

點亮國寶

以故宮陶瓷展廳環境改善案為例

■ 林姿吟

國立故宮博物院陶瓷常設展廳自規劃之初，對於觀眾是否能透過親自觀看或導覽系統的引導，從文物上體察出釉色的差異，比較出不同裝飾技法的美感，進而瞭解到各時期陶瓷工藝技術的巧藝與限制等等，一直是重視教育推廣的博物館策展人不斷努力的方向。而照明設備的輔助，更有助於讓國寶益現光澤。

你看到雨過天青色嗎？

「搏泥幻化——院藏陶瓷精華展」（以下簡稱陶瓷展），向來是故宮的熱門展區之一，其內鎮日不斷上演著人山人海的民眾層層圍住展櫃的戲碼（圖1），做個或許不甚恰當的比方，遊客有著宛如到臺北動物園裡參觀無尾熊或南極企鵝般的熱情。每天開門迎客的十小時中，隨時可見仰觀導遊及導覽老師自信有趣解說的團客、用心聆聽語音導覽機，或目不轉睛自主參觀的散客，熱絡或沉浸交織的參觀現象。

而導遊帶領團客圍繞著櫃內展品振振有辭的述說其特點，如：「這個鈞窯的顏色為何會這樣，本來是想燒成左邊那件的顏色，但因燒製過程不預期的變化，結果燒出這種紫紅漸層色彩……」；「有沒有看到這青瓷文物上略帶有瑪瑙紅的顏色嗎？古人美稱它為雨過天青色……」；「數數看到碗外的龍紋有幾爪？古代只有天子可以用五爪龍……」這些對文物釉色的形容，和比較不同文物裝飾技法差異的美感體驗，雖夾雜著個人主觀的喜好及對工藝知識的認識，但亦可觀察出策展人在規劃展覽之

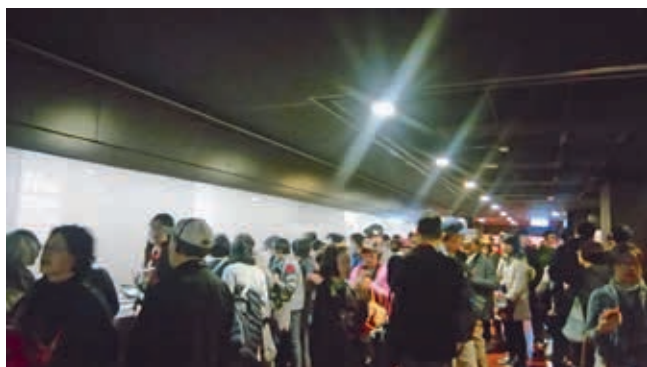


圖1 展場常態性參觀情況 作者攝

際，兼顧了觀眾是否能透過親自觀看或導覽系統的引導，在展廳文物上能看出差異，進而比較、體驗到不同年代對陶瓷工藝的努力。

多彩繽紛下的迫切需求

從單純的克服容器製作需求，到成為以china聞名世界，這化腐朽為傳奇的瓷與釉的精采，是製作陶與瓷之際所展現出的重要藝術成就。如何燒造出新的色彩，一直是陶瓷史上高潮迭起的進程，在故宮陶瓷展廳裡，陶瓷陳列係以時間地域等脈絡羅列，是個非常有利於認

識和辨識各朝名窯差異的場域。彩陶、黑陶、白陶、鉛釉陶、白瓷、青瓷、黑釉、釉下彩、鬥彩、五彩、琺瑯彩等不斷掀起各時期的造色頂峰，各色展件在策展人的精心安排下，於展廳內互別苗頭，或溫潤、或華麗，難分軒輊，讓人目不暇給，也讓該展常年參觀人潮繁多，無時無刻匯集了各方團客及散客。

欣賞陶瓷之美，間或有戲劇性、強調性、個別化或情境化的燈光照明，是極為重要的搭配。博物館內照明的重要性，學者 Kathleen McLean 談到博物館照明時說：「博物館的照明是一種高度專業、高技術的領域，需要照明的各種類型的知識，還要知道照明對視覺的反應、可能找到的照明系統、控制與操作照明的特殊技術……最單純的燈光計畫要能顧到清楚觀看的展品，及標籤說明，並提供觀眾在展場中的參觀安全。」也就是說，博物館的展示照明有指示觀看對象、引導動線、照明展品及氣氛營造的功能，並平衡這些需求來完成感性效果。據此理論，博物館展示場域中的照明設計與一般辦公空間、教室、體育設施與住宅照明的不同之處，應有以下的照顧特點：一、文物保存的需求。二、展場效果的營造。三、光色的準確使用。四、照明技術等。¹

在各式博物館文物當中，經過高溫燒製的陶瓷，比起其它紙、木、牙、骨等材質擁有更強韌的耐溫、耐濕、耐強光的承受力，這優勢在兩難於關心文物保存，又希望能提高照度讓觀眾看清楚文物細部的展場，成為展示的優勢。因而展場的燈光亮度不需採低照度，易把前人努力創造出來的顏色質地，透過較明亮的照明讓民眾所見即所得地欣賞到細微處。而展櫃內陳列的各組文物皆代表不可漠視之時代重要表現，故常設展廳相異於特展或為戲劇性燈光表

情，一直採理性客觀的燈光調性，櫃內照明以基礎均勻光為主，以投光燈增加文物亮點方式為次，隨展櫃分布所造成的光域，輔以櫃外圖板燈光及空間照明等三系統所組合而成的展場燈光調性。

但這熱門且重要的展場，其設備多已堅守崗位達八年之久，在長時間的使用下，逐漸出現燈具老化，燈光照度衰減，功率降低，投光色溫、顯色不協調等問題。其中採用低色溫燈具不利色彩豐富的瓷器顯色，而頂光照明則造成多數文物下方精彩紋樣隱身陰影中。再者，櫃外空間缺乏公共空間照明，暗空間對團客和年長者造成不安與挫折感。故為增加展室內環境照明，長久以來以工作燈作為補救方式，然因該燈具設計並非做開展時公共空間照明使用，在燈具分布及投光色溫上呈現混亂干擾狀態等問題，導致現場參觀環境的明暗落差，造成觀賞眼睛疲累、錯影暫留等弊端。考量參觀秩序的維護，並迎接高齡化時代來臨，本院進行展廳燈光及環境色彩改善，期能提升全齡觀眾的參觀舒適度，規劃出能看清文物各部位紋飾，與傳遞文物真實色彩的舒服空間。

執行方式

為解決前述問題，經評量文物材質優勢、市場燈具現況與限制，以及現場問題，並經初步規劃與數次實地測試後，本次改善為提高櫃內基礎照明色溫（簡稱 CCT²，單位為 K³）從 4000K 到 5000K，燈具演色性（Color Rendering index，簡稱 CRI，常取其 Ra 值）⁴ 從 CRI 82 升級到 CRI 95，並增加下補光系統以改善背板光線漸層，並試圖處理文物下方陰影等問題。燈具選用原則上採傳統及省能並用。

在演色良好的燈具中，接近日光的色溫是



圖2 同室紙色通櫃基礎照明色溫測試，右側為原一般螢光燈管4000k樣貌，左側為更換博物館專用5000k螢光燈之情形，文物呈色較為接近。作者攝

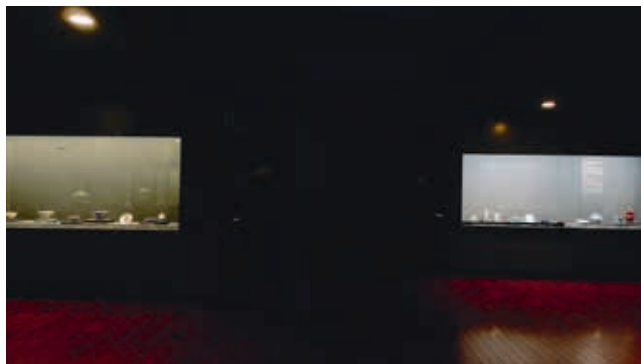


圖3 通櫃基礎照明色溫測試，同為高演色性燈具，色溫4000K CRI 95 LED（左）與色溫5000k CRI 95博物館專用螢光燈（右）之比較；右側螢光燈比左側LED燈更能顯現藍色調，且具視覺舒適度，觀看文物也更顯清晰。作者攝



圖4 燈光改善前，圖片中左下的明宣德〈青花黃彩梔子花果紋盤〉與左上的明宣德〈青花「秋夕」詩意圖碗〉在2700K CRI 99的投射燈照射下，青花白地與青花黃彩相容在昏黃色溫中，文物色彩混淆。作者攝



圖5 燈光改善後的明宣德〈青花黃彩梔子花果紋盤〉（左），相異於相鄰青花碗的特殊黃彩躍然眼前。作者攝

看清楚文物色彩質地的的重要條件，這常見於博物館傳統燈具螢光燈管及鹵素燈系統中，符合博物館之低紫外線（UV）高演色性燈具已開發成熟。然螢光燈之均光照明較無個性，而較具表情的聚光鹵素燈又有高溫、耗電、照度調降致色溫降低，光色變黃等問題。近年政府推行具省能、無紫外線及操控性佳等特質的LED燈具，製造商也開發出據稱符合博物館之低藍光、高演色性的產品，但受限於目前高色溫產品仍無法解決藍光過高的問題，高演色性3000K以上LED光源便有藍光高於15%以上之現象，因此有研究指出不建議使用在博物館光敏感材質上，對耐光敏感度較佳之展品色溫選擇仍不宜高於4000K為宜。⁵然而，選用4000K燈具對於襯

出多數以瓷土為胎之器物顏色仍嫌色溫偏低，故採用高演色性且有5000k色溫的博物館專用螢光燈具作為通櫃主要的基礎光源。另評估現在LED投射燈具有優於鹵素燈的光斑控制，因此，除選擇前述螢光燈管做為櫃內基礎照明之外，亦搭配4000K LED綠能燈具作為其他櫃內外輔助光源以及空間照明，以補充聚焦效果。（圖2、3）

色澤再現

本次使用燈具的光譜和照度色溫規劃皆經嚴格把關，不同色溫與演色性燈具傳達出不同的視覺體驗效果，成果可見展廳中明顯的案例。一件異於一般青花瓷的黃釉青花明宣德〈青花

黃彩梔子花果紋盤》，陳列於青花文物旁，將原有 2700K CRI 99 之鹵素燈光，改善為 4000K CRI 95 之 LED 燈光照明後，黃彩底得以重現觀眾的眼中。（圖 4、5）

另一個微小卻很重要的瓷胎色差，也可以在這次燈光改善現場看出差異。如明代早期的展櫃中，明宣德〈礬紅三魚紋高足杯〉、明成化〈青花夔龍紋碗〉、明十五世紀中期〈青花嬰戲圖蓮子碗〉，在燈光改善後可以在此看出三件文物白地釉色帶青的色彩差別，令筆者有為何同是青花卻有不同色澤的疑惑，進而帶起是甚麼因素讓這些瓷器有不同的顏色的探究。（圖 6、7）

耐光照的陶瓷器，因器物造型多樣，即使充足的照明也會有燈光無法照顧周全的問題。陶瓷文物的造型有象生器與尊、杯、壺、盤、碗、洗、碗、罐、瓶、盆等，容器大小尺寸皆有所差異，不少文物上方及內部白淨，外部或下半部的裝飾紋樣卻隱身在暗處。為看清因造型所造成的背光暗面，展櫃的照明功能是否能補足陰暗的角落，是周全觀賞的要素。（圖 8、9）

頂光無法照顧到的投射角度，採用了下補光燈具。下補光一直是博物館展櫃設計的難題，光線的投射位置與燈具尺寸、光源投射角度與照度控制等，是影響下補光成功與否的關鍵。然而，這些理想的投光位置多位於觀眾可視範圍中，如何有效的隱藏燈具常是決定能否採用下補光的重要因素。在許多博物館都可見工作人員對此努力的軌跡。早期陳列櫃多無下補光設計，後續加裝也常因燈具無法隱藏而有所限制。（圖 10、11）即使今人大多認清下補光的重要性，然而礙於技術和燈光系統的選擇，部分新完成的展館仍放棄下補光，如大英博物館（British Museum）的 95 室展示大衛德先生收藏



圖6 燈光改善前原4000k CRI 95 LED燈照時文物瓷胎的顯色狀況 作者攝



圖7 燈光改善後使用色溫5000K CRI 95博物館螢光燈的效果，可見後排明宣德〈礬紅三魚紋高足杯〉（左）、明成化〈青花夔龍紋碗〉（中）與明十五世紀中期〈青花嬰戲圖蓮子碗〉（右），三件白地由白、月白至青白的色差。 作者攝



圖8 燈光改善前之雞缸杯照明，缸壁圖案隱身暗處。 作者攝



圖9 燈光改善前的明代中期各式青花龍紋碗，碗外壁紋飾同樣隱沒於暗處。 作者攝



圖10 本院2001年「商代青銅禮器特展」於展櫃內加裝之點光源前補光
作者攝



圖11 本院2002年「文存周金商代金文特展」於展櫃內加裝之點光源前補光
作者攝

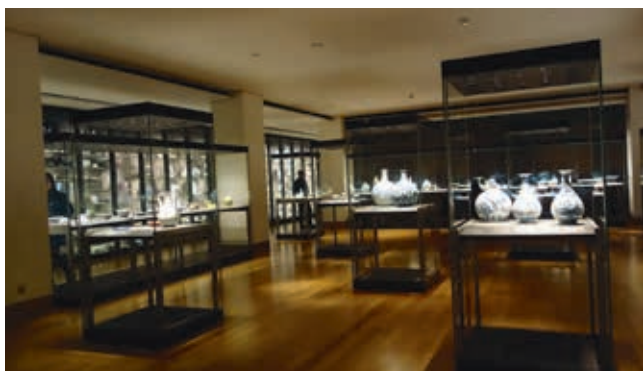


圖12 展廳設計新穎的大英博物館中國陶瓷展廳，陳列及燈光顯現西方對東方
陶瓷的品味。 作者攝



圖13 在缺乏下補光的情形下，半數文物的外壁青花紋皆隱身暗處。 作者攝



圖14 在缺乏下補光的情形下，全身紋飾皆表現在缸外腰的〈large bowl with
dragons〉，龍紋隱而不消，無法對缸腰做適時補光，實為可惜。 作者攝



圖15 東博平成館獨立展櫃，燈光從低展臺照射到高墩座上的文物，下補光燈具明
顯。 作者攝

的中國陶瓷展廳（Chinese Ceramics - Sir Percival David Collection）。（圖 12 ~ 14）也有以功能為優先考量，即使燈具突兀、燈具外露或陰影過強，仍能見其無奈之取捨，如東京國立博物館（以下簡稱東博）的平成館以及北京故宮博物院陶瓷館展廳。（圖 15、16）但亦不乏燈具與展櫃互相融合的良好設計，使之兼顧造型與

功能者，如東博的本館、韓國國立中央博物館常設展廳及東博東洋館。（圖 17 ~ 19）這些博物館的下補光燈具皆小巧隱藏，將下出光機能完全隱藏在櫃內墩座上，在展場設施更新時，如能即獲得有經驗之設計師協助，並製作一套可配合換展的設備而不需大興工程，便可機動調配的下補光系統，令人稱羨。（圖 20）



圖16 北京故宮陶瓷館之下補光系統及燈具 作者攝

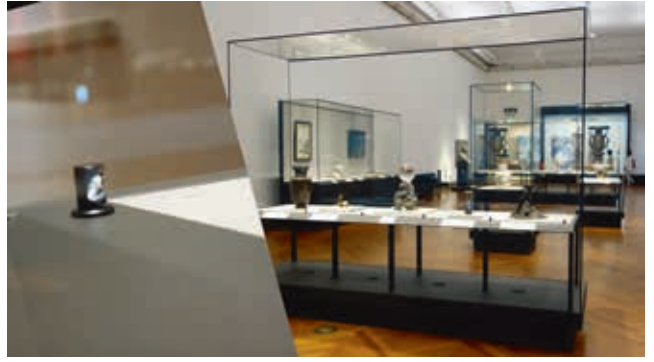


圖17 東博本館展櫃前的補光系統，結合在展臺上的燈具尺寸小，出光微量。作者攝



圖18 2005年韓國國立中央博物館常設展廳展櫃下補光系統及燈具 作者攝



圖19 東博東洋館展櫃下補光孔蓋裝置，可依需求調整使不使用。 作者攝



圖20 2014年甫重新開放的京都國立博物館平成館，前補光系統也可依個別文物需求，做裝與不裝的機動調度。 作者攝

包覆，避免民眾輕易破壞，並具維修便利性。改善後，文物暗處圖案色彩皆能夠清楚呈現。（圖 21 ~ 25）

陶瓷展廳文物時代前後橫跨八千年，有單色釉、有彩釉，為對所有文物皆能有互映良好的環境色彩，此次展櫃內所用環境色壁紙一改以往具時代個性的紅、棕、藍、灰棕石等深色調（圖 26），換為不干擾各類陶瓷器色彩的淺灰色（圖 27），該壁紙表面略具反射光澤，期能為無法獲得下補光之獨立展櫃文物增加暗面輔助光線。

公共空間照明的調整

展場效果的營運主要由公共空間照明、獨立展櫃外照明與圖板照明三種投射燈系統建構。原公共空間並無規劃任何開展時使用的場燈照明系統，後來多以工作燈頂替空間照明之不足。然而，該燈具色溫過低且演色性差，筒身淺燈

本次增加之下補光系統，因應櫃型限制，避免燈具過於顯眼或外露影響參觀，且光源熱度阻絕於櫃內文物陳列空間之外。在不對櫃體做新鑿洞等原則下，於展櫃外玻璃下方裝置前補光燈條，仍以均光照射為主，故尋求演色高體積小的 LED 4000k 條燈，配合製作高約六公分的隱藏式燈座，並訂製尺寸適當的鐵件予以



圖21 本次用於下補光測試的展櫃，測試前無下補光狀態。 作者攝



圖22 下補光測試，左側安裝下補光，右側無，可清晰看到左側文物的色彩與紋樣，特別是左邊第四件文物的孔雀綠色彩清晰顯現，右側文物同樣部位則顯暗淡。 作者攝



圖23 改善完成後面貌，測試展櫃中各個顏色鮮明，紋飾明顯。 作者攝



圖24 增加前補光的鬥彩杯與龍紋蓋罐，可清楚看見分布在外側的鬥彩紋飾。作者攝



圖25 增加下補光的明代中期展櫃中之各式龍紋碗，外壁青花、綠彩、描紅等龍紋皆清晰可見。作者攝

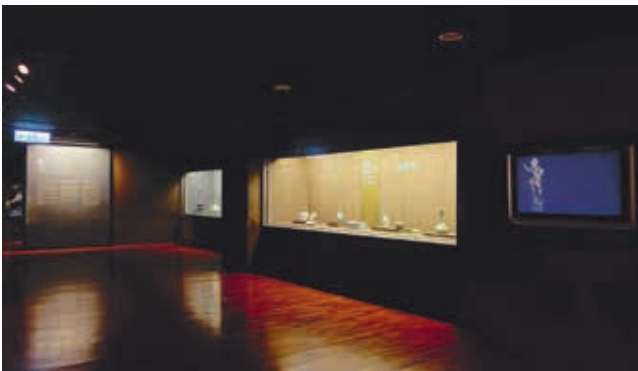


圖26 照片中可見原空間宋代棕色（右）與明代深藍色（左）之壁紙樣貌 作者攝



圖27 更新後各單元壁紙皆統一為淺灰色之樣貌 作者攝

光刺眼，眩光嚴重，副光斑明顯雜光多，造成玻璃與地板反射，分布地點與空間關係亦不佳。

（圖 28）本次考量到展廳天花板僅 280 公分高，不利於間接照明製作，且修繕時間僅兩星期，預算及時間皆無法做大環境的整體改善，故公共空間照明仍以改善選用燈具為方向，後擇 4000K CRI 95 之 LED 軌道燈，其光斑柔和、色彩純淨，且具較佳之筒深，因此改善後的空間照明顯得柔和且沉穩，投射於地板之光斑也不至於反射強烈。（圖 29）

獨立櫃照明也走軌道燈系統的櫃外照明，礙於 LED 的低藍光限制，照射文物的燈具用 4000K 色溫、且具 CRI 95 高演色性，加裝拉光片控制燈光照射範圍。以獨立櫃為表現的展區中，其聚光型投射效果在以通櫃均勻照明為主的展場中，形成另一種燈光質感的層次變化。

（圖 30）

圖板洗牆燈光也是提供空間視覺亮度的重要元素，選用洗牆效果均勻之 4000K COB 燈具，均勻的洗牆效果得讓光質感提升（圖 31），並將原輝度較低的深藕灰色牆壁色彩更換為輝度較高的淺灰色，以增加光線在空間中的漫射，並提高空間均質亮度。

結語

一個能提供氛圍與意境詮釋效果的展廳製作，需結合人因（如：博物館人員與設計師的經驗與巧思）以及博物館產業工藝（如：金屬、五金、燈具、玻璃等技術）之支持。策展人在理想上，常希冀能有高穿透度玻璃、襯文物色彩佳的環境色、專業的陳列技術與具調整性的高演色性燈具來搭配。但實際上縱有好的想法，仍存在製造產業技術落差、以及預算與時間等現實條件。此次環境改善仍有許多與現實妥協

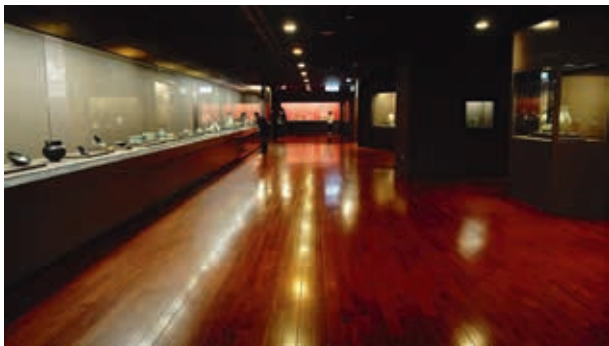


圖28 燈光改善前的空間照明燈具有演色性差、副光斑明顯、雜光多、燈光外露、玻璃與地板反光強列、燈光刺眼、眩光嚴重、分布地點與空間關係不佳等問題。 作者攝



圖29 燈光改善後的空間照明燈具以提高照明演色性與色溫，裝防眩筒燈具，燈泡內縮無玻璃反光與眩光，空間顯得柔和且沉穩。 作者攝

的未盡之處，但筆者仍就實際參與的歷程，提出若干心得如下，就教於各方高明。

一、**博物館應將調光編列成常態性工作：**對燈具及質感嫺熟的燈光師乃是專業人才，尤其現代 LED 燈具規格多樣化，更須專業人士協助選用與控制。故建議規列常設展廳年度常態性燈光師調光的維護工作，及維持編列預算，以定時汰舊換新，此乃優質展場燈光重要的態度。

二、**配合院內既有機電規格與燈具形態，考量院內維修系統銜接之可行性：**礙於燈光是展廳開展的重要因素，故宮編制機電人員長期擔任燈光故障的急救工作，預計會長久久展示的常設展廳，就以此為考量，評估新設備對從事維護工作同仁經驗的可銜接性，以便即時更換維護。

三、**因應燈具設備生產領域的改變：**博物館守護文物的安全措施之一，便是常年採用性質穩定的產品。近年政府推廣節能省電的半導體產業蓬勃發展，商品日新月異，燈具從機電專業變成電子專業，維修型態起了很大轉變，同時也導致傳統燈具在臺灣供貨困難，需仰賴高成本進口。礙於當今 LED 研發尚未成熟，且對文物安全存在隱憂，恐仍無法獲得全面性使用；且市面燈具封裝規格多樣尚未整合，若遭遇燈具故障損壞只能等候時日更新。目前傳統

或 LED 兩種型態燈具無論擇任何一方，皆可能面臨後續維護斷貨之困擾。博物館該思考應要扮演保守的使用者，或者接受新趨勢而成為產業贊助者角色。且博物館設備在臺灣本屬高消費、市場需求量低之型態，本次燈具系統在保護文物的前提下，並經市場供貨及與其他廠牌系統整合的評估之下，選擇最能顯現文物色彩的螢光燈管為優先。然而，因市場逐漸萎縮，這類燈具將面臨庫存空缺而需仰賴進口。就後續維修考量，應提早編列預算採購備品，以免維修時面臨供貨不足，導致被迫使用等級不同的燈具替代，重蹈光色質感混亂之覆轍。

四、**正視臺灣博物館工業的困境：**好的博物館展示工業，除了仰賴有經驗的產業支持，也需要有能體會博物館專業需求、願意耗時開發新設備的工業設計師投入。臺灣博物館界往往存在特殊設備需求卻得仰賴進口甚至無貨可買（專業博物館展櫃製作公司是不單獨出售五金的），如欲自行開發卻又有成本偏高之窘境。故設計端應預先將需求開發成產品提供產業使用，避免需求產生時捉襟見肘的無奈。本次下補光系統主要安裝在長條型通櫃，隱身在單面看玻璃邊，不易干擾參觀。獨立櫃因四面觀看，燈具會外露，在本次改善中，因成本及對展櫃鑿洞恐有影響之考量，目前仍存在遺憾。因造型美觀、功能符合的前補光燈頭亦不易尋找，



圖30 改善後的明代獨立櫃區域，燈具擇4000K CRI 95 LED投射燈，聚光型投射效果，在展場參觀順序中，形成區域照明質感的變化。作者攝



圖31 圖板照明無光型過渡較原先燈光更顯均勻，易於閱讀。作者攝

早期本院使用臺灣廠商開發之點光源光纖燈頭，尺寸造型皆有待改善，如前文中提到日本、韓國博物館常見之小尺寸前補光燈頭，或因技術、開發成本高、市場過小等因素，歷經快二十年，至今仍不易尋獲，成為臺灣博物館產業工作人員難以達成的美夢。

最後，本文雖搭配了眾多影像照片來佐證前面各說，但畢竟印刷品難完全精確傳遞色彩，期待讀者們能夠親臨現場一探究竟，對環境改善後的陶瓷展廳展品能有一番新的色彩體驗。

本文承蒙器物處、登錄保存處及南院處專業同仁提供諸多寶貴意見，特此申謝。

作者任職於本院教育展覽處

註釋

1. 林姿吟，〈一個展示的規劃與評析——以國立故宮博物院大觀展為例〉，臺南：國立臺南藝術大學博物館學研究所碩士論文，2009。
2. 「白光LED其光色與各種溫度下加熱黑體（完全輻射體）的色溫都不盡相同，無法用色溫表示，故為了便於比較而採相關色溫（Correlated color temperature, CCT）的概念。」張琳，〈發光二極體燈做為文物展示照明之可行性探討〉，《文化資產保存學刊》，13期（2010.9），頁75-78。
3. 「色溫（color temperature）最原始的定義，乃指黑體輻射體（black-body radiator）加熱到給定溫度時所發出的顏色，單位為克爾文（Kelvin），簡寫為K。隨著黑體的溫度逐漸升高，其顏色也從深紅、淺紅、黃、白、藍等漸次變化。然而，大部分燈具其發光機制與標準黑體輻射不同，並不見得可以呈現出與標準黑體相同的顏色。因此在實務上，我們採用相關色溫（correlated color temperature，簡寫為CCT）來描述光的色品。亦即取與光源顏色最為接近的黑體輻射色溫，做為該光源的

相關色溫；但在業界實用上，為方便起見，往往將燈具的相關色溫簡略稱做色溫。」參見翁誌勳，〈博物館選用LED光源色溫之探討〉，《文化資產保存學刊》，34期（2015.12），頁54。

4. 「展示用燈具的另一個重要數值是演色性，又稱演色指數或顯色指數（color rendering index，簡寫為CRI）。……其他光源與太陽光的比較結果，即為該光源的演色指數：其演色指數越高，代表該燈具能使被照射物體呈現出越自然的顏色，亦即越接近太陽光照射下所呈現的效果。在一般使用上所稱的演色指數，通常是指R1至R8等八種單一顏色之演色指數的平均值Ra。」參見翁誌勳，〈博物館選用LED光源色溫之探討〉，頁55-56。
5. 「幾乎所有額定色溫3000K的LED燈具，其藍光比例皆未超過15%；額定色溫3500K的燈具，藍光比例大約可以低於18%；而額定色溫4000K的燈具，其藍光比例多半可以低於21%。因此，我們大致上可以掌握，當光敏感材質文物欲使用LED照明時，建議使用低色溫燈具，其藍光比例限制在15%左右。」參見翁誌勳，〈博物館選用LED光源色溫之探討〉，頁63。

參考書目

1. 《國立故宮博物院文物保存維護要點》<http://intranet.npm.gov.tw/info3.aspx>，檢索日期：2018年4月17日。
2. Kathleen McLean 著、徐純譯，《如何為民眾規劃博物館的展覽》，屏東：國立海洋生物博物館，2001。
3. 余佩瑾編，《搏泥幻化——故宮所藏歷代陶瓷》，臺北：國立故宮博物院，2014。
4. 翁誌勳，〈博物館選用LED光源色溫之探討〉，《文化資產保存學刊》，第34期，2015年12月，頁51-65。
5. 耿鳳英，〈博物館展示照明〉，《博物館學季刊》，15卷4期，2001年10月，頁41-50。
6. 張琳，〈發光二極體燈做為文物展示照明之可行性探討〉，《文化資產保存學刊》，13期，2010年9月，頁75-78。
7. 張琳，〈LED燈應用於文物展示照明之可行性——兼談藍光危害〉，《博物館學季刊》，28卷4期，2014年10月，頁121-131。