

2019 科學園區 廠務技術研討會

Winbond

November 19 , 2019



水資源組



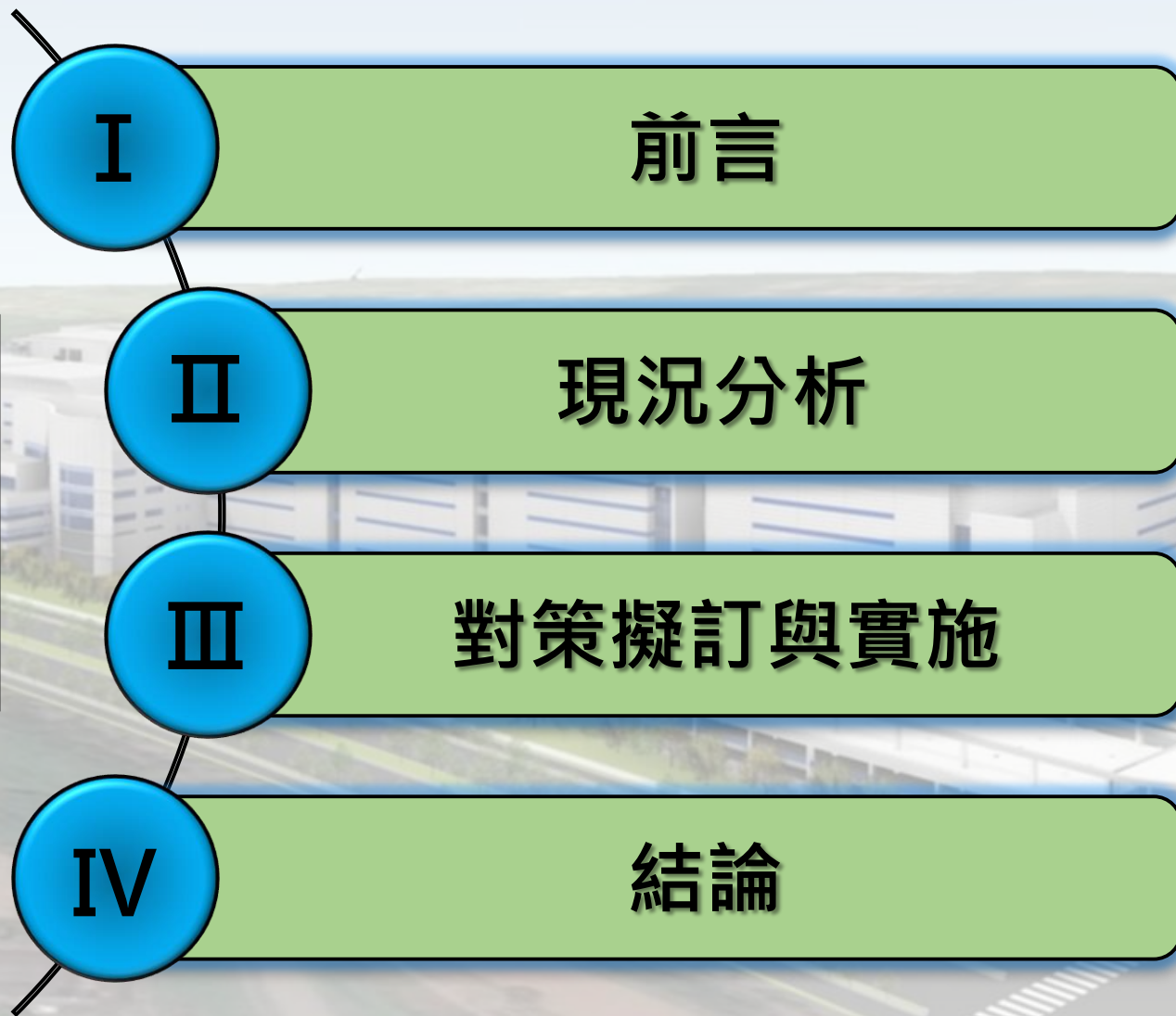
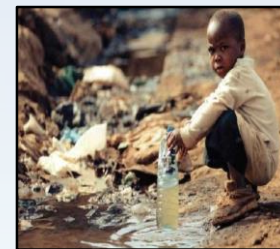
張奇華 翁序伯 賴柏誌

超純水系統 RO 節能與節水精進

華邦電子股份有限公司

廠務工程處 水處理課





前言



前言



- ☑ 永續發展
- ☑ 綠色企業
- ☑ 尊重環境
- ☑ 節能節水

前言

外部需求 (節能)

經濟部能源局新制定：

104~108年期間之「平均年節電率」皆應達 1% 以上。



經濟部能源局
Bureau of Energy,
Ministry of Economic Affairs

內部需求 (節能)

華邦環保政策

華邦電子持續推動各項節能措施，以降低能源使用。

利用公司網頁及現場標語宣導節約能源觀念及作法，並推廣辦公室及公共區域能源管理方案，希望同仁能養成良好觀念及行為習慣。

前言

外部需求 (節水)



水利署持續要求工商企業投入節水設備改善及用水效益提升，加強水資源回收利用，並達到具體成效。

內部需求 (節水)

華邦環保政策

針對用水量訂定改善計畫並檢討執行效益，讓每一滴水發揮最大功效。

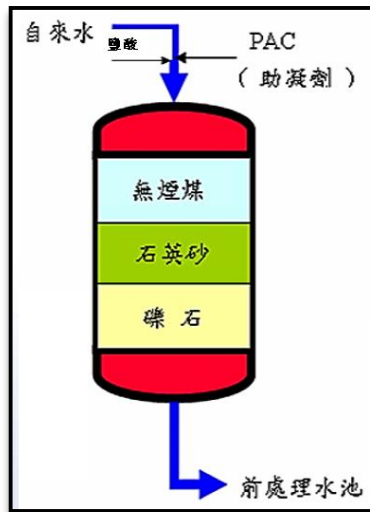
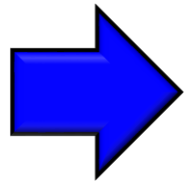
由上到下推廣節水運動，並積極參加科學園區管理局及經濟部水利署相關節水管理輔導及評鑑，以達綠色環保企業之要求。

前言

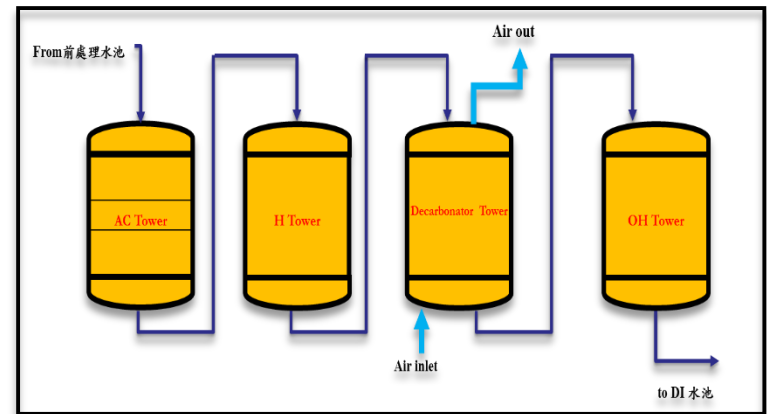
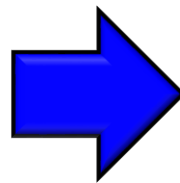
提純段流程圖



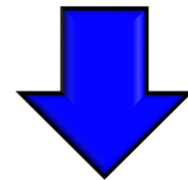
City Water



MMF

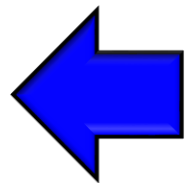


AC+2B3T

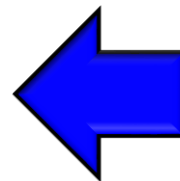


RO

超純水系統 精鍊段



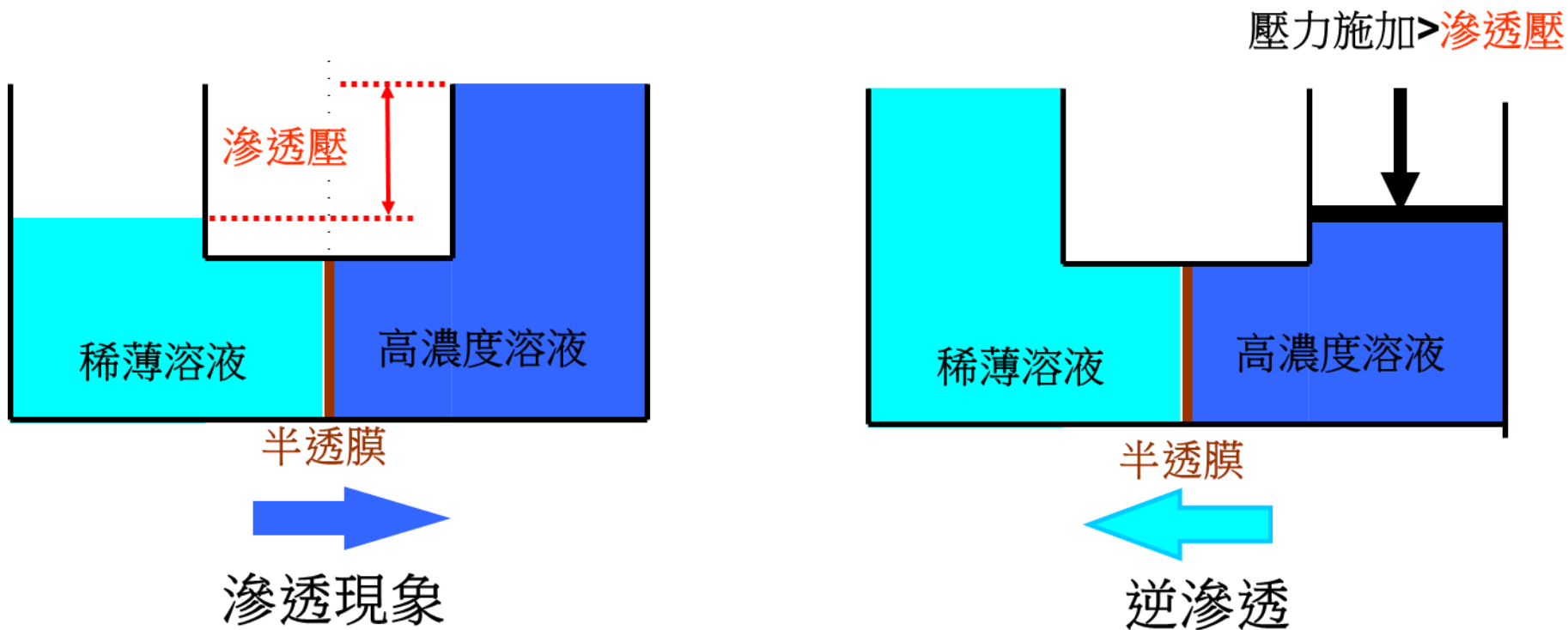
MB



前言

RO 介紹

■ RO : Reverse Osmosis (逆滲透)

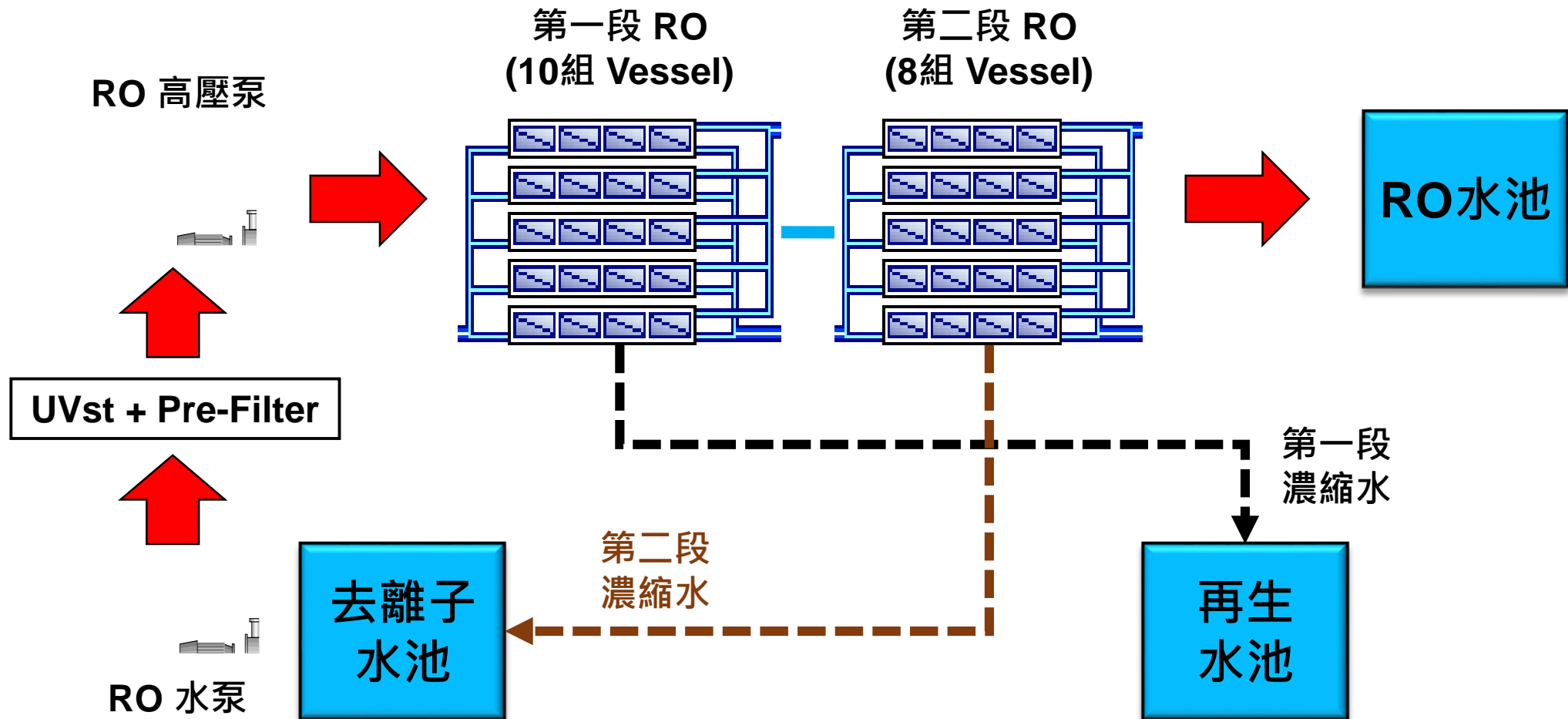


✓ 去除水中離子、總有機碳、二氧化矽，並藉由濃縮水排出。

前言

RO 流程圖

- RO 目前設置 8 套，每套皆為 Two-Pass

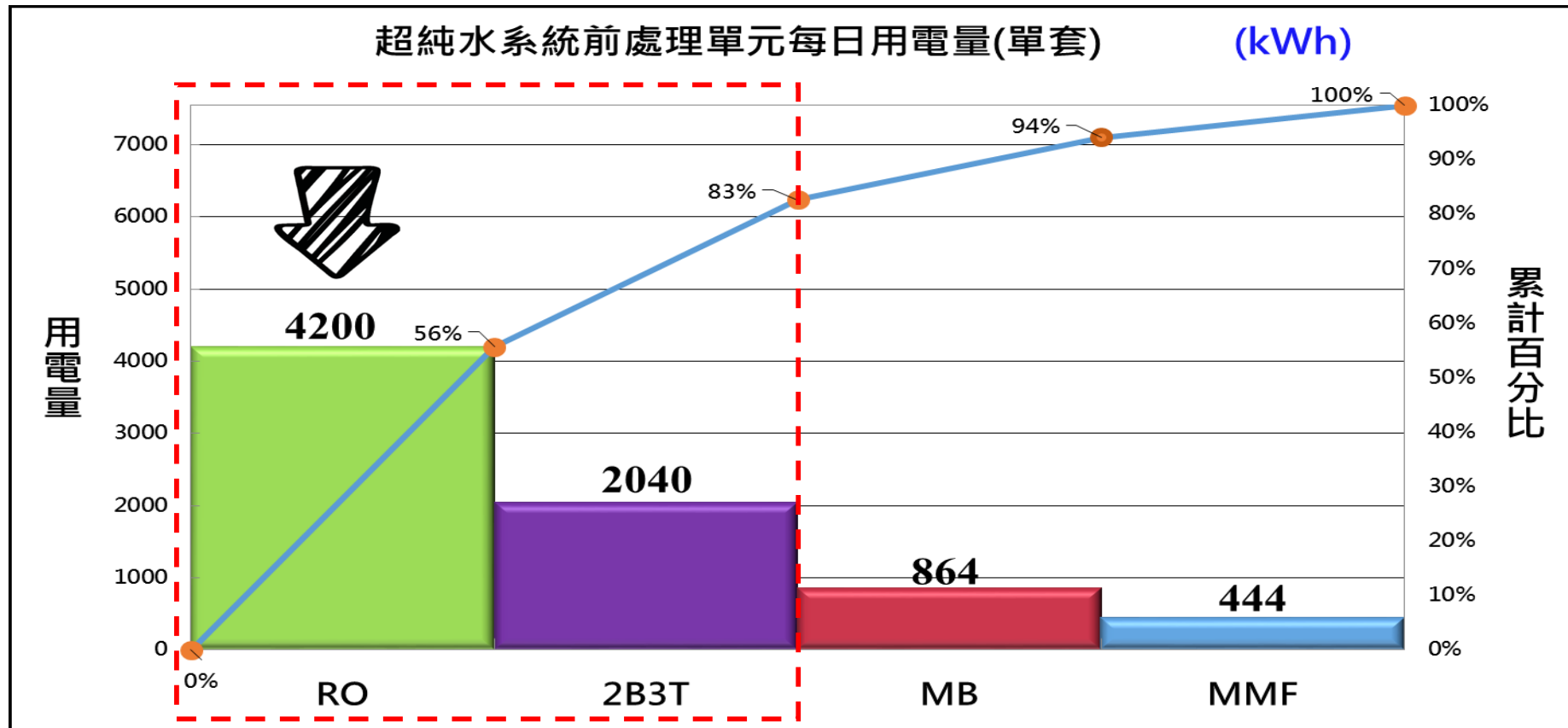


前言

Why do we choose RO to improve ?

現況調查(節能)

■ 超純水系統前段各單元每日用電量統計

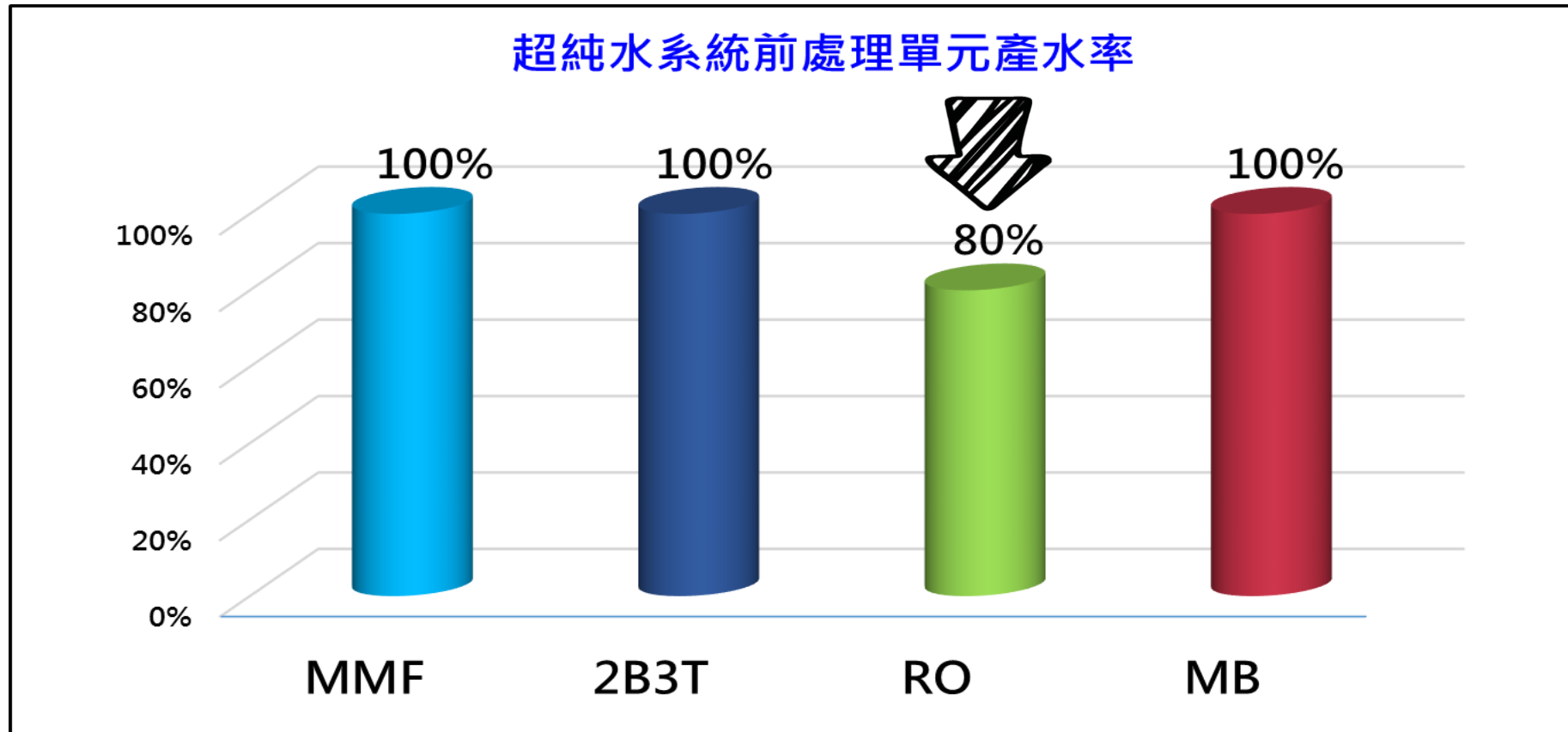


前言

Why do we choose RO to improve ?

現況調查(節水)

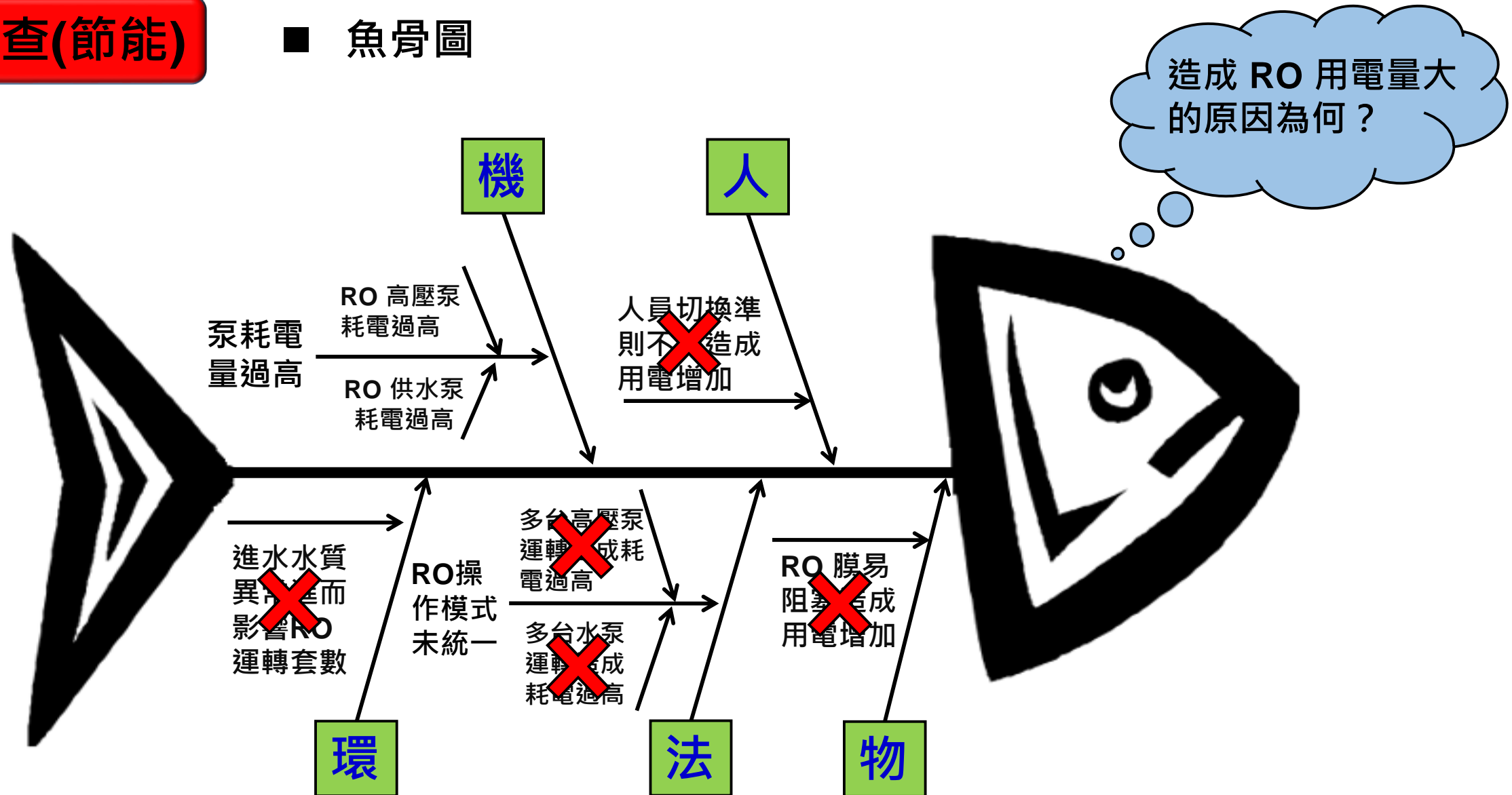
■ 超純水系統前段各單元產水率



現況分析

現況調查(節能)

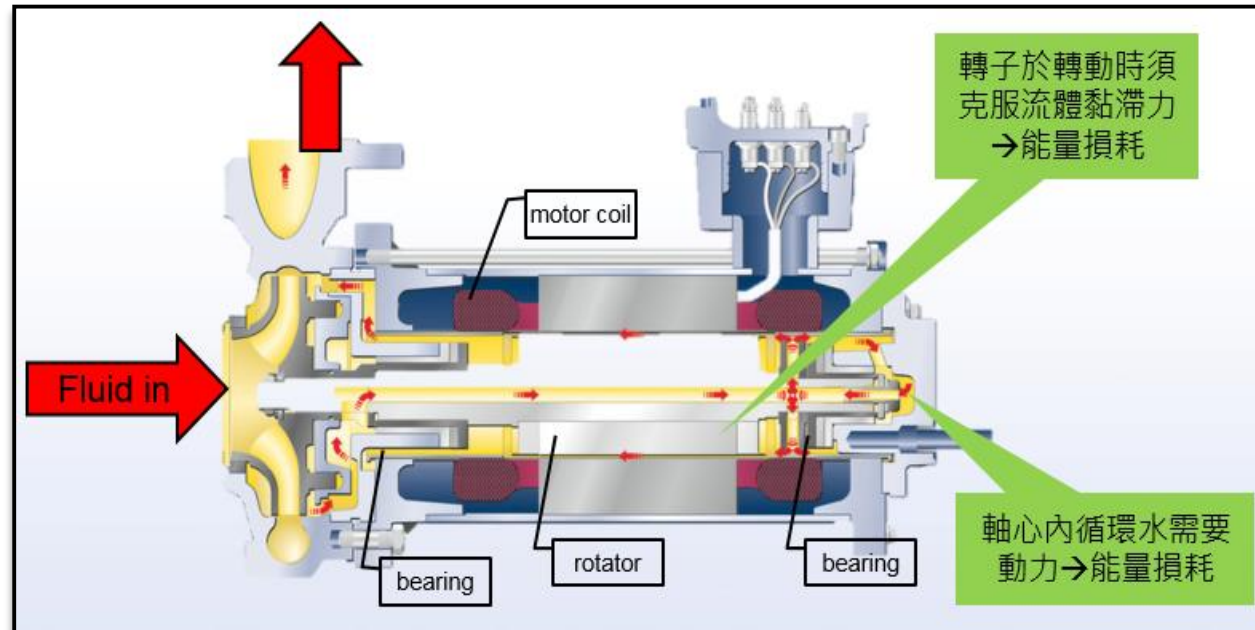
■ 魚骨圖



現況分析

現況調查(節能)

- ✓ 目前RO高壓泵與供水泵皆採用罐頭式**無軸封泵**，因其無軸封設計，能防洩漏、抗污染，於高純度流體、危險化學液體輸送上應用極為廣泛。
- ✓ 無軸封泵**轉子**密封於泵浦結構內，而**轉子轉動時須克服水的黏滯力**，造成能量耗損，因此運轉效率低，極為耗能。



現況分析

期望水準(節能)



項次	調查項目	現況水準	期望水準	理由	望差
1	RO 高壓泵	單台單日耗電 2,640 kWh	單台單日耗電 1,584 kWh	RO 高壓泵出口壓力達 20 kg/cm ² 若能 提升Pump運轉效能 或 降低Pump啟停次數 ，預估單日用電量能減少約40%。	-1,056 kWh
2	RO 供水泵	單台單日耗電 1,560 kWh	單台單日耗電 1,248 kWh	RO 供水泵出口壓力約高壓泵一半，若能 提升Pump運轉效能 ，預估單日用電量能減少約20%。	-312 kWh

現況分析

方案選定(節能)

項次	調查項目	望差	方案後選	評價項目		綜合評價	採用方案
				消除望差可行性	工作場所因應能力		
1	RO 高壓泵	-1,056 kWh	更換無軸封泵	24	19	43	✓
			每日切換套次數由3次減少為1次	10	20	30	
			保養期程由10年縮短為5年	10	15	25	
2	RO 供水泵	-312 kWh	更換無軸封泵	20	16	36	✓
			保養期程由10年縮短為5年	10	15	25	

- 評價方式(消除望差可行性)：85%以上(3分)、60~85%(2分)、60%以下(1分)。
- 評價方式(工作場所因應能力)：85%以上(3分)、60~85%(2分)、60%以下(1分)。
- 由全體組員評分，總分達35分，為採用之方案。

現況分析

現況調查(節水)

- 以層別法找出影響產水率因素

4W1H			現況		現況調查
類別	層別項次	層別因子	原因明	原因未明	
What	1	水溫別		√	水溫是否影響產水率
	2	壓力別		√	施加於RO的壓力是否影響產水率
	3	儀器別	√		產水流量計是否有誤差 →無誤差
	4	酸鹼別		√	水之酸鹼度是否影響產水率
Who	5	人員別	√		產水率是否有人員操作上的差異 →無差異
Where	6	位置別	√		RO 設置位置是否影響產水率 →無影響
When	7	時間別		√	產水率是否有時間上的差異
How	8	程度別	√		RO膜阻塞程度是否會影響產水率 →有影響

原因未明：水溫別、壓力別、酸鹼別、時間別。

現況分析

水溫別

$$TCF = \exp\{K * [1/(273+t) - 1/298]\}$$

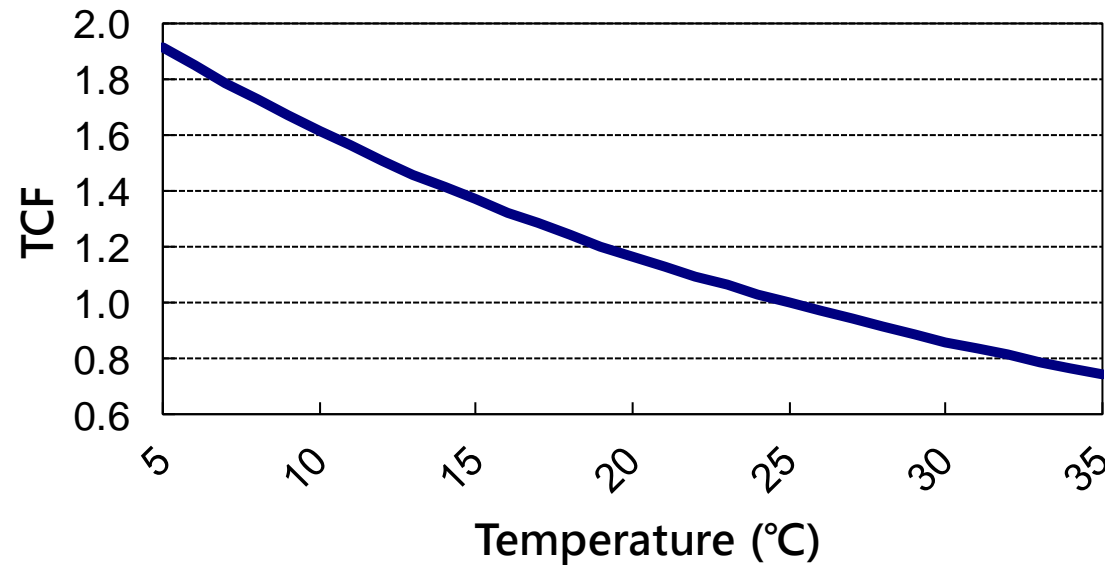
TCF：溫度修正係數

K：特定薄膜材質常數

25°C 時，TCF=1

溫度每上升1度，單位膜產水量增加約 3 %

Temperature Correction Factor
(溫度修正係數)



Feed Water Temperature		Correction Factor
°C	°F	
18	64.4	1.29
19	66.2	1.24
20	68.0	1.19
21	69.8	1.15
22	71.6	1.11
23	73.4	1.09
24	75.2	1.04
25	77.0	1.00
26	78.8	0.97
27	80.6	0.94
28	82.4	0.91
29	84.2	0.88
30	86.0	0.85

結論

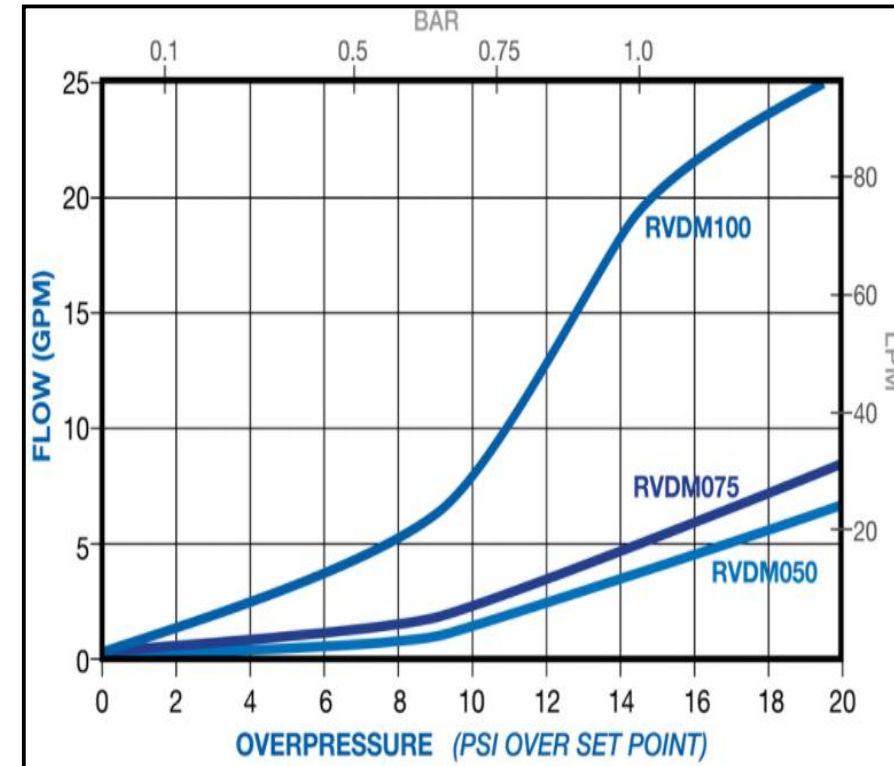
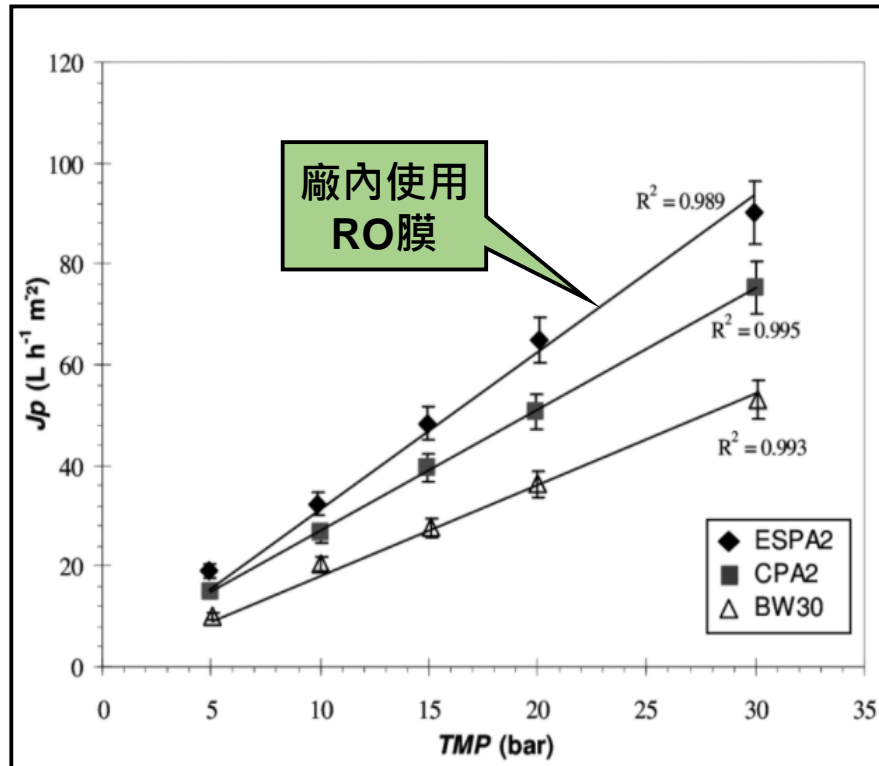
- ✓ 由 RO 膜原廠提供資料發現溫度對於產水率有影響
- ✓ 目前 RO 進水溫度設定 23°C

現況分析

水溫別

觀察施加壓力與產水率的關係

Claire Fargues et al (2013), "Adsorption of small organic from beet distillery condensates on reverse-osmosis membranes : Consequences on the process performances", HAL-00862459.



結論

- ✓ 藉由資料蒐集發現壓力對於產水率有影響
- ✓ 目前 RO 進水端壓力為 20 kg/cm²

現況分析

酸鹼別

觀察 pH 的變化與流量的關係



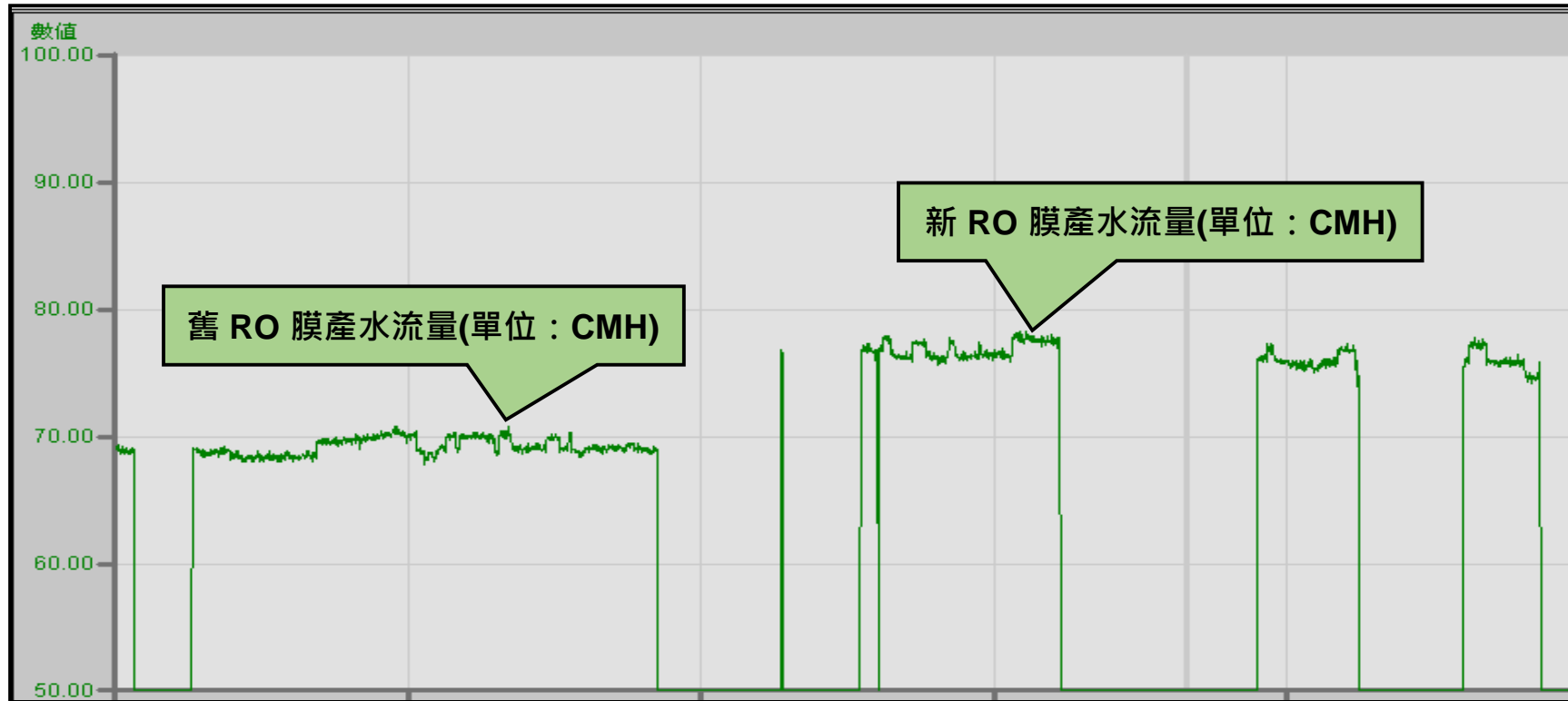
結論

✓ 藉由歷史曲線發現 pH 值對於產水率無影響

現況分析

時間別

觀察新舊 RO 膜產水流量的關係



結論

- ✓ 藉由歷史曲線發現時間對於產水率有影響
- ✓ 目前 RO 膜為 4 年更換一次

現況分析

調查結論



4W1H			現況		現況結論
類別	層別項次	層別因子	原明	原未明	
What	1	水溫別	√		水溫越高，產水率也會上升
	2	壓力別	√		施加於RO壓力越大，產水率也會上升
	4	酸鹼別	√		水的酸鹼度對產水率無影響
When	7	時間別	√		隨著RO膜使用時間越久，產水率會下降
How	8	程度別	√		RO膜阻塞程度越高，產水率會下降

現況分析

期望水準(節水)



類別	調查項目	現況水準	期望水準	理由	望差
What	水溫 壓力	RO 產水率 80%	85%	提高水溫會影響水質，不能無止境升溫，而 Pump目前為全頻運轉，壓力僅能微調， 預估調整後產水率上升約 5%，約 4.3 CMH。	+5%
When	時間	RO 產水率 80%	85%	RO膜效能隨著使用時間拉長而降低， 更換新膜後產水率可上升約 5%，約 4.3 CMH。	+5%
How	程度	RO 產水率 80%	82%	水中可能存在較大的微粒使RO膜阻塞， 去除後預估產水率上升約 2%，約 1.7 CMH。	+2%

現況分析

方案選定(節水)

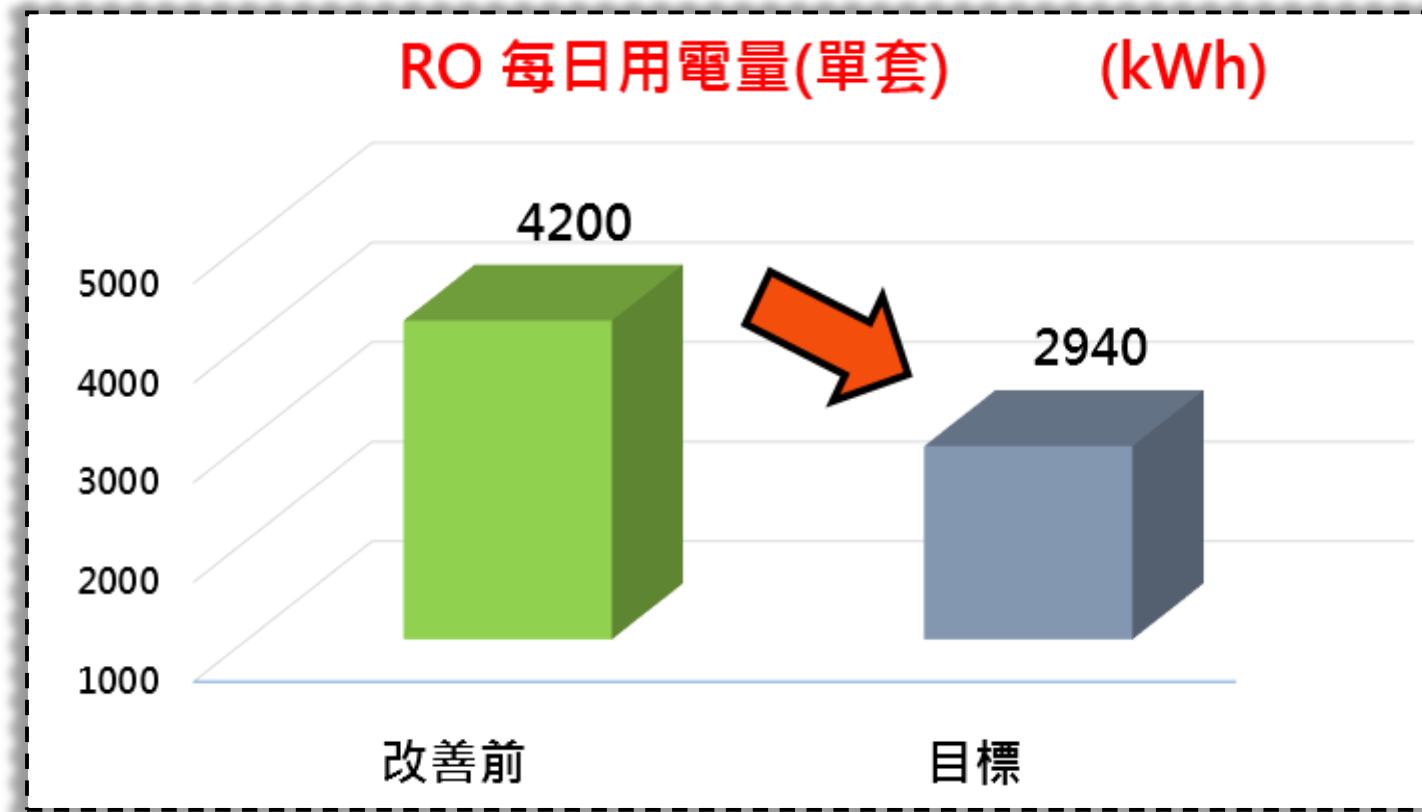
類別	調查項目	望差	方案候選	評價項目		綜合評價	採用方案
				消除望差 可行性	工作場所 因應能力		
What	水溫 壓力	+5%	提升水溫與壓力	22	21	43	✓
When	時間	+5%	縮短保養週期	16	10	26	
How	程度	+2%	藥洗去除微粒	10	1	11	
			縮短RO前端Pre-Filter更換期程	10	10	20	

- 評價方式(消除望差可行性)：85%以上(3分)、60~85%(2分)、60%以下(1分)。
- 評價方式(工作場所因應能力)：85%以上(3分)、60~85%(2分)、60%以下(1分)。
- 由全體組員評分，總分達35分，為採用之方案。

現況分析

能源節約管理

華邦電子會持續推動各項節能措施，以降低能源使用。

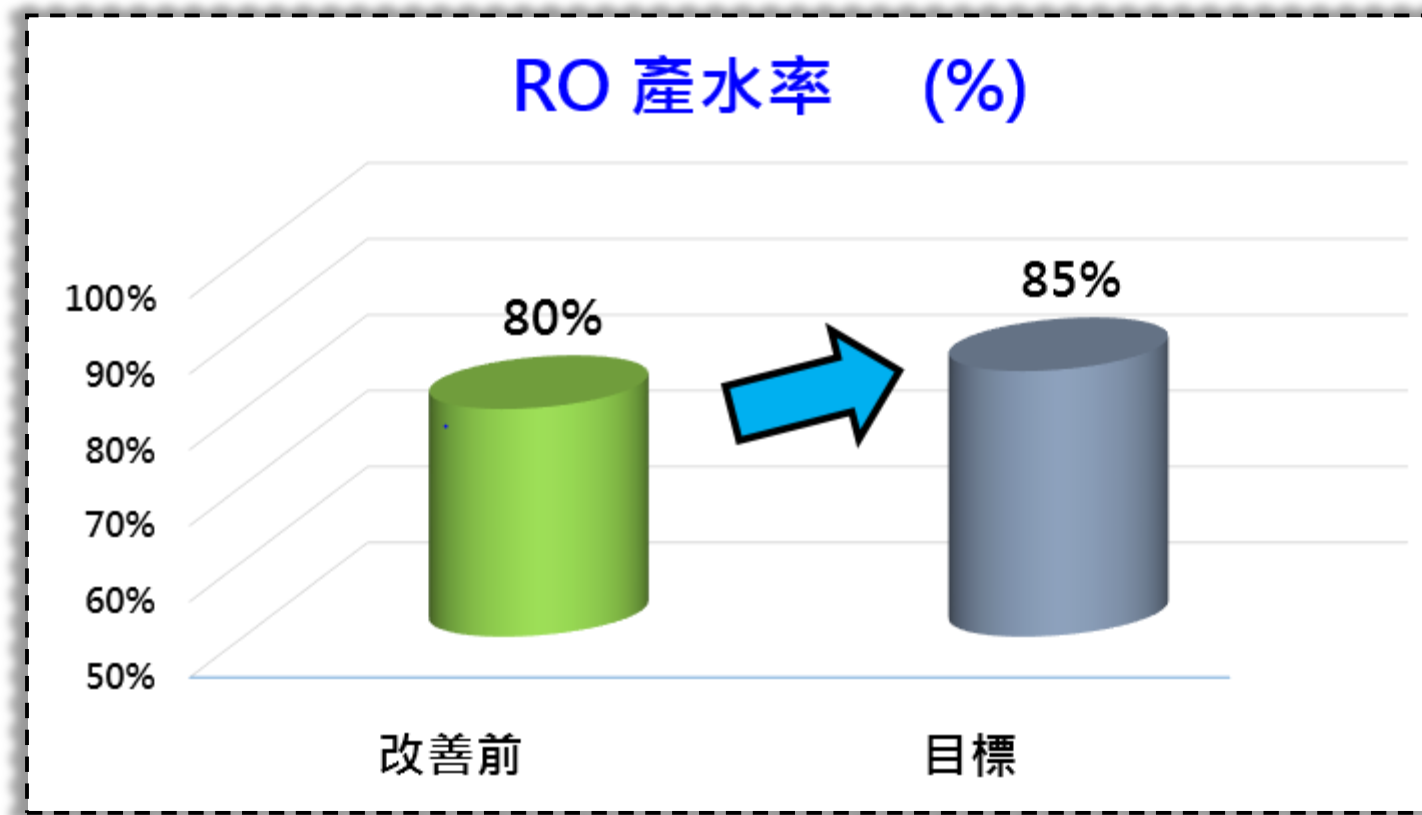


達到單套 RO 每日用電量下降 **30%** 的目標。

現況分析

用水節約管理

針對用水量訂定改善計畫
並檢討執行成效，讓每一
滴水發揮最大功效。



在不影響系統水質的情況下，達到 RO 產水率上升 **5%** 的目標。

對策擬訂與實施

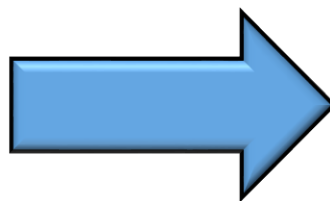
節水

- 方案：提升水溫與壓力

Plan

PDCA

- ✓ 利用SDC進行參數調整，控制比例式閥開度，並設定水溫與壓力。



進行參數調整，
控制比例閥開度
範圍。



對策擬訂與實施

節水

■ 方案：提升水溫與壓力

Do

PDCA

- ✓ 由於提升水溫會影響RO去除效果，為確保水質穩定，規劃DOE (Design of Experiment) 手法進行2因子3水準實驗，影響因子為溫度與壓力，共進行3²次+中心實驗4次，合計13次實驗。

DOE實驗參數表

實驗順序	溫度 (°C)	壓力 (kg/cm ²)
1	23.5	21
2	24	21.5
3	24	21
4	24.5	21
5	24	21
6	24	21
7	23.5	21.5
8	24	20.5
9	24.5	21.5
10	24	21
11	24	21
12	23.5	20.5
13	24.5	20.5

DOE實驗因子設定表

影響因子	水準			可控制性
	-1	0	+1	
溫度 (°C)	23.5 °C	24 °C	24.5 °C	√
壓力 (kg/cm ²)	20.5 kg/cm ²	21 kg/cm ²	21.5 kg/cm ²	√

對策擬訂與實施

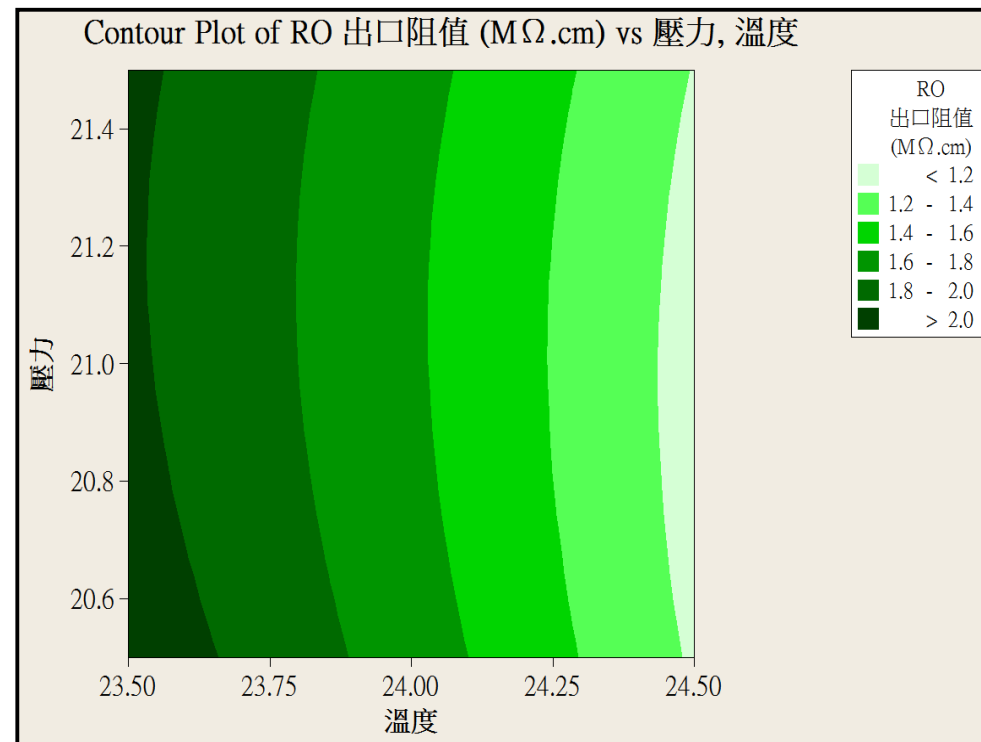
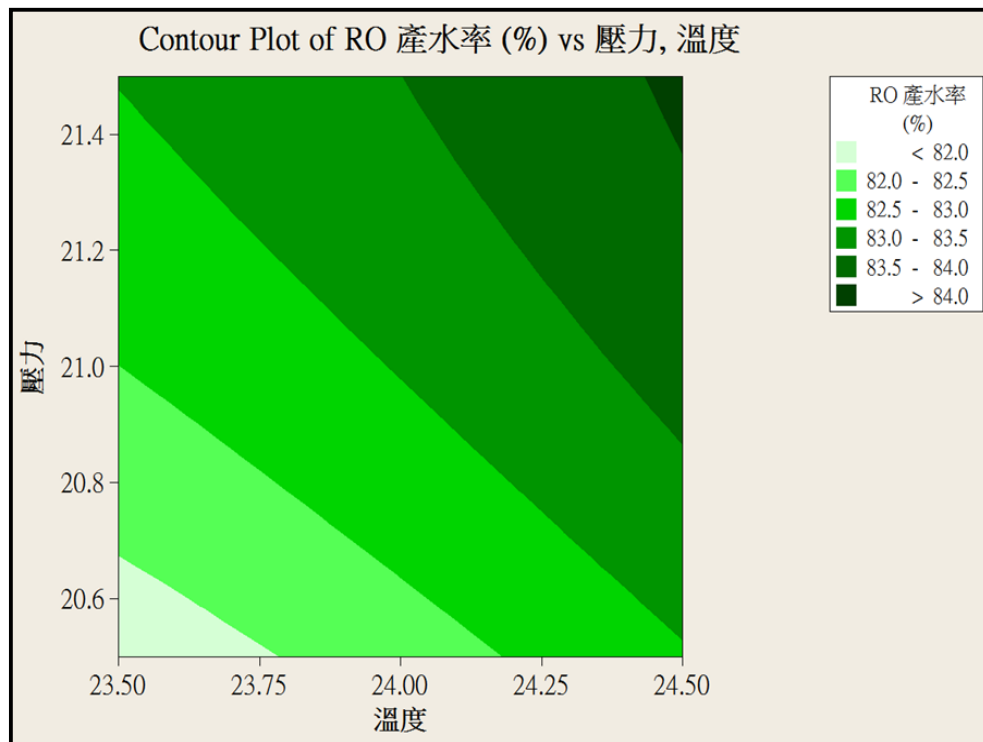
節水

■ 方案：提升水溫與壓力

Check

PDCA

- ✓ 由實驗分析圖可得知，當溫度越高以及施加壓力越大，RO產水率皆會上升；從阻值與壓力、溫度的分析圖可以發現，溫度越高會影響RO產水出口阻值，所以水溫不能設定過高，而壓力對於產水阻值則無顯著相關性。



對策擬訂與實施

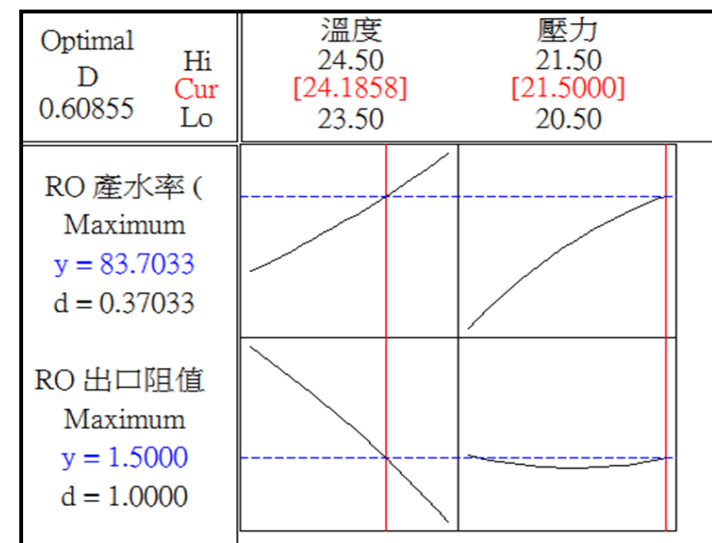
節水

- 方案：提升水溫與壓力

Act

PDCA

✓ 由最佳反應圖可得知，將溫度調整至 24.2°C，壓力提升至 21.5 kg/cm²，產水率上升約 3.7%。



最佳反應圖



未達到設定目標



**Is there any other ideas to
achieve the goal ?**





回歸RO運轉模式思考

將RO過濾段數由兩段 (Two-Pass RO)

改造為一段 (One-Pass RO)

減少濃縮水排放，達到節水的效益

對策擬訂與實施

節水

■ 跳脫框架思考：改造 RO

Plan

PDCA

Plan

■ One-Pass RO 評估 (數據收集與分析)

✓ 觀察RO第一段出口水質，本專案小組評估將新設置RO過濾段數改造成一段 (One-Pass RO) 為可實行之方案。

項目	RO 入口 TOC (ppb)	RO-B 第一段出口 TOC (ppb)	RO-B 第一段出口 阻值 (MΩ.cm)
第一天	25.8	9.5	2.4
第二天	20.7	9.4	2.7
第三天	22.6	8.9	2.2
第四天	26.9	9.5	2.2
第五天	19.7	8.7	2.5
平均	23.1	9.2	2.4

項目	RO 入口 TOC (ppb)	RO-A~K 出口 TOC (ppb)	RO-A~K 出口 阻值 (MΩ.cm)
第一天	25.8	6.5	2.5
第二天	20.7	6.1	2.8
第三天	22.6	6.1	2.5
第四天	26.9	6.7	2.6
第五天	19.7	5.9	2.7
平均	23.1	6.3	2.6

對策擬訂與實施

節水

■ One-Pass RO 評估 (原廠軟體評估)

Plan

PDCA

- ✓ 由原廠軟體模擬結果可得知One-Pass RO對於水中各項離子的去除率符合超純水系統水質要求，TDS為0.42 ppm，換算成導電度為0.656 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，阻值約等於1.5 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 。

Project: NEW RO Calculated by: PC LAI Temperature: 23.0 °C Water Type: RO Permeate

pH: 7.00 CO3: 0.000 mg/l CO2: 0.016 mg/l E Conductivity: 10.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cations		Anions	
mg/l	mg/l CaCO3	mg/l	mg/l CaCO3
Ca	0.41	1.03	
Mg	0.39	1.60	
Na	0.51	1.11	
K	0.22	0.28	
NH4	0.00	0.00	
Ba	0.000	0.00	
Sr	0.000	0.00	
HC03		0.10	0.08
S04		0.32	0.33
Cl		1.47	2.07
F		0.33	0.87
N03		0.26	0.21
P04		0.31	0.49
Si02		0.55	
B		0.11	

Total, mg/l: 0.08

Project: NEW RO Calculated by: PC LAI Temperature: 23.0 °C Water Type: RO Permeate

Trains	
Pass 1	Pass 1
Feed pH	7.00
Permeate recovery %	90.00
Permeate flow/train, m3/h	70.00
Average flux, l/mh	28.5
Feed flow, m3/h	77.78
Reject flow, m3/h	7.78
Chemical	None
Solution concentration, %	100
Chemical dosing rate, mg/l	0.000
Membrane age, years	5.0
Flux decline %, per year	3.00
Fouling factor	0.859
SP increase % per year	5.0

System Specification		
	Stage 1	Stage 2
Element type	ESPA2 MAX	ESPA2 MAX
Elements / Vessel	6	6
No. of Vessels	7	3

Stages: 2

Project: NEW RO Calculated by: PC LAI Temperature: 23.0 °C Water Type: RO Permeate

Trains	
Pass 1	Pass 1
Feed pH	7.00
Permeate recovery %	90.00
Permeate flow/train, m3/h	70.00
Average flux, l/mh	28.5
Feed flow, m3/h	77.78
Reject flow, m3/h	7.78
Chemical	None
Solution concentration, %	100
Chemical dosing rate, mg/l	0.000
Membrane age, years	5.0
Flux decline %, per year	3.00
Fouling factor	0.859
SP increase % per year	5.0

Calculation Results (Flows are per vessel)								
Array	Vessels	Feed (bar)	Conc (bar)	Feed (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (l/mh)	Highest flux (l/mh)	Highest beta
1-1	7	8	6.6	11.11	3.68	30.4	33.3	1.28
1-2	3	6.3	5.3	8.58	2.62	24.3	26.5	1.31

Permeate Concentration																		
Ca	K	Sr	Cl	P04	CO2	Mg	NH4	HC03	N03	Si02	CO3	Na	Ba	S04	F	B	pH	TDS
0.011	0.032	0.000	0.065	0.003	0.016	0.010	0.000	0.008	0.073	0.026	0.000	0.060	0.000	0.004	0.028	0.099	5.9	0.42

對策擬訂與實施

節水

■ PPA (Potential Problem Analysis)

Plan

PDCA

- ✓ One-Pass RO的去除效果相較於Two-Pass RO而言較差了一些，故針對改造後的潛在問題進行分析，並討論擬定預防措施、緊急應變措施以及監控預警。

可能潛在的問題	可能發生的原因	可能發生的機率	可能發生的嚴重性	預防措施	緊急應變措施	監控預警
後段MB樹脂效率變差	One-Pass RO 去除效果較差	低	中	每月定期採樣MB樹脂送樣檢測	立即將該套RO關閉並全載Two-Pass RO稀釋水質	在One-Pass RO以及MB出口設TOC分析儀進行水質監控 (TOC>20ppb則啟動緊急應變措施)



定案：將 RO 過濾段數由兩段改造為一段



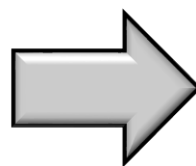
對策擬訂與實施

節水

Do



改善前
(過濾段數二段，共10+8組Vessel)



改善後
(過濾段數一段，共10組Vessel)

PDCA



Check

- ✓ RO過濾段數由兩段改造為一段，Vessel數量由18組減為10組，省去第二段濃縮水的排放，約 7.5 CMH。

對策擬訂與實施

節水

- 跳脫框架思考：改造 RO

PDCA

Check

項目	RO 入口 TOC (ppb)	RO-A~K 出口 TOC (ppb)	RO-A~K 出口 阻值 (MΩ.cm)
第一天	20.6	3.9	2.8
第二天	26.4	5.1	2.6
第三天	22.1	4.6	2.6
第四天	18.5	4.2	2.9
第五天	23.3	4.3	2.6
平均	22.2	4.4	2.7

- ✓ 改造後，進行連續5天產水水質觀察，RO出口平均TOC約 4.4 ppb，阻值約 2.7 MΩ.cm，皆符合超純水系統水質要求。



Act

- ✓ 將改造後的節水成效，評估應用在既有的8套RO。

對策擬訂與實施

節能

■ 方案：更換無軸封泵

Plan

PDCA

✓ 規劃將無軸封泵更換為**離心泵**。

方案	無軸封泵		離心泵	
	優缺點	評分	優缺點	評分
運轉效率	低，約 46%		高，約 65%	✓
運轉耗電	極高，110 kW		高，37 kW	✓
節能認證	無		IE3 認證	✓
保養或建置費用	極高，約220萬元		高，約160萬元	✓
平均每2年保養費用	約44萬元		約20萬元	✓
運轉穩定性	高	✓	略低於無軸封泵	
維護料件交期	長，平均約3個月		短，約2~3週	✓
搭配變頻器可行性	無法搭配		可搭變頻器	✓
總評			較佳方案	

✓ 規劃將緩啟動器更改為**變頻器**。

✓ 靈感來源：**變頻冷氣**。



對策擬訂與實施

節能

■ PPA (Potential Problem Analysis)

Plan

PDCA

- ✓ 離心泵的運轉穩定性略低於無軸封泵，故針對更換後的**潛在問題進行分析**，選擇**發生機率與風險最高者**進行討論並擬訂**預防措施**、**緊急應變措施**以及**監控預警**。

潛在可能的問題	可能發生的原因	可能發生的機率	可能發生的嚴重性	預防措施	緊急應變措施	監控預警
軸承漏油 影響RO後 段水質	未定期保養或保養未確實	低	高+	利用EPMS(設備維護保養系統)取代人工控管，並在設備保養時全程監工	立即將該台離心泵停止運轉並加載RO稀釋水質	在離心泵區域設置漏油感測器並在各套RO設置導電度計進行水質監控(當導電度 >5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 則啟動緊急應變措施)
氣蝕現象造成高壓泵損壞	進口管路阻力過大或者管路過細	極低	中	-	-	-
產生鐵屑損壞RO膜	離心泵零件老化	低	高-	-	-	-

對策擬訂與實施

節能

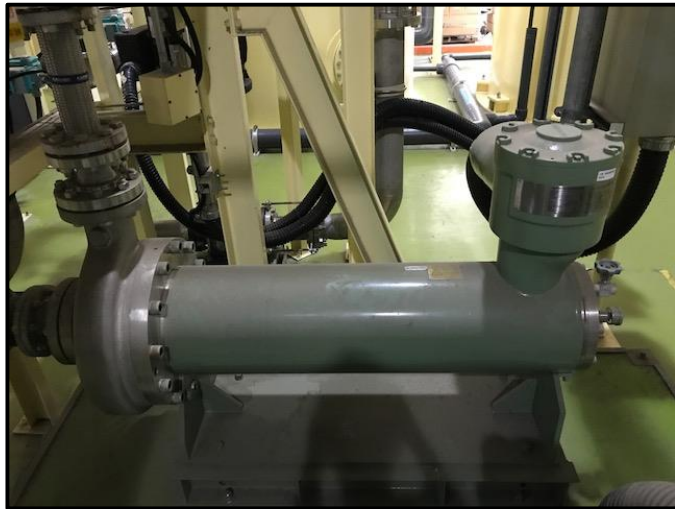
- 方案：更換無軸封泵

Do

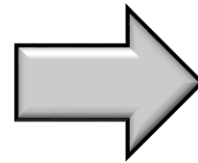
PDCA



改善前 (緩啟動器)



改善前 (無軸封泵)



改善後 (立式離心泵)



改善後 (變頻器)

對策擬訂與實施

節能

- 方案：更換無軸封泵

PDCA

Check

- ✓ RO高壓泵日耗電量約由 2,640 kWh 下降至 888 kWh。
- ✓ RO供水泵日耗電量約由 1,560 kWh 下降至 1,320 kWh。
- ✓ 單套RO日耗電量約 2200 kWh，達到設定之目標。



Act



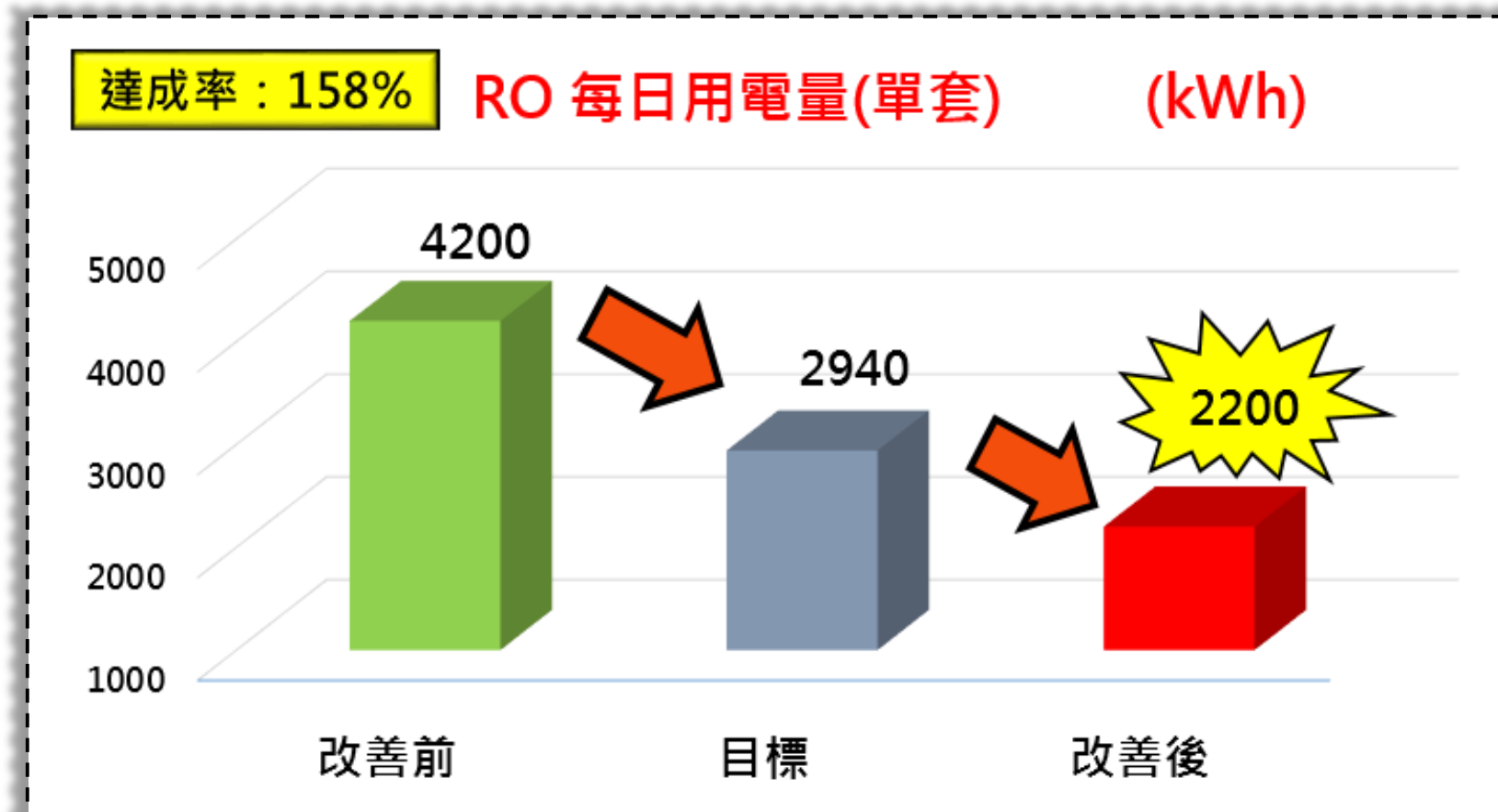
- ✓ 平行展開：將廠內既設的其中4台RO高壓泵由無軸封泵改為離心泵。

對策擬訂與實施

效果確認

節能

- ✓ $(\text{改善後}-\text{改善前}) \div (\text{目標值}-\text{改善前}) \times 100\% = \text{達成率}$
- ✓ $(2,200-4,200) \div (2,940-4,200) \times 100\% = \underline{158\%}$



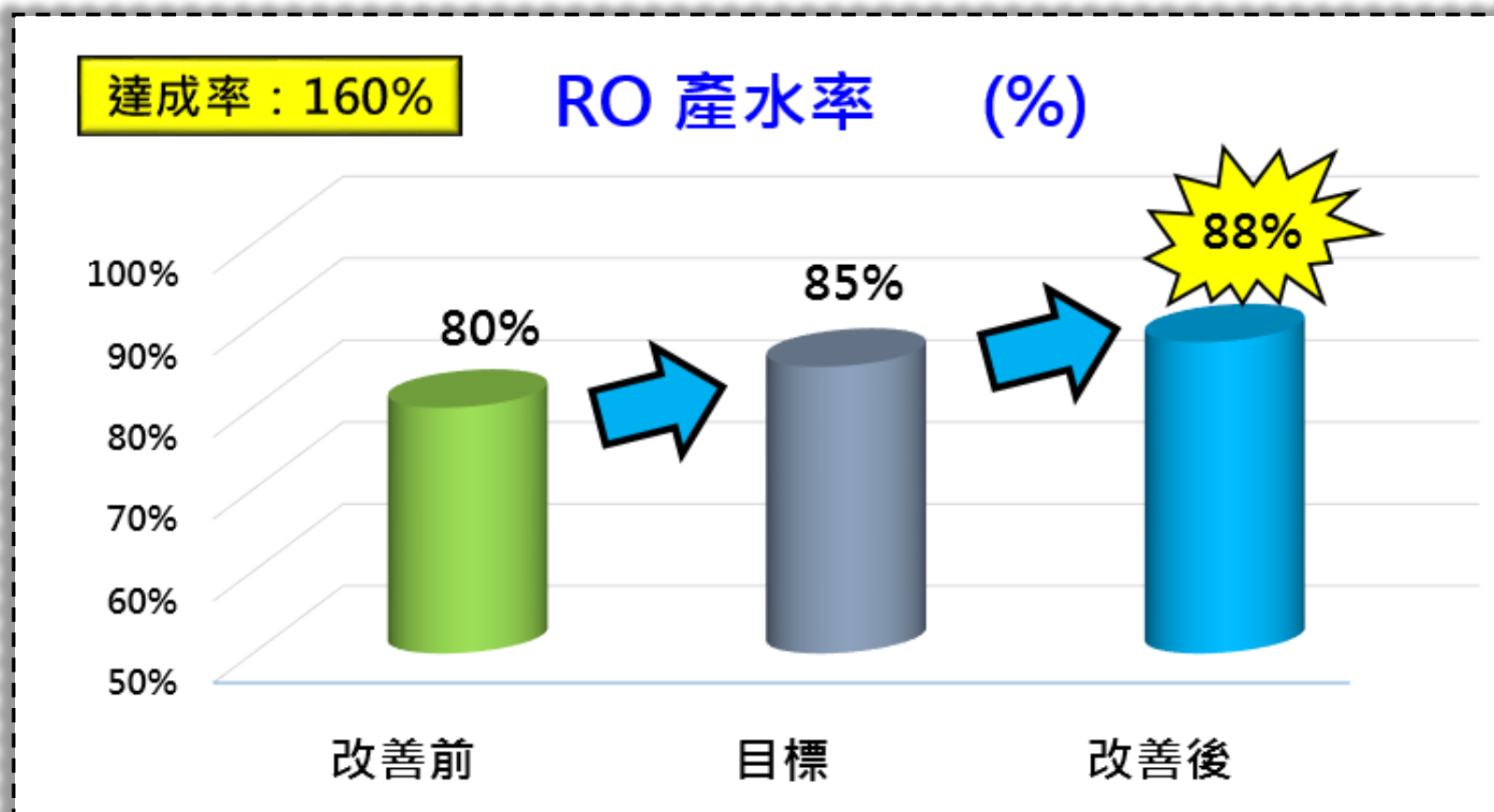
對策擬訂與實施

效果確認

節水

✓ $(\text{改善後}-\text{改善前}) \div (\text{目標值}-\text{改善前}) \times 100\% = \text{達成率}$

✓ $(88-80) \div (85-80) \times 100\% = \underline{160\%}$



對策擬訂與實施

標準化

- ✓ 經過了效果確認進而達成目標後，將『對策擬定與實施』標準化，納入未來新建廠之規範，減少額外工程費用支出，達到節能與節水的效益。



項目	RO Pump 設置	RO Pump 保護裝置	RO 過濾段數
改善前	無軸封泵	緩啟動器	兩段，共 10+8 組 Vessel
改善後	離心泵	變頻器	一段，共 10 組 Vessel

對策擬訂與實施

殘留問題與檢討

- ✓ 離心泵運轉的穩定性略低於無軸封泵，隨著使用時間變長，須密切觀察其運轉狀況，而在保養方面也要更加確實。
- ✓ **One-Pass RO** 的去除效果對於後續處理單元**MB**樹脂是否會帶來一些影響，也需要長時間的觀察。



結論

節能

- ✓ 改善後，單套RO日用電量下降約 2,000 kWh，而以一年持續運轉的條件下，3套新設置RO共可省電約 2,200,000 kWh (電費約NTD 5,500,000)。

節水

- ✓ 改善後，單套One-Pass RO可省去第二段濃縮水的排放，約 7.5 CMH，而以一年持續運轉的條件下，3套新設置RO共可省水約 200,000噸 (水費約NTD 2,400,000)。

減廢

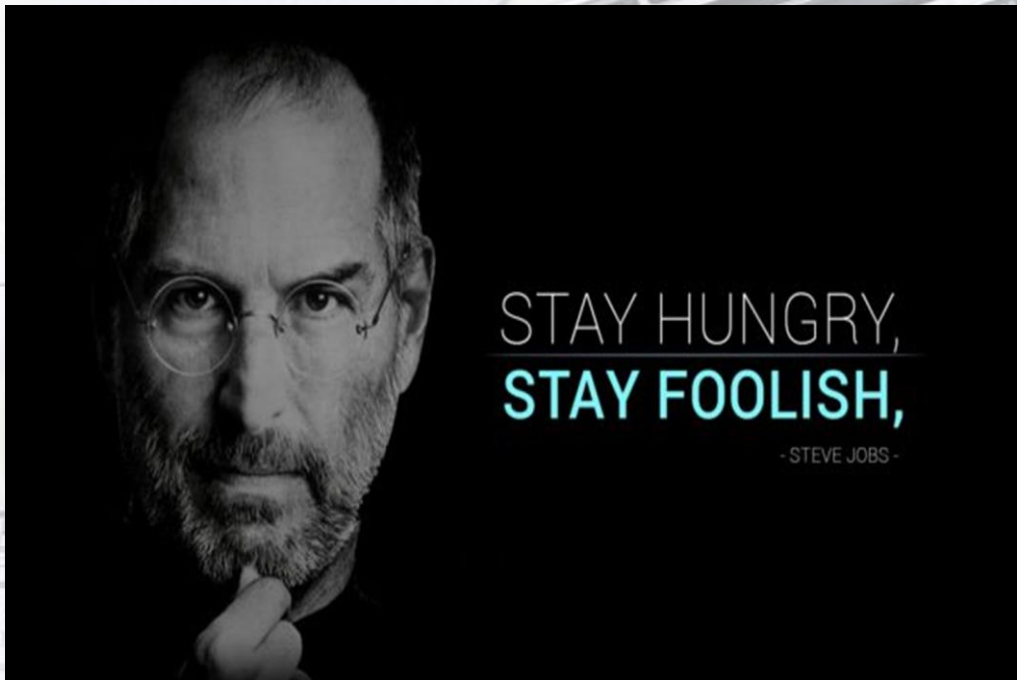
- ✓ 新設置RO Vessel數量比既有RO少8組，每組Vessel有6支RO膜，而本廠RO膜為4年更換一次 (一支RO膜約NTD 20,000)，換算下來每4年可節省約 NTD 2,880,000。

節能與節水是政府重要的政策，

也是 **Winbond** 努力追求的目標。

環境資源永續利用，企業經濟永續經營





Thanks for your attention!

