特展文物展示環境溫濕度調控的操作要領

沈建東

文物展示的型態，可分爲常設展與短期特展兩種。常設展通常是依展間規劃以同類材質文物在同一展廳櫃爲原則，只要展場空調設定相配合，便能有效的控制溫濕度於所要求的環境條件之內；短期特展（約三個月）因須配合其主題的規劃、進行展示設計及展櫃的製作，同時展出之展品材質可能是多樣化的（如金屬器與竹木牙角、書畫文獻類的材質同時展示。有機材質文物規範所需的相對濕度在 55-60% 左右，金屬類材質文物必須控制的相對濕度在 45% 以下），再加上準備開展的時間急迫等諸多因素，因此在預防性文物保存維護的操作上是比較困難的。

針對特展環控的規劃與實施，依時間先後分成幾個階段，如規劃期間、施作期間、佈展期間及開展後的管理期間。本文就規劃期間保存人員針對展場環境、展示規劃所要注意的面向。施作期間如調控方法的安排、展櫃製作、降濕的注意要項，佈展期間以及開展後溫濕度監控方面作簡要提示，期以增進實施特展環境溫濕度調控之效能，減少可能出現的危害因素。

影響特展展櫃內溫濕度變化的因子

展櫃內相對濕度控制，與展件的材質、展櫃的設計與製作（無論是使用現有展櫃或新製展櫃）及展場空調的穩定度，有著密切的關連。展櫃內相對濕度出現不穩定變化的原因，可分爲來自內部的與來自外部的影響。來自展櫃內部的影響，主要是櫃體（如木櫃）與裝潢材（如壁布、背板、墩座等）所釋出的水氣，以及燈光開閉或激光器所造成的溫度升降，以致櫃內相對濕度數值產生變化；展櫃外部的影響則可能因展場進行換氣，或空調故障失調，以及受戶外環境天氣劇烈變化所致，也與櫃門的開閉或櫃體密閉程度皆有所關連。對溫濕度的起伏變化，應可找出導致不穩定的原因，並確認變化的幅度是否在保存規範可容忍的範圍及時限裡。

短期特展初期濕度不穩定的因素，常見於未經平衡處理或添加的木、紙質類裝潢材料，如支撐和墩座等，若使用的材積及數量頗大，是櫃內初期釋放濕氣的主源，甚至會因櫃內外溫度變化而間接導致櫃體玻璃面產生凝露現象。故黏貼壁布及墩座的製作，均須納入策展時裝修日程甘梯表的排序之中，需要有充足的時間使新貼黏壁布能充分釋放材料中的水份，以符合含水量的檢測標準。[1] 櫃體調濕空間以及支撐材料，有時必須包覆防水鋁箔，以免材料中有害氣體及水分的滲出。二〇〇三年大英博物館（British Museum）「世界文明瑰寶展」

施作單位曾使用木條作爲大型石雕的支撐，當時要求以鋁箔包覆木條，就是基於這樣的原因。展櫃以通透方式結合展場空間及展場的照明爲佳，有機材質文物對溫濕度變化特別敏感，所以燈具裝在展櫃內要格外注意散熱的效能。

長櫃內的環境較獨立展櫃不易控制，同質性數量多的展品，除非以漸近式櫃外調控，否則不易達到文物的環境要求。[2] 筆者以爲，需要調控的金屬文物，建議使用中小型獨立展櫃以玻璃（或壓克力）罩蓋式方式陳列（圖 1 ～ 5）爲佳。其檯面下掀板內規劃成爲調濕空間，以鋁箔包覆，內可放定量的調濕劑。如調控方式相近（指保濕或降濕，如相對濕度數值較高的漆器等的保濕）及置放文物的空間適合，亦可提供各類文物續用，以響應環保，節約資源，不至每次特展須完全重新製作新的展櫃。且展櫃設計規格一旦制式化，調濕作業亦可趨於精準，不因展櫃製作之不同而有難易之別。



圖 1　2016 年「帝王品味：國立故宮博物院精品展」在美國德州休士頓美術館（Museum of Fine Arts, Houston, MFAH）展出時攝。前櫃為放置宋定窯瓷器，中左為青銅器獨立櫃，檯面下的掀板後方為其調濕空間，凡獨立櫃皆設計含有調控的空間。　作者攝



圖 2　早期青銅文物陳列的情形，分類文物長期展受到展場空調的影響甚巨。　作者翻拍早期明信片



圖 3　從長櫃轉向獨立分櫃概念以進行有效調控。2016 年「秦．俑──大秦文化與兵馬俑」展。作者攝

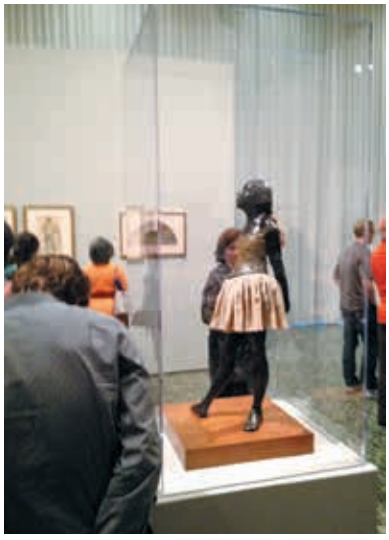


圖 4　放置雕像的獨立櫃通透而與展場近於融合 2016 年作者攝於美國德州休士頓美術館



圖 5　赴奧地利展使用罩蓋式展櫃調濕劑要先計量放入調濕空間中，由於櫃體體積小密合度高，設定為調濕一次到定位的方式。　作者攝



圖 6　2014 年至東京國立博物館佈展前，了解展櫃的調濕效能。　作者攝

現地勘查及展場的排定

展場環境及周邊環境的現場勘查，有助策劃佈展環控之規劃。若是在自家展場，對展間的狀況自然能掌握及明瞭；針對赴外展而言，展場的現地勘查是直接獲得當時展場環境訊息的最佳方式。前往勘查的保存維護人員須判斷評估展場的展存條件是否適合文物保存的要求，及就實施溫濕度控制的可行性進行了解，或提出建議或可改進之措施，以提供策展團隊參考，所以場勘時間點應在了解展示規劃及文物清單後，合約簽訂之前進行。

展場的環境評估包括展場現有展櫃及設備（圖 6、7）、無線傳輸設施，有害生物預防管理，館內餐飲部、水源、燈具等相關問題，了解展場現有的環境控制措施及環境案例（如曾發生漏水、蟲害的狀況等），最好能記錄展場所在位置各點的溫濕度測量值與出風迴風口位置，參訪當時展示的環控效能，及與該館保存人員的對談等，都可以做爲借展優缺的參考內容。[3] 有時戶外環境對展廳環境影響是明顯可見的，如日照、風雨、寒暖、昆蟲、廢氣等，因此判擇展場時，其展廳入口應避免直通戶外及道路，宜有一區作爲過渡緩衝的空間。盡量減少外來的不穩定風險，在處理櫃內展示環境的過程時會比較單純。有的美術館採用開窗式的透自然光展場，使展場有明亮舒適之感，展間不致感覺昏暗，但要注意文物擺設位置須避開光線可能直射的位置，並測量有無紫外光的隔除及是否會影響室內溫度、濕度變化等，如澳洲新南威爾斯美術館（Art Gallery of New South Wales）展廳中便有落地窗的設置，經測量得知無紫外光（UV）反應，顯然已進行濾除的動作，櫃內也能符合展品要求之照度。（圖 8）此外，消防設備、警鈴系統、有害氣體可能來源、水災、地震（防震）等也是環境評估必需確認的項目。這些資料不只是合約中必須附有的文件而已，也是環評的重要參考。

事前的展場評估還要包括卸貨區及運送作業路徑勘查、送貨電梯、文物點檢與佈展位置、偵測器佈點可行位置、文物箱盒暫儲空間之環境等項目，[4] 並進行走場流程，預想整個展覽過程可能發生的狀況與不便，進而完成排除與修正。



圖 7　澳大利亞新南威爾斯美術館展廳原規劃青銅器展出之同款長櫃　作者攝

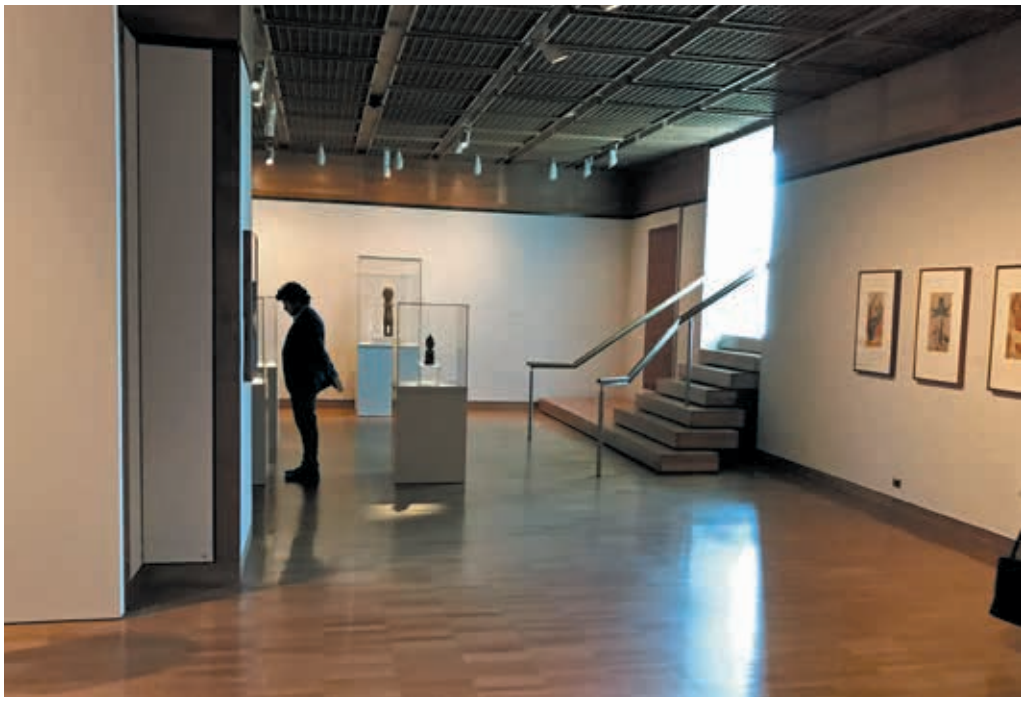


圖 8　澳大利亞新南威爾斯美術館展廳中陽臺落地窗之採光　作者攝

特展環控的推動

依據合約中文物的環控要求，必須對展示設計，展櫃製作及文物展示所在位置及調控可行性進行評估，比如文物將如何展出？是單獨展示？還是與其他文物同在一櫃內展出，依材質分類是否可以達到環境調控的效果？記錄器如何佈點？有哪些調濕材料及配備要準備等考量。因此應盡早了解〈文物展件清冊〉（圖 9）及〈文物與展櫃位置圖〉（見圖 10、11），爲使調控作業能順利達成，有時必須調整展櫃的設計與位置。這有可能會影響展示規劃，應儘早進行協調並確認特展環控的方式，所以保存人員宜加入策展小組的規劃會議一起討論，必要時對展件的放置方式提出變更建議。（圖 12）例如二〇〇三年大英博物館展「世界文明瑰寶展」原有兩件青銅器預定放置於鄰近兩個不同展櫃，經協調後，這兩件青銅器便改置在同一櫃，在不影響單元題材的情況下，以利同時進行環控。文物內容及位置確定後，將這些展櫃加以編號，結合文物展件名稱材質及所要求環境條件，進行展櫃製作及後續的調控作業。

又如「法像威儀特展」展件幾乎是鎏金青銅，所以展場空調以近於較低（漸近方式）的相對濕度來控制，而爲獨立展出之木雕佛像進行隔離加濕作業。若是甲骨、文獻與青銅同時展出的

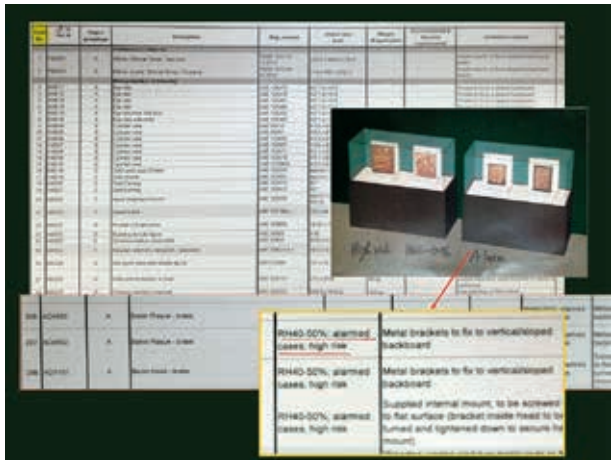


圖 9　2002 年「世界文明瑰寶展──大英博物館 250 年收藏展」清冊內包括材質描述、展出環境要求範圍、風險層級標示，佈展方式與配件使用、展出櫃式等。　作者提供

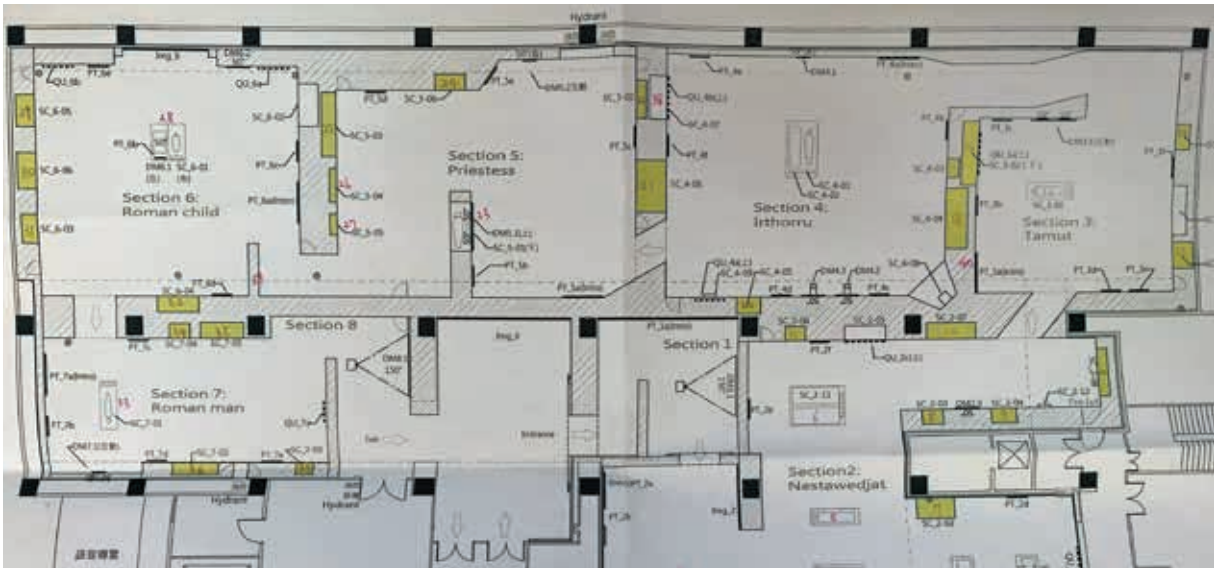


圖 10　2018 年「大英博物館藏埃及木乃伊：探索古代生活」特展文物展櫃位置圖，除木乃伊獨立櫃以電子式調濕機進行降濕外，標示綠色櫃編號者為需要手工調濕及溫濕度記錄的部分。　作者提供

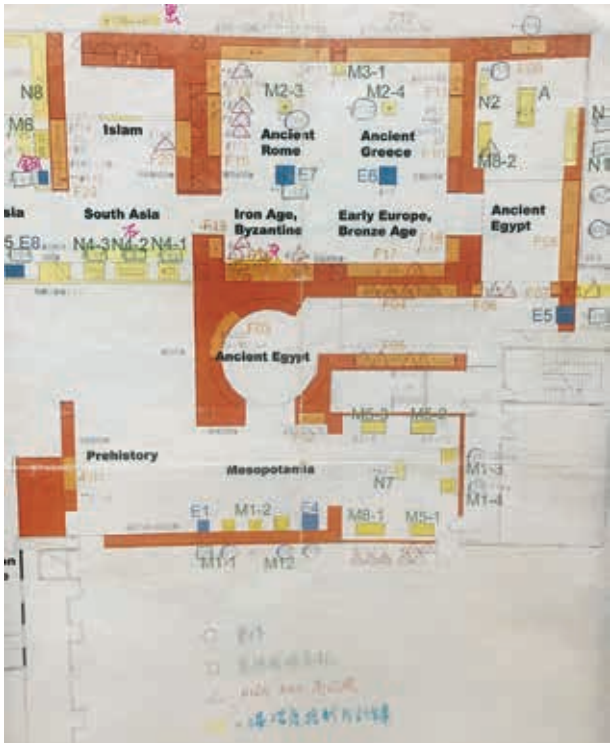


圖 11 「世界文明瑰寶展」之文物展櫃位置圖上標示了文物材質、物件重、需使用推高機、溫濕度控制及放記錄器、具較高風險等所在位置，有助於佈展時各項工作之進行與確認。 作者提供



圖 12 與借方策展小組討論青銅器由長條櫃改置獨立櫃的調濕方案 2018 年作者赴澳洲雪梨新南威爾斯博物館討論時攝

大型展以「武丁與婦好展」爲例，考慮文物相對數量、風險及展場空調受限制，所以規劃適合有機材質濕度的環境來作調控，青銅文物則以電子式除濕機或利用吸濕矽膠以維持所需的相對濕度。展件中屬於有機材質的文物頗多，因此規劃一開放空展間置放甲骨文物櫃；另又有五櫃散置於青銅展間，整個展場維持相對濕度在 50-55% 之間，並確定甲骨與青銅不可同櫃的原則，青銅規劃以櫃下控濕機維持相對濕度在 40% 以下，各獨立櫃區在裝潢展櫃時都要預設電源線，中大型長條櫃規劃左右各有一組除濕設備，這個展覽共計有二十八櫃近三十組除濕設備進行運作。這些規劃在清冊確定後，同展櫃製作之際一併規劃施作，且必須由機電室同仁檢查全部迴路負載電流及使用安全性，啓閉方式，合格後始得裝置所有機組，佈展前需先進行運轉測試及確認溫濕度資料下載等功能無誤。[5] 由上述案例可知，特展調控的進行，會依展件的內容、展覽的方式不同而有不同考量。

有機材質如竹木牙角、書畫文獻類以展場溫濕度控制爲主，小型獨立櫃在必要時可在櫃內加入適合有機材質的調濕劑。降濕經常是以青銅文物所爲處理對象的，以控制在相對濕度 45% 以下爲目標。各類不同材質文物所要求的溫濕度範圍，可參考展存環境規範中的分類要求，或者以該文物所在庫房管理規範爲環控標準，若有特殊要求或特殊材質的環控條件，應由合約加以明定。

爲了達成展櫃內溫濕度穩定的效果，必須注意以下事項，如墩座的製作，須配合預留藏放調濕劑的位置（有透氣設計），墩座及隔板不可影響調濕劑或機械式除濕機調節排放的功效，還有更換調濕劑工作的方便性（有時展件得移開或要拆卸玻璃才能處理，或櫃體的設計與擺放位置不當），且不可忽略除濕機具與燈源散熱的問題，這些內容都應該在策劃及裝修過程中研商與監督。

特別強調櫃內裝潢材及文物墩座是木質或

合成木纖的密迪板時，在貼黏壁布完成後，須在相應展件需求的環境下進行平衡一週以上爲佳，並檢測前後含水量遞減情況，並應儘量避免在惡劣的下雨天及半開放露天的工作點製作墩座。有時使用大量的墩座，如二〇一二年「赫赫宗周」展的禮器展區以及鼻煙壺類的特展，都曾使用了材積較大且堆疊多層次的墩座，並且不利於文物的展示環境的控制，所以墩座的降濕及墩座與展場環境平衡需納入佈展前施作時程排序之中，以免延誤佈展及開展時間並影響後續櫃內環控的成效。

在國內容易潮濕的環境下，金屬文物銹蝕的防治，是一項困難的任務。因此金屬文物特別是青銅、鐵器離開庫藏而展出時，環控的過程更是重要。展前必須進行展櫃降濕作業及施予溫濕度記錄，而相關注意事項如裝潢材用量的多寡、櫃體密閉程度、展場調控穩定性等，皆是決定環控優劣的關鍵。欲達到理想的調控模式，如溫濕度的紀錄曲線要求平穩，可以漸近原則，合理規劃展場濕度的控制，櫃內可儘量少用木、紙質類材料做爲墩座或背板，必要時針對新製木櫃利用鋁箔紙加以封護，形成內防水層，再施放調濕劑，加強展櫃的密閉效果（如可開式展櫃玻璃門之壓條），並要避免因展櫃製作不宜而影響開展後需調整或降濕作業，增加施作的難度。

展前先針對需調控的展櫃進行濕度的調控，由記錄器的資料得知環控已達標準後，才交付進行佈展，此時仍需配合文物佈展的進度，確認記錄器擺放的位置，檢查顯示的櫃內溫濕度數據變化，維持或補充原有的調濕劑等，若非以屜式調濕而是放置調濕盒於檯面上的，宜以有透氣效果之墩座加以掩藏爲原則。確認後再加以封櫃，完成佈展。

展場溫濕度紀錄的管理

展場櫃內外需設定溫施度監測點，原則以材質分類而擇放記錄器，合約中的外借文物如書畫及金屬器，原則上必須施放記錄器，以提供櫃內環境及調濕作業之憑據。溫濕度記錄器的設點，除依照合約要求的資料點外，還須考慮展場的均勻性，如區分爲四個小區或不同展示主題的，宜有不同的展場記錄器。或以文物材質的分類區塊，或以展間的區隔等因素做爲放置展場記錄器的考量。選擇放置展場溫濕度記錄器的地點，原則上是最能反映該展場溫濕度的地點，如在靠近人潮的位置及接近螢幕機臺熱源或空調的死角，都不是理想的施放位置。

調控中的櫃內及重點文物區也應放置記錄器，得以確認調濕效能及監控環境變化，特展宜以無線偵測爲主，其他輔助之記錄器或顯示器也有提供巡場檢查之功能。（圖 13）自二〇一〇年起，本單位進行無線網路管理計畫，目的在取代數據不連貫的巡檢抄錄及定期下載資

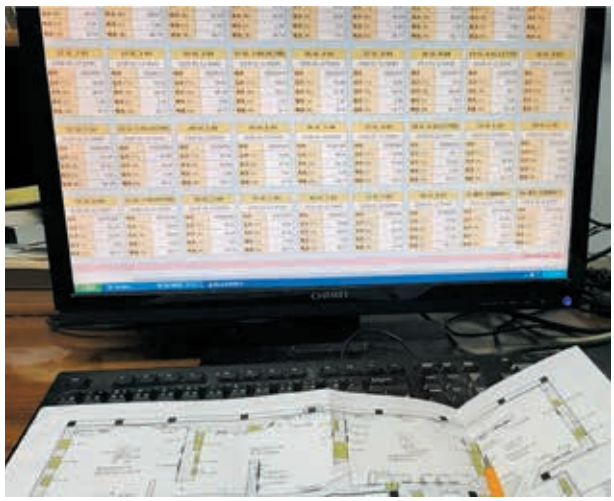


圖 13　2018 年「大英博物館藏埃及木乃伊：探索古代生活」特展各櫃之即時溫濕度紀錄回傳，配合位置圖以確認環控情況。　作者攝

料的方式。此建置由辦公室資訊網上可直接讀取每十五分鐘記錄一筆的最新數據。這些數據資料可累積成線型圖，以容易了解連續性的變化狀況。櫃內置放記錄器時，宜避免放在狹窄凹陷的區塊中。

展場溫濕度依文物屬性所符合的條件，進行環境控制，展場的環境溫濕度越接近展櫃內調控的環境，對展櫃內溫濕度的維持越有利，如展場溫濕度發生明顯變化或接近於規範範圍之上下限時，即刻與機電人員說明後，進行空調設定的微調處理。從展櫃製作及墩座壁布黏貼後平衡時，及開展後要求的環境條件，皆要與機電人員安排時程進行空調設定的調整。從櫃內的調控至展場環境的監控，整個管理過程皆依賴記錄器所提供的訊息，因此在策劃特展時要做好記錄器的配置作業。[6]

結語

展示中保存維護的工作過程，實際包含了幾個單元操作的總和，簡言之，從展覽內容的認識進而展前勘查、展件確認、環控方式的訂立、加以展櫃製作、調控、佈展及開展後的監測等多個單元，其過程或有時段不同，或有延續性，但每個過程都會產生相互影響的效應，所以不能不謹慎面對。從參與多次特展的環控作業，也遇見各類不同材質的文物，針對文物展存所需不同的條件而營造出適合的處理方式，確實是一項挑戰，然而也是特殊而難得的工作經驗。

特展策劃的醞釀時間並非短暫，但佈展施作的時間卻是緊迫的，特別是有多個檔期的排定，可能使施作中的保存工序及面項無法兼顧，更遑論於諸多細節，所以特別強調策劃佈展時應注意規劃的面項及相關重要的措施，以作爲特展環控作業操作之參酌。

作者任職於本院登錄保存處

註釋：

1. 參考沈建東，〈文物佈展前墩座之降濕處理〉，《故宮文物月刊》，461 期（2021.8），頁 22-29。
2. 筆者對環控的原則曾提到：展場的溫濕環境越接近展櫃調控的環境，對展櫃溫濕度的維持越有利，反之則不利，如青銅器展場的溫濕調控盡可能接近青銅的條件，書畫展場的溫濕調控盡可能接近書畫的條件等，即筆者所謂的漸近原則。展場並非經常能有效的控制在適合或接近的濕度範圍，可能受到人潮、天氣、停電、換氣及空調機具故障而產生變化，所以提高展櫃密閉性的意義即在於延長展場濕度變化波及至櫃內，延緩櫃內隨之產生變化的反應時間，這段時間正好是調整修正展場環境的黃金時間。濕度控制的雙層保護及漸近原則，可參考沈建東〈文物展櫃內外濕度控制的理想模式〉，《故宮文物月刊》，322 期（2010.1），頁 22-31。但要考慮展出不同屬性材質展件的展場。
3. 岩素芬、沈建東，〈借展文物保存作業的評估〉，《博物館與文化》，7 期（2014.6），頁 109-126。
4. 若有涉及裝運的文物箱，在起運前時依照〈文物裝箱清冊〉，從器物類型之分箱分類，進行調濕劑的施放，同樣地，借展時運送箱內拿出文物後，要檢查其調濕劑施放情況，必要時加以包覆保管，以便於展後再度運送時使用。目前以隨箱鋁箔袋裝袋放回原箱內，以待回程時再度使用，包裝公司在開箱及裝箱時可配合執行。
5. 電子式除濕機的原理及使用時機可參考沈建東，〈青銅文物展示的濕度控制〉，《故宮文物月刊》，346 期（2012.1），頁 97-100。青銅器展場的溫溼度調控方式可參考沈建東，〈青銅展示環境濕度的對照控制〉，《故宮文物月刊》，366 期（2013.9），頁 74-79。
6. 關於溫濕度記錄器的使用及資料的運用與分類，可參考沈建東，〈溫濕度紀錄的運用與管理〉，《故宮文物月刊》，374 期（2014.5），頁 86-93。