

指定工業環境適用的 LED 照明解決方案

■作者：Jeff Shepard

針對物流、機器操作、控制櫃、工作站和生產線等各種活動，在設計安全、高效和符合成本效益的工業環境時，照明是一個關鍵因素。越來越多情況下，LED 都能提供極佳的照明解決方案。與傳統的日光燈、金屬鹵素、高壓鈉和其他照明技術相比，LED 燈具更節能，可降低運作成本；並且使用壽命更長，進而降低維護成本。工業用燈具通常用在嚴苛的環境中，可能需要包含侵入防護和特定的功率品質等級，同時還要支援職業安全和衛生需求。若要在這些不同需求中取得平衡，則會讓照明裝置選擇流程更加複雜。

本文將回顧一些效能指標，包括流明、瓦數、光效、照度、區域流明分佈、相關色溫、演色性指數、額定使用壽命以及與工業燈具相關的成本，其中會特別著重於 LED。接著，本文會詳細說明一些環境考量，包括侵入防護要求、總諧波失真及功率品質要求，以及危險環境照明。最後將介紹 Banner Engineering 的特定解決方案，這些方案可用於電子標籤檢貨系統、堆高機引導的照明，以及工作站、機器照明和控制櫃的一般照明（圖 1）。

效能指標

指定照度是為特定應用選擇最佳燈具的基礎。從燈具的工作效率，到燈具模擬標準白光的程度，其中有許多要考慮的指標。從單支蠟燭或燭光 (Cd) 開始說明。Cd 是一個基本的國際單位，可用於測量特定光源（標準蠟燭）從指定方向發射之可見光的發光強度。根據 Cd 的概念，在比較燈具時要考量的重要指標包括：

■流明 (lm)— 光通量，相當於 1 Cd 的均勻點光源以單位立體角度發出的光，並考量所有方向的光輸出。

■瓦特 (W)— 電力消耗：如果是 DC 電路， $W = V_{DC}$

圖 1：LED 燈有各種不同形式，並能針對廣泛的應用進行最佳化。



圖片來源：Banner Engineering

x 安培數；如果是 AC 電路， $W = V_{RMS} \times \text{安培數}$ 。

■光效 (lm/W)— 光源產生可見光的效率如何。

■照度 (lm/m²)— 照射到表面上人眼所見的光強度。

■區域流明分佈 — 在離散垂直平面的區域中由燈具發出的流明分佈。用於確定燈具的間距要求。

■相關色溫 (CCT)— 黑體輻射器的溫度，以 Kelvin (K) 為單位，色度等於光源。白光的 CCT 範圍從 2700 K 至 6500 K。

■演色性指數 (CRI)— 在與理想或自然光源相比下，光源忠實呈現各種物件色彩的能力。CRI 範圍從 0 至 100。白熾燈的 CRI 為 100，LED 的 CRI 範圍從 80 至 90 以上。

隨著照明技術的演進，指定最佳解決方案的過程變得更加複雜。例如，LED 的光效遠遠高於螢光燈和高強度氣體放電 (HID) 燈的光效。螢光燈和 HID 為全向性發光，而 LED 則是方向性發光。總之，這些指標在 LED 與 LED、螢光燈與螢光燈等之間進行比較時最為有用。如果要比較不同的照明技術，使用者通常需要將樣本並排評估，才能判斷哪一種最佳。

除了產生的光線品質外，使用者還必須瞭解燈具的供電安定器或驅動器的總諧波失真 (THD) 和功率因數 (PF)。THD 可用於測量電流進入電子電力轉換器時的失真度。THD 越低，代表建築物配電網路的峰值電流越低及效率越高，而且對當地公用事業的需求減少。IEEE 519-2014 是瞭解諧波以及在電力系統中應用諧波限制的有用參考。這通常需要 THD 為 20% 或更低。PF 是同樣重要的指標。在輸出功率相等下，低 PF 的負載 (安定器或驅動器) 會比高 PF 的負載消耗更多電流。PF 是介於 0 與 1 之間的無因次量值。安定器和驅動器的 PF 應至少為 0.9。

使用壽命與成本考量

LED 的使用壽命一般超過 25,000 小時，但光效和亮度會隨著使用時間而降低。LED 燈具的使用壽命是根據降低到初始光輸出 70% 所需的時數而定，稱為 L70 參數。非 LED 照明技術在某些時候會發生災難性故障；其使用壽命的定義為裝置預期會

有 50% 發生故障時的工作時數。非 LED 技術的流明值也會隨著使用時間而下降。這種效應稱為燈管流明降落 (LLD)，且會因照明技術而有所不同 (表 1)。

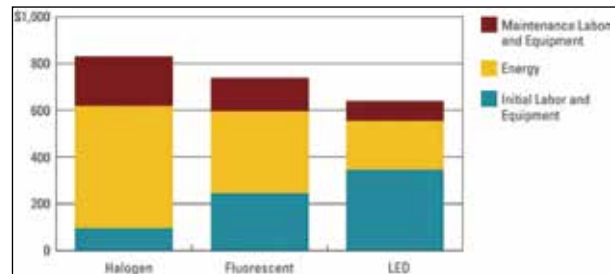
表 1：燈管流明降落及額定使用壽命比較。

照明技術	額定使用壽命 (小時)	額定使用壽命結束時的燈管流明降落 (LLD)
鹵素白熾燈	3,000 至 5,000	5%
線性螢光燈	15,000 至 45,000	10%
高壓鈉燈	15,000 至 40,000	30%
LED	20,000 至 50,000 以上	不適用

表格來源：Banner Engineering

在比較照明技術的成本時，使用者必須考量照明設備的初始人力與設備成本，以及燈具使用壽命期間的能源、維護人力與設備成本 (圖 2)。初始人力和設備成本可以透過提高效率 and 降低維護需求來克服，而且更持久、效率更高的 LED 則能在壽命期間省下大幅成本。

圖 2：以 15 年使用壽命週期為基準的照明成本比較。



圖片來源：Banner Engineering

環境要求

工業設施中使用的燈具需要能夠承受危險狀況。美國國家電氣法規定義了三種危險地點：

- I 類 — 易燃氣體或蒸汽
- II 類 — 可燃灰塵
- III 類 — 容易燃燒的纖維或懸浮物

美國聯邦法規要求「設備應以許可的 40°C 工作環境溫度為基準，標記出類別、組別和工作溫度或溫度範圍。」

侵入防護 (IP) 等級很重要，用兩個數字表示。第一個數字描述設備對固體異物 (如灰塵) 的耐受

性，第二個數字描述防水等級。IP67 等級的燈具具備防塵防水能力，適合於許多工業環境，並能短暫浸入水中。IP68g 等級的燈具提供額外防護，更能抵抗油和水的滲透。

在工業環境中經常會有振動和極端溫度的情況。某些照明技術使用的細絲、易碎元件和玻璃外殼特別容易因振動而損壞。LED 沒有易碎元件，更加能夠抗振動和抗撞擊。雖然 LED 的機械結構堅固，但高環境溫度往往會降低其光效和使用壽命。另一方面，與其他照明技術相比，LED 更適合冷藏倉庫和溫度低至 -40°C 的其他設施。

電子標籤揀貨燈具

電子標籤揀貨系統可透過提高效率、生產力和準確度，來降低倉庫揀貨操作的成本。針對電子標籤揀貨設施，Banner 提供 EZ-LIGHT K50L 系列，其中包括 K50LGRASXPQ (圖 3)。視型號而定，K50L 燈有單色 LED (綠光)、雙色 LED (綠光和紅光) 或三色 LED (綠光、紅光和黃光) 可選，且能夠抗振動。K50LGRASXPQ 有綠光和紅光 LED 照明，

圖 3：Banner Engineering 的 K50 系列電子標籤揀貨燈採直流電源，提供連續或斷續音效指示，視型號可選擇 1、2 或 3 色 LED 指示燈。



圖片來源：Banner Engineering

並有多種音調的聲音警報。K50L 系列的特點包括：

- 容易安裝，且附有明亮的 LED 指示燈和聲音警報
- 堅固且完全密封。依型號而定，分別符合 DIN 40050-9 的 IP67 或 IP69K 等級
- 這些自足式燈具不需要外部控制器
- 抗無線電頻率干擾 (RFI) 和抗電磁干擾 (EMI)
- IP67 型的聲音警報可調整強度，發出連續或斷續警報
- 彈性化安裝，輸入電壓範圍從 12 V_{DC} 至 30 V_{DC} ，具有反轉極性保護

堆高機引導燈與感測器

在堆放難以處理的負重時，堆高機駕駛員的視線有可能被阻擋，因此需要多次卸下。藉助堆高機引導燈和感測器，可以提高物料處理作業的效率。例如，Banner 的 WLS27PXRGBW285DSQ 燈為 WLS27 Pro 系列之一，長度為 285 mm，有 IP66、IP67 和 IP69K 環境等級可選，包含紅、綠、藍和白光 LED (圖 4)。

WLS27 Pro 系列的所有燈具都能以不同的速度和模式顯示多種色彩的動畫，還可進行分段，因此非常適合堆高機引導系統。WLS27 Pro 裝置採用鋁

圖 4：這款長 285 mm 的燈具有紅、綠、藍和白光 LED，可用來引導堆高機。其具備 IP66、IP67 和 IP69K 環境等級可選。



圖片來源：Banner Engineering

製框架，具有防碎共聚酯外殼，可抗破裂和抗撞擊。IP69K 等級允許在嚴苛的沖洗和戶外環境中工作。由於內建計時器和計數器功能，因此可使用時脈訊號顯示時間或數量資訊，包括距離和位置。

WLS27 Pro 燈具可與 Q5X 多功能雷射感測器搭配使用，可用來實作堆高機引導系統 (圖 5)。

Q5X 的範圍從 50 mm 至 5 m。其他特點包括：

- 可靠地偵測透明且反光的物件、多彩目標、光亮金屬背景下的黑色目標、黑色背景下的黑色目標、以及深色物件 (<0.1% 反光黑色目標)
- 雙教學模式可測量光強度和距離
- 可旋轉 270 度，以應對各種安裝限制
- 可通過 IO-Link、遠端教學、板載使用者介面或選購的遠端感測器進行編程

圖 5：Banner Engineering 的 Q5X 之類的全功能雷射感測器，可用於實作堆高機引導系統。



圖片：Banner Engineering

一般照明選項

Banner 的 WLB32ZC285PBQMB 是一款長 285 mm 的超亮 LED 燈具，提供 750 lm 的均勻光輸出，且不會產生眩光 (圖 6)。此燈具為 WLB32 系列之一，包括長度 285 至 1130 mm 的燈具，照明額定值從 750 至 3000 lm。這些照明的設計可用

圖 6：Banner 的 WLB32ZC285PBQMB 型超亮 LED 燈條，長 285 mm，能滿足一般照明需求。



圖片：Banner Engineering

於工作站、機器照明、控制櫃和生產線。

WLB32 燈條能以「菊鏈」方式延長連續照明長度，僅需最少的佈線，同時還能獨立操作每個燈條。其他特點包括：

- 高/低/關開關
- 防碎窗和金屬外殼
- 使用磁性或角鐵支架或卡扣夾進行彈性化安裝
- 某些型號提供防護眼罩，可遮擋側邊眩光
- 某些型號提供動作偵測

總結

在指定工業照明解決方案時，需要考量多種效能、成本和環境因素。在越來越多的情況下，LED 燈已成為極具吸引力的選擇。與傳統照明技術相比，LED 燈具提供更高的照明彈性和可靠性。LED 能提供更高的能效、更長的使用壽命和更低的維護需求。因此，雖然 LED 的初始安裝成本可能高於其他照明技術，但 LED 能提供更低的使用期成本，以及優異的照明解決方案。

(聲明：各作者於本網站所發表之意見、理念和觀點，概不反映 Digi-Key Electronics 的意見、理念和觀點，亦非 Digi-Key Electronics 的正式原則。) CTA