的排放水。

二、 設計水質水量

水回收處理量設計為5,700CMD，產水量為3,920CMD。原水水質 TS：1,918 mg/L；鈣：220 mg/L 鎂：50 mg/L；鈉：303 mg/L HCO_3^- ：51 mg/L；pH：6.24；COD：80 mg/L； NO_3^- ：5 mg/L K^+ ：5 mg/L； NH_4^+ ：5 mg/L； PO_4^{3-} ：1 mg/L；氯鹽：474 mg/L；硫酸鹽：750 mg/L； CO_2 ：31 mg/L； SiO_2 ：32 mg/L。

三、 流程圖

A 案例廠主要採用逆滲透系統作水回收處理，系統回收率達68.5%，流程如圖3.2.1所示。

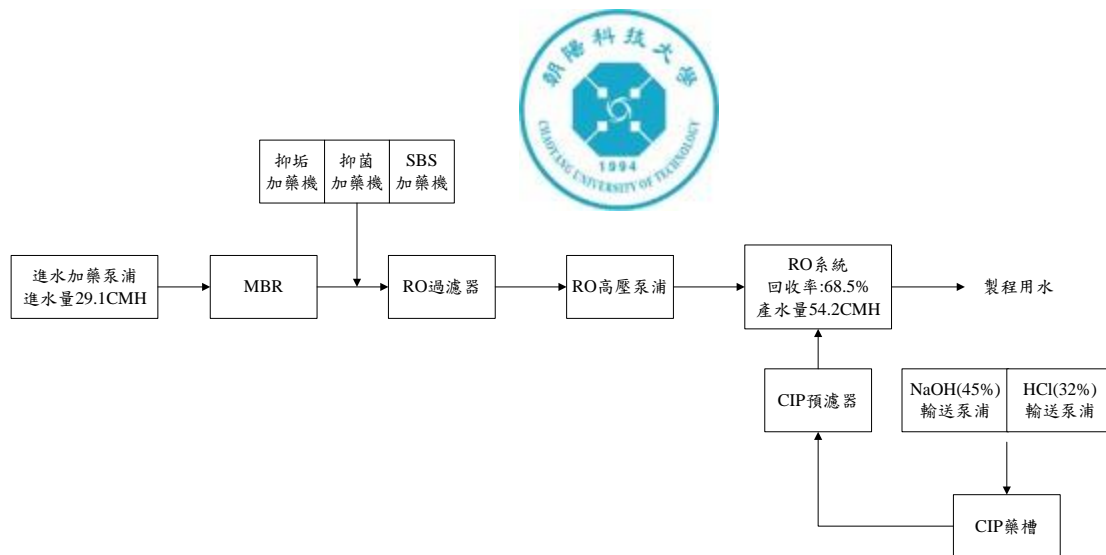


圖 3.2-1 A 廠流程圖

3.2.2 B 案例廠

一、 原水特性

B 廠為軟板廠，主要生產半導體凸塊製作。新設廢水回收處理設備，主要是擴產需求水量，但無法再取得新水權。回收系統處理的來源水，主要水量是回收製程中的廢水，利用 MMF 多層過濾器去除原水中懸浮固體物(SS)，截留此粒子成一分離相而通過乾淨之過濾液。而此截留之粒子經由逆洗水量攜帶脫離，再經 UF+RO 廢水回收處理系統，產水提供製程所需的用水，解決缺水問題。

二、 設計水質水量

水回收處理量UF設計量為852CMD，RO產水量為528CMD。



三、 流程圖

B 案例廠由MF、UF及逆滲透等處理單元串聯而已。逆滲透回收率達70%，
流程如圖3.2-2所示。

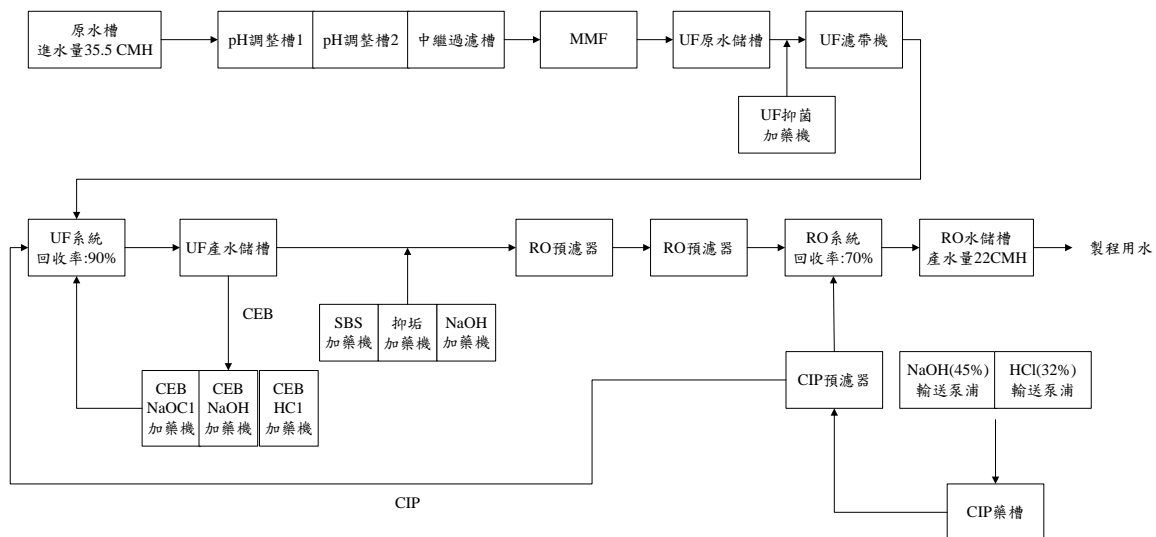


圖 3.2-2 B 廠流程圖

3.2.3 C 案例廠

一、 原水特性

C 廠是電子廠，主要生產軟性銅箔基板。在新設純水處理系統後再加上回收處理系統，因應製程水量需求增加，將製程段電鍍廢水，經廢水回收 TWO PASS RO 系統處理後，供應製程用水及增加全廠原水量。

二、 設計水質水量

水回收處理量活性炭系統設計量為799.2CMD，RO產水量為624CMD。



三、 流程圖

C 案例廠由導電膜、逆滲透及UV等處理單元串聯而已。其中逆滲透分為兩階段，第一階段回收率達80%，第二階段回收率達90%。流程如圖3.2-3所示。

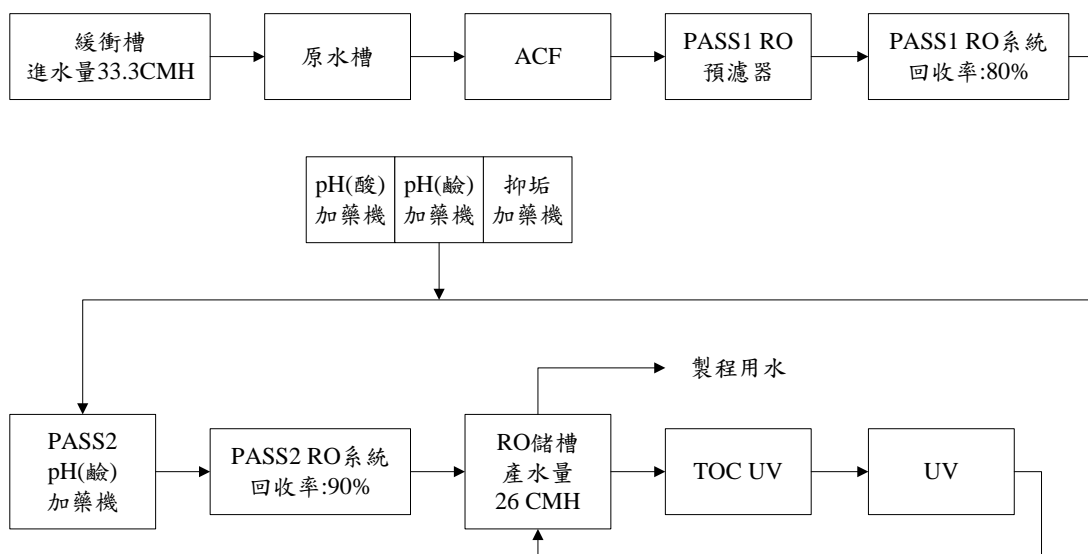


圖 3.2-3 C 廠流程圖

3.2.4 D 案例廠

一、 原水特性

D 廠是發電廠，是島外造紙業廠內自有的動力發電廠。因擴建汽電共生鍋爐發電設備，故擴產純水處理系統，新設的純水處理設備的主要來源水是抽取當地河水，經前處理及 TWO PASS RO+後段 MB，產水超純水直接供應汽電共生鍋爐發電設備使用。



二、設計水質水量

純水處理設計量為4,800CMD，RO產水量為2,880CMD。原水水質pH：6-7.5；導電度 $<500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ； $\text{SiO}_2 < 60\ \text{mg}/\text{L}$ ；總硬度 $<250\ \text{CaCO}_3\ \text{mg}/\text{L}$ ；鹼度 $<125\ \text{mg}\ \text{CaCO}_3/\text{L}$ ；總離子 $<0.1\ \text{ppm}$ ；濁度 $<1.5\ \text{NTU}$ ；色度 $<20\ \text{Hz}$ ；Free R-Chlorine $<1\ \text{ppm}$ ；溫度：25-30 $^{\circ}\text{C}$ 。

三、流程圖

D案例廠由MF、逆滲透等處理單元串聯而已。逆滲透分為兩階段，回收率分別為70%與85%，流程如圖3.2-4所示。

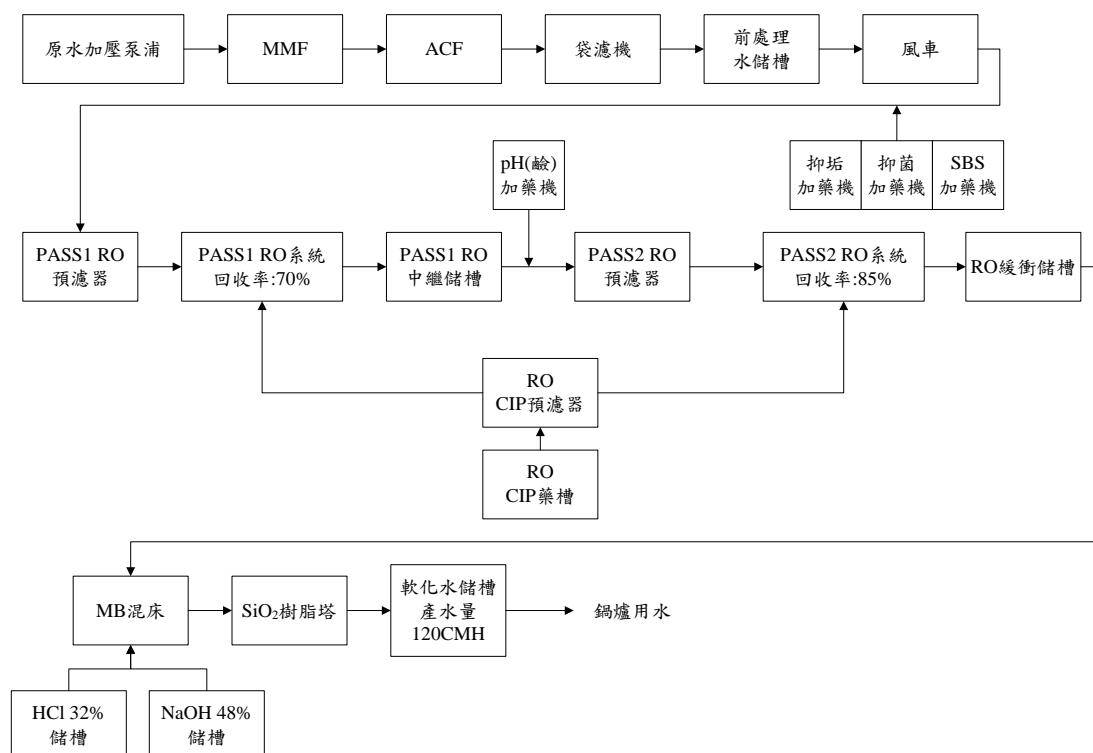


圖 3.2-4 D 廠流程圖



3.2.5 E 案例廠

一、 原水特性

E 廠是能源科技廠，主要是生產太陽能模組板。島外新建設廠，純水處理系統來源供應水主要是取用當地自來水，經 RO+EDI 純水處理系統，超純水產水電導度 18MΩ，供應製程使用。

二、 設計水質水量

純水處理設計量為1,848CMD，RO產水量為1,200CMD。原水水質導電度：160 $\mu\text{S}/\text{cm}$; TS：99 mg/L；鈣：50 mg/L；總硬度：75 CaCO_3 mg/L；鎂：25 mg/L；Cl：5.5 mg/L；硫酸鹽：5 mg/L；pH：6.6； SiO_2 ：10.8 mg/L。

三、 流程圖

E 案例廠由MF、逆滲透及EDI等處理單元串聯而已。逆滲透分為兩階段，回收率皆為85%，流程如圖3.2-5所示。

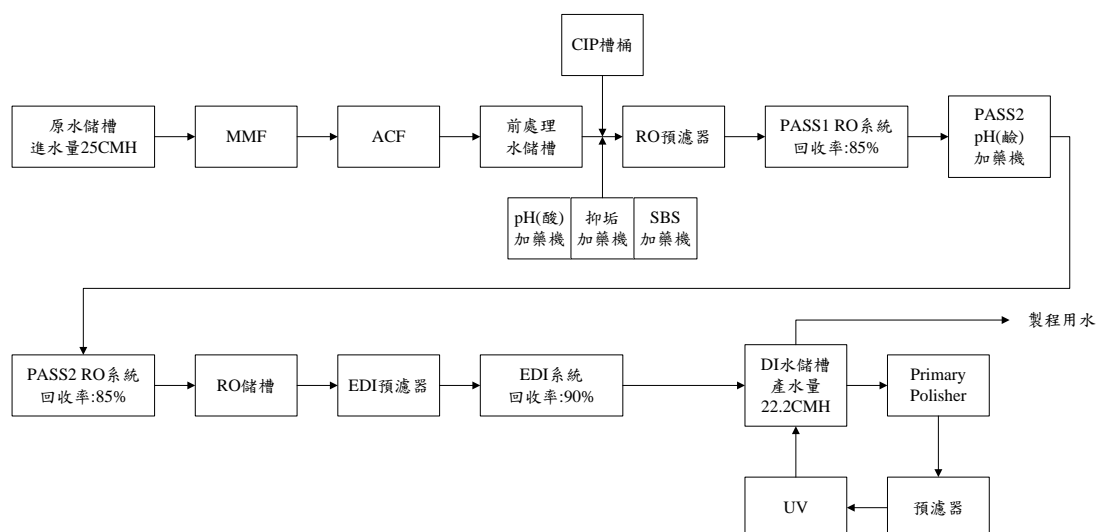


圖 3.2-5 E 廠流程圖



3.2.6 F 案例廠

一、 原水特性

F 廠是電子廠，主要生產軟性銅箔基板。擴產能新設純水處理設備，主要來源水取用自來水，經 RO+EDI 純水處理系統，產水超純水，電導度 18MΩ 供製程使用。

二、 設計水質水量

純水處理設計量為 600CMD，RO 產水量為 480CMD。

三、 流程圖

F 案例廠由 MF、逆滲透、EDI 及 UV 等處理單元串聯而已。逆滲透分為兩階段，回收率分別 75% 與 85%，流程如圖 3.2-6 所示。

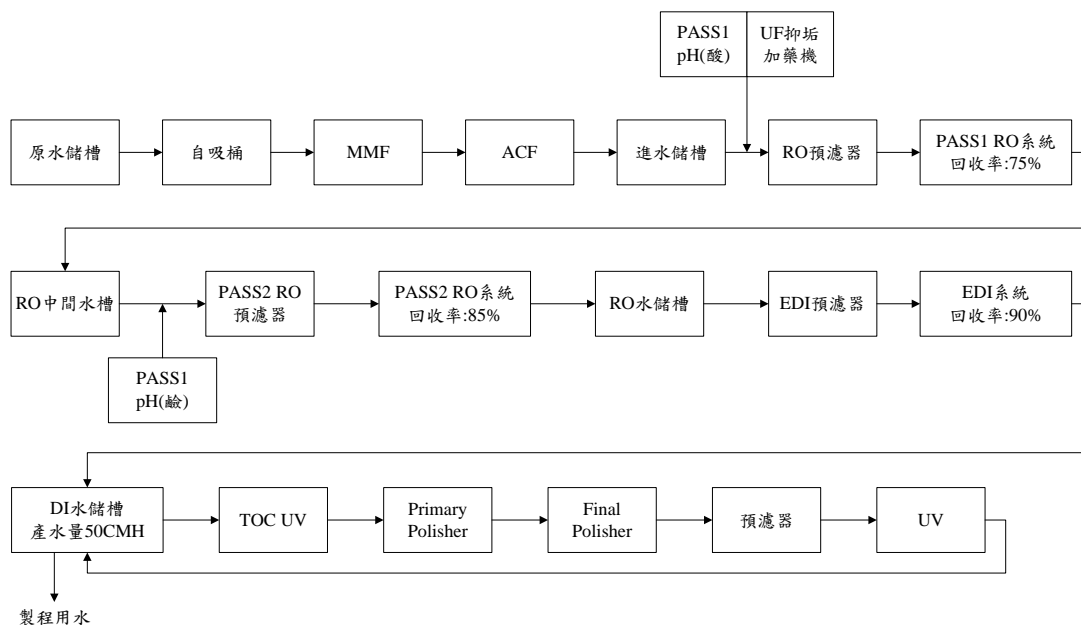


圖 3.2-6 F 廠流程圖



3.3 評估比較參數

本研究針對水再生及純水系統評估指標，分別為膜通量、回收率、去除率及透膜滲透壓力參數，評估 RO 系統之成效，詳細評估指標如下所示。

1. 膜通量：

$$J = \frac{V}{(A \times T)} \quad (1)$$

式中：J：膜通量(Lm⁻²h⁻¹)

V：過膜之水樣體積(L)

A：膜之有效面積(m²)

T：過膜之時間(h)

2. 回收率：

$$R = \frac{Q_w}{Q_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：R:回收率(%)

Q₀：原水之流量(CMD)

Q_w：產水之流量(CMD)

3. 去除率：

$$Re(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中：Re：去除率(%)

m₁：進流水物質濃度(mg/L)

m₂：出流水物質濃度(mg/L)



4. 透膜滲透壓力：

$$\pi = n \times \Delta c \times R \times T \quad (4)$$

式中：n：離子之數量

Δc ：過膜之濃度差

R：理想氣體常數

T：絕對溫度(k)



第四章 結果與討論

本研究選定六個事業廠，分別以 A-F 廠作為膜設備水再生系統與純水系統分析，A-C 廠為水再生處理系統，D-F 廠為純水處理系統，分析設計參數與操作成效，以評估水再生系統及純水系統之膜通量、回收率、去除率及成本分析，並探討水再生系統與純水系統設計、水質及成效之差異，供水再生系統及純水系統行業別參考基準，以達有效水質處理目的之成效。

4.1 水再生系統之設計與操作成效

本小節以介紹三個水再生處理系統案例廠，分別為 A、B 及 C 廠作為設計與操作成效比較，而 A 廠則有提供實際操作分析條件，可作為設計與操作分析之比較。各廠分別以設計條件、主要設計參數、主要設備規格、操作成效及設計/操作比較項目說明。

4.1.1 A 廠設計與操作成效

一、設計條件

表 4.1-1 為水再生處理系統之原水設計條件水質基準，設計條件 pH 為 6.25、鈣濃度為 220 mg/L、鎂濃度為 50 mg/L、COD 濃度為 80 mg/L、氯鹽濃度為 474 mg/L 及 SiO_2 濃度為 32 mg/L，設計 RO 回收率為 68.5%。



表 4.1-1 A 廠原水設計條件基準

項目	參數	項目	參數
總固體含量	1,918 mg/L	K	5 mg/L
鈣	220 mg/L	NH ₄	25 mg/L
鎂	50 mg/L	PO ₄	1 mg/L
鈉	303 mg/L	氯鹽	474 mg/L
HCO ₃	51 mg/L	硫酸鹽	750 mg/L
pH	6-9	CO ₂	31 mg/L
COD	<50 mg/L	SiO ₂	32 mg/L
NO ₃	5 mg/L	RO 回收率	68.5%

二、 主要設計參數

A 廠為一道 RO 系統處理單元，進水量為 79.1 噸/小時，經 RO 系統之排放量為 23.2 噸/小時，RO 系統處理之回收率及去除率，分別為 68.5% 及 96%，膜通量為 8.7 L/m² · hr，如表 4.1-2 所示。

表 4.1-2 A 廠主要設計參數

項目	設計值
造水量	54.2 噸/HR at 25°C+10%
pH	2-11
溫度	<35°C
去除率	96% 以上
回收率	68.5%
進水量	79.1 噸/HR
排放量	23.2 噸/HR
膜通量	8.7 L/m ² · hr
數量	共三套 RO SYSTEM



三、 主要設備規格

A 廠水再生處理廠主要流程為過濾器→RO 膜，而 RO 膜面積為 400 ft²，數量為 75 支，其總 RO 膜面積為 30,000 ft²。主要設備包含 RO 進水加壓泵浦、過濾器、RO 高壓泵浦、RO 膜及 CIP 精密過濾器，詳細設備規格如表 4.1-3 所示。A 廠水再生系統主要設備流程圖，如圖 4.1-1 所示。

表 4.1-3 A 廠主要設備規格

主要設備	規格
RO 進水加壓泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備編號：P-4006A/S 2. 廠牌：STAIRS 3. 型式：FSBL 150-250 4. 材質：SUS316L 5. 流量：275 m³/HR*35 Mh 6. 馬力：50HP*3Φ/3W/460V/60HZ 7. 出入口徑：150A/200A(#150RF) 8. H. 配件：進出口蝶閥 SUS316L、逆止閥 SUS316L 9. I. 數量：二台(1run.1standby)
過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備編號：F4002A/B/C/S 2. 廠牌：CIAN-YAN 3. 型式：CM20-4 4. 流量：80CMH 5. 濾蕊：5μ x 40" x 20 支 6. 管徑：100A (#150RF) 7. 材質：SUS316L 8. 數量：四座(3run,1standby)
RO 高壓泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備編號：P-4018A~F 2. 型式：白鐵多段高壓泵浦 SBN 90-4-2 3. 材質：SUS316L 4. 廠牌：STAIRS 5. 流量：92m³/hr*125mH 6. 馬力：60HP * 3Φ/3W/460V/60HZ



	7. 出入口徑:100A(#150RF) 8. 數量:六台
RO 膜	1. 型號:HY/PROC10 抗垢膜 2. 尺寸:8"Φ*40"L 3. 面積:400FT ² 4. 數量:75 支/1SKID
CIP 精密過濾器	1. 設備編號:F-4008A/S 2. 廠牌:CIAN-YAN 3. 型式:CM18-4 4. 流量:68CMH 5. 濾蕊:5μx 40"x18 支 6. 管徑:100A (#150RF) 7. 材質:SUS316L 8. 數量:二座(1run.1stadby)

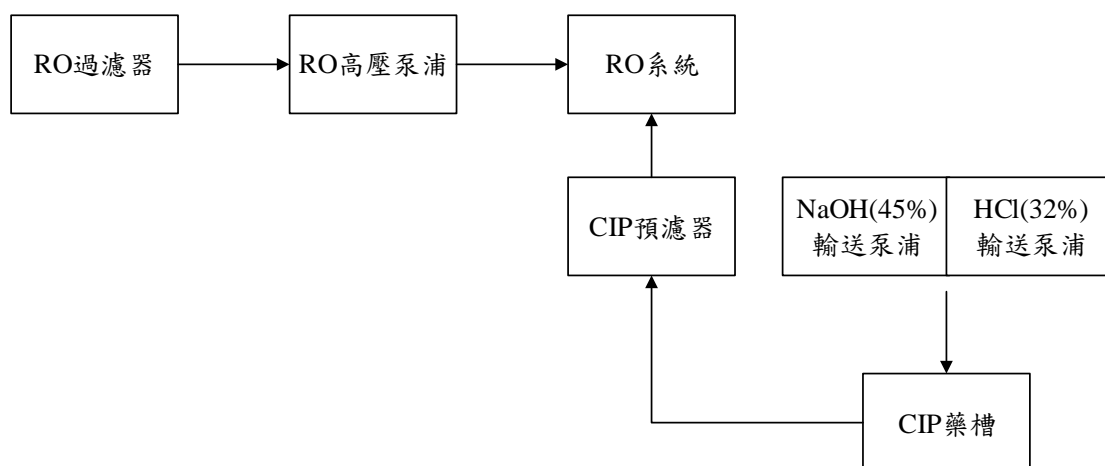


圖 4.1-1 A 廠主要設備流程圖

四、 操作成效條件

表 4.1-4 為 A 廠水再生案例之實際操作分析數值，採樣分析點為 RO-B 套過濾後及 ROR，以及 RO 產水桶；RO 產水桶分析之 pH 值為 7.4，電導度為 245 μS/cm，總硬度為 5 ppm，鈣硬度為 2 ppm，氯鹽濃度為 50 ppm，



SiO₂ 濃度為 4.7 ppm，全鐵濃度 0.05 ppm，COD 濃度為 13 ppm，經 RO 系統可將高濃度物質降低，以達水再生水質之使用目的。

表 4.1-4 A 廠實際操作數值

項目	採樣點		
	RO- B 套	RO- B 套	RO
	過濾後	ROR	產水桶
pH	7.9	8.0	7.4
電 導 度(μS/cm)	2,450	6,630	245
M-Alkalinity as CaCO ₃ ppm (M- 鹼度)	194	559	28
Total Hardness as CaCO ₃ ppm (總硬度)	350	1,100	5
Calcium Hardness as CaCO ₃ ppm (鈣硬度)	225	710	2
Chloride as Cl ppm (氯化鹽)	312	891	50
sulphate as SO ₄ ppm(硫酸鹽)	633	2,029	11
Silica as SiO ₂ ppm (矽酸鹽)	19	48	4.7
Total Ironas as Fe, ppm (全鐵)	0.04	0.05	0.05
Total phosphate as PO ₄ ppm (TP) (總 磷酸鹽)	4.8	12.7	0.5
COD (ppm)	38	134	13
Al (ppm)	<0.2	0.32	<0.2
Mn (ppm)	0.04	0.04	0.03
Na (ppm)	407	1212	48.7
TDS (ppm)	1,700	4,920	180
總菌數(CFU/ml)	36×10 ⁰	111×10 ⁰	—



五、設計/操作比較

表 4.1.5 為 A 廠設計及操作分析值，比較設計參數與實際操作參數之差異，設計與操作條件分別為原水及產水項目，結果顯示，設計條件之原水 pH 值為 6.24， SiO_2 濃度 32 mg/L，COD 濃度小於 50 mg/L，設計產水之 pH 值為 5~7， SiO_2 濃度 3.2 mg/L，COD 濃度小於 15 mg/L 之產水水質條件。A 廠實際操作條件之導電度為 2,392 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ， SiO_2 濃度 19 mg/L，COD 濃度為 40 mg/L，總硬度為 345 mg/L，操作產水分析之導電度為 205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ， SiO_2 濃度 4.7 mg/L，COD 濃度為 13 mg/L，總硬度為 5 mg/L，具有良好之過濾效果。且實際操作之原水與產水條件分析，皆小於設計條件數值，其誤差並不大。



表 4.1.5 A 廠設計與操作數值比較

項目	設計條件		操作條件	
	原水	產水	原水	產水
pH	6.24	5~7	7.92	6.87
導電度	—	—	2,392 $\mu\text{S}/\text{cm}$	205 $\mu\text{S}/\text{cm}$
總固體物	1,918	—	—	—
SiO ₂	32	3.2	19	4.7
COD	< 50	< 15	40	13
總磷	—	—	—	0.5
鹼度	—	—	191	28
總硬度	—	—	345	5
TDS	—	—	—	180
HCO ₃	51	—	—	—
NO ₃	5	—	—	—
K	5	—	—	—
NH ₄	25	—	—	—
PO ₄	1	—	—	—
CO ₂	31	—	—	—
Ca	220	—	—	2
Mg	50	—	—	—
Cl	474	—	—	50
Na	303	—	—	48.7
Fe	—	—	0.06	0.05
SO ₄ ²⁻	750	—	—	11
Al	—	—	—	<0.2
Mn	—	—	—	0.03

單位：mg/L

4.1.2 B 廠設計與操作成效

一、設計條件

表 4.1-6 為水再生處理系統之原水設計條件水質基準，設計條件 pH 為



6.68、二氧化矽濃度為 518.9 mg/L、總硬度濃度為 153.08 CaCO₃ mg/L 及 COD 濃度為 28 mg/L，設計 UF 及 RO 之回收率，分別為 90% 及 70%。

表 4.1-6 B 廠原水設計條件基準

項目	參數
pH	6.68
導電度(μS/cm)	518.9
二氧化矽(ppm)	9.5
總硬度 CaCO ₃ (ppm)	153.08
鹼度(ppm)	75
總鐵(ppm)	0.03
COD(ppm)	28
UF 回收率	90%
RO 回收率	70%

二、主要設計參數

表 4.1-7 為 B 廠水再生系統之主要設計參數值，RO 系統 pH 值控制範圍為 2-11，溫度小於 35°C，進入 RO 系統水量及排放量為 31.4 ton/hr 及 9.4 ton/hr，膜通量為 8.6 L/m² · hr，其回收率為 70%之成效。

表 4.1-7 B 廠主要設計參數

項目	設計值
造水量	22 噸/HR AT25°C+10%
pH	2-11
溫度	<35°C
去除率	96% 以上
回收率	70%
進水量	31.4 噸/HR
排放量	9.4 噸/HR
膜通量	8.6 L/m ² · hr
數量	一套



三、主要設備規格

表 4.1.8 為 B 廠主要過濾設備名稱及規格，主要程序為全自動砂過濾器 (MMF)→UF 系統→RO 系統，主要設備流程圖，如圖 4.1-2 所示。UF 系統之進水水量為 845CMD，膜的孔徑為 0.8 μm ，經 UF 系統之產水量為 763CMD，回收效率為 90%；RO 膜之膜面積為 400 ft^2 ，數量為 30 支，回收率為 70%。

表 4.1-8 B 廠主要設備規格

主要設備	規格
前處理進水泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:G310-100 2. 廠牌:川源 3. 馬力:10HP * 3Φ/3W/380V/60HZ 4. 流量:35.5m^3/hr * 3kg/cm^2 供水量 5. 數量:二台
全自動砂過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:MSD-3800 2. 流量:35.5 m^3/hr 3. 濾材:基礎礫石、石英砂共 3800L 4. 控制型式:全自動 PLC 控制(逆洗—清洗—供水) 5. 面前管徑:4" 6. 數量:二塔
UF 進水加壓泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:G37-100/2P 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:川源 4. 馬力:7HP * 3Φ/3W/380V/60HZ 5. 流量:37m^3/hr * 2.5kg/cm^2 6. 數量:二台
UF 袋濾機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型號:BL-2 2. 口徑:3"法蘭式 10K 3. 材質:SUS304 4. 袋子數量:50μ 5. 濾袋:2 號 6. 數量:一座
UF 系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. UF 膜:X-FLOW AQUAFLEX-HP 2. 膜材質:PVDF



	3. 膜面積:55m ² 4. 出水方式:內壓式中空纖維膜 5. 進水流率:GROSS Flux:48L/m ² /HR 6. 淨通量:NET Flux:41.4L/m ² /HR 7. 回收率:90% 8. 每套膜支數:14 支膜組/套 9. 膜孔徑:0.8μm 10. 進水水量:35.19CMH 11. 產水量:31.8CMH 12. 循環量:20CMH 13. 逆洗量:192.5CMH(CEB 量 96.3CMH) 14. 產水面積式流量計 3" *1 支 15. 基座材質:SUS304/配管材質 SCH80 PVC 一式 16. 數量:一套
RO 加壓泵浦	型式:CMI25-2 材質:SUS304 廠牌:GRUNDFOS 馬力:6.2kw* 3Φ/3W/380V/60HZ 流量:31.4m ³ /hr * 3.5kg/cm ² 數量:二台
RO 預濾器	型式:CM12-3 濾蕊:5μ * 30" *12 支 管徑:3"法蘭式*10K 材質:SUS304 數量:一座
RO 高壓泵浦	型式:白鐵多段高壓泵浦 CRN 32-6-2 材質:SUS316 廠牌:GRUNDFOS 流量:31.4T/HR*13KG 馬力:25HP * 3Φ/3W/380V/60HZ 出入口徑:3"flang 數量:二台(一台啟動，一台預備)
RO 膜	型號:HY/LFC3-LD 尺寸:8"Φ*40"L 面積:400ft ² 數量:30 支
CIP 預濾器	型式:CM15-3 濾蕊:5μ * 30" *15 支 管徑:3"法蘭式*10K



	材質:SUS304 數量:一座
--	--------------------

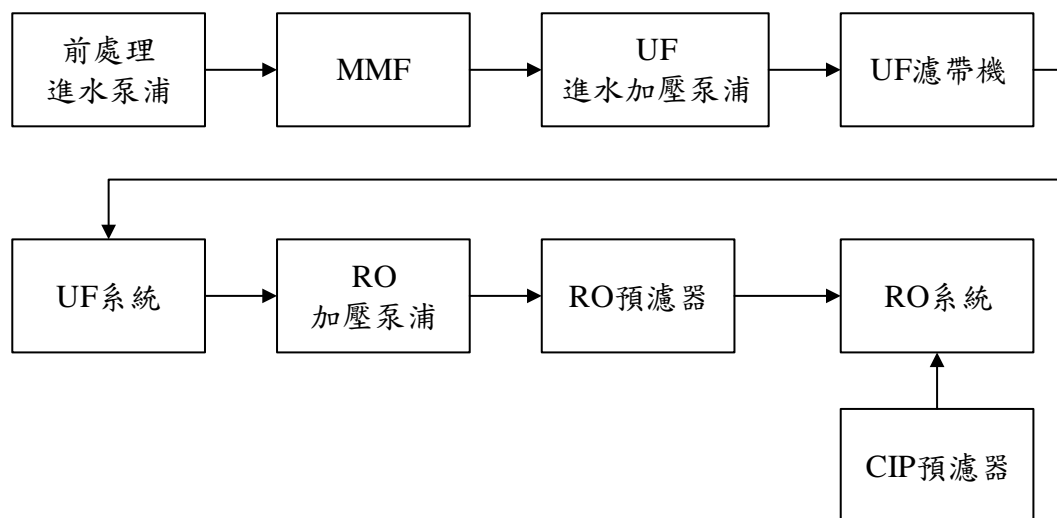


圖 4.1-2 B 廠主要設備流程圖

4.1.3 C 廠設計與操作成效

一、設計條件

表 4.1-9 為 C 廠原水設計條件基準數值，該廠分為粗化後水洗、T2(酸性鍍銅)及陰電輪(鹼性鍍銅)三種水質特性，以粗化後水洗水質之總溶解固體物為 4 mg/L；T2(酸性鍍銅)水質之總溶解固體物為 276 mg/L，總硬度為 22.8 mg/L，銅及鐵濃度為 12.5 mg/L 及 0.022 mg/L；陰電輪(鹼性鍍銅)水質之總溶解固體物為 79 mg/L，總硬度為 11.8 mg/L，氯鹽濃度為 5.4 mg/L，銅及鐵濃度為 8.93 mg/L 及 0.035 mg/L。而 RO 系統分為 PASS-1 與 PASS-2，回收率為 80% 及 90%。



表 4.1-9 C 廠原水設計條件基準

項目	單位	粗化後 水洗	T2 (酸性鍍銅)	陰電輪 (鹼性鍍銅)
濁度	NTU	0.10	0.15	0.10
總溶解固體物	mg/L	4	276	79
總硬度	mg CaCO ₃ /L	ND	22.8	11.8
鹼度	mg CaCO ₃ /L	ND	ND	25.3
COD	mg/L	ND	ND	ND
磷酸鹽	mg/L	0.005	ND	0.791
硫酸鹽	mg/L	ND	72.5	ND
硝酸鹽氮	mg/L	ND	ND	ND
二氧化矽	mg/L	ND	ND	ND
氯鹽	mg/L	ND	ND	5.4
氰化物	mg/L	ND	ND	ND
銅	mg/L	0.006	12.5	8.93
鐵	mg/L	ND	0.022	0.035
TOC	mg/L	—	—	0.4
pH	—	6	3.7	8.6

二、主要設計參數

表 4.1-10 為 C 廠水再生系統之主要設計參數值，該廠 RO 為兩道系統，分別為 PASS-1 RO 系統及 PASS-2 RO 系統，PASS-1 RO 系統設計進水量為 33.4 ton/hr，去除率與回收率分別為 96% 及 80%，膜通量為 9.1 L/m² · hr；再經 PASS-2 RO 系統設計之進水量為 29 ton/hr，去除率與回收率分別為 96% 及 90%，膜通量為 10.8 L/m² · hr，整體水再生系統總回收率為 72%。



表 4.1-10 C 廠主要設計參數

項目	設計值	
	PASS-1 RO 系統	PASS-2 RO 系統
造水量	29 噸/HR AT25°C	26.1 噸/HR AT25°C
	+10%	+10%
pH	2-11	2-11
溫度	<35°C	<35°C
去除率	96%以上	96%以上
回收率	80%	90%
總回收率	72%	
進水量	33.4 噸/HR	29 噸/HR
回流量	2.9T/HR	2.9T/HR
排水量	7.3 噸/HR	—
膜通量	9.1 L/m ² · hr	10.8 L/m ² · hr
數量	一套	一套

三、主要設備規格

表 4.1.11 為 C 廠主要過濾設備名稱及規格，主要程序為全自動活性碳過濾器(ACF)→PASS-1 RO 系統→PASS-2 RO 系統系統→TOC UV 紫外線殺菌器→UV 紫外線殺菌器，其主要設備流程圖，如圖 4.1-3 所示。PASS-1 RO 系統之設計膜面積為 400 ft²，數量為 30 支，回收率為 80%；PASS-2 RO 系統之設計膜面積為 440 ft²，數量為 20 支，回收率為 90%。

表 4.1-11 C 廠主要設備規格

主要設備	規格
全自動活性碳過濾器	1. 型式:AC-1500 2. 材質:FRP 桶 3. 流量:33.4T/HR 4. 濾材:活性碳 1500L(8*30mesh) 5. 控制器:氣缸蝶閥:3”*5 只/塔、材質:FC20 DISC-SUS304



	6. 塔身:48"Φ*72"H,上下開 6"法蘭 7. 管徑:3"SCH80 配管 8. 數量:二塔/1run,1standby
PASS-1 RO 前處理精密過濾器	1. 廠牌:CIAN YAU 2. 型式:CM 12-3 3. 材質:SUS304 4. 濾蕊:5μ * 30"* 12 支 5. 管徑:3"法蘭式*10K 6. 數量:一座
PASS-1 RO 高壓泵浦	1. 廠牌:STAIRS 2. 型式:白鐵多段高壓泵浦 SBI 32-9F 3. 材質:SUS304 4. 流量:36.3M3/HR * 19.8KG 5. 馬力:40HP * 3Φ/3W/380V/60HZ 6. 出入口徑:2-1/2"Flang 7. 配件:避震軟管 20KF 80A、防震基座 8. 數量:二台/1run,1standby
PASS-1 RO 膜	1. 廠牌:HYDRANAUTICS 2. 型號:8040 PROC10 3. 面積:400FT2 4. 尺寸:8"Φ*40"L 5. 數量:30 支
PASS-2 RO 膜	1. 廠牌:HYDRANAUTICS 2. 型號:8040 低壓膜 ESPA2 MAX 3. 面積:440ft2 4. 尺寸:8"Φ*40"L 5. 數量:20 支
UV 進水加壓泵浦	1. 廠牌:WALRUS 2. 型式:TPH25T5KNF 3. 材質:SUS316 4. 流量:33.4M3/HR * 42MH 5. 馬力:8000W*3Φ/3W/380V/60HZ 6. 數量:二台/1run,1standby
TOC UV 紫外線殺菌器	1. 廠牌:CROWN 2. 型式:UV-842x4-TH 3. 流量 26T/HR(120GPM) 4. 波長:185NM 5. 總瓦特數:576W 6. 電壓頻率:220V/60HZ



	7. 照射強度($\mu\text{w}\cdot\text{sec}/\text{c m}^2$): > 90000 8. 燈管數量: 4 支 9. 出入口徑: 2" 1. 數量: 一台
UV 紫外線殺菌器	2. 廠牌: CROWN 3. 型式: UV-842x4-TH 4. 流量 26T/HR(120GPM) 5. 波長: 254NM 6. 總瓦特數: 576W 7. 電壓頻率: 220V/60HZ 8. 照射強度($\mu\text{w}\cdot\text{sec}/\text{c m}^2$): > 30000 9. 燈管數量: 4 支 10. 出入口徑: 2" 10. 數量: 一台

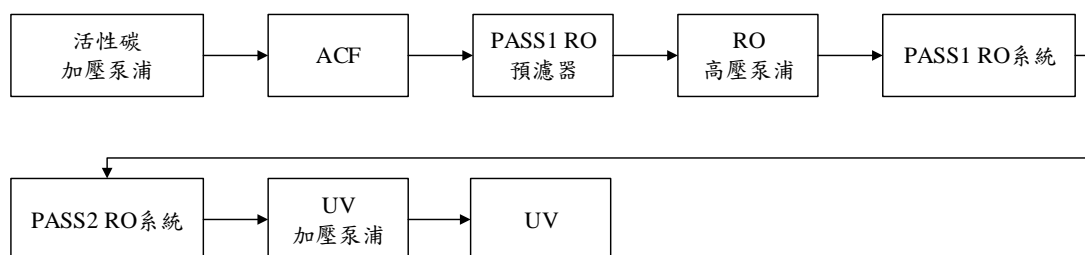


圖 4.1-3 C 廠主要設備流程圖

4.2 純水系統之設計與操作成效

本小節以介紹三個純水處理系統案例廠，分別為 D、E 及 F 廠作為設計與操作成效比較，而 D 廠則有提供實際操作分析條件，可作為設計與操作分析之比較。各廠分別以設計條件、主要設計參數、主要設備規格、操作成效及設計/操作比較項目說明。



4.2.1 D 廠設計與操作成效

一、設計條件

表 4.2-1 為 D 廠設計條件為 pH6~pH7.5；導電度為小於 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；總硬度為小於 250 $\text{CaCO}_3 \text{ mg/L}$ ；鹼度為小於 125 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ；濁度為小於 1.5 NTU；色度為小於 20 Hz；溫度為 25~30 $^{\circ}\text{C}$ ； SiO_2 為小於 60 mg/L 。

表 4.2.1 D 廠原水設計條件基準

項目	參數
pH	6-7.5
導電度	<500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
SiO_2	<60 mg/L
總硬度	<250 $\text{CaCO}_3 \text{ mg/L}$
鹼度	<125 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$
總離子	<0.1 ppm
濁度	<1.5 NTU
色度	<20 Hz
Free R-Chlorine	<1 ppm
溫度	25-30 $^{\circ}\text{C}$

二、主要設計參數

表 4.2-2 為 D 廠 PASS-1 RO 系統設計參數為產水量每小時 141 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35 $^{\circ}\text{C}$ 、去除率為 96%及回收率為 70%，膜通量為 11.5 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ；PASS-2 RO 系統設計參數為產水量每小時 120 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35 $^{\circ}\text{C}$ 及回收率為 85%，膜通量為 13.8 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。



表 4.2-2 D 廠主要設計參數

項目	設計值	
	PASS-1 RO 系統	PASS-2 RO 系統
造水量	141 噸/HR AT25°C+10%	120 噸/HR AT25°C+10%
pH	2-11	2-11
溫度	<35°C	<35°C
去除率	96% 以上	96% 以上
回收率	70%	85%
總回收率	59.5%	
進水量	201.4 噸/HR	141.2 噸/HR
排放量	60.4 噸/HR	21.2 噸/HR
膜通量	11.5 L/m ² · hr	13.8 L/m ² · hr
數量	1 套	1 套

三、 主要設備規格

主要設備由表 4.2-3 所示，主要設備流程由圖 4.2-1 所示。

表 4.2-3 D 廠主要設備規格

主要設備	規格
原水加壓泵浦	1. 型號:EAZS 100/20-37002 2. 材質:FC20 3. 廠牌:STAIRS 4. 口徑:進 125A、出 100A 5. 電壓:50HP*3Φ/3W/380V/50HZ 6. 揚程水量:供水量 181CMH*40MH 逆洗量 271CMH*30MH 7. 數量:2 台/1run,1standby
全自動多層過濾器	1. 型式:圓桶直立密閉式 2. 流量:181T/HR 3. 規格:3200mmφ*1800mmH *10/12mmt 4. 材質:SS41+EPOXY+NR 5mmt(軟膠)★ 5. 濾材:基礎礫石、石英砂、無煙煤 12800L 6. 管徑:8"面前碳鋼管配置 7. 數量:2 塔/1run,1standby
袋濾機	1. 型號:BFM5-2-6F



	2. 材質:SUS304 3. 濾袋:10μ*5 只 4. 處理量:181CMH 5. 口徑:6”法蘭式*10K 6. 數量:2 座/1run,1standby
PASS-1/RO 進水 加壓泵浦	1. 型號:EAZB 100/16-30002 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 電壓:40HP*3Φ/3W/380V/50HZ 5. 流量:201.4CMH*30MH 6. 出入口徑:5” 7. 數量:2 台/1run,1standby
PASS-1/RO 過濾器	1. 型號:52DL4 2. 材質:SUS304 3. 濾心:40”*52 支 4. 濾心孔徑:5μ 5. 流量:201.4CMH 6. 進出口徑:8”法蘭式*10K 7. 數量:2 座/1run,1standby
PASS-1/RO 高壓泵浦	1. 型號:SBI 120-6-1 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 容量:100.5CMH/1 台容量*135MH 201.4CMH/2 台同時 RUN 容量*135MH 5. 電壓:75HP*3Φ/3W/380V/50HZ 6. 變頻器:75HP 7. 數量:3 台/2run,1standby
PASS-1/RO 膜	1. 型號:NITTO DENKO/LFC3-LD 2. 面積:400FT ² 3. 尺寸:8”Φ*40”L 4. 數量:144 支
PASS-2/RO 加壓泵浦	1. 型號:EAZB 80/16-30002Φ174 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 電壓:40HP*3Φ/3W/380V/50HZ 5. 揚程水量:140CMH*35MH 6. 口徑:進 100A、出 80A 7. 數量:2 台/1run,1standby
PASS-2/RO 前處理 精密過濾器	1. 型號:37DL4 2. 材質:SUS304



	3. 水量:141.CMH 4. 濾心:40''*37 支 5. 濾心孔徑:5μ 6. 進出口徑:6''法蘭式*10K 7. 數量:2 台/1run,1standby
PASS-2/RO 高壓泵浦	1. 型號:SBI 64-7-1 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 容量:70.6CMH/1 台容量*142MH 141.2CMH/2 台同時 RUN 容量*142MH 5. 電壓:50HP * 3Φ/3W/380V/50HZ 6. 變頻器:50HP 7. 數量:3 台/2run, 1standby
PASS-2/RO 膜	8. 型號:NITTO DENKO/CPA3 9. 面積:400FT2 10. 尺寸:8''Φ*40''L 11. 數量:84 支
RO CIP 精密過濾器	1. 型式:30DL4 2. 材質:SUS304 3. 濾蕊:5μ*40''*30 支 4. 管徑:5''法蘭式*10K 5. 數量:1 座
MB 進水泵浦	1. 型式:EAZB 65/20-22002 ψ195 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 流量:120CMH*4KG 5. 口徑:進 80A、出 65A 6. 馬力:30HP*3Φ/3W/380V/50HZ 7. 數量:2 台/1run,1standby
全自動雙塔混床	1. 桶身:SS41 銅板焊製+NR 5mmt(軟膠)★ 2. 規格:1700Φ*2700H*8/8m/mt 3. 濾材:3000L a. 陽離子交換樹脂*1000 公升 b. 陰離子交換樹脂*2000 公升 4. 控制:氣缸蝶閥自動操作控制 5. 能力:120T/HR 6. 混床再生劑量:NaOH(45%)-->444.44KG 每次 HCL(32%)-->312.5KG 每次 7. 數量:2 塔/1run,1standby



SiO ₂ Polisher 可再生精製陰塔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 桶身:SS41 鋼板焊製，NR 4mmt(軟膠)★ 2. 規格:1700Φ*2700H*8/8m/mt 3. 控制:a.氣缸蝶閥自動操作控制 4. 能力:120CMH 5. 濾材:陰離子交換樹脂 3000L 6. 再生劑量 NaOH(45%)-->2666.7KG 每次 7. 數量:1 塔
--------------------------------------	---

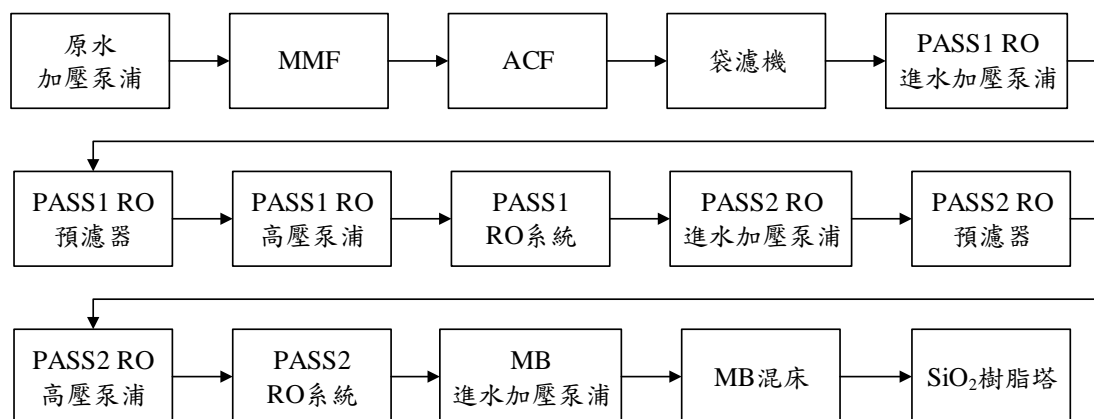


圖 4.2-1 D 廠主要設備流程圖

三、 操作條件

Raw Water、Pass 1 Permeate、Pass 2 Permeate、MB Outlet 及 SP Outlet(Demin Water Product)操作條件如表 4.2-4 所示。

表 4.2-4 D 廠實際操作數值

項目	Raw Water	Pass 1 Permeate	Pass 2 Permeate	MB Outlet	SP Outlet(Demin Water Product)
pH	7.30	6.42	6.46	6.98	7.01
導電度	331.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3.59 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$
SiO ₂	43.9 ppm	353 ppb	9.22 ppb	4.69 ppb	4.07 ppb
SiO ₂ 去除率	—	99.22%	—	—	0.42%
原水去除率	—	99.22%	99.98%	99.99%	—
PASS1 去除率	—	—	97.25%	—	—
PASS2 去除率	—	—	—	48.65%	—



四、設計/操作比較

D 廠之操作數值 pH、導電度與 SiO_2 均符合設計條件，如表 4.2-5 所示。

表 4.2-5 D 廠設計與操作數值比較

項目	設計條件		操作條件		
	原水	產水	原水	產水	
				Pass 1 Permeate	Pass 2 Permeate
pH	6-7.5	6-7.5	7.15	6.42	6.46
導電度	<500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	318 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3.59 $\mu\text{S}/\text{cm}$
SiO_2	<60 ppm	<20 ppb	40.98 ppm	353 ppb	9.22 ppb
總硬度	<250 CaCO_3 mg/L	< 1 CaCO_3 mg/L	186 CaCO_3 mg/L	—	—
鹼度	<125 mg CaCO_3/L	< 1 mg CaCO_3/L	—	—	—
總鐵	<0.1ppm	<10 ppb	25 ppm	—	—
總離子	<0.1 ppm	—	—	—	—
濁度	<1.5 NTU	—	—	—	—
色度	<20 Hz	—	—	—	—
Free R- Chlorine	<1 ppm	—	—	—	—
溫度	25-30°C	—	—	—	—
SiO_2 去除率	—	—	—	99.22	—
原水去除率	—	—	—	99.22	99.98
PASS1 去除率	—	—	—	—	97.25



4.2.2 E 廠設計與操作成效

一、設計條件

E 廠設計條件為導電度為 $160 \mu\text{S}/\text{cm}$ ；總硬度為 $75 \text{ CaCO}_3 \text{ mg/L}$ ；TS 為 99 mg/L 、鈣為 50 mg/L 、鎂為 25 mg/L ，PASS-1 與 PASS-2 之 RO 系統回收率為 75% 及 85%，如表 4.2-6 所示。

表 4.2-6 E 廠原水設計條件基準

項目	參數
導電度	$160 \mu\text{S}/\text{cm}$
TS	99 mg/L
鈣	50 mg/L
鎂	25 mg/L
總硬度	$75 \text{ CaCO}_3 \text{ mg/L}$
Cl	5.5 mg/L
硫酸鹽	5 mg/L
pH	6.6
SiO_2	10.8 mg/L
鹼	60 mg/L
PASS-1 RO 回收率	75%
PASS-2 RO 回收率	85%

二、主要設計參數

表 4.2-7 為 E 廠 PASS-1 RO 系統設計參數為產水量每小時 65 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35°C 、去除率為 96% 及回收率為 75%，膜通量為 $9.7 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ；PASS-2 RO 系統設計參數為產水量每小時 55.3 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35°C 及回收率為 85%，膜通量為 $13.8 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。



表 4.2-7 E 廠主要設計參數

項目	設計值	
	PASS-1 RO 系統	PASS-2 RO 系統
造水量	65 噸/HR AT25°C +10%	55.3 噸/HR AT25°C +10%
pH	2-11	2-11
溫度	<35°C	<35°C
去除率	96% 以上	—
回收率	75%	85%
總回收率	63.4%	
進水量	76.9 噸/HR+PASS TWO	65 噸/HR
回流量	9.8T/HR	—
排放量	21.7 噸/HR	9.8 噸/HR
膜通量	9.7 L/m ² · hr	13.8 L/m ² · hr
數量	一套	一套

三、 主要設備規格

主要設備由表 4.2-8 所示，主要設備流程由圖 4.2-2 所示。

表 4.2-8 E 廠主要設備規格

主要設備	規格
原水加壓泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:G325-150-2P 2. 材質:FC20 3. 廠牌:川源 4. 流量:77M3/HR * 33MH 供水量 115.5M3/HR 逆洗量 5. 馬力:25HP *3 Φ/3W/380V/50HZ 6. 數量:二台/1run,1standby
全自動砂過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:圓桶直立密閉式 2. 流量:77T/HR 3. 規格:2200mmΦ*1500mmH* 8m/mt 4. 材質:SS41 鋼板焊製+EPOXY 5. 濾材:4800L 石、石英砂 6. 管徑:5" 面前鍍鋅鋼管主管 7. 數量:一塔
全自動活性炭過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 型式:圓桶直立密閉式 2. 流量:77T/HR



	3. 規格:2200mmΦ*1500mmH*8 m/mt 4. 材質:SS41 鋼板焊製+EPOXY 5. 濾材:4800L 活性碳/礫石、2 分基礎石 928L 6. 管徑:5”面前鍍鋅鋼管主管 7. 數量:一塔
RO 進水加壓泵浦	1. 型式:G325-150-2P 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:川源 4. 流量:87M3/HR * 30MH 5. 馬力:25HP *3 Φ/3W/380V/50HZ 6. 數量:二台/1run,1standby
RO 前處理 精密過濾器	1. 型式:CM22-4 2. 濾蕊:5μ * 40”* 22 支 3. 管徑:5”法蘭式*10K 4. 材質:SUS304 5. 數量:一座
PASS-1 RO 高壓泵浦	1. 型式:白鐵多段高壓泵浦 SBI90-6-2 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:STAIRS 4. 流量:86.7M3/HR * 12.5KG 5. 馬力:60HP * 3Φ/3W/380V/50HZ 6. 出入口徑:4”Flang 7. 數量:二台/1run,1standby
PASS-1 RO 膜	1. 型號:8040/CPA3-LD 2. 面積:400FT2 3. 尺寸:8”Φ*40”L 4. 數量:65 支
PASS-2 RO 進水加壓泵浦	1. 型式:G315-100/2P 2. 材質:SUS304 3. 廠牌:川源 4. 流量:65M3/HR * 30MH 5. 馬力:15HP *3 Φ/3W/380V/50HZ 6. 數量:二台/1run,1standby
PASS-2 RO 前處理 精密過濾器	1. 型式:CM18-4 2. 濾蕊:5μ* 40”* 18 支 3. 管徑:4”法蘭式*10K 4. 材質:SUS304 5. 數量:一座
PASS-2 RO 高壓泵浦	1. 型式:白鐵多段高壓泵浦 SBI64-6-2 2. 材質:SUS304



	<ol style="list-style-type: none"> 廠牌:STAIRS 流量:65M3/HR * 12KG 馬力:40HP * 3Φ/3W/380V/50HZ 出入口徑:4"Flang 數量:二台/1run,1standby
PASS-2 RO 膜	<ol style="list-style-type: none"> 型號:8040 低壓膜/ESPA MAX 面積:440ft² 尺寸:8"Φ*40"L 數量:35 支
EDI 進水加壓泵浦	<ol style="list-style-type: none"> 型式:TPH50T4KNF 材質:SUS316 廠牌:WALRUS 流量:27.5M3/HR * 6KG 馬力:11600W *3 Φ/3W/380V/50HZ 數量:二台/1run,1standby
精密過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 型式:CL7-4 濾蕊:1μ* 40" * 7 支 管徑:3"法蘭式*10K 材質:SUS304 數量:一座
EDI 系統規格	<ol style="list-style-type: none"> 產水量:25M3/HR 廠牌:E-CELL MK-3X Stake:五組 操作原理:以電流使正負離子移動並連續再生樹脂 優點:1.不需再生藥品 2.無廢水問題 3.所需空間小
TOC UV 紫外線 殺菌器	<ol style="list-style-type: none"> 型式:CDL-AB440B 處理流量:440GPM 廠牌:PURETEC 波長:185NM 燈管每支瓦特數:190W 電壓頻率:220V/50HZ 照射強度(μw-sec/c m²):> 30000 燈管數量:10 支 燈管失效警告:警報聲(斷續) 管體材質:SUS304 出入口徑:4"法蘭 控制箱材質:SUS304



	13. 數量:一台
Primary Polisher 核能級樹脂塔	<ol style="list-style-type: none"> 名稱:核能級樹脂 離子型:陽樹脂:氫型,陰樹脂:氫氧型 總交換容量:陽樹脂:\geq meq/ml(氫型) 陰樹脂:\geq meq/ml(氫氧型) 比重:陽樹脂 1.2-1.3 陰樹脂 1.05-1.10 塔身:FRP+上集散:H173、下集散:HD6600B1(下六爪), 30"Φ*72"H-600L(6"法蘭上、下開) 數量:四塔/2run,2standby
Final Polisher 核能級 精製混床塔	<ol style="list-style-type: none"> 名稱:超純水用混床交樹脂 離子型:陽樹脂:氫型,陰樹脂:氫氧型 總交換容量:陽樹脂:\geq meq/ml(氫型) 陰樹脂:\geq meq/ml(氫氧型) 流量:10-60m/h 塔身:FRP+上集散:H173、下集散:HD6600B1(下六爪), 30"Φ*72"H,600L(6"法蘭上、下開) 數量:二塔
絕對過濾器	<ol style="list-style-type: none"> 型式:CM15-4 濾蕊:0.04μ*40"*15PCS(0.04-40P8E-R)222 管徑:4"法蘭式*10k 材質:SUS304 數量:一座
UV 紫外線殺菌器	<ol style="list-style-type: none"> 型式:VAL-100 處理流量:120GPM 廠牌:PURETEC 波長:254NM 燈管每支瓦特數:87W 電壓頻率:220V/50HZ 照射強度($\mu\text{w}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$):$>30000$ 燈管數量:4 支 燈管失效警告:警報聲(斷續) 管體材質:SUS304 出入口徑:3"法蘭 JIS10K(並聯後再轉成 4"出口)



	12. 控制箱材質:SUS304 13. 數量:二台(2RUN)
--	-------------------------------------

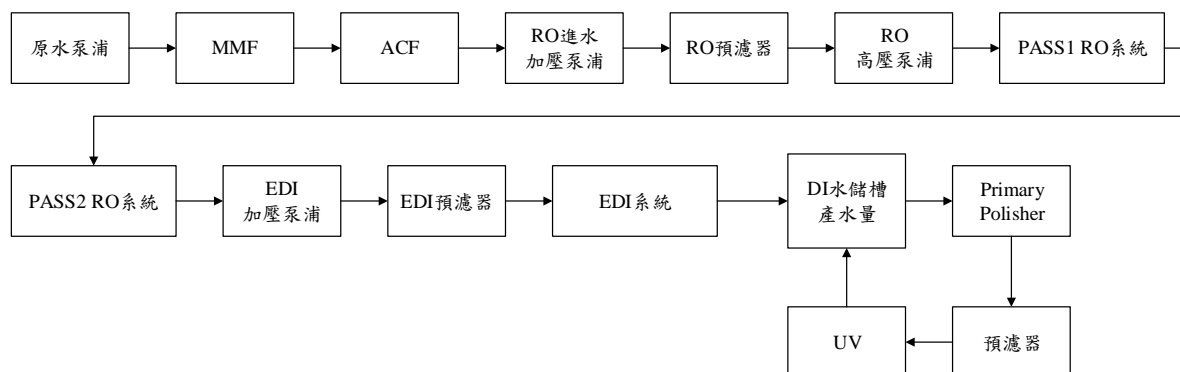


圖 4.2-2 E 廠主要設備流程圖

4.2.3 F 廠設計與操作成效

一、設計條件

表 4.2-9 為純水處理系統之原水設計條件水質基準，設計條件 pH 為 7.5、二氧化矽濃度為 12 mg/L、總硬度濃度為 100 CaCO₃ mg/L 及總鐵濃度為 0.02 mg/L，設計 RO 之 PASS-1 與 PASS-2 回收率，分別為 85% 及 85%。

表 4.2-9 F 廠原水設計條件基準

項目	參數
pH	7.5
導電度(μS/cm)	210
二氧化矽(ppm)	12
總硬度 CaCO ₃ (ppm)	100
鹼度(ppm)	67.9
總鐵(ppm)	0.02
COD(ppm)	—
PASS-1 RO 回收率(%)	85
PASS-2 RO 回收率(%)	85



二、 主要設計參數

表 4.2-10 為 E 廠 PASS-1 RO 系統設計參數為產水量每小時 26.1 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35°C、去除率為 96%及回收率為 85%，膜通量為 9.2 L/m² · hr；PASS-2 RO 系統設計參數為產水量每小時 22.2 噸、pH 為 2~11、溫度小於 35°C 及回收率為 85%，膜通量為 13.0 L/m² · hr。

表 4.2-10 F 廠主要設計參數

項目	設計值	
	PASS-1 RO 系統	PASS-2 RO 系統
造水量	26.1 噸/HR AT25°C +10%	22.2 噸/HR AT25°C +10%
pH	2-11	2-11
溫度	<35°C	<35°C
去除率	96% 以上	—
回收率	85%	85%
總回收率	72.3%	
進水量	33.6 噸/HR(PASS ONE)	26.1 噸/HR
回流量	2.8 T/HR	3.9 噸/HR
排放量	4.6 噸/HR	—
膜通量	9.2 L/m ² · hr	13.0 L/m ² · hr
數量	一套	一套

三、 主要設備規格

主要設備由表 4.2-11 所示，主要設備流程由圖 4.2-3 所示。

表 4.2-11 F 廠主要設備規格

主要設備	規格
全自動砂過濾器	型式:圓桶直立密閉式 流量:25T/HR 規格:1200mmΦ*1500mmH*4.5m/mt 材質:SS41 鋼板焊製+EPOXY 濾材:1300L 石、石英砂



	數量:一塔
全自動活性炭過濾器	型式:圓桶直立密閉式 流量:25T/HR 規格:1200mmΦ*1500mmH*4.5m/mt 材質:SS41 鋼板焊製+EPOXY 濾材:1300L(1131L 活性炭, 169L 石) 數量:一塔
RO 前處理 精密過濾器	型式:CM12-3 濾蕊:5μ* 30''* 12 支 管徑:2-1/2''法蘭式*10K 材質:SUS304 數量:一座
RO 高壓泵浦	型式:白鐵多段高壓泵浦 SBI32-8-2 材質:SUS304 廠牌:STAIRS 流量:33.6M3/HR * 17KG 馬力:40HP * 3Φ/3W/380V/60HZ 出入口徑:2-1/2''Flang 數量:二台/1run,1standby
PASS-1 RO 膜	型號:8040 CPA3-LD 面積:400FT2 尺寸:8''Φ*40''L 數量:30 支
PASS-2 RO 膜	型號:8040 低壓膜(ESPA2 MAX) 面積:440ft2 尺寸:8''Φ*40''L 數量:15 支
EDI 進水加壓泵浦	型式:SBI20-4 材質:SUS304 廠牌:STAIRS 流量:22.2M3/HR * 7KG 馬力:7.5KW * 3 Φ/3W/380V/60HZ 數量:二台/1run,1standby
精密過濾器	型式:CL7-4 濾蕊:1μ * 40''* 7 支 管徑:2-1/2''法蘭式*10K 材質:SUS304 數量:一座
EDI 系統規格	產水量:20M3/HR



	<p>廠牌:E-CELL MK-3</p> <p>Stake:六組</p> <p>操作原理:以電流使正負離子移動並連續再生樹脂</p> <p>優點:1.不需再生藥品 2.無廢水問題 3.所需空間小</p>
<p>Primary Polisher</p> <p>核能級樹脂塔</p>	<p>1. 名稱:核能級樹脂</p> <p>2. 離子型:陽樹脂:氫型,陰樹脂:氫氧型</p> <p>3. 總交換容量:陽樹脂:$\geq 1.7 \text{ meq/ml}$(氫型) 陰樹脂:$\geq 0.9 \text{ meq/ml}$(氫氧型)</p> <p>4. 比重:陽樹脂 1.2-1.3 陰樹脂 1.05-1.10</p> <p>5. 塔身:FRP+上下集散 30"Φ*72"H-400L</p> <p>6. 數量:二塔/1run,1standby</p>
<p>UV 紫外線殺菌器</p>	<p>型式:UV-842x4-TH</p> <p>波長:254NM</p> <p>流量:120GPM</p> <p>總瓦特數:264W</p> <p>電壓頻率:220V/60HZ</p> <p>照射強度($\mu\text{w-sec}/\text{cm}^2$):$> 30000$</p> <p>燈管數量:4 支</p> <p>出入口徑(本體):2"</p> <p>控制箱材質:SUS304</p> <p>管體材質:SUS304</p> <p>數量:1 台</p>

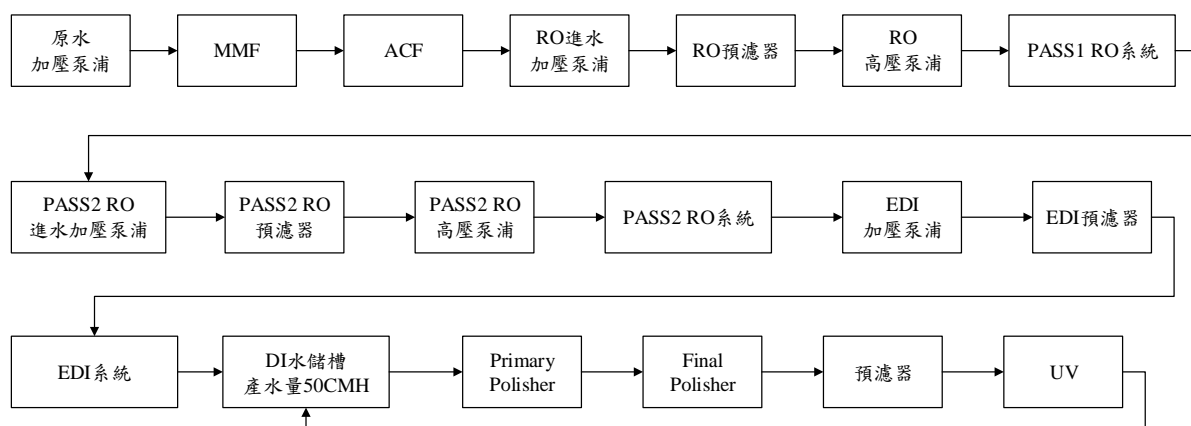


圖 4.2-3 F 廠主要設備流程圖



4.3 水再生及純水系統之比較

本小節介紹水再生 A、B 及 C 廠，以及純水回收 D、E 及 F 廠之設計水質之綜合分析，主要以處理效率、處理成本及設計水質特性分析，再與水再生廠及純水回收廠之實際操作條件進行綜合分析比較，探討水再生系統及純水回收系統之差異性，作為水再生及純水系統建立之參考基準，詳細綜合分析及比較說明如下所示。

4.3.1 水再生系統綜合分析

表 4.3-1 為水再生系統綜合分析表，A 廠與 B 廠 RO 系統皆為一道，而 C 廠 RO 系統分為兩道，分別為 PASS-1 及 PASS-2。A-C 廠之 RO(PASS-1) 膜通量分別為 $8.7 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 、 $8.6 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 $9.1 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，RO 系統總回收率分別為 68.5%、70% 及 72%，如圖 4.3-1 及圖 4.3-2 所示，顯示 C 廠有兩道 RO 系統處理，相對膜通量及回收率較 A 與 B 廠效率高。A-C 廠水再生系統電力成本分別為 32,000 元、1,670 元及 2,210 元，則 3 廠平均造水成本分別為 30.00 元/ m^3 、11.33 元/ m^3 及 12.25 元/ m^3 ，另 A 廠 RO 系統之前處理以 MBR 系統，而費用相對貴於 MMF 及 ACF 系統，故造水成本有偏高現象，如圖 4.3-3 所示，顯示 A 廠產水成本高於 B 與 C 廠。B 及 C 廠設計導電度分別為 $12.35 \mu\text{S/cm}$ 及小於 $10 \mu\text{S/cm}$ ，總硬度濃度為 $1.58 \text{ CaCO}_3 \text{ ppm}$ 及 $0.62 \text{ CaCO}_3 \text{ ppm}$ ；A-C 廠設計之二氧化矽濃度分別為 3.2 ppm 、 0.1 ppm 及小於 1 ppm 。



表 4.3-1 水再生系統綜合分析

項目		A 廠	B 廠	C 廠	
RO 設備數量		PASS-1	PASS-1	PASS-1	PASS-2
處理效率	膜通量 (L/m ² · hr)	8.7	8.6	9.1	10.8
	回收率(%)	68.5	70	80	90
	總回收率(%)	68.5	70	72	
	去除率(%)	96	96	96	96
	造水量 (m ³ /day)	3,920	528	624	
處理成本	電力(kW/HR)	14,545	1,012	1,339	
	電力(NT\$)	32,000	1,670	2,210	
	藥品(NT\$)	15,000	3,006	4,032	
	平均造水成本 (NTD/m ³)	30.00	11.33	12.25	
設計水質特性	pH 值	5~7	6.06	5~8	
	導電度 (μS/cm)	—	12.35	< 10	
	二氧化矽 (ppm)	3.2	0.1	< 1	
	總硬度 CaCO ₃ (ppm)	—	1.58	0.62	
	鹼度(ppm)	—	10	< 1	
	總鐵(ppm)	—	0.01	0.0065	
	COD(ppm)	< 15	8	—	

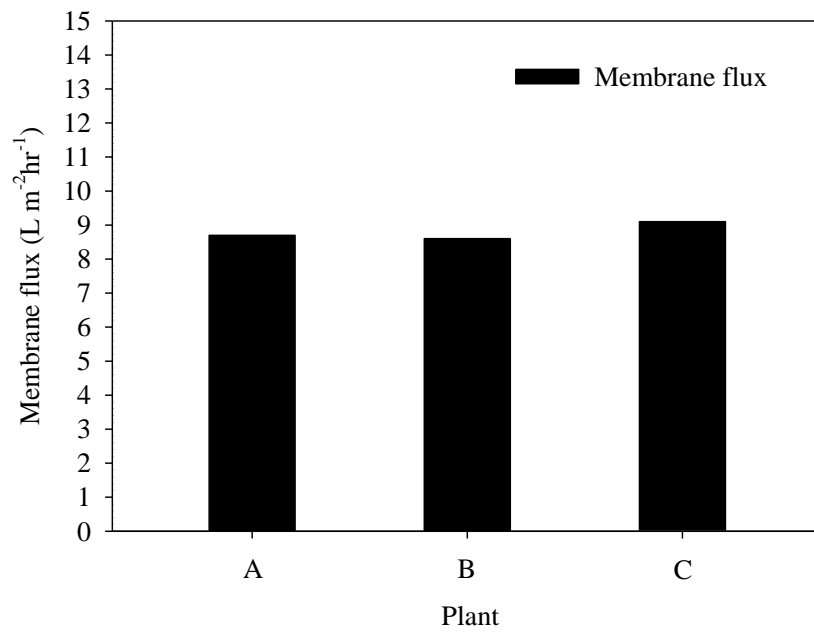


圖 4.3-1 A-C 廠膜通量之比較圖

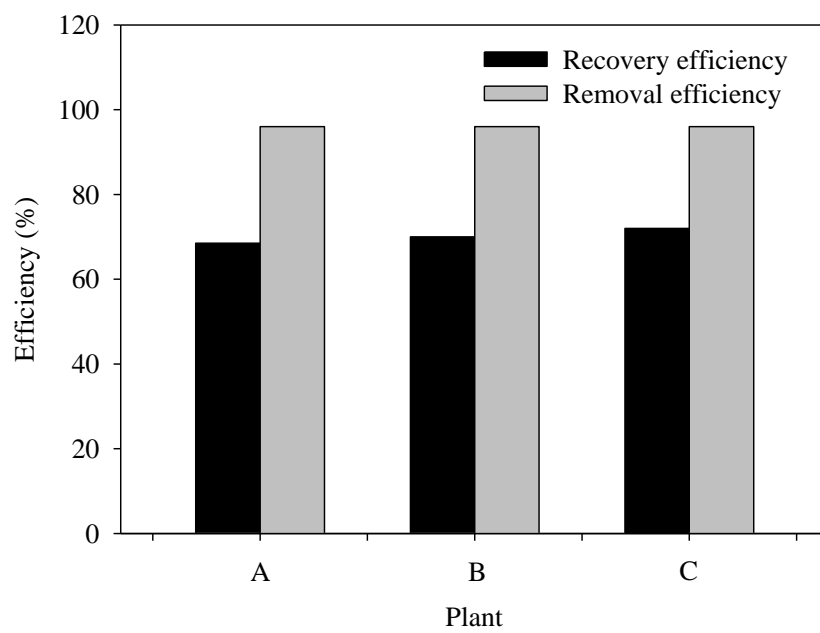


圖 4.3-2 A-C 廠回收率與去除率之比較圖

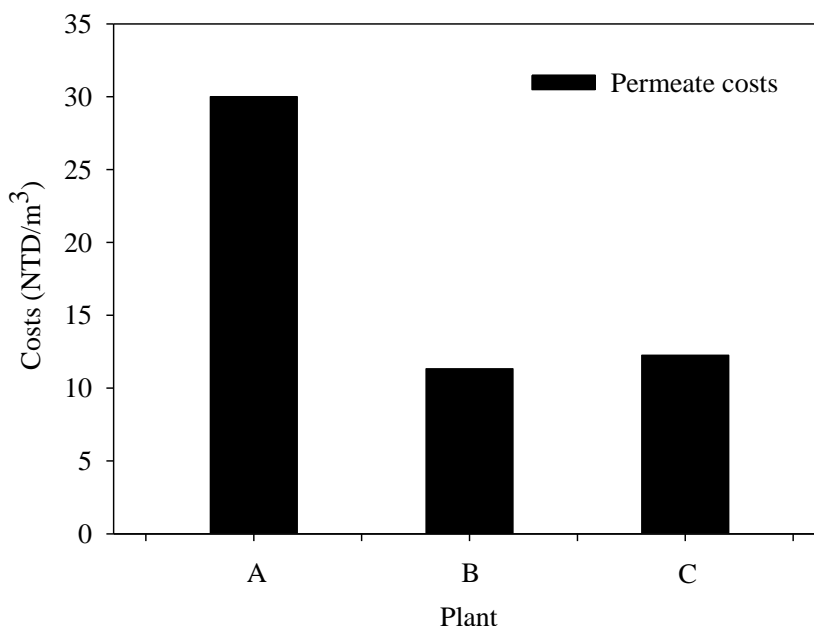


圖 4.3-3 A-C 廠產水成本之比較圖

4.3.2 純水系統綜合分析

表 4.3-2 為純水系統綜合分析表，由於純水水質特性較為嚴格，故 D、E 及 F 廠 RO 系統皆以 PASS-1 及 PASS-2 之兩套 RO 系統達到純水水質目的。D-F 廠之 RO 膜通量分別為 $13.8 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 、 $13.8 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 $13.0 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，其 RO 系統總回收率分別為 59.5%、63.4% 及 72.3%，如圖 4.3-4 及圖 4.3-5 所示。D-E 廠純水系統電力成本分別為 11,648 元、5,523 元及 2,400 元，可發現造水量不同而影響電力成本之差異，3 廠平均造水成本分別為 10.88 元/ m^3 、12.18 元/ m^3 及 12.50 元/ m^3 ，如圖 4.3-6 所示，顯示 E 與 F 廠產水成本高於 D 廠。D、E 及 F 廠設計電導度分別為 $>2\text{M}\Omega$ 、 $>15\text{M}\Omega$ 及 $>15\text{M}\Omega$ ，總硬度濃度皆為 $<1 \text{ CaCO}_3 \text{ ppm}$ ，二氧化矽濃度分別為 $<0.002 \text{ ppm}$ 、 0.002 ppm



及<1 ppm，總鐵濃度為<0.001 ppm、<1 ppm 及<1 ppm，從以上設計水質來看，純水水質要求較為嚴格。

表 4.3-2 純水系統綜合分析

項目		D 廠		E 廠		F 廠	
		PASS-1	PASS-2	PASS-1	PASS-2	PASS-1	PASS-2
處理效率	膜通量 (L/m ² · hr)	11.5	13.8	9.7	13.8	9.2	13.0
	回收率(%)	70	85	75	85	85	85
	總回收率(%)	59.5		63.4		72.3	
	去除率(%)	96	96	96	96	96	96
	造水量 (m ³ /day)	2,880		1,200		480	
處理成本	電力(kW/HR)	7,059		3,348		1,454	
	電力(NT\$)	11,648		5,523		2,400	
	藥品(NT\$)	3,344		5,578		2,064	
	平均造水成本 (NTD/m ³)	10.88		12.18		12.50	
設計水質特性	pH 值	6-7.5		6~7		6~7	
	電導度	>2MΩ		>15MΩ		>15MΩ	
	二氧化矽 (ppm)	<0.002		<0.002		< 1	
	總硬度 CaCO ₃ (ppm)	< 1		< 1		< 1	
	鹼度(ppm)	< 1		< 1		< 1	
	總鐵(ppm)	<0.001		< 1		< 1	
	COD(ppm)	—		—		—	

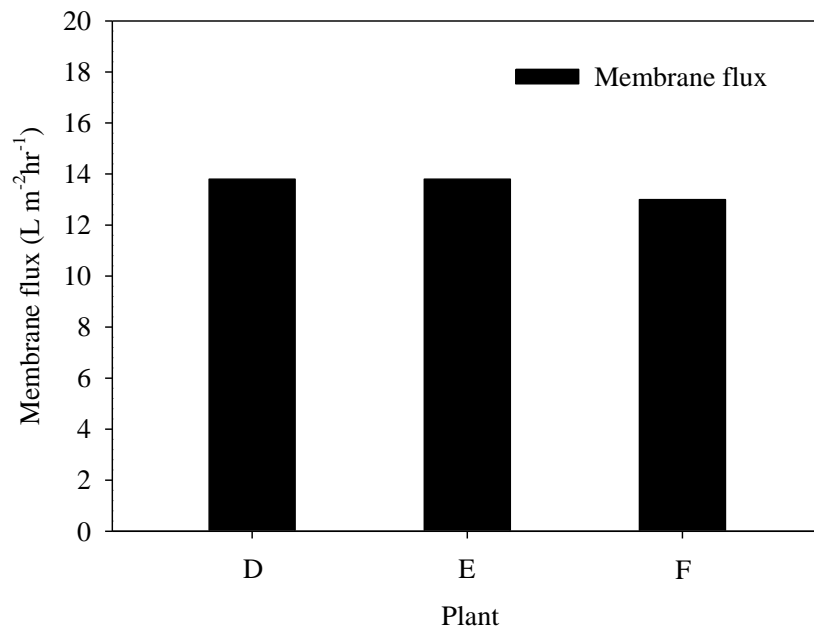


圖 4.3-4 D-F 廠膜通量之比較圖

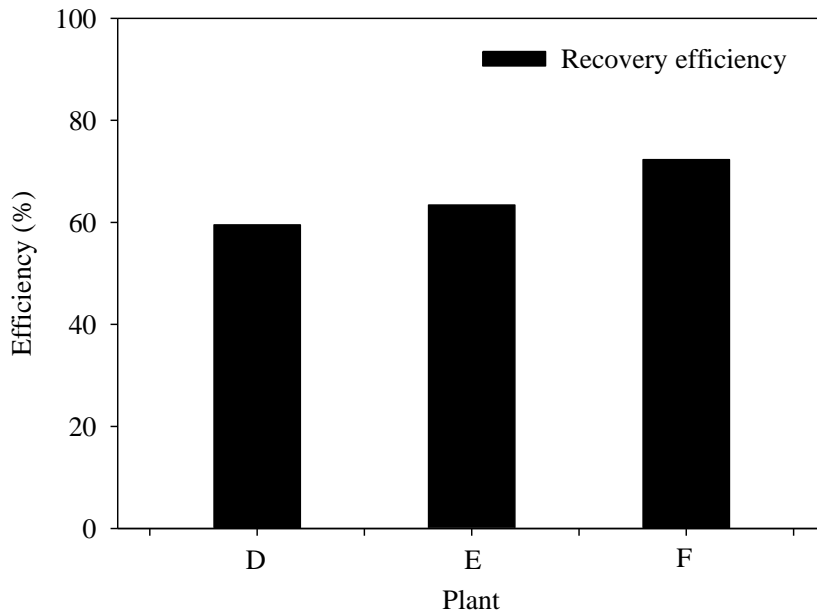


圖 4.3-5 D-F 廠回收率之比較圖

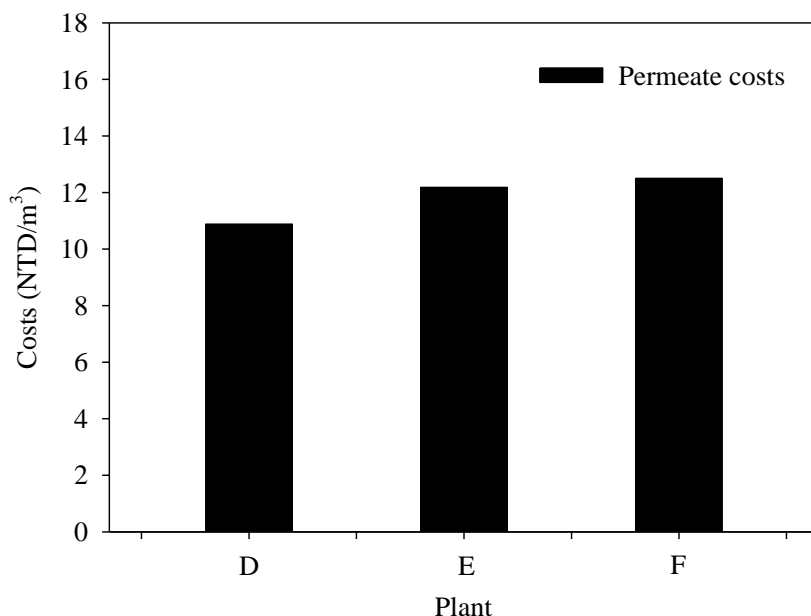


圖 4.3-6 D-F 廠產水成本之比較圖

4.3.3 水再生及純水系統設計及操作之比較

表 4.3-3 為水再生廠與純水回收廠設計條件，分別為 RO 進水及 RO 產水設計參數，A 廠 RO 進水之二氧化矽濃度為 32 ppm，RO 產水為 3.2 ppm，D 廠 RO 進水二氧化矽濃度為 <60 ppm，RO 產水濃度 <0.002 ppm，以 A 廠與 D 廠比較條件下，D 廠設計 RO 產水之二氧化矽濃度較 A 廠濃度相當嚴格，因用途途徑不同所設計條件亦不同，顯示純水系統要求較水再生系統高。



表 4.3-3 A 與 D 廠設計數值之比較

項目	A 廠		D 廠	
回收特性	水再生		純水	
設計條件	RO 進水	RO 產水	RO 進水	RO 產水
pH 值	6~9	5~7	6-7.5	6-7.5
導電度($\mu S/cm$)	—	—	<500	<0.5
二氧化矽(ppm)	32	3.2	<60	<0.002
總硬度 $CaCO_3$ (ppm)	—	—	<250	<1
鹼度(ppm)	—	—	<125	<1
總鐵(ppm)	—	—	<0.1	<0.001
COD(ppm)	<50	<15	—	—
去除率(%)	—	—	—	—
回收率(%)	—	68.5	—	—

表 4.3-4 為 A 廠與 D 廠實際操作條件參數，A 廠(水再生系統)主要流程為 RO 過濾器→RO 系統，而 D 廠(純水系統)主要流程為 MMF→ACF→PASS1 RO 系統→PASS2 RO 系統→MB 混床，可發現純水系統需經兩道前處理，再經兩道 RO 系統至 MB 混床，顯示純水系統處理單元較水再生處理單元多，如圖 4.3-7 所示。A 廠與 D 廠 RO 進水之導電度分別為 2,392 $\mu S/cm$ 及 318 $\mu S/cm$ ，D 廠前處理單元多，故 RO 進水前之水質導電度較低，RO 產水導電度可處理至 0.11 $\mu S/cm$ ；A 廠與 D 廠回收率分別為 68.5% 及 59.5%，如圖 4.3-8 所示；平均造水成本為 30.00 NTD/ m^3 及 10.88 NTD/ m^3 ，由於 A 廠成本含前處理之 MBR 處理費用，導致平均產水成本偏高，如圖 4.3-9 所示。A 廠與 D 廠之 RO(PASS-1)膜通量為 8.7 $L/m^2 \cdot Hr$ 及 11.5 $L/m^2 \cdot hr$ 。



表 4.3-4 A 與 D 廠操作數值之比較

項目	A 廠		D 廠	
回收特性	水再生		純水	
操作條件	RO 進水	RO 產水	RO 進水	RO 產水
pH 值	7.92	6.87	7.15	6.79
導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2,392	205	318	0.11
二氧化矽(ppm)	19	4.7	40.98	0.0053
總硬度 $\text{CaCO}_3(\text{ppm})$	345	5	186	—
鹼度(ppm)	191	28	—	—
總鐵(ppm)	0.06	0.05	25	<0.0063
COD(ppm)	40	13	—	—
膜通量($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)	—	8.7	—	11.5
去除率(%)	—	96% 以上	—	96% 以上
總回收率(%)	—	68.5	—	59.5
進水量	79.1 噸/HR	—	141.2 噸/HR	—
排放量	—	23.2 噸/HR	—	21.2 噸/HR
數量	共 3 套		1 套	
電力(kW/HR)	14,545		7,059	
電力(NT\$)	32,000		11,648	
藥品(NT\$)	15,000		3,344	
平均造水成本 (NTD/ m^3)	30.00		10.88	



A廠水回收系統流程圖



D廠純水系統流程圖

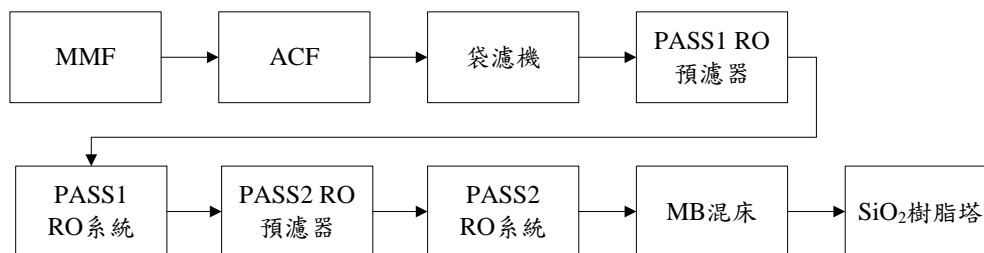


圖 4.3-7 A 與 D 廠主要設備流程圖之比較

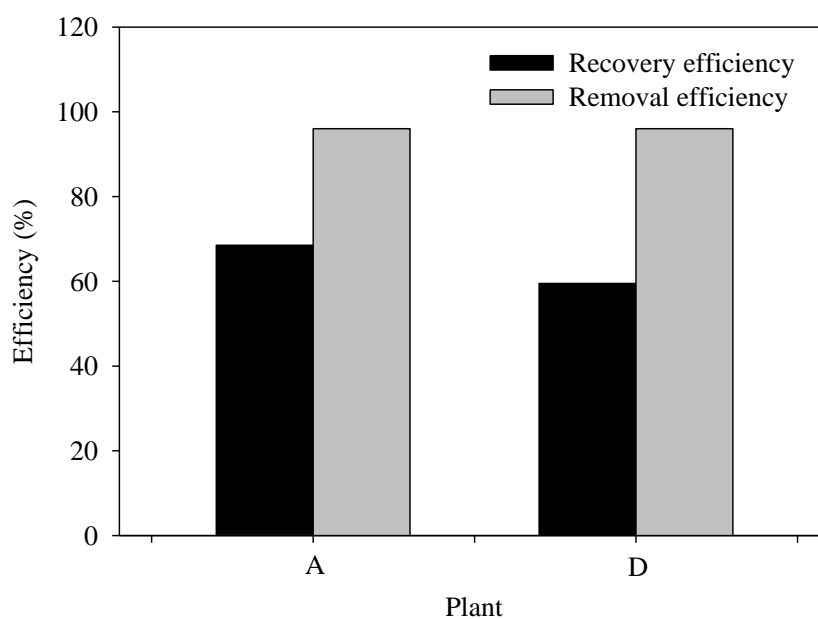


圖 4.3-8 A 與 D 廠之 RO 系統處理回收率及去除率之比較

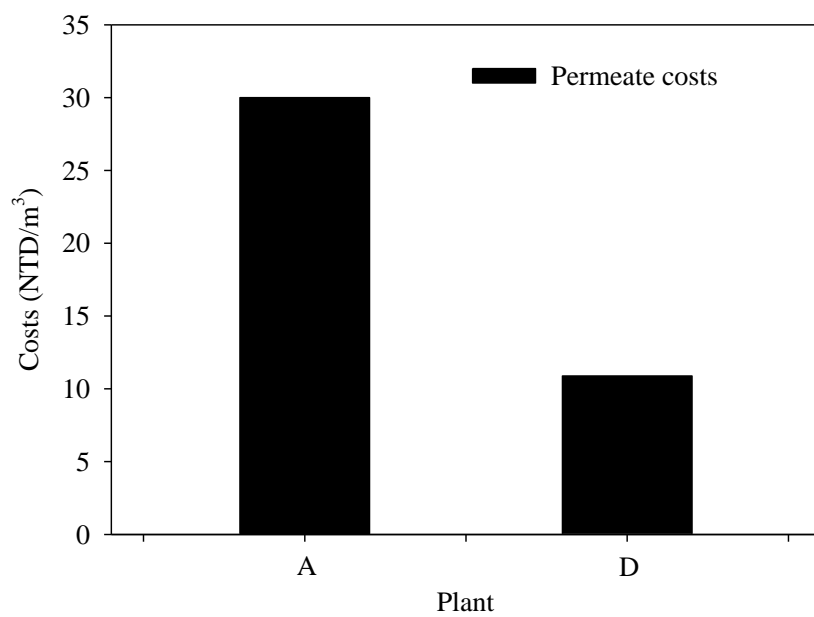


圖 4.3-9 A 與 D 廠之 RO 系統產水成本之比較



第五章 結論與建議

5.1 結論

1. 水再生系統與純水系統流程主要在產水水質及用途之差異，水再生系統流程主要以一道 RO 系統搭配任一 MMF、UF 及 ACF 系統之前處理；純水系統流程以二道 RO 系統，前處理需以 MMF 及 ACF 系統兩者搭配處理，以達純水特性之目標。
2. 水再生系統(A-C 廠) RO(PASS-1)之膜通量範圍為 $8.5-9.0 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，經 RO 膜系統回收率範圍為 65%-72%，離子去除率皆為 96% 以上。純水系統(D-F 廠)經兩道 RO(PASS-1)系統之膜通量範圍為 $9.0-12.0 \text{ L/m}^2 \cdot \text{hr}$ ，RO 膜系統總回收率分別為 60%-72%之成效，離子去除率皆為 96% 以上。純水系統之水質品質高，因此，在 RO(PASS-1)系統膜通量優於水再生系統。
3. 水再生系統(A-C 廠)實際消耗功率為 14,545、1,012 及 1,339 kW-hr/day，電力成本分別為 32,000、1,670 及 2,210 元/day，每廠操作 5 年間之平均造水成本分別為 30.00、11.33 及 12.25 元/ m^3 ；純水系統(D-F 廠)實際消耗功率為 7,059、3,348 及 1,454 kW-hr/day，電力成本分別為 11,648、5,523 及 2,400 元/day，每廠操作 5 年間之平均造水成本分別為 10.88、12.18 及 12.50 元/ m^3 。水再生及純水系統成本比較下，若達純水要求條件下，所需造水成本較為偏高。



4. 水再生系統(A 廠)與純水系統(D 廠)操作條件比較下，A 廠 RO 進水之導電度較 D 廠操作值高，濃度達 $2,392 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，D 廠為純水處理系統，故導電度較為 A 廠操作嚴格，濃度為 $0.11 \mu\text{S}/\text{cm}$ ； SiO_2 及總硬度濃度參數下，D 廠操作條件較 A 廠水質較佳，A 廠與 D 廠 RO 產水之 SiO_2 濃度分別為 4.7 ppm 及 0.0053 ppm 。
5. 水再生系統(A 廠) 與純水系統(D 廠)之 RO 膜通量為 $8.7 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 $11.5 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，RO 總回收效率為 68.5% 及 59.5% ，而平均造水成本為 $30.00 \text{ 元}/\text{m}^3$ 及 $10.88 \text{ 元}/\text{m}^3$ ；A 廠 RO 系統前端以 MBR 設備處理，而費用相對貴於 MMF 及 ACF 系統，故造水成本偏高。以純水系統為例，RO 進水前需前處理去除懸浮固體物及大分子，可增加後續 RO 膜通量及回收效率，且平均造水成本亦較低。

5.2 建議

1. 在長久台灣自來水水費並不昂貴的體制下，為讓各企業落實廢水減排及零排放，設立回收水運作系統的環保目標，水費的適化調整及建立更優化的鼓勵制度是邁向企業環保的第一步。
2. 水處理流程中傳統的 2B3T 樹脂再生系統，實務上已幾乎被 RO 薄膜的處理程序取代，為更環保的水處理流程，進一步將前處理 MMF 與 ACF 的處理程序改 UF 薄膜處理流程，及後段處理慣用的 MB 樹脂混床系統，改用新科技的 EDI 膜設備，UF 及 EDI 的膜設備，不僅節省設備佔地，



最大的環保好處是解決設備中耗材造成的二次污染。

3. 在放流水法令趨向嚴格及水資源需求日漸增加的環境下，有效應用膜設備的處理流程，提供優越品質的放流水，並增加水回收再利用的優越經濟效益，是提升企業形象落實環保的重要參考。



1. Anselme, C., Jacobs, E.P., Ultrafiltration in: Mallevalle, J., Odendaal, P.E., Wiesner, M.R. (Ed.), "Water Treatment Membrane Processes", McGraw-Hill, New York, pp. 10.11-10.88 (1996).
2. Achaerandio, I., Güell, C., López, F., "Continuous Vinegar Decolorization with Exchange Resins", Journal of Food Engineering, Vol. 51:4, pp. 311-317 (2002).
3. Cheryan, M., "Ultrafiltration and Microfiltration Handbook", CRC Press, London (1998).
4. Choi Y.H., Kweon. J.H., Kim, D.I., Lee, S., "Evaluation of Various Pretreatment for Particle and Inorganic Fouling Control on Performance of SWRO", Desalination, Vol. 247:1-3, pp.137-147 (2009).
5. Conlon, W. J., McClellan, S. A., "Membrane Softening : A Treatment Process Comes of Age", Journal of American Water Works Association, Vol. 81:11, pp. 47-51 (1989).
6. Darton, T., Annunziata, U., Vigo Pisano, F., Gallego, S., "Membrane Autopsy Helps to Provide Solutions to Operational Problems", Desalination Vol. 167, pp. 239-245 (2004).
7. Gloede, M., Melin, T., "Physical Aspects of Membrane Scaling", Desalination, Vol. 224:1-3, pp. 71-75 (2008).
8. Juang, R. S., Kao, H. C., Liu, F. Y., "Ion Exchange Recovery of Ni(II) from Simulated Electroplating Waste Solutions Containing Anionic Ligands", Journal of Hazardous Materials, Vol. 128:1, pp. 53-59 (2006).
9. Li, D., Wang, H., "Recent Developments in Reverse Osmosis Desalination Membranes", Journal of Materials Chemistry, 22, pp. 4551-4566 (2010).
10. Ould Mohamedou, E., Penate Suarez, D.B., Vince, F., Jaouen, P., Pontié, M., "New Lives for Old Reverse Osmosis (RO) Membranes", Desalination Vol.



253: 1-3, pp. 62-70 (2010).

11. Pontié, M., Rapenne, S., Thekkedath, A., Duchesne, J., Jacquemet, V., Leparc, J., Suty, H., “Tools for Membrane Autopsies and Antifouling Strategies in Seawater Feeds: A Review”, *Desalination*, Vol. 181:1-3, pp. 75-90 (2005).
12. Xu, P., Bellona, C., Drewes, J.E., “Fouling of Nanofiltration and Reverse Osmosis Membranes During Municipal Waste Liquid Reclamation: Membrane Autopsy Results From Pilot-scale Investigations”, *Journal of Membrane Science*, Vol. 353:1-2, pp. 111-121 (2010).
13. Wang, L., Song, L., “Flux Decline in Crossflow Microfiltration and Ultrafiltration: Experimental Verification of Fouling Dynamics”, *Journal of Membrane Science*, Vol. 160:1, pp.41-50 (1999).
14. Weber Jr., W.J., “Physicochemical Processes for Water Quality Control”, Wiley-Interscience, NewYork (1972).
15. Zeman, L. J., Zydney, A. L., “Microfiltration and Ultrafiltration : Principles and Applications”, Marcel Dekker, New York (1996).
16. 李浩明,「抗生素 SC4 之純化與化學結構分析」,碩士論文,文化大學,(1980)。
17. 台灣自來水公司,「薄膜前處理單元程序最佳化組合研究」,期末報告,(2006)。
18. 黃煌洲,「以離子交換樹脂法回收導線架氰系水洗廢水之研究」,碩士論文,朝陽科技大學,(2004)。
19. 胡焯淳,「配位基交換層析新固定相之合成及其應用之研究」,碩士論文,國立台灣大學,(1988)。
20. 徐偉峻,「臭氧去除超濾薄膜積垢之研究」,碩士論文,國立中央大學環境工程系,(2005)。
21. 陳健民,「以 Amberlite IRA-93 樹脂吸附水溶液中對-氯酚之動力學研究」,碩士論文,國立成功大學,(1993)。



22. 莊清榮、游勝背，「流體中的最佳守門員—微過濾與超過濾」，《科學發展》，第 429 期，(2008)。
23. 葉宣顯，「西歐自來水處理程序發展之近況」，自來水會刊，15(4):1-11，1996。
24. 楊岳軍，「離子交換樹脂在重金屬廢水處理之應用」，重金屬廢水處理技術研討會，(1989)。



附錄 各廠所使用 RO 及 EDI 膜之規格

A 廠及 C 廠之 RO 膜規格



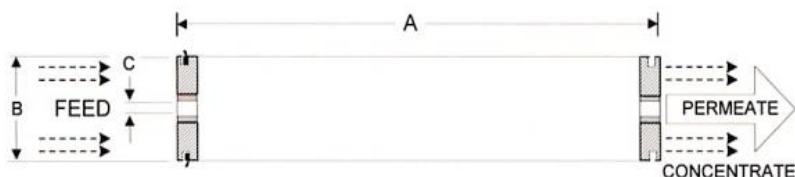
Membrane Element		PROC10
Performance:	Permeate Flow (nominal):	10,500 gpd (39.7 m ³ /d)
	NaCl Rejection (minimum):	99.60 %
	NaCl Rejection (nominal):	99.75 %
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Nominal Membrane Area:	400 ft ²
	Brine spacer	34 mil
Application Data	Maximum Applied Pressure:	600 psig (4.16 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	Feedwater pH Range:	2.0 - 11.0
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	90 GPM (20.0 m ³ /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi

*The limitations shown here are for general use. The values may be more conservative for specific projects to ensure the best performance and longest life of the membrane.

Test Conditions

The stated performance is based on the following test conditions:

2,000 ppm NaCl solution
225 psi (1.55 MPa) Applied Pressure
77 °F (25 °C) Operating Temperature
15% Permeate Recovery
6.5 – 7.0 Feed pH



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.95 (201.9)	1.125 (28.6)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are vacuum sealed in a polyethylene bag containing less than 1.0% sodium bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Nitto Denko and Hydranautics believe the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Nitto Denko and Hydranautics assume no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of and Hydranautics' products for the user's specific end uses.



E 廠、D 廠及 F 廠之 RO 膜規格



NITTO DENKO



HYDRANAUTICS
www.membranes.com

A Nitto Denko Company

Membrane Element

CPA3-LD

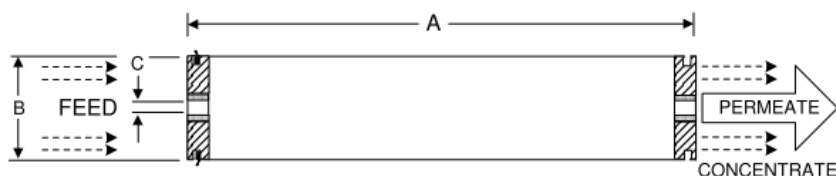
Performance:	Permeate Flow:	11,000 gpd (41.6 m ³ /d)
	Salt Rejection (minimum):	99.6 %
	(nominal):	99.7 %
	Feed Spacer:	31 mil (0.864 mm)
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Nominal Membrane Area:	400 ft ²
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	600 psig (4.16 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	Feedwater pH Range (Cleaning pH):	3.0 - 11.0 (2.0 - 12.5)
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	10 psi

* The limitations shown here are for general use. The values may be more conservative for specific projects to ensure the best performance and longest life of the membrane.

Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

1500 PPM NaCl solution
225 psi (1.55 MPa) Applied Pressure
77 °F (25 °C) Operating Temperature
15% Permeate Recovery
6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary ± 15 percent. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are vacuum sealed in a polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses.

1/23/09

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92058
1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 info@hydranautics.com



C 廠、E 廠及 F 廠之 RO 膜規格

Nitto

HYDRANAUTICS
Nitto Group Company

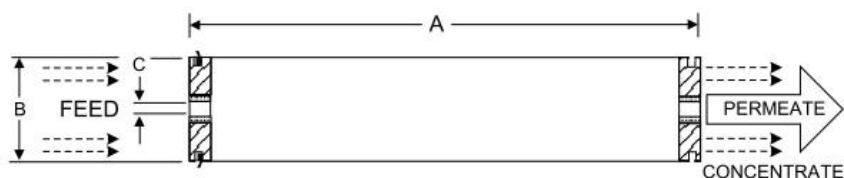
Membrane Element		ESPA2 MAX
Performance	Permeate Flow:	12,000 gpd (45.4 m ³ /d)
	Salt Rejection:	99.6% (99.5% minimum)
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	440 ft ² (40.8m ²)
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	600 psig (4.14 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-10.6 (1-12)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi

* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

1500 PPM NaCl solution
150 psi (1.05 MPa) Applied Pressure
77 °F (25 °C) Operating Temperature
15% Permeate Recovery
6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. Membrane active area may vary +/-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 11/03/15

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92058
1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 info@Hydranautics.com



B 廠及 D 廠之 RO 膜規格



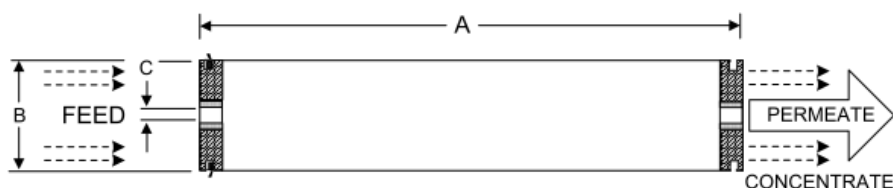
Membrane Element		LFC3-LD
Performance:	Permeate Flow:	11,000 gpd (41.6 m ³ /d)
	Salt Rejection:	
	Nominal	99.7 %
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide Neutrally charged
	Nominal Membrane Area:	400 ft ²
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	600 psig (4.16 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	Feedwater pH Range:	3.0 - 10.0
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	10 psi

* The limitations shown here are for general use. The values may be more conservative for specific projects to ensure the best performance and longest life of the membrane.

Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

1500 PPM NaCl solution
225 psi (1.55 MPa) Applied Pressure
77 °F (25 °C) Operating Temperature
15% Permeate Recovery
6.5 - 7.0 pH Range



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.95 (201.9)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are vacuum sealed in a polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 6/29/05

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92054
1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 info@hydranautics.com

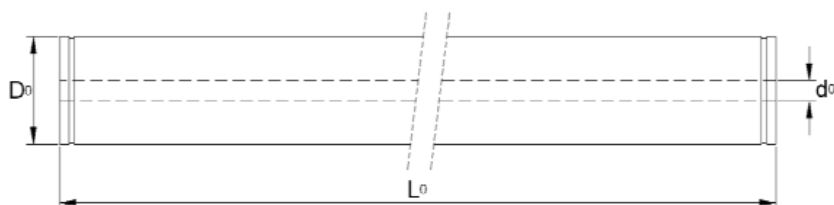


B 廠之 RO 膜規格



Aquaflex 膜組件規格資料

X-Flow Aquaflex HP膜組件是用於製程用水和飲用水的過濾。運行模式為部分錯流或全流過濾，結合常規水力反洗(僅能使用超濾產水)和化學加強反洗。典型應用為地表水、飲用水和廢水處理廠出水過濾。



組件規格

組件類型	膜絲直徑 (mm/mil)	膜面積 (m ² /ft ²)	進水端外 徑 (mm/inch)	膜組件長度 (mm/inch)	產水中心 管內徑 (mm/inch)
Aquaflex HP PVC 0.8mm	0.8 [31]	55 [590]	220.0 [8.66]	1537.5 [60.51]	42.6 [1.68]

組件重量

膜組件乾重 約34kg (75磅)

膜組件充滿水時重量 約66Kg(145磅)

組件材料構成

外殼 PVCw

佈水器 PVC/PP

密封 PU樹脂

膜 PES/PVP

膜特性

不對稱/多微孔的膜結構

適用於內壓式過濾

高性能和高抗污性

典型出水水質SDI<3 濁度<0.1NTU



一般耐溶劑性能

由於膜的耐溶劑性能極大的取決於實際的使用製程條件，因此下列說明僅作為基本準則

酸	++
鹼	++
有機酯、醚、酮	-
脂肪醇	+
鹵代烴	+
芳香烴	--
極性有機溶劑	--
油	--
	++

耐清洗用化學品的性能

NaOCl	ClO ₂	H ₂ O ₂	O ₃
一般 200 ppm, 40°C 或更低, pH 9 或更高	一般 1 ppm, 40°C 或更低	一般 200 ppm, 40°C 或更低	一般 0.5 - 5 ppm, 40 °C或更低
最大 500 ppm	最大 2 ppm	最大 500 ppm	最大 20 ppm
累积250,000ppm 小时; pH=11	累积90,000 ppm 小时; pH=11	累积350,000 ppm 小时	累积150,000 ppm 小时

註

上述與氧化劑相關的數據代表了膜對單種氧化劑的耐受量。如果同時與NaOCl和ClO₂接觸，能耐受的總量按以下公式計算：

總耐受量(NaOCl+ClO₂)=2.6*ClO₂耐受量(ppm hr)+NaOCl耐受量(ppm hr)<250000 ppm hr

根據實際經驗和為了盡可能提高膜壽命的目的，建議將膜接觸的氧化劑量降到最低限度。耐受限值也會受溫度、pH值以及存在的金屬物質影響。為了不高過最高耐受限值，設備停止運行時，膜必須保存在無任何氧化劑的保護液中。

酸		鹼	
鹽酸	++	氫氧化鈉(<4%)	++
硝酸	++	氫氧化鉀(<4%)	++
磷酸	++		
乙酸	++		
檸檬酸	++		
過濾 pH>2		過濾 pH>12	
清洗 pH>1		清洗 pH>13	



製程特性

膜型號	親水膜直徑 (mm/mil)	錯流流量 (m3/h/gpm)	1 m/s時 膜組件壓損 (m3/h/gpm)	2 m/s時 膜組件壓損 (m3/h/gpm)
Aquaflex HP PVC 0.8mm	0.8 [43]	27.5 x v [37 x v]	72 [10]	150 [21]

(*) 表面流速 (v)，單位 m/s [ft/s]

運行技術條件

最高系統壓力 (kPa/psi)	最高跨膜壓力 (kPa/psi)	最高反洗壓力 (kPa/psi)	運行溫度範圍 (°C/°F)
500 [72]	300 [43]	300 [43]	0—40 [32—104]

反洗水中不能含有懸浮微粒，需要用超濾出水或更高品質的水：

反洗泵要採用耐腐蝕材料，如塑膠或不銹鋼。如果使用空氣壓縮對反洗加壓，不允許兩相混合的氣/水混合物進入膜組件

為防止機械力破壞，避免膜組件遇到劇烈的溫度變化，尤其是溫度的迅速下降。將膜組件緩慢地恢復到室溫（通常為1 °C/min）。如不按此操作，會導致膜組件不可恢復的破壞。

注意：同時在pH值、濃度、壓力和溫度等參數2個計以上極限值的條件下進行清洗或運行，將影響膜的壽命

获得的认证

美国：ANSI/NSF, Standard 61

英国：Regulation 31 (申请中)

法国：AFSSA (申请中)



連接口規格

進水側(膜組件與端蓋連接口, 詳見下圖a)

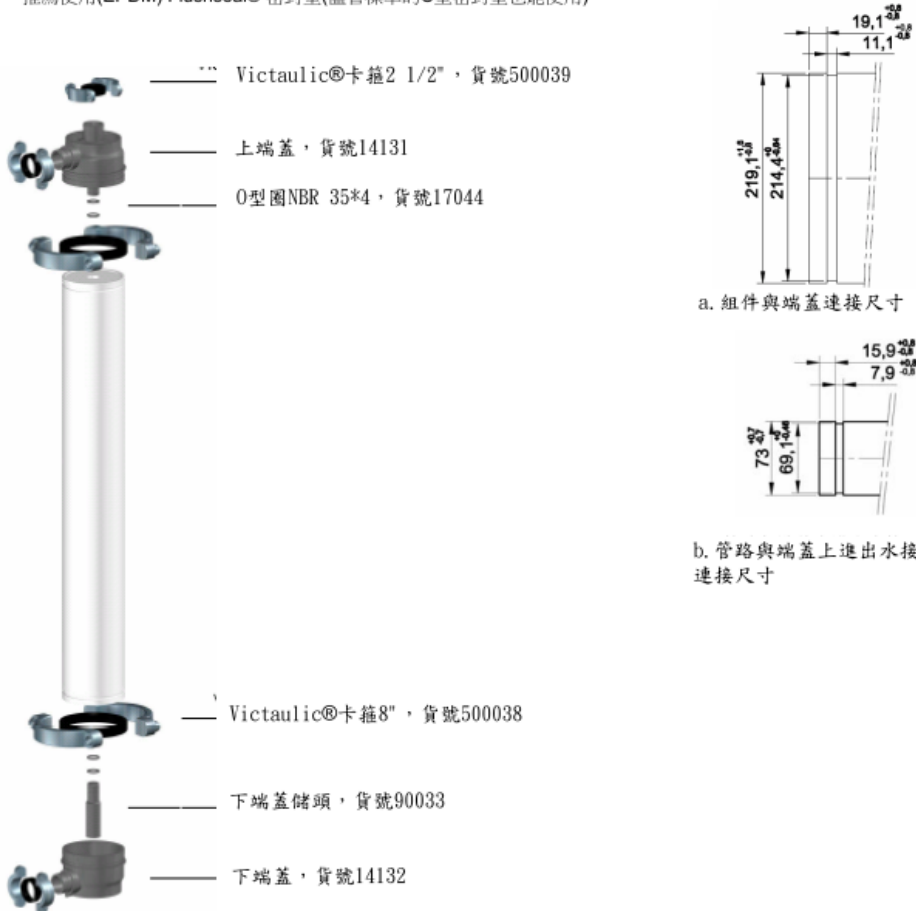
標準8" (219.1 mm) Victaulic® 卡箍 (75型), 配合 FlushSeal 密封墊NB. 連接部分最大內徑=188 mm [7.4 Inch]

進水口和出水口(管路與上下端蓋的連接口, 詳見下圖b)

與上端帽連接, 標準2 1/2" (73.0 mm) Victaulic® 卡箍 (75型), 配合 FlushSeal 密封墊

上端帽和下端帽內出水連接頭的O型圖: 35*4 mm (NBR)

推薦使用 (EPDM) Flushseal® 密封墊(儘管標準的C型密封墊也能使用)



註: 諾芮特膜組件的標準供貨範圍中僅包刮圖中的膜組件、上下端蓋, 下端實心連接件及4個35*4 mm的O型圈, 不包刮圖中全部卡箍及配套密封件、端蓋以外的管連接件, 除非客戶特別單獨訂貨



保存

新膜可以在原包裝中保存，膜組件中含水溶性保護液，其中甘油(20WT%)，焦亞硫酸鈉(1WT%)。

膜組件應存放在乾燥、通風的地方，遠離火源、熱原、避免陽光直射。保存溫度為0-40℃。

膜組件不允許放置在冰凍的環境中。

膜組件在用戶倉庫存放時間，對於沒有使用過的、並且包裝沒有開過封的膜，在正確的存放條件下，諾萬特X-Flow公司將其所有權轉移到用戶起的6個月。在最長的6個月期限後，所有質保條款將失效，除非雙方有書面協議另行規定。

使用後的超濾膜，需要保持在濕潤條件下。

放置或儲存時，為防止細菌在膜內滋生，濕膜需要用合適的殺菌劑處理。超濾膜可以耐許多通用的殺菌劑或抗菌劑：短暫停用條件時，每日用濾出水溶解2.0ppm的有效氯沖洗30-60分鐘可以抑制細菌滋生。

長期保存時，需要在抗菌前徹底清洗膜，殺菌可採用1%亞硫酸鈉。在任一狀態下，膜內應該充滿保護液保存。

更多信息請諮詢:

X-Flow BV
P.O.Box 739
7500 AS Enschede
The Netherlands

T + 31 (0)53 4287350
F + 31 (0)53 4287351
E info@xflow.nl
I www.x-flow.com



說明：此文件中提供的信息和參數來源於我們的經驗，並被證明是正確的，可以做為用戶選用產品時的參考條件。但是由於產品的使用是不受我們控制的，上述信息不是產品的最終性能保障，也不接受使用我們產品的任何責任。我們產品的質量僅根據我們的銷售保證條款。應該考慮到現有工業財產權力。



E 廠及 F 廠之 EDI 膜規格

GE Power & Water
Water & Process Technologies

Fact Sheet

E-Cell-3X Stack

Industrial Electrodeionization (EDI) Stacks



Figure 1: E-Cell-3X Stack

E-Cell-3X is designed to:

- Provide Ultrapure Water for industrial applications including Power, Semiconductor, and General Industry.
- Produce Mixed Bed quality water on a continuous basis.
- Require no caustic or acid for regeneration of ion exchange resin within the stack.
- Be leak free, guaranteed.
- Eliminate brine injection and concentrate recirculation, simplifying system design.

Description and Use

E-Cell-3X Stacks are electrodeionization (EDI) stacks which use electrical current to deionize and polish reverse osmosis (RO) permeate water (Figure 1). The product water for the E-Cell-3X is at an Ultrapure level required in today's most demanding applications.

Typical Applications

- Microelectronics
- Power Generation (NO_x, Boiler Feed)
- General Industry

Quality Assurance

- CE, UL & CSA marked
- Manufactured in a ISO 9001:2000 facility

E-Cell-3X Stack Specifications

Nominal Flow	5.0 m ³ /hr	22.0 gpm
Flow Rate Range	2.3 – 6.4 m ³ /hr	10 – 28 gpm
Shipping Weight	135 kg	298 lbs
Dimensions (width x height x depth)	31cm x 61cm x 64cm	12" x 24" x 26"

Typical Performance

Product Quality		
Resistivity	> 16 MOhm-cm	
Sodium	< 3 ppb	
Silica (SiO ₂) Removal	Up to 99% or < 5 ppb	
Boron Removal	> 95%	
Operating Parameters		
Recovery	Up to 97%	
Concentrate Flow (vs. Product Flow)	Countercurrent, hardness ≥0.10 ppm as CaCO ₃ Cocurrent, hardness <0.10 ppm as CaCO ₃	
Voltage	0-400 VDC	
Amperage	0-5.2 ADC	
Inlet Pressure	3.1-6.9 bar	45-100 psi
Pressure Drop	1.4-2.8 bar	20-40 psi



Find a contact near you by visiting www.ge.com/water and clicking on "Contact Us".
* Trademark of General Electric Company, may be registered in one or more countries.
©2014, General Electric Company. All rights reserved.

FSEI-Cell-3XStack_EN.doc Jun-14



Maximum Feed Water Specifications		
Feed Water - Total Exchangeable Anions (TEA as CaCO_3)	<25 mg/l	<25 ppm
Feed Water - Conductivity, NaHCO_3 equivalent	< 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperature	4.4–40°C	40–104°F
Total Hardness (as CaCO_3)	< 1.0 mg/l	< 1.0 ppm
Silica (SiO_2)	< 1.0 mg/l	< 1.0 ppm
Total Organic Carbon (TOC as C)	< 0.5 mg/l	< 0.5 ppm
Total Chlorine	< 0.05 mg/l	< 0.05 ppm

Actual performance may vary depending on site conditions.
Reference E-Calc projection software to verify actual performance.
Patents pending.