



國道照明 LED 路燈應用評估淺談

中興工程顧問公司系統及電氣工程部工程師 / 劉智閔
中興工程顧問公司系統及電氣工程部資深協理 / 林根勝

關鍵字：LED 路燈

前言

國道高速公路局為提供人車通行所需之照明並基於安全性的考量，多年來於所轄管之國道、服務區設置發光效率高之高壓鈉氣路燈。但地球暖化日益嚴重，為了因應全球氣候變遷與減少能源消耗，唯有積極發展綠色能源之應用，因此藉由 LED 產品優勢取代高壓鈉氣路燈，以達到節能的目標，是目前最為關切的議題之一。

近年來 LED 技術快速成長，如發光效率、配光曲線等產品特性不斷提升，其與既有路燈光源比較，LED 路燈在色溫、演色性、可控制性均較既有路燈光源優良，而發光效率與總光通量輸出相較於水銀燈、高壓鈉氣燈更有優勢，將來勢必成為可採用的替代光源。

但在廣泛的使用 LED 路燈前須審慎評估，包括瞭解 LED 路燈的功能性、穩定性、環保性及維護性等，以達到兼顧安全及節能的目標。

一、前置作業

本前置作業為將來高速公路採用 LED 燈具，以平行置換方式汰換傳統燈具之主要前置工作項目。主要步驟包含：現況了解、蒐集資料、可行性評估、現場量測。

(一) 高速公路之現況及需求

目前現有高速公路（以中山高速公路為例）路燈設置概況，主要分為主線道、匝道，說明如下：

1. 主線道部分：分為雙向六車道、八車道，其歸納整理如表 1。



表 1 主線道現況

主線道	雙向六車道		雙向八車道
車道寬	3.65 公尺		
桿高	12 公尺		
懸臂長	2.74 公尺		
仰角	5 度		
燈具排列方式	雙邊交錯、對稱排列		
單邊燈具間隔	40 公尺	60 公尺	50 公尺
光源消耗功率	250W HPS	400W HPS	400W HPS

表 2 匝道現況

匝道	單向單車道	單向雙車道
車道寬	4.5 公尺	3.75 公尺
桿高	10 公尺	
懸臂長	2.74 公尺	
仰角	5 度	
燈具排列方式	單邊排列	
單邊燈具間隔	35 公尺	30 公尺
燈具消耗功率	150W HPS	150W HPS

2. 匝道部分：分為單向單車道、單向雙車道，其歸納整理如表 2。

照度需求，依據國道新建工程局之「國道公路照明設計準則」規定 [1] 高速公路之照明標準平均照度需 15 Lux (約 1 cd/m²) 以上，最低照度與平均照度比必須大於 1：3，眩光限制 (T.I.) ≤ 15 %。

(二) 資料蒐集

本評估應先行蒐集國內外 LED 路燈規範及調查國內外 LED 路燈產品，其目的在於檢討各廠商製造 LED 路燈之差異性。藉此分析結果，整理可應用於高速公路照明之 LED 路

燈產品，同時兼顧安全、法規與維護之要求，再依各廠牌 LED 路燈之配光曲線利用電腦軟體模擬在主幹道及匝道之照度水準。

1. 國內外 LED 路燈相關標準及準則

鑒於國際市場及標準之嚴謹性與產品技術，大多仍參考美國及歐洲標準，而日本主要仍由政府主導，期望達成標準國際化，在國際合作架構下推動國際標準化，政策方面與 IEA/APP 合作，技術層面則與 IEC/CIE 共同合作，大多與歐洲標準相當。故 LED 路燈標準在國外方面建議應以美國、歐洲及大陸來做為了解國際 LED 發展概況之主軸。

2. 各國 LED 路燈規格比較

各國 LED 路燈規格比較，係針對下列主要項目作比較、分析後並提出建議。

- (1) 功率因數
- (2) 色溫
- (3) 配光特性
- (4) 發光效率
- (5) 光束維持率
- (6) 點滅試驗
- (7) LED 晶粒壽命
- (8) 安全要求
- (9) 防護等級
- (10) 電器特性

(三) 可行性初步評估

將蒐集到的國內外 LED 路燈產品之配光曲線，運用電腦軟體來進行模擬分析。

1. 維護係數研討

配合現場量測及推估之維護係數，原則採維護係數為 0.65，但相關參數需定義詳表



表 3 高速公路維護係數相關參數

參數項目	參數值
周溫	30°C
晶粒工作溫度 (Tj)	70°C 以下
晶粒經濟壽命 (在 Tj=85°C，光束維持率 90%)	22,000 小時
燈具防塵等級	IP65 或 IP66
配光裝置防護	須加裝玻璃外罩
散熱機構	須為一體成型
燈具清洗週期	每年清洗一次
燈具使用壽命	10 年

3。另現有一般量測光衰，大多採用燈具直下量測照度來判定，由現場量測發現，一般 LED 燈具光源均由多顆組成，故往往受到光源各晶粒光衰不一致、燈具受周圍灰塵影響大小不一，故造成配光型式的改變，而無法有效採用燈具直下量測照度來判定光衰，且不僅僅只有光衰問題，還有燈具品質上的問題，故將來在判定上，應從燈具開始時，就需拆下檢測光電特性，量測時應採 CIE 140 標準量測，除檢核光衰外，還要檢核照明品質。

2. 道路照明模擬分析說明

現有高速公路道路照明標準，仍以平均照度做為其要求標準。以中山高速公路為例，路燈設置概況主要分為主線道、匝道（詳一、（一）節所述），依據上述標準路段，利用目前蒐集之配光曲線資料（IES 檔），以維護係數 0.65 做照度模擬分析，並以國工局「國道公路照明設計準則」規定做為適用依據。

然而一般駕駛者在道路路面實際感受到的亮度是輝度而非照度。在正常情況下，應該以輝度概念來考量較為適宜；但實際情況下，由於輝度與路面材質及其燈具與道路及駕駛者的相對位置有關，且受到外在環境因素影響很高，故如以平均輝度作為驗收標準是有其困難度，但其量測值可作為參考依據。本文建議對於輝度要求，可採電腦模擬方式作為規範要求，依其電腦模擬的輝度及相對應的照度，來作為將來現場照度量測標準。

(四) 現場量測

1. 量測地點：國道 1 號台中交流道、國道 3 號南投服務區
2. 工程概述：LED 路燈三年量測評估，由於現有市售 LED 路燈產品尚未規格化，且對於配光裝置不同於傳統方式，為瞭解其差異性，評估採 3 款不同配光方式燈具（1 款反射板規格及 1 款凸透鏡含燈罩規格與 1 款凸透鏡不含燈罩規格），設置於南投服務區共設置 24 盞，台中交流道共設置 5 盞，剩餘凸透鏡式（不含燈罩）1 盞燈具作為備品，以作為模擬現場條件用。
3. 工程內容：依現場實際配置、燈桿高度、臂長、傾斜角等資料所完成之燈具，依實際狀況滿足 CIE 140-2000 之標準規定做照輝度電腦模擬，並經執行單位核可、裝置後進行現場量測。現場（南投服務區）量測應依電腦模擬之相關計算點做為量測點，且需含各點照度值、輝度值、色溫值、平均照度值、平均輝度值、平均色溫值、均勻度比值（包含全均勻度及縱向均勻度與



色溫均勻度)等。另針對台中交流道及南投服務區量測區域再對量測之燈具分別做直下照度之量測。

4. 量測燈具：

名稱	燈具款式
A-Type	反射式
B-Type	凸透鏡式不含燈罩
C-Type	凸透鏡式含燈罩

二、現階段考量及未來趨勢

LED 燈具具有節能、環保(無汞)及易操控等優點，單就市面上的燈具效率(Luminaire efficiency)已可做到 160 lm/W，已經超過傳統強光型高壓鈉氣燈泡的 140 lm/W，然而 LED 燈具除了發光效率的提升外，是否就足以取代傳統燈具。而 LED 光源與傳統燈特性上的不同，造成在考量上的不同，對於現階段模組化的方式、燈具備品購置問題、規格未統一化及互換性問題、養護的問題及甚至在智慧照明系統發展上的考量，均會對取代而產生影響，針對這些問題，將是日後 LED 燈具平行置換之主要課題。

三、結論

LED 燈具除了節能、環保及易操控外，並可依照環境特性，提供不同的演色性及色溫需求，也就是適切的地點提供適宜的光源及燈具，但因 LED 光源與傳統燈特性上不同，造成有不同的考量，對現階段模組化方式、規格未統一化及互換性問題、養護上的問題等的考量，會對取代傳統燈產生影響，因此

模組化部份考量維修養護方便，採用一體成形的自然鱗片散熱裝置。而在 LED 配光裝置，現有國內大都採用透鏡方式設計 LED 路燈，且將透鏡當作為燈罩，導致配光裝置外露於戶外，經過一段時間使用，在交通流量大的場所，應其積塵厚薄不一，使其應具備的配光功能造成影響，另外依量測中發現，LED 路燈未加燈罩的情形下，配光裝置外露易受環境影響，比 LED 路燈有加燈罩容易發生光衰情形，所以選用有燈罩的燈具，對配光影響降低及可靠度增加，對用路人的安全有所提升。

電源供應器部份，由於 LED 光源，發光效率直接受到溫度及電流的影響，如採定電壓型，無法有效控制電流，造成發光效率不穩定，現有國內工程在制定電源供應器上，均趨向採用電流型電源供應器，故電源供應器選用定電流型。目前燈具光效率雖已有達到 160 lm/W，但考量加燈罩的情況，燈具光效率約會下降，再加上如色溫在低色溫(3,000K)及演色性 CRI 70 要求及模擬現有高速公路主線道及匝道，燈具發光效率現階段選擇為 110 ~ 120 lm/W。

然而 LED 路燈的散熱鱗片多採外露方式配置，容易積塵且對燈具產生腐蝕作用，使散熱機構能力降低，造成 LED 光源輸出光流明數下降，考量高速公路之車流量容易堆積灰塵，建議高速公路之 LED 燈具至少一年需清洗一次，維持散熱機構的功能性。未來如考量 LED 路燈加入智慧照明系統，電源供應器建議採內置型，也建議 LED 燈具得預留調光控制介面(如 1-10V 或 DALI)以利未來擴充智慧照明功能。



在規範部分，現有 LED 路燈產品，均未有規格化，且 LED 光源除發光效率仍會提升外，對於光源品質也會有要求，故現階段建議規範以初期將以「系統」取向之規範，也就是以依據裝設道路之設計特性，來評估燈具表現之要求，併納入量測工程所得到的一些分析結果，將以「材料」取向限制來搭配，以作為現有規範之方式，而將來將配合新的科技及新的相關業界標準，而隨時更新。等到 LED 路燈產品有規格化時，再研訂以「材料」取向之規範。 ◆

15. 國際無線電干擾特別委員會，CISPR 15，2013 年。
16. 美國國家標準協會，ANSI C136.10，Locking-Type Photocontrol Devices and Mating Receptacles—Physical and Electrical Interchangeability and Testing，2017 年。
17. 美國國家標準協會，ANSI C136.41，For Roadway and Area Lighting Equipment—Dimming Control Between an External Locking Type Photocontrol and Ballast or Driver，2013 年。
18. 國際照明委員會，CIE 144:2001，Road surface and road marking reflection characteristics，2001 年。
19. CNS，標準總號 10779，發光二極體道路照明燈具，類號 Z1039，民國 100 年。
20. 照明北美工程學會，IESNA RP-8-00，Roadway Lighting ANSI Approved，2012 年。

參考文獻

1. 交通部台灣區國道新建工程局，國道公路照明設計準則，民國 88 年 1 月。
2. CNS，標準總號 15233，發光二極體道路照明燈具，類號 C4504，民國 101 年。
3. 中華人民共和國國家標準，GB/T 24907-2010，道路照明用 LED 燈性能要求，2010 年 6 月。
4. 中華人民共和國國家標準，GB/T 24827-2009，道路與街路照明燈具性能要求，2009 年 12 月。
5. <https://www.energystar.gov/>，能源之星。
6. 中華人民共和國國家標準，GB/T 31832-2015，LED 城市道路照明應用技術要求，2015 年 6 月。
7. 照明北美工程學會，IESNA LM-80-08，Measuring lumen maintenance of LED light source，2008 年。
8. 國際電工委員會，IEC 62031，LED modules for general lighting - Safety specifications，2014 年。
9. I3，Lamp controlgear - Part 2-13: Particular requirements for DC / AC supplied electronic controlgear for LED modules，2014 年。
10. 國際電工委員會，IEC 60598-1，Luminaires - Part 1: General requirements and tests，2014 年。
11. 國際電工委員會，IEC 60598-2-3，Luminaires - Part 2-3: Particular requirements - Luminaires for road and street lighting，2002 年。
12. 國際電工委員會，IEC 60529，Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)，2004 年。
13. 國際電工委員會，IEC 62384，DC or AC supplied electronic control gear for LED modules - Performance requirements，2006 年。
14. 國際電工委員會，IEC 61000，Electromagnetic compatibility (EMC)，2016 年。