

汽壓縮法>逆滲透法，多級閃化法幾乎是逆滲透法兩倍；當所使用的蒸汽從廠外或其他工廠廢蒸汽引進時，多級閃化法、多效蒸餾法、蒸汽壓縮法及逆滲透法等技術的成本相當接近；若不計蒸汽成本時，蒸汽壓縮法>逆滲透法>多級閃化法>多效蒸餾法，由此可知，能源的耗費對於海水淡化的成本影響頗大。

海水淡化技術瓶頸

各種海水淡化設備生產每噸水所需要的用電量如表1所示，以逆滲透法為例，每噸水所耗電量為8.5kwhr，生產每噸淡水所需電費約佔造水成本的42.5%，明顯發現所耗費的能源在海水淡化製水成本中佔有極大的比率，因此必須針對能源取得方式及能源耗費量先行評估，以決定使用何種海水淡化技術，規劃出成本較低的製程。同時使用傳統的海水淡化技術，會直接影響到附近的海洋環境生態，因為海水淡化廠會排放出鹵水以及廢棄物，若未經過適當的處理而排放，則會改變沿岸海水的溫度、鹽度、化學組成及濃度，進而破壞海洋生物的棲息環境。

由於國內自來水水價嚴重偏低，使得產業用水主要仍優先考量以自來水供應，其他的替代水源成本當然都會顯得太貴，況且海水淡水水價頗高於自來水價，使得廠商投資意願不高，除非是缺水時期，才能顯現出海水淡化的價值，故於台灣本島地區海

水淡化恐尚難以形成產業化之市場環境。海水淡化技術是屬於兼具能源密集及規模經濟的產業，淡化處理過程中最重要的成本因素是能量，目前最先進的技術所需的能量也佔了總成本的30%~40%左右，也就是說，海水淡化廠之產水成本大部份花費在電力，因此若能找出較經濟的能源供給，或將海水淡化與能源供給結合，成立具有雙重功能(Dual-purpose plant)的海水淡化廠，將有助於降低成本。

正向滲透海水淡化技術

海水淡化廠之產水成本大部份花費在電力，加上台灣因資源貧乏能源之取得不易，大都經由進口，因此設立海水淡化廠時之能源問題，將是海水淡化廠設立成敗之關鍵。世界上大約只有3%的水可供給飲用，因此缺水的問題持續的存在且越來越嚴重。海水淡化是顯著可解決此問題的方法之一，目前的技術主要以逆滲透法及多級閃化法為主，但此兩者皆不符合成本且對環境會造成相當的影響，同時需要耗費大量的能源或需要大體積的設計。與逆滲透相類似的，正向滲透也需要使用半滲透膜，在海水的對面端使用滲透劑(Osmotic agent)取代逆滲透法中利用泵浦給予海水端的壓力，這個設計是滲透壓會促使淡水自然往添加滲透劑端輸送，利用此技術可自海水中獲得85%的淡水，同時去除97%的鹹水，對海水淡化而言，正向滲透技術較不易產生浪費，且對環境衝擊較小，逆滲透的原理如圖5所示，而正向滲透的原理如圖6所示。

現存的海水淡化技術多使用逆滲透法來進行造水，該技術需要使用高壓泵浦來產生滲透壓，直接造成大量能源耗損。本技術乃利用滲透劑取代逆滲透法中的高壓泵浦，其產生之高滲透壓，促使淡水自然往添加滲透劑端輸送，本技術可減少能源損耗，主要之關鍵技術突破點包括滲透膜之選擇評估、滲透劑的選擇添加及滲透劑的去除方式等，將目前使用的滲透膜材質、滲透劑種類及滲透劑去除方式加以統整，如表2所示。

Osmotic agent	Solute separation	Membrane
<ul style="list-style-type: none"> NH₄HCO₃ SO₂ NaOCl H₂SO₄ Na₃PO₄ KNO₃ Aluminum sulfate Aliphatic alcohol Precipitable salt Glycerol Gum arabic Glucose Fructose Glycine Sugar Cane sugar Lactose 	<ul style="list-style-type: none"> Heating (60°C) -NH₃, CO₂ Air stripping Separate aqueous solution (water and methylethyl ketone) 	<ul style="list-style-type: none"> Flat membrane Hollow fiber membrane Membrane bag Loose RO membrane TFC-SE membrane Direct osmosis membrane Biodegradable film Osmotic distillation membranes Cellulose acetate Polyamide Carrot root Cellulose nitrate Polysulfone Ceramic Polyacrylonitrile Poly(butylene succinate) Polypropylene PTFE Cellulosic in nature

表2 正向滲透關鍵技術統整

結論

目前海水淡化技術包括逆滲透法、電透析法、蒸汽壓縮法、多效蒸餾法、多級閃化法等，以逆滲透法為應用最廣的海水淡化方式，但由於能源消耗過大、營運成本高、薄膜的腐蝕、結垢及水價居高不下等因素，使得日產量偏低且需政府補助才能營運。其中逆滲透膜容易受到污堵與結垢破壞，使得海水淡化過程中必須利用物理過濾或化學處理，才能避免或控制阻塞的發生，除了處理及設備成本成本的提高，同時造成環境污染。由於目前海水淡化技術耗費能源及成本較高，本文提出省能造水的正向滲透技術，可以同時解決能源與水資源問題，利用滲透劑的添加取代逆滲透法中加壓馬達所需的能源消耗，針對滲透膜、滲透劑及滲透劑去除技術進行研發，除了解決國內缺水問題，更可針對多種水源進行處理，達到節能與環保的功效。

參考文獻

- Alpana R., Alan C. and Yehia F. K. "Design of a solute recovery plant for seawater and industrial wastewater treatment using forward osmosis technology" Department of Chemical Engineering, Yale University, CENG-416 (2006).
- Bindra S. P. and Abosh W. "Recent development in water desalination" 136, 49-56 (2001).
- Buros O. K. "The ABCs of desalting" Massachusetts, USA: the International Desalination Association (1990).
- Nicos X. T. "Desalination and the environment" Desalination 141, 223-236 (2001).
- IDA "2004 IDA worldwide desalting plants inventory report" 18 (2004).
- Tzahi Y. C., Amy E. C. and Menachem E. "Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments" Journal of Membrane Science, 281, 7087 (2006).
- 臺灣海水淡化網, <http://www.taiwandesal.com.tw/1t-msf.htm>。
- 高植澎、楊子泰、丁郁容, "澎湖縣風力發電應用於海水淡化之評估計畫書", 民國93年5月。
- 馬哲儒, "水與海水的淡化", 350, 64-71, 科學發展, 民國91年2月。
- 林傳鏗, "離島海水淡化處理技術與發展趨勢", 230, 技師報, 民國90年5月。
- 邱昭源, "海水淡化處理方法規劃之研究-以新竹科學工業園區為例", 國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文, 民國92年7月。
- 馬豐源, "淺談海水淡化方案", 18, 340-347, 船舶與海運, 民國91年7月。
- 李至倫, "海水淡化之趨勢與未來性分析", 國家政策論壇, 民國92年7月。
- 朱文生, "海水淡化—是神話還是啓示?", 第25屆中日工程技術研討會—水資源分組論文, 民國94年6月。
- 東森新聞報, "水荒/竹科到苗栗載水永和山水庫說抱歉-<http://www.ettoday.com/2002/02/27/184-1268798.htm>", 民國91年2月。
- 東森新聞報, "水荒/新竹地區27日起分區限水竹科供水減量13%-<http://www.ettoday.com/2002/02/27/91-1268430.htm>", 民國91年2月。
- 林連山、王國樑、盧瑞興, "台灣本島地區海水淡化廠推動策略探討", 15, 經濟部水利署, 民國94年12月。

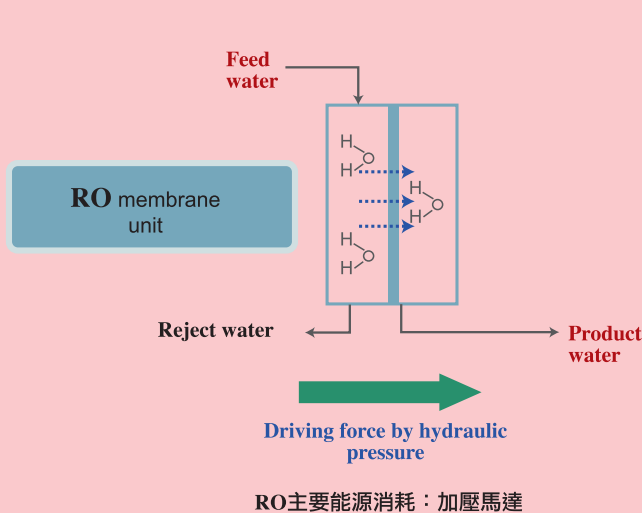


圖5 逆滲透法原理示意圖

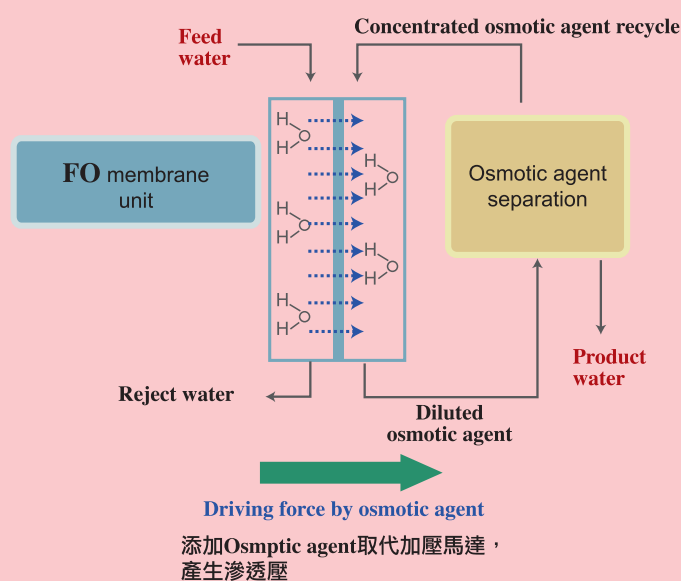


圖6 正向滲透法原理示意圖