

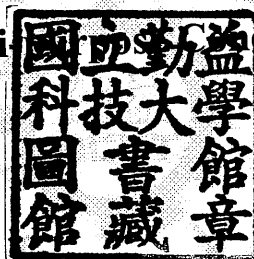
DT  
446.7  
7584  
100  
225124

國立勤益科技大學  
冷凍空調與能源系研究所  
碩士論文

多功能演藝廳空調系統之效能改善案例探討

A Case Study of Performance Improvement on HVAC system

for a Multi-Function Concert Hall



研究生：陳金雄

指導教授：許守平 博士

國立勤益科技大學圖書館



225124

中華民國 一 百 年 一 月

多功能演藝廳空調系統之效能改善案例探討

**A Case Study of Performance Improvement on HVAC  
system for a Multi-purpose Concert Hall**

研究生：陳金雄  
指導教授：許守平 博士

國立勤益科技大學  
冷凍空調與能源系碩士班  
碩士論文  
A Thesis  
Submitted to

**National Chin-Yi University of Technology**

in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Science  
in  
Engineering

JAN. 2011

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國 一 百 年 一 月

# 國立勤益科技大學

## 博碩士論文全文上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在國立勤益科技大學  
冷凍空調系\_\_\_\_\_組 99 學年度第\_\_\_\_學期取得碩士學位之  
論文。

論文題目：多功能演藝廳空調系統之效能改善案例探討  
指導教授：許守平

### ■ 同意

本人具有著作權之論文全文資料，非專屬、無償授予本人畢業學校  
圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或數位化等各種方  
式重製與利用，提供讀者基於著作權法合理使用範圍內之線上檢  
索、閱覽、下載及列印。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：

校內區域網路	■ 中華民國 102 年 1 月 27 日公開
校外網際網路	■ 中華民國 102 年 1 月 27 日公開

授權人：陳金雄

簽名：陳金雄

中華民國 100 年 1 月 27 日

國立勤益科技大學  
冷凍空調與能源系碩士班  
論文口試委員會審定書

本校 冷凍空調與能源系 碩士班 陳金雄 君

所提論文 多功能演藝廳空調系統之效能改善案例探討

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：

胡新

許守平

黃友烈

指導教授：

許守平

系(所)主管：

冷凍空調與能源系  
主任 駱文傑

中華民國 100 年 元 月



## 摘要

多功能演藝廳空調系統性能改善案例，利用中央監控系統取代人工控制方式，並以時程控制有效率管控演藝廳空調系統，降低人力及設備使用管控以節約能源。在冰水主機節能方面採用高效率冰水機汰舊換新，使每冷氣噸耗能量由 0.95kw 降至 0.71kw 冰水主機節省 25.3 % 電力。以現場溫度感測多點平均模式，管控空調箱冰水閥開度及出風口加裝手動調整風門，有效改善了現場溫度不均的問題。而在進氣量與排氣量控制部份以空間 CO<sub>2</sub> 濃度感測管控送排風機轉速來節省電力消耗，在演藝廳人數較少及中間季節外氣溫度較低時引入外氣作自然通風冷卻，來提供室內空間空調負荷需求，且增設一次側變流量冰水主機系統，分析主機滿載及部分負載之節能效果。針對演藝廳空調送風造成之現場噪音問題進行改善，並將空調冰水主機系統利用監控電腦操作，當現場負荷減少時自動切換至小容量之冰水主機運轉來達到節能效益。結果發現，系統節能不可只依賴高 COP 主機，而忽略適當之系統管理，經由網路監控切換管理主機運轉及時序管控操作主機，更能經濟合理的使用空調系統，達到最具經濟效益之運轉。

**關鍵字：**空調、噪音、冰水主機節能、CO<sub>2</sub> 濃度管控

# Abstract

The performance improvement case of a multi-purpose concert hall HVAC system utilized central monitoring system to replace manual control, and used schedule control to efficiently control the hall's HVAC system to lower the manpower and facility use control so as to save the energy. In the aspect of chiller energy conservation, high-efficient chiller was adopted to replace and discard old one, making the energy consumption of each ton of cool air cut down from 0.95kw to 0.71kw, and the chiller's electricity be saved for 25.3%. The on-site temperature-sensing multi-point average mode was used to control the air handling unit's ice water valve opening width, and the manual damper was installed at the air outlet to effectively improve uneven temperature problem at the site. At the part of control of air intake and volume of displacement, the spatial CO<sub>2</sub> concentration sensing was used to control the revolving speed of exhaust fan and blower to save the electricity consumption, the outside air was introduced to do natural ventilation and cooling when there were fewer people in the hall and when the atmospheric temperature was lower during spring, fall and winter to provide for the indoor space HVAC load demand, and variable primary flow chilled water system was installed additionally to analyze the energy-efficient effect of main engine full load and partial load. The research aimed at the on-site noise problem of the hall caused by HVAC air supply to do the improvement, and utilized monitoring computer to operate the HVAC chiller system, so that it would automatically be switched to small volume chiller operation to achieve the energy-efficient effect when the on-site load decreased. As a result, the research found that people can not merely depend on high COP main engine for system energy conservation, and thus neglect appropriate system management; via the internet monitoring to switch and manage the main engine operation, and utilizing seasonal control to operate the main engine, people can use the HVAC system more economically and more reasonably to reach the operation of maximum economic benefit.

Keywords: HVAC, noise, chiller energy conservation, CO<sub>2</sub> concentration control.

## 致謝

本論文能如期完成，最為感謝指導教授 許守平老師，帶領我走進不同的學術殿堂，還給了我充分的機會與空間，不厭不倦地教導，並貼心的引導學生從工作中找尋研究的方向，讓我在課業上與生活上都留下許多深刻且美好的體驗與成長，使得學生能夠順利地完成論文的撰寫。師恩浩瀚，永生難忘。同時要感謝工研院綠能與環境研究所胡耀祖副所長與本校 吳友烈老師於百忙中細心批閱，對予論文中有所疏漏的部分，予以匡正並提供許多寶貴的意見，使本論文得更臻完備與充實，亦謹此致謝。

能完成碩士學業，也要感謝雄風工程顧問有限公司的同事們之支持與鼓勵，並在公事上的協助及分攤，使能提供我在職進修的時間與空間，也讓我在這段時間內受益匪淺。

最後，感謝我最摯愛的家人，父母親、英茹及辰安，謝謝您們多年來無悔的付出與包容，由於你們的支持與體諒，讓我可以全心專注在課業上，順利完成學業及夢想。僅以此論文獻給一路上曾幫助過我的師長、同學、家人與朋友們，我願把這份榮耀和你們分享，謝謝！

陳金雄 謹致於

國立勤益科技大學冷凍空調與能源系研究所

# 題目：多功能演藝廳空調系統之效能改善案例探討

## A Case Study of Performance Improvement on HVAC system for a Multi-purpose Concert Hall

### 目 錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
圖目錄 .....	vii
表目錄 .....	xi
第一章 緒論 .....	1
1-1 研究目的與動機 .....	1
1-2 文獻回顧 .....	4
1.2.1 冰水系統節能控制 .....	4
1.2.2 高效率主機的選用與運轉模式 .....	4
1.2.3 室內空間 CO2 濃度控制 .....	5
1.2.4 空調系統利用中央監控方式和網路聯合功能 .....	5
1.2.5 改善音樂廳空調噪音 .....	6
第二章 冰水主機、冰水系統應用、噪音原理說明 .....	7
2-1 冰水主機介紹 .....	7

2-2	一次變流量冰水系統	12
2-3	噪音改善計算說明	13
2.3.1	通風系統	13
2.3.2	通風系統減音的考量	13
2.3.3	音頻分類及各場所要求說明	16
2.3.4	消音箱的選擇方式	19
第三章	系統描述與量測	23
3-1	系統描述	23
3.1.1	空調系統	23
3.1.2	電氣系統	26
3.1.3	控制系統	26
3.1.4	CO <sub>2</sub> 偵測濃度控制外氣系統	27
3-2	冰水主機耗電量測	33
3.2.1	冰水主機耗電改善量測	33
3.2.2	冰水主機耗電改善量測規劃	33
3.2.3	冰水主機耗電量測方法	34
3.2.4	量測儀器的使用	35
3.2.5	現場實際量測的儀器架設與數據存取	37
3-3	音樂廳噪音改善量測	43

3.3.1	音樂廳噪音改善量測	43
3.3.2	音樂廳噪音改善量測規劃	44
3.3.3	音樂廳噪音量測方法	44
3.3.4	量測儀器的使用	45
3.3.5	現場實際量測的儀器架設與數據存取	45
3-4	量測標準	48
第四章	結果與討論	54
4-1	冰水主機量測結果與討論	54
4-2	音樂廳噪音量測結果與討論	58
4-3	利用 CO <sub>2</sub> 濃度控制節能效益結果與討論	61
第五章	結論與建議	66
5-1	結論	66
5-2	建議	68
	參考文獻	69
	附錄: 測試資料	71

## 圖目錄

圖 2-1	螺旋式主機外觀	7
圖 2-2	冷媒系統循環圖	9
圖 2-3	變頻離心冰水主機外觀	11
圖 2-4	噪音率定曲線(NR)	18
圖 2-5	消音箱安裝位置	19
圖 3-1	變頻離心式冰水機	24
圖 3-2	雙壓螺旋式冰水機	25
圖 3-3	現場空調箱-1	25
圖 3-4	現場空調箱-2	26
圖 3-5	演藝廳 RF 送、排風機	28
圖 3-6	演藝廳冰水管路系統	28
圖 3-7	演藝廳風管管路系統-1	29
圖 3-8	演藝廳風管管路系統-2	29
圖 3-9	控制架構圖	30
圖 3-10	一樓溫度感測器和 CO2 感測器位置圖	30
圖 3-11	三樓溫度感測器和 CO2 感測器位置	31
圖 3-12	冰水主機監控畫面	31

圖 3-13	冷卻水系統監控畫面	32
圖 3-14	冰水主機效能量測	33
圖 3-15	溫溼度連續監測記錄器與其規格表	35
圖 3-16	三相電力品質分析儀與其規格表	35
圖 3-17	微電腦超音波流量計與其規格表	36
圖 3-18	無紙式記錄器與其規格表	36
圖 3-19	舊有冰水主機電力量測	37
圖 3-20	舊有冰水主機流量量測	37
圖 3-21	舊有冰水主機冰水流量	38
圖 3-22	舊有冰水主機冷卻水流量	38
圖 3-23	舊有冰水主機	39
圖 3-24	更新後冰水主機電力量測	39
圖 3-25	更新後冰水主機流量量測	40
圖 3-26	更新後冰水主機溫度量測	40
圖 3-27	更新後冰水主機冰水流量	41
圖 3-28	更新後冰水主機電力分析	41
圖 3-29	更新後冰水主機螢幕顯示	42
圖 3-30	演藝廳噪音量測點	44
圖 3-31	演藝廳量測噪音頻譜分析儀	45



圖 3-32	演奏廳空調環境噪音檢測情況	45
圖 3-33	演奏廳空調環境噪音檢測情形(改善後-未開機)-1	46
圖 3-34	演奏廳空調環境噪音檢測情形(改善後-未開機)-2	46
圖 3-35	演奏廳空調環境噪音檢測情況(改善後-空調箱開機)-1	47
圖 3-36	演奏廳空調環境噪音檢測情況(改善後-空調箱開機)-2	47
圖 3-37	溫濕度連續記錄器校正報告	51
圖 3-38	三相電力品質分析儀校正報告-1	51
圖 3-39	三相電力品質分析儀校正報告-2	51
圖 3-40	微電腦超音波流量計校正證明-1	52
圖 3-41	微電腦超音波流量計校正證明-2	52
圖 3-42	無紙式記錄器校正報告-1	53
圖 3-43	無紙式記錄器校正報告-2	53
圖 3-44	噪音頻譜分析儀校正報告	53
圖 4-1	噪音計測量位置	58
圖 4-2	AHU-2 CO <sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化	63
圖 4-3	AHU-2 室內溫度感測點與冰水閥變化	63
圖 4-4	AHU-3 CO <sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化	64
圖 4-5	AHU-3 室內溫度感測點與冰水閥變化	64
圖 4-6	AHU-2 CO <sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化	65

圖 4-7 AHU-2 室內溫度感測點與冰水閥變化..... 65

圖 4-8 AHU-3 CO2 濃度變化與風機變頻變化..... 66

圖 4-9 AHU-3 室內溫度感測點與冰水閥變化..... 66



## 表目錄

表 2-1	變頻離心式冰水主機滿載性能表	10
表 2-2	變頻離心式冰水主機 NPLV 部份負載值	10
表 2-3	變頻離心式冰水主機最大能力	11
表 2-4	風管最大風速參考表(m/s)	13
表 2-5	無襯裡直管之減音量	14
表 2-6	無襯裡圓管之減音量	14
表 2-7	無襯裡方形彎管減音量	15
表 2-8	室內所容許的噪音值	16
表 2-9	NC 曲線定義圖	18
表 3-1	冰水主機設備規格	24
表 3-2	空調箱設備規格	24
表 3-3	送、排風設備規格	27
表 3-4	CNS 12812 量測標準	48
表 3-5	各類場所噪音標準	49
表 4-1	冰水主機改善前 209RT 耗能	55
表 4-2	冰水主機改善後 300RT 耗能	56
表 4-3	冰水主機改善後 200RT 耗能	57
表 4-4	節能績效效益表	57

表 4-5	背景噪音值(空調系統未開啟-改善前).....	59
表 4-6	空調系統啟動後噪音值(改善前).....	59
表 4-7	背景噪音值(空調系統未開啟-改善後).....	60
表 4-8	空調系統啟動後噪音值(改善後).....	60
表 5-1	演藝廳工程改善前後比較表 .....	68



# 第一章 緒論

## 1-1 研究目的與動機

近年來音樂及戲劇演出的水平愈來愈高，演出場所的噪音與空調系統品質需求也是愈來愈高，無論在空間舒適性的條件，與溫度、濕度、氣流分布、室內空氣品質的方面都有比以前更重視，此研究探討為舊有演藝廳空調系統工程改善前、後空調使用效能分析，目前由於全球暖化的影響日益嚴重，近幾年政府一直推廣節能減碳，這是因為能源將是人類文明永續發展的重要因素，更是經濟發展與文明生存競爭的命脈，而在台灣有 95% 能源是依賴進口，使得能源問題更是大家共同要面對的，這也是目前政府一直提倡節能政策的目的，更是當今急切需要解決的問題。而根據統計在所有場所空調電力佔的用電比例最高，因此空調節能方案，在工程規劃時更顯現其重要性。

因應節能條件的需求，此次工程改善是將演藝廳原有空調系統的問題及缺點予以改善，在未修改工程前其空調系統缺點有：

- (1) 空調箱冰水系統冰水流量控制為全流量的三通閥系統無節能之功效。
- (2) 空調箱冰水閥控制方式為空調箱回風溫度控制，容易因回風短循環導致演藝廳空間溫度控制不良，造成觀眾不舒服的感覺。
- (3) 沒有空調系統監控無法有效管控演藝廳空間之溫度分佈情況。

(4) 演藝廳之進排風無節能控制。

(5) 空調系統為人工操作無法有效率的管控系統運轉情況。

針對以上的缺點做了以下的工程修改：

(1) 空調系統空調箱之冰水系統冰水流量控制改為二通閥控制。

(2) 演藝廳進排風修改為利用空間CO<sub>2</sub>控制及中央監控自動化監測系統方式，可隨時監控空間CO<sub>2</sub>控制進排風機頻率以節約能源。

(3) 將演藝廳風管系統由原來天花板出風方式改為座位下方出風以節省冷氣消耗，降低無謂空間的冷氣浪費。

(4) 將空調箱冰水閥控制方式由回風控制改為現場六點溫度感測控制，且出風部份每個出風口皆用手動風門控制各出風口風量，來改善空間溫度分布不均的現象。

(5) 原有已老舊209RT×2台效率不佳之冰水主機更新為高效率離心式冰水機300RT×1台及雙壓螺旋式冰水機200RT×1台，並依負載變化去選擇最好的冰水系統搭配，有效的管控能源使用。

(6) 300RT 高效率離心式冰水機利用一次變流量系統搭配自動控制來節約能源，冰水系統出水與回水壓差控制冰水泵頻率。

(7) 增加自動化中央監控系統及時程控制改善原有人工操作為自動啟停，降低人力管理及設備有效使用的管控。

本文將針對演藝廳空調系統工程改善前後噪音，改善之情形與冰水主機改善前後量測耗能做分析，及演藝廳溫度控制和空間CO<sub>2</sub>濃度控制探討。利用中央監控系統的方式，來改善空調系統的耗能及設備有效使用並且作實際量測分析，來達到節能減碳的效果提升空調使用效率，而在21世紀之來臨，全球網路科技之進步，因此發展網路監控來達到改善空調耗能目的及預知性的管控減少不必要的浪費，這將是未來發展的重要趨勢。



## 1-2 文獻回顧

### 1.2.1 冰水系統節能控制

在空調能源查核與節約能源案例手冊[1]則指出很多建築物於空調使用性質與原先設計都有所差異，再加上在設計時未採取節能設計，因此節能空間是非常大，於是提供三種不同適用於冰水機節能方式，分別為使用壓差控制器、使用三/（二）通閥或是使用變頻器等方式，將可在冰水機節能上達到可觀的成果。

蔡尤溪[2]等人在主機部份冰水系統採用變流量控制，並冰水使用量與透過中央監控系統控制來完成中央空調最佳化省能效果。

### 1.2.2 高效率主機的選用與運轉模式

陳森煌[3]等人依據美國冷凍協會(ARI)550/590-98標準為基礎，針對離心式冰水主機在規範條件下，利用電腦軟體作模擬分析並與實驗做比對來探討冰水機效率下降的主要因素，提供冰水機相關設計操作維護改善之重要參考。

張永宗[4]等人針對冰水主機最佳排序提出節能方案，配合冰水主機的台數控制，節約電力使用。

Yu[5]等人以探討使用預冷水霧方式來冷卻氣冷式冰水主機的冷凝段時性能性數（COP）改善之情形，由模擬結果得知氣冷主機水霧預冷並配合適當壓力控制可讓氣冷螺旋式冰水主機之COP增加約8%。



楊冠雄[6]等人提到大噸數主機運轉於低負載情況，耗費能源。而離心式冰水主機之負載控制在80%~90%之間，可得到最佳之運轉效率。故於離峰季節若改採用小噸數之冰水主機，使其運轉於滿載狀態，可提高能源效率。

### 1.2.3 室內空間 CO<sub>2</sub> 濃度控制

楊冠雄[7]等人在文中也特別針對建築物的空調節能和空氣二氧化碳控制說明，並對未來能源使用控制的重要性及室內空間CO<sub>2</sub>對人的影響情形的呈現。

### 1.2.4 空調系統利用中央監控方式和網路聯合功能

王輔仁[8]等人使用了現代科技中央監控方式和網路聯合功能與空調系統結合的便利性與節能控制的優越性，使空調系統整體調配控制的更方便，讓操作能夠在最短時間掌握空調系統目前的狀況。

Roth[9]等人則研究指出透過建築大樓之性能驗證（building commissioning）的分析可有效降低大樓全年消耗能源約5%至20%，其不僅改善了大樓耗能量，並可降低維修成本。

王如竹[10] 等人認為由於PLC應用在制冷空調產品中對於空調系統控制與時程管理的使用，也隨著時代進步讓空調系統的自動化提高到一個新的水平。

### 1.2.5 改善音樂廳空調噪音

板本守正[11] 針對空調系統噪音源產生來源的判斷和環境基本資料收集及空調通風系統消音箱選擇重點和施做消音設備位置擺設以減少噪音對現場影響程度的方法有詳細的論述，讓我們能夠更容易思考噪音在各場所造成的影響。



## 第二章 冰水主機、冰水系統應用、噪音原理說明

### 2-1 冰水主機介紹

本案例將原有已老舊 209RT\*2 台效率不佳之離心式冰水主機更新為高效率變頻離心式冰水機 300RT\*1 台及雙壓螺旋式冰水機 200RT\*1 台。

螺旋式冰水主機包含完整之冷凍循環系統，壓縮機，冷凝器，蒸發器，冷媒管路，啟動裝置及為確保安全運轉之保護裝置及溫度控制等壓縮機為半密閉雙螺旋式壓縮機，採用高容積效率齒型，配合徑向與軸向軸承及結合軸向推力平衡鼓設計，有效減輕軸承負荷，以提升軸承壽命。壓差式給油，使壓縮機內各運動元件維持最佳潤滑效果。壓縮機每機在 25% 低負載啟動，並藉由容量調節閥配合負載變化作無段加卸載控制。

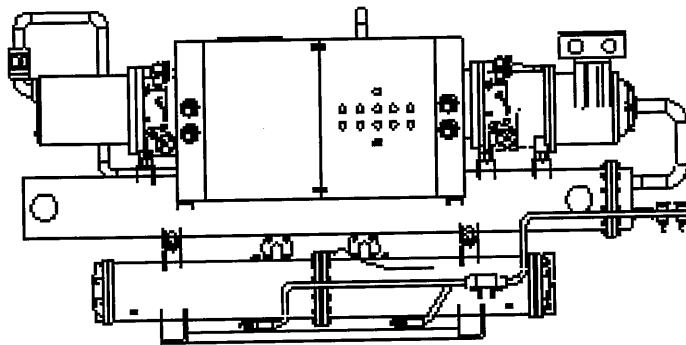


圖 2-1 螺旋式主機外觀

資料來源：開利試車、操作和維護說明書

高效率變頻離心式冰水機採用冷媒(R-134a)，該冷媒具有0-DOP(臭氣潛能)之特性。就圖 2-2 中所示，與冰水熱交換而蒸發的低壓低溫冷媒氣體通過導流翼進入葉輪(因吸氣的數量由導流翼之開度所控制，因此冰水主機的冷凍能力就可控制)，而後進入葉輪的冷媒被壓縮為高壓高溫氣體並進入冷凝器。氣體冷媒在冷凝器中將被冷卻水帶走熱量而冷凝為液態。液態冷媒通過節流孔後變為混合狀態並進入蒸發器的底部。接著冷媒通過分液器而擴散且均勻的分佈到更廣大的面積。最後，被均勻分佈的冷媒吸收了通過蒸發器銅管的冰水熱量而蒸發。此時，冷媒又回到低溫低壓的狀態，繼續進行下一次的循環。

部分被冷卻的液態冷媒將流入閥門、過濾器、視窗/水份指示器並進入馬達內部及油冷卻系統。流入馬達的液態冷媒將被霧化並噴灑在馬達轉子和定子上面以冷卻馬達的線圈。噴灑後的冷媒將匯集在馬達殼底部再經由冷媒排放管回到蒸發器內。

另一部份的液態冷媒流入油冷卻系統之油冷卻器以控制潤滑油的溫度，冷媒離開油冷卻器後將再回到蒸發器內，完成冷媒系統循環。

變頻離心式冰水機利用冰水主機出水溫度控制頻率變化及主機導流翼開度調整，達到優越的節能效果由表 2-1 可知變頻離心式冰水機 300RT 在滿載時的標準耗電每冷凍噸 0.62 kW。表 2-2 為測試冰水主機部份負載時的耗電狀態，可看出變頻離心式冰水機在部份負載特性

比一般離心式冰水機好很多且又較省電。表 2-3 為測試變頻離心式冰水主機超載 120 % 的耗電狀態，這是一般非變頻離心式冰水主機所能使用的測試，由此可知變頻離心式冰水主機的特點。

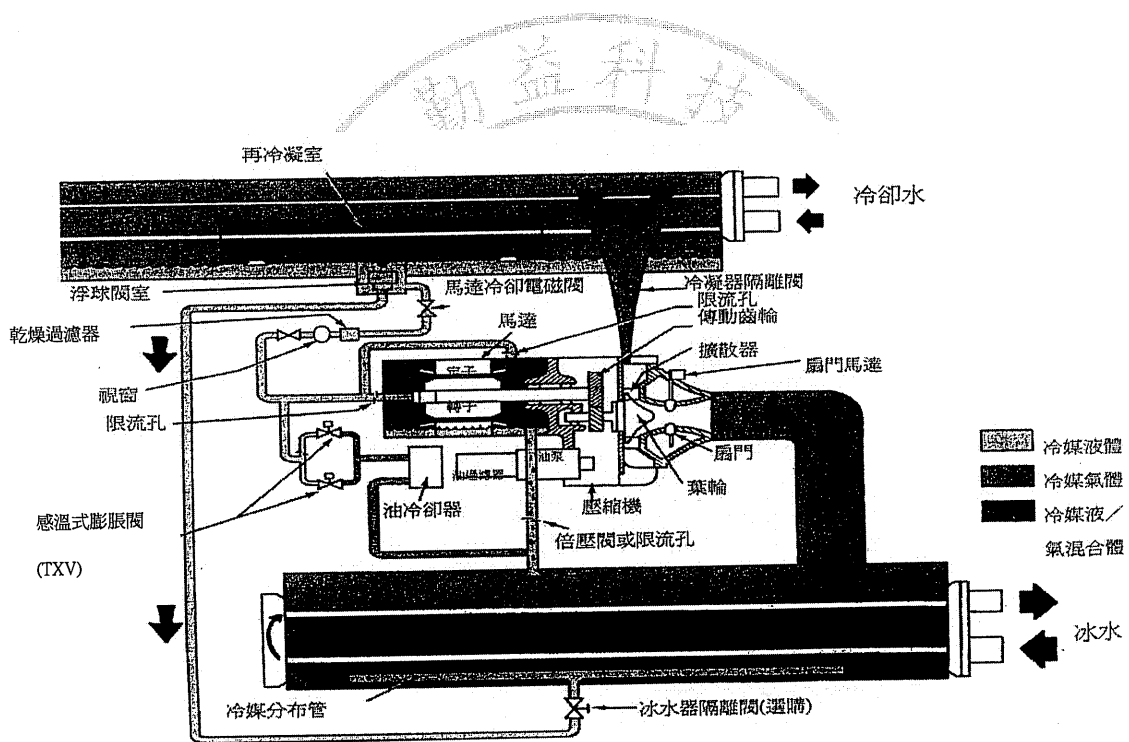


圖 2-2 冷媒系統循環圖

資料來源：開利試車、操作和維護說明書

表 2-1 變頻離心式冰水主機滿載性能表

Output Type	Full Load
Percent Load	100.00
Chiller Capacity	300 Tons
Chiller Input kW	186 kW
Chiller Input Power	0.620 kW/Ton
<b>Cooler</b>	
Entering Temp.	55.00 F
Leaving Temp.	45.00 F
Flow Rate	719.4 gpm
Pressure Drop	21.0 ft wg
<b>Condenser</b>	
Leaving Temp.	95.00 F
Entering Temp.	86.00 F
Flow Rate	940.8 gpm
Pressure Drop	14.2 ft wg
<b>Motor</b>	
Motor Rated Load Amps	299
Chiller Rated Line Amps	262
Chiller Inrush Amps	262
Max Fuse/CB Amps	600
Min Circuit Ampacity	328

資料來源：開利原廠試車記錄

表 2-2 變頻離心式冰水主機 NPLV 部份負載值

Output Type	Full Load	Part Load	Part Load	Part Load
Percent Load	100.00	75.00	50.00	25.00
Chiller Capacity	300 Tons	225 Tons	150 Tons	75 Tons
Chiller Input kW	186 kW	107 kW	51 kW	35 kW
Chiller Input Power	0.620 kW/Ton	0.475 kW/Ton	0.340 kW/Ton	0.461 kW/Ton
NPLV	0.402 kW/Ton	N/A	N/A	N/A
<b>Cooler</b>				
Entering Temp.	55.00 F	52.49 F	49.99 F	47.50 F
Leaving Temp.	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F
Flow Rate	719.4 gpm	719.4 gpm	719.4 gpm	719.4 gpm
Pressure Drop	21.0 ft wg	21.1 ft wg	21.2 ft wg	21.3 ft wg
<b>Condenser</b>				
Leaving Temp.	95.00 F	82.03 F	69.19 F	67.18 F
Entering Temp.	86.00 F	75.50 F	65.00 F	65.00 F
Flow Rate	940.8 gpm	940.8 gpm	940.8 gpm	940.8 gpm
Pressure Drop	14.2 ft wg	14.6 ft wg	15.0 ft wg	15.0 ft wg
<b>Motor</b>				
Motor Rated Load Amps	299	200	127	102
Chiller Rated Line Amps	262	164	89	65
Chiller Inrush Amps	262			
Max Fuse/CB Amps	600			
Min Circuit Ampacity	328			

資料來源：開利原廠試車記錄

表 2-3 變頻離心式冰水主機最大能力

Output Type	Max Cap
Percent Load	100.00
Chiller Capacity	356 Tons
Chiller Input kW	240 kW
Chiller Input Power	0.673 kW/Ton
<b>Cooler</b>	
Entering Temp.	55.00 F
Leaving Temp.	45.00 F
Flow Rate	853.7 gpm
Pressure Drop	28.6 ft wg
<b>Condenser</b>	
Leaving Temp.	95.00 F
Entering Temp.	86.00 F
Flow Rate	1129.6 gpm
Pressure Drop	19.9 ft wg
<b>Motor</b>	
Motor Rated Load Amps	352
Chiller Rated Line Amps	333
Chiller Inrush Amps	333
Max Fuse/CB Amps	600
Min Circuit Ampacity	416

資料來源：開利原廠試車記錄

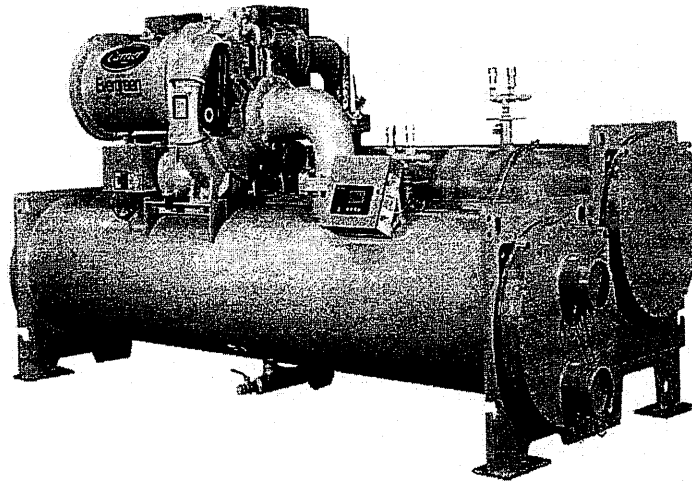


圖 2-3 變頻美國開利離心冰水主機外觀 2010 年

資料來源：開利試車、操作和維護說明書

## 2-2 一次變流量冰水系統

中央空調系統冰水主機在設計蒸發器的冰水流量，一般皆在固定流量(Constant chiller water flow)下運轉，但是隨著整體能源使用及容量控制的最佳化考慮，VPF(variable-primary-flow systems)冰水一次側變流量系統對空調系統整體耗能的減少，將使愈來愈多的空調冰水系統設計採用改變經過冰水主機蒸發器的冰水流量，使冰水可變流量節能具體化並減少更多的能源消耗。在 VPF 系統應用中，變冰水量冰水機為了配合負載需求而採用變冰水量的模式來配合卸載，因此需要發展在變冰水量參數下的經驗模式，作為評估變冰水量冰水機應用在 VPF 不同運轉條件時的性能行為，並提供現場變冰水量冰水主機故障檢測、診斷及性能的改善空間以做系統效率提昇之參考依據。

近年來 VPF 一次側變冰水量系統應用案例之逐漸增多，變冰水量主機之設計，加卸載更直接迅速，期能使主機有更高性能之表現，進而實現主機節能及減少泵浦之投資，管路配管減少，較小機房配置等。



## 2-3 噪音改善計算說明

### 2.3.1 通風系統 [13]

有二種通風系統，分別為低速與高速風管系統，一般低、高速風管的使用場所與其適合風速，列如表 2-4、：

表 2-4、風管最大風速參考表(m/s)

類別	低速風管			高速風管	
	住宅	公共建物	工廠	公共建物	工廠
外氣吸入口	2.5-4.0	2.5-4.9	2.5-6	5	6
主風管	3.6-6	5-8	6-11	25	30
分歧管	3-5	3-6.5	4-9	10	15
過濾網	1.2-1.5	1.5-1.8	1.5-1.8	3	3
蒸發器	2.5-3.0	2.5-3.0	2.5-3.0	3	3

而在設計時常需考量各場所的安寧需求詳列如下表：

由表 2-4 可以了解各場所所需要的背景噪音值，包含住宅、醫院、辦公室、劇場、商業大樓、公共建物等場所的背景噪音需求。

### 2.3.2 通風系統減音的考量

來自送風機的聲音會在直管 (straight pipe)、彎曲(Bend)，擴張 (Expansion)和出口處(grille outlet)進行衰減，而在加熱/冷卻(heater/cooler)與過濾系統(Filter)會有更大的聲音損失。另外氣流速度較大時(一般大於 10m/s 以上)，會有氣流再生噪音 (self-noise) 的產生。亦需要特別注意。今將各噪音損失的過程與損失量說明如下：

(1)、傳遞過程噪音損失

a. 直風管的聲音損失

風管一般可分成圓形風管、方形風管與螺旋風管三類，其中螺旋風管幾乎沒有減音的效果，而圓形風管與方形風管的各頻率之每公尺減音量如下表 2-5、表 2-6：

表 2-5 無襯裡直管之減音量 (每公尺之減音量)

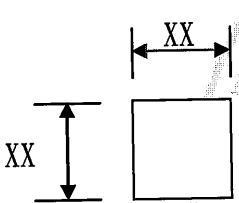
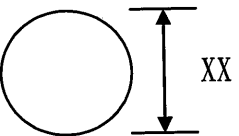
長方形直管	短邊 X (mm)	中心頻率(Hz)						
		63	125	250	500	1k	2k	4k
	75~200	0.16	0.33	0.49	0.33	0.33	0.33	0.33
	200~400	0.49	0.66	0.49	0.33	0.23	0.23	0.23
	400~800	0.82	0.66	0.33	0.16	0.16	0.16	0.16
	800~1500	0.66	0.33	0.16	0.10	0.07	0.07	0.07

表 2-6 無襯裡圓管之減音量 (每公尺之減音量)

圓形風管	直徑 X (mm)	中心頻率(Hz)						
		63	125	250	500	1k	2k	4k
	75~200	0.07	0.10	0.10	0.16	0.23	0.33	0.33
	200~400	0.07	0.10	0.10	0.16	0.23	0.23	0.23
	400~800	0.07	0.07	0.07	0.10	0.16	0.16	0.16
	800~1500	0.03	0.03	0.03	0.07	0.07	0.07	0.07

b. 風管彎曲時的聲音損失

圓形風管的肘彎(Radius Bend)在高頻時會因為聲音撞到管壁反射，而有明顯的聲音損失。而方形風管的米特肘彎(Mitre Bend)若長度較長時，可在低頻處有一些明顯的減音效果(表 2-7)，若是為了減低壓損而在 Mitre Bend 內裝設導流片(turning vane)，則因聲音的撞擊與反射較少，使米特肘彎(Mitre Band)的聲音降低程度傾向圓形肘彎。

表 2-7 無襯裡方形彎管減音量 (每公尺的減音量)

方管長邊長		中心頻率 Hz						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
mm	Inch							
75-100	3-4	--	--	--	--	1	7	7
110-140	4.5-5.5	--	--	--	--	5	8	4
150-200	6-8	--	--	--	1	7	7	4
230-280	9-11	--	--	--	5	8	4	3
300-360	12-14	--	--	1	7	7	4	3
380-430	15-17	--	--	2	8	5	3	3
460-510	18-20	--	--	5	8	4	3	3
530-580	21-23	--	--	6	8	4	3	3
610-660	24-26	--	1	7	7	4	3	3
680-740	27-29	--	1	8	6	3	3	3
760-820	30-32	--	2	8	5	3	3	3
840-890	33-35	--	3	8	5	3	3	3
910-970	36-38	--	5	8	4	3	3	3
990-1040	39-41	1	6	8	4	3	3	3
1060-1120	42-44	1	6	8	3	3	3	3
1400-1200	45-47	1	7	7	4	3	3	3
1220-1280	48-50	1	7	7	4	3	3	3
1300-1350	51-53	2	8	7	3	3	3	3
1370-1430	54-56	2	8	6	3	3	3	3
1450-1510	57-59	2	8	6	3	3	3	3
1520-1580	60-62	3	8	5	3	3	3	3

### 2.3.3 音頻分類及各場所要求說明

在表 2-8 中所許可的範圍內，其下限值是指在室內四周噪音較低或室內採取特殊消音處理時的情形。而上限值是指在房間的四周噪音較高時的情形。噪音的容許值非意味著絕對值。室內外噪音必需取其平衡值，然後決定空調設備的噪音容許值。

表 2-8、室內場所容許的噪音值

室名	NR 值，NC 值
住宅、公寓	30-40
◎賓館 客房 宴會廳 大廳、休息廳	30-40 30-40 35-40
◎醫院 特別病房 開刀房、病房、門診室 檢查室、候診室	25-35 30-40 35-45
◎事務所 VIP 室、大會議室 接待室、小會議室 一般辦公室、製圖室 打字室、計算機房 電話總機室(手動)	25-35 35-45 40-50 50-60 50-55
◎劇場、音樂廳 音樂廳 舞台劇場，多功能廳 電影院、演講廳、天文台 休息廳	20-30 25-35 30-40 35-45

室名	NR 值，NC 值
◎學校，教會	
禮拜堂	30-35
普通教室	30-40
音樂教室	30
講堂	30-35
研究所	35-45
大廳、走廊	40-55
◎公共建物	
大會堂	30-35
博物館、美術館、法院	35-45
圖書館、閱覽室	40-50
◎商業	
百貨公司(二層以上)、音響 器具店、寶石店、美術品店	35-45
書站	40-50
百貨公(一樓)，一般性 商店、銀行	
◎室內體育設施	
一般性	45-55
大會堂兼用時	35-45
◎工廠	
辦公室	50-60
作業現場	~65
【註】1)只有空調設備引起的容許噪音值一般是指室內居住的噪音。 2)根據情況，冷凍機的內部機械必需設置在室內，本表並不適用。	

(資料來源:徐廷珪 通風系統的消音設計)

其中 NC 值為美國所發展適合空調噪音來使用，而 NR 為歐洲發展出來。NR 的判別標準即是在背景噪音的各個頻率都將之與最接近的 NC(NR)曲線值相比，找出各頻率與 NC 比較出來的 NC 最大值，此即在該場合的 NC 值。

表 2-9、NC 曲線定義圖

Freq	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11
NC-20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-30	57	48	41	35	31	29	28	27
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-40	64	56	50	45	41	39	38	37
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	62

目前美國空調協會改用 RC 來做室內噪音的建議指標。

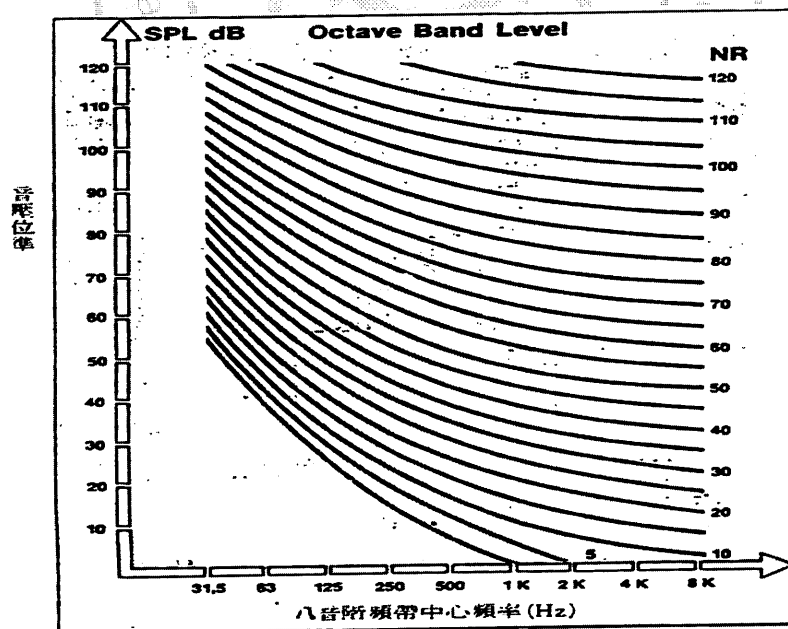


圖 2-4、噪音率定曲線(NR)(資料來源：噪音原理與控制、蘇德勝)

### 2.3.4 消音箱的選擇方式

消音設備是用於在不影響通風狀態下，降低通風時噪音的逸出，如消音箱、消音百葉等。消音百葉可以消音約 12~20 分貝，約 12~20 分貝，消音箱可以消音 10~40 分貝。

一般消音箱的閘板為 20cm，部分消音箱設計為消除低頻噪音而採 30cm 的消音閘板，消音閘板分佈愈密其開口率(Open arearate)愈小，其消音量效果變好，但壓損增加且再生噪音變大。主要消音箱的開口率從 20%~50%，壓損後數 K 值約為 0.6~5，消音箱的壓損： $Pd = kv^2$ ， $Pd$ : pa， $V$ : 面速度(m/s)若消音箱的安裝非標準方式(圖 2-5)而有如下的情形發生，壓損係數會增加，增加的幅度如下：

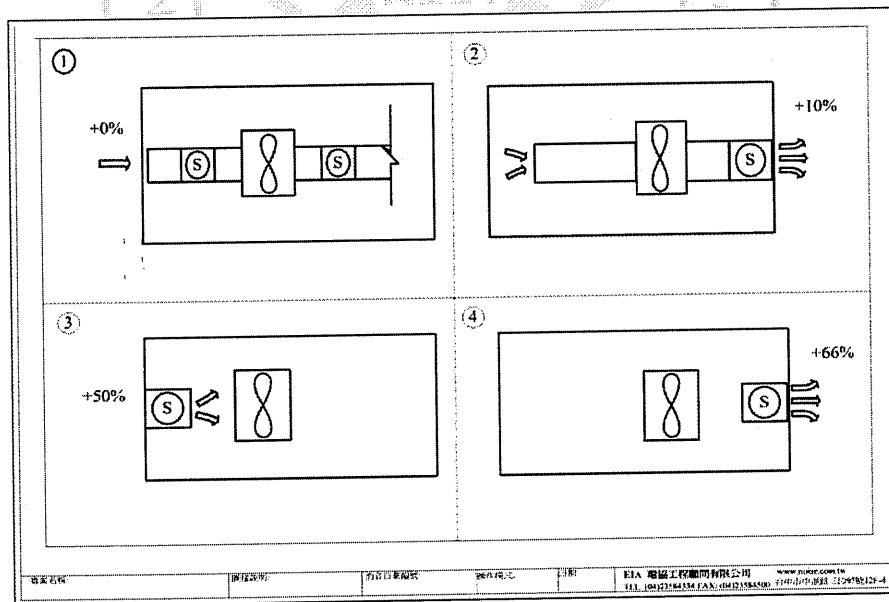


圖 2-5 消音箱安裝位置(資料來源:徐廷珪 通風系統的消音設計)

另消音箱的測試方法一般採取 ASTM E477, BS4718 與 ISO 7235,

主要的測試項目有三：

1. 插入損失：靜態/動態(插入損失)。
2. 壓損：在某特定風速(m/s)下的壓損(pa)
3. 再生噪音：在某特定風速下的再生噪音，此再生噪音係由於風快速吹過消音箱受到阻擋在發出的聲音能量(Sound Power)。

目前 AMCA 協會亦製定 AMCA 1011 草案以爭取未來消音箱可以到 AMCA 實驗室進行測試並給與認證標籤。

消音箱的選取常常需要在壓損(Pressure drop)與消音量(Insertion Loss)之間作一個平衡。妥善的考量二者的平衡，不僅不會增加設備太多的馬力數，也可以使噪音獲得妥善的處理。

#### 一、 AHU 系統(NC-30)

大方向如下：

1. 主幹管風速 $< 5\text{m/s}$ ,次幹管以主幹管風速 80% ,  $4\text{m/s}$ 。
2. 出風口風速
  - a. diffuser:check the self noise (小心再生噪音)
  - b. 座位出風口 風速 $< 2\text{m/s}$
3. DAMPER 的選擇

volume damper:note the self noise 小心再生噪音，必要時可於風門後



加上內保溫內吸音。

-- ducting from AHUs connecting could be well balance (2 台 AHU 對稱的風管連結起來便於平衡風量，少裝 damper)。

-- fire damper:curtain type(捲簾式) fire damper。

#### 4. 機房部份

A. 冰水主機房：一定要離音樂廳有一段距離，建議 3m 以上。

(1) 冰水管路: 10m by hanger (冰水管用彈簧吊架處理)

(2) isolator w/ 2" deflection (2" 壓縮量的高防震系統 spring will better)

B. 空調箱機房：出風風管+回風風管(不要使用機房回風，不好控制噪音問題)。

(1) 風管系統：10m by hanger(前 10m 風管用彈簧吊架處理)

(2) 回風的風速一樣不要太快建議 4 m/s 以下，回風口不要太大，分散回風口並讓回風口距離建議 3m 以上。

C.完整的機房噪音防治

消音箱 隔音門 浮動地板 吸音壁面 穿牆防音

5. 舞台要有獨立空調便於排演時省電(主機與 AHU 獨立)。

6. 冷卻水塔的位置與音樂廳的對應關係，需考慮它的噪音影響。

7. 舞台上方的空調出風口不可與布幕、反射板、燈光、音響等的介面衝突。

8. 演奏鋼琴室需要的獨立空調。
9. 整個演藝廳空調系統完工後需要做風量平衡後再來查驗噪音的問題。



## 第三章 系統描述與量測

### 3-1 系統描述

#### 3.1.1 空調系統

本案例為中部某文化中心演藝廳，主要為音樂、表演、演藝之多功能演藝廳，改善後之空調系統由二台冰水主機(如表 3-1)及七台空調箱供應冷氣(如表 3-2)，觀眾席可容納 800 人；地下一樓外周區及一樓走道由小型冰水送風機供應冷氣，外走道 AHU-1、AHU-4 供應冷氣；二樓燈光控制室由小型冰水送風機供應冷氣並有氣冷式冰水機獨立系統供應；三樓眺空區由 AHU-7 供應冷氣；演藝廳內舞台由 AHU-5、AHU-6 供應冷氣；觀眾席由 AHU-2、AHU-3 供應冷氣，所有觀眾席出風口為座位下方出風，且每個出風口皆有風門控制調整做冷氣風量負載分配用。主要空調系統架構冰水系統如圖 3-6，風管系統如圖 3-7、3-8。

利用中央監控系統預先時序排定功能之時序控制，有效的掌握空調設備啟停情形，以避免浪費能源且提昇能源使用效率，並減低人力管理成本，達到有效管理之目的，也利用中央監控系統的功能讓使用者在電腦螢幕前就能掌握所有空調設備即時的運轉狀況，做最佳化的空調系統管理。

表 3-1 冰水主機設備規格

設備編號	型式	冷卻能力 USRT	冰水量 (L/S)	冷卻水量 (L/S)	安裝位置
CH-1	離心式 (變頻)	300	46	60	B1F
CH-2	螺旋式 (雙壓)	200	33.6	40.5	B1F

表 3-2 空調箱設備規格

設備編號	型式	冷卻能力 Kcal/hr	風量 CMH	安裝位置
AHU 1~4	臥式	189,000	26,520	演藝廳 B1F
AHU 5~6	臥式	102,000	11,832	演藝廳 B1F
AHU 7	臥式	120,000	23,800	演藝廳 3F

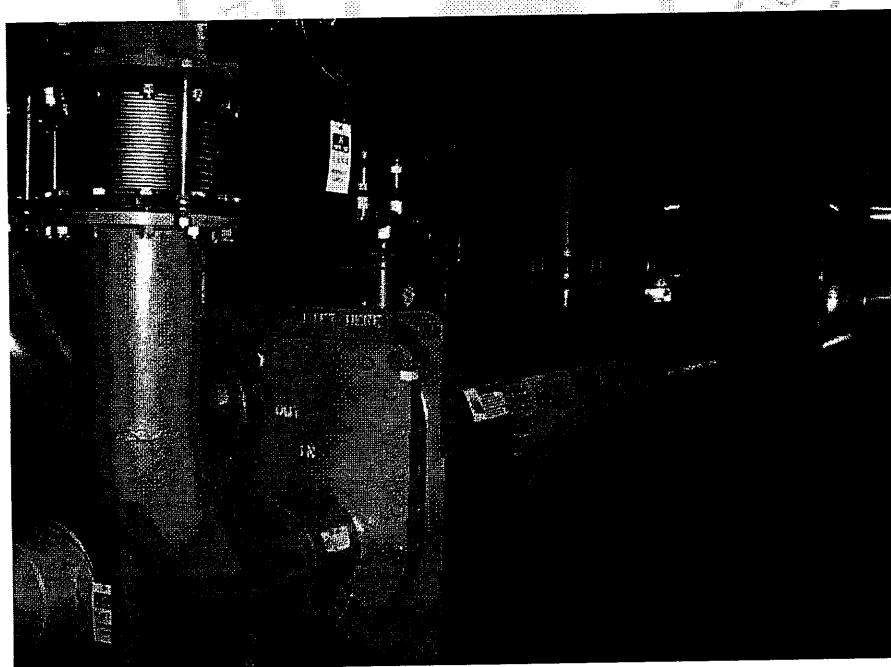


圖 3-1 變頻離心式冰水機

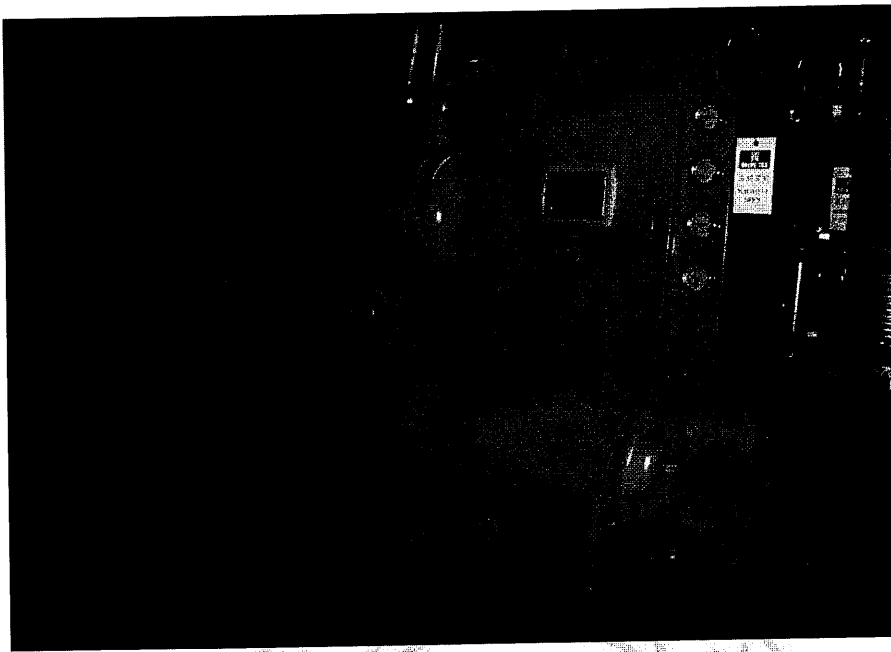


圖 3-2 雙壓螺旋式冰水機

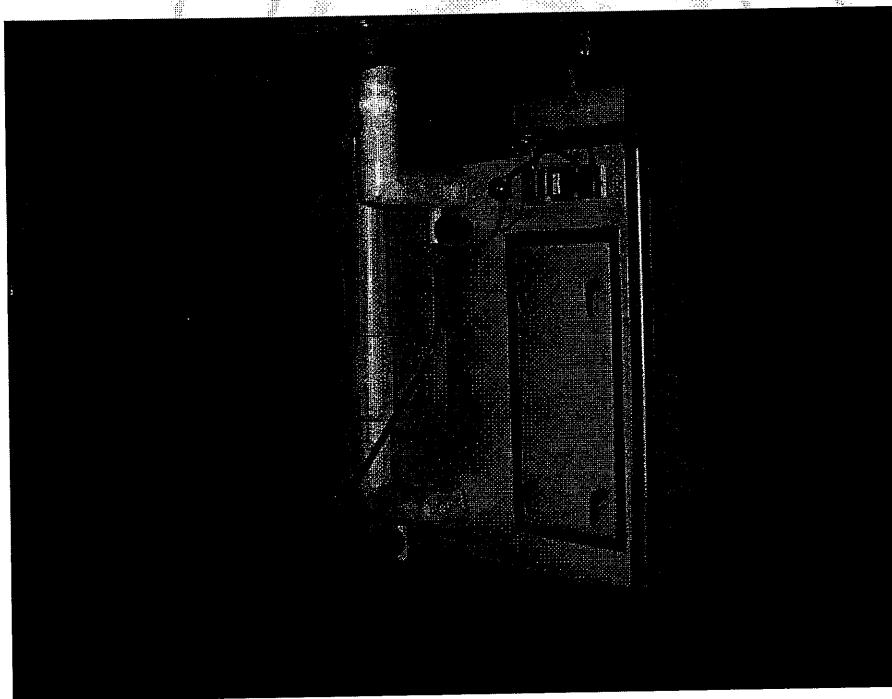


圖 3-3 現場空調箱-1

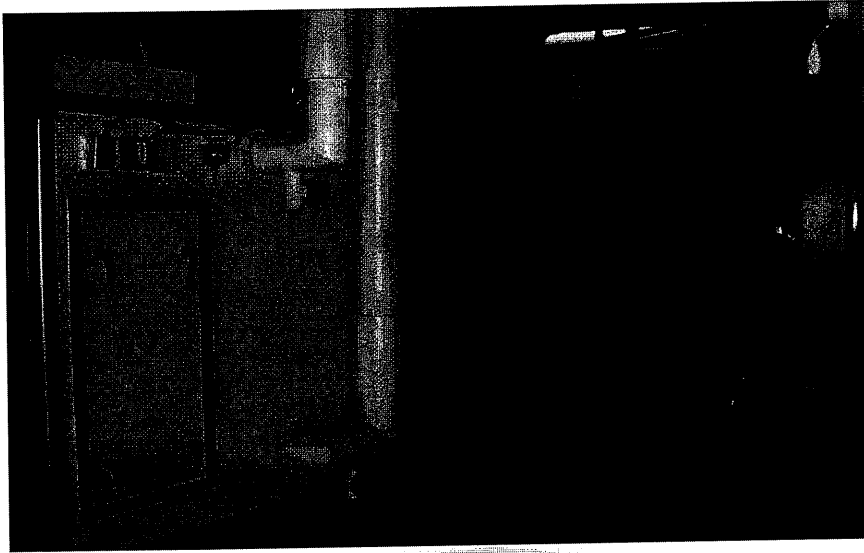


圖 3-4 現場空調箱-2

### 3.1.2 電氣系統

本空調系統之電氣設備將分為三個配電盤第一個為 MP 盤是供應於水冷式冰水機、冷卻水泵、冰水泵、冷卻水塔。第二個 EP-2 配電盤供應其他區域附屬設備，第三個 EP-3 配電盤供應多功能演藝廳空調箱、排風機，所有設備皆有手、自動功能。

### 3.1.3 控制系統

本空調控制系統採用獨立式(如圖 3-12 中所示為電腦故障時 PLC 仍可獨立控制)中文顯示操作控制器，可作即時控制，PLC 具開放式通訊介面、10/100M 乙太網路接口、網頁伺服器、32 位元中央處理器，如圖 3-9 控制架構圖。

利用電腦之預先時序排定功能，設定好本週之水冷式主機 CH 系

統，本空調系統預先設定情況為 CH 系統：(週二~週日)AM 09：00 ~ PM17：00 運轉、(週一)主系統停機小系統運轉。

### 3.1.4 CO<sub>2</sub> 偵測濃度控制外氣系統

在空調系統中引進新鮮外氣是為了維持室內健康的空氣品質，而室內 CO<sub>2</sub> 濃度對人的影響程度的區分，分別為低於 600 ppm 時對人員無影響，介於 600 ppm ~ 1000 ppm 偶爾抱怨頭痛、昏睡、悶熱，高於 1000 ppm 以上之抱怨頻繁。演藝廳共擺設了六點 CO<sub>2</sub> 濃度感測點如圖 3-10、3-11 所示，以左、右兩側各三點量測現場平均 CO<sub>2</sub> 濃度做為控制基準，目前量測現場平均 CO<sub>2</sub> 濃度為 350ppm~450ppm 之間為避免電力能源浪費及節省能源啟動最低運轉頻率設為 40HZ 當 CO<sub>2</sub> 濃度高於 600 ppm 加載至 60HZ，演藝廳目前以 600 ppm [9] 設定操作點。以維持最佳的空氣品質讓在室內觀眾不至有頭昏現象，畢竟以觀眾健康舒適為主其次才是節能問題。

表 3-3 送、排風設備規格

設備編號	型式	馬力 HP	風量 CMH	安裝位置
FAF 1~2	臥式	7.5	15,300	演藝廳 RF
EAF 1~2	臥式	3	9520	演藝廳 B1F
EAF 3~4	臥式	5	13,600	演藝廳 RF

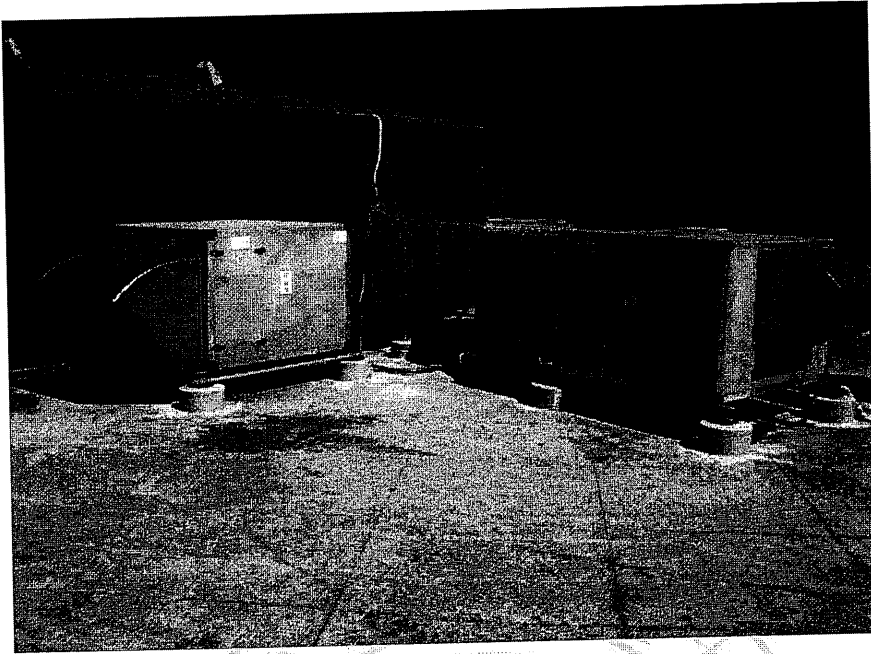


圖 3-5 演藝廳 RF 送、排風機

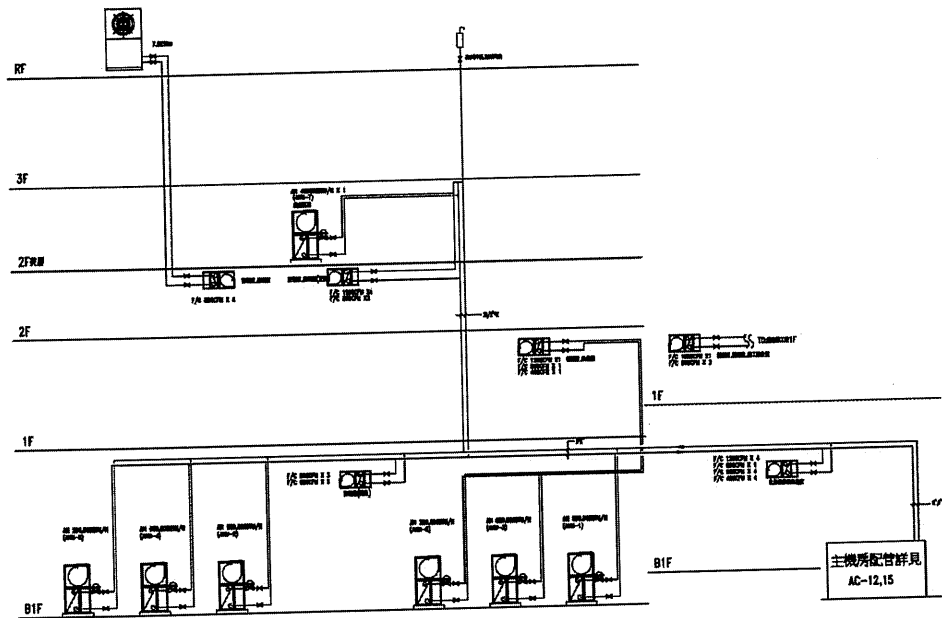


圖 3-6 演藝廳冰水管路系統



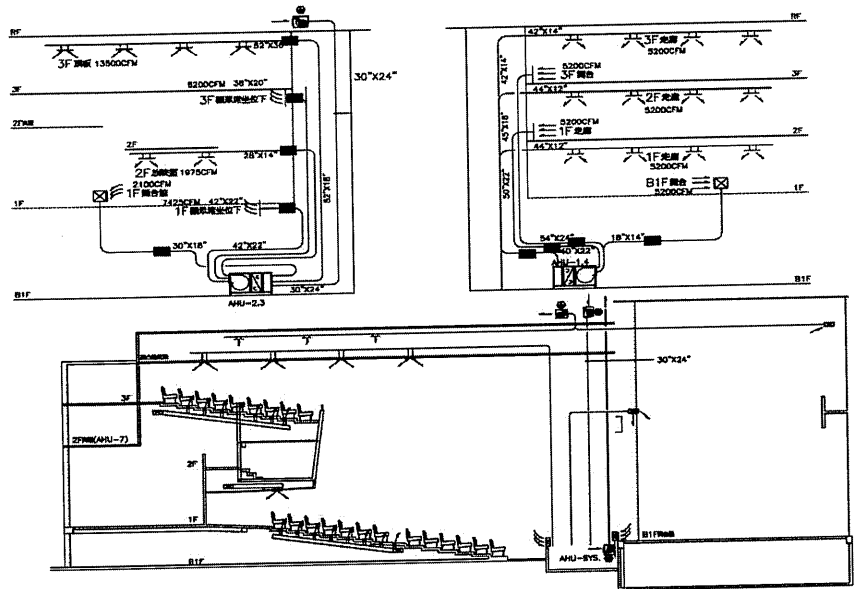


圖 3-7 演藝廳風管管路系統-1

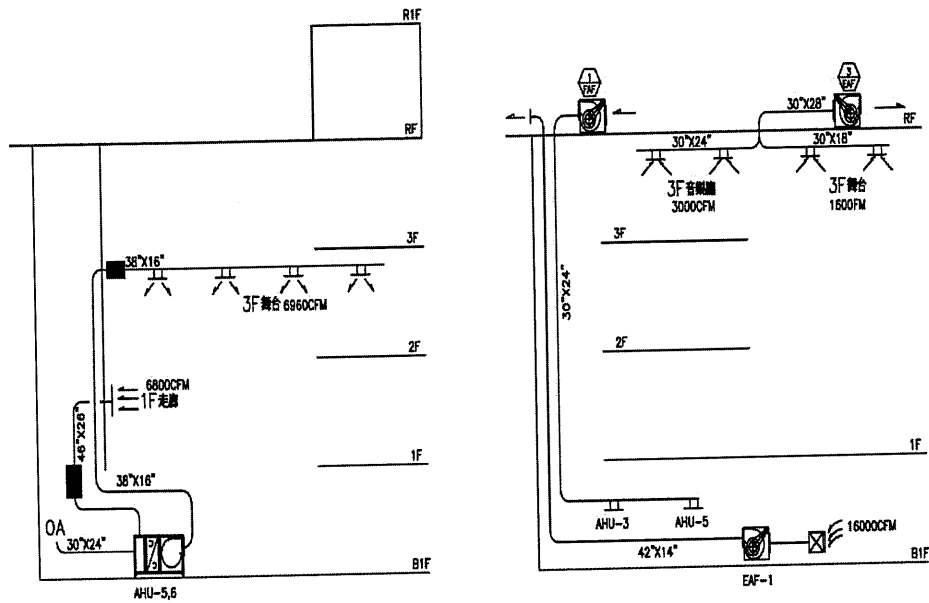


圖 3-8 演藝廳風管管路系統-2

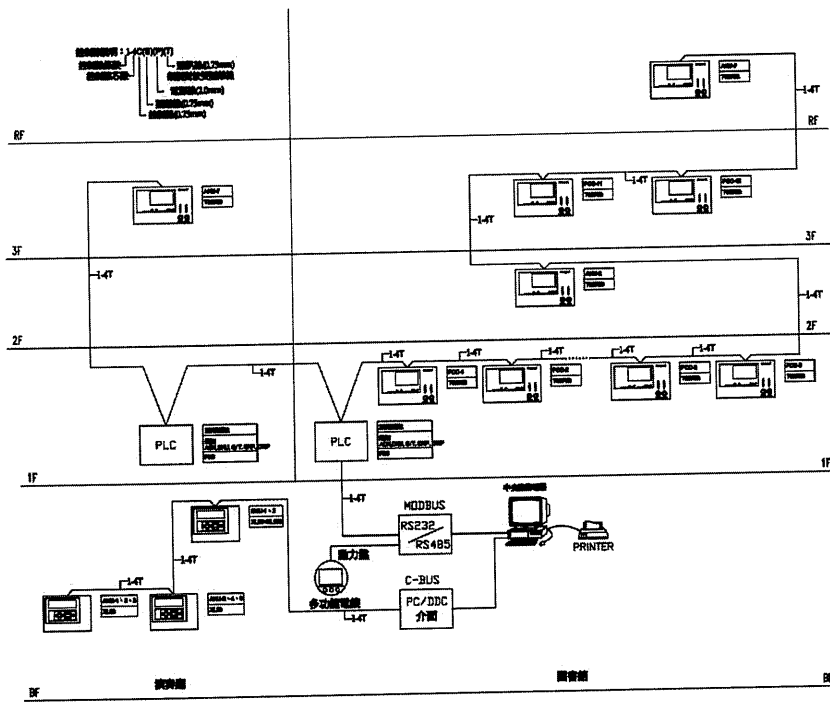


圖 3-9 控制架構圖

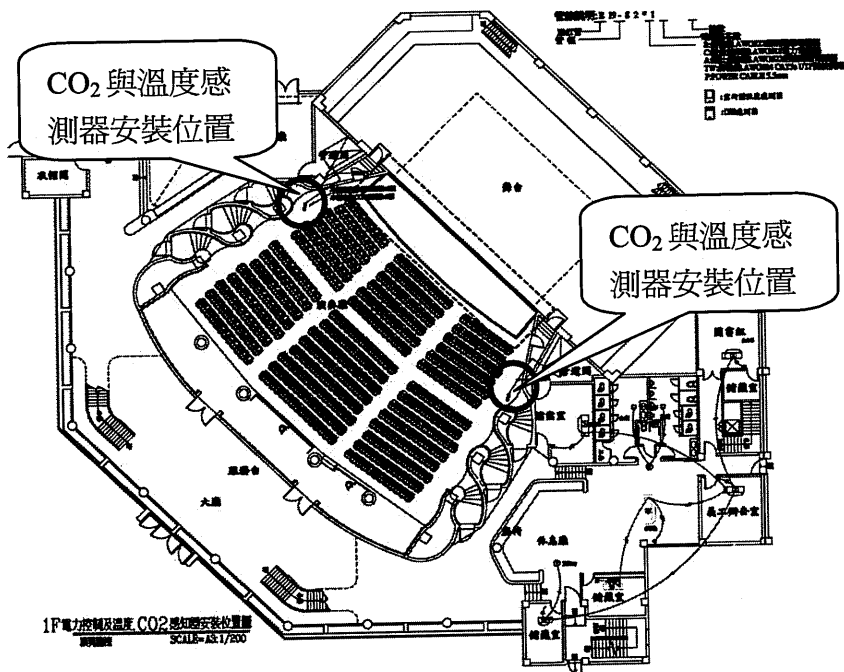


圖 3-10 一樓溫度感測器和 CO<sub>2</sub> 感測器位置圖

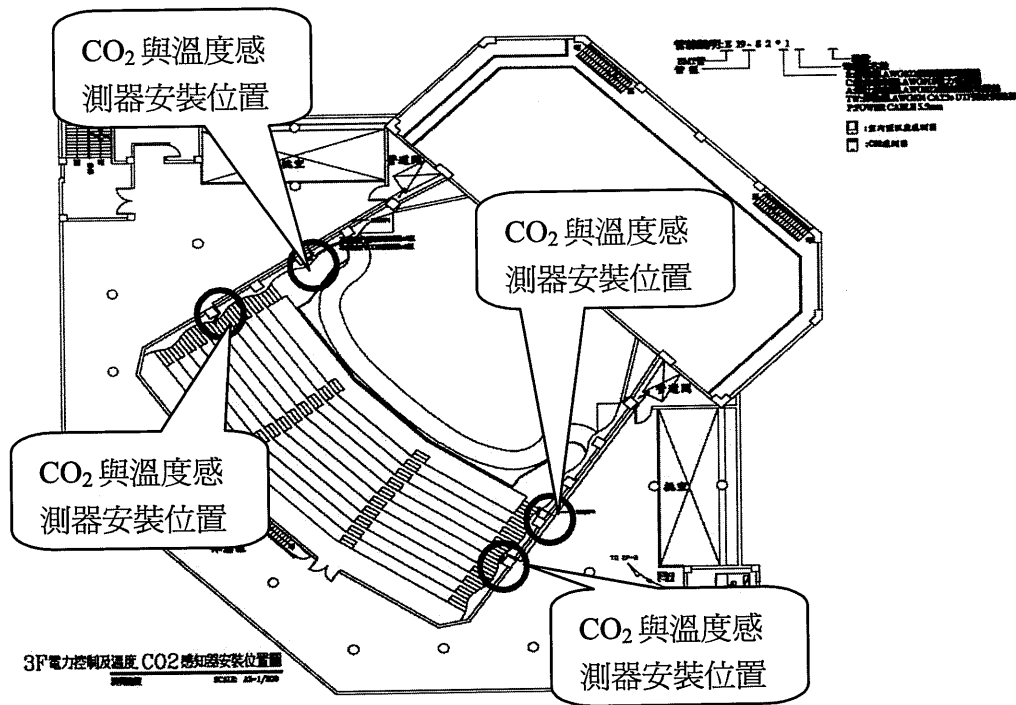


圖 3-11 三樓溫度感測器和 CO<sub>2</sub> 感測器位置

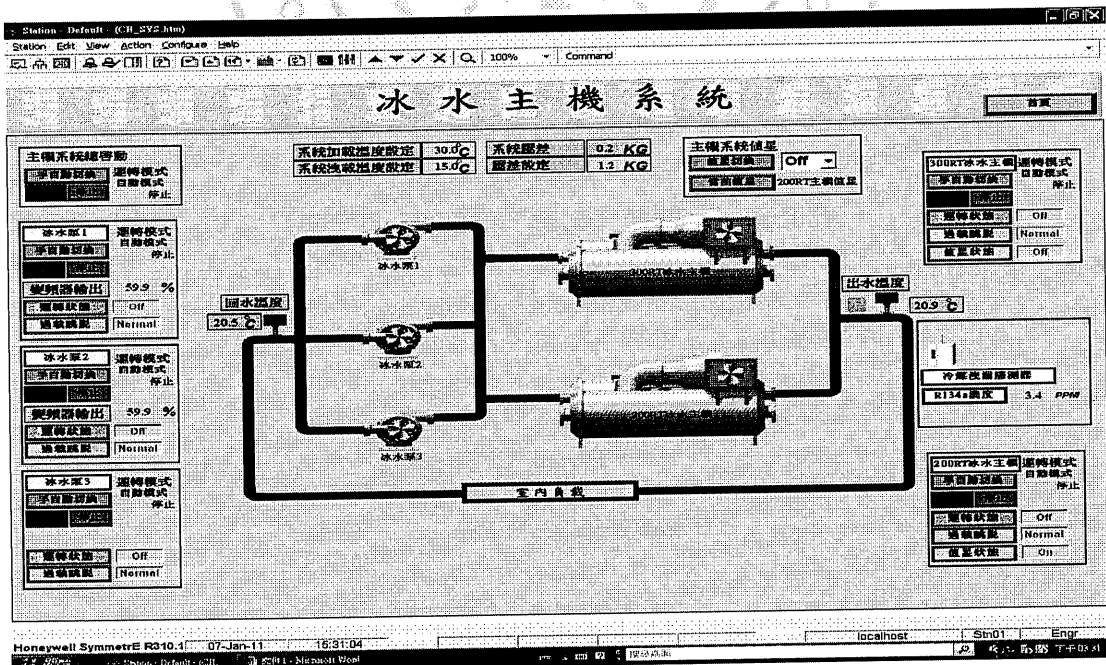


圖 3-12 冰水主機監控畫面

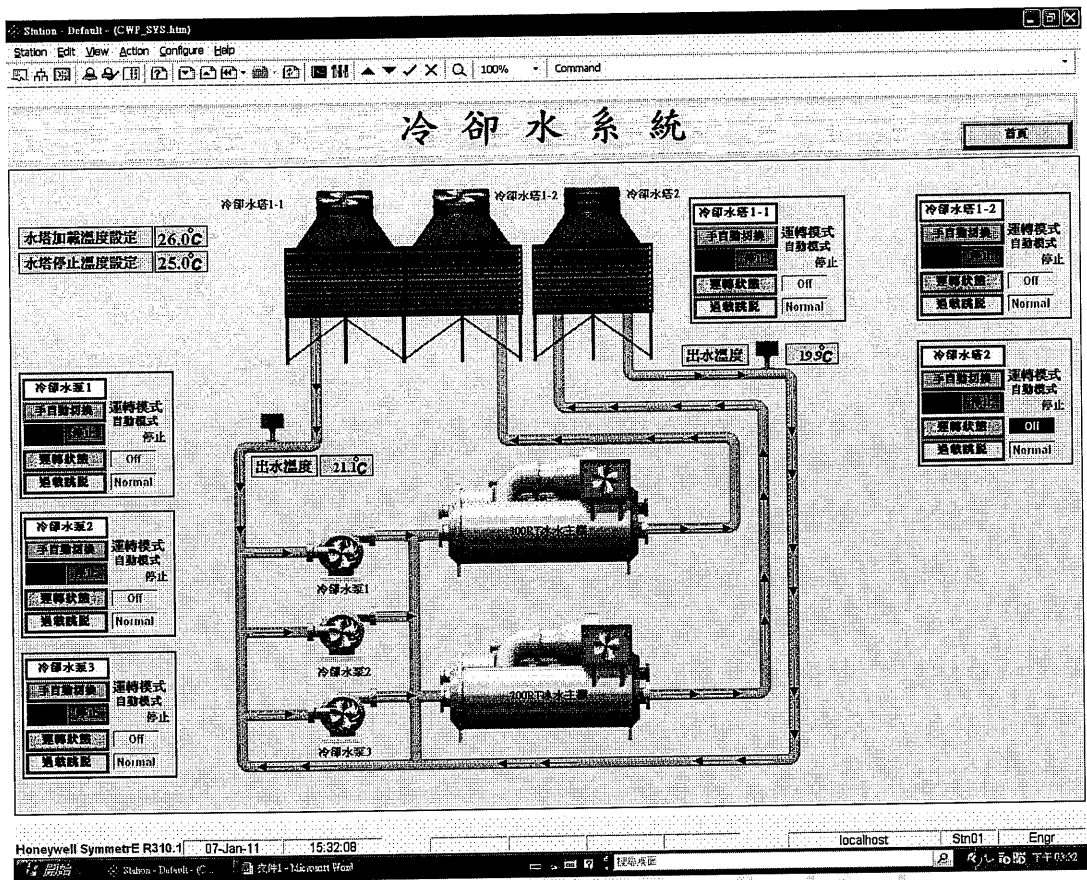


圖 3-13 冷卻水系統監控畫面

## 3-2 冰水主機耗電量測

### 3.2.1 冰水主機耗電改善量測

為了解本文分析之空調工程改善節能情形，故需有冰水主機空調工程改善前、後量測做基準。

1.就未改善前冰水主機之冷卻水量(l/m)、冰水流量(l/m)、主機耗能量(kW)、冰水進出水溫度(°C)等，進行分析計算每冷凍噸耗能 kW。

2.就改善後冰水主機之冷卻水量(l/m)、冰水流量(l/m)、主機耗能量(kW)、冰水進出水溫度(°C)等，進行分析計算每冷凍噸耗能 kW。

### 3.2.2 冰水主機耗電改善量測規劃

為能掌握及分析工程改善前、後音樂廳空調系統冰水主機效能，故進行工程改善前、後的冰水主機效能量測規劃，進行冰水、冷卻水、冰水主機量測，量測時空調負載必須在最大值，所以利用上午 10:00 至下午 3:00 時段，演藝廳室內空調負荷可達最大值時，啟動運轉冰水主機並當冰水主機加載至達滿載時，以三相電力品質分析儀、溫溼度連續監測記錄器及流量計進行量測，以做為工程改善前、後是否有效的判斷。

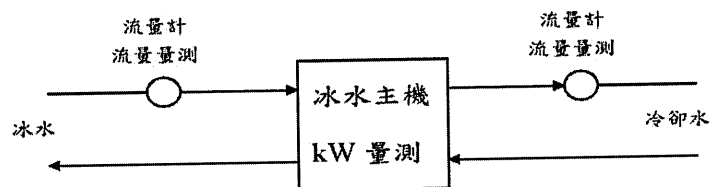


圖 3-14 冰水主機效能量測

### 3.2.3 冰水主機耗電量測方法

冰水主機的能力耗電量測，包括冰水系統與冷卻水系統流量，冰水主機耗電值，量測值經計算後求出冰水主機的每冷凍噸能力耗電，儀器的操作方法程序如下：

#### 1. 流量：

- (1). 確認配管內必須充滿流體。另外，流體內不得含有氣泡、異物。
- (2). 安裝位置在上游側具有約 10D 以上，下游側具有約 5D 以上長度直管段的部位。
- (3). 水平配管時，為避開管內的滯留空氣和堆積物，請安裝在水平面的  $\pm 45^\circ$  以內。
- (4). 垂直配管時，可安裝在配管外周的任意位置。
- (5). 量測安裝流量計前須先清潔配管表面後再安裝感測器。
- (6). 在固定感測器發信部位均勻塗抹超音波專用膏，位置移動時必須重新塗抹超音波專用膏。
- (7). 確認流量計感測器是否與管軸線平行，安裝尺寸是否正確後，按順時針方向旋轉感測器件夾持器，使感測器與配管緊密接觸。
- (8). 選擇管內流體→流體溫度→取得流量數據。

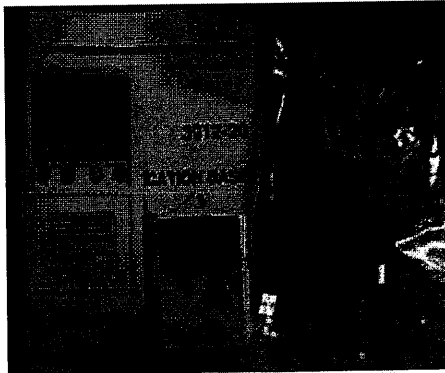
## 2. 電力計

- (1). 電力計需架設在該設備電力供應處，並選擇適合的電流夾測量，儀器架設完後需檢查相序是否正常即完成儀器架設。

### 3.2.4 量測儀器的使用

#### 檢測儀器規格

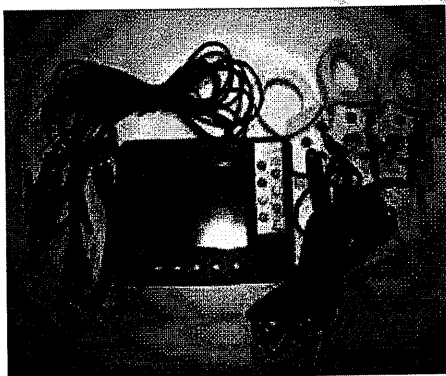
##### 1. 溫溼度連續監測記錄器



廠牌	HIOKI
型號	Model 3641-20(資料紀錄器) Model 3912-20(資料接收器) Sensor 9680-50
電源	3641-20 1.5V×2 顆 3912-20 1.5V×4 顆
溼度量測範圍	0~100% ±5~15%
溫度量測範圍	-40~85°C (-40~-0.1 ±1°C)(0~35 ±0.5°C) (35~70 ±1°C)(70~85 ±2°C)

圖 3-15 溫溼度連續監測記錄器與其規格表

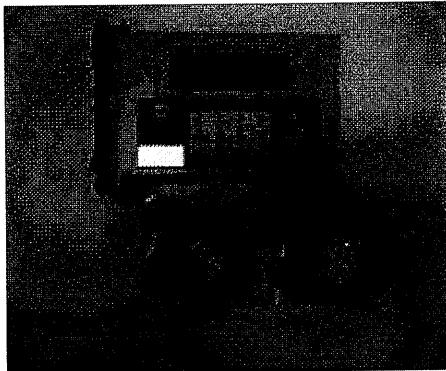
##### 2. 三相電力品質分析儀



廠牌	HIOKI
型號	3169-20
測定範圍	電壓:150, 300, 600(V) 電流:5, 500, 1000(A) 頻率:40~70Hz
測定精度	5A:±0.5%rdg.±0.12%f.s. 500A:±0.5%rdg.±0.11%f.s. 1000A:±1.2%rdg.±0.11%f.s.
儲存容量	記錄資料可儲存至 CF 卡

圖 3-16 三相電力品質分析儀與其規格表

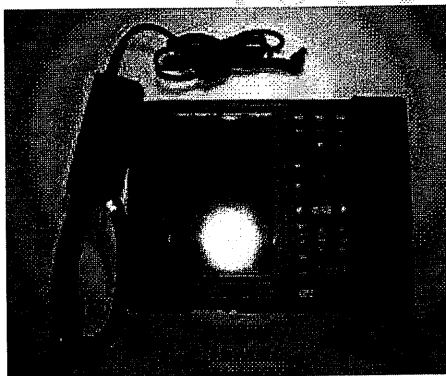
### 3. 微電腦超音波流量計



廠牌	MICRONICS
型號	PORTAFLOW 300
適用管徑	13~5000mm
精度	±1%
再現性	±0.5%
流速範圍	0.02~8m/s

圖 3-17 微電腦超音波流量計與其規格表

### 4. 無紙式記錄器



廠牌	Indatec
型號	8421-51
規格	可記錄 16 點
	輸入檔位：TC, RTD, mV
	記錄資料可儲存至 CF 卡
	顯示器： 曲線，條狀，數字，警報

圖 3-18 無紙式記錄器與其規格表



### 3.2.5 現場實際量測的儀器架設與數據存取



圖 3-19 舊有冰水主機電力量測

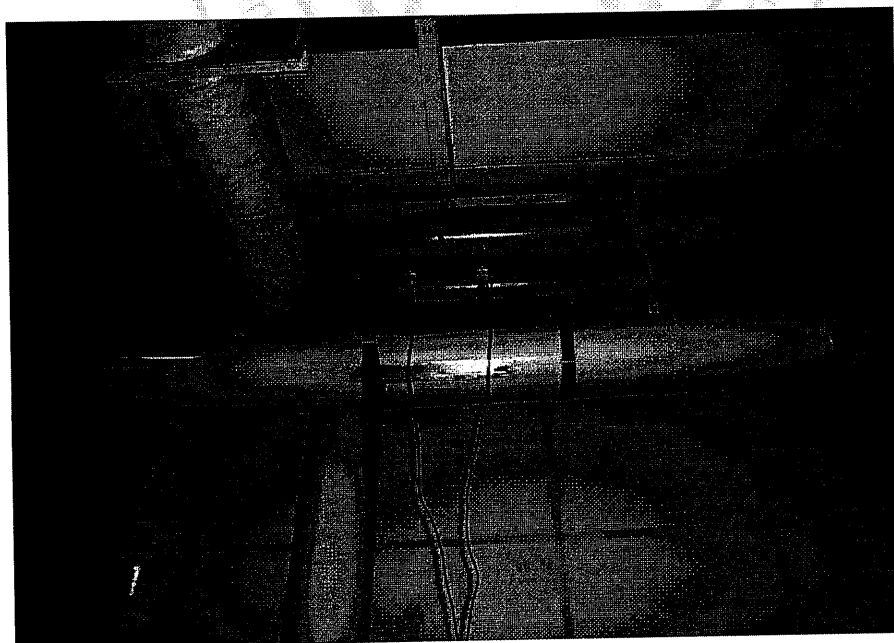


圖 3-20 舊有冰水主機流量量測



圖 3-21. 舊有冰水主機冰水流量

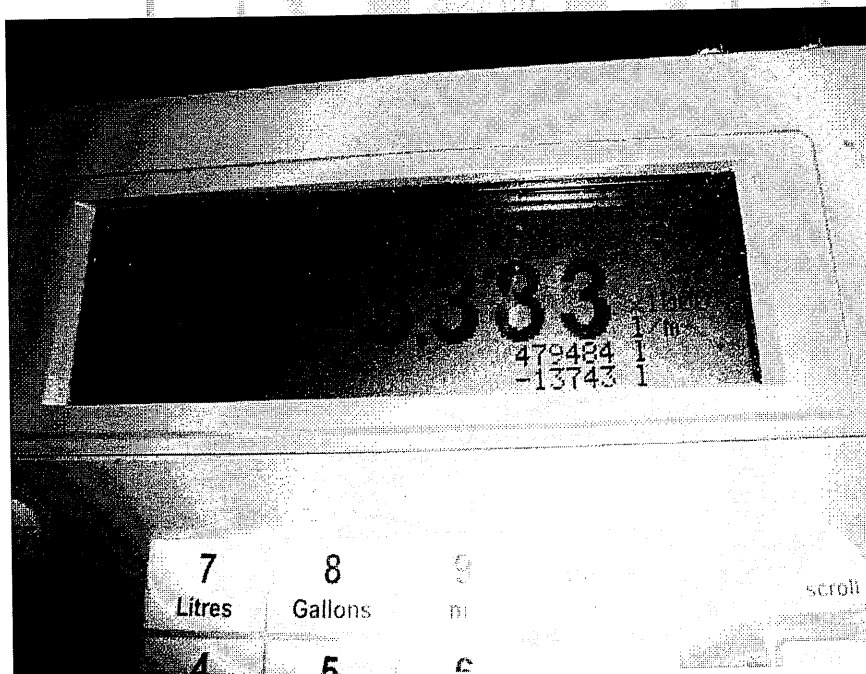


圖 3-22. 舊有冰水主機冷卻水流量

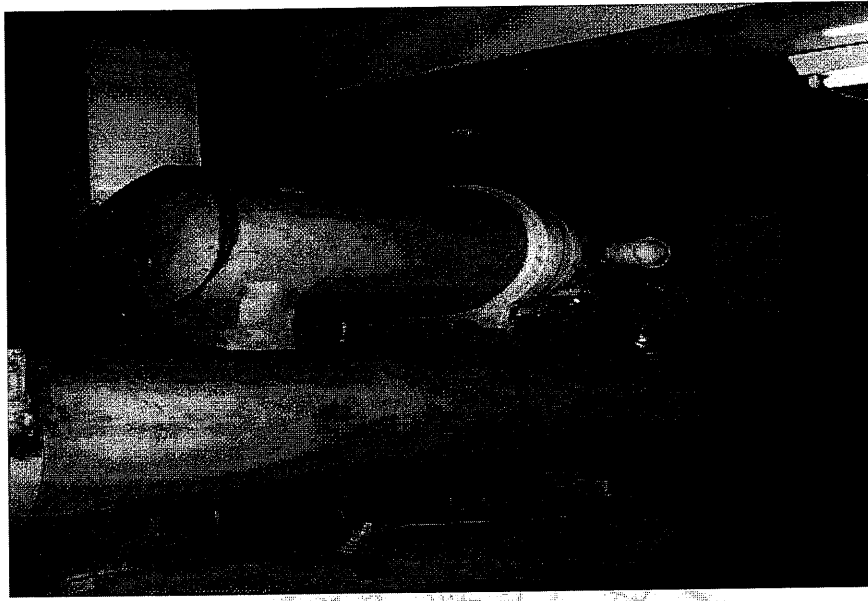


圖 3-23. 舊有冰水主機

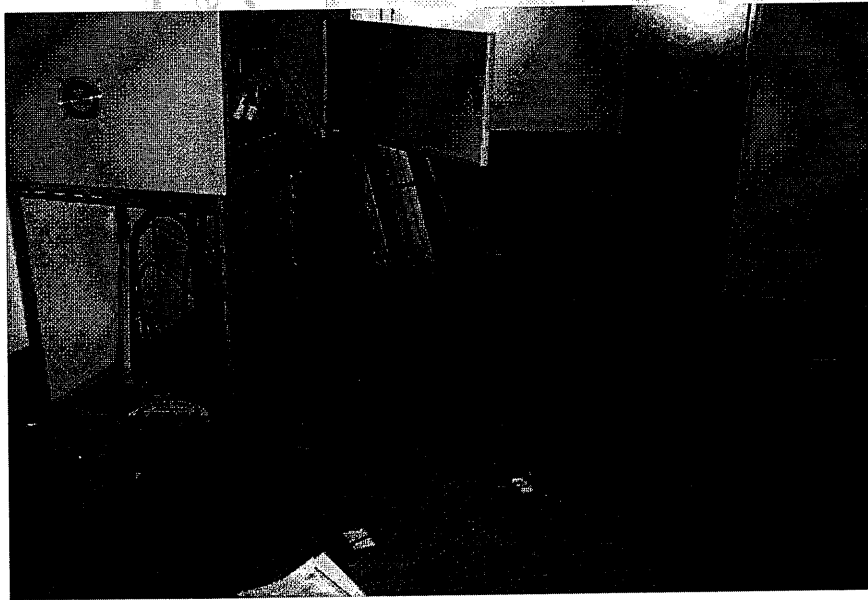


圖 3-24. 更新後冰水主機電力量測

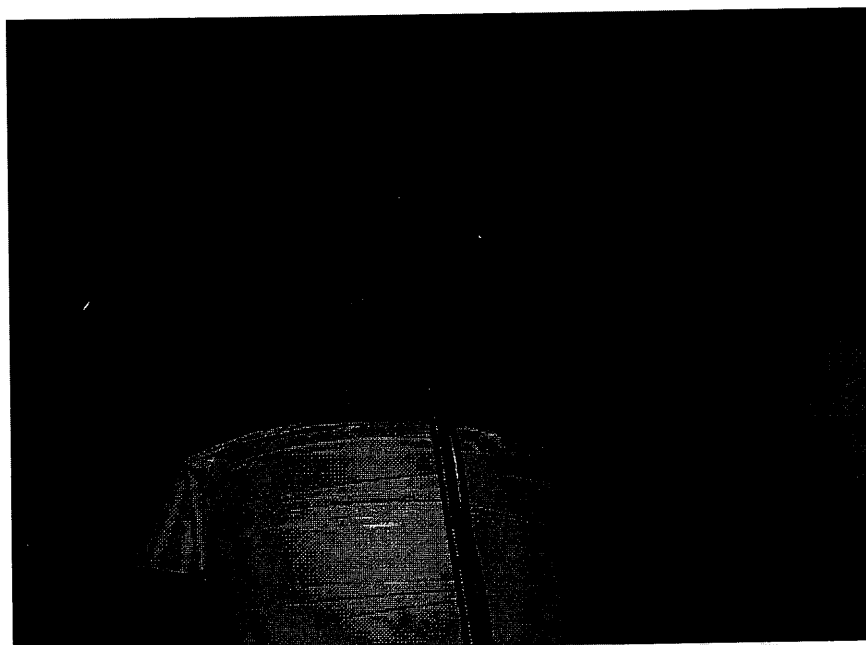


圖 3-25 更新後冰水主機流量量測

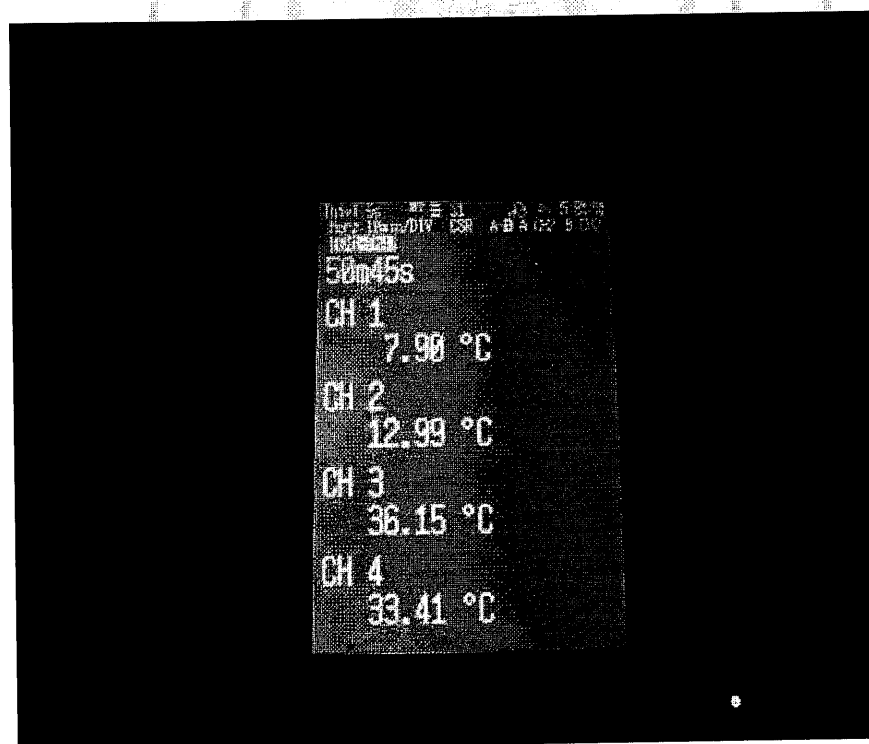


圖 3-26 更新後冰水主機溫度量測



圖 3-27. 更新後冰水主機冰水流量

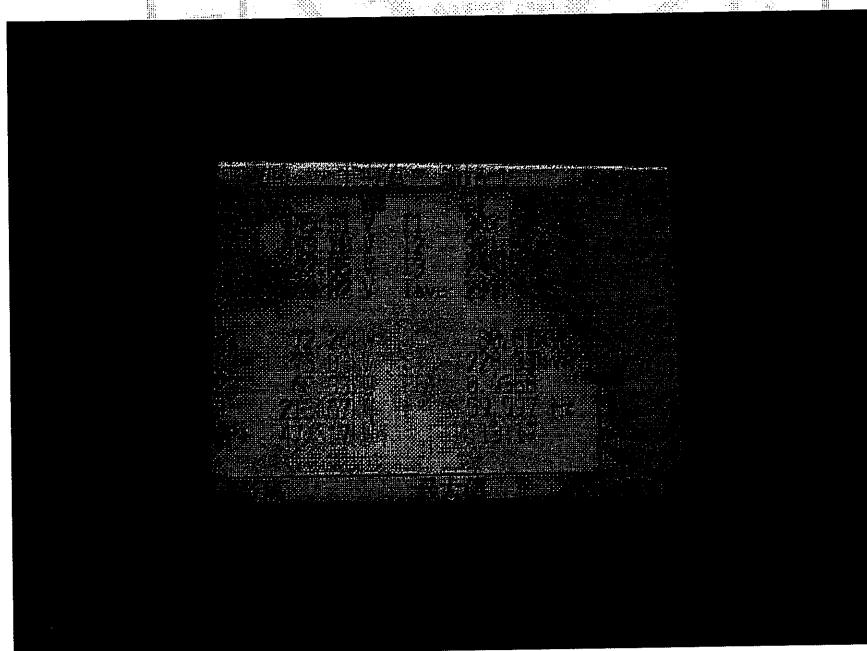


圖 3-28. 更新後冰水主機電力分析



圖 3-29. 更新後冰水主機螢幕顯示



### 3-3 音樂廳噪音改善量測

#### 3.3.1 音樂廳噪音改善量測

為了解本文分析之空調工程改善噪音情形，需進行必要性量測分別如下：

##### 1. 改善前

###### (1) 背景噪音

在未啟動空調系統前做演藝廳現場量測以確認基本噪音狀態為基準點，預期將來改善後之噪音是否能達到要求的噪音 NC-30。

###### (2) 空調開啟系統

在空調系統未進行噪音改善前，現場量測演藝廳空調系統啟動後的噪音值，做為改善前、後比較的參考。

##### 2. 改善後

###### (1) 背景噪音

在未啟動空調系統前做演藝廳現場量測以確認基本噪音狀態為基準點，改善後之噪音是否能達到要求的噪音 NC-30。

###### (2) 空調開啟系統

在空調系統進行噪音改善後，現場量測演藝廳空調系統啟動後的噪音值，做為改善前、後比較讓我們知道經過空調系統修改後是否有效的降低噪音值。

### 3.3.2 音樂廳噪音改善量測規劃

為能掌握及分析工程改善前、後音樂廳在啟動空調系統後在每個位置觀眾對噪音的感受與影響，故將現場分成 12 個區域(如圖 3-29)進行工程改善前、後的 8 度音頻噪音 NC 值量測規劃，以做為進行空調系統噪音工程改善前、後是否有效的判斷。

演奏廳空調噪音檢測

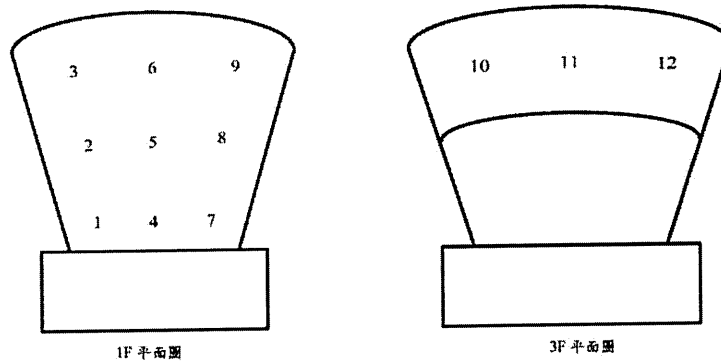


圖 3-30. 演藝廳噪音量測點

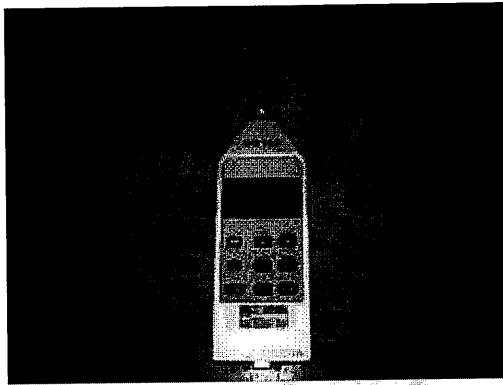
### 3.3.3 音樂廳噪音改善量測方法

背景噪音量測：進行背景噪音量測依 CNS 7183 進行之，若量測 NC 值，則採用 8 度音頻頻譜分析再依據 NC 表格進行分析，量測時間 10 秒，各頻率的噪音值(dBL)與 NC 表格比較，二者差值在 $\pm 1$  dB,皆為可接受範圍。(需分空調開啟與空調關閉二種)。



### 3.3.4 量測儀器的使用

#### 1. 噪音頻譜分析儀



名稱	CFEWA
型號	SC-160 type2
規格	頻率 31.5~16kHz
	音量 30~137db
	精密度±1.5db
	顯示器：，條狀，數字
應用：客房聲學、機械噪音評估、隔音 檢察	

圖 3-31. 演藝廳量測噪音頻譜分析儀

#### 3.3.5 現場實際量測的儀器架設與數據存取

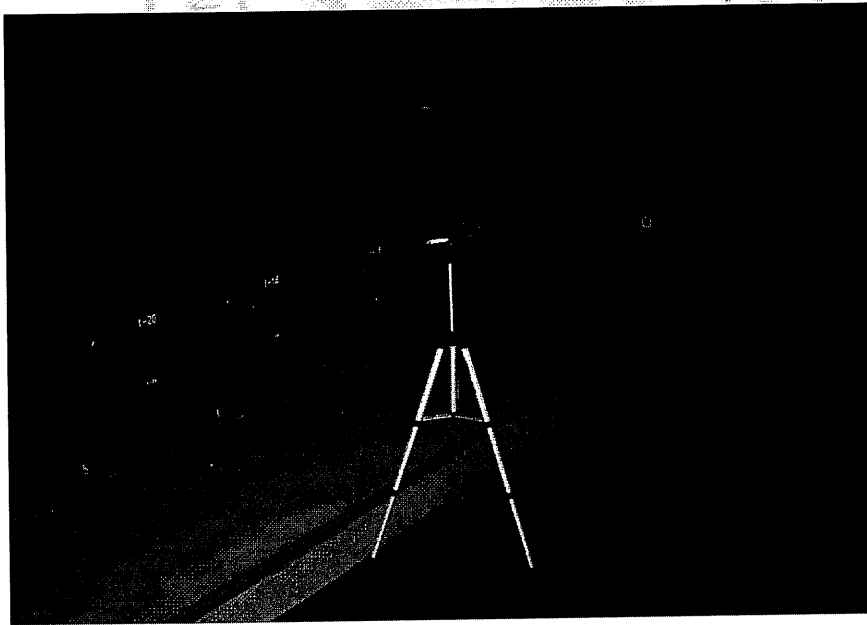


圖 3-32. 演奏廳空調環境噪音檢測情況

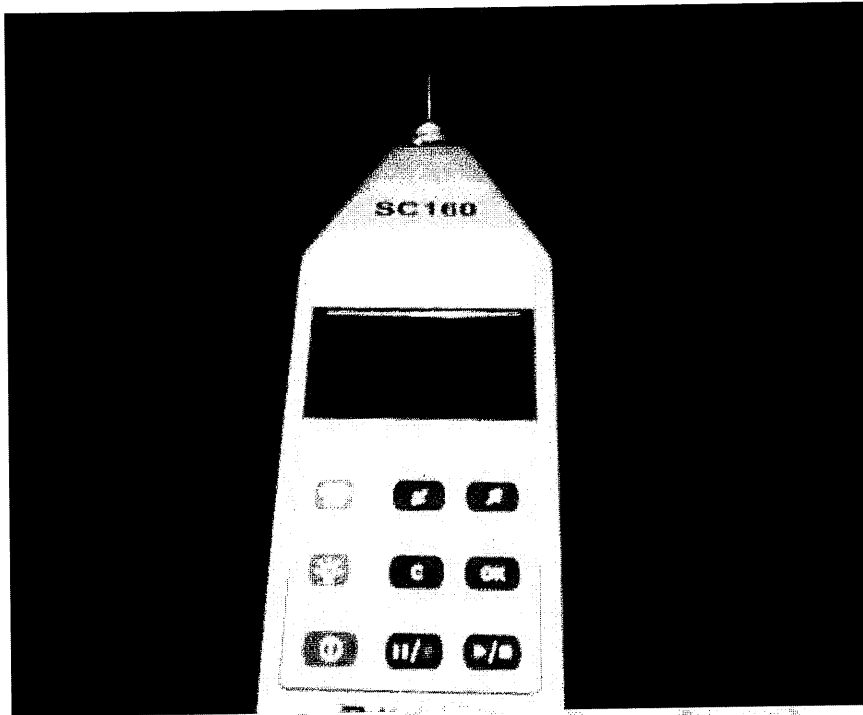


圖 3-33. 演奏廳空調環境噪音檢測情形(改善後 NC-23 未開機)-1

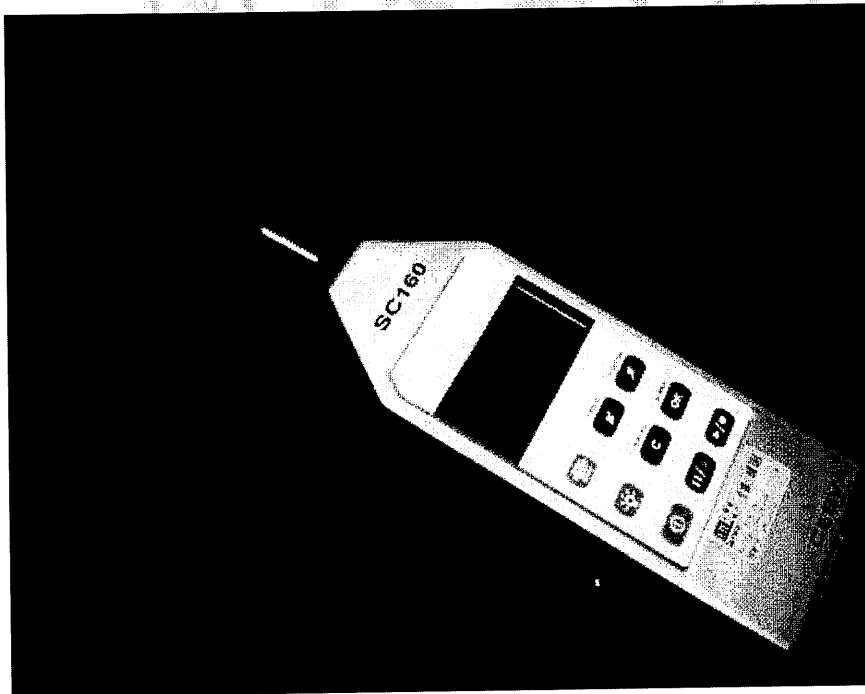


圖 3-34. 演奏廳空調環境噪音檢測情況(改善後 NC-21 未開機)-2

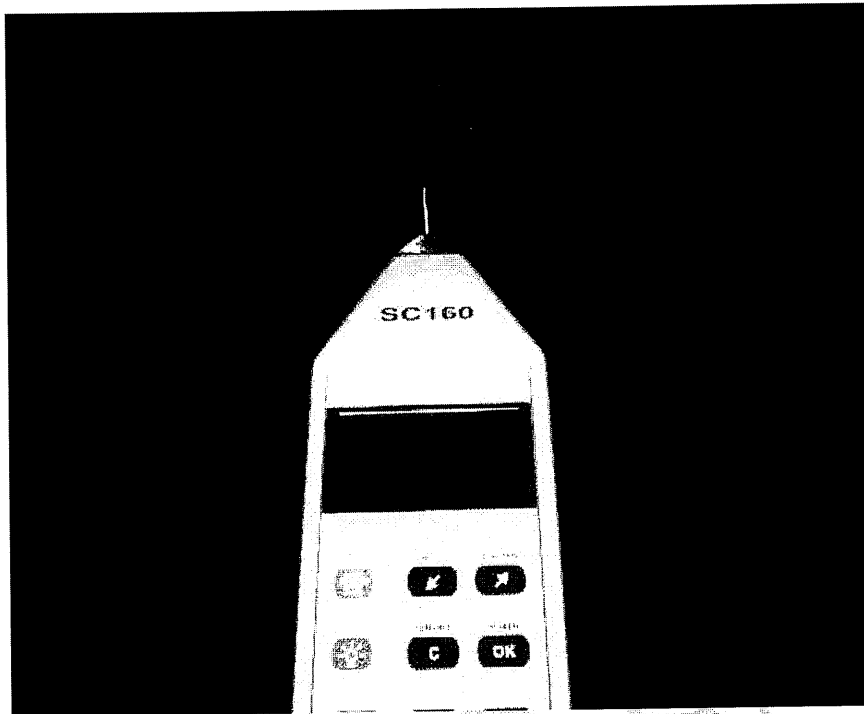


圖 3-35. 演奏廳空調環境噪音檢測情況(改善後 NC-26 空調箱開機)-1

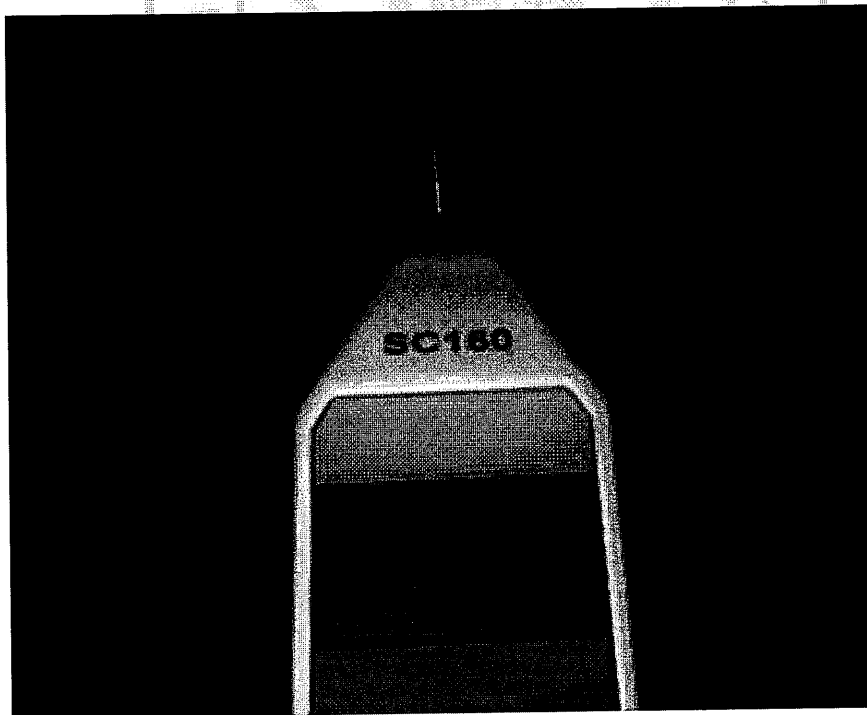


圖 3-36. 演奏廳空調環境噪音檢測情況(改善後 NC-27 空調箱開機)-2

### 3-4 量測標準

#### 1. CNS 12812 量測標準(表 3-4)

		使用測		放熱側或熱源側		
		冷(溫)水		水冷式		氣冷式
		入口水溫	出水水溫	入口水溫	出水水溫	入口空氣乾球溫度
冷凍能力	12°C	7°C	30°C	35°C	35°C	
污染係數	0.00005 m <sup>3</sup> h°C/kcal		0.00005 m <sup>3</sup> h°C/kcal		0 m <sup>3</sup> h°C/kcal	
	0.000044 m <sup>3</sup> h°C/W		0.00005 m <sup>3</sup> h°C/kcal		0 m <sup>3</sup> h°C/kcal	
部分負載特性	冷卻運轉	出水溫度一定(7°C) 水量一定		入口溫度 能力 100%時 30°C 能力 0 時 25°C 能力在中間時依比例算出 水量一定		入口溫度一定 (35°C)

註：表中 ( ) 內之數值為參考值。

#### 2. NEBB 量測標準

(1) 記錄每一個倍頻程帶狀物中心頻率之最大聲音壓力水準(63 Hz 到 8000 Hz)。

(2) 依受測空間種類來選擇是依最大値之 RC (Room Criterion) 曲線或 NC (Noise Criterion) 曲線為標準，在 HVAC 系統通常使用 RC 曲線值為標準。

(3) 報告和計算 RC 或 NC 之曲線值，然後與測量區之狀態標準值比較。

表 3-5 各類場所噪音標準

Type of Area	NC or RC Level	Approx dBA	Type of Area	NC or RC Level	Approx dBA
<b>RESIDENCES</b>			<b>CHURCHES</b>		
Private home (rural & suburban)	25-30	25-35	Sanctuaries	20-30	25-35
Private home (urban)	25-35	30-40	Libraries	30-40	35-45
Apartment house	30-40	35-45	Schools & Classrooms	30-40	35-45
<b>HOTEL</b>			Lavatories	35-45	40-50
Individual rooms	30-40	35-45	Recreation halls	35-50	40-55
Ballroom, banquet room	30-40	35-45	Corridors & halls	35-50	40-55
Halls, corridors, lobbies	35-45	40-50	<b>PUBLIC BUILDINGS</b>		
Garages	40-50	45-55	Libraries, museums	30-40	35-45
Kitchens, laundries	40-50	45-55	Court rooms	30-40	35-45
<b>HOSPITALS &amp; CLINICS</b>			Post offices, lobbies	35-45	40-50
Private rooms	25-35	30-40	General banking areas	35-45	40-50
Operating rooms	30-40	35-45	Washrooms, toilets	40-50	45-55
Wards, corridors	30-40	35-45	<b>RESTAURANTS, LOUNGES, AND CAFETERIAS</b>		
Laboratories	30-40	35-45	Restaurants	35-45	40-50
Lobbies, waiting rooms	40-50	45-55	Cocktail lounges	35-45	40-50
Washrooms, toilets	40-50	45-55	Nightclubs	35-45	40-50
<b>OFFICES</b>			Cafeterias	40-50	45-55
Board rooms	20-30	25-35	<b>RETAIL STORES</b>		
Conference rooms	25-35	30-40	Clothing stores	35-45	40-50
Executive office	30-40	35-45	Department stores (upper floors)	35-45	40-50
General offices	30-45	35-50	Department stores (main floor)	40-50	45-55
Reception rooms	30-40	35-45	Small retail stores	40-50	45-55
General open offices	35-45	40-50	Supermarkets	40-50	45-55
Drafting rooms	35-45	40-50	<b>INDOOR SPORTS ACTIVITIES</b>		
Halls & corridors	40-55	45-60	Coleseums	30-40	35-45
Tabulation & computation areas	40-50	45-55	Bowling alleys	35-45	40-50
<b>AUDITORIUMS AND MUSIC HALLS</b>			Gymnasiums	35-45	40-50
Concert, opera halls	15-25	20-30	Swimming pools	40-55	45-60
Sound recording studios	15-25	20-30	<b>TRANSPORTATION (RAIL, BUSES, AND PLANES)</b>		
Legitimate theaters	25-35	30-40	Ticket sales offices	30-40	35-45
Multi-purpose halls	25-30	30-35	Lounges, waiting rooms	35-50	40-55
Movie theaters	30-35	35-40			
TV audience studios	30-35	35-40			
Amphitheaters	30-35	35-40			
Lecture halls	30-35	35-40			

- (a) 儀器規定：音效工程完工後，需以噪音計與相關設備進行噪音量測驗收。噪音計需符合IEC 60651 type1 或type2 之規定，且送外校日期需與現場量測日期相差一年以內，量測噪音前先以外校合格之標準音源（如250Hz，114dB）先行校正儀器，整個音效參數量測完後，再以該標準音源進行校正，二者相差不得超過1 分貝。
- (b) 背景噪音量測：進行背景噪音量測依CNS 7183 進行之，若量測NC值，則採8 度音頻頻譜分析再依據NC 表格進行分析，量測時間10秒，各頻率的噪音值(dBL)與NC 表格比較，二者差值在 $\pm 1$  dB, 皆為可接受範圍。(需分空調開啟（中速運轉）與空調關閉二種)
- (c) 送審資料：正式驗收前需檢附音效驗收計畫書，內容包含儀器資料、期限內之校正報告、量測步驟，待設計單位與業主審核通過後，配合業主進行現場音效果量測。

# 校正報告

## 1. 温湿度連続監測記錄器

## 2. 三相電力品質分析儀

検査成績表 ◀ INSPECTION DATA SHEET ▶			
品名 (Model Name) : 湿度ロガー/HUMIDITY LOGGER 社名 (Model Number) : 3541-20 製造番号 (Production No.) : No. 09100223 検査年月日 (Test Date) : 2022.07.05 (Wed) 検査名称 (Test Location) : 25.0 °C 53 Hum			
項目 (Item)	検査点 (Test Point)	許容範囲 (Tolerance)	測定値 (Indicated value)
1 内部温度センサ精度 (Internal Temperature Sensor Accuracy)	25.0 °C	± 0.2 °C	25.4 °C
2 湿度センサ精度 (Accuracy with RH80 Humidity Sensor)	25.0 °C	± 1.5 %	53.9 %
3 湿度センサ精度 (Accuracy with RH80 Humidity Sensor)	50.0 %	± 1.5 %	53.9 %
4 湿度センサ精度 (Accuracy with RH80 Humidity Sensor)	75.0 %	± 1.5 %	53.9 %
検査結果 (Remarks) RH80は25.0°Cに1°Cの精度保証が提供されています。 (RH80 is supplied with accuracy guarantee of ±1.0% at 25.0°C.)			
検査判定 (Inspected by)	検査者 (Inspected by)	承認者 (Approved by)	
PASO			

検査成績表 ◀ INSPECTION DATA SHEET ▶					
品名 (Model Name) : CLAMP ON POWER METER 社名 (Model Number) : 3110-20 製造番号 (Production No.) : No. 09100223 検査年月日 (Test Date) : 2022.07.05 (Wed)					
項目 (Item)	範囲 (Range)	入力 (Input)	許容範囲 (Tolerance)	測定値 (Indicated value)	標準値 (Standard value)
Accuracy	800V	50V	± 0.20%	50.00V	50.00V
		100V	± 0.20%	100.00V	100.00V
		150V	± 0.20%	150.00V	150.00V
		200V	± 0.20%	200.00V	200.00V
	10A	10A	± 0.20%	10.00A	10.00A
		20A	± 0.20%	20.00A	20.00A
		30A	± 0.20%	30.00A	30.00A
		40A	± 0.20%	40.00A	40.00A
	0V	0V	± 0.20%	0.0000V	0.0000V
		0V	± 0.20%	0.0000V	0.0000V
		0V	± 0.20%	0.0000V	0.0000V
		0V	± 0.20%	0.0000V	0.0000V
検査結果 (Remarks) 三相電力品質分析儀の精度保証は、三相電力品質分析儀の仕様書に記載されています。 (Accuracy of the three-phase power quality analyzer is guaranteed in the specification.)					
検査判定 (Inspected by)	検査者 (Inspected by)	承認者 (Approved by)			
PASO					

圖 3-37 温湿度連続記錄器校正報告 圖 3-38 三相電力品質分析儀校正報告-1

検査成績表 ◀ INSPECTION DATA SHEET ▶					
品名 (Model Name) : CLAMP ON POWER METER 社名 (Model Number) : 3110-20 製造番号 (Production No.) : No. 09100223					
項目 (Item)	範囲 (Range)	入力 (Input)	許容範囲 (Tolerance)	測定値 (Indicated value)	標準値 (Standard value)
Accuracy	150V	50A	± 0.20%	50.00A	50.00A
		100A	± 0.20%	100.00A	100.00A
		150A	± 0.20%	150.00A	150.00A
		200A	± 0.20%	200.00A	200.00A
	100V	10A	± 0.20%	10.00A	10.00A
		20A	± 0.20%	20.00A	20.00A
		30A	± 0.20%	30.00A	30.00A
		40A	± 0.20%	40.00A	40.00A
	0V	0A	± 0.20%	0.0000A	0.0000A
		0A	± 0.20%	0.0000A	0.0000A
		0A	± 0.20%	0.0000A	0.0000A
		0A	± 0.20%	0.0000A	0.0000A
検査結果 (Remarks) 三相電力品質分析儀の精度保証は、三相電力品質分析儀の仕様書に記載されています。 (Accuracy of the three-phase power quality analyzer is guaranteed in the specification.)					
検査判定 (Inspected by)	検査者 (Inspected by)	承認者 (Approved by)			
PASO					

圖 3-39 三相電力品質分析儀校正報告-2

### 3.微電腦超音波流量計

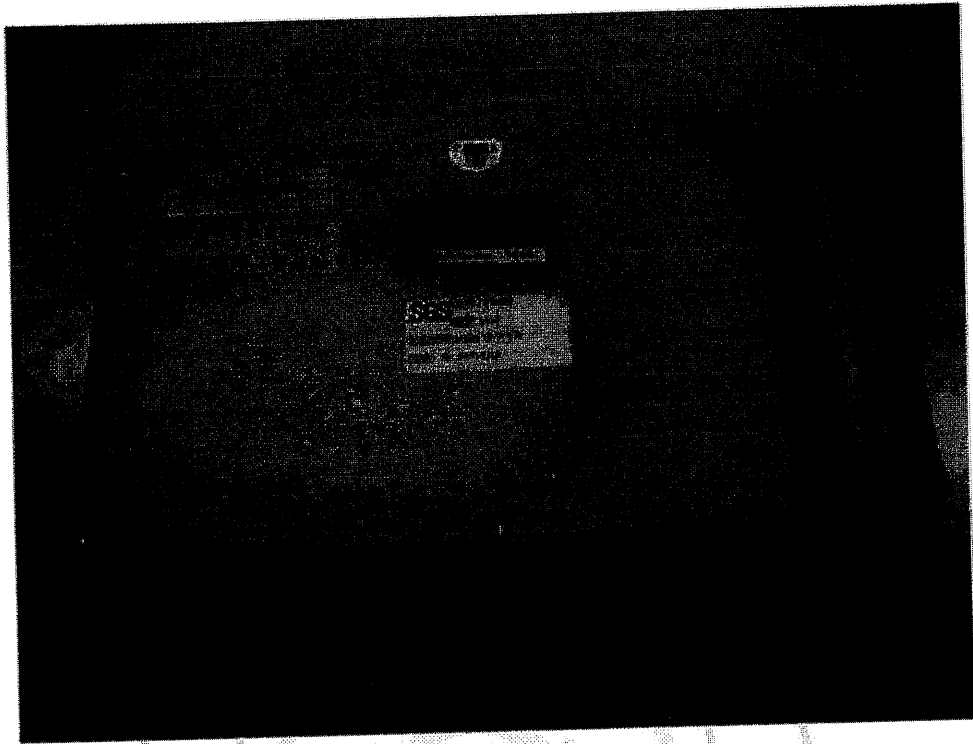


圖 3-40 微電腦超音波流量計校正證明-1

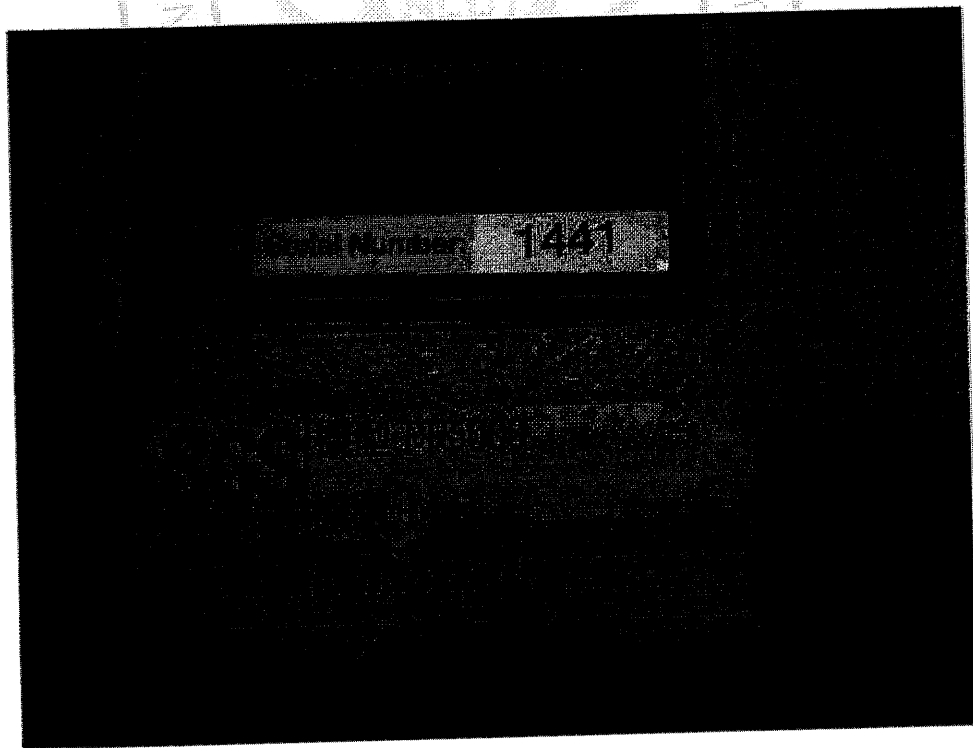


圖 3-41 微電腦超音波流量計校正證明-2



## 2. 無紙式記錄器

検査成績表 < INSPECTION DATA SHEET >		
品名 (Model Name) : MURPHY REGISTER 品番 (Model Number) : RA211-51 製造番号 (Production No.) : Hs. 051002579 検査年月日 (Test Date) : 2009.09.04 AM: 20:00 検査場所 (Test Location) : 25 °C ± 0.5 °C		
No.	項目 (Item)	結果 (Result)
1	1. ボリタック (Batteries)	
	-1.1 ボリタック (Check up)	PASS
	-1.2 ボリタック (Check end)	PASS
2	2. ケンタック (Tapes)	
	-2.1 ケンタック (Check up)	PASS
4	4. 本機チェック (Self check)	
	-4.1 RAM チェック (RAM Check)	PASS
	-4.2 プリンタチェック (Printer check)	PASS
	-4.3 キーボードチェック (Keyboard check, LED check)	PASS
	-4.4 LED チェック (LED check)	PASS
5	5. 温度 (Temperatures)	
	-5.1 データメモリー (Data storage, Commemorative)	PASS
	-5.2 TRIG (TRIG UNIT)	PASS
	-5.3 EXAT TRIG (EXAT TRIG)	PASS
	-5.4 温度精度 (Temp. base)	PASS
	-5.5 温度計 (Temp. base)	PASS
	-5.6 PC カード (PC card)	PASS
	-5.7 充電動作 (Battery charge)	PASS
	-5.8 充電入力 (Battery)	PASS
	-5.9 充電動作 (B.A.O)	PASS
検査判定 (Judgment) : PASS 検査者 (Inspected by) : [Signature] 承認者 (Approved by) : [Signature]		

検査成績表 < INSPECTION DATA SHEET >				
製造番号 (Production No.) : No. 001002579 検査年月日 (Test Date) : 2009.09.04 AM: 20:00				
項目 (Item)	レンジ (Range)	試験値 (検査値) (Test Value (Calibration))	許容範囲 (Tolerance)	測定結果 (Measurement)
測定精度 電圧 (V)	100mV ~ 100mV 100mV ~ 100mV 1V ~ 1V 1V ~ 1V 10V ~ 10V 10V ~ 10V 100V ~ 100V 100V ~ 100V	68.900 mV -100.160 mV 0.59900 V -1.00100 V 0.00001 V -10.0100 V -10.0100 V 49.999 V -49.999 V	± 0.05 mV ± 0.05 mV ± 0.0005 V ± 0.0005 V ± 0.0005 V ± 0.0005 V ± 0.0005 V ± 0.0005 V ± 0.0005 V	100.000 mV 99.998 mV 0.59901 V -0.99999 V 0.00000 V -10.0099 V -10.0099 V 49.997 V -49.996 V
測定精度 温度計 (基準温度補償なし) (TEMP)	100°C (4.0%) 500°C (4.0%) 500°C (4.0%) 2000°C (4.0%) 2000°C (4.0%)	90°C 450°C 450°C 1200°C 1200°C	± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C	90.01 °C 450.0 °C 450.0 °C 1199.9 °C 1199.9 °C
測定精度 温度計 (温度補償補償あり) (TEMP)	100°C (4.0%) 500°C (4.0%) 500°C (4.0%) 2000°C (4.0%) 2000°C (4.0%)	90°C 450°C 450°C 1200°C 1200°C	± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C ± 0.05 °C	90.01 °C 450.0 °C 450.0 °C 1199.9 °C 1199.9 °C

圖 3-42 無紙式記錄器校正報告-1 圖 3-43 無紙式記錄器校正報告-2

校正報告 CALIBRATION REPORT			
台灣電子機械中心 ELECTRONICS TESTING CENTER, TAIWAN	廠 NO: 09-12-BDC-041-01	Page 2 of 2	
Sound Level Check : (A Weighting)	Frequency 1 kHz	Nominal (dB) 94.0	Reading (dB) 94.1 Error (dBm) 0.1
說明: 1. Uncertainty: 0.4 dB re 20 µPa 上述校正能力係以95%信賴區間, k=2之擴充不確定度表示 2. 環境管制條件: 溫度: (23±1)°C, 相對濕度: (50±10)% 3. 報告內之建議再檢日期為標準條件下 4. Error = Reading - Nominal			

圖 3-44 噪音頻譜分析儀校正報告

## 第四章 結果與討論

### 4-1 冰水主機量測結果與討論

在空調系統工程修改前的空調系統冰水主機(2台 209RT 離心式冰水主機)開機方式只能選擇開一台冰水主機或開兩台冰水主機，而且由於原空調箱冰水系統使用三通閥為定流量，因此冰水泵必須全開，經過此次的工程修改後空調系統冰水主機(300RT 離心式冰水主機及 200RT 雙螺旋冰水機)開機可依負載變化情形自由搭配啟動，在夏季時以 300 RT 變頻離心式冰水機為主力運轉，而春、秋、冬季則以 200RT 的雙螺旋主機為主力運轉，可做最好的季節負載變化調整。且空調箱冰水系統流量改為二通閥控制，依空調負載的大小供應所需之冰水量，冰水泵可依現場冰水壓差感測需求選擇控制開機台數之最佳運轉模式不須全部啟動運轉。

在工程修改前後冰水主機耗能之比較，原有的離心式冰水機已使用 30 年且經量測後發現有汰換之必要性，因此在此次工程中列為重點修改項目，其冰水主機耗能量測改善前耗能如(表 4-1)與冰水主機之耗能量測改善後(表 4-2、表 4-3)，可看出工程修改後因採用了高效率的冰水主機，冰水主機每冷凍噸耗電由 0.95 kW/RT 下降至 0.71 kW/RT 的耗電大幅減少了 25.3%(表 4-4)。

表 4-1 冰水主機改善前 209RT 耗能

		MING KANG 209RT
項目	單位	
電源頻率	Hz	60
功率	kW	186.69
冰水入口溫度	°C	12.13
冰水出口溫度	°C	8.32
出入口溫度差	°C	3.81
冰水流量	GPM	687.98
	LPM	2604
冷卻水出口溫度	°C	29.65
冷卻水入口溫度	°C	23.39
出入口溫度差	°C	6.26
冷卻水流量	GPM	885.19
	LPM	3353
冰水能力	kcal/hr	595274
	kW	692.18
冷卻水能力	kcal/hr	978062.4
	kW	1137.28
冰水主機性能	kcal/hr	595274
	RT	196.85
冰水主機系統效率	kW/RT	0.95

備註:以上數值是以冰水主機連續全載運轉 1.5 小時, 並連續量測之平均值

表 4-2 冰水主機改善後 300RT 耗能

冰水主機量測		19XRV2022287BHH64
項目	單位	
電源頻率	Hz	60
功率	kW	203.5
冰水入口溫度	°C	12.47
冰水出口溫度	°C	7.40
出入口溫度差	°C	5.06
冰水流量	GPM	770.6
	LPM	2,917
冷卻水出口溫度	°C	36.15
冷卻水入口溫度	°C	32
出入口溫度差	°C	4.15
冷卻水流量	GPM	973.4
	LPM	3,684.5
冰水能力	kcal/hr	886,032
	kW	3,030.2
冷卻水能力	kcal/hr	917,440.5
	kW	1,066.8
冰水主機性能	kcal/hr	886,032
	RT	293
冰水主機系統效率	kW/RT	0.69

備註:以上數值是以冰水主機連續全載運轉 1.5 小時, 並連續量測之平均值

表 4-3 冰水主機改善後 200RT 耗能

冰水主機量測		30KWS-200D
項目	單位	
電源頻率	Hz	60
功率	kW	138.4
冰水入口溫度	°C	15.54
冰水出口溫度	°C	11.57
出入口溫度差	°C	3.97
冰水流量	GPM	656.5
	LPM	2484.7
冷卻水出口溫度	°C	37
冷卻水入口溫度	°C	33
出入口溫度差	°C	4
冷卻水流量	GPM	780.9
	LPM	2956
冰水能力	kcal/hr	592,704
	kW	689.19
冷卻水能力	kcal/hr	709,440
	kW	824.9
冰水主機性能	kcal/hr	592,704
	RT	196
冰水主機系統效率	kW/RT	0.71

備註:以上數值是以冰水主機連續全載運轉 1.5 小時，並連續量測之平均值

預估空調主機節能效益：

$$\text{節能率}(\%) = \frac{\text{汰換前主機效率}(\frac{\text{kW}}{\text{RT}}) - \text{汰換後主機效率}(\frac{\text{kW}}{\text{RT}})}{\text{汰換前主機效率}(\frac{\text{kW}}{\text{RT}})} \times 100\%$$

表 4-4 節能績效效益表

	冰水主機效率 (kW/RT)	節能率 (%)
(原)MING KANG 209RT	0.95	
300RT 19XRV2022287BHH64	0.69	27.4
200RT 30KWS-200D	0.71	25.3

## 4-2 音樂廳噪音量測結果與討論

本文案例工程改善除空調效能改善外，另一重點為空調系統之噪音改善，圖 4-1 為音樂廳噪音量測點位置 1F 與 3F 共 12 個點，在工程改善前進表 4-5 為改善前空調系統未啟動的背景噪音值約 NC 25HZ，表 4-6 為改善前空調系統啟動的噪音值約 NC 35~40HZ，明顯無法滿足現在音樂廳噪音值標準 NC30HZ 以下，故進行工程噪音改善針對不符標準情形處理，經風管系統修改及增加系統消音設備後再次進行量測，如表 4-7 為改善後空調系統未啟動的背景噪音值約 NC 22HZ，表 4-8 為改善後空調系統啟動的噪音值約 NC 26~28HZ，且改善後空調亦能滿足 800 人使用，由此可知此次修改的結果是合乎需求的。

### 演奏廳空調噪音檢測

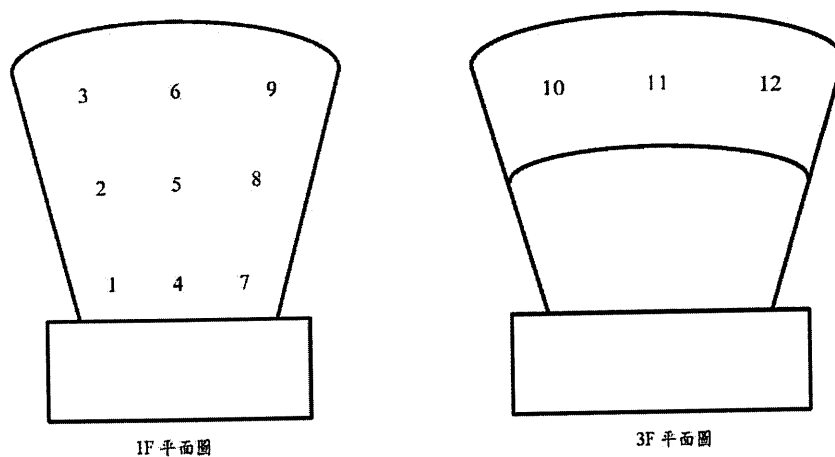


圖 4-1 噪音計測量位置

表 4-5

背景噪音值(空調系統未開啟-改善前)

點位	空調條件	八度音頻(Hz)								NC 值	備註
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
1	OFF	40.9	31.4	24.8	20.6	19.9	19.1	17.9	16.5	25	
2	OFF	34.2	24.3	21.5	18.7	17.9	17.9	17.9	16.6	25	
3	OFF	30.2	23.1	19.9	18.3	19.7	20	18	16.6	25	
4	OFF	39.8	28.9	25.9	21.6	20.3	19.7	18.1	16.6	25	
5	OFF	34.9	24.7	22.6	19.6	18.3	18.9	18.2	16.6	25	
6	OFF	40.1	29.4	25.2	20.7	19.4	19.7	18.3	16.6	25	
7	OFF	35.1	28.3	24.5	20.7	19.6	18.2	18	16.7	25	
8	OFF	35.4	24.9	22.6	19	17.8	17.9	18.4	16.4	25	
9	OFF	39.6	26.7	23.9	26.4	23.3	21.1	18.6	16.8	25	
10	OFF	37.3	27.2	23.2	23.7	18.7	18.3	17.9	16.6	25	
11	OFF	38.9	28.2	22.8	18.6	18.9	17.8	17.7	16.4	25	
12	OFF	41.4	28.1	23.1	20.2	19	18.8	18.3	16.8	25	

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系

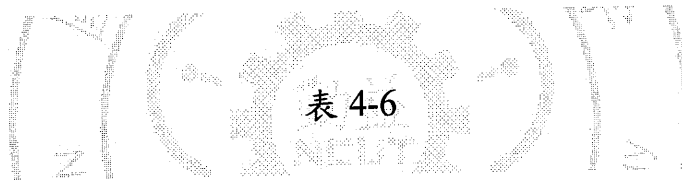


表 4-6

空調系統啟動後噪音值(改善前)

點位	空調條件	八度音頻(Hz)								NC 值	備註
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
1	ON	57.9	40.6	37.2	33.6	32.3	28.6	23.4	18.1	35	
2	ON	57.2	43.2	35.1	32.5	28.7	25.5	20.2	17	35	
3	ON	57.7	44.2	35.7	32.4	29.2	25.4	20.6	17	35	
4	ON	57.8	46.3	37.5	33.7	32	28	21.8	17.4	35	
5	ON	57.6	44.8	37.2	35.3	35	31.8	24.1	19.1	35	
6	ON	57.5	44.8	40.9	39.1	36.7	34.1	26.1	18.8	40	
7	ON	63.2	50.5	37.9	33.5	31	27.6	21	17.1	40	
8	ON	60.4	44.8	37.7	35.4	31.6	28.3	21.2	17	40	
9	ON	57.1	44.8	41.5	40	37.9	38.8	35.2	33	40	
10	ON	57.2	43.5	34.9	32.5	29.7	29.7	22.1	17.6	35	
11	ON	60.2	42.4	35.5	33	31.3	29.2	21	17.5	40	
12	ON	57	44.3	39.5	36.8	27.7	29.4	21.6	17.6	40	

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系

表 4-7

背景噪音值(改善後-空調系統未開啟)

測量點	空調條件	八度音頻(Hz)								NC 值	備註
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
1	OFF	36.2	30.2	27	21.2	18.8	18.1	18.2	16.8	22	
2	OFF	37.7	28.7	23.5	18.9	18.1	17.7	17.8	16.5	21	
3	OFF	36.7	29.6	25.4	22.2	19.9	18.6	17.9	16.6	21	
4	OFF	39.1	30	24.2	20	17.6	17.8	17.8	16.6	21	
5	OFF	36.6	34.5	24	18.3	17.1	17.6	17.8	16.6	21	
6	OFF	35.6	27.1	21.1	17.7	17.4	17.6	17.7	16.5	21	
7	OFF	37	33.2	27.2	21.7	18.6	18.4	18	16.7	21	
8	OFF	36.9	29.5	23.8	18.8	17.7	18.2	18.1	16.7	22	
9	OFF	35.9	27.1	22.8	18.7	17.6	18	18.3	16.6	22	
10	OFF	39.8	33.3	27	21.1	22	28.6	17.8	16.4	21	
11	OFF	38.8	30.3	22.4	19.6	18.8	18.4	18.3	17.3	22	
12	OFF	38.1	28.8	23.1	18.9	18.1	18.7	18.3	16.8	22	
舞台	OFF	40.2	32.5	27.7	22.3	19.4	19.1	18.8	17.3	22	

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系

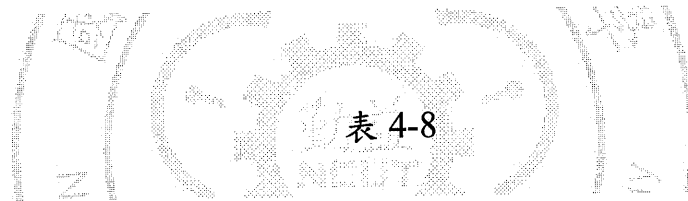


表 4-8

空調系統啟動後噪音值(改善後)

測量點	空調條件	八度音頻(Hz)								NC 值	備註
		63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
1	ON	49.7	43.3	37.9	32.6	28.3	25	19.8	16.6	27	
2	ON	47.8	40.6	35.7	31.5	29.3	24.7	20.2	17.3	28	
3	ON	47.2	40.1	34.3	29.9	26.1	21.1	23.7	17.5	27	
4	ON	48.2	41.4	36.4	31.4	27.9	24.8	20.7	17.2	27	
5	ON	47.2	40.2	35.8	32.1	28.6	24.4	19.6	16.9	27	
6	ON	47.9	39.8	34.4	30.6	28.2	23.3	20.7	17.7	27	
7	ON	48.2	41.8	36.6	31.3	27.2	24.2	19	16.4	26	
8	ON	48.4	40.6	36.2	31.8	27.5	24.4	19.8	17	26	
9	ON	46.5	40.4	35.3	31.7	28.4	23.9	18.6	16.4	27	
10	ON	44.7	39.5	35.8	29.8	26.5	23.8	18.9	16.6	25	
11	ON	46.5	38.2	33.8	28.7	24.9	23.2	19	16.7	25	
12	ON	45.9	38.8	34.2	28.2	23.4	21.3	18.1	13.2	23	
舞台	ON	48.8	41.5	37	31.8	28.3	25.9	24.8	18.9	28	

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系



### 4-3 利用 CO<sub>2</sub> 濃度控制節能效益結果與討論

演藝廳空調系統經改善後使用結果，在室內溫度感測器的感測溫度變化與 CO<sub>2</sub> 控制之情形可歸納如下：

由圖 4-2、圖 4-4 中發現如果室內人數達 600 人以上，室內 CO<sub>2</sub> 濃度曲線中可發現未開機時室內 CO<sub>2</sub> 濃度為 352ppm~429ppm，當進入演藝廳人員達一定人數時室內 CO<sub>2</sub> 值上升相當快速上升至 600ppm 以上進排氣風機的運轉頻率由原來 40 HZ 升至 60 HZ 加強新鮮空氣的進入與污濁空氣排出，在圖中也可發現 CO<sub>2</sub> 濃度因進排風的頻率控制得以讓 CO<sub>2</sub> 濃度不至過高，讓室內觀眾獲得良好的空氣品質，因本研究之演藝廳現場舞台為非密閉式後台只有布幕隔絕外部區域，故室內 CO<sub>2</sub> 濃度值會在表演的隔天恢復至與外氣 CO<sub>2</sub> 同樣的濃度值。

由圖 4-3、圖 4-5 室內溫度控制偵測器溫度的顯示記錄上可看出經過工程修改後各溫度點溫差在 2°C 以內，不會因座位位置在一樓或三樓而溫度落差過大，讓觀眾有不舒服的感覺。

由圖 4-3、圖 4-5、圖 4-7、圖 4-9 室內溫度控制偵測器溫度的顯示記錄上與冰水閥開度的變化情形，可看出當外氣溫度低演藝廳人數少時，空調系統可利用進排風機循環換氣維持室內溫度，在圖 4-7、圖 4-9 空調箱冰水閥開度幾乎為零。不須開冰水主機即可維持室內負載，且進排風機也在低載下運轉如此控制，可以減少能源的浪費及有效利用

引進外氣方式解決空調需求是一個最佳的空調運轉模式。



AHU-2 2010/12/05

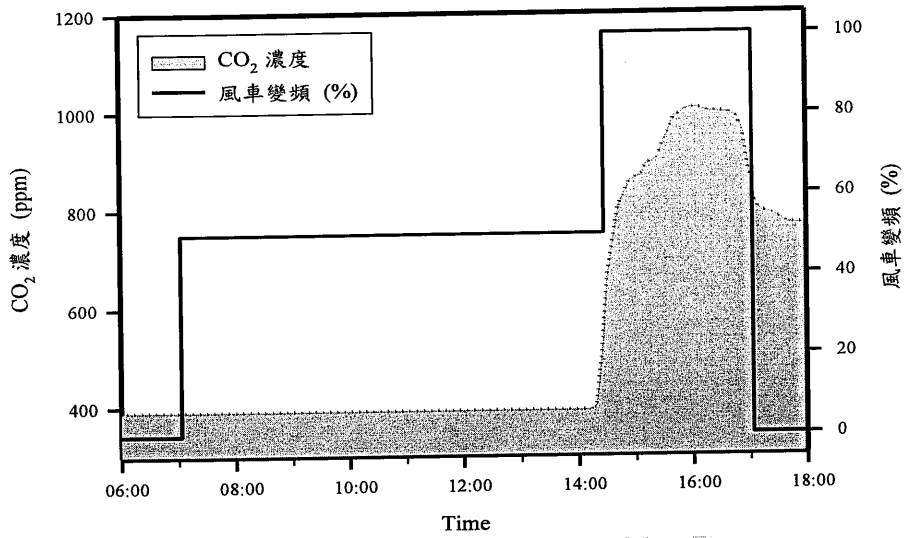


圖 4-2 AHU-2 CO<sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化

AHU-2 2010/12/05

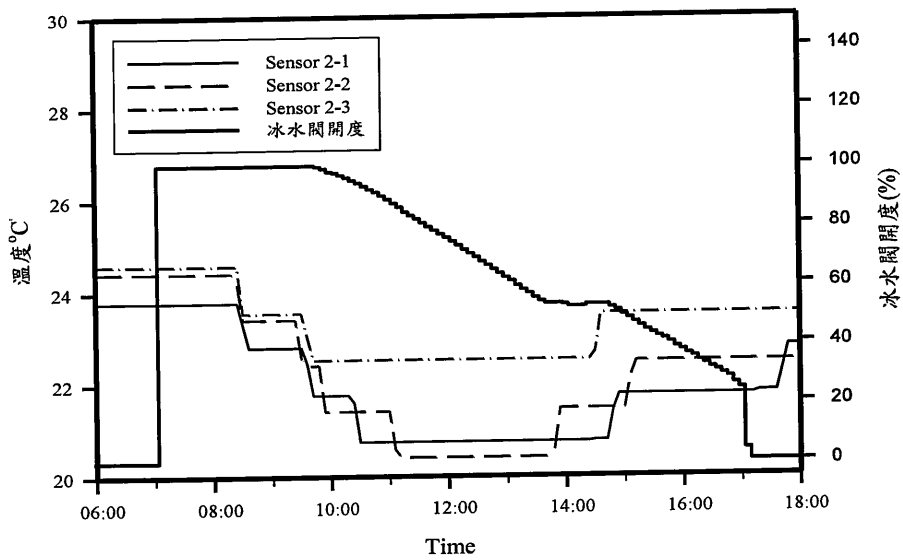


圖 4-3 AHU-2 室內溫度感測點與冰水閥變化

AHU-3 2010/12/05

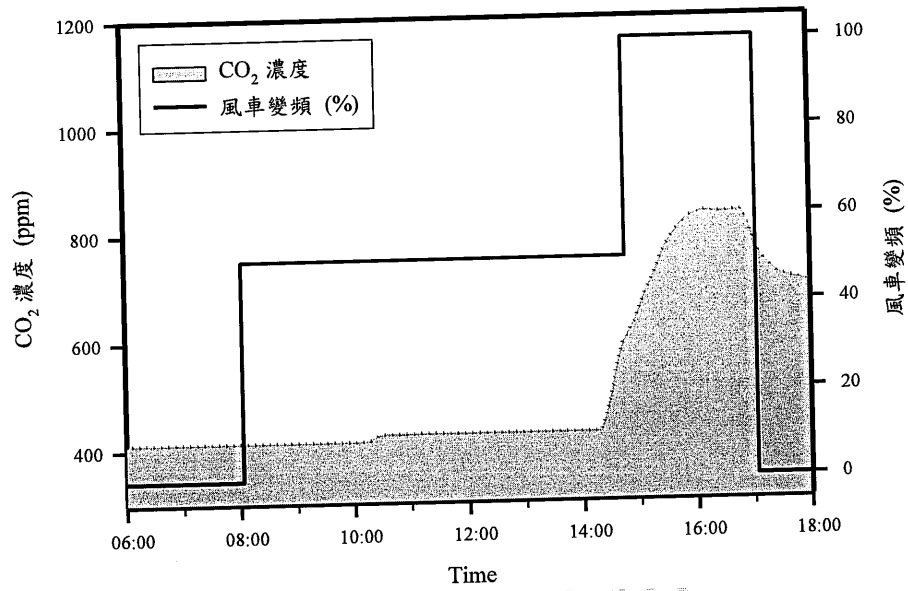


圖 4-4 AHU-3 CO<sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化

AHU-3 2010/12/05

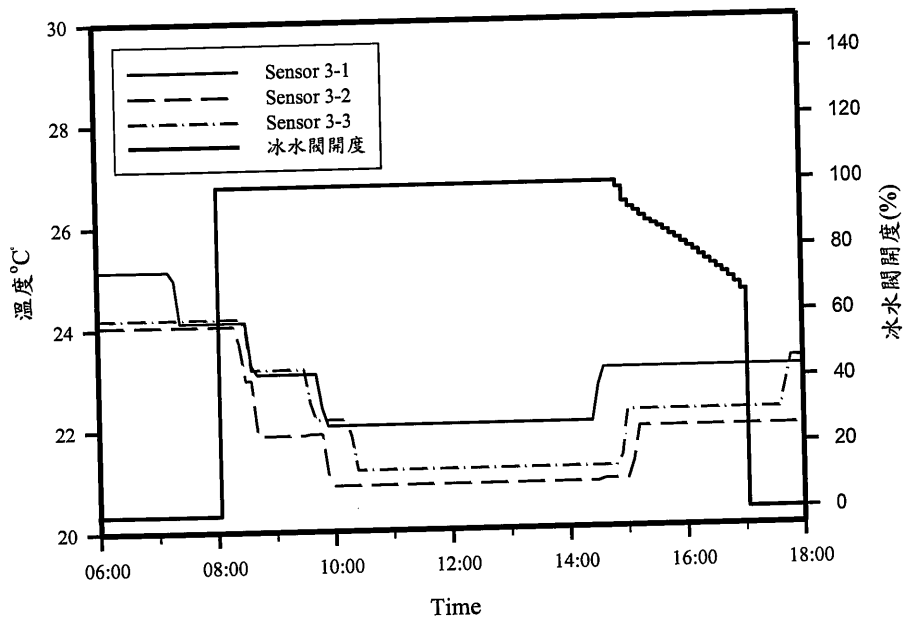


圖 4-5 AHU-3 室內溫度感測點與冰水閥變化

AHU-2 2010/12/11

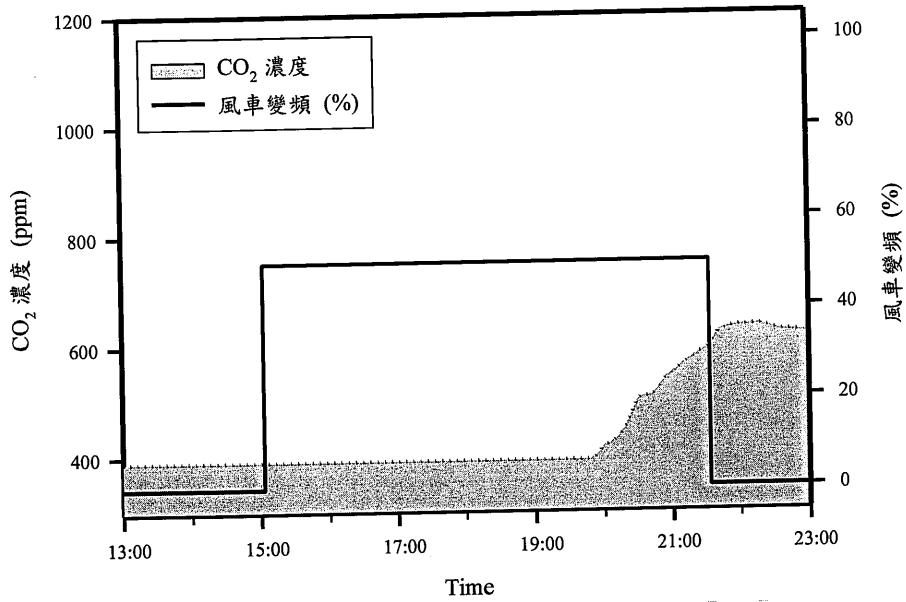


圖 4-6 AHU-2 CO<sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化

AHU-2 2010/12/11

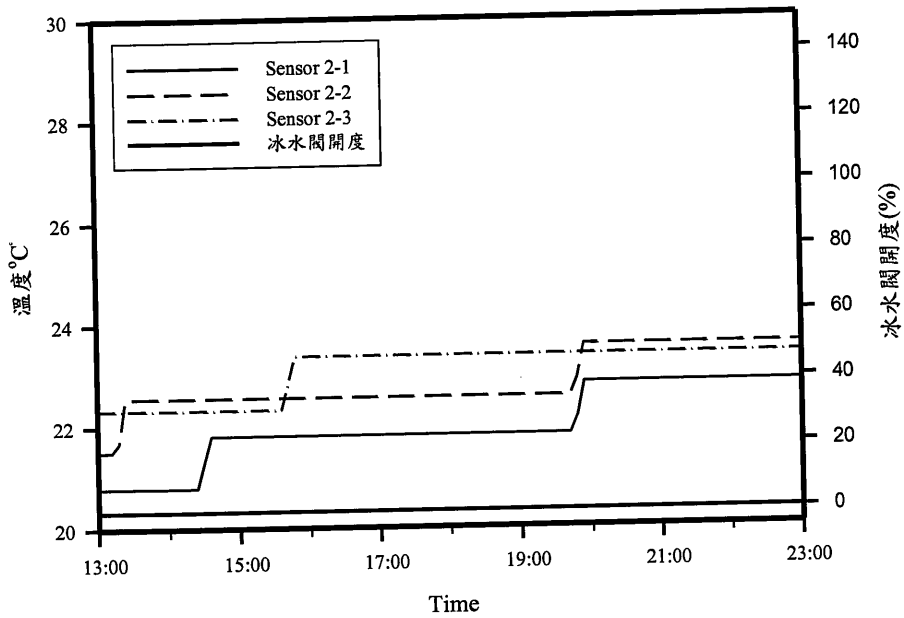


圖 4-7 AHU-2 室內溫度感測點與冰水閥變化

AHU-3 2010/12/11

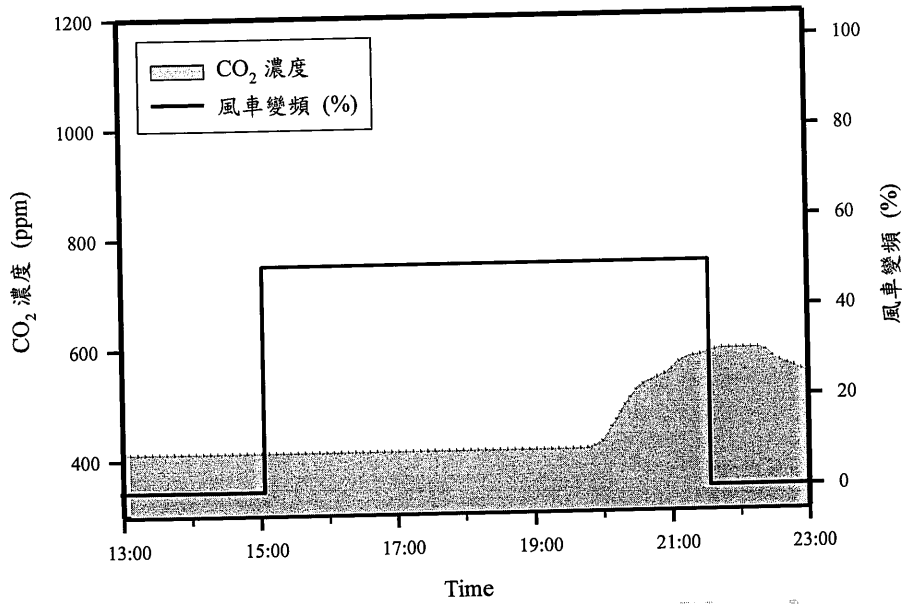


圖 4-8 AHU-3 CO<sub>2</sub> 濃度變化與風機變頻變化

AHU-3 2010/12/11

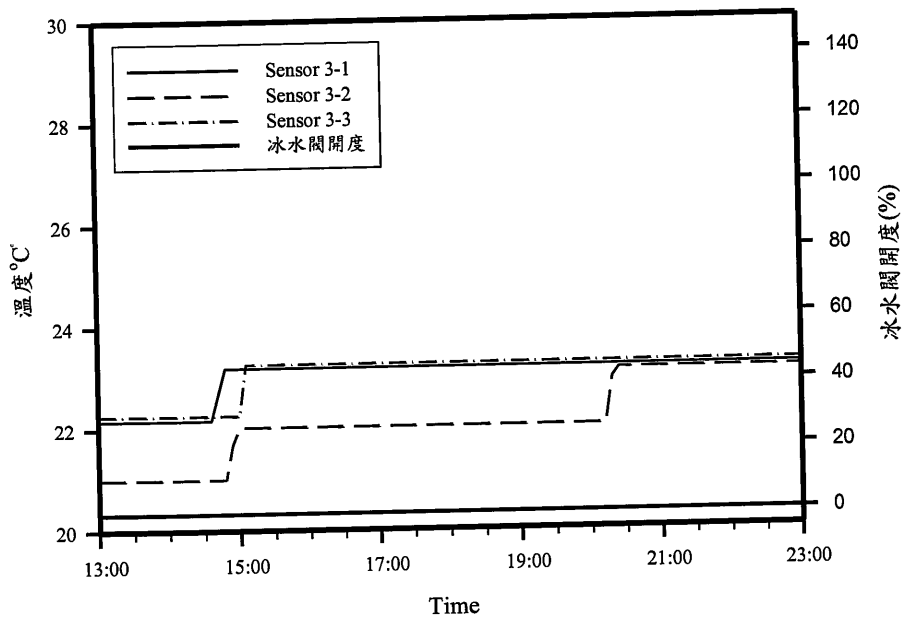


圖 4-9 AHU-3 室內溫度感測點與冰水閥變化

## 第五章 結論與建議

### 5-1 結論

本研究主要探討多功能演藝廳空調系統在經改善後比較如表 5-1，採用高 COP 冰水主機搭配一次側變流量冰水變頻泵、冰水系統改為二通閥控制、觀眾席空調改為座位下方出風、外氣送排風機運轉改善室內空氣品質，並更改溫控為現場六點溫度感測控制及中央監控控制，並利用預先時序之排定可定時控制運轉或停止，達成隨時改變監控系統運轉及空調系統運轉之切換，但要知道空調系統雖然已使用高效率之冰水主機，若無合理的運轉模式設定，仍然是相當耗能的。

文中以多功能演藝廳案例進行探討，藉由實際中央監控之時序切換控制主機運轉及 CO<sub>2</sub> 濃度控制，以驗證節能結果；此外針對利用空調系統運轉之切換管理以達成最佳化之節能效果。故空調系統節能不可只依賴高 COP 之主機，而忽略適當之系統管理，經由此案列研究探討，以期能更經濟合理的使用空調系統，達到最具經濟效益之運轉模式。因此在做每項舊有工程改善應評估系統修改後之節能效益及最佳化使用情形，如此將可為降低排碳量及減低地球溫室效應而有所貢獻。

表 5-1 演藝廳工程改善前後比較表

改善項目	改善前	改善後
冰水主機	離心式冰水機 209RT×2 台 經量測耗電 0.95kW/RT	變頻離心式冰水機 300RT×1 台 經量測耗電 0.69kW/RT 雙壓螺旋式冰水機 200RT×1 台 經量測耗電 0.71kW/RT
環境噪音	空調系統經量測噪音值 NC-35~40 (驗收標準 NC-30)	空調系統經量測噪音值 NC-23~28 (驗收標準 NC-30)
室內溫度控制	室內溫度控制不良 1F、3F 觀眾席溫差 3°C 以上，且夏天室內溫度在 26°C 以上。	風管系統修改後，室內溫度控制 1F、3F 觀眾席溫差 2°C 內，且夏天室內溫度可控制在 22°C。
室內 CO <sub>2</sub> 控制	送、排風機無節能措施，且全載運轉。	送、排風機，利用 CO <sub>2</sub> 控制來節約耗電。
中央監控系統	以人工操作，無法有效管控空調系統耗電。	集中管理並以時程控制，有效管控空調系統耗電。



## 5-2 建議

本研究探討之多功能演藝廳，因受限於舊有建物及既設內部裝修無法全面拆除更新，故無法將舊有風管系統有效並全面的更換，因而造成現場風量調整不易。CO<sub>2</sub> 濃度控制部分之 CO<sub>2</sub> 感測器安裝位置，目前為配合現場安全考量，安裝於地板上約 2m 之牆面位置，但如考量 CO<sub>2</sub> 與空氣比重比為 1.517，應可適度調整至較低且較接近觀眾席之感測位置，那麼應可得到較準確之現場 CO<sub>2</sub> 濃度控制。於秋冬季節只運轉較小噸數之 200RT 冰水主機系統，一次變流量 300RT 離心式冰水主機系統，僅於夏季高空調負荷時啟動運轉，故夏季負載較大變化情況下之主機部份負載 IPLV 之耗能分析及研究如於夏季進行探討，那麼本研究之效能改善的節能績效將更為可觀。

## 參考文獻

- [1]. 工業技術研究院能源環境研究所，『空調系統能源查核與節約能源案例手冊』，2006。
- [2]. 蔡尤溪、卓紘斌，『空調泵變流量管路設計參數之節能電腦模擬分析』，中華水電冷凍空調雜誌，2008.09。
- [3]. 蔡尤溪、陳森煌，『以現場實用測量結果作冰水主機部分負載之性能分析』，國立台北科技大學冷凍空調工程研究所論文，2001.06。
- [4]. 張永宗、林家田、林瑞昆，『冰水主機最佳排序』，冷凍與空調，第17期，2002。
- [5]. F. W. Yu, K. T. Chan, Modelling of improved energy performance of air-cooled chillers with mist pre-cooling, International Journal of Thermal Sciences, Vol. 48, pp. 825-836, 2009.
- [6]. 楊冠雄、吳衍嘉，『大型圖書館建築之空調節能改善分析與全尺度實驗印證』，國立中山大學機械與機電工程研究所論文，2005.06。
- [7]. 楊冠雄、梁正穎，『建築耗能系統節能改善策略分析與應用』，國立中山大學機械與機電工程研究所論文，2008。
- [8]. 王輔仁、張明輝、高健雄，『利用網路即時監控改善空調系統

耗能效率之案例分析』，中華水電冷凍空調雜誌，2009.

[ 9 ] .K. W. Roth, D. Westphalen, J. Brodrick, Saving energy with building commissioning, ASHRAE Journal, Vol. 45, pp. 65-66, 2003.

[ 10 ] .王如竹、丁國良，『最新 制冷空調技術』，科學出版社，pp382-p405，2003.08。

[ 11 ] .板本守正 編著，『空調設備的消音設計』，中華水電空調雜誌社出版，1998.03。

[ 12 ] .室內空氣品質建議值，中華民國 94 年 12 月 30 日行政院環境保護署環署空字第 0940106804 號。

[ 13 ] .徐廷珪，『空調系統中的噪音及振動防制』，環協工程顧問有限公司，機電現場技術月刊第 12 期，2004.06。

[ 14 ] CNS 12575, B4072- 『容積式冰水機組』，經濟部標準檢驗局，2007。

[ 15 ] ASHRAE Guideline 14-2002- 『汰換冰水機節能績效量測與驗證方法』，財團法人台灣綠色生產力基金會 節約能源中心，2006.11。

[ 16 ] ARI Standard 550/590-“Performance Rating Of Water- chilling packages using the vapor compression cycle”，2003

## 附錄:

### 測試資料(主機連續量測值)

#### 冰水主機性能檢測(改善前)

12:46:02	10.08	13.24	3.16	2610.00	204.0354	186.65	575.41	163.64	1.14
12:46:12	9.41	13.08	3.67	2612.00	204.5538	186.09	668.79	190.20	0.98
12:46:22	9.32	12.36	3.04	2606.00	205.0708	186.09	552.71	157.19	1.18
12:46:32	9.82	12.69	2.87	2585.00	205.5877	186.09	517.60	147.20	1.26
12:46:42	9.33	12.30	2.97	2598.00	206.1046	185.54	538.33	153.10	1.21
12:46:52	9.92	12.87	2.95	2596.00	206.6200	185.54	534.29	151.95	1.22
12:47:02	9.47	12.62	3.15	2601.00	207.1354	185.54	571.62	162.56	1.14
12:47:12	9.51	13.39	3.88	2598.00	207.6508	185.54	703.27	200.00	0.93
12:47:22	9.27	12.67	3.40	2596.00	208.1662	184.98	615.80	175.13	1.06
12:47:32	9.33	13.12	3.79	2584.00	208.6800	184.98	683.26	194.31	0.95
12:47:42	9.11	12.84	3.73	2583.00	209.1938	185.54	672.18	191.16	0.97
12:47:52	9.93	13.04	3.11	2574.00	209.7092	185.54	558.50	158.83	1.17
12:48:02	9.65	12.65	3.00	2569.00	210.2246	185.54	537.70	152.92	1.21
12:48:12	9.50	13.05	3.55	2573.00	210.7400	185.54	637.27	181.23	1.02
12:48:22	9.13	12.56	3.43	2568.00	211.2554	185.54	614.53	174.77	1.06
12:48:32	10.14	13.04	2.90	2574.00	211.7708	185.54	520.79	148.11	1.25
12:48:42	10.10	13.06	2.96	2580.00	212.2862	184.98	532.80	151.52	1.22
12:48:52	9.33	13.04	3.71	2599.00	212.8000	186.09	672.72	191.32	0.97
12:49:02	9.97	13.16	3.19	2589.00	213.3169	185.54	576.20	163.87	1.13
12:49:12	9.11	12.57	3.46	2577.00	213.8323	185.54	622.08	176.91	1.05
12:49:22	9.97	12.81	2.84	2574.00	214.3477	185.54	510.01	145.04	1.28
12:49:32	9.94	12.76	2.82	2568.00	214.8631	185.54	505.24	143.69	1.29
12:49:42	9.71	12.69	2.98	2576.00	215.3785	184.98	535.57	152.31	1.21
12:49:52	9.11	12.47	3.36	2574.00	215.8923	184.98	603.39	171.60	1.08
12:50:02	10.19	13.86	3.67	2571.00	216.4062	184.98	658.30	187.21	0.99
12:50:12	10.00	13.52	3.52	2574.00	216.9200	185.54	632.13	179.77	1.03
12:50:22	9.83	13.53	3.70	2578.00	217.4354	186.09	665.48	189.26	0.98
12:50:32	9.12	12.73	3.61	2583.00	217.9523	186.09	650.56	185.01	1.01
12:50:42	9.32	12.89	3.57	2593.00	218.4692	186.09	645.84	183.67	1.01
12:50:52	8.85	12.07	3.22	2599.00	218.9862	185.54	583.87	166.05	1.12
12:51:02	10.01	12.98	2.97	2590.00	219.5015	185.54	536.67	152.63	1.22
12:51:12	9.83	12.62	2.79	2589.00	220.0169	186.09	503.95	143.32	1.30
12:51:22	9.51	12.49	2.98	2568.00	220.5338	185.54	533.91	151.84	1.22
12:51:32	9.78	13.25	3.47	2580.00	221.0492	184.98	624.60	177.63	1.04
12:51:42	10.03	13.54	3.51	2578.00	221.5631	184.98	631.31	179.54	1.03
12:51:52	9.51	12.88	3.37	2593.00	222.0769	184.98	609.66	173.38	1.07
12:52:02	9.93	12.86	2.93	2574.00	222.5908	185.54	526.17	149.64	1.24
12:52:12	9.26	12.62	3.36	2600.00	223.1062	184.43	609.49	173.33	1.06
12:52:22	10.11	13.25	3.14	2610.00	223.6185	184.98	571.77	162.61	1.14
12:52:32	9.56	12.53	2.97	2607.00	224.1323	184.98	540.19	153.63	1.20
12:52:42	8.92	12.62	3.70	2568.00	224.6462	183.88	662.90	188.52	0.98
12:52:52	8.67	11.82	3.15	2577.00	225.1569	184.43	566.34	161.06	1.15
12:53:02	8.23	11.71	3.48	2580.00	225.6692	184.98	626.40	178.14	1.04
12:53:12	8.93	12.71	3.78	2594.00	226.1831	184.43	684.09	194.55	0.95
12:53:22	9.02	12.25	3.23	2584.00	226.6954	184.43	582.30	165.60	1.11
12:53:32	9.96	13.28	3.32	2594.00	227.2077	184.43	600.84	170.87	1.08
12:53:42	9.30	12.11	2.81	2589.00	227.7200	184.43	507.56	144.35	1.28
12:53:52	10.05	12.89	2.84	2599.00	228.2323	184.43	514.96	146.45	1.26
12:54:02	10.11	12.88	2.77	2593.00	228.7446	184.98	501.11	142.51	1.30
12:54:12	9.98	13.31	3.33	2571.00	229.2585	184.43	597.31	169.87	1.09
12:54:22	9.97	13.18	3.21	2568.00	229.7708	184.43	575.11	163.56	1.13
12:54:32	9.53	12.93	3.40	2576.00	230.2831	184.98	611.05	173.78	1.06
12:54:42	8.32	12.17	3.85	2573.00	230.7969	184.43	691.12	196.55	0.94
12:54:52	9.87	12.85	2.98	2594.00	231.3092	183.88	539.31	153.38	1.20
12:55:02	8.62	12.04	3.42	2580.00	231.8200	183.88	615.60	175.07	1.05

12:55:12	9.53	12.53	3.00	2600.00	232.3308	183.88	544.19	154.76	1.19
12:55:22	8.31	11.58	3.27	2594.00	232.8415	183.88	591.79	168.30	1.09
12:55:32	9.47	12.66	3.19	2583.00	233.3523	183.88	574.87	163.49	1.12
12:55:42	8.23	11.73	3.50	2599.00	233.8631	183.88	634.64	180.49	1.02
12:55:52	9.81	12.74	2.93	2600.00	234.3738	183.88	531.49	151.15	1.22
12:56:02	8.53	11.81	3.28	2611.00	234.8846	183.32	597.49	169.92	1.08
12:56:12	9.43	12.47	3.04	2607.00	235.3938	183.32	552.93	157.25	1.17
12:56:22	9.88	13.19	3.31	2574.00	235.9031	184.43	594.41	169.05	1.09
12:56:32	8.93	12.19	3.26	2576.00	236.4154	184.43	585.89	166.62	1.11
12:56:42	9.69	12.66	2.97	2573.00	236.9277	184.43	533.15	151.62	1.22
12:56:52	9.58	12.75	3.17	2577.00	237.4400	184.43	569.94	162.09	1.14
12:57:02	9.39	12.60	3.21	2580.00	237.9523	184.98	577.80	164.32	1.13
12:57:12	8.98	12.15	3.17	2589.00	238.4662	184.98	572.59	162.84	1.14
12:57:22	9.86	12.76	2.90	2600.00	238.9800	186.65	526.05	149.60	1.25
12:57:32	9.78	12.82	3.04	2574.00	239.4985	185.54	545.93	155.26	1.20
12:57:42	9.72	12.79	3.07	2578.00	240.0138	184.98	552.17	157.03	1.18
12:57:52	8.53	11.69	3.16	2593.00	240.5277	184.98	571.67	162.58	1.14
12:58:02	9.23	12.75	3.52	2599.00	241.0415	184.98	638.27	181.52	1.02
12:58:12	8.73	11.63	2.90	2600.00	241.5554	185.54	526.05	149.60	1.24
12:58:22	9.36	12.72	3.36	2611.00	242.0708	186.09	612.07	174.07	1.07
12:58:32	8.86	12.12	3.26	2607.00	242.5877	185.54	592.94	168.63	1.10
12:58:42	10.14	13.13	2.99	2580.00	243.1031	185.54	538.20	153.06	1.21
12:58:52	10.08	12.97	2.89	2594.00	243.6185	185.54	523.02	148.74	1.25
12:59:02	9.46	12.93	3.47	2594.00	244.1338	186.09	627.99	178.59	1.04
12:59:12	10.13	13.47	3.34	2576.00	244.6508	185.54	600.27	170.71	1.09
12:59:22	9.32	12.50	3.18	2580.00	245.1662	184.98	572.40	162.79	1.14
12:59:32	9.03	12.25	3.22	2574.00	245.6800	185.54	578.25	164.45	1.13
12:59:42	8.11	11.63	3.52	2583.00	246.1954	185.54	634.34	180.40	1.03
12:59:52	10.05	12.87	2.82	2584.00	246.7108	185.54	508.39	144.58	1.28
13:00:02	9.23	12.75	3.52	2590.00	247.2262	185.54	636.06	180.89	1.03
13:00:12	9.75	12.76	3.01	2600.00	247.7415	185.54	546.00	155.28	1.19
13:00:22	8.98	12.24	3.26	2576.00	248.2569	186.09	585.89	166.62	1.12
13:00:32	9.53	12.21	2.68	2574.00	248.7738	187.75	481.28	136.87	1.37
13:00:42	10.03	13.46	3.43	2578.00	249.2954	187.20	616.92	175.45	1.07
13:00:52	10.08	13.37	3.29	2583.00	249.8154	186.65	592.89	168.61	1.11
13:01:02	9.32	12.62	3.30	2593.00	250.3338	187.20	596.99	169.78	1.10
13:01:12	9.13	12.29	3.16	2568.00	250.8538	186.65	566.15	161.01	1.16
13:01:22	9.93	12.79	2.86	2570.00	251.3723	186.09	512.80	145.84	1.28
13:01:32	9.63	13.18	3.55	2580.00	251.8892	186.65	639.00	181.73	1.03
13:01:42	8.91	12.36	3.45	2611.00	252.4077	186.65	628.46	178.73	1.04
13:01:52	9.33	12.60	3.27	2610.00	252.9262	186.65	595.44	169.34	1.10
13:02:02	8.56	11.86	3.30	2607.00	253.4446	186.65	600.22	170.70	1.09
13:02:12	9.61	12.67	3.06	2599.00	253.9631	187.20	554.86	157.80	1.19
13:02:22	8.93	12.31	3.38	2600.00	254.4831	187.20	613.12	174.37	1.07
13:02:32	10.03	13.66	3.63	2583.00	255.0031	188.31	654.16	186.04	1.01
13:02:42	9.43	12.39	2.96	2587.00	255.5262	187.20	534.25	151.93	1.23
13:02:52	8.85	12.02	3.17	2574.00	256.0462	187.75	569.27	161.90	1.16
13:03:02	10.35	13.98	3.63	2580.00	256.5677	187.75	653.40	185.82	1.01
13:03:12	9.25	12.82	3.57	2568.00	257.0892	187.20	639.61	181.90	1.03
13:03:22	10.04	13.25	3.21	2589.00	257.6092	187.20	579.82	164.89	1.14
13:03:32	9.76	13.08	3.32	2599.00	258.1292	186.65	602.00	171.20	1.09
13:03:42	9.22	12.84	3.62	2594.00	258.6477	186.65	655.14	186.32	1.00
13:03:52	10.06	13.14	3.08	2584.00	259.1662	186.65	555.26	157.91	1.18
13:04:02	9.64	13.34	3.70	2580.00	259.6846	186.65	666.00	189.40	0.99
13:04:12	10.02	13.50	3.48	2577.00	260.2031	186.09	625.67	177.94	1.05

13:04:22	9.34	13.16	3.82	2568.00	260.7200	185.54	684.40	194.64	0.95
13:04:32	8.76	12.36	3.60	2580.00	261.2354	187.20	648.00	184.29	1.02
13:04:42	9.25	12.84	3.59	2574.00	261.7554	186.65	644.70	183.35	1.02
13:04:52	9.11	12.34	3.23	2578.00	262.2738	186.65	580.95	165.22	1.13
13:05:02	9.24	12.85	3.61	2583.00	262.7923	186.65	650.56	185.01	1.01
13:05:12	9.49	12.99	3.50	2600.00	263.3108	186.09	634.88	180.56	1.03
13:05:22	8.86	12.69	3.83	2604.00	263.8277	186.09	695.81	197.88	0.94
13:05:32	10.09	13.19	3.10	2607.00	264.3446	186.09	563.84	160.35	1.16
13:05:42	9.81	13.36	3.55	2611.00	264.8615	186.65	646.68	183.91	1.01
13:05:52	9.34	12.84	3.50	2583.00	265.3800	187.20	630.73	179.38	1.04
13:06:02	10.05	13.79	3.74	2575.00	265.9000	186.65	671.90	191.08	0.98
13:06:12	9.05	12.19	3.14	2576.00	266.4185	187.75	564.32	160.49	1.17
13:06:22	8.53	12.32	3.79	2574.00	266.9400	186.65	680.61	193.56	0.96
13:06:32	9.64	13.05	3.41	2615.00	267.4585	186.65	622.13	176.93	1.05
13:06:42	10.04	13.09	3.05	2613.00	267.9769	185.54	556.02	158.13	1.17
13:06:52	9.11	12.84	3.73	2617.00	268.4923	187.20	681.03	193.68	0.97
13:07:02	8.32	12.13	3.81	2604.00	269.0123	186.65	692.18	196.85	0.95
13:07:12	9.67	12.68	3.01	2611.00	269.5308	186.65	548.31	155.93	1.20
13:07:22	8.56	12.22	3.66	2610.00	270.0492	186.65	666.46	189.54	0.98
13:07:32	9.33	12.91	3.58	2592.00	270.5677	185.75	647.40	184.11	1.01

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系



### 300RT 冰水主機檢測報表

時間	冰水出水溫度 (°C)	冰水入水溫度 (°C)	冰水溫差 (°C)	冰水流量 (LPM)	功率 (kW)	累積耗電量 (kWh)	主機性能 (RT)	性能效率 (kW/RT)
10:08 AM	7.88	12.68	4.80	2987	214.0	0	284.4	0.75
10:09 AM	7.47	12.64	5.17	2951	195.5	3564	302.5	0.65
10:10 AM	7.80	12.28	4.48	2901	199.8	7128	257.9	0.77
10:11 AM	7.60	12.57	4.98	2811	212.0	10692	277.6	0.76
10:12 AM	7.24	12.41	5.18	2931	210.3	14256	301.2	0.70
10:13 AM	7.58	12.65	5.07	2976	214.5	17823	299.3	0.72
10:14 AM	7.15	12.64	5.49	2796	212.3	21388	304.7	0.70
10:15 AM	7.47	12.12	4.65	2959	198.6	24954	272.8	0.73
10:16 AM	7.10	12.33	5.23	2828	211.1	28519	293.7	0.72
10:17 AM	7.02	12.88	5.87	2827	208.5	32085	329.0	0.63
10:18 AM	7.54	12.50	4.96	2988	211.2	35622	294.1	0.72
10:19 AM	7.63	12.32	4.70	2958	211.2	39160	275.6	0.77
10:20 AM	7.64	12.89	5.25	2830	201.2	42697	295.0	0.68
10:21 AM	7.13	12.42	5.29	2941	195.7	46235	308.6	0.63
10:22 AM	7.30	12.81	5.51	2966	204.2	49772	324.2	0.63
10:23 AM	7.48	12.53	5.05	2987	213.9	53410	299.3	0.71
10:24 AM	7.60	12.43	4.83	2929	211.8	56981	280.8	0.75
10:25 AM	7.47	12.65	5.19	2974	195.7	60569	306.2	0.64
10:26 AM	7.10	12.02	4.93	2857	201.9	64157	279.4	0.72
10:27 AM	7.48	12.02	4.53	2922	195.9	67744	262.8	0.75
10:28 AM	7.60	12.45	4.85	2977	200.3	71192	286.4	0.70
10:29 AM	7.13	12.10	4.97	2829	198.6	74733	279.2	0.71
10:30 AM	7.48	12.02	4.54	2922	195.7	78251	263.4	0.74
10:31 AM	7.29	12.84	5.55	2982	209.7	81769	328.4	0.64
10:32 AM	7.59	13.01	5.41	2795	213.2	85286	300.1	0.71
10:33 AM	7.47	12.53	5.06	2978	212.9	88999	299.0	0.71
10:34 AM	7.13	12.64	5.51	2829	195.9	92582	309.1	0.63
10:35 AM	7.40	12.28	4.89	2983	201.9	96197	289.2	0.70
10:36 AM	7.21	12.60	5.39	2787	212.4	99812	298.2	0.71
10:37 AM	7.45	12.61	5.16	2964	201.9	103427	303.2	0.67
10:38 AM	7.52	12.45	4.93	2980	214.3	106819	291.4	0.74
10:39 AM	7.51	12.15	4.64	2907	209.8	110360	267.5	0.78
10:40 AM	7.46	12.47	5.02	2917	198.0	113863	290.3	0.68
10:41 AM	7.43	12.50	5.07	2849	201.7	117367	286.6	0.70
10:42 AM	7.51	12.76	5.26	2866	201.5	120870	299.1	0.67
10:43 AM	7.43	12.32	4.89	2981	201.9	124634	289.2	0.70
10:44 AM	7.35	12.28	4.93	2966	200.2	128224	290.1	0.69
10:45 AM	7.84	12.56	4.72	2906	198.7	131858	271.9	0.73
10:46 AM	7.20	12.52	5.32	2887	201.7	135492	304.7	0.66
10:47 AM	7.55	12.41	4.86	2932	195.2	139125	282.9	0.69
10:48 AM	7.40	12.43	5.03	2982	196.2	142498	297.6	0.66
10:49 AM	7.43	12.77	5.34	2862	197.0	146045	303.2	0.65
10:50 AM	7.38	12.39	5.01	2920	198.9	149548	290.1	0.69
10:51 AM	7.17	12.24	5.07	2892	210.4	153051	291.1	0.72
10:52 AM	7.57	12.59	5.02	2851	195.2	156554	283.8	0.69
10:53 AM	7.32	12.32	5.00	2980	195.7	160457	295.6	0.66
10:54 AM	7.23	12.47	5.24	2942	209.9	164093	305.7	0.69

10:55 AM	7.35	12.23	4.88	2907	198.6	167796	281.3	0.71
10:56 AM	7.48	12.34	4.86	2807	214.4	171499	270.7	0.79
10:57 AM	7.34	12.62	5.28	2822	201.8	175203	295.6	0.68
10:58 AM	7.27	12.21	4.94	2984	195.7	178418	292.5	0.67
10:59 AM	7.24	12.48	5.23	2853	203.7	181959	296.1	0.69
11:00 AM	7.49	12.25	4.76	2949	214.3	185418	278.5	0.77
11:01 AM	7.55	12.45	4.90	2958	199.8	188877	287.6	0.69
11:02 AM	7.02	12.07	5.04	2849	201.3	192336	285.2	0.71
11:03 AM	7.50	12.51	5.01	2985	214.2	196375	296.8	0.72
11:04 AM	7.59	12.36	4.77	2958	195.7	200027	280.0	0.70
11:05 AM	7.34	11.96	4.62	2932	196.9	203776	268.7	0.73
11:06 AM	7.38	12.49	5.12	2979	195.1	207525	302.5	0.65
11:07 AM	7.21	12.59	5.39	2779	200.5	211274	297.0	0.68
11:08 AM	7.46	12.46	5.00	2988	200.2	214331	296.4	0.68
11:09 AM	7.36	12.93	5.57	2886	198.2	217849	319.0	0.62
11:10 AM	7.48	12.84	5.36	2899	195.6	221252	308.2	0.63
11:11 AM	7.09	12.40	5.31	2958	212.2	224655	311.6	0.68
11:12 AM	7.54	12.36	4.82	2901	195.4	228058	277.2	0.70
11:13 AM	7.52	12.38	4.86	2984	213.3	232249	287.7	0.74
11:14 AM	7.37	12.98	5.60	2847	213.4	235915	316.6	0.67
11:15 AM	7.40	12.35	4.95	2809	203.5	239712	276.1	0.74
11:16 AM	7.22	12.75	5.53	2896	213.2	243509	317.7	0.67
11:17 AM	7.01	12.62	5.61	2823	214.2	247306	314.1	0.68
11:18 AM	7.23	12.29	5.06	2983	204.6	250164	299.5	0.68
11:19 AM	7.59	12.46	4.88	2936	198.4	253648	284.0	0.70
11:20 AM	7.44	12.27	4.83	2970	214.3	256976	284.8	0.75
11:21 AM	7.15	12.20	5.05	2977	207.9	260303	298.1	0.70
11:22 AM	7.02	12.28	5.25	2960	203.1	263631	308.4	0.66
11:23 AM	7.56	12.49	4.93	2978	199.0	268067	291.3	0.68
11:24 AM	7.01	12.41	5.40	2886	196.9	271764	309.3	0.64
11:25 AM	7.38	12.56	5.18	2920	199.7	275646	300.1	0.67
11:26 AM	7.36	12.19	4.83	2944	207.6	279528	282.0	0.74
11:27 AM	7.43	12.59	5.16	2958	198.6	283410	303.1	0.66
11:28 AM	7.90	12.99	5.09	2984	201.6	285973	301.4	0.67
11:29 AM	7.59	12.59	5.00	2921	195.9	289415	289.7	0.68
11:30 AM	7.84	12.28	4.44	2922	201.9	292638	257.3	0.78
11:31 AM	7.59	12.63	5.04	2903	195.9	295860	290.1	0.68
11:32 AM	7.41	12.78	5.37	2945	199.8	299083	313.8	0.64
11:33 AM	7.40	12.44	5.04	2788	214.3	303895	278.8	0.77
11:34 AM	7.20	12.08	4.88	2922	198.6	307647	282.8	0.70
11:35 AM	7.46	11.96	4.50	2977	203.1	311665	266.0	0.76
11:36 AM	7.60	12.68	5.08	2893	195.9	315682	291.8	0.67
11:37 AM	7.38	12.82	5.44	2935	195.5	319699	316.8	0.62
11:38 AM	7.32	12.34	5.02	2988	204.0	321925	297.6	0.69
平均	7.40	12.47	5.06	2917	203.5		293.0	0.69

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系



## 200RT 冰水主機檢測報表

時間	冰水出水溫度 (°C)	冰水入水溫度 (°C)	冰水溫差 (°C)	冰水流量 (LPM)	功率 (kW)	累積耗電量 (kWh)	主機性能 (RT)	性能效率 (kW/RT)
1:29 PM	11.52	15.39	3.87	2491	146.7	0	191.3	0.77
1:30 PM	11.82	15.22	3.41	2391	134.1	2450	161.6	0.83
1:31 PM	11.84	15.62	3.78	2470	137.8	4900	185.4	0.74
1:32 PM	11.53	16.16	4.64	2390	144.1	7350	219.9	0.66
1:33 PM	11.61	15.72	4.10	2605	133.0	9800	212.1	0.63
1:34 PM	11.54	15.42	3.88	2495	145.6	12254	192.1	0.76
1:35 PM	11.65	15.28	3.63	2503	135.5	14705	180.5	0.75
1:36 PM	11.70	15.44	3.74	2535	139.8	17157	188.0	0.74
1:37 PM	11.81	15.94	4.13	2603	146.5	19609	213.2	0.69
1:38 PM	11.25	16.11	4.87	2373	143.9	22061	229.1	0.63
1:39 PM	11.72	15.41	3.69	2498	143.9	24310	182.9	0.79
1:40 PM	11.15	15.16	4.01	2534	137.1	26694	201.5	0.68
1:41 PM	11.83	15.70	3.87	2513	125.7	29045	192.8	0.65
1:42 PM	11.48	15.87	4.39	2542	140.9	31395	221.4	0.64
1:43 PM	12.04	15.49	3.45	2603	140.9	33745	177.9	0.79
1:44 PM	11.68	15.37	3.69	2505	140.9	36191	183.4	0.77
1:45 PM	11.91	15.18	3.27	2524	130.0	38573	163.8	0.79
1:46 PM	11.98	15.79	3.81	2453	141.0	40971	185.4	0.76
1:47 PM	12.07	16.11	4.04	2455	146.5	43369	196.8	0.74
1:48 PM	11.36	15.87	4.51	2474	140.9	45767	221.2	0.64
1:49 PM	11.53	15.39	3.86	2507	141.4	47553	192.0	0.74
1:50 PM	11.68	15.94	4.27	2421	143.3	49339	204.9	0.70
1:51 PM	11.17	15.02	3.85	2584	137.4	51124	197.3	0.70
1:52 PM	11.18	15.09	3.91	2447	130.1	52910	189.9	0.69
1:53 PM	11.77	15.18	3.41	2434	125.8	54696	164.8	0.76
1:54 PM	11.47	15.37	3.90	2499	143.3	56103	193.4	0.74
1:55 PM	11.02	15.31	4.29	2434	137.3	57763	207.1	0.66
1:56 PM	12.00	15.01	3.01	2603	129.4	59359	155.7	0.83
1:57 PM	11.78	15.59	3.82	2526	143.1	60955	191.3	0.75
1:58 PM	12.08	15.97	3.89	2596	130.1	62552	200.4	0.65
1:59 PM	11.52	15.38	3.86	2504	137.3	64721	191.8	0.72
2:00 PM	11.02	16.10	5.08	2535	135.5	66508	255.6	0.53
2:01 PM	11.90	15.51	3.61	2418	141.6	68391	173.0	0.82
2:02 PM	11.15	15.26	4.10	2491	146.5	70274	202.7	0.72
2:03 PM	11.30	16.19	4.89	2420	139.9	72157	234.9	0.60
2:04 PM	11.57	15.32	3.75	2506	137.4	75919	186.5	0.74
2:05 PM	11.87	15.94	4.08	2556	132.4	77802	206.7	0.64
2:06 PM	11.03	15.02	3.99	2613	133.1	80248	206.8	0.64
2:07 PM	11.18	15.09	3.91	2542	142.1	82695	197.4	0.72
2:08 PM	11.71	15.18	3.47	2373	130.3	85142	163.6	0.80
2:09 PM	11.49	15.34	3.85	2489	138.7	87442	190.1	0.73
2:10 PM	11.73	15.30	3.57	2485	128.3	89840	176.0	0.73
2:11 PM	11.38	16.04	4.66	2594	132.1	92213	239.9	0.55
2:12 PM	11.21	15.58	4.37	2495	144.3	94587	216.2	0.67
2:13 PM	11.13	15.13	4.00	2437	140.4	96960	193.6	0.72
2:14 PM	11.63	15.42	3.79	2498	139.6	99033	187.8	0.74
2:15 PM	11.68	15.28	3.60	2549	141.7	101306	181.9	0.78

2:16 PM	12.01	15.43	3.42	2435	128.1	103529	165.4	0.77
2:17 PM	11.24	15.58	4.34	2420	135.6	105752	208.3	0.65
2:18 PM	11.81	15.90	4.08	2465	143.3	107976	199.7	0.72
2:19 PM	11.77	15.72	3.95	2497	139.5	110643	195.7	0.71
2:20 PM	11.18	15.71	4.53	2447	128.1	113014	219.8	0.58
2:21 PM	12.08	15.58	3.50	2367	132.7	115460	164.3	0.81
2:22 PM	11.72	15.08	3.36	2400	139.1	117905	160.1	0.87
2:23 PM	11.65	15.44	3.79	2480	145.8	120350	186.7	0.78
2:24 PM	11.52	15.5	3.98	2503	139.1	122250	197.7	0.70
2:25 PM	11.90	15.24	3.34	2485	132.3	124513	164.7	0.80
2:26 PM	11.80	15.36	3.56	2370	134.1	126686	167.5	0.80
2:27 PM	11.83	15.22	3.39	2523	135.8	128859	169.8	0.80
2:28 PM	11.33	16.16	4.83	2499	134.1	131031	239.6	0.56
2:29 PM	11.51	15.46	3.95	2505	138.3	133800	196.3	0.70
2:30 PM	11.84	15.88	4.04	2382	138.7	136171	190.9	0.73
2:31 PM	11.67	16.15	4.48	2438	140.2	138642	216.6	0.65
2:32 PM	11.00	15.49	4.49	2422	139.9	141113	215.8	0.65
2:33 PM	11.55	15.65	4.10	2383	134.8	143583	193.9	0.69
2:34 PM	11.69	15.63	3.94	2501	139.1	145255	195.5	0.71
2:35 PM	11.19	15.08	3.89	2391	146.0	147459	184.5	0.79
2:36 PM	12.07	15.09	3.01	2613	141.4	149531	156.1	0.91
2:37 PM	11.36	15.20	3.84	2506	141.4	151602	190.9	0.74
2:38 PM	11.77	15.43	3.66	2452	141.2	153673	178.0	0.79
2:39 PM	11.85	15.56	3.71	2497	141.8	157000	183.8	0.77
2:40 PM	11.96	15.41	3.45	2569	140.3	159490	175.9	0.80
2:41 PM	11.45	15.89	4.44	2388	140.4	162189	210.3	0.67
2:42 PM	11.68	15.83	4.15	2417	134.1	164888	199.1	0.67
2:43 PM	11.76	15.85	4.10	2537	139.9	167587	206.2	0.68
2:44 PM	11.72	15.66	3.94	2509	143.0	168859	196.1	0.73
2:45 PM	11.51	15.45	3.93	2596	140.3	171082	202.7	0.69
2:46 PM	11.78	15.64	3.85	2448	130.1	173068	187.2	0.69
2:47 PM	11.39	15.11	3.72	2371	140.3	175053	174.9	0.80
2:48 PM	11.97	15.99	4.02	2381	136.8	177039	189.9	0.72
2:49 PM	11.53	15.51	3.98	2496	143.8	180809	197.1	0.73
2:50 PM	11.68	15.84	4.16	2420	141.2	183389	199.9	0.71
2:51 PM	11.10	16.13	5.03	2465	136.9	186267	245.9	0.56
2:52 PM	11.13	15.10	3.97	2497	137.6	189145	196.7	0.70
2:53 PM	11.35	15.17	3.81	2447	141.2	192023	185.1	0.76
2:54 PM	11.43	15.42	3.99	2507	145.0	192827	198.5	0.73
2:55 PM	11.02	15.75	4.73	2417	137.6	195014	226.8	0.61
2:56 PM	11.26	15.95	4.70	2537	141.2	196854	236.4	0.60
2:57 PM	11.56	15.58	4.02	2509	136.9	198695	200.1	0.68
2:58 PM	11.22	15.62	4.40	2596	132.3	200536	226.7	0.58
2:59 PM	11.49	15.44	3.95	2502	145.9	204940	196.1	0.74
平均	11.57	15.54	3.97	2484.7	138.4		196	0.71

測試單位：國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系