

使用雙溫冰水系統於電子廠房之節能改善研究

王輔仁* 黃景亮

國立勤益科技大學冷凍空調與能源系

摘要

早期電子廠冰水供應系統通常考量初設成本因素而採單一冰水溫度供應，所以冰水系統設計時是以最低需求設備的溫度點作為供水溫度，其他較高溫度設備常使用二次熱交換器或是區域混水方式，將低溫冰水提升到高溫冰水再供給需求設備使用，如面板廠中所使用的冰水就有 7°C 跟 14°C 之分。而所謂雙溫冰水系統則是設置兩套冰水系統，一為高溫冰水系統，另一為低溫冰水系統。因製造低溫冰水比高溫冰水需要耗更多的能量，而冰水系統運轉耗能為整個工廠前三大用量之一，本文以某面板後段組裝廠將原單溫冰水系統改成雙溫冰水系統供應後進行耗電量分析，每年可節省耗電量 3,405,253 kWh，電費約新臺幣 9,023,920 元（電價 2.65 元/kWh），冰水系統節能比率為 14% 左右。

關鍵詞：冰水系統，單溫度，雙溫度，節能。

ENHANCING ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRONICS FACTORIES WITH DUAL-TEMPERATURE CHILLED WATER SYSTEMS

Fu-Jen Wang* Ching-Liang Huang

*Department of Refrigeration and Air Conditioning and Energy
National Chin-Yi University of Technology
Taichung, Taiwan 41170, R.O.C.*

Key Words: chilled water system, single-temperature, dual-temperature, energy saving.

ABSTRACT

Early electronics factories often used single-temperature chilled water systems to reduce initial capital investment. Therefore, water supply temperature was usually designed at the lowest temperature requirement of equipment, and secondary heat-exchangers or local mixing was applied to raise chilled water temperature for other equipment requiring high-temperature chilled water. For example, a panel factory needs chilled water at both 7°C and 14°C. A dual-temperature chilled water system is equipped with one high-temperature chilled water system and one low-temperature chilled water system. As it consumes more energy to produce low-temperature chilled water and the chilled water system is one of the top three energy-consuming factory equipment, this paper analyzed the energy consumption of an assembly plant for panel modules after replacing

*通訊作者：王輔仁，e-mail: fjwang@ncut.edu.tw

Corresponding author: Fu-Jen Wang, e-mail: fjwang@ncut.edu.tw



the single-temperature chilled water system with the dual-temperature chilled water system. The results showed that a total of 3,405,253 kWh of electricity or NT\$9,023,920 (at NT\$2.65/kWh) of electricity bill was saved each year, with energy saving rate of about 14%.

一、前言

廠務冰水系統主要的功能是提供工廠空調系統及穩定的供給設備或製程冷卻所需之冰水，以維持廠房及設備的正常運作。就一般典型電子廠而言，廠務系統之用電量約佔全廠用電之 50%，而其中約有 40% 是屬於冰水系統的耗電。故冰水主機系統的整體效能提升將可以減少工廠的用電費用。所以如何使冰水主機系統有效的效能提升將是工廠節能議題中極為重要的一環。

陳良銅等人[1]依莫里爾線圖分析蒸發器溫度愈高時壓縮功愈低，冰水溫每上升 1°C，冰機耗能約下降 2~3%。若將工廠由單一低溫冰水系統改成雙溫度冰水系統，將潔淨室循環空氣及製程設備冷卻系統由 5°C 改為 10°C 冰水供應，可節省工廠耗能 8% 左右；如將外氣空調箱 (make-up air unit, MAU) 之第一道盤管亦改採 10°C 冰水供應，每年節能為 11% 左右。群創光電五廠[2]在工業技術研究院 97 年節能能源績優獎表揚活動上，提出雙溫度冰水系統藉提高高溫冰水主機供水溫度以達節能目的，一年可省下 982 萬元。黃建溢[3]在 2005 年經濟部節約能源績優廠商觀摩會上，提出聯華電子 Fab 12A 晶圓廠採用雙溫度冰水系統的節能效益，一年節省 1,792 萬元。冰水主機方面，陳輝俊[4]於電機電子產業節能技術手冊提出，以離心式冰水主機為例，9°C 的離心式冰水主機的效率比 5°C 者高出 12%。工研院能資所[5]在空調系統能源查核及節約能源案例手冊提到，冰水主機每提高 1°C 冰水出水溫度，約可節約 3% 之電能。在設備方面，王文博等人[6]針對電子產業之外氣空調箱耗能進行剖析，如使用雙溫度冰水，可減少整體系統 2.9% 之耗電。陳熾如等人[7]針對電子廠外氣空調箱冰水盤管設計及熱交換之評價研究中提出，若將總體耗能、盤管成本同時納入考量，其最佳化的模式為 12°C/5°C 的雙溫冰水並聯模式。Tsao 等人[8]在研究報告中提到外氣空調箱的盤管可以使用雙溫度冰水系統供應方式，依盤管需求度提供不同溫度的冰水供應。TRANE [9]冰機製造商在選機技術文件中指出冰機在相同冷卻水溫運轉條件下，調整冰水設定溫度，冰水溫度越高，其壓縮機耗功越低。

本研究首先利用冰水主機基本原理進行蒸發器溫度調整，推估冷凍能力與耗能對「性能系數」(coefficient of performance, COP) 的變化，評估節能方向是否正確。COP = 冷凍效果 / 壓縮功，是用來評估空調系統是否省電的參考值，COP 值愈高，表示能源效率愈高愈省電。再以實際案例說明改善方式，由案例廠的系統設計架構開始說明，比較各負載種類之設計與運轉值差異性，及系統改善的可

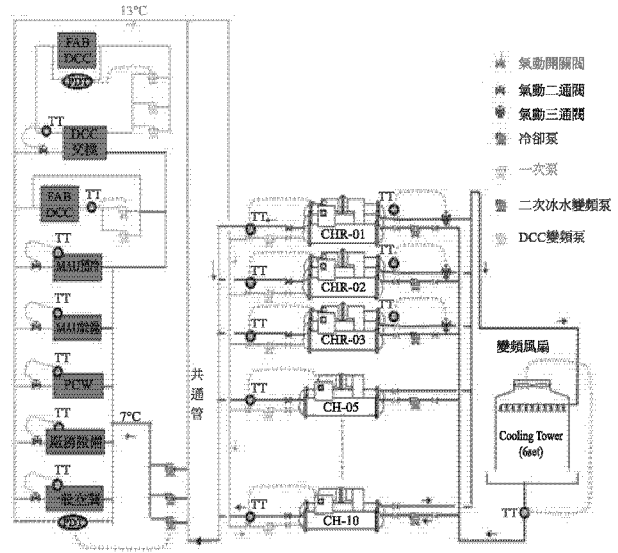


圖 1 單溫冰水系統圖

能性與影響範圍，並評估節能效益，利用圖控進行修改前後的資料收集，來進行各項參數的參考與比對，最後再依實際修改後的數據進行驗證，檢驗是否符合評估結果，並針對其差異性進行分析說明。

二、系統描述

案例廠原採用一套冰水 (單溫度冰水) 供應全廠所需冰水，如圖 1 所示系統架構，其冰水需求使用設備有外氣空調箱、生產廠房循環空氣冷卻盤管、製程設備冷卻、廠務設備冷卻、一般空調等設備。各設備設計需量冷凍量及冰水溫度，如表一所示，設備冰水溫度其依使用場所而有所不同。各設備所使用冰水百分比，如圖 2 所示，7°C 冰水使用量約佔總量 16%，14°C 冰水用量約佔總量 84%。各設備所使用冰水百分比，外氣空調箱預冷段佔 25%，外氣空調箱除濕段佔 8%，潔淨室冷卻盤管佔 29%，製程設備冷卻系統為佔 8%，廠務設備冷卻系統佔 14%，一般空調冷卻系統佔 16%。其中運轉時 7°C 冰水使用量約佔總量 57%，14°C 冰水約佔總量 43%。

冰水系統之熱交換流程，如圖 3 所示，冰水路管系統將備設廢熱由熱交換器帶到冰水機再由冷卻水塔散到室外，其中冰水機用電量約佔系統耗能 80%，案例即評估將高溫冰水設備之供水溫度由 7°C 提升到 14°C，其冰水機蒸發溫度提高後可增加冰水機蒸發能力及減少壓縮功耗，以提升冰水機 COP 值。



表二 冰機蒸發器溫度調整 COP 推估比較表

	調整前 蒸發溫度	調整後 蒸發溫度	溫差	壓縮功變化	性能係數	每 1°C 壓縮功變化	每 1°C 性能係數變化
單位	°C	°C	°C	%	%	%	%
Case 1	3	5	2	-5.03	6.16	-2.52	3.08
Case 2	5	10	5	-17072	23.83	-3.54	4.77
Case 3	5	12	7	-25.01	36.91	-3.57	5.27

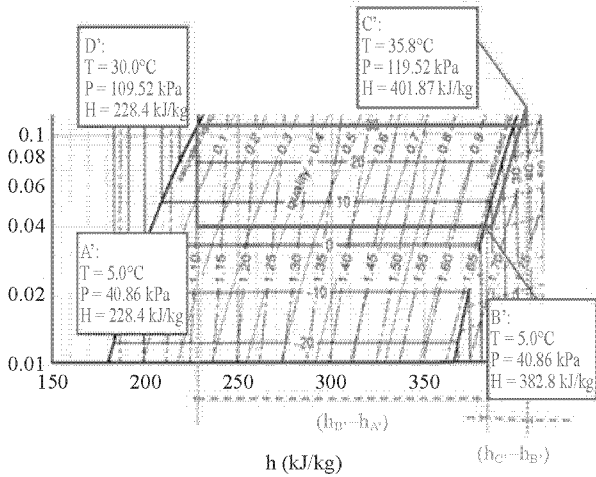


圖 5 蒸發器冷媒溫度 5°C 過熱至 8°C 循環圖

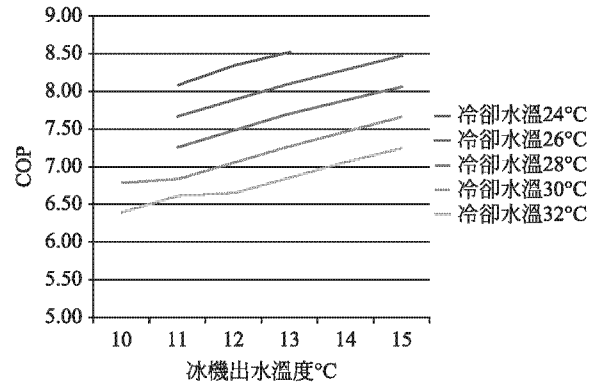


圖 7 冰機出水溫度及冷卻水 COP 圖

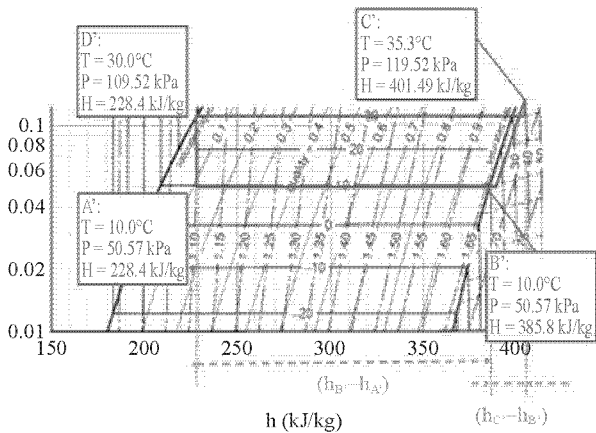


圖 6 蒸發器冷媒溫度 10°C 過熱至 13°C 循環圖

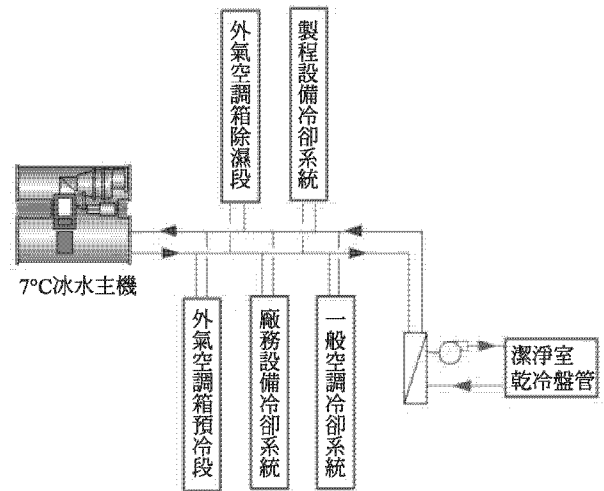


圖 8 單溫系統示意圖

量進行調查，再對設備實際運轉後之最大量進行統計，之後再根據相關資料加以評估冰水溫度提升後對設備的影響程度，最後再決定是否改用 14°C 冰水或是沿用 7°C 冰水。若需使用 7°C 冰水之設備，則規劃給予配置新管路 (7°C 管路) 並加以切換使用。

將設備依使用場所分類，如圖 8 示意圖所示，共分成 6 個種類。再針對設備設計值與現況進行調查及評估冰水溫度調整後的影響，如表三內容所示，(1) 製程設備冷卻系統：原設計為 5°C 冰水進水，15°C 冰水出水，設備供應為製程冷卻水 19°C 出水，目前實際最大運轉率 80%，若

供應 14°C 冰水會造成製程冷卻水溫上升，影響製程設備散熱，所以無法使用原系統供應的 14°C 冰水，需要另外新設管路維持 7°C 冰水才能正常運轉。(2) 外氣空調箱預冷段：原設計為 5°C 冰水進水，12°C 冰水出水，設備供應為預冷段出風溫度 20°C，目前實際最大運轉率 60%，若供應 14°C 冰水可能會造成預冷段盤管能力不足，因預冷段功能實為降低除濕段負載，若預冷段無法為持 20°C 出風溫度，將使得除濕段負載量增加，但在不影響 MAU 供應條件下，預冷段可使用 14°C 冰水運轉。(3) 外氣空調箱除濕段：原設計為 5°C 冰水進水，12°C 冰水出水，設備供應



表三 設備升溫評估表

設備種類	冰水進水設計	冰水出水設計	設備供應	實際最大運轉率	溫升差異	溫升影響	原系統管理升溫	新設低溫管路
製程設備冷卻系統	5°C	15°C	製程冷卻 19°C 出水	80%	製程冷卻水溫上升	製程設備冷卻能力不足	×	○
外氣空調箱預冷段	5°C	12°C	出風溫度 20°C	60%	預冷段盤管能力不足	除濕段負載量增加	○	×
外氣空調箱除濕段	5°C	12°C	出風露點 13°C	30%	除濕段盤管能力不足	無法將外氣含水量降到需求值	×	○
廠務設備冷卻系統	14°C	29°C	設備出口流體 25°C	85%	無	無	○	×
潔淨室乾冷盤管	14°C	20°C	設備出口流體 19°C	60%	無	無	○	×
一般空調冷卻系統	5°C	10°C	設備出口流體 17°C	60%	盤管能力不足，出風溫度上升	室內溫度上升	○	預留低溫管接點，需要時再配管

為除濕段出風露點溫度 13°C，目前實際最大運轉率 30%，若供應 14°C 冰水會造成出風露點溫度無法降到 13°C，影響潔淨室含水量，所以無法使用原系統供應的 14°C 冰水，需要另外新設管路為持 7°C 冰水才能正常運轉。(4) 廠務設備冷卻系統：原設計為 14°C 冰水進水，29°C 冰水出水，設備供應為流體溫度 25°C，目前實際最大運轉率 85%，實際早已在用 14°C 冰水，所以只需將混溫設計之管路拆除，就可以直接使用原系統供應的 14°C 冰水。(5) 潔淨室乾冷盤管：原設計為 14°C 冰水進水，20°C 冰水出水，盤管設計為出風溫度 19°C，目前實際最大運轉率 60%，實際早已在用 14°C 冰水，所以只需將區域熱交換升溫設計之管路旁通，直接使用原系統供應的 14°C 冰水。(6) 一般空調冷卻系統：原設計為 5°C 冰水進水，10°C 冰水出水，盤管設計為出風溫度 17°C，目前實際最大運轉率 60%，若供應 14°C 冰水會造成盤管能力不足，出風溫度上升，影響辦公室室內溫度及機房溫度上升，由於不會對生產造成直接性的影響，所以使用原系統供應的 14°C 冰水，而在新增 7°C 冰水管路時預留低溫管接點，有需要時再進行配管。

評估後可將外氣空調箱預冷段、廠務設備冷卻系統、潔淨室乾冷盤管及一般空調冷卻系統等設備的冰水溫度調整到 14°C 供應使用，將製程設備冷卻系統及外氣空調箱除濕段維持 7°C 供應使用。依高低溫不同溫度冰水使用設備重新規劃成為雙溫供水系統，如圖 9 所示，保留原冰水管路作為高溫冰水系統，另外配置新管路作為低溫冰水系統。

4. 修改效益評估

依產能預估管路修改完成後 14°C 系統冰水最高使用量約 5,000 RT，年平均用量 6 折計算為 3,000 RT，由圖 10 (kWh：冰冰系統每月耗電量、RT：冰機每月產出冰水量、kW/RT：冰水系統每月平均單位耗能) 得知，2010 年度冰水系統耗用量，修改前系統單位能耗為 0.835 kW/RT。高

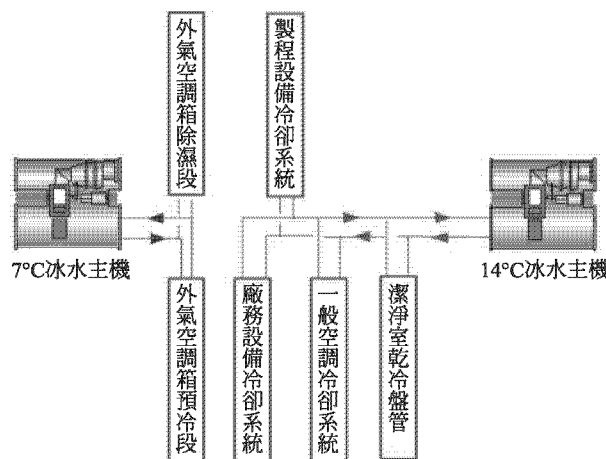


圖 9 雙溫系統示意圖

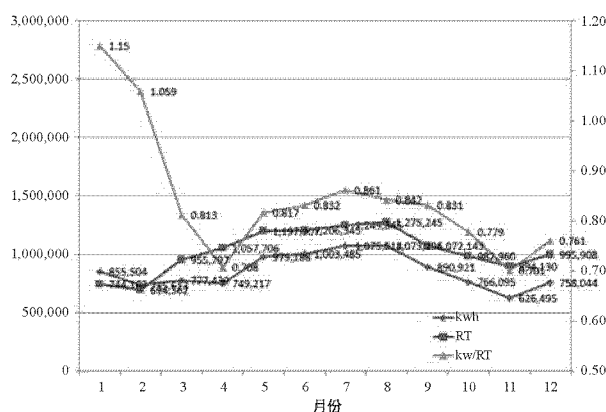


圖 10 冰水系統用量與耗能 (2010/01-2010/12)

溫冰水系統溫度由 7°C 調升到 14°C，依原廠提供資料溫度每調升 1°C 冰機能耗下降 2.5% 計算，冰水升溫 7°C，單位能耗約下降 0.153 kW/RT，預估修改後單位能耗為 0.682



表四 冰水系統耗能記錄表

日期	項目	冰水系統 總產出冷凍噸	冰水系統 總功率	冰系統冷凍 噸耗能	冰水主機 總功率	冰水主機冷凍 噸耗能	冷卻水塔 總功率	冰水系統一次泵 總功率
2010/07/01 00:00:00		2020	1617	0.80	1258	1572	66	293
2010/07/01 01:00:00		1687	1337	0.79	986	1244	58	293
2010/07/01 02:00:00		1964	1422	0.72	1093	1509	36	293
2010/07/01 03:00:00		2014	1542	0.77	1094	1429	155	293
2010/07/01 04:00:00		2044	1481	0.72	1095	1511	93	293
2010/07/01 05:00:00		1984	1443	0.73	1077	1481	73	293
2010/07/01 06:00:00		2014	1423	0.71	1076	1523	54	293
2010/07/01 07:00:00		1984	1447	0.73	1069	1466	85	293
2010/07/01 08:00:00		2004	1547	0.77	1095	1419	159	293
2010/07/01 09:00:00		2084	1569	0.75	1117	1484	159	293
2010/07/01 10:00:00		2482	1915	0.77	1463	1896	159	293
2010/07/01 11:00:00		2351	1894	0.81	1442	1790	159	293
2010/07/01 12:00:00		2291	1883	0.82	1431	1741	159	293
2010/07/01 13:00:00		2281	1872	0.82	1418	1727	161	293
2010/07/01 14:00:00		2241	1868	0.83	1422	1706	153	293
2010/07/01 15:00:00		2301	1873	0.81	1427	1753	153	293
2010/07/01 16:00:00		2281	1878	0.82	1431	1738	154	293
2010/07/01 17:00:00		2321	1886	0.81	1439	1771	154	293
2010/07/01 18:00:00		2281	1867	0.82	1421	1736	153	293
2010/07/01 19:00:00		2130	1806	0.85	1360	1604	153	293
2010/07/01 20:00:00		2251	1870	0.83	1423	1713	154	293
2010/07/01 21:00:00		2120	1794	08.5	1357	1603	144	293
2010/07/01 22:00:00		2200	1820	0.83	1389	1679	138	293
2010/07/01 23:00:00		2160	1784	0.83	1358	1644	133	293

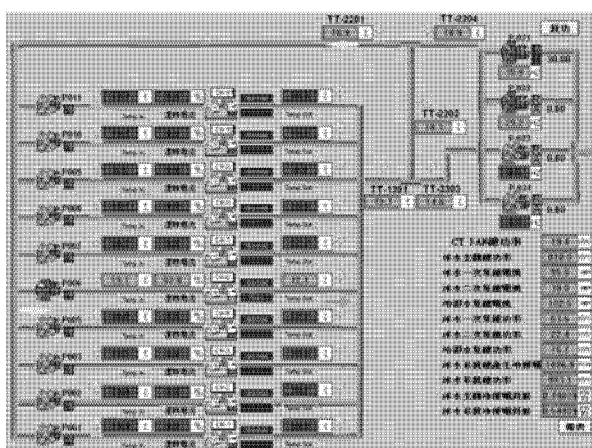


圖 11 冰水系統圖控圖

kW/RT，每年節能 4,020,840 kWh，若以每度電價 2.5 元計算，每年節省電費 10,052,100 元。單溫系統改為雙溫系統新增 7°C 管路報價 10,800,000 元，預估系統修改完成後回收年限為 1.07 年。

5. 驗證資料取得

冰水系統使用 PLC 加網路監控，如圖 11 畫面所示，可將冰水系統監控點資料回傳到中央圖控電腦，使用 SCADA (supervisory control and data acquisition)，具有系統監控和資料擷取功能軟體的模組收集資料以便進行驗證。將 SCADA 收集到資料建立資料庫後，再用電腦進行即時運算，如表四所示，記錄冰水系統冷凍噸、設備用電量等，可即時反應及比對冰機溫度調整前後系統耗能的差異。

四、結果與討論

1. 設備運轉差異

將冰機設定冷卻水溫 28°C，進行現場調整前後實際比較，如表五所示，冰機升溫前最大溫差 5.9°C，升溫後溫差 7°C，冷噸能力增加 248 冷凍噸 (refrigeration ton, RT) 較升溫前增加 19%，運轉耗能減少 57 kW 較升溫前減少 7% (受限出水溫度設定)，COP 能力提升 1.08，較升溫前增加 19%。修改後停用設備有中央公用廠房 (central utility building, CUB) 內的冷卻乾盤管 (dry cooling coil, DCC) 熱交換器及各區域水泵，如表六得知，水泵停用後合計節能共 49.7 kW。



表五 冰機供水溫度調整比較表

項目	額定耗能	最高運轉	運轉耗能	冰水流量	冰水入水	冰水出水	冷噸能力	性能係數
單位	KW	%	KW	CMH	°C	°C	RT	COP
升溫前	812	100	812	683	13.3	7.4	1,333	5.77
升溫後	812	93	755	683	19	12	1,581	6.85

表六 pump 停用統計表

停用 PUMP	馬力 (HP)	運轉台數	運轉頻率	平均耗能 (KW)	合計耗能 (KW)
DCC 三次 PUMP	100	2	30	37.5	49.7
LOCAL1 DCC 混溫 PUMP	50	1	30	9.4	
LOCAL2 DCC 混溫 PUMP	15	1	30	2.8	

表七 需求端設備運轉差異表

需求端設備 運轉差異		修改前		修改後		差異說明		
設備種類	冰水溫度	設備供應	實際最大 運轉率	冰水溫度	設備供應	實際最大 運轉率	溫升影響	後續改善
製程設備 冷卻系統	7°C	製程冷卻 19°C 出水	80%	7°C	製程冷卻 19°C 出水	80%	無	無
外氣空調箱 預冷段	7°C	出風溫度 20°C	60%	14°C	出風溫度 20°C	82%	無	無
外氣空調箱 除濕段	7°C	出風露點 13°C	30%	7°C	出風露點 13°C	30%	無	無
廠務設備 冷卻系統	14°C	設備出口 流體 25°C	85%	14°C	設備出口 流體 25°C	85%	無	無
潔淨室乾冷 盤管	14°C	設備出口 流體 19°C	60%	14°C	設備出口 流體 19°C	60%	無	無
一般空調 冷卻系統	7°C	設備出口 流體 17°C	60%	14°C	設備出口 流體 17°C	100%	辦公室溫度 26°C 上 升至 28°C，機房溫 度 28°C 上升至 32°C	節能政策， 不改善

在需求端設備運轉差異部份，如表七所示，外氣空調箱預冷段供水溫度由 7°C 變為 14°C，其盤管最大使用率由 60% 上升到 82%，沒有影響設備運轉效能。一般空調冷卻系統供水溫度也由 7°C 變為 14°C，其盤管最大使用率由 60% 上升到 100%，造成辦公室溫度由 26°C 上升到 28°C，機房溫度由 28°C 上升到 32°C。其它系統之冰水溫度均無任何改變。

2. 實際運轉結果

實際修改後高溫冰機出水溫度由 7°C 升至 12°C，如圖 12 所示，冰水全年用量為 28,557,646 RT，全年耗電量為 18,901,061 kWh，全年平均冰水系統單位耗能為 0.662 kW/RT；若以系統修改實際發包金額 9,200,000 元，加上原評估時依 2010 年冰水系統單位能耗 0.835 kW/RT、電價每度 2.5 元計算，修改後單位能耗下降 0.173 kW/RT，修改後

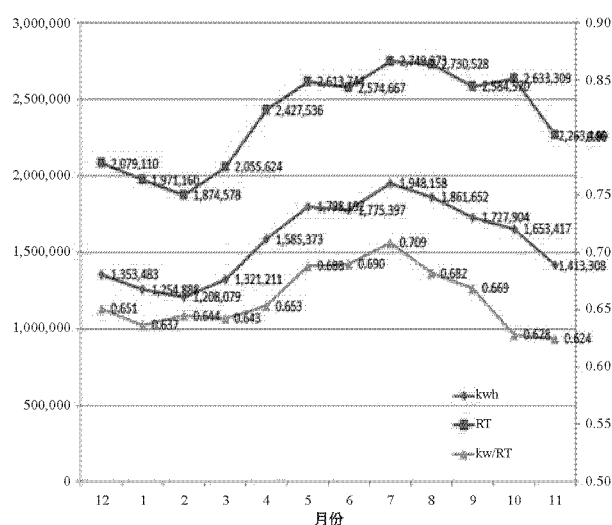


圖 12 冰水系統用量與耗能 (2011/12-2012/11)



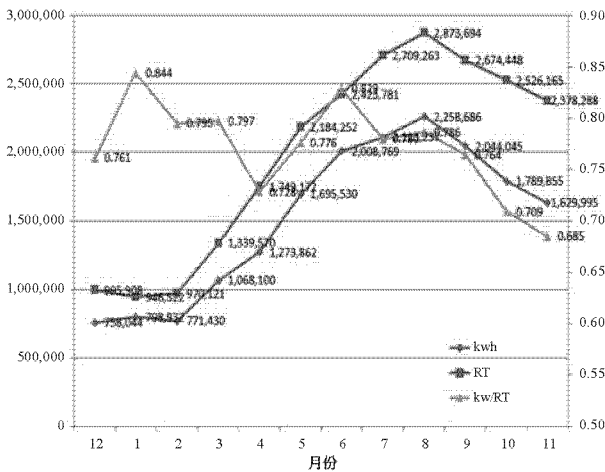


圖 13 冰水系統用量與耗能 (2010/12-2011/11)

第 1 年系統節能 4,940,473 kWh 加上水泵停用節能 435,263 kWh，合計節能 5,375,736 kWh。年度節費達 13,439,340 元，回收年限為 0.68 年，遠低於規劃時 1.07 年。

因評估當時案例廠之工廠利用率較低，冰水負載量約 30%，冰水主機運轉調整效率較差，相較之下單位能耗較差；而修改前一年冰水負載量上升到 60% 與修改後一年冰水負載量 70% 較相近，所以實際節能計算使用修改前一年 (2010 年 12 月至 2011 年 11 月) 運轉值相比較，如圖 13 所示，修改前一年冰水用量為 23,771,184 RT，全年耗電量為 18,210,484 kWh，全年平均冰水系統單位耗能為 0.766 kW/RT，修改後冰水系統單位能耗下降 0.104 kW/RT，修改後第 1 年系統節能 2,969,990 kWh 加上水泵停用節能 435,263 kWh，合計節能 3,405,253 kWh，工廠實際電價平均為每度 2.65 元計算，年度節費則為 9,023,920 元，計算回收年限為 1.02 年，符合規劃時 1.07 年。

3. 評估值與實際值差異分析

就設備運轉面來說，針對系統修改後，與原先運轉條件不同的設備以外氣條件、MAU 預冷冷盤管控制閥開度與機房溫度進行差異說明：

- (一) 外氣條件：修改前、後一年的每小時外氣資料，並整理為每日平均值，如圖 14、圖 15 所示，修改後一年年平均溫度增加 0.16°C，年平均焓值增加 3.18 kJ/kg。
- (二) MAU 預冷冷盤管控制閥開度：修改前後一年的 7 月-9 月份，每小時外氣焓值與 MAU 預冷冷盤管控制閥開度資料，並整理出每小時最大值，修改前，如圖 16 所示，外氣最高焓值為 90.1 kJ/kg，控制閥最大開度為 60.4%；修改後資料，如圖 17 所示，外氣最高焓值為 94.1 kJ/kg，控制閥最大開度為 82.2%。將修改前後一年進行比較，MAU 預冷段出風同樣設定為 20°C，外氣溫度高於 20°C 控制閥開始動作，修改前平均焓值增加 1 kJ/kg，控制閥開度增加 1.5%，修改後平均焓

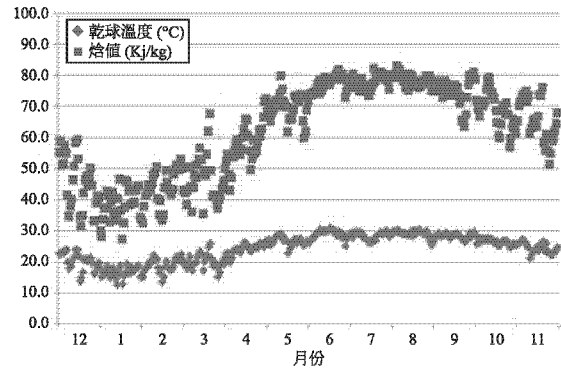


圖 14 每日平均外氣乾球溫度與焓值(2010/12-2011/11)

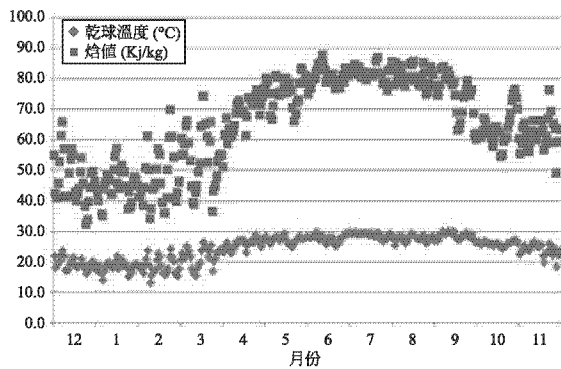


圖 15 每日平均外氣乾球溫度與焓值 (2011/12-2012/11)

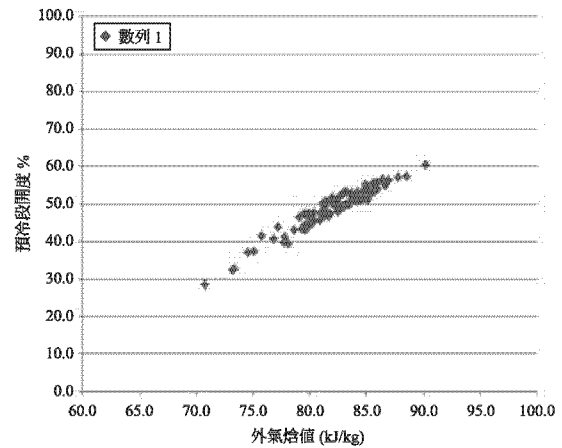


圖 16 每小時平均最高外氣焓值與 MAU 預冷開度 (2011/07-2011/09)

值增加 1 kJ/kg，控制閥開度增加 1.86%，平均修改後焓值增加 1 kJ/kg，控制閥開度要多增加 0.36%。

- (三) 機房溫度：修改前、後一年 7 月-9 月份，每小時外氣焓值與機房溫度資料，並整理出每小時最大值，修改前，如圖 18 所示，外氣最高焓值為 90.1 kJ/kg，機房溫度可維持在 27.6°C -28.3°C 之間；修改後，如圖 19 所示，外氣最高焓值為 94.1 kJ/kg，機房在外氣焓值



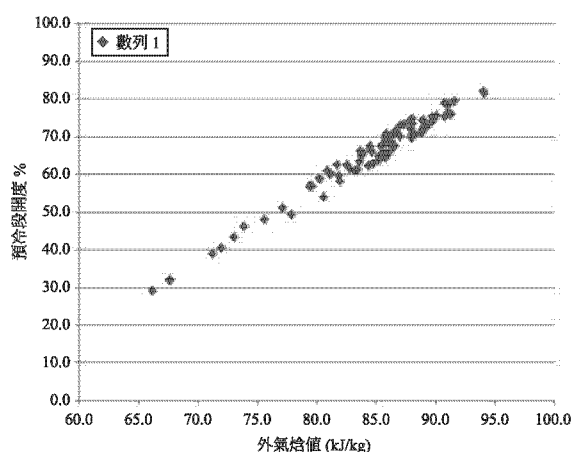


圖 17 每小時平均最高外氣焓值與 MAU 預冷開度 (2012/07-2012/09)

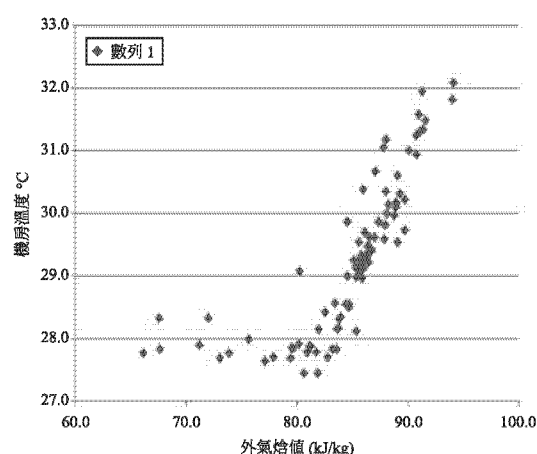


圖 19 每小時平均最高外氣焓值與機房溫度 (2012/07-2012/09)

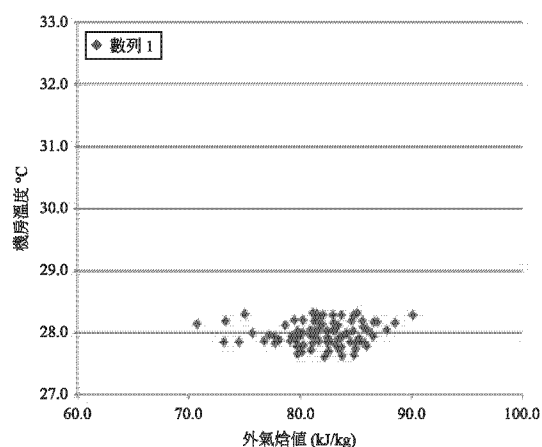


圖 18 每小時平均最高外氣焓值與機房溫度 (2011/07-2011/09)

83 kJ/kg 以下時，溫度可維持在 28°C 左右，當外氣焓值超過 83 kJ/kg 以上時，機房溫度無法控制在 28°C 而往上升，最高來到 32.1°C。

4. 冰機進出水溫度及冷凍噸差異分析

冰水機原設計為 5°C 出水，10.5°C 回水，溫差度計為 5.5°C，建廠完成後開始運轉即將出水溫度調為 7°C，回水 12°C。本案評估將冰水機 7°C 出水再上調為 14°C 出水，實際出水調至 12°C 時，因一次側冰水嚴重流量不足無法再調。冰機運轉上限為壓縮機運轉電流上限值，所以冰機溫度調升，冰機冷凍能力上限會隨著增加，但冷凍能力會受限於蒸發器。在一次側（冰機側）流量不變運轉條件下，冷凍能力增加，表示進出水溫差增加，而冰水二次側流量會增加，若旁通管流量過大，則會造成系統出水溫度上升，依現場實際操作結果得知，若系統出水溫度要維持在 14°C，則冰機出水溫度不可超過 12°C。

5. 冰水冷凍噸與單位能耗值差異分析

原效益評估時廠房有效使用率以 80% 估算高溫冰水年平均用量為 3,000 RT；修改後實際廠房有效使用率為 73%，實際高溫冰水年平均量為 2,771 RT，其高溫冰水實際與預估差異主要為廠房使用未達預估值，造成高溫冰水使用未達評估量。實際運轉高溫冰水主機設定為 12°C 出水溫度，冰水系統單位能耗 0.662 kW/RT，原評估高溫冰水 14°C 出水時系統單位能耗 0.682 kW/RT，其使用評估資料為原廠新型冰水主機數據（舊型冰水主機無參考資料），新型冰水主機因技術提升關係單位能耗值較舊型機種低，且可供參考資料有限所以有所出入；若評估冰水主機溫度調升參考資料改使用 R123 莫里爾線圖推估，如表二所示，每調升 1°C，冰冰主機 COP 值約上升 3.08%-5.27% 的資料，在高溫冰水主機出水為 12°C 時，則評估的冰水單位能耗會落在 0.637 kW/RT-0.714 kW/RT 之間，可符合冰水系統修改後實際運轉單位能耗 0.662 kW/RT。

五、結 論

在 21 世紀地球上的能源已足漸被耗用殆盡，除了能源不足的問題外，過度耗能所造成的溫室效應也日益嚴重。若是大家都能將工廠用電視為自家使用，則可減少不需要的耗能；尤其是在產業界，對於節能更需要盡一份力，除了可以減少能源浪費及提升外界對公司正面形像外，更重要的是對社會及環境維護的負責。本案即為將新的冰水系統設計概念應用在既有的舊系統上加以改造，雖然節能效果無法達到新設的雙溫度冰水系統之程度，但與單溫系統相比其節能已達明顯效果（本案年度節能效益為 3,405,253 kWh，年節費 9,023,920 元，1.02 年回收）。期望本案能提供業界參考，對於冰水耗用量極大工廠而言不失為一個提升系統運轉效率及節能的方案。



參考文獻

1. 陳良銅和王文博,「電子廠雙冰水溫度系統節能分析」, 冷凍與空調, 第7期, 第78-90頁 (2001)。
2. 經濟部能源局,節約能源績優傑出獎-群創光電五廠分項節約能源措施及成效資料,經濟部能源局 (2008)。
3. 黃建溢,「雙溫度冰水系統」,經濟部節約能源績優廠商觀摩會-聯華電子 Fab12A 廠 (2005)。
4. 陳輝俊,產業節能技術手冊-電機電子業,經濟部能源局 (2006)。
5. 工業技術研究院能源與資原研究所,空調系統能源查核及節約能源案例手冊 (2006)。
6. 王文博和陳良銅,「潔淨室外氣空調箱特性與節能之研究」,碩士學位論文,國立臺北科技大學冷凍與低溫科技研究所 (2001)。
7. 陳嫻如和蔡允溪,「電子廠外氣空調箱冰水盤管設計及熱交換之評價研究」,碩士學位論文,國立臺北科技大學能源與冷凍空調工程研究所 (2010)。
8. Tsao, J. M., Hu, S. C., Chan, Y. L., Hsu, T. C., and Lee, C. C., "Saving Energy in the Make-Up Air Unit (MAU) for Semiconductor Clean Rooms in Subtropical Areas," *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp. 1387-1393 (2008).
9. TRANE, "CenTraVac Centrifugal Chiller, 1250RT-10C," Technical Report, TRANE Inc., NJ, USA (2009).

2013年05月21日 收稿

2013年06月13日 初審

2013年08月16日 複審

2013年09月09日 接受

