

第五章

能源應用 與新淨能源

（王文博、柯明村）

能源

生命不可少的必需活力與能量

現代化社會的基本要素與力

節約

不是「不用」、「少用」

是「減少浪費」、「提高效率」

第一節>>能源應用與建築節能

第二節>>節能減碳觀念與實務

第三節>>通風節能與健康需求

第四節>>新淨能源（太陽能、風力）

能源應用與建築節能

能源使用與節能減炭基本概念

二十一世紀面臨嚴苛的能源與氣候環境變遷等問題，其中能源短缺問題日趨嚴重，尤其化石燃料，石油存量只剩35年，天然氣存量剩50年，而煤為150～200年。而溫室氣體的大量排放造成溫室效應、全球氣候變遷，極端異常氣候時有所聞。為此聯合國已擬定「京都議定書」，以限制各國二氧化碳排放量，該議定書已於2005年2月16日正式生效。因此，除了積極開發綠色再生能源或新淨能源外，節能減炭實為當前急務，能源有效利用實為面對能源短缺與溫室效應問題之根本解決方案！

此外，環境維護實與節約能源一體兩面，因能源之使用與二氧化碳等溫室氣體之排放息息相關，而二氧化碳為造成溫室效應，導致全球暖化與氣候變遷之主要元凶。全球氣候之異常已至令人憂心之地步，因此，管制二氧化碳排放亦為當務之急，而節約能源則為減少二氧化碳排放之一大利器，如每「節約 1 度用電，即可減少0.637kg二氧化碳排放量」

因此，積極務實地執行節約能源工作，將可一舉解決全球人類面臨的能源短缺與環境惡化之嚴重問題。有關能源耗用與二氧化碳排放間之關連可參考表5-1（見P.177）。

此能源與環境問題亦已威脅民生經濟活動。以和我們生活息息相關之電力為例，目前電價之結構於制訂時，當時之石油價格為15～20美元／桶，而2008年石油價格甚至一度上漲至約140美元／桶，因此，在經濟層面「**電價勢必會長漲**」且管制溫室氣體二氧化碳之排放，亦使火力電廠面臨運轉限制，目前國內75%以上電力依賴火力發電，故「高能源使用代

價」、「高電價的時代勢必來臨」。

■我們該如何因應？

因此，節約能源實為當務之急，而缺電將導致高電價，可使節約能源的回收效益大幅增加，有力節約能源策略之大力推廣。

全國能源會議中，已決議至2010年全國能源節約總量必須達658萬公秉油當量，再生能源使用率必須達3%～5%。在此國內客觀環境與條件之下，要如何達成此目標，實仰賴全民共識與共同努力。其中從中小校園基層推動節約能源，則兼具教育與示範功能，可使全民認識與瞭解，從而一同履行此攸關我們子孫與環境永續發展的共同使命。

綠建築「日常節能指標」 應用於校園之註解

■綠建築九項指標之含義

「綠建築」可擴大定義為「生態、節能、減廢、健康的建築物」評估系統如以下九大指標予以量化衡量。（林憲德——綠建築解說與評估手冊，2005年）

1. 生物多樣性指標
2. 綠化量指標
3. 基地保水指標
4. 日常節能指標
5. 「CO₂減量指標」
6. 「廢棄物減量指標」
7. 室內環境指標
8. 水資源指標
9. 污水垃圾改善指標

以上九大指標與地球環境間之關連性可由表5-2（見P.178）看出。

表中九大指標中與能源相關連者為「日常節能指標」，以下對其進一步說明。

■ 日常節能指標

「日常節能指標」用以有效管制建築物能源使用量，以空調節能為重點。其中對於空調設備系統、照明、晝光利用、太陽能利用等節能設計，均設有優惠評估的辦法。而為合乎耗能基準之要求，將使建築物之設計依照氣候環境而規劃，例如在台灣北部可容許較大的玻璃窗開口與採較少的遮陽，呈現溫帶建築風格，而在南部則只能有較小的玻璃窗與採較深的遮陽，可表現南國風情。將使建築物深具地方知特色。

目前「建築技術規則」中已將有關建築外殼的節能設計納入而成為強制法令，因此「日常節能指標」主要針對空調及照明之用電予以限制，其中尤以空調節能為重點。本指標對於能源節約要求比現行「建築技術規則」中的合格基準還要嚴格約百分之二十。因而促使對於空調設備與系統、照明與晝光利用、太陽能利用等之節能設計。本指標涵蓋以下評估項目：

建築外殼節能評估法

本部分基本上依據現行建築技術規則節能指標來判斷，其合格判斷公式如下：

$$EEV = EV/EV_c \leq 0.8 \quad \dots\dots\dots (1)$$

其中

EEV：建築外殼節能效率，無單位

EV：建築外殼耗能指標（依照內政部營建署最新版之「建築節能設計的解說與實例」計算）

EV_c：建築外殼耗能基準（依照建築技術規則第二章第八節第四十五條之四、五

最新規定基準值）

空調系統節能評估法

本部分只針對建築技術規則所規定的中央空調型建築物以及體育館、博物館、展示館等其他類之中央空調型建築物進行管制，對於採窗型冷氣或分離式空調系統則不予評估（但VRV分離式空調系統視同中央空調系統，只要令下式之EAC為0.8即可）。本部分主要以（1）防止主機超量設計、（2）鼓勵高效率主機、（3）獎勵空調節能技術等三項因子之加權評估法來進行，其合格判斷公式如下：

$$\begin{aligned} EAC = & \{ 0.6 \times (AC_{sc}/AC_s) && \text{主機容量設計} \\ & \times (\sum (H_{ci} \times COP_{ci}) && \text{主機效率} \\ & \div \sum (H_{ci} \times COP_i)) \times R_s && \text{熱源節能效率} \\ & + 0.2 \times R_f && \text{送風節能效率} \\ & + 0.2 \times R_p && \text{水泵節能效率} \\ & R_m \leq 0.8 && \text{其他節能效率} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2)$$

照明系統節能評估法

本照明系統節能評估其合格判斷如公式(3)所示。

$$EL = \left\{ \frac{\sum n_i \times w_i \times B_i \times C_i \times D_i}{\sum A_i \times UPD_i} \right\} \times (1.0 - \beta_2 - \beta_3) \leq 0.8 \quad \dots\dots\dots (3)$$

上式之意義在於以照度標準與總耗電密度來要求綠建築之照明效率，期能達成一般合理照度設計耗電量之20%節能量，因而促使設計者可選擇高發光效率之光源以及採用安定器、照明控制、反射燈罩等高效率燈具來達成。

而有關對於公式(2)與(3)之計算使用可參考文獻（林憲德--綠建築解說與評估手冊，2005年）之詳細說明。

節能減碳觀念與實務

校園能源使用規劃設計原則 (以國中、小學為例)

■電力能源之使用

校園電力能源之使用主要以電氣設備、照明、空調設備用電為主。電力監控系統裝置，則分析用電情況(電流／電壓／負載(kWh)／功率因素等)，以及空調之溫度、壓力、流量等資料。除可於現場顯示之外，並經由轉換器透過高階模組，連接至校區內每一大樓的可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)，彼此以網路連結，再接至中央監控主機監測並予以用電合理之控制。

最高需量是以台電之15分鐘週期取平均值計算，如欲避免超過契約容量而遭受罰款，可利用「需量控制器」與PLC連結，於用電即將超過契約容量時，透過PLC將預先選定之設備(如空調設備、抽水機、抽排風扇等)短時間卸載或停用，即可避免超約罰款，可節省「超約罰款」或「過量全年基本電費」之支出。

a. 源供應規劃設計原則

目前電力系統供電區分：

- 高壓供電**：都市為22.8KV／11.4KV，鄉間為6.9KV／3.3KV。
- 低壓供電**：380V／220V及220V／110V。
- 當校園之契約容量500KW以上務必採用高壓供電。
- 500KW～100KW可採高壓或低壓380V／220V
- 100KW以下則應採用220V／110V。
- 規劃設計原則**：「能用低壓，絕不選用高壓」，因低壓初設費用低，減少整年度之

變壓器變電損失，降低管理維護費及安全性與折舊等諸多問題。

b. 契約容量選擇

如何規劃用電合理化，考量基本電費與超約罰款之間節約平衡問題。

需量控制(Demand Control)為良好之電力管理方法，正確選用通常有相當的節電效果。

c. 因素之提升

應用自動功因調整器(Auto Power Factor Regulator, APFR)，可將功率因素提升至95%～99.7%或以上，高功率因素可獲得電費大幅優惠。

d. 電器設備應用設計

- 電壓選擇原則**：高壓越高，效率越高，電力損失越少
- 大動力(100HP以上，如中央空調設備)可選380V或以上
- 一般電力電器應用——以220V為原則
- 照明(日光燈)可採220V或110V(220V較110V省電)
- 白熾燈泡或活動型插座電器用品如電扇等採110V
- 一般插座應以110V為主，主因安全考量(務必為接地型)電熱水器則以220V為原則。

由台電提供北部校園之用電概況之檢討，得知校園內之用電值得改進之地方如下：

1. 契約容量規劃不當

契約容量太高多繳12個月之基本電費，太低則易超約遭受高額罰款。台電規定當月用電最高需量超出其契約容量時，超出部分依各該不同供電季節、不同供電時間之適用電價，按下列標準計收基本電

費，並概不給予功率因數及基本電費等電費折扣：

- A. 在契約容量10%以下部分按二倍計收基本電費。
- B. 超過契約容量10%以上部分按三倍計收基本電費。

因此，應根據電力監控資料及台電三年內電費單，評估調整最佳契約容量。

2. 功率因數過低

依現有台電收費之規定，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，該月份電費應增加千分之三；超過百分之八十時，每超過百分之一，該月份電費應減少千分之一·五。因此，若功因可以合理改善提高至99~100%，除可減少無效電力浪費之外，還可享有最佳功因折扣，因而節省電費。

目前，大部分新設或公立學校多已配置功因改善設備，如自動功因調整器，只需稍加調整即可，不必再花大金額投資即可改善。

■ 照明

若學習環境光線不足，會造成視力衰退及精神無法集中；而光線過強則容易造成疲勞並浪費電力。

研究顯示，學生在光線充足的場合，學習效果最好，所以合理的照明對於學生學習相當重要。以下表5-3（見P.178）及指出照明對人之影響，而中國國家標準（CNS）的照明設計標準則可參考表5.4a校園室內照度、與表5.4b校園室外照度之推薦值。

照明若能妥善設計，除了可增進閱讀動機之外，亦使學生易於集中精神而強化教學效果。

反之，若閱讀環境光線暗淡（不足的照度）、反光強烈或直射光（眩光）、明暗對比過份強烈、發光閃爍等，除了將減低學習慾望，並會造成視力疲勞而影響視力健康。因此校園內學習環境擁有優良而舒適的照明實屬重要。在規劃室內教學環境所需之照明品質時應注意以下各項：

1. 照度充份適度
2. 消除閃爍、發光穩定
3. 配光分佈及消除陰影
4. 消除或減少眩光
5. 避免強烈的明暗對比
6. 光源光色及演色性
7. 便於控制與實用性
8. 配電安全與電費等考量

如果將上述條件對照相關照明設計考量，則可歸納為四個部分，即：合理的照度品質要求、適當光源的選擇、高效率燈具約選用與排列、與低閃爍之照明品質。

有關照明的節能減碳考量，北美照明學會與日本照明學會推薦七種照明節能方法：

1. 符合工作要求的照度水準
2. 使用高效率的光源
3. 照明器具的選擇
4. 天然光的利用
5. 對照明環境的考慮
6. 有效的配線設計與照明控制系統
7. 易於維護管理的設計

而學校可以實施的照明節能減碳措施列舉如下：

1. 使用220V電力系統可比110V省電。
2. 照明節能設計首重採用高效率燈具，切忌採用鎢絲燈泡、鹵素燈、水銀燈等之低效率燈具。

3. 以螢光燈替代鎢絲燈泡、鹵素燈，以複金屬燈、鈉氣燈替代水銀燈。尤其在體育館、大廳、禮堂、大講堂、室內中庭等挑高空間，應採用高投光效率的複金屬燈具更能兼顧照明品質與節能之功效。
4. 螢光燈外形以大、長、直，會比小、短、彎者好。
5. 「細」「長」型日光燈管如T-5燈管較T-8、T-9者省電，40W較20W省電，如圖5-1所示。
6. 避免使用燈罩（如壓克力）與遮光燈具。
7. 燈具開關頻率常在10分鐘內應使用白熾燈泡較省電，在20分鐘以上則使用日光燈。
8. 教室燈具開關迴路應規劃為分區及分段開關。見圖5-1。
9. 日光燈採高效率電子安定器。
10. 路燈採用隔盞控制，並配合自動點滅器自動開關。或選用太陽能光電燈具。
11. 選用高功因、高效率燈具，初期購置經費雖高，長期省電效果仍划算。
12. 廁所白天採光足時應關燈。
13. 燈管及反射罩定時清洗，發黑或閃爍燈管換新，以維持適度照明。
14. 選用低眩光燈具：應具有防眩格板與高遮光角設計。
15. 定期測量所有教室、辦公室的照度，以確保充足照明。



圖5-1 (a) (b)
40W×2之T-5省電燈管及分區分段開關控制

16. 繪圖室、辦公室等照度需求較高的場所，可採用檯燈等以局部照明加強。
17. 照明色溫K值低感受溫暖，反之色溫值高則感覺涼爽。台灣地處亞熱帶夏季時間長，教室和辦公室等宜選用較高k值如4500K以上的日光燈管，以營造夏天清涼與明亮感覺。
18. 諮商室、會議室、展覽室等需要溫暖氣氛場所，可以將白熾燈改用暖色系省電燈泡，以兼顧溫暖氣氛和省電效果。

此外，可考慮裝設照明控制設備，以減少燈具的使用時間來節省照明用電量。如以下之建議：

1. **晝光感知器**：裝設於採光良好的窗邊，當外界光線足夠時，可自動減少靠窗燈具的亮度或關閉燈具。
2. **時序控制器**：可依照預先設定的時程自動對環境切換照明模式，或做燈具的明滅控制，例如上班、下班、午休時間之照明自動點滅。
3. **熱感應開關**：可於小型會議室、會客室、廁所等場所，單獨使用熱感自動點滅控制設備，於無人時自動關燈，避免無謂照明浪費能源。



(a) 旋轉式風扇 (b) 葉片式風扇

圖5-2 旋轉式與葉片式風扇

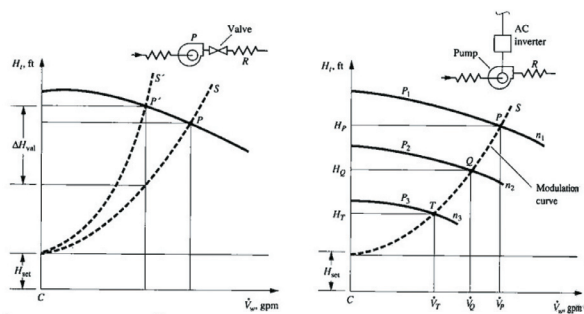


圖5-4 水路系統設計比較(a)使用閥門，(b)使用變頻水泵

意另設通風換氣設備，否則室內空氣品質勘慮！「再度強調注意」

● 中央空調系統

在中小學校原則建議：「不適用」，因空間規模不夠大，共同使用率偏低，操作保養維護均需設置「專技人士」等缺失。

註：若需設置可參具以下「中央空調設備與系統」。

② 冷氣設備節能規劃建議

- 採購高EER值冷氣機——應落實比較EER高低
- 勿選過（超）大容量機型
- 運轉噪音值
- 過濾網抽洗（換）簡易性或方便性

而小型冷氣設備節約用電提高效率可採以下措施：

1. 溫度調節器須設定適當溫度值，以免過冷或過熱。

冷氣機的溫度設定範圍以 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 為宜，每調高溫度設定值 1°C ，約可節省冷氣用電6%。對於經常進出的房間，室內溫度不要低於室外溫度 5°C 以上，以免影響身體健康。

考慮設計——冷氣溫度警示開關，如高於 28°C ，自動響鈴或關燈，甚或發音請關掉冷氣或自動切掉冷氣。並透過監控

系統記錄的用電資料，提供給耗電較大單位，提醒自行檢討改善。

2. 冷氣區域應與外氣隔離且門窗應緊閉，以免增加空調負載。

注意緊閉時的強制通風換氣裝置，可加裝全熱交換器，以節省換氣能源。

3. 為提高冷氣效果，最好裝置百葉窗或窗簾以免日光直接照射。
4. 配合風扇使用，可使室內冷氣分佈較為均勻及舒適感，可將設定溫度提高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 可達到相同的舒適感，可大幅降低冷氣機電力消耗。

（註：電風扇以風葉式為佳，搖頭式不宜，參圖X）

5. 應定期清洗（每年3~4月冷氣使用前）檢修冷卻塔、Y接頭及管路（每年），及主機的過濾網（每月使用單位自行清洗）。
6. 應加裝分電表，可建立使用者付費之觀念。
7. 應設控制於主機不運轉時，冷卻水塔及水泵應停止，以免耗能。
8. 應設定時OFF開關，以免忘記關閉空調。

- 在窗型及分離式冷氣方面節約用電提高效率可採以下措施：

1. 冷氣機的溫度設定範圍以 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$ 為宜（與前述相同）
2. 冷氣房內配合電風扇使用（與前述相同）
3. 停用冷氣機前5~10分鐘可先關掉壓縮機（由冷氣改為送風或調高溫度設定），維持送風換氣，則下次再開冷氣時較為省電。

（註：再次強調，注意通風換氣，尤其分離式冷氣）

4. 百分離式冷氣室內機與室外機安裝位置（距離及高度）勿超過廠商安裝技術說明書內容上限（愈近愈佳，否則效益不佳更費電且不易回油而易生故障）
5. 定期清潔過濾網，勤洗不僅室內空氣品質佳且省電。

■中央空調設備與系統（適用於高中職較大型活動空間用）

對於使用中央空調系統之體育館、育樂中心或圖書館等場所，則必須先對中央空調系統之設備與系統有所瞭解，以期能掌握其節約能源之技術與運轉管理。中央空調系統實施節能措施，應把握在不影響空調品質的情況下，減少空調系統耗電量。一典型之中央空調系統如圖5.3所示，其節約能源之基本觀念可依此圖說明如下：

- 如何減輕（降低）空調負載
- 如何減少搬運動力，即風扇泵浦與壓縮機
- 如何讓冷能／廢熱回收再利用，以減少浪費
- 選用高效率空調設備

中央空調系統節能的基本要領依上分析分別說明如下：

a. 減輕（降低）空調負載

①建築外殼節能設計

針對建築物外殼之耗能，其法規基準依我國「建築技術規則」規範，摘錄如表5-7（見P.181）所示。

- ②東西面建築綠籬美化、綠藤牆、遮陽、屋頂隔熱抗或綠化

③適時減少系統操作時間

- ④照明（選用高效率燈具）及操控時間減少或自動管控

⑤提高冷房設計／設定溫度、降低暖房設計／設定溫度

此將使空調負載降低，節省設備投資與減少能耗。

⑥空調應用時，外氣引入量最小化

在不違背ASHRAE Standard 62.1-2004標準的室內空氣品質要求的情況下，將新鮮空氣引入量予以減少，以降低空調設備處理外氣的負荷。該標準對外氣引入的要求如「第三節 通風節能與健康需求」內之詳細說明。

⑦適度降低空調送風之溫度

⑧設置夜間排氣裝置(purge system)或有熱冷卻（Free Cooling）之規劃運用

利用夜間外氣低焓值（enthalpy）之時機，將大樓內可能累積之日間輻射、內部熱源（如電腦、電器等設備）等之熱負荷（稱之pulldown負載）排出，而引入外氣。這種設置與控制方式可減少隔日，或連續假日結束後之空調系統開機時之負載。

b. 減少搬運動力

依據流機定律，風機或泵之耗能與搬運量（即流量）之三次方成正比，因此，能夠減少空調系統之送風量、送水量或冷媒流量將可減少風車、水泵與壓縮機的耗能，即所謂的可變風量（variable air volume, VAV）、可變水量（variable water volume, VWV）和可變冷媒量（variable refrigerant volume）技術。

1VAV技術

有關空氣側之各種VAV技術之節能效果，

以無段變速效果最佳、使用入口導流葉片次之，再來為使用風門控制者。一般而言，空調的負載多在50%左右，故無段變速之節能效果能節省20~30%的耗能。

2VWV技術

至於冰水側的VWV技術，其節能原理與VAV類似。如圖5-5所示，右圖為採用變頻水泵之VWV設計，可比較得知其節能效果遠優於左圖的採用水閥調整送水量的作法。

水路設計應把握熱混合會導致設備低效率運轉或是不理想冷卻效果的原則，使用P-S水路(primary-secondary circuit)設計具有絕佳的節能優點。依ITT BELL&Gossett研究實驗，利用電腦模擬與實際測量的方法，證實只要遵循以下幾個設計原則，就可以使混熱現象減到最少：

1. 設計使共有管路的揚程最小化。
2. 使二次側給水的T型管和回水T型管之間有三倍一次側管徑的距離，能有效防止熱混合現象產生。
3. 考慮一次側和共有管路二次側配管時，應在最大的二次側流量下使用適當的管損表，使其流速保持在1.5m/s以下。
4. 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。
5. 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。
6. 若在負載變化大或是大部分時間為輕載的場合，更可在二次側(負載側)泵加裝變頻器，使二次泵隨負載變化而改變轉速，輕載時將可節省更多電力。
7. 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。
8. 而一次／二次側冰水系統設計即可設計為

VWV系統，以節省水泵耗能

9. 可變冷媒量技術：可變冷媒量技術採用變頻式壓縮機，控制壓縮機馬達的轉速，當室內環境溫度改變時，控制系統會視負荷大小輸出不同的頻率，變動範圍約在30Hz~116Hz之間。當冷房達到設定溫度時，壓縮機會改以低頻率運轉，維持室內溫度與人員舒適，可以避免壓縮機無謂高載運轉，節省電力。
10. 冷能／熱能回收(heat recovery)：應用熱交換器，如全熱交換器、自然空調機或熱管(heat pipe)設備等冷能回收設備，將低溫排氣之冷能予以回收預冷引入之新鮮空氣，可減少空調設備調節新鮮空氣之負擔。此外，亦可應用節能器(economizer)，在外氣條件允許之適當時機，將外氣或冷卻水的冷能以控制的手法予以利用。
11. 空氣節能器：空氣側節能器依控制方式皆以監測外氣熱力狀態而控制其引入外氣量的時機。以台灣高溫高濕的天候型態而言，應採用焓值控制(enthalpy air economizer control)以免誤判外氣條件，發生額外耗能的情況。
12. 採用高效率空調設備：諸如高效率主機(chiller)、蒸發式冷卻(evaporative cooling)設備、自然空調機等運轉效率高的設備或創新技術之應用，可使系統整體運轉效率提升，發揮節約能源之功效。表5-8(見P.182)為國內對中央空調系統冰水主機的能源效率管制標準，提供選擇冰水主機設備時的參考。

■給排水與衛生設備

- 水資源(雨水、再生水利用)與省水器材規

劃可參見第四章。

- 洗手台廢水可設計回收再利用，供廁所沖洗以節省水費。
- 校園日用水與飲用水應分別規劃，維持給水品質。
- 飲用水系統或生飲系統管線宜採自來水直接獨立供水，避免流經RC水池或屋頂RC水箱產生水質污染，水箱揚水泵浦均應採不銹鋼製品，管線應採不銹鋼或PB、紫銅管……等合格飲用水管線。
- 日用水則可採自來水／地下水／回收水……水池管線則不設限，維持清淨度即可。
- 日用水宜採高塔重力給水，全校盡可能擇一最高處設置水箱或高塔，避免過多且小型揚水泵，效率低，耗能大。
- 排水系統注意存水彎（U-trap），通氣管及水平坡度（slope），以維持暢流，減少腐蝕，增長壽命及節約維護管理費用。
- 衛生設備宜採省水龍頭，自動節水沖水小便斗，二段式節水蹲式馬桶（殘障宜採座式馬桶外），以節省水資源並易維持衛生條件。

■體育館（含游泳池）

1. 體育館、活動中心或音樂中心等大空間。原則若能採半室內型「開放空間」為最理想。自然通風換氣配合風扇輔助空氣對流，即節能又可滿足室內空氣品質的控制，由其中南部終年氣候較炎熱之地區學校。若採容內密閉空間方式，則強制側（頂）抽排風扇輔箱型或中央空調維持室內空氣品質。
2. 游泳池
 - 規劃半室內開放型為最理想，由其中南部地區。
 - 室內密閉型以電熱泵供應泳池及沖洗溫

水。冷能回收做冷氣及除霧為節能省電方式。

- 中南部可選太陽能溫水系統。但為冷氣及除霧，仍可採熱泵併用為理想的規劃。
- 游泳池溢水宜回收經處理（消毒、過濾等）再使用為最佳，否則配合消防水池水活化供廁所沖洗用（註：游泳池用水含氯氣（Cl₂）不宜回收供花草樹木澆灌使用）
- 缺電熱水器為最浪費／最沒有效率且太浪費電力之供熱方式。即使作太陽能熱水系統的輔助熱源也不宜。

■校園中其他用電公共設施

生飲系統／冷熱飲水器

飲水機及冷熱飲自動販賣機應設時間開關，下班後或例假日自動斷電節約能源，以節省不使用時段之電力能源。

電腦設備

選用「能源之星」電腦。個人電腦於正常使用時，平均每台耗電150W；當超過設定時間（5～10分鐘）不作業時，「能源之星」電腦會進入「睡眠狀態」，耗電降至30W以下，可以節省大量能源。

影印機

選購具省電功能之影印機。安裝影印機時其背面排氣孔與牆面應保持十公分以上的距離，以利散熱。不可裝設於不通風或灰塵多的地方，以免影響機器效率。午休時間關閉影印機等用電設備。複印前須先設定紙張大小及複印份數，以免增加無效的複印，浪費紙張及電力。

其他無論辦公用具、傢俱、課桌椅……等應以選擇具有「節能標章」「能源之星」或「綠色標籤」為主要選購基準，對永續校園環境有

莫大的貢獻。

空調安裝維護管理節能要領

空調系統逐漸為校園中最耗能之設備，故空調之安裝維護管理節能之14項原則，指出從初期的系統維護保養，直至評估改善的大方向以供參考。

■維持良好的維護保養

1. 定期清潔
2. 測漏／補漏
3. 調整
4. 潤滑
5. 保持良好散熱環境
6. 感測器定期校正
7. 定期檢查控制設定
8. 定期檢查風機、泵等之轉速
9. 定期檢查空氣／水等流量
10. 定期檢查水閥、風門等之做動

■設備不使用時及時停機，於最佳狀況下開／關機

■減少冷氣與暖氣負載

1. 夏季時調高室內設定溫度、冬季時調低室內設定溫度
2. 減少外氣引入量
3. 減少照明負載
4. 做好隔熱與絕緣
5. 裝設多層或隔熱玻璃
6. 密封建築物的外氣滲入與冷氣／暖氣滲出

7. 提供遮陽以減少太陽輻射熱獲得
8. 以亮色外裝降低外牆／屋頂之輻射吸收率
9. 適度控制空調區域之溫度分層
10. 降低空氣／水路系統之流量與阻力

■改善系統效率

1. 採用VAV技術
2. 採用VWV技術
3. 避免同時冷／熱或交替頻繁之運轉
4. 應用溫度重設（temperature reset）

■使用高效率設備

1. 使用高SEER（seasonal EER）、COP之設備
2. 使用單位冷凍噸之耗電量低之設備
3. 使用低壓降設備
4. 避免過大設計之設備
5. 壓縮機、鍋爐等設備採用台數控制

■冷能／熱能回收

■採用自然冷能

■改善／升級控制系統

1. 感測器
2. 控制器
3. 控制馬達
4. 狀態顯示器
5. 閥門、風門等

■採用電腦控制的設備

1. 採用Energy Management System—EMS控制模組
2. 採用設備專用之微處理器
3. 適時應用計時器
4. 自動調整控制

■空氣／水系統實施Testing Adjusting & Balancing (TAB) 以求最高運轉效率，以節省大幅能源

■節能措施應用改善之前必須執行合理的能源查核以作為比較依據

1. 獲得改善前系統之徹底且正確的能耗資料與操作現況
2. 執行正確且可靠之工程評估與經濟效益評估
3. 考慮各種可能之節能改善替代方案

■從不需費用與低費用節能措施先做起

■必要時需測與調整

通風節能與健康需求

■通風換氣

依國內外各領域的研究與文獻報告皆已明確指出，大部分建築物內空氣品質（Indoor Air Quality, IAQ）都無法讓室內人員接受，並且有很多人飽受「病態大樓症候群」（Sick Building Syndrome, SBS）之苦。即使其通風空調系統符合現今之法規（如ASHRAE 62-2003），抑或室內污染物濃度低於標準值。這表示IAQ之維持與提升在在影響人類

永續生存與工作效率，致力改善IAQ與維護人本健康的迫切實不容忽視，因此「室內空氣品質對師生健康及學生腦細胞成長愈來愈重要」。

室內二氧化碳可視為通風換氣的一項指標，若其濃度太高，大部分人會感到不舒服、疲倦甚至頭痛，而若其濃度超過1,000ppm，可能會影響呼吸、循環器官及大腦機能。因此教室內之二氧化碳濃度應控制在800ppm以下，幼童如托兒所或低年級愈低愈佳。

此外，室內建築牆面與天花板油漆粉刷，室內裝飾、課桌椅、教俱、傢具及佈告黏著物等等，都可能產生揮發氣體。室內空氣污染源之一的VOCs，以甲醛、苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷等為主，皆具毒、且為致癌與基因突變危險因子。VOCs之室內污染源之黏合劑、溶劑與油漆等普遍存在於建材、裝潢、家具、木質地板、塑膠地板、乾洗衣物等等之中，這些建材與生活幾乎息息相關，現代人處於室內空間受VOCs影響危害之程度實難以想像！

有關各國對室內甲醛濃度暴露標準值之規定方面為，美國0.200～0.500ppm，加拿大0.100ppm（建議值），0.050ppm標準值。在作業場所空氣中甲醛暴露濃度方面，NIOSH（National Institute of Occupational Safety and Health）將時量平均建議暴露值（REL-TWA）訂為0.016ppm、ACGIH（American Conference of Governmental Industrial Hygienist）認為甲醛為人類可疑致癌物，並將TLV-TWA及TLV-STEL皆訂為0.3ppm（ACGIH，1995），目前我國則是將8小時量平均容許暴露濃度（PEL-TWA）訂於1ppm。

而有關苯之暴露預防措施，八小時日時量平均容許濃度（TWA）為5ppm，而短時間時量

平均容許濃度（STEL）為10ppm。

而在國內法規方面，環保署已積極制訂「室內空氣品質管制法」，其中已有制訂相關罰則，未來室內空氣品質不合格者可能遭受執行單位之懲處。有關該管制法規定之室內空氣品質建議值可見表5.9（參見P183）所示。

而為室內空氣品質考量，需以空調通風方式引入外氣。有關外氣之引入量可以下表5-10的美國國家標準為依據：(ANSI/ASHRAE Standard 62-2001)，通排風機之運轉，可加裝二氧化碳及VOC's濃度偵測器控制啟停，以保持健康室內空氣環境及節省電力。

（註：室內停車場則以一氧化碳(CO)偵測器控制抽／排風機啟停，即可維持空氣品質又可節省大幅電費）

■全熱交換器的應用

全熱交換器基本上有兩種，一為靜態的交叉流式，另一為轉輪式，操作原理及應用可簡述如下：

交叉流式

靜電交叉流式的全熱交換器如圖5-5所示，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，為主要優點。

轉輪式

如圖5.6，轉輪式全熱交換器需用一個小馬達帶動此種蜂巢輪，需用一個小馬達造成這種蜂巢輪之轉動，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的系統如用於中央空調的空調箱。全熱交換器可與小型空調系

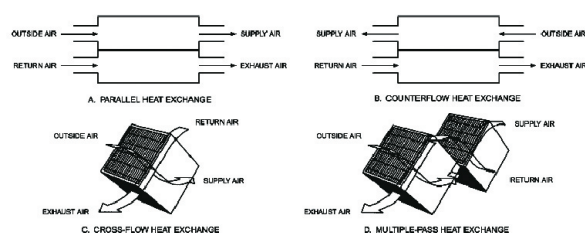


圖5-5 各種靜態交叉流式的全熱交換器

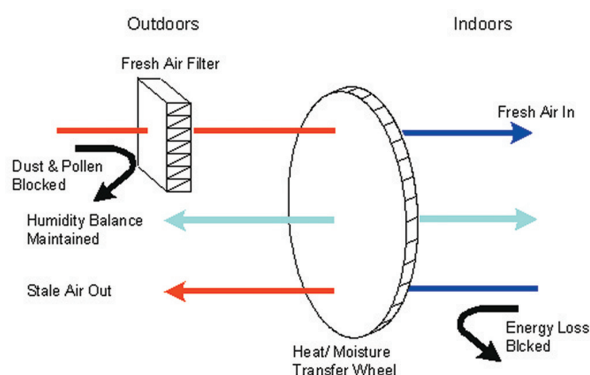


圖5-6 轉輪式全熱交換器

統配合使用，可以達到省能又維持高新鮮空氣的目的。

c. 自然空調機

自然空調機的構成組件可分為熱管／鰭片熱交換器、水盤管熱交換器、水噴霧器、可變風量風扇、可變水量馬達和控制器等，構造圖如圖5-5所示。空氣所流經之路徑可分為兩部分來討論，一為廢氣排風側，這一部分所流經的空氣是指，由於室內必須維持一定的空氣品質，因此必須藉由通風來達成換氣作用所需排出的室內空氣；另一為新鮮空氣送風側，此部份所流經的空氣是指，由於室內必須維持一定的空氣品質，因此必須藉由通風來達成換氣作用所需引入室內的新鮮空氣。

原本要直接排出的廢氣先經過水噴霧器作蒸發式冷卻的過程，使空氣的乾球溫度更為降低，然後再經過熱管熱交換器，將熱管中的熱

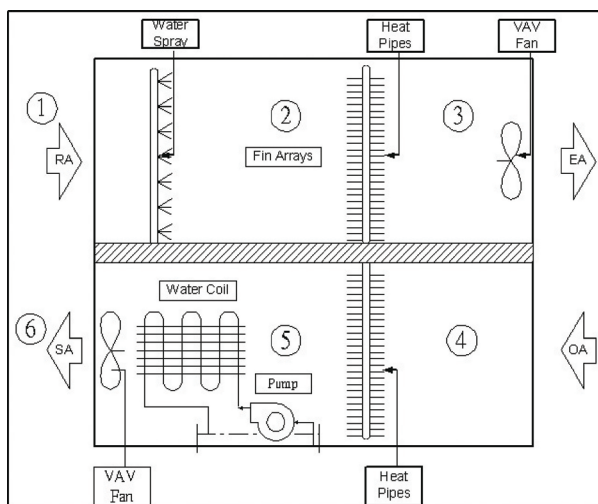


圖5-7 創新型自然空調機構造圖

量帶走，最後將欲排出的廢氣排放於大氣中。另一方面，外界引入外氣之新鮮空氣先流經熱管熱交換器，新鮮空氣中的熱量被熱管所帶走而焓值降低，然後再經一鰭管式水盤管熱交換器，此鰭管式水盤管熱交換器內之工作流體可使用一般之自來水或空調回水，而當空氣通過此鰭管式水盤管熱交換器後，可使新鮮空氣的熱量被鰭管式水盤管熱交換器帶走，因而使得新鮮空氣的焓值更進一步的降低。而在廢氣排風側與新鮮空氣送風側皆使用可變風量馬達，可在不同情況時做不一樣的控制模式應用。

以上三種形式的冷能回收裝置比較可參考表5-11（見P.183）。

新淨能源（太陽能、風力）

基礎知識

台灣能源貧乏，絕大部分的能源須仰賴進口，二十一世紀面臨能源與環境問題，使得開發自產能源、利用綠色能源的重要性日益彰顯。

民國87年5月全國能源會議宣布在公元2020年時新能源規劃要達到1~3%占比的目標。經

濟部能源局完成「新及淨潔能源開發規劃」，擬訂我國各項再生能源的發展目標，至2020年再生能源發電總裝置容量，占全國發電系統的10%為目標。而行政院91年8月所通過的「再生能源發展條例」，亦訂定再生能源發電容量獎勵總量為650萬瓩，進一步宣示加強推動再生能源發電的政策。並對再生能源定義為太陽能、生質能、地熱、海洋能、風力、非抽蓄水力或其他經中央主管機關認定的可永續利用能源。而民國94年6月全國能源會議結論中指出，在公元2010年時再生能源規劃要達到占總能源3~5%的目標，而太陽光電部分更是要求加強太陽光電系統設置，以2010年2.1萬瓩、2015年32萬瓩、2020年57萬瓩、2025年80萬瓩為目標。

再生能源取之不盡，用之不竭，對環境衝擊性小，屬於一種淨潔能源。經濟部為增進國內能源多元化及提升環保效益，將再生能源推廣利用列為國家重要能源政策之一。因此，本部分介紹適用於校園示範系統之太陽能與風力應用。

如何正確規劃新淨能源的校園應用

■教學或示範功能

再生能源目前雖無法以經濟效益之成本觀念考量，但基於推廣與宣導之理念，於校園內建立再生能源的教學示範系統頗具教育意義，使再生能源與能源有效利用的觀念深植於下一代。

目前較適用於小型示範系統者以太陽光電、太陽熱水與風力為比較好的選擇。太陽光電可應用於校園內照明系統，如走廊燈光、路燈、LED展示板等；太陽熱水則可用於廚房、宿舍

等需要熱水的場所；而小型風力發電系統則可置於高樓上，兼做自然物理教學與能源示範的功能。

■如何規劃有效的節能應用

太陽能

台灣位處亞熱帶地區，具有良好的太陽能資源，應與以積極應用。目前關於太陽能資源的應用以太陽光電與太陽熱能為主，分別說明如下。

①太陽光電

因應全球暖化，除了限制溫室氣體排放量，減低全球溫室效應外，全世界必須轉向不同的能源模式，藉由全世界能源系統的「去碳化」來做到。「去碳化」意謂著大幅改用太陽熱能、太陽光電、水力發電、風力發電等再生能源。而這其中最吸引人的科技就是仰賴太陽光發電的太陽光電技術，也是21世紀最有可能列入環保時尚流再生潔淨新能源——「太陽光電發電」。

●太陽光電技術原理及其運用

太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收太陽光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。設置太陽光電系統時應考慮設置地點與面積。1峰千瓦（kW_p，即大約是正中午時的陽光照射量下的太陽電池輸出功率）太陽光電系統所需使用之設置面積約為10～15平方公尺，若與市電並聯維持穩定供電，3～4峰千瓦即可供一戶住家所需之電力。並聯型系統1峰千瓦，其設置成本約新台幣25萬元，平均一天可發3度電以上，系統耐用年限超過20年以上。獨立型系統需加裝蓄電池故成本較高，但可應用於緊急

防災、救難及偏遠地區之供電。與建築結合的太陽光電系統裝設將是太陽光電市場推廣約主力，達到節能效果，也可注入建築構形的新風貌。

近年來，政府為了再進一步推廣太陽光電應用，除了原先的補助措施之外，也增加更多元化的推動方式，全力推動太陽光電，加強鼓勵一般民眾、政府機關及學校裝設太陽光電示範系統，並給予半額或全額之設置補助，將太陽光電示範系統普遍設置於各個地區。詳細申請方式，請參閱<http://www.solarpv.org.tw>

●安裝太陽光電發電系統注意事項

- * 選擇適當設置地點，太陽電池組列設置地點應日照良好，組列架設角度以朝正南傾斜，其傾斜角與所在之緯度接近（20～24°）為佳，同時應避免有長時間蔭影遮蔽之狀況。
- * 設置土地面積需求，若選用單晶矽或多晶矽太陽電池，每設置一峰千瓦約需使用3～5坪（10～15平方公尺）左右之土地面積，若選用非晶矽太陽電池，每一峰既設置約需再乘以1.5～2倍之土地面積。
- * 建築物設置太陽光電發電設備高度在1.5公尺以下者免申請雜項執照。至於其結構安全部份應由依法登記開業之建築師或土木技師或結構技師簽證負責，並函送該管直轄市、縣(市)政府備查。另太陽光電發電設備高度超過上述規定。或擬裝置於建築技術規則建築設計施工篇第九十九條規定應設置屋頂避難平台的建築物者，仍應依據建築法第七條及第二十八條規定，申請雜項執照。
- * 選擇適當廠商施工，並應考慮空間、天

候、溫度、防潮等因素。

* 太陽光電發電系統若與電網併聯，應依經濟部相關並聯技術規範辦理。

* 相關訊息及申請文件下載，請參考查詢
<http://www.solarpv.org.tw>

● 太陽能熱水系統節能

太陽能熱水系統技術已商業化，如何有效利用，是目前推廣應用的重要項目。經濟部能源委員會為鼓勵民眾裝設太陽能熱水系統，於89年頒佈實施「太陽能熱水系統推廣獎勵辦法」。自推廣辦法實施以來，太陽能熱水器的設置量大幅成長，國內安裝總裝置面積已達到107萬平方公尺，共計有25萬戶使用太陽能熱水系統，普及率約3.6%，每年新增設置用戶約達一萬餘戶。而各級學校太陽能實際應用主要為供應教職員及學生宿舍熱水，已有各級學校已先後裝設太陽能熱水系統。

② 太陽能熱水系統設計注意事項如下：

系統設計條件

* 用水量與水溫

家用洗澡用水：男生每人50℃水50公升；女生每人50℃水80公升。

宿舍用水：每人50℃水80公升

* 容水量與太陽能集熱面積之比值

儲水桶容水量與太陽能集熱面積之比值為

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

自然循環式 $V/A = 50 \sim 80$

強制循環式 $V/A = 70 \sim 100$

由於安裝地點及使用集熱器效率的不同，上述 V/A 值將有所變化。

若使用太陽能熱水輔助加熱器，則必須注意下列各項：

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

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

* 施工時必須告訴安裝的廠商，安裝地點的水壓情形，若水壓不夠，要有補救措施。

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

而太陽能熱水系統操作使用上應注意集熱器表面溫度或背面溫度過高，表示儲熱桶溫度已經到達很高或管路阻塞，應檢查儲熱桶水溫是否已達60℃～70℃，如未達此溫度，應檢修管路。若有加裝輔助加熱器時應注意其能源使用情形，如能源使用量不合理的增加，需檢查輔助加熱器作時間及設定溫度；大型系統檢查泵浦及控制開關是否正常運作。

風力

目前風力發電使用國家以丹麥、荷蘭、德國、西班牙、英國歐盟國家及美國與加拿大等國家使用較多。以電力使用配比來看，丹麥的風力發電約占全國電力消耗量的8%居首位。

丹麥在電力供應方面，1999年再生能源的電力使用量占11%，其中風力發電占70%，即風力發電占電力使用量約8%。未來風力發電的目標為2005年達到11%，在2030年達到45%。其中離岸風力發電將裝置4000MW，陸上風力發電將裝置1500MW，中國大陸也快速成長中，預計2010年裝置目標達4000MW。

丹麥國家特 與我國類似，屬海島型國家，雖然風力發電確實有其先天上的限制，如發電成本可能較高，發電品質較不穩定，可能無法全天候供電，噪音問題等。據工研院能資所研究分析指出，台灣海島地形，每年均有半年以上的東北季風期，近海及離島許多地區平均風速皆超過4m/s，風能潛力相當優越，估計可開發台灣地區至少有1000MW以上陸上風能潛能可供開發，在台灣西海岸約有2000MW以上發展潛力，合計台灣約有3000MW的裝置容量。因此，風力發電在我國確實有其發展的潛力，尤其在核能發電成為各方關注的焦點時，不論基於以環保觀點、抑或二氧化碳減量觀點，風力發電應是我國可以大力發展應用的一種可再生的乾淨能源。

①示範型風車之引進

小型風車引進時的注意點與流程說明如下：

引進時的策劃

當引進方法錯誤時常發生的現象有：

- * 風車不轉
- * 不發電
- * 噪音大
- * 損壞
- * 景觀上的問題
- * 毫無用處
- * 無法維修

設計

- * 依據用途計算所需的電力（使用小時、功率等），並指明具體的用途及規模。
- * 選定設置場所——由於設置場所的風速而影響到風車的發電能力，因此設置地點的選定對風車是非常重要的，此除了探討設置地點的平面與高度之外，對於地點一年的平均風速的推算也是必要的。

* 生活經驗可判斷風力的大小，亦可利用攜帶式輕便型風速計作測驗。若無法使用這些條件的話，可考慮向氣象局查詢氣象資料，瞭解各季節的風向和風速等數據以作判斷。

* 一年中風向最多的地方是否有建築物的阻礙，若有的話將無法期待有好的風力條件。風力的條件並不只有風速，而風向也是重要因素，因此設置點不能只靠風速而定，用輕便型風向計就可看出風向是不停的變化。

* 部分場地無法設置風車塔，而若欲設置屋頂，必需考慮荷重及風車振動時的噪音問題。

* 在住宅區附近內設置時，需顧慮到如風車影子問題、是否影響到人家的生活空間和噪音等問題。

* 需注意固定風車塔及如何維護風車的方法，是必需思考的範圍。

* 若設置兩台以上的風車時，風車之間的干涉問題也必需列入考量。

* 注意景觀問題。

（至此設置點的高度應可以決定出來了）

* 風車的機種選定：

當用途、輸出規模、設置地點、平均一年的風速的推算等條件都具備以後，皆下來為機種之選定。一般小型風車之型錄列舉的重要規格可參考如下（內容因為廠牌關係，稍有不同），可視為機種選定的基準。此外價格亦是相當重要的考量。

· 額定出力（發電）與額定風速：額定風速（一般是12m/s）為達到此速度時，才可以發電。若設置點的平均風速為額定風速

的一半時，發電量將為 $1/8$ ，實際風車的發電也只有 $1/8$ ，而發電機在低速時效率法達到如額定風速時好，因此實際的發電量是更少的，風速為 3m/s 時，發電量將降到 $1/64$ 。

- 風車起 風速：是風車開始起 時的速度，不是發電開始的速度。
- 發電開始風速：風車的發電條件必需達到這個速度以上才會發電。剛發電時的電壓，常常不夠蓄電池的使用量，因此必需確認。
- 耐風速（survival）：此速度並不是表示風車運轉能忍耐的範圍，而是在風車停止狀態下所能承受的速度，若有可能發生超過此速度之情況，如颱風來臨時，必需考慮將風車先行卸倒且作收藏處置。
- 旋轉翼的直徑、材質、葉數：旋轉翼直徑與發電能力是直接相關的，必需與設置場所的空間一起考慮。而一般葉數越多的話，風車起 的速度越低，由於低速回轉因此風車旋轉時噪音可較低。葉片材質有木製、FRP、CFRP、金屬等，以長期使用的觀點來考慮時，以合成材質較適合。
- 方位控制：水平軸式的風車因有旋轉翼面與風的抗力問題，一般小型風車有尾翼調式及順風（down wind）型，但必需與設置場所的空間問題一起思考。垂直軸式風車的話，就不受風向的拘束。
- 轉數控制：這些機構是指當風速大幅度的超出額定風速時，不讓轉速持續上昇的控制設備。也有無此設備的機種。對於風車附近無人操作時，建議採用具有此條件的機種。
- 煞車控制：利用盤型煞車器等作強制煞

車，或電磁煞車。小型風車使用同步發電機的例子是相當多，所以用發電輸出端短路的方法煞車。因在強風時為了防止風車的破損，由此作為機械維護功能。

- 發電電壓：有 12 、 24 、 48 、 110 、 220V 等不同的電壓，在同等電力時，電壓越高的話，有配線電纜小的優點。一般要充蓄電池時，將選擇 $12\sim 48\text{V}$ ，但也有很多是因為風車條件，毫無選擇的餘地。

因此，小型風車機種選定可參考表5-12（見P.186）。而小型風車之引入流程可歸納如右之流程圖。

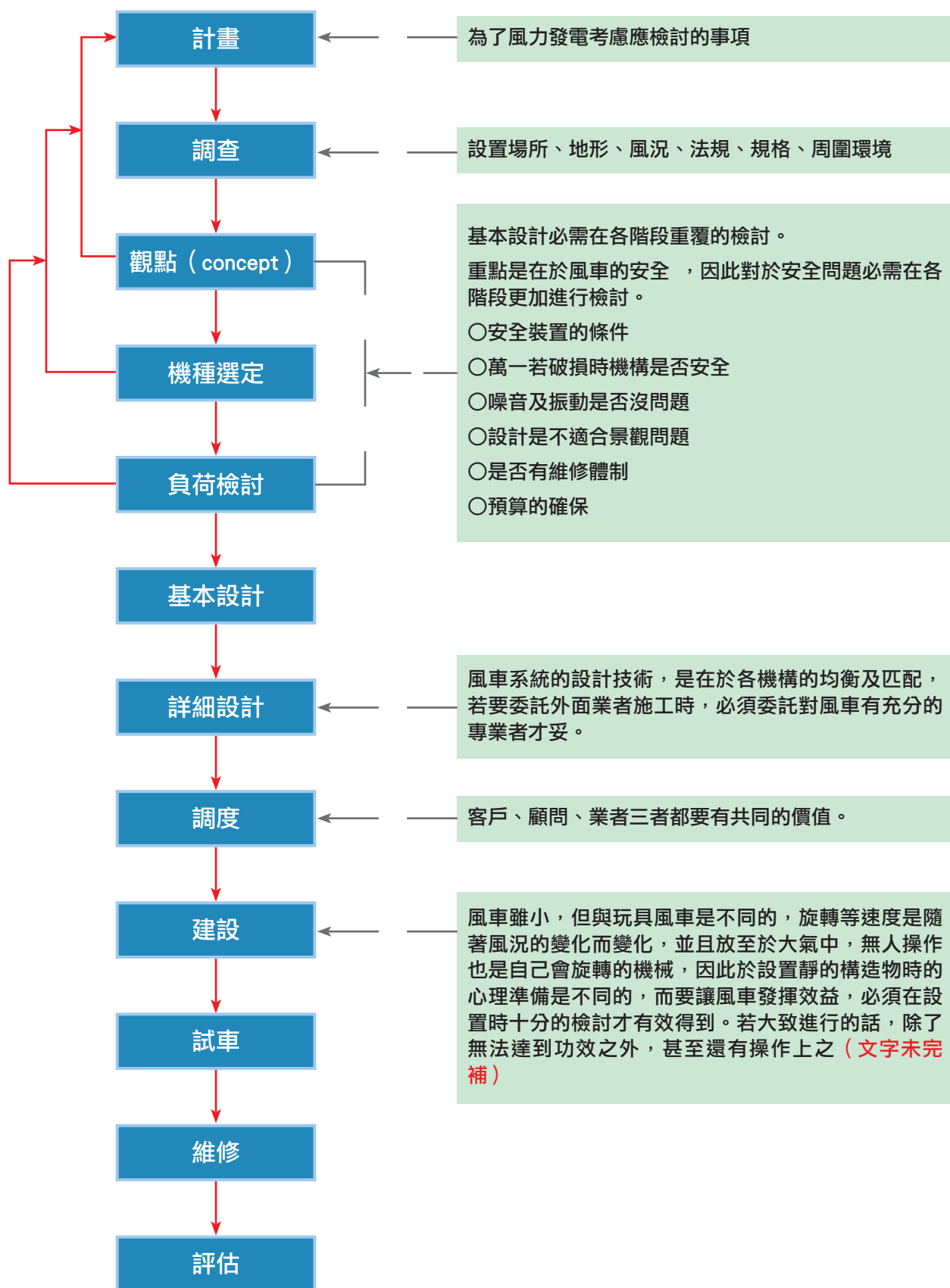
中小學校園，風電能應用（電力、水力）之建議：主要供教學示範用途

- * 水力：可廣泛應用在地下水抽取系統及生態池之水循環 力。
- * 缺電力： 1000W （ 1kW ）以下之庭園或特殊用途之照明。

目前太陽熱能在國內已屬非常成熟之技術，應用面很廣，是值得日照充足區域之校園內推廣使用。而在太陽光電與風力發電部分，由於設置成本仍偏高，加上發電效率不如預期、維護保養問題、風力發電亦有安全性之疑慮，因此在校園內欲設置時需審慎評估。

小型風車引進流程

圖5-8



二氧化碳排放指數表

表5-1

能源別	CO ₂ 排放指數			熱值	kcal/ 原始單位
	熱值單位IPCC kg-C/GJ	原始單位		油當量單位 Ton-CO ₂ /kLOE	
		單位	kg-CO ₂		
自產煤	25.8	kg	2.43	3.53	6,200
原料煤	25.8	kg	2.55	3.37	6,800
燃料煤	25.8	kg	2.51	3.53	6,400
焦 煤	29.5	kg	3.14	4.04	7,000
煤 氣	13.0	M³	0.99	1.78	5,000
煤 球	25.8	L	1.49	3.53	3,800
原 油	20.0	L	2.74	2.74	9,000
液化油	20.0	L	2.71	2.74	8,900
煉油氣	18.2	M³	2.49	2.49	9,000
L P G	17.2	L	1.57	2.35	6,000
天然汽油	15.2	L	1.55	2.08	6,700
航空汽油	18.9	L	2.15	2.59	7,500
車用汽油	18.9	L	2.24	2.59	7,800
航空燃油	19.5	L	2.37	2.67	8,000
煤 油	19.6	L	2.53	2.68	8,500
柴 油	20.2	L	2.70	2.76	8,800
燃料油	21.1	L	2.95	2.86	9,200
潤滑油	20.0	L	2.92	2.74	9,600
柏 油	22.0	L	3.34	3.01	10,000
溶劑油	20.0	L	2.52	2.74	8,300
石油腦	20.0	L	2.37	2.74	7,800
石油焦	20.0	kg	3.43	3.76	8,200
烯	20.0	L	1.70	2.74	5,600
芳 香	20.0	L	2.67	2.74	8,800
其他石化	20.0	L	2.74	2.74	9,000
L N G	15.3	L	2.30	2.09	9,900
天然氣	15.3	M³	2.09	2.09	9,000
電	-	kWH	0.69	-	*註2

註1：1 kLOE=9.0 × 10⁶ kcal，10⁷ kcal=41.868 GJ，1度電產生0.637 kg CO₂

資料來源：「能源統計年報」，經濟部能源局編印。

註2：依台電96年度電力排放係數。

綠建築評估指標系統與地球環境關係

[林憲德，2005年]

表5-2

指標群	指標名稱	與地球環境關係						尺度關係		
		氣候	水	土壤	生物	能源	資材	尺度	空間	操作次序
生態	1.生物多樣性指標	★	★	★	★			大 ↑ ↓ 小	外 ↑ ↓ 內	先 ↑ ↓ 後
	2.綠化量指標	★	★	★	★					
	3.基地保水指標	★	★	★	★					
能源	4.日常節能指標	★				★				
減廢	5.CO ₂ 減量指標			★		★	★			
	6.廢棄物減量指標			★			★			
健康	7.室內環境指標			★		★	★			
	8.水資源指標	★	★							
	9.汙水垃圾改善指標		★		★		★			

照明的重要性

表5-3

感覺的種類	攝取資訊能力(%)
視覺(眼睛)	87.0
聽覺(耳朵)	7.0
嗅覺(鼻子)	3.5
觸覺(皮膚)	1.5
味覺(舌頭)	1.0

CNS教室照明照度推薦值

表5-4a

標準照度 Lux	場所（室內）	作業總類
1500	—	—
1000	製圖教室、	○精密製圖 ○精密實驗
750	縫紉教室、	○縫紉 ○打鍵工作 ○圖書閱覽 ○精密工作 ○工藝美術製作
500	教室、實驗室、實習工場、 研究室、圖書閱覽室、書庫	○黑板書寫 ○天秤計量
300	辦公室、教職員休息室、會議室、 保健室、餐廳、廚房、配膳室	
200	廣播室、印刷室、總機室、守衛室、 室內運 場	
150	大教室、 禮堂、 貯藏室、 休息室、 樓梯間、 走廊、 電梯走道、 廁所、 值班室、 工友室； 天橋	
100		
75	倉庫、車庫	
50	安全梯	
30		

備考：

- （1）如屬視力、聽力不良的兒童、學生使用的教室、實驗室、實習工廠時，可將照明度提高上述所定基準的兩倍。原因係聽力不良的兒童必須靠別人的口唇 作去判斷他人所說的詞句。
- （2）有「○」記號的作業場所，可用局部照明取得該照度。

窗型冷氣機能源效率比值標準對照表

表5-5

中華民國九十年九月十二日
經（九〇）能字第〇九〇〇四六一九一七〇號

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 3,550Kcal/h	高於4.1kW	一般型式、 變頻式 (60Hz)	2.24(8.89)	2.60	
分離式	3,550Kcal/h 以下	4.1kW以下	一般型式	2.55(10.12)	2.97	
			變頻式 (60Hz)	2.38(9.44)	2.77	
	高於 3,550Kcal/h	高於4.1kW	一般型式、 變頻式 (60Hz)	2.35(9.32)	2.73	

- 適用舊版CNS3615室內空氣調節機（民國八十四年十二月二十一日修正發布）者，能源效率比值（EER）依該標準規定試驗的冷氣能力（Kcal/h）除以規定試驗的冷氣消耗電功率（W），其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。
- 適用新版CNS3615無風管空氣調節機（民國八十九年十月二十四日修正發布）及CNS14464無風管空氣調節機與熱泵的試驗法及能等級（民國八十九年十月二十四日發布）者，能源效率比（EER）依該等標準規定在T1標準試驗條件下試驗的總冷氣能力（W）除以有效輸入功率（W），其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。

箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

表5-6

中華民國九十年九月十二日

公告附表：箱型冷氣機能源效率比值標準對照表

經（九〇）能字第〇九〇〇四六一九一七〇號

機種	適用舊版 CNS2725	適用新版CNS3615及 CNS14464<	實施日期
	能源效率比值(EER) Kcal/h·W (BTU/h·W)	能源效率比 (EER)	
氣冷式 (消耗電功率大於3kW)	2.44(9.68)	2.84	民國九十一年一月一日
水冷式	3.17(12.58)	3.69	

- 適用舊版CNS2725箱型空氣調節機（民國八十四年十二月二十一日修正發布）者，能源效率比值（EER）依該標準規定試驗之冷氣能力（Kcal/h）除以規定試驗的冷氣消耗電功率（W），其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。
- 適用新版CNS3615無風管空氣調節機（民國八十九年十月二十四日修正發布）及CNS14464無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及能等級（民國八十九年十月二十四日發布）者，能源效率比（EER）依該等標準規定在T1標準試驗條件下試驗的總冷氣能力（W）除以有效輸入功率（W），其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。

外殼耗能量基準值

表5-7

類別	氣候分區	外殼耗能基準kW.hr/m ² .yr
辦公廳類：G類第一組 G類第二組	北部氣候區	80
	中部氣候區	90
	南部氣候區	115
貨商場類：B類第二組	北部氣候區	240
	中部氣候區	270
	南部氣候區	350
旅館類：B類第四組	北部氣候區	100
	中部氣候區	120
	南部氣候區	135
醫院類：F類第一組	北部氣候區	140
	中部氣候區	155
	南部氣候區	190

空調系統冰水主機能源效率標準

表5-8

中華民國九十年九月十二日

經（九〇）能字第〇九〇〇四六一九一七〇號

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	能係數 (COP)	能源效率比值 (EER)kcal/h-W	能係數 (COP)
水冷式	容積式 壓縮機	<150RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		≥ 150RT ≤ 500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.50
	離心式 壓縮機	<150RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		≥ 150RT <300RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		≥ 300RT	4.77	5.55	5.25	6.10
冷氣式	全機種		2.40	2.79	2.40	2.79

1. 冰水機能源效率比值（EER）依CNS12575容積式冰水機組及CNS12812離心式冰水機組規定試驗之冷卻能力（Kcal/h）除以規定試驗之冷卻消耗電功率（W），測試所得能源效率比值不得小於上表標準值，另廠商於產品上之標示值與測試值誤差應在百分之五以內。
2. 能係數（COP）＝冷卻能力（W）÷冷卻消耗電功率（W）＝1.163EER。1 RT（冷凍噸）＝3024kcal/h。

表5-11

室內空氣品質建議值（行政院環境保護署94年12月30日公告）

項目	建議值			單位
二氧化碳（CO ₂ ）	8小時值	第1類	600	ppm（體積濃度百萬分之一）
		第2類	1000	
一氧化碳（CO）	8小時值	第1類	2	ppm（體積濃度百萬分之一）
		第2類	9	
甲醛（HCHO）	1小時值11小時值		0.1	ppm（體積濃度百萬分之一）
總揮發性有機化合物（TVOC）	1小時值		3	ppm（體積濃度百萬分之一）
細菌(Bacteria)	最高值	第1類	500	CFU/m ³ （菌落數/立方公尺）
		第2類	1000	
真菌(Fungi)	最高值	第2類	1000	CFU/m ³ （菌落數/立方公尺）
粒徑小於等於10微米（ μm ）之懸浮微粒（PM ₁₀ ）	24小時值	第1類	60	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ （微克/立方公尺）
		第2類	150	
粒徑小於等於2.5微米（ μm ）之懸浮微粒（PM _{2.5} ）	24小時值		100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ （微克/立方公尺）
臭氧（O ₃ ）	8小時值	第1類	0.03	ppm（體積濃度百萬分之一）
		第2類	0.05	
溫度(Temperature)	1小時值	第1類	15至28	°C（攝氏）

註：

第1類場所：指對室內空氣品質有特別需求場所，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等。

第2類場所：指一般大眾聚集的公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

美國國家標準ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004 建議 之室內所需的最小外氣的引入量

表5-10

應用場所	人員外氣流量		區域外氣流量		附註	居住4密度	結合外氣流量5		空氣等級
	Cfm/person	L/s.person	Cfm/ft2	L/s.m2		# /100m2	Cfm/person	L/s.person	
新版修正之場所									
小空間	5	2.5	0.12	0.6		25	10	4.9	2
休息室	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
守衛亭	5	2.5	0.06	0.3		15	9	4.5	1
閱覽/等候室	7.5	3.8	0.06	0.3		50	9	4.4	2
教育機構									
托兒所 (4歲以上)	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
教室 (5-8歲)	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
教室 (9歲以上)	10	5	0.12	0.6		35	13	6.7	1
演講室	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8	4.3	1
演講廳 (固定座位)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
美術教室	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
科學實驗室	10	5	0.18	0.9	E	25	17	8.6	-
木材/鐵工作室	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
電腦室	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
媒體中心	10	5	0.12	0.6	A	25	15	7.4	1
音樂廳/戲院/舞廳	10	5	0.06	0.3		35	12	5.9	1
多用途會議室	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
餐飲區域									
餐廳	7.5	3.8	0.18	0.9		70	10	5.1	2
咖啡廳/速食店	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
吧台/酒吧	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
公共場所									
會議/開會	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
走廊	-	-	0.06	0.3		-			1
儲藏室	-	-	0.12	0.6	B	-			1
休閒區、宿舍									
臥室/客廳	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
大廳	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1
多功能會議室	5	2.5	0.06	0.3		120	6	4.8	1

*

特別注意：通風換氣最常「被忽略」，尤其暑夏開冷氣及寒流來襲時的冬季門窗緊閉時。

創新型自然空調機與兩種全熱交換器比較表

表5-11

	轉輪式全熱交換器	靜置式交叉流全熱交換器	創新型自然空調機
全熱交換原理	利用吸濕材吸收欲冷卻空氣之溫度與溼度	利用透水不透氣之紙材，讓兩股空氣以交叉方式做熱交換	利用水噴霧器先將空氣之乾球溫度降低，再使用熱管熱交換器作冷能回收
除濕方式	以吸收材吸附	利用高透水之紙材吸附	利用熱管熱交換器或水盤管作冷卻除濕
是否產生兩股空氣混合問題	可能在轉輪轉動時產生	可能由紙張透過部分空氣	由於主要使用熱管作冷能回收，因此完全沒有兩股空氣混合之疑慮
適用場合	僅適用於不具污染之場合	僅適用於不具污染之場合	可適用於具有高度污染之場合

小型風車機種之選定表

表5-12

	水平軸型風車											
機種	兩翼		三翼				多翼		Savonius 型	渦輪型	直線翼	打蛋器型
	1	2	1		2		1	2				
			I	II	I	II						
A	※	※	○	※		※	◎	○	◎	◎	○	×
B	※	※	○	※	☆	※	◎	◎	◎	◎	◎	×
C	※	※	○	※	◎	※	○	○	◎	◎	◎	×
D	※	※	○	※	☆	※	◎	○	◎	◎	☆	×
E	※	※	○	※	☆	※	◎	○	◎	○	◎	×
F	※	※	○	※	×	※	×	×	×	×	◎	×
G									☆	☆	☆	

翼的直徑	
1	1.5cm以下
2	1.5cm以上
翼的弦長（翼的寬度）	
I	寬
II	窄

◎	適合
○	必需花功夫後才適合
×	因為高速迴轉不適合
※	有人之地區不適合，無人之強風地區適合
☆	今後的課題
—	不適合