

圖一 不同材質的文物所要求的相對濕度不一樣

化也會造成有機材質的形變及損害，甚者產生霉、蟲害。大致上可將相對濕度高低需求劃分為三個範圍，以百分之四十五以下、百分之五十五至六十、百分之六十五以上，做粗略的區分（參考圖一）。第一類適用於金屬及宜於低濕的文物，第二類可運用在有機材質類的文物上，第三類適用於親濕性有機材質類的文物。此外對濕度較不敏感的文物如玉石及陶瓷，常態上置於中間值百分之五十附近為區分範圍。

展示期間通常展櫃數量頗多且大小不同，不容易逐一施以調控，又如展櫃的密閉性不佳，原則上採取展場濕度控制以符合展櫃需求，因此常以不同性質的展廳型態呈現，如青銅、漆器、書畫陳列室等。如此展櫃內部與展場的濕度便有了連動，穩定合宜的展場環境為確保這類展櫃的展存條件，但也說明了展櫃與展場環境是共存亡的，因為如果調控失常及人潮或天雨帶進濕氣所造成濕度變化時，便間接影響櫃內的濕度環境，這是不不能不加以防範的問題。

### 雙層防護的概念

影響展櫃內濕度的原因分為內部與外部的影響，來自展櫃內部的影響主要是櫃體與裝潢材中所含水氣及燈光或激光器所造成的溫度變化；展櫃外部的影響則由於展場溫濕度的變化及櫃門的開閉或與櫃體密閉程度相關。成套櫃體產品的設計及製作，有一定的換氣率，要切割與展場的關係是很難的，更不用說木工、玻璃匠所製作的展櫃。不論內外所造成的影響，展櫃內需放入一定量的矽膠及定期進行調濕作業。

# 文物展櫃內外濕度控制的理想模式

沈建東

博物館展間裡隱藏著一個與溫度濕度相關的無形戰場，遊客在參觀時是不容易發現的。由於文物的材質不同，貯藏的相對濕度也有所不同，因此展出期間需要適當的分別加以調濕。在提倡節能減碳的時代裡，博物館仍得進行全天候的溫度控制，許多影響濕度變化與管理效能的因素和概念，是不能忽略的。

## 前言

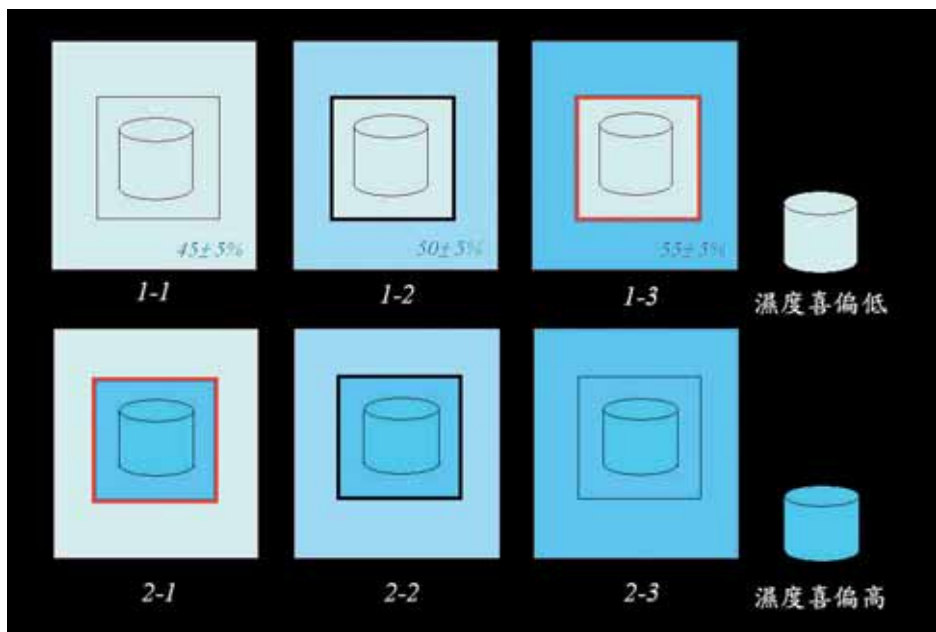
博物館的展覽分為長期展與短期特展，短期特展通常是指為期約三個月月的展覽。針對溫濕度控制的課題來說，這兩類是有區別的，長期展場（包括文物定期換件）的展存條件，

是需要一個長期平穩適宜的環境，展櫃及所用的裝潢材已是處於穩定狀態；而短期展場因配合主題規劃、空間設計、展櫃製作及低甲醛材料與無釋酸要求的檢測、加熱除蟲作業的進行，再加上展品材質的多樣與準備開

展的時間急迫等多項因素，在文物預防性保護的管理上，可說是挑戰性極高的作業。文物因材質及保存狀況不同，展示所需要的相對濕度也就不同，濕度過高會誘發金屬銹蝕，劇烈的濕度變

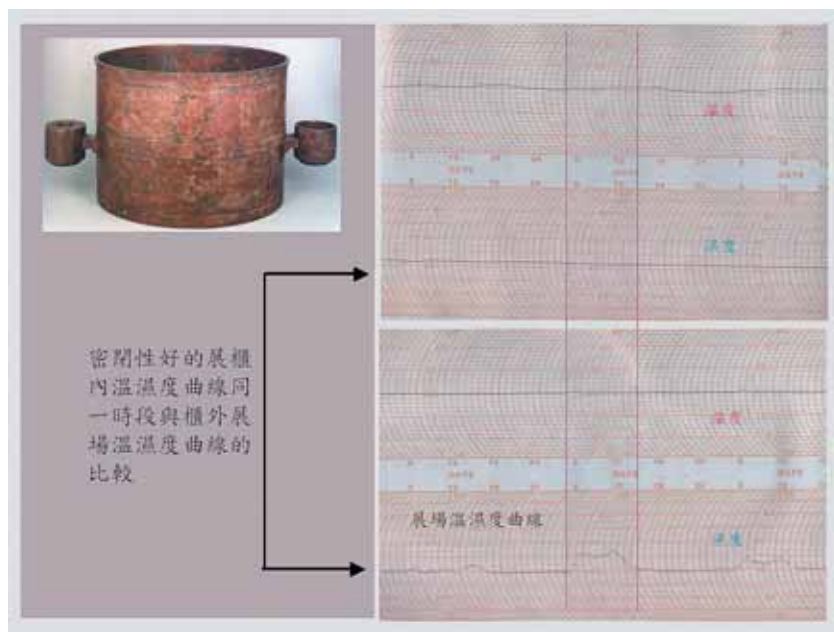






圖三 兩種不同溫度要求的文物在不同環境濕度下的陳列櫃擺置關係

與文物屬性相近的溫濕度，圖三中的 1-1、2-3 兩圖即代表無機及有機材質文物櫃分別處在適合其濕度條件下的展場中，這是最佳的展存狀態；有時



圖二 嘉量櫃內外同一時段之溫濕度變化對照圖

展場調控可視為第一道防線，櫃體及櫃內調控則是第二道防線，這道防線，可根據博物館人力物力加以調整防線的重心。如果是側重在前者，則嚴密的中控管理、備用空調機具的維護、偵測器及機組零件的複份

準備、故障排除時間的縮短等，都是強化防線不可缺少的環節。提高展櫃密閉性的意義在於延長展場濕度變化波及至櫃內，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，這正是雙層防護的主旨。

同材質展廳以近於展品要求的溫濕度來平衡製作的展櫃，佈展後完成調濕及封櫃作業，理想上櫃內外皆達到要求的環境條件，這樣雙重的保護，可以維持延續櫃內穩定的環境，倘若展場環境發生變化，櫃體可靠著櫃內調濕維持平衡，櫃體的密閉性在此時顯得十分重要，以金屬器為例，青銅獨立櫃的櫃體如果密閉性不是理想，雖放入一盤乾燥劑把濕度拉降在百分之五十以下，如果展場濕度出現百分之五十五至六十時，隨著水氣的增加，乾燥劑的效果也只能維持一兩星期甚至數日便上升至百分之五十以上，最後與展場達到平衡，達不到展存濕度的要求，此時也只有安排縮短更換乾燥劑的時間，徒耗人力物力。如果密閉性好的展櫃，即使展場

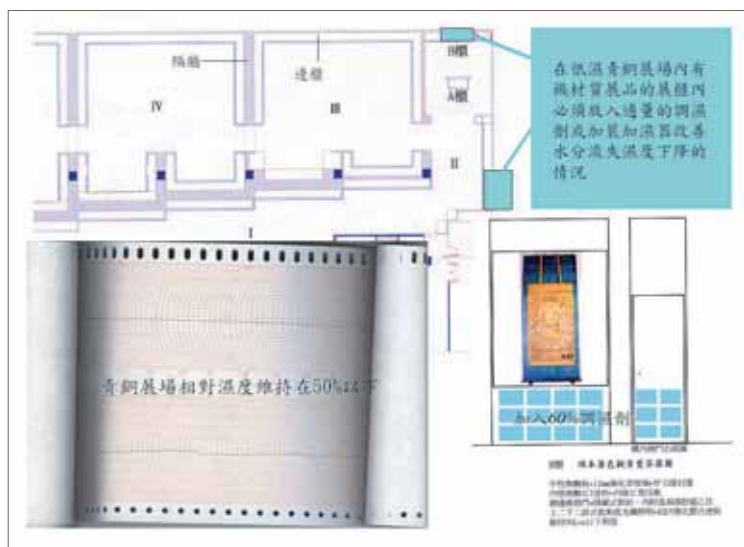
發生變化，在黃金時間內不致於有太大的改變，如圖二所見，嘉量櫃密閉性佳，同一時段展場雖有週期性濕度的變化，櫃內曲線仍可維持平穩狀態。

### 濕度漸近原則

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。然而展場的溫濕環境是不容易維持平穩的狀態，如主機調變設定溫度，或展場引換外氣的影響，或機件故障所造成溫濕度變化。當人潮湧入時，展場的濕度也會因而升高，一群小學生坐在一旁聽講解時，當時展場的記錄器曾顯示了相對濕度由百分之五十五升至百分之六十三；下雨時，遊客帶進的濕氣也會增加展場的濕度，此時空調的除濕能力也大受考驗，因此展場的溫濕變化並不能如預期控制在理想的範圍。

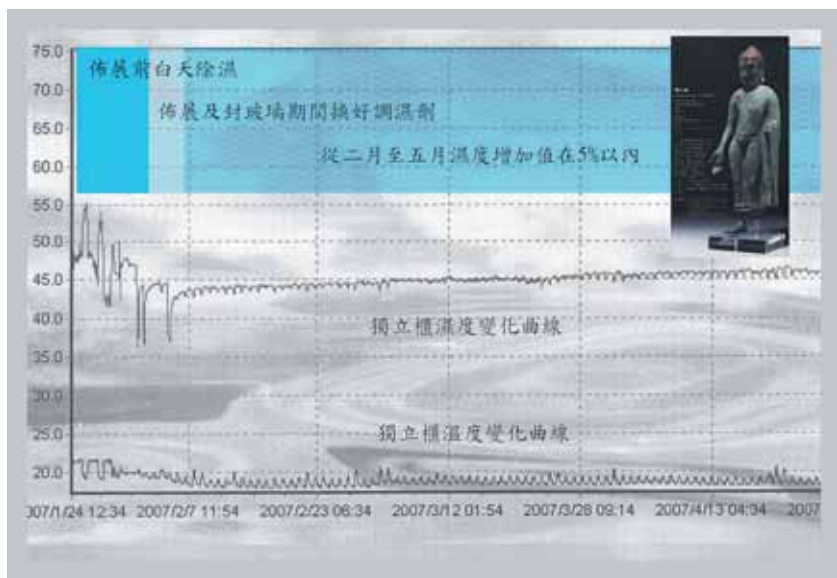
博物館因各種原因達不到最佳的展存狀態，則以圖 1-2、2-2 方式置於趨向中間值不乾也不濕的展廳裡，這種狀況，安排櫃內調濕作業的時程自然比較佳，1-2、2-3 方式縮短，如果櫃體密閉性較佳，還不失為一種適合的選擇。圖中 1-3、2-1 顯示展櫃內外處於極度不協調的關係，把無機材質文物展櫃放在濕

度較高的展場，或是把有機文物展櫃放在較乾燥的展場，這種狀況要儘量避免。比如青銅展場以青銅為濕度調控的主軸，但曾同時放入一尊大木雕佛像及絹本作品於展場木質展櫃內，這些展櫃內的水氣流失極速，展櫃的密閉性不佳是櫃內濕度控制困難的原因，此時裝上加濕機具也是可以考慮的救濟方式（圖四）。

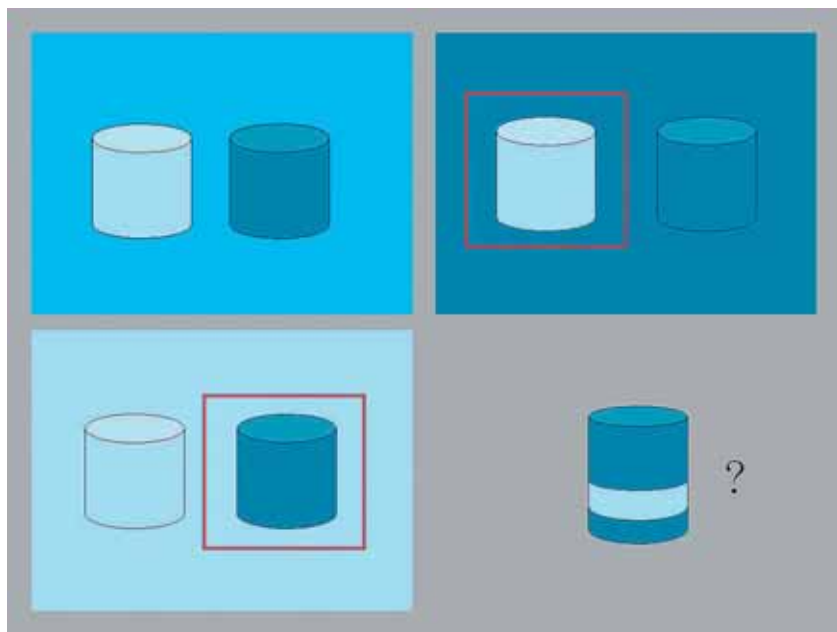


圖四 青銅類展場中少量有機文物展品的濕度控制

展場應要求維持在平穩變化少的溫濕環境下，在漸近原則下，金屬類文物為主的展場相對濕度不超過百分之五十，衡量展櫃特性及管理機制，採用圖三中 1-2 或 2-2 的方式。如果展場濕度變化的起伏過大，櫃內濕度也可能跟著起伏變化的，如圖五顯示這類展場濕度變化過於劇烈，這時櫃體的密閉性十分重要。如果這個展廳是位於人潮出入頻繁的多通道處，無法有效控制這展場的相對濕度，最好規劃



圖七 青銅獨立櫃內從佈展調溫至封櫃展出期間的溫度變化曲線



圖八 不同材質及複合材質的藤蔓現象，左上為採中間值的溫度環境，紅框表示文物在非適合的溫度環境下，選擇加壓克力盒（即櫃中櫃式）的隔離調濕方式。

將木座放入壓克力盒加以區隔調濕。設想如果其旁展出一本《西清古鑑》的古籍，或許我會選擇以有機材質的環境來控制，而青銅壺則加上壓克力罩座，加以區隔降濕。因此考慮調濕策略則以數量多寡、材質複合程度、調控上是否經濟有效、做為選擇調控方向的考量。藤蔓現象出現在特展及綜合型展覽則平常可見，前述同材質展廳也仍會出現這類問題。

**溫度效應**  
濕度與溫度的升

會有不同材質展件同櫃展出，有時是為了詮釋文物的考量；或者文物本身便是一種複合式的材質，或者附件中有木質底座、支撐或織布包覆，這類附件若是清宮老件，應以歷史文物對待。如此濕度要求就變得更為複雜

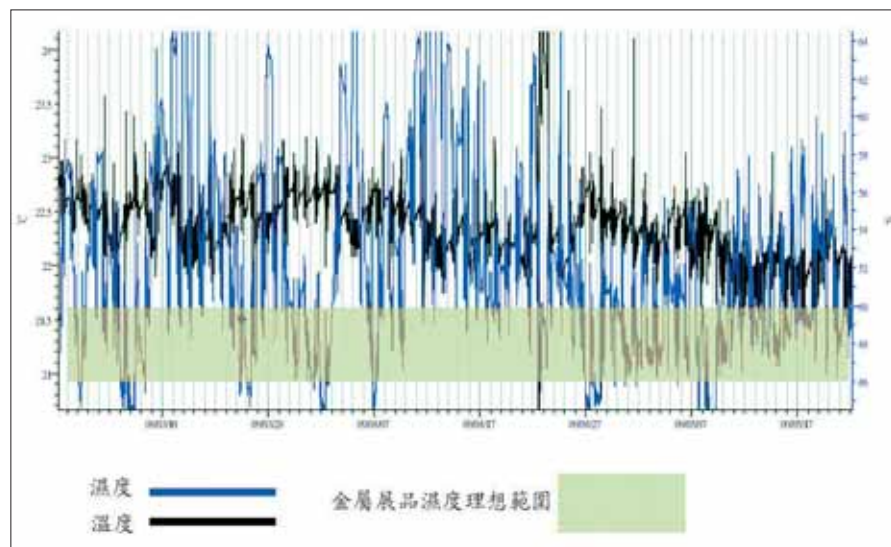
了，恐有魚與熊掌之憾（圖八）。一般以相對濕度中間值百分之五十為基準而稍作調降或調高濕度約百分之二至三，這是依照文物材質複合程度及保存狀況而作選取與妥協。例如商代青銅獸面紋貫耳壺與清代乾

隆玉獸面紋貫耳壺同時展出，由於玉壺所附木座亦有乾降題字，可看作金屬、玉及木質三種不同材質的展件組合，玉對濕度較不敏感，故以青銅及木座做為考量對象，可以如上所述調整為中間值的展存環境；更理想的是

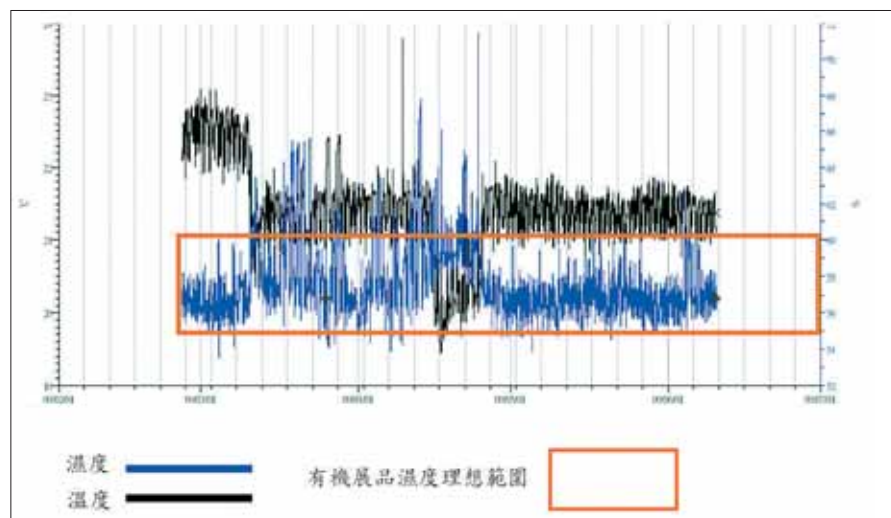
為對濕度較不敏感的展區。圖六則顯示較為和緩的展場環境，濕度變化的範圍大致符合有機文物濕度要求的範圍之內，有利於櫃內調控。實際上調降溫度與濕度都會耗費電力，博物館青銅器的展場濕度的管

理，櫃內控制在百分之四十五至五十五之間，是可以辦得到的，倘展品要求更低的濕度時，乾燥劑用量及展櫃密閉則更顯得重要，此外可加裝除濕機具達到降濕的要求，當然得考慮成本與管理方式，並要注意裝潢壁布或說

藤蔓現象  
藤蔓是依附在建築體及樹幹上攀生的，這說明了兩種不同的物體糾纏共存的現象。文物的陳列，有時也



圖五 不理想的展場溫度環境，溫度變化極不穩定



圖六 較理想的展場溫度環境，溫度變化大致落於要求範圍之內

明板偏乾變形的問題。

特展所用的玻璃展櫃不論是獨立櫃、前開或後開的邊櫃，封上玻璃前，要注意保持並控制櫃內濕度。例如大英博物館藏品來展中的小型青銅佛像，它的狀況不是很好，曾有過青銅病，由於展場規畫展出其他有機文物，同一個空調機組所管轄的展區中，展出了日本雲龍圖、花鳥屏風及大型木質佛頭像，整個展區是以有機材質適合的濕度做為調控的標準，因此不免要單獨對這件青銅展品加以濕度控制，加強獨立櫃的密閉功能及使用的調濕劑量足夠支撐到展期結束，其間濕度變化是緩升的，且展期中變化量控制在百分之五的範圍內（見圖七）。這個展櫃位置與展場的濕度是有落差的，故需藉由櫃內放置適量的矽膠調濕並強化櫃體的密閉，才能形成有效的防護狀態。

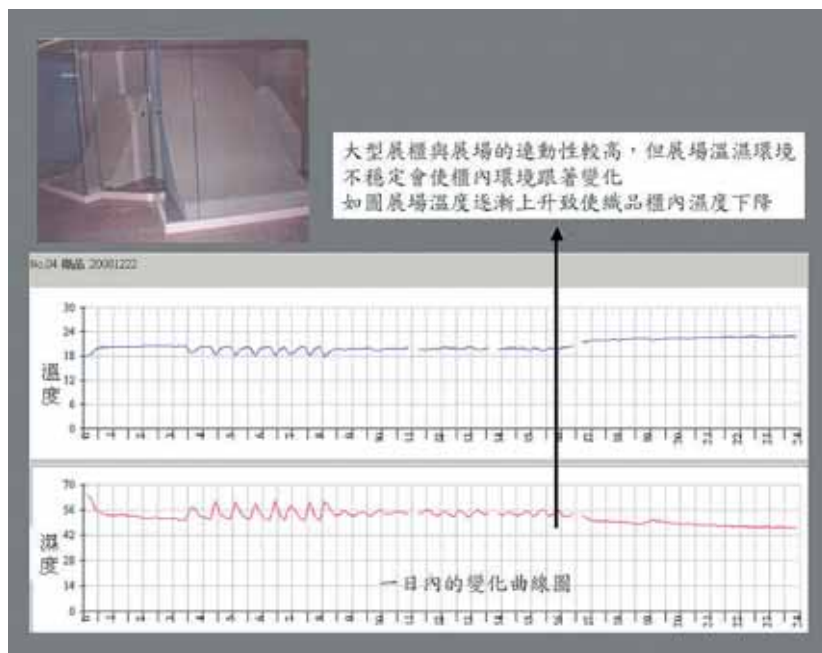




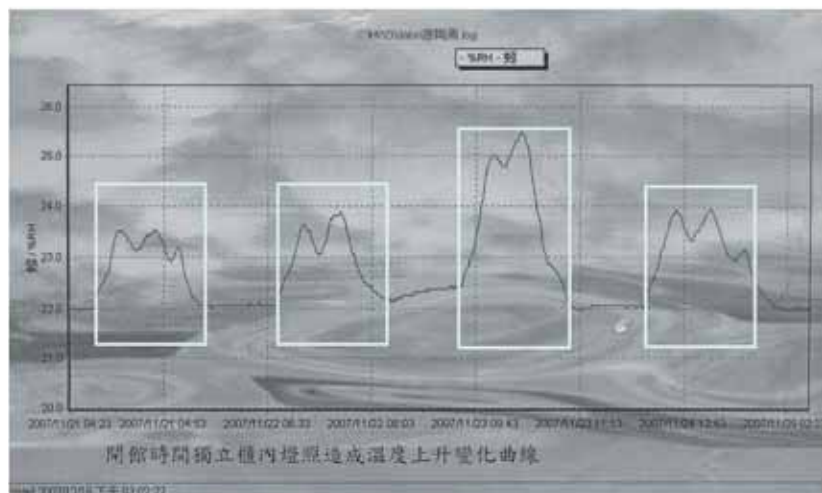
圖十一 櫃內溫度（藍線）上升，露點溫度（黃線）隨著上升逼近

法是調降投射燈的強度或換成冷光源。博物館隨著季節變化，也會調整展場的溫度，以調適內外環境的溫度差異感，基本上以漸近方式進行，不可驟升驟降。有的展場如果不是全天候調控，夜間休館時關閉空調運轉，都會使櫃內溫濕度產生巨大變化。

降是有關連的，相對濕度是指在同一溫度下所含濕氣氣壓與飽合蒸氣壓的比值，理論上溫度變化（降）後，新的飽合蒸氣壓數值也跟著變化（降），如同分數中分母增減（減），有助於相對濕度比值的改變



圖九 展櫃內溫度與展場溫度的運動性



圖十 開館期間燈照使櫃內溫度產生變化

木織的密迪板，這些墩座在製作完成

### 材質效應

修改或添加墩座時，要注意的，如果添加的墩座是木質或合成木織的密迪板，這些墩座在製作完成

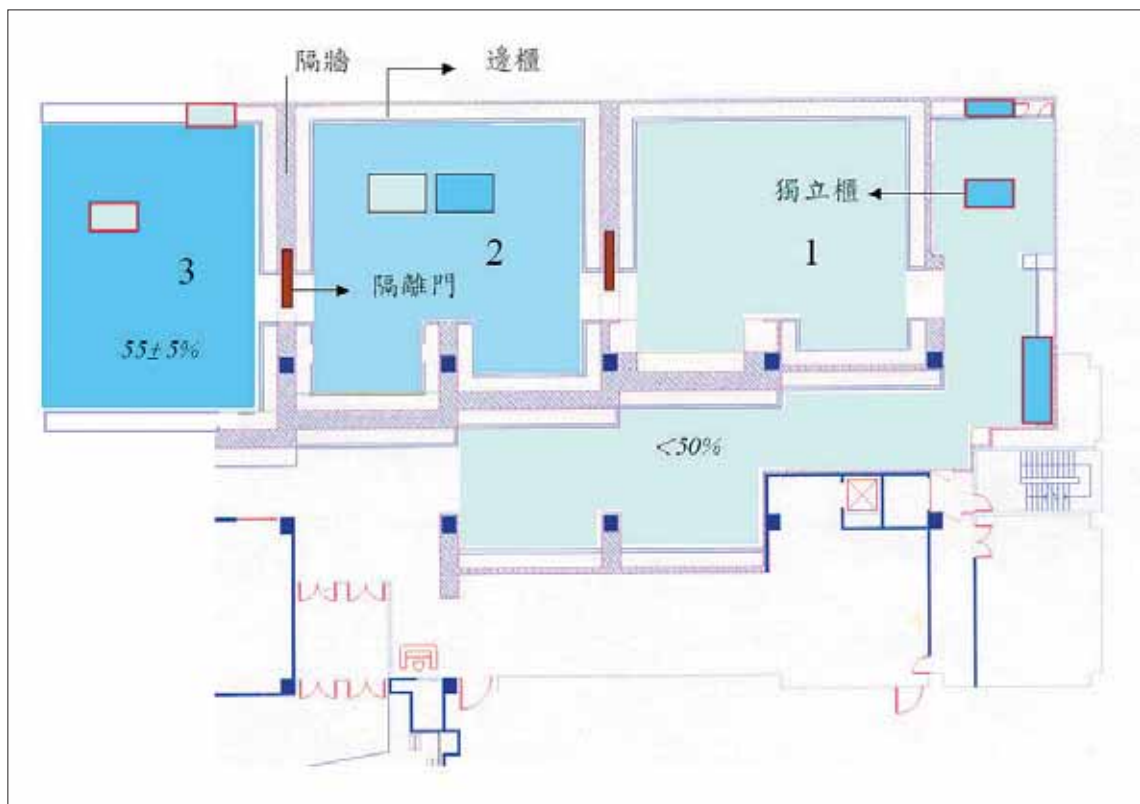
當溫濕度變化過大，或空調機組發生異常變化，則露點的溫度也會隨著改變，特別在高溫高濕時進行降溫，則容易產生界面結露。露點溫度的變化，近似於溫度變化的線形，高溫高濕使得露點溫度容易接近常溫範圍，猶如尾隨著旅行者的響尾蛇一樣，旅行者雖知道要與它保持一段安全距離，但一不留神時，它便趕了上來（圖十一）。裝潢材或墩座沒有適當平衡除濕，加上燈具熱源較強，致使櫃內濕熱，此時若展場溫度稍作調降，則展櫃玻璃界面內側更容易出現霧狀，甚者會結成水滴。特別是櫃體小的展櫃或小櫥窗，這種現象要特別留意與預防。此外後開櫃後面空間要保持良好的通風，以防悶熱。展櫃位置要離開受到日曬的牆面等，這些都是與溫度效應相關而值得注意的細節。

後，須在相應展件需求的環境下進行平衡一週以上，並檢測前後的含水量（不超過百分之十的含水量），特別是製作墩座應儘量避免在惡劣的雨天及半開放露天的工作點施作，如果未完全平衡而直接使用，因墩座含水量太高，可使櫃內濕度驟然增加，嚴重時更產生玻璃表面濛霧及結露的現象；反之墩座若過於乾燥，也等同乾燥劑一樣將櫃內濕度降低，故墩座除濕及與展場環境平衡必須納入策展的工作時程中。

書畫文獻等有機材質類文物以圖三之2.3的方式與展場環境連動性較佳，也較容易達到控制的效果，但要注意新櫃體，須保留充裕的時間與展場進行平衡，有時因為開展時間緊迫，一個星期的時間並不能充分的讓木質櫃體及裝潢塗貼的壁布完全釋放多餘的水氣，所以封櫃開展後仍有濕度上不穩定的情況發生（見圖十二）。曾有一次特展中展出石灰質石雕，使用了木柱作為石雕背後的支撐，這大型木柱含水量較高且釋放水氣的時間也較長，若是整個安置在櫃

場的相對濕度隨之調升。有時展櫃環境會隨著展場的溫度上升而增溫，櫃內的相對濕度也隨之降低（圖九）。展櫃內的燈光或光纖的激光器都有可能增加櫃內的溫度，適度的減光及移開激光器及增加散熱扇門，皆可以改善增溫的情況。若展場空間不夠大，易造成通風不良的空調死角，當人潮湧入時，展櫃內的溫度也會隨之升高，特別在短期熱門展是常見的情況，比如展櫃設定溫度在攝氏二十度時，因為上述的各項原因，導致溫度可升高為攝氏二十五度以上。

小型展櫃更容易受到燈照的影響而升溫，特別是使用投射燈，如唐三彩陶俑獨立櫃於每日開館時有明顯溫度上升的情況（圖十），這張溫度變化圖是以文物底座平面做為測量點，如果是陶器文物的頂部可能測得的溫度會更高。有效的解決方



圖十三 策展時規畫展場溫度分布圖，以改善展件環控的效能

的展櫃，通常櫃體的密封性是不會太好的，諸如隔板背板很薄、接縫空隙過大、展台與櫃底隔絕不良等，總是要事前經過周詳的安排或擬定補強的措施。這兩類展場設定的選擇，也是要以人力物力與管理層面上的考量為依據。此外，展件雖然依照濕度溫度分類來進行濕度調控，但還要依照該展件的庫藏環境來設定調整溫濕度的原則，特別是針對借來的展件，不可任意加以調動與改變，因為在展期結束後，這些展件便要回到原來貯放的地方。

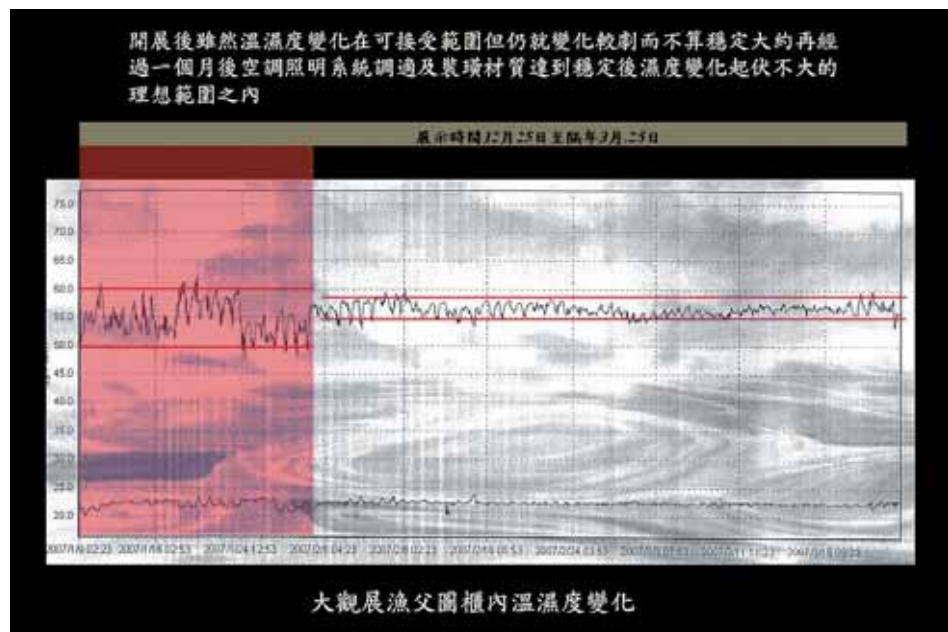
**結語**

展櫃濕度控制的方式，是與展件的本質、展櫃的製作、展

場的調控，有著密切的關連。從上述鋪陳的各項影響因素及管理方式的探討，可以了解到每個細節都有連帶的影響，有時因為忽略了其中某項因素，導致得重新再跑一次施作流程，嚴重時造成對展件的傷害。展場濕度分布圖則提供展場規劃的可能形式，也決定了這個展覽溫濕度調控的難易與成效，緊接著必須著重在展櫃的設計與裝潢上，例如有時墩座的製作並無預留調濕劑的位置，或者墩座及隔板使機械式除濕機排放氣的功效率不彰，有時更換調濕劑成為各單位的困擾，因展件得移開或要拆卸玻璃才能處理，有時櫃體的設計與擺放位置也使加強密封的作業不容易進行，有時忽略機具與燈源散熱的問題等，都應該在策劃展覽時進一步討論與研商。

策劃展覽就如作戰一般，作戰並非只是揮軍直往，還要配合後勤保修的全盤思維，如此才可以達到天時（溫濕度）、地利（展櫃設計、展場用材與規劃）、人和（環控管理）最佳的保護成效。

作者任職於本院保存維護處



圖十二 開展一個月內溫濕度變化雖符合安全範圍內，一月後曲線才接近更為理想的平穩線形。

內，因平衡時間不足，則可使用鉛箔先將木柱包覆以減少釋放水氣的問題。

**展前濕度分布圖的規劃**

特展展場濕度分布圖是依照文物溫濕度要求及展櫃與展場環控的連動關係所繪製的圖，宜由策展人員或展場設計師事先研擬，將平面圖中展場與展櫃繪上因濕度要求不同所代表的色調、標出空調出風與迴風口位置，並加以適當規畫展櫃的理想位置、參觀動線與展櫃標上紅框的設定等項。根據這個分布圖，增進整體展示規劃及評估環控作業進行的可行性，特別是針對綜合類型的展覽。

在確認展題及選件後，先行模擬展場的濕度漸近分佈，即依據環境及展櫃的特性來規畫濕度分布的漸近方式，展件屬性相同或相近的儘量規劃在一起，如果有特殊不同屬性必須配合展出，則在選定位置時用紅框標出，有助於施工前展櫃設計及空間區塊切隔的安排，使佈展人員更能清楚地進行佈展前的準備工作，提供維護人員作為調濕及空調調整的依據。

紅框出現的意義，在於指出因展覽規劃中或因展櫃及環境因素、或因展示排列方式造成不能控制濕度的展

件所在。這個部份須由工作人員進行討論修正，找出合適的解決方法。

假設一個長型的綜合式特展展場（圖十三），右邊(1)規劃為低濕金屬器展區，左邊(3)規劃為較高濕的有機材質文物展區，分別以圖三之1與2之情況來控制最為理想，如展櫃密封性較好，以圖三之1與2的方式亦可。中間區塊(2)可提供複合材質及對濕度要求較不敏感的文物，此區亦可作為整個展場從偏乾至偏濕的過渡區域，休館時有活動木門稍作阻隔，以減少因不同空調機組產生不同濕度的空氣發生混擾。

如果有與該區塊不同屬性要求且不可避免出現的少量文物則加以紅框標示，提醒工作人員做好調濕保濕的特別處理。圖三之1與2的方式雖然在空調的管理上比較方便，不過要考慮到進行櫃內控制時，展櫃的性質與展櫃數量多寡等因素的影響。使用圖三之1與2來控制，同時加強少量文物的特別處理，如櫃體密封性佳及調濕效果好，則在節省人力物力上還是比較有利的。一般短期特展重新製作