

LED 燈具蝠翼型光形與燈具配置關係

The Relationship Between Batwing Distribution And LED Fixture Mounting Arrangement

徐可芳、林志偉、黃忠民、王玫丹

Ke-Fang Hsu , Chih-Wei Lin , Hwang Jung Min and Mei-Tan Wang

工業技術研究院 綠能與環境研究所 固態照明系統研究室

Solid-State Lighting Systems department, Green Energy and Environment Research Laboratories,
Industrial Technology Research Institute (ITRI), Hsin-chu, Taiwan

e-mail:kfhsu@itri.org.tw

e-mail:AlanLin@itri.org.tw

e-mail:jmhwang@itri.org.tw

e-mail:meitan@itri.org.tw

摘要

本研究主要探討平板燈之蝠翼光形與燈具配置關係，以最佳工作面照度均勻度為目標，並且同時考慮眩光指數與燈具佈燈問題，以找出合適之二次光學設計之蝠翼光形目標。目前，蝠翼光形可增加工作面均勻度之特性已被接受，但是對於標準蝠翼光形之形狀參數訂定仍不明確。除此之外，由於一般設計者對於蝠翼光形對應之光品質影響了解有限，使得一般蝠翼光形燈具所測得之眩光指數仍然過高。因此，本研究目的在訂定蝠翼光形參數與輸出光品質之分析，並進一步探討不同長寬比場域中最合適蝠翼光形參數，以達到最少燈具數量並同時兼具高品質光輸出之室內燈具設計。

關鍵字詞：蝠翼光形、照度均勻度、統一眩光指數

Abstract

In this study, an investigation of the relationship between batwing distribution and fixture mounting arrangement is proposed. Over the past few years, the design of batwing distribution can improve the work-plane illuminance uniformity have been accepted conceptually. However, little attention has been given to the point on defining batwing distribution. Based on the procedure of optimizing illuminance uniformity in different room sizes, Unified Glare Rating (UGR) and the luminaire arrangement in indoor environment, the most suitable batwing distribution has been defined. By using this method, it is achieved to install fewer fixtures to improve the illuminance uniformity. Therefore, the more energy-efficient lighting environment could be realized.

Keywords: batwing distribution, illuminance uniformity, unified glare rating

1. 前言

LED 照明應用將由技術導向邁入高照明品質時代，人們對於照明的要求除了滿足光通量、價格等基本需求以外，對於節能、工作面照度分佈均勻度、眩光等高值化需求也逐漸引起大家的注意。回顧辦公室照明燈具發展，由山形燈發展至格柵燈輕鋼架燈具的趨勢來看，更具節能效益之 LED 平板燈將有可能成為未來室內照明之首選。目前 LED 平板燈主要可分為直下式與側光式光源兩種，直下式光源與傳統導光板式側發光平板燈之光形為類朗伯光形(Lambertian)，其照射面照度均勻度不佳，若考慮工作面照度與角度間之關係，將側發光面光源光形調整成蝠翼光形將

能提升工作面照度均勻度，進而產生照明節能之功效。本研究主要探討平板燈燈具之配置與蝠翼光形最佳化關係，利用最佳之工作面均勻度為主體目標，同時考慮眩光與燈具空間配置問題，以找出相對合適之蝠翼光形。本研究首先定義 DIALux 空間模擬參數值並描述各輸入光形特徵，接著列出各種光形之模擬情形並且加以分析、文末則綜合前面之討論提出最佳光形與空間大小之關係。

2. 室內空間光品質模擬

對於光環境設計，燈具光形將會影響室內照明之光品質。類朗伯光形在高工作面照度均勻度

需求條件下之燈具間隔較低，使得需要使用更多燈具才能達到高均勻度照明環境之目標，反觀蝠翼光形則能利用較少之燈具數量達成工作面照度均勻化之目標。然而，蝠翼光形的設計存在形狀上的定義差異，因此本文利用 DIALux 室內空間光學模擬軟體模擬並探討合適之蝠翼光形與空間照度均勻度之關係，以定義出最佳之蝠翼光形。

2.1 參考指標

在分析不同光形對於照度值、空間照度均勻度、眩光大小等問題前，首先需要在 DIALux 中建立標準空間之大小，在此利用三種空間比例(長形空間兩種 3H:4H、4H:5H 以及方形空間 4H:4H，其中 H=2.7m)做分析比較。室內照度一般以作業面照度為標準，依 CNS 12112 照度標準之規定，將室內作業面高度設定為離地 0.85m，並依一般常見的學校教室、辦公室等空間的照度規定，其照度範圍約在 300~750lux 之間，以基準照度值為 500±50lux 且光輸出 3500lm 之條件下進行燈具排列，工作面照度均勻度量測方式為工作面上取九點之照度最小值除以平均值，如圖一所示。對於燈具統一眩光指數則依據 CIE117¹(距高比 0.25)與節能標章標示(天花板反射係數:0.3/牆面反射係數:0.3/地面反射係數:0.2)要求進行配置與計算。

完成空間設置之後，接著進行傳統導光板面光源光形與蝠翼光形之空間光環境品質分析，在此置入 GE ET-series 蝠翼光形(Type1)與此處設計之蝠翼光形(Type2)及傳統導光板式面光源光形(Type3:類朗伯光形)作比較，其中 Type2 之訂定依照等照度均勻配光公式如式 1 所示^{2,3,4}，同時考慮空間中工作面照度均勻性與眩光問題，因此將最強光強張角 I_{max} 夾角定在 28 度位置。

$$\frac{I_0}{I_\theta} = \frac{1}{\cos^3 \theta} \quad (1)$$

各光形參數如下表 1 所示， θ_M 為光強最強位置與中心軸之夾角， I_{min}/I_{avg} 為光強最小值與平均值之比值， φ 為評估光強一半位置與中心軸之張角大小，光束角大小則為 2φ 。根據以上空間設置與三種軸對稱光形配置可進行不同空間與光形之光品質模擬。

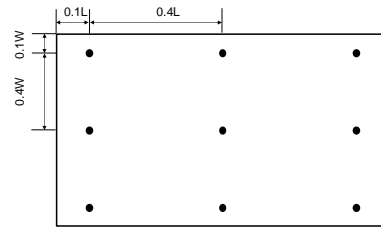


圖 1. 工作面照度均勻度量測取點方法

表 1. 各式輸入光形相關參數

光形Type	Type1	Type2	Type3
光形	蝠翼型	蝠翼型	類朗伯型
θ_M	45	28	0
光強比值 I_{min}/I_{max}	0.7	0.83	0
光束角 2φ	126	110	100
光形圖			

2.2 DIALux 光形與空間光環境模擬


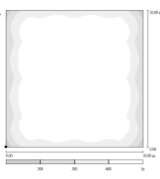
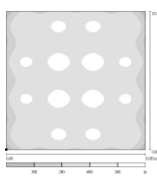
探討長形空間 4H:3H 時(燈具排列 4×3=12 盞)，由表 2 工作面照度均勻度值可以看出 Type2 均勻度較佳，由灰階圖中央區域照度分布判斷之。對於長形的空間中，Type1 在 4H:3H 空間配置下其工作面平均照度較高、照度均勻度次之但眩光值最高，然而利用改良後之蝠翼光形 Type2 雖然照度稍低但照度均勻度高且眩光值 UGR<19。並且同時優於 Type3 之類朗伯光形。因此蝠翼形光形可增加工作面照度且眩光值可降低，若進一步比較工作面中心均勻度落差情形，可發現 Type2 為最低，表示其工作面照度均勻度效果為三者中最佳選項。

表 2.各式光形於長形(4H:3H)空間之光輸出結果

4H:3H	Type1	Type2	Type3
照度 Avg.	502	463	455
照度均勻 I_{min}/I_{avg}	0.88	0.92	0.89
UGR	22.7	17.8	19.5
工作面灰階圖			

對於正方形的空間 4H:4H (燈具排列 4x4=16 盞)，如表 3 所示，Type1 蝠翼光形燈具雖然平均照度較高，然而其照度均勻度次之且其對應之眩光值過高 UGR>19，另一方面 Type2 之蝠翼光形則可使照度均勻度提升、眩光值降低，由此顯示適當之蝠翼光形有助於提升工作場所光品質，並且在均勻度較高之情形中可考慮在不影響舒適度情況下調低整體照度進而提升節能效益。

表 3.各式光形於方形(4H:4H)空間之光輸出結果

4H:4H	Type1	Type2	Type3
照度 Avg.	519	472	467
照度 均勻 $I_{Min/Avg}$	0.91	0.96	0.88
UGR	23.3	17.7	20.2
工作面 灰階圖			

若討論長形空間比例 4H:5H (燈具排列 4x5=20 盞)，如表 4 所示，Type2 整體表現與前面之 4H:3H 及 4H:4H 相似，並且若將燈具排列調整為 4x4=16 盞時會發現 Type3 相較於 Type2 出現明顯照度不均之情形，如表 5 之四排情形及圖 2 所示。若與 4x5=20 盞之燈具排列情形相比，發現 Type3 光形需要五排燈才能接近 Type2 光形之照度均勻效果。

表 4.各式光形於長形(4H:5H)空間之光輸出結果

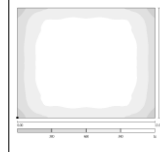
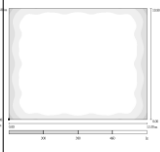
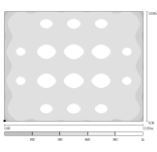


4H:5H	Type1	Type2	Type3
照度 Avg.	532	478	475
照度 均勻 $I_{Min/Avg}$	0.92	0.97	0.85
UGR	23.6	17.7	20.5
工作面 灰階圖			

表 5.蝠翼光形於照度均勻度上較具節能效益

燈具 類型	θ_M	2φ	光強比 I_{min}/I_{max}	UGR	照度 均勻度 四排燈	照度 均勻度 五排燈
 類朗伯光形	0	100	0	20.5	0.69	0.85
 蝠翼光形	28	110	0.83	17.8	0.80	0.97

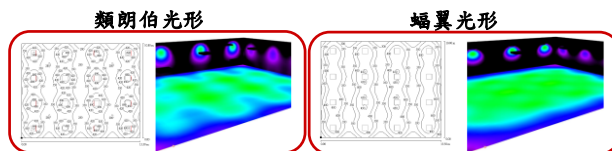


圖 2. 蝠翼光形照度均勻度較類朗伯光形高

3. 結果與討論

本次設計 Type2 蝠翼光形， θ_M 為 28 度，其中光強比值 $Min/Avg=0.83$ ， φ 為 55 度，光束角 2φ 為 110 度。由以上模擬結果顯示，在 4H:3H、4H:4H、4H:5H 等空間中，Type2 相較於 Type1 與 Type3 所表現之工作面照度均勻度較高且眩光值也最低同時符合節能標章 $UGR \leq 19$ 規範。因此適當挑選合適之蝠翼光形有助於提升室內光品質，並且由蝠翼光形製成之燈具可以使用較少的燈具達到良好之照明品質，不但可節省燈具數量、降低消耗能源並且還能節省後續燈具之維護成本，因此好的蝠翼光形設計有許多優點。

另一方面，表 2、3、4 三種模擬結果皆以軸對稱之光形進行模擬，未來若選擇光形為雙面對稱蝠翼光形時，可根據不同之室內長寬尺寸計算出合適的蝠翼光形參數，也就是在長形空間中 C0 與 C90 面可選配不同形狀之蝠翼光形以達成最終高照度、高工作面均勻度及低眩光之室內優質光環境設計目標。

4. 結論

為達成大面積室內照明空間高照度均勻度之目標，光形的選擇將會是重要的因素，Type2 軸對稱蝠翼光形相較於 Type3 傳統導光板式類朗伯光形燈具可提供更大面積之照度均勻度。

本次設計於(4H:3H)、(4H:4H)、(4H:5H)空間中，Type2 設計參數 θ_M 為 28 度、其中光強比值 $Min/Avg=0.83$ 、一半光強夾角大小 φ 為 55 度、光束角 110 度可呈現最佳照度均勻度之效果，同時可降低眩光值與提升照度。依據本研究結果，不同室內空間需求採用適當之蝠翼光形將可提升空間均勻度並減少燈具使用量，同時達成高光環境品質與低耗能之高值化燈具設計目標。

5. 誌謝

本文承蒙經濟部能源局「高效能固態照明技

術研發展計畫」補助，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

6. 參考文獻

- 1.L. Bedocs, H.D. Einhorn, D. Fischer, E. H. Hansen, S. Kanaya, H.A. Löfberg, K. Poulton, A. I. Slater, K. Sørensen, W.G. Julian, "Discomfort Glare in Interior Lighting," CIE 117-1995, ISBN 978 3 900734 70 1.
- 2.張智鴻,“高效率均勻配光之 LED T-BAR 節能燈具設計研究,”高工 LED 工程師大會論文競賽, 2010.
- 3.Philip Premysle, “Batwing Distribution for General Illumination,” Energy Star, 2009.
- 4.Jack L. Lindsey, “Applied Illumination Engineering,” 1997.
- 5.Y.M. Gu, Nadarajah Narendran, “Design and evaluation of an LED-based light fixture,” SPIE, Vol. 5187, pp.318-329, 2004.