

# 打開天窗說「亮」話—— 文物的照明探討

■ 張琳

國立故宮博物院（以下簡稱本院）典藏華夏文化之精髓，擁有精緻的器物、百千年的書畫精華與珍貴史事的文獻檔案，每年吸引海內、外參訪者眾。博物館肩負博物館典藏（包含蒐藏與保存）、研究、展示及教育的四大使命，現今雖然文物多已數位化，且執行教育推廣功效卓越，但真品實體展示仍是世界各國來訪者不可或缺的期望。然而，展示與文物保存往往是相抵觸的，文物保存者須努力教育觀眾、文物保管者與展示設計者，讓大家理解各項預防性文物保存措施，不僅可以減少衝突與抱怨，更不愧博物館之保存與教育使命。

預防性文物保存顧名思義是避免文物因自然、人為因素遭受破壞，以減少善後性修復、防患於未然的工作。其範疇包括展存環境的溫度、相對濕度、光照、有害氣體、有害生物，以及持拿、包裝、運送、緊急災難（水、火、竊盜）、檢視與狀況紀錄等。<sup>1</sup>筆者已就文物保存溫濕度與文物保存的關係詳加探討，並詳列世界各大博物館擬定的溫濕度規範，以及各類文物保存環境之溫濕度建議範圍。<sup>2</sup>本文將說明光在文物保存的重要性，探討文物照明規範及展示設計的基本概念。

## 亮不亮有關係——光「量」問題

光之於文物而言，是不可逆的破壞因子，也就是說文物照光後，並不會因為一段時間的休息，就回復到受光前的狀態。最顯而易見的例子，便是泛黃脆化的書報雜誌，並不會因為收藏在暗不見天日、具空調的儲藏室，便自動回復色彩與光澤。因此，想像上千年書畫捲軸，

長年安置在恆溫恆濕的庫房，一旦提件出庫面世，便須伸展開、照光以饗世人，期間遭受的應力（stress）與光化學反應（photochemical reaction），這是多大的折騰啊！

世界各國博物館文物保存專家及學者針對各類文物及各館文物保存狀態，擬訂了涵蓋光的質與量之照度規範，如後附表。特別是一些飽經風霜、年代久遠的文物，常訂有展覽期限，如：1995年加拿大文物保存研究所（Canadian Conservation Institute, CCI）、1996年北美照明工程協會（Illuminating Engineering Society of North America, IESNA）針對脆弱書畫建議年累積照度不超過 50,000 Lux·hr/y，油畫、木雕等 480,000 Lux·hr/y。<sup>3</sup>因此若以書畫建議照度 50 Lux，每天十小時，展期約為一百天。或問：更低照度，展期能否延長？或展期延長，再讓文物多休養久一點，行得通嗎？既然光害不可逆，且尚有應力因素（如：掛軸垂掛的拉力、畫軸伸展開的纖維張力等），實應有通盤

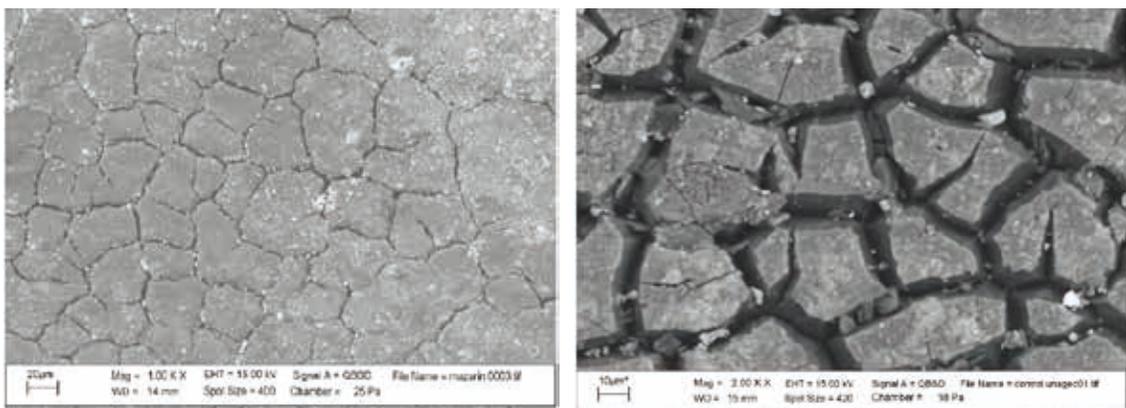


圖1 光劣化的天然漆面之微裂痕放大1,000及2,000倍的状态 取自Keneghan, Brenda. "Developing a methodology for the artificial ageing of urushi and a preliminary examination of urushi-based conservation options." In *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*, edited by Shayne Rivers, Rupert Faulkner and Boris Pretzel, 51, 57. London: Archetype Publications, in association with the V&A, 2011.

考量！Michalski 及 Druzik 即明確提問：策展者是欲以低照度 50 Lux 展出二百年？或是 100 Lux 可展一百年？或是 200 Lux 可展五十年？<sup>4</sup> 即便是看似堅固耐用的漆器，漆面受光照產生微裂痕，造成日益失去光澤、褪色、變色、粉化及遺失等劣化現象。<sup>5</sup>（圖 1）世界各大博物館或各國專家學者標準不一，各博物館需依照館藏文物材質、保存狀況及展期長短，謹慎設定破壞性最少的光照條件。

年累積照度除了展覽期間的照度之基本累加，舉凡修復、攝影拍照、提件借閱、特別參觀等文物履歷，理應納入文物典藏管理系統予以紀錄。若能透過物聯網（Internet of Things, IoT）監控系統整合溫度、相對濕度及累積照度等數據導入典藏管理系統；甚至可以比對累積照度、展示光源之輻照度，以及文物所到各場所之溫濕度紀錄，預測文物劣化之趨勢。如此借重數位科技整合、管理、分析大數據，將是文物保存發展的未來趨勢。

此外，以參觀者的角度而言，照明均勻化、色溫一致化也是另參觀者賞心悅目的要件之一，如：大幅作品照度最高與最低比值宜在 2:1 之內；

同理，無機材質與光敏感的有機材質文物若陳列在同一視野下，就應將眩光與文物保存兼容並蓄地納入考量；鄰櫃照度差異太大，同樣對參觀者的視覺適應力是項考驗；而展品在亮處、觀眾在暗處的照明設計，也是不利參觀者視覺適應。<sup>6</sup> 總之，展場的櫃內及空間照明應同時整體規劃、設計。

## 「質」的考量

除了上述文物照明總「量」問題，照明光源「質」的因素也是不容忽視的。光是能量的一種型式，紫外線、紫光、藍光的波長短、能量高，對於有機材質的文物而言具高破壞性，故文物照明紫外線應低於  $75 \mu\text{W/lm}$ 。常用的博物館用燈如螢光燈須選用博物館專用燈，或包覆可以濾除紫外線的濾膜；石英鹵素燈則建議採用燈泡前有密封鏡片的多面反射燈泡（multi-faceted or multi-mirror reflector, MR），或在燈具前加裝紫外線遮斷濾鏡（UV-barrier filter）。<sup>7</sup> 而長波長的紅光及紅外線、能量低，但發熱量高，會造成展櫃內溫度上升，連帶影響相對濕度，因此須慎選光源及燈具，並注意櫃體散熱、



圖2 在不同的照明下同樣的壁布顯色差異。左櫃為LED燈（色溫3028K，演色性94.3），右櫃為複金屬燈為光源之光纖照明系統（色溫3648K，演色性94.9）；右櫃較左櫃更能真實呈現色彩。作者攝

通風設計，以絕後患。

此外，演色性與色溫則是展示設計者、策展人呈現展示美學與詮釋文物重點的要素，並能避免色彩失真。（圖2）林姿吟即以本院陶瓷陳列室燈光改善案為例，說明精選合適的燈具、光源及空間照明設計後，更能完美呈現文物色彩，令觀賞者有全新的色彩體驗。<sup>8</sup>

另，號稱無紫外線、低耗能、不發熱、壽命長的LED燈似乎頗符合文物保存需求，因而逐漸取代傳統照明。LED燈研發技術日新月異，然因市場競爭激烈，產品良莠不齊，或具低量紫外線、或因封裝技術不良而發熱，使得壽命不如預期。<sup>9</sup> Michalski 及 Druzik 即提出篩選優良的文物照明用LED燈的基本原則：除了選擇符合節能標章的產品，演色性 $\geq 90$ ， $R9 \geq 90$ ， $Duv-0.003 \sim +0.003$ ；色容差（standard deviation of color matching, SDCM）<sup>10</sup>也是評估LED燈品質的參數之一。白光LED的發光原理因添加螢光粉成分及比例不同，即使相近的色溫，演色性及藍光比例亦各異，因此光譜能量分佈（spectral power distribution, SPD）可提供文物保存人員評估LED燈對文物的安全性；<sup>11</sup>若具高能量的短波長藍光比例過高，可能不利有機材質文物保存，故有機材質建議使用較低

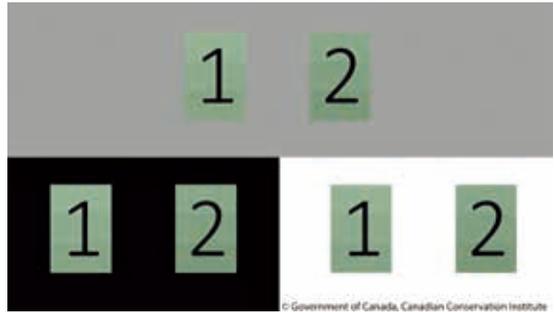


圖3 在灰、黑、白背景襯托下，試比較1、2黑體字及背後各有3個漸層色調的綠色色塊辨識難易性。© Government of Canada, Canadian Conservation Institute. CCI 122894-0017

色溫、藍光比例較低的LED為佳。<sup>12</sup>在同一的展示空間的LED燈能選擇相同色溫者，建議3000K是較能符合所有目的的好選擇。<sup>13</sup>

### 逛博物館 = 視力大考驗？

如圖3，在灰、黑、白背景襯托下，1、2黑體字背後各有三個共六種漸層色調的綠色色塊，灰色背景較黑、白背景更能令1、2兩個數字凸顯，且綠色色層更顯而易辨。同理，若展櫃採用太亮或太暗色調的背景，則無法凸顯文物，或因低反射率而讓文物照明更難有輝映之效，甚而影響整體的亮度（或輝度）。<sup>14</sup>故策展者或展示設計者若能依文物特性，或選擇大眾化色調的背景或反射率適當的材質之背板，降低更換壁布與裝潢的頻率，則更能響應綠色博物館，減少能源浪費及廢棄物。<sup>15</sup>

### 結語

猶如人的體質各異，每種文物即使是同為木材、象牙或漆器，甚至無機的石材等，對環境變化的抵抗性各不相同，因此溫度、相對濕度、照度等環境的條件設定因原產地、年代、保存狀況、彩繪與否……等差別，而有不同的標準。大英博物館（The British Museum）的借展

文物清單，皆逐一詳列溫度、相對濕度、照度限制、持拿與支撐方式等注意事項。本院 2016 年「帝王品味——國立故宮博物院精品展」赴美國舊金山亞洲藝術博物館（Asian Art Museum, San Francisco）及休士頓美術館（The Museum of Fine Arts, Houston）展出，即參考大英博物館的文物清單模式，將敏感的借展文物環境條件需求納入文物清單，期使文物無論身處何地都

能在穩定的環境保存無虞。

博物館爲了文物保存，控制文物照度是必要的手段，但若透過整體良好的照明設計，讓文物即使黯然卻不失色，並提升參觀者的愉悅感，使文物能延年益壽，世人亦得饗生生世世！

感謝登錄保存處高璋提供漆器光劣化之原文圖檔。

作者任職於本院登錄保存處

#### 註釋：

1. Colette Naud, "Light and Lighting," in *Preventive Conservation in Museums: Video Handbook*, ed. Canadian Conservation Institute (Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1995), 13-17.
2. 張琳，〈文物保存溫溼度規範因應節能趨勢之探討〉，《博物館學季刊》，26 卷 4 期（2012.10），頁 183-196。
3. IESNA, "Museum and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice," in *Museum and art gallery lighting: a recommended practice*, ed. Illuminating Engineering Society of North America (New York: IESNA, 1996).
4. Stefan Michalski and Jin Druzik, "LED Lighting in Museums and Art Galleries," *Technical Bulletin* 36 (2020), access May 5, 2020, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/led-lighting-museums.html>.
5. 高璋，〈微裂痕天然漆面之修護處理方法比較〉（臺南：國立臺南藝術大學博物館學與古物維護研究所碩士論文，2015），頁 25-27；Brenda Keneghan, "Developing a methodology for the artificial ageing of urushi and a preliminary examination of urushi-based conservation options," in *East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation*, ed. Shayne Rivers, Rupert Faulkner and Boris Pretzel (London: Archetype Publications, in association with the V&A, 2011), 51, 57.
6. Stefan Michalski and Jin Druzik, "LED Lighting in Museums and Art Galleries."
7. 石曉蔚，〈人工光源〉，《室內照明設計原理》（新北：淑馨出版社，1995），頁 42-44。
8. 林姿吟，〈點亮國寶——以故宮陶器展廳環境改善案為例〉，《故宮文物月刊》，422 期（2018.5），頁 116-125。
9. 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。依據 2020 年 6 月 9 日行政院消費者保護處公布市售 LED 燈泡抽樣檢測結果，品質項目（其中包括「光束維持率」，即壽命）不合格率高達 31%。〈公布 LED 燈泡品質檢測及標示查核結果！〉，《行政院消費者保護協會》<https://cpc.ey.gov.tw/Page/6C059838CA9744A8/332f6e8b-798a-4263-b429-58485b3bdd1c>（檢索日期：2020 年 6 月 12 日）。
10. R9：國際照明委員會（International Commission on illumination, CIE）制定第 9 個色樣（紅色）的演色性。Duv：CIE 制訂一個色彩標準  $U^*V^*W^*$ ，是一個在色度平面（UV）及亮度軸（W）所構成的三維空間。 $\Delta u$ 、 $v$  是在 UV 色度平面與理想白光的偏差值，負值是偏粉紅色調，正值則是偏綠色調。色容差：判定色彩的偏移變化，7 個「麥克亞當橢圓（MacAdam Ellipse）」越接近中心值越小，表示偏移越小。5 個以上的色容差其色偏就顯而易見了。
11. Daniel Garside, Katherine Curran, Capucine Korenberg, Lindsay MacDonald, Kees Teunissen, and Stuart Robson, "How is museum lighting selected? An insight into current practice in UK museums," *Journal of the Institute of Conservation* 40 no. 1 (2017): 3-14.
12. 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（2014.10），頁 121-132。
13. Stefan Michalski and Jin Druzik, "LED Lighting in Museums and Art Galleries."
14. 人眼目視不會發光、只反射光線的物體，以輝度（luminance）或亮度（brightness）表示其感受的物理量，公制單位為燭光 / 平方公尺（cd/m<sup>2</sup>）或尼特（nit），英制單位為呎朗伯（Footlambert, fL）。
15. "Australia's Green Museum Project: A pathway towards sustainability for Victorian small museums [Case Study]," accessed July 29, 2020, <https://coalitionofmuseumsforclimatejustice.wordpress.com/2017/08/23/australias-green-museum-project-a-pathway-towards-sustainability-for-victorian-small-museums-case-study/>

附表 各類材質文物的照度規範

		1	2	3	4	5	6	7
有機材質	書畫		50Lux		≤ 50Lux		≤ 50Lux	
	紙	<50Lux	← 手稿	50~100Lux		≤ 50Lux	≤ 50Lux	25~50Lux
	羊皮書		50Lux		UV<30 μ W/lm		≤ 50Lux	
	織品	<50Lux	50Lux	50~100Lux	≤ 50Lux	≤ 50Lux	≤ 50Lux	25~50Lux
	油畫	<200Lux	200Lux	100~200Lux	≤ 200Lux	150~200Lux	≤ 200Lux	<150Lux
	版畫	<50Lux				UV<80 μ W/lm		25~50Lux
	水彩畫	<50Lux	50Lux		≤ 50Lux		≤ 50Lux	
	膠彩畫	<50Lux	50Lux		UV<30 μ W/lm		≤ 50Lux	
	粉彩畫							
	素描	<50Lux	50Lux	50~100Lux			200lux*8hr/d*300d =480,000 Lux·hr/y	25~50Lux
	植物顏料						≤ 50Lux	25~50Lux
	傢俱			100~200Lux	≤ 50Lux			
	漆器	<200Lux	200Lux	100~200Lux	≤ 200Lux		200lux*8hr/d*300d =480,000 Lux·hr/y	<150Lux
	木材	<200Lux	200Lux	100~200Lux	≤ 200Lux	150~200Lux	≤ 200Lux	<150Lux
	動植物標本	<50Lux	50Lux		≤ 50Lux	≤ 50Lux	≤ 50Lux	25~50Lux
	皮革（染色）	<50Lux	50Lux	50~100Lux	≤ 50Lux			25~50Lux
	皮革（未染色）	<200Lux	200Lux		≤ 200Lux		≤ 200Lux	<150Lux
	骨器	<200Lux	200Lux	100~200Lux	≤ 200Lux			<150Lux
牙角類	<200Lux	200Lux	100~200Lux	≤ 200Lux			<150Lux	
羽毛	<50Lux							
民族學文物		50Lux		UV<30 μ W/lm				
影像媒材	黑白相片		50Lux		≤ 50Lux	≤ 50Lux		
	彩色相片		50Lux	50~100Lux	≤ 50Lux	≤ 50Lux		
	底片							
	塑膠類		50Lux	≥ 200Lux				
資料來源編號	1	2	3	4	5	6	7	
資料來源	1. Thomson, Garry. "Light." in <i>The Museum Environment</i> , edited by Stephen G. Ree-Jones and Derek Linstrum, 23. Oxford: Butterworths, 1986. 2. Kühn, Hermann. "Light." in <i>Conservation and Restoration of Works of Art and Antiquities</i> , 144. Oxford: Butterworths, 1986. 3. Stolow, Nathan. "Conservation Principles." in <i>Conservation and Exhibitions</i> , 20. Oxford: Butterworths, 1987. 4. Pearson, Collin. "Lighting-Aesthetics versus Conservation." in <i>Conservation of Cultural Materials- Faculty of Applied Science Notes of Heritage Preservation (Unit No. 3693), Preventive Conservation PG (Unit No. 3038), Sec. 3, 9</i> . Canberra: University of Canberra, 1992. 5. Naud, Colette. "Light and Lighting." in <i>Preventive Conservation in Museums: Video Handbook</i> , edited by Canadian Conservation Institute, 15. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1995. 6. IESNA. "Museum and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice." in <i>Museum and art gallery lighting: a recommended practice</i> , edited by Illuminating Engineering Society of North America. New York: IESNA, 1996. 7. 郭宏, 〈光輻射〉, 《文物保存環境概論》, 北京: 科學出版社, 2001, 頁 6-83。							

50Lux	≤ 50Lux				50Lux			≤ 50Lux	
50Lux	<75 μ W/lm		50Lux	≤ 50Lux	30~50Lux	50Lux		≤ 50Lux	
						papyrus	linen	≤ 50Lux	
50Lux	≤ 50Lux	≤ 50Lux	50Lux	≤ 50Lux	30~50Lux	50Lux		≤ 50Lux	
	≤ 100Lux	≤ 250Lux			350Lux		≤ 100Lux	≤ 200Lux	
<80Lux		≤ 50Lux						≤ 50Lux	w/ UV filter
50~60Lux		≤ 50Lux	50Lux		50Lux			≤ 50Lux	
<80Lux	100Lx for B/W prints			graphic works				≤ 50Lux	
					50Lux			≤ 50Lux	
<80Lux		≤ 50Lux			50Lux			≤ 50Lux	
					30~50Lux				
	≤ 100Lux				150Lux				
	≤ 100Lux	≤ 250Lux	50Lux		30~50Lux				
50Lux	≤ 100Lux	≤ 250Lux	50Lux	彩繪木頭		50/200Lux			
	≤ 50Lux					50Lux			
50Lux	皮影劇偶	≤ 50Lux		≤ 50Lux	30~50Lux	50Lux			
	≤ 100Lux			≤ 50Lux		200Lux			
	≤ 100Lux								
≤ 300Lux	≤ 100Lux				30~50Lux	50/200Lux			
	UV ≤ 75 μ W/lm	≤ 50Lux		≤ 50Lux					
	≤ 50Lux								
	≤ 100Lux				80Lux				
	≤ 50Lux				50Lux				
	≤ 100Lux				30~50Lux				
8	9	10	11	12	13	8	14	15	

8. 大英博物館 (The British Museum) 「2006年世界文明瑰寶——大英博物館 250年收藏展」；2014年「世界文明百品展」借展需求；「2017大英博物館藏埃及木乃伊——探索古代生活」特展文物清單。
9. 美國加州奧克蘭博物館 (Oakland Museum of California) 2006年，資料得自2008年時任 Chief Conservator 之 Burke, J. 先生。
10. 法國凡爾賽宮博物館 (Château de Versailles) 2011年「康熙大帝與太陽王路易十四」特展借展合約。
11. 法國羅浮宮博物館、吉美博物館 (Musée du Louvre & Museum Guimet) 2011年「康熙大帝與太陽王路易十四」特展借展合約。
12. 法國布利碼頭博物館 (Museum du quai Branly) 2014年借展合約。
13. 美國大都會博物館 (Metropolitan Museum of Art) 2015年「神筆丹青——郎世寧來華三百年」特展借展合約。
14. 俄羅斯普希金博物館 (The Pushkin State Museum of Fine Arts) 2018年「普希金博物館館藏——輝煌法國風景繪畫」特展借展合約。
15. 荷蘭國家博物館 (Rijksmuseum) 2019年「亞洲探險記——十七世紀東西交流傳奇」特展借展合約。