

戰國飽水竹簡的搶救性保護

趙桂芳

文物是歷史的見證,是我們的先人聰明智慧的結晶,文物不能再生,一旦出土,必須及時地進行搶救性保護,才能使這一歷史文化遺存保存下來。竹簡是帶有文字的重要文物,它記載著歷史,在紙張問世和沒有普及之前,竹簡在中國古代文化史上曾起到過重要的作用。它的出土為研究古代歷史增加了實物資料,同時為現有文獻資料增加了佐證,亦填補了許多文獻資料的空白。因此,保護好這批飽水竹簡有著極其重要的歷史意義和現實意義。

1. 我國出土簡牘的主要區域及重要的發現

在介紹清華簡之前我們先瞭解一下我國出土比較重要的簡牘情況,出土的竹木簡牘有的來自於墓葬,也有的出土於遺址,還有一種是出自於廢棄的井窖。在古墓葬的棺槨中出土的竹簡、木牘基本是飽水的,出土的地區有湖北、湖南、山東、河南、安徽、江蘇、甘肅(天水)等省。由於西北大部分地區氣候乾燥、少雨,地下水位低,因此,在遺址中出土的木簡、木牘基本是乾燥的,分佈的地區有甘肅、內蒙、新疆、青海等省份。

出土比較重要的飽水竹木簡牘有:1972年在山東臨沂銀雀山一、二號漢墓出土的大量竹簡和木牘,1975年湖北雲夢睡虎地11號墓出土的秦代竹簡、木牘,湖北包山楚簡,郭店楚簡,1977年安徽阜陽雙古堆一號漢墓出土的竹簡,近些年在湖南長沙走馬樓古井出土的大量三國竹木簡牘和湘西里耶遺址1號古井內出土的秦代竹木簡等。七十年代在我國西北居延等地也出土了大量的漢代木質簡牘。這些簡牘的陸續出土為研究中國古代歷史,古代的經濟、文化、生活、法律等提供了很好的實物資料。

古代製作竹簡使用哪些竹材呢?因為竹子的種類很多,有些竹材適用於製作簡牘。從出土的部分竹簡測試結果來看,用於製作竹簡的有毛竹、剛竹、苦穗竹、箭竹、慈竹等等,但多數是用毛竹製作,因為毛竹來源方便,並且在竹子當中質地是最好的。

在古代,由於交通不發達,使用的材料基本是就地取材。

竹簡和木牘上的文字是用墨書寫上的,其次還必須有削刀。削刀的作用是將竹片或木片上寫錯的字迹刮去重寫。削刀分銅質、鐵質兩種,較好的削刀可加上鞘或在刀上刻上紋飾,加刀鞘可以保護削刀,雕刻紋飾可增加刀的藝術性。削刀一般長 20 多釐米。1959 年在河南長台關的戰國墓中出土了較完整的製作簡牘的工具,有銅削刀、小鑄、鋸、毛筆和竹簡,而且放在同一木箱中,這無疑是製作竹簡的工具箱。

1973 年在湖北雲夢睡虎地 4 號秦墓出土了文具研,有研石、研盤和墨一塊,墨為圓柱形,圓徑長 2.1 釐米,殘高 1.2 釐米,墓內同時出土的還有有字木牘兩塊。

2. 古代竹簡腐朽的原因

簡牘祇有在墓坑內存有積水、少量積水或在古井內有水的情況下纔能保存下來。而絕大多數木質簡牘在中國西北部地區烽火臺遺址中發現。由於西北地區氣候乾燥,遺址中的木簡距地表較淺,因而出土的木質簡牘是乾燥或基本乾燥的,出土後也要進行全面保護。從竹材和木材結構比較,竹材應比木材質地好,耐久性强並較易於長久保存。但竹簡在地下經過幾千年來環境的變化,由於棺液、地下水的升降變化及浸泡,土壤中的酸、碱度和環境溫、濕度的影響,更重要的是土壤中微生物的侵襲,其外形和內部結構發生了極其深刻的變化。但由於水的存在,出土時看來已經腐朽嚴重的簡牘仍能保持原狀。由於竹子的結構組織是由纖維素、半纖維素、木質素和果膠等有機物質所組成,這些物質往往又是微生物和蟲類的營養物質,在合適的溫度、濕度、PH 值條件下,菌絲所分泌的種種酵素把纖維素分解為葡萄糖,致使細胞壁徹底崩潰。除了微生物對纖維素的降解作用外,纖維素的降解還包括水解、氧化、機械降解等,這些因素的綜合作用是導致出土簡牘腐朽嚴重的原因。出土簡牘中的纖維素受到破壞,結構組織鬆軟脆弱、彈性降低,但由於水的存在支撐著細胞,使簡牘保持一定的形狀。從纖維素結構來看,竹材纖維素大分子間以及分子內存在大量的氫鍵,使大分子牢固地結合著。但纖維素中還有少量的游離羥基,羥基是極性基因,竹材又有親水性,於是當周圍環境中一旦有水分存在,竹材中纖維素上的游離羥基便吸附極性水分子,即在鏈分子間形成水橋,發生潤脹,而且潤脹程度是各向異性的。簡牘中的水分子就是這樣被吸附到纖維素內部結構中充填了細胞。

3. 飽水竹簡在乾燥過程中開裂、變形的原因

對於發掘出土的高含水率的簡牘來說,吸附水和游離水的失去都會使簡牘發生收縮,直接影響到簡牘的穩定性。

竹簡在乾燥過程中，由於其表層水分蒸發速度較內部快些，便形成內高外低的含水率梯度，加之水具有較大的表面張力以及竹簡的各向收縮的不均衡，乾燥時弦向收縮最大，徑向次之，縱向最小。這些因素的綜合作用造成飽水竹簡乾燥後出現收縮、開裂和變形等等。

最理想的乾燥條件應是簡牘內層的脫水速度和表層的脫水速度相適應，使簡牘表面諸層含水率與當時簡牘的平衡含水率之差越小越好。

4. 清華簡入藏時的概況

這批竹簡是 2008 年 7 月由清華大學入藏的流失境外的戰國飽水竹簡。由於流失境外，所以這批竹簡的出土地點、墓葬概況及墓內的保存環境均為未知數，入藏前亦存在許多原因不明的對保護不利的因素。竹簡入藏後學校的領導非常重視，在各方的配合下，進行前期的搶救性保護工作，在前期保護的基礎上已進入了日常的維護和保養階段。

4.1 歷史價值

清華簡由於來自於境外，產地不明，年代需要科學依據證實，因此必須做如下鑒定工作：文字、內容方面的鑒定，對竹簡做碳十四年代鑒定及其他相關方面的檢測。

文字和內容方面的鑒定是由清華大學組織全國知名的古文字研究專家、古文獻研究專家、考古學專家進行的。他們對這批竹簡反復觀察，從文字的寫法、竹簡的內容進行了充分的分析討論，達成共識，認定是戰國時期的竹簡。鑒定組一致認為，這批戰國竹簡是十分珍貴的歷史文物，涉及中國傳統文化的核心內容，是前所罕見的重大發現，必將受到國內外學者的重視，對歷史學、考古學、古文字學、文獻學等許多學科將會產生廣泛深遠的影響。

竹簡年代由北京大學采用加速器質譜(AMS)做碳—14 年代測試，經樹輪校正的資料為西元前 305±30 年，屬於戰國中晚期。

4.2 製作工藝

這批竹簡的製作過程和其他出土竹簡的製作過程基本類同，首先把竹子鋸成短筒，再劈成篾片，火烤(去除水分和蟲卵)，然後截成需要的尺寸，削薄、打磨，在篾片的竹黃一側書寫。為了便於翻閱，竹簡要編連成冊。編連竹簡一般情況下採用二道、三道或四道編繩，較長的竹簡也有採用五道編連形式。編連時，為了固定編繩，一般在竹黃一側的邊緣刻有兩個或三個直角三角形的小契口，但極少數竹簡也未見契口。編連時竹簡多用絲線，木簡多用麻繩，也有用皮條，但後者未見出土。

這批竹簡的尺寸有長有短，因此，在編連成冊時，為了固定編繩，在竹黃一側右邊

的上、下或上、中、下邊緣刻有小契口,在編繩處還留有纏繞的絲線或其編繩痕迹。但也有例外,較短的竹簡沒有刻小契口。這批飽水竹簡部分有編碼,有些在竹青一側竹節的位置寫有竹簡編碼,因為竹青一側光滑,竹節高於簡面,不便於寫字,因此,先用削刀把竹節削平,再在其上書寫竹簡編碼,還有些竹簡的編碼書寫在簡文的最下端,但大部分竹簡沒有編碼。有的竹簡背面有篇題,還有少量寬簡為表格形式,並用紅色朱砂劃欄線,朱砂大部分保存較好。

4.3 保存現狀

這批戰國竹簡,經清洗後數量為 2 388 枚,均為飽水竹簡。剛入藏時有些竹簡是



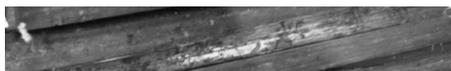
竹簡入藏前的塑料包裝

多枚捆成一束,用保鮮膜多層包裹。另一部分是用新竹片作托板,把竹簡放在其上,然後一枚一枚地用保鮮膜纏繞包裹,兩頭用塑膠膠條固定。打開保鮮膜,發現這批飽水竹簡長短、寬窄、薄厚不等,有幾種規格尺寸,大部分竹簡完整,也有部分殘片,有些竹簡是兩枚粘連在一起,需要進行分離。竹簡色澤深淺存在著差異,大部分竹簡暗褐色,少量暗黑色,亦有黑色污垢將字體覆蓋者,有些竹簡有較多的縱向裂縫,還有些竹簡在入藏

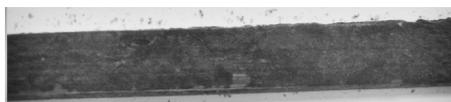
前對方曾處理過,簡面上有刮痕,而且上面沒有了墨迹。還有少量竹簡可能曾經乾燥過,因竹簡在水中不平整,竹簡兩邊向內凹陷,應屬於在境外保管不善造成的。所有的竹簡嚴重腐朽,質地較柔軟。我們用肉眼可以看到有些竹簡的簡面上有白色附著物,浸泡竹簡的水溶液有異味。有些竹簡上有殘損的編繩或絲線痕迹。字迹大部分較清晰,也有部分竹簡字迹淡漠或模糊不清,甚至看不到墨迹。

清華簡的尺寸大致有以下幾種:

簡長: 47.9 cm	寬: 0.55 cm
簡長: 46 cm	寬: 1 cm
簡長: 46 cm	寬: 0.4—0.5 cm
簡長: 41.5 cm	寬: 0.6 cm
簡長: 32.8 cm	寬: 0.42 cm
簡長: 22.8 cm	寬: 0.4 cm
簡長: 19.4 cm	寬: 0.48 cm
簡長: 16 cm	寬: 0.5 cm
簡長: 10 cm	寬: 0.5 cm



感染霉菌的竹簡



去污之前的竹簡

這批戰國飽水竹簡在地下歷經兩千多年，在地下水、微生物的物理、化學作用下，竹材內的纖維素、半纖維素大部分降解，細胞腔內充滿了水分，竹簡朽軟脆弱，強度大大降低。由於水的存在，竹簡仍能保持著完整的外形。在打開保鮮膜後，發現有些竹簡表面被泥土、污物所牢牢地覆蓋，有些竹簡表面生有白色霉



去污之後的竹簡

菌，經微生物室鑒定，顯示有大量球菌和桿菌，如果不及時清除，會造成對竹簡的進一步污染和腐朽。因為竹簡是有機質地文物，當竹簡在高溫、高濕的條件下極易滋生微生物，對竹簡的顯微結構造成嚴重的破壞，除了微生物對竹簡的降解外，出土的竹簡在地下還存在著物理、化學和機械作用的影響。因此，入藏後我們對這批竹簡進行了搶救性的保護，防止生霉的竹簡進一步腐朽和對其他竹簡的感染，同時對已產生霉菌和感染的竹簡進行去霉、清洗、殺菌等保護性處理。為了瞭解竹簡的現狀，我們對竹簡浸泡液水樣取樣分析。飽水竹簡水樣分析結果：原始水樣中， Cl^- 濃度是 7.40 mg/L ， PO_4^{3-} 濃度是 112.95 mg/L ， Fe 濃度是 0.79 mg/L ，因為在竹簡中 Cl^- 和 PO_4^{3-} 對竹簡的纖維會產生降解作用，因此我們用蒸餾水多次置換去除 PO_4^{3-} 和 Cl^- ，防止它對竹簡的進一步損害。竹簡內含有較多的磷酸根離子，分析原因，可能是竹簡在埋藏的地下吸收了酸性物質，或者是入藏前竹簡持有者用的包裝材料所造成的。

5. 對竹簡搶救性保護的重要性

(1) 據文字研究專家介紹，這批楚簡是秦始皇焚書坑儒之前的重要史料，是迄今所見書寫最規整的一批戰國文字簡。

(2) 由於文物不能再生，加之竹簡材質本身的特性，即易吸水腐朽柔軟，飽水竹簡易生霉腐朽等因素，應及時進行保護。

(3) 由於這批竹簡送來時有的已經滋生了白色霉菌，並感染了部分竹簡，竹簡上有很多污垢，因此搶救性保護尤為重要，抓緊清洗、去污、去霉、滅菌，用空調控制室內環境，為這批戰國飽水竹簡脫水工作奠定良好的基礎。

由於竹簡在封閉、絕氧、恆溫、抑菌的地下環境中形成一個相對穩定的動態平衡，一旦出土，平衡體系被打破，它就要在新的環境中趨於平衡，於是竹簡就要變化，達到新的平衡為止，人為控制可以防止它急劇地變化，於是我們把出土的飽水竹簡仍然存放在水中暫時保存，同時給它創造一個適合它的溫濕度相對穩定的室內環境，這樣竹

簡的變化會受到一些抑制。採用空調控制,可以做到恒溫恒濕,使出土竹簡在一個相對穩定的溫濕度小環境中保存,同時注意飽水竹簡的防霉等問題。

6. 飽水竹簡保護方案

飽水竹簡在保護過程中,首先要留取圖像資料,要做好文字記錄和拍照,每一個保護過程都要記錄下來,為建立保護技術檔案做準備。

6.1 保護方案設計依據和原則

保護方案設計應依據《中華人民共和國文物保護法》和《中華人民共和國文物保護法實施細則》等政策法規和保護準則要求,在充分實驗的基礎上,針對這批飽水竹簡進行搶救性保護。首先進行前期清洗、去污、去霉、殺菌、進行日常保養和拍照工作,為今後脫水保護作前期準備。處理過程應遵循以下幾條保護原則:

(1) 不管採用何種保護方法,保護簡牘上的文字要放在首位。同時竹簡上遺留下來的歷史信息儘量保存。

(2) 竹簡在脫水之前,可能的情況下儘量做一些必要的檢測分析(無損或微量取樣,否則就寧可不作),有助於竹簡保護方法的選擇、保護方案的制定。

(3) 採用化學試劑處理時不能損傷文字和文字載體。

(4) 在採用某種方法時,先選擇無字殘片做試驗,確認材料可靠、方法可行後再行處理。

(5) 經化學保護後的竹簡不能存在著任何隱患,同時符合可再處理原則。

(6) 根據最小干預原則,保護處理全過程要保證竹簡文物的真實性,經脫水加固後的竹簡要保持原貌。

(7) 提出竹簡的保存環境要求。

(8) 保護工作結束後撰寫保護科技報告,歸檔保存。

6.2 分析檢測

我們對這批飽水竹簡進行檢測主要是兩個目的,一是確定文物的年代,二是為制定竹簡保護方案提供科學依據。文物檢測一般來說儘量做到無損檢測或微量取樣檢測。必要的情況下取樣,要經過主管領導的批准,取樣可選無字或無法復原的殘片,如沒有就放棄檢測,不允許為檢測取樣使文物遭到任何損害。

檢測內容:

(1) 竹簡的碳十四年代測定

(2) 出土竹簡材質種屬的鑒定

(3) 竹簡顯微結構分析

- (4) 出土竹材化學成分含量分析(因樣品量問題,無法做)
- (5) 竹材含水率測定
- (6) 竹簡內鐵離子含量分析
- (7) 竹簡浸泡液中水樣分析
- (8) 竹簡上紅色顏料的分析
- (9) 竹簡浸泡液中霉菌、絮狀物的鑒定

以上分析檢測項目視情況而定。

飽水竹簡水樣分析發現,原始水樣中 Cl^- 的濃度是 7.40 mg/L , PO_4^{3-} 的濃度是 112.95 mg/L , 因為 Cl^- 和 PO_4^{3-} 對竹簡的纖維會產生破壞作用, 因此應儘量從竹簡中減少或清除, Fe^{3+} 含量高會影響竹簡的色澤。竹簡上紅色顏料用電子能譜分析進行比對確認是礦物顏料朱砂。這種紅顏料也由北京大學化學學院紅外檢測室檢測, 內含 SiO_2 。

竹簡原始浸泡液中的漂浮物用紅外光譜分析, 譜圖上具有蛋白質和磷酸鹽的特徵峰, 微生物檢測結果顯示有大量球菌和杆菌。

6.3 飽水竹簡清洗、去污

這批戰國飽水竹簡入藏清華時, 正值北京高溫高濕季節, 由於竹簡的保存現狀存在著極大的保存風險, 根據保存狀況, 及時採取果斷措施, 使風險降到最低。

6.3.1 除去泥土和污垢

竹簡在墓內浸泡過程中, 竹簡內及其表面積累了很多無機物和有機物, 通過測試原始水樣電導率是 55 us/cm , 純淨水的電導率標準是 $<10 \text{ us/cm}$, 說明竹簡內從地下水和土壤中吸收的無機礦物離子較多, 所以, 竹簡浸到水裏就可以將部分無機離子置換出來。

首先對竹簡去污。去污首選對竹簡無害的水作為清洗劑, 如果水溶液清洗無法達到目的, 再選擇用化學試劑, 因化學試劑的使用不當或清洗不徹底會給竹簡造成潛在的危險, 所以, 首先採用純淨水浸泡, 去除溶於水的無機鹽等物質, 然後清除竹簡表面的泥土。由於長期的積澱, 有些黑色泥土和污垢牢固地附著在竹簡上面以致無法看到文字, 很難去除。用水浸泡一段時間後, 纔可用小工具小心地去除這些物質。從竹簡上清除下來成碎片的污物, 是污垢和泥土的混合體, 它們將竹簡牢牢地包裹住。像這種情況的竹簡, 經去污和清洗, 上面的字迹很清晰, 因為竹簡上面的污垢反而起到保護墨迹的作用。這樣竹簡就還其本來面目, 同時消除了產生病害的根基。

這批飽水竹簡數量相對較大, 竹簡持有者不瞭解出土飽水竹簡保護的基本常識, 祇注意到一方面, 即不讓竹簡乾燥, 進而進行了保濕, 但沒有考慮到飽水竹簡在飽水、

密閉、高溫情況下微生物會滋生繁殖,也會損害到比較脆弱的竹簡。另外,他們用新竹片作竹簡的托板並包裹在一起,雖然可以防止柔軟的竹簡斷裂,但也會造成竹簡的霉變,因為新竹材在沒有進行乾燥處理之前本身也含有一定量的水分和蟲卵,也是微生物滋生、蔓延的溫床,新竹片和竹簡放在一起互相感染,會給已經腐朽的竹簡雪上加霜。清華大學分析中心檢測飽水竹簡的含水率,測得竹簡的絕對含水率平均值為 390%。

① 去除保鮮膜

操作流程:竹簡放入水中—去掉膠條—撤掉保鮮膜—竹簡浸水

由於飽水竹簡腐朽、柔軟、脆弱,因此這一過程是要細緻耐心地操作,纔能順利無誤地取出竹簡。這一步操作難度很大,即使有過保護竹簡工作經歷的人,見到這種包裝竹簡的情況,也要三思而後行。竹簡從保鮮膜中取出,不是一件容易的事,事先要考慮周到,制定一個可行的操作程序,準備好必要的用品、小工具,操作時要細心、謹慎,每一步都要用力適當、均勻,按照客觀規律去做,竹簡就會在有序的進程中從保鮮膜中取出,放入純淨水中,這時竹簡進入到一個全新的環境中,同純淨水進行交換。

② 清除污垢

操作流程:竹簡浸水漂洗—去除白霉—清除污垢—蒸餾水浸泡

竹簡去污是一件難度較大的工作,要求保護人員要懂得保護原則和基本的保護常識,同時應有參與竹簡保護的經歷,同時要求心細、手輕,精力集中,哪些東西要去掉、哪些東西要保留做到心中有數,有字迹的地方不要觸及到。除了對保護人員有嚴格要求外,使用工具也要有所選擇,如毛筆和竹質小工具等。這批竹簡大部分比漢代竹簡尺寸要長得多,竹簡又較薄、較窄、較軟,移動難度較大,因此從一個瓷盤移入另一個瓷盤過程中,我們選用合適的托板移送竹簡,效果良好。但為了更好地保護好這批來之不易的戰國竹簡,我們想盡了各種辦法,先嘗試,確認方法可行纔進行清洗、去霉和去污工作。清洗去霉、去污時,把保護竹簡上的字迹作為遵循的一項重要原則貫穿在全過程;決不可用毛筆刷洗竹簡,難於去除的泥土可暫緩操作,待泥土鬆動後再去除;在清洗過程中保留竹簡上的原始信息很重要,因為一些原始信息可能對今後的研究起到一種啟示作用,更主要的是這些重要的信息反映了歷史的一種真實。還有些竹簡是兩枚粘連在一起,需要分離,分離竹簡如果操作不當,會使竹簡的材質和文字遭到損壞,因此,不能急於求成,小心、耐心是做好工作的前提。通過大家的努力,清洗、去污工作達到了預期效果。經多次置換後再測水溶液,其分析結果是: $P < 0.1 \text{ mg/L}$, Cl^- 是 1.65 mg/L , Fe 是 0.058 mg/L 。同原始水樣測得的結果比較, P 、 Cl^- 和 Fe 的濃度降低了很多。

6.3.2 殺菌流程：配製殺菌劑—排除瓷盤中的水—放入殺菌劑—蒸餾水置換—更換蒸餾水

我們採用季銨鹽類殺菌劑對竹簡中的菌類進行了滅菌。飽水竹簡中的污染物很難一時清除乾淨，在蒸餾水浸泡過程中，竹簡內的一些物質溶解於水並被置換出來，於是浸泡液會變色、污濁，祇有較長時間的置換，纔能完全去除乾淨。置換出來的污物或空氣中的污染物都會滋生微生物，因此，殺菌勢在必行。經校分析中心和微生物專業老師鑒定，原始水樣中含有球菌和桿菌。鑒定後我們根據情況進行了殺菌。在保存竹簡過程中，原則上能不使用殺菌劑的儘量不用，如果必須使用，所用的殺菌劑最好達到無色、具有廣普性殺菌作用、使用劑量低、滲透性好、環保等要求。使用殺菌劑時，所用的濃度要根據情況、季節變化有所調整。

竹簡清洗去污後的短時間內，竹簡浸泡液中會因出現滲出液而使溶液色澤發生變化，或出現一些絮狀物。原始樣品經紅外光譜監測，可發現其中的絮狀物是蛋白質物質，這樣就要根據情況用蒸餾水更換浸泡液。如何更換容器裏的溶液？我們採用了一個穩妥的辦法，每次更換水溶液時不要移動盛簡的容器，防止因容器的移動造成竹簡在水中的晃動或簡與簡之間的摩擦、碰撞、移動等而造成對竹簡的損傷。換水時，我們採用較細的乳膠管等用品將水排除，同時立即用同樣的方法把蒸餾水桶放在高架上導入容器內，導管頭要貼著器壁，使溶液通過器壁流下。流進容器內的水溶液液面要高出竹簡幾公分，防止溶液揮發造成竹簡乾燥而意外損壞。上水和下水的乳膠管等用品都是分開使用，分別保管，不可混用，使用前後都要用純淨水進行清洗乾淨，用後放在固定的盤內備用。每次用的工具都要進行消毒，儘量減少外來因素對竹簡保存的影響。

7. 竹簡拍照

竹簡在入藏後都要進行初步拍照，目的是爲了研究工作和存檔使用。清華簡的拍攝工作由清華大學美術學院攝影工作室承擔。

7.1 要求

對出土竹簡照相是保護研究竹簡的一個重要程式。照相程式多，屬於流水作業，因此，要求參加此項工作的人員都要同心協力、嚴肅認真、規範操作，每個參與人員各司其責，同時要互相配合。參與人員要瞭解自己的工作內容、範圍，耐心細緻，服從統一安排。主要工作原則是科學嚴謹，正確處理既要拍攝好竹簡照片又要保護好竹簡的辯證關係，具體做到分工明確、脫色適度、擺版整齊、拍攝清晰、編碼有序、準確無誤。特別要防止對竹簡自身造成的危害，照相過程中仍要把保護竹簡放在首位，這是

參與人員必須遵循的原則,所以對參與人員進行現場培訓。爲了使試拍工作有序、高效、順利地進行,特制定脫色拍照流程。

7.2 拍攝操作流程如下:

操作流程:竹筒脫色—漂洗—擺板—登記—照相

照相是爲了保留文字檔案、研究和出版,因此要按照出版的要求進行拍攝,爲了拍好這批飽水竹簡,我們進行了試拍。但這批戰國飽水竹簡長短不同,顏色深淺不一,字迹的清晰度也存在著較大的差別,有些字迹用肉眼看不清楚,所以在竹簡照相效果上存在著很大的變數。我們首先對飽水竹簡進行脫色,通過脫色可以使竹簡色澤接近,原來較黑的底色變淺,字迹更加清晰,拍照效果理想。但脫色後竹簡在很短的時間內由於接觸了空氣氧化又會恢復到原來的顏色,由米黃色變爲深褐色甚至於黑色。造成變色的原因是竹簡接觸空氣後,竹簡內的二價鐵離子迅速氧化成三價鐵離子,又由於竹材分子結構中酚類物質中的羥基與三價鐵離子作用生成黑色物質,酚也可氧化成醌,使竹簡色澤變深。經校分析中心對竹簡原始水樣檢測,Fe含量是0.79 mg/L,經過多次蒸餾水的置換,竹簡水溶液裏的Fe含量減少到0.058 mg/L。但影響竹簡顏色的因素較複雜,爲了試拍的效果,我們對飽水竹簡進行了脫色。我們選擇草酸和連二亞硫酸鈉進行脫色對比試驗,進行不同濃度的篩選試驗。根據試劑的性質、對竹簡的影響及視覺效果的綜合考慮、對比,最終選擇連二亞硫酸鈉作爲脫色劑。脫色時在溶液中適量加入EDTA—2Na絡合劑脫色效果更好(可以保證竹簡在拍照期間不會返色)。根據竹簡的色澤差異及字迹的清楚與否,選擇不同的脫色劑的濃度及脫色時間,這樣拍照的效果能趨於更加理想。

按過去常規對飽水竹簡拍照,難度很大,因爲對飽水竹簡照相時,竹簡表面不能有水存在,否則會有反光現象。於是保護人員在拍照時須立即把竹簡表面的水吸掉,即便如此,在光照瞬間竹簡也要承受著因失水而出現乾裂的危險。因此,一般情況下祇允許在拍照瞬間表面無水,拍照前後都必須向竹簡上噴灑水霧,防止乾燥。這次我們進行了新的嘗試,使竹簡在有水的情況下試拍,如果理想,即達到了拍照目的,同時又不傷及到竹簡。經過反復試拍,總結研究,最終找到最佳的拍照參數,初步拍照達到了預期的目的。但是,還有一些竹簡因污垢遮蓋了字迹,還要進行補拍,對於那些字迹不清或用肉眼看不到的文字,今後可使用紅外線拍攝系統進行逐枚地拍攝,因爲紅外線具有一定的穿透力,可以把滲入竹材內的墨迹拍攝出來,使我們看不到的文字有些能夠得到復原。

因爲脫色後的竹簡在空氣中因氧化會逐漸變暗,所以照相要抓緊時間進行,因爲二次脫色對竹簡保存不利。脫色後對竹簡上殘留的脫色液要去除乾淨,以防後患。

8. 飽水竹簡的保存

操作流程：去除脫色劑—加玻璃條—加號牌—用線固定—放入蒸餾水—入庫保存。

竹簡經試拍後，用蒸餾水浸漂多次再用玻璃條固定，選擇 0.2 mm 厚的玻璃條固定竹簡較為合適。如玻璃條太厚會造成竹簡受壓損壞。選用白線捆紮，捆線工作看來簡單，但捆紮竹簡並不容易，繞線時要鬆緊適當，沒有這方面工作經驗的人是很難勝任的，竹簡在玻璃條上固定好後便可以放入盛有蒸餾水的容器中保存。

我們把竹簡放在玻璃條上，在玻璃條上端加編不銹鋼號牌，繞線固定竹簡（號牌材料的選擇注意不能和化學試劑起反應），然後把竹簡浸入蒸餾水中保存。飽水竹簡在未脫水前要在文物庫房保存相當一段時間，在這段時間內，飽水竹簡應放在空調控制的相對溫濕度穩定的庫房內，要防光、防霉、防塵、防凍、防乾、防火、防盜，同時要經常檢查水溶液的變化，根據情況需要更換水溶液。為了減少塵埃對竹簡的影響，我們用聚乙烯塑膠膜封存保存竹簡的不銹鋼容器，同時為防止光線對竹簡字迹的影響，將竹簡有字一面朝下，容器封存後加蓋一層塑膠蓋。

9. 介紹飽水竹簡的脫水保護

9.1 飽水竹簡脫水的必要性

文物保護是一項綜合性的技術研究，近些年來我國在文物保護研究方面投入在不斷加大，並取得了可喜的成果。文物保護界的老前輩在文物保護和研究方面作出了重大的貢獻。關於竹簡的脫水保護方法，前人在實踐中已經摸索出很多經驗，但飽水竹簡在含水率、材質，墓內的保存環境，脫水前保存狀況等方面有很多特殊性。由於每一種方法都各有利弊，選擇脫水方法時，操作工藝也要根據物件不同有所改變，祇有這樣纔能使竹簡更好地、更科學地得到保護。

飽水竹簡在水中的保存並不是長久之計，因為在水中保存有些真菌和細菌仍可以滋生，使竹材緩慢降解，二是竹簡長時間的浸泡會發生水解，保管不善、保存環境不佳將會加劇飽水竹簡的劣化程度，因此飽水竹簡脫水是最終和最好的選擇。脫水後的竹簡便於保管、研究、展示，可以延長其壽命。

因為竹簡在地下經過幾千年地下環境的變化，其顯微結構都發生了極深刻的變化。如果任其自然脫水，由於水的表面張力較大，在水分蒸發時，竹簡內部產生較大的內應力，會使已經腐朽的竹簡收縮、變形，甚至在薄弱處斷裂，導致無法正常看到文字，有的甚至完全失去原貌，因此祇有通過化學試劑過渡或用水溶性的高分子樹脂材料使竹簡脫水加固，纔可達到穩定竹簡尺寸脫水定型的目的。

9.2 脫水竹簡必須達到如下要求：

- (1) 脫水後的竹簡字迹清晰,尺寸穩定,收縮率在 5%以下。
- (2) 脫水的竹簡色澤正常(如果封護表面不允許出現眩光)。
- (3) 在穩定的環境中能長期保存。

9.3 脫水所使用的高分子材料的選擇

- (1) 高分子加固材料要求無色透明,尤其是表面封護材料。
- (2) 選用的高分子材料的老化期相對較長,老化後的降解產物不影響日後的處理。
- (3) 使用的材料應能在將來可用更好的材料置換。
- (4) 如果直接用高分子材料脫水加固飽水竹簡,選用的高分子樹脂要是水溶性樹脂。

竹簡脫水流程：記錄(現狀)—量尺寸—稱重量—拍照—脫色—浸漂蒸餾水—用玻璃條固定(包括整形)—加號牌—放進溶劑中脫水—乾燥—測量尺寸—稱重—修復—拍照—登記—入囊匣—入保險櫃。

9.4 脫水有如下幾種常用的方法

竹簡脫水需要使用很多化學試劑和高分子樹脂材料,尤其是化學試劑有些易燃、易爆,易揮發,存在著很大的危險性,因此,在選擇方法時,首選風險係數最小的。我們使用任何一種方法脫水時,都要十分清楚所用的化學試劑或材料的物理、化學性質,如何使用,出現問題如何排除,祇有這樣纔能做好這項工作。下面介紹幾種常用的脫水方法。

9.4.1 乙醇—乙醚連浸法(溶劑法)

醇—醚連浸法是使用非極性和表面張力小的液體取代水分,以使它在揮發時表面張力小到不至於引起細胞壁崩潰,這一類方法統稱為醇—醚連浸法。

乙醇($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$),俗稱酒精,是無色透明、易揮發易燃的液體,密度 0.789 3 千克/米³,熔點 -117.3°C ,沸點 78.4°C 。溶於水、甲醇、乙醚和氯仿等。有吸濕性,與水形成共沸混合物,能燃燒。乙醇蒸氣與空氣混合,能形成爆炸性混合物,爆炸極限 3.5%—18.0%(體積)。乙醇是一種重要的溶劑。

乙醚($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$),又稱二乙醚,是易流動的無色透明液體,蒸氣能使人失去知覺甚至死亡。密度 0.713 5 千克/米³,沸點 34.5°C ,凝固點 -116.2°C ,難溶於水,易溶於乙醇和氯仿等。極易揮發和著火。蒸氣與空氣的混合物極易爆炸。爆炸極限 1.85%—36.5%(體積),易吸收氧氣成爲過氧化物,能溶解脂肪、脂肪酸、蠟和大多數樹脂。用作溶劑和麻醉劑。

乙醇—乙醚連浸法早期是製作生物標本的一套生物學技術，後來有人用在竹簡脫水方面獲得了成功。醇—醚連浸法是通過滲透作用使乙醇滲透到竹材細胞中，竹材中的水分滲透到乙醇溶液中。這種滲透作用的不斷進行，直到滲透達到暫時平衡，重換較高濃度的醇溶液，反復置換就能使竹材中的水分全部置換出來，再改換乙醚溶液置換乙醇，一直到置換液的比重同純乙醚的比重相等時，說明醚置換醇過程結束，然後取出竹簡乾燥定型。

如果出土的飽水竹簡含水率較高，竹簡腐朽嚴重，脫水後會嚴重收縮，無法定型，在這種情況下，如果採用此法，可在醇—醚連浸結束後，用一定濃度的高分子樹脂材料滲透加固，使脫水的竹簡穩定尺寸並達到預期目的，並能夠長期穩定地保存。

乙醇—乙醚連浸法之所以能成爲一種可行的方法，主要是因爲乙醇能溶於水，乙醚能溶於乙醇，如果要填加入高分子樹脂，就要考慮必須溶於乙醚的樹脂。我們講的是乙醇—乙醚連浸法，如果換成其他試劑，考慮的思路也是一樣的。

採用此法的好處是：

① 乙醇、乙醚的表面張力小於水，表面張力越小，溶劑揮發時產生的內應力也越小，竹材開裂變形的程度越小。

② 乙醇、乙醚爲有機溶劑，其揮發速度較水快，在乾燥過程中竹簡產生的內應力幾率也小。

③ 根據最小干預原則，用乙醇、乙醚進行脫水的竹簡，保持了原材料的特性，無須考慮加進高分子材料的老化等問題。

④ 對小件、規整、含水率低的竹木器脫水，如簡牘或小件木器較適用。

缺點：

① 乙醇、乙醚是有機溶劑，易燃、易爆，使用時注意防火安全。要配備防火設備，每人都要會正確使用滅火器。

② 使用後的浸泡液需要做回收處理。

③ 如果飽水竹簡含水率高，脫水後其收縮率大，又沒有加固，那麼脫水後其收縮率較填充過高分子材料的竹簡要大。

在過去的年代裏，此法用於簡牘和小型器物脫水發揮了較大的作用，也保護了很多出土竹木質文物。採用乙醇—乙醚連浸法脫水，是否在脫水後使用高分子樹脂填充細胞壁，要看飽水竹簡的絕對含水率高低和腐朽程度。如果單純地用醇—醚連浸脫水，收縮率太大，可能會導致文字變形，在這種情況下還是要使用高分子樹脂，祇是根據不同對象，選擇不同的材料，不同的濃度而已，但所用的高分子樹脂要選擇老化期較長的爲好。

竹簡脫水後乾燥階段很重要,對於發掘出土的高含水率的簡牘來說,吸附水和游離水的失去都會使簡牘發生收縮,直接影響到簡牘的穩定性。

竹材在乾燥過程中,由於表層水分蒸發速度較內部快些,便形成內高外低的含水率梯度,同時,由於水具有較大的表面張力以及竹材的各向收縮的不均衡,乾燥時弦向收縮最大,徑向次之,縱向最小。這些因素的綜合作用造成飽水簡牘乾燥後會出現收縮、開裂和變形等等。

最理想的乾燥條件應是簡牘內層的脫水速度和表層的脫水速度相適應,使簡牘表面諸層含水率與當時簡牘的平衡含水率之差越小越好。

9.4.2 乙醇—十六醇法

此法是利用醇在常溫下與水混溶的特性,使飽水竹簡脫水加固定型。

十六醇又稱鯨蠟醇[$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_2\text{OH}$],白色晶體,沸點 344°C ,熔點 49°C ,不溶於水,溶於乙醇、乙醚、氯仿等,加熱即融化。

該法是先使用乙醇取代竹簡內的水分,待水分完全去除後,用十六醇乙醇溶液滲透加固或者直接用十六醇乙醇溶液的梯級濃度浸泡竹簡(水浴恆溫,溫度控制在 60°C 以內),達到一定濃度後,取出竹簡自然乾燥(注意安全)或在乾燥箱中進行,但是要按照實驗要求定做乾燥箱。

採用十六醇方法,在脫水後要及時去除竹簡表面多餘的十六醇。

用乙醇—十六醇脫水加固的竹簡,脫水後竹簡色澤自然,尺寸穩定。湖北荊州文物保護中心方北松先生帶領長沙簡牘博物館的保護人員用此法對走馬樓約 10 余萬枚的三國簡牘進行了脫水保護。

乙醇—十六醇法脫水,由於十六醇分子量較其他高分子樹脂低很多,因此,滲透性較好,能充分地填充細胞,加固細胞壁,由於使用了化學試劑乙醇,並需要水浴加溫或用乾燥箱,因此在操作時要注意安全防火。

9.4.3 乙二醛脫水法

該方法是湖北省博物館文物保護中心的專家研究成功並得到了應用。在此基礎上,湖北荊州文物保護研究中心將此法又進一步完善。90 年代末上海博物館實驗室也進行了研究。他們用此法脫水戰國飽水竹簡、木器和漆器,脫水效果理想。

乙二醛($\text{CHO}\cdot\text{CHO}$)為簡單的二醛,以無色聚合體存在。在水溶液中,乙二醛以水合物形式存在,其化學性質非常活潑,密度 1.14 千克/米³,熔點 15°C ,沸點 50.4°C ,溶於水,乙醚和乙醇能與含有羥基的化合物生成縮醛。

用乙二醛脫水竹簡是用乙二醛水溶液來置換水溶液,乙二醛溶液的濃度要逐漸遞增,如從 20%、30%、40%,直至 50%,最後在恆溫箱中(60°C)使之乾燥。其中要控

制溶液的 PH 值,加入引發劑、固化劑、交連劑等。

用乙二醛處理的竹簡浸泡脫水時間相對較長,在乾燥過程中要嚴格控制實驗條件,纔能達到理想的效果。脫水後的竹簡要表面封護。

由於乙二醛分子量低,容易滲入到文物內部,處理後的文物色澤正常,收縮率低。但用這種方法對飽水竹簡脫水並不普遍,它更適用於飽水漆器的脫水。

9.4.4 自然乾燥法。

自然乾燥法是利用蒸氣壓差使飽水簡牘在一個特定的環境即相對濕度在 95%左右緩慢地進行脫水。此種方法簡便易行,但祇有極少數質地較好的特別樹種或含水率較低的簡牘方能使用該法脫水。本批竹簡經檢測絕對含水率 390%(平均值),可排除用此法脫水。

根據這批竹簡的含水率、質地、保存現狀,主要是根據簡的腐朽程度選擇脫水方法。待試驗後予以確定。

10. 脫水後竹簡的修復

文物經修復後要保持原貌,復原要有依據,不可隨心所欲,主觀臆斷。

(1) 已斷成幾截的竹簡,脫水後可用聚醋酸乙烯乳液對口粘接復原,或者祇將茬口對接,無需連接為一體,在存放過程中有一個緩衝的餘地。

(2) 如須表面封護時要進行封護,根據脫水方法而定。

(3) 竹簡放置在特製的有機玻璃匣內,封閉保存,放入木櫃或保險櫃內,進入文物庫房後要按竹簡的保存環境要求進行恒溫恒濕控制。

11. 簡牘的保存環境及預防性保護

11.1 簡牘的保存環境

溫度和濕度是直接作用於文物上的兩個最基本的因素,任何文物藏品都會有適合它本身的溫度和濕度的界限,如果超過界限,藏品由於不適應就會出現各種病變,嚴重的就會失去其本來面目。

簡牘是有機質地文物,因而對光的敏感性很強。在可見光中,紫外光對文物有更大的破壞作用。竹、木質地文物的組成分子中 C—C 鍵結合力具有一定的能量,當光能大於 C—C 鍵結合力的能量時,就會使有機物分子中的 C—C 鍵斷裂。凡波長短於 4 860Å 的光線都能斷裂 C—C 鍵,使高聚物降解。紅外線主要是通過熱輻射損害有機質地文物,它能活化纖維素分子,促進熱老化過程。所以在控制紫外線的同時也要注意紅外線對文物的影響。因此,溫度、濕度、光輻射、環境品質等這幾項因素是簡牘

保護必須要考慮控制的基本條件。

(1) 未脫水前竹簡仍用蒸餾水浸泡,使竹簡始終保持在飽水狀態。

(2) 要經常檢查,需要時要更換水溶液,注意防霉、防乾、防凍。

(3) 脫水後的竹簡用有機玻璃匣封裝,最後放入庫房的保險櫃內長期保存。

(4) 庫房應密封防塵,門口有過渡間。庫內安裝防紫外線燈管進行照明,庫房要恒溫恒濕,保持在 15°C—20°C 範圍,濕度在 50%—60%,每天溫度的變動不應超過 2°C—5°C,每天的濕度變化控制在 3%—5%之內。

(5) 庫房用自記溫濕度儀,監測庫房環境的溫濕度變化。

(6) 用照度計和紫外光測定儀監測庫房的照明系統是否照度和紫外線輻射超標。

(7) 條件允許可對簡牘保管的地方的有害氣體進行監測。

(8) 庫房應安置防盜監控裝置,安裝防火設備,做到萬無一失。

11.2 預防性保護

文物保護是一項長期的任務,文物保護的目的是延緩文物的老化進程,採用必要的保護措施即從環境的溫度、濕度、防霉、光照、污染等方面進行控制。我們歷來主張保護文物應以防為主,以治為輔,防治結合,竹簡是有文字的文物,是重要的歷史文化遺產,如不採取科學的保管措施,即使採取化學保護後,在庫房保存過程中,由於環境和管理不當,竹簡仍會出現問題。因此,竹簡的長期保養在保護中佔有重要的地位,祇有提高管理人員的管理水準,加強科學管理,並配備必要的儀器設備,提高文物保護的科學性,纔能使文物真正地保存下來,為今所用。

文物保護部門是國家的重要部門,要結合本單位存在的潛在危險制定緊急情況下文物保護預案,以及實施預案的一整套管理機制,要求做到方案落實,人員落實,責任到位,信息暢通,管理到位。祇有這樣我們纔能在任何情況下立於不敗之地,使損失的風險降到最低。

12. 建立保護檔案

建立科技保護檔案是文物保護中一個重要的內容,也是十分必要的。這裏包括保護文物的理念,保護修復文物的時間、地點,保護方法,使用的保護材料,保護效果等。保護檔案將為今後保護提供真實信息,為制定保護方案提供參考。科技檔案的內容要真實,可信。檔案內容包括保護方案、文物照片,錄影資料、鑒定報告、結項報告,除了文字版也要有電子文本,以便於長期保存、查閱,為保護方法研究提供基礎資料。

飽水簡牘的脫水保護,涉及很多化學藥品和很多電器設備,因而防火、防爆要貫穿保護的全過程。對使用的化學藥品要瞭解它的物理、化學性質;使用電器設備要按照操作規範進行;實驗室要有安全守則,嚴禁吸煙、明火;安裝防火、報警設備,要求每一個人都會使用滅火器。

清華大學出土文獻研究與保護中心的全體工作人員及歷史系的相關博士生也參加了竹簡的保護或拍照工作。

在清華簡的搶救性保護過程中,學校的文科處、保卫處和相關院系、圖書館、分析中心和生物系微生物鑒定研究室給予了大力的支持,在此表示感謝。

參考文獻

天津輕工業學院等合編,陳國符、鄔義明主編:《植物纖維化學》,輕工業出版社1986年。

北京林學院主編:《木材學》,中國林業出版社1984年。

胡繼高:《銀雀山和馬王堆出土竹簡脫水試驗報告兼論醇—醚連浸法》,《文物》1979年。

徐毓明編著:《藝術品和圖書檔案保養法》,科學普及出版社1985年。

吳順清:《古代飽水漆木器清理脫水劑修復保護研究》,“中國漆木器保護培訓班”教材,2002年。

(趙桂芳 清華大學出土文獻研究與保護中心研究員,北京,100084)