

經濟部



集合住宅 節能技術手冊

經濟部能源局 編印

目 錄

目 錄.....	I
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
壹、前言.....	1
貳、集合住宅之概況與能源使用分析.....	2
2.1 集合住宅之概況.....	2
2.2 住宅部門總耗電.....	5
參、集合住宅之節約能源管理.....	7
3.1 前言.....	7
3.2 集合住宅之節約能源管理技術.....	9
3.2.1 熱環境控制.....	9
3.2.2 自然通風控制.....	10
3.2.3 熱水加熱.....	11
3.2.4 照明.....	11
3.2.5 家電器具.....	12
3.2.6 空調設備.....	12
肆、集合住宅建築方位與外殼節能設計.....	14
4.1 前言.....	14
4.2 建築與基地方位之節能規劃.....	17
4.2.1 促進自然通風之建築基地規劃.....	17
4.2.2 促進自然通風之建築剖面與平面設計.....	22
4.3 建築外殼節能設計.....	34
4.3.1 適當的開口率及遮陽.....	34
4.3.2 隔溫及阻擋太陽輻射熱.....	43
伍、集合住宅空調系統節能技術.....	50

5.1 前言	50
5.2 小型空調系統之節能技術	54
5.3 中央空調系統之節能技術	60
5.3.1 空調主機之節能方法	60
5.3.2 空調搬運系統之功能	65
5.3.3 送風系統節能計畫	66
5.3.4 冰水側系統節能計畫	80
5.3.5 提升冷卻水塔的運轉效率	83
5.3.6 冷卻水塔安裝位置	86
5.3.7 變頻與馬達效率	89
陸、電力與照明節能技術	91
6.1 電力系統	91
6.1.1 用電設備	91
6.1.2 配電系統供電電壓	91
6.1.3 電壓變動率標準及線路壓降	92
6.1.4 契約容量訂定與抑低尖峰需量	93
6.1.5 供電電壓調整	96
6.1.6 功因調整改善	97
6.1.7 其他設備的節能省電措施	98
6.2 照明系統	99
6.2.1 集合住宅照明節能設計觀念	99
6.2.2 集合住宅照明光源設計觀念	100
6.2.3 照明光源及燈具	104
6.2.4 螢光燈用安定器與省電的關係	110
6.2.5 選擇照明燈具的考量	112
6.2.6 美國建築照明之節能規範概要	113
6.2.7 照明控制方式	114

6.2.8	照明設備的維護保養與汰換.....	115
6.2.9	照明改善整體節約能源效益.....	117
	柒、熱水系統節能技術	118
7.1	前言	118
7.2	溫水泳池及 SPA 之加熱與溫度損失	118
7.3	溫水泳池及 SPA 節能技術	121
7.3.1	水池蓋子	121
7.3.2	太陽加熱系統.....	123
7.3.3	高效率的加熱器.....	124
7.3.4	有效率的的運轉與操作.....	124
	捌、家電設備節能技術	125
8.1	廚房用具	125
8.1.1	電冰箱.....	125
8.1.2	電鍋	126
8.1.3	電磁爐.....	127
8.1.4	微波爐.....	127
8.1.5	燜燒鍋.....	127
8.1.6	瓦斯爐.....	128
8.2	衛浴設備	128
8.2.1	電熱水器	129
8.2.2	瓦斯熱水器	129
8.2.3	洗衣機.....	130
8.2.4	烘衣機.....	130
8.2.5	抽水馬達.....	131
8.3	育樂器	131
8.3.1	電視機.....	131
8.3.2	音響.....	132

8.3.3 電腦	132
8.4 電梯	132
玖、集合住宅節約能源案例	133
9.1 集合住宅主要耗能設備概況調查	133
9.2 節能服務案例統計	134
9.2.1 耗能指標	135
9.2.2 節能改善措施及效益統計	137
9.3 節能實例分析	139
9.3.1 背景說明	139
9.3.2 耗能設備	142
9.3.3 能源流向	143
9.3.4 能源分配圖	144
9.3.5 節能措施與節能效益分析	145
拾、編後語	153
拾壹、參考文獻及資源	154

表目錄

表 2.1-1	公寓大廈管理維護公司登記家數 (內政部營建署, 2004).....	3
表 2.1-2	公寓大廈服務資格認可人員統計 (內政部營建署, 2004).....	4
表 2.2-1	住商部門年度電力消費分析 (經濟部能源局, 2003)	6
表 2.2-2	中技社訪測公共用電佔每戶總用電之比例	6
表 4.1-1	台灣地區 5~10 月各方位日射能量之比例(林憲德, 2000).....	16
表 4.3-1	南向水平遮陽板深度計算之 P 參數查詢.....	41
表 4.3-2	東西向垂直百葉遮陽板角度參數查詢	42
表 4.3-3	國內常見外牆構造之隔熱性能表	47
表 4.3-4	國內常用屋頂隔熱構造之隔熱性能表	48
表 4.3-5	玻璃之隔熱性能	49
表 4.3-6	玻璃之遮陽性能	49
表 5.2-1	窗型冷氣機能源效率比值標準對照表	55
表 5.2-2	某住戶空調系統改善前後之電費比較	57
表 5.3-1	經濟部能源局公告之空調系統冰水主機能源效率標準	63
表 5.3-2	冰水主機滿載效率 COP 與部分負載效率 IPLV 最低標準值.....	63
表 5.3-3	ASHRAE 62 號標準外氣換氣量	73
表 6.1-1	壓變動率標準	93
表 6.1-2	段式電價計算範例	95
表 6.2-1	集合住宅照度及自然採光設計需求(BROWN, 2001)	103
表 6.2-2	光源與燈具的選擇各種光源的特性	107
表 6.2-3	各種光源燈泡的種類與特徵	108
表 6.2-4	配合對象物表面色彩與裝修材質來選擇適當光源.....	109
表 6.2-5	袖珍型日光燈管之特性(不含安定器)	109
表 6.2-6	高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較	110
表 6.2-7	高效率電子安定器與一般傳統安定器比較	112
表 6.2-8	現有常用 20W、40W、45W 光源耗能及發光效率比較.....	113
表 6.2-9	定期清掃間隔	116

表 6.2-10	不同光源最經濟清掃的預估時間.....	116
表 8.1.1	電冰箱 FF 值標準	125
表 8.2-1	洗衣時間建議時間	130
表 9.2-1	集合住宅能源訪測服務名單(中技社 B，2004)	134
表 9.2-2	集合住宅訪測服務能源耗用狀況統計(中技社 B，2004)	136
表 9.2-3	集合住宅訪測服務電能分佈統計(中技社 B，2004)	136
表 9.2-4	集合住宅訪測服務及耗用指標統計(中技社 B，2004)	137
表 9.2-5	集合住宅訪測服務省能效益統計(中技社 B，2004)	138
表 9.2-6	集合住宅訪測服務節能措施效益分析(中技社 B，2004)	139
表 9-3-1	低壓表燈用電	140

圖目錄

圖 3.1-1	公寓夏月空調季節（內圈）與非夏月（外圈）各類型用電比例...8
圖 3.1-2	透天夏月空調季節（內圈）與非夏月（外圈）各類型用電比例...8
圖 3.1-3	集合住宅各類型設備所佔之公共用電比例.....9
圖 4.1-1	影響人體冷熱感覺之因子.....15
圖 4.1-2	建築室內氣溫與室外氣溫之關係.....17
圖 4.2-1	德國某地區之山谷地形風場.....19
圖 4.2-2	德國某城鎮利用山谷地形風場規劃具有良好通風之社區.....19
圖 4.2-3	阻礙率 R_B 預測街道平均風速(BROWN, 2001).....20
圖 4.2-4	基地與建築配置對阻礙率 R_B 之影響.....21
圖 4.2-5	建築垂直剖面結構具有特殊之煙囪效應之氣流通道設計.....23
圖 4.2-6	煙囪效應之通風率及冷卻效果評估(BROWN, 2001).....23
圖 4.2-7	煙囪入出口之面積比對通風率及冷卻效果之影響(BROWN, 2001) 24
圖 4.2-8	藉由具有捕風效果之遮陽構造或導風板亦可促進自然之通風.....26
圖 4.2-9	具有捕風效果之建築立面設計.....27
圖 4.2-10	平面自然通風所產生之通風率及冷卻效果(BROWN, 2001).....27
圖 4.2-11	每個房間至少要有兩個開口.....28
圖 4.2-12	風向與牆面開口不垂直時（左圖），可獲得比風向與牆面開口垂直（右圖）多 20%之通風效果.....28
圖 4.2-13	自然通風效果較佳之空間與開口配置.....29
圖 4.2-14	自然通風效果較差之空間與開口配置.....29
圖 4.2-15	各種窗戶開口淨面積佔總面積之百分比.....30
圖 4.2-16	台北夏季早晨之風頻圖.....30
圖 4.2-17	台北夏季中午之風頻圖.....31
圖 4.2-18	台北夏季下午之風頻圖.....31
圖 4.2-19	台北夏季晚上之風頻圖.....32
圖 4.2-20	建築物外牆及屋頂在冬天和夏天太陽日射強度之差異.....33
圖 4.2-21	適當的建築基地方位與植栽計畫之原則與觀念.....34

圖 4.3-1	水平遮陽	37
圖 4.3-2	垂直遮陽	37
圖 4.3-3	格子遮陽	38
圖 4.3-4	導光與遮陽並用	38
圖 4.3-5	位於台北基地之夏至與冬至日照圖	39
圖 4.3-6	台北南向無遮陽之開口	40
圖 4.3-7	台北南向 8 月 15 日 15:30 水平遮陽板遮蔽南向陽光效果	40
圖 4.3-8	台北南向 8 月 15 日 15:30 垂直遮陽板遮蔽西向陽光效果	40
圖 4.3-9	台北南向 8 月 15 日 15:30 水平及垂直遮陽板遮蔽效果	40
圖 5.1-1	窗型冷氣機之安裝圖	51
圖 5.1-2	分離式冷氣機之安裝圖	52
圖 5.1-3	中央空調系統	53
圖 5.1-4	中央空調系統流程圖	53
圖 5.2-1	冷氣機散熱通風空間不足之安裝	58
圖 5.2-2	室外機散熱通風空間不足且不美觀之安裝	58
圖 5.2-3	室外機散熱通風空間充足且美觀之安裝	59
圖 5.3-1	台北每月暖房及冷房度時統計圖	62
圖 5.3-2	冰水主機全年各種部分負載之運轉時數統計	62
圖 5.3-3	可變轉速及允許低冷凝溫度之空調主機與標準主機效率之比較	64
圖 5.3-4	氣冷式主機效率與冰水溫度之關係	64
圖 5.3-5	適當空調容量控制減少空調耗能	65
圖 5.3-6	空調系統之搬運系統	66
圖 5.3-7	風機盤管內主要有一個風機和一個盤管	67
圖 5.3-8	VAV 空調系統之控制流程圖	69
圖 5.3-9	VAV 終端箱之設計	70
圖 5.3-10	以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱	70
圖 5.3-11	外氣冷房之節能控制	72
圖 5.3-12	海平面之濕空氣線圖	74
圖 5.3-13	用一個全熱交換器，使外氣進入室內前降溫降濕	75
圖 5.3-14	兩種全熱交換器，靜態交叉流式與轉輪式	77

圖 5.3-15	全熱交換器可與小型空調系統配合使用	78
圖 5.3-16	全熱交換器安裝之例子	79
圖 5.3-17	定流量與變流量送水系統之比較	83
圖 5.3-18	單變頻驅動冷卻水塔系統	85
圖 5.3-19	冷卻水塔風機控制節能	85
圖 5.3-20 (A)	提高排熱氣高度減少氣流短路	86
圖 5.3-20 (B)	避免進氣受阻	87
圖 5.3-20 (C)	必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響	88
圖 5.3-21	不同風量控制之節能比較	89
圖 5.3-22	低負載時小馬達效率降低	90
圖 6.1-1	一般集合住宅的配電示意單線圖	92
圖 6.1-2	契約容量與用電時間	94
圖 6.2.1	具多種情境設定之照明群集遠端無線電遙控開關	100
圖 6.2-2	晝光利用之方式可分為牆面側窗及天窗採光(STEIN, 2000)	102
圖 6.2-3	晝光因子判斷之參考基準點圖示(STEIN, 2000)	103
圖 6.2-4	晝光利用所需開窗面積之評估(STEIN, 2000)	104
圖 6.2-5	照明管理系統與晝光利用之整體節能效果	117
圖 7.2-1	溫水泳池之熱損失之途徑	119
圖 7.2-2	室內溫水泳池之熱損失特徵(DOE, 2004)	119
圖 7.2-3	室外溫水泳池之熱損失特徵(DOE, 2004)	120
圖 7.3.1	水池蓋子的種類	122
圖 7.3.2	水池蓋子的應用狀況	122
圖 7.3.3	操作的水池蓋子機構	123
圖 7.3-4	太陽能的水池加熱系統	123

壹、前言

從世界的角度來看，住宅耗能是商用建築的二倍，而根據估計，住宅與商業建築約使用全世界 36% 的主要能源，通常愈工業化的國家，其建築部門耗能量愈高。依據 92 年能源統計全國最終電力消費統計共 1,959.64 億度電，商業部門電力消費 208.55 億度電，約佔全國消耗電力之 10.64%，住宅部門電力消費 391.47 億度電，約佔全國消耗電力之 19.98%，住宅與商業用電合計約佔全國 30.6%。由我國歷年之用電統計顯示住宅部門用電持續以 4~5% 的速度成長，因此依世界趨勢發展，我國之住宅用電將會因生活品質漸次提高而再創新高。

在過去中技社節能服務中心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，平均約有 20% 之節能潛力。因此能源局依全國能源會議結論，為推動節約能源政策，特擬定集合住宅節約能源技術服務計畫，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。

能源局由集合住宅節能現場輔導時，了解各能源管理者急需節約能源實際改善經驗、技術及未來方向的參考資料，乃委請國內節約能源推廣上有專精的專家學者，台北科技大學冷凍空調系李魁鵬博士，協助執筆及蒐集實際有關的集合住宅耗能多方面的經驗及技術資料，並配合中技社節能技術發展中心歷年的省能技術服務資料彙編成此一技術手冊，提供民眾、公寓大廈管理維護公司及各界參考，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

貳、集合住宅之概況與能源使用分析

2.1 集合住宅之概況

大部分的建築耗能屬於電力，動力、照明系統與空調用電是主要的能源使用項目，其中空調冷房耗電受氣候狀況變動而定，故建築能源使用量及效率因此而有可觀的變化性與多樣性特質。集合式住宅(或公寓)大廈已成為現代人選擇居住的新桃花源，社區大樓專設管理委員會、社交誼廳、附停車位、健身房、圖書館、中庭花園、溫水游泳池等公共設施，居家講求安全、環保與高品質的生活環境。不過，現代人往往也為了追求更好的生活環境而付出相當的代價，繳交公共管理費已成為社區大廈住戶的必要支出。因此，彙整國內外集合住宅建築節能技術，以提升建築能源使用效率並降低耗能總量之重要性不言可喻。

何謂集合住宅？根據建築技術規則建築設計施工編第 1 條建築技術用語之集合住宅定義：『具有共同基地及共同空間或設備。並有三個住宅單位以上之建築物』。通常我國常見之公寓、別墅社區、高層純住宅大廈、住商大樓等皆屬集合住宅。並根據公寓大廈管理條例第 3 條之定義：『公寓大廈指構造上或使用上或在建築執照設計圖樣標有明確界線，得區分為數部分之建築物及其基地』。共用部分是指『公寓大廈專有部分以外之其他部分及不屬專有之附屬建築物，而供共同使用者』。因此，本技術手冊所探討之集合住宅節能技術範圍除了包含獨立專有之住宅空間外，亦考慮『共用部分』之共同基地及共同空間或設備。

依據內政部營建署統計資料顯示，81 年至 91 年 12 月止，10 年間國內住宅建築興建 129.9 萬戶、總樓地板面積計有 22,912 萬平方公尺、每戶平均

面積 176.38 平方公尺，約 53 坪/戶。由於台灣地狹人稠，工商業發達，人口大量往市區及市郊移動，使得近年高樓大廈之商業建築及集合住宅快速增加，而為更高生活品質與安全維護之大量需求，公寓大廈管理維護公司也如雨後春筍般快速成長。依據內政部營建署網站查得 91 年公寓大廈管理維護公司登記所在地區及家數，共分 19 個縣市，計 412 家，而至 93 年增加至 448 家，成長 36 家，約 8.7%，以台中市成長 12 家最多，如表 2.1-1 所示。公寓大廈服務資格認可人員 91 年統計有 12,225 人，至 93 年人員有 14,847 人，成長 2,622 人，約 21.4%。其中設備安全技術人員 91 年有 3,605 人，至 93 年有 4,230 人，增加 625 人，約 4.2%，如表 2.1-2 所示。

表 2.1-1 公寓大廈管理維護公司登記家數 (內政部營建署, 2004)

縣市	91 年 家數	93 年 家數	差異	
			家數	%
台北市	99	100	1	1.0%
高雄市	55	61	6	10.9%
基隆市	6	7	1	16.7%
宜蘭縣	2	2	0	0.0%
台北縣	61	69	8	13.1%
桃園縣	32	38	6	18.8%
新竹市	6	7	1	16.7%
新竹縣	1	2	1	100.0%
苗栗縣	2	2	0	0.0%
台中市	96	108	12	12.5%
台中縣	13	12	-1	-7.7%
彰化縣	6	6	0	0.0%
雲林縣	1	1	0	0.0%
嘉義市	1	1	0	0.0%
台南市	14	14	0	0.0%
台南縣	3	4	1	33.3%
高雄縣	9	9	0	0.0%
屏東縣	4	4	0	0.0%
花蓮縣	1	1	0	0.0%
合計	412	448	36	8.7%

表 2.1-2 公寓大廈服務資格認可人員統計 (內政部營建署, 2004)

管理服務人員類別	服務項目類別	服務資格認可人員			設備安全類人員		
		91 年 人數	93 年 人數	差異 人數	91 年 人數	93 年 人數	差異 人數
事務管理人員		7,300	9,141	1,841			
技術服務人員	防火避難設施類	993	1,083	90			
技術服務人員	設備安全類	2,373	2,494	121	2,373	2,494	121
技術服務人員	防火避難設施、 設備安全類	103	122	19	103	122	19
事務管理人員、技 術服務人員	防火避難設施類	323	393	70			
事務管理人員、技 術服務人員	設備安全類	791	1032	241	791	1032	241
事務管理人員、技 術服務人員	防火避難設施、 設備安全類	338	582	244	338	582	244
--		4		-4			
共計：		12,225	14,847	2,622	3,605	4,230	625
				21.4%	29.5%	28.5%	4.2%

註：93 年 6 月統計值

在能源局 90 年能源查核年報中所列管之 1,000kW 以上之能源查核用戶集合住宅業者並無資料，然而自民國八十五年至九十三年，台北縣、市集合住宅登記社區管理委員會者共計 3,154 筆，可見國內集合住宅規模大，對就業人口貢獻大，但就能源管理而言雖然住宅耗電佔了將近 20% 之全國用電比例，其能源管理及節能服務卻無法藉由能源查核制度予以控制，因此本節能手冊之編撰將有助於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。

2.2 住宅部門總耗電

依據 92 年能源統計全國最終電力消費統計共 1,959.64 億度電，商業部門電力消費 208.55 億度電，約佔全國消耗電力之 10.64%，住宅部門電力消費 391.47 億度電，約佔全國消耗電力之 19.98%（經濟部能源局, 2003）。與 91 年住宅部門電力消費 371.91 億度電，增加 19.56 億度電，約 5.26%，可見住宅部門用電持續約 4~5% 成長，如表 2.2-1 所示。

以 92 年住宅部門電力消費 391.47 億度電，臺閩地區 92 年底總戶數為 7,047,168 戶，台灣人口 22,604,550 人，約每人年用電量 1,732 度電，平均每戶用電 5,555 度電。若每度電 2.51 元計，每戶年用電費約 13,943 元。另一方面，根據成大建研所林憲德教授在『建築物能源管理技術研究服務計畫』的調查，不含公共用電之公寓住宅，平均每戶每年用電 4,152 度電，透天住宅 6,921 度電，二者平均 5,537 度電，並且由相關性分析顯示台灣的住宅用電量狀況似乎與建築外殼設計、氣候差異、人口結構沒有明顯關係，而與住宅面積、家電設備、空調習慣、生活起居狀況較有相關。

關於集合住宅公共用電之統計，歷年來並未有明確之資料，若以中技社所訪測 5 個集合住宅案例之公共用電調查資料，並參考前文推論公寓住宅平均每年每戶用電 4,152 度電，則公共用電將依公共設施量與使用強度之差異，佔每戶總用電支出 25~47%，平均 35%，公共用電平均每戶分攤 2,356kWh/戶.yr，如表 2.2-2 所示。由此可發現集合住宅相對於公寓住宅，每戶約需增加 30~90% 之用電，故公共用電節能措施對於集合住宅而言，顯的極為重要。

表 2.2-1 住商部門年度電力消費分析 (經濟部能源局, 2003)

年度	比較	2001 年	2002 年	2003 年
全國最終 電力消費	億度電	1,759.09	1,864.41	1,959.64
	增減(億度電)	39.59	105.32	95.23
	增減(%)	2.3%	5.99%	5.11%
商業部門 電力消費	億度電	190.62	199.07	208.55
	佔(%)	10.84%	10.68%	10.64%
	增減(億度電)	3.56	8.45	9.48
	增減(%)	1.90%	4.43%	4.76%
住宅部門 電力消費	億度電	356.56	371.91	391.47
	佔(%)	20.27%	19.95%	19.98%
	增減(億度電)	11.13	15.35	19.56
	增減(%)	3.22%	4.31%	5.26%

表 2.2-2 中技社訪測公共用電佔每戶總用電之比例

序號	戶數	公共用電 (kWh/戶.yr)	平均每戶私人用電 ¹ (kWh/戶.yr)	公共用電佔每戶用 電支出比例
A	1672	2153	4152	34%
B	124	1361	4152	25%
C	194	3040	4152	42%
D	320	3754	4152	47%
E	120	1471	4152	26%
平均		2356	4152	35%

註：根據成大建研所林憲德教授在『建築物能源管理技術研究服務計畫』之調查，不含公共用電之公寓住宅，平均每戶每年用電 4152 度(kWh) (林憲德, 2003)

參、集合住宅之節約能源管理

3.1 前言

根據成大建築研究所在『建築物能源管理技術研究服務計畫』之研究結果顯示(林憲德, 2003), 不含公共用電之單戶住宅全年耗電量以家電用電比例最高約 50%, 空調設備耗電比例在全年公寓佔 22%、透天佔 18%, 在夏月空調季節公寓佔 41%、透天佔 32%, 如圖 3.1-1 及 3.1-2 所示。對於真正影響住宅用電的主因, 並非完全是家電數量多寡及照明燈具的數量, 而是與家電、照明的使用時間、使用率及家電設備能源效率有最大的關係。另一方面, 中技社截至 93 年所服務的 7 家集合住宅統計其公共部份能源流向, 依各能源之使用費用分析, 電力約佔 100%, 其中空調平均佔總用電的 25.6%, 照明佔 42.2%, 動力及插座佔 27.2%, 其它用電佔 5.3%, 如圖 3.1-3 所示。因此, 綜合歸納, 一般集合住宅之節約能源管理之領域重點在於包含:

- 1.降低空調用電
- 2.使用高效率家電設備
- 3.使用高效率燈具、照明設計與控制
- 4.隨手或自動關閉不使用之家電及燈具
- 5.使用高效率之動力馬達與動力設施管理

針對於此, 本章以下各節將歸納整理概述集合住宅之節約能源管理之技術。

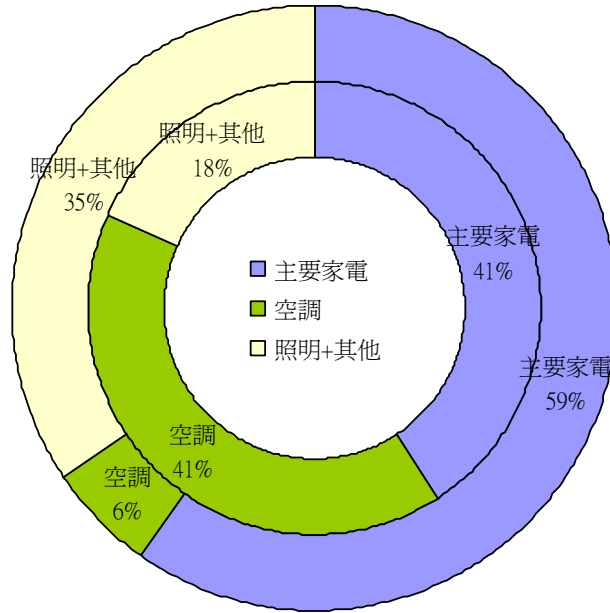


圖 3.1-1 公寓夏月空調季節（內圈）與非夏月（外圈）各類型用電比例

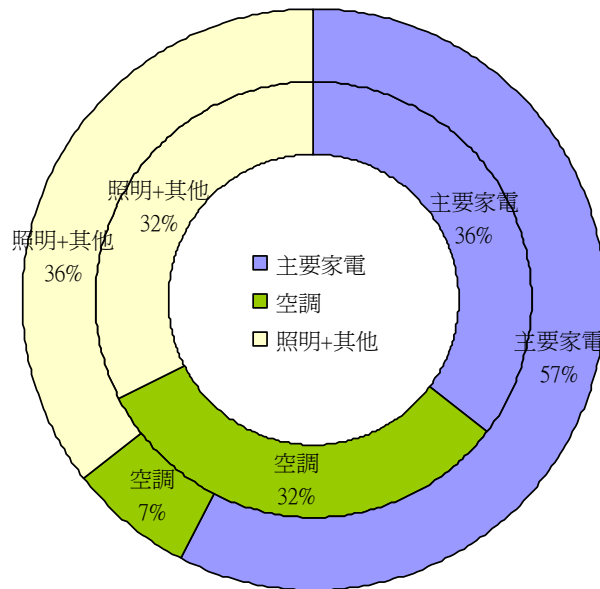


圖 3.1-2 透天夏月空調季節（內圈）與非夏月（外圈）各類型用電比例

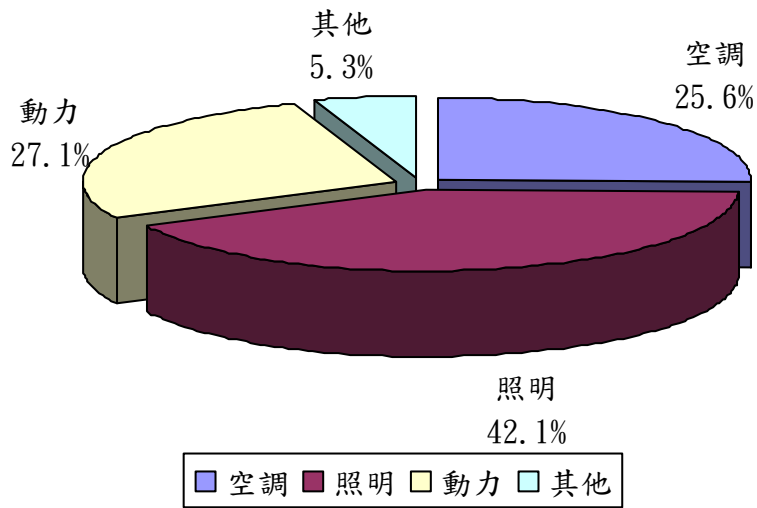


圖 3.1-3 集合住宅各類型設備所佔之公共用電比例

3.2 集合住宅之節約能源管理技術

節約能源管理技術之首要關鍵是建築設計必須首先反應本土氣候之限制以及在不妥協基本的健康與舒適之居住條件下，為實踐提升居住環境品質以及生態建築永續經營之意念，認識建築物理環境、建築微氣候對人類居住環境品質的影響，瞭解如何藉由良好之建築熱環境、光環境與風環境的控制以達成健康、舒適與節能的目標。

3.2.1 熱環境控制

藉由屋頂、牆面及窗戶之適當配置與材料選用以降低住宅熱得，減少空調用電及提升居住舒適度，其方法為：

適當安排建築方位座向以控制建築熱獲得

1. 利用植栽、景觀及建築表面材料顏色設計以降低建築表面溫度及避免炫光；盡量減少不透水鋪面設計面積，多利用植栽及透水鋪面提升遮

蔭效果，發揮蒸發冷卻功能以降低基地周圍氣溫。

2.藉由以下手法增加屋頂、牆面及窗戶之遮陽效果：

(1).利用屋簷、雨篷、外遮陽及花架等建築設計元素或建築設計手法。

(2).利用百葉窗或窗簾等遮陽裝置改善窗戶之陽光窗透量。

3.利用隔熱及反射材料降低屋頂及牆面之陽光曝曬吸收量。

4.使用高效率玻璃，例如具有波長選擇能力之低輻射 Low-E 玻璃或染色玻璃，以降低高熱能之陽光穿透量，但允許可見光進入室內以增加採光。

5.使用淺色調之屋頂與牆面粉刷或裝修材料，以降低建築表面之陽光熱能吸收量。

3.2.2 自然通風控制

生活居室以及其他容易蓄積高溫高濕之閣樓、天花板、廚房、浴室及洗衣空間等地方，應給予提供充分、新鮮空氣之通風量，以降低建築悶熱感及減少空調用電。其方法為：

1.建築應盡量設計使其朝向可獲得最大季節盛行風冷卻效果之座向，並降低早上及下午之東西曬。

2.建築平面及房間門窗開口應盡量設計使其可獲得最大有效之交叉通風效果，以確保氣流以人體之活動高度，適當地流通至各個房間。

3.確保建築表面之門窗開口有適當之防雨保護設施。

4.利用通風口及窗扉等建築設計元素，以促進室內氣流流通效果。

5.利用風扇加強自然通風效果：在高濕、高溫、悶熱的天氣，利用天花

板吊扇、立扇或抽排風機促進通風效果。

3.2.3 熱水加熱

降低熱水加熱能源成本之方法包含使用太陽能熱水器、熱泵熱水器及降低熱量散失等技術：

- 1.台灣地區熱水主要用在一般住家的淋浴、洗衣、廚房洗滌，以及溫水游泳池上，這些熱水大多可由太陽能來供應，太陽能熱水系統就是利用太陽的熱量對家用熱水，以及 SPA、溫水游泳池提供預熱或直接供應其熱量。台灣中南部地區天氣晴朗、陽光熾烈，使用太陽能熱水器將可獲得不錯之節能效果。
- 2.當太陽能熱水器之加熱效率不是很高的地區，可考慮採用高效率之熱泵熱水器或高效率之電加熱器、瓦斯加熱器。
- 3.使用高隔熱效率之熱水儲槽。
- 4.將熱水供應管路保溫
- 5.調整及檢視熱水溫度感應開關可設定在 48°C 之水溫。

3.2.4 照明

照明節能管理技術之重點在於降低照明用電需量及避免產生額外熱量：

- 1.利用適當開窗設計、窗戶材質、導光設計等手法獲得經過控制與過濾之間接光促進室內晝光照明效果。藉由充分適當之牆面的窗戶開口、開放式樓地板平面設計及淺色調之室內空間粉刷裝修，以增進自然採光之效果。
- 2.使用高效率照明燈具，可降低用電量及避免產生額外熱量，減少空調

用電。

- 3.室內空間及戶外空間皆不要過份照明，大空間或大區域之照明應善用投射燈或工作檯燈，避免全面照明。
- 4.採用定時開關、自動點滅器、感測器，以及風扇與照明開關分離設計等技術，以限制照明耗電維持在真正需要照明的時間及適當照明水準所需之電力。
- 5.若經濟效益明顯，則可考慮使用太陽光電景觀照明。

3.2.5 家電器具

根據前文所述之研究結果顯示，不含公共用電之單戶住宅全年耗電量以家電用電比例最高約 50%，因此家電設備之節能成效將極為明顯，其主要節能措施首推使用高效率設備：

- 1.使用高效率電冰箱、爐具、洗衣機、洗碗機、乾衣機等，並且盡量選購具有節能標章的家電設備。
- 2.使用微波爐以降低對於其他低效率之烹飪家電設備的依賴。
- 3.盡量使用曬衣架以自然日光風乾，以減少電動乾衣機之使用。

3.2.6 空調設備

台灣屬於熱濕氣候，加以都會區有時因空氣及噪音污染嚴重，而減少開窗自然通風之機會，使得在中間季節引用低溫外氣進行室內通風降溫之外氣冷房技術利用率偏低，造成空調季節較長，空調設備耗電比例在全年公寓佔 22%、透天佔 18%，在空調季節公寓佔 41%、透天佔 32%，因此空調節能具有不可忽視的重要性。其基本節能管理技術包含：

- 1.使用空調系統之建築應符合建築節能法規所要求之相關建築外殼節能條件，例如屋頂及牆壁隔熱、窗戶遮陽和適當之開窗率。
 - (1).加強建築外殼之氣密性以防止冷氣流外洩至屋外或是濕熱空氣侵入冷房空間，以確保空調系統有效率地將室內溫濕度控制在適當之舒適條件。
 - (2).適當地遮陽或是使用高性能之節能玻璃。
- 2.選用並設計適當之高能源效率之空調系統：
 - (1).選擇最小之必要容量及高效率之系統以降低運轉成本、維修成本，以及易於維修。
 - (2).適當之空調分區設計及控制，僅提供冷氣給需要空調之空間，而不是整個建築物，當空間不使用時，其空調系統可適時予以關閉。
 - (3).提供可開啟之門窗及風扇，必要時可利用自然通風及輔助風扇獲得舒適之涼爽效果，以替代空調系統之使用。

肆、集合住宅建築方位與外殼節能設計

4.1 前言

一般人皆瞭解夏天悶熱時，要開啟空調系統以降低室內氣溫，使人體感覺舒適，但事實上影響人體冷熱舒適感覺的因子很多，可分為外周環境要素及人體狀況要素。如圖 4.1-1 所示，人體之代謝與能源儲存量藉由身體表面與外界環境之熱輻射、熱對流及蒸發的熱傳機制，彼此間達成身體能量與溫度之平衡，因此當其中有一因素有所變化時，則人體即產生冷熱之感受。其中，外周環境的要素至少包含：(1)氣溫、(2)濕度、(3)周壁溫度、(4)氣流。

影響人體冷熱舒適感覺的人體狀況要素至少包含：(1)工作強度(代謝率)、(2)著衣量。

由以上所述之冷熱感覺要素可知，在夏季人們感覺悶熱時，並不一定需要靠空調系統降低室溫才能獲得舒適感，反之若能藉由自然通風增加室內氣流流動與新鮮外氣，除非室外氣溫高於身體表面溫度或相對濕度極高，否則自然通風將幫助身體快速降溫、排汗與散熱，而獲得舒適之感覺。另一方面，若能減少建築牆面與窗戶之太陽熱能吸收量，則可降低建築室內表面溫度，從而減輕人體吸收建築表面輻射熱量或增加人體表面輻射散熱效果，以及使室內氣溫降低而增加人體之對流散熱效果。

台灣屬於熱濕氣候，雖然陽光強烈、高濕、高溫，但因台灣為擁有極大比例高山之太平洋島嶼的特殊地理位置，故季節風、山風、海陸風交替明顯，故若能善用建築基地規劃，適當設計建築牆面開口或通風管道，以增加自然通風之機會，則將可降低空調系統及機械通風之耗能使用。

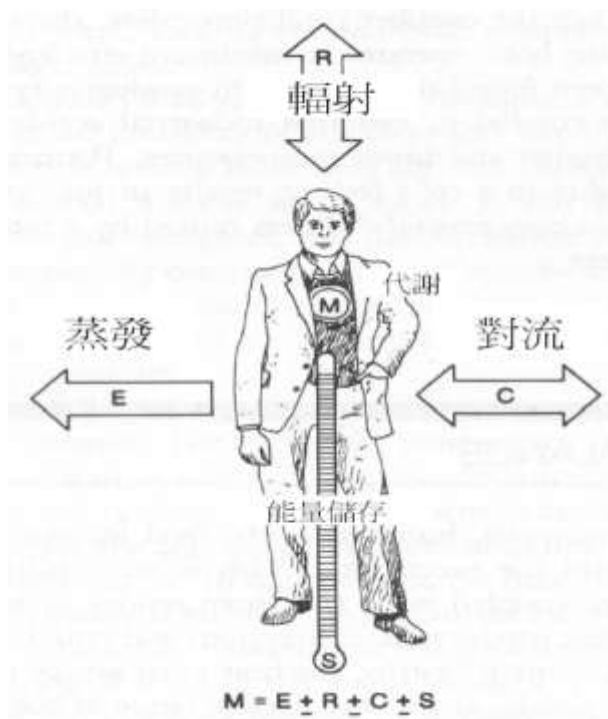


圖 4.1-1 影響人體冷熱感覺之因子

根據成大建築研究所林憲德教授之研究，在亞熱帶氣候下，平面的長寬比越大(較細長)的建築物，由於表面積增多而造成其冷房空調耗能越大，在基地計畫上作正確的節能配置，以辦公大樓為例，幾乎可節省三、四成左右的空調耗能量。以台灣地區而言房屋的朝向以南北向最有利，而以東西向得熱量最多。對於大規模之全面空調的大型建築物，如醫院、辦公大樓、旅館、及大型展示中心，傳統上為減少接受日射熱得降低空調負荷，並顧及晝光分布以及通風考量，一般較適宜之長寬比以 1:2 或 1:3 之南北向建築為佳，以降低表面積。但以集合住宅而言，則以細長、表面積多的建築物型態為佳，使得各規劃空間兼具通風、採光之效果。

善用緩衝區觀念—如走廊、樓梯間、機械室、等服務性空間，儘量配置在熱負荷最不利之位置做為緩衝空間，並減少東西向立面的表面積。台灣地區溫熱期間 5~10 月各方位日射能量之比例，由表 4.1-1 可知：當南向為 1

時，西向為 1.24，水平面更高達 2.78。所以建築基地規劃時，應儘量避免開口、開窗在日射取得大的方位。

以台灣低緯度之高日射強度條件，一棟建築朝向方位規劃不當或建築外殼設計不良無空調系統之建築，常常因人體、照明燈具、家電設備室內發熱量、窗戶玻璃之溫室效應與建築結構熱質量效應，使其室內氣溫高於室外氣溫，如圖 4.1-2 所示。反之，若是一棟舒適節能建築，則室內氣溫緊緊地追隨室外氣溫之變動，甚至因建築結構熱質量效應而讓室內氣溫低於室外氣溫，而有更為舒適之室內居住環境。具有空調系統之建築則可確保室內溫度之恆定，不受室外氣候之影響，但另一方面卻是必須付出額外之購置成本及運轉成本，並且也會讓人們對於氣候冷熱之耐候適應力降低。以集合住宅而言，除非天氣極為潮濕與高溫、空氣或噪音污染嚴重，否則利用建築設計、基地規劃與景觀植栽手法，建造可適時利用自然通風、冷卻、隔熱、遮陽之舒適節能的『誘導式建築』，將是滿足健康、節能、環保的居住品質要求之首要策略。

表 4.1-1 台灣地區 5~10 月各方位日射能量之比例(林憲德, 2000)

方位	比例
南面	1
東面	1.24
西面	1.24
北面	0.81
水平面	2.78

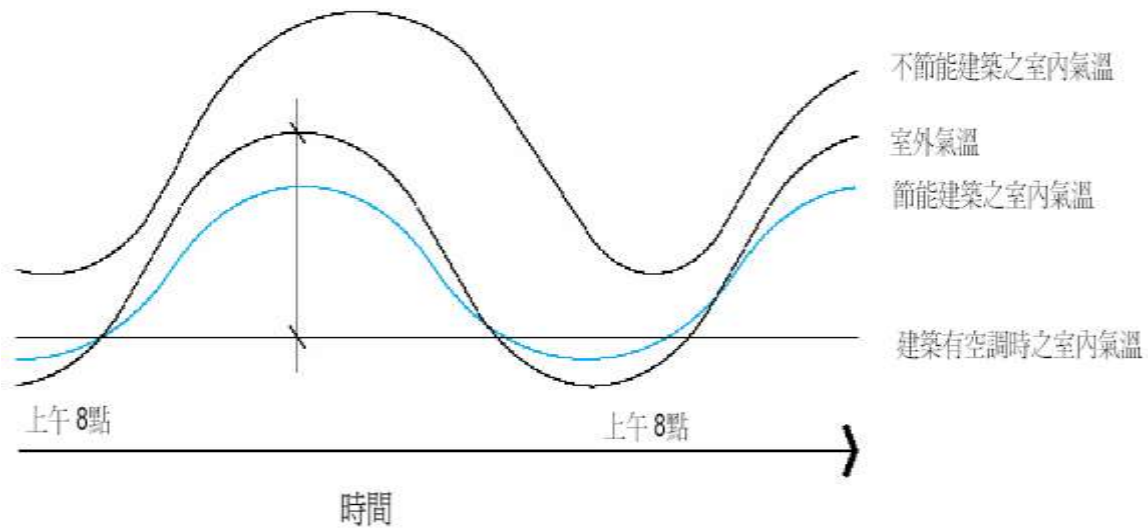


圖 4.1-2 建築室內氣溫與室外氣溫之關係

4.2 建築與基地方位之節能規劃

4.2.1 促進自然通風之建築基地規劃

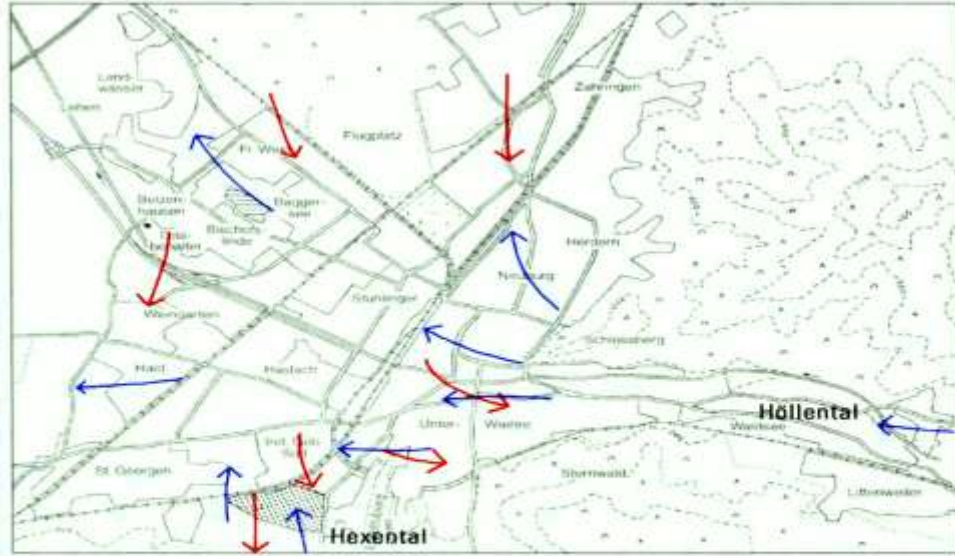
如圖 4.2-1 及 4.2-2 所示之德國某城鎮的整體基地計畫為例(Daniels, 2000)，在符合原設計之交通以及其他機能設施目標下，所呈現出利用地形風場以促進自然通風的規劃方案，以及對環境的尊重意識。該方案是以自然通風方位為其最高指導原則的基地規劃策略，不但不失整體交通功能以及多樣化的景觀設計特性，更能符合綠色環境規劃之精神。它以該地區特殊地形所產生的山風及谷風之流動路徑，規劃新市鎮社區爭取較多通風效果之建築與街道走向，以避免建築物阻擋山風及谷風之行進，使得整體的空調通風能源使用量降低許多。

夏季需要通風以增加建築散熱及降低使用空調需求，大量之集合住宅社區開發，需注意其基地方位與各棟建築間距、方位。一般而言，集合住宅社

區街道之走向與配置原則，是應將街道走向配置為與夏季盛行風風向呈 20~30 度之角度差異。

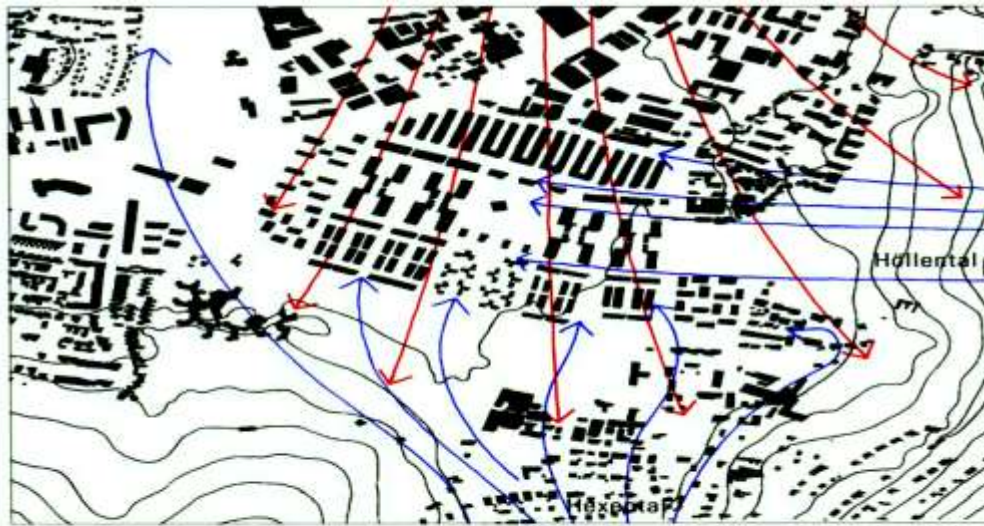
集合住宅社區之基地配置不當會阻礙自然風場流動，影響建築自然通風。集合住宅社區之街道風速之大小和街道寬度與建築高度、寬度有關，可利用阻礙率 R_b 來預測街道平均風速對不受阻礙之自然風場風速的比率，如圖 4.2-3 所示。當街道平均風速對不受阻礙之自然風場風速的比率愈低，表示社區通風效果愈差。

如圖 4.2-4 所示，可大致瞭解當社區街道走向與風向平行時，幾種不同基地與建築配置對阻礙率 R_b 之影響(Brown, 2001)。



- 山風，晚上至清晨
- 谷風，中午至傍晚

圖 4.2-1 德國某地區之山谷地形風場



- 山風
- 谷風

圖 4.2-2 德國某城鎮利用山谷地形風場規劃具有良好通風之社區

$$R_b = \frac{W \times H}{(W + L)^2}$$

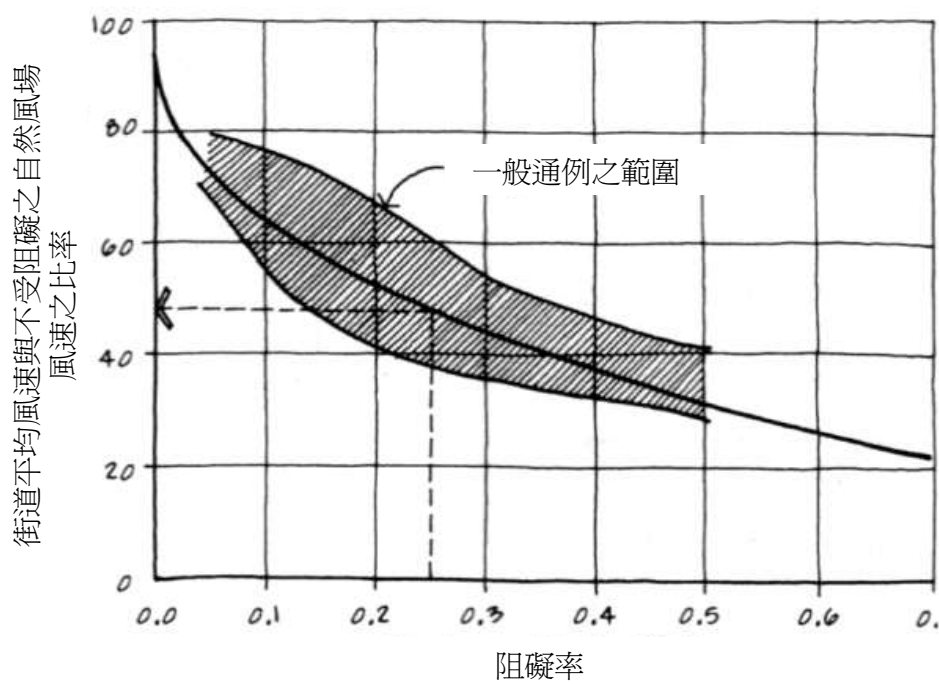
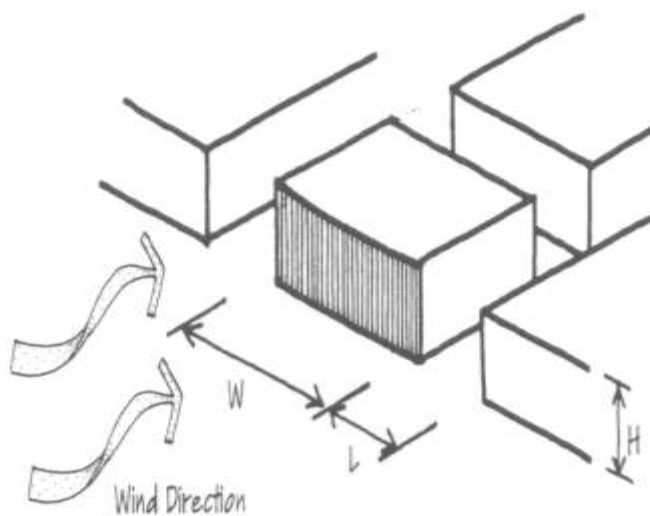


圖 4.2-3 阻礙率 R_b 預測街道平均風速(Brown, 2001)

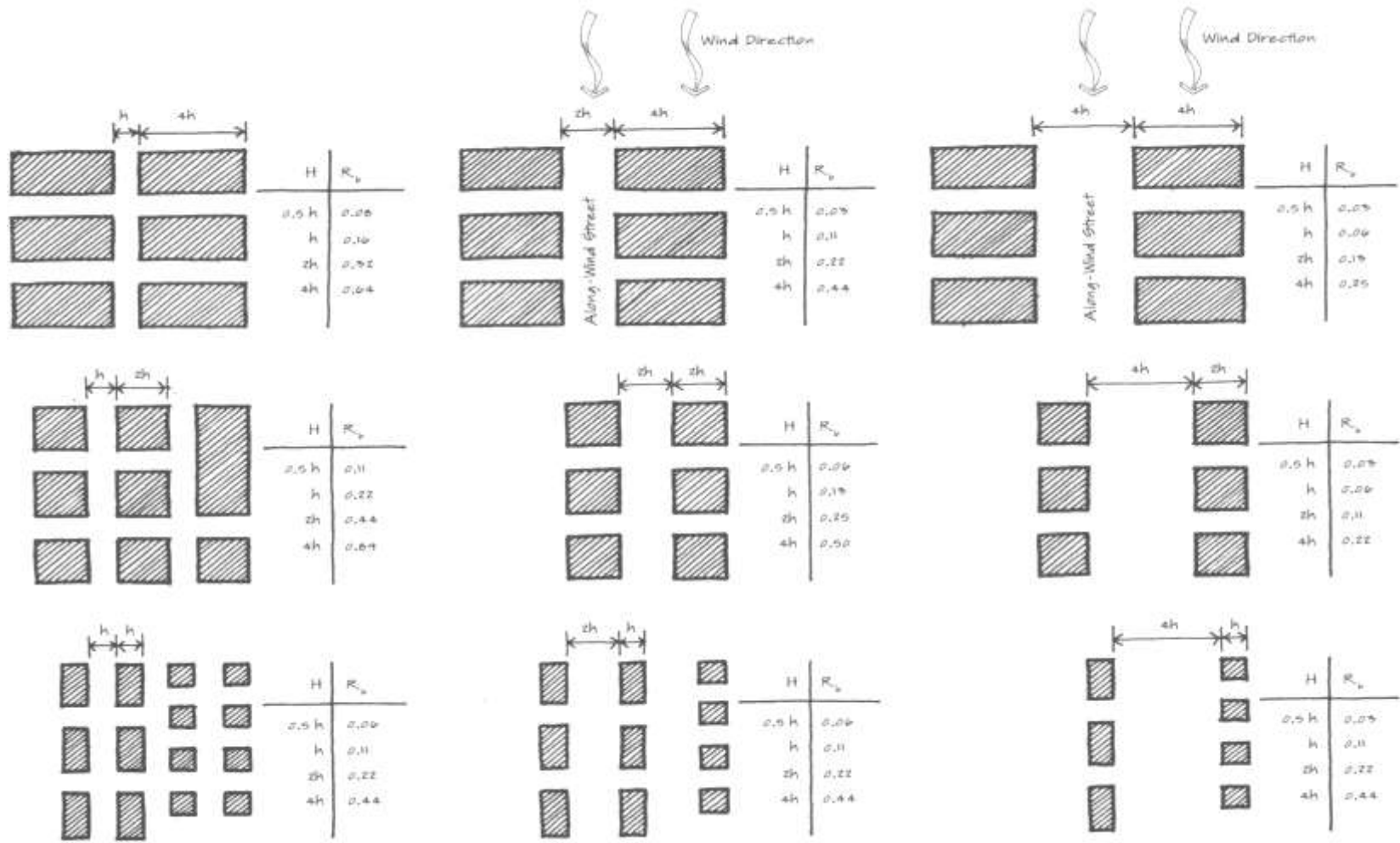


圖 4.2-4 基地與建築配置對阻礙率 R_b 之影響

4.2.2 促進自然通風之建築剖面與平面設計

(一)煙囪效應促進自然通風

集合住宅社區之基地配置可促進社區之整體通風效果，但是建築平面設計若沒有相對應之通風氣流引入口之設計，則建築物室內空間亦無法獲得有效之通風冷卻效果。另一方面，有時氣候條件可能較為安定平靜，而沒有較為可利用之自然風；或是社區建築因某些因素，無法確保建築與建築之間較為寬鬆的間距，亦影響自然通風之效果。欲改善上述通風環境不良之狀況，可藉由具有煙囪效應之建築垂直剖面結構設計而獲得改善，如圖 4.2-5 所示。

一般而言，冷空氣密度較高會集中在建築底部，熱空氣密度較低會往建築頂部上升移動，當建築垂直剖面結構具有特殊之煙囪效應之氣流通道設計時，雖然建築基地沒有可資利用之自然風場，建築內部亦將會產生如圖 4.2-5 所示之重力通風效果。

若以一般室內外溫差約 1.7°C 之條件，藉由煙囪效應之通風所產生之通風率及冷卻效果可由如圖 4.2-6 獲得初步之評估。當氣流入口至出口之煙囪高度愈高或煙囪截面積對樓地板面積比值愈大時，可獲得愈好之通風率及冷卻效果。再者，煙囪入口與出口之截面積比(反之亦同)愈大，則其通風率及冷卻效果亦愈大，如圖 4.2-7 所示。

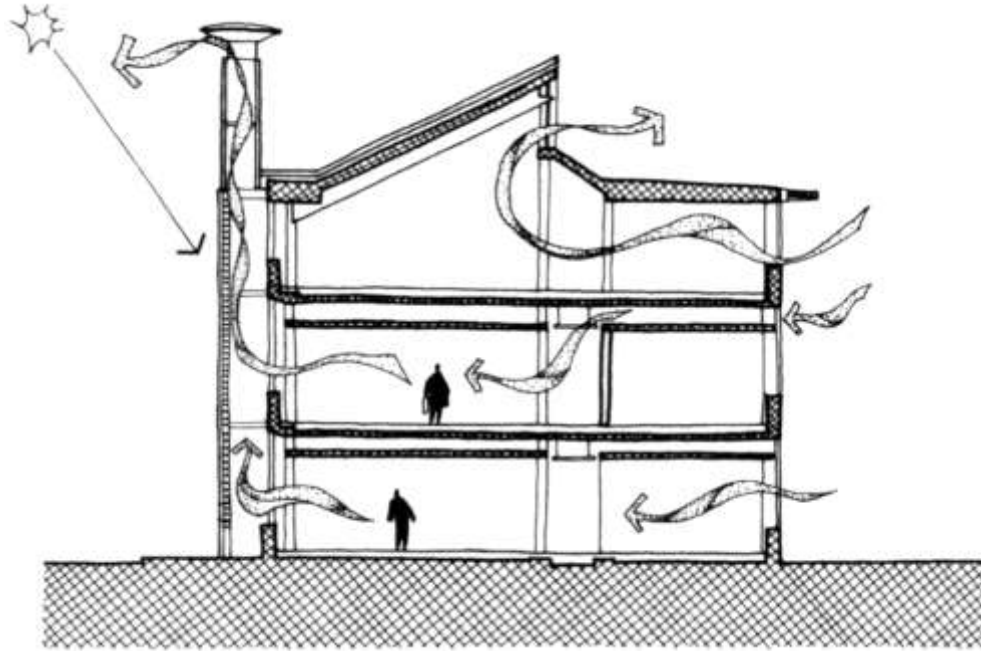


圖 4.2-5 建築垂直剖面結構具有特殊之煙囪效應之氣流通道設計

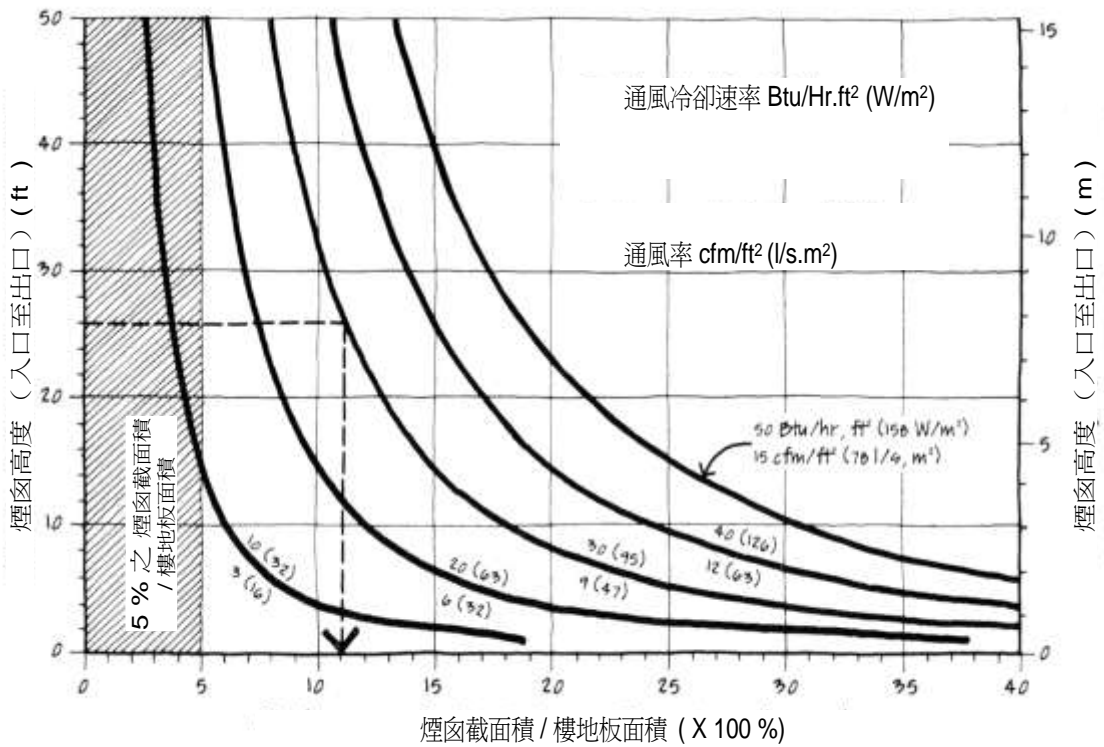


圖 4.2-6 煙囪效應之通風率及冷卻效果評估(Brown, 2001)

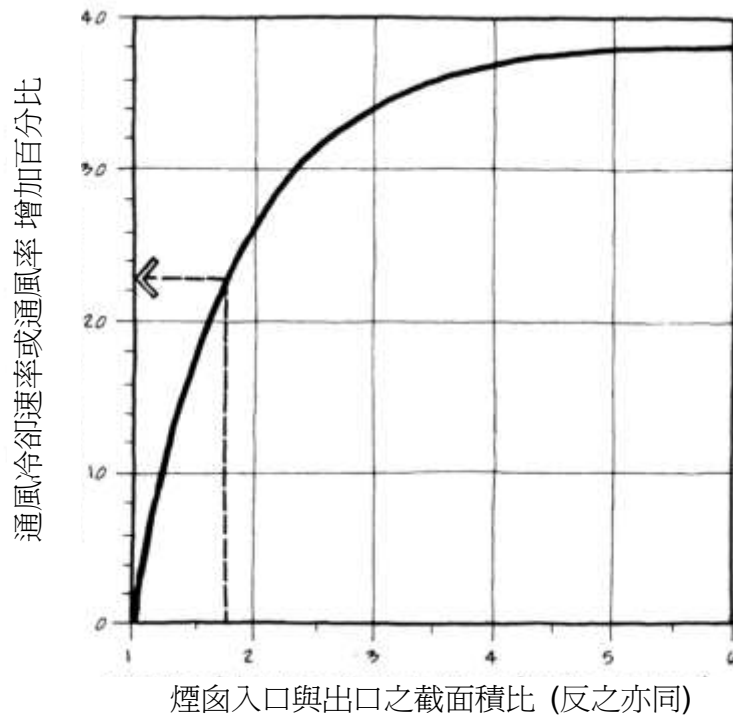


圖 4.2-7 煙囪入出口之面積比對通風率及冷卻效果之影響(Brown, 2001)

(二)促進自然通風之建築平面設計

自然通風之體積流率多寡與通風牆面開口之大小、風速、風向與開口之角度關係等有關。由自然通風之體積流率與室內外之溫差，可大致計算帶走建築室內空間之總熱量。當風吹過建築量體時，會在建築物的上風面形成高壓帶，建築物下風側形成低壓帶，因此欲獲得最佳之室內空間通風效果，則需將通風入口安排在上風高壓帶，出口安排在下風低壓帶。由流體力學之學理與實驗可知，通風之出入口面積愈大或建築表面通風口與風向愈垂直，則可獲得愈佳之建築自然通風效果。

因此，根據上述原則，若建築表面通風口與風向不垂直，可藉由建築立面之開口大小與具有捕風效果之遮陽構造或導風板適當之安排與設計則亦可促進自然之通風，如圖 4.2-8 所示。建議如圖 4.2-9 所示之具有捕風效果

的遮陽構造或導風板深度至少為 0.5 至 1 倍的窗戶寬度，窗戶開口之間距至少大於 2 倍的窗戶寬度。開口位在相同的牆面或開口分別位在相鄰之不同牆面、通風口之相對距離等皆會影響通風效果，建築平面規劃設計可參考如圖 4.2-8 所示之建議。

若以一般室內外溫差約 1.7°C 之條件，藉由平面自然通風所產生之通風率及冷卻效果可由如圖 4.2-10 獲得初步之評估。當氣流入口或出口之截面積對樓地板面積比值愈大時，可獲得愈好之通風率及冷卻效果。

為獲得適當之自然通風效果，每個空間至少應有兩個以上可啟閉之開口，例如窗戶或門。開口之相對位置配置可分為如圖 4.2-11 所示之 A、B、C 三種狀況。當空間受限於建築設計，只面臨一面外牆時，如 C 之狀況，則可在牆上設置兩扇相鄰之門窗，如此當風向與牆面不垂直時，亦可獲得通風效果。一般而言，將建築平面設計成風向與牆面開口不垂直時，可獲得比風向與牆面開口垂直多 20% 之通風效果(DOE, 2001)，如圖 4.2-12 所示。氣流流通之出入口路徑愈長，受阻礙愈多，建築平面與牆面之開口配置影響室內空間通風效果極大，可參考比較如圖 4.2-13 所示較好之通風平面與圖 4.2-14 所示較差之通風平面。門窗開口之總淨面積應該至少是房間樓地板面積之 12%，並且不要超過 70% 的開口面積集中在同一面牆上。門窗開口面積應地制宜，視當地氣候及環境條件決定，例如日射強烈地區東西向應避免開口，而以熱控制為重(即開口部較小)。季風穩定地區則以通風為重(即開口部較大)。關於每一種類窗戶開口之淨面積，可根據圖 4.2-15 所示百分比計算之。

欲精確設計建築平面與開口方位，以促進自然通風並獲得通風之估算，必須瞭解季節盛行風場之氣候條件，其中之一即為如圖 4.2-16~圖 4.2-17 所

示的風頻圖。由風頻圖可得知建築物當地各季節、各時間之最常出現之盛行風強度大小與風向。台灣地區各地之風頻圖可參考相關建築物理環境書籍，例如：『現代人類的居住環境』（林憲德，1996）。

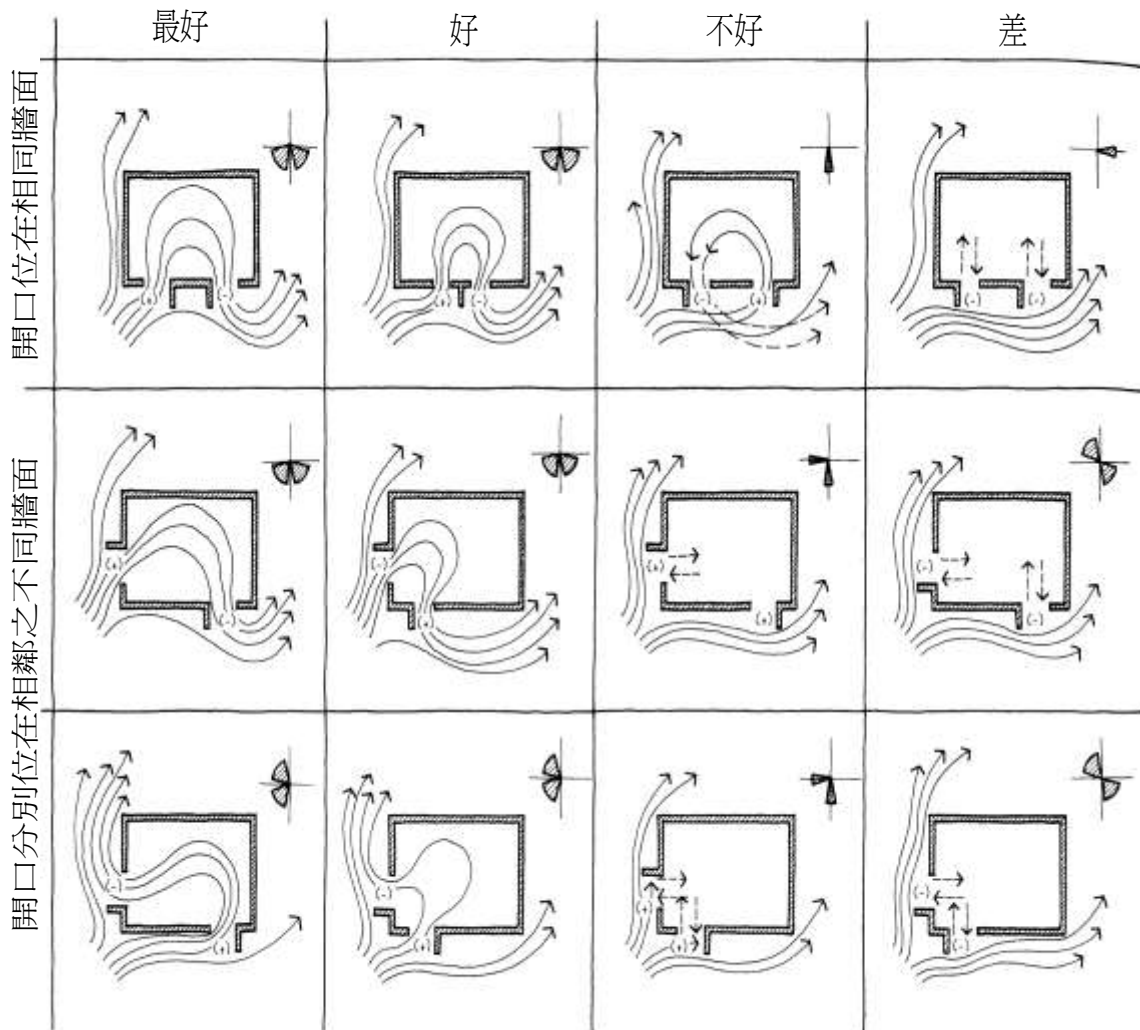


圖 4.2-8 藉由具有捕風效果之遮陽構造或導風板亦可促進自然之通風

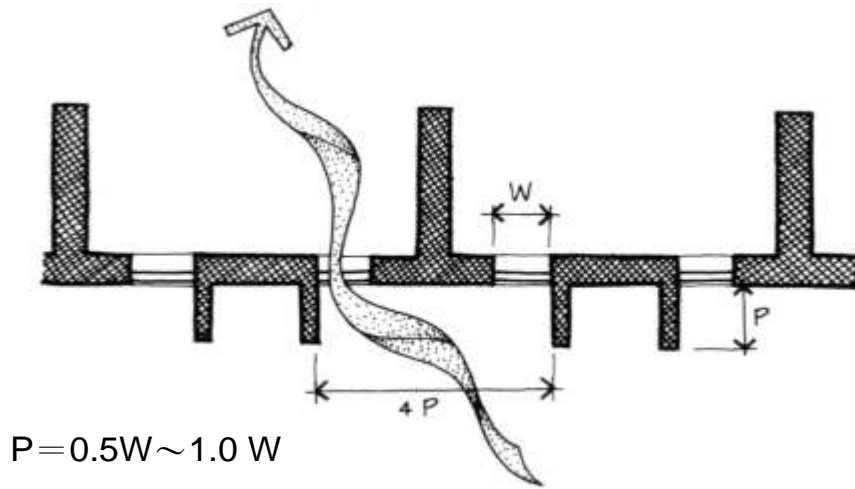


圖 4.2-9 具有捕風效果之建築立面設計

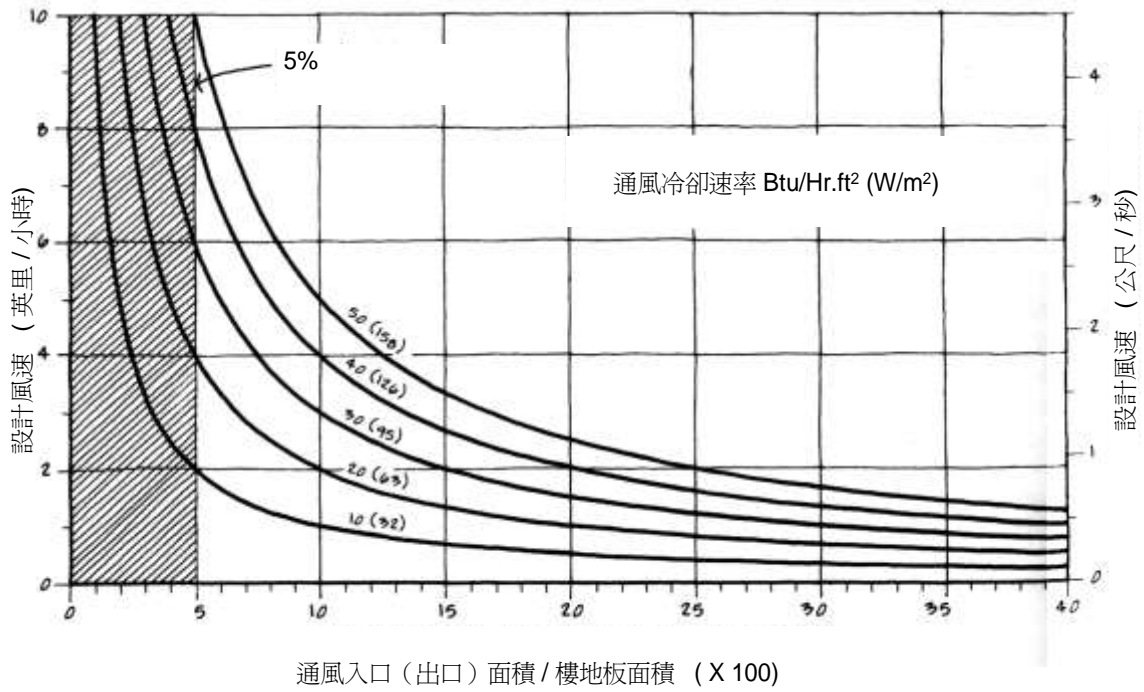


圖 4.2-10 平面自然通風所產生之通風率及冷卻效果(Brown, 2001)

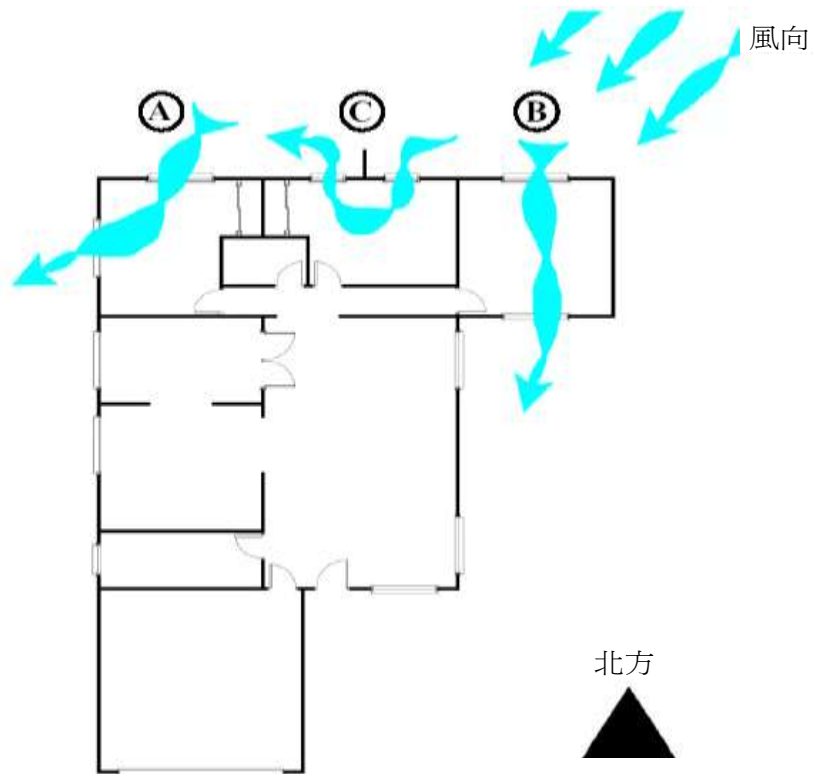


圖 4.2-11 每個房間至少要有兩個開口

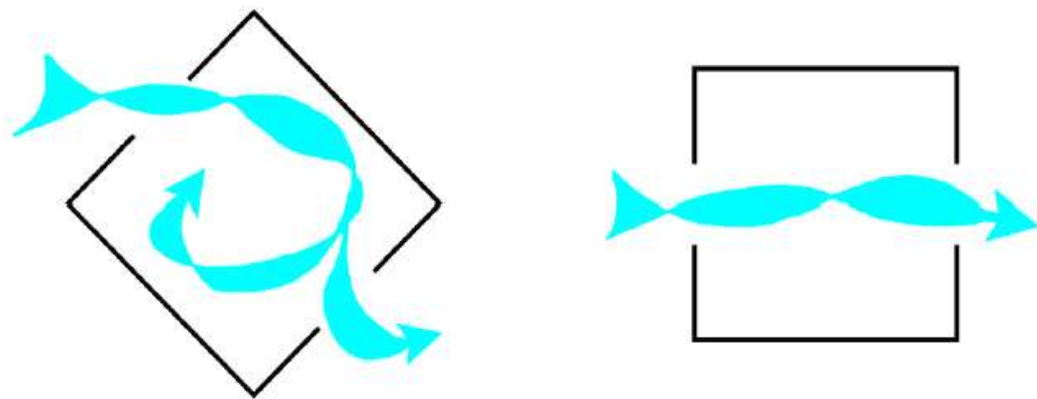


圖 4.2-12 風向與牆面開口不垂直時（左圖），可獲得比風向與牆面開口垂直（右圖）多 20%之通風效果

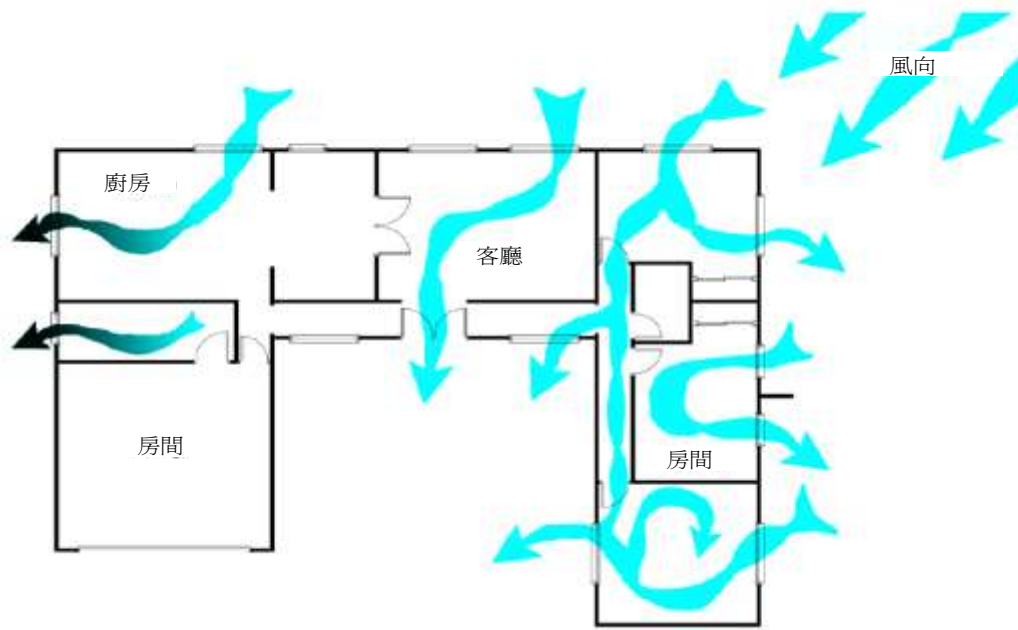


圖 4.2-13 自然通風效果較佳之空間與開口配置

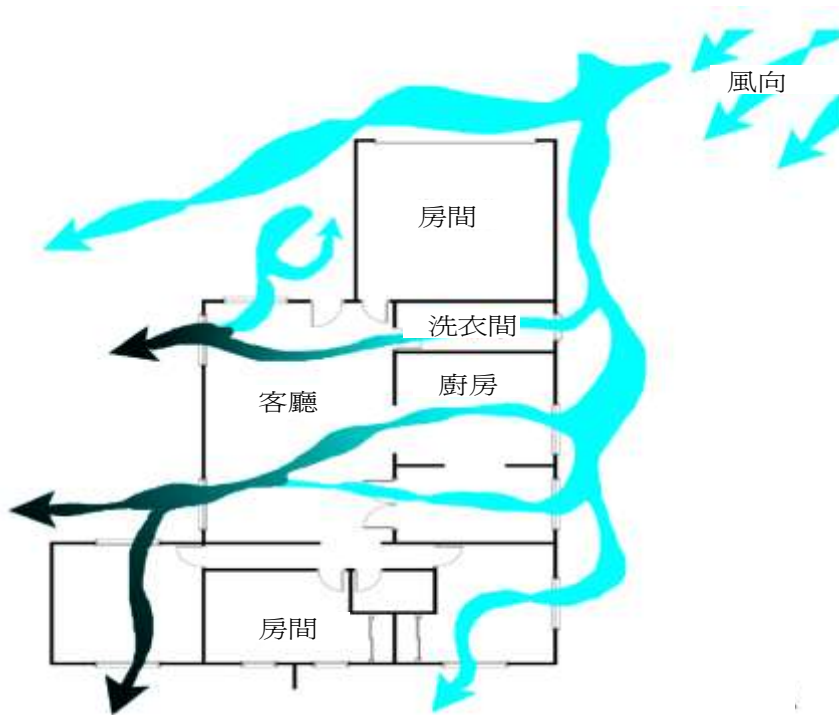


圖 4.2-14 自然通風效果較差之空間與開口配置

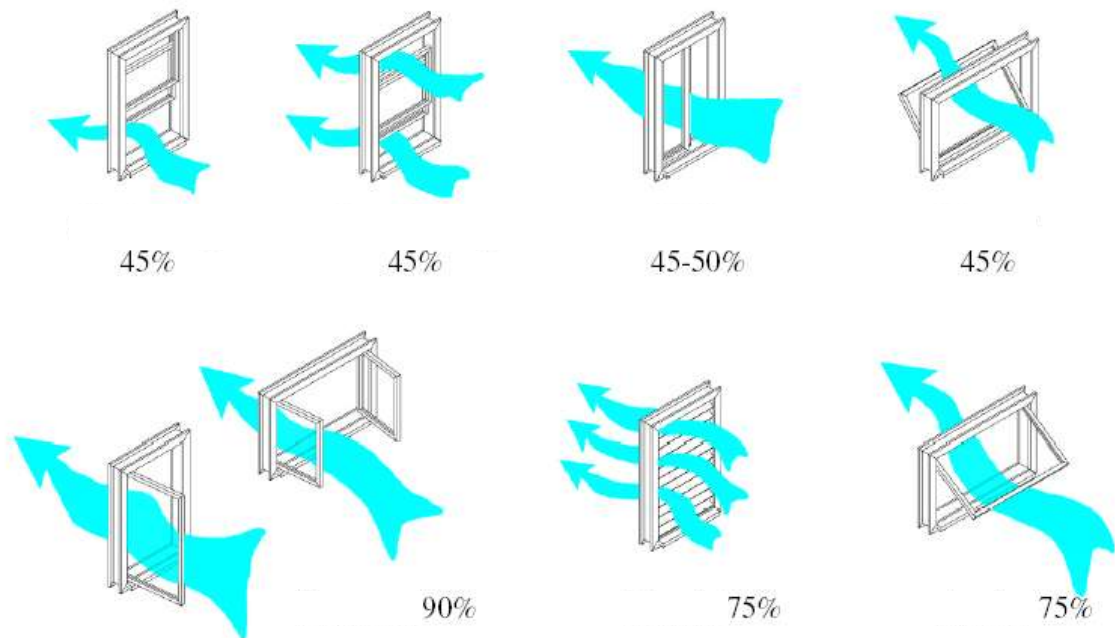


圖 4.2-15 各種窗戶開口淨面積佔總面積之百分比

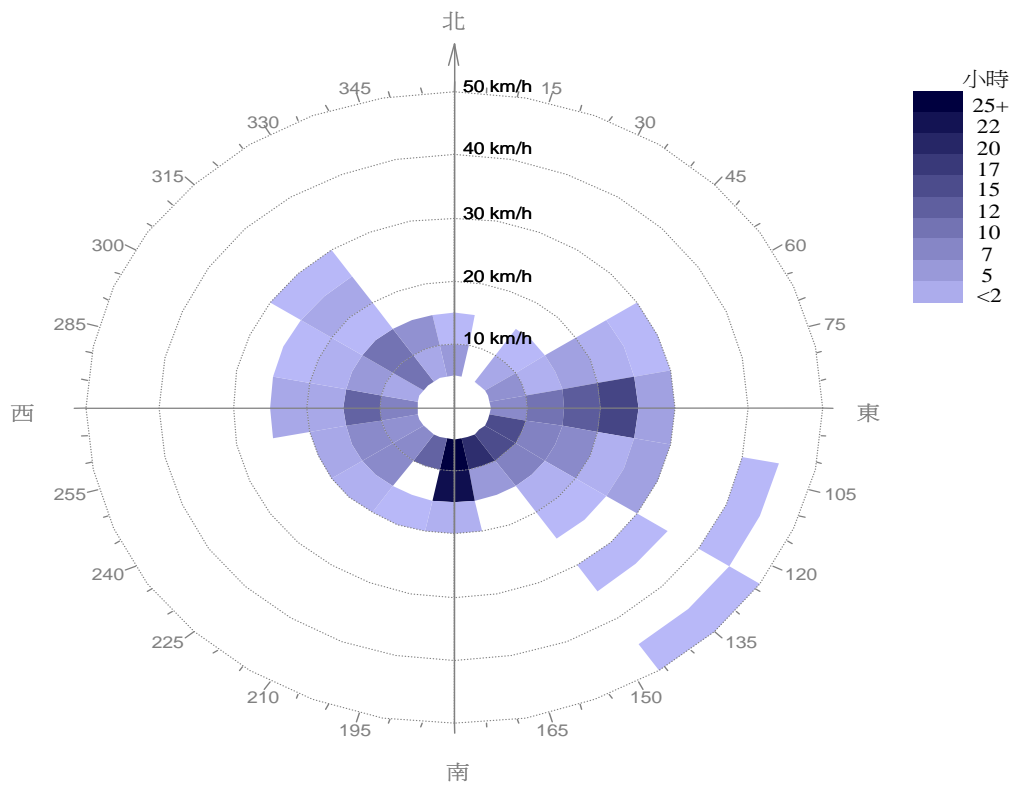


圖 4.2-16 台北夏季早晨之風頻圖

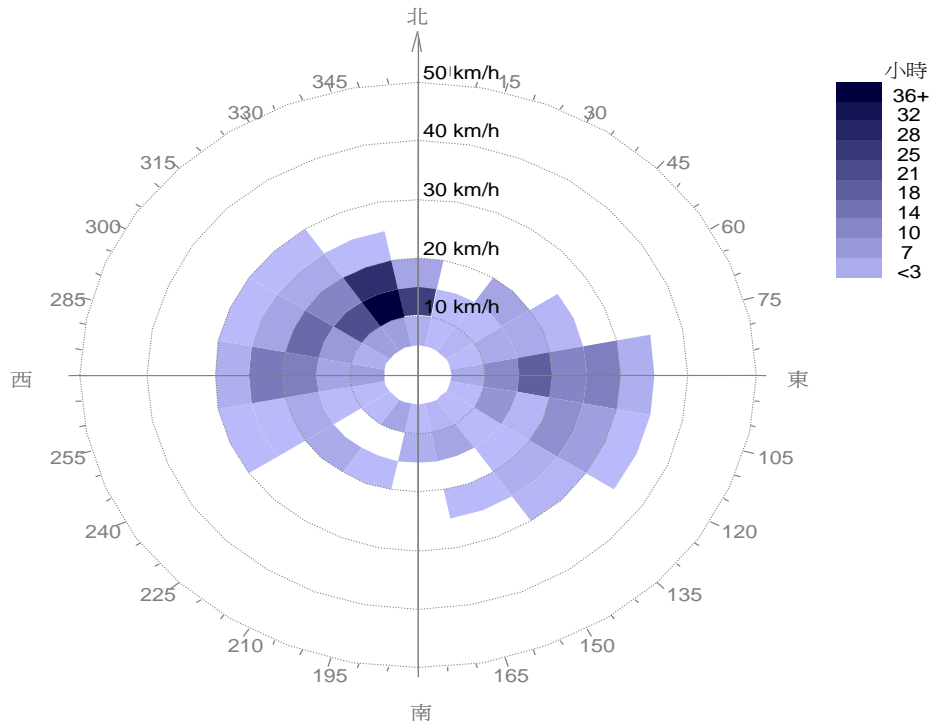


圖 4.2-17 台北夏季中午之風頻圖

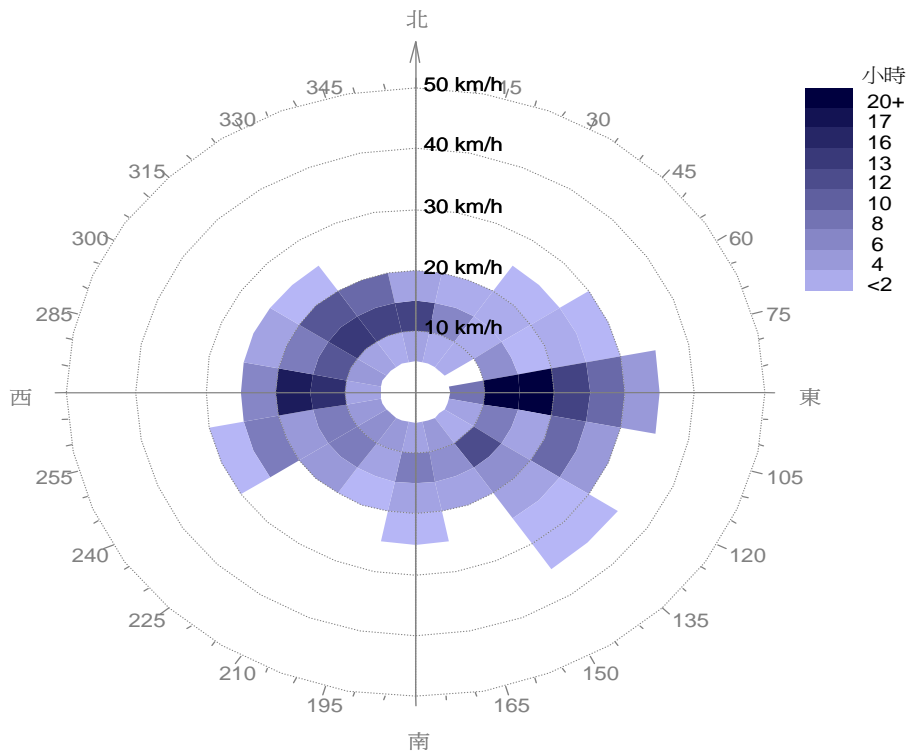


圖 4.2-18 台北夏季下午之風頻圖

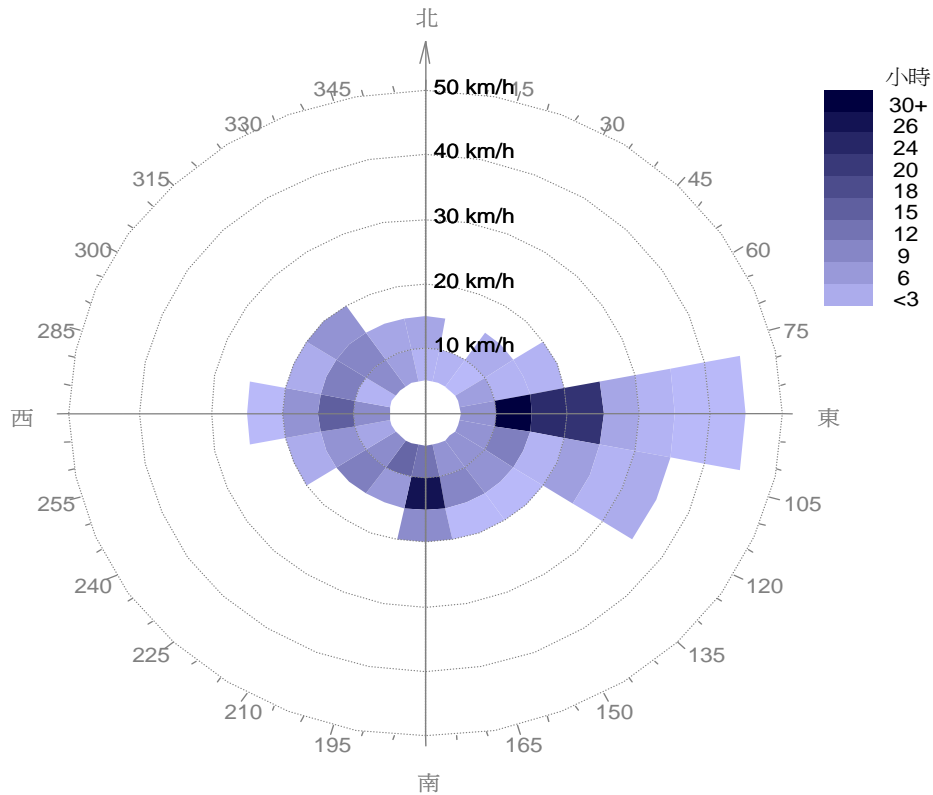


圖 4.2-19 台北夏季晚上之風頻圖

4.2.3 降低建築太陽熱負荷之基地規劃

以台灣之緯度，建築物外牆及屋頂在冬天和夏天之東、西、南、北及水平面太陽日射強度之差異如圖 4.2-20 所示。因此，夏天時水平面、東、西向應避免開口。在亞熱帶氣候下，台灣地區房屋的朝向以南北向最有利，而以東西向得熱量最多。以集合住宅而言，以細長、表面積多的建築物型態為佳，使得各規劃空間兼具通風、採光之效果。根據圖 4.2-20 之太陽日射強度，適當之建築基地方位與植栽計畫之原則與觀念可參考如圖 4.2-21 所示之概念圖，以獲得冬暖夏涼之居住環境。

再者，可善用走廊、樓梯間、機械室、等服務性空間作為建築主要居室與外部氣候之緩衝區，儘量配置在熱負荷最不利之位置做為緩衝空間，並減

少東西向立面的表面積。台灣地區溫熱期間 5~10 月各方位日射能量之比例，由表 4.1-1 可知：當南向為 1 時，西向為 1.24，水平面更高達 2.78。所以建築基地規劃時，應儘量避免開口、開窗在日射取得大的方位。建議集合住宅之開口部根據以下原則設計(林憲德，2000)：

- 1.因地制宜：例如北部與南部的開口率就會因地區別而有所不同，視當地氣候及環境條件決定。
- 2.東西向避免無遮陽的開口部：東西向少開口，若有開口必須加外遮陽設計，以減少開口部熱得。
- 3.依用途別來決定開口部的大小：例如空調型建築物（辦公大樓、百貨業）就必須減少開口部以減少熱得，例如集合住宅之非空調型建築物，在風的路徑上開口部面積可增加並考慮採間接光、通風等的設計。
- 4.避免全面落地玻璃的建築外殼：在東西向上避免全面落地玻璃的建築外殼，以及水平開口的天窗設計。

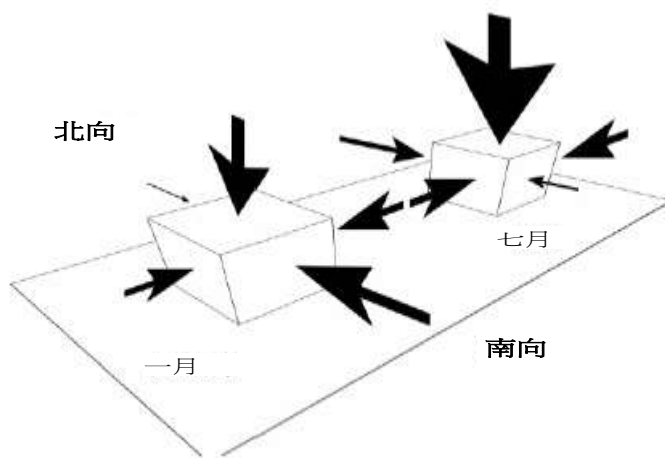


圖 4.2-20 建築物外牆及屋頂在冬天和夏天太陽日射強度之差異



圖 4.2-21 適當的建築基地方位與植栽計畫之原則與觀念

4.3 建築外殼節能設計

建築外殼節能設計之重點在於：

1. 降低開口面積及遮陽
2. 隔溫及阻擋太陽輻射熱

4.3.1 適當的開口率及遮陽

太陽輻射熱主要是以近紅外線的方式照射屋頂、牆面、鋪面及窗戶，建築材料吸收熱量之後再以遠紅外線之形式慢慢放熱至空間。由於近紅外線可輕易穿透玻璃，而遠紅外線則不易穿透玻璃，故開窗率大的建築物在白天很

容易吸收太陽輻射熱，但卻不易散熱，因此造成建築極高之空調冷氣負荷，如同大太陽底下之汽車，非常高熱。

在炎熱的台灣，過大的開窗面積是造成空調耗能的主因，因此適當的開窗設計是建築節能的首要計畫。以現行建築技術規則之節能法規來檢討住宅開口率的話， $Req=0.16$ 的集合住宅的平均立面開窗，在無遮陽條件下，在台北可達 35%，在高雄可達 27%；假如加上一米深的陽台，在台北可達 50%，在高雄可達 40%，超過此開口即不合格。

雖然減小開窗率可降低太陽熱得，但卻可能造成採光與通風之不足，不過可利用適當之遮陽以確保具有基本充分採光、通風功能之開窗率。遮陽可分為外遮陽與內遮陽，外遮陽的型式設計可參考圖 4.3-1~圖 4.3-4。台灣位於北緯，陽光大多時間是來自於南向，如圖 4.3-5 所示，外遮陽詳細設計原則如下(林憲德，2000)：

1. 水平遮陽-可擋高度角傾射之輻射線，台灣位於北緯，南向立面最適合使用水平遮陽。
2. 垂直遮陽---可擋方位角斜射之日射，台灣地區東西向射入室內的輻射角度很低（早晨及午後），水平遮陽較無效果，非改用垂直式遮陽不可，然而垂直遮陽對風向有引導及屏障兩種作用，可能宜小心處理避免引起通風不良。
3. 格子遮陽---兼具水平及垂直遮陽之優缺點，各方位的效果相當，為一理想的遮陽形式。
4. 導光與遮陽並用---利用可改變角度或長度之導光板來採光或遮陽，過去傳統型遮陽版有陰暗笨重之感，讓人不樂於採用，新型遮陽版設計

採用金屬材料，例如以金屬穿孔版、百葉版、流線型版、半透明版、組合設計而成的遮陽版，令人為之耳目一新。

關於各式遮陽之設計範例、施工圖說與參考經費標準，可進一步參考內政部建築研究所委託成功大學建築研究所研擬之『舊有建築物外遮陽節能改善工程設計手冊』。(林憲德，2002)

以位於台北某一南向牆面上之窗戶為例，比較八月十五日下午 3:30 時，無遮陽、水平、水平及垂直、垂直遮陽等遮陽效果，如圖 4.3-6~4.3-9 所示，可看出水平遮陽及垂直遮陽所產生之遮蔽效果。

以台灣之緯度而言，遮陽主要應用在日射熱得較大之東、西與南向。北方日射強度較弱，通常是具有光線穩定之漫射光，極適合自然晝光利用，而不需遮陽。當建築外遮陽無法設置時，內遮陽亦可發揮效果，例如遮陽百葉、窗簾等。台灣緯度約介於北緯 21.5~25.5 度之間，南向外遮陽之水平遮陽板深度設計可參考表 4.3-1，東西向垂直遮陽板之角度設計可參考表 4.3-2 (Brown, 2001)。

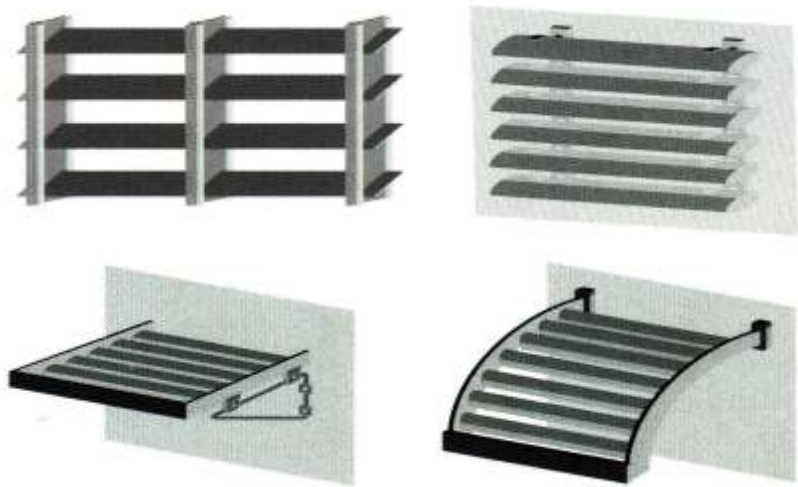


圖 4.3-1 水平遮陽

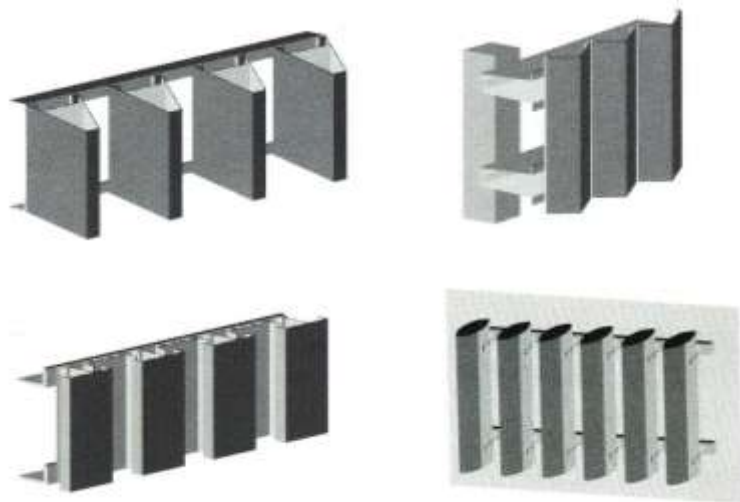


圖 4.3-2 垂直遮陽

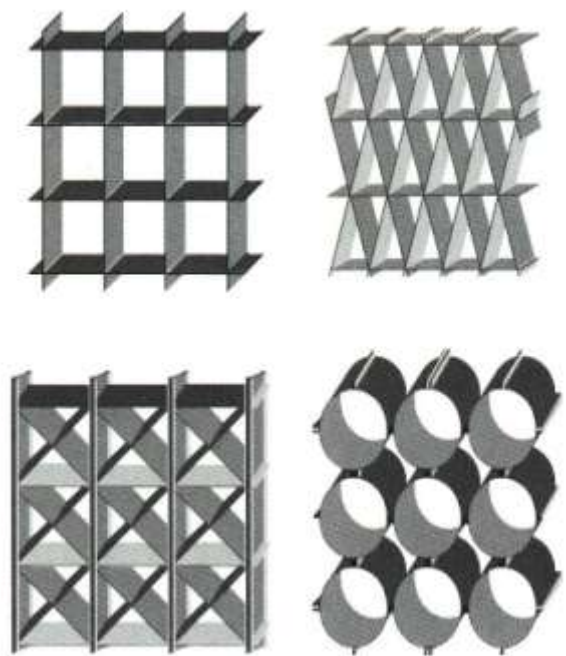


圖 4.3-3 格子遮陽

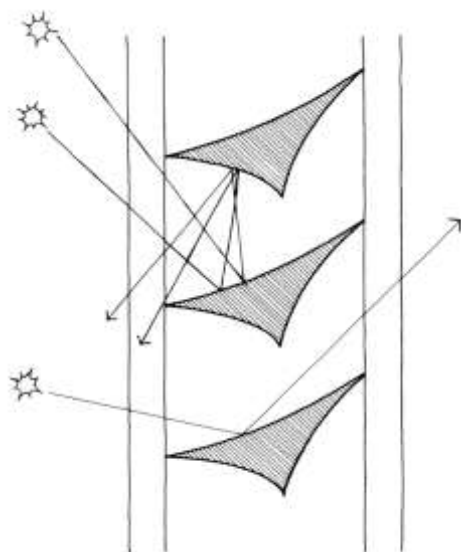
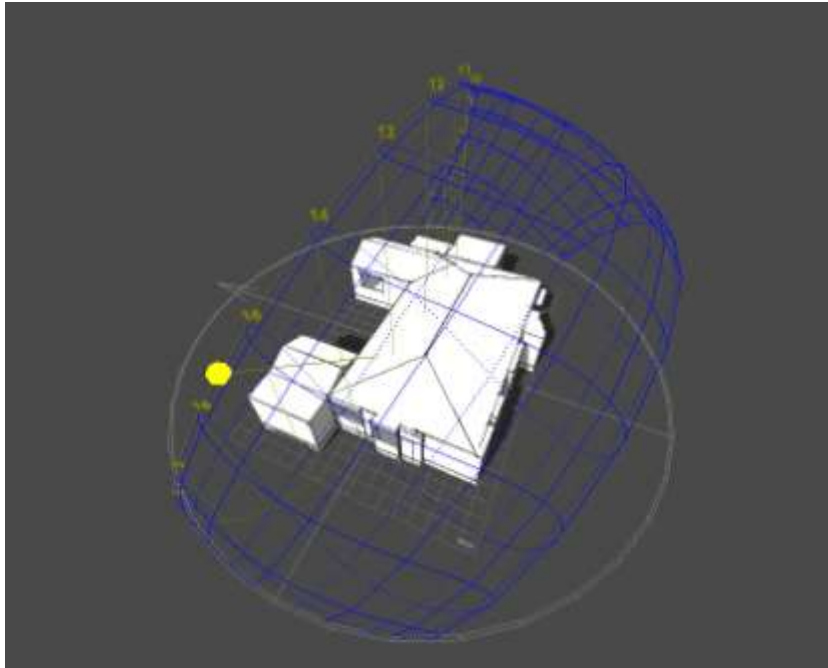
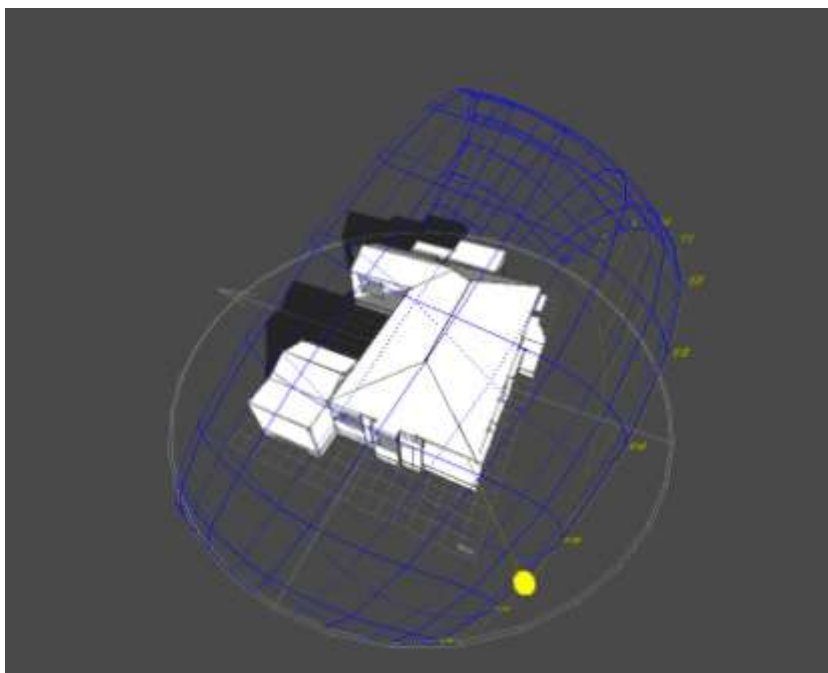


圖 4.3-4 導光與遮陽並用



夏至下午三點三十分太陽位置



冬至下午三點三十分太陽位置

圖 4.3-5 位於台北基地之夏至與冬至日照圖

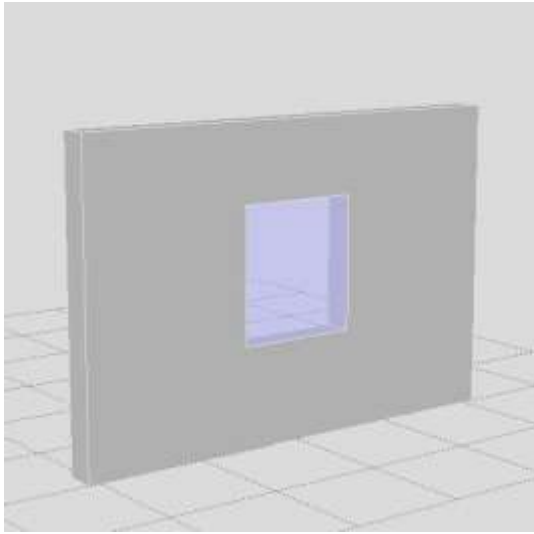


圖 4.3-6 台北南向無遮陽之開口

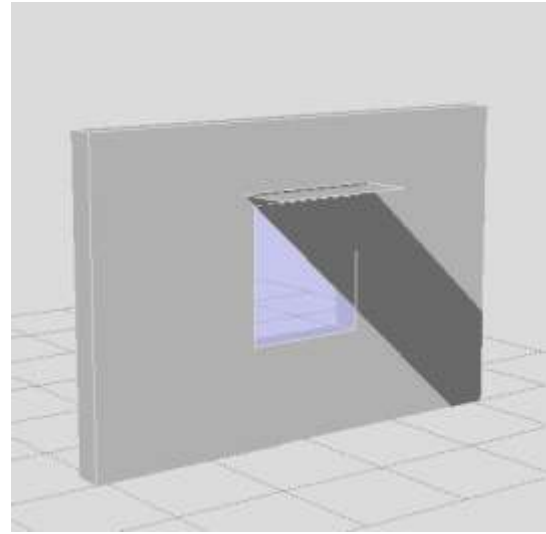


圖 4.3-7 台北南向 8 月 15 日 15:30
水平遮陽板遮蔽南向陽光效果

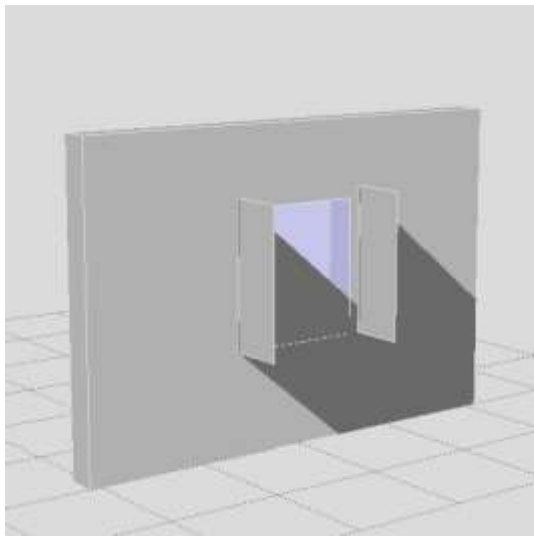


圖 4.3-8 台北南向 8 月 15 日 15:30
垂直遮陽板遮蔽西向陽光效果

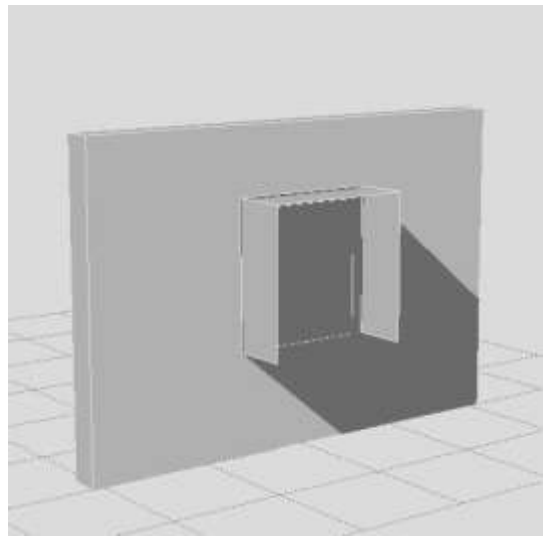
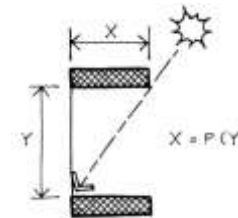


圖 4.3-9 台北南向 8 月 15 日 15:30
水平及垂直遮陽板遮蔽效果

表 4.3-1 南向水平遮陽板深度計算之 P 參數查詢

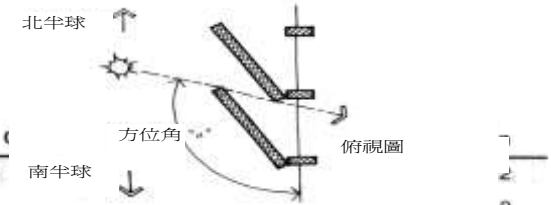


遮陽板深度 $X = Y \times P$

Latitude North lat.	8 AM / 4 PM							9 AM / 3 PM						
	Dec	Nov/Jan	Oct/Feb	Sep/Mar	Aug/Apr	May/Jul	Jun	Dec	Nov/Jan	Oct/Feb	Sep/Mar	Aug/Apr	May/Jul	Jun
0°	0.87	0.73	0.38	0.00	N.S.	N.S.	N.S.	0.61	0.51	0.27	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
4°	1.00	0.84	0.46	0.07	N.S.	N.S.	N.S.	0.71	0.61	0.35	0.07	N.S.	N.S.	N.S.
8°	1.15	0.97	0.55	0.14	N.S.	N.S.	N.S.	0.83	0.71	0.43	0.14	N.S.	N.S.	N.S.
12°	1.32	1.11	0.65	0.21	0.01	N.S.	N.S.	0.95	0.82	0.51	0.21	0.01	N.S.	N.S.
16°	1.54	1.28	0.75	0.29	0.08	N.S.	N.S.	1.09	0.94	0.60	0.29	0.08	N.S.	N.S.
20°	1.80	1.49	0.87	0.36	0.15	0.00	N.S.	1.26	1.08	0.70	0.36	0.15	0.00	N.S.
24°	2.14	1.74	1.00	0.45	0.22	0.07	0.01	1.46	1.25	0.81	0.45	0.22	0.07	0.01
28°	2.60	2.06	1.15	0.53	0.29	0.14	0.08	1.70	1.44	0.94	0.53	0.29	0.14	0.08
32°	3.26	2.48	1.32	0.62	0.37	0.21	0.15	2.01	1.68	1.08	0.62	0.37	0.21	0.15
36°	4.31	3.09	1.53	0.73	0.45	0.29	0.22	2.42	1.98	1.24	0.73	0.45	0.29	0.22
40°	6.27	4.03	1.80	0.84	0.54	0.36	0.30	2.99	2.38	1.43	0.84	0.54	0.36	0.30
44°	11.30	5.70	2.13	0.97	0.63	0.45	0.37	3.87	2.94	1.67	0.97	0.63	0.45	0.37
48°	54.21	9.60	2.59	1.11	0.74	0.53	0.46	5.41	3.79	1.97	1.11	0.74	0.53	0.46
52°	B.H.	29.41	3.25	1.28	0.85	0.62	0.54	8.81	5.26	2.37	1.28	0.85	0.62	0.54
56°	B.H.	B.H.	4.29	1.48	0.98	0.73	0.64	23.15	8.43	2.92	1.48	0.98	0.73	0.64
60°	B.H.	B.H.	6.23	1.73	1.13	0.84	0.74	B.H.	20.72	3.76	1.73	1.13	0.84	0.74
64°	B.H.	B.H.	11.17	2.05	1.30	0.97	0.86	B.H.	B.H.	5.19	2.05	1.30	0.97	0.86
68°	B.H.	B.H.	51.28	2.48	1.51	1.11	0.98	B.H.	B.H.	8.26	2.48	1.51	1.11	0.98
72°	B.H.	B.H.	B.H.	3.08	1.76	1.28	1.13	B.H.	B.H.	19.72	3.08	1.76	1.28	1.13
South lat.	Jun	May/Jul	Aug/Apr	Sep/Mar	Oct/Feb	Nov/Jan	Dec	Jun	May/Jul	Aug/Apr	Sep/Mar	Oct/Feb	Nov/Jan	Dec

表 4.3-2 東西向垂直百葉遮陽板角度參數查詢

Latitude North lat.	8 AM / 4 PM								Dec	Nov/Jan	Oct/Nov	Sep/Oct	Aug/Sep	Jul/Aug	Jun	May/Jul	Apr/May	Mar/Apr	Feb/Mar	Jan/Feb	Dec
	Dec	Nov/Jan	Oct/Nov	Sep/Oct	Aug/Sep	Jul/Aug	Jun	May/Jul													
0°	63	67	78	90	103	113	117	58	63	68	72	78	82	88	92	98	102	108	112	118	
4°	62	65	75	88	101	111	115	56	60	65	70	76	80	86	90	96	100	106	110	116	
8°	60	64	73	85	99	109	113	53	57	62	68	74	80	84	90	94	100	104	110	115	
12°	59	62	71	83	96	106	110	51	55	60	66	72	78	82	88	92	98	102	108	113	
16°	57	61	70	81	94	104	108	49	52	57	63	69	75	80	86	90	96	100	106	111	
20°	56	59	68	79	91	101	105	47	50	55	61	67	73	78	84	88	94	98	104	109	
24°	55	58	66	77	89	98	103	46	49	54	60	66	72	77	83	87	93	97	103	108	
28°	54	57	65	75	86	96	100	45	47	52	58	64	70	75	81	85	91	95	101	106	
32°	54	56	64	73	84	93	97	44	46	51	57	63	69	74	80	84	90	94	100	105	
36°	53	56	63	71	82	90	94	43	45	50	56	62	68	73	79	83	89	93	99	104	
40°	53	55	62	70	79	87	91	42	44	49	55	61	67	72	78	82	88	92	98	103	
44°	53	55	61	68	77	84	88	41	43	48	54	60	66	71	77	81	87	91	97	102	
48°	53	55	60	67	75	82	85	41	43	47	53	59	65	70	76	80	86	90	96	101	
52°	B.H.	54	59	66	73	79	82	41	42	46	52	58	64	69	75	79	85	89	95	100	
56°	B.H.	B.H.	59	64	71	76	79	40	42	46	50	56	62	67	73	77	83	87	93	98	
60°	B.H.	B.H.	59	63	69	74	76	B.H.	42	45	49	54	59	64	70	74	80	84	90	95	
64°	B.H.	B.H.	58	63	67	71	73	B.H.	B.H.	45	48	52	56	60	65	70	75	80	85	90	
68°	B.H.	B.H.	58	62	66	69	71	B.H.	B.H.	44	47	51	54	58	62	66	71	75	80	84	
72°	B.H.	B.H.	B.H.	61	65	67	68	B.H.	B.H.	44	46	49	52	55	59	63	67	71	75	79	
South lat.	Jun	May/Jul	Aug/Apr	Sep/Mar	Oct/Feb	Nov/Jan	Dec	Jun	May/Jul	Aug/Apr	Sep/Mar	Oct/Feb	Nov/Jan	Dec							



4.3.2 隔溫及阻擋太陽輻射熱

建築外殼室內外溫差隔溫及阻擋太陽輻射熱的方法可分為不透光之實牆與屋頂、可透光之窗戶兩大類：

(一) 不透明部分的外殼

不透明部分的外殼節能技術主要與壁體的熱傳透率(U值)即隔熱能力有關，但是它也承受來自日射的吸熱影響，因此增加隔熱性能與降低日射吸熱因子是其節能之道。外牆構造應以能減少外界熱量侵入為必要條件，在使用隔熱處理時，必須配合建築物之使用型態而決定，過份隔熱對於室內發熱量之大之建築物反而會增加其空調負擔，應配合合理的遮陽設施及良好的通風計畫以減輕外牆之受熱量。

就外表面材料而言，以使用明度較高之表面材料增加反射率為宜，通常以淺色材料為佳，白色牆體具有 90% 之反射率而一般紅磚混凝土建材則在 10% ~50% 之間，相差頗大(林憲德，2001)。

就外牆構造之熱傳透率(U值)而言：

1. 以 12cm 厚的 RC 外牆為例其 U 值高達 3.78，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在 0.71 以下，可知 RC 外牆既笨重且隔熱能力又不佳，唯有加裝隔熱材才有良好之節能外殼。
2. 輕量化的玻璃或金屬外殼，只要加強中間空氣層及隔熱處理，就是十分優良的外殼。

因此建築物在外壁上的節能對策如下：

1. 採用高隔熱性之外殼材料，例如採用纖維材、合板、多孔質矽酸鈣板、

玻璃棉材作為隔熱材。U 值最好在 $2.5\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ 以下為宜。

- 2.提高壁體之遮蔽性，減少直接日射。
- 3.使用日射吸收率低及淺色的外表材料。
- 4.增加構造體的厚度或絕緣性，可增加熱容量及延長時滯。

台灣水平方位的日射量為南向的 2.78 倍。每在水平面開一面窗，在南面就必須減少 2.78 倍的開窗面積，可考慮改成側向型天窗改善，避免大量的水平日射。屋頂部位的節能對策如下：

- 1.遮蔽日射：避免太陽光直接照射屋面，例如屋頂上搭鋼棚或處理成雙層屋頂。
- 2.避免水平天窗：屋頂設置水平型天窗雖有利於採光，但在熱性能上極為不利。因為台灣的水平日射量大，應避免設置大面積水平天窗，若要設置則必須加水平外遮陽，或是採北向側面型天窗改善。
- 3.鋪設隔熱層：屋頂外部鋪設隔熱層藉以反射太陽輻射熱，其上最好鋪加保護層防止隔熱層老化。
- 4.降低屋面溫度：屋頂表面選用明度高的材料（如白色），或屋頂覆土、植草。
- 5.加設天花並留空氣層：屋頂下的樓層最好加設天花板，天花板上鋪鋁箔天花板，與屋頂間留設足夠的空氣層及通風口，以便利用通風迅速排除熱量。利用空氣層可以達到通風與散熱兩種目的，例如採用含空氣層的三明治構造，如泡沫混凝土，或五腳磚屋頂，其次為密閉空氣層（靜止空氣）。

目前國內法令要求一般建築物屋頂的平均熱傳透率 U_{ar} 必須小於 $1.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{k}$ 。表 4.3-3 及表 4.3-4 為國內常用之外牆構造和屋頂隔熱構造之隔熱性能以及熱傳透率 U_i 值，可以作為設計時之參考依據。

(二)玻璃之節能設計

玻璃的節能特性主要根源於兩個特性，一是玻璃的隔熱能力，亦是熱傳透率 U 值；另一則是玻璃的遮陽能力，亦即日射透過率 η_i 值。然而，台灣地區室內外溫度差並非很大，而日射熱卻是很驚人。因此，阻絕溫差的熱傳透率 U 值比不上阻絕輻射傳透的 η_i 值重要；亦即，在台灣的玻璃節能對策首重玻璃的遮蔽性能。對於玻璃的選用有以下之原則：(林憲德，2001)

1. 隔熱性能 (熱傳透率 U_i)：

(1). 玻璃的隔熱性能與玻璃的厚度有關，但與反射及吸熱性能無關。

即相同厚度之普通、吸熱及反射玻璃之 U_i 均十分接近。(如表 4.3-5 所示)

(2). 雙層玻璃由於有空氣層，其隔熱性能較佳。(如表 4.3-5 所示)

2. 遮陽性能：(日射透過率 η_i 值)

(1). 玻璃的遮蔽性能與其表面的金屬塗膜有密切關係，其中遮陽性能以反射玻璃最佳，吸熱玻璃次之，透明玻璃最差。(如表 4.3-6 所示)

(2). 雙層玻璃對於遮陽性能並無幫助。

(3). 目前市面上有一種 Low-e 玻璃，為一種選擇性日射透過玻璃。為中間塗佈低輻射化學反射膜之雙層玻璃，盡量使戶外可見光穿透

以增加採光性，但阻絕不具採光效果、不可見之近紅外光，並且使室內之紅外光熱量穿透玻璃發散至戶外，其日射取得係數 η_i 可在 0.3 以下對空調節能甚有助益。

在台灣，遮陽處理較隔熱處理在節能上更有效，因此優先考慮玻璃的遮陽性能，亦即採反射玻璃優於吸熱玻璃，更優於透明玻璃。其中又以選折性日射透過膜之 Low-e 玻璃為最佳。Low-e 玻璃因塗佈低輻射化學反射膜原理不同，可分為具有保溫功能適於溫帶、寒帶使用之玻璃，以及具有散熱功能，適合像台灣較需空調之熱帶國家使用之玻璃，故必須謹慎選擇避免產生反效果。

表 4.3-3 國內常見外牆構造之隔熱性能表

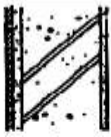

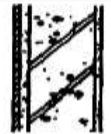
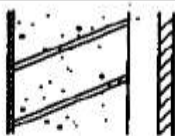
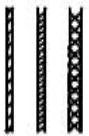
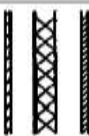
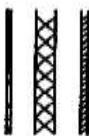
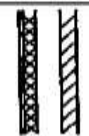
構造	構造大樣	構造厚度 (m)	熱傳透率 U_i
RC 牆		外氣膜 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 RC 0.1200 水泥砂漿 0.0100 內氣膜	3.78
磚牆		外氣膜 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 紅磚 0.2300 水泥砂漿 0.0100 內氣膜	2.14
預鑄板牆		外氣膜 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 輕質混凝土 0.1000 水泥砂漿 0.0100 內氣膜	3.29
		外氣膜 磁磚 0.0100 RC 預鑄板 0.1800 空氣層 鑽泥板 0.025 內氣膜	1.98
玻璃帷幕牆		外氣膜 玻璃 0.0080 空氣層 石棉板 0.0100 空氣層 合板 0.0180 內氣膜	2.25
		外氣膜 玻璃 0.0080 空氣層 鋁板 0.0016 玻璃棉 0.0300 空氣層 石膏板 0.0120 空氣層	0.89
鋁金屬帷幕牆		外氣膜 鋁板 0.0006 空氣層 鋁板 0.0016 玻璃棉 0.0300 空氣層 石膏板 0.0120 內氣膜	0.90
		外氣膜 鋁板 0.0006 噴岩棉 0.0200 空氣層 石棉水泥矽酸鈣板 0.0250 內氣膜	1.25

表 4.3-4 國內常用屋頂隔熱構造之隔熱性能表


構造	構造大樣	厚度 (m)	熱傳透率 U_i 值
一般 PU 膜 RC 屋頂		外氣膜 PU 0.0020 水泥沙漿 0.015 RC 0.1500 水泥沙漿 0.015 內氣膜	3.11
三腳磚油毛氈 RC 屋頂		外氣膜 水泥五腳磚 0.0600 水泥沙漿 0.0150 油毛氈 0.0100 水泥沙漿 0.0200 RC 0.1200 水泥沙漿 0.010 內氣膜	2.49
陶瓦屋頂		外氣膜 瓦 0.0300 RC 0.1500 水泥沙漿 0.0150 內氣膜	3.31
泡沫混凝土屋頂		外氣膜 PU 板 0.0020 泡沫混凝土 0.1000 油毛氈 0.0100 混凝土 0.1500 空氣層 岩棉吸音板 0.0150 內氣膜	0.77
鋼承版屋頂		外氣膜 PU 0.0020 輕質混凝土 0.1000 鋼承版 0.0015 玻璃棉保溫板 0.0250 空氣層 岩棉吸音板 0.0150 內氣膜	0.79
中空樓版屋頂		外氣膜 PU 0.0020 水泥沙漿 0.0150 RC 0.0750 鋼管 0.2000 RC 0.0750 水泥沙漿 0.0100 內氣膜	2.80

表 4.3-5 玻璃之隔熱性能

玻璃種類	熱傳透率 U_i [W/(m ² k)]
6mm 普通單層玻璃	6.16
6mm + 6mm 普通雙層玻璃	3.23

表 4.3-6 玻璃之遮陽性能

玻璃總類		日射透過率 η_i 值
透明玻璃	12mm 單層普通玻璃	0.78
	6mm 單層普通玻璃 + 6mm 空氣層 + 6mm 單層普通玻璃	0.73
吸熱玻璃	12mm 棕色單層玻璃	0.60
	6mm 棕色單層玻璃 + 6mm 空氣層 + 6mm 棕色單層玻璃	0.60
反射玻璃	12mm 吸熱反射單層玻璃	0.44
	6mm 吸熱反射單層玻璃 + 6mm 空氣層 6mm + 吸熱反射單層玻璃	0.43
Low-e 玻璃	6mm Low-e 玻璃 + 6mm 空氣層 6mm + 6mm Low-e 玻璃	0.33

伍、集合住宅空調系統節能技術

5.1 前言

全年空調設備耗電比例佔公寓的 22%、透天佔 18%，在夏季空調佔公寓的 41%、透天佔 32%；另一方面，中技社截至 93 年所服務的 7 家集合住宅統計其公共部份能源流向，依各能源之使用費用分析，電力約佔 100%，其中空調平均佔總用電的 25.6%。因此，空調用電是集合住宅用電大宗之一，節能重要性不言可喻。集合住宅之空調系統可分為提供公眾使用之公共設施空調系統及私人住戶空調系統。其中，提供公眾使用之公共設施空調系統所服務的場所包含：健身房、游泳池、SPA、會議室、圖書室、才藝教室、視聽室等，該系統常常為中大型之中央空調系統。私人住戶空調系統則常為窗型冷氣機、分離式冷氣機、小型中央空調冰水系統。

由於集合住宅空調系統之規模種類較多樣，集合住宅空調系統節能技術所探討之範圍包含小型之窗型冷氣機、分離式冷氣機、小型中央空調冰水系統及中大型之中央空調系統。各類型空調系統之特點說明如下：

(一)窗型冷氣機

窗型冷氣機完全是由工廠整體組裝，將壓縮機、蒸發器、冷凝器包裝在一個金屬殼體之整套單元，通常安裝在窗戶或牆壁上，不需額外之風管、水管或冷媒管之安裝，如圖 5.1-1 所示。窗型冷氣機因受限其體積較小，冷卻能力及送風距離較短，故僅適用於一個房間或兩個房間之冷卻。

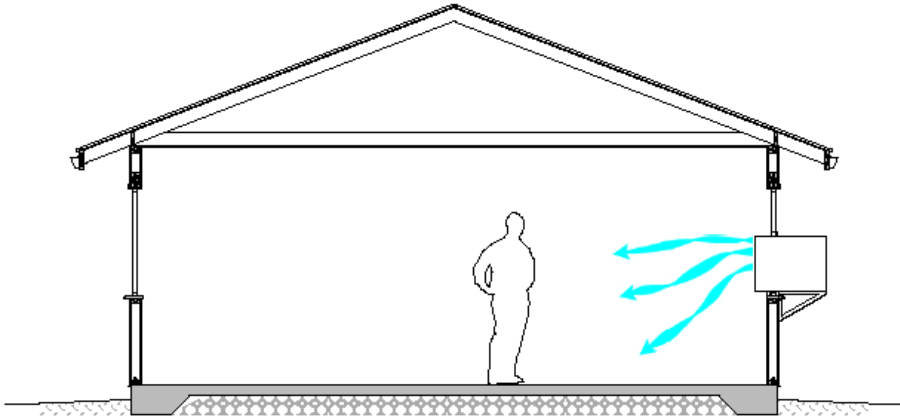


圖 5.1-1 窗型冷氣機之安裝圖

(二)分離式冷氣機

分離式冷氣機是包含將壓縮機和冷凝器包裝在一個箱體，由工廠整體組裝之室外機單元，以及含有蒸發器、送風扇之室內機單元。室外機單元安裝於戶外通風處，室內機則安裝於天花板或牆上。室外機之壓縮機藉由冷媒管將冷媒送至室內機，產生低溫蒸發效果以冷卻室內熱空氣。分離式冷氣機可為一台室外機對應一台室內機，或是一台室外機對應多台室內機，通常室外機對應之室內機台數愈多，或室外機與室內機之距離愈遠，技術性愈高，價錢愈貴。分離式冷氣機相對於窗型冷氣機之優點是可同時冷卻多個房間、建築外觀美化，以及因壓縮機置於室外，噪音較小。

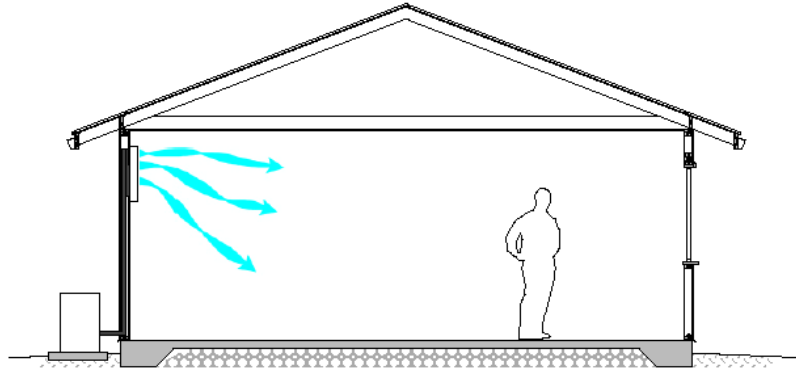


圖 5.1-2 分離式冷氣機之安裝圖

(三)中央空調系統

中央空調系統包含冰水主機、散熱設備、水側系統、空氣側系統之各種工廠製造之元件，並由工程公司承包商在現場組裝完成，以提供整棟建築冷卻為目的之空調系統，如圖 5.1-3 所示。中央空調系統藉由泵、送風機、冰水管、風管等輸送管線將冰水或冷空氣輸送至各空調房間。與分離式冷氣機相似，中央空調系統具有包含壓縮機、冷凝器、蒸發器及散熱設備（如冷卻水塔）之遠端單元，這些遠端設備單元藉由泵、送風機、冰水管、風管等輸送管線與室內空間產生熱交換之連結，使得室內空間之熱量得以排至外界大氣，如圖 5.1-4 所示。

如圖 5.1-4 所示之中央空調系統各元件因可安裝之位置、設備容量大小可依現場之規模與需求而定，故可提供大型空間之建築冷卻，並且相對於窗型機而言，建築外觀較為美化，但系統較複雜，須專業之技術人員負責日常之運轉與維修。

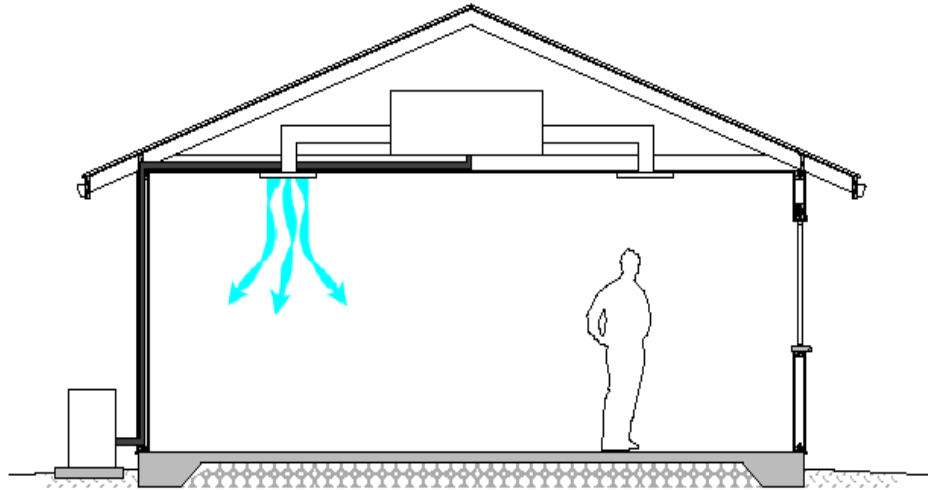


圖 5.1-3 中央空調系統

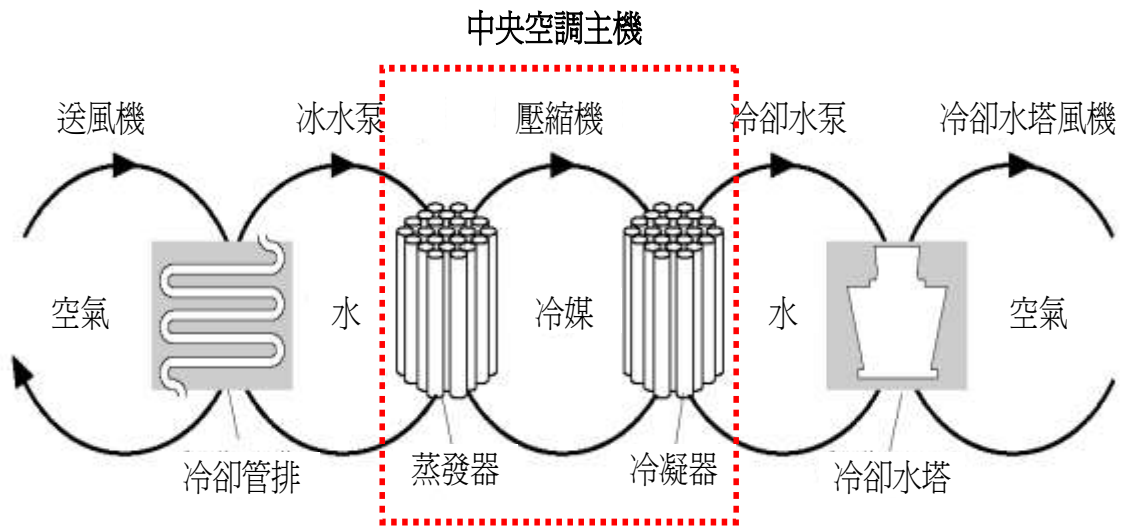


圖 5.1-4 中央空調系統流程圖

5.2 小型空調系統之節能技術

如前所述，私人住戶空調系統常為窗型冷氣機、分離式冷氣機或小型中央空調冰水系統。通常窗型冷氣機較為便宜與普遍，有時則因空間因素、美觀因素而改採分離式冷氣機或小型中央空調冰水系統。小型中央空調冰水系統可分為氣冷式小型冰水主機或含冷卻水塔之水冷式冰水主機。因冷卻水塔有水氣飛散及滋生細菌之問題，故就集合住宅而言，小型中央空調冰水系統大多採用可置放於陽台之氣冷式小型冰水主機系統。

屬私人住戶使用之小型空調系統的節能技術首重採用高效率之空調主機，其次為選用適當冷凍噸數之主機。本文以下將介紹小型空調系統之節能技術：

(一)如何選購高效率窗型與分離式冷氣機

可依政府法規最低標準，如表 5.2-1 所示，選購高能源效率比值(EER值)窗型冷氣機。EER 值愈高，則冷氣機愈省電，一般而言提高 0.1，就可節約 4% 冷氣機用電。另一方面，採用變頻式冷氣機或可變冷媒空調系統，壓縮機可隨室內溫度調節運轉速度，可增加舒適感，亦較省電。可變冷媒空調系統，以一台室外機供應多台室內分離式空調，如：一對十，其可因應不同台數與不同空調負荷改變冷媒流量，其室外機利用變頻技術，在不同台數與不同空調負荷下改變主機電力負載而達到節約能源之目的。

冷氣機之容量以每小時能自室內移走的熱量表示，一冷凍噸為每小時自室內移出熱量 3,024kcal(相當 12,000BTU)以此推算，每坪房間約需 0.15 冷凍噸，選用的冷氣機冷凍噸太大，壓縮機會頻繁啟動，比較耗電，而且減損壓縮機壽命。

表 5.2-1 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	總冷氣能力		型式	能源效率比值 (EER) Kcal/h · W(Btu/h · W)	能源效率 比(EER)	
	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	民國 九十 一年 一月 一日
	2,000Kcal/h 以 上 3,550Kcal/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	

(二)依房間大小選擇適當容量的冷氣機:

冷氣機應配合房間大小選擇適當的機種，若冷氣機容量太小時不能得到適宜的冷房效果，太大時因自動溫度調整開關動作頻繁，使壓縮機斷續運轉，導致室內忽冷忽熱無法維持一定溫度，冷房效果不佳且浪費電力。選擇適當冷氣機冷凍噸數可從下列簡易公式得知:

$$\text{所需噸數} = 450 \text{ 仟卡/小時} \times \text{室內坪數} \div 3024 \text{ 仟卡/小時}$$

$$= 0.15 \times \text{室內坪數}$$

$$1 \text{ 噸} = 12,000 \text{ BTU/hr} = 3024 \text{ kCal/hr}$$

$$1 \text{ 坪} = 3.3 \text{ 平方公尺} = 6 \times 6 \text{ 台尺}$$

上述公式只是基本原則，實際噸數應根據房間所在位置，進行相關之修正，例如房間是否西曬、房間窗戶面積大小、窗戶遮陽效果、冷氣機安裝位置之散熱效果等因素作適當之修正。遇頂樓或日曬等熱源因素較多的時候，需適度增加冷氣能力，選購噸數較大之機種。

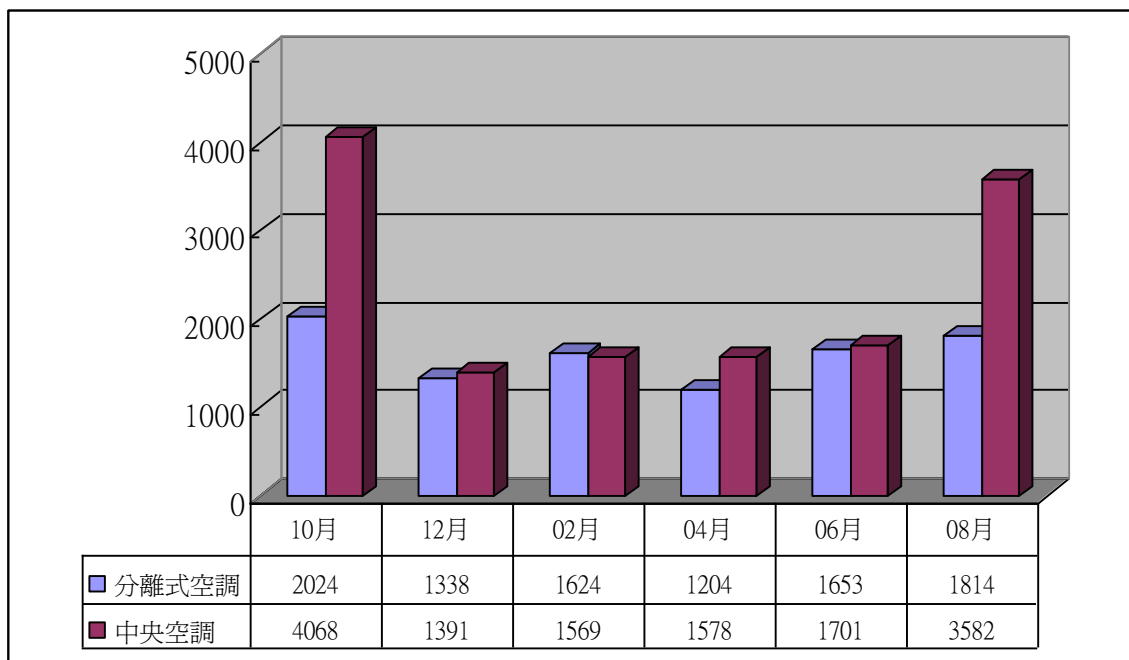
(三) 氣冷式小型冰水主機系統

就某些屬大坪數之集合住宅而言，民眾可能會考慮採用氣冷式小型冰水主機中央空調系統或一對多分離式冷氣系統。不論是採用何種系統，由節能觀點，主機效率和是否具有多段或無段之降載功能，是首要考慮之條件。由於住宅各空間同時使用空調之機會不大，因此壓縮機實際上發揮最大冷凍能力運轉的時間不多，故採用小型中央空調系統時應考慮各房間需具有獨立之溫控開關，且壓縮機及其他附屬設備應能適時降載運轉或停止不必要之啟動。具有變頻功能之壓縮機及送風馬達，是採用中央空調系統之大坪數集合住宅的首選。

台中某住戶原使用不具有多段降載功能之氣冷式小型冰水主機中央空調系統，因該住戶所有房間皆同時使用空調的機會不多，故空調熱負荷不大，使得壓縮機時常處在起起停停的狀況；另一方面，雖然空調熱負荷不大，只要有任一空間需空調，則送風及送水系統亦必須啟動，故整體空調系統運轉效率極低。後來改採各房間可獨立控制之分離式空調後，電費由原本兩個月 3,582 度電，降為 1,814 度電，降幅高達 50%，如表 5.2-2 所示。由本案

例可知局部空調、空間分段使用、具有多段降載功能之空調系統的節能效果顯著。

表 5.2-2 某住戶空調系統改善前後之電費比較



(四)如何安裝冷氣機

- 1.冷氣機應裝在通風良好，不受日光直射的地方，或者裝配遮陽棚。一般窗型機及分離式室外機常見之安裝缺失是散熱管排之通風口太靠近牆壁或多台室外機密集並列，缺乏足夠之散熱通風空間，如圖 5.2-1 和圖 5.2-2 所示。若冷氣機散熱通風空間不足，造成每 1°C 之散熱溫度提升，約增加耗電 2.5~3%，不可不慎。圖 5.2-3 所示之室外機安裝方式是兼具美觀與節能之典範。
- 2.冷氣吹出口以人身高度為宜，室外部份離地面至少 75 公分，以免塵土揚入，污染散熱片，增加耗電量。

3. 室外熱氣排出口在 50 公分以內應避免有阻礙物，冷氣機室內側回風吸入口與牆壁保持 50 公分以上，以提高冷氣機效率。
4. 冷氣機底盤應稍傾斜，以免積水。冷氣機安裝後，窗口週圍間隙宜完全密封，可減少噪音，並降低冷氣洩漏而節省電力。
5. 分離式冷氣機之室外機應儘可能接近室內機，其冷媒連接管宜在 10 公尺以內，並避免過多彎曲，否則會大幅降低冷氣機能源效率。



圖 5.2-1 冷氣機散熱通風空間不足之安裝



圖 5.2-2 室外機散熱通風空間不足且不美觀之安裝



圖 5.2-3 室外機散熱通風空間充足且美觀之安裝

(五) 如何使用冷氣機

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 6~10%。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. 冷氣房內避免使用高熱負載之用具，如熨斗、火鍋、炊具等。停用冷氣前 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省電。

(六) 如何保養冷氣機

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。

5.3 中央空調系統之節能技術

5.3.1 空調主機之節能方法

台灣地屬於海島型亞熱帶氣候區，氣候熱且濕，以台灣台北每月暖房及冷房度時統計圖為例，如圖 5.3-1 所示，可看出若建築無自然通之設計與應用，則全年幾乎皆須空調。冷房度時所代表之意義是當某一逐時外氣溫大於 26°C 時，將該逐時外氣溫與 26°C 之溫差值予以累加，因此該月份之冷房度時愈大，代表所需空調耗能愈高。由圖 5.3-1 可看出全年空調負荷尖離峰變化極為明顯，基本上冰水主機全年各種部分負載之運轉時數統計大約如圖 5.3-2 所示，主機 100% 全載運轉時數所佔比例極小，大部分時間處於 50~70% 之部分負載之運轉。

冰水主機耗能在中央空調系統之中佔有相當大的比例，除了冰水主機在 100% 全載運轉時應具有高效率性能外，更必須確保主機可長期間在 50~75% 部分負載率的條件下進行運轉，並且皆能維持在高效率標準，以獲得最佳之節能效果。因此，冰水主機的節能方式如下：

- 1.應採用效率至少高於表 5.3-1 所示經濟部能源局公告之高效率主機，以減少耗電。

- 2.考慮選擇有變頻控制轉速功能之離心主機，而非使用傳統改變進口導流葉片角度來配合負載的方式，或選擇可長期間在 25~75%部分負載率的條件下進行高效率運轉的空調主機，以增加部份負載時的效率。
- 3.應同時考慮其滿載時之效率和部份負載的運轉效率，其滿載效率 COP 與部分負載效率 IPLV (Integrated Part Load Value, IPLV) 最低標準值，請參考表 5.3-2 美國冷凍空調工程師學會所建議之標準(ASHRAE 90.1)。
- 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。冷凝溫度每降低 1°C，主機效率可提升 2.5~3%。如圖 5.3-3 所示可變轉速以調變冷凍能力以及允許低冷凝溫度之空調主機，每冷凍噸所需電力(kW/RT)極低，可達極高之運轉效率。
- 5.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，如圖 5.3-4。
- 6.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。
- 7.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 5.3-5 所示。

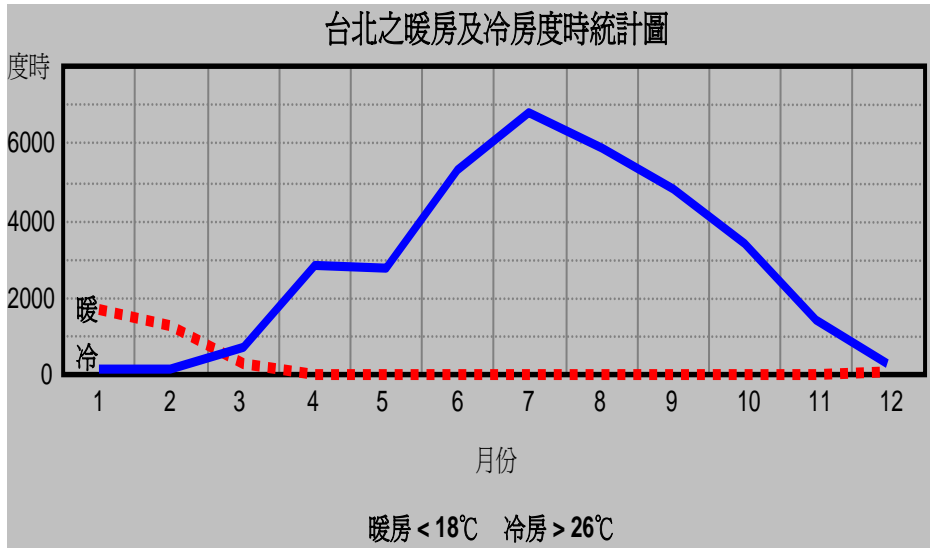


圖 5.3-1 台北每月暖房及冷房度時統計圖

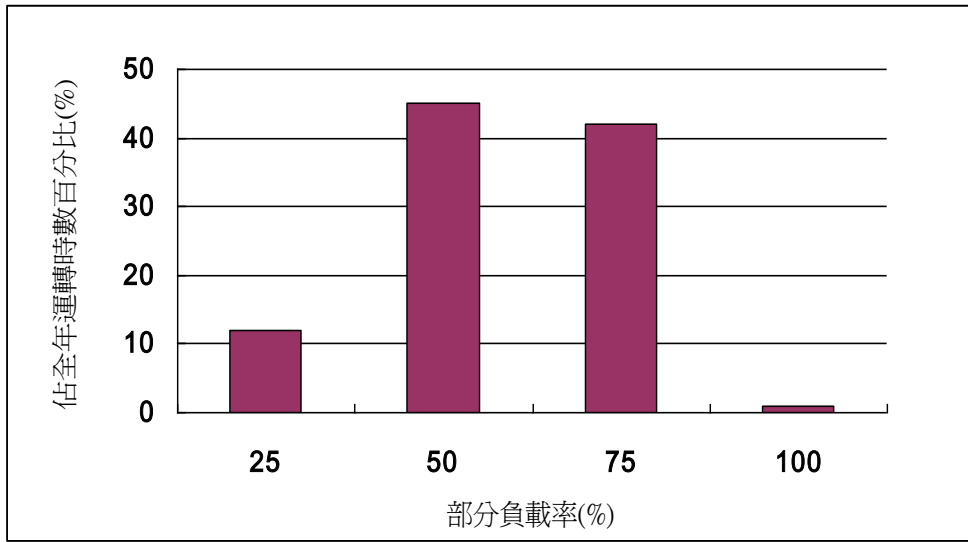


圖 5.3-2 冰水主機全年各種部分負載之運轉時數統計

表 5.3-1 經濟部能源局公告之空調系統冰水主機能源效率標準

執行階段		第一階段			第二階段			
實施日期		民國九十二年一月一日			民國九十四年一月一日			
型	式	冷卻能力 等級	能源效率 比值 (EER) kcal/h-W	性能係數 (COP)	kW/RT	能源效率 比值 (EER) kcal/h-W	性能係數 (COP)	kW/RT
			水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.5	4.07	0.863
≥150RT ≤500RT	3.6	4.19			0.839	4.21	4.9	0.717
>500RT	4	4.65			0.756	4.73	5.5	0.639
離心式 壓縮機	<150RT	4.3		5	0.703	4.3	5	0.703
	≥150RT <300RT	4.77		5.55	0.633	4.77	5.55	0.633
	≥300RT	4.77		5.55	0.633	5.25	6.1	0.576
冷氣式	全機種	2.4	2.79	1.259	2.4	2.79	1.259	

表 5.3-2 冰水主機滿載效率 COP 與部分負載效率 IPLV 最低標準值

型		式		冷卻能力等級	全載性能係數 (COP)	部分負載效率 IPLV
水冷式	容積式 壓縮機	<528kW			4.45	4.50
		≥528kW ≤1055kW			4.90	4.95
		>1055kW			5.50	5.60
	離心式 壓縮機	<528kW			5.00	5.00
		≥528kW ≤1055kW			5.55	5.55
		<528kW			6.10	6.10
冷氣式	全機種			2.80	2.80	

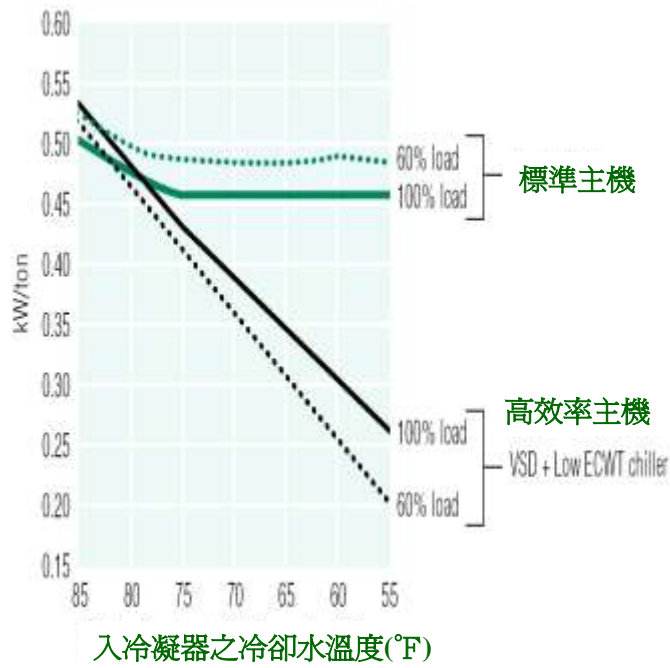


圖 5.3-3 可變轉速及允許低冷凝溫度之空調主機與標準主機效率之比較

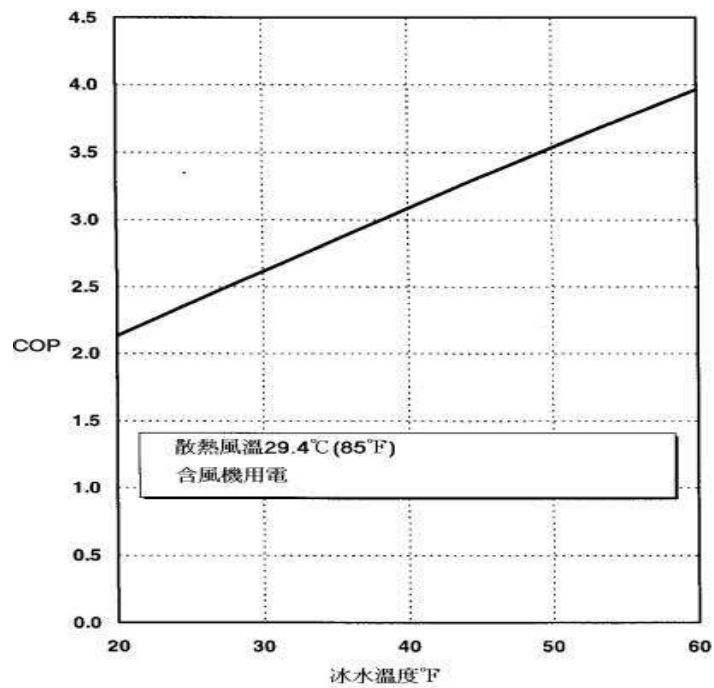


圖 5.3-4 氣冷式主機效率與冰水溫度之關係

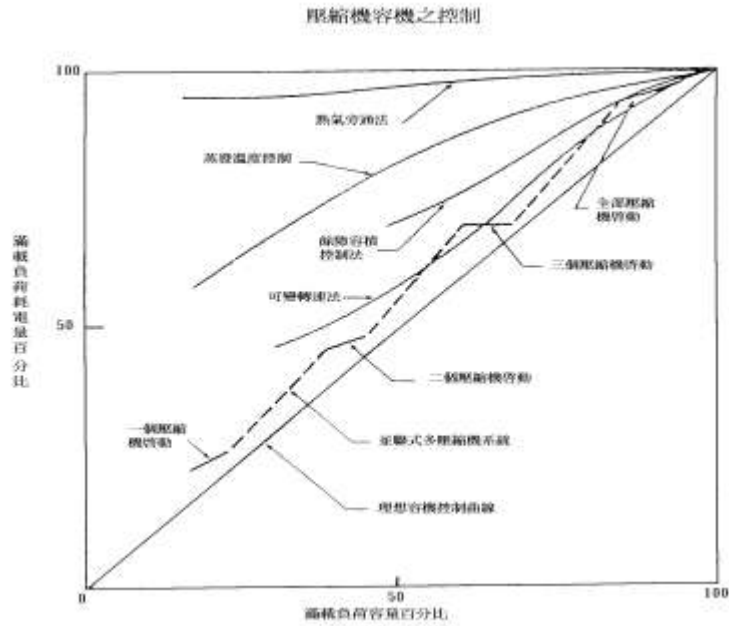


圖 5.3-5 適當空調容量控制減少空調耗能

5.3.2 空調搬運系統之功能

空調搬運系統為空調系統不可或缺之一部份，如圖 5.3-6 為空調系統之搬運系統之示意圖(中技社，2003)。其主要功能為：

1. 將低溫冷媒或冰水搬運到製造冷空氣之處(設備)。
2. 將冷空氣搬運到需要冷氣之處。
3. 將外氣(新鮮風)搬運到需要之處。
4. 將室內較污濁之空氣排放到室外。
5. 將空調主機(冷熱源)所產生之熱量排放到室外。

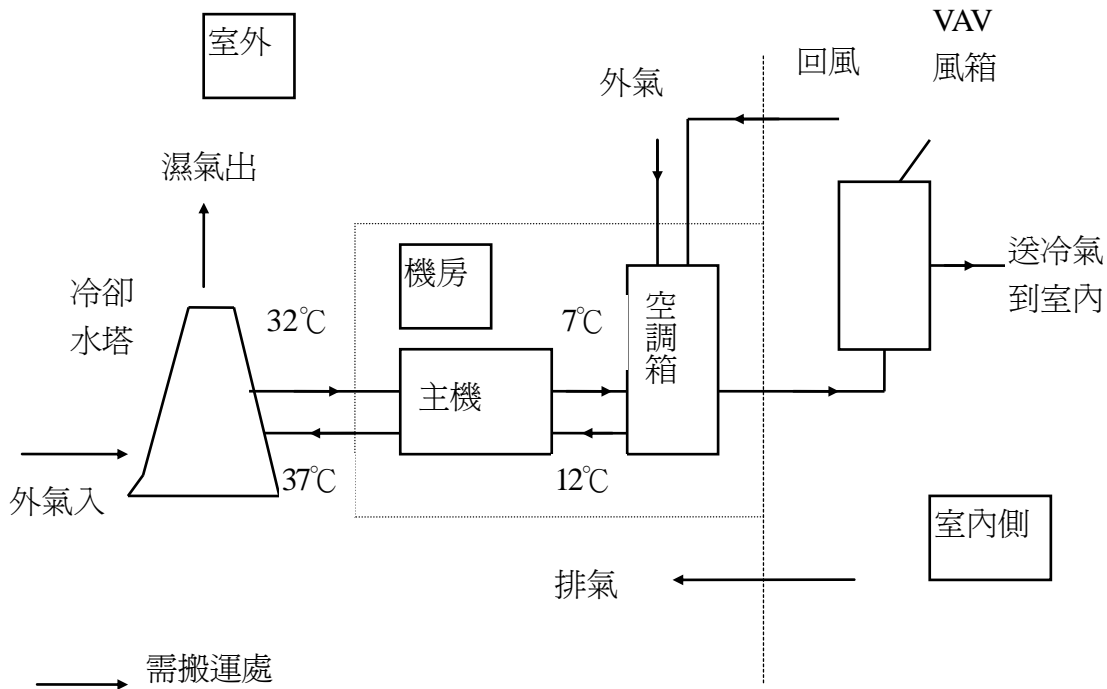


圖 5.3-6 空調系統之搬運系統

5.3.3 送風系統節能計畫

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，其裝置之電力可達空調總裝置電力之 25%，但是，因其運轉時間長，故其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，其一為風機盤管型，如圖 5.3-7。(中技社，2003)

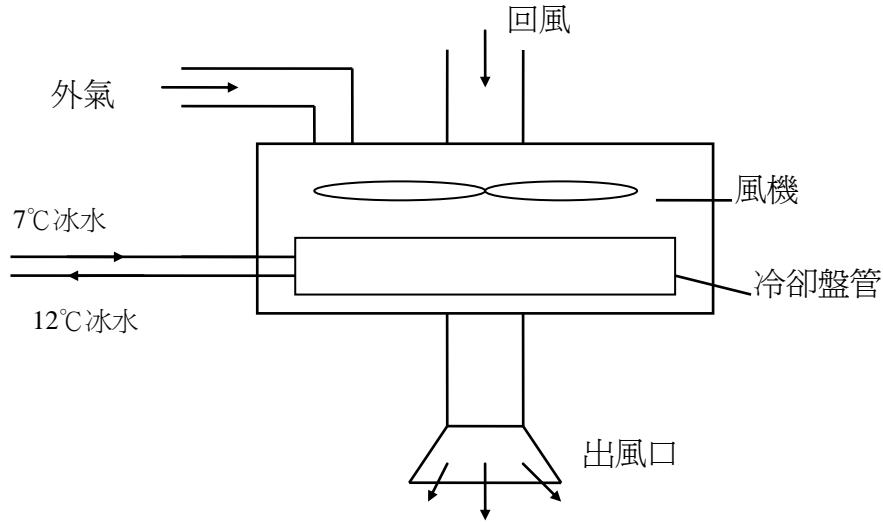


圖 5.3-7 風機盤管內主要有一個風機和一個盤管

如上圖 5.3-7 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。對風機盤管而言，其節約能源之潛力有兩方面：

1. 依需要或用溫度來調節冰水量，以節約水泵之耗能。
2. 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，節約能源，但筆者在一項研究中發現馬達之控制未如理想，無法達到有效及節能變速之目的。為了節能，馬達可裝置無段變速控制，最佳為 30-100% 風量之控制，如此不但可節約能源，並可增加空調之溫度及舒適度控制效果。

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：

- 1.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。
- 2.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。

如前所述，單以控制冰水流量無法有效節約能源，而送風之相當全負載時間幾乎是冰水主機之兩倍，如能將之送風量減少，與主機容量配合就可減少一半以上之送風耗能，即所謂之可變風量(Variable Air Volume, VAV)系統。

以下說明 VAV 系統之原理。VAV 系統流量的監控如圖 5.3-8 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 終端箱將風門開啟的範圍加大，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。

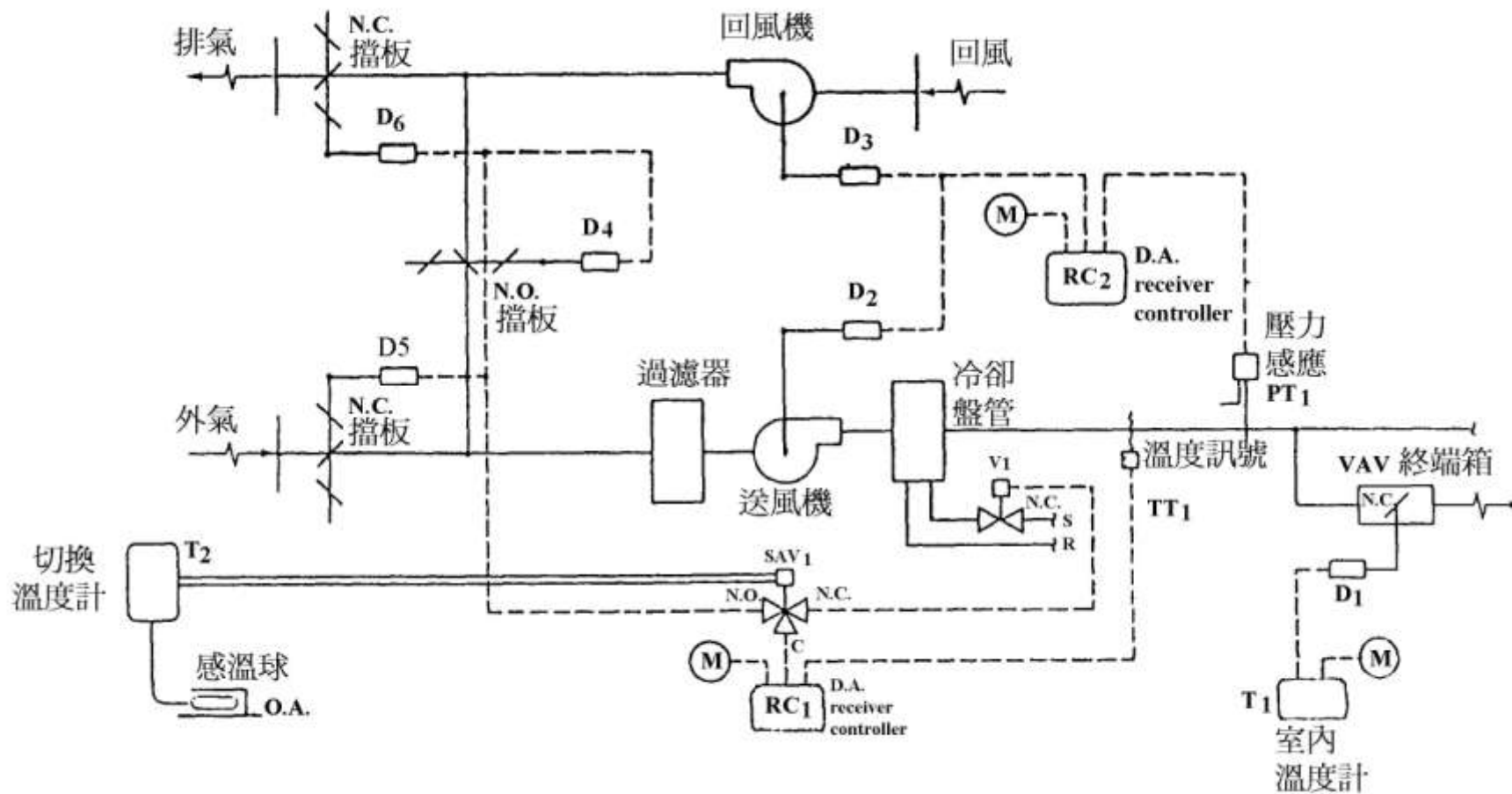


圖 5.3-8 VAV 空調系統之控制流程圖

VAV 終端箱之設計有多種類，以 VAV 的功能而言，可由圖 5.3-9 作簡略的說明，圖 5.3-10 為另一種設計，增加一風機以提高室內空氣之流動量。

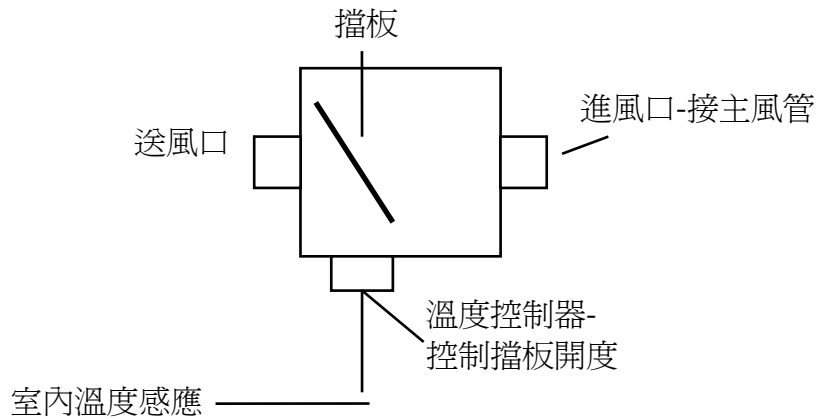


圖 5.3-9 VAV 終端箱之設計

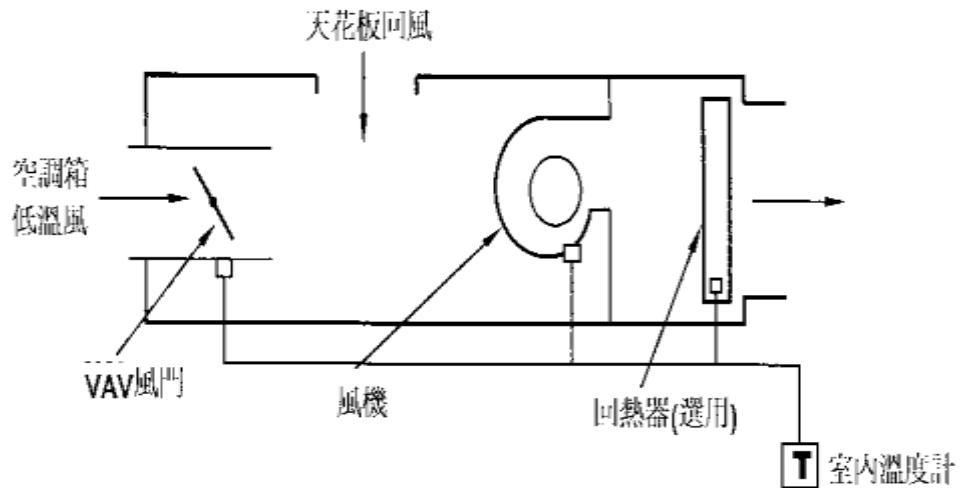


圖 5.3-10 以風機提升室內空氣流動量之 VAV 終端箱

其之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(muIti-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。但由於它的節能效果與較佳之空調品質，因此是一種較前瞻性的系統，在美國已是市場之主流之一。

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 12.6kcal/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。為了節約能源，美國 Ashrae(冷凍空調學會)在 1973 年訂定了 62 號標準，隨後在 1981 與 1989 年修定了 62 號標準，如後表 5.3-3。

對於有較大空調負荷之內週區，或內部空調負荷大之建築，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，其調節如圖 5.3-11，其可行性分析如下：

參考本文所附之濕空氣線圖，圖 5.3-12。

- 1.設室內之空氣為 22°C 60%，其之熱焓約為 48kJ/kg。
- 2.設室外之空氣為 16°C 70%，其之熱焓約為 38kJ/kg。
- 3.室內外之焓差約為 10kJ/kg。
- 4.1000m³/hr 外氣量可提供之冷氣為

$$1000 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1.2\text{kg}/\text{m}^3 \times 10\text{kJ}/\text{kg} = 12000 \text{ kJ}/\text{hr} = 3.3 \text{ kW}。$$

由上可見 1000 m³/hr(cmh)之外氣可提供之空調約一個冷凍噸 (~3.5kW)，故外氣冷房在有適當條件下是為可行，其之設計需考慮兩點：

- 1.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。
- 2.一般之外氣約佔總送風量之 20%，故送風管皆不大，若用外氣冷房則需將外氣管加大，才會有足夠之外氣。

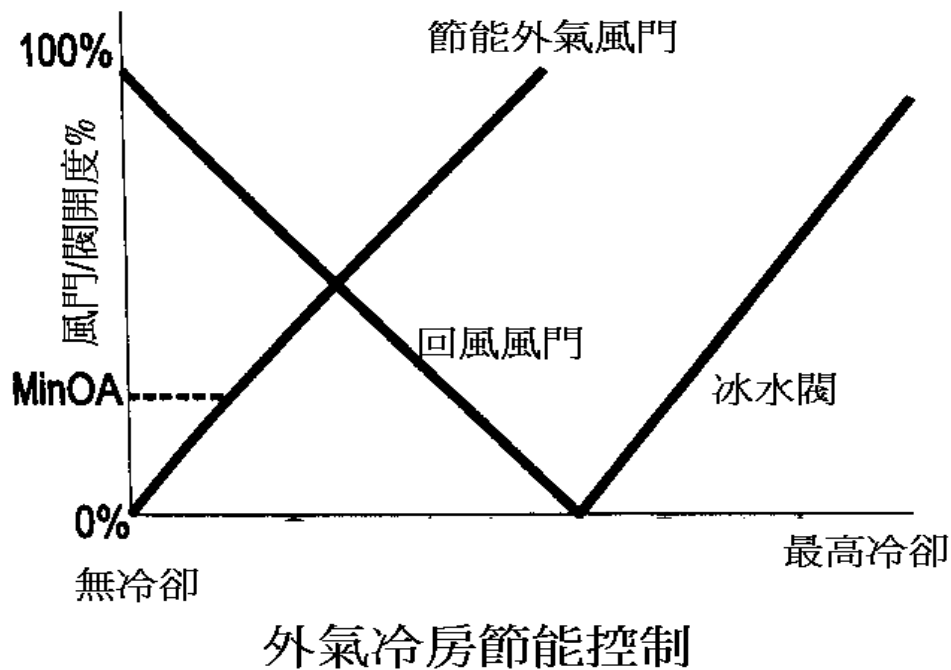


圖 5.3-11 外氣冷房之節能控制

表 5.3-3 ASHRAE 62 號標準外氣換氣量

場所	1973(cfm/人)		1981(cfm/人)		1989(cfm/人)
	最小	推薦	不吸菸	吸菸	最低外氣量
餐廳	10	15-20	7	35	20
酒吧雞尾酒廊	30	35-40	10	50	30
旅館會議室	20	25-30	7	35	20
辦公室	15	15-25	5	20	20
辦公會議室	25	30-40	7	35	20
零售店	7	10-15	5	25	0.2-0.3b
美容院	25	30-35	20	35	25
舞場	15	20-25	7	35	25
觀眾席	20	25-30	7	35	15
戲院大廳	5	5-10	7	35	15
後車室	15	20-25	7	35	15
教室	10	10-15	5	25	15
病房	10	15-20	7	35	25
住宅	5	7-10	10	10	0.35 ^c
吸菸室	-	-	-	-	60
註	a. 10 cfm = 5 L/s b. 本值單位為 cfm/sqft 地板面積 (1 cfm/sqft = 5 L/s sq m) c. 住宅通風換氣單位為：cfm/人(1973)，cfm/room(1981)，每小時換氣次數(1989)				

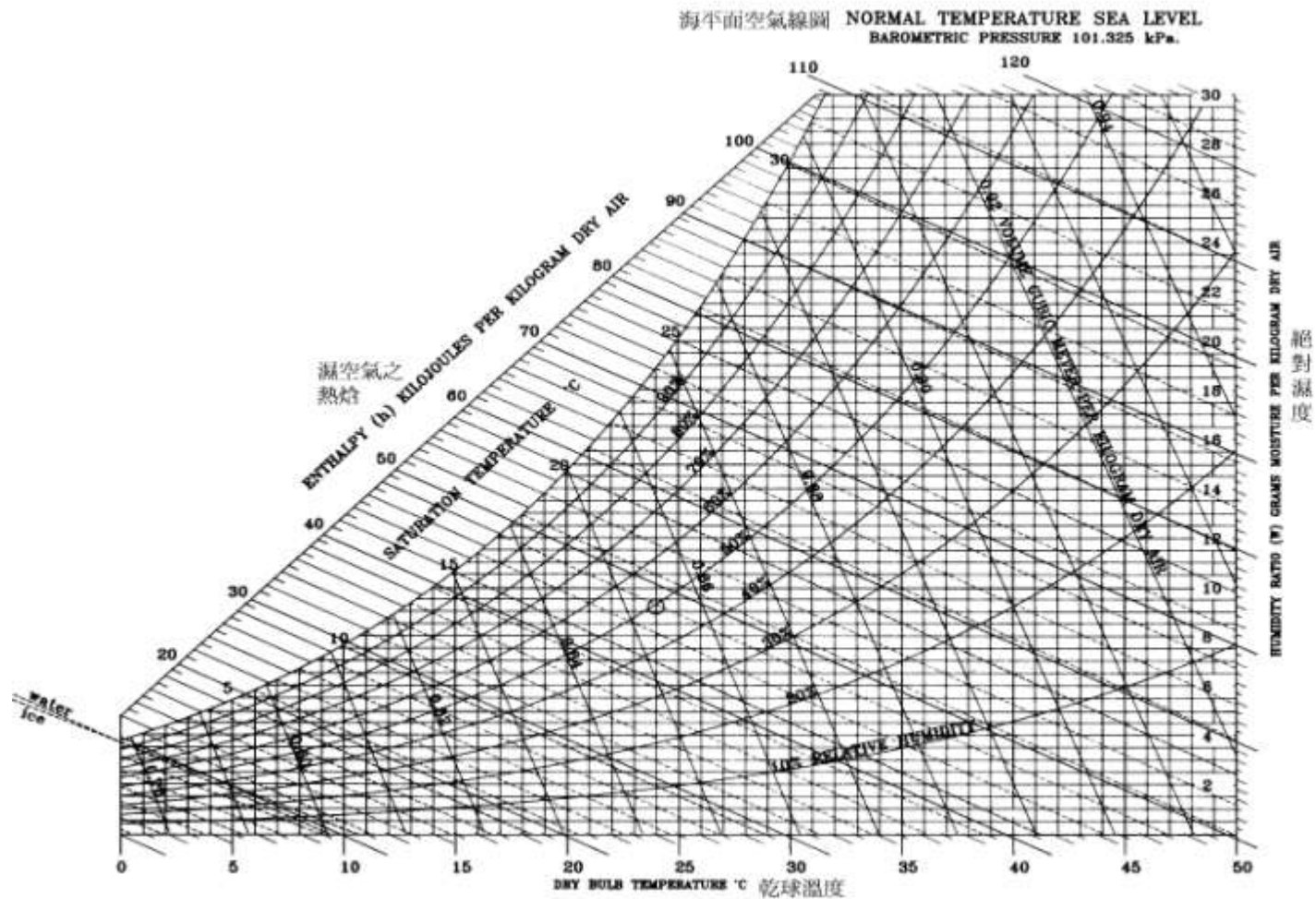


圖 5.3-12 海平面之濕空氣線圖

室內與室外之空氣有很大之熱焓差異，如圖 5.3-13 所示，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。圖 5.3-13 為一個熱回收之設計例子，用一個全熱交換器，使外氣進入室內前將其溼氣與熱吸收，使進入之外氣降溫降濕；排氣亦先流經全熱交換器，把濕氣與熱帶到室外。在 70% 之交換效率下，可將外氣之焓值自 20.6kcal/kg 降至 15.3kcal/kg，節約 70% 之外氣耗能。若排出之廢氣有影響室內空氣品質時，則勿使用全熱交換器，可使用一般熱交換器來節約能源。

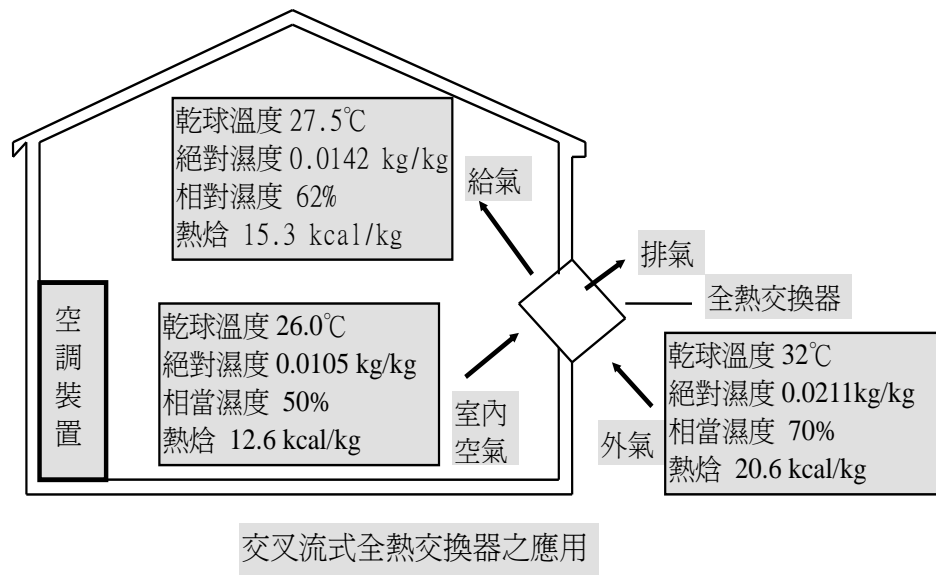


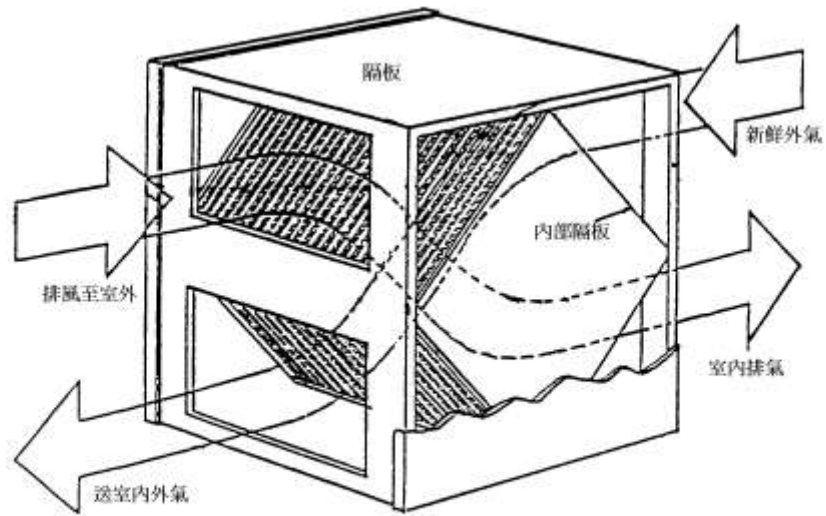
圖 5.3-13 用一個全熱交換器，使外氣進入室內前降溫降濕

所謂全熱即是以熱焓計算之熱值，或為顯熱(溫度變化)與潛熱(濕度變化)之總和。而全熱交換器即為焓之交換器，除了顯熱交換之功能外，其並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。

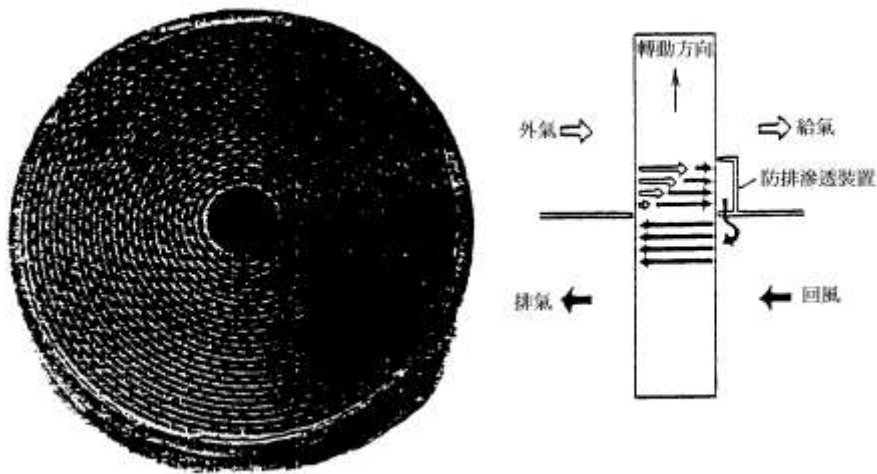
如圖 5.3-14 所示，全熱交換器基本上有兩種，一為靜態之交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

- 1.靜態交叉流式之全熱交換器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。這種設備本身不須有動力，維護簡單，為其主要優點。
- 2.轉輪式顧名思義，需用一個小馬達造成這種蜂巢輪之轉動，蜂巢內為無數平行之小通道，形成很大的交換面積。轉輪上需有裝置將之分成兩側，外氣流經一側，其之熱量與濕氣有一部份被吸收在轉輪裡，已達飽和之部份持續的轉到另一側。較低溫及低濕之排氣流經另一側，將熱量與濕汽自轉輪帶走，達到吸熱吸濕能力再生之效果。轉輪式之優點為交換效率高，適用於較大型或外氣集中處理之系統如用於中央空調之空調箱。

全熱交換器可與小型空調系統配合使用，圖 5.3-15 及圖 5.3-16 為其應用安裝之例子，可以達到省能又維持高新鮮空氣之目的。(中技社，2003)



靜態交叉流式全熱交換器



轉輪式全熱交換器

圖 5.3-14 兩種全熱交換器，靜態交叉流式與轉輪式

全熱交換器之應用於小型空調系統

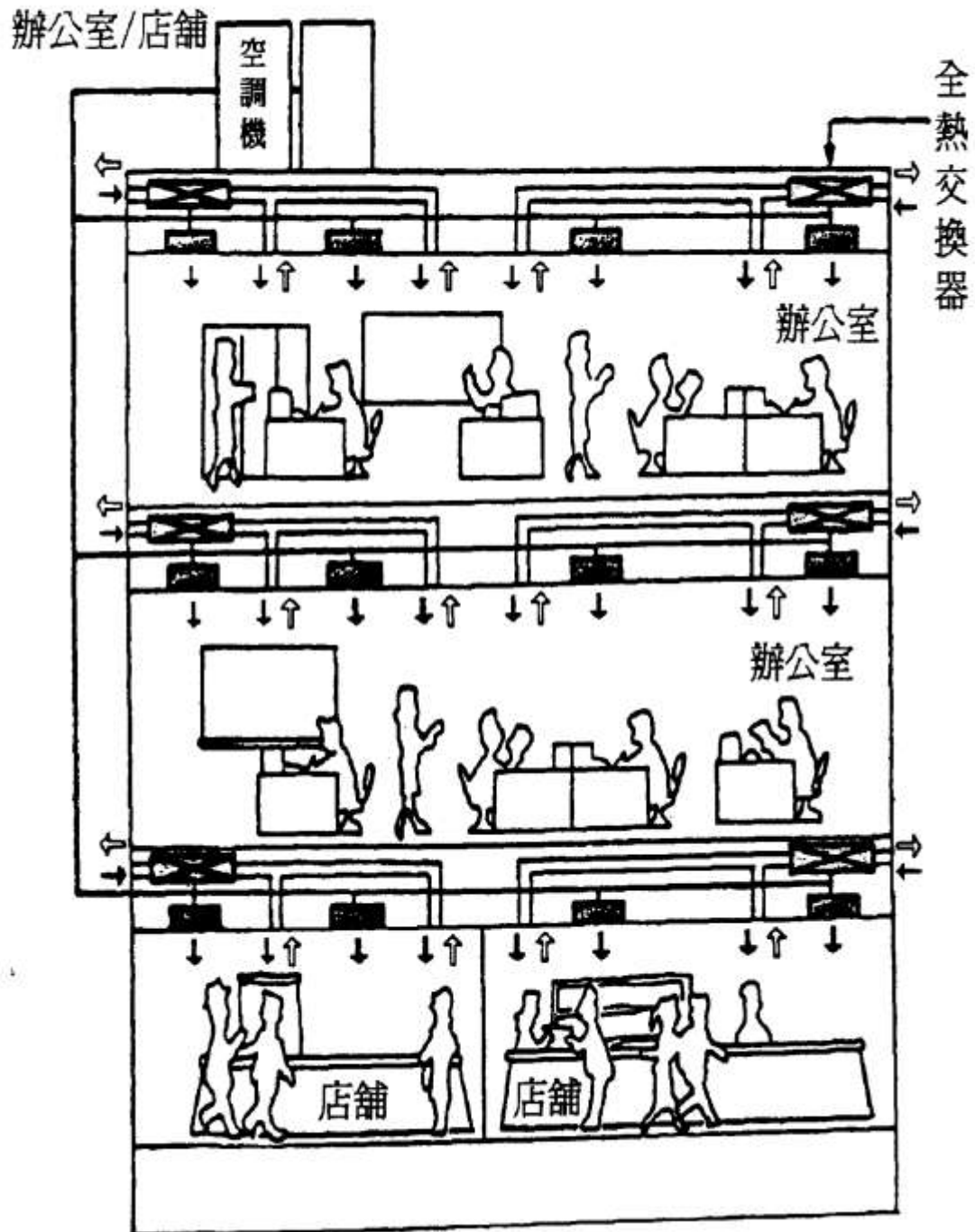
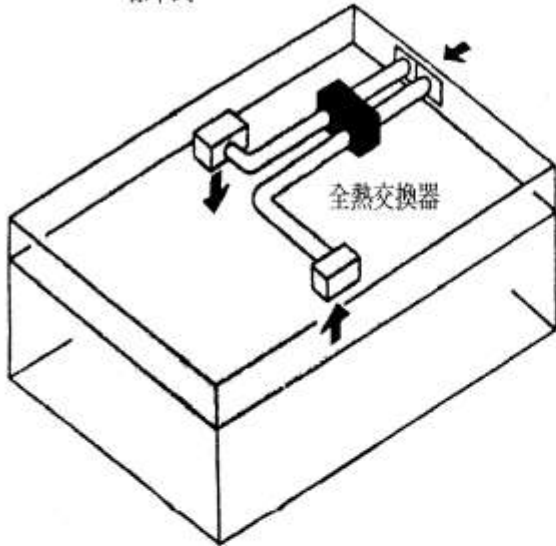


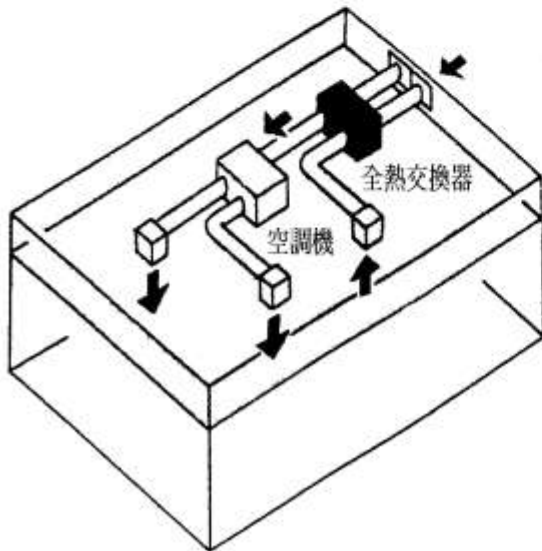
圖 5.3-15 全熱交換器可與小型空調系統配合使用

全熱交換器之 配置方法

• 標準式



• 間接式



• 直接式

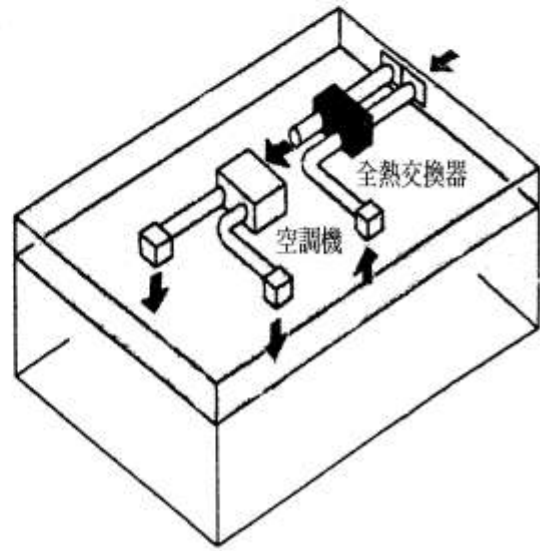


圖 5.3-16 全熱交換器安裝之例子

5.3.4 冰水側系統節能計畫

在冰水側系統運轉之節能方面，可參考以下之節能設計(中技社，2003)：

1.一般而言集合住宅之水側系統規模不大，但若集合住宅與商業大樓共用同一中大型中央空調系統時，需使用 P-S 系統 (Primary-Secondary System)時，應遵循以下三項原則：

(1).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。

(2).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。

(3).多台主機併聯時所有冰水機必須設定在相同的出水溫度，並且相同的冰水溫差。

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風機之熱交換器(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.送水系統節能計畫

送水系統如前所述，亦為耗能之部份，而其中負載側因管路長，為主要耗能之處，本文將對其之節能潛力作一探討。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)，如圖 5.3-17 所示，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，沒考慮到節能。

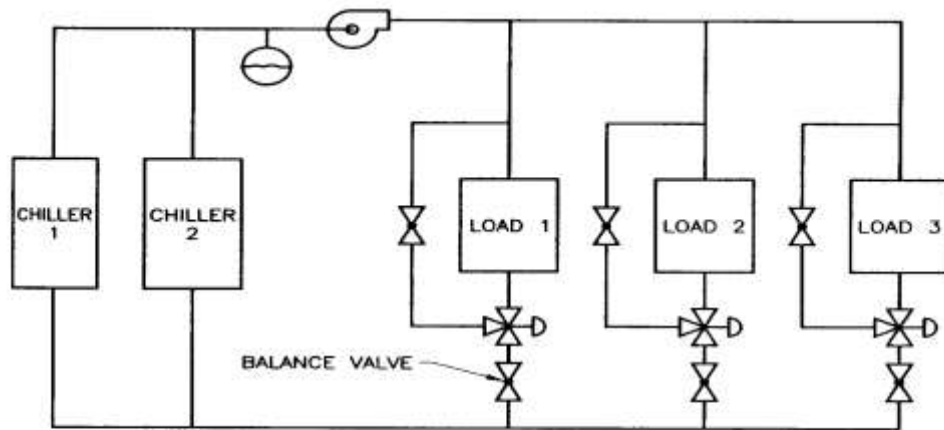
(2).變流量系統(VWV)

這是一種較新之系統設計觀念，如圖 5.3-17 所示，若集合住宅與商業大樓共用同一中大型中央空調系統，其將熱源(主機)與負載側之送水系統分開控制，其之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，各主機有一個泵負責送水(定量)，故其之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：

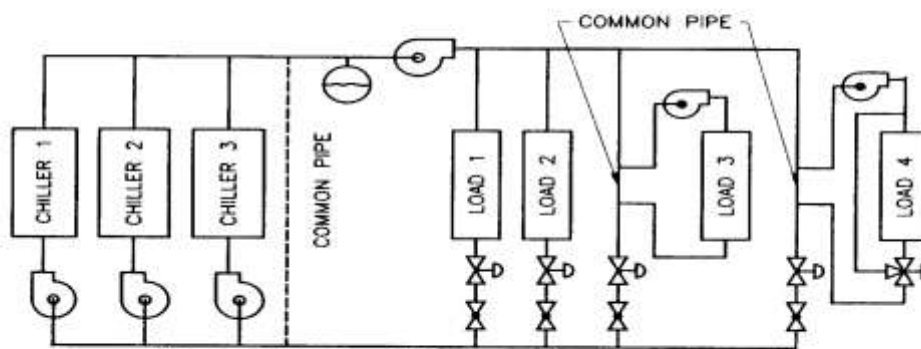
- A.可用水壓(或溫度)控制二次側之送水量，如負載低時減少開啟之數量，節約搬運耗能。
- B.負載處(如風機盤管)以二通閥控制流量，不需旁通管路，只送所需之冰水量至盤管，二通閥之開啟度依盤管之出水水溫而定，當閥關小時水流阻力加大，經控制系統使二次泵減少

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。與送風側 VAV 相同，VWV 有節約近一半水搬運之耗能之潛力。
- D.使用 VWV 系統時，空調箱或風機盤管應使用 2-Way 控制閥。



定流量冰水系統



變流量冰水系統

圖 5.3-17 定流量與變流量送水系統之比較

5.3.5 提升冷卻水塔的運轉效率

1. 多台冷卻水塔並聯運轉時，水量必須要能平均分配至各水塔。
2. 冷卻水塔的座落位置應留有足夠的空間，使得空氣得以自由地進入冷卻水塔；排出的濕熱空氣避免形成再循環而被抽回進風口。
3. 冷卻水塔並聯運轉，且冷卻水溫隨外氣濕球溫度重置(reset)。一般中大系統冰水主機台數偏多，使得冷卻水塔台數亦多，無法隨著空調負載及外氣條件變動而調整風扇耗電量。冷卻水溫度每降低 1.0℃，約可省電 1.5~2.0%，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，致使部分空氣走短路等。

5.減少冷卻水循環量，以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 IRT=10LPM)，而冷卻水量則是冰水量的 13 倍(亦即 IRT=13LPM)，這是以 5°C 之設計溫差為準之流量。一般冷卻水塔合理的趨近溫度(空氣濕球溫度與冷卻水塔出水溫度之差)為 3°C，設定溫度亦應以此為基準，可使冷卻水塔的散熱能力完全發揮，同時避免因趨近溫度過低而消耗太多的風車耗電。然而冷卻水溫不可以無限制地降低，最低設定溫度應諮詢冰水機製造廠的意見。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。

6.在冷卻水塔節省能源控制方面，有下列方法：

(1).以多組冷卻水塔並聯運轉，並由冷卻水送水溫度回餽至變頻器控制冷卻水塔風車轉速，如圖 5.3-18。

(2).備用水塔同時一起運轉。

(3).冷卻水塔在正常設計時多半會有備份。冷卻水塔的散熱能力在其他條件固定的情形下與風扇風量大約呈正比關係，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風量可以減少。因此根據風車定律每一水塔的風車耗電量也會隨風量的三次方減少，達到節能之目的，如圖 5.3-19 所示。

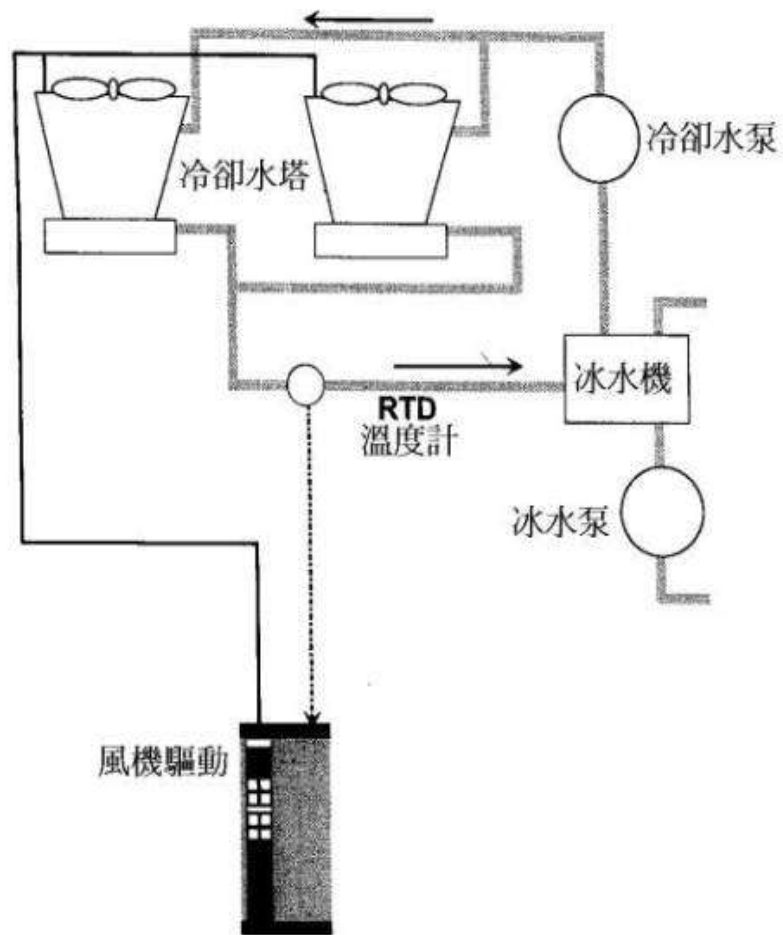


圖 5.3-18 單變頻驅動冷卻水塔系統

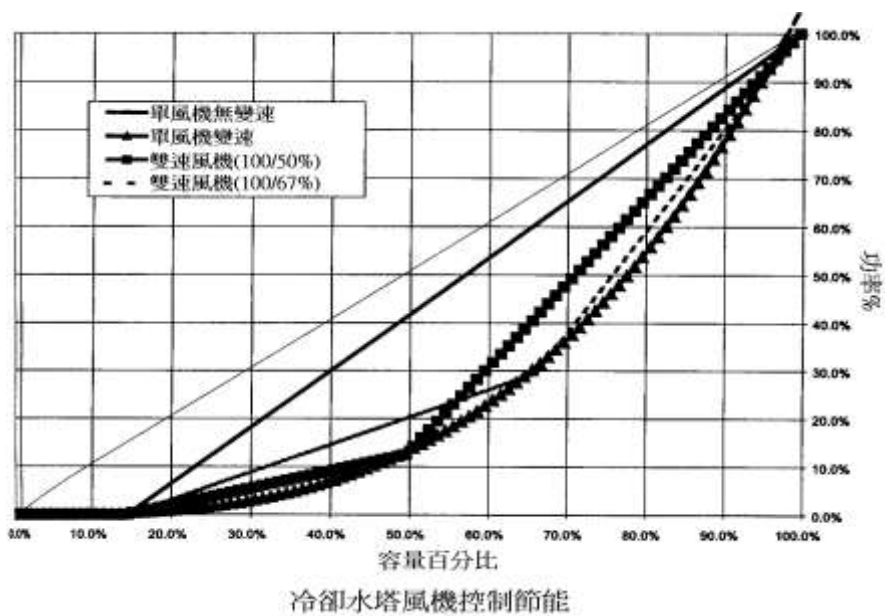


圖 5.3-19 冷卻水塔風機控制節能

5.3.6 冷卻水塔安裝位置

冷卻水塔的座落位置應注意如圖 5.3-20 (a)~5.3-20 (c)所示之正確與錯誤安裝範例。(中技社，2003)

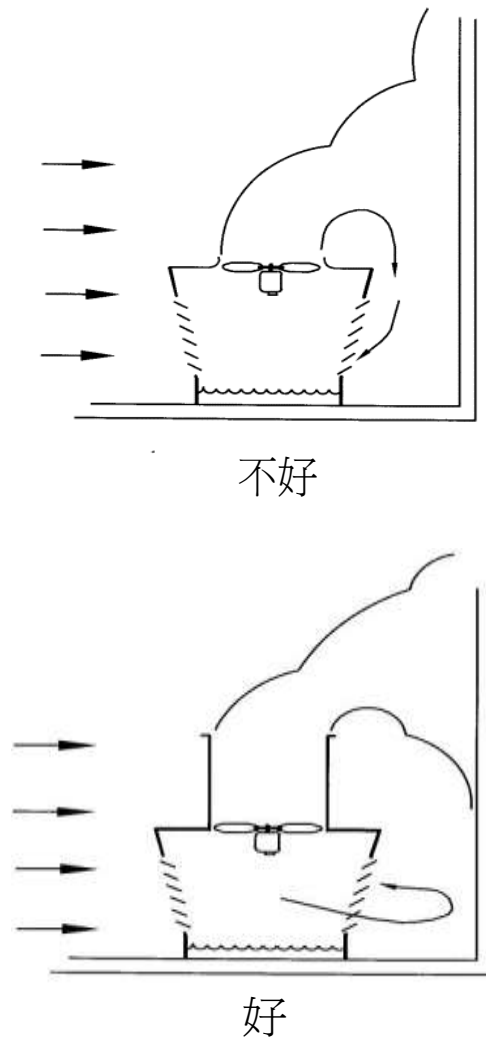


圖 5.3-20 (a) 提高排熱氣高度減少氣流短路

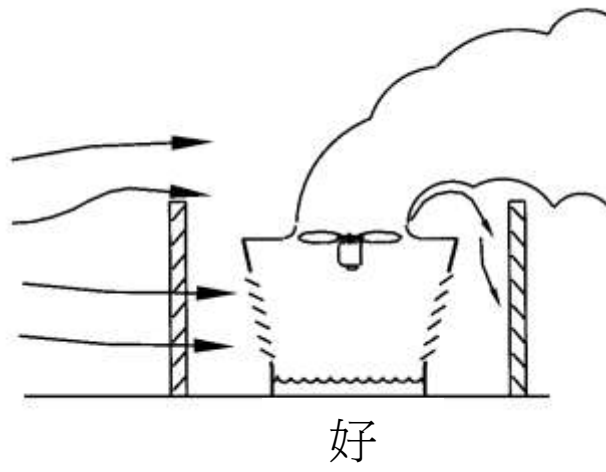
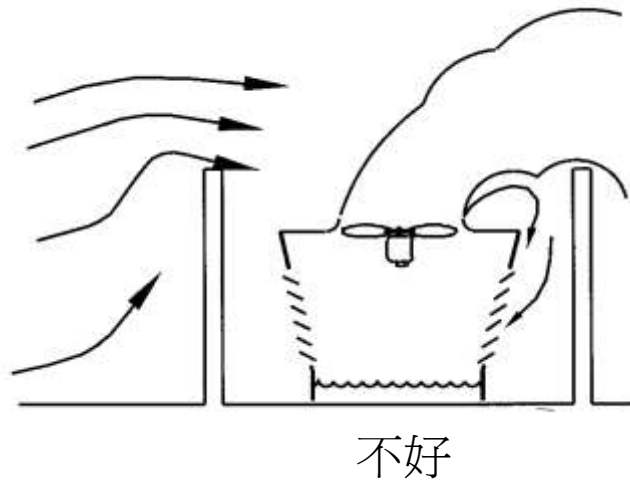
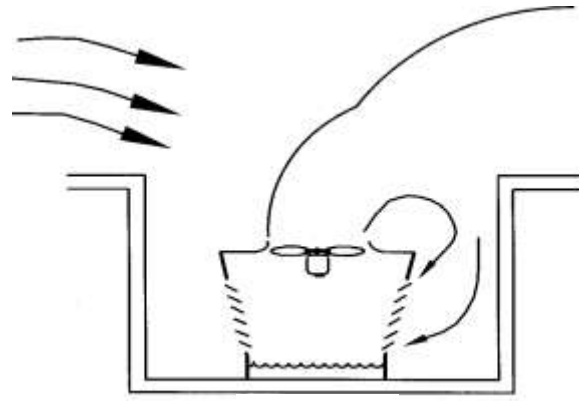
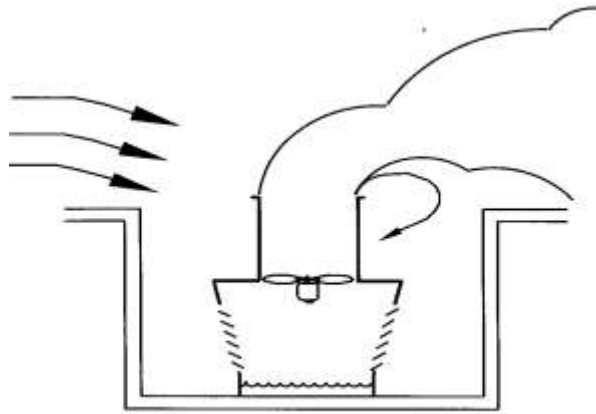


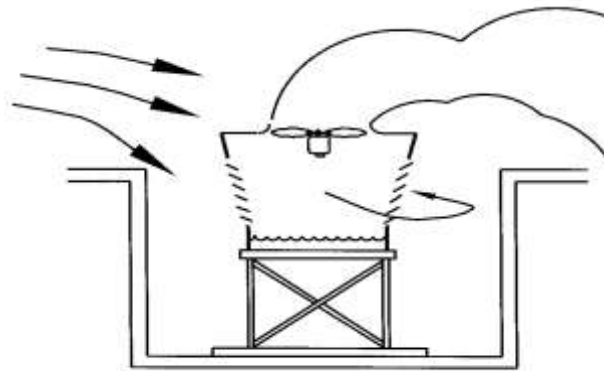
圖 5.3-20 (b) 避免進氣受阻



不好



好



好

圖 5.3-20 (c) 必要時墊高冷卻水塔，但要注意地震與颱風的影響

5.3.7 變頻與馬達效率

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 5.3-21，在送風量降至 50% 時耗電已降至 20% 以下。變頻器亦不宜過低負載，且低負載時小馬達效率降低，如圖 5.3-22。(中技社，2003)

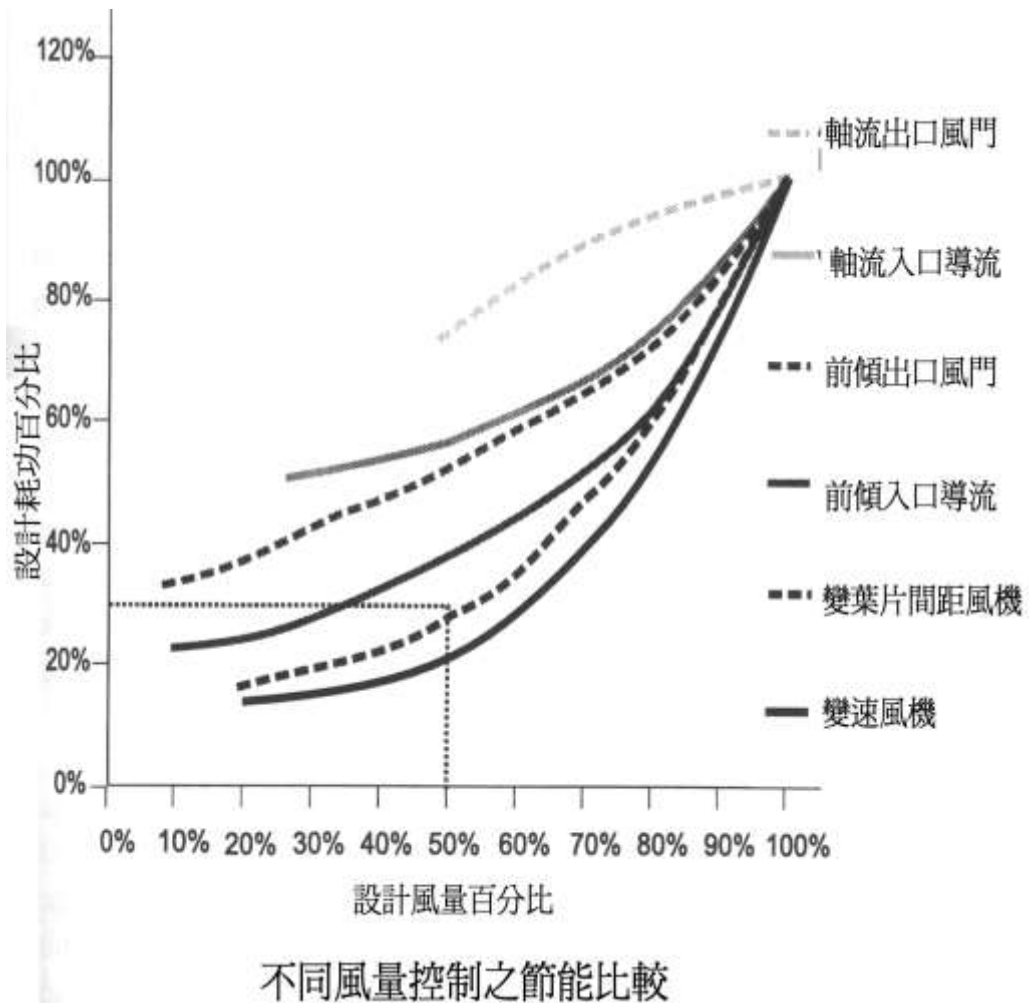
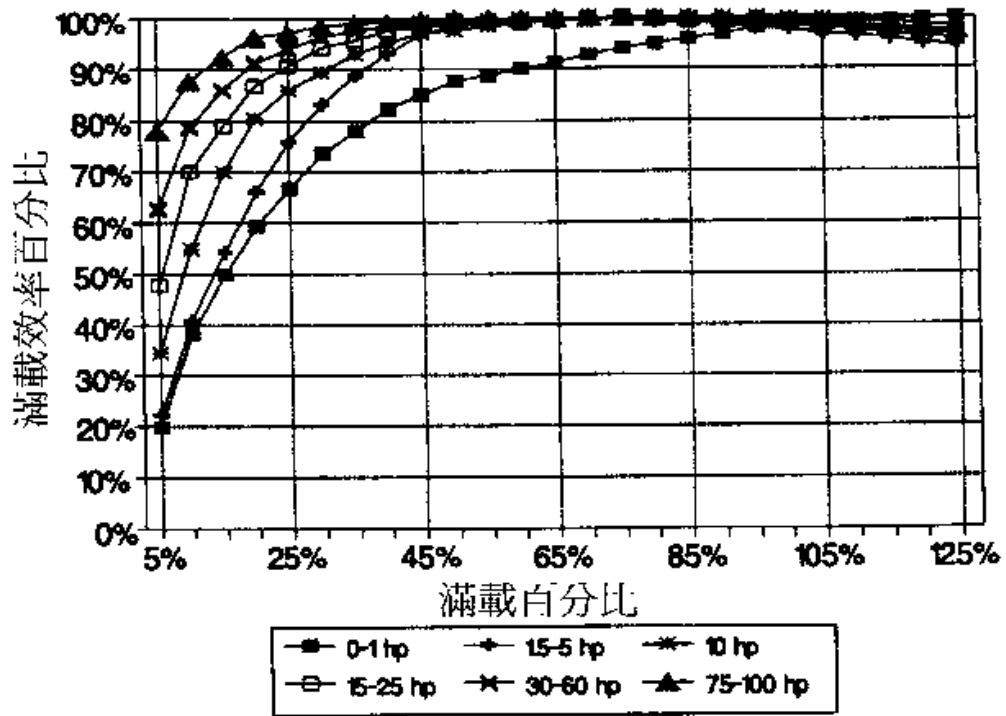


圖 5.3-21 不同風量控制之節能比較



U.S. Department of Energy

圖 5.3-22 低負載時小馬達效率降低

陸、電力與照明節能技術

6.1 電力系統

集合住宅電力系統規劃設計的好壞與供電後的調整，都將影響未來供電品質，也對未來設備運轉是否節能產生決定性之因素。因此針對節能有關之用電設備、配電系統、供電電壓、電壓變動率標準及線路壓降、供電電壓調整、契約容量訂定、抑低尖峰需量、功因改善等，說明如下：

6.1.1 用電設備

集合住宅能源主要使用類別為電力，大多為低壓需量用電，一般用電各戶設有分電表以收取流動電費，公共用電電費則按坪數分攤或直接由大樓管理費支出。公共設施主要用電設備相差不大，用電設備包含中央監控系統、空調、照明、排煙、給排水、電梯及保全系統等。

6.1.2 配電系統供電電壓

集合住宅用電設備平均用電需量約 200~300kW，大都採台電以 380V 供電，為低壓需量用電戶，經變壓器降壓至三相四線 220/380V 或單相三線 110/220V 供電為主，如圖 6.1-1 所示。基於未來可進行方便之能源管理與診斷，建議將配電盤分為：空調主機(380V)、電梯及其他動力(220/380V)、照明、插座(110/220V)等四盤供電，另外加上功因盤自動功率因數調整器(APFR)，以收降低導線電流及壓降的優點。

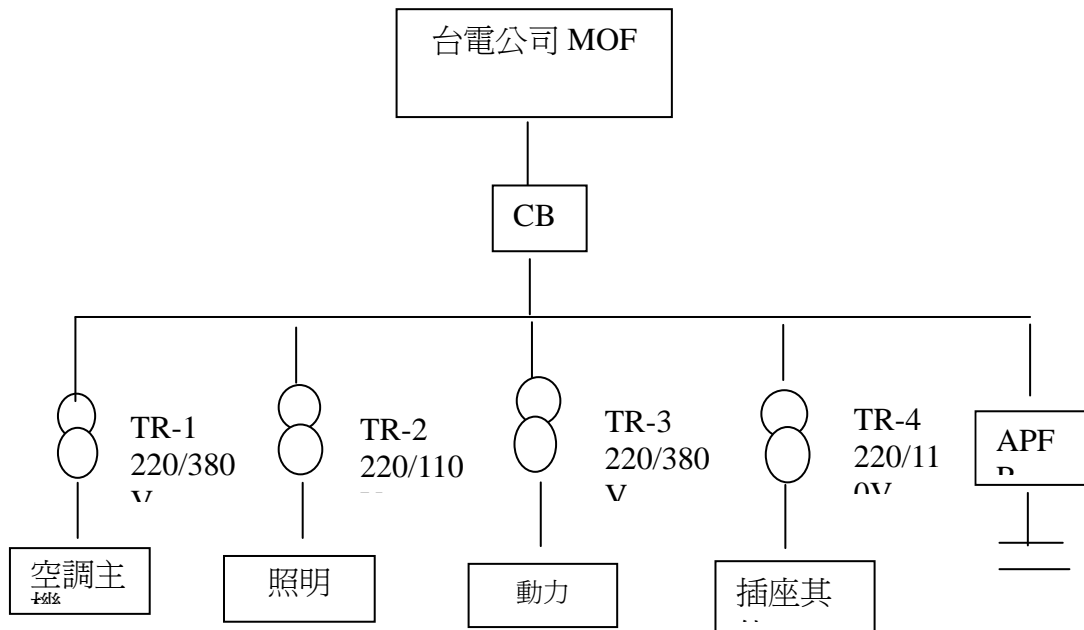


圖 6.1-1 一般集合住宅的配電示意單線圖

6.1.3 電壓變動率標準及線路壓降

依我國屋內線路裝置規則第九條要求，「供應電燈、電力、電熱或該等混合負載之低壓分路，其壓降不得超過該分路標稱電壓之 3%，分路前尚有幹線者，幹線壓降不得超過 2%。」(幹線 < 2% + 分路 < 3% = < 5%)。為節約能源起見，宜將線路壓降控制在 3% 以內(幹線 < 1%，分路 < 2%)。為因應電壓調整，良好的照明系統電壓管理目標值為：電壓變動值為額定的 ±5% 以內；頻率變動值為額定的 ±5%，見表 6.1-1 變動率標準。而一般電壓變動率對各機器之影響，如日光燈額定電壓 220V，供電電壓降至 210V，耗電將降低 1.5%，但流明數也將降低，故一般照明設備在額定供電電壓下照明效率最高。

表 6.1-1 壓變動率標準

機 器	容許電壓變動	備 註
交流發電機 同步調相機	±5%	於額定頻率及功率因數下。
交流電動機	±10%	如電壓、頻率同時變動時，應在電壓±10%，頻率±5%範圍內，而且其二種變動%之絕對值之和應在 10% 以下。
變 壓 器	±5%	於額定頻率及功率因數下。
電 容 器	±10%	於額定頻率下。
日 光 燈	±6%	
白 熾 燈	±6%	

6.1.4 契約容量訂定與抑低尖峰需量

(一)契約容量與時間、季節電價之意義

台電為反映尖峰、半尖峰、離峰時間供電成本之差異，故而分別就尖、半尖、離峰時間訂定不同之費率，以引導用戶調整作業時間或設置負載管理設備等方式，達到移轉尖峰時間用電，充分利用離峰電力之目的。所謂「季節電價」(Seasonal Rate)係反映不同季節供電成本差異的一種電價制度，主要目的在於引導用戶抑低夏季尖峰用電，降低供電成本，進而維持低廉的電價水準。乃於民國 78 年起開始實施季節電價，該項季節電價規劃時，係在維持台電公司全年電費收入相同水準下，適度調升供電成本較高的夏月 4 個月電價，並同時調降供電成本較低的非夏月 8 個月電價，民眾可以利用各項節約用電措施降低夏月用電所佔比例，而有效減少全年電費支出。

時間電價可分為下列三種：

- 1.二段式時間電價：尖峰時間（三段式時間電價尖峰與半尖峰時數之

和)、週六半尖峰時間與離峰時間。

2.三段式時間電價：尖峰固定時間、半尖峰時間、週六半尖峰時間與離峰時間。

3.尖峰時間可變動之時間電價：可變動尖峰時間（台電公司指定日之尖峰時間）、週六半尖峰時間、離峰時間與半尖峰時間（尖峰可變動時間、週六半尖峰時間與離峰以外之時間）；尖峰時間可變動與尖峰固定時間電價二者尖峰與半尖峰時數之和相等。

根據上述原則：高壓用戶每月應繳費用＝基本電費（元/每瓩每月×契約容量）＋流動電費（元/每度×用電度數）

以二段式電價為例：用戶須依夏月及非夏月與尖峰、週六半尖峰、離峰時間用電需量訂定契約容量，經常契約係依夏月尖峰時間用電需量訂定，如非夏月尖峰時間用電需量大於經常契約容量，則依其超出之部分另訂非夏月契約容量；如離峰時間或週六半尖峰時間用電需量大於經常契約容量與非夏月契約容量之和，則依其超出部分另訂離峰契約容量。關於經常契約容量、非夏月契約容量與離峰契約容量之關係，如圖 6.1-2 所示。

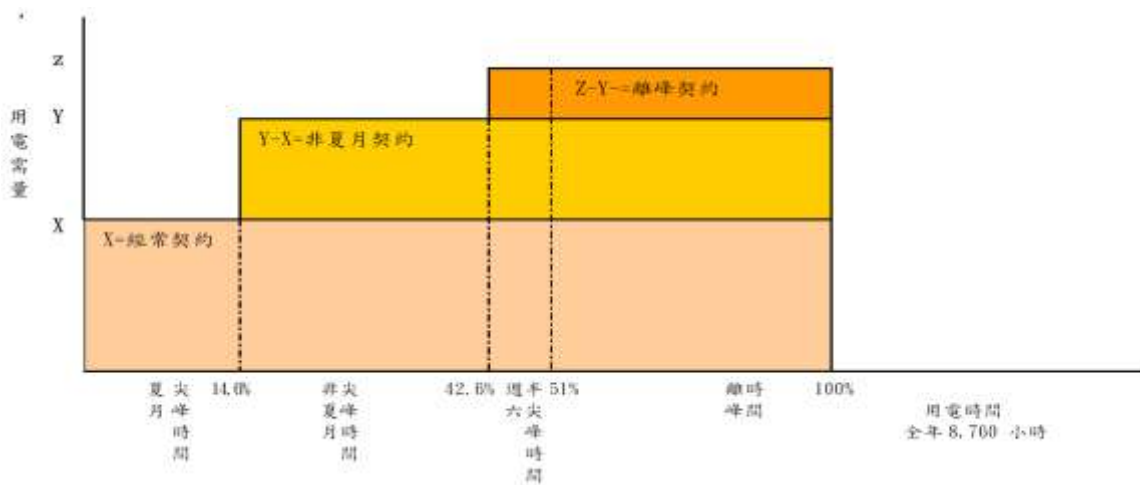


圖 6.1-2 契約容量與用電時間

以台電 92 年為計費標準，二段式電價之夏月每月基本電費為：

$$223.60 \text{ 元} \times \text{經常契約} + 44.70 \text{ 元} \times [\text{離峰契約} - (\text{經常契約} + \text{非夏月契約}) \times 0.5]$$

非夏月每月基本電費為：

$$166.90 \text{ 元} \times (\text{經常契約} + \text{非夏月契約}) + 33.30 \text{ 元} \times [\text{離峰契約} - (\text{經常契約} + \text{非夏月契約}) \times 0.5]$$

詳細之計算範例如表 6.1-2 示。

表 6.1-2 二段式電價計算範例

案例	經常契約(瓩)	非夏月契約(瓩)	離峰契約(瓩)	夏月每月基本電費(元)	非夏月每月基本電費(元)
一	100	0	0	$223.60 \times 100 = 22,360$	$166.90 \times 100 = 16,690$
二	0	100	0	0	$166.90 \times 100 = 16,690$
三	0	0	100	$44.70 \times 100 = 4,470$	$33.30 \times 100 = 3,330$
四	100	20	0	$223.60 \times 100 = 22,360$	$166.90 \times (100 + 20) = 20,028$
五	100	0	60	$223.60 \times 100 + 44.70 \times (60 - 50) = 22,807$	$166.90 \times 100 + 33.30 \times (60 - 50) = 17,023$
六	0	40	80	$44.70 \times (80 - 20) = 2,682$	$166.90 \times 40 + 33.30 \times (80 - 20) = 8,674$
七	100	20	90	$223.60 \times 100 + 44.70 \times (90 - 60) = 23,701$	$166.90 \times (100 + 20) + 33.30 \times (90 - 60) = 21,027$

(二)超約用電如何計收（以高壓供電為例）

1.計收原則

(1)用電最高需量超出契約容量時，其超出部分在契約容量 10% 以下部分按二倍計收基本電費，超出部分超過契約容量 10% 部分按三倍計收基本電費。

(2)各時間均超約用電，其超出部分不重複計算，即週六半尖峰、離峰時間超出瓩數應扣除尖峰時間超出瓩數後（負值免計），按上款標準計費。

2. 案例：經常契約 100 瓩，非夏月契約 20 瓩，離峰契約 10 瓩，超約基本電費如下：

用電月份	用電最高需量 (瓩)		超約部分基本電費 (元)
	尖峰時間	離峰時間	
七月	120	140	$223.60 \times (10 \times 2 + 10 \times 3) = 11,180$
八月	110	150	$223.60 \times (10 \times 2) + 44.70 \times (10 \times 2) = 5,366$
一月	135	140	$166.90 \times (12 \times 2 + 3 \times 3) = 5,508$
二月	130	160	$166.90 \times (10 \times 2) + 33.30 \times (13 \times 2 + 7 \times 3) = 4,903$

(三) 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.ctcietsc.org.tw)
- (2). 台電公司各地區營業處節約能源課(股)。
- (3). 台電公司網站 <http://www.taipower.com.tw>

(四) 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，以降低尖峰需量，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。

6.1.5 供電電壓調整

將照明及插座分路的電壓稍微降低，是可行的節約能源方案，事實上除垃圾冷凍冷藏庫及空調使用主機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。因此若集合住宅據實地量測照明回路，當電壓偏高額定電壓 5% 時，可選擇在電壓偏高之照明回路加裝電壓調整器(Voltage Regulator)，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。

6.1.6 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。

因此集合住宅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，損失也越小，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，卻未由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。

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。

6.1.7 其他設備的節能省電措施

雖然集合住宅可使用定時器，於上下班定時啟動停車場之抽排風扇，以改善供氣品質，但抽排風所需時間卻不易控制，且有時地下停車場亦提供給商務辦公客戶使用，停車場尖離峰之空氣明顯差異，但不易掌握其規律性，故可使用具有一氧化碳感測功能之抽排風扇自動控制器，將可節省電力並且確實改善供氣品質。

6.2 照明系統

現代社會之住宅型態功能趨於複雜，希望居家設計能滿足自動化與便利性、節能與綠色環保、家庭辦公室、休閒遊憩等多功能化空間。因此，集合住宅照明設計充滿極大挑戰性，除應考慮節約能源外，亦不宜忽略依功能設計適當照度及舒適性。本章節將介紹和集合住宅照明節能有關之節能設計觀念、自然晝光利用、人工照明光源、人工照明設計原則、燈具和建築照明設計元素，以及照明控制方式。

6.2.1 集合住宅照明節能設計觀念

關於集合住宅照明節能設計之一般建議則如下：

- 1.由於居室空間之活動可能包含休憩狀態、談話狀態、閱讀狀態或其他需精密辨識目標物之活動狀態，另一方面亦需考慮自然晝光之輔助照明，因此所有區域皆須有多層次照度控制之照明設計，可利用強弱開關、調光器、多燈泡、多段開關等達到節能之目的。
- 2.盡可能以較低照度之全般照明加重點照明為設計原則，某些較費眼力的工作區域應提供局部之工作照明，例如住宅廚房之食譜、菜單閱讀區或公共大廳之閱覽區。
- 3.某些加強集合住宅公共大廳或住家之室內重要景觀或藝術品展示效果之重點照明應有調光器及開關，以隨時調整所需亮度或啟閉。
- 4.戶外照明應設計定時器及輔以晝光感知器或附亮度檢知器，以自動控制照明之啟閉。
- 5.目前已有一種低電壓或無線電遙控之照明群集遠端遙控開關（如圖 6.2-1），特別適用於較大規模之集合住宅或舊有建築之照明節能改善。

6.自然採光設計，盡量利用晝光輔助室內照明，特別是白天時常有人活動之區域，例如廚房、客廳。

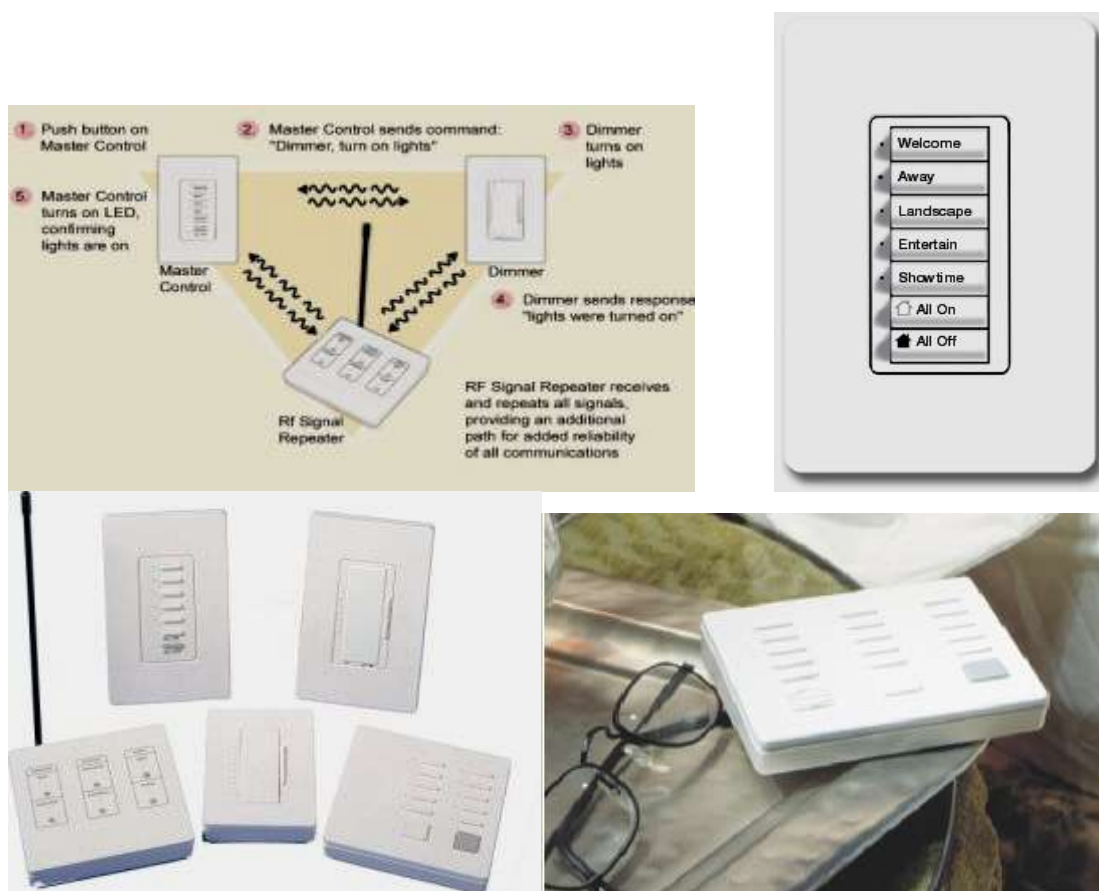


圖 6.2.1 具多種情境設定之照明群集遠端無線電遙控開關

6.2.2 集合住宅照明光源設計觀念

傳統上白熾鎢絲燈泡因具有使皮膚光彩美麗、低成本、體積小、可聚光、簡單、容易調光等特性，而廣為流傳使用。但若從節能觀點，事實上現代之最新照明光源已有很多具有和白熾鎢絲燈泡相同優點之燈泡，但卻照明效率更高、更為省電。以下將提供關於集合住宅照明光源選擇之參考原則：

- 1.日光燈照明效率高，廚房及其他工作區域可使用色溫度 3000~3500K 之日光燈，並不一定要使用線型燈管，可選用 PL 燈管或精

巧型螢光燈管。需注意所有日光燈之壽命皆會因開關次數增加而減短。

- 2.使用較高效率之精巧型螢光燈作為室內設計之嵌燈。
- 3.鹵鎢燈是白熾燈泡，照明效率極低，必須盡量避免使用，只能適用在重點加強照明或特殊場合，並且必須注意其所產生之高熱。
- 4.陰暗、需常期點燈之集合住宅大樓樓梯間、走廊應採用低功率(9~12W)、高照明效率及使用壽命長之 PL 燈管，以取代白熾燈泡。
- 5.照明開關時常啟閉、點燈時間短之儲藏室、衣櫥等空間，可考慮採用白熾燈泡。
- 6.兼具休閒及工作之多功能家庭辦公室，照明設計時應以最大之共同照度需求作為全室之基本照度，再針對各活動類型設計重點照明。
- 7.浴室應使用 3000~3500K 之日光燈作為全室之基本照明，並輔以使用時間短、低亮度之獨立白熾燈泡作為鏡子照明。
- 8.高強度氣體放電燈 (HID)，例如複金屬燈、高壓鈉燈，適合用於所有戶外照明。
- 9.盡可能以較低照度之全般照明加重點照明為設計原則，依表 6.2-1 所示之集合住宅各空間照度需求，設計照明燈具所需數量及適當之晝光利用，以避免浪費能源。可購買便宜、簡易型之照度計作為設計之檢討與調整。
- 10.晝光利用之方式可分為天窗採及牆面側窗採光，如圖 6.2-2，側面導光方式，室內均齊度較差。屋頂導光方式，室內均齊度均度良好，但室內易產生熱負荷。
- 11.在台灣濕熱地區之採光方向，應以向北方為佳。其開窗面不但不

易帶入太陽熱負荷，室內易得穩定的光源與照度要求。並應解決排水設置問題，以利排水。

12. 建築設計如能將太陽光導入室內，但不許也將太陽光熱量帶入室內，此方式則可有效降低室內所需的照明密度。此技術設計方向為三，一為開窗面與室外環境的相互界面的整合，二為利用室內裝修之反射率，三為室內天花板形狀基本要求。適當之晝光利用，可參考表 6.2-1 所示之集合住宅各空間自然採光所需設計之晝光因子。晝光因子之定義如下：

$$\text{晝光因子} = \frac{\text{室內某一高度點之照度}}{\text{無遮蔽之天空下同一高度點之照度}}$$

表 6.2-1 所需設計之晝光因子是以圖 6.2-3 所示的參考點作為判斷基準。利用房間牆面開窗以獲得足夠之自然採光所需設計的晝光因子，其開窗面積與房間尺寸和室內表面裝修材料光線反射率有關，簡單之評估方法可參考圖 6.2-4 (Stein, 2000)。

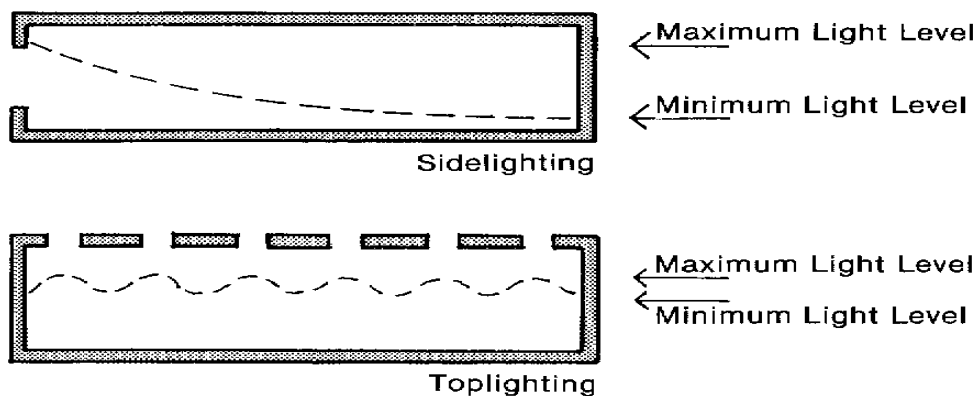


圖 6.2-2 晝光利用之方式可分為牆面側窗及天窗採光(Stein, 2000)

表 6.2-1 集合住宅照度及自然採光設計需求(Brown, 2001)

活動區域	平均照度 (Lux)	晝光因子 (Daylight Fctor, %)
談話及休憩	50~100	1.5~3.0
通道、走廊	50~100	0.5~1.0
廚房	500~1000	3.0~6.5
餐廳	100~200	0.5~1.0
更衣間、化妝室	200~500	1.5~3.0
洗衣間	100~300	1.5~4.0
寫字	750~1000	3.5~6.5
報章雜誌閱讀	200~500	1.5~3.0
極費眼力之工作區域	>1000	4.0~8.0
較費眼力之工作區域	700~1000	3.0~6.5
不費力之工作區域	300~500	1.5~3.0

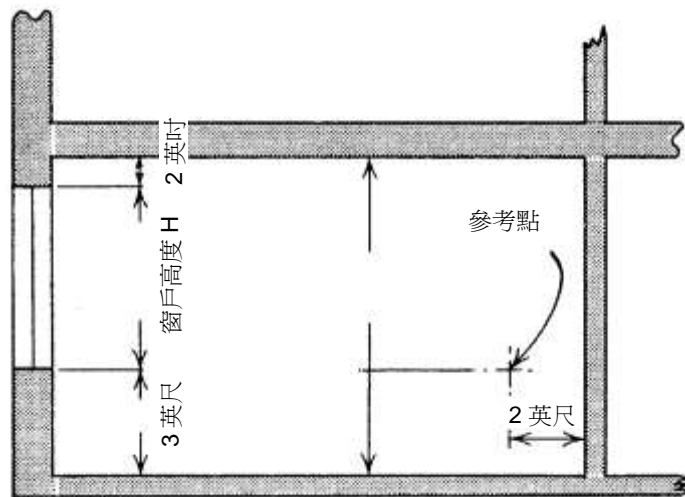


圖 6.2-3 晝光因子判斷之參考基準點圖示(Stein, 2000)

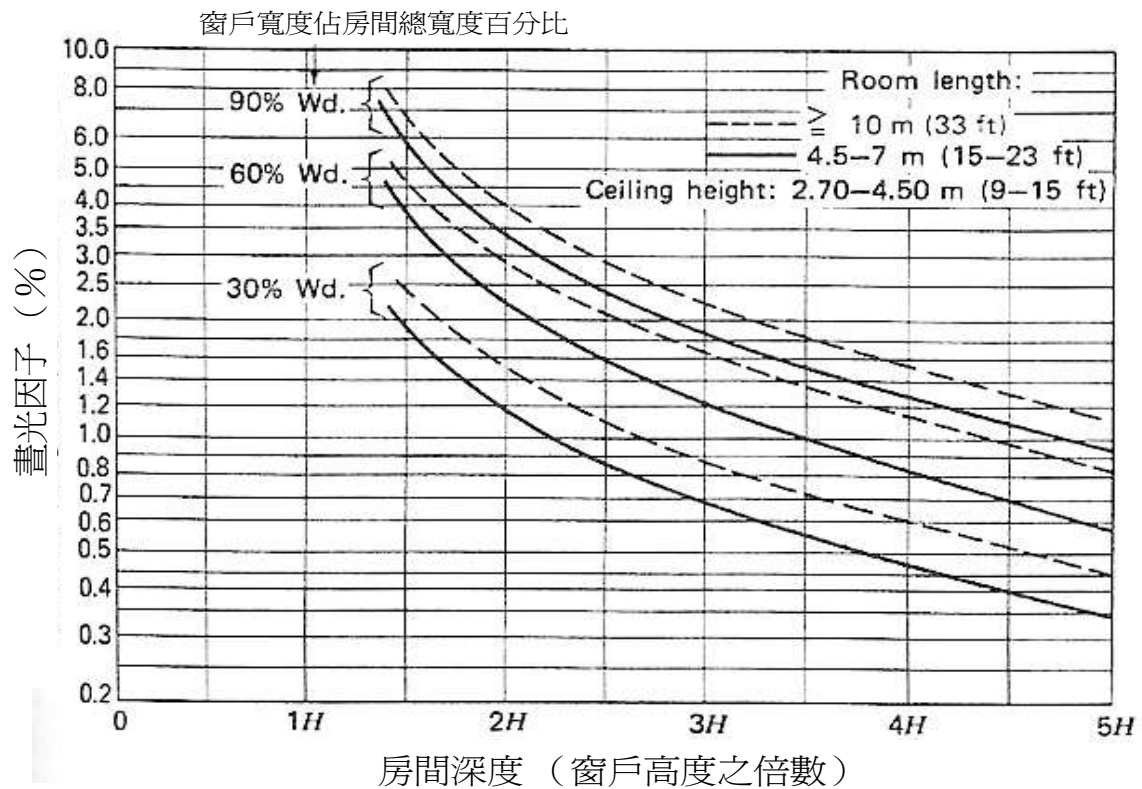


圖 6.2-4 晝光利用所需開窗面積之評估(Stein, 2000)

6.2.3 照明光源及燈具

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，對於集合住宅多功能使用空間所需之目的及氣氛，甚至節能都有很大之影響，見表 6.2-2、表 6.2-3、及表 6.2-4。依據光源種類特性選擇光源之方法，大略如下(中技社，2003)：

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，並且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。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。若選擇暖色系色溫 4,000K 以下者，有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度克服，但也因而較為耗電。臥室可用暖色系光源，產生溫暖之感覺。

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。

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

然以格柵板反射鏡面型螢光燈具為佳，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。集合住宅公共大廳之燈具吊掛 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。

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。所謂的最近光源省電燈泡，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 6.2-5 袖珍型日光燈管之特性發光效率(不含安定器)所示。

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，型名以"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（三波長螢光燈平均演色評價數 $R_a=84$ ，普通螢光燈 $R_a=61$ ）。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 96~100 lm/W，比傳統螢光燈管 84 lm/W，又提高 15% 以上。見表 6.2-6 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 英吋，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 月公佈的螢光燈管效率標準，並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。國內氣候一般選用 5,000K 至 6,500K 的晝光色燈管，產生清涼的環境。

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, 5000, 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 6.2-2 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 6.2-3 各種光源燈泡的種類與特徵

燈泡種類		特徵
白 熾 燈 泡	一般燈泡/球型燈泡	白熾燈泡與日光燈比較，其亮光有溫暖感。其中透明型燈泡與白色燈泡，透明型燈泡較有輝煌感，因白熾燈絲的光輝令人感覺愉悅，白色燈泡則較為柔和而溫暖。
	反射燈泡	可將光線集中在同一方向的投光照明，有聚光照明的功能。在真空狀態的燈泡內做了反射鏡加工，因此即使沒有反射燈罩也能達到要求的集光效果，也不會因器具污損而產生劣化。
	珠寶燈泡	常用於百貨公司、飾品店、櫥窗展示。
	蠟燭泡/迷你燈泡	從小型檯燈、小夜燈到大型的花形吊燈都能廣泛使用。主要為裝飾用燈泡。
螢 光 燈	一般螢光燈	效能好、發熱少、不易產生黑影，擁有 5000 小時的使用壽命，有白日光色、燈泡色，也有用來殺菌及評定色彩用的特殊用途物品。
	PL 螢光燈	與直管螢光燈管比較，其特色是小型燈具也能得到相同的亮度。在桌燈及嵌燈中廣泛被使用。
	省電燈泡	將目前所使用的白熾燈泡螺絲，直接改良至螢光燈泡上，與白熾燈泡比較其電費及發熱量約其 1/3，壽命為其之 6 倍，十分符合經濟效益。
	鹵素燈	光線較聚集且容易配接。清晰度高、可做出光影分明的照明感。常被使用在店舖的投射照明，持續使用仍能維持初期的性能。因此種燈泡溫度相當高，必須使用專用器具，若在店面使用時，建議附加能減低輻射熱的雙向色鏡為宜。
	HID 燈	依發光素材的不同，分為高壓鈉氣燈、複金屬燈、水銀燈(高輝度放電燈)3 種壽命長、效率高，經常使用在重視經濟效益的大規模照明與戶外照明。

註：中國電器股份有限公司惠允轉載

表 6.2-4 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

表 6.2-5 袖珍型日光燈管之特性(不含安定器)

種類		額定電壓(V)	燈管電力(W)	尺寸(mm)		燈管電流(A)	全光束(lm)		額定壽命(H)	適用安定器
形狀	型式			管徑	管長		燈泡色	晝白色		
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	16.5~139	0.61-0.62	1550	1550	7500	FL30

註：色溫度：燈泡色為 2,800K，晝白色為 5,000K。

表 6.2-6 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			

6.2.4 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 84 lm/W，而含安定器之總合效率為 66 lm/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 75 lm/W。若進一步採用電子安定器時，其總合效率可達 89 lm/W，所以節約能源應考慮光源之總合效率(中技社，2003)。

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(Hybrid)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 6.2-7 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%、電子安定器高效率型約 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，因此集合住宅可將點燈 13 小時以上的照明設備及走廊的照明可改裝電子式安定器，將可節約可觀的電費。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 6.2-7 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

6.2.5 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，一般適當更換時限宜在 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 6.2-8 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 6.2-8 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%

6.2.6 美國建築照明之節能規範概要

國際節能之權威標準 ASHARE 90.1 (2001 版)在照明設計方面強制之規定包括：

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. 室外照明電力標準

如以照明耗電之建築面積法(building area method) 所規範之照明電

力標準，住家室內空間之照明電力負載以 $11\text{W}/\text{m}^2$ 標準設計，停車場以 $3\text{W}/\text{m}^2$ 標準設計，戶外之牆面照明不超過 $2.7\text{W}/\text{m}^2$ 。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的彈性。

6.2.7 照明控制方式

一般常用的控制方式有：

- 1.配合時序控制器(timer)，於預定的時間自動地對照明環境作模式切換，或燈具的明滅控制，不須手動操作控制，可避免因忘記關燈而浪費電能。例如樓梯間、走廊、夜間景觀照明之自動點滅照明燈具。
- 2.配合晝光感知器或附亮度檢知器，當屋外陽光線充足明亮時，可自動地調降可調光型電子安定器的輸出而降低，靠窗燈具的亮度或直接關閉燈具，因此其電路設計需採平行靠窗方向來配置，適合於靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等之自動控制。
- 3.利用熱感開關裝置在集合住宅的樓梯間、走廊、公用廁所等場所，由熱感感知器檢測空間內人體溫度，當室內有人時自動開燈，沒人時自動關燈，既方便又可避免浪費能源，目前該技術已廣泛地使用於國內。
- 4.部分較少有人員進出之場所，燈具可使用附加感知器之自主控制型燈具，可自動主控制燈具之明滅或調節亮度，例如當感測到有人接近時，自動點亮燈具，於人員離開後，經過預設定時間而自動熄滅燈具，可避免浪費能源。
- 5.整體群控式照明控制系統，例如採照明中央監控系統、二線式照明控制系統、無線電遙控之照明群集遠端遙控開關等，可機動配合集合住宅作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30% 以上。

6.2.8 照明設備的維護保養與汰換

螢光燈管固然壽命較長，燈管點用時間較久，然因燈具結構特性而很容易積塵而髒污，影響整體發光效率與照明效果。大氣中塵埃的多寡因環境、時間、天候等而不同，塵埃較少的場所其照度的減低略與日數成直線比例；而在多塵埃的地方則成為指數曲線。由此可知因積塵而損失的光束是極為嚴重的事。在設計時，設計人員係將此一影響以積塵減光補償係數來考慮。如果勤加清潔與整理，則此補償係數可取較高之數值，換言之，即提高燈具之發光效率與被照面之實質照度(中技社，2003)。

除了燈具本身以外，天花板、牆壁的積塵與顏色、反光條件等也影響被照面之照度。被照面之照度可經周圍牆壁的噴漆，燈具的清掃以及光源的換新而提高，可見燈具的清掃是值得予以重視的。光源的積塵除了減低照度外，並且嚴重地影響燈管的啟動特性，故更需勤加清掃。螢光燈具形體大，清掃較不容易，故在設計照明之初即應該把日後的維護考慮在先，燈具的安裝應考慮清潔燈具、燈管與換裝燈管之方便性。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考下表 6.2-9 定期清掃間隔所示之國內外之諸著名照明專業廠家實驗與評估其產品後，所建議之定期清掃週期間隔。

基本上，照明燈具的維護與汰換可循下列重點參考辦理：

- 1.定期擦拭燈具、燈管，以避免污染物之累積而降低燈具之照明效率，並依落塵量多寡來決定燈具之清潔週期(1個月~1年)。表 6.2-10 不同光源最經濟清掃的預估時間。
- 2.由於燈管的自然老化開始發光衰退，故集合住宅之停車場宜分批更換燈管，以維持應有亮度及節約電能，並可節省燈管更換之人工費用。

- 3.燈管經濟壽命係指新燈管使用至光束衰減為原有光束 70%的時
間，超過經濟壽命之燈管，不僅燈管光束輸出劇降，照明效率不佳
且浪費電能，可參考光源廠商之產品型錄，在燈管經濟壽命將至之
前，定期分批更換燈管，即便此時燈管尚可點燈，亦請更換為宜。
如此約可節省電能 17 %。
- 4.更換期限(年) = 燈管經濟壽命(小時)/ 每年點燈時數。例：一般集
合住宅每年點燈時數約 3,600 小時，螢光燈管經濟壽命約
6,500~8,000 小時，則燈管更換期限約 2 年，若燈管光衰嚴重或不
亮時可提早更換。注意瞬間起動型電子安定器，燈管無燈絲，燈管
老化時，不亮時，安定器仍耗電。

表 6.2-9 定期清掃間隔

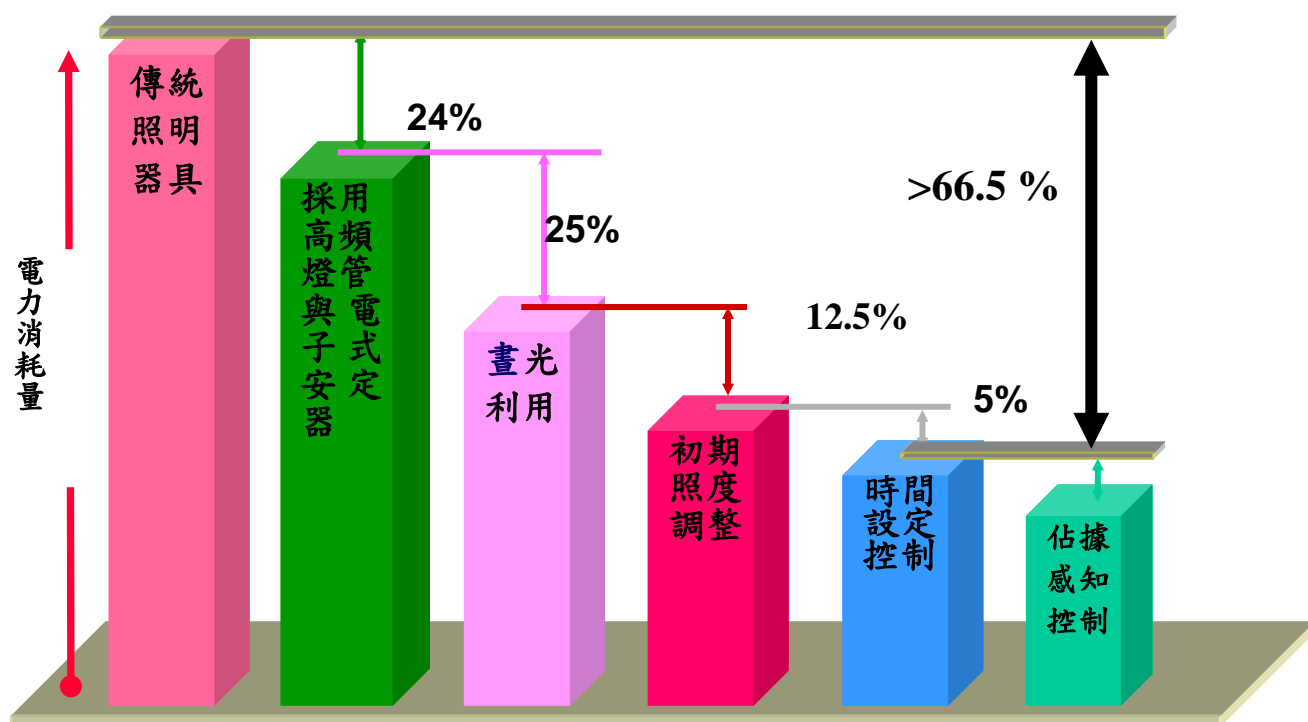
場所	乾拭	水洗
多塵埃的地方	1 星期	4 星期
少塵埃的地方	2 星期	8 星期
塵埃極少的室內	4 星期	16 星期

表 6.2-10 不同光源最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	白熾電球	螢光燈	HID 燈
清潔	容易	5-15 個月	2-6 個月	3-10 個月
	普通	15-20 個月	6-9 個月	10-12 個月
	困難	20-25 個月	9-12 個月	12-15 個月
普通	容易	3-10 個月	2-5 個月	3-6 個月
	普通	10-12 個月	5-7 個月	6-9 個月
	困難	12-15 個月	7-9 個月	9-12 個月
非常易污染	容易	2-6 個月	1-4 個月	2-5 個月
	普通	6-9 個月	4-6 個月	5-7 個月
	困難	9-12 個月	6-8 個月	7-9 個月

6.2.9 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，省能百分比最大。如圖 6.2-5 所示。



資料來源：日本三菱公司

圖 6.2-5 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果

柒、熱水系統節能技術

7.1 前言

集合住宅與一般公寓或透天住宅的差異之一是擁有眾多公共設施，例如健身房、視聽室、圖書室、才藝教室、游泳池、SPA 等，更為豪華者甚至擁有溫水游泳池、俱樂部。集合住宅的熱水系統可分為一般住戶私人使用之淋浴與洗滌之簡單加熱系統及公共設施之大型熱水加熱系統，根據美國之相關研究顯示某些具有溫水泳池及 SPA 的休閒中心，其單位面積耗能密度甚至高於醫院，主要原因是其中約有三分之一的能源是使用在加熱泳池所需熱水及泳池之清潔維護。因此，游泳池是一個很大能源消耗者。根據美國之調查資料，全國的泳池持有者或經營者每年總共花費幾十億美元在水池的加熱上，而其中大部分很多被浪費掉的能源，是可藉由良好管理而被節約的。這些被浪費掉的能源，不僅造成運轉成本增加，也是促成空氣品質問題持續惡化的原因。

台灣因地狹人稠，住宅形式趨於集合住宅形式，因生活品質之持續提升及市場競爭，近年來標榜具有溫水泳池、SPA、健身房、三溫暖等高級休憩功能之公共設施或俱樂部的集合住宅推案逐漸蔚為一股風尚。因此，本章節將介紹溫水泳池或 SPA 之熱水加熱系統節能技術及能源管理技術。

7.2 溫水泳池及 SPA 之加熱與溫度損失

游泳池怎樣失去熱度呢？游泳池失去能量在於種種的原因，包含氣流通風、蒸發、輻射散熱及熱傳導，如圖 7.2-1 所示。其中，蒸發為游泳池最多能量損失的最大來源。根據美國之研究，室內溫水泳池之熱損失以蒸發佔 70% 為最大，其次氣流通風所造成之對流熱傳損失佔 27%，如圖 7.2-2 所示；室外溫水泳池之熱損失也是以蒸發佔 70% 為最大，其次是

晚間輻射散熱至天空所造成之熱傳損失佔 20%，如圖 7.2-3 所示。蒸發為溫水游泳池能量損失的最大來源，由此可發現當與蒸發所造成之熱損失比較時，所有其他損失因素都顯的很小。蒸發之有這樣大的影響，是因水蒸發時會吸收泳池極大的能量，造成溫水泳池溫度降低。提升一磅的水上升 1°F，只僅僅需要 1 Btu 的熱量，但是每磅 80°F 的水蒸發後將從這個水池帶離開巨大的 1048Btu 的熱量。

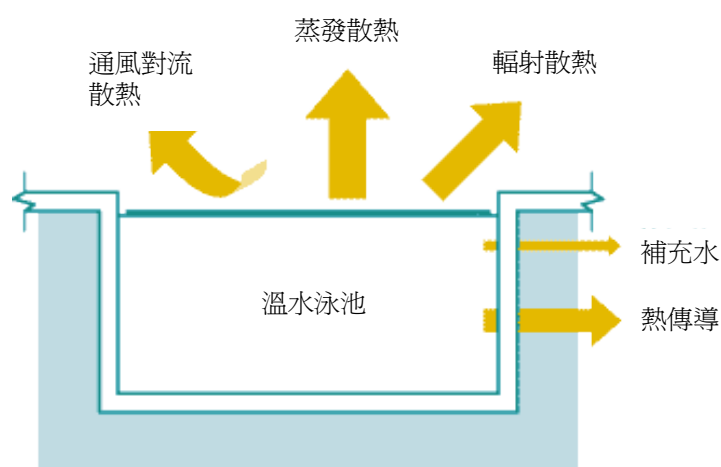


圖 7.2-1 溫水泳池之熱損失之途徑

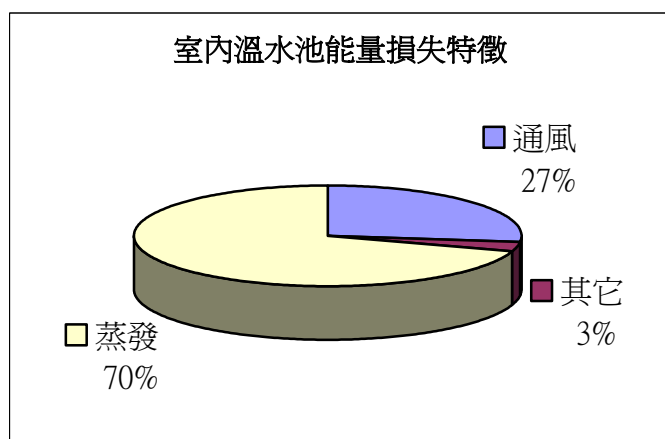


圖 7.2-2 室內溫水泳池之熱損失特徵(DOE, 2004)

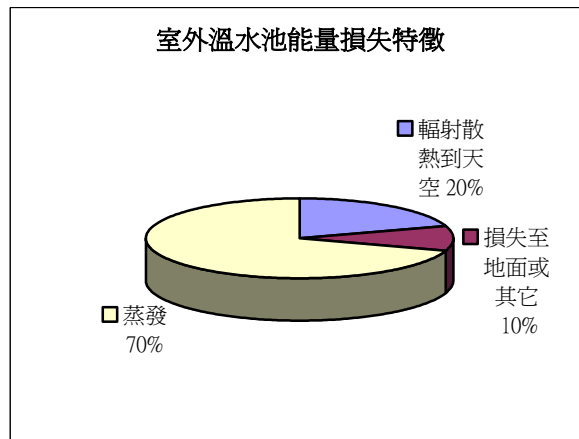


圖 7.2-3 室外溫水泳池之熱損失特徵(DOE, 2004)

根據上述之熱損失原理，可依下列公式估算溫水泳池加熱設備之所需設計之加熱率(ASHRAE, 1999)：

$$q_1 = \rho c_p V(t_f - t_i) / \theta$$

- q_1 = 加熱率，kW
- ρ = 998=密度，kg/m³
- c_p = 水比熱，4.18 kJ/(kg.K)
- V = 水池體積，m³
- t_f = 水池設定溫度，通常27°C
- t_i = 水池初始溫度，°C
- θ = 加熱時間，小時

$$q_2 = UA(t_p - t_a)$$

- q_2 = 熱損失率，kW
- U = 表面熱傳係數，0.06kW/(m².K)
- A = 水池表面積，m²
- t_p = 水池設定溫度，通常27°C
- t_a = 周圍空氣溫度，°C

$$\text{總加熱率 } q_t = q_1 + q_2$$

上列計算公式是假設水池表面風速 5 到 8 km/h，若周圍有圍籬、植栽等屏蔽，平均風速低於 5.6 km/h，則總加熱量降為原來之 75%；若平均風速高於 8 km/h，則總加熱量需修正為原來之 1.25 倍。

7.3 溫水泳池及 SPA 節能技術

不像室外水池一樣，室內水池不易受日、夜晚的溫度起伏，不易散發熱到夜晚的天空，或者不易有風從水池將熱帶走。但是，室內溫水泳池或 SPA 需要房間通風來控制大規模蒸發所產生的室內濕氣。若沒有一個適當的空調通風系統，會造成高的室內濕度水平，引起許多的問題，包括水汽凝結在冷的表面上或造成建築結構生鏽。在操作室內溫水泳池時，運轉空調通風系統所增加的能源成本是必需的。同樣，空調通風的空氣是必需被控制的，這也增加了另外的成本。因為在周遭的大多數水池，他們沒有機會獲得太陽的熱，他們通常需要比室外水池更高的能量成本。以下將介紹室內溫水泳池或 SPA 之節能技術，讓室內水池得到更多的節能改善空間。

7.3.1 水池蓋子

因為蒸發是溫水泳池熱損失的主要來源，為了使蒸發減到最少，水池必須適時予以覆蓋。當它不處於使用狀態時，覆蓋水池是減少水池加熱費用的唯一最有效的方法，其節能成效高達 50~70% 是可能的。以水池蓋子覆蓋室內溫水泳池，可以減少蒸發，並降低控制室內濕度所需之空調通風量，節省極大的能源。當水池覆蓋的時候，可以關掉排風風扇。水池蓋子的種類大致有三類，如圖 7.3.1 所示。圖 7.3.2 是實施水池覆蓋之應用情況。水池蓋子的覆蓋施做，可為電動機構，也可以是手動操作的機構，如圖 7.3.3 所示。

若能減少水池蒸發，則因濕度所產生的相關建築的保養問題亦降低。水池覆蓋的時候，在晚上時可以提升建築除濕所需的控制溫度，藉由約 10°C 的提升，可以節省 10% 的能量。水池蓋子除了節約能量之外也提供了許多好處，例如節省 30-50% 的水池補充水，並可以減少化學藥劑

消耗。一個每小時 7 英哩的風吹過室外水池表面，將增加 300% 的能量消耗。因此增加室外水池樹木、矮樹、柵欄，或是其它防風材料等，將可減少熱損失。

高度建議在進行泳池蓋子使用前的相關經濟評估時，水池能量損失減小所獲得之節能效果是首要評估的第一要項。再者，就安全而言必需要很恰當地管理蓋子，在任何人進入這個水池以前，蓋子應該完全的被移走。

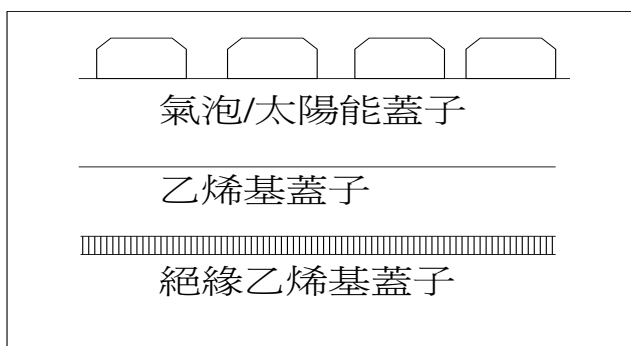


圖 7.3.1 水池蓋子的種類



圖 7.3.2 水池蓋子的應用狀況



圖 7.3.3 操作的水池蓋子機構

7.3.2 太陽加熱系統

太陽能最有成本效益的使用方法之一就是加熱游泳池，如圖 7.3-4 所示。游泳池只需要低溫度的熱，那裡是太陽光收集最有效率的地方。

太陽能的水池加熱系統，在一年中的某些時間，能提供到 100% 的水池加熱能量。結合太陽能水池加熱系統及在不使用時段使用水池蓋子以降低水池蒸發量之應用，可獲得最大的節能成效和建築的保護效果。

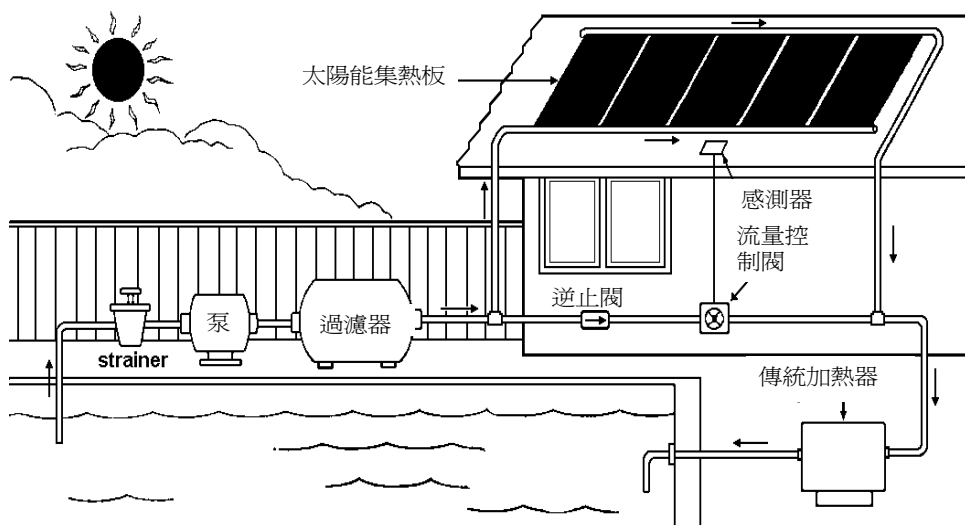


圖 7.3-4 太陽能的水池加熱系統

7.3.3 高效率的加熱器

假如你打算購買一個普通水池加熱系統，則高效率燃氣式加熱系統是可利用的，其在穩定的狀態下，效率可高達 97%。電動熱泵水池加熱器也是可使用的，當熱泵工作在溫暖的天氣時，他的(COPs)值在到 6.0~8.0 的範圍。一個 COP 值 6.0 熱泵水池加熱器比一個電阻加熱器的效率高 600%。

7.3.4 有效率的的運轉與操作

- 1.要考慮仔細你存放的水池水溫度，每 1°F溫度的上升將花費你額外的 10%能源。美國泳池基金會基本建議使用強度較高之水池溫度應在設在 78~80°F (25.6~26.7°C)，而一般使用則設定在 82-84°F (27.8~28.9°C)。
- 2.有人認為，對於一個加熱的水池，當你降低其溫度或是關掉加熱器會使你花費更多的能量，實際上這是沒有事實根據的觀點。水池不用就應該關閉加熱器，並可由實驗決定水池溫度回升要多少時間。切記減低溫度又再使溫度提升回來比保持在一個固定的溫度還能節省更多的能量。
- 3.排水管阻塞時泵浦將會運轉的更費力、耗能，因此隨時清除黏附在吸入口欄柵的垃圾、雜物。並且依需要而定，不要太頻繁地進行回流水過濾，當回流水太頻繁時會浪費水及耗能。
- 4.集合住宅溫水池之過濾時間可初步設定為每天六小時。假如沒有達到潔淨標準，則在逐步增加半小時的時間，直到達到要求的標準。另外，安裝計時器以自動控制每日的水泵操作，每年調整水池加熱器、正確的保養水池加熱器，及適時保持通風系統乾淨和調整，皆可獲得高效率運轉與節約能源。

捌、家電設備節能技術

8.1 廚房用具

廚房用具是家庭供應餐飲的主要設備，包括儲藏食物的冰箱及烹調食物的炊具。今天，新冰箱的耗電量已降低 50% 以上，電磁爐、微波爐的熱效率也比傳統爐具改善很多，新產品燜燒鍋更大幅降低能源耗用。如果大家選用這些高效率的新家電產品，無形中便能達到省電、省錢的雙重功效。

8.1.1 電冰箱

(一)如何選購電冰箱

- 1.選購適當容積的電冰箱，電冰箱的大小以有效內容積(公升)表示，以家庭成員每人 60~80 公升估算，愈小愈省電。
- 2.選購效率高的電冰箱，電冰箱的效率以能源因數值(EF，ENERGY FACTOR)來表示，單位為公升/度/月，即每月消耗 1 度電所能使用的容積大小，EF 值愈高，愈省電。政府規定之最新電冰箱 EF 值標準如表 8.1.1 所示。

表 8.1.1 電冰箱 EF 值標準

電冰箱能源因數值(EF)標準

型式	有效內容積 (公升)	現行法規最低標準 能源因數值	民國 92 年起法規標準 能源因數值
風扇式冷凍冷藏電冰箱	500	7.8	8.9
	400	6.9	7.9
	200	4.4	4.6
直冷式冷凍冷藏電冰箱	200	5.5	5.8
冷藏室電冰箱	80	2.8	2.9

(二)如何安裝電冰箱：

- 1.電冰箱放置地點應避免陽光直射，或靠近爐灶等熱源，必須通風良好，冷凝器容易散熱，才能提升冰箱運轉效率。
- 2.電冰箱背面離牆壁至少 10 公分，上面及側面至少保持 30 公分的空間，以提高散熱效果。
- 3.電冰箱應裝置在堅固平坦的地板上，同時要調整腳架高度，使正面稍高，避免門關不緊而浪費電力。

(三)如何使用電冰箱：

- 1.冰箱不要塞滿食物，以免阻礙冷氣流通。
- 2.儘量減少箱門開關次數及開啟時間。
- 3.熱的食物放涼後再放入冰箱。
- 4.經常檢查箱門四周的密合墊是否密閉，以避免冷氣外洩。
- 5.手動除霜式電冰箱，積霜厚度超過 0.6 公分時即應除霜。

(四)如何保養電冰箱：

- 1.定期清理冰箱背後之冷卻蛇管(註:美背式者擦拭背板即可)及壓縮機管線上之灰塵。
- 2.箱門密合墊要定期清理，若有破損要即時更換。

8.1.2 電鍋

- 1.選購適當的容量，烹煮適量的食物。
- 2.穀物預先浸泡約 30 分再通電加熱可縮短煮熟時間。
- 3.煮熟開關切斷後為保溫階段，應充分不用熱能繼續悶熟 15 分鐘才

食用。

4.食物保溫時間不要超過 12 小時。

5.儘量避免在用電尖峰時段(上午 10-12 時，下午 1-5 時)使用電鍋。

8.1.3 電磁爐

- 1.電磁爐係利用低頻(20- 25kHz)線圈之磁場，經過導磁性(鐵質)鍋具產生渦電流轉化為熱量來加熱食物，能源效率特高。
- 2.務必使用鐵質、特殊不銹鋼或鐵烤琺瑯之平底鍋具，且其鍋底直徑以 12-26cm 為宜。
- 3.電磁爐附有溫度控制器，可防過熱，省電又安全。

8.1.4 微波爐

- 1.微波爐係不用高頻 (2.45GHz)振盪器將電能轉換為高能微波，微波直接作用於食物中之油分子或水分子，熱效率高達 55%。
- 2.微波爐須用特殊微波爐盛具，以免發生危險。
- 3.微波爐適合於食物的加溫和解凍，參考微波食譜做菜，省電效果好。
- 4.詳讀微波爐操作手冊，以提高能源效率。

8.1.5 燜燒鍋

- 1.燜燒鍋是保溫性優良的容器，省能效果顯著。
- 2.燜燒內鍋藉助其他爐具將食物加熱至沸騰 2-15 分鐘再移置燜燒外鍋中蓋緊。

3. 燜燒鍋適用於燉、熬、燜等料理，依照食譜指示控制烹調時程，才能恰到好處。
4. 優良之燜燒鍋外表不會感覺到熱度，保溫不良的燜燒鍋因烹煮溫度偏低，會造成食物走味或半生不熟。

8.1.6 瓦斯爐

1. 購買瓦斯爐先確認是使用導管瓦斯或桶裝瓦斯，然後選擇適用之機種，以免誤裝使用造成燃燒不完全而發生危險。
2. 購買瓦斯用炊具，選購導熱較佳的材質，如鋁鍋、不銹鋼材。
3. 應請專業人員安裝瓦斯爐具，且四周不可堆放易燃物。
4. 安裝完畢應試燒，調整空氣量使火焰穩定為青藍色。
5. 勿任意加大瓦斯壓力，過大的壓力會產生浮火，浪費能源。
6. 鍋底面積大，加熱效率佳，使用炒鍋炒菜，火燄長度略超過圓鍋底之半圓即可，避免過長的火燄。
7. 燄孔與鍋子底部約 2.5 公分的距離加熱效果最好。
8. 煮、蒸、炊、炒菜時，盡量蓋上鍋蓋，可節省能源的消耗及作菜時間。
9. 瓦斯爐頭應經常清理，以免燄孔受油漬阻塞影響燃燒效能。

8.2 衛浴設備

衛浴設備中以家庭瓦斯加溫之洗澡熱水耗用能源最大。改變生活習慣，例如洗澡時以淋浴代替盆浴，洗衣不必用熱水等，均可節約能源又

不會降低生活品質。

8.2.1 電熱水器

- 1.瞬間電熱水器裝置於水龍頭端，沒有保溫熱損，比較省電。
- 2.儲槽式電熱水器因有熱水儲存之熱損失，要選保溫良好機種，操作溫度越低越省電。
- 3.電熱水器使用 220V，並應加裝漏電斷路器，安全又省電。

8.2.2 瓦斯熱水器

- 1.購買瓦斯熱水器先查明是用導管瓦斯還是桶裝瓦斯，以免誤裝導致使用時燃燒不完全而發生危險。
- 2.選用水點火熱水器，可以避免長期點燃母火之浪費。
- 3.找專業人員施工，且勿安置於強風吹得到的地點，以免焰火不穩造成熄火或瓦斯外洩。
- 4.熱水器之熱水配管越短越好，如果管路太長應加保溫，熱水管徑 1/2 吋以上，以確保足夠的管壓及流速。
- 5.安裝完畢應試燒，並調整瓦斯量至火焰穩定為紫藍色，既安全又節省瓦斯。
- 6.保持正常瓦斯壓力。
- 7.熱水供應溫度約 50- 60°C，儘量調低供水溫度(如調低出水溫度設定或調大熱水量)。
- 8.使用淋浴可減少熱水用量，盆浴之用水量為淋浴之 3 倍以上。

9.熱水器不用時應關閉母火，點燃母火一整天約浪費天然瓦斯半度。

8.2.3 洗衣機

- 1.洗衣前宜先浸泡 20 分鐘。
- 2.避免在用電尖峰時段(上午 10-12 時，下午 1-5 時)洗衣。
- 3.自動洗衣模式應依清潔劑，衣物髒污程度及布料種類選擇適當方式。
- 4.手動操作應設定洗衣時間如表 8.2-1 所示。(室溫於 25°C 以上時)
- 5.衣物少時可用手洗，或累積一定數量再用洗衣機一次清洗。

表 8.2-1 洗衣時間建議時間

待洗衣物	洗衣時間
毛、化學纖維	約5分鐘
棉、麻類	約10分鐘
過份髒污衣物	約12分鐘

8.2.4 烘衣機

- 1.烘乾控制除定時器外，選擇附有乾燥終點控制裝置者比較省電。
- 2.全載烘乾最省電，一批接一批烘乾可利用蓄熱節省電費。
- 3.避免在尖峰用電時段烘衣服。
- 4.多利用自然晾乾，少用烘衣機，若需熨燙之衣物應縮短烘乾時間。
- 5.利用自動控制乾燥模式，避免過度乾燥。

8.2.5 抽水馬達

- 1.選擇可靠廠牌之高效率馬達，馬達容量應與泵浦之水量、揚程匹配，直截式抽水馬達效率較高。
- 2.選購附有水位控制及防止泵浦缺水空轉裝置之抽水馬達。
- 3.安裝於通風良好場所，避免馬達溫度過高，並加以定期檢查。
- 4.應配置馬達停轉防水逆流之裝置，並配合安全、省電之控制迴路。
- 5.停電、停水時預先切掉電源，可以避免復電、復水後泵浦空轉引起之故障。

8.3 育樂器

育樂器具之功能為教育與娛樂用，包括電視、電腦、錄放影機、收音機、音響、電子樂器等種類繁多，耗電不大，使用時間不定，此類家電大部份以功能取勝，省電效率較不明顯，但積少成多，應為推動節約能源應有之共識，以下幾點可供參考：

8.3.1 電視機

- 1.選購電視機及錄放影機一體結合型，且具自動上帶、退帶及電源開關自動切斷之機型，將可節省耗電。
- 2.使用放影機影像輸出端子連接電視機影像輸入端子，除提昇畫質外，並可減少功率消耗。
- 3.電視擺於背光位置，適當照明來自觀賞者背面，調整螢幕明暗度以省電。

8.3.2 音響

- 1.選用整合型組合音響，整體套件零件較少，且用可交換式電源及高效率喇叭。
- 2.音響多利用睡眠開關、定時開關，寧靜時刻宜降低音量或選用耳機。

8.3.3 電腦

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。

8.4 電梯

- 1.同一樓層儘可能同乘一部電梯，並儘量搭滿人，4 樓以下避免搭乘電梯。
- 2.不要緊靠操作盤，避免車廂內過於擁擠碰觸按鈕而增加電梯起動次數。
- 3.車廂之照明及通風在待機 3 分鐘後應自動遮斷電源。
- 4.二台以上電梯應有錯開(45 秒以內)之控制。

玖、集合住宅節約能源案例

9.1 集合住宅主要耗能設備概況調查

在能源會 90 年能源查核年報所列管之 1,000kW 以上之能源查核用戶資料庫中並無集合住宅業者資料，而自民國八十五年至九十三年，台北縣市集合住宅登記社區管理委員會者共計 3,154 筆，其他縣市尚無資料可供參考，本中心於台北市共服務了 7 家集合住宅業者，其中亦無名列 1,000kW 以上之大能源用戶。

一般集合住宅都有大小公共設施，地下停車場、花園、走道、辦公室、交誼廳及健身房等場所，而設備包括空調、照明、電梯、給排水、抽排風設備及游泳池等。進行節能改善工程之首要工作是必須進行初步的耗能設備調查，以瞭解能源使用流向、設備規格、設備使用行為、控制方式、建築物理環境等。以台北某國際級高級集合式住宅大樓為例，86 年開始使用，大樓共計地下三層、地上二十一層，總面積 24,767 m²；包含地下二、三層為停車場、地下一、二層為健身俱樂部使用、一樓以上為純住宅用。樓層使用率約 93%。能源使用主要以電力為主，全年不含住戶一般用電之公共設施能源費用約 465.6 萬元。各戶設有獨立之 BTU 空調能源使用分表以計算冷氣使用費用，其他一般用電各戶設有分電表以收取流動電費，基本電費則按坪數分攤，設備使用調查狀況如下：

1. 電力系統：台電以 380V 供電，為低壓需量用電戶，設有二個主要之需量電號，分別為全棟公設(400kW)及停車場(350kW)，功因改善採 APFR 控制低壓側功因自動投入，緊急發電機一台 600kW 以應付臨時停電之需求。
2. 空調系統：各戶設有獨立之 BTU 表，計算空調使用費用，中央空調系統採二台 MCQUAY 離心式冰水主機(300 及 260RT)，夏季尖

峰時候開 1~2 台冰水主機，春、秋季開 1 台冰水主機，冬季則以 12 段 360kW 之電熱鍋爐供應暖氣系統為主。冷卻水塔採溫度控制，散熱材已腐蝕不堪，影響主機效率。

3. 照明系統：照明系統以 220V 供電，停車場主要採用 FL40D×1 型傳統式安定器型日光燈，24 小時點燈。一樓大廳以 150W PAR 燈及 50W 鹵素燈為主。電梯口及逃生走道、陽台燈以 40W 白熾燈炮為主。公共區域設有二線式控制照明開關或紅外線感應開關控制。
4. 其他系統：電梯設有四台變頻式電梯(15hp×4)，24 小時使用。B2F 及 B3F 停車場抽排風 30HP 一台及 40HP 二台，09:00~21:00 開啟，採間歇性運轉每隔二小時運轉半小時。揚水泵設有 30HP 二台，採液位控制交替運轉。

9.2 節能服務案例統計

本中心於 93 年共進行 5 家，加上 92 年服務 2 家，共 7 家台北地區集合住宅能源訪測服務，如表 9.2-1 所示。

表 9.2-1 集合住宅能源訪測服務名單(中技社 b，2004)

NO	報告編號	集合住宅名稱	住戶(數)
1	P0150	師****大廈	72
2	P0145	國****大廈	84
3	P0282	橋****社區	1672
4	P0283	觀****大廈	128
5	P0286	雲****大樓	184
6	P0287	極****大廈	385
7	P0294	巴****大廈	122

9.2.1 耗能指標

集合住宅用電可分為自用及公共設施用電，自用電因戶數多，且用電設備及習性不同，整棟大樓總體用電較難以統計。公共設施用電則由住宅大樓管理委員會統一管理，電費依用戶使用坪數比例分攤收取。如表 9.2-2 所示之集合住宅訪測服務能源耗用狀況統計，可知各集合住宅公共設施用電規模大小差異大，七家用電約契約容量平均值為 299kW、電力用量約 1,189,347 kWh/yr、功因 95%、電價 2.63 元/kWh、費用 294.9 萬元/年。

公共設施能源使用以電力為主，照明平均能源使用(停車場照明、公共區域照明)約佔總用電之 42.2%、空調約 25.6%、動力(電梯)約 27.2%、其他設施用電(給排水、抽排風、游泳池)約佔 5.3%，如表 9.2-3 所示之集合住宅訪測服務七家電能分佈統計。

為掌握集合住宅能源耗用管理，以公共設施用電量或加上熱能用量換算成熱值(Mcal)除以總樓地板面積(m^2)，訂定為能源耗指標值(kWh/ m^2 .yr 或 Mcal/ m^2 .yr)，由表 9.2-4 可知七家集合住宅公共設施能源耗用指標值如下：

1. 能源指標：13.2~191.2Mcal/ m^2 .yr，平均 58.1Mcal/ m^2 .yr。

2. 電力指標：5.5~79.7kWh/ m^2 .yr，平均 24.2kWh/ m^2 .yr。

由以上結果可知集合住宅公共設施能源耗用指標值高低差異極大，其原因為設備用電受公共設施設備多寡、環境安全要求、公共面積大小、是否供應空調、暖氣、三溫暖、健身房、及游泳池等條件不同而有所差異。雖然如此，但大致可由統計結果獲得尚可接受之耗能初步診斷依據，其中若平均電價高於表 9.2-2 所示每度電 2.63 元之平均值，則有可能是契約容量訂定不合理，而造成超約罰款，或是契約容量訂定太高造成基本

電費暴增；將表 9.2-4 之極大與極小的電力指標排除，則公共用電每年樓地板面積平均約使用 20 度電(kWh)，因此若公共設施用電超過此平均值，則必須檢討是否有能源使用效率不彰、容量設計過當、浪費能源使用行為、或維修保養不良等現象。

表 9.2-2 集合住宅訪測服務能源耗用狀況統計(中技社 b，2004)

NO	報告編號	契約容量 kW	尖峰需量 kW	電力用量 kWh/yr	功因 %	平均電價 元/kWh	費用 萬元/年	電 %	熱 %
1	P0150	262	162	536,072	76	2.85	152.7	100.0	0.0
2	P0145	750	750	2,052,600	94	2.26	465.6	100.0	0.0
3	P0282	470	440	3,600,604	98	2.57	925.8	100.0	0.0
4	P0283	121	73	168,800	100	3.28	55.4	100.0	0.0
5	P0286	382	337	589,667	100	2.23	268.4	100.0	0.0
6	P0287	61	60	1,201,200	100	2.51	148.1	100.0	0.0
7	P0294	48	40	176,487	100	2.73	48.3	100.0	0.0
統計		2,094	1,862	8,325,430			2064.3		
平均值		299	266	1,189,347	95	2.63	294.9	100.0	0.0

表 9.2-3 集合住宅訪測服務電能分佈統計(中技社 b，2004)

NO	報告編號	空調 %	照明 %	動力 %	其他 %
1	P0150	40.0	30.0	30.0	0.0
2	P0145	65.0	20.0	15.0	0.0
3	P0282	18.4	32.2	37.1	12.3
4	P0283	0.0	55.0	38.0	7.0
5	P0286	42.0	43.0	12.0	3.0
6	P0287	13.0	59.0	23.0	7.0
7	P0294	1.0	56.0	35.0	8.0
平均值		25.6	42.2	27.2	5.3

表 9.2-4 集合住宅訪測服務及耗用指標統計(中技社 b，2004)

NO	報告 編號	總樓地板面積 (m ²)	空調面積 (m ²)	公共電力 (kWh/yr)	能源指標 (Mcal/m ² .yr)	電力指標 (kWh/m ² .yr)
1	P0150	21,447	13,800	536,072	60.0	25.0
2	P0145	25,767	23,190	2,052,600	191.2	79.7
3	P0282	166,087	1,350	3,600,604	52.0	21.7
4	P0283	30,497	0	168,800	13.3	5.5
5	P0286	37,346	29,876	589,667	37.9	15.8
6	P0287	74,006	52,326	1,201,200	39.0	16.2
7	P0294	32,103	35	176,487	13.2	5.5
統計		387,253	120,577	8,325,430		
平均值		55,322	17,225	1,189,347	58.1	24.2

9.2.2 節能改善措施及效益統計

(一)省能效益統計

由表 9.2-5 集合住宅訪測服務省能效益統計，七家節能服務案例，平均每家每年可節省用電 7.3 萬度電，每年節約公共用電費用 30 萬元，抑低尖峰 8.77kW。若能推動全省公寓大廈管理維護公司 448 家，約 4,230 人設備安全類技術服務人員之節能觀念推廣，對集合住宅公共用電空調及照明進行節能改善，預估以台北縣、市集合住宅登記社區管理委員會者共計 3,154 筆，30%的用戶進行改善，約可節省用電量共約 0.688 億度電，電費約 2.8 億元、抑低尖峰 8,298kW，值得推動。

$$3,154 \text{ 筆} \times \text{抑低尖峰 } 8.77 \text{ kW} \times \text{改善 } 30\% = 8,298 \text{ kW}$$

$$3,154 \text{ 筆} \times \text{節省用電 } 7.3 \text{ 萬 kWh/年} \times \text{改善 } 30\% = 6,887 \text{ 萬 kWh/年}$$

$$3,154 \text{ 筆} \times \text{公共用電費用 } 30 \text{ 萬元/年} \times \text{改善 } 30\% = 28,386 \text{ 萬元/年}$$

表 9.2-5 集合住宅訪測服務省能效益統計(中技社 b，2004)

NO	報告編號	節約費用 萬元/年	節省用電 kWh/年	抑低尖峰 kW
1	P0150	43.0	76,536	8.00
2	P0145	48.3	132,435	12.00
3	P0282	55.7	158,225	27.10
4	P0283	12.4	9,123	1.20
5	P0286	28.4	61,741	7.00
6	P0287	20.6	59,553	3.60
7	P0294	7.7	15,942	2.50
統計		216.1	513,555	61.40
平均值		30.9	73,365	8.77

(二) 節能措施與效益分析

由表 9.2-6 集合住宅訪測服務節能措施效益分析，合計七家，共有 14 個節能措施案例。其中，集合住宅重點節能技術措施如下：

1. 空調系統：汰舊換新時選用高能源效率設備、窗型及分離式冷氣機採用節能標章產品、空調主機台數控制、冰水泵及冷卻水塔風扇採用變頻器控制、加強開關機與使用時間管理、合理溫度控制。
2. 照明系統：選用高效率燈具及 LED 光源、採用電子式日光燈具、配合照度調整燈具數量、調整燈具回路開關、加裝感應點滅開關、加裝日照點滅開關。
3. 管理方面：契約容量最適化、增設自動功因調整器、水塔利用離峰用電補滿水、增設需量控制系統、增設電能監視控制系統 (SCADA)、停車場抽排風使用管理等。

表 9.2-6 集合住宅訪測服務節能措施效益分析(中技社 b，2004)

NO	省能提案效益	節省電費		減少用電量		出現次數	
		萬元/年	%	kWh/年	%	次數	%
1	訂定合理契約容量	82.2	38.02	0	0.00%	4	14.29
2	提高功率因數	5.9	2.73	0	0.00%	2	7.14
3	調整系統供電電壓	3.7	1.71	25,623	4.99%	1	3.57
4	選定時間電價計價方式	14.2	6.57	0	0.00%	2	7.14
5	採用電子式安定器	43.4	20.07	185,449	36.11%	3	10.71
6	選用高效率光源	1.1	0.51	3,888	0.76%	1	3.57
7	使用高效率燈具	24.6	11.38	102,766	20.01%	5	17.86
8	泵加裝變頻器	17.6	8.14	87,756	17.09%	2	7.14
9	風車加裝變頻器	5.0	2.31	21,710	4.23%	1	3.57
10	改善水塔配置	0.0	-	0	0.00%	1	3.57
11	更換冷卻水塔散熱片	4.3	1.99	29,847	5.81%	1	3.57
12	填補管道孔洞以免造成冷房冷能外洩	3.4	1.57	13,416	2.61%	1	3.57
13	調整照明標準合理化	10.8	5.00	43,100	8.39%	3	10.71
14	增設熱泵加熱熱水系統	0.0	-	0	0.00%	1	3.57
統計		216.2	100	513,555	100%	28	100

9.3 節能實例分析

9.3.1 背景說明

A 社區是福城建設公司在民國八十年左右興建的集合式、高密度住宅大樓。社區內除住宅群、地下樓停車場外，有一獨棟活動中心，活動中心內有室內游泳池、圖書室、健身房、兒童遊樂房、羽球館、媽媽教室、視聽室等設施。由於 A 社區的建築設計、公共設施在當年興建時算是十分新穎完善，加上房屋促銷得法，故 A 社區在基隆市集合式住宅大樓中屬較知名的社區。目前已做之節能工作有設備定期保養維護、採 APFR 控制低壓電容器之投入與切離、照明系統採用 220V 電壓供電減少線路損失，休閒館空調減少開機時數、商店區空調停用，以減少用電等。

大樓計八棟各棟住戶分配如下：A 棟 225 戶、B 棟 416 戶、C 棟 144

戶、D棟 276 戶、E棟 240 戶、F棟 215 戶、G棟 156 戶、H棟規劃休閒館共 1672 戶，建築型式為地下二層、地上十二層，總面積 166,087 m²；包含地下一、二層為停車場、一樓以上為純住宅用。樓層使用率約 97%。能源使用主要以電力為主，全年能源費用約 125.4 萬元(不含住戶一般用電及大公設用電)。一般用電各戶設有分電表並由台電公司收取流動電費，住戶每坪約分攤大公設用電 10 元。全年大公設用電為 6,028,920 元，詳細計算方法為：

$$166,087\text{m}^2 \times 0.3025 \text{ 坪/m}^2 \times 10 \text{ 元/坪} \times 12 \text{ 月/年} = 6,028,920 \text{ 元/年。}$$

該社區之電力系統及用電設備概況如下：

- 1.電力系統：台電以 380V 供電，為低壓需用電戶，設有十一個主要之需用電號，公設用電包含：蓄水泵、游泳池設備、路燈、景觀池、污水處理設備用電；低壓需用電號目前未採任何形式之功因改善；設有緊急發電機，以應付停電所需。分別如表 9-3-1。

表 9-3-1 低壓表燈用電

序號	電號	契約容量 (kW)	年總用電度數 (kWh)	總電費 (元)	每度電費 (元)
1	02-68-0164-00-1	120	454,799	\$1,009,477	1.82
2	02-68-0165-00-2	10	5,862	\$32,472	5.64
3	02-68-0166-85-5	80	185,960	\$483,518	2.60
4	02-68-0167-00-4	15	45,840	\$110,750	2.41
5	02-68-0169-00-6	10	16,840	\$58,290	3.42
6	02-68-0170-25-8	150	211,760	\$724,562	4.23
7	02-68-0170-30-5	10	11,140	\$40,927	3.68
8	02-68-0172-00-1	15	45,200	\$109,570	2.42
9	02-68-0175-00-4	20	91,960	\$234,224	2.51
10	02-68-0179-00-8	15	71,640	\$178,912	2.47
	02-68-0181-00-2	25	113,720	\$247,348	2.17

- 2.空調系統：休閒館中央空調系統採一台 TRANE 離心式冰水主機 (100RT)，夏季 6~9 月開冰水主機，春、秋、冬季停用冰水主機，

夏季則以瓦斯鍋爐供應游泳池之兒童戲水池熱水為主(已停用，繳交瓦斯表基本費 2 萬/年)。A 棟商店區採用一台 TRANE 離心式冰水主機(100RT)，(已停用)。冷卻水塔採溫度控制，散熱材已腐蝕，影響主機效率。

- 3.照明系統：照明系統以 220V，供電停車場主要採用 40W×2 型傳統式安定器型日光燈，24 小時點燈，一樓大廳以 13W PL 燈及 40W×1 型傳統式安定器型日光燈為主，陽台燈以 60W×1 白熾燈炮為主、電梯口及逃生走道以 10W×1 日光燈、各戶門前以 10W×2 日光燈為主，公共區域未設有二線式控制照明開關或紅外線感應開關控制，故各棟照度不一致。
- 4.其他系統：電梯設有十四台變頻式電梯(15hp×4)，24 小時使用。各棟 B1F 及 B2F 停車場抽排風 30HP 一台及 40HP 一台，09:00~21:00 開啟，採間歇性運轉每隔一小時運轉 15 分鐘。揚水泵設有 3HP 十四台，採液位控制交替運轉、撒水泵設有 125HP 七台備用。

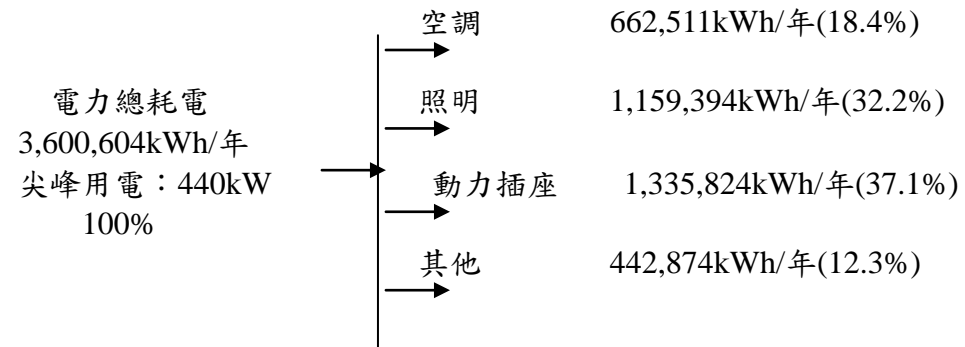
9.3.2 耗能設備

案例名稱：A 社區管理委員會

用戶編號：P0282

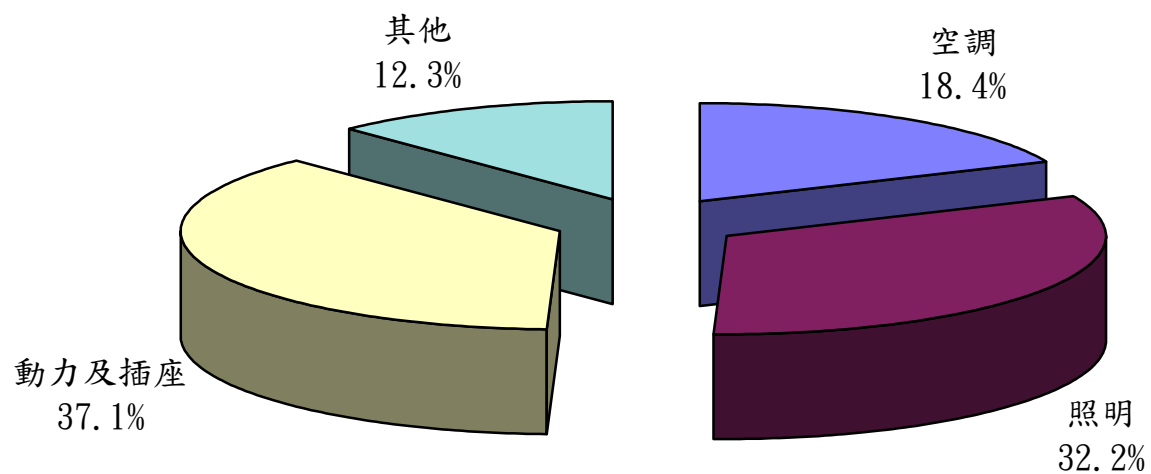
設備名稱	廠牌	設備電功率		製造日期 年/月	現有數量 (台)	全年使用時間 (小時)	使用能源 種類
		功率值	單位				
冰水主機	開利	100	RT	1998	2	600	電力
冷卻水泵	東元	30	Hp	1998	4	600	電力
區域泵	東元	20	Hp	1998	4	600	電力
揚水泵	東元	3	Hp	1998	28	500	電力
撒水泵	東元	125	Hp	1998	14	1	電力
電梯	東芝	15	Hp	1998	14	8760	電力
金屬複合燈	旭光	1000	W	1998	6	3600	電力
水銀燈	旭光	400	W	1998	20	3600	電力
傳統式日光燈 40W*1	旭光	40	W	1998	560	8760	電力
傳統式日光燈 20W*1	旭光	20	W	1998	440	8760	電力
傳統式日光燈 20W*3	旭光	60	W	1998	200	8760	電力
傳統式日光燈 40W*2	旭光	80	W	1998	100	8760	電力
瓦斯熱水爐	辛巴達	200	L	1998	3	0	瓦斯

9.3.3 能源流向



耗能指標：52 Mcal/m².yr、21.7kWh/m².yr、2.6 元/kWh。

9.3.4 能源分配圖



9.3.5 節能措施與節能效益分析

綜合本案例之電力、照明、空調節能診斷服務省能評估分析，在電力方面省能效益為 15.1 萬元/年、照明方面省能效益為 37.2 萬元/年，每年節省總能源費用約 52.3 萬元。詳細之節能評估，參閱以下說明：

改善措施建議表(一)


改善措施	訂定合理契約容量	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率	其他 效益	改善投資 費用	回收 年限
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱					
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年	(%)	萬元/年	萬元/年	年
		3600604	0	0	(15.1)			0	0	0	0
現況說明		改善方案						預期效益			
1. 目前該單位使用十一個低壓需量電號，經常契約容量分別為 10kW~150kW(1F 以下公設)，由 92 年 1 月~92 年 12 月之用電歷史資料而言，目前契約容量訂定皆偏高，導致較高之基本電費支出。 2. 目前大樓未裝設需量控制設備，以致夏季常有瞬間尖峰需量產生，而導致需訂定較高之契約容量，增加基本電費支出。		1. 就過去一年來該單位之用電狀況而言，契約容量訂定偏高，建議降低契約容量，以減少基本電費支出。 2. 此部份為事後計算結果，並不代表該單位契約容量訂定不妥。故建議未來申請契約容量時，可以比預估的尖峰需量值稍高，如此不會因申請作業時間長而造成契約容量訂定始終不能滿足尖峰需量的成長。						1. 省能效益： 預估明年調降契約容量至適當後，可減少基本電費支出約 15.1 萬元/年。 2. 投資費用：無。 3. 回收年限：0 年。			
		序號	電號	契約容量 Kw	電腦試算 最佳契約容量 Kw						
		1	02-68-0164-00-1	120	91						
		2	02-68-0165-00-2	10	5						
		3	02-68-0166-85-5	80	78						
		4	02-68-0167-00-4	15	8						
		5	02-68-0169-00-6	10	5						
		6	02-68-0170-25-8	150	107						

改善措施	訂定合理契約容量	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率 (%)	其他 效益 萬元/年	改善投資 費用 萬元/年	回收 年限 年
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱					
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年				
		3600604	0	0	(15.1)						
現況說明		改善方案				預期效益					
		7	02-68-0170-30-5	10		4					
		8	02-68-0172-00-1	15		7					
		9	02-68-0175-00-4	20		27					
		10	02-68-0179-00-8	15		14					
		11	02-68-0181-00-2	25		16					

改善措施建議表 (二)

改善措施	採用高效率光源	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率 (%)	其他 效益 萬元/年	改善投資 費用 萬元/年	回收 年限 年
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱					
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年				
		99868	0	64918	(16.7)						
現況說明		改善方案				預期效益					
<p>1. 目前社區大樓 1-12 樓之前後陽台照明燈具建設公司交屋時安裝 40W 白熾燈具為主，共七棟 1672 戶約有 3344 盞燈具，全年 3600 小時點燈，使用率 25%。</p> <p>2. 3344 盞燈具×80%未換裝高效率光源=2,675 盞</p> <p>3. 休閒館地下一樓原迴力室，安裝 400W 水銀燈具，目前已非原設計用途，已改為辦公空間，全年 3600 小時點燈，使用率 75%。</p>		<p>1. 在不影響逃生安全並兼具省能考量，建議將原有之 40W 白熾燈具，汰換為高效率 15W 省電燈管型燈具，以減少照明用電。</p> <p>2. 集合式住宅電梯口走道、走廊之照度標準為 75-200LUX。</p> <p>註：目前使用之 PS 燈具已污染不美觀，經由更新燈具及光源後，可提高照度及美觀。</p>				<p>1. 省能效益： 預估經改善後，可節省電費支出約 16.7 萬元/年(18kW、64,918kWh/年)。</p> <p>2. 投資費用： a. 汰換為高效率 15W 省電燈管型燈具約需 32.1 萬元。 b. 以 40W×3 電子式安定器替換水銀燈具約需 0.6 萬元。</p> <p>3. 回收年限： 32.7 萬元÷16.7 萬元/年=2 年。</p>					

改善措施建議表 (三)

改善措施	採用電子式安定器	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之節能率	其他效益	改善投資費用	回收年限
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱					
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年	%	萬元/年	萬元/年	年
		242094	0	79891	(20.5)			33.3	0	34.2	1.7
現況說明		改善方案						預期效益			
<p>1. 大樓目前停車場日光燈以 220V40W×2 傳統式高功因安定器日光燈具為主，每盞耗能約 96W，使用時間約 8,760 小時/年。</p> <p>2. 目前大樓停車場有 A 棟、C 棟、D 棟、E 棟、G 棟共約 820 停車位，220V40W×2 燈具約 520 盞，已實施減光措施，燈管如損壞將不再更換只維持 1 支燈管運作。</p> <p>3. 目前大樓 B1、B2 樓停車場在實施減光措施後，停車位、車道照度不一，實測照度 25~68LUX，燈具數量約 570 盞</p>		<p>1. 建議採逐步汰舊換新方式，將現有 40W×1 型日光燈具(耗能約 48W)，汰換為 32W×1 型高效率電子式安定器型日光燈具(耗能約 32W)，可減少照明用電約 33.3%左右。</p> <p>2. 現使用之 40W 晝光色之普通日光燈管，初光束為 2,800Lm，壽命約 1,000 小時；若改用 T8/32 W 晝光色之高頻省電燈管，其初光束為 2,930 lm，壽命約 10,000 小時；故改用 T8/32 W 晝光色之高頻省電燈管可提高流明輸出 4.6%，增加明亮度。</p> <p>3. 建議汰舊換新時，重新檢討燈具安裝位置及數量，以符合 CNS 照度標準並達到行車安全需求。</p>						<p>1. 省能效益： 預估經改善後，可節省電費支出約 20.5 萬元/年(9.1kW、79,891kWh/年)。</p> <p>2. 投資費用： 汰換為高效率 32W 省電燈管型燈具約需 34.2 萬元。</p> <p>3. 回收年限： 34.2 萬元÷20.5 萬元/年=1.7 年。</p>			
											

改善措施建議表(四)

改善措施	增設熱泵加熱熱水系統	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率	其他 效益	改善投資 費用	回收 年限												
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱																	
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年	%	萬元/年	萬元/年	年												
										360	0												
現況說明		改善方案						預期效益															
<p>1. 目前休閒館內熱水系統採用蒸汽鍋爐(使用瓦斯)二台,其中鍋爐使用之天然瓦斯用量為(4.1+10.5)度/時,每年基本表費費用約 2 萬元(已停用),供應館內溫水游泳池所需熱水加熱,經管理委員會告知每年加熱能源費用約需 700 萬/年,費用非該社區所能負擔。</p> <p>2. 熱水櫃大小有【B1:200GL/槽*2 槽,每槽供應量 147+359G/HR; ,目前僅頂樓有空間,可放置熱泵。</p> <p>3. 目前休閒館溫水游泳池僅開放夏月上班時間使用,且為非加熱狀況,違背當初建設公司規劃之高級休閒社區、名廈。</p>		<p>1. 建議可採行方案為:熱泵加熱熱水取代瓦斯熱水加熱熱水。熱泵冷能可取代部份空調。</p> <p>2. 一般蒸氣鍋爐加熱 1,000 公升冷水從 21°C 到 58°C 消耗能源費用約為 70.7 元,若採用熱泵熱水系統加溫則消耗能源費用約 31 元。</p> <p>3. 熱泵的原理類似冰水主機,為一熱量搬運裝置,不同於冰水主機的把熱量搬出室外,熱泵將熱量回收使用,加溫到所需的溫度應付負載使用。熱泵運轉的能源為電力,其擁有達 3~5 的熱能效率係數(COP),較一般鍋爐 0.8~0.9 的 COP 值高出許多,因此可以大幅減少能源費用。而且熱泵低壓側冰水溫度若可拉低至空調冰水所需溫度,還可降低空調主機之負載,尤有甚者,在冬季外氣溫度低時,冰水主機負載率低,運轉效率差,若熱泵產生冰水足以涵蓋所需冷凍能力,可望免開冰水主機,同時提高空調與熱水之效率值。</p> <p style="text-align: center;">表(一)空氣對水型熱泵熱水系統</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>熱泵型號</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>耗電量</td> <td>14.1kW</td> </tr> <tr> <td>造熱能力</td> <td>47,880Kcal/hr; COP 約 3.9</td> </tr> <tr> <td>製冷能力</td> <td>33,014 Kcal/hr; COP 約 2.7</td> </tr> <tr> <td>冷媒</td> <td>R134a</td> </tr> <tr> <td>壓縮機</td> <td>高效率、低噪音密閉式螺旋壓縮機,</td> </tr> </table>						熱泵型號	N/A	耗電量	14.1kW	造熱能力	47,880Kcal/hr; COP 約 3.9	製冷能力	33,014 Kcal/hr; COP 約 2.7	冷媒	R134a	壓縮機	高效率、低噪音密閉式螺旋壓縮機,	<p>1. 省能效益: 建議在 B1F 及 RF 熱水櫃,各增設熱泵加熱系統加熱熱水,將休閒館內熱水爐改採熱泵主機加熱,預計全年溫水游泳池熱水供應所使用能源費用約:150 萬元/年。</p> <p>2. 投資費用: 粗估若將熱水爐系統改裝熱泵及相關儀表需投資約 360 萬元。</p> <p>3. 回收年限:無 註 1:熱泵可應用於房間、廚房、三溫暖、游泳池等場所,若冷、熱皆能利用節能效益可大於 70%。 註 2:以上僅是概估效益,若欲了解真正規劃熱泵之效益,應成立專案進行詳細規劃評估實際熱能用量,才能真正實際了解投資費用及效益。</p>			
熱泵型號	N/A																						
耗電量	14.1kW																						
造熱能力	47,880Kcal/hr; COP 約 3.9																						
製冷能力	33,014 Kcal/hr; COP 約 2.7																						
冷媒	R134a																						
壓縮機	高效率、低噪音密閉式螺旋壓縮機,																						

改善措施	增設熱泵加熱熱水系統	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率	其他 效益	改善投資 費用	回收 年限														
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱																			
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年																		
現況說明		改善方案						預期效益																	
		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>高溫電源切斷控制</td> </tr> <tr> <td>風扇</td> <td>1140 rpm、20 吋直徑、低噪音</td> </tr> <tr> <td>蒸發盤管</td> <td>抗腐、抗酸蝕處理</td> </tr> <tr> <td>冷凝器</td> <td>白銅製作、溫水游泳池專用</td> </tr> <tr> <td>尺寸(長×寬×高)</td> <td>72"×32"×44"</td> </tr> <tr> <td>重量(lb)</td> <td>1000 lb</td> </tr> <tr> <td>經濟效益評估 (例)</td> <td> 每日製造熱水：16000 公升，50°C(約 320 人使用) 所需熱量：480,000Kcal/天 運轉時間：10.02 時/天 熱泵運轉電費：143,938 元/年 電能鍋爐運轉電費： 631,813 元/年 每年節省電費：487875 元/年(77.2%) 熱泵壽命 10~20 年 </td> </tr> </table>							高溫電源切斷控制	風扇	1140 rpm、20 吋直徑、低噪音	蒸發盤管	抗腐、抗酸蝕處理	冷凝器	白銅製作、溫水游泳池專用	尺寸(長×寬×高)	72"×32"×44"	重量(lb)	1000 lb	經濟效益評估 (例)	每日製造熱水：16000 公升，50°C(約 320 人使用) 所需熱量：480,000Kcal/天 運轉時間：10.02 時/天 熱泵運轉電費：143,938 元/年 電能鍋爐運轉電費： 631,813 元/年 每年節省電費：487875 元/年(77.2%) 熱泵壽命 10~20 年				
	高溫電源切斷控制																								
風扇	1140 rpm、20 吋直徑、低噪音																								
蒸發盤管	抗腐、抗酸蝕處理																								
冷凝器	白銅製作、溫水游泳池專用																								
尺寸(長×寬×高)	72"×32"×44"																								
重量(lb)	1000 lb																								
經濟效益評估 (例)	每日製造熱水：16000 公升，50°C(約 320 人使用) 所需熱量：480,000Kcal/天 運轉時間：10.02 時/天 熱泵運轉電費：143,938 元/年 電能鍋爐運轉電費： 631,813 元/年 每年節省電費：487875 元/年(77.2%) 熱泵壽命 10~20 年																								
								360 0																	

改善措施建議表 (五)

改善措施	管制門窗以防冷能外洩	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之節能率	其他效益	改善投資費用	回收年限														
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱																			
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年	%	萬元/年	萬元/年	年														
		662,511	0	13416	3.4			2.03		2	1.7														
現況說明		改善方案				預期效益																			
<p>1. 貴社區休閒館內有 B₁ 樓室內游泳池，1 樓羽球館、服務中心，2 樓圖書室、健身房、兒童遊樂房，3 樓媽媽教室、視聽室，4 樓休息室等設施提供住戶使用，每年使用空調時間約 2500 小時。</p> <p>2. 住戶於休閒館戶外公共空間使用時未隨手管制門、窗緊閉，造成冷能損失其估計值如下： 門縫洩漏：</p> $Q = \mu F \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$ <p>$Q=0.5 \times (1.19 \times 0.02) \times (2 \times 26 / 1.19)^{0.5}$ $Q=0.0789 \text{m}^3/\text{s}=284 \text{m}^3/(\text{hr} \cdot \text{每一門})$</p> <p>由此可知若門有關，則經由門縫洩漏每一門洩漏量為 284m³/h。</p> <p>3. 休閒館大門未裝設空氣門，造成冷能外洩損失。</p>		<p>1.當門窗和任何形式的孔口存在時，這些門窗、孔口處於關閉的情況下，室內與外氣相鄰空間應維持一個相對壓差，這個壓差就是以一定風量通過這些關閉門窗、孔口的縫隙時的阻力。所以靜壓差反映的是縫隙的阻力特性。</p> <p>2.設縫隙兩邊的壓力分別為 P₁ 及 P₂，按流體力學原理則其壓差：</p> <p>式中 h_w-氣流通過縫隙的摩擦阻力，由於縫隙很短，而且在室內壓差條件下，V_c 一般在 4m/s 以下，所以 h_w 可忽略；</p> $\Delta P = P_1 - P_2 = (\zeta_1 + \zeta_2) \frac{v_c^2 \rho}{2} + h_w, Pa$ <p>ζ₁-突然收縮局部阻力，由於縫隙截面積極小，所以 ζ₁ ≃ 0.5； ζ₂-突然放大局部阻力，同樣理由，ζ₂ ≃ 1。</p> $v_c = \frac{1}{\sqrt{\zeta_1 + \zeta_2}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \varphi \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, m/s$				<p>1. 省能效益： 每一門洩漏量約 284CMH 若休閒館有 4 層樓，每層有二個門發生這樣的問題 因此休閒館洩漏量約： 284CMH×4 層×2 門=2,272CMH</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>改善前</th> <th>回風</th> <th>外氣</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DB^oC</td> <td>24.0</td> <td>33.8</td> </tr> <tr> <td>RH%</td> <td>52.2</td> <td>75.7</td> </tr> <tr> <td>kgw/kga</td> <td>0.0082</td> <td>0.0204</td> </tr> <tr> <td>kJ/kga</td> <td>41.9</td> <td>82.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>故冷能損失約 8.6RT 冰水主機平均測試效率約 0.8kW/RT 空調系統估計性能效率約 1.04kW/RT 因 4~9 月外氣時時變化，若參差因數約 60% 全年節省流動電量： 8.6RT × 2,500 h/年 × 1.04kW/RT × 60% 參差因數</p>					改善前	回風	外氣	DB ^o C	24.0	33.8	RH%	52.2	75.7	kgw/kga	0.0082	0.0204	kJ/kga	41.9	82.2
改善前	回風	外氣																							
DB ^o C	24.0	33.8																							
RH%	52.2	75.7																							
kgw/kga	0.0082	0.0204																							
kJ/kga	41.9	82.2																							

改善措施	管制門窗以防冷能外洩	本項之耗能量		預計年省能效益				本項之 節能率	其他 效益	改善投資 費用	回收 年限
		電能	熱能	直(間)接省電		直(間)接省熱					
		kWh/年	kLOE/年	kWh/年	萬元/年	kLOE/年	萬元/年				
		662,511	0	13416	3.4						
現 況 說 明		改 善 方 案						預 期 效 益			
		$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\zeta_1 + \zeta_2}} = 0.82$ <p>通過縫隙的流量與阻力的關係是：</p> $Q = \varepsilon F \varphi \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \mu F \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$						=13,416 kWh 1kW 平均：2155 元/kW 年 1kWh 平均：2.57 元/kWh 13,416kWh×2.57 元/kWh=3.4 萬元/年 根據 CO ₂ 排量：0.53 公斤/kWh 每年節省電費約：3.4 萬元/年 每年 CO ₂ 減量排放：7.1 公噸/年 2. 投資費用： 需投資約 2 萬元。 3. 回收年限： 3.4 萬元/年÷2 萬元/年=1.7 年。			

拾、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、診斷找出集合住宅能源使用缺失，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、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。

此集合住宅節能技術手冊之編撰，主要是配合「集合住宅節約能源措施」之推動，希望提供給集合住宅能源管理者(如保全公司、社區主任委員)，能有一參考學習節約能源技術觀念與手法之手冊，而率先自發性推動住宅節約能源改善工作，達年度自訂降低能源使用量目標，產生示範效果，引導其他社區採行。並借此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識，共同努力，達到至 2020 年全國節約能源量 28% 之目標。

此手冊的編撰是在中技社節能中心王主任文伯的指導下，得以順利完成。手冊製作過程首先感謝國內各集合住宅社區(台北觀之林、極景藍區、雲頂、巴黎世家、基隆橘郡)的社區主任委員、總幹事及各保全公司，配合進行現場測試評估，得以取樣了解收集到的各社區節能改善現況及優缺點。訪測取樣結果，透過舉辦集合住宅節約能源座談會，邀請到國內各社區主任委員、總幹事及台中以北地區保全公司代表進行討論，會中各代表提供許多寶貴的節約能源改善措施經驗及未來節能方向。

為此中心力邀集合住宅專家台北科技大學冷凍空調系李魁鵬助理教授協助資料收集撰稿，提供技術諮詢，由郭華生組長、工程師蕭獻卿彙整編排和校稿後，交由陳信男組長以及忻珮雯小姐，封面規畫設計，經聘請台灣大

電力試驗中心楊正光經理、台北科技大學冷凍空調系李文興助理教授等二位諮詢委員審核後，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、學界的各位先進不吝指教正！得以使本手冊更形充實和完備。

拾壹、參考文獻及資源

- 1.ASHRAE, 1999, ASHRAE Handbook : Applications
- 2.ASHRAE, 2000, ASHRAE Handbook : HVAC Systems and Equipments
- 3.ASHRAEa, 2001, ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2001, Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings.
- 4.ASHRAEb, 2001, Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
- 5.Brown, G. Z. and Mark Dekay, 2001, Sun, Wind, & Light- Architectural Design Strategies, John Wiley & Son Inc.
- 6.Daniels, Klaus, 2000, The Technology of Ecological Building : Basic Principles and Measures, Examples and Ideas.
- 7.DOE, 2001, Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes, U.S. Department of Energy Grant #DE-FG51-97R020881.
- 8.DOE, 2004, Reduce Swimming Pool Energy Costs (RSPEC) Program, <<http://www.eren.doe.gov/rspec>>, U.S. Department of Energy.
- 9.Stein, Benjamin and John S. Reynolds, 2000, Mechanical and electrical equipment for buildings, Wiley.

- 10.中技社，2003，超級市場節能技術手冊，經濟部能源局
- 11.中技社 a，2004，家庭節約能源手冊，經濟部能源局
- 12.中技社 b，2004，93 年產業節約能源技術服務報告
- 13.內政部營建署，2004，<http://sercpa.cpami.gov.tw/apm/dba/apmacc.accin>
- 14.林憲德，1996，現代人類的居住環境，胡氏書局
- 15.林憲德，2000，綠建築設計技術彙編，內政部建築研究所
- 16.林憲德，2002，舊有建築物外遮陽節能改善工程設計手冊，內政部建築研究所
- 17.林憲德，2003，〈住宅類建築耗能監測與解析〉，建築物能源管理技術研討會，經濟部能源會.
- 18.經濟部能源局，2003，92 年度能源統計手冊