

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：研習)

經濟部 94 年台法技術合作訓練計畫赴法研習
「法國海水淡化與薄膜處理生產公共給水技術」
出國報告

報告人：饒欽良

服務機關：台灣自來水股份有限公司

出國期間：94 年 10 月 30 日至 94 年 11 月 11 日

出國地區：法國

系統識別號：C09500145

公務出國報告提要

頁數：23 含附件：

報告名稱：經濟部 94 年台法技術合作訓練計畫赴法研習「法國海水淡化與薄膜處理生產公共給水技術」出國報告

主辦機關：經濟部國際合作處

聯絡人/電話：林芳州/02-23212200 ext697

出國人員：饒欽良 台灣自來水股份有限公司組長

出國類別：研習

出國地區：法國

出國期間：94 年 10 月 30 至 94 年 11 月 11 日

報告日期：95 年 1 月 11 日

分類號/目：I5/化學與環境科學

關鍵詞：濁度、澄清池、高級處理、臭氧、粉狀活性碳、水質標準、微過濾薄膜、超過濾薄膜、海水淡化。

內容摘要：雖然我國平均年雨量約為世界平均值之 2.6 倍，但是每人每年平均可分配的水量僅為世界各國

平均值的八分之一，且每人每年所能分配之可再生淡水量亦極貧乏，平均為 856 立方公尺，依據國際人口行動組織的定義，每人每年所分配之可再生淡水量若少於 1000 立方公尺者即為缺水國家，故有須要朝向 1. 污水或引用河川下游較汙染之水源以薄膜處理再利用作為工業用水或作為地下水補注 2. 海水淡化等薄膜處理方式確保水資源之需求。

本次出國研習所參訪之對象有水處理顧問公司、水處理檢驗研究中心、水處理場，研習之內容則含括高濁度原水之處理、薄膜處理、高級淨水處理後再以粉狀活性碳搭配薄膜（UF）去除有機污染物（殺蟲劑與除草劑）與臭味，值得作為本國自來水事業之標竿與未來水處理之方向。

法國海水淡化與薄膜處理生產公共給水技術

目 錄

壹、前言與考察目的	2
貳、考察過程	
一、考察行程	3
二、參訪單位概述	4
(一) degrement 水處理商	4
(二) Le Mont Valerien 高級淨水處理場	4
(三) Vigneux s/s Seine 薄膜處理場	8
(四) 參訪 La Jatte 薄膜處理場	10
(五) degrement 技術研發中心	10
參、參訪心得	
一、薄膜程序在淨水程序中的發展及利用	11
二、微過濾 (MF) 及超過濾 (UF) 薄膜之淨水工程技術	13
三、逆滲透薄膜 (RO)	19
肆、結論與建議	21
伍、參考文獻	

法國海水淡化與薄膜處理生產公共給水技術

壹、前言與觀摩學習目的

一、前言

台灣雖年降雨量豐沛為世界平均值之 2.6 倍，惟受時空與地理環境之因素降雨不均，每人每年平均可分配的水量僅為世界各國平均值的八分之一，屬缺水國家，為要穩定供水故有須要朝向 1. 污水回收或引用河川下游較污染之水源以薄膜處理再利用作為工業用水或作為地下水補注 2. 海水淡化等薄膜處理方式增加穩定水資源。

以混凝、膠凝、沉澱及過濾與消毒的方式去除水中物理、化學性污染物與水中致病性的微生物，然因梨型蟲及隱孢子蟲在淨水處理上被發現有潛在的健康危機而有加強混凝降低濾後濁度之認知，起而有傳統處理後端結合薄膜去除水中致病性的微生物之處理方式。

國內應用薄膜生產自來水之技術尚有許多值得學習的地方，在處理技術與合理水價之平衡下提供量足與高品質之公共給水是值得探討。

二、觀摩學習目的：

- (一) 了解低壓力薄膜 (MF、UF) 搭配傳統或高級處理後之使用與效能。
- (二) 了解目前先進薄膜技術用於海水淡化 (seawater desalination)、鹽井水 (brackish water desalination) 淡化及淨水高級處理 (硝酸鹽氮、

氮、鐵、錳、砷、鈣、鎂、臭味、藻類、微囊藻毒等處理)之應用，以檢討改善本公司目前操作營運中之機組，並探討先進技術於本公司使用之可行性。

貳、考察過程

一、考察行程

考察期間為自 94 年 10 月 30 日至 94 年 11 月 11 日共計 13 日 (含例假日)。

月	日	星期	工作記要
10	30	日	啟程
10	31	一	到達
11	1	二	拜訪 degrement 水處理商
7	2	三	參訪 Le Mont Valerien 高級淨水處理場
7	3	四	參訪 Vigneux s/s Seine 薄膜處理場
7	4	五	參訪 La Jatte 薄膜處理場
7	5	六	例假日
7	6	日	例假日
7	7	一	拜訪 degrement 水處理商討論高濁度與薄膜處理
7	8	二	拜訪 degrement 技術研發中心
7	9	三	資料整理

7	10	四	搭機回台
7	11	五	抵達

二、參訪單位概述

(一) 拜訪 degremont 水處理商

Degremont 公司係屬法國 SUEZ Environment 集團旗下，總部設於巴黎近郊之 Rueil-Malmaison Cedex，係一歷史悠久（60 年）著有口碑之國際性水處理專業公司。公司營業項目包括淨水場、廢水處理廠、海水淡化場及污泥處理廠之設計、建造及營運，並有混凝沉澱設備、臭氧機及 UF 薄膜等設備製造工廠暨研發中心。目前有員工 3500 人，2004 年年營業額 8.32 億歐元。至目前為止，已在全世界建造了超過 10,000 廠，包括 3,000 個飲用水廠及 2,500 個廢水處理廠。

(二) 參訪 Le Mont Valerien 高級淨水處理場

本淨水場位於巴黎近郊設計出水量 115,000CMD，供應巴黎市郊區 520,000 人口用水。第一期創建於 1959 年，後於 1985 年增加前臭氧處理單元設計出水量 55,000CMD。第二期於 1995 年擴建設計出水量 60,000CMD。

水源取自塞納(seine)河，取水口位於巴黎市區下游段，為取水安全於取水口上游設置水質監測站即時檢測 17 個水質參數（濁度、PH、溫度、電導度、氧、氨氮、磷、氧化還原電位、碳水化合物、酚、鋅、鉛、銅、鎳、鎘、鉻、養魚試驗），每個參數若超過設定門檻值即發出警告，採取緊急措施以確保取水水

質安全。

由於第二期設備較新穎，介紹該期之處理程序，其處理流程分三階段：

第一為前處理階段 (pretreatment) — 原水站抽入原水添加 2mg/l 臭氧，於接觸池至少接觸 3 分鐘，氧化去除有機物尤其是鹵化先驅物並減少藻類生長。當發生意外污染物 (如殺蟲劑) 進入時，可即時添加粉狀活性碳以去除之。

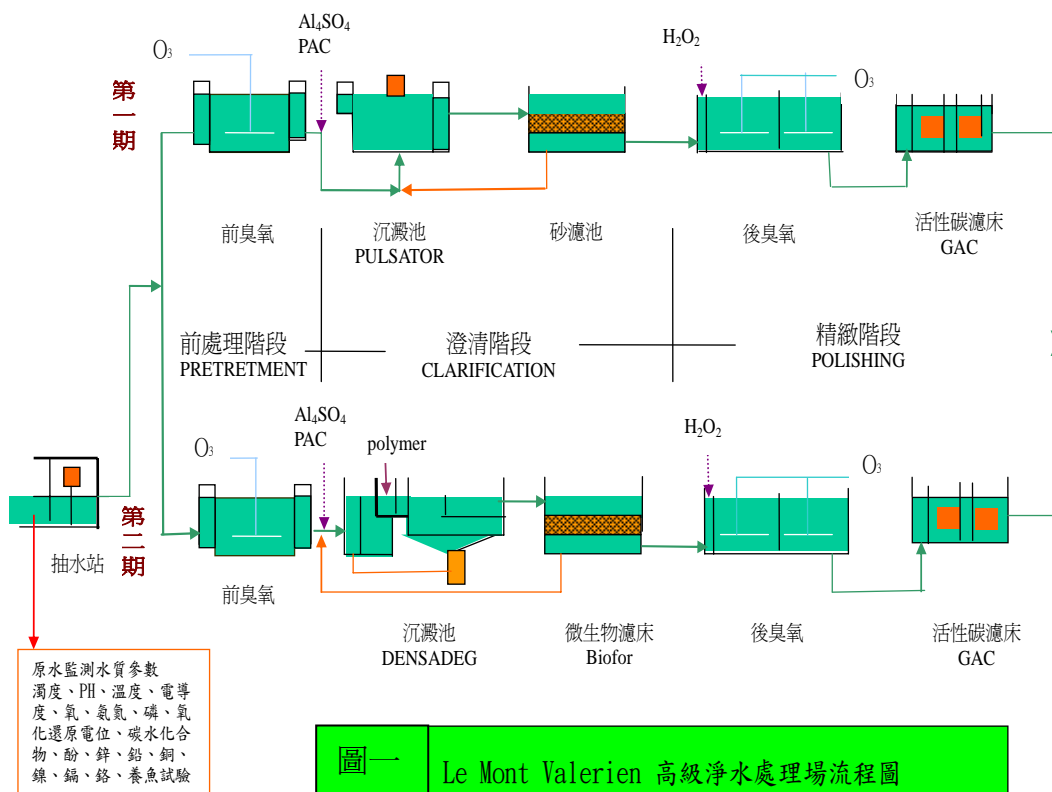
第二為澄清階段 (clarification) — 本階段係為去除懸浮固體物及其伴隨之有機與無機污染物質，處理單元分為二部份，第一部份以 degremont 水處理商自行研發之 Densadeg 澄清單元 (快混、混凝膠凝、沉澱) 去除濁度，第二部份以微生物硝化過濾單元以氧化去除原水中之氨氮，濾料係以膨脹黏土製成，其表面特性有助於消化菌生長與過濾，並可定期反沖洗。

第三為精緻階段 (polishing) — 本階段處理單元分為二部份，第一部分為添加臭氧以破壞所有致病性細菌、濾過性病毒與原生動物及去除造成嗅與味之有機物質如溶劑與殺蟲劑，遇原水水質污染嚴重時可以添加過氧化氫 (H_2O_2) 與臭氧結合加強去除效率。第二部份為顆粒活性碳 (GAC) 濾床去除臭味、色度與微量有機污染物質，又由於有非常高之比表面積 ($1000 \text{ m}^2/\text{g}$) 為生物活動密集，分解有機碳控制配水管網生物膜之形成風險。

塞納 (seine) 河原水水質如下表，其處理流程詳圖一，其相關之處理單元如 Pulsator、Densadeg 等沉澱池如圖二、三。

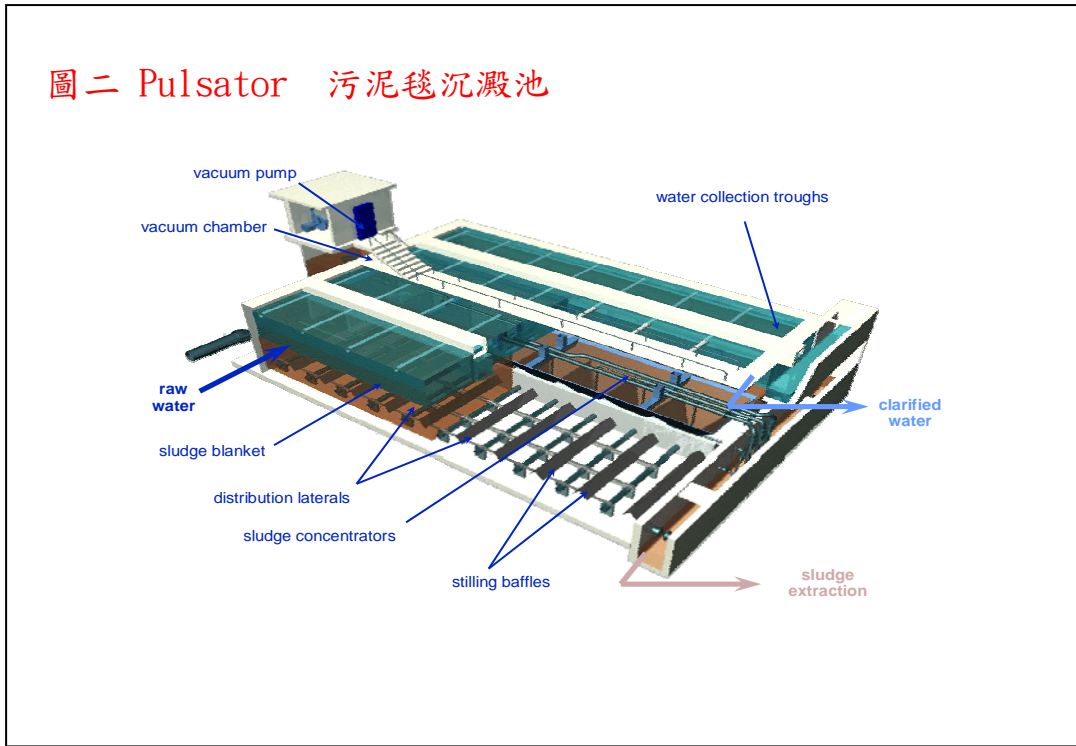
水質參數	單位	平均	最小	最大
濁度	NTU	6.72	0.3	20
溫度	°C	13	6	21
電導度	$\mu\text{S}/\text{cm}$	475	415	532
PH		8	7.85	8.15
總硬度	°F	25.2	21	29.3
氯鹽	mg/l	22.8	15	28
硫酸鹽	mg/l	30.8	22	36
SS	mg/l	17.8	5	43
硝酸鹽	mg/l	23.5	14	30
氨氮	mg/l	0.22	0.1	0.8
TOC	mg/l	3.6	2.7	4.6
大腸桿菌	每 100ml	34,400	17,000	75,000
殺蟲劑	$\mu\text{g}/\text{l}$	<0.05	<0.05	<0.05

備註：1°F=10 mg/l

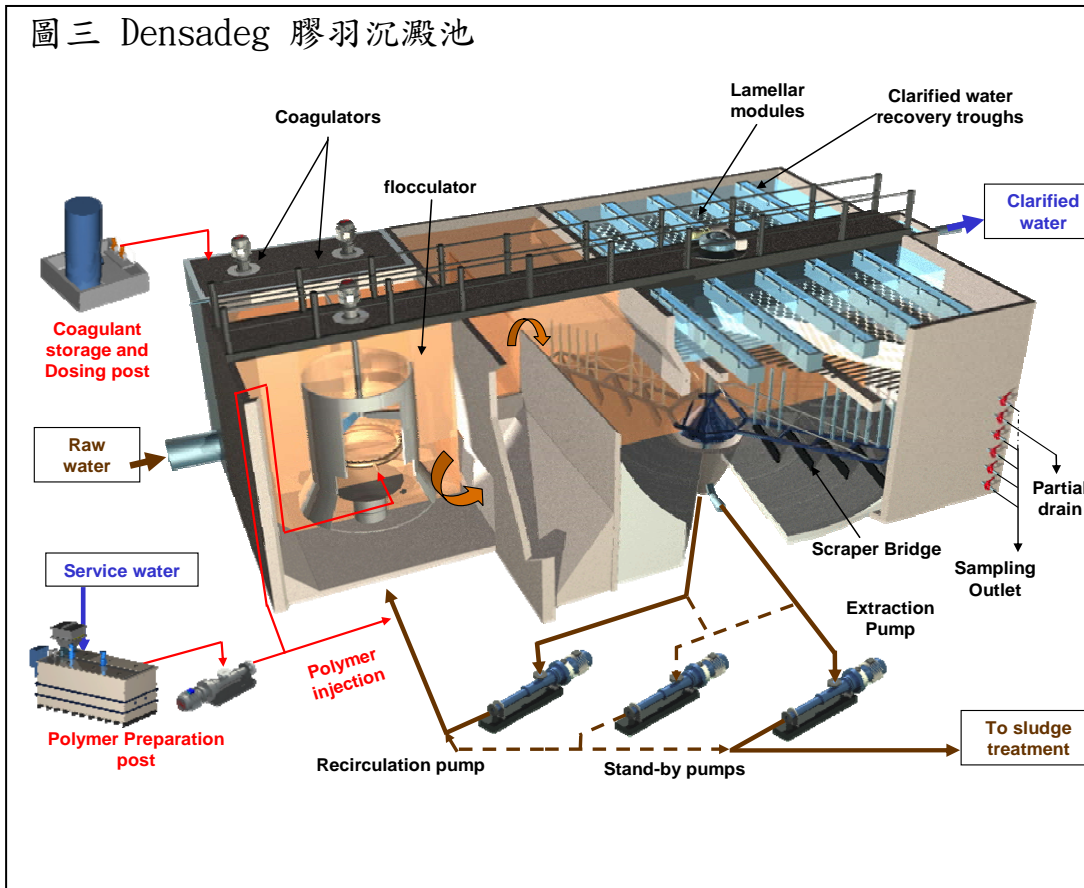


原水監測水質參數
 濁度、PH、溫度、電導度、氯、氨氮、磷、氧化還原電位、碳水化合物、酚、鋅、鉛、銅、鎳、鎘、鉻、養魚試驗

圖二 Pulsator 污泥毯沉澱池



圖三 Densadeg 膠羽沉澱池



(三) 參訪 Vigneux s/s Seine 薄膜處理場

巴黎市區南部 145 城鎮約 1 百萬人口之公共給水主要由 Vigneux-Sur-Seine、Morsangsur-Seine 與 Viry-Chatillon 等三座淨水場生產供應。Vigneux-Sur-Seine 淨水場創建於 1890 年，抽取塞納(Seine)河水處理，於 1993 年至 1997 年間增加臭氧與精緻處理設備，該精緻處理程序命名為結晶處理 (crystal process)，正常能力為 55,000CMD。

Vigneux-Sur-Seine 淨水場位於城市與工業區之上游水源遭收污染之風險較低，惟考量河川水水質經常變化 (春天藻類；秋冬濁度增加)，為提供用戶良好之水質，採取前處理、臭氧、添加粉狀活性碳再經 UF 薄膜精緻處理之方式生產公共給水。其處理流程如附圖一，分為三階段：

第一為前處理階段 (pretreatment) — 原水取自塞納河，篩除大於 1mm 顆粒之物質後進入抽水井。

第二為澄清階段 (clarification) — 以污泥氈沉澱池 (Pulsator) 去去除懸浮固體物及其伴隨之有機與無機污染物質，澄清水以顆粒活性碳床 (GAC) 過濾吸附溶解有機物質後以臭氧消毒去除細菌與濾過性病毒，同時亦可去除造成臭與味之化合物。

第三為精緻階段 (polishing) — 原水取自塞納河雖經第二階段處理後應可供應用戶使用，但由於河水含有許多產生臭與味之物質，尤其於溫度升高藻類繁殖茂盛新陳代謝產生臭與味，不易以傳統處理去除，經研發創新添加粉狀活性碳並以低壓力薄膜

(Ultra filtration) 處理，去除細菌、濾過性病毒、臭與味及微量有機物質，容許礦物質鹽類通過，該精緻處理程序命名為結晶處理 (crystal process)。該廠使用之低壓力薄膜 (簡稱UF) 為中空纖維型 (hollow fiber)，每單元長 1.3M, 直徑 30CM, 過濾面積 64M², 計有 8 組每組 28 單元共有 224 個單元，每單元有 1,500 纖維，設計通量為 200 l/m² * hr，約每小時反沖洗 1 次，每年化學清洗 1 次，1997 年設置 2004 年換膜，操作壓力差約 1kg，活性炭添加量約 8mg/l，操作模式可分為死端 (dead-end) 或通流 (cross-flow) 操作，端賴水質情況而變換。經洽詢其操作成本約為 0.17~0.25 歐元 (包括人事、化學藥品、電費、正常維修)。

各處理單元去處率 (%) 如下表

	沉澱	GAC 濾床	臭氧	結晶處理
WATER PARTICLES 水中顆粒	85	95	-	100
BACTERIA 細菌	90	99	99.9	100
VIRUSES 濾過性病毒	90	-	99.9	100
PROTOZOAN CYSTS 原生動物囊	99	-	99.9	100
ALGAE, PLANKTON 藻類浮游生物	99	-	99.9	100
MINERAL SALTS(SODIUM, CALCIUM, POTASSIUM)	-	-	-	-
DISSOVED ORGANIC MATTER	50	60	-	90
ORGANIC MICROPOLLUTANTS (PESTICIDES...)	-	10	40	100
ALGAE METABOLITES (RESPONSIBLE FOR TASTES AND ODOUR)	-	10	60	100

(四) 參訪 La Jatte 薄膜處理場

La Jatte 薄膜處理場位於巴黎西北方之Rouen鎮，原水取自六公里外之井經由地下渠道輸送，於 2000 年以前採傳統處理，由於法規對於濁度之要求日趨嚴格，由原本之 2NTU降低為 1NTU其內控值目標為 0.5NTU。又該水源區為石灰岩地區易受降雨影響原水濁度，而無法供應穩定之水質，為節省人力，於 2000 年底改建採用UF薄膜處理。目前設計出水量為 24,000CMD，薄膜採用degremont附屬機構Aquasource 製造中空絲纖維薄膜 (hollow fiber) 型號Ultrazur450，分 4 組每組 24 單元共計 96 單元，內徑 450mm，過濾表面積 125m²，其cut-off value為 0.01 μm。以此薄膜處理後之水質，濁度小於 0.1NTU，細菌、病毒、梨型鞭毛蟲、隱孢子蟲之去除率可達 6 個log，供水前添加氯以穩定管網之水質。由於水源來自水井除濁度於雨季增加外水質良好，故薄膜之前除以 125 μm微篩過濾外並未有前處理措施，本場為全自動無人駐守採巡迴操作而已，反沖洗水直接排入污水系統進入廢水廠處理。薄膜每小時反沖洗，薄膜場設置自今（約 5 年）尚不需化學清洗。

(五) 參訪 CIRSEE 研發中心

本中心主要以模廠為主，實驗室為輔，該研究中心設置有不同程序（膠凝、過濾、活性炭吸附、薄膜等等）之水處理模廠數十座，做效能之研究，例如該公司研發之 aquazur 濾床的反洗最佳方式與 pusator 或 Densadeg，即是在此經模廠試驗成功。目前研究重點在薄膜處理及快速浮除，另外一研究重點為污泥減

積。研究中心的研究主題皆由總公司視需要而定。模廠主要用來解決現場的一些問題或對將要進行之個案的水處理程序作模擬試驗，當然另外有一相當大的部份是研究發展。本實驗室對外接收法國大學生實習。

參、參訪心得

一、薄膜程序在淨水程序中的發展及利用

傳統水處理係以混凝、膠凝、沉澱及過濾的方式去除水中物理及化學性污染物後，再以消毒的方式去除水中致病性的微生物，供應用戶。於1993年3月底4月初美國威斯康辛州（Wisconsin）米哇其（Milwaukee）鎮，由於水處理時並未能將梨形鞭毛蟲中去除造成約40萬民眾感染腸胃炎，約有54~100人死亡，是為近代最大之水生疾病。另外在消毒副產物部分（DBPs），因諸多資料顯示DBPs對於人體健康的影響如產生三鹵甲烷THM、Acetic acid、Bromate等，因此，對於消毒藥劑的種類、添加量及有機物潛質等，有越來越多的研究。

由於世界上部分地區水資源不足薄膜處理技術逆滲透（RO）自1960年代開始用於海水淡化，後來由於水質要求日益嚴格且有微生物穿透之危機，故自1980年開始嘗試以NF（nanofiltration）進行軟化及有機物（TOC）的去除，並開發低壓力可逆洗的薄膜UF（ultrafiltration）、MF（microfiltration）或採用傳統處理配合薄膜或薄膜間互相搭配處理生產高品質水。

在跳脫傳統淨水程序的思維下，美國環保署自1990年代初開始，就相關的淨水程序提升的議題上有了新的體驗，針對薄

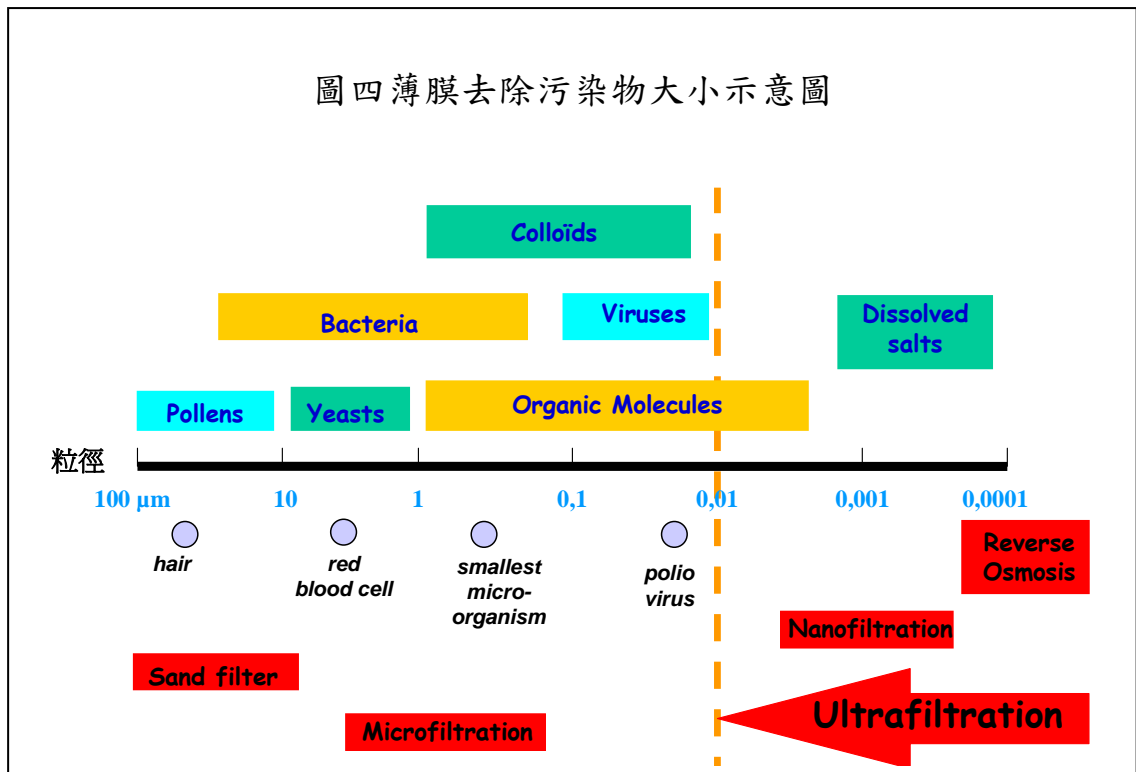
膜技術的導入，終將是一個值得開發深入探究的領域，經過了學界及實務界的討論，在 2003 年推出了「MEMBRANE FILTRATION GUIDANCE MANUL」技術手冊，藉以整合薄膜技術在淨水領域的研究及實際操作營運等實際利用的經驗，並透過這些醒思與探究，提出了未來對於薄膜技術在淨水領域的綱領及新契機。

雖然薄膜處理技術在近年來快速發展，但實際嘗試利用在淨水處理上是最近十年內的事，逆滲透(RO)自 1960 年代開始用於海水淡化，而 1980 年代才開始嘗試以 NF (nanofiltration) 進行軟化及有機物(TOC)的去除，而商業上利用可逆洗的薄膜 UF (ultrfiltration)、MF (microfiltration)則是自 1990 年代才開始大量使用，而漸漸的受到淨水領域的重視，而開始反思原有的淨水程序及相關的法規要求。

由於工商業發達人口增加，水資源愈來愈難開發，水資源缺乏之地區必須思考污水再利用，新加坡為水資源缺乏之地區，其污水下水道普及率 100%，收集所有使用過之污水進行薄膜處理後回收使用，大部份用於公園、工業、商業大樓空調冷卻用水，少部分與水庫水混合。新加坡政府於 2003 年予 SingSpring 公司簽約以 DBOO (Design-Build-Own-Operate) 方式供應 20 年 136,000CMD 海淡水 (RO)，第一年售價為新加坡幣 0.78 元，折合台幣約 16 元。由於薄膜生產與操作技術愈來愈成熟，成本愈來愈降低，未來將成為淨水之主要技術。

薄膜去除污染物大小示意圖如圖四：

圖四 薄膜去除污染物大小示意圖

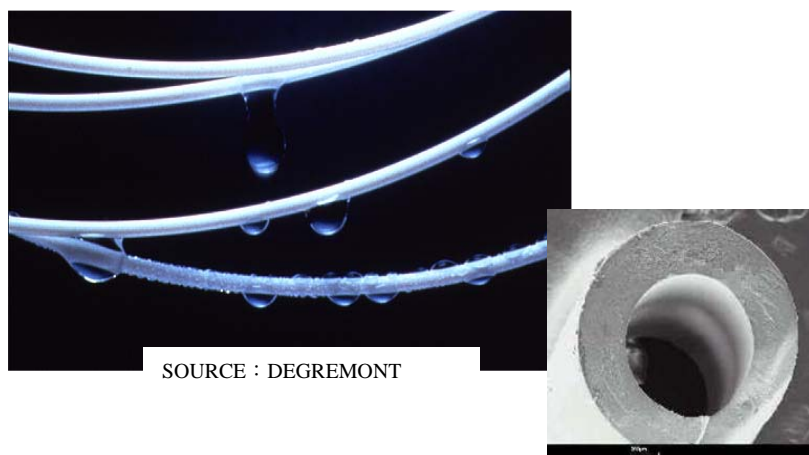


二、微過濾 (MF) 及超過濾 (UF) 之淨水工程技術

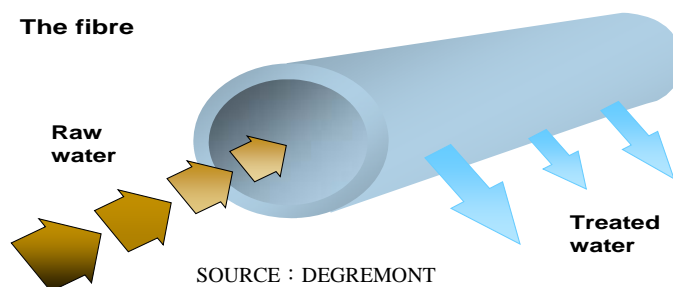
MF/UF 是薄膜處理中運用最廣的技術，此二者的區別在於其薄膜移除懸浮微粒或膠體粒子的能力，薄膜的機制類似分子篩的方式將顆粒移除，然而，薄膜的孔徑大小有其分布範圍，並非均一大小，所以也就無所謂標準薄膜孔徑，造成薄膜孔徑大小的分布在於其材質及製造過程，這樣的特質也造就了薄膜的去除能力，MF 的孔徑大約在 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ，最大可到 $10 \mu\text{m}$ ，而 UF 的孔徑大約在 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{m}$ ，最小可到 $0.005 \mu\text{m}$ ，UF 因可去除較大的有機污染物，在實務上也有用 MWCO (Molecular Weight Cut Off) 來表示其去除能力，約 10 萬 ~ 50 萬 Daltons，在淨水程序中，MF/UF 用在懸浮微粒、濁度、微生物等去除，水質標準日益提升，MF/UF 淨水技術已漸受重視，圖五為 MF/UF 薄膜的結構，圖六為進水模式(INSIDE-OUT)，塗

七為模組單元。

圖五MF/UF薄膜的結構 (HOLLOW FIBER)



圖六 UF (HOLLOW FIBER) 進水模式(INSIDE-OUT)



圖七 UF (HOLLOW FIBER) 單元

► The modules



SOURCE : DEGREMONT

法國於 2000 年由 Lyonnaise des Eaux 操作 35 座 UF 薄膜場，出水量範圍為 200~55,000CMD，該薄膜由 Aquasource 製造，UF 僅能去除較大之有機污染物，若果原水中污染物太多僅賴 UF 並不能確保水質，必須結合傳統處理程序(吸附、混凝、氧化…)以確保符合水質規定。法國水處理商 degremont 研發結合傳統處理程序處理含有高有機物之地面水，介紹如下：

1. 結晶處理 (CRISTAL process)：

為去除水中有機物與微量有機化合物 (如殺蟲劑、引起臭與味之化合物、消毒副產物之先驅物質等)，添加粉狀活性炭吸附有機物後以 UF 薄膜過濾之處理方式。

此處理方式之優點為：

- a. 具彈性：可視水質之情況添加粉狀活性炭 (PAC)
- b. 添加粉狀活性炭較 GAC 與污泥氈更快速吸附有機物與微量有機化合物。
- c. 過濾循環提供混合能量，增加活性炭吸附能力。

使用結晶處理 (CRISTAL process) 之淨水場如下表

Aquasource UF full-scale plants using the CRISTAL process				
Plants and on line date	Capacity, (m ³ /d)	Source water	Average PAC dose, (mg/L)	Water quality objective
Châtel Gérard, France, 1993	660	Groundwater	6–8	Color
Chermisey, France, 1994	200	Groundwater	10	TOC
Apié, France, 1996	28,000	Reservoir water	8	TOC–T&O
Saint Quentin, France, 1997	250	Groundwater	5	Pesticide
Vigneux, France, 1997	55,000	Clarified surface water	8	TOC–T&O Pesticide
Kopper, Slovenia, 1997	35,000	Reservoir water	10*	Pesticide
Saint-Julien, France, 1999	400	Groundwater	5 *	Pesticide
Bucey les Gy, France, 1999	1,200	Groundwater	5*	Pesticide
Lausanne, Switzerland, 2000	65,000	Lake water	5–10*	T&O
Avranche, France, 2000	12,000	Clarified surface water	NA	TOC–T&O Pesticide
La Terrisse, France, 2000	6,000	Clarified reservoir water	NA	TOC–T&O

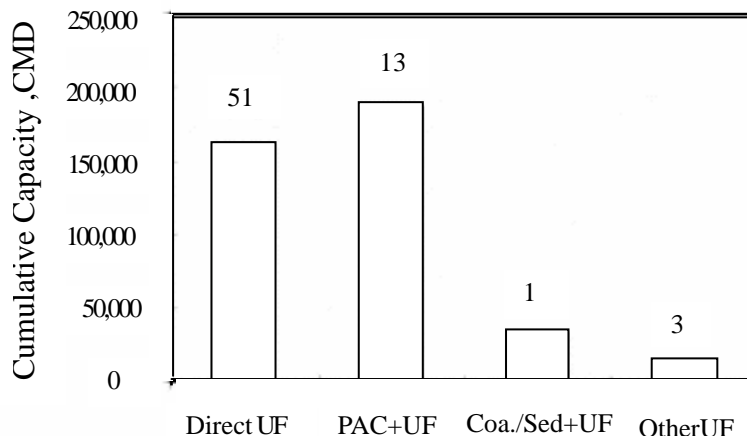
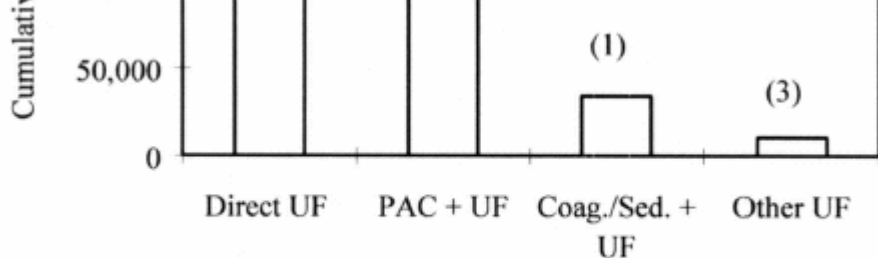
*Occasional addition of PAC
source: 「 Status after 10 years of operation-overview of UF technology today 」 by J-M.Laine,D.Vial,Pierre Moulart

2. UF 結合傳統處理（混凝、沉澱）

由於法規對於濁度與梨型鞭毛蟲、隱孢子蟲之去除日以嚴格，早期之淨水場無法處理符合目前之水質標準，可以於傳統處理流程後端增設 UF，提昇處理能力符合目前與未來水質要求。該處理流程業經由美國德州聖安東尼區淨水場採用，其處理能力於 2000 年時為 34,000CMD。

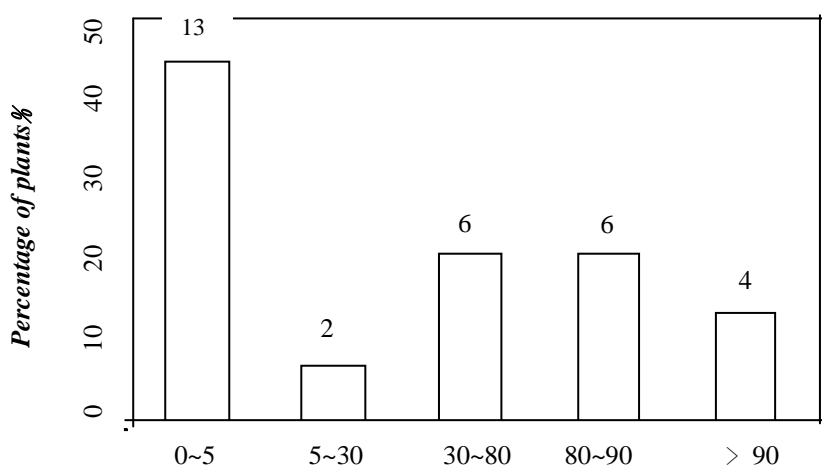
若原水水質濁度低且有機污染物甚少可以僅用 UF 薄膜處理去除微生物與濾過性病毒與濁度降低至 0.1NTU，MF/UF 薄膜亦可作為 RO 之前處理。

法國使用 Aquasource UF 薄膜結合 PAC 或傳統處理或直接使



1. source: J-M.Laine,D.Vial,Pierre Moulart 2000 年
2. 數目字為淨水場數

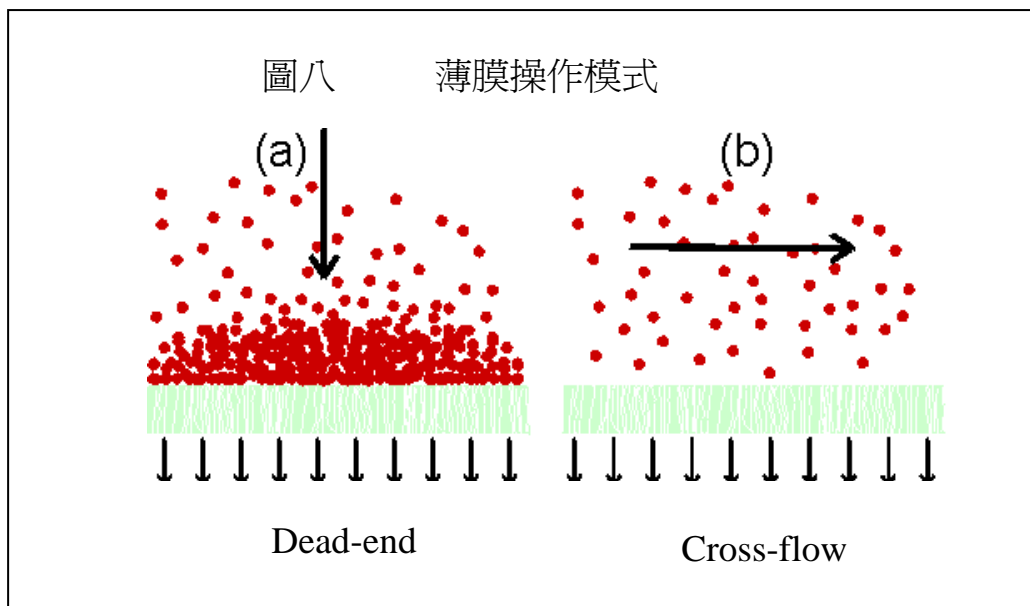
UF 薄膜操作方式有死端 (dead-end) 與通流 (cross-flow) 操作如圖八，若進水量水質良好可採死端操作，若水質不佳採通流操作，有些淨水場以程式設定，視水質之情況採不同之操作方式，通量操作可減少顆粒沉積於膜表面降低積垢 (fouling)，減少反沖洗，通量操作增加電費，法國 Aquasource UF 調查操作方式如下圖：



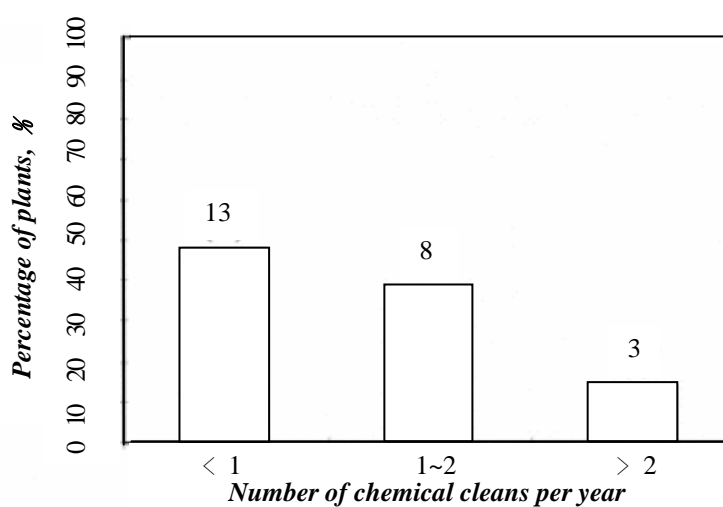
Operation in dead end mode, % of time

數目字為淨水場數

source : J-M.Laine,D.Vial,Pierre Moulart 2000 年



當 UF 薄膜積垢壓力差增加通量減少時，必須反沖洗或化學清洗，為減少化學清洗之需要，必須評估原水水質調整通量與反沖洗之頻率。法國 Aquasource UF 調查約有 85% 淨水場化學清洗每年少於二次，有一座淨水場操作約 5 年尚不需化學清洗，化學清洗之次數如下圖：

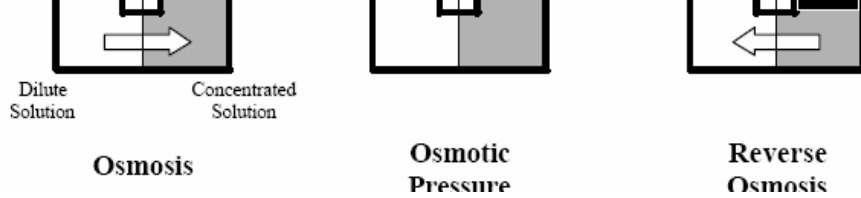


source : J-M.Laine,D.Vial,Pierre Moulart 2000 年
數目字為淨水場數

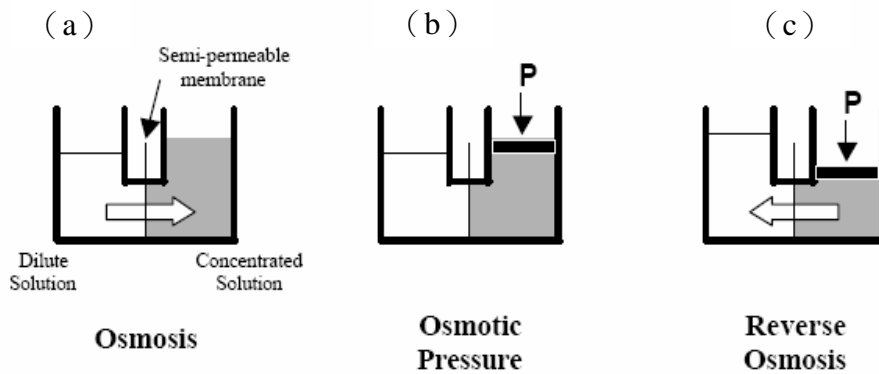
三、逆滲透薄膜 (RO)

在淨水程序中使用RO薄膜係為去除溶解性污染物，例如鈣、鎂離子之移除或是去鹽之淡化程序，RO的去除效率，以去除分子重量 (Molecular Weight Cut-Off, MWCO) 來表示，RO去除之分子重量小於100 Daltons (單位質量，一個氫原子的重量)，也就是如同溶解性物質的分子篩，RO被視為半滲透薄膜，故不探究其薄膜孔徑，而是以滲透的觀念解釋溶解性物質的去除。

當薄膜兩邊的濃度、亂度及溫度條件不均等將造成流動趨勢 (fugacity) 會使低濃度之溶液往高濃度之溶液移動，直到達成平衡為止該行為即係滲透 (Osmosis)，而逆滲透 (Reverse Osmosis) 則是將這種自然移動的趨勢加以逆轉，而產生與原來傳送方向相反的流動，圖九就是來說明滲透及逆滲透的行為，當 (a) 時，左邊注入清水，右邊注入海水，因流動趨勢不平衡，使得清水由左邊流向右邊 (b)，其中鹽類在左邊為高濃度照理應會流向右邊，但是受到薄膜阻擋無法通過，所以，只能由水流入左邊而達到平衡，而逆滲透則是在右邊外加能量 (通常為壓力) 逆轉這個趨勢，使水由右邊流向左邊 (c)，而達到海水淡化的目的。對清水或半鹵水一般而言，溶液總溶解固體量 (TDS) 每相差 100mg/l 滲透壓約為 1psi (0.07kg/cm²)。



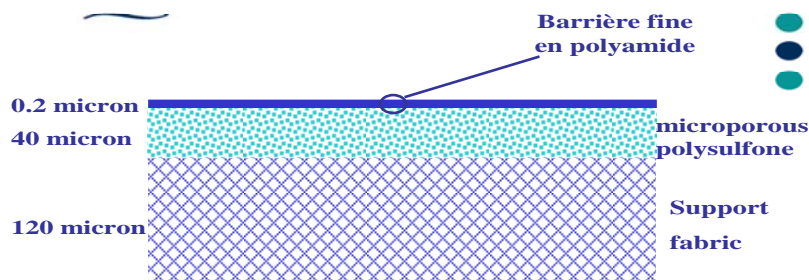
圖九 逆滲透示意圖



因為RO薄膜孔徑非常小，能有效濾除微生物，部分淨水場（用於指標性微生物梨形蟲，隱孢子蟲的去除。圖九為RO薄膜的結構圖，與海水接觸的為薄膜主體（active layer）其厚度約僅有 $0.2\ \mu\text{m}$ ，是主要滲透反應的地方，其下方為 $40\ \mu\text{m}$ 的支撐層，以承受壓力並避免RO薄膜之破損及變形，最下一層為基礎織層，以固定薄膜整體結構。RO薄膜大部分皆為Spiral-Wound薄膜模組，其結構圖與壓力管裝置如圖十、十一。

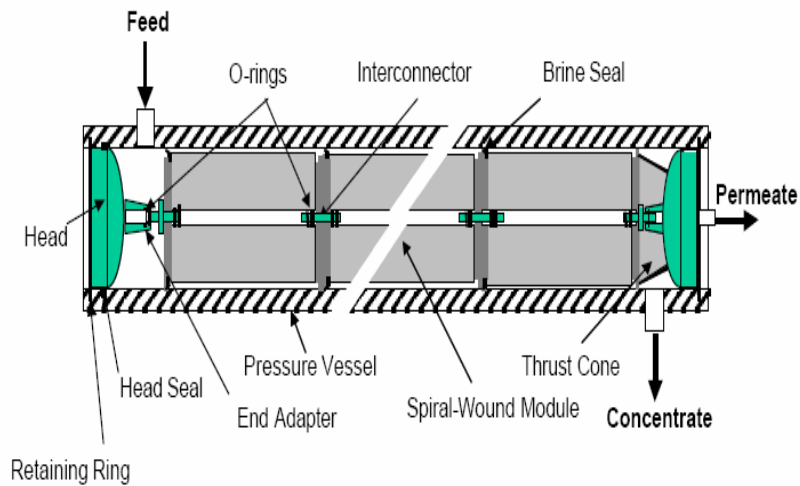
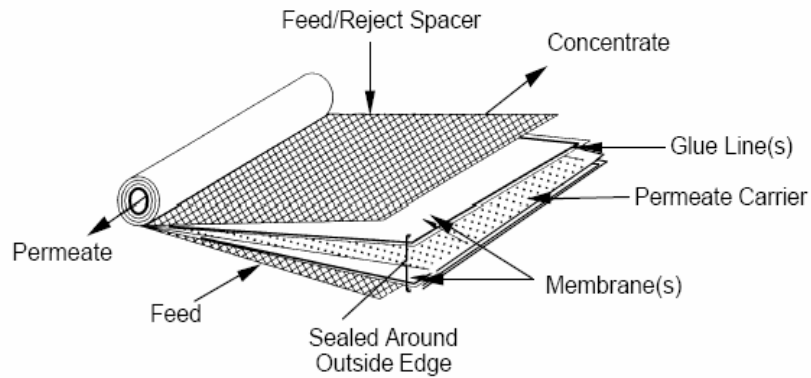
RO薄膜海水淡化由於近年來技術進步所需電力約為40年前之10%，目前每生產1噸淡水所耗費之電力小於3KWh，所需之初設費與操作費約為0.8~1.5美元^{註1}。現今大於10萬CMD之海

圖九 RO 薄膜結構圖



註¹:source Dr.Tay Joo Hwa Nanyan Technological University Singapore

圖十 Spiral-Wound 薄膜單元結構圖



圖十一 壓力管內 Spiral-Wound 薄膜裝置

水淡化廠有 Tampa Bay USA、Ashkelom Israel、Singapore，正在興建有澳洲 Perth 143, 700CMD。

RO 薄膜目前發展有低壓力 RO 薄膜處理受污染之地下水或地面水，其前處理有結合傳統處理或與 MF、UF 結合。

肆、結論與建議

一、台灣水資源不豐，需賴水庫貯存豐水時期之水量以濟枯水時期之需，然因環保團體與民眾之抗爭水庫興建不易，目前由於薄膜技術進步，成本降低，將家庭污水或是於河川

下游較污染之水處理再利用，作為農業或工業用水，或補助地下水。

二、由於飲用水關係身體健康，未來用戶或政府對水質之要求有日益嚴格之趨勢，因此除以傳統之淨水處理外必須進一步考慮「精緻」處理之實施，例如添加粉狀活性碳後再以 UF 處理。

三、薄膜最大之問題出在積垢，除影響出水量與水質尚關係薄膜之壽命，且一旦完成再行修改非常困難。故必須要有詳細之規劃與模廠試驗，量測有關參數尋覓最佳處理流程，建議以有相當規模與經驗之水處理商負責規劃、設計、興建、操作、生產售水予政府之模式辦理。

伍、參考文獻

- 一、J.-M.Laine,D.Vial,Pierre Moulart 「Status after 10 years of operation-overview of UF technology today」 Conference on Membranes and industrial water production, Paris,2000
- 二、United State Environment Protection Agency 「Membrane Filtration Guideline Manual 」
- 三、 Foo Hu Kiang, 「Supply of Desalinated Water by the Private Sector Singapore's First Public-Private-Partnership Initiative」, 2004 International Desalination Association Congress

