

『空調系統規劃與管理』

高雄師範大學 工業科技教育學系
能源與冷凍空調組 黃瑞隆 教授

110年度臺南市能源教育研習培訓課程(9/30,10/1)

教室冷氣的二難：電費和學業的權衡

- 電價漲校園勒褲袋
- 教室省電不開燈 教育部：不正確節電
- 吹冷氣 明算帳 教室裝電錶



空調的五要素

■空調是「配合使用目的，處理室內或特定場所內空氣的溫度、濕度、風速、清淨度及氣流分佈情況」

室內空氣品質標準

項目	標準值	項目	標準值
溫度	22-28 °C	甲醛	0.08 ppm
濕度	40-70 %	TVOC	0.56 ppm
風速	<0.5 m/s	細菌	1500 CFU/m ³
CO ₂	1000 ppm	真菌	1000 CFU/m ³
CO	9 ppm	PM ₁₀	75 µg/m ³
臭氧	0.06 ppm	PM _{2.5}	35 µg/m ³



空氣調節設備的功能

- **冷房(Cooling):**
 - 夏季將室內溫度降低而低於室外溫度者
 - 將熱自低溫的室內移到高溫的戶外
- **換氣(Ventilation):**
 - 排出室內污染空氣並導入新鮮外氣



學校常用的冷氣機型



新的效率標示

冷氣季節總負荷 kWh

$$\text{CSPF值} = \frac{\text{冷氣季節總負荷 kWh}}{\text{冷氣季節總耗電 kWh}}$$

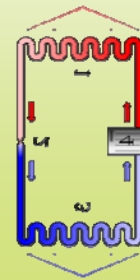
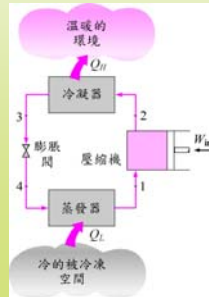
冷氣季節總耗電 kWh

舊的效率標示

冷氣能力~單位kw

$$\text{EER值} = \frac{\text{冷氣能力~單位kw}}{\text{消耗功率~單位kw}}$$

消耗功率~單位kw

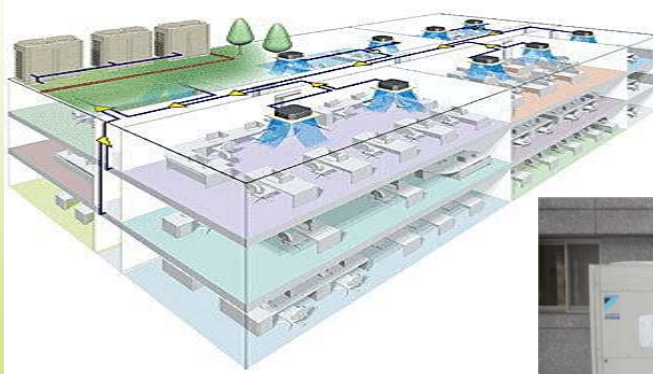


冷氣機效率分級標示

標示張貼在樣機上

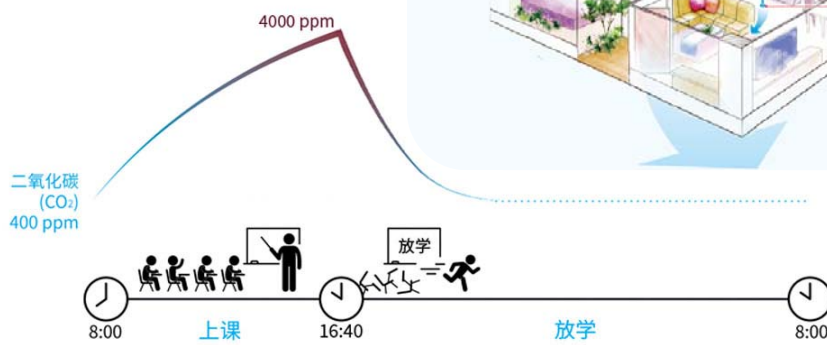
不同室外溫度
+
運轉條件
||
冷氣季節
性能因數

多聯變頻系統



學校冷氣常忘了的事

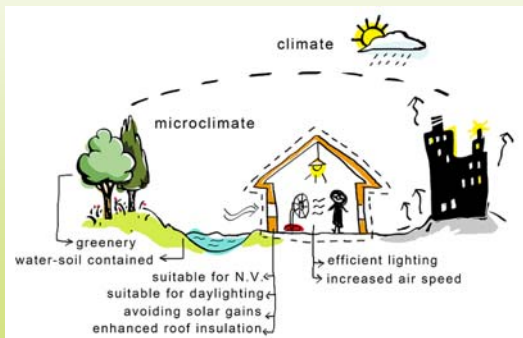
新風系統與全熱交換器



遵循綠建築設計促進教室熱舒適

- 與促進室內熱舒適水準相關的得分項目

- (1) 微氣候的：基地綠化和基地保水。
- (2) 與建築有關的：可自然通風、可自然採光、避免開窗日照和強化屋頂隔熱。
- (3) 與居住者有關的：照明節能和風速的促進。



與微氣候有關的_基地綠化

- 原本意義：量化衡量植栽的碳固定量
- 微氣候意義：廣種樹木(特別是大型喬木)可達到增加空氣中水分含量和降低空氣溫度，以提供更好的舒適性。
- 設計內涵：除球場、停車場和走道外，所有空地都種草皮或喬、灌木，且半數以上屋頂是種植草皮的薄層綠化屋頂。
- 以超過基準值的1.3倍，取得該項積分



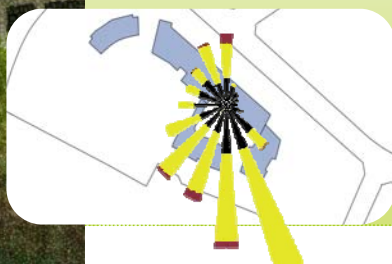
與微氣候有關的_基地保水

- 原本意義：評估基地在滲透及儲存雨水的最大可能體積。
- 微氣候意義：基地涵養水分能力愈好，藉由土壤中水分的蒸發來降低外氣溫度的潛力就愈高。
- 設計內涵：校園內保留大片綠地；設置貫穿校園的滲透溝渠並與一座雨水暫存滲透池連結；走道和停車場皆鋪設透水磚。
- 基地保水以超過基準值的2.7倍，取得該項積分。



與建築有關的_可自然通風

- 原本意義：引進足夠外氣保證室內空氣品質
- 本文意義：引進足夠外氣促進熱舒適
- 設計內涵：
 1. 良好的穿堂通風，所有教室都滿足相對側開窗之通風路徑長度必須小於5倍室內淨高之規定。
 2. 配合盛行風況的展開型校舍配置，創造充足的空氣流動維持教室熱舒適。
 3. 高的天花板設計，特別是屋頂層，一方面增加浮力通風，一方面提高中性壓力水準，使涼爽、新鮮的戶外空氣可以直接吹向大部分的活動空間。



與建築有關的_避免開窗日照

- 在教室的兩側窗戶都有很好的外遮陽設計，本案例學校的AWSG以比法規規定的數值低22%。

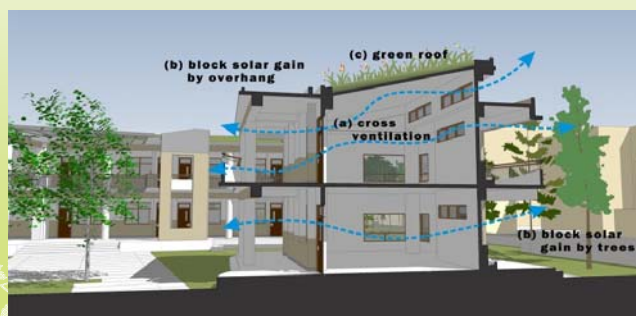
$$AWSG = \frac{\sum_i IH_i \times K_i \times \eta_i \times f_{v_i} \times A_i}{\sum_i A_i}$$

- 此外，教室旁種植成排的喬木也提供遮陽的效果。
- 在教室內的空間配置上，學生的桌椅擺放在靠有深遮陽的走廊側，下課休息區則配置在另一側。



與建築有關的_強化屋頂隔熱

- 原本意義：阻止屋頂溫差熱傳
- 本文意義：預防室內溫度升高造成熱不舒適
- 設計內涵：採用綠化屋頂提高屋頂隔熱性能。U值 $0.78 < 1.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ，取得強化屋頂隔熱性能積分。
- 綠化屋頂不僅作為一個額外的隔熱層，同時也反射了太陽輻射。綠化屋頂的等效反照率約為0.7-0.85遠高於裸露屋頂的0.1-0.2反照率。土壤的含水量增加屋頂熱質量。





與建築有關的_可自然採光

- 增加晝光利用的機會，減少人工照明能耗以及降低室內發生熱，從而減緩夏季教室過熱問題的發生。
- 所有窗戶採用可見光透射率高於0.6以上的玻璃，所有教室皆有採光深度3倍以內的自然採光開窗，取得可自然採光設計的分數

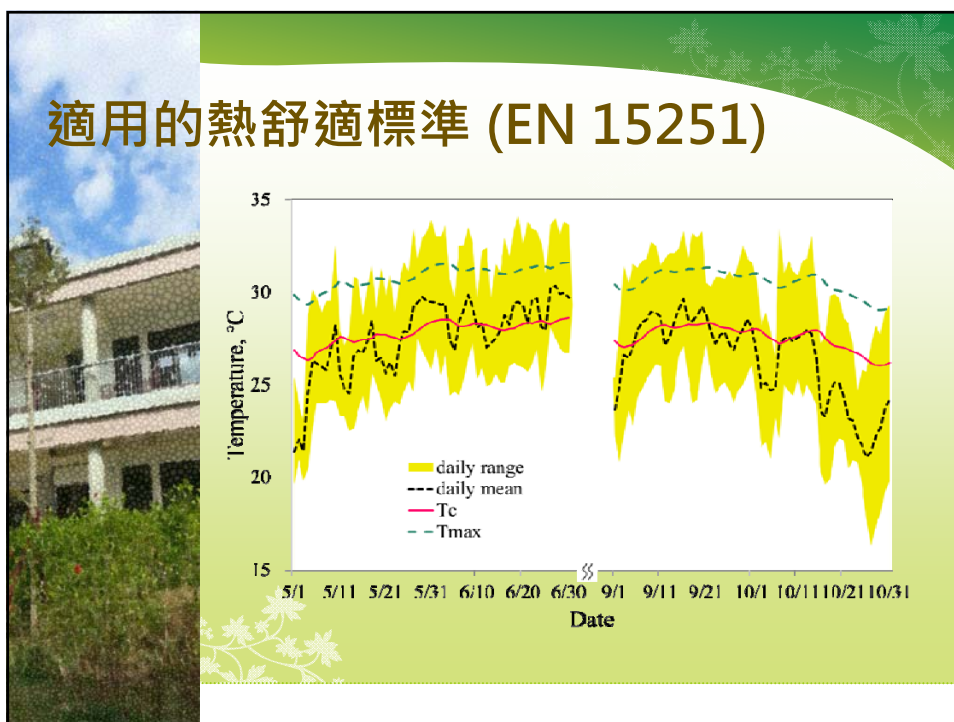
與居住者有關的_

<照明節能設計>

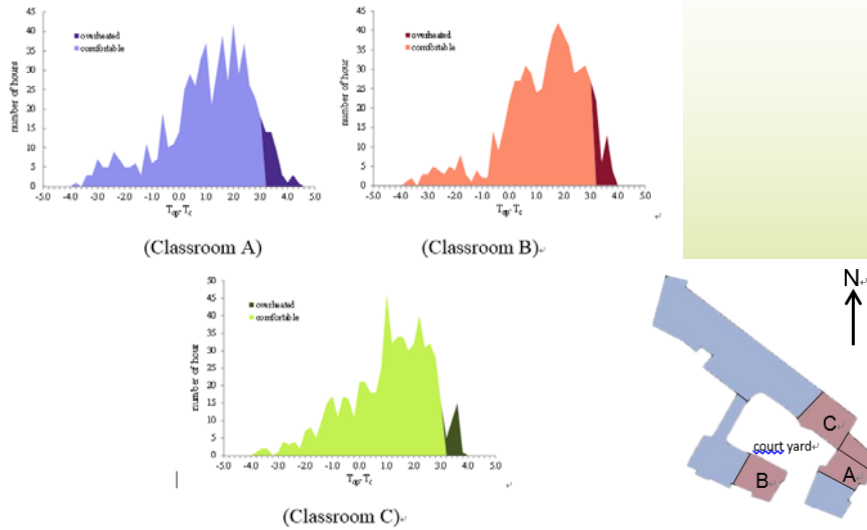
- 透過採用效率較好的T5照明燈具，使得教室的照明用電密度 11.5 W/m^2 遠低於基準值 15.0 W/m^2 ，而且維持桌面的照度不低於一般教室的照明標準($>350 \text{ lux}$)。這除了取得“照明節能設計”的分數外，也間接達到減少室內發生熱，最小化教室在夏季遭遇過熱困擾的效果。

<風速的促進>

- 每間教室都裝設六座吊扇，以增加空氣的流動，來促進人體的熱舒適。



室內熱舒適結果



教室還有過熱風險嗎？

Criteria	Outdoor	A	B	C
Criterion 1 : $H_e \leq 19$	84	4	0	0
Criterion 2 : $W_e \leq 10$	306	11	8	6
Criterion 3 : $T_{upp} = 0$	0	0	0	0
at the risk of overheating?	Yes	No	No	No

- Criteria 1 - Hours of Exceedence (H_e)
- Criteria 2 – Weighted Exceedance (W_e): $W_e = \sum h_{e(1,2,3)} * (\Delta T)_{(1,2,3)}^2$
- Criteria 3 – Upper Limit Temperature (T_{upp}): should not exceed the T_{max} by 4K

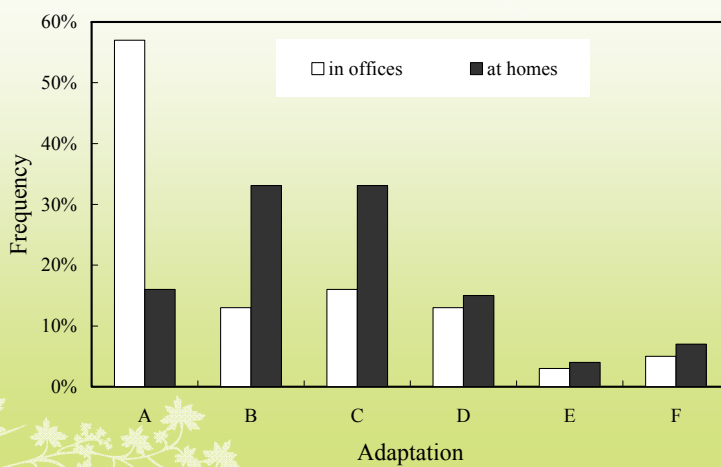
學校冷氣的管理

■實驗期間:5/16-6/30, 8:00-17:00

- 自主管理教室
- 集中管理教室

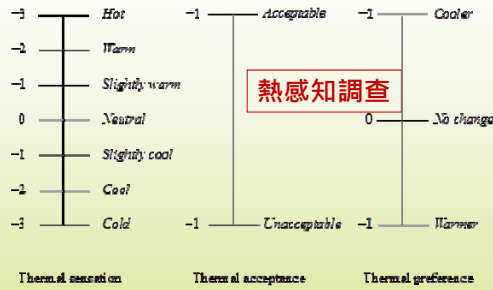


冷氣始終無法脫離人性



實驗內容

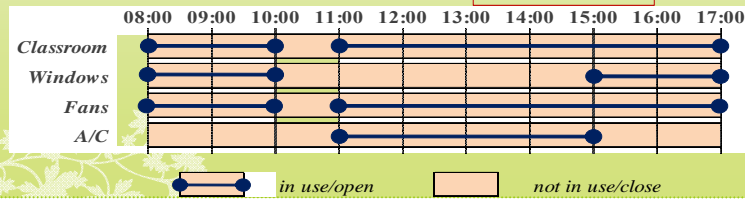
熱環境測量



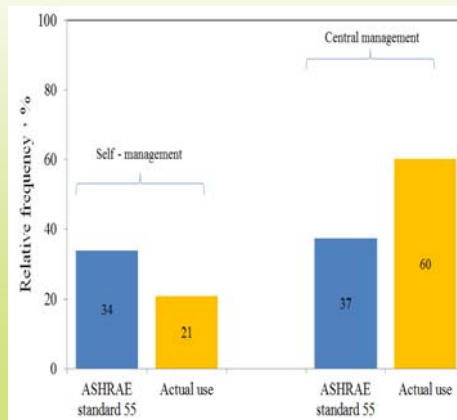
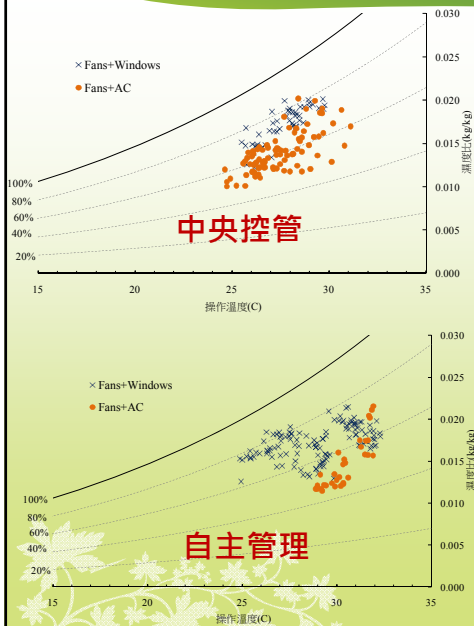
熱感知調查

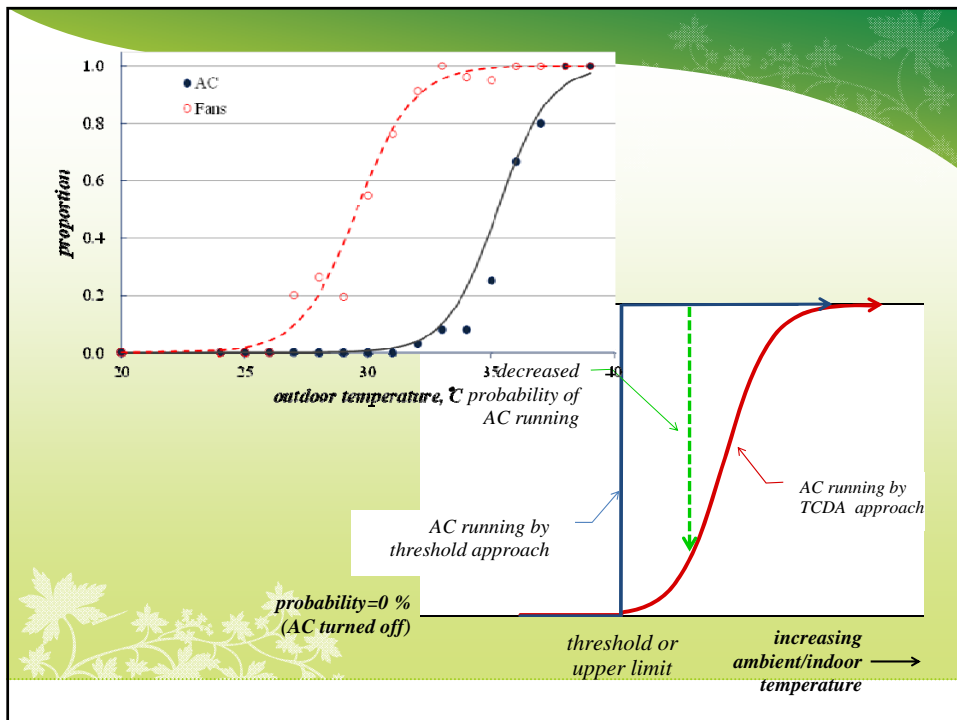
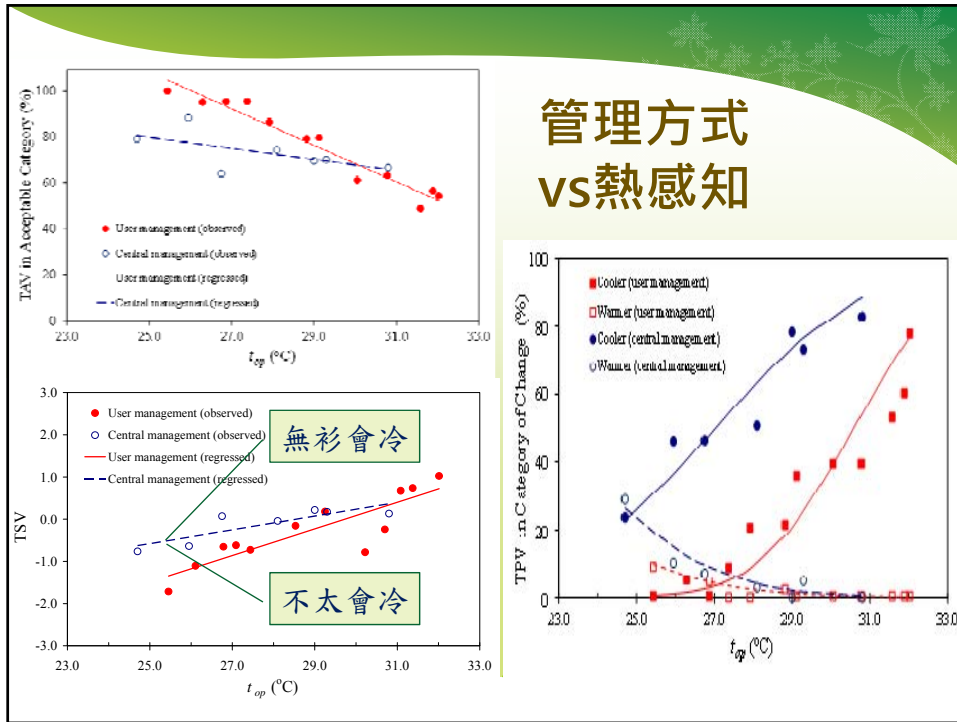


使用行為觀察



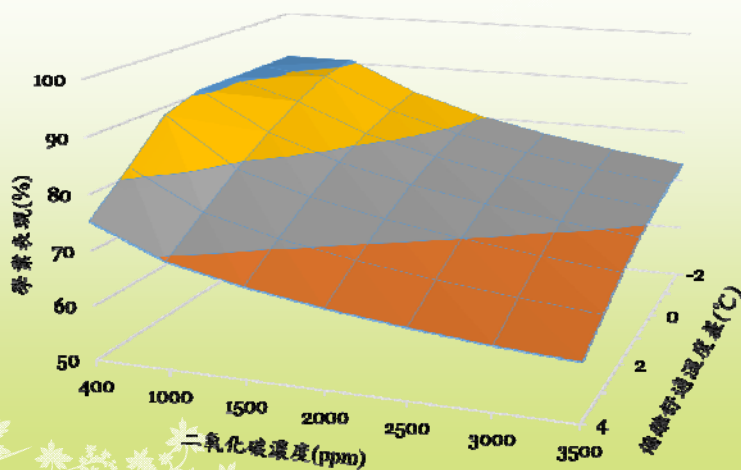
使用行為 vs 室內熱狀況

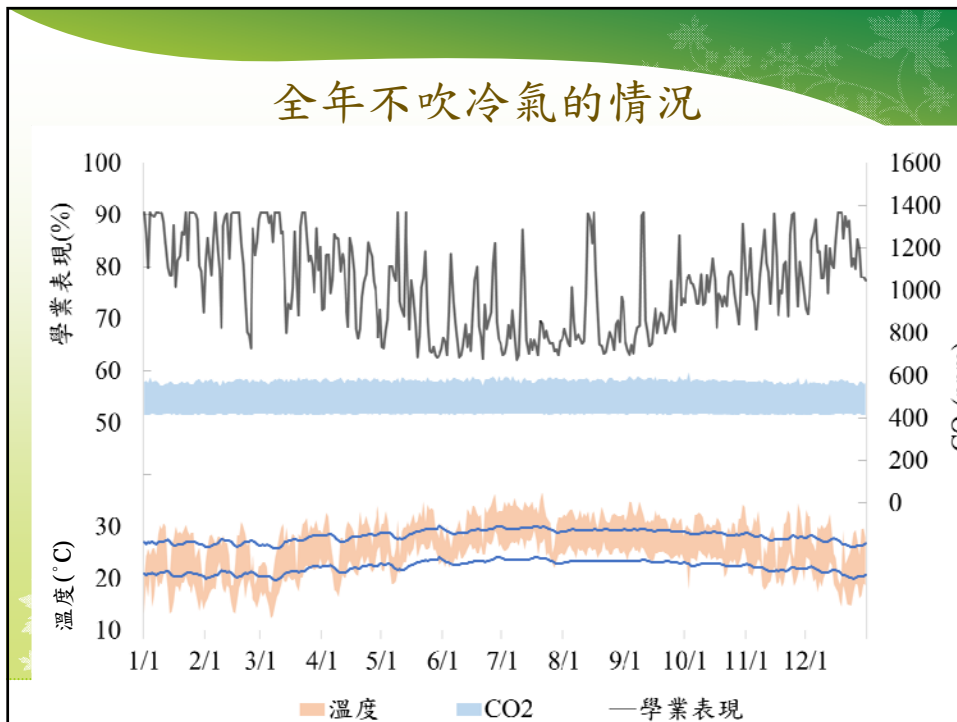




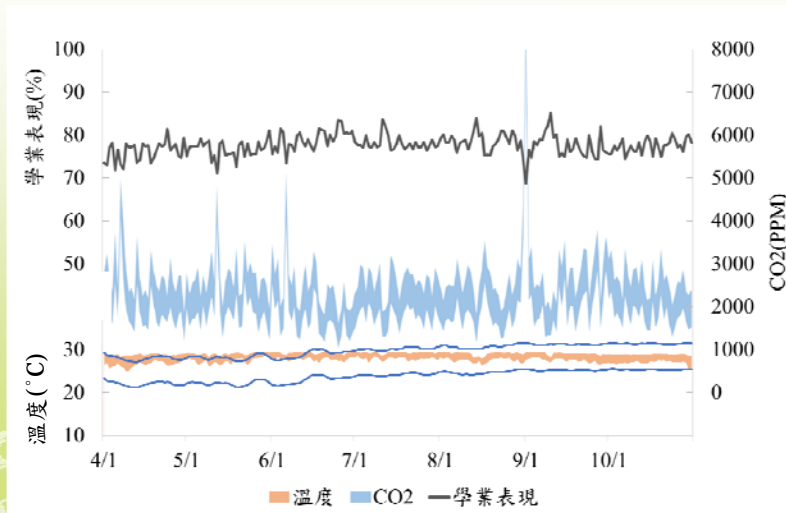
冷氣開聰明：聰明開冷氣

室內環境品質如何影響學習效率

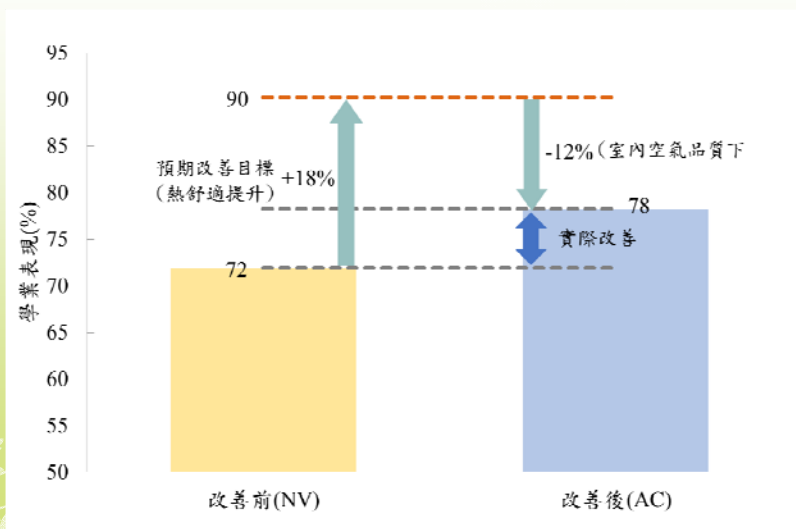




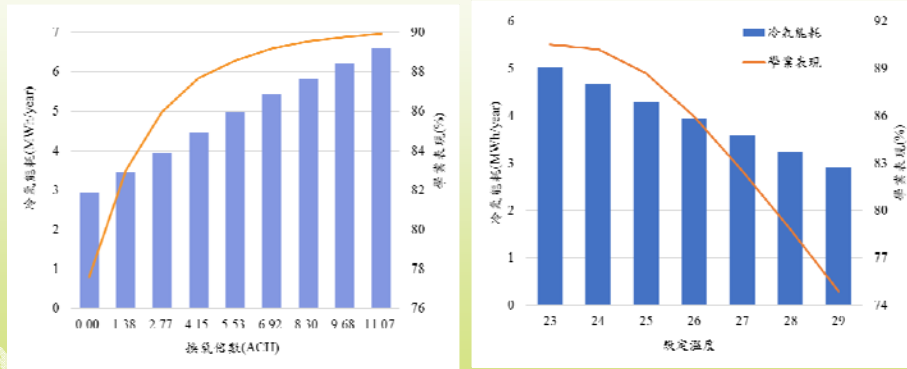
夏天吹冷氣情形(26°C,無新風)



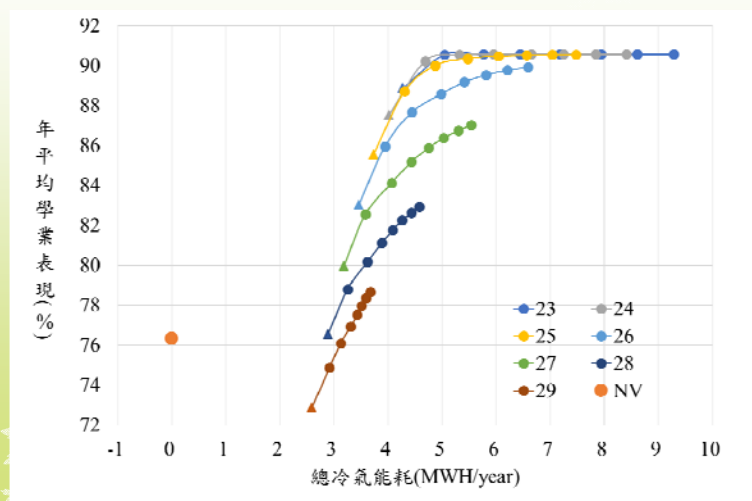
預期和實際的落差



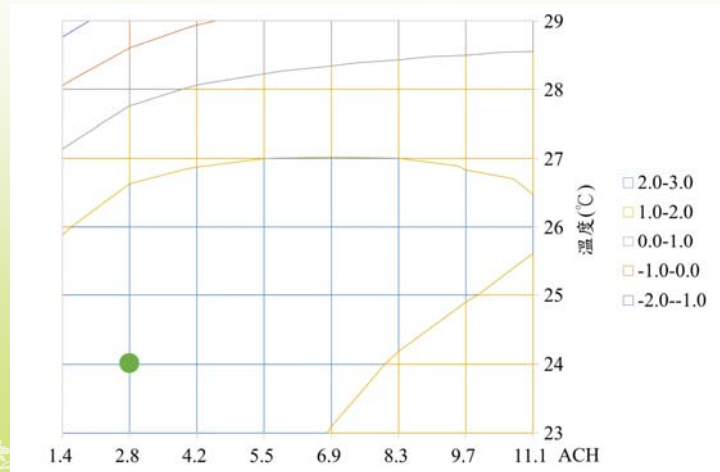
試著改變會面臨的困境?



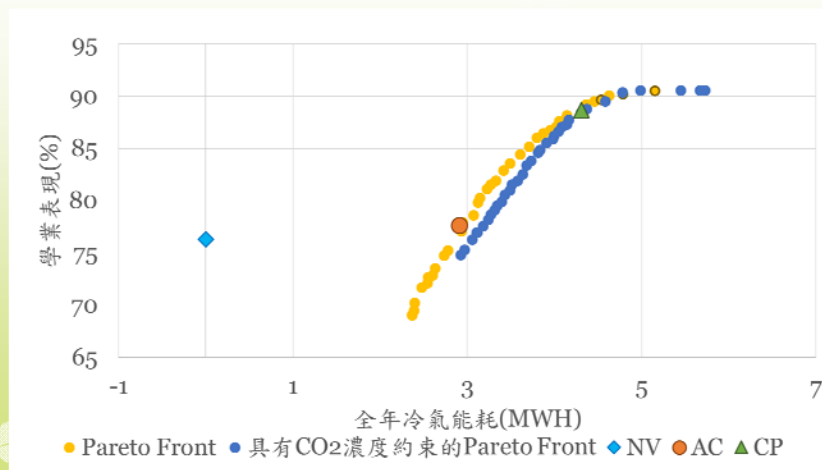
冷氣用電和學業表現的拔河



最佳性價比在哪裡? 做得到嗎?

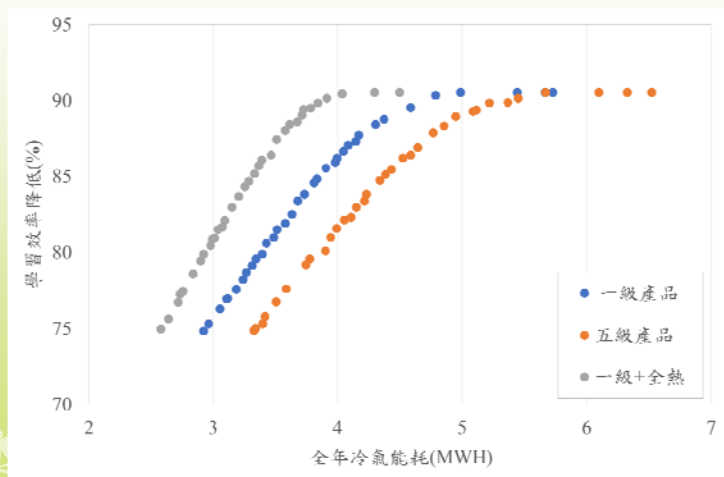


客製化的最佳答案



多多使用節能產品

(不要讓學生成為被冷氣耽誤的天才)



簡報結束 · 謝謝



高雄師範大學工業科技教育學系
能源與冷凍空調組 SEE Lab

Join SEE Lab, see your bright future