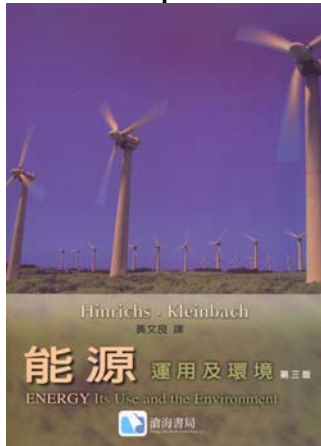


第五章

家庭能源節約 及熱傳控制



三種熱能傳遞的方式

- 傳導(Thermal Conduction)
 - 需固體的傳導介質
- 對流(Thermal Convection)
 - 液態對流介質
- 輻射(Thermal Radiation)
 - 無須介質，即能傳遞熱能

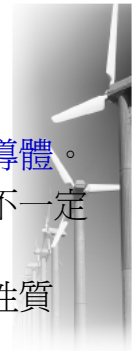


- 有效的房間設計、適當的材料選擇
 - ⇒ 可較傳統設計的方式減少大半的能源消耗
- 舊有房屋不需大幅度改建或翻新，僅加以適當地改建(**Retrofitting**)或處理，即可大幅降低房屋之加熱或冷卻所需的成本。
- 多使用有效率的家電用品、採用太陽能設施亦有助於降低能源的消耗量



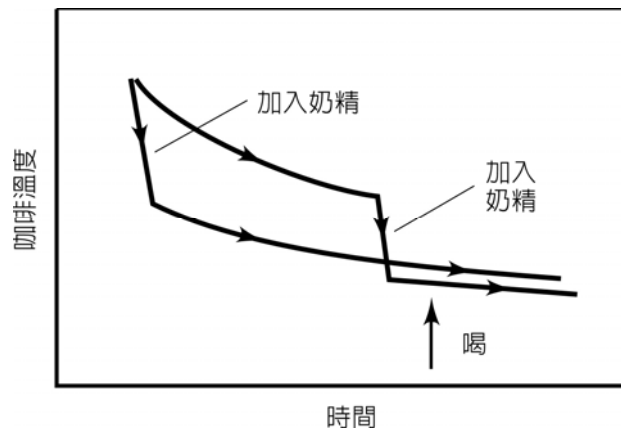
B. 建築材料

- **金屬材料**：若是電的良導體，則通常亦是熱的良導體。
 - ⇒ 但陶瓷材料則不然，可以是電的絕佳絕緣體，雖不一定是好的熱導體，但卻可能是好的熱儲存體。
- **熱阻**：阻礙熱能從一個物體流動到另一個物體的性質
 - **絕緣物質**通常是一個好的熱阻傳導材料
 - **空氣**也是一良好的絕緣體，特別是空氣靜止不動時，可防止對流的熱傳導。
 - 具多孔性的材料因孔隙中充滿空氣，如玻璃纖維，所以可提供熱流動一個很好的阻擋效應。
 - 不同衣料和結構得以減少或增加身體的熱損失，如冷天穿著羊毛織衣物比穿聚酯衣物來得暖和，即因毛織品具多孔性



熱輻射(Thermal Radiation) -材料的顏色會影響熱輻射

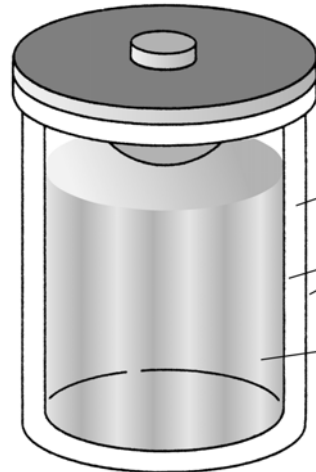
- 黑色物體的反射及吸收效果均比白色或具發亮表面的物體來得好。
- 淺色物質通常為不良的輻射吸收器
- 一個對輻射是好的反射體，則亦是好的吸收體。
- 冰水放在銀白色盤子裡，其保冷時間比放在深灰色盤子裡久。
- 炎熱陽光充足的天氣裡，大家喜歡穿著淺色衣物。
- 太陽能吸收器通常漆成灰色，以增加它的吸收效果。
- 喝咖啡時若欲延長保溫效果，應先加奶精還是後加好？



- 圖5.1 如果想要享受最香醇最熱的咖啡，你應該在最初就加入奶精，而不是在想要喝之前才加入。
- 因奶精的加入可使咖啡的顏色變淺，因此可使熱輻射變得緩慢些。
 - 此外，奶精的加入可使咖啡的溫度降低，因此熱輻射和熱對流的 ΔT 變小，故使得熱傳速率降低。



不良導體的瓶塞：如絕緣玻璃、軟木或塑膠製瓶塞



真空：可防止熱傳導和對流的發生

真空

鍍銀表面

熱或冷的物質

鍍銀表面：減低熱輻射的損失

圖5.2 熱水瓶截面圖

C. 房屋絕緣及加熱計算

增加房屋的絕緣性，是大幅減少房屋能源消耗的最簡單且最經濟的有效方法之一。可達50%的效率

$$\frac{Q_c}{t} = \frac{k \times A \times \Delta T}{\delta} \iff \frac{Q_c}{t} = \frac{1}{R} \times A \times \Delta T$$

式中 k 表示材料的熱導率， A 為表面積， δ 表示厚度，及 ΔT 為 $(T_2 - T_1)$ 。熱阻 R 用以測量材料的熱流阻力，一般稱作「R 值」，以式子 $R = \delta/k$ 表示。

$R = \delta/k \Rightarrow$ 值越高，材料的絕緣性質越佳

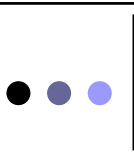




表5.1 美國聯邦住屋局最低絕緣推薦值

	以前~1978	現 在
天花板	R-19	R-38 (12"玻璃纖維)
牆 壁	R-11	R-19 (6"玻璃纖維)
地 板	R-11	R-22 (7"玻璃纖維)




表5.2 一些平常建築物材料的R值*

材 料	厚度	R值 (ft ² -h-° F/Btu) [†]
硬木(橡樹、柚木)	1"	0.91
軟木(針葉樹材)	1"	1.25
夾板	0.5"	0.62
混凝土塊	8"	1.04
混凝土磚	1"	0.20
石膏板	0.5"	0.45
玻璃纖維絕緣	3.5"	10.9
玻璃纖維絕緣	6"	19.0
延伸的聚苯乙烯板	1"	4.0
延伸的聚苯乙烯板	1"	6.3
纖維絕緣	1"	3.7
「高R」保護層	1"	8.0

平面玻璃	0.125"	0.88
絕緣玻璃	0.25" (氣隙)	1.54
絕緣玻璃	0.5" (氣隙)	1.72
木質底板	0.7813"	0.98
硬木地板	0.75"	0.68
尼龍地毯	1"	2.0
磁磚		0.05
瀝青屋頂板		0.44
石棉板		0.21
鋼筋	1"	0.0032
銅	1"	0.0004
木質牆板 (加絕緣)	0.5"	0.81

*資料來源：美國加熱冷凍空調工程師協會(ASHRAE)，
 “Handbook of Fundamentals”，1991。

†公制系統中R單位為 $m^2 \cdot ^\circ C / W$ ；R值(公制)= R值(英制)
 $\times 0.57$

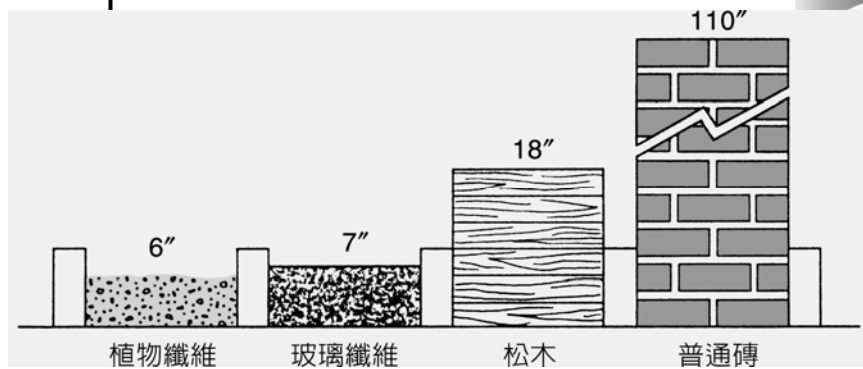


圖5.3 相同R值(22 ft²-h-°F/Btu)
 之各種材質對應的厚度。



採用超絕緣的加拿大多倫多辦公室建築，無暖氣爐。利用來自機器、照明及人員所產生的熱能，將之儲存起來並予流通。南向窗戶採用絕緣玻璃及頂級絕緣。

房屋的外壁可以是多種材料的結合
組合結構體的總熱阻=各層的熱阻相加之總和

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

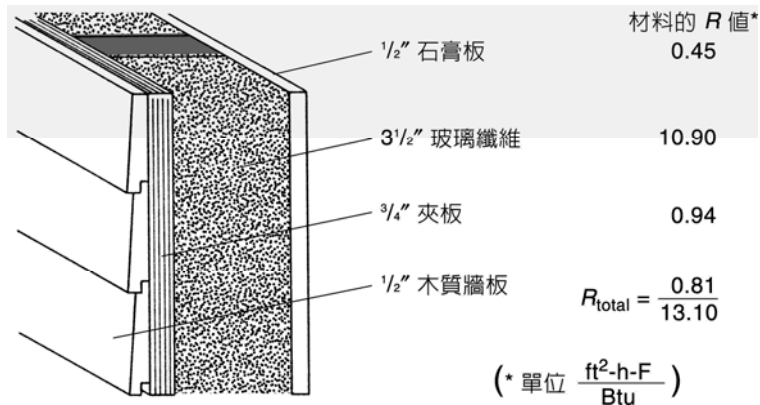
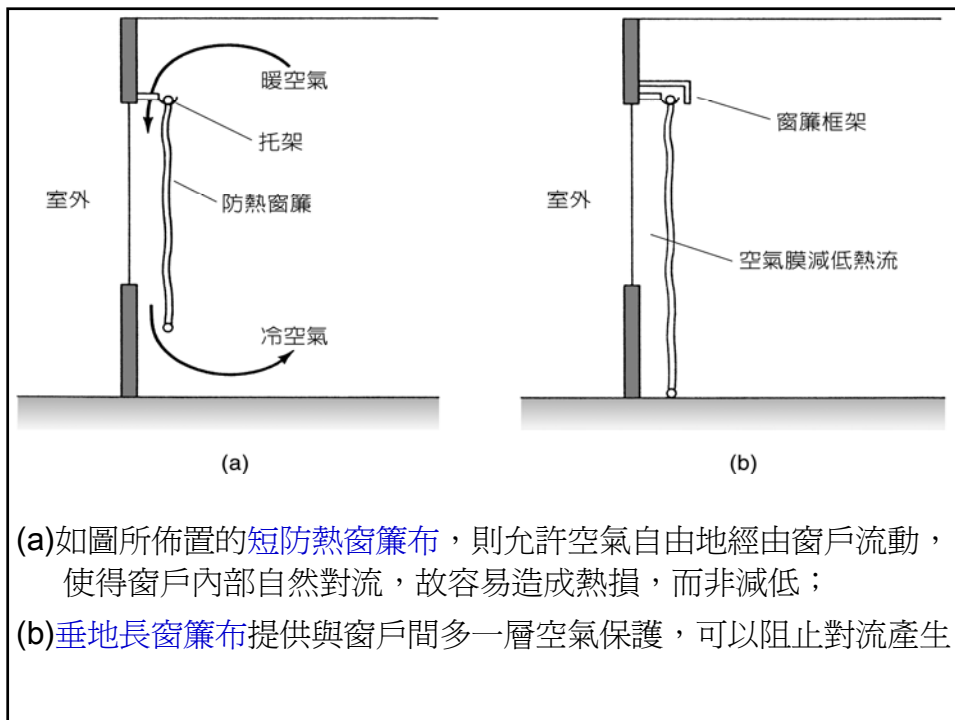
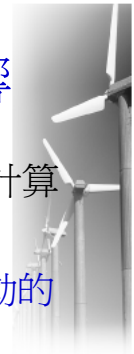


圖5.4 考慮具有組合結構的房屋牆壁熱阻之計算。

● ● ● 空氣的流動速度對熱阻的影響

- 傳導和對流的組合效應已包括在表5.2的R值計算中
- 但對流的熱阻力大小主要取決於沿著表面運動的空氣速度
- 表5.2中的R值係假設建築外部空氣層的風速為10 mph時的計算值，若風速增加到15mph，則空氣層的R值將會減少至50%。
- 故靠近房屋處種植樹木和灌木，可保護房屋避免受到嚴冬風害，並減少因熱傳遞對流所造成的熱損失。





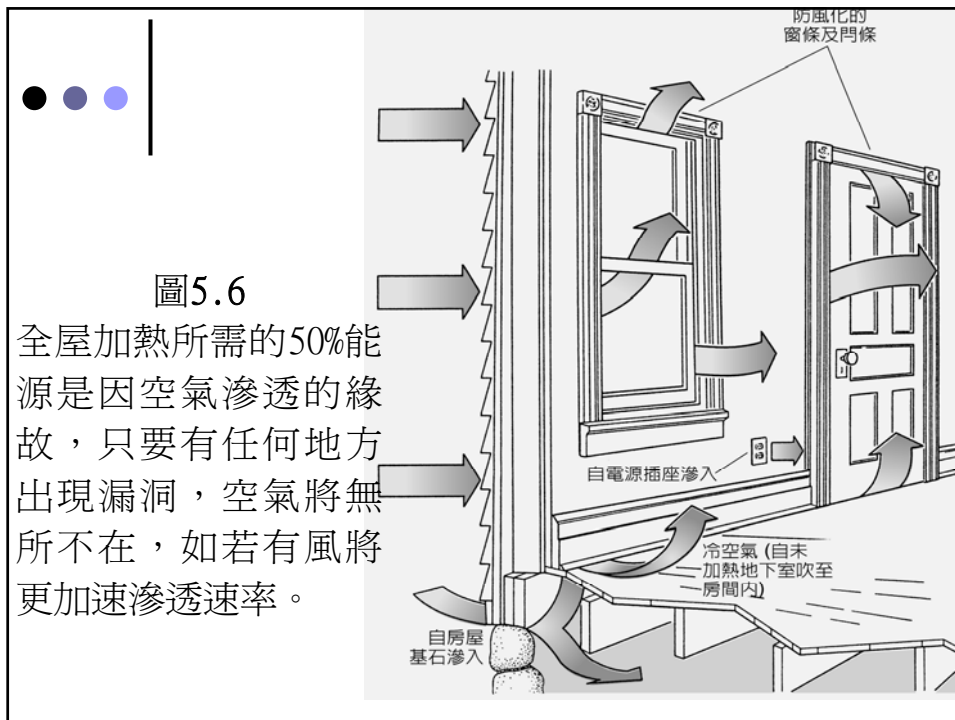
緊密的遮陽窗簾或襯料可減低熱損(其與窗戶間構成一空氣層之故)，而襯料本身亦提供絕緣。

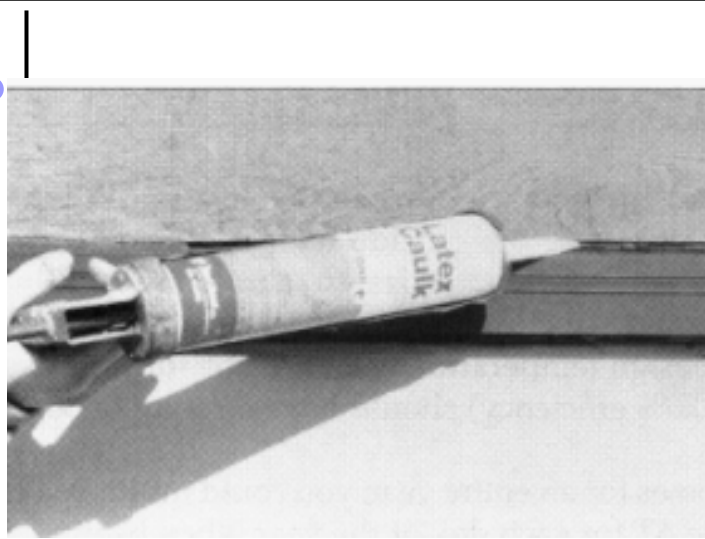
空氣滲透造成的熱流損失速率為

$$\frac{Q_{\text{滲透}}}{t} = 0.018 \times V \times K \times \Delta T \text{ Btu/h}$$

式中，體積 (V)、室內外的溫差 (ΔT)、空氣的體積熱容量 ($0.018 \text{ Btu/ft}^3\text{-}^\circ\text{F}$)及每小時空氣改變次數 (K)







仔細將房屋地基填隙以降低空氣滲透。



所謂的度-日 (DD) 是將該天的最高及最低溫度兩者的平均值以 65°F 減之，度-日 (DD) = $65^{\circ}\text{F} - T$ 平均值



● ● ● 度-日(Day Degree, DD)：是將該天的最高及最低溫度兩者的平均值以65°F減之，度-日 (DD) = 65°F - T平均值

使用度-日的觀念，全年因傳導產生的損失所需的加熱總能可以寫作

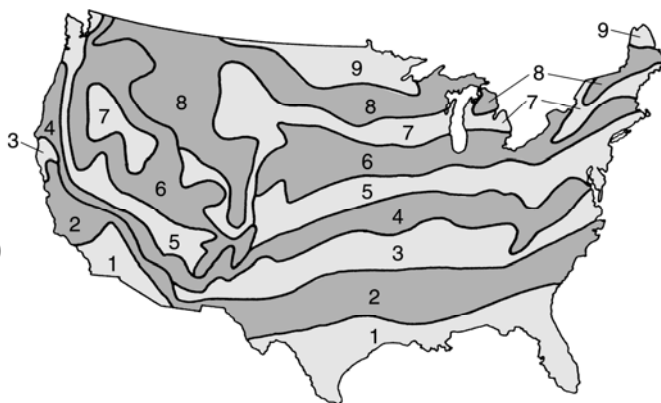
$$Q_{\text{全部}} = \sum \left(\frac{1}{R} \times A \right) \times (24 \text{ h/day}) \times (\text{全年度-日})$$

式中 S 已包括所有外部的表面積。



● ● ● 圖5.8 美國各地年加熱度-日

地區	度-日 (°F)
1	100 - 2000
2	2000 - 3000
3	3000 - 4000
4	4000 - 5000
5	5000 - 6000
6	6000 - 7000
7	7000 - 8000
8	8000 - 9000
9	9000 - 10,000



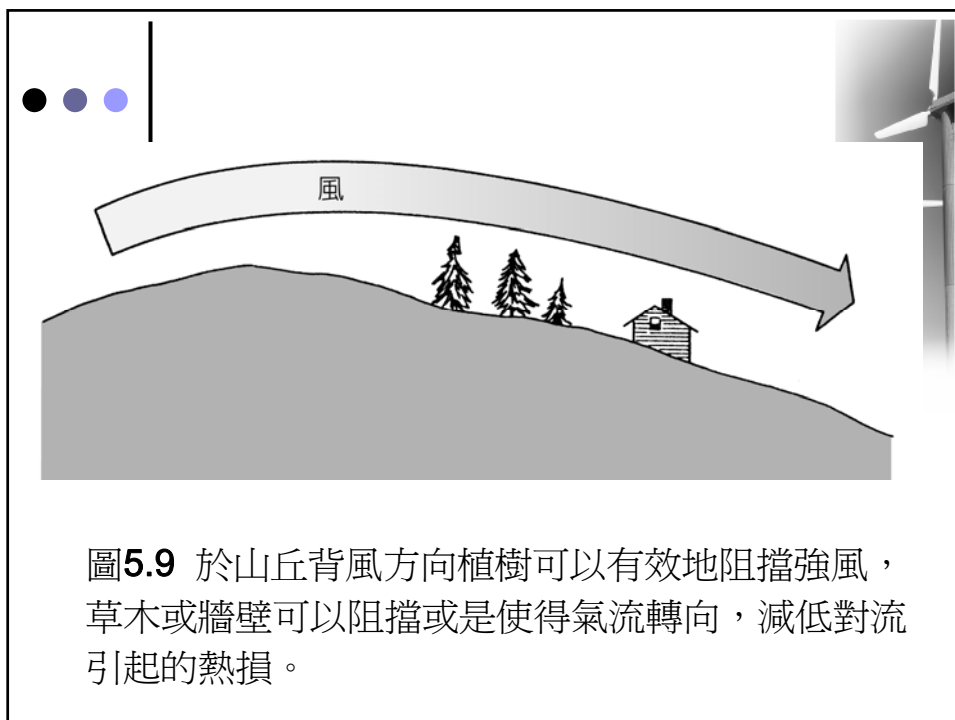
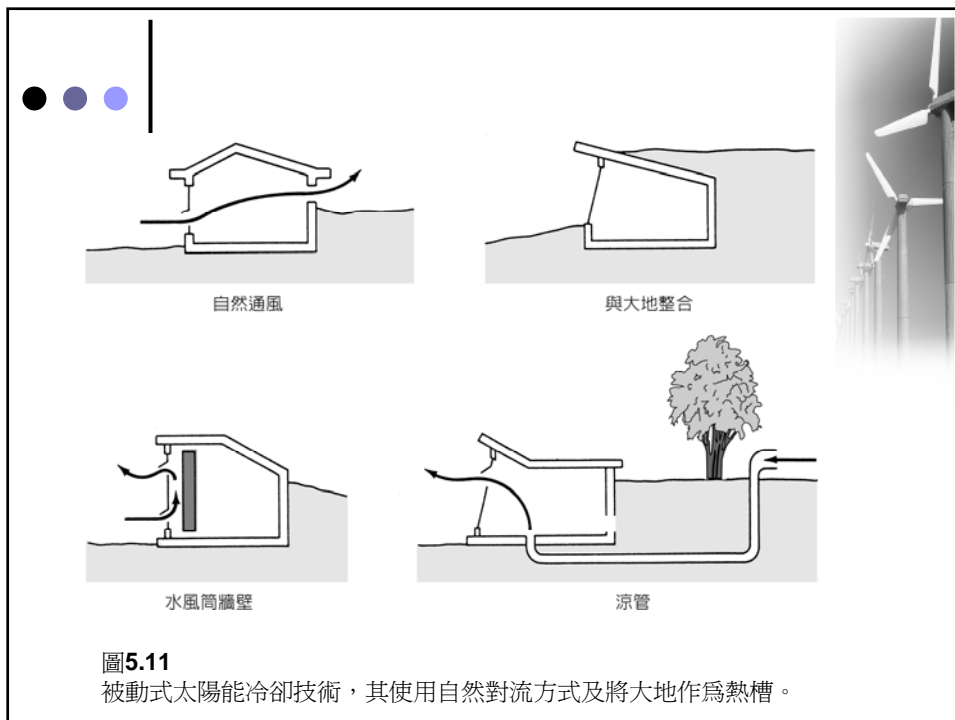
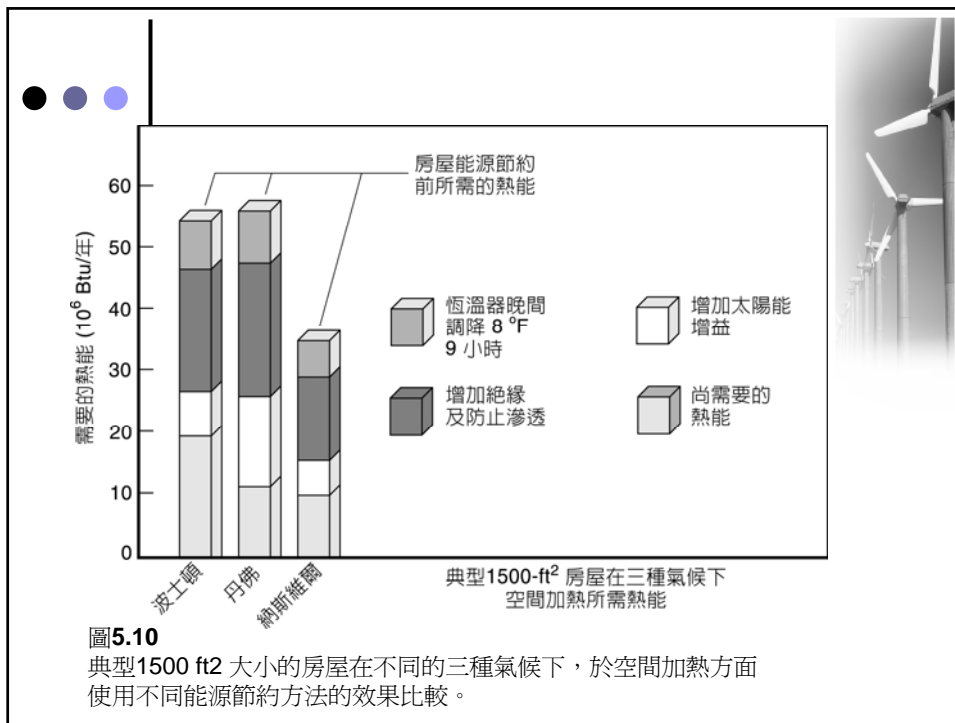
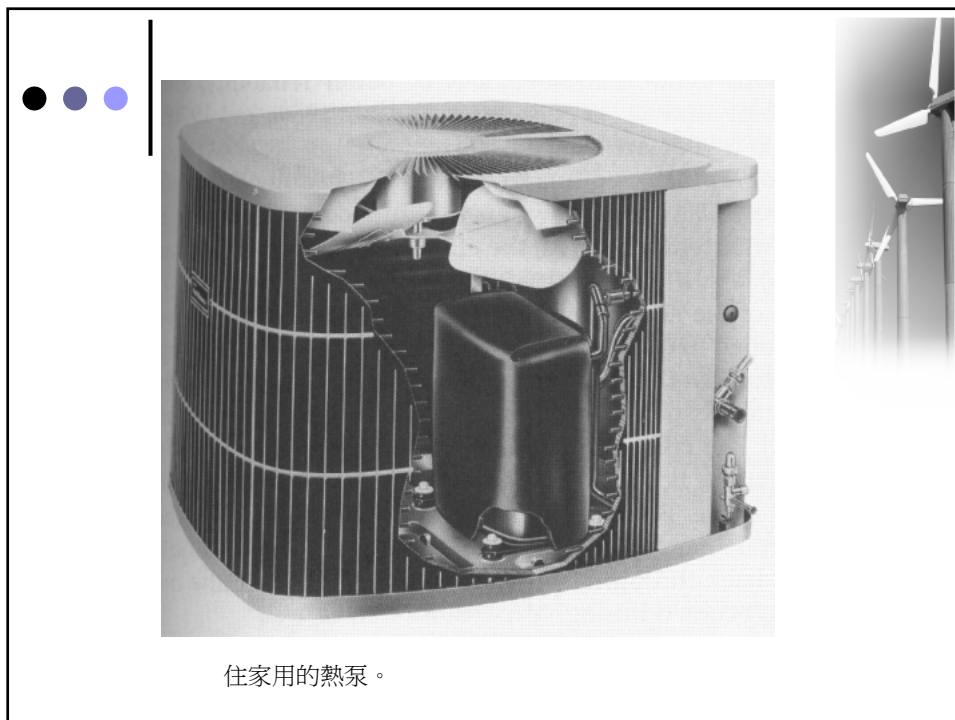
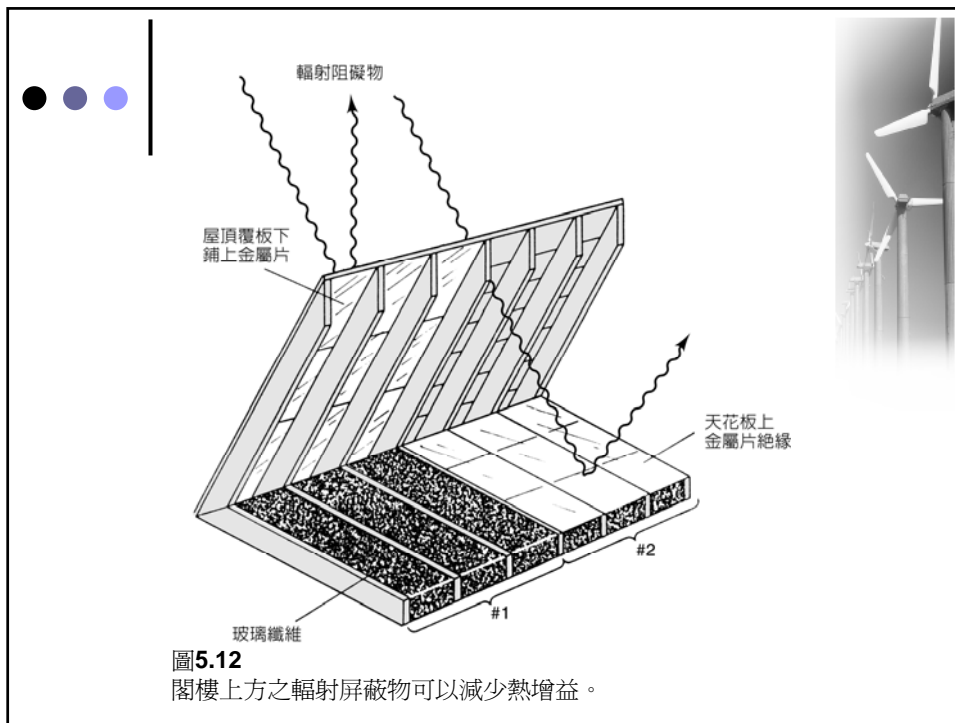


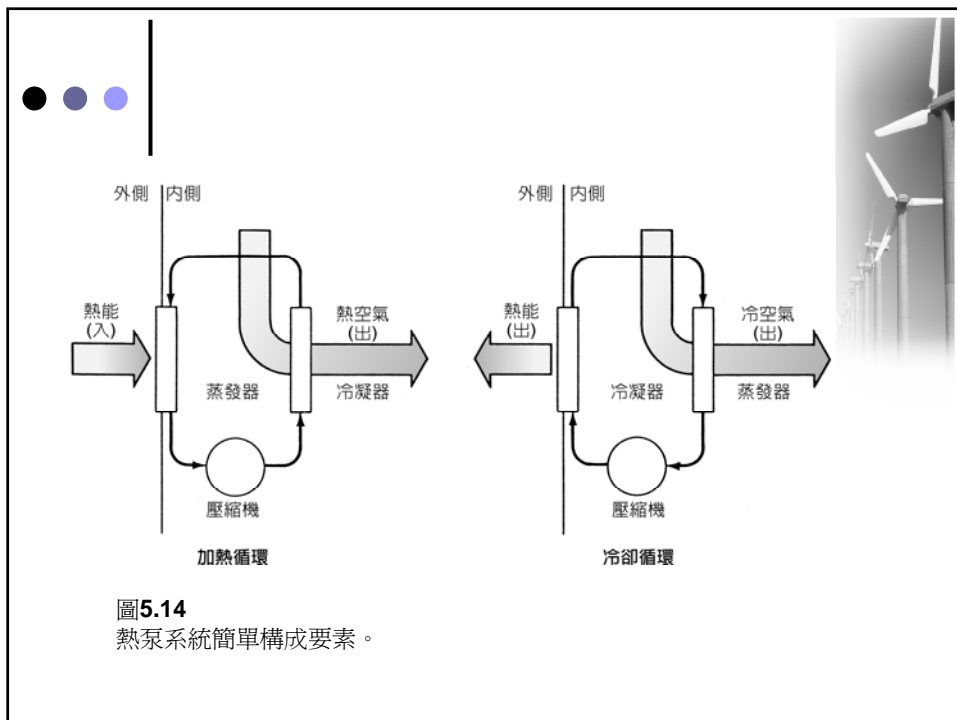
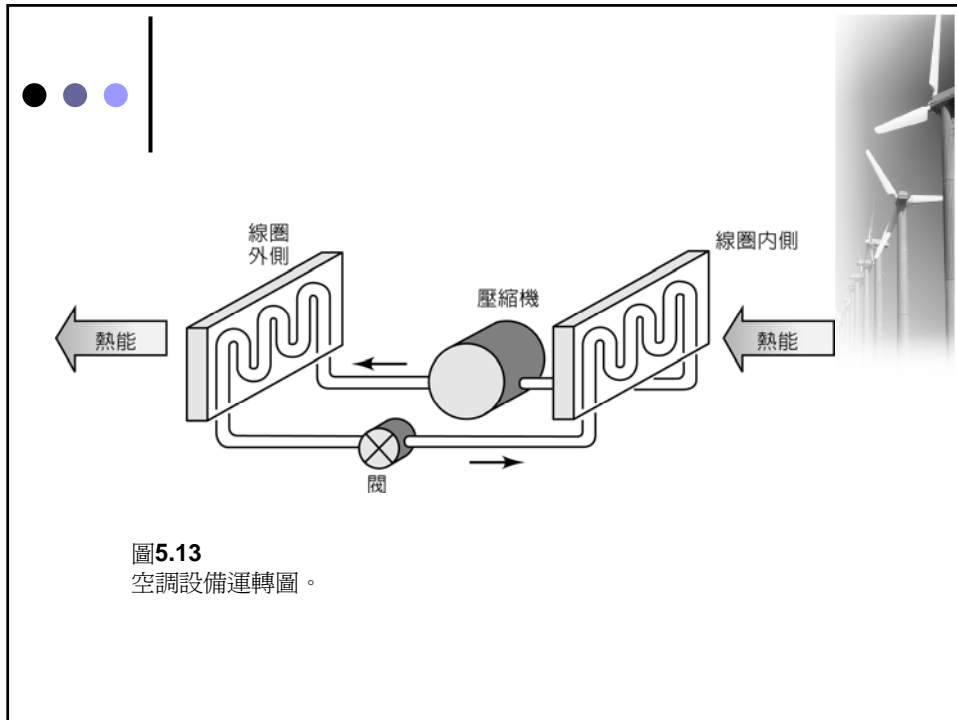
表5.3 節約能源測量的重要性*

年加熱需量 (MBtu/y)						
城市	度-日	基準	恆溫器調整	節省%	增加絕緣	總節省%
波士頓	5630	54.6	46.6	15%	26	52%
丹佛	6280	56.1	47.6	15%	27	52%
納斯維爾	3580	34.7	28.4	18%	14	60%
基準情況：		牆壁 R-11	天花板 R-19	地下室 未絕緣	窗戶 雙層	滲透 0.7空氣交換/小時
節約情況： (恆溫器於夜間調降8°F)		R-19	R-30	R-10	三層	0.5 空氣交換/小時

* 資料來源：參考圖5.10









熱泵的性能指數
(coefficient of performance, C.O.P.)

$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{轉移的熱能}}{\text{輸入的電能}}$$

以電功率計算，C.O.P.可以定義成轉移至屋內 (或屋外) 的能源與冷凝器軸功兩者的比率。



季節性能因數 (**seasonal performance factor, SPF**) 定義為

$$\text{SPF} = \frac{\text{全部輸出}}{\text{全部能源消耗}}$$

SPF值通常較廠家提供的C.O.P.值為小。



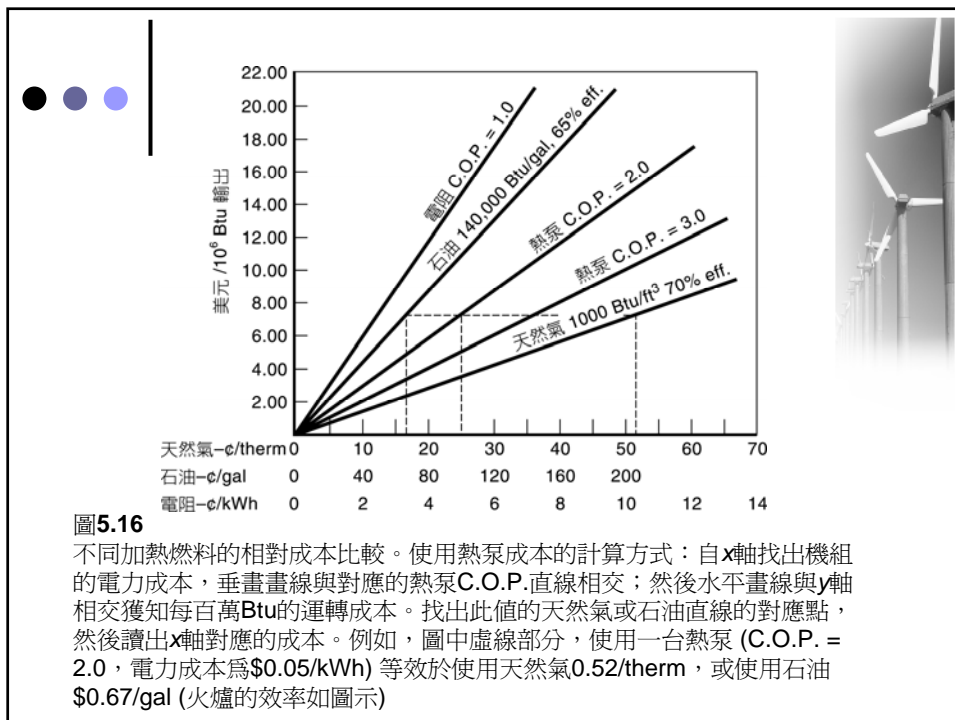
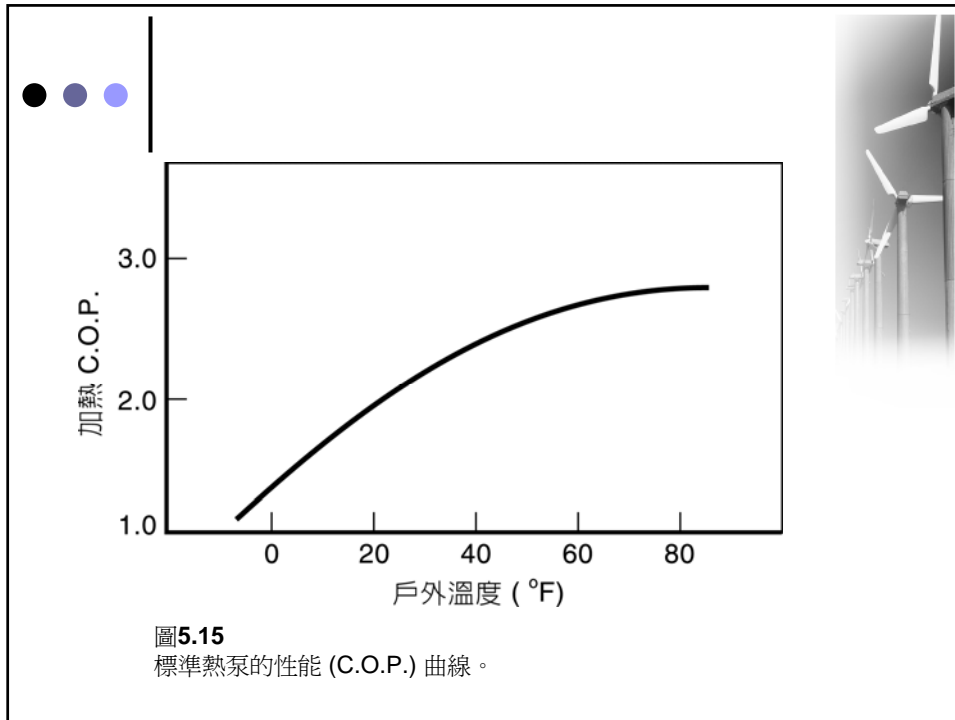




表5.4 房屋改建——節約能源之道

- 1.任何孔穴或裂縫應細心加以填隙或加上縫條
- 2.絕緣 (包括未加熱空間上的地板)
- 3.將熱水管絕緣；將加熱裝置絕緣
- 4.加裝禦寒的外層門窗 (考慮塑膠材質)
- 5.窗戶安裝絕緣遮光物、窗板或布簾
- 6.閣樓及管道間保持通風
- 7.執行一般性修補降低空氣滲透
- 8.暖氣爐上安裝時鐘恆溫器
- 9.每年定期調整暖氣爐及熱水器
- 10.設定熱水器上的恆溫器為120°F
- 11.將暖氣爐 (熱空氣系統) 輸送管、熱供應管路絕緣



- 12.將淋浴水頭改成節水型
- 13.外門建造通廊
- 14.將白熱燈泡改成日光燈
- 15.考慮工作照明
- 16.重新設計景觀增添樹葉阻擋或改變風向
- 17.屋內牆壁顏色改漆淺色或暖色
- 18.提供暖氣爐外部空氣源
- 19.安裝壁爐玻璃門
- 20.安裝節能家電

