

論臺灣的博物館文物修護室之設立與再造¹

陳澄波²

Building and Renovating of Cultural Relic of Conservation Labs on Museums in Taiwan

Chen-Po Chen

關鍵詞：文物修護室、自然採光、低輻射玻璃、膠合玻璃、共享空間

Keywords: conservation lab, natural lighting, low-emissivity glass, laminated glass, space sharing

¹ 本文特別感謝 Samuel Anderson Architects 的 Samuel Anderson 先生同意提供修護工作室之圖像予文中使用，同時給予了寶貴的修護室設計上之經驗，筆者不勝感激。亦感恩東吳大學心理學系的王叢桂與曾幼涵老師，於筆者不熟悉的領域指點研究方向，此外承蒙兩位匿名審查委員的寶貴建議，使本文內容更臻完善。

² 本文作者為國立故宮博物院登錄保存處助理研究員。

Object Conservator, Assistant Research Fellow, Department of Registration and Conservation, National Palace Museum

(投稿日期：2021 年 11 月 17 日。接受刊登日期：2022 年 3 月 11 日)

摘要

臺灣有許多年代久遠且兼具歷史建物身分之博物館，大多在建設初期並未規劃文物保存的專責單位，即便爾後有了相關單位的成立，其修護室也常被視為一般辦公空間，能夠滿足文物保護專業需求的博物館寥寥無幾。此後隨著該領域之發展與修護人力的擴充，使每名修護人員的空間使用占比低於 25 至 39 平方公尺之建議值，再加上博物館有接受實習生申請實習的社會責任，以及不定期專案人力的需求，於兩者相加之下，即便每名修護師具 39 平方公尺的使用區域，仍致使空間有不敷使用之狀況。故本文試圖從共享空間的概念減緩修護空間不足之狀況，提出修護空間在成立與改建的過程中，應避免使用不便的設計與思維，亦應視文物材質建置合適且鄰近修護室的獨立空間，如噴塗區、貼金室、木工房以及淋洗與浸泡等特殊需求之場域，同時從調查的資料可知，全臺 13 間具修護室的公立博物館體系中，即有 8 間無採用自然採光作為主要之光源，故本文亦試圖導入長期以來文保人員所懼怕的自然採光應用於修護空間中，扭轉狹義上認為自然採光必定有害文物之認知，反之若採用低輻射玻璃與膠合玻璃等材料屏蔽紫外線與紅外線，自然採光反將成為有助於工作效率之重要元素。期許本文於修護室的成立與再造上，得有參考之用。

Abstract

Several old Taiwanese museums have been declared as historical buildings with numerous restrictions on their usage. However, the designated spaces in most of these museums do not account for cultural relic conservation. While some museums were installed with conservation labs later, they were often similar to general office spaces; thus, few museums could meet the professional needs of cultural relic conservation. Over time, the increasing demand for cultural relic conservation and the expanding workforce have resulted in a dwindled amount of space available to each staff member, which is lower than the recommended standard of 25–39 m² per person. Moreover, we believe that, even 39 m² per person in some cases may be insufficient, considering museums' social responsibility to accept interns and additional staffing required for special projects. Therefore, this paper aims to address the abovementioned issues by demonstrating the utility of “space sharing” in optimizing limited conservation spaces. Accordingly, the development or renovation projects for conservation labs should avoid incorporating designs or concepts that are not conducive to space sharing. Furthermore, to ensure space sharing, museums should provide suitable adjacent spaces separated from conservation labs, for facilitating some particular functions, such as spraying, gilding, woodworking, rinsing, and soaking, depending on the materials and requirements of the cultural relics. Our study also found that eight of the 13 museums equipped with conservation labs, 8 did not use natural lighting as the primary light source. Although the traditional practice suggests that natural lighting is harmful to cultural relics, the real culprits are ultraviolet and infrared rays. We found that introducing natural lighting could considerably improve operational efficiency by blocking ultraviolet and infrared rays with materials, such as, low-emissivity glass and laminated glass, in conservation lab designs. In conclusion, our findings will inform future development and renovation projects for conservation labs.

一、前言

舉凡全世界較具規模的博物館中，因基於文物保存維護之需求，大多設有預防性保存與文物修護之專責單位。然而，臺灣早期的博物館於建設初期少有規劃專供文物修護保存之空間，但隨著修護保存領域日趨成熟，修護空間內隨著時間逐年增添所需之各項設備、儀器及修護材料等，在修護發展的道路上，始終受限於最初即非專供文物修護用之場域，以致在實際工作上常面臨諸多不便，甚至因此不利於文物修護。爰此，博物館若有新設或改建修護室之計畫，將有機會改善原有修護空間，使未來的文物修護工作更加順利及臻於完善。

二、修護空間之議題

修護室之議題除了最初被安置於非專業的空間外，其最迫切也最根本的普遍性問題為「使用空間不足」，以致空間與使用人數的配置不成正比。若以曾設計許多知名博物館修護工作室（如：哈佛美術館、紐約當代美術館、達拉斯美術館等）的建築師 Samuel Anderson 之理念，根據修護人員的工作性質，理論上修護工作室內每位修護人員至少須分配 25 至 39 平方公尺（相當於 7.5 至 12 坪）左右的使用空間（Anderson, 2012: 292）。而知名的美國史丹佛大學圖書館紙質修護師同時亦為著名之文物修護網站 Conservation OnLine 之創始人 Walter Henry，早於 1992 年即提出修護室的設計不應與一般辦公空間混為一談，需要擁有比一般辦公室更大的空間³，因該空間必須容納藝術品、修護工具、儀器設備以及保存溶劑、藥品等。因此，假設一個修護室配有 5 名修護人力，其適當的工作空間配置至少須有 60 坪為佳。

此外，因為博物館的修護部門不僅要負責館內之各項文物，同時也須顧及教育功能，而文物修護單位最典型的教育功能與社會責任，除了須善盡館

³ 檢自：Henry, W., 1992. Notes on Conservation Lab Design. Conservation OnLine (CoOL). <http://cool.conservation-us.org/byauth/henry/labdesgn.html> (瀏覽日期：2020 年 8 月 26 日)。

內文物的預防性保存措施與修護工作之外，便是接受文物保存相關科系學生之實習申請，指導實習生進行文物保存之相關作業，不僅可提供學生文物修護之實務經驗，亦是傳承文物修護知識與技術的重要環節。然而，學生實習時間不一，通常約為 4 個月或半年左右，基於不同國家與教學單位之規定，甚或有長達 1 年之實習申請。此意味著修護工作室須常備性地預留可供 1 至 2 名實習生使用的彈性空間，即正規的修護工作室通常須預留 12 至 24 坪左右的預備空間。此外，除了實習生，博物館也常因各種計畫而有專案人力的配置，因此 Samuel Anderson 在其著作中亦建議應將實習生與專案人員納入其設計規劃內 (Anderson, 2012)。另外若再從 1999 年國立文化資產保存研究中心 (以下簡稱文資中心) 2006 年國立臺灣科學工藝博物館 (以下簡稱科工館) 的研究報告可知，早年文資中心於設計時便已進行了相當透徹的研究，不論是攸關建築體安全的抗震、防火、水電力需求以及各項貴儀設備等皆有詳盡的介紹，但該研究係針對新設單位所規畫之條件 (林達德等人，1999)，且當時全臺修護單位處於萌芽時期，無法確切得知未來空間會有多少修護人員使用，故無法如 Samuel Anderson 之理論去計算出空間與人數之配比，因此該研究可能較不易套用於無法擴建原有建築體的博物館當中。除此之外，科工館當年原有規劃 156 平方公尺 (相當於 47 坪) 的大型機械維護區域 (泰納沃克，2006)，然而當時計算該空間預計有 5 名的工作人員，雖其所規劃的使用空間看似足夠，但也顯示出當時設計修護空間時未將臨時專案人力或實習生納入考量，若有非館內編制人員投入修護工作時，該區域便會有空間不足的情況產生。故該館於新設的修護空間便改為以 190 平方公尺 (相當於 57 坪) 為基礎 (泰納沃克，2006)，試圖改進過往空間不足之情況，但若加入可能有專案或實習人員時，該空間顯然還是有所不足。

由此可知，修護空間的規劃不應以規劃一般辦公室之思維來進行，尚須計算未來不定期會有實習生與專案人力的可能，作為納入空間使用規劃之基準。因此在實際的情況下，不能只計算現有的 5 名工作人員，而須以 7 名以上工作人員的配置進行使用空間之評估，故可推算出配有 5 名工作人員的修護室不能只有 60 坪，其理想的使用空間則是需有 80 坪左右之面積。然而，

在博物館的現實層面與資源有限之情況下，往往無法提供充分且友善的修護空間，通常僅能提供有限的使用面積，故無法從根本上解決問題，僅能另尋他法以為改善之可能。

三、修護空間的設立與再造

在構想進行修護空間的新設與改建前，應先思考何種設計為有利於文物修護及文物安全之安排，若無法達成預想之目標，則須列出可供改進或次要的方案，並依其比重排序，列出優先解決的事項。

(一) 修護空間之共享與規劃

一般而言在中小型的博物館中，較無法提供充分的資源作為修護室空間之規劃與使用，再加上博物館資源難以面面俱到的條件下，儼然成為修護室無法扭轉的先天劣勢，導致工作者之間的活動距離較小，又因修護工作非同一般的辦公室形態，常會因文物的尺寸影響工作者之使用空間，例如：當文物為較小尺寸的鼻煙壺，原有的空間便相對寬敞；然若今日送修的文物為大型匾額、門神或是尺寸較大的油畫與家具類型等材質時，將使工作空間顯得相對擁擠。再者，修護人員的工作型態並非常駐於辦公椅上，而是需時常起身觀察文物狀況，或是在修護的當下無法任意移動文物，需修護人員反覆至左右兩側進行施作，狹窄的環境不僅易使修護人員施作不易，亦導致人員走動時易有相互碰觸的情形產生，長期下來不僅形成較不友善的工作環境，亦可能成為影響文物安全的危險因子。

故為了避免新設與改建的文物修護空間面對上述之情形，須先正視最主要的狀況—即博物館空間有限之情形。然而在探討使用空間的議題前，理想狀態下的修護空間除了須有常規之修護工作區域外，尚要有足夠的腹地可容納文物攝影、文物暫存以及依不同材質而設立的特殊需求空間，如木工房、噴塗室、淋洗區與貼金作業區等，此外從筆者所電訪的資料顯示，全臺 13

間公立博物館體系中，僅有 3 間博物館修護室有另闢特殊需求的使用空間，如臺南市美術館的噴塗室、國立臺灣美術館（以下簡稱國美館）的全色處理空間以及科工館的噴砂處理區等，突顯出臺灣的博物館於規劃修護空間時，較無考量乾溼區隔、靜噪分離以及潔淨與分汙分屬的思維。

故為妥善分配博物館各單位之使用空間，在有限的場域內，修護單位往往較不易分配到多數的空間資源，特別是當博物館的修護部門將文物材質進行分門別類時，修護室便非為單獨的場域，而是需有複數以上之相符空間，是以，可能無法從空間大小解決最主要的問題，但或可從「共享空間」的理念以增進空間使用之效能，但其前提是各種材質的修護室需彼此相鄰。

假設 A 與 B 修護空間（圖 1）於理想狀態下皆應設有文物攝影與暫存的區域，以符合不同材質的工作習慣與實際需求，如織品、紙質須有較大的壁面或架高空間以利文物能攤平進行紀錄與修護，油畫類藏品須備有不同尺寸的畫架，家具或雕塑則須視藏品尺寸置於適當的桌面或地面進行拍攝，但並非所有的博物館皆有足夠空間進行相似之規劃。因此，為友善且有效地使用珍貴的空間資源，或許以 A 與 B 修護空間為例，劃分出適當面積作為共享式空間，如：修護記錄使用的共用攝影與顯微鏡等空間，如此一來方能規劃修護室後續可供改善之項目。

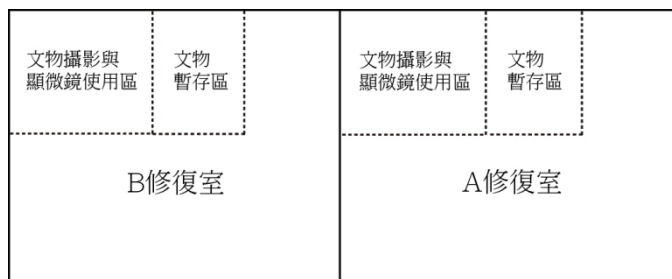


圖 1 相鄰修護空間示意圖（製圖／陳澄波）

有了共享空間的設置後，得使 A 和 B 修護室的使用空間擴大，令可能各有不同特殊需求之 A 和 B 修護室，可有額外的空間設置如：木工房、噴

塗室、貼金作業區以及淋洗與浸泡等特定修護需求之區域，避免於進行特定修護行為時影響常規工作之進行（圖 2）。此外，攝影區所使用的光源一般多為氙氣的閃光燈源或螢光檢視用的紫外光源，實際使用上係屬較不需有自然採光的場域，故該空間建議設置於靠近無自然採光之區域，以利文物修護記錄之進行。反之，即可將大部分的自然採光及明亮處供給特定修護區域，以發揮空間最大之利用率。此外尚需考量工作環境之通風性，防止使用木工機具產生之粉塵與噴塗含有機溶劑的樹脂時於空間逸散，顧及各種工安意外之可能性。因此考量上述因素，為同時保有適當自然採光照明與通風透氣之功能，筆者認為或可將具有特定修護需求之空間設於開窗區域，並將隔間牆留有三分之一至二分之一的區域以透明材質製作，除可隔絕粉塵、噪音與有機溶劑外，亦可間接將側向光源導入主要之修護區域，減少因設置特定修護需求的區域而導致自然採光減少之弊病，亦可讓空間外的人員即時得知內部之工作情況，若有工傷災害產生時，得以更迅速進行緊急救助。



圖 2 相鄰修護空間重新規劃後示意圖（製圖／陳澄波）

（二）設置恆溫恆濕空調系統之必要性

恆溫恆濕的環境控制常使用於博物館內的庫房系統中，修護室內暫時安置的文物雖不會長時間置於修護室中，卻也會因文物的老化狀況、展覽規劃與定期庫房文物修護期程，致使文物停留時間短則數週、中至數月、長達數

年不等；此意味文物將在修護室停留一段時間，若期間無適當的環境控制，可能導致文物加速老化、劣化之風險。

此外，所有的環境控制方法皆有其意義存在，並非只是平白浪費寶貴的電力資源，如：1980 年代末，德國文保學者 Volker Schaible 即以縮時攝影的方式 (Ankersmit & Stappers, 2016)，呈現出繪於畫布上的油畫作品，因相對濕度的起伏變化，逐漸產生裂痕、起翹，最後導致繪畫層剝落的現象；而 Michalski 在 1993 年的研究指出，觀察培養皿置於相對濕度 60% 以下之環境，且維持該環境並持續 1300 天後，可觀察出無黴菌生長之現象 (Michalski, 1993)。Mecklenburg 與 Tumosa 則發現相對濕度高於 85% 時，將降低兔皮膠 (rabbit skin glue) 的黏合性能 (Mecklenburg & Tumosa, 1991)。當文物表面含有鹽分 (NaCl, 氯化鈉) 時，若放置於不適當的環境中，如相對濕度介於 55%~76% 時，即可能發生潮解 (deliquescent) 現象；假使相對濕度高於 76% 時，將使鹽分化為水溶液，在文物孔隙中游移；之後若又回到相對溼度 55% 以下的環境中，將使鹽分結晶化，進而破壞其結構，導致損壞狀況發生，或致使金屬文物產生新的鏽蝕狀況 (Erhardt & Mecklenburg, 1994)。上述研究均突顯出適當的相對濕度控制可大幅避免文物損壞之風險。

再者，從 Arrhenius 方程式可知，化學反應速率會因溫度上升而增加，若文物儲存於較高的環境溫度中，則會因溫度較高進而加速其劣化的速率。另有學者認為理想的文物保存溫度勿低於攝氏 13°C (Erhardt et al., 2007)，因溫度過低可能導致部分材質的損壞，如：壓克力材料保存在低於 13 °C 的環境下便有脆化之風險。然而，考量 13°C 並非常人可長期承受之正常工作溫度，該作者認為可參考美國史密森尼學會的標準，將溫度定於 21±2°C，應可同時兼顧文物保存與工作環境之理想設定。

然而，考量博物館修護室不只處理單一的材質，可能包含木質、金屬、陶瓷、漆器、織品、紙質等多種或複合材質，在理想狀態下不同材質的修護室應搭配合適的相對濕度，但若於預算有限的狀態下僅能安裝有限的恆溫恆濕空調系統供應給所有修護區域，在此狀況下，其相對濕度的控管也許應與

一般博物館常用的標準有所區隔，如：一般常用相對濕度為 55% 的設定值，然而於實際使用上勢必會有正負差值之存在，此正負值係受到外在天候、溫度、開關門及現場工作人數之影響。因此，為避免文物鹽分潮解與收縮膨脹等風險因素產生，未來建置恆溫恆濕系統時，可將含有金屬文物之修護空間調整為相對濕度 50%，增加產生正負值之緩衝空間，或是避免將所有不同材質的文物集中於同一個場域內，而是應視文物的屬性劃分出不同之工作區域，方能使修護室同樣俱備預防性保存之功能。

此外，該類型設備應對其運作所形成的噪音進行謹慎之評估，如：知名的蓋第博物館（Getty Museum）的裝飾藝術與雕塑之修護空間，曾安裝了適當的空調系統，卻因系統運作而產生令人難以忍受之噪音（Considine, 1998），其噪音值為 NC⁴ 40，高於一般辦公室 NC 30 之標準值。因此，修護空間所使用的空調系統是否會產生令人不適的噪音，亦須列為考量的因素。

（三）設置自然採光之必要性

就筆者所電訪全臺 13 間具修護空間的博物館體系之資料顯示（如表 1），僅 5 間博物館的修護室有採用自然光源作為主要或輔助之採光，分別為國立臺灣博物館、國立歷史博物館、國立臺灣歷史博物館、南科考古館以及國立臺灣史前文化博物館等，顯示出有半數以上的博物館在最初規劃修護空間時，沒有將自然光源納入修護室的設計中，推測可能是亞熱帶國家中常認為建物若有過多自然採光易使室內空間溫度驟升（陳恩仕等人，2016），因而扮演著造成建築物耗能的刻板印象，以及自然採光帶有紫外線與紅外線為保存人員避之唯恐不及的元素，致使臺灣的博物館較少將自然光納入修護室規劃中。然而從國際知名博物館修護室的設置可知，其實自然光在修護室扮演著十分重要的角色，有助於修護工作之進行，如不同種類的人工光源之

⁴ Noise Criteria，簡稱 NC，用於評定室內噪音值的指標。

所以可使用演色性指數 (colour rendering index) 進行評級，乃是以自然採光的演色性指數為 100 (Buys & Oakley, 1993) 為基準，因其光譜涵蓋了所有可見光之波段，而人工光源皆是基於此方向進行產品的開發與生產，使其產品所產生的光可接近自然採光之演色性指數，故也意味著理論上在具自然採光修護室所處理的文物，置於不同種類的人工光源展場中，應皆能有良好的呈現效果。

表 1 全臺博物館修護室採光調查表 (製表/陳澄波)

設有修護室之博物館體系	有無自然採光	備註
國立臺灣博物館	有	
國立故宮博物院	無*	經調查日後僅書籍修復室有自然採光
國立故宮博物院南部院區	無	
國立歷史博物館	有	
台北市立美術館	無	
國立臺灣美術館	無*	經調查僅全色區域有設天井式自然採光
文化部藝術銀行	無	
南科考古館	有**	經調查平時皆以窗簾遮擋
國立臺灣文學館	無	
臺南市美術館	無	
國立臺灣歷史博物館	有	
國立科學工藝博物館	無	
國立臺灣史前文化博物館	有	

* 僅部分空間有自然採光

** 雖有開窗採光但平時不會開啟

此外，Samuel Anderson 在設計修護工作室時亦數度強調自然光源的重要性，以及修護人員如何運用自然採光增進其工作效率，如：文中描述該建築師認為充足且散射的自然光源優於其他任何的人工光源，但須慎選光照之角度，如開窗應面向北方可避免太陽光的直射（Anderson, 2012）；紙質修護師可藉著上午產生的東側自然採光所形成的側向光源（Anderson, 2012），更易於察覺紙質文物的質地與狀況；我國於 1999 年（林達德等人，1999）與 2006 年（泰納沃克，2006）的研究報告也建議修護室應有自然光源的設置，其中林達德等人的研究中更指出，油畫、彩繪、琺瑯以及中國畫等需有調配色料進行修護之文物，特別需要有南北向自然光源之設置，但上述文獻皆未對使用自然採光時應進行何種保護措施，以防止自然光源造成文物之危害。

另外，Edwards 與 Torcellini 所統整的技術報告也指出自然採光的種種優點，如：就人體身心健康的角度而言，自然採光具有改善情緒、提升士氣、減輕疲勞、減緩眼睛疲憊之作用（Edwards & Torcellini, 2002）；就人體眼睛功效而言，接受自然採光的人眼可發揮其最佳功能，反之，傳統螢光燈則限制了人眼的功能（Edwards & Torcellini, 2002）；自然採光與辦公環境相關的研究顯示，在具有自然採光的環境下，可有效減少員工的缺勤率，並提昇工作效率（Edwards & Torcellini, 2002）。同樣地，文物若需進行全色（retouching）作業時，若有適當之自然採光，得使人類眼睛處於最佳的狀態，俾使該項作業發揮最大之效能。正因如此，不少知名博物館修護室之設計皆充分採用自然光源，如：哈佛圖書館（圖 3）、舊金山現代藝術博物館（圖 4）、紐約現代藝術博物館（圖 5）與大英博物館（圖 6）等修護室，皆採取了可引進充分自然光源之設計。故處於新設或改建的博物館修護室，應可規劃增加開窗與改良開窗尺寸，避免將修護室設於無自然採光的空間中，使博物館修護部門可兼具工作效率與修護品質之功效。

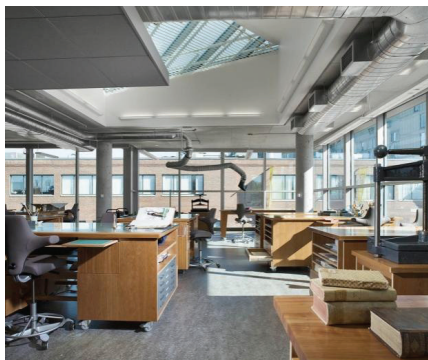


圖 3 哈佛圖書館的修護空間（圖片來源：引自 Samuel Anderson Architects⁵攝影／Paul Warchol）

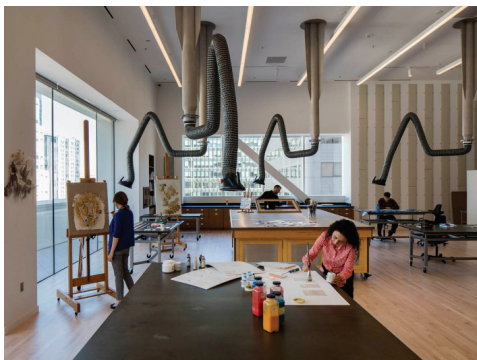


圖 4 舊金山現代藝術博物館的修護空間（圖片來源：引自 Samuel Anderson Architects⁶攝影／Richard Barnes）



圖 5 紐約現代藝術博物館的修護空間（圖片來源：引自 Samuel Anderson Architects⁷攝影／Paul Warchol）



圖 6 大英博物館文物維護暨展示中心的修護空間（圖片來源：引自大英博物館網站⁸攝影／Kate Peters）

⁵ 檢自：<http://samuelanderson.com/samuel-anderson-architects-projects/art-conservation-labs/27-art-conservation-labs/215-collections-center-harvard-university-library#/gallery-499-image/6>（瀏覽日期：2020年8月20日）

⁶ 檢自：<http://samuelanderson.com/samuel-anderson-architects-projects/art-conservation-labs/27-art-conservation-labs/220-conservation-lab-collection-support-sfmoma#/gallery-503-image/1>（瀏覽日期：2020年8月20日）

⁷ 檢自：<https://samuelanderson.com/samuel-anderson-architects-projects/art-conservation-labs/27-art-conservation-labs/203-conservation-labs-moma#/gallery-484-image/1>（瀏覽日期：2020年8月20日）

⁸ 檢自：<https://www.britishmuseum.org/support-us/supporter-case-studies/world-conservation-and-exhibitions-centre>（瀏覽日期：2021年6月04日）

因此，藉由上述論述與著名博物館修護室之實際案例可知，若工作空間有適當且充足的自然採光，可使人類肉眼發揮最佳效能，同時亦為觀察文物劣化狀況之利器，為文物修護工作最不可少的重要因子，亦能有效地提升其工作效率，也可對工作者的生、心理有正向之影響；然而，對於有接受過專業訓練的修護工作者皆知，若採用自然採光做為修護空間的主要光源，卻無採取適當的防護措施，僅僅考量要有明亮的工作環境，自然採光反將成為加速文物劣化的風險係數，且加大開窗率亦會使室內空間增加直接受熱的面積。爰此，為了在工作效率、文物保存與節能環保之間取得平衡，筆者認為修護空間仍可適度地加大窗戶面積以改進採光不足的問題。但此種做法的前提是，必須先就窗戶所使用的玻璃材質與構造進行相對應之改良，且目前依照成本多寡也許能將傳統開窗所使用之玻璃，分別改採低幅射玻璃（low-emissivity glass，簡稱 Low-E 玻璃）、膠合玻璃（laminated glass）以及直接在透明玻璃上貼覆隔熱膜（UV-blocking window film）等材料可供挑選，理論上這些產品分別具有減少紫外線與減輕紅外線進入室內空間之可能，原則上除可減輕自然採光對文物產生可能之危害外，亦能有效降低對空調系統的能源消耗。

其中，低幅射玻璃應是較符合節能環保所需之材質，因該材料會在玻璃表面澱鍍金屬離子或氧化物薄膜，從文獻數據可知能有效反射 700nm 至 2100 nm 之紅外線（Saunders, 2020），因此該材質除可大幅減少自然採光所產生之熱能外，又能引進大量的可見光，並保有一般玻璃高透光的特性，較符合高穿透率之自然採光與大幅減輕紅外線熱能的需求。然而，該種玻璃雖可有效降低紫外線 UVB 的穿透率（Almutawa, et al., 2013），但卻無法阻絕 UVA 400nm 至 320nm 的波長（Tuchinda, et al., 2006），因此不應單獨用於放有文物的環境中。

另外，膠合玻璃可於不犧牲透光率的條件下，其中間層聚乙烯醇縮丁醛樹脂（polyvinyl butyral，簡稱 PVB）具有可屏蔽 99% 的紫外光源進入室內（Tuchinda, et al., 2006）之功能，但現有的文獻指出膠合玻璃製程技術無法

同時兼顧透光度與隔熱性，故隔熱效果會因透光度越高而越差（戴遐好，2015），進而增加室內耗能的因子。若再比對前人所研究的隔熱膜數據，可見光透光率超過 70% 的 8 樣產品中，其實測之紫外線穿透率為 14.3% 至 1.5% 之間（Boye, et al., 2010），且總共測試的 40 件樣品中，有 22 件會使自然光源各帶有黃、綠、橘、紅、藍以及藍綠色等色調（Boye, et al., 2010），顯示出隔熱膜雖可有效減少紫外光與紅外線的穿透率，但若與膠合玻璃相較下，其產品特性迫使窗戶的透光率降低，亦會因隔熱效果上升而造成透光度大幅下降，且屏蔽紫外光的效果較膠合玻璃弱，再加上原為適合工作場域的自然光源可能會因隔熱膜而影響自然採光的光譜特性，造成修護工作環境的演色性較差；再者，隔熱膜的使用年限一般為 10 年（Saunder, 2020），與膠合玻璃動輒可達 25 年以上之壽命相較（Saunder, 2020），兩者的使用年限有明顯之差異。因此若預算充足，也許以白板玻璃為基礎的低幅射玻璃搭配膠合玻璃所組成之複層材料，較能同時兼顧高透光、阻絕紫外線、保有高演色性以及節能之效果，較適合未來文物修護室可採用的採光玻璃。

此外，建物內部牆面塗料可選用以二氧化鈦 (TiO_2) 為主要構成之塗料，因二氧化鈦具有吸收紫外光的效果（Saunder, 2020），若建物具有天井窗形式的額外輔助採光，帶有紫外光的光源在通過天井窗通道時，紫外光能經由通道牆面的二氧化鈦予以吸收，此方法之效能雖無法媲美可過濾紫外光的膠合玻璃或隔熱膜，但若與這些材料結合使用，亦不失為減少紫外光接觸文物的有效方法之一。故在採用自然光源的同時，修護室內的牆面應可優先考量採用二氧化鈦為主成分之白色系基調。

（四）設置具特定功能獨立空間之必要性

國際上有許多博物館修護室為因應藏品的特性，於修護室內部或鄰近之空間設立具有特定功能的作業區域，例如：多數博物館具有木質類藏品的修護需求，如木雕、傢具、木匣、漆器與繪畫藏品的內外框等，故於備製修護材料時，常有鋸、鉋、雕刻以及砂磨等操作，導致修護空間易有木粉飛散等

狀況。故此類修護室便常設有木工作業的獨立區域，以利修護所需的木材毛料進行剖、鋸、鉋等初步之加工，或是有大量油畫修護需求的修護室，常設有獨立的噴塗空間，以應付凡尼斯保護層的噴塗作業等。然而，有些修護單位其木工機具室與建築體之間並未相連，導致實際使用上較為不便，其理想狀態下應與修護室相鄰，以避免造成工作效率之低下。此外，根據美國化學安全與危害調查委員會（U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board，簡稱 CSB）的調查，將粉塵爆炸分成 7 種類型，發生比率由高至低分別為：木材（24%）、食品（23%）、金屬（20%）、塑料（14%）、煤炭（8%）、其他（7%）、無機物（4%）（Blair, 2007），足見木材係屬易發生粉塵爆炸之材質。若該空間鄰近修護室，勢必需建立完善之排風與集塵系統，避免公安意外之發生。

因此特定功能之獨立區域為修護室不可或缺的設施，故若以家具、裝飾木框或器物類的修護室為例，預計可將木作與木料裁切等機具安置於修護工作室中，至少需劃設出 15 至 20 坪左右的獨立空間放置木工桌、圓鋸機、平鉋機、帶鋸機等設備，同時亦可進行木料存放的規劃，並增加牆面開窗的可能，進而改善無自然採光的工作環境，同時亦須安裝排風扇增加空氣流通。除了基本的排風扇之外，最好可配置適當的粉塵集塵系統，將可有效降低粉塵濃度（劉國青，2014），大幅減輕粉塵危害人體呼吸系統與塵爆的風險。

此外，甚至有些修護室因常有貼金箔作業之需求，要求該空間的空調在必要時可設定為靜止狀態，或是噴塗的空間其空氣流量可達 20,000 CFM⁹等特殊需求（Considine, 1998）。另外，若修護室須處理大型泡水文物之需求時，如水下考古之飽水木材欲進行聚乙二醇（polyethylene glycol）置換處理時便需有適當的場地與設備（蔡育林，2011），或有更甚者如瑞典著名的泡水文物－瓦薩戰艦（*Vasa warship*），更是有專門獨立之空間進行長達 30 年的實驗性修護（Hocker, et al., 2012），且通常此類型之空間也須有良好的排

⁹ Cubic feet per minute，簡稱 CFM，為測量氣體流速之單位（立方英尺/分）。

水設施，故凸顯出修護室在設計時應有適當之分區隔間的概念，將不同種類的文物修護室依照其需求進行適當之隔間與設計，應避免將不同種類的文物放置於相同的修護空間中。

除上述之規劃，修護室也常因不同目的需求，需配有各式高瓦數設備與電動機械之使用，如複數以上的吸塵設備同時運作或油畫常用的加熱吸引桌以及木工機具等，故使用時可能產生 6000 W 以上之功率，因此該空間四周應配有足夠且耐高瓦數使用之配線，需有數量足夠之牆面與地面插座平均分散於該空間中，同時需留有 220 伏特電壓之線路，預留日後修護設備與電動機械升級或使用功率較高集塵系統之可能。另外，該空間外門處亦可設置緊急斷電之按鈕，若有公安意外發生時可讓他人強制停止該空間所有供電，減輕危害狀況。

（五）可彈性使用的工作桌面之必要性

若工作桌為固定且無法移動之形式，無法就文物的特性進行調整，將影響整體之工作效率。Samuel Anderson 即強調不論是何種材質的修護室，彈性空間之運用皆有其必要性（Anderson, 2012）。以修護藏傳佛教常見的外護經板、寺廟門神、匾額或家具文物為例，如需進行清潔、加固、全色等作業時，可能一次僅能處理上方與單一側面，無法同時繞至另一面進行處理，缺乏可同時於多個方位工作的可能，不僅無法根據文物形式、尺寸、材質等進行彈性調整，亦嚴重影響整體工作之效率。

因此修護室所使用的工作桌應避免使用固定於地面的實驗桌，以活化修護室的工作效能。故工作桌的選擇與配置或許可選用制式且可移動之工作桌，其桌面長寬應視不同材質的修護部門進行訂製，如修護書畫織品等修護單位，可能須幅寬較大的桌面，而立體雕塑或器物修護部門可能便需幅寬較小且多張桌面，就文物尺寸進行拼合調整，若為油畫修護部門除了須有桌面外，更需有各式尺寸的畫架。然而不論何種修護單位須何種寬幅之桌面，每

個修護室所訂製的桌面應有相同之高度，如此一來，除可充裕地修護中小型尺寸的文物，也較不會被限制修護的角度，可同時處理文物之多個方向，亦能在面對較大尺寸的文物時，藉由高度相同的桌面拼接成預想之尺寸，應避免直接使用尺寸過大的桌面，進而降低工作空間的機動性；並適度配置附有抽屜或櫃體的產品，增加修護工具與材料的收納空間。因此，預計每位修護人員可配置 2 至 3 張工作桌，較符合實際工作之需求。

（六）其他事項

假如新設立的修護室可依照上述的理念設計規劃出新的工作空間、溫濕度系統、良好適當的採光以及具有獨立的特定作業空間後，除上述 5 項最需優先留意的的主要議題外，修護工作室尚存諸多宜優化之細節處，如：抽氣櫃與抽氣設備之改良，則可參考其他修護室的規劃（Mardikian & Chemello, 2014），抽氣櫃下方可設計成雙腳可放置的空間，或是可設置落地型抽氣櫃，若有文物需大量溶劑浸泡或洗滌時增加隔絕溶劑的效果，也較符合長時間工作的人體工學之需求。

此外，有些抽氣設備或許適合一般實驗室的需求，可將配製的藥劑材料等移動至抽氣罩下方使用，但對於文物修護而言則較為不便，就文物修護的思維應當是抽氣罩可移動至文物上方或側邊使用，而非文物遷就於抽氣罩的位置，需搬運文物至抽氣罩下方才可使用，故抽氣罩應該具備較為便利且萬向移動的功能，方為適合文物修護室的設計，如：哈佛圖書館的修護室（圖 4）與舊金山現代藝術博物館（圖 5），皆使用了較易調整角度的抽氣設施。

若是修護材料等儲存空間不足，應可在修護室的內側牆面四周增設頂天式壁櫃，以增加修護材料與設備的收納空間，藉此增加修護空間的使用容積，以增加各式修護材料的收納空間。另外若電力插座設置不當且設置於固定式桌面的中央處，實際使用時桌面常會被電線占據，就文物安全性而言非適當之設計，對於實際修護工作而言亦相當不便，應將電源插座設置於地面

或採用可電控垂降式設計，避免電線散布於桌面，增進整體工作環境之流暢性。

除此之外，應避免使用塑料材質之地面，除易有材質劣化、破損之現象外，亦因使用有機溶劑、樹脂、顏料等，難免有滴落至地面之狀況，造成地面不易清潔，特別是當文物有刷塗與噴塗之需時，更是難以避免修護材料的噴濺，再者，修護室中附有輪子的工作椅其移動次數相當頻繁，長久下來易產生許多難以移除的磨損痕跡，故修護空間也許可考量使用經高溫燒製且選擇可耐重壓與止滑的瓷磚、石英磚等材料做為地板材質之鋪設，或可為美觀與實用性兼具的選擇，應避免採用含有 VOC 氣體的膠黏材料或易有釋酸性及可能產生蟲害風險之木質地板；同時，修護室的部分空間或可考慮使用橫式拉門設計，因傳統推拉式門板的使用半徑致使空間損失可利用之面積，若改以橫式拉門則能有效改善空間之使用率，藉此增加可使用的空間。

（七）博物館教育意義的省思

除了上述有助於增進修護室工作效能的各項設計理念之外，亦須關注是否有其他可能造成修護工作效率低下的因素，例如：近年來部分博物館興起開放式修護室或庫房之設計，令參觀民眾可直接觀察工作人員於修護室內的實際狀況，此種做法經報導聲稱可引發民眾對於修護保存議題之興趣，抑或增進博物館與民眾之互動以提升博物館的教育功能，甚至部分懷疑論者認為開放之修護室可藉由民眾之監督避免文物遭受保存人員的破壞等¹⁰。倘若以心理學的角度視之，此種被觀看的模式是否會造成工作人員長期處於被監視的狀態，以致影響工作效率，值得博物館界深思與探討。

故早於 1987 年美國國會科技評估辦公室（Office of Technology Assessment，簡稱 OTA）即有研究指出，以電子螢幕的方式監控員工可能導

¹⁰ 檢自：<https://www.apollo-magazine.com/should-paintings-be-conserved-in-public/>（瀏覽日期：2020 年 9 月 01）

致與壓力有關的疾病（U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1987）；位處一樓的監獄囚犯會因路人的視線造成侵犯其隱私而增加心理壓力之現象（Edwards & Torcellini, 2002）；被監視的工作者表示，處於被監控的環境下彷彿置身在本瑟姆（Jeremy Bentham）之環形監獄（panopticon prison）中，產生永無止境與令人心煩的壓力（Miller, 1996）；受監視或被監聽的工作者得以增加其工作速度¹¹，卻無法兼顧產品之品質（Liu, 1992）。

藉由上述研究結果可知，工作者處於被監視、監聽或被觀賞的情況下，可能產生壓力致使身心健康受到負面影響，同時亦會影響其工作品質。在開放式修護環境下，無論係基於藉由被觀賞的模式欲加速工作人員之作業速度，抑或欲藉此拉近博物館與參觀民眾之距離，以達到所謂博物館的教育功能，然若長期實施此方針之後，若得到的結果卻為文物修護品質不佳、員工身心受其影響，肩負教育功能的博物館，卻以犧牲修護人員的身、心理為基礎建構出開放式修護空間，如此措施是否真具備正向教育意義？長遠來看是否為博物館方所樂見之結局？值得博物館界深思。

再承接 Samuel Anderson 的看法，他認為世界上所有的修護工作室皆為獨一無二的存在（Anderson, 2012），其內部空間設施會因不同的博物館、工作習慣、修護材質與文化背景等而有所差異，不能僅因參觀了某國某地的設施，便依樣畫葫蘆複製出類似卻不符合實際用途的修護空間。故筆者以文物修護工作者之角度，條列出一般修護室實際可能會面臨的狀況，供未來修護室於新設與再造時參考之用。

¹¹ 檢自：Bernstein, Aaron. "How to Motivate Workers: Don't Watch 'em," Business Week. April 29, 1991. <https://www.bloomberg.com/news/articles/1991-04-28/how-to-motivate-workers-dont-watch-em>,（瀏覽日期：2020年8月27日）

四、結論

藉由文獻的回顧與整理可知文物修護室與常規的辦公空間不同，並非給予一個場地後，再提供基本的空調與制式的辦公系統即能成就一間合格、合適之修護場所。合宜合適的修護場域應該有充裕的空間、具備溫濕度環境控制的能力、充足的自然採光、高度彈性使用的工作桌面、攝影區域、修護材料的收納櫃體，以及依照修護室的屬性配置單獨或複合式獨立作業區域，如：器物、家具、樂器等修護領域常會使用的木工房，油畫類領域常使用的噴塗區域或是織品與紙質文物較需有淋洗的空間與檯面，以及有些收藏大型雕塑的博物館會規劃沖洗文物之空間等，由此可知修護室須依照不同博物館的工作習慣進行細部調整，方能造就出適當的修護空間。

然而，不可諱言地，修護室能否成為有效率且合乎修護人員理想的工作環境，主要取決於博物館本身的空間與預算是否充足，故本文試圖以部分空間共用、增加壁櫃、改設活動式桌面以及橫拉式開門的結構，改善最主要的空間不足問題；並藉由合適的玻璃工業製品以達到有效屏蔽紫外線與紅外線對文物的影響，採用可提升各種工作效率與優點的自然採光，不該只是被視為侵害文物的光線或耗能之因子。

雖早期有研究報告針對文資中心與科工館進行修護室的規劃，但卻少有研究或文獻專門闡述修護空間應如何建置之概論、多少工作人員應使用多少空間或是採用自然光源時應注意哪些要點，本文期能供未來有新建或改建的修護單位進行建置之參考。然而，修護工作者畢竟非專業之室內設計師或建築師，仍極需雙方進行密切的溝通與協調，方可避免不適當的修護室成為未來修護人員須面對之困境。

參考文獻

- 林達德, 林英智, 林蘭東, 劉泉明, 張顧獻, 翁儷芯, 1999。國立文化資產保存研究中心保存科學實驗室設計與分析儀器設備配置規畫, 頁: 202, 215。國立文化資產保存研究中心籌備處, 未出版。
- 陳恩仕, 蔡明瑞, 蔡丁貴, 2016。臺南區商辦建物之窗牆比與窗玻特性對整體節能效率的影響, 臺灣能源期刊, 3 (3) : 345-356。
- 秦納沃克, 2006, 科技文化資產保存科學與修護技術實驗室建置規劃研究報告, 頁: 12, 14, 51。國立科學工藝博物館, 未出版。
- 劉國青, 2014, 營造業木工安全指引研究, 頁: 23。新北: 勞動部勞動及職業安全衛生研究所。
- 蔡育林, 2011。水下考古遺物的保存與維護, 科學發展, 458 : 14-23。
- 戴遐好, 2015。將氣凝膠添加於 PVB 薄膜作為膠合玻璃的應用, 頁: 47-48。國立成功大學碩士論文, 未出版。
- Anderson, S., 2012. Planning a Conservation Laboratory. In: Lord, B., Lord, G. D., Martin, L. (Eds.), 2012, Manual of Museum Planning: Sustainable Space, Facilities, and Operations, pp. 292, 297, 298, 299. Plymouth: AltaMira Press.
- Ankersmit, B. & Stappers M. H. L., 2016. Managing Indoor Climate Risks in Museums, p. 65. Amsterdam: Springer.
- Almutawa, F., Vandal, R., Wang, S.Q., Lim, H. W., 2013. Current status of photoprotection by window glass, automobile glass, window films, and sunglasses. Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine, 29:65-72.
- Buys, S. & Oakley, V., 1993. The Conservation and Restoration of Ceramics, p. 166. London: Butterworths-Heinemann.
- Blair, A.S., 2007. Dust explosion incidents and regulations in the United States, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 20: 523-529.
- Boye, C., Preusser, F., Schaeffer, T., 2010. UV-blocking window films for use in museums: revisited. WAAC Newsletter, 32 (1):13-18.
- Considine, B. B., 1998. The Design of the Decorative Arts and Sculpture Conservation Laboratory at the Getty Center. In Postprints of the Wooden Artifacts Group, 26-33. Washington, D.C.: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, pp. 28, 33. Wooden Artifacts Group.

- Erhardt, D. & Mecklenburg, M., 1994. Relative Humidity re-examined. In: Roy, A. and Smith, P. (Eds.), *Preventive Conservation: Practice, Theory and Research. Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress*, p. 34. London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.
- Edwards, L. & Torcellini, P., 2002. A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants (Technical Report. No. NREL/TP-550-30769), pp.4, 5, 9. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Erhardt, D., Tumosa, C. S., Mecklenburg, M. F., 2007. Applying science to the question of museum climate. In: Padfield, T., and Borchersen, K., (Eds.), *Museum Microclimates*, 11-18. Copenhagen: National Museum of Denmark.
- Hocker, E., Almkvist, G., Sahlstedt, M., 2012. The *Vasa* experience with polyethylene glycol: A conservator's perspective. *Journal of Cultural Heritage* 13S: S175-S182.
- Liu, B. S-C., 1992. An Integrated Model of Bargaining Behavior and Outcomes, p. 35. Champaign: University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Michalski, S., 1993. Relative humidity: a discussion of correct/incorrect values. In: Bridgland, J. (Ed.), *In Preprints of the ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting*, Washington, DC, 22–27 August 1993, vol. 2, p. 625. Paris: ICOM Committee for Conservation.
- Mecklenburg, M. F. & Tumosa, C. S., 1991. An Introduction into the Mechanical Behavior of Paintings under Rapid Loading Conditions. In: Mecklenburg, M. F., (Ed.), 1991, *Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings*, pp. 142, 165. Washington, D.C.: National Gallery of Art.
- Mardikian, P., Chemello, C., 2014. Conservation Laboratory Design. In: Smith, C. (Ed.) , 2014, *Encyclopedia of Global Archaeology*, p. 1663. New York: Springer.
- Miller, S. E., 1996, *Civilizing Cyberspace: Policy, Power, and the Information Superhighway*, p.286. New York: Addison-Wesley Professional.
- Saunders, D., 2020. *Museum Lighting: A Guide for Conservation and Curator*, pp.208, 211, 210, 216. Getty Conservation Institute: Los Angeles.
- Tuchinda, C., Srivannaboon, S., Lim, H, W., 2006. Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *J Am Acad Dermatol*, 54:845-854.

U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1987. The electronic supervisor: New technology, new tensions, p. 10. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.