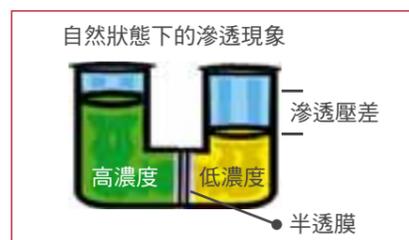


淺談RO逆滲透原理與設計

撰文：胡毓輝

自然狀態下的滲透現象 Osmosis

自然界有一種從不平衡走向平衡的趨勢，如果半透膜兩邊的液體濃度不同，濃度較稀那一邊的溶劑分子就會有一部分通過半透膜跑到濃度較大的那一邊，使兩邊的濃度能接近平衡。滲透是指以半透膜隔開兩種不同濃度的溶液，其中溶質不能透過半透膜，則濃度較低的一方水分子會通過半透膜到達濃度較高的另一方，直到兩側的濃度相等為止。在還沒達到平衡之前，可以在濃度較高的一方逐漸施加壓力，則前述之水分子移動狀態會暫時停止，此時所需的壓力叫作“滲透壓 (osmotic pressure)”。



逆滲透 Reverse Osmosis

如果施加的力量大於滲透壓時，則水分子的移動會反方向而行，也就是從高濃度的一方流向低濃度的一方，這種現象就叫作“逆滲透”。

由於半透膜的孔徑僅有一億分之一釐米，只有水分子可以穿透。逆滲透水處理常用的半透膜材質有纖維質膜 (cellulosic)，芳香族聚醯胺類 (aromatic polyamides)，polyimide 或 polyfuranes 等，至於它的結構形狀有螺旋型 (spiralwound)，空心纖維型 (hollow fiber) 及管狀型 (tubular) 等。

逆滲透的純化效果可以達到離子的層面，對於單價離子的排除率 (rejection rate) 可達 90%-98%，而雙價離子可達 95%-99% 左右，可以防止分子量大於 300 道爾頓的物質通過。

逆滲透應用於純水

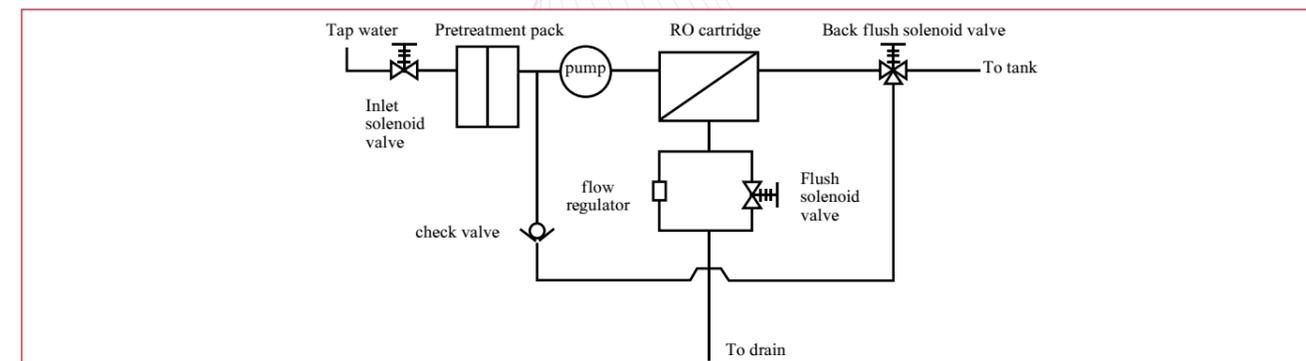
RO 為現有科技中最有效的水處理方式之一，它能有效地處理水中鹽類，如鈣、鎂等硬度雜質、重金屬、化學殘留物質達百分之九十五以上。RO 逆滲透水處理科技在今日已是到處可見，如海水淡化系統、電子超純水精練系統、生化製藥、洗腎、化妝品生產製造、飲料、包裝水乃至於一般家庭過濾使用。逆滲透在壓力驅動下，借助半透膜的選擇截留作用，可將溶液中的溶質與溶劑分開的分離或濃縮。把水中的污染物中，包括無機離子、細菌、病毒、有機物及膠質等雜質去除，以獲得低污染物的純水。



RO 的運作與保養

逆滲透系統應用於實驗室純水，利用了複雜的控制，包括提供穩定及適當的進水壓力、調節適當的廢水及純水回收比例，最後在膜的表面採用了橫向掃流 Cross flow 設計，排除因為壓力提高而容易發生阻塞及堆疊，如此而可成立持續運作的逆滲透設計。

雖然，逆滲透的設計可在控制的情況下持續運作，但仍需要透過保養及照顧來維持純化效果及運轉效率。首先，在前處理中預先過濾水中較大的顆粒，以避免在控制的流速下而發生阻塞的情況。其次要把原水作適當程度的軟化，避免因硬水結垢影響，甚至破壞逆滲透膜的功能。同時要把自來水常添加來控制水質的氯移除掉，避免氯的氧化能力對 RO 膜功能造成損壞。最後，需要定期的消毒保養，避免微生物在結構性的死角以及膜的表面附著，對系統造成破壞及污染水質。



逆滲透膜前處理管柱 RO Pretreatment pack

實驗級純水系統，常會在逆滲透膜的前方，先經過多功能前處理管柱來達到保護 RO 膜的效果，利用活性碳來吸附及中和原水中的餘氯、利用軟水劑來軟化水質，最後經過多層漸進式濾心，來過濾水中較大的顆粒，以及同時確保前端活性碳顆粒及軟水成份不會沖到後端的 RO 膜。

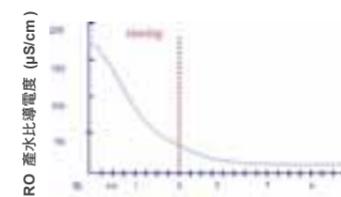
Sartorius arium RO 系統

1. 內建進水、排水及產水，共三組電磁閥，以及配備進水及產水水質導電度計，所以具備啟動前沖洗、穩定產水水質及達到待機時 RO 膜的最佳保養功能。
2. 可利用消毒劑配合系統功能，同時進行 RO 膜管及管線的消毒。

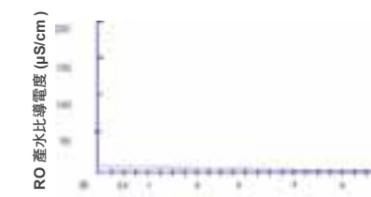
RO 的沖洗設計

為了維持最佳的 RO 運作品質，除了上述的保養及設計外，所以尚有許多不同的設計來加強及改善，常見的有：

1. 系統啟動前的預沖洗，一般稱為 Flush：因為系統在停止製水時，水中雜質會沉澱在 RO 上，所以在製水功能啟動前藉由排水電磁閥開啟而產生強力的橫向水流，會把沉澱在 RO 膜表面的汙染物沖走，讓系統迅速恢復標準狀況。
2. 自動 RO 潤洗功能，一般稱為 Rinse：在系統啟動之前通常會經過一段的待機時間，RO 膜因為缺乏壓力跟流速，功能會暫時變差，此時可藉由在系統的水質監控及判斷功能，利用產水三向排水電磁閥，把不佳的水質排除。
3. RO 逆沖洗功能，一般稱為 Back Flush：在製水完畢後，系統把先前製好的純水回抽並沖洗逆滲透膜，除了可以有效改善 RO 再次啟動製水時水質不穩定的情況；另外，也可以避免在待機時間，水中高濃度的污染物對 RO 造成破壞，來達到最佳的 RO 膜靜態保養。
4. RO 系統消毒設計，Sanitization：RO 系統定期搭配消毒劑進行清潔，可以有效降低 RO 膜的微生物污染；但一般大部分都僅限於 RO 膜管柱本身的消毒，而比較完整的設計是包含管柱及管線作封閉式循環消毒，可一併把管線上死角作完整的清潔。當然，上述各項設計並不相違背，所以功能越齊全的設計，越可以達到最穩定的功能及水質。



一般 RO 在初啟動時水質不穩定的情況，由時間控制的 rinsing 功能，只能有限穩定水質



自動純水逆洗設計 Automatic RO Back Flush with RO permeate 提供水質穩定，而且免卻 RO 膜在待機時的污染威脅