

綠建築設計性能驗證制度之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 98 年 12 月

PG9802-0160

綠建築設計性能驗證制度之研究

受委託者：財團法人台灣建築中心

研究主持人：楊冠雄

研 究 員：黃瑞隆

研 究 助 理：唐士傑

莊洵鈞

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 98 年 12 月

目次

目次	I
圖次	III
表次	V
摘要	VII
ABSTRACT	XI
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 文獻回顧	2
第三節 研究方法及過程	4
第二章 整體建築耗能系統TAB性能驗證方法之建立	7
第一節 性能驗證與調適評估之目的	7
第二節 性能驗證與調適之進行	8
第三節 性能驗證與調適規範之系統化	9
第四節 TAB作業程序之建立	21
第五節 小結	32
第三章 TAB執行團隊之養成、訓練與執行	33
第一節 國外發展現況分析	33
第二節 我國TAB執行團隊之養成與訓練(Who)	34
第三節 TAB執行團隊訓練之方式 (How)	35
第四節 TAB團隊執行業務之程序(What)	35
第五節 小結	37
第四章 以既有綠建築案例驗證所建立性能驗證制度之可行性	39
第一節 建築耗能現況之評估	39
第二節 建築TAB改善案例	43
第三節 建築用電耗能指標案例	80

第四節 建築內部使用人員之滿意度調查	82
第五章 結論與建議	95
第一節 結論	95
第二節 建議	97
附錄一 公共工程施工綱要規範	101
附錄二 熱舒適度問卷	109
附錄三 審查相關意見	115
參考書目	122

圖次

圖 1-1 性能驗證程序圖	3
圖 1-2 本計畫建立之完整性能驗證流程圖	4
圖 2-1 空調系統平面圖	11
圖 2-2 冷卻水塔平面圖例	13
圖 2-3 空調系統之水路側圖	16
圖 2-4 TAB作業流程圖	21
圖 2-5 附加TAB作業重點之施工圖說範例	23
圖 2-6 TAB工程中記錄照片彙整及進行文字說明	26
圖 2-7 於進行TAB改善期中，進行支管流量平衡並於圖上註記之圖例	27
圖 2-8 水泵性能曲線圖建立	28
圖 2-9 將工程改善前狀況於系統圖上加以註記以作為調整後之比對標準	31
圖 3-1 TAB工作流程圖	36
圖 4-1 各案例之EUI統計柱狀圖	39
圖 4-2 改善前照片記錄	47
圖 4-3 TAB工程及改善後照片記錄	52
圖 4-4 改善前照片記錄	57
圖 4-5 TAB工程及改善後照片記錄	60
圖 4-6 TAB工程泵浦性能量測施工記錄照片	64
圖 4-6 TAB工程及改善前後照片記錄	66
圖 4-7 平衡閥設計流量與調整後流量分析圖	67
圖 4-8 改善前泵浦量測記錄照片	74
圖 4-9 改善前數位電表量測	74
圖 4-10 改善前總出水量量測	75
圖 4-11 改善前平衡閥量測	76
圖 4-12 改善後查核記錄	77
圖 4-13 警廣高雄台改善前EUI與國家標準比較值	81
圖 4-14 科學工藝博物館改善前EUI與國家標準比較值	81
圖 4-15 CBE所彙整之滿意度資料庫數據	82
圖 4-16 九大指標之因素關係圖	83

圖 4-17	科學工藝博物館改善前使用者環境感受調查統計	87
圖 4-18	科學工藝博物館改善後使用者環境感受調查統計	89
圖 4-19	警廣高雄台改善前使用者環境感受調查統計	94
圖 4-20	警廣高雄台改善後使用者環境感受調查統計	94
圖 5-1	各案例改善前後EUI比較圖	97

表次

表 2-1 冰水主機出廠資料表	10
表 2-2 冰水主機性能測試紀錄表格	12
表 2-3 冷卻水塔出廠資料表	13
表 2-4 冷卻水塔性能測試紀錄表格	14
表 2-5 泵浦性能測試紀錄表格	17
表 2-6 TAB作業總記錄表	19
表 2-7 水泵系統TAB測試調整使用實況之記錄表	29
表 2-8 空調主機平衡閥TAB測試調整使用實況之記錄表 ..	30
表 4-1 我國建築物分類用電參考指標	41
表 4-2 永康榮民醫院TAB計劃書	43
表 4-3 改善前系統狀況記錄說明	44
表 4-4 永康榮民醫院#3 主機改善前性能量測數據	45
表 4-5 改善後工作記錄	48
表 4-6 改善後冰水主機性能測試記錄表	49
表 4-7 改善後泵性能測試記錄表	50
表 4-8 TAB測試調整記錄表	51
表 4-9 竣工報告之績效說明(節錄)	53
表 4-10 屏東商業技術學院TAB 計劃書	54
表 4-11 改善前系統狀況記錄說明	55
表 4-12 國立屏東商業技術學院#1 主機改善前性能量測數據	56
表 4-13 改善後工作記錄	58
表 4-14 改善前後主機數據比對分析	59
表 4-15 TAB團隊所提供之成效說明表	61
表 4-16 警察廣播電台TAB施工計劃表格	62
表 4-17 水系統平衡閥調整紀錄表	63
表 4-18 冰水主機測試記錄表與COP測試(現場)紀錄表	65
表 4-19 科學工藝博物館TAB計劃書	68
表 4-20 國立科學工藝博物館空調箱平衡閥性能工況一覽表	69
表 4-21 改善後總水量平衡與耗電	73
表 4-22 科工館改善節能效率評估表	78

表 4-23 P5、P6、P7 總出水泵節能分析.....	78
表 4-24 其餘環控設備節能分析.....	79
表 4-25 警廣高雄台各月份總用電度數.....	80
表 4-26 科學工藝博物館各月份用電度數.....	81
表 4-27 高雄科學工藝博物館改善前後之室內空氣品質(大廳).....	84
表 4-28 高雄科學工藝博物館改善前後之室內空氣品質(辦公室).....	85
表 4-29 高雄科學工藝博物館改善前之滿意度調查(節錄).....	86
表 4-30 高雄科學工藝博物館改善後之滿意度調查(節錄).....	88
表 4-31 警察廣播電臺高雄台改善前後之室內空氣品質(大廳).....	90
表 4-32 警察廣播電臺高雄台改善前後之室內空氣品質(辦公室).....	91
表 4-33 警廣高雄台改善前滿意度調查(節錄).....	92
表 4-34 警廣高雄台改善後滿意度調查(節錄).....	93

摘要

關鍵字：性能驗證、人員進駐後評估、耗能指標、舒適度

一、研究緣起

本研究為了配合行政院「生態城市綠建築推動方案」，將我國已推展並獲致良好成果之綠建築設計制度，進一步針對其於人員進駐使用後(Post-Occupancy，簡稱 PO)之系統性能進行驗證，以發展完整之我國綠建築設計性能驗證制度，而進一步深化其成果。且與綠建築設計之評估體系(NB)相互呼應，而形成更完整之體系。

就建築物之生命週期觀之，綠建築於設計建造完成經人員進駐使用後，往往佔整個生命週期 80%以上之時程，因此，亦為整體建築耗能之大宗所在。若能經由系統化之設備性能之測試、調整及平衡(簡稱 TAB)，使一方面印證綠建築之設計原意，一方面使系統運轉最適化，則更能具體落實綠建築之理念。美國 LEED 系統與日本 CASBEE 系統皆將 TAB 視為綠建築政策具體落實之重要一環，且為獲得綠建築標章必備條件之一，其重要性不言可喻。

二、研究方法及過程

本計畫之目標即為針對「人員進駐後評估」(Post-Occupancy Evaluation，簡稱 POE)之方式進行研究。並配合「建築能源效率提升計畫」(BeeUp)一同進行，以奠定 TAB 產業之完整程序。

此外，本計畫另一項主要之內容為接續我國綠建築評估指標於設計階段之運作方式，加以進一步深化成為包含施工完成後之調適(TAB)及人員進駐後之運轉分析(POE)之完整架構。同時，參酌民國 97 年「建築中央空調節能設計評估制度之研究」成果將整體 Cx 程序納入，將可形成完整之體系。

三、重要發現

本計畫所建立之 TAB 程序方法之各類型 TAB 工程表格經以工程實測驗證後證實具體可行。同時，對於 TAB 人力之培育亦提出具體計畫，由冷凍空調技師及甲級冷凍空調技術士兩大主軸加以養成；目前我國之空調技師公會及冷凍工調工業同業公會等團體已投入大量之人力物力進行相關訓練，以迎接此新產業。

本計畫所建立之性能驗證程序之架構體系已完備，利用低成本或無成本之策略而提高整體系統效率，延長系統壽命，影響既深且遠。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議：將本計畫所建立之 TAB 程序與工程用表格進一步應用於 99 年度「建築能源效率提升計畫」，以進一步擴大其應用層面，獲得良好之節能減碳成效。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

說明：經由本計畫研究成果加以歸納，建議可於進行實際案例之 TAB 分析時，除了大量引用本研究所發展完成之各類工程查核表(Check List)之外，並將實際之運轉資料庫進行各案例間之相互比對分析。如此，於實際工程之應用性將更大幅提升，成果更為顯著。

另一方面，於實施過程獲得之建築耗能 EUI 等資料及人員進駐後之室內熱環境滿意度調查等數據，將形成綠建築標章推廣過程中評估落實程度之重要參考依據。

具體而言，將同類型建築物之 EUI 耗能指標製作資料庫，建立如圖 5-1 所示，個案改善前後與國家規定標準之標竿圖，及如圖 5-2 所示，同類型建築物之耗能指標比較圖，可提供我國對於建築耗能管控與進一步進行能源改善工程之重要參考依據。

建議二

中長期建議：後續導入於工程標完成 TAB 程序後，建築物持續運轉三季以上，進行更詳盡之系統性能調適 (Cx)，並建立完整之綠建築人員進駐後評估標準。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

說明：目前本計畫所建立之工程完工後 TAB 程序，乃考量我國公共工程之工程驗收需配合預算年度之事實，因此無法在工程完工後，要求系統於人員進駐後再持續運轉一段時期，再據以進行更詳盡之性能調適，雖然此為美國、日本等國家之綠建築基本要件之一。於美國 LEED 綠建築標章中，要求系統於完工後需進行一年以上之人員進駐後之系統耗能運轉效率評估，及相關之滿意度調查，再據以進行更詳細之系統性能調適。日本之 CASBEE 綠建築體系，亦以一年期相同之人員進駐後之運轉性能評估作為標的。

因此，我國目前雖有此工程驗收時程上之限制導致只能先行進行工程完工後之 TAB 程序，然而長遠而言，仍須與國際接軌，而回應國際間皆須運轉一段長時間之主要工程趨勢。具體而言，此“一段時間”建議可為最低 9 個月，最佳一年以上為適當。其主因為建築耗能主要系統中空調系統之性能受外氣變化影響極大。以我國濕熱性氣候型態而言，可大分為夏季、春秋季、及冬季三類，因此系統運轉三季為可具體重現建築耗能型態之最低要求底線，而以全年度 12 個月共四季來檢視運轉結果則更佳。

總結而言，我國之綠建築標章制度於加入人員進駐後之考量後，初期仍以實行「工程後之 TAB」程序為主；未來，則積極導入三至四季之運轉期限，以便使綠建築推廣所能獲致之節能減碳效益，發揮到極大。

ABSTRACT

Keywords: Testing, Adjusting, and Balancing, Post-Occupancy Evaluation, Energy Consumption Index, Thermal Comfort Index

1. Background of the Research

According to the life cycle cost point of view of a building, the post-occupancy period accounts for over 80% of total, and thus consumes most of the energy. If Testing, Adjusting, and Balancing (or, TAB) procedure can be processed, then the green building design intent can be validated while the system operation can be optimized. Due to this reason, it is obvious that the LEED of the U.S. and the CASBEE of Japan both considered it as a pre-requisite for green building labeling system with importance.

2. Research Method and Process

It is the goal of this project to establish the Post-occupancy evaluation (or POE) procedure and to cope with BeeUp program so that the TAB procedure can be completed.

In addition, it is also the important target to refer to the research result in 2008 so that the complete Cx procedure can be included to form a complete system.

3. Important Findings

The TAB procedure and check lists established in this project has been validated with actual engineering projects to perform properly. Also, the manpower cultivation program has also been proposed to consist of the HVAC designers and the A-Class HVAC Technicians, two major main streams. Currently, the HVAC industry also holds massive manpower training program to welcome this newly established TAB engineering jobs.

The system constructed in this project is profound in nature, which can enhance the development of the Green Building Program and promoting the TAB engineering jobs to use the low-cost and no-cost strategy for building energy conservation and prolong the equipment life span.

4. Suggestions

Suggestion 1

Immediately feasible suggestion:

It is suggested to utilize the TAB procedure and check lists established in this study to apply in the 2010 BeeUp program of the ABRI, to further validate its applicability and to obtain energy conservation effect.

Sponsor: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Organizer: Taiwan Architecture and Building Center

Description: Perform a comparative study on all the BeeUp projects which utilize the TAB procedure and check lists developed in this study so that energy savings effect can be realized more significantly.

On the other hand, the EUI and thermal comfort investigation result after post-occupancy period should be compiled and to provide as a good reference for Green Building promotion program. More specifically, the EUIs as shown as figure 5-1 and 5-2 can be compared to provide building energy regulation standards threshold values.

Suggestion 2

Medium and Long-term Suggestion:

In the future, after the TAB process, the building systems have to operate a minimal of 3 seasons during the post-occupancy periods, so that complete commissioning (Cx) procedure can be adapted.

Sponsor: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Organizer: Taiwan Architecture and Building Center

Description: The TAB procedure established currently is responding to the national budgetary regulation of public projects so that it can be completed in each fiscal year. However, it is a global trend , such as the LEED in the U.S. and the CASBEE in Japan, both demanding the buildings to operate a full year after occupancy to evaluate it performances.

Therefore, it is suggested that , in our nation, a minimum of 3 seasons, or 9 months' operation result should be monitored. Better yet, it could be one full year. This is in considering that in this hot and humid climates, this operational time period is representative and a minimal requirement.

To sum up, in the near future, the TAB procedure after construction is to be adapted for all building energy conservation jobs. While , in the long run, a 3-seasons or a full complete year's operation should be monitored so that the energy conservation effect can be realized in all green building projects.

第一章 緒論

第一節 研究緣起

本研究為了配合行政院「生態城市綠建築推動方案」，將我國已推展並獲致良好成果之綠建築設計制度，進一步針對其於人員進駐使用後(Post-Occupancy，簡稱 PO)之系統性能進行驗證，以發展完整之我國綠建築設計性能驗證制度，而進一步深化其成果。且與綠建築設計之評估體系(NB)相互呼應，而形成更完整之體系。

我國綠建築之推動一日千里，已獲致良好之成果。此成果係建構於有效的綠建築評估體系而落實於規劃設計中。本計畫將進一步推進至人員進駐後之評估體系，使其更為完善。若以綠建築之生命週期觀之，可區分為規劃設計階段，施工調適階段及人員進駐後運轉階段三大部分。其中又以人員進駐後運轉階段約佔整體生命週期之 80% 以上時間，相形更為重要。

第二節 文獻回顧

我國性能驗證與調適之相關準則已列於公共工程施工綱要規範，第 15950 章之規範[1]最為完善。其內容包含：

所有水及空氣系統的平衡、測試及調整。

主要工作範圍為：

- 空氣系統之測試、調整及平衡。
- 液體系統的測試、調整及平衡。
- 空調系統完工運轉狀況之測量。
- 設備運轉之噪音測量。
- 設備運轉之振動測量。
- 煙霧測試。

及其相關之實施程序：

- 資料送審
- 品質管制
- 消音器
- 空調用泵
- 水化學處理
- 冰水主機組
- 冷卻水塔
- 空氣調節箱
- 風管
- 風管附屬設備
- 離心式風機
- 軸流式風機
- 動力通風機

上述之相關規範極為完整而詳細，但執行上稍有困難，必須予以相關之簡化以便提高其應用性。

另外，台北市冷凍空調技師公會訂定之空調系統測試調整平衡(TAB)操作程序指針[2]則針對空調系統加以必要之強調與簡化，實用性已較為提高，可作為實際運作之參考。

內政部建築研究所於 97 年度已完成「建築中央空調節能設計評估制度之研究」[3]。其成果建議對於性能調適分兩階段實施。第一階段即為工程施工完成後之性能調適(TAB)，第二階段則為自設計規劃之初即開始進行至運轉完成 9 個月至 1 年後之完整 Cx 程序。此完整之架構為參酌美國 LEED 及日本 CASBEE 之綠建築評估體系，擷取二者之長所完成。其中，包含了人員進駐建築物後之實際運轉效益評估及調適。

第三節 研究方法及過程

本計畫之目標即為針對「人員進駐後評估」(Post-Occupancy Evaluation, 簡稱 POE)之方式進行研究。並配合「建築能源效率提升計畫」(BeeUp)一同進行, 以奠定 TAB 產業之完整程序。

此外, 本計畫另一項主要之內容為接續我國綠建築評估指標於設計階段之運作方式, 加以進一步深化成為包含施工完成後之調適(TAB)及人員進駐後之運轉分析(POE)之完整架構。同時, 參酌民國 97 年「建築中央空調節能設計評估制度之研究」成果將整體 Cx 程序納入, 將可形成完整之體系。其主要架構可示如下之流程圖:

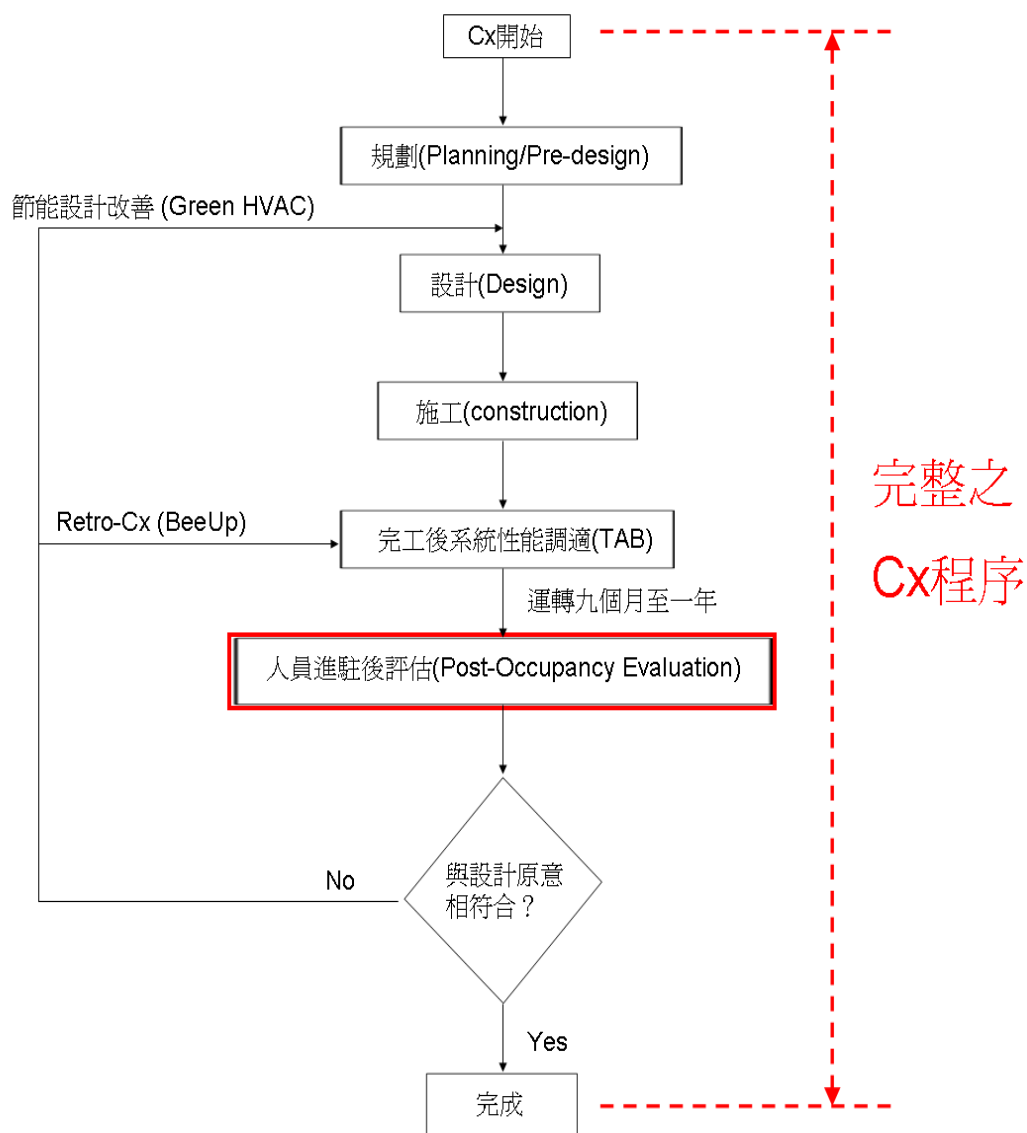


圖 1-2 本計畫建立之完整性能驗證流程圖

研究進度之甘特圖：

工作項目	月次	第一	第二	第三	第四	第五	第六	第七	第八	第九	第十	第十一	備註	
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月		
1. 建立符合台灣綠建築設計性能驗證制度之主要架構。	預定進度	████████████████████												
	實際進度	████████████████████												
2. 整體建築耗能系統 TAB/Cx 性能驗證方法之建立，含空調系統、照明系統以及其他動力與替代能源系統等。	預定進度			████████████████████										
	實際進度			████████████████████										
3. TAB/Cx 執行團隊之養成、訓練、執行業務方式及預算編列方式之研究。	預定進度					████████████████████								
	實際進度					████████████████████								
4. 以既有綠建築案例實際驗證所建立性能驗證制度之可行性，以作為進一步修改之重要參考依據。	預定進度							████████████████████						
	實際進度							████████████████████						
期中報告製作提交	預定進度					████████								
	實際進度					████████								
期末報告製作提交	預定進度										████████			
	實際進度										████████			
預定進度 (累積數)		5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%		

第二章 整體建築耗能系統 TAB 性能驗證方法之建立

第一節 性能驗證與調適評估之目的

建築物於設計施工完成進入實際使用之階段，常因使用條件之變更，其原先於設計階段預估之耗能狀態已迥異於使用狀態。因此，必須進行適當之調適及平衡，以使系統運轉於最適化狀態，而達到良好之能源效率。此過程統稱為「性能驗證與調適」(Testing, Adjusting, Balancing, and Commissioning，或簡稱 TAB/Cx)。

性能驗證與調適之目的，乃藉此驗證過程來調適系統設計之缺失，機器設備效率之不良，運轉管理之不完備，及控制系統參數調整之不全。同時，對於建築物經進駐使用後 (Post Occupancy) 系統運轉之性能劣化提出改善對策，而達到節約能源之目標。

我國於 97 年度已將性能驗證列為研究目標，針對「性能驗證與評估」訂定出相關規定並將其納入規範之中，且於 97 年度「建築能源效率提升計畫」中加以實施。由於大多數建築之中央空調系統保養，其目的為系統得以正常運作，對於主機效率變化並無多加著墨，導致系統由於使用年限增加，且無性能相關調整而導致整體性能低落。若藉由性能驗證與調適，對既有空調系統進行調整，如進行主機流量測量，並於水路系統加裝平衡閥進行流量控制等方式，利用增加部分設備進行調整，將既有系統效率提升，取代以往判定性能效率不佳而汰換整體空調主機。不僅可符合原計畫節能減碳之宗旨，亦可減少不必要之設備浪費。

第二節 性能驗證與調適之進行

「性能驗證」(Commissioning)之意義主要是對新建建築或既有建築空調設備系統進行工程實施後，如何驗證其在原先規劃之設計原意下進行運轉，此過程以現場驗證與文件化證明確認所運行的系統與設施，在計劃階段、設計階段、工程施工階段、竣工系統性能測試階段以及營運維護管理，均必須合乎業主專案需求 (Owner's Project Requirements, OPR)與設計基準 (Basic Design)，並藉由性能驗證之手段可確實診斷中央空調系統之情形。

性能驗證之相關資料，可提供日後改善建築空調設備系統設計「性能再驗證」(Re-Commissioning)之用。

對於從未進行過性能驗證之既有建築，其已經在營運管理階段，性能驗證之過程需分析原有設計基準，再配合竣工資料與 TAB 資料，進行「後性能驗證」(Retro-Commissioning)程序之工程。以下為各相關對象於性能驗證之意義。

其中，性能驗證與調適之相關準則，已列於公共工程施工綱要規範第 15950 章，以及冷凍空調技師公會之空調系統測試調整平衡(TAB)操作程序指針。

性能驗證與調適實屬新興產業，所累積之實際作業經驗稍嫌不足。雖經由專家學者參考國外文獻及經驗而訂定出之規範內容十分詳細，但是對於施工廠商來說，由於本身經驗較為不足，對於繁瑣之規範內容恐有疏漏之疑慮，並可能降低廠商對於 TAB 產業產生卻步，使該產業推展不易。

因此於本計畫中，意以制定出性能驗證與調適所需之基本表格，輔助既有規範，使廠商能更輕易了解其工作內容。且建立起系統化規範後，將更有助於對各案成果之比對分析。

第三節 性能驗證與調適規範之系統化

2.3.1 TAB 作業規範

TAB 作業是空調節能之必要作業，因此 TAB 作業需由有 TAB 作業實務經驗之團隊進行本項 TAB 作業。且負責團隊須依規範及設計圖之需求編寫 TAB 作業企劃書，內容至少應包含：

- (1)標示平衡閥流量之水系統昇位圖
- (2)標示平衡閥流量及位置之水系統平面圖
- (3)水系統 TAB 記錄總表
- (4)TAB 作業範圍與項目
- (5)TAB 作業組織架構
- (6)水系統 TAB 準備工作檢查表
- (7)TAB 作業流程圖
- (8)TAB 作業預定進度表
- (9)TAB 作業之步驟明細內容
- (10)水系統平衡閥調整記錄表
- (11)冰水機測試記錄表
- (12)冷卻塔測試記錄表
- (13)需業主協助事項請求表

且需會同監造單位進行各項 TAB 作業，於 TAB 作業過程中，於施工前、中、後皆需進行攝影存證並建檔。為利於提醒施工單位所需記錄之內容，亦可將此作業規範附於施工圖說之中。

中央空調節能設計評估制度示範表格，是為建立其汰換更新設備之性能驗證，測試前應有完備之測試計劃，並查核相關設計圖、竣工圖、及相關操作手冊，並核對各項設備規格，與技師研討相關 TAB 工作後，確定各項設備及量測點正常運作，始做各項設備之測試及調整，並紀錄相關資訊，以下列圖表說明此評估制度表格建立之概要。

2.3.2 冰水主機性能驗證應用表格之建立

於冰水主機驗證程序測試前，確認相關冰水主機系統圖，並參考冰水主機之出廠 / 廠測資料，再進行空調系統冰水主機之各項驗證程序。

量測冰水主機之性能，包含：冰水出水與回水之溫度差、冰水流量、冰水主機之耗電量等，計算冰水主機之冷房能力 (RT)、運轉效率 (kW/RT)、COP、冰水主機負載率 (%)等，分析冰水主機是否有達到設計者之設計原意來運轉，並且符合能源法規。

表 2-1 冰水主機出廠資料表

水冷半密螺旋滿液式水機																	
符號	數量	冷房能力 Kcal/hr	冰水機				冷凝器				壓縮機			電源 PH/VOLT/Hz	冷媒	避震形式	安裝位置
			進水 ℃	出水 ℃	水量 LPM	壓降 M	進水 ℃	出水 ℃	水量 LPM	壓降 M	形式	個數	入力				
KCH-1	1	480,000 (558.1kW)	12	7	1600	6↓	30	35	2000	5↓	螺旋 式	2	114kW ↓	3/220/60	R-134a	彈簧避震 器	行政大樓地 下電機機房
備註	1.冰水主機應附微電腦控制器，詳設備及材料規範。 2.冰水主機應場驗，其費用由承包商負擔。																

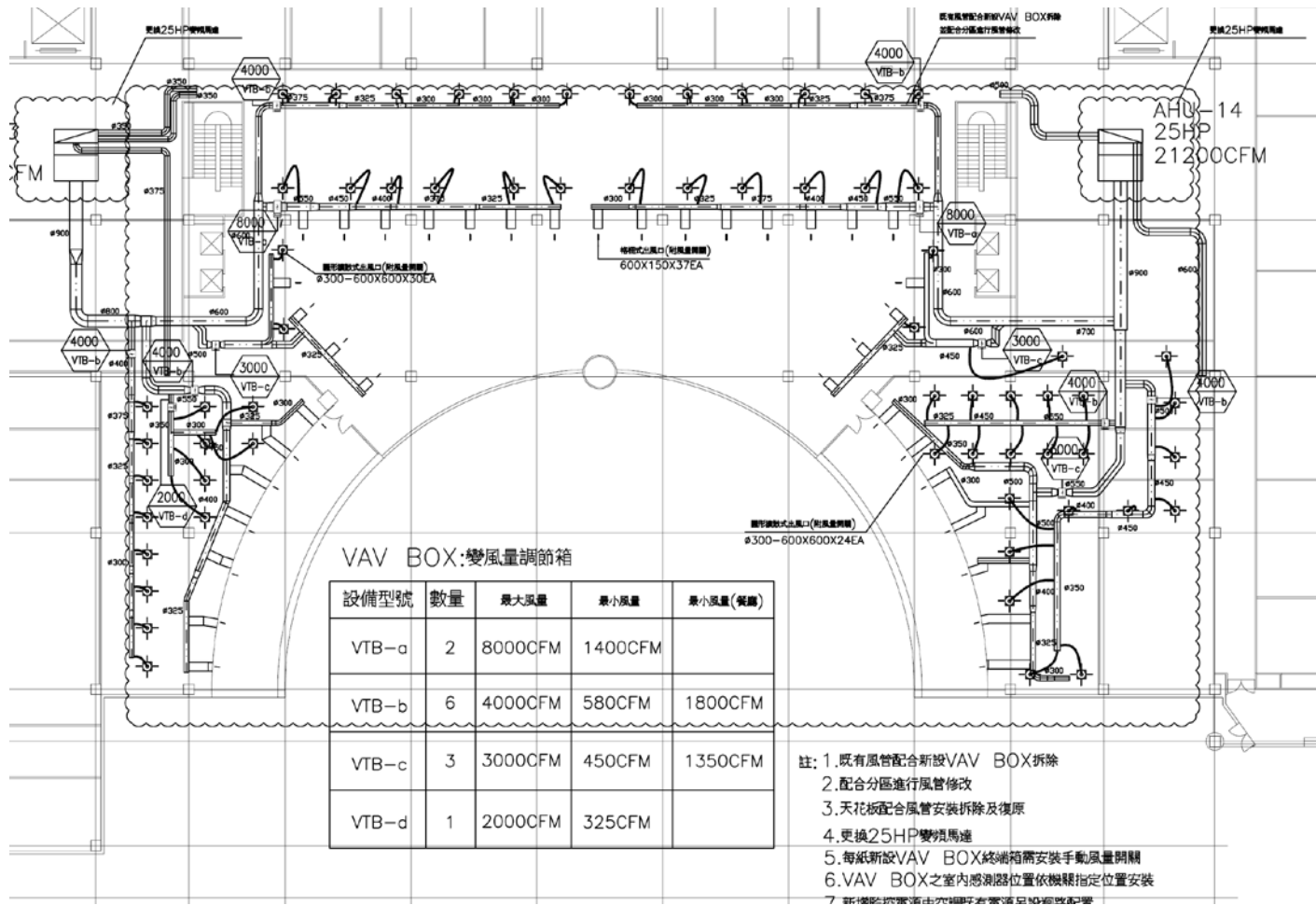


圖 2-1 空調系統平面圖

資料來源：參考某建築內部之空調機房配置圖

表 2-2 冰水主機性能測試紀錄表格

冰水主機性能測試紀錄表格					測試日期		年 月 日				
冰水主機用途		冰水主機形式		冷媒							
冰水主機規格	冰水出水溫度		冰水回水溫度		冰水流量						
	冷卻水出水溫度		冷卻水回水溫度		冷卻水流量						
	冷房能力		電源		耗電量						
測試條件	室內溫度		室外溫度								
測試數據紀錄											
	測試紀錄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	單位										
冰水出水溫度											
冰水回水溫度											
冰水流量											
冷卻水出水溫度											
冷卻水回水溫度											
冷卻水流量											
冷房能力											
耗電量											
負載量											
COP											
運轉效率											
判定結果											
備註											
檢核人員	業主代表		承包商		設計師		CA				

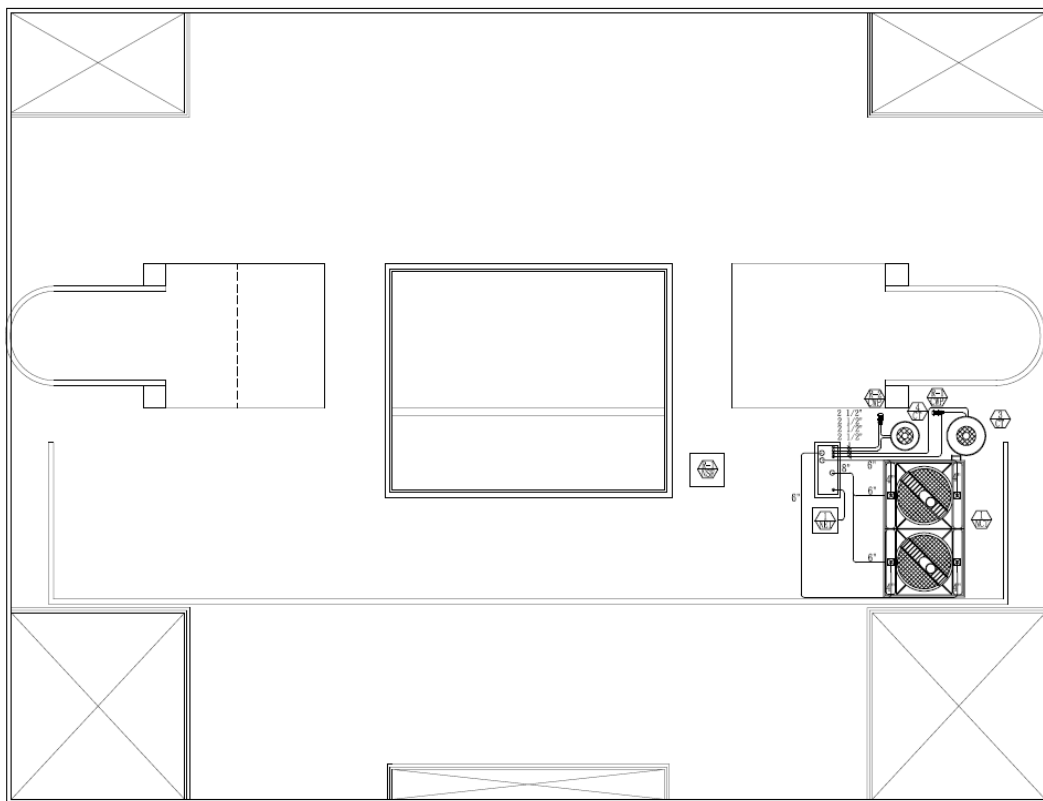
2.3.3 冷卻水塔性能驗證應用表格之建立

於冷卻水塔設備驗證程序測試前，確認相關水路系統圖，並參考冷卻水塔之出廠 / 廠測資料，再進行空調系統冷卻水塔之各項驗證程序。

量測冷卻水側之冷卻水出水與回水之溫度差、冷卻水流量、冷卻水塔之耗電量，計算冷卻水塔之散熱能力 (RT)、運轉效率 (kW/RT)等。

表 2-3 冷卻水塔出廠資料表

冷卻水塔											
符號	數量	冷卻能力 Kcal/hr	條件				馬力 HP	電源 PH/VOLT/Hz	避震形式	安裝位置	備註
			進水 ℃	出水 ℃	水量 LPM	外氣濕球 溫度℃					
NCT-1	1	1,320,000 (1534.8kW)	37	32	4400	29	71/2x2 (變頻式馬達)	3/220/60	彈簧式 避震器	行政大樓 頂樓	市售 450 型



註：更新冷卻水塔NCT-1安裝時，若空間不足，則承包商應負責將既有冷卻水塔CT-3、CT-4、既有冷卻水泵CWP-R-1、CWP-R-2及銜接既有冷卻水塔、冷卻水泵之電源管線、冷卻水管移裝。其費用含於本工程內。

圖 2-2 冷卻水塔平面圖例

資料來源：參考某建築內部之冷卻水塔平面圖例

表 2-4 冷卻水塔性能測試紀錄表格

冷卻水塔性能測試紀錄表格						測試日期		年 月 日			
冷卻水塔 型式											
冷卻水塔 規格	冷卻水出 水溫度			冷卻水回 水溫度			冷卻水 流量				
	冷卻能力			電源			馬力				
測試條件	外氣乾球 溫度			外氣濕球 溫度							
測試數據紀錄											
	測試 紀錄 單位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冷卻水 出水 溫度											
冷卻水 回水 溫度											
冰水 流量											
冷卻水 流量											
冷卻 能力											
馬力											
耗電量											
負載量											
運轉 效率											
判定 結果											
備註											
檢核 人員	業主 代表		承包商		設計師			CA			

2.3.4 泵浦性能驗證應用表格之建立

於泵浦設備驗證程序測試前，確認相關系統圖；水路系統量測程序前，確認每一個閥件在開啟之狀態，保持暢通；並參考泵浦之出廠 / 廠測資料，再進行泵浦之各項驗證程序。

量測泵浦之流量、耗電量等，分析冰水側泵浦及管路之設備是否有正常運作。當系統熱負荷改變時，是否能使冰水泵浦之使用台數、總馬力、揚程等隨之改變，將量測之空調系統水側運轉特性與原設計空調系統之設計值比較，達到有效率之使用，達到節能之效果。

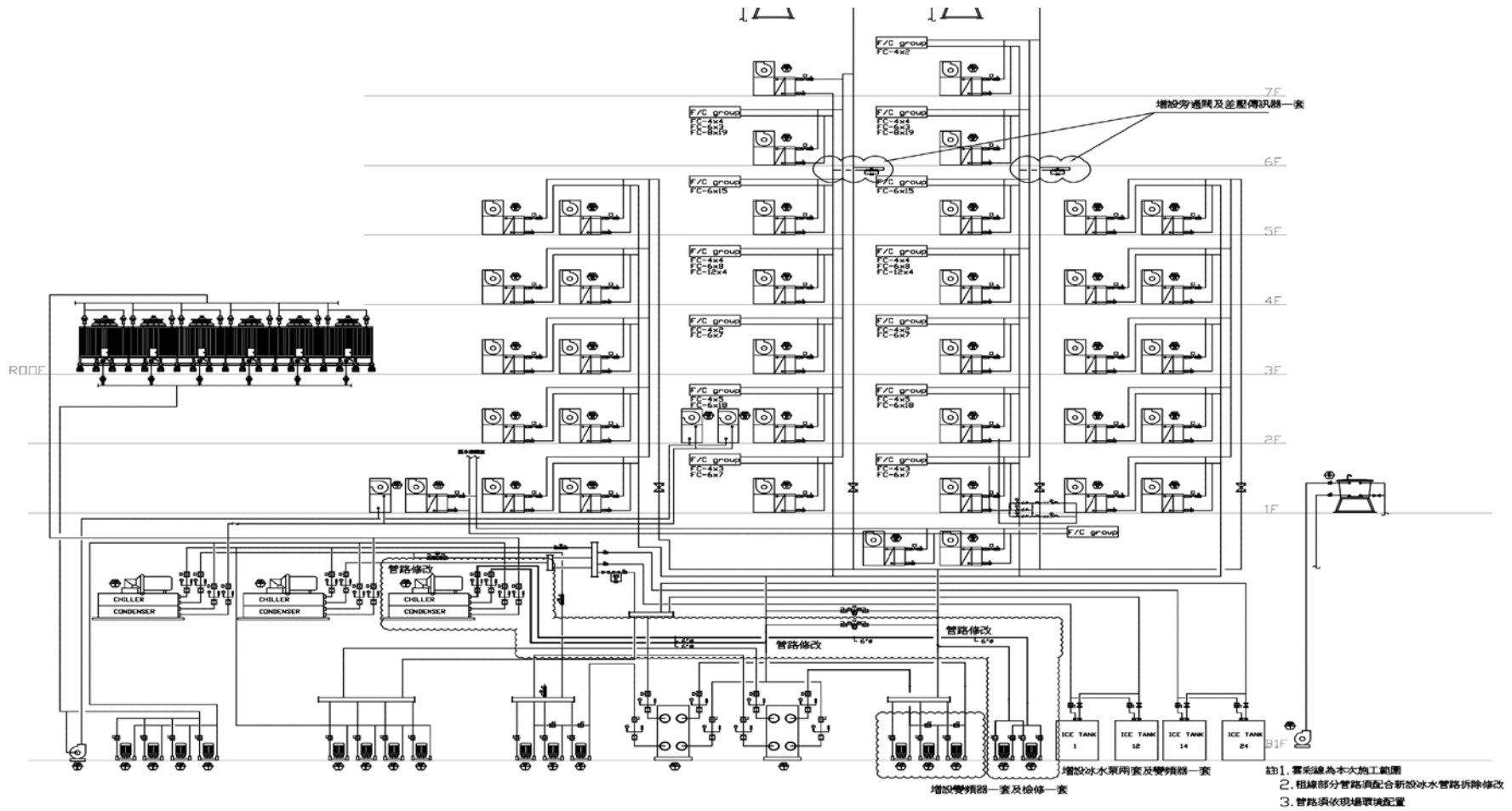


圖 2-3 空調系統之水路側圖

資料來源：參考某建築內部之空調系統水路側

表 2-5 泵浦性能測試紀錄表格

泵浦性能測試紀錄表格					測試日期		年 月 日				
泵浦用途		入口直徑			出口直徑						
泵浦規格	流量		轉速			馬力					
	揚程		效率			電源					
馬達規格	形式		功率			電壓					
	轉速		頻率			電流					
測試條件	環境溫度		大氣壓力								
測試數據紀錄											
	測試數據 單位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
流量											
轉速											
實測揚程											
H-Q 對照揚程											
耗電量											
輸出功率											
能源使用效率											
判定結果											
備註											
檢核人員	業主代表		承包商		設計師		CA				

2.3.5 TAB 作業報告書

負責團隊於TAB作業完成後，需編寫TAB作業報告書，內容至少應包含：

(1)TAB 作業之分項記錄表格：TAB 作業之結果，應填寫記錄各項測試項目。

(2)TAB 後之水系統昇位圖及平面圖：在圖中標示各調整閥之編號、閥開度、設計流量及最終調整流量。

(3)調整閥調整記錄表：每一調整閥之每次測量數據、開度等均需記錄，建議至少需測量、調整、記錄**3**次。

(4)TAB 作業記錄總表：在完成 TAB 作業後，整理前述各分項之記錄值，填寫 TAB 作業總記錄表。

表 2-6 TAB 作業總記錄表

TAB作業記錄總表(※驗收必要表格)																		
★注意：「測試調整」不可能一次完成，承包商需先自行調整妥當後，再會同監造單位核驗。 未填妥數值或未在OK <input type="checkbox"/> 處打 <input checked="" type="checkbox"/> 號者，視同不合格。																		
項次	項目	@BF			@1F	@2F			@3F		@4F	@5F	@6F					
		①5"	②4"	③2.5"	④2"	⑤2"	⑥1.5"	⑦1.5"	⑧1.25"	⑨2"	⑩3"							
1.	流量值 Lpm ※溫控閥全開	設計值	1800	1400	460	190	290	110	100	80	220	140	90					
		首次實測值													註1:需另附每次測試記錄表，本工程每一間至少需測試調整3次。 註2:最後實測值與設計值之誤差需≤±5%			
		閥刻度(全開)																
		最後實測值																
		閥刻度																
2.	在TAB作業前 清洗 y 型濾器 前後壓差kg/cm ²	CP1冷卻泵	CP2冷卻泵	CP3冷卻泵	CP4冷卻泵	MP1冰水泵	MP2冷卻泵	MP3冷卻泵	MP4冷卻泵									
		清洗前	清洗後	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後	清洗前	清洗後			
3.	@設計Lpm時 之壓力表值 kg/cm ²	冷卻泵	CP1冷卻泵(額定 Amp)			CP2冷卻泵(額定 Amp)			CP3冷卻泵(額定 Amp)			CP4冷卻泵(額定 Amp)						
		壓力值	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp
		冰水泵	MP1冰水泵(額定 Amp)			MP2冰水泵(額定 Amp)			MP3冰水泵(額定 Amp)			MP4冰水泵(額定 Amp)						
		壓力值	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp	y 型入	泵入	泵出	Amp
		冰水機	CH1 蒸發器		CH1 冷凝器		CH2 蒸發器		CH2 冷凝器		CH3 蒸發器		CH3 冷凝器					
壓力值	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出						
4.	變頻器 頻率設定值	Lpm	CP1@1800Lpm	CP2@300Lpm	MP1@1400Lpm	MP2@390Lpm	5.			CT1冷卻塔	外氣db	外氣wb	進水溫	出水溫	流量Lpm	能力kcal/h		
		Hz								能力測試	℃	℃	℃	℃				
6.	CH1冰水機 現場COP測試	製冷能力：_____kw(_____RT)， 冷凝能力：_____kW， 壓縮機耗能：_____kw， COP：_____ (_____kw/RT)																
		熱平衡%：_____ (±10%)※需在穩定狀態下，同步測量3~5分鐘，每5秒記錄一筆，並附測試記錄。OK <input type="checkbox"/>																
7.	系統操作順序測試	a.開機：CT1→CP1→MP1→CH1，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/> a'.停機：CH1→CP1→CT1→MP1，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/>																
		b.開機：CT1→CP3→MP3→CH2，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/> b'.停機：CH2→CP3→CT1→MP3，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/>																
		c.開機：CT2→CP2→MP2→CH3，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/> c'.停機：CH3→CP2→CT2→MP2，手動OK <input type="checkbox"/> ，電腦OK <input type="checkbox"/>																
8.	本地監控、列印測試	現場： <input type="checkbox"/> kw, <input type="checkbox"/> kwh, <input type="checkbox"/> RT, <input type="checkbox"/> kw/RT, <input type="checkbox"/> Lpm, <input type="checkbox"/> T1~, <input type="checkbox"/> 負載比, <input type="checkbox"/> 迴歸分析圖等 ※附列印表,詳施工規範3.2單元																
9.	遠端監控、列印測試	中山： <input type="checkbox"/> kw, <input type="checkbox"/> kwh, <input type="checkbox"/> RT, <input type="checkbox"/> kw/RT, <input type="checkbox"/> Lpm, <input type="checkbox"/> T1~, <input type="checkbox"/> 負載比, <input type="checkbox"/> 迴歸分析圖等 ※附列印表,詳施工規範3.2單元																
判定與備註：		測試者：										日期： 年 月 日						
		承包商：										監造單位：						

修 正 內 容	REVISION DESCRIPTION	與主圖APP D	繪圖	DIA #	孔製法	比例 SCALE	NO	圖名 CONTENT	圖號	圖號
1			強:	DESIGNED	每張	單位 UNIT		TAB作業記錄總表		
2			檢:	CHECKED	每張	日期 DATE	98.04.10			
3			核:	APPROVED	每張					

註：完整地紀錄所有調整大項之內容及過程，將形成 TAB 測試報告之最重要部分。

資料來源：參考凱達冷凍空調技師事務所使用之 TAB 作業記錄總表。

(5)TAB 結果之評價分析：

1. 是否有實質的節能效益。
2. 最終流量是否符合設計流量。
3. 是否發現或改善潛在的隱性問題。

(6)TAB 之工作記錄表：此記錄表至少應包含作業項目、施工重點及施工前、中、後之照片存證等。

(7)建議與結論：對於在 TAB 作業中發現但未能改善之缺點，提出改善對策或建議事項等。

第四節 TAB 作業程序之建立

以下空調系統之性能驗證與調整之過程，內容符合公共工程施工規範第 15950 章所規定，並利用第二章所提之簡化方式進行修正，以建立 TAB 作業程序。本程序將進一步於後續之空調節能改善案中實際加以執行，以印證其工程可行性。

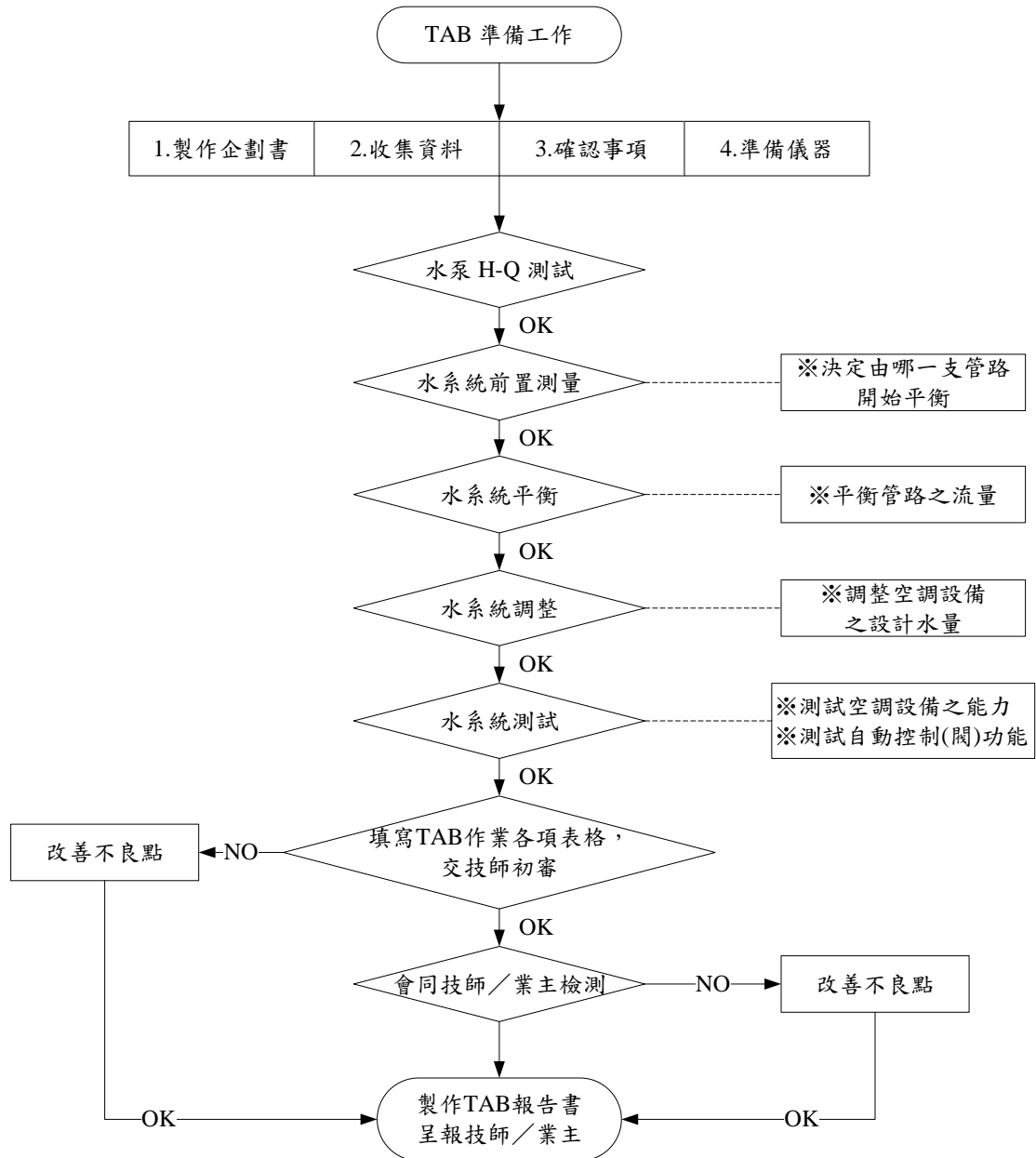


圖 2-4 TAB 作業流程圖

2.4.1 施工圖說之主要內容

以往施工圖說中僅列出改善工作作業之部分，而近兩年來，由政府推行之中央廳舍空調節能改善案一改以往更換整體系統之方式，改善能驗證與調適進行之，因此工程也可分為工程標及 TAB 標。而 TA 乃屬新興產業，其所需量測部分繁多，為減少遺漏部分，故將 2.3.5 所提到之 TAB 作業規範同時列於施工圖說中，如圖 2-5 上紅圈所示，一方面易於注意所需測量部分，二方面可由施工中檢視設備是否有所變更等現象。

圖號索引表		TAB 作業重點	符號說明表	
圖號	內 容		符號	說 明
AC-01	圖號索引及TAB作業重點	<p>1. TAB作業是空調節能之必要作業，監造單位將嚴格執行，是以TAB作業需由有TAB實務經驗之圖等進行本項TAB作業。</p> <p>2. 依法規及設計圖之需求，自行編寫TAB作業企劃書，內容至少應包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> ※(1)顯示平衡調整之水系昇位圖 ※(2)顯示平衡調整之位置之水系平面圖 ※(3)水系TAB記錄總表 (4)TAB作業範圍與項目 (5)TAB作業組織架構 (6)TAB準備工作檢查表 (7)TAB作業流程圖 (8)TAB作業預定進度表 (9)TAB作業之步驟詳細內容 (10)水系平衡調整調整記錄表 (11)冰水機測試記錄表 (12)冷卻塔測試記錄表 (13)需業主協助事項請求表 <p>※本TAB標之作業，如冰水管保溫之拆除與復原，監控項目設定值之調整，變動，y型過濾器之清洗等，得要求業主(工程總)配合，會同監造單位與工程標承包廠商商討，TAB作業企劃書需裝訂成冊(出數另訂)，交由監造單位審查合格後，才得進行。</p> <p>3. 需會同監造單位進行各項TAB作業，施工前/中/後均需攝影存證。</p> <p>4. TAB作業完成後，需編寫TAB作業報告書，內容至少應包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)TAB作業之分項記錄表格： TAB作業之結果，應填寫記錄各項測試項目之詳細表格。 (2)TAB後之水系昇位圖及平面圖： 在圖中標示各(平衡)調整閥之編號、開閉度、設計流量及最終調整流量。 (3)(平衡)調整閥調整記錄表 每一(平衡)調整閥之每次測量數據，開度等均需記錄，本工程(含首次測量)至少需測量、調整、記錄3次。 (4)TAB作業記錄總表(圖AC-02) 在完成TAB作業後，整理前述各分項之記錄值，填寫TAB作業總記錄表。 (5)TAB結果之評價分析： a. 是否有實質的節能效益。 b. 最終流量是否符合設計流量。 c. 是否發現或改善潛在的隱性問題。 (6)TAB之工作記錄表： 此記錄表至少應包含作業項目，施工地點及施工前/中/後之照片存證等。 (7)建議與結論： 對於在TAB作業中發現但未能改善之缺點，提出改善對策或建議事項等。 <p>5. TAB作業之驗收重點：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)在CH1冰水機進行現場COP測試前，需在監造單位監督下，進行蒸發器之進/出水溫度探頭及冷凝器之進/出水溫度探頭之(零點校正)，確保進/出水溫度探頭零誤差(小數點一位)。 ※必要時得要求業主/工程標承包廠商協助。 (2)檢驗平衡調整流量是否符合設計流量： TAB作業後之所有(平衡)調整閥流量值與設計值之誤差需$\leq \pm 5\%$。 (3)檢驗中央監控系統(BEMS)之功能是否符合需求： 依設計圖說規定之項目進行檢驗，包括控制設定值，控制順序，調整範圍及控制訊號傳輸等自動控制功能是否正常。※測試時可能需暫時變更設定值，故測試後需恢復到正常設定值，必要時得請業主/工程標承包廠商協助。 (4)CH1冰水機現場COP測試及抽樣測試 (5)TAB作業記錄總表(圖AC-02)之測試項目 (6)TAB作業報告書(其他詳見TAB標作業規範) 	符號	說 明
AC-02	TAB作業記錄總表		一、水管工程	二、配電工程
AC-03	水系統昇位圖			
AC-04	冰水機房配管圖			
AC-05	BF1空調設備配置圖			
AC-06	1F空調設備配置圖			
AC-07	2F空調設備配置圖			
AC-08	3F空調設備配置圖			
AC-09	4F空調設備配置圖			
AC-10	5F空調設備配置圖			
AC-11	6F空調設備配置圖			
AC-12	配電單線圖			
AC-13	中央監控系統架構圖			
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				

圖 2-5 附加 TAB 作業重點之施工圖說範例

資料來源：參考某建築實施 TAB 工程計劃書之作業重點

2.4.2 TAB 工程實施過程之紀錄

為確保施工過程並無瑕疵及因應審查及詢問之需，於 TAB 施工中運用攝影機及數位相機等詳實紀錄程序進行之重要步驟，並以文字加以說明做成記錄，可作為程序檢視之重要依據與審查之文件，亦可作為 TAB 調適工程中所填寫系統數據之佐證。

水系統測試平衡調整照片記錄

工程名稱：財政部高雄關稅局前鎮分局中央冷氣空調系統汰舊換新改善工程

照片編號 1		
日期 97.3.2		
說明： BF-冰水機 流量 實測作業		
照片編號 2		
日期 97.3.2		
說明： BF-總回水管 流量實測作業		
照片編號 3		
日期 97.3.2		
說明： 1F-支管流量 實測作業		

水系統測試平衡調整照片記錄

工程名稱：財政部高雄關稅局前鎮分局中央冷氣空調系統汰舊換新改善工程




<p>照片編號 4</p>	
<p>日期 97.3.3</p>	
<p>說明： 2F-支管流量 實測作業</p>	
<p>照片編號 5</p>	
<p>日期 97.3.3</p>	
<p>說明： 3F-支管流量 實測作業</p>	
<p>照片編號 6</p>	
<p>日期 97.3.3</p>	
<p>說明： 4F-支管”14” 閥流量 實測顯示</p>	

圖 2-6 TAB 工程中記錄照片彙整及進行文字說明

2.4.3 進行 TAB 調整測試及填寫記錄表格

於 TAB 工程進行中，除依照上一節所述之攝影記錄外，亦須依照規範中所提及，依照工作項目填寫各項設備改善前後之量測數據。亦可將進行性能測試與調適工程前所量測之系統數據值，填寫於施工圖說上，便於與工程後量測數據作初步比較之用。

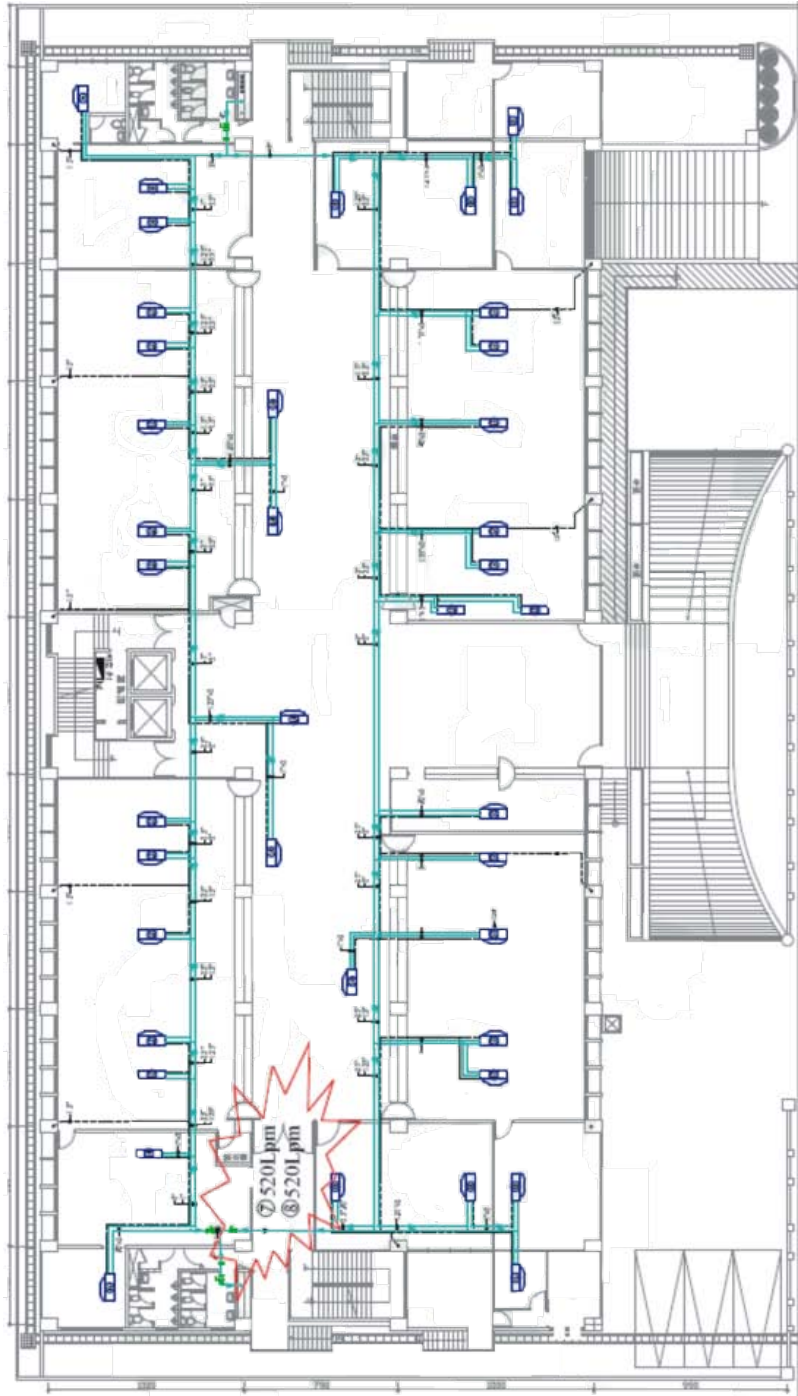
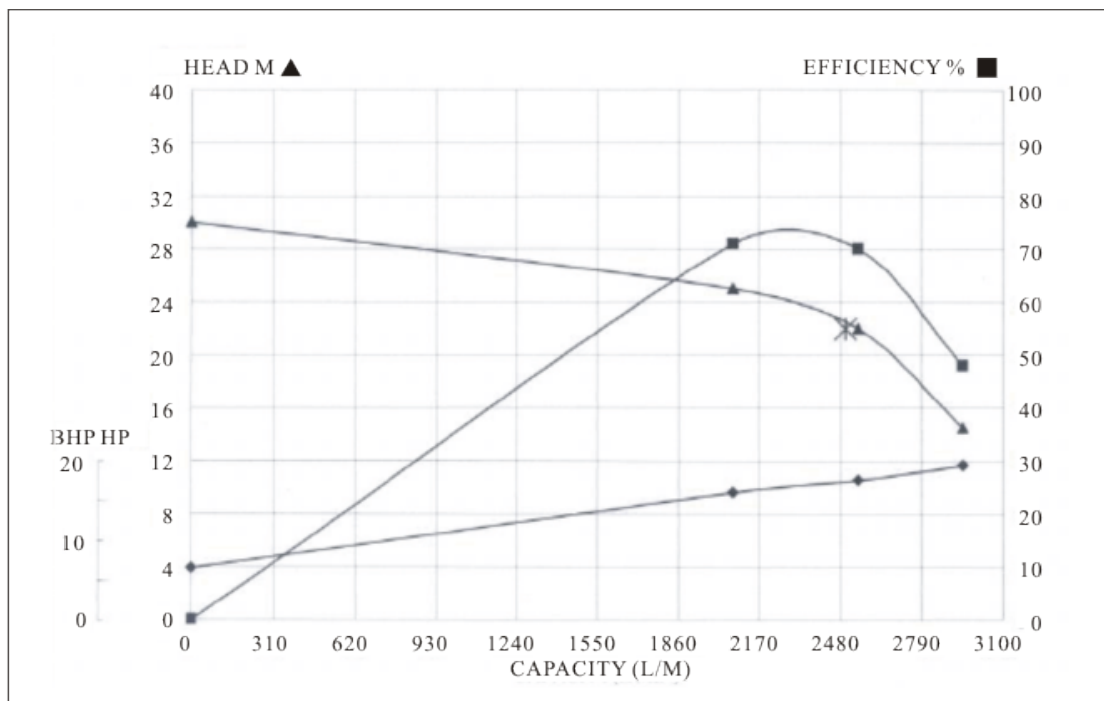


圖 2-7 於進行 TAB 改善期中，進行支管流量平衡並於圖上註記之圖例

資料來源：參考凱達冷凍空調技師事務所使用之 TAB 註記圖面。

水泵測試報告 Pump Test Report					
機型 Model	G-320-150	額定輸出(HP) Output	20	製造號碼 Manu No.	
種類 Type	冷卻泵 WP1、 WP2、WP3	揚程(m) Head	22	入口直徑 Inlet Dia	150
規格 Space	3 ψ 60Hz 4P 380V	流量(LPM) Capacity	2500	出口直徑 Outlet Dia	150

序號	泵(Pump)							電動機(Motor)					
	轉速	位差	壓力	揚程	流量	水馬力	效率	電壓	電流	功因	入力	效率	出力
	Speed RPM	M	Pressure P	Head M	Cap LPM	W.HP HP	Eff %	V	A	Factor %	Input HP	Eff %	Output BHP
1	1800	1.5	28.5	30.0	0	0.00	0.0	380	13.11	62.4	7.2	90.5	6.53
2	1800	1.5	23.5	25.0	2070	11.34	71.0	380	23.68	84.5	17.7	90.5	15.98
3	1800	1.5	20.5	22.0	2550	12.30	70.0	380	25.72	85.5	19.4	90.5	17.56
4	1800	1.5	13.0	14.5	2944	9.36	48.0	380	28.30	86.3	21.5	90.5	19.50



主管： 試驗員： 試驗日期： 96/12/19

圖 2-8 水泵性能曲線圖建立

資料來源：參考某建築進行 TAB 工程依量測數據所建立之水泵性能曲線圖

表 2-7 水泵系統 TAB 測試調整使用實況之記錄表

業主	財政部高雄關稅局／前鎮分局		測試日期	年 月 日			
工程名稱	中央冷氣空調系統汰舊換新改善工程		設備編號	WP1、WP2、WP3			
一、冷卻水泵 WP1 設計值：2500 LPM 揚程：22m HP：20 電流：29 電壓：380 極數：4P							
項次	項目別	流量 %					
1	設計流量%	閥全開	100%	75%	50%	25%	0%
2	流量 LPM		2500	1875	1250	625	0
3	H-Q 圖揚程 m		22.6	25.9	27.3	28.5	30
4	出口壓 kg/cm ²						
5	入口壓 kg/cm ²						
6	實測揚程						
7	實測 Amp						
二、冷卻水泵 WP2 設計值：2500 LPM 揚程：22m HP：20 電流：29 電壓：380 極數：4P							
項次	項目別	流量 %					
1	設計流量%	閥全開	100%	75%	50%	25%	0%
2	流量 LPM		2500	1875	1250	625	0
3	H-Q 圖揚程 m		22.6	25.9	27.3	28.5	30
4	出口壓 kg/cm ²						
5	入口壓 kg/cm ²						
6	實測揚程						
7	實測 Amp						
三、冷卻水泵 WP2 設計值：2500 LPM 揚程：22m HP：20 電流：29 電壓：380 極數：4P							
1	設計流量%	閥全開	100%	75%	50%	25%	0%
2	流量 LPM		2500	1875	1250	625	0
3	H-Q 圖揚程 m		22.6	25.9	27.3	28.5	30
4	出口壓 kg/cm ²						
5	入口壓 kg/cm ²						
6	實測揚程						
7	實測 Amp						
測試結果： <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格		備註：					
業主	監造單位		工程包商		測試者		

註：單台泵測試記錄表(冷卻泵用)

資料來源：參考凱達冷凍空調技師事務所使用之水泵系統 TAB 測試調整記錄表。

表 2-8 空調主機平衡閥 TAB 測試調整使用實況之記錄表

管路別	平衡閥		設計 流量 LPM	第一次測量			第二次測量			第三次測量			第四次測量			最終 誤差%
	編號	尺寸		流量 LPM	FR	閥開 度	流量 LPM	FR	閥開 度	流量 LPM	FR	閥開 度	流量 LPM	FR	閥開 度	
主管閥	1	5"	1000	1210	1.21	全開	1100	1.10	7.4	1100	1.10	7.4	1020	1.0	7.1	+2.0%
設備閥	2	2.5"	200	300	1.50	全開	220	1.10	5.1	220	1.10	5.0	205	1.0	5.0	+2.5%
設備閥	3	2.5"	300	390	1.30	全開	330	1.10	6.1	330	1.10	6.1	310	1.0	6.1	+3.3%
設備閥	4	3	400	440	1.10	全開	440	1.10	7.2	440	1.10	7.1	390	1.0	7.0	-2.5%
設備閥	5	2	100	80	0.80	全開	96	0.96	全開	109	1.09	全開	99	0.99	全開	-1.0%
註 1：管路別：分主管、區域管、支管及設備管。 註 2：流量比(FR)=實測流量／設計流量 註 3：最後一次測量時，需填最終誤差，即(最後流量-設計流量)／設計流量×100%																
結論：																
測量者：			承包商：			監造者：			計師：			業主：				

註：可充分記錄其每次調整後量測數據之變化情況。

資料來源：參考凱達冷凍空調技師事務所使用之空調主機 TAB 測試調整記錄表。

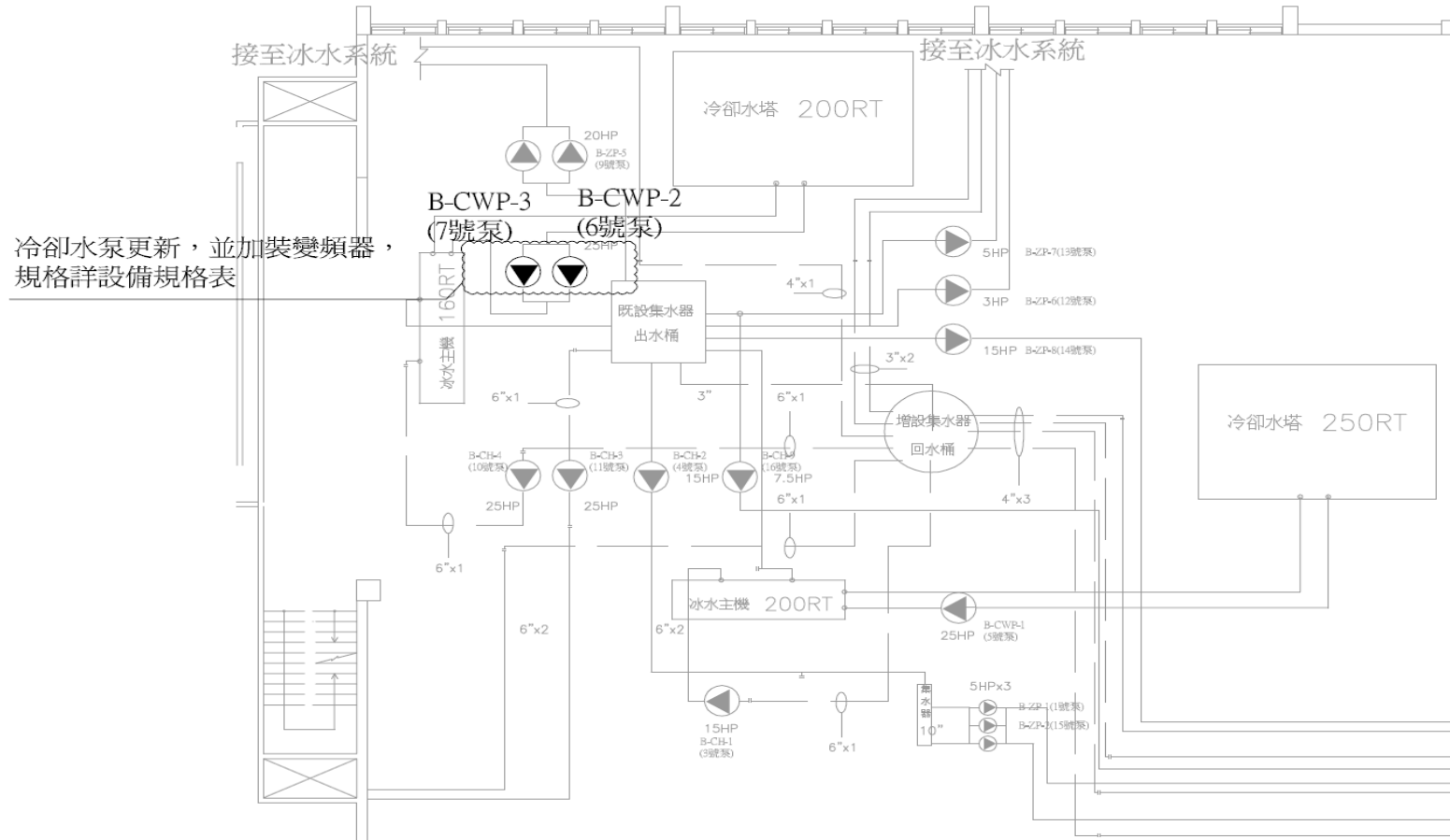


圖 2-9 將工程改善前狀況於系統圖上加以註記以作為調整後之比對標準

資料來源：參考某建築內部之水系統圖

第五節 小結

我國由於首度導入 TAB 工程，因此所有作業流程與所需應用之表格皆必須加以一一建立。本章自整體 TAB 作業流程之架構開始進行，同時配合空調冰水主機側、冰水泵側、空氣側與 BEMS 能源自動監控系統之各類測試調整平衡所需之表格加以建立，最後並完成如表 2-6 所示之總表，形成相當完整之體系。

本章所建立之 TAB 完整架構與表格，將應用於實際之空調節能改善工程中，以進一步加以印證，使具體落實。

第三章 TAB 執行團隊之養成、訓練與執行

TAB 工程將成為綠建築推廣中之一重要環節。藉由 TAB 工程，可於極少之人力物力投注下，經由調整以取代完全更換系統而進行節能。因此，TAB 之執行團隊必須具備良好之空調、照明、動力等系統之專業能力，方足以勝任，其養成訓練及執行方式必須系統化的進行，方能成功。今參酌比較國外之發展現況，並作出主要之規劃方向如下：

第一節 國外發展現況分析

國外目前系統化的進行 TAB 程序而卓然有成之國家，包含：美國、日本及香港三者最為傑出。今將其對於 TAB 人才之培訓發展現況進行比對分析，以做為我國發展之重要參考依據。

3.1.1 美國 TAB/Cx 之執行團隊養成訓練現況分析

美國之 TAB 工作之推展主要以美國冷凍空調學會 ASHRAE 為主力，並配合其周邊之工程同業公會如：風機廠之 AMCA、風管工程之 SMACNA 與無塵室工程之 NEBB 等同步進行。由於美國為典型之市場經濟，因此，專業工程師之考試(通稱為 PE 考試)皆由各州政府自行舉辦，並無像我國一般之國家考試。因此，其 TAB 執行團隊之養成訓練，仍大力依賴由美國冷凍空調學會 ASHRAE 主辦之研討會及另一以 TAB/Cx 聞名之 PECI 機構 (<http://www.peci.org>) 為主力進行。

上述美國之 TAB/Cx 執行團隊養成方式，可說端賴市場之就業趨勢自然形成，而並非經由政府單位有系統之推動。

3.1.2 日本 TAB/Cx 之執行團隊養成訓練現況分析

日本 TAB/Cx 之執行團隊主要由日本冷凍空調學會 JSRAE 及日本 TAB 廠商組成之團體所進行。我國目前所建構之 TAB/Cx 架構主要即為承襲日本而來，再加以簡化而得。

由於日本之完整 Cx 架構過分複雜，因此實際執行成功之案例極為稀少。也因此真正之專業 TAB 廠商並不多。當然以日本之冷凍空調產業之堅強實力，技術上並不存在問題，然而繁瑣之 TAB 執行程序卻使得市場之發展趨於緩慢，值得引為殷鑑。

3.1.3 香港 TAB/Cx 之執行團隊養成訓練現況分析

香港之 TAB/Cx 原本承襲英國之系統，因此其起步可說是亞洲國家最早者，成效也極為顯著。ASHRAE 香港分會及香港屋宇調適中心為培訓 TAB 人力與推動，之主要力量。由於其商業活動極為蓬勃發展，因此 TAB 主要之人力亦極為豐富而散見於其他大型公司中。

3.1.4 中國大陸 TAB/Cx 之執行團隊養成訓練現況分析

中國大陸與我國相同，皆為近年來才開始進行 TAB 工作，而造就了一波新興產業。由於中國大陸之暖通與空調專業學校為數極多，因此其相關之空調人才不虞缺乏。其中最著名之團隊為北京清華大學建築節能研究團隊，對於 TAB 已開始進行，然而尚未見有大量系統化之人才培育。

第二節 我國 TAB 執行團隊之養成與訓練(Who)

我國冷凍空調產業主要由三大區塊組成：

一為設計單位，其主要成員為中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會、台灣省冷凍空調技師公會、台北市冷凍空調技師公會以及高雄市冷凍空調技師公會等。技師之養成主要乃經由考試院舉辦之高考及專業技師考試，以獲得執業之資格，進行規劃設計。

二為施工單位，其主要成員由台灣區冷凍空調工程工業同業公會之會員所組成。其主要業務為相關冷凍空調工程之承裝，在由其規模大小區分為特級、甲級、乙級、丙級等 4 級。其中，特級承裝業需雇用冷凍空調技師 1 名，而特級、甲級及乙級承裝業則需雇用甲級冷凍空調裝修技術士各 1 人以上。其資格之取得，乃經由行政院勞工委員會所舉辦之冷凍空調裝修甲乙丙級技術士考試而來。

三為設備製造單位，主要由冷凍空調設備製造廠所組成，以販賣冰水主機、泵、空調箱、風機盤管等設備。

簡言之，冷凍空調工程先由設計單位進行規劃，再由施工單位依規範購買各項設備加以安裝。完成後，再移交給業主進行運轉。

上述傳統之方式，於國內已延續數十年之久。惟獨欠缺了施工完成後之系統調適過程，導致設備安裝數量皆正確，但性能卻不一定發揮至高效率之缺點。本研究所規劃之 TAB 程序即為補足於工程安裝完成後，移交給業主前所進行之系統性能調適，同時將進一步擴展至後續該工程實際進行商業運轉後一段期間內之系統調適。

因此，在我國此種專業人員考試制度架構下，TAB 執行團隊較為適當之組成有兩大來源：

一為空調技師，其先決條件為非執行本案設計者，以維持其客觀性；另一則為甲級冷凍空調技術士。二者皆為經國家考試取得專業執業資格，前者已累積近 800 名，而後者則接近 600 名。

尤其，TAB 調適程序乃甲級冷凍空調技術士之應考科目之一，只要再加以部分之加強訓練課程，應可良好勝任。

因此，經由冷凍空調技師級與甲級冷凍空調技術士來進行空調系統之 TAB 程序，於我國目前冷凍空調產業之架構下為最具體可行之方式。

第三節 TAB 執行團隊訓練之方式 (How)

TAB 執行團隊之訓練可分為初期養成訓練與進階工程訓練兩大階段。目前由於內政部建築研究所具體推動建築能源效率提昇計畫 (BeeUp) 已獲致良好之成果，估計每年皆有新增約 25 件至 30 件左右之實際空調節能改善案例，因此形成了帶動我國 TAB 產業發展之最佳成果。而這些節能改善案例，提供了 TAB 執行團隊訓練之最佳教材。

換言之，TAB 執行團隊於取得執業資格時，所受之初級養成訓練有待接續更進一步之工程訓練，方能達到學以致用之成效。目前，台北市冷凍空調技師公會、高雄市冷凍空調技師公會以及中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會與台灣區冷凍空調工程工業同業公會此兩單位，今年皆各舉辦過 2 場重要之 TAB 訓練會議，獲得良好之成果。而此種由於業務上之需要所舉辦之訓練方式更是最能切合實際，建議後續應仍朝此訓練方式加以執行。

第四節 TAB 團隊執行業務之程序(What)

TAB 業務之執行，其進行方式如圖 3-1 所示，首先由專業冷凍空調技師進行現場狀況瞭解與分析，進行施工設計、工程預算書等資料整理以進行工程發包作業。於發包完成後，技師會同 TAB 承包廠商赴現場進行改善前狀況量測，TAB 進行方式如同上述章節規定，將量測數據記錄成表，且施工中以相機進行施工記錄，並於施工完成後遞交一份完整之竣工驗收報告，除報告施工成果外，亦可藉由 TAB 診斷系統，找出問題點並提出改善建議，供業主進行考量後續改善工程。

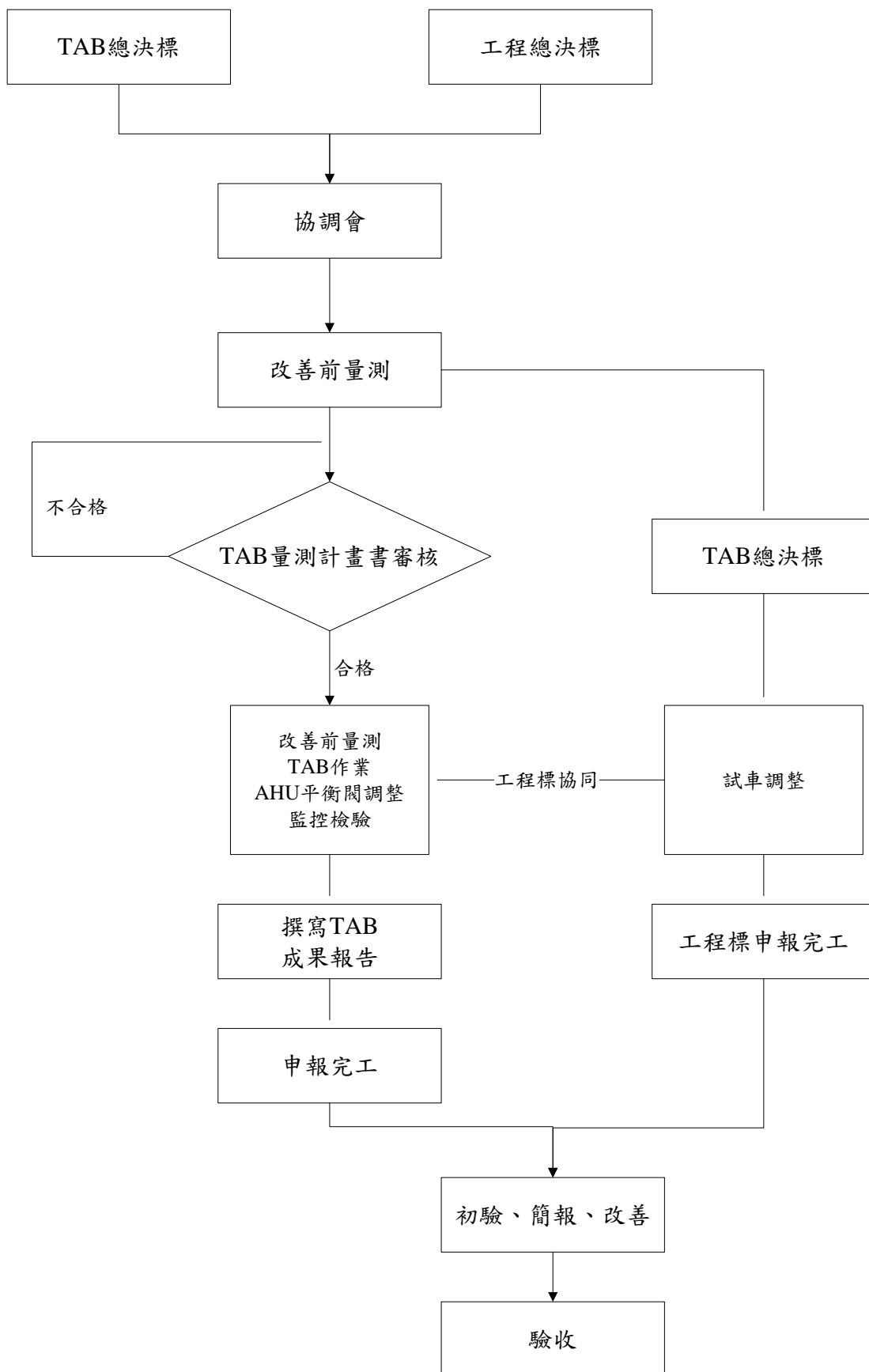


圖 3-1 TAB 工作流程圖

第五節 小結

目前來說，在國內大力推廣綠建築的政策之中，透過調整取代更換系統進行設備效率提升並節省能源耗費，TAB 工程儼然扮演一個重要的角色。其中，由於台灣近年來才開始 TAB 工作，在人力與執行方式仍待有系統化之整合。在參考其他各國之 TAB 工程發展及執行方式，分析整合並開發出一套適合我國目前之 TAB 工作之系統模式，相信將能有助於國內 TAB 工程之進步與發展。

第四章 以既有綠建築案例驗證所建立 性能驗證制度之可行性

本計畫之目標即為針對「人員進駐後評估」(Post-Occupancy Evaluation, 簡稱 POE)之方式進行研究,以進一步建立我國綠建築設計性能驗證制度。

所謂人員進駐後評估是一種用來重新檢視運轉成果是否符合當初設計原意的工具。一般來說,它可以用在新建築以檢視與原先目標之符合程度,及原有定義下設計值與實際運轉上的差異程度。

POE 驗證程序主要包含之內容可分為兩大重點。第一為建築耗能現況之評估,第二則為建築內部使用人員之滿意度調查。

第一節 建築耗能現況之評估

建築耗能狀況之評估內容主要包含：

1. 實際運轉數據與設計值之比較
2. 實際運轉數據與歷年運轉數據之比較
3. 實際運轉數據與國家規定標準之比較

其中,第3項所稱之國家規定標準值一般皆選取 EUI (Energy Use Intensity) 耗能指標。其定義為建築物每平方公尺空調面積每年所所耗費之耗電量。舉例而言,下圖所示為美國數個 LEED 案例之 POE 評估結果:(取材自 American Institute of Architects)

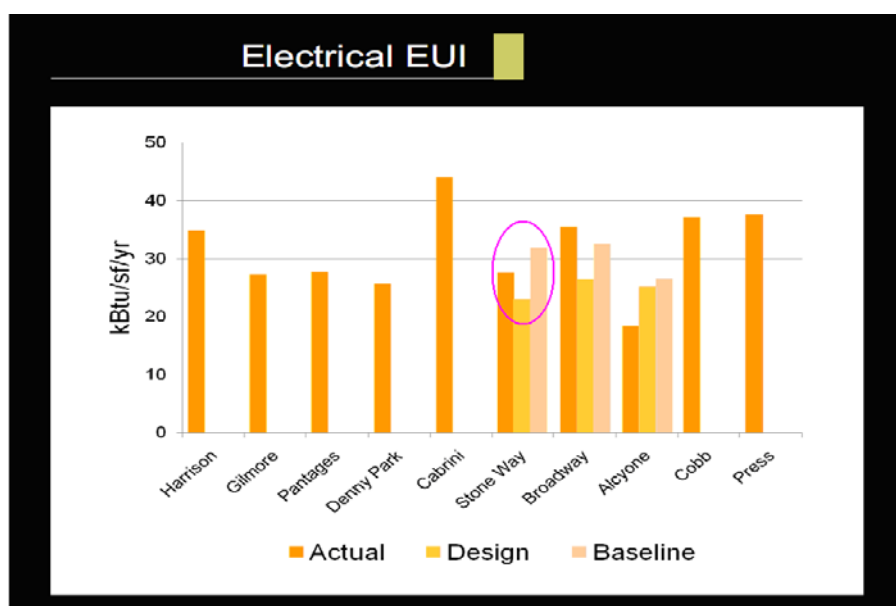


圖 4-1 各案例之 EUI 統計柱狀圖

此圖顯示,Stone Way 建築物實際耗電量較設計值為高,但較低於歷年來之平均水準。其原因固然可能因為施工後調適之不良,亦可能因為建築物之進駐率有所改變所導致。此皆為評估之重點所在。

其中,將綠建築之 EUI 耗能標準作為標竿時,某些建築物之性能表現即非常明顯是屬於較為耗能或較為節能之情況。舉例而言,H 建築之歷年運轉數據顯示約為 70,高於國家 EUI 耗能標準之 65 上限(節能樣本之 90%水準),亦即比一般較為耗能。然而,在經過節能改善工程或 TAB 調適後,整體耗電 EUI 值明顯下降至 30,甚至優於國家標準值之水準。另一方面,HL 建築,則顯示原設計 EUI 值高達 172 遠高於國家標準值,存在設計上之問題。經調適後,勉強降至 90 左右,但未能達到國家標準之範圍內,亦即先天不足,後天亦無法完全調適過來,僅能達到目前系統最佳化。

換言之,此種 POE 評估方式可明顯的指出設計上、施工上或調適上哪一階段所發生之問題,以便對症下藥,進行大量之能源提升計畫。其中,所依據的即是即時線上(real time online) 之完整能源監控系統 BEMS,以隨著運轉時間之經過建立完整資料庫,從而使系統診斷與調適更為具體可行。

此種評估方法之最大特色在於：

1. 實際運轉數據與設計值之比較差異,顯示可能是施工與調適不良所導致之落差。或原設計所假設之基本條件與實際建築運轉條件不同所造成。
2. 實際運轉數據與歷年運轉數據之比較差異,則為評估建築耗能系統性能隨使用狀況逐年劣化之肇因,亦可藉以印證進行節能改善之實際成效。
3. 實際運轉數據與國家規定標準之比較差異,則顯示本建築物與類似條件之建築物性能之比對,可作為效率提升之最重要參考。此方面,我國已公告各類建築之 EUI 耗能指標,可作為重要參考,如下表所示：

表 4-1 我國建築物分類用電參考指標

建築物分類			扣除室內停車場之 EUI 值(kWh/m ² .yr)(註 1)					計入室內停車場之 EUI 值(kWh/m ² .yr)(註 1)					B/A
主類別	次類別	總樣本數	平均值(A)	標準差	標準差/ 平均值	Top25% (註 3)	Btm25% (註 3)	平均值(B)	標準差	標準差/ 平均值	Top25% (註 3)	Btm,25% (註 3)	
行政院所屬機關(註 2)		47	—	—	—	—	—	155.8	68.4	43.9%	109.7	201.9	
地方政府所屬機關(註 2)		91	—	—	—	—	—	116.5	48.3	41.4%	83.9	149.0	
公立大專院校(註 2)	國立科技大學	10	—	—	—	—	—	92.2	24.9	27.0%	75.4	109.0	
	國立普通大學	20	—	—	—	—	—	72.8	19.2	26.3%	59.9	85.7	
辦公大樓類		132	241.9	87.4	36.1%	183	301	186.2	72.3	38.8%	137	235	77%
旅館類	國際觀光旅館	31	314.9	60.2	19.1%	274	356	262.0	58.3	22.3%	223	301	83%
	一般觀光旅館 及一般旅館	124	190.6	58.6	30.8%	151	230	169.7	50.4	29.7%	136	204	89%
醫院類	教學醫院	15	320.8	42.7	13.3%	292	350	258.7	38.8	15.0%	233	285	81%
	區域醫院	59	310.1	51.0	16.4%	276	344	254.1	45.6	18.0%	223	285	82%
	地區醫院	37	205.3	66.7	32.5%	160	250	180.8	56.9	31.5%	142	219	88%
百貨商場類	購物中心	15	525.2	162.8	31.0%	415	635	289.0	71.9	24.9%	240	338	55%
	量販店	80	457.4	92.9	20.3%	395	520	297.8	92.8	31.2%	235	360	65%
	百貨公司	54	586.2	92.9	15.8%	523	649	402.1	92.2	22.9%	340	464	69%

註 1：EUI 表 Energy Use Intensity，每年單位樓地板面積耗電量(kWh/m².yr)。

資料來源：經濟部能源局建築能源管理網站之公告資料

註 2：目前政府機關及公立大專院校，尚無室內停車場面積之統計資料。

註 3：Top25%表相對取換算統計區間 100 名中，由高至低排列第 25 名之值、而 Btm25%則取第 76 名之值(由低至高則為第 25 名)之用電指標值。

由於我國地處亞熱帶地區，夏季時氣候炎熱，濕度亦高，因此空調需求量較高，且隨著工商業發展，空調機組成長快速，造成空調用電逐年急遽增加。而年尖、離峰用電量差距甚大，且地狹人稠，電廠建地取得不易，造成尖峰時段供電吃緊，是台電公司電力調度上的一大難題。因此如何改善既有建築之用電型態，及其用電量為一重要考量。於本計畫中，針對建築耗能狀況之評估方面，主要就實際運轉數據與歷年運轉數據之比較及實際運轉數據與國家規定標準兩方面作比較。

4.1.1 與歷年運轉數據之比較

適用於已裝設包含歷史記錄功能 BEMS 系統之建築，藉由 BEMS 所記錄之空調用電歷史資料以進行 EUI 之計算，亦可藉由 EUI 變化作為再次進行性能驗證與調適之工程計畫。93 年起所進行之中央廳舍改善案皆適宜進行 TAB 工程，以維持效率進行電能節約。而預定於 98 年度建築能源效率提升計畫中之受補助單位，雖部分單位尚未裝有 BEMS 系統，但亦可由建築類型及台電所提供之電費單進行空調用電估計，進行 EUI 計算。

4.1.2 與國家規定標準之比較

上述歷年運轉數據之比較，主要用於自身比較，可令業主自身或與同類型建築作比較，是為促進良性競爭之手段。而我國已訂定各類型建築之 EUI 耗能指標，因此除了藉由自身比對外，亦須參考國家所訂定之標準。

4.1.3 小節

由於氣候之故，空調用電一直都佔我國總用電之極大部分，僅利用空調用電度數進行評估較不易做一明顯之比對，因此透過 EUI 耗能指標，能有效計算出建築空調之使用效率。業主亦可利用 EUI 耗能指標評估建築是否須進行 TAB 性能調適，或應導入其他如夜間排熱、預冷空調模式、台數控制等空調策略，以改善本身之空調耗能。

第二節 建築 TAB 改善案例

4.2.1 永康榮民醫院之改善案例分析

本案例之中央空調部分具有 630 RT 冰水主機 2 台、300 RT 冰水主機 1 台，由設定時程控制、出水溫度、需量控制與負載率進行調配，冷卻水塔採一對一且以變頻器控制流量。中央監控系統部分，具即時監控、記錄歷史資料之功能，冰水主機運轉時程與溫度控制管理，泵、冷卻水塔運轉時程控制、AHU 外氣溫度、運轉時程控制。

(1) 提交 TAB 計劃書

最初階段，亦是交由專業技師進行整體施工之設計，而承包 TAB 工程之團隊進行既有系統現況之調查分析，並須提出 TAB 計劃給技師進行評估。

表 4-2 永康榮民醫院 TAB 計劃書

TAB-Cx 工法說明
<p>i. 建築物系統設備，將原有之空調監控系統升級開放式 BEMS 系統。 建築物改善後之行能分析：進行 Retro-Cx 以追求系統最佳化。</p> <p>ii. 依照永康榮民醫院醫療大樓/復健大樓之空調系統設計，主機端冰水由主冰水泵浦供應至共同管路，再由各區域泵浦(ZP)依各區回水溫度、變流量供應冰水至負荷端。依本案特性，本改善標的為#3 冰水主機及與其搭配之冷卻水及冰水流量，經 TAB-Cx 改善後能提升主機行能為優先。</p>

資料來源：節錄永康榮民醫院之 TAB 計畫書

(2) 進行改善前量測及記錄

於工程開始前，負責 TAB 團隊需進行系統改善前狀況量測與記錄，以於工程結束後，進行系統改善前後之狀況評估比對依據。詳實記錄施工前系統數據及利用照片加以記錄。

表 4-3 改善前系統狀況記錄說明

TAB 改善前紀錄與量測	
i.	永康榮民醫院空調系統主要由三台冰水主機(600RT*2、300RT*1)提供所需之冷源，其運轉時數約為： 每年 5~10 月，0700~1700，600RT 主機運轉一台，常時運轉負荷約 75% 1700~0700，300RT 主機運轉一台，常時運轉負荷約 90% 每年 11~4 月，0000~2400，300RT 主機運轉一台，常時運轉負荷約 75%
ii.	本案改善前以外掛之超音波流量計、主機水溫、耗電量測設備，量測動力中心#3 冰水主機效率。
iii.	量測時，冰水管路可測得流水量，但冷卻水管路無法測得水流量（參考冷卻水管斷面），故冷卻水流量以改善後量得之數據反推代入。 冰水流量 \approx 1080GPM（4100LPM） 冷卻水流量 \approx 1070GPM（4060LPM）
iv.	改善前，依運轉狀況，#3 主機 COP \approx 5

表 4-4 永康榮民醫院#3 主機改善前性能量測數據

日期時間 2008.10.3	功率	冰水流量 (LPM)	冰水出水 溫度(°C)	冰水回水 溫度(°C)	冰水 溫度差(°C)	冷卻水流量 (LPM)	冷卻水出水 溫度(°C)	冷卻水回水 溫度(°C)	冷卻水 溫度差(°C)	冰水機冷凍能力 (RT)	冷凝器冷卻能力 (RT)	單位冷凍噸耗電量 (kW/RT)	機組 COP
15:59:00	190.5	4100	13.9	17.3	3.4	4060	33.6	29.4	4.2	276.6	338.3	0.69	5.10
16:00:00	190.5	4100	13.9	17.3	3.4	4060	33.5	29.4	4.1	276.6	330.3	0.69	5.10
16:01:00	193.5	4100	13.9	17.3	3.4	4060	33.5	29.4	4.1	276.6	330.3	0.7	5.03
16:02:00	190.8	4100	13.9	17.4	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.67	5.25
16:03:00	193.5	4100	13.9	17.4	3.5	4060	33.4	29.3	4.1	284.7	330.3	0.68	5.17
16:04:00	186.5	4100	14	17.4	3.4	4060	33.4	29.3	4.1	276.6	330.3	0.68	5.21
16:05:00	188.7	4100	14	17.4	3.4	4060	33.4	29.3	4.1	276.6	330.3	0.68	5.15
16:06:00	193.5	4100	14	17.4	3.4	4060	33.4	29.3	4.1	276.6	330.3	0.7	5.03
16:07:00	194.1	4100	14	17.4	3.4	4060	33.4	29.3	4.1	276.6	330.3	0.7	5.01
16:08:00	192	4100	14	17.5	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.67	5.21
16:09:00	189.3	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.5	29.3	4.2	276.6	338.3	0.68	5.14
16:10:00	189.9	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.5	29.4	4.1	276.6	330.3	0.69	5.12
16:11:00	192.3	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.5	29.4	4.1	276.6	330.3	0.7	5.06
16:12:00	192.3	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.6	29.4	4.2	276.6	338.3	0.7	5.06
16:13:00	191.7	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.6	29.4	4.2	276.6	338.3	0.69	5.07
16:14:00	192	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.6	29.4	4.2	276.6	338.3	0.69	5.07
16:15:00	190.5	4100	14.1	17.5	3.4	4060	33.6	29.4	4.2	276.6	338.3	0.69	5.10
16:16:00	191.1	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.4	4.1	284.7	330.3	0.67	5.24
16:17:00	190.5	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.4	4.1	284.7	330.3	0.67	5.26

綠建築設計性能驗證制度之研究

日期時間 2008.10.3	功率	冰水流量 (LPM)	冰水出水 溫度(°C)	冰水回水 溫度(°C)	冰水 溫度差(°C)	冷卻水流量 (LPM)	冷卻水出水 溫度(°C)	冷卻水回水 溫度(°C)	冷卻水 溫度差(°C)	冰水機冷凍能力 (RT)	冷凝器冷卻能力 (RT)	單位冷凍噸耗電量 (kW/RT)	機組 COP
16:18:00	190.2	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.4	4.1	284.7	330.3	0.67	5.26
16:19:00	191.1	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.67	5.24
16:20:00	192.3	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.68	5.21
16:21:00	192.5	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.68	5.20
16:22:00	192	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.5	29.3	4.2	284.7	338.3	0.67	5.21
16:23:00	191.1	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.6	29.5	4.1	284.7	330.3	0.67	5.24
16:24:00	193.2	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.7	29.5	4.2	284.7	338.3	0.68	5.18
16:25:00	190.2	4100	14.1	17.6	3.5	4060	33.8	29.6	4.2	284.7	338.3	0.67	5.26
16:26:00	191.1	4100	14.2	17.6	3.4	4060	33.8	29.6	4.2	276.6	338.3	0.69	5.09
16:27:00	191.7	4100	14.2	17.7	3.5	4060	33.8	29.7	4.1	284.7	330.3	0.67	5.22
16:28:00	191.1	4100	14.2	17.7	3.5	4060	33.8	29.7	4.1	284.7	330.3	0.67	5.24
16:29:00	192.3	4100	14.2	17.7	3.5	4060	33.8	29.7	4.1	284.7	330.3	0.68	5.21
16:30:00	192.6	4100	14.2	17.7	3.5	4060	33.8	29.7	4.1	284.7	330.3	0.68	5.20
平均	191.4	4100.0	14.1	17.5	3.5	4060.0	33.6	29.4	4.1	280.9	334.1	0.7	5.2

資料來源：永康榮民醫院 TAB 廠商提供

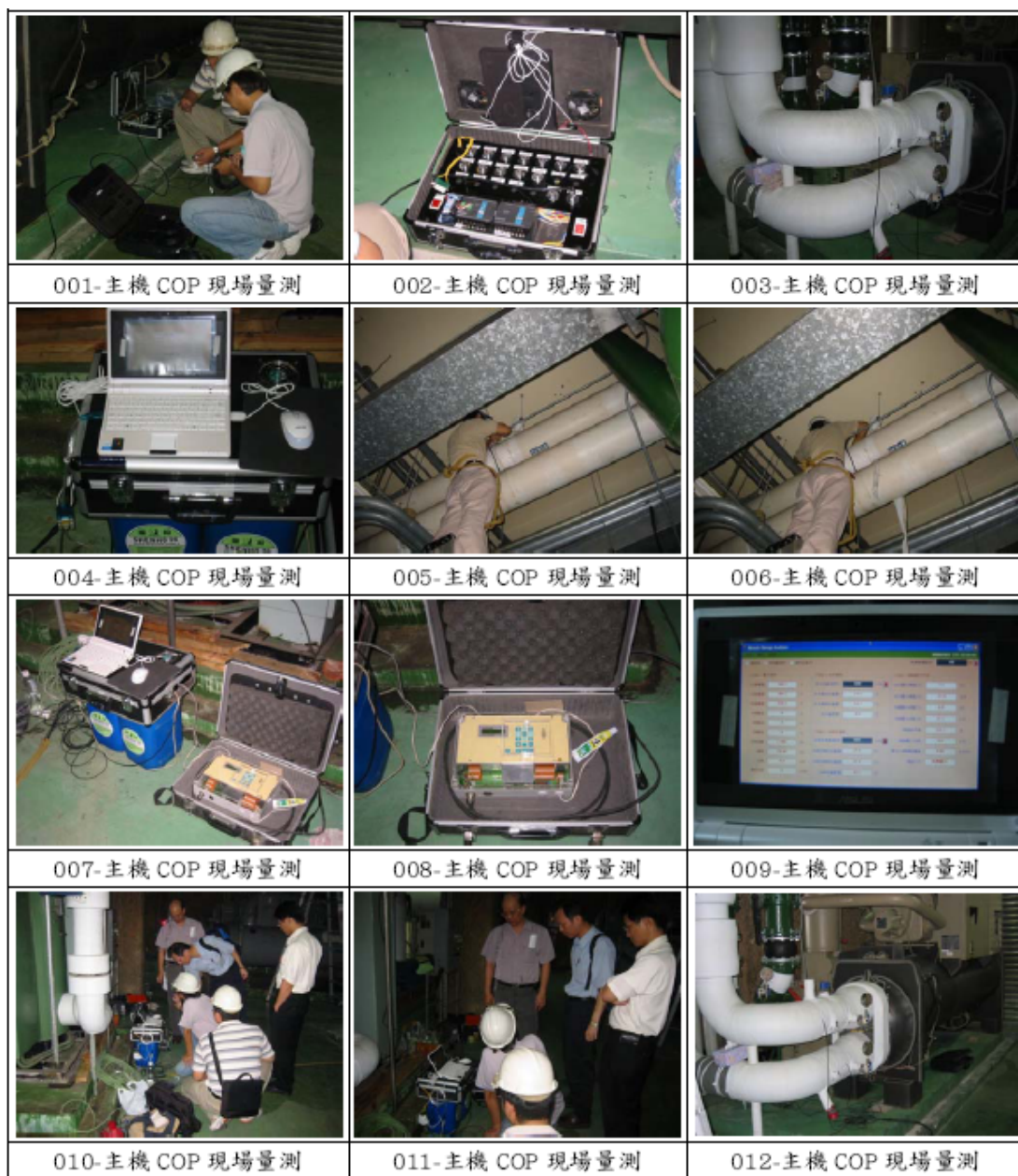


圖 4-2 改善前照片記錄

(3) 改善後量測及記錄

詳述改善後量測結果及數據，並將施工前後數據進行比對分析，評估其成效。

表 4-5 改善後工作記錄

TAB 改善後紀錄與量測
<p>i. 改善以追求系統最佳化運轉策略為目的。</p> <p>ii. 本案改善後以 on-line 電磁式流量計、溫度傳送器、BEMS 系統#3 主機水溫流量、電表、量測動力中心#3 冰水主機系統效率、泵浦耗電。</p> <p>iii. 改善初期，將冰水流量／冷卻水流量調小至標準額定值 額定冰水流量≒760GPM (2725LPM) 額定冷卻水流量≒900GPM (3410LPM) 發現每次運轉主機時，約 2min 後，主機因蒸發溫度過低停止，經查為#3 主機出場特性，需以大水量方能正常運轉。 試將水量增大，發現至下述流量，主機可正常運轉。 冰水流量≒950GPM (3600LPM) 冷卻水流量≒900GPM (4100LPM)</p> <p>iv. 以相同之 on-line 電磁式流量計、AB 電表量測。</p>

表 4-6 改善後冰水主機性能測試記錄表

(永康榮民醫院) #3冰水主機性能測試紀錄表					測試日期		97年11月		日		
冰水主機用途	空調	冰水主機之形式		螺旋式		冷媒	R-134A				
冰水主機規格	冰水出水溫度	12~9°C		冰水回水溫度	16~11°C		冰水流量	4200/3600LPM			
	冷卻水出水溫度	34°C		冷卻水回水溫度	29°C		冷卻水流量	4030/4100LPM			
	冷房能力	300RT		電源	380-3-60		耗電量	LRA:334A			
測試條件	室內溫度		室外溫度		32°C/23°C						
測試紀錄數據											
	測試紀錄 單位	冰水流量調整前 (11/)					冰水流量調整後 (11/)				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冰水出水溫度	°C	12.4	12.4	12.2	12.2	12.1	12.3	12.2	12.1	12.1	12.1
冰水回水溫度	°C	16	16	15.9	15.9	15.8	16.7	16.6	16.5	16.4	16.4
冰水流量	LPM	4206	4200	4212	4200	4212	3612	3636	3628	3635	3633
冷卻水出水溫度	°C	34	34	34	34	34	33.9	33.9	33.9	34	34
冷卻水回水溫度	°C	29	28.9	28.9	29	29	28.9	28.9	29	29.1	29
冷卻水流量	LPM	4044	4032	4032	4038	4026	4092	4098	4086	4068	4070
冷房能力	RT	300.4	300	309.2	308.3	309.2	315.3	317.4	316.7	310.1	310
耗電量	KW	183.8	183.9	184	184.1	183.6	182.5	183.8	184.8	181	181.2
負載量											
COP		5.75	5.74	5.9	5.89	5.92	6.08	6.07	6.03	6.02	6.01
	冰水流量調小，主機COP略增加，COP平均自5.84增加至6.04，約增加3.3%績效										
備註	本量測採on-line電磁式流量計，以BEMS系統讀取相關數據										
核驗人員	業主代表		監造單位		承包商		CA				

資料來源：永康榮民醫院測試報告(節錄)

表 4-7 改善後泵性能測試記錄表

(永康榮民醫院) #3主機泵浦性能測試紀錄表					測試日期		97年11月		日		
泵浦用途		入口直徑	8" / 8"			出口直徑	8" / 8"				
泵浦規格	流量	760/900GPM	轉速	1760rpm		馬力	20/20HP				
	揚程(TDH)	65/65	效率			電源					
馬達規格	形式	ODP	功率	88.5%/88.5%		電壓	380V				
	轉速	1760rpm	頻率			電流	32A/32A				
測試條件	環境溫度		大氣壓力								
測試紀錄數據											
	測試紀錄 單位	改善前 (10/03)					改善後 (10/27~11/06)				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冰水流量	LPM	4158	4170	4175	4181	4174	3602	3603	3599	3607	3606
冷卻水流量	LPM	4024	4031	4028	4021	4023	4101	4098	4081	4106	4094
冰水泵運轉電流	R	27.73	27.84	27.88	27.83	27.8	27.79	27.93	28.16	27.66	27.98
	S	27.09	27.19	26.88	26.84	26.92	26.72	26.84	26.76	26.68	26.73
	T	26	25.94	25.94	26.02	25.83	26	26.44	26.5	26.63	26.25
冷卻水泵運轉電流	R	28.78	28.83	28.86	28.63	28.77	28.08	28.76	28.16	28.77	28.69
	S	31.48	31.46	31.96	31.51	31.83	31.83	31.46	31.74	31.64	31.7
	T	29.36	29.12	29.49	29.37	29.46	29.57	29.73	29.38	29.64	29.53
冰水流量改小，冰水泵耗電略增加！											
核驗人員	業主代表		監造單位		承包商		CA				

資料來源：永康榮民醫院測試報告(節錄)

表 4-8 TAB 測試調整記錄表

(永康榮民醫院) TAB/Cx 測試調整報告				測試日期		97 年 11 月 日	
測試調整	本案經調整#3 主機、重設冰水出水溫度、冰水泵/冷卻水泵流量、冷卻水塔，其結果敘述如下。						
	過程					結果	
1	主機與冷卻水塔採一對一方式，冷卻水塔有風扇變頻溫控，可設定風扇啟、停溫度與變頻運轉，詳冷卻水系統附圖					最佳化運轉策略	
2	主機 PLC 時程控制，可依設定時程，配合負荷回水溫度，遠端重設主機冰水出口溫度，並具自動加洩載功能					最佳化運轉策略	
3	區域泵具各負荷區之個別回水溫度之變頻控制					最佳化運轉策略	
4	搭配#3 主機運轉之冰水泵、冷卻水泵與相關手動控制閥，原為全量(最大量)運轉，冰水量 4160LPM，冷卻水量 4030LPM					冰水量/冷卻水量採最大值運轉或調小之(仍以主機能正常運轉為前提)，對主機系統運轉均是最佳化運轉策略(兩者差異不大)	
	經調小冰水量/冷卻水量制 300RT 主機之標準水量運轉(2725LPM/3410LPM)，多次測試，主機(R-134A、滿液式)均因蒸發溫度過低於 2min.內自動卸載跳機，檢視主機運轉特性：當冰水量不夠大時，因冰水對冷媒加熱量不足，至壓縮機因加載至蒸發壓力迅速下降至停機設定點而停機						
	加大冰水量/冷卻水量至 3600LPM/4100LPM 運轉，主機不再跳機，其運轉數據如附，發現 COP 略增加~0.15，但冰水泵耗電亦略增加						
5	系統定期清理冷凝器					最佳化運轉策略	
6	系統冷卻水具水質監控、軟水處理機制					最佳化運轉策略	
檢驗人員	業主代表		監造單位		承包商		CA

資料來源：永康榮民醫院測試報告(節錄)



圖 4-3 TAB 工程及改善後照片記錄

(4) 節約成效說明

除了記錄施工內容及量測數據外，亦須將成果系統化整理成竣工報告，以利施工成效之比對分析。

表 4-9 竣工報告之績效說明(節錄)

TAB 改善後績效說明
改善後（將冰水流量／冷卻水流量調小至主機能正常運轉為前提），發現：
i. 改善後，冰水泵浦耗電電流略增加，但屬誤差範圍內。
ii. 改善後，#3 主機 COP 略增加 3.3%（依測試情況，COP 從 5.84 提昇至 6.04）
iii. 依#3 主機運轉時間，每年 5~10 月：1700~0700，14hr／每日+每年 11~4 月：0000~2400，24hr／每日，合計約 6920hr／年 平均運轉負荷：~80% 概估#3 主機改善後績效約為 $300RT * 3.516 / 5.84 * 3.3% * 80% * 6920 = 32,996 \text{ kWh} / \text{年}$ 。

(2) 進行改善前量測及記錄

於工程開始前，負責 TAB 團隊需進行系統改善前狀況量測與記錄，以於工程結束後，進行系統改善前後之狀況評估比對依據。詳實記錄施工前系統數據及利用照片加以記錄。

表 4-11 改善前系統狀況記錄說明

TAB 改善前紀錄與量測
<p>i. 本空調系統改善前運轉模式 國立屏東商業技術學院教學壹館空調系統，主要由二台滷水主機(100RT*2)提供所需之冷源，採夜間製冰、日間溶冰或空調模式運轉。其運轉與否由空調回水溫度設定。</p> <p>a. 日間—溶冰或空調模式運轉，每日先手動以溶冰模式運轉，當回水溫度過高、或現場使用者反應室溫過高時，再輔以人工啟動冰水主機。</p> <p>b. 夜間—儲冰模式，依時程 2230~0700 運轉，並輔以主機回水溫度低於 -4°C(僅供參考)停機安全機制。</p> <p>c. 製冰、溶冰或空調模式運轉時，空調水冰水泵、榮冰冰水泵、滷水溶冰泵、儲冰泵、冷卻水泵、冷卻水塔，均同步運轉。</p>
<p>ii. 本案改善前以外掛之超音波流量計、主機水溫、耗電量測設備，量測冰水主機效率。量測時，滷水管路、冷卻水管路均可測得水流量，惟因機房現場管路壅擠，無法於直管量測，因此該測得水量數據僅供參考。 滷水流量\approx1525LPM(經統計數據後平均值為 1509LPM)。 冷卻水流量\approx2460LPM(依量測時讀值代入)。</p>
<p>iii. 改善前，依運轉狀，主機 COP\approx2.52。</p>
<p>iv. 本案改善前常有儲冰量不足(儲冰槽容量仍有裕度)，以至於上午時刻即須開啟主機，以空調模式運轉，供應所需空調負荷。</p>

表 4-12 國立屏東商業技術學院#1 主機改善前性能量測數據

日期/時間 2008/10/07	功率 kw	冰水流 量 LPM	冰水出 水溫度	冰水回 水溫度	冰水溫 度差	冷卻水 流量 LPM	冷卻水 出水溫 度	冷卻水 回水溫 度	冷卻水 溫度差	冰水器 冷凍能 力 (RT)	冰水器 冷凍能 力 (KW)	冷凝器 冷卻能 力 (RT)	冷凝器 冷卻能 力 (KW)	機組熱 平衡 %	機組輸 入功率	單位冷凍 噸耗電量 kw/RT	機組COP
10/07/12:00:05	82.2	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	33.3	32	1.3	56.6	199.16	63.5	223.10	26.11%	82.2	1.45	2.42
10/07/12:01:05	79.8	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	33	31.5	1.5	56.6	199.16	73.2	257.42	8.37%	79.8	1.41	2.50
10/07/12:02:05	79.8	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	32.6	31	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.59%	79.8	1.41	2.50
10/07/12:03:05	79.8	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	32.2	30.6	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.59%	79.8	1.41	2.50
10/07/12:04:05	78.9	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.8	30.2	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.26%	78.9	1.39	2.52
10/07/12:05:05	78.6	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.5	29.8	1.7	56.6	199.16	83.0	291.74	-4.79%	78.6	1.39	2.53
10/07/12:06:05	78.6	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.2	29.5	1.7	56.6	199.16	83.0	291.74	-4.79%	78.6	1.39	2.53
10/07/12:07:05	78.3	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	30.9	29.3	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.05%	78.3	1.38	2.54
10/07/12:08:05	78.9	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	30.7	29.1	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.26%	78.9	1.39	2.52
10/07/12:09:05	78	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	30.5	29	1.5	56.6	199.16	73.2	257.42	7.67%	78	1.38	2.55
10/07/12:10:05	79.2	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	30.5	29.1	1.4	56.6	199.16	68.3	240.26	15.86%	79.2	1.40	2.51
10/07/12:11:05	81.3	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31	29.8	1.2	56.6	199.16	58.6	205.94	36.19%	81.3	1.44	2.45
10/07/12:12:05	81.9	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.6	30.5	1.1	56.6	199.16	53.7	188.78	48.88%	81.9	1.45	2.43
10/07/12:13:05	81.9	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	32.3	31.3	1	56.6	199.16	48.8	171.61	63.77%	81.9	1.45	2.43
10/07/12:14:05	82.8	1525	-1.5	0.4	1.9	2460	33.1	32.1	1	59.8	210.22	48.8	171.61	70.74%	82.8	1.38	2.54
10/07/12:15:05	81.3	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	33.3	31.9	1.4	56.6	199.16	68.3	240.26	16.73%	81.3	1.44	2.45
10/07/12:16:05	81	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	33	31.4	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	2.03%	81	1.43	2.46
10/07/12:17:05	81	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	32.5	30.9	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	2.03%	81	1.43	2.46
10/07/12:18:05	79.5	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	32.1	30.4	1.7	56.6	199.16	83.0	291.74	-4.49%	79.5	1.40	2.51
10/07/12:19:05	79.5	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.7	30.1	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.48%	79.5	1.40	2.51
10/07/12:20:05	79.5	1525	-1.4	0.4	1.8	2460	31.4	29.8	1.6	56.6	199.16	78.1	274.58	1.48%	79.5	1.40	2.51
平均(僅供參考)										56.4		69.6		17.91%	79.8	1.4	2.5

資料來源：國立屏東商業技術學院測試報告(節錄)



圖 4-4 改善前照片記錄

(3) 改善後量測及記錄

詳述改善後量測結果及數據，並將施工前後數據進行比對分析，評估其成效。

表 4-13 改善後工作記錄

TAB 改善後紀錄與量測
<p>i. 本改善工作主要為系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)，以節能、最佳運轉策略為目的。</p> <p>ii. 本案改善後已 on-line 電磁式流量計、溫度傳送器、BEMS 系統主機滷水溫度、流量、電表，量測教學壹館空調系統性能。</p> <p>iii. 系統運轉最佳化改善 本案改善後，主機約於凌晨 0300 已儲滿冰而停機，相較於改善前，常有儲冰量不足，須於上午時刻開啟主機，以空調模式運轉現象，可進一步節約用電。</p>

表 4-14 改善前後主機數據比對分析

(國立屏東商業技術學院) 冰水主機性能測試紀錄表					測試日期		97 年 11 月 日				
冰水主機用途	空調	冰水主機之形式	往復式			冷媒	R-22				
冰水主機規格	冰水出水溫度	7.2 or -0.7°C	冰水回水溫度	12.7 or -3.3°C		冰水流量	1817/1892LPM				
	冷卻水出水溫度	37.7°C	冷卻水回水溫度	32.2°C		水卻水流量	2271/2271LPM				
	冷房能力	200/400 RT	電源	220-3-60		耗電量	LRA:334A				
測試條件	室內溫度		室外溫度	32°C/23°C							
測試紀錄數據											
	測試紀錄	改善前(10/07)外掛是流量計					改善後(11/10-11/14) on-line 電磁式流量計				
	單位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冰水出水溫度	°C	-1.3	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	-1.5	-3.7	-5	-6	-6.2
冰水回水溫度	°C	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	2.1	-0.1	-1.5	-2.5	-2.8
冰水流量	LPM	1525	1525	1525	1525	1525	1588	1566	1542	1522	1526
冷卻水出水溫度	°C	32.8	31.2	32.2	30.7	32.5	31.7	31.2	30.8	30.6	30.5
冷卻水回水溫度	°C	31.2	29.6	30.6	29.1	30.9	28.7	28.3	28	27.9	27.8
冷卻水流量	LPM	2460	2460	2460	2460	2460	2460	2460	2460	2460	2460
冷房能力	RT	56.6	59.8	56.6	56.6	56.6	146.43	141.55	136.67	131.8	131.8
耗電量	KW	81	78.6	79.8	78.9	81	154.3	151.9	150.4	149	148.6
附載量											
COP		2.46	2.67	2.5	2.52	2.46	2.69	2.69	2.6	2.59	2.53
運轉效率											
判定結果											
備註											
檢驗人員	業主代表		監造單位		承包商		CA				



圖 4-5 TAB 工程及改善後照片記錄

(4) 績效說明

除了記錄施工內容及量測數據外，亦須將成果系統化整理成竣工報告，以利施工成效之比對分析。

全系統改善後，改善績效如附：

- (1) 本案空調系統運轉模式，依現況可分為春夏(運轉)與秋冬兩季，其運轉時數分別為5天/周*32周/年與5天/周*20周/年。
- (2) 經全系統最佳運轉模式改善後，供節約，如下表：

表 4-15 TAB 團隊所提供之成效說明表

模式		改善前		改善後		改善績效 kwh/年
		運轉否	運轉時數 hr/年	運轉否	運轉時數 hr/年	
儲冰模式	儲冰泵 @20hp*2	V	9*5*52= 2340	V	6*5*20+ 9*5*32= 2040 (※)	272,812
	冷卻水泵 @20hp*2	V		V		
	滷水溶冰泵@15 hp*2	V		X		
	冰水溶冰泵@10 hp*2	V		X		
	空調冰水泵@15 hp*2	V		X		
	冰水主機 @(125hp*2)*2	V		V		
	冷卻水塔 @7.5hp*2	V		V		
溶冰模式	儲冰泵 @20hp*2	V	4*5*20+ 3*5*32= 880	X	9*5*20+ 4*5*32= 1540	47,595
	冷卻水泵 @20hp*2	V		X		
	滷水溶冰泵@15 hp*2	V		V		
	冰水溶冰泵@10 hp*2	V		V		
	空調冰水泵@15 hp*2	V		X		
	冰水主機 @(125hp*2)*2	X		X		
	冷卻水塔 @7.5hp*2	X		X		
空調模式	儲冰泵 @20hp*2	V	5*5*20+ 6*5*32= 1460	X	0*5*20+ 5*5*32= 800	324,510
	冷卻水泵 @20hp*2	V		V		
	滷水溶冰泵@15 hp*2	V		X		
	冰水溶冰泵@10 hp*2	V		X		
	空調冰水泵@15 hp*2	V		V		
	冰水主機 @(125hp*2)*2	V(#)		V(#)		
	冷卻水塔 @7.5hp*2	V		V		
小計=						644,917

※ 註：含儲冰效率提高所節約之主機運轉時數

註：以部份負載率 75% 計算

- (3) 冷卻水塔增設溫度控制，設定為 28.5℃ 啟動風扇運轉(秋冬季節不運轉風扇)，估約改善 $7.5\text{hp} \times 0.746 \times 2 \times (9 \times 5 \times 20) = 10,071 \text{kwh/年}$ 。
- (4) 滷水溶冰泵增設變頻設備，依回水溫度降載滷水溶冰泵運轉(秋冬季節部分附載率估約 60%)，估約改善 $15\text{hp} \times 0.746 \times 2 \times (9 \times 5 \times 20) \times 0.6 = 12,085 \text{kwh/年}$ 。

4.2.3 警察廣播電臺高雄台之改善案例

本案例之中央空調部分具有 150 RT、135RT 及 30RT 冰水主機各 1 台，其中，30RT 冰水主機因老舊待修而暫不使用，135 RT 冰水主機則拆除並更新為 100RT，作為 150RT 主機提供冰水不足時支援之用。中央監控系統部分，具即時監控、記錄歷史資料之功能，冰水主機運轉時程與溫度控制管理，泵、冷卻水塔運轉時程控制，但因監控點不足無法有效進行數據監控。

(1) 提交 TAB 計劃書

最初階段，亦是交由專業技師進行整體施工之設計，而承包 TAB 工程之團隊進行既有系統現況之調查分析，並須提出 TAB 計劃書給技師進行評估。

表 4-16 警察廣播電台 TAB 施工計劃表格

樓層	設備	工法	Qty	Remark	次數	施作時點
B2	泵浦	量測電壓、電流、用電時間、用電量，一周	5	P-12、P-13、P-14、P-15、P-16	2	改善前 & 後 依現況量測
B1	製冰機	量測電壓、電流、用電時間、用電量，一周	5	ICE-1、ICE-2、ICE-3、ICE-4、ICE-5	2	
B1	泵浦/水塔/主機	量測電壓、電流、用電時間、用電量，一周	15	P-1、P-2、P-3、P-4、P-5、P-6、P-7、P-8、P-9、P-10、P-11、CT-1、CT-2、CH-1、CH-2	2	
1F	on-line 超音波流量計(冷卻水塔)	量測，含二台冷卻水塔流量、溫差	2	FM-1-01~02	2	改善前 依現況量測
B1	on-line 超音波流量計(板換/主機)	量測，含HX-1~4一次側冰水、CH-1~2主機冰水、送回水主幹管之流量、溫差與冷能積算，一周	8	FM-B1-01~08	2	
B1	on-line 文式管流量計(板換)	量測，含HX-1~4一次側冰水、CH-1~2主機冰水、送回水主幹管之流量、溫差與冷能積算，一周	4	文式管-B1-01~04	2	改善後
All	AHU	量測，冰水流量	75		1	
B1	on-line 超音波流量計(板換/主機)	校正(含二組溫度感測器)	8	FM-B1-01~08	1	改善前 依現況校正
B1	on-line 文式管流量計(板換)	校正(含二組溫度感測器)	4	文式管-B1-01~04	1	
1F	on-line 超音波流量計(冷卻水塔)	校正(含二組溫度感測器)	2	FM-1-01~02	1	改善前 依現況校正
B2	數位電錶	校正	5	PM-B2-01~05	1	
B1	數位電錶	校正	20	PM-B1-01~20	1	改善後
All	監控系統	監控設備進行測試、調整、平衡	1		1	
All	系統	協同工程廠商進行空調系統最佳化運轉調整	1		1	
All	系統	空調系統運轉狀況之測量	1		1	

資料來源：節錄警察廣播電台之 TAB 計劃書

(2) 進行改善前量測及記錄

於工程開始前，負責 TAB 團隊需進行系統改善前狀況量測與記錄，以於工程結束後，進行系統改善前後之狀況評估比對依據。詳實記錄施工前系統數據及利用照片加以記錄。

表 4-17 水系統平衡閥調整紀錄表

管路別	平衡閥			設計流量 Lpm	第一輪(前置)測量			第二輪測量			第三輪測量			第四輪測量			第五輪測量			最終誤差 %
	編號	尺寸	樓別		流量Lpm	FR	閥開度	流量Lpm	FR	閥開度	流量Lpm	FR	閥開度	流量Lpm	FR	閥開度	流量Lpm	FR	閥開度	
主管閥	①	5"	B1	1800	1626	0.90	8	1610	0.89	8	1610	0.89	8	1700	0.94	8	1700	0.94	8	-5.6%
主管閥	②	4"	B1	1150	1355	1.18	8	1313	1.14	8	1323	1.15	8	1323	1.15	8	1365	1.19	8	18.7%
區域管閥	③	2.5"	B1	380	435	1.15	10	387	1.02	10	386	1.02	10	412	1.08	10	360	0.95	6	-5.3%
區域管閥	④	2"	1F	160	157	0.98	7.9	163	1.02	7.9	163	1.02	7.9	149	0.93	7.9	149	0.93	7.9	-6.9%
區域管閥	⑤	2"	2F	200	162	0.74	7.9	186	0.93	7.9	186	0.93	7.9	181	0.91	7.9	189	0.945	7.9	-5.5%
區域管閥	@	1.5"	2F	115	133	1.16	6.5	104	0.9	2.8	108	0.94	2.8	120	1.04	2.8	112	0.974	2.2	-2.6%
區域管閥	⑥	1.5"	3F	105	124	1.18	6.5	90	0.86	1.8	90	0.86	1.8	100	0.95	1.8	111	1.06	3	5.7%
區域管閥	(b)	1.25"	3F	80	89	1.11	6.5	750	0.94	2.4	78	0.98	2.4	87	1.09	2.4	78	0.975	2.2	-2.5%
區域管閥	⑦	2"	4F	185	198	1.07	7.9	185	1.00	7.2	185	1.00	7.2	173	0.94	7.2	173	0.94	7.2	-6.5%
區域管閥	⑧	2"	5F	120	165	1.38	6.5	118	0.98	2.8	119	0.99	2.8	119	0.99	2.8	119	0.99	2.8	-0.8%
區域管閥	©	1.25"	6F	90	103	1.15	6.5	87	0.97	2.4	89	0.99	2.2	91	1.01	2.4	89	0.989	2.2	-1.1%
註1：管路別：分主管、區域管。 2：流量比(FR)=實測流量/設計流量。 3：最後一次測量時，需填最終誤差%值，即(最後流量-設計流量)/設計流量×100%，宜≤-7%~+3%。																				
結論：1).配合 3F 辦公區現況，調整水量，使之盡量舒適。 2).辦公區屬東曬格局，建議設置外遮陽工法，以降低室內負荷，增進舒適度，並可降低耗能。																				
測量者：				承包商：				監造者：				技師：				業主：				

說明：水量實測總量小於設計總量時，需請業主/工程標承包商協助。

測試照片 MP-1

運轉狀況	100%	70%	50%	25%	0%
流量					
泵浦入口 (kg/cm ²)					
泵浦出口 (kg/cm ²)					
電流 (A)					

圖 4-6 TAB 工程泵浦性能量測施工記錄照片

表 4-18 冰水主機測試記錄表與 COP 測試(現場)紀錄表

業主	警廣高雄台		測試日期	98 年 07 月 21 日		
工程名稱	98 年空調系統 TAB 標		設備編號	CH1		
設備規格	(荳霖)KLFW-150D(滿液式)、3 ϕ 380v、150RT、212A、120kw					
項次	測試內容	設計值	實測值	符合	不符	備註
1	電源電壓—RS A 機/B 機	380/380	381/384	V		
	—ST A 機/B 機	380/380	381/384	V		
	—TR A 機/B 機	380/380	381/384	V		
2	運轉電流—R A 機/B 機	106/106	70/74	V		
	—S A 機/B 機	106/106	70/74	V		
	—T A 機/B 機	106/106	70/74	V		
3	運轉電力 (kw) A 機/B 機	/	36/38.6	V		
4	冷媒高壓 (kg/cm ²) A 機/B 機	/	16/15	V		
5	冷媒低壓 (kg/cm ²) A 機/B 機	/	6.2/6	V		
6	蒸發器—冰水量 (Lpm) A 機/B 機	/	1374	V		
	—進水溫 (°C) A 機/B 機	/	15.3	V		
	—出水溫 (°C) A 機/B 機	/	12.6	V		
	—進水壓 (kg/cm ²) A 機/B 機	/	5.2	V		
	—出水壓 (kg/cm ²) A 機/B 機	/	5.05	V		
	—水壓損 (mAq) A 機/B 機	/	0.15	V		
	—製冷能力 (kw)		262.2	V		
7	冷凝器—冷卻水量 (Lpm) A 機/B 機	/	1517	V		
	—進水溫度 (°C) A 機/B 機	30/30	33	V		
	—出水溫度 (°C) A 機/B 機	35/35	36.1	V		
	—進水壓力(kg/cm)A 機/B 機	/	4.5	V		
	—出水壓力(kg/cm)A 機/B 機	/	4.1	V		
	—水壓損 (mAq) A 機/B 機	/	0.4	V		
	—冷凝熱量 (kw) A 機/B 機	/	325.7	V		
8	熱平衡百分比 (HB%) A 機/B 機	/	3.7	V		
9	COP	/	3.51	V		

附註：1).機組有電流、壓縮機吐出高溫、...等限載，致冰水主機無法長時高負載運轉。
2).冷卻水塔散熱能力(市售 150 型)相對於主機能力而言略小，致冷卻水水溫偏高。
3).本台冰水主機於清洗冷凝器後，熱效率已提升。

說明：如因水管內積垢、過濾器阻塞、…等所造成之流量不足，需請業主或工程標承包商協助解決，或依現況量測。

(3) 改善後量測及記錄

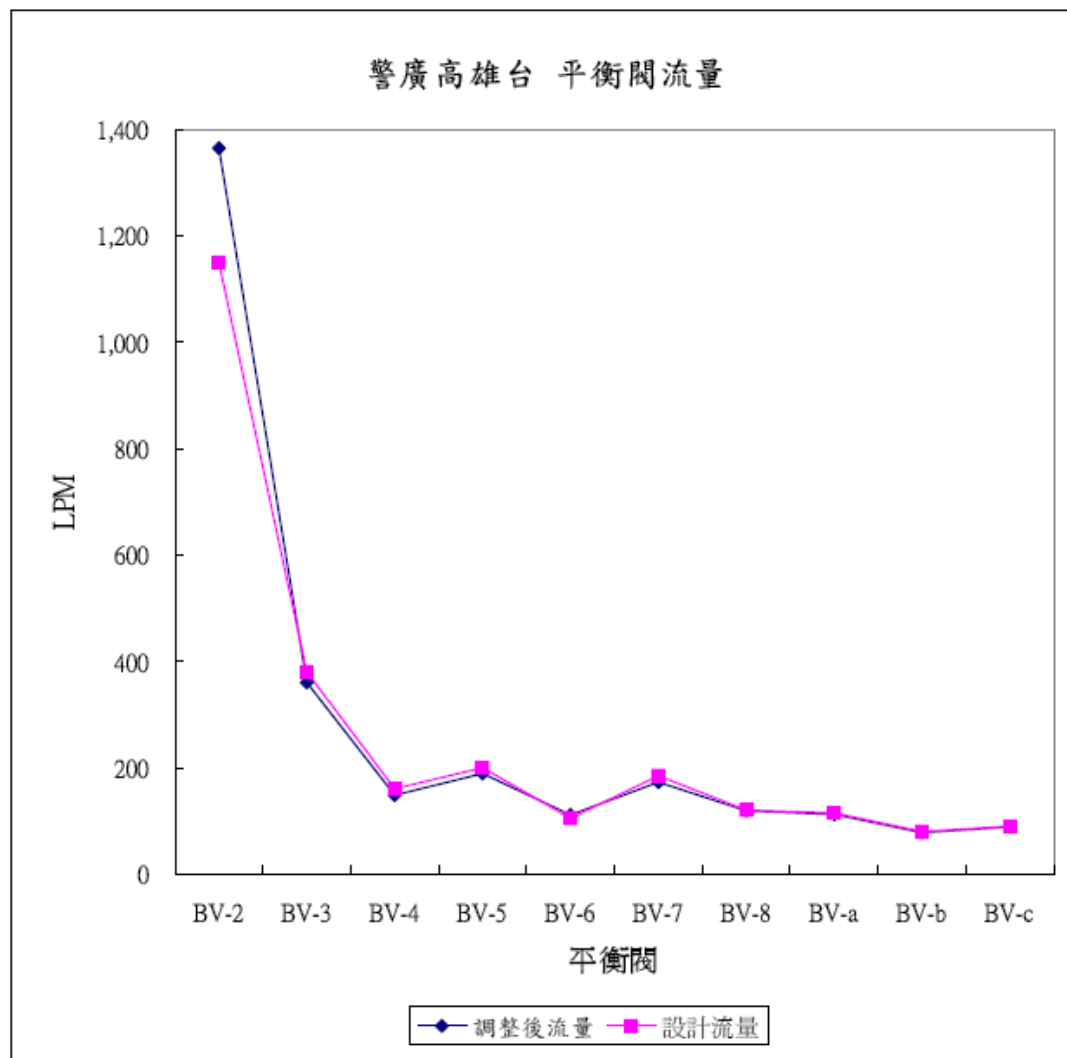
詳述改善後量測結果及數據，並將施工前後數據進行比對分析，評估其成效。

測試照片
MP-1

運轉狀況	MP-1		運轉狀況	MP-1	
	平衡前	平衡後		平衡前	平衡後
泵浦入口 (kg/cm ²)			電流 (A)		
泵浦出口 (kg/cm ²)			電壓 (V)		

圖 4-6 TAB 工程及改善前後照片記錄

位置	B1F	B1F	1F	2F	3F	4F	5F	2F	3F	6F
閥編號	BV-2	BV-3	BV-4	BV-5	BV-6	BV-7	BV-8	BV-a	BV-b	BV-c
設計流量Lpm	1,150	380	160	200	105	185	120	115	80	90
調整後Lpm	1,365	360	148	189	111	173	119	112	78	89
FR	1.19	0.95	0.93	0.95	1.06	0.94	0.99	0.97	0.98	0.99



資料來源：警察廣播電台高雄台平衡閥流量測試記錄

圖 4-7 平衡閥設計流量與調整後流量分析圖

(4) 節約成效說明

除了記錄施工內容及量測數據外，亦須將成果系統化整理成竣工報告，以利施工成效之比對分析。

4.2.4 科學工藝博物館之改善案例

本案例為一展覽館類型建築物，佔地廣闊。既有冰水主機 250 RT x1 台，於開館時段皆提供空調，因此耗能極大，因此該案例於先前將其空調系統改為儲冰式系統，以降低空調電費支出。

(1) 提交 TAB 計劃書

最初階段，亦是交由專業技師進行整體施工之設計，而承包 TAB 工程之團隊進行既有系統現況之調查分析，並須提出 TAB 計劃書給技師進行評估。

表 4-19 科學工藝博物館 TAB 計劃書

TAB-Cx 工法說明
<ul style="list-style-type: none">i. 建築物系統設備，將整合既設中央監控系統，更新並建立相關感測器，建立智慧型儲冰運轉策略。ii. 既設區域泵浦為定流量系統，無法依需求進行調整，增設變頻器，提高使用效率。

(2) 進行改善前量測及記錄

於工程開始前，負責 TAB 團隊需進行系統改善前狀況量測與記錄，以於工程結束後，進行系統改善前後之狀況評估比對依據。詳實記錄施工前系統數據及利用照片加以記錄。

表 4-20 國立科學工藝博物館空調箱平衡閥性能工況一覽表

空調箱 數量	空調箱 編號	能力	能力 (紀錄)	能力 (計算)	馬力	設計流量		0810實測流量(現況)						TAB標的 流量	TAB調整 後流量	AHU DP
		MBH	MBH	MBH	HP	L/S	GPM	圈數	壓差	平衡閥工況	GPM	換算L/S	流量比	GPM	GPM	kPa
1	AH-A-1	909.3	912.0	911.1	25	6	95.5	8	6.8	可全開但刻度故障	135.4	8.58	1.43	95.5	75.4	28.5
2	AH-A-2	540.2	546.4	543.8	15	3.6	57	8	7.42	手輪無法轉動	162.6	10.30	2.86	57	162.6	30.7
3	AH-A-3	158.0	158.0	155.5	5	1.03	16.3	4	2.56	正常	23.03	1.46	1.42	16.3	13.58	11.2
4	AH-A-4	570.0	876.8	876.7	15	5.8	91.9	6.5	4.6	只能開到6.5圈	80.5	5.10	0.88	91.9	80.5	22.4
5	AH-A-5	570.0	876.8	876.7	15	5.8	91.9	8	9.66	可全開但刻度故障	118.4	7.50	1.29	91.9	78.36	22.4
6	AH-A-6	595.0	595.2	589.6	15	3.9	61.8	8	2.17	手輪無法轉動	76.43	4.84	1.24	61.8	76.43	13.3
7	AH-A-7	481.3	504.4	498.9	15	3.3	52.3	8	3.55	可全開但刻度故障	69.38	4.39	1.33	52.3	42.38	15.8
8	AH-A-8	516.6	522.0	524.7	15	3.4	55	7	4.34	只能開到7圈	72.93	4.62	1.36	55	72.93	28.1
9	AH-A-9	493.0	495.0	496.1	10	3.3	52	8	1.39	可全開但刻度故障	41.39	2.62	0.79	52	41.39	36.5
10	AH-A-10	590.4	591.0	587.7	15	3.9	61.6	8	1.73	只能開到7圈	49.05	3.11	0.8	61.6	49.05	35.1
11	AH-A-11	454.0	454.0	428.3	10	3	44.9	8	1.48	正常	46.74	2.96	0.99	44.9	36.38	31.4
12	AH-A-12	137.0	161.8	302.4	10	2	31.7	4	1.48	正常，但可能有阻塞	10.97	0.69	0.35	31.7	10.97	9.5
13	AH-A-13	137.0	161.8	302.4	10	1.07	31.7	4	4.1	正常，但可能有阻塞	16.91	1.07	1	31.7	16.91	9.5
14	AH-A-14	36.0	37.2	37.8	2	0.25	3.96	1.2	1.42	正常	8.8	0.56	2.23	3.96	3.3	21.2
A	小計(RT)	515.7RT	574.4RT		177HP											
15	AH-B-1	842.7	846.0	801.4	25	5.3	84	8	6.4	可全開但刻度故障	133.5	8.46	1.6	84	71.57	23.1
16	AH-B-2	845.8	850.0	849.1	25	5.6	89	8	8.67	正常	154.8	9.80	1.75	89	75.59	25
17	AH-B-3	808.3	809.0	810.9	25	5.3	85	8	2.95	正常	89.49	5.67	1.07	85	73.46	29.4
18	AH-B-4	845.8	846.0	849.1	25	5.6	89	8	5.11	可全開但刻度故障，已更換手輪	105.2	6.66	1.19	89	71.51	25
19	AH-B-5	845.8	846.0	849.1	25	5.6	89	8	4.89	手輪無法轉動	117.7	7.45	1.33	89	117.7	25
20	AH-B-6	741.3	742.1	730.8	20	4.8	76.6	8	8.3	可全開但刻度故障	150.1	9.51	1.98	76.6	65.9	24.6
21	AH-B-7	907.0	907.6	906.3	25	6	95	8	5.78	正常	129.4	8.20	1.37	95	76.24	28.1
22	AH-B-8	845.8	846.0	849.1	25	5.6	89	8	4.7	正常	115	7.28	1.3	89	77	25

空調箱數量	空調箱編號	能力	能力 (紀錄)	能力 (計算)	馬力	設計流量		0810實測流量(現況)						TAB標的 流量	TAB調整 後流量	AHU DP
		MBH	MBH	MBH		HP	L/S	GPM	圈數	壓差	平衡閥工況	GPM	換算L/S	流量比	GPM	GPM
23	AH-B-9	839.0	839.4	839.5	20	5.5	88	8	3.19	手輪無法轉動	93.82	5.94	1.08	88	93.82	31.1
24	AH-B-10	912.5	913.0	915.8	30	6	96	6	10.4	只能開到6圈	113.9	7.21	1.2	96	113.9	29
25	AH-B-11	912.5	913.0	915.8	30	6	96	8	4.01	正常	106.4	6.74	1.12	96	82.12	29
26	AH-B-12	886.3	887.2	858.6	25	5.6	90	8	3.9	正常	99	6.27	1.12	90	77.2	25.5
27	AH-B-13(2F, honeywel		140.0		3	?	?	6.5	12.1		33.74	2.14		?	33.74	?
28	AH-B-14(4F, honeywel		140.0		3	?	?			測試頭堵塞				?		?
B	小計	852.7RT	877.1RT		306HP											
29	AH-C-1	518.0	519.0	524.7	25	3.4	55	8	2.32	可全開但刻度故障	80.12	5.07	1.49	55	44.74	5.5
30	AH-C-2	686.2	812.0	816.6	15	5.4	85.6	8	2.04	可全開但刻度故障	74.23	4.70	0.87	85.6	68.91	29.7
31	AH-C-3	519.0	525.6	529.3	25	3.5	55.48	8	1.16	手輪無法轉動	58.58	3.71	1.06	55.48	58.58	37
32	AH-C-4	607.1	608.0	589.6	15	3.9	61.8	8	1.29	可全開但刻度故障	62.7	3.97	1.02	61.8	51.47	16.6
33	AH-C-5	1207.0	1215.0	1,205.9	40	8	126.4	8	2.49	手輪無法轉動	83.22	5.27	0.66	126.4	83.22	20.3
34	AH-C-7	605.2	611.0	610.6	15	4	64	5	4.86	只能開到5圈	53.8	3.41	0.85	64	53.8	17.8
35	AH-C-8	605.2	611.0	610.6	15	4	64	8	5.06	可全開但刻度故障	118.3	7.49	1.87	64	52.28	17.8
36	AH-C-9	706.9	710.0	715.5	20	4.7	75	8	3.32	正常	96.85	6.13	1.31	75	64.46	23.2
37	AH-C-10	731.2	733.3	725.0	20	4.8	76	6	0.46	手輪無法轉動	23.98	1.52	0.32	76	23.98	24.2
38	AH-C-11	841.1	843.0	839.5	25	5.6	88	8	2.48	正常	83.65	5.30	0.95	88	75.08	24.8
39	AH-C-12	730.2	730.2	734.6	25	4.8	77	8	1.58	可全開但刻度故障	68.67	4.35	0.91	77	66.41	24.4
40	AH-C-13	730.2	734.0	734.6	25	4.8	77	8	2.8	可全開但刻度故障	88.6	5.61	1.17	77	66.2	24.5
41	AH-C-14	621.4	622.4	619.1	20	4.1	64.9	8	2.09	可全開但刻度故障	71.71	4.54	1.11	64.9	55.01	18.2
42	AH-C-15	674.6	676.0	677.3	20	4.5	71	5	3.32	只能開到5圈	43.86	2.78	0.62	71	43.86	21.3
43	AH-C-16	634.0	635.0	639.2	20	4.2	67	8	3.67	可全開但刻度故障	99.42	6.30	1.5	67	54.48	19
44	AH-C-17	814.5	819.0	820.4	25	5.4	86	8	3.47	可全開但刻度故障	97.59	6.18	1.14	86	73.59	23.5

空調箱 數量	空調箱 編號	能力	能力 (紀錄)	能力 (計算)	馬力	設計流量		0810實測流量(現況)					TAB標的 流量	TAB調整 後流量	AHU DP	
		MBH	MBH	MBH	HP	L/S	GPM	圈數	壓差	平衡閥工況	GPM	換算L/S	流量比	GPM	GPM	kPa
45	AH-C-18	814.5	819.0	820.4	25	5.4	86	6	4.37	只能開到6圈	73.53	4.66	0.86	86	73.53	23.5
46	AH-C-19	36.0	36.9	68.7	2	0.46	7.2	4		已不運轉				7.2		4.6
C	小計	1,006.9RT	1,021.7RT		377HP											
47	AH-D-1	856.2	860.0	858.6	25	5.7	90	8	1.47	手輪無法轉動	68.44	4.33	0.76	90	68.44	25.7
48	AH-D-2	1041.3	1048.0	1,049.4	30	6.9	110	8	1.47	可全開但刻度故障 ·已更換手輪	99.72	6.32	0.92	110	88.2	16.4
49	AH-D-3	850.4	850.6	846.2	25	5.6	88.7	8	4.81	可全開但刻度故障	113.3	7.18	1.28	88.7	71.4	24.8
50	AH-D-4	1007.1	1014.0	1,020.8	30	6.7	107	8	1.06	可全開但刻度故障 ·可能有阻塞	57	3.61	0.54	107	65	28.5
51	AH-D-5	850.4	850.6	846.9	25	5.6	88.77	8	3.12	可全開但刻度故障	93.28	5.91	1.05	88.77	71.18	24.8
52	AH-D-6	1007.1	1014.0	1,020.8	30	6.7	107	8	3.43	可全開但刻度故障	97.2	6.16	0.92	107	86.24	28.5
53	AH-D-7	997.8	1014.0	1,020.8	30	6.7	107	8	4.81	手輪裂開	114.5	7.25	1.08	107	86.95	28.5
54	AH-D-8	1113.0	1115.1	1,092.3	30	7.2	114.5	8	2.36	可全開但刻度故障 ·可能有阻塞	133.4	8.45	1.17	114.5	91.3	36.2
55	AH-D-9	160.0	202.7	204.2	7.5	1.35	21.4	4	2.62	正常	23.35	1.48	1.1	21.4	17.43	30.1
56	AH-D-10	160.0	202.7	204.2	7.5	1.35	21.4	4	1.66	手輪無法轉動	18.43	1.17	0.86	21.4	18.43	30.1
D	小計	670.3RT	681. RT		240HP											
57	AH-E-1	1132.0	1140.0	1,144.8	25	7.5	120	8	4.73	只能開到6.3圈	186.2	11.79	1.57	120	186.2	34.9
58	AH-E-2	1404.0	1046.0	1,402.4	25	9.3	147	8	11.5	正常	287.7	18.22	1.96	147	118.9	40.6
59	AH-E-3	749.5	751.0	753.7	20	5	79	8	3.01	可全開但刻度故障	93.65	5.93	1.19	79	67.72	25.8
60	AH-E-4	857.7	860.0	858.6	20	5.7	90	8	5.43	可全開但刻度故障	125.7	7.96	1.4	90	72.69	25.7
61	AH-E-5	1084.3	1086.0	1,087.6	25	7.2	114	8	1.68	可全開但刻度故障	113.3	7.18	1	114	97	37.8
62	AH-E-6	1048.0	1052.0	1,049.4	25	6.9	110	8	5.53	只能開到4.5圈	191.7	12.14	1.76	110	191.7	35.7
63	AH-E-7	793.6	795.0	791.8	20	5.2	83	8	2.86	可全開但刻度故障	88.92	5.63	1.08	83	71.4	22.4
64	AH-E-8	732.0	734.0	734.6	20	4.8	77	7.5	3.6	只能開到7.5圈	103	6.52	1.36	77	103	24.4
E	小計	650.1RT	622RT		180HP											

空調箱數量	空調箱編號	能力	能力(紀錄)	能力(計算)	馬力	設計流量		0810實測流量(現況)					TAB標的流量	TAB調整後流量	AHU DP	
		MBH	MBH	MBH	HP	L/S	GPM	圈數	壓差	平衡閥工況	GPM	換算L/S	流量比	GPM	GPM	kPa
65	AH-F-1	1184.0	1204.8	1,200.1	20	8	125.8	7	1.19	只能開到7圈	35.96	2.28	0.28	125.8	35.96	30.7
66	AH-F-2	887.5	890.8	889.1	10	5.9	93.2	7.5	5.53	只能開到7.5圈	118.8	7.52	1.28	93.2	118.8	9
67	AH-F-3	645.6	646.6	648.7	15	4.2	68	8	2.14	可全開但刻度故障	77.65	4.92	1.17	68	58.51	19.5
68	AH-F-4	131.8	162.1	161.2	10	1.07	16.9	4	2.61	手輪無法轉動	13.57	0.86	0.8	16.9	13.57	23.8
69	AH-F-5	131.8	162.1	161.2	10	1.07	16.9	4	4.81	正常	18.84	1.19	1.12	16.9	14.35	23.8
F	小計	248.4RT	256RT		65HP											
70	AH-G-1	386	389.08	386.4	10	2.6	40.5	4.5	11.8	只能開到4.5圈	67.76	4.29	1.65	40.5	67.76	25.8
71	AH-G-2	36	39.93	75.6	2	0.5	7.92	4	6.8	可全開但刻度故障	16.33	1.03	2.07	7.92	6.35	5.8
G	小計	35.2RT	36RT		12HP											
72	AH-H-1	122	154.95	155.5	10	1.03	16.3	4	1.35	正常，可能有阻塞	9.815	0.62	0.6	16.3	9.815	22.2
73	AH-H-2	122	154.95	155.5	10	1.03	16.3	4	3.72	可全開但刻度故障	16.66	1.06	1.02	16.3	13.8	22.2
74	AH-H-3	122	154.95	155.5	10	1.03	16.3	4	6.24	正常	21.01	1.33	1.29	16.3	13.53	22.2
75	AH-H-4	122	154.95	155.5	10	1.03	16.3	4	2.05	可全開但刻度故障	14.5	0.92	0.89	16.3	14.5	22.2
H	小計	40.7RT	52RT		40HP											
	合計	4,019.8RT	4,119RT		1,397HP	327.1	5,211.7				6,053.1	383.36		5,211.7	4,739.7	
						m ³ /h	1,177.5	1,188.3			1,380.1	1,380.1		1,188.3	1080.6	

A H U s 平衡調整時，總供水量須大於或等於此總量！

資料來源：全野工程顧問有限公司

表 4-21 改善後總水量平衡與耗電

工程名程	高雄科工館空調能源改善 TAB			系統名稱	冰水系統		
泵型號	P-6、7 (二次冰水泵)	設計 流量	2660 GPM	設計揚程	33.53 m	額定 電流	145.8 A
型號	---	轉速	1750 RPM	馬力	100 HP		
電壓	380 V	葉輪 直徑	inch	關斷揚程	---M	根據廠商提供曲線 圖所得	

平衡前全載- $\Delta P=9.5$ psi 運轉 2 台 每台 94%											
泵浦編號	泵浦入口	泵浦出口	壓差	壓差	電源電壓記錄 單位：伏特 (V)			運轉電流記錄 單位：安培 (A)			備註
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(FT)	R - S	R - T	S - T	R	S	T	
P-6	3.8	6.3	2.5	82.00	383.6	382.5	382.5	98.5	97.2	101.5	
P-7	3.5	6.2	2.7	88.56	383.1	383.5	383.8	94.4	94.3	98.6	
平衡後全載- $\Delta P=9.5$ psi 運轉 2 台 每台 87%											
泵浦編號	泵浦入口	泵浦出口	壓差	壓差	電源電壓記錄 單位：伏特 (V)			運轉電流記錄 單位：安培 (A)			備註
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(FT)	R - S	R - T	S - T	R	S	T	
P-6	4.8	7.2	2.4	78.72	383.6	382.5	382.5	77.5	77.0	79.0	
P-7	4.6	7.0	2.4	78.72	383.1	383.5	383.8	74.1	74.1	77.1	

測試照片

P-6

運轉狀況	P-6		運轉狀況	P-6	
	平衡前	平衡後		平衡前	平衡後
泵浦入口 (kg/cm ²)			電流 (A)		
泵浦出口 (kg/cm ²)			電壓 (V)		

測試照片

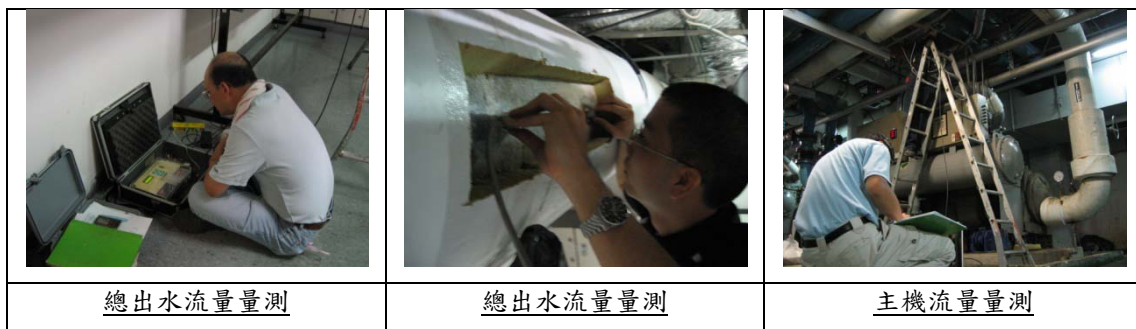
P-7

運轉狀況	P-7		運轉狀況	P-7	
	平衡前	平衡後		平衡前	平衡後
泵浦入口 (kg/cm ²)			電流 (A)		
泵浦出口 (kg/cm ²)			電壓 (V)		

圖 4-8 改善前泵浦量測記錄照片



圖 4-9 改善前數位電表量測



		
主機流量量測	主機流量量測	流量計交叉比對
		
流量計交叉比對	HX 流量量測	HX 流量量測
		
HX 流量量測	流量計調整	冷卻水塔流量量測
		
冷卻水塔流量量測	冷卻水塔流量量測	冷卻水塔流量

圖 4-10 改善前總出水量量測

		
平衡閥現況量測	平衡閥現況量測	平衡閥現況量測



圖 4-11 改善前平衡閥量測

(3) 改善後量測及記錄

詳述改善後量測結果及數據，並將施工前後數據進行比對分析，評估其成效。

		
最佳化運轉查核	最佳化運轉查核	最佳化運轉查核
		
監控總圖	P5P6P7總出回水泵浦	監控點查核
		
融冰系統	製冰機	主機系統
		
全系統	全電錶查核	全電錶查核
		
總流量查核	冰水主機運轉數據	監控查核

圖 4-12 改善後查核記錄

(4) 節約成效說明

除了記錄施工內容及量測數據外，亦須將成果系統化整理成竣工報告，以利施工成效之比對分析。

本案經 TAB 後，其主要效能整理如下：

(高雄地區，以夏季日數佔 2/3、冬季日數佔 1/3 估算，故採 夏/冬季耗能比=2/1)

(以高雄科工館，二段式電價，3.2 元/kWH 平均電費估計)。

表 4-22 科工館改善節能效率評估表

說明	改善前	改善後
每日耗電量度數(kWh)	772,312	310,004
每年平均電費(元)	2,394,167	961,014
每年 CO2 排放量(kg)	491,190	197,163
節能效益(kWh)，%	462,307，59.9%	
節能效益(元)	1,433,153	

註：1. 改善前後以全年 2,480 小時進行評估

2. 1 度電力費用為 3.1 元進行評估

$$\text{節能效益}\% = \frac{\text{改善前耗電量}(kWh) - \text{改善後耗電量}(kWh)}{\text{改善前耗電量}(kWh)} \times 100\%$$

$$\text{節能效益}\% = \frac{772,312 - 310,004}{772,312} = 59.9\%$$

表 4-23 P5、P6、P7 總出水泵節能分析

kWh	改善前	改善後
紀錄期間	980704 18:00(六)~ 980712 18:00(日)	980829 18:00(六)~ 980906 18:00(日)
P5耗電量	1,356.0kWh	895.9kwh
P6耗電量	1,257.0kWh	1,098.9kwh
P7耗電量	1,688.1kWh	1,046.8kwh
耗電量累計	4,301.1kWh	3,041.6kwh
節能率	節能1,259.5kw，節能率~29.28%	

表 4-24 其餘環控設備節能分析

kWh	改善前	改善後
紀錄期間	980704 18:00(六)~ 980712 18:00(日)	980829 18:00(六)~ 980906 18:00(日)
P1 耗電量	1,369.4 kWh	1,195.7 kWh
P2 耗電量	1,028.6 kWh	802.3 kWh
P3 耗電量	768.5 kWh	662.2 kWh
P4 耗電量	547.0 kWh	508.8 kWh
P8 耗電量	711.2 kWh	306.8 kWh
P9 耗電量	526.0 kWh	110.5 kWh
P10 耗電量	665.6 kWh	68.8 kWh
P11 耗電量	528.1 kWh	182.4 kWh
P12 耗電量	4,344.9 kWh	1,161.8 kWh
P13 耗電量	9,897.1 kWh	1,496.5 kWh
P14 耗電量	1,449.2 kWh	3,473.7 kWh
P15 耗電量	4,032.8 kWh	797.8 kWh
P16 耗電量	2,917.2 kWh	1,203.0 kWh
IB-1 耗電量	24,458.2 kWh	31,161.3 kWh
IB-2 耗電量	34,980.1 kWh	38,179.6 kWh
IB-3 耗電量	37,983.9 kWh	30,158.3 kWh
IB-4 耗電量	37,510.9 kWh	26,407.1 kWh
IB-5 耗電量	21,587.7 kWh	39,579.6 kWh
CH-1 耗電量	12,601.3 kWh	13,457.5, kWh
CH-2 耗電量	9,897.1 kWh	10,499.3 kWh
CT-1 耗電量	330.6 kWh	237.5 kWh
CT-2 耗電量	95.4 kWh	242.7 kWh
耗電量累計	208,230.7 kWh	201,893.1 kWh
節能率	節能6,337.6 kWh，節能率~3.04%	

第三節 建築用電耗能指標案例

於本年度亦將計算建築用電耗能指標(EUI)與98年度建築能源效率提升計畫一併進行，利用進行改善中之案例作為本計畫之全尺度實驗案例。藉由建立各案例改善前後之耗能指標資料庫，以作為各案例自身改善前後之 EUI 比較，及與國家規定同類型建築物標準之差距。

4.3.1 警察廣播電臺高雄台之改善案例

本案例為一辦公類型建築物，既有 BEMS 系統已毀損，因此並無空調用電度數之記錄。因此首先藉由建築各月份之總用電度數計算其耗能用電指標。待改善完成後，經由正式運轉數月後，計算改善後之耗能指標，以進行改善成效評估。

表 4-25 警廣高雄台各月份總用電度數

月份	全年度用電度數
一月	27,900
二月	54,600
三月	58,300
四月	55,000
五月	48,600
六月	76,100
七月	68,100
八月	68,200
九月	79,900
十月	63,200
十一月	54,600
十二月	48,300

耗能比較分析表

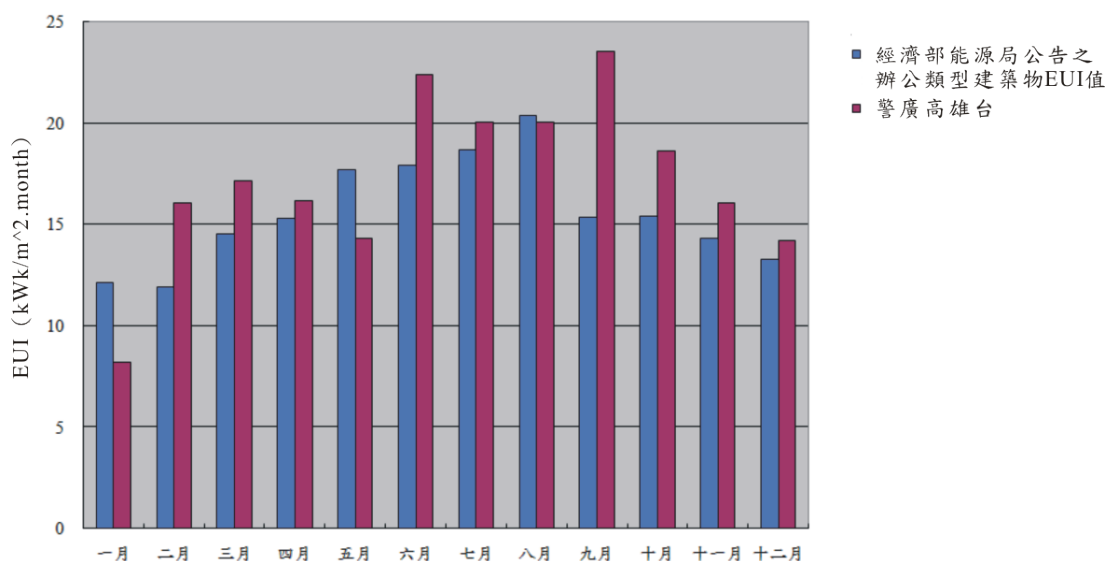


圖 4-13 警廣高雄台改善前 EUI 與國家標準比較值

4.3.2 科學工藝博物館之改善案例

本案例為一展覽館類型建築物，佔地廣闊。於開館時段皆提供空調，耗能極大，因此該案例於先前將其空調系統改為儲冰式系統，以降低空調電費支出。藉由本年度計畫進行部分系統改為變頻系統之改善工程，以提高效率及降低耗能。以下所附為去年度之逐月用電度數。

表 4-26 科學工藝博物館各月份用電度數

月份	全年度用電度數
一月	894,400
二月	1,024,000
三月	752,000
四月	987,200
五月	1,230,400
六月	1,203,200
七月	1,460,800
八月	1,352,000
九月	1,364,800
十月	1,456,000
十一月	1,184,000
十二月	1,088,000

耗能比較分析表

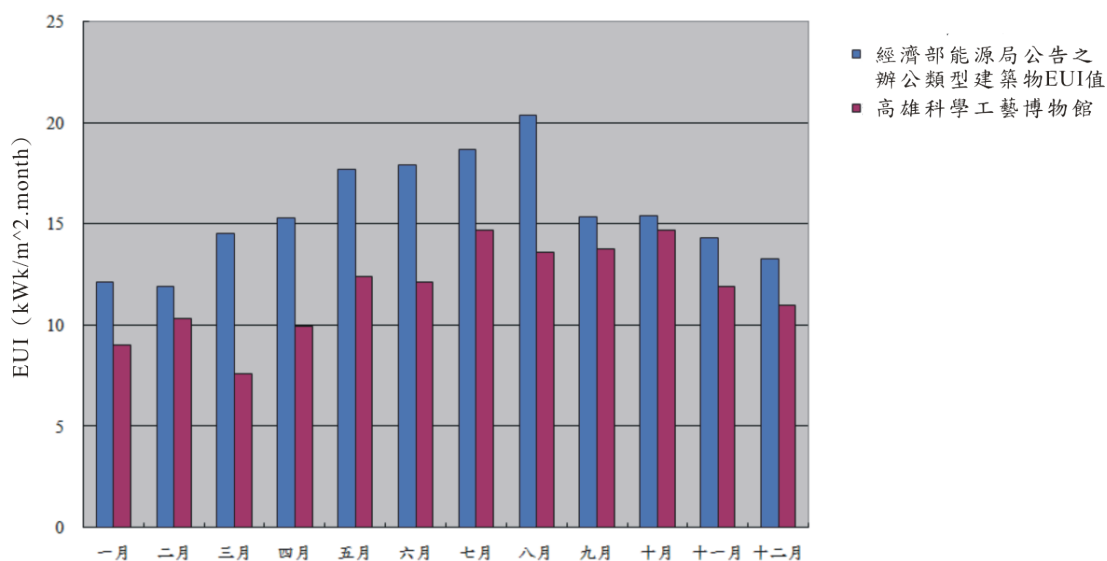


圖 4-14 科學工藝博物館改善前 EUI 與國家標準比較值

第四節 建築內部使用人員之滿意度調查

除了追求節能減碳之外，使用環境之舒適度亦不應該因此而遭到過度壓迫，否則原本追求節能減碳之目的則稍有偏差，因此於本計畫中，藉由 TAB 性能調適及建築耗能指標 EUI 進行系統節能工程及評估外，亦須考量內部人員之滿意度。其內容包含：(取材自美國 Center for the Built Environment 2005)

1. 建築整體滿意度(Overall Satisfaction-Building)
2. 工作空間整體滿意度(Overall Satisfaction-Working space)
3. 熱舒適度(Thermal Comfort)
4. 空氣品質(Air Quality)
5. 照明(Lighting)
6. 音環境品質(Acoustic Quality)
7. 環境清潔及維持(Cleanliness and Maintenance)
8. 辦公室布置方式(Office Layout)
9. 辦公室內裝(Office Furnishings)

CBE 曾針對 158 個綠建築案例進行滿意度評估，並建立相關之資料庫，如下圖所示：

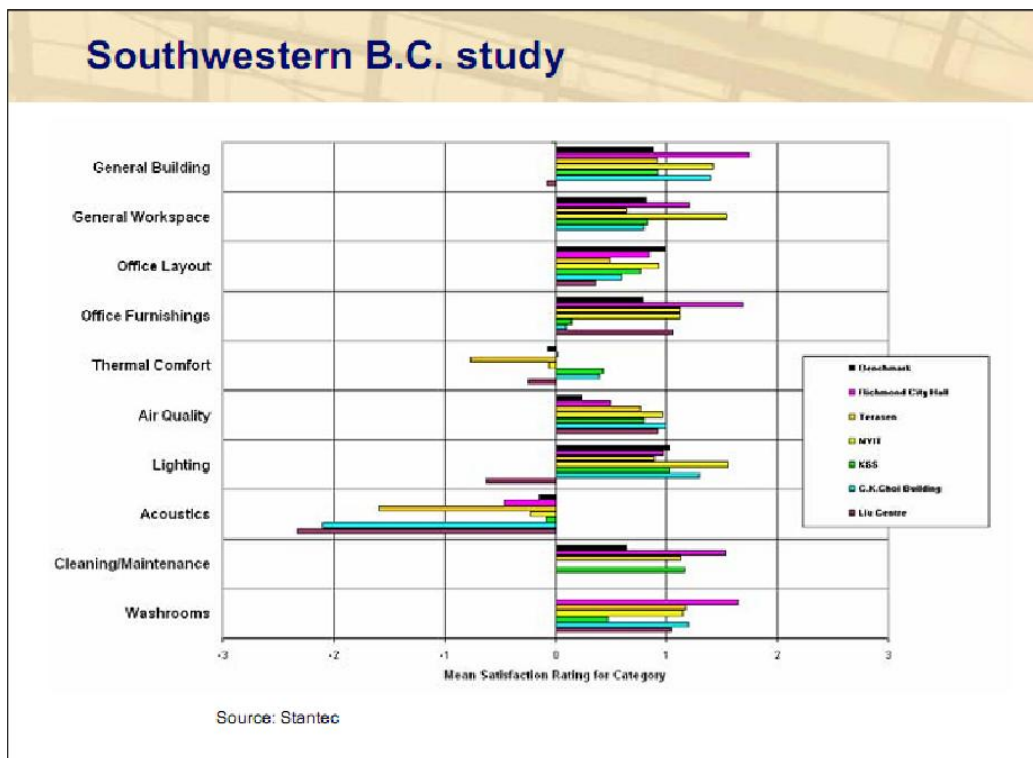


圖 4-15 CBE 所彙整之滿意度資料庫數據

此圖顯示，上述九項指標中，大抵皆能獲得 1.0 左右之滿意程度(最高為 3.0)。較為異常者為音環境，顯示辦公室由於大量採用開放空間及使用輕隔間布置之方式，常導致辦公人員談話間相互干擾。

上述九大指標林林總總，固然完善，但有時會失之繁瑣，造成執行上之困難。因此，針對其中與綠建築評估指標直接相關之因素加以篩選採用更為重要。此亦為本計畫之主要工作重點之一。下圖顯示各因素相互之關係圖：

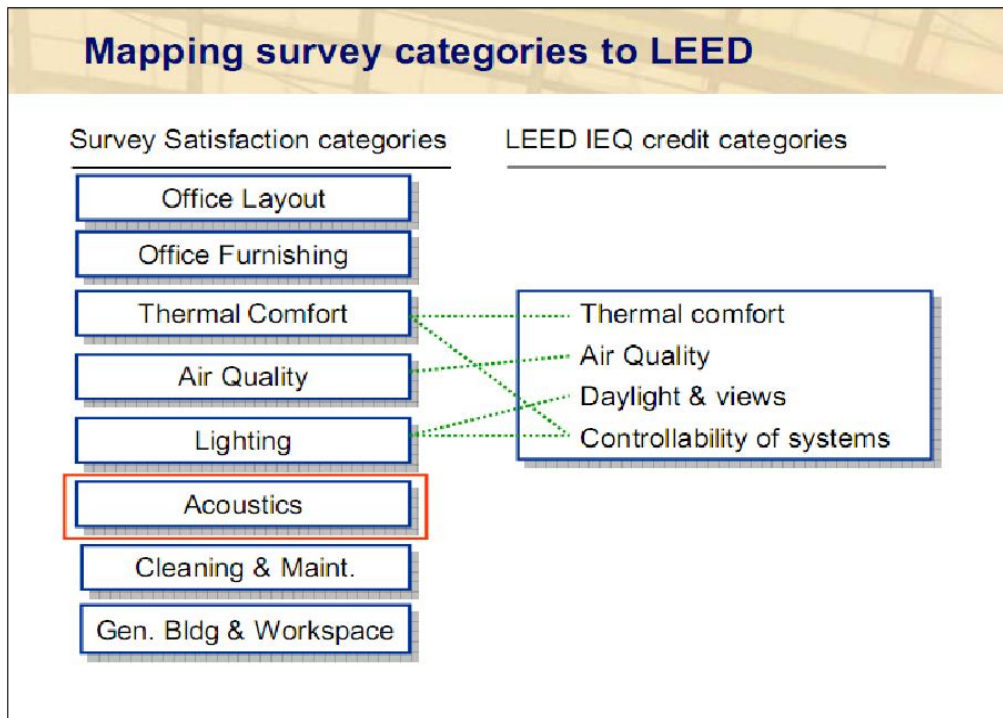


圖 4-16 九大指標之因素關係圖

其中，本計畫於九大指標中選出與綠空調工程較為相關之「熱舒適度」、「空氣品質」、及「照明」三項作為擬定滿意度調查問卷之主要內容，如附錄所示。

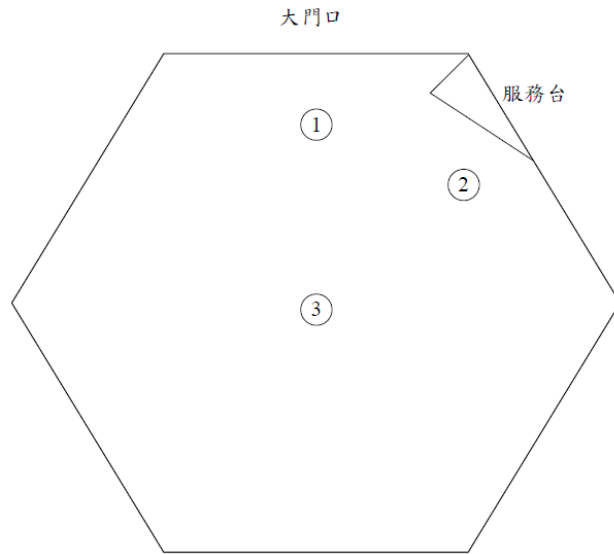
配合 98 年度建築能源效率提升計畫，預定於改善前及改善後分別麻煩受補助單位內員工進行填寫，以作為改善前後人員感受評估用。

4.4.1 科學工藝博物館之量測

本建築為展覽類型建築物，於展覽期間人潮眾多，因此室內空氣品質之控管更為重要，因此於改善前主要針對大廳、辦公室等使用人數較多地點進行室內二氧化碳、溫濕度、及工作面照度之量測。

除了量測室內環境品質外，並利用問卷對內部使用員工進行意見調查，將獲得數據彙整成表。並將於改善後至同樣地點重新進行量測及問卷調查，以評估此次改善之成效。

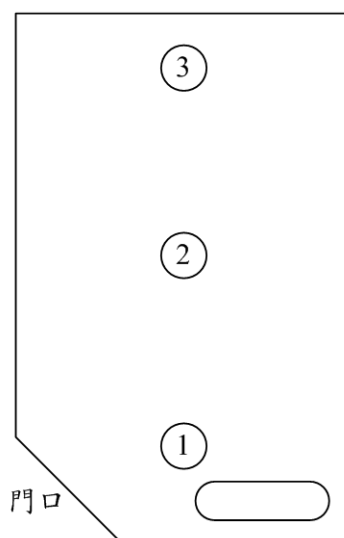
表 4-27 高雄科學工藝博物館改善前後之室內空氣品質(大廳)



改善前	1	2	3
CO2 濃度 (ppm)	406	410	412
溫度 (°C)	24.8	25	24.5
濕度 (%RH)	57.5	57.1	57.8
照度 (Lux)	766	545	1,018

改善後	1	2	3
CO2 濃度 (ppm)	408	420	400
溫度 (°C)	25.3	24.2	24.6
濕度 (%RH)	56.8	57.6	58.1
照度 (Lux)	743	573	1107

表 4-28 高雄科學工藝博物館改善前後之室內空氣品質(辦公室)



改善前	1	2	3
CO ₂ 濃度 (ppm)	409	472	466
溫度 (°C)	24.4	24.8	24.7
濕度 (%RH)	49.9	49.2	49.2
照度 (Lux)	497	388	441

改善後	1	2	3
CO ₂ 濃度 (ppm)	423	457	491
溫度 (°C)	25.2	24.9	25.3
濕度 (%RH)	51.1	53.4	50.2
照度 (Lux)	501	420	498

表 4-29 高雄科學工藝博物館改善前之滿意度調查(節錄)

	20 以下	21-25	26-30	31-35	36-40	41 以上
年紀				1	2	4
	男	女				
性別	7					

請根據您對所處環境目前的熱環境的感覺，選擇合適的代表

冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱
	1	2	2	1		

您覺得目前的熱環境條件

可以接受	不能接受
7	

您希望目前的熱環境條件如何調整

調暖和點	不用改變	調涼爽點
	5	2

您覺得目前的空氣(風)流動的情形如何

太強	強	稍強	剛好	稍弱	弱	太弱
		1	5	1		

您希望目前的空氣流動情形如何調整

風速調高	不用改變	風速調低
1	6	

居室內可以讓您調整熱環境的控制有哪些？

	有	無
開向戶外的窗戶或門	6	1
空調系統的溫度調節器	7	
窗簾	6	1
吊扇開關	2	5

一般而言您察覺的室內空氣品質讓你覺得

7 非常好	6 好	5 稍微好	4 中等	3 稍微不好	2 不好	1 非常不好
	1	3	2	1		

一般而言您察覺的室內採光讓你覺得

7 非常亮	6 亮	5 稍微亮	4 中等	3 稍微暗	2 暗	1 非常暗
1		2	2	2		

一般而言您察覺的室內音環境讓你覺得

7 非常吵	6 吵	5 稍微吵	4 中等	3 稍微靜	2 靜	1 非常靜
1		1	4			

請對下列室內的環境特性，依您個人的感覺圈選合適的選項

	很滿意	滿意	稍滿意	中等	稍不滿意	不滿意	很不滿意
熱環境方面		5		2			
光環境方面		3	1	1	2		
音環境方面		3	1	3			
室內空氣品質		1	4	2			

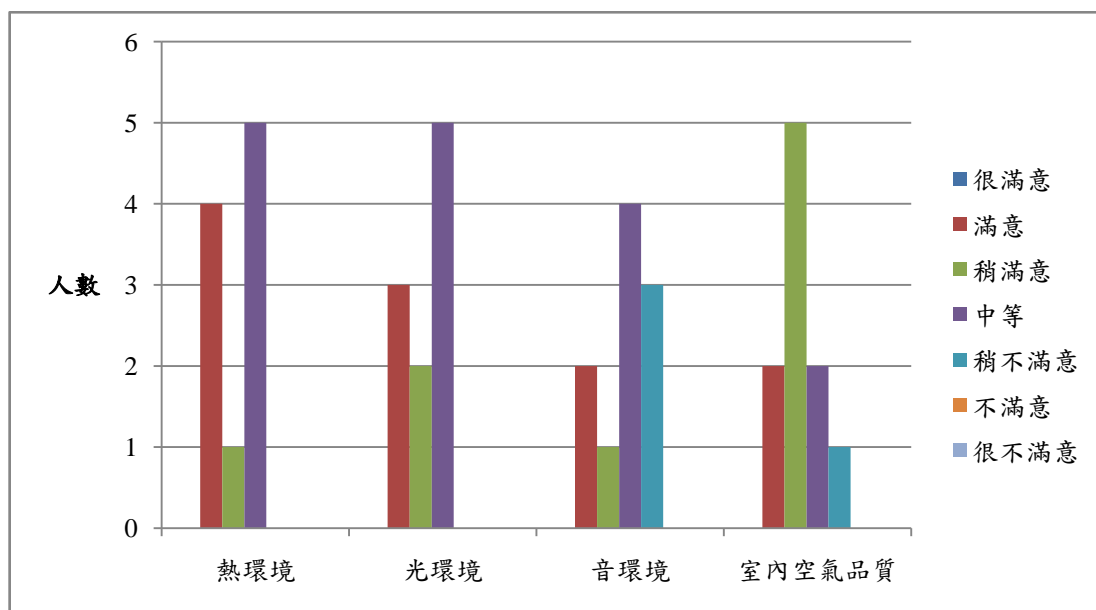


圖 4-17 科學工藝博物館改善前使用者環境感受調查統計

表 4-30 高雄科學工藝博物館改善後之滿意度調查(節錄)

	20 以下	21-25	26-30	31-35	36-40	41 以上
年紀				3	2	5
	男	女				
性別	10					

請根據您對所處環境目前的熱環境的感覺，選擇合適的代表

冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱
	2	3	4	1		

您覺得目前的熱環境條件

可以接受	不能接受
8	2

您希望目前的熱環境條件如何調整

調暖和點	不用改變	調涼爽點
1	7	2

您覺得目前的空氣(風)流動的情形如何

太強	強	稍強	剛好	稍弱	弱	太弱
		1	7	2		

您希望目前的空氣流動情形如何調整

風速調高	不用改變	風速調低
3	7	

居室內可以讓您調整熱環境的控制有哪些？

	有	無
開向戶外的窗戶或門	7	3
空調系統的溫度調節器	6	4
窗簾	7	3
吊扇開關	2	8

一般而言您察覺的室內空氣品質讓你覺得

7 非常好	6 好	5 稍微好	4 中等	3 稍微不好	2 不好	1 非常不好
	1	3	5	1		

一般而言您察覺的室內採光讓你覺得

7 非常亮	6 亮	5 稍微亮	4 中等	3 稍微暗	2 暗	1 非常暗
1		4	3	2		

一般而言您察覺的室內音環境讓你覺得

7 非常吵	6 吵	5 稍微吵	4 中等	3 稍微靜	2 靜	1 非常靜
1		3	5	1		

請對下列室內的環境特性，依您個人的感覺圈選合適的選項

	很滿意	滿意	稍滿意	中等	稍不滿意	不滿意	很不滿意
熱環境方面		5	2	3			
光環境方面		2	3	2	3		
音環境方面		4	2	3			
室內空氣品質		4	4	2			

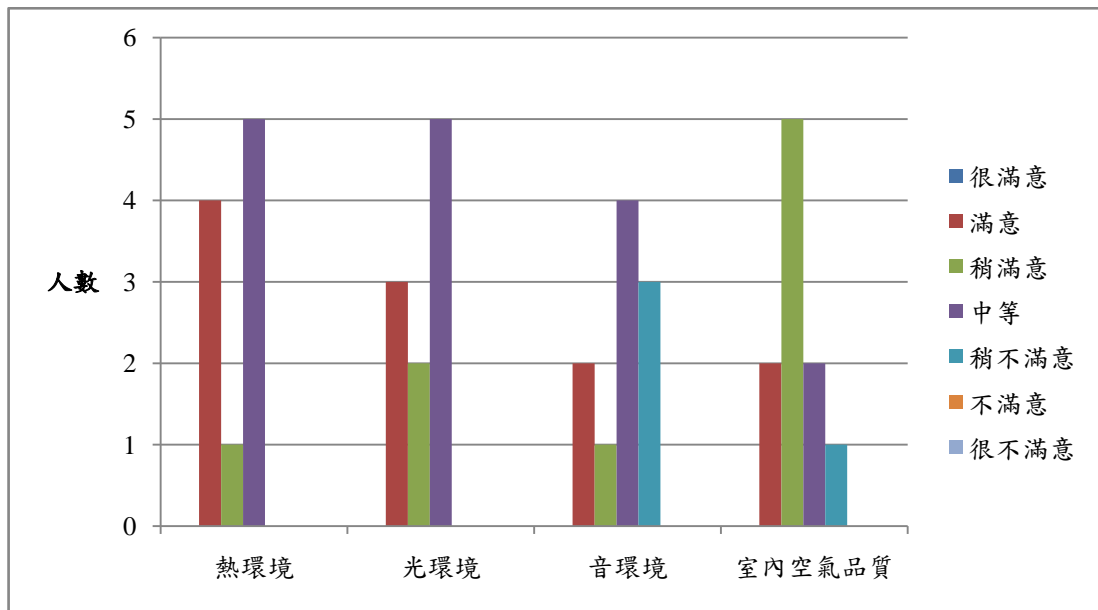


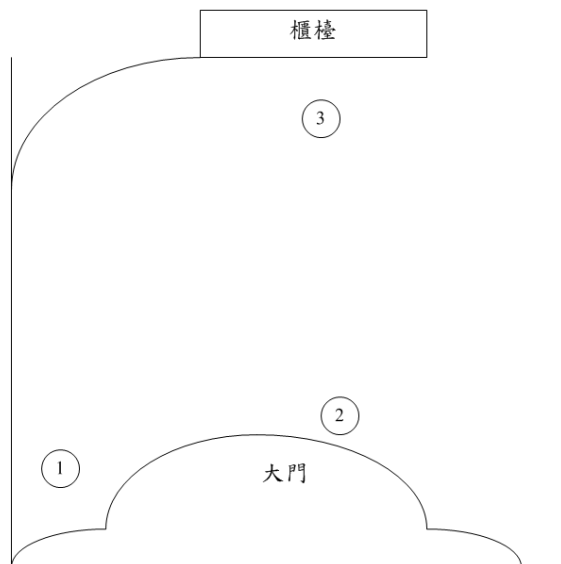
圖 4-18 科學工藝博物館改善後使用者環境感受調查統計

於上述案例中，高雄科學工藝博物館由於本身已多次進行系統調整及保養，且該單位亦有專業管理人員進行空調系統之控管，在本次進行 TAB 改善後可看出於熱環境方面之滿意度較佳；辦公室內之空氣品質亦有明顯的提升；音環境在可接受的程度內；而光環境中有部分人員感受過亮/過暗，建議可進行更詳細之照度量測及人員感受調查，以評估是否有進行照明改善之必要性。

4.4.2 警察廣播電臺高雄台

本案例為一辦公類型建築物，一樓大廳提供民眾服務，而二樓以上辦公空間則不開放，因此主要量測為大廳及辦公室內進行室內二氧化碳、溫濕度、及工作面照度之量測。

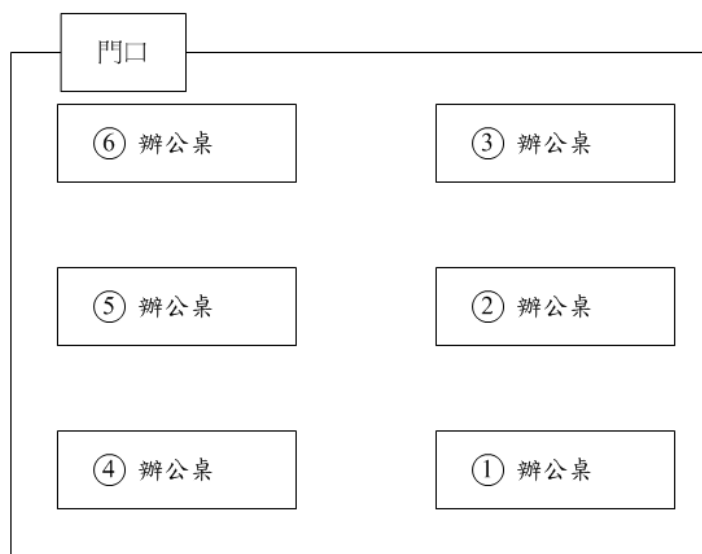
表 4-31 警察廣播電臺高雄台改善前後之室內空氣品質(大廳)



改善前	1	2	3
CO ₂ 濃度 (ppm)	557	475	457
溫度 (°C)	23.4	22.6	23.1
濕度 (%RH)	56.6	54.1	55.1
照度 (Lux)	841	2,400	477

改善前	1	2	3
CO ₂ 濃度 (ppm)	540	523	491
溫度 (°C)	24.2	25.1	24.7
濕度 (%RH)	57.1	54.8	56.2
照度 (Lux)	932	2351	528

表 4-32 警察廣播電臺高雄台改善前後之室內空氣品質(辦公室)



改善前	1	2	3	4	5	6
CO2 濃度 (ppm)	624	650	669	597	583	612
溫度 (°C)	24	24.2	24.4	24.6	24.5	24.4
濕度 (%RH)	53.9	53.4	54.2	53.2	53.2	53.7
照度 (Lux)	749	714	672	750	809	657

改善後	1	2	3	4	5	6
CO2 濃度 (ppm)	646	659	635	612	640	644
溫度 (°C)	25.8	25.4	24.9	24.6	25.5	26.1
濕度 (%RH)	55.5	55.1	57.0	55.8	56.2	56.7
照度 (Lux)	746	748	669	754	786	748

表 4-33 警廣高雄台改善前滿意度調查(節錄)

請根據您對所處環境目前的熱環境的感覺，選擇合適的代表

冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱
	1	3	5	1		

您覺得目前的熱環境條件

可以接受	不能接受
10	

您希望目前的熱環境條件如何調整

調暖和點	不用改變	調涼爽點
	7	3

您覺得目前的空氣(風)流動的情形如何

太強	強	稍強	剛好	稍弱	弱	太弱
		1	5	3	1	

您希望目前的空氣流動情形如何調整

風速調高	不用改變	風速調低
1	9	

居室內可以讓您調整熱環境的控制有哪些？

	有	無
開向戶外的窗戶或門	9	1
空調系統的溫度調節器	10	
窗簾	9	1
吊扇開關	2	8

請對下列室內的環境特性，依您個人的感覺圈選合適的數值

	很滿意	滿意	稍滿意	中等	稍不滿意	不滿意	很不滿意
熱環境方面			1	6	2	1	
光環境方面		3	2	4		1	
音環境方面		2	1	4	3		
室內空氣品質		1		3	5		1

表 4-34 警廣高雄台改善後滿意度調查(節錄)

請根據您對所處環境目前的熱環境的感覺，選擇合適的代表

冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱
	1	3	6			

您覺得目前的熱環境條件

可以接受	不能接受
9	1

您希望目前的熱環境條件如何調整

調暖和點	不用改變	調涼爽點
1	8	1

您覺得目前的空氣(風)流動的情形如何

太強	強	稍強	剛好	稍弱	弱	太弱
		1	6	3		

您希望目前的空氣流動情形如何調整

風速調高	不用改變	風速調低
2	8	

居室內可以讓您調整熱環境的控制有哪些？

	有	無
開向戶外的窗戶或門	7	3
空調系統的溫度調節器	10	
窗簾	7	3
吊扇開關	4	6

請對下列室內的環境特性，依您個人的感覺圈選合適的數值

	很滿意	滿意	稍滿意	中等	稍不滿意	不滿意	很不滿意
熱環境方面		4	1	5			
光環境方面		3	2	5			
音環境方面		2	1	4	3		
室內空氣品質		2	5	2	1		

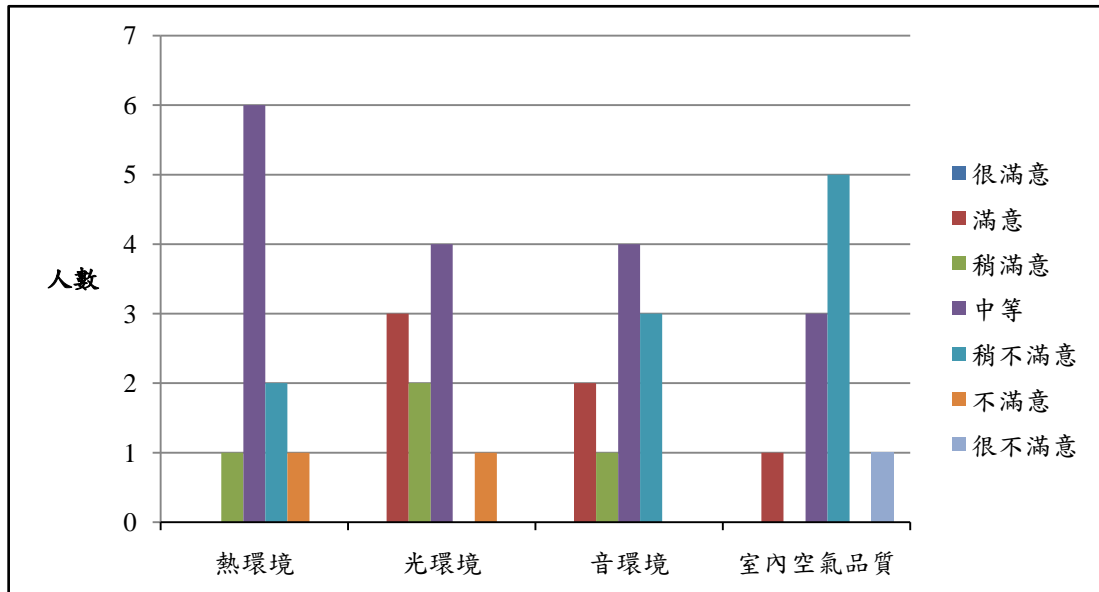


圖 4-19 警廣高雄台改善前使用者環境感受調查統計

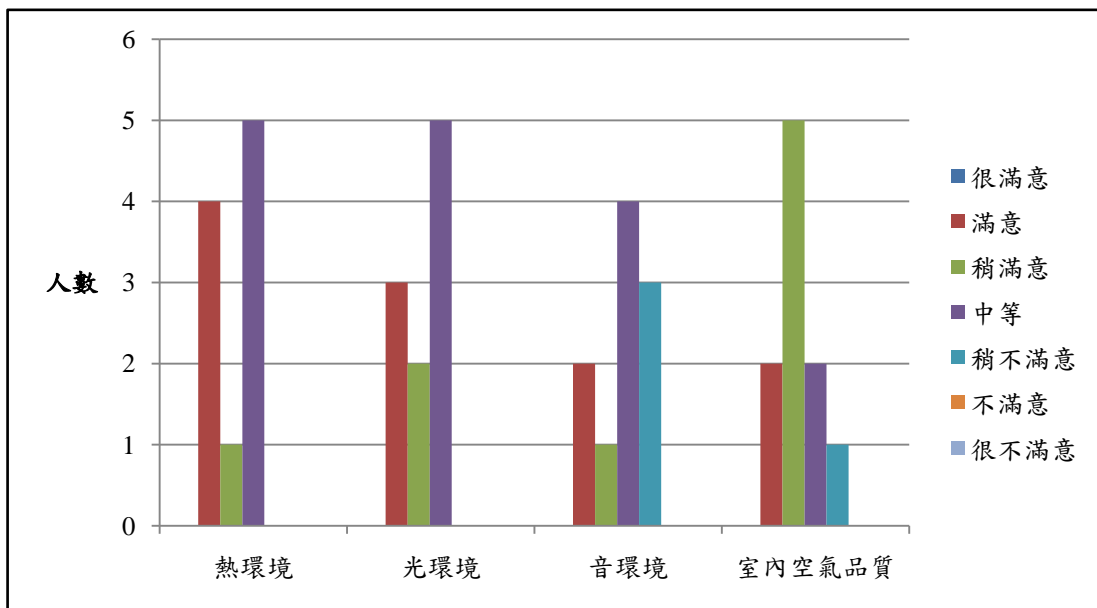


圖 4-20 警廣高雄台改善後使用者環境感受調查統計

於上述本案例中，在改善前部分使用者對於環境品質感受偏向不滿意，尤其在室內空氣品質部分顯示較差的評價。在進行 TAB 系統調適後藉由問卷可以觀察出使用者反應較改善前佳，其中以熱環境部分進步最為明顯，顯示改善成效良好。建議可進行更詳細之人員感受調查，以評估是否仍有進行改善之空間。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本計畫為接續我國綠建築評估指標於設計階段之運作方式，加以進一步深化成為包含施工完成後之調適(TAB)及人員進駐後之運轉分析(POE)之完整架構。同時，參酌民國 97 年「建築中央空調節能設計評估制度之研究」成果將整體調適程序納入，形成完整之體系，且具有良好之工程可行性。

本計畫之推行，除了帶動性能驗證與調適(TAB)此新興產業外，另外已將建築物於人員進駐後運轉情況方面進行研究，並執行 EUI 耗能指標之計算、系統效能量測、及空調運轉策略之擬定與實行，以追求節能減碳之目的。此外，對於人員使用環境之舒適度亦進行完整之調查，並導入 PMV 理論於舒適度，而獲得更條理化之數據分析。

本計畫藉由 TAB 作業程序之建立，進行調適建築內部之機器設備效率不良，運轉管理不完備，及控制系統參數調整不全之缺點，而達到提升建築能源效率之成效。另一方面，由於我國 TAB 之工作運行屬剛起步時期，人力培訓及作業流程尚未完善，因此實際工程之推行，雖可由專家學者參考國外文獻及經驗而訂定出詳細規範，但是以施工廠商角度來說，由於本身經驗較為不足，對於繁瑣之規範內容恐有疏漏之疑慮，並可能降低廠商投入 TAB 產業之信心，使該產業推展不易。因此，本計畫制定出 TAB 工程進行所需要之基本表格，並經過簡化程序建立工程上具體可行之新式 TAB 程序記錄表格，並經由內政部建築研究所主辦之建築能源效率提升計畫（BeeUp），於實際工程上獲得實證，證實具良好之工程可行性。

本計畫所選取之實際工程案例，包含：

永康榮民醫院

國立屏東商業技術學院

內政部警察廣播電台高雄台

教育部高雄科學工藝博物館

選取上述四大主要工程案例之原因，乃因其包含醫院、學校、辦公建築、與大型展覽場等不同類型之建築。而其空調系統則包含了中央傳統式空調與儲冰系統等兩大類；冰水系統則包含定頻、變頻 VWV 兩大系統，涵蓋範圍已相當完備。而其所需執行之 TAB 程序則包含了大型中央冰水主機之 COP 量測、水量之平衡、開放式 BEMS 系統之建立等重要項目，為本計畫所建立之各項表格提供了良好之工程驗證機會，並獲得良好之成果。

另一方面，為對我國此新興 TAB 產業培育足夠之人才，參酌美國與鄰近之日本、香港等冷凍空調產業較為先進之國家，評估其皆以主要之冷凍空調產業作為基礎及後盾，近一步推展至 TAB 工作之推行，如美國冷凍空調學會 ASHRAE、日本冷凍空調學會 JSRAE 及 ASHRAE 香港分會...等，負責 TAB 執行團隊養成訓練及程序系統化等工作。目前我國之空調技師四大公會，即中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會、台灣省冷凍空調技師公會、台北市冷凍空調技師公會以及高雄市冷凍空調技師公會與台灣區冷凍空調工程工業同業公會等團體已投入大量之人力物力進行相關訓練，以迎接此新產業之到來。本計畫提出與冷凍空調技師公會及冷凍空調甲級技術士兩大主軸，做為我國 TAB 產業之主力。其優點為上述人力皆為參加國家考試合格之冷凍空調專業人才，其中甲級技術士 TAB 更為應考之項目之一。前者已接近 800 人，後者亦已達 600 人具備資格，為我國 TAB 產業之推動提供了充沛的人力。

具體而言，本計畫所規劃之 TAB 執行程序與表格，尤其經過實際工程之實證後，已為我國之 TAB 產業之發展奠定基礎，對於綠建築之推展亦由設計階段延伸至人員進駐後之實際運轉階段，其影響極為深遠。此性能驗證程序架構體系之完備，可進一步促成綠建築標章制度具體落實及 TAB 產業之發展，而人員之培訓架構與計畫，則為執行此業務之人力資源提供了良好之規劃，使整體 TAB 產業之發展建立了堅實之基礎。

第二節 建議

建議一

立即可行建議：將本計畫所建立之 TAB 程序與工程用表格進一步應用於 99 年度「建築能源效率提升計畫」，以進一步擴大其應用層面，並獲得良好之節能減碳成效。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

經由本計畫研究成果加以歸納，建議可於進行實際案例之 TAB 分析時，除了大量引用本研究所發展完成之各類工程查核表(Check List)之外，並將實際之運轉資料庫進行各案例間之相互比對分析。如此，於實際工程之應用性將更大幅提升，成果更為顯著。

具體而言，將同類型建築物之 EUI 耗能指標製作資料庫，建立如圖 5-1 所示，個案改善前後與國家規定標準之標竿圖，及如圖 5-2 所示，同類型建築物之耗能指標比較圖，可提供我國對於建築耗能管控與進一步進行能源改善工程之重要參考依據。

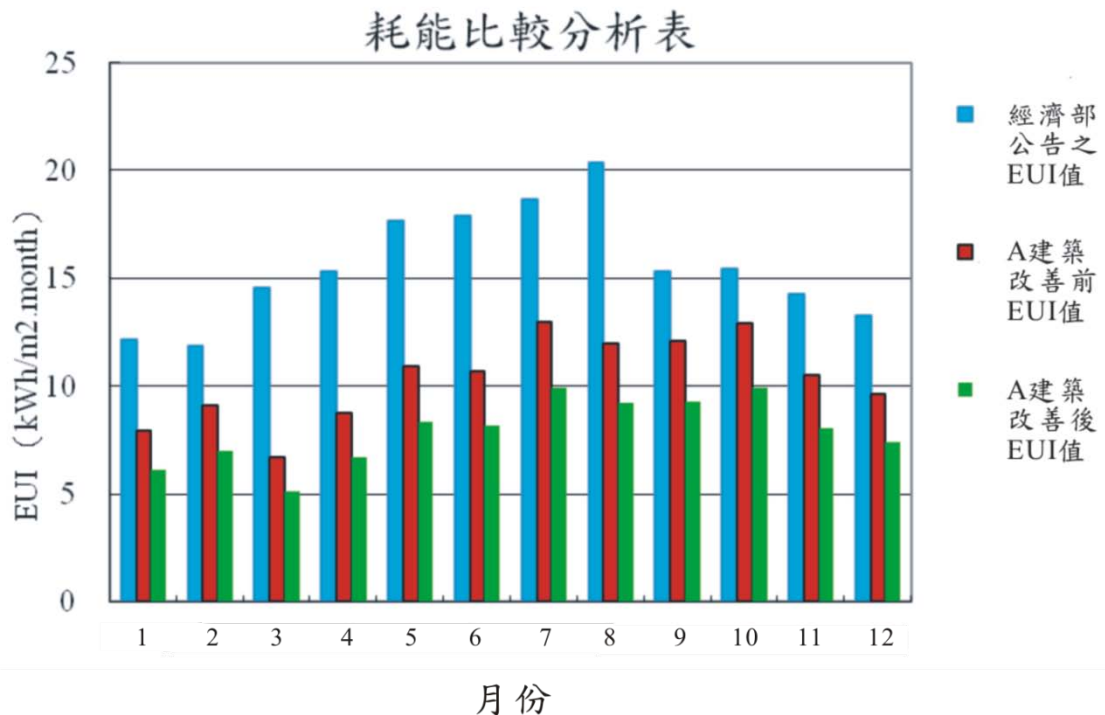


圖 5-1 各案例改善前後 EUI 比較圖

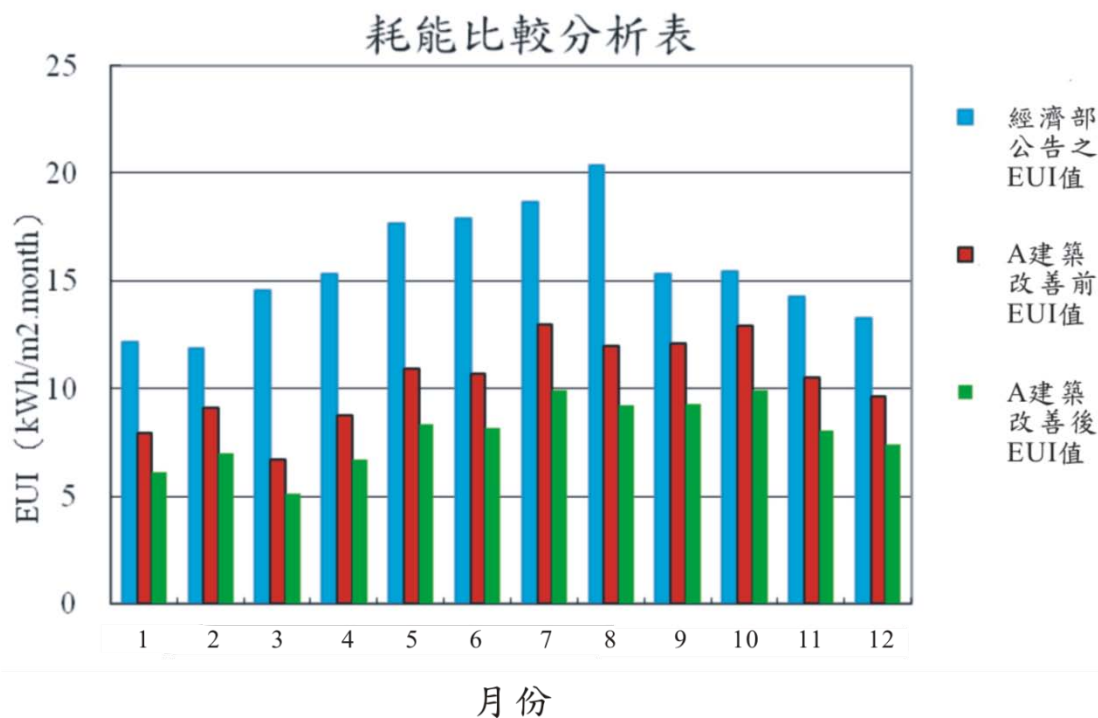


圖 5-2 同建築類型案例 EUI 比較圖

建議二

中長期建議：後續導入於工程標完成 TAB 程序後，建築物持續運轉三季以上，進行更詳盡之系統性能調適 (Cx)，並建立完整之綠建築人員進駐後評估標準。同時，配合目前推行之綠建築標章制度形成完整之人員進駐後之綠建築評估之體系。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

目前本計畫所建立之工程完工後 TAB 程序，乃考量我國公共工程之工程驗收需配合預算年度之事實，因此無法在工程完工後，要求系統於人員進駐後再持續運轉一段時期，再據以進行更詳盡之性能調適，雖然此為美國、日本等國家之綠建築基本要件之一。於美國 LEED 綠建築標章中，要求系統於完工後需進行一年以上之人員進駐後之系統耗能運轉效率評估，及相關之滿意度調查，再據以進行更詳細之系統性能調適。日本之 CASBEE 綠建築體系，亦以一年期相同之人員進駐後之運轉性能評估作為標的。

因此，我國目前雖有此工程驗收時程上之限制導致只能先行進行工程完工後之 TAB 程序，然而長遠而言，仍須與國際接軌，而回應國際間皆須運轉一段長時間之主要工程趨勢。具體而言此“一段時間”建議可為最低 9 個月，最佳一年以上為適當。其主因為建築耗能主要系統中空調系統之性能受外氣變化影響極大。

以我國濕熱性氣候型態而言，可大分為夏季、春秋季、及冬季三類，因此系統運轉三季為可具體重現建築耗能型態之最低要求底線，而以全年度 12 個月共四季來檢視運轉結果則更佳。

總結而言，我國之綠建築標章制度於加入人員進駐後之考量後，初期仍以實行「工程後之 TAB」程序為主；未來，則積極導入三至四季之運轉期限，以便使綠建築推廣所能獲致之節能減碳效益，發揮到極大。

附錄一 公共工程施工綱要規範

公共工程施工綱要規範第 15950 章

第 15950 章

測試、調整及平衡

1. 通則

1.1 本章概要

本章節規定所有水及空氣系統的平衡、測試及調整。

1.2 工作範圍

1.2.1 空氣系統之測試、調整及平衡。

1.2.2 液體系統的測試、調整及平衡。

1.2.3 空調系統完工運轉狀況之測量。

1.2.4 設備運轉之噪音測量。

1.2.5 設備運轉之振動測量。

1.2.6 煙霧測試。

1.3 相關章節

1.3.1 第 01330 章--資料送審

1.3.2 第 01450 章--品質管制

1.3.3 第 15071 章—消音器

1.3.4 第 15131 章--空调用泵

1.3.5 第 15187 章--水化學處理

1.3.6 第 15620 章--冰水主機組

1.3.7 第 15640 章--冷卻水塔

1.3.8 第 15720 章--空氣調節箱

1.3.9 第 15810 章--風管

1.3.10 第 15820 章--風管附屬設備

1.3.11 第 15831 章--離心式風機

1.3.12 第 15832 章--軸流式風機

1.3.13 第 15833 章--動力通風機

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準 (CNS)

(1) CNS 12608 J7208 校正實驗室及測試實驗室能力一般準則

1.4.2 空氣風量平衡聯會 (AABC)

(1) AABC 現場測量、儀器及全系統平衡

(2) AABC 空氣系統

(3) AABC 空氣分佈測試及平衡

(4) AABC 冰水及熱水系統平衡

1.4.3 美國標準協會 (ANSI)

(1) ANSI B31.3 石化廠壓力管路製造、安裝、測試規定

1.4.4 美國冷凍空調工程協會 (ASHRAE)

(1) ASHRAE 系統手冊

1.4.5 建築水電工程協會 (CIBSE)

(1) CIBSE 調整法規

1.4.6 環境系統測試平衡調整之標準程序 (NEBB)

1.5 品質保證

1.5.1 使用於測試及平衡空氣及水系統的所有儀器，在使用於工程之[前 6 個月內]，必須校準過。

1.5.2 工程安裝完成後，承包商應安排專業人員進行測試、調整及平衡的工作。

1.6 資料送審

1.6.1 測試前，提送註明調整、平衡及設備資料之報告應含測試及儀表的位置平面圖。

1.6.2 最後驗收前，測試報告結果經核定後併入操作及保養手冊。

1.6.3 在作平衡測試前，須先提送測試程序報告書。

1.7 現場環境

1.7.1 管路及風管系統—壓力測試

(1) 概述

A. 每一管路及風管系統應予測試。

B. 全部管路及接頭，在油漆、隔熱絕緣安裝、或覆蓋於隱蔽處所之前，應施行水壓或氣壓測試。

C. 可將部分管路隔離，獨立實施試壓，以免影響其它一般之進度。管路系統如有施行任何改變，則管路系統受影響之部分應予重試。

D. 試壓時如發現材質不良或加工技術缺陷應予矯正，並重行系統測試。

E. 工作壓力低於測試壓力之設備，或其他管路系統配件，測試應自系統隔離，測試時承商應對任何損壞負全責。

(2) 材料：承包商應提供測試時所需之全部工具、設備、材料、儀具、及壓縮空氣等。

(3) 測試：各系統應依下述程序施行測試。如有任何修理，則該項因需重試直至系統獲致緊密效果為止，除另有規定外，管路應依 ANSI B31.3 施行水壓測試。

1.7.2 風管洩漏測試

(1) 概述

A. 全部中壓力及高壓力之風管，在施工期間包裹隔熱絕緣前，應施行工地測試。測試之風管長度，垂直風管不超過 30m，水平風管不超過 45m。

B. 垂直風管及支管應個別測試，每一垂直風管及支管應以封墊、塞、或蓋將其與系統之其餘部分隔離，支管應包括混合箱。

C. 裝在管道間之垂直風管應分段測試，以便管道壁及風管隔熱絕緣之組立。

D. 機械室中之水平主風管，應在全部垂直管測試已經接受，且垂直管已經連接至主管後，但在支管連接至垂直管之前，予以進行測試。主管應依垂直風管支管之說明測試。

E. 全部測試應會同工程司在場施行，工程司將查證有關風管測試數據之紀錄，含測試壓力及漏氣。

(2) 測試設備

A. 鼓風機之容量，最小應有被測試系統在[3 kPa wg]靜壓力時之總空氣容積之[2%]。

B. 流孔板或其他經校準可接受之空氣流動容量測試設施，校準至系統容量之[0.1%~2%]之範圍。

C. 除非使用直接讀數儀表，應有二個表計，其一讀風管壓力，另一讀空氣流量。

D. 減振裝置或其他設備，用以提升靜壓力至規定強度。

E. 機組應成包裝件形式安裝，其容量應獲核准，亦應具備全部配件以便進行測試，例如撓性接頭、延長線、起動器、指示燈等。

(3) 測試壓力：中壓力及高壓力風管。

A. 通常由風管供應空氣接至混合箱、減壓空氣閥、及可變量調節箱。

B. 風管破壞測試壓力，試[10 分鐘]

a. 圓導管：[3 kPa wg]。

b. [方][矩]形導管：[1.5 倍]之風機靜壓力。

C. 風管洩漏測試壓力

a. 主管及升位管：[1.5 kPa wg]。

b. 水平支管：[1.0 kPa wg]。主風管、支風管、升位管之洩漏測試，應分開施行及紀錄。

(4) 許可之洩量：最大許可洩漏量，應為在[1 1/2]倍風管運轉壓力施行測試，總運轉風管流動空氣量之[1%]。

(5) 測試故障：如測試壓力及洩漏量不能達到標準或遇空氣噪音狀況，則風管應予修理，並應以鐵板修理及密封而不得使用膠帶。

1.7.3 空氣及水系統—測試及平衡

(1) 概述

應延請一第三者專業機構作為分包商，以施行空調系統之空氣及水系統測試及平衡。

A. 所選施行工作之公司應為第三者專業機構，具有最少[5 個][]相似計畫之實績證明。

B. 該機構對設備銷售及服務等計畫無既有利益，亦非為任何既得或有利害關係團體之附屬公司，如經要求，測試工作應會工程司同時進行。

C. 為完成此處所述工作所需之儀具，應由該機構提供。

(2) 性能鑑定：完成測試及平衡工作後，應提送測試報告給工程司，必要時工程司得要求測試報告中所列之任何出口、供氣風機、排氣風機、泵、或其他設備，重新檢查或查核。在此時期，承商應提供對所要求之測試及調整所需技術人員及儀具。

(3) 責任

A. 承包商應有義務與擔任檢查之第三者專業機構合作，辦理下列事項：

a. 在最後完工日期前，提供充份時間，使測試及平衡能夠完成。

b. 需要時提供勞力及工具，以便矯正工作而無稽延，必要時，需按裝風量調節風門，依需要設孔洞，作插入溫度表、指示管、及其他儀表之用。完成測試及平衡後，即堵塞所有孔洞。

c. 當每一測試及平衡之工作日，需使全部通風及空調系統與設備保持繼續運轉。

d. 在施工期間，對系統所作之修改，應通知檢查機構，並應提供全套施工製造圖。

e. 承包商對每一規定具有確定槽輪數之風機，於最後平衡階段，應考慮更換一只槽輪而不增加額外費用。此外，也應考慮由於最後平衡開始前，部分建築物被占用而須平衡部分系統，以致需要更換槽輪。最後之空氣量應由調整風機速度而獲致。

f. 提供一全套機械平面圖及規範給檢查機構。

g. 測試前安裝清潔濾清器。

B. 檢查機構應施行空氣及水系統之完整檢查及平衡所需全部工作，工作包括但不限於下列各項：

- a. 審閱規範及圖面，指出額外或重定位之平衡設施，準備額外圖面、流程圖、或建議之修改事項，提出之測試報告須包括修改所需之圖面及建議書。
- b. 在施工期間，施行各種安裝之定期檢查，尤其須注意可能影響系統平衡之工作。如發現不良狀況，應立刻報告工程司。
- c. 平衡、調整、及測試全部空氣轉動之設備及空氣分佈、排氣及再循環系統。
- d. 測試全部水泵及熱交換設備。
- e. 平衡冷凍水量之分佈。
- f. 準備有關設備功能不良或工作不完全而足以妨礙平衡進度之定期報告。
- g. 對工程司提供關於完成測試及平衡之完整測試及平衡數據。

(4) 測試及平衡數據報告格式：檢查機構應提供所建議之數據報告格式，此項報告格式最少應包含下述數據，包括所述每一項目之設計及實際情況，每一空氣處理（送風、排風及回風）及水系統。

A. 送風系統

- a. 日期。
- b. 系統編號及位置。
- c. 風機轉速（rpm）。
- d. 通過濾清器時之壓降。
- e. 風機吸入靜壓力。
- f. 風機送風靜壓力。
- g. 風機馬達之安培數。
- h. 馬達額定安培數，起動器加熱器個數及額定安培值。
- i. 每小時再循環空氣立方公尺數（CMH）。
- j. 外氣立方公尺數（CMH）。
- k. 外氣狀況（乾球及濕球溫度）。
- l. 回風狀況（乾球及濕球溫度）。
- m. 進入盤管狀況（乾球及濕球溫度）。
- n. [離開盤管狀況（乾球及濕球溫度）。]
- o. 風機送風狀況（乾球及濕球溫度）。
- p. 主風管每小時立方公尺數（CMH）。
- q. 區域每小時立方公尺數（CMH）。
- r. 鑑別每一系統中那一空氣閥放置在全開位置。

B. 排風及回風系統

- a. 日期。
- b. 系統編號及位置。
- c. 服務之房間或區域。
- d. 風機轉速（rpm）。
- e. 馬達安培數，起動器加熱器個數及安培額定。
- f. 額定馬達安培數。
- g. 每小時總立方公尺數（CMH）。
- h. 風機進風靜壓力。
- i. 風機送風靜壓力。

C. 房間數據

- a. 房間數。
- b. 供氣及排氣系統數。
- c. 每一出風口之每小時供氣立方公尺數 (CMH)。
- d. 每一送風格柵或排氣格柵之每小時排氣立方公尺數 (CMH)。
- e. 出風口尺度及面積有效因數。
- f. 每一開口之最後調整百分數。
- D. 水系統
 - a. 測試時屋外狀況。
 - b. 泵名稱及個數。
 - c. 泵轉速 (rpm)。
 - d. 泵安培數 (個別運轉)。
 - e. 泵安培數 (複合運轉)。
 - f. 額定馬達安培數, 起動器加熱器個數及安培額定。
 - g. 泵進口壓力 (個別運轉)。
 - h. 泵進口壓力 (複合運轉)。
 - i. 泵出口壓力 (個別運轉)。
 - j. 泵出口壓力 (複合運轉)。
 - k. 每分鐘公升數 (LPM) (個別運轉)。
 - l. 每分鐘公升數 (LPM) (複合運轉)。
 - m. 出水溫度。
 - n. 回水溫度。
 - o. 每一熱交換器之每分鐘公升數 (LPM)。
 - p. 每一盤管排之每分鐘公升數 (LPM)。
 - q. 冷凍水盤管之輸入及輸出溫度 (盤管水狀況應與空氣溫度同時紀錄)。
 - r. 冷凍水冷卻盤管之輸入及輸出壓力。
 - s. 最後調整值佔設計值之百分比 (LPM)。
- (5) 測試程序—概述: 依下述要求施行測試並平衡各系統, 結果紀錄在報告中。
- (6) 測試及平衡程序—第一階段
 - A. 空氣系統
 - a. 測試並調整風機 rpm 到設計要求。
 - b. 測試並調整系統到每小時設計回風之立方公尺數 (CMH)。
 - c. 測試並調整系統到每小時設計外氣立方公尺數 (CMH)。
 - d. 測試並紀錄進風溫度 (乾球冷卻溫度)。
 - e. 測試並紀錄進風溫度 (濕球冷卻溫度)。
 - f. 測試並紀錄離風溫度 (乾球冷卻)。
 - g. 測試並紀錄離風溫度 (濕球冷卻)。
 - h. 調整全部主送風及回風量 (CMH)。
 - i. 測試並紀錄每一盤管在閥全開位置時之進入及離開空氣溫度。
 - j. 調整全部區域至適當之每小時設計立方公尺數 (CMH), 送風及迴風。
 - k. 測試並調整每一出風口、格柵風口, 至設計要求之 5% 以內。如超過四個出口供應一處空間時, 則測試至調整每一出口至設計要求之 10% 以內。
 - l. 應記下每一出風口、格柵風口之位置及區域。
 - m. 出風口、格柵風口及全部測試設備之大小、型式、因數、及製造, 均應予以識別並列表。所有設備之製造廠額定值, 應用以製作所需之計算。

- n. 格柵風口、出風口之讀數及測試，應包括所需速度及測試合成速度之每秒公尺數 (MPS)、小時立方公尺數 (CMH)、及每小時測試合成立方公尺數 (CMH)。
- o. 與溫度控制裝置之製造廠代表合作，從事自動運轉型風量調整風門之對準及調整，使其運轉能一如所規定、指示及紀錄者。承商應檢查所有為適當校準而設之控制裝置，並將控制裝置安裝人員所調整之全部控制裝置列表。
- p. 所有區域中之全部格柵風口、出風口，應調整使其氣流減至最小程度。
- B. 水系統：調配水系統，使其平衡成為下述狀況：
 - a. 除系統運轉時閥之設計正常應予關閉者外，將所有各手動關斷閥打開至全開位置。
 - b. 拆除全部過濾器並予清潔。
 - c. 檢驗系統中之水，證實其業已處理且清潔。
 - d. 檢查泵轉動。
 - e. 檢查膨脹水箱以判定系統中無空氣封閉在系統內，並確認系統中完全充滿水。
 - f. 在水系統之最高點，檢查全部排氣閥，並鑑別全部均安裝及運轉正常，自手動排氣閥放出所有空氣。
 - g. 調整溫度控制裝置，使全部盤管需要完全冷卻。
 - h. 檢查及調整，並與溫度控制裝置之製造廠代表合作，設計冷凍水溫度。
- (7) 測試及平衡程序—第二階段
 - A. 調整冰水泵為每分鐘適當公升數 (LPM) 之送水量。
 - B. 調整冰水之水流。
 - C. 檢查冷卻盤管進口側之水溫，注意自水源送來水溫度之升降。
 - D. 進行平衡每一冰水盤管。
 - E. 完成盤管處之水流讀數及調整，標明所有調整並紀錄數據。
- (8) 測試及平衡程序—第三階段
 - A. 對盤管施行調整後，再檢查各泵之校準，必要時再調整。
 - B. 在盤管上安裝壓力表，讀取盤管在調整流量率而全冷卻量時，流經盤管後之壓降。
 - C. 在每一冷卻元件處紀錄並檢查下述各項：
 - a. 進水溫度。
 - b. 出口溫度。
 - c. 每一盤管之壓降。
 - d. 通過閥後之壓降。
 - e. 泵運轉吸入及輸出壓力，及最後總輸出水頭。
 - f. 將所有泵之機械規範列成一表。
 - g. 泵馬達之額定及實際運轉安培數。
 - h. 水計量設施讀值。
 - D. 重複施行平衡程序之第一階段中之空氣溫度測試，並紀錄於本階段中。
- (9) 報告及紀錄：在最後檢查前，應呈送[3份][]平衡報告。報告應包括施行測試及平衡工作時流量測量之紀錄，並與報告一同提出全套加註平衡平面圖。平面圖中應顯示與平衡日誌中號碼系統相配合之空氣開口號碼及水流站號碼。
- (10) 最後檢查：全部系統應保持連續運轉[5天][]，在此期間將作最後檢查。完成後，每一平衡閥及減振器之調整位置應明顯標示，以作永久參考。

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 現場測試及最後檢查

- (1) 概述：設備業已安裝妥善，且各單元機組業已檢查、調整、並處於滿意之運轉條件後，設備應施行現場測試。現場測試應依規範在設計條件下表現設計之功能。
- (2) 一致性：應用可利用之數據，如設計圖、製造廠圖及手冊程序及儀具圖、示意圖、連接圖等，檢查裝置與設計及規範應一致。
- (3) 校對表：確認機械設備之運轉如下：
 - A. 檢查聯結器、皮帶、齒輪及類似項目之中心校準。
 - B. 檢查軸可否自由轉動。
 - C. 檢查各油封、填函蓋 (Packing land)、及類似項目之緊度。
 - D. 在起動前，檢查設備業已加潤滑油。
 - E. 檢查各活動配件具適當防護。
 - F. 檢查設備及系統之清潔。
 - G. 起動設備前，檢查設備控制系統之調整。
 - H. 依規定施行並紀錄所需之測試，如壓力、溫度、水壓、轉動方向、及轉動速度等。
 - I. 檢查設備之噪音強度及振幅，應與規定之要求一致。
 - J. 檢查安全設施及控制裝置之運轉，確認運轉正確。

3.2 檢驗

3.2.1 空氣平衡應符合下列要求：

- (1) 在主風管及支風管內，承包商必須藉著插入皮托管橫越測試風管的整個橫斷面積，以便執行空氣流量的測量。管內風速超過 5m/s []時，承包商應使用傾斜的液體壓力計或磁螺旋壓力計 (Magnahelic Gage) 來測量。在風管上作為皮托管插入口及微液體壓力計、鉤尺或其他低壓儀器的插入口，在完成空氣平衡後，必須使用咬入式的旋塞密封。
- (2) 在出風口及入風口處，承包商必須依據格柵風口及可調式格柵風口製造廠商的建議，使用直接讀出式的速度計來測量空氣流量。
- (3) 藉著調整風機速度以獲得全部空氣流量。使用風量風門或分隔式風門來調整支風管的空氣流量。在完成空氣平衡後，風門的位置必須作一永久性的記號，以便維修後，能恢復到他們的正確位置。
- (4) 風量之調整不得使用分岐口、格柵或分風片為之。
- (5) 在每一個可調式格柵風口完成空氣量平衡後，在涼爽的季節時，承包商必須在工程司的監視之下，調整送風的可調式格柵風口的桿子，以便使排風空氣獲得最佳的分佈模式。

3.2.2 水平衡應符合下列要求：

- (1) 承包商必須使用校準的孔口流量計及手提式流量計，或永久式孔口凸緣流量式，來測量水流量，以便平衡系統的水流量。
- (2) 在進行平衡期間，必須設定自動控制閥在滿載流量狀況，以便流經盤管。
- (3) 藉著測量差壓來決定水泵容量。承包商應使用平衡旋塞或自動流量控制閥，來調整水流管路流量的平衡。在完成水量平衡後，平衡旋塞的位置必須作一永久性的記號，以便在維修後，能恢復到正確位置。

(4) 在完成水量平衡後，如工程司需要時，承包商應測量全部循環泵在運轉時的電流讀數，以校正任何過負載操作的泵馬達。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 本章之工作按各測試、調節及平衡風管配件有關章節之規定以「式」、「處」計量。

4.1.2 本章工作之附屬工作項目將不予計量，其費用應視為已包含於測試、調節及平衡計價之項目內。

4.2 計價

本章之工作依有關章節之測試、調節及平衡項目以「式」、「處」、「」計價，該項單價已包括完成本項工作所需之一切人工、材料、機具、設備、運輸、動力及附屬工作等費用在內。

附錄二 熱舒適度問卷

熱舒適度研究問卷

日期： 時間：

1. 年紀： 性別： 身高： 公分，體重： 公斤
(問卷填寫僅作為參考用)

2. 請填寫您目前的穿衣情況：

上衣 長袖，短袖 褲子(裙子) 長，短
鞋襪 有，無： 其他(外套等)：

3 請依您健康狀況勾選下列各題(5 一直 4 時常 3 有時 2 很少 1 從不)

- a 頭痛 一直時常有時很少從不
b 想睡覺 一直時常有時很少從不
c 頭昏眼花 一直時常有時很少從不
d 喉嚨發炎 一直時常有時很少從不
e 鼻子過敏 一直時常有時很少從不
f 眼睛過敏 一直時常有時很少從不
g 注意力不集中 一直時常有時很少從不
h 疲勞 一直時常有時很少從不
i 皮膚乾燥、長疹子、皮膚癢 一直時常有時很少從不

-----※底下的問題我們想了解您對目前的室內狀態的感覺※-----

4. 請根據您對所處環境目前的熱環境的感覺，選擇合適的代表

冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱

5. 您覺得目前的熱環境條件

可以接受 不能接受

6. 您希望目前的熱環境條件如何調整

調暖和點 不用改變 調涼爽點

7. 您覺得目前的空氣(風)流動的情形如何

太強	強	稍強	剛好	稍弱	弱	太弱

8.您希望目前的空氣流動情形如何調整

風速調高 不用改變 風速調低

9.您覺得目前的室內溼度的情形如何

很濕	濕	稍濕	剛好	稍乾	乾	太乾

10.您希望目前的空氣溼度如何調整

再乾燥些 不用改變 再潮濕些

11.室內可以讓您調整熱環境的控制有哪些？

開向戶外的窗戶或門 有 無
空調系統的溫度調節器 有 無
窗簾 有 無
吊扇開關 有 無

12.如果你覺得不舒適你會使用下列裝置的優先順序為何？

(A)打開冷氣 (B)打開風扇 (C)打開窗戶 (D)拉上窗簾 (E)更換位置
(F)調整衣服 (G)洗澡

13.請依個人的喜好以及長期的察覺回答底下的問題

- a 您察覺的室內溫度讓您感覺
7 非常熱6 熱5 稍熱4 中等3 稍冷2 冷1 非常冷
- b 您察覺的室內濕度讓你覺得7 非常潮濕6 潮濕5 稍微潮濕
4 中等3 稍微乾燥2 乾燥1 非常乾燥
- c 一般而言您察覺的室內空氣流動讓您
7 非常可接受6 可接受5 稍微可接受4 中等3 稍微不可接受
2 不可接受1 非常不可接受
- d 一般而言您察覺的室內空氣品質讓你覺得
7 非常好6 好5 稍微好4 中等3 稍微不好2 不好
1 非常不好
- e 一般而言您察覺的室內採光讓你覺得
7 非常亮6 亮5 稍微亮4 中等3 稍微暗2 暗1 非常暗
- f 一般而言您察覺的室內音環境讓你覺得
7 非常吵6 吵5 稍微吵4 中等3 稍微靜2 靜1 非常靜

14.請對下列室內的環境特性，依您個人的感覺圈選合適的數值

(7 很滿意 6 滿意 5 稍滿意 4 中等 3 稍不滿意 2 不滿意 1 很不滿意)

- (1)熱環境方面 7 6 5 4 3 2 1
- (2)光環境方面 7 6 5 4 3 2 1
- (3)音環境方面 7 6 5 4 3 2 1
- (4)室內空氣品質方面 7 6 5 4 3 2 1

問卷結束，感謝您的配合!!

以下需空調管理人員進行填寫

15.是否已有裝設建築能源管理系統(BEMS)?

有 無

若有裝設請繼續回答以下問題

16.請問總樓地板面積為多少？

- 2000m² 至 5000m² 以下(管理點數 50~250 點)
- 大於 5000m² 至 20000m² (管理點數 250~500 點)
- 大於 20000m² 至 50000m² (管理點數 500~3000 點)
- 大於 50000m² 以上(管理點數 3000 點以上)

17.監控系統所包含之功能

- 1a. 警報監視功能 有無
- 1b. 基本之設備運轉狀況監視功能(耗電量、累積用電、運轉效率、設備維護記錄) 有 無
- 2a. 設備啟停時程管理 有 無
- 2b. 空調系統運轉資料之記錄及存檔功能 有 無
- 3a. 包含大部分設備之運轉狀態監視及控制 有 無
- 3b. 具備有計費機制功能 有 無
- 3c. 具備有資料處理功能,將各設備之用電情形及運轉狀態,以報表(月、季、年報等)及各類圖形之方式作比較分析 有 無
- 4a. 將建築物內之所有設備皆納入監視及控制範圍,並設置統一且集中之管理中心 有無
- 4b. 具有最佳化運轉控制功能,針對建築室內外環境條件,有效調整設備之運轉狀態 有 無
- 4c. 除了計費機制外,設備之生命週期也一併加入管理整合消防及保全系統,包含人員管理等 有無

18.空調用電度數為多少？

19.總空調面積為多少?(建築物柱位圖)

20.中央空調系統各設備負載表一張

21.外觀照+外觀形狀俯視圖

22. 地板+ 窗戶+ 外牆 之材質與厚度

材質=

厚度=

23.用電資料與分盤電費單

24.系統升位圖

25.照明資料(W/m²)

◆名稱		◆人員密度(人/m ²)	
◆地區		◆主要使用時間	
◆縣市		◆開窗率	東(%)
◆地址			西(%)
◆型態			南(%)
◆地上階數			北(%)
◆地下階數		◆溫度	室內(°C)
◆空調面積(m ²)		◆濕度	室內(%)
◆建築方位		◆照度	
◆使用人數(人)		◆二氧化碳	

附錄三 審查相關意見

■ 期初審查意見回覆表

採購評選會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 研究團隊長期執行建築空調節能諮詢服務及推廣（Green HVAC）、空調節能效率提升（Beeup）等技術、策略，深具經驗。故如何將前述成果與本計畫擬探討之驗證制度結合，並將完整系統化之內容，作深入淺出之說明，俾使建築師及專業人員易於瞭解運用，請補充之。	本計畫將加強個別案例的原因分析與改善對策規劃，並評估比較性能驗證前後之效益，以對應建築業界之應用。計畫中有關驗證項目之規劃，將參照現行綠建築評估指標酌予修正，並明確界定本案之研究範疇。
2. 計畫書中GRB 表所撰寫之預期目標，應與整體計畫對應；另計畫書總頁次應減至規定之20頁，且研究人員以4 人為限，請併同檢討，以符需求。	參照委員意見，調整報告書之篇幅、相關內容及附件表格之預期目標等，並配合依規定修正研究人員之配置。
3. 本案有關性能驗證之評估重點（如耗能評估、能源效率查核或改善對策研擬），與研究範疇息息相關，應參照採購需求調整研究內容之比重。	本案研究範疇係針對選定案例進行設計性能之檢核與節能效益評估，同時作為回饋確認整體驗證制度架構之依據，將酌量調整研究內容。
4. 本計畫如擬評估較長時間運轉之效率，有關建築內部空間改變或機具種類改變時，是否會產生變異數及分析結果上的差異，請補充並納為計畫工作事項。	本計畫目前以TAB 為主要執行項目，未來當我國已累積足夠之實際工程案例與經驗後，將近一步評估系統較長時間運轉之效率，以完成Cx 程序。
5. POE 只選定建築耗能與人員滿意度二項，似乎僅有部分項目與綠建築操作項目吻合，請加強說明POE 與綠建築指標項目之關連性。	由於美國及日本執行POE 項目時，仍以節能為主軸。因此，本計畫之主旨，亦以空調節能及改善為主要目標，並選定建築耗能與人員滿意度二項辦理。
6. 服務建議書第9頁有關人員滿意度調查項目中，將質化與可量化因子同時納入，似無法兼顧評估之客觀性，建議將部分質化分析項目調整為量化評估方式。	遵照辦理。
7. 本案未來擬進行之案例分析，應考量	遵照辦理。

審查意見	辦理情形
<p>對應各案不同設計原意，規劃有效的評估方法；另建議明列分析案例數及選樣重點，並納入計畫書妥予敘明。</p>	
<p>8.本研究針對建築使用後之耗能評估與驗證，極具挑戰性；建議執行團隊持續將個案驗證之課題與原因對策分析歸納彙整，且考量納入照明及相關設備之可行性，俾利參考。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>9.有關建築個案設計性能驗證結果，是否作為回饋修正空調設計參數之依據，涉關本案之研究範疇，建請審慎檢討調整。</p>	<p>本計畫之建築個案設計性能驗證結果，將具體回溯至空調設計，以建立低成本或無成本之節能策略。</p>
<p>10.本案投標計畫書中採用諸多英文專業用語之縮寫，建議於第1次出現時書寫完整中英文，俾利參照。</p>	<p>本計畫相關英文用語之縮寫（如POE等），係引用國際專業技術用語，將補充完整中英文用語及縮寫對照，俾利參照。</p>

■ 期中審查意見回覆表

期中審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 本案研究系統明確且有案例作為驗證標的，階段成果具體且相當有價值。	多謝委員肯定。
2. 文獻分析有參考沿用美國的評估系統，建議探討空調噪音納為後續POE有關舒適度評估項目之可行性。	由於本案係以能源節約作為主要考量，噪音部份將於未來再行考量。
3. 研究題目內容僅針對空調系統性能驗證，請於摘要或前言中補充敘明全案之研究範疇與重點，避免混淆。	本研究主要以空調節能為主軸，並以實際改善案例為實證，以具體說明。
4. 本案期中報告中有關執行TAB 實務團隊之建議，建議將其法源依據納入分析檢討	有關TAB 實務團隊之建議，由於係以本計畫所帶動之新興產業，因此尚無既有法源可依循。
5. 本計畫研究課題相當前瞻，且為綠建築發展體系中的必要事項，整體進度符合，值得肯定。	多謝委員肯定。
6. 建議在文獻分析中探討LEED 與CASBEE 體系對性能驗證（Commissioning）的作法，以納為本案策略規劃之參考。	本計畫已參酌美國LEED 與日本CASBEE 之作法，並配合我國國情加以修改，使具備良好之工程可行性。
7. 本案係接續我國綠建築評估指標推動策略規劃，請執行團隊審酌將TAB/Cx 的執行成果可否回饋成為具設計意涵的指標項目，俾使設計評估更加完備。	本計畫之主旨即為將TAB 之成果回饋至綠建築之評估體系中，使更加完善。目前並已具體落實於實際空調節能改善案例中。
8. 建議可將性能驗證（Commissioning）的實質內容（如SOP、表單及執行頻率等）納入後續期末及成果報告。	遵照辦理。
9. 報告書有關章節目次部分，宜修正與其他各案計畫一致，俾利閱讀，並將誤繕部分加以改正。	多謝指教，已改正。
10. 本案執行內容與現階段成果相當豐富，感謝研究團隊積極投入。	感謝肯定。
11. 未來本案驗證制度建立後，應可提供建築與空調業界據以推動完整的	感謝指教。

審查意見	辦理情形
空調節能設計與性能驗證工作。	
12.本案研究範疇，僅係針對我國綠建築評估系統EEWH之空調節能部分，進行有關使用後評估之檢討分析與制度規劃工作。未來研究成果應檢討納為我國綠建築評估系統家族之一，如EEWH-PO，以作為政策執行與推廣之基礎。	多謝指教。本計畫成果將積極納為我國綠建築評估系統家族之一，形成EEWH-PO，以作為綠建築推廣計畫之基礎。
13.報告中諸多數據列表似以人工填表輸入方式操作，建議考量採用電腦化輸入的可行性，以簡化作業人力。	遵照辦理。
14.POE評估的時程必須儘速參考國外制度予以確認，以建構完整制度，並提高未來推動之可行性。	遵照辦理。

■ 期末審查意見回覆表

期末審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1.報告書第2頁所提性能驗證程序係參照美國LEED及日本CASBEE等之評估體系或規範，但內文未見對照分析之說明內容，建議增加相關對照表，俾利參考。	美國LEED 及日本CASBEE 之評估體系較為繁複，已於上期計畫加以分析，並獲致加以簡化改進後之體系，形成本計畫之主要架構。
2.本研究所提及國家EUI耗能標準或經濟部公告知EUI值，建議以經濟部能源局公布之「各類建築物用戶用電參考值」取代之，以符實際。	遵照辦理。
3.第85 頁結論與建議並未提及第4 頁所列建立之我國TAB/Cx 相關檢討分析，除透過改善案例的檢討外，建議補充表格適用性之比較分析。	本計畫已積極將各改善案例實證後具體可用之表格建立，使具備良好之工程可行性。
4.就業界角度針對TAB 推動的可行性，建議再考量成本及執行層面的影響，同時需就工作項目與實務操作內容進行檢討，預期亦將影響工程結案的時程，建議應配合檢討配套措施。但未來實際推動階段，建議給予緩衝期，以引導業界建立執行能力，隨後再分階段實施。	本計畫之主要成果之一，即為建立TAB 具體可行步驟，以避免倉促全盤實施Cx 程序所帶來過大之衝擊。經由改善工程實證結果顯示，已獲致良好成果。
5.第8 頁冰水主機圖例壓縮機動力輸入單位KW 應為筆誤，另第107 頁永康榮民醫院預算書，項目如2,3,10,11 金額較多部分應依公共工程規定作單價分析，因空調技師設計之水準參差不齊，建議圖例、圖表、報表、表格之引用要審慎，以免錯誤。原設計主水管、風管使用過多90 度彎頭、設備選用不當，缺乏分析系統也造成耗能之主因，亦應建立審查機制。產品之出廠檢驗標準化，測量儀之統一標準化(校正)，均對結果造成影響，也是考量之一環。	本報告所引用之實際空調工程改善案例僅作為參考及說明之用，其實際詳細設計內容之適切性不在案討論範圍。圖文誤繕部分已修改。

審查意見	辦理情形
6.本研究對實際如何降低建築耗能提出具體的系統性建議，亦有具體案例實證，成果具體可行。	多謝委員肯定。
7.成果報告仍請檢討研提具體執行策略，俾利推廣應用。	遵照辦理。
8.建議可將性能驗證（Commissioning）的實質內容（如SOP、表單及執行頻率等）納入後續期末及成果報告。	遵照辦理。
9.本案之研究成果對於提升建築能源效率有明顯助益，且實際推動案例亦顯示TAB 推動之效果與可行性，值得肯定。	多謝委員肯定。
<p>10.確認方法深入探討，以有效規範冰水主機的性能確認程序與採購驗收之完整性，例如冰水主機、冷卻水塔等性能資料。</p> <p>本案研究成果與未來TAB 制度的推動，攸關建築空調節能驗證制度的執行成效，建議成果報告中進一步檢討成果可供相關法規參用的範疇。</p> <p>本案研究建議事項如要納供相關法規或規範參考，以及如何與工程契約或施工規範相互整合，請再審慎評估並納於成果報告中</p>	遵照辦理。
11.TAB之執行團隊必須具備良好的空調、照明、動力等系統之專業能力，但全文中僅提及空調專業人力，相關專業領域人力宜請再審慎檢討。	本計畫目前仍以空調系統為主要研究主軸，未來再行納入其他專業領域之人力。

審查意見	辦理情形
<p>12.報告中所列有關相關公會或團體全銜有誤(如冷凍空調技師公會、冷凍空調業同業公會等),建請修正。文中諸多誤繕或標註不清之處(包括:kWh、二段式電價、揚程),請整體檢討修正之。報告本文中所納入之圖面與表格解析度不佳,建請重新製作,並將相關書表範例納於附錄,俾利後續參用。</p>	<p>多謝指教,已修正。</p>
<p>13.期末報告書之目次、第二章第五節小結漏列,另報告全文之字體應力求統一。建議成果報告應以標準格式(圖、表)撰寫修正。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>14.所有圖表應於文中相關處引述,以加強其間之連結性,增加報告之可參考價值。</p>	<p>遵照辦理。</p>

參考書目

1. 公共工程施工綱要規範第 15950 章 測試、調整及平衡,民國 95 年.
2. 空調系統測試調整平衡(TAB)操作程序,台北市冷凍空調技師公會,民國 97 年.
3. 建築中央空調節能設計評估制度之研究,內政部建築研究所,陳瑞鈴,民國 97 年.
4. ASHRAE Guideline 1-1996, "The HVAC commissioning", ASHRAE, 1996.
5. ASHRAE Guideline 0-2005, "The Commissioning Process", ASHRAE, 2005.
6. LEED-EB "Green Building Rating System For Existing Buildings Upgrades, Operations and Maintenance Version 2", LEED, July 2005.
7. LEED-NC "Green Building Rating System For New Construction & Major Renovations Version 2.2", LEED, October 2005.
8. 經濟部工業局,「空調工程系統功能驗證 (Commissioning)可行性評估計畫研究」,民國 95 年度。
9. 經濟部能源委員會,「建築物能源管理技術研究計畫九十五年度期末報告」,民國 95 年。
10. 經濟部能源局,「建築物能源管理及效率指標研究計畫 (第二年度)」,民國 95 年。
11. 林憲德著,「建築及空調節能設計規範的解說與實例」,詹氏書局,民國 84 年。
12. 林憲德著,「建築節能法規的解說與實例專輯」,內政部營建署,民國 86 年。
13. 林憲德著,「綠建築設計技術彙編」,內政部建築研究所,民國 94 年。
14. 林憲德著,「綠建築解說與評估手冊」,內政部建築研究所,民國 94 年。
15. 楊冠雄著,「建築物整體能源系統最佳化研究」,經濟部能源委員會,民國 81 年。
16. 楊冠雄著,「建築物設備使用管理計畫與節能效益調查研究」,內政部建築研究所,民國 83 年。
17. 楊冠雄著,「儲冷式空調系統分析」,長年出版社,民國 89 年
18. 楊冠雄著,「中央空調系統節能改善工程應用與實例分析」,內政部建築研究所,民國 94 年。
19. 王佑萱著,「台灣地區旅館類建築之耗能分析與全尺度實驗印證」,國立中山大學機械與機電工程學系博士論文,民國 92 年。
20. 彭立德著,「建築能源管理系統 BEMS 分級架構之建立與省能案例分析」,國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文,民國 96 年。
21. 陳林宏著,「以建築物能源管理系統輔助進行中央空調節能設計性能驗證之研究」,國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文,民國 96 年。

內政部建築研究所

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：楊冠雄，黃瑞隆，唐士傑，莊洵鈞

出版年月：98 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-98602-1700-1