

清華大學入藏戰國飽水 竹簡的預防性保護

趙桂芳

一、清華簡的日常保養

由於文物是歷史遺留下來的文化遺產，它是特定歷史時期人們所生產創造的，因此它反映了當時歷史時期的政治、經濟、文化等各方面的信息，所以，文物具有歷史價值、藝術價值和科學價值，又因為出土的竹簡在地下經歷了若干年環境因素的影響，其外觀和微觀結構發生了很大變化，因此極其脆弱和腐朽，又由於文物不能再生，因而保護和保養好這批飽水竹簡文物就是我們保護工作者的歷史責任。

1. 竹簡腐朽的原因

竹簡保存狀況的好與壞，既取決於組成竹簡的質地材料，更取決於它所經歷的環境。飽水竹簡的保養包括竹簡本身的養護，首先飽水竹簡要防乾、防黴、防塵，防震，另一方面就是竹簡的保存環境條件，即環境的溫濕度、光輻射、環境的空氣品質等。由於清華戰國飽水竹簡在地下經歷了兩千多年的漫長的歷史進程，在地下水、有機物和微生物的物理、化學綜合疊加作用下，竹簡內部的纖維結構發生了很大變化，其內部的礦物質流失，細胞大部分受到破壞，竹簡在地下由乾變濕吸收大量的水分，並由於環境繼續變化，竹簡吸水或在脫水的動態過程中交替變化着，竹簡的外形因吸水而膨脹，脫水而收縮，加上微生物的不斷侵蝕作用，竹簡材質的纖維和細胞壁受到極大的破壞，飽水竹簡的質地變得相當脆弱，但竹簡在地下之所以能保存下來，主要是因為竹簡化學組成中的纖維素與水分以氫鍵形式締合，使得飽水竹簡能保持一定的形

狀,又由於墓葬除了用泥土以外還用密度很大的白膏泥(或青膏泥)和大量木炭進行密封,造成墓室內缺氧、避光、環境溫濕度相對恒定,在這種特定條件下,墓室內的氧氣耗盡,竹簡的變化處於相對穩定狀態,也就是竹簡不再變化了,只要環境不再改變,竹簡就會穩定地長期存在。當發掘出土時,古墓葬被打開,墓室內的文物藏品就顯露出來,即暴露在開放、有氧、有光、有微生物和溫濕度變化的大氣環境中,竹簡要適應新的環境條件並開始變化,如果任其變化,飽水竹簡中的水分會逐漸蒸發,由於水的表面張力較大,當水分蒸發時,水的表面張力會使已經腐朽脆弱的竹簡產生內聚力,它就會在竹簡的薄弱處出現收縮、變形,乃至於開裂甚至毀壞,只要我們人為地創造干預條件,就能使其變化程度減小或控制住。在飽水竹簡脫水時,我們選擇表面張力較小的有機溶劑置換竹簡內的水分就是基於這個道理。清華入藏的戰國飽水竹簡由於曾經流失在境外,可能存在很多不利於保存的未知因素,而且它的狀況也更加複雜,因此,對於它的保養和預防性保護更需要加強。

2. 環境因素的影響

溫度和濕度是直接影響文物材料的兩個最普通的因素,任何材料組成的文物都有它最適合的溫濕度條件界限,如果超過這個界限,文物藏品就容易發生病害,溫度升高會加速化學反應進程,高溫高濕又會滋生黴菌,尤其濕度對文物的影響較溫度更大。由於竹簡是由竹材製作而成,竹子是有機質地材料,對環境的溫濕度極其敏感,吸水膨脹,脫水收縮,這是竹子材料的特性,因此,控制和調節好庫房的溫濕度是保存竹簡穩定的必要條件和長久之計。

光也和溫度、濕度一樣,是影響文物長期保存的重要因素之一。光對文物材料的危害除了它的熱效應能加速有關化學反應之外,光化學反應對文物損害更大,有時會使藏品徹底崩潰。光輻射中的紫外綫對竹簡的損害是極其嚴重的,它可以降解有機質地材料,加速文物藏品的老化進程。竹簡在飽水狀況下特別要注意微生物的侵襲,塵埃和大氣污染物也會使已經腐朽的飽水竹簡文物雪上加霜。

3. 飽水竹簡的保養

文物藏品的保養是阻止或延緩文物老化變質,儘量減少文物受損、維護文物品質而採取的預防性保護措施。文物保養包括方方面面,從接觸文物開始,對它的保養就已經開始了。

(1) 保存竹簡所使用材料的選擇

爲了更好地保存竹簡,減少其他外界材料因素對藏品的影響,我們在選擇盛裝竹簡的容器、容器蓋、薄膜、支撐竹簡的材料、捆紮竹簡的綫繩和選擇編碼等材料和用具進行了多種材料的最佳篩選,篩選的材料應符合文物保護的要求,這是我們選擇文物

藏品使用材料時所必須考慮的因素。

根據清華簡的具體情況首先要選擇合適的容器盛裝竹簡，市售的成品並不適用，那麼用哪種材料製品更適用呢，我們從搪瓷盤、塑膠盤和不銹鋼容器中考慮其利弊因素進行選擇，如搪瓷盤因品質問題用一段時間後會星星點點脫掉瓷片傷及竹簡材質，而且對部分清華簡來說其瓷盤的長度尺寸也不合適，塑膠盤因是高分子材料製作，隨着時間的推移，其塑膠不可避免逐漸老化，會給文物藏品造成潛在的風險。還有一種就是不銹鋼材料，其強度好，不會和化學溶劑發生作用，性能優於其他兩種材料，根據材質的堅固程度、性質和實用性的比較，我們選擇了不銹鋼材料，訂制大小規格的容器。爲了遮罩庫房燈光對竹簡的輻射作用和防止其他物質落到盤內，需要訂做容器蓋，訂做容器蓋我們也進行了材料比較。我們從無色透明和不透明的有機玻璃板材中選擇了後者，原因是選擇能夠遮光不透明的有機玻璃板製作容器蓋板有利於滿足竹簡的防光、防其他物質的需要；爲了阻止空氣中的塵埃及其攜帶的微生物進入浸泡液中，我們同時從幾種塑膠薄膜材料中選擇透明度好、無毒的聚乙烯薄膜作爲封閉容器的材料。由於匏水竹簡質地柔軟、脆弱、易斷，爲了防止斷裂，必須用一種具有一定強度的材料支撐，由於竹簡上面有文字，還要考慮材料有很好的透明度，我們選擇材料應考慮到它的強度、透明度、無毒和今後脫水時對化學試劑穩定等因素，從聚四氟乙烯、載玻片和矽玻璃三種材料中擇優選取，聚四氟乙烯不透明，載玻片太薄，強度不夠，矽玻璃透明度好，強度也理想，又是無機材料，也避免了有機材料揮發出的異味，比較這三種材料的性質後，我們決定使用由無機材料組成且透明的矽玻璃做竹簡的支撐材料。使用的玻璃條的薄厚也需要考慮，根據竹簡尺寸和強度我們選用2厘米厚的玻璃條。固定竹簡的綫繩，也需要考慮其強度和色澤。由於匏水竹簡暫時還存放在潔淨的水中，固定竹簡的綫繩要不怕水溶液的長期浸泡，即不宜腐朽，同時不會掉色，考慮上述因素，我們選用了市售的白綫來固定竹簡。選擇固定在竹簡上的編碼材料也進行了周密思考，選擇編碼材料要考慮材料在水中或在溶劑中不會發生化學反應，即材料在水中的穩定性，比較鋁材料和不銹鋼材料的性質，後者符合我們的要求，因此，我們選擇不銹鋼材料製作號牌編碼。幾年來的實踐證明我們按照文物的保護要求選擇材料對文物保存有益無害，效果理想。

(2) 對匏水竹簡的日常保養

匏水竹簡在保存過程中，還會從竹簡內不斷滲透出一些無機物質和有機物質，根據情況我們在適當的季節更換浸泡液，一般來說，儘量減少更換蒸餾水的次數，使竹簡內部保持相對平衡狀態。我們根據情況在竹簡浸泡液中加入一定濃度的殺菌劑，防止菌類的滋生，當然，儘量少用殺菌劑，防止殺菌劑給竹簡今後的脫水工作帶來

影響。

我們每週都要多次地檢查庫房飽水竹簡的狀況,觀察竹簡和浸泡水溶液是否有變化,溶液內是否產生異物,浸泡液的水位是否在安全綫以上,庫房空調是否正常運轉,有無異常,觀察庫房溫濕度變化情況,離開庫房時對門、窗和電進行全面檢查,察看是否關好和鎖好。

爲了保持庫房空氣清潔,減少庫房內的污染物含量,需要選擇合適的天氣進行通風換氣,同時經常清潔庫房,凡是和保護無關及易於揮發污染氣體的用品、器具嚴禁存放在庫房內,保持庫房內的清潔環境。

(3) 加強管理

在節假日和寒暑假前我們自身進行全面安全檢查,同時校方也組織安全檢查小組進行再度檢查,層層檢查目的是排除不安全隱患,同時加強保衛工作,在節假日和寒暑假期間我們都會製定文物保護預案,由領導帶班,安排中心專業人員返校檢查庫房內的文物和庫房安全情況。

學術界有需要參觀竹簡的來賓需要辦理報告手續,嚴格履行一定的申請、審批制度。保護人員也是按照文物的保護理念,不折不扣地履行文物博物館系統的文物保護要求和保管規定,並根據清華大學的具體情況製定了文物庫房保管制度和工作人員進入庫房的規範要求,嚴格履行,因爲文物是國家的,也是世界的,是人類共同的文化遺產。

二、竹簡的預防性保護

館藏文物的“預防性保護”理念是1930年在義大利羅馬召開的關於藝術品保護國際研討會上第一次被提出,至今已經成爲世界各國保護文化遺產的共識和努力方向。

我們爲什麼一再強調加強館藏文物藏品的預防性保護,是因爲一些事實告訴我們保存環境較好的博物館,管理到位,環境因素對文物藏品的影響就小,保存環境差的文物單位,管理又不到位,藏品就會因環境因素的不利出現各種病害或有加劇的趨勢。2004年受國家文物局的委托,原中國文物研究所承擔全國館藏文物腐蝕損失調查專案,全國的文物行政部門根據專案實施方案及工作計劃,負責所屬國有文物收藏單位的全面普查工作,對館藏文物由於人爲和自然因素造成的損失進行調查。調查內容按材質、等級、來源對金屬、石質、陶瓷、紙質、紡織品、竹木漆器、其他(象牙、館藏

壁畫、皮革、骨器)七大類文物進行數量調查;同時對自然和人為因素造成的館藏文物消失的數量、庫房面積、環境控制情況、技術力量的投入、保護修復經費的投入等進行全面調查,調查結果發現一些單位的金屬文物腐蝕穿孔,出土漆木器遭朽、蟲蛀,紡織品碳化、黴變,紙張脆化、汙跡,石質文物風化、開裂,壁畫酥城、剝落等,這些現象的出現,是由多種因素造成的,但其中一大部分原因是保存環境不佳所致。因此,要想加強文物藏品的預防性保護,防止文物受損,首先當地文物部門領導重視,地方在資金上向博物館傾斜,使博物館能夠購置文物保存環境的控制設備,這也是博物館減少文物藏品損失的重要方面之一。現在我國保護文物的重點已從搶救性保護修復為主,向以預防性環境調控,防止文物老化方面轉化。對文物影響較大的室內環境如溫濕度、光輻射、污染氣體、黴菌等環境因素,這些因素對文物長期保存有着至關重要的影響。

文物的保存環境即指博物館內部的保存環境,即庫房的溫濕度、光照、庫房的環境、空氣品質等,這些因素又和博物館的外部大氣環境息息相關。清華大學位於北京的西郊,校內綠樹成蔭,樹木可以起到一定的淨化空氣的作用,文物庫房區域車輛相對較少,由汽車排出的尾氣造成的污染相應較少。為了保證出土的文物能在較好的環境中長期保存,國家建設部和文化部早在 20 世紀 90 年代初就已製定有關博物館建築設計規範及實施方面的要求,目的就是給文物藏品一個良好的保存空間,文物除了有一個密閉的標準庫房外,庫房內的環境溫濕度要求相對穩定,庫房的照明要符合博物館文物藏品照明的要求,同時,庫房內的空氣品質要達到博物館藏品保存環境空氣品質標準。這是保存好文物最基本的條件和保證,當然,進行科學管理也是相當重要的。

1. 庫房溫濕度的控制

為了使清華簡能在較穩定的溫濕度環境條件下保存,庫房安裝了三組空調系統,控制環境的溫濕度變化,但要想使庫房內的溫濕度控制在標準範圍內還很難,通過對庫房溫濕度的記錄,從春到冬,一年四季庫房相對溫濕度變化明顯,尤其是冬、春兩季。因為現在清華簡是匏水狀態,對環境的相對溫濕度要求還沒有那麼苛刻,因此,暫時使用這種空調設備還可以,如果匏水竹簡脫水後,就必須採用控制文物庫房環境溫濕度的恆溫恆濕空調機組來嚴格控制庫房的溫濕度變化,同時必須安裝淨化空氣的過濾裝置,防止室外的污染氣體和塵埃進入庫房,避免污染和損害竹簡等文物。對於竹簡類有機質地文物來說,保存簡牘的環境溫度應在 18℃~20℃ 範圍內,相對濕度在 50%~55% 之間浮動,一般認為日溫差不高於 2℃~4℃,相對濕度每天變化不超過 3%~5%。清華簡牘庫房已安裝了溫濕度感測器,在中控室可以隨時掌握庫房的溫

度、相對濕度的變化,若有異常,可以隨時調整(但很難達到標準參數)。爲了瞭解庫房的溫濕度變化,我們在庫房內掛置了型號爲德圖 175H1 溫濕度記錄儀,根據需要我們事先設定好記錄溫濕度的間隔時間,它可以即時記錄庫房的溫濕度變化,同時記錄儀可以連接電腦下載溫濕度資料和變化圖譜,從下載的材料我們可以瞭解到庫房任意時段的溫濕度變化資料,可以看到每日每時或一晝夜庫房溫濕度的變化情況,也可以瞭解一年四季庫房溫濕度變化的趨勢,根據情況可以對庫房的溫濕度進行調整。

清華大學保存竹簡的庫房是老式建築,老建築牆體相對比現代建築牆體厚實,這樣隔熱、保溫、隔潮效果相對較好,同時,老建築由於年久,由建築材料帶來的污染氣體已不復存在,這是現代建築所不及的。清華簡庫房兩側有外走廊,相當於文物庫房兩側的回廊,還有一面背靠房間,也等於有空間距離並多了一層外牆與外界相隔,同時,在進入庫房前,還有一個幾平方米的過渡間,這比直接進入庫房要好些,可以起到一定的緩衝作用。

冬天取暖期間,庫房內空氣較乾燥,我們用絕緣的塑膠海綿將庫房的暖氣管片適當地覆蓋,可以降低暖氣的散熱量,庫房的溫度便有所降低(標準庫房一般是不安裝暖氣的,尤其是水暖,會給庫房帶來很大的風險,而是用恆溫恆濕空調機組來控制文物庫房的溫濕度),所以我們只能根據現狀對庫房環境做些力所能及的事情,減少不標準庫房和外部環境對其文物藏品的影響。

現在一些博物館已經採用電腦無線網路遠端監測和控制文物庫房及展櫃的溫濕度,這種技術保證了展櫃的微環境條件,使文物溫濕度環境得以保證,有條件的博物館在展出極珍貴的文物展品時使用智慧型展櫃,這種展櫃具有恆溫恆濕、淨化空氣等功能,但是這種智慧型展櫃價格昂貴,要想普及使用暫時還很困難,只有最珍貴的文物藏品才能享受這種待遇。因此,建立展櫃的微環境即節能環保又能達到保護文物的目的,對於中小型博物館還是比較實際的舉措。

2. 光輻射

光是具有能量的,光輻射對文物藏品的損害不可小視。清華簡的庫房共有 3 扇玻璃窗戶,這一點也不符合文物庫房無窗或設小窗的要求(現在基本不設窗)。室外自然光輻射到地面後含有熱輻射和紫外光輻射,它可以通過玻璃窗直射進入庫房,威脅到庫房內文物藏品的安全。因此,爲了避免光線的射入,我們採用兩層窗簾遮罩光輻射,其中一層是防紫外綫窗簾,這樣能在一定程度上起到避光及防紫外綫的作用。

由於竹簡要求避光保存,在庫房內,有三組開關控制庫內照明,採用的照明是冷光源的螢光燈,使用時根據需要分別開啓電源開關,工作結束後立即關燈,掌握好照度和減少藏品的曝光時間,嚴格地講如果照明光源中的紫外綫含量超過 $20 \mu\text{W}/\text{Lm}$,

就應採取適當的措施,庫房光源的照度以 50 Lx 較為理想,一般來說庫房採用防紫外綫燈管,因它可以過濾掉 97% 的紫外綫。

對於展品來說,防光就更加重要,因為展品如不加控制,就會全天暴露在光照之下,因此,博物館展廳的燈光設計就需要更加科學,它們從各方面都在減弱光照對文物藏品的風險,比如對光敏感的字畫採用聲控系統照明、光纖照明等。對於文物藏品展櫃來說,使用哪種玻璃材料製作展櫃櫥窗,即能夠消除紫外綫,同時參觀者又能清晰地看到展品,過去很難同時做到,如今已成爲現實。今年在廈門召開的博博會上由玻名堂展示了第三代低反射玻璃的重大成果,這種玻璃材料可以過濾掉 99.9% 的紫外綫。由於玻璃表面進行了特殊處理,其與普通玻璃相比具有較低的反射比,使光的反射率降低到 1% 以下,減少反光,使圖像更清晰,參觀者的視覺效果更好;同時因為玻璃採用了夾層處理,可以阻止衝擊物穿透,遇到意外情況,玻璃仍能保持完整性,保護藏品不受其害。這種優質玻璃產品是博物館系統所需要的,也是其他行業對文物保護事業的貢獻。

近些年來在中國 LED 光源已廣泛地用於其他領域,有些取代了傳統光源,在博物館系統內有些單位在文物藏品展廳、展櫃採用了 LED 光源照明,因為 LED 光源光效高、耗電少、壽命長、光源安全可靠、有利於環保,這些優勢也爲今後全面取代傳統光源提供了有利條件,LED 光源的使用爲更好地保護文物、節能和環保提供了更好的前景,有些博物館也使用了光纖系統照明,這也爲更好地保護文物藏品提供了保證。當然,文物博物館系統使用 LED 光源,還需要經過專家研討,文物專家進行評估。有資料介紹上海博物館和華東理工大學用 LED 燈對染色(植物染料)絲綢的褪色研究,得出的結論是 LED 燈由於其藍色波段的能量較高,對大部分染料的褪色影響高於傳統的鹵素燈和螢光燈,因此,博物館在使用 LED 光源照明時,應加強對照明光譜的設計,減少有害波段照明對文物藏品的影響。

3. 環境空氣品質

對文物保持環境的預防性保護,除了溫濕度、光輻射要嚴格控制外,對庫房內的空氣品質(空氣污染物)也要進行監測和控制。上海博物館的文物保護中心在文物保存環境方面做了專題研究,並提出博物館藏品保存環境的空氣品質分級標準,根據這個標準我們委托清華環境監測中心對竹簡庫房內外影響較大的幾種相關污染物的檢測。

室外大氣環境品質的好壞對博物館文物藏品的保存影響較大,因為空氣是無孔不入、無處不在的。空氣污染物種類很多,對文物藏品危害的污染物主要有以下幾種:有害氣體如 NO₂、O₃、SO₂、H₂S、HCl、甲醛、有機化合物、可吸入顆粒物,空氣中的

微生物對竹簡材質會造成損害。我們對其中 SO_2 、 NO_2 、 O_3 和粉塵的作用機理簡述如下：由於二氧化硫和氧可發生氧化作用並與水形成硫酸，酸可使竹簡類有機質文物發生酸性水解反應，降低纖維素的機械強度；二氧化氮對文物的損害也是很大的，它易溶於水形成強酸，使纖維質地文物發生水解；臭氧是強氧化劑，能夠破壞有機物碳鏈上的雙鍵和三鍵，從而使文物降解甚至於徹底毀壞；粉塵是一種良好的吸附劑，能夠吸附二氧化硫、氮氧化物、氣溶膠等氣體，粉塵帶有酸鹼性，黴菌和孢子，對有機質地藏品的材質造成污染和破壞性的危害。

粉塵對於文物藏品的危害不可低估，過去一般要求庫房留有過渡間或長廊，並要安裝風淋設備，去除進入庫房人員身體上帶來的塵埃，防止塵埃攜帶微生物帶進庫房造成庫房空氣品質下降和文物的污染及菌類的滋生，對於徵集的民俗文物藏品和外展回來的展品入庫前都要進行消毒殺菌處理。現在一般新建的博物館是在庫房總門進口處兩側牆壁設置了過道式風淋設備，這樣基本可以阻止外部塵埃的進入，從藏品保存上減少了一種不利因素對藏品的影響。

博物館的藏品在保存過程中由於環境溫濕度、光照、庫房內空氣污染物的影響，在短時間用肉眼可能看不出文物藏品有多大的變化，但是在長時間作用下，竹簡文物從內到外，從量變到質變，即從外觀發生形變，內部結構也慢慢地發生了質的改變，這時文物藏品已受到極大的損害，產生不可逆轉的變化，乃至失去原貌直至於徹底損壞，失去應有的文物價值。

2011年我們結合相關課題研究請清華大學環境工程系環境檢測中心為清華簡庫房的相關空氣品質進行了階段性監測，主要檢測簡牘庫房中的主要的四種空氣污染物 SO_2 、 NO_x 、 O_3 和可吸入顆粒物(PM_{10})。

他們檢測方法是：

(1) 採用美國製造的 42i 型氮氧化物($\text{NO}-\text{NO}_2-\text{NO}_x$)分析儀採樣分析為一體的儀器，採用化學發光法進行資料分析。

(2) 採用美國製造的 49i 型臭氧(O_3)分析儀，採樣和分析為一體，採用紫外光度法進行資料分析。

(3) 二氧化硫採用甲醛吸收—副玫瑰苯胺分光光度法分析。

(4) 可吸入顆粒物(PM_{10})採用智慧大流量 TSP(PM_{10})採樣器進行採樣，採用重量法進行分析。

檢測結果表明有些資料在博物館推薦的館藏文物保存環境品質一級標準之內(SO_2 和 PM_{10})，有些資料在二級和三級標準之間。除此之外，我們用儀器對庫房的一年四季溫濕度變化進行了連續記錄，對光源照度和紫外綫含量也進行了檢測，通過

檢測庫房環境的相關參數,可以掌握庫房的環境現狀,調整和改變對保存藏品不利的環境因素。但清華庫房為老式建築,屬於國家重點文物保護單位,必須保持文物原貌,無法進行改造,因此無法安裝更好的控制文物保存環境的空調機組和淨化空氣等設備,我們希望新庫房建成後,清華簡的保存環境會有徹底的改變,文物藏品就有了永久安全的歸宿。

要求文物庫房的空氣品質達到文物保存環境的要求,在現有條件下,一些大中型博物館還是可以達到的,尤其是近幾年來有些博物館建築進行了重建和擴建,配置了更好的控制環境參數的儀器設備,加之科學管理,給文物藏品一個較為理想的保存環境,如果有些小型博物館暫時還不具備條件,可以設立文物保存的小環境,如展櫃微環境,這樣做效果也比較好。

現在我國文物博物館事業已經將“提高館藏文物風險的預防能力”作為保護科學和技術發展的目標之一,利用網路技術和傳感技術對文物的保存環境進行監測、評估和控制,降低由環境因素給文物造成危害的風險,提高對文物藏品的保護能力。

文物保養的目的是阻止或延緩文物老化變質而採取的防護性措施,預防性保護是對館藏文物保存環境實行有效的監測和控制,抑制各種環境因素對文物的危害作用,使文物處於一個穩定、潔淨的安全環境,延長文物藏品的壽命,為現代文明服務。對文物藏品的預防性保護工作要伴隨着文物的始終,是一項長期艱巨的任務。

附:本文係國家社科基金重大項目“清華簡《繫年》與古史新探”(項目號:10&·ZD091)。

(趙桂芳 清華大學出土文獻研究與保護中心;出土
文獻與中國古代文明研究協同創新中心 研究員)

