

2.4.38-2 淨水設備—RO 系統

一、設備名稱：RO 系統

二、設備說明：

今日缺水之沿海或環海的國家或地區，已可利用取之不盡用之不竭的海水，藉由海水淡化技術生產自來水，逐漸成為一項有別於傳統自來水水源開發的新興水源。

目前除中東、歐美、以及大部份島嶼國家外，亞洲國家如日本、新加坡、南韓、中國大陸與印尼等，也都已積極發展或應用海水淡化技術以補充水源之不足。我國已在澎湖、馬祖與金門外島建有海水淡化廠，透過淡化技術的應用，以緩和 water 資源供需失衡的問題。

根據國際淡化協會(IDA)的定義，淡化水的用途分類，可區分為：工業用($\text{TDS} < 10\text{mg/L}$)、灌溉用($\text{TDS} < 1,000\text{mg/L}$)、軍事用($10 < \text{TDS} < 1,000\text{mg/L}$)、民生用($10 < \text{TDS} < 500\text{mg/L}$)、電廠用($\text{TDS} < 10\text{mg/L}$)、觀光用($10 < \text{TDS} < 5,000\text{mg/L}$)以及用途不明等七類。

目前全世界共有 133 個以上的國家應用海水淡化系統，而淡化水的主要用途為民生用水，其產量達每日 2,035 萬噸，佔全部淡化水產量的 62.8%，其次為工業用水，每日 820 萬噸，佔全部的 25.3%。

海水淡化方式主要有蒸餾法、電氣透析法及逆滲透法等三種分類：

(一)蒸餾法

蒸餾法是將海水加熱使之產生蒸氣，再將蒸氣冷卻以獲得淡水之方法。目前被實用化之蒸餾法有多段閃化、多重效用及蒸氣壓縮法等三種方式。

1.多效蒸餾法(MED)

多效蒸餾法是海水淡化技術中較早發展成功的方法之一。其原理係利用高溫蒸汽與海水之溫差進行熱交換後，將受熱沸騰而蒸發的海水(不含鹽的水蒸汽)冷凝並收集而成淡水。

2.多級閃化法(MSF)

運用蒸餾的原理，即液體在沸點時會產生蒸汽的原理，將溶液中的水份轉變成蒸汽，而與溶解於溶液中的鹽份分離。閃化 (Flashing) 以減壓方式降低沸點，並產生蒸汽，再將蒸汽冷凝後即可製得淡水。

3.蒸汽壓縮法(VC)

由於此技術並不需大量蒸汽作為熱能，故可用以替代多效蒸餾或多級閃化等海水淡化程序，並具有易組裝及可搬遷之特性，在蒸汽取得不易的地區，頗具吸引力。

海水由於含有鹽類的緣故，其沸點較純水高(高於 100 度)，而當過熱蒸汽(組成為水蒸汽)遇冷凝結時，其凝結溫度比原蒸發之沸點低。故可將蒸汽壓縮，以提高蒸汽之壓力與溫度，作為蒸發海水的熱源。由於壓縮蒸汽在蒸發管束中冷凝時將釋出潛熱，藉以加熱海水可得到更多的蒸汽。

蒸汽壓縮的方式可分為機械壓縮與熱壓縮二類。機械壓縮的動力源可為電力馬達、透平或柴油引擎，熱壓縮則採用蒸汽噴射(Steam Ejector)方式。

(二)電氣透析法

電氣透析法(ED)係將無數的陰/陽離子薄膜，交錯的串聯在一起，而鹽類溶解於水中會分解產生離子，因鹽類溶液屬電解質，當電解質溶液在薄膜間流動時，兩側施以直流電電壓後，陽離子即移向陰極；而陰離子則移向陽極。其中陰離子可順利通過陰離子薄膜，但是再往前時卻會被鄰近的陽離子膜阻擋；反之，陽離子也僅能通過陽離子膜，而無法通過陰離子膜。最後乃得以分離出低電解質濃度的溶液(淡水)以及高電解質濃度的溶液(鹵水)。

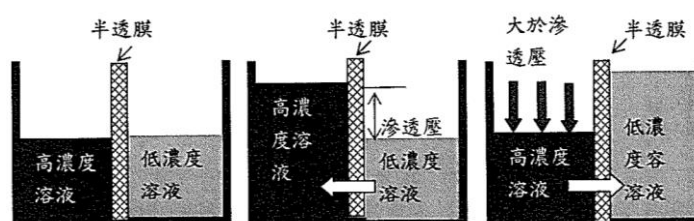
電氣透析法很少被應用在海水淡化方面，因海水所含的 TDS 較高(約 32,000 至 45,000 ppm)，若以此法進行淡化海水，其所耗費的每噸水耗電量將高於 RO 法，不符合經濟效益。此法多應用在鹹水(brackish water)淡化上，因鹹水所含 TDS 較低(<10000ppm)，故成本較低。

電氣透析法亦屬於薄膜過濾程序法(Membrane process)的一種，早期運用於含鹽水的去礦化處理後製成飲用水。商業化的電氣透析製程開始於 1960 年代，比逆滲透製程約早 10 年。後來發展出往復式電氣透析法因可大幅改善積垢的問題，幾已成為電氣透析法之主流。1980 年代因使用脂肪質陰離子薄膜(Aliphatic anion membrane)，往復式電氣透析法更得以有效解決各種問題，包括懸浮物質、有機物、含礦物質之排放等。

(三)逆滲透法

逆滲透法是使用具有水可通過而鹽分無法通過之半透膜，以獲取淡水的方法，其原理、處理流程及設施之管理等，詳述於後。

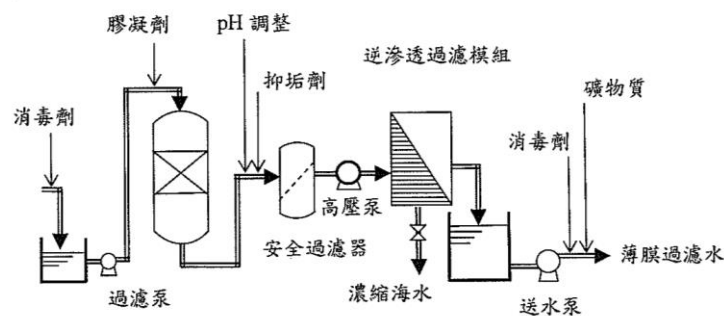
海水或鹽水淡化係一種淨水處理技術，其原理乃是利用能源將鹽水分離成兩部分，一部分為含鹽極低的淡水(Fresh Water)；另一部分則為含高鹽量之鹵水(Brine)，以達成淡化目的，其原理如下圖。



- 1.以半透膜為界，一邊放低濃度溶液(淡水)；另一邊放高濃度溶液(海水)。
- 2.低濃度溶液(淡水)會通過半透膜向高濃度溶液(海水)之一邊移動，這種現象稱之為滲透。當兩邊液位產生一定之壓差(水位差)時，水的移動便會停止。此時之壓差稱為滲透壓，通常海水的滲透壓約為 2.4 MPa

3.以大於滲透壓之壓力加在高濃度溶液(海水)上，則高濃度溶液(海水)中的低濃度溶液(淡水)會被壓出，並通過半透膜至低濃度溶液(淡水)的一邊。

適當的使用此現象，可自海水中取得淡水。利用逆滲透現象以半透膜組合而成之套裝(compact)模組，以及為持續加高壓供應海水進入模組之泵，所構成之裝置詳下圖。



藉由這種裝置，將海水持續加壓使之通過半透膜以產生淡水；另一方面未通過半透膜之海水，則殘留在含有鹽分之海水進流水中，成為濃縮海水，對此濃縮海水必須做適當之處理後才可進行海域排放。

三、維護方式

海水淡化設施是由原水設備、調整設備、逆滲透設備、放流設備等所構成。該處理程序各具有其機能，另須有加藥設備、機電設備及儀表設備，詳述如下：

(一)原水設備

原水設備是由海水取水口或海岸深井、取水管、沉砂池(pit)、取水泵及導水管等構成之調整設備與導流設備。特別是直接取水時，與海水接觸之取水口、取水路、取水槽、取水泵等，會因附著海中生物、泥砂之漂流及沉降而產生障礙與波浪，致使構造物或設備可能遭受損傷，故設備之維護管理需十分留意。

取水設備之構造物大多設置在受海水影響大的環境，故須依潛水作業一年一次，就設備的腐蝕狀況、海水生物附著的狀況，及其他影響機能之項目進行檢查、整合與清潔等之適當維護管理。其監視項目包括：取水泵運轉狀況、濾網(screen)孔堵塞狀況(前後之水位差)、取水井之狀況(水位)、加氯氣之狀況、水質(溫度、導電度、濁度、pH 值及餘氯濃度)等。一旦發生問題時即以備用機組接替運轉之。

(二)水質調整設備

水質調整設備是為了去除海水中所含濁度等之不純物，所需之前處理設備。其目的是在抑制微生物之繁殖，並去除濁質。

進入薄膜之原水其清淨度須加以測定，但不能以自來水所使用之濁度計逕行判定，必須使用淤泥密度指數值(Silt Density Index,SDI)、污濁指數值(Fouling Index,FI)以及 MF：薄膜過濾時間值(Membrane Filtration Time,MF)，加以測定與監視。SDI 值與 FI 值並無差異，薄膜進流水之 SDI 期望值在 4 以下；可能的話宜在 3 以下。此外尚須監視與控制之項目有：混凝劑、加入氯氣狀況、濁度、餘氯濃度、自動清洗工程及調整水槽水位等，混凝劑加入量大多按照海水流量之比例計算之。

逆滲透設備水質調整乃用以去除濁質，並對清淨後的海水做 pH 值之調整，其作法大多是按供給模組海水之進流量，以一定的比率加入硫酸之方式辦理。加入硫酸後之海水，須以 pH 值測定計做連續性之監視。

使用對餘氯不具耐受性之模組時，應對餘氯做還原處理，這種處理大多按照所供給的海水量，以一定比率加入亞硫酸氫鈉(SBS)。加入亞硫酸氫鈉後海水之氧化、還原電位須經常予以監視，若檢出此電位已異常，應緊急阻斷海水流入模組。

另外，因添加 SBS 之泵發生故障，或操作錯誤等而停止運轉時，須以緊急備用泵加以運轉(也有以薄膜清洗時所用添加 SBS 之泵代

用)，有時也須以停止供給海水之連結式信號機(Interlock)方式加以處理。

(三)逆滲透膜設備

逆滲透設備係利用逆滲透膜，將海水中所含的鹽分子予以去除之設備。其材質有醋酸纖維素(CA)系列及聚丙烯睛(PA)系列，是否具有孔隙並不明確，因薄膜材質之不同，薄膜過濾水之水質互有差異，故薄膜之選定須十分留意。

1.運轉壓力

提升運轉壓力會增加薄膜過濾水量，鹽分之去除率也會上升，但會加劇薄膜之壓密化。

2.回收率

因提高回收率會使薄膜表面濃度增高，故不僅薄膜過濾水量會減少，過濾水之鹽分也會增加。

3.模組之清洗

清洗方法依污染程度及污染狀況而互異，通常是使用高流速之低壓閃沖洗(Flushing)，酸及清洗劑之組合，進行藥品清洗及恢復薄膜性能處理等。

4.模組之管理

除就水量、水質、水溫、運轉壓力、壓力損失加以檢查之外，為了掌握全體之性能，必須確認回收率及鹽分排除率。另外，為應付薄膜破損等之異常，須經常監視其導電度。

5.水垢對策

海水中含有可能產生水垢之成分，其中可能產生問題之物質，因濃縮度及 pH 質之變化，會自膜面析出有損薄膜機能之物質。通常其成分有碳酸鈣、硫酸鈣等，縱使是微量也會積存在薄膜上，其造

成不良影響者有鐵與錳。因此掌握原水中可能產生水垢之成分，並就此採取對應之運轉方式非常重要。

6.保安設備

為不讓進流水中之異物，損及壓泵及模組，高壓泵入口側之供水配管，應設置保安過濾器。保安過濾器之型式，可分類為匣式及反洗可再生之盤式。在任一情況下，不僅須就過濾器之前後壓差加以監視，且在超過容許壓差時，須換置匣式過濾器或對可再生之盤式過濾器進行反洗，大型裝置時，也有採用可再生之盤式過濾器自動反洗。

5.高壓泵

高壓泵係海水淡化之主要動力來源，一般採用離心式或活塞式高壓泵。海水之總固體溶解量(TDS)約在 32,000 至 45,000 ppm，其逆滲透壓約需 55 kg/cm^2 以上。因此高壓泵之材質須非常堅硬且能耐酸鹼。另因其轉速高達 12,000 RPM 以上，故在運轉中會產生相當高的噪音(約 150 分貝)，一般小規模之海水淡化廠都採用隔音罩以隔離噪音；大型海水淡化廠則將高壓泵集中裝置於經特殊處理之隔音室。

6.動力回收設備

動力回收大都使用法蘭西斯型(Francis)及沛爾頓型(Pelton)。使用法蘭西斯型及渦輪增壓器型(Turbo-charger)時，在渦輪出口側應加設節流閥加以控制；使用沛爾頓型者則須在入口側加設。法蘭西斯型在起動渦輪(Turbine)引擎時，制動器(Brake)會起作用，因此在啟動前應將制動器分開。另在達到規定之回轉數後，再與泵連接。目前操作起動大多已自動化，且其回收率已可達 90 %。

7.薄膜模組

(1)薄膜模組操作之控制

逆滲透操作基本功能是提供事先訂定之供應模組之海水量及壓力。供應的進流量應處於適當之狀態，以獲得生產水水質及水量之目標為其控制之要點。因原水及薄膜性質之變化，過膜水量、鹽分及溫度等會有所變化，故須控制進流水之壓力及流量，以達到生產水水質及水量之目標。

(2)水溫變化之對策

薄膜透過特性的變化，因受水溫變化之影響最大，因應水溫引起薄膜透過特性變化，兩種方法如下：一是縱使水溫上升時，仍可變更操作壓力以便增加過濾水量，而供給薄膜之進水量及濃縮水量也因而增加，以保持一定之回收率；二是水溫上升時，若干模組須停止運轉。夏季、冬季之水溫變化大時，必須改變運轉壓力及供給水量之設定值，以茲因應。

(3)壓力之監控

A.高壓泵入口側壓力

在使用離心式高壓泵之情況下，當吸入口之壓力降低，則泵起動後恐會引起穴蝕(cavitation)，故應加以監視。

B.高壓泵出口側壓力

在使用離心式高壓泵之情況下，當起動及停止時，恐會引起水錘作用(waterhammer)，故應加以監視。

C.模組之壓差

供給海水之壓力與濃縮海水壓力之壓差，及模組之污染與損傷都要加以監視。

D.生產水之導電度

生產水之水質是依據其導電度之測定值加以管理，其無法滿足設定值之生產水，須能自動排出系統外之裝置，並須有回流至調整水槽之對策。

(4)腐蝕對策

就逆滲透設備而言，須考慮發生腐蝕時之對策，故配管應採用不銹鋼材質(通常為 SUS 316 系列)，因不銹鋼之耐腐蝕性高。海水的鹽分濃度、氧化性物質之濃度及溫度高之處或低流量部分、容易發生局部腐蝕(縫隙腐蝕、孔蝕、應力裂痕腐蝕)，須加以留意。如遇電源事故、設備之冷卻水不足、模組進流水異常等事故，須做緊急性之停機，各個機器之動作狀態須予確認，應迅速追究其發生之原因，並作適當之處裡。

(5)異常時之應變

因調整水之水質不適當，致薄膜表面滋生污垢、薄膜之劣化，或因運轉條件之原因而析出水垢及模組之損傷等，均於運轉時須注意之事項。薄膜過濾水之水質與水量、模組之壓差等產生急遽變化時，須立即查究其原因並加以處理。海中原水之水質，會因季節及周圍環境之變化而有所改變，故須儲存日常之運轉管理資料，俾能充分予以因應。發生颱風、未預料到污染水之流入及洪潮等異常事故時，須就混凝劑與氯氣之加入量、過濾器之運轉條件及清洗條件等加以變更以茲因應，並經常就薄膜進流水之水質作適當的調整。

8.放流設備

放流設備是從調整設備開始之清洗排水、逆滲透設備之放流海水、薄膜清洗及薄膜保存液之廢液等，全部加以容納並做必要之處裡，再經由海域放流之設備予以排放。海水放流之地點及方式，須採用可能影響海洋生物範圍最小的方法。因此，必須做環境影響評估及排水擴散之預測，以驗證其安全性。

四、檢查項目週期及內容

檢驗別	檢驗週期	檢驗項目內容
定期檢驗	每季	取水泵運轉狀況是否正常
		濾網孔是否堵塞
		取水井水位是否正常
		加氯氣之狀況是否正常
		水質是否正常
		淤泥密度指數值是否正常
		污濁指數值
		薄膜過濾時間
		過濾器前後壓差是否正常
		高壓泵出、入口側壓力

五、文件管制

藉由巡迴、檢查點發現故障或不順暢時，不僅須進行詳細之清查，就其狀態及原因加以確認，且須加以修理或補強。為此，日報、月報等之清查、設備內容之正確記錄，並妥為保存。

六、注意事項

如調整水之水質不適當，則會導致薄膜表面滋生污垢、薄膜之劣化，或因運轉條件之原因而析出水垢及模組之損傷等，均屬運轉時須特別注意之重點。薄膜過濾水之水質與水量、模組之壓差等產生急遽變化時，須立即查究其原因並加以處理。海中原水之水質，多少會因季節及周圍環境之變化而有所改變，故須儲存日常之運轉管理資料，俾能充分予以因應。發生颱風、未預料到污染水之流入及洪潮等異常事故時，須就混凝劑與氯氣之加入量、過濾器之運轉條件及清洗條件等加以變更，並經常就薄膜進流水之水質作適當的調整。

自來水設備檢驗報告表

編號：04-38-02-A

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	RO 系統			
檢驗期程	☐ 日檢 ☐ 週檢 ☐ 月檢 ☒ 季檢 ☐ 半年檢 ☐ 年檢 ☐ 其他_____			
設備形式			設備編號	
設備地點		數量	檢驗單位	
檢驗細項		檢驗方法/標準	實際 檢驗情形	檢驗結果
1	取水泵運轉狀況是否正常	目視/有無		
2	濾網孔是否堵塞	目視/有無		
3	取水井水位是否正常	量測/_____m		
4	加氯氣之狀況是否正常	目視/有無		
5	水質是否正常	目視/有無		
6	淤泥密度指數值是否正常	量測/_____		
7	污濁指數值	量測/_____		
8	薄膜過濾時間	量測/_____		
9	過濾器前後壓差是否正常	量測/_____		
10	高壓泵出、入口側壓力	量測/_____		
11				
12				
13				
14				
15				
預計改善期限		年 月 日		
檢驗人員		審核人員		批示
備註： 1.檢驗結果合格者註明「√」，不合格者註明「×」，如無需檢驗之細項則打「/」。 2.檢驗有缺失應填具「缺失改善報告表」進行追蹤改善。 3.本表由檢驗人員實地檢驗後覈實記載。				

自來水設備檢驗缺失改善報告表

編號：04-38-02-B

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	RO 系統				
改善日期	年 月 日 ~ 年 月 日				
設備形式				設備編號	
設備地點		數量		檢驗單位	
缺失項目		缺失狀況		改善過程/結果	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
備註： 1. 2.					
填報人員		審核人員		批示	