



### 1. 引言

1.1 海水化淡是指把海水中的鹽分除去，使之成為可供飲用的淡水。世界各地現時有兩種主要的海水化淡技術，分別為薄膜海水化淡技術(membrane desalination)，以及用熱能推動的海水化淡技術(thermal desalination)。前者的特色是透過使用特別過濾膜(薄膜)生產淡化水，而後者的原理是海水受熱沸騰／蒸發成為水汽(vapour)，水汽冷凝後成為不含鹽的水。

1.2 薄膜海水化淡技術以逆滲透技術(reverse osmosis)為主，而用熱能推動的海水化淡技術，最普遍採用的是多級閃蒸技術(multi-stage flash evaporation)和多效蒸餾技術(multi-effect distillation)<sup>1</sup>。逆滲透技術目前是最廣泛使用的海水化淡方法。在 2012 年，逆滲透技術佔全球淡化水產量的 63%，其次是多級閃蒸技術(23%)和多效蒸餾技術(8%)。<sup>2</sup>

1.3 先進國家如法國、德國及西班牙在發展海水化淡技術方面居領先地位。法國和德國極為依賴國內豐富的天然水資源，但仍投放資源研發海水化淡技術及設備，並為此開拓出口市場以帶來收入。西班牙除了把海水化淡技術出口外，亦利用相關技術生產淡化水供當地住宅用戶使用。<sup>3</sup> 本資料便覽旨在為發展事務委員會提供資料，扼述逆滲透、多級閃蒸和多效蒸餾技術的不同特點。

<sup>1</sup> 在能源充裕的國家，例如沙特阿拉伯及科威特，多級閃蒸技術較為常用。多效蒸餾技術是最早期的化淡技術，近年採用此項技術的國家包括印度及阿拉伯聯合酋長國。

<sup>2</sup> 電透析法(electrodialysis)、熱膜聯產技術(即合併使用熱能推動和薄膜海水化淡技術)及其他技術則佔餘下 6%的淡化水產量。請參閱 Bennett, A. (2013)及 The Saudi Arabian Water Environment Association (2013a)。

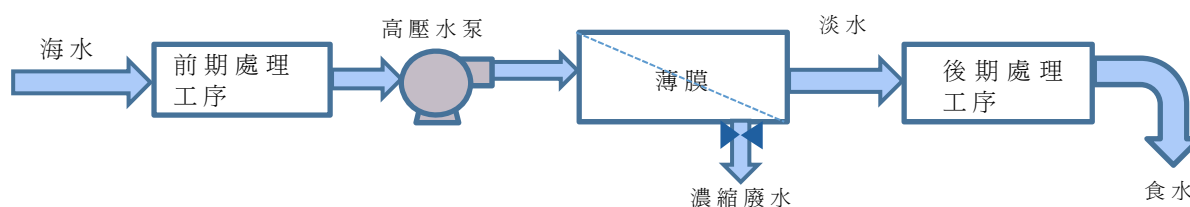
<sup>3</sup> 舉例而言，近年落成的托雷維耶哈海水化淡廠(Torre Vieja Desalination Plant)是西班牙最大型的海水化淡廠，年產量達 8 000 萬立方米。該海水化淡廠採用逆滲透技術生產淡化水，當中一半供當地住宅用戶使用，另一半則用作灌溉用途。

## 2. 3 種主要的海水化淡技術

### 逆滲透技術

2.1 逆滲透技術是一種利用半滲透膜進行的海水化淡過程，半滲透膜只容許水分子透過，鹽分則不能通過。在逆滲透過程中，海水會首先經過處理工序，去除海水中的懸浮固體，然後使用高壓水泵，透過施加足夠的水壓迫使淡水流過半滲透膜，藉此去除鹽分。經化淡後的水隨後會再經過處理，例如調節酸鹼度<sup>4</sup>及消毒，使其成為適合飲用的食水。圖 1 說明上述過程。

圖 1 —— 逆滲透技術的基本過程



資料來源：Banat, F (2007)。

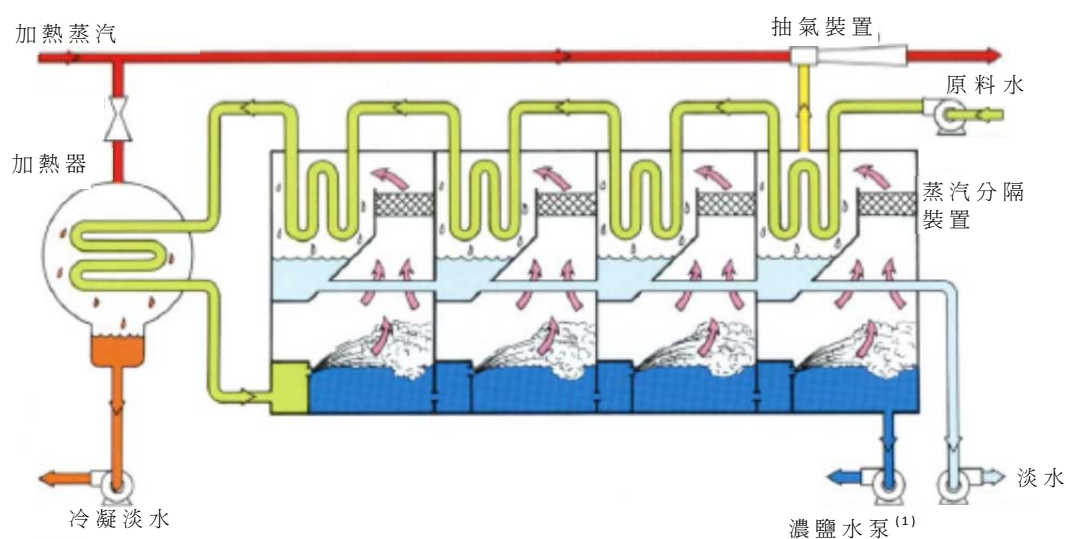
### 多級閃蒸技術

2.2 多級閃蒸技術是一種主要用熱能推動的海水化淡技術，大約在 1960 年代起已經使用。香港於 1970 年代建成的首間海水化淡廠，就是採用多級閃蒸技術。<sup>5</sup> 多級閃蒸設施由多個互相連接的容器組成，各個容器內的壓力會依次遞減，而原水／經預先處理的水(即原料水)會從後向前通過管道系統進入加熱器，並在高壓下進行加熱。加熱後的水其後會進入第一個較低壓的容器，導致其急速沸騰，部分蒸發成為水汽(圖 2)。在壓力依次遞減的各個互相連接的容器內，同一過程會重複進行，蒸發所產生的水汽冷凝後會轉化為淡水。

<sup>4</sup> 酸鹼度用以顯示物質的酸性或鹼性程度。酸鹼值由 0 至 14，而飲用水的正常酸鹼值為 6 至 8.5。調節酸鹼度的目的是把淡化水調節至適合飲用的酸鹼度。

<sup>5</sup> 與輸入的東江水比較，淡化水的生產成本相對較高，因此該海水化淡廠於 1982 年關閉。

圖 2 —— 多級閃蒸技術的基本過程



註：(1) 濃鹽水是經部分蒸發後，含鹽量甚高的溶液。

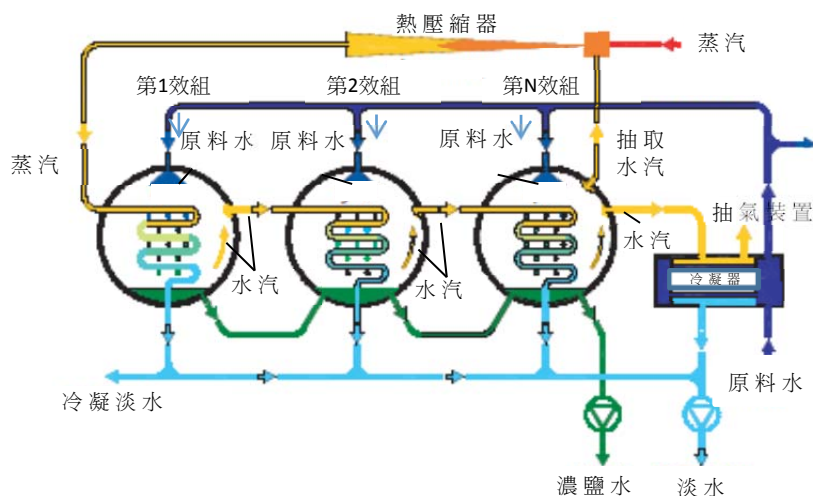
資料來源：Lahmeyer International GmbH (2003)。

## 多效蒸餾技術

2.3 與多級閃蒸技術類似，多效蒸餾技術是通過多個容器(又稱為"效組")進行的蒸發過程，而每個容器內的壓力會依次遞減。不過，多效蒸餾技術有別於多級閃蒸技術，在一個容器形成的水汽會在下一個容器內冷凝，釋放熱力，作為熱源。此外，在一般的多效蒸餾過程中，原料水會噴灑在各容器的頂排管上。如圖 3 所示，外來蒸汽(steam)進入第一個容器後，原料水吸收了蒸汽的熱力而蒸發。由此產生出來的水汽，通過管道進入第二個較低壓的容器，並透過冷凝釋放熱力，導致原料水部分蒸發。此過程在第三個容器重複，如此依次進行。在各容器中，水汽在管道內冷凝成為淡水，然後用泵抽出。

2.4 多效蒸餾海水化淡技術的效能，可透過加裝水汽熱壓縮器(vapour thermo-compressor)而提升。如圖 3 所示，熱壓縮器抽取最後一個容器所產生的部分蒸汽，以作循環再用。抽取出來的蒸汽會與外來蒸汽混合，在高壓下進行壓縮，轉而成為第一個容器的熱源。

圖 3 —— 多效蒸餾技術的基本過程



資料來源：Australian Department of the Environment (2002)及 Veolia Water Technologies (2006)。

### 3. 3 種主要海水化淡技術的比較

#### 逆滲透技術

3.1 過去十多年，由於逆滲透技術在能源消耗及穩定性方面有所改良，因此有關技術應用於海水化淡過程越趨廣泛。<sup>6</sup> 一般而言，與用熱能推動的海水化淡技術比較，逆滲透技術消耗較少能源。此外，逆滲透技術的淡水回收率 (water recovery rate) 相對較高，每生產 1 噸淡化水只需輸入 2.5 噸至 3.2 噸海水。<sup>7</sup>

3.2 然而，逆滲透薄膜通常是由醋酸纖維素或其他複合聚合物製造而成，容易受積垢所影響<sup>8</sup>，使薄膜的使用年期縮短及淡化水的水質下降，但更換薄膜相當昂貴。為了盡量減少薄膜積垢，海水會先經過徹底的處理工序，去除粒子和有機物質，但因而增加了淡水生產成本。此外，操作逆滲透設施所需的技術水平亦較高。

<sup>6</sup> 請參閱 Ludwig, H (2010)。

<sup>7</sup> 請參閱 The Saudi Arabian Water Environment Association (2013b)。

<sup>8</sup> 積垢是指在薄膜表面或薄膜細孔內積聚例如細菌的粒子。

## 多級閃蒸技術

3.3 多級閃蒸技術的操作相對較為簡單，因為海水須先經過的處理工序較少，而運作相關海水化淡廠所需的技術水平亦較低。此外，多級閃蒸技術能夠處理大量海水，並生產出高純度的淡水。

3.4 儘管如此，多級閃蒸過程的能源消耗量很大。事實上，能源成本佔海水化淡廠運作成本相當比重。由於需要大量熱能，部分海水化淡設施會與發電廠建在一起，以善用發電廠產生出來的多餘熱能。此外，多級閃蒸技術的淡水回收率較逆滲透技術的淡水回收率為低。每生產一噸淡化水需要輸入約 8 噸至 10 噸海水。<sup>9</sup>

## 多效蒸餾技術

3.5 多效蒸餾技術是最早期的海水化淡技術。與多級閃蒸技術類似，多效蒸餾技術無須進行大量的海水預先處理工序，同時能夠生產出高純度的淡水。多效蒸餾技術的淡水回收率亦較多級閃蒸技術的淡水回收率為高，每生產一噸淡化水只需要輸入約 5 噸至 8 噸海水。然而，與逆滲透技術比較，多效蒸餾技術則消耗較多能源，淡水回收率亦較低。

3.6 下表綜述逆滲透、多級閃蒸及多效蒸餾技術的優點和缺點：

表 —— 3 種主要海水化淡技術的比較

	逆滲透技術 (以薄膜為本的技術)	多級閃蒸技術及 多效蒸餾技術 (以熱能為本的技術)
優點	<ul style="list-style-type: none"><li>• 消耗較少能源</li><li>• 淡水回收率較高</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 操作相對較為簡單</li><li>• 能生產高純度的淡水</li></ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"><li>• 薄膜易受積垢影響</li><li>• 須進行透徹的預先處理工序</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 消耗較多能源</li><li>• 淡水回收率較低</li></ul>

<sup>9</sup> 請參閱 The Saudi Arabian Water Environment Association (2013b)。

## 參考資料

1. Australian Department of the Environment. (2002) *Introduction to Desalination Technologies in Australia*. Available from: <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/ef2c1cc7-07d8-4ed8-8f79-816d36fb959e/files/desalination-summary.pdf> [Accessed September 2015].
2. Banat, F. (2007) *Economic and technical assessment of desalination technologies*. Available from: <http://www.desline.com/Geneva/Banat.pdf> [Accessed September 2015].
3. Bennett, A. (2013) 50th Anniversary: Desalination - 50 years of progress (Part 2). Available from: <http://www.filtsep.com/view/33597/50th-anniversary-desalination-50-years-of-progress-part-2/> [Accessed September 2015].
4. Deutsche MeerwasserEntsorgung GmbH. (2015) *Claus Robert Mertes DME GmbH*. Available from: [http://www.dme-gmbh.de/wp-content/uploads/2015\\_07\\_15\\_DME\\_Company\\_and\\_Market\\_Presentation.pdf](http://www.dme-gmbh.de/wp-content/uploads/2015_07_15_DME_Company_and_Market_Presentation.pdf) [Accessed September 2015].
5. Dr.-Ing. Heike Glade. (2013) *Thermal Processes for Water Desalination*. Available from: <http://www.suswatec.de/download/presentations/Glade.pdf> [Accessed September 2015].
6. German Desalination Society.(undated) *Seawater desalination as a chance for water supply*. Available from: <http://www.rcuwm.org.ir/En/Events/Documents/Workshops/Articles/6/5.pdf> [Accessed September 2015].
7. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. (2012) *Report on water desalination status in the Mediterranean countries*. Available from: [http://www.imida.es/docs/publicaciones/06\\_REPORT\\_ON\\_WATER%20DESALINATION.pdf](http://www.imida.es/docs/publicaciones/06_REPORT_ON_WATER%20DESALINATION.pdf) [Accessed September 2015].
8. Lahmeyer International GmbH. (2003) *Water Desalination*. Available from: <http://www.uwphoto.de/Dateien%20Info%20+%20Kontakt/desalination-brochure.pdf> [Accessed September 2015].
9. Ludwig, H. (2010) *Energy consumption of reverse osmosis seawater desalination — possibilities for its optimization in design and operation of SWRO plants*. Available from: [http://www.deswater.com/DWT\\_abstracts/vol\\_13/13\\_2010\\_13.pdf](http://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_13/13_2010_13.pdf) [Accessed September 2015].

10. Sustainable Water Integrated Management – Support Mechanism. (2013) *Assessment of Best Available Technologies for Desalination in Rural/Local Areas*. Available from: [http://www.swim-sm.eu/files/BAT\\_on\\_Desalination\\_Final.pdf](http://www.swim-sm.eu/files/BAT_on_Desalination_Final.pdf) [Accessed September 2015].
11. Texas Water Development Board. (2004) *The Future of Desalination in Texas (Volume 2): Technical Papers, Case Studies, and Desalination Technology Resources: Chapter 2: Desalination Technology – Introduction to Desalination Technologies*. Available from: [http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/r363/c1.pdf](http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/r363/c1.pdf) [Accessed September 2015].
12. The Saudi Arabian Water Environment Association. (2013a) *Saline Water Conversion Corporation: Saline Water Desalination Research Institute (SWDRI) – Evolution of Thermal Desalination*. Available from: [http://www.sawea.org/pdf/waterarabia2013/session\\_a/evolution\\_of\\_thermal\\_desalination\\_processes.pdf](http://www.sawea.org/pdf/waterarabia2013/session_a/evolution_of_thermal_desalination_processes.pdf) [Accessed September 2015].
13. The Saudi Arabian Water Environment Association. (2013b) *Water Arabia*. Available from: [http://www.sawea.org/pdf/waterarabia2013/workshops/basic\\_design\\_of\\_desalination\\_process.pdf](http://www.sawea.org/pdf/waterarabia2013/workshops/basic_design_of_desalination_process.pdf) [Accessed September 2015].
14. The Swedish Research Council Formas. (2009) *Drinking Water – Sources, Sanitation and Safeguarding*. Available from: [http://www.formas.se/PageFiles/5257/Drinking\\_water.pdf](http://www.formas.se/PageFiles/5257/Drinking_water.pdf) [Accessed September 2015].
15. UNESCO—IHE. (2014) *Coagulation and Ultrafiltration in Seawater Reverse Osmosis Pretreatment*. Available from: [https://www.unesco-ihe.org/sites/default/files/2014\\_unesco-ihe\\_phd\\_thesis\\_tabatabai.pdf](https://www.unesco-ihe.org/sites/default/files/2014_unesco-ihe_phd_thesis_tabatabai.pdf) [Accessed September 2015].
16. Veolia Water Technologies. (2006) *Multiple Effect Distillation: Processes for Sea Water Desalination*. Available from: [http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/productbrochures/key\\_technologies/F733L0vn8nCHqOV2TEb2h77N.pdf](http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/productbrochures/key_technologies/F733L0vn8nCHqOV2TEb2h77N.pdf) [Accessed September 2015].

---

立法會秘書處  
資訊服務部  
資料研究組  
2015年9月30日  
電話：2871 2122

---

資料便覽為立法會議員及其轄下委員會而編製，它們並非法律或其他專業意見，亦不應以該等資料便覽作為上述意見。資料便覽的版權由立法會行政管理委員會(下稱"行政管理委員會")所擁有。行政管理委員會准許任何人士複製資料便覽作非商業用途，惟有關複製必須準確及不會對立法會構成負面影響，並須註明出處為立法會秘書處資料研究組，而且須將一份複製文本送交立法會圖書館備存。