

工業技術研究院

吸附式節能水回收與乾燥技術介紹

Adsorption desalination

報告人：徐樹剛、吳旻珊

日期：2018.02.21

水環境現況

全球水資源日益短缺，各種新興水源開發技術為熱門研究主題。

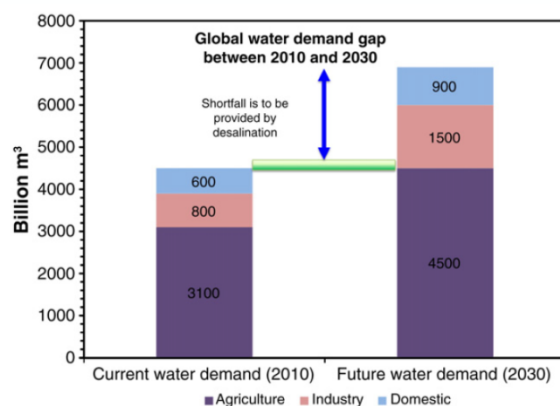


Fig. 1. The present (2010) and the projected (2030) water demand of the world and the water supplied by desalination methods presently [1].

Desalination, Volume 308, 2 January 2013, Pages 161-179

- 「工業成長零增自來水」、「工業用水優先使用再生水」已為我國水資源政策重要方針。
- 政府積極開拓再生水水源，以達到民國120年再生水利用量132萬CMD為目標。
- 「水污費」、「耗水費」徵收，工廠用水成本日益升高。
- 「再生水資源發展條例」中，訂定工業整體水回率達80%之中長期目標。

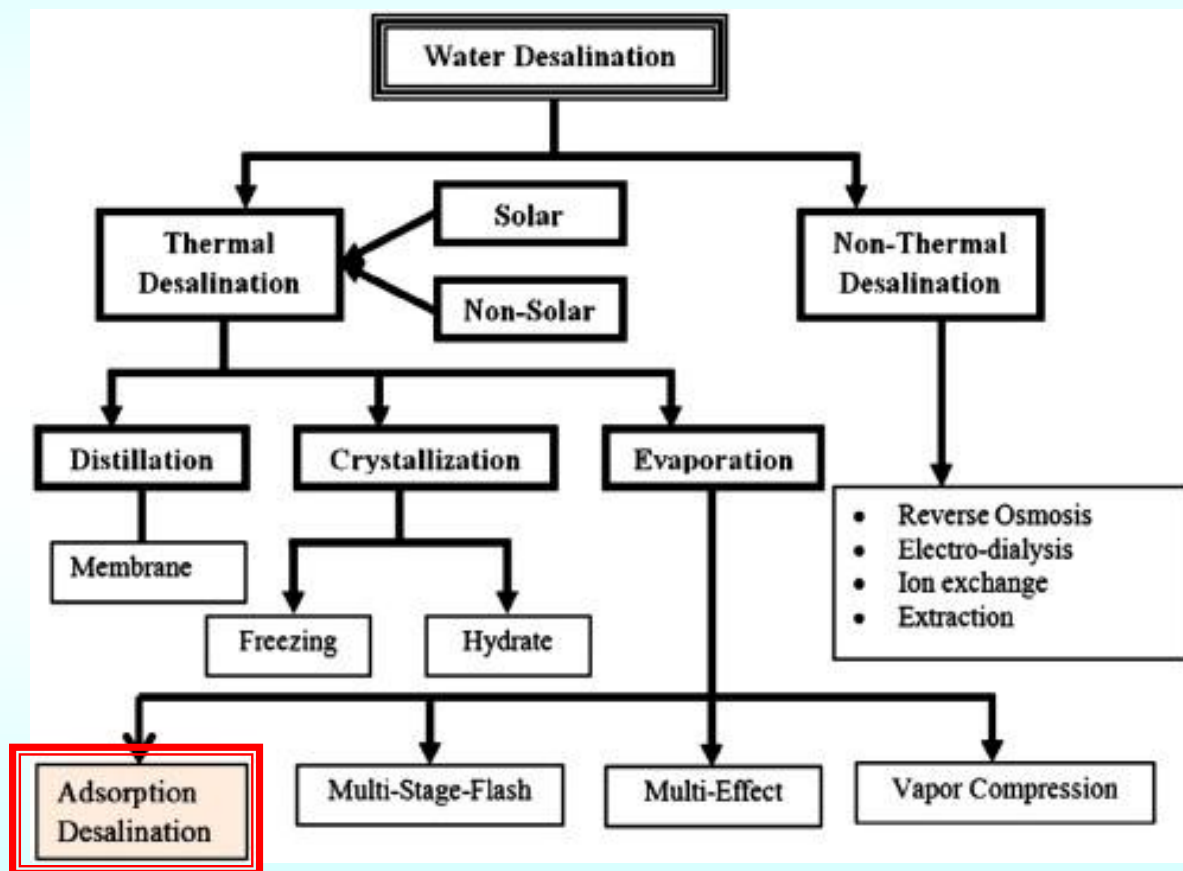


<http://news.ltn.com.tw>

部分工廠因環評壓力，已採用廢水零排放技術。



水回收技術



<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.030>

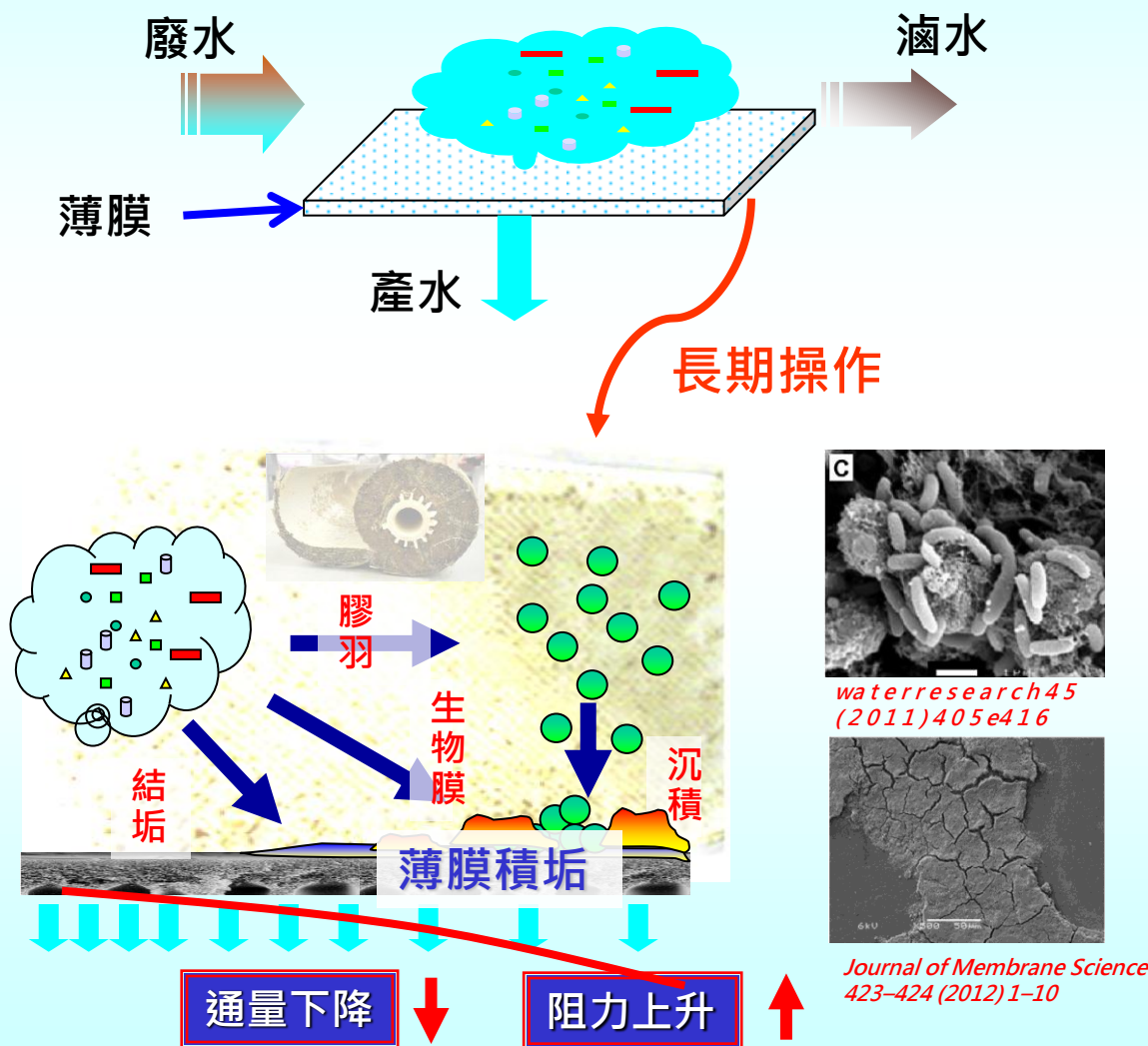


https://www.diytrade.com/china/pd/13631354/Reverse_Osmosis_Plant_Industrial_RO_Deionizer_RO_Desalination.html



www.freewebs.com

水回收薄膜技術



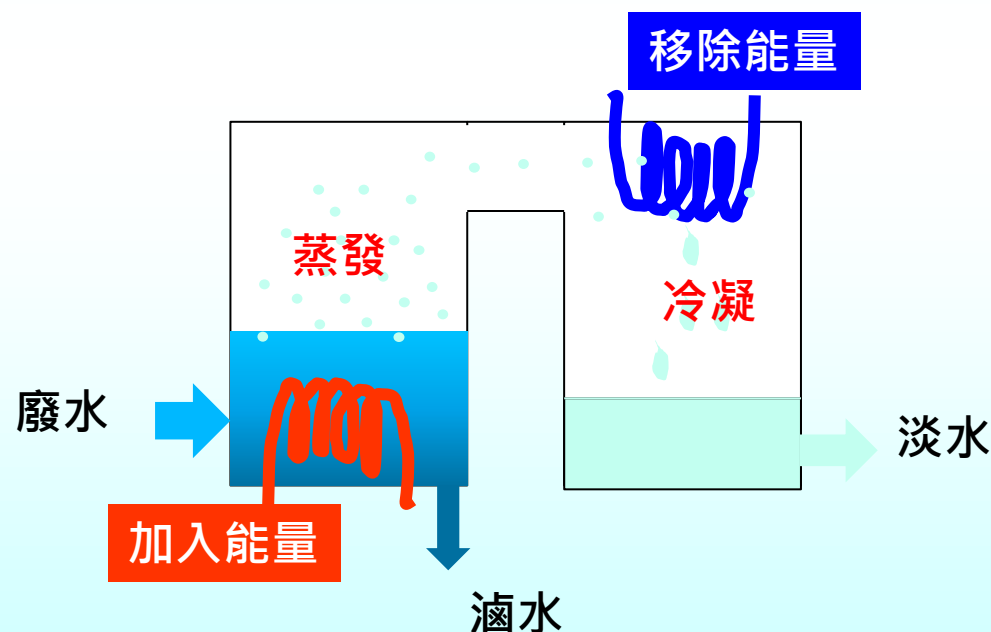
薄膜種類	驅動力
MF, UF, NF, RO	壓力差
EDR	電位差
FO	濃度差
MD	溫度差(蒸氣壓差)

- 回收中低濃度廢水成本低。
- 高濃廢水難以使用薄膜技術進行水回收。

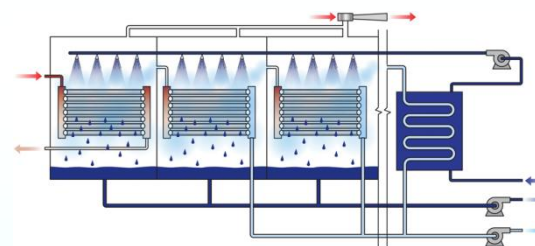
水回收熱技術

高濃廢水可使用自然蒸發現象進行水回收

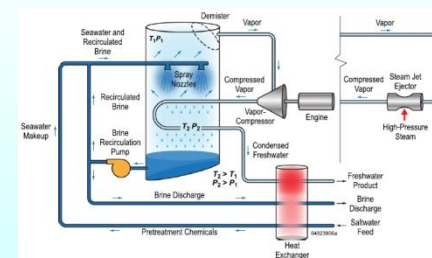
驅動力：溫度差(蒸氣壓差)



- 無薄膜產水效率受積垢影響降低情形。
- 採用蒸發器可在低能耗情況下加速自然蒸發過程。
- 能耗較高



多效蒸發(MEF)

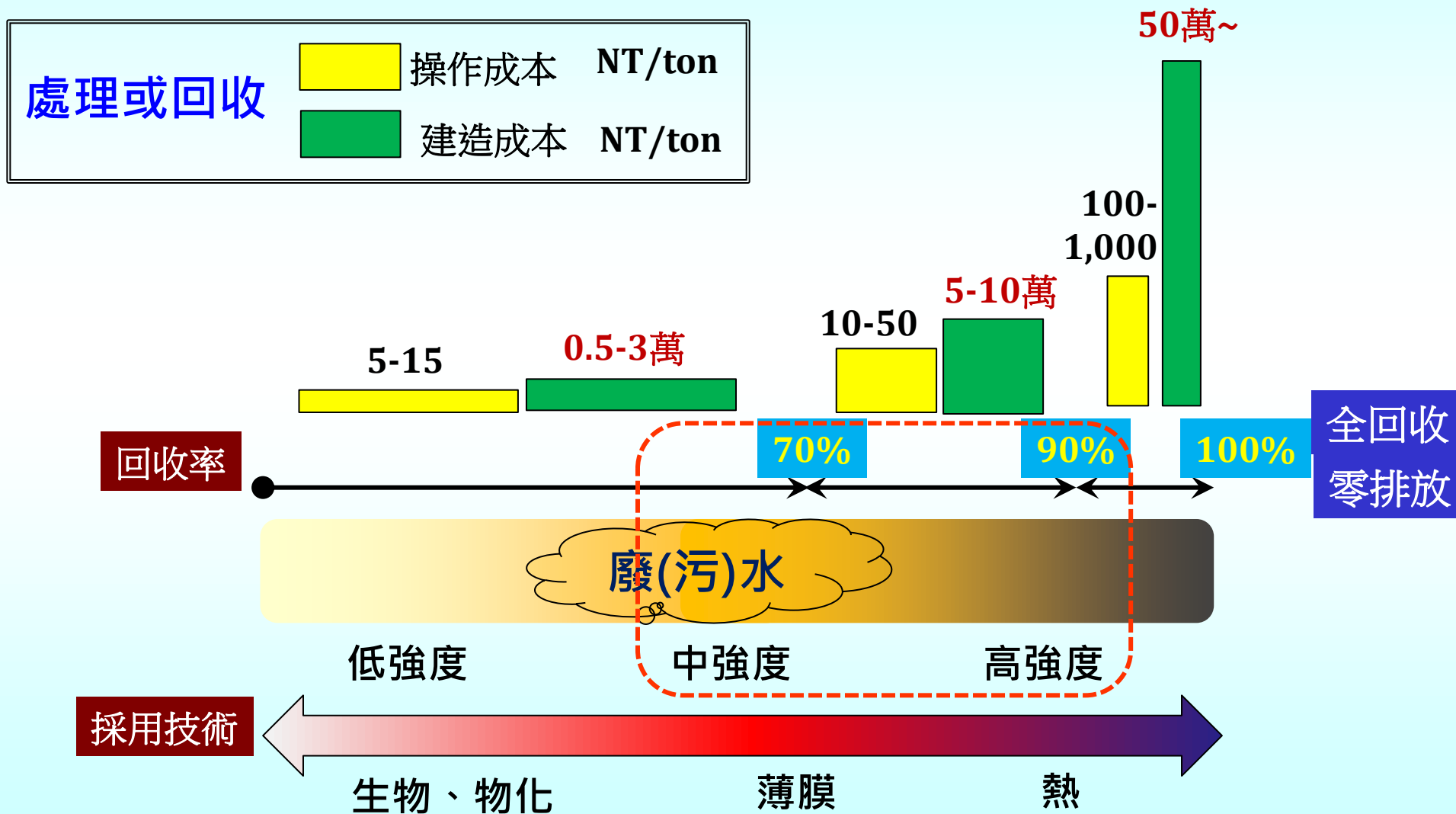


蒸氣再壓縮(MVR)

Renewable and sustainable energy reviews 24 (2013) 343-356



水處理與回收現狀





中高強度之水回收成本與能耗

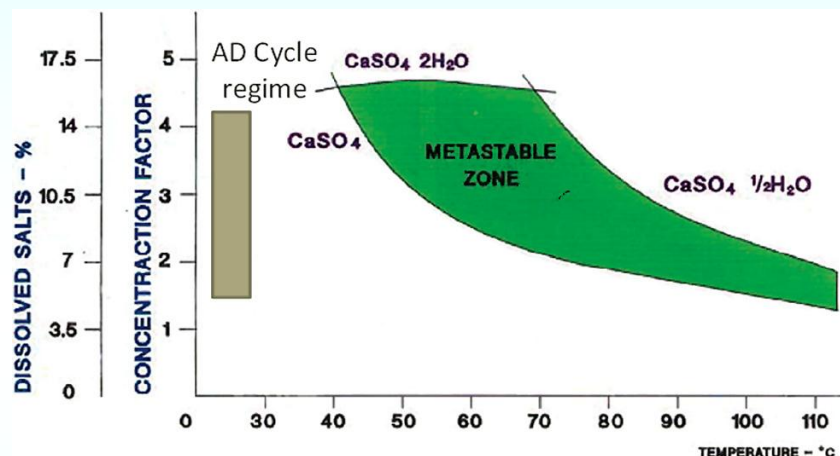
Process	Total Energy (kW-h/m ³)	Capital Cost (\$/m ³ /d)	Unit Water (\$/m ³)
Multi Stage Flash/MSF (without waste heat)	55-57	-	-
MSF (with waste heat)	10 - 16	1000 - 1500	0.8 -1.0
Multi Effect Distillation/MED (w/o waste heat)	40-43	-	-
MED (with waste heat)	6 - 9	900 - 1200	0.6 – 0.8
Sea Water Reverse Osmosis/SWRO	3 - 6	800 - 1000	0.5 – 0.8
SWRO (with energy recovery)	2 - 3	< 800	0.45 – 0.6
Innovative Technologies/Hybridization	< 2.0 *	< 800	<0.5

Recent developments in low energy desalination technologies, Waster desalination and reuse center (WDRC), KAUST, KSA,2013

Renewable and sustainable energy reviews 24 (2013) 343-356

低溫熱回收技術特點

不同操作溫度下，硫酸鈣結垢與海水可濃縮比例關係。



<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.06.053>

溫度是金屬腐蝕關鍵參數

溫度(°C)	Austenitic 不銹鋼	超級雙相 不銹鋼	鎳合金鋼	304L不銹鋼 (內層塗裝)
<40	✓	✓	✓	✓
40-70	✓	✓	✓	
>85	✓	✓		



工廠廢熱(低壓蒸氣、熱水)與永續能源(太陽能、地熱)即可驅動蒸發程序。



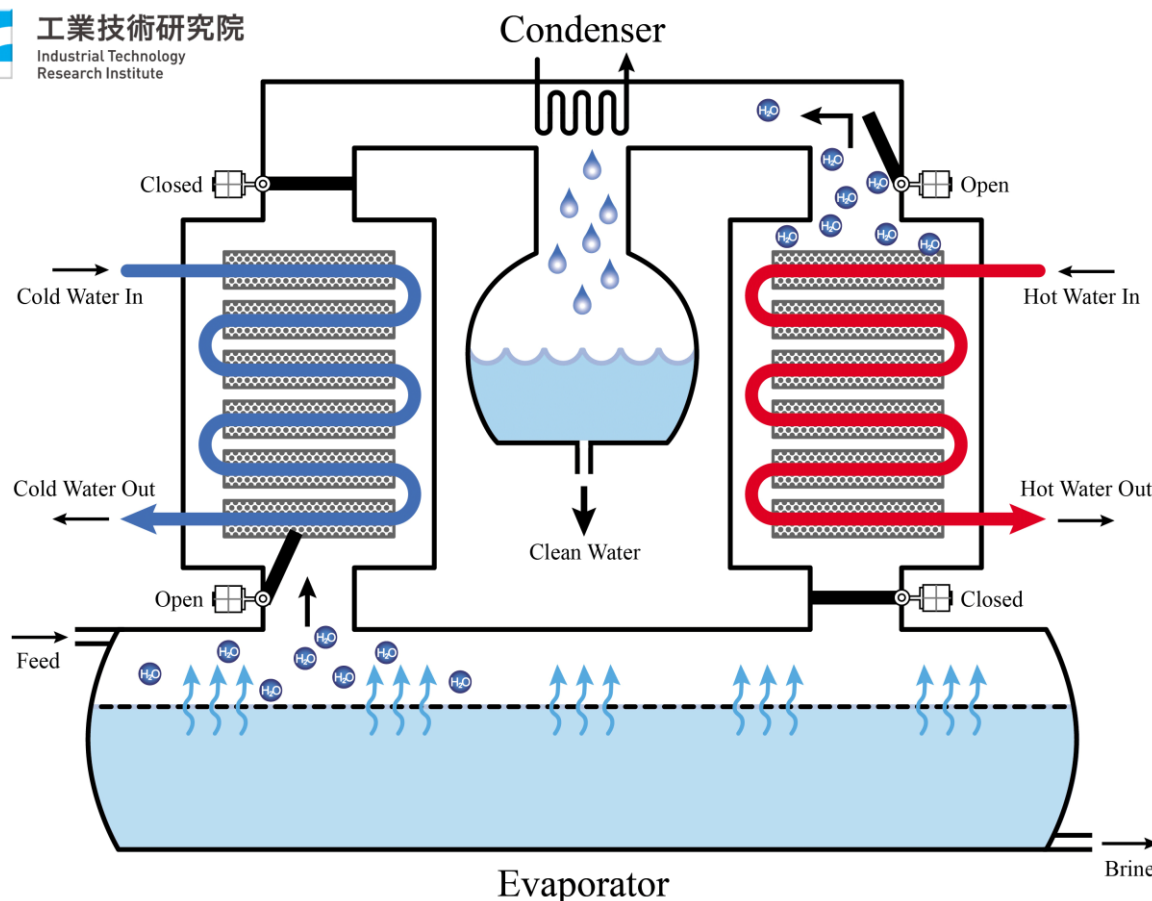
<http://slidesplayer.com/slide/11197694/>

綠色節能吸附式水回收技術

Silica Based Adsorption/Desorption Desalination Technology



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute



技術特色

- 能源耗用低
- 可使用廢熱或太陽能驅動脫鹽程序
- 廢水無須經前處理 (節省化學藥劑)
- 低溫操作，結垢潛勢低

K.C. Ng, et al., Desalination (2012)

水氣吸附劑

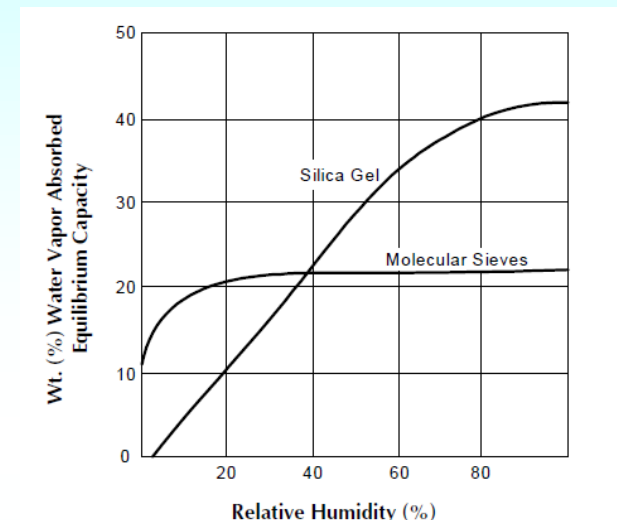
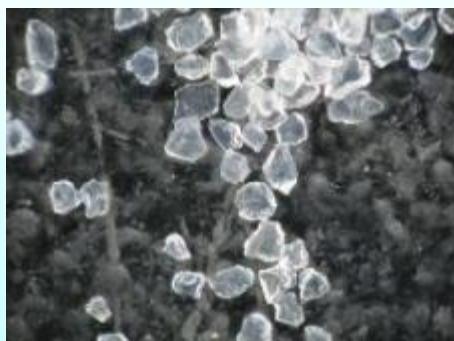
- 吸附劑之水氣吸附特性影響產水效率
- 熱力學平衡與動態速率一樣重要
- 吸附劑表面親水、低脫附溫度為佳

Table 5

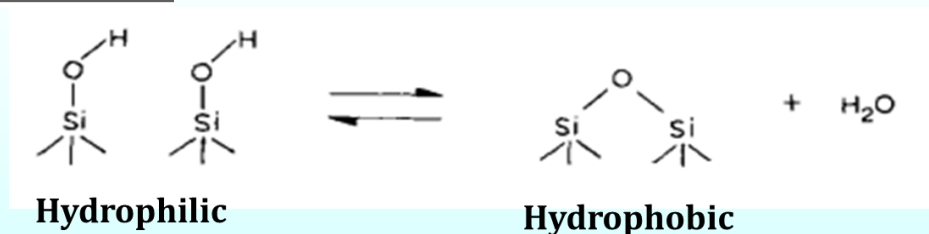
Types of adsorbent and their regeneration temperatures.

Type of adsorbent	Regeneration temperature (°C)
Silica gel	55-140
Activated Alumina	120-200
Zeolite molecular sieve	175-370

<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.030>



<http://www.airxchange.com/resource-center-application-design.htm>



微孔洞矽凝膠：高水氣吸附量、可被熱大部分脫附、無毒、壽命長、成本低。



光電業高導電度廢水水質特性分析整理

水樣	pH	導電度 $\mu\text{S/cm}$	COD mg/L	TOC mg/L	SS mg/L	TDS mg/L	硬度 mg/L
A-01	7.34	12,600	45	8.34	30	7,620	370
A-02	6.79	27,400	133	16.9	31	17,600	370
Mix	5.71	11,560	142	30.4	18	9,250	264

水樣	Cl^- , mg/L	$\text{NO}_3\text{-N}$, mg/L	PO_4^{3-} , mg/L	SO_4^{2-} , mg/L
A-01	8,110	19	ND	33
A-02	12,900	157	ND	1,167
Mix	6,760	196	2,620	1,500

經AD技術回收水之水質分析

廢水源	pH	導電度 $\mu\text{S/cm}$	TS mg/L	硬度 mg/L	鹼度 mg/L	TOC mg/L
A-01	5.73	2.2	7.8	<1	<1	<0.5
A-02	7.04	18.8	10.8	<1	<1	<0.5
Mix	6.22	2.58	16.8	<1	<1	<0.5

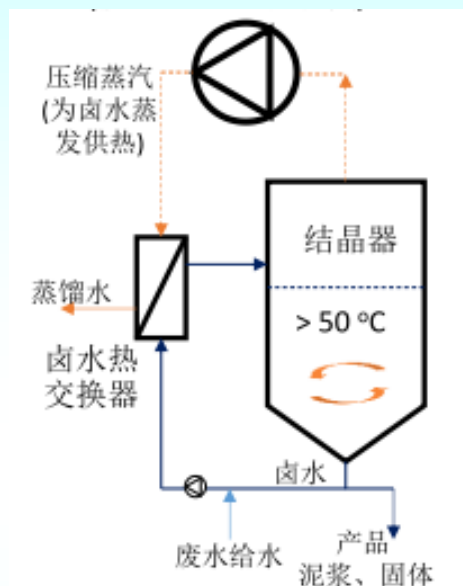


MEDAD 成本分析

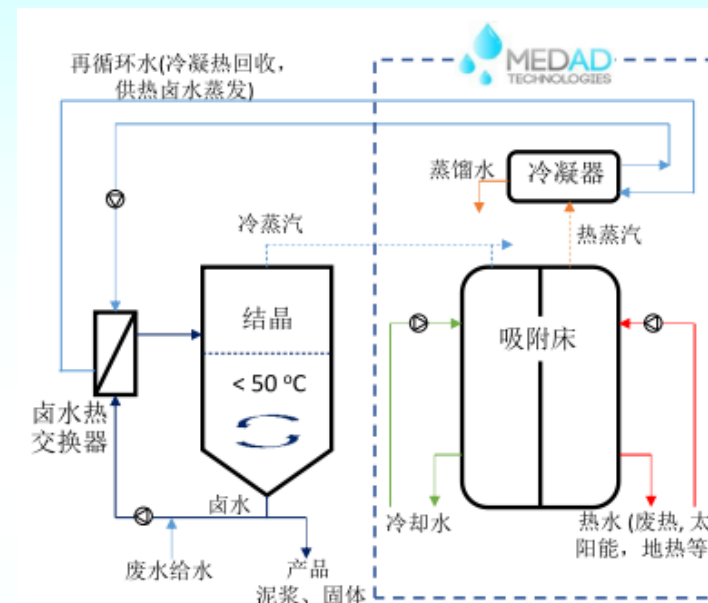
Method of desalination	Thermal energy consumed (kWh/m ³)	Electric energy consumed (kWh/m ³)	
Multi-stage flash (MSF)	19.4	5.2	
Multi-effect distillation (MED)	16.4	3.8	
Vapor compression (VC)	--	11.1	
Reverse osmosis (RO)- single pass	--	8.2	
Reverse osmosis (RO) -double pass	--	9.0	
Advanced AD (high grade water)	Free energy from waste heat	1.38	~10 NT/m³

K. Thu et al. / Desalination and Water Treatment 20 (2010) 1-10

零排放(ZLD)與乾燥應用



MVR蒸發結晶



超低溫吸附結晶(ULTAC)

- MEDAD吸附床取代蒸氣再壓縮機。
- 利用廢熱驅動水分脫除，大幅節省能源消耗。
- 吸附床產生真空，使蒸發結晶溫度降低。
- 鹽類(如氯化鈣和氯化鎂)溶解度於低溫低壓下顯著降低。

資料來源：[MEDAD corp.sg](http://MEDADcorp.sg)



吸附式水回收技術特點

- 無須前處理，無額外化學品添加需求。
- 固體廢棄物產生最小化。
- 系統簡單、動件少，運行與維護簡易。
- 長期運轉證明系統穩定可靠。
- 與競爭技術相較，初設成本相當。
- 運轉成本低，特別在有充足廢熱場域。



敬請指教