

水冷式冰水機除垢節能案例介紹

星牒有限公司 王曄林總經理

財團法人台灣產業服務基金會 郭志軍專案副理、司洪濤工程師

一、前言

水冷式冰水機廣泛應用於工廠之空調系統或製程冷卻需求，若因使用水質不佳(如：一般自來水，非純水)，水中鈣、鎂離子累積，易在水路循環系統之熱交換器水側部分生成水垢，影響熱交換器之熱傳效率，相對造成能源大量損失。一般而言，水垢一旦生成，即便是薄薄一層，對熱傳導均造成極大之熱損失(如表 1)。本文介紹水冷式冰水機除垢節能之成功案例，利用綠色化學除垢劑，有效去除熱交換器之水垢，值得產業界參考應用。

表 1 熱交換器水側之結垢與熱傳效率損失表

結垢程度	尚可接受	輕度	中度	重度	嚴重
水垢厚度	<0.15 mm	0.30 mm	0.45 mm	0.60 mm	0.75 mm
熱傳效率損失	可忽略	5.5%	11.0%	16.5%	22.0%

資料來源：財團法人中國技術服務社能源服務中心。

二、案例介紹

2.1 冰水機清洗前狀態

工廠使用雙壓縮機之水冷式冰水機(如圖 1)，於本次保養維護前先行記錄壓縮機電流量及錶示壓力(如表 2)。其中，右壓縮機之高壓讀值偏高，且已達系統警戒範圍；在拆除熱交換器末端蓋板後，發現銅管有結垢情形(如圖 2)。

工廠表示冰水機組每年會定期歲修清洗一次，但因水質不佳且清洗時採

循環側洗方式，難以徹底清除系統之水垢與鐵鏽，以致壓縮機冷卻效率迅速下降且逐月遞減，影響設備整體效率。



圖 1 雙壓縮機水冷式冰水機



圖 2 清洗前系統結垢嚴重

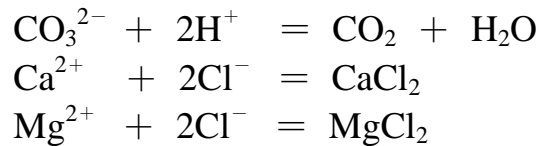
表 2 冰水機清洗前操作紀錄

		清洗前讀值	備註
左壓縮機	高壓錶(kg/cm ²)	16.4	--
	電流量(A)	146.5	滿載
右壓縮機	高壓錶(kg/cm ²)	18.2	達系統警戒範圍
	電流量(A)	153.8	滿載

2.2 綠色化學除垢原理介紹

本案例工廠採用綠色化學除垢劑，進行冰水機保養維護，其除垢原理係化學除垢劑組成中含有特別之酸及界面活性劑，其藥劑分子在水垢與金屬原件同時存在下具選擇性，會優先與水垢作用，對金屬元件則變成一種緩蝕酸，其酸蝕速率極低，幾乎可被忽略，不致造成設備腐蝕。

綠色化學除垢劑將水垢之碳酸根離子與氫離子反應變成二氧化碳和水，鈣、鎂離子則與氯離子反應生成氯鹽，如下列化學反應式：



應用本項綠色化學技術時，可依結垢厚度斟酌加長清洗時間至 2~24 小時，直到將水垢接近剝除為止，避免設備遭受酸蝕破壞，藉由此種工作原理，克服傳統水垢清洗技術使用單純強酸所擔憂之腐蝕問題。

2.3 冰水機清洗作業進行

本案例工廠冰水機組熱交換器內有結垢情形，其採用「停機，高濃度單管式」清洗方案，以藥水循環方式進行清洗。綠色化學除垢劑搭配單管式清洗之優勢，在於能針對熱交換器內每支銅管徹底且平均清潔，單憑肉眼即可判斷清潔程度及堵管現象。清洗時，無法被分解之泥沙可直接沖出設備，不會停留在循環系統中，故能改善舊有循環清洗模式因循環水量、壓力不足，導致清洗有死角之問題。

總清洗時間約 1~2 小時，使用藥劑濃度為原液，清洗過程如圖 3~圖 4，步驟如下：

- 1.關閉冷卻水進出閥門，移除熱交換器末端蓋版。
- 2.連接清洗設備，並將清洗設備細軟管連接至熱交換器內銅管，進行清洗。
- 3.當藥劑已從琥珀色變化為綠色，且已無氣泡湧出時，檢視熱交換器內銅管，清洗完畢。
- 4.復原設備，開啟冷卻水進出閥門。

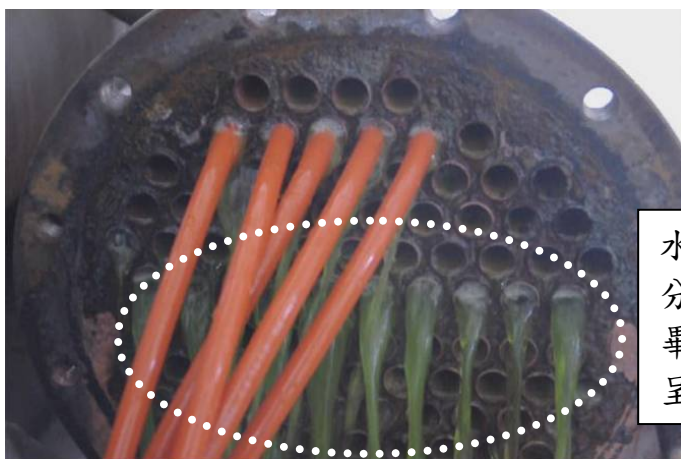


水垢分解
產生大量
白色氣泡



圖 3 熱交換器單管清洗初期

(白色部分為水垢分解時之氣泡，藥劑激烈分解大量水垢)



水垢接近
分解完
畢，藥劑
呈綠色

圖 4 熱交換器單管清洗後期

(藥劑已呈綠色，且無氣泡湧出，顯示設備水垢已接近分解完畢)

2.4 冰水機清洗後結果與節能效益評估

1. 清洗前後比較如圖5~圖6。



圖 5 清洗前結垢情形

圖 6 清洗後水垢已清除

2.清洗前後高壓與電流比較(如圖7~圖10)。

右壓縮機



圖 7 清洗前設備使用電流 153.8A，
高壓 18.2 kg/cm²(警戒區)

圖 8 清洗後電流下降至 127.1A，高
壓 14.6 kg/cm²

左壓縮機



圖 9 清洗前設備使用電流 146.5A，高壓 16.4 kg/cm²



圖 10 清洗後電流下降至 120.5A，高壓 13.2 kg/cm²

本次冰水機保養維護後，左右壓縮機電流共下降 52.7 安培，且高壓同時顯著下降，顯示效能有顯著提升。初步估計每月約可節省電費新台幣約 18,795 元，一年將可節省新台幣 22 萬餘元(225,540 元)以上，冰水機清洗前後節能綜合效益彙整如表 3 所示。

功率節約公式 $P = \sqrt{3} V I \cos \theta / 1,000$

P：功率，瓩(kW)

V：電壓，伏特(V)

I：電流，安培(A)

$\cos \theta$ ：功率因數(假設為 1)

節省電量 = $\sqrt{3}$ (三相) \times 220(電壓) \times 52.7(電流) \times 1(功率因數) = 20.08 KW/h

工廠每日操作 12 小時，每月生產 26 天，

則 20.08 kW/h \times 12 h/天 \times 26 天/月 = 6,265 KWh/月

假設電費 3 元/度，則 6,265 KW/月 \times 3 元/度 = 18,795 元/月 = 225,540 元/年

表 3 冰水機清洗前後節能綜合效益評估

比較分析	右壓縮機		左壓縮機	
	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後
高壓(kg/cm ²)	18.2	14.6	16.4	13.2
使用電流(A)	153.8	127.1	146.5	120.5
節省電流(A)	52.7A			
節省費用(每月)	18,795 元			
評估節省費用(每年)	22 萬餘元(225,540 元) 註：僅計算電費支出。如加上設備維護、保養、酸洗等額外支出，節省費用更高。			

三、結 語

工業方面經常使用水冷式冰水機，如能善用各種除垢技術，做好冰水機水路循環系統結垢之預防保養工作，節省工廠以往視為「正常損耗」之能資源，不僅可達節能減碳之目的，更能提升產業競爭力，達到企業永續經營之目標。此冰水機節能改善案例，值得國內相關業者參考。

四、參考文獻

1. 司洪濤，冰水主機節能與溫室氣體減量成功案例介紹，環保技術e 報第38期，2006。

- 2.郭志軍、卓憲騰、司洪濤，工廠公用設備節能案例介紹，清潔生產與環保技術e報第80期，2010。
- 3.王曄林，製程及公用設備效能提升之綠色化學技術，友信國際股份有限公司清潔生產中衛體系輔導第三次工作會議，民國99年10月22日。