



政府機關學校耗能指標 指導手冊

經濟部能源局 編印

目 錄

壹、前言.....	1
貳、政府機關學校耗能概況.....	2
2.1 政府機關用電資料統計.....	2
2.2 學校用電資料統計.....	7
參、國外政府機關學校耗能指標概況.....	10
3.1 國外政府機關學校耗能指標概況.....	10
3.2 我國空調及照明能源效率標準.....	17
3.3 國內外耗能指標參考.....	26
肆、政府機關學校建築節能統計分析.....	28
4.1 建築耗能指標.....	28
4.2 能源設備投資金額分析.....	34
4.3 政府機關學校整體建議.....	37
伍、政府機關學校節能措施策略.....	38
5.1 政府機關學校建築使用能源之缺失分析.....	38
5.2 政府機關學校節能策略.....	40
5.2.1 電力系統節能.....	40
5.2.2 空調系統節能.....	44
5.2.3 照明系統節能.....	67
5.2.4 熱水系統節能.....	77
5.2.5 事務機器節能.....	92
陸、節約能源案例.....	94
柒、結論.....	104
捌、參考資料.....	105
玖、編後語.....	107

壹、前言

台灣能源目前有 98% 必須仰賴進口，經濟部能源局自民國七十二年即積極倡導節約能源政策的推動與執行。近年來，更盱衡世界性環保公約的限制及市場激烈競爭等因素，為求國內經濟之穩定成長與環境保護，乃積極推動各項產業節約能源工作，短期內輔導產業用戶加強能源效率與負載管理技術，中、長期為進行節約能源技術研發，以因應地球溫室效應環保公約，並落實推廣使用，提高能源使用效率，增加產業競爭力。

依據台灣能源統計年報電力消費量統計每年成長約 5%，而政府部門約佔電力消費量約 7%，每年成長約 1%【1】。依全國能源會議結論，為推動節約能源政策，率先由政府機關推動執行，祈產生示範效果，引導民間工商業採行。

在過去節能輔導案例統計顯示，若落實電力、照明、空調、事務設備等方面節能改善，在政府機關約有 20% 之節能潛力；學校方面約有 15-20% 之節能潛力【2】。因此能源局依全國能源會議結論，為推動節約能源政策，特擬定「政府機關辦公室節約能源措施」，率先由政府機關辦公室推動執行，祈產生示範效果，引導民間國內工商業採行，並藉此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識，以提昇能源使用效率，減少能源費用支出，提升整體國家競爭力。

故本文藉由政府機關學校能源耗能統計分析，提出政府機關學校耗能參考值與節約能源措施，作為各機關學校管理人員落實節約改善依據與參考，並提供政府制定相關補助政策之參考。

貳、政府機關學校耗能概況

為瞭解政府機關及學校建築電力能源使用情形，本手冊以調查統計分析方式，蒐集政府機關用電戶數 72,226 筆，學校建築 836 筆電力使用資料，建立政府機關學校建築之耗能資料庫，以每單位樓板面積計算耗能總量，分析政府機關學校建築之耗能總量及特性，作為未來耗能之參考依據。

2.1 政府機關用電統計

(一)台灣能源統計年報電力消費量統計

依據經濟部能源局 92 年台灣能源統計年報電力消費量統計如下表 2-1-1,顯示 90~92 年全國電力消費量都呈現逐年成長的趨勢。92 年全國電力消費量共 195,964 百萬度。全國電力消費量 92 年比 91 年成長約 5.13%；全國電力消費量 91 年比 90 年成長約 5.97%。

表 2-1-1 全國總電力消費量統計(90~92 年)

	電力消費	90 年	91 年	92 年
全國總消費	(百萬度)	175,909	186,408	195,964
逐年增減	%	-	增加 5.97%	增加 5.13%

資料來源：92 年台灣能源統計年報電力消費統計表

(二)政府機關用電資料統計

依據 91 年度與 92 年度之政府機關高壓與表制用電用戶填報能源使用情形，彙整如表 2-1-2 與表 2-1-3 所示，其中 91 年度資料填報期間為 91 年 2 月至 92 年 1 月，92 年度填報期間為 92 年 2 月至 93 年 1 月，相關用電資料比較分析如下：

1.總筆數、用電量與電費統計分析

參看表 2-1-3，92 年度政府機關填報電力使用，用戶中總用電戶數約 72,226 筆，總用電量 136.55 億度電，合計電費 264.26 億元，平均每度電價為 1.940 元。其中：

(1)中央政府機關：約 8,825 筆，總用電量 33.57 億度電，佔全部用電的 24.59%，電費 65.86 億元，平均每度電價 1.91 元。

(2)地方政府機關：約 40,857 筆，總用電量 33.29 億度電，佔全部用電的 24.38%，電費 74.6 億元，平均每度電價 2.13 元。

(3)金融機構：約 4,159 筆，總用電量 6.18 億度，佔全部用電的 4.53%，電費 14.76 億元，平均每度電價 2.21 元。

(4)公營事業單位：約 18,385 筆，總用電量 63.50 億度電，佔全部用電的 46.51%，電費 109.27 億元，平均每度電價 1.68 元。

2.高壓及表制筆數、用電量、電費統計分析

參看表 2-1-3，92 年度依高壓及表制之用電統計，分析如下：

(1)高壓用電：4,506 筆(佔全部的 6.24%)，全年總用電量 118.37 億度電(佔 86.69%)，用電金額 219.65 億元(佔 83.12%)，平均每度電價 1.86 元。

(2)表制用電：67,720 筆(佔全部的 93.76%)，全年總用電量 18.18 億度電(佔 13.31%)，用電金額 44.61 億元(佔 16.88%)，平均每度電價 2.45 元。

3.政府機關筆數、用電量、電費統計增減分析

(1)用電筆數

表 2-1-4 為 91 年度與 92 年度政府機關用電度數與筆數增減比較統計表，由該表觀察可知：92 年度之政府機關總用電筆數 72,226 筆較 91 年度 69,223 筆增加約 3,003 筆，增加比例約為 4.34%。依電力使用特性分析高壓用電戶增加 123 筆，表制用電戶增加 2,880 筆。依單位別分析中央政府增加 57 筆、地方政府增加 50 筆及公營事業增加 20 筆，僅金融機構筆數減少 4 家。

(2)用電度數及電費分析

由表 2-1-4 觀察可知：92 年度總用電量約 136.55 億度電，較 91 年度增加約 1.11 億度電，增加比例約為 0.82 %。92 年度總電費約 264.26 億元，較 91 年度減少約 2.74 億元，減少比例約為 1.01%。用電度數增加電費減少推估其原因有可能是契約容量訂定合理化及功率因數提高所造成。其中高壓用電總用電量約 118.37 億度電，較 91 年度增加約 1.38 億度電，增加比例約為 1.18%；表制用電總用電量約 18.17 億度

電，較 91 年度減少約 0.26 億度電，減少比例約為 1.4 %。

表 2-1-2 91 年度政府機關用電統計表(高壓與表制用電)(91/02~92/01)

政府機關用電統計分析表(高壓用電)

基準年月：92/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	3,072,090,202	26.26%	5,876,897,548	1.91	924
2	地方政府	2,546,506,771	21.77%	5,362,721,907	2.11	1,834
3	金融機構	412,007,848	3.52%	916,650,702	2.22	335
4	公營事業	5,669,288,668	48.46%	9,954,146,280	1.76	1,290
合計		11,699,893,489	100%	22,110,416,437	1.89	4,383

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計表(表制用電)

基準年月：92/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	253,052,630	13.72%	678,869,657	2.68	7,813
2	地方政府	772,660,685	41.89%	1,997,818,354	2.59	36,084
3	金融機構	216,725,151	11.75%	601,104,257	2.77	3,889
4	公營事業	601,896,904	32.63%	1,312,820,389	2.18	17,054
合計		1,844,335,370	100%	4,590,612,657	2.49	64,840

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計表(高壓+表制用電)

基準年月：92/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	3,325,142,832	24.55%	6,555,767,205	1.972	8,737
2	地方政府	3,319,167,456	24.51%	7,360,540,261	2.218	37,918
3	金融機構	628,732,999	4.64%	1,517,754,959	2.414	4,224
4	公營事業	6,271,185,572	46.30%	11,266,966,669	1.797	18,344
合計		13,544,228,859	100%	26,701,029,094	1.971	69,223

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

表 2-1-3 92 年度政府機關用電統計表(高壓與表制用電)(92/02~93/01)

政府機關用電統計分析表 (高壓用電)

基準年月：93/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	3,096,098,195	26.16%	5,916,536,914	1.91	981
2	地方政府	2,558,374,524	21.61%	5,455,903,111	2.13	1,884
3	金融機構	415,046,365	3.51%	916,360,351	2.21	331
4	公營事業	5,767,871,756	48.73%	9,676,363,033	1.68	1,310
合計		11,837,390,840	100%	21,965,163,409	1.86	4,506

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計表 (表制用電)

基準年月：93/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	261,099,389	14.36%	669,939,247	2.57	7,844
2	地方政府	770,962,760	42.41%	1,980,108,591	2.57	38,973
3	金融機構	203,144,950	11.17%	560,144,145	2.76	3,828
4	公營事業	582,658,938	32.05%	1,251,297,743	2.15	17,075
合計		1,817,866,037	100%	4,461,489,726	2.45	67,720

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計表 (高壓+表制用電)

基準年月：93/01

政府機關分類		全年用電 度數總計	總計電度 百分比(%)	全年用電金額 元	平均 每度電費	記錄筆數
用戶類別	用戶類別名稱					
1	中央政府	3,357,197,584	24.59%	6,586,476,161	1.96	8,825
2	地方政府	3,329,337,284	24.38%	7,436,011,702	2.23	40,857
3	金融機構	618,191,315	4.53%	1,476,504,496	2.39	4,159
4	公營事業	6,350,530,694	46.51%	10,927,660,776	1.72	18,385
合計		13,655,256,877	100%	26,426,653,135	1.94	72,226

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

表 2-1-4 91 年度與 92 年度政府機關用電度數與筆數增減比較統計表

政府機關用電統計分析 (高壓+表制用電)

政府機關分類		91/02~92/01(1)		92/02~93/01(2)		比較(2)-(1)			
用戶類別	用戶類別名稱	全年用電度數 總計(1)	記錄筆數 (1)	全年用電度數 總計(2)	記錄筆數 (2)	全年用電度數		記錄筆數	
						差額(2)-(1)	差額%	差額(2)-(1)	差額%
1	中央政府	3,325,142,832	8,737	3,357,197,584	8,825	32,054,752	1.0%	88	1.0%
2	地方政府	3,319,167,456	37,918	3,329,337,284	40,857	10,169,828	0.3%	2939	7.2%
3	金融機構	628,732,999	4,224	618,191,315	4,159	- 10,541,684	-1.7%	-65	-1.6%
4	公營事業	6,271,185,572	18,344	6,350,530,694	18,385	79,345,122	1.2%	41	0.2%
合計		13,544,228,859	69,223	13,655,256,877	72,226	111,028,018	0.82%	3003	4.34%

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計分析 (高壓)

政府機關分類		91/02~92/01(1)		92/02~93/01(2)		比較(2)-(1)			
用戶類別	用戶類別名稱	全年用電度數 總計(1)	記錄筆數 (1)	全年用電度數 總計(2)	記錄筆數 (2)	全年用電度數		記錄筆數	
						差額(2)-(1)	差額%	差額(2)-(1)	差額%
1	中央政府	3,072,090,202	924	3,096,098,195	981	24,007,993	0.8%	57	5.8%
2	地方政府	2,546,506,771	1,834	2,558,374,524	1,884	11,867,753	0.5%	50	2.7%
3	金融機構	412,007,848	335	415,046,365	331	3,038,517	0.7%	-4	-1.2%
4	公營事業	5,669,288,668	1,290	5,767,871,756	1,310	98,583,088	1.7%	20	1.5%
合計		11,699,893,489	4,383	11,837,390,840	4,506	137,497,351	1.18%	123	2.81%

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

政府機關用電統計分析 (表制用電)

政府機關分類		91/02~92/01(1)		92/02~93/01(2)		比較(2)-(1)			
用戶類別	用戶類別名稱	全年用電度數 總計(1)	記錄筆數 (1)	全年用電度數 總計(2)	記錄筆數 (2)	全年用電度數		記錄筆數	
						差額(2)-(1)	差額%	差額(2)-(1)	差額%
1	中央政府	253,052,630	7,813	261,099,389	7,844	8,046,759	3.1%	31	0.4%
2	地方政府	772,660,685	36,084	770,962,760	38,973	- 1,697,925	-0.2%	2889	7.4%
3	金融機構	216,725,151	3,889	203,144,950	3,828	- 13,580,201	-6.7%	-61	-1.6%
4	公營事業	601,896,904	17,054	582,658,938	17,075	- 19,237,966	-3.3%	21	0.1%
合計		1,844,335,370	64,840	1,817,866,037	67,720	- 26,469,333	-1.4%	2880	4.4%

註：電費係以整數值來作加總，其合計值可能會有微小誤差。

(三)政府機關用電習性

政府機關辦公時間為上午 08:00 至下午 18:00 之間，主要的用電設備包括空調設備、照明部份、升降機設備、電器等。一般政府機關辦公大樓並未設置專員進行用電管理，故上班時將空調設備及照明開啟，下班則關閉，節約用電多來自能源政策單位之節能措施，並未進行有效用電管理。

2.2 學校用電資料統計

(一) 國內學校規模統計

依據教育部93/3/17統計資料，參見表2-2-1，台閩地區九十二學年度各級學校校數共計8,252所。其中若扣除附屬在各級學校之國小補校、國中補校、高級進修學校、空大及大專進修學校934所，實際校數共7,318所，(公立學校5,017所，私立學校2,301所)。其中大專院校合計158所，高級中等學校合計472所，國中720所，國小2,638所，幼稚園3,306所。【6】

表 2-2-1 台閩地區九十二學年度各級學校校數統計(93/3/17)

校數	級別	總計	幼稚園	國民小學	國民中學	高級中學	職業學校	專科學校	學院	大學	特殊學校	國小補校	國中補校	高級進修學校	空大大專進修學校
總計(所)		8,252	3,306	2,638	720	308	164	16	75	67	24	334	287	235	78
7,318												934			
公立(所)		5,752	1,358	2,609	709	171	93	3	21	30	23	334	283	104	14
5,017												735			
私立(所)		2,500	1,948	29	11	137	71	13	54	37	1	0	4	131	64
2,301												199			

註：依據教育部 92 學年各級學校概況統計。國小、國中補校、高級進修學校及空大大專進修學校，大都附屬在各級學校中。

(二) 各級學校用電量統計

依據台電91年3月所提供之高壓用電戶資料，國內各級學校共有836筆，用電量共約11.78億度電，電費約25億元。每度平均電價約2.11元。參見表2-2-2,此表2-2-2筆數與前表2-2-1比較學校所數差異許多。代表幼稚園、國小、國中許多所學校都為用電少之小學校。其中大專院校及高中職家數僅佔45.3%，總用電量卻佔81%，故探討大專院校及高中職耗電，對整個學校用電節約有極大幫助。

表2-2-2 國內各級學校用電量及電費統計(高壓用電戶)

學校級別	筆數 (筆)	尖峰用電量 (萬度)	離峰用電量 (萬度)	總用電量 (萬度)	電費合計 (萬元)	平均電價 (元/度)
國小	243	5,597	2,268	7,865	21,052	2.68
國中	195	6,107	2,640	8,747	22,564	2.58
高中、高職、啟智	242	15,335	7,180	22,515	53,944	2.40
大專院校	137	44,100	28,842	72,942	140,454	1.93
軍事學校	19	3,583	2,211	5,794	11,105	1.92
總計	836	74,722	43,141	117,863	249,119	2.11

資料來源：依據台電92年所提供高壓用電戶資料，經中技社節能中心整理結果，以上電費不含超約罰款及功因折扣。

(三)各級學校用電設備統計

依據台電92年提供之高壓用電戶資料，參見表2-2-3，國內各級學校電力、電熱、電燈用電設備容量統計共121萬kW。其中電力55萬kW佔45%、電熱7萬kW佔6%、電燈59萬kW佔49%。經統計經常尖峰需量326,834kW，可知系統之需量因數為27%。

(四)學校用電習性

大專院校的管理人員編制多，電器空調設備多聘用電機專業人員負責管理；中小學編制小，電器負責人不一定是電機專家，故節約改善較不易落實。能源使用特色為8~14小時使用，大量之能源使用於空調、照明及實驗設備等。其用電尖峰需量月份為5~6及9~10月，一般常為超約罰款發生月份，因為其空調管理方式，大都外包保養，夏天當外氣超過26~28℃，則由各棟行政管理人員、辦公室人員及教室學生自行開機，至下班後才關機。其缺點為學校作息時間變動大時，常無法配合做節能控制調整，以有效節約能源。

學校之主要耗能在夏季時是以空調為主，圖書館、行政大樓、體育館、各類型實驗室、研究室、電腦教室、普通教室冷氣及宿舍冷氣是空調中主要耗電項目。照明可分辦公室照明、教室照明、圖書館照明、走道照明及

室外照明五大部份，其中圖書館使用長達 12~14 小時。其他耗能設備為電梯、抽水泵及各類事務機器。

表 2-2-3 國內各級學校用電設備容量統計(高壓用電戶)

學校級別	筆數 筆	尖峰需量 kW	需量因數 %		電力 kW	電熱 kW	電燈 kW	合計 kW
國小	243	51,325	35.76	設備容量	58,001	6,909	78,619	143,530
				百分比(%)	40	5	55	100
國中	195	49,304	37.82	設備容量	45,420	7,720	77,216	130,356
				百分比(%)	35	6	59	100
高中+高 職+啟智	242	111,544	38.63	設備容量	144,366	17,271	127,133	288,770
				百分比(%)	50	6	44	100
大專院校	137	195,190	31.36	設備容量	287,299	36,356	298,860	622,515
				百分比(%)	46	6	48	100
軍事學校	19	19,471	74.50	設備容量	15,049	2,015	9,071	26,135
				百分比(%)	57	8	35	100
總計	836	326,834	27	設備容量	550,135	70,271	590,899	1,211,305
				百分比(%)	45	6	49	100

資料來源：依據台電92年所提供高壓用電戶資料，經中技社節能中心整理結果。

參、國內外政府機關學校耗能指標概況

建築節能標準之規範對象，各國常有不同的考量。某些國家是規定建築規模超出一定水準時，必須遵守建築節能標準；有些國家，例如泰國，則需建築耗電功率大於1,000kW時，方需遵守能源效率標準；尚有其他國家的節能標準，則只規範特定的能源耗用設備，例如空調或暖氣設備，而非建築物本身。本章彙整國內相關研究，介紹國內外相關節能規範，主要的參考文獻為台北科技大學蔡尤溪教授及李魁鵬教授等人接受中技社委託所完成的建築耗能設備能源效率之技術規範研究期末報告。

就建築節能標準之規範方法而言，從世界各國建築節能標準的文獻中，可歸納為兩個主要類別。第一種是法條式系統設計規範法(Prescriptive standards)，用以逐條規定建築物內相關設備之設計方法或材料使用；第二種為性能指標法(Performance standards)，該法是建築外殼節能設計之典型規範法。性能指標法可用來作為表達屋頂或牆等構建材料之熱傳計算值，例如總熱傳值(Overall Thermal Transfer Value， OTTV)之標準就是性能指標法的一種，其目的是用來規範與限制熱帶氣候之建築物熱得及溫帶或寒帶氣候之建築物熱損失不能超出某一量值。例如香港及新加坡，即採用OTTV作為建築外殼節能設計之評估標準。

本章節首要介紹國外政府機關耗能指標概況，進而說明我國空調及照明能源效率標準，給予政府機關學校各單位對建築物耗能參考。

3.1 國外政府機關耗能指標概況

(一)美國建築節能現況

美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之ANSI/ASHRAE/ IES 90.1-1999(Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)為美國新建築節能設計之國家標準，美國聯邦政府已要求各州政府將之作為最低之節能標準來制定建築節能法規，Ashrae 90.1已被納入國際建築法規，2001年修改部份附錄內容。ASHRAE 90.1顧名思義，不適用於低層建築，適用於4樓以上外周區空調負荷超過 $15\text{W}/\text{m}^2$ 之建

築，以省能為目標但不妥協居者之舒適度及生產力。ASHRAE 90.1含概一般及強制(mandatory)條款，可選擇規範性(prescriptive)之規定或以能源價預算法(energy cost budget method)，容許設計方面之彈性。對於原有建築，增建、原有空間裝設空調、或修改也納入管制，歷史性之建築除外。

美國聯邦能源部建築節能計畫之標準與指導方案 (Building Standards & Guidelines Program, BSGP)，為美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之ANSI/ASHRAE/ IES 90.1-1999(Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)為其主要之節能標準。ASHRAE 90.1之申報文件包括設計圖面、設備規格、計算書、及規劃報告等，其建築之設計及建造之管制。

空調之節能規範方面，共有三種遵守法規之方法，分別為：

1. 簡易法(Simplified Approach Option)：包含部分之強制性條款(mandatory provisions)以及法條式規範(prescriptive requirements)
2. 法條式規範法(Prescriptive Path)：包含強制性條款以及法條式規範
3. 能源價預算法(energy cost budget)：結合強制性條款以及電腦計算，可允許建築系統及設備元件間具有折衷的彈性

其中簡易法適用於80%以上之建築，規範面積小於25000ft²並使用單區式、一體式(package)或分離式(split)空調系統。使用簡易法之建築需遵守ASHRAE 90.1以下幾方面之規範：

1. 空調機選用合乎90.1之EER標準之設備
2. 依規範設計外氣冷房之空調
3. 依規範使用全熱交換器節能設計
4. 依規範設計適當之管路保溫

ASHRAE 90.1在空調設計方面之強制規定(適用於任何法)為

1. 合乎EER標準之空調設備
2. 符合Ashrae要求之空調負荷計算
3. 用分區溫度控制
4. 適當之保溫設計

在規範式之方法部份，其有多方面的規範，包括：

1. 外氣冷房之設計規範

2. 空氣側系統之節能設計規範

3. 風機電力比值(fan power ratio, FPR)規範

其它節能規定如下：

1. 水系統方面，超過10 hp者，至少有50%之流量可變流量，如泵之壓損超過100 ft 及50hp，需用變頻驅動。

2. 散熱設備(如冷卻水塔)，應用可變轉速之水泵及風機。

3. 外氣量佔送風之70%以上或大於5000cfm者，使用熱回收減少外氣負荷。

4. 建築照明之節能規範概要

強制之規定包括：

(1)照明之控制

(2)雙座電線，二燈具共用一個安定器

(3)室內照明電力標準

(4)照明器具之電力標準

(5)室外照明器具標準

規範性之規定如照明耗電之建築面積法，辦公空間的照明耗能規範為 14 W/m^2 ，學校的照明耗能規範為 16 W/m^2 。美國對於螢光燈的管理，法源於1988年制訂的「國家器具節約能源法案」(PL100-357)及1992年制定的「國家能源政策法案」(PL102-486)，前者係規定螢光燈管用安定器的能源效率標準，以安定器效率因數值(BEF)表示，後者則規定螢光燈管之能源效率標準，除了最低發光效率(Lm/W)標準外，亦規定最低的平均演色性指數(CRI)標準，其目的除了節約能源外，亦有提升照明品質的目的，凡輸入美國的產品皆要符合上表規定值才能銷售，以強制手段迫使螢光燈管提升能源使用效率及照明品質。

規範性之規定如照明耗電之建築面積法(building area method，如表3-1-1,如旅館業(hotel)空間之照明電力負載以 18 W/m^2 標準設計。ASHARE 90.1 亦有個別空間法之照明電力標準，使較大之建築有設計上之彈性。

(This is Table 9.3.1.1 in the Standard)

Building Type	Lighting Power Density		Building Type	Lighting Power Density	
	(W/ft ²)	(W/m ²)		(W/ft ²)	(W/m ²)
Automotive Facility	1.5	16	Museum	1.6	17
Convention Center	1.4	15	Office	1.3	14
Court House	1.4	15	Parking Garage	0.3	3
Dining: Bar	1.5	16	Penitentiary	1.2	13
Lounge/Leisure					
Dining: Cafeteria/Fast Food	1.8	19	Performing Arts Theater	1.5	16
Dining: Family	1.9	20	Police/Fire Station	1.3	14
Dormitory	1.5	16	Post Office	1.6	17
Exercise Center	1.4	15	Religious Building	2.2	24
Gymnasium	1.7	18	Retail	1.9	20
Hospital/Health Care	1.6	17	School/University	1.5	16
Hotel	1.7	18	Sports Arena	1.5	16
Library	1.5	16	Town Hall	1.4	15
Manufacturing Facility	2.2	24	Transportation	1.2	13
Motel	2.0	22	Warehouse	1.2	13
Motion Picture Theater	1.6	17	Workshop	1.7	18
Multi-Family	1.0	11			

表 3-1-1 照明電力標準(建築面積法) ASHARE 90.1 (1999)版)

(二)加拿大建築節能現況

加拿大之建築節能法規以ASHRAE 90.1為主架構，只將控制之規範簡化。制定法規之主要單位為聯邦與省之能源部(Ministry of Energy)與加拿大電力公會(Canadian Electrical Association)。能源法規獨立於建築法規(National Building Code)之外，但與建築法共用，由省建管單位執行。性能法之計算程式為DOE 2,由政府設定一些標準輸入參數。加拿大之建築節能法規共分『Model National Energy Code of Canada for Buildings 1997』及『Model National Energy Code of Canada for Houses 1997』兩套。

(三)日本建築節能現況

目前，在「關於能源使用合理化的法律」(The Law Concerning the Rational Use of Energy, 1998)的架構下，日本建築節能之最新標準共有二大類，分別為大樓(Building)及住宅(House)建築節能基準，並且輔以政府公佈之建築隔熱材之性能係數標準值以及出版住宅節能設計施工指南。日本

之建築節能規範採用PAL(Perimeter Annual Load)及CEC(Coefficient of Energy Consumption)性能指標法，規範建築之能源耗用與效率，其中PAL用以評估建築外週區之整年熱負荷；CEC則用以規範相關建築耗能設備之能源使用效率。

日本之住宅建築節能標準主要著重在建築外殼之設計；而大樓建築節能標準所管制的項目包含以下項目：

- 1.建築外殼熱損失
- 2.空調設備能源使用效率
- 3.非空調設備之機械通風能源使用效率
- 4.照明設備能源使用效率
- 5.熱水供應設備能源使用效率
- 6.升降機設備能源使用效率

另要求業者在公元 2000 年所產製的螢光燈必須達到新的目標值；在 1999 年 3 月通產省公告 2005 年的螢光燈系統發光效率目標值，標準的適用範圍更為明細完整，日本由於沒有另外規定安定器的能源標準，因此以系統發光效率來規範。

(四)香港建築節能現況

香港的建築節能法規於1995年7月21日開始施行，當時該法規規範新建商業建築與旅館建築外殼之總熱傳值。該規範雖然具有簡單方便、容易理解，並且容易執行的優點，但是卻不足以完全控制整棟建築物之總耗能量，例如照明與空調系統耗能量。因此，香港政府於1998~2000年相繼頒佈其他四套關於照明、空調、電力與升降設備之建築設備節能標準，如表3-1-2與表3-1-3所示。目前建築外殼節能規範屬強制性質，其餘四套建築設備節能法規則屬於非強制性，但考慮在未來的幾年內也將其納入強制性的管制範圍。另外，香港政府也出版了相關輔助的節能設計指導手冊。雖然，建築設備節能法規屬於非強制性，但為了推行建築節能觀念，香港政府亦舉辦過數年(1994~1997年)的優良建築節能獎，並且自1995年起推行電器產品能源效率標章制度，以提昇消費者採購高效率電器用品的意願與節能意識。

香港政府亦施行需量控制(demand-side control), 給予具節能設計或儲能空調之建築物電費折扣。並且於1993年起進行能源查核制度, 以抑制耗能總量。

基本上香港的建築節能法規類似於美國ASHRAE 90.1之規範法。

表 3-1-2 香港建築節能標準

規範項目	施行日期	性質	管制建築類型
建築外殼(OTTV)	1995年7月	強制性	商業建築及旅館
照明	1998年7月	非強制性	所有建築類型(住宅、工業、及醫院除外)
空調	1998年7月	非強制性	所有建築類型(住宅、工業、及醫院除外)
電力設施	1999年2月	非強制性	所有建築類型(特殊之工業製程除外)
升降梯	2000年中 (預計)	非強制性	所有建築類型(特殊之工業製程除外)

表 3-1-3 香港建築設備相關的能源守則要點

<p>1. 空調裝置能源守則</p> <ul style="list-style-type: none"> • 制冷量應根據指定的室內和室外參數進行估計 • 冷風系統： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 管道系統的空气滲漏限制 ◦ 定風量和變風量系統的風機耗電量限制 • 冷水系統： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 可變流量水泵系統的規定 ◦ 導管的最高容許摩擦損耗 • 控制系統：溫度控制、濕度控制、區域控制和低負荷時控制的規定 • 隔熱準則：冷卻水喉管、冷卻劑喉管和空氣管道的隔熱厚度 • 最低空調設備效率：空氣冷和水冷單式空調機以及冷水空調機的最低能效比 	<p>3. 電氣裝置能源守則</p> <ul style="list-style-type: none"> • 配電裝置： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 建築物的高壓配電裝置 ◦ 最低變壓器效率 ◦ 配電變壓器及開關的位置 ◦ 各類電路的最大功率損耗 • 有效使用電力的規定： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 馬達及驅動器 ◦ 電力功率改善 ◦ 辦公室設備、家庭電器和電力需求管理 • 電力質素： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 最大電流總諧波畸變 ◦ 單相負載平衡 • 儀錶及監察設施： <ul style="list-style-type: none"> ◦ 主輸入電路 ◦ 次主配電裝置及饋電裝置
---	--

<p>2. 照明裝置能源守則</p> <ul style="list-style-type: none"> • 各類電燈的訂明初始操作時數 • 各類電燈的發光效率(最低容許數值) • 電燈鎮流器的損耗量(最高容許數值) • 各類建築空間每單位面積照明用電量(最高容許數值) 	<p>4. 升降機及自動扶梯裝置能源守則</p> <ul style="list-style-type: none"> • 升降機、自動扶梯及自動人行道之最大容許電力 • 升降機、自動扶梯及自動人行道之能源管理 • 升降機之樓層分區 • 升降機及自動扶梯之控制系統 • 電流總諧波畸變及總電力功率
--	---

(五)新加坡建築節能現況

新加坡之公共建設部門投入相當多的心力於建築節能之研發與推展，該部門於1979年建立一系列合併入建築控制法規內(Building Control Regulation)的法條式節能規範，其中最主要的是規定空調型建築外殼之總熱傳值(OTTV)不能高於45 W/m²。

在新加坡的所有空調型建築，都必須符合當地之能源標準，其中規定在建築規劃階段，必須提出關於建築外殼之總熱傳值(OTTV)及U值之計算書進行審查，並且需獲得營建主管機關之認可。建築完工階段亦必須根據獲採認的建築平面進行驗收，方可獲得法定建築完工證明。

新加坡的建築法規之特色，在於具有完整的建築性能控管能力。其中，屬強制式的規範包含建築完善性、室內空氣品質、照明品質、空間品質、能源效率；而建築音響性能與建築品質則屬非強制性。

1. 空氣調節(HVAC)

空調設計條件需滿足以下表3-1-4所示之標準：

表 3-1-4 新加坡之建築空調設計條件

最大乾球溫度	25.5 °C
最小乾球溫度	22.5 °C
最大相對濕度	70 %
最大氣流速度	0.25 m/s

2. 照明設計

辦公室照明用電密度標準為 15 W/m²，教室照明用電密度標準為 15 W/m²。

表 3-1-5 新加坡室內照明用電密度標準

Type of usage	Maximum lighting power budget (Watts/m ²)
Offices	15
Classrooms	15
Lecture theatres	15
Auditoriums / Concert halls	10
Shops / Supermarkets / Departmental stores (including general, accent & display lighting)	25
Restaurants	15
Lobbies / Atriums / Concourse	10
Stairs / Corridors	10
Car Parks	5
Electronic manufacturing and fine detail/Assembly industries	20
Medium and heavy industries	15
Warehouses / Storage areas	10

3.2 我國空調及照明能源效率標準

為提升國內空調、照明能源使用效率及照明品質，經濟部訂定及公告窗型冷氣機、箱型冷氣機、空調冰水主機及螢光燈管、螢光燈管用安定器能源效率標準，並施行檢驗管理，及推動家電節能標章產品，以淘汰低效率產品而達到節約用電的目的。如表 3-1-6~表 3-1-10 內容所示，另外為統一各場所之照度設計基準，經濟部中央標準局於 76 年 9 月公佈中國國家 CNS 照度標準。如表 3-1-11~表 3-1-13 內容所示。

表 3-1-6 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

表 3-1-7 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

表 3-1-8 空調冰水主機能源效率標準

表 3-1-9 螢光燈管能源效率標準

表 3-1-10 螢光燈管用安定器能源效率標準

表 3-1-11 辦公室照度標準

表 3-1-12 學校照度標準

表 3-1-13 停車場照度標準

表 3-1-6 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

機 種	適用舊版 CNS2725	適用新版 CNS3615 及 CNS14464	實 施 日 期
	能源效率比值 (EER) kcal/h-W (Btu/h-W)	能源效率比值 (EER)	
氣冷式 (消耗電功率大於 3kW)	2.44(9.68)	2.84	民 國 91 年 1 月 1 日 起
水冷式	3.17(12.58)	3.69	

註：

1. 資料來源--經濟部中華民國九十年九月十二日經(九〇)能字第〇九〇〇四六一九一七〇號公告。
2. 適用舊版 CNS2725 箱型空氣調節機(民國 84 年 12 月 21 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定試驗之冷氣能力(kcal/h) 除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。
3. 適用新版 CNS3615 無風管空氣調節機(民國 89 年 10 月 24 日修訂公佈)及 CNS14464 無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級(民國 89 年 10 月 24 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定在 T1 標準試驗條件下試驗之總冷氣能力(W) 除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。

表 3-1-7 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

窗型氣冷式(消耗電功率 3kW 以下)			適用舊版 CNS3615	適用新版 CNS3615 及 CNS14464	實施 日期
機 種	總冷卻能力		型式	能源效率 比值 (EER) kcal/h-W (Btu/h-W)	
	適用舊版 CNS3615	適用新版 CNS3615 及 CNS14464			
單 體 式	低於 2,000kcal/h	低於 2.3kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.33(9.24)	2.71
	2,000 kcal/h 以上 3,550 kcal/h 以下	2.3kW 以上 4.1kW 以下	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.38(9.44)	2.77
	高於 3,550 kcal/h	高於 4.1kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.24(8.89.)	2.60
分 離 式	3,550kcal/h 以下	4.1kW 以下	一般型式	2.55(10.12)	2.97
			變頻式 (60Hz)	2.38(9.44)	2.77
	高於 3,550 kcal/h	高於 4.1kW	一般型式 變頻式 (60Hz)	2.35(9.32)	2.73

註：

1. 資料來源--經濟部中華民國九十年九月十二日經(九〇)能字第〇九〇〇四六一九一七〇號公告。
2. 適用舊版 CNS3615 室內空氣調節機(民國 84 年 12 月 21 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定試驗之冷氣能力(kcal/h) 除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。
3. 適用新版 CNS3615 無風管空氣調節機(民國 89 年 10 月 24 日修訂公佈)及 CNS14464 無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級(民國 89 年 10 月 24 日修訂公布)者，能源效率比值 (EER)依該標準規定在 T1 標準試驗條件下試驗之總冷氣能力(W) 除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值之 95%以上。

表 3-1-8 空調冰水主機能源效率標準

執行階段		第一階段		第二階段		
施行日期		九十二年一月		九十四年一月		
型式	冷卻能力等級	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)	能源效率比值 (EER) kcal/h-W	性能係數(COP)	
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		≥150RT ≤500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.55
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		≥150RT <300RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		≥300RT	4.77	5.55	5.25	6.10
氣冷式	全機種	2.40	2.79	2.40	2.79	

註：

1. 資料來源--經濟部中華民國九十年九月十二日經(九〇)能字第〇九〇〇四六一九一七〇號公告。
2. 冰水機能源效率比值(EER)依 CNS 12575 容積式冰水機組及 CNS 12812 離心式冰水機組規定試驗之冷卻能力(kcal/h)除以規定試驗之冷卻消耗電功率(W)，測試所得能源效率比值不得小於上表標準值，另廠商於產品上之標示值與測試值誤差應在 5%以內。
3. 性能係數(COP)= 冷卻能力(W)÷冷卻消耗電功率(W)=1.163EER。1RT(冷凍噸)=3,024kcal/h

表 3-1-9 螢光燈管能源效率標準

類別	螢光燈管 區分	額定螢光 燈管功率 W	發光效率(lm/W)						實施 日期	
			一般型			三波長域發光型				
			D	N(CW)	W.W.W	D-EX	N-EX (CW-EX)	W.-EX, W.W-EX		
預熱 起動型	直 管 型	10	10	44	45	47	45	50	53	民國 90年 1月 1日 起
		15	11~15	48	52	55	59	63	65	
		20	16~20	60	67	71	71	74	77	
		30	21~30	63	70	74	76	80	84	
	環 管 型	40	31~40	72	78	81	84	88	90	
		20	20, 18	45	47	50	51	53	57	
		22	22, 19	45	47	50	51	53	57	
		30	30, 28	47	52	55	57	58	60	
瞬 時 起 動 型	32	32, 30	53	56	59	65	67	69		
	40	40, 38	63	68	72	70	77	81		
	20	16, 20	55	68	71	62	71	74		
	40	31~40	75	76	77	75	81	84		
平均演色性指數(Ra)	60	51~60	62	67	72	67	72	75	80	
	110	100~110	80	82	86	85	87	91		

註：

1. 資料來源--經濟部中華民國九十年九月十二日經(九〇)能字第〇九〇〇四六一九一七〇號公告。
2. 類別、螢光燈管區分依 CNS691 螢光燈管(一般照明用)規定。
3. 螢光燈管光源色區分依 CNS10839 螢光燈管之色度分類規定：晝光色(D：5700~7100K)、冷白色(CW：4600~5400K)、白色(W：3900~4500K)、溫白色(WW：3200~3700K)、三波長域發光(EX)。
4. 發光效率為光源全光束(lm)與螢光燈管功率(W)之比，光源全光束與螢光燈管功率之測試方法依 CNS3936 螢光燈管(一般照明用)檢驗法規定。
5. 實測之發光效率及平均演色性指數應在標準值及標示值 95%以上。
6. 植物培植燈、捕蟲燈、半導體專用燈、滅菌燈等彩色螢光燈管及高演色螢光燈管(Ra>95%以上者)免試發光效率。
7. 平均演色性指數之測試方法依 CIE13.3 method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources 規定。
8. 晝白色(D：4600~5400K)螢光燈管發光效率及平均演色性指數比照冷白色(CW：4600~5400K)螢光燈管規定。燈泡色(L：2600~3150K)螢光燈管發光效率及平均演色性指數比照白色(W：3900~4500K)螢光燈管規定。

表 3-1-10 螢光燈管用安定器能源效率標準

安定器類型			耗能標準值		
型式	編號	規格	功率損耗 (W)		功率因數 (%)
			110V	220V	
預熱式	1	FL10W	5	7	90
	2	FL15W	5	7	90
	3	FL20W	5	7	90
	4	FL30W	11	8	90
	5	FCL30W 環管	8.5	10.5	90
	6	FL40W	11	7	90
瞬時式	1	FLR20W	13	14	90
	2	FLR20W ×2	15	16	90
	3	FLR40W	19	19	90
	4	FLR40W ×2	20	20	90
	5	FLR60W	24	25	90
	6	FLR110W	32	33	90

註：

1. 資料來源--經濟部中華民國九十年九月十二日經(九〇)能字第〇九〇〇四六一九一七〇號公告。
2. 各機關採購螢光燈管用安定器能源效率標準建議依照上表公告功率耗損標準值降低10%以上。
3. 規格中 FL 為直管用安定器，FCL 為環管用安定器，FLR 為瞬時啟動直管用安定器。
4. 依據 CNS 3888 螢光燈管用安定器檢驗法第 4.5、4.8、4.9 節試驗方法。

表 3-1-11 辦公室照度標準

	場 所(1)	作 業
2000	—	—
1500	—	○設計 ○製圖 ○打字 ○計算 ○打卡
1000	辦公室(a)(2), 營業所, 設計室, 製圖室, 正門大廳(日間)(3)	
750	—	
500	○辦公室(b), 主管室, 會議室, 印刷室, 總機室, 電子計算機室, 控制室, 診療室 ○電器機械室之配電盤及計器盤 ○服務台	
300	禮堂, 會客室, 大廳, 餐廳, 廚房, 娛樂室 休息室, 警衛室, 電梯走道	
200	書庫, 會客室, 電器室 教室, 機械室, 電梯 雜物室	—
150	—	盥洗室, 茶水間, 浴室 走廊, 樓梯, 廁所
100	飲茶堂, 休息室, 值夜室, 更衣室, 倉庫, 入口(靠車處)	—
75	—	—
50	安全梯	
30		

註：

1. 資料來源--經濟部中央標準局中華民國七十六年九月十七日公佈之 CNS照度標準。
2. 關於室內停車場請參照CNS照度標準。
3. 辦公室如做精細工作，且日間因光線之影響而室外明亮，室內黑暗之感覺希望能選擇a之標準。
4. 為避免日間已適應屋外數萬Lux的自然光，自進入屋內正門大廳時呈昏暗之情形，正門大廳照度應予提高，正門大廳日夜間照度可分階段點減調光。

備考：有"○"記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

表 3-1-12 學校照度標準

標準照度 Lux	場 所 (室 內)		作 業 種 類
1500	---	—	—
1000		製圖教室，	○精密製圖， ○精密實驗，
750	教室，實驗室，實習工場， 研究室，圖書閱覽室，書庫，	縫紉教室，	○縫 紉， ○打鍵工作， ○圖書閱覽， ○精密工作， ○工藝美術製作，
500	辦公室，教職員休息室，會議室， 保健室，餐廳，廚房，配膳室，	電腦教室	○黑板書寫， ○天秤計量
300	廣播室，印刷室，總機室，守衛室， 室內運動場	大 教 室， 禮 堂， 貯 櫃 室， 休 息 室， 樓 間， 走 廊， 電 梯 走 道， 廁 所， 值 班 室， 工 友 室， 天 橋	
200	---		
150	---		
100	---		
75	---		
50	倉庫，車庫，		
30	安全梯		

備考：① 如屬視力、聽力不良之兒童、學生使用之教室、實驗、實習工廠時，可將照度提高上述所定基準值兩倍（其原因係因聽力不良之兒童，必靠看別人口唇之動作去判斷別人所說的詞句）。

② “○” 記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

註：資料來源——經濟部中央標準局中華民國七十六年九月十七日公佈之 CNS 照度標準。

表 3-1-13 停車場照度基準表

表 10 停車場 照度基準表							
照度 Lux	屋 內、地 下			屋 外			
	—	—	—	—	—	—	—
300	機械室停車	車 道					
200	裝置之出入 口	(交通量大)					
150	—	—	停車位置 (出入多的 場合)	巴士及卡車 起訖站(交 通量大)	—	—	—
100				巴士及卡車 起訖站(交 通量小)			
75			停車位置 (出入少的 場合)	服 務 區 (高速公路)	收 費(1) (大規模)		
50				—	停車區 (高速公路)	收 費 (小規模)	
30			—				
20							
10							
5			—	—	—	—	

註：

1. 資料來源--經濟部中央標準局中華民國七十六年九月十七日公佈之 CNS 照度標準。

2. 照停車表之路上停車場不包括在內。

備考：屋內停車場之出入口需視白天外面之照度增設燈數。

3.3 國內外耗能指標參考

國內外分析評估建築耗能高低方法大都採用如下二種方法：

- 1.單位面積耗電量 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 值：代表各建築物的地區地理氣候環境，建築外殼耗能、耗能設備系統運轉效率高低、建物面積大小 (m^2)、停車場大小、人數及運轉時間長短(時/年)等的整體性綜合指標。
- 2.單位面積年耗電 W/m^2 值：代表各建築物的地區地理氣候環境，建築外殼耗能、耗能設備系統運轉效率高低、建物面積大小(m^2)、停車場大小、人數等，但不論運轉時間長短(時/年)的整體性綜合指標。

我台灣地區政府機關辦公室耗能指標 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 與日本比較如下：

- (1)台灣地區：經彙整 91 年行政院暨所屬機關、縣市政府(含直轄市)、經濟部暨所屬單位 74 家之執行機關的「政府機關辦公室節能措施目標表」填報資料統計，耗能指標平均值為 $141 \text{ kWh/m}^2.\text{yr}$ 、 60 W/m^2 。【5】(註：一般取樣不分建築規模大小，樣本數越多，耗能指標平均值為 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$ 越小。)
- (2)日本：若以日本省能中心於 1997 年及 1998 年建築省能診斷調查【10】【11】統計資料，如下表(3-1-14)所示，1998 年日本廳舍(七家)及 A 型廳舍(為縣政府及都市型辦公室)單位面積年耗電量平均值分別為 $108 \text{ kWh/m}^2.\text{yr}$ 及 $148 \text{ kWh/m}^2.\text{yr}$ 。

表 3-1-14 我國與日本政府機關辦公室

單位面積耗電量(kWh/m².yr)值比較

比較項目	單位面積耗電量 kWh/m ² .yr		單位面積耗電 W/m ²	
	範圍值	平均值	範圍值	平均值
88 年政府機關能源查核 (29 家)	27.3~568.8	139.6	10.70~145.6	52.2
92 年行政院所屬機關 (74 家)	10.89~389.7	141	5.8~327.7	60
1998 年日本廳舍 (7 家)	77~159	108.2		
1998 年日本 A 型廳舍 (7 家縣府及都市型廳舍)	118~159	148		
1998 年日本 B 型廳舍 (7 家鄉鎮型)	77~118	94.7		
1997 年日本廳舍 10 家	57.14~167.34	119.59		

註：1.參考日本省能中心「建築省能 1998 年診斷調查」統計資料【10】

2.參考日本省能中心能源使用合理化成本節減(1997 年)【11】

肆、政府機關學校建築節能統計分析

本章首要介紹政府機關學校節約能源措施網路填報，針對實際能源使用量、主要耗能設備調查、能源設備投資金額與建築基本資料等資料統計與分析，進而說明各政府機關與學校建築物耗能參考值(單位面積年耗電量平均值 $\text{kWh/m}^2\cdot\text{年}$ 、單位面積用電尖峰需量平均值 W/m^2 、單位面積空調裝置量平均值為 RT/m^2 、單位面積日光燈裝置量平均值)，給予政府機關學校各單位對建築物節約參考。

針對政策方面提出建築物耗能指標建議與實施方法，最後如何落實節約能源改善之配套措施。

4.1 建築耗能指標

(一)93年度政府機關辦公室節能措施填報狀況

本次各單位能源使用填報係依據行政院89年2月核定之「政府機關辦公室節約能源措施」及經濟部93年3月1日經授能字第09320080800號函辦理，填報對象分為行政機關及學校二大類，調查能源使用期間為92年1月至92年12月，填報表格為節能措施目標表及自我評量表二種表格，資料填寫日期為93年3月至93年4月15日止。

本次能源使用情形調查共計回收有效樣本為2,210家。在行政機關的調查上分為行政院及所屬機關、經濟部及所屬機關與縣市政府及所屬機關三類合計839家，其中行政院及所屬機關有效樣本數為338家、經濟部及所屬機關有效樣本數為32家、縣市政府及所屬機關有效樣本數469家。在學校的能源使用調查上分為大專、高中、國中及國小四種類別共計1,371家，其中大專院校有效樣本數為47家、高中職有效樣本數為166家、國中有效樣本數為293家，國小有效樣本數為865家。九十三年度政府機關能源使用情形調查能源目標表及自我評量表回收有效統計如表4-1-1所示。

表 4-1-1 93 年度政府機關學校能源使用情形能源目標表及自我評量表填報統計

行政機關		學校	
行政院及所屬機關	338 家	大專院校	47 家
經濟部及所屬機關	32 家	高中職	166 家
縣市政府及所屬機關	469 家	國中	293 家
		國小	865 家
小計	839 家	小計	1,371 家
合計：2,210 家			

(二)政府機關學校建築節能調查資料統計分析

本填報統計項目實際能源使用量、主要耗能設備調查、能源設備投資金額與建築基本資料等四項。實際能源使用量包含電費及油費，主要耗能設備調查為照明設備與空調設備，能源設備投資金額包含新購與汰換分為電力系統、空調設備、照明設備、公用設備及事務設備，建築基本資料為建築物樓地板面積。

各填報單位依據上述項目填報 92 年度實際能源使用情形與投資金額，並預估 93 年度可能使用情形與投資金額。

茲分別就各類型建築耗能指標、能源設備投資金額等填報數據進行整理分析，結果彙整如下：

建築耗能指標的調查分析主要為單位面積耗電量、用電尖峰需量、空調裝置量及照明裝置量之統計分析，各類型建築之統計分析資料如下所述：

1.政府機關

政府機關分為行政院及所屬機關、經濟部及所屬機關與縣市政府及所屬機關三類進行耗能指標分析。

1.1 行政院及所屬機關

行政院及所屬機關填報對象包含為行政院直屬機關 34 家及其所屬機關，有效樣本數為 338 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $139.4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $122.7 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 $183 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 者，屬於高耗能用戶前端 25%。92 年度單位面積年耗電量略低於 91 年之面積年耗電量平均值 $141 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 48 W/m^2 中間值為 45.3 W/m^2 。
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.05 RT/m^2 ，中間值為 0.041 RT/m^2 。
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 9.7 W/m^2 。

1.2 經濟部及所屬機關

經濟部及所屬機關填報對象包含為 15 家經濟部直屬機關及所屬機關，有效樣本數為 32 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $118.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $114.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 50.3 W/m^2 中間值為 50.7 W/m^2
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.06 RT/m^2 中間值為 0.047 RT/m^2
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 11.6 W/m^2

1.3 縣市政府及所屬機關

縣市政府及所屬機關填報對象包含為 25 家縣市政府、鄉鎮市公所及所屬機關，有效樣本數為 469 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $110.5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $99.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，部份所屬機關之建築空間並非純辦公類，故其單位面積年耗電量小於行政院及所屬機關。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 51 W/m^2 中間值為 47.9 W/m^2 。
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.05 RT/m^2 中間值為 0.041 RT/m^2 。
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 9.9 W/m^2 。

2.各級學校

各級學校填報對象包含為大專院校、高級中學(職業學校)、國民中學及國民小學，學校用電，進行耗能指標分析。

2.1 大專院校：

大專院校填報對象包含為國立各專科學校、各大學及各學院，有效樣本數為 47 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $82.8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $76.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 $107 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 者，屬於高耗能用戶前端 25%。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 24.4 W/m^2 中間值為 24.5 W/m^2 。
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.021 RT/m^2 中間值為 0.015 RT/m^2 。
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 7.4 W/m^2 中間值為 4.1 W/m^2 。

2.2 高級中學(職業學校)：

填報對象包含為國立高級中學、縣市立各高級中學及縣市立高級職業學校，有效樣本數為 166 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $36.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $33.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 $46.8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 者，屬於高耗能用戶前端 25%。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 21.6 W/m^2 中間值為 19.6 W/m^2 。
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.014 RT/m^2 中間值為 0.011 RT/m^2 。
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 3.3 W/m^2 中間值為 2.2 RT/m^2 。

2.3. 國民中學：

填報對象包含為縣市立國民中學，有效樣本數為 293 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $19.9 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $17.0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 $24.9 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 者，屬於高耗能用戶前端 25%。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 12.1 W/m^2 中間值為 8.6 W/m^2 。
- (3)單位面積空調裝置量平均值為 0.0053 RT/m^2 中間值為 0.0026 RT/m^2 。
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 2.9 W/m^2 中間值為 2.3 W/m^2 。

2.4. 國民小學：填報對象包含為縣市立國民小學，有效樣本數為 865 家，其耗電分析與節能指標建議如下：

- (1)單位面積年耗電量平均值為 $18.1 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，中間值為 $17.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ ，依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 $21.8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{年}$ 者，為耗能用戶前端 25% 指標值。
- (2)單位面積用電尖峰需量平均值為 15.5 W/m^2 中間值為 11.5 W/m^2 。依常態分佈加以計算單位面積年耗電量超過 23.1 W/m^2 者，屬於高耗能用戶前端 25%，建議其提出耗能說明或節能方案。
- (3)單位面積空調裝置量平均值 0.0059 RT/m^2 中間值為 0.0032 RT/m^2
- (4)單位面積日光燈裝置量平均值為 2.9 W/m^2 中間值為 3.0 W/m^2 。

表 4-1-2 為本計畫對政府機關與學校各類建築之節能指標統計值。中央空調系統在設置經常會設有備用容量，故給予特別考慮，上級機關多為純辦公用途，無論使用人員之密度時間、辦公設備或照明之要求較為高，也作為評估之要項。基於以上因素，純辦公類之機關又使用中央空調者比照上級機關之指標值。

表 4-1-2 政府機關學校各類建築之耗能指標調查統計值

		單位面積年 耗電量平均 值kWh/m ² .年	單位面積用 電尖峰需量 平均值W/m ²	單位面積空 調裝置量平 均值RT/m ²	單位面積 日光燈裝 置量W/m ²	備註
行政院	行政院及所 屬機關	139	48	0.05	9.7	
經濟部	經濟部及所 屬機關	119	50	0.06	11.6	
縣市政府	縣市政府及 所屬機關	111	51	0.05	9.9	
各級學 校	大專院校	83	24	0.021	7.4	
	高級中學 (職業學校)	37	22	0.014	3.3	
	國民中學	20	12	0.005	2.9	
	國民小學	18	16	0.006	2.9	

本報告之指標值為調查統計資料的彙整分析，可作為節能目標之參考，而非耗能之限制。建築耗能與使用強度有關，本報告所呈現各級機關與學校之差異已顯示此因素之重要。

有關節能指標之訂定宜參考先進國家同時以分項指標如單位面積日光燈裝置量 W/m² 或節能技術規範作為法規似之管制。以台灣之氣候而言，空調耗電幾乎佔用電量之一半，單位面積空調裝置量 RT/m² 納入節能指標之一環，可避免空調之過大設計所導致之耗能。而調查所得之單位面積年耗電量指標 kWh/m².年為重要之節能參考指標，另單位面積用電尖峰需量 W/m² 則應同時被參考。

4.2 能源設備投資金額分析

能源設備投資金額分析的調查分析主要為汰換設備投資金額、空調及照明設備汰換之統計分析，年度統計分析資料如下所述：

(一)投資金額分析

92年政府機關與學校投資費用在所調查的2,053家合計約為18.5億元較91年增加3.5億元，這是因為91年調查家數為822家且92年度所增加之調查用戶主要為耗電量較小的行政院所屬機關、縣市政府所屬機關、國民中學及國民小學等所致。93年預估投資費用較92年實際減少14.3%，主要原因為各機關學校反應經費縮減，且國民中學及國民小學改善費用皆由縣市政府編列補助，各政府機關與縣市政府預算緊縮下學校投資費用相對減少。

表4-2-1 政府行政機關學校91~93年能源設備投資金額分析表

投資項目	91年投資費用 (元)(實際)	92年投資費用 (元)(實際)	93年投資費用 (元)(預估)
電力系統	177,171,200	378,266,984	380,013,122
空調設備	223,113,100	596,159,473	494,551,023
照明設備	78,379,600	154,614,868	141,623,438
公用設備	656,439,300	116,115,539	115,885,472
事務設備	249,352,500	394,048,885	283,768,519
公務車輛	121,719,000	220,575,961	177,393,786
合計	1,506,174,700	1,859,781,710	1,593,235,360

(二)空調照明設備汰換比較分析

政府行政機關與學校單位空調設備數量與噸數統計分析如表4-2-2所示，92年空調實際統計台數約12萬8千台，其中中央空調台數約2千9百台佔2.2%。統計的空調冷凍噸數為92萬5千噸，其中中央空調冷凍噸數佔58%。另由中央空調冰水主機八年以上數量與噸數統計表(表1-5)可知冰水主機使用年限在八年以上的機組佔中央空調主機約52%，因此針對約1千5百台的老舊冰水主機進行能源使用效率提升或汰換，將可有效節約整體空調用電。目前能源局公佈之中央空調冰水主機效率標準(多為

0.8 kW/RT以下)，比8年前低約20%以上，加上性能之衰退更新之節能潛力應在30%以上，各政府行政機關與學校中央空調主機超過8年之台數與冷凍能力，建議考慮編列預算更新。

表4-2-2 政府機關學校92年與93年空調設備數量與噸數統計

	92年數量(實際)(台)	數量增減(台)	92年RT(實際)
A.中央空調	2,863	301	535,285
B.全部空調	127,956	1,958	925,735
比例(%) (A/B)	2.2%	-	57.8%

表4-2-3 政府機關學校中央空調冰水主機八年以上數量與噸數統計

	92年數量(實際)(台)	92年RT(實際)
A.八年以上	1,486	314,257
B.全部	2,863	535,285
比例(%) (A/B)	51.9%	58.7%

更換電子式安定器的日光燈具有助於節約照明用電，政府機關採用電子式安定器日光燈具數量與裝置容量如表4-2-4所示，92年實際電子式安定器日光燈具數量佔總日光燈具數量比例約27.7%，而佔總裝置容量比例約27.2%；

表4-2-4 政府機關學校採用電子式安定器日光燈具數量與裝置容量統計

	92年數量(實際)(支)	92年裝置容量W(實際)
A.傳統式	6,715,938	227,026,130
B.電子式	2,579,390	84,912,870
C.合計	9,295,328	311,939,000
比例(%) (B/C)	27.7%	27.2%

(三) 91~92年實際用電(油)比較分析

1.用電方面：

92年實際整體年總用電30.65億度量較91年實際用電21.13億度(如表4-2-5)，因填報家數增加71.3%，增加用電約9.52億度(約45.1%)。

2.用油方面：

92年實際整體年總油費48.33億元較91年實際總油費35.79億元(如表4-2-6)，因填報家數增加71.3%，增加油費約12.54億元(約25.9%)。

表4-2-5 政府機關學校91~93年用電比較表

項目	91年(實際)	92年(實際)
辦公室樓地板面積(m ²)	104,409,926	604,683,445
辦公室人員總數(人)	1,036,402	2,416,704
契約容量(kW)	434,800	966,321
總用電度數(度/年)	2,113,559,748	3,065,416,946
總電費(萬元/年)	4,739,393,600	7,197,207,352

表4-2-6 政府機關學校91~93年用油比較

項目	91年(實際)	92年(實際)
總用油量—汽油(公秉/年)	29,734	94,757
總用油量—柴油(公秉/年)	18,637	39,280
總油費(萬元/年)	357,879,800	483,303,330

4.3 政府機關學校整體建議

1. 單位面積年耗電量：政府機關平均用電量為 $139 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ ，各行政單位可參考上述平均值進行節能改善參考。
2. 用電尖峰需量之用電量(W/m^2)及單位面積空調設備容量(RT/m^2)為影響耗能之重要因子，建議檢討建築耗能設備之裝置容量以節約能源。
3. 照明用電應若只以辦公空間計，以不超過 15W/m^2 為節能指標。應由專家學者或公會訂出電子安定器高效能照明設備規格，保障改善品質及節能效益。
4. 建議建立節能投資之確認檢測機制，以落實節能技術之效益，及確認投資之報酬，每年應擬定節約能源目標與工作計畫，並自行編列相關預算執行。

伍、政府機關學校節能措施策略

依中技社對政府機關學校節能輔導案例統計顯示，若落實電力、照明、空調、管理等方面節能改善，平均約有 10~20%之節能潛力。首先介紹政府機關與學校使用能源之缺失分析，進而說明電力、空調、照明、熱水系統及事務機器等方面如何節能改善，期將國內外節約能源的技術，推廣政府機關學校實施。

5.1 政府機關學校建築使用能源之缺失分析

(一)政府機關學校耗能分析

各政府機關學校能源之耗能可歸類成空調系統、照明系統及源管理系統三方向探討。

1. 空調系統

(1)冰水主機耗能分析

A.冰水主機效率不佳

原因可能為設備老舊，效率不佳，不符經濟部能源局訂定之空調系統冰水主機性能係數標準 COP 值。

B.運轉模式效能不佳

主機運轉模式為單台主機依負載冰水回水溫度，以主機設備容量控制（100%、75%、50%及 25%）進行，再由操作人員依負載容量決定主機運轉台數，主機並未設置最佳運轉控制模組，因主機運轉模組不佳，至主機有低效率運轉之虞，嚴重浪費能源。

(2)空調送風系統耗能分析

A.空調箱風車馬達全載運轉

空調箱控制方式僅為冰水流量控制，因空調箱供應多間辦公室，由於各間辦公室負荷狀況及使用情形不盡相同，造成空調能源之浪費，增加主機之運轉電量，故有效控制空調送風系統實際供應量，依負荷實際需求調變送風量，可達到節能之效果。

B.預冷空調箱外氣能源耗損

預冷空調箱外氣量約佔總風量 10% 以上，如全量使用相當耗能，故如何有效運用能源轉換，可節省能源，並可提供清新、低溫之送風，改善悶熱不舒適之工作條件，使工作者置身於較舒適之環境而提升工作效益。

(3) 冰水管路系統耗能分析

區域冰水管路系統為全流量系統供應，無法有效控制實際冰水供應量，低回水溫度造成主機容量控制頻繁及主機低負載運轉，甚至造成主機湧浪現象，浪費主機運轉能量及主機運轉不正常，減少主機壽命及增加維護成本。

(4) 散熱系統耗能分析

現有冷卻水塔控制為 ON-OFF 控制風扇馬達運轉，如果將風扇馬達做有效運轉控制，對使用單位可有節省電力之效果。

(5) 控制系統耗能分析

控制系統可依各建造時間不同而使用之控制系統有所差異，可分成單獨設備控制裝置、PLC 系統控制、DDC 系統控制及中央監控系統控制，但因操作複雜或控制系統選用不當常造成無形之能源耗損；控制系統可視為空調系統之中樞神經系統，故於空調系統之節能上有其重要角色。

2. 照明系統效率不佳之主要原因有：

(1) 高熱量投射燈

(2) 低效率日光燈具

3. 能源管理系統分析

有一流之軟硬體設施，卻無管理系統，對設施是一大弊病；故設施日後管理及運作及維持設施保持最佳狀況必備之措施，設備亦然。針對各政府機關部門之管理系統可從電力監測管理、設備系統中央監控管理及維護保養等三方面進行探討及分析。

(1) 電力監測管理

建築物每年用電量大，且空調用電使用量約佔總用電量 30%~40%，有效監測用電情形，確實掌握空調節能改善前後之效益及空調、動力、照明用電比例，分析控管用電量，相對節省電費。

(2)設備系統中央監控管理不當。

(3)維護保養不確實。

5.2 政府機關學校節能策略

依財團法人中技社在政府機關學校節能多年輔導服務經驗，統計電力、照明、空調、熱水系統及事務機器上多項節能措施建議，供政府機關學校節能改善參考，主要的參考文獻為中技社前所完成的政府機關及學校節能技術手冊。

5.2.1 電力系統節能

(一)契約容量訂定與抑低尖峰需量

1.契約容量的檢討與電費支出：

契約容量的訂定是以全年所繳的基本電費及超約罰款之總和最低為合理值，因此在夏季尖峰用電需量超約用電 4 個月份被罰一些款；但非尖峰季節月份尖峰需量略低於契約容量，節省基本電費比較符合經濟原則。理想的契約容量訂定應參考預估全年用電，可洽：(1)中技社節能技術發展中心網站 (www.ctciectdc.org.tw)

2.裝置需量控制器抑低尖峰需量：

裝設尖峰需量控制器，暫時性或間歇性卸下部份負載，降低尖峰需量，以減少超約用電之罰款。一般而言，可短暫停機之負載諸如：多台式冰水主機、箱型機、停車場抽排風扇等。

(二)供電電壓調整

一般供電電壓以額定電壓供電產生之效率為最佳，但若在緊急供電或原設計欲度過多時，可降壓運轉節約能源。冷凍冷藏及空調機器的馬達壓縮機容易因電壓偏低，而造成故障與燒毀；一般電熱與照明及插座

若稍微降低 5 至 10 % 的電壓使用，效能上會稍微降低(電熱較不熱及亮度稍低)，但卻可以延長設備壽命並降低電費。因此若實地量測照明迴路，當電壓較額定電壓偏高 5% 時，可選擇在電壓偏高之照明迴路加裝電壓調整器，來調整電壓，但不宜供電給冷凍冷藏設備及冷氣機迴路，以免因電壓降低太多，反而造成馬達故障。

(三)功因調整改善

依台灣電力公司的功率因數管理辦法規定：裝置契約容量在 20kW 以上及需量契約容量在 30kW 以上用戶，每月用電之平均功率因數不及百分之八十時，每低百分之一，該月電費應增加千分之三；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月電費應減少千分之一·五。因此加裝電容器組以手動或自動控制操作，功率因數調整至 100%，可享有電費最大功因折扣。

一般而言，功率因數越高而趨近於 1.0(100%)，電流越小，壓降也越小，而用電設備能運作在額定電壓範圍內，運轉效率最高。功率因數偏低(80 % 以下)時，容易造成導線處於過載及因壓降太大，使得馬達處於低電壓運轉，容易造成馬達燒毀。但若因使用電容器改善功因後，於輕載時，卻未使用自動設備切離電容器組，將會造成功因超前，而使得負載端的電壓偏高到比電源電壓更高，而容易造成電熱類設備更熱而燒毀。而照明類設備也會因電壓偏高，使得燈具安定器及線路過載，而引起電線走火，通常夜間的工廠火災大都是因電容器未自動切離造成，店舖廣告招牌燈的火災則大都是功率因數偏低所造成。其內容敘述如下：

1.有效的改善功率因數方法

- (1)不要使功率因數超前，此舉會造成低壓側電壓升高，造成電器較易損壞。
- (2)至於電容器最佳的裝設位置應在電感性負載設備的控制負載側，隨負載之使用而投入或切離。
- (3)低壓電容器選用時，應注意額定電壓須大於實際使用電壓。
- (4)確認電容器裝設位置及合理的電容器容量，以避免投資浪費。

2. 電容器裝置分組及控制方式

任何改善功率因數的裝置，都是抵減無效電力，但若因使用電容器改善功因後，於輕負載時卻未切離部份電容器組，使供給電容量超過時，又會形成部份電容性的無效電流，引起功因超前之無效電力損失。

如何才能達到最佳效益，當依用電負載之連續性與非連續性程度等不同需求的特性，將所欲裝置的電容器加以周詳設計分組，並運用各種有效控制方式，使能適時適量供給各用電設備所需之無效電力，為考慮投資成本及管理上的方便，一般電容器裝置分組情形如下：

表 5-2-1 一般電容器裝置分組情形

用電設備運轉特性	電容器可分組數
全部連續運轉型	裝置固定型電容器一組
部份連續運轉，部份為半連續運轉	裝置固定型一組，可切型一組
非連續運轉型	裝置固定型一組，可切型一組至三組

以功率因數調整控制方式說，理論上應以本身自動功率因數錶依設定功率因數自動計算投入電容器之組數，但事實上受限於每季用電設備運轉特性之不同，以及每組電容器裝置容量大小之限制，無法使自動功率因數錶上所設定功率因數值，與實際受控值之誤差範圍保持最小。因此，為了減少誤差範圍，必須將負載變動率較高之空調盤配合夏季和非夏季，以手動方式增減投入電容器之組數，致使總功率因數維持至 95~99%。

3. 依用電特性可能採用的控制方式

依用電設備之特性及狀況可能採用的控制方式，如表 5-2-2 所示。

表 5-2-2 依用電特性可能採用的控制方式

控制方式	用電特性
電腦全自動控制	用電需量較大，負載變動大，且各時段機器設備「開機率」都不同。
時間控制	每日定時變更需量(營業時間固定)、每週固定天數(休假日固定)。
手動控制	24 小時用電量差異不大，僅夏季和非夏季差異較大，或是偶爾需量變化較大時，方便手動式操作。

4.一般電器之概略功率因數值：

一般電器之概略功率因數值可由下表 5-2-3 查得，用以估算需裝設之電容器量。

表 5-2-3 一般電器之概略功率因數值

負載種類	功率因數
白熾燈(及熱線電爐)	1.0
傳統式日光燈(及水銀燈)	0.5
高功因日光燈(及水銀燈)	0.8~0.95
霓虹燈(全載時)	0.5~0.75
1/2~3HP 單相電動機(全載時)	0.5~0.75
1~10HP 三相電動機(全載時)	0.75~0.85
10~50HP 三相電動機(全載時)	0.84~0.89
電弧爐	0.8~0.9
感應電熱爐	0.6~0.7
電焊變壓器	0.5~0.7

(四)其它電力系統改善措施

- 1.建立能源使用量及電費付費檔案，做為能源管理的依據。
- 2.依據全年用電最高需量實況，每年檢討合理契約容量(或申請免費諮詢)，以減少基本電費及超約附加費支出。
- 3.裝設遠端電力監控系統，以積極手段輪流停用部分設備，控制最高需量不超過契約容量，避免超約用電(附加費)，進一步節省電費。
- 4.裝設低壓進相電容器，將功率因數調高為 99-100%。

- 5.選用高效率的電器設備(變壓器、馬達等)。
- 6.將變壓器二次測電壓和電器額定電壓做適度協調，以維持電動機和照明器具都能在高效率運轉，延長設備使用壽命。
- 7.各大樓裝設獨立電錶，訂定明確節能目標，專人負責管理，有效節約用電。
- 8.夏季正是台電電力供應最吃緊時期，可以向台電申請可停電力(同意台電於電力不足時，減少供電)，台電給予電價優惠回饋，雖有可能造成用電之不方便，但可以節省電費支出。
- 9.地下停車場通風換氣設備，應採用一氧化碳控制器或定時器，控制循環換氣次數，減少耗能。
- 10.能源管理系統重點技術推動
主要為電力監測管理，如下：
 - (1)建築物之動力、照明及空調及空調設備，應設有電力監測系統或電子式多功能電錶，可顯示三相 V、A、功率因數、KW、KVAR、累計用電等等資訊，以計算空調設備之用電量，並將相關數據經由網路，載入中央監控系統，精確紀錄各系統用電量，以作為日後改善用電效能之依據。
 - (2)設備系統中央監控管理。
 - (3)確實執行維護保養。

5.2.2 空調系統節能

空調系統耗電佔辦公大樓耗電的 40%~50%，且集中於夏天，對於尖峰電力需求造成很大的負擔，如何維持良好的空調環境，並進行有效的空調能源管理，節約能源使用，為重要的節能課題。

(一)空調系統負載分析方法為何？

1.國內氣候環境條件對空調負荷之影響

台灣地屬於海島型亞熱帶氣候區，氣候熱且濕，學校為求得環境之舒適性，空調用電日益增加。圖 5-2-1 為台灣北、中、南各地區之每月

平均氣溫分佈圖。

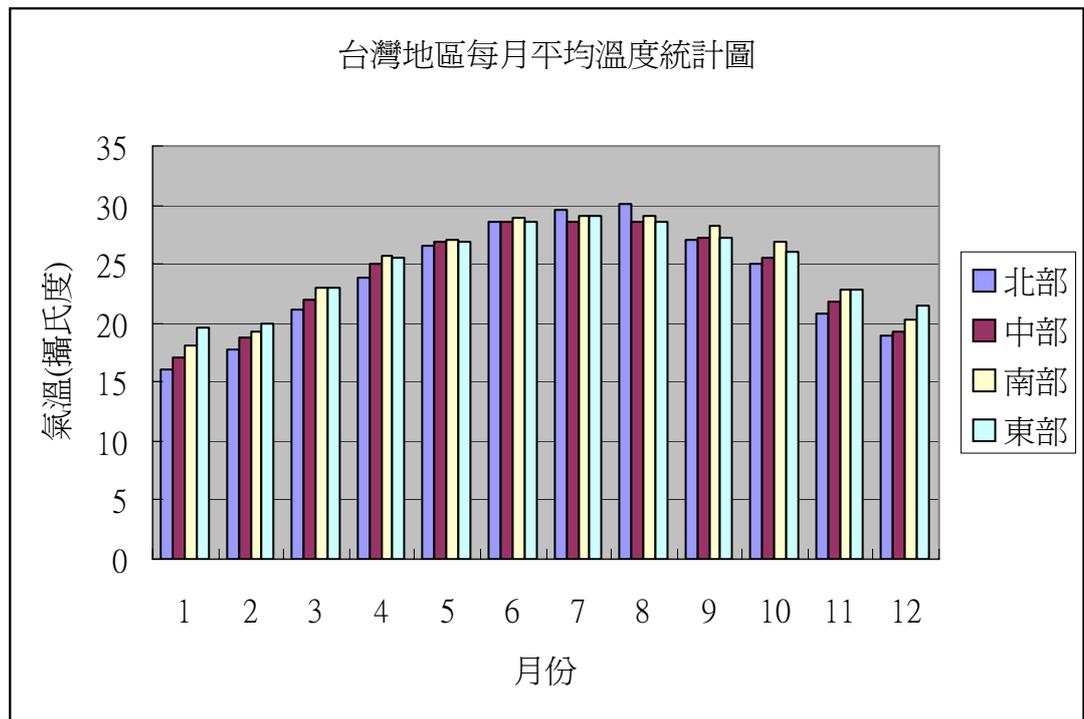


圖 5-2-1 臺灣地區 91 年每月氣溫分佈

圖中可見夏季 7、8 月北部平均氣溫較南部高，但在冬季時南部氣溫皆比北部地區高。太陽日照亦會影響空調耗能，直接射入室內之輻射會造成空調負荷，陽光照到外牆使外牆表面溫度上升，亦是主要空調負荷。

2. 空調負荷來源

空調負荷可從以下數方面來討論：

- (1) 建築外殼部份最大之負荷為教室之玻璃，如有輻射照入會形成大量之熱負荷，尤其是面南或面西之教室。
- (2) 室內主要空調負荷部份包括照明、電器(電視、音響)產品插座耗電約 30%，教室之照度多為較高，耗電約為 20 W/m^2 或更高。
- (3) 經由窗引入之外氣進入及空調箱引入，故外氣量之變化與人員負荷同，亦造成負荷之變化。

(二)減少空調熱負荷之方法？

減少空調熱負荷之方法如下：

- 1.低 Envload 值，如屋頂內面加隔熱材，建築外牆用淡色塗料以降低太陽輻射熱之吸收，淡色塗料之輻射熱吸收率(輻射放射率， $\varepsilon \sim 0.4$)只有暗色($\varepsilon \sim 0.8$)之一半左右。
- 2.降低太陽輻射熱，窗戶如開在南北面，則以內外遮陽手法減少輻射熱，例如採用建築外遮陽板或窗內面之百葉簾。
- 3.降低內部熱負荷，使用高效率燈具減少耗電，也降低熱負荷，辦公設備(電腦、影印機等)做好節能管理。

(三)中央空調系統中冰水主機節能方法為何？

冰水主機在中央空調系統中之耗能佔有相當大的比例，維持其在高效率下運轉也就顯得特別重要。因此，冰水機的節能方式如：

1. 應採用高效率之主機以減少耗電，表 3-1-8 為我國空調系統冰水主機能源效率標準。
2. 考慮選擇有變頻控制轉速功能之主機，而非使用傳統改變進口導流葉片角度來配合負載的方式，增加部份負載時之效率。
3. 考慮其滿載時之效率和部份負載的運轉效率。適當地調整冰水主機冰水之設定溫度，每 1.0°C 會影響約 3% 之效率。
4. 冷卻水入口溫度應在符合冰水機特性及外氣濕球溫度的限制下，儘可能地降低。
5. 冷卻水或冰水水質的管理，避免熱交換器結垢影響熱傳效率，定期清洗熱交換器，污垢會影響主機效率達 20% 以上。
6. 利用負載控制器(Load Controller)適當地調配冰水機組運轉台數來適應空調負載變化，使每部主機在最佳效率下運轉，避免起動過多的冰水機，而使得冰水機反而在低負載下運轉，如圖 5-2-2 所示。

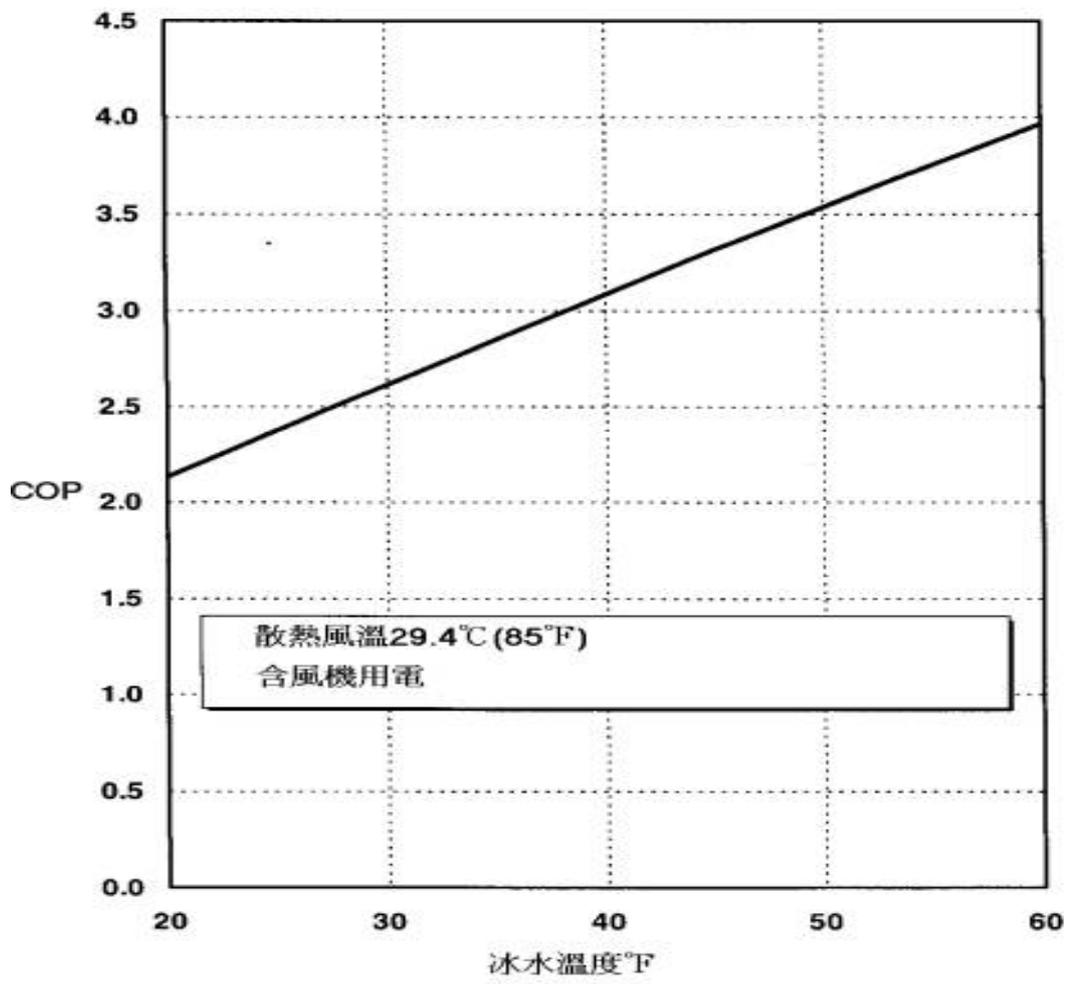


圖 5-2-2 冰水機效率對冰水溫度關係

壓縮機容機之控制

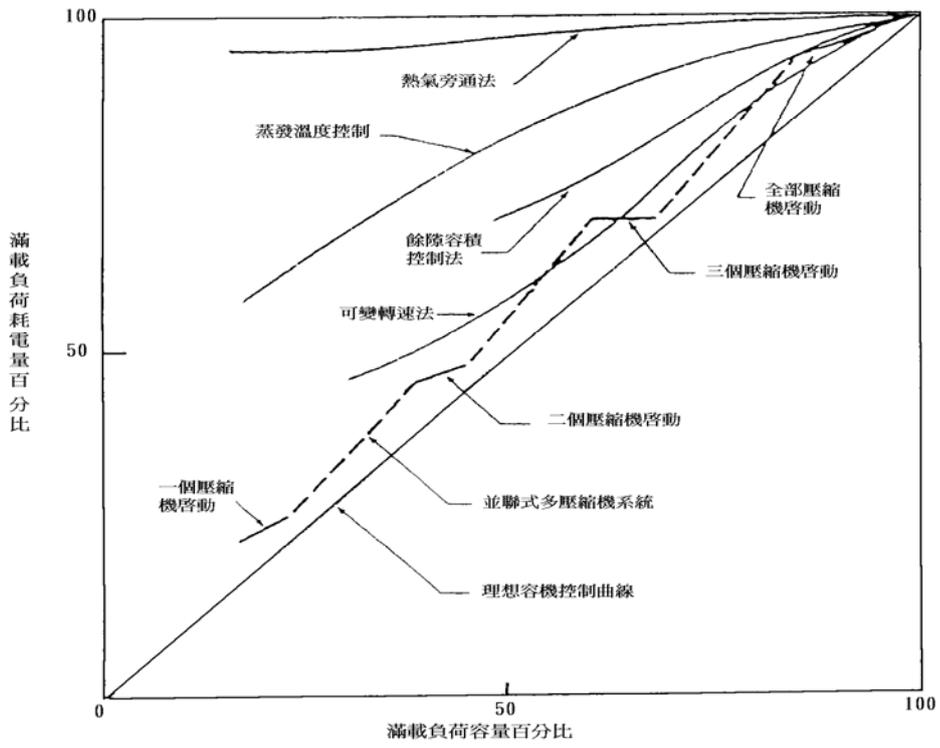


圖 5-2-3 壓縮機的容量控制圖

(四)中央空調系統中空氣側節能方法為何？

1.定風量系統

送風系統的品質非僅由送風機就能決定，其系統設計及控制策略亦為重要關鍵，以提供均衡的風量及維持空氣的衛生與健康條件。送風系統之耗能甚大，裝置之電力可達空調總裝置電力之 25%，但是，送風系統因運轉時間長，故實際耗電比裝置比例大，不得不給予重視。簡單而言，可將送風系統分成兩種來討論。

(1)風機盤管型

如圖 5-2-4 所示，風機盤管內主要有一個風機和一個盤管，風機為送風之動力，而盤管為熱交換器。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。

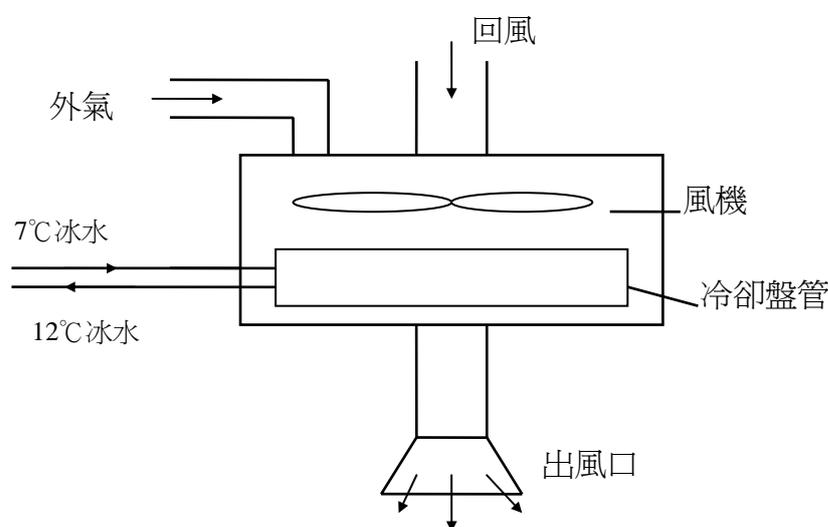


圖 5-2-4 風盤系統構造圖

一般而言，風機盤管之風車有三速控制，可用約 50%、75% 及 100% 之風量操作。為進一步節約能源，馬達可裝置無段變速控制，進行

30-100 % 之風量控制，此外並可增加空調之溫度及舒適度控制效果。

(2)全空氣系統

另一種常用的空調送風系統為全空氣系統，冰水主機所製造的冰水不直接送到室內，而是送到每層樓(或兩層以上共用一個機械房)的機械房，由機械房內之空調箱將空氣冷卻再送回室內。這種空調方式的優點為：

- a.空氣較集中處理，可獲得較佳之空調品質，如溫濕度控制、清淨度等。
- b.設備集中，較易維護。其缺點為風管較長，送風耗能大。解決耗能的方法為使用 VAV 空調系統，其可節省大量的送風耗能。

2.可變風量系統

單以控制冰水流量無法有效節約能源，如能與主機容量配合將送風量減少，就可減少送風耗能，即所謂之可變風量系統(Variable Air Volume, VAV)。VAV 終端箱之設計有許多種類，以 VAV 的功能而言，可由圖 5-2-5 作簡略的說明

- a.冷房內恆溫器感測到室溫升高時，驅使 VAV 終端箱將風門開啟的範圍加大，以讓更多的空氣進入室內。
- b.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。
- c.在 b 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，一方面打開風門開啟的程度，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。

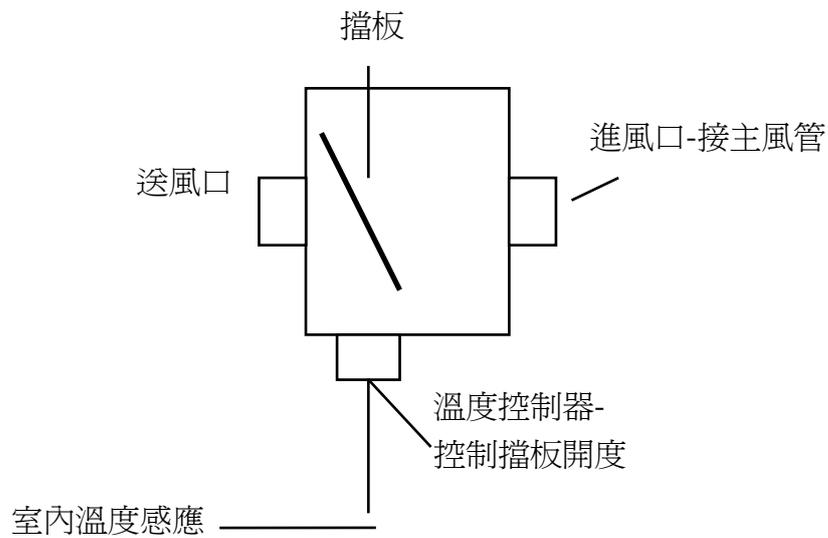


圖 5-2-5 VAV 終端箱之設計

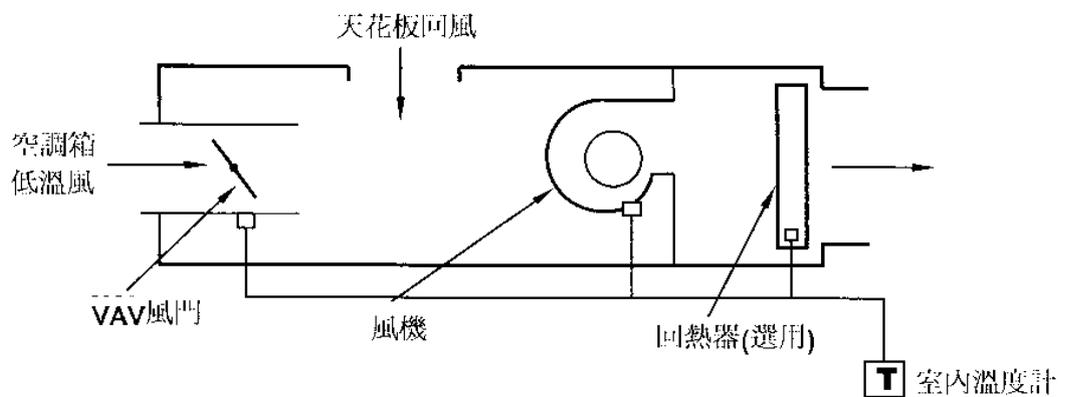


圖 5-2-6 以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

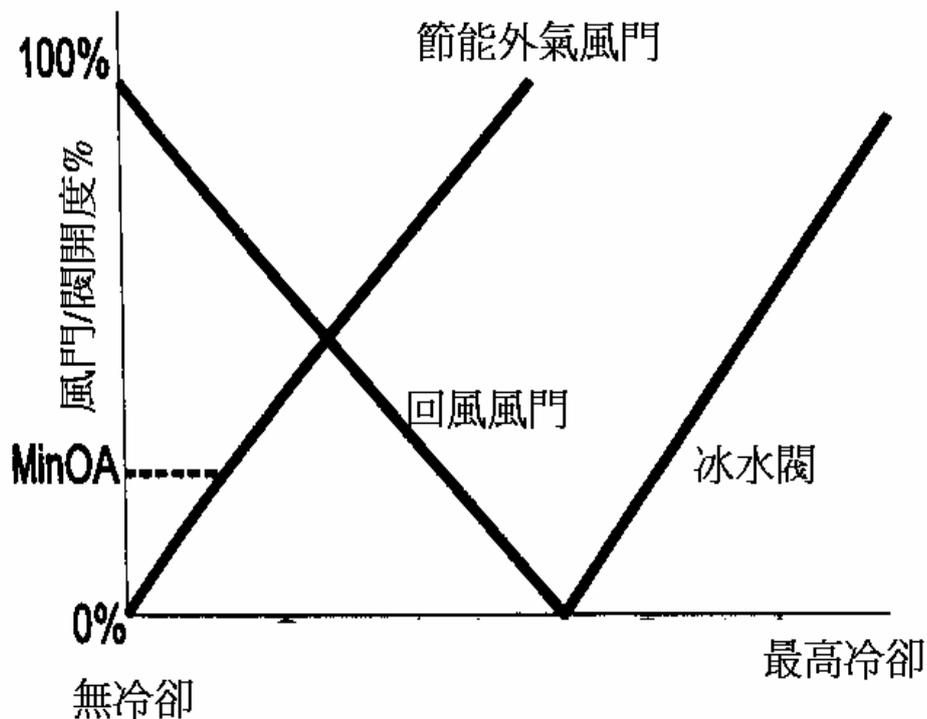
圖 5-2-6 為另一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動量。設計要點為變化送風量來控制室溫，室內溫度計所量測到的溫度與設定溫度作比較，室溫較高時將擋板開度加大，提高冷氣效果，反之將擋板開度關小。由於在此系統中，分別於室內及風管內設置溫度感測器，因此可依據不同空間的冷房負荷作調節用，以達到多區域(multi-zone)溫度控

制的要求。可變流量式的空調系統在元件上多了一些溫控及控制流量的風門，構造上顯然比單區域式的複雜，所以造價也稍高。

3.外氣節能利用：

(1)夏季外氣預冷

外氣與室內空氣之熱值(熱焓)差異很大，外氣在 32 °C 70 % RH 時，其之熱焓為 20.6 kcal/kg，室內空氣在 26 °C 50 % RH 時，其之熱焓為 12.6 kcal/kg。尤其是夏季之尖峰，室內外空氣的熱焓之差異更大，引入外氣會造成很大的負載，甚至高達 30 %之多。



外氣冷房節能控制

圖 5-2-7 外氣冷房之節能控制

室內與室外之空氣有很大之熱焓差異，在同時引入新鮮空氣與排氣時，若能使兩股氣流作熱(或焓)交換，可節約大部份的外氣負荷，如圖 5-2-7 所示。

(2) 冬季低溫外氣引入

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，在換季甚至在冬季時內週區尚需空調。在這種情況下可考慮用低溫外氣以提供空調外氣冷房在有適當條件下是為可行，其之設計需考慮兩點：

- a. 台灣地區之濕度高，不能如國外只用溫度作為外氣冷房之切換，需同時考慮溫濕度，計算焓值與設定值作比較。
- b. 一般之外氣約佔總送風量之 20%，故送風管皆不大，若外氣冷房則需將外氣管加大，才會有足夠之外氣。

(五) 中央空調系統中冰水側節能方法為何？

1. 泵浦系統設計原則

當空調系統水側之泵浦系統動力超過 7.5 kW 時，應設計為可變流量系統，可控制系統流量至原設計流量的 50% 或以下。在可變流量系統中，當各泵揚程超過 300 kPa 且動力超過 37 kW 時，在 50% 的設計水量時，須有控制裝置(例如可變速度的控制)使泵耗電不大於全載之 30%。

但是在系統最小流量小於設備製造商規格所要求之可正常運轉的最小值，並且總動力不超過 60 kW 的水泵系統，或者不超過三個控制閥的系統，考量系統的複雜性，可不採用變流量的設計方式。

若系統為含有一台以上冰水機的冰水系統，當一台冰水機關閉時，必須使相對的冰水機流量自動減少。本節所述之冰水機若其管路串聯以增加溫度差，則將視為一台冰水機。

2. 冰水側節能設計

在冰水側系統運轉之節能方面，可參考以下之節能設計。

(1) 中大型中央空調系統使用 P-S 系統(Primary-Secondary System)如圖 5-2-8, 將冰水系統分離為二個部分，分別為主機側及負載側，如圖使用這種系統必須要遵循以下三項原則：

- a.全載時共通管必須完全沒有阻抗，也就是說該管的壓損必須接近於零。
- b.二次側負載端必須使用二通閥控制流量，這樣的設計才能使分離水路系統發揮功效。
- c.多台主機併聯時所有冰水機必須設定在相同的出水溫度，使其有相同的冰水溫差。

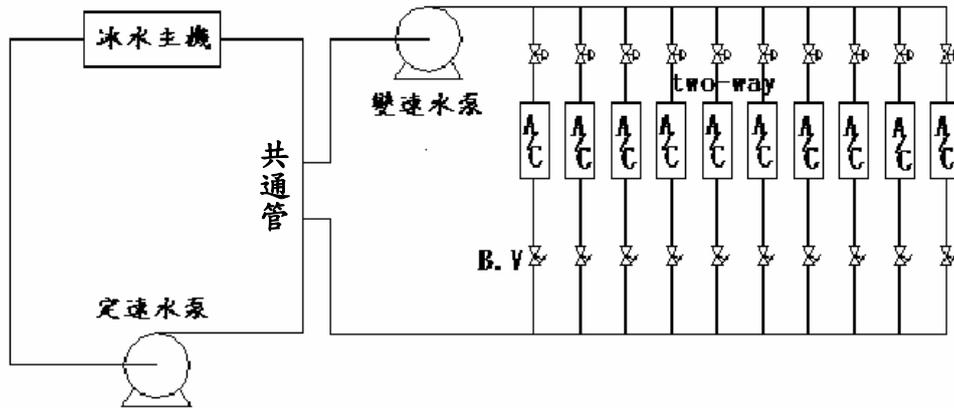


圖 5-2-8 P-S 系統圖

(2) 選擇適合系統之冰水泵

冰水主機所產生的低溫冰水是由冰水泵推送至空調箱或冷機之熱交換器(冰水盤管)，使其與高溫高濕之室內回風熱交換，並將溫度升高之冰水送回冰水主機內冷卻，故其負擔著將冰水由冰水主機房載運至現場之任務。故應選擇適合系統之冰水泵，提升冰水泵之效率。

3. 送水系統節能

冰水系統如前所述，其中負載側因管路長，為主要耗能之處，送水系統之耗能分析主要在比較定流量與變流量系統(variable water volume, VWV)，分析如下：

(1) 定流量系統

流經空調主機之水量是固定的，定流量系統利用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。如此，低負載時水量不改變，搬運之阻力也並不會有效的減少，

泵之耗能維持一樣。這種設計只考慮到調節冷氣能力，沒考慮到耗能。

(2)變流量系統(VWV)

系統設計觀念為將熱源(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)。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)，故其總循環量為開啟主機水量之總和。主機之開啟依負載而定，負載大時開啟之主機多，負載小時減少主機之開啟數。熱源側之送水距離短，且送水量隨主機之開啟數變化，耗能較小。在負載側方面，其之送水系統(或稱二次迴路，secondary loop)亦需有泵浦作為動力，因送水之距離長，為送水系統之主要耗能之處，亦是 VWV 系統主要節能之處。

VWV 系統之操作原理如下：

- a. 利用水壓控制二次側泵浦之轉速以調整送水量，如負載低調降泵浦轉速，在降低減流量的同時使泵浦在較高效率下運轉，節約搬運耗能。
- b. 負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，只送所需之冰水量至盤管，二通閥之開啟度依盤管之出水水溫而定，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統使二次泵減少送水量，如此達到最佳之節能效果。
- c. 當二次側之冰水需求量減少時，熱源(一次)側之循環量較大，多餘之冰水經共同管流回主機，共同管之阻力極小，不會造成耗能。當經共同管旁通之水量多時，流回主機之水溫降低，溫度訊息將使主機依需求減少開啟數，同時減少一次側之水循環量。當二次側之水量過大時，二次側之回水就會有一部份經共同管反向流到供應側，如此會提高供應冰水之溫度，溫度過高時會啟動多台空調主機，補充冷氣能力之不足。

以上之變水量(VWV)系統，有節約近一半冰水搬運耗能之潛力，其所達成之節能功效為：

- a. 將熱源側與空調側之供水動力以共通管區隔，避免其相互影響，以容許供水側變流量。

b.熱源側水泵依主機開啟台數控制，獲得適當之循環量。

(六)中央空調系統中冷卻水側節能方法為何？

水的熱傳導性比空氣高約25倍，水的比熱約是空氣的4倍，又水的密度是空氣的1000倍，用水冷式所需熱傳面積比氣冷式小很多；傳熱效率也高，以空調機為例，水冷式之空調機與氣冷式之空調機效率比COP約為3.65 : 2.85,顯然水冷式比氣冷式較具省能效果。

冷卻水塔基本的功能乃是經由蒸發部份水量來冷卻水塔中之循環水。冷卻水塔底池流出之冷水，循環到需要冷卻的設備中(比方說：空調系統)。熱交換產生後，使得設備溫度降低，而冷卻水則溫度升高，而這溫水將回到冷卻水塔中再次被冷卻，這種循環將一直重複著。冷卻水連續不斷地自冷卻水塔底的水池中，經由管路流向加熱製程中之熱交換器，將熱帶出後，水再流入冷卻水塔中。這種系統被稱為“循環冷卻迴路(recirculating cooling loop)”。因為循環水在系統散熱過程中將損失部份水量，因此這種系統又被稱為“開放型循環冷卻水迴路(“open” recirculating cooling loop)”，如圖5-2-9所示。

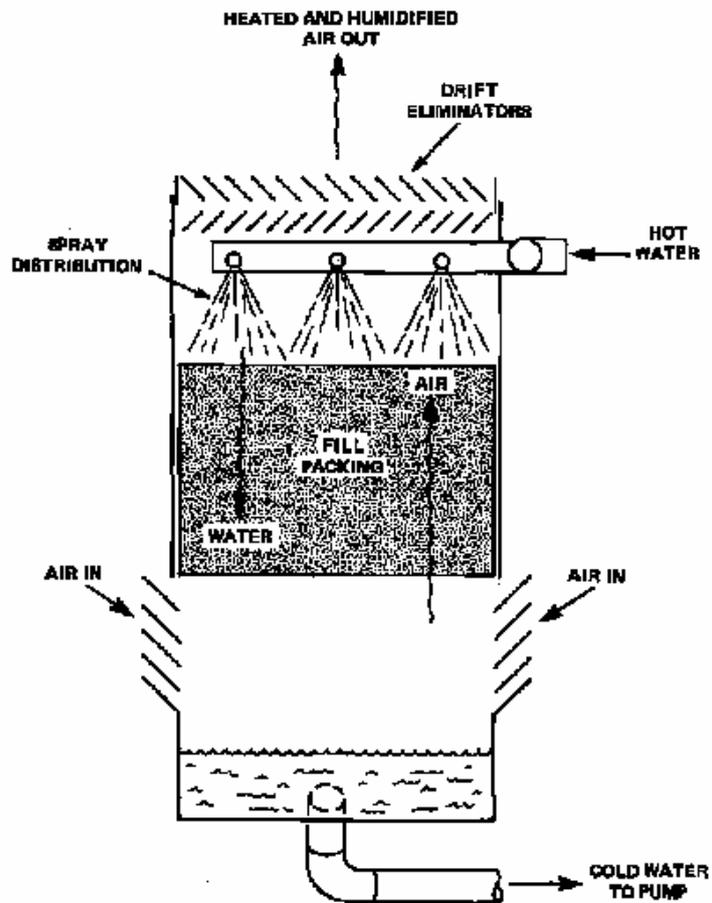


圖 5-2-9 開放型循環冷卻水塔

冷卻水塔或其他的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(2000磅)32°F的冰(冰的融解熱為144 BTU/lb)，在24小時內溶為32°F的水時所吸收的熱量。

1.冷卻水塔如何運轉

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。

2.冷卻水塔內用水損失種類

冷卻水塔中用水損失有下列三種方式：蒸發損失(evaporation)、排放損失(bleed-off)及飛散損失(drift)。損失的水量必須馬上補入水塔中，這種水被稱為“補充水(make-up water: MU)”。各種用水之反應機制將說明於下。

(1)蒸發損失(Evaporation)

冷卻水塔的主要功能乃是蒸發一部份循環水，使循環水的溫度下降。平均水溫每降低 5.6 °C，蒸發率約等於冷卻水循環率之百分之一。蒸發率將隨著冷卻效率以及天氣狀況而變化。一般言之，冷卻水塔之蒸發率約為每 100 冷凍噸有 2.4 gpm (gallons per minute)之蒸發率。譬如一個 500 冷凍噸之冷卻水塔，其蒸發損失大約是 12 gpm (500 tons×2.4 gpm/100 tons)。其一天之蒸發損失約 17,280 gallons (註: 12×24×60)。

(2)排放損失(Bleed-off)

冷卻水塔中的水是以純水蒸氣的形式蒸發，補充水中之溶解固體(dissolved solid)將被留在水塔中，因此造成循環水中之溶解物質濃度增加。而且此濃度將隨著水之蒸發而持續增加。假如這些存留在循環水中之高濃度物質沒有被排除，則此物質將對整個水塔造成嚴重傷害。在許多水塔中，這些物質都是經由排放部份循環水而加以排除。而這種排放的動作往往靠計時器、導電度自動排放器(conductivity meter)或人工手動排放。排放損失之節約，通常為冷卻水塔節水之主要方法。

(3)飛散損失及其他(Drift and Other Losses)

水滴受水塔空氣流夾帶出水塔之外的損失水，稱為飛散損失。飛散損失中含有一些懸浮及溶解固體，因此其可被視為排放損失之一部份。飛散損失率隨著不同的冷卻水塔而有不同的量，一般約為冷卻水循環率之 0.05 % 到 0.2 % 之間。其他如滲漏損失及移作其他用途所造成之損失，均可視為排放損失。

(4)補充水(Make-up Water)

補充水是冷卻水塔中為了補足蒸發、排放及飛散損失，所補入水塔中之水量。補充水量之大小取決於蒸發及飛散損失。由於蒸發損失之量較恆定，飛散損失量極微，補充水之需求量主要隨著排放損失而變化。

3.冷卻循環水水質問題及水塔之保護

水質所衍生的問題是傳統水冷式冷卻水塔最大的致命傷，根據經驗，水垢問題會使系統機組 COP 很快的降低 20 %；這一點已獲得許多實驗證實，水垢產生的原因是水中結垢性離子堆積達到飽和濃度後，結垢便會產生，然而結垢產生之速率與離子飽和濃度有關，當熱傳面溫度越高，飽和濃度越低，因此結垢通常會在熱表面很快的發生，特別是在熱交換器之入口的地方，結垢除了增加熱阻抗，更重要的它會在管內堆積造成阻塞，嚴重影響冷卻水流道水流的順暢，或造成水流分佈不均，因此冷卻水塔需要進行水質的處理，方能減緩結垢所形成的嚴重問題。另外細菌滋生也是困擾多時，退伍軍人症細菌就與冷卻水塔有密切關係。

如果冷卻循環水未加以管制，則其水質將逐漸惡化。有兩個因素與循環水水質惡化息息相關，其一是通過冷卻水塔的空氣品質，另一則是補充水水質。循環水水質受到與其接觸的空氣流影響甚巨。當空氣流過水塔時，其中所夾帶的灰塵(dust)、煙霧(smoke)及油脂等污染物將被循環水所吸附，因此增加循環水中總溶解固體之濃度。補充水水質也會影響循環水水質。如前面章節所述，當蒸發散熱的過程中，水分子離開系統，而將懸浮或溶解固體留在循環水中。因此補充水之 TDS 愈高，則循環水之 TDS 增加愈大。

冷卻水塔之熱傳效率、操作運轉及使用年限取決於其循環水水質的好壞。而循環水水質的好壞將決定水塔之結垢(scale)、腐蝕(corrosion)及菌藻滋生(fouling)等問題之嚴重性。同時，這也是水塔排放循環水的主要原因。除此之外，許多冷卻水塔採用化學加藥處理循環水的方法來控制或抑制因水質惡化所產生的問題。許多工廠也和水處理公司簽約，由該公司提供其藥品及水質控制方案。以下將針對因水質惡化所導致之結垢、腐蝕及菌藻滋生之問題，詳加討論。

(1)結垢(Scale)

結垢乃是循環水中之鹽類被結晶析出，沈積在系統設施表面的現象。此種結垢物質，其主成份是碳酸鈣(CaCO_3)。碳酸鈣乃是重碳酸鈣($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)分解後的一種產物。重碳酸鈣及其他物質能在循環水中保持溶解而不被析出的濃度取決於循環水的 pH 值、水溫及二氧化碳的含量(free carbon dioxide content)。結垢可能在冷卻水塔各種設施表面生成，由於其隔熱作用，使得熱交換器之熱交換效率及系統之冷卻性能減低。如果允許結垢情況持續累積而不加以控制，將妨礙系統的循環水流，進而導致能源之嚴重浪費。

防止系統結垢的方法很多，譬如：循環水中添加結垢抑制劑(scale inhibitors)；如有機磷酸鹽(organo-phosphates)等，化學處理法，控制循環水的 pH 值、補充水軟化及增加排放損失以減低少循環水之物質濃度等。

(2)腐蝕(Corrosion)

冷卻水塔中，各種設備單元對於腐蝕都是相當敏感的。循環水中低 pH、溶氧、流電效應(galvanic action:由電化學反應所產生之電流效應)及沖擊效應(impingement)均為造成冷卻水塔腐蝕的原因。低 pH，也就是酸性，其主要的污染源，乃來自空氣中之污染物質。流電腐蝕主要發生在兩種不同金屬互相接觸，並有高導電度之液體傳導電流所致。流電腐蝕程度將隨著循環水之導電度增加而增加。沖擊效應實際上並不是一種腐蝕，但是，其效應和腐蝕非常相似。沖擊效應是由於循環水中之懸

浮物質或水本身對金屬表面鈍化氧化膜而導致局部劇烈腐蝕，大都成溝狀或圓孔損壞。

腐蝕抑制劑主要被用以抑制金屬的腐蝕或於金屬表面形成一種保護膜。這種抑制劑包括磷酸鹽、鉻酸鹽(由於其毒性高，目前許多國家已禁用)、矽酸鹽、亞硝酸鹽、鉬酸鹽及其他有機物質。

(3) 菌藻污塞(Biofouling)

冷卻水塔由於內部有藻類(algae)、黏泥(slimes)、菌類(bacteria)及真菌(fungi)的滋生，使得水塔產生阻塞(plugging)等問題。菌藻污塞將促使結垢及腐蝕問題更加惡化，同時會導致水塔壓降及熱傳效率不良。而菌藻污塞對部份大型水塔的木材材質會造成破壞。

菌藻污塞可用化學加藥法加以控制，此種藥劑又分為氧化性生物滅除劑(oxidizing biocides)，如氯，及非氧化性生物滅除劑(non-oxidizing biocides)，如第四胺化合物(quarternary amines)、氯酚(chlorophenols)、有機錫化合物(organic-tin compounds)及有機硫化合物(organo-sulfur compounds)。

(4) 外來物質(Foreign Matter)

灰塵和油脂等外來物質可能會進入冷卻水塔中，這些空氣中的污染物將增加循環水的濁度，阻塞水塔的灑水系統、阻塞填充材(fill)的通路，而且會在水塔中流速較低的區域沈積下來，增加清除上的工作。如果這些沈積物未加以清除，久而久之便成為菌藻滋生的溫床，因此，冷卻水的保養清洗是必要的工作。

4. 節約冷卻用水的各種方法

冷卻水水處理法中，化學加藥處理以防蝕、抑垢及殺藻，乃最廣泛被採用的方法。補充水水質較好的系統，可以在較高的濃縮倍數下運轉；補充水水質較差的系統，則其操作時濃縮倍數往往較低，但是，以節約用水的觀點而言，我們儘可能在不影響操作及不破壞設備的情況下，提高其濃縮倍數，以達到節約用水之目的。

標準的冷卻水化學處理方法，乃利用一些結垢及腐蝕抑制劑(例如有機磷酸鹽)及一種或多種的殺藻劑(如加氯等)來處理。這些藥劑以自動加藥裝置，直接將藥劑注入循環水中，而自動加藥裝置乃以計時器或導電度計加以控制。自動加藥裝置之可信度較人工加藥高。

5.潛在的支出與節約

減少冷卻水塔之排放損失，一方面節約水費，另一方面也節省了排放費用。同時減少排放，意味著減少化學水處理藥劑之排放，對於昂貴的化學藥劑費用也能大大地節省下來。而且改善冷卻水塔操作，減低結垢、腐蝕及菌藻污染的問題，不但能增加能源效率，同時，也能減少大量冷卻水塔維修費用及因停工所造成的損失。

冷卻水節約利用工作中，將回收水作為補充水之替代水源，也是一種可行的方式。

(七)箱型冷氣節能方法為何？

選擇高效率設備為獨立系統設計的原則，考慮獨立系統於應用之彈性，過多的規範不合乎其使用之便利性，因此僅提供相關設備之能源效率比值標準，請參考表 3-1-6。

(八)窗型冷氣節能方法為何？

- 1.按時進行保養，定期維護清潔。
- 2.汰換能源效率較低的設備，參考表 3-1-7。

(九)中央空調系統保養維修方法為何？

1. 冷凝器銅管易受到外來物質及結垢的污染，每年至少必須清洗一次。冷凍油及濾網每年須換新一次，但若油質顏色轉黑或有雜質，則宜立即換新。
2. 長期停機後再開機時，冷凍油及濾網宜全部換新。

3. 壓縮機馬達每年須定期實施絕緣測試。
4. 隨時注意冷媒量是否正常，倘有不足，則需充灌之。
5. 定期檢查水泵軸承，必要時添注潤滑油；水泵軸封處若有漏水的現象，應儘速修復；進出口壓力錶損壞時，應予以更換。冷卻水塔宜每月清洗一次。
6. 隨時檢查冷卻水塔水位、浮球開關及灑水頭是否正常。
7. 冷卻水塔入風口之保護網如有脫落現象，應立即裝上，以免 8.冷卻水大量散失及雜物掉入，影響散熱效果。
8. 小型冷風機及空調箱之過濾網及盤管鰭片應每月定期清洗；並每月檢查傳動皮帶鬆緊度及控制系統是否正常。

(十)箱型冷氣系統保養維修方法為何？

1. 過濾網每 2~3 週至少清洗一次。
2. 熱交換器遭受污染時，會使冷氣能力降低，並引起故障，在開始使用空調時應清洗水垢或灰塵。
3. 氣冷式箱型機應定期清洗散熱鰭片，水冷式箱型機應定期清洗冷卻水塔。
4. 溫度感測控制異常時，應即時請廠商修復。

(十一)窗型冷氣系統保養維修方法為何？

1. 每兩週清洗空氣過濾網一次，空氣過濾網太髒時，容易造成電力浪費。
2. 依室外空氣污濁程度，每 1-3 年應請廠商清洗散熱片一次。
3. 溫度感測控制器異常時，較為耗電，應及時請廠商修復。
4. 不明原因造成冷氣機不冷時，不宜勉強使用，避免浪費電力，並造成機件故障。

(十二)中央空調系統操作使用注意事項為何？

1. 冷氣溫度設定範圍以 26-28 °C 為宜，並應裝設自動溫控設備，以免過

- 冷而浪費能源。對於經常進出的房間，室內溫度不
- 2.要低於室外溫度 5 °C 以上，以免影響身體健康。
 - 3.每日定時記錄冰水主機運轉時之油溫、油壓、水溫、水壓、冷媒溫度、電流及電壓等，以瞭解實際狀況。
 - 4.在不影響冷房的情況下，適度提高冰水出口溫度，每提高冰水出口溫度 1 °C 約可減少冰水主機耗電量 2 %。
 - 5.外氣溫度低時，應降低冷卻水設定溫度，每降低冷卻水設定溫度 1 °C，可節省冰水主機耗電量 3 %。
 - 6.在下班前半小時關掉冰水主機，利用冰水循環泵繼續運轉即可。
 - 7.晚間若有少數單位加班，應關閉部份冰水主機，以節約能源。
- 冰水系統若是屬於水路分離系統(Decoupled System)，且小型冷風機或空調箱使用二通閥(2-Way Valve)控制冰水量，則區域泵可加裝變頻器及台數控制系統，以達節約能源的功效。
- 8.地下停車場之排風，可增設定時控制器，在非車輛出入尖峰時間，設定每小時運轉約 15 分鐘，以節約能源。
 - 9.空調使用期間應緊閉門窗，以防止冷能外洩或熱風滲入，空調箱回風口處勿堆積雜物，以免影響回風效果。

(十三)箱型冷氣操作使用注意事項為何？

- 1.溫度調節器須設定適當溫度值，以免過冷或過熱。冷氣機的溫度設定範圍以 26-28 °C 為宜，每調高溫度設定值 1 °C，約可節省冷氣用電 6 %。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度 5 °C 以上，以免影響身體健康。
- 2.冷氣區域應與外氣隔離且門窗應緊閉，以免增加空調負載。
- 3.為提高冷氣效果，最好裝置百葉窗或窗簾以免日光直接照射。

(十四)窗型冷氣操作使用注意事項為何？

- 1.冷氣機的溫度設定範圍以 26-28 °C 為宜，每調高溫度設定值 1 °C，約

可節省冷氣用電 6 %。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度 5°C 以上，以免影響身體健康。

- 2.冷氣房內配合電風扇使用，可使室內冷氣分佈較為均勻，不需降低設定溫度即可達到相同的舒適感，並可降低冷氣機電力消耗。
- 3.冷氣房內避免使高熱負載之用具，如熨斗、火鍋、炊具等。
- 4.停用冷氣機前 5-10 分鐘可先關掉壓縮機（由冷氣改為送風或調高溫度設定），維持送風換氣，則下次再開冷氣時較為省電。

(十五)其它空調系統改善措施

1.冰水主機節能

(1)高效率冰水主機節能設計準則，可有 30%之節能潛力。

(2)冰水機組最佳化運轉策略(chiller sequencing)

依負載變化量以數學模式計算出主機最佳運轉之模式；冰水主機之容量控制範圍為 40%~100%，各種設備均有其最佳運轉狀況，一般設備運轉容量以 70%~90% 之間為主機運轉最佳效率，故冰水主機最佳運轉策略可達到節能 10%之效果。

2.送風系統節約能源技術推動

(1)空調箱配合 VWV 系統，加裝比例電動兩通閥，舊有三通控制閥更換為可遮斷式兩通控制閥組，減少水流量。

(2)送風系統加裝變風量裝置

空調系統的總風扇系統馬力超過 4kW，其動力應符合各級政府機關學校全面汰舊更新換置高效率省能冷凍空調系統及照明設施之行動綱要中，空調照明節能規範作為指導方針，以有效控制送風系統壓力之平衡及節能效果。有節約 40%送風耗電之潛力。

3.預冷空調箱節能改善

外氣佔空調負荷之 30%左右，可用下列方法節省能源，並可提供清新、低溫之送風，改善悶熱不舒適之工作條件，使工作者置身於較舒適之環境而提升工作效益。

(1)增設外氣焓值控制外氣引入量(換季時)

(2)室內增設 CO₂ 感測控制器

4.冰水管路系統節約能源技術推動

(1)在可變流量系統中的各泵揚程超過 300kPa(100ft) 且動力超過 37kW(50hp)時，在 50%的設計水量時，須有控制及裝置(例如設備側應採比例式二通控制閥及可變速度的泵控制)使泵耗電不大於全載之 30%，一般約為 15%。

(2)控制或裝置需具有需求流量控制或最小差壓力的控制功能。差壓量測點應位於最遠端的熱交換器或熱交換器最大差壓需求的地方。

5.窗分離式箱型冷氣機節能方法

(1)按時進行保養，定期維護清潔，汰換能源效率較低的設備，採用高能源效率比值(EER)機型。

(2)溫度調節器須設定適當溫度值，以免過冷或過熱。冷氣機的溫度設定範圍以26-28°C為宜，每調高溫度設定值1 °C，約可節省冷氣用電6 %。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度5 °C以上，以免影響身體健康。

(3)冷氣區域應與外氣隔離且門窗應緊閉，以免增加空調負載。

(4)為提高冷氣效果，最好裝置百葉窗或窗簾以免日光直接照射。

(5)冷氣房內配合電風扇使用，可使室內冷氣分佈較為均勻，不需降低設定溫度即可達到相同的舒適感，並可降低冷氣機電力消耗。

5.2.3 照明系統節能

(一)照明光源及燈具選用方法

商業用照明光源在選擇上，對於商業之營運成本有很大之影響，因為各種光源具有獨自之特徵，所以如果能適當選擇燈具及光源，對於營業所需營造之目的及氣氛，甚至節能都有很大的影響，見表 5-2-7、表 5-2-8。依據光源種類特性選擇光源之方法，大略如下：

(1)效率與壽命：光源之效率可以 lm/W 表示，表示輸入 1W 之電力，其可以發出多少流明(Lumen)之光線（稱為光束）。光源之效率與壽命都會在製造廠之型錄上列出，基於經濟及維護的考量，選用發光

效率高且壽命長，又可以兼顧換裝費用低廉者，應是特別重要的考量，對營運成本有很大的關連，而目前仍以螢光管最為實用與普遍。以螢光燈效率高低作為比較原則，其中大瓦特數(40W)較小瓦特數的燈管(20W)效率高；直管比環管效率高；省電燈管(精緻型或緊湊型省電燈泡)中，燈管外型螺管型的冰淇淋形狀者較多角轉彎或急轉彎的 U 型及 PL 燈管效率高。旅館業之內勤區域及停車場當以 40W 長直管為最佳之光源。節能標章產品要求發光效率需達 90 Lm/W，而螢光燈平均演色性 $Ra \geq 80$ 。

- (2)光色（色溫 K）：一般稱為色溫，一般而言，色溫低於 5,000K 者為暖色系，反之溫高於 5,500K 為冷色系。它影響了使用場所的氣氛，應隨照度高低而適當地變化。台灣為亞熱帶氣候，目前國內旅館業都選擇色溫 3,000K 左右之光源為主要光源，夏季有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度克服，但也因而較為耗電。
- (3)演色性(Ra)：是光源對於物體顏色顯現程度，以白熾燈泡的連續光譜分布較接近自然陽光的分布而作為比較的基準，其他光源對於同一物體不同顏色的表現傳真度，經加權平均所計算得出者稱為相對演色性評價係數(Ra)，並以白熾燈作為(100%)，所以選用 Ra 值愈高的光源，對於色彩的表現愈鮮豔，但價格也愈貴，量販店以銷售商品為主，自然以 Ra 在 80 以上為佳。一般以功能區別，室內 Ra=85 以上、室外 Ra=70 以下，既可以充分產生購買誘因，也可以降低投資費用。因此對營業區與非營業區之照明光源應有所區分。
- (4)輝度：乃用以評量發光體對於人體眼睛刺眼眩光的比較參數，發光光度越高者、發光體對眼睛的投影面積越小者，輝度值越高，對眼睛的刺激與不舒服也越高。晚上怕來車的遠光燈、喜歡看日出卻又不敢直視太陽，都是輝度偏高而刺激眼睛不舒服的案例。但是被照面所呈現的輝度較高，則可以產生更明亮的突出效果。實用上的考量，重點照明均採高輝度聚光之照明燈具，如：珠寶店中以鹵素燈來突顯珠寶與名錶的價值感。基礎照明則應採高效率低輝度之照明

燈具，自然以反射鏡面型省電燈管筒型燈具為佳，既可以產生足夠的照度與輝度，又可以遮蔽刺眼眩光，最為適宜；而辦公室燈具設計原則，燈具吊掛 4m 以下者，應可採用鏡面反射型 OA 螢光燈具，可惜目前國內的旅館業者基於成本考量，大部份均為無格柵板的開放型燈具，造成眩光光害並非良好的照明品質。而燈具吊掛 4m 以上者，則應採用低輝度高瓦特複金屬燈，可減少燈具數量投資及維護費。

表 5-2-7 光源與燈具的選擇各種光源的特性

光源種類	效 率 (lm/W)	演色性 (Ra/CRI)	色溫度 (K)	經濟壽命 (小時)
白熾燈泡	15	100	2700	1000
普通螢光燈	70	50	5000	5000
PL 型日光燈	85	85	2700	5000
燈泡型螢光燈	60	85	4000	5000
鹵素燈	25	100	3000	2000
高壓鈉燈	180	20	2000	12000
複金屬燈	90	65~85	3000~4700	6000
水銀燈	65	50~60	3000~4000	12000
低壓鈉燈	200	-	1500	10000

表 5-2-8 配合對象物表面色彩與裝修材質來選擇適當光源

建築表面 顏色	白熾燈 鹵素燈	螢光燈	複金屬燈	高壓鈉燈
暖色 紅 橙 黃	使暖色牆面的 顏色更加鮮明	沖淡暖色或 使之變灰	對暖色表面 稍有沖淡，牆 面略為白	加強暖色牆 面的暖色色 調，使之更為 鮮明
冷色 白 灰 藍 綠	使牆面冷色變 暗或發灰	使牆面冷色 中的灰色和 綠色成份增 加	對冷色表面 的白色和藍 色加重；藍色 和綠色變淡	沖淡冷色牆 面色調，向暖 色轉移

(二)光源的選用準則

自 1973 年發生能源危機後，全世界之光源製造廠積極研製高效率光源及高效率的節能燈具，目前市面上所販售之光源，均是經過省電設計之節能光源，包括精緻型螢光燈管與省電燈泡。所謂的「最新光源省電燈泡」，事實上是螢光燈管，精緻型螢光燈管與省電燈泡比傳統式白熾燈泡是有省電 60~70%，但不一定比直管型螢光燈省電，只是其可用原來之燈座，裝上此類光源；或者在體積上有所縮減而已。精緻型螢光燈管與省電燈泡都是螢光燈，由於是荷蘭 Philips 公司所最早研發成功，故有時亦稱為 PL 燈，但目前種類與外觀繁多，可視需要而安裝，運用上極為方便。見表 5-2-9 袖珍型日光燈管之特性發光效率(不含安定器)所示。

表 5-2-9 袖珍型日光燈管之特性(不含安定器)

種類		額定	燈管	尺寸(mm)		燈管電流	全光束(1m)		額定	適用安
形	型式	電壓	電力	管徑	管長	(A)	燈泡色	晝白色	壽命	定器
狀		輸入	(W)						(H)	
		(V)								
單 U 型	FPL28EX	100	28	20	322	0.435	2100	2100	7500	FL32
	FPL30EX	100	30	24	275	0.620	2000	2000	7500	FL30
	FPL36EX	200	36	20	410	0.435	2900	2900	7500	FL40
雙 U 型	FDL13EX	100	13	16.7	112	0.300	800	800	7500	FL15
	FDL18EX	100	18	16.5~17.5	118~125	0.375	1070	1070	7500	FL20
	FDL27EX	200	27	16.5~17.5	16.5~13 9	0.61~0.6 2	1550	1550	7500	FL30

註：色溫度：燈泡色(L)2,800K，晝白色(N)5,000K。

市面上所謂陽光燈管、太陽神螢光燈管都是製造商自己命名之螢光燈管，正式之學名是三波長域發光螢光燈管，型名使[EX]為代號。此種燈管之特徵是：燈管效率高，比傳統螢光燈約高5%以上、演色性好（平均演色評價數 $R_a=84$ ，螢光燈 $R_a=61$ ）。其燈管發光分布是對人類肉眼色覺識別最佳的光的三原色（紅、藍、綠），接近太陽光色，色調自然，因此可以達到高演色性及色澤鮮麗的效果，提高物品之價值感與鮮度感。平均壽命可達10,000小時以上。最近新型T8/45W之三波長域發光螢光燈管，其燈管效率已達96~100Lm/W，比傳統螢光燈管84Lm/W，又提高15%以上。見表5-2-10高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較。

螢光燈管自T10進化到T9、T8，所謂T9即是表示螢光燈管之管徑為9/8英寸，管徑愈小，其發光效率愈高，使用汞的含量越低，更加符合環保的要求。所以如果採T8-32W是比原來T9-38W，可以節省燈管耗電

6W 左右，亦可以達到原來 T9-38W 之螢光燈管出之光束。但這些螢光燈最好使用高頻電子安定器來搭配，更能增加其出光束。

高效率螢光燈之選用，可參考經濟部 89 年 1 月公佈之螢光燈管效率標準如前表 5-2-9, 就旅館業的照明需求而言，自以高演色性的螢光燈管為宜，既可以產生足夠的照度，又節省電能及電費。國內旅館業一般選用 3,000K 的暖色系燈管，產生清涼的環境，對於吸引顧客上門及安全感與信賴感的建立，將有顯著的幫助。

螢光燈管的主要分類方法如下：

1. 依燈管形狀區分（直管、環管、各式各樣節能燈管）
2. 依燈管直徑區分（T12、T9、T8、T5）
3. 依燈管消耗電功率區分（110W、55W、38W、32W、28W……）
4. 依相對演色性評價係數(CRI、Ra)（100、95、90、85、80、65、…）
5. 依色溫度區分(2800K、3000K、4000K、5000K、6500K、……)
6. 依燈光色澤色彩區分(WW、W、CW、D、……)
7. 啟動方式區分（預熱型、快速點燈型、瞬間型、冷陰極、無極燈）

表 5-2-10 高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較

光源別		燈管 功率 (W)	燈管 電流 (A)	初光束 (lm)	色溫 (K)	發光效率 (lm/W)	演色性 (Ra)	管徑 (mm)	全長 (mm)
新 產 品	T8 45W 高頻三波 長燈管	45	0.425	4500	2700	100	85 三波長域	25.5	1198
				4500	4100	100			
				4500	5000	100			
				4230	6500	94			
現 有 品	T9 40W FL 40/38	38	0.415	3200	2700	84	74	29	1198
				3200	4100	84			
				3000	5000	79			
				2800	6500	74			

(三) 螢光燈用安定器與省電的關係

放電燈系列如螢光燈、水銀燈等，必要依賴安定器作補助點燈，才可以發光，所以包括安定器消耗之電力，而稱為總合效率。例如：40W 之螢光燈，單一燈管的效率為 84Lm/W，而含安定器之總合效率為 66Lm/W；三波長域螢光燈管額定為 36W，其燈管效率 96 Lm/W，總合效率 75Lm/W。若進一步採用電子安定器時，其總合效率可達 89Lm/W，所以節約能源應考慮光源之總合效率。

搭配螢光燈發光的安定器可分為傳統式安定器及電子式安定器兩大類。傳統安定器是採用磁鐵心電磁回路設計，低頻(60Hz)點燈而鐵損高，通常損失約為燈管功率額定的 25%，因此一支 40W 的螢光燈管，應以 50W 的用電量來計算。雖然在能源危機之初期，也曾研發出低電磁耗損之安定器，且由標準檢驗局規定內銷之螢光燈安定器必經過檢驗（型式及抽驗）合格始能銷售，但後來出現了以電子電路製作的電子式安定器或電子起動器組合(Hy-brid)式安定器（混合式），到近 15 年來的

主流產品為高頻點燈高效率電子安定器，使用高頻(20kHz~60kHz)瞬時點燈，可以搭配現有台灣市場上最普遍的傳統預熱式螢光燈管或新型高頻專用燈管，一般而言，可節省 25% 之用電。

電子安定器其主要優點及特色概略如下：

- 1.大幅省電：和傳統安定器相比可省電 20% 以上。如表 5.2-6 高效率電子安定器與一般傳統安定器比較。
- 2.功率因數極高：傳統安定器高功率型約 80~90%、電子安定器高率型約 95~99%。
- 3.光波穩定不閃爍：傳統安定器點燈頻率 60Hz，一秒 120 次頻閃，肉眼很容易察覺到閃爍。電子安定器因高頻點燈，輸出光波非穩定不易閃爍，且當電源電壓變動或燈管處於低溫時，也不容易閃爍，對保護視力很有幫助。
- 4.可聽雜音低：和傳統安定器相比可聽雜音較低，體積小、重量輕、外觀體積可變化彈性大。
- 5.安全性高：具過載、短路及開路等三重防異常保護，可以減少對燈管及人員的傷害。

高頻點燈專用高效率型安定器自 88 年 1 月 1 日起，也開始內銷應施檢驗，因此旅館業可將店內之內勤走道、辦公區域及停車場的日光燈照明改裝電子式安定器，將可節約可觀的電費。而其關鍵即在於選購經標準檢驗局檢驗合格、貼有合格標誌的產品。而一般說來電子安定器必須與燈管的特性配合，因此如果選用預熱型電子安定器，則最好使用預熱型燈管；如果是瞬間啟動設計之電子安定器者，應使用高頻專用燈管，如果裝上預熱型燈管，也可以發光，但開關次數太頻繁時，容易損壞燈管，增加更換燈管的費用。

表 5-2-11 高效率電子安定器與一般傳統安定器比較

品 名	消耗電力 (W)	消耗電流 (A)	功率因數 (%)	輸出光束 (Lm)	發光效率 (Lm/W)	電流 諧波 失真 率%
T8 45W 2燈 220V 電子安定器	99	0.46	98 以上	8460	85	10 以下
T9 40W 3燈 220V 電子安定器	115	0.53	98 以上	8400	73	10 以下
T9 40W 3燈 220V 傳統電磁型	135	0.68	90 以上	8400	62	25 以下

(四)選擇照明燈具的考量

- 1.照明燈具的器具效率：就是使用某種光源在此照明器具內所發出之光束（光線），可以達到主要被照物表面的百分比，也是評估此照明器具的性能（燈具反射與折射角設計、表面處理及反射面之材質等）之一種標準。其值愈高愈好，表示可以在被照物表面上產生光亮的效果越高。
- 2.照明器具之壽命：乃根據其使用電氣絕緣材料之劣化情形決定。有時外觀仍新，但內部使用之電氣絕緣材料受到周圍環境溫度及污染情形而產生劣化，將會影響用電安全及可能電線走火等意外事故。國際照明器具工業協會在 1994 年訂出器具更換時限及耐用限度建議表，一般更換時限宜在 8~10 年，使用期限約 15 年。
- 3.光源耗能及發光效率：現常用光源耗能及發光效率比較差異，由表 5.2-7 現有常用 20W、40W、45W 光源比較，可知日光燈配電子式安

定器之發光效率為 85.5 Lm/W，為傳統鐵磁式安定器之發光效率之二倍。

表 5-2-11 現有常用 20W、40W、45W 光源耗能及發光效率比較

項 目	消耗功率(W)	輸出光束(Lm)	發光效率(Lm/W)	效 率 比(%)
20W 115V 8 燈傳統電磁型	23×8 ≈ 184	1050×8 (8400)	45.7	53.5
20W 220V 8 燈傳統電磁型	24×8 ≈ 192		43.8	51.2
40W 115V 3 燈傳統電磁型	48×3 ≈ 145	2800×3 (8400)	57.9	67.7
40W 220V 3 燈傳統電磁型	45×3 ≈ 135		62.2	72.7
45W 115、220V 2 燈電子安定器	49×2 ≈ 99	4230×2 (8460)	85.5	100%

(五) 照明改善整體節約能源效益

依據日本三菱公司研究，若照明設計規劃之初，即導入整體照明節能之觀念，如：採用高頻燈管與電子式安定器、晝光利用、初期照度調整、時間設定控制、佔據感知控制等，可省下照明用電 66.5%。其中照明節能重點為：採用高頻燈管與電子式安定器、晝光利用，省能比例最大。如圖 5-2-10 所示。(資料來源：日本三菱公司)

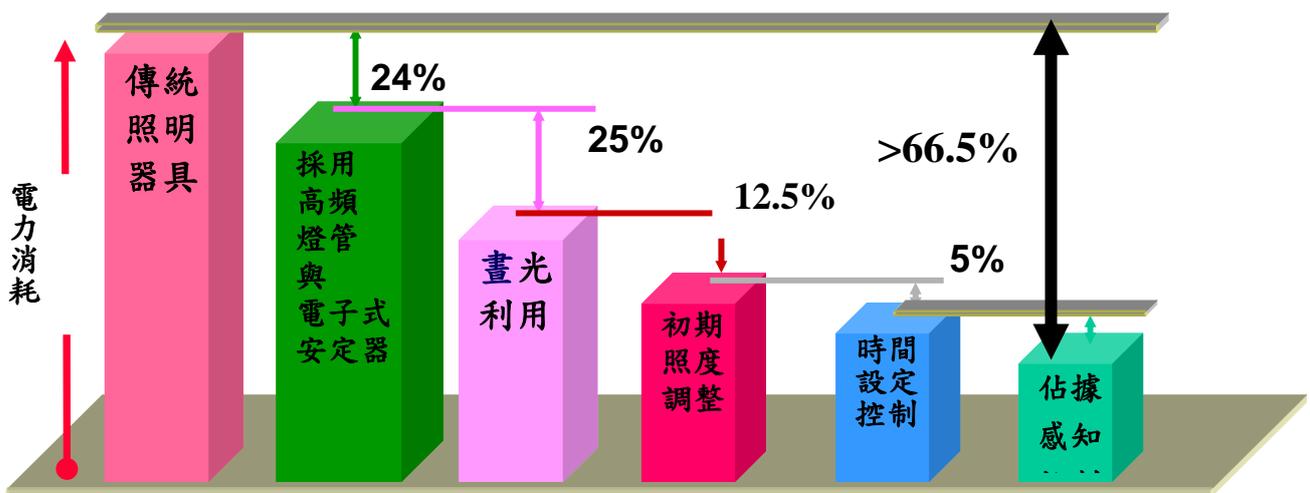


圖 5-2-10 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果圖

(六)其它照明改善措施

1.電子式安定器日光燈具更換應注意事項

1.1 選購

(1)安全性：

- a.是否符合電子式安定器國家標準。如：耗能、功因、諧波及噪音等。
- b.是否有耐電壓衝擊保護、短路保護、抑制電波干擾、過溫保護、燈管失效保護等裝置，以防止火災發生。

1.2 適用性：廠方所選用之日光燈管為預熱式或瞬時燈管。

- a.預熱燈管：此種燈管須配合有預熱功能之電子式安定器(具有較低之點燈電壓)，方能確保燈管不易黑化。
- b.瞬時燈管：一般稱為 RAPID START(RS)燈管，須搭配有柔啟動之電子式安定器(亦及點燈電壓不致過高)，否則易造成燈絲快速老化，甚至熔斷。

1.3 並聯或串聯式接線：

並联接線式當其中一根燈管損壞時，其它燈管仍能正常發光，使用上有較高之方便性；反之，串联接線式當其中一根燈管損壞時，則整盞燈具均不發光，為其缺點。

1.4 節約能源：

燈具及燈管之選擇應以高效率為主，如 32W 燈管搭配 32W 電子式安定器，36W 燈管搭配 36W 電子式安定器有發光效率高及節約能源之優點。

根據 93 年政府機關節約能源調查顯示上下級政府機關電子式安定器之使用率約只有 27.7%，其說明目前高效率燈具之使用並不普遍，新型省能 T8 或 T5 日光燈皆裝置電子式安定器，建議將 T8 列為標準，而 T5 列為建議項目，T8 與 T5 分別可節約 30%與 50%照明用電。

2.戶外夜間照明採用感光自動開關，可適時提供照明，並避免忘記關燈之浪費。

3.路燈採用隔盞控制，並配合自動點滅器自動開關。

- 4.廁所白天採光足時應關燈。
- 5.燈管及反射罩每年定時清洗，發黑或閃爍燈管換新，以維持適度照明。
- 6.選用低眩光燈具：應具有防眩格板與高遮光角設計。
- 7.每年定期測量所有教室、辦公室之照度，以確保充足照明。
- 8.繪圖室、辦公室等照度需求較高之場所，可採用檯燈等以局部照明加強之。
- 9.台灣地處亞熱帶夏季時間長，教室和辦公室等宜選用色溫度 6,500-7,500 K 的日光燈管，以營造夏天有清涼與明亮感覺。

5.2.4 熱水系統節能

熱能的供給，用在中大型系統的目前有三種型式分別為鍋爐、熱泵及太陽能系統，其中鍋爐系統利用傳統燃料作為能量的來源，必須考量環境污染的問題，而熱泵使用電能，相對的在應用端是較為乾淨的。太陽能利用太陽能源加熱水，是三種方式裡面最具環保效益的。本節將就上述太陽能熱水系統及熱泵二種系統進行介紹。

(一)國內太陽能熱水系統推動狀況如何？

太陽熱能技術主要利用集熱器將太陽輻射能量吸收，利用熱交換形式將輻射能量轉換成有用的熱能使用。台灣地區約位於北緯 22~25.5 度之間，屬亞熱帶氣候，日射量年平均每日每平方公尺達到 3,000~4,300 仟卡 (kcal)。與世界其他地區相較，台灣太陽能資源豐沛，極為適合太陽能熱水系統應用，而台灣目前最普遍的應用，則以 100 °C 以下的洗滌用太陽能熱水系統為主。

經濟部能源局為鼓勵民眾裝設太陽能熱水系統，於 89 年頒佈實施「太陽能熱水系統推廣獎勵辦法」。自推廣辦法實施以來，太陽能熱水器的設置量大幅成長，國內安裝總裝置面積已達到 107 萬平方公尺，共計有 25 萬戶使用太陽能熱水系統，普及率約 3.6%，每年新增設置用戶約達一萬餘戶。

目前國內以熱水應用為主的太陽能產業已初具基礎與規模，太陽能熱水系統製造及供應廠商共計 20 餘家，安裝銷售廠商 170 餘家，合格產品 220 餘件，產業就業人口達 1,000 人以上。目前國內太陽能熱水系統之年市場量約 8 萬平方公尺。

國內太陽熱能經過長期的發展，產業已初具基礎。目前太陽能熱水系統架設多以樓頂空間為主，為因應國內建築型態朝公寓、大廈發展的趨勢，以及突破受國內建築業景氣持續低迷的衝擊影響，從而提升產品競爭性及市場量能，產業技術發展未來將著重於提升產品應用性、開發新應用技術、提升量產技術、改善製造成本結構等策略。例如為因應綠建築應用發展趨勢，發展輕型化、建材整合化集熱器等。

(二) 太陽能熱水系統主要組成部份及功能？

太陽能熱水系統簡介

太陽能熱水系統係由集熱器、儲水槽、輔助加熱器及管路等四部份所組成，茲分述如下：

1. 集熱器(collector)基本組成(圖 5-2-11)

吸熱板 (absorber) 表面塗上選擇性吸收膜，吸收太陽輻射能量。其上有管路導引工作流體 (一般常用水作為工作流體)，將吸熱板上所吸收之太陽熱能傳輸至使用端利用。

選擇性吸收膜 (Selective Surface Coating) 具有高吸收率、低放射率之光學特性，主要將太陽輻射能大量吸收，並降低輻射損失。

由於吸熱板吸收太陽輻射能量，集熱板表面溫度提高，為降低與表面空氣之對流損失 (或受風影響) 及熱傳導損失，因此，吸熱板上方以透明面蓋與大氣隔離；集熱器周圍及底部以保溫材料包覆，以降低熱損。

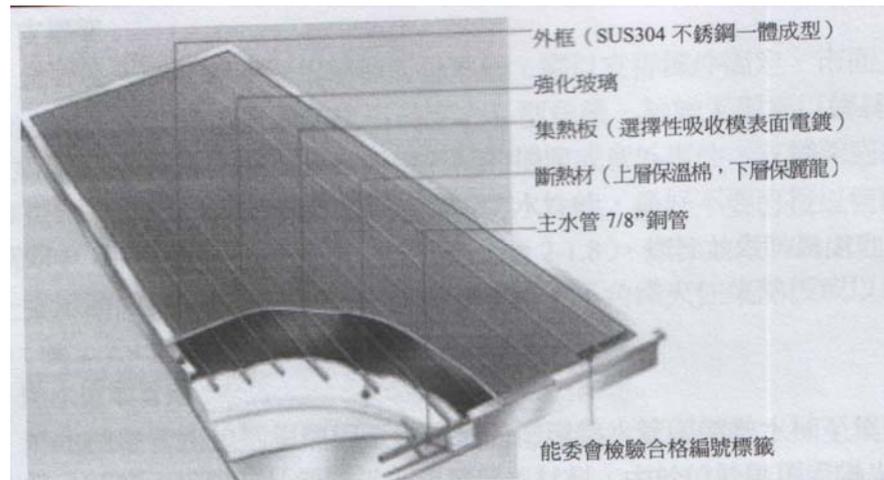


圖 5-2-11 金屬平板集熱器主要組成結構圖

2. 儲熱桶 (Storage Tank)

其功能在於儲存集熱器所加熱的熱水。儲熱槽由內外桶構成，中間充滿如 PU 發泡、保麗龍等保溫材料，以防止熱量散失。儲熱桶一般依外型長寬比分為臥室與立室兩種，其結構大致相同，都是內外各一層水桶，中間填塞隔熱材料保溫，一般而言，直立桶效果較佳，但市面上多使用臥式，因結構上較易固定，外表較美觀，且不佔空間。為減少冷熱水之混合，儲水槽內亦有種種設計，如分層隔板、進水擋板及進水噴管。

3. 輔助加熱器 (Auxiliary heater)

家用熱水器一般多使用電熱棒。電熱棒安裝於最後一個出水的儲熱槽內或另外置放於一個較儲熱桶小的加熱桶內，以節省電能使用。以定時器及溫控計控制加熱時間與熱水溫度。如固定晚上洗澡用水，則將定時計設定傍晚至就寢前作用，如果當天天氣好，水溫夠，則加熱器自然不作用，因此，有了輔助加熱器，不論天氣如何，皆有充足的熱水可用，十分方便。

大型強制循環式太陽能熱水系統，大部份以鍋爐做為其輔助加熱器。

4. 管路(Piping)

包括補充熱水器冷水管與輸送熱水至用水龍頭的熱水管，熱水管路外覆保溫材料，以防散熱。

小型太陽能熱水器之管路材質有鍍鋅鋼管、不銹鋼管、PU 管、銅管。較常用的為銅管與 PU 管。集熱器與儲水槽之間的管路與往浴室之管路，必須要有保溫，且需要外覆材。對於自然循環系統之管路，必須避免管路先向上而後向下彎。

中大型系統之管路，通常是用鍍鋅銅管或不銹鋼管。PU 管不適用。管路要有保溫及外覆材(鋁皮、亞鉛皮、塑膠布或橡膠布)每片集熱器之冷水管與熱水管長度和，最好相等，且熱水管越短越好。至於溫水游泳池，則管路可用塑膠管。

(三)集熱器種類

集熱器可分為平板式集熱器、真空管式集熱器、熱管式集熱器。

1.平板式集熱器之集熱板形式一般為銅板銅管、銅鰭片銅管(圖 5-2-12)、不鏽鋼板管、非金屬板管(高分子化合物)等。依用途、操作溫度及設置成本之考量，透明面蓋成為非必要元件，因此，又分為有面蓋式集熱器及無面蓋式集熱器。一般非金屬平板集熱器主要由 EPDM 或 Copolymer 等製成，用於溫水游泳池。(圖 5-2-13)

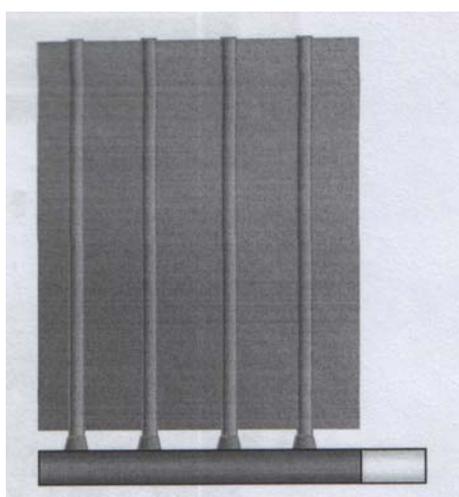


圖 5-2-12 銅鰭片銅管式金屬平板集熱器結構圖

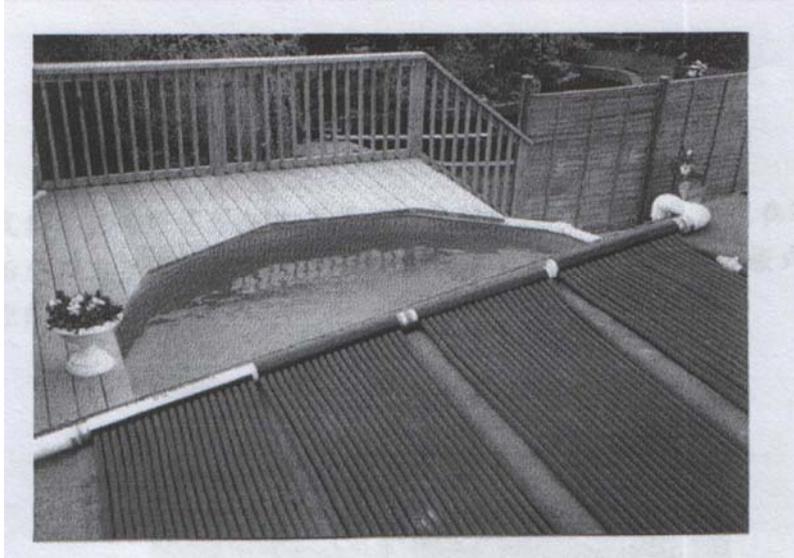


圖 5-2-13 應用於溫水游泳池之無面蓋 EPDM 式非金屬平板集熱器

2. 真空管集熱器之集熱板形式有玻璃管(圖 5-2-14)、銅鱗片銅管(圖 5-2-15)、銅管等。集熱板周圍以透明材(玻璃管)包覆，內部抽製成真空狀態，以降低內部空氣造成之對流熱損。由於真空管式集熱器之上下四周均為透明材，因此，有些產品配合聚光用反射板，將太陽光有效集中在集熱板上，提高收集能力。

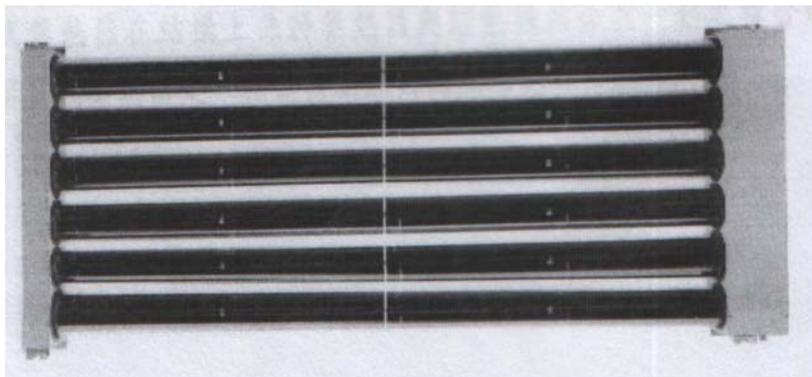


圖 5-2-14 全玻璃式真空管集熱器

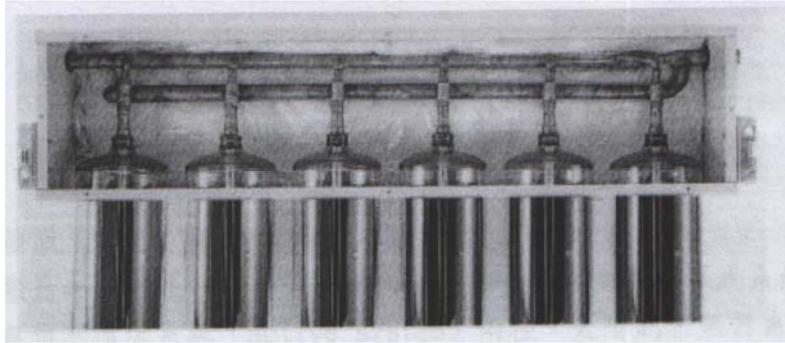


圖 5-2-15 銅鰭片銅管式真空管集熱器

3.熱管式集熱器係將集熱板之導管做成熱管形式，以提昇集熱板在寒地、高山、防結垢應用方面之適用能力。因此在集熱器外型結構上有平板式熱管集熱器及真空熱管式集熱器。

(四)太陽能熱水系統可分為幾種及其特性差異如何？

太陽能熱水系統依循環動力源的設計可分為：(1)自然循環式太陽能熱水系統(2)強制循環式太陽能熱水系統(3)儲置式太陽能熱水系統

(1)自然循環式 (natural-circulation) (圖 5-2-16)

這種型式儲水箱置於收集器上方，水在收集器中受太陽輻射之加熱，溫度上升，造成收集器及儲水箱中水溫之不同，而產生密度差，因此引起浮力，產生熱虹吸現象(thermosyphon)，使水在儲水箱及收集器中自然流動，由於密度差為溫度差之函數，則水流量與收集器之有用能吸收量成正比關係。

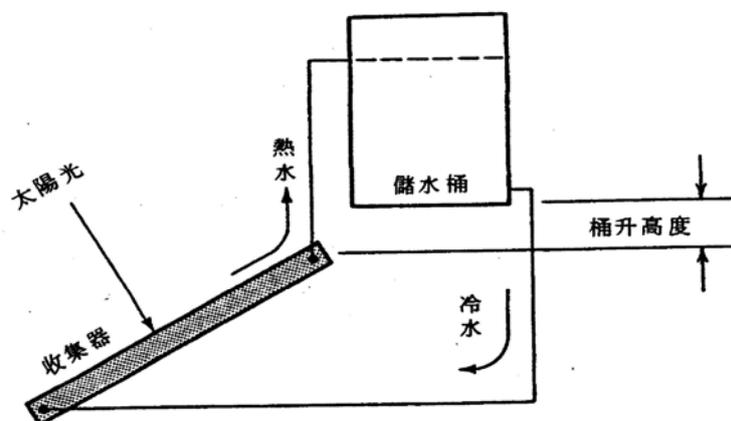


圖 5-2-16 典型的自然循環式太陽能熱水系統

(2)強制循環式 (force-circulation) (圖 5-2-17)

這種熱水系統利用水泵使水在收集器與儲水箱之間循環，當收集器頂端水溫高於儲水箱底部水溫若干度時，控制裝置啟動水泵使水流動，水泵入口處裝設止回閥(check valve)以防止夜間水由收集器逆流，引起熱損失；這種型式之熱水系統之流量已知(由水泵之流量可知)，容易預測性能，及若干時間內之加熱水量，同時在同樣設計條件下，較自然循環式可得較高溫度之水；但是，因為必須利用水泵，而有水泵電力、維護(如漏水等)以及控制裝置啟停時容易損壞水泵等問題存在，因此，除大型熱水系統或需要較高水溫時需利用強制循環型外，大多採用自然循環型熱水系統。

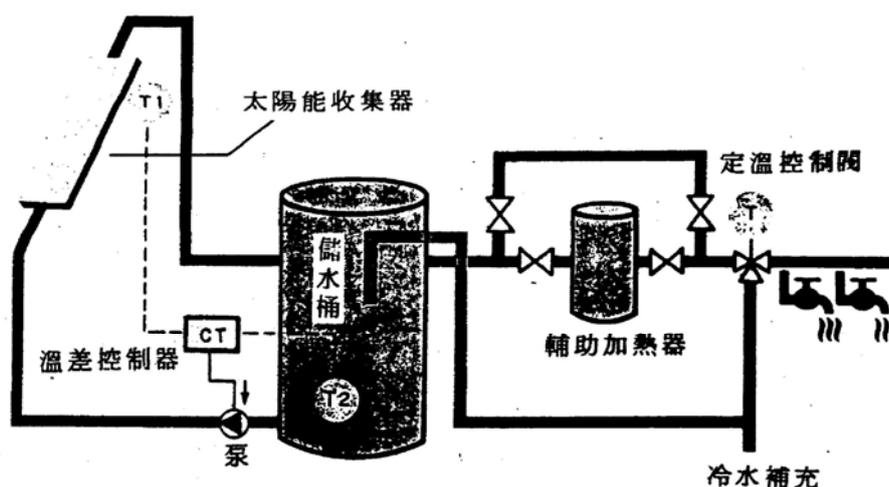


圖 5-2-17 強制循環式太陽能熱水系統示意圖

(補助熱源置於至負載之管路上)

(3)儲置式 (batch 或 integrated) (圖 5-2-18)

這種太陽能熱水系統的基本結構及設計構想都是最簡單的，其特點在吸熱裝置與儲熱裝置是合為一體的。由於毋需儲熱桶的費用，又無需設計傳熱管、鰭片的考慮，故製造成本會低得多。

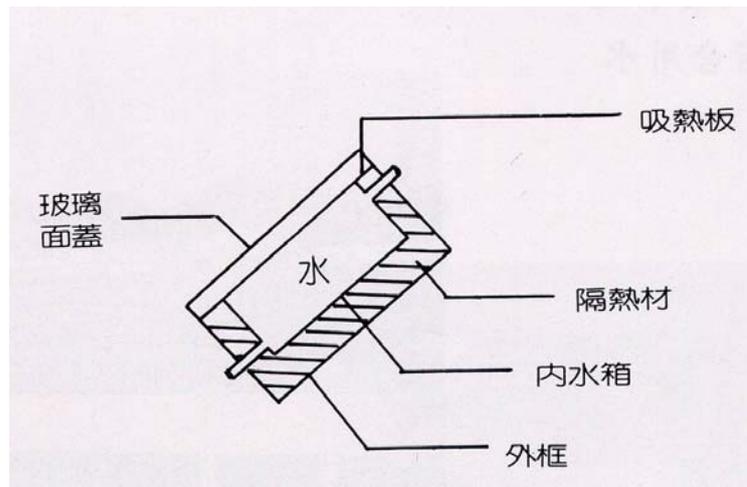


圖 5-2-18 儲置式太陽能熱水系統

在日本，太陽能熱水器的普及率是 11 %，而以色列更達到 80 %，相對於國內的 3 % 左右的使用率，實是相差甚遠。因此，此產品在國內仍深具潛力，值得多加開發。

(五) 太陽能熱水系統設計注意事項為何？

1. 系統設計條件：

(1) 用水量與水溫

家用洗澡用水

男生：每人 50 °C 水 50 公升

女生：每人 50 °C 水 80 公升

宿舍用水：每人 50 °C 水 80 公升

(2) 容水量與太陽能集熱面積之比值

儲水桶容水量與太陽能集熱面積之比值為

$$V/A = \text{儲水桶容水量} / \text{太陽能集熱面積} \quad (\text{公升} / \text{平方公尺})$$

自然循環式 $V/A = 50 \sim 80$

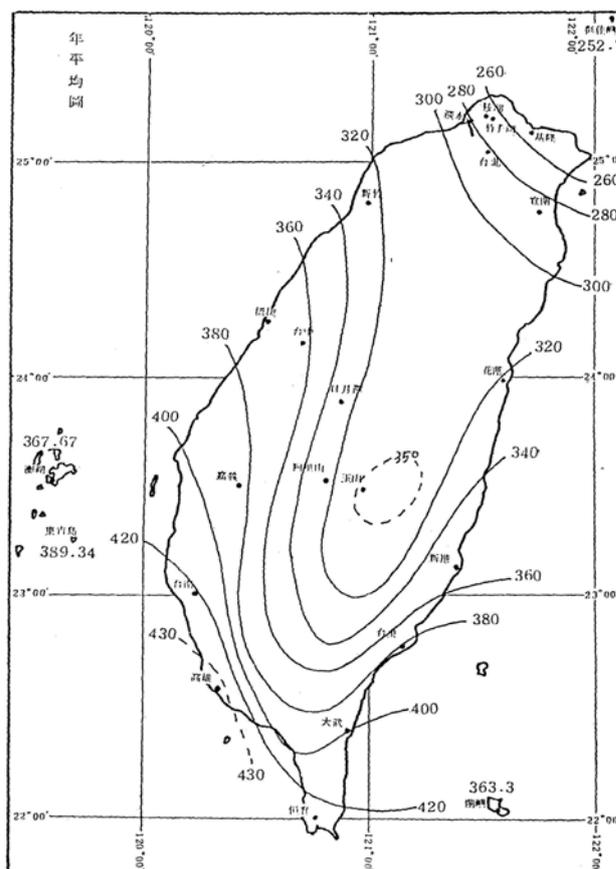
強制循環式 $V/A = 70 \sim 100$

由於安裝地點及使用集熱器效率的不同，上述 V/A 值將有所變化。

2. 安裝要點

(1) 日照條件

圖 5-2-19 所示為台灣地區全天日射量分佈圖，由圖中可以看出台灣地區的太陽能日射量介於 260~430 Langley/day，中南部地區的日射量是



北部的 1.2~1.5 倍。

(單位: Langley /day)

圖 5-2-19 台灣地區全天日射量分佈圖

(2) 安裝要點

a. 方位：

在台灣，安裝時集熱器必須面向正南方。

b. 傾斜角 θ ：

強制式：全年使用

θ = 緯度 著重冬天使用

θ = 緯度 + 5 ~ 10 度 自然循環式：

$\theta = 25 \sim 30$ 度

c. 遮蔭：

不要被屋頂女兒牆、附近建築物及前排集熱器給遮蔭。

d. 安裝自然循環式熱水器的管路不能有先向上而後向下的管路，以避免氣堵。

e. 補充冷水管，若是從儲水桶頂端沖下來，必須用導管引到桶底。

f. 太陽能熱水系統的管路，往浴室的管路，必須要有保溫層及外覆材。外覆材，可以利用鋁皮、亞鉛皮或塑膠布。

g. 強制式，每片集熱器之冷水管和熱水管長度總和，必須相等，且熱水管愈短愈好。

h 強制式，排氣閥必須裝在每排集熱器最後一個熱水出口處和全系統最高處。

i 管路與集熱器連接處，必須做好防水、防風砂之措施，以免雨水、水氣、風砂吃進吸收板縮短壽命。安裝後，必須注意有無漏水。

j 若太陽能熱水輔助加熱器則必須注意下列各項：

(a) 輔助加熱器若為電熱水器，或水槽電加熱器，則必須要有漏電斷路器和溫控器等裝置以免漏電或電熱器燒壞。

(b) 輔助加熱器若為鍋爐，則要注意太陽能儲水槽到鍋爐的流量及太陽能儲水槽補充水流量，必須各別足夠供應鍋爐的用水流量，以免鍋爐發生爆炸。

(c) 施工時，必須告訴安裝的廠商，安裝地點的水壓情形，如果水壓不夠，要有補救措施。

(d) 太陽能熱水系統宜遠離冷水塔，以防冷卻水塔水噴到或被風吹到集熱器，會造成玻璃鈣化不透明，集熱器框腐蝕，縮短使用年限。

(3) 水質處理

家用太陽能熱水系統設置使用之前，對水質成分進行了解，對於地下水用戶或水質差的地區；應適當選擇元件或適當型式之太陽能熱水器，即降低不良水質造成之影響。

(4)集熱器性能

集熱器之性能曲線

根據 ASHREA 93-77 之標準，一片集熱器之性能曲線方程式為

$$\eta = (F_R \tau \alpha) - (F_R U_L)(T_i - T_a) / I$$

式中 $F_R \tau \alpha$: 集熱器之吸收係數愈大，效率愈高

$F_R U_L$: 集熱器之散熱係數愈小，散熱愈小，相對地效率愈高。

T_i : 集熱器之進口水溫，一般而言以當地的水溫為進口水溫，一年平均比大氣溫度略高 1~2 °C。

T_a : 大氣溫度

I : 瞬間日射量

若以 η 為縱座標，以 $(T_i - T_a) / I$ 為橫座標，則可得集熱器之性能曲線，如下圖 5-2-20 集熱效率-性能效率曲線

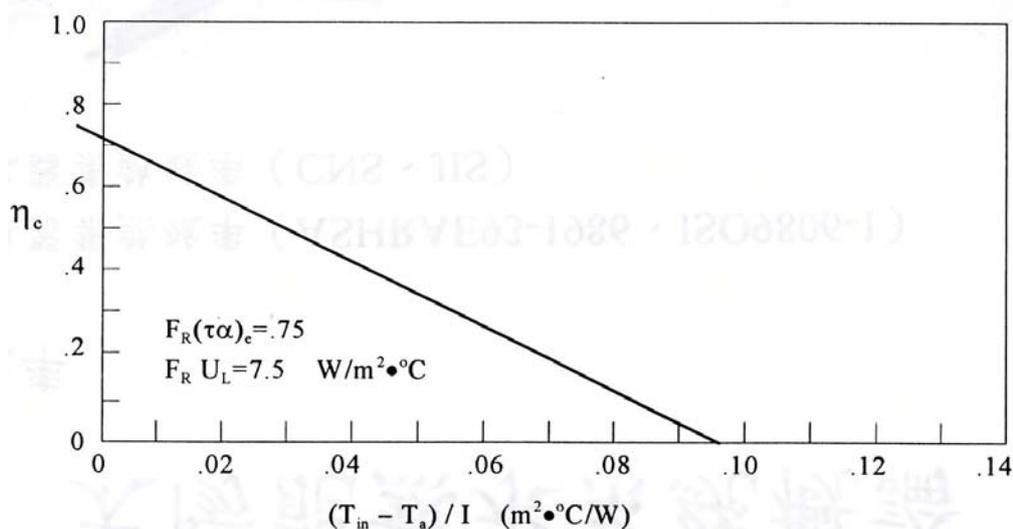


圖 5-2-20 熱傳效率性能效率曲線圖

(5)強制系統溫差設定

可分成溫差控制，補充冷水控制及補助電熱器控制。

(a)溫差控制器：有二感溫器，一為高溫側，置於一排最後一片集熱器之上端吸熱板上或熱水出口處。另一為低溫側，至於除水桶下端內或水桶底端之外側上，當集熱器高溫側之溫度比低溫側之溫度高出設定溫

度時(5~10 °C)即啟動泵浦。當溫差低於設定溫度(通常為 1 °C)時，即停止泵浦之裝置。

(b)補充冷水控制：分密閉式與開放式。

密閉式：藉補充冷水塔之壓力逼壓熱水出去。此等系統儲水槽之壁厚較厚，冷水塔不太高。

開放式：藉著雙浮球、三極水位計來控制進水及停止進水。亦有單浮球，隨水位高低而進不同流量之水。

(c)補助電熱器

強制循環系統，都用於大型系統，儲水槽較大。當水溫不夠時，一般是銜接至鍋爐(燃油鍋爐或瓦斯鍋爐)。

(六)太陽能熱水系統如何保養維修？

1.定期檢修：應定期至屋頂檢查系統外觀情形，如有漏水、玻璃面蓋破裂或面蓋發燙(表示有阻塞)，應立即通知廠商檢修。

2.定期保養

定期(至少每月一次)清洗集熱器面蓋落塵，排放集熱器(金屬型)和儲熱桶底堆積雜質與水垢。

(七)太陽能熱水系統操作使用注意事項如何？

1.集熱器表面溫度或背面溫度過高，表示儲熱桶溫度已經到達很高或管路阻塞，應檢查儲熱桶水溫是否已否達 60°C~70°C，如未達此溫度，應檢修管路。

2.應注意輔助加熱能源使用情形，如能源使用量不合理的增加，需檢查輔助加熱器動作時間及設定溫度；大型系統檢查泵浦及控制開關是否正常運作。

(八)太陽能實際應用情形如何？

各級學校太陽能實際應用主要為供應教職員及學生宿舍熱水，已有各各級學校已先後裝設太陽能熱水系統。

(九)熱泵熱水系統原理及性能如何？

熱泵這個名詞，對於一般民眾而言，較為生疏，其實它就是我們經常使用的冷氣機，主要的差別，冷氣機的需求端是冷能，而熱泵的需求端是熱能。

冷氣機可以說是一部移熱裝置，把熱能從一個地方(冷氣房)移到另一個地方(大氣)，當然這個移動熱能的作用，需要借助電能才會發生.就好像是我們家裡所用的水泵，一通電後，會將水從一個地方(一樓自來水池)送到另一個地方(樓頂水塔)一樣.只是冷氣機所搬動的是熱能而已，所以冷氣機的學名又稱為熱泵，移動的熱能可以是以熱氣來傳遞，也可以是以熱水來傳遞。

冷氣機主要是由壓縮機及一些熱交換器組成，其內充灌冷媒.冷氣機通電後會從空氣吸取熱量，使空氣降溫，這便產生了冷氣.冷氣機也會往外面排出熱氣，由自然界的能量不減原理，這些熱氣的能量(Q_3)，會等於輸入冷氣機的電能(Q_2)加上從冷氣房所吸取的熱量(Q_1)，即 $Q_3=Q_1+Q_2$ 。熱氣能量(Q_3)會高於輸入電力(Q_2)的好幾倍(約二到四倍)。

冷媒在循環盤管內受壓縮機之力而流動。在膨脹閥後冷媒突然由高壓液體狀態變成低壓，在蒸發器內蒸發為氣體，吸收大量的熱，將通過蒸發器之空氣降溫，也將空氣中的熱帶到冷媒中。當冷媒氣體繼續前進經過壓縮機加壓時會產生高溫。經由冷凝器之作用，會將室溫冷水 (21°C) 加熱到 60°C 熱水 (Q_H)，此熱水之能量係由原來蒸發器取自空氣中之熱量 (Q_L) 以及壓縮機 (W_e) 做功所耗之電能而來。故其產生之熱量較單純之電能高好幾倍同時，因為經過蒸發器之空氣能量被取走，隨之所得之冷空氣亦可做為降溫空調之用。熱泵系統如圖 5-2-21 所示。

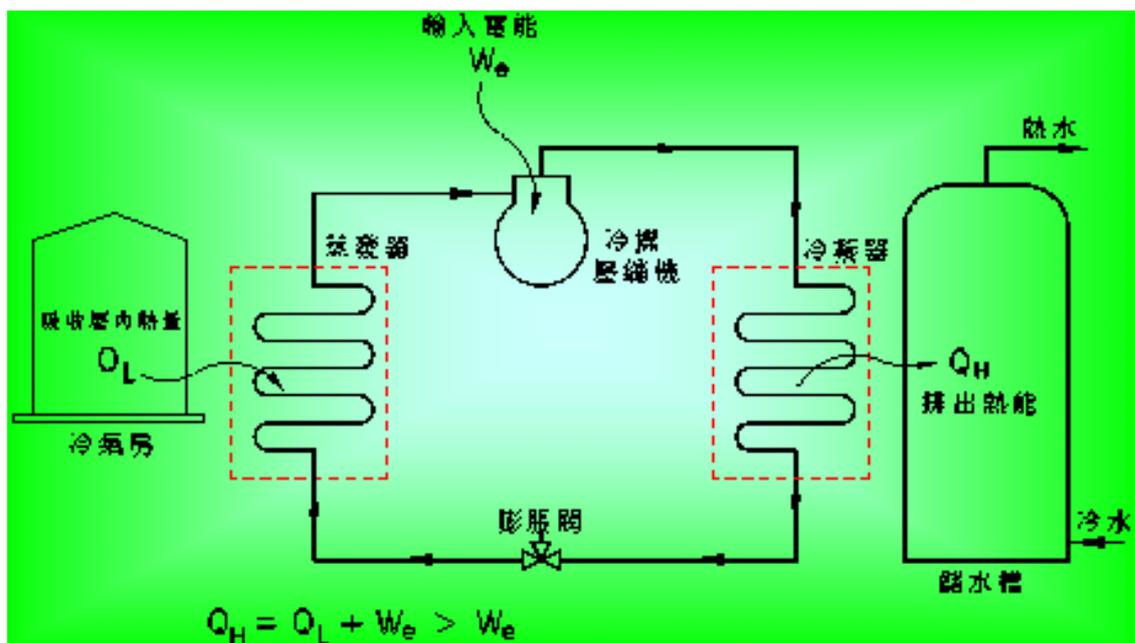


圖 5-2-21 熱泵系統示意圖

熱泵的能源使用效率以熱泵成績係數(C.O.P.)表示，其定義為熱泵成績係數(C.O.P.)= 熱水能量(Q_H)/電能(W_e)。

熱泵的分類，以其使用介質的不同，可分為水對水、水對空氣、空氣對空氣、空氣對水等四種類型。

(十)熱泵系統設計方法如何？

- 1.熱源需求溫度：熱泵熱水器受限於壓縮機吐出口溫度的限制，因此其所能供應的熱水溫度並無法加熱到太高的溫度，除非採用特殊的壓縮機，一般熱泵所能供應的溫度上限約為 70~80 °C。如需求溫度較高時，可利用熱泵做為預熱，再以其他輔助加熱器加熱到所需的溫度。
- 2.能源效率：熱泵能源效率值以下式表示：

$$\text{熱泵成績係數(C.O.P.)} = \frac{\text{熱水能量}(Q_H)}{\text{電能}(W_e)} \propto \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

T_H 表示冷凝器溫度(對應於熱源需求溫度)

T_L 表示蒸發器溫度(對應於外界環境溫度)

當熱源需求溫度愈高時，能源使用效率愈低；外界環境溫度愈低

時，能源使用效率降低。因此，有效的將蒸發器所產生的冷能帶走，將可促進系統能源使用效率的提升。

3.能源有效利用的整體設計

熱泵一端提供熱能，一端提供冷能，如能結合此種特性配合適當的應用場所，其能源效益，將可發揮到最高。例如：有一個房間需要冷氣的供應，而有一個房間需要暖氣的供應，將熱泵的熱源供應端置於暖氣房，吸熱端置於冷氣房，則可達雙重效益。

(十一)熱泵系統保養維修如何？

熱泵其組成元件為壓縮機、蒸發器、冷凝器及膨脹閥，即為冷氣機，其保養維修與冷氣機相似，主要的項目為蒸發器、冷凝器的清洗及冷媒的填充。

(十二)熱泵熱水操作使用注意事項如何？

- 1.蒸發器(吸熱端)：熱泵熱水器於使用時必須注意蒸發器側必須保持空氣或水的流通，如空氣或水未流通，將造成能源使用效率降低，更甚者，將會造成蒸發器結冰現象。
- 2.冷凝器(供熱端)：有效的增進供熱端的空氣或者水的流動，將可加速能量的取得，輔助加熱裝置如設於供熱端的儲水槽內時，其設定溫度不宜過高，否則熱泵冷凝器溫度過高，除降低能源效率外，更甚者高壓保護開關啟動，熱泵將會停止運轉。

(十三)熱泵實際應用情形如何？

各級學校熱泵實際應用主要為供應教職員及學生宿舍熱水、室內游泳池熱水及空調。

5.2.5 事務機器節能

辦公大樓之事務機器，包括電腦、影印機、傳真機、飲水機及烘手機等，此類機器大部分以性能取勝，較少考慮省電功能，若能注意一些小細節，亦可達到節約能源的效果。

(一)電腦

- 1.選用符合環保標章之電腦主機，微處理器、低輻射量顯示器或平面顯示器及硬碟，當其工作暫停 5-10 分鐘後，即可自動進入低耗能休眠狀態。
- 2.附設電能管理軟體，當網路或伺服器、電傳不用待機時，其硬體電源成為休眠狀態。
- 3.長時間不用電腦時可自動切掉總電源，減少待機損失。

(二)影印機

- 1.請選購具省電功能之影印機，通常可在持續 15 分鐘未使用時，自動進入省電狀態。
- 2.影印機背面之排氣孔與牆面最少保持 10 公分之距離，以利散熱。
- 3.勿將機器安裝在空氣不流通或灰塵多的地方，以免影響機器效率。
- 4.複印前須先設定紙張大小及複印份數，以免增加無效的複印，浪費紙張及電力。

(三)傳真機

- 1.周遭環境之適當溫度為 10~32°C，濕度為 15~85%。
- 2.勿靠近電熱器或瓦斯爐等發熱機器的地方。
- 3.勿裝置於通風不良的地方。
- 4.有玻璃面版之傳真機，應每個月清潔一次，以保持漂亮之畫質。

(四)飲水機

- 1.安裝飲水機時，其兩側之通風窗與其他物品之間隙至少應有 15 公分之距離，以利通風散熱。
- 2.飲水機附近勿放置高壓氣體、易燃物及導電物品。
- 3.飲水機之進水管線必須安裝進水閥，以便日後保養。

4. 飲水機四周及地面應保持乾燥。

5. 勿將茶葉殘屑倒入水盤，以免堵塞排水管。

6. 濾水器每 2~3 個月必須更換一次，並使用原廠產品，以免因規格不符影響水質。

(五) 烘手機

1. 烘手機儘量使用插頭式，少用接線式，無人使用時應能自動停機者。

2. 烘手機安裝於適當位置，出風口向下且牢固於牆上，並應經常檢查其性能是否正常。

(六) 電梯

有多部電梯者，應設定隔層（分單數層與雙數層）停機。若搭乘不經過自己樓層之電梯，再配合走一層樓，不影響等候時間。在上下班尖峰時間以外，可停用部分電梯。

陸、節約能源案例

藉由政府機關與學校節能能源實際改善案例，建立各單位節約能源改善目標，利用此技術手冊，將國內節約能源案例的訊息，對政府部門學校進行宣導。

6.1 政府機關案例一

某縣政府辦公大樓位於台中縣，其辦公大樓於民國八十四年興建完工啟用，為地下一樓至地上六樓之「工」字型建築物，總樓地板面積為 $52,065\text{m}^2$ 能源使用主要以電力為主，目前契約容量訂為 $1,700\text{kW}$ ，92 年全年之用電量 $3,918,000\text{kWh}$ /年，全年總電費支出約 994 萬元。

縣府對於節約能源工作非常重視，92 年度之耗能指標 $75.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 、 $32.3\text{W}/\text{m}^2$ 、 $0.036\text{RT}/\text{m}^2$ ，較 92 年政府機關能源查核平均值 $139\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 、 $51\text{W}/\text{m}^2$ 、 $0.06\text{RT}/\text{m}^2$ 低約 45.8%，顯示其能源管理上已具有相當成效。然而為再提高能源使用效率並減少電費支出，特將辦公大樓節約能源評估改善工作，委託財團法人中技社節能技術發展中心協助辦理，經省能輔導後加上內部自發性相對提出包括：1.電力系統。2.空調系統。3.照明系統。4.公用系統等四大系統之改善提案，並隨即逐步落實改善，在辦公人員不變用電設備增加之情況下，用電尖峰需量及用電度數逐年降低，92 年較 91 年節省電費 13.7%、157 萬元，累積 92 年較 90 年節省電費 19%、230 萬元。其成果為由政府帶頭做起，並辦理縣府所轄機關節能觀摩研討會，從行政體系的最高層次，和政策的制高點，重新檢視節能的重要性，拉高節能的政策地位，一如政府在預算控制方面以「由上而下」的方式，凝聚共識，全面付諸行動，進而使公部門在節能政策上發揮示範作用和促進功效。其節能事項如下：

(一)電力系統改善

- 1.設置能源監控系統抑制尖峰需量：在空調季用電高峰期，施行冰水主機負載管制措施，抑制尖峰需量，減少超約罰款支出。非重要設備利用離峰用電，以減少流動度數及超約罰款支出。
- 2.提高功率因數：調整低壓 APFR 設定值，使功率因數由 94%提高至

97%，增加台電功率優惠及減少線路損失。



圖 6-1-1 監控管理系統

(二)照明系統改善

- 1.採用高效率電子式安定器：配合行政院非核家園計劃及永續發展委員會政策，率先推動汰換高效率省能空調及照明設備，辦公室原為T8型20W×4 OA傳統式日光燈具，照度約500~600Lux，逐步將燈具汰換為T5型17W×4 OA型電子式安定器日光燈具，由主管單位率先採用，經評估約可節約30%以上用電，至92年底已汰換約260盞，以減少照明用電及降低空調負荷，並提高辦公室照度至600~750Lux。未來將逐步全面汰換。
- 2.照明點燈時間管理：午休時間除非必要，則全部關燈；停車場非上下班時間出入人少照明減光；戶外庭園燈減光等措施管理照明使用。
- 3.自然採光利用：中庭走道採光佳，不開燈；辦公室靠窗區域，照明減半使用等利用自然採光減少照明使用。



圖 6-1-2 採用高效率電子式安定器

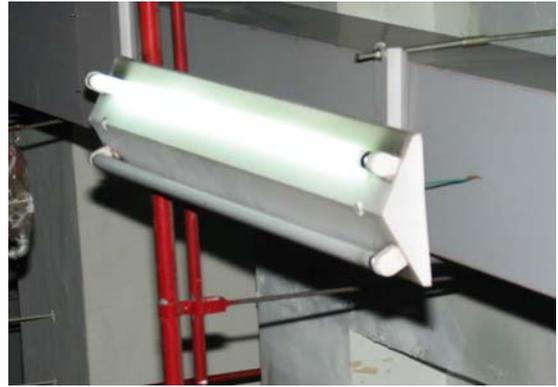


圖 6-1-3 減光措施

(三)空調系統改善

- 1.冷卻水塔加裝電子式溫度控制器，控制開啟台數：冷卻水塔增設電子溫度控制器，依冷卻水塔之回水溫度控制冷卻水塔之風洞開啟台數，減少冷卻水塔耗電。
- 2.冷卻水泵浦合理化運轉：以手動調整每台水塔冷卻水閥門，以防止冷卻水塔溢流，如此可減少一台冷卻水泵浦開啟。
- 3.配合行政院政府機關辦公室節約能源措施辦法：室內溫度未達 26°C 時不開放冷氣。

(四)事務機器

- 1.大型電熱飲水機加裝時間控制器，於下班時間及周休二日期間關閉飲水機運轉，減少飲水機耗電；並可減少長假無人上班時，因飲水機缺水而發生火災之安全問題。為減少造成影響需加班員工飲用水，統一於固定層樓提供飲水機用水。(節約：116,630kWh/年、20.1萬元/年)。
- 2.停車場送排風車，為維持空氣品質及節約能源考量，於尖峰時間全部運轉，離峰或下班時間則不開啟或停止部分送排風車使用。(節約：12,960kWh/年、3.3萬元/年)。
- 3.以離峰時間澆花減少澆花用泵之流動電費支出。(節約：1.5萬元/年)。
- 4.一般客梯三樓之下不停靠，鼓勵員工多走路上下樓層，減少電梯用電。(節約：4.5萬元/年)。

- 5.制定員工下班時間一定關閉電腦及影印機等事物機器設備，減少事務機器設備用電。(節約：4.1萬元/年)。
- 6.更換省水器材及調整水龍頭出水量，減少用水及抽水泵用電。(節約：1.0萬元/年)
- 7.車輛用油實施油摺制度有效控制油量。

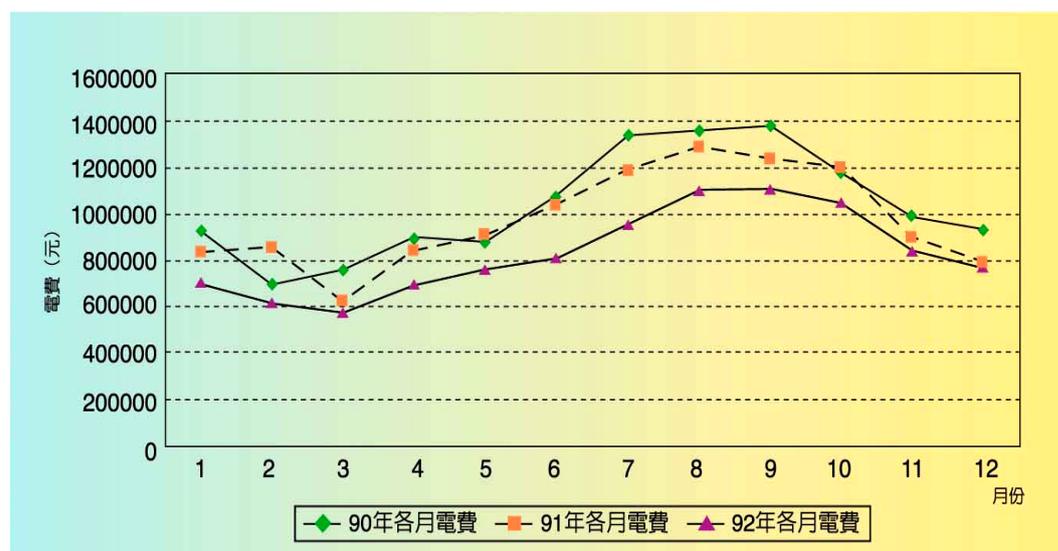


圖 6-1-4 90~92 年電費比較圖

6.2 政府機關案例二

某主管國內財政事務之政府主管部門，於民國 77 年將新舊辦公大樓合併使用，使用之辦公大樓樓層為 B1 樓至 8 樓，總樓地板面積為 19,000m²。能源使用主要以電力為主，目前契約容量訂為 1,100kW，尖峰需量為 1,148kW，平均功因 95%，總用電度數 2,894,000 度/年，總電費約 764 萬元/年。

民國 91 年經中技社節能中心建議汰換原先 5 台舊型耗電量較大之冰水主機，改為 3 台節能效率較強之冰水主機，以達到空調全面省電之成效。其節能事項如下：

(一)汰舊換新，有效達成節能目的

1.電力系統：

台電供電電壓為 22.8kV，空調用電壓 440V、照明插座用電壓 208-120V、動力用電壓 220V，主要變壓器容量總計 2,500kVA，採高低壓側功因改善至 95%，備有 225Kw 緊急發電機以應付停電需求。

2. 照明系統：

大樓之燈具使用以 40W×3 型、40W×4 型及 20W×4 型之傳統式安定器日光燈具為主，照明使用時間為 2,340 小時／年。

3. 空調系統：

使用 80RT×1 台、100RT×2 台，往復式及 150RT×2 台離心式冰水主機，冷媒為 R-22 及 R-123，冬季開一台 200RT 冰水主機，春、秋季開一台 150RT 或 100RT 冰水主機，夏季開五台冰水主機，每日開機時數約 10 小時；空氣側新大樓使用以 FCU 為主，舊大樓使用以 AHU 為主；冷卻水塔共有三台，分別為 350RT、150RT、150RT，無溫控；其餘窗型機或箱型空調，僅在加班獨立使用。

(二) 提高功率因數

1. 改善前：

電費單平均功因為 95%，因部份低壓側未設電容器且未設 APFR 自動功因調整器配合電容器改善功因，以致高壓側功因未能達到 99%，而無法充份享有台電功因優惠且有低壓線路損失。

2. 改善後：

(1) 由目前之平均負載計算，需再投入之電容量約 120kVAR。

(2) 變壓器二次側空調負載，並聯低壓進相電容器，隨空調負載運轉時投入，以改善功因至 99%。

(3) 經調整改善後，可充分享有台電最佳功因優惠並減少變壓器線路損失。

3. 節能成效：

(1) 增加台電功因優惠 4.6 萬元/年，減少線路損失 5,357 元/年。

(2) 共節省電費支出約 5 萬元/年

(三)電腦螢幕採用 LCD 液晶顯示器

1.改善前：

個人電腦使用 512 台 15"傳統式 CRT 電腦顯示器(每台規格耗電 150W)實際耗電 80W，新型 15"LCD 液晶顯示器每台耗電 25W，多耗電 55W 且增加空調負荷。

2.改善後：

配合電腦升級採用逐步汰舊換新方式，以 15"LCD 液晶顯示器取代 14"傳統式 CRT 電腦顯示器，不僅每台節約用電 55W 且降低室內空調負荷，並可減少螢幕置放空間及螢幕輻射量減少，獲得保護眼睛提高工作效率之功能。

3.節能成效：

節省電費 20 萬元/年。

(四) 採用電子式安定器

1.改善前：

大樓日光燈具使用仍以傳統式安定器日光燈為主，使用時間 2,520 小時/年。

2.改善後：

建議逐步汰舊換新方式汰換其餘樓層之傳統式安定器，並採用高效率電子式安定器替代之，減少照明耗能約 21% 以上並降低空調負荷。

3.節能成效：

可節省電費支出約 63 萬元/年。

(五)冰水主機汰舊換新

1.改善前

(1)目前有 150RT 離心式冰水機 2 台，100RT 往復式冰水機 2 台，80RT 往復式冰水機 1 台，其中往復式冰水機較為老舊，其製造年份為 1987

年，經由現場實測結果顯示上述 3 台往復式冰水機之冰水出入口水溫差約為 2°C，若正常以全載可產生冰水出入口水溫差 5°C 為標準，顯示該冰水之冷凍能力與效率已大為降低。

(2)辦公室現場環境實測與訪談結果，顯示冰水機 冷凍能力不足，而造成環境溫度過高，職員普遍感覺悶熱。

2.改善後：

往復式冰水機汰舊換新，改用高效率冰水主機，以節約用電。

3.節能成效：

(1)每年節省電費：依測試記錄現有往復式冰水機平均耗電量 1.9 kW/RT，新主機耗電率為 0.8 kW/RT，以空調負載 280 RT 估算，可節省耗電量為 164 萬元/年。

(2)減量：以平均每度電二氧化碳排放量 0.687kg 計算，則每年可降低二氧化碳排放量為 426,577kg/年。

6.3 政府機關案例三

行政院農業委員會某改良場，場區共有多棟建築物；契約容量為 560kW，尖峰需量最高為 92 年 9 月 574kW。全年總用電 1,176,000kWh，總電費約 301 萬元/年。台電供電電壓為 11.7kV，功率因數 100%。然而為再提高能源使用效率並減少電費支出，特將節約經能源評估改善工作，委託財團法人中技社節能技術發展中心協助辦理，經省能輔導後加上內部自發性相對提出包括：1.公用系統。2.空調系統。3.照明系統等三大系統之改善提案。其節能事項如下：

(一)公用系統改善

1.水龍頭裝置10秒省水裝置，減少用水。利用時間控制減少自來水出水量達到節水目的，減少用水及費用。

2.電熱飲水機下班及週休二日時段關閉電源。下班及週休二日時段大樓無人關閉電源既可省電又可增加用電安全。

經以上節能措施預計每年可節省5,000度電力使用，節省電費1萬九

千元，二氧化碳排放量3,435公斤。

(二)空調系統改善

1.汰換高效率空調設備（主機、泵、空調箱、冷卻水塔）於92年申請中央廳舍暨院校空調節能改善計劃，獲執行單位內政部建研所補助，更換空調高效率主機。一般到達汰換年限之空調主機耗能約1.2 kW/RT以上，汰換為新型高效率EER環保冷媒之冰水主機， $EER=3.5\sim 4.77$ 耗能0.86~0.63 kW/RT，可節約空調用電30~47%以上及減少維護費用又環保。採用中央空調系統有250 RT螺旋式冰水主機1台。已使用20年，自動控制器，冷凝器銅管多處年久腐蝕破孔阻塞，熱交換效率已差。經現場實測耗能約1.1 kW/RT以上，效率不佳，維修費用升高。因此將20年低效率空調主機汰換為高效率空調主機，將可抑制尖峰用電50 kW以上，舊螺旋式250 RT主機效率為1.1 kW/RT、汰換為高效率主機0.85 kW/RT。經以上節能措施全年運轉2500小時，預計每年可節省156,250 度電，節省電費29萬5千元，二氧化碳排放量107,343公斤。

2.區域泵及冰水泵使用台數控制設置變頻器。經以上節能措施全年運轉2,500小時，預計每年可節省10,000度電，節省電費1萬9千元，二氧化碳排放量6,870公斤。

3.設置中央空調系統控制器監視空調用電狀況，避免超約罰款過多抑制尖峰成長。並提供主機運轉狀況透過網路連線將數據提供教學研究單位研究分析。配合汰換新主機將可抑制尖峰用電50 kW以上。

(三)照明系統改善

1.辦公室之20W×4型日光燈具，其安定器及燈管逐步汰換為18W×4型電子式安定器及T8管，部分辦公室已先行使用，再配合94年電力系統改善全面換新，以減少照明用電及降低空調負荷，並提高辦公室照度。

- 2.走廊及通道等照明需求較低的場所，設定隔盞開燈。
 - 3.大樓外圍走道採光佳，不開燈；辦公室靠窗區域，照明減半使用等利用自然採光減少照明使用。
 - 4.夜間照明採用定時開關，減少照明時間。
- 經以上節能措施，預計每年可節省 15,000 度電，節省電費 2 萬 8 千元，二氧化碳排放量 10,305 公斤。

6.4 學校案例一

國立某高級工業職業學校，校區共有多棟建築物；契約容量為 750 kW，尖峰需量最高為 92/10 月 917 kW。全年總用電 2,199,000 kWh，總電費約 512 萬元/年。然而為再提高能源使用效率並減少電費支出，特將節約能源評估改善工作，委託財團法人中技社節能技術發展中心協助辦理，經省能輔導後加上內部自發性相對提出包括：1.電力系統。2.空調系統。3.照明系統等三大系統之改善提案。其節能事項如下：

(一)電力系統改善

- 1.設置需量控制器監視用電狀況，避免超約罰款過多抑制尖峰成長。91年全年平均尖峰需量707kW。92年全年平均尖峰需量638kW，抑低尖峰需量69kW。
- 2.學校學生宿舍沐浴熱水採用太陽能熱水器，抑制尖峰成長減少電熱用電。裝太陽能熱水器以節約電使用，熱水可全日供應。原電熱器於陰天或夜間無太陽光時，作為輔助加熱設備，適時供應足量適溫的熱水。經改善後節省7.5萬元/年(39,462kWh/年)，抑低二氧化碳排放27,110公斤/年。

(二)空調系統改善

- 1.將往復式50RT及螺旋式80RT冰水管路，合併互相支援，避免空調負載少時使用大噸數主機，依現場實際需求開啟主機，提高主機使用效率節省用電。經改善後節省空調用電3.2萬元抑低二氧化碳排放11,567 公斤。

(三)照明系統改善

1.採用電子式安定器+T-8 32W三波長燈管之高效率OA燈具及教室專用，配合整體照明改善，可減少照明用電及降低空調負荷，節約28%以上。因教室及辦公室照明採傳統低功及高功因安定器日光燈具為主燈具，辦公室照度約為400~500Lux，低於國家CNS辦公室照度500~750Lux標準。燈具已使用多年老舊。汰換後，減少照明用電及空調照明負載，省能達30%以上，並獲得大幅提升照明品質。節省照明用電23,364 KWh/y約5萬元抑低二氧化碳排放16,051公斤。

2.學校路燈以高效率省電燈泡取代低效率之白熾燈，可省能60%以上及經配合照度與省能檢討，全面採用電子式省電燈泡筒燈取代白熾燈，減少照明用電。經上述改善後，減少用電量3,200 kWh/年、節省金額為0.6萬元/年、抑低二氧化碳排放率2,198 Kg。

柒、結論

本手冊統計分析政府機關及學校單位能源使用情形，作為各單位節約能源之參考。在政府機關的調查上分為行政院及所屬機關、經濟部及所屬機關與縣市政府及所屬機關三類合計 839 家；在學校的能源使用調查上分為大專、高中、國中及國小四種類別共計 1,371 家。行政院及所屬機關、經濟部及所屬機關與縣市政府及所屬機關等三類機關單位面積年電力使用度數分別為 139、119 及 111 度電。大專、高中、國中及國小等四類學校建築面積每平方公尺年電力使用度數分別為 83、37、20 及 18 度電。

建築耗能與使用強度有關，影響單位面積年耗電量之因子包含用電尖峰需量之用電量(W/m^2)及單位面積空調設備容量(RT/m^2)等二項指標，針對此二項指標進行檢討分析，有助於能源之合理使用。

為能順利推動全國節約能源政策，各政府機關學校應率先配合政府政策，積極推動落實「政府機關學校節約能源措施」工作，應是刻不容緩的，本手冊彙整相關節能措施作為執行節約能源之參考。

捌、參考資料

- 【1】經濟部能源局，台灣能源統計年報之電力消費統計表，民92。
- 【2】中技社節能中心，產業節約能源服務報告，民91。
- 【3】中技社節能中心，政府機關用電資料(高壓與低壓、表制)91年01月~92年12月二年之用電資料統計，民93。
- 【4】經濟部能源局，「政府機關辦公室節約能源措施」，民91年。
- 【5】中技社節能中心，「91年度政府機關辦公室節能措施目標表」填報統計，民92。
- 【6】教育部，台閩地區九十二學年度各級學校校數統計，民92。
- 【7】教育部，台閩地區九十二學年度各級學校班級數統計，民92。
- 【8】中技社節能中心，產業節約能源服務報告，民92。
- 【9】經濟部能源局，學校節約能源技術手冊，民92。
- 【10】日本省能中心，「建築省能1998年診斷調查」統計資料，1998。
- 【11】日本省能中心，能源使用合理化成本節減，1997。
- 【12】經濟部能源局，節約能源技術手冊，民77。
- 【13】American Society of Heating、Refrigerating、and Air-conditioning Engineers，ASHRAE Handbook-HVAC Applications，USA，1999。
- 【14】American Society of Heating、Refrigerating、and Air-conditioning Engineers，ASHRAE/IES Standard 90.1，Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings，USA，1989。
- 【15】American Society of Heating、Refrigerating、and air-conditioning Engineers，ASHRAE HANDBOOK Applications，USA，1999。
- 【16】American Society of Heating、Refrigerating、and air-conditioning Engineers，ASHRAE HANDBOOK Refrigerating and Air-conditioning Engineers，USA，1999。
- 【17】李碩重，照明設計學，全華科技，台北，民84。
- 【18】經濟部能源研究發展基金計畫報告，「建築耗能設備能源效率之技術規範研究」，民91。

- 【19】楊俊欣，「辦公建築空調全年耗能電腦模擬與耗能因子解析」，國立台北科技大學碩士論文，民91。
- 【20】工業技術研究所，太陽能熱水應用手冊。
- 【21】黃秉鈞，太陽能熱水器介紹，<http://solar.erl.itri.org.tw/太陽能熱水器介紹.pdf>。
- 【22】陸紀文、王輔仁、謝文健，冷凍空調原理，滄海書局，民86。
- 【23】李瑞墉，「冰水系統能源效益分析」，國立台北科技大學碩士論文，民91。
- 【24】中央氣象局，台灣地區九十一年各地氣溫溫度，民91。
- 【25】中技社，建築耗能設備能源效率之技術規範研究，民91。
- 【26】台灣電力公司，太陽熱能有效利用技術之研究，民87。
- 【27】經濟部能源局，太陽能熱水系統供應廠商技術人員講習班講義，民75。
- 【28】李文興、黃建誠，「學校建築耗能調查與探討」，節約能源技術報導，第54期pp.23-30，民93。
- 【29】黃建誠、李文興，「政府部門建築耗能統計與分析」，2004年能源與冷凍空調學會研討會，民93。
- 【30】黃建誠、王文伯、陳信男，「政府部門執行能源管理計劃」，中技社通訊，第55期pp.10-13，民93。
- 【31】中技社節能中心，產業節約能源服務93年期中報告，民93。
- 【32】蔡尤溪、李魁鵬、李文興，「建築空調與照明節能技術規範之研究」，冷凍與空調雜誌，第24期，pp.94-104，民92。

玖、編後語

本局所委辦財團法人中技社節能技術發展中心，主要任務是配合國家能源政策，執行之各項節約能源技術服務計畫，藉由檢測、診斷找出產業、住商及政府機關學校能源使用缺失，尋找節能機會(政策、技術、設備、管理)，對能源用戶提供能源效率評估及改善規劃、製程、操作等服務工作外，亦製作節約能源海報、貼紙及出版各種節能成果專刊、節能技術手冊，而推廣節約能源的觀念。

此政府機關學校耗能指標技術手冊之編撰，希望提供給各級政府機關學校能源管理者，能有一參考學習節約能源技術觀念與手法之手冊，而率先自發性推動政府機關學校節約能源改善工作，達成年度自訂降低能源使用量目標，產生示範效果，引導民間採行。並借此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識。

此手冊的編撰是由空調專家台北科技大學冷凍空調系李文興助理教授協助政府機關學校網路填報資料收集及撰稿，由工程師黃建誠提供節能訪測案例報告資料、加以彙整編排和校對後，經聘請龍華科技大學羅欽煌副教授及台北科技大學冷凍空調系李魁鵬助理教授等諮詢委員進行手冊審核後，並呈經濟部能源局核可，才得以印製完成，倉促間內容不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學、研等各界的各位先進不吝指教正！