

半導體廠務水處理 DI SYSTEM 節水介紹

茂矽電子/陳啟明

一、前言

地球的資源有限，在資源過度開發使用下已漸漸匱乏。臺灣地區降雨分佈不均，造成每年枯水期間自來水供水不足，必需採以分區供水和限水，影響工業生產和民生用水，極為不便。為了節約用水以降低限水帶來的衝擊與不便，小至個人家庭，大至工廠政府機關，都需為節水來貢獻力量，使水資源永續發展而不匱乏。

新竹科學園區是高科技重鎮，半導體，光電等產業用水量更是驚人，在管理局嚴格要求督促和業者不惜投下巨資推動廢水回收再利用的努力下，已有相當好的成效。敝人專注於 DI 供水系統的維護和節水專案之推動，長久的努力下小有成效，願將工作上的相關經驗與成果，提供給同業參考，共為節水來努力。

二、節水方法介紹

針對節水的目的，擬定了二個主要的方向，分別說明如下：

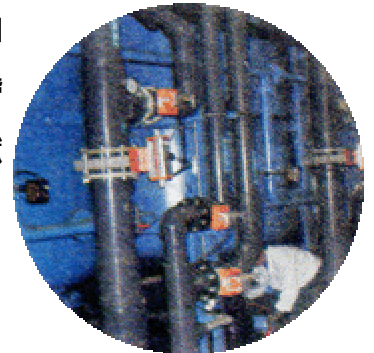
(一) 針對超純水供水系統(DI SYSTEM) 的各個單元設備，評估運轉效能,將效能不佳的設備調整改善，使運轉效能提升，以期降低再生操作的次數和用水量。

1. 多層濾材過濾設備(MMF System):它的功能是将原水中經過加藥而凝集成的顆粒及懸浮物質，藉由無煙煤濾材攔阻過濾，去除 10um 以上的顆粒，主要的過濾機制為無煙煤，但該濾材會隨著操作清洗次數的增加，部份會破碎而隨著逆洗而帶出桶外，也可能因清洗水量過大或設定參數不當而流出桶外，而使過濾床柱高度下降，降低採水週期和顆粒穿透率，針對上述問題擬以改善方法。

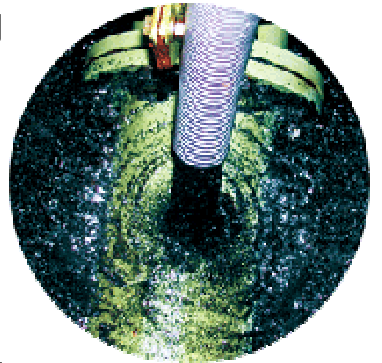
(1)性能提升的方法：

- A.將 MMF 人孔打開，檢視無煙煤床柱高度，將流失的濾材補充至上視窗高度，並修正 PM 表

▶MMF Filter System (3 SET)



▶MMF Filter System 濾材補充



單，將濾材檢查和添加定為每年保養項目。

B.重新 check MMF Filter rinse step，確認每個步驟的秒數和用水量，調整至最佳的參數條件，以確保每個步驟功能正常。

C.MMF Filter 過濾水出口增加 auto SDI Meter，每日自動做 2 次 SDI，控制 MMF Filter 出口為 SDI<3。

D.MMF rinse step10 Prefiltrating ,check 水質(濁度)符合回收條件，改管截流至自來水儲槽(raw water pit)回收

(2)MMF Filter rinse step 修改：

	MMF-1 Time(sec)	MMF-2 Time(sec)	MMF-3 Time(sec)	原設定值	備註說明
Step4 Lowrung1	120"	120"	120"	120"	截流回收
Step5 Lowrung2	700"	600"	600"	300"	截流回收
Step6 Start airblower	90"	90"	90"	90"	重覆1次
Step7 Backwash air	90"	90"	90"	90"	重覆1次
Step8 Backwash water	900" Q=80(M3/H)	900" Q=80(M3/H)	900" Q=80(M3/H)	1200" Q=150(M3/H)	排放 W/W
Step9 Refilling	80"	80"	80"	80"	**
Step10 Prefiltrating	900" 改1,200"	900" 改1,200"	900" 改1,200"	900" Q=50(t/h)	截流回收

<說明>：

Step8 Backwash water Q=150(M3/H) ,MMF 有少量無煙煤漏出，故將 Q 由 150(M3/H)調降至 80(M3/H)，Check OK。

Step8 Backwash water at Time=600 " 之後，逆洗排水逐漸淨，MMF-1 至 MMF-3 都適用，加入安全系數將 Time 由 1,200 " 調降至 900 "。

Step10 Prefiltrating at Time=900 " 之後切入 auto 之後，RO inlet 濁度計會有氣泡使讀值上下震盪，將 Time 由 900 " 調上至 1,200 " 後 OK。

(3)MMF Filter 性能提升與節水效益:

	改善前	改善後	節省操作水量	備註說明
	(M ³ /C)	(M ³ /C)	(M ³ /年)	
(1):濾材添加	3,500	7,000	10,800	採水週期延長
(2):step 修改	150	60	17,280	Backwash 用水量降低
(3):管路截流	50M ³ 排放	50M ³ 回收	3,600	水壓床排水截流回收
合計MMF每年節水效益			31,680	

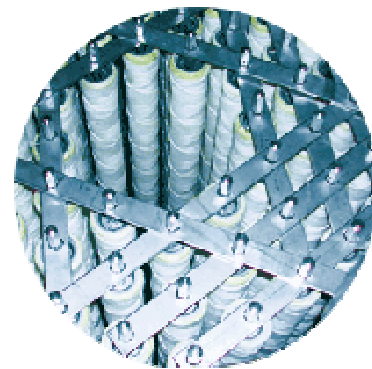
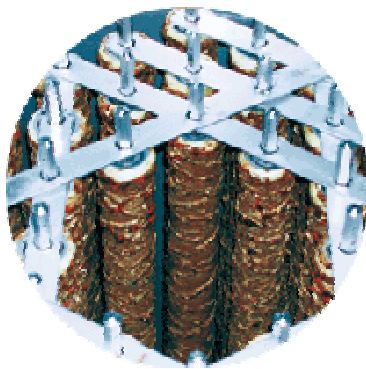
<說明> :

濾材添加 : a:MMF backwash set 由 3,500M³/C 調整至 7,000M³/C。平均過濾量約 1,400M³/D, Backwash 用水量 150M³/C , 所以 1,400M³/D*30D/月=42,000M³/月。 b:改善前: 42,000M³/月 / 3,500M³/C =12 C/月。 12C/月* 150 M³/C =1,800M³/月。 c:改善後: 42,000M³/月 / 7,000M³/C =6 C/月。 6 C/月* 150M³/C =900M³/月。 d:節水: 1,800M³/月 - 900M³/月 =900M³/月 900M³/月*12 月/年=10,800 M³/年。

修改 Backwash step: a:改善前:(1,200/3,600)*150*3=150 M³/C, 150*12=1,800 M³/月。 b:改善後:(900/3,600)*80*3=60 M³/C, 60*6=360 M³/月。 c:節水:(1,800-360)*12=17,280 M³/年。

管路截流: a:改善前:50*6=300 M³/月(排放) MMF/Precoat SDI METER。 b:改善後: 50*6=300 M³/月(回收)。 c:節水:300*12=3600 M³/年。

▶Precoat 濾心清洗前卡垢情形 ▶MMF/Precoat SDI METER ▶Precoat 濾心清洗後濾心情形



1. 矽藻土過濾器(Precoat Filter):它的功能是去除 MMF 產水中大於 5um 的顆粒，主要過濾機制為附著於濾心上的矽藻土粉，當 MMF 產水 SDI 質越低，採水時間可以越長。另外附著矽藻土的濾心會隨操作時間增加而卡垢，降低矽藻土附著能力，適時清洗濾心可增加矽藻土附著能力，加大過濾面積，延長採水時間。

(1)性能提升的方法:

A.將 MMF 產水的 SDI 值極限由 SDI<5 調降為 SDI<3，測試採水超過 7000M3/C 之後，SDI 值仍小於 3。

B.將 MMF 產水出口和 Precoat 產水出口接上 SDI 儀器自動測 SDI，並將值輸出至記錄器監控，以監控 SDI 值，確保水質的穩定。

C.每季以 5%草酸溶液配合管路修改，以循環泵浦循環清洗 Precoat 濾心，每年定期停機，將 Precoat 桶槽人孔打開拆出 Precoat 濾心以 5%草酸溶液浸泡清洗，使附著在濾心表面的污垢可清洗乾淨，增加 Precoat 粉附著面積，可延長採水週期。

(2)Precoat Filter 性能提升與節水效益:

	改善前 (Day/C)	改善後 (Day/C)	延長採水週期 (Day/C)	備註說明
採水週期	7	30	23	
合計Precoat每年節水效益(節省矽藻土用量)			8,352 (M ³ /年)	矽藻土量2160 Kg/年

<說明>：

Precoat 重置用水量 58M3/C，矽藻土用量 15Kg/C。

改善前:4 組*4 次/月=16 次/月; 16 次/月 *58M3/C=928M3/月。矽藻土用量 15Kg/C* 16 次/月 =240Kg/月。

改善後:4 組*1 次/月=4 次/月; 4 次/月 *58M3/C=232M3/月。矽藻土用量 15Kg/C* 4 次/月 =60Kg/月。

節水: 928M3/月-232M3/月。 =696M3/月。 696M3/月*12 月/年=8,352 M3/年。

節省矽藻土用量:240Kg/月- 60 Kg/月=180Kg/月。 180Kg/月*12 月/年=2,160 Kg/年。

(二) 檢討每個廢水排放管路，檢測排放水質，符合超純水供水回收系統 (DI System Reclaim)回收至條者，截流回收，不符合 DI System Reclaim 回收條件者，排放至廢水廠做廢水回收或至廢水廠處理排放。

▶大 RO 濃縮水排水管路修改

1. DI System 大 RO /小 RO concentration water 截流回收:大 RO 設備有五台，每套產水 32M3/H 至 Permeate PIT，濃縮水 8M3/H 收集到小 RO Tank，經由小 RO System 做 50%回收和 50%排放.除了每日會有 140CMD 的小 RO 濃縮水排放外，亦會使小 RO 負荷加大，減低 RO 膜管壽命。



(1)增加 RO 濃縮水回收量的方法:

檢視 DI Reclaim System 因為設計承受負荷的容量高於運轉時的負荷，故將大 RO 濃縮水和小 RO 濃縮水排放管路修改，部份切到 Reclaim PIT，由既有 DI Reclaim System 處理回收，既可增加回收水量，也可延長小 RO 系統運轉壽命，而 DI Reclaim System 增大 RO/小 RO 濃縮水後由於設備設計容量充足，運轉可以符合設備設計運轉要求，不需再設立新的處理設備。

▶大 RO and 小 RO 濃縮水排放管路截流修改流程示意圖



(2)大小 RO 濃縮水管路截流與節水效益:

	改善前 (M ³ /D)	改善後 (M ³ /D)	節省排放量 (M ³ /D)	備註說明
RO濃縮水排放	140	31	109	
合計大小RO濃縮水每年節水效益			39,240 (M ³ /年)	

<說明> :

改善前:

a:大 RO 進水約 1400M³/D，其中 Permeate water 約 80%=1120M³/D to Permeate pit, Concentration water 約 20%=280M³/D to 小 RO raw water pit。

b:小 RO Permeate water 50%=140M³/D to Permeate pit, Concentration water 約 50%=140M³/D to W/W 排放。排放廢水:140M³/D*30D/月=4200M³/月。

改善後:

▶增設 RO/小 RO 濃縮水水質監控

a:大 RO 進水約 1,400M³/D，其中 Permeate water 約 80%=1120M³/D to Permeate pit, Concentration water 約 20%=280M³/D，其中 1/3 to 小 RO raw water pit. $1/3 * 280M^3/D = 93M^3/D$ 。其它 2/3 截流至 Reclaim pit 處理回收。 $2/3 * 280M^3/D = 187M^3/D$ 。



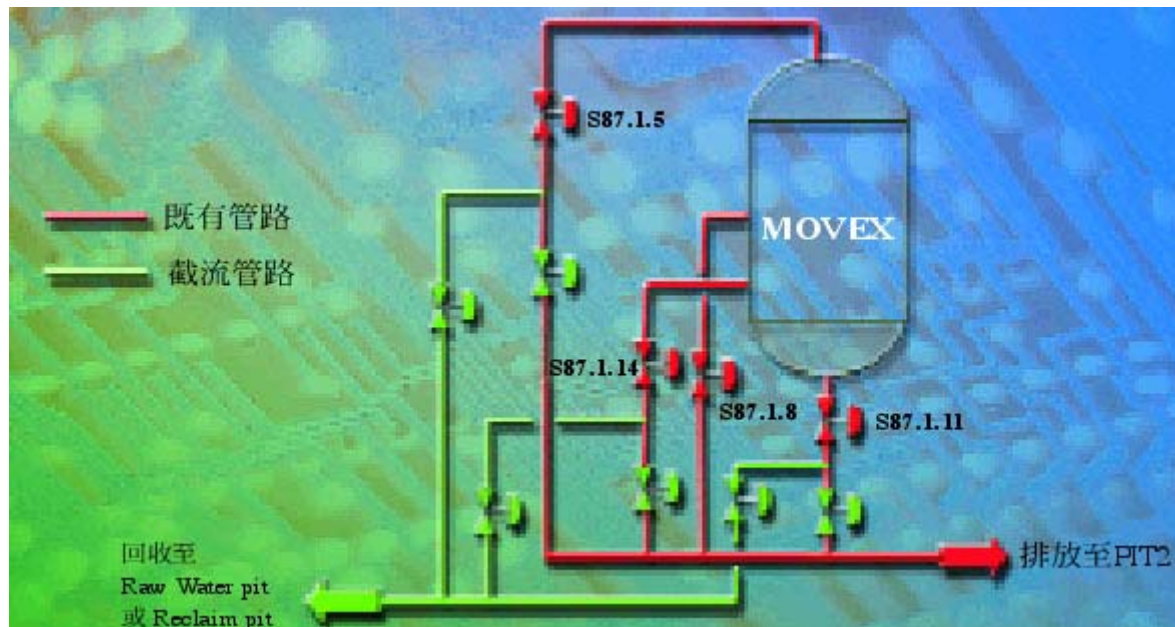
b:小 RO Permeate water 50%=46.5M³/D to Permeate pit, Concentration water 約 50%=46.5M³/D，其中 1/3 回收至 Reclaim pit 處理回收。 $46.5M^3/D * 1/3 = 15.5M^3/D$ ， $15.5M^3/D * 30D/月 = 465M^3/月$ 其它 2/3 排放廢水: $46.5M^3/D * 2/3 = 31M^3/D$ ， $31M^3/D * 30D/月 = 930M^3/月$ 。

c:節水: $4,200M^3/月 - 930M^3/月 = 3,270M^3/月$ ， $3,270M^3/月 * 12 月/年 = 39,240M^3/年$ 。

2. MGR System 外部再生塔(MOVEX)再生排放水截流回收:混床離子樹脂塔將 Permeate PIT 的一次純水提升至 18M⁻CM，樹脂穿透後 Exhausted 和傳出到 MOVEX 再生，每套再生用水除了小部份回收外，其它均排放，DI System 共計六套 MGR，評估再生排放廢水的水質及回收的可行性。

(1)評估 MGR 再生操作的各個步驟，排水水質和回收的可行性。

▶DI Phase1 and Phase3 MOVEX 廢水管路截流修改示意圖



A.檢視 MOVEX 廢水排放管路(4 組排放管)，將廢水排放口加裝測試點(3/4" SUS 針閥 *4 組)，當 MGR 再生時，每個再生步驟均會從上述管路排出廢水，由測試點收集排放

廢水，檢測 PH 和導電度，比照既有 PIT 水質條件(PH 和導電度)，找出符合回收條件的排出廢水。

(a)DI System Phase1 MGR

水質	PH (平均)	導電度 (平均)	備註
----	---------	----------	----

(b)DI System Phase3 MGR

水質	PH (平均)	導電度 (平均)	備註
----	---------	----------	----

B.收集約一個月的再生排放廢水水質資料，找出可回收的廢水排放管路，截流至各別的 PIT，並修改 PM 表單，上述六個測試點每週水質監測和設定上限及異常通報，以確實掌握回收水質的狀況，必要時可切換手動閥恢復修改前的廢水排放操作。

(2) MOVEX 排放廢水截流與節水效益:

<說明> :

MGR DI O3 and DI O1 共 6 套，平均單套 1.5D/Reg (9D/cycle)。

篩選截流: S87.1.11:用水量=32.9M3/C。

S87.1.5 : 用水量=10.5M3/C。 S87.1.14 :用水量=3.2M3/C。 * 上列排水可回收約=46.6M3/C。

S87.1.8:用水量= 14M3/C。 * 上列排水不可回收約=14M3/C。 結論: A:每次再生用水約=60.6M3/C。 B:可回收至原水池=46.6M3/C。 C:排放至廢水廠=14M3/C。

改善前: Reg 廢水量:60.6 M3/C，每月 30D 計算。
每月 Reg 廢水量:[30/1.5]*60.6=1,212M3/月。

改善後: Reg 廢水量:14 M3/C，每月 30D 計算。
每月 Reg 廢水量:[30/1.5]*14=280M3/月。

節水:1,212-280=932M3/月。 932*12=11,184M3/年。

3. Reclaim Cation/Anion 再生排放水截流回收:Reclaim System 包含一套 Cation/Anion Resin 和二套 RO 設備，主要回收製程機台篩選的廢水，處理後回 DI System Permeate pit 再利用，原處理量約 1,000M3/D，將 RO 濃縮水和 Phase3 MGR 再生篩選水導入後，處理水量增加至 1,300M3/D。因為 RO 前有 CA System，觀察發現 CA 在正常運轉下濃縮水導電度<500us/cm 評估可以回收利用，當 CA 在再生時 RO 濃縮水導電度會 >500us/cm 則需排放，另外 CA System 有一組 Cation Resin 和二組 Anion Resin，當樹脂再生時可比照 MGR 的方法做截流回收，詳述如下說明:

(1) Reclaim CA System 再生回收的方法:

Reclaim Cation Resin 為強酸性陽離子樹脂，藉由 H⁺，交換回收水中的陽離子，產水導電度上升和 PH 下降偏酸，產水進入二套 Anion Resin，藉由 OH⁻交換水中陰離子，產水導電度下降和 PH 上升偏中性。產水進入 Reclaim RO System。

▶MOVEX 廢水排放管路增設測試點



▶MOVEX 廢水排放管路截流修改



▶手提式水質檢測儀器



A.修改控制使 CA 系統可單套再生，其它樹脂桶仍可維持運轉，於每個桶槽排水管出口(4 組)加裝測試點，再生時收集排出廢水，檢測 PH 和導電度，比照既有 PIT 水質條件(PH 和導電度)，找出符合回收條件的排出廢水。

(a)DI Reclaim Cation Resin TANK(B113.1.1):

水質	PH (平均)	導電度 (平均)	備註
注藥口出口 (S113.1.6)	2.15	8.500(us/cm)	排放

(b)DI Reclaim Anion Resin Tank(B113.2.1/B113.3.1):

水質	PH (平均)	導電度 (平均)	備註
注藥口出口 (S113.2.6/3.6)	12.81	8.000(us/cm)	排放

B.收集約一個月的再生排放廢水水質資料，找出可回收的廢水排放管路，截流至各別 PIT，並修改 PM 表單，上述六個測試點每週水質監測和設定上限及異常通報，以確實掌握回收水質的狀況，必要時可切換手動閥恢復修改前的廢水排放操作。

►Reclaim CA 廢水排放管路截流修改



C. Reclaim CA Tank 排放廢水截流與節水效益:

	改善前 (M ³ /月)	改善後 (M ³ /月)	節省再生水量 (M ³ /月)	備註說明
廢水排放量	1,800	660	1,140	
合計MOVEX排放廢水截流每年節水效益			13,680 (M ³ /年)	

<說明> :

篩選截流:

a:S113.1.9: 用水量=4.5M³/C.

b:S113.1.4:用水量= 20M³/C。

c:S113.1.7:用水量= 13.5M³/C。

d:S113.1.6:用水量= 22M³/C。

上列排水不可回收約=22M³/C。 上列排水可回收約=38M³/C。

結論: a:每次再生用水約=60M³/C。

b:可回收至 RECLAIM PIT=38M³/C。

c:排放至廢水廠=22M³/C。

改善前: a:Reclaim system 進水約 1,000M³/D, C/A system 有 Cation Resin 1 組和 Anion Resin2 組, Reg 周期約 3D/C, 即 1 天有 1 組 Reg。 b:Reg 廢水量:60M³/D*30D/月 =1,800M³/月。

改善後: a:Reclaim system 進水約 1,000M³/D, C/A system 有 Cation Resin 1 組和 Anion Resin2 組, Reg 周期約 3D/C, 即 1 天有 1 組 Reg。 b:Reg 廢水量:22M³/D*30D/月

=660M3/月。

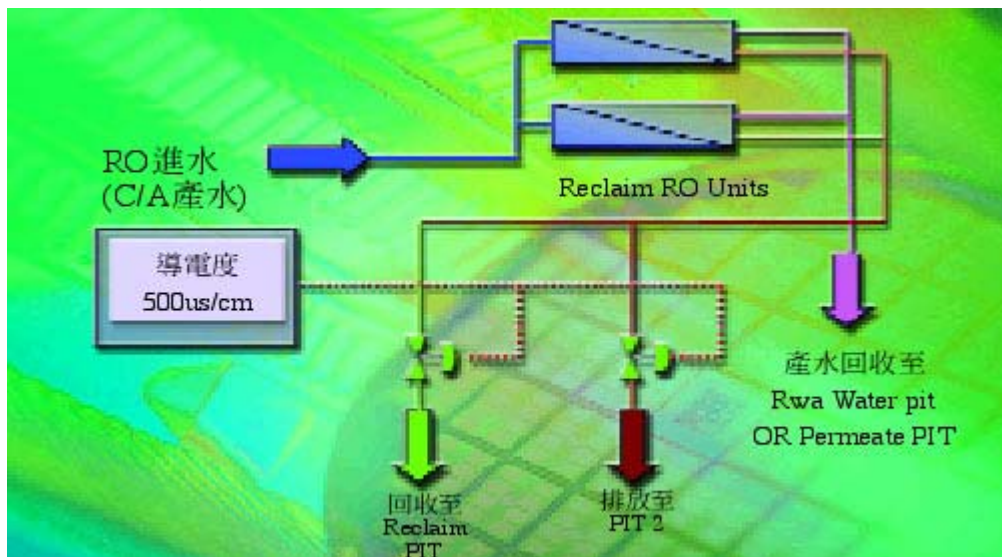
節水:1,800M3/月-660M3/月=1140M3/月， 1,140 M3/月*12 月/年=13,680M3/年。

(2) Reclaim RO 濃縮水排水自動篩選回收修改:

Reclaim RO 設備前有 CA System，當 CA 運作正常時，大部份負荷在經過 CA System 後已被置換，Reclaim RO 濃縮水導電度絕大多會小於 500us/cm，可回收，只有在 CA System 再生時 Reclaim RO 濃縮水導電度才會過高，需要排放。

A.修改 Reclaim RO 濃縮水排水管路，增設 2 組電動閥和導電度控制器，藉以自動篩選 Reclaim RO 濃縮水排放或回收，當排水導電度>500us/cm 自動切閥排放，而排水導電度 <500us/cm 自動切閥回收。

▶Reclaim RO System 濃縮水排回收篩選流程示意圖



B.Reclaim RO 濃縮水篩選與節水效益:

	改善前 (M ³ /月)	改善後 (M ³ /月)	節省再生水量 (M ³ /月)	備註說明
RO濃縮水排放量	6,000	1,002	4,998	
合計: Reclaim RO濃縮水篩選每年節水效益			59,976 (M ³ /年)	

<說明>：

改善前:Reclaim RO 進水量 1,000M3/D, Permrte water 80%=800M3/D(to raw water or permeate pit)回收，Concentration water 20%=200M3/D. 200M3/D*30D/月=6000M3/月 (to W/W)廢水排放。

改善後:

a:在 Reclaim RO Concentration water 出口加裝 Conductivity meter and 2 組電動閥篩選 Concentration water，設定 $>500\text{us/cm}$ 排放， $<500\text{us/cm}$ 回收(to Reclaim)。

b:Reclaim system 只有在 C/A Reg 時，該股水質才會排放($>500\text{us/cm}$)，其它時間均回收，所以 C/A 平均 1 組 Reg/D，time 約 4Hr，故廢水排放 $=200\text{M}^3/\text{D} \times 4/24=33.4\text{M}^3/\text{D}$ ， $33.4\text{M}^3/\text{D} \times 30\text{D}/\text{月}=1002\text{M}^3/\text{月}$ 。 c:節水: $200\text{M}^3/\text{D} \times 20/24=166.6\text{M}^3/\text{D}$ ， $166.6\text{M}^3/\text{D} \times 30\text{D}/\text{月}=4998\text{M}^3/\text{月}$ ， $4998\text{M}^3/\text{月} \times 12\text{月}/\text{年}=59976\text{M}^3/\text{年}$ 。

▶Reclaim RO 濃縮水篩選導電度控制器

▶Reclaim RO 濃縮水篩選管路電動閥



三、節水成果分析

(一) 針對超純水供水系統(DI SYSTEM) 的 MMF 和 Precoat System 調整效能減少操作用水:

1. MMF 過濾器，調整逆洗 STEP 和固定每年將桶槽上端人孔蓋板打開添加無煙煤濾材，修改部份逆洗管路及截留回收壓床排水到原水池，支出工程費約 150,000 元，每年可節省逆洗用水量為 31,680M³/年，支出費用平均約 4 個月可回收，並可改善 MMF 過濾水質(SDI <5 ，降至 SDI <3)，使 Precoat 操作壽命增加。
2. Precoat 過濾器，將矽藻土附著濾心每季草酸清洗和每年拆出清洗列入 PM 表單項目，由 PM 保養人員定期清洗，可使矽藻土附著濾心時大大增加過濾面積，延長採水週期和減少重置矽藻土時的用水量每年可節省 8,352M³/年，並可改善 Precoat 過濾器的過濾水質(SDI <3 ，降至 SDI <2)，使 RO 系統前置濾心和 RO 膜管使用壽命增長。

綜合上述的方法 每年可節水 _____ 年 投資費用約 _____ 個月便可回收

實施方案	省水量 (M ³ /年)	省費用 (元/年)	投資費用 (元)	回收期平均 (月)
1:DI system MMF性能提升 和排放水截流回收	31,680	475,200	150,000	4
2:DI system Precoat性能提升 減少再生用水	8,352	125,280	0	0
3:總節水效益	40,032	600,480	150,000	3

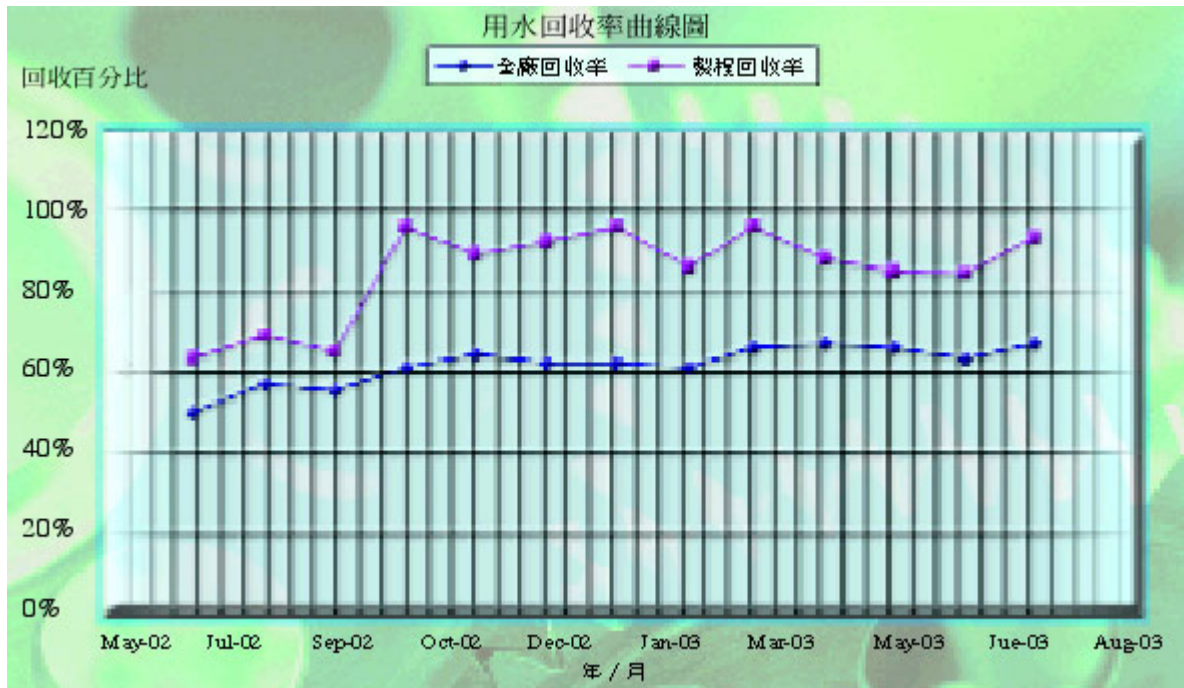
(二) DI System 排放廢水截流回收效益:

1. 大小 RO 濃縮水管路截流，將部份大 RO 和小 RO 濃縮水導入 Reclaim System 處理回收，每年可增加回收水量達到 39,240 M³/年，管路截流修改費用約 2 個月便可回收，也可增加小 RO 膜管壽命及 Reclaim System 的利用率。
2. MGR System 外部再生塔再生排放水截流回收，再生廢水除了注藥和慢洗廢水排放外，其它步驟的排放廢水均截流回收，以既有的設備處理再始用，每年截流回收水量有 11,184 M³/年，相關管路修改費用約需 6 個月可以回收。
3. Reclaim Cation/Anion 再生排放水截流回收，比照 MGR System 再生廢水除了注藥和慢洗廢水排放外，其它步驟的排放廢水均截流回收，每年截流回收水量有 13,680 M³/年，相關管路修改費用約需 7 個月可以回收。
4. Reclaim RO 濃縮水篩選，以導電度控制器控制電動閥開關，選擇 Reclaim RO 濃縮水排放或回收，每年可回收 59,976 M³/年，相關管路及控制修改費用約 2 個月可回收。
5. 綜合上述的方法，每年可回收 124,080 M³/年，投資費用平均約 2.3 個月可回收。

實施方案	省水量 (M ³ /年)	省費用 (元/年)	投資費用 (元)	回收期 (月)
1:大小RO濃縮水管路 截流與節水效益	39,240	588,600	100,000	2
2:MGR System 外部再生 塔(MOVEX)再生排放水 截流回收	11,184	167,760	80,000	6
3:Reclaim Cation/Anion 再生排放水截流回收	13,680	205,200	12,000	7
4:Reclaim RO濃縮水篩選	59,976	899,640	150,000	2
5:總節水效益	124,080	1,861,200	342,000	2.3

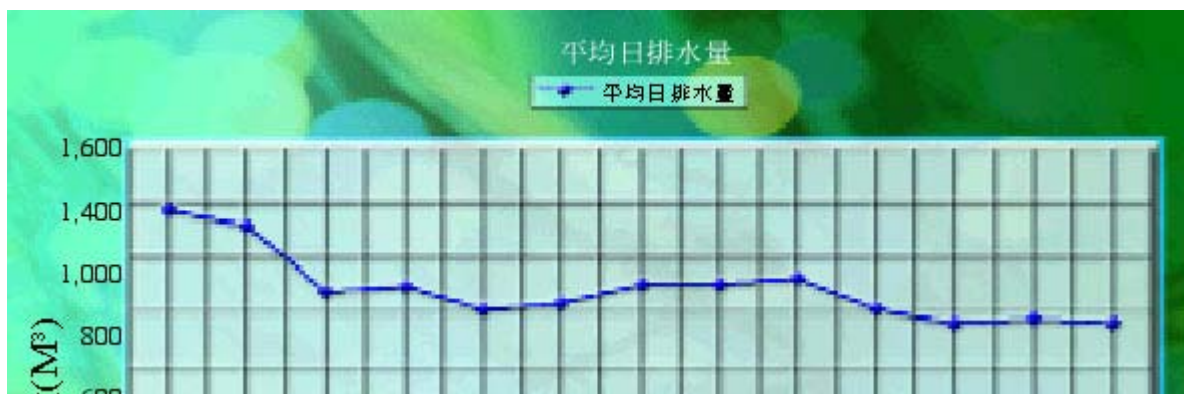
(三) 全廠回收率和製程回收率的提升:

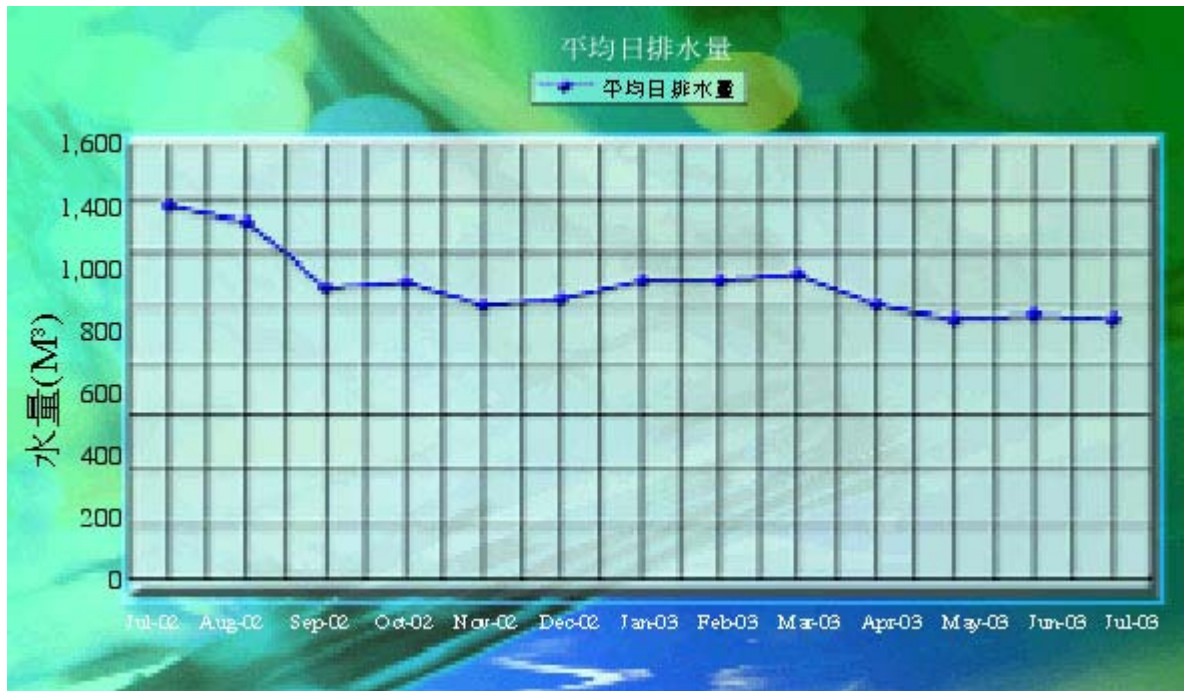
1. 全廠回收率:從去年平均 54%(2002/09 以前), 到節水相關措施啟動後平均 64%(2002/10 以後)約提高 10%。
2. 製程回收率: 從去年平均 65%(2002/09 以前), 到節水相關措施啟動後平均 90%(2002/10 以後)約提高 25%。
3. 相關資料數據由(2002/07~2003/07)每月報科管局資料摘錄, 詳如下圖。



(四) 廢水排放量降低:

1. 從去年平均 1,250 M3/D(2002/09 以前), 到節水相關措施啟動後平均 1,030 M3/D(2002/10 以後) 每日減少污水排放量約 220 M3/D。
2. 相關資料數據由(2002/07~2003/07)每月報科管局資料, 詳如下圖。





四、結論

不論是水資源或是電力、石油 等能源，在不斷開發下都逐漸減少。在使用這些資源所帶來的便利下，也應該想到節約和再利用，不但可將其功能發揮至最大，亦可減廢降低污染源。敝人任職晶圓廠水處理課，在管理局要求和公司的政策下盡力去做好廢水回收再利用，原本就是職責所在。在參觀過很多 12" 晶圓廠和 LCD 面板廠 等新廠，業主為了提高廢水回收率，不惜投入巨資，委託顧問公司和設備廠商建置回收設備，以高於水價數倍的運轉費用去回收廢水，這種企業經營的道德真是令人佩服。敝人服務的公司為 6" 晶圓廠屬於較老舊的廠，沒有很充足的預算和足夠的場地可以用在廢水回收的專案上，但是以我推動節水專案的成效來看，其實不需要很大的投資經費和場地也可以有很好的績效，只要有份心，願意花心力和時間去分析，一步一步的改善效能，一點點的截流回收，也可以有很好的效果，僅以上述經驗，提供同業致力於節水改善的先進參考，共為節約能源和回收盡一份心力。