

文化中心空調系統之測試調整及平衡探討

Investigation of Testing, Balancing and Adjusting HVAC system for a Culture Center

王輔仁、林政宏、蕭成翰
Fu-Jen Wang , and Cheng-Hung Lin, Cheng-Han Shiau

國立勤益科技大學冷凍空調與能源系
Department of Refrigeration, Air Conditioning and energy Engineering
National Chin-Yi University of Technology
E-mail : fjwang@ncut.edu.tw
E-mail : terpopsina@yahoo.com.tw
E-mail : bigdqddy@yahoo.com.tw
NSC : 100-2221-E-167-023-MY3

摘要

目前都市生活及商業活動中，空調系統的耗能佔最大的部分，各設備商紛紛推出節能產品以期能在舒適環境與發揮機器設備最佳運轉效能間，達到節能最佳化的效果，因此透過實際量測資料對空調系統的運轉審慎評估更顯重要本研究是以文化中心建築的空調系統測試運轉進行測量，除了將實際測量數據與設計數據進行比對外，並由數據比對進行調整，再透過測試調整平衡之法規準則反覆操作，以使整體空調系統達到最佳平衡要求。預期透過此研究程序將使文化中心建築的空調系統達到最佳效能並提高成本效益。

關鍵字詞：空調系統，測試，平衡，調整

Abstract

The energy consumption of air conditioning systems accounted for the largest part of energy consumption for current urban living and commercial activities. Various equipment manufacturers have been offering energy-saving products in order to achieve the best effect in a comfortable environment and the best performance of the equipment. Therefore, it is essential to carefully assess the operation of the air conditioning system. This study conducted the field measurement which based on the measured test of the air conditioning system of a building of the cultural center. The actual measurement data were compared with the design data and then adjusted and balanced according to the testing and balance regulation. It is expected to achieve the better performance and cost-effective air conditioning system specific to the culture center building.

Keywords: Air-conditioning, Testing, Balance, Adjustment

1. 前言

TAB 即測試、調整與平衡(Testing、Adjusting and Balancing,)，為工程完工後，對系統各項功能進行性能測試，經調整、平衡後，期能達到原設計之目標。透過 TAB 程序之實施，藉由閥件之安裝、管線之修改、水量與風量分佈之平衡，及新鮮外氣量之調整等，可使系統最佳化運轉，除可達空調節能目的外，還可營造室內舒適健康環境。ASHRAE STANDARD 111-2008 [1]文中提出有關如何測試和平衡程序，確定系統性能及有效運作，國內公共工程施工綱要規範也引用其相

關內容。F.W.Yu[2]等人將空調系統其中以冰水主機、冷卻水塔、冷卻風扇及冰水機泵浦加裝變頻設備，研究將定轉速系統改裝為變頻系統，並進行定轉速冰水系統與變頻冰水系統比較，結果發現加裝變頻系統後，在全載或部分負載下都有明顯節能，在冷卻性能也有相當大的節能效果。此外，Li[3]等人使用 Energy Plus 能源模擬工具進行熱回收變製冷劑流量系統模擬，以商業型大樓為例，探討其在冬天的節能效果，且針對系統的設定溫度及熱舒適性進行分析，結果指出不同的溫度控制方法對於節能效果有相當比例的影響，將可節省能源的消耗。

Kircher[4]等人則使用 TRNSYS 能源模擬工具進行無塵室能源模擬，並驗證其建立的模型誤差約為 8%，具有相當之可靠度，且針對多種節能方案如太陽能預熱、再循環空氣處理機組調節風扇速度等，進行詳細的經濟分析，其結果指出並不是所有的節能方法在經濟上都可行，例如餘熱回收以及改善照明控制這些回收時間 5 年內的方案被認為是可行的，而其模擬結果每年將可節約能源 14.9%，減少碳排放量 16.6%和降低運轉費用 13.7%。而 im[5]等人說明在設計階段使用建築模擬軟體進行模擬分析的好處，其獲得的數據將遠多於傳統設計法，在設計過程中就猶如已實際有一座成品可以收集資料，同時工程師也能依據這些資料更早修正其設計，因此更容易設計出低耗能建築，而同時也容易兼顧建造成本。此外，[6]等人亦使用 eQUEST 建築能源模擬軟體進行外牆節能空調設計分析、節能策略對不同房間的電力消費影響，並以在中國夏熱冬冷的地區為例，探討其節能效果，其中包括外牆保溫、不同太陽輻射吸收率的外牆、開窗率、玻璃種類和遮陽系統，以及兩個組合策略。結果指出遮陽以及外牆保溫是最好的策略，分別可節約 11.31%及 11.55%的能源消耗，而不同的組合策略，每年在空調部分可以減少電力消耗 25.92%，在冷房及暖房分別為 21.08%及 34.77%。

2. 系統描述

本研究之文化中心建築位於中部地區，其建築物為地下 1 層及地上 4 層 RC 鋼骨構造，外觀如圖 1，總樓地板面積為 31,663.93 m²。建築外牆採用鋁格柵包版，玻璃為雙層 Low-E 玻璃，內部空間分為 4 部分：(1)主要展廳 6,898 m²，包含常設展示區；特展區 4 間；多媒體展示區 (2)會議廳 969 m²，包含大型會議廳 250 席；多媒體影音與演講廳 150 席 (3)研究及行政中心 7,393 m²包含圖書資料中心；行政中心；典藏庫房(4) 附屬服務設施 9,576 m²包含景觀餐廳；客家文化商品專賣店；研習工坊。

文化中心開放時間為星期二到星期日早上 9 點開放到下午 5 點，星期一休園，因此空調的使用時間大部分皆配合文化中心開放時間，研究及行政中心配合行政人員上班時間，主要展廳及典藏庫房為恆濕恆溫設計須 24 小時運轉。此棟文化中心的空調系統採用-分量儲冰系統設計，儲冰量約占總空調負載之 40%。主機容量 1,060 RT(冷凍噸)；空調負荷 1,275 RT(冷凍噸)；儲冰容量 4,025 RT(冷凍噸)。依節能省碳檢附臺灣電力公司

電費基準，可節省尖峰時段電費。設置 380RT 螺旋式滷水主機一台，於用電離峰時段製冰，配合兩台 150RT 的螺旋冰水主機含熱水回收器，供應正常上班及加班使用，再加上一台 380RT 的離心冰水主機，於假日人數增加時做加入運轉，來供應整棟的空調負荷，如圖 2。

3. TAB 量測與結果討論

TAB 測試平衡調整為調整空調系統之過程，目的在於使空調系統能達成當初的設計規劃，以及與實際負荷達到平衡，而 TAB 並不是在空調系統建造完成後才施作，而是需要在空調系統設計之前就進行規劃，並在設計初期時提出測試計劃，由設計到施工再到運轉維護並運轉一段時間，視系統之複雜程度及使用狀況改變定期做平衡調整，而 TAB 測試將用於空氣側及水側，空氣側測試程序如圖 3，水側測試程序如圖 4。

而量測時所用儀器如圖 5 所示，包含超音波流量計、風罩、電力分析儀、無紙式紀錄器等儀器，量測其水流量、風量、耗電量及其溫度。由表 1 可以看出冰水主機測試之結果，在主機系統效率的部分差了 0.099kW/RT，由表 2 看出空調箱的冷凍能力與設計值差了 4.86%，而在水泵的部分由表 3 可發現流量的誤差只有 1.57%，由表 4 可看出空間平均溫度誤差只有 2.71%，平均濕度誤差 8.24%，大致皆在工程驗收合理範圍內。

4. 結論

由系統的量測數據可以看出，各相關設備單機運轉與整體系統運轉尚有平衡調整空間，要使空調系統能達成當初的設計規劃，以及與實際負荷達到平衡，必須包含設備材料生產製造過程，安裝前量測，務使系統安裝完成運轉後的調整工作簡單化，以及後續持續監測結果探討，不斷調整到最佳效率，來達到最節能之效果。

5. 誌謝

本研究國科會計劃 (NSC-100-2221-E-167-023-MY3)補助，特此致感謝。

6. 參考文獻

- 1.ASHRAE Standard 111, "Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building HVAC Systems," USA, 2008.
- 2.F.W. Yu, and K.T. Chan, "Environmental performance and economic analysis of all-variable

- speed chiller systems with load-based speed control,” Applied Thermal Engineering, Vol. 29, pp. 1721-1729, 2009.
- 3.Y. M. Li and J. Y. Wu, “Energy Simulation and Analysis of the Heat Recovery Variable Refrigerant Flow,” Energy and Buildings, Vol. 42, No. 7, pp. 1093-1099, 2010.
- 4.K. Kircher, X. Shi, S. Patil and K. M. Zhang, “Cleanroom Energy Efficiency Strategies: Modeling and Simulation,” Energy and Buildings, Vol. 42, No. 3, pp. 282-289, 2010.
- 5.H. Kim, A. Stumpf and W. Kim, “Analysis of an Energy Efficient Building Design Through Data Mining ApproACH,” Automation in Construction, Vol. 20, No. 1, pp. 37-43, 2011.
- 6.J. Yu, C. Yang and L. Tian, “Low-Energy Envelope Design of Residential Building in Hot Summer and Cold Winter Zone in China,” Energy and Buildings, Vol. 40, No. 8, pp. 1536-1546, 2008.

7.圖表彙整



圖1.建築外觀

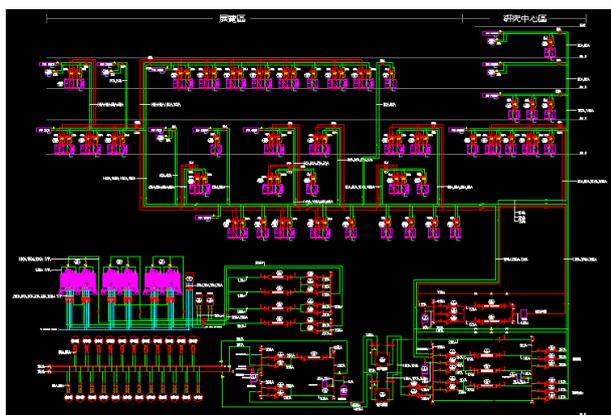


圖2.空調系統圖

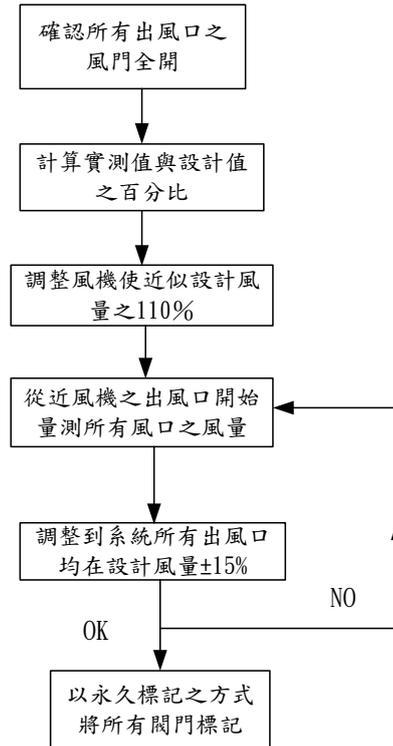


圖3.空氣側測試程序

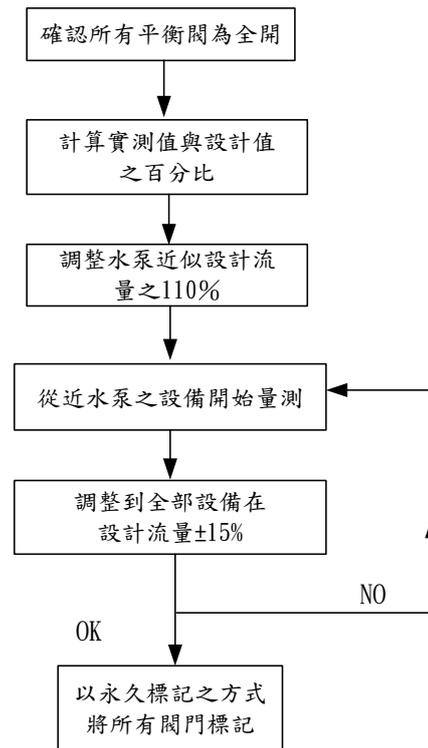


圖4.水側測試程序



圖5.量測儀器

表1.冰水主機測試表

冰水主機量測	型號	螺旋式 /CHFS23-150H	
	單位	設計值	實測值
功率	kW	104	100.55
冰水入口溫度	°C	12.7	13.84
冰水出口溫度	°C	7.2	7.37
冰水出入口溫度差	°C	5.5	6.47
冰水流量	L/s	22.72	21.97
冷卻水出口溫度	°C	37.7	35.89
冷卻水入口溫度	°C	32.2	31.97
冷卻水出入口溫度差	°C	5.5	3.9
冷卻水流量	L/s	27.5	22.67
	kcal/hr	449,856	511,725
冰水主機性能	RT	150	169.23
	kW/RT	0.693	0.594

表2.空調箱測試表

編號	AH-1A1	
電源(V/Hz)	380/60	
馬力(hp)	7.5	
冰水進水溫度(°C)	7.2	
冰水出水溫度(°C)	12.7	
冰水管路平衡閥開度	3.1	
熱水管路平衡閥開度	1.4	
	設計值	實測值
冰水管路水流量(L/s)	3.33	3.50
冰水管路平衡閥壓差(PSI)	2.9-58.0	4.76
熱水管路平衡閥壓差(PSI)	2.9-58.0	3.17
風量(CMH)	12,827	16,936
冷凍能力(kcal/hr)	65934	69300

表3.水泵測試表

編號	HWP-3	
電源(V/Hz)	380/60	
型式	臥式端吸聯軸型	
	設計值	實測值
流量 (L/s)	28.4	27.96
功率 (kW)	11.19	11.57

表4.空間溫度測試

編號	A棟 1F(AH-1A1,AH-1A2)		
位置	溫度(°C)	濕度(%)	
1	22.9	53.9	
2	22.8	56.2	
3	23.2	56.7	
4	23.5	56.9	
5	23.9	55.9	
6	24.2	54.9	
7	24.3	54.7	
8	24.3	54.2	
平均	23.64	55.43	
設計	23	60	