

投稿類別：史地類

篇名：從故宮打碎陶瓷淺談陶瓷文物修復及其未來發展

一語中的，題目貴在讓人一眼看出你的研究內容與重點

作者：

顧席之 私立曉明女中 二年級 甲班 普通科
陳彥玟 私立曉明女中 二年級 戊班 普通科
李庭仔 私立曉明女中 二年級 丙班 普通科

指導老師：

官淑雲

◎知己知彼百戰百勝，下筆之前請先閱讀比賽的遊戲規則--

論文三寶：

- 1.全國高級中等學校小論文寫作比賽格式說明暨評審要點（必讀）
- 2.全國高級中等學校小論文寫作比賽引註及參考文獻格式範例（寫引註、參考文獻時參用）
- 3.比賽實施計畫（知道就好）

◎站在巨人肩膀上：參考圖書館網站「曉明女中」學姊得獎作品

壹、前言

論文中引用他人資料，應註明資料出處。可50字以內「引用文字粗體」直接引用或間接（改寫）引用。引用結束註明（作者，年代）或以作者（年代）指出……為之。

一、研究動機 3分 背景、重要性、獨特性等，並注意不揭露隱私。

資料顯著
筆法

2022年10月國立故宮博物館遭爆料有三件瓷器破損，分別為明弘治款嬌黃綠彩雙龍小碗、清康熙款暗龍白裏小黃瓷碗、清乾隆青花花卉盤。明弘治款嬌黃綠彩雙龍小碗是於運送時破碎，此類瓷器弘治時成熟，黃地綠彩是明代帝王專用顏色，價值為三者中最高。清乾隆青花花卉盤是被人員摔落至地，表面寫有變形過的壽字，但產量較多，因此價值不高（趙志瀚，2022）。清康熙款暗龍白裏小黃瓷碗同樣於運送中破損，丁世傑（2022）指出此為宮廷自行燒製的瓷器，非當時以瓷器著名的景德鎮生產，價值應不低。作者顯著筆法

日期、數據等明顯非來自己，若無引註，將被評為疑似抄襲。

運送中破碎的陶瓷分別於2021年2月及2022年4月發現破損，而另一件瓷器則是在2022年4月被摔碎（林銘翰，2022）。因此國立故宮博物院於2023年3月推出「文物檢測與修復在故宮」展覽，展示破碎的陶瓷文物、交代文物狀況，也介紹文物背後的修復作業。三件陶瓷由陳澄波修復，修復完的陶瓷無法以肉眼看出痕跡，三件陶瓷的破碎狀況不至於使修復作業添加太多難度（凌美雪，2023）。這個事件使筆者思考故宮文物保存有何重要措施？陶瓷文物修復時會應用到什麼器材與科技？陶瓷文物會如何修復？及創新科技未來是否能運用於修復陶瓷文物？

研究問題呈現方式，請注意動機與目的相互為用之寫法。

二、研究目的

- （一）檢視故宮文物保存的重要措施
- （二）探討陶瓷文物的修復中所應用的器材與科技
- （三）分析陶瓷文物修復的現況
- （四）探究創新技術未來運用在修復陶瓷文物的可能性

貳、文獻探討 5分

與主題相關之「其他學者」的研究，觀點、文獻等之整理，應呈現整理之筆法。依次將各研究目的之子題相關的文獻加以整理，意義、內涵、發展是基礎要件。

一、故宮文物管理要點 對應研究目的一，文物保存的重要措施

根據國立故宮博物院（2023）之國立故宮博物院典藏文物管理作業要點，故宮之庫房可分為器物處、書畫文獻處及南院處等，而典藏文物資料則需登錄人員及典藏單位協助建檔。當文物要展覽、修復或科學檢測而離開典藏空間時，需要提交文件並得到主管的同意才可；要開啟或關閉文物櫃時，至少要二位典藏人員，且其中一位為編制內職員。平時文物保存在典藏室時，主管也會定期抽點，避免文物損傷。若文物因自然或人為因素而發生損傷，除了陳報給院長外，也需著手調查原因並向大眾公開事實。

二、文物修復的器材 對應研究目的二，文物修復中的器材和科技

（一）材料

在陶瓷文物修復的材料中，動物膠及環氧樹脂常用於黏著文物，硫酸鈣及高嶺土則用於填補文物。動物膠機械性強、易移除，但溫度、酸鹼值等會使蛋白質變性，可用於固定陶瓷文物的彩繪層。硫酸鈣可快速乾燥且收縮率小，但固化之後會較脆弱。高嶺土在潮濕環境會吸水膨脹，用來塑形；在乾燥環境則會定型，但易碎（吳佩錡，2017）。陳澄波（2021）指出環氧樹脂收縮率小，常用於高溫燒製較硬、破碎嚴重或碎片接合處小的瓷器，不可用於脆弱且多孔隙的陶瓷。而譚世語等（2012）則指出有時會改性以改善環氧樹脂性質脆弱、抗紫外線能力低等缺點。

（二）儀器

在陶瓷文物修復的儀器中，故宮在「文物檢測與修復在故宮」展覽（無日期）指出故宮運用 X 射線螢光分析儀分析化學組成，以拉曼光譜儀、紅外線光譜儀及 X 射線繞射儀分析晶體或分子結構，利用 X 光透視儀及掃描式電子顯微鏡分析影像。X 射線螢光分析儀以 X 射線光子撞擊原子後，高能階電子躍遷至低能階電子發出螢光，各原子會發出獨特的螢光反應。多用於分析無機物與礦物在文物的組成與分布，但無法有效辨認有機物和精準顯示化合物的組成樣貌（李文元，無日期）。陳光宇等（2021）表示拉曼光譜儀是利用光線入射與散射後的頻率不同，檢測其分子鍵結與晶格振動頻率，方便知道確切的化合物組成與鑑別分子。蔡斐文等（2009）指出 X 射線繞射儀利用 X 射線穿過長程有序物質時會有彈性散射，其中以粉末繞射法最常用於檢測文物。X 光透視儀以游離輻射能激發元素進而釋放特定的 X 射線，並透過放射照相獲得影像。依影像中深淺明暗可了解其構造、製造工藝及器物功能等。故宮在「文物檢測與修復在故宮」的展覽中未提及紫外線光譜儀，但李文元（無日期）指出物質接收到紫外光時會產生肉眼可見的螢光，不同物質所產生的螢光也不同。維修用的樹脂對紫外光的效果甚好，年代愈久遠的樹脂散發的螢光愈明顯，可觀察文物曾經修復的痕跡。紫外光也可發現黴菌，其會呈現一個個白點，和文物的螢光反應會有差異。

三、文物修復的現況 對應研究目的三，文物修復的現況

（一）修復目的與文物狀況

現代對於文物的保存愈發重視，希望能夠使文物的價值發揮最大化，因此在修復前必須釐清對於此件文物最希望展現何種價值。陳澄波（2020）將修復目的分為歷史價值、審美價值及功能性。

陳澄波（2020）表示當文物具有歷史價值時，可從前人的修復行為、工具及材料，推斷出當時的修復工藝、審美等，且該文物有修復價值。若文物的變化對其未來無害，可以保留並成為歷史標記。當文物具有獨特的樣貌或者為精美的藝術品，則擁有審美價值，多會將文物盡量修復至原始的模樣，但需確保使用的材料具有可逆性。而陶瓷類的受損較不易被發現，因此會使用點描法等可辨識的修復方法。當文物原本為日常使用的物品或為具有把手的物品等，會考慮是否恢復其原始功能，即為功能性的目的。如具有把手的物品除了穩定其狀況外，也需確保在持拿時不會損壞。

同時文物的整體性也是很重要的觀念，「文物整體性通常指的是一件文物不受外力改變而保持原有形貌與其歷史意義」（王竹平，2006）。陳澄波（2020）指出若是作為學術研究，只須對文物做簡單的清潔，不額外填補或黏合，以求保留其歷史價值。若該文物具高審美價值時，則會進行修補與填色，展現出文物的美感與審美價值。為了確保文物的修復過程順暢與正確，在開始之前須調查文物背景，推測文物大致的來源、時代和功能。判斷該文物目前的保存狀況，以陶瓷而言細小裂痕或沿口破裂屬於較輕微的破損狀況，而較嚴重的程度可能為僅剩下殘片或多數部分破裂的文物。同時要檢查文物是否曾進行維修，修復陶瓷文物時通常會將前次修復的舊膠使用化學方法溶解分離，以方便進行二次修復。

（二）文物檢測

此處筆者直接引述王竹平的觀點，直接引用的「文字」須粗體。引用結束要標明（王竹平，2006），並將此筆引註資料在陸、參考文獻中註明資料來源。

對文物進行分析，了解文物的結構、組成成分與劣化原因，不僅能知道脆弱結構所在也能依照成分分析文物產地及製造工藝，並且用於研發修復所需材料與手法等。目前以非破壞性檢測為主，為了更加精確數值，需要使用多種檢測方式進行多次檢測（岩素芬，2012），而陶瓷文物的檢測亦是以非破壞性檢測為主。

在文獻探討處使用「作者顯著」，更容易表達整理歸納他人研究之筆法。此處筆者依文物的清潔與修復，整理不同學者(不同文獻)的觀點，如王竹平(2006)表示、岩素芬(2012)指出。

王竹平(2006)表示文物的清潔是指將不屬於文物本身的外來物移除，不具可逆性，進行前須評估是否為穩定結構的關鍵或具有特殊意義。清潔方法分為非介入式與介入式，其中陶瓷的非介入式清潔為使用刷子、橡膠吹球、棉花棒和解剖刀，進行刷掃、吹落塵土、磨光、刮除和切斷等。如陶瓷器表面仍有無法清除的污漬，則可使用敷料(ethylene diamine tetra-acetic acid, EDTA)進行更深入的清潔。陶瓷器的介入式清潔一般使用蒸氣法，清除老舊的殘膠以便於二次修復。將文物與盛裝揮發性溶劑(丙酮)的玻璃燒杯放進抗溶劑的密封塑膠盒中，把沾有該溶劑的棉花敷在接縫處可加速膠體溶解，碎片即會自行鬆脫。

岩素芬(2012)指出文物的修復過程中須遵守以下幾點原則：穩定文物狀況、真實性、最小干預、可辨識性和可逆性。移除對於文物造成損害的因素，在保留文物本身歷史、藝術等特性(真實性)的情況下對文物進行處理。並且在不影響整體結構穩定性時，不作帶有猜測性質的修補。修復材料須具備可逆性與可辨識性，方便未來再修復時移除，在近距離可辨認文物原本物質和修復部分的差異。

以陶瓷為例，修復操作主要為黏合、填補和全色：高溫燒製的硬質瓷器因為燒結程度高，斷面通常平整光滑，以不易黃化的溶劑型壓克力樹脂 B-27 作為黏著劑(陳澄波，2021)。呂淑玲(2018)將黏接手法可分為開合式和閉合式：開合式是將碎片一片片黏合，黏合牢度較強，適用於碎片較少的文物；閉合式會先將碎片分堆固定，再黏接成型碎片，用於碎片較多的文物。上膠工具會用細軟的小毛筆，於斷口處將膠塗抹均勻，再將兩邊碎片拼接，同時要考慮樹脂收縮率。

資料顯註筆法

填補則是指將缺失部位或表面縫隙以材料填平並且打磨，需經過補配、填縫、磨平。換言之是使用采模法製作出與文物缺失部分相似的碎片，以膠和填充粉黏合並填補縫隙，最後使用砂紙打磨拋光，過程中須注意瓷器的弧度與黏貼角度(呂淑玲，2018)。陳澄波(2021)在「陶瓷文物的修復—黏合、填補與全色」中指出由於高溫瓷器多使用透明度較高的玻璃釉，不宜完全使用一般填補使用的石膏和環氧樹脂補土。且不透明材質與釉層交界處會因光線照射角度而產生陰影，因此填補部分需等高或低於瓷器黏土層，再塗上透明填料模擬釉層。作者顯著筆法

全色時需注意色度和濃度：調配顏色時盡量復原文物本身色調，並確保填補部分不會吸收顏料，導致顏料上色後與調和顏色不同。上色次數少則透明度較高，多次塗畫會提高濃度與不透明度。需掌握好文物本身顏色質感，配合其濃淡(呂淑玲，2018)。

綜上所述，陶瓷文物的修復以非天然材料及非破壞性儀器為主，而修復文物前需判斷其修復目的，如歷史價值、審美價值、功能性。文物的清潔與修復過程需穩定文物狀況、進行最小干預的修復、維持真實性、可辨識性及可逆性；陶瓷文物的清潔分為介入式與非介入式，修復包含黏合、填補與全色。本研究將進一步分析目前故宮陶瓷文物的保存與修復，並探討目前運用之技術與未來發展。將文獻探討做小結後，帶出筆者自身的研究方向。佳

參、研究方法 3分

- 1、是否說明研究概念/架構
- 2、研究方法、研究流程是否合宜等

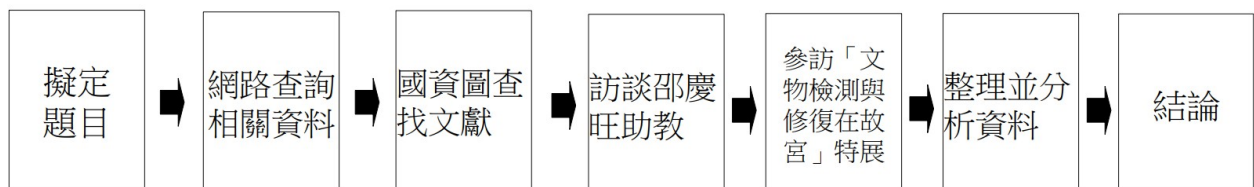
一、研究方法

- (一) 文獻分析法：藉由上網蒐集文獻資料、參考資料庫並查閱相關書籍、期刊等來進行資料分析與統整。 文獻分析法是小論文比賽中基本上都會使用到的研究方法。
- (二) 田野調查法：2023年6月2日筆者實際參訪故宮北部院區的「文物檢測與修復在故宮」特展，收集所需資料並加以分析。
- (三) 訪談法：2022年10月27日線上訪問國立臺灣藝術大學博物館學與古物維護研究所的邵慶旺助理教授了解文物保存方面的知識。

三、研究流程

此處標號錯誤，被扣1分，導致此篇差1分滿分

圖一：研究流程圖



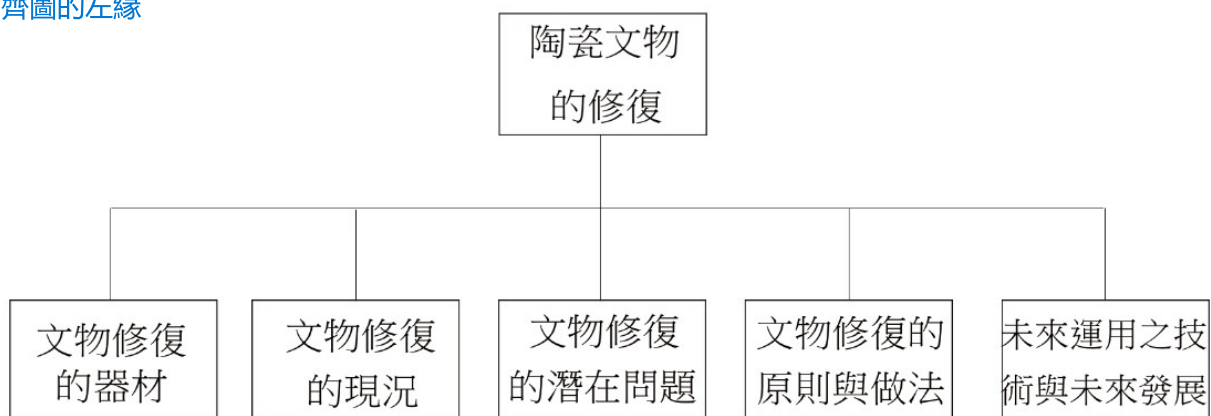
圖一資料來源：筆者自行繪製

四、研究架構

評審要點中有要求，是本篇論文的重要目錄的概念，可以論文之重要標題做成架構圖呈現。

圖二：研究架構圖

圖的編號和說明置於圖的上方，
齊圖的左緣



圖二資料來源：筆者自行繪製

肆、研究分析與結果 5分

質性研究，不能只是整理資料，筆者之分析與觀點呈現更顯重要，將自己的觀點、發現、研究結果與文獻探討中之前人研究相互比較、解釋異同（讓自己的研究與文獻對話），更能展現自己研究的價值。

一、文物修復領域的潛在問題

聚焦在文物修護的討論，檢視故宮文物保存的重要措施。
對應研究目的、研究目的三

- (一) 包裝及運輸的流程缺失

「在運送階段，首要條件是該如何包裝藝術品，才能在不傷害到本體又能在運送過程中不損壞」（楊雅玲、盧伯軒，2019）。除了妥善包裝外，工作人員的專業知識及精神狀況同樣重要。從故宮在文物包裹中發現了破碎的瓷器可知運輸過程仍有缺失，且另一件被工作人員摔落地面的文物也顯示工作人員在過程中應更加小心。

筆者觀點呈現

（二）文物資訊透明度低

現今的博物館體系缺乏資訊透明，如 2022 年的故宮瓷器破碎案例，立委陳以信在 10 月 28 日 9 點的台視新聞 TTV NEWS (2022) 中指出「故宮高層、故宮院長用隱密的態度在面對國人，在面對這件事情」。可見博物館的文物狀況不夠透明，出現問題時無法被放上檯面檢視，人民可能在不知情下失去了寶貴的文物。

筆者觀點呈現

（三）忽視一般文物的價值

根據國立故宮博物院（2023）的統計，目前擁有近七十萬件文物，「依藝術性之高下，區分為『國寶』、『重要古物』和『一般古物』三種等級」（國立故宮博物院，無日期）。相對價值不高的文物可能因此被忽視，塵封在典藏室中。然而筆者認為每個文物都有其歷史價值及文化意義，不可因其為一般文物，而草率對待老舊甚至損傷的文物。

筆者觀點呈現筆法

二、文物修復的原則與做法

聚焦研究目的二：探討陶瓷文物的修復中所應用的器材與科技
研究目的三：文物的修護

為了解非故宮的文物修復情形，透過 2022 年 10 月 27 日訪談邵慶旺助理教授，分析故宮和非故宮陶瓷文物修復的差異。

（一）修護目的

與文獻探討中陳澄波的作法做對照比較，敘明其差異

邵慶旺（2022）助教在訪談中則將其分為商業修復、展示修復及研究修復，與文獻中故宮登錄保存處助理研究員陳澄波（2020）將修復目的分為歷史價值、審美價值和功能性相異。商業修復注重文物價格，需要掩蓋缺點，常使用與古代相近的材料。展示修復是供人觀賞，注重美感與色彩協調性，需填補殘缺處並調和顏色，使觀賞者在一定距離下不會發現修復痕跡。研究修復僅需恢復文物出土的形狀，使學者得到所需資訊即可，額外的修補反而會汙染文物。（訪邵慶旺，2022 年 10 月 27 日）

（二）文物調查

訪談的内文引註呈現方式

邵慶旺（2022）助教於訪談中建議先使用可見光觀察文物，含肉眼、相機、顯微，並記錄文物狀況，例如有無裂縫、汙損、損壞等。紅外線檢視則是觀察文物對碳的反應，得知是否有底稿。紫外線檢測文物的螢光反應，依顏色深淺判斷文物是否有修補和黴菌，黴菌會呈現一個個白點，和文物的螢光反應會有差異。與文獻探討中故宮博物院之「文物檢測與修復在故宮」特展（無日期）不同，故宮並無提及紅外線檢視（紅外線攝影）的應用，而是使用紅外線光譜儀進行晶體和分子結構的分析。（訪邵慶旺，2022 年 10 月 27 日）

（三）材質了解

邵慶旺（2022）助教在訪談中表示現代常以光譜分析、X 射線螢光分析儀、拉曼光譜儀進行成分分析，而結構分析可採用 X 光，因 X 光會隨著礦物原料的能量穿透性、均勻程度、密集程度的不同而呈現不同的顏色。在文獻中故宮博物院的「文物檢測與

修復在故宮」特展（無日期），同樣以 X 射線螢光分析儀分析成分；在結構分析上也運用紅外線光譜術及拉曼光譜儀，而額外使用 X 光繞射圖譜術；故宮還提及影像分析儀器，如 X 光透視儀及掃描式電子顯微鏡。在文獻探討中蔡斐文等（2009）表示 X 光射線光譜儀同樣可分析成分，而分析結構的儀器則有 X 光透視儀、X 射線繞射儀及拉曼光譜儀。綜上所述筆者認為故宮博物院在文物修復的儀器上與邵慶旺助教任職的國立臺南藝術大學相比，擁有較多的儀器及資源進行修復與研究。（訪邵慶旺，2022 年 10 月 27 日）

◎訪談內容呈現、與文獻探討前人研究對話，進行差異比較的呈現方式。

◎訪談時可改寫訪談內容，也可直接引述受訪者論述「粗體50字」（受訪者，年月日）

（四）修復原則

邵慶旺（2022）助理教授在訪談中說明文物修復準則包含：可辨識性、可逆性、材料操作性、材料穩定性、真實性以及和諧性等原則。可辨識性是保證後人能辨認出文物本體和修復部分，二次修復時清理不需要的外來物。可逆性是讓修復材料易移除，可再修復。且材料要有操作性，好操作的材料才能避免不當操作而造成損傷。考量到材料變質、變色會影響文物原本物質或外觀，因此選用穩定性高的修復材料。修復時要依照文物原本樣貌修復，不可自行竄改，保有其真實性。也要注意文物整體的和諧性，在一般觀賞距離不發現明顯的修復痕跡或色彩落差，維持文物觀賞性。而諸多文物是採用影線法，以細線修復代替填滿，在觀賞距離看不出修復痕跡，但仍方便研究人員辨認。與文獻探討中故宮登錄保存處處長岩素芬（2012）寫到穩定文物狀況、真實性、最小干預、可辨識性和可逆性，略有不同，邵慶旺（2022）助理教授對於材料的特性有更多的說明，岩素芬（2012）則無提及材料穩定性和操作性。且邵慶旺（2022）助理教授訪談中所說之影線法，發現其並非文物修復專有技巧，而是西洋繪畫技法，故宮目前並無在陶瓷文物上使用影線法。（訪邵慶旺，2022 年 10 月 27 日）

（五）修復操作

此二處將受訪者之論述與文獻探討中相關學者的觀點作差異比較，提升訪談的信效度。

邵慶旺（2022）助教於訪談中表示修復前要先清潔，但因清潔不具可逆性，需做仔細的檢查及研究，以防毀壞重要資訊。再來加固、拼接、黏合，使形狀復原。最後填補和全色，若以強調真實性之研究修復為目的，則兩者非必要。文獻探討中故宮博物院登錄保存處副研究員王竹平（2006）寫到進行清潔前需評估外來物是否為穩定文物結構之關鍵或具有特殊意義，以免造成不可以的傷害。陳澄波（2021）寫到故宮陶瓷文物修復步驟分為黏合、填補和全色，與邵慶旺（2022）助理教授教授所說相同。（訪邵慶旺，2022 年 10 月 27 日）

三、目前運用之技術與未來發展 對應研究目的四：創新技術未來運用在修復陶瓷文物的可能性

（一）3D 列印

現今 3D 列印技術逐漸發達，除了醫療、藝術和機器零件之外，也能夠拓展文物修復領域。3D 列印有樹脂與陶瓷列印等，然而陶瓷需使用陶瓷漿料或陶瓷粉做為填充材料，但由於需要燒結後才能定型，筆者認為較不適合作為修復材料。

樹脂材料分為熱熔融層積、光固化樹脂和雷射粉末燒結。熱熔融層積所製作出的成品表面會有堆疊文理，若要用於修復光滑文物仍需進行打磨、拋光，但列印過程也相對便宜簡潔且方便，不須額外使用化學藥劑。光固化樹脂是以 UV 光照射樹脂液，使其硬化因此化學氣味較重，且需要大量樹脂液材料，成本較熱熔融層積高。光固化樹脂成品表面光滑，能做出精細的小物件，可用於修復較小且複雜的文物部件。雷射粉末燒結利用熱塑性物質粉末，雷射加熱後定型，成品呈霧面，可製作精細且懸空多的作品，然而成本是三者中最高的，較適合工業方面的機械零件製作，文物修復方面可能發展較為困難（杜偉誌、羅日生，2022）。

呂淑玲（2018）提及修復有缺失部分的陶瓷器文物需要進行翻模、采模、黏貼後再打磨，然而人工操作對於瓷器弧度、精細配件的掌握極其考驗經驗和修復能力，並且容易出現失誤。因此筆者認為光固化樹脂列印較適合應用於文物修復，因其製成品精細度良好，可以處理諸多文物細節零件，例如複製工藝困難的雕花殘缺部位等。並且表面光滑，無須再進行拋光打磨等修飾步驟可節省時間與人力，提高修復效率。成品穩定性高也可以降低誤差與錯誤率，可以精準達成期望數據，良好契合文物殘缺部位。李文元（無日期）表示樹脂對於紫外光的螢光效果佳，在紫外光照射下可清楚知道何為樹脂修復之零件。由於目前使用在文物修復中的 3D 列印所使用的材料為樹脂，搭配上上述提及的螢光特性，筆者認為可利於未來了解修復紀錄。

目前樹脂材料之 3D 列印皆需列印完成後再將零件與文物本體拼接黏合，尚無法做到直接於文物體上列印填補。未來若能夠達到經掃描建模後直接對文物進行修復列印，3D 印可成為文物修復一大主力。因此筆者認為可以多加投入 3D 列印在文物修復領域的發展，期待此項技術能實現更精進且貼合文物修復技術的需要。

然此次故宮摔破陶瓷文物事件中並無遺失破損碎片，修復工程大致是將瓷片黏合後進行補色，因此 3D 列印技術較無法套用於此事件。但倘若未來不幸發生較嚴重的陶瓷毀損，例如長途運輸過程中碰撞導致碎片散落遺失，便可考慮使用 3D 列印復原缺失部分。

（二）AI 人工智能與機械手臂

質性研究中常需爬梳、歸納整理比較其他學者的研究、論述及看法，因此筆者本身的觀點與看法的呈現，在質性研究中尤其重要。

對文物進行 3D 掃描儲存文物立體影像可以完美保存紀錄文物狀況，未來進行文物調查與資料蒐集時能夠更加確切地了解文物情況。筆者認為若能利用大數據分析，參照過往修復案例列出所需修復步驟及使用器材與儀器，或搜尋其他文物形制，模擬出文物殘片原先可能的樣貌，再將數據導入 3D 列印機等技術進行製作或人工修復，皆可減少人工分析與建模時間。

如果能達成上述修復流程的模擬，筆者認為經過專業人士確認無誤後，將該流程傳送至機械手臂，使其幫助完成文物的清潔、黏合、補色等步驟。機械手臂精準的操作可降低人工修復疏失或失誤對文物造成的影響和傷害，達成最小傷害之下最高效率之修復。使用機械手臂搬運及拿取文物可防止人為毀損，例如：摔落、施力不當等。故宮現行的儲藏方式為大型鐵箱，搬運鐵箱或拿取文物本體時均易產生施力不當、搬拿不穩的情況，尤其陶瓷器對於物理性碰撞極為脆弱，若能使用機械手臂輔助搬運工作與移動易碎文物，將能減少如此次摔破瓷器的事件發生。

（三）無線頻射系統（RFID）

無線頻射系統（以下簡稱 RFID）是一種非接觸式自動識別系統，由電子標籤、讀取裝置與後台系統組成。電子標籤利用發射無線電波產生空間耦合（交變磁場或電磁場），在無需接觸的情況下將資訊傳送至讀取器，後台系統進行資料判讀辨識。主要分為五種頻率，高頻的傳輸距離長且抗干擾性能較佳，但成本較高，低頻相反（朱耀明、林財世，2005）。RFID 可儲存大量資料，並且電子標籤體積極小，甚至可做成貼片形式。凌美雪（2023）根據 111 年度「器物典藏與庫房管理」的預算估算出平均每件文物設備汰換經費僅 1.41 元，但是文物庫房面積較大，需傳導距離較長的無線電波。在經費與品質之間，筆者認為可以考慮傳輸距離長且抗干擾性能較佳的高頻 RFID 電子標籤，利用對文物傷害較小的黏著劑黏貼於文物內部或背面，用於文物的資料記載和修復紀錄，直接讀取便能顯示完整資訊。博物館之前相互租借文物，可針對各項文物登入較詳盡的注意事項與背景資訊，同時，大批量運輸時也方便博物館方清點文物數

量，如有缺漏可經系統分析即時查出遺落物件。在博物館內設置偵測系統，當有文物在未經登記的情況下被移動，或文物狀況有異常變動時，系統將發送提醒，避免文物遭受盜竊或破壞。

記者林銘翰（2022）指出「明弘治款嬌黃綠彩雙龍小碗」為研究人員於 2021 年 2 月 3 日上午進行例行整理時發現破裂，經過研判，可能破裂時間最早可追溯至 2012 年 3 月 2 日。筆者認為假若使用無線頻射系統，便可在文物狀況異常時，例如：破裂、掉落等，立即發出通知，院方能即時掌握文物狀況，對破損文物更加留意。

四、研究結果 呈現肆、研究分析與結果的小結論，不能當全文之研究總結論。

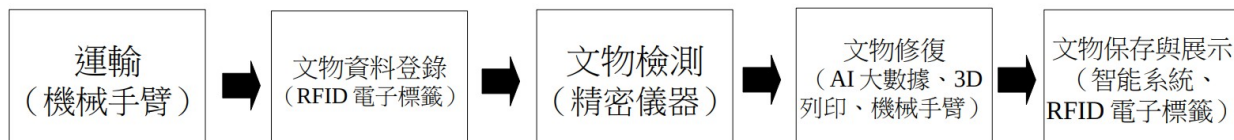
國立故宮博物院保存了眾多文物，在管理時或多或少會產生疏失，如 2022 年的故宮瓷器破碎案例中即可發現許多故宮運作上的問題。不僅是表面上包裝及運輸流程的不足，還包含故宮文物資訊對外透明度低及不重視一般文物的內部問題。

依據非故宮的文物修復情形，分析故宮和非故宮陶瓷文物修復的差異。概念基本相同，清潔需要事前評估、陶瓷文物需黏合、填補和全色等。但細節有略微差異，例如：故宮的修復目的無商業修復，多注重展覽與研究性的審美與歷史價值，並且故宮使用之檢測儀器種類較多樣與全面。

用圖或文字將「自己的」研究結果與發現呈現

結合現有修復流程及未來可發展之科技，筆者繪製成一套新的流程，如圖三。以機械手臂運輸，防止人為疏失。再以電子標籤貼片貼入文物，將文物資料登錄，未來可感應標籤以獲取資料。仍以精密儀器檢測文物，並以 AI 大數據分析掃描文物，用過去修復案例推測修復步驟，模擬文物殘片原先樣貌，接著導入 3D 列印機台以列印缺失處。確認 AI 擬定步驟無誤後，使機械手臂修復。最後展示由智能系統控制環境溫濕度，並以 RFID 電子標籤及博物館的讀取器，避免文物在未經登記下離開擺放空間。

圖三：修復流程



圖三資料來源：筆者自行繪製

伍、研究結論與建議

全文之總結論，若礙於篇幅無法採用結論式標題方式撰寫，仍應依據研究目的依序撰寫各項研究總結。結論處不宜再出現新的名詞、定義或新的參考文獻。
(肆、研究分析與結果的小結論可重點寫入結論中，但不能當全文的總結論)

一、結論

國立故宮博物院在文物保存上，在包裝及運輸過程、資訊透明度、對文物的重視度等方面仍有待改善。在 2022 年被爆出文物在人為因素下破損，引起社會軒然大波。雖然該院事後有積極處理，並以展覽向大眾交代文物修復狀況，然而破損過的文物無法回到原先的樣貌與價值，故宮仍需正視其運作上的問題。

現今修復陶瓷文物有一套細密且繁瑣的流程，並加上精密儀器的協助，使國家瑰寶免於損傷。過程中需經過目的確認、文物檢測、清潔及修復，其中修復又含黏合、填補及全色。檢測時則會運用現代科技儀器了解文物的成分及結構，使後續清潔、修復時選擇適宜的方法，而現今多崇尚無損分析或所需樣品少的儀器，如 X 光原理即發展出諸多儀器，盡可能將損害最小化。

筆者經過探究及思考後，認為 3D 列印技術、AI 人工智能與機械手臂、無線射頻系統在文物修復方面有極大的發展性。透過結合現今修復流程和創新技術，無論是文物的搬運、管理、修復及展示等，皆可增加文物保存及修復的效率及精確度，降低損傷或遺失的風險。藉由更多的研究投入、改良，未來技術成熟之時，能夠使文物修復流程更完整、安全，帶給文物更多的保障。

二、建議 善用信號字(如筆者建議)，表述會更清楚。

筆者建議文物修復相關單位任用擁有專業知識且對文物抱有熱情的修復人才，才能在瑣碎的工作中保護文物並找出修復的樂趣。文物修復是一門融合自然、歷史及美術的領域，一個完整的修復流程需仰賴科學上對文物成分的了解，並以儀器分析；歷史上調查文物的背景資料，推斷當年代的文物的特色，在有可辨識性的前提下將文物修復至原貌；美術上熟悉修復的技術，對於色彩協調性有敏銳度，才能以最適合的方式對待文物。然而，因人才不足，博物館工作人員可能缺乏足夠的專業知識，並非研讀文物修復領域，導致在工作時傷害文物。**筆者建議**招收的人員應先進行專業訓練，建立文物的基礎知識及注意事項，而非只專精於特定領域。且文物修復領域的工作較為繁複乏味，但工作時必須全神貫注，一個失誤可能會造成不可挽回的結果，因此工作人員也需對文物充滿熱情。

筆者也建議能將文物知識普及化並簡單化，使文物修復領域對大眾來說更平易近人。臺灣人民在面對文物時，總把其作為一個深不可測的領域，因此敬而遠之，鮮少進入博物館等地，導致大眾對文物不甚了解。反觀歐洲國家，大眾將參觀博物館當作假日的休閒活動，時常會進入博物館觀看各時期的文物。臺灣擁有許多珍貴的文物，紀錄著中國及臺灣多年來的歷史痕跡，**因此筆者建議**將各式文物發展和流動普及化，且避免使用過於艱澀的知識，使展覽內容簡單化，才能吸引對文物有興趣的大眾前來參觀，更了解這片土地的文化與歷史。

1.每款參考文獻，應有相對應的內容引註。

缺-->引而未列(扣4分)--消失的文獻
多-->列而未引(扣4分)--幽靈文獻

未免缺漏，因是比賽之故，建議依內文引註順序呈現。

陸、參考文獻 5分 2.每筆參考文獻長度超過一行，第二行起須空2中文字寬度。

3.各款文獻格式請參考「小論文的格式範例」

趙志瀚(2022年11月1日)。台北故宮打破的「25億台幣國寶」若放諸市場究竟價值多少？。<https://reurl.cc/ZyGD0A>

丁世傑(2022年10月28日)。故宮3件國寶瓷器破損秦老闆驚呼：這件價值逼近2億元。
<https://reurl.cc/8N31lg>

林銘翰(2022年10月31日)。故宮文物毀損調查報告出爐瓷器庫房監視器畫面曝光。
<https://udn.com/news/story/123088/6728998>

凌美雪(2023年3月31日)。妙手復原故宮3破碗 陳澄波：我都開玩笑說我是嘉義人
<https://reurl.cc/A0kQLj>

國立故宮博物院(2023年2月6日)。法規內容-國立故宮博物院典藏文物管理作業要點。
<https://law.npm.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000072>

吳佩錡(2017)。臺灣傳統建築彩繪木構件修護材料——填補材料耐候性研究初探。**雕塑研究**，18，96-155。

陳澄波(2021)。陶瓷文物的修復—黏合、填補與全色。**博物館學季刊**，35(3)，79-97。

譚世語、滕柳梅、唐英、張曉剛(2012)。改性環氧樹脂及其在石質文物保護中的研究進展。**塗料工業**，42(6)，71-75。

國立故宮博物院(無日期)。文物檢測與修復在故宮。2023年9月22日，取自
<https://www.npm.gov.tw/Exhibition-Content.aspx?sno=04013275&l=1>。

李文元(無日期)。非破壞性光學檢測。2023年9月10日，取自 <https://reurl.cc/z682XV>

陳光宇、劉致慧、何毓靈、柯維盈、黃銘崇(2021)。殷墟出土甲骨、文物、棺土的拉曼光譜分析。**古今論衡**，37，74-89。

蔡斐文、歐陽盛芝、李子寧、吳伯祿、李佩珊、陳婉平(2009)。**修護揭密：臺博館暨南藝**

大修護研究成果專輯。國立臺灣博物館。

陳澄波（2020）。探討文物修護介入的程度：以國立故宮博物院之破碎與脫膠藏品的修復為例。**博物館與文化**，19，95-124。

王竹平（2006）。蒸氣法和浸泡法在文物清潔修護的應用。**博物館學季刊**，20（4），101-115。

岩素芬（2012）。「文物保存」的邊界與跨界。**博物館與文化**，3，65-84。

呂淑玲（2018）。**淺說瓷器保護修復技術**。中國文物保護技術協會（主編）：淺說瓷器保護修復技術（55-59）。中國文物保護技術協會。

楊雅玲、盧伯軒（2019）。藝術品物流作業風險管理之研究。**航運季刊**，28（3），73-96。

台視新聞 TTV NEWS（2022 年 10 月 28 日）。陳以信爆故宮打破國寶龍紋碗 高層下封口令

〔影片〕。Youtube。<https://reurl.cc/blXKz3>

國立故宮博物院（2023 年 8 月 31 日）。藏品分類。<https://reurl.cc/q0gR3y>

國立故宮博物院（無日期）。國寶聚焦。2023 年 9 月 10 日，取自 <https://reurl.cc/Oj0NDy>

杜偉誌、羅日生（2022）。3D 科技於博物館文物保存維護應用初探。**博物科技**，4（26），77-103。

朱耀明、林財世（2005）。淺談無線射頻辨識系統技術。**生活科技教育月刊**，38（2），73-87。

凌美雪（2023 年 8 月 13 日）。院藏陶瓷設備維護每件僅 1.41 元？故宮說明。

<https://art.ltn.com.tw/article/breakingnews/4395192>