



超高功率球場燈具現況與市場分析

The Development and Investigation of Ultra-high Power Luminaires for Stadium Lighting

江松柏 S. B. Chiang¹、黃素琴 S. C. Huang²、張文鐸 W. H. Zhang³、
簡國祥 K. H. Chien⁴

工研院綠能所(GEL/ITRI) ¹資深工程師、²研究員、³副研究員、⁴正研究員/副組長

大型運動場、球場照明為配合不同運動賽事的需求，其相對應的照明產品呈現多樣化，並以不同出光角度的燈具，來配合所需要的光環境需求。使用傳統HID燈具的球場其光源的維護不易，加上近年來對於高攝影品質的需求，將帶給LED新式光源發展的契機。超高功率戶外LED燈具的應用，目前仍有許多發展限制。然而，LED燈具高效率及長壽命之特性，可大幅節省成本與降低耗能，若能利用新型的LED燈具設計與研究技術，取代現有市售HID燈具，將可加速國內LED照明產業進入另一階段。

For the stadium, the operators wanted more light and more natural light, and had been looking for alternatives to their legacy metal halide lighting for a long time. Energy and maintenance costs were high, and the operators were looking for other upgrades they could make throughout the facility. LED stadium lights designed to address the varied lighting requirements of stadiums and arenas are available from manufacturers and designers. The LED stadium lights can be used for field lighting, as well as lighting spectator, concession, parking and walkway areas. The LED sports flood lighting can save up to 40% in energy usage compared to traditional stadium lighting and with lifespans of over 40,000 hours, thus the need to replace hard-to-reach bulbs in out-of-the-way locations is drastically diminished. Additionally, the LED stadium light replacements and LED stadium retrofits convert traditional stadium lighting into more energy efficient LED lighting, with all LED arena lights containing no mercury.

關鍵詞/Key Words

超高功率(Ultra-high Power)、球場燈(Stadium Lighting)、LED照明(LED Lighting)

前言



於新型照明工程在設計與技術上的進步，使得於夜間舉行運動競賽與觀

賞比賽的機會日益頻繁。過去十年，照明光源的效率已大幅提升，儘管有一些高技巧性的運動需要較充分的照明，但其照明設備所消耗的電力卻已明顯地減少許多。

▼表一 Estimated Inventory of Outdoor Lamps by Subsector (1,000's)⁽¹⁾

	Incandescent	Halogen	CFL	Linear Fluorescent	MV	MH	HPS	LPS	LED	Other	Total
Building Exterior	14,775	2,621	12,052	12,468	1,815	9,865	7,919	274	1	294	62,084
Airfield	414	512	—	—	—	—	—	—	98	—	1,024
Billboard	—	—	—	5	5	502	—	—	7	—	519
Railway	549	—	—	—	—	—	—	—	427	—	976
Stadium	—	64	—	—	7	839	120	—	—	—	1,030
Traffic Signals	785	—	—	—	—	—	—	—	14,908	—	15,693
Parking	992	824	—	16,595	429	14,191	14,205	—	2,231	2,701	52,168
Roadway	300	—	2	55	1,922	4,116	35,698	1,182	1,546	61	44,882
Total	17,815	4,021	12,054	29,123	4,178	29,513	57,942	1,456	19,218	3,056	178,376

隨著照明改善而來的是如何處理眩光與演色性等問題，以獲得更佳的視覺效果與電視轉播品質。現今的運動照明設計已無法用粗略的預估方式來完成，而是需要使用更精細的計算過程來獲得。如何利用新世代照明節省耗能成本與提高運動照明效果，已成為燈具與燈光設計人員的重要課題。

依據運動場地照明需要之不同，運動可被劃分為地面運動與空中運動兩大類，在此兩大類運動中，又可進一步細分為單方向與多方向運動。因此，照明設計人員需要依照不同的球場環境與觀眾需求，提供適當的觀賞輔助照明環境。運動照明的目的為藉著控制目標物（球）的亮度與背景，以獲得良好的照明環境，使目標物能清楚展現在運動者、現場觀眾與電視機觀眾眼前，為達到此目的，就必須同時考慮照明的品質。傳統球場照明燈具多以複金屬燈作為主要光源，然而在演色性上始終難達高演色性與快速驅動的需求，且日後維修昂貴與風險相對高出一般照明許多。

超高功率LED照明技術的發展與市場滲透

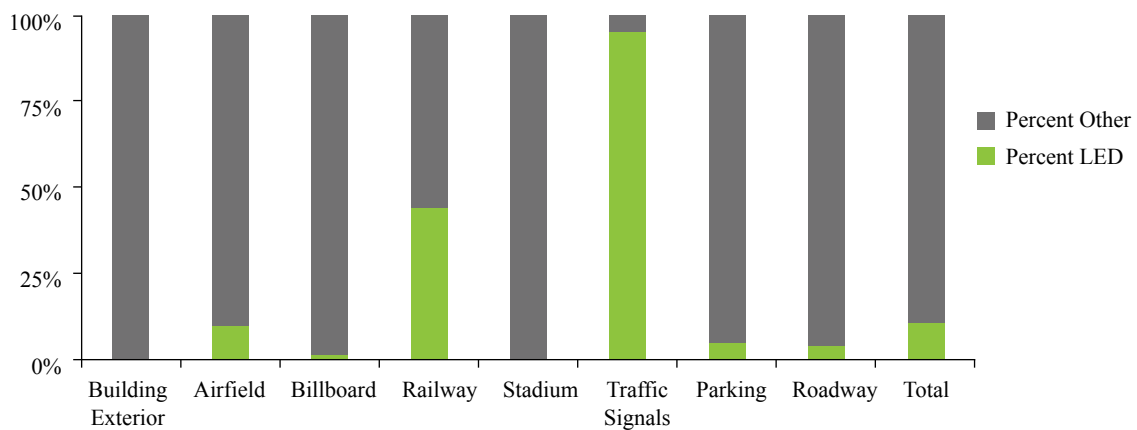
依據U.S. Department of Energy的2010 U.S. Lighting Market Characterization⁽¹⁾研究報告指出，全美戶外燈具安裝總量，從2002年的7,800萬盞燈具，於2010年增加至1.78億盞。其中，在2010年單一年度所安裝的戶外燈具總量中，球場燈(Stadium Lighting)雖然占整體戶外燈具比例較低，僅0.58%（表一），卻仍高達103萬盞。而球場燈因具備高功率輸出要求，其操作功率高於戶外燈具功率平均值的12.58倍（表二）。

由圖一可知，相較於其他種類的戶外燈具，球場燈於2010年時，尚無LED應用於此類產品中。該類產品多以鹵素燈或是High Intensity Discharge(HID)（如Mercury Vapor(MV)、Metal Halide(MH)、High Pressure Sodium(HPS)）為主要光源。因此，如何提高LED的滲透率，並且將演色性提高至球場應用需求，為各燈具大廠努力的目標。



▼表二 Average Wattage per Lamp by Subsector in 2010⁽¹⁾

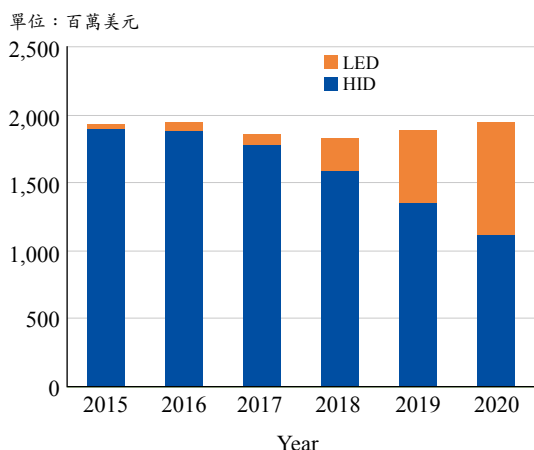
	Incandescent	Halogen	CFL	Linear Fluorescent	MV	MH	HPS	LPS	LED	Other	Average
Building Exterior	61	74	22	42	79	72	78	74	28	68	55
Airfield	92	65	—	—	—	—	—	—	17	—	71
Billboard	—	—	—	148	400	400	—	—	125	—	394
Railway	18	—	—	—	—	—	—	—	14	—	16
Stadium	—	4,375	—	—	1,000	1,554	1,000	—	—	—	1,661
Traffic Signals	130	—	—	—	—	—	—	—	9	—	15
Parking	112	108	—	73	350	224	201	—	60	97	153
Roadway	181	—	44	50	243	233	230	78	71	62	221
Average	68	148	22	60	185	215	204	77	20	93	132



▲圖一 LED燈具於戶外燈具的滲透率⁽¹⁾

全球超高瓦數LED投光燈市場，主要與全球運動賽事有一定關聯度。目前大致上呈現穩定狀況，每年市場規模約維持在18~20億美元之間。現有市售千瓦級LED照明(LED Lighting)產品仍不多且價格昂貴，不過已有部分國際廠商積極布局，未來市場規模將持續成長。圖二為IHS與工研院IEK針對現有超高功率(Ultra-high Power)燈具市場發展進行推估。

然而，此類市場目前鮮有國內廠商投入開發，若能透過國內的光電與機電整合技術，配合戶外球場的燈光設計，將可達到球場照明空間的優化與市場滲透。國內目前在200 W以下燈具的技術，透過近幾年政府推動LED道路照明節能示範計畫，已將產業上、中、下游以及法規驗證與制度建立完善。在既有基礎上，藉由此技術發展，將有助於產業升級與轉型。



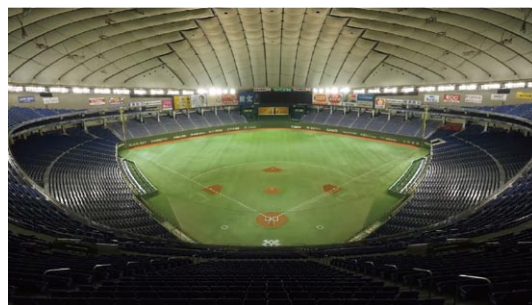
資料來源：IHS；工研院IEK

▲圖二 全球超高瓦數投光燈市場推估

近年中國大陸LED照明憑藉著市場或廉價的勞力成本等優勢快速竄起，而在高單價產品上，歐美廠商具有品牌及通路優勢，較易獲得消費者認同而獲得較佳利潤，而且歐、美、日等大廠亦具備專利優勢，更能主導市場發展方向。未來台灣在市場發展較不易於品牌及通路超越國外大廠，且在降低成本上亦難面對中國的競爭，如果無法有效尋找另一個發展方向，將使產業陷入危機。故藉由發展高單價、具備高技術難度的LED照明產品，鎖定特定利基市場，將有機會形成新的品牌，創造LED照明產業的出口。

現有LED球場燈具應用與分析

在LED照明應用於球場的實例上，2014年8月，Southampton F.C.成為以LED照明為主的第一個英格蘭足球比賽場地⁽²⁾。陸續將St Mary's Stadium (Accendo公司照明系統)與Chelsea F.C. (飛利浦照明系統)依序導入LED光源。主要是因為新的照明品質比



▲圖三 LED化的日本東京巨蛋棒球場⁽³⁾

舊有的光源明亮許多，且更容易進行光學控制。

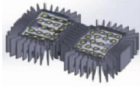
在亞洲廠商的技術發展上，日本Panasonic也於2016年4月正式發表超高功率LED燈具的應用成果⁽³⁾。藉由在日本東京巨蛋(Tokyo Dome)的超高功率燈具架設(圖三)，獲得長壽命(40,000 hrs)、降低電能消耗約50%、更均勻的配光與高畫質的光源品質，呈現更高水準的觀賞品質與轉播要求。

表三為近年來LED照明廠商之球場燈具產品與技術指標，最右邊為複金屬燈。由此表比較得知，現有LED燈具最大缺點在於燈具重量，而複金屬燈具擁有較高之光通量與燈具重量的輸出比，且該類燈具可藉由更換燈管功率達到更高光通量輸出(如：1,000 W燈管更換為2,000 W燈管)。

LED燈具具有高出光效率(>100 lm/W)、降低耗能(節能>20%，取代水銀燈甚至可達75%)、低風阻與受壓面積、多種出光角度設計、長壽命(>40,000 hrs)、低維護成本與無閃爍的光源驅動模式，以及利於HDTV轉播等優點，將逐漸取代傳統燈具。其中，又以燈具出光效率、節能幅度、長壽命與低維護成本為LED燈具取代傳統燈具的最大誘因。



▼表三 千瓦級燈具性能比較表⁽³⁻⁷⁾

							
	ITRI (FY105)	ITRI (FY104)	Philips- ArenaVision LED	Ephesus- StadiumPro	Panasonic LED投光器 Module Type	SpecGrade- Polaris AFL Flood LED	Philips- MVF403 1,000 W (MHN-LA)
功率(W)	500	1,008	1,396	1,000	1,075	1,100	1,000
光通量(klm)	60.5	111.6	87	115	117.8	106.1	86.5
重量(kg) 未含電源	9.98	21	>25	25	28.5	39.8	14.5
LED數量 (顆)	14	36	225	144	132	268	One MHN-LA
燈具效率 (lm/W)	122.9	110.7	83	115	109.6	96.5	86.5
光通量/重量 (klm/kg)	6.06	5.31	3.48	4.4	4.13	2.67	5.97

資料來源：工研院綠能所彙整

然而，LED燈具面對高功率燈具應用之開發，始終有數個難以突破的限制。依照光、機、電、熱四項設計元素而言，大多易因為使用環境限制而產生不同的設計概念，例如針對北美等大陸型氣候環境的差異所產生的設計，與在海島型或沿海型氣候國家設計理念會有所不同。

如何簡化LED光源系統的開發成本以及符合各環境之使用，適度的可替換式模組化設計有其必要性。透過良好的設計概念，選用對應的光學設計、電源供應器、散熱與機構設計，完成不同場域的模組內元件替換需求，以符合適當場域使用。

台灣燈具廠商相較於國外傳統燈具大廠雖然規模差異極大，但卻具有應變彈性佳及反應速度快等優勢，適合開發特殊應用的高價值產品。而許多市售之高價值燈具皆具有高亮度需求，但卻面臨高亮度所伴隨

而來的高溫問題，如何有效發展創新技術解決此問題，成為此類產品發展的關鍵。

LED球場燈具優勢與設計要點

因不同運動競賽場地有不同的空間使用規範，且考量運動員視覺方向、觀眾視覺及轉播需求，照明燈具安裝的位置、高度與發光角度都需被精準計算與分配，才能提供足夠水平照度、垂直照度、均勻度以及低眩光要求。並依據運動場域需求先計算分類照明燈具的安裝位置、發光角度與光強度分布，以建立良好的光環境品質。

承前所述，目前市面上的千瓦級以上超高功率LED燈具，為配合散熱設計要求，燈具重量大多超過25 kg以上，使得製作、運送與加工成本大幅提高。除此之外，對於散熱器而言，為配合不同的場域與地貌

的需求，達到多樣的外觀與適配性區別，以往的LED燈具遇到不同需求時只有走向拆換的方式，對於裝置成本來說也是一大負擔。雖然LED燈具的長壽命特性，可提供較長的使用週期，但在球場應用上，燈具重量與體積是燈具安裝在氣動力學考量及載重限制上相當重要的一環。

若希望能夠達到上述燈具設計應用的訴求，LED光源模組則需考量下列主要的設計要點：①高光效率與演色性的光源選用；②高效率與體積小的二次反射光學元件；③不同負載下的高效率驅動電源；④無閃爍的電源控制技術；⑤易整合現有系統的通用編碼模式；⑥高電壓雷擊防護的設計；⑦低熱阻的LED光板；⑧低橫向熱傳遞熱阻；⑨高效率的散熱器設計；⑩可快速接合的低熱阻接合端子；⑪低風阻係數的燈具外型；⑫高防護功能的燈具結構。

結語

台灣目前運動場所之照明大多採用水銀燈、複金屬燈或其它發光效率、壽命較低之燈具，但有耗能高、維護不易以及眩光等問題，且此類燈具因有最佳工作溫度，因此於亮暗切換時需有一定延遲照明時間，使用上有許多限制。發展超高功率

LED燈具技術，未來將可汰換傳統舊有運動場燈具，除可節能約50%，以及具高光學品質、降低維護成本與易於調控之優勢，並可引導國內廠商布局尖端利基市場，提升台灣LED照明產業競爭力，跳脫以低價競爭換取市占率之經營模式。■

誌謝

本論文為經濟部能源局所提供之「LED照明與系統節能技術研發計畫」經費成果，藉由能源局的支持，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

1. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2010-lmc-final-jan-2012.pdf>
2. <http://luxreview.com/article/2015/02/leds-ready-for-kick-off->
3. <http://www2.panasonic.biz/es/lighting/led/lineup/outdoor/spotlight/09.html>
4. <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/sports-and-area-floodlighting/high-end-sports-floodlighting/arenavision/arenavision-led>
5. <http://ephesuslighting.com/>
6. <http://www.specgradeled.com/football-stadium-led-lighting/>
7. <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/sports-and-area-floodlighting/high-end-sports-floodlighting/arenavision/arenavision-mvf403>

工研院綠能所 節能設備技術組

超高功率LED燈具設計服務

模組化燈具技術與授權
超高功率燈具設計解決方案

LED光源熱阻量測服務

T3Ster (Thermal Transient Tester)－暫態熱阻量測系統
可量測達280 V/10 A之LED模組
搭配86 × 86 × 116 cm恆溫箱可量測分析散熱鰭片之熱阻

薄型熱管性能量測服務

熱管厚度量測極限：0.3 mm
量測功率範圍：1~60 W

特定照明頻譜演算

特色：全波長光譜模擬、高演色性光品質、色溫可調控、低色偏Duv
應用：模擬太陽光、高質攝影棚照明、生物照明、醫療照明、人因科學特殊檢測、植物工廠等。

聯絡窗口

江松柏 Tel: 03-5916373 03-5916412
E-mail: SBChiang@itri.org.tw

張文鏞 Tel: 03-5913465
E-mail: VanceZhang@itri.org.tw

徐可芳 Tel: 03-5913614
E-mail: kfhsu@itri.org.tw