

學校場所節約用電

前言

今日在地球環境及氣候的逐漸惡化之下，地球環境保護運動風起雲湧之時，節約能源減少地球的負荷，成為現今人類應嚴肅面對的課題之一。

由於學校用電主要為照明、空調、抽水機、電腦及其他教學用電器具，若全國各級學校均能勵行節約用電、提高用電效率，將可節省電能及各種石化燃料之耗用，對環境保護亦有莫大助益。當然節約用電過程中也注意到合理照明，學校照明的良窳影響學童視力健康甚大，以目前我國學生的高近視率，教育單位、燈具製造商及各相關單位，實應責無旁貸戮力改善學校照明品質，以確保學童的視力健康。此外，照明用電是學校耗電量較多之設備，自能源危機之後，我國提倡節約能源，實施能源政策，但為顧及學童視力健康，不但沒有降低教室照明，反而提倡合理照明，提高教室照明標準，如明訂中華民國國家照明標準，使政府單位、教育部門將照度提高使其合理化，以免因實行節約能源而降低教室照度，導致學生視力不良。

本公司為配合政府「加強學生視力保健，減輕學校電費負擔」政策，自74年起改按第一段單價計收而不採累進計費，對學校減輕不少電費負擔，但為因應台電民營化及達成「全國能源會議結論具體行動方案」中取消特定對象用電之價格優惠執行目標，政府正研議取消學校優惠電費，學校可依下列方法合理用電，使全國各級學校每年約達21億度的學校用電量減少，減輕學校的電費負擔。

照明節約用電

一、合理照明的重要性

眼睛是學習的主要工具，一切學習都要靠眼睛去發現、閱讀，然而眼睛的功能卻完全依賴「光」才能發揮，在沒有光線的黑暗環境之下，我們看不到任何東西，在暗淡的光線下，也只能勉強看到模糊景象，換言之，光線的強弱影響視覺的真實性；再者，光線的強弱不僅影響視覺真實，還可能影響學習及心理狀況。研究顯示人在安靜且光線適度時有較高的閱讀慾望與較佳的學習效果，相反地，在微弱的光線下，雖然安靜但精神卻無法集中，令人坐立不安，久之則有思考鈍化的現象；在過份強烈的光線，閱讀雖短暫，仍有顯出容易疲勞的現象，由此可知，「光線」對顯示物體真實、學習的效果、眼睛的疲勞都有相對的影響。

二、學校照度標準

◎ 經濟部中央標準局參酌先進國家之照度標準，於民國76年9月17日訂定照度標準，明定教室應有200~750勒克斯，黑板照度300~1500勒克斯（如表一）。

表一：中華民國國家照明標準(CNS)學校準照度表(室內)

標準照度Lux	場所		作業種類
1500	-	-	-
1000 750		製圖教室 縫紉教室 電腦教室	○精密製圖○精密實驗 ○縫紉○打字 ○圖書閱讀○精密工作 ○工藝美術製作 ○黑板書寫○天秤計量
500 300	教室、實驗室、實習工廠、研究室、圖書閱覽室、書庫、辦公室、教職員休息室、會議室、保健室、餐廳、廚房配膳室、廣播室、印刷室、總機室、守衛室、室內運動場	-	-
200 150 100 75	-	○大教室○禮堂○儲櫃室○休息室 ○樓梯間○走廊○電梯走道○廁所 ○天橋○值班室○工友室	-
50 30	倉庫、車庫、安全梯		-

◎台灣照明學會於民國80年6月建議中小學校教室之照明應加以提升，黑板部份應在750勒克斯以上，課桌面應大於500勒克斯。

◎內政部建築研究所87年6月出版「學校教室照明推廣手冊」對學校教室照度標準之建議如表二。

表二：學校教室建議照度標準

作業種類	教室名稱	桌面照度(lx)	地板照度(lx)	黑板面照度(lx)
極精細作業	製圖教室、縫紉教室	750		500
精細作業	普通教室、實驗教室、電腦教室 自然教室、社會教室、美術教室 工藝教室、家事教室、會計教室 英打教室、視聽教室、語言教室 攝影教室、餐飲教室、音樂教室	500	—	500
普通作業	舞蹈教室	—	300	500

◎教育部於民國89年5月5日以台(89)體字第89048627號函，修正學校一般教室照明標準為桌面照度不低於350勒克斯，黑板照度不低於500勒克斯為原則，並應注意避免燈具的眩光。

三、照明相關名詞及定義

1.光度：

光度即光源明亮度，是測量其他光學物理量的基本國際單位，單位為燭光。

2.光通量：

光通量又稱為光束，為光源單位時間內所發出的光之總能量，需以光束來模擬光能量之大小，單位為流明。1燭光的光源在單位立體角內所產生之總光通量定義為1流明。

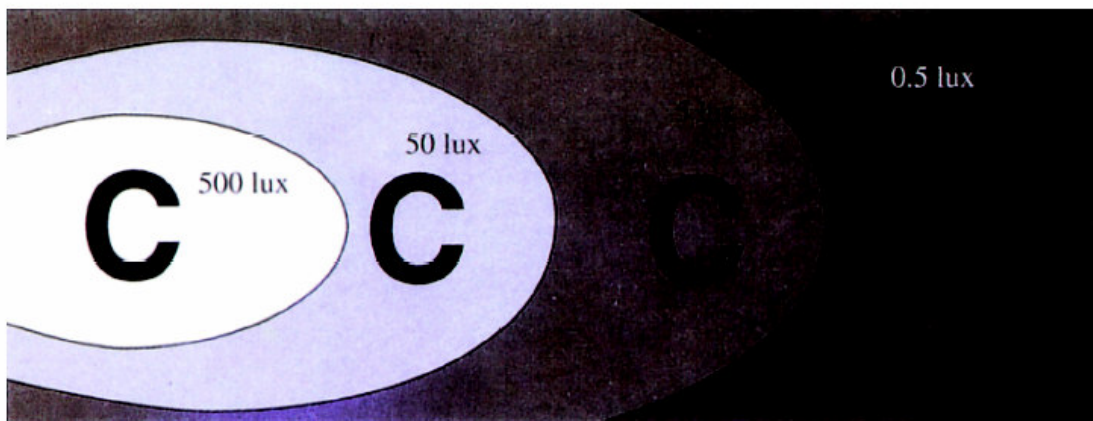
光源所發出流明總數與用電量成正比，但相同的耗電量，光量輸出卻不一定相同，例如同為40瓦之日光燈管，晝光色日光燈管輸出 2,800 流明，高效率、高演色、高頻三波長自然光40瓦之日光燈管則輸出3,650 流明。

3.照度：

物體或被照面上，被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度，為評量比較照度之大小，常以被照面上單位面積內所接受到由光源投射來之有效光通量來定義。1平方公尺面積上總光通量有1流明時，稱為該面積上照度為1勒克斯(Lux)。

$$E \text{ (勒克斯Lux)} = \frac{F \text{ (流明Lumen)}}{A \text{ (平方公尺m}^2\text{)}}$$

圖一係視力與照度之關係，如500勒克斯看得很清楚，0.5勒克斯就無法看到



4.配光均勻度：

教室照明除了照度要充分之外，光線的分佈均勻也很重要，我們稱為配光均勻度，光線分佈越均勻、視覺感受越舒服，愈不會造成眼睛的疲勞；如因分佈不均勻，教室內明暗交錯，容易造成視覺疲勞。下面為照度均勻度的公式，其值愈接近1愈好。

$$\text{照度均勻度} = \text{最低照度} / \text{平均照度}$$

5.輝度：

照度定義係指被照面上光亮程度，輝度則用來評估光源或發光點之光亮程度。眼睛注視發光體所看到的發光體面積，即光源發出之光強度，謂輝度。簡單地說即輝度是用來評估發光體對眼睛之刺激程度。

6.眩光：

光源與環境的配合不良時，會導致眼睛無法看清楚視覺範圍內景物，這種現象是因視覺範圍內有一較景物光亮許多之光源存在所致，這種強光即稱為眩光。眩光有直接眩光、反射眩光及背景眩光等。

7.色溫度：

太陽光在早晨給人的感覺是乾淨清爽，中午時則刺眼明亮，到了傍晚則呈現昏黃偏紅的感覺。各類人工光源發光的原理不同，所產生的光色各有不同，照明學上以光源所發出來的光線顏色與黑體在某一絕對溫度下輻射出來的光線顏色相同時，便以黑體當時之溫度稱為光源之色溫度，單位以絕對溫度k表示。例如白熾燈泡的色溫約為 2,700°K 有溫暖感，一般日光燈色溫約為 5,000°K 有清涼感。

8.演色性：

光源對於被照物顏色所呈現之效果稱為演色性，也就是物體在燈光下的顏色與太陽光線下作比較物體顏色的逼真程度。另一種定義法為物體其色彩與陰天晝光下所看見之色彩相同程度，稱為該光源之演色性，演色性越高，色彩越逼真、越好看。一般以白熾燈泡作基準，稱為 100% 相對演色性評價係數(Ra)，評價係數越高，光線的表現效果越逼近自然顏色，例如美勞教室的照明需要有較佳的演色性。

四、照明省電方法

1. 教室照明燈具設置

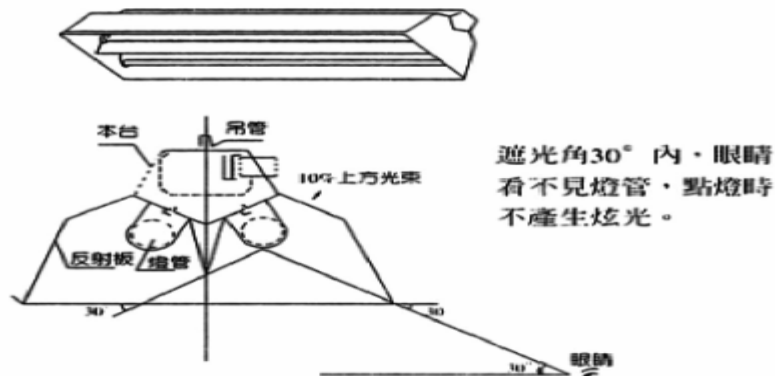
教室燈具配置方式直接影響了室內整體的空間感、配光均勻與眩光防制。配置時以對稱統一為原則，並採用全般照明方式，優點如下：

- 室內課桌排列方式變更時，不必改變照明燈具配置。
- 使用的照明燈具種類單純、維護管理容易。
- 在視野內的光線，其照度及輝度分佈均勻，較不易產生視覺疲勞。
- 燈具配線較簡單。
- 整體上較為對稱，統一與美觀。

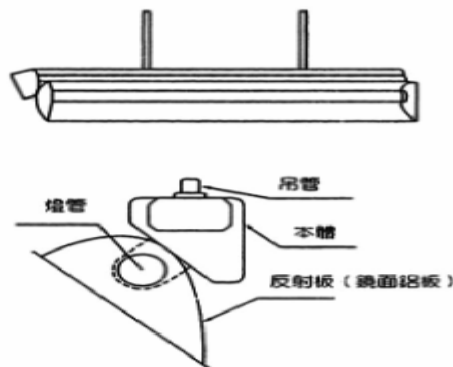
2. 燈具部份

- 教室照明燈具應採用遮光角之24度以上低眩光燈具或教室專用燈具，有關遮光角之定義與專用燈具樣品，如下圖所示：

(一) 教室課桌照明燈具



(二) 黑板照明燈具



- 教室燈具以採用吊管燈具為原則，其配光曲線分佈中，應有10 % 以上之向上投光，以補天花板之照度及減低視覺對比眩光。
- 燈具反射板可採用高反射材料如鏡面鋁板等以強化燈具整體發光效率，但設計時需注意防止眩光，例如加裝防眩光格板、選擇適當遮光角燈具、燈具與黑板平行裝設，或者採用乳白系烤漆，以減低直射眩光之傷害。

3.日光燈管的選用

- 一般教學環境需要均勻的全般照明，因此以高輸出光量效率較佳的日光燈為宜。
- 選用高演色性之燈管，在兼顧經費之下，以相對演色性評價係數值(Ra)超過85的三波長自然色燈管為宜。為有較好的色彩還原，美術教室應採用高演色性燈管。
- 選用配合電子安定器使用、發光效率高、演色性高的高頻三波長日光燈管為最佳選擇。
- 高頻三波長自然光色32W燈管，全光束3,650流明(Lm)輸出效率特佳，照度較一般40W白色燈管3,100流明，晝光色燈管2,800流明高很多。

4.電子安定器之省電優點

- 電子安定器的高頻發光使燈管發光效率更高，用電更省。
- 發出之燈光比傳統安定器穩定不閃爍，開燈時不閃爍立即亮，可提升照明品質。
- 可同時點亮2至4支日光燈管，減少安定器數量及耗電量，而且不需要使用起動器。
- 電子安定器較傳統安定器省電達3-8瓦，工作頻率高於20KHz以上時燈管流明增加10%-20%，可提高日光燈輸出效率(Lm/W)。
- 功率因數可達0.95以上。

5.以電子安定器及T8-32瓦高頻日光燈管換裝之省電效益比較

- 現中、小學教室照明多為每間教室裝設 40瓦雙管之日光燈具 9 盞或 12 盞，作為教室之全般照明。
- 黑板照明則多採用 40W 雙管兩盞或單管三盞之黑板專門燈具。
- 若採用電子式安定器日光燈具 T8-32W×2管×9 或 12 盞，黑板燈具採用 T8-32W×2管×2 盞。照度可提高約 2.5-3 倍，與傳統安定器比較，用電量可節省約 25%。
- 由教育部委託國立台灣科技大學在台北市立公館國小照明改善研究，所得到改善前後用電量實測比較如下附表。

項目	性能比較	單位	改善前	改善後 (電子安定器)	改善後 (電子安定器)
1	課桌燈具	盞	40W×2 管×3 盞 40W×1 管×8 盞與 黑板垂直、烤漆板 開放燈具	40W×2 管×9 盞 與黑板平行、教室 專用燈具、鏡面鋁 反射板	40W×2 管×9 盞與 黑板垂直、加隔板 低眩光燈具烤漆反 射板
2	黑板燈具	盞	40W×1 管×3 盞	40W×1 管×3 盞	40W×2 管×2 盞
3	功率因數	%	50.0	98.5	98.5
4	總消耗電力	瓦	850	735	771
5	總電流	瓦	7.72(15.4)	3.39(6.78)	3.55(7.11)
6	照度	lux	203	750	650
7	84.12.21 實測開始電表讀數	度	14.9	26.6	33.5
8	84.12.28 實測一週電表讀數	度	64.9	64.3	76.1
9	實測一週用電量	度	50.0	37.7	42.6
10	推算一月用電量	度	218.2	163.0	185.9

*：括弧內為電壓 110 伏特之總電流值。

註：改善後之燈具組若採用 T8-32W 燈管省電效果將更好。

6.學校教室照明

學校教室照明用電佔全校用電量之大部分，其用電時間長達 8 小時以

上，且均在電力系統之供電尖峰時間內，如能改用高效率三波長日光燈、電子安定器及低眩光燈具等，除提高照度與照明品質，減少電費支出外，並可舒緩台電公司供電壓力。

7.其他照明注意事項

- 自然採光利用：靠近走廊之電燈可設計為同一回路，以利用白天自然光照明，關閉電燈而節省電費。
- 走廊、穿堂燈具採用自動感應點滅器，有人經過時自動開啟，無人自動關閉，或裝設定時器，在夜間無人使用時段自動關閉燈具，只剩重點必要路燈。
- 對不易換修燈具如高走廊燈不要使用白熾燈，請用長壽命又省電之日光燈或PL燈（小型日光燈），並採用開放無燈罩燈具可增加光度，此外使用定時隔蓋控制方式，以減少用電。

8.維護與管理

- 學校行政相關人員平時應定期檢視教室燈具，如發現燈管黑點、閃爍、損壞，應儘速更新以保持最佳照明品質。
- 學校應建立教室燈具維修通報系統，教師或學生如發現教室燈具損壞，則立即通知修理。
- 學校應指導、教育學生養成節約用電習慣，避免電力浪費。

冷氣機節約用電

- 近年來台灣經濟繁榮，生活水準大幅提升，冷氣空調大量使用造成夏季供電吃緊。冷氣機可提供舒適的生活環境，目前學校在辦公場所多已裝設冷氣設備，亦有許多學校的一般教室也有裝設冷氣，空調用電佔比逐年提高，因此可參考下列節約用電方法以減輕電費。
- 採購高EER值的冷氣機，EER值為表示冷氣機效率的重要指標，EER值高表示該冷氣機效率高。

- 經濟部90年9月20日公告之標準如表一：窗型冷氣機能源效率比值標準對照表，表二：箱型冷氣機能源效率比值標準對照表。

表一 窗型冷氣機能源效率比值標準對照表 經濟部 經(90)能字第09004619170號公文告

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)	
	適用舊版 CNS3615	適用新版 CNS3615及 CNS14464		能源效率比值 (EER) Kcal/h · W(BTU/h · w)	能源效率比 (EER)
單體式	低於2,000kcal/h	低於2.3KW	一般型式、變頻式(60Hz)	2.33(9.24)	2.71
	2,000kcal/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

註：

- (1) 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)依該標準規定試驗之冷氣能力(Kcal/h)除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。
- (2) 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性能等級(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之總冷氣能力(W)除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。

表二 箱型冷氣機能源效率比值標準對照表 經濟部 經(90)能字第09004619170號公文告

機種	適用舊版CNS2725	適用CNS3615及 CNS14464	實施日期
	能源效率比值(EER) Kcal/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91年1月1日
水冷式	3.17(12.58)	3.69	

註：

- (1) 適用舊版CNS2725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)依該標準規定試驗之冷氣能力(Kcal/h)除以規定試驗之冷氣消耗電功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。
- (2) 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性能等級(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之總冷氣能力(W)除以有效輸入功率(W)，其比值應在上表標準值及標示值百分之九十五以上。

- 冷氣機室外側的功能是將熱排出室外，如有障礙物擋住排出口，機組吹出熱風，將使周圍溫度升高，造成熱風再度被吸入，增加耗電量，因此，安裝應排除出風口之障礙，最好留有50公分以上距離。
- 冷氣機室外側冷空氣吸入，目的在冷卻冷媒，如果有障礙物擋住吸入口，冷氣機效率將會降低致用電增加。
- 冷氣機要避免日光直射，需裝設遮陽（雨）棚，以防止冷氣機受日光照射機體溫度升高，冷卻效率降低增加用電。
- 使用時室溫設定26°C至28°C為宜，如果設定溫度每低1度時，將會增加約6%的電力消耗。
- 冷氣機使用時應關妥門窗，以免冷氣外洩增加耗電。
- 冷氣機應依說明書定期保養，如定期清潔外殼、空氣過濾網及熱交換器等，以防止塵埃附著在空氣過濾網及熱交換器上，降低熱交換效率而浪費電力。
- 多台窗型冷氣機之辦公室，如僅值班或少數人在內時，冷氣機不必全開以節約能源。

裝置儲冰式空調系統

- 一、汰換或新設中央空調系統時，最好採用儲冰式空調系統，可以避開價格較高的尖峰用電電價，充分利用廉價的離峰電力與台電公司給予的電價折扣優惠。
- 二、主機容量達300瓩以上者，可優先考慮裝設儲冰式空調系統，不但可抑低尖峰電力減輕基本電費，亦可利用廉價離峰電價再享受75折電費優惠。

飲水機節約用電

學校為方便學生飲水，均裝設有數十台的冷熱飲水機供學生使用，

由於再好的保溫措施，也無法達到熱能不會散失的完美狀況，因此飲水機接上電源之後，即使未加飲用，其儲冷及儲熱槽內的冷熱能量仍不斷的散失，致電熱線及壓縮機仍會間歇運轉，以補充流失的能量。

經實驗1小時內不用，耗電量200瓦的壓縮機仍會運轉一次，歷時約4分鐘，而耗電量700瓦的電熱器，亦會通電運轉3分鐘。因此下班後如不切斷電源，每台飲水機每月多耗電約20度，所以請在飲水機電源處加裝時間控制開關，於夜間下班或休假時自動切斷電源可節省不少電費。

加強電力管理，以減輕電費

一、如何減少基本電費

- 訂定最適之契約容量：

學校可根據過去三年的用電資料，瞭解目前契約容量之適當性，若契約容量訂定不當，太高則平白多繳電費，過低發生超約時需加計超約附加費；依奉核定電價計算辦法，如該月最高需量超出契約容量10%以下部分按2倍(即加計1倍)計收基本電費，超出契約容量10%以上者按3倍(即加計2倍)計收基本電費，因此，請參考以前各月用電最高需量值，及未來設備可能增加情形，來訂定最適契約容量，使全年負擔之電費最經濟。

- 裝置電能自動監控系統，於超約時自動切斷不重要的用電設備，以抑制尖峰負載，降低最高用電需量，以免發生超約附加費。
- 依台電各級學校用電統計資料顯示，學校用電超約者非常普遍，有的學校一年12個月每個月均超約，多繳不少超約附加費，造成某些學校電費負擔沉重。如加裝電能監控系統後，該系統會在用電超過契約時，自動將較不重要用電設備如抽水馬達、冷氣機等自動切開，以免超約而須支付超約附加費。

- 評估選用台電各種減少用電優惠電價措施，在夏季月份可減低不少基本電費。
- 蒸飯盒機容量不小，由數百瓦至近千瓦等等，蒸飯如數台同時集中接近中午時使用，可能造成尖峰用電急增而超約，如能分多梯次蒸飯，逐批蒸飯先蒸好的先保溫（保溫負載較低），可減少尖峰用電及避免超約。

二、提高功率因數

依台電現行電價，裝設有乏時計（無效電力電表）每月用電之平均功率因數不及80%時，每低1%，該月份電費應增加0.3%；超過80%時，每超過1%，該月份電費應減少0.15%。功率因數只要合理控制改善，功因提高至95%以上很容易，就可享有最佳功因折扣而節省電費。

其他設備的節約能源

- 一、廁所抽風機加裝定時開關控制，夜間不使用時間關閉，白天則每隔15分鐘開關一次。
- 二、抽水機請於夜間離峰時間運轉，利用定時開關於夜間抽水至水塔，供白天尖峰時間使用，利用離峰廉價電力，減少電費支出。
- 三、電腦及事務機器節約能源：
 - 今日學校電腦教育非常普及，電腦之耗電也不少，因此，採購有能源之星標章的綠色電腦，可有效節約能源。
 - 所謂綠色電腦係指對環境無害的電腦，它的範圍涵蓋製造過程無污染、節約能源、包裝材料使用再生紙或可腐化的材料、操作電腦安靜且污染程度低等特色。
 - 電腦在全世界已超過一億台，每台平均消耗150瓦電力，全世界就有耗用150億瓦電力，當時美國總統柯林頓遂發佈一項行政命令，明訂美國聯邦政府採購，必須符合美國環保署所推廣的能源之星省電型電

- 腦產品，即PC主機、顯示器、印表機於不作業時間超過5~10分鐘便須進入「睡眠狀態」，此時每台電腦的電力消耗不得超過30瓦。
- 四、其他事務機器如影印機、傳真機等非上班時間應將電源關閉。影印機請採購有睡眠省電裝置之機型。
- 五、教室照明或廁所等用電設備之開關旁，請加貼隨手關燈貼紙，以養成學生隨手關燈習慣。
- 六、用電設備應經常維護保養，學校平常應有專門人員負責維護檢修用電設備，發現損壞則儘速更換，並利用寒、暑假期間全面檢查用電設備，如變電室內電氣設備檢驗、冷氣機維護、照明燈具維護擦拭等以確保用電安全及提高設備效率。

新建學校建築物節能設計

政府為加強建築物節約能源，已頒佈「建築物外殼耗能規範」，凡新建大樓必須符合此規範，以免一旦定型後數十年不變一直大量消耗能源，因此如果能夠在設計階段即重視建築物的耗能，將可大量減少能源的浪費。

- 建築外殼的節約能源設計，是在控制外殼隔熱性能和遮陽性能，在設計時考慮建物座向、窗的開口位置、開窗率、窗玻璃隔熱、遮陽……等各種因素。不佳的建築外殼設計將使空間負荷沈重，生活品質下降。兼顧節能需求與經濟美學因素的建築物，是建築設計者與業主今後所應追求的目標。
- 空調系統節約能源設計，不僅是給室內提供健康、衛生與舒適的生活環境，而且也藉由空調系統的設計，經由省能設備的選用、能量搬運路徑及各種管路設計、設備的配置，以提高整體運轉效率，來達到最低的電力耗能。
- 「綠色建築」觀念的建立，對建築節約能源貢獻在於如何使用預鑄工

法、合理化工法等以減少廢棄物、節省地球資源，並充分利用晝光、綠化、浮力通風等來減輕對能源的依賴。

結語

在我國能源依賴進口高達98%，政府大力推動節約能源與環境保護之時，學校更應積極參與節約能源推廣，除對學校本身能源使用效率的提高與推動合理照明，保護學生視力健康外，亦為學生們節約能源與環境保護教育之最佳榜樣，進而將之推廣至社會各界。

國內各級學校，用電量相當大，每年達到21億度，近年來各級學校為了提高教育品質，並滿足不斷增加的學生數，電力、空調，電腦、照明等用電設備隨之不斷加裝，用電量亦水漲船高，因此如何節約能源，合理、有效地利用能源，進而減輕能源費用支出，相信對學校財務緊澀的狀況能有所助益。

節約能源的工作必須不斷進行，因此，學校應利用本身良好管理的榜樣，建立一套用電管理方式，有組織、有系統之管理，利用各種工具來分析能源使用情況，將耗能的設備淘汰，改用高效率用電設備。此外並應加強學生節約能源教育，使每位學生均能有節約能源的常識與觀念，進而養成節約能源習慣。

