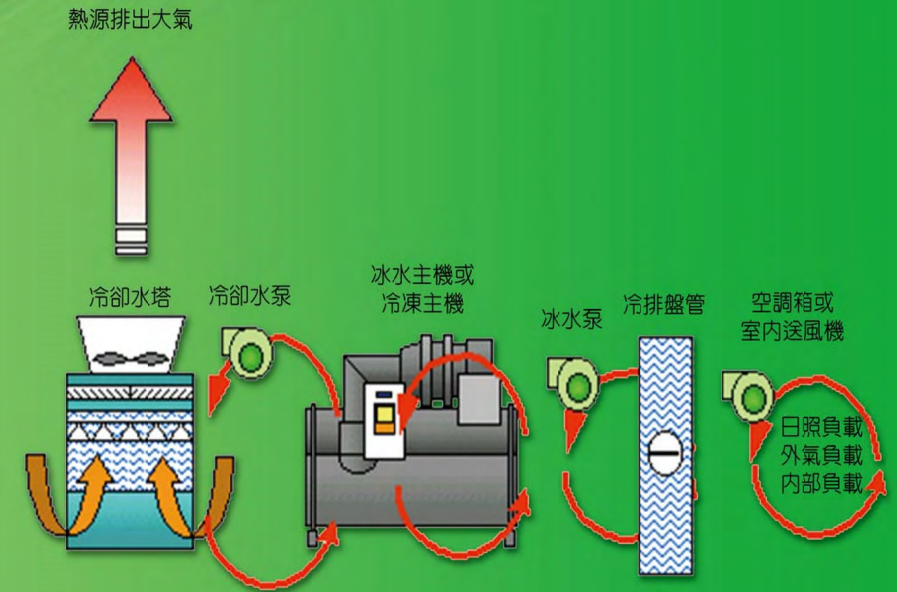


既有建築空調節能改善 彙編



第一章 緒論

第二章 基礎篇

- 2-1 空調基礎簡要說明
- 2-2 中央空調系統概要說明

第三章 設計篇

- 3-1 空調主機節能控制策略
- 3-2 儲冰空調技術
- 3-3 可變冷媒量 VRV 技術
- 3-4 外氣量控制及全熱交換器技術
- 3-5 外氣冷房技術
- 3-6 變風量系統技術
- 3-7 變水量系統技術
- 3-8 冷卻水與冷卻水塔節能技術
- 3-9 建築物能源管理系統技術
- 3-10 系統測試、平衡與調整

第四章 實務篇

- 4-1 基本資料調查表
- 4-2 既有系統剖析
- 4-3 耗能因素分析
- 4-4 研擬改善策略
- 4-5 現場勘查要點
- 4-6 電源電力確認
- 4-7 設備空間量測
- 4-8 搬運動線考量
- 4-9 管路路徑規劃
- 4-10 改善效益追蹤

第五章

運用篇

- 5-1 中央聯合南棟改善案例介紹
- 5-2 總統府改善案例介紹
- 5-3 台灣大學圖書館改善案例介紹
- 5-4 國立科學工藝館改善案例介紹
- 5-5 行政院衛生署朴子醫院改善案例介紹
- 5-6 國立屏東科技大學改善案例介紹

第六章

結論

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

本計畫係配合行政院「生態城市綠建築推動方案」總目標：「因應全球暖化及都市熱島效應，積極推動生態城市及綠建築，以達國土永續建設目標」、次目標(五)：「加強建築節約能源，落實溫室氣體減量」。在方案中所指辦理「建築能源效率提升計畫(Building energy efficiency upgrade program, BeeUp)」，乃針對節能減碳潛力大之中央政府機關及國立大專院校建築物，進行建築物能源效率提升改造示範工程。

過去執行「綠建築推動方案」之「中央廳舍暨院校空調節能改善補助計畫」，主要偏於中央空調系統超量設計或空調主機效率老化、耗電及嚴重浪費能源等問題，所得到之具體節能效益與國外相較毫不遜色，且獲得國際相當大的肯定。鑑於目前先進國家正積極推動低成本及無成本之建築物節約能源策略，且已獲得極為顯著之成果，故本計畫以前期改善經驗及成果為基礎，並因應國際最新發展節能趨勢，提出低成本及或無成本之節約能源策略，進行小量改善工程投資及運轉與管理策略之調整，預計可獲得10%之顯著節能效果，大幅度擴展節能減碳成果，深化我國推動生態城市綠建築方案之成效及具體貢獻，揚威國際。

1.2 計畫內容

建築能源效率提升計畫針對篩選出之舊有中央廳舍建築耗能系統，予以診斷並確定擬改善之建築與項目。經由現場量測空調與動力系統性能，建立建築物之實際耗能現況之比較基準(Baseline)，如空調負荷以及實際使用型態(Occupancy)等，依據耗能現況，提出改善策略，利用低成本之改善策略，進行小量改善工程投資及運轉與管理策略之調整進行建築物節約能源工作。

其主要工作方向乃針對建築物兩大耗能項目，進行空調系統節能策略改善與空調熱泵熱水系統改善，以達到顯著之節能成果。本計畫進一步辦理空調性能測試調整平衡(TAB)訓練講習會，培訓冷凍空調技師及冷凍空調甲級技術士作為實施TAB之種子技術人員，輔以建立我國TAB行業。本計畫各補助案皆須執行TAB發包案，藉由簡單閥件之安裝、管線之修改與運轉參數之調整，而獲得5%~8%不等之節能效益，充分利用低成本或無成本之改善策略，來達到節約能源以及CO₂排放減量之目標，除可提升本計畫之節能成效，並可帶動TAB產業之發展，及相關冷凍空調產業之投入與擴大內需。

另外，本年度建立歷年受補助單位之網路BEMS資料庫平台，藉由網際網路之強大功能，將各改善案例之BEMS資料上傳，以建立各案例運轉資料庫，可進行實際節能減碳效益之數量化評估，對後續落實建築節約能源與溫室氣體減量之推廣應用將有甚大之效益。

1.3 計畫成果及效益

1.「中央廳舍暨院校空調節能改善補助計畫」自2003~2007年共完成了97件中央廳舍及大專院校之舊有建築物空調節能改善案件；「建築能源效率提升計畫(Building energy efficiency upgrade program, BeeUp)」自2008~2011年共完成了119件中央廳舍及大專院校之舊有建築物能源效率提升補助案，其受補助單位之詳細分佈標示如下圖1.1。



圖 1.1 受補助單位分佈圖

2.「綠空調改善計畫」於2003年至2007年間，組成北、中、南共20多位專家學者的團隊，2003年共改善28個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣22800萬元；2004年共改善19個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣9300萬元；2005年共改善15個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣10736萬元，2006年共改善19個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣11425萬元；2007年共改善16個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣9659萬元，其統計如圖1.2與圖1.3所示。

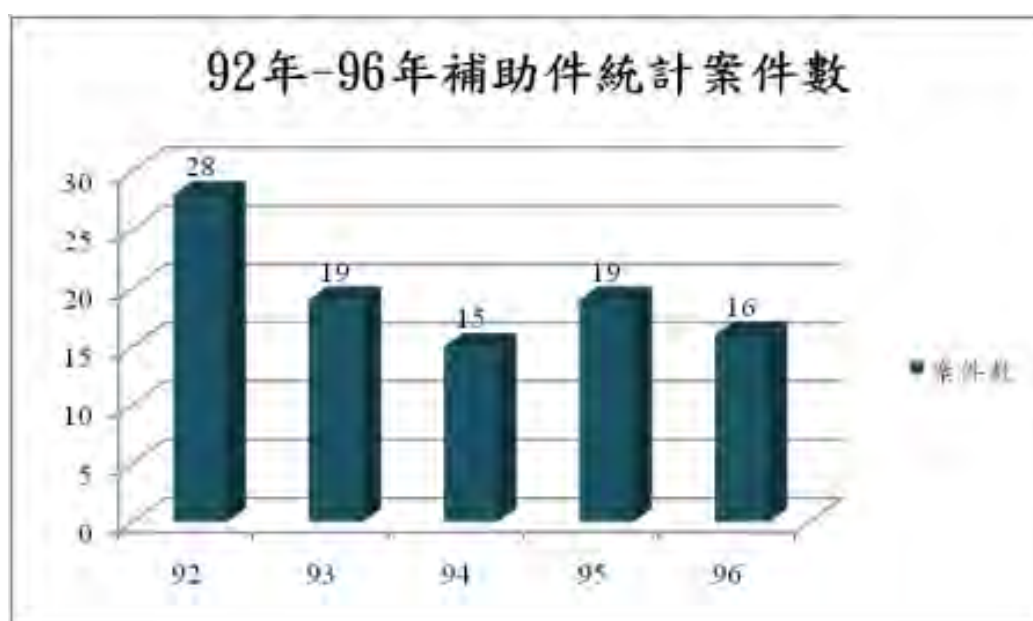


圖1.2 92年-96年補助計畫案件統計

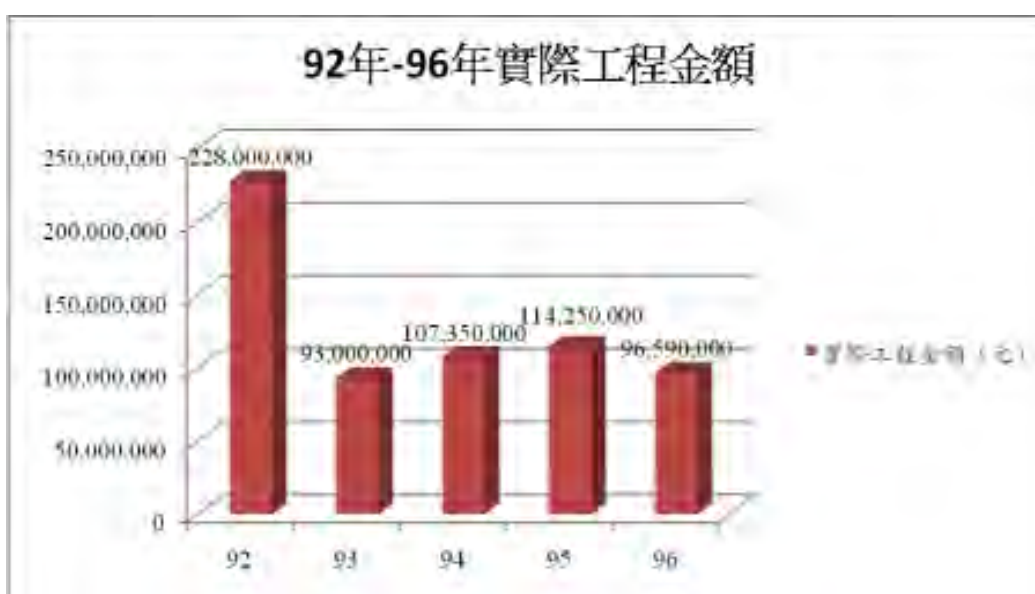


圖1.3 92年-96年實際工程金額統計

3.「建築能源效率提升計畫」總計2008年共改善38個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣10285萬元；2009年共改善28個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣8202萬元；2010年共改善31個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣7908萬元；2011年共改善22個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣6220萬元，其統計如下圖1.4與圖1.5所示：

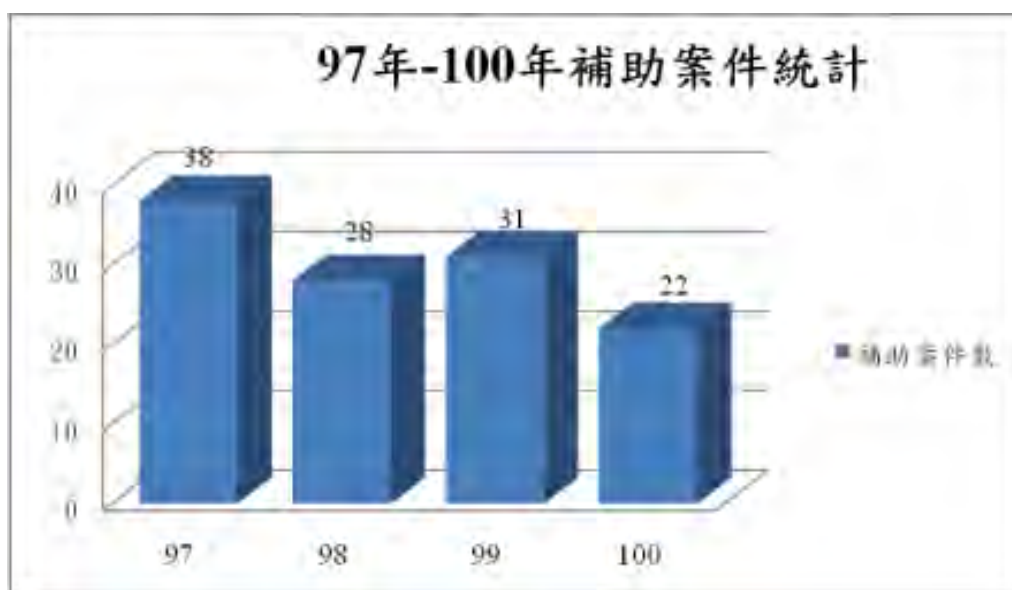


圖1.4 97年-100年補助計畫案件統計

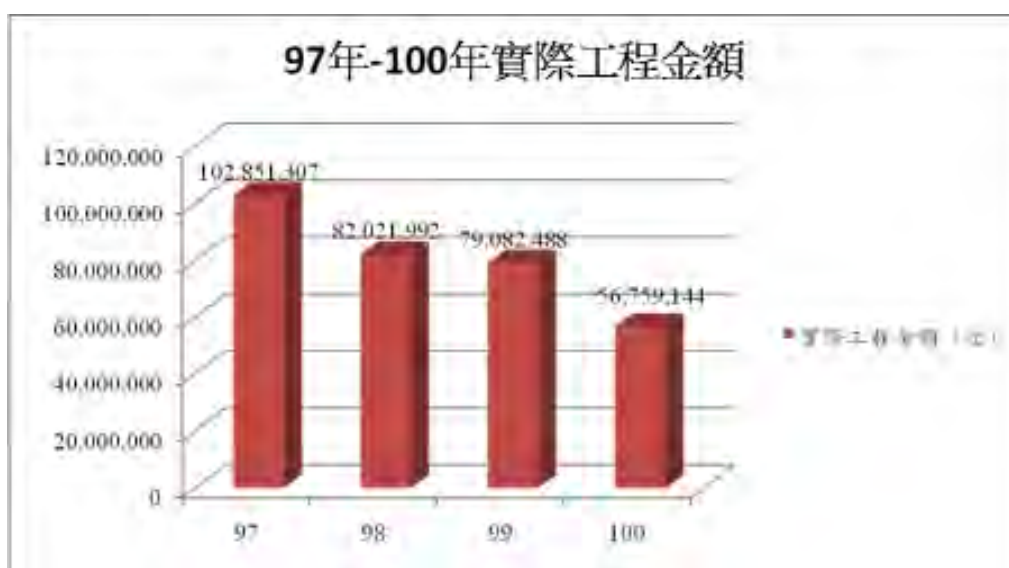


圖1.5 97年-100年實際工程金額統計

- 4.「測試調整平衡」程序 (Testing, Adjusting and Balancing簡稱TAB)，係近年來美、日等先進國家為推動空調節能落實系統建置，積極採取的有效策略之一。運用低成本或無成本之節約能源策略，具體提升建築物耗能系統效率，預計可獲得5%~8%之顯著節能效果，並減少CO₂排放量，對於我國生態城市綠建築政策之推動有具體之貢獻。
- 5.經由改善工程之施作，使得空調及動力系統之相關廠商獲得商機，並帶動節能、環保之綠建築產業發展，對於經濟建設具貢獻。
- 6.經由本計畫之執行，可訓練空調及動力系統等之節約能源設計與工程人員，對於我國生態城市綠建築政策之往下扎根與人才培育，形成深遠之影響。
- 7.經由辦理TAB訓練講習會(圖1.6)，培育60位專業冷凍空調技師與甲級冷凍空調技術士，藉由講師指導與學員間的相互討論，精進學員TAB之專業知識與技能，帶動TAB與相關冷凍空調產業之投入與擴大內需，每年約帶動500名相關專業人才之投入。對於新興產業之扶植及就業人口之提升產生顯著助益。由於傳統空調工程施工後，皆為清點各項設備之數量作為驗收依據。本計畫所推動之測試、調整、平衡(TAB)於工程完工後進行各項設備與整體建築耗能之性能驗證，確認是否達到當初之設計值，並將BEMS之各項訊號數值進行確認。因此，許多國內技師事務所及設備保修商為此新興行業添購大量之量測儀器，如流量計、溫濕度計等硬體設備，對於帶動相關硬體設備商及量測設備校正公司影響深遠。



圖 1.6 TAB 訓練講習會

8.本計畫建立BEMS節能資料庫(圖 1.7~1.11)，將各改善案例之運轉資料上傳，可進行實

際節能減碳效益之量化評估，對後續整體計畫之推展有極大效益。傳統之建築能源管理由早期現場人員進行定期手抄外，演進至現在監控系統之BEMS。然而，目前大部分之建築管理系統皆為監看功能，等同目前我國經濟部能源局公告之初級BEMS功能，可監看用各設備運轉情形、電量kWh、需量kW等。而經由「建築能源效率提升計畫」將歷年之補助案件之BEMS提升至第2、3級，並帶動國外大型之監控廠商如Honeywell、In touch、Siemens等將其原先之封閉式監控系統架構，更改為開放式網路架構，使單位監控系統故障時，維修上不受到限制。且帶動我國部分中小型能源監控系統公司之興起，如軒捷、新益、舜德等公司，皆自行發展出一套能源監控系統之架構。於建築物導入能源管理系統時，需要大量之硬體，如監控伺服器、PLC、DDC及訊號傳輸線等耗材，間接帶動相關之行業，影響既深且遠。

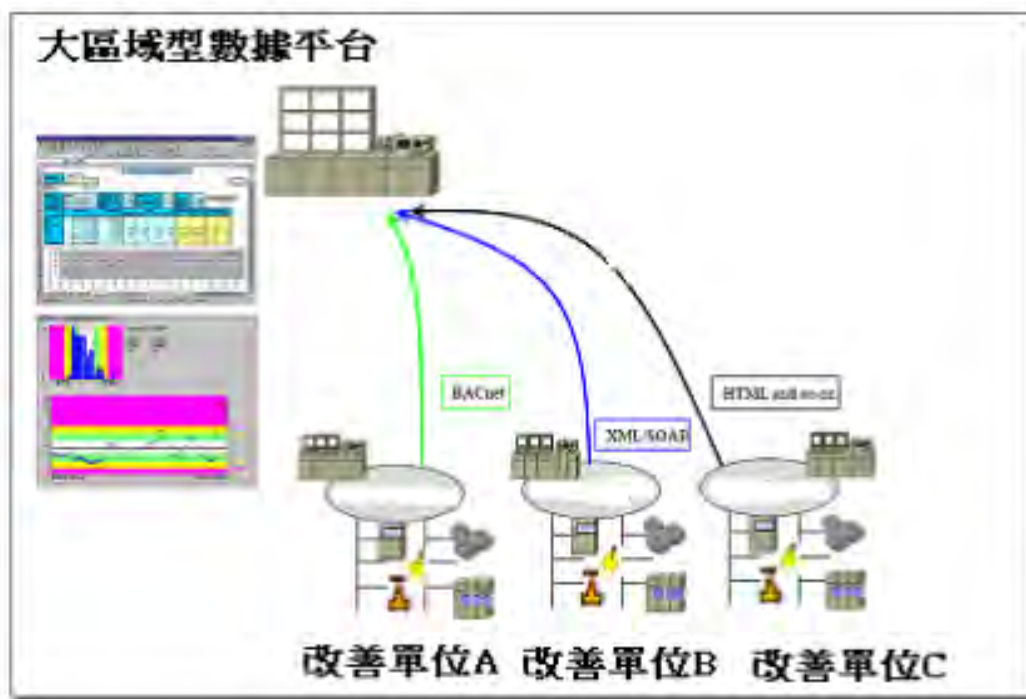


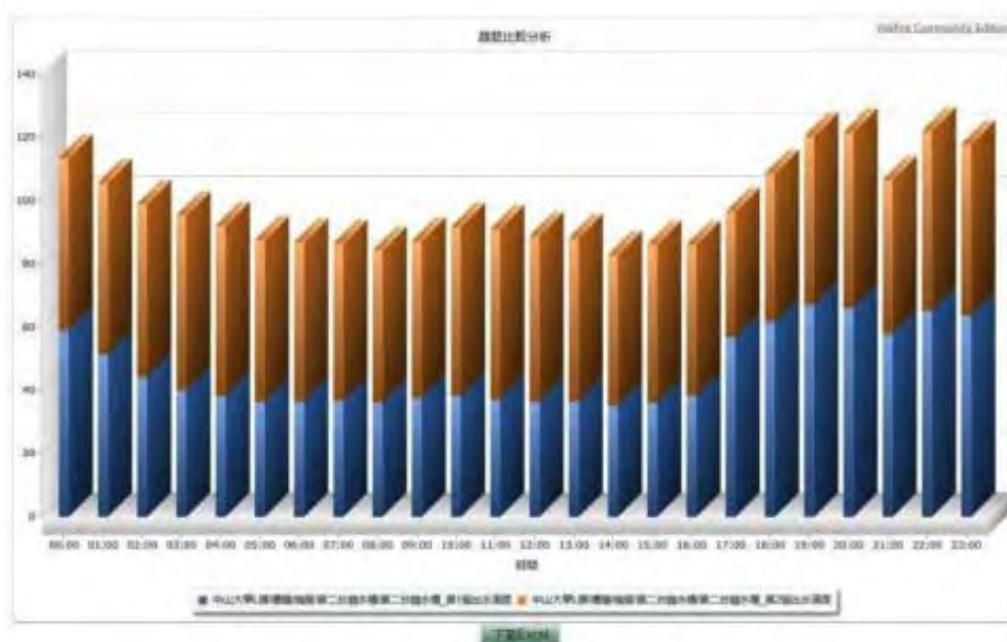
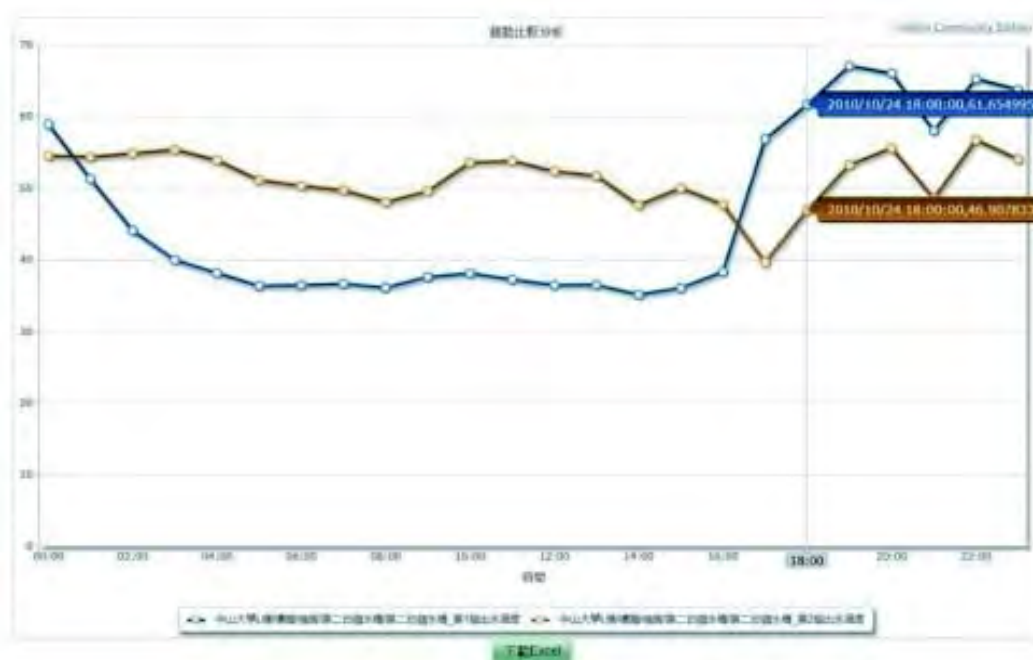
圖 1.7 BEMS 架構



圖 1.8 資料庫分析平台功能列表



圖 1.9 資料庫分析平台功能列表



9.以淺顯易懂之方式呈現具體量化為節電度數(kWh)數據及CO₂排放減量值，顯現實際之執行成效與各節能策略之經濟效益，建立極重要之成效分析數據。

表 1.1 92 年-100 年節能效益統計表

年度	投入改善工程金額 (元)	節能效益 (kWh)	減少CO ₂ 排放量 (kg)	節省總金額	預計回收 年限
92	228,000,000	14,022,262	10,149,313	46,273,465	3年
93	93,000,000	5,910,935	3,889,395	14,777,338	6年
94	107,350,000	8,343,630	5,490,109	20,859,075	5年
95	114,250,000	6,907,652.12	4,545,235.095	22,795,252	7年
96	96,590,000	6,320,932	4,575,090	20,859,075	5年
97	10,2851,307	5,486,579	3,494,946	17,008,395	6.0年
98	82,021,992	6,986,427	4,674,994	31,842,555	2.6年
99	79,082,488	7,645,548	3,773,591	19,574,427	4.0年
100	56,759,144	4,073,712	2,561,668	12,576,378	4.5年
合計	959,904,931	61,628,918	41,601,847	204,542,708	4.7年



圖 1.12 92-100 節能效益統計



圖 1.13 92-100CO₂ 減量統計

1.4 直接工程效益

1. 2003 年~2011 年總投資金額，共計 959,904,931 元
2. 2003 年~2011 年總改善節省電量，共計 61,628,918kWh (度) /year
3. 2003 年~2011 年總改善節省電費，共計 204,542,708 元/year
4. 整體改善工程投資回收年限為 4.7 年間接工程效益

1.5 間接工程效益

1. 2003 年~2011 年共減少 4,160 萬 kg 的 CO₂ 排放量。
2. 本計畫所帶動之冷凍空調產業商機，以提振國內冰水主機製造廠商為主。歷年迄今共計改善及置換冰水主機冷凍噸數達 15,945RT，所帶動冰水主機銷貨量約 135,532,500 元。

1.6 總計效益

總計效益 = 直接工程效益 + 間接工程效益

$$= 204,542,708 \text{ 元/year} + (135,532,500 \text{ 元} + 41,602 \text{ 公噸 CO}_2 \text{ 排放量})$$

1.7 歷年案例節能減碳效益

02	單位預算(PWh)	單位(000)預算案(100)	單位預算案	單位預算案
經濟部標準檢驗局	182,472	132,074		602,160
國立台北護理學院	159,072	115,137		524,940
國立中正紀念堂管理處	249,212	180,380		822,400
國家圖書館	323,232	233,956		1,066,667
行政院經濟建設委員會	130,483	94,444		430,597
國軍桃園總醫院	1,592,727	1,152,816		5,256,000
行政院衛生署竹東醫院	42,218	30,558		139,320
國立台灣藝術大學	219,878	159,148		725,600
行政院	124,672	90,238		411,420
內政部警政署警察廣播電台	81,939	59,308		270,400
中央健康保險局	358,393	259,406		1,182,700
行政院農委會台中區農業改良場	50,036	36,216		165,120
內政部營建署中區工程處	36,072	26,109		119,040
行政院衛生署豐原醫院	694,060	502,361		2,290,400
國立花蓮師範學院	153,510	111,111		506,584
國立雲林科技大學	132,545	95,936		437,400
內政部役政署	22,009	15,931		72,632
行政院國軍退除役官兵輔導委員會 台中榮民總醫院	1,294,898	937,247		4,273,164
國立科學工藝博物館	1,137,454	823,290		3,753,600
國立海洋生物博物館	1,264,187	915,019		4,171,820
國立屏東師範學院	341,575	247,233		1,127,200
行政院國軍退除役官兵輔導委員會 高雄榮民總醫院	2,554,424	1,848,892		8,429,600
國立高雄海洋技術學院	419,774	303,833		1,385,256
國立中山大學	1,404,505	1,016,581		4,634,867
財政部高雄關稅局	284,623	206,011		939,259
行政院國軍退除役官兵輔導委員會 嘉義榮民醫院	531,393	384,023		1,753,600
行政院衛生署新營醫院	155,672	112,676		513,720
國立屏東科技大學	81,212	58,781		268,000
合計	14,022,262	10,149,313		46,273,465

93年	節能效益(kWh)	減少CO ₂ 排放量(kg)	節省燃料費	節省總金額
財政部財稅資料中心	211,440	139,128		528,600
中央聯合辦公大樓北棟管理委員會	110,520	72,722		276,300
行政院衛生署藥物食品檢驗局	431,088	283,656		1,077,720
行政院環境保護署環境檢驗所	239,400	157,525		598,500
國立台北科技大學	114,672	75,454		286,680
台灣警察專科學校	165,529	108,918		413,823
行政院衛生署新竹醫院	315,708	207,736		789,270
國立台中圖書館	155,000	101,990		387,500
國軍台中總醫院	142,892	94,023		357,230
國立中興大學	371,868	244,689		929,670
交通部民用航空局台東航空站	348,098	229,048		870,245
國立中正大學	60,980	40,125		152,450
國立彰化師範大學	197,660	130,060		494,150
行政院衛生署屏東醫院	1,305,788	859,209		3,264,470
陸軍軍官學校	951,886	626,341		2,379,715
內政部警政署警察廣播電台高雄台	407,750	268,300		1,019,375
內政部警政署保安警察第五總隊	178,211	117,263		445,528
國立成功大學醫學院附設醫院	202,445	133,209		506,113
合計	5,910,935	3,889,395		14,777,338

94年	節能效益(kWh)	減少CO ₂ 排放量(kg)	節省燃料費	節省總金額
內政部警政署入出境管理局	108,126	71,147		270,315
交通部公路總局第一養護工程處	136,209	89,626		340,523
退輔會台北市榮民服務處	206,248	135,711		515,620
交通部公路總局新竹區監理所	116,602	76,724		291,505
退輔會員山榮民醫院	161,526	106,284		403,815
經濟部標準檢驗局台中分局	123,446	81,227		308,615
內政部營建署玉山國家公園管理處	352,800	232,142		882,000
行政院衛生署草屯療養院	375,000	246,750		937,500
行政院衛生署台東醫院	192,864	126,905		482,160
交通部觀光局東部海岸國家風景區管理處	176,904	116,403		442,260
內政部建築研究所歸仁性能實驗群	260,214	171,221		650,535
退輔會龍泉榮民醫院	2,616,320	1,721,539		6,540,800
陸軍步兵學校暨訓練指揮部	935,411	615,500		2,338,528
經濟部標準檢驗局高雄分局	180,960	119,072		452,400
行政院衛生署台南醫院	2,401,000	1,579,858		6,002,500
合計	8,343,630	5,490,109		20,859,075

單位	原能反應 (kWh)	減少CO ₂ 排放量 (kg)	節省材料費	節省租金費
考選部	331,800	218,324		1,094,940
法務部	347,700	228,788		1,147,410
中央聯合辦公大樓南棟管理委員會	689,600	453,756		2,275,680
政治作戰學校	131,040	86,224		432,432
行政院衛生署金門醫院	545,250	358,774		1,799,325
行政院衛生署苗栗醫院	829,440	545,771		2,737,152
台灣南投地方法院檢察署	418,800	275,570		1,382,040
行政院勞工委員會職業訓練局中區職業訓練中心	365,040	240,196		1,204,632
國軍岡山醫院	685,320	450,940		2,261,556
行政院衛生署旗山醫院	500,040	329,026		1,650,132
經濟部標準檢驗局台南分局	161,370	106,181		532,521
退輔會灣橋榮民醫院	627,732	413,047		2,071,515
內政部南區兒童之家	162,000	106,596		534,600
行政院衛生署新營醫院	328,120	215,903		1,082,798
高雄榮總	169,815	111,738		560,391
海生館	234,270	154,149		773,091
科工館	210,713	138,649		695,354
台灣省自來水公司南區工程處	169,600	111,596		559,680
合計	6,907,652	4,545,235		22,795,252

單位	原能反應 (kWh)	減少CO ₂ 排放量 (kg)	節省材料費	節省租金費
行政院環境保護署	103,968	75,252		343,097
行政院衛生署桃園醫院	889,929	644,130		2,936,767
行政院主計處	576,845	417,592		1,903,919
台灣省自來水股份有限公司北區工程處	65,220	47,211		215,248
國立台灣師範大學 (博愛大樓)	563,252	407,682		1,858,734
國立台灣大學附設醫院雲林分院	323,544	234,181		1,067,698
行政院衛生署台中醫院	375,311	271,650		1,238,530
行政院衛生署彰化醫院	1,227,478	888,448		4,050,678
國立成功大學醫學院附設醫院斗六分院	220,010	159,243		726,035
國立成功大學 (行政大樓)	302,014	218,598		996,649
內政部消防署高雄港務消防隊隊本部	142,929	103,452		471,666
陸軍第八軍團指揮部	870,373	629,976		2,872,232
海巡署南部地區巡防局高雄縣機動查緝隊	46,342	33,542		152,931
國立高雄應用科技大學 (中正堂)	16,410	11,877		54,154
國立高雄第一科技大學 (工學院)	111,836	80,947		369,060
國立中山大學 (行政大樓與圖書大樓)	485,356	351,301		1,601,678
合計	8,320,932	4,575,090		20,859,075

97年	節能減量(噸)	減少CO ₂ 排放量(kg)	節省燃料費	節省電金額
中央聯合辦公大樓南棟	101,829	64,865		315,670
國立金門技術學院	59,290	37,767		183,799
行政院衛生署藥物食品檢驗局	7,869	5,012		24,394
中央聯合辦公大樓北棟	74,040	47,163		229,524
行政院經濟建設委員會	53,870	34,315		166,997
國立中央大學	237,257	151,135		735,497
中央健康保險局北區分局	226,256	144,125		701,394
行政院退輔會蘇澳榮民醫院	197,834	126,020		613,285
行政院體育委員會	128,944	82,137		399,726
國立台灣藝術大學	152,836	97,356		473,792
國立台灣師範大學	177,805	113,262		551,196
行政院退輔會台北榮民總醫院	51,502	32,806		159,656
內政部營建署	18,792	11,970		58,255
經濟部標準檢驗局	155,058	98,771		480,680
國立台灣海洋大學	42,318	26,956		131,186
行政院衛生署竹東醫院	58,537	37,288		181,465
總統府第三局	580,000	369,460		1,798,000
嘉義縣選舉委員會	105,188	67,005		326,083
台灣屏東地方法院	19,750	12,581		61,225
國立屏東教育大學	38,344	24,425		118,866
行政院退輔會永康榮民醫院	126,511	80,588		392,184
國立高雄海洋科技大學	245,184	156,182		760,070
行政院衛生署旗山醫院	30,423	19,379		94,311
行政院衛生署新營醫院	196,015	124,862		607,647
國立屏東科技大學	202,857	129,220		628,857
國立台南大學	85,350	54,368		264,585
內政部警政署保安警察第五總隊	40,326	25,688		125,011
行政院衛生署朴子醫院	284,040	180,933		880,524
國立暨南國際大學	58,870	37,500		182,497
經濟部水利署中區水資源局	57,300	36,500		177,630
中央健康保險局南區分局	186,363	118,713		577,725
行政院衛生署南投醫院	29,079	18,523		90,145
行政院退輔會埔里榮民醫院	336,780	214,528		1,044,018
行政院衛生署彰化醫院	179,172	114,132		555,433
行政院衛生署台南醫院	33,784	21,520		104,730
國立中山大學	52,400	33,379		162,440
國立屏東商業技術學院	664,014	422,977		2,058,443
經濟部漢翔航空工業有限公司	190,792	121,535		591,455
合計	5,486,579	3,494,946		17,008,395

98年	節電數量(kWh)	減少CO ₂ 排放量(kg)	節省燃料費	節省水電費
行政院衛生署桃園醫院	92,321	58,717		230,803
行政院	93,799	59,656		290,778
行政院衛生署樂生療養院	179,821	157,572	921,340	1,478,783
國立台北科技大學	21,890	13,927		67,878
國立陽明大學附設醫院	278,023	176,822		695,055
中央聯合辦公大樓北棟	147,033	93,513		455,803
中央聯合辦公大樓南棟	128,424	81,678		398,114
財政部財稅資料中心	57,874	36,808		179,409
經濟部標準檢驗局第六組	59,981	38,148		185,940
內政部警政署民防防情指揮管制所	42,369	26,946		131,345
中央研究院物理研究所	108,880	69,248		335,133
國家圖書館	89,762	57,089		278,260
行政院退輔會蘇澳榮民醫院	9,466	43,771	526,217	555,562
行政院環境保護署環境檢驗所	132,795	84,457		411,664
臺灣臺北地方法院檢察署	90,079	57,290		279,245
行政院退輔會台中榮民總醫院	456,162	290,120	2,230,719	3,371,125
國立高雄第一科技大學	298,031	189,548		923,897
行政院衛生署台中醫院	225,537	143,441		563,842
國立成功大學附設醫院	2,158,121	1,372,566		5,395,304
國立科學工藝博物館	1,315,476	836,643		4,077,976
國立彰化師範大學	15,619	18,931	431,857	453,724
行政院退輔會嘉義榮民醫院	155,031	141,264	167,028	555,281
國立虎尾科技大學	8,067	20,501	553,681	564,974
行政院人事行政局地方行政研習中心	214,962	136,716		666,383
內政部中區兒童之家	1,620	2,367	52,520	54,788
南部科學工業園區管理局	457,776	291,145		1,419,105
內政部警政署警察廣播電臺高雄台	69,073	43,930	20,593	214,126
行政院衛生署屏東醫院	78,435	132,180	3,409,791	7,608,258
合計	6,986,427	4,674,994	8,313,746	31,842,555

單位	節能效益(kWh)	減少CO ₂ 排放量(kg)	節省燃料量	節省總金額
內政部警政署警察廣播電臺	117,137	72,976		288,488
臺灣臺北地方法院	185,753	115,724		575,836
國立臺灣大學	621,109	386,951		1,561,488
陸軍專科學校	31,907	2,349	42,744	46,048
陸軍機械化步兵第二六九旅	255,455	55,558	563,164	580,109
行政院退輔會員山榮民醫院	201,223	40,504	447,630	461,121
國立清華大學	306,283	190,815		889,931
內政部入出國及移民署宜蘭收容所	57,591	35,880	167,567	178,532
行政院海岸巡防署	237,542	147,989		642,644
國軍桃園總醫院	13,763	8,574	44,879	46,787
檔案管理局	79,045	49,245		245,040
國立臺北藝術大學	165,240	102,944		362,555
內政部老人之家	116,881	72,816	225,869	280,767
國立臺灣史前文化博物館	274,000	174,264		849,400
國立臺中技術學院	258,179	164,202		764,357
台灣糖業公司精緻農業事業部	132,649	84,390		411,336
內政部國土測繪中心	273,060	173,666		817,303
國立中正大學	124,302	79,056		385,336
行政院衛生署嘉南療養院	405,837	258,112	1,177,663	1,255,333
行政院衛生署朴子醫院	95,444	60,702	322,084	333,814
臺灣嘉義地方法院	130,336	82,893		404,041
國立雲林科技大學	109,624	11,855	185,198	198,978
行政院退輔會高雄榮民總醫院	927,787	590,072	2,190,060	2,350,485
行政院衛生署嘉義醫院	1,255,090	227,001	2,290,208	2,484,289
內政部警政署保安警察第五總隊	214,555	24,185	289,438	320,493
內政部雲林教養院	208,082	132,338		572,778
國軍高雄總醫院	72,148	45,885	161,208	180,370
國立中山大學	410,867	115,630	1,103,524	1,176,889
國立嘉義大學	219,204	176,236	119,634	458,970
雪霸國家公園管理處	133,201	82,985		412,922
行政院農委會嘉義農業試驗分所	12,254	7,794		37,987
合計	7,645,548	3,773,591	9,330,870	19,574,427

機關	廢油噸數(t)	減重100%淨重(kg)	節省費用	節省總金額
國立臺灣科學教育館	226,673	141,217		702,690
大坪林聯合開發大樓管理委員會	53,438	33,292.50		165,660
國防部陸軍司令部人事軍務處	219,667	136,852		740,784
總統府第三局	186,923	116,452		579,462
海岸巡防署海洋巡防總局	75,963	47,325		235,488
臺灣士林地方法院內湖民事辦公大樓	38,902.00	24,236		120,509
行政院農業委員會	13,464	8,388		41,739
行政院農委會家畜衛生試驗所 動物用藥品檢定分所	41,545	25,882		141,829
行政院衛生署五里醫院	117,422	81,900		885,772
太魯閣國家公園管理處	46,376	28,881		143,766
國立空中大學	25,757	16,046		79,847
行政院衛生署新營醫院	362,705	230,738		906,988
國立金門大學	499,203	317,494		1,547,529
行政院海岸巡防署海洋巡防總局 第九(金門)海巡隊	141,421	89,943		438,405
行政院海岸巡防署海洋巡防總局 第八(澎湖)海巡隊	48,078	30,578		149,041
國立屏東教育大學	82,537	21,508		255,864
國立澎湖科技大學	581,625	360,914		1,803,038
嘉義榮民醫院	771,508	490,679		1,928,770
國立屏東科技大學	315,312	207,498		1,011,202
國立屏東商業技術學院	42,427	26,084		131,524
內政部入出國及移民署南投收容所	150,103	95,465		465,320
中央聯合辦公大樓南棟管理小組	32,571	20,291		109,971
合計	4,073,712	2,581,668		12,576,378

第二章 基礎篇

2.1 空調基礎簡要說明

地球溫室效應及都市熱島問題，只會增加空調應用與耗能，而空調也是造成地球溫室及都市熱島效應主因之一，因果難分，不但空調耗電上升也使夏季尖峰電力負載年年上升，在面對政府擬逐年減少耗能之下，需有大幅降低空調耗電的方法，故於此說明綠空調節能設計之要素，盡量以淺顯方式說明，期使讀者快速了解，且落實新建築的節能設計與舊有建築的改善。

為使空調節能得以迅速推動，除更換高效率設備外，且需謀求低成本的節能方法。管理面之改善及低成本的節能策略，一般而言，投資報酬率高，多能得到業主的肯定。建研所秉持低成本的節能改善，以建築能源管理作為優先，實行以網路遠端管理，達成溫度控制、區劃控制、排程控制、離峰管理等手段，達到實質上大幅節能的成效。

節能策略之改善亦不可或缺，空調設備容量控制維持主機在最高效率，當有顯著省能效果。再者，中央空調系統需要有水泵及風機來運送冰水及冷風，如無適當的節能策略，即使空調容量已有需量控制，泵與風機的耗能不亞於空調主機，會有無謂的浪費，故冰水側及空調送風側之系統設計亦需導入節約能源措施，達到整體空調系統在高性能下運轉。

以下就相關空調設計之基礎作簡要之說明。

2.1.1 壓力

壓力(P)單位可為每平方公分之公斤力(kgf/cm^2)或巴斯克($\text{Pa}, \text{N}/\text{m}^2$)，壓力為流體主要動力來源。壓力亦為流體之能量，如將 N/m^2 改寫為 J/m^3 ，可見壓力為單位體積之能量密度。水泵與風機對流體的加壓，是一種能量的轉移。標準氣壓為海平面之大氣壓力，等於29.92吋水銀柱(汞柱，in.Hg)高度之壓力；另可說為每平方吋約14.7磅力(14.7 psi)，或為 $1.033 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 。在SI單位一大氣壓力(atm)為101325 Pa，或101.325 kPa。

以環境氣壓為零基準所測得之壓力稱為「錶壓」，當壓力比週遭環境氣壓低時稱為「真空」(vacuum)，相對低於大氣壓力之壓力值稱為「真空值」。以絕對真空為基準之壓力稱為絕對壓力 (absolute pressure)，故絕對壓力亦為物理之實際壓力。

2.1.2 功率

功率係指每單位時間作功的能量，如每秒鐘作工量為1J為1W。馬力簡寫hp；為每秒鐘75kgf-m之作功或英制為每秒鐘550呎磅力之作功，作功馬力數由 $1.0 \text{ kgf.m/s} = 9.80665 \text{ W}$ 計，故1公制馬力=735.5W，以呎磅計算，1.0英制馬力=745.7W。

空調空氣與水系統之流體搬運功之計算為

搬運功(Watt)=搬運所需克服之壓損(Pa)x搬運之體積流量(m^3/s)/搬運設備效率

以上可見減少壓損可減少搬運功，低阻力管路系統較為節能。空氣與水比較，每單位質量體積差異甚大，水之密度約為 1000 kg/m^3 ，相對之下空氣在 20°C 及一氣壓之密度約為 1.20 kg/m^3 ，由此可見搬運同質量的空氣的耗功遠比水大。

2.1.3 冷凍能力

空調之冷凍(冷卻)能力常以冷凍噸(Refrigeration Ton, RT)稱，以美國冷凍噸之定義為將一英噸(2000 lb) 0°C 之水在一天(24小時)凍結成冰之能量，常用之計算值如下：

$$1.0 \text{ USRT} = 12000 \text{ Btu/hr 或}$$

$$1.0 \text{ USRT} = 3024 \text{ kcal/hr}$$

$$1.0 \text{ USRT} = 3.515 \text{ kW}$$

2.1.4 能量

度量能量的單位，公制單位為卡路里簡稱卡(Calorie or cal)。一卡為一克的水升高攝氏一度所需之熱量，約為4.186焦耳(Joule)。大卡為1,000卡，是1 kg之水溫升攝氏一度所需之熱量。英制單位為Btu，1.0 Btu為一磅的水升高華氏一度所需的熱量。SI單位中，標準熱量單位為焦耳(Joule, J)，英制與公制單位之互相換算為：

$$1.0 \text{ Btu} = 252 \text{ 卡} = 1.055 \times 10^3 \text{ J}$$

2.1.5 比焓

比焓(kJ/kg)是一種熱力性質，在空調是用於計算空氣相對熱量，含顯熱及空氣中水蒸汽的蒸發潛熱，計算式為

$$H = C_p T + \omega h_g \text{ kJ/kg}$$

C_p 為比熱($\sim 1.0 \text{ kJ/kg}$)， T ($^\circ\text{C}$)， ω 為濕度比， h_g 為水蒸汽的焓值($\sim 2500 \text{ kJ/kg}$)。

2.1.6 相變潛熱

儲冰系統以水相變潛熱儲能，0°C之冰融解為0°C水前亦需吸收足夠之融解潛熱，反之蒸氣凝結為水或水結成冰之過程會釋放出潛熱。例如水之融解潛熱約為79.6 kcal/kg (144Btu/lb)，蒸發潛熱約為540 kcal/kg (970Btu/lb)。

2.1.7 新鮮外氣熱負荷

外氣含有水蒸汽稱為濕空氣，濕空氣含量可用濕度比或稱比濕(humidity ratio)計算，定義為單位質量空氣中水蒸氣之質量。因分子數量與分壓成正比，故濕度比之計算如式(1.1)。

$$\omega = 0.622 \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v} \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

比值0.622為水蒸汽與乾空氣分子量之比值(水蒸汽為18.015 g/mole，乾空氣為28.965g/mole)。P為環境氣壓，P_a為乾空氣分壓，P_v為蒸汽分壓。相對濕度(Relative Humidity)為單位體積空氣中，所含水蒸氣之分壓與同溫度時飽和水蒸氣壓力之比，單位為%RH。室內外空氣的之焓差是計算外氣熱負荷的基礎，顯熱為空氣溫差，每1kg空氣溫差1°C約為1.0 kJ，潛熱以室內外的比濕差△ω計算，約為△ωx2500(kJ)，一般而言在夏季時，室內外的△ω約為0.01，故可見潛熱的重要性。

2.1.8 空調負荷

空調負荷可分為三項：

- (一)建築外殼熱負荷，包括外牆、屋頂與開窗，除開窗外，須考量太陽輻射熱的影響，外牆與屋頂表面溫度可比外氣高上數十度。
- (二)內部熱負荷，如人員、照明器具及用電器具等。
- (三)引入外氣之熱負荷，直接造成空氣溫濕度改變。

熱得(heat gain)並非直接等於空調熱負荷(cooling load)，建築體有蓄熱功能，故熱負荷與熱獲得有時間上之延遲，厚實之建築較為冬暖夏涼。

2.2 中央空調系統概要說明

如圖2.1室內之熱負荷由冷風移除，冰水主機提供冰水供冷排盤管，最後經由冷卻水塔散至大氣。中央空調系統各項設備包括：壓縮機電力約占50%至60%左右，冷卻水及冰水

泵電力共約佔15%至20%，風機電力約佔25%至30%。除外有冷熱交換器，屬非動力元件，但高性能熱交換會提升系統效率。冷卻水塔的供水溫度影響冰水機之能源效率，每降1°C可提升冰水機效率約5%。

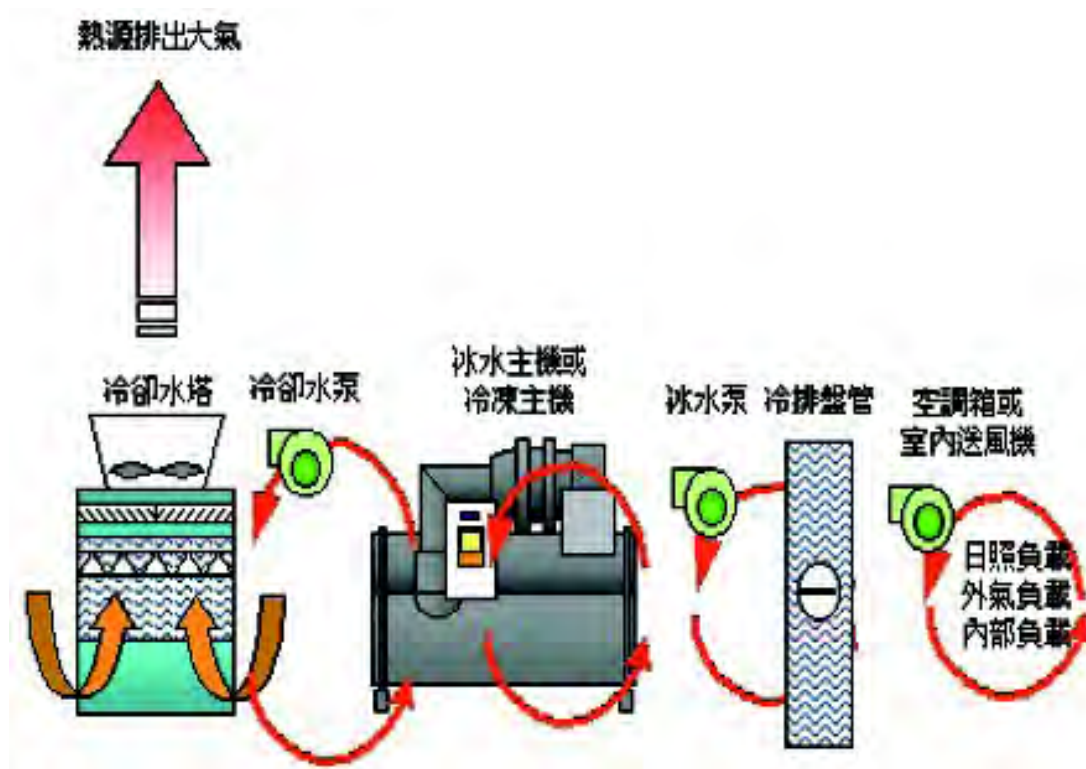


圖 2.1 中央空調能源或熱能之流向¹

2.2.1 整體空調系統能源效率

應至少考量主機，水泵、風機及冷卻水塔耗電，建議以系統性能因子(SPF)評估之，如公式(1.2)， Q_e 為瞬間的空調容量， W 為各項設備電力負載，如公式(1.2)只考量冰水主機，SPF則為主機之COP(空調容量/耗電量)。故節能乃是維持系統在高SPF下運轉，除主機需有容量卸載控制外，泵與風機因應負載之變轉速，亦是節能之關鍵，系統SPF應高於3.0。

$$SPF = \frac{1}{\sum \left(\frac{W_{\text{chiller}}}{Q_e} + \frac{W_{\text{tower}}}{Q_e} + \frac{W_{\text{pump}}}{Q_e} + \frac{W_{\text{fan}}}{Q_e} \right)} \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

¹ 台北科大公共工程品管班，空調工程品管講稿。

第三章 設計篇

3.1 空調主機節能控制策略

空調主機台數及容量控制策略

空調主機容量通常採尖峰負載設計，是最高氣溫或較嚴苛之氣象條件(例如美國ASHRAE危險率0.4%或1.0%)，危險率0.4%是指1000小時中只有4小時會超過的氣溫，故所計算之空調主機容量較大，一年中大部分的時間皆在於部份負載如圖3.1，即使尖峰負載的月份，平均負載與尖峰負載亦有甚大差異，故以部份負載發生的小時數居多。

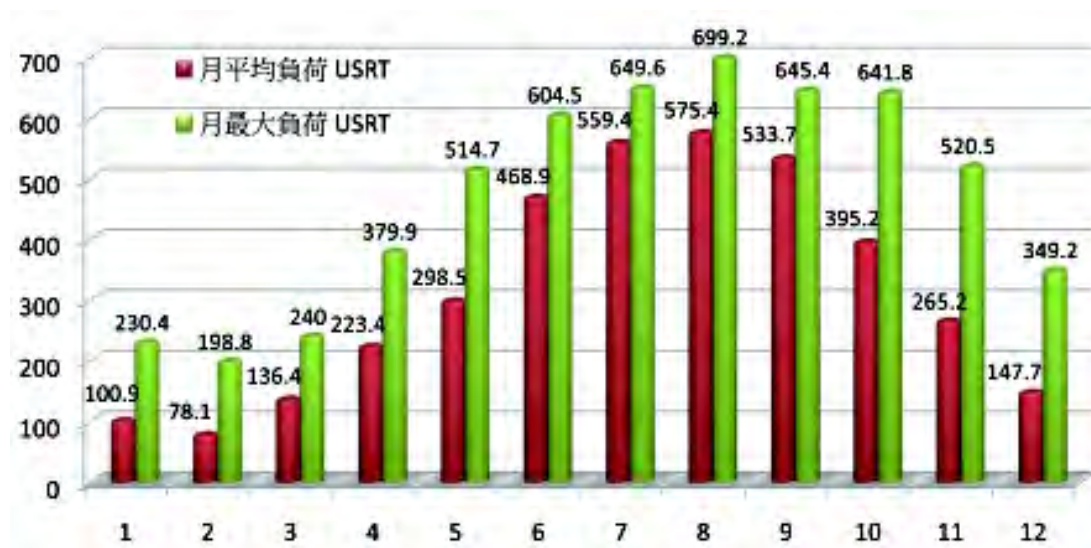


圖 3.1 某建築全年負荷率分佈圖¹

如採單台主機則多在部分負載運轉，圖3.2為某家廠商350RT離心主機之性能曲線，當負荷率偏低時COP亦偏低，如在40%負載時COP約為4.0，而在90%負載時則為5.43，每單位空調容量計，在40%負載時耗電量多出36%。

若將之分成兩台(或多台)容量較小之主機，則當負荷率降低時即停轉部份主機，相對地便可提高運轉中的主機之負荷率，如圖3.3共有四台主機作群組最佳化控制。舉例而言如最

¹ 葉清華，以效率區分法作為多台空調主機控制策略分析 - 以辦公建築為例，台北科大碩士論文，民國99年。

高負載為1800RT，採2150RT，採1.2倍安全容量。當負載為15%(270RT)時，如換季或夜間負載，用一台350RT主機77%負載率供應。當負載為30%(540RT)時，採一台600RT主機90%負載率供應。當負載為50%(900RT)時，採一台600RT主機加一台350RT主機，以95%負載率供應空調，如此類推，使主機處在高效率運轉。

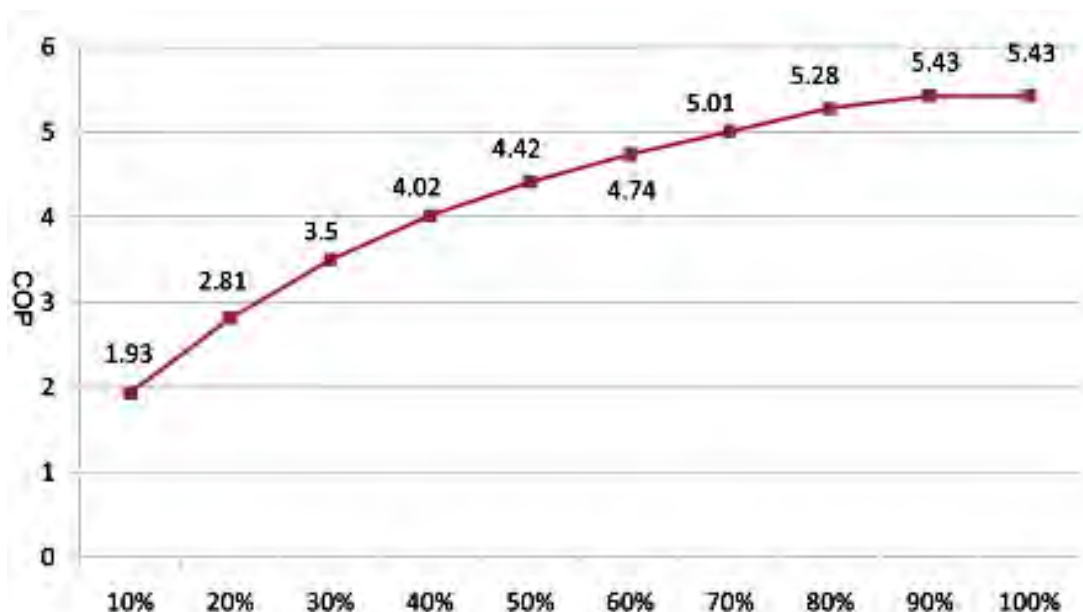


圖 3.2 某家廠商 350RT 離心主機之性能曲線

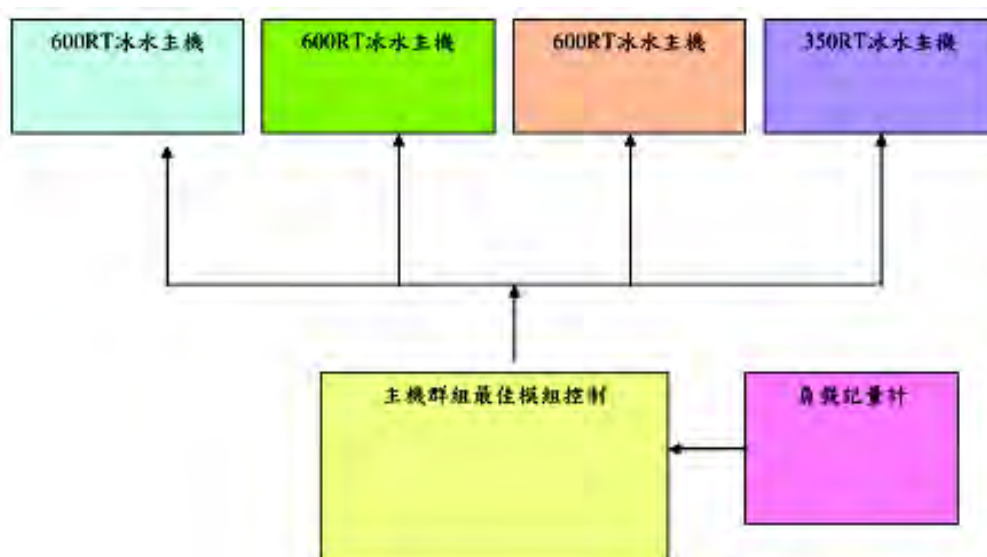


圖 3.3 主機群組台數控制

3.2 儲冰空調系統

本節內容多取自蔡與李²之專書，空調儲冰系統之基本原理是在電力離峰時段，操作空調主機，利用儲冰系統中之儲冷介質(storage medium)將空調主機產生之冷能儲存，爾後在尖峰時段將冷能釋放用於滿足空調需求或冷卻負載。台電公司為平衡日夜間的電力負載，給予儲冰空調離峰時段6折電費，提高儲冰空調應用，減緩電廠尖峰供電的問題。

儲冰系統設計如圖3.4，夜間可用滷水將水凍結，白天融冰取冷供應空調。最常見的儲冰介質為水、冰或優態鹽相變物質，這些介質的主要差異在於每單位質量之儲冷量與儲冷之溫度，如表3.1。

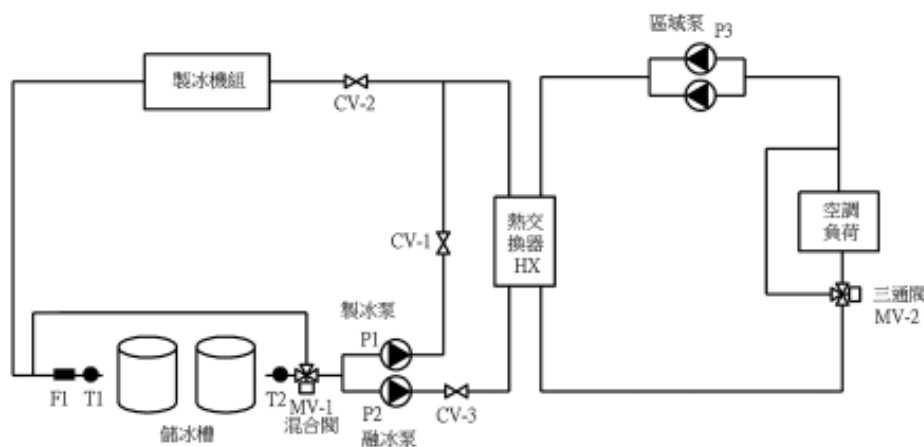


圖 3.4 空調儲冰系統示意流程

表 3.1 冰水、冰及優態鹽儲能密度之比較

項目	水	冰	優態鹽
儲冷方式	顯熱儲冷	顯熱+潛熱	潛熱
相變溫度	—	0℃	4~12℃
溫度變化範圍	12~7℃	12℃水到0℃冰	8℃液體到8℃固體
單位質量儲冷容量 (kJ/kg)	21.0	384	96
單位體積儲冷容量 (MJ/m ³)	21.0	355	153
	(kWh/m ³)	98.6	42.5
	(RThr/m ³)	28.1	12.1
每100RThr需儲冷 介質多少體積	606 m ³	35.3 m ³	82.6 m ³

² 蔡尤溪、李宗興，儲冰空調系統技術，ISBN 957-21-4365-4，93年4月，全華科技圖書。

圖3.5為全凍結式儲冰槽之示意圖(蔡與李)，由主機產生低溫($<-3\sim-5^{\circ}\text{C}$)二次冷媒一般稱滷水(乙烯乙二醇水溶液)，流經槽中緊密細管，使管外的水結冰儲冰，槽內的水可達高比例凍結，故稱全凍結式。釋冰時通過的二次冷媒溫度較高，被儲槽內的冰冷卻，被冷卻後的二次冷媒用於供應空調，如圖 3.4。

空調儲冰系統依運轉策略大致可分為全量儲存(full storage)與分量儲存(partial storage)，而分量儲存系統又可被規劃為負荷均攤(load leveling)與需量限制(demand limiting)等策略。

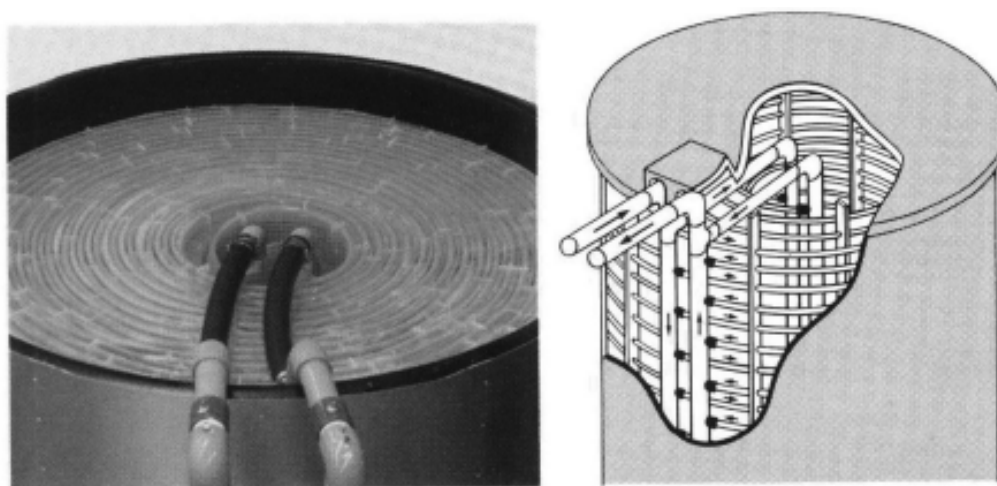


圖 3.5 全凍結式之儲冰槽

全量儲冰系統，如圖3.6所示，是將所有尖峰空調負荷移轉至離峰時段，在離峰時段運轉儲冰系統，儲冰系統於空調尖峰時段，儲冰主機為停機狀態，此時所有冷房負荷以融化儲冰來供應。此種運轉策略需要相對較大的空調主機及儲冰容量，佔用較大的空間。全量儲冰運轉的特點為可大幅降低尖峰電力負載，此系統的控制型式只作尖離峰兩種運轉模式。

分量儲冰系統則是在尖峰時段，由融化儲冰供應部分負載，剩餘則由運轉空調主機來供應，如圖3.7所示。分量儲冰運轉策略上，需要較小儲冷空間，並有較少初期投資之優點，白天時段儲冰主機亦可與儲冰槽共同供應空調，進一步節省設置費用。

蔡³等建議之儲冰系統性能測試規範，如表 3.2 所示。

³ 蔡尤溪、李宗興，2001(4)，現場實用空調儲冰系統測試方法之推廣策略研究，能源季刊，Vol.31, No.2, pp.61-75

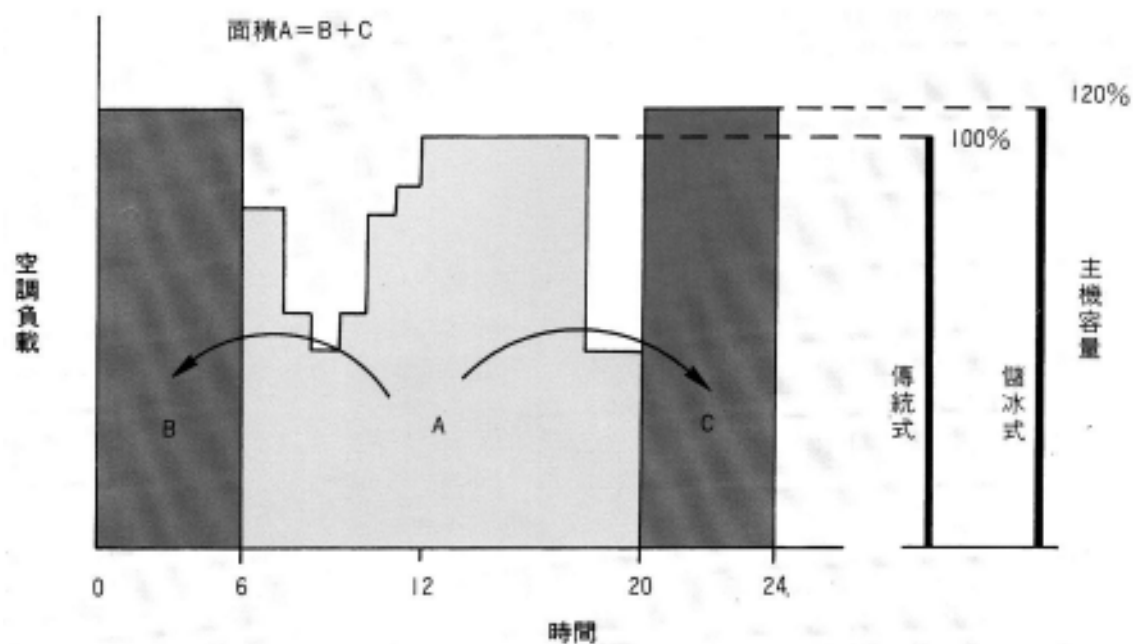


圖 3.6 全量儲冰系統空調負載型態

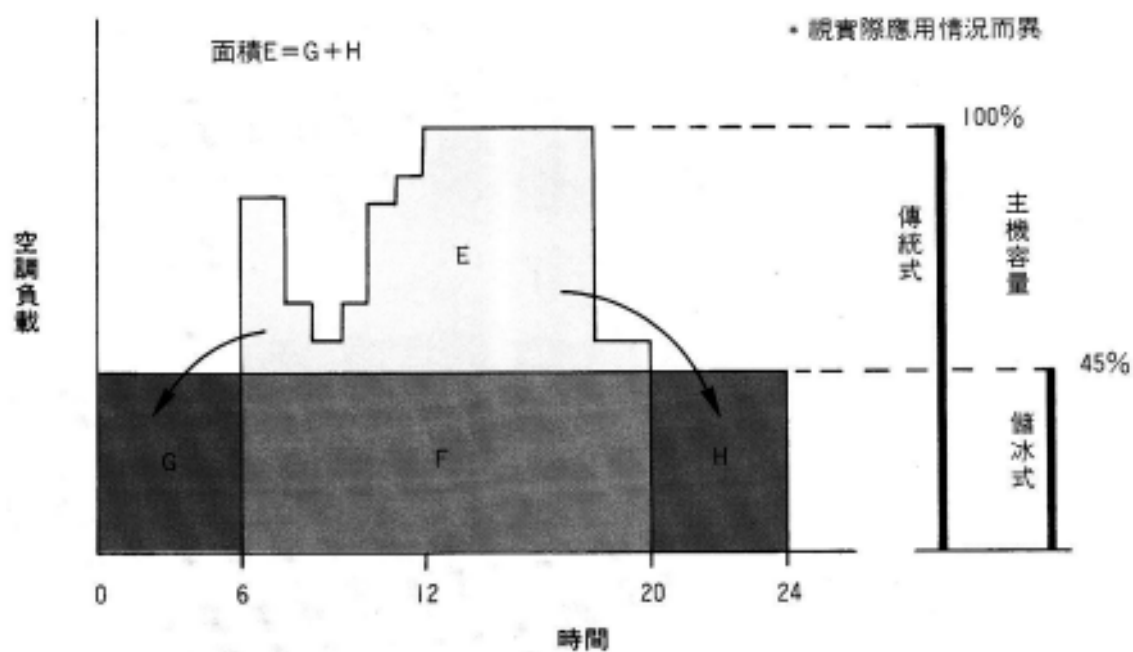


圖 3.7 分量儲冰系統空調負載型態

表 3.2 儲冰系統性能測試之規範

測量項目	測試規範
數據擷取	建議量測數據應至少每5分鐘紀錄一次，由電腦記錄。
儲冷與釋冷時間	儲冷時間規範建議最長為12小時，或依原系統規劃值。 釋冷時間規範建議最長為12小時，或依原設計釋冷時間計算。
儲冷與釋冷量計算溫度規範	進入儲冷系統之工作流體(滷水)達到7.0℃時開始累計儲冷量，總儲冷量含顯熱。離開儲冷系統之工作流體(滷水)在10℃以下時，其釋冷給予累計。
儲冷或釋冷量計算之溫度誤差	流量誤差、比熱計算誤差、及工作流體比重之誤差分別估為6.66%、3%、0.81%、及2.52%。用以下公式計算總誤差約為7.8%。考量非理想混合問題後溫差之誤差可達0.3℃，如此得到之總誤差值約為10.8%。本文對不確定度之建議為11%。 $error = \sqrt{\left(\frac{\delta T}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{\delta q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\delta \rho}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{\delta c_p}{c_p}\right)^2}$

3.3 可變冷媒量 VRV 系統

由於裝設室外機的空間有限，一台分離式室外機如可供應多台室內機，將變頻技術應用於壓縮機，即是所謂的 VRV 系統，可得到相當節能成效，原文為「Variable Refrigerant Volume」，意指可變冷媒流量空調系統。其特性為因應空調機使用改變冷媒流量，不會有浪費的情形。VRV系統利用變頻器控制壓縮機排氣量，透過壓力傳感器，並由微電腦控制兩台壓縮機（普通電源壓縮機＋變頻控制壓縮機）進行多容量控制，如圖 3.8 所示。

VRV空調系統，是採用變頻式壓縮機，藉由頻率的改變，來控制壓縮機內馬達的轉速，當室內環境溫度改變時，控制系統將視負荷大小輸出不同的頻率。當冷氣開始運轉時，壓縮機會先以較高轉速運轉，使室內溫度急速下降；一旦達到設定溫度點，壓縮機則改以低頻率、低轉速之方式運轉，使室內溫度維持恆溫狀態，不但可節省電力，同時保持人體舒適的感覺。

所謂的「變頻控制」要是改變三相交流感應馬達交流電源之電壓與頻率，以控制不同轉速下之定扭力，變頻器就可改變運轉頻率，來控制壓縮機的轉速。由於電力電子技術的突飛猛進，加上具永久磁石馬達轉子的組裝技術成熟，變頻空調系統逐漸由更省能的直流（簡稱為DC）變頻控制系統所取代，而且更將全面邁進所謂的「全直流」之變頻控制的空調系統技術。

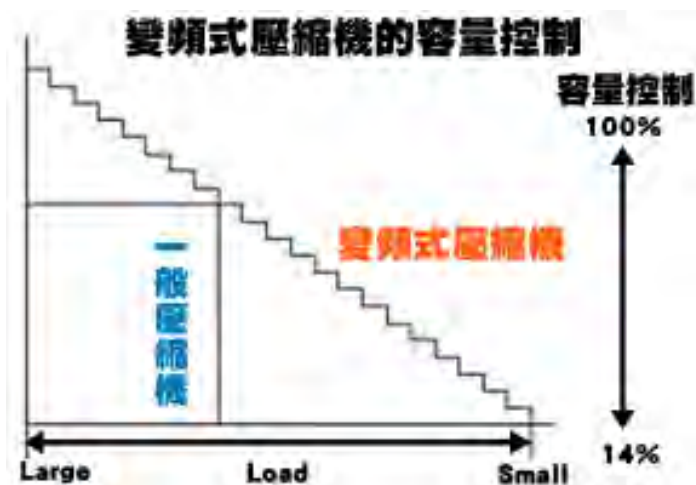


圖 3.8 VRV 壓縮機的容量控制示意圖⁴

所謂直流變頻，意指壓縮機改為使用直流無刷馬達 (DC Brushless Motor)，其實為永磁式的三相永磁式同步馬達，馬達定子仍為矽鋼片體進行三相繞線，而其馬達轉子則為具有永久磁石的矽鋼片體，因為與直流馬達一樣具有永久磁石，但不需碳刷來控制驅動運轉，因此稱為「直流無刷」。由於馬達轉子已具有磁極，其控制需先解讀轉子磁極的位置，方能施予供應電流的方向而驅動。圖 3.9 顯示各式馬達轉速與效率之比較，一般交流變頻的空調

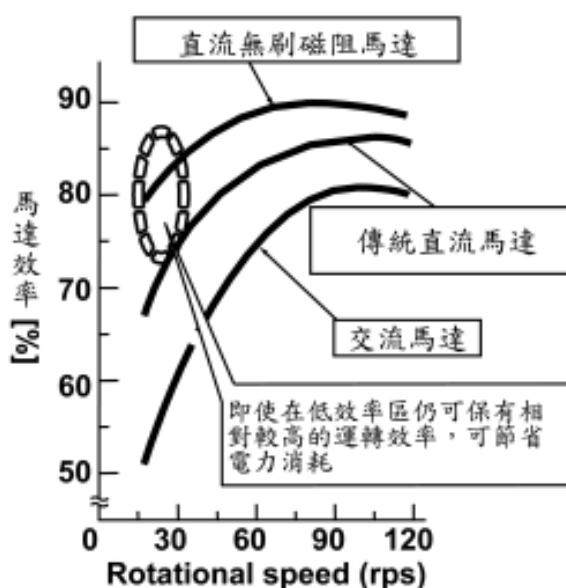


圖 3.9 各式馬達轉速與效率之比較

⁴ 張裕新，可變冷媒流量儲冰空調系統節約能源之研究，碩士論文，2000。

系統可比定頻的空調系統節約20%之用電，而直流變頻空調系統又比交流變頻的空調系統，節能達10%以上。

空調系統是否節能，其部分負荷的性能係數(COP)是相當重要的因素，而VRV系統之特性在於，部分負荷時的效率較滿載時高，當部分負荷在40%~60%之間時，其COP可達4左右。以某家進口之VRV作為研究標的，得一年中各月平均COP值之比較，如表3.3可見變頻與定頻月均系統性能係數之差異。尤其在外氣溫度較低的月份，VRV系統COP甚至

表 3.3 變頻與定頻月均系統性能係數差異

	一月份 系統COP		二月份 系統COP		三月份 系統COP		四月份 系統COP		五月份 系統COP		六月份 系統COP	
時間	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻
9	5.38	3.48	5.15	3.95	5.25	3.62	4.88	3.54	4.56	3.76	4.38	3.71
10	5.23	3.57	4.90	3.65	5.13	3.73	4.77	3.57	4.43	3.69	4.24	3.64
11	5.17	3.69	4.72	3.75	4.98	3.62	4.65	3.60	4.36	3.64	4.20	3.61
12	5.04	3.79	4.78	3.75	4.96	3.61	4.58	3.64	4.32	3.62	4.20	3.61
13	5.10	3.83	4.86	3.80	4.99	3.67	4.57	3.67	4.35	3.63	4.21	3.61
14	5.14	3.78	4.82	3.53	5.04	3.65	4.67	3.69	4.37	3.64	4.18	3.60
15	5.20	3.82	4.89	3.61	5.08	3.75	4.75	3.74	4.42	3.66	4.24	3.63
16	5.24	3.85	5.00	3.71	5.21	3.79	4.79	3.80	4.48	3.69	4.26	3.64
17	5.33	3.77	5.09	3.73	5.28	3.89	4.89	3.84	4.53	3.71	4.30	3.66
18	5.42	3.76	5.17	3.66	5.33	3.72	4.94	3.82	4.59	3.76	4.38	3.70
平均值	5.23	3.73	4.94	3.71	5.13	3.70	4.75	3.69	4.44	3.68	4.26	3.64
差異%	40%		33%		38%		29%		21%		17%	
	七月份 系統COP		八月份 系統COP		九月份 系統COP		十月份 系統COP		十一月份 系統COP		十二月份 系統COP	
時間	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻	變頻	定頻
9	4.10	3.60	4.08	3.59	4.47	3.78	4.62	3.67	5.20	3.24	5.12	3.71
10	3.89	3.50	3.90	3.50	4.35	3.72	4.50	3.66	5.10	3.48	5.01	3.70
11	3.77	3.46	3.79	3.45	4.25	3.66	4.46	3.63	5.05	3.71	5.04	3.58
12	3.71	3.45	3.74	3.43	4.18	3.63	4.43	3.64	5.02	3.75	4.96	3.78
13	3.75	3.47	3.79	3.44	4.22	3.65	4.46	3.68	5.02	3.85	4.95	3.63
14	3.78	3.48	3.81	3.45	4.21	3.64	4.49	3.71	5.01	3.79	4.99	3.70
15	3.86	3.51	3.93	3.50	4.23	3.65	4.53	3.74	5.10	3.86	5.03	3.76
16	3.92	3.52	4.00	3.53	4.26	3.67	4.60	3.77	5.18	3.87	5.08	3.75
17	4.00	3.54	4.06	3.55	4.36	3.71	4.66	3.80	5.23	3.82	5.12	3.83
18	4.08	3.58	4.14	3.57	4.42	3.73	4.71	3.82	5.27	3.79	5.13	3.81
平均值	3.89	3.51	3.92	3.50	4.30	3.69	4.55	3.71	5.12	3.72	5.04	3.73
差異%	11%		12%		17%		22%		38%		35%	

高於5.0，省能效益可達30%~40%。即是在夏月，省能效益亦有10%~20%之多，整體而言，VRV與定頻比較，省能效果有達20%以上。

3.4 外氣量控制及全熱交換器技術

新鮮外氣量控制

引入新鮮外氣為空調必要功能，一般而言可以室內CO₂濃度作為通風指標，以室內CO₂濃度以不超過1000ppm為基準，800ppm為較高標準之設計。每人吐出CO₂量約為0.3L/m，可以此條件作為外氣量設計，當人數變動可減少外氣量避免不必要之能源浪費，故以CO₂濃度作為外氣量控制亦是一種能源管理，可用室內回風口作為CO₂濃度的量測點。

表 3.4 空調最小外氣量(通風量)

空間用途類別	單位樓地板面積外氣送風量 m ³ /hr/m ²
辦公室、會客室	2.3
旅館房間	54/room
營業用餐廳	10
集會場所	19
百貨商場	3.6
通道、走廊	0.9
教室	9.2
戲院、電影院、演藝場	7.3
理髮美容院	7.3
舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室	9.2

以上論述之基礎，空調最小外氣量(通風量)為每人8.5L/s(每秒公升)，或依表3.4空間用途類別計算之(或建築技術規則所規範之通風量)。8.5L/s為依美國ASHRAE 62.1-2004標準之計算值，表3.4也參考加州及新加坡的標準。

除設置在空調回風處，CO₂濃度感測器也可用以量測區域的CO₂濃度，感測器放置的區域與溫度調節器(thermostat)相同，但須注意的是其擺設位置不能直接受到人員呼吸所影響。在大型開放空間中，感測器用於控制外氣風量分配，這是因為CO₂就像一般氣體一樣，會快速的擴散並在空間中達到平衡，所以通風控制策略必須隨CO₂濃度上升調整通風量，而不是等到CO₂濃度高於某個設定值才進行調整。

以一大型多功能空間為例⁵，如表3.5，將舉辦的活動分類成高、中和低三種程度的活動量。透過上述之方法計算出每天活動和拆搭台時，二氧化碳濃度達到警戒值的時間，利

用空間大的特點將外氣開啓時間延後，以達到減少外氣量，在不影響室內空氣品質的情形下，降低空調耗能的目的。

表 3.5 不同活動量所需之外氣量⁵

活動量	新陳代謝量(MET)	CO ₂ 產生率(L/min)	外氣量(CMM)
高	1.0	0.5	0.77
中	1.5	0.375	0.58
低	2.0	0.25	0.38

透過上述公式計算後可以得到下表3.6為不同人數及活動量下，依控制CO₂濃度下延遲開啓外氣之時間，可以發現活動量愈高或是人數愈多，能延遲開啓外氣的時間就愈短；而活動量低或是人數少的活動能延遲的外氣時間可多達到1個小時以上。拆搭台的延遲外氣時間大於活動時間，因此在拆搭台時可以不引進外氣，可見空間的大小足以稀釋產生的二氧化碳濃度。

表 3.6 不同人數及活動量下延遲開啓外氣之時間

活動項目	活動量	人數	總活動時間	延遲外氣時間
演唱會	高	10,016	4 hr	34 min
演唱會	高	4,221	3.5 hr	64 min
運動會	中	10,000	10 hr	41 min
音樂劇	中	3,609	3.5 hr	1 hr 33 min
宗教法會	低	11,200	5.5 hr	51 min
集會	低	2,800	13 hr	2 hr 45 min
拆搭台	高	100	8 hr	29 hr

表3.7為空調使用延遲外氣引入控制策略之節能比較表，本案例設有全熱交換器，已具外氣節能功能，即使如此延遲外氣引入控制策略之節能率9.21%，如無設全熱交換則為13.15%。

⁵ 彭柏翰，多功能大型空間空調外氣需量控制策略，台北科大碩士論文，99年。

表 3.7 空調使用延遲外氣引入控制策略之節能比較表

主館空調型式	空調耗電量(kWh)	節能百分比(%)
原設計	7,873,470	-
延遲外氣引入控制 (拆搭台日)	7,248,398	7.94
延遲外氣引入控制 (拆搭台日+高活動量)	7,232,059	8.15
延遲外氣引入控制 (拆搭台日+中活動量)	7,169,246	8.94
延遲外氣引入控制 (拆搭台日+低活動量)	7,243,519	8.00
延遲外氣引入控制 (全年活動)	7,148,037	9.21
原設計 (無全熱交換器)	8,472,823	-
延遲外氣引入控制 (無全熱交換器)	7,358,962	13.15

外氣需量控制策略亦可以依建築內部人員數量來調變，由實際人員總數調節新鮮外氣引入量，藉此降低空調負荷。人數外氣需量控制策略模擬結果表3.8，在空調耗電節省 11.58%，如無全熱交換器情形採用此策略可節省 16.96%。如圖 3.8 所示。

表 3.8 主館空調使用人數外氣需量控制策略之節能比較表

主館空調型式	空調耗電量(kWh)	節能百分比(%)
原設計	7,873,470	-
人數外氣需量控制 (拆搭台日+高活動量)	7,181,856	8.78
人數外氣需量控制 (拆搭台日+中活動量)	7,037,656	10.62
人數外氣需量控制 (拆搭台日+低活動量)	7,232,984	8.13
人數外氣需量控制 (全年活動)	6,961,735	11.58
原設計 (無全熱交換器)	8,472,823	-
延遲外氣引入控制 (無全熱交換器)	7,036,039	16.96

3.5 外氣冷房技術

對於有較大空調負荷之內週區，或內部空調負荷大之建築如旅館或賣場，雖然外週區之氣溫低，在換季甚至在冬季時內週區尚需空調。當建築之內週區有空調負荷時，可引入較冷之外氣以提供空調，減少或取代空調主機之負載，如此節省空調主機之耗能。在這種情況下可考慮送低溫外氣以提供空調，其可行性分析如下：

(一)室內空氣為 22°C 60%，其熱焓約為 48kJ/kg 。

(二)設室外之空氣為 16°C 70%，其熱焓約為 38kJ/kg 。

(三)室內外之焓差約為 10kJ/kg ，送風量為 1000cmh ，可提供之冷氣量為 $1000 \times 1.2 \times 10 = 12000\text{ kJ/hr} = 3.3\text{ kW}$ 。

由上可見 $1000\text{m}^3/\text{hr}(\text{cmh})$ 之外氣可提供之空調幾近一個冷凍噸($\sim 3.5\text{kW}$)，故外氣冷房在有適當條件下是為可行。圖3.10顯示台灣不同都會區外氣冷房之應用潛力，以早上8:00至下午5:00計，台北共有超過700小時外氣溫度在 21°C 以下，台中則約有500小時，代表台北與台中有外氣冷房節能之應用潛力。

外氣熱回收

空調排風是較低溫低濕的空氣，引入外氣卻是高焓的外氣，故在夏季時將引入外氣冷卻除濕至室內溫濕度條件，會耗用大量的能源，約占空調負荷的30%。若能將排氣與外氣作全熱(顯熱及潛熱)交換，就可將外氣預冷除濕至趨近室內溫濕度，此焓之交換即是全熱之交

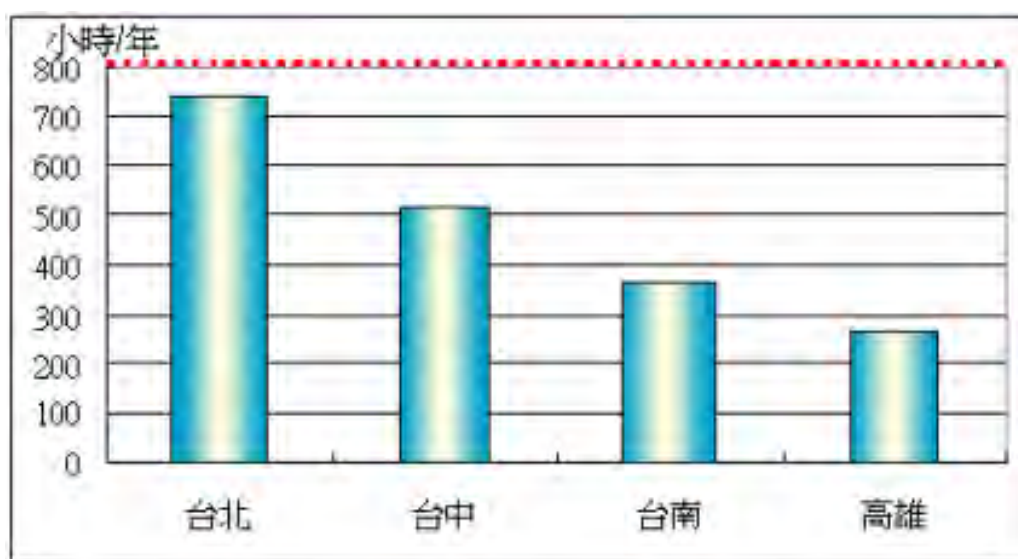


圖 3.10 8am~5pm 外氣乾球溫度在 13°C 與 21°C 之間之年時數統計

換。裝置全熱交換器的作用即在回收排風的能量，並用以預冷新鮮外氣，從而減少處理新鮮外氣所需耗用的能源。表3.9為幾種溫濕度之焓值，可見室內外空氣之焓值差異甚大，故全熱交換有顯著之節能效果。從全熱交換省能的觀點如表3.9所示，使用全熱交換器可節省約60%之外氣負荷。

表 3.9 全熱交換空氣之焓值計算例子

季節	狀態及位置	乾球溫度 (°C)	相對濕度 (%)	比焓 (kJ/kg(DA))
冬季	室外	10.0	50.0	4.7
	室內	20.0	40.0	34.8
	給氣(換氣扇)	0.0	50.0	4.7
	給氣(全熱交換器)	14.6	39.3	24.9
夏季	室外	33.0	63.0	84.0
	室內	26.0	50.0	52.9
	給氣(換氣扇)	33.0	63.0	84.6
	給氣(全熱交換器)	27.9	61.3	64.9

另一外氣熱回收之例子如圖3.11所示，當室內26°C 50%RH時，熱焓為12.6 kcal/kg，若室外為32°C 70% RH時，其熱焓為20.6 kcal/kg，室內外空氣有很大之焓差。在引入新鮮空氣與排氣時，使兩股氣流作熱(或焓)交換，可節約大部份的外氣負荷，在70%之全交換效率下，可使外氣進入室內前之焓值自20.6降至15.3 kcal/kg，節約70%之外氣耗能。

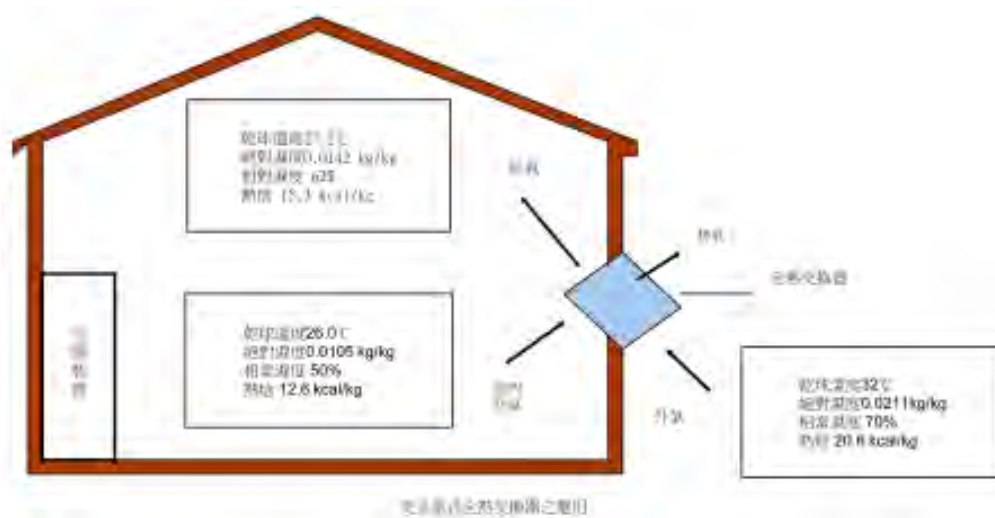


圖 3.11 用一個全熱交換器降低外氣進入室內前之焓值

全熱交換器即為焓之交換器，全熱交換器有吸收或吸附濕氣之功能，會把濕空氣中的水蒸汽吸收。反之，若流經之空氣為較乾空氣，全熱交換器內表面之蒸汽壓比乾空氣高時，則水份會蒸發進入比較乾之空氣，隨乾空氣流出。全熱交換器如圖3.12，為一種靜態之交叉流式，內有許多平板之流道，以隔板與密封裝置將兩股流分開在每個平板之兩側，流向為交叉方向。平板多以可滲透之纖維製成，一邊吸收之水就可以滲透到另一邊讓另一股流帶出全熱交換器。

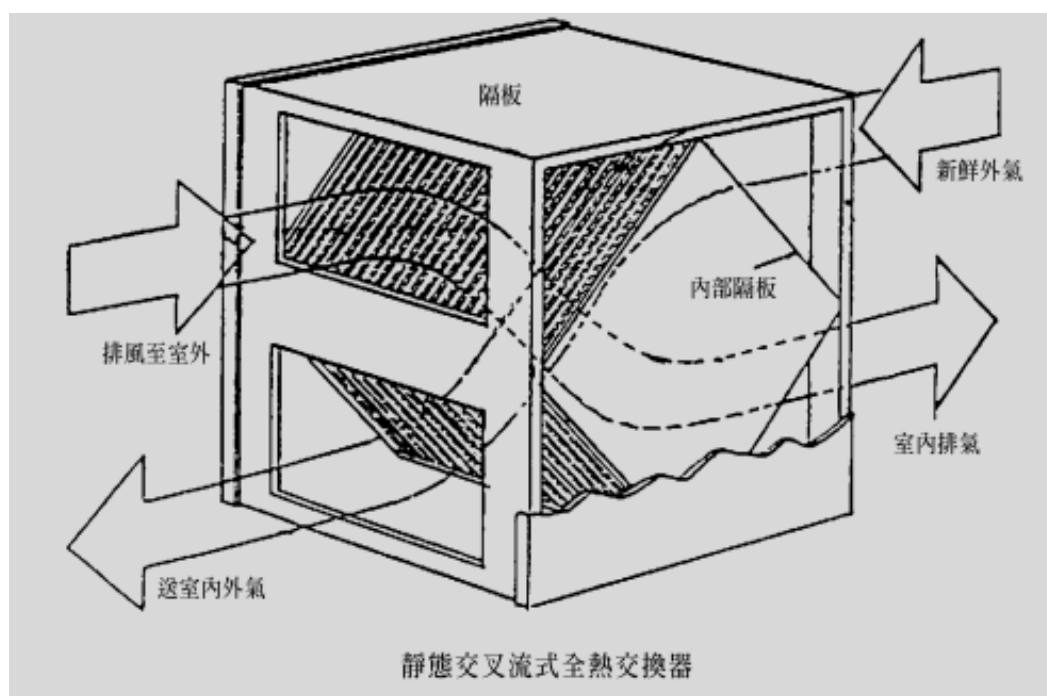


圖 3.12 靜態交叉流式全熱交換器

3.6 變風量系統技術

變風量(Variable-Air-volume, VAV)系統，透過控制風機空氣流量以滿足建築物內通風和空氣溫度的要求。一般透過調節供風和回風風機的空氣流量以達到保持供風管內的靜壓力和建築物內的正向壓力不變。一般設計採定靜壓控制法，就是在風管離末端1/3點(靜壓較低點)安裝靜壓傳感器，調節風機的轉速，使該點的靜壓恆定在變風量末端的最低工作壓力，如圖3.13所示。

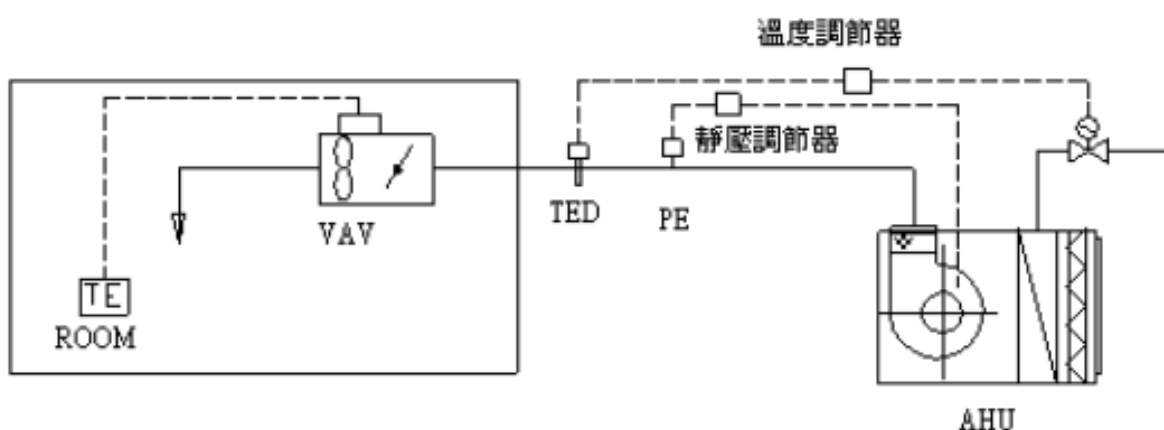


圖 3.13 定靜壓控制法的控制原理圖

冷房內恆溫器感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱將風門開啓的範圍加大，以讓更多的空氣進入室內。由於風門大開，流出主風管之流量大，造成風管內空氣靜壓降低。接收得壓力訊息後便控制風扇的轉速，增加空調箱供風量，補充負荷增加所需要的冷空氣。圖 3.13 中溫度調節器，乃透過重新調整冰水機供應冰水量，以適時維持送風空氣溫度。

送風系統為空調搬運系統(如圖3.14)不可或缺，其功能為將冷空氣搬運到需要冷氣之處，將外氣(新鮮風)搬運到需要之處，及將室內較污濁之空氣排放到室外。

送風系統之耗能甚大，其裝置之電力可達空調總裝置電力之25%，但因其之運轉時間

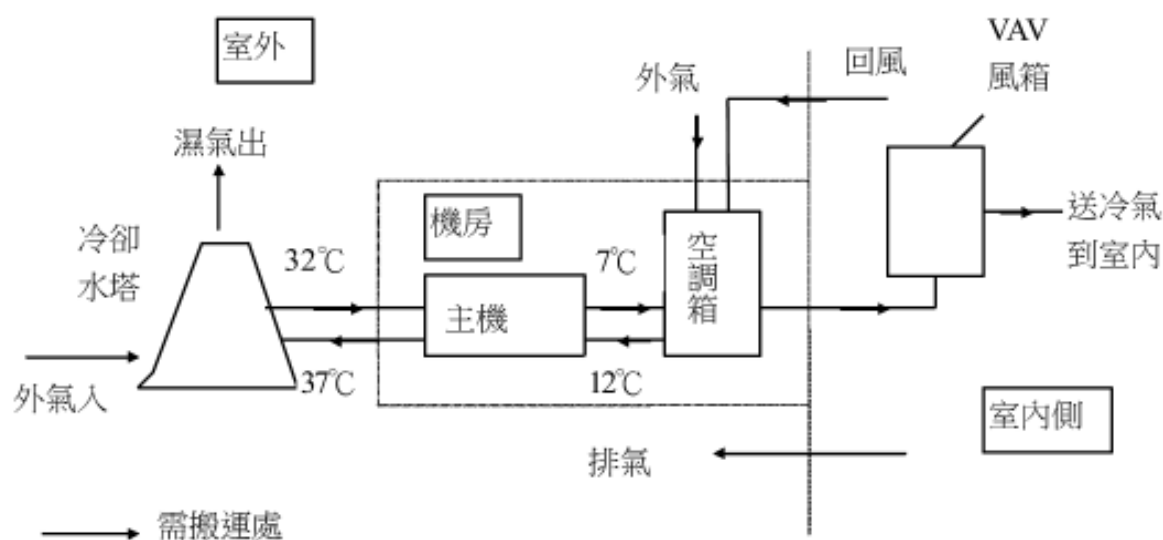


圖 3.14 空調之搬運系統

長，故其之實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。除上圖空調箱設計外，亦有風機盤管型，如圖 3.15。

風機盤管設置在室內牆角或置於天花板上，由主機房冰水主機所產生之冰水經送水系統

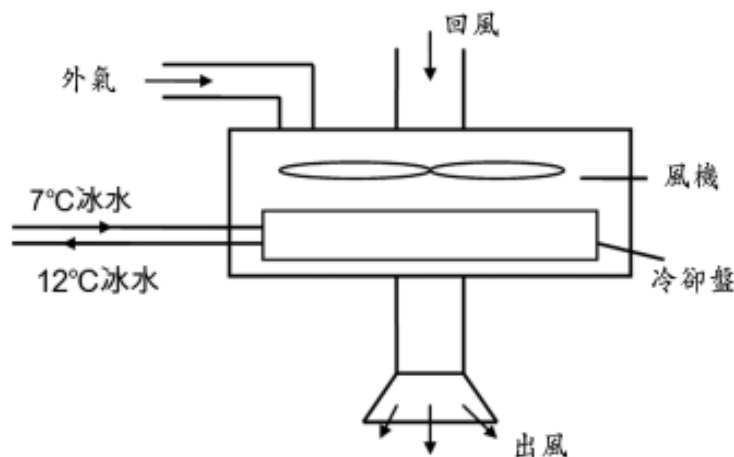


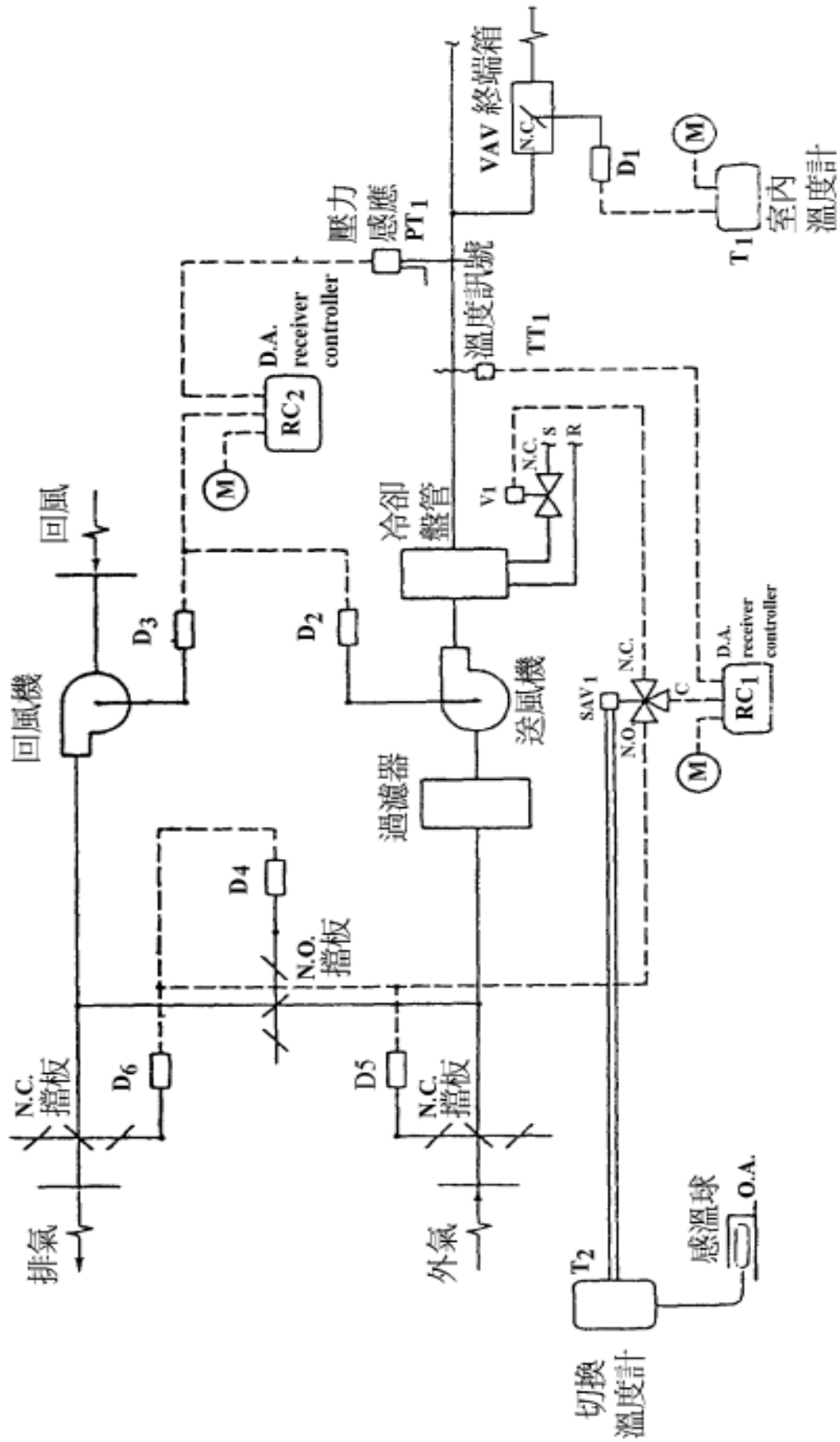
圖 3.15 風機盤管內主要有一個風機和一個盤管

將冰水送至風機盤管，流入盤管，風流經盤管而被冷卻產生冷氣效果。盤管應設有外氣口，另以風管送外氣至室內，對風機盤管而言，其之送風距離短，外氣一般而言只有送風量之 20%，故使用風機盤管會有較低之送風耗能。

VAV 系統流量的監控如圖 3.16 所示，在系統中用溫度和壓力的感測器 (transmitter)，偵測風管內溫度及壓力的改變，然後將訊息傳給接收控制器 (receiver controller)，以控制風門和風扇的進氣量及冷盤管的冷水量來節約能源。其詳細的控制程序如下：

1. 冷房內恆溫器感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱將風門開啓的範圍加大，以讓更多的空氣進入室內。
2. 由於風門大開，流出主風管之流量大，造成風管內空氣靜壓降低。接收控制器 RC2 獲得壓力訊息後便控制風扇的轉速，以增加空調箱空氣的吸入，補充負荷增加所需要的冷空氣。
3. 在 2. 動作的同時，接收器 RCI 因感測到風管內溫度升高所傳來的訊息，一方面打開風門 D4，D5，D6 開啓的程度，另一方面則參考戶外的溫度，重新調整並由冰水機供應較多之冰水量，以適時降低空氣溫度。

VAV 終端箱之設計有多種類，圖 3.17 為一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動



VAV空調系統之控制流程圖

圖 3.16 VAV 空調系統之控制流程圖

量。其之設計要點為當室溫與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於室內及風管內設置溫度感測器，因此可依據不同空間的冷房負荷作調節用，以達到多區域(muIti-zone)溫度控制的要求。

因耗電與流量成三次方之變化，無論送水或送風不需作過大之調變，如圖 3.18，在送風量降至 50% 時耗電已降至 20% 以下。

如圖 3.16，靜壓感測器 PT1 為調節風機轉速之參數，靜壓感測器應置於風扇設計總靜

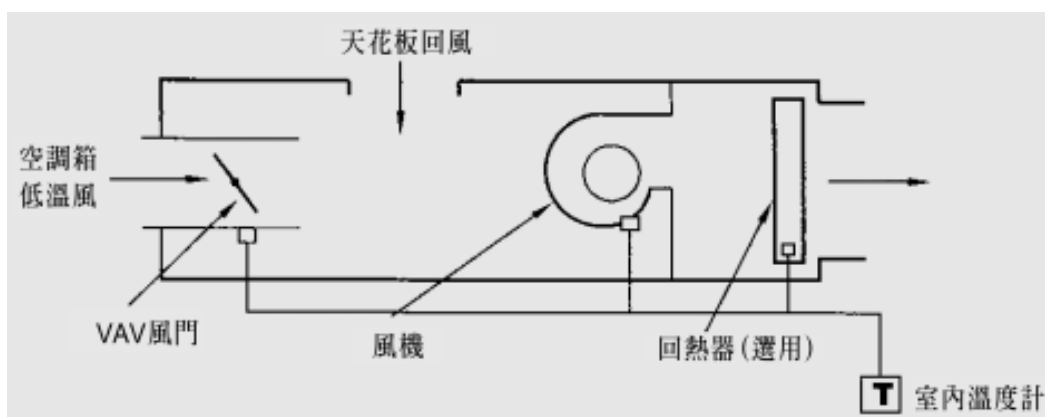


圖 3.17 以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

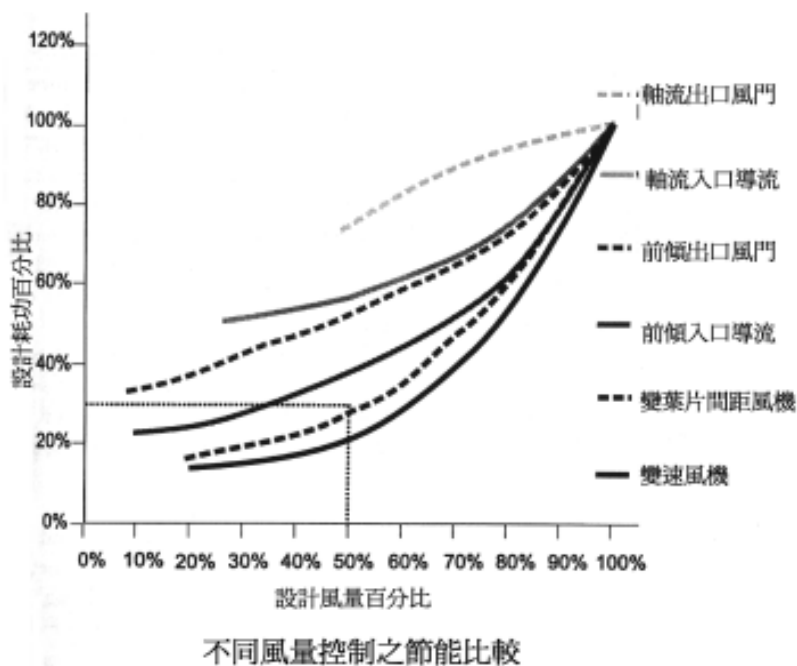


圖 3.18 不同風量控制之節能比較 (Ashrae 90.1-1999)

壓力的1/3處，如因此要求而導致感測器必須置於主風管下游的分支處時，則需在每一個主要分支管上安裝感測器，以確保冷風需求點足夠的靜壓力。如靜壓感測器安置在供風上游，會造成風機恆定之供壓，如此耗電量將與送風量成正比，無法達到VAV之節能，正確之設計會使耗電量與送風量有以下之關係：

風機耗電量 $\propto$ (送風量)³

故當送風量降至50%時，耗電量之比例已降為 $(0.5)^3=0.125$ 。

表3.10為某案例變風量系統在不同運轉狀態下，各空調箱(AH1~AH3)的耗電量、節能率等，本案例顯示節能率可高達37%。

以下為上述案例遠端監控數值，從中截取風機耗電量、頻率如表3.11。

在最理想之狀況下，送風機之耗電與風量之三次方成正比，一台40hp風機以變頻器，

表 3.10 某案例節能改善空調箱耗電數值

設備	狀態一	狀態二	狀態三	現場運轉 平均頻率	現場運轉 平均頻率 狀態	未裝變頻器 狀態	備註
AH1	12.3	11.6	11.7	48.9	10.21	16.4	耗電量(kW)
	25.14%	29.38%	28.54%		37.75%	0.00%	節能成效(%)
AH2	2.4	2.5	2.6	50.8	2.65	3.8	耗電量(kW)
	36.98%	33.05%	32.24%		30.20%	0.00%	節能成效(%)
AH3	10.3	10.8	11.5	49.5	11.75	18.2	耗電量(kW)
	43.66%	40.75%	36.98%		35.43%	0.00%	節能成效(%)

表 3.11 為遠端監控測量之頻率與耗電

時間	AH1		AH2		AH3	
	Hz	kW	Hz	kW	Hz	kW
8	49	10.90	48	2.21	47	10.61
9	49	12.62	51	2.56	52	12.28
10	49	13.48	52	2.74	53	13.12
11	50	14.08	53	2.86	54	13.70
12	52	16.08	58	3.27	56	15.65
13	56	17.66	60	3.59	60	17.18
14	60	17.26	60	3.51	57	16.80
15	52	14.90	59	3.03	55	14.50
16	49	13.22	52	2.69	53	12.86
17	49	11.45	51	2.33	49	11.15
18	47	10.35	46	2.10	46	10.07
19	46	10.13	44	2.06	43	9.86
20	45	9.65	42	1.96	43	9.39
21	45	9.03	41	1.83	42	8.79

及定轉速採風門變風量，兩者相比較，可算出它們在一年中分別所需的能耗，如下表 3.12 所示，採用變頻器可節省全年 116,070 kWh 之用電量，相當於節省 55% 的用電。

由上可見變風量系統之節能潛力甚大，可高達 50%。

表 3.12 節能比較表

流量 (%)	時數 (%)	運轉時數	所需電能(kW)		40Hp 風機馬達用電量(kWh)	
			定轉速	變頻器	定轉速	變頻器
30	10%	876	18	2	15,768	1,752
40	10%	876	19	3	16,644	2,628
50	15%	1314	21	5	27,594	6,570
60	20%	1752	24	8	42,048	14,016
70	20%	1752	26	11	45,552	19,272
80	10%	876	27	17	23,652	14,892
90	10%	876	28	23	24,528	20,148
100	5%	438	30	31	13,140	13,578
總計	100%	8,760hrs			208,920kWh	92,850kWh

3.7 變水量系統技術

3.7.1 泵系統耗電佔空調總耗電約 20%

雖然空調主機可隨空調負荷變化調變負載節省能源，但泵系統若無節能設計，相關泵設備將隨空調開啓而持續全載運轉。以一般辦公建築為例，空調主機之全載運轉時數若有 1000 小時以上，則泵送系統便可能高達 2000 小時以上。

定流量(Constant Water Volume，簡稱CWV)系統便是上述無論空調負載如何變化，泵設備皆全速運轉之系統，主要是以三通閥來改變流經盤管之流量，當負載低時將旁通量提高以減少流經盤管之水量，降低冷卻能力來因應負載變化，如圖 3.19 所示。如此，泵設備所搬運之總水量不會因負載降低而改變，所耗費的能量也不會減少，這種設計只能調節負載端之冷房能力，但無法節約能源。而可變流量系統(Variable Water Volume，簡稱VWV)是指水流量可因應空調負載變化而改變，並以控制閥減少水流量而實際達到泵設備節能之目的。

簡要的說，定流量系統是採一定水量的泵浦控制方式，以三通閥與旁通管路改變流經負載端的水量，來因應部分負荷的情況；而變流量系統以一定的水溫供應室內空調需求，並採二通閥配合變頻器來改變冰水之送水量。與定流量系統相比，可降低泵浦輸送之動力，並達到節約能源的效果。

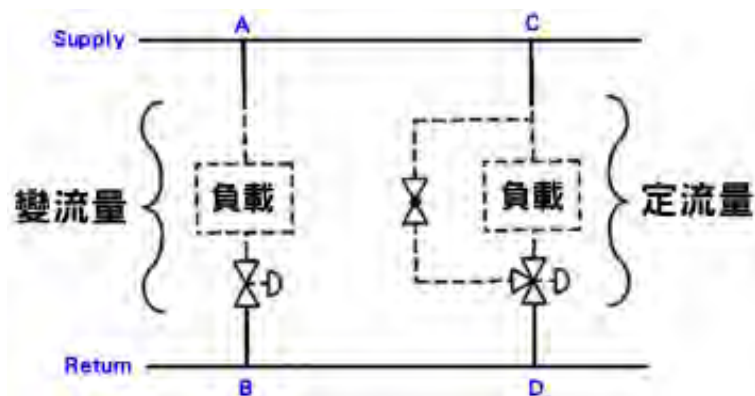


圖 3.19 定流量與變流量系統比較示意圖

3.7.2 流量與泵耗電分析

依照風扇定律(Fan Affinity Laws)流量率 Q 、揚程 H ，以及制動馬力BHP之間的關係如下：

- (1) $Q_1/Q_2 = N_1/N_2$, 水量與轉速成正比
- (2) $H_1/H_2 = (N_1/N_2)^2$, 揚程與轉速平方成正比
- (3) $BHP_1/BHP_2 = (N_1/N_2)^3$, 制動馬力與轉速三次方成正比

一般而言，每一冷凍噸(RT)分別需要10 lpm (Liter/Min)及13 lpm之冰水與冷卻水的流量，此流量值根據 5°C 之水溫差估算得之；而冰水機壓頭損約6m水柱，200m等效長度管路壓頭損約8m，共14m。以泵馬達總效率以50%計算，需耗電約46W，綜合冰水與冷卻水，每RT之泵耗電將超過100W。

若採用可變流量系統，便可降低泵的轉速及降低揚程與流量，更可大量的降低泵之耗電量，依照風扇定律，流量與耗電成3次方正比的關係。由圖3.20可看出當流量下降至80%

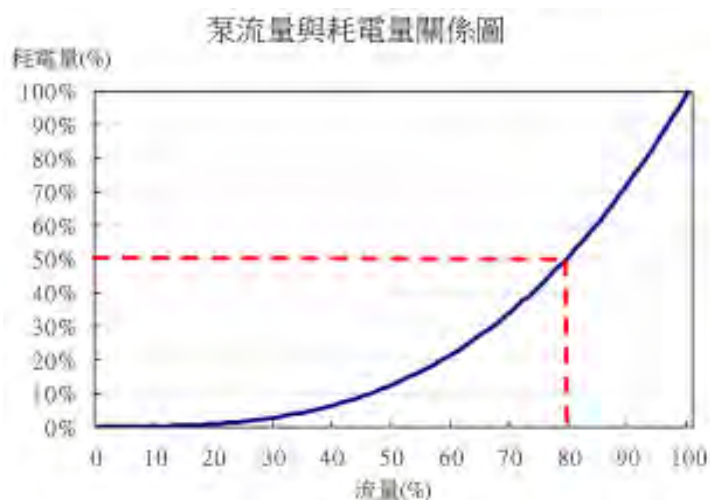


圖 3.20 泵耗電量與流量之關係

時耗電量可下降至50%，省能的效益是非常可觀的，且變頻器直接驅動控制泵的馬達，可以很精確平順地控制馬達轉速，同時減少能量損失。

3.7.3 冰水側主次系統介紹

所謂主次系統(Primary-Secondary System)，是在冰水側使用一種達到「流力分離，熱力耦合」的冰水系統，這種系統也被稱為「Decouple System」(如圖3.21)。一次側迴路(Primary Loop)為冰水主機及機房內之水路循環系統，各主機有一個主機泵負責定量送水，其總循環量為開啓主機水量之總和。主機之開啓依負載而定，負載小時減少主機開啓台數，由於一次側送水距離短，且送水量會隨主機開啓台數變化，耗能較小。

二次側迴路(Secondary Loop)主要是從冰水機房出去之後到現場負載的管路，二次側

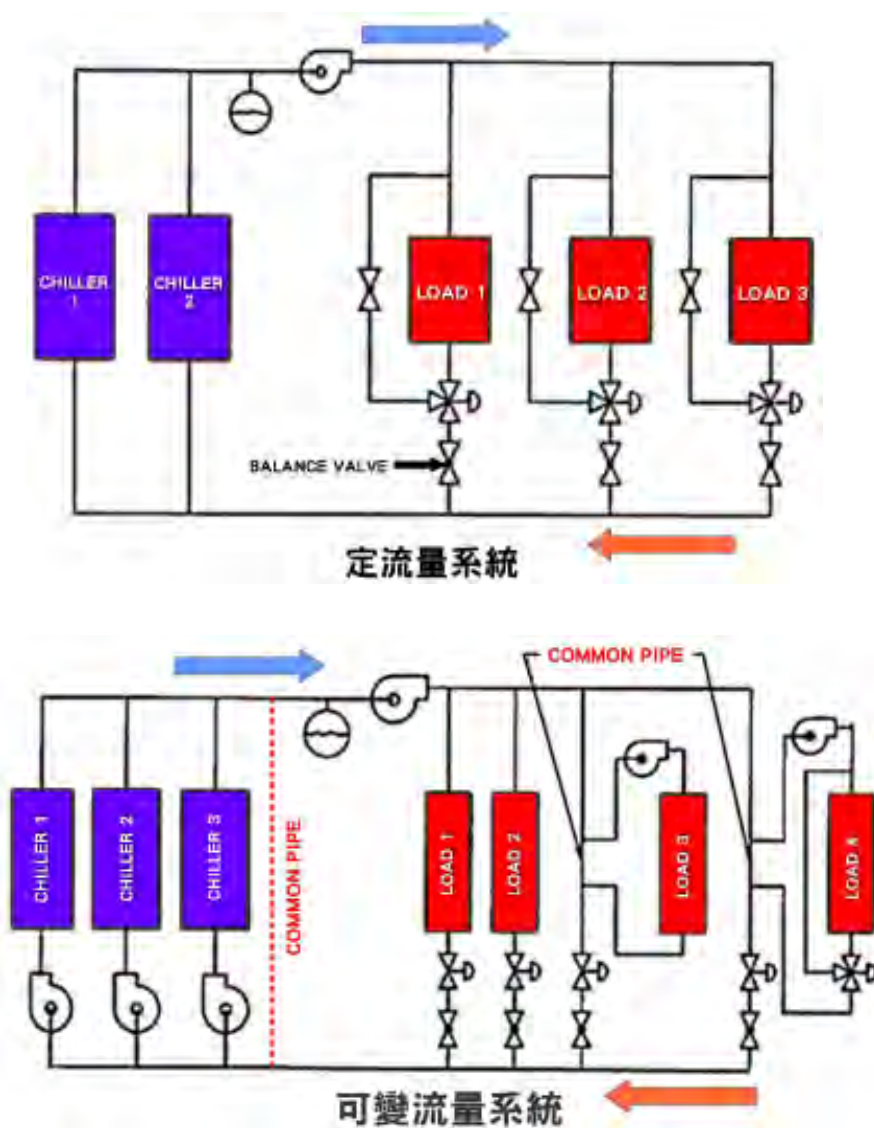


圖 3.21 可變流量與定流量系統之比較

泵馬力較大，因為它們必須克服二次側管路、配件、閥、熱交換器盤管和一些相關的摩擦損失，為管路系統主要耗能的地方，一次側、二次側之介面皆以共通管(Common Pipe)為調節兩邊流量管道；負載單元(如空調箱)則以二通閥控制流量。若為可變流量系統，二次側迴路之泵送便可因應負載需求改變送水量而節約能源。

3.7.4 變頻器之使用

現今皆普遍使用變頻器應用於可變流量之設計上，其節能之優點如下：

- 1.較低的維護成本，變頻器只需基本維護。
- 2.變頻器之轉換效率高，皆可在95%以上。
- 3.具工程改善之便利性，可附裝於現有之泵浦設備。
- 4.可遠端遙控，控制簡便。
- 5.維護變頻器時，可旁路控制，不影響系統基本功能。

因耗電與流量成三次方之變化，在送水量降至50%時耗電可降至20%以下。但變頻器不宜過低負載，當負載過低時馬達效率亦降低，將產生變頻器效率下降及散熱不良等問題。

3.7.5 二次側變流量系統(Primary/Secondary System)

空調系統皆將主機與負載側之送水系統分開控制，其控制介面為一個共同管(Common Pipe)，如圖3.21之變流量系統所示。共同管之左側為主迴路(Primary Loop)，為空調主機機房內之水循環系統，各主機有一個泵浦負責送水(定量)，故其總循環量為開啓主機水量之總和，主機之開啓台數依負載而定，負載大時開啓之主機多，負載小時便減少主機之開啓數量。

主機側之送水距離短，且送水量隨主機之開啓數變化，耗能較小。在負載側方面，送水系統(或稱二次迴路，Secondary Loop)亦需有泵浦作為動力運輸，因送水之距離長，為送水系統之主要耗能之處，亦是可變流量系統主要節能之處。

二次側變流量系統之控制操作原理如下：

- 1.可用水壓(或溫度)控制二次側之送水量，如負載低時減少開啓泵之數量，或用變頻技術調節送水量，節約泵浦輸送之耗能。
- 2.負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，二通閥之開度依盤管之出水水溫作比例控制，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統降低二次泵送水量，並達到節能效果。
- 3.當二次側之冰水需求量減少時，多餘之冰水經共同管流回主機。流經共同管旁通之水量一旦變多時，流回主機之水溫則會降低，此時主機便依需求減少開啓台數，減少一

次側之水循環量。

4. 當負載需求變大時，二次側系統就會有一部份回水經共同管反向流到供應側，如此會提高供應冰水之溫度，並啟動多台空調主機，以補充空調冷房能力。

上述之可變水量(VWV)系統，流量與泵耗電成三次方正比之關係，可節約近一半冰水搬運耗能，而主機側與空氣側之供水動力以共通管區隔，避免相互影響，且主機側水泵須依主機開啓台數控制，使循環水量在額定範圍內。若系統具有一台以上冰水機，當一台冰水機關閉時，則必須自動減少相對的冰水機流量。

採用二通閥的二次負載迴路，如圖 3.21 所示，以二通閥取代三通閥，由一控制器決定二通閥之開度。假設圖中二次迴路的设计流量為(378.5 lpm)，假設供水溫度 $t_s = t_p$ (一次水溫度)，在全負載下平衡時一次側管路進來的設計流量，會被二次泵全吸走，因而在共通管中無流通。冰水離開二次迴路後流經二通閥進入主回水路。當部份負載時，流過管盤流量假設為 227.1 lpm，此時只有 227.1 lpm 流入二次側迴路，其餘經共通管流回一次側。

3.7.6 改善二次泵效益分析

本案例改採可變流量系統控制水泵轉速，系統設置了壓差感測器以量測並監視負載端的進口與出口的壓力差。當負載需求變小，盤管溫度降低至設定溫度時，管路中的二通閥控制將冰水流量關小，系統的壓力則會上升，當系統壓差值與設定值不同時，水泵的轉速將視壓差自動調整使負載端保持在設定的壓差值，如實際壓差值高於設定值時，則控制器會控制水泵降低轉速直至實際壓差值與設定值保持一致，若實際壓差值與設定值一致時則轉速會保持不變。

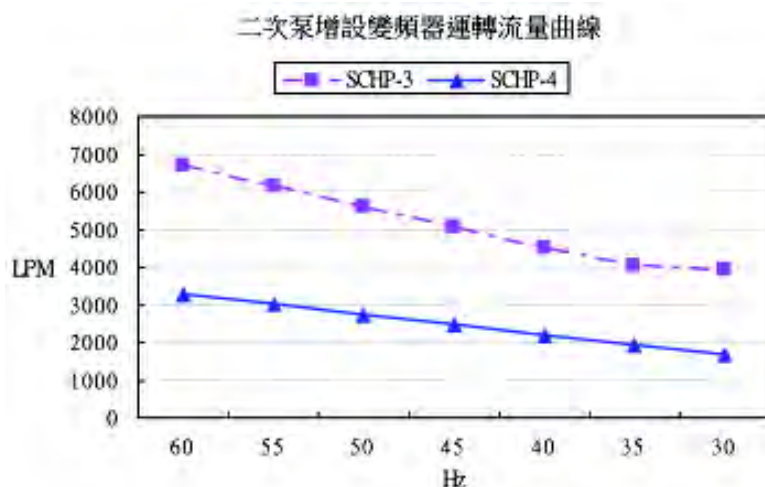


圖 3.22 二次泵增設變頻運轉頻率與流量曲線圖

依照上述分析二次泵運轉模式，記錄某日二次冰水泵運轉狀況如下表3.13，圖3.22及圖3.23：

可變水量系統透過變頻器，依空調負載需求無段調變冰水流量，來降低馬達運轉耗電量，其節能效益約有20%；另搭配建築物能源管理系統(BEMS)更可有效監控系統運轉，達到管理能源使用之目的。

表 3.13 超音波流量計之量測數據表

頻率	SCHP-3 超音波測試		SCHP-4 超音波測試	
	LPM	GPM	LPM	GPM
60	6698	1770	3280	867
55	6153	1626	3013	796
50	5609	1482	2736	723
45	5060	1337	2459	650
40	4505	1190	2165	572
35	4035	1007	1915	506
30	3942	876	1659	438

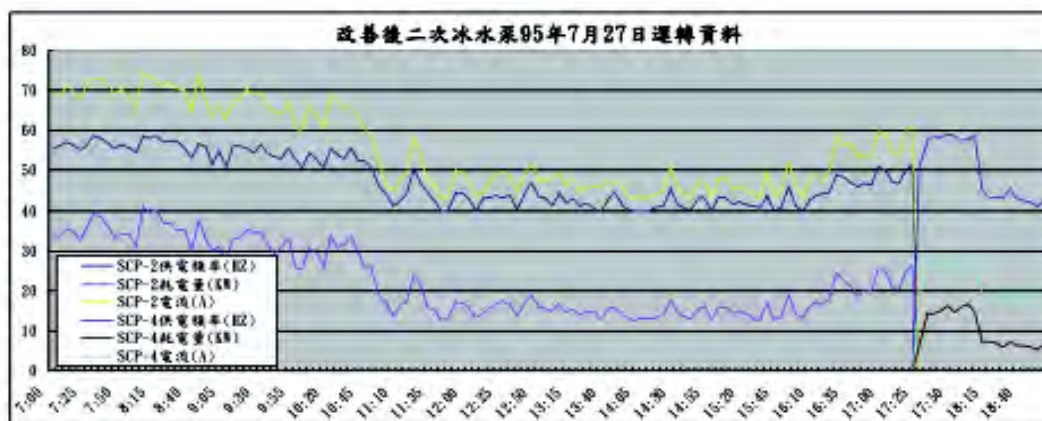


圖 3.23 改善後二次泵運轉逐時耗電量曲線圖

3.8 冷卻水與冷卻水塔節能控制

3.8.1 冷卻水之變流量

冷卻水變水流量系統為較新之節能技術，雖可將冷卻水溫差設計在 5°C ，但冷卻水溫低有助於提升空調主機之效率。一般而言，空調主機製造廠皆有設定其產品可接受之最低冷卻水溫，當溫度過低時可採變風扇轉速設計以節約泵耗電。圖3.24為驅動冷卻水塔風機變轉速之控制示意圖，兩組冷卻水塔並聯運轉，並由冷卻水送水溫度回餽至變頻器以控制冷卻水塔風車轉速，如此可獲得較低之冷卻水溫，並提升空調主機之效率；然如於冬季外氣溫度較低或系統處於部份負載時，便可依冷卻水回水溫度比例調降將冷卻水塔之風機轉速，以節約能源。

冷卻水塔通常會設計備用容量，以防止故障維修時大樓之空調可正常運轉。而冷卻水塔之散熱能力與風機之風量大致呈正比關係，如果讓所有冷卻水塔連同備用水塔同時一起運轉，在相同負載下每個冷卻水塔的风量便可減少，根據風車定律每一水塔的风車耗電量也會隨風量的三次方減少，而達到節能效果。

當一冷卻水塔用於多台箱型冷氣機時，由於會有部份箱型冷氣機沒啓用，而使冷卻水塔經常處於部份負載，全流量運轉將會浪費能源。如圖3.25為例，可設計旁通管路，冷卻水只流入已啓動之箱型冷氣，如此只需在每層樓管路維持足夠之水壓，冷卻水泵只需改變轉速便可因應不同負載需求，以節約泵浦用電。

3.8.2 冷卻水塔變流量之設計要點：

1. 控制水泵轉速以保持流量需求，可使用流量計測水流量以確保有足夠的流量。

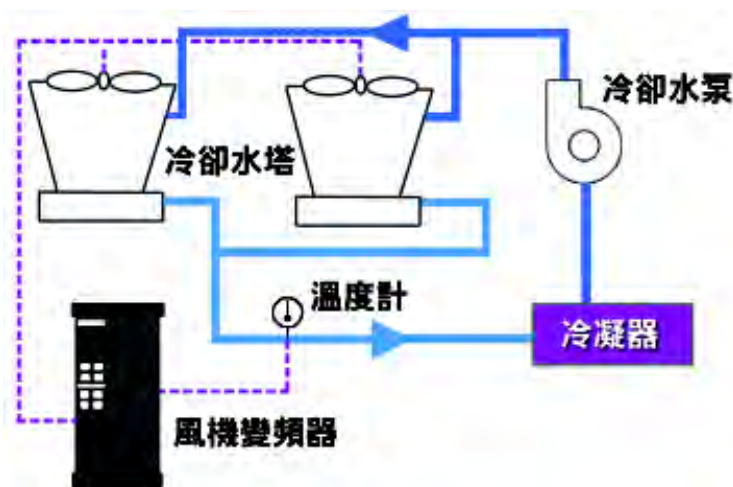


圖 3.24 冷卻水塔風機變轉速控制示意圖

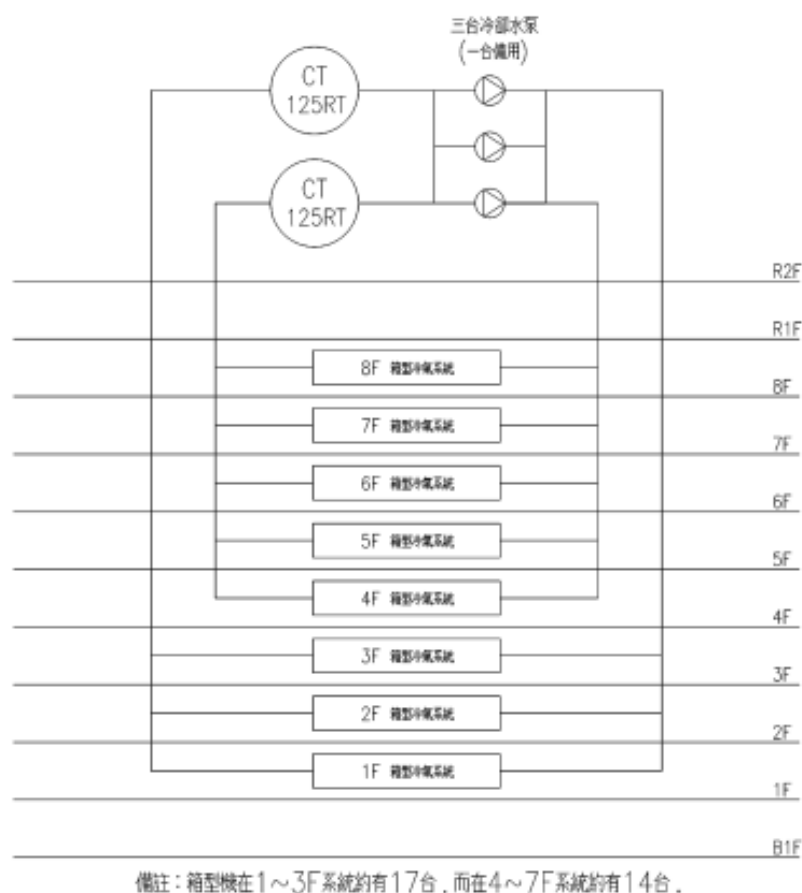


圖 3.25 冷卻水塔用於多台箱型冷氣機

- 2.降低冷卻水設定溫度會增加冷卻水塔風機的負荷，只有當負荷降低至冷卻水塔風機停止時，才能控制水泵轉速以回水溫度控制冷卻水溫。
- 3.風機變頻器為優先之控制，並利用PID控制器確保最佳的流量，設定點可儲存於變頻器並自動控制風機轉速，以適應不同的環境條件。

3.8.3 冷卻水系統之流量控制

冷卻水塔或其他冷卻設備之冷卻能力通常以冷凍噸(tons)來計算。1英制冷凍噸(1RT)的定義是將1噸(2000lb)，32°F的冰(冰的融解熱為144 BTU/lb)，在24小時內融解成32°F的水時所吸收的熱量($2000\text{lb} \times 144 \text{ BTU/lb} \div 24\text{Hr} = 12000 \text{ BTU/Hr}$)。

要了解冷卻水塔如何減少其用水量之前，必須先了解冷卻水塔是如何運轉。在冷卻水塔中，溫水被噴灑經過空氣流，造成部份水量之蒸發，水溫因此而降低。水滴在空氣流中，經由輻射(radiation)、傳導(conduction)、對流(convection)及大部份由蒸發(evaporation)的方式將熱從水塔中帶出。

當水份蒸發時，它必須從液相變成氣相，這種不同相之變化所需能量正好可由溫水中之熱能來提供。這種散熱之程序與人體本身之散熱功能非常相似。這種能量被稱為潛熱(latent heat)。另外有些熱量，有時可能高達總熱量的三分之一，是靠傳導與對流的方式將熱量散去。此種方式的散熱量，取決於水及空氣的溫度差。至於以輻射方式所散失的熱量很小，往往可被忽略。

3.8.4 在提升冷卻水塔的運轉效率方面，需考慮以下設計要點：

1. 多台冷卻水塔並聯運轉時，水量必須平均分配至各水塔。
2. 冷卻水塔的座落位置應留有足夠的空間，使得空氣可自由地進入冷卻水塔；同時排出的濕熱空氣應避免被抽回進風口。
3. 冷卻水塔並聯運轉，且設定之冷卻水溫應隨外氣濕球溫度重置(Reset)。在中或大的系統冰水主機台數偏多，使得搭配之冷卻水塔台數亦多，而冷卻水溫度每降低 1°C ，約可節省1.5%~2%耗電，因此，冷卻水入口溫度應在符合冰水主機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低來節約冰水主機用電。
4. 經常檢視灑水管灑水情形是否正常均勻，從四面進入水塔內的空氣是否平均，塔內散熱材有無受損引起水流氣流不平均，及塔側上方檢視孔蓋是否脫落。
5. 減少冷卻水循環量，可降低冷卻水泵耗電量。以往在決定冰水流量時會取冰水主機冷凍噸數的10倍(亦即 $1\text{ RT}=10\text{ lpm}$)，而冷卻水量則是冰水量的13倍(亦即 $1\text{ RT}=13\text{ lpm}$)，這是以 5°C 之設計溫差為準之參考流量倍率。
6. 冷卻水溫不可以無限制地降低，最低設定溫度應配合冰水機之設定參數。若能配合冰水機與冷卻水塔選擇較大溫差之設計時，水流量即可降低，因而減少冷卻水泵之初設費用及運轉費用。

3.8.5 冷卻水塔之效率與座落位置

冷卻水塔的座落位置應注意以下幾點，以圖3.26~3.28說明之，圖取自Energy Efficiency Manual (Wulfinghoff,1999,Energy Institute Press)。

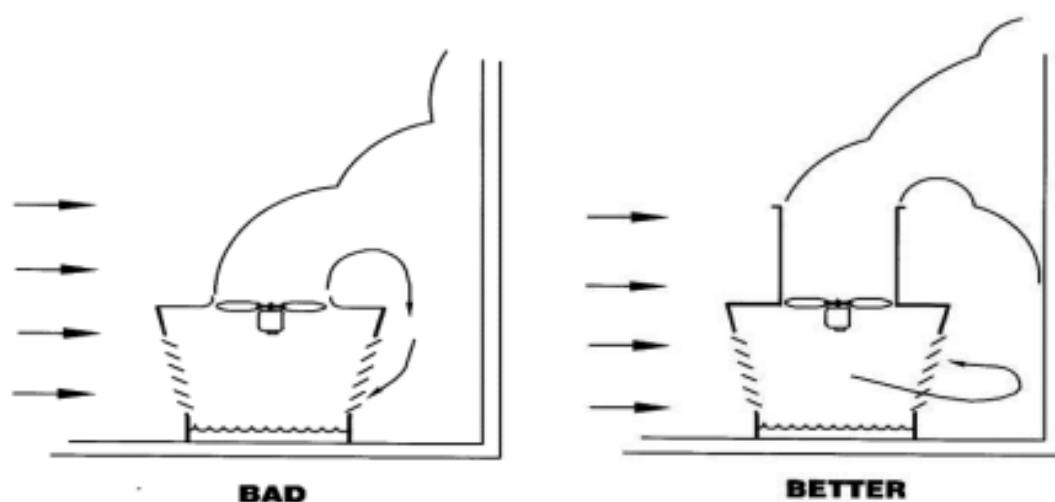


圖 3.26 提高排熱氣高度減少氣流短路

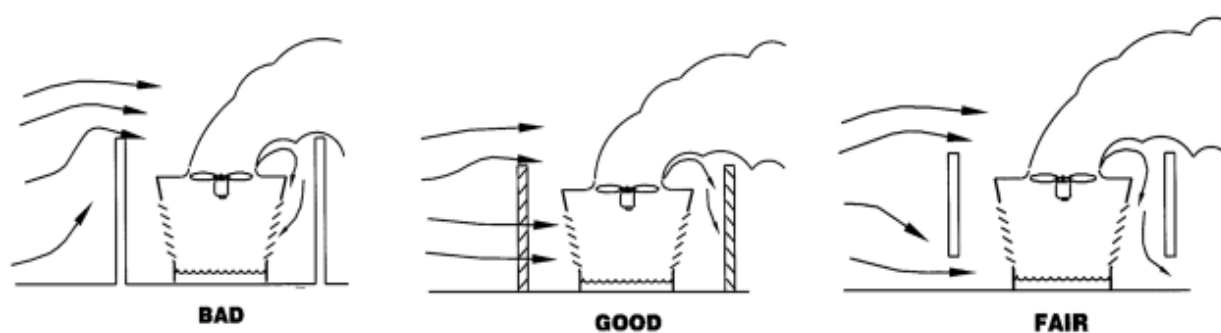


圖 3.27 避免進氣受阻

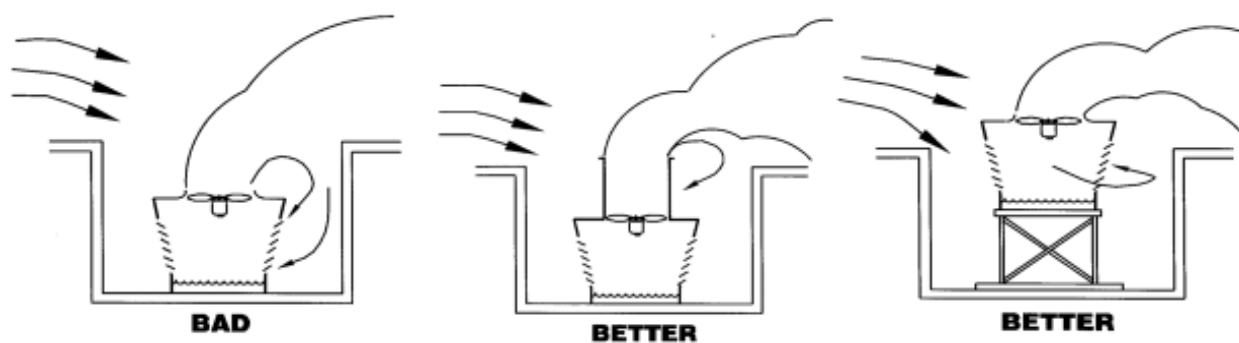


圖 3.28 必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響

3.9 建築能源管理系統技術

3.9.1 建築能源管理系統定義

根據國際能源總署(IEA)對於「建築能源管理系統」(Building Energy Management System, 簡稱BEMS)之定義為：建築能源管理系統係為電力控制及監測之系統，該系統應具有可在控制點(監測點)及終端操作設備間進行資料傳訊之能力，並整合所有建築之控制及管理功能，包含空調系統(HVAC)、照明系統、消防系統、保全系統、維修管理系統及能源管理系統(如下圖3.29BEMS之示意圖所示)。

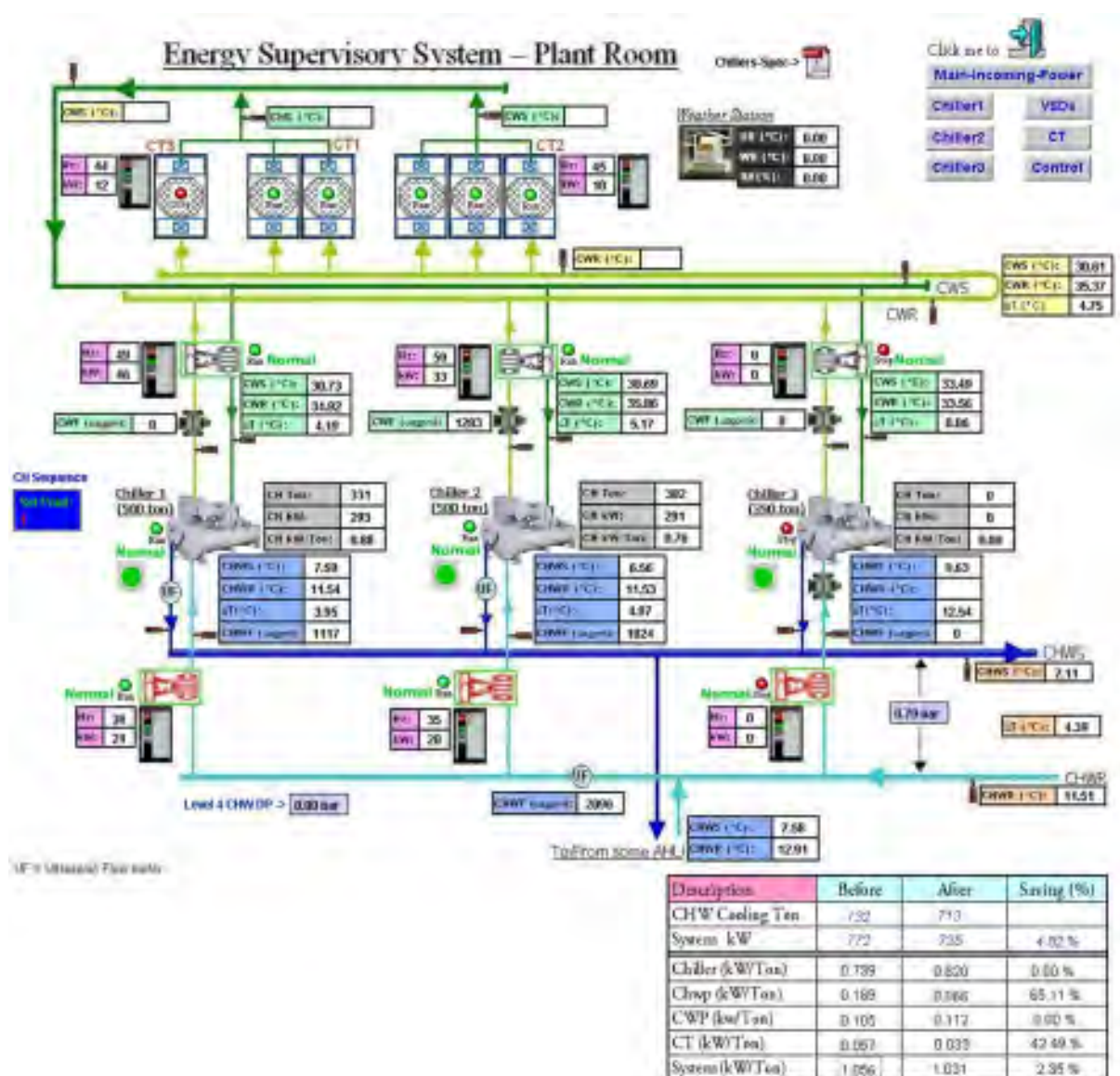


圖 3.29 BEMS 示意圖

建築物內的所有設備通常都需要控制，如最簡單的燈具開關，就具有能源管理的意義。近年來，BEMS已廣泛應用在大型建築物內，且相關的附屬硬體也有很大的進步，如邏輯運算控制、感測器、通訊設備、網路頻寬及通訊協定等。由於BEMS系統結合所有建築物之控制及管理功能，故為資訊溝通之重要角色，於中央終端設備接收各建築設備運轉現況，或物理環境等資訊後，再經程式邏輯運算，便可將控制指令傳送到遠端之驅動器以控制相關設備，使設備運轉及環境物理條件達到最佳化的狀態，來提高能源使用效率。同時，BEMS也具備歷史資料查詢功能，可自動計算能源使用結果，並輸出圖形化之報表，例如耗能量之趨勢圖、耗能比例圓餅圖、警示紀錄等。

3.9.2 BEMS 之功能與效益

BEMS應具有以下之功能：

- 1.設備自動開關或自動起停控制。
- 2.設備系統運轉最佳化控制，例如：冰水主機可根據建築熱負荷進行自動加卸載與台數控制、鍋爐加熱設備定時自動控制。
- 3.設備系統運轉及建築環境等狀況之監測與紀錄。
- 4.提供能源管理資訊。
- 5.電力負載管理。
- 6.遠端監測及控制。

3.9.3 建築物採用 BEMS 後將具有如下之效益：

- 1.可最佳化系統運轉並增加能源使用效率。
- 2.提升建築環境之健康與舒適條件。
- 3.提升建築設備之驗收、確效及設計之標準。
- 4.提升能源管理及設備維修水準，例如：提供能源流向、耗能及建築性能資料，以作為節能改善措施應用之評估與決策判斷。
- 5.改善消防、保全及其他緊急設備之運作機制。
- 6.更有效率之集中化管理。

3.9.4 BEMS 之通訊協定與網路架構

早期之BEMS多為封閉式通訊協定，各家設備廠商通訊協定不同，造成建築設備系統整合困難，並造成日後維修與擴增之困擾。由於BEMS整合了所有建築物之控制及管理功能，

擔任資訊溝通之重要角色，因此建議採用開放架構式的通訊協定。而目前之開放式網路通訊架構如TCP/IP(Transport Control Protocol/Internet Protocol)、BACnet(Building Automation and Control Networks)等。其中BACnet係由美國ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)針對建築自動化網路控制，所建立之開放式架構通訊協定標準，可提供一個共通的通訊平台並整合不同建築物自動化數位控制產品。自1987年開始，由製造商、用戶、政府機關、學術團體成立計畫委員會研擬後，於1995年公佈成為美國國家標準 ANSI/ASHRAE Standard 135-1995，並於2003年成為ISO 編號 16484-5 的國際標準通訊協定。

此協定主要應用於監測和控制建築物內之冷暖空調(HVAC)系統以及其它的各项數位控制設備，例如，照明、門禁管理、消防、保全等，並透過開放式的資料通訊架構完成系統整合的工作。由於建築節能工作必須由許多的控制或監測設備相互配合，藉由各設備量測之資訊來進行節能之控制策略。

ANSI/ASHRAE Standard 135-1995所提供的資料顯示，BACnet是符合國際標準組織ISO的 OSI (Open System Interconnection) —七層參考模型中的四層架構的簡化模型(如圖 3.30 所示)，BACnet四層通訊架構中除了應用層之外其它三層都是做為網路連結之用，因此網路層的作用為有關網路定址，資料鏈結層負責網路存取管理及錯誤檢查等工作，實體層則負責實體網路之連線，而應用層則提供各種控制指令及訊息交換的功能以取得BACnet網路上所流通的各種資訊。

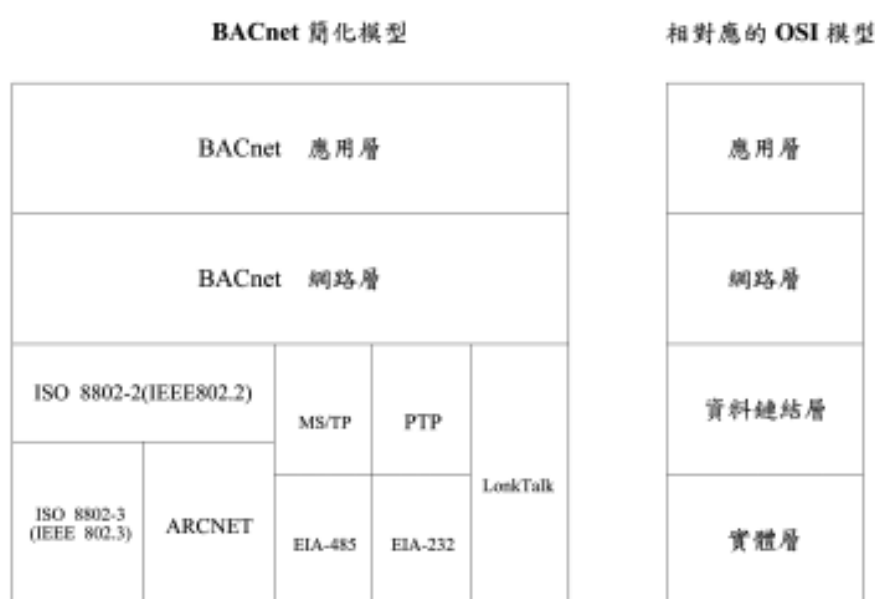


圖 3.30 BACnet 簡化模型對應 OSI 模型示意圖

圖3.30說明BACnet由資料鏈結層與實體層的組合提供了四種區域網路選擇及一個點對點(PTP)的網路連線方式，以上所述之資料鏈結層與實體層構成了BACnet五種網路型式，說明如表3.1，其中以乙太網路(Ethernet, ISO 8802-3)及點對點之網路連線方式應用最廣，本方針即利用此兩種網路連線方式應用在建築能源監測系統中，其餘網路連線方式可與現有網路系統架構搭配使用。

表 3.14 BACnet 所支援之五種底層傳輸協定

網路型式	實體層標準	傳輸媒介	傳輸速率	特性和適用情況
Ethernet	ISO 8802-3	同軸電纜、光纖、雙絞線	10-100Mbps	做主要傳輸幹幹
ARCnet	ATA/ANSI 878	同軸電纜、光纖、雙絞線	150k-7.5Mbps	做主要傳輸幹幹
MS/TP	EIA 485	雙絞線	9.6k-76kbs	低階控制器
PTP	EIA 232	Multiple conductor	9.6-56kbs	點對點
LonTalk		光纖、雙絞線、RF、Power line	78kbs-1.25Mbps	低階控制器、智慧型感應器

3.9.5 BEMS 之能源監測介紹

對原無電力監測之建築電力系統，建議使用數位式電錶(如圖3.31所示)作監測與連線。數位式電錶為一種可拆式比流器(Split-core CTs)之裝置，優點為便於安裝於已架設完成之電力系統中，且可用RS-485網路標準連線，以工業上常用之Modbus通訊協定進行資料傳輸。其中電力監測資料輸出方面應包含三相電壓值(V)、三相電流值(A)、耗電量(kW)、伏安數(VA)、虛功量(VAR)及功率因數(PF)。

3.9.6 BEMS 之能源監測系統與能源監測中心之架構設計

為了取得各項耗能資料，以數位式電錶裝置於建築物內各耗能項目之分電盤上，並以RS-485的連線方式串接所有電錶形成一個網路，數位式電錶最終端的雙絞線再與BACnet閘道器的Modbus連接埠連線，BACnet閘道器再透過集線器(Hub)與監測電腦的網路卡連線，如此一來就可以將監測系統的硬體架構完成，如圖3.32、圖3.33所示。

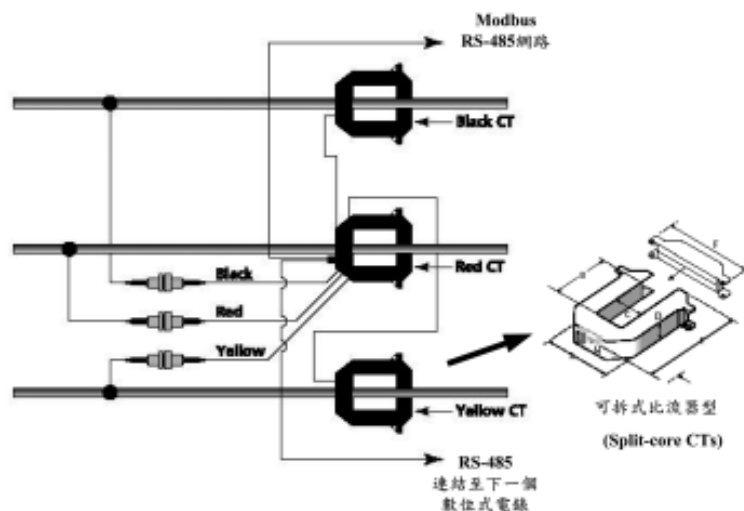


圖 3.31 可拆式比流器 (Split-core CTs) 型數位式電錶

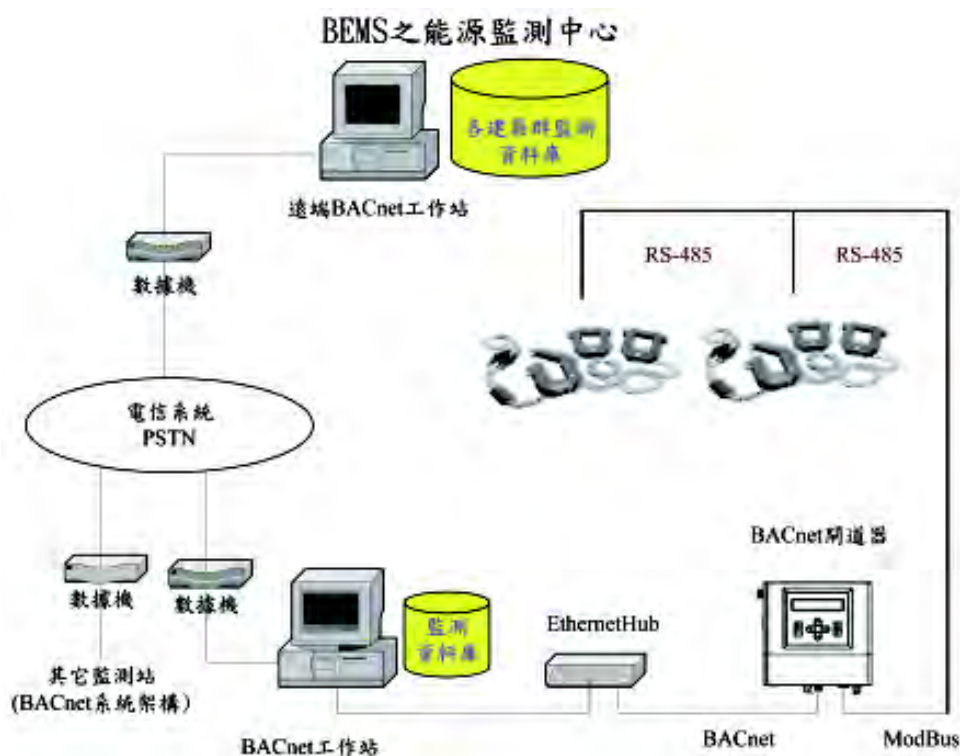


圖 3.32 以BACnet 之PTP 進行遠端連線

各監測點都具有開放式架構之BACnet網路系統，故遠端之能源監測中心即可利用BACnet強大之網路整合之能力，將分散各地的監測點之資料匯集至能源監測中心，若監測的建築物本身沒有網路系統，則選擇使用BACnet 之PTP連線方式，透過數據機的撥接來完成遠端連線的工作，如圖3.32所示。若建築物內已具有一般泛用型之對外連線網路系統，則可以

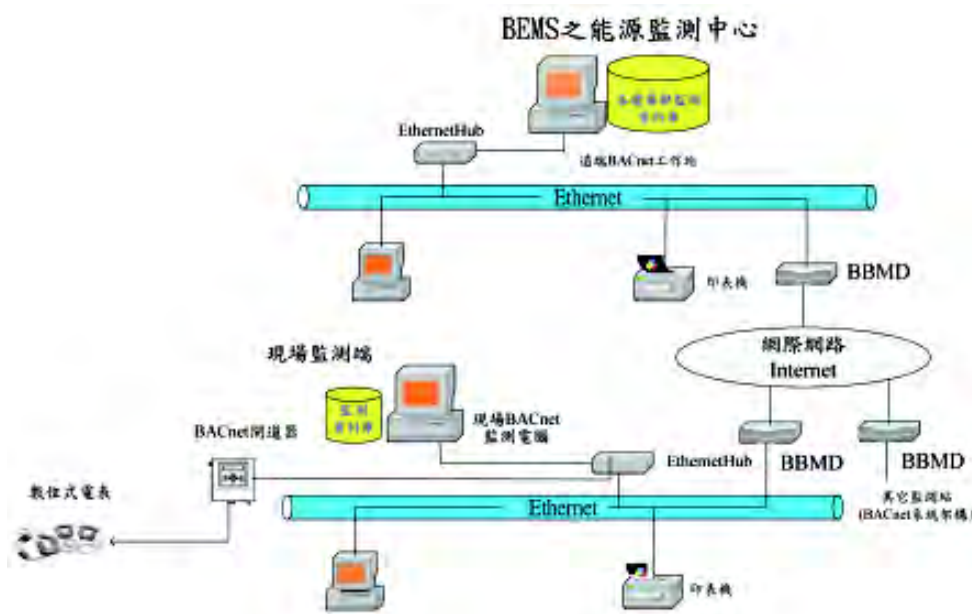


圖 3.33 以BACnet之BBMD進行遠端連線

利用BACnet網路廣播管理裝置(BACnet Broadcast Management Device, BBMD)與遠端能源監測中心進行連線工作，如圖 3.33 所示。

3.9.7 BACnet 閘道器說明

能源監測工作必須要配合數位式電錶的使用才得以完成，但由於大多數之數位式電錶都沒有支援BACnet通訊協定，基於以開放式架構之通訊協定做為整合之前題，因此必須配合BACnet閘道器之使用，將數位式電錶整合至開放式架構之通訊網路系統中。數位式電錶通常採Modbus通訊協定，而Modbus是由Modicon公司所推出的一種通訊協定，由於協定內容相當簡單，因此在業界之數位式電錶或是其他控制設備都經常使用。

圖3.34說明BACnet閘道器中BACnet與Modbus通訊協定相互轉譯之傳遞流程，由於有關電錶的相關數值都包裹在Modbus應用層中，所以BACnet閘道器應用層會將包裹在Modbus通訊協定中的電錶相關資料分解出來再包裹成BACnet通訊格式的封包再透過網路的連線連結至BACnet的網路上。

3.9.8 能源監測資料庫之規劃設計

能源監測工作必須長期且詳細地收集建築物內各項耗能資料，監測記錄建議以1~5分鐘紀錄一筆資料，並必須使用資料庫管理系統加以儲存才能有效管理監測所得之龐大資料，使其變成可分析利用的資訊。例如利用具資料庫管理功能之Access資料庫系統來彙整日積

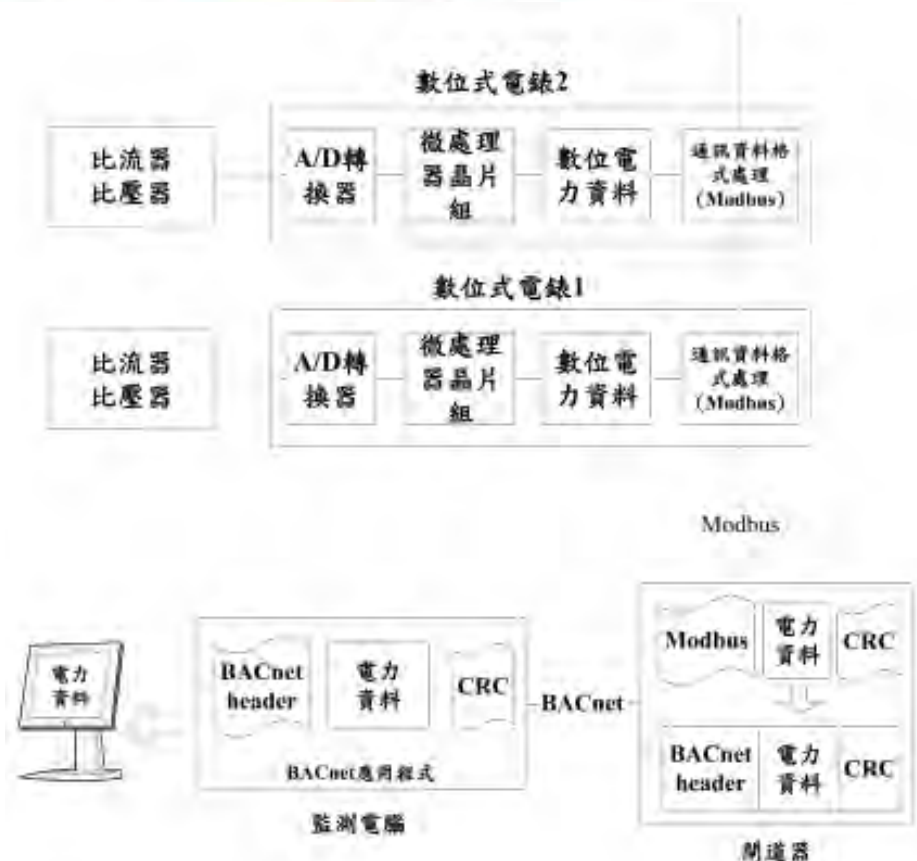


圖 3.34 兩組通訊協定的傳遞流程圖

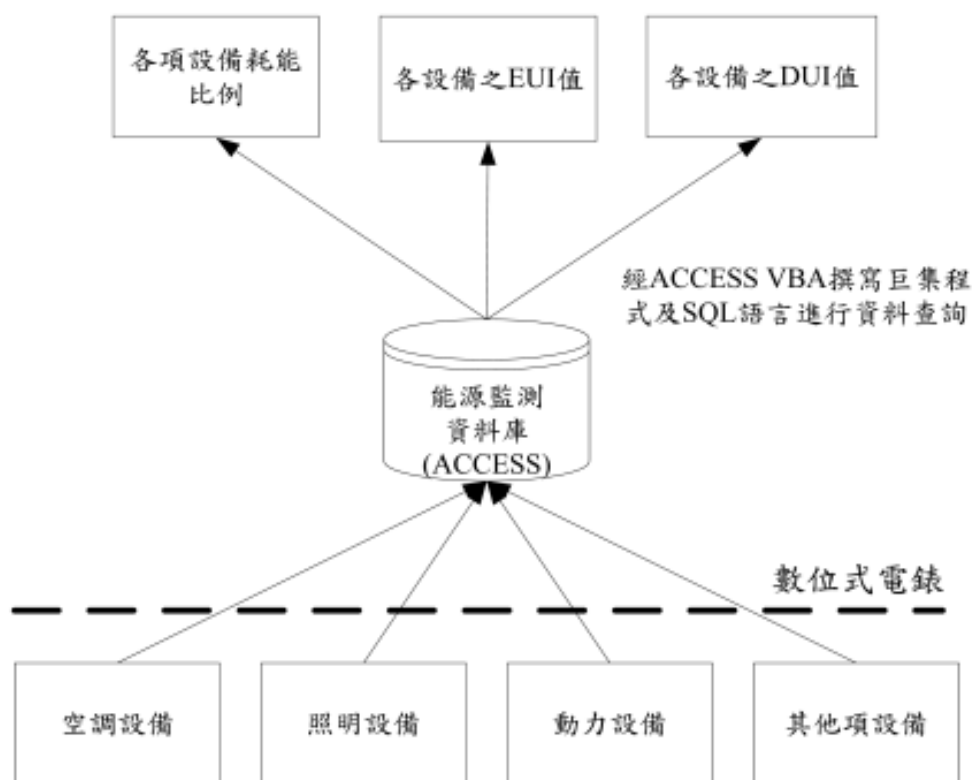


圖 3.35 Access 資料庫系統彙整耗能資料之流程圖範例 BEMS 之系統架構及機能

月累的数据，透過資料庫管理系統的查詢及計算功能，將所有耗能資料整理成有用之圖表資訊，圖 3.35 為各項設備耗能資料經資料庫管理系統彙整流程之範例。

3.9.9 BEMS 之系統架構

BEMS 依建築規模大小不同，其功能有所差異，以採用 BACnet 之 BEMS 為例，一般之系統架構大致如圖 3.36 所示。各設備系統之監測與控制都具有開放式架構之 BACnet 網路系

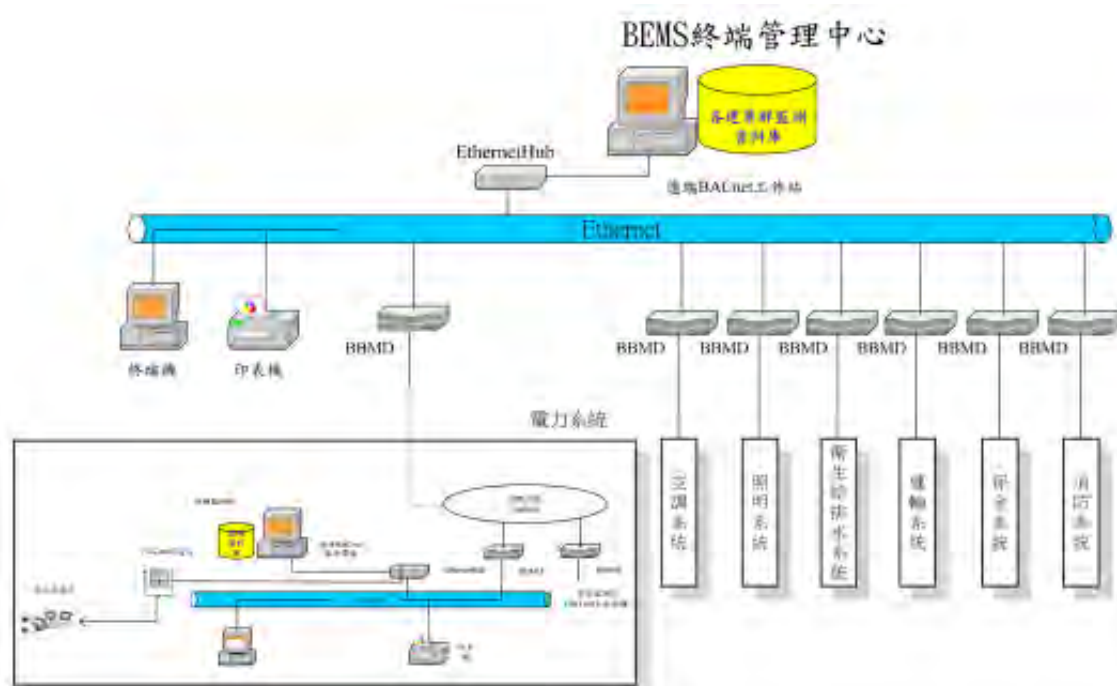


圖 3.36 BEMS 系統架構示意圖例

統，BEMS 終端管理中心即可利用 BACnet 具網路整合之能力，將分散各地的監測據點資料以 BACnet 的方式匯集至管理中心，經過電腦綜合運算判斷後，將控制訊號發送至遠端驅動器或直接數位控制器 (DDC)。

3.9.10 BEMS 之機能

BEMS 之功能如表 3.15 所示之內容。

表 3.15 BEMS 之機能(2-1)

分類	管理機能項目	分類	管理機能項目
共通功能	■ 設備與環境狀態監視與紀錄 ■ 機器的動作異常故障監視 ■ 上下限監視 ■ 群組量測 ■ 日報作成 ■ 月報作成 ■ 個別遠方控制/群組遠方控制 ■ 操作/動作記錄 ■ 異常/故障記錄 ■ 資料記錄 ■ 維修資料收集 ■ 維修建議 ■ 運轉建議 ■ 耗能及能源流向分析 ■ 耗能及能源流向歷史紀錄	空調設備管理機能	■ 冷凍機台數控制 ■ 冷卻水塔台數控制 ■ 蓄熱運轉控制 ■ 送水幫浦台數控制 ■ 室內溫度控制 ■ 最佳起動時間決定控制 ■ 空調機器排程控制 ■ 送水溫度設定控制 ■ 外氣冷房控制 ■ 最小外氣量控制(CO₂) ■ 需求控制(地域冷暖房) ■ 空調機夜間運轉控制 ■ 風門控制 ■ 冷水溫水自動選擇控制 ■ 依風門調節壓力控制 ■ 室內溫濕度設定 ■ 變頻轉數控制 ■ 間歇運轉控制 ■ 負荷預測控制 ■ 冷溫水混合損失防止控制 ■ 自然換氣控制 ■ 設定值排程管理 ■ 停車場換氣控制

表 3.15 BEMS 之機能(2-2)

分類	管理機能項目	分類	管理機能項目
電力設備 管理功能	■ 照明控制 ■ 電力監視 ■ 電力需量控制 ■ 功率因素控制 (無效電力控制) ■ 停電處理 ■ 發電運轉時負荷 控制 ■ 復電處理 ■ 異常時負荷選擇 遮斷處理 ■ 事故復歸處理 ■ 晝光利用照明點滅 控制 ■ 變壓器台數控制	給排水衛生設 備管理機能	■ 整體自來水管理 ■ 強制運轉管理 ■ 排水幫浦尖峰管理 ■ 連續運轉時間監視
保全管理 機能	■ 保全設備電源排程 控制 ■ 侵入者警戒監視 ■ 緊急出口控制 ■ 電氣鎖監視控制 ■ ITV 照相自動選擇 控制 ■ 巡回監視 / 巡回 計錄 ■ 照明空調連動控制 ■ 電梯運轉監視控制	防災設備管理 機能	■ 火災發生確認 ■ 火災類型決定 ■ 防災設備的動作 監視 ■ 空調機器停止控制 ■ 緊急廣播系統內容 選擇控制 ■ 避難誘導控制 ■ 緊急強制運轉控制 ■ 緊急出口控制 ■ ITV 照相自動選擇 控制 ■ 監視員教育訓練
其他自動 控制系統	■ 維修零件庫存管理 ■ 費用自動計算 ■ 風量控制 ■ 自動檢查 ■ 付款通知單自動 作成報表	■ 電梯控制 ■ 特殊動力排程控制	

3.9.11 綠建築之 BEMS 節能技術應用解說

在我國綠建築評估系統當中，日常節能指標包含建築外殼節能評估指標(EEV)、空調系統節能評估指標(EAC)及照明節能評估指標(EL)。EAC指標具有空調節能技術優惠計算之公式，而在所有空調節能技術當中，BEMS之優惠計算對於整體指標值具有全面之加權影響，因此BEMS常被業主列為優先採用之節能技術。BEMS之功能完整性常因建築預算及建築規模而有所差異，因此在綠建築評估手冊當中，共分別列有三種不同優惠計分之BEMS類別，如表3.16所示。通常業主皆期盼以較高的 $\beta 3$ 效率標準值，也就是0.1，來獲得較為有利的EAC指標值，但是根據表前文關於BEMS之定義，較為完整之BEMS功能應該包含建築設備之監視、警報、耗電計測儀器、耗能計測儀器與效率計測儀器、監控管理、及具最佳化策略控制管理之邏輯策略判斷。因此，在綠建築送審之報告書當中，應針對不同效率指標值，參考前文關於系統架構、系統機能及監測儀器等原理說明，檢附表3.1所規定之送審設計圖說以茲審核。

表 3.16 空調節能技術之 BEMS 評估表

效率	效率標準值	送審設計圖說
$\beta 3$	0.03	監視、警報、計測儀器之系統流程說明
	0.05	監視、警報、耗電計測儀器、耗能計測儀器與效率計測之系統流程及監控管理說明
	0.1	監視、警報、耗電計測儀器、耗能計測儀器與效率計測儀器之系統流程及監控管理、具最佳化策略控制管理之邏輯策略判斷說明

3.9.12 BEMS 實際案例介紹

案例背景與系統介紹

本案例位於屏東縣，為一地下1層，地上7層之醫院類建築，總樓地板面積約為8,100m²。早期之契約容量為650kW，但因該建築用電量年年增高，於夏季時常有超約受罰之紀錄，因此契約容量增加至720kW。

建築主要用途可分為掛號門診、手術室、藥庫及大禮堂。其中1樓做為平時掛號門診及急診之用，使用人數約200~350人。2樓為開刀手術用途，3~6樓為病房用途，使用人數約170~200人。

3.9.13 問題描述及改善對策

問題描述：

1. 水路一次側部分採用 7.5 馬力之泵浦 4 台，無二次側冰水泵及變頻設計，且部分泵浦已老舊，運轉效率不佳。
2. 冷卻水塔熱交換效率差，風扇無轉速控制。

改善對策：

1. 針對空調使用情形，作主機起停控制，並導入可變水量控制策略，以變頻泵浦調節冰水量並節省能源使用。
2. 導入建築能源管理系統(BEMS)，同時監測即時外氣溫濕度值，以調整冷卻水塔風扇轉速，並提升散熱系統之運轉效率。

能源監控管理系統工作的第一要步，即是取得各設備用電數據，以利分析耗能之原因，並針對問題點，利用管理控制之改善方式對症下藥，以節約能源使用。透過有效的能源監控管理系統及控制策略除了將耗能集中管理上的方便外，並能夠節省年平均超過 10% 以上能源使用，達到節能的目標。

如圖 3.37 所示，為本次改善所增設之 BEMS 中央監控系統的空調昇位監視畫面，在本

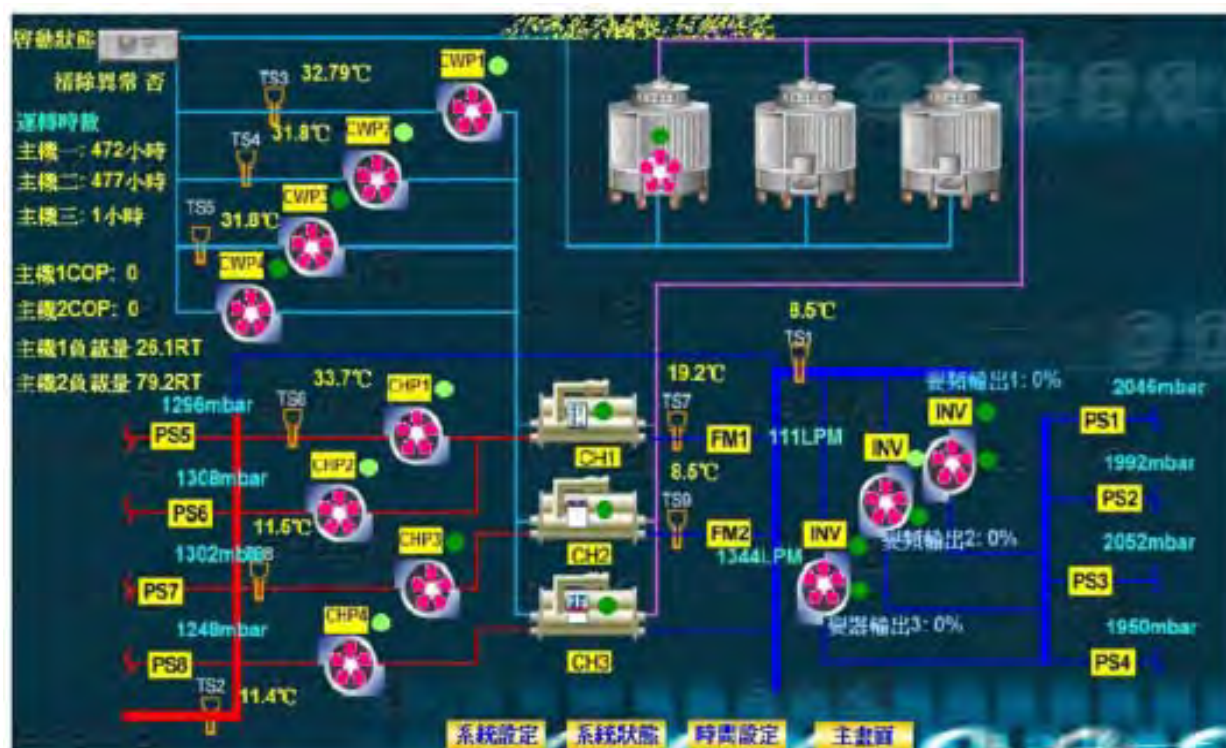


圖 3.37 空調系統昇位圖監控畫面

畫面中便包含了約20個數位控制器及感測器，並即時呈現空調系統之運轉現況，包括：1. 各主機之冰水出水及回水溫度；2. 主機目前之負載噸數；3. 冰水出水水端及回水端之壓差；4. 冷卻水及回水溫度；5. 系統冰水流量等級各區域空調箱之運轉狀態等。

增設之BEMS系統可讓管理者於電腦前隨時進行監控外，也具備外部網路的連線功能，隨時都可藉由網際網路登入系統，以利遠端監視控制空調設備的運轉狀況(如圖3.37所示)，同時也具備歷史資料查詢功能，可選擇欲查詢之時間區段，分別以數據或圖形方式輸出呈現。圖3.38所示為空調系統各部之時間溫度趨勢圖，途中之曲線為系統每15分鐘紀錄一筆資料所構成，另建築用電資料也可透過歷史資料查詢而呈現，並整合印表機之列印功能，進行圖表紙本輸出。

3.9.14 系統導入後成效分析

改善後所增設之BEMS系統，運轉已達一年以上，較改善前同月份期間之運轉相比較，如圖3.39所示，可節省約16%之耗能。在全負載運轉時之單位用電密度(EUI)也較改善前明顯降低，如圖3.40所示，在相同全負荷運轉時間下，EUI減少代表提高了能源使用之效率。

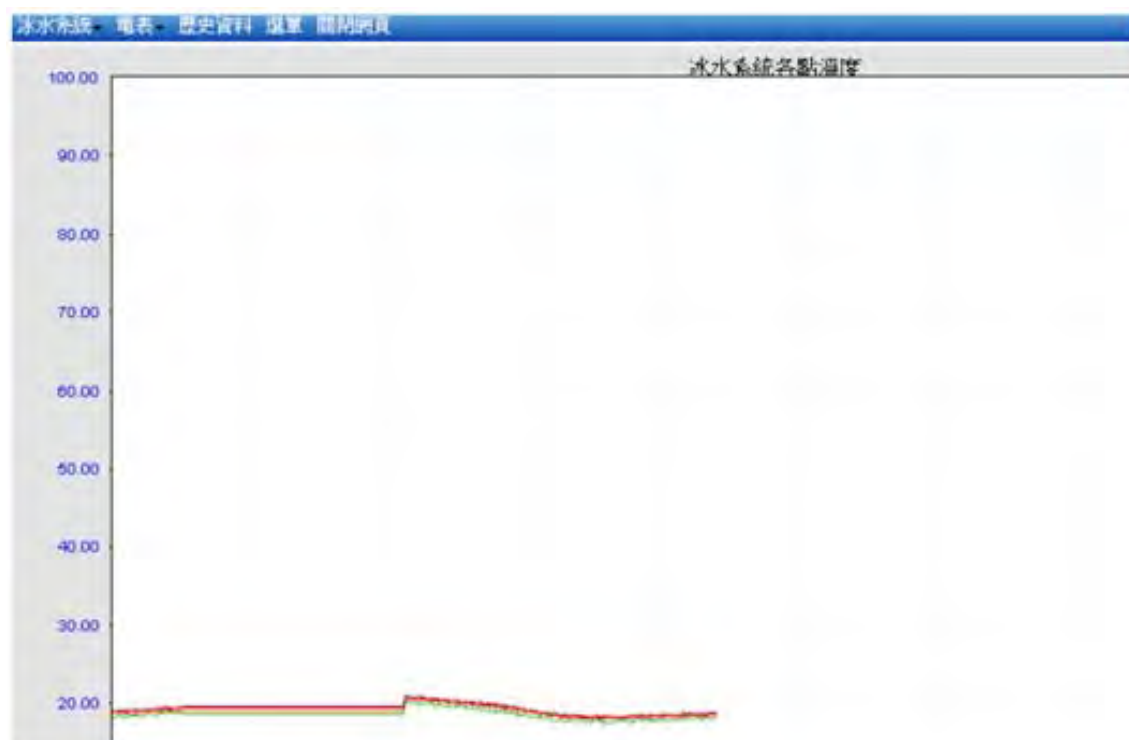


圖 3.38 空調系統各部之時間溫度趨勢圖

在節能減碳的精神下，BEMS系統不僅本身具備有提高建築物能源使用效率之優點，在經濟效益上更具有回收年限快之優勢；相較於對空調設備進行大刀闊斧的汰換更新，BEMS系統的導入不但可能具有較低的投資成本，也免除了設備長期的維護保養經費甚至折舊之成本。

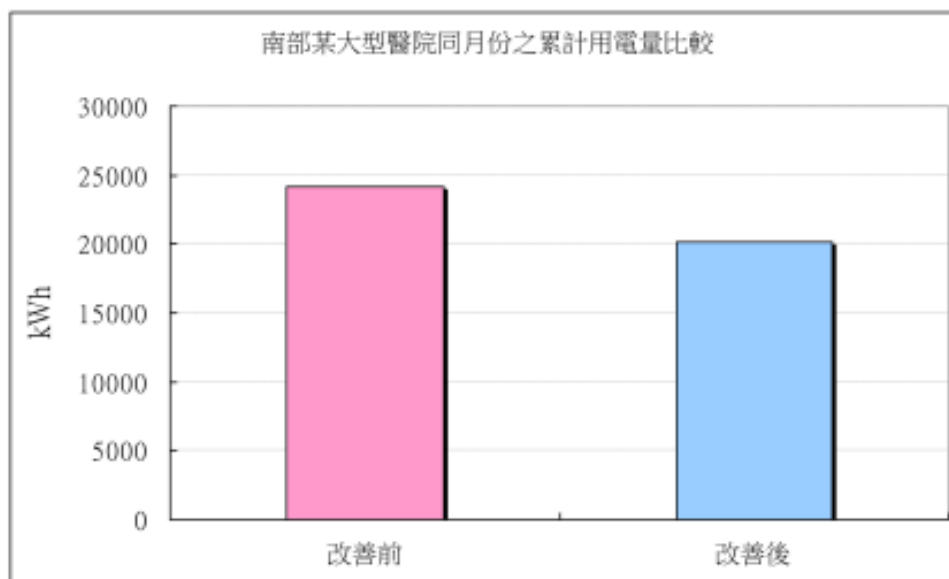


圖 3.39 改善前後系統耗能比較圖

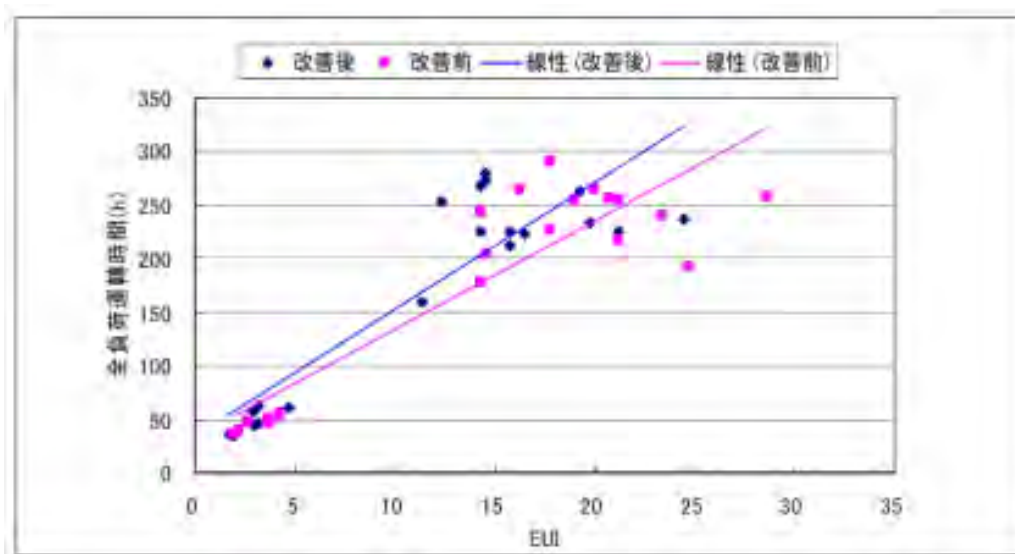


圖 3.40 改善前後系統EUI 耗能趨勢比較圖

3.10 系統測試、平衡與調整

美國ASHRAE對於空調系統之性能確認(commissioning)，其精神在於空調系統整體性能之確認，起自設計、安裝、功能測試、系統操作維護及達成設計目的之整體性能。

空調系統性能之確認主要需經過測試調整平衡(testing, adjusting, balancing 簡稱TAB)，測試平衡為一項調整驗證空調系統之過程，其目的在於使空調系統能符合當初之性能設計。在空調系統設計初期，設計者經由業主之要求、考慮季節變化、人員設備負荷變化等，提出最適合之規劃設計，但往往建築完工開始使用後，因為使用型態變化或操作人員沒有完全瞭解系統操作概念，而使空調系統不能達到當初設計之性能，這將造成不必要之能源浪費與使建築物使用者感覺到空調不舒適、系統不順暢等問題。

TAB之實際工作，為調整平衡量測所有系統之功能是否適合實際狀況，例如空調風側之風量，其風量是否依據負荷的需求而分佈、風量是否達到設計值的需求，當採用節能之VAV(變風量系統)時，風量是否依據負荷之變動做風量之變化，以達到節能的目標，避免過冷或不冷之現象同時發生，也可避免夏天在室內要穿外套現象。

TAB對冰水系統側其效益更大，尤其是大型空調系統，其使用變化率相當大，尤其是日間夜間、春夏秋冬四季變化、人員流動等，使空間內之負荷永遠在變化，如何使冰水側能夠發揮適當的流量，將冰水機效率提昇，則冰水量之控制相當重要，由於冰水泵常常運送過多的流量，在循環系統中送出又回來，或者未能經過冷卻的冰水與已製冷的冰水混合，則因系統之不平衡造成相當多的能源浪費。

故TAB目的即將適當的能源，送到所需要的地點以達到節約能源目標。

測試平衡後之竣工圖應在系統驗收後，對建築物的所有者提交實際安裝圖說的建造文件。圖上的記載應包括每一個最小設備的位置和性能資料，風管和水管系統的一般平面配置，包括尺寸及終端空氣或設計的水流量。系統驗收後，所需撰寫的操作、維修手冊，並且至少需包含以下各項：

1. 提出每一個設備需要維修的資料，說明設備尺寸及選擇的選配件。
2. 除了設備沒有裝置零配件以外，每一個設備皆需要操作及維修手冊，並且需明定例行的維修動作。
3. 至少一個維修代理商的名稱及地址。
4. HVAC控制系統的維修和校準資訊，包含線路圖、示意圖，和控制順序的描述。希望或規定的設定點，該需永久記錄在控制裝置的控制圖上或數位控制系統程序設計的註解中。
5. 對每一個系統未來的操作方法及建議設定點的完整敘述。

空調系統完工驗收時需依相關標準進行量測、平衡及調整，使風管風量及水量與設計值之差異必須低於10%。

空氣系統的平衡時，需首先打開風門使其損失減到最少，然後除了可變流量分配系統的調節裝置不需平衡以外(例如，校準過的VAV終端箱)，系統動力大於0.75kW的風扇，其速度須被調整至設計的流量。

水系統的平衡時需首先打開節流閥使其損失減到最少，然後修整泵葉輪或調整泵速度至設計的流量。每個水系統應具有測量泵的差壓壓力的功能或者在每個泵的每側皆留有測試

在大部分的建築物中，確認空調需求容量以控制室內溫度，是設計通風系統的第一項重要步驟。在完成設計後，再利用建築物的即時量測系統，控制各設備之運轉參數，來最佳化室內舒適度與能源使用量。但今日大部分之建築物，其引入之外氣量一直保持為固定值或最大值，很少針對外氣通風量作運轉控制。

利用CO₂感測器作通風控制，可補足實際運轉時所缺少之條件變化，達到室內環境品質需求。藉由逐時量測室內CO₂濃度值並繪出趨勢圖，便可輕易顯示是否有足夠之通風換氣量，並評估通風系統的性能，如果濃度有顯著的改變量，建築物業主便可進一步調查原因(例如人員數的變化或故障之設備)。以下2點為CO₂濃度外氣量控制之特點：

- 1.通風是隨著室內空間的使用與需求有所調整，非設計時的假設值。
- 2.室內人員數量改變時，系統會依室內CO₂濃度自動調整外氣量，如果外氣需求超過設計容量時，建築物監控系統會自動發出警示。

第四章 實務篇

4.1 基本資料調查表

(一)申請單位基本資料 (若多棟建築提出申請時，本表可自行影印分棟填寫)

1. 單位名稱：
2. 單位住址：
3. 單位聯絡人：
4. 聯絡電話：
5. 傳真號碼：
6. 手機：
7. E-mail：

(二)建築物基本資料

1. 欲改善建築物使用性質 (請勾選並簡要描述建築物主要使用時間)

- ☐ 辦公：
- ☐ 醫院：
- ☐ 學校：
- ☐ 大型空間：
- ☐ 其他：

主要使用時間：

2. 欲改善建築物之描述

建築名稱	樓層數	使用人數	樓地板面積 (m ²)	空調面積 (m ²)	地下停車場面積 (m ²)

(三)建築物能源使用資料

1. 主要使用能源種類(占 80% 以上)? (請勾選)

- ☐ 電力 ☐ 燃料 (瓦斯、重油或其他) _____

2. 過去一年有無超約受罰情形？（請詳述月份及金額）。

答：

3. 向台電申請之契約容量為多少(kW)？台電電號？

答：

4. 空調、照明、動力及熱水(若有)系統有無設置獨立分電錶？

答：

5. 欲改善建築物過去一年之逐月總用電量（附上一年電費單影本亦可）

年、月	用電度數 (kWh)	最高需量	
		需量(kW)	時段
例：100 年 1 月	360000	582	尖峰
總計			

6. 平均單位面積耗電密度EUI (kWh/m²*year)：

EUI=年度總用電量(kWh)/總樓地板面積(m²)(扣除停車場面積)

答：

(四)申請單位欲改善之項目及耗能問題描述

1. 欲改善之項目（請勾選，可複選）

☐	空調系統節能策略導入
☐	空調系統測試、調整、平衡最佳化
☐	熱水系統能源效率提升
☐	建置或升級建築能源管理系統(BEMS)
☐	室內照明改善
☐	外遮陽改善
☐	屋頂隔熱改善
☐	其他：

2. 申請單位就欲改善項目之耗能問題自我描述，並可提供預期改善計畫及節能效益(可另附 A4 紙張說明，並儘可能詳述)：
3. 申請單位已有之節能措施及裝置(如變頻器等)：
4. 提供有利補助審查作業之照片、圖說、設備規格與文件(可另附件)：
5. 綜合意見描述：

4.2 既有系統剖析

4.2.1 既有建築物之空調設施，面對節能改善或汰換，應先檢測其之狀態及性能，可歸納為：

1. 屬於已使用年久，一般而言使用 10～15 年後的設備。
2. 運轉效益及可靠妥善率皆呈現不理想之狀態者。

一般而言設備之生命週期，於正常管控維護保養狀況下，性能不致過度劣化，故在初勘階段之檢視時，設備或系統汰舊換新不應為當然之選項，而應先剖析其系統之配置，以了解當時之設計是否與現今之需求有所差異。

經常由於設施使用年限久遠，其間使用需求或機能可能改變，亦可能已配合需要變更原有系統架構，但相關資料卻無及時建立配套修正存參，故現況設施配置可能無法取得完整文件供後續檢討。考量後續研擬改善策略之合理及最佳化，建議盡可能取得原始設計圖說及現況含使用期間變更內容之文件，其為進行既有系統剖析必要之前題。

4.2.2 常態空調設備及系統，依其使用規格或規模區分，主機側常見如下型式：

1. 獨立個別彈性使用者：氣冷直膨式空調機。
2. 小型簡易設置管控者：氣冷或水冷式箱型空調機。
3. 中小規模區域管控者：氣冷或水冷式冰水主機。
4. 中小規模區域管控者：氣冷直膨變頻冷媒空調機。
5. 大型規模區域管控者：水冷冰水主機多台併聯組合。
6. 超大規模多區域管控者：水冷冰水主機多台併聯分區彈性供應，搭配儲冰式主機或吸收式主機之組合，以降低契約容量或轉移用電尖峰量。

4.3 耗能因素分析

4.3.1 前言

影響建築耗能之變數很多，包含建築外殼、使用時間、換氣率、人員密度、發熱設備、空調設施型式、季節氣候等因子。根據英國建築設備工程學會(Chartered Institution of Building Services Engineers，簡稱CIBSE)所出版之能源查核與調查手冊(Energy Audits and Surveys, Chartered Institution of Building Services Engineers)，為針對某一特定建築進行耗能評估，需考慮氣候、地曠、使用時間及人員狀況等進行參考耗能指標建議值之修正。

美國冷凍空調學會ASHRAE 針對能源查核與診斷分析之方法與執程序，提出以下之參考手冊與標準：

- 1.2003 ASHRAE Handbook—HVAC Applications, chapter 35, “Energy Use and Management” and chapter 40, “Building Energy Monitoring.”
- 2.ASHRAE Standard 100—1995, Energy Conservation in Existing Buildings.
- 3.ASHRAE Standard 105—1984 (RA 90), Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance.
- 4.Procedures for Commercial Building Energy Audits- 2004

節能診斷之準確性必須建立在如圖4.1所示之能源查核執行機制，其整個執行過程應綜合考慮環境與建築、能源供給、耗能設備、能源使用-計測與估計、能源使用分析與評比。本研究建立之節能診斷之查核表在於可展現能源用戶、各建築類型、總體用戶之現況分析、診斷與節能成效分析結果。

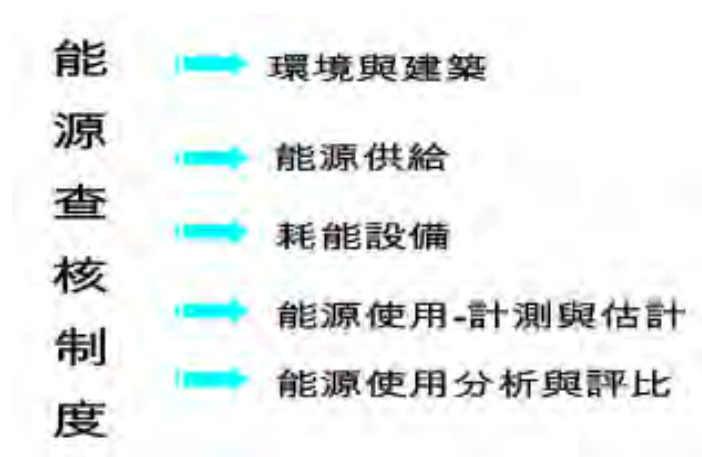


圖 4.1 能源查核執行機制

1. 建立能源效率管理機制，其執行內容包含：

- (1).發展建築營運計畫，詳細說明建築如何營運與維護，其內容應至少包含建築使用時間、設備運轉時間、所有空調設備之設計運轉條件、照明水準，說明不同季節、上班日、假日、一整天之設備運轉設定值，並確認建築之現況運轉情形是否符合建築營運計畫之目標與條件。
- (2).發展系統說明文件，提供建築之機電系統與設備之規格摘要，至少包含暖氣、冷氣、通風、照明和任何建築設備系統。
- (3).建立建築營運之操作程序文件
- (4).發展建築預防保養計畫
- (5).執行符合美國冷凍空調學會ASHRAE所建議之第一級現場查核評估(ASHRAE Level I-Walk-Through Assessment)

2. 業主若欲達成相對於其他類似建築之較低耗能水準或較佳之節能成效，進一步建議執行持續性之性能驗證(Commissioning)、性能量測、能源最佳化分析與節能改善，至少符合以下執执行程序與內容：

- (1).執行符合ASHRAE Level II- Energy Survey and Analysis 所要求之能源查核程序與要求內容。
- (2).建立建築能源分類使用量與平衡表
- (3).考量業主之需求條件與預算，進行節能改善效益與成本分析，並檢討節能改善對於建築營運與維修程序之影響。
- (4).建立可行且具有經濟效益之節能改善措施清單。

建議可藉由能源系統之性能再驗證、持續性能驗證以及執行能源系統檢視與分析而獲得和執行ASHRAE Level II- Energy Survey and Analysis相同之節能成效。

ASHRAE 所建立之商用建築能源查核程序(Procedures for Commercial Building Energy Audits- 2004) 清楚詳實定義各種不同執行層次之程序與範圍，因此廣為各界所參考。

4.3.2 節能診斷查核之基本步驟與要項

根據ASHRAE之商用建築能源查核與分析程序，節能診斷查核應包含以下之步驟：

- 1.收集並分析歷年能源使用資料
- 2.研究建築設計及其運轉特性
- 3.鑑定具有節能改善潛力之措施以降低能源使用量及費用。
- 4.針對具有節能改善潛力之措施進行工程及經濟效益分析

5.針對具有節能改善潛力之措施進行優先次序之排序。

6.撰寫分析報告，以建立查核過程及其結果之檔案。

詳細之節能診斷查核的重要項目包含如下：

1.分析至少兩年之能源使用量與費用之記錄，檢閱建築平面圖並進行現場查核以完成以下所列之基本資料與概況分析結果：

- (1).建築類別、主要使用目的及面積。
- (2).EUI耗能指標： $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 。
- (3).能源費用指標： $\text{\$/m}^2.\text{yr}$ 。
- (4).依建築空間之功能性、使用時數及面積分門別類進行統計。
- (5).判斷建築之現況使用功能是否與原始建築設計之目的有所差異。
- (6).判斷維修或運轉現況是否可能影響能源效率。
- (7).與其他類似建築物進行耗能指標與費用指標之比較。

2.根據現地檢視、量測及工程計算，敘述及分析以下所列之建築能源使用系統：

- (1).建築外殼。
- (2).照明。
- (3).加熱、通風及空調系統(HVAC)。
- (4).熱水系統。
- (5).洗衣系統。
- (6).食品處理。
- (7).搬運系統。
- (8).其他系統。

3.根據以上之調查與分析資料，發展以下之節能診斷要項：

- (1).依系統元件分門統計其年度使用能源量與費用。
- (2).建議節能改善措施並預測節能量及改善成本。
- (3).記述具有效益之修繕措施與投資成本估算。
- (4).記述必須進行量測驗證之方法與費用，以進一步確認具有效益之節能措施。
- (5).能源分析摘要：
 - i. 能源使用現況及費用。
 - ii. 節能與成本之終極目標。
 - iii. 節能改善措施之節能量。
 - iv. 比較節能改善建議與終極目標之差異。

4.3.3 節能診斷查核之程序

不同層次之節能診斷查核與分析程序皆可適用在任何一棟建築或建築群組，其主要考量點是在於業主之期望與目標，例如若業主決定想要進行高額之節能改善投資時，其需要相當高可靠度之診斷分析，相反地，若一般業主只是要了解其建築耗能水準與其他相似建築類型之差異時，則就只需初步之節能診斷。因此，ASHRAE將節能診斷查核之程序分為以下四種層次：

1. 初步能源使用分析。
2. 第一級分析 - 現場查核分析。
3. 第二級分析 - 能源調查與分析。
4. 第三級分析 - 高投資成本之節能改善詳細分析。

4.3.4 初步能源使用分析

在進行任何層次之能源分析前，建議都必須進行初步之能源使用分析，以判定該建築之能源使用與費用之效率指標相對於其他相似類型建築之優劣。其執行步驟如下：

1. 確認建築總樓地板面積、總空調面積、主要使用類別，並記錄在建築基本資料表格，如表 4.1 所示。

表 4.1 建築基本資料表

建築物節能診斷查核檢查表				
一、基本資料				填表日期(年/月/日):
1.1 用戶資料				
用戶名稱	用戶全名		AA	郵遞區號
統一編號	公司通訊地址			
1.2 能源管理人				
管理人	管理人單位職務			管理人通訊地址
郵遞區號	管理人通訊電話			分機
管理人行動電話	管理人電子郵件			管理人傳真電話
1.3 建築物資料				
主要建築類型	區域類別	主要使用地址	YY	郵遞區號
建築總樓地板層數		建築總地下室層數		二/三/四/五/六/七/八/九/十/十一/十二/十三/十四/十五/十六/十七/十八/十九/二十/二十一/二十二/二十三/二十四/二十五/二十六/二十七/二十八/二十九/三十/三十一/三十二/三十三/三十四/三十五/三十六/三十七/三十八/三十九/四十/四十一/四十二/四十三/四十四/四十五/四十六/四十七/四十八/四十九/五十/五十一/五十二/五十三/五十四/五十五/五十六/五十七/五十八/五十九/六十/六十一/六十二/六十三/六十四/六十五/六十六/六十七/六十八/六十九/七十/七十一/七十二/七十三/七十四/七十五/七十六/七十七/七十八/七十九/八十/八十一/八十二/八十三/八十四/八十五/八十六/八十七/八十八/八十九/九十/九十一/九十二/九十三/九十四/九十五/九十六/九十七/九十八/九十九/一百
總樓地板面積(m ²)		總空調面積(m ²)		空調設備、約估數
室內停車場面積(m ²)		室外停車場面積(m ²)		合併台電電費(元)
全年工作時數		員工人數(人)		電錶定容額(RT-Hr)
總空調容量(kW)	200	總電錶(半小時)最高容量(kW)	200	總電錶最高容量(kW)
合併台電電費	台電電費	總電錶最高容量(kW)	總電錶最高容量(kW)	總電錶最高容量(kW)
1)		200	200	100
2)				
3)				
4)				
5)				

2. 收集至少一年，或最好三年之能源帳單，檢閱每個月之能源使用變化，檢討是否可採用其他較佳之能源計費方案，並檢討非常規之特殊月份能源使用量，如表4.2所示。
3. 完成能源使用性能之摘要，依能源類別、需量類別及總能源使用量，分別統計其耗能指標與能源費用指標。
4. 與其他相似建築類型，進行耗能指標與費用指標之比較。
5. 建立節能改善之目標值，包含耗能、需量及費用等指標，其方法可從相類似建築之資料庫當中挑選最低之耗能指標值或根據能源分析專家針對該類型建築之建議值。
6. 分析比較當建築達到節能改善之目標值時，每種能源類型之節能量與成本節省，並且根據這些數據判斷是否建議進行更為深入之工程分析。

4.3.5 第一級分析 - 現場查核分析

ASHRAE建議第一級分析之現場查核分析係根據能源帳單及簡單之現場查核，評估能源成本及效率，提出針對較低成本或無成本的改善措施之節能量與成本分析。該層級之分析也須提出具有節能改善潛力措施之優先次序清單，以進行後續更為深入之考慮及初步之成本與節能估算。本層級之執执行程序除了包含初步之能源使用分析之外，還包含以下步驟：

表 4.2 用電資料表

電能使用量調查表

使用單位		用戶編號		用戶全名	
------	--	------	--	------	--

編號	台灣電號	契約用電別	用電地址	
			YY	

月份	契約容量 (kW)	最高需量(kW)				用電度數(kWh)					月電費 (元)	總電費 (元)	月度電價 (元/度)
		尖峰	經濟(半峰)	離六半尖峰	離峰	尖峰	經濟(半峰)	離六半尖峰	離峰	合計			
1月	1,600	-	1,334	1,342	1,344	-	375,400	73,400	270,400	889,200	98	1,370,003	1.89
2月	1,600	-	1,308	1,286	1,334	-	387,000	91,000	319,200	797,200	98	1,483,736	1.86
3月	1,600	-	1,400	1,360	1,308	-	295,800	50,000	340,400	700,200	98	1,265,062	1.80
4月	1,600	-	1,342	1,354	1,354	-	392,800	74,800	274,400	742,000	98	1,373,086	1.80
5月	1,600	-	1,394	1,396	1,396	-	361,000	75,800	275,000	711,800	98	1,370,967	1.93
6月	1,600	-	1,536	1,566	1,564	-	416,800	98,000	306,800	851,400	98	1,572,032	1.85
7月	1,600	-	1,538	1,550	1,554	-	344,400	82,000	907,000	701,600	98	1,607,333	2.06
8月	1,600	-	1,576	1,576	1,590	-	444,400	84,800	294,200	823,400	99	1,726,264	2.10
9月	1,600	-	1,502	1,364	1,550	-	457,400	104,200	344,200	905,800	100	1,823,711	2.01
10月	1,600	-	1,536	1,494	1,512	-	276,800	59,800	277,600	564,200	98	1,294,873	2.22
11月	1,600	-	1,538	1,544	1,464	-	493,400	05,000	135,800	634,200	98	1,557,409	1.87
12月	1,600	-	1,410	1,414	1,382	-	473,600	77,400	308,800	759,800	97	1,508,121	1.98
合計	-	-	1,576	1,576	1,590	-	4,590,800	972,000	1,599,800	0,140,800	-	17,908,347	-
平均	1,600	-	1,458	1,460	1,452	-	390,217	81,037	307,463	760,733	98	1,402,302	1.96

註：以上資料係依電費單輸入，其中電費年月比係指用電年月或1個月。

電能CPI(每度電/年) 6.03

- 1.進行簡易之現場調查，以了解建築構造、設備、運轉及保養狀況，如表 4.3 所示。
- 2.與業主、操作員及使用者面談，以了解建築設施之相關問題或需求，以判斷是否有任何影響能源效率之保養問題或現場實務操作。
- 3.進行空間使用功能分析，以判斷是否有因空間用途之改變，而影響能源效率。
- 4.針對主要能源使用類別，進行初略之能源細項分類統計，包含與氣候相關之能源使用和與氣候不相關之能源使用。
- 5.提出針對較低成本或無成本之改善措施或運轉調整、保養改善措施，並判斷該措施之節能成效。
- 6.提出具有節能改善潛力措施之優先次序清單，以進行後續更為深入之考慮及初步之成本與節能估算。

第一級分析之成果報告除了必須包含建築特性及能源使用摘要之外，尚需包含以下內容：

- 1.採用不同能源計費方式而節省之量化分析
- 2.探討關於由逐月能源報表所發現之非常規現象，並提出其可能之背景原因。
- 3.指出其他類似建築之參考耗能指標，並說明其資料出處、規模、取樣時間。若知道參考比較之建築名稱，則需標示出來。
- 4.說明建立耗能指標所採用之方法、如何和其他相似建築進行比較、其他相似建築之耗能指標如何訂定、資料出處、計算方法、軟體名稱、版本及其計算之輸出入條件。

表 4.3 建築使用狀況表

用途	樓層	面積	人數	CO ₂ 濃度 [ppm]		乾球溫度 [°C]		相對濕度 [%]		照度	個人電腦	使用率	星期一至五 使用時數	星期六 使用時數	假日 使用時數	星期一至五 空調時數	星期六 空調時數	假日 空調時數	是否外氣 電量控制
		m ²	人	最高	最低	夏季	冬季	夏季	冬季	Lux	台	-	小時	小時	小時	小時	小時	小時	-
一般辦公室																			
電腦處理機房																			
餐廳																			
零售賣場																			
生鲜賣場																			
病房																			
手術房																			
加護病房																			
診療室																			
走廊																			

- #### 4.3.6 第二級分析 - 能源調查與分析

表 4.4 空調主機設備表

- IV-10 -

1.檢閱機械及電力系統之設計、安裝條件、保養及運轉狀況，若有隨時更新之圖說文件則將非常有助於本項工作之順利執行，如表 4.4、表 4.5、表 4.6 所示。

表 4.5 照明設備

[illegible]

表 4.6 冷凍系統調查表

[illegible]

2.檢閱既有運轉及保養之問題，並判斷預計需進行之建築調整，如表 4.7 所示。

3.量測主要運轉參數並與設計值進行比較，例如運轉時間表、加熱或冷卻溫度、供風溫

表 4.7 節能措施檢查表(摘錄)

類別	節能技術	導入階段	辦公	旅館	醫院	百貨公司	量販店
冰水主機	熱源機器冷卻水溫度設定調整	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	防止冷卻水混水現象	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器台數與容量最適化	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	啟動及停止最適化	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器降低運轉時間	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器適當之維修保養	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器高效率運轉	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器COP 效率監測與管理	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	最新高效率設備之導入	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱源機器設備隔熱保溫	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
冰水主機	熱回收技術	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
儲水系統	冰系統高效率運轉	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
鍋爐	鍋爐燃燒空氣比值最佳化	營運管理		✓	✓		
鍋爐	鍋爐燃燒空氣預熱	設備更新修改		✓	✓		
鍋爐	鍋爐燃料預熱	設備更新修改		✓	✓		
鍋爐	鍋爐補給水預熱	設備更新修改		✓	✓		
冷卻水塔	冷卻水溫度最適化	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
冷卻水塔	冷卻水塔風扇控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
冷卻水塔	冷卻水流量控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	減少配管阻抗	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	配管適當之維修保養	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	空調負荷削減以降低冰水送水量	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	強化配管隔熱性能	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	採用高效率馬達	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	降低熱傳損失	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	低效率機器的維修更新	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	選擇適合的泵浦	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	泵浦台數控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	可變流量泵浦	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	VAV(變流量)方式	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	轉速控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	動力回收裝置設置	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	大溫度差方式	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送水系統	採用多級泵	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	風管的清潔以降低壓損	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	風管洩漏的檢查以及維修	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	過濾網適當之維修保養	營運管理	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	減短風管配管長度，減少變形的部份	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	強化風管隔熱性能	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	改變過濾網的形式以降低機內靜壓	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	採用高效率馬達	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	減少熱傳損失	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	低效率機器的維修更新	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	選擇適合的風機	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	風機台數控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	VAV(變風量)方式	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	轉速控制	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓
送風系統	大溫度差方式	設備更新修改	✓	✓	✓	✓	✓

度、空間溫濕度、通風量以及在工作檯面之照度水準。其量測方法可採用局部量測、長期記錄、人工量測或電子量測記錄。

4. 備妥按照設備單元分類之全年總耗能之統計資料，其統計方法可採用簡易之人工計算或電腦模擬，詳情可參考ASHRAE Handbook- Application。
5. 條列出所有可能改善設備與運轉模式之節能措施，並挑選出實務上對於業主可行之方案，以及其成本與節能估算。
6. 檢閱業主或操作者所提出之節能措施，並挑選出必須進行更深入分析之方案，並且排列施作之優先次序。
7. 針對每一項實務措施，估算其能源與費用指標之節能潛力，並進行最佳化投資報酬之評比，其估算方法可採用簡易之人工計算或電腦模擬。
8. 估算每一項可實施的改善措施之成本
9. 預測每一項可實施的改善措施對於建築營運、維修成本與非能源設備所可能造成之衝擊。
10. 估算實施所有可實施的改善措施可獲得之節能成效，並與第一級分析所提方案之節能潛力進行比較。在說明文件當中，應清楚載明其節能成效估算是建立在所有可實施的改善措施完成施作之前提，並考慮到改善措施之交互影響因子。
11. 根據業主所採用之技術與準則，提出所有可能之成本投資財務分析。
12. 根據分析報告內容，與業主共同討論節能改善施作之優先次序，以協助決定採用之施作項目或需再進行深入分析之項目。

第二級分析之成果報告必須包含以下內容：

1. 摘要說明按照設備單元分類之全年總耗能與費用之統計，說明計算方法或所採用之模擬計算軟體名稱、版本及輸出入資料。解釋總能源之實際使用量和計算結果之差異原因。
2. 敘述建築基本資料，包含標準樓層及主要能源使用之設備清單（可以附件之方式呈現）。
3. 列出已經考慮過但實務上不可行之節能改善措施清單，並說明其原因。
4. 針對每一個實務上可行之節能改善措施，提出以下之說明文件：
 - (1) 討論現況與其造成高耗能之原因。
 - (2) 節能措施之綱要，包含對於人體健康、舒適及安全性影響。
 - (3) 敘述為確保節能措施之有效性而必須配合之任何維修之項目。
 - (4) 說明對於人員工作之影響，例如夜間加班之通風或全年之空調運作。

- (5) 說明對於運轉程序、保養及成本之衝擊。
 - (6) 說明新增購設備之壽命以及對於既有設備壽命之衝擊。
 - (7) 綱要說明操作人員所需之新操作技術及訓練，或新聘操作人員之建議。
 - (8) 說明計算方法或所採用之模擬計算軟體名稱、版本及輸出入資料。
5. 條列所有可行之節能改善措施所需之成本估算、節能量以及財務性能指標，說明每一個措施之成本估算的誤差值，將所有可行之節能改善措施進行優先排序，並說明改變施作之次序所可能造成之節能差異。
6. 討論本階段分析所得之可實施的改善措施與第一級分析所提方案之節能潛力差異。
7. 整體專案之經濟分析。
8. 建議量測與驗證之方法以確認推薦節能措施施作後之真正效益。
9. 討論關於較高成本投資之節能改善方案是否需進行第三層級之分析。

4.3.7 第三級分析 - 高投資成本之節能改善詳細分析

ASHRAE建議第三級之工程分析主要藉由更為全面與詳細之現場資料收集與更為嚴謹之工程分析結果，針對具有較高節能潛力與高成本之節能措施，進行詳細且具有高信賴度之成本與節能計算，以進行投資之決策。本層級之執行程序除了遵循第一級、第二分析之程序以及再深入探討業主選定之重要節能措施之外，還包含以下步驟：

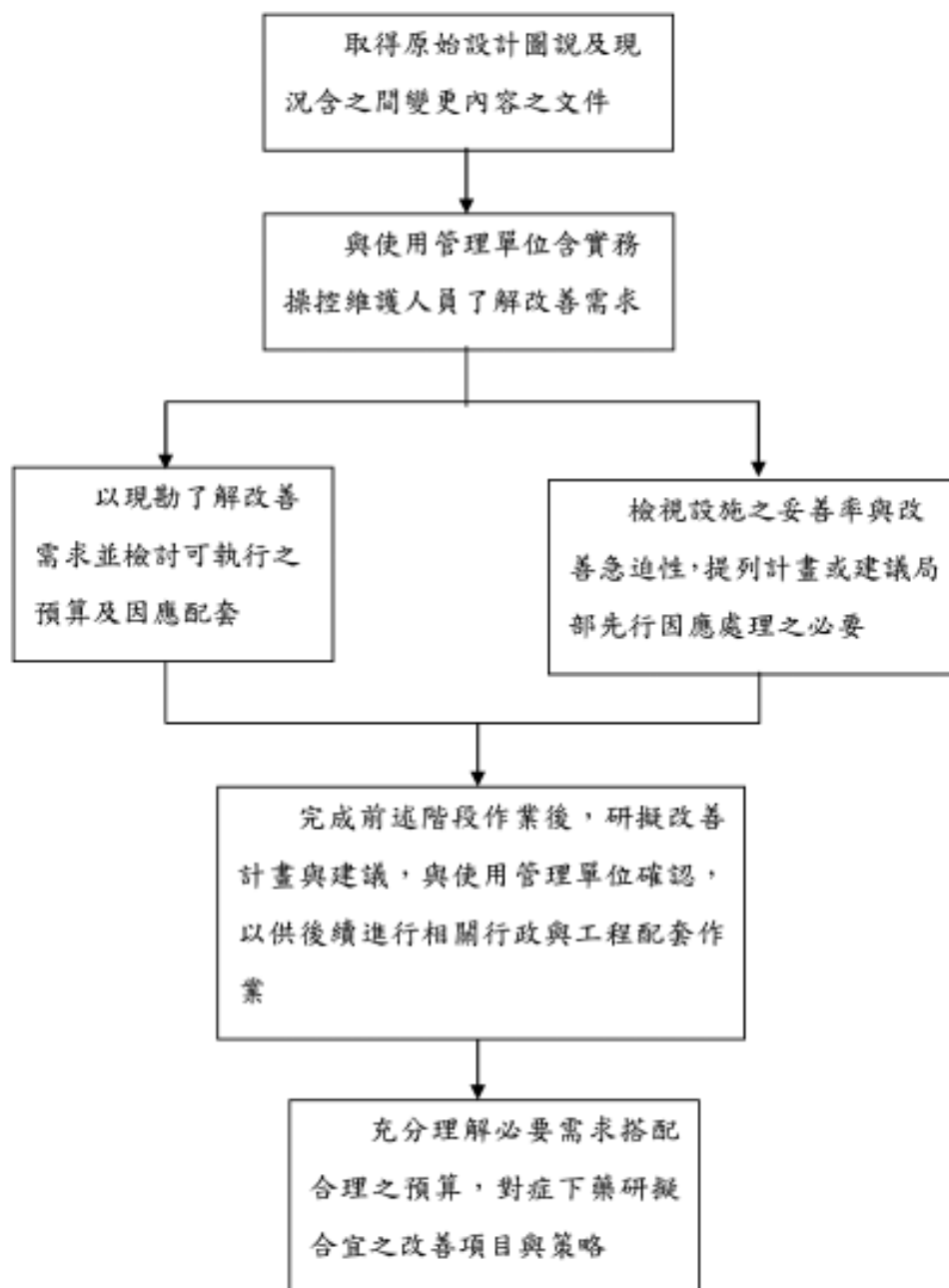
- 1. 展開所有需要進一步分析之節能改善措施。
- 2. 審查可行之量測方法，進行加強測試及監測，以提供有效之決策資訊。
- 3. 進行精確之節能措施模擬，並需考慮系統間的交互影響效果。
- 4. 準備每一項節能改善措施之基本圖說。
- 5. 估算每一項節能改善措施之成本與節能效益。
- 6. 與業主開會討論以及共同發展推薦之節能措施。

第三級分析之成果報告必須至少包含以下內容：

- 1. 包含必要之文字、圖說及設備清單以完整交代所建議之節能改善措施，若已經有預算可進行施作，則後續將有最終細部設計之工程需完成。對於主要之工程可包含確切之發包報價，該成本估算必須逐一考慮各種可能之偶發狀況及預期之誤差。
- 2. 對於較高成本投資之節能改善方案，必須針對業主選擇之技術與準則，備妥財務分析及節能效益分析。

4.4 研擬改善策略

研擬改善策略的步驟可參照如下：



研擬改善策略考量如下：

- 1.因應局部彈性使用需求，以獨立小設施系統因應，以避免運作大系統供應小負荷之不合理與不經濟之耗能狀況。
- 2.因應局部彈性使用需求，可考量改採多台或大小主機組合併聯供應之彈性管控模式。
- 3.主機側汰換，採用符合政府公告節能基準之主要設備，結合儲冰或熱回收組合，並

建立合理正常之維護機制含必要之運轉記錄。

- 4.納入熱泵設施結合製冷與製熱平衡，同時供應熱水以達最佳節能組合。
- 5.空氣側考量室內空氣品質與分佈均勻性。
- 6.結合外氣量控制，或全熱交換器應用，降低濕熱外氣所造成的空調負荷。
- 7.換季時引入外氣作冷氣，減少空調機運轉及節能。
- 8.以空調變頻變風量技術控制室溫之節能管控。
- 9.水側考量室內分區水量分配合理及管控彈性，結合變頻變流量搭配系統測試調整平衡及設施確認作業以提升系統有效性。
- 10.納入建築物能源管理系統技術，要求相關設施系統落實節能控制及監測記錄，累積至少一年歷史趨勢，配合必要之重新設定參數以達到節能最佳化目的。

4.5 現場勘查要點

既有建築物的空調與熱水設施之現勘，主要了解該系統的應用與及能源耗用狀況，取得建築單位樓地板面積所消耗之電力、過去的運轉數據、維修紀錄等資料，經由分析後進一步經由檢測確認該設備性能狀態，是否達到可藉由改善獲得節能效益之程度。

4.5.1 現場勘查必須調查掌握下列幾項要點：

1.建築物勘查：

- (1).建築物空間用途調查，了解建築物目前或未來使用空間之用途，如辦公室、醫院、餐廳、等使用類別。
- (2).建築座向、內外週區空調區、非空調區面積。
- (3).建築面積、樓層數、樓層高度等。
- (4).使用人數及使用時程，包括有加班時段空調需求或特殊需求。

2.既有設備勘查：

- (1).確認空調系統原有設計。
- (2).空調及附屬設備數量與規格。
- (3).主機銘牌標示之冷房能力、耗電量、COP等數值。
- (4).確認泵浦銘牌標示之馬力數、耗電量等數值。
- (5).確認水塔噸數，水塔風車馬力數、耗電量等數值。
- (6).確認空調箱風車馬力數、機外靜壓、耗電量、加熱器、加溼器、濾網形式等。
- (7).目前空調系統之操作維護。

- (8).熱水系統是否為電熱鍋爐或燃料鍋爐。
- (9).目前是否已有中央監控系統及能源管理情形。
- (10).可監測或量測之實際運轉情形。

3.電源電力勘查：

- (1).確認既有電源容量及規格。
- (2).電力盤、開關箱位置調查。
- (3).電氣管道間位置、尺寸調查。
- (4).電線配線路徑調查。

4.管路勘查：

- (1).空調冰水配管、閥件、及路徑調查。
- (2).冷卻水配管、閥件及路徑調查。
- (3).冷媒管配管、保溫管及路徑調查。
- (4).排水管立管位置、排水坡度調查。
- (5).風管配管路徑調查。
- (6).是否有流量不平衡問題。

5.其他勘查事項:

- (1).確認空調箱或小型送風機是否為三通閥或二通閥系統。
- (2).泵浦或風車有無變頻器。
- (3).新鮮外氣引入方法。
- (4).既有中央監控功能是否堪用，能否升級至BEMS。

6.改善需求確認：

與業主能源管理主管及機電管理人員晤談，了解當前系統問題，確認採節能策略、BEMS、空調熱泵熱水器及TAB等方案。

4.6 電源電力確認

既有建築物在改善或更新空調設備時，應注意其設備可使用之電源電力。電源電力應確認之項目包括：

電壓：220V、380V 或其他電壓

相數：單相或三相

既有配電箱及其所能提供之最大電功率及電路迴路：因空調設備之改善及變更(包括數量及電功率)，既有配電箱是否仍可變更、改裝或增設迴路使用或須更換新品等。

4.7 設備空間量測

本計畫執行對象為既有建築物之空調設施節能改善或汰換，當工程以既設設備汰換或增設時，空調設備機房空間之現場勘查及規劃，為計畫執行成敗之關鍵。本章節以空調主機房、空調箱機房、冷卻水塔區為例，說明配置原則及空間需求。

4.7.1 空調主機房之配置原則：

1. 空調主機房之配置，應保留設備保養及管線施工之空間。
2. 空調主機房之位置，應考慮機房之間牆及外牆的構造、頂板之高度、地板之荷重。
3. 空調主機房之位置，應鄰近主（垂直）管道。
4. 空調主機房之位置，應鄰近電力配電室。
5. 空調主機房之位置，應選擇噪音震動不易傳遞之處所。
6. 設備之運輸路線應順暢。
7. 機房的配置需符合消防法規之規定。
8. 直燃吸收冰水機設備之機房，除須確保燃燒所必須之空氣進氣通道外，必須有去除機房內發生熱之換氣通道。

4.7.2 空調主機房之空間需求：

1. 包括主機本體、水泵、熱交換器等輔助設備及配管空間外，應在設備四週留有製造廠家建議之最小維修保養空間。
2. 空調主機供應商應列明清洗冷凝器之空間，及搬吊壓縮機之空間等。
3. 一般空調主機之維護保養空間。

4.7.3 空調箱機房之配置原則：

1. 空調箱機房應鄰近空調分區之中間區域，保持回風順暢。
2. 預冷空調箱機房應鄰近建築外側，方便引入外氣及排出廢氣。

4.7.4 空調箱機房之空間需求：

1. 空調箱本體及配管之空間外，應有足夠之維修保養空間(抽換空氣過濾網、清洗盤管及調整各種控制閥之空間等)。
2. 參考原廠建議之尺寸。

4.7.5 冷卻水塔區之配置原則：

- 1.冷卻水塔區，應依冷卻水塔佔用面積、塔高限制、噪音值管制等條件選擇。
- 2.冷卻水塔區，應遠離煙囪排煙口。
- 3.冷卻水塔區，應遠離外氣入口處，防止退伍軍人症等細菌之吸入。
- 4.冷卻水塔區之補給水水箱，提供之水壓須大於 30kPa 以上。

4.7.6 冷卻水塔區之空間需求：

- 1.冷卻水塔空間需求—圓型冷卻水塔(圖 4.2):

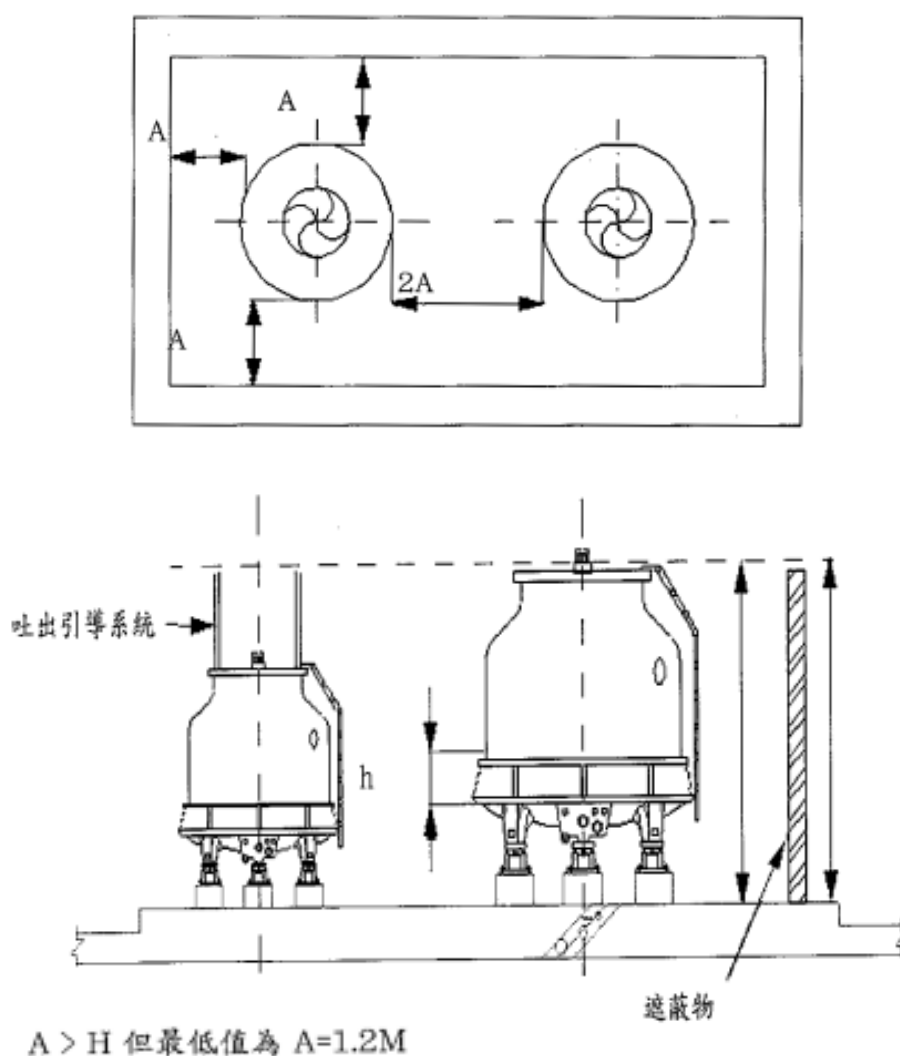


圖 4.2 圓型冷卻水塔空間需求

2. 冷卻水塔空間需求—方型冷卻水塔(圖4.3):

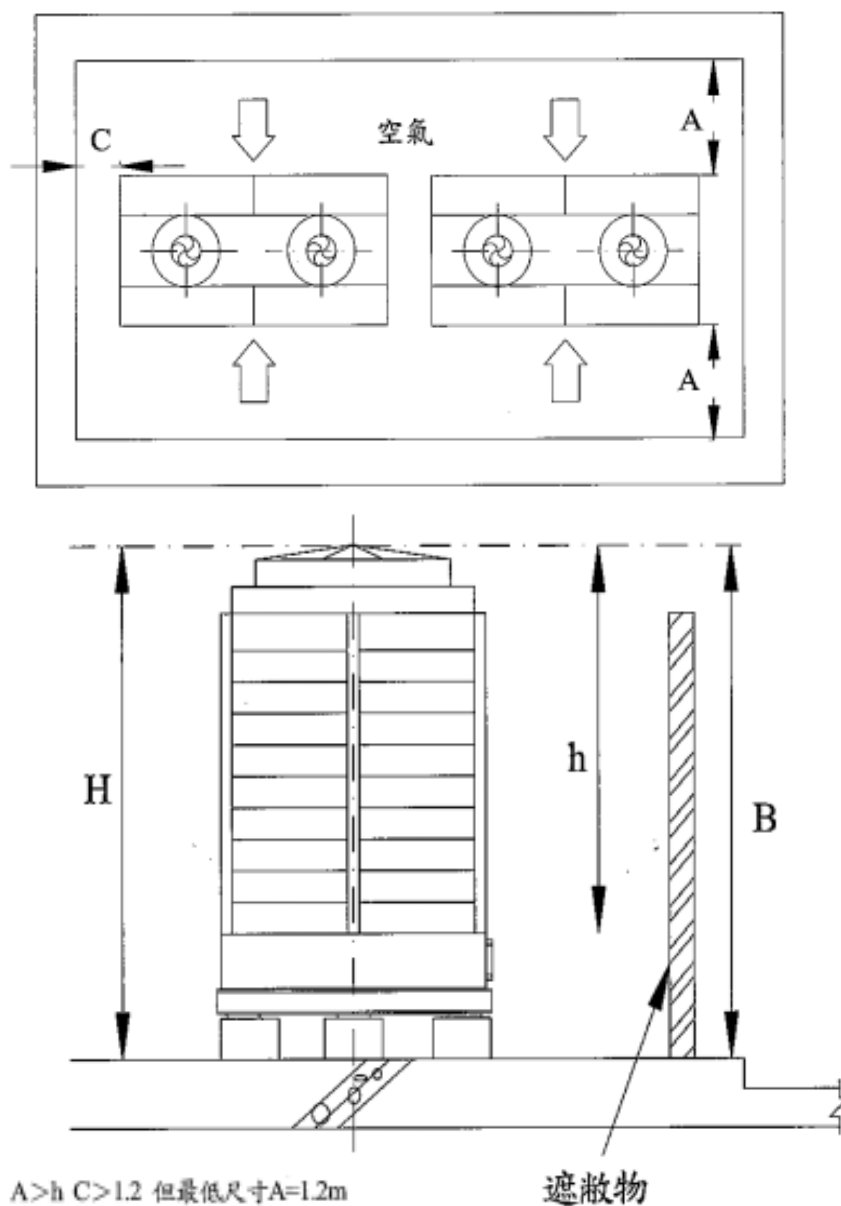


圖 4.3 方型冷卻水塔空間需求

4.8 搬運動線考量

空調設備之搬運動線考量應特別注意下列各項：

1. 安全性：因既有建築物在改善空調設備時仍在使用中，故除須考量工作人員之安全外，亦應注意使用單位人員在工作及進出工作場所之安全，盡量避免上下班等人員之動線。
2. 盡量避免拆卸其他與本改善案無關之設備及管線，尤其是消防設備、電力及弱電設備

及其他管線等。

- 3.盡量避免拆卸門、窗、牆壁或樓板：若無法避免拆卸門、窗、牆壁或樓板時應申請雜項執照並應重新檢討建築物構造之安全。
- 4.若須使用吊搬設備時，應注意工作周圍吊搬迴轉半徑內之安全。

4.9 管路路徑規劃

空調設備之配管、電力及控制管線均需與原設之管線銜接或在既有之管道間內增設，空調設備管路路徑之規劃及現場勘查，為計劃執行成敗之關鍵。本章節以空調水配管、風管配管為例，說明與其他工程之介面整合、配管基本要點及配管注意事項。

4.9.1 空調水配管、風管配管與其他工程之介面整合項目：

- 1.建築工程之介面 -- 建築平面、裝修、結構等。
- 2.電氣工程之介面 -- 管道間、燈具、受電室、配電室、開關箱、導線管等。
- 3.給排水工程之介面 -- 管道間、給排水管路等。
- 4.消防工程之介面 -- 管道間、消防管路、撒水頭、感知器等。
- 5.其他之介面。

4.9.2 水配管的基本要點：

- 1.水配管的配置路線，應選擇最合理且最經濟途徑。
- 2.以適當的流速決定管徑(避免產生渦流、噪音、侵蝕、腐蝕、空氣滯留)。
- 3.水泵的位置，原則上放在設備點之入口側。
- 4.密閉式迴路，每個系統必需有一座膨脹水箱。
- 5.開放式迴路，當循環水泵停止時，機器、配管等必須保持在滿水狀態。
- 6.系統較小者可以逆迴路方式；系統較大者可配合平衡設施調整採直接回水。
- 7.冰水管路應做隔熱及隔濕。

4.9.3 水配管的注意事項：

- 1.閥類等的裝設位置應留有操作及檢修空間。
- 2.隱蔽配管時，天花板上層應留有水平管線配置所需空間。
- 3.隱蔽配管時，管道間內應留有垂直管線配置所需空間。

- 4.配管必須因應冷溫水之溫度，裝設伸縮管接頭，以吸收配管伸縮量。
- 5.配管分歧點，應裝設關斷閥。
- 6.配管的最低點應設排水閥，大型Y型過濾器應設排泥閥。
- 7.預留管路清洗及測試孔（如TAB用）所需的配管件。
- 8.配管施工應留有保溫材厚度及施工之空間。
- 9.排水配管應有適當之洩水坡度。

4.9.4 風管配管的基本要點：

- 1.風管管線的配置，應考慮最合理且經濟之途徑。
- 2.適當的規劃選擇與詳細計算通風壓損。
- 3.出、回風口選擇適當位置，主風管與支風管適當的分佈可減少風管長度。
- 4.風管製作型式與走向，設計時宜考量順暢性與容易施工。
- 5.風管截面盡可能採用圓形或接近正方形的風管。
- 6.適當選用風管隔熱材質。
- 7.需要安靜的空間，風管系統配置應注意風速不宜太快。

4.9.5 風管配管的注意事項：

- 1.風門等裝置必須設有檢查口及操作檢修空間。
- 2.天花板上層應留有風管裝設之空間，風管跨越防火區劃應加裝防火風門。
- 3.管道間內應留有垂直風管裝設之空間，風管跨越樓層應加裝防火風門。
- 4.地下室通風管道間需鄰近建築外側，在一樓設進出口，並注意風口方向。
- 5.排氣與新鮮空氣口位置不可太接近。
- 6.風管管徑較大，不可穿樑或剪刀牆。
- 7.廁所排氣儘可能當層水平排出。

4.10 改善效益追蹤

測量與驗證(M&V)是藉由測量方法，來證明能源管理專案所達到實際節能量的程序，由於節能量並無法直接測量得知，故僅可透過比較某個節能專案執行前後的能耗差異，並根據不同條件狀態作適度調整而確定；M&V程序包括計量表安裝、校正、資料收集、篩選計算方法、可接受的評估方法、監測資料的計算、報告，以及對報告的品質保證。

第五章 運用篇

5.1 中央聯合辦公大樓南棟 - 改善案例介紹

建築用途：內政部、教育部、中央選舉委員會、青年輔導委員會、僑務委員會等之辦公場所。

使用對象：辦公人員、一般民眾洽公。

建築描述：

- ◆ 地上18層樓，地下2層樓。
- ◆ 坐向：坐北朝南。
- ◆ 建築物類別：辦公。
- ◆ 使用人數：約1,400人。
- ◆ 樓地板面積：42,794 m²。



表 5.1-1 中央聯合辦公大樓南棟改善效益

節 能 改 善 項 目	改 善 項 目	
	1、汰換老舊16台空調箱。 2、空調箱增設壓力感測變頻，發揮變風量功能。 3、以外氣溫濕度與室內CO ₂ 感測器，控制外氣量避免過大空調負荷，換季時則以外氣作冷氣用。 4、風管送風量調整(TAB)。 5、送風系統設備改善。 6、室內空氣品質改善。	
綜 合 效 益	項 目	改善後
	節能效益 (kWh/年)	114,380
	節能效益 (元/年)	354,578
	減少CO ₂ 排放量 (kg/年)	72,860

5.1.1 空調系統

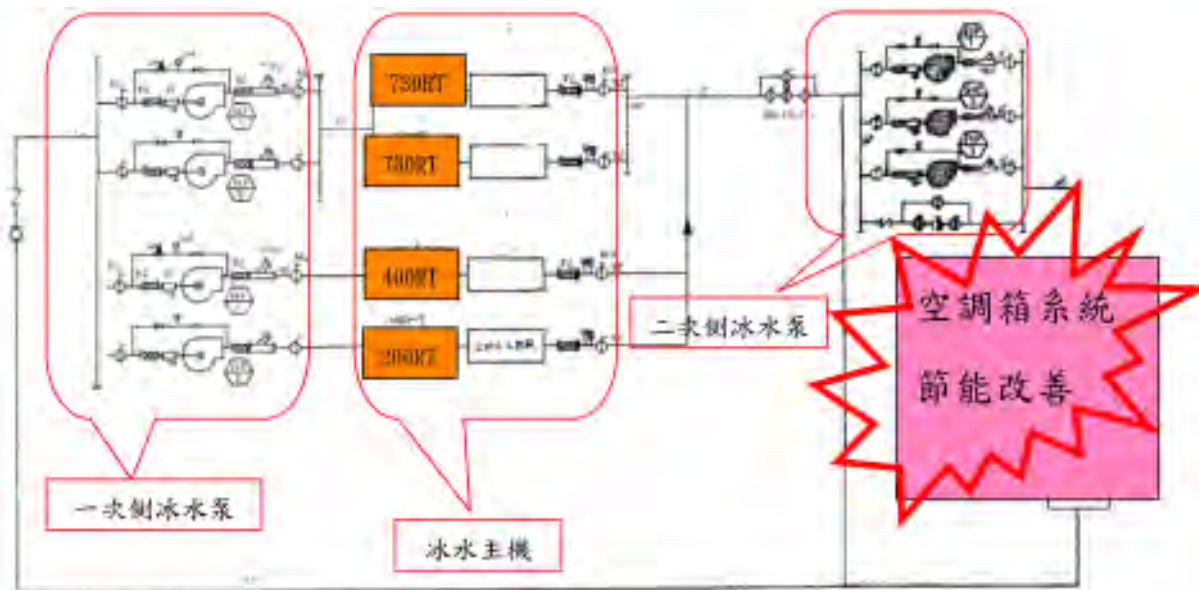


圖 5.1-1 中央聯合辦公大樓南棟空調改善區域

1. 空調送風：採空調箱系統，每樓層分東、西側各設置一套空調箱。
2. 總空調面積：41,966 m²。
3. 空調使用時間：08:00～17:00，共9小時。

5.1.2 問題描述與改善對策

1. 空調箱狀況描述：

- (1). 已使用超過16年，導致熱交換效能不佳，如下(圖 5.1-2)。



圖 5.1-2 中央聯合辦公大樓南棟空調箱狀況描述



圖 5.1-3 中央聯合辦公大樓南棟空調箱風機

(2).送風系統設有變風量終端箱(VAV BOX)，末端壓差感測器已故障，無法反應風管內壓力變化及溫度控制。

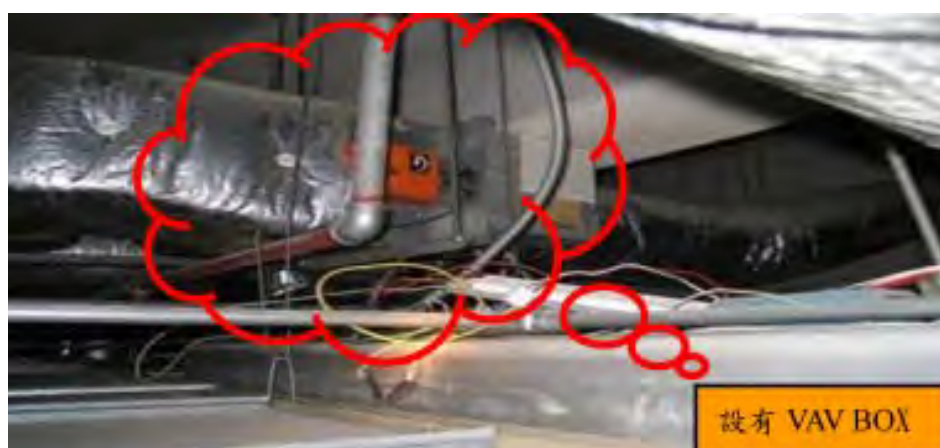


圖 5.1-4 中央聯合辦公大樓南棟 VAV BOX

(3).監控系統具備變風量圖控，變風量功能喪失後，失去自動調控功能，以手動操控，無法發揮整體系統效能。



圖 5.1-5 中央聯合辦公大樓南棟空調監控系統畫面

- (4). 監控系統缺少空調箱耗電量、CO₂控制外氣引入量及效能趨勢預估功能，且無法依照新型空調箱執行各項能源管理功能。
- (5). 空調箱無外氣引入口，直接引入機房外氣，機房內有許多分離式室外機，導致引入高溫外氣增加空調負荷。
- (6). 送風側缺乏風量調整。

空調箱改善對策

1. 汰換16台老舊耗能空調箱，改為變風量空調箱，加裝外氣風管，使其作為後續改善之範例。
2. 更換並調整壓差感測器，且增設變頻器，使空調箱發揮變風量功能。

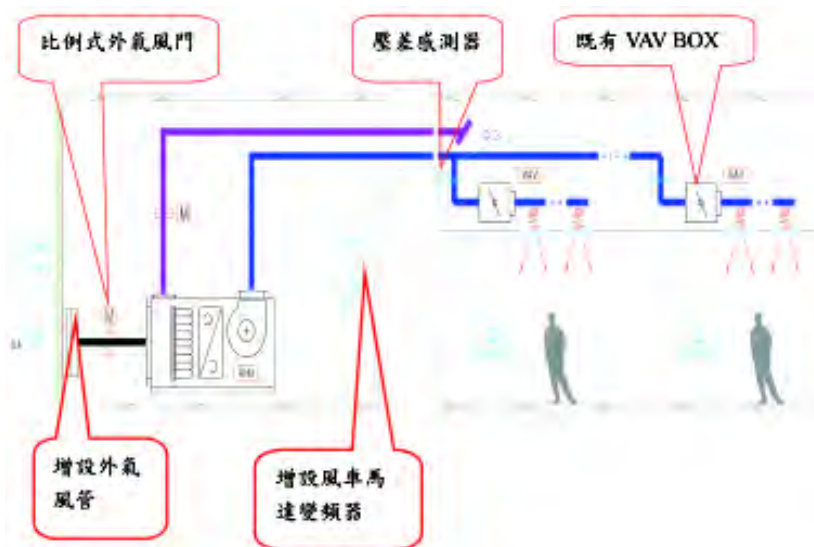


圖 5.1-6 中央聯合辦公大樓南棟空調改善對策示意圖

3. 增設外氣溫溼度感測器與室內二氧化碳濃度感測器，藉由比例式外氣風門開度控制引入最少之新鮮溼熱外氣避免造空調負荷節省能源。
4. 更新舊有空調箱能源管理系統(BEMS)，有效控管變風量空調箱運轉及操作情形，提高整體系統運轉效率。
5. 進行空調改善項目之TAB。

2. 保警隊寢室室內空氣品質狀況描述：

- (1). 保警隊寢室位於二樓夾層，目前寢室空間約 30 坪，容納約 14 名員警。
- (2). 大多數寢室空間無窗戶，靠空調箱補充新鮮空氣。
- (3). 下班後中央空調系統關閉，造成空氣品質差。
- (4). 開窗引入外氣處，位於廁所旁邊，廁所穢氣蔓延至室內各處，嚴重影響空氣品質



圖 5.1-7 中央聯合辦公大樓南棟保警隊寢室空間圖

室內空氣品質改善對策

1. 臥室開窗處設置外氣風機，引入新鮮外氣。
2. 排氣風機設置靠近廁所開窗處。
3. 使空氣分佈對流，藉此改善室內空氣品質。

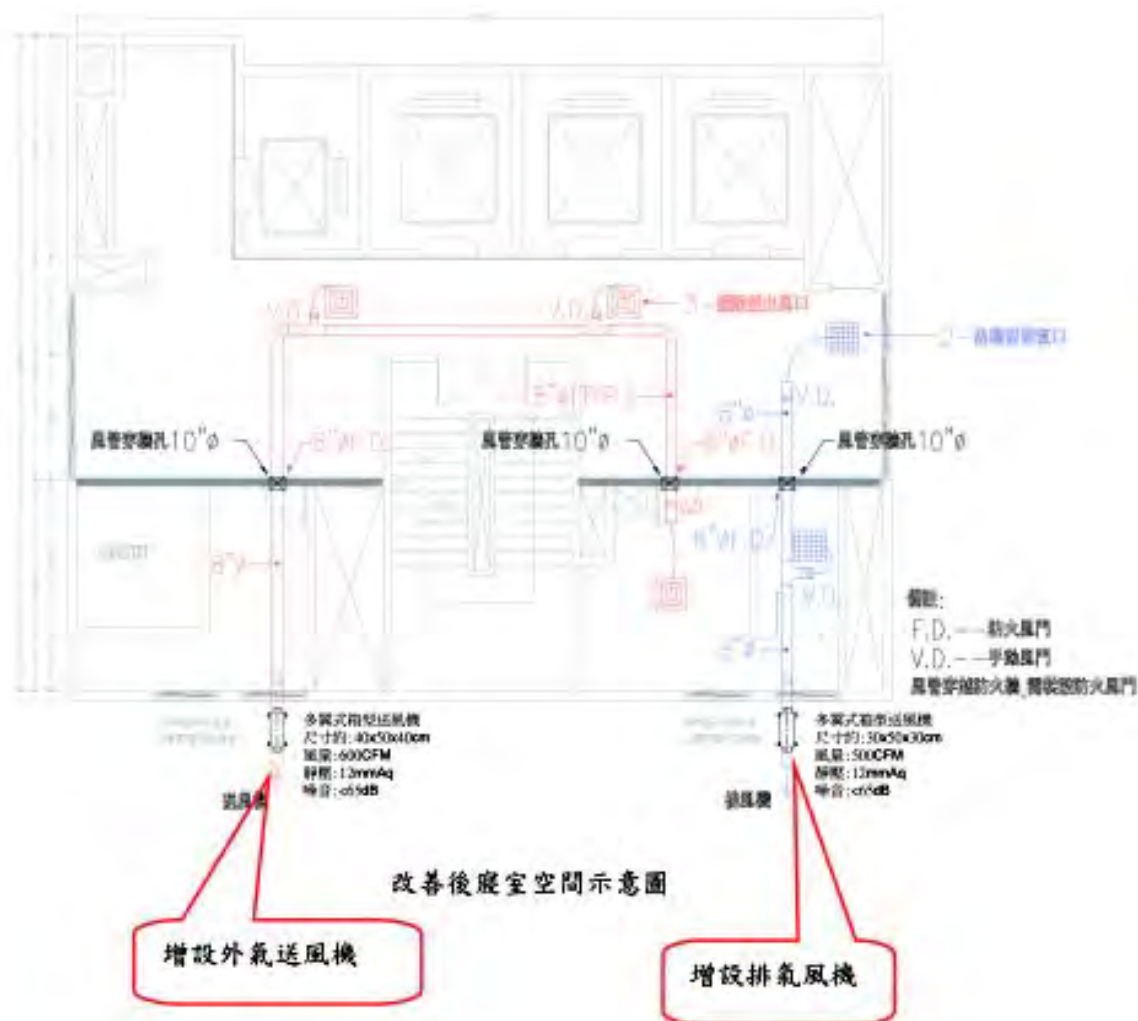


圖 5.1-8 中央聯合辦公大樓南棟保警隊寢室室內空氣品質改善對策示意圖

3.改善項目一覽表：

表 5.1-2 中央聯合辦公大樓南棟改善對策表

改善項目	問題描述	改善對策
汰換老舊 16 台空調箱	空調箱使用年限已達 16 年，過於老舊	新增 16 台空調箱同時加裝外氣風管及控制風門
更換及調整壓差感測器並增設變頻器，使空調箱發揮變風量功能	壓差器故障，且無變頻器，導致空調箱無法發揮變風量功能	1、更換調整壓差感測器 2、新增變頻器 3、壓差感測器與變頻器連動
增設外氣溫溼度感測器與室內二氧化碳濃度感測器，藉由比例式外氣風門開度控制引入適量之新鮮外氣避免造空調負擔節省能源，並增加空調箱監控功能，使其能在 B2 中控室監控	無外氣感測器與監控，且空調箱無外氣入口，直接引入機房外氣，但其機房有許多分離式室外機，導致外氣負荷增加，同時也無法發揮監控整合效能。	1、頂樓加裝外氣溫溼度感測器 2、回風管處加裝二氧化碳濃度感測器 3、B2 中控室增設空調箱監控，並與外氣溫溼度及二氧化碳濃度感測器連動
5 樓東西側進行送風側風量測試調整平衡(TAB)	風量分布不均	5 樓東西側進行送風側風量測試調整平衡(TAB)
空氣側設備改善	警衛寢室缺乏新鮮外氣引入，造成空氣品質不良	增設外氣引入送風機及風管，配合人員控制風機啟停；於外氣溫度較低時，可直接以外氣替代空調使用，以節約能源
換氣設備改善	廁所缺乏排氣系統，無法將穢氣排至戶外，造成穢氣散逸至寢室區影響居室空氣品質	廁所增設排氣風機及風管，使其成為負壓空間，並將穢氣排至戶外環境，以改善室內空氣品質

5.1.3 改善項目說明：

1、新增 16 台空調箱同時增加風量，並加裝外氣風管及風門，以使空調箱效能提升。



南棟舊有空氣箱



南棟新設空氣箱

2、舊有壓差感測器故障；更換並調整壓差感測器並新增變頻器，使壓差感測器與變頻器連動，以發揮變風量功能。

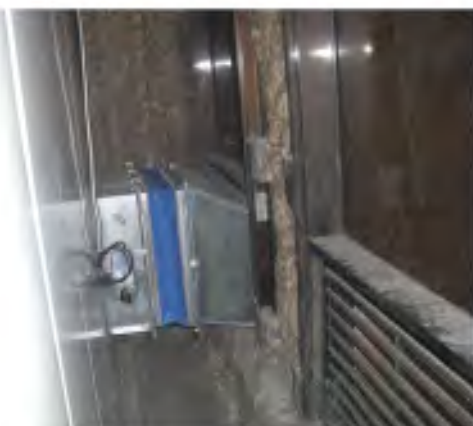


增設壓差感測器



增設變頻器

3、舊有空調箱無外氣及二氧化碳濃度感測器，僅只能以手動方式引進外氣，造成瞬時大量外氣影響室內溫度並增加空調負荷；新增外氣溫溼度及二氧化碳濃度感測器，並聯結至監控系統，以發揮節能整合功效。



新增外氣風門



新增二氧化碳濃度感測器

4、既設系統風量分布不均，藉由進行送風側風量測試調整平衡(TAB)，以使室內風量分佈均勻。

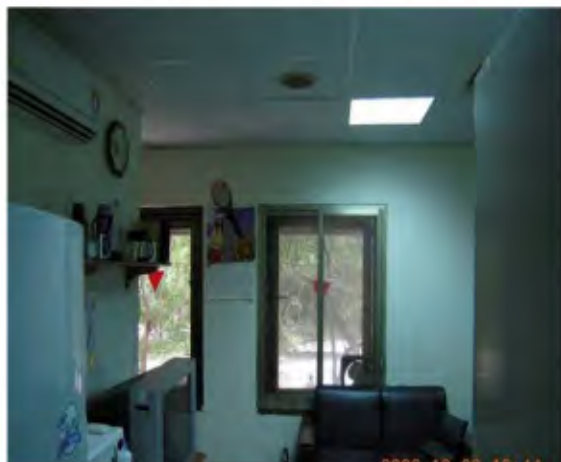


進行風量調整 TAB



進行送風側 TAB

5、增設外氣引入送風機及風管，配合人員控制風機啟停；於外氣溫度較低時，可直接以外氣替代空調使用，以節約能源。



室內無進氣口



增設外氣風機



二氧化碳量測



改善室內二氧化碳濃度

6、廁所增設排氣風機及風管，使其成為負壓空間，並將穢氣排至戶外環境，以改善室內空氣品質。



廁所加裝排氣風口



增設廁所排氣風機

5.1.4 成效成果

1. 空調部份改善成效描述

(1). 新設空調箱性能測試及TAB結果

表 5.1-3 中央聯合辦公大樓南棟新設空調箱測試結果表

空調箱 (AHU)	汰換前			汰換後		
	銘牌設計 風量(cmh)	實測風量 (cmh)	60Hz運轉電 流(A)	設計風量 (cmh)	實測風量 (cmh)	60Hz運轉電 流(A)
3-1	20642	18223	16.7	21000	20391	13.9
3-2	20642	16434	15.6	21000	20322	13.8
5-1	20642	14458	16	21000	21821	14.3
5-2	20642	17494	16.5	21000	20301	13.9
7-1	20642	18724	19.8	21000	23597	15.6
7-2	20642	17542	17.1	21000	22508	15.2
12-1	20642	16755	15.3	21000	21610	14.8
12-2	20642	17300	16	21000	21220	14.7
17-1	20642	17494	16	21000	20574	14.5
17-2	20642	17134	16.2	21000	20809	14.5

其中汰換後之AHU-7-1及AHU-7-2檢測時其60Hz運轉電流分別為27.6(A)及27.1(A)，經空調箱廠商效正調整後再次檢測，其60Hz運轉電流分別為15.6(A)及15.2(A)。

由上述數據可知，空調箱汰換前後其60Hz運轉電流有明顯降低，達到節能效能，再加上變頻器功效後，節能效果將更為顯著。

(2).新設空調箱 5-1 及 5-2 靜壓、VAV-BOX、變頻器與監控系統測試

表 5.1-3 中央聯合辦公大樓南棟新設空調箱測試結果表

AHU-5-1、AHU-5-2					
VAV-BOX 操作		變頻器頻率(Hz)		壓差量測值(Pa)	
AHU-5-1	AHU-5-2	AHU-5-1	AHU-5-2	AHU-5-1	AHU-5-2
100%	100%	56	57.5	90	52
50%	50%	44	42	88	49

(3).新設空調箱5-1，外氣溫度20.2℃，以大量外氣作為空調，減少耗電並降低二氧化碳濃度(測試日期：97.11.12)

表 5.1-4 中央聯合辦公大樓南棟新設空調箱 VAV-BOX 測試表

設備編號：AHU-5-1

室內環境測試紀錄表				
樓別	測試位置	環境溫度	相對濕度	二氧化碳濃度
5	A-1 會計科	23.7℃	62.1%	550PPM
5	B-1 會計科	23.9℃	61.7%	558PPM
5	C-1 政風室	24.5℃	59.5%	543PPM
5	C-2 政風室	23.9℃	60.8%	530PPM
5	D-1 文書室	23.4℃	62.1%	530PPM

2.二樓保警寢室室內空氣品質部分：

新設進、排氣風機測試，其結果如下表列所示(自TAB測試報告中摘錄)。

送風側

表 5.1-5 中央聯合辦公大樓南棟室內環境測試紀錄表

測試地點：中央聯合辦公大樓南棟			
設備位置：東側 2 樓夾層空氣側及換氣設備改善案			
	調整前	調整後(B)	
風量	191 CFM	194 CFM	#1 出風口
	166 CFM	185 CFM	#2 出風口
	126 CFM	183 CFM	#3 出風口
二氧化碳濃度	安裝前 883 PPM	549 PPM	
	安裝前 821 PPM	539 PPM	

表 5.1-6 中央聯合辦公大樓南棟保警寢室空氣品質測試表

測試地點：中央聯合辦公大樓南棟			
設備位置：西側 2 樓夾層空氣側及換氣設備改善案			
	調整前	調整後(B)	
風量	178 CFM	188 CFM	#1 出風口
	162 CFM	187 CFM	#2 出風口
	137 CFM	182 CFM	#3 出風口
二氧化碳濃度	安裝前 812 PPM	525 PPM	
	安裝前 823 PPM	589 PPM	

3.改善成效描述

(1)南棟五樓空調箱AH-5-1量測改善前後之耗電量，其空調箱在滿載運轉58.8Hz時，運轉電流為17.9A，汰換後空調箱並進行變頻監控連動，其空調箱約可運轉在35.5Hz，運轉電流11.8A。

(2)以一年約261個工作天(365天扣除52週六、日)，一天工作8小時，功率因素0.85計算，AH-5-1空調箱約可節省7125.6KWH。

$$\begin{aligned}
 KWH &= (\sqrt{3}VI \cos \theta) \times 261 \text{ day} \times 8 \text{ hour} \\
 &= \sqrt{3} \times 380 \times (17.9 - 11.8) \times 0.85 \times 365 \times 8 \\
 &\cong 7125.6 \text{ KWH}
 \end{aligned}$$

(3)溫室氣體CO₂減少之排放量(每一kWh所減少0.637kg之CO₂)：

$$7125.6 \text{ kWh} \times 0.637 \text{ kg/kWh} = 4539 \text{ kg}$$

(4)空調箱數據可知室內二氧化碳濃度約在511~587ppm之間；二樓保警寢室室內空氣品質數據知室內二氧化碳濃度約在525~589ppm之間，皆符合行政院環保署室內空氣品質管制標準。(行政院環境保護署環署空字第0940106804號)

5.1.5 小結

1. 中央聯合辦公大樓南棟改善前後空調箱效益分析

項目	改善前	改善後
全年總電量 (kWh)	242,095	127,715
全年總電費 (元)	750,495	395,917
全年 CO ₂ 排放量 (kg)	154,214	81,354
節能效益 (kWh)	114,380	
節能效益 (元)	354,578	
減少 CO ₂ 排放量 (kg)	72,860	

註：

1. 改善前後全年運轉時數 2,800 小時
2. 每消耗 1 度電產生 0.637 kg 二氧化碳
3. 每度電費用為 3.1 元進行評估
4. 改善後根據改善前所測風量與耗電進行比較與評估
分析 (最低運轉頻率設定為 30 Hz)

2. 中央聯合辦公大樓南棟 BEMS 節能效益分析

項目	節能效益分析
節能效益 (kWh)	115,544
節能效益 (元)	358,186
減少 CO ₂ 排放量 (kg)	73,486

註：

1. 以該建築物樓地板面積 $42,794\text{m}^2 \times \text{EUI}$
(辦公室 160 kWh/ year · 2)
2. 空調系統總耗電佔 45%，其中送風系統
共佔 25% 進行評估
3. 每度電費用為 3.1 元進行評估

系統節能效益(%)計算式

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

$$\text{系統節能效益}\% = \frac{242,095 - 127,715}{242,095} \times 100\% = 47.2\%$$

3.改善成效總結

項目	更新既設空調箱設備	BEMS 系統
系統節能效益 (%)	47.2	-
節能效益 (kWh)	114,380	115,544
節能效益 (元)	354,578	358,186
減少 CO ₂ 排放量 (kg)	72,860	73,486
空調系統節能效益 (kWh)	229,924	
空調系統節能效益 (元)	712,764	
空調系統減少 CO ₂ 排放量 (kg)	146,346	

- 4.中央聯合辦公大樓南棟，其空調箱設備改善前使用已達十六年之久，設備老舊效率低及啓停控管等問題，且缺乏中央監控，造成大樓空調耗能嚴重，本工程除更新增空調箱，並將損毀之控制元件回復，使其恢復變風量功能，並透過 CO₂ 感測器調節外氣引入量，改善室內空氣品質
- 5.另外，透過建置之BEMS(Building Energy Management System)能源管理系統，將未來能源使用狀況完整呈現，日後若有變更，可參照監控數據，調整其運轉模式，以達成能源節約目的。
- 6.此次節能改善案，不但可節省空調耗能外，同時也可改善室內空氣品質，將大幅度改善南棟人員工作環境，而這也是此案之最大成效。

5.2 總統府 - 改善案例介紹

建築用途：辦公類。

使用對象：總統、副總統、辦公人員、洽公人員及駐衛人員。

建築描述：

- ◆ 地上 5 層樓。
- ◆ 坐向：坐南朝北。
- ◆ 建築物類別：辦公。
- ◆ 使用人數：約 1,000 人。



台北市中正區重慶南路一段 122 號

表 5.2-1 總統府改善效益

節能改善項目	改善項目	
	1、空調送風機類比式控制器，改善成數位化控制器，並整合至升級至 BEMS 系統。 2、調整圖書室之照明控制迴路，並設置照度感應器。 3、將偏樓原電熱式熱水器改設置為熱泵系統。 4、進行空調系統之性能調適與驗證(TAB/Cx)	
綜合效益	項目	改善後
	節能效益 (kWh/年)	580,000
	節能效益 (元/年)	1,450,000
	減少 CO2 排放量 (kg/年)	906,250

5.2.1 空調系統

主樓目前使用離心式主機450RT兩台及螺旋式主機180RT兩台，並採可變流量(VWV)二次區域泵浦系統，冷卻水塔風車採用變頻節能控制。



圖 5.2-1 總統府冰水主機

1. 空調送風：採空調箱及風機盤管系統。
2. 總空調面積：34,859m²。
3. 空調使用時間：8：00～18：00，共 10 小時。

5.2.2 問題描述與改善對策

1. 溫度控制器及監控系統狀況描述：

- (1). 原室內溫度控制器為類比式，風速僅有3段調控，且未連結至監控系統，造成營繕人員無法有效監控管理各室內設定溫度。



圖 5.2-2 總統府空調系統既有三速開關

- (2).既有之空調監控系統，缺乏自動紀錄及遠端控制之功能，營繕人員必需至設備現場手動抄錄，不易設備管理及用電追蹤。



圖 5.2-3 總統府空調系統監控畫面

溫度控制器及監控系統改善對策

- 1.五樓空調風機盤管改設為數位控制器，並整合連線至監控系統，可遠端控制室內溫度及送風機啟停。



圖 5.2-4 總統府空調系統風機數位式控制器

2.更新升級監控系統，建立空調系統、電力負載監控、耗能資料庫及遠端控制等功能。

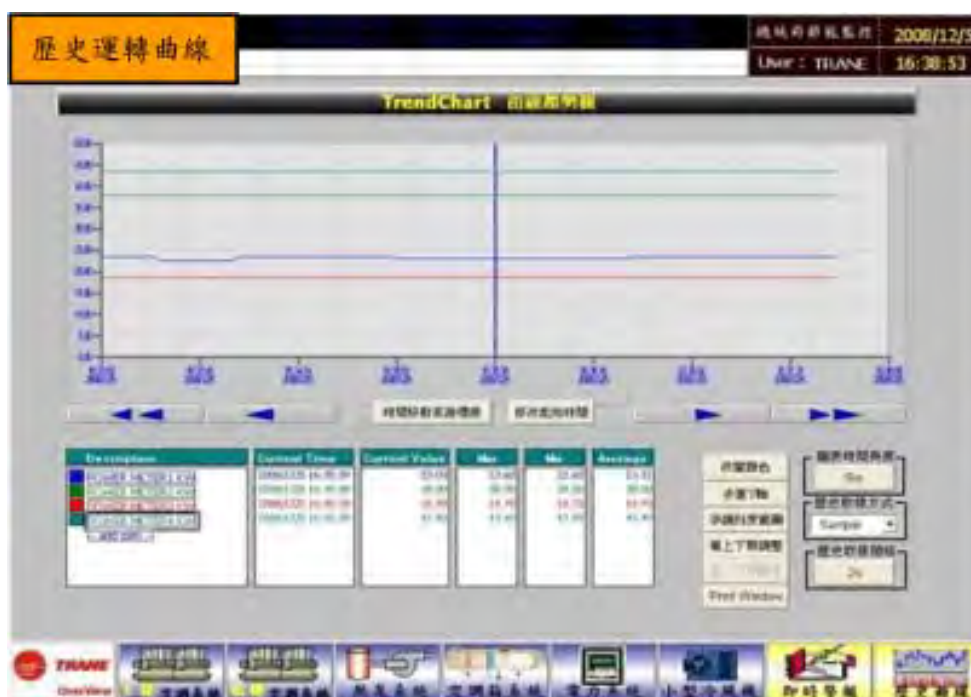
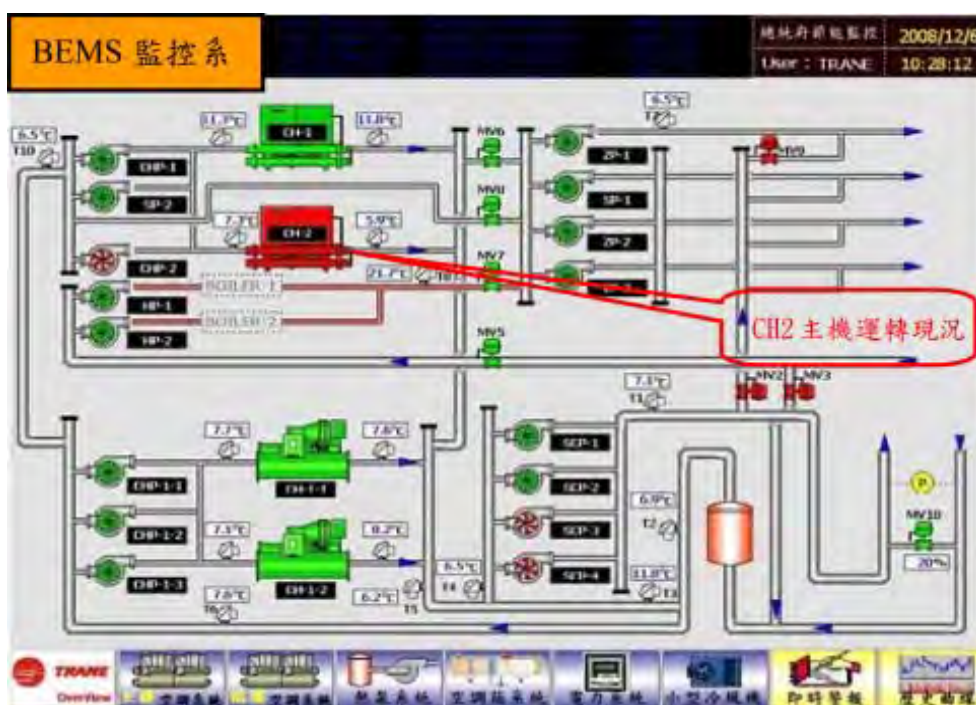


圖 5.2-5 總統府空調系統BEMS 監控畫面

2. 照明系統狀況描述：

圖書室靠窗面之晝光充足，惟缺乏單獨控制靠窗面之燈具開關，未能有效利用晝光；主樓走廊區原缺乏良好之照明迴路控制，一開全開。



圖 5.2-6 總統府照明系統狀況

照明系統改善對策

1. 本案走廊區規劃增設自動點滅裝置及更改照明之迴路，依各時段照明需求開啓所需之燈具數量。為充分利用晝光，將圖書室之照明控制線路重新調整，並設置自動感應器，於白天室內照度足夠時，自動調光或點滅，以節約照明用電。

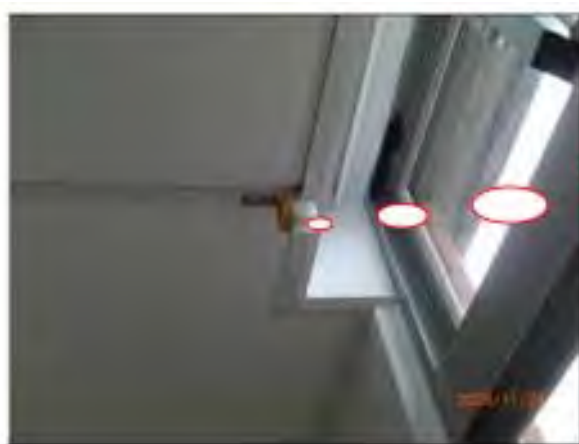


圖 5.2-7 總統府照明系統改善對策－加裝晝光感知器進行晝光利用



圖 5.2-8 總統府照明系統改善對策－走梯出口加裝人員感知器

3. 偏樓熱水系統狀況描述：

(1). 宿舍區之熱水系統為傳統電熱設備，耗電高、效率低。



圖 5.2-9 總統府既有熱泵系統

(2).為提升熱水系統之能源效率，本案規劃將原電熱水器改設置為熱泵系統，其效率為電熱水器之3倍，且可與空調系統結合，一方面提供餘冷供冷房使用，另方面亦將空調產生之熱能回收，以降低熱泵之能耗。

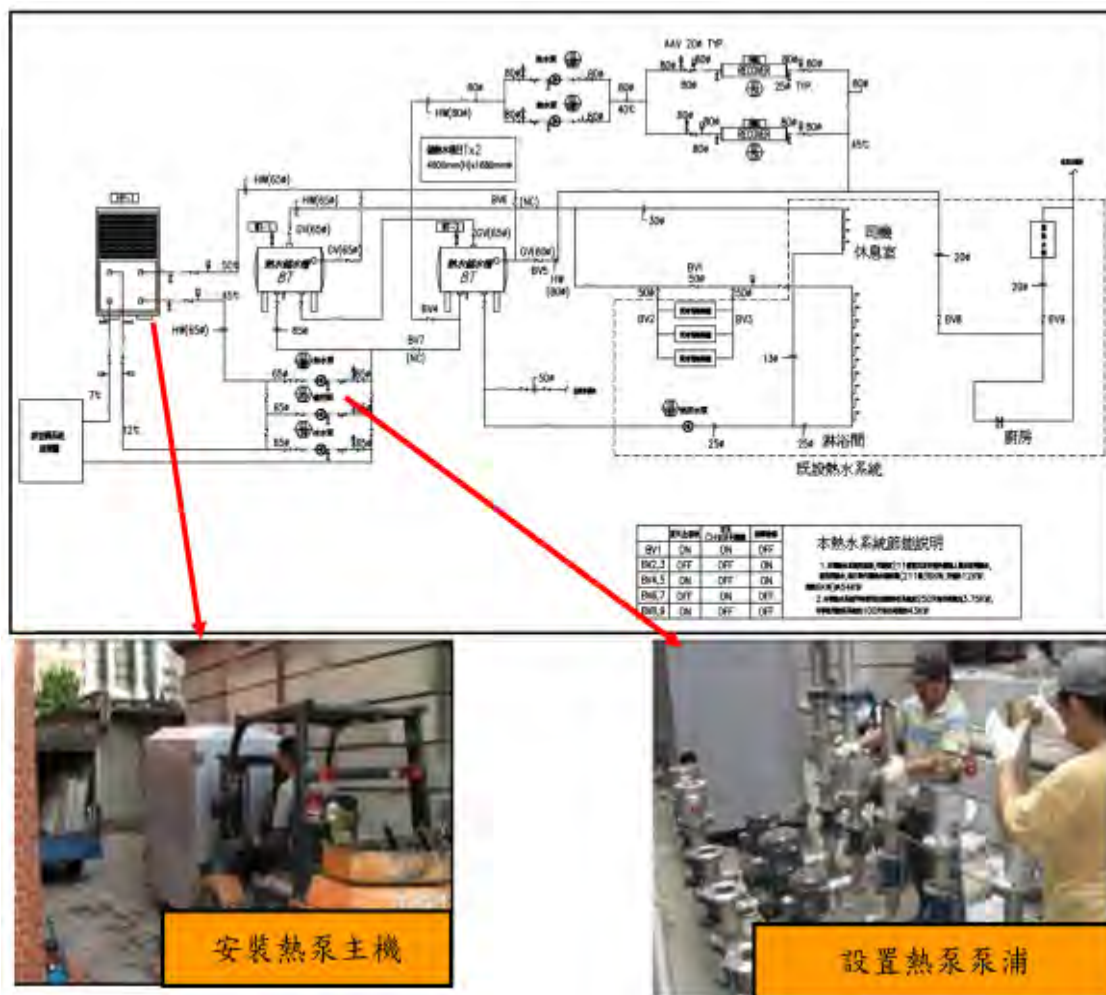


圖 5.2-10 總統府熱泵系統改善對策

4.改善項目一覽表：

表 5.2-2 總統府改善項目

改善項目	問題描述	改善對策
主樓空調系統	現有空調系統之運轉現況與原設計條件已有明顯偏差，造成空調系統之整體能源效率降低	進行空調系統之性能調適與驗證(TAB/Cx)
	原有之空調送風機之控制器為類比式，且未連結至監控系統，造成管理不易。	數位化 5F 空調送風機之控制器，並整合至 BEMS 系統進行室內溫度控制與管理。
	原有監控系統缺乏自動記錄及遠端控制之功能	升級監控系統，並建立整體耗能資料庫及遠端控制功能，以最佳化能源使用效率
主樓照明系統	圖書室靠窗面之晝光充足，惟缺乏單獨控制靠窗面之燈具開關，未能有效利用晝光	調整圖書室之照明控制迴路，並設置照度感應器，依白天室內照度足夠時進行自動調光或點滅
	走廊區域缺乏良好之照明迴路控制，一開全開	增設自動點滅裝置及更改照明之迴路
偏樓熱水系統	宿舍區之熱水系統為傳統電熱設備，耗電高效率低	設置熱泵系統同步供應熱水及空調需求，以提升熱水系統效率

5.2.3 成效成果

1. 能源監控系統(BEMS)部分經升級更新後，可對整體建築耗能進行完整之即時線上(Real time online)監控，大幅提昇系統之自動化與智慧化功能，並可實施自動排程運轉等節能策略，節省大量之人力，同時建立完整之耗能資料庫，以有效管理或分析歷史運轉資料，供未來進一步調整最佳化節能管理之依據。
2. 走廊及電梯出口處之照明系統改善後，可依各時段照明需求開啓所需之燈具數量，減少燈具開啓時數；另夜間照明燈具共計88盞更換為LED燈具，合計減少照明設備量共2,922W，依照明使用功率時間計算，預計每年可節省用電量約1萬度，相當於每年節省約26,000元之電費。
3. 新設之熱泵設備及儲熱水桶系統可供每日300人次洗澡用熱水，並大幅改善熱水供應品質，除整體熱水效率約提升3倍外，更可同步提供約29噸之空調，具雙重之節能效果。預計每年可減少空調用電量約37萬度，相當於每年節省約93萬元之運轉電費。

另偏樓之空調系統藉由加裝之熱回收器，可將主機運轉所廢熱回收再利用，共計可提供215kW之熱能供熱水系統使用，為達到最佳之節能效果，本案依熱泵系統與空調系統之使用特性，擬定各季節之設備控制策略(如下述)。改善後估計每年可節省熱水系統用電量約10萬度，相當於每年節省約25萬元之電費。

5.2.4 小結

本計畫針對主樓之空調、照明系統、偏樓之熱水系統及277會議室進行節能改善後，已獲得極佳節能減碳效果，總計每年約可節省58萬度之用電量，相當每年減少約145萬元電費。總投入金額約500萬元，預計回收年限約為3.5年，極具經濟成效。其優良成果建議可進一步大量推廣應用，以帶動我國節能減碳之風潮，並與全世界之節能潮流接軌，善盡我國作為地球村一份子之責任。

5.3 國立台灣大學圖書館 - 改善案例介紹

建築用途：辦公區、圖書館及典藏室。

使用對象：辦公人員、教師、學生等。

建築描述：

- ◆ 地上 5 層樓，地下 1 層樓。
- ◆ 建築物類別：辦公。
- ◆ 使用人數：約 10,000 人。
- ◆ 樓地板面積：35,325 m²。



台北市羅斯福路四段一號

表 5.3-1 國立台灣大學圖書館改善效益

節 能 改 善 項 目	改 善 項 目	
	1、更換溫控器，AHU-24 改為變風量控制。 2、更改儲冰系統板式熱交換器管路。 3、區域冰水泵浦，增設變頻器控制。 4、設置能源管理系統。 5、改善項目 TAB。	
綜 合 效 益	項 目	改善後
	節能效益 (kWh/年)	840,478
	節能效益 (元/年)	2,109,912
	減少 CO ₂ 排放量 (kg/年)	523,618

5.3.1 空調系統

1. 空調送風：小型送風機及空調箱。
2. 總空調面積：29,965 m²。
3. 空調使用時間：08:00~22:00，共14小時。

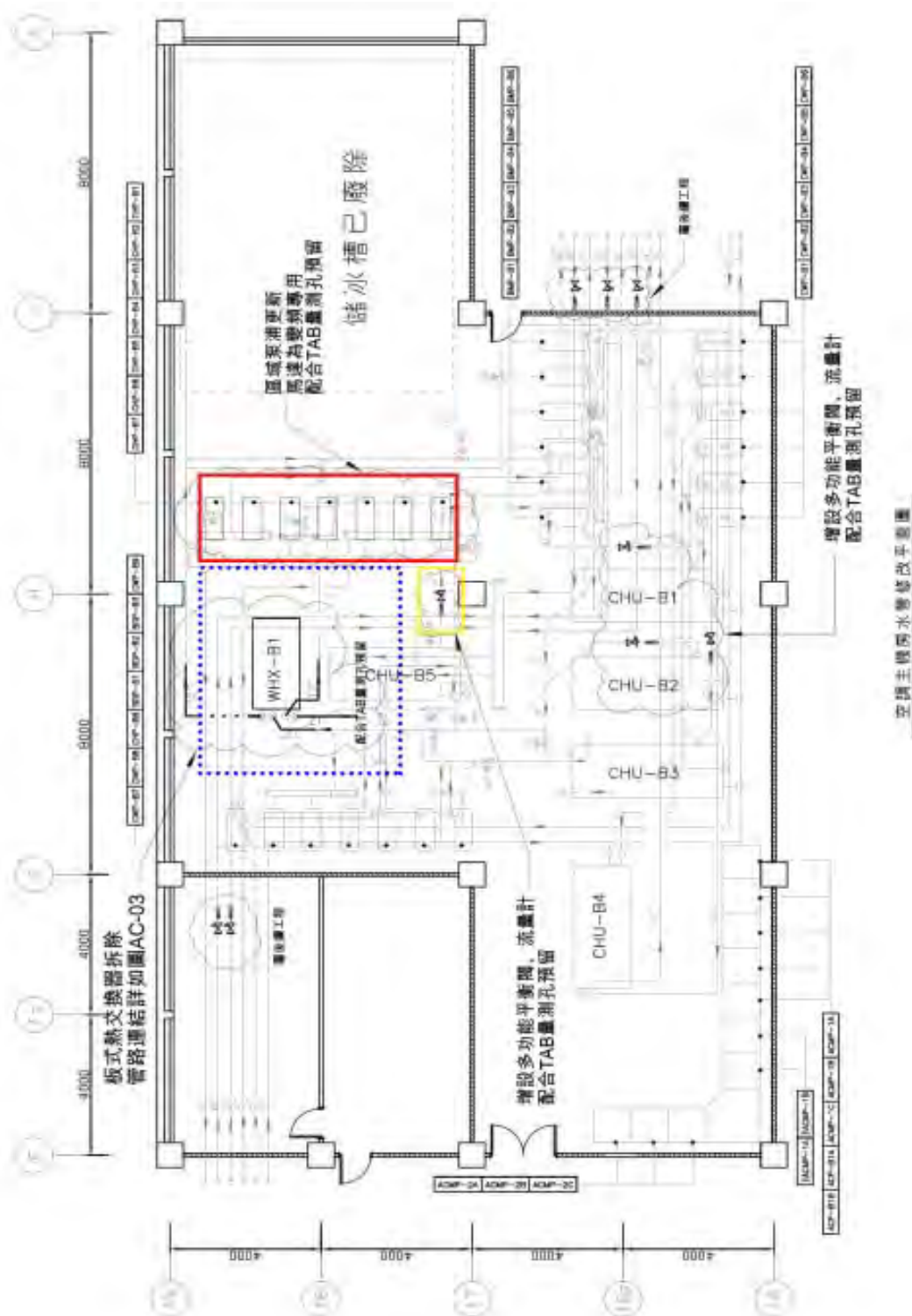


圖 5.3-1 國立台灣大學圖書館空調系統改善平面圖

5.3.2 問題描述與改善對策

1. 區域冰水泵狀況描述：

目前管路採用一/二次側定流量系統，但空調箱及送風機冰水管路配置為3通閥。



圖 5.3-2 國立台灣大學圖書館空調系統區域冰水泵

空調箱改善對策

將冰水閥修改為二通閥，並將區域冰水泵浦增設變頻器，進行冰水流量控制，減少泵浦耗電量。



圖 5.3-3 國立台灣大學圖書館空調系統區域冰水泵

2. 板式熱交換器狀況描述：

- (1). 既有主機為儲冰/空調並用設備，白天會以滷水經板式熱交換器進行空調冰水供應。
- (2). 冰水經由板式熱交換器進行熱傳遞，增加熱傳損耗。
- (3). 增加滷水泵設備運轉耗能。



圖 5.3-4 國立台灣大學圖書館空調系統板式熱交換器

板式熱交換器改善對策

拆除儲冰機至冰水側之熱交換器，減少熱傳損失及滷水泵，冰水主機之耗能。

3. 監控系統狀況描述：

監控系統邏輯控制不符合現今空調節能控制。



圖 5.3-5 國立台灣大學圖書館空調監控系統

監控系統改善對策

將改善後之設備納入既設空調監控系統，使其升級為BEMS能源管理系統，有效管控空調設備運轉及操作，提高整體系統運轉效率。



圖 5.3-6 國立台灣大學圖書館空調 BEMS 監控系統

4.改善項目一覽表：

表 5.3-2 國立台灣大學圖書館改善項目

改善項目	問題診斷	改善對策
更換溫控器， AHU-24 改為變風量控制	室內溫控器老舊溫控不佳。	更換溫控器，部份區域變風量控制，整合 BEMS 節能監控。
更改板式熱交換器管路	冰水主機之冰水透過熱交換器將能量傳遞至冰水側故效率不佳。	拆除儲冰機至冰水側之熱交換器，減少熱傳損失及滴水泵，冰水主機之耗能。
區域冰水泵浦 增設變頻器控制	區域冰水泵無節能控制。	區域冰水泵浦增設變頻器，進行冰水流量控制，減少泵浦耗電量。
設置能源管理系統， 有效管理空調系統	目前監控系統已具備基本監控功能；若將改善後之設備納入既有監控系統，將能更有效掌握耗能狀況。	將改善後之設備納入既設空調監控系統，使其升級為 BEMS 能源管理系統，有效管控空調設備運轉及操作，提高整體系統運轉效率。

5.3.3 成效成果

1. 區域冰水泵浦改善成效描述

表 5.3-3 改善後泵浦量測結果(自 TAB 測試報告中摘錄)

測試項目		頻率	平均 耗電量	吸入 壓力	出口 壓力	揚程	備註
		Hz	kW	kg/cm ²	kg/cm ²	M	—
改善前	B1	60	32.8	0.78	3.90	31.2	
	B7	60	3.14	1.00	3.92	29.2	
改善後	B1	60	28.4	1.32	4.19	28.7	泵浦更新
		30	3.83	2.49	3.19	6.99	泵浦更新
	B7	60	8.48	0.795	3.81	30.2	泵浦更新
		30	1.20	1.695	2.29	5.95	泵浦更新

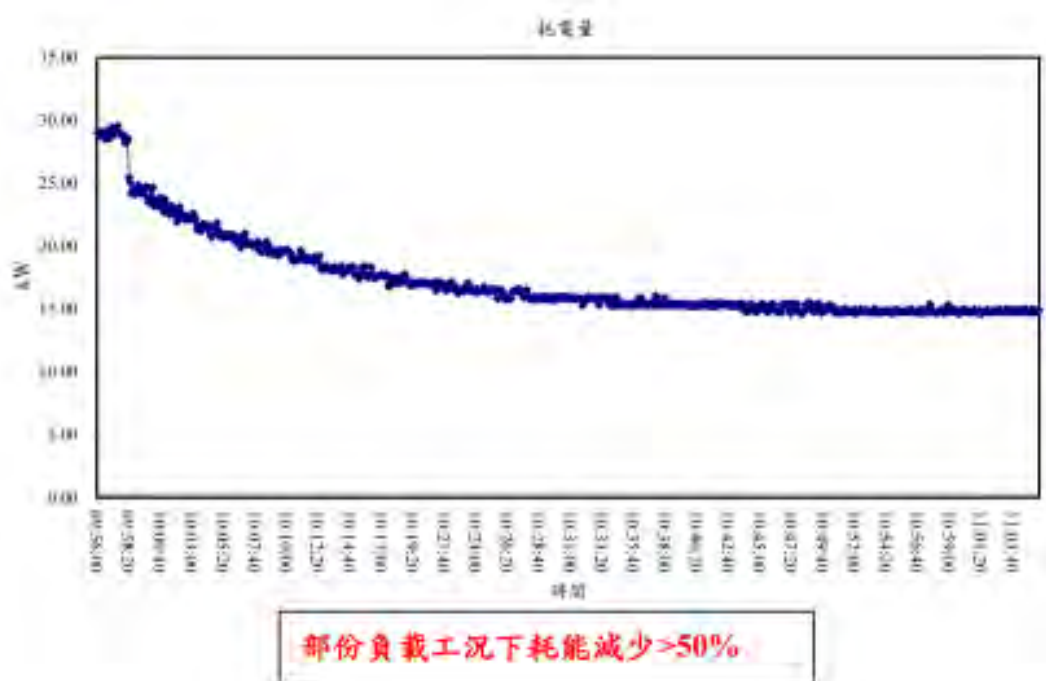


圖 5.3-7 國立台灣大學圖書館泵浦耗電量曲線圖

2. 空調箱 AHU-24 改為變風量系統

表 5.3-4 改善前、後 AHU-24 現場耗電量量測結果 (自 TAB 測試報告中摘錄)

測試項目		頻率	平均耗電量	控制模式
		Hz	kW	—
改善前	AHU-24	60	11.1	定風量系統
改善後 (風扇更新)	AHU-24	60	14.1	變頻器控制
	AHU-24	30	2.15	變頻器控制

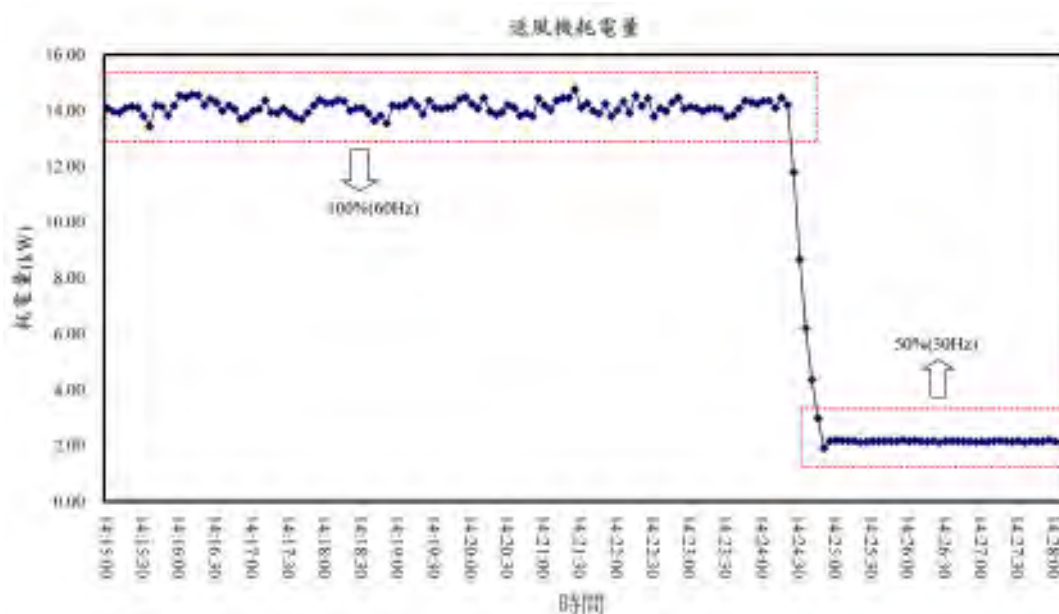


圖 5.3-8 國立台灣大學圖書館空調箱耗電量曲線圖

3. 改善成效描述

(1) 冰水泵浦每日運轉24小時，改善後二次側冰水泵浦依照末端壓差設定(0.31kg/cm²)進行變頻器頻率控制，並且每日開啓三台40HP(三台相同頻率運轉)；及一台15HP冰水泵浦(運轉頻率為60Hz)。改善前後節能效益計算，改善後二次側變水量系統全年可節能54.9%，可節省167,844kWh用電度數；419,610元運轉費用及104,567kg-CO₂排放量。

(2)AHU-24原為定風量系統，無法依室內負載，進行需量控制。改善後於風管末端三分之一處裝設壓力感測器(利用3區域末端壓力平均值，目前設定500Pa)控制變頻器之運轉頻率，以調整供風風量；室內安裝溫度感測器，當溫度達到設定溫度時，調整風管內自動風門開度，進行需量控制。改善前後節能效益計算，改善後變風量系統全年可節能28.8%，可節省14,528kWh用電度數；45,037元運轉費用及9,051kg-CO₂排放量。

(3)本次改善將冰水、冷卻水及空氣側監控整合於新設能源管理系統，有效控管空調設備運轉及操作，提高整體系統運轉效率。其能源管理系統效益分析結果，整年可減少658,106度之電力消耗；減少1,645,265元運轉費用；減少410,000kg二氧化碳排放量。

5.3.4 小結

1.改善區域泵浦變頻控制效益分析

表 5.3-5 國立台灣大學圖書館改善區域泵浦變頻控制效益分析

說明			改善前			改善後			
使用時間		設備運轉時間	天數	平均運轉耗電量	能源單價	運轉費用	平均運轉耗電量	能源單價	運轉費用
		hr/Day	Day	kW	元/度	元	kW	元/度	元
週一至週日	—	24	355	35.9	2.5	764,670	16.2	2.5	345,060
節省費用(\$/年)				419,610					
節省運轉度數(kWh/年)				167,844					
節能效益(%/年)				34.9					
減少二氧化碳排放量(kg/年)				104,567					

備註:

- 1.B1~B4 為 40HP，相同規格，每日運轉 3 台(B1、B2 及 B4)。22:00~08:00 泵浦運轉 30Hz，其餘依末端壓力設定變化。
- 2.B1 運轉於 45Hz 運轉耗電量為 12.0kW(利用相似定律計算)。
- 3.40HP 及 15HP 冰水泵浦每年共運轉 8,520 小時，其中 3,550 小時運轉 30Hz。
- 4.40HP 白天運轉共 4,970 小時，以泵浦運轉 100%(60Hz)佔 1,740 小時(35%)；75%(50Hz)佔 1,988 小時(40%)；50%(30Hz)以下佔 1,242 小時(25%)。依照 CNS 12575/12812 蒸氣壓縮式冰水機組，2005(草案)之 IPLV 權重計算。平均耗電量為 15.7kW。
- 5.B5~B7 為 15HP，相同規格，每日運轉 1 台(B7)，22:00~08:00 泵浦運轉 30Hz，其於運轉於 60Hz。
- 6.B1~B7 皆為 24 小時運轉。
- 7.以每年 355 天計算。每度電為平均 2.5 元計算。
- 8.每消耗一度電力產生 0.623kg 二氧化碳。

2.改善空調箱效益分析

表 5.3-6 國立台灣大學圖書館改善空調箱效益分析

說明				改善前			改善後		
使用時間		設備運轉時間	天數	平均運轉耗電量	能源單價	運轉費用	平均運轉耗電量	能源單價	運轉費用
		hr/Day	Day	kW	元/度	元	kW	元/度	元
一般時間 (週一至週六)	08:00 22:00	14	205	11.1	3.1	98,757	7.9	3.1	70,286
一般時間 (週日)	08:00 17:00	9	35	11.1	3.1	10,839	7.9	3.1	7,714
寒暑假時間 (週一至週五)	08:00 21:00	13	80	11.1	3.1	35,786	7.9	3.1	25,470
寒暑假時間 (週六至週日)	08:00 17:00	9	35	11.1	3.1	10,839	7.9	3.1	7,714
節省費用(\$/年)				45,037					
節省運轉度數(kWh/年)				14,528					
節能效益(%/年)				28.8					
減少二氧化碳排放量(kg/年)				9,051					

備註：

- 1.AHU-24 運轉於 45Hz 運轉耗電量為 5.95kW(利用相似定律計算)。
- 2.每年運轉共 4,540 小時，以空調箱運轉 100%(60Hz)佔 1,589 小時(35%)；75%(50Hz)佔 1,816 小時(40%)；50%(30Hz)以下佔 1,135 小時(25%)。依照 CNS 12575/12812 蒸氣壓縮式冰水機組，2005(草案)之 IPLV 權重計算。平均耗電量為 7.9kW。
- 3.以每年 355 天計算。每度電為平均 3.1 元計算。
- 4.每消耗一度電力產生 0.623kg 二氧化碳。

3.BEMS 系統效益分析

表 5.3-7 國立台灣大學圖書館 BEMS 系統效益分析

項目	節能效益分析
節能效益(kWh/年)	658,106
節能效益(元/年)	1,645,265
減少CO ₂ 排放量(kg/年)	410,000

備註：

- 1.以該建築物樓地板面積 35,325m² × EUI(276 kWh/year · m²，台灣大學圖書館提供資料)
- 2.每度電力費用為 2.5 元進行評估

4.改善成效總結

表 5.3-8 國立台灣大學圖書館改善成效總結

說明	AHU-24 VAV 系統	區域泵浦增設 變頻器控制	增設能源 管理系統
系統節能效益(%/年)	28.8	54.9	15
系統節能效益(kWh/年)	14,528	167,844	658,106
系統節能效益(元/年)	45,037	419,610	1,645,265
減少 CO ₂ 排放量(kg/年)	9,051	104,567	410,000
空調系統節能效益(kWh/年)	840,478		
空調系統節能效益(元/年)	2,109,912		
空調系統減少 CO ₂ 排放量(kg/年)	523,618		

5.4 國立科學工藝館 - 改善案例介紹

5.4.1 中央空調系統運用 BEMS 建立智慧型運轉策略之方法與實驗印證

本計畫進行商業運轉中之大型建築中央空調系統之運轉智慧診斷，並擬定低成本、無成本之節能策略加以調式，並經由BEMS進行全尺度實驗印證，並比對其調適之成效，以作為後續推廣之依據。此類建築為展覽類，為典型每天運轉10小時之空調系統；

1. 科工館建築物概述

國立科學工藝博物館位於高雄市三民區九如一路720號，為一棟地上6層，地下1層樓之建築物。作為供民眾展覽參觀及辦公用。圖5.4-1為國立科學工藝博物館建築物之外觀。

2. 科學工藝博物館中央空調系統概述



圖 5.4-1 國立科學工藝博物館之建築外觀圖

科學工藝博物館空調系統由5台製冰機、2台250RT冰水主機、3桶儲冰槽、泵浦及空調箱等等所組成。儲冰槽已組合為3組，如以下儲冰系統升位圖5.4-2所示。融冰時，經由冰水管路連接於4台版式熱交換器，進行熱交換，提供現場空調。冰水管路與2台冰水主機並聯；由於採分量設計，空調負荷由冰水主機及儲冰槽同時提供冰水，以滿足需求，如下空調系統升位圖5.4-4所示。

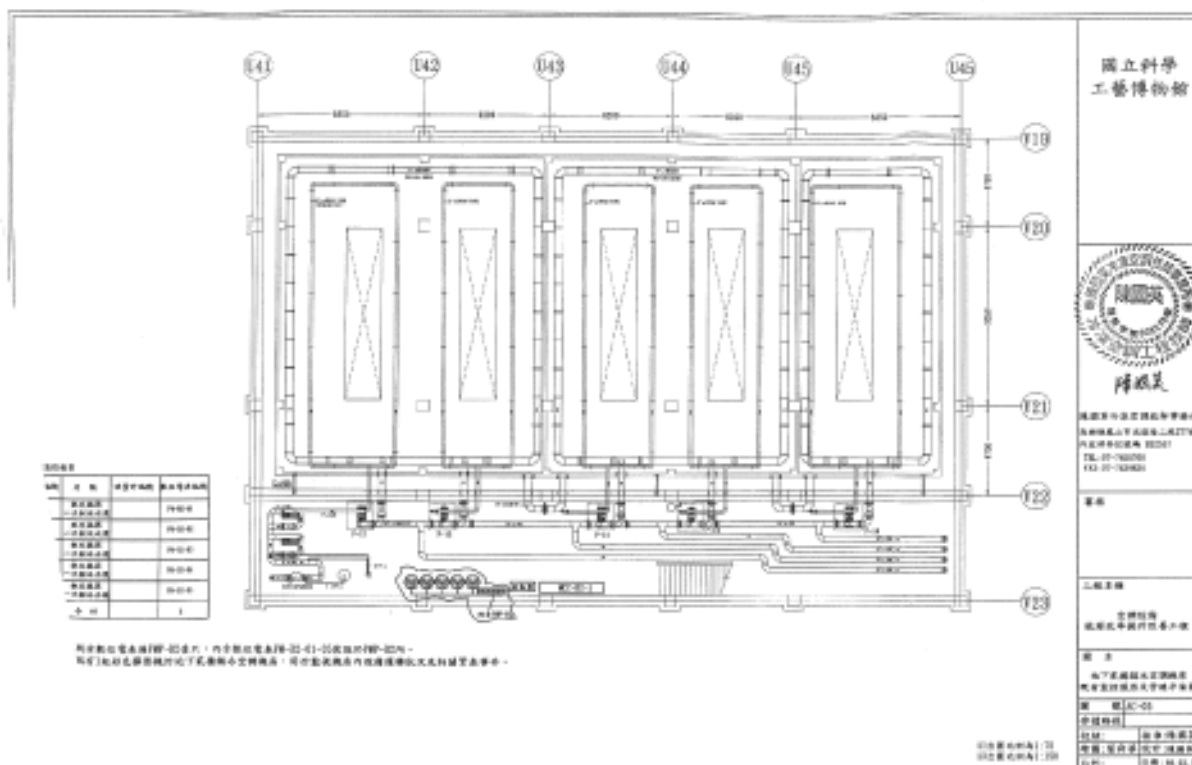


圖 5.4.2 科學工藝博物館儲冰系統升位圖

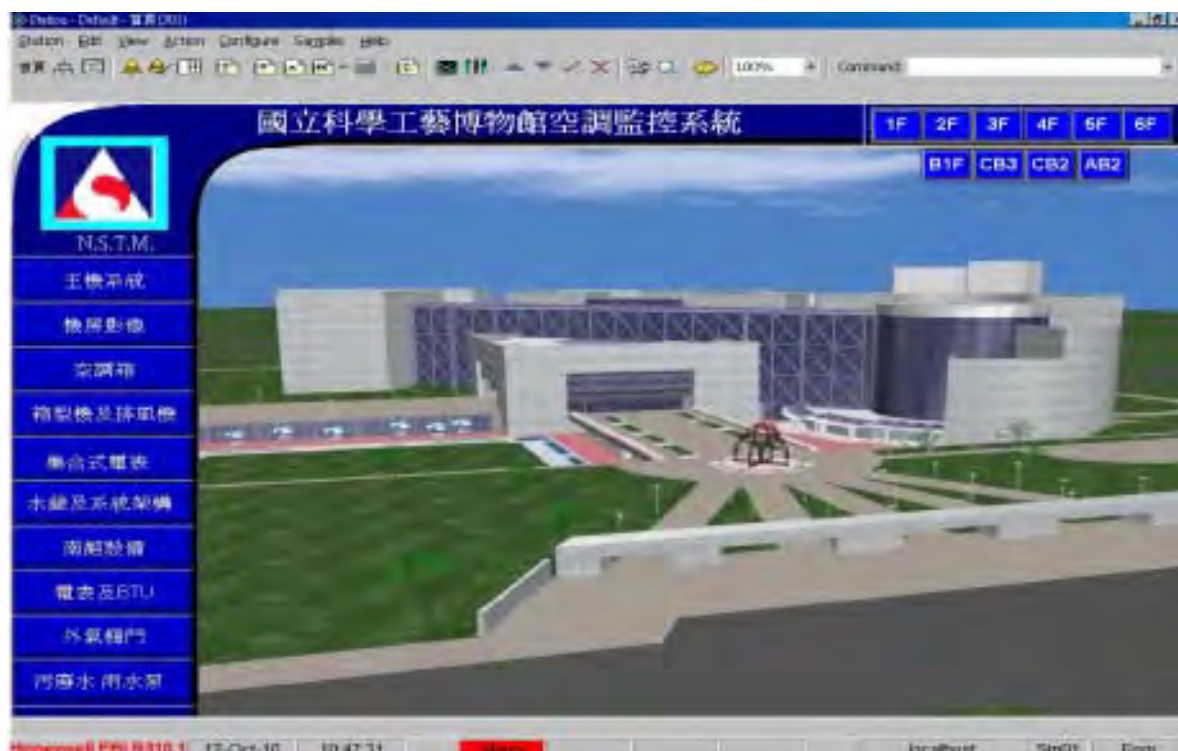


圖 5.4-3 科學工藝博物館BEMS 監控頁面

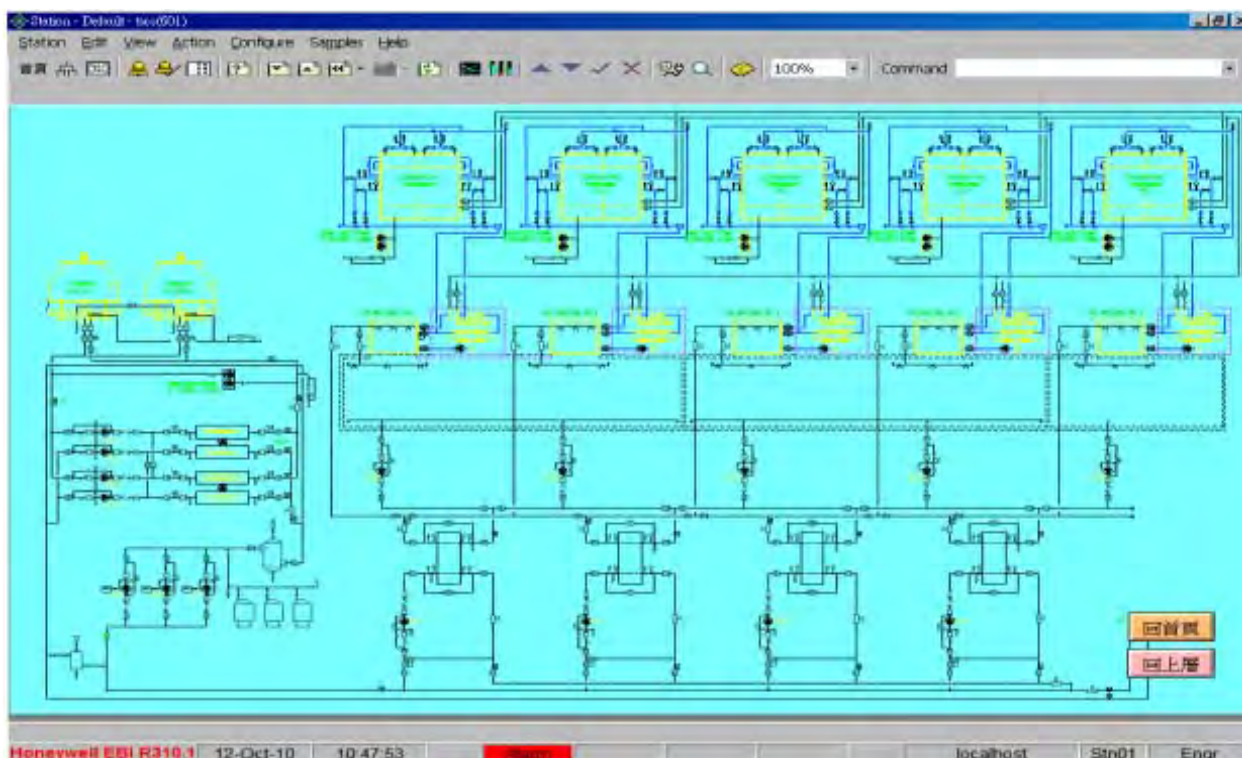


圖 5.4-4 科學工藝博物館空調系統升位圖

3. 高效率主機先發與智慧型運轉模式建立之流程

為有效辨別各不同冰水主機之性能以建立智慧型運轉模式，首先須將各主機之長時間運轉數據進行迴歸分析，以建立每台主機之性能曲線CH1~CHN。然後，至回水溫度之高低與預測實際負荷之變動並藉以啟動加載模式。同時，針對不同之負荷型態選取最適合之台數控制之運轉策略。

此策略之建立可經由不同台數主機組合形成總耗電量作為判斷之基準，在從其中求取最小者作為運轉策略。由於原先進行迴歸分析之建立實乃依據實際之運轉數據而得，因此，在實際運轉操作時，所選取之預測總耗電值將與實際值極為接近，具有高準確度。

4. CH1~CHN 性能迴歸分析式建立

此方法可運用於大型中央空調系統於進行商業運轉中，所有之冰水主機系統運轉參數，如冰水主機供應冰水出水溫度、冰水迴水溫度、冰水流量與主機耗電量等決定主機系統運轉能源效率之主要因素。經由 BEMS 進行即時線上之數據分析如耗電量、PLF 及冷凍能力等，來建立性能迴歸分析曲線圖，以便進行性能分析、最佳運轉模式建立，如下所示。

$$Q_{evp} = \frac{V_{chw} \times (T_{chwrt} - T_{chwst}) \times \rho_w \times C_{pw}}{60 \text{ sec/min}} \quad \dots\dots(1)$$

V_{chw} ：基準線冰水主機主幹管的冰水主機流量(LPM)

T_{chwrt} ：基準線冰水主機主幹管的冰水主機回水溫度(°C)

T_{chsrt} ：基準線冰水主機主幹管的冰水主機出水溫度(°C)

ρ_w ：水之密度 1 kg/L

C_{pw} ：水之比熱 4.186 kJ/kg·°C

定義主機性能迴歸分析式

$$\begin{aligned} 1/COP = & \\ & -1 + T_{chwrt}/T_{chwst} + \left[-A_0 + A_1 \times T_{chwrt} - A_2 \times \left(T_{chwrt}/T_{chwst} \right) \right] / Q_{evp} \quad \dots\dots(2) \\ \alpha = & (1/COP + 1 - T_{chwrt}/T_{chwst}) \times Q_{evp} \\ \beta = & (1/COP + 1 - T_{chwrt}/T_{chwst}) \times Q_{evp} + A_2 \times (T_{chwrt}/T_{chwst}) \\ = & \alpha + A_2 \times (T_{chwrt} / T_{chwst}) \end{aligned}$$

由量測可獲得：冰水出水溫度、冰水回水溫度、冰水流量、冷卻水進水溫度，代入 Q_{evp} 公式算出冰水主機負載量。再帶入方程式(2)求得冰水主機之COP。此即可做為後續改善冰水主機時之基準線，可得知改善前後之經濟效益。

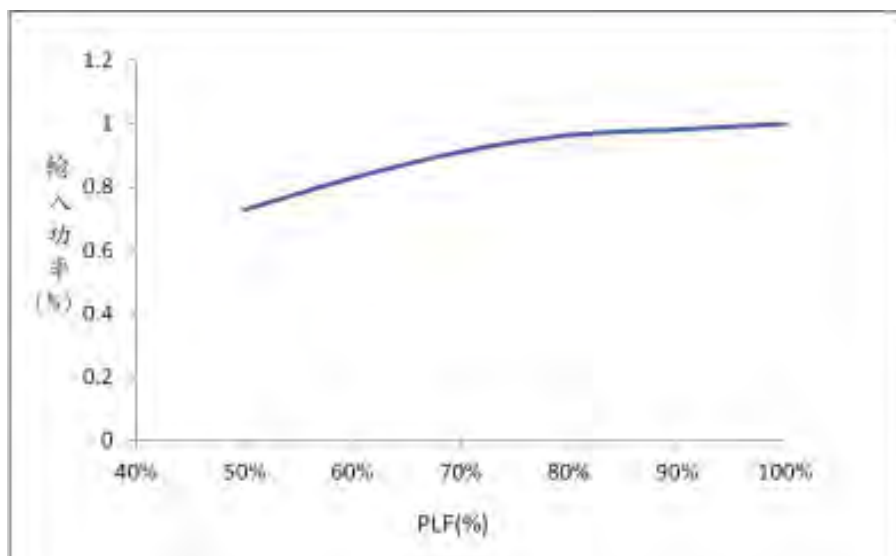


圖 5.4-5 科工館 CH-1 性能曲線圖

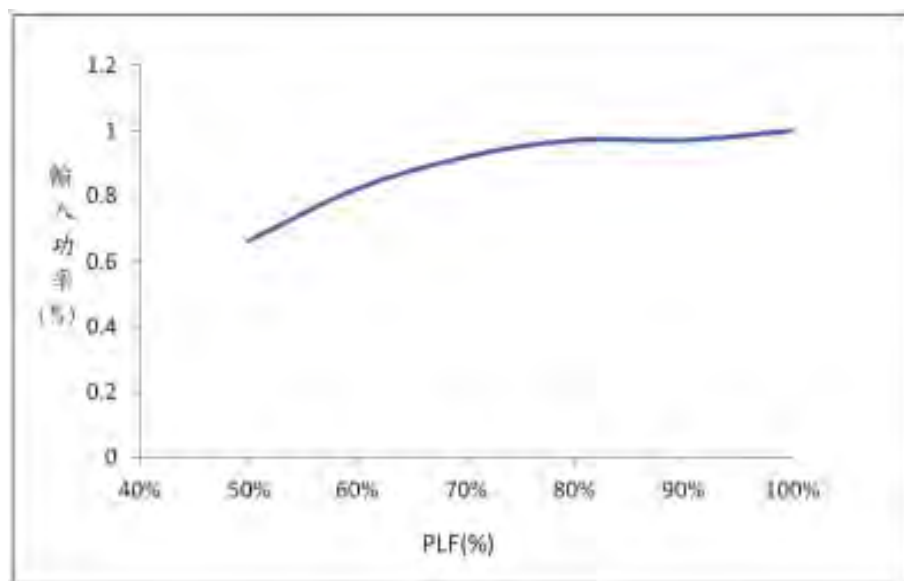


圖 5.4-6 科工館 CH-2 性能曲線圖

表 5.4-1 不同季節下部分負載率與耗電量之運轉參數

	負載	100%	90%	80%	70%	60%	50%
冰水主機	CH-1	169	166	163	154	140	123
	CH-2	175	170	170	161	144	116

5. 離峰時間儲冰模式之最佳化

根據台電三段式電價表中，離峰用電費不到尖峰時間電費的三分之一；因此，利用儲冰系統在離峰時間製冰，於尖峰時段融冰可大量節省電費。此節約電費之主要來源，乃電力公司為了鼓勵間峰時段電力不足時，客戶能將部分需求轉移至晚上離峰時段，對於電力調度有貢獻，且不必於全國需量大增而集中之時，將成本高之發電機組投入運轉而節約。因此，將此電價優惠回饋於用戶端乃雙贏之策略。下表5.4-2為台電三段式電價表，表中尖峰用電為4.26元而半尖峰及離峰僅需2.7或1.35元，因此利用離峰時間製冰，於尖峰時段融冰可以省下大量運轉電費。

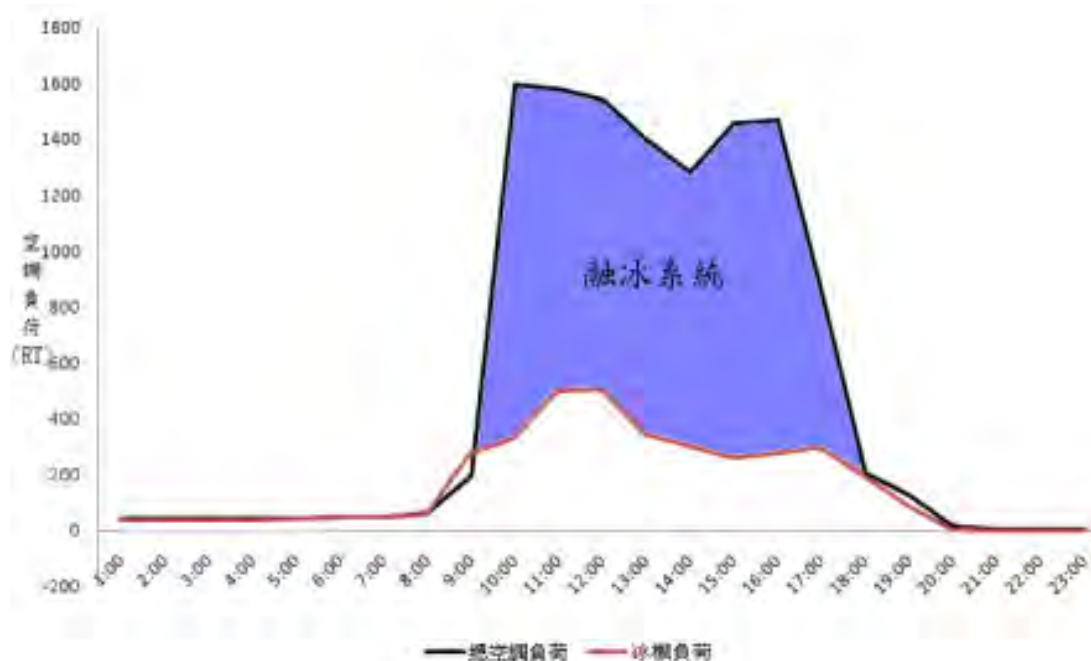


圖 5.4-7 利用BEMS 控制融冰速率以便與空調主機匹配，形成最小之尖峰電力需量為可行之策略

表 5.4-2 台電三段式電價表

三段式 時間電價	流動電費 (尖峰時間 固定)	週一至週五	尖峰時間	夏 月	10:00~12:00 13:00~17:00	每 度	4.26	—	4.21	—
			半尖峰時間	夏 月	07:30~10:00 12:00~13:00 17:00~22:30	每 度	2.70	—	2.66	—
				非夏月	07:30~22:30	每 度	—	2.62	—	2.58
		週六	離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22
			半尖峰時間	07:30~22:30		每 度	1.80	1.71	1.67	1.58
		週日及離峰日	離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22
			離峰時間	全 日		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22
	流動電費 (尖峰時間 可變動)	週一至週五	尖峰時間	夏 月 (指定 30 天)	10:00~12:00 13:00~17:00	每 度	7.22	—	7.16	—
			半尖峰時間	夏 月 (指定 30 天)	07:30~10:00 12:00~13:00 17:00~22:30	每 度	2.70	—	2.66	—
				夏 月 (指定以外期)	07:30~22:30	每 度				
				非夏月	07:30~22:30	每 度	—	2.62	—	2.58
		週六	離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22
			半尖峰時間	07:30~22:30		每 度	1.80	1.71	1.67	1.58
		週日及離峰日	離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22
			離峰時間	全 日		每 度	1.35	1.27	1.30	1.22

6. 冰水回水溫度預測實際負荷並啟動加載模式

藉由BEMS線上觀察冰水主機回水端溫度及出水端溫度，可即時推算目前所需之空調負載。若發現目前提供空調能力不足時，將反應於回水溫度之升高，並進行加載模式，以提供足夠之空調能力。如下表5.4-3所示，由BEMS監控系統發現大樓回水溫度在早上10點時達到 17℃隨即進行加載模式。

表 5.4-3 冰水回水溫度預測空調負荷

時間	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
大樓 回水溫 (℃)	13.8	15	17.2	15.2	12.8	13.1	12	13.4

7. 冰水主機負載分配最佳化

當空調系統主機運轉面臨需依空調負荷的變化，調整空調主機的運轉台數時，其節能策略建立進行之方法為列出不同負荷下所需加載冰水主機，依此主機容量進行選取PLF接近80%之組合，如此便可消除過量設計之耗電量(kwh)及需量(kw)，並使主機負載皆為80%以上，而達到運轉最佳化之目的。以科工館為例，該系統有2台冰水主機皆為250 RT，由上述回水溫得知現場需求負荷需再增加冰水主機運轉；為決定加載順序於是列出不同組合、不同負荷下主機耗電情形，藉此來得到滿足現場需求下且耗電量最小。根據科工館歷史紀錄進行運轉策略分析，如下表 5.4-4 至表 5.4-7 所示。

表 5.4-4 科工館空調負荷分佈

TIME	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
空調負荷 (RT)	61	196	1600	1583	1543	1402	1285	1456	1468	859

表 5.4-5 空調運轉策略 1

	TIME		CH-1	CH-2	融冰負荷	剩餘冰量 (RT)	主機系統 總耗電 (kw)	總耗電 (kw)
運轉策略 I	半尖峰 時間	08:00	250RT(60%)	250RT(0%)	0	8435	116	3037
			116	0				
		09:00	250RT(100%)	250RT(0%)	0	8435	169	
			169	0				
	尖峰時間	10:00	250RT(100%)	250RT(100%)	1100	7335	344	
			169	175				
		11:00	250RT(100%)	250RT(100%)	1083	6252	344	
			169	175				
	半尖峰 時間	12:00	250RT(100%)	250RT(100%)	1043	5209	344	
			169	175				
		13:00	250RT(100%)	250RT(100%)	902	4307	344	
			169	175				
	尖峰時間	14:00	250RT(100%)	250RT(100%)	785	3522	344	
			169	175				
		15:00	250RT(100%)	250RT(100%)	956	2566	344	
			169	175				
		16:00	250RT(100%)	250RT(100%)	968	1598	344	
			169	175				
17:00		250RT(100%)	250RT(100%)	359	1239	344		
		169	175					

表 5.4-6 空調運轉策略 2

	TIME		CH-1	CH-2	融冰負荷	剩餘冰量 (RT)	主機耗電 (kw)	總耗電 (kw)
運轉策略 2	半尖峰 時間	08:00	250RT(60%)	250RT(0%)	0	8435	116	2943
			116	0				
		09:00	250RT(80%)	250RT(0%)	0	8435	163	
			163	0				
	尖峰時間	10:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1200	7235	333	
			163	170				
		11:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1183	6052	333	
			163	170				
	半尖峰 時間	12:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1143	4909	333	
			163	170				
		13:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1002	3907	333	
			163	170				
	尖峰時間	14:00	250RT(80%)	250RT(80%)	885	3022	333	
			163	170				
		15:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1056	1966	333	
			163	170				
		16:00	250RT(80%)	250RT(80%)	1068	898	333	
			163	170				
		17:00	250RT(80%)	250RT(80%)	459	439	333	
			163	170				

表 5.4-7 空調運轉策略 3

	TIME		CH-1	CH-2	融冰負荷	剩餘冰量 (RT)	主機耗電 (kw)	總耗電 (kw)
運轉策略 3	半尖峰 時間	08:00	250RT(60%)	250RT(0%)	0	8435	116	2799
			116	0				
		09:00	250RT(80%)	250RT(0%)	0	8435	163	
			163	0				
	尖峰時間	10:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1250	7185	315	
			154	161				
		11:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1233	5952	315	
			154	161				
	半尖峰 時間	12:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1193	4759	315	
			154	161				
		13:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1052	3707	315	
			154	161				
	尖峰時間	14:00	250RT(70%)	250RT(70%)	935	2772	315	
			154	161				
		15:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1106	1666	315	
			154	161				
		16:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1118	548	315	
			154	161				
17:00		250RT(70%)	250RT(70%)	509	39	315		
		154	161					

8. 選取最佳運轉策略

自所有電腦模擬之運轉策略中，選取耗電量最小之策略作為最佳化運轉策略，如下表 5.4-8 所示。

表 5.4-8 最佳空調運轉策略

	TIME		CH-1	CH-2	融冰負荷	剩餘冰量 (RT)	主機耗電 (kw)	總耗電 (kw)
運轉策略 3	半尖峰 時間	08:00	250RT(60%)	250RT(0%)	0	8435	116	2799
			116	0				
		09:00	250RT(80%)	250RT(0%)	0	8435	163	
			163	0				
	尖峰時間	10:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1250	7185	315	
			154	161				
		11:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1233	5952	315	
			154	161				
	半尖峰 時間	12:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1193	4759	315	
			154	161				
		13:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1052	3707	315	
			154	161				
	尖峰時間	14:00	250RT(70%)	250RT(70%)	935	2772	315	
			154	161				
		15:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1106	1666	315	
			154	161				
		16:00	250RT(70%)	250RT(70%)	1118	548	315	
			154	161				
		17:00	250RT(70%)	250RT(70%)	509	39	315	
			154	161				

9. 優先選取高性能主機先發

抉擇最佳運轉策略後，選取高性能主機作為優先加載對象，以最小耗電得到相同空調負荷輸出，進而得到節能目的。

10. 完成最佳運轉策略並進行節能效益分析

於本計畫改善前，依傳統冰水主機運轉模式為加載兩台滿載冰水主機以避免融冰速率過快，而未考慮冰主機耗電及負載最佳化。同時，並未先進行電腦模擬進行空調負荷預測也未進行性能回歸分析。新的空調主機運轉策略則以總耗電量最低的運轉模式來滿足空調需求。於此，將改善前與改善後耗電量進行節能效益評估，如下表 5.4-9 所示。

表 5.4-9 節能效益分析

	改善前	改善後
空調負荷耗電量(kw)	3037kw	2799
節能效益	7%	
節省電費(元/天)	1713 元/天	

5.4.2 科學工藝博物館之案例驗證

1. 科學工藝博物館空調系統簡介

科學工藝博物館外觀圖空調系統由 5 台製冰機、2 台 250RT 冰水主機、3 桶儲冰槽、泵浦及空調箱等等所組成。製冰機所製之儲冰分別由 3 桶儲冰槽所儲存。儲冰為主要供應空調之項目，儲冰使用時，經由冰水管路連接於 4 台板式熱交換器，進行熱交換，提供現場空調。冰水管路也與 2 台冰水主機相連，儲冰供應空調不足時，可用冰水主機提供空調需求，如下圖 5.4-8 所示。

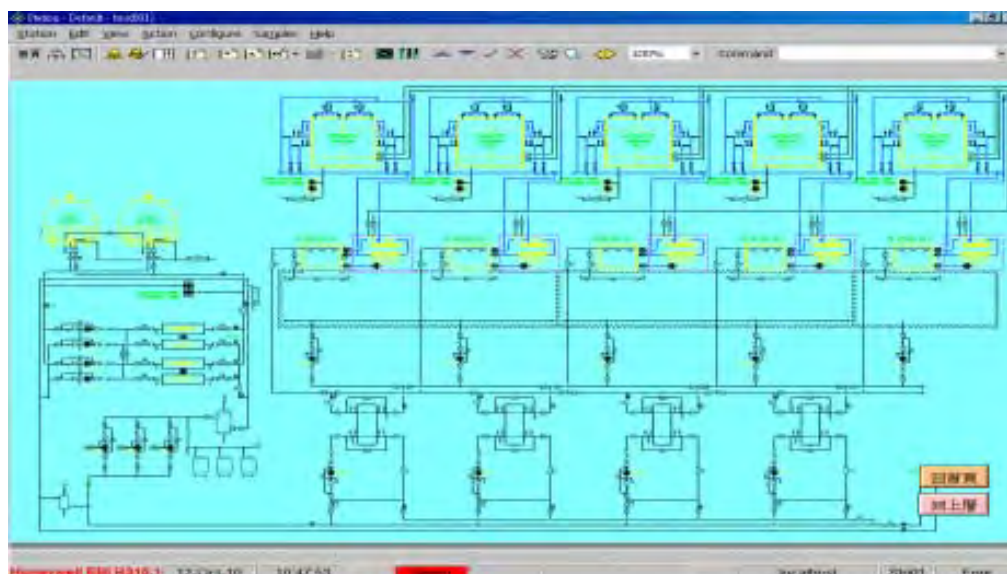


圖 5.4-8 科學工藝博物館空調系統示意圖

表 5.4-10 科學工藝博物館空調系統規格表

	冷凍能力	耗電量	冷媒
冰水主機	250RT	184kw	R-22
製冰機	376RT	390kw	R-22

2. 科學工藝博物館空調系統運轉模式

科學工藝博物館的儲冰系統屬於分量式儲冷系統。於夜間離峰時間22:30運轉製冰機進行製冰直到隔天早上07:30，將儲冰桶槽製滿儲冰，以供應白天空調需求。於白天尖峰時段，為避免儲冰融解速率過快，加開2台250RT冰水主機，於早上07:30運轉至閉館時間17:00。下圖5.4.11青藍色線為現場全天空調負荷需求，由融冰之冷能及冰水主機提供負荷，最大負荷發生於早上剛開館時，約1897RT，如下圖5.4-9所示。

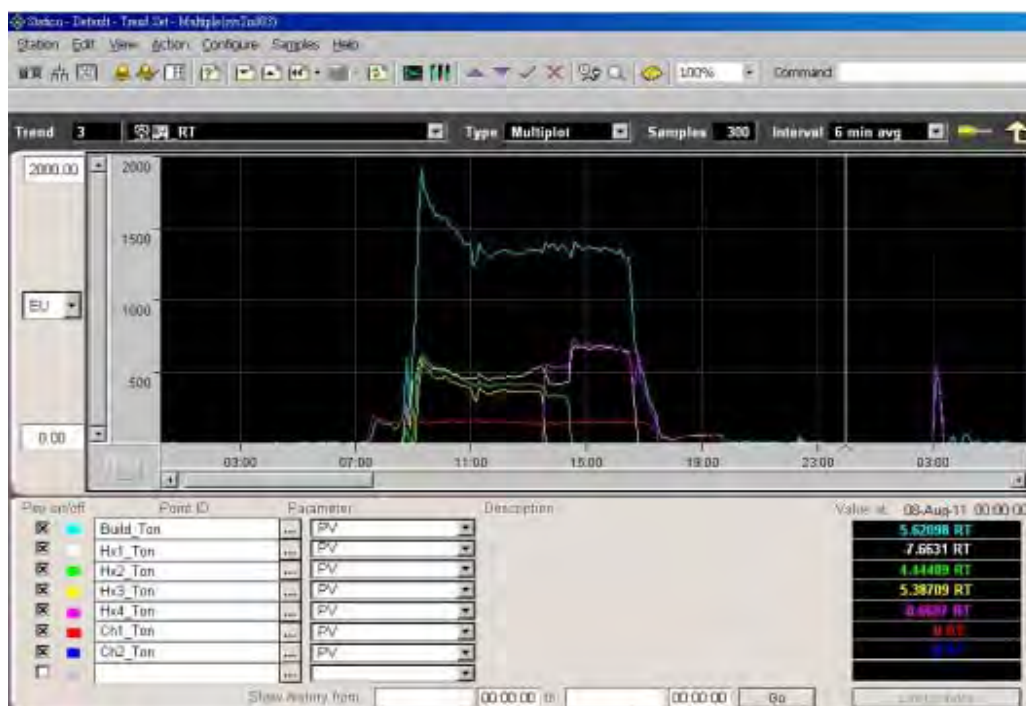


圖 5.4-9 科工館現場全天空調負荷需求及運轉模式

3. 科工館運轉現況問題分析

下圖5.4-10為科工館運轉模式為BEMS系統所記錄之空調系統耗電歷史資料。其中，X軸為時間、Y軸為耗電功率，藍線及紅線分別為冰水主機CH-01及CH-02之耗電功率。冰水主機於早上07:30運轉至20:30，單台主機運轉時輸入功率為160kw，運轉期間為尖峰及半尖峰時段，電價極高。若能節省此段耗費，必能省下大幅電費。

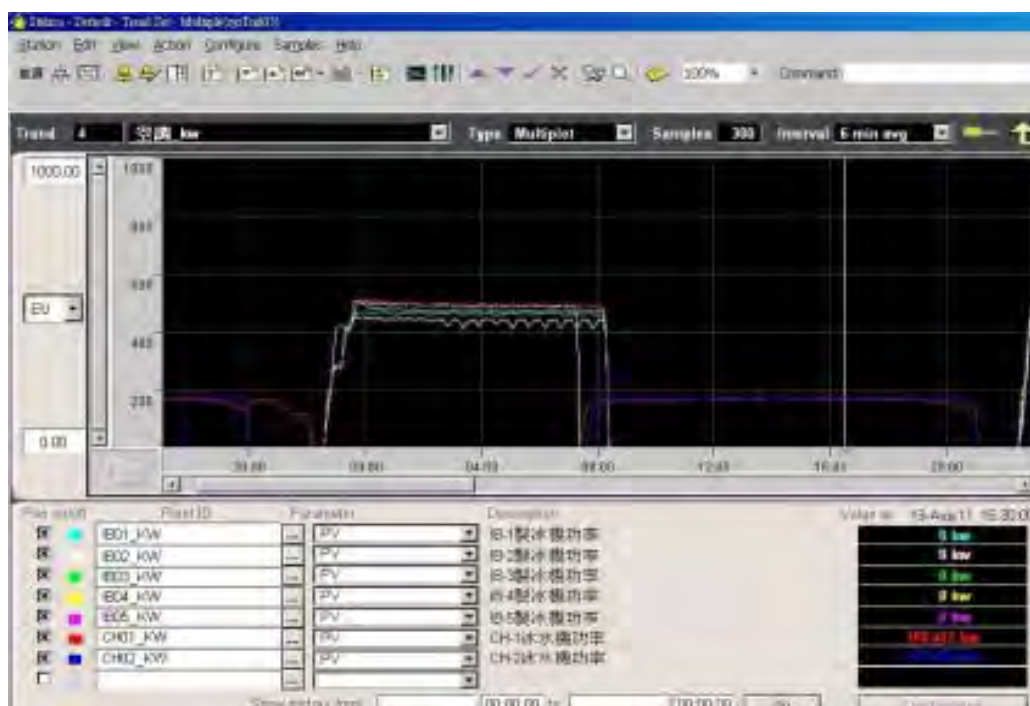


圖 5.4-10 科工館空調全天運轉耗電情況

表 5.4-11 由BEMS讀取之科工館空調全天運轉耗電情況

Time	CH01_KW	CH02_KW	Time	CH01_KW	CH02_KW
10:36:00	166.9	170.3	09:30:00	165.2	170.4
10:30:00	166.7	170.2	09:24:00	163	170.3
10:24:00	167.7	170.2	09:18:00	163.7	170.6
10:18:00	166.9	169.4	09:12:00	165.5	169.6
10:12:00	166	169.1	09:06:00	162.7	168.7
10:06:00	165.5	168.9	09:00:00	162	168.4
10:00:00	165.1	169.2	08:54:00	167.9	169.2
09:54:00	165.5	169.5	08:48:00	164.3	168.4
09:48:00	165.1	170.2	08:42:00	161.7	168
09:42:00	165.4	170.1	08:36:00	161.8	168.1
09:36:00	166.1	170.2	08:30:00	159.4	169.9

為進一步增加儲冰容量以減少尖峰時冰水機之用電，本計畫首先進行將儲冰槽之水位指示器加以調變，以免儲冰輕易的就能觸碰到桶槽頂端，使得製冰機自動停止製冰，簡單示意圖如下圖 5.4-11 所示。經改善此問題，儲冰槽所提供儲冷能力將大幅增加。

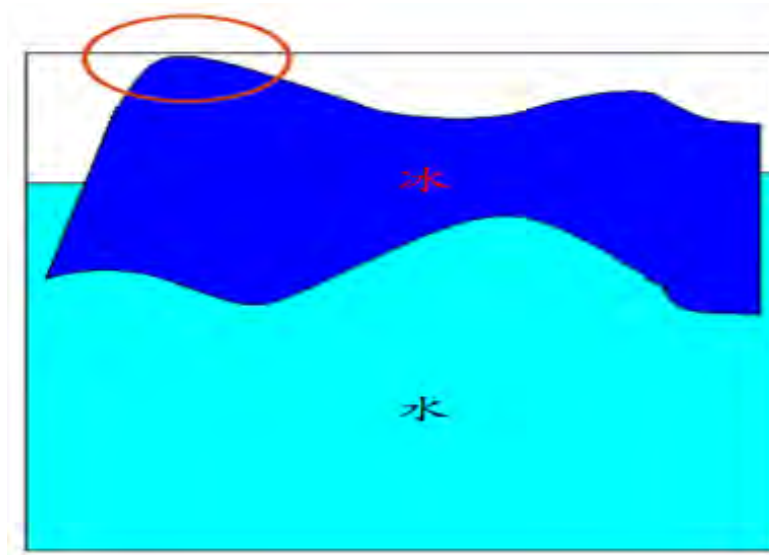


圖 5.4-11 儲冰桶槽水位計設定不良導致儲冰容量不足之示意圖

4. 節能運轉改善策略之擬定

經BEMS之運轉結果顯示，可診斷出目前儲冰能力呈現不足之狀況；儲冰槽無法儲滿冰，其主要原因為製冰起停判斷方式受到水位過高時而產生誤判之問題。乃由於製冰機於儲冰時，部分儲冰會卡在桶槽邊緣，為避免儲冰因此卡住桶槽旁之觀測門，現場工作人員會用水沖刷卡住儲冰。如此，長久下來造成水位異常。

據此診斷結果，立即可實現的改善方式為將不要之水於儲冰槽內釋出，以增加儲冷容量，而可釋出之最低水位為融冰泵進口所在之高度。改善前儲冰桶水位容量之顯示約為 450 m^3 與融冰泵進口上方之 250 m^3 ，因此單桶儲冰容量相差了 200 m^3 ，預計 3 桶總共能增加 600 m^3 之儲冰空間，以下為實際進行改善之施工程序。



改善前儲冰槽水位融量顯示情況



改善前儲冰槽水位融量顯示情況



改善前儲冰槽儲冰顯示情況



改善前儲冰槽儲冰顯示情況



改善前儲冰槽儲冰顯示情況



改善前儲冰槽水位融量顯示情況

5. 導入改善策略

本計畫向科工館提出之改善策略可分為兩部分；分別為儲冰桶儲冷能力提升及融冰空調運轉模式之調整。

(1). 儲冰桶儲冷能力提升

於儲冰桶內排水後，已增加600m³的空間，大幅增加儲冰能力，排水過程如下。



自冰水送水管外接管路，進行排水



自冰水送水管外接管路，進行排水



自冰水送水管外接管路，進行排水



自冰水送水管外接管路，進行排水



自冰水送水管外接管路，進行排水



改善後儲冰槽儲冰顯示情況



改善後儲冰槽儲冰顯示情況

(2).融冰空調運轉模式之調整

儲冰桶在進行改善儲冰量後，儲冰系統供應負荷能力已有所上升，運轉模式進一步調整，使達最佳化。調整程序可分為4項步驟，詳細內容如下：

融冰速率調整

儲冰系統儲冷能力增加後，為減低冰水主機負擔，重新調整融冰泵運轉頻率，嘗試將儲冰系統白天融冰提供冷能之比重大幅提升，以全天候供應科工館之空調負荷。

圖 5.4-12 中，泵浦由早上 09:00 啟動 3 台融冰泵，起初因剛開館時因建築蓄率效應空調需求較大，須運轉較高之頻率。於運轉至 16:00~17:00 之間時，由於即將閉館，故將其儲冰全部釋放，所以融冰泵負載上升。目前狀況為僅運轉 2 台融冰泵，而冰水主機完全停止運轉。

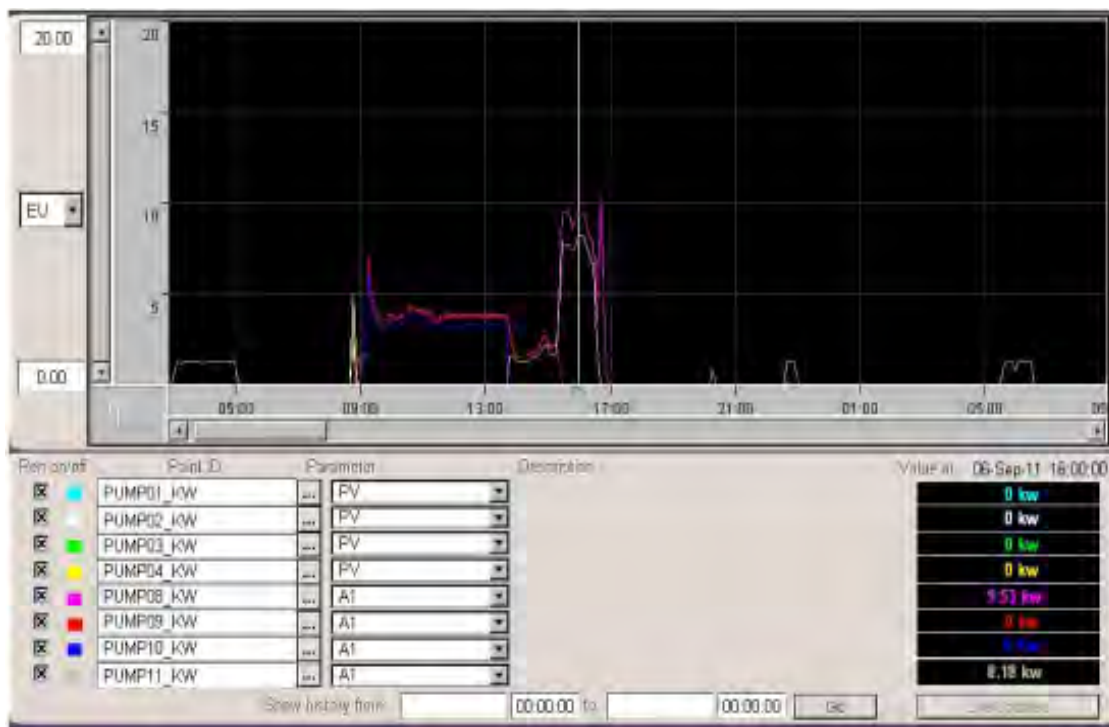


圖 5.4-12 融冰泵運轉耗電情形

融冰泵台數調整

於融冰泵進行頻率調整，可改變融冰速率，而最佳運轉策略則為總融冰泵耗電量之極小值。至BEMS量取圖5.4-13及5.4-14可以顯現泵浦台數與耗電量之間的關係，得知多台融冰泵浦運轉之總耗電量反而比選取單台運轉之耗電量來的少！此重要之發現與系統診斷將為後續之節能策略建立了最主要之基礎。

圖5.4-13及5.4-14相互比對發現，圖5.4-13時間在09/06下午16:00時，運轉2台融冰泵送往冷房，將剩餘儲冰消耗殆盡，此時2台泵浦耗電量分為9.53 kw及8.18 kw。反之，圖5.4-14顯示，當於12:42時，由3台融冰泵來運轉時，耗電量分別為3.83667 kw、3.75 kw及3.335 kw總計為10.92 kw，與運轉2台之總量17.71 kw，相差了6.79kw。換言之，同時運轉三台融冰泵應為較佳運轉策略！此結果與傳統之人工判斷操作知經驗顯然不同，亦顯示出運用BEMS系統進行診斷之重要與優勢。

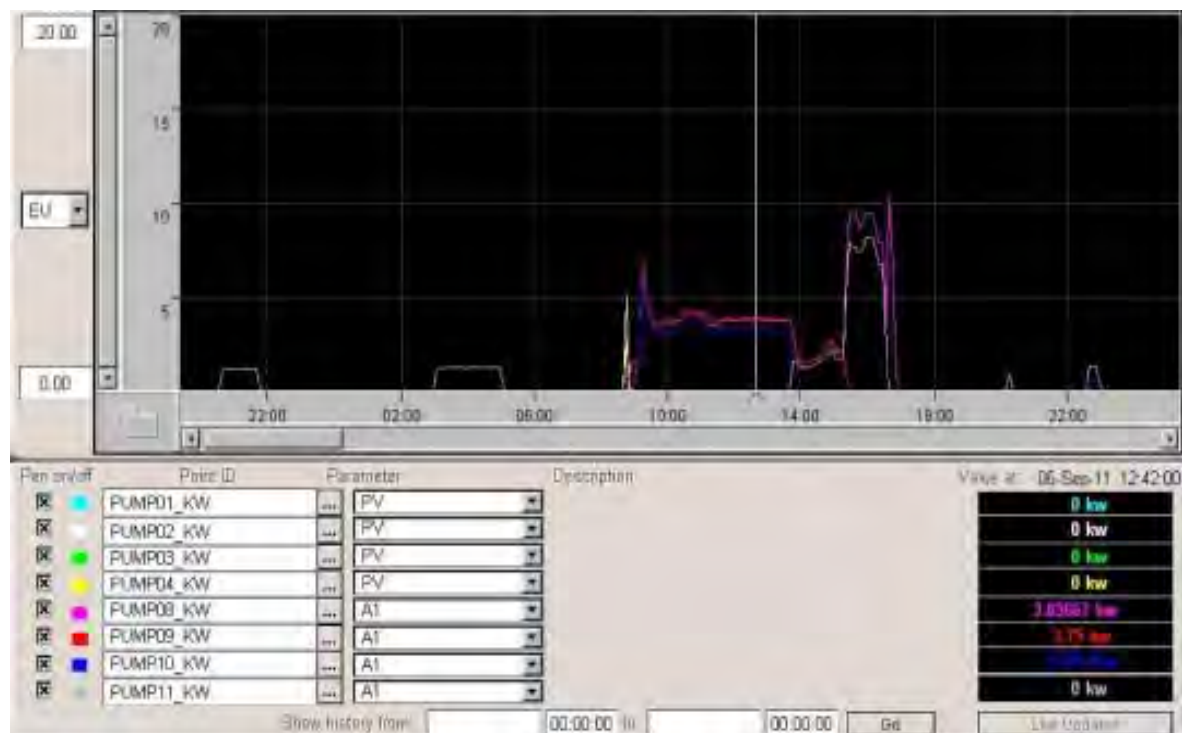


圖 5.4-13 融冰泵運轉耗電情形

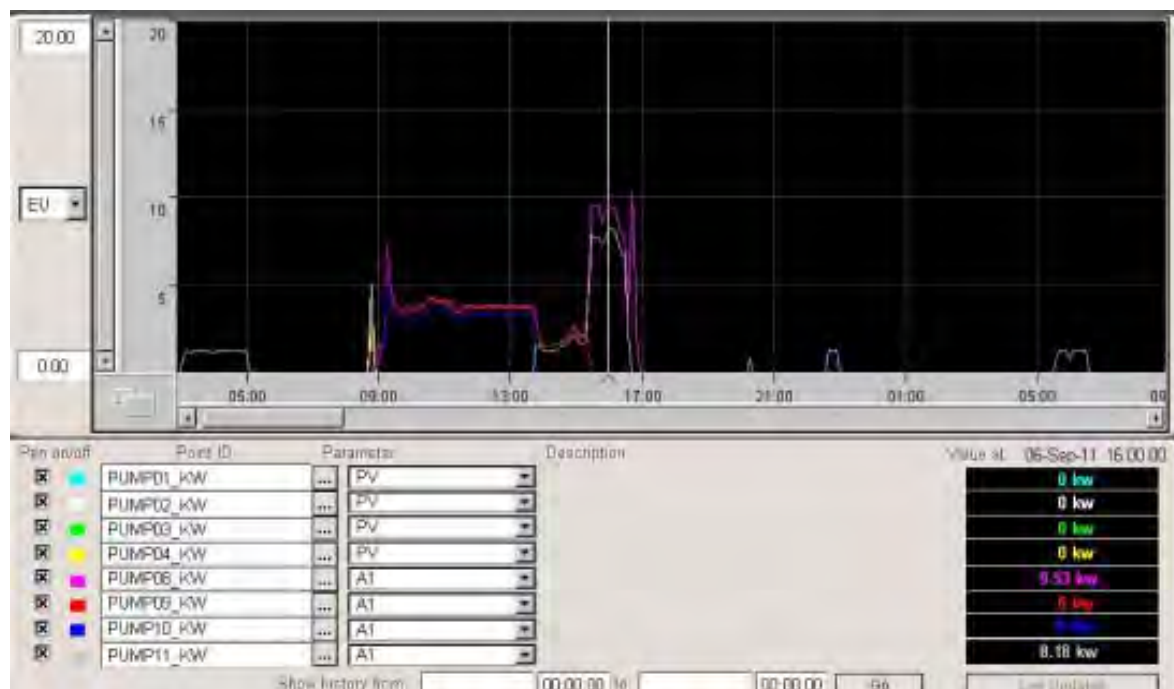


圖 5.4-14 融冰泵運轉耗電情形

5.5 行政院衛生署朴子醫院 - 改善案例介紹

建築用途：建築物為醫療暨行政大樓，主要作為門診、行政區域與住院醫療空間

使用對象：辦公人員、一般民眾。

建築描述：

- ◆ 地上6層樓·地下1層樓。
- ◆ 建築物類別：醫院。



表 5.5-1 行政院衛生署朴子醫院改善效益

節 能 改 善 項 目	改 善 項 目	
	1、主機群依實際區域負載施以最佳化啟停管理。 2、增設 BEMS 系統與電力趨勢偵測系統，並實施 TAB/Cx 之工程。 3、冷卻水塔散熱片更新。 4、改善照明燈具系統，更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。	
綜 合 效 益	項 目	改善後
	節能效益 (kWh/年)	284,040
	節能效益 (元/年)	795,312
	減少 CO ₂ 排放量 (kg/年)	180,933

5.5.1 空調系統

1. 螺旋滿液式冰水主機
2. 200RT*1/150 RT*1 /100 RT*1
3. 空調送風：採空調箱及小型送風機系統
4. 空調使用時間：24 小時。



圖 5.5-1 行政院衛生署朴子醫院螺旋滿液式冰水主機

5.5.2 問題描述與改善對策

1. 空調狀況描述：

滿液式冰水主機運轉效率甚高，採人工操控啓停機器，且缺乏電力需量及用電趨勢控制系統。



圖 5.5-2 政院衛生署朴子醫院空調系統動力盤

空調箱改善對策

增設BEMS系統與電力趨勢偵測系統，主機群依實際區域負載施以最佳化啓停管理。



透過 BEMS 系統遠端操控管理

圖 5.5-3 政院衛生署朴子醫院空調 BEMS 系統

2. 冷卻水塔狀況描述：

方型冷卻水塔老舊且積垢嚴重，散熱片已崩塌不堪使用。



水塔散熱效率不佳

圖 5.5-4 政院衛生署朴子醫院冷卻水塔散熱片

冷卻水塔改善對策

冷卻水塔散熱片更新。



改善後冷卻水塔

圖 5.5-5 政院衛生署朴子醫院冷卻水塔散熱片更新

3. 照明狀況描述：

照明老舊且外觀鏽蝕嚴重，照度不佳。



改善前照明狀況

圖 5.5-5 政院衛生署朴子醫院照明狀況

照明改善對策

改善照明燈具系統，更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。



圖 5.5-7 政院衛生署朴子醫院照明改善

4. 改善項目一覽表：

表 5.5-2 政院衛生署朴子改善項目

改善項目	問題描述	改善對策
中央監控系統	滿液式冰水主機運轉效率甚高，採人工主觀操控起停機，且缺乏電力需量用電趨勢控制系統	1. 主機群依實際區域負載施以最佳化啟停管理 2. 增設 BEMS 系統與電力趨勢偵測系統，並實施 TAB/Cx 之工程
方型冷卻水塔散熱片	方型冷卻水塔老舊且積垢嚴重，散熱片已崩壞不堪使用	冷卻水塔散熱片更新
傳統照明燈具	照明老舊且外觀鏽蝕嚴重，照度不佳	改善照明燈具系統，更新使用高效率燈具及設置電子式安定器

5.5.3 成效成果

1. 改善成效描述

- (1)增設BEMS系統與電力趨勢偵測系統，並實施TAB/Cx之工程，節能效益為15%。
- (2)主機群依實際區域負載施以最佳化啓停管理，節能效益為10%。
- (3)冷卻水塔散熱材更新，節能效益為8%。
- (4)改善照明燈具系統，更新使用高效率燈具及設置電子式安定器，節能效益為5%。

表 5.5-3 行政院衛生署朴子醫院改善前後照度總表

改善前		改善後	
檢測項目	照度 E (lux)	檢測項目	照度 E (lux)
1F 大廳	351	1F 大廳	225
1F 走道	222	1F 走道	258
2F 辦公室	389	2F 辦公室	410
2F 走道 A	415	2F 走道 A	328
2F 走道 B	498	2F 走道 B	280
2F 走道 C	346	2F 走道 C	422

表 5.5-4 行政院衛生署朴子醫院改善前後照明總節能量表

改善前	單位		
燈具形式		40W*2	20W*2
單組平均耗電	W	90	80
改善後	單位		
燈具形式		28W*2	14W*4
單組平均耗電	W	64.9	63
汰換組數		251 組	284 組
總節能量	kW	6.3	4.828

5.5.4 小結

改善成效總結

預估全年節電量(kWh)	284,040
改善前耗電量 kWh/ 年	1,867,050
改善後耗電量 kWh/ 年	1,583,010
空調系統減少 CO ₂ 排放量 kg / 年	180,933

5.6 國立屏東科技大學學生宿舍 - 改善案例介紹

建築用途：學生宿舍。
使用對象：學生。

建築描述：

- ◆ 地上 4 層樓。
- ◆ 建築物類別：宿舍。
- ◆ 使用人數：約 500 人。
- ◆ 樓地板面積：4,987 m²。



屏東縣內埔鄉學府路 1 號

表 5.6-1 國立屏東科技大學學生宿舍改善效益

節 能 改 善 項 目	改 善 項 目	
	1、增設熱泵替換既有的電熱鍋爐。 2、增設多功能電表並經由 BEMS 導入需量控制等節能策略。 3、增設能源監控系統。 4、進行改善後之系統性能調整(TAB)。	
綜 合 效 益	項 目	改善後
	節能效益 (kWh/年)	347,536
	節能效益 (元/年)	1,215,856
	減少 CO ₂ 排放量 (kg/年)	249,446

5.6.1 熱水系統描述

宿舍目前以2台電熱水器加熱方式提供淋浴用熱水，共162kW。過去一年有3個月份超約受罰，共計 208,371 元整



圖 5.6-1 國立屏東科技大學學生宿舍改善前熱水儲存槽

5.6.2 問題描述與改善對策

1. 熱水系統狀況描述：

宿舍區每日最大熱水需求量約為45110公升。(智齋：22140公升，信齋：20970公升)。耗電量極大，每日僅電熱水器耗電就超過500kWh。



圖 5.6-2 國立屏東科技大學學生宿舍改善前電熱水器

電熱水器改善對策

宿舍區熱水改由熱泵系統提供。



圖 5.6-3 國立屏東科技大學學生宿舍改善後熱泵系統

2. 監控系統狀況描述：

無電力趨勢偵測系統及能源管理系統BEMS，缺乏管控各設備運轉操作及需量管理控制。



圖 5.6-4 國立屏東科技大學學生宿舍熱水系統既有監控

電熱水器改善對策

設置熱水之能源監測系統，進行節約能源運轉模式。



圖 5.6-5 國立屏東科技大學學生宿舍熱水系統改善後 BEMS 監控系統



圖 5.6-6 國立屏東科技大學學生宿舍熱水系統改善後 BEMS 用電監控頁面

3. 改善項目一覽表：

表 5.6-2 國立屏東科技大學學生宿舍熱水系統改善項目

改善項目	問題描述	改善對策
宿舍熱水系統	宿舍區熱水系統使用電熱水器，效率不佳	增設熱泵設備，並配合原有太陽能集熱板進行預熱，以提高熱水系統之效率
熱水監控	無熱水暨電力集中監控系統	設置熱水之能源監測系統，進行節約能源運轉模式

5.6.3 成效成果

1. 熱泵改善成效描述

(1). 新設熱泵測試結果

表 5.6-3 國立屏東科技大學學生宿舍新設熱泵測試結果

熱水系統所需熱值：432,085,500kcal / 年							
改善前 鍋爐 系統	輸入電力 (kW)	運轉時間 (小時/天)	性能 係數	能源單價 (元/度)	能源費用 (元/年)	相當於耗 電度數 (kWh)	單位熱水熱 值費用 (元/Mcal)
	—	—	0.75	3.1	1,305,037	412,012	4.56
改善後 熱泵 系統	輸入電力 (kW)	運轉時間 (小時/天)	性能 係數	能源單價 (元/度)	能源費用 (元/年)	耗電度數 (kWh)	單位熱水熱 值費用 (元/Mcal)
	10	—	3.5	3.1	339,277	145,120	1.19
節能 效益	74%		節省費用 (NT\$)		965,860		

註：

1. 使用人數 500 人。用水量 70L / 人。使用 365 天。
2. 每度電費 3.1 元。每消耗一度電力產生 0.636kg 二氧化碳。

2、本次TAB工程改善項目主要針對HWP-01、HWP-03熱水泵浦之水量調整，調整測試結果如下表 5.6-4 所示。

表 5.6-4 國立屏東科技大學學生宿舍 HWP-01、HWP-03 熱水泵浦之水量調整，調整測試結果

測試狀態		設計值	調整前	調整後	調整前	調整後
受測設備			HWP01		HWP-03	
流量	LPM	202	334	201	363	200
電流	A	—	4.8	3.8	4.8	3.8
電壓	V	—	220	220	220	220
耗電	kW	1.5	1.8	1.44	1.8	1.44

說明	改善前	改善後	耗電量	設備	系統節能量	系統
	耗電量	耗電量	差異	節能效益		節能效益
	kW	kW	kW	%		%
HWP-01	1.8	1.44	1872	37.1	3744.0	37.1
HWP-03	1.8	1.44	1872	37.1		

說明	改善前	改善後
每年平均用電度數(kWh)	10,080	6,336
每年平均用電費用(元)	31,248	19,642
每年 CO ₂ 排放量(kg)	6,411	4,030
節能效益(kWh)	3,744	
節能效益(元)	11,606	
減少 CO ₂ 排放量(kg)	2,381	

註:

1. 每日約使用 6 小時，使用天數 365 天。
2. 每度電費 3.1 元。每消耗一度電力產生 0.636kg 二氧化碳。

3、本次工程改善熱水系統並整合於新設能源管理系統，有效控管空調設備運轉及操作，提高整體系統運轉效率。其能源管理系統效益分析如下表 5.6-5 所示。

表 5.6-5 國立屏東科技大學學生宿舍熱水系統改善節能效益

項目	節能效益分析
節能效益(kWh)	76,900
節能效益(元)	238,390
減少 CO ₂ 排放量(kg)	48,908

5.6.4 小結

改善成效總結

表 5.6-6 改善成效總結

項目	更新既設空調箱設備	BEMS 系統
系統節能效益 (%)	47.2	-
節能效益 (kWh)	114,380	115,544
節能效益 (元)	354,578	358,186
減少 CO ₂ 排放量 (kg)	72,860	73,486
空調系統節能效益 (kWh)	229,924	
空調系統節能效益 (元)	712,764	
空調系統減少 CO ₂ 排放量 (kg)	146,346	

第六章 結 論

本計畫為配合行政院「生態城市綠建築推動方案」總目標之次目標(五)：「加強建築節約能源，落實溫室氣體減量」，自民國97~100年共完成了119件中央廳舍及大專院校之舊有建築物能源效率提升補助案，加上前期中央廳舍暨院校空調節能改善補助計畫自民國92~96年完成81件，已前後改善200件節能改善。前述改善項目多有30%之節能率，累積年節能量達到61,628,918 kWh，累積年CO₂減量達3,772,000kg(至100年)。

本計畫的成果不但達到實質節能及減少CO₂排放的成效，同時透過各種節能技術及方法之推動，也帶動了我國相關產業加入了建築節能的事業，影響深遠。2003~2007年計畫重點乃更換老舊耗能設備，本計畫引入評估方法、節能設計及正確的維護保養標準，無論在空調主機之替換，或送風送水系統之改善，皆能以少量投資預算於補助改善案，卻可以提升帶動產業對節能技術之應用。

在民國97~100年年計畫中，節能改善主要針對建築物兩大主要耗能設備，亦即空調系統與熱水系統進行改善，經由導入低成本之節能策略，以及完工測試調整平衡(TAB)之驗證過程，以小量之改善工程投資及運轉與管理策略之調整，達到顯著之節能成果。

本計畫以空調熱泵提供熱水，利用大自然中之熱能或廢熱，進而產生熱水，替代電熱鍋爐，可使耗電量降為1/3，替代燃油或瓦斯鍋爐減少燃料用量達60%以上；部份案例採用空調熱泵同時提供空調冰水及熱水需求，一舉兩得，節能效果更加顯著。

本計畫導入低成本或無成本節能措施，如主機之台數控制、送風或送水系統之節能控制等，藉由系統運轉之最佳化擴大節能效益，加上配合建築能源管理系統(BEMS)網路遠端自動控制的導入，達成避免浪費的節能控制策略，改善項目的節能率多在20%~30%。本計畫也利用BEMS遠端所蒐集的建築能源管理資訊建成網路資料庫作為重要參考資料，以及各案例節能成效示範，帶動了BEMS產業之發展。

本計畫藉由TAB之完工調適程序，於不進行金額龐大之設備汰換情況下，以簡單閥件之安裝、管線之修改與運轉參數之調整，獲得5%~8%不等之節能效益，充分呼應了本計畫利用低成本或無成本之改善策略，來達到節約能源以及CO₂排放減量之目標，由改善成效可知為值得進一步推廣。為此本計畫也培育了約50位冷凍空調技師與冷凍空調甲級技術士，扶持TAB產業之發展，帶動相關冷凍空調產業之投入與擴大內需。

美國環保署之eeBuildings計畫之重點為加強改善建築物的運行管理，並配合現有的建築物自動化系統（BAS）或建築物能源管理系統(BEMS)進行有效率的運轉策略，相較之下本計畫執行面更廣且加上節能成效之驗證。日本財團法人節約能源中心之推廣機制與節能手法，與本計畫頗為類似，從節能減碳對策之擬定至節能工程之實際進行，加上節能成效之實際量測驗證。

綜觀上述結果，可見國外先進國家正大力推動低成本或無成本之建築物節約能源策略，已獲顯著成果並逐年持續辦理擴大其成效。而我國先期所執行「中央廳舍暨院校空調節能改善補助計畫」所完成之具體成果，及本期BeeUP計畫已獲得良好之成果(效)，與國外相較毫不遜色。經在此堅實之具有基礎之上，持續推動低成本或無成本之節能改善措施，預期可進一步大幅度的擴展成果，並深化我國推動生態城市

附錄－建築能源效率提升補助案例(97~100 年)

97 年度共進行了全國 38 個受補助單位，包含：

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. 中央聯合辦公大樓南棟 | 20. 國立屏東教育大學 |
| 2. 國立金門技術學院 | 21. 行政院退輔會永康榮民醫院 |
| 3. 行政院衛生署藥物食品檢驗局 | 22. 國立高雄海洋科技大學 |
| 4. 中央聯合辦公大樓北棟 | 23. 行政院衛生署旗山醫院 |
| 5. 行政院經濟建設委員會 | 24. 行政院衛生署新營醫院 |
| 6. 國立中央大學 | 25. 國立屏東科技大學 |
| 7. 中央健康保險局北區分局 | 26. 國立台南大學 |
| 8. 行政院退輔會蘇澳榮民醫院 | 27. 內政部警政署保安警察第五總隊 |
| 9. 行政院體育委員會 | 28. 行政院衛生署朴子醫院 |
| 10. 國立台灣藝術大學 | 29. 國立暨南國際大學 |
| 11. 國立台灣師範大學 | 30. 經濟部水利署中區水資源局 |
| 12. 行政院退輔會台北榮民總醫院 | 31. 中央健康保險局南區分局 |
| 13. 內政部營建署 | 32. 行政院衛生署南投醫院 |
| 14. 經濟部標準檢驗局 | 33. 行政院退輔會埔里榮民醫院 |
| 15. 國立台灣海洋大學 | 34. 行政院衛生署彰化醫院 |
| 16. 行政院衛生署竹東醫院 | 35. 行政院衛生署台南醫院 |
| 17. 總統府第三局 | 36. 國立中山大學 |
| 18. 嘉義縣選舉委員會 | 37. 國立屏東商業技術學院 |
| 19. 台灣屏東地方法院 | 38. 經濟部漢翔航空工業有限公司 |

中央聯合南棟大樓	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份老舊之空調箱，更換為變風量空調箱。	節能效益(kWh/年)： 101829kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年)： 64865kg/年
(2) 建立空調系統之BEMS系統。	
(3) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

國立金門技術學院	
欲改善項目	改善成效
(1) 教學大樓汰換部份樓層更新為高效率省電燈具及電子式安定器。公共空間進行局部照明策略，並加裝自動點滅器。	節能效益(kWh/年)： 59290kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年)： 37767kg/年
(2) 教學大樓建立空調系統之BEMS系統。	
(3) 宿舍熱水系統增設熱泵與既有電熱系統整合。	
(4) 進行改善後之系統性能調整及驗證(Cx)。	

行政院衛生署藥物食品管制局	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換老舊之冷卻水塔。	節能效益(kWh/年)： 7869kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年)： 5012kg/年
(2) 更新所有空調箱控制器材。	
(3) 建立空調系統之BEMS系統。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

中央聯合辦公大樓北棟	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份老舊之空調箱。	節能效益(kWh/年)： 74040kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年)： 47163kg/年
(2) 建立空調系統之BEMS系統。	
(3) 施作各空調箱送風側之TAB，改善壓差訊號位置，恢復空調箱VAV功能。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

行政院經濟建設委員會	
欲改善項目	改善成效
(1) B10 會議室增設氣冷式獨立空調。	節能效益(kWh/年): 53870kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 34315kg/年
(2) 調整空調箱外氣引入位置及風量。	
(3) 汰換一台損毀之 150RT 冰水主機，新增一台 150RT 高效能變壓縮機冰水主機。	
(4) 建立空調系統之 BEMS 系統。	
(5) 調整儲融冰運轉策略，併入主機側之 BEMS 系統。	
(6) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

國立中央大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份樓層老舊燈具為高效率省電燈具及電子式安定器，進行建築外周區晝光利用，建立個人化局部照明，調整環境燈具亮度進行局部照明策略，並加入迴路控制。	節能效益(kWh/年): 237257kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 151135kg/年
(2) 設置照明系統之 BEMS 系統。	
(3) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

中央健保局北區分局	
欲改善項目	改善成效
(1) 廢除 16 台空調箱 Inlet Guide Vane 改為變頻器控制。	節能效益(kWh/年): 226256kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 144125kg/年
(2) 增設外氣量自動控制，如外氣需要控制及外氣冷房之運用。	
(3) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

行政院蘇澳榮民醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份樓層老舊燈具為高效率省電燈具及電子式安定器，調整環境燈具亮度進行局部照明策略，並加入迴路控制。	節能效益(kWh/年): 197834kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 126020kg/年
(2) 設置照明系統之 BEMS 系統。	
(3) 進行改善後之系統性能調整及驗證(Cx)。	

行政院體育委員會	
欲改善項目	改善成效
(1) 修改各樓層空調箱之外氣風管配置及調整室內外氣量，改善室內空氣品質。	節能效益(kWh/年): 128944kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 82137kg/年
(2) 既有中央監控系統加入主機台數控制策略。	
(3) 1樓空調箱改為VAV系統，以利分區控制。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

國立台灣藝術大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 中央監控系統修改儲融冰控制策略及TAB施作，有效調整融冰容量與負載匹配。	節能效益(kWh/年): 152836kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 97356kg/年
(2) 區域泵浦改為變頻控制及TAB施作，以調整融冰量。	
(3) 進行改善後之系統驗證(Cx)。	

國立台灣師範大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 所有空調箱裝設溫度控制器材。	節能效益(kWh/年): 177805kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 113262kg/年
(2) 增設空調箱外氣風管，配合焓值控制。	
(3) 區域泵浦改為變頻控制，以調整流量。	
(4) 建立空調系統之BEMS系統。	
(5) 汰換一樓層老舊燈具為高效率省電燈具及電子式安定器。建立個人化局部照明。調整環境燈具亮度進行局部照明策略，並加入迴路控制。	
(6) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

行政院退輔會台北榮民總醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份樓層老舊燈具為高效率省電燈具及電子式安定器。調整環境燈具亮度進行局部照明策略，並加入迴路控制。	節能效益(kWh/年): 51502kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 32806kg/年
(2) 設置照明系統之BEMS系統。	
(3) 進行改善後之系統性能調整及驗證(Cx)。	

內政部營建署		經濟部標準檢驗局本部	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 建立空調系統之 BEMS 系統。	節能效益(kWh/年): 18792kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 11970kg/年	(1) 汰換部份樓層老舊燈具為高效率省電燈具及電子式安定器。調整環境燈具亮度進行局照明策略，並加入迴路控制。	節能效益(kWh/年): 155058kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 98771kg/年
(2) 空調 BEMS 系統加入主機台數控制策略。		(2) 設置照明系統之 BEMS 系統。	
(3) 風機盤管控制整合到空調 BEMS 系統。		(3) 進行改善後之系統性能調整及驗證(Cx)。	
(4) 改善 VPF 系統控制閥設定值及水側 TAB 施作。			
(5) 調整外氣風量，部分樓層增設全熱交換器及風側 TAB 施作，改善室內空氣品質。			
(6) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。			

國立台灣海洋大學		行政院衛生署竹東醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 水泵加裝變頻器，發揮原本變頻水泵之功用。	節能效益(kWh/年): 42318kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年):	(1) 進行空氣側系統及水側系統 TAB 施作，並恢復空氣測及水測變頻系統之功能。	節能效益(kWh/年): 58537kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年):
(2) 樓層送風機及預冷空調箱改為 2way，以發揮 VAV 系統之功用。	26956kg/年	(2) 進行改善後之系統性能驗證(Cx)。	37288kg/年
(3) 建立空調系統之 BEMS 系統。			
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。			

總統府第三局		嘉義縣選舉委員會	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 設置熱泵系統同步供應熱水及空調需求。	節能效益(kWh/年): 580000kWh/年	(1) 建立空調、照明系統之BEMS系統。	節能效益(kWh/年): 105188kWh/年
(2) 升級現有之空調監控系統。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 369460kg/年	(2) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。加裝外部導光板，進行晝光利用及照明區劃工程。公共空間進行局部照明策略並增設自動點滅器。建立個人化局部照明策略。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 67005kg/年
(3) 進行整體空調系統之調適(TAB/Cx)。		(3) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	
(4) 數位化現有之空調系統小型送風機(PCU)控制器。			
(5) 進行會議室(277室)之照明節能示範改善。			
(6) 汰換會議室(277室)之老舊箱型冷氣機，改配置小型送風機。			
(7) 調整電梯出口之照明分區控制及增設夜間人員感知器。			
(8) 調整圖書室之照明分區控制，及加強晝光利用。			

台灣屏東地方法院		國立屏東教育大學	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 建立空調、照明、動力系統之BEMS系統。	節能效益(kWh/年): 19750kWh/年	(1) 建立空調、照明、動力系統之BEMS系統。	節能效益(kWh/年): 38344kWh/年
(2) 藉由電費單、耗電設備使用情形之調查，進行電力契約容量之適化。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 12581kg/年	(2) 圖書館6樓入口大廳之造景改善為較柔和之環境。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 24425kg/年
(3) FCU增設溫度控制。		(3) 外氣冷房之策略運用。	
(4) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。辦公室配合人員使用時程進行調光策略。公共空間進行局部照明策略並加裝自動點滅器。		(4) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。進行建築外周區晝光利用。照明不足之區域，改善強化局部照明並加裝置自動點滅系統。	
(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。		(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

行政院退輔會永康榮民醫院		國立高雄海洋科技大學	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 將原有之空調監控系統升級為開放式之 BEMS 系統。	節能效益(kWh/年): 126511kWh/年	(1) 升級原有能源監視系統。	節能效益(kWh/年): 245184kWh/年
(2) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。公共區域裝置自動調光系統。進行局部照明策略。復健大樓全面汰換為高效率燈具。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 80588kg/年	(2) 將天井下方挑高中庭，利用原有自然排風口增設機械排風機，將天井下方熱空氣排出，並導入智慧自動運轉策略。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 156182kg/年
(3) 進行 Retro-Cx 以追求系統最佳化。		(3) 更換高效率燈具並加裝電子式安定器。公共區域加裝自動點滅器。	
		(4) 新增設熱泵，再配合現有之電熱水器，評估能源最佳使用情況。	
行政院衛生署旗山醫院		行政院衛生署新營醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 全面更新使用高效率燈具及電子式安定器。辦公區域及走廊等區域進行照明區劃及時程控制。走廊等公共區域加裝自動調光系統。進行局部照明調整。	節能效益(kWh/年): 30423kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 19379kg/年	(1) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。公共區域加裝自動調光系統。	節能效益(kWh/年): 196015kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 124862kg/年
(2) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及 Retro-Cx，以追求系統最佳化。		(2) 進行空調系統之性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	
國立屏東科技大學		國立台南大學	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 清洗儲冰系統之熱交換器，並進行 TAB/Cx 之性能調適。	節能效益(kWh/年): 202857kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 129220kg/年	(1) 建立空調、照明、動力系統之二級開放式 BEMS 系統。	節能效益(kWh/年): 85350kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 54368kg/年
(2) 修復太陽能集熱板，新增設熱泵，並增加儲水槽容量，再配合現有之電熱水器，評估能源最佳使用情況。		(2) 冰水系統重新佈建，及空氣側設備重新置換。	
(3) 增設熱水系統之初級耗能監控系統，並併入全校區之 BEMS 系統，以追蹤其節能效益。		(3) 進行晝光利用區劃，減少室內燈具負荷。加裝電子式安定器。進行局部照明策略。	
		(4) 進行空調系統之性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

內政部警政署保安警察第五總隊		行政院衛生署朴子醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 地下一樓餐廳設置預冷空調箱作為外氣之導入。	節能效益(kWh/年): 40320kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 25688kg/年	(1) 增設 BEMS 系統包括電力趨勢偵測與資料庫系統等功能，以利能源管理。	節能效益(kWh/年): 284040kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 180933kg/年
(2) 挑高中庭通風系統建立有效之機械式通風，將室內中庭熱負荷有效移除。		(2) 落實需量管控改善電力超約。	
(3) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。		(3) 主機群依實際區域負載施以最佳化啟停管理。冷卻水塔散熱材更新。空調箱維護修改或更新為節能型。區域水泵更新為變頻 VVVF 並修正區域冰水迴路系統。更新局部三通閥修改為二通閥。增設區域冰水熱量積算與水壓差傳訊控制系統。配電系統依保護協調需求進行修改，並增設變頻器散熱裝置。	
(4) 建立初級能源監控 BEMS 系統，並量測、記錄其耗能使用。		(4) 選定一層樓改善其照明燈具系統，更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。	
		(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

國立臺南大學		經濟部水利署中區水資源局	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 配合既有之 BEMS 系統加以升級為 TCP/IP 開放式系統，將全系統進行 Retro-Cx。	節能效益(kWh/年): 58870kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 37500kg/年	(1) 增設 BEMS 系統包括電力趨勢偵測與資料庫系統等功能，以利能源管理。	節能效益(kWh/年): 57300kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 36500kg/年
(2) 以室內之 CO ₂ 濃度控制所需之外氣量，並評估導入外氣冷房、Pre Cooling 等利用外氣之策略。		(2) 水泵更新並增設二次側 VVVF 變頻系統，更新局部二通閥及送風機，局部冰水管路配置修改，避免混水偏高溫度假況產生。	
(3) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器，進行晝光利用區劃。公共區域與藏書區裝置自動點滅系統。部分區域燈具重新區劃並加強 Task Lighting。		(3) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。			

中央健康保險局南區分局		行政院衛生署南投醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 將原有之中央監控系統升級為二級以上 BEMS 系統。	節能效益(kWh/年): 186363kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 118713kg/年	(1) 更新主機群集中節能自動控制系統BEMS包含BACnet開放式架構之網路型多功能耗能趨勢遠端監控功能。	節能效益(kWh/年): 29079kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 18523kg/年
(2) 冰水主機智慧型運轉策略之實施。冰水主機供應冰水溫度隨室內外負荷狀態變更之控制設定。預冷空調運轉策略之調適。		(2) 建立電力趨勢偵測系統，以利需量管理控制。	
(3) 以室內之 CO ₂ 濃度控制所需之外氣量。維持室內微正壓，以減少間隙風之熱負荷。		(3) 除 24 小時系統外，區域水泵應整併集中於 VAV 系統供冰水。更新各分區系統水壓差感測器或修正其裝設位置。修復水流量感測器或修正其裝設位置。	
(4) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器。進行晝光利用區劃。公共區域裝置自動點滅系統。辦公環境裝置自動調減系統。		(4) 增設手術房及 ICU 空調箱(計六部)熱回收系統並改善空調箱濕度與熱水耗能狀況。	
(5) 地下停車場換氣設備隨 CO 濃度的自動運轉策略實施。		(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	
(6) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。			

行政院埔里蔡民總醫院		行政院衛生署彰化醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 更新主機群集中節能自動控制系統 BEMS 包含 BACnet 開放式架構之網路型多功能耗能趨勢遠端監控功能。	節能效益(kWh/年): 336780kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 214528kg/年	(1) 增設熱回收系統與集中節能自動控制系統，併入既有開放式架構網路型多功能耗能趨勢遠端監控系統。	節能效益(kWh/年): 179172kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 114132kg/年
(2) 建立電力趨勢偵測系統，以利需量管理控制。		(2) 建立電力趨勢偵測系統，以利需量管理控制。	
(3) 除 24 小時系統外，區域水泵應整併集中於 VAV 系統供冰水，更新各分區系統水壓差感測器或修正其裝設位置，修復水流量感測器或修正其裝設位置。		(3) 更新各分區系統水壓差感測器或修正其裝設位置。	
(4) 空調箱汰換為節能型或增設手術室/ICU/恢復室/急診之空調箱(計六部)熱回收系統並改善空調箱溼度與熱水耗能狀況。		(4) 空調箱增設手術室之空調箱熱回收系統並改善空調箱溼度與熱水耗能狀況。	
(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。		(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

行政院衛生署台南醫院		國立中山大學	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 將原有之中央監控系統升級為二級之 BEMS 系統。	節能效益(kWh/年): 33784kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 21520kg/年	(1) 儲冰式空調系統性能驗證及調適(Cx)。	節能效益(kWh/年): 52400kWh/年
(2) 透過電費單之收集及耗電設備使用時程調查與定訂，調整適化電力契約容量。		(2) F 棟電音大樓之燈具更新，並使用高效率燈具及設置電子式安定器，將燈具增設自動調光系統。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 33379kg/年
(3) COP 較高之冰水主機先發之主機群控制策略，冰水主機台數控制策略之實施。			
(4) 將部分三通閥改為二通閥，並做壓力設定之調適。			
(5) 將 AHU 開度閥裝設完整。			
(6) 更新使用高效率燈具及設置電子式安定器，將燈具增設自動調光系統。			
(7) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。			

國立屏東商業技術學院		經濟部漢翔航空工業有限公司	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 建立 BEMS 系統進行中央控制。	節能效益(kWh/年): 664014kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 422977kg/年	(1) 增設 BEMS 系統，包含電力趨勢偵測與資料庫系統等功能，以利能源管理。	節能效益(kWh/年): 190792kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 121535kg/年
(2) 儲冰空調系統利用 BEMS 系統進行導入智慧型運轉策略。儲冰空調系統之熱交換器保養與清洗。		(2) 進行電量管控以改善電力趨向。	
(3) 空氣側建立自動溫控系統。		(3) 冷卻水塔散熱材更新。區域水泵更新恢復為 VAV 並修正區域冰水迴路系統。更新局部三通閥修改為二通閥。增設區域冰水熱量積算與水壓差傳訊控制系統。	
(4) 專業教室照明系統建立晝光利用，將舊式燈具汰換成高效率節能燈具並加裝電子式安定器。		(4) 主機群依實際區域負載施以最佳化啟停管理，並長期監測運轉性能與電力消耗趨勢。	
(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。		(5) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

98 年度共進行了全國 28 個受補助單位，包含：

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1. 行政院衛生署桃園醫院 | 15. 臺灣臺北地方法院檢察署 |
| 2. 行政院 | 16. 行政院退輔會台中榮民總醫院 |
| 3. 行政院衛生署樂生療養院 | 17. 國立高雄第一科技大學 |
| 4. 國立台北科技大學 | 18. 行政院衛生署台中醫院 |
| 5. 國立陽明大學附設醫院 | 19. 國立成功大學附設醫院 |
| 6. 中央聯合辦公大樓北棟 | 20. 國立科學工藝博物館 |
| 7. 中央聯合辦公大樓南棟 | 21. 國立彰化師範大學 |
| 8. 財政部財稅資料中心 | 22. 行政院退輔會嘉義榮民醫院 |
| 9. 經濟部標準檢驗局第六組 | 23. 國立虎尾科技大學 |
| 10. 內政部警政署民防防情指揮管制所 | 24. 行政院人事行政局地方行政研習中心 |
| 11. 中央研究院物理研究所 | 25. 內政部中區兒童之家 |
| 12. 國家圖書館 | 26. 南部科學工業園區管理局 |
| 13. 行政院退輔會蘇澳榮民醫院 | 27. 內政部警政署警察廣播電臺高雄台 |
| 14. 行政院環境保護署環境檢驗所 | 28. 行政院衛生署屏東醫院 |

行政院衛生署桃園醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份老舊之小型送風機	節能效益(kWh/年): 92321kWh/年
(2) 增設 BEMS 系統，並施作水側之 TAB	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 58717kg/年
(3) 進行改善項目之 TAB	

行政院	
欲改善項目	改善成效
(1) 更新損壞的空調監控元件	節能效益(kWh/年): 93799kWh/年
(2) 升級空調 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 59650kg/年
(3) 進行改善項目之 TAB	

行政院衛生署樂生療養院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵及儲熱水槽與現場鍋爐系統結合	節能效益(kWh/年): 179821kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年):
(2) 建立熱水 BEMS 系統	157572kg/年
(3) 進行改善項目之 TAB	

國立台北科技大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 會議室區域冷風機改為直流無段冷風機並設預冷空調箱	節能效益(kWh/年): 21890kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年):
(2) 升級空調 BEMS 系統	13927kg/年
(3) 進行改善項目之 TAB	

國立陽明大學附設醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 建立空調 BEMS 系統	節能效益(kWh/年): 278023kWh/年
(2) 進行改善項目之 TAB，並檢修所需之控制元件	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 176822kg/年

中央聯合辦公大樓北棟	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份老舊之空調箱。	節能效益(kWh/年): 147033kWh/年
(2) 建立空調系統之 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 93513kg/年
(3) 施作各空調箱送風側之 TAB，改善壓差訊號位置，恢復空調箱 VAV 功能。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

中央聯合辦公大樓南棟	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部份老舊之空調箱。	節能效益(kWh/年): 128424kWh/年
(2) 建立空調系統之 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 81678kg/年
(3) 施作各空調箱送風側之 TAB，改善壓差訊號位置，恢復空調箱 VAV 功能。	
(4) 進行改善後之系統性能調整(TAB)及驗證(Cx)。	

財政部財稅資料中心	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換部分老舊毀損之外氣空調箱	節能效益(kWh/年): 57874kWh/年
(2) 冰水管路改為一次側/二次側系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 36808kg/年
(3) 將空氣側及冰水側監控整合於既有空調 BEMS 系統	
(4) 進行改善項目之 TAB	

經濟部標準檢驗局第六組	
欲改善項目	改善成效
(1) 冷卻水塔風機增設變頻器，依外氣條件進行風量調整	節能效益(kWh/年): 59981kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 38148kg/年
(2) 冰水泵浦增設變頻器，依負載進行需量調整	
(3) 建立空調 BEMS 系統	

內政部警政署民防防情指揮管制所	
欲改善項目	改善成效
(1) 業務大樓之窗型冷氣機及分離式冷氣機更新為可變冷媒流量空調系統，作為改善示範案例	節能效益(kWh/年): 42369kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 26946kg/年
(2) 將拆除後進用之分離式或窗型冷氣，更換達汰換年限之秘書及修護大樓冷氣機	
(3) 建立空調 BEMS 系統	

中央研究院物理研究所	
欲改善項目	改善成效
(1) 將外氣空調箱改善為可變風量外氣空調箱	節能效益(kWh/年): 108880kWh/年
(2) 冰水泵浦更換變頻馬達並增設差壓計以作變頻控制	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 69248kg/年
(3) 建立空調 BEMS 系統	
(4) 進行改善項目之 TAB	

國家圖書館	
欲改善項目	改善成效
(1) 汰換老舊全熱交換器	節能效益(kWh/年): 89762kWh/年
(2) 全熱交換器新增旁通風管及自動控制設備	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 57089kg/年
(3) 全熱交換器控制併入原有之中央空調監控系統	
(4) 進行改善項目之 TAB	

行政院退輔會蘇澳榮民醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 將柴油式熱水鍋爐系統更換為熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 9466kWh/年
(2) 建立空調 BEMS 系統與醫院照明 BEMS 系統整合	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 43771kg/年

行政院環境保護署環境檢驗所	
欲改善項目	改善成效
(1) 部分空調箱更改為變風量系統	節能效益(kWh/年): 132795kWh/年
(2) 選擇一套空調/儲冰主機管路修改為空調直接供應負載端冰水	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 84457kg/年
(3) 升級空調 BEMS 系統	
(4) 進行改善項目之 TAB	

台灣台北地方法院檢察署	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設 CO ₂ 濃度感知器調整預冷空調箱外氣量	節能效益(kWh/年): 90079kWh/年
(2) 將小型送風機及預冷空調箱施作群組控制	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 57290kg/年
(3) 升級空調 BEMS 系統	
(4) 進行改善項目之 TAB	

行政院退輔會台中榮民總醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵系統	節能效益(kWh/年): 456162kWh/年
(2) 建立空調 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 290120kg/年
(3) 進行改善項目之 TAB	

國立高雄第一科技大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 學生活動中心、圖書資訊大樓及財金大樓之空調系統加裝相關開件，並執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉	節能效益(kWh/年): 298031kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 189548kg/年
(2) 升級空調 BEMS 系統	

行政院衛生署台中醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 進行空氣側及水側之 TAB 程序	節能效益(kWh/年): 225537kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 143441kg/年
(2) 將 BEMS 系統整合併納入全院區之監控系統	
(3) 冷卻水塔濾材更換，提升能源效率	
(4) 汰換部分性能劣化之 VAV Box	

國立成功大學醫學院附設醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設相關流量及溫度量測計，整合於 BEMS 系統中，以利能源監控管理	節能效益(kWh/年): 2158121kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 1372566kg/年
(2) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉	

國立科學工藝博物館	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設變頻器及相關閥件，建立智慧型儲融冰運轉策略	節能效益(kWh/年): 1315476kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 836643kg/年
(2) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉	

國立彰化師範大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵系統取代熱水瓦斯鍋爐設備，並同步供應空調需求	節能效益(kWh/年): 15619kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 18931kg/年
(2) 增設風機盤管及全熱交換器，以回收冷能並提升室內空氣品質	
(3) 增設 BEMS 系統，進行能源集中管理	
(4) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉	

行政院退輔會嘉義榮民醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 修改熱回收系統管線，增加熱水系統效率	節能效益(kWh/年): 155031kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 141264kg/年
(2) 增設 BEMS 系統，進行能源集中管理	
(3) 執行主機及水側之 TAB 程序，使系統最佳化運轉	

國立虎尾科技大學		行政院人事行政局地方行政研習中心	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵系統取代熱水瓦斯鍋爐設備，並同步供應空調需求	節能效益(kWh/年): 8067kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 20501kg/年	(1) 增設變流量(VWV)水泵控制系統	節能效益(kWh/年): 214962kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 136716kg/年
(2) 增設風機盤管及全熱交換器，以回收冷能並提升室內空氣品質		(2) 增設 BEMS 系統，進行能源集中管理	
(3) 增設 BEMS 系統，進行能源集中管理		(3) 增設 IAQ 管理控制及熱回收裝置	
(4) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉		(4) 冷卻水塔水盤及散熱材維護或更新	
		(5) 進行 TAB 調整，檢修相關控制閥件	

內政部中區兒童之家		國科會南部科學工業園區管理局	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵系統取代電熱鍋爐設備，並同步供應空調需求	節能效益(kWh/年): 1620kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 2367kg/年	(1) 執行主機，儲冰及水側之 TAB 程序，使系統最佳化運轉	節能效益(kWh/年): 457776kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 291145kg/年
(2) 增設二通閥及全熱交換器，以回收冷能並提升室內空氣品質		(2) 升級 BEMS 系統，建立智慧型融冰運轉策略	
(3) 增設 BEMS 系統，進行能源集中管理			
(4) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉			

內政部警政署警察廣播電臺高雄台		行政院衛生署屏東醫院	
欲改善項目	改善成效	欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵系統取代電熱式熱水設備	節能效益(kWh/年): 69073kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 49930kg/年	(1) 增設熱泵系統取代柴油式熱水鍋爐設備	節能效益(kWh/年): 78435kWh/年 減少CO ₂ 排放量(kg/年): 132180kg/年
(2) 升級 BEMS 系統，導入節約能源運轉策略		(2) 冰水主機系統能源效率提升	
(3) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉		(3) 執行 TAB 程序，使系統最佳化運轉	

99 年度共進行了全國 31 個受補助單位，包含：

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. 內政部警政署警察廣播電臺 | 17. 內政部國土測繪中心 |
| 2. 臺灣臺北地方法院 | 18. 國立中正大學 |
| 3. 國立臺灣大學 | 19. 行政院衛生署嘉南療養院 |
| 4. 陸軍專科學校 | 20. 行政院衛生署朴子醫院 |
| 5. 陸軍機械化步兵第二六九旅 | 21. 臺灣嘉義地方法院 |
| 6. 行政院退輔會員山榮民醫院 | 22. 國立雲林科技大學 |
| 7. 國立清華大學 | 23. 行政院退輔會高雄榮民總醫院 |
| 8. 內政部入出國及移民署宜蘭收容所 | 24. 行政院衛生署嘉義醫院 |
| 9. 行政院海岸巡防署 | 25. 內政部警政署保安警察第五總隊 |
| 10. 國軍桃園總醫院 | 26. 內政部雲林教養院 |
| 11. 檔案管理局 | 27. 國軍高雄總醫院 |
| 12. 國立臺北藝術大學 | 28. 國立中山大學 |
| 13. 內政部老人之家 | 29. 國立嘉義大學 |
| 14. 國立臺灣史前文化博物館 | 30. 雪霸國家公園管理處 |
| 15. 國立臺中技術學院 | 31. 行政院農委會嘉義農業試驗分所 |
| 16. 台灣糖業公司精緻農業事業部 | |

內政部警政署警察廣播電臺	
欲改善項目	改善成效
(1) 冰水系統改善為變流量系統	節能效益(kWh/年): 117137kWh/年
(2) 更新損壞之控制元件	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 72976kg/年
(3) 既有之監控系統升級為BEMS系統	
(4) 執行TAB程序	

臺灣臺北地方法院	
欲改善項目	改善成效
(1) 更新送風機控制器及施以群組控制	節能效益(kWh/年): 185753kWh/年
(2) 施作水管路之TAB程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 115724kg/年
(3) 建立BEMS系統	

國立臺灣大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 更新送風機控制器	節能效益(kWh/年): 621109kWh/年
(2) 部份區域改善為變風量系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 386951kg/年
(3) 拆除儲冰機至冰水側之熱交換器	
(4) 既有之監控系統升級為BEMS系統	
(5) 執行TAB程序	

陸軍專科學校	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 31907kWh/年
(2) 建立BEMS系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 2349kg/年
(3) 執行TAB程序	

陸軍第六軍團指揮部機械化步兵第二六九旅後勤科工程組	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 255455kWh/年
(2) 建立BEMS系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 55558kg/年
(3) 執行TAB程序	

行政院退輔會員山榮民醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 201223kWh/年
(2) 建立BEMS系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 40504kg/年
(3) 執行TAB程序	

國立清華大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 建立BEMS系統	節能效益(kWh/年): 306283kWh/年
(2) 執行TAB程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 190815kg/年

內政部入出國及移民署收容事務所大隊宜蘭收容所	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 57591kWh/年
(2) 建立BEMS系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 35880kg/年
(3) 執行TAB程序	

行政院海岸巡防署	
欲改善項目	改善成效
(1) 修改冰水主機冰水與冷卻水管路	節能效益(kWh/年): 237542kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 147989kg/年
(3) 改善管路保溫減少熱損	
(4) 執行 TAB 程序	

國軍桃園總醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 13763kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 8574kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

檔案管理局	
欲改善項目	改善成效
(1) 冰水系統改善為變流量系統	節能效益(kWh/年): 79045kWh/年
(2) 冷卻水塔風車增設變頻器及節能控制器	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 49245kg/年
(3) 建立 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

國立臺北藝術大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 更換損壞之二通閥及控制元件	節能效益(kWh/年): 165240kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 102944kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

內政部北區老人之家	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 116881kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 72816kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

國立臺灣史前文化博物館	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設板式熱交換器	節能效益(kWh/年): 274000kWh/年
(2) 更換冷卻水塔散熱材	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 174264kg/年
(3) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

國立臺中技術學院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 258179kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 164202kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

台糖公司精緻農業事業部	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 132649kWh/年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 84390kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

內政部國土測繪中心	
欲改善項目	改善成效
(1) 建立 BEMS 系統	節能效益(kWh/年): 273060kWh/年
(2) 執行 TAB 程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 173606kg/年

國立中正大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	節能效益(kWh/年): 124302kWh/年
(2) 執行 TAB 程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 79056kg/年

行政院衛生署嘉南療養院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 405837kWh/年
(2) 更新 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 258112kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

行政院衛生署朴子醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 95444kWh/年
(2) 改善管路保溫減少熱損	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 60702kg/年
(3) 更新 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

臺灣嘉義地方法院	
欲改善項目	改善成效
(1) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	節能效益(kWh/年): 130336kWh/年
(2) 執行 TAB 程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 82893kg/年

國立雲林科技大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 109624kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 11855kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

行政院退輔會高雄榮民總醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 927787kWh/年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 590072kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

行政院衛生署嘉義醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 1255090kWh/年
(2) 更換冷卻水塔散熱材	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 227001kg/年
(3) 建立 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

內政部警政署保安警察第五總隊	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 214555kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 24185kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

內政部雲林教養院	
欲改善項目	改善成效
(1) 更新效率不佳預冷空調箱	節能效益(kWh/年): 208082kWh/年
(2) 既有室內送風機整修及保養	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 132338kg/年
(3) 建立 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序並檢修控制元件	

國軍高雄總醫院	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 72148kWh/年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 45885kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

國立中山大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 冰水系統改善為雙流量系統	節能效益(kWh/年): 410867kWh/年
(2) 增設熱泵熱水系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 115630kg/年
(3) 更新 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

國立嘉義大學	
欲改善項目	改善成效
(1) 增設熱泵熱水系統	節能效益(kWh/年): 219204kWh/年
(2) 建立 BEMS 系統	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 176236kg/年
(3) 執行 TAB 程序	

雪霸國家公園管理處	
欲改善項目	改善成效
(1) 改善管路保溫減少熱損	節能效益(kWh/年): 133201kWh/年
(2) 增設外氣控制策略	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 82985kg/年
(3) 建立 BEMS 系統	
(4) 執行 TAB 程序	

行政院農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所	
欲改善項目	改善成效
(1) 建立 BEMS 系統	節能效益(kWh/年): 12254kWh/年
(2) 執行 TAB 程序	減少CO ₂ 排放量(kg/年): 7784kg/年



100 年度共進行了全國 22 個受補助單位，包含：

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. 國立臺灣科學教育館 | 13. 國立金門大學 |
| 2. 大坪林聯合開發大樓管理委員會 | 14. 行政院海岸巡防署海洋巡防總局 |
| 3. 國防部陸軍司令部人事軍務處 | 第九(金門)海巡隊 |
| 4. 總統府第三局 | 15. 行政院海岸巡防署海洋巡防總局 |
| 5. 海岸巡防署海洋巡防總局 | 第八(澎湖)海巡隊 |
| 6. 臺灣士林地方法院內湖民事辦公大樓 | 16. 國立屏東教育大學 |
| 7. 行政院農業委員會 | 17. 國立澎湖科技大學 |
| 8. 行政院農委會家畜衛生試驗所動物
用藥品檢定分所 | 18. 嘉義榮民醫院 |
| 9. 行政院衛生署玉里醫院 | 19. 國立屏東科技大學 |
| 10. 太魯閣國家公園管理處 | 20. 國立屏東商業技術學院 |
| 11. 國立空中大學 | 21. 內政部入出國及移民署南投收容所 |
| 12. 行政院衛生署新營醫院 | 22. 中央聯合辦公大樓南棟管理小組 |

國立臺灣科學教育館	
欲改善項目	
(1) 冷卻水塔風車增設變頻器及節能控制器	節能效益(kWh / 年): 226,673kWh / 年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 141,217kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

大坪林聯合開發大樓管理委員會	
欲改善項目	
(1) 既設空調箱更換為末端 終端箱 VAV BOX。	節能效益(kWh / 年): 53,438kWh / 年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 33,302.5kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

國防部陸軍司令部人事軍務處	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年): 219,667.2kWh / 年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 136,852.6kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

總統府第三局	
欲改善項目	
(1) 更新送風機控制器及施 以群組控制。	節能效益(kWh / 年): 186,923kWh / 年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 116,452.6kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

海岸巡防署海洋巡防總局	
欲改善項目	
(1) 冰水系統改善為變流量 系統。	節能效益(kWh / 年): 75,963.7kWh / 年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 47,325.3kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

臺灣士林地方法院內湖民事辦公大樓	
欲改善項目	
(1) 增設外氣控制策略。	節能效益(kWh / 年): 41,545.2kWh / 年
(2) 冷卻水塔風車增設變頻 器及節能控制器	減少CO ₂ 排放量(kg / 年): 25,882.6kg / 年
(3) 建立 BEMS 系統。	
(4) 執行 TAB 程序。	

行政院農業委員會	
欲改善項目	
(1) 冰水系統改善為變流量 系統	節能效益(kWh): kWh 減少 CO ₂ 排放量(kg):
(2) 建立 BEMS 系統。	kg
(3) 執行 TAB 程序。	

行政院農委會家畜衛生試驗所動物用藥品檢定分所	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh): kWh 減少 CO ₂ 排放量(kg):
(2) 建立 BEMS 系統。	kg
(3) 執行 TAB 程序。	

行政院衛生署玉里醫院	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 建立 BEMS 系統。	117,422kWh / 年
(3) 執行 TAB 程序。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 81,990kg / 年

太魯閣國家公園管理處	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 建立 BEMS 系統。	46,376kWh / 年
(3) 增設外氣控制策略。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)：
(4) 執行 TAB 程序。	28,891.4kg / 年

國立空中大學	
欲改善項目	
(1) 部份區域改善為變風量系統	節能效益(kWh / 年)： 25,757kWh / 年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 16,046kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

行政院衛生署新營醫院	
欲改善項目	
(1) 區域冰水系增設變頻器	節能效益(kWh / 年)： 362,795kWh / 年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 230,738kg / 年
(3) 執行 TAB 程序。	

國立金門大學	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 建立 BEMS 系統。	499,203kWh / 年
(3) 執行 TAB 程序。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 317,494kg / 年

行政院海岸巡防署海洋巡防總局第九(金門)海巡隊	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 建立 BEMS 系統。	141,421kWh / 年
(3) 執行 TAB 程序。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 89,943kg / 年

行政院海岸巡防署海洋巡防總局第八(澎湖)海巡隊	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 建立 BEMS 系統。	48,078kWh / 年
(3) 執行 TAB 程序。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 30,578kg / 年

國立屏東教育大學	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh / 年)：
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	82,537kWh / 年
(3) 執行 TAB 程序。	減少CO ₂ 排放量(kg / 年)： 21,508kg / 年

國立澎湖科技大學	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh /年): 581,625kWh /年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	369,914kg /年

嘉義榮民醫院	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh /年): 771,508kWh /年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	490,679kg /年

國立屏東科技大學	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh /年): 315,312kWh /年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	207,498kg /年

國立屏東商業技術學院	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh /年): 42,427kWh /年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	26,984kg /年

內政部入出國及移民署南投收容所	
欲改善項目	
(1) 增設熱泵熱水系統。	節能效益(kWh /年): 150,103kWh /年
(2) 建立 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	95,465kg /年

中央聯合辦公大樓南棟管理小組	
欲改善項目	
(1) 空氣側系統能源效率提升	節能效益(kWh /年): 32,571kWh /年
(2) 既有之監控系統升級為 BEMS 系統。	減少CO ₂ 排放量(kg /年):
(3) 執行 TAB 程序。	20,291,7kg /年