



提昇新店線車站空調服務 效能設備更新工程

Efficiency Upgrade Project for the Air Conditioning System of the Xindian Line

吳繼宗 Jih-tzong Wu¹ | 王天才 Tien-tsai Wang²
陳俊宏 Chun-hung Chen³ | 陳昌榮 Chang-jung Chen⁴

¹ 臺北捷運公司工務處組長 e01247@trtc.com.tw

² 臺北捷運公司工務處助理工程師 e01757@trtc.com.tw

³ 臺北捷運公司工務處助理工程師 e01623@trtc.com.tw

⁴ 臺北捷運公司工務處助理工程師 e24391@trtc.com.tw

摘要

臺北捷運新店線車站空調系統係於1998年啟用，歷逾10餘年運轉，其主要設備包括冰水主機、冷卻水塔及附屬設備均已達耐用年限，呈現整體效能降低、故障率上升及維修費用逐年增高等情形；因設備故障造成車站空調服務效能降低，引發旅客抱怨悶熱事件頻仍，再者，部分車站冷卻水塔因沿線居民屢對運轉噪音抗議申訴，影響公司營運服務品質及形象。

為徹底改善提昇空調系統效能，本公司於2007年經評估設備現況及檢討重置需求，確認符合「臺北市臺北都會區捷運固定資產重置基金之捷運系統設備及土建設施重置原則」之規定，並依前揭規定相關作業程序辦理新店線車站空調設備汰換工程，以確保車站具備穩定可靠空調品質，提供旅客舒適的候車環境。

該工程範圍涵蓋新店線共計11個車站，於2008年7月至2010年11月期間，逐站執行設備更新工作，本文將針對工程實際執行面及執行成果進行說明，另將履約過程中面臨的問題探尋因應方式，期有利於爾後類似工程規劃之參考。

關鍵字：冰水主機、冷卻水塔、空調系統

Abstract

The air conditioning system of Metro Xindian line began use in 1998. Primary facilities of the system include chillers, cooling towers and accessories. After they had operated for over 10 years and reached the end of effective life, lowered the overall system's efficiency. The failure rate and maintenance cost increased year by year. Once the facilities breakdown and air conditioning system cannot work regularly, it leads to passenger complaint. Besides, some residents near stations repeatedly complained about noise made by cooling towers. Such circumstance had a bad influence on overall perception of the company.

In order to thoroughly improve the air conditioning system efficiency, we estimated the cost of the original equipments and renewal requirements. Then we decided to make a project called "The Air Conditioning System Renewal Project for Metro Xindian Line Stations and Xindian Depot". Our goals were to provide reliable air conditioning and a comfortable station environment for passengers.

The renewal project including 11 stations of Metro Xindian line has carried out from July 2008 to November 2010. This article introduces practical processes and achievement of the project. We also bring up some solutions to issues used during the project and hope to provide reference for related engineering plans.

Keywords : Chillers, Cooling Towers, Air Conditioning System

前言

臺北捷運新店線車站空調系統係於1998年啟用，歷逾10餘年運轉，其主要及附屬設備均已達耐用年限，呈現整體效能降低、故障率上升、維修費用逐年增高的情形。設備包括：

- 一、主冰水機：長期處於散熱不良狀況下運轉，造成冰水機重大故障（如壓縮機組件損壞），故障率及維修費用逐年提高，且該設備為國外製品，故障料件常須向國外訂製取得，待料與修復期程較長，空調停止供應期間頻遭旅客抱怨車站悶熱。
- 二、輔助冰水機：設備機房擴增用電設備使熱負載量增加，原設置之輔助冰水機冷凍能力已顯不足。
- 三、冷卻水塔：經長時間運轉，設備逐漸老化，加上安裝位置受限於周邊環境加裝噪音防治設施，造成維護檢修困難度提高，進而衍生冷卻水塔散熱不良，導致熱交換效能低落。另因冰水機冷凍容量整體增加，冷卻水塔亦相對有調整的需求。
- 四、水箱：長久使用下，部份水箱已有破損漏水，將於重置時一併加大補給水箱的蓄水容量，以避免發生冷卻水補水不及，引起冰水機運轉跳脫的情形。

為積極改善以提昇空調系統效能，臺北捷運公司於2007年評估設備現況及檢討重置需求，確認符合「臺北市臺北都會區捷運固定資產重置基金之捷運系統設備及土建設施重置原則」之規定後，依前揭規定相關作業程序辦理新店線車站空調設備汰換工程，以確保車站具備穩定可靠空調品質，提供旅客舒適的候車環境。

在工程執行期間，原則上採車站單側更換完成並確認提供空調後，再進行車站另一側設備更換工作。另審慎管控各設備更換、水電管線配置等時程，儘量集中於同一時間區段作業，以縮短對車站整體空調的影響。



▲圖1 離心式冰水機壓縮機之葉輪損壞情形

工程概述

工程期間

本工程履約期限為840天。自2008年7月31日開工，預定竣工日為2010年11月17日，實際竣工日為2010年10月20日。初期主要工作為會同廠商細部確認各車站施工範圍、重置設備現況、施工介面釐清、及協助廠商熟悉各項申請管制作業與程序，並促請廠商依契約規定提送相關文件與儘速備妥所需材料機具，俾利後續施工順利，在前置準備工作完成後，依排程陸續於各車站執行施工作業。

工程範圍

臺北捷運臺大醫院、中正紀念堂、古亭、臺電大樓、公館、萬隆、景美、大坪林、七張、新店區公所及新店等11個地下段車站。

表1 工程範圍涵蓋車站及各車站實際施工時程

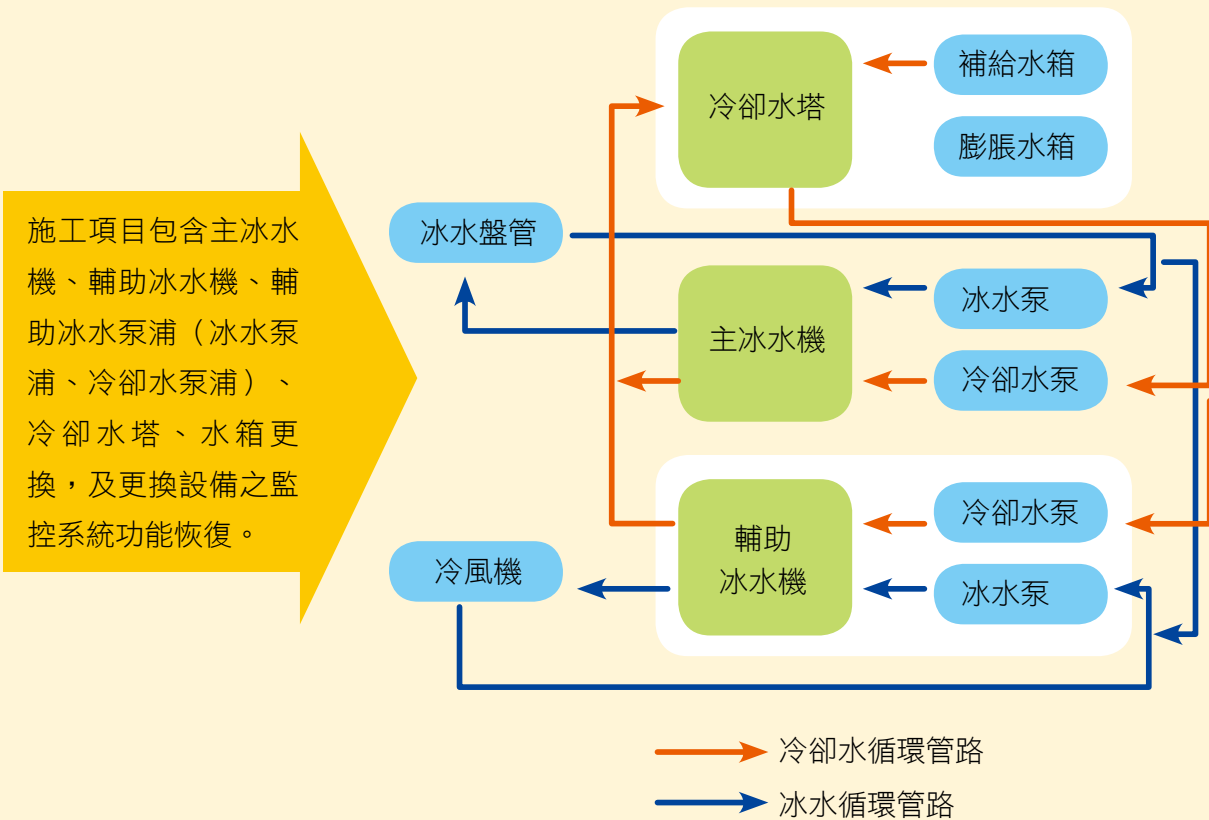
| 車站位置 | 開始施工（停止空調） | 施工完成（恢復空調） |
|-----------|------------|------------|
| 臺大醫院站（北） | 2008.11.11 | 2008.11.28 |
| 中正紀念堂站（南） | 2008.11.17 | 2008.12.09 |
| 臺大醫院站（南） | 2008.12.05 | 2008.12.27 |
| 中正紀念堂站（北） | 2008.12.18 | 2009.01.10 |
| 古亭站（南） | 2009.01.02 | 2009.01.23 |
| 古亭站（北） | 2009.02.02 | 2009.02.20 |
| 臺電大樓站（南） | 2009.03.20 | 2009.04.08 |
| 公館站（南） | 2009.04.20 | 2009.05.16 |
| 臺電大樓站（北） | 2009.05.18 | 2009.06.05 |
| 公館站（北） | 2009.06.10 | 2009.06.26 |
| 景美站（北） | 2009.07.06 | 2009.07.23 |
| 萬隆站（北） | 2009.08.05 | 2009.08.25 |
| 景美站（南） | 2009.09.10 | 2009.09.25 |
| 萬隆站（南） | 2009.10.01 | 2009.10.30 |
| 大坪林站（北） | 2009.11.09 | 2009.11.30 |
| 七張站 | 2009.12.15 | 2010.01.13 |
| 大坪林站（南） | 2010.01.18 | 2010.02.09 |
| 新店站 | 2010.02.26 | 2010.03.19 |
| 新店區公所站 | 2010.03.16 | 2010.04.15 |

主要施工項目

包括新店線主冰水機、輔助冰水機、輔助冰水機泵浦（含冰水泵浦、冷卻水泵浦）、冷卻水塔、水箱（含補給水箱、膨脹水箱）重置，及所重置設備之監控系統（含新店線冰水主機連線系統、新店線環控系統）功能建置與恢復。

車站空調系統說明

臺北捷運地下段車站之空調通常分為兩套系統，一為供應車站大廳及月臺區域的主冰水機系統，每臺冰水機冷凍能力在120至380冷凍噸之間，以標準車站來說，車站兩側各自有一套獨立的主冰水機系統，藉由送風機及風管配合不同的環控模式，輸送冷氣以調節站內溫度。其次為輔助冰水機系統，亦分置於車站兩側，除供應職員區及販賣店外，主要係供給相關重要機房，如環境控制室、通訊設備室、號誌房等，避免該機房內的設備因高溫造成故障損壞，影響車站或列車營運。



施工項目包含主冰水機、輔助冰水機、輔助冰水泵浦（冰水泵浦、冷卻水泵浦）、冷卻水塔、水箱更換，及更換設備之監控系統功能恢復。

▲圖2 設備更新工程施工項目示意圖

設備功能簡介

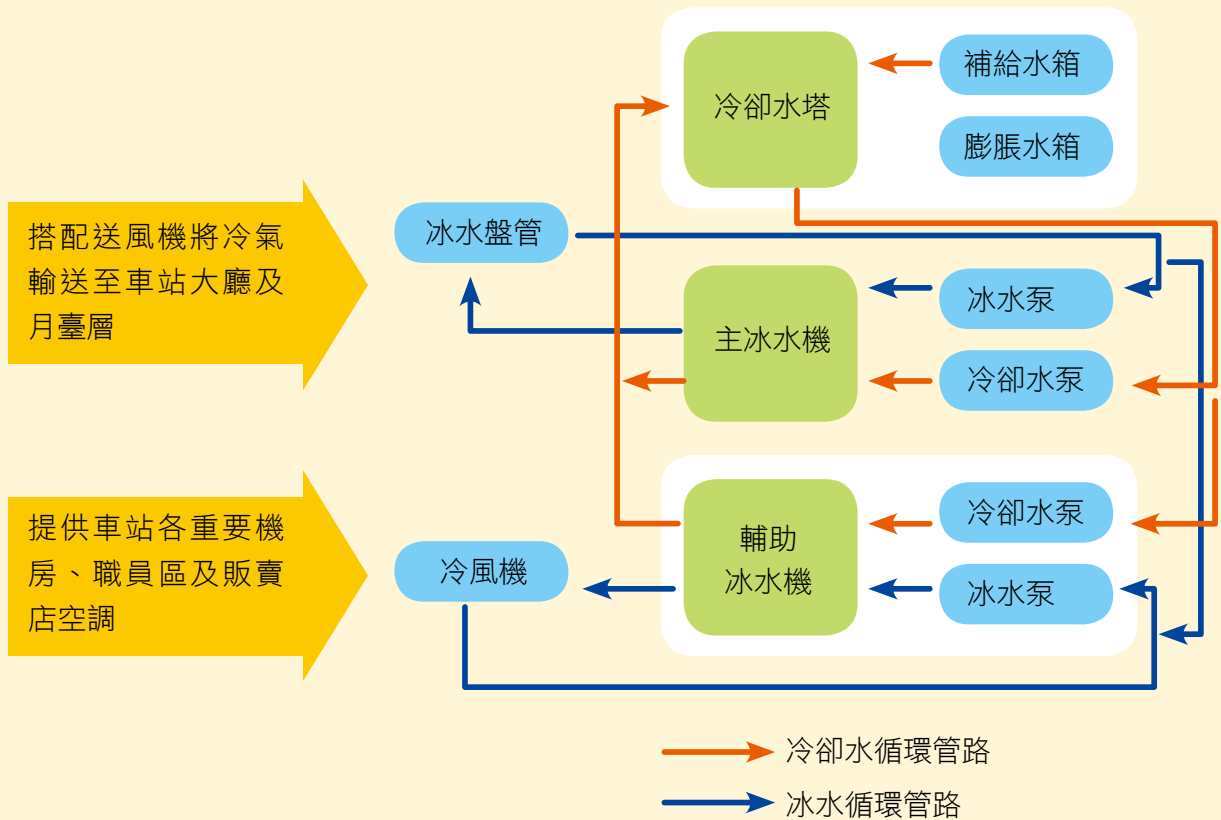
- 一、主冰水機：如圖4所示。設於地下段車站空調機房內，主要功能為製造冰水並配合送風機及冰水盤管，以提供車站大廳及月臺層空調系統使用，一般為營運時間開啟。
- 二、輔助冰水機：如圖5所示。設於地下段車站空調機房內，主要功能為提供設備機房區、職員區及販賣店空調系統使用，一般為24小時運轉。



▲圖4 主冰水機



▲圖5 輔助冰水機



▲圖3 車站空調水系統循環示意圖

三、冷卻水塔：如圖6所示。位於車站之地面層或通風豎井區，利用循環水作媒介，使空調系統中凝結器所帶出之熱量排放大氣中進行熱交換，降低水溫後，冷卻水可再循環使用。

四、輔助冰水泵及輔助冷卻水泵：如圖7所示。設於車站空調機房內，前者係將輔助冰水機之冰水輸送至需冷房空間之加壓設備，後者為將輔助冰水機之高溫冷凝水輸送至冷卻水塔散熱之加壓設備。

五、補給水箱及膨脹水箱：如圖8所示。通常裝設於冷卻水塔旁，前者係提供冷卻水塔補給水之水箱，後者置於冰水系統最高點，提供冰水系統補充水及排氣作用。

六、遠方終端單元：如圖9所示。設於環控機房內，可接受行控中心電腦監控系統所下達的訊息指令監視及控制車站各環控設備之處理單元，同時將車站各環控設備即時狀態回傳至行控中心電腦監控系統。



▲圖6 冷卻水塔



▲圖7 輔助冰水泵及輔助冷卻水泵



▲圖8 補給水箱及膨脹水箱



▲圖9 遠方終端單元



▲圖10 冰水主機連線系統操作頁面

七、冰水主機連線系統：如圖10所示。空調主機運轉資料可被收集並整合於伺服主機電腦及維修工作站，維修人員可即時判斷冰水機之運轉情形及適當應變處理。

設備及材料規格選定

一、主冰水機：

冰水主機是由壓縮機、蒸發器及冷凝器等裝置所組成，主要目的是製造冰水，以壓縮機型式區分為螺旋式、往復式、迴轉式、渦卷式及離心式；螺旋式壓縮機因具有效率高、容量控制範圍大保養容易等優點，近年來本公司空調重置工程皆採用此機種，另考量維修替代問題選用雙壓縮機組，除有效延長壓縮機壽命外，任一壓縮機損壞時可由另一組壓縮機正常運作，大幅提高系統的穩定度。

捷運車站大部份位於地下段，夏季易高溫悶熱，為提供旅客舒適的候車環境，空調設備必須長時間運作，使空調負載佔系統總用電量約30至40%，為有效降低空調用電量，冰水主機能源效率選用必須依據經濟部能源局「能源管理法」公告之空調系統冰水主機能源效率標準（如表2所示），以落實節約能源。

表2 空調系統冰水主機能源效率標準

| 執行階段 | | 第一階段 | | 第二階段 | | |
|------|------------|------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|------|
| 實施日期 | | 2003年1月1日 | | 2005年1月1日 | | |
| 型 式 | 冷卻能力等級 | 能源效率比值 (EER) kcal/ h-W | 性能係數 (COP) | 能源效率比值 (EER) kcal/h-W | 性能係數 (COP) | |
| 水冷式 | 容積式 壓縮機 | <150RT | 3.50 | 4.07 | 3.83 | 4.45 |
| | | ≥150RT ≤500RT | 3.60 | 4.19 | 4.21 | 4.90 |
| | | >500RT | 4.00 | 4.65 | 4.73 | 5.50 |
| | 離心式 壓縮機 | <150RT | 4.30 | 5.00 | 4.30 | 5.00 |
| | | ≥150RT <300RT | 4.77 | 5.55 | 4.77 | 5.55 |
| | | ≥300RT | 4.77 | 5.55 | 5.25 | 6.10 |
| 氣冷式 | 全機種 | 2.40 | 2.79 | 2.40 | 2.79 | |

註：1.冰水機能源效率比值（EER）依CNS12575容積式冰水機組及CNS12812離心式冰水機組規定試驗之冷卻能力（Kcal/h）除以規定試驗之冷卻消耗電功率（W），測試所得能源效率比值不得小於上表標準值，另廠商於產品上之標示值與測試值誤差應在5%以內。

2.性能係數（COP）=冷卻能力（W）/冷卻消耗電功率（W）=1.163EER。1RT（冷凍噸）=3,024Kcal/h。

二、輔助冰水機：

僅供機房區使用，容量較主冰水機小，依壓縮機特性及需求容量設計規劃，採用雙機或多機組合渦卷式壓縮機組，能源效率依據經濟部能源局「能源管理法」公告之空調系統冰水主機能源效率標準並採用R134a環保冷媒。

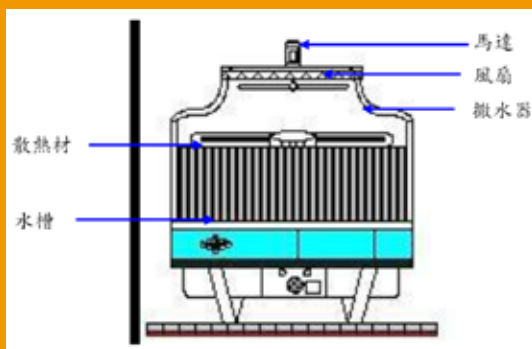
三、冷卻水塔：

通常為圓型或方形殼體，殼體內有馬達、風扇、撒水器、散熱材、水槽等元件（如圖11所示），功用是將冷卻水散熱降溫後循環再使用，以節省用水量，依空氣與水的相對流路方向，冷卻水塔基本上又可分為逆流式及直交流式，逆流式冷卻水塔因具高效率及維護容易等特點，目前本公司空調重置工程大部份皆採用此機種，選擇冷卻水塔時，需考慮外氣濕球溫度、循環水量、冷卻水出入口溫度差及散熱量大小，其中散熱能力應為空調主機吸熱能力的125%以上。

除前述常見型式水塔外，部份車站因受限於場地可供儲放空間不足及僅能單面進風的考量，則採用另一逆流式單側進風冷卻水塔，其散熱方式係以送風機將外氣自水塔側面吸入，強制向上排出，冷卻自噴頭灑下之溫水，經散熱片達到降溫效果（如圖12所示）。

四、輔助冰水泵、輔助冷卻水泵：

採用離心式直軸泵浦，馬達與葉輪為直軸聯結構造，運轉時不易磨損，具備噪音小、效率高、水量大、體積小等優點，泵浦應提供系統所需的流量與揚程，運用泵浦的性能曲線可作為其選用上的判斷依據，這將是影響此泵浦是否能有效率運轉的重要因素，並可避免讓管路內所流動的流量與揚程值不符需求或造成過多的能源消耗、增加能源成本（如圖13所示）。



▲圖11 冷卻水塔之結構

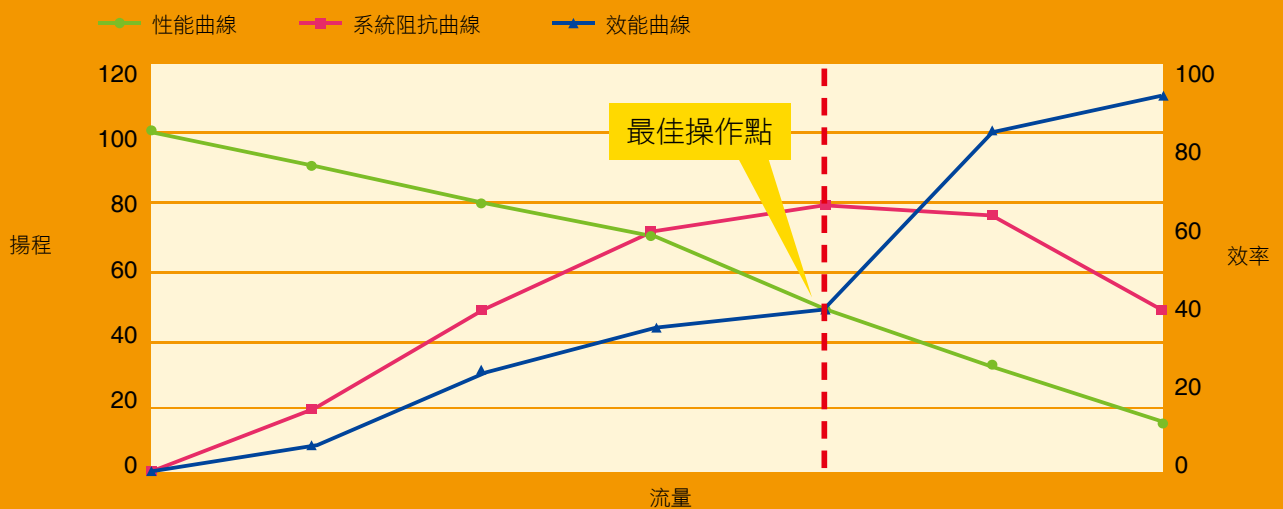


▲圖12 逆流式單側進風冷卻水塔外觀



五、水箱：

補給水箱依現場配置採臥式或立式不鏽鋼水箱，膨脹水箱則為FRP玻璃纖維材質，本體包含進水接頭、出水接頭、溢水接頭、排水接頭、補給水接頭及自動補水浮球閥，為便於清洗維護，水箱本體應有適當大小可供維修人員出入之通口及其附蓋，塔體腳架為熱浸鍍鋅鋼或不銹鋼材質，提供檢修、檢視用之爬梯，長度逾2公尺者，須設有護籠，以保障維修人員安全。



▲圖13 泵浦的性能曲線



▲圖14 熱浸鍍鋅鋼管



▲圖15 具LSFH被覆、XLPE絕緣電源線



▲圖16 廠驗情形

六、水管及閥類：

進出水關斷閥以內相接之管路配合更換設備一併更新。採用配管用熱浸鍍鋅鋼管，管壁厚度SCH40，並符合ASTM A53B或CNS4626規範，如圖14所示；閥類零件耐壓至少16kg/cm²。

七、電氣管線：

由於工程位置為捷運地下段車站，對於電氣消防安全之重視，選用低煙無鹵素電線材料，即使發生燃燒，發煙量極低且不產生有毒氣體，對人體安全及逃生視線疏散不致造成危害，使用上更為安全。

- (一) 導線管：使用厚鋼電線管，經鍍鋅處理，符合CNS 2606 C4060電線用鋼管規定。
- (二) 電源線：使用低煙無鹵素，具LSFH被覆、XLPE絕緣（如圖15所示）。
- (三) 控制線：使用低煙無鹵素，具銅網鋁箔隔離。

設備進場與檢驗

一、設備進場檢驗規定：

廠商應就進場之設備材料提供一年內之有效出廠證明文件、測試報告、新品證明，經履約管理單位進行抽樣檢查，確認查驗合格後始可安裝施工。

二、冰水機廠驗：

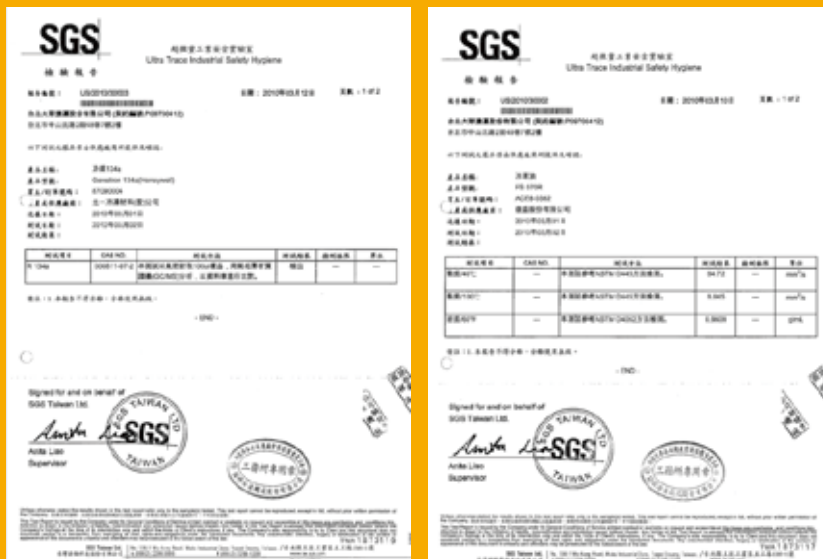
每一臺冰水機進場前，廠商必須會同本公司人員於設備廠依規範要求進行性能測試（如圖16所示），驗證項目包括冷凝器冷卻能力、蒸發器製冷能力、COP或EER值、每冷凍噸消耗電功率等（如圖17所示）。

三、冷媒、冷凍油、潤滑油脂檢驗：

由履約管理單位會同廠商人員，針對擬添加於本工程設備之R134a冷媒、冰水機冷凍油、潤滑油脂隨機抽樣，由雙方人員會同送至第三公正單位或本公司認可之具公信力或學術檢驗機構進行檢驗，其檢驗結果須符合廠商提送之冷媒、冷凍油、潤滑油脂成分特性（如圖18所示）。



▲圖17 冰水機性能測試報告



▲圖18 冷媒及冷凍油檢驗報告

四、設備進場說明：

廠商依據核備的預定時程，將各項設備材料運抵工地現場，進場的路徑、進場的方式、相關申請程序等均應事先做好妥善規劃。電纜電線、鍍鋅鋼管、閥件、泵浦、水箱等較零散小型設備，僅須以較少人力及簡易運送器具即可完成運抵工地現場，而諸如冰水機及冷卻水塔等大型設備之運送，因體積與重量龐大，搬運不易，須賴以吊掛機具、較多人力及多方面措施配合，始可完成設備進場作業。

五、冰水機進場：

主冰水機位於空調機房區，新設之冰水機由於體積龐大，動輒重達7,000至8,000公斤，須利用凌晨非營運時段，借用本公司機車頭及工作平臺車進行載運，廠商須依據本公司「機車頭及平臺車租賃要點」辦理，於規定期限事先提出申請，以利車輛調度，而依冰水機所在位置，進場作業複雜程度亦不盡相同。

- (一) 屬標準車站的冰水機位置通常在大廳層（B1），此為多數的情況，冰水機運抵車站月臺層（B2）後，需經由吊裝口將冰水機由月臺層移往空調機房區（如圖19所示）。
- (二) 少數冰水機位置係於月臺層機房區，如中正紀念堂站及古亭站，冰水機運抵車站月臺層後，不須經吊裝口進場，可直接由機房門移入。
- (三) 有時於設備進場時需拆除現場既有物以進行搬運，並經權管單位同意後方可進行，且於工程完成後由廠商負責復原，本工程在七張站冰水機進場時，即因進場路徑受阻必須暫時拆除隔間牆，才能順利完成設備進場工作。

六、冷卻水塔進場：

冷卻水塔位於車站外之豎井區域通常鄰近道路，執行設備進場時，須避免妨礙附近之動線，如符合道路交通維持申請要件，亦應向有關單位報備核可，吊裝冷卻水塔設備時，作業現場應適當隔離與管制，以維安全（如圖20所示）。



▲圖19 冰水機經由軌道上方吊裝口進場



▲圖20 冷卻水塔吊裝情形

現場施工作業

一、施工相關契約規定：

- (一) 廠商需施工前對本工程重置之設備進行完整調查，並以車站單側為單位提出「單項施工工法計畫書」予履約管理單位審查，經核定後作為現場施工的準據。
- (二) 「單項施工工法計畫書」內容包括工作概要、重置設備調查報告（含重置設備之出入水溫、流量、電源線絕緣阻值量測）、數量表、使用工法、材料及來源、工地安排、時程表、人員配置及負責人、機具設備、產品型錄、規格及說明書、施工圖、施工製造圖或配置圖等。
- (三) 原則上各站單側皆更換完成，提供空調後方可進行另一側更換工作。

二、現場施工內容：

- (一) 拆除既設舊設備及水電管線：
 - 拆除離心式主冰水機、往復式輔助冰水機、冰水泵浦、冷卻水泵浦、冷卻水塔、水箱。
 - 拆除前述設備的進水側及回水側之壓力表、溫度表、溫度感測器、流量開關或壓差開關、防振軟管、Y型過濾器、釋氣閥、水管路、保溫材料等。
 - 拆除前述設備的現場電源控制箱、元件、線路。





▲圖21 主冰水機基礎座修改



▲圖22 主冰水機的避振器安裝情形



▲圖23 冷卻水塔出風口導風罩安裝情形



▲圖24 輔助冰水機泵浦安裝情形

(二) 新設備定位及安裝：

- 各項設備進場後，首先確認設備擬安裝位置應與施工圖相符。
- 基礎座尺寸應符合新設冰水機的需求，如有不足須修改原有基礎座（如圖21所示）。
- 避振器安裝位置、數量應與施工圖相符（如圖22所示）。安裝後應確認設備保持左右水平的狀態。
- 主冰水機更換為滿液式螺旋雙壓（或多壓）冰水機，輔助冰水機更換為渦卷式雙壓（或多壓）冰水機。
- 冷卻水塔出風口加裝不鏽鋼材質導風罩附防蟲網，以避免短循環（如圖23所示）。
- 在冷卻水塔內所有需要維修的設備及零件，必須提供檢修通道，如門、梯子及人孔等，其中爬梯長度逾2公尺者，須設有護籠。
- 輔助冰水機泵浦依據輔助冰水機運轉所須水量及揚程等選用安裝（如圖24所示）。
- 膨脹水箱更換為1,000L，FRP材質水箱，補給水箱除臺大醫院站因配合現場空間更換為1,500L不鏽鋼材質水箱，其餘為3,000L不鏽鋼材質水箱。

(三) 電氣元件及管線配置

- 更新原設置於冷卻水塔及泵浦設備旁之緊急旋鈕、現場啟動、現場關機之箱體及元件，箱體為屋外型不鏽鋼防水箱。
- 冷卻水塔旁增設隔離開關，隔離開關於啟斷時，能強制關閉冷卻水塔之運轉，同時須有啟斷訊號使環控電腦知道現場隔離開關狀況，該訊號可與緊急旋鈕訊號共用，箱體為屋外型不鏽鋼防水箱（如圖25所示）。
- 提供備電源之馬達控制中心（MCC盤）位於環控機房，位於盤體內之控制迴路、元件、線路及動力迴路、ACB斷路器、無熔絲開關、過載保護器、電磁接觸器、線路等元件，配合重置後設備容量，重新調整設定或配置。
- 原有新店線環控系統因設備重置而暫時移除之硬體監控點，包含啟動開關（ON/OFF）、設備狀態（STATUS）、群組故障（GROUP ALARM）等接點，予以復原，新設置之設備仍保留更換前之監控功能。

(四) 水管路及閥件配置

- 更新冰水機、輔助冰水機泵浦、冷卻水塔重置之工程分界點至進水管路前之關斷閥，其進水及回水側之壓力表、溫度表、溫度感測器、流量開關或壓差開關、防振軟管等。
- 冰水機、輔助冰水機泵浦及管路等，因本次設備更新拆除之保溫須以新的保溫材料重新保溫及包覆。
- 全數換新冰水循環系統及冷卻水循環系統上之Y型過濾器、釋氣閥（含關斷閥）（如圖26所示）。
- 冰水管路保溫：內為聚乙烯發泡保溫材料，保溫材料外層以白色P.V.C 布包裹，最外層則以鋁皮被覆（如圖27所示）。
- 管路試壓：工程於施作後須對冷卻水管路系統作加壓試驗，以確定管路無洩漏現象，試驗結果如有洩漏，則由廠商負責完成洩漏部位管路更新後，重新對作加壓試驗至無洩漏止。依契約規定水壓測試不得低於 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ ，水壓能持續24小時以上，水減壓量不得超過 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 為合格（如圖28所示）。



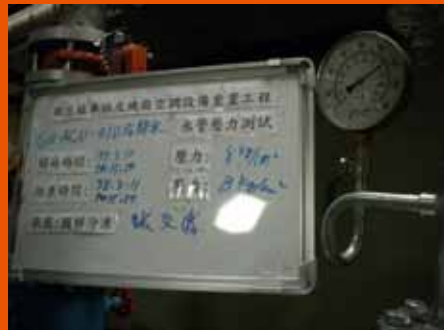
▲圖25 冷卻水塔之隔離開關安裝情形



▲圖26 冷卻水循環系統之Y型過濾器安裝情形



▲圖27 冰水管路完成保溫的情形



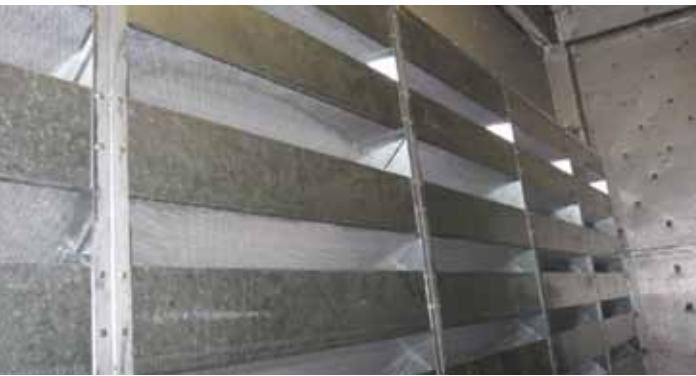
▲圖28 冷卻水管路進行加壓試驗的情形



▲圖29 止水墩施作的情形



▲圖30 冰水主機連線系統
相關元件線路配置



▲圖31 冷卻水塔機房區加裝消音設施

(五) 其他工項

- 止水墩施作：於主冰水機、輔助冰水機的水泥基礎座周圍施作止水墩，改善冷凝水滴落蔓延地面造成濕滑的情形（如圖29所示）。
- 冰水主機連線系統：新店線各車站增設所需軟硬體，於新設空調主機控制盤內接線端子臺之輸出端為起始介面，調整主冰水機連線通訊系統為Modbus RS485網路，以順利達成工作電腦與車站空調主機彼此資料傳遞的通訊轉換元件介面，及空調主機運轉各資料庫/圖庫之建立，並編寫相關程式以達到需求功能（如圖30所示）。
- 冷卻水塔區噪音改善：新店線大坪林站北側、景美站南側、萬隆站豎井、臺電大樓站南側、中正紀念堂站南側冷卻水塔機房區共5處因鄰近民宅，於冷卻水塔設置時同時考量噪音對週遭住宅環境的影響加裝消音、隔音材料或設施（如圖31所示）。

運轉測試

一、現場運轉測試：

各車站施工完成後，主冰水機、輔助冰水機、冷卻水塔皆須進行現場設備運轉測試，並記錄其運轉值（如圖32、33所示）。

二、冷卻水塔效能檢驗：

履約管理單位另抽測5臺冷卻水塔，委託第三公正單位或具公信力或學術檢驗機構，依據CTI ATC-105進行測試檢驗，判定標準須符合CTI STD-201（如圖34所示）。

三、冷卻水塔噪音量測：

本工程針對大坪林站北側、景美站南側、萬隆站豎井、臺電大樓站南側、中正紀念堂站南側等5處冷卻水塔區域，於完成噪音改善工作後，委託第三公正單位或具公信力或學術檢驗機構進行噪音量測，其標準須符合該地區任何時段噪音管制標準（如圖35所示）。



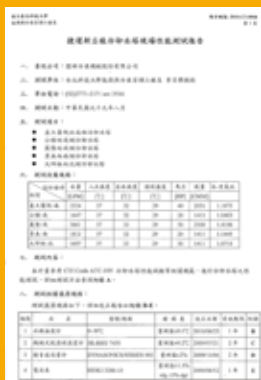
▲圖32 冷卻水管路流量測試



▲圖33 運轉電流測試



▲圖34 委託學術檢驗機構執行冷卻水塔效能檢驗



▲圖35 委託第三公正單位執行冷卻水塔噪音量測



工程成效

設備可靠穩定度提高，降低故障風險

於本工程重置前，新店線車站為離心式主冰水機，部份車站因現場冷卻水塔散熱不良問題，壓縮機長期處於高揚程運轉狀態下，易使通過壓縮機葉輪的冷煤氣體有回流產生湧浪現象，造成壓縮機高速齒輪總成失油及重要零組件損壞，又該冰水機為單組壓縮機之配置，無備援機組可用，一旦發生重大故障，立即影響車站空調供應，故障風險極高。

主冰水機重置後為螺旋式冰水機，每臺冰水機由2組螺旋式壓縮機組成，相較於原有主冰水機為單一壓縮機，當其中一組壓縮機發生重大故障時，尚有另一組可交替運作，不致造成主冰水機完全失能的狀況，於檢修期間尚能維持車站基本空調需求，設備故障風險亦可因此大幅減低。

節約能源及費用

一般建築物之空調系統耗電量中，冰水主機系統耗電量約佔60%，空調泵系統約佔20%，送風系統約佔20%，分佈情形詳如圖36所示，其中又於冰水主機系統能源消耗量最大，因此冰水主機的能源效率的改善及提昇是節約空調系統能源最直接有效的方法。



▲圖36 空調系統能源耗電量分佈

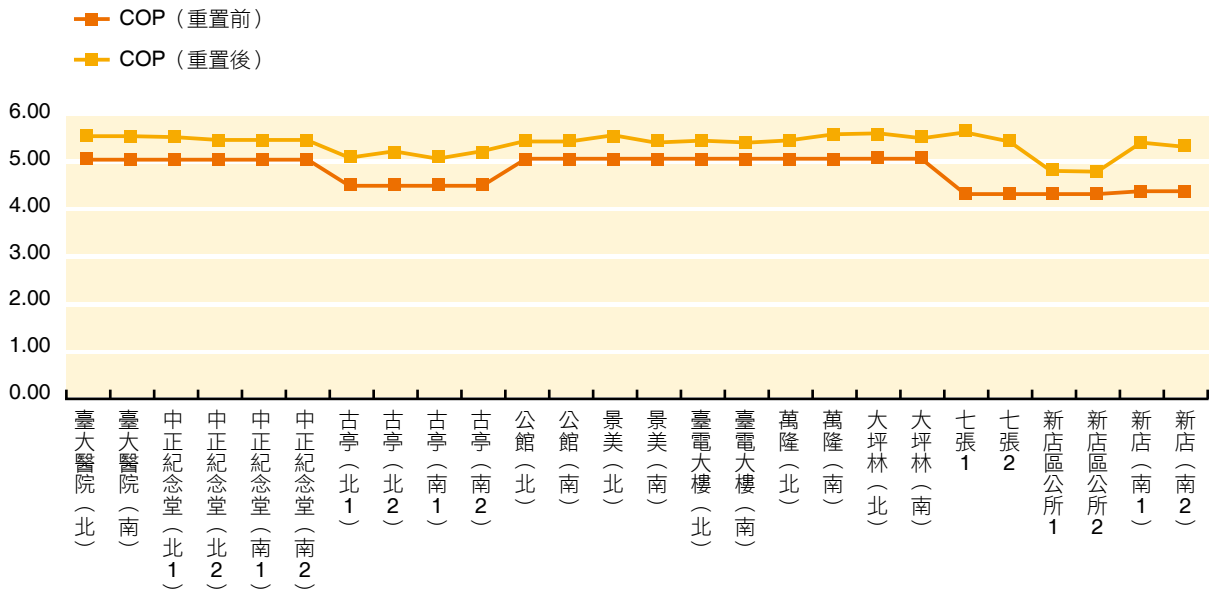
為了避免冰水主機電力浪費，提高能源使用效率，最直接的方式就是提昇性能係數（COP）；性能係數代表的意義是以實測製冷能力（kW）除以實測消耗功率（kW），空調冰水主機於出廠時就必須標示性能係數，其值越大代表越節能，新店線車站空調系統重置時皆依據經濟部能源局「能源管理法」公告之空調系統冰水主機能源效率標準選用，其重置前能源效率表詳如表3、表4所示。

表3 新店線車站空調系統重置前能源效率表

| 車站別 | 設備代號 | 製冷能力 (RT) | 製冷能力 (kW) | 消耗功率 (kW) | 性能係數 (COP) | 每冷凍噸總消耗功率 (kW/RT) |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| 臺大醫院 (北) | R12-MCU-01U | 380 | 1340 | 266.0 | 5.04 | 0.70 |
| 臺大醫院 (南) | R12-MCU-01D | 380 | 1340 | 266.0 | 5.04 | 0.70 |
| 中正紀念堂 (北1) | G11-MCU-01U | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 中正紀念堂 (北2) | G11-MCU-02U | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 中正紀念堂 (南1) | G11-MCU-01D | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 中正紀念堂 (南2) | G11-MCU-02D | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 古亭 (北1) | G10-MCU-01U | 230 | 810 | 184.0 | 4.40 | 0.80 |
| 古亭 (北2) | G10-MCU-02U | 230 | 810 | 184.0 | 4.40 | 0.80 |
| 古亭 (南1) | G10-MCU-01D | 230 | 810 | 184.0 | 4.40 | 0.80 |
| 古亭 (南2) | G10-MCU-02D | 230 | 810 | 184.0 | 4.40 | 0.80 |
| 公館 (北) | G07-MCU-01U | 240 | 845 | 168.0 | 5.03 | 0.70 |
| 公館 (南) | G07-MCU-01D | 240 | 845 | 168.0 | 5.03 | 0.70 |
| 景美 (北) | G05-MCU-01U | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 景美 (南) | G05-MCU-01D | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 臺電大樓 (北) | G09-MCU-01U | 250 | 880 | 175.0 | 5.03 | 0.70 |
| 臺電大樓 (南) | G09-MCU-01D | 250 | 880 | 175.0 | 5.03 | 0.70 |
| 萬隆 (北) | G06-MCU-01U | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 萬隆 (南) | G06-MCU-01D | 270 | 950 | 189.0 | 5.03 | 0.70 |
| 大坪林 (北) | G04-MCU-01U | 250 | 880 | 175.0 | 5.03 | 0.70 |
| 大坪林 (南) | G04-MCU-01D | 250 | 880 | 175.0 | 5.03 | 0.70 |
| 七張1 | G03-MCU-01 | 150 | 525 | 127.5 | 4.12 | 0.85 |
| 七張2 | G03-MCU-02 | 150 | 525 | 127.5 | 4.12 | 0.85 |
| 新店區公所1 | G02-MCU-01 | 120 | 420 | 102.0 | 4.12 | 0.85 |
| 新店區公所2 | G02-MCU-02 | 120 | 420 | 102.0 | 4.12 | 0.85 |
| 新店 (南1) | G01-MCU-01D | 165 | 580 | 140.0 | 4.14 | 0.85 |
| 新店 (南2) | G01-MCU-02D | 165 | 580 | 140.0 | 4.14 | 0.85 |

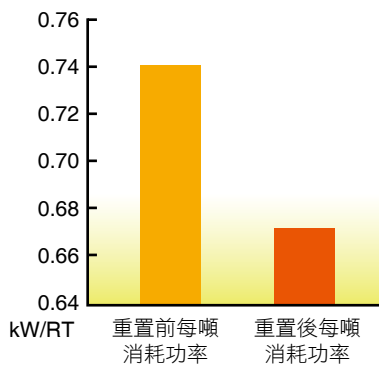
表4 新店線車站空調系統重置後能源效率表

| 車站別 | 設備代號 | 製冷能力 (RT) | 製冷能力 (kW) | 消耗功率 (kW) | 性能係數 (COP) | 每冷凍噸 總消耗功 率 (kW/ RT) |
|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| 臺大醫院 (北) | R12-MCU-01U | 380 | 1337 | 248.2 | 5.39 | 0.65 |
| 臺大醫院 (南) | R12-MCU-01D | 386 | 1356 | 251.3 | 5.40 | 0.65 |
| 中正紀念堂 (北1) | G11-MCU-01U | 279 | 980 | 180.2 | 5.43 | 0.65 |
| 中正紀念堂 (北2) | G11-MCU-02U | 274 | 964 | 179.7 | 5.37 | 0.66 |
| 中正紀念堂 (南1) | G11-MCU-01D | 273 | 961 | 179.2 | 5.36 | 0.65 |
| 中正紀念堂 (南2) | G11-MCU-02D | 272 | 955 | 179.4 | 5.32 | 0.66 |
| 古亭 (北1) | G10-MCU-01U | 232 | 816 | 164.8 | 4.95 | 0.71 |
| 古亭 (北2) | G10-MCU-02U | 233 | 820 | 163.1 | 5.03 | 0.70 |
| 古亭 (南1) | G10-MCU-01D | 232 | 816 | 164.8 | 4.95 | 0.71 |
| 古亭 (南2) | G10-MCU-02D | 235 | 828 | 163.8 | 5.05 | 0.70 |
| 公館 (北) | G07-MCU-01U | 245 | 861 | 164.3 | 5.24 | 0.67 |
| 公館 (南) | G07-MCU-01D | 248 | 872 | 166.2 | 5.25 | 0.67 |
| 景美 (北) | G05-MCU-01U | 277 | 973 | 181.3 | 5.36 | 0.66 |
| 景美 (南) | G05-MCU-01D | 276 | 971 | 183.8 | 5.28 | 0.67 |
| 臺電大樓 (北) | G09-MCU-01U | 256 | 899 | 170.2 | 5.28 | 0.67 |
| 臺電大樓 (南) | G09-MCU-01D | 256 | 898 | 172.9 | 5.20 | 0.68 |
| 萬隆 (北) | G06-MCU-01U | 273 | 960 | 184.3 | 5.21 | 0.68 |
| 萬隆 (南) | G06-MCU-01D | 272 | 957 | 180.2 | 5.31 | 0.66 |
| 大坪林 (北) | G04-MCU-01U | 254 | 892 | 168.7 | 5.28 | 0.67 |
| 大坪林 (南) | G04-MCU-01D | 252 | 886 | 168.8 | 5.25 | 0.67 |
| 七張1 | G03-MCU-01 | 156 | 548 | 101.6 | 5.40 | 0.65 |
| 七張2 | G03-MCU-02 | 153 | 539 | 101.9 | 5.29 | 0.66 |
| 新店區公所1 | G02-MCU-01 | 129 | 454 | 96.5 | 4.71 | 0.75 |
| 新店區公所2 | G02-MCU-02 | 127 | 447 | 96.6 | 4.63 | 0.76 |
| 新店 (南1) | G01-MCU-01D | 173 | 608 | 116.5 | 5.22 | 0.67 |
| 新店 (南2) | G01-MCU-02D | 169 | 595 | 116.6 | 5.10 | 0.69 |

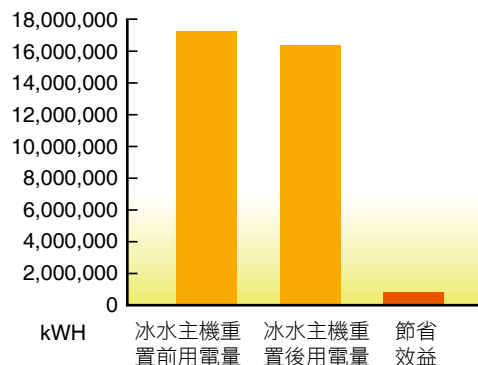


▲圖37 重置前後冰水主機性能係數 (COP) 比較圖

依圖37所示之重置前後冰水主機性能係數 (COP) 比較圖，得知其重置後能源效率大幅提昇並符合經濟部能源局「能源管理法」公告之空調系統冰水主機能源效率標準，而重置後冰水主機每冷凍噸總消耗功率 (kW/RT)，各車站平均值做比較後也有明顯改善，如圖38所示。



▲圖38 重置前後每冷凍噸總消耗功率比較圖



▲圖39 重置後冰水主機節能效益

節省電費分析：

新店線車站空調系統冰水主機如以1年運轉240天，每天開機16小時為例，在重置之後約可節省1,345,306kW·hr之用電量（如圖39），電費以營業用平均電費計算，每度電（1kWH）約2.36元，每年約可節省電費有3,094,203元。

$$\begin{aligned} \text{冰水主機重置前用電量} &= \text{總噸數 (RT)} \times \text{重置前每噸平均消耗功率 (kW/RT)} \times 240 \text{天} \times 16 \text{hr} \\ &= 6,190 \text{ (RT)} \times 0.75 \text{ (kW/RT)} \times 240 \text{天} \times 16 \text{ hr} \\ &= 17,827,200 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{冰水主機重置後電量} &= \text{總噸數 (RT)} \times \text{重置後每噸平均消耗功率 (kW/RT)} \times 240 \text{天} \times 16 \text{hr} \\ &= 6,312 \text{ (RT)} \times 0.68 \text{ (kW/RT)} \times 240 \text{天} \times 16 \text{ hr} \\ &= 16,481,894 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{冰水主機重置後重置後節省用電量} &= 17,827,200 \text{ (kWh)} - 16,481,894 \text{ (kWh)} \\ &= 1,345,306 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{冰水主機重置後重置後節省電費} &= 1,345,306 \text{ (kWh)} \times 2.3 \text{ (元/ kWh)} \\ &= 3,094,203 \text{ 元} \end{aligned}$$

設備國產化，維修零件較易取得使修復期縮短

新店線車站舊有空調系統冰水主機為國外進口品，因使用年限已久許多零件耗損嚴重，而冰水主機為一精密機械設備，除一般週期性耗材如油過濾器濾芯、冷媒過濾乾燥器、冷凍油外，其他如微電腦控制器、壓縮機、油分離器、膨脹閥、油冷卻器、電熱器、水流開關、壓力保護開關、溫度開關、防凍開關、油壓開關等，維修零件眾多，無法逐一購置備品，一旦發生故障維修零件取得不易，除價格昂貴外還要花費許多時間、人力成本才能修復。近年來國內中大型冰水主機製造技術日益成熟，除性能優良外價格相對便宜，維修零件取得容易、庫存量充足及即時的技術支援；有鑑於此，新店線車站空調系統冰水主機重置工程將冰水主機優先選用國內產品以減少日後的維修問題，提昇空調系統穩定度。

解決噪音問題，避免民眾之抱怨

捷運車站大多位於市區，因空間有限且機械設備眾多，長期以來一直有噪音問題存在，特別是冷卻水塔需要與大氣接觸進行熱交換，必須安裝於空氣流通的空間且長時間運轉，產生之噪音易引起鄰近民眾之抱怨，為加強噪音防制工作，新店線車站空調系統重置時針對部份噪音嚴重之車站進行冷卻水塔噪音改善工作，並依據行政院環境保護署「噪音管制標準」，委由第三公正單位針對改善工作完成之車站做噪音量測，量測方式如下：

一、測量地點：

- (一) 測量非擴音設施音源20 Hz至20 kHz頻率範圍時，除在陳情人所指定其居住生活之地點測量外，以主管機關指定該工廠（場）、娛樂場所、營業場所、營建工程或其他經主管機關公告之場所或設施周界外任何地點測量之，並應距離最近建築物牆面線1公尺以上。
- (二) 測量非擴音設施音源20 Hz至200 Hz頻率範圍時，於陳情人所指定其居住生活之室內地點測量，並應距離室內最近牆面線1公尺以上，但欲測量音源至聲音感應器前無遮蔽物，則不在此限。室內門窗應關閉，其他噪音源若影響測量結果者，得將其關閉暫停使用。
- (三) 測量擴音設施時，以擴音設施音源水平投影距離3公尺以上，主管機關指定之位置測量之。若移動性擴音設施前進時，測量地點以與移動音源最近距離不少於3公尺之主管機關指定位置測量之。

二、噪音管制標準值：

| 音量 管制區 | 時段 | 20Hz至200Hz | | | 20Hz至20kHz | | |
|-----------|----|------------|----|----|------------|----|----|
| | | 日間 | 晚間 | 夜間 | 日間 | 晚間 | 夜間 |
| | | 第一類 | 35 | 35 | 30 | 55 | 50 |
| 第二類 | | 40 | 35 | 30 | 60 | 55 | 50 |
| 第三類 | | 40 | 40 | 35 | 70 | 60 | 55 |
| 第四類 | | 40 | 40 | 35 | 80 | 70 | 65 |

三、量測結果：

以萬隆站冷卻水塔為例，量測地點屬量噪音管制標準第五條營業場所之第三類管制區，晚間全頻噪音管制標準60 dB (A)，晚間低頻噪音管制標準40 dB (A)，量測結果如下：

量測時段：晚間

管制區別：第三類

全頻（20Hz至20kHz）均能音量 $Leq=47.3$ dB (A)，小於標準值60 dB (A)

低頻（20Hz至200Hz）均能音量 $Leq,LF=35.4$ dB (A)，小於標準值40 dB (A)

由測試結果可知新店線車站冷卻水塔噪音改善工作已有大幅改善並符合行政院環境保護署「噪音管制標準」之規定，其效益除提供穩定的空調系統外並建立一個更寧靜空間，做好敦親睦鄰的工作。

建立冰水主機連線系統，即時判斷及調整最適化運轉方式

一般以空調為主的監控系統大多採用直接控制冰水主機等機電設備，利用可程式控制器（PLC）做為控制及通訊單元，通訊傳輸則因區域分散及為考慮通訊功能的穩定度採用遠方終端單元（RTU），透過中央監控的管理，將電腦通訊網絡、遠方終端單元（RTU）及可程式控制器（PLC）等介面做統一整合，以新店線車站冰水主機連線為例，架構詳如圖40所示。

空調系統不是制式化的產品，因此需要良好的設計及施工品質才能得到節能的效果，落實維護保養制度更是維持系統在最佳狀況下運轉的關鍵。設置空調主機連線系統或監測儀器，長期持續追蹤系統性能並透過空調主機伺服主機電腦及維修工作站將運轉數據蒐集、整理及分析獲得有用的資訊及做出改善，且有利於維修人員即時判斷冰水機之運轉情形及進行適當應變處理，並藉此累積經驗成為有用的資訊。



▲圖40 冰水主機連線系統架構



▲圖41 冰水主機連線系統-主機狀態



▲圖42 冰水主機連線系統-壓縮機狀態

結語

臺北捷運新店線車站空調設備汰換工程，從材料規格選定、進場及廠驗作業、各工項施作期程管制與介面協調，至安裝完成後的運轉測試，均按照契約規定及相關程序落實執行，使工程終能如期如質順利完成。藉由本次工程的實施，改善既有冰水機設備因已歷經十餘年運轉後在效能上不足的問題，使冰水機符合最新能源效率標準，以達到節能目的，透過冰水主機連線系統建置，可有效掌握冰水機的運轉狀況並適時調整運轉方式，使用國內冰水機產品，解決了以往發生壓縮機故障常須忍受冗長的待料時間，及減少冷卻水塔運轉噪音對週邊居民的困擾等。

臺北捷運公司將持續以提供最完善的服務品質為目標，依各系統設備耐用年限、使用狀況、維修考量及節能評估等，有計畫的進行系統設備的更新，並在工程規劃上參採旅客及民眾反應的寶貴意見納入改善項目，以致力維持各項設備的可靠穩定及提昇最佳化效能。

參考文獻

- 1.行政院環境保護署「噪音管制標準」。
- 2.經濟部能源局「能源管理法」公告之空調系統冰水主機能源效率標準。