

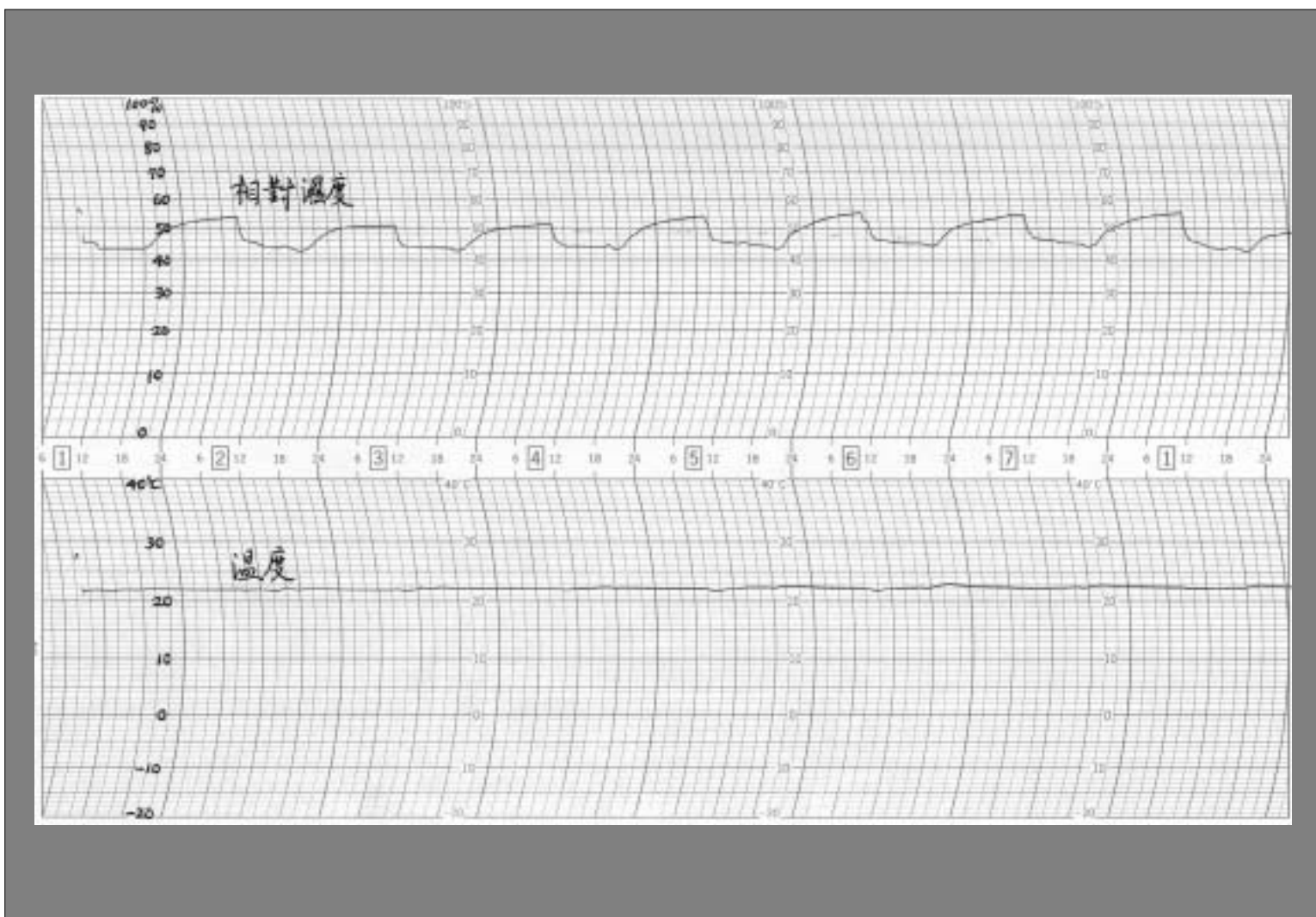
為展出文物作小空間的 環境控制

／張世賢

一、空間及其環境狀況對文物的 影響

文物在不受人為外力干擾的情況下，會對它的材質造成影響的主要因素，係它所在空間的環境狀況是否良好，而環境的狀況又與空間的大小、位置、界限等變數息息相關；在同一個位置，空間的大小和界限會形成不同的環境狀況。因此，文物所在的空間及其環境狀況是文物保存工作人員必須特別關注的問題。

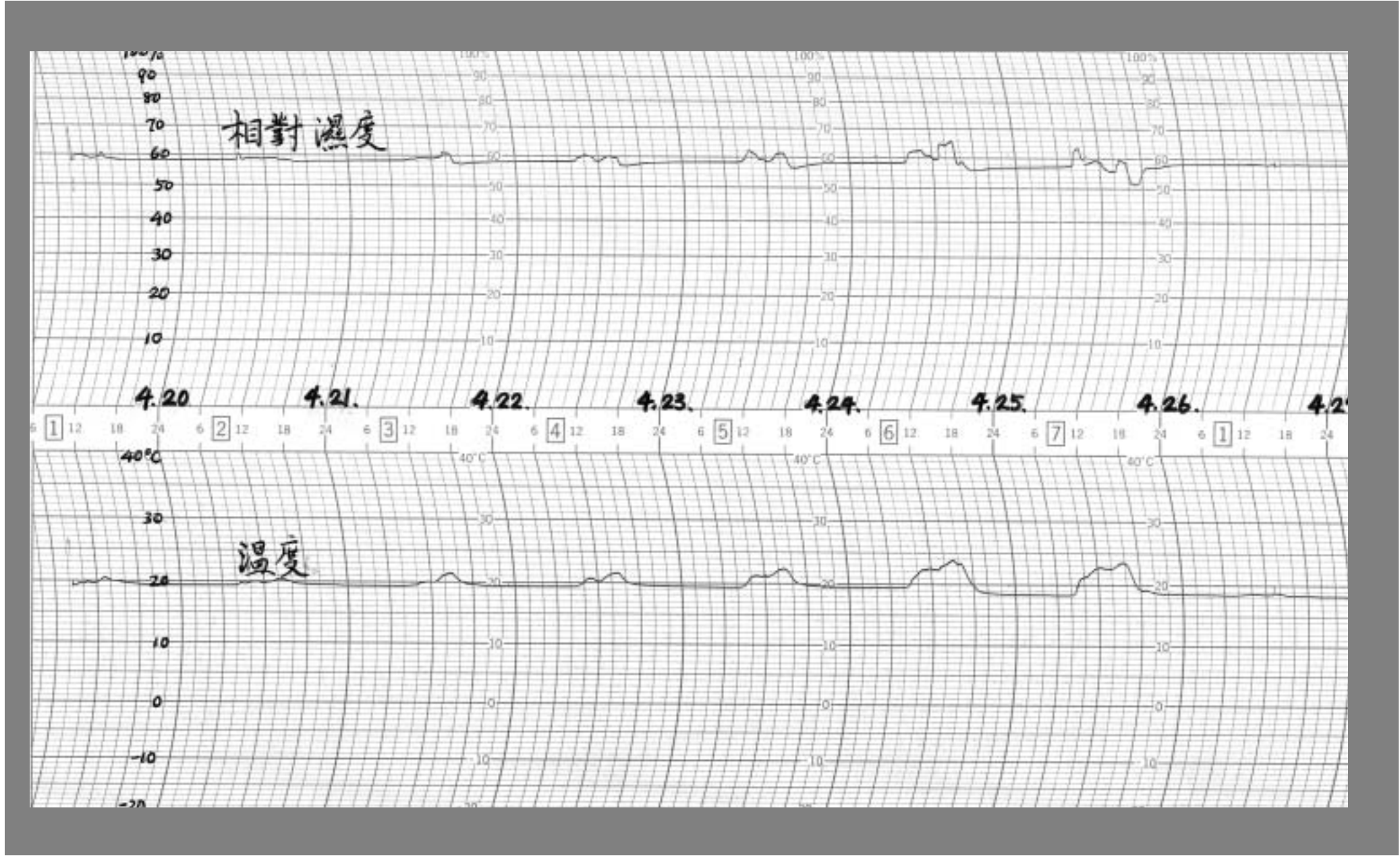
民國八十二（一九九三）年二月至四月間，國立故宮博物院曾舉辦一場法國印象派名畫家莫內（Monet，1840~1926）作品特展，觀眾蜂擁而來，把展場擠得水洩不通。由於展場位在正館外緣，開幕初期沒有控制入場參觀人數，白天又沒把入口和出口的大門關上，場內的溫濕度除了受到外界環境狀況變化的影響以外，也因為大批觀眾出入而有明顯的上下起伏（圖一），這是因為文物所處的空間由室內延伸到室外的結果。後來院方採



圖一 故宮近代館位於正館外緣，平日白天開放時，前後出入大門皆敞開，室內環境狀況受室外影響很大，相對濕度每天都有高低起伏。本圖量測期間已屆秋末，故室內室外溫度相差無幾。

取限制參觀人數的措施，並採納筆者的建議，在入口及出口各裝兩道手推門，每隔一段時間開門讓一批觀眾入場，隨即關上。這項改善措施獲得了良好的效果，展場的溫濕度從此控制在可以接受的起伏範圍內，和電機房設定的環境狀況相差無幾（圖二）。

這個例子讓相關業務單位的同仁實地體認到，要保護陳列室的文物免於環境因素的影響，除了控制環境的設備要正常運作外，還須儘可能減少室內室外空氣的交流；要減少內外空氣的交流，也只有儘可能關緊門戶，讓文物所處的空間儘可能不要由室內



圖二 莫內畫作特展期間，故宮在近代館入口及出口各裝兩道手推門後，室內相對濕度即明顯趨於穩定。但有時工作人員忘記隨時關門，溫濕度即有高低起伏的狀況發生（如圖中4月24日及25日兩天）。

延伸到室外，除此別無他法。這個道理看來簡單，但由於人的感覺並沒有敏銳到能夠洞悉其中差異，一般的博物館員若非實地驗證，是不易接受上述說法的。尤其是，文物材質的劣化不可能在短時間內由肉眼分辨出來，文物保管人員更容易忽略上述措施的必要性。

封閉的穩定環境有利於保存文物，還有許多著名的例子，一九七二年在日本奈良縣發現的高松塚古墳就是其中之一。根據考證的結果，高松塚是七世紀末葉的日本貴族墓葬，墓中有保存得很好的壁畫，頗具中國盛唐遺風（註一）。令人驚異的是，經過測量後發現墓中經常保持著百分之九十幾的相對濕度。日本的文物保護專家認為，壁畫在埋葬初期因受環境條件變化的影響，質地必定產生了某種程度的變化，但是經過一段時間以後，壁畫即能適應原本對它不利的潮濕環境，而在相當穩定的情況下保存了千百年。

日本專家採取現地保存的方式，把這座古墓從入口到墓室的穴道分隔成準備室、前室A、前室B等三個部分，以隔絕外界溫濕度的變化對墓室中的溫度不停的變化，大氣的流動加上溫度的變化又促使相對濕度起伏不定，營造像地下封閉墓室中的超穩環境是極為不易的。即使目前開發的先進電機工程技術，可在一個密閉建築裡維持相對穩定的環境狀況，但這種企圖在陽光照耀下改變自然環境的工作，卻必須耗費數量龐大的電力。在這個日漸重視文化事務、重視保存文化資產的時代，也有越來越多的人深切反省我們是否過度消耗能源而破壞了地球環境。因此，保存文物的工作已經無可避免地要和保護環境的工作連結在一起。如何用最經濟有效的設施，將文物所在的空間營造出適於存放文物的環境，是保管文物的公私機構裡日常最重要的課題之一。

二、文物展出時的空間與環境

文物在陳列室展出時，它們所處的空間因情況不同而有大小之分。某些文物，尤其是大件的雕刻作品，不適合擺在櫥櫃裡展出，博物館的展廳就是它所屬的大空間，它受到的環境狀況的影響完全是那個大空間的各項條件造成的。一般的博物館為了藏品的安全以及防蟲防塵的需要，都會儘

內部的影響。另外又設置特殊的空調系統，使墓室內的溫濕度儘可能維持它被發掘前原有的狀態（註二）。他們認為，即使原來的環境條件對那種灰泥質的壁畫而言是極為惡劣的，但在變動幅度不大的情況下已經適應了千百年，就不可輕言改變那種狀態（註三）。

在中國湖南長沙馬王堆發現的西漢墓葬中，堆疊著白膏泥、生土、夯土、木炭以及多達四層的密閉棺槨結構，營造了一個不受干擾的、恆溫恆濕且缺氧無菌的穩定環境，使墓主的屍體在兩千年後膚髮猶存。在更早的四、五千年前完成的埃及大金字塔，是用數百萬塊巨石堆疊的、平均邊長兩百多公尺而高達一百多公尺的方錐形建築，完全封閉的結構加上當地乾燥的氣候，也一樣營造了不受干擾的、恆溫恆濕且缺氧無菌的地下室環境，得以保存許多文明早期的珍貴文物。

這些例子都清楚地表明，營造一個不受干擾的、恆溫恆濕且缺氧無菌的環境，是保存文物的不二法門。然而，相對濕度是隨著溫度的變化而升降的，日夜輪轉和四時更迭使得空氣

量把中小型文物放在櫥櫃裡展示，文物受到的環境狀況的影響則可以侷限在櫥櫃內的小空間中。

保存文物的首要工作，在為文物所在的空間營造適合需求的環境狀況。空間越大，變數越多，環境狀況越難掌控。因此世界各地的博物館大多將文物擺在櫥櫃裡展示，主要也是基於保存工作上的需求。

三、一般陳列櫃在環境控制功能上的分類

大體說來，目前各博物館的陳列櫃約略可以分為三種。第一種櫃子比較簡陋，內外空氣能夠自由流通，污物、塵垢、蟲鼠等皆可能入侵櫃內，主要的功能還是隔離內外，防止竊盜。第二種櫃子的製作用材比較講究，封閉得比較好，儘量減少材料與材料之間接合的部位，必要時還特別加以密封。這種櫃子除了便於控制環境狀況外，也能防止污物、塵垢、蟲鼠等的入侵，但內外空氣還是多少可以交流，並未完全氣密。此外，因材料劣化而產生的酸氣會在櫃內積聚起來，也是它的缺點。

第三種櫃子用更講究的不透氣材料製作，像金屬、玻璃等，接縫處都用鉛焊之類的材料封住，讓內外空氣的交流降到最低限度，是一般所謂的氣密櫃。但它也不可能完全密封，進入櫃內的少量空氣依然會造成若干材料的劣化而積聚酸氣。這類櫃子的製作，造價高而耗時長，一般只用來展示各別而特殊的有機質文物，較少用於脆質金屬器的陳列。

四、一九七〇年代以來博物館在陳列櫃內作環境控制的若干案例

自一九七〇年代以來，國際文物保存學界特別重視預防性的保存措施，許多文物保管機構都陸續在展出文物的環境控制問題上投注心力。一九八五年由聯合國教科文組織（UNESCO）出版的一四六期 MUSEUM 季刊，是討論博物館陳列櫃內環境控制問題的專號，其中提及美國加州蓋提博物館（J. Paul Getty Museum）收藏的一幅約為一三三〇年代的蛋彩畫，入館之前存放在一間沒作環境控制的銀行保險庫，導致畫板皺縮了三·七五公釐，而在左邊的畫板和畫框之間

形成一個大的垂直裂縫。該館工作人員觀察的結果，發現它的畫板對濕度的改變十分敏感，若能讓它擺脫加州當地乾燥氣候的影響而持續存放在濕度較高的環境，則畫板即可漸漸擴張而縮小裂縫。於是他們就為該畫設計了一個氣密陳列箱，箱內放著能使相對濕度高達百分之六十以上的調濕劑，兩年以內就讓畫板延展了〇·四五公釐。這是控制文物所在小空間的環境狀況，使其組成材料不致因太乾而持續收縮的案例，和在臺灣大多必須除濕的情況正好相反（註四）。

英國東安格利亞大學（U. of East Anglia）的文物展示中心，原是在一九七〇年代早期石油危機發生之後不久興建的視覺藝術館，它的設計重點放在能源的有效利用上，並沒有特別針對展示文物的需求，因此冬天室內非常乾燥，輕巧的建材又使它易受室外環境狀況變化的影響，以致夏季的相對濕度起伏甚大，很不利於展示文物。一九七八年該校決定展出文物藏品後，即將原有的陳列櫃改裝為氣密櫃體，並利用大量矽膠（每立方公尺二十公斤）調濕，獲得很好的效果（註五）。

一九七九年義大利佛羅倫斯各界人士為當地一所著名音樂學院珍藏的古老樂器籌辦特展，但預定展出的地點是一座位於該市歷史上重要中心地帶的古老宮殿建築，無法增設空調機組。經過專業評估的結果，決定製作氣密櫃並用矽膠調濕。由於氣密櫃品質甚佳，當櫃外相對濕度的起伏大到百分之三十時，櫃內在一週之內的起伏都可以不超過百分之二，而使展出工作得以圓滿結束（註六）。

在一九七〇年代，開羅的埃及博物館（Egyptian Museum）珍藏的古代皇室成員木乃伊被送到法國處理霉害問題之後，發現產生了變色的劣化現象，當時的沙達特總統為此還一度下令撤展館中向來為各國觀光客注目焦點的這些木乃伊。埃及文物管理當局因此擬議特別改進木乃伊藏品的陳列方式，而於一九八五年委託美國蓋提文物維護研究所（Getty Conservation Institute）設計實用而美觀的陳列櫃。蓋提針對埃及方面的需求，研究開發了氣密度很高的玻璃櫃，內部充滿具有一定濕度的氮氣，另置能夠穩定相對濕度的調濕劑，以及能夠吸去殘餘氧氣的吸氧劑；櫃底則裝置一具風箱，

可用以緩衝櫃內空氣在壓力和體積上的變化。

CC研發這類陳列櫃時，堅守以下幾項原則：1. 它應該不靠任何機械或電機裝置就可發揮功能；2. 它至少間隔兩年以上的時間才需要稍做維護；3. 它應能在開發中國家製造並測試；4. 它的製造成本要盡量壓低。

CC研發成功之後，埃及博物館首先用來展示上述古代皇室成員的木乃伊，印度國會也用來展示印度憲法的原始文件，西班牙的 Biblioteca 博物館則用來展示一具開始出現劣化跡象的木乃伊，櫃內改以氫氣充塞（註七）。

這些在一九九〇年代製作使用的氣密式陳列櫃，是特別為保存博物館中含蛋白質材料的藏品所設計的。像木乃伊之類的藏品，若不存放在低氧環境中，將難免遭受蟲霉危害。國內一般收藏文物的博物館少有類似藏品，或許不必講究低氧的問題，但用氣密度比較高的櫥櫃來維持相對濕度的穩定，以展示有機質或纖維質材料所組成的藏品，則是目前比較可行、比較正確的方向。而從節約能源的觀點看來，它更可說是唯一的抉擇。

五、美國重要立國文獻的展出與保存

1 美國對待重要歷史文獻的態度

一七七六年在英國殖民統治下的北美十三州民眾發表「獨立宣言」(Declaration of Independence)，與英國展開獨立戰爭，獨立成功後分別在一七八七年及一七八九年制訂了「美國憲法」(The Constitution) 和「人權法案」(The Bill of Rights)。這些文獻是美國開國先賢訂下的立國基本原則，已經成功地護衛了美國兩百多年的民主傳統。自從他們開國以後的國家領導人、專業學者以及一般民眾，無不希望這些重要文獻都能永久留存；同時，美國人爲了讓世世代代的子孫能夠在親眼閱讀這些文獻之後獲得感召激勵，決定在採取嚴密週到的科學保存及安全防護的情況下永久陳列這些文獻(註八)。

2 同時達成兩極目標的嚴酷挑戰

永久陳列與永久保存這些文獻，是互相衝突的兩極目標，對保存專業

人員是非常嚴酷的挑戰。美國人在第二次世界大戰結束後的一九五〇年代，就開始不惜工本地爲這些重要而脆弱的羊皮紙文件製作氣密櫃，櫃內充滿相對濕度調整到百分之二十五(三十的氮氣來保存它們。經過四十幾年後的一九九〇年代末期，他們抽取櫃內氣體樣本加以分析的結果，卻發現有相當程度的氣體滲漏，和文件接觸的玻璃也出現異常現象，有些地方開始模糊起來，疑係玻璃產生的化學質變導致的，乃由美國國家檔案局(National Archives)、國家標準與技術研究所(NIST)、國家航空暨太空總署(NASA)、洛瑟拉莫斯國家研究所(Los Alamos National Laboratory)等機構，利用最先進的科技設計製作新的氣密櫃。他們爲此還特別在二〇〇一年九月和二〇〇二年四月召開了兩次研討會，希望最新的工程技術能讓新櫃內的每一頁文件都可被清楚閱讀，希望櫃子輕得可由兩人舉起，容易開啓也容易重新密閉，並且具有悅目莊嚴的外觀(註九)。

3 目前正在檢討改進一九五〇年代的保存措施

在一九五〇年代製作那批氣密櫃的專家們，自信他們的技術可能保護這些文件百年以上而不出問題，但不到半世紀就發現科技有其侷限，一些不明的變數總會使問題變得比較複雜。目前美國正在集合許多機構的一流專家，傾力改進保存重要文獻的技術，利用鈦、鋁、強化玻璃等材料製作氣密櫃，櫃內小空間改充氮氣，希望能夠如期於二〇〇三年在國家檔案局的圓形大廳裡推出展示(註十)。

這是迄今爲止使用最多人力、物力和經費，爲保存文物而營造理想的小空間的案例之一。

六、國內博物館陳列室的環境控制問題

經過許多文物保存專業人員的鼓吹說明，國內的博物館員大概已經瞭解到，相對濕度的控制是文物保存工作中異常重要的環節，不得以任何理由忽略這個項目。目前的問題是：如何控制文物所在環境中的相對濕度，才最有效而又節約能源？

長久以來，國內外博物館最常採用的方法，是以特殊的中央空調系統維持文物所在環境的恆溫恆濕。在博物館展廳裡，這種系統不但照顧到展品所在的陳列櫃內的狀況，更讓觀眾活動的廣大櫃外空間也維持恆溫恆濕。這種能夠保護文物又超出觀眾需求的空調系統，不用說它的耗電量是非常可觀的。以國立故宮博物院爲例，在尚未裝置恆溫恆濕空調的民國七十年(一九八一)，正館展廳普通空調的每月平均耗電量爲六萬五千六百度，近年來正館恆溫恆濕空調的每月平均耗電量則超過二十七萬二千度，爲從前普通空調的四倍多(註十一)。國內其他博物館或美術館的情況，可能也大同小異。在能源不足、供電吃緊的臺灣，在許多大建築內耗費這麼多電力，卻主要爲觀賞文物者提供超過需求的環境條件，實爲必須早日檢討改進的課題。

七、將故宮陳列櫃改裝為氣密櫃體的嘗試

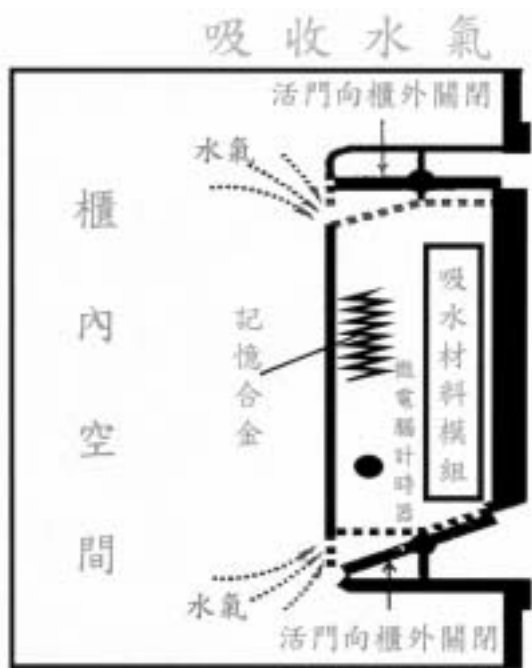
1 惜物惜福的考量

臺北故宮博物院現有的展廳櫥櫃大多為鋼材組成，十分堅固耐用。但一九八〇年代汰換櫥櫃時，完全依循在整棟陳列大樓內裝置恆溫恆濕中央空調的方向去思考，不曾考慮利用氣密櫥櫃展示文物的方案。因此，這些堅固的櫥櫃不具有良好的氣密性，反而必須讓內外相通，以免櫃內受到照明燈具散熱影響而造成溫濕度的起伏變化。如果能夠利用現代材料改裝這些

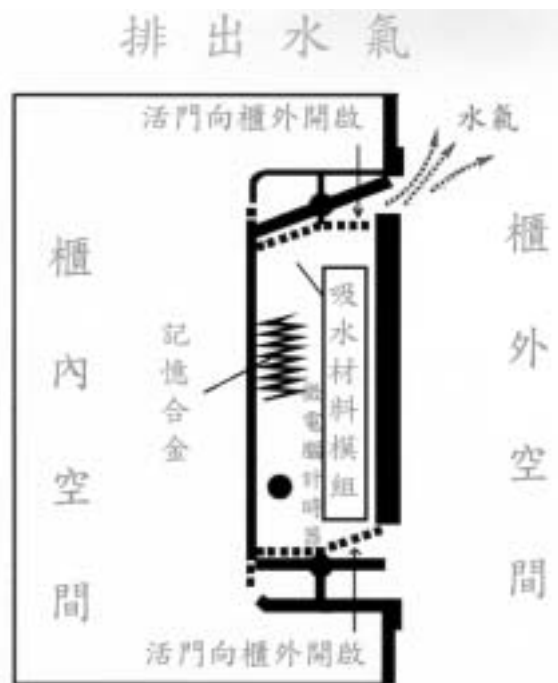
櫥櫃，使它們具備良好的氣密性，另以不致在櫃內產生熱氣的光纖燈配合，則大批鋼製櫥櫃應該還可以使用很長的時間。否則，如果每次都因配合新的展示設計而汰舊換新，將會造成無謂的資源浪費。

2 改裝之後的櫥櫃

在惜物惜福的考量下，筆者主張儘量保全現有櫥櫃，乃於二〇〇二年春夏之間試將一個銅器獨立展櫃改裝



圖三 分子篩調濕器吸收櫃內過量的濕氣時，活門向櫃外關閉。（繪圖 吳佳琦）

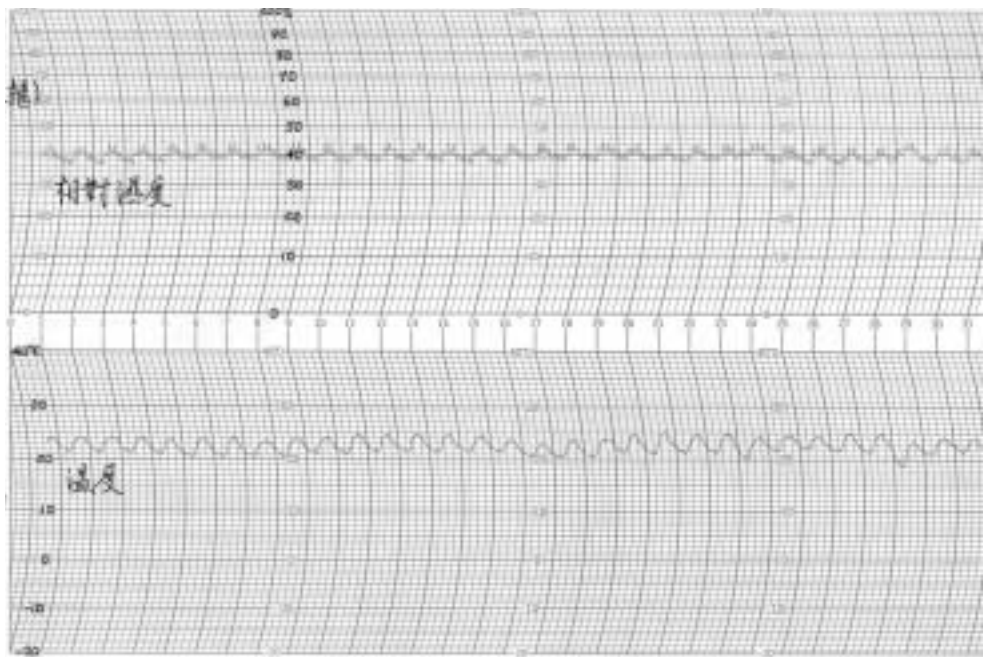


圖四 吸收了一定量濕氣的分篩稍升溫後，可將濕氣排出，此時活門會向櫃外開啟。（繪圖 吳佳琦）

為氣密櫃體，在櫃內各個界面利用能夠防止氣體滲漏的材料加以密封，並用分子篩（molecular sieve）調控櫃內的相對濕度。分子篩的主要組成材料沸石（Zeolite）是鈉、鉀、鈣、鋁的水化矽酸鹽，一般化學式為 $Na_{12} [AlO_2]_{12} (SiO_2)_{12} \cdot nH_2O$ ，它的晶體具有無數孔隙，經人工處理後其孔隙可普遍達到 4×10^8 cm，稍微升溫時會漸漸失去所含水份，但其結晶構造則維持不變；降溫後又可重新吸收水氣，恢復原有的含水量，亦能吸附分子直徑比其孔隙還小的氮氣、氧氣、氧氣、一氧化碳、二氧化碳、氨氣、硫化氫等。因此，分子篩具有吸收濕氣及排放濕氣的雙向功能，當某一封閉空間的相對濕度達到吾人設定的狀況時，分子篩的材料模組（module）會自動斷電。當它必須排濕或吸濕時，材料模組上的活門會對櫃內或櫃外開啓或關閉（圖三、四），直到櫃內環境達到要求的狀況為止。

將改裝完成的銅器獨立展櫃內部空間的狀況加以偵測，結果可將相對濕度長期控制在適於存放銅器的百分之三十至四十之間（圖五），旁邊另一臺未改裝的同型展櫃，在同一期間測

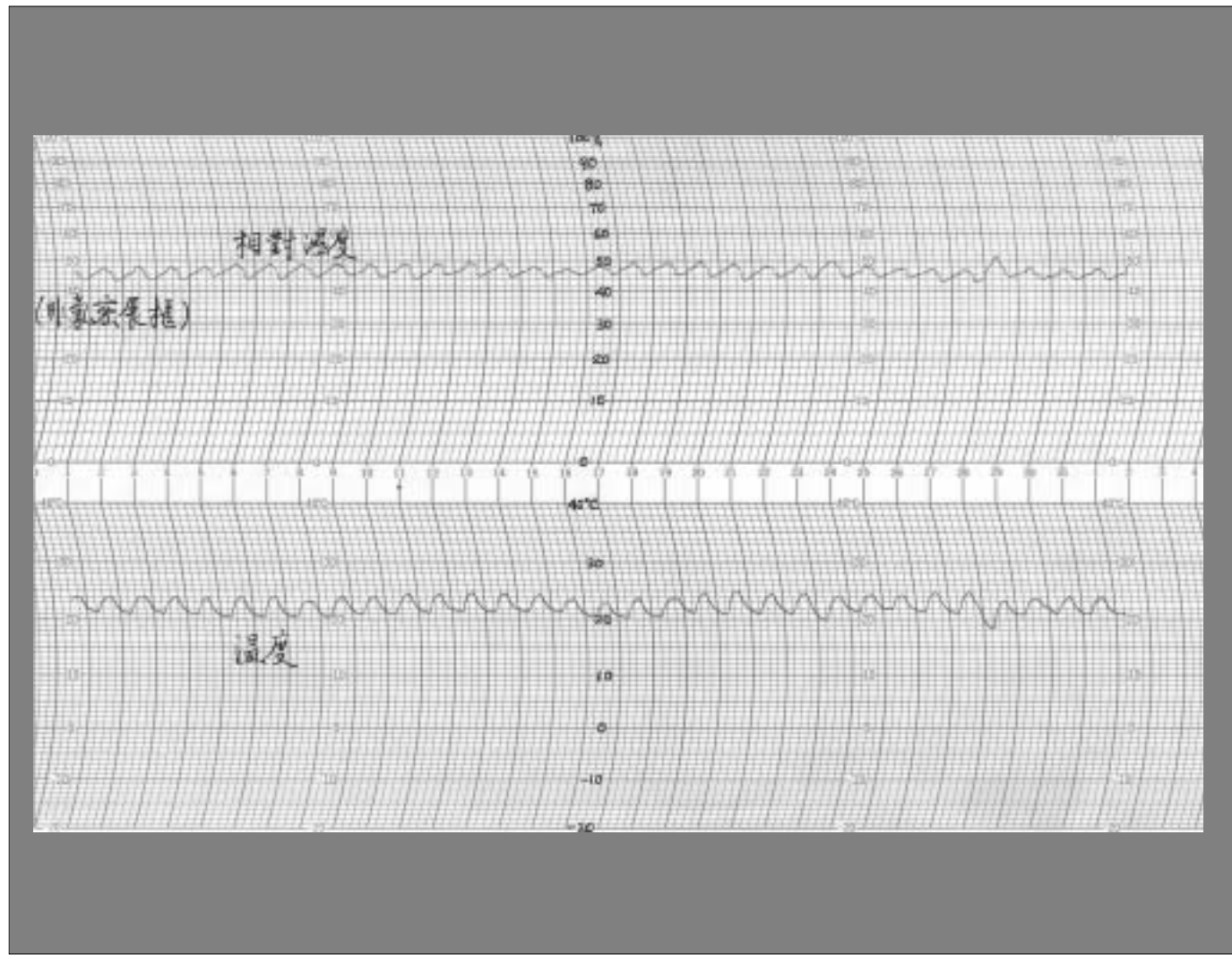
得的相對濕度則為百分之四十五至五十（圖六）。由於櫃內有日光燈會散發



圖五 故宮銅器陳列室內的臺台獨立展櫃，改裝為氣密櫃體並用分子篩調濕後，櫃內相對濕度可以控制在35-40%之間。

熱氣，白天開燈後溫度就上升攝氏二
 四度，致使兩個櫃子的相對濕度每
 天都有百分之三左右的起伏。此乃有

待進一步改善的缺點，若櫃內無法免
 除燈管的裝置，理想的情況當然是分
 子篩的調濕功能可以增強到不受燈管

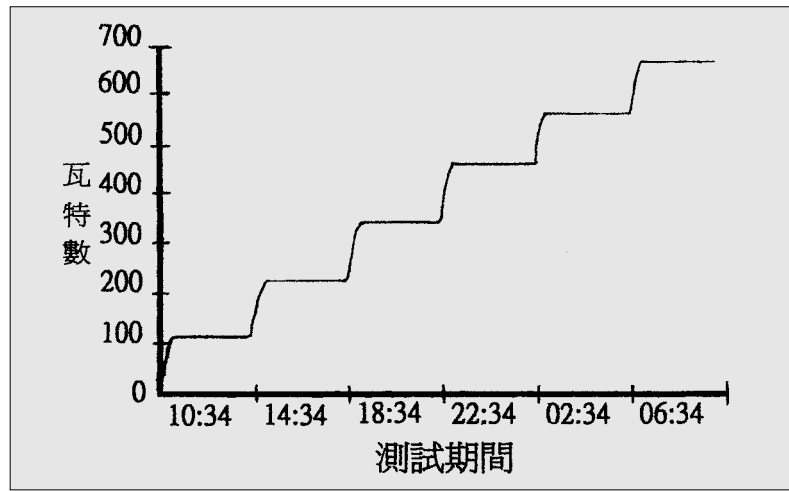


圖六 上圖展櫃旁邊之另一同型展櫃，在同一時間測量的櫃內相對濕度，則為45-50%之間（該室空調的相對濕度設定在45%）。

散熱的影響而讓相對濕度維持穩定，
 這對有機質或纖維質文物是很重要的。
 雖然如此，這已顯示改裝現有展櫃
 並在櫃內調濕有其可行性。跟著要
 解決的問題是：這種裝置究竟有沒有
 推廣的價值？

3 分子篩調濕器的耗電量

分子篩調濕器在排出水氣及開關
 活門時才需用少量的電。為實際測量
 該裝置的耗電多寡，乃將電力分析儀
 接到該櫃的電線迴路上，在完工後的
 六月十五日十時三十四分至次日十時
 三十四分作二十四小時的計測，結果
 共耗電六五五·〇七三瓦小時（圖
 七），一個月以三十天計，則一個月的
 耗電量為：六五五·〇七三瓦小時乘
 以三〇等於一九六五二·一九瓦小
 時，等於一九·六六仟瓦小時，約等



圖七 電力分析儀記錄分子篩調溼器一天的耗電量

於一九·七度電。若每度電價為三元，則該櫃每月所需電費約為三元／度乘以一九·七度等於五九·二元。

該櫃長度為一公尺，目前故宮陳列櫃總長度約為一〇一九公尺，假設這些櫃子全部改裝為分子篩調濕櫃，並且櫃子深度及高度皆相同，又假設耗電量與櫃內體積成正比，則陳列櫃每月全部耗電量將為該櫃的一〇一九倍，即一九·七度乘以一〇一九，等於二〇〇七四度。至於觀眾所在的櫃外空間，只需供應一般空調，這種空調的耗電量可以民國七十年（一九八一）故宮正館普通空調的每月平均耗電量（六五六〇四度）為準，則櫃內櫃外的全部耗電量為：二〇〇七四加六五六〇四等於八五六七八度，不及近年故宮陳列室恆溫恆濕空調每月平均耗電量（二十七萬二千多度）的三分之一（二七二五二四除以八五六七八等於三·二），差距可謂相當大。就節約能源的觀點看來，這種裝置是值得在博物館推廣使用的。

八、分子篩調濕櫃的長處與短處

分子篩是主要由具有無數細孔的

高達到二八〇萬元。因此，每當夏日屢破尖峰用電之際，筆者內心總有十分歉疚之感，亟思另循他途來做好這項工作。如今既能以遠為少量的電力達成目標，筆者希望這類裝置能發展得更為完善，在保管文物或藝術品的機構推廣使用，以節約電力的耗費。

不過，雖然這種裝置用電很省，究竟還是需要在陳列櫃內拉配電線，難免讓一般的博物館員擔心電線走火的問題。只是，電線會不會走火全看絕緣做得好不好，絕緣完備即不用擔心，況且任何燈具都必須在櫥櫃配置電線，即使光纖燈也要將光盒擺在櫥櫃下方。因此，若一再為電線走火的問題而擔心恐慌，就不用開陳列室讓人參觀了。無論如何，這總是它不如無需用電運作的調濕法之處。

九、與矽膠調濕劑的優劣比較

眾所周知，先進國家早就研發了多種品牌的調濕劑，其中以日本利用矽膠（silica gel）製成的 Artsonb 應用較為普遍。英國的保存科學家 Gary Thomson 認為，在氣密性良好的櫃子裡，每立方公尺放置這類調濕劑一公

沸石（zeolite）製成的調濕器材，可以經由物理吸附作用捕捉比沸石孔徑還小的水氣分子，也可以在自動稍微升溫後排掉多餘的水氣，讓某一特定封閉空間維持所需的相對濕度。水氣的吸收或排放，完全由其中的記憶合金主導活門的開關來完成，不必假手機械，因此沒有馬達噪音的困擾。

如前所述，利用分子篩在氣密櫃內調濕的裝置，耗電量甚少，所需電流亦十分微弱，只要設定分子篩應該具備的功能，它就可以提供金屬器需要的乾燥環境，提供書畫、古籍等類文物所需的百分之五十五相對濕度，甚至漆器所需的比較潮濕的環境。分子篩還可以自行再生（regenerate），可以長期使用而無需汰換。這些都是十分值得稱道的長處。

當然，它只耗用少量電力即能營造適於保存文物的環境，是相當重要的長處，應該特別加以說明。自從一九七〇年代筆者從歐美引進以恆溫恆濕的環境條件來保存文物的觀念以後，臺灣耗費在文物或藝術品上的電力即急遽增加；例如故宮近年來每月平均用電都接近一〇〇萬度，每月繳交電費平均超過二〇〇萬元，單月最

斤，即可在相當長的時間內維持平穩的相對濕度（註十二）。故宮陳列室中必須調濕的櫥櫃內部空間，器物及文獻部分粗估約有九〇〇立方公尺，書畫部分約有五九六立方公尺，以這類調濕劑一公斤市價約新台幣三〇〇〇元計，第一年至少要編列購置費新台幣（九〇〇加五九六）立方公尺乘以一公斤／立方公尺乘以三〇〇〇元／公斤，等於四四九萬元。

由於各家製作的氣密櫃規格品質不一，櫃內每立方公尺必須放置多少公斤矽膠才能充分發揮調濕的功效，並不一定。例如本文第三節提及英國東安格利亞大學展示文物的氣密櫃，每立方公尺就需要二〇公斤矽膠，如此則故宮第一年即應編列四四九萬元乘以二〇等於八九八〇萬元預算購置矽膠，也是一筆龐大的數字。雖然這類矽膠經過還原處理即可循環使用，但經過若干年後還是要汰舊換新，因此每年也都要編列補充消耗的預算。

這類調濕劑用起來比分子篩麻煩的地方，在它每隔一段時間必須取出作還原處理，需要額外預算人力、空間、設備以及電力上的耗費；同時，矽膠材料比較容易退化，尤其在處理

溫度超過攝氏一百四十度時，因此它的使用年限也遠低於分子篩。當然，它不必在櫥櫃內耗電，則是勝過分子篩的地方。

十、結論

即使耗費龐大的人力物力，也不易製作完全氣密的理想櫥櫃。美國為保存重要的立國文獻，正不惜工本改良能夠兼顧永久展示與永久保存兩種極端需求的陳列櫃。類此幾乎完全密封且充滿惰性氣體的陳列櫃，一般博物館實無力大量製作。而博物館難免要頻頻換展，若採用上述氣密櫃，則每次開櫃後皆須重新灌滿惰性氣體，麻煩又浪費，並不切實際。若採用氣密度比較高的櫥櫃，且能以簡便的裝置維持櫃內小空間中相對濕度的適當平穩，對不時要開櫃換展的博物館是比較可行的。

此次故宮改裝的獨立氣密櫃是存放青銅器用的，當櫃內的相對濕度設定在百分之三十至四十時，一個月只需耗電一九·七度，是一種相當省電的裝置。存放書畫、文獻、織物等有機質或纖維質文物的櫃子，櫃內相對

濕度則維持在百分之五十五左右，不必頻頻加溫除濕，將更為省電，故宮陳列櫃中有不少屬於此類。先前計算的耗電量全部以達到百分之三十至四十的相對濕度為基準，因此故宮陳列櫃若全部改裝為以分子篩調濕的密閉櫃體，實際每月櫃內調濕耗電總量將低於二〇〇七四度，加上櫃外普通空調的耗電量，合計將更低於目前正館恆溫恆濕空調耗電量的三分之一。

除了省電的有利條件外，調濕用的分子篩不易劣化，能夠長期使用而不必汰換。它還可以吸附硫化氫之類的有害氣體，是一種多功能的調濕裝置，值得在博物館裡推廣使用。

誌謝

承蒙故宮會計室同仁羅麗華小姐在百忙中協助統計故宮歷年用電的狀況，並細心製成表格，方得估算正館展廳若改用氣密式陳列櫃而只作櫃內小空間的調濕，所能節約的電力；承蒙科技室同仁楊源泉科長、唐瑜凌先生測量氣密櫃內的溫濕度變化，賴永貳

先生、胡晶光先生、廖廷賢先生及徐碧玲小姐測量故宮全部陳列櫃的尺寸及體積，方便陳列櫃改裝後之性能追蹤及調濕劑用量之估算；承蒙機電室同仁王錦輝技正及周寶益先生協助故宮展廳用電之估算；承蒙吳佳琦小姐協助繪製插圖，特此一併誌謝。

註釋

- 一、王仲殊，〈關於日本高松塚古墳的年代問題〉，《考古》，一九八一，第三期，頁1117~1128。
- 二、〈特別史跡高松塚古墳保存設施概要〉，日本文化廳，昭和五十一年三月。
- 三、澤田正昭，《文化財保存科學紀要》，王瓊花翻譯，張世賢校訂，國立歷史博物館，二〇〇一年，頁四五。
- 四、Andrea Rothe, Climate controlled show-cases for paintings, *MUSEUM*, 146, UNESCO, 1985, pp. 89-91.
- 五、Brian Ramer, Show-cases modified for climate control, *MUSEUM*, 146, UNESCO, 1985, pp. 91-94.

- 六、Gael de Guichen, Controlling the atmosphere for 197 musical instruments, *MUSEUM*, 146, UNESCO, 1985, pp. 95-98.
- 七、Shin Maekawa, Design & Construction of the GCI's Hermetically Sealed Display and Storage Case, *Oxygen-Free Museum Cases*, the Getty Conservation Institute, 1998.
- 八、http://www.nist.gov/public_affairs/Charter/charters_of_freedom_project.htm
- 九、http://www.me1.nist.gov/charters_seminar/intro.htm
- 十、<http://216.239.33.100/s.../gbw123.html> + Declaration of Independence&h1=en&ie=UTF-
- 十一、張世賢，〈臺灣的氣候特性與博物館環境控制法的抉擇〉，《兩岸文物保存修復會議論文集》，二〇〇一年十月，國立歷史博物館，頁118。
- 十二、Gary Thomson, *The Museum Environment*, Butterworth, 1986, p.111.

