智能節能調光螢光燈

龐敏熙
BSc, PhD. MHKIE, MIET, CEng., MIEEE, 認可碳審核師
李丹鋒
BEng, MSc

中國光電科技有限公司
香港新界荃灣海盛路9號有線電視大廈3111室
查詢電郵 ： Bennylow@hkcet.com

摘要—本文介紹一種新型智能調光螢光燈。這燈配備一個動態感應器，當感應範圍內沒有人佔用時， 燈會調暗以節省能源。
本文將探討四個應用案例，包括行人天橋，停車場，電梯大堂和走廊。在大部份的例子，節能效果大於60%。這證明了這燈節能效果顯著。與LED比較，這燈更有效節能。最後，調暗對螢光燈影響已被探討，並總結出燈的壽命並不會因而縮短 。

索引—智能， 調光螢光燈。

一、引　言

減碳節能是現今社會的焦點。世界各地的政府都致力減少能源消耗。香港行政長官承諾在2030年前，按2005年的標準減少25%的能源強度[①]。誠然，這目標極富挑戰性，必須坐言起行，方能達標。

照明耗能不容忽視。香港有22%的電力消耗用於照明。這相等於6百萬公噸二氧化碳排放量[②]，相當於1千萬個標準游游泳池。

事實上，很大部分的照明耗能是浪費掉的。某些公眾地方，例如行人天橋、停車場和電梯大堂，照明系統一天往往開十二小時，更甚者二十四小時長開。但這些地方很多時候是無人使用的。在晚上無人時燈長開，實屬浪費。可是，基於保安理由，這些燈不能關掉。

這份文件將推介一款新型螢光燈以解決上述問題。這概念在於在無人使用該區域時將燈調暗；能源消耗可減少70%，只留下照明供保安之用。當某人接近該區域時，感應器會把燈回復全功率運作，令照度回復正常水平。當感應不到任何移動時，燈會在已設定的時間內維持全功率，然後再次調暗。

數種應用方法法已被提出、實踐和分析。一個私人屋苑的停車場安裝了智能調光螢光

燈， 並有儀器測量其效果；一條工廠區的行人天橋的情況已被評估；一個屋苑換了智能調光管，比對之前的燈節省了60%電力；另一屋苑的大堂安裝了智能調光系統， 節能達70%。所有資料都顯示，節能效果在50%以上。

此文件將匯報及討論以上案例，並附以節能測量數據。其他應用事項，例如用戶意見、與LED的比較、安裝問題和燈管壽命，都將一一探討。應用結果是令人欣喜的，證實了智能調光是節省能源的可行方法。

二、智能調光的特色

智能調光的作用在於沒有物體移動時把燈調暗。當調暗後，燈的功耗為P_{dim} ；當燈全功率亮著時， 功耗為P_{full}。全功率亮著的時間比例為a，調暗的時間比例為（1-a）。很明顯，節能多寡取決於調暗時間所佔的比例。燈所消耗的平均功率P_{av}為

$$P_{av} = a.P_{full} + (1-a).P_{\dim} \qquad (1)$$

與沒有調光裝置的燈具比較，所節省的能源為

$$E_{sav} = (P_{full} - P_{av}).T \qquad (2)$$

T是運行時間。

圖1顯示了節能比率與24小時內全功率運作時間的關係。調暗功耗 P_{dim} 全功率 P_{full}的30%。這圖指出當全功率運作時間少於6小時，節能效果便可達50%以上。

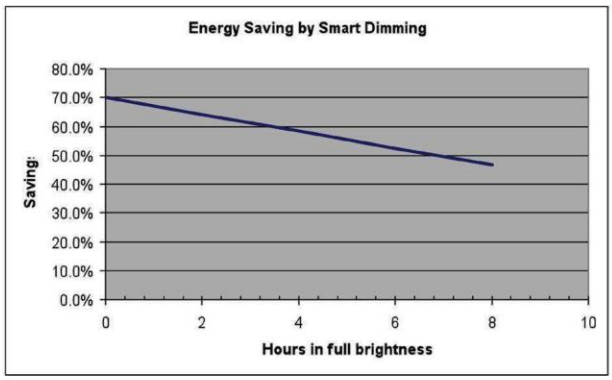

圖1 ： 智能調光的節能效果

三、案例探討

智能調光的有效程度取決於應用情況。此章將探討和分析四個案例。在這四個案例中，有三個實際安裝了智能調光燈在測試場地。

3.1. 行人天橋

行人天橋和行人隧道的照明消耗可觀的電力。估計香港的行人天橋和行人隧道共使用38000盞燈。這些燈不只數量多，而且每天都長時間開啓，年中無休。如果以每天開燈12小時計，這些燈每年使用6600MWh電力，相當於排放了8000噸二氧化碳。

是次研究選擇了位於葵涌的一座天橋為對象，該天橋位於葵涌興芳道。圖2是該天橋的一

圖2 ： 位於葵涌的天橋

照片，這天橋使用4呎T8光管作照明。整套照明系統共使用250支T8光管。這天橋是典型的香港天橋，假設燈在每日下午6時至翌日上午6時開啓，每年將耗用44MWh的電力。

如安裝推薦的T5智能調光燈在這天橋上，可節省可觀的電力。經觀察，在入夜後天橋的使用量明顯下降。在午夜後，天橋的使用者極少。假設晚11時後至翌日時一盞調光燈處於30%耗能的調暗狀態，而下午6時至晚上11時燈則因人流大而處於全亮狀態。表1列出了使用現T有T8燈和T5調光燈的能源消耗。

表 I 在天橋應用智能調光的比較表：

參　數	T8/4呎	智能調光T5
燈長	(1200mm)	(1150mm)
鎮流器	電子式	智能調光
輸入電壓	40W	32W
輸出流明	2800 lm	2600 lm
輸入電壓 (調暗後)	-	10W
全功率運作時間	12	5
調暗時間	-	7
每日耗電 (度)	0.48	0.23
節省電力	52%	

跟據計算，與現有照明系列比較， 智能調光約可節省52%電力，並可減少二氧化碳排放。遺憾的是未有以來機會實地安裝智能燈並進行測試。之後的三個例子，將有實質量度數據。

3.2. 停車場

香港有超過五十萬架汽車。很多車輛停泊於室內停車場而這些車場多提供24小時照明，例如圖3中的停車場。 通常私家車車每天只會到停車場數次，要麼泊車，要麼開車離開。只有車主在該區域時，才需照明。但是，要人手把燈關上，操作上並不可能。如果燈可自動調暗，問題便可解決。

圖 3 ：24小時照明的室內停車場

這案例的研究對象是一個私人屋苑的有蓋停車場。這停車場有大約120個車位。

這停車場現時使用T8光管。4支智能調光管被安裝了作測試（圖4）。有一個電錶測量這4支光管的耗電量，另一個電錶監察著另外四支舊有燈管以作對照比較。

圖 4 ： 安裝在停車場的智能調光管

表II 停車場中的智能調光管

參　數	T8/4呎	智能調光T5
燈長	(1200mm)	(1150mm)
鎮流器種類	電感式	智能調光
每日耗電測量值(度)	1.13	0.4
節能比率	65%	

如表2所示，測量結果顯示節能效果顯著，這案例亦指出智能調光燈的特性和優點在有蓋車場可份發揮。

3.3. 電梯大堂

絕大部分的香港市民都居住在住宅大廈的單位。這些大廈多備有升降機。每一層樓都有一個電梯大堂，而電梯大堂的燈多是年中無休的。每層大堂的使用者少則數戶，多則十數戶，除了早上和旁晚的繁忙時間，電梯大堂多是空無一人的。照明所耗的能源就在這時白白浪費掉。這些燈亦會加熱大堂，令環境不適，夏天尤甚。當然，叫住戶主動開關燈是不切實際的，智能調光在此可大派用場。

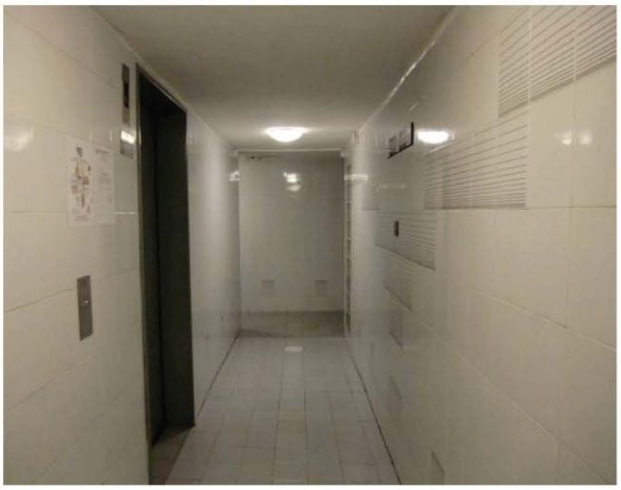

圖5 ： 全功率運作中的智能調光吸頂燈

這案例選取了一位處青衣的私人屋苑的電梯大堂。這屋苑一梯八伙，乃典型的香港屋苑。每層樓有兩部電梯可達。

屋苑現時使用的是吸頂燈。燈具內配10W G24D外置鎮流器式螢光管。外觀完全一樣，但配備智能調光功能的吸頂燈將取代原有吸頂燈。兩種設備的耗電都經電錶量度。

圖 6 ： 調暗待命中的智能調光吸頂燈

表 III　電梯大堂的智能調光管

參　數	吸頂燈	智能調光吸頂燈
燈功率（典型值）	10W	10W
鎮流器種類	電感式	智能調光
每日耗電測量值（度）	0.39	0.156
節能比率	60%	

除了電錶， 這案例的耗電亦經電腦實時取樣監察， 結果發現1天24小時中，燈只有4.5小時是有人使用的。使用量偏低令節能調光特性得以充份發揮。

3.4. 走廊

走廊是商、住樓宇、工廠大廈和學校等建築的典型配備。走廊很多時24小時長明，但由於晚上的使用率低，照明消耗的能源大多時都屬浪費。基於保安及安全理由，燈卻不能關掉。智能調光就可以應用在這種場合。

這案例的場地是一幢位處九龍，樓齡30年的商住混合樓層。大廈正好需要翻新，並改善能源效益。這樓宇的走廊很長，每層有30戶。

大廈現時使用的燈具為T8光管，並已試裝T5智能調光光管。

圖7 ： 安裝在走廊的智能調光光管

表 IV 走廊的智能調光管

參　數	T8/4呎	智能調光T5
燈長	(1200mm)	(1150mm)
鎮流器種類	電感式	智能調光
每日耗電測量值(度)	1.13	0.33
節能比率	71%	

表IV指出了測量的節能比率達71%，效果非常卓越。樓宇中有大量燈具，但只有4小時處於全功率運作。

以上四個案例已指出智能調光的特性能卓越地發揮在各種場合。使用者反應正面，很多使用者根本不察覺燈調暗了。

四、與LED燈比較

LED燈正在興起，廠商並大力推廣，希望以之取代螢光燈。 這章節將比較智能調光T5螢光燈和LED燈的效能。

表V列出了LED和T5螢光管的光效比較[3]。 LED的光效很參差，因為其技術日新月異，而且受成本影響。低階的LED光效極差；而高階的光效優異但價格高昂，最高技術的LED往往未能量產。即使推出了市場， LED照明產品有時會因高昂的價格而令人卻步。T5光管的技術卻相對成熟。T5光管規格已標準化並量產多年，光效差異較少而且相對穩定。比較兩者的中階產品，LED及T5的效能頗為相近。

表 V LED與T5光管的比較

	光效（lm/W）
LED	4.5 - 150
T5 螢光燈	70 – 104.2

LED及T5的發光效率相對接近，運用智能調光乃一大優勢。正如以上案例，智能調光可減少50%的能源，最多可節省70%。由此可見，T5光管配合智能調光能達到更佳的節能效果。

五、智能調光對螢光管壽命的影響

可能會有人擔心頻繁調光調暗對光管壽命的影響。本章將探討此問題。

光管衰老的主因是啓動時的衝擊④。當燈開啓時， 高壓電打進燈管的電極，以激發氣體。這過程會損耗電極上的塗層，引致光管失靈。在一壽命測試中，光管樣品被開啓3小時，然後熄滅20分鐘，循環往覆，直至光管壞掉。另一測試把光管開啓時間設定為9小時才熄滅。結果發現開九小時的一組壽命長一倍⑤。如果電極經預熱，激發電壓可以下降，光管壽命可延長30%。

智能調光不會使光管老化，因為調光調暗的過程中並不需高壓激發氣體。當管子調暗後，電極的電壓下降，通過光管的電流下降。當光管再調光，光管的電壓電流回復正常，過程中不用高壓激發。

而且，燈在調暗狀態時，功耗較少，溫度也較低，壽命因而延長。有研究顯示⑥ 燈在較低溫運作流明損耗會較慢。

六、總　結

本文介紹了一種新型智能調光螢光燈。它內置了移感應器，當感應到沒人用燈時，燈會調暗至原來耗電的30%。對照明系統24小時長開而使用率偏低的地方而言，這是一種非常有效的節能方法。四個典型的應用場合已被研究探討，包括天橋、停車場、電梯大堂和走廊。實地測試的結果顯示，節能效果達60%以上，這證實了智能調光燈的節能效果非常卓越。與LED燈的節能效果比較， 智能調光燈的表現更令人欣喜。研究也證實了調光暗不會縮短燈管壽命。

參考資料

① 2009-2010年度施政報告， 香港，2010。

② 香港能源最終用途數據 ： 機電工程署，2005, vol. 61.

③ Wikipedia Website, “Luminous efficacy,” Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_efficacy

④ J.D. Bullough, “Lighting Futures,” Available : http://www.lrc.rpi.edu/programs/futures/lf-lamplife/

⑤ NLPIP Lighting Research Center “T8 Fluorescent Lamps” Available : http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/t8/05-t8-lamp-life.asp

⑥ Tetri E, “. Effect of cathode heating on lamp life in dimming use,” Industry Applications Conference, 2001. Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, Volume 2.

⑦ Carriere, L.A.; Rea, M.S.; “Economics of switching fluorescent lamps”, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume: 24 , Issue: 3, Publication Year: 1988 , Page(s): 370 – 379.

⑧ Yunfen Ji; Davis, R.; O'Rourke, C.; Chui, E.W.M.; “Compatibility testing of fluorescent lamp and ballast systems”, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume: 35 , Issue: 6, Publication Year: 1999 , Page(s): 1271 – 1276.