

# 循環經濟下廢水資源化之技術發展概況

台灣亞太產業分析專業協進會 101 年認證產業分析師 林國權

## 一、前言

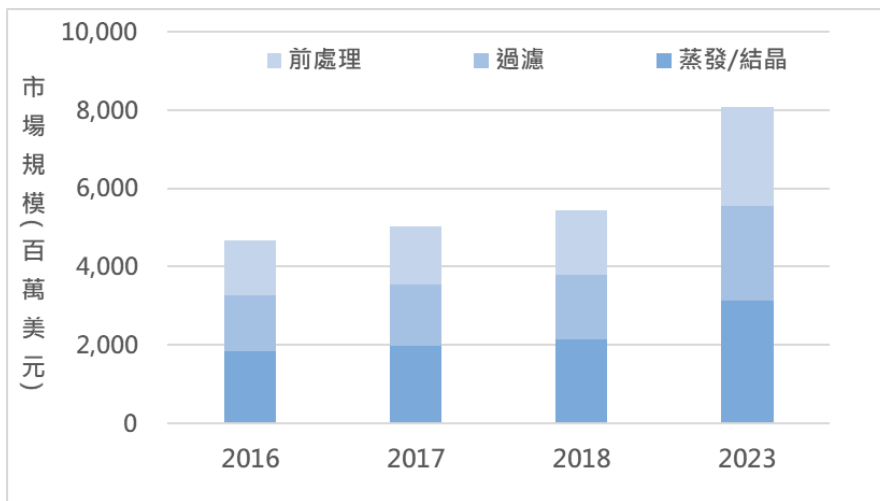
全世界不論是民生或工業，要維持人類科技發展與生活最重要的兩大資源就是水資源與能源(石油、天然氣等)。其中水資源議題被世界經濟論壇評選為未來 10 年影響全球最大風險因素的第一名，因為隨著工業化的發展與人口的增加，再加上污染的惡化，全球淡水資源的量越來越少，再加上天氣異常與水資源分布不均，許多人口聚集的大都是都已被警告為極度缺水地區。為了維持城市內工業、商業、民生的發展，如何從廢水中循環再利用水資源，已是刻不容緩的重要議題。

隨著世界各國法規對於廢水的規範，未來將朝向液體零排放之目標。所謂零液體排放 ZLD 技術，就是將工業廢水進行預處理和蒸發，收集 ZLD 系統中餾出之冷凝水進行水資源循環應用，同時將未蒸發的固體送入垃圾填埋場或作為有價值的鹽類副產品進行再利用。在循環經濟的議題下，該類技術的發展已在全球水科技公司受到重視，成為未來發展重心。

## 二、全球 ZLD 市場分析

2018 年全球 ZLD 市場需求約為 5,442 百萬美元，其中水前處理市場需求約為 1,640 百萬美元，占 ZLD 總體市場 30%；水處理過濾市場需求約為 1,670 百萬美元，占 ZLD 總體市場 31%；水處理蒸發與結晶系統市場需求約為 2,132 百萬美元，占 ZLD 總體市場 39%。蒸發與結晶技術是 ZLD 領導廠商主要關鍵技術佈局方向。

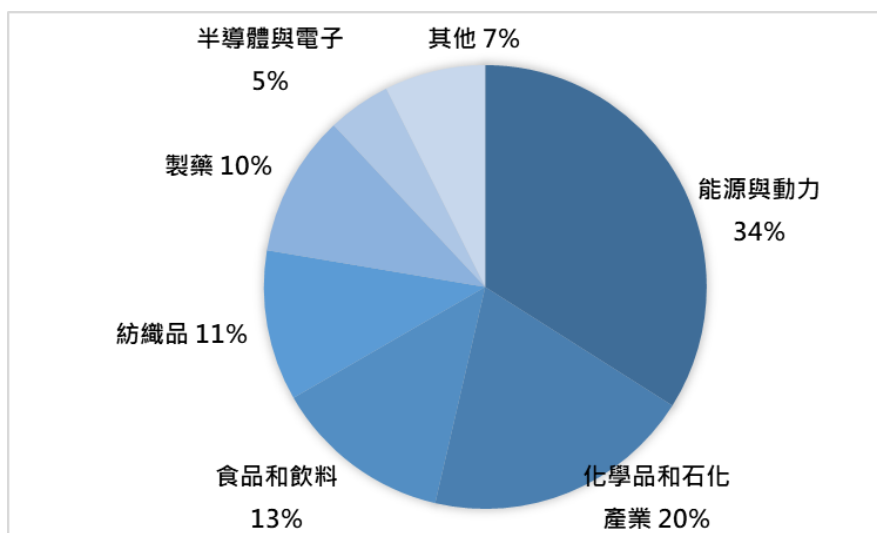
隨著人們持續關心氣候變遷、水資源分配與環境保護等議題，工業朝向永續發展和提供工業安全穩定的用水，成為推動全球 ZLD 技術發展的主要驅動力。預估到 2023 年全球 ZLD 市場需求將成長至 8,090 百萬美元，期間 ZLD 市場需求年複合成長率約為 8.3%。全球 ZLD 市場的設備規模趨勢分析如下圖 1 所示。



資料來源：MARKETS & MARKETS

圖 1 2016~2023 年全球全球 ZLD 市場規模分析

先進國家新法規的訂定日趨嚴格，將推動各領域的廢水處理技術持續精進，而 ZLD 廢水處理技術對於成分較複雜較難處理的廢水處理成效佳，目前產業應用占比最大者為能源與動力產業，占 ZLD 總體市場 34%；其次為石化與化學產業，占 ZLD 總體市場 20%；食品與飲料產業占 ZLD 總體市場 13%；紡織產業占 ZLD 總體市場 11%；製藥產業占 ZLD 總體市場 10%；半導體與電子產業占 ZLD 總體市場 5%；其他產業占 ZLD 總體市場 7%。全球 ZLD 應用市場規模分析，如下圖 2 所示。



資料來源：MARKETS & MARKETS

圖 2 全球 ZLD 應用市場規模分析

### 三、全球 ZLD 主要領導廠商技術佈局

#### (1) Veolia Water

法國 Veolia 威立雅集團 ZLD 關鍵技術主要佈局 CoLD®蒸發和結晶技術 HPD®強制循環結晶技術，可處理各種廢水、廢鹽水，可回收水高達 99%，使用的化學藥品最少，且 CoLD®技術在真空下，可低溫下操作具有節省能源之優點，可循環再利用高結晶可溶性鹽類如氯化物，硝酸鹽和有機酸鹽。並且藉由 MBD™模組化施工技術減少了工廠廢水處理總體佔地面積、材料和運營成本。Veolia CoLD®蒸發技術簡介，如下圖 3 所示。



資料來源：Veolia

圖 3 全 Veolia CoLD®蒸發技術簡介

VEOLIA 與 HDGSK JV (韓國 Hyundai 與 SK 合資公司)共同合作，為伊拉克國家石油公司 (SCOP)Karbala 卡爾巴拉煉油廠建立零液體排放(ZLD)系統，廢水處理效能約 55 m<sup>3</sup> / hr。Veolia ZLD 系統分為兩個步驟：第一步為處理硫酸鈣廢液應用機械蒸汽減壓(MVR)與鹽水濃縮器單元製程；第二步為零液體排放(ZLD)鹽水結晶器單元製程。其 ZLD 系統中回收的餾出物質量與再生水將由內部管路輸送至煉油廠再重複使用，固體廢物由離心分離流程分離，送到垃圾掩埋場處置。

#### (2) Memsys

Memsys 為德國和新加坡合資公司，ZLD 關鍵技術主要佈局 memDist 真空多效膜蒸餾技術，memDist 技術可處理濃縮高達 28-30%的水，並可將其鹽類結晶再利用，可利用製程餘熱進行系統操作具有能源效率高之優點。Memsys 商業佈局模式與通用電氣 GE 公司(美國)、QFS 公司(南非)異業結盟共同合作建立廢水處理系統。Memsys memDist 真空多效膜蒸餾設備，如下圖 4 所示。

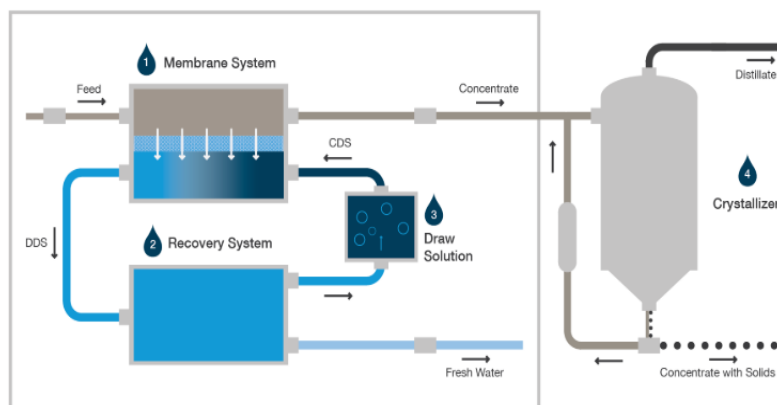


資料來源：Memsys

圖 4 Memsys memDist 真空多效膜蒸餾設備

### (3) Oasys Water, Inc

美國 Oasys Water 開發 ClearFlo 正滲透(FO)技術，可以處理高達總溶解固體 150,000 ppm 的廢水，這是典型反滲透 RO 系統的最大值的四倍，且具有更高的回收率，ClearFlo 正滲透(FO)技術與傳統的海水淡化技術相比，FO 技術消耗的能源更少，運行壓力更低。目前 Oasys 的 FO 技術已安裝在中國的燃煤電廠長興電廠，用於處理煙氣脫硫廢水。Oasys Water 之 ClearFlo 正滲透(FO)技術簡介，如下圖 5 所示。



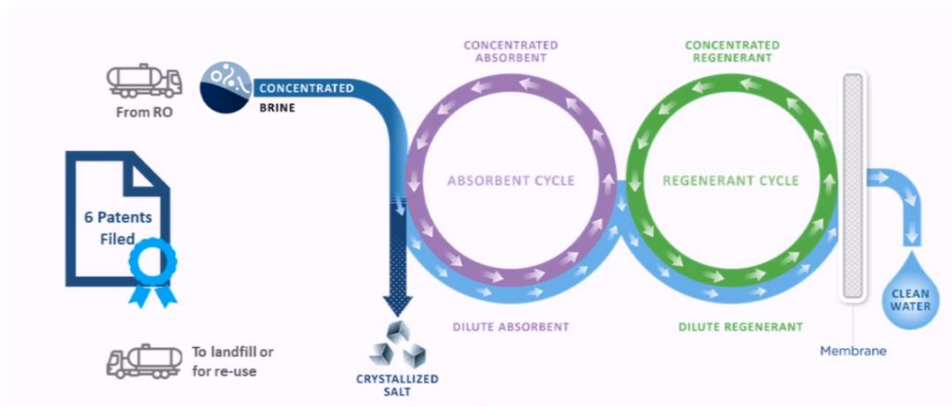
資料來源：Oasys Water

圖 5 Oasys Water 之 ClearFlo 正滲透(FO)技術簡介

## (4) Aquafortus

紐西蘭公司 Aquafortus 開發非加熱、連續和可再生 ZLD 技術並擁有多項專利。Aquafortus ABX TM 系統是一種新型的液-液結晶器，Aquafortus ABX TM 系統通過兩階段溶劑交換過程工作，專利的“AQF 吸收劑”充當水的轉移介質。當廢水鹽水接觸吸收劑時，廢水鹽水中的鹽會立即結晶；“AQF 再生劑”再生吸收劑以在系統中連續重複使用。Aquafortus ABX TM 系統有效地將高 TDS(總溶解固體物質 Total Dissolved Solids,TDS)鹽水還原為鹽，生產潔淨水。

Aquafortus ABX TM 技術可將從液體中提取淡水過程中的能耗大大降低 90%，為用戶節省多達 60% 的運營成本。Aquafortus ABX TM 系統技術簡介，如下圖 6 所示。



資料來源：Aquafortus

圖 6 Aquafortus ABX TM 系統技術簡介

## 四、產業發展趨勢觀點

### (1) ZLD 技術發展佈局重點為降低廢水處理成本與能耗

全球 ZLD 廢水處理技術已逐漸成熟，主要領導廠商關鍵技術佈局在蒸發與結晶操作單元，ZLD 技術能耗與成本議題，將是未來廠商 ZLD 廢水處理關鍵技術佈局重點。隨著水循環的比例(次數)增加，廢水中鹽類的濃度與量亦會增加，如何從中提取稀有元素，亦是國際廢水處理研究發展方向。

## (2)ZLD 技術市場發展趨動力為企業社會責任與環保政策推動

傳統的廢水處理技術廠商多考量設置和營運成本，並配合廢水排放標準，建立廢水處理系統，因此廢水處理成本著重經濟實惠。當法令要求日趨嚴格政府也開始研擬徵收耗水費甚至是規定事業廢水零排放時，零液體排放 ZLD 技術符合水資源循環再利用的目標，廠商必須建置完善的廢水處理系統將外部成本內部化。

零液體排放 ZLD 技術市場發展趨動力，除了企業社會責任(Corporate social responsibility ,CSR)外，需要有公部門推動與環保法令修法的配合，帶動水資源循環經濟技術推動。在兼顧經濟成長和環境保護目標下，我國產業創新計畫規劃推動讓工業朝向永續發展的循環示範園區，若未來示範園區發展成果落實於全國的工業區，將會帶動水資源循環相關技術的需求，建議我國水處理相關產業應提早佈局相關技術掌握市場商機。

(本文作者為工研院產科國際所執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

原文出處：ITIS 智網 <http://www.itis.org.tw/>