

鋼鐵廠節約用水經驗談

邱鴻圖/燁聯鋼鐵

鋼鐵廠是屬高用水量行業之一，大部分以循環冷卻方式供給現場設備製程冷卻。在有限水資源條件下，如何在工廠內推行節約用水，改進用水效率，便是一重要課題。

燁聯節水成效

以燁聯鋼鐵為例，係一貫作業不鏽鋼廠，建廠時即考量高用水量之特性，採用循環冷卻系統，並戮力推行節約用水措施，使整體原始用水量(自來水)得以逐年下降。表 1 為歷年平均月產量與月用水量比較：

流失每噸水成本

節約用水首先需了解用水成本，尤其洩漏是一般工廠內常發生之現象，而往往以為流失 1 噸水花費不高，而不予以重視。燁聯採用自來水作為原始水源，依現行台水累進最高費率每 1 噸水單價 11.5 元。但廠內各種冷卻水、純軟水等因係經過各式處理過程，其成本較高。表 2 為燁聯依照公司狀況考量訂定不同種類冷卻水流失所耗費成本，提供各單位主管參考，促請生產單位注意持續漏水的代價非常高。

建立用水分析暨管理

其次，節約用水須建立用水分析暨管理機制，以持續有效推行節約用水措施。燁聯設有節約能源組織，由各生產單位高階主管組成，每週由生產副總經理召開會議檢討用水量使用情形，並訂定各產線水管制標準以管控用水。

此外，用水數據統計分析由公用設施處專責處理，透過各水處理廠彙集用水量資料，製作成報表公佈於公司內部資訊網路上，使各單位得以及時查閱作為製程調整之參考。

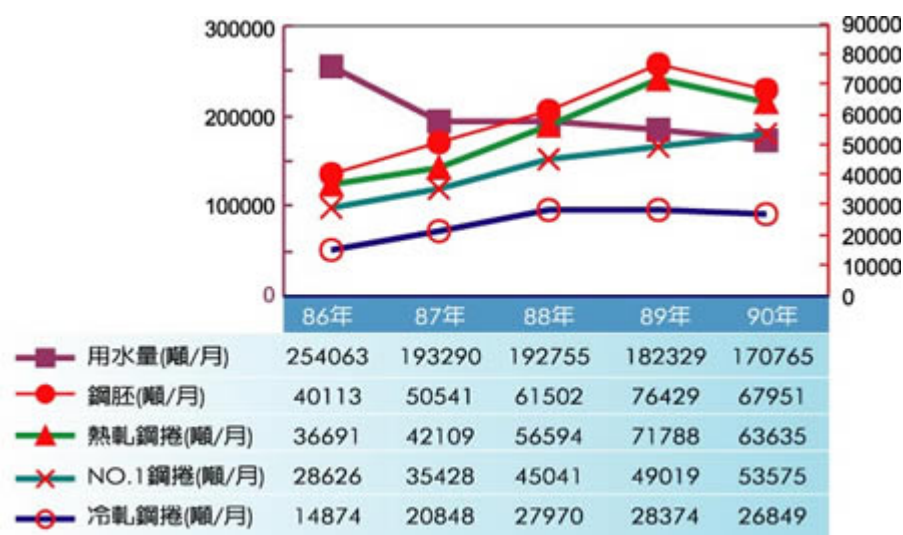
設置適當儀表設備

在用水分析方面，須靠現場設置必要儀表設備，以獲得用水相關數據，據以進行用水控制及效率評斷。

在循環冷卻水系統方面宜設計以下線上監測項目：

項次	監測項目	目的
1	供給流量	控管產線用水量，合理調整用水，降低水漏增量。
2	回水流量	控管產線用水量，合理調整用水，降低水漏增量。
3	補水量	控管用水量，亦可及時察覺管線或設備漏水狀況。
4	供水壓力	控管產線用水狀況。
5	酸鹼度	控管水質，並用以控制加藥設備。
6	導電度	控管水質，並用以控制排放量。
7	液位	控管用水量，亦可及時察覺漏水狀況。
8	溫度	控管冷卻效果，控制冷卻風扇啓閉狀態。

▼ 表 1



用於水之計量表常用者分為下列兩種方式：

1. 累積式水表：

優點：价格便宜(中小口徑，大口徑者反而昂貴)。

缺點：較易損耗(因具機械轉子結構)，一般使用於非線上監控點。

2. 傳送器型表計：

優點：使用長久(具信號傳輸功能)。

缺點：價格較貴。

傳送器型表計一般具備信號輸出(Pulse/Current/Voltage)，直接連接於 DCS 等人機介面上，利於線上監控及資料匯集。一般使用於於線上(on-line)連續監控點，其種類多元：如流孔板(orifice)、電磁式(magnetic)、渦流式(vortex)、渦輪式(turbin)等，其選用視安裝環境而定，價格高低亦有所差距。

燁聯除於每一循環冷卻系統設置如上述線上監測儀器外，為掌控其他非設備製程用水流向(包含民生、消防用水等)，全公司約設置 32 處累積式水表，藉由專責人員定期抄表收集用水資料，以合理管制用水量。

節約用水作法

透過用水分析暨管理機制，找出任何有節水潛力項目，合理降低現有用水點用水量，並以積極方法於內部水系統中尋求替代水源。以下就燁聯歷年所執行節約用水作法逐一說明：

作法(1)-管線止漏

輸水管線歷經常年使用，易產生鏽蝕漏水，或受設備高溫及鋼液噴濺影響，造成管線受損漏水。尤其若冷卻水處理成效不佳，不僅加速管線損耗，同時降低冷卻水散熱能力，增加冷卻水泵出力及用水量；更嚴重者，若因而導致水系統無法平衡，水處理濃縮倍數無法穩定。因此一經發現廠內漏水點，須立即改善；或者利用定修停機時機，儘速安排進行修補止漏工作。

作法(2)-設備改善

輸送冷卻水之泵浦及生產設備冷卻部份亦是改善用水重點。一般泵浦常使用格蘭軸封(Gland Packing)，平時運轉即維持冷卻水少量流出。若因格蘭軸封損壞至流失量異常大量，而正值泵浦無法停機時，耗水量將相當可觀。

基於此，燁聯總計投資約 200 萬元，將水廠冷卻水泵浦共 45 台分 3 年度全數改為機械軸封(Mechanic seal)，使冷卻水不再流失，每年可節省用水達約 6 萬噸，同時改善現場工作環境，不再潮濕泥濘；同時燁聯於新擴建廠時，已將機械軸封列為設備基本規格。

其次，煉鋼廠因先天高溫作業及鋼液噴濺等影響，製程中管線或設備冷卻系統常因而受損，造成漏水現象，亦增加設備耗電量；特評估設備生命週期(如電爐水冷爐蓋等)，適時替換維修保養，以降低線上漏水發生率。

作法(3)-尋求替代水源

在尋求替代水源做法上，燁聯優先檢討將原使用自來水者，研究可否改為直接冷卻水循環使用。此時則須確認兩點：水質可否適用及循環冷卻水供給量是否足夠。

▼ 表 2

水系統別	流失每噸水成本(元)
自來水(原始水源)	13
開放循環式間接冷卻水	15~21
開放循環式直接冷卻水	14
純水	60
密閉循環式純水冷卻水	195
軟水	30
密閉循環式軟水冷卻水	159

廠方檢討後發現煉鋼廠真空精煉爐(VOD)真空泵浦(Water-Ring Pump)設計時考量冷卻水清淨度，使用自來水作為真空室水環用水，用畢即排放放流，每生產一爐約需 45 噸自來水，若改採用煉鋼直接冷卻水循環使用，當可節省大量自來水。

雖經多次洽詢原廠請求確認能否使用煉鋼直接水，但未能得到明確回覆。燁聯同仁依水質條件認為應可適用，故直接採取試用方式修改其中 1 組泵浦，確認可行後，再悉數將 6 台機組全部改用煉鋼直接冷卻水供水，如此每年節省用水達 28 萬噸。

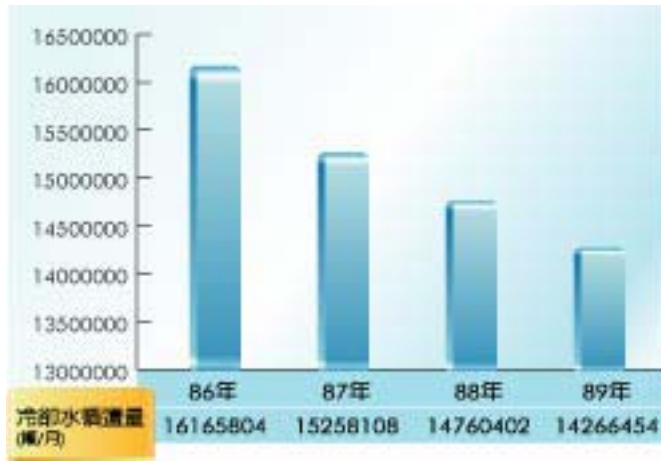
作法(4)-合理降低循環量

燁聯冷卻水多採用開放循環系統，循環量高相對冷卻水塔飛濺量、蒸發量、補水量亦高。適當降低循環量，在不需大筆投資下，即可獲得節水成效，當然採取降低循環量措施，端賴產線配合，並在不影響生產條件下調整制水閥門，逐步漸進式降低供水量。產量逐年增加，但循環量卻不增反減，每年約可節省補水量 22 萬噸/年。

▼ 表 3 自來水與煉鋼直接冷卻水水質比較表

水質項目(ppm)	自來水	煉鋼直接冷卻水
pH值	7~8	7.6~8.2
SS值		0.1~3
鈣硬度		110~150
氯化鹽	2~10	90~160
總硬度	120~180	

▼ 表 4 燁聯公司歷年循環量統計表



作法(5)-運轉流程改善

依製程檢討修改有節水潛力之設備運轉模式，不需投資大筆金額，只需修改控制程式，即可降低用水量。舉例而言，熱軋層流冷卻系統擁有 4 台直立式供水泵浦，以自來水作為潤滑水。原設計以連續運轉方式供水，運轉時數、耗電耗水量均相當驚人。經與生產線研討製程後，將供水模式改為間歇啟動，大幅降低運轉時數，可同時節省用水量及用電量。

作法(6)-放流水回收使用

排放水回收不僅節省用水，且可降低日後可能徵收之污水排放費用，一舉數得。且花費將近百萬元費用，配置管線及泵浦將放流口排放水抽至約 600 公尺遠之倒渣廠供冷卻爐渣使用，每年節省倒渣廠自來水用水達 6 萬噸。

作法(7)-不同冷卻水系統調度支援

燁聯擁有 5 座水處理廠，各廠有獨立冷卻系統，在不影響各系統供水水質前提下，配管連結各廠，將水資源作有效利用。諸如：

1. 煉鋼直接冷卻水供給冷軋水廠化學加藥補水水源。
 2. 煉鋼直接冷卻水供給閉路純軟水外部淋水池補水水源。
 3. 熱軋間接冷卻水排放水供熱軋直接冷卻水池補水水源。
 4. 熱軋直接冷卻水排放供熱軋層流冷卻水池補水水源。
 5. 熱軋層流冷卻水排放供冷軋直接冷卻水池補水水源。
 6. 熱軋直接冷卻水排放供壓濾式脫水機濾布清洗水槽補水水源。
- 執行以上調度時需考量各系統水質維持穩定，若導致水質遽變將得不償失。

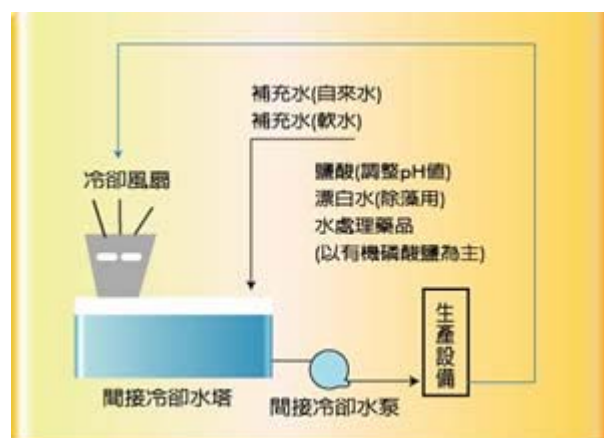
作法(8)-做好水處理工作

水處理是水質管理最要緊工作。水處理作的好，不僅保護管線不受損傷，冷卻效果佳，同時濃縮倍數提高，節省用水量。燁聯在水處理作業上每週定期水質分析各冷卻水中鹼度、pH 值、SS 值、鈣硬度、導電度、溫度、總鐵等項目。

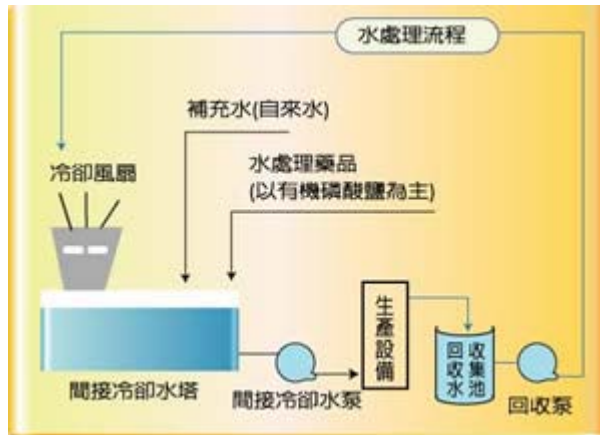
若水系統穩定平衡時(例如開放循環式間接冷卻水系統)，視上述分析項目數據，調整 pH 值(控制加藥)或調整導電度(控制排放)，使不致造成腐蝕或結垢反應；並適量添加廠商供給水處理藥品(以有機磷酸鹽為主)以保護管線。最終，維持濃縮倍數維持在 4 左右，以降低用水量用藥量。

同時，因冷卻水中常添加鹽酸(調整 pH 值用)及漂白水(滅藻用)，致水中存有一定濃度氯化鹽類；若氯化鹽濃度偏高，將導致腐蝕加劇，故於管線上裝設金屬模擬試片，以定期分析腐蝕率；且從水質分析之總鐵濃度，以掌握腐蝕/結垢趨向。

若水系統無法穩定平衡時，濃縮倍數難以達成，則此系統多處於偏腐蝕傾向，但卻又難以調整 pH 值或導電度等方式處理(因為水量不平衡)。此狀況發生在開放循環式直接冷卻水系統，因回收廠內民生用水及設備用自來水，致使回用水量多於供給水量，只得添加廠商供給水處理藥品(以有機磷酸鹽為主)以保護管線，控制腐蝕或結垢反應傾向。至於密閉式純軟水冷卻水系統，其冷卻水損失量不多。水質掌控僅需精確控制溫度及維持腐蝕抑制劑藥品(亞硝酸鹽類)濃度即可。



▲ 圖 1 燁聯開放循環式間接冷卻水系統



▲ 圖 2 燁聯開放循環式直接冷卻水系統

節約用水宣導

自 90 年度起於公司內部資訊網站設立公用設施資訊網，將包含各水系統流程、每日流體用量、節水比賽資料、節約用水宣導等資料公佈於網站上，以建立每一位同仁節約用水觀念。

結語

工廠內民生用水僅佔總用水量一小部分，大部分用水均集中於製程用水。唯有透過公司全體同仁共同努力，宣導節約用水觀念，從個人生活節水一步步做起，進而提高工廠生產用水效率，落實回收再利用，以降低原始用水需求量。