

照明系統Q&A 節能技術手冊

經濟部能源局指導
財團法人台灣綠色生產力基金會編印

目 錄

目 錄	i
圖 目 錄	viii
表 目 錄	xi
第一章、前言	1
第二章、國內電力供需及照明耗能概況.....	2
2.1 國內用戶端電力供需概況.....	2
1. 台灣地區近年用戶端電力消費量成長如何($kWh/m^2.y$) ?	2
2. 台灣地區最高尖峰用電量及尖峰供電能力如何?	2
3. 非製造業能源查核大用戶(大於800 kW)筆數分佈及用電量如何?	3
2.2 國內建築分類能源大用戶用電指標概況.....	4
1. 建築分類能源大用戶用電參考指標統計值EUI及DUI如何?	4
2. 建築分類能源大用戶平均電價(元/度)如何?	7
3. 建築分類大用戶之照明用電分佈比例如何?	7
4. 建築分類能源大用戶照明使用量及功率(kW)如何?	8
5. 日光燈具使用電子式安定器之節能潛力分析如何?	9
6. 台灣國內照明產銷調查如何?	10
7. 我國白熾燈泡使用概況及耗電多少?	11
8. 各國推動白熾燈泡節能政策如何?	12
第三章、照明的基礎與認識.....	13
3.1 照明節能技術用語及計算單位	13
1. 照明基本概念光的用語.....	13
2. 光線之定義.....	14
3. 輻射光譜.....	14
3. 光束(光通量)	15
4. 立體角.....	16
5. 光強度(簡稱光度)	17
6. 輝度.....	18
7. 照度.....	20

8. 配光曲線.....	22
9. 亮度(或光束發散度).....	24
10. 光源效率及壽命.....	25
11. 黑體與色溫.....	27
12. 色溫度.....	28
13. 光源之色溫及其演色性之關係.....	29
14. 演色性.....	30
15. 平均演色評價指數(Ra).....	31
16. 光源之色溫與演色性評價等級選擇.....	31
17. 光源經濟效率.....	34
18. 光源之效率及照明裝置之功率.....	35
第四章、各種傳統常用人工光源介紹.....	37
4.1 白熾燈泡.....	37
1. 白熾燈泡的構造及發光原理為何?.....	37
2. 白熾燈泡特性與效率如何?.....	37
4.2 石英鹵素燈.....	39
1. 鹵素燈的構造及發光原理為何?.....	39
2. 鹵素燈泡特性與效率如何?.....	39
3. 鹵素燈泡使用時注意事項有哪些?.....	40
4.3 螢光燈.....	41
1. 螢光燈的構造及發光原理為何?.....	41
2. 高頻螢光燈特性與效率如何?.....	42
3. 三波長高演色性型螢光燈特性與用電量如何?.....	42
4. 供電電源電壓高低對螢光燈之影響.....	43
4.4 高壓水銀燈.....	44
1. 高壓水銀燈泡的構造及動作原理為何?.....	44
2. 高壓水銀燈泡特性與效率如何?.....	45
3. 供電電源電壓高低對高壓水銀燈之影響?.....	46
4. 高壓水銀燈泡安裝時注意事項有哪些?.....	46
5. 高壓水銀燈泡使用時注意事項有哪些?.....	46
4.5 免用安定器型水銀燈泡.....	47

1. 免用安定器型水銀燈泡的構造及動作原理為何？	47
2. 免用安定器型水銀燈特性與效率如何？	48
3. 免用安定器型水銀燈使用注意事項有哪些？	49
4.6 石英複金屬燈	50
1. 石英複金屬燈的構造及動作原理為何？	50
2. 石英複金屬燈特性與效率如何？	51
3. 石英複金屬水銀燈的分類及適用場所？	52
4.7 高壓鈉氣燈	53
1. 高壓鈉氣燈的構造及動作原理為何？	53
2. 高壓鈉氣燈特性與效率如何？	54
3. 高壓鈉氣燈的分類、安裝使用注意事項及適用場所？	55
第五章、新型節能照明光源產品介紹	57
5.1 安定器內藏型緊密型螢光燈管(俗稱：省電燈泡)	57
1. 省電燈泡構造及特性與效率如何？	57
2. 省電燈泡取代白熾燈泡之節能效益如何？	58
5.2 高頻電子安定器	60
1. 照明傳統安定器與高頻電子安定器差異如何？	60
2. 安定器的功用與分類如何？	60
3. 電子安定器基本動作原理及主要特點如何？	62
4. 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)差異多少？	63
5. 電子安定器比傳統安定器省電及電費多少？	65
6. 電子安定器通用採購規範為何？	65
7. 使用電子安定器應注意那些事項？	66
5.3 T-8 高頻環保螢光燈管	67
1. T8 高頻環保螢光燈管管徑尺寸？	67
2. T8 高頻螢光燈管能源效率標準及節能標章如何？	69
3. T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器有何特點？	69
4. T8-45W 高效率螢光燈與電子安定器之特點為何？	70
5. T8 45W 高輸出型高頻環保燈管之使用場所？	72
6. 節約能源為優先之螢光燈管選用原則如下：	72
5.4 T5 超細管徑螢光燈	73

1. T5 燈管之優點及效率如何？.....	73
2. T5 和 T8 螢光燈管主要差異點為何？.....	75
5.5 革命性環保產品 奈米光觸媒空氣清淨燈	77
1. 光觸媒作用原理為何？.....	77
2. 光觸媒相關產品功能與特性？.....	77
3. 近紫外線(365nm) 光觸媒鍍膜玻纖套管空氣清淨燈有何特點？.....	78
4. 可見光光觸媒清淨燈特性及用途如何？.....	79
5.6 冷陰極燈管(CCFL)	80
1. 冷陰極燈管(CCFL)之原理為何？.....	80
2. 冷陰極螢光燈管有那些特色？.....	81
3. 冷陰極螢光燈管有何用途？.....	81
4. 傳統與新式冷陰極螢光燈管緊急出口照明燈具優劣點比較如何？.....	81
5. CCFL 冷陰極出口指示燈與替代方案比較優劣點如何？.....	83
5.7 發光二極體(LED 燈).....	84
1. 發光二極體 LED 基本特性如何？.....	84
2. 發光二極體 LED 未來效率提升及用途？.....	84
3. 白光發光二極體 LED 種類及效率與用途如何？.....	85
4. T-5 型狀之 LED 燈耗電如何？.....	86
5. 發光二極體 LED 市場主要競爭者與專利權之議題如何？.....	86
6. 台灣 LED 照明的廠商及規模如何？.....	87
7. LED 光源與冷陰極出口指示燈比較優劣點如何？.....	87
5.8 陶瓷複金屬燈.....	89
1. 陶瓷複金屬燈開發目的與技術為何？.....	89
2. 陶瓷複金屬燈產品外觀與規格為何？.....	90
3. 陶瓷複金屬燈相對石英複金屬燈的特性差異為何？.....	91
4. 陶瓷複金屬燈的優點為何？.....	91
5. 小型複金屬水銀燈泡與電子式安定器之配合如何？.....	93
5.9 高頻無電極電磁感應燈	95
1. 高頻無電極電磁感應燈研發歷程如何？.....	95
2. 高頻無電極電磁感應燈發光原理如何？.....	95
2. 高頻無電極電磁感應燈的技術特點為何？.....	96

3. 高頻無電極電磁感應燈規格特性及效率為何？.....	97
4. 高頻無電極電磁感應燈全般照明應用節能效益如何？.....	97
第六章、新型節能照明控制產品介紹.....	100
6.1 照明節能控制種類	100
1. 照明節能控制設備有哪些？.....	100
2. 照明設計規劃之初，即導入整體照明節能之觀念節能效益有多少？.....	101
6.2 照明節能控制開關功能	101
1. 採用手控開關及調光器.....	102
2. 時序控制器(Timer).....	102
3. 晝光感知器或附亮度檢知器.....	103
4. 熱感知器開關.....	104
5. 附加感知器之自主控制型燈具.....	107
6. 整體群控式照明控制系統.....	107
6.3 照明節能電壓控制器	110
1. 照明電壓調整變壓器.....	110
2. 照明電壓調整控制器(俗稱節電器).....	112
3. 照明電壓無段調整節能控制器.....	116
第七章 照明節能設計規範.....	118
7.1 國外建築照明之節能規範概要	118
1. 美國建築照明之節能規範概要如何？.....	118
2. 美國照明光環境基本照度需求如何？.....	123
3. 新加坡建築照明之節能規範概要如何？.....	124
4. 日本建築照明之節能規範概要如何？.....	126
7.2 台灣建築照明之節能規範概要	127
1. 台灣綠建築照明系統節能評估法？.....	127
2. 台灣照明能源效率標準及環保標章規定如何？.....	129
3. 台灣 CNS 照度標準規定如何？.....	136
第八章、商業照明規劃設計(例).....	147
8.1 商業空間照明設計	147
1. 商業展示空間照明設計的重要性為何？.....	147
2. 商業展示空間的照明設計要旨如何？.....	147

3. 照明設計的藝術性表達手法？.....	148
8.2 量販店及超級市場照明規劃設計	150
1. 量販店及超級市場常見在照明設計上的問題有那些？.....	150
2. 賣場照明系統結構如何？.....	151
3. 理想賣場照明規劃設計為何？.....	152
4. 賣場照明系統規劃設計應注意事項為何？.....	152
5. 照明光源及燈具選用方法為何？.....	153
6. 賣場照明節能如何規劃設計？.....	155
7. 理想賣場的照明控制方法為何？.....	157
8. 照明設備的維護保養與汰換如何進行？.....	158
8.3 辦公大樓照明規劃設計	160
1. 北美與日本照明學會推薦那七種照明節能方法？.....	160
2. 辦公室如何重新設計符合高照明品質的空間？.....	161
第九章、綠色照明節能方案.....	163
1. 採用高效率省電照明系統的省電主張如何？.....	163
2. 台灣採用高效率省電照明系統預估節能潛力有多少？.....	166
第十章、照明系統實際節能改善案例.....	168
10.1 學校圖書館照明節能改善案例.....	168
1. 學校進行照明改善措施項目及省能成果.....	168
2. 學校改善前現狀調查缺失.....	170
3. 學校圖書館照明設計規劃與改善後實況.....	171
4. 照明改善與節約能源心得與建議.....	173
10.2 便利商店照明節能改善案例.....	174
1. 國外便利商店照明現況.....	174
2. 國內便利商店照明節能改善現況.....	174
3. 便利商店賣場照明軟體設計及節能評估.....	181
第十一章、照明系統節能措施計算案例.....	189
案例【01】照度合理化檢討.....	189
案例【02】日光燈採用電子安定器.....	190
案例【03】採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具.....	191
案例【04】照明採用省電燈泡.....	193

案例【05】照明點燈時間管理.....	195
案例【06】走道進行減光措施.....	196
案例【07】空調機房使用自動點滅裝置及控制系統.....	197
案例【08】控制電梯內照明及通風扇運轉.....	198
案例【09】招牌照明自動控制化.....	199
案例【10】利用自然採光.....	201
第十二章、結語	202
編後語	203
參考文獻	204

圖目錄

圖 2.2-1 建築分類能源大用戶年用電密度($\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{y}$)比較.....	5
圖 2.2-2 建築分類能源大用戶用電需量密度 W/m^2 比較.....	6
圖 2.2-3 主要建築分類大用戶之平均電價(元/度).....	7
圖 2.2-4 建築分類能源大用戶用電分佈比例%統計.....	8
圖 2.2-5 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖.....	8
圖 2.2-6 建築分類大用戶電子式安定器之使用比例統計圖.....	9
圖 3.1-1 各種電磁波之頻譜與波長.....	15
圖 3.1-2 放射波束與光束之關係.....	16
圖 3.1-3 球面積、半徑及立體角之關係.....	17
圖 3.1-4 光度與立體角之關係.....	18
圖 3.1-5 輝度之說明.....	19
圖 3.1-6 距離倒平方之法則.....	20
圖 3.1-7 表示「倒平方法則」之例.....	21
圖 3.1-8 入射角餘弦法則.....	21
圖 3.1-9 法線、水平面、垂直面照度.....	22
圖 3.1-10 配光曲線.....	23
圖 3.1-11 配光曲線採用三個垂直面表示.....	23
圖 3.1-12 光源配光曲線.....	24
圖 3.1-13 光束發散度.....	25
圖 3.1-14 測光量各種單位之互相關係.....	26
圖 3.1-15 各種光源之色溫.....	27
圖 3.1-16 國際照明協會色溫度表.....	29
圖 4.1-1 白熾燈泡發光原理.....	38
圖 4.2-1 鹵素燈發光構造及動作原理.....	39
圖 4.3-1 螢光燈構造動作原理及基本點燈線路圖.....	41
圖 4.3-2 螢光燈管之電源電壓特性(FL40WS).....	43
圖 4.4-1 高壓水銀燈泡構造.....	44
圖 4.4-2 高壓水銀燈泡之電源電壓特性.....	46
圖 4.5-1 免用安定器型水銀燈泡構造.....	48
圖 4.6-1 石英複金屬燈構造.....	50

圖 4.7-1 高壓鈉氣燈構造.....	53
圖 5.1-1 圓筒形省電燈泡(電子點燈回路).....	57
圖 5.1-2 省電燈泡取代白熾燈.....	59
圖 5.2-1 電子式安定器基本點燈迴路方塊圖.....	62
圖 5.3-1 三波長日光燈管色溫.....	68
圖 5.5-1 光觸媒空氣清淨燈廢氣處理及殺菌抑菌能力.....	78
圖 5.6-1 冷陰極燈(CCFL)之發光原理示意圖及實體圖.....	80
圖 5.7-1 T-5 LED 燈與 36W 螢光燈耗電比較.....	86
圖 5.7-2 LED 燈建築招牌應用(例).....	88
圖 5.8-1 陶瓷複金屬燈外觀.....	90
圖 5.8-2 陶瓷複金屬燈 CMH 與其 HID 燈性能比較.....	93
圖 5.9-1 高頻無電極電磁感應燈發光原理及結構.....	96
圖 6.1-1 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果圖.....	101
圖 6.2-1 照明時間開關.....	102
圖 6.2-2 照明點滅時程控制.....	103
圖 6.2-3 招牌晝光感知器照度開關.....	104
圖 6.2-4 熱感感知器開關.....	105
圖 6.2-5 紅外線感應控制.....	105
圖 6.2-6 超音波感應控制.....	106
圖 6.2-7 可調光照明系統圖.....	108
圖 6.2-8 可調光照明系統遙控控制器.....	108
圖 6.2-9 可調光照明系統組件.....	109
圖 6.2-10 可調光照明系統會議室.....	109
圖 6.3-1 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例).....	110
圖 6.3-2 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例).....	111
圖 6.3-3 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例).....	111
圖 6.3-4 電壓降對各用電設備之影響圖.....	114
圖 6.3-5 照明節電器安裝實景(便利商店例).....	115
圖 6.3-6 照明節電器 ON-OFF 暫態測試節能效益(便利商店例).....	115
圖 6.3-7 照明節電器 ON-OFF 長時間測試節能效益(便利商店例).....	116
圖 6.3-8 照明電壓無段調整節能控制器(例).....	117
圖 6.3-9 照明電壓無段調整節能控制器電壓與耗電之關係.....	117

圖 7.1-1 美國照明光環境基本照度需求.....	124
圖 10.1-1 學校圖書館照明工程改善前具體成效.....	169
圖 10.1-2 學校照明改善前現狀缺失.....	170
圖 10.1-3 學校圖書館門廳高天井照明改善實景.....	171
圖 10.1-4 學校圖書館照明改善後實景.....	172
圖 10.2-1 國外便利商店賣場及招牌現況.....	175
圖 10.2-2 國外便利商店賣場及招牌現況.....	180
圖 10.2-3 便利商店賣場大小及設備配置圖.....	183
圖 10.2-4 便利商店光源配置及照度(光源：F36T8).....	184
圖 10.2-5 便利商店光源配置及照度(光源：F32T8).....	185
圖 10.2-6 便利商店平面等照度曲線(光源：F32T8).....	185
圖 10.2-7 便利商店立體等照度曲線(光源：F32T8).....	186
圖 10.2-8 便利商店水平面及垂直面等照度曲線.....	188

表 目 錄

表 2.1-1 台灣電力消費電量成長(2006 年).....	2
表 2.1-2 2007 年建築分類能源大用戶家數及用電量統計.....	3
表 2.2-1 建築分類能源大用戶年用電密度(kWh/m ² .y)比較.....	4
表 2.2-2 建築分類能源大用戶用電需量密度(W/m ²)比較.....	6
表 2.2-3 2003 年國內照明產銷調查.....	10
表 2.2-4 2007 年國內白熾燈泡產銷調查.....	11
表 3.1-1 光的用語.....	13
表 3.1-2 各種光源之輝度大小.....	19
表 3.1-3 各種光源與色溫.....	28
表 3.1-4 各種光源色溫分類.....	29
表 3.1-5 照度與色溫度及氣氛之關係.....	30
表 3.1-6 不同平均演色性評價指標 Ra 值的光源之適用範圍.....	31
表 3.1-7 光源之色溫與演色性評價級選擇.....	33
表 3.1-8 各種光源發光效率(lm/W).....	34
表 3.1-9 各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較.....	35
表 4.1-1 白熾燈泡特性與效率.....	38
表 4.2-1 鹵素燈特性與效率.....	40
表 4.3-1 高頻螢光燈管特性與效率比較.....	42
表 4.3-2 一般燈管與三波長陽光色燈管比較.....	43
表 4.4-1 高壓水銀燈泡特性與效率.....	45
表 4.5-1 免用安定器型水銀燈泡特性與效率.....	49
表 4.6-1 石英複金屬燈泡特性與效率.....	51
表 4.6-2 雙頭石英複金屬燈泡效率與特性.....	52
表 4.7-1 高壓鈉氣燈泡效率與特性.....	55
表 5.1-1 省電燈泡特性與效率.....	58
表 5.2-1 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較表.....	64
表 5.2-2 商業大樓採用電子安定器年省電費金額.....	65
表 5.3-1 螢光燈管外型尺寸.....	67
表 5.3-2 T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點.....	69
表 5.3-3 高輸出型高頻環保燈管的全光束.....	70

表 5.3-4	T8-45 W 高輸出型高頻環保燈管與電子安定器之特點	71
表 5.4-1	各種螢光燈管光效率與壽命比較表	74
表 5.4-2	T5 和 T8 螢光燈管管長及效率主要差異點	75
表 5.4-3	T5 和 T8 螢光燈管規格長度及發光流明數比較	76
表 5.6-1	傳統與新式緊急出口照明燈具優劣點比較表	82
表 5.6-2	CCFL 冷陰極出口指示燈與替代方案優劣點比較表	83
表 5.7-1	LED 燈與 CCFL 冷陰極燈管優缺點比較	87
表 5.8-1	陶瓷複金屬燈	94
表 5.9-1	無電極電磁感應燈形式規格及應用	98
表 5.9-2	無電極電磁感應燈與各種新光源特性比較	98
表 5.9-3	大型賣場全般照明比較實例	99
表 6.3-1	電壓變動率標準	112
表 6.3-2	照明電壓無段調整節能控制器節能效益及價格	117
表 7.1-1	建築內部照明單位面積強度 (W/ft ²)	120
表 7.1-2	建築面積型式照明單位面積強度(W/ft ²)	121
表 7.1-3	建築空間型式照明單位面積強度(W/ft ²)	122
表 7.1-4	建築空間型式照明單位面積強度(W/ft ²)	123
表 7.1-5	新加坡照明單位面積最大耗電(W/m ²) 2006	125
表 7.1-6	日本能源消費係數 CEC/L 基準	127
表 7.2-1	台灣照明單位面積耗電強度(W/m ²)建議值	129
表 7.2-2	螢光燈管能源效率標準	130
表 7.2-3	緊密型螢光燈管能源效率基準	131
表 7.2-4	螢光燈管用安定器光效因數基準	132
表 7.2-5	安定器內藏型螢光燈炮能源效率基準	133
表 7.2-6	節能標章	133
表 7.2-7	螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法	134
表 7.2-8	安定器內藏型螢光燈炮節能標章能源效率基準與標示方法	135
表 7.2-9	螢光燈管環保標章規格標準	135
表 8.2-1	各種光源與燈具的選擇與特性	155
表 8.2-2	照明燈具的維護與汰換	159
表 9.1-1	高效率的省電照明新方案	163
表 9.1-2	陶瓷複金屬燈與鹵素燈的性能比較表	165

表 9.1-3 省電燈泡與白熾燈省電效果比較.....	165
表 9.1-4 台灣照明場所耗電量分配與預估整體節能潛力.....	167
表 10.2-1 照明設計改善工程程序步驟.....	181
表 10.2-2 不同燈管與安定器省能比較.....	186
表 10.2-3 電子式 F32T8 與 F36T8 燈管省能比較.....	187
表 10.2-4 平面及垂直面照度平均值(lux).....	187

第一章、前言

台灣地區天然資源蘊藏貧乏，98%能源仰賴進口。政府面對地球氣候暖化，為盡地球村的責任，於全國能源會議結論提出加強推動節約能源及提高能源使用效率，具體抑低溫室氣體排放量的行動方案。

依 2006 年研究統計，台灣照明年用電量約 260 億度電，住宅和商業大樓照明耗電占用戶總用電的 20%、34%。在全台屋齡超過 20 年的老舊住宅超過 450 萬戶及市區逛一圈，到處可見商店、飯店及餐廳照明場所，仍大量使用低效率、壽命短，且非常耗電之白熾燈及鹵素燈。依統計白熾燈內銷量達 2,075 萬只，估算年用電量達約 10.4 億度電，可見用電量之大。今照明隨著近代科技進步，在光源、燈具、控制、設計上已大幅提升效率，加上節能管理指標與政策訂定，擴大節能改善空間。如新世代綠色環保光源 T-5 及 T-8 三波長燈管、省電燈泡(管)、陶瓷複金屬燈、LED 燈等，都可取代白熾燈及鹵素燈，節能達 50%以上【1】。

台灣綠色生產力基金會節約能源中心（以下簡稱本中心）受經濟部能源局委託，進行現場節能輔導時，了解國內工商各行業能源管理者及業者急需「照明系統節能技術」實際改善經驗、技術與選購及保養的參考資料。本中心乃委請國內此系統設備推廣上有專精的專家學者，台灣科技大學電機工程研究所蕭弘清教授撰稿，台灣照明公會高級專員宋福生先生協助蒐集實際相關資料，並配合本中心節能技術服務資料，彙編成此一問一答技術手冊。本手冊介紹國內照明用電概況、基本原理、種類與選用、日常維護及節能應用與案例等內容，提供各能源用戶參考，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

第二章、國內電力供需及照明耗能概況

本章主要介紹台灣地區最終電力供需及照明耗能概況，使能源用戶及業者了解未來推動照明應用之主要對象及節能潛力與市場規模。

2.1 國內用戶端電力供需概況

1. 台灣地區近年用戶端電力消費量成長如何(kWh/m².y) ?

答：根據經濟部能源局之統計，台灣天然資源蘊藏貧乏，能源 98% 必須仰賴進口，極易遭受國際能源情勢變遷之影響。依據 95 年台灣能源統計，如下表 2.1-1 所示，可知，2006 年總消費電力 226,871.1 百萬度電，較 2005 年成長 2.89%，各部門電力總消費佔總能源消費比例，工業部門占 49.64%，成長 4.22%，服務業部門占 21.83%，成長 2.35%，住宅部門占 18.72%，成長 0.38%，值得重視。

表 2.1-1 台灣電力消費電量成長(2006 年)

年份	台灣 電力總消費量		工業部門 電力總消費量		服務業部門 電力總消費量		住宅部門 電力總消費量	
	百萬 度電	成長率 %	百萬 度電	成長率 %	百萬 度電	成長 率%	百萬 度電	成長率 %
2005	220,500.1	-	108,049.1	-	48,386.6	-	42,305.5	-
2006	226,871.1	0.00%	112,610.5	4.22%	49,522.9	2.35%	42,464.2	0.38%

參考資料：經濟部能源局，2006 年台灣能源統計手冊。【2】

2. 台灣地區最高尖峰用電量及尖峰供電能力如何？

答：於 2007 年 7 月 9 日台灣各地白天的最高溫度達 35°C，下午 1 時至 2 時間，全台一小時平均最高用電量達 3,245 萬瓩，占台電公司預估 2007 年夏天淨尖峰供電能力 3,814 萬瓩之 85%，表示備載容量僅 15%。

※資料來源：台電網站<http://www.taipower.com.tw>。

3.非製造業能源查核大用戶（大於 800 kW）筆數分佈及用電量如何？

答：2007 年非製造業能源大用戶(用電契約容量 800 kW 以上者)共有 1,346 家，在大用戶中各建築類型家數及用電量統計，如表 2.1-2 所示，合計總用電達 132.44 億度電。其中以 215 家學校之用電量最大，約佔非製造業能源大用戶總用電量之 16.8%，其次是醫院、辦公大樓、百貨公司、量販店、旅館、軍事單位、政府機關。

表 2.1-2 2007 年建築分類能源大用戶家數及用電量統計

建築分類	家數	電力(度)	佔比(%)
學校	215	2,228,039,869	16.8%
醫院	124	1,758,275,102	13.3%
辦公大樓	210	1,455,000,282	11.0%
百貨公司	74	1,309,652,313	9.9%
量販店	90	775,145,463	5.9%
旅館	61	540,523,353	4.1%
軍事單位	55	551,607,175	4.2%
政府機關	87	536,734,290	4.1%
其他	460	4,089,282,811	30.9%
統計	1,346	13,244,260,658	100.0%

註 1:其他建築類型包括：車站、電信公司、商場、實驗室、展覽館、體育場、停車場、資源回收廠、高爾夫球場、影城、冷凍倉儲、靈骨塔、集合宿舍區、訓練中心、營造工地、航空公司修護廠、綜合市場、道路、KTV 等。

註 2:資料來源-本計畫調查研究，統計期間為 2006 年 1 月至 12 月。

資料來源：2007 年非製造業查核年報統計（用電契約容量 800 kW 以上者）【3】

2.2 國內建築分類能源大用戶用電指標概況

1. 建築分類能源大用戶用電參考指標統計值 EUI 及 DUI 如何？

答：(1). 建築分類之年用電密度統計 (kWh/m².y)

EUI (Energy Use Intensity) 為單位面積年用電密度，是以建築物之年用電量除以總樓地板面積而得。依據非製造業能源查核填報資料統計，如表 2.2-1 及圖 2.2-1 所示，百貨公司 EUI 平均值為最高 395.6 kWh/m².y、其次為量販店 314.2 kWh/m².y。平均、最小值與標準差相較顯示，可為各用戶節能努力目標。【3】

表 2.2-1 建築分類能源大用戶年用電密度(kWh/m².y)比較

建築分類		統計 樣本 (家)	取樣耗能指標 kWh/m ² .y			
主類別	次類別		平均值	最小值	最大值	標準差
中央政府機關		15	126.1	55.6	270.9	53.5
行政院暨所屬機關		18	175.7	120.3	241.7	35.8
地方政府		10	114.2	93.9	146.2	19.1
地方政府機關		21	143.0	73.8	278.0	56.9
學校類	一般大學	95	100.7	41.8	199.3	33.0
	科技大學	34	80.5	61.5	102.7	12.3
	高中職	47	85.4	24.6	615.0	87.0
辦公大樓類		158	190.8	68.2	343.3	58.9
旅館類	國際觀光旅館	27	236.3	188.8	294.7	31.7
	一般觀光旅館	14	268.0	156.9	421.0	78.3
百貨商場類	購物中心	13	238.1	130.7	330.9	65.6
	百貨公司	39	395.6	285.8	518.6	61.9
	量販店	54	314.2	188.9	535.4	91.5
醫院類	醫學中心	21	269.3	211.3	336.2	41.9
	區域醫院	65	257.6	153.3	390.4	55.7
	地區醫院	25	192.8	117.8	317.9	59.9

註：資料來源取樣 656 家能源大用戶研究統計，統計期間為 2006 年 1 月至 12 月。以上統計納入各分類建築之停車場面積進行耗能指標演算。【3】

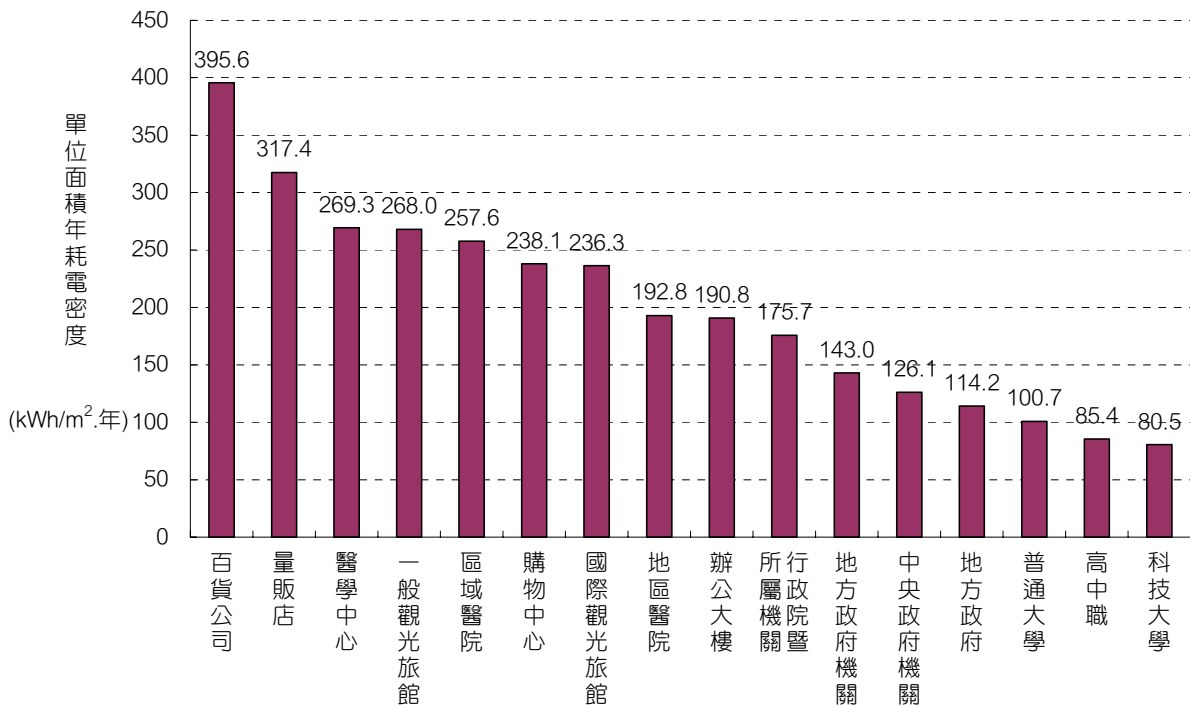


圖 2.2-1 建築分類能源大用戶年用電密度(kWh/m².y)比較

(2).建築分類大用戶用電需量密度(W/m²)

DUI (Demand Use Intensity)為用電需量密度(W/m²)，是以建築物之用電最高需量除以總樓地板面積而得。該指標可作為建築物電力尖峰負載之設計量參考，避免新設時有過大容量之設計。經統計建築分類能源大用戶 DUI 值，如表 2.2-2 及圖 2.2-2 所示，可知百貨公司平均 DUI 值最高 94.9 W/m²、其次為量販店 65.5 W/m²。【3】

表 2.2-2 建築分類能源大用戶用電需量密度(W/m^2)比較

建築分類		統計樣本 家	平均值 W/m^2	最小值 W/m^2	最大值 W/m^2	標準差 W/m^2
主類別	次類別					
中央政府機關		14	48.2	30.6	72.9	10.3
行政院暨所屬機關		16	53.1	38.7	70.8	8.7
地方政府		13	44.7	36.6	53.9	6.0
地方政府機關		22	49.5	22.7	98.8	18.3
學校類	一般大學	95	29.8	11.6	53.3	7.7
	科技大學	33	26.8	21.8	33.2	2.7
	高中職	45	36.8	13.0	89.7	17.0
辦公大樓類		138	54.0	34.6	77.4	10.6
旅館類	國際觀光旅館	30	48.1	37.7	61.2	6.9
	一般觀光旅館	13	53.7	32.2	93.0	19.9
百貨商場類	購物中心	13	60.0	32.1	87.9	15.4
	百貨公司	38	94.9	72.8	127.1	14.2
	量販店	78	65.5	32.2	127.7	25.1
醫院類	醫學中心	19	46.8	33.1	59.0	7.3
	區域醫院	63	48.9	30.9	74.3	10.1
	地區醫院	23	40.0	23.6	61.5	10.4

註：資料來源取樣 653 家能源大用戶研究統計，統計期間為 2006 年 1 月至 12 月。
以上統計納入各分類建築之停車場面積進行耗能指標演算。【3】

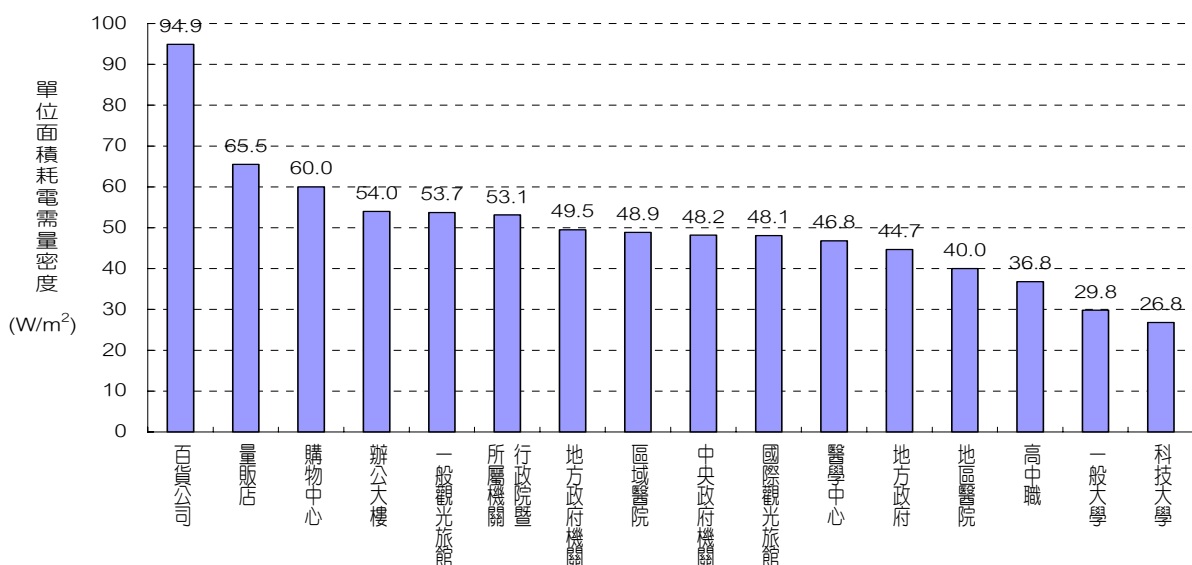


圖 2.2-2 建築分類能源大用戶用電需量密度 W/m^2 比較

2.建築分類能源大用戶平均電價(元/度)如何？

答：平均電價(元/度)是以全年之電費除以用電度數，如圖 2.2-3 所示醫院、飯店僅 1.9 元/度，此參考值可反映非製造業查核能源大用戶上班用電時間長短、契約容量訂定或時間電價之選擇是否合理及未來照明節能改善計算基準【3】。

註：台灣地區 2006 年平均每度電價電 2.1 元。道路 0.96 元、住宅 2.57 元、工業 1.78 元、商業 2.53 元。【27】

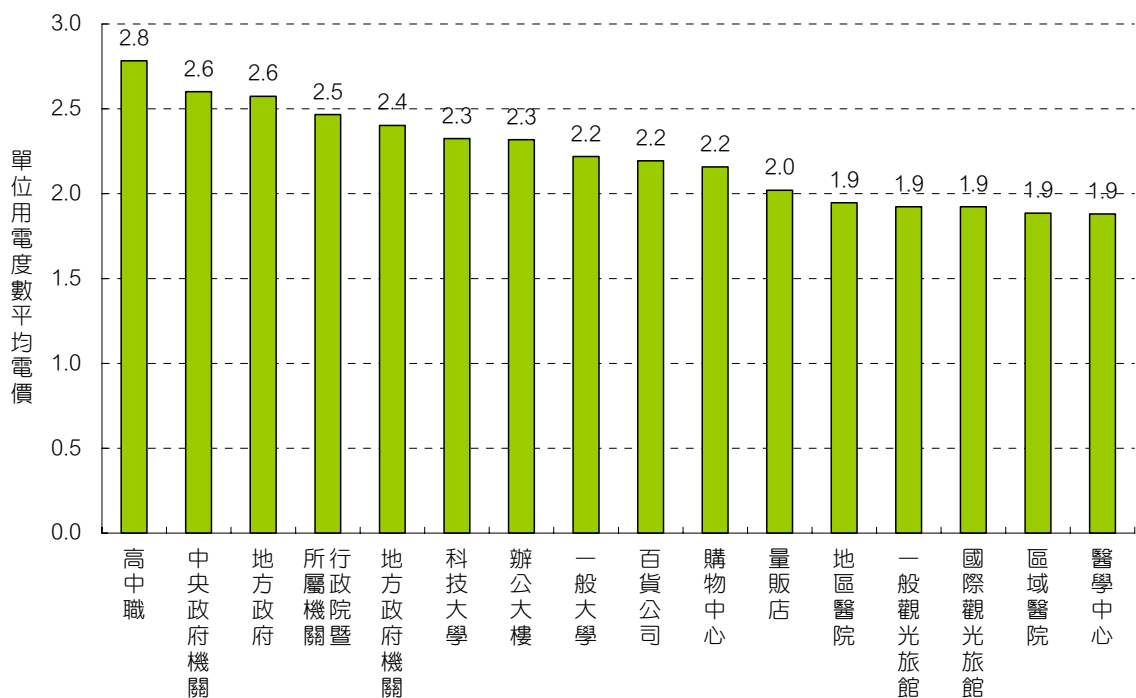


圖 2.2-3 主要建築分類大用戶之平均電價(元/度)

3.建築分類大用戶之照明用電分佈比例如何？

答：由非製造業查核申報之用電分佈比例統計，如圖 2.2-4【4】，可知照明耗電在各分類建築物佔比中約 21.5%~30.5%，則以百貨公司類 30.5%最高(因商業重點照明之需求大)。

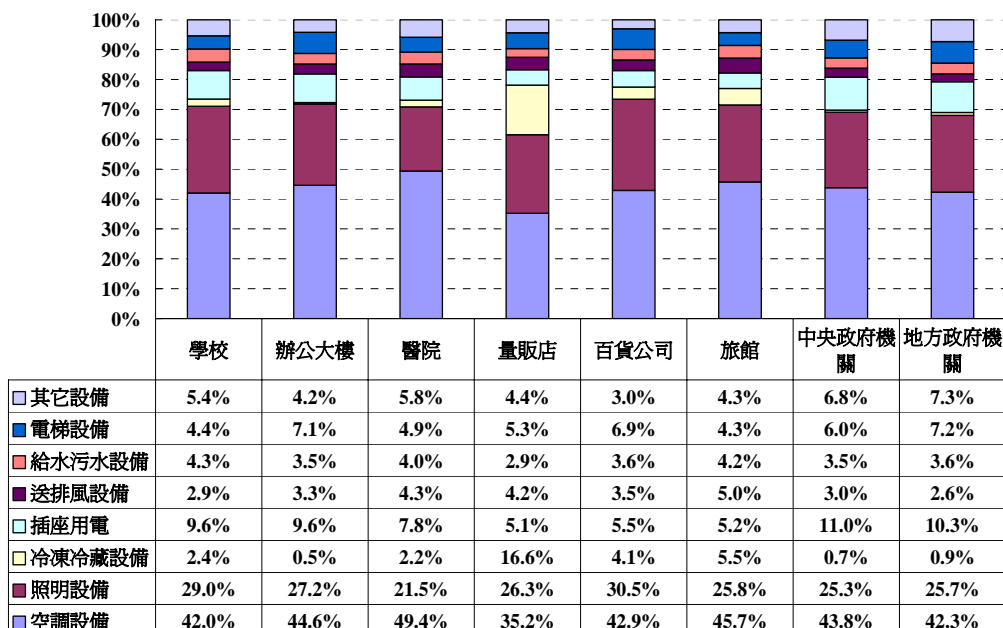


圖 2.2-4 建築分類能源大用戶用電分佈比例%統計

4. 建築分類能源大用戶照明使用量及功率(kW)如何?

答：根據非製造業查核之能源大用戶統計分析，日光燈更佔總照明燈具裝置容量約 75%，低效率之白熾燈及鹵素燈分別占 1.9%、5.8%以上，如圖 2.2-5 所示，可知提升日光燈具用電效率及如何淘汰白熾燈及鹵素燈之重要性。【3】

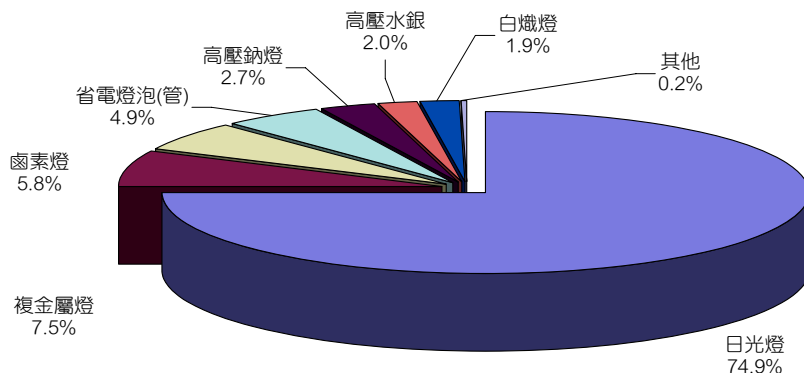


圖 2.2-5 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖

5.日光燈具使用電子式安定器之節能潛力分析如何？

答：根據本年度之統計資料，照明用電占建築整體用電約 21~30%，日光燈更占總照明燈具裝置容量 75%以上。

而日光燈安定器耗電占其燈具用電 20%以上，因此提升安定器效率對於照明節能之貢獻更是顯著，故建議大用戶照明節能改善之首要策略，即是日光燈採用高功因電子式安定器。有鑒於此，特別針對建築分類大用戶之日光燈具安定器，採用電子式之比例進行統計(如圖 2.2-6)，知目前電子式安定器之使用比例約在 30~84%，故仍有相當大之節能改善空間。【3】

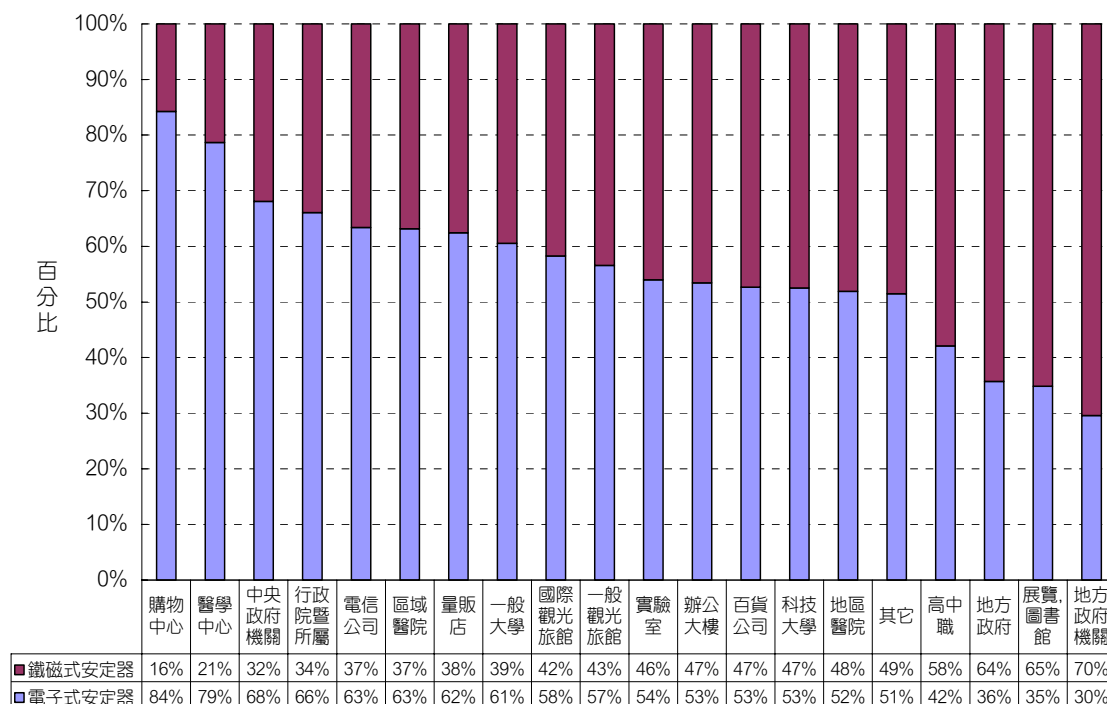


圖 2.2-6 建築分類大用戶電子式安定器之使用比例統計圖

6.台灣國內照明產銷調查如何？

答：國內各種照明光源產銷狀況，如下表 2.2-3 所示，以逐年比較增減，

2002 與 1997 代表國內光源製造已衰退，有改以國外進口，其中

(1)低效率之白熾燈及鹵素燈產銷量下降，但仍相當大。

(2)螢光燈管用之傳統式安定器 3 產銷量下降，但仍比電子式安定器多 5 倍。

(3)省電燈泡 1 成長 33.4%。

(4)高效率之螢光燈管電子式安定器 3 用量成長。

可見照明節能推動仍有相當大之空間。

表 2.2-3 2003 年國內照明產銷調查

(以千為單位)

產品項目	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2002 與 1997 比較
螢光燈管 1	57,891	58,291	65,061	58,588	66,854	56,735	-2.0%
緊密型螢光燈 1	1,232	1,267	1,414	1,274	1,453	1,233	0.1%
省電燈泡 1	2,463	3,802	4,243	3,821	4,360	3,700	33.4%
水銀燈 2	622	700	636	605	500	450	-38.2%
高壓鈉氣燈 3	0	30	30	30	50	50	100.0%
低壓鈉氣燈 4	0	0	0	0	0	0	0.0%
複金屬燈 3	0	-	-	5	10	15	100.0%
白熾燈 5	47,206	44,080	37,617	35,614	32,522	32,225	-46.5%
鹵素燈 5	50,295	37,944	39,118	40,055	32,433	28,284	-77.8%
感應燈 4	0	0	0	0	0	0	0.0%
螢光燈管_ 傳統式安定器 3	20,653	21,272	21,910	18,448	18,442	19,750	-4.6%
螢光燈管_ 電子式安定器 3	1,260	1,512	1,912	2,450	2,563	3,617	65.2%
螢光燈具 5	14,300	13,473	14,708	13,201	13,083	11,044	-29.5%
檯燈 6	273	347	791	868	842	1,176	76.8%
統計	196,195	182,718	187,440	174,959	173,112	158,279	-24.0%
增減%	0	-7.4%	2.5%	-7.1%	-1.1%	-9.4%	

7.我國白熾燈泡使用概況及耗電多少？

答：(1)依據統計國內白熾燈泡年需求量由民國 83 年之 8,000 萬只逐步降低至 88 年之 3,700 萬只，至 96 年已降低至 2,000 萬只，需求量逐年已大幅遞減。

(2)分析使用量減少之原因應係被其他光源(主要為省電燈泡)取代所致，評估目前白熾燈泡主要用途為市場照明、植物栽培(催花及花期調節等) 及部分旅館飯店使用等。

(3)白熾燈泡使用概況統計

A.依 95 年 800 kW 以上能源查核用戶資料統計得知，飯店旅館使用以 60 W 及 40 W 白熾燈具最多，分別約有 1,424 具和 435,072 具，用電量共約為 0.2 億度。

B.依統計調查花卉農業使用的白熾燈泡約為 150~200 萬只。

C.其他相關實際使用狀況，待後續調查。

表 2.2-4 2007 年國內白熾燈泡產銷調查

(以萬為單位)

廠商 消耗電功率	中電	旭光	歐斯朗	飛利浦	其他	小計
250W	120	70			100	190
200W	43	70			100	113
100W	81	80	20	200	130	511
60W	120	70	20	200	130	540
40W	53	70		40	90	253
25W	29	70		10	80	189
10W	7	10		10	20	47
5W	75	10		10	20	115
其他			10	30	20	40
小計	528	450	50	500	690	1,998

註：參考資料 工研院能環所「白熾燈泡節能推動計畫」簡報。

8.各國推動白熾燈泡節能政策如何？

答：傳統之白熾燈泡發光效率偏低，且產出輻射熱量高，因應減緩全球暖化趨勢和節約電力等重要課題，實應加以汰換或禁用。美、澳及歐盟等國家目前正針對白熾燈泡擬訂汰換政策中。如

- (1)澳洲：將於 2009 年及 2010 年立法新的照明標準來推動汰換傳統白熾燈泡，具體方案擬訂中。
- (2)歐盟：預訂於 2008 年前將辦公室與路燈全面改裝省電燈泡，並於 2009 年結束前將省電燈泡普及於一般家庭，現正草擬具體行動方案。
- (3)美國：持續由美國能源部透過「能源之星」推動省電燈泡取代白熾燈泡，宣導「換一只燈，改變世界」活動，(“Change a light, Change the World”)。

第三章、照明的基礎與認識

本章主要介紹欲進行照明節能改善，應先了解照明節能技術用語及計算單位，以利能源用戶與照明廠商能正確相互溝通彼此需求，而順利進行節能改善。

3.1 照明節能技術用語及計算單位

一般常用照明節能技術術語及計算單位大致包含光線之定義、輻射光譜、光通量、立體角、光強度(簡稱光度)、輝度、照度、配光曲線、光束發散度、光源的效率、黑體與色溫、演色性、光源之效率及照明裝置之功率等，說明如下【5】【6】

1. 照明基本概念光的用語

表 3.1-1 光的用語

名稱	符號	單位	說明
光束(光通量) Luminous Flux	Φ	流明 lm (lumen)	發光源每秒鐘所發出的光能量之總和，簡單的說就是發光量。
光度 Luminous Intensity	I	燭光 cd (candela)	光的強度，在某一特定方向角內所放射光的光能量。
照度 Illuminance	E	勒克司 lm/m^2 (lux)	單位面積內所射入光能量，也就是光束除以面積(m^2)所得到的值，用來表示某一場所的明亮度。
輝度 Luminance	L	nt (cd/m^2) Stilb (cd/cm^2)	從某一方向所看到物體反射光線的強度。也就是單位面積對某一方向反射的光之強度。照度是表示單位面積內所射入光能量，輝度則是表示眼睛從某一方向所看到物體的反射光的強度。
平均壽命	h (時間)	-	指一批燈泡點燈至 50%之數量損壞不亮時之時數。
經濟壽命	h	-	在同時考慮燈泡之損壞以及光束

	(時間)		輸出衰減之狀況下，其綜合光輸出至一特定比例之時數。此比例在一般用於室外之光源為 70%，用於室內之光源如日光燈則為 80%。
--	------	--	--

資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-13【8】

2.光線之定義

光線 (Light) 是放射能源之一部份，在照明工程上稱光線是如放射能源多寡一樣，以產生視覺能力之大小作評估之根據。一般以 Q 為符號，單位為流明—小時 (lumen-h) 或流明—秒 (lm-s) 作單位：

$$Q = \int_{t_2}^{t_1} \phi(t) dt \text{ -----(1)}$$

3.輻射光譜

凡是以電磁波狀態傳播的能量統稱為輻射 (The Radiant Energy)，而依波長長短將輻射排列成序的，叫做光譜 (Spectrum)。其中使人發生光的感覺的波長，分散在 0.38×10^{-4} cm 起至 0.76×10^{-4} cm 之間。波長不同，感受顏色亦不同。光的波長以奈米(nm)為單位表示 ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)。

所謂光是一種電磁波，與廣播電台所播出的電波一樣，電磁波與電波，以波動方式傳播，故稱之為光波；又因其為一直線之傳播，故亦稱之為光線。

真空中電磁波之速率 c 為： $c=2.998 \times 10^8$ [m/s]

設於真空中電磁波之波長及週率各為 λ 及 f 則：

$$\lambda = c / f \text{ [m]} \text{ -----(2)}$$

如上所述，光波之波長很短，以微米 [μm] (micron) 表示仍嫌大，所以一般採用 [nm] 或 Å (Angstrom= 10^{-10} m) 為單位表示，見圖 3.1-1 各種電磁波之頻譜與波長。

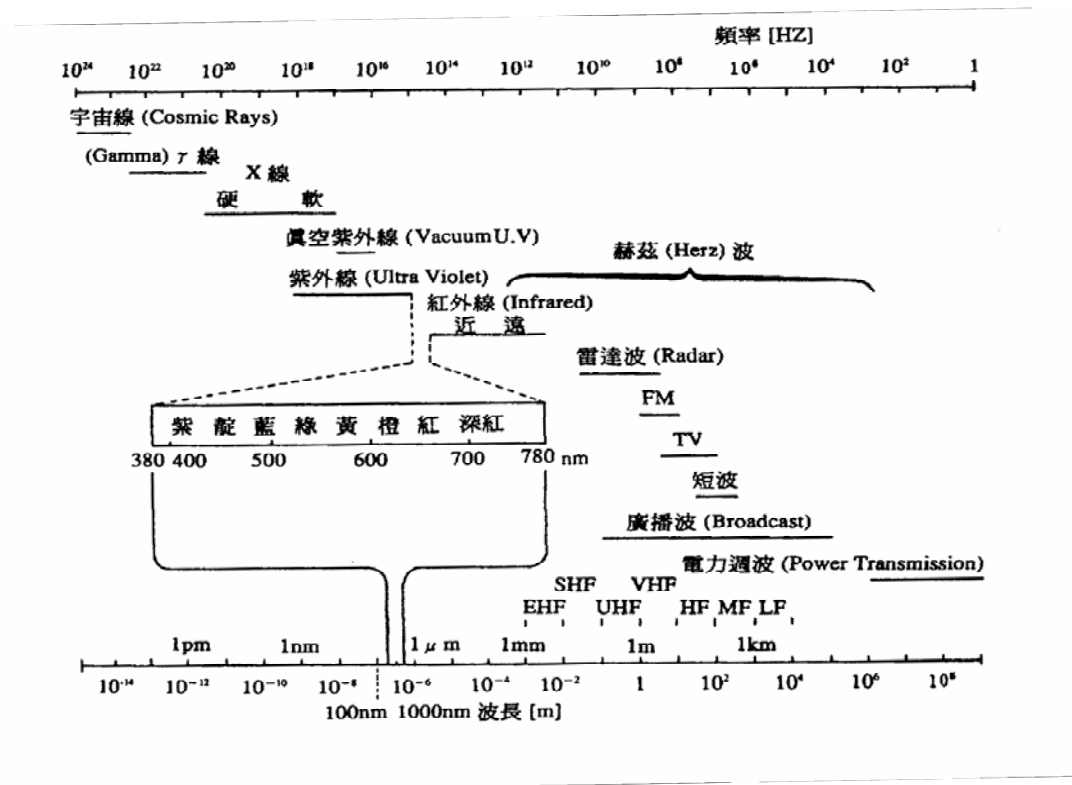
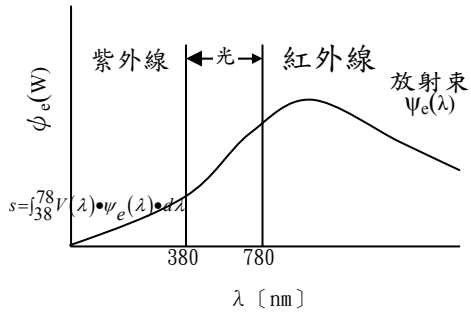


圖 3.1-1 各種電磁波之頻譜與波長

3. 光束(光通量)

光源發出的總光量稱之為光通量 (Luminous Flux: F 或 ϕ = 光束), 有時稱為光束, 其單位為流明, 例如 100 Watts 鎢絲電泡及 40 Watts 螢光燈之光通量約各為 1,300 lm 及 2,500 lm。

在科學的世界有兩個理論解釋光源發生的光線：一為「電磁波理論」(Electromagnetic Wave Theory), 另一為「量子理論」(The Quantum Theory)。電磁波理論是光源發出光線, 係一種放射能源。這個能源放射後, 形成電磁波, 這些電磁波使眼睛產生視覺的感覺。在量子學上, 發光體放射的能源形成一個光束狀態 (Bundles), 這些都是一束一束的直線光, 它射到眼睛時產生感覺那就是「視覺」, 見圖 3.1-2 放射波與光束之關係, 這就是量子論的說明光線之方法。



$$\phi = K_m \cdot V(\lambda) \psi \cdot (\lambda) d(\lambda)$$

λ : 波長

K_m : 視感度曲線之最大值，
約在555 nm時約683 lm/W

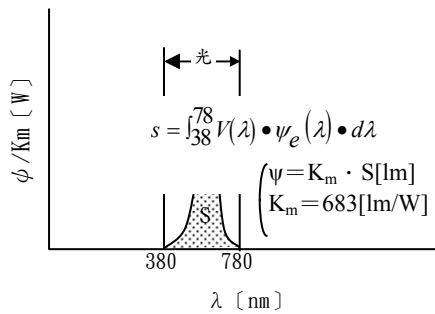
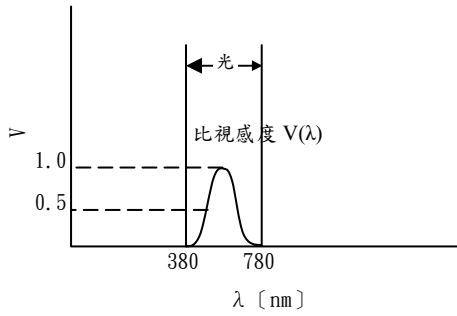


圖 3.1-2 放射波束與光束之關係

4. 立體角

在球面積 (ABCD) 所對的角度為一個立體角 (Steradian) 如圖

3.1-3 單位球面積所對之球之角球。

(立體角 = 球面積 / 半徑²) 一個球是 4π Steradian。

註：球面積單位用 [m²] 則半徑單位為用 [m]，球面積 [m²]

則半徑 [m]， ω (立體角稱 Omega Angle)

$$\omega = \frac{S}{r^2} \text{ -----(3)}$$

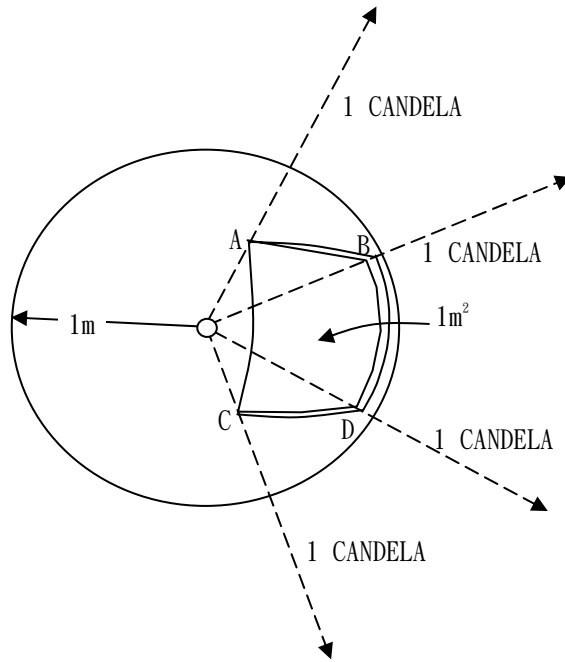


圖 3.1-3 球面積、半徑及立體角之關係

5. 光強度(簡稱光度)

一個光源在某一方向上之發光強度為光強度，其單位為燭光 (Candela, cd)，光強度亦為光能量的立體角密度。單位立體角 (1 Steradian) 中有一流明的光通量放射時，其光強度為一燭光。比如一光源之光通量為 ϕ 流明時，因其周圍之立體角為 4π Steradian，故其各方面的光強度為 $\phi/4\pi$ 燭光，即球面光強度亦 $\phi/4\pi$ 燭光。

在照明學上光強度 (Luminous Intensity, I) 與燭光度 (Candle Power) 有時混用不清，尤其是很多一般性雜誌、報紙，以照明之程度使用「燭光」代替，事實上「燭光」是表示光源之發光強度，也就是光源強度表示單位，如果要表示室內照明之程度應以照度作表示。因此燭光度係光源利用電力，在單位立體角內所發出光能量密度，其光強度之單位為燭光。

光度 (光強度) 之符號為 I ，以數學方式表示則如下：

$$I = \left[\frac{d\phi}{d\omega} \right] \text{----- (4)}$$

如果此微小立體角 $d\omega$ 之光束 $d\psi$ 之分佈均勻則

$$I = \left[\frac{\phi}{\omega} \right] \text{----- (4')}$$

ω ：立體角之符號，單位為 Steradian [sr]

如圖 3.1-4 光度與立體角之關係，若 O 點為頂點，S 面為底面積之錐體，在 O 點為中心半徑 r 之球面交叉時的球面上之面積 S'，則 S 面之所對之立體角 ω ，即產生：

$$\omega = \left[\frac{S'}{r^2} \right] \text{----- (5)}$$

之關係，若 S 面變為包圍 O 點之閉合曲面積，則 $S' = 4\pi r^2$ ，故此時最大立體角為 4π 。

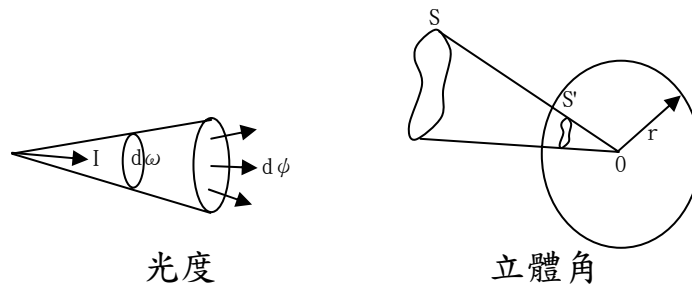


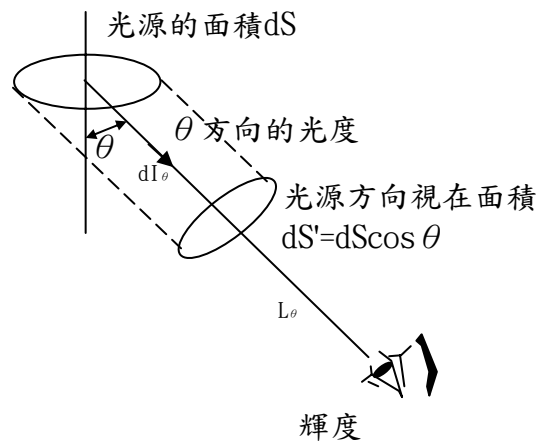
圖 3.1-4 光度與立體角之關係

6. 輝度

輝度 (Luminance, Photometric Brightness (L)) 是單位投射面積上之光強度，單位為每平方米之燭光 [cd/m^2]，有時用 nit [nt] 或 Stilb [sb] = cd/cm^2 表示，英制單位以 Foot Lambert [ft-L] 表示。

輝度表示光源的亮度，有時稱輝亮度 (Photometric Brightness)，因此，從某一光源出來之光強度相同時，其發光體面積大者，其輝亮

度則小，又當發光面體積相同時，光強度大者，其輝亮度亦大，即輝亮度與發光面積成反比，而與光源之光強度成正比例，上面所稱發光面積係指光強度方向上的正投影面積。如下圖 3.1-5 輝度之說明及表 3.1-2 各種光源之輝度大小。



$$(\theta \text{ 角上的輝度}) L_\theta = \left[\frac{dI_\theta}{dS'} \right] = \left[\frac{dI_\theta}{dS \cos \theta} \right] \text{-----}(6)$$

圖 3.1-5 輝度之說明

表 3.1-2 各種光源之輝度大小

光 源	輝度 cd/cm ²
太陽	160,000
碳極弧燈	18,000~120,000
電泡鎢燈絲	200~2,000
碳絲電泡	70
電泡球面	20 ~50
電石燈焰 (Acetylene 瓦斯燈)	10
螢 光 燈	0.5~1.5
蠟燭的焰	0.5~1.0
藍天	0.8

7.照度

被照的物體，其表面上每單位面積所接受之光通量稱為照度 (Intensity of Illumination, E)，其單位稱為勒克斯 (lux, lx)。即每平方公尺內所收之光通量為 1 lm 時之照度。即每一平方公尺面積上有 1 lm 光通量射入時之光照度，是故

(註：照度之英制單位為呎燭 (Foot-Candle)，1呎燭=10.76 勒克司)

$$E = \frac{d\phi}{dA} = \frac{\phi}{A} \text{-----}(7)$$

如前述圖 3.1-4 中，球半徑 r 之球中心光源，其光強度 I 時，此光源之總光通量 (全光束) $\psi = 4\pi I$ ，球全表面積 A ， $A = 4\pi r^2$ ，則球面上任一點之照度為

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2} \text{-----}(8)$$

由 (8) 式中可得如圖 3.1-6 導出一個法則：

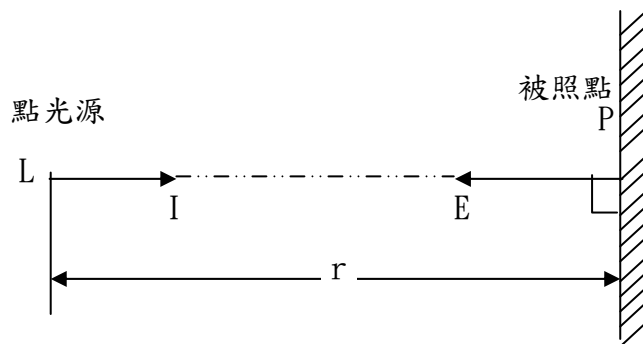


圖 3.1-6 距離倒平方之法則

點光源 L 在某一定方向之光強度為 I 時，離開 r 距離垂直面上， P 點之照度 E 則

$$E = \frac{I}{r^2} \text{-----}(9)$$

此法則稱光學的“倒平方則” (Inverse Square Law)，即照度與

點光源之光強度成正比，與距離之平方成反比。

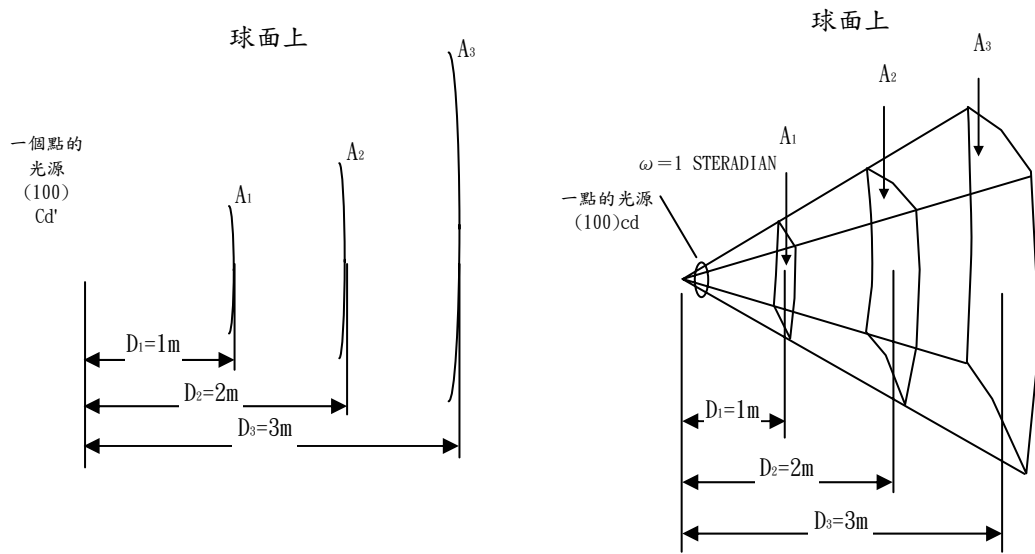


圖 3.1-7 表示「倒平方法則」之例

若受光面 A 有傾斜 θ 角時，投入此面之光束為 $\psi \cos \theta$ ，故傾斜面之照度 E_θ 得

$$E_\theta = \frac{\phi \cos \theta}{A} = E_n \cos \theta \text{ -----(10)}$$

$$\therefore (E_n = \frac{\phi}{A})$$

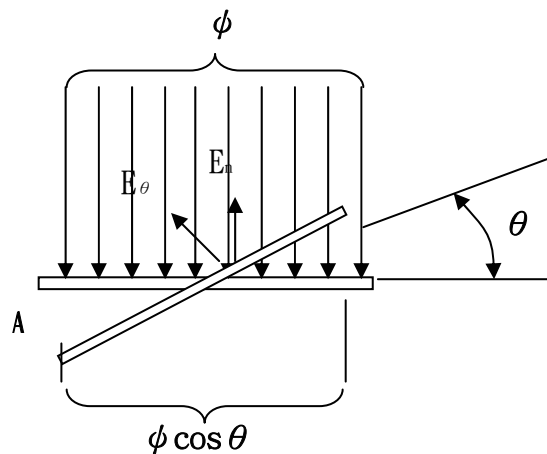


圖 3.1-8 入射角餘弦法則

E_n 法線照度 (Normal Illumination) 如圖 3.1-9，對光線進射方向垂直面上的照度。

E_h 水平面照度 (Horizontal Illumination) 如圖 3.1-9，水平面上照度。

E_v 垂直面照度 (Vertical Illumination) 如圖 3.1-9 垂直面之照度。

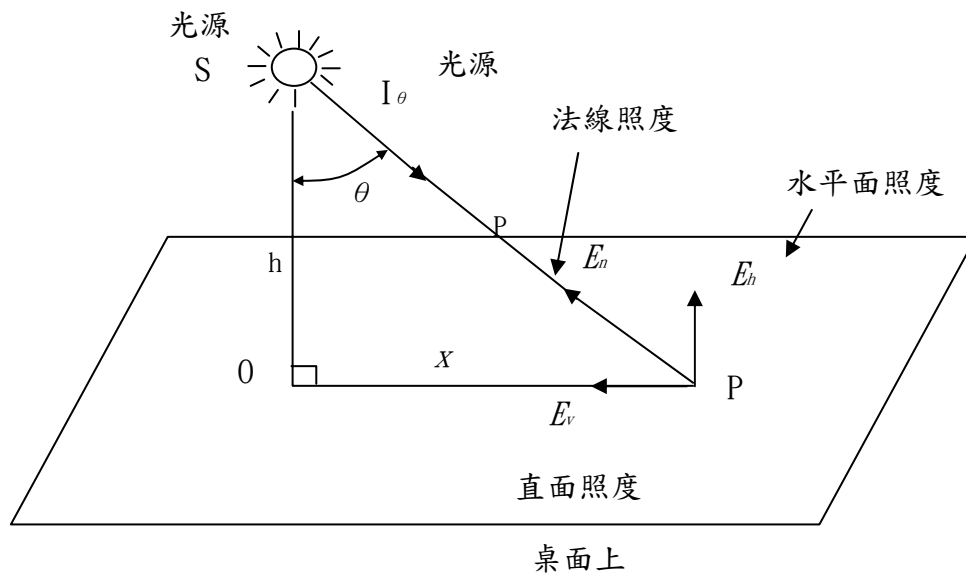
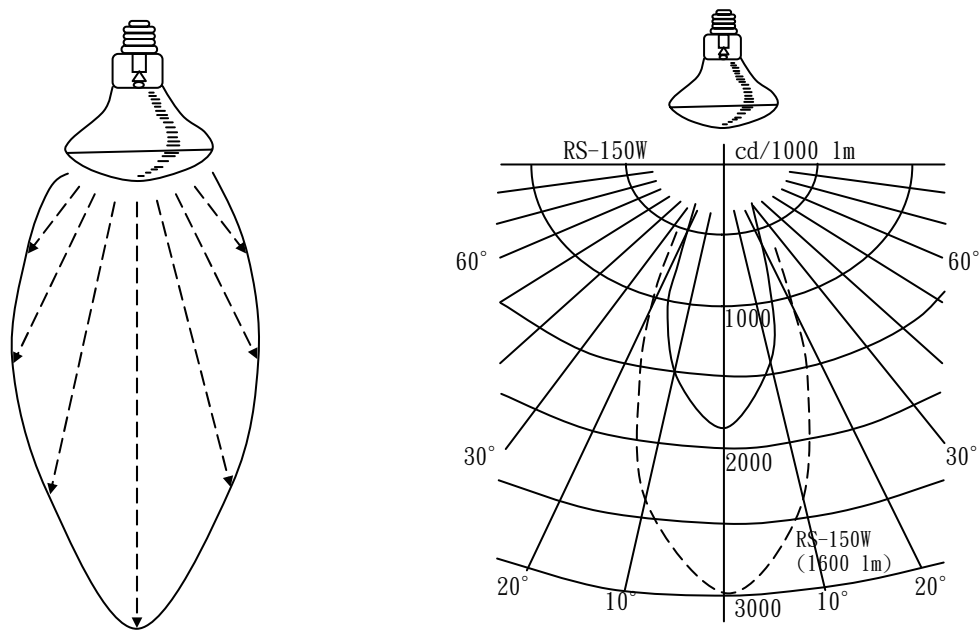


圖 3.1-9 法線、水平面、垂直面照度

8. 配光曲線

一個光源的光強度依其方向而異，如圖 3.1-10 則中心軸方向最強，若將在左右 10° 之間隔繪其光強度，則此光強度分佈稱為配光，將此先端連結的曲線稱為配光曲線 (Luminous Intensity Distribution Curve)，設光源之軸為排成垂直時，截光源之水平面上之配光稱之為水平配光曲線，截光源之垂直平面上之配光為垂直配光曲線。一般而言，水平配光曲線都近似圓形，而通常指配光曲線為平均垂直配光曲線，圖 3.1-10 為其一例。



燈球之光強度之分析

配光曲線之例

圖 3.1-10 配光曲線

配光曲線一般以用垂直面配光曲線表示，該燈具或光源在空間上之光強度分布，但如果燈具配光在不同空間位置屬於非對稱配光時，則如圖 3.1-11 一般採用三個垂直面表示之。

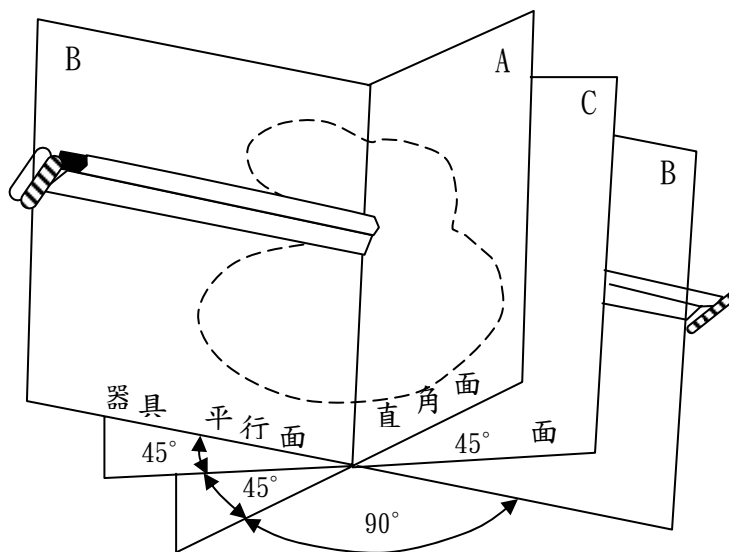
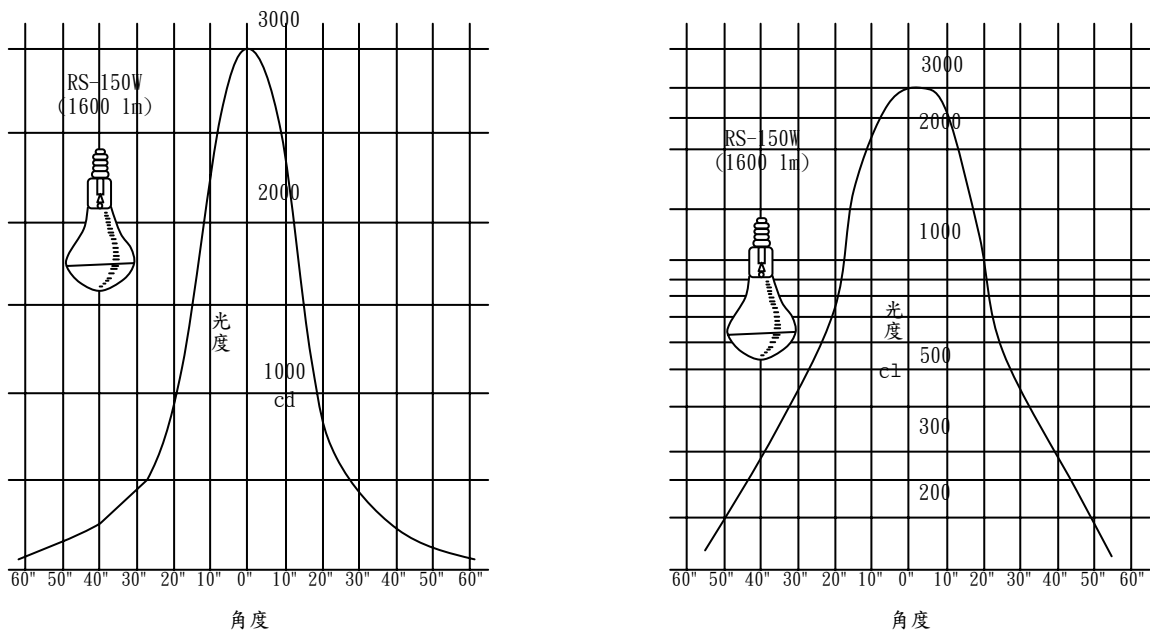


圖 3.1-11 配光曲線採用三個垂直面表示

在另一種表示法係以偏離中心垂直投光之角度來表示配光分佈如圖 3.1-12 所示，採用其光源在 1,000 lm 作基礎單位來表示其光度。



利用一般方格圖按垂直面繪成配光曲線

利用對數方格圖按垂直面繪成配光曲線

圖 3.1-12 光源配光曲線

9. 亮度(或光束發散度)

(1) 亮度(B)：光源在投光方向上單位面積(S)，所發出之光通量(ϕ)密度。

(2) 光束發散度(M)：被照體單位受照面積(A)，所反射之光通量(ϕ)為光束發散度。

通常某作業面之明暗程度均以照度表示，但讓吾人之眼睛有感覺程度之明暗，仍以光束發散度 (Luminous Emittance, M) 表示之，其單位仍為 [lm/m²] 每單位平方公尺之流明數。

$$M = \frac{d\phi}{dA} \text{ -----(11)}$$

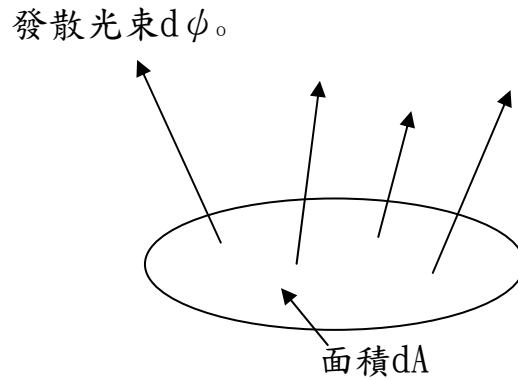


圖 3.1-13 光束發散度

光束發散度與照度相似，惟其不同者照度為作業面 A 受到光束之射入，而光束發散度係作業面 A 有 ϕ_0 之光通量發散之程度。

$$M = \frac{\phi_0}{A} \quad \text{-----(12)}$$

故光束發散度可適用於反射面、透過面之作業面，例如反射率為 ρ ，透過率為 τ 之半透明物體，其光束 ϕ 射入時，產生反射光束 $\phi_\rho = \rho\phi$ ，透過光束 $\phi_\tau = \tau\phi$ ，此作業面之平均照度 $E = \phi/A$ ，但反射面及透過面之平均光束發散度 M_ρ, M_τ 則得

$$\text{反射發散度 } M_\rho = \frac{\phi_\rho}{A} = \frac{\rho \times \phi}{A} = \rho \times E \quad \text{-----(13)}$$

$$\text{透射發散度 } M_\tau = \tau \times E = \frac{\tau \times \phi}{A} \quad \text{-----(14)}$$

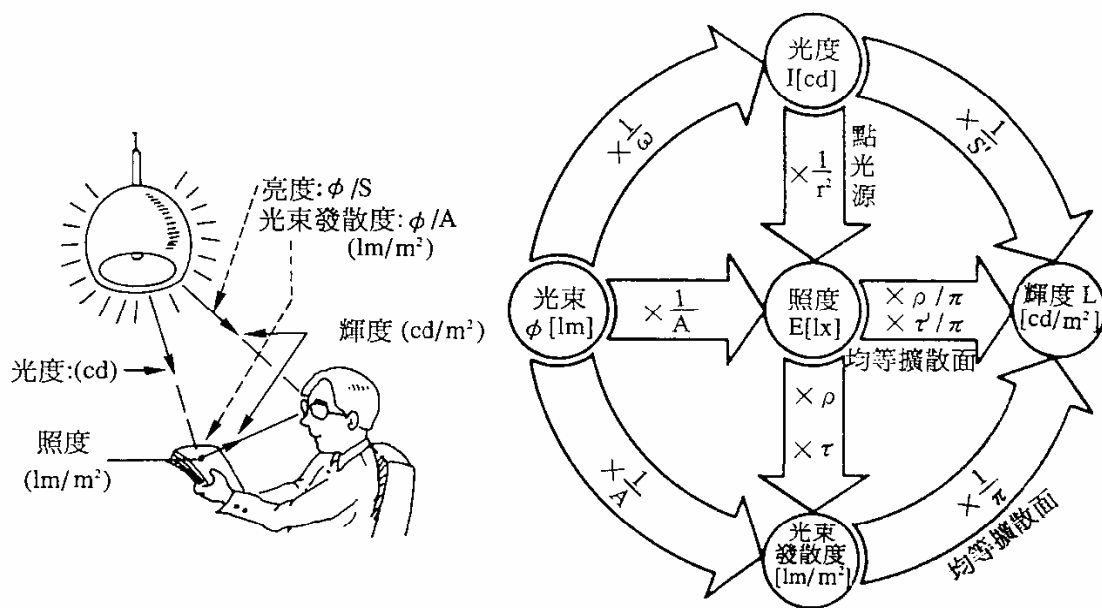
10. 光源效率及壽命

光源效率（Luminous Efficacy）以光通量除以其消費電力之比表示。

例：100 W 之電泡之光通量為 1,300 lm。則

$$\text{光源效率} = (1,300 \text{ lm} \div 100 \text{ W}) = 13 \text{ lm/W}$$

電光源之壽命有兩種法：例如電泡一直到燈絲斷線為止之使用時間稱之為斷線壽命（Burnout Life），但燈絲雖尚未斷線，而光通量減少到當初之 80% 時間之使用時間為有效壽命（Useful Life）。一般而言，電光源之有效壽命一到應即換新，以得到高效率之電能利用率。照明壽命以小時 [h] 表示之。各種測光之基本量，可繪得如圖 3.1-14 各種單位之互相關係。



光速、光度、照度、亮度與輝度之關係

- ω：立體角(弧度)[sr]
- A：被照面之面積[m²]
- γ：光源與被照面間之距離[m]
- S：視覺上之光源面積(m²)
- S'：光源之投影面積[m²]
- ρ：反射率
- τ：透過率

圖 3.1-14 測光量各種單位之互相關係

11. 黑體與色溫

將所有射進的能量完全吸收而不反射，不透過的假設體稱之為黑體。光源在某種溫度所放射之熱光顏色，若以放射相似顏色之黑體溫度 (Blackbody, Color Temperature) 而表示其顏色，則此放射相似顏色之黑體溫度可用來表示說光源所發出光之顏色，則此溫度稱之色溫。例如 4,500 K 之白色螢光燈，即表示白色螢光燈的顏色與 4,500 K 之黑體顏色極為相似。色溫之單位在實驗室採用 Kelvin (K) 表示，各種光源之色溫情況，如圖 3.1-15 及表 3.1-3 所示。

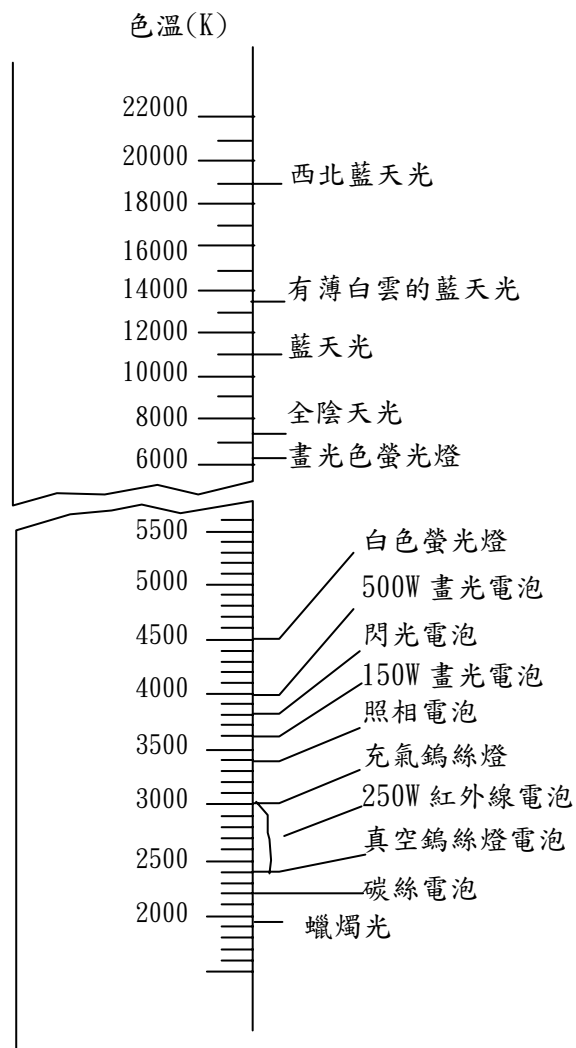


圖 3.1-15 各種光源之色溫

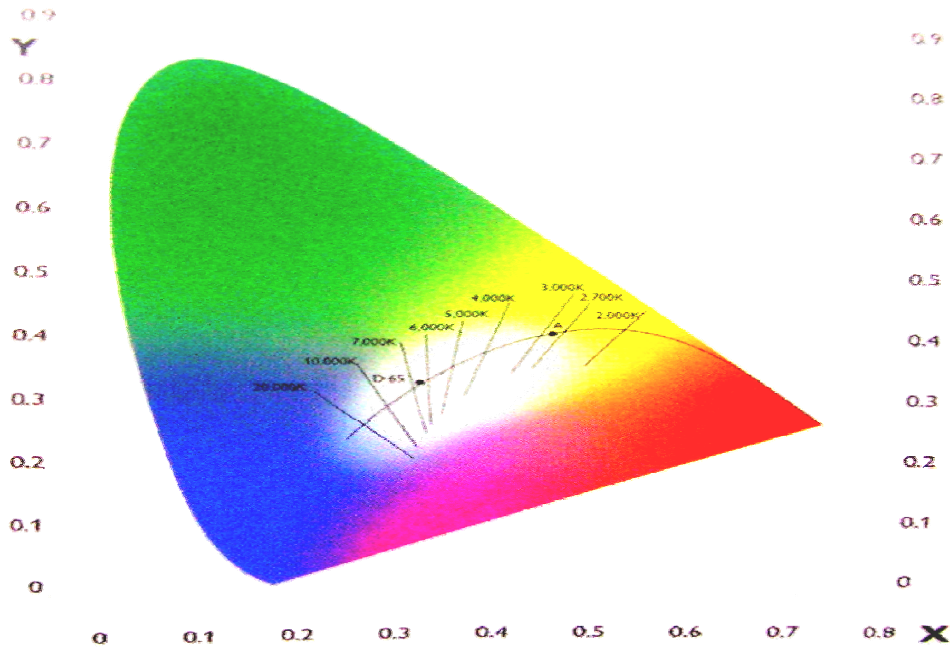
表 3.1-3 各種光源與色溫

光 源	色 溫 (K)
太陽 (在正午時, 依計算)	6,200
太陽 (在正午時, 依地表面測定)	5,250
滿月 (於地表面測定)	4,125
晴天	12,000
陰天	7,000
蠟燭	1,930
乙炔燈	2,350
瓦斯燈	2,160
60 W複綠繞燈泡	2,830
1,000 W單絲繞燈泡	3,080
溫白色日光燈	3,500
白色日光燈	4,500
晝光色日光燈	6,500
400 W水銀燈	5,600
400 W螢光水銀燈	4,600

12. 色溫度

色溫度(Color Temperature)是以絕對溫度 K (kelvin)來表示，乃是將一標準黑體(例如鐵)加熱，溫度升高至某一程度時顏色開始由深紅→淺紅→橙黃→白→藍白→藍，逐漸改變，利用這種光色變化的特性，某種光源的光色與黑體的光色相同時，我們將黑體當時的絕對溫度稱為該光源之色溫度，如圖 3.1-16 國際照明協會色溫度表(CIE Chromaticity Diagram)所示。

色溫是表示光源光色的尺度，表示單位是 K (Kelvin)。色溫度在 3,000 K 以下時，光色就開始有偏紅的現象如蠟燭，白熾燈泡，給人一種溫暖的感覺。色溫度超過 5,000 K 時顏色則偏藍光，如晝光色螢光燈，給人是一種清冷的感覺，通常亞熱帶地人較喜歡 4,000 K 以上色溫度，而寒帶的人喜歡 4,000 K 以下的色溫度。



資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-12【8】

圖 3.1-16 國際照明協會色溫度表

13.光源之色溫及其演色性之關係

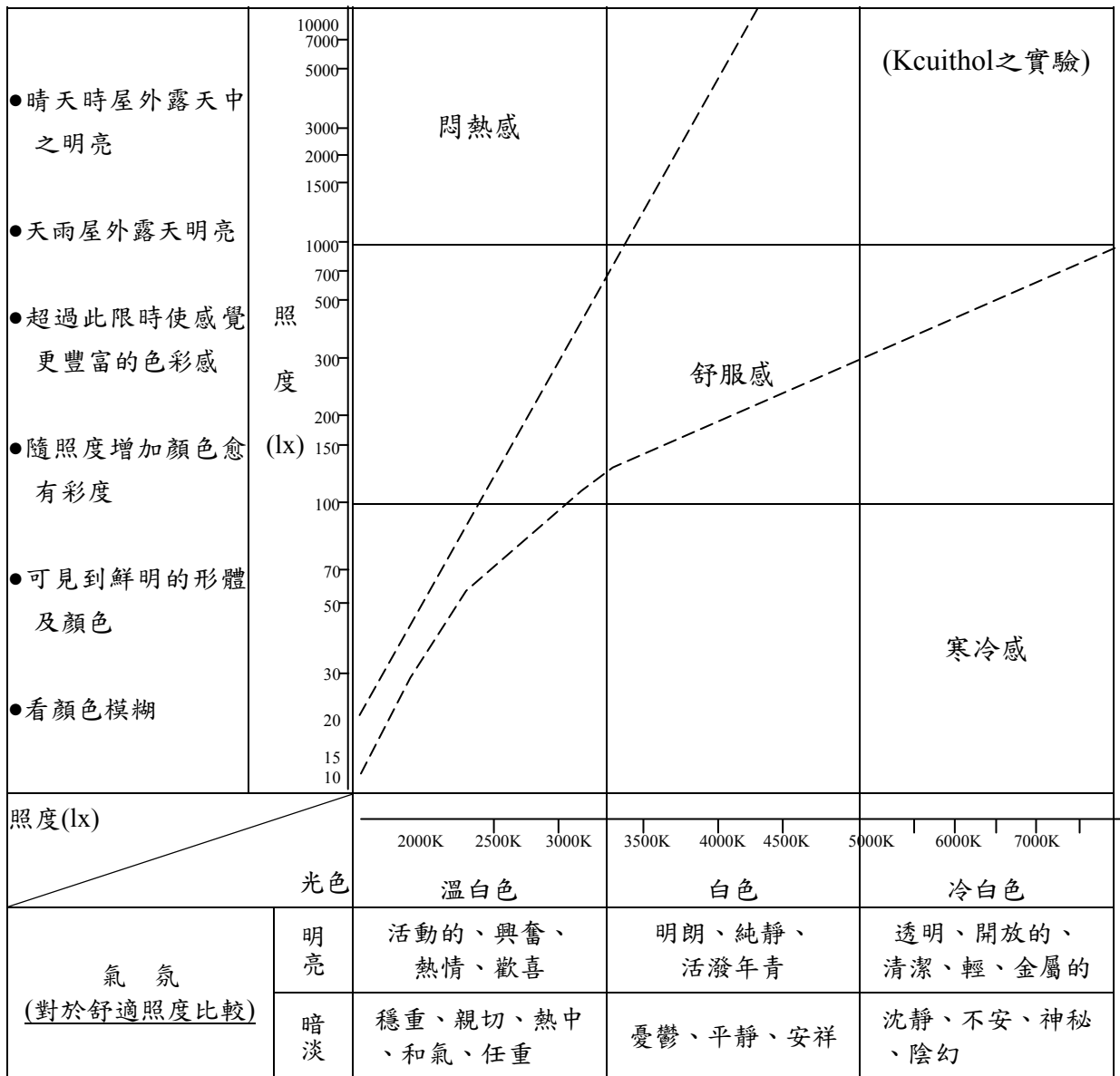
如表 3.1-4 所示是各種光源之色溫感覺分類，色溫影響到我們之視覺，視覺之感度可以影響亮暗，所以節能下之選擇光源必須重視光源之色溫。實際上色溫一般以（Warm White），（Neutral White），（Daylight White）來表示。

表 3.1-4 各種光源色溫分類

色溫 Light Colour	Most similar Colour Temperature
Warm White Light Colour (WW)	<3,300 K
Neutral White Light Colour (NW)	3,300K-5,000 K
Daylight White Light Colour (DW)	>5,000 K

照度與色溫度會造成環境氣氛之不同感受，如表 3.1-5 所示，由表中可以瞭解，節能照明在選擇光源時，需注意光源之色溫所產生之視覺感受。

表 3.1-5 照度與色溫度及氣氛之關係



14. 演色性

光源對物體顏色呈現的程度稱為演色性 CRI (或 Ra)，也就是顏色逼真的程度。演色性高的光源對顏色的表現較好。演色性高低關鍵在於該光線之分光特性。可見光之波長在 380 nm~760 nm 之範圍內，也就是我們在光譜中見到之紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫的範圍。如果光源所放射的光中所含的各色光的比例和自然光接近，則我們眼睛所看到顏色也就較為逼真，再好的裝璜、擺設、藝術品、衣服等也會因選擇不適當的光源而失色。

15.平均演色評價指數(Ra)

- (1).平均演色評價指數(Ra)表示光源的演色性與色彩傳真的程度，即色的色視度優劣的代表。對於用標準光(規定為基準的光)看見的各種色彩，再分別用各種類光源照明時的各色彩再現地保真程度。一般平均演色評價指數 Ra 80 以上，基本上就可以滿足色彩要求較高的照明應用。
- (2).演色性之實際應用：根據趙明的使用領域或用途，什麼樣的演色性才合適呢? CIE 建設了一定的基準。表 3.1-6 表示出不同平均演色性評價指標 Ra 值的光源之適用範圍。

表 3.1-6 不同平均演色性評價指標 Ra 值的光源之適用範圍

平均演色評價指數(Ra)	用途範圍
Ra>90	色檢查、臨床檢查、美術館
90>Ra≥90	印刷廠、紡織廠、飯店、商店、醫院、學校、精密加工、辦公大樓、住宅等
80>Ra≥90	一般作業場所
60>Ra≥90	粗加工工廠
40>Ra≥90	一般照明場所

資料來源：東亞照明型錄 2005~2006 年綜合型錄，P354【7】

16.光源之色溫與演色性評價等級選擇

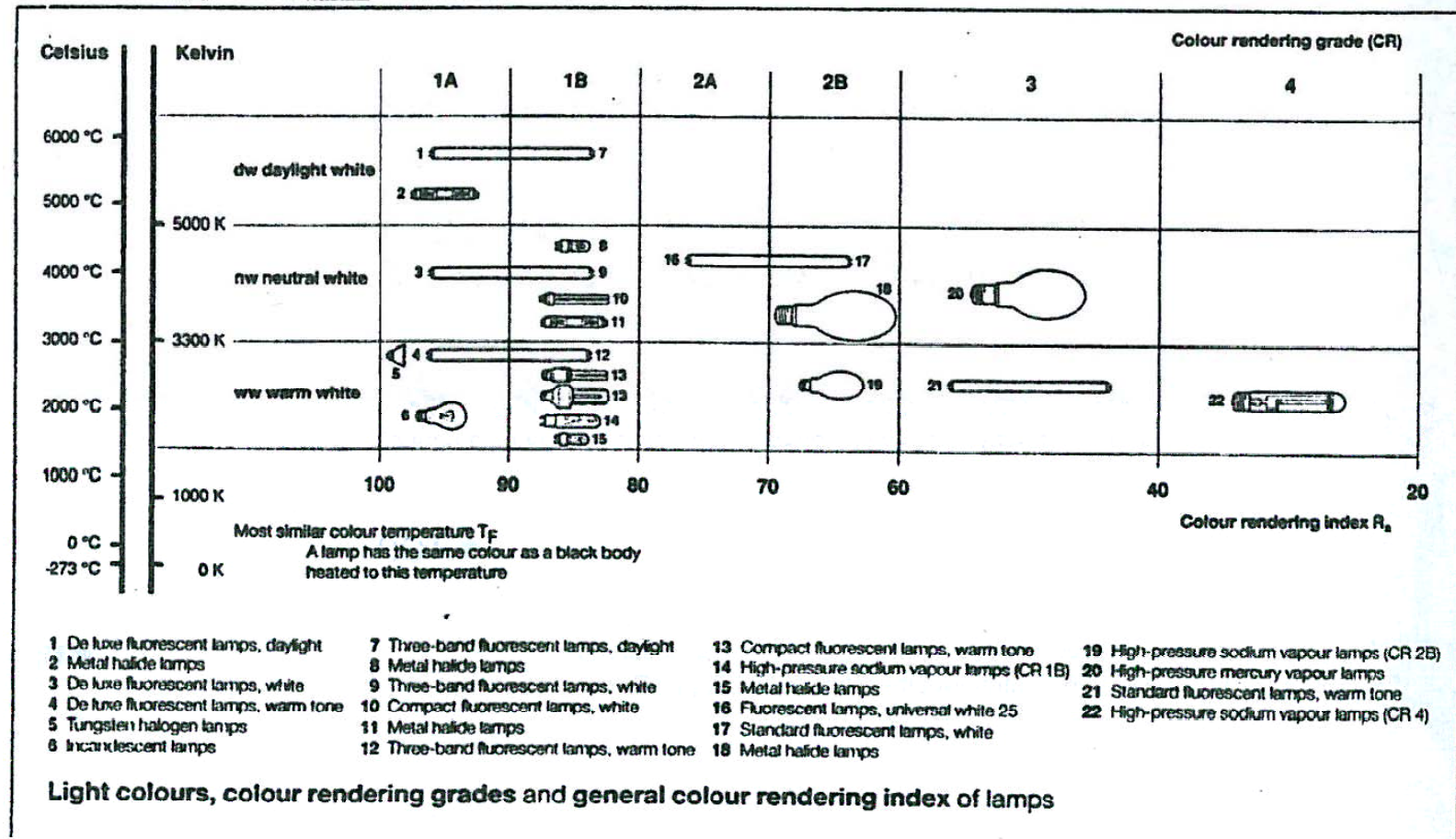
探討光源的色溫度及演色性分類可以參考表 3.1-7，將光源依色溫及演色性評價級 (Colour Rendering Index, CRI) 或者以 Ra 表示。這些數值在節能照明應用上具有主要參考意義。

CIE 在制定光源演色性評價數方法上，都參照以日光作評定人工照明光源顯色之標準，所以在不同照明條件的變化，與日光相比較評定照明光源之優劣，並以數量化來評定，這就是演色評價指數，但人工光源之顏色，可能有變化，故取其最穩定狀態訂為平均演色性評價

數（比），而以符號（Ra）代表。

例如一般認為 Ra 在 100~80 範圍之演色性為優良，Ra=79~50 其演色性為一般，Ra<50 時演色性比較差，如表 3-3-5 在歐洲則將此評價分為 6 個階級(1A、1B、2A、2B、3、4)來評比演色性。需求在節能照明工程設計上，選擇光源時，Ra 及照度都需滿足，尤其是當我們之視覺上有些暗淡，那時候就更要依光之演色來發揮視覺功能。

表 3.1-7 光源之色溫與演色性評價級選擇



17.光源經濟效率

光源的發光效率是以其所發出的光的流明數除以其用電量所得之值。

光源效率(lm/W)=流明(lm)÷用電量(W)

也就是每一瓦電力所發出光的量，其數值越高，表示光源的效率愈高，如表 3.1-8 所示。所以對於使用時間較長之場所，如辦公室、走廊、道路、隧道等，其發光效率通常是一個重要的考量因素。

各種燈源中以高壓鈉燈的效率最高。另外，在燈的輻射能中，可見光的比例越高，則效率越高。而且，可見光中黃綠色系的光能量越多也越明亮，效率也越高。

光源的發光效率高是選擇照明光源的基準之一，且依根據使用目的之不同，往往需選擇演色性高或容易進行配光控制的光源作為照明應用。

表 3.1-8 各種光源發光效率(lm/W)

光源種類	發光效率(lm/W)
白熾燈	15
石英鹵素燈	25
LED 燈	45
緊密型省電型螢光燈	60
水銀燈	65
普通螢光燈管	70
單管型螢光燈管	85
雙管型螢光燈管	85
石英複金屬燈	90
三波長自然色省電燈管	96
高壓鈉光燈	130
低壓鈉光燈	200
無電極電磁感應燈	85

資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-14【8】

18.光源之效率及照明裝置之功率

光源之發光效率可作為許多能源使用效率之依據，例如，使用在工場之水銀燈消耗一瓦可以發出 60 流明，就標示發光效率 60 lm/W；但如改用高壓鈉氣燈則發光效率可高達 140 lm/W，能源利用效率就提高 57%。

$$\text{節約率} = (140-60) \text{ lm/W} \div 140 \text{ lm/W} \times 100\% = 57\%$$

同樣 40W*1 型傳統高功因鐵磁式安定器日光燈，其燈具耗電約 44W/具，改用為電子式安定器日光燈，則其耗電約 38 W/具，這種新式照明裝置可節電 13.6%。

$$\text{節約率} = (44-38) \text{ W/具} \div 44 \text{ W/具} \times 100\% = 13.6\%$$

所以光源之高效率及照明裝置功率之降低是節電的最好例子。目前市面上銷售之各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較，見表 3.1-9 所示。

註：以上資料摘取國立師範大學工教系-宋平生教授之照明節能技術教材提供內容

【6】。

表 3.1-9 各種光源產品分類特性及光源效率(lm/W) 比較

光源種類	類型	效率 (lm/W)	平均壽命 (小時)	特性	適用範圍
白熾燈 Incandescent Lamp	白熾燈泡 Incandescent Lamp 反射燈泡 Reflector Lamp	8~18	1,000	安裝及使用容易 立即啟動、成本 低、反射燈泡可 做聚光投射。	住宅之基本照 明及裝飾性照 明、反射燈泡 可用於重點照 明。
鹵素燈 Halogen Lamp	石英鹵素燈 Quartz Halogen Lamp	12~24	2,000 ~3,000	體積小、亮度 高、光色較白、 安裝容易、壽命 較普通燈泡長。	商業空間之重 點照明。
省電燈泡 CFL-1	球型省電燈泡 圓滿省電燈泡 3U 省電燈泡 螺旋省電燈泡	39~50	6,000 ~8,000	效率高、省電、 能直接取代白熾 燈泡。	大部分使用白 熾燈泡的場所 均可使用。
緊密型螢光 燈管 CFL-N.1	PL 燈管 PL Lamp PLC 燈管 Compact Light	46~87	8,000 ~10,000	體積小、壽命 長、效率高、省 電。	局部照明、安 全照明、方向 指標照明。

螢光燈管 Fluorescent Lamp	普通螢光燈管 Tubular Fluorescent Lamp	60~80	6500~ ~8,000	有各種不同的光色供選擇、可達到高照度並兼顧經濟性。	辦公室、商場、住宅及一般公共建築。
	T-5、T-8 高效率螢光燈管 High Efficiency Fluorescent Lamp	80~104	13,000 ~20,000	高效率、高演色性、省電，有各種不同的光色供選擇、可達到高照度並兼顧經濟性。	辦公室、商場、住宅及一般公共建築。
氣體放電燈 H.I.D Lamps	高壓水銀燈泡 High Pressure Mercury Lamp	40~61	10,000 ~12,000	有各種不同的光色可供選擇、可達到高照度並兼顧經濟性。	辦公室、商場、住宅及一般公共建築。
	免用安定器水銀燈泡 Mercury Lamp	10~26	6,000	體積小、壽命長、效率高、省電。	局部照明、安全照明、方向指標照明。
	石英複金屬燈泡 Quartz Metal Halide Lamp	66~108	4,000 ~10,000	效率高、省電、能直接取代白熾燈泡。	大部分使用白熾燈泡的場所均可使用。
	高壓鈉氣燈泡 High Pressure Sodium Lamp	68~150	8,000 ~16,000	效率高、壽命特長、光輸出穩定。	道路、隧道等公共照明、投光照明、工業照明、植栽照射，
	低壓鈉氣燈泡 Low pressure Sodium Lamp	99~203	12,000	效率極高、壽命極長、明視度高、演色性差為單一色光。	講求節約能源及效率顏色不重要的各種場所。
	陶瓷複金屬燈泡 Ceramic Metal Halide Lamp CDM(Mastercolour Lamp)	78~95	6,000 ~12,000	採精密陶瓷作為放電管材料，效率更高、光色穩定，不會造成色差，體積小、輝度高、光束控制容易。	辦公大樓之公共空間、商場等之基本照明與重點照明、公園廣場建築物等之景觀照明。
LED 燈	LED 燈 Light-Emitting Diode	20~45	50,000~ 100,000	體積小、壽命長、省電。	適用招牌、交通號誌及建築外觀景觀照明。
無電極電磁感應燈	無電極電磁感應燈 High-Frequency Plasma Electroless Induction lamp	80~90	100,000	無閃爍、高光效、光衰小、顯色性好、可調光、壽命長。	辦公大樓大廳、賣場商場及一般公共建築挑高之照明場所。可取代水銀燈、複金屬燈。

參考資料來源：飛利浦光源產品型錄 2007/2008，P1-17

第四章、各種傳統常用人工光源介紹

在既有建築物照明及市場上，仍應用各種傳統人工光源如白熾燈、螢光燈、鹵素燈、鈉光燈、複金屬水銀燈等，其效率、演色性、色溫、壽命等光電特性較目前先進環保光源如省電燈泡、T8 三波長螢光燈、T5 超細管徑螢光燈、陶瓷複金屬燈、無電極電磁感應燈、LED 燈等差很多。瞭解各種習用人工光源之發光原理、特性及效率，有助於未來節能檢討與改善之參考。

4.1 白熾燈泡

1 白熾燈泡的構造及發光原理為何？

答：(1).如圖 4.1-1 所示，白熾燈泡構造上，為一玻璃球內抽真空後，充填氫氣和氮氣以抑制燈絲之蒸發，為最早成熟的電光源，構造簡單，通上電流加熱燈絲，利用物體受熱發光的原理發光，於溫度高達攝氏 2,700°C，而發出光與熱，所以泡殼亦處於高溫狀態，故遇到急遽冷卻如沾水等狀況時，燈殼會破裂。

(2).白熾燈泡是點光源，配光相當容易，雖然壽命不長僅約 1,200 小時，但因其為連續光譜且偏紅色光，演色性佳(Ra 100)，光衰現象不明顯，色溫度低使人有溫暖感覺，但發光效率偏低僅 8~15 lm/W，是屬於低發光效率光源。

2.白熾燈泡特性與效率如何？

答：常用白熾燈泡效率與特性見表 4.1-1 所示。其主要光電特性包括(1)演色性佳、(2)可立即起動、(3)安裝及使用容易、(4)價格便宜、(5)不需安定器、(6)可連續調光、(7)光束衰減少、(8)不受環境溫度影響。

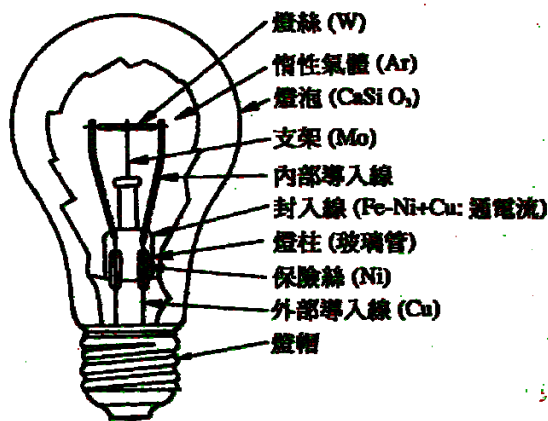


圖 4.1-1 白熾燈泡發光原理

表 4.1-1 白熾燈泡特性與效率

編號	規格	電壓 V	型式	消耗電力 W	全光束 lm	壽命 h	效率 lm/W
TM2205	220V/5W	220	磨砂	5	40	1,500	8
TM22010	220V/10W	220	磨砂	10	80	1,500	8
TM22040	220V/40W	220	磨砂	40	320	1,200	8
TM22060	220V/60W	220	磨砂	60	570	1,200	9.7
TM220100	220V/100W	220	磨砂	100	1,050	1,200	10.5
TM220200	220V/200W	220	磨砂	200	2,700	1,200	13.5
100PAR/FL/27	PAR38	220	珠寶燈	100	800	2,000	8
120PAR/SP/27	PAR38	220	珠寶燈	120	1,200	2,000	10
150PAR/FL/27	PAR38	220	珠寶燈	150	1,350	2,000	9

參考資料：東亞照明型錄 2005~2006 年綜合型錄，P356、P358【7】

4.2 石英鹵素燈

1. 鹵素燈的構造及發光原理為何？

答：(1).如圖 4.2-1 所示，鹵素燈是由耐高溫的石英管、鎢絲、鉬箔、燈帽及內部的高壓氬氣與微量之碘或溴等鹵素所構成。

(2).一般白熾燈泡之點燈過程中，鎢絲在高溫中蒸發附著於玻璃內壁，產生所謂之黑化現象而使光束逐漸降低，鹵素燈泡就是為對抗這種情況，防止黑化而開發之燈泡，鹵素燈泡內部有微量之鹵素氣體，藉著鹵素循環作用，減輕燈泡的光束衰減和壽命末期的黑化現象，並保持初期之發光效率。

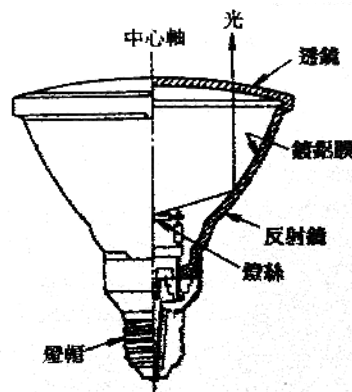


圖 4.2-1 鹵素燈發光構造及動作原理

2. 鹵素燈泡特性與效率如何？

答：見表 4.2-1 鹵素燈特性與效率(例)所示。

- (1).壽命長，相當於一般白熾燈泡的 2~3 倍。
- (2).發光效率高， $11.4 \text{ lm/W} \sim 20 \text{ lm/W}$ 比一般白熾燈泡省電些。
- (3).體積比白熾燈泡小，光源小而集中，配光設計容易。
- (4).光束衰減小，壽命終了時光輸出仍高達初光束之 90% 。

(5).採用石英玻璃製成，有極強的耐熱衝擊性。

表 4.2-1 鹵素燈特性與效率

規格	電壓 V	型式	消耗電力 W	全光束 lm	壽命 h	效率 lm/W
120V/ 75W	120	JVC 型	75	1,100	1,000	14.7
120V/100W	120	JVC 型	100	1,600	1,500	16.0
120V/150W	120	JVC 型	150	2,800	2,000	18.7
120V/250W	120	JVC 型	250	5,000	2,000	20.0
230V/50W	230	PAR20	50	570	2,000	11.4
230V/75W	230	PAR30	75	1,030	2,000	13.7
230V/100W	230	PAR30	100	1,400	3,000	14.0
120V/250W	120	PAR38	250	3,600	4,200	14.4

參考資料：東亞照明型錄 2005~2006 年綜合型錄，P360、P361【7】

3. 鹵素燈泡使用時注意事項有哪些？

- 答：(1).安裝鹵素燈泡時，請將電源關掉，並利用塑膠套保護燈泡玻璃殼清潔，不要用手觸摸，如不慎觸摸，請用酒精擦拭乾淨。
- (2).鹵素燈泡使用耐高溫的石英玻璃製成，如沾到手或油污，將使石英玻璃失去光澤，變成白濁色而減低光度，縮短壽命，甚至玻璃殼破裂。
- (3).鹵素燈泡點燈時，封口處的溫度不可超過 350 度，否則會縮短鹵素燈泡的壽命，故鹵素燈具通風散熱必須良好。
- (4).鹵素燈泡點燈時，避免冷氣直接吹向燈泡。
- (5).鹵素燈泡點燈中，避免受到衝擊或震動。
- (6).鹵素燈泡點燈中或剛熄燈後，因燈泡溫度仍然很高，絕對不可用手去觸摸。

4.3 螢光燈

1. 螢光燈的構造及發光原理為何？

答：(1). 螢光燈(俗稱日光燈)構造及發光原理如圖 4.3-1 所示，當燈起動時，燈絲會先加溫約 1~2 秒，以使燈絲溫度提高，以釋放電子，接著高電壓會施加在兩個電極之間，使充入氣體和水銀氣體傳導電流而產生放電，此流動之電子(電流)會激發氣態水銀原子而發出紫外線，由於玻璃燈管內壁有塗一層螢光粉，此螢光粉在紫外線照射下會發出可見光。充入氣體(氬氣或是氬氣與氬氣的混合氣體)也會放電發光，但是所發出的只有微量之藍光，而且只有在沒有塗佈螢光粉的燈管才可看得到，此藍光約只佔螢光燈總發光量的 3%，另外 97%的光來自於螢光粉發光。

(2). 傳統螢光燈基本點燈線路動作順序：

- A. 電源電壓加至點燈管中雙金屬片使其接合。
- B. 電流經電源→安定器→鎢絲→點燈器→鎢絲→電源回路，完成預熱，電子躍躍待發。
- C. 點燈器雙金屬片彈開，安定器感應數百伏特高壓。
- D. 電流經電源→安定器→日光燈→電源之主放電回路點亮而點亮。

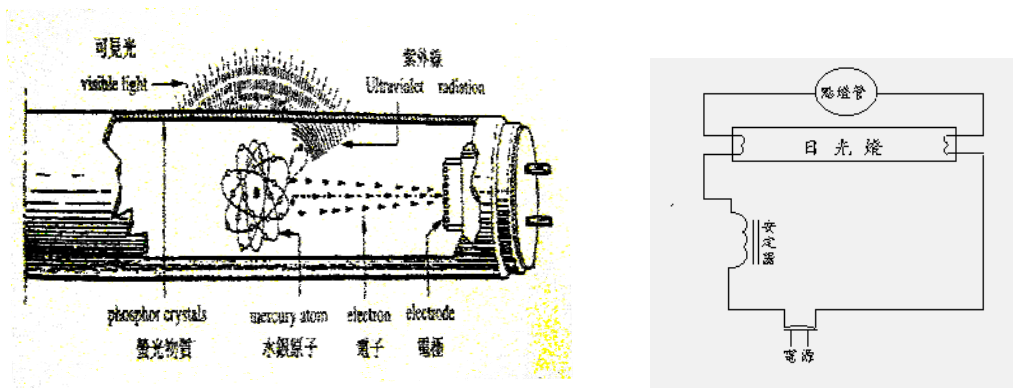


圖 4.3-1 螢光燈構造動作原理及基本點燈線路圖

2.高頻螢光燈特性與效率如何？

- 答：(1).高頻燈管與一般螢光燈不同點為高頻燈管充入氣體及燈絲設計與一般螢光燈不同，可承受高頻及高壓的衝擊，故適用於電子安定器，不易黑化及可延長壽命。
- (2).效率高、可以製成任何顏色、輝度低、壽命長、發熱低、省電、光束變動穩定、形體優美。
- (3).高頻螢光燈管之效率比較，T8、T5 燈管較 T-9 燈管效率(lm/W)高，如表 4.3-1 所示。

表 4.3-1 高頻螢光燈管特性與效率比較

項目 種類	燈管尺寸 mm		消耗 功率 W	初光束 lm		效率 lm/W		壽命 h	燈帽
	管徑	管長		DEX	WEX	DEX	WEX		
FHF 18 (T9)	29.0	580	18	1,400	1,500	77.8	83.3	8,000	G13
FHF 38 (T9)	29.0	1,198	38	3,400	3,650	89.5	96.0	10,000	G13
FHF 32 (T8)	25	1,198	32	3,000	3,200	94.0	100.0	12,000	G13
FHF 45 (T8)	25	1,198	45	4,230	4,500	94.0	100.0	12,000	G13
FL 14 (T5)	16.0	549	14	1,100	1,200	78.6	85.7	20,000	G5
FL 28 (T5)	16.0	1,149	28	2,400	2,600	85.7	92.8	20,000	G5

註：DEX 三波長域晝光色 (色溫 6500K)、WEX 三波長域白色 (色溫 4000 K)

參考資料：旭光照明型錄 2005 年全產品型錄，P029~P031【10】

3.三波長高演色性型螢光燈特性與用電量如何？

- 答：(1).三波長陽光燈管是採用高效率稀土螢光體，並集中了對人類肉眼色覺識別能力最佳的(光的三原色)藍色(452 nm)、綠色(543 nm)、紅色(611 nm)三個狹窄光譜組合起來的一種效率既高、演色性又佳(Ra>85)的白光色，它具有物品的顏色顯得更鮮艷、真實，發光效率又高，明亮感也增高的效果。

- (2).使用三波長(陽光色)燈管，其亮度較一般燈管高(124%)，因此使用環境若不夠亮，改用三波長燈管可大幅提高亮度。
- (3).使用三波長燈管演色性較高，人的氣色會較好看。

表 4.3-2 一般燈管與三波長陽光色燈管比較

項目 \ 品種	一般品種 FL20D/18	省電燈管 FL40D/38	三波長燈管 FL40DEX/38
消耗電力(W)	18 W	38 W	38 W
光輸出(lm)	1,150	2,730 (100%)	3,400 (124%)
效率(lm/W)	63.9	71.8	89.5
色溫度(K)	6,700 K	6,700 K	6,700 K
演色性(Ra)	69	69	85
壽命(h)	7,500	10,000	10,000

參考資料：東亞照明型錄 2005~2006 年綜合型錄 P369，P370【7】

4.供電電源電壓高低對螢光燈之影響

答：螢光燈管之電壓與光輸出特性(FL40WS)如圖 4.3-2 所示【9】，可知供電電源電壓升高 10%，燈管電力及光束增加約 20%，但燈管壽命會降低，因此應注意供電電壓以額定電壓為宜。

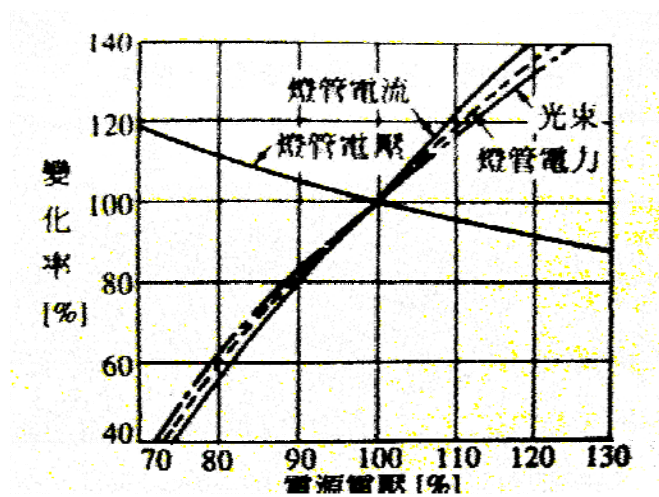


圖 4.3-2 螢光燈管之電源電壓特性(FL40WS)

4.4 高壓水銀燈

1. 高壓水銀燈泡的構造及動作原理為何？

答：如圖 4.4-1 所示，高壓水銀燈泡之發光管又稱之為內管，是由兩只主要電極或兩只補助電極所組成，管中封入適量水銀及惰性氣體，補助電極連接有電阻與其他端之主電極連接成一通路。

當電壓加在於兩主電極之時，介於兩電極間之距離很大而無法產生放電，同時相同之電壓也加在補助電極與相鄰之主電極之間，並且在其間產生輝光（Glow）放電，此時為限制補助電極之放電電流起見，接有電阻 R（約 25 k Ω ），輝光放電後兩主電極間之電場不斷的擴展，最後達到主電極端，這時之電流是依靠安定器來加以限制，因電流不斷增加之結果，主電極之溫度漸升而發出電子，終於自輝光放電而移轉為弧光放電，由於惰性氣體之弧光放電，發光管之溫度隨之而上昇，水銀漸漸蒸發，水銀蒸氣壓也漸漸提高，數分鐘後全變為水銀蒸氣之穩定放電。

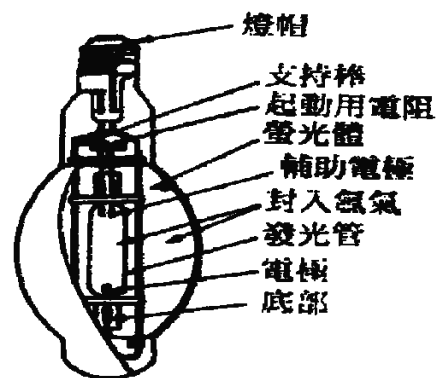


圖 4.4-1 高壓水銀燈泡構造

2.高壓水銀燈泡特性與效率如何？

答：(1).可靠性高、用途廣泛、符合經濟效益、壽命長。

(2).點燈發光穩定，即使在電源稍微有變動的地區，亦有出色的功能表現。

(3).因不需要使用外起動器點燈設備，所以線路簡單且安裝容易。

(4).具有極高可靠性，故使用在室內或戶外同樣有其多方面適用性。

(5).配合正確額定電流的水銀燈安定器點燈，可延長點燈壽命。

(6).絕佳的銀白色光，通常對景色較不重視的地方，可以採用強而有力的清光型高壓水銀燈泡；需要更佳合理演色性的地方可以採用螢光型高壓水銀燈泡。

(7).高壓水銀燈泡特性與效率如表 4.4-1 所示，發光效率約 36~59 lm/W，但近來有漸漸被複金屬燈取代之趨勢。

表 4.4-1 高壓水銀燈泡特性與效率

型號規格	電壓 V	耗電 W	全光束 lm	色溫 K	壽命 h	效率 lm/W
HPL-N 50W E27	220	50	1,800	4,200	12,000	36.0
HPL-N 80W E27	220	84	3,700	4,200	12,000	44.5
HPL-N 125W E27	220	125	6,200	4,100	12,000	50.0
HPL-N 125W E40	220	125	6,200	4,100	12,000	50.0
HPL-N 250W E40	220	250	12,700	4,100	12,000	51.0
HPL-N 400W E40	220	400	22,000	3,900	12,000	55.0
HPL-N 700W E49	220	700	38,500	3,900	12,000	55.0
HPL-N 1000W E40	220	1000	58,500	3,900	12,000	59.0

參考資料：飛利浦光源產品型錄 2007~2008 年綜合型錄、P2-22【8】

3. 供電電源電壓高低對高壓水銀燈之影響？

答：高壓水銀燈泡之電源電壓特性，如圖 4.4-2 所示【9】，可知供電電源電壓升高 10%，燈管電力及光束增加約 20%，但燈管壽命會降低，因此應注意供電電壓以額定電壓為宜。

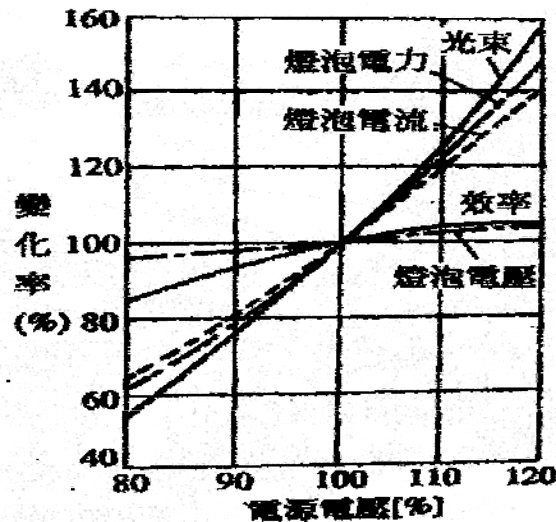


圖 4.4-2 高壓水銀燈泡之電源電壓特性

4. 高壓水銀燈泡安裝時注意事項有哪些？

- 答：(1). 請選用和燈泡相搭配安定器點燈。
- (2). 安定器的電源接頭應與輸入電壓值相同，額定電壓 $\pm 6\%$ 以內為適用範圍。
- (3). 電源電壓比安定器額定適用電壓過高時，會使水銀燈泡燒毀；電壓過低時，則會使水銀燈泡產生不亮或呈現閃爍現象。
- (4). 請選用和燈泡相搭配的燈具，以達成最高效率點燈。

5. 高壓水銀燈泡使用時注意事項有哪些？

- 答：(1). 高壓水銀燈泡為玻璃製品，請防止燈泡表面受到撞擊、掉落或造成受損之外力刮傷，這些都會導致使用中破損落下的可能。

- (2).點燈中或剛熄燈時，燈泡溫度很高，不可用手觸摸，以免灼傷。
- (3).更換燈泡時，必須確認先切掉電源，並確實安裝妥當於燈具內才可送電。
- (4).起動時間，高壓水銀燈泡從開始起動至完成點亮約需3至8分鐘。
- (5).再起動時間，電源電壓變動過劇時，不但會使水銀燈泡壽命縮短，而且會因電源電壓突然降低，而使水銀燈泡熄滅，約需要5分鐘後才能再起動，繼續點燈。
- (6).除了反射型高壓水銀燈泡外，其他產品不可在淋雨狀態下使用。
- (7).高壓水銀燈泡之玻璃泡殼，如已發生裂痕或破裂，絕對不可點燈使用。
- (8).適用場所：道路照明燈、公園景觀燈、工廠、車站、加油站、停車場、溫室植物栽培、行人徒步區。

4.5 免用安定器型水銀燈泡

1.免用安定器型水銀燈泡的構造及動作原理為何？

答：如圖 4.5-1 所示，免用安定器型水銀燈泡在外管內部，與水銀燈發光管串聯著一個控制電流用之抗流燈絲，所以在外部線路上，就不需要安定器即能點燈。

內部藏有抗流燈絲，係為了控制通發光管之電流在一定之水準，除具有安定器的功能外，其本身也會自熱發光，與水銀燈發光管之光譜混合，變成演色性良好的混色光。免用安定器型水銀燈泡依額定電壓不同而可分成 220 V 與 110 V 級，其構造亦有若干差異。

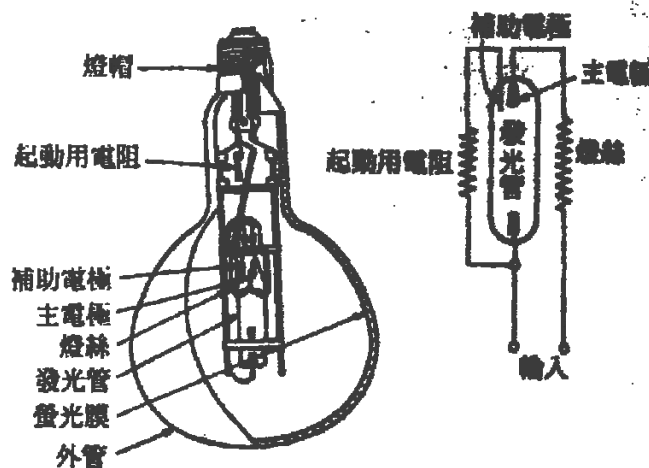


圖 4.5-1 免用安定器型水銀燈泡構造

2. 免用安定器型水銀燈特性與效率如何？

答：(1). 不需安定器，燈泡更換容易。

(2). 投資成本低。

(3). 即時點燈。

(4). 可以馬上以最經濟的成本更換傳統式鎢絲燈泡點燈。

(5). 不需要更換燈具，並可沿用相同燈具點燈。

(6). 不需要安定器，直接連接電源就可獲得水銀燈的照明效果。

(7). 電源頻率無論 60 Hz 或 50 Hz 都可以使用。

(8). 點燈中因產生水銀燈與抗流燈絲之混色光，接近自然光效果。

(9). 發光效率為鎢絲燈泡的 2 倍。

(10). 壽命更高，為鎢絲燈泡的 6~8 倍。

(11). 如表 4.5-1 所示，依形式、電壓及瓦特數不同，發光效率約 10~26 lm/W，但此發光效率因為偏低目前只用在較簡易、臨時性之場合如海上釣魚、工地等，未來有可能直接淘汰。

表 4.5-1 免用安定器型水銀燈泡特性與效率

型號及規格	電壓 V	耗電 W	全光束 lm	壽命 h	效率 lm/W
ML 100W 225/235V E27	220	108	1,100	6,000	10.0
ML 160W 120/130V E27	220	160	2,250	6,000	14.0
ML 1600W 225/235V E27	120	165	3,000	6000	19.0
ML 250W 225/235V E27	220	260	5,500	8,000	21.0
ML 250W 225/235V E40	220	260	5,500	8,000	21.0
ML 500W 225/235V E40	220	500	13,000	9,000	26.0

參考資料：飛利浦光源產品型錄 2007~2008 年綜合型錄，P2-23【8】

3.免用安定器型水銀燈使用注意事項有哪些？

答：(1).安裝或取下燈泡時，必須確認先切掉電源。

(2).請防燈泡表面受到撞擊、掉落或造成受損之外力刮傷，這些都會導致使用中破損落下的可能。

(3).點燈中避免被水濺到或接觸到低溫物體，以防止燈泡破損。

(4).電源電壓請依照燈泡額定電壓範圍內使用，如果超過額定電壓範圍外使用，會導致臨時熄燈或點燈不安定，縮短燈泡壽命，甚至燈泡燒燬不亮。

(5).點燈時燈泡同時發亮，因燈絲加熱而產生有色變，此為正常現象。

(6).起動時間---燈泡於開始起動至完全點亮約需 4 分鐘，再起動時間約需數分鐘。

(7).點燈方向---本型式燈泡正確的點燈方向，以燈帽於上方或下方採取垂直方向點燈（不適用水平點燈）。

100 W~160 W 在 30 度內；250 W~500 W 在 45 度內。

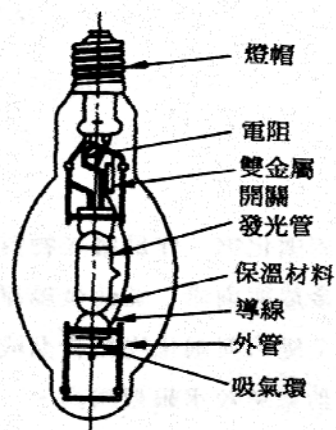
(8).避免使用場所：①振動較頻繁、②燈具易搖晃較不牢固及③有共振之場所。

4.6 石英複金屬燈

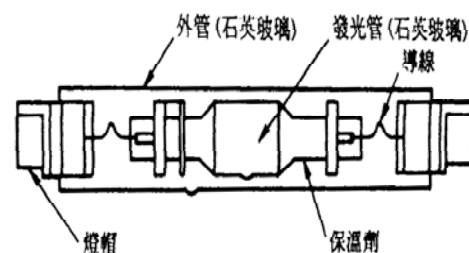
石英複金屬燈(Crystal Metal Halide Lamps)是氣體放電燈的一種，具有高演色性、良好的發光效率及壽命長等優點，近來在光源應用的比例上逐漸增加。

1. 石英複金屬燈的構造及動作原理為何？

答：如圖 4.6-1 所示，石英複金屬燈係由硬質外管、石英玻璃發光管、主電極、起動電阻補助電極及支架所構成。在石英玻璃發光管內封入金屬鹵化物，作為發光物質，在高溫及高壓之水銀電弧中，金屬鹵化物分解為金屬原子與鹵元素，並使金屬原子產生特有之光譜而發光。及至低溫之管壁時，金屬再與鹵化物結合而成金屬鹵化物，這就是石英複金屬燈最大之特點。金屬鹵化物循環，可改善發光演色性。石英複金屬燈與大多數氣體放電燈一樣，呈現負電阻的電氣特性，點亮前燈管兩電極間有極高的電位梯度，所以驅動石英複金屬燈的安定器，必須具備限制燈管電流以及高電壓點燈的兩個基本功能。



(燈泡型)



(雙帽型)

圖 4.6-1 石英複金屬燈構造

2. 石英複金屬燈特性與效率如何？

答：(1). 壽命長：在相同的流明下，一個石英複金屬燈相當於 45 個白熾燈的壽命。

(2). 光色自然：標準的石英複金屬燈發出白色光，其色溫從 3,200 K 到 4,000 K，演色性 Ra 從 65 到 70。

(3). 效率高：石英複金屬燈發光效率是白熾燈的 3~5 倍，並且減少能源浪費與熱的損失。

(4). 小型化：石英複金屬燈弧光放電管長小於 1 英吋，其所產生之光束相當於 84 英吋長高輸出型螢光燈所發出之光束。

(5). 規格多樣化：石英複金屬燈瓦特數從 32 W~2,000 W，光束從 2,000~210,000 lm 寬廣的範圍，包含所有室內、室外各種場所均能適用。

(10). 如表 4.6-1 及表 4.6-2 所示，依形式、電壓及瓦特不同，無發光效率約 70~107.4 lm/W。

表 4.6-1 石英複金屬燈泡特性與效率

型號規格	電壓 V	耗電 W	全光束 lm	色溫 K	壽命 h	效率 lm/W
HP1 PLUS 250W BU	220	256	18,000	4,300	10,000	70.3
HP1 PLUS 400W BU	220	395	32,500	4,300	10,000	82.2
HP1 T PLUS 250W	220	250	19,000	4,500	10,000	76.0
HP1 T PLUS 400W	220	390	35,000	4,300	10,000	90.0
HP1 T PLUS 1000W	220	985	85,000	4,300	10,000	86.3
HP1 T PLUS 2000W/220V	220	1960	189,000	4,200	10,000	96.4
HP1 T PLUS 2000W/380V	220	1955	210,000	3,800	10,000	107.4

參考資料：飛利浦光源產品型錄 2007~2008 年綜合型錄，P2-14【8】

表 4.6-2 雙頭石英複金屬燈泡效率與特性

型號規格	電壓 V	管功率 W	全光束 lm	色溫 K	演色性 Ra	壽命 H	效率 lm/W
MQI70/T6/30	220	70	5,500	3,000	75	6,000	78
MQI70/T6/43	220	70	5,000	4,300	75	6,000	71
MQI150/T6/30	220	150	11,250	3,000	75	6,000	75
MQI150/T6/43	220	150	5,500	4,300	75	6,000	73

參考資料：旭光光源產品型錄 2005~2006 年全產品型錄，P054【10】

3. 石英複金屬水銀燈的分類及適用場所？

答：(1).兼用水銀燈安定器型之石英複金屬水銀燈光源內附啟動器(日本規格)：

為了使具有較高起動電壓的石英複金屬水銀燈，能夠順利起動而可靠的工作，日本系統複金屬水銀燈泡，內部附有起動裝置，所以僅搭配水銀燈安定器就能使用；故舊有之水銀燈具，若要改善演色性及效率，換上日本系統石英複金屬水銀燈泡就能輕易達成目的。

(2).專用安定器型石英複金屬水銀燈泡(歐美規格)：

起動石英複金屬水銀燈泡必須使用較高的電源電壓(例如 380V)或採用一些特殊起動裝置，例如安定器二次無負荷電壓比水銀燈高，在安定器中設置產生高壓脈衝裝置，採用雙金屬片或半導體起動器等，作為石英複金屬水銀燈泡的高壓起動器。製成之石英複金屬水銀燈專用安定器，搭配歐美規格複金屬水銀燈。

(3).石英複金屬水銀燈泡適用場所：

賣場、百貨公司、辦公大樓、商業空間之基本與重點照明，如展覽館、體育館、室內外運動場地、植物栽培、戶外投光照明、公園綠地、都市廣場、建築物景觀照明、工廠、停車場、遊樂區。

4.7 高壓鈉氣燈

1. 高壓鈉氣燈的構造及動作原理為何？

答：(1). 如圖 4.7-1 所示，高壓鈉氣燈泡，係採用具有優良耐熱性、耐鈉性與透光性之鋁瓷發光管，在其管內封入鈉、水銀和氬氣，利用高壓鈉蒸氣放電而發光之燈泡，此型燈泡在起動時必須要有一個電子起動器給燈泡起動所需要的瞬間脈衝電壓。

(2). 電源加入時，脈波立刻造成氬氣的游離，發出暗淡的青白色光，而游離的正負粒子以及再結合時所放出的能量很快就造成水銀的放電，發光顏色立刻呈較亮的青白色，這些都是瞬間的變化，大約 10 秒左右金屬鈉就跟著融解、放電、發出單色黃色光，然後鈉蒸氣壓逐漸升高，光色也逐漸增強而轉白，大約 5 分鐘就達成穩定的放電狀態，發出高壓鈉氣燈固有的金白色光，起動時間要比水銀燈快些，且由於發光管的氣壓比水銀燈低，因此電源中斷之後的再起動時間很短，僅需 1 分鐘便能再點亮，3-4 分鐘即趨於穩定。

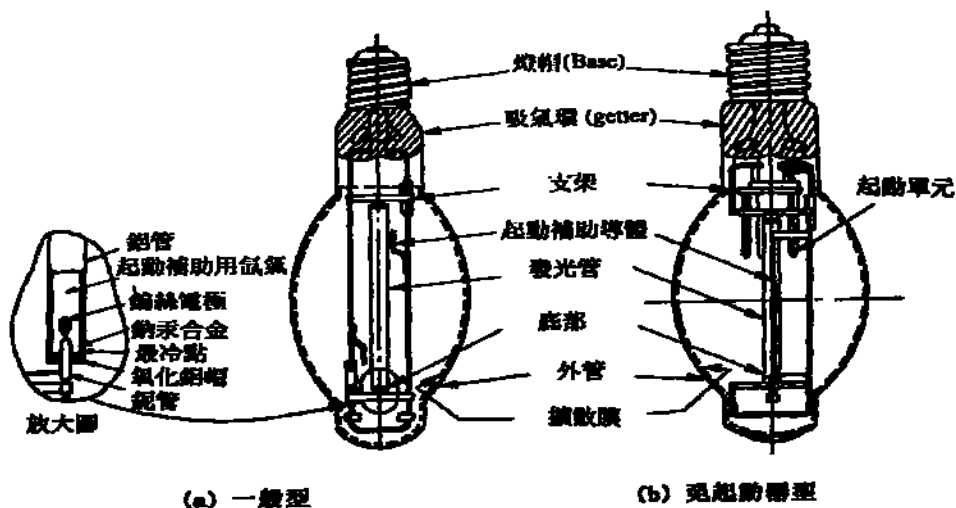


圖 4.7-1 高壓鈉氣燈構造

2.高壓鈉氣燈特性與效率如何？

答：(1).最佳高發光效率。

(2).富於節約能源、經濟效益。

(3).具有金黃略帶白色光，光色穩定。

(4).安定點燈，可靠而且壽命長。

(5).光衰低絕佳的光束維持率。

(6).再點燈起動時間短。

(7).高壓鈉氣燈是 HID 放電燈泡中效率最高，以 SON-400 W 為例，效率高達 130 lm/W，約有水銀燈 2 倍以上的高效率。

(8).卓越的性能，以較少燈數即可以獲得相同的照明水準，達成節約能源的經濟效益。

(9).發出以黃澄為主的金白色光，在這光源的照射下，可以有限度地分辨物體顏色，帶來溫暖感覺之照明。

(10).採用具有優良耐熱、耐鈉以及透光性之鋁瓷發光管，點燈安定而可靠。

(11).燈泡內部保持高真空，僅約需 2 分鐘短時間，即可達成再起動點燈。

(12).高壓鈉氣燈泡效率與特性如表 4.7-1 所示，依形式、電壓及瓦特之不同，具發光效率約 82.5~125 lm/W。

表 4.7-1 高壓鈉氣燈泡效率與特性

規格	電壓 V	耗電 W	全光束 lm	色溫 K	演色性 Ra	壽命 h	效率 lm/W
SON-70I	220	70	5,800	4,500	25	12,000	82.5
SON-100	220	100	9,500	4,500	25	12,000	95.0
SON-150	220	150	14,500	4,500	25	12,000	90.0
SON-250	220	250	27,000	4,500	25	12,000	100.0
SON-400	220	400	48,000	4,500	25	12,000	117.5
SON-1000	220	1,000	5,800	4,500	25	12,000	120.0
SON-T100	220	100	10,000	4,500	25	12,000	100.0
SON-T150	220	150	15,000	4,500	25	12,000	93.3
SON-T250	220	250	28,000	4,500	25	12,000	108.0
SON-T400	220	400	48,000	4,500	25	12,000	117.5
SON-T1000	220	1,000	130,000	4,500	25	12,000	125.0

參考資料：旭光光源產品型錄-2005~2006 年全產品型錄，P053【9】

3.高壓鈉氣燈的分類、安裝使用注意事項及適用場所？

答：(1).高壓鈉氣燈依配合之安定器不同而可分為專用安定器(歐美規格)

及水銀燈安定器(日本規格)二種。

(2).鈉氣燈泡安裝注意事項：

- A.請選用和燈泡相搭配的適當安定器點燈。
- B.燈泡外邊使用的點燈起動器，必須合乎規格要求。
- C.電源之正極(+)須經由安定器，接線到燈泡之中央導電片。
- D.額定電壓±6%內為適用範圍。電壓高或過低時，均會導致燈泡壽命縮短或不亮。

(3).鈉氣燈泡使用注意事項：

- A.安裝或取下燈泡時，必須確認先關閉電源。
- B.使用前預防燈泡表面受到刮傷或撞擊。
- C.使用中避免燈泡被水濺到或接觸到低溫物體。

- D.起動時間—燈泡於開始起動至完全點亮約需 3 至 8 分鐘。
- E.燈泡內部係高真空狀態，處理廢棄燈泡時，務必在容器內處置，避免玻璃碎片飛散受傷。
- F.如泡殼破裂，不可以繼續使用，必須立即關閉電源，予以更換。
- G.請務必依照注意事項安裝使用，以避免不當的使用，而造成設備與人員之傷害。

(4).高壓鈉氣燈泡適用場所：

- A.街道、隧道、高速公路、交流道。
- B.機場、公園、工廠、停車場、遊樂區。
- C.運動場、植物栽培、戶外投光照明。

第五章、新型節能照明光源產品介紹

自從 1879 年愛迪生發明了白熾燈，掀開了人類照明史的第一頁，隨著科技的發展，目前光源發展進步，神速而高效率、高壽命之環保光源，如省電燈泡、電子安定器、T8 三波長螢光燈、T5 超細管徑螢光燈、LED 燈、陶瓷複金屬燈及無電極感應燈等，都已在市場上廣泛地應用，因此以下概述介紹各種新型環保節能光源之發光原理、特性及效率。

5.1 安定器內藏型緊密型螢光燈管(俗稱：省電燈泡)

1.省電燈泡構造及特性與效率如何？

答：小瓦特之緊密型螢光燈管加上安定器內藏型或外加組合型，市面上都簡稱為省電燈泡。省電燈泡構造及電子點燈回路(例)，如圖 5.1-1 所示。其特性包括有：(1)點燈壽命更持久，達 6,000 小時以上；(2)亮度高，發出全光束高；(3)光線柔和不刺眼；(4)更省電；(5)外型輕巧美觀；(6)不閃爍、保護眼睛視力健康。

省電燈泡特性與效率如表 5.1-1 所示，依型式及電壓之不同，其發光效率約 40~63.7 lm/W。

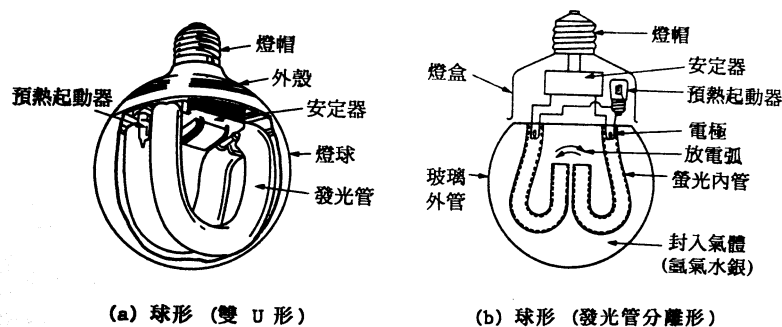


圖 5.1-1 圓筒形省電燈泡(電子點燈回路)

表 5.1-1 省電燈泡特性與效率

規格	電壓 V	型式	耗電 W	全光束 lm	色溫 K	壽命 h	效率 lm/W
11W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	11	569	6,500	6,000	51.7
13W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	13	828	6,500	6,000	63.7
20W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	20	1,115	6,500	6,000	55.8
23W/D	220	HELIX 電子式螺旋型	23	1,296	6,500	6,000	56.3
25W/D	120	HELIX 電子式螺旋型	25	1,589	6,500	6,000	63.6
27W/D	120	HELIX 電子式螺旋型	27	1,632	6,500	6,000	60.4
20W/D	120	SLED 電子式球型	20	1,080	6,500	6,000	54.0
17W/D	220	SLD 電子式球型	17	680	6,500	6,000	40.0
18W/D	120	SLD 電子式球型	18	810	6,500	6,000	45.0

參考資料：飛利浦光源產品型錄 2007~2008 年綜合型錄，P3-2~P3-11【8】

2. 省電燈泡取代白熾燈泡之節能效益如何？

答：(1). 一個 17 W 球型省電燈泡，其發出全光束在 680 lm 以上，相當於一個 60 W 傳統白熾燈泡之全光束 570 lm。所以省電燈泡消耗電力祇需傳統白熾燈泡的 1/4 消耗電力，即可發出與傳統白熾燈泡相同之光束，故省電可達 3/4。見表 5.1-1 及圖 5.1-2 省電燈泡取代白熾燈(例)。

(2). 經濟效益：(飯店公共場所照明，用電電價一度電以 2 元，每年 6,000 小時點燈計算)

A. 60 W 傳統白熾燈泡點燈 6,000 h/年所消耗電力為 360 度電，

$(60 \text{ W} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 6,000 \text{ h/年} = 360 \text{ kWh/年}$ ，

而 60 W 傳統白熾燈泡每個壽命只 1,200 h 左右，點燈 6,000 h/年需用 5 個傳統白熾燈泡。

B. 17 W 省電燈泡點燈 6,000 h 所消耗電力為 102 度電，
 $(17 \text{ W} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 6,000 \text{ h/年} = 102 \text{ kWh/年}$

17W 省電燈泡點燈壽命在 6,000 h 以上。

C. 使用每粒省電燈泡可省電為：

$= (\text{白熾燈泡} - \text{省電燈泡}) \text{用電} = (360 - 102) \text{度/年} = 258 \text{度/年}$

D. 使用每粒省電燈泡可省電費為：

$= (\text{白熾燈泡} - \text{省電燈泡}) \text{電費} = (360 - 102) \text{度/年} \times 2 \text{元/度}$

$= (720 - 204) \text{元/年} = 516 \text{元/年}$











































E. 使用每粒省電燈泡投資費用：

$= (\text{省電燈泡} - \text{白熾燈泡}) \text{費用(電位差)} = (250 \text{元/個} \times 1 \text{個} - 13 \text{元/個} \times 5 \text{個}) = (250 - 65) \text{元} = 185 \text{元}$

F. 回收年限 = 省電燈泡投資費用電價差 ÷ 省電燈泡節省電費

$= 185 \text{元} \div 516 \text{元/年} = 0.36 \text{年回收}$

SURVEY OF PL AND SL* RANGE OF LAMPS AND EQUIVALENT GLS/TL LAMP WATTAGES

Lumens	250	400	450	550	600	650	800	850	900	1050	1200	1500	1800	2900	3500
PL-S 	5W	7W			9W				11W						
PL-S/4p 	25 	40 			60 				75 						
PL-C 					10W				13W		18W		26W	26W	
PL-C/4p 					60 				75 		100 		150 	150 	
PL-L 											18W 		24W 	36W 	40W 
PLC* Electronic 		9W 			11W 				15W 		20W 	23W 			
SL* Prismatic 			9W 			13W 			18W 		25W 				
SL* Comfort 		9W 			13W 		18W 			25W 					
SL* Decor 		9W 			13W 			18W 							
SL* Decor Electronic 				11W 				15W 			20W 				

資料來源：Philips Lighting-Compact Lighting Catalogue，1990/91，P144【11】

圖 5.1-2 省電燈泡取代白熾燈

5.2 高頻電子安定器

1 照明傳統安定器與高頻電子安定器差異如何？

答：(1).一般傳統矽鋼片低頻率安定器因使用市電 60 Hz 之電源，產生每秒 120 次之閃爍，雖然不一定會為一般成人所感覺，但對於視覺較為敏銳的中小學生而言，卻是不可忽視的不良現象。此外，傳統低頻安定器的鐵損與發光損失大約為燈管額定功率的 25% 左右，形成不經濟的耗電。又因功率數低，以致於配電線路的電流上升，造成電線的過負荷與損失，對於自主能源短缺的台灣地區而言，頗不適合。

(2).電子安定器是近十年來的一項新產品，基於長久以來配合日光燈管發光所用安定器之缺失，而運用成熟的電力電子技術，開發適合於螢光燈管特性的照明組件。其主要原理是先將 60 Hz 的市電整流、濾波後，變成為直流，再利用電路學上的振盪原理設計振盪電路，產生超過 30-50 kHz 的高頻交流電源，經穩定電路後供給日光燈管點燈，如果再加上變頻變壓 (VVVF) 設計，則可成為可調光式電子安定器。

2.安定器的功用與分類如何？

答：所謂安定器乃是一種由電機電子零件所構成使用於放電燈管的點燈裝置(如日光燈、水銀燈、鈉氣燈、等)。其主要之功用為提供一高壓以起動點亮燈管，然後再提供燈管穩定的工作電流。依不同之方式來區分，可概分類如下：

(1).以構成元件來分：

A.電感式：以線圈及矽鋼片組成，是目前使用最廣範且最經濟的一種安定器(以消費者角度而言)，但已逐漸被電子式所取代。

B.電容式：以電容器做為安定器，電流波形而尖銳影響燈管壽命。

C.電阻式：以電阻器做為安定器，電阻之功率消耗大而效率差。

D.電子式：以電感、電容、電阻、變壓器及電晶体等電子零件組成電子安定器。

(2).以外觀結構來分：

A.開放式：安定器本体以適當之外匣固定，帶電体外露者。

B.封閉式：安定器本体置於鐵盒中，並充填絕緣物者，耐候性較佳，適於戶外使用。

(3).以起動方式來分：

A.預熱起動型：先預熱燈絲一段時間，然後起動點亮燈管。

B.瞬時起動型：電源接通後瞬間起動點亮燈管，免用起動器。

(4).以內部結構來分：

A.抗流線圈型：結構簡單僅有一電感線圈。

B.漏磁型變壓器：由二只線圈組成，具有升壓及限流的作用。

(5).以電氣特性來分：

A.普通型：低功率因數者(功率因數約為 30%~60%)。

B.高功率因數型：大於 85%者。

C.省電型：比一般型省電 14~35%(低損失)。

D.不閃爍型：一個安定器點二支燈管，利用相位差的原理，使二支燈管發出之光束互補，以消除閃爍現象。

E.定電力型：電源電壓在某一範圍內變動時(約為 $\pm 10\%$)，其輸出光束幾乎不變。

(6).以點燈數量來分：

A.單燈型：一個安定器點一支燈管。

B.雙燈型：一個安定器點二支燈管。

C.三燈型：一個安定器點三支燈管。

D.四燈型：一個安定器點四支燈管。

(7).以安全性來分：

A.防災可回復型：當安定器因內在或是外在的因素而使內部溫度，上升至某一溫度值時（視溫度保護開關之規格而定），即自動切斷安定器之電源；待異常原因消失，內部溫度下降，即自動恢復點燈。

B.防災不可回復型：其跳脫切斷電源之條件同上所述，但其跳脫後即使溫度下降，也不能再恢復點燈。

3.電子安定器基本動作原理及主要特點如何？

答：(1).先將商用頻率 50 Hz 或 60 Hz 之電源，整流為直流電，然後經由交換式震盪回路產生 20 kHz~60 kHz 之高頻交流電，再經過點燈回路，產生限流作用，並預熱燈管，且在一秒左右點亮燈管。如圖 5.2-1 所示。

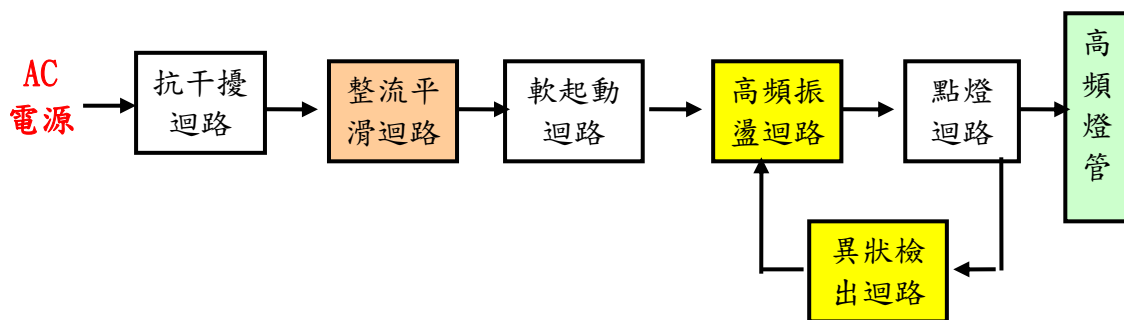


圖 5.2-1 電子式安定器基本點燈迴路方塊圖

(2).電子安定器主要特點：

A.大幅省電：和傳統安定器比較，可省電 20% 以上。

B.功率因數極高：

a 傳統高功率因數型安定器約 80%~90%。

b.電子高功率因數型安定器約 95%~99%。

C.光輸出穩定而不閃爍：

a.傳統安定器點燈頻率 60 Hz，一秒 120 次頻閃，肉眼很容易察覺到閃爍。

b.電子安定器因高頻點燈，輸出光波非常穩定而不易閃爍，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。

D.可聽雜音低：與傳統安定器比較，有較低的可聽雜音。

E.體積小、重量輕、外觀體積及形狀可變化彈性大。

F.安全性高：具三重防災異常保護。

G.調光性好：可依市場需要設計成全微幅及分段調光型兩種。

F.電子安定器具有三重防災安全保護設計：

a.具過電流保護功能（電源端加裝保險絲）。

b.具過溫度保護功能（主要發熱源加裝復歸式溫度開關）。

c.具燈管異常檢出抑止保護功能（當燈管漏氣或壽命末期時，安定器自動截止工作；且必須等燈管更換完之後，再開關電源時安定器才能重新工作點燈。）

4.螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)差異多少？

答：(1).由電子零件所組成的電子安定器，在高頻轉換中工作，發揮了非常低的電力損耗效果，相較於傳統安定器，可降低的安定器電力損耗，由表 5.2-1 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較，可作為節能改善效益計算參考。【7】

表 5.2-1 螢光燈管用電子式安定器與傳統式安定器輸入功率(W)比較表

安定器輸入功率(W)				
型式	傳統式高功因安定器	電子式安定器	型式	電子式安定器
	220V	220V		220V
20W×1	24W	21W	T-5 14W×1	18W
20W×2	24W*2=48W	39W	T-5 14W×2	34W
20W×3	24W*3=72W	60W	T-5 14W×3	48W
20W×4	24W*4=96W	80W	T-5 14W×4	68W
30W×1	37W	28W	T-5 21W×1	25W
30W×2	37W*2=74W	55W	T-5 21W×2	48W
30W×3	37W*3=111W	78W	T-5 21W×3	72W
30W×4	37W*4=148W	108W	T-5 21W×4	
T-8 32W×1	-	37W	T-5 28W×1	40W
T-8 32W×2	-	72W	T-5 28W×2	78W
T-8 32W×3	-	106W	T-5 28W×3	89W
40W×1	44W	38W	T-5 35W×1	41W
40W×2	44W*2=88W	76W	T-5 35W×2	76W
40W×3	44W*3=132W	112W	T-5 35W×3	117W
45W×1		51W	T-5 54W×1	60W
45W×2		98W	T-5 54W×2	113W
58W×2		98W		

註：1.日光燈管輸出流明(lm)值依廠牌而略有不同，以某牌為例：40W一般燈管初光束為2,800 lm，32W三波長燈管初光束為3,100 lm。

2.上表安定器耗能為參考某廠商型錄資料【7】，實際耗能依現場電壓高低比例變動。

5. 電子安定器比傳統安定器省電及電費多少？

答：表 5.2-2 所示為某商業大樓採用電子安定器每年省電費之金額，(電子式與傳統式安定器省能比較)，由表 5.2-2 可以清楚地瞭解省電之比率約 14~20%。

表 5.2-2 商業大樓採用電子安定器年省電費金額

型式	電壓	消費電力(W)		降低耗電		降低用電	節省金額
	(V)	一般型 安定器	電子式 安定器	(W)	(%)	(kWh/年)	(元/年)
20W 2 燈	220V	48	39	9	19%	19,710	43,362
20W 3 燈	220V	72	60	12	17%	26,280	57,816
32W 2 燈	220V	72	72	0	0%	-	0
32W 3 燈	220V	106	106	0	0%	-	0
40W 2 燈	220V	88	76	12	14%	26,280	57,816
40W 3 燈	220V	132	112	20	15%	43,800	96,360

註：年省電金額是使用 500 套燈具，一年點燈 4,380 小時。每度電費是依一般商業大樓 2.2 元為基準。

6. 電子安定器通用採購規範為何？

- 答：(1).採用不含毒性化學物質的材料如 PCB 等。
- (2).電源端總電流諧波失真小於 15 %，提高用電品質。
- (3).無載輸出電壓 50 V 以下，換修光源安全。
- (4).符合 FCC PART 18，具 EMI 防止干擾之功能設計。
- (5).具燈管異常檢知保護功能，燈管壽命內時不閃爍、保護視力健康。
- (6).具過電流保險絲保護功能。
- (7).具過熱溫度保護功能，安全無慮。
- (8).具並聯點燈功能，一燈不亮時，另一燈仍可正常點燈。
- (9).功率因數 98 % 以上，提高設備使用率，經濟、省電、安全。

- (10).燈管電流波高率(crest factor)1.4 以下，延長燈管使用壽命。
- (11).燈具內部配線採用防錯型公母端子，施工容易。
- (12).啟動時間小於 3 秒。
- (13).燈具點燈噪音 20dB 以下。
- (14).燈具有雷擊保護迴路設計。
- (15).防感電保護迴路設計。
- (16).正常使用保證一年，保固三年(光源除外)。

7. 使用電子安定器應注意那些事項？




- 答：(1).安裝時，燈具與電子安定器都必須確實接地。
- (2).電子安定器無防水功能，故必須安裝在燈具內，不能使用在多潮濕之場所，以免絕緣不良，造成漏電或短路。
- (3).適用燈具週溫 10°C ~ 40°C 。
- (4).適用電源電壓為銘板標示之輸入電壓值 $\pm 6\%$ 以內。
- (5).必須使用銘板上所指定之燈管，以免燈管提早黑化壽命而減少。
- (6).更換燈管或不亮維修時，請務必將電源開關關閉 5 秒，讓保護動作復歸後再送電，以確認安定器是否故障，以免造成誤判。

5.3 T- 8 高頻環保螢光燈管

1.T8 高頻環保螢光燈管管徑尺寸？

答：(1).目前辦公室採用之光源方面以直型螢光燈居多，管徑從 T12 (38 mm ϕ)、T10 (32 mm ϕ)、T9 (29 mm ϕ)、T8 (25.5 mm ϕ)、T5 (15.5 mm ϕ)，螢光燈管管徑縮小；而光源效率由 60 lm/W 提高到 104 lm/W，節省電力 40%。螢光燈管外型尺寸，見表 5.3-1 所示，電燈管長度由 T-9 40 W、20 W 日光燈具改成 T-5 日光燈時，應注意長度不同。

表 5.3-1 螢光燈管外型尺寸

	T5	T8	T12
燈管直徑	 0.625" T5	 1.00" T8	 1.50" T12
燈管長度	549 mm	590 mm	590 mm
	849 mm	895 mm	895 mm
	1149 mm	1199 mm	1199 mm

(2). 一般型燈管大多採用鹵磷酸鈣螢光粉製造，由於價格相當便宜，每支約 60 元，所以在國內外銷售量佔燈管類 80%，但其有發光效率、演色性、壽命、光束維持率均偏低。三波長燈管採用最高效率的稀土類螢光粉，集中了對人類肉眼色覺識別能力最佳的藍色(435 nm)、綠色(543 nm)、紅色(611 nm)三個狹窄光譜組合出一種效率既高、演色性又佳的白光色，是業者極力推廣的產品。其特點如：

A.天然光線：接近太陽光，不傷眼，色調自然，氣氛溫馨。

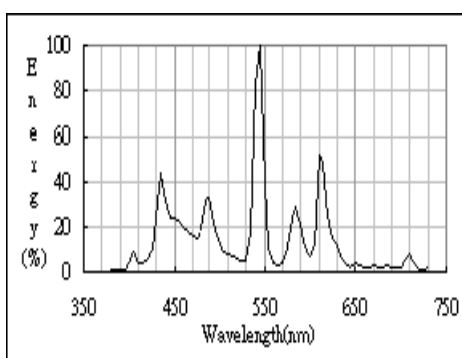
B.高演色性：色澤鮮麗，提高物品之價值感與鮮度感，如圖 5.3-1

所示。

C.高亮度：比一般型燈管亮度增加 30%以上。

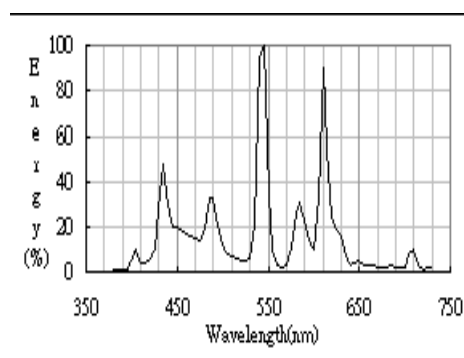
D.效率好：可省電 5%以上。(以 40 W 為例，普通燈管效率為 72 lm/W，三波長燈管 84 lm/W，二者比較相差約 17%，如表 5.3-2 螢光燈管能源效率標準。

E.壽命長：平均壽命 10,000 小時以上。



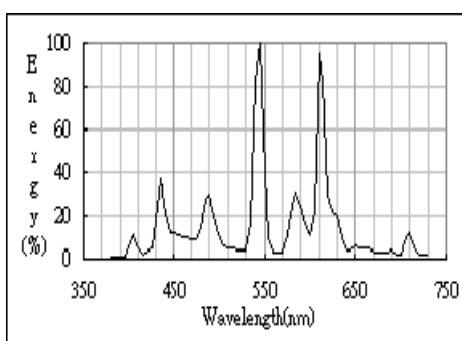
三波長晝光色(DEX)－6,500K

光色有透明、白色、涼爽等感覺的特質
適用於餐廳、嬰兒房、店舖及夏季之照明



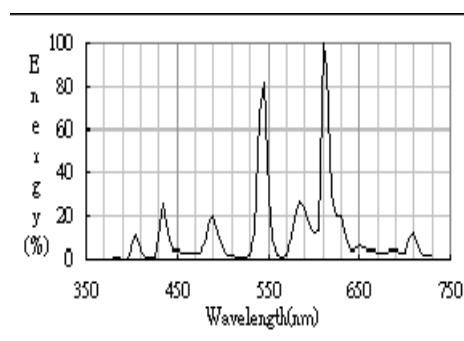
三波長晝白色(NEX)－5,000K

能使物體看起來更美、更接近自然光
適用於住宅、店舖、辦公室



三波長白色(WEX)－ 4,000K

具有緩和舒適的光色，更接近自然光
適用於住宅、店舖、旅館、辦公室



三波長燈泡色(LEX)－ 2,800K

與電燈泡同光色，具有暖和舒適的光色
適用於住宅、店舖、旅館及冬季之照明

圖 5.3-1 三波長日光燈管色溫

2. T8 高頻螢光燈管能源效率標準及節能標章如何？

答：經濟部能源局公告螢光燈管能源效率節能標章及標準，如下：

1. 使用能源設備或器具容許耗用能源標準

(網址：<http://www.moeaboe.gov.tw/>)

- (1). 螢光燈管能源效率標準，參見表 7.2-2。
- (2). 緊密型螢光燈管能源效率基準，參見表 7.2-3。
- (3). 螢光燈管用安定器光效因數基準，參見表 7.2-4。

2. 經濟部能源局節能標章 (網址<http://www.energylabel.org.tw/>)

- (1). 螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法，見表 7.2-6。
- (2). 節能標章，參見表 7.2-8。
- (3). 螢光燈管環保標章規格標準，參見表 7.2-9。

3. T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器有何特點？

答：T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點，如表 5.3-2 所示。

表 5.3-2 T8-32W 高效率螢光燈與電子安定器之特點

●省電

品種	傳統安定器	電子安定器	高效率電子安定器
	40 W 2燈	40 W 2燈	32 W 2燈
消耗電力(W)	97	78	68
輸出光束(lm)	6,000	6,000	6,200
適用燈管	FL40N-EX/38	FHF38NEX	FHF32NEX
省電比	100	119	130

●安全特性

規格	電子安定器	傳統安定器
電源端總電流諧波失真率(ATHD)	10% 以下	22%
電磁干擾(EMI)	A~B級	B級
耐電源電壓變動率	6%	6%
防災保護設計	保險絲、溫度開關。 燈管異常檢出保護。	無

無載輸出電壓	50 V 以下	200 V
安規	符合CNS IEC JIS UL	符合CNS

●壽命：電子安定器5年以上使用壽命設計，和傳統安定器相當。

●維護性

電子安定器	傳統安定器
螺絲固定、換裝容易，引出線採防錯型公母端子扣設計，換裝安定器迅速完成，可提高活電作業之安全性，並可大幅降低維修費用。	鉚釘固訂，不易換修、換修不易，增加剪、剝、包紮之動作，費時費力且危險性提高。

●光品質：T8-32W燈管搭配電子安定器，具高演色性Ra 85以上及高頻點燈，光線自然柔和不閃爍、保護視力。

4. T8-45W 高效率螢光燈與電子安定器之特點為何？

答：(1).T8-45W 高輸出型高頻環保燈管的全光束，如下表 5.3-3 所示。

表 5.3-3 高輸出型高頻環保燈管的全光束

DEX	全光束為4,230 lm
NEX	全光束為4,500 lm
WEX	全光束為4,500 lm
LEX	全光束為4,500 lm

(2). T8-45 W 高輸出型高頻環保燈管與電子安定器之特點，見表 5.3-4 所示。

(3). T8-45W 高輸出型高頻環保燈管和 T8 32 W 螢光燈管在相同的照度與均齊度情況下之省電效果比較，45 W*2 燈型燈具比 32 W * 3 燈型燈具，省電 5.7% 以上。

表 5.3-4 T8-45 W 高輸出型高頻環保燈管與電子安定器之特點

●省電

品種	傳統安定器	電子安定器	高輸出型電子安定器
	40 W* 3燈 220 V	40 W *3燈 220 V	45 W* 2燈 220 V
消耗電力(W)	135	115	99
輸出光束(lm)	8400	8400	8460
適用燈管	FL40/38	FHF38	FHF45DEX
省電比(%)	100	115	126

●安全特性

規 格	電子安定器	傳統安定器
電源端總電流諧波失真率(ATHD)	10% 以下	22%
電磁干擾(EMI)	A~B級	B級
耐電源電壓變動率	6%	6%
防災保護設計	保險絲、溫度開關 燈管異常檢出保護	無
無載輸出電壓	50 V以下	200 V
安規	符合CNS IEC JIS UL	符合CNS

●壽命：電子安定器5年以上使用壽命設計。

●維護性

電子安定器	傳統安定器
螺絲固定、換裝容易，引出線採防錯型公母端子扣設計，換裝安定器迅速完成，可提高活電作業之安全性，並可大幅降低維修費用。	鉚釘固訂，不易換修，換修不易，增加剪、剝、包紮之動作，費時費力且危險性提高。

●光品質：具高演色性Ra 85以上及高頻點燈，光線自然柔和不閃爍，保護視力。

5.T8 45W 高輸出型高頻環保燈管之使用場所？

- 答：(1).需要高照度之場所：百貨公司、大賣場、年長者之閱讀場所。
(2).維修換燈不易之挑高場所：燈具按裝高度在四米以上之場所。
(3).局部高照度之場所：生產線之品管。
(4).配合政府政策使用省能源照明器具之場所：任何場所均適用。

6.節約能源為優先之螢光燈管選用原則如下：

答：(1).以發光效率及節能優先考慮

螢光燈管選用準則：長直的比短彎的好、大的比小的、圓周運動勝過急轉彎、彎得越多越糟糕。

相同的外觀形狀下，長的燈管優於短的燈管，直的燈管優於彎曲燈管，環管(圓圈型或螺圈型)優於急彎型燈管(U 型)，外觀轉彎越多，效率越低(2U 優於 3U，3U 優於 4U)。

- (2).高瓦特額定燈管的效率高於低瓦特額定燈管，以 40 W 雙管螢光燈替代 20 W 四管螢光燈，可省電 31%。
- (3).高演色性燈管發光效率優於低演色性燈管。
低色溫螢光燈管(燈泡色 3,000 K、4,000 K)優於高色溫螢光燈管(晝光色 6,500 K)。
- (4).使用電子安定器的螢光燈管與省電燈泡，發光效率及發光穩定性均優於傳統安定器的螢光燈管或省電燈泡。
- (5).低電流諧波的安定器較高電流諧波的安定器安全。
- (6).高功因(>90%)的螢光燈具優於低功因(<80%)的螢光燈具。
- (7).低含汞量的環保燈管(T8、T5)優於普通型或粗管徑燈管(T12、T10)。
- (8).螢光省電燈泡優於白熾燈泡，無外殼者優於有外殼之省電燈泡。

5.4 T5 超細管徑螢光燈

1. T5 燈管之優點及效率如何？

答：1995 年首次產出 T5 燈管，其優點如下：

(1).管徑縮小(16 mm ϕ)

1995 年首次展出管徑縮小為 5/8 英吋，約為 16 mm ψ 的 T5 超細管徑螢光燈相較傳統燈管 T12 (38 mm ϕ)、T10 (32 mm ϕ)、T9 (29 mm ϕ)、T8 (26 mm ϕ)，燈管管徑縮小，等於光源體積縮小，對於燈具製造有以下幾個優點：

- A.光源截面積的縮小，使光的投射擴散或集中角度能控制得更好，使燈具的器具效率更高。
- B.光源直徑的縮小，使燈具在相同的光擴散性及眩光控制下，其燈具的厚度能真正減低，達到 6 公分以下，燈具的體積縮小減少原材料的使用。
- C.較細支燈管提供光源設計者更大自由之設計空間。

(2).光源輸出規格種類多

由現在的 T8(26 mm ϕ)減至 T5(16 mm ϕ)，種類區分高效率型及高輸出型兩種，高效率型包含 14 W、21 W、28 W、35 W，高輸出型包含 24 W、39 W、49 W、54 W、80 W。T5 燈管需搭配電子安定器使用，是目前最節能最環保的燈管，因此有利於環境保護逐漸成為市場主流。

(3).超高發光效率(最高可達 105 lm/W)

燈光效率最佳，燈管尺寸由 14 W 至 35 W(每 7 W/尺)，發光效率 100 lm/W~105 lm/W 比較傳統 T12(38 mm ϕ)20W~65W(10 W/尺)或 T8(26 mm ϕ)18 W~58 W(9 W/尺)其光效率約為 55 lm/W~90 lm/W 大幅提升。

(4).較長的使用壽命及較低的光衰

光輸出穩定，光衰最低，10,000 小時之光輸出仍保持在 92%。由表 5.4-1 的比較可知比一般傳統燈管的壽命長 2.5 倍，意即維修次數的減少及廢棄燈管的減量。若以每 3 小時開關一次測試，使用平均壽命高達 15,000 小時。且在使用壽命上，T5 的光衰以 90% 為基礎，而一般燈管則以 80% 為基礎，更是使照明設計時光源的維持率多了 10%，使燈具的使用量減少 10% 的數量。

(5).使用高效率三波長螢光粉，演色性佳，可提高照明品質。

(6).採固態汞設計每支燈管約 3mg，大幅減少廢棄燈管對環境的污染
T5 燈管直徑減少 40%，燈管水銀劑約為傳統燈管的 20%，即水銀污染僅有原有的 20%，如加上壽命增加 2.5 倍，以相對比例而言，水銀的量僅有傳統燈管的 8%，目前國內每年市場上，消耗的燈管約為八千萬支，所以 T5 的 8% 水銀污染比傳統燈管的水銀汞污染大幅減少，且因採用傳統回收處理容易較不易造成汞污染危害。

註：以往傳統燈管使用液態水銀而液態水銀，在恒溫下是以液態呈現，所以當燈管被廢棄破裂時，水銀立刻以液態滲入地下水源或河川造成污染，在生態中循環，對生物的殘害將是永遠的。而 T5 燈管所使用的是汞合金，在恒溫狀態下是固態，僅有在燈管高電壓激發的狀態下是呈氣態，所以當燈管破裂，水銀固態合金於接觸常溫的時候呈固態，無水銀污染問題。

(7).螢光燈管發光效率與壽命比較

光效高達 104 lm/W，由於具有光效高、演色性好、光衰小、壽命長、無頻閃等的特點，如表 5.4-1 所示。

表 5.4-1 各種螢光燈管光效率與壽命比較表

燈管	一般燈管	三波長	T5燈管
光效率(lm/W)	60	85	104
壽命(h)	6,000	8,000	>16,000

基於以上特色，T5 燈管成為替代傳統日光燈管的最有利產品，就目前具商業應用的產品而言，是最有效發揮節能及環保效果。

2. T5 和 T8 螢光燈管主要差異點為何？

答：T5 燈管直徑約小於 T8 及 T12 燈管 40~60%左右，且長度亦略短於 T8 及 T12 燈管，也因此 T5 型螢光燈管無法直接應用於 T8 及 T12 型原有的燈座及安定器。在應用方面，由於 T5 燈管與 T8、T12 燈管的長度及管徑不同，因此在替換原有燈管時，需將整個燈具替換成 T5 系統，消費者所需支付的成本也相對較高，但現在也有轉接頭來墊充此長度差距而不用更換燈具，現階段 T5 燈管主要是應用於新的建築物及照明改善工程，T5 與 T8 黃光燈管主要差異及特色見表 5.4-2 及表 5.4-3 所示。

表 5.4-2 T5 和 T8 螢光燈管管長及效率主要差異點

管徑	型號	耗電量 W	全光束 lm	燈管效率 lm/W	色溫 K	管長 mm	燈腳
T-5	HE 14W/840	14	1,200	85.7	4,000	549	G5
	HE 14W/865	14	1,100	78.6	6,500	549	G5
	HE 21W/840	21	1,900	90.5	4,000	849	G5
	HE 21W/865	21	1,750	83.3	6,500	849	G5
	HE 28W/840	28	2,600	92.9	4,000	1,156	G5
	HE 28W/865	28	2,400	85.7	6,500	1,156	G5
	HE 35W/840	35	3,300	94.3	4,000	1,456	G5
	HE 35W/865	35	3,100	88.6	6,500	1,456	G5
T-5	HO 24W/840	24	1,750	72.9	4,000	549	G5
	HO 24W/865	24	1,650	68.8	6,500	549	G5
	HO 39W/840	39	3,100	79.5	4,000	849	G5
	HO 39W/865	39	2,950	75.6	6,500	849	G5
	HO 49W/840	49	4,300	87.8	4,000	849	G5
	HO 49W/865	49	4,100	83.7	6,500	849	G5
	HO 54W/840	54	4,450	82.4	4,000	849	G5

	HO 54W/865	54	4,250	78.7	6,500	849	G5
	HO 80W/840	80	6,150	76.9	4,000	849	G5
	HO 80W/865	80	5,850	73.1	6,500	849	G5
T-8	TLD 18W/840	18	1,350	75.0	4,000	589.8	G13
	TLD 30W/840	30	2,400	80.0	4,000	849.6	G13
	TLD 36W/840	36	3,350	93.0	4,000	1199.4	G13
	TLD 38W/840	38	3,350	88.15	4,000	1047.0	G13
	TLD 58W/840	58	5,200	89.7	4,000	1500.0	G13
	TLD HF 16W/840	16	1,400	87.5	4,000	589.8	G13
	TLD HF 32W/840	32	3,200	100.0	4,000	1199.4	G13
	TLD HF 50W/840	50	5,000	100.0	4,000	1500.0	G13

資料來源：飛利浦(Philips)光源產品型錄，2007/200，P5-5~P5-10【8】

表 5.4-3 T5 和 T8 螢光燈管規格長度及發光流明數比較

T8 (Ø 26 mm)		600 mm	900 mm	1.200 mm	1.500 mm
		18 W	30 W	36 W	58 W
		1.350 lm	2.400 lm	3.350 lm	5.000 lm
T5 (Ø 16 mm)		550 mm	850 mm	1.150 mm	1.450 mm
	FH	14 W	21 W	28 W	35 W
		1.350 lm	2.100 lm	2.900 lm	3.650 lm
	FQ	24 W	39 W	54 W	80 W
		2.000 lm	3.500 lm	5.000 lm	7.000 lm

資料來源：OSRAM 照明

5.5 革命性環保產品 奈米光觸媒空氣清淨燈

光觸媒燈管在三波長燈管外表鍍二氧化鈦膜，利用 400 nm 以下波長紫外線照射，使其產生殺菌、除臭、自淨化、親水性等四大功能，已成為 21 世紀居家環境淨化、空氣處理、水處理方面與生活品質改善之不可或缺產品。

1.光觸媒作用原理為何？

答：光觸媒材料主要為 TiO₂ 銳鈦礦結晶，藉著紫外線照射在光觸媒表面產生電子洞對，遇空氣及水時會產生氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)，可氧化分解有機物，還原無機物，氫氧自由基亦可殺菌，其過程如下：

- (1).太陽光中的紫外線或紫外燈照射在光觸媒材料上，產生自由電子洞對(e_-+h^+)。
- (2).光觸媒材料表面吸附之氧氣(O₂)及水氣(H₂O)與產生之自由電子洞對(e_-+h^+)作用生成氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)。
- (3).氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)具強烈氧化作用，可為殺菌劑，並可分解空氣中有害廢氣臭味達到淨化空氣的目的，亦可分解水中有害溶劑及還原金屬，達到淨化水質之目的。

2.光觸媒相關產品功能與特性？

答：光觸媒有以下 5 大功能，燈具應用則以殺菌、除臭為主要訴求。

- (1).抑菌殺菌：自由基會直接穿透細菌之細胞膜，使細胞質流失，進而將細胞核氧化而殺死葡萄菌、大腸菌、霉菌等細菌。
- (2).除臭防霉：對氨氣、乙醛、一氧化碳、苯乙烯、丙烯、乙烯及甲硫醇、硫化氫等臭味會去除均極有效。
- (3).廢氣分解防污：家庭或公共場所之頑垢、油污、香煙煙垢及附著粉塵等均可有效分解。
- (4).去除環境污染物處理：可將含鹵素之低碳化合物去除。

(5).親水防霧：利用表面吸附之 H_2O 產生的 OH^- 和 H^+ ，可破壞並分散水滴之形成，使表面不結水滴、不結霧。

3.近紫外線(365nm) 光觸媒鍍膜玻纖套管空氣清淨燈有何特點？

答：市面上也有新產品以高科技奈米微粒溶膠技術，開發 TiO_2 Anatase 奈米微粒溶膠，進行玻纖布及套管鍍膜，再結合 365 nm 近紫外線燈，製成光觸媒空氣清淨燈，而可應用在生活上：

A.光觸媒鍍膜玻纖套管 UV 燈。

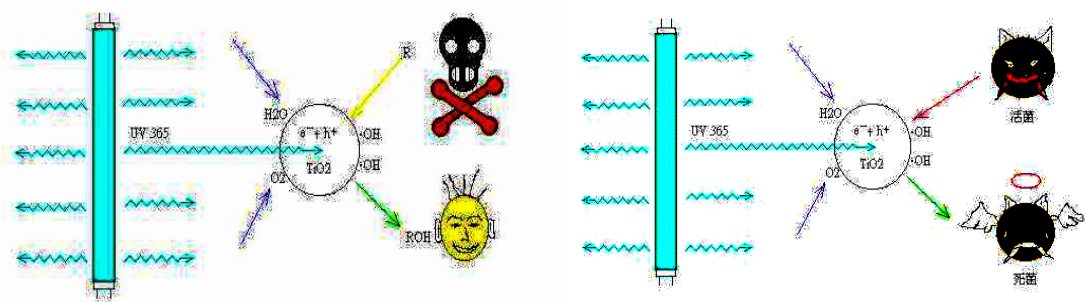
B.使用 365 nm 及 254 nm UV 燈管光源。

(1).特點一：廢氣處理能力如圖 5.5-1 所示。

光觸媒空氣清淨燈，是藉 365nm 光源照射在光觸媒鍍膜玻纖上，產生電子電洞對，電子電洞接觸空氣中之氧及水產生氫氧自由基，氫氧自由基遇空氣中有機氣體，進行氧化分解反應，生成 H_2O 及 CO_2 。

(2).特點二：殺菌抑菌能力。

光觸媒空氣清淨燈殺菌不是以 254 nm 紫外線直接照射細菌而殺死，而是以 365 nm 紫外線照射在光觸媒上產生氫氧自由基 (OH)，氫氧自由基為殺菌劑，而殺死細菌。



廢氣處理能力

殺菌抑菌能力

圖 5.5-1 光觸媒空氣清淨燈廢氣處理及殺菌抑菌能力

4.可見光光觸媒清淨燈特性及用途如何?

答：以高科技奈米微粒溶膠技術，開發 TiO₂ Anatase 奈米微粒溶膠，鍍著於螢光燈管壁上，成為可見光光觸媒清淨燈，驗證具廢氣處理能力及殺菌效果，用於室內環境，使原來照明燈具可處理空氣廢氣及細菌，獲得高品質室內空氣與照明，適用於醫院、學校、戲院、飯店、辦公等公共場所，並可供一般使用有機溶劑工業及醫藥、生化、食品、化妝品產業，進行有機廢氣分解與殺菌之功用，也適合使用於半導體、光電產業。對環境空氣中有害有機氣體及細菌無法有效處理。

(1).可見光光觸媒清淨燈特性：

- A.設備簡單，使用安全。
- B.經濟實用，效能長久。
- C.多重效果且無副作用。

(2).可見光光觸媒清淨燈相關產品用途：

適用於醫院、學校、戲院、飯店、辦公等公共場所及工業環保改善、醫藥、生化、食品、化妝品產業，進行有機廢氣之分解與抑菌殺菌之功用。

5.6 冷陰極燈管(CCFL)

1.冷陰極燈管(CCFL)之原理為何？

答：冷陰極燈管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, 簡稱 CCFL)，屬於低壓水銀放電燈，螢光燈內部封入微量的水銀，此水銀原子被電子衝擊而產生 253.7 nm 紫外線，經螢光粉層轉變為可見光。如圖 5.6-1 所示。

CCFL 點燈的穩定時間要 3 至 5 分鐘，於環境溫度 25°C 點燈時之瞬間光輸出為穩定時的 70% ；30 秒後，可達 90% 。由於冷陰極燈管不使用燈絲，故無燈絲燒斷或摔斷問題，因此有非常可靠的使用壽命且發光效率最高。冷陰極燈管發光色很容易由螢光物質的組成來調整，可製成各種光色的冷陰極燈管，但 LCD 背光所使用的冷陰極燈管，因全彩色的要求，均使用稀土類三基色螢光粉。因此冷陰極燈管是液晶 LCD 顯示器背光、電腦及圖文掃描等之最佳光源。

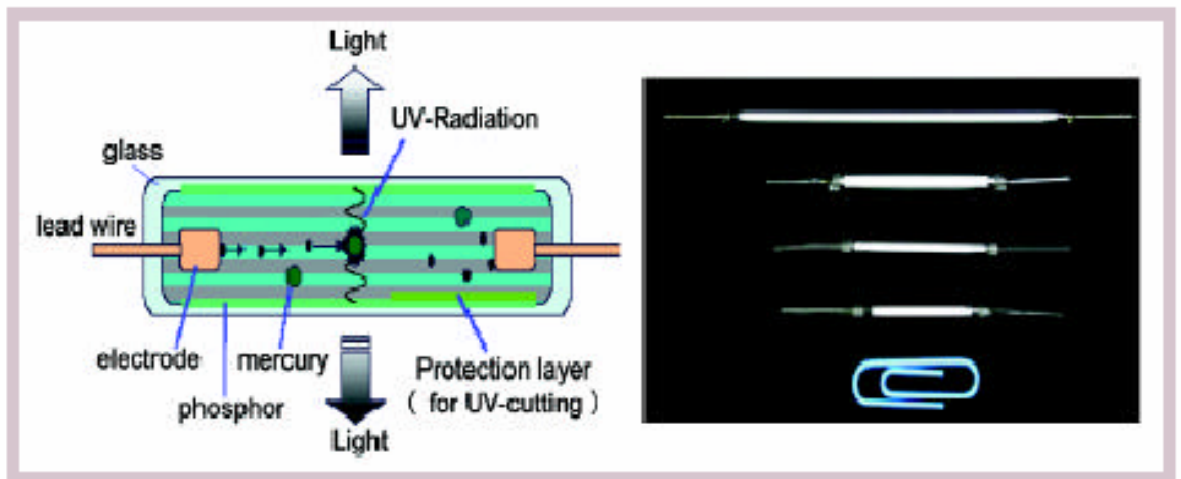


圖 5.6-1 冷陰極燈(CCFL)之發光原理示意圖及實體圖

2.冷陰極螢光燈管有那些特色？

答：(1)小形、輕量化；(2)長壽命，可達 50,000~70,000h；(3)可瞬時點燈；(4)低消費電力；(5)低發熱量；(6)點滅特性佳；(7)耐振性佳；(8)耐衝擊性佳；(9)容易調光；(10)電氣特性穩定；(11)光學特性佳；(12)點燈回路簡單；(13)配線容易；(14)高輝度；(15)外形容易變更可彎曲成 L 型、U 型、W 型等；(16)低成本化。

3.冷陰極螢光燈管有何用途？

答：(1).由於冷陰極燈管產品特性差異很小，信賴性高，使用高演色性及高發光效率的三波長螢光粉，最適用於彩色液晶顯示器的背光系統，其典型應用包括筆記型電腦、數位照相機、液晶顯示器、平面電視機、手掌式電動玩具...等資訊產品，都是使用冷陰極燈管作為液晶顯示器之光源。

(2).電腦掃描器及傳真機用冷陰極燈管，可獲得安定的光譜分佈，故 CCFL 合作為 CCD 彩色系統的光源。

(3).汽車室內計器類儀錶的照明。

(4).超薄型燈箱、誘導體、指示燈照明、室內裝飾用照明。

(5).條碼機識別光源。

(6).其它各種顯示器用光源。

CCFL 在目前可用的背光模組光源裡，具有電氣及光學特性安定，壽命長及耐震、耐點滅等特性，因此具有值得發展的潛力，CCFL 有廣大的市場及商機，但未來研發生產則有長管化之後所帶來的安全性、效率及環保問題，才能開發出延伸應用。

4.傳統與新式冷陰極螢光燈管緊急出口照明燈具優劣點比較如何？

答：(1).光電產品不斷的創新與突破，日前冷陰極黃光燈管應用於消防器材上之出口燈及緊急照明燈具，較傳統式黃光燈管省電達 66%以上，而 CCFL 耐用壽命達 50,000 小時以上，體積小、亮

度高，再加上電路採切換電源設計，從 90V-265V 均可共用，具有高穩壓功能可避免如傳統燈具因電壓高而極易燒毀之缺失。而在電池上採用鎳氫電池，即使充電 500 次後，尚有 80%左右的容量，壽命可達到 5 年以上，且壽命更達 2~15 倍以上，改善了一般鉛酸電池 2 年必須更換之缺失，幾乎免維護。故產品能達到高節能、高環保、高壽命、高品質、高信賴、易維護、易施工、美觀耐用、短小輕薄之優勢，傳統與新式緊急出口照明燈具優劣點比較，如表 5.6-1 所示。

表 5.6-1 傳統與新式緊急出口照明燈具優劣點比較表

項目	傳統緊急出口照明燈具	新式CCFL緊急出口照明燈具
消耗功率	大型(60W) 中型(40W) 小型(17W)	大型(18W) 中型(12W) 小型(6.6W)
輸入電壓	110V/220V	90V~265 V共用電子式安定器
燈管壽命	使用3,000h~7,000h，光衰嚴重	CCFL: 50,000h(後亮度衰減50%)
光源	輝度低	輝度高，易穿透濃煙可視距離較長
厚度	5cm~10cm	2-3cm
美觀	有待改善	優
施工	施工費高	厚度薄、易施工
維修	一年須更換1支燈管	近乎免維修
電池	鉛酸電池2年須更換	鎳氫電池壽命長可充放300-500次，使用壽命3-5年以上

- (2).冷陰極出口指示燈省能 66%，每年省下可觀的電費及維修費用；消防器材新設或汰舊換新逐次更換時，在考慮質感美觀與亮度要求時，超薄高節能耐用型消防燈具--冷陰極出口指示燈緊急出口燈，應該是較佳明智的抉擇。

5. CCFL 冷陰極出口指示燈與替代方案比較優劣點如何？

答：如表 5.6-2 所示為現有 CCFL 冷陰極與其它光源出口指示燈之優劣點比較，但未來若 LED 燈混光可以產生演色性較佳及壽命長之優點時，將有取而代之趨勢。

表 5.6-2 CCFL 冷陰極出口指示燈與替代方案優劣點比較表

項目		優點	問題
現有產品	CCFL	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 電器與光學特性安定 ◆ 壽命長 ◆ 耐震 ◆ 耐點滅 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 含汞 ◆ 長管化時有安全性及穩定性的問題
替代方案	無水銀燈管	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 無水銀符合環保 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 效率較低 ◆ 周邊新材料需要開發 ◆ 製作不易
	EEFL	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Inverter 數目較少 ◆ 壽命較長 ◆ 有發光效率較高 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 無法提升至高電流 ◆ Inverter 開發不易
	平面光源	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 無水銀符合環保 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Osram 掌握專利權
	ZaULas	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 利用電路系統減少 Inverter 數目 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 使各管電流穩定是最大課題
	LED	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 混光演色性較佳 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 成本較高 ◆ 散熱問題 ◆ 壽命均齊度與輝度衰減之均齊度差

資料來源：工研院經資中心 ITIS 計畫(2004/08)

5.7 發光二極體(LED 燈)

1.發光二極體 LED 基本特性如何？

答：(1).發光效率：目前高功率 LED (Light-Emitting Diode)單顆發光效率為 50~60 lm/W，比起白熾燈泡發光效率 15 lm/W 還要好。

(2).輝度：目前一般市售的 LED 的輝度大約 0.8~4 cd/mm²，而鹵素燈可達到 20 cd/mm²，HID 甚至可以達到 60 cd/mm²。

(3).色溫：高功率白光 LED 大多以藍光晶片加上黃色螢光粉的形式為主，由於激發光源為藍光晶片，故其頻譜強度大多落在短波長，屬於冷色系白光。高功率白光 LED 色溫大約界在 4500 K~8000 K 之間，屬於高色溫偏藍光。

2.發光二極體 LED 未來效率提升及用途？

答：(1).白光 LED 後續最為看好的是全球照明光源替換市場，目前白光 LED 發光效率已可達 50 lm/W(白熾燈泡發光效率為 15 lm/W)，但真正具有取代傳統照明市場實力，則仍需待白光 LED 發光效率提升到日光燈 60-100 lm/W 時方有機會，從發光效率來看，白光 LED 一旦超過 60 lm/W 後(相當於 20W 日光燈)，在照明市場才可開始普及化，若能將效率提升至 80 lm/W，則將普及到一般家庭各式燈具，除了發光效率及功率仍有極大的改善空間外，未來如何能快速降低成本也是關鍵，在發光成本上，2001 年白光 LED 的成本約 1 美元/lm，2002 年降至 0.1 美元/lm，未來若能將成本降至 0.005 美元/lm 以下，才有可能完全成為照明市場主力燈源。

(2).目前 LED 的發光效率與功率數與日光燈效率相比，仍偏低，有極大待改善空間。

A.目前 LED 發光效率：商品化白光 LED 之發光效率僅 50lm/W

以下，難以實用化。

B.目前LED功率效率：一般產品0.04W，高功率產品約2W~5W。

(3).白光LED若能達到60 lm/W，LED燈具將開始普及化，然後逐漸提升至80 lm/W，普及至一般家庭。目前白光LED在照明市場需求開始略有增加，預期LED燈效率提升後，可應用範圍如下：

A.低照度(LCD背光源)：10 lm/W。

B.中照度(檯燈)：20~30 lm/W

C.高照度(所有照明)：80~100 lm/W。

(4).成本的下降為普及化的另一因素。

3.白光發光二極體LED種類及效率與用途如何？

答：白光LED之種類可分為四種：

(1).擬似白光LED：

基本上它是由藍光LED與黃色螢光體所構成，動作時利用互補原理產生白光，這種型式的白光LED結構非常單純，而且發光效率很高。因此被當作小型LCD的背光光源，能廣泛應用在行動電話，缺點是紅色成份的強度較弱。

(2).近紫外白光LED：

它是由可產生近紫外光的LED，與可產生RGB三種色光的螢光體兩者組合而成，由於它是利用RGB三種顏色混合變成白光，所以色再現性很高。不過這種白光LED基於紫外光會使封裝樹脂與螢光體劣化等考量，因此需另外開發抗紫外光的樹脂與螢光體。

(3).單體RGB白光LED：

由於單體RGB三色LED混色成白光，可針對各單體LED設計散熱結構，因此較容易獲得高輸出效果。不過RGB單體LED的晶片，物理上彼此相隔，所以必需設計專用的導光路，使RGB

單體 LED 的光線能均勻混色變成白光，才能避免背光照明模組變厚。

(4).一體化 RGB 白光 LED：


一體化 RGB 可直接混色變成白光，所以沒有專用導光路與背光照明模組厚度限制等困擾，不過施加的電流量受到限制，不易獲得高輸出效果。

4. T-5 型狀之 LED 燈耗電如何？


答：如圖 5.7-1 所示，發光二極體(LED)可組裝做成 T-5 LED 燈型狀，可以單晶或 3 晶組成。如單晶 180 顆 T-5 燈管耗電 23.8 W；3 晶 54 顆 T-5 燈管耗電 24.5 W。其效率比 36 W 螢光燈略差些約 12%。
 $(41.7-36.7) \text{ lm/W} \div 41.7 \text{ lm/W} = \text{約 } 12\%$ 。

T5 LED strip

1.單晶180顆/T5燈管。
 2.單片的電氣特性為24VDC,消耗電流為430mA。
 3.外側PC圓管管徑16mm。



1、3晶54顆/T5燈管
 2、單片的電氣特性為24VDC，消耗電流為500mA。
 3、外側PC圓管管徑16mm



	36W/T25螢光燈管	3晶54顆/T5燈管	單晶180顆/T5燈管
管徑		16mm	16mm
燈管長度	1200mm	90mm	90mm
電壓	220V	220V	220V
消耗電流	220mA	200mA	190mA
消耗功率	36W	24.5W	23.8W

圖 5.7-1 T-5 LED 燈與 36W 螢光燈耗電比較

5.發光二極體 LED 市場主要競爭者與專利權之議題如何？

答：台灣目前全球高亮度 LED 之主要廠商有： Nichia，Osram，Matsushita，Lumileds，Toyota Gosei，Stanley，Toshiba，Citizen 等。在市場競爭力與定位方面，Nichia，Toyota Gosei，Cree 等在藍光、白光等高階技術領先，而歐美大廠 Lumileds，Osram 則在垂直整合

上最完備，由於 LED 具有在照明、大型看板、車用等多方面應用的發展，因此市場趨勢、行銷通路及上游原材料的掌握，將是廠商致勝的關鍵。

6.台灣 LED 照明的廠商及規模如何？

答：(1).台灣目前積極投入 LED 照明的廠商有晶電、億光、東貝、宏齊、璨圓等。這些企業從節能、建築、情境的照明項目跨入 LED，再進入一般照明，甚至汽車電子及顯示器產業應用。今年全球 LED 一般照明市場的規模逾 5 億美元，預估每年市場成長 25% 以上。

(2).國內 LED 廠商則大都集中在晶粒製造與封裝，多家廠商看準節能趨勢，積極投入 LED 照明研究，包括：鴻海、光寶、億光、友達、奇美、台達電、崇越電、奇鋆、能緹、超眾等公司【13】。

7. LED 光源與冷陰極出口指示燈比較優劣點如何？

答：如表 5.7-1 所示，發光二極體 LED 燈不需高壓點燈(3.5 V)、壽命較久(6~10 萬小時)，可小型化及薄型化為其優點，未來 LED 燈之應用發展。如圖 5.7-2 所示。

表 5.7-1 LED 燈與 CCFL 冷陰極燈管優缺點比較

型式	冷陰極燈管 (CCFL)	發光二極體(LED)
電壓	300V以上	5V以下
缺點	<ul style="list-style-type: none"> 需高電壓點燈，較耗電 壽命3~6萬小時 厚度較厚 含水銀，環保問題， 電磁干擾 小管徑CCFL製造難度高 	<ul style="list-style-type: none"> 輝度高(20~40 cd/m²) 成本較高 點光源特性，需多顆組成光源，結構較複雜 若採螢光粉封裝，演色性不佳
優點	高輝度(70~100 cd/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> 不需高壓點燈(3.5V) 壽命較久(6~10萬小時) 可小型化及薄型化
目前應用	LCD TV、LCD Monitor、NB、	手機、DSC (1.8~2.2吋)、PDA

產品	汽車導航、攝錄影機、PDA		
			
LED 出口指示燈應用	LED 燈交通號誌燈應用		
			
LED 燈建築景觀應用	LED 燈建築景觀應用		
			
LED 燈建築招牌應用	LED 燈商品照明應用		

圖 5.7-2 LED 燈建築招牌應用(例)

5.8 陶瓷複金屬燈

1. 陶瓷複金屬燈開發目的與技術為何？

答：(1). 由美國 GE 照明所提供的新技術【12】，以獨特 3 片陶瓷材料設計、製造出的全新陶瓷複金屬燈(Ceramic Metal Halide Lamp, CMH)，不但解決了傳統石英內管複金屬燈(MQI, HQI, MHN)嚴重色差問題，其燈管壽命、發光效率與品質穩定度更勝於第一代 5 片內管的陶瓷燈。較少的陶瓷片代表較少的封接點，因此也提高了產品穩定度，此產品也是 GE 公司利用 6 Sigma 的規範製程所發產出的一項產品，提供極高的品質信賴度，更提供客戶顯著的利益。

(2). CMH 陶瓷燈結合了複金屬燈與高壓鈉之技術，提供低耗能、高效率、絕佳的演色性及幾無色偏之產品。此產品採用原高壓鈉燈陶瓷材料之內管，能讓燈管在較高熱溫下運作管內的金屬鹵化物劑，減低複金屬內金屬鹵化物因高溫點燈所產生之化學的變化，提供近似低瓦複金屬之發光效率。穩定的鹵化物，提供了光色之穩定與一致性，因此亦稱為無色偏之陶瓷複金屬(Constant Color CMH)。

(3). 節省可觀的裝設成本，以 150W 雙頭陶瓷複金屬為例，於燈點 2,000 小時後，光束維持率仍超過 90%。平均額定壽命達 15,000 小時，為傳統石英內管(MQI, HQI, MHN)壽命的 2.5 倍長，發光效率更高達 95 lm/W。需要長時間點燈的場所，例如零售賣場、服飾店、展示中心等，CMH 均是最理想的光源產品。不但可大量節省電費開銷，更減低更換燈管所需的麻煩與龐大費用。

2.陶瓷複金屬燈產品外觀與規格為何？

答：1994 年成功首創了陶瓷複金屬燈，成為 HID 光源發展歷史上一個重要的里程碑。如 GE 照明產品 CMH 燈(或飛利浦照明 CDM 燈)現今有單頭、雙頭、PAR20、PAR30、PAR38、橢圓球形、JC 豆形與 T 形管狀燈泡，35 瓦、70 瓦和 150 瓦等規格，適合各種類形的燈具，如圖 5.8-1 所示。陶瓷複金屬燈對於新裝設和汰換市場均是理想的產品，可運用於展示中心和建築物外觀照明。其中單頭插入式 CMH 由於體積小、亮度高、無點燈方向限制，非常適合於搭配精巧燈具，運用於屋外庭園壁燈、草坪步道燈或建築物外觀之重點照明，營造出絕佳氣氛。整體而言，CMH 市場於 2008 年起與未來 3 年內，將以平均每年 40%幅度成長，創造出無限商機。



資料來源：GE 照明光源產品型錄【12】

圖 5.8-1 陶瓷複金屬燈外觀

3.陶瓷複金屬燈相對石英複金屬燈的特性差異為何？

答：(1).由於多晶氧化鋁（PCA）陶瓷材料及其與金屬封接工藝研究取得的突破，現今成功製造出的陶瓷外殼複金屬燈之性能明顯地優于石英為玻殼的複金屬燈。採用陶瓷材料作外殼避免了燈內金屬材料的損失，而且電弧管尺寸可以控制得非常精確，因此光電性能之一致性和穩定性佳，允許更高電弧溫度。

(2).相對石英複金屬燈，陶瓷複金屬燈有以下特性：

- A.鈉金屬不會透過陶瓷管遷移到放電管外。
- B.陶瓷管在高溫下化學穩定性好，即使出現鋁金屬元素也不會影響鎢電極的性能（因為鋁很難溶解于鎢），使燈具有更長的壽命。
- C.陶瓷管的幾何尺寸精度高，因而使光源的性能一致性較佳；
- D.電弧管可工作在更高的溫度下，電弧內有更多的金屬原子受激發，導致更好的顯色性，更高的發光效率。
- E.放電管體積小，發光體亮度高。
- F.色溫的一致性好，無論電源電壓的變化或電燈位置的變化，在光源有效壽命期間，光源的色溫變化很小。

4.陶瓷複金屬燈的優點為何？

答：(1).光源壽命長（9,000-15,000 小時）：

一般而言，小功率石英複金屬燈的壽命在 6,000—9,000 小時，而陶瓷複金屬燈由於具有上述優點，所以其壽命可以達到 9,000~15,000 小時，比傳統的石英複金屬燈壽命提升了 30%~50%。

(2).發光效率更高（>90 lm/W）：

陶瓷複金屬燈的高光效可以更有效地提升能源利用率，降低企業能源應用，其光效比鹵素燈、白熾燈提升了四到九倍，而同時在光色性能上，又優於石英複金屬燈，是一種集優秀光色性能和高

發光效率于一身的新型綠色光源。

(3).壽命期間色溫穩定性能好：

陶瓷複金屬燈從點燃起，直到壽命終結，其色溫變化大約在 ± 200 K 之間，並且光源之間的色溫一致性更好。而一般石英複金屬燈在壽命期間的色溫變化要大于 600 K，所以陶瓷複金屬燈解決了石英複金屬燈的色差和色溫的漂移問題。

(4).穩定的流明輸出：

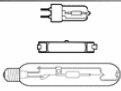

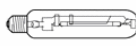


光源的流明輸出會隨著時間而衰退。陶瓷複金屬燈的流明輸出在小功率的複金屬燈中是最高的，在壽命初期的流明輸出就比一般的石英複金屬燈要高 10~20%，更重要的是它能一直維持這樣水準的光源輸出直到壽命結束。陶瓷複金屬燈的流明維持率在 80% 以上，而石英複金屬燈則是 60~65%，光衰較快。




(5).光源幾何尺寸更緊湊：

由於其發光體更小，有利於燈具的設計，對燈光的控制更方便，能和石英複金屬燈的燈具和電器相容，易於推展和應用。

(6).光源演色性好：

具有 3,000 K 和 4,200 K 兩種色溫可供選擇，光源演色性好（Ra 80~90），顯色性的好壞還和電弧管的管壁溫度有關。一般來說，管壁溫度越高，其顯色性也越好。陶瓷複金屬燈的電弧管管壁溫度可以達到 $1,150^{\circ}\text{C}$ ，而石英複金屬燈的電弧管管壁溫度只能達到 800°C 左右，所以陶瓷複金屬燈的顯色性要遠勝過石英複金屬燈。而同時，管壁溫度還影響光源的色溫差。管壁溫度的高低與色溫差成反比，所以陶瓷複金屬燈色溫差較少，光色穩定。有關陶瓷複金屬燈 CMH 與其它 HID 燈性能比較見圖 5.8-1 及表 5.8-1 所示。

	CMH	Metal Halide	High Pressure Sodium	Mercury	Low Pressure Sodium
					
LPW (efficiency)	80-105	69-100	66-140	19-63	100-198
Life (hours)	12,000-20,000	3,500-20,000	28,000-55,000	12,000-24,000	16,000
Colour rendering (Ra)	80-93	65-93	25-60	42-52	-
Lumen maintenance	75%	60-75%	67-90%	55-60%	78%
Colour temperature	3000, 4200	3000,3500, 4000,6000	2000	3500, 4000	1800

The Future Is Here  Best Option  Good Option 

資料來源：GE 照明【12】

圖 5.8-2 陶瓷複金屬燈 CMH 與其 HID 燈性能比較

5. 小型複金屬水銀燈泡與電子式安定器之配合如何？

答：小型複金屬燈除了發光性能優越及外型精巧之外，可搭配電子式安定器來提高效率並減少重量體積，故可廣泛地應用在一般室內外照明與汽車上，而且還能與超高壓放電燈泡同時推廣運用於液晶投影光源，因此市場年成長率高於 10 %。近三年來，複金屬燈電子安定器產品已趨成熟，國內少數廠商也開始生產。對於電子式安定器而言，輕薄短小需求與降低成本同等重要，未來技術將朝著瞬間再啟動、調光、數位控制等功能發展，廣泛拓展產品新用途。

表 5.8-1 陶瓷複金屬燈

型式	瓦特數 W	演色性 Ra	出流明 lm	色溫 K	壽命 h	燈座
Single End Minis (小型單頭)	20	80+	1,650	3000	6,000	G8.5
	35	80+	3,400	3000	9,000	G8.5
	70	80+	6,200	3000	9,000	G8.5
Single End (單頭)	35	76	3,400	3000	9,000	G12
	70	88	6,400	3000	12,000	G12
	70	88	6,000	4200	12,000	G12
	150	98	14,000	3000	12,000	G12
	150	98	12,000	4200	12,000	G12
Double End (雙頭)	70	118	7,000	3000	15,000	RX7s
	70	118	6200	4200	15,000	RX7s
	150	135	14,00	3000	15,000	RX7s-24
	150	135	12,00	4200	15,000	RX7s-24
PAR20(投光燈)	35	80+	2,100	3000	9,000	E27
PAR30(投光燈)	35	80+	2,400	3000	10,000	E26
	70	80+	4,700	3000	10,000	E26
PAR38(投光燈)	70	85+	4,800	3000	15,000	E26
	100	85+	6,500	3000	15,000	E26
Elliptical (橢圓形)	70	80+	6,300	3000	10,000	E27
	100	80+	9,200	3000	10,000	E27
	250	80+	24,500	3000	20,000	E40
	400	80+	41,500	3000	20,000	E40
Tubular (管狀)	70	80+	6,400	3000	12,000	E27
	100	80+	14,000	3000	12,000	E40
	250	80+	25,000	3000	20,000	E40
	400	80+	4,2000	3000	20,000	E40

資料來源：奇異(GE Lighting)光源產品型錄，2003~2004，P37~P38 CMH 燈【12】

5.9 高頻無電極電磁感應燈

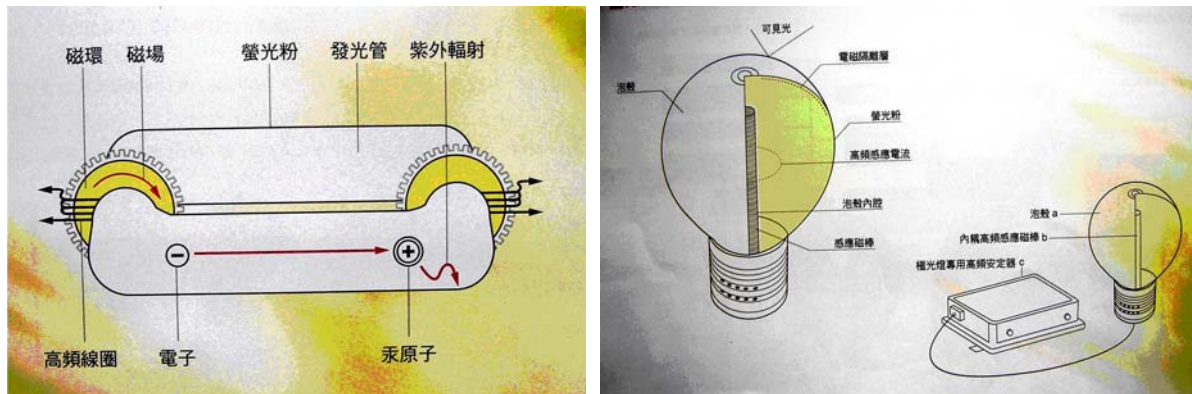
1. 高頻無電極電磁感應燈研發歷程如何？

答：早在 90 多年前，美國人湯普林 (J.J. Thomson)，泰斯勒 (Tesks) 等人就已經發明了高頻無電極電磁感應燈(High-frequency Plasma Electrodeless Discharge Induction Lamp)，受時代科技水準的限制，直到 20 世紀 90 年代後期，由於新技術的飛速發展，電子元件功率密度的提高以及相應尺寸的大大縮小，才使高頻無電極電磁感應燈有可能進入商品領域。荷蘭的飛利浦 (Philips)、美國的通用公司 (GE)，德國的歐斯朗 (Osram)，日本的松下 (National) 多年來一直致力於無電極電磁感應燈的研究開發，取得許多成果。飛利浦在 1991 年宣佈研製成功 55W 無電極電磁感應燈，在其後的五年裏，又相繼研製出 85W 和 165W 無電極電磁感應燈。

2. 高頻無電極電磁感應燈發光原理如何？

答：高頻無電極電磁感應燈是由激勵電源，功率耦合器和燈泡三部分組成。激勵電源產生一個 250 kHz ~ 2.65 MHz 頻率範圍(依燈種類而定)的交變電流，當高頻電流通過功率耦合器時，產生一個高頻電磁場。如圖 5.9-1 高頻無電極電磁感應燈發光原理及結構所示，利用套在燈管外面的一對磁芯在燈管內形成感應電流，從而在放電區產生交變磁場，根據法拉第電磁感應定律，變化的磁場即產生一個垂直於磁場變化的電場，使燈泡內部放電空間的電子被電場加速，當能量達到一定值時，與泡殼內的低壓汞和惰性氣體的混合蒸氣分子發生碰撞，使混合氣體雪崩電離形成等離子體，等離子體受激原子返回基態時，自發射出 253.7 nm 紫外光，它激發燈泡壁上的螢光粉轉化為可見光。感應燈在整個工作過程中，未使用傳統光源中燈絲或電極，因此不會有傳統光源的電極損耗問題，具有壽命長的特

點，進而提升整各照明系統壽命。【14】



資料來源：amko 光源產品介紹 <http://www.amko.com.tw/solara/index.html> 【14】

圖 5.9-1 高頻無電極電磁感應燈發光原理及結構

2.高頻無電極電磁感應燈的技術特點為何？

答：(1).長壽命：平均壽命可達 10 萬小時，減少燈管更換次數，更環保與節能，是 LED 難以競爭的對手。

(2).智慧型調光控制：可調光至 30%，有效達成節省電能。

(3).快速啟動：即開即亮，具有熱燈瞬時啟動能力。

(4).高光效：最高光效最高可達 90 lm/W，超出白熾燈、普通螢光燈和緊湊型節能燈，也接近複金屬燈、高壓鈉燈。

(5).低光衰：6 萬小時後，光束維持率仍不低於 70%。

(6).高演色性：採用三基色螢光粉， $Ra \geq 80$ ，色彩分辨更逼真。

(7).高功率因數：採用自動功因調整 APFC 電路，功率因數 $\geq 98\%$ 。

(8).電流諧波含量低： $THD \leq 8\%$ ，達到國際級標準。

(9).無閃爍：採 200~300 kHz 磁場感應方式，光線柔和，保護視力。

(10).色溫範圍廣：2,720~6,500 K，可滿足各種場合虛求。

(11).橫功率：電源電壓波動 $\pm 10\%$ ，而功率變化小於 3%，保證光輸出恒定。

- (12).環境適應性強：可在 $-24^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 的環境下正常工作，並可特製在 -40°C 環境工作的燈泡。
- (13).適用電壓範圍：170~264 Vac。
- (14).綠色環保光源：採固態汞劑，可回收率達 99%，符合環保效益。
- (15).電磁感應燈的燈功率從 70 W 到 400 W，室內外應用的範圍廣。
- (16).其他：電磁感應燈的抗干擾、成本低、重量輕、自身功耗小、無噪音、瞬間點燈、低含汞量、防眩光等特點，都具有顯著的優勢，成為造福全人類、實現健康環保綠色照明的新希望。

3.高頻無電極電磁感應燈規格特性及效率為何？




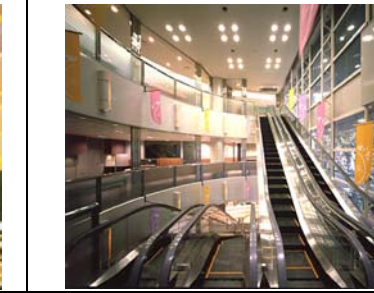
答：(1).無電極電磁感應燈形式規格及典型應用如表 5.9-1 所示。形狀、規格及瓦特額定多樣化。

- (2).無電極電磁感應燈與各種新光源特性比較，如表 5.9-2 所示。發光效率、壽命、演色性、啟動時間、色溫等特性，都比 LED 燈、陶瓷複金屬燈、電子式省電燈泡等好。非常適合作為超市及大賣場等挑高且不易維修處所之照明燈具。

4.高頻無電極電磁感應燈全般照明應用節能效益如何？

答：以大型賣場為例，高頻無電極電磁感應燈與複金屬燈全般照明比較如表 5.9-3 所示，照明環境不變，光源數量不變，採用新光源，節電 50%以上，光效增強 37%以上，節電效果甚佳。

表 5.9-1 無電極電磁感應燈形式規格及應用

			
球泡型 85W、200W	吊燈 200W	圓環型 70W、100W 150W、200W	方環型 70W、100W 150W、200W、400W
			
超級市場	大賣場	大賣場電扶梯	

資料來源：amko 光源產品介紹 <http://www.amko.com.tw/solara/index.html> 【14】

表 5.9-2 無電極電磁感應燈與各種新光源特性比較

種類	發光效率 lm/W	壽命 k-h	CRI Ra	啟動 時間	色溫 K	缺點
無電極電 磁感應燈	80-85	80-100	82-85	瞬間	2,700 -6,500	相對性初始投資 設備成本較高
LED 燈	30-50	50-100	75	瞬間	3,000 -7,000	光效率低成本高
陶瓷複金 屬燈	65-85	10-15	75	2-15 分	4,000	維護成本高
電子式省 電燈泡	55-65	3-6	80	瞬間	2,720 -6,500	光效率低

資料來源：amko 光源產品介紹 <http://www.amko.com.tw/solara/index.html>，【14】

表 5.9-3 大型賣場全般照明比較實例

比較項目	原照明系統	新照明系統
光源	複金屬燈	無電極電磁感應燈
功率	光源 400 W	光源 200 W
效率	90 lm/W	86 lm/W
實際功耗	整燈功率 460 W	整燈功率 210 W
吊掛高度	6m	4m
照度	373 lux	510 lux
功率因數	0.6	0.99
工作頻率	50 Hz	250 kHz
色溫	4,000 K	4,100 K
表面溫度	300~350°C	80~90°C
穩定性	有閃爍（頻閃）	無閃爍（無頻閃）
光效	光衰嚴重	高光效、光衰小、顯色性好
智慧調光	不可能	搭配智慧調光控制系統可調 100%--30%
壽命	8,000 小時	100,000 小時
使用燈具數量	90 套	90 套
結論	採用新光源，照明環境不變，光源數量不變，節電 50%以上，光效增強 37%以上，大型賣場照明節能省電的最佳範例。	

第六章、新型節能照明控制產品介紹

一般商業大樓照明用電約佔總用電量 30%以上，在各建築照明場所中如會議室、會客室、茶水室、廁所、倉庫、機房等短暫用電場所。如何應用自動控制以滿足不同場所之照明需求，並達到節約用電的目的，仍是極重要之議題。以下介紹幾種常用的照明節能控制功能與用途方法，提供業者參考並可逕行導入應用。

6.1 照明節能控制種類

1. 照明節能控制設備有哪些？

答：照明控制 (Lighting Control) 從簡單的手控開關、定時裝置、偵測感應器，到複雜的場景預設及時程設定系統，運用自動化的開關及調光控制功能，給予設計者及管理者全程控制室內環境的機會，不僅賦與建築空間在不同時間滿足不同需求的彈性，亦提供空間使用者適時必要的照明水平，減少無謂的能源浪費。

為達照明節能目的，隨著不同照明環境之照度、時間及節能需求，可應用之照明節能控制設備有：

(1). 照明節能控制開關

時序控制器 (Timer)、晝光感知器或附亮度檢知器、熱感知器開關、附加感知器之自主控制型燈具。

(2). 整體群控式照明控制系統

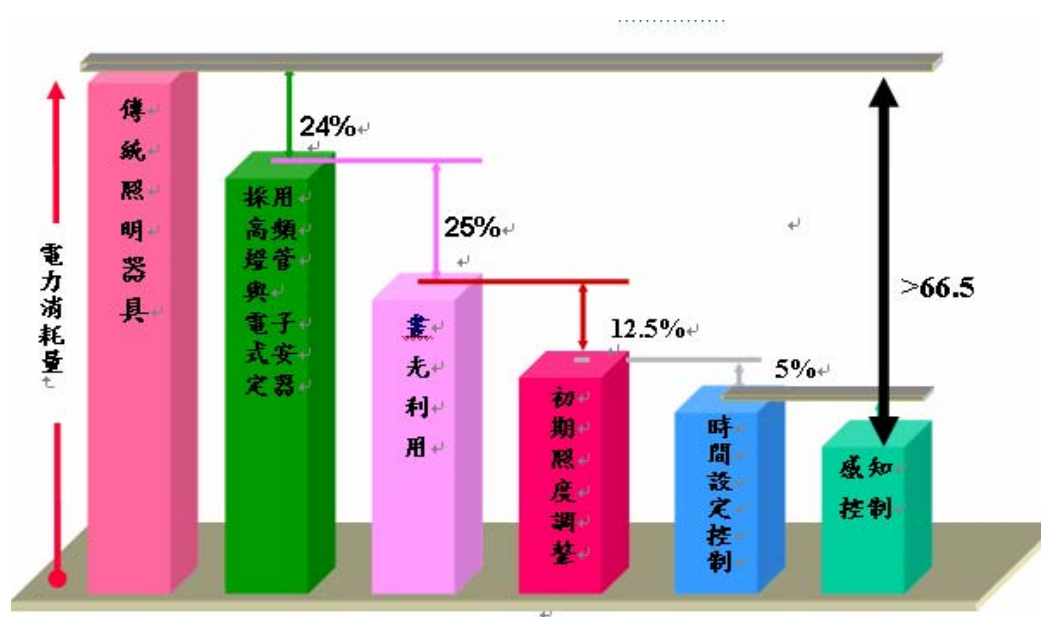
可調光照明系統、照明中央監控系統、二線式照明控制系統、客房鑰匙 Key Cotrol 系統。

(3). 照明節能電壓控制器

照明電壓調整變壓器、照明電壓調整控制器 (市場俗稱節電器)、照明電壓無段調整節能控制器。

2. 照明設計規劃之初，即導入整體照明節能之觀念節能效益有多少？

答：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、感知控制等，可省下照明用電 66.5%。其中照明節能採用高頻燈管與電子式安定器 24% 外，晝光利用、初期照度調整、時間設定控制、感知控制，省能比例可達 42.5%，可見導入照明節能控制設備之重要。如下圖 6.1-1 所示。



資料來源：日本三菱電機公司

圖 6.1-1 照明管理系統與晝光利用之整體節能效果圖

6.2 照明節能控制開關功能

照明控制的主要功能包括點滅控制、調光控制、配合偵測元件自動調控、時程設定、晝光調節、流明衰減調節及電力需量控制等。照明控制方法，因工作場所之不同而有所差異，大體上常用的控制方式分述如下。

1.採用手控開關及調光器

簡單且使用方便，燈具的開關包括個別開關及群組開關，還可結合預設控制系統作為調光與場景開關，或結合定時器的定時開關，唯控制迴路不應過多以避免混淆，操控面板須加標示。

2.時序控制器(Timer)

可依預定的時間自動對照明環境需求作模式切換，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：上班、下班、午休時段、招牌、騎樓、停車場、戶外夜間景觀及自動點滅照明燈具。如圖 6.2-1 所示。時程控制功能以時間為基礎，可根據預定計劃的安排自動開啟、熄滅或調整既定區域的照明設施，特別適合每日按例行時程進行事務的空間應用。



圖 6.2-1 照明時間開關

照明系統的控制亦可經由時程設定轉交給不同的控制裝置，例如圖 6.2-2 所示，依不同時段混合使用上、下班開／關控制、晝光調節以及尖峰時段的電力需量控制。

- (1).預定時程：利用定時開關（Time Switch）依既定時程自動開啟或關閉所有燈具。

- (2).非預定時程：可藉使用移動感應器 (Occupancy / Motion Sensors) 加上定時開關，自動調暗或關掉未使用區域之燈具，開放空間以調暗為宜。

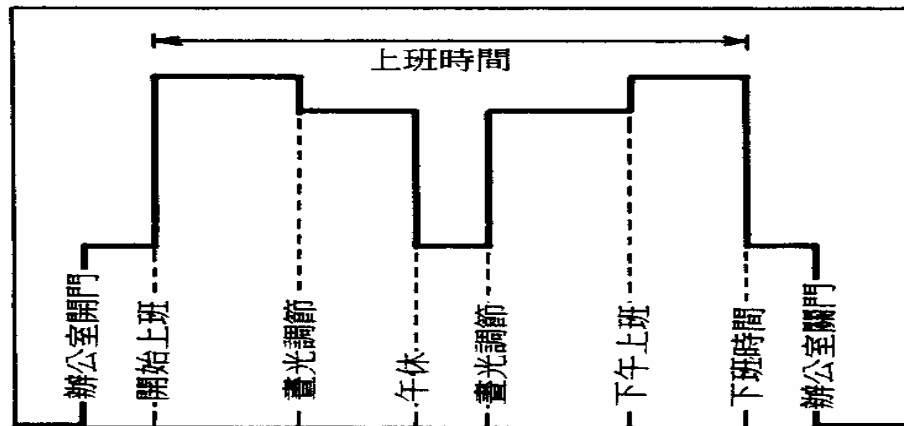


圖 6.2-2 照明點滅時程控制

3. 晝光感知器或附亮度檢知器

當屋外陽光充足明亮時，可自動點滅照明或調降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，適合於辦公場所及商場靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、騎樓、夜間室外景觀燈等之自動控制點滅。如圖 6.2-3 所示。

晝光調節系統主要應用於建築內週邊 4 m 以內的臨窗區域，其藉分置各點或燈具內置的晝光感知器 (Solar Cell or Photo Sensor)，依據晝光供給程度由窗邊往內等比例調整輸出光量，以減少無謂的能源浪費。一般光度調整為 25%~100%或熄燈，此調節係逐漸進行，因此不會干擾使用者，並有遲緩設計，以免因一時之烏雲遮日而頻頻過度靈敏性調整。



圖 6.2-3 招牌晝光感知器照度開關

4.熱感知器開關

一般對間歇使用的空間或出入較不頻繁的走道多採用感知器 (Occupancy Recognition) 控制，由熱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，既方便又可減少照明用電時間，目前已廣泛地使用於國內。適合於工場、大樓、住家、公共場所等小型會議室、會客室、廁所等場所，如圖 6.2-4 所示。

使用感知控制也可隨行人的走近隨自動調高照度，待人走遠後再降至預設較低的照度。移動／使用感應器 (Motion/Occupancy Sensor) 所應用的偵測技術主要有以下三種：

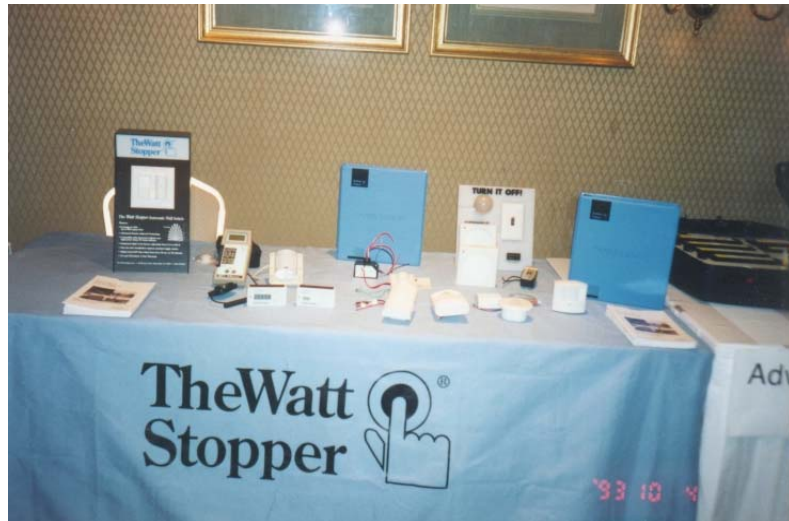


圖 6.2-4 熱感知器開關

A. 紅外線感應器(Passive Infrared)：

使用焦熱電現象偵測器(Pyroelectric Detector)外覆 Fresnel 透鏡感應人體自然釋出的熱輻射。「熱源」的移動經透鏡透射到感應器而啟動控制設定。一組感應器涵蓋的範圍可多達 20 坪，偵測角度有 60/90/120/180、單向或雙向偵測。當偵測範圍內人員離開或無人活動超過設定時間(2~15 分鐘)，則自動切斷照明電源。唯須注意偵測對象須在感應器的直接“視線”上，避免為傢俱或隔屏所阻斷，如圖 6.2-5 所示。

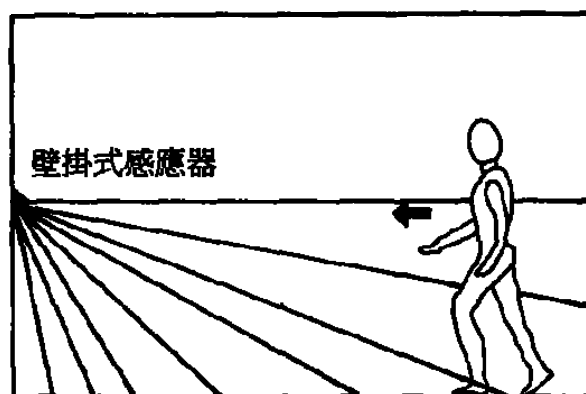


圖 6.2-5 紅外線感應控制

B. 超音波(ultrasonic)：

超音波系統發出人耳無法聽見的聲波(頻率 20,000~40,000 Hz)，觸及物體表面後反射回感應器，當涵蓋範圍內出現任何移動改變此反射波形，而由感應器接收此訊息後開啟控制動作，故不需感應器直接“看到”偵測對象，如圖 6.2-6 所示。

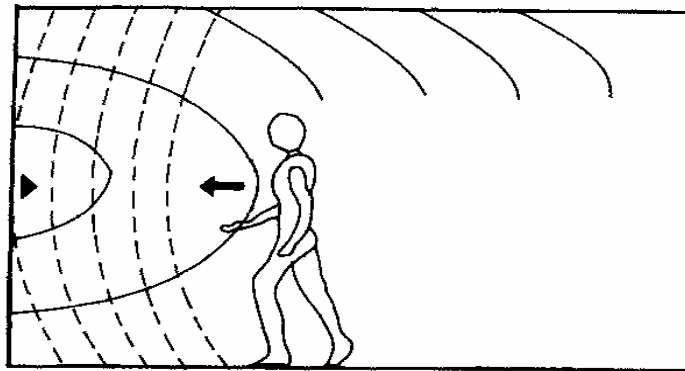


圖 6.2-6 超音波感應控制

C. 雙效感應：

即組合紅外線及超音波共同感應，特別是熄燈前二者同時偵測，可降低因無關訊號或偵測阻斷而發生誤判的機率。感應器最適合用在個人辦公室、會議室、走廊、服務走道、洗手間、影印及儲藏室等空間，基於紅外線與超音波感應原理不同，各有其適用上的限制。

安裝方式有牆面或天花板二種：壁掛型感應器可直接取代原有牆面開關或調光器，無需再行配線，安裝簡便且成本較低。天花板型感應器包括吸頂及嵌入式，需另配線連接天花板內控制元件 (Control Module)，安裝成本較高。亦有直接整合於燈具內者，結合使用感知與晝光調節，可提供更有效的能源控制。

5.附加感知器之自主控制型燈具

於部分較少有人員進出之處所例如機房、廁所等場所，安裝自主控制燈具，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，以節約照明用電。

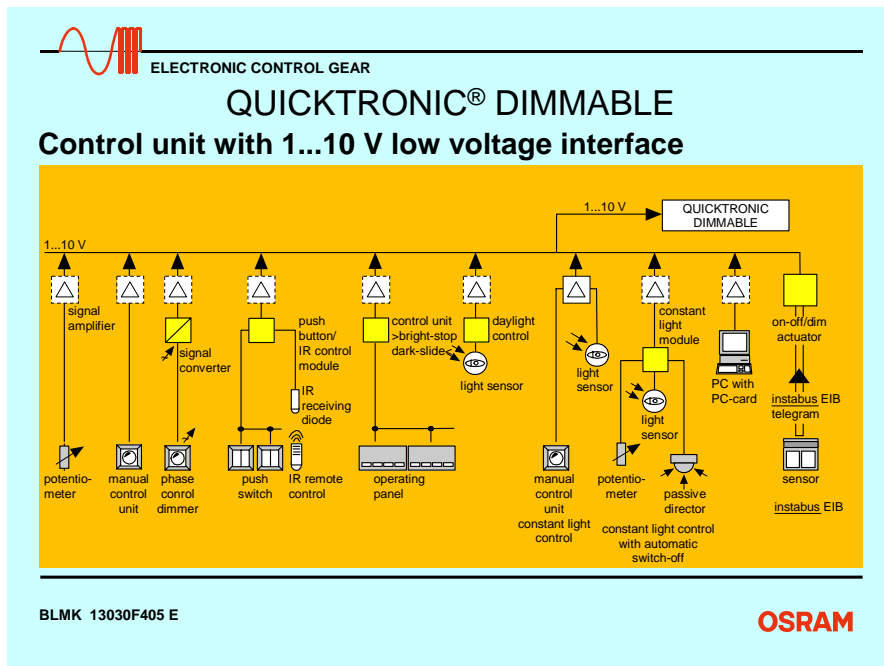
(1).附感熱開關以自動點亮燈具；當感測到有人接近時，自動點亮燈具；於人員離開後，經過預設定時間而自動熄滅燈具。

(2).附亮度檢知器可感知周圍亮度，當周圍亮度太暗時，自動調亮燈具亮度；當周圍亮度太亮，自動調暗燈具亮度。

6.整體群控式照明控制系統

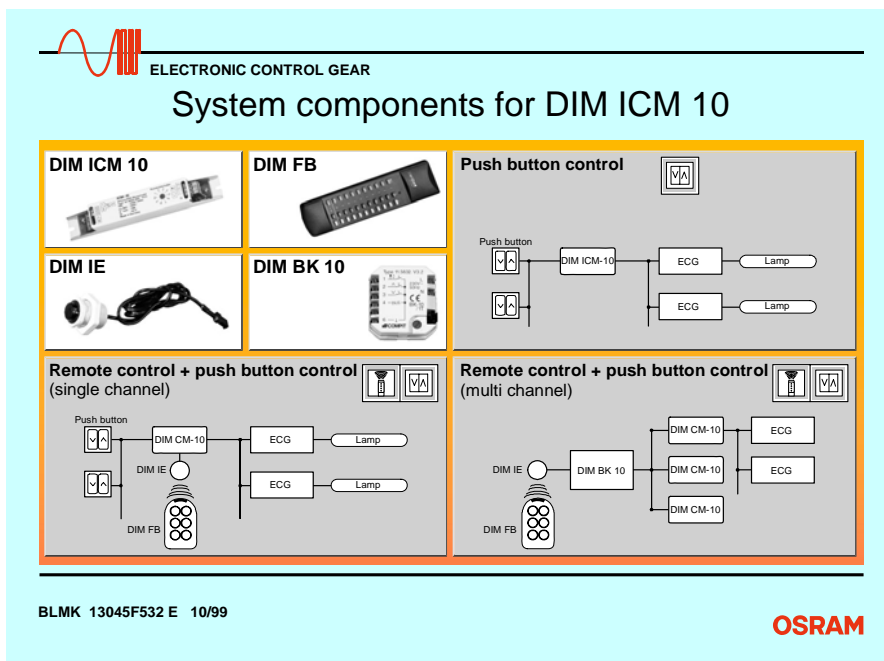
如圖 6.2-7~圖 6.2-10 所示之可調光照明系統、照明中央監控系統、二線式照明控制系統、客房 Key Control 系統等，可機動配合作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30% 以上。

二線式系統 (Two Way System) 係指燈具除了供應電源的電力線之外，另外應用二條訊號線串聯所有的控制開關與控制單元，在進行點滅或調光控制時，控制開關的訊號由二線式系統傳到控制單元，進行實際的點滅或調光控制。各家系統的構成及功能差異很大，大致上可提供群組(Group)開關、模式(Mode)開關、調光等控制的功能，及配合紅外線感知器、晝光感知器、定時開關、無線遙控器等進行多種不同的特殊應用；同時也是目前照明自動化控制系統的主要方式，電源經過繼電器後分別連接各個照明分路的燈具，控制開關由二線式系統連接到控制單元；控制單元再操作繼電器的動作。此系統容許多回路同時控制，所有開關及回路均可重新安排組合，由其控制面板設定、記憶及修改，並以個別按鍵切換不同照明設定，亦可使用無線搖控器操控，可免除傳統式須安裝許多個別開關及調光器的不便。



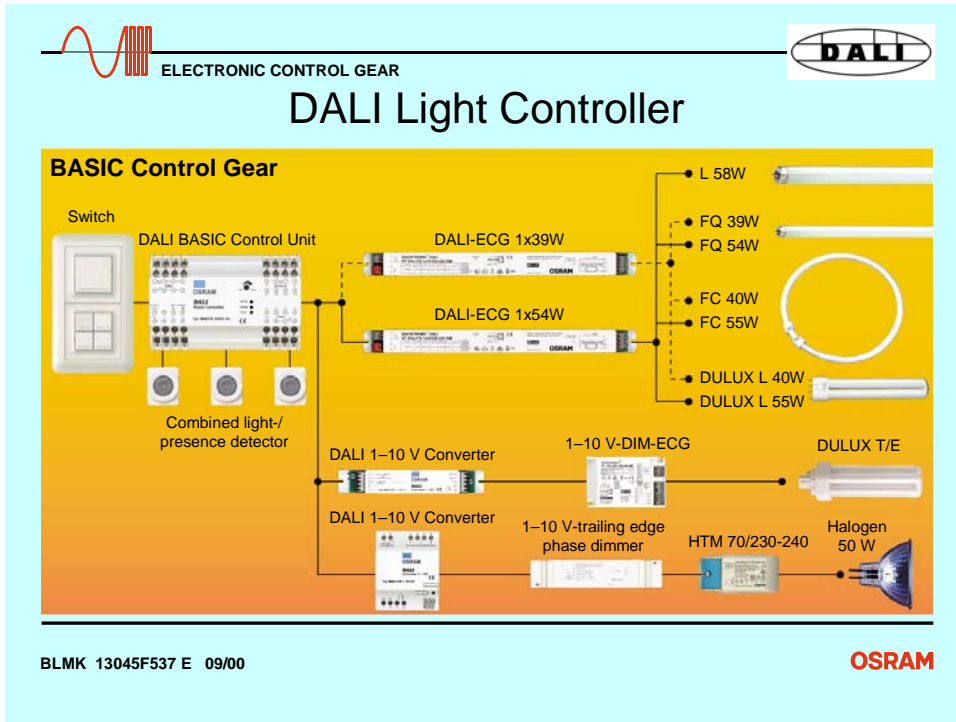
資料來源：OSRAM 照明【15】

圖 6.2-7 可調光照明系統圖



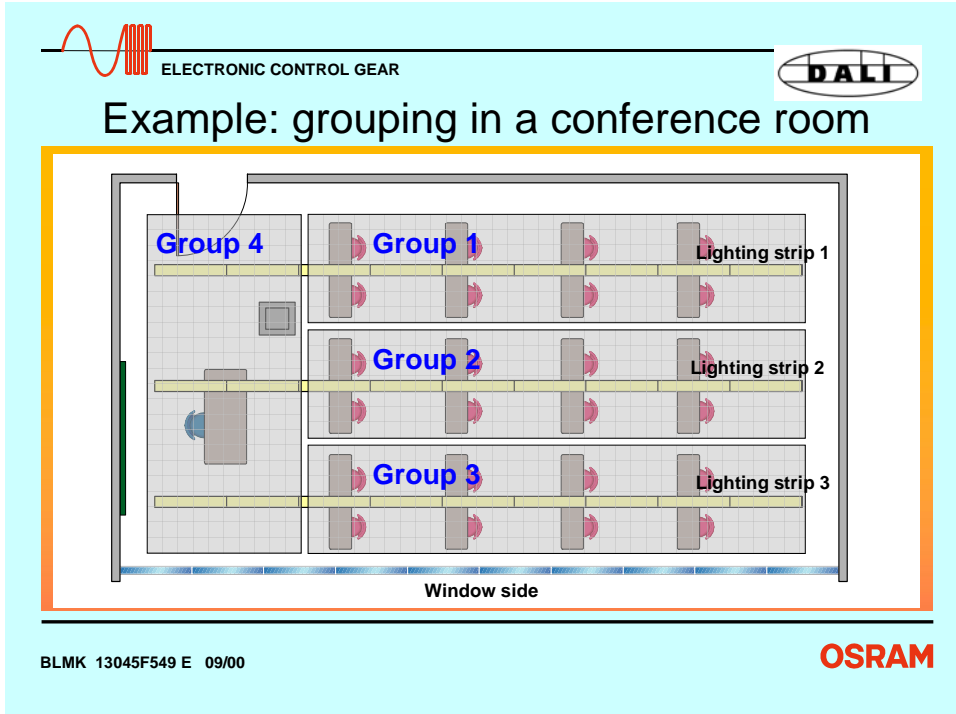
資料來源：OSRAM 照明【15】

圖 6.2-8 可調光照明系統遙控控制器



資料來源：OSRAM 照明【15】

圖 6.2-9 可調光照明系統組件



資料來源：OSRAM 照明【15】

圖 6.2-10 可調光照明系統會議室

6.3 照明節能電壓控制器

1. 照明電壓調整變壓器

- (1). 一般照明電壓對日光燈之影響較白熾燈低，通常電壓變動率 $\pm 10\%$ 內，可滿意運轉，輸出之光度約與電壓成正比。電壓亦變動上升 1%，日光燈之光度易變動上升 1%。
- (2). 一般評估照明節電率之計算公式：
節電率% = $\left[1 - \left(\frac{\text{改善後出力電壓}}{\text{改善前入力電壓}} \right)^2 \right] \times 100\%$
- (3). 因此對於照明供電電壓偏高或偏低照明場所，過去都採用照明電壓調整變壓器調整至額定電壓，電壓調整範圍為正負 10%，使照明燈具較額定提高光通量 (lm) 輸出；或調降偏高供電電壓，以降低照明光通量輸出，以節約照明用電。如圖 6.3-1~圖 6.3-3 所示。
- (4). 停車場照明應用例：原照明變壓器一次側供電電壓 380 V 系統，實測供電 417V 偏高，經增設電壓調整變壓器調降至 383 V，使照明變壓器照明供電電壓 (380V/220 V) 成比例下降，經計算照明節電率概估約 $\left[1 - \left(\frac{383 \text{ V}}{417 \text{ V}} \right)^2 \right] * 100\% = 15.64\%$ ，實測時隨日負載電壓變化，但獲得實際節省照明用電約 29.77%，(含降低變壓器負載損失) 並可延長燈管壽命【16】。



圖 6.3-1 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例)

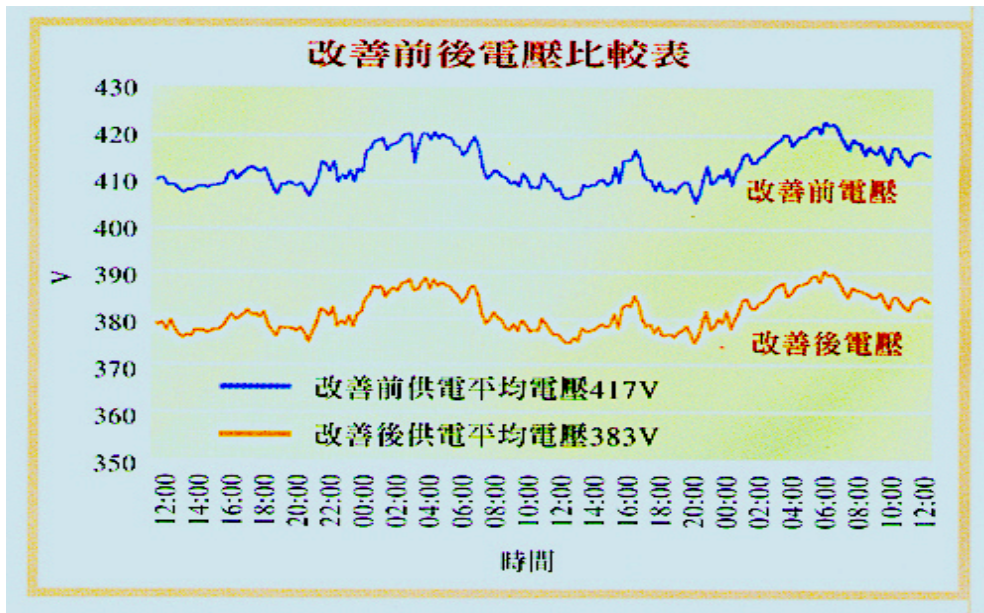


圖 6.3-2 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例)

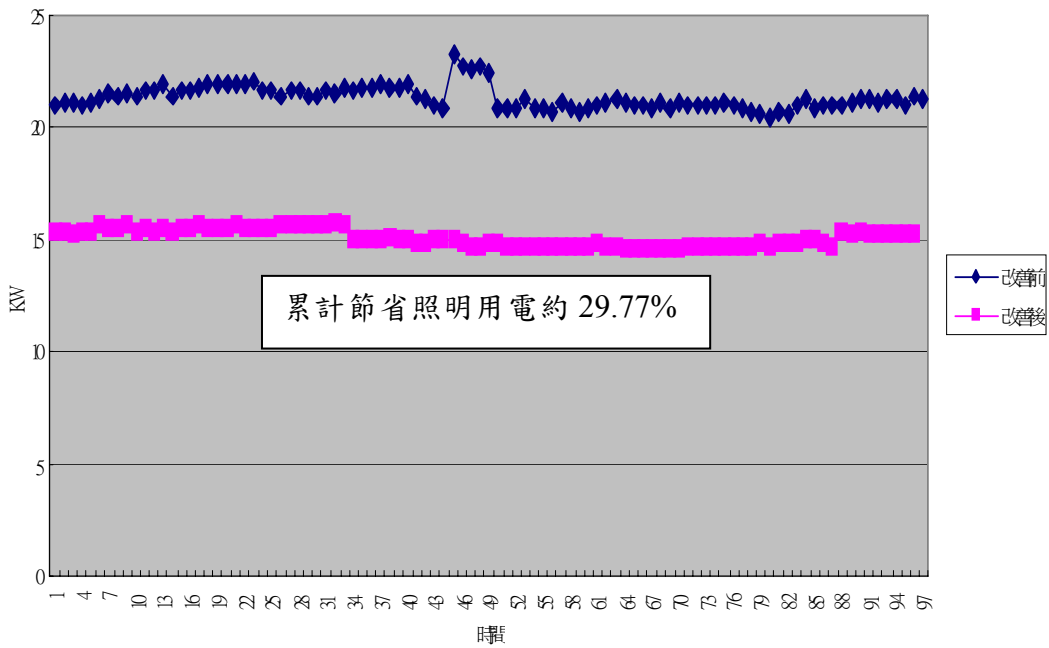


圖 6.3-3 照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例)

2. 照明電壓調整控制器(俗稱節電器)

- (1). 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%。」(幹線壓降 $< 2\% +$ 分路壓降 $< 3\% = < 5\%$)。為節約能源起見，宜將線路壓降控制在3%以內(幹線 $< 1\%$ ，分路 $< 2\%$)。良好照明系統電壓管理目標值為：電壓值變動為額定的 $\pm 6\%$ ；頻率變動值為額定的 $\pm 5\%$ ，見表 6.3-1 所示為不同負載可容許電壓變動率標準。而一般電壓變動率對各機器之影響如表 6.3-1 所示：**【9】**如果日光燈額定電壓 220 V，將供電電壓降至 210 V 時，耗電將降低 1.5%。

表 6.3-1 電壓變動率標準

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

- (2). 節電器裝置主要功能類似電壓調整器，為在不影響正常工作下，降低電壓同時誘導電流下降，使電力值也約成正比減少， $V \times A = W$ ，達到省能效果，應用範圍為照明及電動機設備。
- (3). 電壓變動對各類電器之影響如圖 6.3-4 所示，其省能原理及效益為：
- A. 電壓對日光燈之影響：日光燈不同於白熾燈，通常電壓變動率上升 10% 內，可滿意運轉，輸出之光度約與電壓成正比。

電壓變動下降 1%，日光燈之光度易變動下降 1%。日光燈管壽命可延長。

B.電壓對電動機之影響：最明顯之效應是電壓降低時，轉矩降低，負載電流增加，使溫度升高；尤其電動機之轉矩與電壓的平方成正比，如電壓降低 10%，轉矩則降低 19%。

C.一般評估照明節電率之計算公式：

$$\text{節電率} = \left[1 - \left(\frac{\text{改善後出力電壓}}{\text{改善前入力電壓}} \right)^2 \right] \times 100\%$$

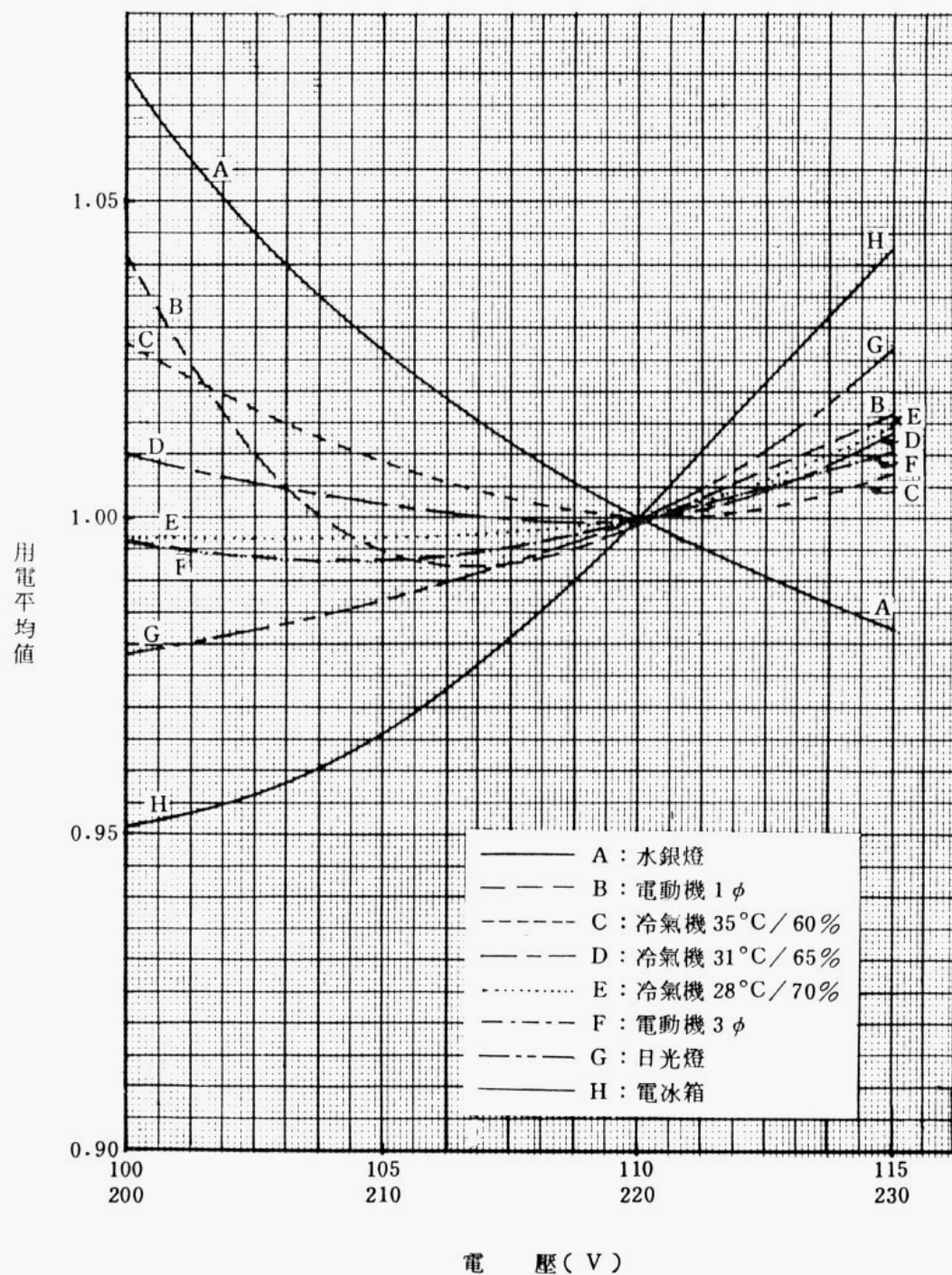
(3).某便利商店應用例：如圖 6.3-5~圖 6.3-7 所示。

A.自動安定化電源管理裝置分段調降電壓幅度，目前分接頭(TAP)規格分別為：

段數	0段	一段	二段	三段
降壓V	0	11	15	19
降壓%	0%	5%	6.8%	8.6%
220V系統	220 V	209 V	205 V	201 V

B.依據暫態測試結果分析，目前非夏月電源電壓約 227.87 V，節電裝置設定第 3 段(降壓 20 V)降壓為 208.94 V，平均省電率約 10.84~13.7%。

C.耗電與電壓比值(kW%/U%)約 1.31%。符合公司對該公司所提報節能效益說明書。預計節電率 17%之範圍。【17】



註：資料來源：節約能源技術手冊(EC-031)，第201頁。【18】

圖 6.3-4 電壓降對各用電設備之影響圖



圖 6.3-5 照明節電器安裝實景(便利商店例)



節電器OFF狀態

節電器ON狀態

圖 6.3-6 照明節電器 ON-OFF 暫態測試節能效益(便利商店例)

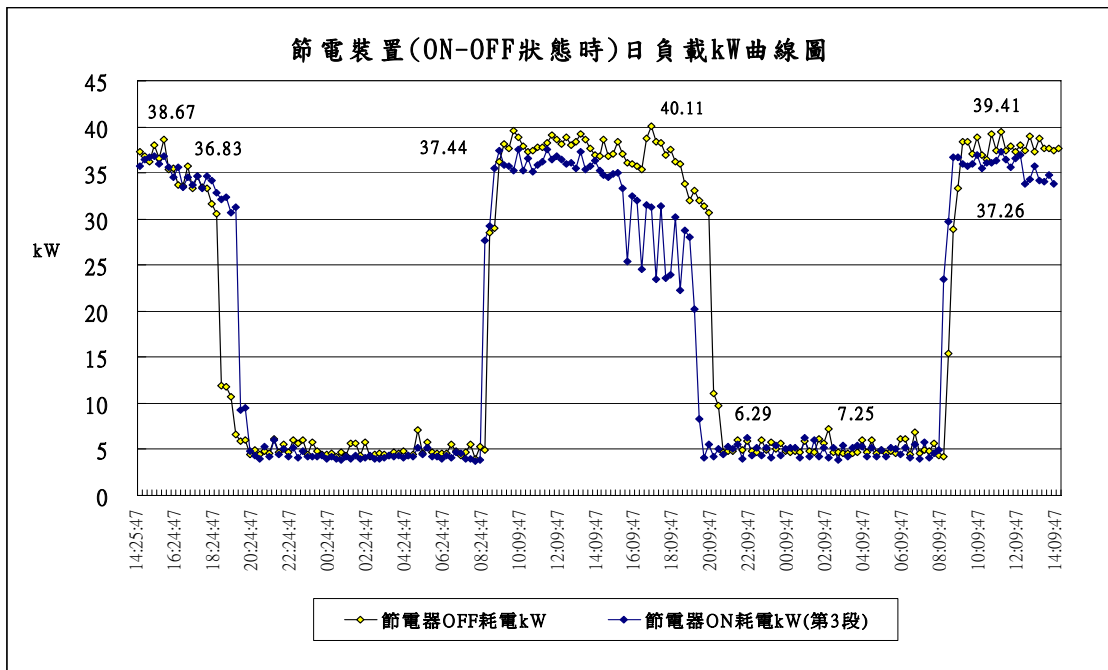


圖 6.3-7 照明節電器 ON-OFF 長時間測試節能效益(便利商店例)

3. 照明電壓無段調整節能控制器

- (1). 一般照明場所主要光源為白熾燈及日光燈燈具，而電阻性白熾燈照明可調光性為大家所知道。但隨科技發展，已發展出應用在日光燈及省電燈泡也可調光之調光控制器，因日光燈也有預熱燈絲，若能先全壓啟動讓螢光燈正常點亮，而後再無段調降電壓，則耗電及光輸出會隨調降電壓正比降低，如圖 6.3-8~圖 6.3-9 所示，節約照明用電。【19】
- (2). 在會議室、家庭需調光照明環境，不管白熾燈、日光燈及省電燈泡都可機動配合作息環境照度變動需求，來加以調控管理，而節約照明用電 30% 以上。其規格容量 1~4 kW，已足夠廣泛照明應用，如表 6.3-2 所示。



資料來源：韓國三星公司照明電壓無段調整節能控制器【19】

圖 6.3-8 照明電壓無段調整節能控制器(例)

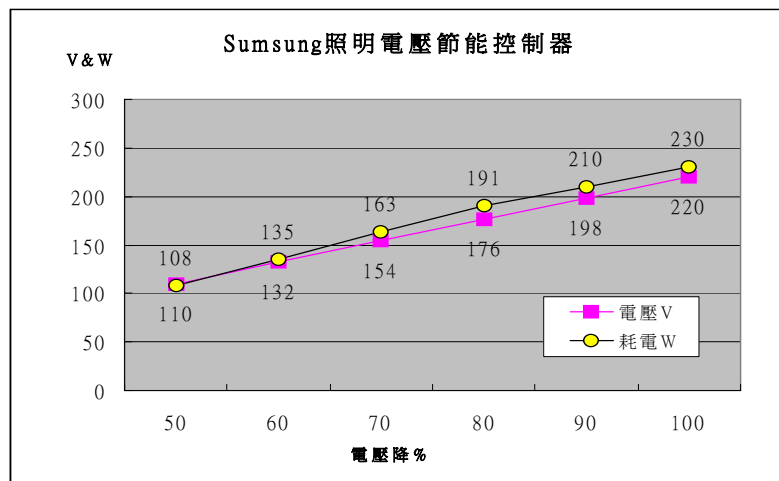


圖 6.3-9 照明電壓無段調整節能控制器電壓與耗電之關係

表 6.3-2 照明電壓無段調整節能控制器節能效益及價格

Sumsung照明電壓節能控制器設備價格			
規格	售價(NT)	售價(NT)*0.7	IEEE THD<18% IVR=<10%
1kW	20,000	14,000	IRV:適用E.B(電子安定器)(1KW, 2KW)
2kW	32,000	22,400	ADD:適用M.B(鐵磁式安定器)
4kW	50,000	35,000	SD:適用家用(<500W)
			MD:多燈合併系統
			電壓低,燈管壽命長

資料來源：韓國三星公司照明電壓無段調整節能控制器產品【19】

第七章 照明節能設計規範

隨著綠色節能環保意識抬頭，目前大部分國家多已將能源效率管理納入規範管理，其中美國、日本、新加坡等先進國家更對照明用電效率，訂有規範指標及基準值。其管理規範與指標架構除了日本規範與美國規範有顯著的不同外，新加坡等國之規範大致以美國 ASHAE90.1 之規範系統為基本架構。故本章將概略介紹美國、日本、新加坡與台灣等，對於有關建築物照明節能設計規範之要求。

7.1 國外建築照明之節能規範概要

1. 美國建築照明之節能規範概要如何？

答：(1). 美國能源主管機關為能源部，美國照明節能規範主要係依據美國聯邦能源部建築節能計畫之標準與指導方案 (Building Standards & Guidelines Program, BSGP) 所建立，其主要之節能標準為美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之 ANSI/ASHAE/ IES 90.1-2004 (Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)。美國各州政府則以 ANSI/ASHAE/ IES 90.1-2004 為基準，訂定成為各州的節能法規，因此美國各州對於照明規範不盡相同，惟基本上仍應要符合基準之要求。【20】

(2). 照明節能的基準要求係採以規定照明功率密度 LPD (Lighting Power Density, W/m^2) 基準值之方式，再依據實際建築空間使用類型以面積檢核方式或是採用逐室空間檢核方式，檢核其是否超過各該基準值。

照明功率密度 (LPD) 計算式 = 照明器具用電 (W) ÷ 房間面積 (m^2)

(3). ASHARE 90.1 在照明設計方面強制之規定包括：

A. 照明之控制

- B.雙座電線，二燈具共用一個安定器
- C.室內照明電力標準 (如表 7.5-1~表 7.5-4 所示。)
- D.照明器具之電力標準
- E.室外照明器具標準

規範性之規定如照明耗電之建築面積法(Building Area Method)，如前表 7.1-1 ASHARE 90.1- 2004 版之照明電力標準(建築面積法)，例如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 15 W/ft^2 (15 W/m^2)標準設計。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。

台灣便利商店賣場實測 1.2 m 高度之照度約 1,200 lux，以樓地板面積計，照明耗能約 25 W/m^2 ，比美國零售業(Retail)照明電力 15 W/m^2 、販賣區(Sale Area) 17 W/m^2 之標準高許多。若賣場照明能調整照度需求至 1,000 lux (高 1.2m 處)及改採電子式安定器及調整燈具排列數量，應可達到美國零售業(Retail) 15 W/m^2 之標準，節能約 40%。

表 7.1-1 建築內部照明單位面積強度 (W/ft²)

TABLE 9.4.5 Lighting Power Densities for Building Exteriors

Tradable Surfaces (Lighting power densities for uncovered parking areas, building grounds, building entrances and exits, canopies and overhangs and outdoor sales areas may be traded.)	Uncovered Parking Areas	
	Parking Lots and drives	0.15 W/ft ²
	Building Grounds	
	Walkways less than 10 feet wide	1.0 W/linear foot
	Walkways 10 feet wide or greater Plaza areas Special Feature Areas	0.2 W/ft ²
	Stairways	1.0 W/ft ²
	Building Entrances and Exits	
	Main entries	30 W/linear foot of door width
	Other doors	20 W/linear foot of door width
	Canopies and Overhangs	
	Canopies (free standing and attached and overhangs)	1.25 W/ft ²
	Outdoor Sales	
	Open areas (including vehicle sales lots)	0.5 W/ft ²
	Street frontage for vehicle sales lots in addition to "open area" allowance	20 W/linear foot
Non-Tradable Surfaces (Lighting power density calculations for the following applications can be used only for the specific application and cannot be traded between surfaces or with other exterior lighting. The following allowances are in addition to any allowance otherwise permitted in the "tradable Surfaces" section of this table.)	Building Facades	0.2 W/ft ² for each illuminated wall or surface or 5.0 W/linear foot for each illuminated wall or surface length
	Automated teller machines and night depositories	270 W per location plus 90 W per additional ATM per location
	Entrances and gatehouse inspection stations at guarded facilities	1.25 W/ft ² of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Loading areas for law enforcement, fire, ambulance and other emergency service vehicles	0.5 W/ft ² of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Drive-up windows at fast food restaurants	400 W per drive-through
	Parking near 24-hour retail entrances	800 W per main entry

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004 【20】

表 7.1-2 建築面積型式照明單位面積強度(W/ft²)

TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities Using the Building Area Method

Lighting Power Density	
Building Area Type ^a	(W/ft ²)
Automotive Facility	0.9
Convention Center	1.2
Court House	1.2
Dining: Bar Lounge/Leisure	1.3
Dining: Cafeteria/Fast Food	1.4
Dining: Family	1.6
Dormitory	1.0
Exercise Center	1.0
Gymnasium	1.1
Health Care-Clinic	1.0
Hospital	1.2
Hotel	1.0
Library	1.3
Manufacturing Facility	1.3
Motel	1.0
Motion Picture Theater	1.2
Multi-Family	0.7
Museum	1.1
Office	1.0
Parking Garage	0.3
Penitentiary	1.0
Performing Arts Theater	1.6
Police/Fire Station	1.0
Post Office	1.1
Religious Building	1.3
Retail	1.5
School/University	1.2
Sports Arena	1.1
Town Hall	1.1
Transportation	1.0
Warehouse	0.8
Workshop	1.4

零售店 1.5 W/ft²

^a In cases where both general building area type and a specific building area type are listed, the specific building area type shall apply.

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004 【20】

表 7.1-3 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft²)

TABLE 9.6.1 Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method

Common Space Types ^a	LPD (W/ft ²)	Building Specific Space Types	LPD (W/ft ²)
Office-Enclosed	1.1	Gymnasium/Exercise Center	
Office-Open Plan	1.1	Playing Area	1.4
Conference/Meeting/Multipurpose	1.3	Exercise Area	0.9
Classroom/Lecture/Training	1.4	Courthouse/Police Station/Penitentiary	
For Penitentiary	1.3	Courtroom	1.9
Lobby	1.3	Confinement Cells	0.9
For Hotel	1.1	Judges Chambers	1.3
For Performing Arts Theater	3.3	Fire Stations	
For Motion Picture Theater	1.1	Fire Station Engine Room	0.8
Audience/Seating Area	0.9	Sleeping Quarters	0.3
For Gymnasium	0.4	Post Office—Sorting Area	1.2
For Exercise Center	0.3	Convention Center—Exhibit Space	1.3
For Convention Center	0.7	Library	
For Penitentiary	0.7	Card File and Cataloging	1.1
For Religious Buildings	1.7	Stacks	1.7
For Sports Arena	0.4	Reading Area	1.2
For Performing Arts Theater	2.6	Hospital	
For Motion Picture Theater	1.2	Emergency	2.7
For Transportation	0.5	Recovery	0.8
Atrium—First Three Floors	0.6	Nurse Station	1.0
Atrium—Each Additional Floor	0.2	Exam/Treatment	1.5
Lounge/Recreation	1.2	Pharmacy	1.2
For Hospital	0.8	Patient Room	0.7
Dining Area	0.9	Operating Room	2.2
For Penitentiary	1.3	Nursery	0.6
For Hotel	1.3	Medical Supply	1.4
For Motel	1.2	Physical Therapy	0.9
For Bar Lounge/Leisure Dining	1.4	Radiology	0.4
For Family Dining	2.1	Laundry—Washing	0.6
Food Preparation	1.2	Automotive—Service/Repair	0.7
Laboratory	1.4	Manufacturing	
Restrooms	0.9	Low Bay (<25 ft Floor to Ceiling Height)	1.2
Dressing/Locker/Fitting Room	0.6	High Bay (≥25 ft Floor to Ceiling Height)	1.7
Corridor/Transition	0.5	Detailed Manufacturing	2.1
For Hospital	1.0	Equipment Room	1.2
For Manufacturing Facility	0.5	Control Room	0.5
Stairs—Active	0.6	Hotel/Motel Guest Rooms	1.1
Active Storage	0.8	Dormitory—Living Quarters	1.1
For Hospital	0.9	Museum	
Inactive storage	0.3	General Exhibition	1.0
For Museum	0.8	Restoration	1.7

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004【20】

表 7.1-4 建築空間型式照明單位面積強度(W/ft²)

TABLE 9.6.1 (continued) Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method

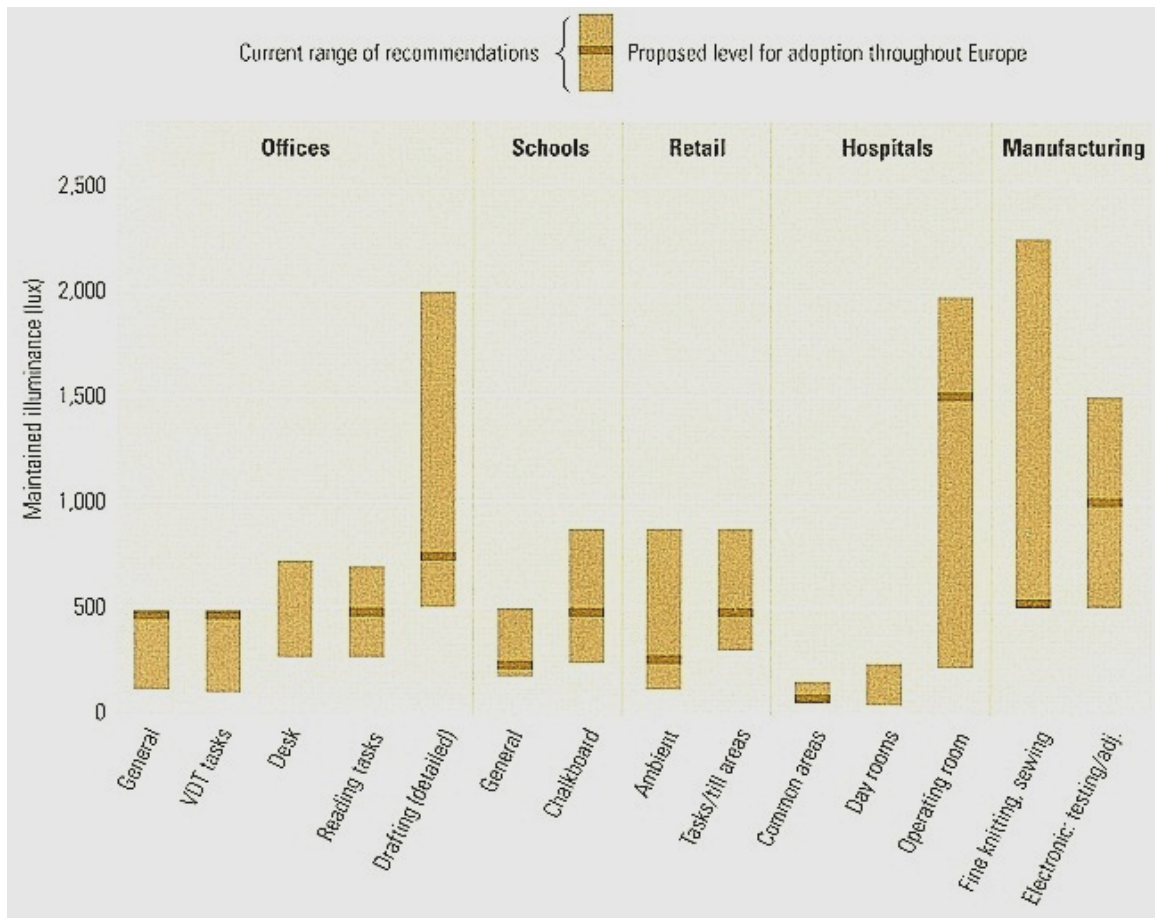
Common Space Types ^a	LPD (W/ft ²)	Building Specific Space Types	LPD (W/ft ²)
Electrical/Mechanical	1.5	Bank/Office—Banking Activity Area	1.5
Workshop	1.9	Religious Buildings	
		Worship Pulpit, Choir	2.4
		Fellowship Hall	0.9
		Retail [For accent lighting, see 9.3.1.2.1(c)]	
		Sales Area	1.7
		Mall Concourse	1.7
		Sports Arena	
		Ring Sports Area	2.7
		Court Sports Area	2.3
		Indoor Playing Field Area	1.4
		Warehouse	
		Fine Material Storage	1.4
		Medium/Bulky Material Storage	0.9
		Parking Garage—Garage Area	0.2
		Transportation	
		Airport—Concourse	0.6
		Air/Train/Bus—Baggage Area	1.0
		Terminal—Ticket Counter	1.5

a In cases where both a common space type and a building specific type are listed, the building specific space type shall apply.

資料來源：ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004

2.美國照明光環境基本照度需求如何？

答：美國加州柏克萊大學勞倫斯實驗室根據北美 14 個國家提出之基本照度建議。圖 7.1-1 所示為美國照明光環境基本照度需求。如辦公室(Office)之桌面(Desk)照度為 300~750 lux，與我國辦公室 300~750 lux 相同。我國照度又與日本相同，可見世界各國照度標準有一致性。



注：美國加州柏克萊大學勞倫斯實驗室根據北美14個國家提出之建議基本照度值。

圖 7.1-1 美國照明光環境基本照度需求

3.新加坡建築照明之節能規範概要如何？

答：新加坡採用單位面積照明用電密度 (Light Unit Power Density 簡稱 LPD)，若將照明區域內之照明用電量 Q [W]除以照明區域面積 A [m^2]，即得單位面積照明用電密度 $LPD=Q/A$ [W/m^2]。因此利用此評估方法可瞭解此一照明區域之照明用電量是否合理。此綜合評估方法，適用於採用全面照明方式者，整個照明區域要求均一照度之條件。表 8.1-5 係新加坡規定單位面積照明用電密度，可供照明設計者及用戶檢討用電量之參考。【21】

表 7.1-5 新加坡照明單位面積最大耗電(W/m²) 2006

SS 530 : 2006

Table 7 – Maximum lighting power budget (including ballast loss)

Type of usage	Maximum lighting power budget (Watts / m ²)
Offices	15
Classrooms	15
Lecture theatres	15
Auditoriums / Concert halls	10
Shops / Supermarkets / Departmental stores (including general, accent and display lighting)	25
Restaurants	15
Lobbies / Atriums / Concourses	10
Stairs	6
Corridors	10
Car parks	5
Electronic manufacturing and fine detail / Assembly industries	20
Medium and heavy industries	15
Warehouses / Storage areas	10
<ol style="list-style-type: none"> 1. Design service illuminance, lamp efficacies and the light output ratios of luminaires shall be in accordance with Singapore Standard SS 531. 2. The general use of incandescent tungsten lamps is discouraged. 3. The use of High Frequency fluorescent lighting systems is encouraged to achieve good illuminance standards with visual comfort. 4. Display lighting and specialised lighting are to be included in the calculation of lighting power budget. 5. The lighting power budget shall not apply to spaces in individual residences and apartments but shall apply to common stairs, lobbies, corridors and indoor car parks within the residential building. 	

註：SS 530_2006_Code of practice for energy efficiency standard for building services and equipmen 【21】

4.日本建築照明之節能規範概要如何？

答：日本在 1993 年 7 月 29 日頒布之「有關建築物內能源使用之合理化」法令，並自 1994 年 8 月 1 日執行，有關建築物照明節能規範則以日本照明學會及照明學者所訂出照明能源耗費係數 CEC/L (Coefficient of Energy Consumption for Lighting) 作為建築物照明設計之規定。CEC/L 定義如下：

$$\begin{aligned} \text{CEC/L} &= \text{全年照明設備實際消耗能源量(kcal/年)} \div \text{全年照明設備標準消耗能源量(kcal/年)} \\ &= \Sigma ET \times 2,550 \text{ kcal} \div \Sigma Es \times 2,550 \text{ kcal} \\ &= [\Sigma (ET \times A \times T \times F / 1,000)] \times 2,550 \text{ kcal} \div [\Sigma (Es \times A \times T \times Q1 \times Q2 / 1,000)] \\ &\quad \times 2,550 \text{ kcal} \end{aligned}$$

ES：各室標準之照明設備耗費電量 (kWh)

ET：各室實際的照明設備耗費電量 (kWh)

WS：標準照明消耗功率 (每單位面積 W/m²)

WT：照明設備實際消耗功率 (W/m²)

A：各室之地板面積

T：各室全年間照明點燈時間

Q1：依照明設備之種類產生修正常數

Q2：依照明設備之照度產生修正常數

F：依照明設備控制系統等產生之修正常數

日本有關建築物節約能源措施方面，新法規定除原有之空調設備外，以政令追加其它耗能設備，其中包括照明設備、機械換氣設備、熱水供給設備及電梯設備等，分別制定其能源消費係數 (Coefficient of Energy Consumption, CEC) 判斷基準，促進建築物進一步節約能源。

對於特定建築物之定義則追加辦公室、商店、旅館、學校、醫院診療所等類建築。因此基於以上省能源法之規定，對於特定建築物於 1993 年 11 月 1 日以後的建築執照申請，必須提出省能源計畫書(包含

計算書)。建築物的 CEC/L 值必需符合下表 7.1-6 的要求。

表 7.1-6 日本能源消費係數 CEC/L 基準

單位	一般基準值	獎勵基準值
事務所、學校、醫院	CEC/L ≤ 1.0	CEC/L ≤ 0.9
飯店、商店	CEC/L ≤ 1.2	CEC/L ≤ 1.1

飯店、商店的判斷基準值特別規定為 1.2，主要是考慮到這些建築物的照明必須為顧客創造一種舒適明亮的照明環境。當 CEC/L 滿足獎勵基準值時，根據節能、再利用支持法，其照明設備系統中的高效率照明設備可以享受低利貸款，以鼓勵建築物採用高效率照明設備。

7.2 台灣建築照明之節能規範概要

1. 台灣綠建築照明系統節能評估法？

答：(1). 台灣綠建築照明系統之節能評估法係以提高燈具效率與照明功率為主，其合格判斷如下式所示：

照明系統節能效率：

$$EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3) \dots\dots\dots 1$$

式中所有居室燈具效率係數 IER 與主要作業空間照明功率係數 IDR：

$$IER = (\sum n_i \times W_i \times B_i \times C_i \times D_i) / (\sum n_i \times W_i \times B_i \times r_i) \dots\dots\dots 2$$

其中

EL：照明系統節能效率，無單位

IER：所有居室燈具效率係數，無單位

IDR：主要作業空間照明功率係數，無單位

n_i ：某 i 類燈具數量。

w_i ：某 i 類燈具之功率(W)

r_i ：某 i 類光源之效率比

B_i ：安定器效率係數

C_i ：照明控制係數

D_i ：燈具效率係數

β_1 ：20.0x 再生能源節能比例 R_r

β_2 ：建築能源管理系統效率

β_3 ：如光導管，光纖集光裝置等其他特殊採光照明節能優待係數，由申請者提出計算值，經認定後採用之。

sw_j ：主要作業空間之照明總功率(W)，為該空間燈具功率之和，主要作業空間型態。

A_j ：主要作業空間樓地板面積(m^2)。

UPD $_j$ ：主要作業空間照明功率密度基準。

IER 為實際總用電功率與總用電功率基準之比，IDR 為主要作業空間之設計照明功率密度與照明功率密度基準之比。綠建築之照明評估範圍係以照明水準較具共同標準之供公眾使用之空間為限，至於儲藏室、停車場、倉庫、樓梯間、茶水間、廁所等非居室空間，與住宅、宿舍、療養院、旅館客房等屬於私人生活氣氛之住宿空間，以及開刀房、工廠生產線、實驗室、音樂廳、娛樂場所、展覽場、商場等商業展示及特殊照明需求空間，暫不列入評估範圍。

- (2).台灣目前尚未公佈單位面積照明用電密度 $UPD=Q/A [W/m^2]$ ，依非製造業能源查核能源大用戶(用電契約容量 $>1,000 kW$ 者)照明用電統計研究，提出可供參考之建議值如表 8.2-1 所示，與美國及新加坡之 UPD 值差不多。

表 7.2-1 台灣照明單位面積耗電強度(W/m²)建議值

建築類型		單位面積照明裝置電力 W/m ²
政府機關(辦公建築)		15
商業建築	辦公	15
	百貨	25
	量販店	18
	飯店	18
	醫院	18

註：住商部門非製造業能源查核與耗能指標訂定之研究，蔡尤溪、李魁鵬，93年產業節能技術服務計畫分包研究期末報告(綠基會)【22】

2.台灣照明能源效率標準及環保標章規定如何？

答：經濟部能源局已訂有之各標準如下：

1.使用能源設備或器具容許耗用能源標準

(網址：<http://www.moeaboe.gov.tw/>)

- (1).螢光燈管能源效率標準，表 7.2-2。
- (2).緊密型螢光燈管能源效率基準，表 7.2-3。
- (3).螢光燈管用安定器光效因數基準，表 7.2-4。
- (4).安定器內藏型螢光燈炮能源效率基準，表 7.2-5。

2.經濟部能源局節能標章 (網址<http://www.energylabel.org.tw/>)

- (1).螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法，表 7.2-6。
- (2).安定器內藏型螢光燈炮節能標章能源效率基準與其標示方法，表 7.2-7。
- (3).節能標章，表 7.2-8。
- (4).螢光燈管環保標章規格標準，表 7.2-9。

表 7.2-2 螢光燈管能源效率標準

中華民國八十八年十二月三十一日 經(八八)能字第八八四六三二四六號 實施日期：民國 90 年 1 月 1 日

類別	螢光燈管區分	額定螢光燈管功率	發光效率 (lm/W)						
			一般型			三波長域發光型			
			D	N (CW)	W, WW	D-EX	N-EX (CW-EX)	W-EX WW-EX	
預熱起	直管型	10	10	44	45	47	45	50	53
		15	11~15	48	52	55	59	63	65
		20	16~20	60	67	71	71	74	77
		30	21~30	63	70	74	76	80	84
		40	31~40	72	78	81	84	88	90
動型	環管型	20	20,18	45	47	50	51	53	57
		22	22,19	45	47	50	51	53	57
		30	30,28	47	52	55	57	58	60
		32	32,30	53	56	59	65	67	69
		40	40,38	63	68	72	70	77	81
瞬時起動型		20	16~20	55	68	71	62	71	74
		40	31~40	75	76	77	75	81	84
		60	51~60	62	67	72	67	72	75
		110	100~110	80	82	86	85	87	91
平均演色性指數(Ra)			69	67	50	80			

註:1.類別、螢光燈管區分依CNS691螢光燈管（一般照明用）規定。

2.螢光燈管光源色區分依CNS 10839螢光燈管之色度分類規定：晝光色（D：5,700～7,100 K）、冷白色（CW：4,600～5,400 K）、白色（W：3,900～4,500 K）、溫白色（WW：3,200～3,700 K），三波長域發光型（EX）。

3.發光效率為光源全光束（lm）與螢光燈管功率（W）之比，光源全光束與螢光燈管功率之測試方法依CNS 3936螢光燈管（一般照明用）檢驗法規定。

4.實測之發光效率及平均演色性指數應在上表標準值及標示值95% 以上。

5.植物培植燈、補蟲燈、半導體專用燈、滅菌燈等彩色螢光燈管及高演色性螢燈管（Ra > 95% 以上者）免試發光效率。

6.平均演色性指數之測試方法CIE13.3 method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources規定。

7.晝光色（N：4,600～5,400 K）螢光燈管發光效率及平均演色性指數比照冷白色（CW：4,600～5,400 K）螢光燈管規定；燈泡色（L：2,600～3,150 K）·螢光燈管之發光效率及平均演色性指數比照白色（W：3,900～4,500 K）螢光燈管規定。

表 7.2-3 緊密型螢光燈管能源效率基準

中華民國 96 年 1 月 19 日 經授能字第 09620080480 號訂定，並自中華民國九十九年一月一日生效

類別	管徑區分	額定消耗電 功率(W)	發光效率(lm/W)	
			晝光色(D)	燈泡色(L)
雙管(P 型、PX 型)	一般型、細管型(S);	低於 6	45	47
	一般型、細管型(S)	6 ~ 7	50	53
雙管(P 型、PX 型)四管(D 型、DX 型、M 型、W 型) 六管(T 型、TX 型)	一般型、細管型(S)	10	55	58
	一般型	9、13		
	細管型(S)	9、13	63	66
	一般型、細管型(S)	11	72	77
	一般型	14 ~ 26	56	60
	細管型(S)	14 ~ 26	62	66
	雙管(P 型、PX 型)	一般型、細管型(S)	27	63
四管(D 型、DX 型、 M 型、W 型)	一般型、細管型(S)	27	54	57
雙管(P 型、PX 型)四管(D 型、DX 型、M 型、W 型) 六管(T 型、TX 型)	一般型、細管型(S)	28 ~ 30	65	69
雙管(P 型、PX 型)	一般型、細管型(S)	高於 30	72	77
四管(D 型、DX 型、M 型、 W 型)六管(T 型、TX 型)	一般型、細管型(S)	高於 30	66	70
註：				
1. 緊密型螢光燈管光源色區分依 CNS 10839 螢光燈管之色度分類規定：晝光色(D：5,700~7,100K)、燈泡色(L：2600~3150K)。				
2. 晝白色(N：4,600~5,400K)、冷白色(CW：4,600~5,400K)、白色(W：3900~4500K)、溫白色(WW：3,200~3,700K)燈管之發光效率比照燈泡色(L)燈管規定。				
3. 發光效率(lm/W)為燈管全光束與燈管功率之比，燈管全光束與燈管功率之測試方法依 CNS14576 緊密型螢光燈管(一般照明用)規定試驗。				
4. 實測之發光效率不得小於上表基準值，並在標示值 95%以上；額定消耗電功率未列於表內者，以同一類別之鄰近較大發光效率者為基準。				
5. 發光效率檢測時如 CNS 14576 表 3 無相關試驗用安定器可供測試使用者，可採用適用之安定器進行試驗。				
6. 植物培植燈、捕蟲燈、半導體專用燈、滅菌燈等彩色螢光燈管及高演色性螢光燈管(Ra>95 以上者)等免試發光效率。				

表 7.2-4 螢光燈管用安定器光效因數基準

中華民國 95 年 1 月 6 經授能字第 09520080050 號

一、螢光燈管用安定器包括傳統式安定器及電子式安定器，其光效因數基準如下表：

實施日期

中華民國九十八年三月一日

安定器 類型	型式 適用螢光燈管區分	預熱型								非預熱型 (含瞬時型)			
		直管型					環管型			20	40	60	100
		10	15	20	30	40	20,22	30,32	40				
安定器光 因數 (BEF)	額定燈管功率 W	10	11~15	16~20	21~30	31~40	18~20,19~22	28~30,30~32	38~40	16~20	31~40	51~60	100~110
	1 燈	6.260	4.510	4.780	2.900	2.290	4.405	2.900	2.290	4.780	2.290	1.059	0.629
	2 燈	3.000	2.307	2.450	1.460	1.170	2.202	1.460	1.170	2.450	1.170	0.536	0.390
	3 燈	2.000	1.552	1.675	0.970	0.750	1.450	0.970	0.750	1.675	0.750	0.357	0.211
	4 燈	1.500	1.169	1.200	0.730	0.600	1.200	0.730	0.600	1.200	0.600	0.269	0.159

註：1.適用螢光燈管類別係依 CNS 691 螢光燈管(一般照明用)規定。

2.安定器光效因數(BEF)之計算為燈管平均光輸出比乘以 100 再除上安定器、燈管系統輸入功率，並以四捨五入方式計算至小數 點 第三位數，光輸出比之試驗方法依照 CNS 13755 相關規定，安定器光效因數實測值不得低於上表基準值，並在產品標示數值之 95 % 以上。

$$\text{安定器光效因數} = \frac{\text{燈管平均光輸出比} \times 100}{\text{待測安定器、燈管系統輸入功率}(P)}$$

二、安定器光效因數檢測時，如 CNS 13755 附錄 1 及附錄 2 無試驗用安定器及試驗用燈管可供測試使用者，不在本基準適用範圍內。

表 7.2-5 安定器內藏型螢光燈炮能源效率基準

中華民國 96 年 1 月 19 日 經授能字第 09620080480 號訂定，並自中華民國九十九年一月一日生效。

外型	額定消耗電功率	發光效率(lm/W)
無罩	低於 10W	40
	10W 以上，低於 15W	50
	15W 以上，低於 25W	60
	25W 以上	65
有罩	低於 15W	40
	15W 以上，低於 20W	48
	20W 以上，低於 25W	50
	25W 以上	55

註：

- 1.發光效率(lm/W)之測試依 CNS 14125 安定器內藏式螢光燈泡（一般照明用）試驗方法規定。
- 2.實測之發光效率不得小於上表基準值，並須在產品標示值之 95%以上。

表 7.2-6 節能標章


<p>【節能標章】 為經濟部推動之自發性認證標章，能夠獲得「節能標章」認證的產品絕對是讓消費者買的放心用的安心的產品。</p> <p>【節能標章】 產品代表著高能源效率亦即代表著在同樣功能條件的使用狀態下，消耗較少的能源及負擔較低的能源費用，尤其對於高耗能、長期使用或使用壽命長的產品項目將有著更顯著的差異。</p>	
--	---

表 7.2-7 螢光燈管節能標章能源效率基準與其標示方法

能技字第 09404015980 號令 94 年 10 月 24 日公告修訂即日起實施

- 一、螢光燈管申請節能標章認證，其產品需符合依國家標準 CNS691、CNS13755、CNS10839 及 CIE13.3 進行測試，實測值需符合下列標準：

燈管發光長度 100cm 以上		
標準色度範圍	節能標章能源效率基準	
	搭配 CNS 691 試驗要求試驗用安定器	搭配 CNS 13755 驗證登錄合格電子式安定器
燈泡色(L-EX：2600~3150K) 溫白色(WW-EX：3200~3700K) 白色(W-EX：3900~4500K)	發光效率 ≥ 92 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 96 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝白色(N-EX：4600~5400K) 冷白色(CW-EX：4600~5400K)	發光效率 ≥ 90 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 94 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝光色(D-EX：5700~7100K)	發光效率 ≥ 86 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 90 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80

- 二、(以上產品能源效率證明文件需註明安定器型式)

燈管發光長度 未達 100cm		
標準色度範圍	節能標章能源效率基準	
	搭配 CNS 691 試驗要求試驗用安定器	搭配 CNS 13755 驗證登錄合格電子式安定器
燈泡色(L-EX：2600~3150K) 溫白色(WW-EX：3200~3700K) 白色(W-EX：3900~4500K)	發光效率 ≥ 84 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 87 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝白色(N-EX：4600~5400K) 冷白色(CW-EX：4600~5400K)	發光效率 ≥ 81 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 84 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80
晝光色(D-EX：5700~7100K)	發光效率 ≥ 78 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80	發光效率 ≥ 81 lm/W 平均演色性指數 ≥ 80


- 二、前點節能標章能源效率基準之標示，應注意下列事項：

- (一)標章使用者之名稱及住址需清楚記載於產品或包裝上。
- (二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址需一併記載於產品或包裝上。
- (三)產品型錄上應標示產品之發光效率(lm/W)與平均演色性指數。
- (四)產品之實測發光效率，計算至整數，小數點後第一位數即四捨五入。

表 7.2-8 安定器內藏型螢光燈炮節能標章能源效率基準與標示方法

◆安定器內藏式螢光燈泡：安定器內藏式螢光燈泡節能標章能源效率 基準與標示方法
能技字第 09404017350 號令 94 年 10 月 21 日公告即日起實施
<p>一、安定器內藏式螢光燈泡申請節能標章認證，其產品需符合國家標準 CNS14125 之規定，實測值需符合下列基準：</p> <p>(一)發光效率需高於(含)60 lm/W。</p> <p>(二)平均演色性指數需高於(含)80。</p> <p>(三)「2000 小時之光束維持率需高於 85%」(94 年 12 月 31 日前之試驗報告適用)或「1000 小時之光束維持率需高於 90%」(95 年 1 月 1 日後之試驗報告適用)。</p> <p>二、前點節能標章能源效率基準之標示，應注意下列事項：</p> <p>(一)標章使用者之名稱及住址需清楚記載於產品或包裝上。</p> <p>(二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址需一併記載於產品或包裝上。</p> <p>(三)產品型錄上應標示產品之發光效率(lm/W)。</p> <p>(四)產品之實測發光效率，計算至整數，小數點後第一位數即四捨五入。</p>

表 7.2-9 螢光燈管環保標章規格標準

1. 本產品係指預熱型螢光燈管，不含省能源精緻型螢光燈(CFL)。	
2. 螢光燈管使用2,000小時後，光束維持率應達初期光束之85%以上。	
3. 燈管輸出光效率(lm/W)及演色性評價指數應達80(含)以上。	
4. 燈管內水銀(Hg)含量應不大於15(含)毫克。	
5. 工作環境空氣中之水銀蒸氣平均值應不大於0.23(含)mg/m ³ 。	
6. 標章使用者的名稱以及住址須清楚記載於產品或包裝上，標章使用者若非製造者，製造者的名稱及住址須一併記載於產品或包裝上。	
7. 產品或包裝上須標示「節省能源及減少汞污染」。	
<p>註：1. 本項產品出貨時包裝箱須採用回收紙混合80%以上所製成之瓦楞紙箱。</p> <p>2. 燈管外部須標示功率及演色性評價指數。</p>	

3.台灣 CNS 照度標準規定如何？

答：在照明應用方面，我國家標準訂有 CNS 總號 12112 類號 Z1044 其分有各種場所所需之照度基準，茲提出數項說明。

附表1 辦公室

照度 Lux	場 所 (1)		作 業
2000	—		—
1500	辦公室(a)(2)，營業所，設計室，製圖室，正門大廳(日間)(3)		○設計 ○製圖 ○打字 ○計算 ○打卡
1000	—		—
750	—	辦公室(b)，主管室，會議室，印刷室，總機室， 電子計算機室，控制室，診療室， ○電氣機械室等之配電盤及計器盤， ○服務台	
500	禮堂，會客室，大廳， 餐廳，廚房、娛樂室， 休息室，警衛室，電梯走道	書庫，會客室，電氣 室，教室，機械室， 電梯，雜務室	
300	—	—	
200	—	盥洗室，茶水間，浴 室，走廊，樓梯，廁 所	
150	—	—	
100	飲茶室，休息室，值夜室，更衣室，倉庫， 入口（靠車處）		—
75	—		—
50	安 全 梯		—
30	—		—

註(1)：關於室內停車場請參照附表6。

(2)：辦公室如做精細工作，且日間因光線之影響而室外明亮，室內黑暗之感覺希望能選擇a之標準。

(3)：為避免日間已適應屋外數萬 Lux的自然光，自進入屋內正門大廳時呈現昏暗之情形、正門大廳照度應予提高，正門大廳日夜間照度可分階段點滅調光。

附表3 學校（室內）

標準照度 Lux	場 所 (室內)	作業種類	
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，辦公室，教職員休息室，會議室 研究室，圖書閱覽室，書庫 保健室，餐廳，廚房，配膳室	電腦教室	○黑板書寫 ○天秤計量
300		—	—
200	廣播室，印刷室，總機室， 守衛室，室內運動場	大禮堂 教職員休息室 儲物室 樓梯 走廊 廁所 值日室 工友室 天台	—
150	—	—	—
100	—	—	—
75	—	—	—
50	倉庫，車庫，安全梯	—	—
30	—	—	—

備考：如屬視力、體力不良之兒童、學生使用之教室、實驗、實習工廠時，可將照度提高上述所定基準值兩倍（其原因係因聽力不良之兒童，必靠看別人口唇之動作去判斷別人所說的詞句）。

“○”號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

附表3.1 學校（室外）

照度 Lux	場 所	場 所
150	籃球場、排球場、網球場、○壘球場投捕手區、 游泳池	—
100		徒手體操場、機械操場、足球場、 橄欖球場、手球場、壘球場
75	—	—
50	—	—
30	—	—
20	—	—
10	—	—
5	—	—
2	學校園內道路（夜間）	—

備考：有“○”記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

附表2 工廠

照度 LUX	場 所	作 業
3000	—	—
2000	○控制室等之儀表盤及控制盤	精密機械，電子零件製造，印刷工廠極細之視力作業如： ○裝配(a)，○檢查(a)，○試驗(a)，○篩選(a)，○設計，○製圖
1500	設計室，製圖室	纖維工廠之選別、檢查、印刷工廠之排字、校正，化學工廠之 分析等細緻視力工作，如： ○裝配(b)，○檢查(b)，○試驗(b)，○篩選(b)
1000	控制室	一般之製造工程等之普通視力作業，如： ○裝配(c)，○檢查(c)，○試驗(c)，○篩選(c)，○包裝(c)，○倉庫內 辦公
750	電氣室，空調機械室	較粗之視力工作，如： ○可限定之工作，○包裝(b)，○物品製造(a)
500	進出口，走廊，通道，樓梯，化 粧室，廁所，內具作業場之倉庫	極粗之視力作業，如： ○可限定之工作，○包裝(c)，○捆紮(b)(c)
300	安全梯，倉庫，屋外動力設備	○裝貨，卸貨，存貨之移動等諸作業
200	室外（通道，警備區）	—
150		
100		
75		
50		
30		
20		
10		

- 備考：1.有關相同作業名稱以所看對象物及作業性質之不同而有三種分別。
 附表中之(a)乃細小物件、深暗色物件、對比不明顯物件尤其具高增值產品、衛生嚴謹場合高精密度作業工作時間長久者等事項。
 附表中之(c)乃粗物件、亮麗物件、對比明顯物件、環狀物件尤其不具高價值物件等事項。
 附表中之(b)乃屬於 和 之間之諸事項。
 2.具危險性之作業，應有2倍之照度。
 3.“○”記號之作業場所可用局部照明取得該照度。

附表4.1 衛生所

照度 Lux	場 所	作 業
1500	—	○視診 ○注射 ○預防接種 ○檢查 ○櫃台事務
1000	診療室、治療室、主任室、 辦公室、護士室、辦公室、 圖書室、會議室	—
750	禮堂、展示室、營養室 談話室、候診室	
500	統計室、計測室、心電室、 消毒室、檢查室	
300	X光室（攝影、操作、判讀）	
200	值夜室、洗手間、走廊	—
150	—	
100		X光透視室(6)、 眼底檢查室(6)
75		
50		

- 備考：有“○”記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

附表4 醫院

照度 Lux	場 所	作 業
10000		
7500	視機能檢查室（眼科明室）(4)	—
5000		
3000		
2000	—	○解剖檢查、○助產、 ○急救、○視診、○注射、 ○製藥、○調藥、○檢查、 ○技術加工、○櫃台事務
1500		
1000	開刀房(5)	
750		
500	診療室、治療室、急救室、產房、院長室、辦公室、研究室、會議室、護士室、藥局、製藥室、配藥室、解剖室、病理細菌檢查室、事務室、圖書室、正門	○繃帶更換（病房）、 ○裝卸石膏模
300		
200	餐廳、調理室、一般檢查室（血液、尿、便）、生理檢查室（腦波、心電圖、視力）、技術加工室、中央供應室、同位素室	
150	嬰房、記錄室、候診室、會客室、門診部走廊	○病床上看書
100	病房、X光室(攝影、操作、判讀)、物理治療室、溫水浴室、冷水浴室、運動機械室	
75	麻醉室、回復室、太平間、更衣室、浴室、化粧室、洗手間、污物處理室、洗衣場、病歷室、值夜室、樓梯	
50	內視鏡室(6)、x光透視室(6)、眼科暗室、乘車處、病房走廊	
30	動物室、暗室（照片），安全梯	
20		
10		
5	—	
2		
1	深夜之病房及走廊(7)	

註：(4)最好能調光至50Lux。

(5)開刀房之照度應以無影燈將手術台上直徑30cm範圍內維持20,000 Lux以上。

(6)能調至“○”Lux。

(7)使用照腳燈等。

備考：1.有“○”記號之場所，可用局部照明取得該照度。

附表5 商店、百貨店、其他

照度 Lux	商店之一般共同事項	日用品店 (雜貨、食品)	超級市場 (自助式)	大型店(5) (百貨公司、大批發店)	服飾店 (衣料、眼鏡、鐘錶等)	文化品店 (家電、樂器、書籍)	趣味休閒用品店	生活別專門店 (家庭工藝器具、育嬰、料理等)	高級專門店 (貴金屬、衣服、藝術品等)
3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	○局部陳列室	—	○主陳列室	○櫥窗之重點 ○展示部 ○店內重點陳列部	○櫥窗之重點	○櫥窗之重點 ○店內之陳列部	—	—	○櫥窗之重點
1500	—	—	—	○專櫃 ○店內陳列	—	○舞台商品之重點	—	○櫥窗之重點	○店內重點陳列品
1000	○重點陳列部 ○結帳櫃台 ○電扶梯上下處 ○包裝台	○重點陳列部	店內全般 (鬧區商店)	主商品標售特價品部份 ○服務專櫃	○重點陳列 ○專案櫃 ○試穿室	○室內陳列 ○服務專櫃，試穿室(9)，櫥窗之全般	○室內陳列之重點 模特兒表演場，櫥窗之全般	○展示室	○一般陳列品
750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	○電梯大廳 ○電扶梯	○重點部份 ○店面	店面全般 (郊外商店)	一般樓層之全般	店面全般 (特別部份除外) ○特別陳列部	店面全般 ○具鼓舞性指標之陳列	○店內一般陳列 ○特別陳列 ○服務專櫃	店面全般 ○服務專櫃	○服務專櫃 設計發表專櫃
300	○一般陳列品，洽商室	—	—	高層樓之全般	—	—	店面全般	—	接待室
200	接待室	店面全般	—	—	—	—	—	—	—
150	化粧室，廁所樓梯，走道	—	—	—	○特別部之全般	○具鼓舞性指標陳列部之全般	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	特別部之全般	—	—
75	休息室 店面全般	—	—	—	—	—	—	—	—

註：(8)大型店之販賣場因業別而需必要效果時，可用相對事項。(9)試穿室等乃希望設調光裝置以方便減光。

備考：1.有“○”記號之作業場所，可用局部照明取得該照度。

2.白天屋外正面櫥窗之重點希望1,000Lux以上。

3.重點陳列之局部照明之照度，希望在全般照明之三倍以上。

附表6 停車場

照度 Lux	屋 內 、 地 下			屋 外					
300	機械式停車裝置之出入口	車道 (交通量大)	—	—	—	—	—		
200									
150	—	車道 (一般)	—	停車位置 (出入多的場合)	巴士及卡車起訖站(交通量大)	服務區 (高速公路)	收費(17) (大規模)		
100				停車位置 (出入少的場合)	巴士及卡車起訖站(交通量小)				
75				—	—	—	停車區 (高速公路)	收費 (小規模)	商業娛樂等公共場所之附屬設施
50				—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—		
20	—	—	—	—	—	—	—		
10	—	—	—	—	—	—	—		
5	—	—	—	—	—	—	—		

註(17)：照停車表之路上停車場不包括在內。

備考：屋內停車場之出入口須視白天外面之照度增設燈數。

附表7 美術館、博物館、公共會館、旅館、公共浴室、美容院、理髮店、飲食店、戲院

照度 Lux	美術館、博物館	公共會館	旅館、飯店	公共浴室	美容院、理髮店	餐廳、飲食店	旅遊飲食店	戲院(9)
1500	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	○雕刻(石、金屬) ○模型	○化粧室面鏡(10) ○特別展示品	○前廳櫃台 ○結帳櫃台	—	○剪燙髮 ○染髮 ○整髮 ○化粧	○食品樣品櫃	—	—
750	○雕刻(石膏、木、紙) ○西畫、研究室、調查室、販賣部、大廳	圖書閱覽室、教室 宴會場所 大會議場 展示會場 集會室 餐廳	停車場，大門，廚房，事務室， ○行李櫃台 ○洗面鏡(10)	○櫃台 ○衣物櫃 ○浴場走道	○修臉 ○整裝 ○洗髮 ○前廳掛號台	集會室，廚房調理房 ○餐桌 ○帳房 ○前廳掛號台 ○貨物收受台	○餐桌，廚房 ○帳房 ○貨物收受台	出入口 販賣店 樂隊區 ○售票室
500	○繪畫(附玻框) ○國畫，○工藝品 ○一般陳列品，廁所，小集會室，教室	禮堂，結婚禮堂 準備室 樂隊區、洗手間	日式大房間 前廳 廁所 餐廳	宴會場所 出入口、更衣室、淋浴處、泡浴槽、廁所	店內廁所	正門、休息室，餐室、洗手間	洗手間	觀眾席，前廳休憩室、電氣室、機械室 洗手間、廁所
300	○模仿製品，標本展示，餐飲部，走廊樓梯	結婚禮堂，聚會場，前廳走廊，樓梯	盥洗室 娛樂室，更衣室，走廊 客房(全般) 樓梯，浴室	走廊	走廊、樓梯	走廊、樓梯	出入口走廊、正門，樓梯，房間內(全般)	放映室、控制室 樓梯、走廊 ○後場作業場所
200	—	—	○庭院 重點照明	—	—	—	—	—
150	收藏室	儲藏室	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	安全燈	—	—	—	—	—

附表8 住宅

照度 Lux	起居間	書房	兒童 作業室	客廳	廚房 餐廳	臥房	家事室 工作室	浴室 更衣室	洗手 間	走廊 樓梯	倉儲 室	玄關 (內側)	門、玄關 (外邊)	車庫	庭園
2000							—								
1500	○手藝	—	—			—	○手工藝					—			
1000	○縫紉			—	—		○縫紉	—						—	
750		○寫作	○作業												
500	○閱讀	○閱讀	○閱讀			○看書	○工作		—			○鏡子	—		—
300	○化粧(10)				○餐桌	○化粧		○修臉(10)		—				○清潔	
200	○團聚		○遊玩	○桌面(13)	○調理		○洗衣	○化粧(10)				○裝飾櫃		○檢查	
150				○沙發	○水洗槽			○洗臉							
100	—		全般	—		—	全般	全般				全般		—	○宴會
75		全般			全般				全般						○聚餐
50	全般			全般						全般		○門牌		全般	陽台
30											全般	○信箱			全般
20						全般						○門鈴鈕			
10	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—		—	—	—
5												○走道	—	○走道	
2													—	—	
1						深夜			深夜			安全燈			安全燈

註：(12)對全般照明照度另作局部性的提高照明設備使室內照明不流於平凡而富有變化為目的。

(13)趣味性讀書當作娛樂看待。

(14)其他場所也准用。

備考：1.各類場所依其用途全般照明及局部照明能併用較妥。

2.居住間、客廳、臥房等最好有可調光設施。

3.有“○”記號之場所，可用局部照明取得該照度。

附表8.1 集合住宅之共同部份

照度 Lux	場 所	
500	—	—
300	管理員辦公室	—
200	—	○服務台 會客室
150	—	各棟出入口，走廊，階梯
100	—	
75	—	
50	倉儲室，安全梯，地下貯藏室，車庫	
30	—	
20	—	
10	—	
5	—	
2	區 內 庭 院	

備考：1.居住部份請參照附表8。

2.有“○”之場所，可用局部照明取得該照度。

附表13 運動場、競賽場

照度 Lux	體操	陸上 競賽 田徑賽	游泳	柔劍 導道 洋劍	相撲 擊劍 角	射 箭		網球	桌球	籃球	足球 橄欖球 美式足球 曲棍球	棒 球		壘 球	溜冰場 室內	溜冰場 室外	高爾夫球 (練習場)		
						屋內	屋外					硬式	軟式						
5000																			
3000					職業比賽														
2000												職業(內野)比賽							
1500												職業(外野)比賽							
1000	正式競賽		正式競賽	正式競賽	正式競賽			正式競賽	正式競賽	正式競賽			一般(外野)比賽				正式競賽		
750													一般(內野)比賽						
500	一般競賽	正式競賽	一般競賽	一般競賽	一般競賽	標的一般(18) 標的玩樂(18)		一般競賽	一般競賽	一般競賽	正式競賽		一般(外野)比賽	一般(內野)比賽			一般競賽	正式競賽	
300													一般(外野)比賽	一般(內野)比賽					
200	集團體操	一般競賽		練習場	練習場	賽射場 一般競賽		休閒活動	休閒活動		一般競賽		一般(外野)比賽	休閒活動(內野)	滑雪台場	休閒活動	一般競賽	打球台場	
150							標的							休閒活動(外野)					
100			練習場	練習場		玩樂射場				休閒活動	休閒活動			休閒活動(外野)	一般(外野)比賽	休閒活動(內野)		休閒活動	洞孔區域
75																			
50	觀眾席	練習場		觀眾席	觀眾席			觀眾席	觀眾席	觀眾席		觀眾席		休閒活動(外野)		觀眾席		打球	練習場
30																			
20		觀眾席		觀眾席							觀眾席		觀眾席		練習場		觀眾席		
10																			

註(18)：依據垂直面照度。

備考：1.彩色電視的攝影，特別考慮以1,500Lux較佳。

2.營業設備等容納不特定多數人之休閒場所，應按欄中最高之照度。

附表9 車站

照度 Lux	A 級 車 站			B 級 車 站			C 級 車 站		
	旅 客	窗 口	事 務	旅 客	窗 口	事 務	旅 客	窗 口	事 務
1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000		○剪票口 ○售票窗口 ○補票窗口							
750	中央大廳， 候車室	服務台	站長室 辦公室	中央大廳 候車室	○剪票口 ○售票口 ○補票窗口	—	—	—	—
500									
300	月台、通路 洗手間	—	行李間	—	—	服務台	站長室 辦公室	—	剪票口 售票窗口
200									
150	寄 車	—	—	—	—	—	行李間	候車室	月台 通路 洗手間
100									
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50									
30	月台外	—	—	寄 車	—	—	—	—	—
20									
10	—	—	—	月台外	—	—	—	—	—
5									
2	—	—	—	—	—	—	—	月台外	—

- 備考：1.照度之適用，視一天之上下旅客多少來決定，例如A級站為15萬人以上，B級站為1萬~15萬，C站為1萬人未滿，還可考慮車站形態選定級段。
 2.通路上包含樓梯。
 3.有“○”記號之作業場所，可用局部照明取得該照明。

附表10 通路、廣場、公園

照度 Lux	通 路				交通關係廣場	公園
	地 上		地 下			
1000	—	—	—	—	—	—
750						
500	拱街 商店街 (繁榮)	—	—	商店街 (繁榮)	—	—
300						
200	拱街 商店街 (一般)	—	—	商店街 (一般)	—	—
150						
100	—	商店街 (繁榮)	—	—	—	—
75						
50	—	商店街 (一般)	—	—	—	—
30						
20	—	—	市街地	—	—	車站前廣場 (一般)
10						
5	—	—	住宅	—	—	主要場所
2						
1	—	—	—	—	—	其他場所

備考：拱街：指英文之ARCADE。(長廊商場)

第八章、商業照明規劃設計(例)

本章主要舉例量販店及超級市場、辦公大樓照明系統優良的規劃設計，講求配合消費者消費行為，除提供舒適的購物照明品質環境外，尚需重視照明設備之合理選用高效率及節電功能。。

8.1 商業空間照明設計

1.商業展示空間照明設計的重要性為何？

答：(1).裝飾性與藝術表達：

商業展示空間（百貨公司、量販店、超市、專賣店、商場等）照明設計上需要更多的裝飾性與藝術表達，讓我們的建築與室內環境更為舒適、完整、和諧。

(2).營造空間氛圍及強化環境特色：

光伴隨人類伊始至今，人們已習慣於在有光線的空間區域活動，光讓整個世界生動起來，讓人感覺到希望與溫暖，因此空間照明設計需有營造空間氛圍、強化環境特色的功能。

(3).塑造商業展示主體形象：

商業展示空間的照明不僅是用來照亮商品，尚需確定整個展示空間的室內設計風格與特色、塑造商業展示主體形象。

2.商業展示空間的照明設計要旨如何？

答：(1).表達展品的形象特色：

商業展示空間是以招徠顧客、詮釋展品、宣傳主題為意圖的，所以其整個室內照明設計需要有個性化、風格化的特色手法。

(2).吸引顧客的注意力：

由於商業展示空間很明確，照明系統產生的明亮奪目的光線，重要的一個意圖是招徠顧客或吸引消費者視線。

(3).重點商品特色化的展示性照明：

通常對商業空間內所有的商品須都能提供有效的基礎照明，再針對一些重點商品（如新產品、經典產品或特價商品等）設計出整體層次感與特色化的展示性照明。

(4).導引和照明的作用：

作為商業展示空間照明設計應為消費者的參觀路線負有導引和照明的作用，並為其後的購買行為提供合適的作業照明。如果條件允許，可以考慮通過直接引入天然光來增加店內的採光，這樣既經濟環保，光線又自然柔和。

(5).垂直面照明效果：

商業展示空間照明與其他類型建築照明，主要區別在於展示商品針對垂直面及水平面來進行考慮。因此，在照明設計上要避免過度集中的下射光，如緊湊型螢光燈或是高強度氣體放電燈（HID燈）的下射式照明，以免光束很容易但過度集中在水平面上；改用普通的下照式螢光燈能形成足夠多的漫反射光，反而可產生良好的垂直面照明效果。

(6).品牌形象藝術性表達：

商業展示空間照明設計除了需要考慮功能性以外，更需要突出照明設計的藝術性表達，以此來強化環境特色，塑造展示主體形象，從而達到吸引消費。

3.照明設計的藝術性表達手法？

答：分層次照明的設計原則能讓人更好地理解照明設計，並實現照明所需要的整體性和美學效果。表達手法如下：

(1).首先是環境光層次：

環境照明的任務是為室內空間提供需光線，使人能在空間中活動，滿足基本的視覺識別要求。對於商業展示空間來說，為強調展示空間本身的設計風格與特色，其環境照明一般採用隱蔽式的

燈槽或鑲嵌燈具；而螢光燈和緊密型螢光燈也因其較高的光效和幾近完美的演色性能而成爲首選。有些展示空間如首飾展示空間爲獲得一種戲劇性效果，則有意加大環境光與重點照明的對比度，以此來強調商品、營造氛圍。

(2).重點照明層次：

顧名思義，重點照明是強調、突出作用的，其主要目的是爲了照亮物品和展示物，如藝術品、裝飾細部、商品展示和標識等。多數情況下，它具有可調性，軌道燈可能是其最常見的形式，它具有可調性適應展品空間位置上的變化、裝飾的變化。另外，洗牆燈、聚光燈等也是常用的重點照明燈具。

(3).作業照明層次：

這是爲了滿足空間場所的視覺作業要求而作的照明，因環境場所、工作性質的不同而對燈具和照度水平有不同的要求，如專業畫室要求照度水平較高而柔和，不能產生眩光，對燈具的顯色性能也有較高的要求；而停車場、倉庫庫房等場所，則對照明的光色要求均不高，其基本的原則是在滿足作業要求的前提下，盡可能減少能耗。就商業展示空間來說，其作業照明主要是考慮商品貨物的存儲、清潔工作、銷售結算收款等作業的順利進行。在很多此類空間的設計中，經常是在接待台的上方設置造型特別鮮明的吊燈，既便於作業，又配合了展示空間的特點，同時也爲顧客提供了一定的導引作用。

(4).裝飾照明層次：

裝飾照明，主要意圖是以吸引視線和炫耀風格或財富爲目的，關於商業展示空間的裝飾照明，主要的體現在以下幾個方面：

- A.燈具本身的空間造型及其照明方式；
- B.燈光本身的色彩及光影變化所產生的裝飾效果；
- C.燈光與空間和材質表面配合所產生的裝飾效果；

D.其他特殊的、新穎的先進照明技術的應用所帶來的與眾不同的裝飾效果。

參考資料：宋福生/商業空間的照明設計，台灣照明公會照明顧問，2007年7月。【23】

8.2 量販店及超級市場照明規劃設計

1.量販店及超級市場常見在照明設計上的問題有那些？

答：台灣地區量販店及超級市場賣場燈具形式及排列方式大致相同，如賣場照明採用 40 W、110 W 日光燈、省電燈泡及複金屬燈為主，招牌採用複金屬燈及鹵素燈投射燈。但由量販店計入室內停車場照明單位面積耗電 DUI 值約為 19~26 W/m²，各集團量販店賣場照度高達約 750~1,000 lux，照明耗電大。經現場照明評估目前量販店及超級市場照明現況有七大缺失如下：

- (1).密閉房舍建築，過度裝修而減少開窗；造成天然採光不足，因此只好過度依賴人工照明，增加照明的用電量。
- (2).過度強調視覺效果與顧客心理導向，而大量使用便宜之白熾燈及鹵素燈做商品展示重點照明，此種光源光效低，電力損失偏高。
- (3).整個營業空間常常全部採用均齊式全般照明設計與配置照明設備，無法突顯主要展示商品。
- (4).由於對照明設備的品質缺乏認識，且以價格考量，而使用低效率的放電燈光源及傳統電磁安定器，電力損失偏高又有閃爍問題，此在許多量販店及超級市場中仍屬常見的型態。
- (5).裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛的營造。
- (6).量販店電扶梯區採光足，但無合理配合採光來控制點燈數量。
- (7).缺乏照明系統的控制觀念，偏高的照明水準是否可於適度時段做適度的降低照度水準，向來缺乏檢討與建議，形成能源不必要的浪費。

2.賣場照明系統結構如何?

答：照明可分為一般照明、重點照明和裝飾照明三部分構成。這三部分的構成比例適當，就能得到良好的照明品質及節能效果。

(1).一般照明：目前超級市場內的一般照明，以全般照明為主，只考慮明亮，容易產生平淡感與刺眼眩光，這樣的設計作為超級市場照明不一定是適當的。照度基準可以按中國國家標準(CNS)選定，由於照度相對偏高，結果增加冷氣負荷，浪費電力；並且有極大比例的超級市場是採用傳統鐵磁安定器，低功因又高耗能，徒然增加電力浪費。此外，即使是一般照明，也有些超級市場是使用低演色性的燈管，影響對顧客的吸引力。

(2).重點照明：這是為了重點地把主要商品和場所照亮，以增加顧客的購買慾望。照度隨商品的種類、形狀、大小、展出方式等而定。重點照明的要點是：

A.以高亮度光源突出商品表面的光澤。

B.以強烈的定向光突出商品的立體感和質感。

C.利用投射光突出特定的部位和商品。

在台灣的一般超級市場使用重點照明的比例仍低，以熱食區為主；但未來多角化經營項目更加增多時，可能會設計並使用重點照明。

(3).裝飾照明：這是表現超級市場業務狀態和顧客性格的氣氛照明。如通過照明器具的外形美和把它排列成裝飾性圖案（屋頂面燈具的布置和懸吊照明器具的排列），使店內產生富有生氣的理想光線，或對物品造成良好的照明效果，或依靠牆面的照明造成室內的氣氛效果，都應注意把它作為內部的裝飾因素而協調組合起來。這類照明未來以光纖或光導管的可能性居多。

以一般性商品銷售為主之量販店(或超級市場)，其照度水準較高，容易與人明亮的舒適感，吸引買氣；而較低照度的超級市場，或

許基於營運成本考量，減少照明支出，但若參考顧客流量，則照度也隱約與營業額有關聯，故量販店的照度若要訂定一個合理的數值，顯然頗有困難及難以執行之處。

對既有照明系統照度及電壓偏高者，為省電及延長燈泡壽命，目前已有廠商採行電壓控制節電器，降低照明供電電壓，約可減少 15% 左右的電費，設備約 2 年半就可回收，值得業者自行評估參考。

3.理想賣場照明規劃設計為何？

答：理想量販店及超級市場賣場的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應該朝向適度引進天然採光，以減低人工照明之需求：

- (1).天然採光設計：採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，但應隔離太陽輻射熱，以免增加冷氣負荷。
- (2).輻射熱的隔離：可以使用隔熱玻璃、窗簾及室外遮陽篷，以減低輻射熱進入室內，而增加空調負荷。
- (3).挑高樓層與通風空調規劃：加速空氣之對流，以減少熱之堆積，適度降低環境溫度，可以延長燈具及光源之壽命。
- (4).照明光源的審慎選擇：配合營業需求及商品特色，選擇省能高效率的照明光源，搭配高性能電子安定器，可以發揮高照明品質的效果，並兼顧節能及電費支出。

4.賣場照明系統規劃設計應注意事項為何？

答：隨著社會經濟的變化，必須敏感地抓住消費者的心理，滿足顧客的慾望，也就是以顧客為主體來設計照明。講求配合消費者消費行為，除提供舒適的購物照明品質環境外，尚需重視照明設備高效率及節電功能。因此照明應注意事項為照明節能有關之消費行為分析、照明結構、照明狀況、照明光源及燈具選用方法、光源的選用準則、螢光燈用安定器與省電的關係、照明燈具的考量、建築照明之節能規範概要、理想超級市場照明規劃設計、照明控制方式、照

明設備的維護保養與汰換、及照明改善整體節約能源效益等。

5. 照明光源及燈具選用方法為何？

答：商業用照明光源在選擇上，對於商業之營運成本有很大之影響，因為各種光源具有個別之特徵，所以如果能適當選擇燈具及光源，對於營業所需之目的及氣氛，甚至節能都有很大之影響，依據光源種類特性選擇光源之方法，大略如下：

(1). 光源效率與壽命：

光源之效率(lm/W)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，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(40 W)較小瓦特數的燈管(20 W)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。所以在量販店(或超級市場)燈具吊掛高度 4 m 以下之場合，以 40 W、110 W 長直管為最佳之光源。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 $Ra \geq 80$ 。各種光源與燈具的選擇與特性，見表 8.2-1 所示，換言之，優先選用取得節能標章之螢光燈管。

(2). 燈具壽命：

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 8~10 年，使用期限約 15 年。

(3). 光色（色溫 K）：

一般稱為色溫，一般而言，色溫低於 5,000 K 者為暖色系；反之

色溫高於 5,500 K 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。台灣為亞熱帶氣候，目前國內超級市場賣場照度都已提高至 1,000 lux 以上，因此宜選擇色溫 5,500 K 為宜。若選擇暖色系色溫 4,000 K 以下者，有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度來克服，但也因而較為耗電。但熱食區可用暖色系光源，產生溫暖之感覺。

(4).演色性(Ra)：

是光源對於物體顏色顯現程度，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，超級市場以銷售商品為主，自然以 Ra 在 80 以上為佳。一般以功能區別，室內 Ra = 85 以上、室外 Ra = 70 以下，即可以充分產生購買誘因，也可以降低投資費用。

(5).輝度：

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。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；量販店(或超級市場)燈具設計原則，燈具吊掛 4 m 以下者，應可採用鏡面反射型 OA 螢光燈具，可惜目前國內的部分超級市場基於成本考量，而採用無格柵板的開放型燈具，造成眩光光害，並非良好的照明品質。燈具吊掛 4 m 以上者，則應採用低輝度高瓦數複金屬燈，可減少燈具數量投資及維護費。

表 8.2-1 各種光源與燈具的選擇與特性

光源種類	效率 lm/W	演色性 Ra / CRI	色溫度 K	經濟壽命 h
白熾燈泡	15	100	2,700	1,000
鹵素燈	25	100	3,000	2,000
普通螢光燈	70	50	5,000	5,000
PL 型日光燈	85	85	2,700	5,000
燈泡型螢光燈	60	85	4,000	5,000
三波長高頻螢光燈管	85	85	5,000	8,000
高壓鈉燈	180	20	2,000	12,000
複金屬燈	90	65~85	3,000~4,700	6,000
水銀燈	65	50~60	3,000~4,000	12,000
低壓鈉燈	200	-	1,500	10,000
無電極電磁感應燈	80~85	85	2,700~6,500	100,000

6.賣場照明節能如何規劃設計？

答：(1).適度引進天然採光：

理想量販店及超級市場營業場所的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應該朝向適度引進天然採光、採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，以減低人工照明之需求。利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。依 CNS 標準停車場一般照明為 75~150 lux，故建議白天採光情況甚佳，可裝設照度控制開關，於白天 08:00 至 16:00 可關燈，利用自然採光，減少燈具燈管損耗及照明用電，全年晝光利用率應可達 65%。

(2).採用新世代高效率環保光源燈具：

A.配合營業需求及商品特色，審慎選擇省能高效率的照明光源，搭配高性能電子安定器，可以發揮高照明品質的效果，減少燈具的需求，並兼顧節能及電費支出。如採用新世代高效率環保光源燈具，如 T-5 日光燈、小瓦數陶瓷複金屬燈、

無電極電磁感應燈、LED 燈，將可節省照明用電 30%以上。

- B.依 CNS 照度標準合理化檢討匹配合適規格之三波長高效率日光燈管。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（平均演色評價數 Ra=84，普通螢光燈 Ra=61）。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。新型 T5 之三波長域發光螢光燈管，其燈管效率已達 105~120 lm/W，比傳統螢光燈管 84 lm/W，又提高 20 %以上。
- C.賣場日光燈具採逐步汰舊換新方式，將日光燈具之傳統式安定器以高效率電子式安定器取代，可減少照明耗電約 28 %以上，及降低空調負荷。
- D.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；
- E.商品重點照明使用之鹵素燈可以小瓦數陶瓷複金屬燈取代，陶瓷複金屬燈耗電量為鹵素燈的 1/2，平均壽命為 4 倍。陶瓷複金屬燈光源壽命長（9,000-15,000 小時）比傳統的石英鹵素燈提升了 30%—50 %；發光效率更高（>90 lm/W），其光效比鹵素燈、白熾燈提升了四到九倍，是一種集優秀的光色性能和高發光效率於一身的新型光源；陶瓷複金屬燈從點燃起，直到壽命終結，其色溫變化在 200 K 之內，可穩定的輸出；陶瓷複金屬燈的流明維持率在 80 %以上，光源幾何尺寸更緊湊，由於其發光體更小，有利于燈具的設計，對燈光的控制就更方便。小瓦數陶瓷複金屬燈在商業照明運用可省電 50 %，更搶眼出色。
- F.商業空間應用 LED 光色之多變效果，可適用於需光色多變化的場所，目前 LED 發光效率約 25~35 lm/W，尚無法取代傳統

光源日光燈，因目前價格尚高，因此照明應用設計時，暫不當全般照明，LED 應用於各色各樣商品陳列，以局部輔助照明為主，外牆招牌用 LED 省電、醒目、安全又長壽命；賣場外牆輪廓照明是應用 LED 色彩多變化、高輝度展示應用的最佳場所。

(3).燈具吊掛高度與燈具選用：

- A.燈具吊掛高度在 4 m 以下者：應可採用鏡面反射型螢光燈具，但目前國內的量販店基於成本考量，大部份均為無格柵板的開放型燈具，造成眩光光害並非良好的照明品質。目前市面上有將原應用於 LCD 液晶螢幕之增亮反射膜，經改良設計為燈管護套，使燈管之照明度大幅提高，有極佳反射和擴散光線能力，不額外增加耗損電力，就能增加亮度 60~70%，可減少使用燈管數及耗電，防止塵埃堆積於燈管影響光輸出，有效提高整體流明利用率，燈管增亮反射膜護套可搭配使用各種廠牌燈管。
- B.燈具吊掛高度 4 m 以上者：原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。（在照明環境不變，光源數量不變下）採用新光源無電極電磁感應燈，可節電 50%以上，光效增強 37%以上，無電極電磁感應燈壽命最高可達 10 萬小時，減少燈管更換次數，更環保，更節能。其他可節省之費用諸如更換零件費用、維修人工費用等，以及減少工時中斷進而提高生產之經濟效益等等。無電極電磁感應燈的設計，並不使用傳統光源中的鎢絲(或電極)，可避免傳統光源電極損耗的問題，因此具有長壽命的特點，提高全套照明系統的壽命。

7.理想賣場的照明控制方法為何？

答：照明控制 (Lighting Control)從簡單的手控開關、定時裝置、偵測

感應器，到複雜的場景預設及時程設定系統，運用自動化的點滅控制、調光控制、使用偵測感應器、時程設定、晝光調節、流明衰減調節及電力需量控制等功能，給予設計者及管理者全程控制室內環境的機會，不僅賦與建築空間在不同時間滿足不同需求的彈性，亦提供空間使用者適時必要的照明水平，減少無謂的能源浪費。因工作場所之不同而有所差異，常用的控制方式有：

- (1).配合時序控制器(Timer)，控制上班、下班、午休時段、夜間景觀照明之自動點滅。
- (2).配合晝光感知器或附亮度檢知器，控制辦公場所靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等之點滅。
- (3).利用熱感開關裝置控制小型會議室、會客室、廁所....等場所照明之點滅。
- (4).部分較少有人員進出之場所，可使用附加感知器之自主控制型燈具，可自主控制燈具之明滅或調節亮度。
- (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等，可機動配合量販店作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電30%以上。

8.照明設備的維護保養與汰換如何進行？

答：(1).螢光管固然壽命較長，燈管點用時間較久，然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。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考國內外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。

- (2).基本上，照明燈具的維護與汰換可循下列重點參考辦理，見表8.2-2所示。

A.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)。與依不同光源規劃最經濟清掃的預估時間。由於燈管的自然老化與發光衰退，故營業場所照明宜分批更換燈管，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。

B.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%。

C.更換期限(年) = 燈管經濟壽命(小時) / 每年點燈時數。例：一般超級市場每年點燈時數約 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，則提早更換。注意瞬間起動型電子安定器，燈管無燈絲，燈管老化或不亮時，安定器仍會持續耗電。

表 8.2-2 照明燈具的維護與汰換

● 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

● 不同光源最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	白熱電球	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

以上參考資料：【24】 【25】

8.3 辦公大樓照明規劃設計

本章主要介紹辦公大樓從綠色照明潮流探討照明節能新方向，照明設計的主要考量因素、改善策略與方向。

1. 北美與日本照明學會推薦那七種照明節能方法？

答：在世界性的能源危機之後，北美照明學會與日本照明學會對照明設計重新檢討一起推薦了七種照明節能方法如下：

- (1).符合工作要求的照度水準：依工作場所與作業需求之不同，訂定適合其工作的照度水準，所有空間維持一定的平均照度要求，並且力求配光的均勻，而要求高照度的場所，可儘量採用局部照明。
- (2).使用高效率的光源：包括安定器的能源耗損在內的螢光燈和其他放電燈，其燈具效率比白熾燈效率高，壽命長。而且衆所周知，消耗電功率較高的光源其發光效率也較高。從演色性和光色選擇來看，則以白熾燈最好，因此宜採用近似白熾燈光色的螢光燈。特別是採用發光效率高的高電功率光源，可使照明器具間的安裝距離拉大，但應避免有照度分佈不良情況。
- (3).照明器具的選擇：應當採用效率高、清掃和更換燈管容易的照明器具。採用設計不合理的照明器具和使用方法不當，是造成不舒服眩光的原因。
- (4).天然光的利用：天然光線高演色性與明亮的優點仍是人工光源難以取代的，因此設置大小適當的窗戶，可兼顧居住者和工作者的精神和生理上必需的採光、通風與節能。
- (5).對照明環境的考慮：不論是天然光或人工光源，室內牆壁可以採

用明亮系列的顏色來裝飾，以增加反射光，提高室內照度水準，而且照明品質也因反射而呈現較佳的感覺。

- (6).有效的配線設計：適當的配線及自動開關設計可配合天然採光，而適度關掉靠窗邊燈具或自動調光。近年來調光型電子安定器配合適當的光感應接收器，已可自動控制室內照度水準。而街燈、庭院燈則採用自動開關器和定時開關來進行自動控制。
- (7).易於維護管理的設計：設計時，應採用維護管理容易的照明方式、照明器具和光源，將可減少維修的人力工作，間接也是發揮節能的效果。

2.辦公室如何重新設計符合高照明品質的空間？

答：(1).室內照明耗電量是否合理：

照明設計的原則，應首重在不損失照明品質之下，才將照明之耗電量降至最低，以達節約能源之目的。因此一般訂定合理的照度需求下，再比較照明設備的用電量，而以單位面積之用電密度來評估照明設計的耗能基準，較為簡易可行。若將辦公場所內照明器具之總能耗電量(W)除以空間面積(m^2)，可得單位面積照明用電密度(LPD)。利用用電密度來做為照明能源消耗的評估準則，可以瞭解室內照明耗電量是否合理。

(2).照明照度合理要求：

A.被照面的照度越高，則越容易辨識環境與幫助閱讀。依照工作需求所需的最低照度可參照中國國家標準(CNS12112)或國際的照度基準，但依據歐美及日本相關照明學會的研究心得與建議，讀書寫字最舒適的照度為1,000-2,000 lux；如果難以達到此最舒適照度，則要長時間維持眼睛不疲勞的最低要求應有500 lux以上，多年來台灣照明學會努力宣傳教室照明要求達到500 lux。(註：但是教育部門在2000年3月所頒佈的教室照明只規定不低於350 lux，並不符合真正需求。)

B.辦公大樓的大面積公共場所室內照明應以 500 lux 的基準來設計，以減少個別檯燈的使用。若依長時間閱讀寫字視力作業照度需求，則一般辦公場所、學校教室的照度應維持在 500 lux 以上，而照明用電密度 LPD 則應低於 20 W/m²，才符合具有優良照明品質、又節約能源的綠色照明目標。

註：

如教室長 9m×寬 7m，燈具 40W×2 日光燈，12 具，燈具耗電 93 W/具，照度 567 lux，LPD 約 20.7 W/m²，照明燈具利用率 0.6，維護係數 0.8。

$$E=N \times F \times U \times M / A = (3,100 \text{ lm/支} \times 2 \text{ 支/具}) \times 12 \text{ 具} \times 0.6 \times 0.8 \div 63 \text{ m}^2 = 567 \text{ lux} ;$$

$$\text{LPD} = 93 \text{ W/具} \times (12 \text{ 具} + \text{黑板燈 } 2 \text{ 具}) \div 63 \text{ m}^2 = 20.7 \text{ W/m}^2$$

C.在一些精細作業及特別需要使用眼力的場所，可採用一般照明加局部照明方式，例如：設計室、製圖室等，必須要有較高之照度（1,500lux）者，可將辦公室基本照明設計改為 500~750lux，並使用檯燈補強工作桌照度至 1,500 lux。

D.依照先進國家的經驗，以 20 歲作基準所需的 500 lux，年齡每增加 20 歲，照度需求應再加強 20%，而達到 600~750 lux；因此個人辦公室內則可約略降低室內照度基準至 300 lux，但可以桌上型檯燈來補強閱讀與寫字照明，通常以目前的 18~27 W 的省電螢光燈管檯燈，距離桌面 40 公分的高度所投射桌面的照度約在 1,200 lux 上下，可減少大面積的照明用電，卻產生最舒適的閱讀照明環境。

以上參考資料：蕭弘清教授，台灣科技大學電機系，從綠色照明潮流探討照明省能新方向，2007 年 7 月【26】

第九章、綠色照明節能方案

1.採用高效率省電照明系統的省電主張如何？

答：依據 2007 年飛利浦照明積極配合全球推動照明節能，針對辦公室、道路、商場、住宅與景觀等應用面，提出「高效率的省電照明」新方案，將延緩地球暖化的口號化為具體行動，如下表 9.1-1 所示，各場所新型高效率光源照明應用，可大幅省電 57%以上【27】。

表 9.1-1 高效率的省電照明新方案

照明應用 (以光源為例)	舊光源	新光源	省電% (max.)	每年每顆光源 減少的二氧化碳
辦公室/工業照明	T9螢光燈管	T5螢光燈管	61%	77kg CO ₂
商場照明	鹵素燈泡	CDM陶瓷複金屬燈	80%	115kg CO ₂
道路照明	水銀燈	CosmoPolis陶瓷複金屬燈	57%	109kg CO ₂
住宅照明	白熾燈泡	省電燈泡	80%	34kg CO ₂
重點及裝飾照明	白熾燈泡 鹵素燈泡	LED燈	82%	34kg CO ₂

資料來源：Philips 照明高效率的省電照明-Green-Switch 飛利浦照明節能白皮書 2007/6【27】

(1).可省電 30%之 T5 照明系統可省電 30%及營運費用省 45%的辦公室照明

隨著照明科技的日新月異，為符合照明精巧多變化的設計需求，目前 T5 螢光燈照明系統係以全新 T5 (16 mm)管徑取代傳統 T9(29 mm)的管徑，其高科技螢光塗層技術與環保材質，配合良好的燈具設計，可以提高發光效率，節約能源。T5 照明系統的出現，反映了小型化的照明設計趨勢，對製造商、設計師與業主帶來了許多好處：

A.製造商：小型化的燈具，在控制燈具的配光曲線分佈上也能更精準，達成高發光效率的表現。同時小型化燈具可減少使

用材料，相對也降低不可回收材質，保護環境。

B.設計師：小型化的燈具能使狹窄的空間運用更具彈性，滿足設計者對創意的發揮。

C.業主：高發光效率的照明系統，可減少初期的燈具與安裝成本，長期運作下更能節省能源消耗，節省電費與維護的費用。

E.節省電能與維修支出：T5 照明系統比傳統 T9 照明系統省電 30%，加上維修等考量，則可省下 45% 的營用費用。此外 T5 照明系統燈管具有高演色性、高流明輸出與低光衰的維持率，使用較少的汞與玻璃，更少的燈具與包裝材料，其材質更可 100% 被回收，符合許多注重環保的企業需求與政府要求。若是辦公大樓改裝 T5 照明系統，每年可以省下可觀電費。對業主而言，初期投資成本一年半後就能回收，因此台灣許多新樓與新辦公室如台北 101 大樓、長庚醫院與慈濟、高鐵車站等，均已採用 T5 照明系統。

(2).陶瓷複金屬燈省電 50%，更搶眼出色的商場照明

近年來商店間競爭越來越激烈，燈光扮演著越趨重要的角色。適當的燈光設計，能夠幫助商店營造出與眾不同的氣氛與形象。對業主來說，商店照明有兩個重點，其一是突顯商品特色，其二是降低運作成本；因應市場需求，鹵素燈雖被廣泛使用，鹵素燈比一般光源溫度高約 5°C 以上，容易造成室溫增高，加上與被照物必須保持一定的安全距離，以免發生危險，這些困擾目前均已採用陶瓷複金屬燈而克服。新近研發出來的陶瓷複金屬燈，其產品特性包括發光效率高、演色性佳、光色穩定等。以耗電量來看，35 W 陶瓷複金屬燈投射光源與 75 W 鹵素燈投射光源相比，兩者照度相同，陶瓷複金屬燈的耗電量卻只有鹵素燈的一半，壽命也更長，對業主而言，使用陶瓷複金屬燈，照明電費馬上就節省 50%，光源更換週期也延長一倍。另一個好處是，陶瓷複金屬燈

採用紫外線隔絕石英包覆，能保護人體健康，也避免被照物在長期照射後褪色的困擾，見表 9.1-2 所示。

表 9.1-2 陶瓷複金屬燈與鹵素燈的性能比較表

陶瓷複金屬燈耗電量為鹵素燈的1/2，平均壽命為3倍			
光源種類		陶瓷複金屬燈泡	鹵素燈泡
型號		CDM-R 35W/830 30D	ALU-Pro111 75W 24D
耗電量	(W)	35	75
色溫度	(K)	3,000	3,000
光度	Cd	5,000	5,300
演色性	CRI	>80	100
平均壽命	小時	8,000	3,000
投資費用	元	1,430	150

資料來源：飛利浦(Philips)光源產品型錄 P2-8,P6-7，2007/2008【8】

(3).緊密型螢光燈管省電 80%的住宅照明

省電燈泡的技術開發上，如飛利浦提供 U 型、螺旋、球型到新式的環型省電燈泡，給予消費者最多的選擇與最佳的省電效果，見表 9.1-3 所示。

表 9.1-3 省電燈泡與白熾燈省電效果比較

白熾燈泡	省電燈泡(相當於)	省電效果	省電效果%
25W	5W	省20W	80%
40W	8W	省32W	80%
60W	11W	省49W	82%
100W	20W	省80W	80%
125W	23W	省101W	81%

(4)新型態的 LED 照明城市美化--全彩動態景觀照明方案

LED 照明的出現，讓燈光設計的美學一直不斷地在演進，許多以前很難想像的創作，如建築外牆投光燈可以每分鐘以亂數將色彩排列組合...等，實現多彩變化之特色。設計師與業主，能夠在

日新月異的 LED 科技發展中，將夢想化為實際。新型態的 LED 照明，特色包括體積小、不發熱、瞬間點滅、光色豐富、光束控制低眩光、低耗電節約能源、低紫外線以及無汞污染等。不僅如此，這種小巧、創新的節能照具更擁有 50,000 小時的使用壽命，是真正名符其實的「裝了就忘」(Fit and Forget) 式設備！不像傳統照明科技約 4 到 5 年就需要進行更換，LED 照明系統幾乎完全不需維修，不用經常向工程師求救。

綜合以上新的照明科技，未來宜先經過節能服務輔導能源大用戶節能服務輔導採用，期許加速所有照明業者與能源用戶共同合作，讓上述的省電效果可立刻實現，為提升台灣照明環境與永續地球環境一起努力。

2.台灣採用高效率省電照明系統預估節能潛力有多少？

答：(1).台灣能源進口比例高達 98%，總消費電力 2,268.71 億度電。(註：(經濟部 95 年台灣能源統計手冊)全國消費電力每年成長 10%。)

(2).照明用電佔整體用電 16%，則照明總消費電力約 363 億度電。

總消費電力 2,268.71 億度電×照明占 16% = 363 億度電。

(3).台灣的照明設備，若依飛利浦建議逐年全面改用新式「高效率省電照明」，以台灣各照明場所耗電量分配推算，預估整體節能潛力及市場，如下表 9.1-4 所示。

- 預估照明節能潛力：約 245 億度電，約等於照明總消費電力 67.5%，全國總消費電力之 10.8%。

- 節約電費：以平均電價 2.1 元/度計，可節約 514.5 億元。

節約電費 = 245 億度電 × 平均電價 2.1 元/度計 = 約 514.5 億元。

- 可減少二氧化碳量 = 245 億度電 × 0.62 kg CO₂ / kWh 計 = 約 1,519 萬噸。

- 節電量約等於 2 座核能電廠發電量。

- 創造照明節能改善市場：以 5 年回收計算，新型光源照明節

能改善投資衍生節能效應約 2,572.5 億元。

照明節能改善效應=節約電費 514.5 億元×以 5 年回收計算=約 2,572.5 億元。

註：A.2006 年平均電價：道路每度 0.96 元、住宅每度 2.57 元、工業每度 1.78 元、商業每度 2.53 元。

B.二氧化碳排放係數計算以 2006 年經濟部能源局資料 0.62 kg CO₂ / kWh 計。

C.台灣核能電廠之最佳淨發電量 128 億度電計算。

D.台中電廠 10 號機年發電量=55 萬 kW × 8,760 h/年=約 48.18 億度電。

表 9.1-4 台灣照明場所耗電量分配與預估整體節能潛力

照明場所	照明占比 (%)	舊光源	新光源	省電 (%)	預估節能潛力 (億度電)
辦公室	34%	T9 螢光燈管	T5 螢光燈管	61%	75.28
住家	26%	白熾燈泡	省電燈泡	80%	75.50
商場	14%	鹵素燈泡	CDM 陶瓷複金屬燈	80%	40.66
工業	18%	T9 螢光燈管	T5 螢光燈管	57%	37.24
道路	8%	水銀燈	CosmoPolis 陶瓷複金屬燈	57%	16.55
合計					245.23

註 1：Philips 照明高效率的省電照明-Green-Switch 飛利浦照明節能白皮書 2007/6。

註 2：依據經濟部 2006 年台灣能源統計手冊，總消費電力 2,268.71 億度電。照明用電佔整體用電 16%。

註 3：辦公室預估節約量(億度電)=【總消費電力 2,268.71 億度電×照明佔總消費電 16(%)】×各照明場所照明占比 34%×省電 61(%)=75.28 億度電

第十章、照明系統實際節能改善案例

本章主要舉例介紹國立台灣科技大學及便利商店建築物進行照明改善，改善後顯示獲得照明節能與品質大幅提升成效，可供業界參考仿效改善。

10.1 學校圖書館照明節能改善案例

國立台灣科技大學為台灣重點研究型科技大學，為推動節能進行多棟建築照明改善，其中學校圖書館照明改善前後顯示節能與品質大幅提升，改善措施及省能成果，摘要說明如下：【28】

1. 學校進行照明改善措施項目及省能成果

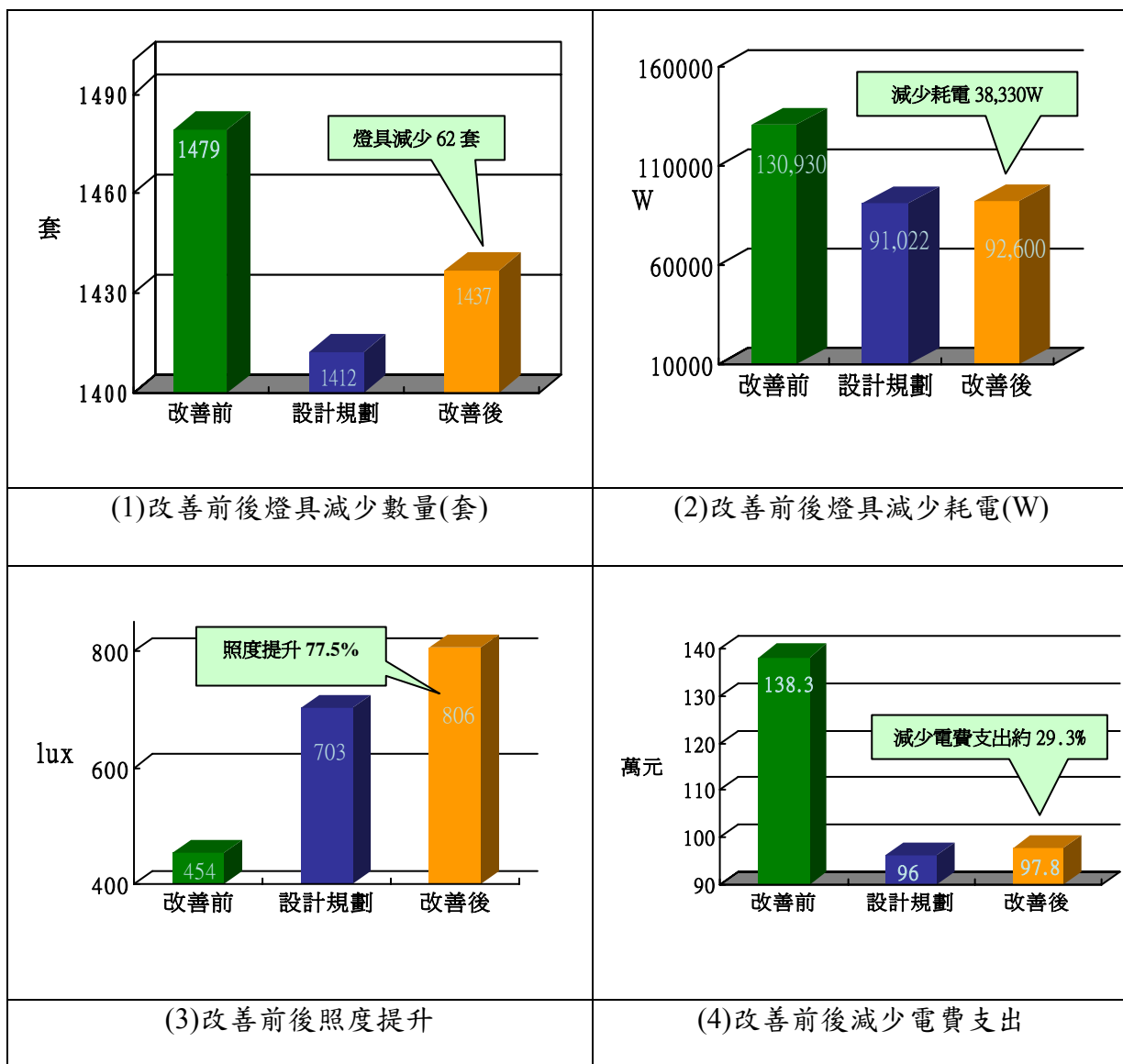
學校進行照明改善措施及省能成果：

- (1).行政大樓及地下室日光燈採用電子式安定器。
- (2).圖書館加強照明管理，利用自然採光。
- (3).教室照明日光燈採用三波長燈管加電子式安定器及更改點燈回路配合採光。
- (4).走道採用跳盞點燈，高廊燈採用省電 PL 燈。
- (5).調整各回路電容器投入量，提高功因，減少線路損失。
- (6).設電力監控系統記錄檢討達有效用電，降低電費。
- (7).各公共設施採定時控制，箱型冷氣機加裝電錶加強管理。

學校整體節能改善照明，電力及空調設備加強管理，抑低尖峰用電 110 kW，節省電費 4.1%，約 110 萬元/年。

其中圖書館照明改善前後具體成效如下圖 10.1-1(1)~(4)所示。

- (1).改善前後燈具減少 62 套約 4.2%。
- (2).燈具減少耗電 38,330 W 約 29.28%。
- (3).照度提升由 454 lux 提升至 806 lux 約 77.5%。
- (4).每年減少電費支出 40.5 萬元，約 4.2%。



資料來源：蕭弘清/學校圖書館照明應用設計【28】

圖 10.1-1 學校圖書館照明工程改善前具體成效

2. 學校改善前現狀調查缺失

依各照明場所現場實測調查改善前現狀調查大致缺失，如下圖 10.1-2 所示。

- 採用 40W 傳統鐵磁式安定器日光燈
- 光源效率及演色性差
- 照度偏低且不均勻
- 均勻度差，明暗對比強烈。

	
大讀書室照度偏低且不均	書庫均齊度差、明暗對比強烈
	
閱覽光源效率及演色性差	書庫照度偏低且不均，書架照度不足

資料來源：蕭弘清/學校圖書館照明應用設計【28】

圖 10.1-2 學校照明改善前現狀缺失

3.學校圖書館照明設計規劃與改善後實況

現況：照度明顯不足、傳統式安定器高耗能、閃爍嚴重、燈具安裝高度太高，燈管更換維護不易。



改善方案：使用升降式高天井專用燈具，方便維修、省電且美觀。



資料來源：蕭弘清/學校圖書館照明應用設計【28】

圖 10.1-3 學校圖書館門廳高天井照明改善實景

	
<p>(1) 圖書館參考室照明</p>	<p>(2) 圖書館閱覽室照明</p>
	
<p>(3) 圖書館一樓休閒雜誌閱讀區照明</p>	<p>(4) 圖書館書庫照明</p>
	
<p>(5) 圖書館書庫照明</p>	<p>(6) 圖書館期刊參考室照明</p>
	
<p>(7) 圖書館辦公行政區域照明</p>	<p>(8) 圖書館辦公行政區域照明</p>

資料來源：蕭弘清/學校圖書館照明應用設計【28】

圖 10.1-4 學校圖書館照明改善後實景

4.照明改善與節約能源心得與建議

(1).照明改善與節約能源心得：

高效能照明設備以高發光效率新光源，配合高反射係數材料研發新燈具，可以使燈具效率提昇，加上以節能型電源設備如電子安定器及調光裝置等，可發揮降低電能消耗，但大幅提昇燈具整體發光效率，減少燈具的需求及電能的浪費。

(2).優良的生活光環境及節能要求：

- 平均照度：一年內辦公桌面 500 lux 以上
- 視野輝度：2,000 cd/m² 以下。
- 耗能密度：15~17 W/m² 以下。
- 燈管規範：取得節能標章的三波長高效率螢光燈管。
- 安定器：通過檢驗之高功因電子安定器(CNS13755)。
- 燈具規範：通過燈具安全通則檢驗(CNS14335)。

(3).台灣地區照明改善與節約能源的未來努力方向。

- 政策面應明定將閱讀照度提升到先進國家之照度水準要求 500 lux。
- 選用內銷檢驗合格之有防眩光格柵板高效率照明燈具。
- 以取得節能標章認證的 T8 (32 W)/T5 (28 W)螢光燈管配合合格的電子安定器。
- 訂定合理的電力負載密度，目標應該在 17 W/m² 以下。

10.2 便利商店照明節能改善案例

本節主要透過介紹國際化便利商店之國外照明現況，台灣五大便利商店於 2006 年參與經濟部能源局集團便利商店自願性節能簽署活動【29】，經一年之座談會技術交流及節能輔導，便利商店努力執行照明節能改善措施項目已展現大幅節能成果，並與國外同步無差異，可供其它業者參考效尤。

1. 國外便利商店照明現況

經國外調查日本、香港、美國便利商店招牌、騎樓及賣場照明現況，大致上相差不多，由圖 10.2-1 所示，招牌尺寸小、騎樓照明燈具數較少，低眩光，白天不開燈，賣場天花板高度 2.6 m 高，採用倒山型 F32WT8 電子式安定器日光燈具，燈具排列與台灣相同，燈具間隔 1.2 m，連續排列，燈具與騎樓平行，降低單位面積耗電 (W/m^2)。

2. 國內便利商店照明節能改善現況

依 96 年集團便利商店自願性節能簽署後續調查【30】【31】，綜合台灣便利商店招牌、騎樓及賣場照明節能改善現況，已大幅改善過去缺失，希望未來新開店及更新案能比照改善，如下圖 10.2-2 所示，其節能改善及效益計算說明如下。

- (1). 騎樓照明：一般騎樓 5 m 寬，3 m 深，採用 40W*1 倒山型傳統安定器日光燈，耗電 43 W/具，燈具安裝方式以間格 1 m 深，四排、連續排列，燈具共約需 20 具。騎樓地面平均照度低於 500 至 750 lux，過去以吸引顧客上門購物考量，白天全亮，但民眾感覺過度耗電。各便利商店已於 95 年 7 月起發文各門市宣導，採用照度開關+時間控制器控制四排燈於白天開一排燈。7-11 便利商店更進一步推動節能環保考量，已於 96/12/1 起，施行白天不開燈。

日本便利商店(騎樓照明)	日本便利商店(賣場照明)
	
優點；燈具少,低眩光,白天不開燈	優點；採用F32WT8電子式安定器日光燈具，降低單位面積耗電 (W/m^2)。
美國波士頓便利商店(賣場照明)	香港便利商店(招牌照明)
	
優點；採用F32WT8電子式安定器日光燈具，降低單位面積耗電(Wm^2)。	優點；採用F32WT8電子式安定器日光燈具，走廊燈具,低眩光,白天不開燈。
美國舊金山便利商店(招牌照明)	美國舊金山便利商店(賣場照明)
	
優點；招牌燈小，白天不開燈日光燈。	優點；採用F32WT8電子式日光燈具，耗電34W/具，降低單位面積耗電(W/m^2)

圖 10.2-1 國外便利商店賣場及招牌現況

●省電效益：耗電 $43 \text{ W/具} \times 20 \text{ 具} \div 1,000 \text{ W/kW} \times 10 \text{ 小時/天} \times 365 \text{ 天/年} \times 2 \text{ 元/度} = 0.86 \text{ kW}$ 、 $3,139 \text{ kWh/年}$ 、 $6,278 \text{ 元/年}$

●投資費用：採照度開關+時間控制器控制及修改點燈迴路開關費用及工資共約 $5,000 \text{ 元/具}$ 。

●回收年限： $5,000 \text{ 元} \div 6,278 \text{ 元/年} = 0.8 \text{ 年}$ 。

(2).招牌照明：一般便利商店每家有 6 呎廣告招牌及大袖招牌、中袖招牌，原為 1 對 1 傳統式安定器日光燈匹配 40 W 燈管約 50 支燈管計（耗電 43 W/具 ），改使用 1 對 3 電子安定器匹配 T-5 型 28 W 進口燈管（耗電 89 W/具 ），降低耗電約 $(43 \text{ W/具} \times 3 \text{ 具} - 89 \text{ W/具}) = 40 \text{ W/具}$ ，約省 31%。

採用照度開關+時間控制器，配合日照 6:00~17:00 彈性控制點滅，以節約用電。照度開關設定 $2,000 \text{ lux}$ ，可控制減少時間： $13 \text{ 小時/天} \times 365 \text{ 天/年} = 4,745 \text{ 小時/年}$

●省電效益： $(129-89) \text{ W/具} \div 1,000 \text{ W/kW} \times (50 \text{ 支} / 3 \text{ 支.具}) \times 4,745 \text{ 小時/年} \times \text{平均流動電費 } 1.69 \text{ 元/度} = 0.67 \text{ kW}$ 、 $3,163 \text{ kWh/年}$ 、 $5,346 \text{ 元/年}$ 。

●投資費用：投資 $1,000 \text{ 元/組}$ （安定器 800 元/個 +燈管+工資）。

每具以 $1,000 \text{ 元}$ 含工資計 $\times 17 \text{ 具}$ ，約需 $17,000 \text{ 元}$ 。

●回收年限： $17,000 \text{ 元} \div 5,346 \text{ 元/年} = 3.18 \text{ 年}$ 。

註：此改善招牌+燈具差額費約 240 元 計算，可縮短投資回收年限。

$(240 \text{ 元/具} \times 17 \text{ 具}) \div 5,346 \text{ 元/年} = 0.76 \text{ 年}$

(3).賣場照明：

天花板高度約 2.6 m 高，原採用倒山型 T9 $36\text{W} \times 1$ 傳統鐵磁式安定器日光燈具，耗電 41 W/具 。燈具排列燈具間隔 1.2 m ，連續排列，燈具與騎樓平行。賣場每家燈具平均 50 具。

過去賣場實測 120 cm 高度平均照度大於 $1,300 \text{ lux}$ ，及用電設備裝置密度大於 25 W/m^2 ，都偏高。

參與自願節能共識目標以後，賣場採用高效率安定器及“節能標章”環保燈管；賣場貨架 120 cm 高度，平均照度小於 1,000 lux，(視天花板高低而定)及單位面積用電設備裝置密度小於 25 W/m²；符合 CNS 商店照度標準 1,000 lux 及新加坡照明能源效率標準商店 25 W/m²。某店已採用 T-5 28 W×3 型電子式高效率燈具，已逐漸成為照明改善之實用燈具。

註：目前 7-11 及全家現已採用 T-8 32 W×1 型傳統鐵磁式高效率燈具改善，耗電 35 W/具，替代 32 W 電子式安定器，因耗電 34 W 約相同，價格僅約 400 元/具。

●省能效益：

A.減少照明耗電量=(41×3-89) W/具÷1,000 W/kW×(50 具÷3)×8760 h/年×平均流動電費 1.69 元/kWh=0.57 kW、4,964 kWh/年、8,389 元/年

B.減少空調照明負載耗電量

=4,964 kWh/年×860 kcal/kWh÷3024 kcal/RT×1 kW/RT×空調期(6/12)×1,69 元/kWh=706 kWh/年，1,193 元/年

C.節能效益=(A)+(B)項

降地耗電=(0.57+0)=0.57 kW

減少用電量=(4,964+706)=5,670kWh/年

節省電費=(8,389+1,193)=9,582 元/年

●投資費用：

整體更換 T-5 電子式高效率倒山型燈具，含工資費用約 800 元/具含工資計，800 元/具×50 具=4 萬元。

●回收年限：約 4.63 年回收。40,000 元÷9,582 元/年=4.17 年

註：此改善燈具差額費約 450 元計算，可縮短投資回收年限。

(450 元/具×50 具)÷9,582 元/年=2.34 年

若改採用傳統高功因安定器及 T-8 型 32W 三波長燈管（耗電

35W/具) 每具以 350 元+工資 60 元/具=410 元/具計

(4)照明系統.導入節電器：

一般日光燈使用電壓 220V $\pm 6\%$ ，啟動電壓不低於 190V。日光燈電壓與耗電特性，電壓調降 1%，耗電降低約 1%。經便利商店安裝省電器節能實例，要求供電電壓大於 220V 偏高者，導入節電器控制整個門市用電包括空調、照明、冷凍冷藏及其它等，控制最低電壓不低於 215V，平均整體節約率 10%~12%。每家門市平均省電 1,800 度電/月或 21,600 度/年。

●省能效益：門市平均省電 21,600 度/年.家 \times 流動電費 1.69 元/度
=21,600 度/年.家、約 36,504 元

抑低尖峰用電=平均 31 kW/家 \times 降低 12%=3.72 kW。

●投資費用：增設 45 kW 節電器，投資費用約 7.5 萬元/台，含工資。

●回收年限：7.5 萬元 \div 3.65 萬元/年=約 2 年。

(5).後補式多門飲料冷凍冷藏展示櫃照明：

冷凍冰箱原採用 40 W \times 1 低溫冷凍日光燈具 2 具，耗電 100 W/具，燈管價格 800 元/支，改採 LED 照明燈（耗電 26 W/具）取代，降低耗電 74 W/家，省電約 74%。

●省能效益：(100-26) W/具 \div 1000 W/kW \times 8,760 小時/年 \times 平均流動電費 1.69 元/度=0.074 kW、648 kWh/年、1,096 元/年




●投資費用：每家約 0.4 萬元，含工資計。三支 LED 燈 (1m+1m+0.5m=2.5m)，售價 3,500~4,500 元

●回收年限：約 4,000 元 \div 1,096 元/年=約 3.65 年。

(6).騎樓招牌照明採用 LED 光源

原採用 20 W 圓形日光燈(耗電 25 W/具)，試採用 LED 燈(耗電 20 W/具)，可得省電及壽命長之效益。投資 8,000 元/具。

<p>(1)騎樓照明</p>	<p>(2)招牌照明</p>
	
<p>優點；燈具少,低眩光,白天不開燈</p>	<p>優點；招牌照明T-5 28W電子式日光燈，(一對三電子式安定器、耗電89 W/具)</p>
<p>(3)賣場照明</p>	<p>(4)照明電壓控制</p>
	
<p>優點：採T-8 32W*1傳統式日光燈。耗電35W/具，降低單位面積耗電(Wm²)。</p>	<p>優點：電力系統導入節電器，控制空調、照明、冷凍冷藏及其它等。</p>
<p>(5)賣場照明日光燈安定器</p>	<p>(6)賣場照度測試</p>
	
<p>優點：32W*1傳統鐵磁式安定器(耗電35 W/具)+32 W三波長燈管。</p>	<p>賣場照度測試：1024 lux</p>

(7)時間開關	(8)招牌燈照度開關
	
照明時間開關	招牌燈照度感知器
(9) 冷凍冷藏LED燈	(10) 省電燈泡
	
優點；組合式多門飲料冷凍冷藏展示櫃 試採用LED(26 W/台)照明	優點；窗邊採用東亞21W螺旋省電燈泡

資料來源：郭華生/集團便利商店自願性節約能源第一年(95年度)節能成果報告【30】

圖 10.2-2 國外便利商店賣場及招牌現況

3.便利商店賣場照明軟體設計及節能評估

目前照明設計改善工程施行步驟可分為五階段，在施工及評估之前應經過：環境調查、基本構想、基本設計、細部設計及測試驗收等五階段【9】。如下表 10.2-1 所示。

表 10.2-1 照明設計改善工程程序步驟

步驟	程序	項目	說明
步驟 1	環境調查	1.建物特性調查	構造
		2.室內環境調查	室內採光、天花板高低
		3.使用條件調查	用途
		4.其他狀況調查	重點照明
步驟 2	基本構想	1.照明規劃	表現方式
		2.照度設定	依 CNS 照度標準
		3.照明方式	全般、重點、裝飾
步驟 3	基本設計	1.光源之選定	環保標章，色溫、演色性
		2.器具之選定	直接、間接、半直接
		3.燈數之計算	利用平均照度法估算初算，再利用照明軟體細算調整虛擬照明品質狀況及燈具數量及耗電。
		4.燈具之配置	
		5.輝度之計算	
		6.經濟之計算	
步驟 4	細部設計	1.迴路分配	依工作區劃分分配照明迴路
		2.照明控制	依工作作息設控制方式
		3.施工圖說	燈具樣式、控制種類及施工
步驟 5	測試驗收	1.照度測試	水平及垂直面重點照度及輝度
		2.燈具數量	調整燈具位置及數量
		3.耗電測試	各回路電壓電流及瓦特及絕緣
		4.單位面積耗電	計算 W/m^2 是否符合政府規定及國外標準參考值

參考資料：李碩重編著/照明設計學/全華科技圖書(股)公司印行 P175【32】

上表 10.2-1 設計步驟 3 基本設計，過去空間照明設計都以平均照度計算方法，僅能概估照度及耗電多少？但結果造成照度偏高，燈具

裝置過多，照明單位面積耗電 W/m^2 偏高及照度不均勻，照明品質感覺不佳等現象。隨著照明設計評估軟體發展，可利用軟體多樣及強大虛擬及計算功能，去檢討評估照明照度、品質、耗電，及節能方案，依許多實際案例，證明經軟體檢討後，可大幅降低耗電、並提高品質。因此舉例便利商店賣場照明利用軟體設計及節能評估效益計算案【32】，說明其步驟如下。

步驟 1：確定設計參考基準：

- (1). 依據參與自願性節能共識目標，
 - (2). 賣場貨架 120 cm 高度位置，平均照度 $<1,000$ lux，(視天花板高低而定)。符合 CNS 商店照度標準 1,000 lux。
 - (3). 照明用電設備裝置密度 $<25 W/m^2$ 。(註：新加坡照明能源效率標準商店 $25 W/m^2$ 。美國零售業(Retail)照明電力 $15 W/m^2$ 、販賣區(Sale Area) $17 W/m^2$)。
 - (4). 室內天花板、地板及牆面以高反射率(70%)顏色及材質。照明率 $U=0.5\sim0.6$ 。
 - (5) 維護係數 $M=0.8$ 。
 - (6). 採用高效率安定器及光源，需具有”節能標章”及”環保標章”產品。
 - (7). 燈具配置排列方式：以單管間隔 2 格天花板，連續排列。
- G. 燈具價格便宜，壽命長，改善投資費用低。

步驟 2：確定賣場大小空間及設備配置，基礎燈光及重點照明需求，圖 10.2-3 所示，賣場面積 = $5 m * 14 m = 70 m^2$ ，高度 2.6 m，間距 1.2 m，工作高度 1.2m。

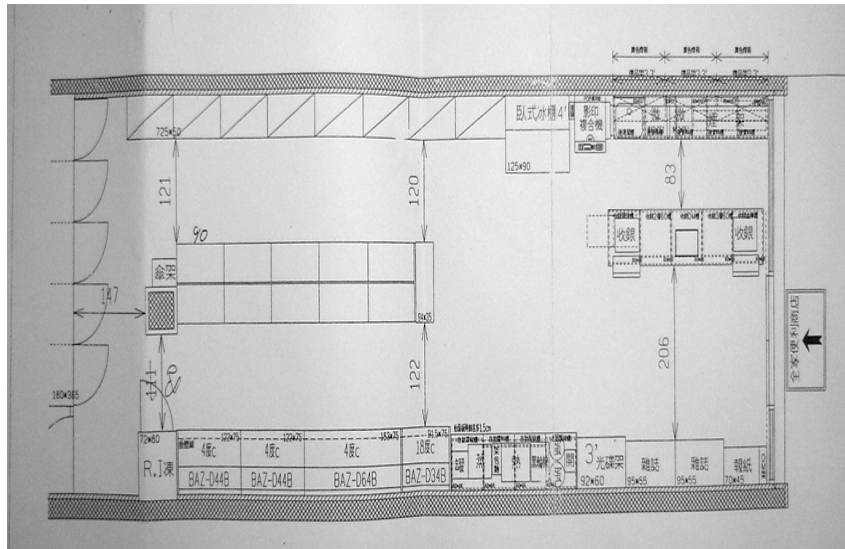


圖 10.2-3 便利商店賣場大小及設備配置圖

步驟 3：選取燈具型式以平均照度計算方法先行估算比較：

(1). 取樣節能產品光源 F36T-9 燈管計算照度及耗能

A. 傳統鐵磁式安定器 36 W×1 型日光燈燈具，光輸出 3,250 lm，耗電 44 W/具，壽命 15,000 h。

B. 賣場平均照度計算 $E(\text{lux})=F \times N \times U \times M / A$ ； $N=(E \times A) \div (F \times U \times M)$

所需燈具數量 $N=(1000 \text{ lux} \times 70 \text{ m}^2) \div (3,250 \text{ lm/支} \times 0.6 \times 0.8)=45 \text{ 具}$

C. 照明單位面積耗電 $\text{W/m}^2=(44 \text{ W/具} \times 45 \text{ 具}) \div 70 \text{ m}^2=28.28 \text{ W/m}^2$

D. 檢討評估：照度及品質尚佳、耗電 28.28 W/m^2 不符合基準。

(2). 取樣節能產品光源 F32T-8XL 燈管計算照度及耗能

A. 電子式 32W×1 型日光燈，光輸出 2,750 lm，耗電 34 W/具，壽命 18,000 h。

B. 賣場平均照度計算 $\text{lux}=F \times N \times U \times M / A$ ； $N=(E \times A) \div (F \times U \times M)$

所需燈具數量 $N=(1000 \text{ lux} \times 70 \text{ m}^2) \div (2750 \text{ lm/支} \times 0.6 \times 0.8)=53 \text{ 具}$

C. 照明單位面積耗電 $\text{W/m}^2=(34 \text{ W/具} \times 53 \text{ 具}) \div 70 \text{ m}^2=25.74 \text{ W/m}^2$

D. 檢討評估：照度、品質、耗電約符合設計參考基準。

(3). 取樣節能產品光源 F28T-5 燈管計算照度及耗能，

A. 電子式安定器 1 對 3， F28WT-5 型日光燈燈具， 2,600 lm， 耗電 89W/具， 壽命 16,000 h。

B. 賣場平均照度計算 $\text{lux} = F \times N \times U \times M / A$ ； $N = (E \times A) \div (F \times U \times M)$

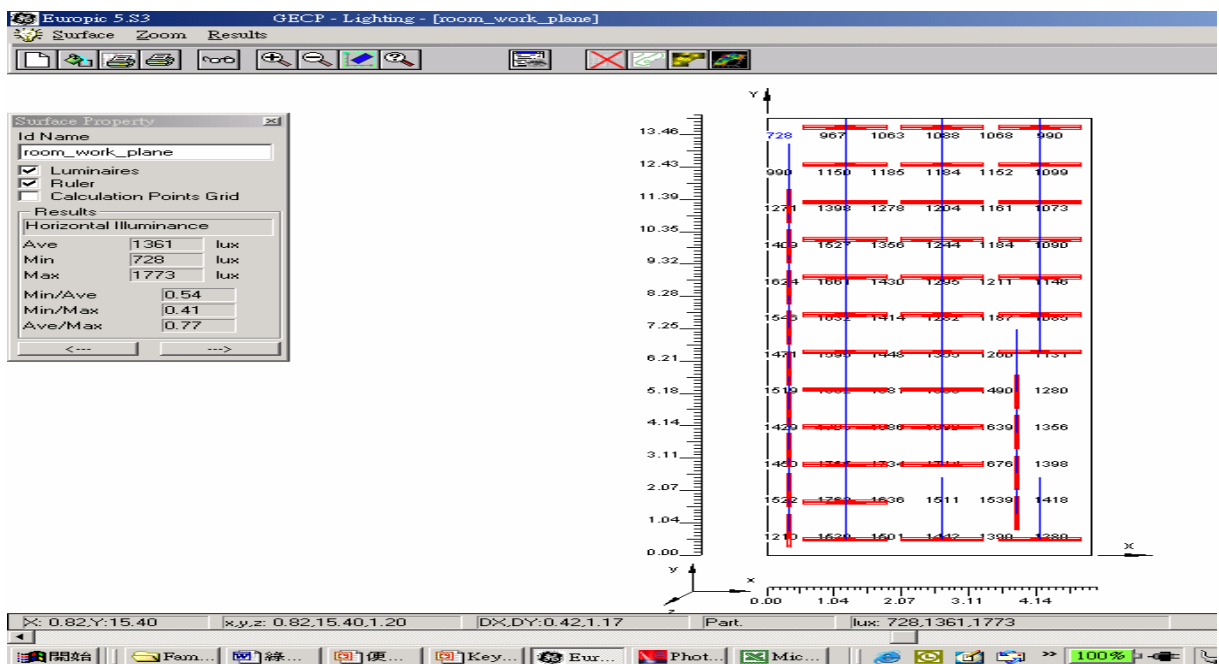
所需燈具數量 $N = (1000 \text{ lux} \times 70 \text{ m}^2) \div (2600 \text{ lm/支} \times 0.6 \times 0.8) = 56 \text{ 具}$

C. 單位面積耗電 $\text{W/m}^2 = (89\text{W/具} \times 56 \text{ 具}/3) \div 70 \text{ m}^2 = 23.73 \text{ W/m}^2$

D. 檢討評估：在照度 1,000 lux 下， 初始值 1,250 lux， 光衰慢； 耗電 23.73 W/m^2 ， 符合設計參考基準。 但燈管細、 輝度高而產生眩光大， 應考慮燈具型式以降低眩光。

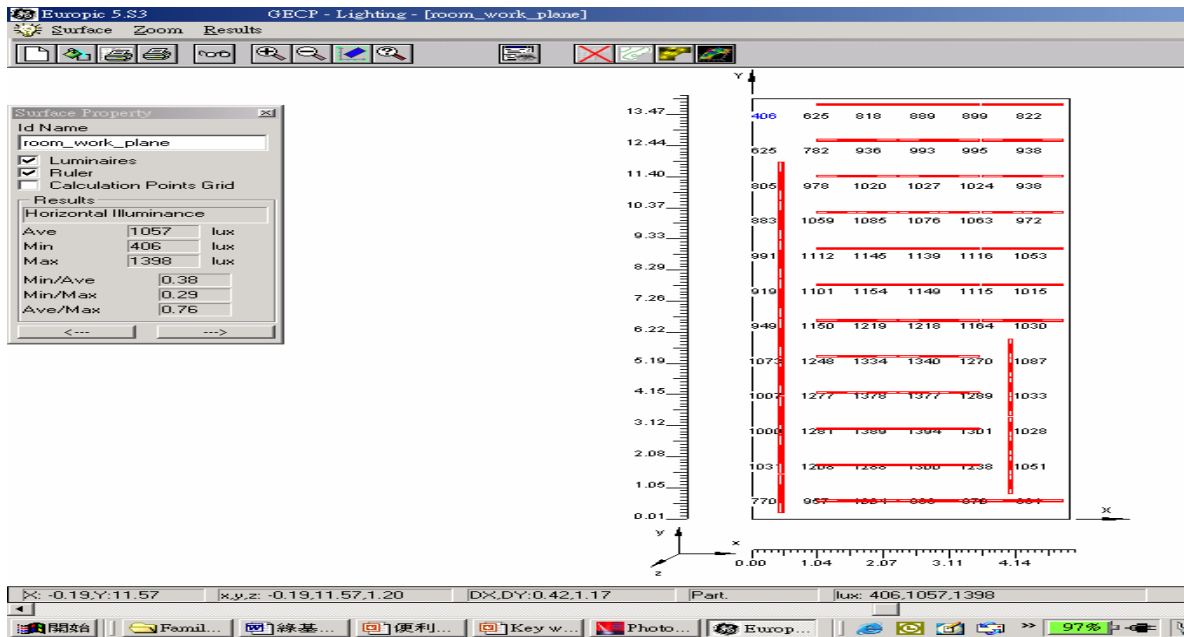
步驟 4： 利用軟體設計及檢討評估：

預設燈具規格、 配置位置及跑出照度狀況， 並調整燈具數量， 如圖 10.2-4~圖 10.2-5 所示， 光源 F32T8 之照度及耗電均較光源 F36T8 合理。



光源：F36T8、天花板高:2.6m、間距 1.2cm、工作高度 1.2m、平均照度 1,361 lux(偏高)。照明單位面積消耗瓦特數： $(44 \text{ W/具} \times 43 \text{ 具}) \div (5 \text{ m} \times 14 \text{ m}) = 27 \text{ W/m}^2$ (偏高)【32】

圖 10.2-4 便利商店光源配置及照度(光源：F36T8)



光源：F32T8、天花板:2.6m、間距 1.2cm、工作高度 1.2m、平均照度 1,057 lux (合理)。照明單位面積消耗瓦特數： $(35 \text{ W/具} \times 43 \text{ 具}) \div (5 \text{ m} \times 14 \text{ m}) = 21.5 \text{ W/m}^2$ (合理)【32】

圖 10.2-5 便利商店光源配置及照度(光源：F32T8)

步驟 5：利用設計軟體調整燈具位置：

利用設計軟體檢視平面及立體等照度曲線，是否配合設備配置需求，如圖 10.2-6 及圖 10.2-7 所示，顯示中央貨架區照度最高合理。

說明：顯示中央貨架區域照度最高合理。【32】

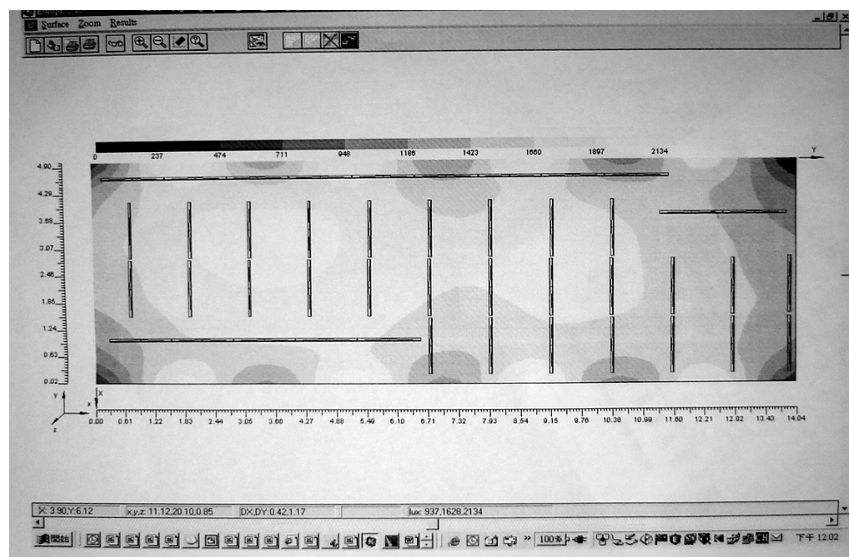
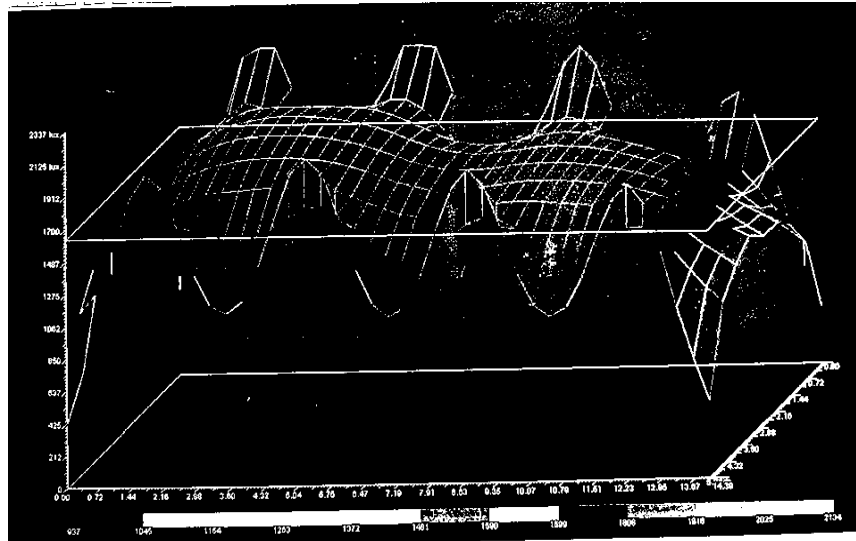


圖 10.2-6 便利商店平面等照度曲線(光源：F32T8)



說明：顯示中央貨架區域照度最高合理【32】

圖 10.2-7 便利商店立體等照度曲線(光源：F32T8)

步驟 6：進行照明耗能比較與分析：

不同燈管與安定器省能比較，如表 10.2-2 及表 10.2-3 所示，選擇 F32T8XL 電子式安定器燈具最合理【32】。

表 10.2-2 不同燈管與安定器省能比較

項目	區分	單位	FL38DEX	F36DEX/860	F32T8XL	
1	初始流明	Lm	3350	3250	2750	
2	發光效率	lm/W	88	90	86	
3	平均壽命	hs	10,000	15,000	18,000	
4	演色性	CRI(Ra)	>80	>80	>80	
5	色溫	K	6500	6500	6500	
6	光維持率(12,000h)	%	70	90	97	
7	適用安定器型式		傳統高功因	電子式	電子式	傳統高功因
8	電壓	V	220	220	220	220
9	消耗電力	W	43.5	38	34	35
10	燈具數量	具	60	60	60	60
11	全年耗電量(8,760h)	kWh(度)	22,863.6	19,972.8	17,870.4	18,396
12	全年電費(流動電費 1.6 元/度計)	元	36,581.6	31,956.48	28,592.64	29,433.60
13	年省電費	元		4,625.28	7,989.12	7148.16

資料來源：便利商店照明節能改善設計與分析(案 1)；GE-Taiwan Lighting，李文波副理 2007/12/20【32】

表 10.2-3 電子式 F32T8 與 F36T8 燈管省能比較

比較	F36T8	F32T8	說明
光衰維持率 (12000h)	3,250lm×0.9/36 =81.25 lm/W	2,750lm×0.97/32 =83.35 lm/W	F32T8 燈管由於有較好的光衰維持率，雖然初始流明數較低，但在長時間的點燈情況下，發光效率的表現仍優於 F36T8 燈管。
壽命	(15,000h)	(18,000h)	提升 20%
省能(傳統燈具消耗瓦數)	43.5W	35W	省約 20%
省能(電子式燈具消耗瓦數)	38W	34W	省約 10%
平均照度	1245lux	964Lux	使用相同數量燈具條件下。
光衰維持度(12,000h)	1120Lux	935Lux	

資料來源：便利商店照明節能改善設計與分析(案 1)；GE-Taiwan Lighting，李文波副理 2007/12/20【32】

步驟 7：施工完成測試驗收：

(1).平面及垂直面照度：

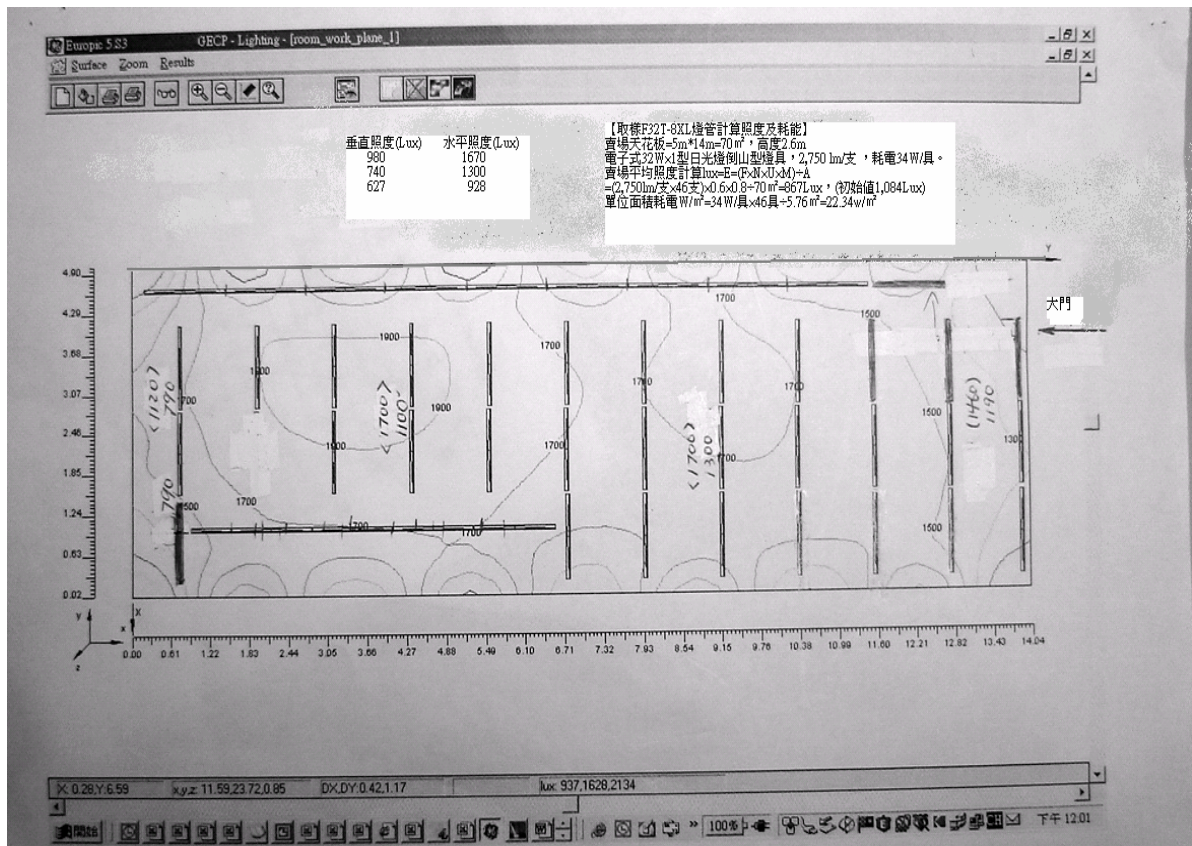
以照度計取樣測試平面及垂直面照度(lux)，是否配合設備配置需求，加以調整修正。經現場實測如圖 10.2-8 及表 10.2-3 所示，可知垂直照度 980~627 lux，水平照度 1,670~928 lux，與平均照度法計算之平均照度 867 lux(初始照度 1,084 lux)比較偏高。不符合 120 cm 高，1,000 lux 設計目標值，應檢討改善。

(2).單位面積耗能(W/m²)：

依實際裝置燈具數量 46 具燈具，單位面積耗能 22.34 W/m²，符合<25 W/m²之自願行性節能改善目標。

表 10.2-4 平面及垂直面照度平均值(lux)

賣場貨架	垂直照度平均值(lux)	水平照度平均值(lux)
上層 120 cm	980	1,670
中層 75 cm	740	1,300
下層 20 cm	627	928



說明：顯示中央貨架區域照度最高合理。【32】

圖 10.2-8 便利商店水平面及垂直面等照度曲線

步驟 8：節約能源改善：

初始照度偏高應檢討採用省電器降壓，降低照度及耗電，可延長燈管壽命。

第十一章、照明系統節能措施計算案例

本章主要舉例介紹建築物照明系統常用之節能措施計算案例，讓用戶及業者了解學習未來如何自行計算評估省電效益、投資費用及簡易回收年限。【33】

案例【01】照度合理化檢討

節能措施	辦公室照度合理化檢討	系統分類	照明系統
說明	依 CNS 辦公室照度標準，檢討辦公室、走道等場所照度，偏高者可採調整燈管或燈具數量之減光及控制措施，以減少照明用電。		
改善前	<p>目前辦公室以 40W×4 型 OA 燈具為主，天花板高度 2.8 m。走道以 20W×4 型 OA 燈具為主，天花板高度 2.8 m。樓層共 12 樓，每樓 30 具。</p> <p>經現場實測：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.辦公室照度約 600~900 lux，較 CNS 照度標準 500-750 lux 略高些。 2.走道照度約 500~800 lux，較 CNS 辦公室之照度標準 100-200 lux 高。 		
改善後	<p>經檢討</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.辦公室辦公室內劃分出走道區已將 40W×4 型 OA 燈具，減光一根燈管。 2.室內走道 20W×4 型 OA 燈具，每具整齊均勻的拆除兩支 20W 燈管，照度降至 150-250 lux，以符合 CNS 照度標準要求，減少照明用電、降低空調負荷。 <p>註：走道照度講求照度均勻方式為佳。</p>		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 統計室內走道 20W×4 型 OA 燈具約有 360 盞，經減光 1/2 後，可減少耗電約 18 kW，每年減少照明耗電量約 54,000 kWh，節省電費 14.58 萬元。 $(100 \text{ W/具} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 360 \text{ 具} \times 1/2 \times 3,000 \text{ h/年} \times 2.7 \text{ 元/kWh}$ $= 18 \text{ kW}、54,000 \text{ kWh/年}、145,800 \text{ 元/年}$ ●投資費用：無。(註：此改善尚可減少燈管損耗) ●回收年限：立即。 		

案例【02】日光燈採用電子安定器

節能措施	醫院日光燈採用電子安定器	系統分類	照明系統
說明	日光燈之傳統鐵磁式安定器改採高頻電子式安定器，可獲得減少照明及降低空調負荷之耗能，並由高演色性提高改善照明質感。		
改善前	醫院以 220V 40W×2 型傳統式高功因安定器日光燈具為主，約 1,783 盞，每盞耗能約 94 W/具，使用時間約 5,657 小時/年。		
改善後	<p>醫院燈具採逐步汰舊換新方式，將日光燈具之傳統式安定器以 40W×2 型高效率電子式安定器匹配高效率三波長燈管(耗能約 76 W/具)取代，可減少照明耗電約 20%以上，及降低空調負荷，並由高演色性提高商品價質感。(94-76)W/具÷94 W/具×100%=19.15%。</p> <p>註：</p> <p>1.目前傳統鐵心式安定器日光燈具，其特性如下：(1)起動需用起動器、(2)亮燈時間需 2~5 秒、(3)功率因數 90%、(4)諧波失真 25%、(5)燈管閃爍、(6)安定器溫度本身溫度達 55℃，增加空調負載。</p> <p>2.而電子式安定器，其特性如下：(1)瞬間起動免用起動器、(2)功率因數 98%以上、(3)諧波失真 20%以下、(4)燈管不閃爍，保護視力、(5)適用 0~55℃ 以下，濕度 98%(Ta=25℃)以下之環境、(6)安定器溫度低，可減少空調負載、(7)省電 28%(與傳統式高功率型安定器比較)、(8)燈管壽命增長(須配合高頻燈管使用)、(9)可聽雜音低(噪音)。</p>		
節能成效	<p>●省電效益：採電子式安定器匹配三波長日光燈具後，每年共可節省用電約 56.23 萬元/年、(32kW、281,143 kWh/年)。</p> <p>[耗電(94-76)W/具÷1,000 W/kW]×1,783 具×24 h/天×365 天/年×2 元/度 =32 kW、281,143 kWh/年、562,287 元/年</p> <p>(註：未計降低空調照明負荷耗電)</p> <p>●投資費用：約需 130 萬元。(電子式安定器定器費用及工資=750 元/具)</p> <p>●回收年限：130 萬元÷56.23 萬元/年=2.3 年。</p> <p>註：既有系統改善投資費用高，若新設以差額計算，則可縮短回收年限。</p>		

案例【03】採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具

節能措施	辦公室 採用T-5電子式高效率OA燈具	系統 分類	照明系統
說明	採用電子式安定器+T-5 28 W 三波長燈管之高效率 OA 燈具，配合整體照明改善，可減少照明用電及降低空調負荷，節約 28%以上。		
改善前	辦公室照明採 40W×3 型 PS(壓克力)板加傳統低功因安定器日光燈具為主燈具，耗電 135 W/具，數量約 2,000 具。辦公室天花板高度約 2.4~2.8 m，照度為 400~500 lux，低於國家 CNS 辦公室照度 500~750 lux 標準。點燈時間 3,000 時/年。燈具已使用多年且 PS 板泛黃老舊，影響美觀，想汰換。		
改善後	<p>經檢討評估後，辦公室全面採用坎入式 T-5 電子式 28W*3 型高效率 OA 燈具。最佳。其特性：</p> <p>(1).T-5 28 W×3 (220 V)電子安定器燈具耗電 89 W。</p> <p>(2).T-8 28W 晝光三波長燈管發光效率高達 92.8 lm/W。演色性 Ra = 85。 (2,600 lm÷28 W=92.8 lm/W)。</p> <p>(3).柵格狀鏡面反射板反射效率高達 90%以上。配光曲線佳。</p> <p>(4).燈具眩光低，美觀，壽命長。</p> <p>汰換後，減少照明用電及空調照明負載，省能達 30%以上，並獲得大幅提升照明品質，如照度達國家 CNS 辦公室照度 500~750 lux 標準、照度均勻度佳、眩光低，燈具整齊美觀之效益。</p> <p>(135-89) W/具÷94 W/具×100%=34%。</p> <p>註：</p> <p>(一).PS 板傳統鐵心式安定器日光燈具：</p> <p>(1).40 W×3(220 V)普通安定器日光燈具耗電 135 W/具。</p> <p>(2).40W 普通燈管流明數發光效率為 73.68 lm/W。 (2,800 lm÷38 W=73.68 lm/W)</p> <p>(3).PS 板易泛黃污染，每五年需更換。</p> <p>(二)傳統鐵心式安定器與電子式安定器比較：</p> <p>1.傳統鐵心式安定器：</p> <p>其特性如下:(1)起動需用起動器、(2)亮燈時間需 2~5 秒、(3)功率因數 90%、(4)諧波失真 25%、(5)燈管閃爍、(6)安定器本身溫度達 55℃，增加空調負載。</p>		

	<p>2.電子式安定器：</p> <p>其特性如下:(1)瞬間起動免用起動器、(2)功率因數 98%以上、(3)諧波失真 20%以下(4)燈管不閃爍，保護視力、(5)適用 0~55℃ 以下，濕度 98%(Ta=25℃) 以下之環境、(6)安定器溫度低，可減少空調負載、(7)省電 28%(與傳統式高功率型安定器比較)、(8)燈管壽命增長(須配合高頻燈管使用)(9)可聽雜音低(噪音)。</p>
<p>節 能 成 效</p>	<p>●省能效益：</p> <p>以上整體採用 T-5 電子式高效率 OA 燈具改善 2,000 具，可減少耗電約 96kW，每年減少照明用電量約 328,952 kWh，節省電費 62.8 萬元。</p> <p>(1)減少照明用電量 = $[(135-89)W/具 \div 1,000 W/kW] \times 2,000 具 \times 3,000 h/年 \times 平均 1.91 元/kWh = 96 kW、288,000 kWh/年、550,080 元/年$</p> <p>(2).減少空調照明負載用電量</p> <p>$= (288,000 kWh/年 \times 860 kcal/kWh) \div 3024 kcal/RT \times 1 kW/RT \times 空調期(6/12) \times 1,91 元/kWh = 40,952 kWh/年，78,219 元/年$</p> <p>(3)節電效益 = (1)+(2)項</p> <p>降低耗電 = $(96+0) kW = 96 kW$</p> <p>減少用電量 = $(288,000 + 40,952) kWh/年 = 328,952 kWh/年$</p> <p>節約電費 = $(550,080 + 78,219) 元/年 = 628,299 元/年$</p> <p>●投資費用：</p> <p>整體更換 2,000 具 T-5 電子式高效率 OA 燈具，含工資費用約 2,850 元/具</p> <p>$2,850 元/具 \times 2,000 具 = 570 萬元。$</p> <p>●回收年限：約 4.63 年回收。</p> <p>$570 萬元 \div 62.8 萬元/年 = 9 年$</p> <p>註：若以差額計算則投資 270 萬計，回收年限約 4.3 年</p>

案例【04】照明採用省電燈泡

節能措施	辦公大樓公共區域照明採用省電燈泡	系統分類	照明系統
說明	以高效率省電燈泡取代低效率之鹵素燈及白熾燈，可省能 60%以上及降低空調負荷。		
改善前	辦公室大廳，走道、會客室，電梯口照明採用 50 W 鹵素燈。燈具數量約 200 具，每年點燈時間 3,000 小時。鹵素燈已使用超過一年，光衰大，照度已降低 20~30%。		
改善後	<p>經配合照度與省電檢討，全面採用 20 W 電子式省電燈泡筒燈取代 50 W 鹵素燈，照明照度符合 CNS 辦公室照度標準要求，減少照明用電及空調照明負載，省能達 60%以上。</p> <p>註：</p> <p>20 W 電子式省電燈泡發光效率約 62.5 lm/W，(1250 lm÷20 W=62.5 lm/W) 壽命 6,000 小時以上。演色性 Ra=85。</p> <p>50W 鹵素燈發光效率約 25 lm/W，(1250 lm÷50 W=25 lm/W) 壽命 2,000 小時，演色性 Ra=100 光衰快。</p> <p>兩者相比 20 W 電子式省電燈泡，可省能 60%，減少維護費用。 $(50-20) \text{ W/具} \div 50 \text{ W} \times 100\% = 60\%$</p>		
節能成效	<p>●省能效益：</p> <p>以上整體更換 200 具，20 W 電子式省電燈泡筒燈，可減少耗電約 6 kW，每年減少照明用電量約 20,560 kWh，節省電費 5.2 萬元。</p> <p>(1)減少耗電=A-B 項=(10-4) kW=6kW A.以 50W 鹵素燈耗電=(50 W/具÷1,000 W/kW)×200 具=10kW B.以 20W 電子式省電燈泡耗電=(20 W/具÷1,000 W/kW)×200 具=4 kW</p> <p>(2)減少照明用電量=A+B 項=(18,000+2,560)=20,560kWh/年 A.減少照明用電量=6 kW×3,000 h/年=18,000 kWh/年 B.減少空調照明負載用電量=18,000 kWh/年×860 kcal/kWh÷3024 kcal/RT ×1 kW/RT×空調期(6/12)×1.91 元/kWh=2,560 kWh/年，4,889 元/年</p> <p>(3)節約電費=A+B+C 項=34,380+12,744+4,889=52,013 元/年 A.減少照明流動電費=6 kW×3,000 h/年×平均 1.91 元/kWh=34,380 元/年</p>		

$$\begin{aligned} \text{B. 減少基本電費} &= 6 \text{ kW} \times (213 \text{ 元/kW} \times 4 \text{ 月/年} + 159 \text{ 元/kW} \times 8 \text{ 月/年}) \\ &= 12,744 \text{ 元/年} \end{aligned}$$

$$\text{C. 減少空調照明負載電費} = 4,889 \text{ 元/年}$$

●投資費用：

整體更換 200 具，20 W 電子式省電燈泡筒燈，含工資費用約 600 元/具計，約 12 萬元。

註：20 W 電子式省電燈泡壽命是 50 W 鹵素燈之三倍。

●回收年限：約 2.3 年

$$12 \text{ 萬元} \div 5.2 \text{ 萬元/年} = 2.3 \text{ 年}$$

案例【05】照明點燈時間管理

節能措施	照明點燈時間管理	系統分類	照明系統
說明	更改照明回路及開關，由人工控制或加裝時間控制器(Timer)，將開燈時間改為 18:00~24:00 全開燈，24:00~18:00 開 1/2 數量燈具，節省用電及減少空調負荷。		
改善前	飯店 9~11F 房間走廊壁燈照明採用 PL13 W 省電燈泡，每天使用時間為 24 時，照度為 50~100 lux，每層樓有 30 盞，共 90 盞。		
改善後	因凌晨及白天房客較少，建議更改回路及開關由人工控制或加裝時間控制器(Timer)，將開燈時間改為 18:00~24:00 全開燈，24:00~18:00 開 1/2 數量燈具，節省用電及減少空調負荷。		
節能成效	<p>●省電效益：</p> $[(15 \text{ W/具} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 30 \text{ 具/樓} \times 3 \text{ 樓}] \times 16 \text{ h/天} \times 50\% \times 365 \text{ 天/年} \times 1.8 \text{ 元/kW}$ $= 7,096 \text{ 元/年} (0.68 \text{ kW}, 3,942 \text{ kWh/年})。$ <p>●投資費用：自行安裝時間控制器(Timer)約 1 萬元。</p> <p>●回收年限：1 萬元 \div 0.7 萬元/年 = 1.42 年</p>		

案例【06】走道進行減光措施

節能措施	醫院診療室走道進行減光措施	系統分類	照明系統
說明	依 CNS 標準進行減光措施，可減少燈具燈管損耗、照明用電及空調負荷。		
改善前	貴院B2F 診療室走道日光燈具以 FL20D×4 型高效率電子式安定器型 OA 嵌頂燈具為主，耗電 68 W/具，照明使用電壓 220V。 經實測現場照度 800-900 lux，而依 CNS 照度標準門診走道為 150-300 lux，故明顯偏高甚多。		
改善後	依 CNS 標準進行減光措施，建議在走道或非工作區域，採以跳展開燈方式，減光後之照度 150-800 lux，符合 CNS 照度標準，除此之外，可減少燈具燈管損耗、照明用電及空調負荷。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益 預估減光約 50 具燈具後，共可節省電費支出約 19,856 元/年、抑低用電 3.4kW、9,928 kWh/年。 $[(耗電 68 W/具 \div 1,000 W/kW) \times 50 具] \times 8 小時/天 \times 365 天/年 \times 2 元/度 = 3.4kW、9,928 kWh/年、19,856 元/年$ (註：未計降低空調照明負荷耗電) ●投資費用：無(統一規定跳展開燈)。 ●回收年限：立即。 		

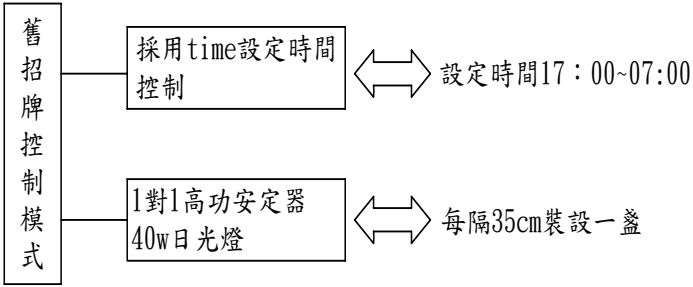
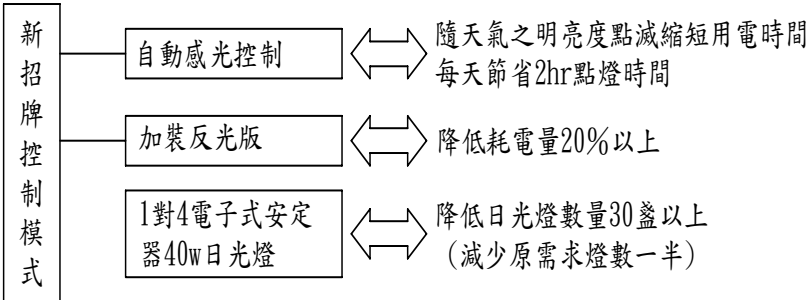
案例【07】空調機房使用自動點滅裝置及控制系統

節能措施	醫院空調機房 使用自動點滅裝置及控制系統	系統 分類	照明系統
說明	在不影響工作人員工作安全性並兼具省能考量，採用自動點滅裝置及控制系統，控制機房燈具全開全滅，以減少燈具燈管損耗及照明用電。		
改善前	醫院 B2F 空調機房及 2F 夾層 AHU 機房以 FL32D×2 型高效率電子式安定器型吊頂燈具為主，照明使用電壓 220V，為安全操作考量，採全年 8,760 小時點燈，據維修人員表示每月出入維修作業時間約 8 小時，故有節能空間。		
改善後	在機房出入口處增設二線式照明控制器，採無線控制方式，控制機房燈具全開全滅，以減少燈具燈管損耗及照明用電。		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省能效益：預估經控制改善後，可節省電費支出約 $[(72 \text{ W/盞} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times (120 + 30) \text{ 盞}] \times (8,760 - 100) \text{ h/年} \times 1.29 \text{ 元/kWh} = 12.1 \text{ 萬元/年} (10.8 \text{ kW}、93,528 \text{ kWh/年})。$ ●投資費用：增設二線式照明控制器，約需 20 萬元。 ●回收年限：20 萬元 ÷ 12.1 萬元/年 = 1.6 年 		

案例【08】控制電梯內照明及通風扇運轉

節能措施	控制電梯內照明及通風扇運轉	系統分類	照明系統
說明	增設時間延遲控制(Timer Relay)電梯內之照明及抽排風扇，以減少無人使用之耗電損失。		
改善前	<p>1.目前電梯共有六台，已使用 13 年，其內之照明及抽排風扇，當無人使用時並不會自動停止。</p> <p>2.每台電梯內部包含排風扇 150 W 一台及六盞 20 W 日光燈管(耗電 24W/盞)，共耗電約 294 W。</p> <p>(排風扇 150 W/台×1 台)+(日光燈 24 W/盞×6 盞/台)=(150+144) W/台=294 W/台</p>		
改善後	增設時間延時開關(Timer Relay)，控制電梯內之照明及抽排風扇，以減少無人使用之耗電損失。		
節能成效	<p>●省電效益： $(294 \text{ W/台} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 4 \text{ 台} \times 8\text{h/天(減少使用時間)} + (294 \text{ W/台} \div 1,000 \text{ W/Kw}) \times 2 \text{ 台} \times 2\text{h/天(減少使用時間)} \times 365 \text{ 天/年} \times 1.8 \text{ 元/kWh} = 6,954 \text{ 元/年}$ (3,863kWh/年)。</p> <p>●投資費用：增設時間延遲控制六部電梯內照明及抽排風扇，約需 2 萬元。</p> <p>●回收年限：$2 \text{ 萬元} \div 0.69 \text{ 萬元/年} = 2.9 \text{ 年}$</p>		

案例【09】招牌照明自動控制化

節能措施	便利商店招牌照明自動控制化	系統分類	照明系統
說明	1.招牌照明採用感光控制器，達到自動點滅。 2.背面加裝反光板以提昇反射照明減少燈管盞數。 3.日光燈一對一高功安定器改採用一對多電子式安定器，減少安定器損失及投資費用。		
改善前	<p>舊招牌照明以 1 對 1 高功率安定器配 40 W 燈管，耗電約 45 W/具，每隔 35 cm 裝設一具上下排四支燈管。採用時間控制器控制，使用時間 17：00~7：00，約 4,830 h/年。 每天早晨及傍晚採光充足時，燈仍亮耗電。</p> 		
改善後	<p>新招牌燈採用</p> 1.自動感光控制隨天氣之明亮度點滅，縮短每天用電時間約 2 小時。 2.背面加裝反光板以提昇反射照明，成為燈管連續排列，上下排列二支燈管，減少燈管盞數， 3.日光燈一對一高功率安定器改採用一對四電子式安定器。 以上改善可降低日光燈數量及減少用電量 20%以上 		

<p>節 能 成 效</p>	<p>●省電效益：</p> <p>參考某便利商店節能案例計算，每年可節省用電約 672.5 kWh、1,110 元。</p> <p>(1)自動感光控制隨天氣之明亮度點滅，縮短每天用電時間約 2 小時。 可省電 40.5 kWh/年×1.65 元/kWh=67 元/年</p> <p>(2)背面加裝反光板，以提昇反射照明減少燈管盞數。 可省電 486 kWh/年×1.65 元/kWh=802 元/年</p> <p>(3)一對一高功安定器改採用一對四電子式安定器。 可省電 486 kWh/年×30%×1.65 元/kWh=146 kWh/年、240 元/年</p> <p>(4)以上合計(1)+(2)+(3) 節約用電 = (40.5 + 486 + 146) kWh/年 = 672.5 kWh/年 節約電費 = (67 + 802 + 241) 元/年 = 1,110 元/年</p> <p>●投資費用：採用時間控制器控制 + 自動感光控制 + 工資 = 6,000 元 此改善以新設為宜，因新招牌費用與舊招牌價格差不多。</p> <p>●回收年限：6,000 元 ÷ 1,110 元/年 = 5.4 年</p>
----------------------------	--

案例【10】利用自然採光

節能措施	利用自然採光	系統分類	照明系統
說明	利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。		
改善前	停車場入口走道採用 40W×1 日光燈具(耗電 43 W/具)為基礎照明共 50 具，白天戶外採光甚佳，可達 500 lux 以上。		
改善後	<ol style="list-style-type: none"> 依 CNS 標準停車場一般照明為 75~150 lux，故建議白天採光甚佳，可裝設照度開關，白天 08:00 至 16:00 可關燈，利用自然採光，可減少燈具燈管損耗及照明用電。 全年晝光利用率應可達 65%。 		
節能成效	<ul style="list-style-type: none"> ●省電效益： 預估改善後，可節省電費支出約 1 萬元/年、(4,300 kWh/年)。 $(43 \text{ W/具} \div 1,000 \text{ W/kW}) \times 50 \text{ 具} \times 8 \text{ h/天(減少使用時間)} \times 250 \text{ 天/年} \times 2.5 \text{ 元/kWh} = 2.15 \text{ kW}、4,300 \text{ kWh/年}。10,750 \text{ 元/年}$ ●投資費用：增設照度開關及控制線路，約需 2 萬元。 ●回收年限：2 萬元\div1 萬元/年=約 2 年。 		

第十二章、結語

由前章節介紹，可了解隨近代省電又環保之光源發展，現照明市場上最熱門節能產品如電子安定器、省電燈泡、T-5螢光燈管、陶瓷複金屬燈、LED燈等節能產品，加上照明控制器及自然採光應用，整體可節約照明用電達50%以上。台灣目前照明用電占建築整體用電約21~30%，未來綠色節能光源及控制設備大量生產，價格降低及配合政策推動後，其投資回收年限可降至3年內，相信將可全面大量採行。

依本會96年統計，非製造業(包含服務業、政府機關及學校)能源查核用戶(契約容量800 kW以上者)約1,569筆，總用電量約達139億度電，總電費305億元，平均每度電約2.2元。若日後透過能源查核服務，加強重點推廣能源大用戶採行綠色照明節能，以照明占30%計，預估全面推動汰舊換新提高普及率至50%以上，減少鹵素燈、白熾燈、普通日光燈使用，則可獲得可觀的照明節約用電約20.85億度電，約45.87億元，以平均5年回收計算，則可產生約230億元之市場經濟效益。由各用戶節約能源使用成本降低，可提升經營利潤，加強市場競爭力，對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標推動上，也相對提出貢獻。

編後語

財團法人台灣綠色生產力基金會節約能源中心(簡稱綠基會節能中心)，主要任務是配合國家能源政策，執行經濟部能源局委辦之各項節約能源技術服務計畫。藉由檢測、診斷找出產業、住商及政府機關部門能源使用缺失，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、製程、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「照明系統Q&A節能技術手冊」之編撰，主要是配合照明系統之推廣，希望提供給各能源用戶能源管理者，有一參考學習技術觀念與手法之手冊，而自發性推動導入改善工作，並借此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識。

此手冊的編撰是在綠基會節能中心王文伯主任的指導下，得以順利完成。其過程首先經中心進行現場節能評估，以了解國內照明系統的使用節能現況及特點。感謝台灣科技大學電機工程研究所蕭弘清教授撰稿，及台灣照明公會高級專員宋福生先生配合資料收集，由節能中心郭華生組長彙整、編排、增修和校對後，交付廣宣李思昀小姐，進行封面規畫設計，聘請二位諮詢委員台灣師範大學工教系宋平生教授及龍華科技大學電機系羅欽煌教授負責審核後，送經濟部能源局呈核核准，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。

參考文獻

- 【1】何宏儒記者/「節能趨勢 經濟部擬2012年全面淘汰白熾燈」。中央社(2007年，11月19日)。
- 【2】2006年台灣能源統計手冊，經濟部能源局，2007年4月。
- 【3】2007年非製造業查核年報，經濟部能源局，財團法人台灣綠色生產力基金會，2007年12月
- 【4】李宗興、李魁鵬/2007年非製造業能源查核網路線上診斷系統(2007年12月4日)，國立台北科技大學。
- 【5】照明辭典(1999年)-台灣照明輸出公會編印。
- 【6】宋平生/2007照明節能技術教材，國立師範大學工教系。
- 【7】東亞(TOA)照明2005~2006年綜合型錄，中國電器2006年印。
- 【8】飛利浦(Philips)光源產品型錄，飛利浦2007/2008印
- 【9】李碩重編著/照明設計學，全華科技圖書(股)公司印行。
- 【10】旭光光源產品型錄-2005~2006年-全產品型錄，旭光2005印。
- 【11】Philips Lighting-Compact Lighting Catalogue，1990/91，飛利浦1991印。
- 【12】奇異(GE Lighting)光源產品型錄，2003~2004，GE2004印。
- 【13】「白熾燈禁用LED燈利多」2007年11月20日，經濟日報報導<http://udn.com/>。
- 【14】amko光源產品介紹，<http://www.amko.com.tw/solara/index.html>，2007
- 【15】OSRAM照明產品簡報。
- 【16】照明電壓調整變壓器節省照明用電 (停車場應用例)，財團法人台灣綠色生產力基金會節能服務案例。
- 【17】節電器照明節能效益 (便利商店應用例)，財團法人台灣綠色生產力基金會節能服務案例。
- 【18】EC-031節約能源技術手冊：經濟部能源委員會1988年。
- 【19】照明電壓無段調整節能控制器，韓國三星公司產品介紹。
- 【20】ANSI/ASHAE/IESN STANDARD 90.1-2004
- 【21】新加坡SS 530_2006_Code of practice for energy efficiency standard for building

services and equipmen

- 【22】蔡尤溪、李魁鵬/住商部門非製造業能源查核與耗能指標訂定之研究，93年產業節能技術服務計畫分包研究期末報告（綠基會）
- 【23】宋福生/商業空間的照明設計，台灣照明公會高級專員，2007年7月。
- 【24】蕭弘清/集團量販店照明節能技術，量販店節約能源座談會講義，財團法人台灣綠色生產力基金會2007年4月。
- 【25】宋福生/集團量販店企業節能服務團節能種子專家訓練手冊，財團法人台灣綠色生產力基金會2007年9月。
- 【26】蕭弘清教授/從綠色照明潮流探討照明省能新方向/台灣科技大學電機系,2007年7月。
- 【27】「高效率的省電照明」Green Switch 飛利浦照明節能白皮書，2007年飛利浦照明印
- 【28】蕭弘清/辦公大樓照明應用設計：辦公大樓示範觀摩研討會(960921)講義，2007年9月21日。
- 【29】郭華生/集團便利商店與經濟部能源局共同簽署自願性節約能源協議，財團法人台灣綠色生產力基金會2006年6月。
- 【30】郭華生/集團便利商店自願性節約能源第一年(95年度)節能成果報告：財團法人台灣綠色生產力基金會2007年，7月。
- 【31】宋福生、郭華生、蕭弘清/台灣連鎖便利商店照明節能新趨勢：海峽兩岸第十三屆照明科技與營銷研討會專題報告暨論文集2006年，11月。
- 【32】李文波/便利商店照明節能改善設計與分析(案例1)；GE-Taiwan Lighting美商奇異國際股份有限公司(GE)，2007年12月20日。
- 【33】產業節約能源技術服務訪測服務報告，經濟部能源局研究發展2007年度計畫。