

# LED 燈光 在博物館中的應用

劉世龍

博物館的照明光波較傾向使用介於白熾燈泡與日光燈管之間的黃色暖色色溫，近年來 LED 燈照明色溫與效能已有相當幅度的改善，而逐漸被博物館採用。

發光二極體（LED）早在 1962 年便已經開發出來，但限於光波波長及亮度，多數只用作一般儀器設備的訊號燈。這種為地球永續所開發的照明產品，近年來已逐漸大量使用在商業場所，但是博物館的使用仍在起步階段，因為做為博物館的照明，不僅要照亮空間，也要能塑造情境氛圍，更重要的是要能維護重要的文化資產。

## 永續環境的照明設計

傳統燈泡多數採用一般家庭的交流電（110 ~ 220V）供電模式，較為耗電，但 LED 光源使用直流電的供電模式，較為省電。此外，為使 LED 的色光光譜在一定的色值下呈現色彩，必須透過內部的小型驅動電路，適度地調整二極體的紅、綠、藍 3 種可見光，以適合環境照明所需的色溫。因此，二極體發光的電流變小，電壓伏特數也不同。

一顆 7 瓦的 LED 燈泡約等於 40 瓦的白熾燈泡的照度，因此 LED 是高效能的產品。目前地球暖化日益嚴重，LED 因節省能源、光源產生的熱能較低、照明時數較長，漸漸取代傳統光源。

LED 燈的白光其實不是真正的白光，而是在藍色 LED 上均勻布滿黃色螢光粉所產生的光。造成傷害的藍光波長介於 400 ~ 500 nm，會影響民眾的視覺與健康。但 LED 光源的擴散性不佳，需透過光學元件增加指向性，例如在二極體前必須以壓克力切割面及增加玻璃弧面的方式，來增加光源擴散與放大效果。這些都是現今 LED 照明要克服的問題。

做為博物館的照明，不僅要照亮空間，也要能塑造情境氛圍，  
更重要的是要能維護重要的文化資產。



LED 能節省能源，因而逐漸取代傳統光源。（圖片來源：種子發）

## 展示情境氛圍的應用

對於博物館的展示而言，LED 照明是一個優劣參半的抉擇。因為 LED 開始在一般市場上應用時，色溫與照度有很大的限制，但由於光波長會影響光的顏色，對博物館而言是絕對優先的考量。

白熾燈泡色溫約 2,800 ~ 3,000K，日光燈管色溫約 5,500K，而博物館的照明光波較傾向使用介於兩者之間的 3,200K 黃色彩暖色色溫（相當於鹵素燈泡的色溫）。主要是由於暖色光對物件展示的高演色性較為溫暖柔和不失真，而冷色光波會使展示照明空間放大。博物館展示空間猶如黑

盒子，在環境照明與文物照明中，環境照明若使空間照明體積擴大，陳列的物件會因照明影響而失去了重要性。

由於初期 LED 照明色溫局限在冷光色溫，對於展示環境照明的情境塑造限制較大，演色性也無法與傳統燈泡相比。另一方面，LED 照明的光波衰減值太高，LED 照明剛起步時，博物館曾試著使用照明 LED PAR36（35W）的燈泡，裝設於高 5 公尺以上的天花板，但投射效果不佳，即在於光束集中度不足，光源衰減很快。

但近年來 LED 燈的效能的確改善許多，加上內部控制色彩電路晶片的設計，

## 各種燈泡的比較

| 光源種類   | 壽命 (KHrs) | 色溫 (K)        | 演色性 (%) |
|--------|-----------|---------------|---------|
| 白熾燈    | 0.5 ~ 1   | 2,800 ~ 3,000 | 100     |
| 鹵素燈    | 1 ~ 3     | 2,900 ~ 3,200 | 100     |
| 普通螢光燈  | 10 ~ 20   | 4,000 ~ 6,500 | 60 ~ 75 |
| 省電燈泡   | 3 ~ 6     | 2,700 ~ 7,000 | 80 ~ 85 |
| 白光 LED | 10 ~ 100  | 3,300 ~ 5,700 | 50 ~ 60 |



博物館會在光源前額外增加色片、濾片或剪影片，使展示空間更為活絡。（圖片來源：種子發）

得以改良色溫光譜範圍及穩定性。在節能環保的理念中，博物館雖漸漸採用了 LED 的照明，但仍以傳統燈泡的照明概念設計。因此市售的燈泡型式，如 MR 型式的杯燈、PAR（拋物線形鋁反射）型燈泡，以及取代現有日光燈管的條燈型式，對於展示環境的情境塑造較有彈性，但色溫的適用範圍還是會依照陳列條件而做取舍。

在大型的展示空間中，依展廳的整體環境照明、指示照明、文物照明等配置不同的燈光，以及使用不同照明模式，如間接照明、上空或地面，以及洗牆型式等。譬如以中西繪畫及雕塑品為主的美術館，如果在整體空間中有天井或室外光間接引入，一般可以利用白色或晝光波長的 LED 光源，以配合室外光線色溫的相似性。但如果是完全以室內光線為主的展示照明，且空間牆面是非常暗色調的神祕感設計，就要依照環境屬性及顏色語彙背景進行不同色溫的 LED 照明。

通常展廳整體照明約為 200 ~ 300 Lux 的照度，解說牌或大型美工面板的照度約在 150 ~ 200 Lux，而文物照明的部分，則要依照文物材質的不同選擇不同的照度。在環境照明中，博物館會依觀眾行進動線規劃基礎的環境光源，通常是以均勻照度引導出一展示動線，因此會使用 PAR 型 LED 燈具。這類型的燈泡約有 100 W 以上的照度，燈泡面積較大、照度較廣，因此適用在一般環境照明中。此外，多重反射罩或鋁反射燈泡由於光束較為集中，適用於文物物件的照明，或展示板的集中照明。

對於環境照明，希望不同型態的燈具與照明角度光束可以塑造空間的立體感以及傳遞視覺的美感。因此不同於一般商業照明，博物館會依照照明設備在光源前額外增加色片、濾片或剪影片，使展示空間更為活絡。

目前以 LED 型式為替代光源的各種燈泡，由於瓦數大小的關係，必須在其中容納許多 LED 燈泡，而所有的 LED 置放在

## LED 照明無傳統照明的紫外線，且可提供更輕薄或更微細的產品元件。

電路板中，卻失去傳統燈泡應有的效果。例如，拋物線反射照明、多重反射聚焦的照明方式，在 LED 的照明開發中，製造商都忽略原有傳統燈泡在光學設計上的重點。因此在使用 LED 光源時，會覺得聚焦效果不佳，或所照射出來的物件很平面，沒有立體感。如果掌握了輔助配件的效果，未來 LED 光源會有很大的突破。

### 提升對文物的維護

早期文物陳列尤其是小型器物、織品書畫類的近距離照明，會使用光纖或螢光燈管間接照明。但螢光燈管有紫外線問題，且需要空間置放；而光纖照明雖以光纖間接把光源無衰減傳遞到前端，並由凸透鏡面放大與聚焦，但驅動器內部還是以高功率的鹵素燈泡做為發光源，而驅動器與排風扇的熱源還是有影響陳列文物的風險。

目前 LED 漸漸普遍使用在博物館的文物照明上，替代了上述兩種產品，主要是它無傳統照明的紫外線，且可提供更輕薄或更微細的產品元件。此外，LED 燈源與驅動變壓器可以分開處理，光源溫度不會使櫃內溫度上升，而驅動器可以藏於櫃體的下方空間，對於有機質的文物有較好的保護。

對於高風險有機質文物的照明設計，博物館會利用光線擴散與反射的方式，讓發光元件不直接照在文物上。如使用鋁格柵板或利用鏡面的反射原理，儘量降低直照光源於物件上方。另一方面，對於文物的照明，各博物館都會制訂該館文物所能容忍的照明總時數，以達到提供觀眾觀賞

與維護文物本體兼具的目的，而且這也牽涉到博物館的文物更換陳列與永久陳列的評估。

在維護文物的考量下，有機質文物的照度限制是非常嚴格的。有人常抱怨博物館的照明為何這麼暗，這除了有情境布置的考量外，小心地保存有形文化財也是重要的原因。

照度是影響文物損壞的重要因素，尤其以中國書畫及織品的脆弱，一旦有疏失，後果是無法彌補的。因此，有些博物館的織品或書畫陳列室的光線非常微弱，或是在觀眾靠近文物後燈源才開啟，這些燈光設計都是考量到文物的脆弱性。博物館也會依據這些照度的限制，利用光照檢測儀及紫外線儀進行展示品的光照維護。

在展示照明時，必須考量光照的衰減。由於嶄新光源經過長期使用仍會有一定程度的衰減，因此須把這些額外的風險列入照明與文物維護的考量中。

長遠來看，LED 照明對博物館展示而言，可能降低博物館對於照明耗材的成本，但是否對現今環境提供友善的對待還是值得商榷，因為雖沒有了紫外線，卻產生了藍光的影響。此外，LED 燈內含有積體電路板，如果在丟棄 LED 燈泡時沒有做好廢棄物處理，可能對自然環境造成汙染。因此嶄新的光源仍須經過長遠的環境評估與成本考量，博物館才能大規模使用。

劉世龍

臺灣史前文化博物館展示教育組