

Glossary for Preventive Conservation

專有名詞圖典

預防性保存



預防性保存

專有名詞圖典

Glossary for
Preventive Conservation

文化部文化資產局
Bureau of Cultural Heritage, Ministry of Culture

112 年 1 月出版

目次

Contents

p.4
圖解文化資產的熱門關鍵字
－預防性保存

p.6
前言

p.8
體例說明

p.9
詞條架構

1 p.28
保存概念

p.262
附錄

2 p.32
保存作業

p.268
參考資料

3 p.154
環境管理

p.298
專有名詞英文索引

4 p.196
風險掌控與管理

p.309
專有名詞筆劃索引

5 p.252
機構單位

圖解文化資產的熱門關鍵字

一預防性保存

「預防勝於治療」—這句不分年齡都可朗朗上口的老話，如今也融入了珍貴文化資產的保存概念中。人不舒服，可以自行藉由完整的醫療解決不適；但文物只能透過劣化的速度與程度來傳達。相較於被動的文物醫療、處理或修復已發生的劣化狀況，積極的預防性保存其實是最具效益的方式，也是大部分文資工作者最容易面臨到的課題。以往在搜尋國內外保存維護相關經驗與文獻時，最大的困難點在於語言隔閡使專業內容難以精確理解，或是多元文物類型，即使同一詞彙在保存修護領域中常常存在不同用法。這些詞彙往往會影響我們對於訊息的理解。同為文化資產保存工作者的一員，我們了解大家的需求，進而加緊腳步籌畫了「預防性保存圖典」一書。

Preface

預防性保存的範圍寬廣，本書經專家學者多次討論後，將整體內容聚焦在文化資產建築體中的文物，分為保存概念、保存作業、環境管理、風險管理、國際文資單位介紹等五大面向，希望從倫理、規範、預防性保存等這些抽象概念開始談起，陪伴讀者一起沿著執行工作時會遇到的各項主題，認識這些在文保領域常出現的關鍵詞。在資訊更新速度極為快速的今天，可以藉由書中羅列的關鍵詞提升對於這些文獻理解的精準度、提供大家便捷的查詢與進階學習的專業參考。

感謝所有參與本書誕生過程的老師與夥伴們，一同編寫出專業內容、搭配深入淺出的精采插圖，使眾多艱澀難辨的專業詞彙輕鬆貼近你我的需求。期望「預防性保存專有名詞圖典」可以為大家帶來更得心應手的工作體驗，使美好的事物得以傳承！

文化部文化資產局 局長

陳濟民

前言

有形文化資產從定義來理解就是具有物質形體並有獨特人文內涵與價值的物件，而其之所以存在是透過特定的人將特定物質經由加工而得，並賦予特定的結構與功能。所以從製作過程開始可能就伏藏一些缺陷或是弱點，之後受到環境中各種物理作用力和化學反應，如重力、氣流、光、熱、空氣、水等相互交錯的作用，導致材料的劣化和老化以及結構的弱化，除此之外還有人和各式生物有意識或無意識的接觸或侵擾，還有天災等而導致缺損和破壞。然而，有形文化資產呈現人文內涵的訊息或特徵一旦部分或全部消失，其自身所擁有極高的歷史、藝術、美學與科學等文化價值也隨著減損甚至喪失。因此，在 1930 年羅馬舉行的藝術作品檢查和保存科學方法研究（International Conference for the Study of Scientific Methods in the Examination and Conservation of Artworks）國際會議上首先提出了預防性保存的概念，並開始推行這樣的新思維來針對文化資產自身的物質材料狀態以及周圍環境影響和作用的研究，以補強和排除具有危害的因子，確保文化資產的物質形貌、結構與功能盡可能被長久保存。

所以文化資產的預防性保存是從過去經驗理解而來，為對抗不可預測的未來保有其無形的人文內涵與價值，首要工作是做好調查研究和檢視紀錄，再來就是物件本體缺陷和弱點的瞭解和補強，以及外界環境加諸於物件有害因子的排除和隔絕，再進

Foreword

一步就是外部侵入和不可抗力變動的評估和防範，而上述的保存工作要長時間保持有效就有賴監控和管理。所以文化資產的預防性保存以人文的調查研究為基礎，加上自然科學的觀察和理解，運用工程科學技術的補強和保護，和管理科學讓保護長期有效運作，是一門應用性及針對性的跨領域綜合性學科，有科學概念的理解，也是一種技術操作，而依其涵蓋內容可以整理歸納為「保存概念」、「保存作業」、「環境管理」、「風險掌控與管理」等主題，是從事文物保存、維護、修復等研究的人員必須掌握的基礎內容。也唯有預防性保存的工作，針對所有可能造成文物危害的風險，才能達到防微杜漸之效。

近年來，氣候環境的變遷加劇和社會經濟的日益成長，以及人們對於文化、歷史和藝術的重視和文物的交流展示的日趨頻繁，文化資產的保存維護面對的挑戰也日趨複雜和艱鉅，而預防性保存就是面對各類威脅保護文化資產的第一道防線，所以保存維護文化資產的專業人員都應該強化預防性保存之知識與技術操作，並持續關注瞭解預防性保存的概念和技術的發展。本書編輯的目的即是希望提供保存維護專業人員的預防性保存的基礎指引和技術說明。

國立雲林科技大學
文化資產維護系
文化科技研究中心



體例說明

本書收錄了預防性保存相關的專有名詞，包括「保存概念」、「保存作業」、「環境管理」、「風險掌控與管理」和「機構單位」等主題詞條。書籍之編輯規則如下：

1. 本書以文化資產保存維護工作者為主要服務對象，內容以正體中文撰寫，詞條條目同時包含英文。
2. 本書五大主題詞條架構皆以不同顏色表示，各主題下第 1 到 4 層的子主題以漸層顏色表示，第 5 層統一以藍灰色表示，第 6 層則以白色表示，內文中各詞條前皆有一代表階層的小色塊可相互對照。
3. 詞條內容有關計量或編碼以阿拉伯數字描述，概數、固定詞彙及成語則以國字數字表示。
4. 詞條內容中具體時間以阿拉伯數字描述，年份統一以西洋紀年為準。
5. 詞條內容中所出現的外國人名、地名或組織機構名稱，若有慣用中文譯名，則以中文呈現同時附上英文，若有慣用縮寫也將一併列出。於內文首次出現者，英文與縮寫皆列出，再次出現時則以縮寫表示。
6. 詞條內容中若需由其他詞條補充，則採用「參見」的方式，若一詞條有多種說法，本文僅在其中通用的詞條下做釋文，其他詞條則採用「見」的方式呈現。
7. 為使本書內容清晰易懂，部分詞條加入照片、插圖或表格以輔助說明。
8. 本書所使用圖片將標示出來源及授權狀態，圖片來源為本書工作團隊與 CC0（公眾領域貢獻宣告）者，則不標示來源。
9. 為方便使用者查詢，書末附有中、英文索引；中文索引依筆畫排序，英文索引依字母排序。
10. 各章內容參考資料及引用文獻均列於書末，以供使用者進階查詢使用。

詞條架構

本書主要功能是有系統的介紹說明有形文化資產預防性保存專業術語，讓使用者方便查詢相關專業詞彙，另一個附帶功能則是以樹狀階層架構的詞條，精簡呈現預防性保存各主題涵蓋的概念和操作技術，讓閱讀者建立預防性保存的系統概念。然而我國有形文化資產的定義涵蓋多種類型從大量體的古蹟、歷史建築、遺址、史蹟、文化景觀、自然地景到小量體的古物，以區區數百頁的書當然無法一次涵納所有類型，所以本書以現有數量較龐大且缺乏保存設施的文化資產建築內之文物的預防性保存為核心想法來編輯，寄望未來可以持續擴編，以呈現更完整和深入的預防性保存架構和內容，可以滿足文資專業領域從業人員和學生參考。

本書分為五大主題，各主題再依涵蓋內容細分子主題，由子主題再帶入相關概念名詞與技術術語，由這些階層式主題和名詞術語，建構預防性保存的系統概念。一是保存概念，主要說明文化資產保存需要遵循的原則與倫理，以及不同階段保存的對照說明。二是保存作業，介紹預防性保存作業項目，有檢視、記錄建檔、檢測、數位化、保存處理等子主題，於子主題下再階層式將各相關之專業術語與名詞介紹和說明。三是環境管理，底下又細分四個子主題，有管理、天氣、環境因子、環境監測與控制，各子主題下再帶入各相關之專業術語與名詞介紹和說明。四是風險掌控與管理，下分風險、風險辨識、風險分析與評估、風險處理、風險預防、風險管理等六個子主題，各子主題下再分別細分介紹和說明相關之專業術語與名詞。五是機構單位，本書收錄我國及歐美日之重要文化資產保存機構，除文化資產局和故宮博物院外，還有其他十個主要保存機構之介紹。

另外，本書附有中文筆劃索引和英文字母索引，方便快速查詢。而本書內容所參考的資料或是引用的資料出處，皆有標示參考或引用文獻，並可於附錄參考文獻查找出原始出處。

保存概念 Conservation Concept	保存倫理 Conservation Ethics			p.28	
	保存指引 Guidelines for Practices			p.28	
	保存科學 Conservation Science			p.28	
	預防性保存 Preventive Conservation			p.29	
	治療性保存 Remedial Conservation			p.29	
保存作業 Procedure of Conservation	檢視 Inspection	狀況評估 Condition Assessment			p.32
		狀況報告 Condition Report			p.32
	劣化辨識 Identification of Deterioration	降解 Degradation			p.33
		劣化 Deterioration	物理性劣化 Physical Deterioration	固有缺陷 Inherent Vice	p.34
				磨損 Abrasion	p.34
				刮痕 Scratch	p.35
				蟲咬 Grazing	p.35
				凹痕 Gouge	p.36
				缺失 Loss	p.36
				剝落 Flaking	p.36
				剝蝕 Exfoliation	p.37
				開裂 Crack	p.38
				龜裂 Crackle	p.38
				裂縫 Split	p.39
				斷裂 Break	p.39
				變形 Distortion	p.40
				剝離 Cleavage	p.41
				分層 Delamination	p.41
				鼓起 Tenting	p.42
				塵垢 Dirt	p.42
				起霜 Bloom	p.43
				白華 Efflorescence	p.44

劣化 Deterioration	化學性劣化 Chemical Deterioration	上升潮氣 Rising Damp		p.45
		潮痕 Tide Line		p.46
		侵蝕 Erosion		p.47
		滲色 Bleeding		p.47
		黃化 Yellowing		p.48
		霧白 Blanching		p.48
		脆化 Brittle		p.49
		焦痕 Burn		p.50
		金屬腐蝕 Metal Corrosion		p.51
		銅器病 Bronze Disease		p.52
		變色 Discoloration		p.53
		暗化 Darkening		p.54
		膠漬 Adhesive Stain		p.55
	生物性劣化 Biological Deterioration/ Biodeterioration	生物侵擾 Biological Infestation		p.56
		微生物 Microorganism	真菌檢視 Fungal Investigation	p.56
			目測 Visual Observation	p.57
			表面採樣 Surface Sampling	p.57
			真菌 Fungi	p.57
			黴菌 Mold	p.59
			地衣 Lichen	p.60
	昆蟲 Insect	蟲蛀 Insect Damage	p.61	
		昆蟲排泄物 Insect Secretion	p.62	
劣化辨識 Identification of Deterioration				
檢視 Inspection				
保存作業 Procedure of Conservation				

劣化 Deterioration 劣化辨識 Identification of Deterioration 檢視 Inspection 保存作業 Procedure of Conservation	昆蟲 Insect	蜘蛛絲 Spider Web	p.62	
		衣魚 Silver Fish	p.63	
		衣蛾 Clothes Moth	p.63	
		煙甲蟲 Cigarette Beetle	p.64	
		粉蠹蟲 Powderpost Beetle	p.64	
		白蟻 Termite	p.65	
		天牛 Longhorn Beetle	p.65	
		蟑螂 Cockroach	p.66	
	大型生物 Macro Creature	動物排泄物 Animal Secretion	p.67	
		鼠 Rat	p.67	
		鳥 Bird	p.67	
	植物 Plant	苔類 Moss	p.68	
		竄根 Tree Root	p.69	
	複合型劣化 Multiple Deterioration	粉化 Powdering		p.71
		附著物 Accretion		p.71
		污垢 Grime		p.72
		污漬 Stain		p.73
		水漬 Water Stain		p.73
		風化 Weathering	物理風化 Physical Weathering	p.76
化學風化 Chemical Weathering			p.77	
老化 Aging	加速老化試驗 Accelerated Aging Test		p.78	

保存作業 Procedure of Conservation	檢視 Inspection	影像 Image	技術攝影 Technical Photography		p.80
			可見光應用 Applications of Visible Light	正面光攝影 Normal Light Photography	p.80
				側光攝影 Raking Light Photography	p.81
				透射光攝影 Transmitted Light Photography	p.82
				偏振光攝影 Polarized Light Photography	p.83
			紅外線應用 Applications of Infrared	紅外線攝影 Infrared Photography	p.83
				反射式紅外線攝影 Infrared Reflectography	p.84
				紅外線螢光攝影 Infrared Fluorescence Photography	p.85
				紅外線偽彩色攝影 Infrared False Color Photography	p.85
				透射式紅外線攝影 Infrared Transmittography / Transmitted Infrared Photography	p.85
				熱成像 Thermography	p.86
			紫外線應用 Applications of Ultraviolet	反射式紫外線攝影 Ultraviolet Reflectography	p.87
				紫外線激發可見螢光攝影 / 紫外螢光攝影 Ultraviolet Fluorescence Photography	p.88
			X射線應用 Applications of X-ray	X 射線攝影 X-ray Radiography	p.89
			多光譜影像 Multispectral Imaging		p.90
			高光譜影像 Hyperspectral Imaging		p.90
			色卡 Color Scale	色階卡 Color Control Patches	p.91
				導色卡 Color Checker	p.92

保存作業 Procedure of Conservation	影像 Image	微觀檢視 Micro Examination	放大鏡 Magnifier		p.92		
			立體顯微鏡 Stereo Microscope		p.92		
			數位顯微鏡 Digital Microscope		p.94		
			微距攝影 Micro Photography		p.94		
	記錄建檔 Documentation	登錄 Registration				p.96	
		清冊 Inventory				p.96	
		保存描述資訊 Preservation Description Information				p.97	
		照片建檔 Photo Documentation				p.97	
		文物身分 Object Identification				p.98	
	檢測 Examination	檢測方式 Examination Method	非破壞性檢測 Non-destructive Testing			p.99	
			非侵入性檢測 Non-invasive Testing			p.99	
			非接觸性檢測 Non-contact Testing			p.100	
			破壞性分析 Destructive Analysis			p.100	
			採樣 Sampling			p.100	
		材質分析 Material Analysis	材質類型 Material Type	無機材料 Inorganic Material			p.101
				有機材料 Organic Material			p.102
				複合材料 Composite Material			p.102
			元素分析 Elemental Analysis	X 射線螢光光譜儀 X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)			p.103
				掃描式電子顯微鏡 -X 射線能譜分析法 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDX)			p.104
			成分分析 Components Analysis	全波段光譜 Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectroscopy (UV-VIS-NIR)			p.105
				傅立葉轉換紅外線光譜儀 Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)			p.106
				拉曼光譜儀 Raman Spectrometer			p.108
				X 射線繞射儀 X-ray Diffraction Spectrometer			p.109

保存作業 Procedure of Conservation	檢測 Examination	表面形貌觀察 Surface Morphology	光學顯微鏡 Optical Microscope	金相顯微鏡 / 反射式顯微鏡 Metallographic Microscope/ Reflected Light Microscope		p.111
				生物顯微鏡 / 穿透式顯微鏡 Biological Microscope/ Transmitted Light Microscope		p.112
				偏光顯微鏡 Polarizing Microscope		p.113
			電子顯微鏡 Electron Microscope	掃描式電子顯微鏡 Scanning Electron Microscope（SEM）		p.114
				穿透式電子顯微鏡 Transmission Electron Microscope（TEM）		p.116
		內部結構量測 Internal Structure Measurement	X 射線透視影像 X-ray Imaging / X-ray Fluoroscopy		p.117	
			超音波檢視 Ultrasound Inspection		p.118	
			探地雷達 / 透地雷達 Ground Penetrating Rader(GPR)		p.118	
		色彩量測 Color Measurement	微褪色測試 Micro Fading Test		p.119	
			色差儀 / 色度計 Color-difference Meter / Colorimeter		p.119	
			分光測色儀 Color Spectrophotometer		p.120	
		酸鹼度 pH	酸鹼測試 pH Measurement		p.120	
			奧迪測試 Oddy Test		p.121	
		數位化 Digitization	數位保存 Digital Preservation		p.123	
	掃描 Scanning		p.124			
	三維掃描 Three Dimensional Scanning		p.125			
	保存處理 Conservation Treatment	維護 Maintenance	清潔 Cleaning	物理清潔 / 乾式清潔 Physical Cleaning / Dry Cleaning	噴砂清潔 Sand Blasting Cleaning	p.128
					乾冰清潔 Dry Ice Cleaning	p.129
					雷射清潔 Laser Cleaning	p.129
					化學清潔 / 溼式清潔 Chemical Cleaning / Wet Cleaning	
			穩固 Stabilization		p.131	

保存處理 Conservation Treatment 保存作業 Procedure of Conservation	維護 Maintenance	修復 Restoration			p.131
		防護工程 Protection Treatment	耐久性 Durability	p.132	
			防水工程 Water-proof Engineering	p.132	
			排水工程 Drainage Engineering	p.133	
			施工架 / 鷹架 Scaffolding	p.133	
		防護塗料 Protection Coating	木材防腐 Wood Preservative	p.135	
			防黴劑 Anti-mold Agent	p.136	
			黏著劑 Adhesive	p.137	
			灌漿材料 Grouting Material	p.137	
			抗光老化劑 Anti-aging Agent	p.138	
	生物防治 Biological Control	有害生物綜合防治 Integrated Pest Management (IPM)			p.139
		微生物防治 Microbial Control	清除 Removal	化學處理 Chemical Treatment	p.140
				殺菌處理 Biocidal Treatment	p.140
				殺真菌劑 Fungicide	p.140
				去活化 Deactivation	p.141
				氣乾處理 Air-drying Treatment	p.141
				冷凍處理 Freezing Treatment	p.141
		預防 Prevention	防腐劑 Preservative	p.141	
			真菌抑制劑 Antifungal Inhibitor	p.142	
		有害生物防治 Pest Management	清除 Removal	化學性除蟲處理 Chemical Treatment	p.142
				殺蟲劑 Insecticide	p.143
				非化學性除蟲處理 Non-chemical Treatment	p.144

保存作業 Procedure of Conservation	保存處理 Conservation Treatment	生物防治 Biological Control	有害生物防治 Pest Management	清除 Removal	低溫除蟲處理 Freezing / Low Temperature Treatment	p.144	
					低氧除蟲處理 Anoxic Treatment	p.144	
					熱除蟲處理 Thermal Pest Control	p.145	
				預防 Prevention	周圍防治 Surrounding Management	p.146	
					有害生物監測 Pest Monitoring	p.146	
					捕蟲板 Pest Trap	p.146	
					餌劑 Bait	p.146	
					忌避劑 Repellent	p.147	
					費洛蒙 Pheromone	p.147	
			大型生物防治 Macroorganism Management	清除 Removal	捕鳥網 Bird Trap	p.148	
					滅鼠餌劑 Rodenticide	p.148	
					捕鼠裝置 Mouse / Rat Trap	p.148	
				預防 Prevention	防鳥措施 Bird Repellent	p.149	
					防鼠措施 Mouse / Rat Repellent	p.149	
			植物生長防治 Plant Growth Control	清除 Removal	環刻 Girdling	p.150	
				預防 Prevention	生長抑制劑 Growth Inhibitor	p.150	
	保存維護人員 Conservation Professional						
環境管理 Environmental Management	管理 Management					p.154	
	天氣 Weather	氣候 Climate				p.155	
		微氣候 Microclimate				p.155	
		氣候變遷 Climate Change				p.156	
		降雨量 Precipitation				p.156	

環境管理 Environmental Management	天氣 Weather	風速 Wind Speed		p.156		
		風向 Wind Direction		p.157		
		風玫瑰圖 Wind Rose Plot		p.157		
	環境因子 Environmental Factors	溫度 Temperature	環境溫度 Ambient Temperature		p.158	
			室溫 Room Temperature		p.158	
			熱輻射 Thermal Radiation		p.158	
		溼度 Humidity	絕對溼度 Absolute Humidity (AH)		p.159	
			相對溼度 Relative Humidity (RH)		p.159	
			露點 / 露點溫度 Dew Point / Dew Point Temperature		p.160	
			平衡含水率 Environmental Moisture Content (EMC)		p.160	
		光 Light	光 / 輻射 Light / Radiation	可見光 Visible Light		p.162
				紅外線 Infrared Radiation		p.163
				紫外線 Ultraviolet Radiation		p.164
			可見光光譜 Visible Spectrum		p.166	
			自然光 Natural Light		p.166	
			人工照明 Artificial Lighting		p.166	
			白熾燈 Incandescent Lamp		p.167	
			日光燈 Fluorescent Lamp		p.168	
			發光二極體 Light Emitting Diode (LED)		p.168	
			紫外線燈 Ultraviolet Lamp		p.169	
			演色性指數 Color Rendering Index		p.170	
			色溫 Color Temperature		p.171	
			照光度 Light Level		p.172	
			光強度 Light Intensity		p.173	
			光通量 Luminous Flux		p.174	
			曝光 Exposure		p.175	
			光害 Light Damage		p.175	

環境管理 Environmental Management	環境因子 Environmental Factors	光 Light	光照褪色 Light Fading		p.175	
			色差 Color Difference		p.176	
			紫外線濾片 Ultraviolet Filtering Film		p.178	
		空氣污染 Air Pollution	空氣污染指數 Pollutants Standard Index (PSI)		p.179	
			空氣污染物 Air Pollutants	揮發性有機化合物 Volatile Organic Compounds		p.181
				二氧化硫 Sulfur Dioxide (SO ₂)		p.182
				二氧化氮 Nitrogen Dioxide (NO ₂)		p.183
				臭氧 Ozone (O ₃)		p.183
				硫化氫 Hydrogen Sulfide (H ₂ S)		p.184
				甲酸 Formic Acid (HCOOH)		p.184
				醋酸 Acetic Acid (CH ₃ COOH)		p.185
				甲醛 Formaldehyde (HCHO)		p.185
				游離甲醛 Free Formaldehyde		p.186
				懸浮微粒 Particulate Matter (PM)		p.187
			污染物濃度 Pollutant Concentration	體積濃度 百萬分之一 Parts Per Million, PPM 十億分之一 Parts Per Billion, PPB		p.188
				質量濃度 毫克 / 立方米 Milligram Per Cubic Meter 微克 / 立方米 Microgram Per Cubic Meter		p.188
	環境監測與控制 Environmental Monitoring and Control	環境監測 Environmental Monitoring				p.189
		環境控制 Environmental Control	微環境 Micro-environment			p.190
			溫溼度控制 Temperature and Humidity Control	溫溼度記錄器 Temperature and Humidity Data Logger		p.190
				空調系統 Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)		p.190
				除溼 Dehumidification		p.191
加溼 Humidification				p.191		

環境管理 Environmental Management	環境監測與控制 Environmental Monitoring and Control	環境控制 Environmental Control	空氣潔淨 Air Purification	恆溫恆溼 Constant Temperature and Humidity	p.192	
				換氣 Ventilation	p.192	
				空氣潔淨處理 Air Purification Treatment	p.192	
				活性碳 Activated Carbon	p.193	
				污染防治 Pollution Control	p.193	
				高效率空氣微粒子過濾網 High Efficiency Particulate Air Filter (HEPA)	p.193	
				超低穿透空氣過濾網 Ultra Low Penetration Air Filter (ULPA)	p.193	
風險掌控與管理 Risk Control and Management	風險 Risk				p.196	
	風險辨識 Risk Identification	天然危害 Natural Hazard				p.196
		人為危害 Anthropogenic Hazard				p.197
		自然老化 Natural Aging				p.197
		劣化因子 Agents of Deterioration				p.197
		加速劣化因素 Accelerators of Deterioration				p.198
	風險分析與評估 Analysis and Assessment of Risk	危險度 Risk Level				p.199
		風險辨識 Risk Identification				p.199
		風險分析 Risk Analysis				p.199
		風險評量 Risk Evaluation				p.200
		風險評估 Risk Assessment				p.200
		危險指數 Hazard Index				p.200
		風險出現概率 Risk Occurrence				p.201
		風險承受 Risk Acceptance				p.202
		風險強度 Magnitude of Risk (MR)				p.202
		優先順序 Prioritization				p.204
		風險圖 Risk Map				p.205

風險掌控與管理 Risk Control and Management	風險處理 Risk Treatment	風險降低 Risk Reduction		p.205	
		風險轉移 Risk Transference		p.205	
		損壞後評估 Damage Assessment		p.206	
	緊急應變 Emergency Response	安全計畫 Safety Plan	造冊編號 Tabulation		p.207
			任務編組 Rescuer Task Grouping		p.207
			可用安全疏散時間 Available Safe Egress Time (ASET)		p.207
			必須安全疏散時間 Required Safe Egress Time (RSET)		p.208
	緊急搶救 Emergency Rescue	文物保護 Protection of Artifact	碰撞 Impact	p.209	
			衝擊 Shock	p.210	
			振動 Vibration	p.210	
			壓力 Pressure	p.211	
		文物裝載 Packing and Crating	包裝 Packing	p.211	
			聚乙烯 Polyethylene (PE)	p.213	
			聚酯 Polyester	p.214	
			聚丙烯 Polypropylene (PP)	p.214	
			高密度聚乙烯纖維 High-density Polyethylene Fiber (HDPE)	p.215	
			聚四氟乙烯 Polytetrafluoroethene (PTFE)	p.216	
			Dartek® 網狀尼龍薄膜 Dartek® Cast Nylon Film	p.216	
			緩衝材料 Cushioning Material	p.217	
			調溼材料 Humidity Control Material	p.218	
			無酸紙 Acid-free Paper	p.218	
			文物運輸 Transportation of Artifact	文物持拿 Object Handling	p.219
				運輸規劃 Transportation Planning	p.220

風險掌控與管理 Risk Control and Management	風險處理 Risk Treatment	緊急應變 Emergency Response	緊急搶救 Emergency Rescue	文物暫存計畫 Temporary Storage Program		p.222	
				文物暫存環境 Temporary Storage Environment		p.222	
	風險預防 Risk Prevention	預防性措施 Preventive Action	安全防護 Safety Protection	保護區 Conservation Area		p.223	
				展示櫃 Showcase		p.223	
			監測環境衝擊因子 Monitoring of Environmental Impact Factors				p.224
			移除環境衝擊因子 Eliminating of Environmental Impact Factors				p.224
			降低環境衝擊因子 Decreasing of Environmental Impact Factors				p.224
			防災管理 Disaster Risk Management	防災等級 Disaster Risk Ranking			
		防災措施 Disaster Prevention Action				p.225	
		防災監測 Disaster Prevention Monitoring		風災監測 Wind Monitoring	風向風速計 Anemorumbometer		p.226
				火災監測 Fire Monitoring	火警警報系統 Fire Alarm System		p.227
					火災偵測系統 Fire Detection System		p.228
					抽氣式煙霧偵測器系統 Aspirating Smoke Detector System		p.228
		煙霧偵測器 Smoke Detector		p.230			
		水災監測 Flood Monitoring		水位監測計 Water Level Monitor		p.229	
				震災監測 Earthquake Hazards Monitoring	加速度計 Accelerometer		p.230

風險掌控與管理 Risk Control and Management	風險預防 Risk Prevention	防災管理 Disaster Risk Management	防災設備 Disaster Prevention Facilities	防風設備 Wind-proof Facilities	導風設備 Wind Deflecting Facilities	p.231
					擋風設備 Wind Breaking Facilities	p.231
				消防管理 Fire Management	防火 Fire Prevention	p.231
					防火間隔 Fire Separation Distance	p.232
					防火區劃 Fire Zoning	p.233
					耐火等級 Fire Resistance Rating	p.233
					防煙區劃 Smoke Control Zone	p.233
				滅火系統 Fire Extinguishing System	制火系統 Fire Suppression System	p.234
					自動灑水裝置 Automatic Sprinkler	p.234
					水基滅火系統 Water-based Fire Suppression System	p.235
					乾式灑水滅火系統 Dry Pipe Sprinkler System	p.235
					溼式灑水滅火系統 Wet Pipe Sprinkler System	p.236
					預動式灑水滅火系統 Pre-action Sprinkler System	p.236
					開放式灑水滅火系統 Deluge Sprinkler System	p.237
					水霧式滅火系統 Water Mist Fire Sprinkler System	p.237
					泡沫滅火系統 Foam Fire Sprinkler System	p.237
					乾粉滅火系統 Powder Fire Suppression System	p.238
					鹵化烷滅火系統 Halocarbon Clean Agent Suppression System	p.238

風險掌控與管理 Risk Control and Management	風險預防 Risk Prevention	防災管理 Disaster Risk Management	防災設備 Disaster Prevention Facilities	滅火系統 Fire Extinguishing System	二氧化碳滅火器 Carbon Dioxide Fire Extinguisher	p.239
					惰性氣體滅火系統 Inert Gas Fire Suppression System	p.240
					排煙控制系統 Smoke Control System	p.240
	風險管理 Risk Management	防水設備 Water-proof Facilities	防潑水設備 Water-repellent Facilities	p.241		
			導水設備 Water Diversion Facilities	p.241		
			擋水設備 Water Breaking Facilities	p.241		
		防震 Vibration Proof	地震災害 Earthquake Damage	p.242		
			結構完整性 Structural Integrity	p.243		
			累積損害 Cumulative Damage	p.243		
			搖晃反應 Shaking Response	p.244		
			穩定 Stability	p.244		
			滑動 Sliding	p.245		
			搖動 Rocking	p.245		
			翻倒 Overturning	p.246		
			強化 Strengthening	p.246		
預防性支架 Preventive Support	p.246					
釣魚線 Fishing Twine	p.247					
微晶蠟 Microcrystalline Wax	p.247					
風險管理 Risk Management	風險 / 災害準備 Risk / Disaster Preparedness					p.248
	安全管理 Safety Management					p.249
	環境管理控制 Environmental Management Control					p.249

Institution 機構單位	文化部文化資產局 Bureau of Cultural Heritage, Ministry of Culture	p.252
	國立故宮博物院 National Palace Museum	p.252
	國際博物館協會 International Council of Museum (ICOM)	p.253
	國際博物館協會 - 保存維護委員會 International Council of Museum-Committees for Conservation (ICOM-CC)	p.254
	國際文物維護協會 International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC)	p.254
	英國文物維護協會 Institute of Conservation (ICON)	p.255
	國家保存學會 National Preservation Institute (NPI)	p.256
	美國文物維護協會 American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC)	p.256
	澳洲文化物質維護協會 Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials (AICCM)	p.257
	英格蘭遺產委員會 English Heritage	p.258
	加拿大文物維護中心 Canadian Conservation Institute (CCI)	p.258
	東京文化財研究所 Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage Tokyo National Research Institute for Cultural Properties	p.259

保存概念
Conservation Concept

1

保存概念

Conservation Concept

■ 保存倫理 Conservation Ethics

具有歷史、藝術、科學等文化，並經指定或登錄為有形或無形的文化資產，其藝術、歷史與科學等價值珍貴且無可取代。因此，保存維護人員對於文化資產本身、所有人、使用人和管理人承擔著特定的義務。以下是美國文物維護協會（American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, AIC）提出的保存倫理守則，其內容詳見附錄一。

■ 保存指引 Guidelines for Practices

保存維護人員在工作的道德實踐上，美國文物維護協會提出了可供遵循的指引，並分別以職業行為、檢測和科學調查、預防性保存、保存處理、記錄建檔與緊急情況來說明，其內容詳見附錄二。

■ 保存科學 Conservation Science

保存科學是一項跨學科的知識體系，透過科學方法來保存和維護文物、建築與遺址等。在實際應用的科學技術中，整合了化學、物理、生物、工程、材料等不同學科的專業。其基本的研究課題有文物材料分析與結構調查、保存環境監測與控制、文物劣化因素分析、保存修復方法和材料適用性研究、加固和結構補強，以及開發減緩劣化之技術等。為保持有形文化資產的完整性與真實性，於保存修護過程應盡量避免採用對文化資產有損傷的方法，例如在執行科學檢測分析通常不用採樣而會優先以不接觸標的物件的非破壞性的方法來進行。

■ 預防性保存 Preventive Conservation

文物預防性保存首重排除危害因子與保存環境控管，特別於近年極端氣候與各類型災害頻傳下，文物預防性保存最受各界重視。在不改變文物的外觀、材料與結構的情況下，降低或避免文物劣化和損壞的可能性，採取預防性措施會間接施作在文物的環境之中。另外，也會特別針對文物來進行自然和人為因素的預防性管理，其中

自然因素管理包括：光照、溫溼度、污染和有害生物控制；人為因素管理則包括：登錄、存放、持拿、包裝和運輸、展示、保全、緊急災害應變計畫、工作人員教育、公眾意識與法律合規性等程序與政策。



■ 治療性保存 Remedial Conservation

文物若已有損傷或出現劣化狀況，為了防止文物持續受損及劣化，或是為了加強其結構和恢復其功能而對文物本身直接施作的措施。治療性保存的例子有：去除織品上的蟲害、挖掘出土的陶瓷脫鹽、黃化嚴重的紙張脫酸、出土飽水考古遺物進行的脫水定形、穩固已鏽蝕的金屬、酥鹼壁畫的地仗層加固等。



治療性保存採取的方法因文物特性有所不同，且極可能會改變文物的外觀，但還是須參考文物處理的相關準則如 1964 年《威尼斯憲章》和 1994 年《奈良真實性文件》等，來確保文物的真實性與完整性價值。

保存作業
Procedure of Conservation

2

保存作業

Procedure of Conservation

■ 檢視 Inspection

檢視是透過目測或工具輔助直接對文物的外觀和現況進行詳細的觀察與記錄，通常在定期巡查或盤點、或是普查文物時在現地進行，或是文物因為展示的出入典藏庫房，或是進行維護修復前。檢視的項目包括尺寸、形態、結構、材質、技法與劣化情況等。檢視時需注意光照是否充足，選擇適當可見光光源使之呈現真實色彩，光源若有過多紫外線與紅外線，將直接造成累積性傷害。另外，為了能檢視文物各個部位與細節，光源也必須以不同的角度來照射，例如：紙張上的浮水印與紋路。而檢視後的資料必須妥善保存，並為提供後續修護與保存的參考依據。

■ 狀況評估 Condition Assessment

狀況評估是檢視與檢測分析兩作業中間的過程。從仔細觀察文物所在現地現場、文物結構、特徵，至了解文物所發生的不同劣化機制，以及這些劣化機制之間的關聯性與嚴重程度。狀況評估通常以圖像記錄為主，文字記錄做為補充。除了在文物所在的現場，可對整體環境進行初步勘察，並確定是否有受到環境的威脅而需要緊急處理。另外，在記錄文物所在現場的狀況時，很有可能開始思考關於劣化的原因和影響的假設。透過蒐集更多的重要資訊，如歷史照片、相關報告、科學分析或環境監測資訊等，這些假設將會由相關資訊來檢驗、驗證和確認。

■ 狀況報告 Condition Report

狀況報告主要記錄文物的保存狀況，對文物保存是一份極其重要的文件。狀況報告可用於描述文物在運用前後的保存狀況，當因展覽、研究、運輸、修復、盤點、例行檢視與數位化等發生損壞有必要進

行保存處理時，有狀況報告即可迅速確定其程度和責任歸屬。一般在文物出入典藏庫有搬動、移動和運輸過程記錄當下的現狀之外，在展覽開幕前和閉幕後時也需要撰寫狀況報告。

■ 劣化辨識 Identification of Deterioration

透過檢視的過程來了解每個文物的現況是否有出現變異，並藉由劣化辨識來確定劣化現象和找出劣化因子，並擬定適宜的修護原則和方案。因此建構劣化辨識能力，可以協助典藏檢視工作效能提升，並提高預防性保存的效力。

■ 降解 Degradation

降解是指文物的材料受到熱、光、風、水、酸、微生物作用、污染物、人類活動或周遭環境的影響，而發生質變或分解等反應，導致其性能變差的情況。例如紙張中的纖維結構因具備親水性，容易吸附空氣中酸氣，導致酸造成纖維素的水解現象，使紙張的延展性與耐折度下降；或因為光照提供化學反應所需的能量，造成高分子材料劣化的光降解現象；抑或是微生物將物質以化學分解轉化為小分子物質所發生的生物降解現象。因此，無論是天然或是合成的材料，在使用或是儲藏的過程中都會些許發生降解的現象。

■ 劣化 Deterioration

劣化是指文物在化學結構和物理完整性上分解，產生無法回復的變化。劣化是不可避免的自然過程，經由這個過程，物體與周圍環境達到物理和化學的平衡狀態。劣化主要分成物理性劣化、化學性劣化與生物性劣化，前兩種類型往往同時發生。

加拿大文物維護中心（Canadian Conservation Institute, CCI）將文物劣化的原因歸納為十大因子，詳見第四章「劣化因子」。劣化對文物造成的影響包括：坍塌、變形、破損、磨蝕、撕裂、變色與脆化等。

■ 物理性劣化 Physical Deterioration

指文物在外觀、形貌和結構的改變，並不涉及化學反應和組成材料的變化。物理性劣化通常是由不適當的環境條件，如溫度和相對溼度經常變動造成的累積性破壞，以及不可抗力的天災或者是人為有意識和無意識地引起損毀。物理性劣化較具代表性的例子為固有缺陷、磨損、刮痕、蟲咬、凹痕、缺失、剝落、剝蝕、開裂、龜裂、裂縫、斷裂、變形、剝離、分層、鼓起、塵垢、起霜、白華或上升潮氣等現象。以下接續為各項物理性劣化例子之內容做詳細說明。

■ 固有缺陷 Inherent Vice

固有缺陷是指文物的結構或材料由於其本身的內在特性而有自發性劣化或自我破壞的傾向，包括結構薄弱、材料質量較差或化學性質不穩定，以及文物內不同材料間的不相容性。這樣的缺陷可能導致自然劣化，或使文物更容易受到外在劣化因素的影響。

■ 磨損 Abrasion

文物因外力破壞、摩擦或刮削造成表面損傷或表面材料逐漸消耗。文物磨損後可能呈現粗糙化或減損的表面或是形成一個無光澤的區域。



三義木雕博物館授權

刮痕 Scratch

文物的刮痕主要是由相對於文物材料硬度較高的器物以刮、削、刻等方式滑過文物表面，在表面造成細窄刻痕，導致文物原有材料表面塗層或表層、覆蓋層產生些微損失。



庫柏·休伊特設計博物館（Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum）開放授權



蟲咬 Grazing

文物的表層或有一小部分被蟑螂、衣魚或煙甲蟲等昆蟲啃食，導致文物原有材料或表層發生損失。



局部放大



史密森尼美國美術館（Smithsonian American Art Museum）開放授權

■ 凹痕 Gouge

由於物體之間撞擊，或是被另一物體切割、壓入造成物體表面產生溝槽或凹陷。

例如木質文物的基底材（或稱「載體」）因外在碰撞發生鏟狀凹陷。



大都會藝術博物館（The Metropolitan Museum of Art）開放授權

■ 缺失 Loss

一部分材料或成分從文物本體脫落、斷裂或流失，致使文物的完整性上造成不可逆的改變。



庫柏·休伊特設計博物館（Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum）開放授權

■ 剝落 Flaking

剝落是指文物材料或塗層以小而薄的片狀形式與下方的基底材（或稱「載體」）發生分離現象。例如寺廟的傳統彩繪當顏料隨時間與環境因素作用下其展色

劑一桐油逐漸乾縮，失去原有的黏著力和附著力，導致彩畫的彩繪層出現剝落現象。



三義木雕博物館授權

■ 剝蝕 Exfoliation

剝蝕出現於石質或陶瓷文物因為風化作用；或是環境溼度潮溼與乾燥交錯變動，致使石質或陶瓷文物材料的內部孔隙吸收和釋出水氣，尤其靠近表層的部分，造成組成材料的鹽類成分反覆溶解與結晶；或因結構縫隙的液態水凍融等作用，導致文物表層以類似鱗片的薄片或層狀的脫落，造成不可回復性損傷。



大都會藝術博物館（The Metropolitan Museum of Art）
開放授權

■ 開裂 Crack

文物材料破裂或發生較嚴重裂紋，但沒有完全分離，一般裂縫一端是開口稱為開裂。例如木質文物因為各部位乾燥收縮程度不均導致裂縫生成，或書畫作品中的纖維因人為外在所施的壓力而產生斷裂的情形。

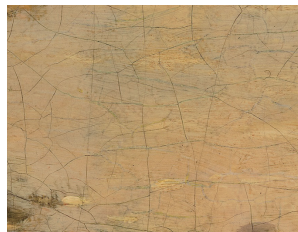


三義木雕博物館授權



■ 龜裂 Crackle

意指文物因頻繁的收捲與展開導致上方的彩繪層發生龜裂現象。漆料塗層也會因老化，經相對溼度地變化而造成龜裂。另外，在釉燒過程中由於釉和陶瓷之間的收縮率不同，也會在陶瓷的釉面上形成類似的龜裂紋路。



史密森尼美國藝術博物館
(Smithsonian American Art Museum) 開放授權

■ 裂縫 Split

文物表面發生輕微的結構性裂紋，稱之為裂縫。依文物本身材質的不同，裂縫的形式也不盡相同。通常由於有機材料伴隨溼度的變化而膨脹、收縮所引起的壓力導致輕微裂紋，而無機材質亦容易因製作過程殘留應力產生此現象。



三義木雕博物館授權

■ 斷裂 Break

玻璃、陶瓷、木質或石質等材料堅硬的文物，由於撞擊力造成文物呈現大塊狀分離稱為斷裂。



三義木雕博物館授權

■ 變形 Distortion

文物受外力或環境因素影響時，而產生的外觀形狀變化。有機材質文物例如木質文物、織品或書畫等與水接觸，或是高溼度，或不同部位所處的環境溫度差異大，或經溫溼度劇烈變化所導致不同部位膨脹或收縮不同導致整體外形變化。而金屬和塑料材質因為具有可延展、拉伸和撓折等特性，所以此類材質文物則容易受到外力而產生變形。



大都會藝術博物館
(The Metropolitan Museum of Art) 開放授權



紙板受潮變形

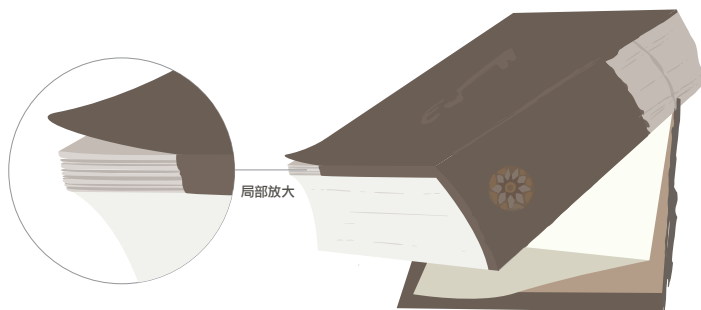
■ 剝離 Cleavage

剝離是指文物中各不同材料層之間發生分離的現象。剝離常發生在各不同材料層之界面處，而因為不同材料其熱膨脹係數的差異，以及乾燥收縮和吸溼膨脹程度不同，因此溫度和溼度的反覆變動將導致不同材料層因反覆拉扯而失去結合力，因此分離而產生隆起、皺褶，最終則造成剝離。



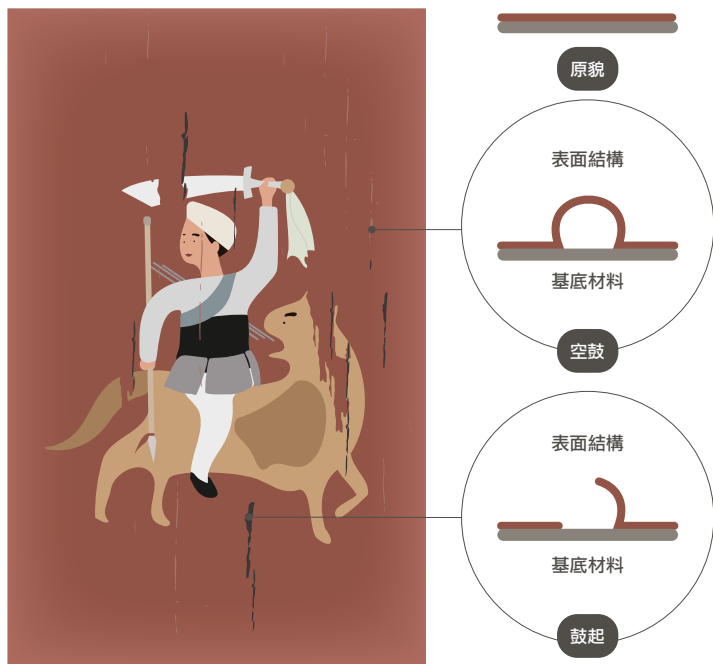
■ 分層 Delamination

分層是指文物由多層平面材料以膠黏合，由於黏著劑老化而失去原有的結合力後所產生各層分離的現象。



■ 鼓起 Tenting

由單一或兩種以上複合材料構成的文物因材料收縮膨脹的影響，造成局部表面結構向上拱起，呈帳篷形狀彎曲的現象。



■ 塵垢 Dirt

塵垢是指堆積在文物表面的外來污染物，其組成物質隨環境而差異很大，一般為土壤顆粒和矽砂礫，靠近海邊則有氯化鈉鹽晶粒，室內環境則有人的毛髮和皮膚皮屑、衣服的纖維、黴和蕈的孢子等。這些塵垢是藉由氣流、重力造成的沉降或是靜電力吸引而堆積在文物表面上，所以初期是屬於物理性堆積或物理性吸附，而後環境中空氣污染的成分和水氣又為塵垢吸

附，所以塵垢因而可能與文物表面產生化學作用，最後這些外來沾染上文物的塵垢，雖非文物本身的材料，可是會混合而與文物難區分，所以保存文物，通常清潔是第一件工作。但是須注意若是汙垢是有文化或是歷史意義的則應該保留。



三義木雕博物館授權



■ 起霜 Bloom

文物起霜是指在木材、皮革、油漆、金屬或塑料等材質表面上發生一種混濁、結晶狀或無光澤霧狀的沉積物。最常見的例子為木材內部水分或凝結的溼氣因外層的清漆所阻隔而無法揮發乾燥，導致表面發生起霜的現象。起霜有時會被誤認為是黴菌，但在顯微鏡檢視能分清楚兩者差異。



三義木雕博物館授權

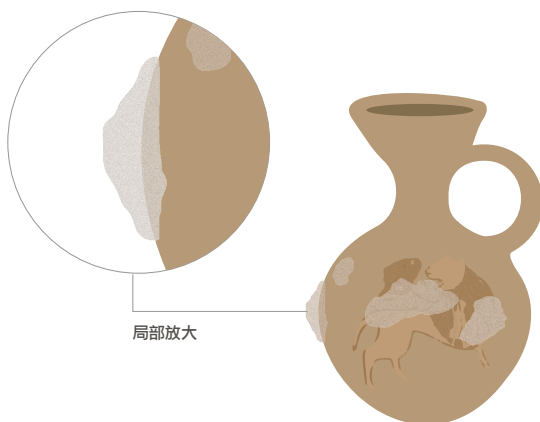




起霜示意圖

■ 白華 Efflorescence

白華是常見於壁畫、石材、灰泥或陶瓷等孔隙性材料文物的鹽害現象。通常為文物表面出現白色棉絮狀或粉末狀沉積物。此沉積物為可溶性鹽分，是因材料內部積聚水分將鹽類成分溶解，再因外部環境及表面乾燥促使含鹽分的水藉由毛細作用從孔隙吸附至文物表面蒸發重新析出結晶而形成。



局部放大

■ 上升潮氣 Rising Damp

一般地面因為地下水及土壤含水率高，而立於地面的磚石牆體間的孔洞和縫隙就形成毛細管結構，所以水分從地面擴散滲透到牆體，並透過毛細管作用而吸引上升，促使孔隙性材質牆體的含水率提高。



■ 化學性劣化 Chemical Deterioration

化學性劣化是指文物材料的組成分子，有發生成分元素和分子結構的變化。化學性劣化通常是因為與環境中的空氣污染、塵垢、沾污、水、動物排泄物等另一種化學物質，再藉由環境中的光和熱輻射提供能量而發生成分變化與重新鍵結等反應。

化學性劣化較具代表性的例子為潮痕、侵蝕、滲色、黃化、霧白、脆化、焦痕、銅器病、暗化、變色或膠漬等。以下為各項化學性劣化例子之內容做詳細說明。

■ 潮痕 Tide Line

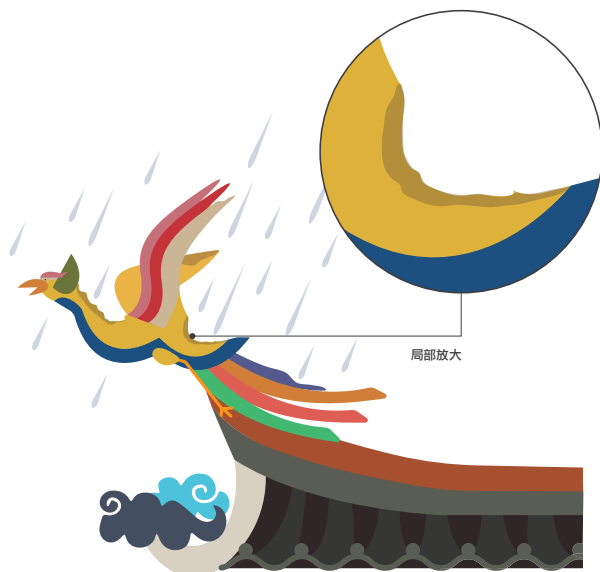
文物表面因液體污漬乾燥後產生局部變色，並且在污漬的邊緣形成分界線。染色物質可能存在於液體或文物本身，兩種情況都會在液體蒸發時把染色物質擴散到邊緣，並且被表面張力固定在分界線，形成有顯著色差的痕跡。



庫柏·休伊特設計博物館
(Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum) 開放授權

■ 侵蝕 Erosion

侵蝕是自然降解的過程。通常是指因為風、雨、冰、波浪、化學反應或人類使用造成物質損失或分解。當材料因溶解、水合反應、氧化或碳化而發生變化時，就能會發生化學侵蝕。



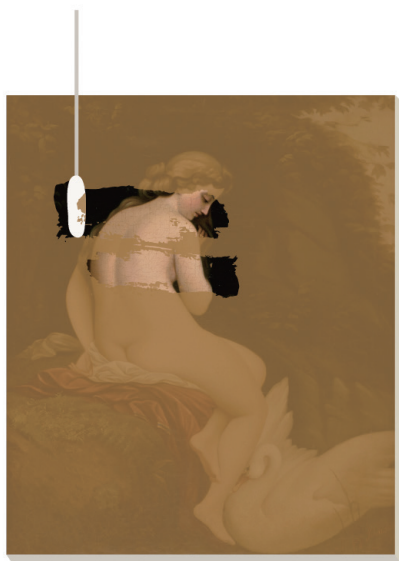
■ 滲色 Bleeding

滲色是指顏色滲入了相鄰材料中，主要是因為水或其他溶劑導致。這種情況常見於具有可溶性媒材，例如文獻的墨水或畫作的顏料接觸了水、溶劑或是處在高溼度環境，使其墨水或顏料在基底層（或「載體」）擴散溼而引起滲色的現象。



■黃化 Yellowing

黃化是文物外觀色彩逐漸往黃色方向變化的現象。例如紙張中的纖維由於酸性物質的作用隨時間逐漸裂解而呈現黃褐色；還有畫作顏料的展色劑、保護層或保護文物的透明漆等隨時間老化而出現黃色到棕色變化都是黃化現象。文物如果受到紫外線照射發生光化學氧化反應則會加速黃化的發生。



大都會藝術博物館
(The Metropolitan Museum of Art)
開放授權

■霧白 Blanching

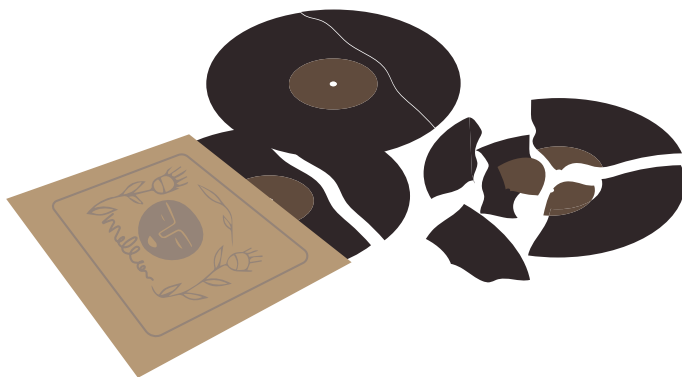
霧白是指文物表層原本清晰透明的保護漆，變成白色或不透明。外觀與起霜相似，但並非像起霜一樣的表面現象，而是由於保護漆或清漆的材料隨著時間老化而在其內形成的微觀缺陷，導致光線因這些缺陷而發生散射無法穿透的現象。



三義木雕博物館授權

■ 脆化 Brittle

脆化是指文物材料的強度和彈性的損失，當文物在彎曲變形時發生破裂，或是文物其中一角不能承受兩次徹底折疊而斷裂。此現象常發生於紙張或缺少塑化劑的塑膠製品。



■ 焦痕 Burn

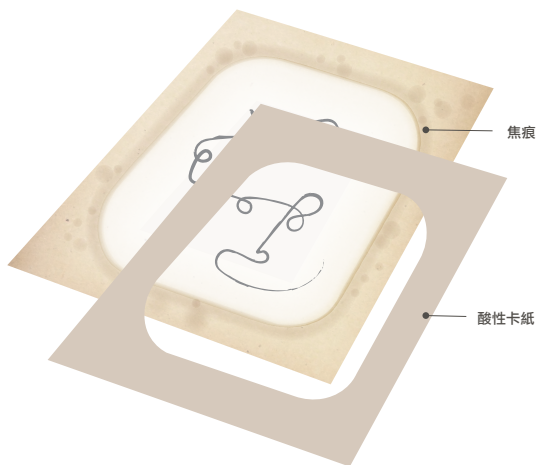
焦痕是指文物表面被火損壞的地方，通常易脆、易碎且呈現黑色或棕色。焦痕也可用於描述由陽光或化學污染物造成的損害，例如卡紙焦痕（Mat Burn）即是紙質文物因為接觸酸性卡紙而變色，紙框切邊會釋放較多酸性氣體，因此紙框邊緣變色最為顯著。



國家亞洲藝術博物館（National Museum of Asian Art, Smithsonian Institution）開放授權



史密森尼美國藝術博物館（Smithsonian American Art Museum）開放授權



■ 金屬腐蝕 Metal Corrosion

金屬與周圍環境中的氧氣、二氧化碳、二氧化硫、硫化氫等空氣污染物發生化學反應，造成金屬表面形成水合氧化物、碳酸鹽、硫酸鹽或硫化物等，改變了金屬原有的顏色、光澤或外形等性質。金屬中以鐵最容易被腐蝕，由於化學性質活潑，為強還原劑，因此在潮溼的環境下，其腐蝕的作用更為嚴重。



國家亞洲藝術博物館（National Museum of Asian Art, Smithsonian Institution）開放授權

■ 銅器病 Bronze Disease

銅器病是發生在含銅的金屬文物的破壞性腐蝕過程。銅器病會產生白綠色粉狀斑點，並破壞保護表面的銅綠。觸摸時會碎裂並掉落，留下坑洞表面。

反應過程基本上是由銅合金中的氯化亞銅與水和氧氣的反應，產生鹽酸與綠色氧化銅，鹽酸會侵蝕青銅，並繼續與亞銅離子反應產生白色的氯化亞銅。一旦開始反應，腐蝕是循環不停的，除非將含氯的反應化合物去除才能停止。

這種情況的處理通常包括物理、化學或電化學去除氯化物，並使用密閉容器或蠟塗層將文物與氧氣、水和可能出現的氯化物隔離。對抗銅器病的最有效方法是控制典藏環境中的相對溼度。雖然情況因具體的材料類型和儲存條件而異，但建議相對溼度控制在 42% 至 46% 之間。



國家亞洲藝術博物館
(National Museum of
Asian Art, Smithsonian
Institution) 開放授權



■ 變色 Discoloration

變色是指材料原有顏色發生變化或失去色彩，主要因為文物暴露於光線、酸性物質或材質老化所造成。變色除了顏色改變包含了褪色、黃化與暗化等現象。容易變色的材料類型包括木材、紙張、織品、印刷媒材、皮革、羽毛、顏料、染料與賽璐珞等。



國家亞洲藝術博物館（National Museum of Asian Art, Smithsonian Institution）開放授權



■ 暗化 Darkening

暗化常發生在文物因光照、接觸熱源、酸性物質或大氣污染等而產生化學變化導致顏色變暗的現象。木質素含量高的植物纖維，例如黃麻，如果暴露在光線和大氣污染中會容易暗化。另外，繪畫媒材通常會因為接觸硫化物、光線或是其他金屬而暗化。例如，古典油畫常使用的白色顏料鉛白，若與紅色朱砂（硫化汞）接觸，或暴露於含有硫化氫的空氣污染中時，會因為生成黑色的硫化鉛而使顏色變暗為灰色、棕色。這種變色在有水分的情況下更容易發生。



國家亞洲藝術博物館
（National Museum of Asian Art, Smithsonian
Institution）開放授權

■ 膠漬 Adhesive Stain

膠漬是指黏著物造成的污漬，黏著物可以是各類型黏膠，如澱粉、樹脂、蛋白質、橡膠、蟲膠或其他合成物組成。每種類型都有不同的工作性能和化學特性。膠漬常發生於常民使用之文物上，如檔案文件、生活擺飾。當感壓式膠帶上的橡膠類膠料因氧化而發生化學分解，導致膠料開始變黃、變油膩與變黏稠，因此必須立即移除，避免膠料內的塑化劑滲入紙張產生交聯反應（Cross-linking）而形成難以移除的膠漬。



三義木雕博物館授權



■ 生物性劣化

Biological Deterioration / Biodeterioration

對有形文化資產會造成損壞的生物包括：黴菌、苔蘚類、植物、昆蟲、鼠類、鳥和蝙蝠等。有害的生物破壞來自於為維繫生命的生長、進食、排泄等代謝行為以及為繁衍的築巢等行為或引來其他類型的有害生物。為保存維護文化資產，須能識別有害生物種類與其生命階段。接續針對各項生物性劣化做進一步說明。

■ 生物侵擾 Biological Infestation

舉凡生物入侵所造成的干擾與騷擾皆稱為生物侵擾，可能是昆蟲、貓、狗、鴿子、猴子乃至於大型動植物。生物侵擾不一定會造成文化資產的生物性危害與劣化，但會在保存維護的措施上造成一定的困擾。

■ 微生物 Microorganism

微生物是一群構造簡單、形體微小、繁殖代謝快、結構簡單、難以肉眼辨識且大多需要採樣並搭配運用顯微鏡觀察的生物，包含細菌、病毒、真菌、藻類、原蟲、寄生蟲等。

真菌檢視 Fungal Investigation

真菌檢測由巨觀至微觀可分為目視、顯微觀察、分子檢測三種。目視是由肉眼判斷文物表面是否有黴菌孳生痕跡，紙質是否有黴菌斑痕，皮革、木質文物上是否有絨毛狀或蜘蛛網棉絮狀的物質，木質文物外觀是否有崩落、腐朽、變色等現象；顯微觀察則是用顯微鏡觀察文物表面是否有菌絲分布；分子檢測則是利用質譜儀、分子生物法、或是生化檢測法進行菌種的鑑定。

目測 Visual Observation

用肉眼觀察文物表面是否有黴菌滋生的菌落，可以觀察比較原有文物表面，若突然出現有色斑點，或是大面積的粉狀或絨毛狀色塊，其顏色可能為黑、白、灰或褐等色，則可能是黴菌的菌落。若環境適合黴菌生長，滋生速度將十分快速，破壞也是很快速的，因此需立即動手清除。

表面採樣 Surface Sampling

黴菌採樣時採用無菌棉花棒進行表面的採集，必要時須配合生理食鹽水或磷酸緩衝鹽溶液（Phosphate Buffer Saline, PBS）沾溼後採集，沾溼後的無菌棉棒於黴菌的菌落上輕輕擦拭取樣，再將棉棒置於無菌的試管中密封保存。

真菌 Fungi

真菌是普遍存在自然界中的生物，包含蕈類（菇類）、黴菌及酵母菌三類，它是植物的主要病原體，且常會破壞食物、生活用具與日常用品，對於許多木質、皮革、紙類文物與木造建築都能造成相當程度的損害。真菌細胞壁為幾丁質，藉由菌絲的生長可拓展生存棲地，也可經由孢子進行遠距離的傳播，並分泌酵素將附著的有機物分解成養分再吸收進入細胞中。因為真菌所分泌的酵素分解文物，造成文物表面壞損、木造結構的強度弱化；或是因真菌的生長造成紙質文物沾黏無法分開。

以下以藍染真菌與木腐真菌為例來做詳細說明：

- 藍染真菌：又稱變色菌，其深色的菌絲會在寄主樹木之邊材上造成藍、灰、甚至深紫色或黑色的顏色變化。藍染真菌無法分泌可分解纖維素、木質素與半纖維素的酵素，因此對於木材的結構並不會造成傷害，但會造成木材外觀形成藍黑色沉澱，降低經濟價值。許多生長速度快的木材較容易受藍染真菌感染造成藍變，這是由於速生木材生長速度較快且含水率高，木材質地不佳造成抵抗真菌的能力較弱。
- 木腐真菌：木腐真菌泛指能侵入並分解木材組織，進而造成木質結構危害的真菌。目前地球上有一千多種不同的木腐真菌，常見的木腐真菌依照不同的腐朽狀態可分為的有白腐菌、褐腐菌與軟腐菌三類。其中白腐菌與褐腐菌危害較為嚴重，主要分解木材之木質素、纖維素與半纖維素。當真菌滲入木材的纖維結構後，能產生酵素將木材的組織分解來獲取養分。感染木腐真菌後的木材明顯強度變弱，密度與硬度皆會降低至無法使用。

褐腐菌常出現於溫帶或亞熱帶地區，又以針葉樹較容易受到感染，這類真菌能分解纖維素與半纖維素，使木材外觀呈紅褐色，讓木材質脆、破裂成磚形或方形的碎塊或褐色的粉末狀。白腐真菌不只能分解纖維素和半纖維素，也能分解木質素，造成木材質地改變，形成類似白色棉絮狀或絲狀的纖維。軟腐真菌可在潮溼狀態下分泌纖維素和半纖維素的分解酵素，但分解效率不如另外兩類，主要破壞木材表面並導致

木材組織表面的軟化，感染後出現材質變軟、龜裂，表面容易剝落。

黴菌 Mold

黴菌是絲狀真菌類的總稱，泛指子實體較細小且菌絲體發達的真菌類，為多細胞生物。黴菌的菌絲大多為分支狀，因為繁殖迅速，菌絲體不斷繁殖之後聚集成絨毛狀態，肉眼即可見到絨毛狀的菌落。外觀因孢子囊有不同的顏色，故常呈現黑色、白色、綠色或褐色等不同顏色。

三義木雕博物館授權



黴菌在我們的生活中無處不在，溫暖潮溼的環境下就會迅速大量的繁殖，常會造成人類許多疾病，如足癬、發炎或皮膚疹等。黴菌可藉由孢子進行無性生殖，直立菌絲上的孢子囊約 5 至 7 周就能破裂將孢子四散至四處繁殖，藉由空氣、水、生物等媒介散播至各處；也可藉由匍匐菌絲進行有性生殖，將遺傳物質交換。

黴菌喜歡生長於有機物上，常會造成食物的腐敗，在多數的木質與紙類的文物上也常見到黴菌的蹤跡，不只造成文物外觀產生黴斑（Mold Stain）與結構上的損壞，對於保存維護人員的健康也是一個嚴重的危害。黴菌喜好生存於溫暖潮溼的環境，所以能避免黴菌滋生最直接的方法就是保持低溼乾燥的環境，開放式的空間就是維持通風，減少孢子黏附孳生。

地衣 Lichen

地衣的分布十分廣泛，不論是沙漠或是極地，都可以發現它們的蹤跡，常見於戶外的水泥或石質文物上。地衣並非是一種生物名稱，而是一種由真菌與綠藻共生形成的特殊複合生物體，常呈現許多不同顏色的外觀，有灰白、暗綠、淡黃或紅色等多種顏色，常生長在乾燥的岩石或樹皮上。

地衣中的共生藻在共生菌的菌絲保護下，形成保護層，避免受到有害物質、陽光直射與乾旱的傷害，也可以得到共生菌生成的可溶性礦物鹽；共生菌則可攝取共生藻進行光合作用所製造的養分。地衣透過包含共生菌和共生藻二者的碎片在空氣

中傳播進行無性生殖，也可以單獨進行有性和無性的生殖。由於地衣的生長代謝會產生許多酸性物質，對石質文物造成風化與分解的作用，加速了文物表面形成砂粒的速率。



■ 昆蟲 Insect

昆蟲是節肢動物門昆蟲綱內物種的總稱。體軀包覆著幾丁質構成的外骨骼，不像脊椎動物的骨骼是生於體內。昆蟲身體具有頭、胸與腹三部分，胸節處多數生有三對腳。昆蟲在自然界扮演重要的角色，可當植物花粉的傳媒，也是多數小型動物的食物，也是多數人類疾病傳播的媒介。

蟲蛀 Insect Damage

木質文物、紙質文物或木造建築體遭受昆蟲啃食，常為不可逆的損傷。木質文物常見的蛀害昆蟲有白蟻、粉蠹蟲與天牛等；紙類常見的有蟑螂、衣魚與煙甲蟲等。



三義木雕博物館授權

昆蟲排泄物 Insect Secretion

昆蟲所分泌出來的排泄物，其外形多成黑、褐或白色顆粒狀且性質呈酸性反應，不僅對文物造成明顯的髒污，也影響後續的保存管理。常見的昆蟲排泄物有蟑螂、白蟻顆粒狀排遺以及粉蠹蟲的粉狀排遺等。此種髒污通常需要以軟毛刷搭配吸塵器掃除，有時須藉由手術刀剔除以恢復文物原有的潔淨。

蜘蛛絲 Spider Web

許多文物與建築物長時間未做清潔的狀況之下，在屋頂或角落處常有蜘蛛結網的情形。蜘蛛結網常伴隨著灰塵與昆蟲屍體的堆積，且酸性的蜘蛛絲也會讓文物出現化學性劣化，是常見典型的生物侵擾。

衣魚 Silver Fish

衣魚又稱銀魚或蠹魚，屬於總尾目（Thysanura）衣魚科（Lepismatidae），現今存活於世界約 200 多種，僅少數種類的衣魚生活在室內，對於書籍、織品、紙類檔案等文物造成危害。衣魚身體瘦長、無翅、全身佈滿有如魚類的銀色鱗片。臺灣常見的有臺灣衣魚（*Lepisma saccharina* Linnaeus）、斑衣魚（*Thermobia domestica*）或絨毛衣魚（*Ctenolepisma villosa*）等，上述衣魚之壽命均甚長，約可活 2 至 3 年。衣魚的防治可小心使用殺蟲劑，如硼酸、有機磷殺蟲劑、除蟲菊類殺蟲劑等，以殘效性噴灑（Residue Spray）於文物儲存處之牆角、縫隙、織品保存處、藏書處等，保持環境與文物乾燥，並做好環境衛生。



衣蛾 Clothes Moth

衣蛾種類很多，一般泛指其幼蟲會取食天然纖維與動物性角質，也就是會危害人類衣物布料與織品文物的種類，屬於鱗翅目（Lepidoptera）蕈蛾科（Tineidae）內幾個不同的屬。臺灣常見的衣蛾品種為袋衣蛾（*Tinea pellionella*），牆壁上常見到一個黏著水泥色的袋狀物，即是衣蛾幼蟲躲藏的筒巢，具有築巢並攜巢行走的特性。衣蛾常出現在家中牆壁、天花板、樓梯一些較陰暗潮溼的

角落，沒有特定出現的時間。臺灣常見的袋衣蛾對於織品類的文物危害甚大，成蛾翅狹長，停棲時呈屋脊狀，雌蟲平均可以產下 50 至 200 顆卵，蟲卵約 10 天後即可孵化成幼蟲，其幼蟲偏好溼度較高且干擾較少的陰暗環境，可作為潮溼環境指標的昆蟲。

煙甲蟲 Cigarette Beetle

煙甲蟲是鋸角毛竊蠹的俗稱，屬於鞘翅目（Coleoptera）蛛甲科（Ptinidae）的完全變態昆蟲。具假死性且善於飛行，夜間活動為主有趨光性，但白天或光線強烈時則不活動。由於常取食乾燥後的物質（毛皮與菸草等），是食物貯藏環境中常見的有害生物（如 *Lasioderma serricorne*）。在文化資產保存方面，常會造成書本紙類文物、木質文物、生物標本、皮革製品或織品等造成損害，並在文物上留下啃食與汙損的痕跡。

粉蠹蟲 Powderpost Beetle

粉蠹蟲是扁蠹蟲科（Lyctidae，亦稱粉蠹科）、竊蠹蟲科（Anobiidae）、蛛甲科（Ptinidae）及長蠹蟲科（Bostrichidae）這幾個科的甲蟲的通稱。粉蠹蟲之所以得名即是因為其進食竹木製品後產生蛀粉，這些「蛀粉」就是粉蠹在啃食竹木材取得牠們需要的養分後排出的木屑和排遺。稍微搖動遭受粉蠹危害的竹木文物，就會從蛀洞落下粉末。由此可知，扁蠹蟲科（Lyctidae）、竊蠹蟲科（Anobiidae）及長蠹蟲科（Bostrichidae）是造成竹編與木質文物最常見的蟲害，也可以算是危害竹、木材及其製品最嚴重的三種科。

白蟻 Termite

白蟻生長在氣候溫暖潮溼且森林繁茂的熱帶和亞熱帶地區溼，因為白蟻取食死亡的植物組織和含有纖維素的木材、落葉、土壤或動物糞便等，在生態系中扮演分解者是生態系中不可或缺的一員。而因為含有纖維素的木材是其食物，所以許多木造古蹟與建築受白蟻危害甚為嚴重。由於白蟻潛行於地下，危害初期不易發現，但其侵蝕速度甚快，待發現常為時已晚。白蟻不僅蛀蝕建築物的木質構造，造成建築物結構強度受損，其他如紙質文物、木雕神像、木門框、天花板、地板以及電線等物皆會受到侵害，有導致電線走火之虞。白蟻身體外殼偏軟，只適合生存於潮溼黑暗溫暖的環境，一旦環境乾燥或陽光下溫度過高、過熱，很快就會死亡。目前臺灣常見的白蟻有臺灣家白蟻（*Coptotermes formosanus Shiraki*）、臺灣土白蟻（*Odontotermes formosanus Shiraki*）、格斯特家白蟻（*Coptotermes gestroi Wasmann*）等。

天牛 Longhorn Beetle

天牛為鞘翅目天牛科（Cerambycidae）昆蟲，成蟲有趨光性，多在晚上活動，以取食植物的樹皮、果實維生。天牛幼蟲孵化後即開始取食樹皮或表層，甚至鑽入木質部取食。天牛大多主要危害的是活樹，如相思樹、柑橘、櫻花等嫩枝嫩葉，造成樹木傾倒，也對園林植物造成毀滅性的災害，也有少數天牛會取食楓香、樟木與杉木等木材，導致木造建築受損。

蟑螂 Cockroach

蟑螂的古名蜚蠊，是一種身體扁平的雜食性昆蟲，常出現於垃圾堆、糞坑、排水溝與餐廳、廚房等藏污納垢處，故有「髒郎」之名而後稱之「蟑螂」。蟑螂原產於熱帶非洲，根據古生物學家對蟑螂化石標本的考證，早在三億五千萬年前蟑螂即開始活躍於地球上。歷經多次的演化過程中，蟑螂安然存活於地球上許多變動的時期，並未在地球生物演化中被淘汰，是目前地球生物演化之活化石。

地球上已知的蟑螂估計約四千多種，數十萬年來與人同居，其習性變為夜間活動之夜行性，蟑螂雖有兩對翅膀，但僅能作短距離的滑翔。蟑螂穿梭於人類、食物和垃圾之間，導致許多疾病的傳播，而對於文化資產保存來說，蟑螂會啃食紙質、織品等文物，其排泄物也會污染文物。臺灣地區約有五十多種不同的蟑螂，常見的有美洲蟑螂（*Periplaneta americana*）、德國蟑螂（*Blattella germanica*）、棕帶蟑螂（*Supella longipalpa*）、澳洲蟑螂（*Periplaneta australasiae*）等。

■ 大型生物 Macro Creature

此處之大型生物係指昆蟲、微生物、植物之外，對文物、古蹟、歷史建築等有形文化資產有危害的大型動物，如鳥類、哺乳類或爬蟲類等。這些動物的某些生物習性或是排泄物會造成有形文化資產的受損、髒污與腐蝕等現象，因此需要驅趕或是捕捉以防範其接觸文化資產並造成危害。

動物排泄物 Animal Secretion

長期的鳥類和鼠類糞便堆積會造成遺址、古蹟和歷史建築等外部磚石的腐蝕、表面塗裝（漆面或釉彩）的劣化，以及建築彩繪或壁畫等危害。鳥糞中夾帶的植物種子，可能導致在遺址、古蹟和歷史建築上長出植物，影響其外觀和結構強度。另外，鳥糞中常帶有多種新型隱球菌與沙門氏菌等病原，會導致人類罹患腦膜炎與消化道疾病。至於鼠類糞便可能帶有鉤端螺旋體與漢他病毒等病原，會導致人類罹患鉤端螺旋體病與漢他病毒出血症候群。

鼠 Rat

鼠類是屬於啮齒類的動物，存在世界上約有一千多種不同品系，是目前存在最多種的哺乳類動物，而臺灣有十四種不同品種的野生老鼠。鼠類動物因為門齒在生命週期間都會不停的增長，因此必須啃磨堅硬的物品將門牙磨短，否則咬合機制將受影響，許多物品或建築物設施因而受到鼠咬的破壞。鼠類與人類生活環境大多重疊，是很多流行病的傳播媒介，且會破壞建築設備、咬壞電線、破壞水利設施，進而造成更大的災害。防治鼠害最重要的是維持室內外環境衛生，飼料、食物、水源等鼠類賴以為生的物品皆須存放妥善，出入口、下水道與排水孔都要加裝防鼠設備，才能有效杜絕鼠患保護文化資產。

鳥 Bird

鳥是一種具有骨骼架構的溫血卵生脊椎動物，歸類於門體脊索動物門。由於前肢進化成了翅膀成

為最重要的特徵，在加上全身覆蓋著羽毛，有助於他們能夠更有效地飛行。鳥類在農業和林業上可消滅害蟲、害獸和維持自然界的生態平衡，然而它們的排泄物和群體習性的行為除了會危害到人類的健康與飛航安全，也會威脅到有形文化資產的保存。因此，對鳥類的種類、數量、位置分布及活動行為的調查，有助於驅鳥作業和鋪設鳥網的防範措施。

■ 植物 Plant

植物分布於各類型生態環境中，並依各氣候地區的差異而有不同的種類與數量，因此，植物對環境具有適應性而成為地球上最常見的生命形態之一。現代生活中許多天然或化合物產品的來源更是來自於植物，例如傳統衣飾的布料可能來自棉花或亞麻的纖維，而橡皮擦中的橡膠可從植物的樹汁中獲取。所以，植物與我們人類生活息息相關，扮演著不可或缺的重要角色。但假如植物生長在古蹟等建築體上，會造成建築外觀和建築結構之損害。

苔類 Moss

苔蘚包含有三個植物門：苔類（mosses）、蘚類（liverworts）與角蘚類（hornworts）。苔類植物是最常見的一門，只要有潮溼的環境與日照半陰就能輕易生長溼，所以常見於森林或多木的樹蔭下，或是在潮溼的石階裂痕中出現。若是陽光照射讓水分缺少時，苔類植物則無法生長，但在回復溼度的數小時內又可恢復其繁殖能力；因此，在戶外半陰富有潮氣的水泥雕塑、石雕、石燈籠座、交趾陶、灰塑和壁畫等文物，常會見到苔類植物的附著。

苔類植物不僅讓外觀不佳，苔類的生長代謝物也會破壞文物表面塗裝或釉彩，且加速石質與陶質文物風化的速度。若是建築的排水系統與防水工程施工作不佳導致屋頂積水造成室內牆壁的向下潮氣，或水管出現漏水的狀況造成室內牆面滲水，也會有苔蘚附著在牆面，所以有些寺廟壁堵上的壁畫、彩繪、木雕與交趾陶就遭受苔蘚的危害，而苔蘚死亡後的有機物殘骸也提供了黴菌、細菌等微生物孳生的溫床。



竄根 Tree Root

許多樹種因根群亂竄導致建築體的危害，竄根危害輕者造成路面隆起、通行不便，嚴重程度的竄根則會導致鋪面受損、牆面崩裂、排水系統堵塞、進而影響排水系統甚至建築構體強度受到破壞。臺灣常見造成竄根危害的樹種有榕樹、黑板樹、菩提樹、印度橡膠樹等，這些樹種根害問題十分

嚴重，除了形成板根造成路面隆起，地表內發達的根系分支沿著縫隙間生長後，造成許多硬體受損，甚至導致行人受傷。若發現竄根危害，輕度先持續不斷觀察，若危害重大則需斷根處理，甚至移除樹木。



■ 複合性劣化 Multiple Deterioration

文物的劣化通常是有物理性的結構上的改變，或是有涉及化學成分的變化，然而物理性的劣化和化學性的劣化可能同時發生，也可能是互為因果，而且複合性劣化的嚴重程度與速度遠比單一性的劣化還迅速。一般來說文物與藝術品的劣化多是複合性的狀態。

■ 粉化 Powdering

用粉化來描述劣化，通常是指文物材料失去黏聚力而碎裂至粉末狀，例如泥塑文物過於乾燥使其黏土粉化，或是以礦物顏料繪畫的彩繪，因為展色用的黏膠或是油等成分因老化失去黏結性而使顏料層粉化。另外粉化也用來描述出現在植物鞣製皮革之上的物質，通常代表了文物有紅腐病。粉化與紅腐病皆伴隨著結構上的弱化和質地變成近似於毛氈，對皮革文物造成不可逆的損傷。紅腐病通常發生在皮革文物暴露於高相對溼度、高溫度與含有硫化物的空氣污染物之下，並以紅色粉末的形式出現。



■ 附著物 Accretion

附著物是指堆積於文物表面的外來物質，例如土、鹽分、昆蟲或動物排泄物等。這些附著物不僅影響文物的外觀，也可能不利於文物的保存，所以保存維護人員會依據調查研究將附著於文物但不屬於文物歷史、文化或藝術的部分移除，以呈現文物的原貌。在一些特殊情況，保存維護人員會決定留下附著物，因為附著物使文物呈現賞心悅目的顏色或外觀，或是對於底下的文物提供額外保護，避免進一步損壞。

■ 污垢 Grime

污垢是指空氣中的油煙、灰塵、油脂與懸浮粒子等組合而成，並沾附在文物表面，或是嵌入到支撐物當中造成化學性的劣化。一些狀況容易沾染污垢，例如放置於暖氣上方的畫作，因為熱而軟化了畫作表面的保護漆或清漆，使污垢更容易堆積其上。另外，不當的持拿方式也會使手部的油脂、汗液與污垢沾附於文物之上。

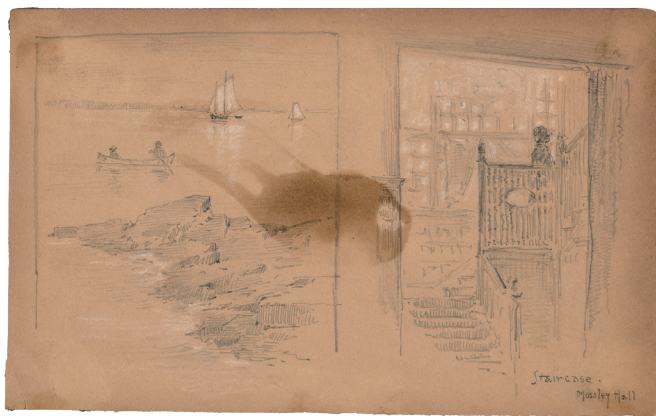
清除污垢除了可改善文物狀況，也可提高可見度。在將文物放入存放地點或打包運輸之前，必須去除任何可能導致劣化的污垢。減少污垢產生的方法包括保持環境清潔、將文物放置在遠離熱源的地方與盡可能減少持拿文物，如果要持拿文物，須洗淨擦乾雙手或穿戴乾淨的手套。



三義木雕博物館授權

■ 污漬 Stain

污漬是由外物產生的顏色變化，滲透到織品、木材或塗層之中，通常具有一定的透明度和流動性，使文物原本的紋理保持可見。污漬是由兩種不同物質之間產生物理或化學作用造成，產生的過程大致有兩種，第一種是染色物質接觸文物表面，並留存在纖維、孔隙、壓痕或其他毛細結構中。第二種過程是文物和染色物質之間產生化學或分子反應。



庫柏·休伊特設計博物館
(Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum) 開放授權

■ 水漬 Water Stain

水漬是水蒸發之後，殘留的礦物質在表面沉積，形成黯淡的區塊。硬水中含有大量的礦物質，例如鎂、鈣和二氧化矽等。文物表面光澤受水漬的影響很大，再者，沉積在金屬表面的礦物質若保存環境惡劣，如空氣污染和高溫高溼的狀況下容易發生化學反應，導致金屬表面出現裂縫、凹陷或腐蝕。另外，水漬也可導致油漆變色、表面粗糙、蝕刻等劣化現象，因此必須盡快移除。



史密森尼美國藝術博物館
(Smithsonian American Art Museum) 開放授權

水漬有三種類型，第一類稱為硬水斑，即是水蒸發後的礦物沉積物，可用肥皂清洗去除。第二類是指金屬文物的光澤出現黯淡的斑點，可透過手工或是機器用清潔劑或研磨劑對黯淡的表面來進行清洗和拋光處理。第三種主要是指油漆中的污點，看起來像長期積水後的褪色，油漆和塗層從表面脫落，是較嚴重的水漬情況，如不解決將會因為裂縫、孔洞或破裂導致漆層下方的金屬腐蝕。

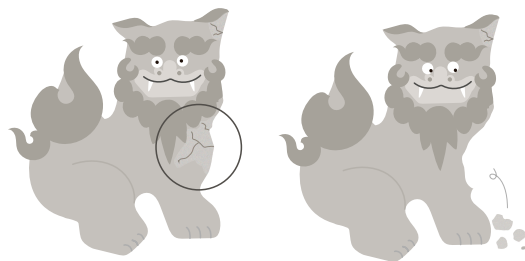
■ 風化 Weathering

針對文化資產保存而言，風化是指戶外的文化資產，包括建築、石質文物、遺址和文化景觀等在自然環境的作用力，如風、雨、日照、溫度和溼度的變動、空氣的污染、水流等，還有生物的生長和代謝作用的輔助，造成岩土質和石質文化資產逐漸崩解破碎、剝落、分解為砂礫和粉沙的侵蝕現象。這種劣變過程是持續

進行的，也因為文物材質的種類和性質不同以及製作過程而有差異，也因為不同氣候環境作用機制不同而有不一樣的結果。溼例如玻璃文物中的鉀玻璃因為鉀離子在氧化矽網狀結構中的流動性較好，使得鉀玻璃風化速度會比鈉鈣玻璃快。風化會使玻璃表面變色、呈現彩虹色或是粉白狀。另外，石質文物的風化也是普遍常見的問題。石質文物風化除了受本身的結構、性質、保存狀況、周圍的地質和地理等內部因素，也受外部因素如物理、化學與生物等影響。



國家亞洲藝術博物館
(National Museum of Asian Art, Smithsonian
Institution) 開放授權



腐蝕劣化



腐蝕崩塌

物理風化 Physical Weathering

物理風化是在不改變化學成分的情況下導致材質劣化而崩解的過程，通常作用力來自於壓力和反覆地膨脹收縮，常見是由凍融作用、鹽風化、溫度變化以及乾溼循環所引起。所謂凍融作用若岩層裂隙內含有水分，當溫度下降至冰點以下時，這些水凝結成冰，體積也膨脹約 9%，對岩體造成相當大的張應力，可以有效地使岩石破碎。另外熱膨脹係數差異造成破裂，如岩土質文物內部孔隙中鹽結晶的熱膨脹引起的瓦解，以及反覆熱脹冷縮所造成的裂隙，例如石質文物受日照，表面高溫導致與內層膨脹程度差異，反覆拉扯則造成剝落。還有生物作用，如植物根深入岩縫，因為成長而加長加粗，而導致岩縫擴張而破裂。



化學風化 Chemical Weathering

化學風化會改變材質的分子結構導致劣化、腐蝕。溶解作用是化學風化中最簡單也是最重要的形式。而隨著環境空氣污染的日益嚴重，溶解風化作用的危害就更加提升，例如二氧化碳和二氧化硫都可以遇水而轉成酸，而對可溶性岩碳酸鹽岩和硫酸鹽岩造成溶蝕和侵蝕。水合作用也是化學風化的一種形式，因為水合反應生成膨脹性產物可在岩石中產生巨大膨脹壓力，而造成岩土質文化資產崩裂、剝落和粉化。另一種常見的化學風化形式是水解，其中礦物的化學鍵在與水相遇時導致分解並形成新的化合物，尤其是矽酸鹽礦物。例如玻璃就是矽酸化合物，若玻璃受到外力加上水尤其是鹼性的水，就可能產生裂隙，而水會從玻璃中浸出鈉和鉀等鹼性成分，從而造成損壞。還有還有生物作用，如植物的根為了要從岩石中取得養分就會分泌化學物質，進而造成岩石的粉化而崩解。

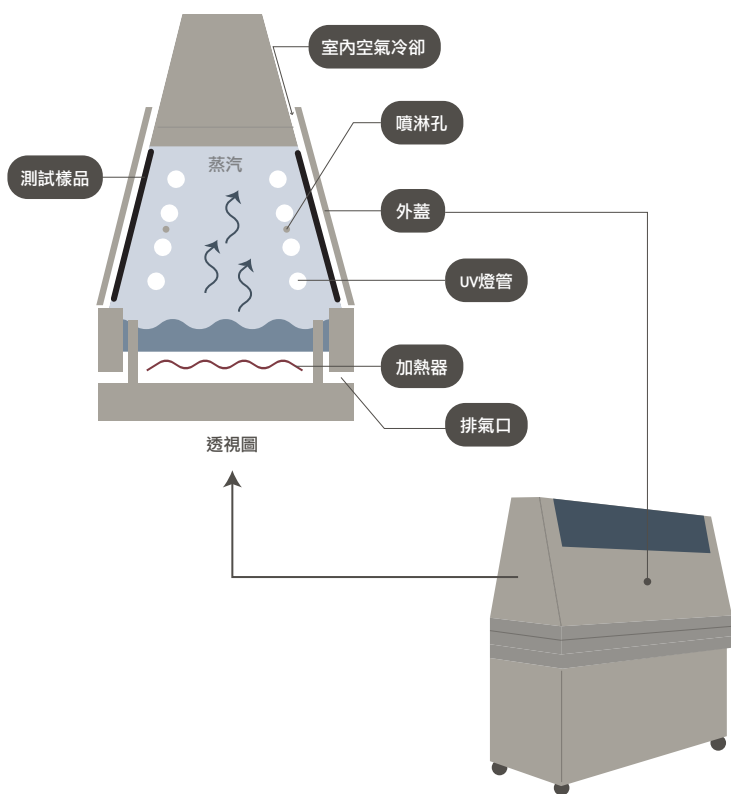
■ 老化 Aging

老化是指物品材料隨著時間的推移對周圍環境和使用情況作出反應，產生如變色、脆化、斷裂、龜裂或是變形等情形。因此，常見的老化主要有因物理性質產生變化的物理老化、藉由氧氣相互作用而導致的氧化老化、經熱和氧的綜合作用導致聚合物主鏈的自動氧化斷裂的熱氧老化、以及熱的作用而產生的材料結構、成分和形態變化的熱老化和由可見光或紫外線引起化學變化所造成的光氧化老化與光化學老化等。

想要瞭解會使文物老化的風險因素，可以進行加速老化試驗來預測物品在不同條件下或特定材料與物品接觸時物品將如何受到影響。

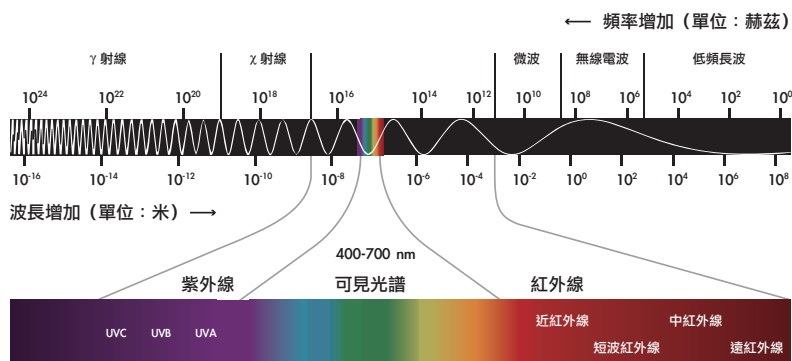
■ 加速老化試驗 Accelerated Aging Test

老化試驗是模擬材料在實際使用的條件中涉及到的各種因素對材料產生不可逆的老化情況。老化試驗是模擬老化條件在短時間呈現老化現象，可以用來評估對象材料的耐久性與研究其衰變機制並準備適當的保護材料，例如塗料、保護漆、填充材、加固劑、黏著劑等都是常見會用來執行加速老化實驗技術的案例。



■ 影像 Image

影像是人對視覺感知物質的再現，可由具有光學裝置的工具如照相機、手機及顯微鏡等取得，可以記錄與儲存在紙張、膠片等媒介上，或是以電子檔案存儲在電子存儲媒體。記錄文化資產保存和維護可以利用的影像，取像時可以使用自然光或是不同波段的人造光源，或是以不同的角度打光如正面光（順光）、側光或透射光，記錄時搭配不同波段的濾鏡，所蒐集記錄的影像可以得到功能不同的訊息。因此在文化資產保存領域中常使用技術攝影來拍攝文物，包含可見光、紅外線影像、紅外線反射影像、紅外線透射影像、紫外可見螢光攝影、多光譜成像、高光譜成像或 X 射線攝影等。



X射線應用

X射線攝影

紫外線應用

反射式紫外線攝影
紫外線激發可見螢光攝影

可見光應用

正面光攝影
側光攝影
透射光攝影
偏振光攝影

紅外線應用

紅外線攝影
反射式紅外線攝影
紅外線螢光攝影
紅外線偽彩色攝影
透射式紅外線攝影
熱成像

■ 技術攝影 Technical Photography

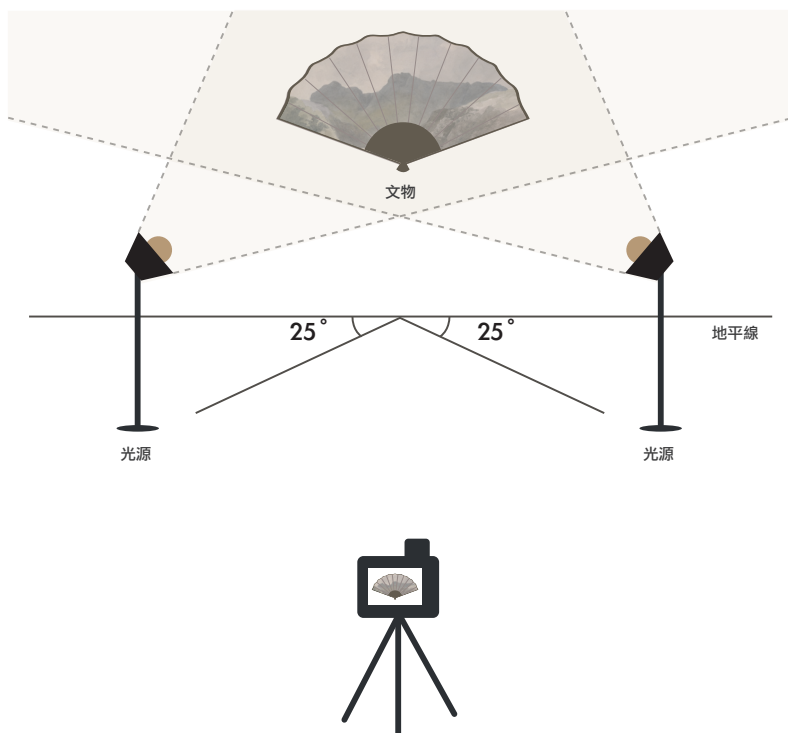
技術攝影是使用改良型數位相機來收集約 360 nm 至 1100 nm 光譜範圍內的影像，包括可見光、紫外線激發可見螢光、紅外線與可見光激發紅外線螢光等，每種影像都會提供不同的訊息。可以看見繪畫的底層草稿、劣化和修護區域或增強褪色部分的顏色識別，還可以根據材料在不同輻射波段顯示的特徵，提供有關材料識別的初步光譜訊息。即使從這些影像中得出的結果並不是絕對性的，但因為它簡單、容易取得且相對便宜，經常使用在文化資產保存領域。

■ 可見光應用 Applications of Visible Light

可見光是指人的肉眼可以感受得到的電磁波譜範圍，其波長範圍落在約 400 nm 至 700 nm 之間。

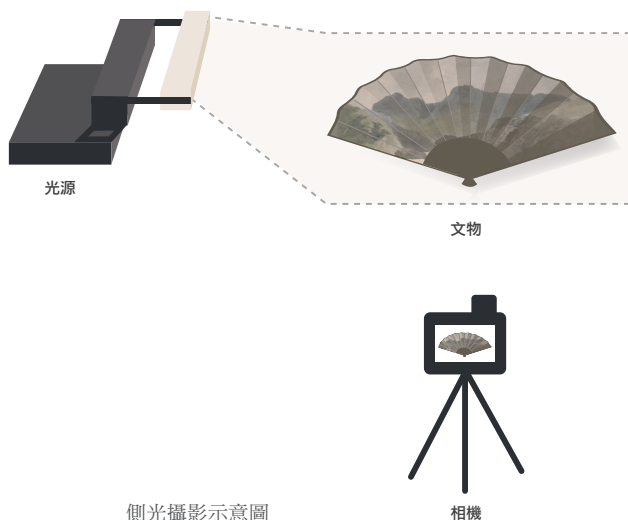
■ 正面光攝影 Normal Light Photography

一般正面光攝影為求呈現文物清晰影像，儘量讓文物各部位光照均勻，建議使用兩盞強度相等的可見光光源與文物呈 45 度角、彼此將近直角且與文物等距的位置入射到文物表面，以提供盡可能均勻的照明。上述光照角度若取得的影像有表面眩光的問題，則可以將燈的位置調整至與文物的正面成大約 25 度角。可見光光源可以是白熾燈、發光二極體（LED）或其他漫射光源，例如日光燈或氙氣燈光源，光源的色溫建議使用 5000K-6500K，在這種光源色溫下類似上午 8 點至 10 點，下午 3 點至 5 點的自然光的照明效果，光源的演色性指數（Color Rendering Index, CRI，或稱顯色指數）Ra 值建議大於 90。清晰的影像可以用來記錄文物的外貌和色彩，以及觀察文物表面的紋理、劣化狀況與修護痕跡等。



■ 側光攝影 Raking Light Photography

側光攝影是將可見光光源以傾斜角度位於文物的一側，讓光線以小角度投射到文物的表面，而因為表面的高低起伏、凹陷裂縫或是外來的附著物將會因為向光和背光而形成光照的明亮與陰影的暗黑形成明顯對比，而容易分辨。是檢查藝術和考古物品的有用方法，用以檢測和記錄表面特徵，例如紋理、摺痕或光滑度等。由於畫面紋理的揭露，清晰地顯示出筆觸和顏料的層次，因此經常用於記錄繪畫中的修飾區域以及研究繪畫技巧。



■ 透射光攝影 Transmitted Light Photography

藉由光源至於文物背面投射，再由於文物正面進行透射光攝影記錄。透射光可以用於顯示文物的密度、厚度、視覺不透明度、空隙、破裂等變化。常見應用包括記錄紙張的結構、浮水印、修護和劣化痕跡與揭示底層圖像的存在等。



■ 偏振光攝影 Polarized Light Photography

偏振光攝影是藉由在相機鏡頭前方加裝偏光鏡來消除照片中的眩光，特別是當光源照射文物時，文物表面會反射光線和漫射。若是文物表面較平滑，則反射的光線會比較集中也因此比較亮而造成眩光，無法清晰拍攝文物，因此必須轉動偏光鏡只允許反射出來的光線其中特定振動方向的光通過，如此減低反射造成的眩光，還原文物的色彩和細節的呈現。

■ 紅外線應用 Applications of Infrared

紅外線是屬於電磁波的一種，其在電磁波譜上是介於微波與可見光之間，波長範圍 700 nm 至 106 nm，且對部分材料具有穿透能力。現今紅外線在各領域被廣泛地使用，應用紅外線光譜於文物分析的儀器常用的有傅立葉轉換紅外線光譜儀、拉曼光譜儀、紅外線顯微鏡、熱成像儀與全波段光譜儀等。

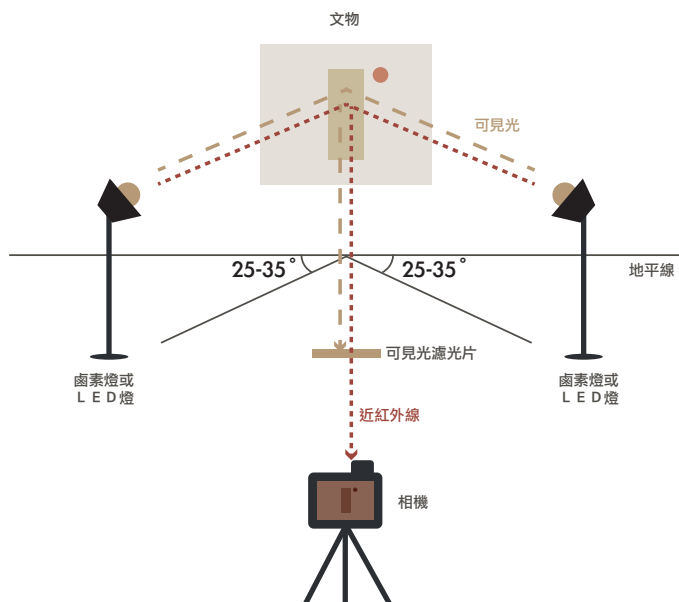
■ 紅外線攝影 Infrared Photography

紅外線影像技術的成像顯示出灰階和紋理在被紅外線反射時呈現出的特性。一般相機使用的負片或影像感測器對可見光與紅外線波段所產生的波長皆具感光度，惟經使用紅外線濾光片過濾掉可見光波段，可僅捕捉 700 nm 至 1100 nm 的近紅外線波段。利用紅外線的穿透性可以檢測出表層顏料底下的訊息，一些顏料如赭石顏料在紅外線攝影中變得透明，因此可以看見畫作的草稿和細微變化，揭示隱藏的繪畫痕跡。

文化部於民國 109 年 10 月 29 日訂定《文物反射式近紅外線數位攝影指引》，做為文物保存、修護與調查研究等參考使用，並確保拍攝正確、清晰且未扭曲之文物紅外線攝影。

■ 反射式紅外線影像 Infrared Reflectography

在文化資產保存維護領域使用反射式紅外線攝影記錄 1000 nm 至 2500 nm 紅外線波段的影像。一般反射式紅外線攝影相機是使用碲化鎵鋼（InGaAs）的影像感測器，能接收 900nm ~1700nm 的紅外線訊號。其成像原理是藉由物質對紅外線的不同吸收度和反射率，來研究文物外表層到基底層的訊息。例如隱藏在畫作內層畫家用炭筆畫的草稿構圖，因為畫作在紅外線光源照射下，碳基材料吸收紅外線所以不反射紅外線至相機，所以在影像中呈現明顯黑色，畫作中其他顏料吸收紅外線程度不一，所以反射至相機就呈現灰階的圖像。而較長波長的反射式紅外線影像能夠檢測到一般近紅外線攝影無法穿透的顏料層，因為某一些顏料在較長的紅外線波長下能變得更加透明，如藍銅礦，因此使用較長波長的紅外線更有助於確定肉眼不可見的草稿構圖。



紅外線螢光攝影

Infrared Fluorescence Photography

紅外線螢光攝影運用在檢視文物上顏料種類是有效的方法，特別是考古文物中的埃及藍、鎳紅與鎳黃等顏料。藉由可見光的照射搭配可通過紅外線的濾光片，並經由影像感測器，可以在紅外線灰階影像中觀察上述特殊顏料被激發出的螢光現象。

紅外線偽彩色攝影

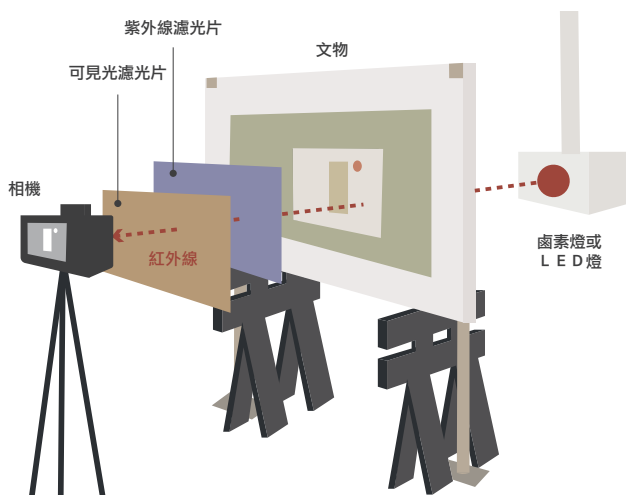
Infrared False Color Photography

紅外線偽彩色攝影最初是應用在感光底片衍生的技術攝影上，後來逐漸被運用在檢視文物。藉由適當的濾光片即可進行初步辨識藍銅礦和群青等顏料之外，還可以識別全色的區域以及快速區分顏料和墨水的差異。然而，紅外線偽彩色攝影無法提供精確的分析結果，但因為它易於操作，仍然在文物保存領域中使用。

透射式紅外線攝影

Infrared Transmittography / Transmitted Infrared photography

在檢視畫作或文件檔案等文物，透射式紅外線攝影 (Infrared Transmittography, IRT) 被證明在成像能力方面優於反射式紅外線攝影，因為表面反射較少，能使表面透明度最大化，進而提高了對材料的紅外線吸收率大，進行成像的能力也較佳。另外，當文物被透射時，紅外線僅通過每一層一次，並且通常以垂直方向透射，因此吸收、散射或以其他方式衰減紅外線成像的機會較少。這種技術尤其對於檢測反射度高的顏料有效，例如藝術作品中常用的鉛白與鈦白。



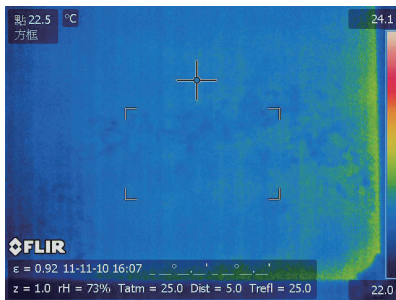
透射式紅外線攝影示意圖

■ 熱成像 Thermography

熱成像是運用紅外線熱成像技術得知物體表面溫度的分布，而無需與它們進行物理接觸。所有表面溫度高於攝氏絕對零度的物體都會發出電磁輻射，可以根據發射的輻射強度和波長計算物體的表面溫度。為了使紅外線可見，檢測到的紅外線能量被轉換為電子訊號，並在熱成像儀的螢幕上依其能量高低以明暗、色階或不同色彩顯示為圖像。



可見光影像
文化部文化資產局提供



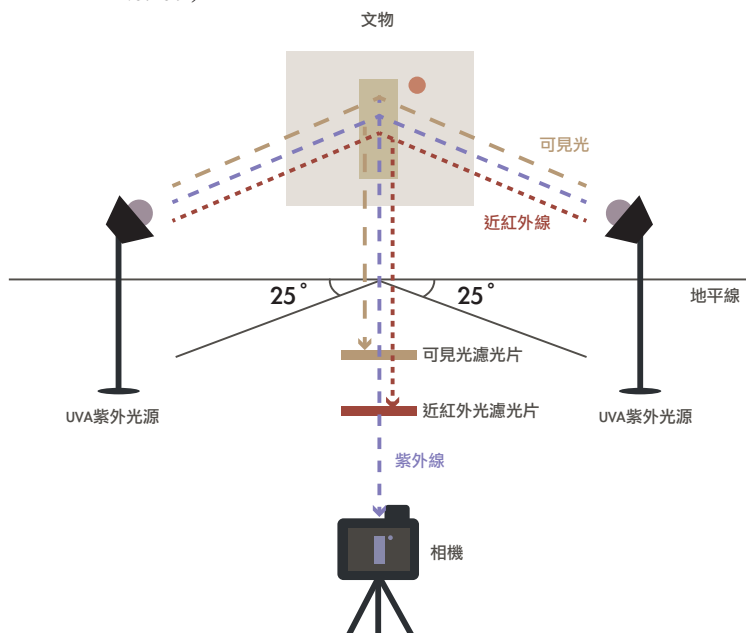
熱成像

■ 紫外線應用 Applications of Ultraviolet

紫外線是屬於電磁波的一種，其在電磁波譜上是介於可見光與 X 射線之間，波長範圍 10 nm 至 400 nm。紫外線依波長長短可分長波紫外線（UVA）波長範圍 320 ~ 400nm、中波紫外線（UVB）波長範圍 280 ~ 320nm 與短波紫外線（UVC）波長範圍 100 ~ 280nm 三種。應用紫外線光譜的分析儀器常用的有紫外線 - 可見光光譜儀、紫外線顯微鏡與全波段光譜等。

■ 反射式紫外線攝影 Ultraviolet Reflectography

反射式紫外線攝影是記錄文物經紫外線光源照射，反射的紫外線為影像感測器偵測而成像。紫外線的穿透力低，圖像紀錄以繪畫表層的顏料、保護漆或清漆為主。常用於檢視現代白色顏料，例如鋅白、鈦白與鉛白在有展色劑的條件下，經由反射式紫外線攝影下呈現出奶油黃、黑紫色與淺橘色（更多案例請參見 AICCM National Newsletter No.137）。

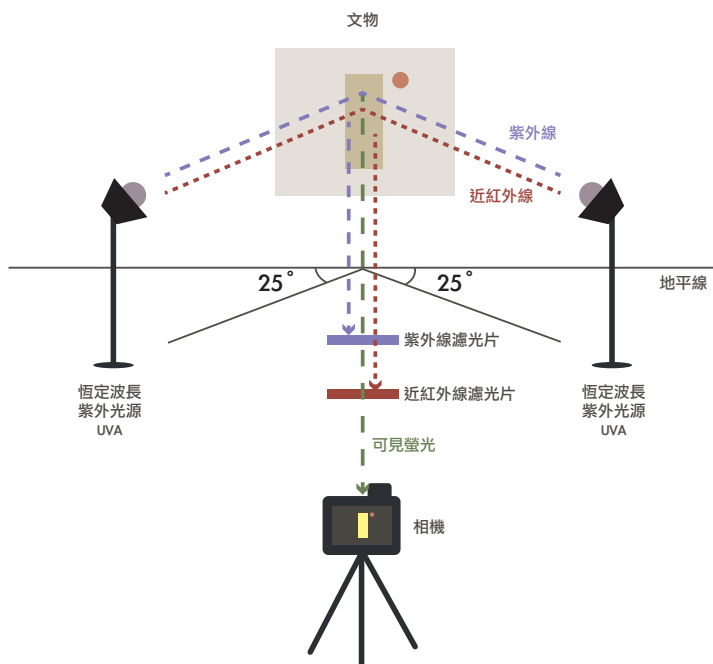


反射式紫外線攝影使用波長 365 nm 左右的紫外線光源，此範圍有更多的資訊來識別顏料。反射式紫外線攝影可與可見光混合，產生有亮度的紫外線反射圖像。

紫外線激發可見螢光攝影 / 紫外螢光攝影

Ultraviolet Fluorescence Photography

文物在暴露於紫外線時會被激發出不同波長的光，這種稱為紫外線激發可見螢光的現象，可以使用僅允許可見光通過而排除紫外線的濾光片，和紫外線燈進行紫外線螢光攝影，提供了有關不同材料的存在和分布訊息。當使用紫外線燈照射材料時，原子或分子中的電子吸收紫外線而被瞬間激發至較高的能態後又立即釋放能量回到其基態，此能量的釋出是以光波的形式，當光波波長落在可見光範圍即為紫外線激發可見螢光。所激發的可見螢光顏色與強度取決於許多因素，例如紫外線的波長、照射時間、材料種類



與材料之間如何作用等。經常用於材料識別、檢測昆蟲造成的損壞、褐斑、表面塗層以及檢查過去修護的區域。

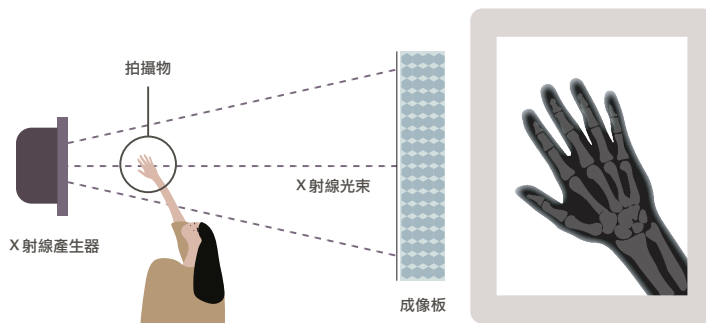
■ X 射線應用 Applications of X-ray

X 射線是指波長比紫外線短的短波電磁輻射，其波長約在 0.01nm 至 10 nm 的範圍。X 射線的產生其一來自於原子外層軌道電子向內層軌道的電子空缺躍遷，多餘能量以 X 射線釋出；其二是高速運動的電子的急遽減速運動，其電子失去的動能則部分轉化為 X 射線。倫琴（Wilhelm Conrad Röntgen）是最早發現 X 射線的科學家，因此也可稱為倫琴射線（Röntgen Radiation）。

至於應用 X 射線的分析儀器常用的有 X 射線螢光光譜儀、X 射線繞射儀、掃描式電子顯微鏡 -X 射線能譜分析法、X 射線攝影與電腦斷層掃描等。

■ X 射線攝影 X-ray Radiography

X 射線攝影可以透視物體內部結構，看到隱藏於物品表面之下的資訊。X 射線具有非常好的穿透性，不同的材料對於 X 射線的吸收度和穿透度不同，具體取決於材料的厚度、密度與成分。穿過物體的 X 射線因為物件各部位的材料差異造成對 X 射線光子的吸收度和穿透度的不同，最終到達成像板的光子數量也不同，因而形成明暗對比記錄在成像板上，而這就是物件外部和內部結構的平面投影。



■ 多光譜影像 Multispectral Imaging

在多光譜影像中，一個物體在數個不同波長下同時獲得的圖像被製成一個多層圖像，因此又稱多頻譜影像。多光譜影像可以捕捉到肉眼無法識別的訊號，用以檢測表面材料特徵。不同波長包括紫外線、可見光與紅外線，通過使用濾鏡分離不同波長的特殊相機或具有內部波長過濾功能的專用儀器來記錄圖像。圖像通常記錄了反射輻射，但也可以記錄透射輻射所形成的圖像，可以識別不同材料成分的區域。所有材料由於其化學成分和固有物理結構的差異，在特定波長以不同的模式反射、散射、吸收和發射電磁波，可以區別不同材料。

多光譜影像技術較常被用於畫作、藝術品、手稿文件和文物的科學檢測。例如用來識別文物上的不同顏料區塊，並區分原始和修護區域，還能用在提高褪色部分的原始色彩的辨識或識別出已經被覆蓋的繪畫或文字。此外，也可被用於檢測運輸、展覽和保護處理前後的變化。

■ 高光譜影像 Hyperspectral Imaging

高光譜影像原理與多光譜影像基本上相同，多光譜僅是記錄幾個光譜波段的影像，高光譜則將待記錄的光譜範圍切割為更小的波段，每個光譜範圍可以有數十或數百個波段，例如每 5nm 為一波段，並以光譜感測器記錄每一個波段的影像。所以由此創建的圖像比僅具有幾個相對較寬波段的多光譜影像所得到的資訊更豐富詳細，針對圖像特定部位可以取得其光譜，因而能更精確地辨識不同材料。

高光譜影像的用途也與多光譜影像相似，可以用於畫作、藝術品、手稿文件和文物的科學檢測，例如已被證明可以有效地增強因墨水滲出或鐵膽墨水（Iron Gall Ink）腐蝕而損壞的老舊文檔的視覺效果，提高文字辨識率。同時也有人使用高光譜影像檢測古蹟或歷史建築牆壁中的水分，幫助控制文物保存環境。

■ 色卡 Color Scale

即便型號相同的相機、記錄影像也會因拍攝角度、環境光線或機器的狀況不同等，對拍攝出來的影像色彩會有所差異。再者，影像色彩的調校是一件相當耗費時間的工作，若是有色卡當基準讓操作人員作為參考，則可正確地還原真實色彩。



■ 色階卡 Color Control Patches

色階卡是一種顏色圖表，由數個油墨色塊組成，印有公制和英制的標尺，作為顏色校正及比例尺使用。能夠將拍攝對象的顏色與已知的印刷顏色進行比較，幫助找到正確的曝光和處理條件，並在色彩再現過程中平衡負片和正片。色階卡在不同光源下有不同的參考顏色，常見的色階卡有 X-Rite 色階卡、QPCard 色階卡以及 AIC Photo Documentation Targets，而 UV Innovations 研發的 Target-UV 和 UV-Gray 則是專門用於校正紫外線激發可見螢光的顏色和強度，及幫助設置紫外線下的白平衡。

■ 導色卡 Color Checker

導色卡可以用來確保圖像的色彩準確性、白平衡、噪點、訊號雜訊比和國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）所規定的感光度等，經科學配置的二十四個自然色、彩色、原色和灰度色塊組成。可以單獨拍攝色卡或者作為背景與被攝對象一同拍攝後，在軟體上測量、調整三原色光模式（Red Green Blue, RGB）等各項數值。

■ 微觀檢視 Micro Examination

微觀檢視用於當樣品小於能夠被肉眼清楚觀察的尺度，因此需要使用放大鏡、立體顯微鏡、電子顯微鏡和微距攝影等器材來進行檢視。進行微觀檢視有多種目的，其中最常見的是評估材料的結構，以及是否含有夾雜物、空隙、裂紋與損傷等。

■ 放大鏡 Magnifier

由單一鏡片或多鏡片組成。放大率通常在 1.5 至 20 倍之間。視野（可見的物體面積）與鏡頭的直徑直接相關。為了獲得最大視野，必須將鏡頭盡可能靠近眼睛。有些放大鏡附有內建光源。

在文物保存的應用上，放大鏡可協助保存維護人員辨別作品的製作過程，例如有些過程會產生點狀或條狀紋路，有些過程會讓色彩融合。透過放大鏡觀察到這些細節，從而選擇合適的材料和步驟進行保存處理。

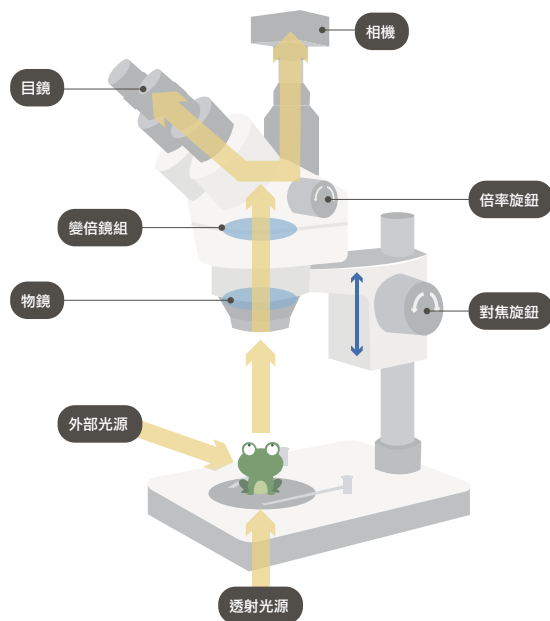
■ 立體顯微鏡 Stereo Microscope

立體顯微鏡又稱解剖顯微鏡或實體顯微鏡，由兩個獨立的光學系統組成，一隻眼睛對一個系統，左右各有獨立的物鏡與目鏡，產生左右兩個略有不同、正立且放大的影像，並在大腦中融合，形成具有明顯空間感的單一三維圖像，用於觀察文物本身。

立體顯微鏡具有較長工作距離，有些安裝在活動腳架上，配備有伸縮臂和光纖系統，可用於觀察體積較龐大之文物，且能從不同軸線與角度檢視。因景深較深，視野內清晰範圍大，倍率相對較低，通常是 7 至 100 倍。

立體顯微鏡可用於：

- 搭配側面光可觀察到肉眼不易察覺的特徵，例如線條的紋理、表面壓痕、光學差異、形狀、顏色或顆粒分布等。
- 研究技法、媒材分布、識別劣化狀況與修復細節等。
- 觀測滴點試驗或溶解度測試。
- 用於儀器分析前的樣本選擇、分離與處理，例如紙張纖維的採樣。
- 進行修復、保存處理或測試，特別是在局部應用及操作的精確度至關重要的情況下。



■ 數位顯微鏡 Digital Microscope

數位顯微鏡是一種結合傳統光學顯微鏡和數位相機的顯微鏡，將影像即時輸出到螢幕上，通常是連接電腦，也有一些直接連接到配置的液晶螢幕上。數位顯微鏡無法直接透過目鏡觀察物體，因系統是針對螢幕圖像設計，省略肉眼所需的光學元件。

數位顯微鏡的種類從價格低廉的外接式裝置的數位顯微鏡到昂貴的進階工業數位顯微鏡都有。外接式裝置的數位顯微鏡的倍率可達 250 倍，比起放大鏡的 30 倍更能提供高質量的分析。因為輕巧便利、易於攜帶，常用於檢視古蹟或遺址內難以移動的文物。例如保存維護人員可於現場識別石材的類型以及分析砂漿中的成分。直接在電腦上工作可輕易拍攝照片或影片進行記錄歸檔，並展開進一步分析砂漿中砂粒的大小。

數位顯微鏡也可做為診斷工具，識別石材劣化的原因，例如鹽分、污染物或生物危害，甚至能找到舊時工具使用或是保存處理的痕跡。

■ 微距攝影 Micro Photography

微距攝影是一種特寫攝影的形式，最初是為了科學研究而開發。一張好的微距照片可以揭示物體的細節和質地，在文物保存中通常用來拍攝小型文物或是文物的局部紋飾。微距攝影傳統上是以 1:1 的放大率拍攝被攝體，也就是被拍攝物體的影像投射到相機感光元件上，其影像與實際物體的大小完全相同，不需要使用放大鏡。隨著數位相機發展，微距攝影經常使用變焦鏡頭和放大鏡，也有專用的微距鏡頭，可避免物體變形。

微距拍攝時需注意被拍攝的主體要有足夠的光照，以及注意景深的問題，放大率越高景深會越淺，所以需特別注意對焦位置。若為了增加景深而縮小光圈，進光量即會大幅減少，可適當使用閃光燈和反光板加強亮度。為了讓文物清晰範圍最大化，可

拍攝多張照片對焦於文物不同地方，再以影像處理軟體後製，將不同焦段的照片合成成各部位都清晰的影像。

■ 記錄建檔 Documentation

記錄建檔包括了檢視、取樣、科學檢測和保存處理的書面和圖像紀錄，此程序是文物保存維護人員在法律和道德上的義務。

記錄建檔之目的：

- 為某一特定時間點的文物狀況提供準確、完整和永久的紀錄。
- 幫助建立保存準則，並擴展該專業的知識體系。
- 記錄技術分析的方法以及分析結果的解釋。
- 記錄保存處理使用的材料和技術。
- 可比對文物因時間、存放方式、持拿搬運方式和處理方法而產生的變化。
- 在文物保存專業之外提高對文物美學、文化、歷史和物質特性的鑑賞力。
- 記錄具有歷史意義的資訊。
- 可據此紀錄簽訂合約，避免誤解或不必要的訴訟。

紀錄內容：

包含文物身分、文物歷史背景、所在位置與周圍環境、文物材質與構造、修復歷程、狀況評估、後續保存環境與處理建議等。

紀錄形式：

一般可分兩大類：調查清單與敘述式紀錄。調查清單可附帶一個摘要頁，對文物的性質、策展的優先順序、表格上使用的任何縮寫或處理方法的理念等進行整體描述。敘述式紀錄常用於記錄單一文物或具有高價值的文物。將檔案儲存於電腦可提升永久性，且易於備份和傳播，使用電腦管理系統處理文物資訊已經是一項趨勢，常用的系統包括：

- 藏品管理系統（Collections Management System, CMS）是現在許多不同專業和規模的保存機構所使用的電腦管理系統。CMS 是一個數據庫，可以追蹤文物的位置、準備展覽清單、建立表格（保險、運輸、借出等），並在電腦上管理保存、出版、展覽、文物來源等相關資訊。所有以前儲存在紙本檔案中的數據和文件現在都可輸入或掃描到 CMS 中。CMS 靈活而強大的內容管理系統能夠安全、可靠地儲存文物資訊，同時提高透過網路向廣大觀眾分享和傳播文化資訊的能力。
- 數位資產管理系統（Digital Asset Management System, DAMS）是另一個管理和保存文物紀錄的重要系統。DAMS 是一種數位檔案庫，可以保存圖像、音訊和文字等檔案，及其後設資料，可讓人更有效率地組織、識別和檢索圖檔與其他文件。DAMS 也很容易與 CMS 整合，因此，當 CMS 上的資訊被編目和更新時，可自動與 DAMS 同步。

■ 登錄 Registration

登錄作業是將名稱與代碼正式賦予該文物，並以書面資料或數位資料的形式登載於藏品管理系統或數位資產管理系統中。

■ 清冊 Inventory

清冊是指將構成文物的所有基本資訊進行系統性的管理。文物保存機構的所有文物都必須編目並登入清冊。清冊有兩種類型：點查清冊與實物清冊。

點查清冊用於清點，而清點是為了在短時間內清楚識別所有文物，讓保存機構便於管理。點查清冊在清點的過程須回應三個問題：

1. 哪些文物構成了藏品？
2. 有多少件文物？
3. 文物的位置在哪裡？

實物清冊則記錄了文物身分（參見第二章「文物身分」），在調查的過程通常會與文物直接接觸，提供了拍攝照片的機會。

兩種類型的清冊都需要定期更新資訊，更新的頻率需考量：最初的清冊在何時建立？文物是否經常使用與移動？保存機構對文物的使用是否有適當管理？一般來說，保存機構如果還沒有建立清冊，建議對所有藏品進行一次完整的普查以建立點查清冊與實物清冊。此後，必須定期進行更新。

■ 保存描述資訊 Preservation Description Information

保存描述資訊是文物數位化後得以永續保存所必須具備的資訊，可讓人了解當時文物的背景與現況，得以取用且信任的數位內容。保存描述資訊通常會和文物的相關內容包裹在一起，形成所謂的資訊包裹（Information Package）。為了儲存多樣類型資料所設計的開放式檔案資訊系統（Open Archival Information System, OAIS）最早定義了資訊包裹的概念。資訊包裹可想成是一個箱子，將文物的數位內容與其保存描述資訊一起封存起來。

OAIS 將保存描述資訊分為五個類別：1. 參考資訊（Reference Information）2. 來源資訊（Provenance Information）3. 背景資訊（Context Information）4. 固定性資訊（Fixity Information）5. 取用權資訊（Access Right Information）。

■ 照片建檔 Photo Documentation

文物的照片建檔是文字紀錄的輔助，可詳細呈現文物細節。文物攝影必須盡可能客觀、清晰與真實地呈現文物（參見第二章「正常光攝影」）。要注意的事項包括：

- 選擇正確的曝光、色溫與白平衡。使用冷光燈，並以色溫 5000K 至 6000K 的範圍來拍攝文物。
- 鏡頭盡量使用鏡頭焦距段 50 mm 的標準定焦鏡，確保文物影像不會變形。
- 文物輪廓須完整。文物細節則可用特寫呈現。
- 需從多角度拍攝文物。

- 影像後製時，應保留色卡並去除與文物影像無關之雜物。另外，利用色卡比例尺做為校色依據，進行最小程度的調整，勿使影像失真。

■ 文物身分 Object Identification

文物身分的識別項目包括：

- 文物名稱
- 所有人、管理人或使用人
- 登錄號
- 藝術家、創作者或來源機構
- 標題或主題
- 日期或時期
- 製造地點
- 尺寸：一般從左側底部邊緣開始測量，依序是高度、寬度和厚度。包括文物本體與支撐物。
- 銘文、裝飾圖案或識別印記
- 紀錄 / 報告的日期
- 紀錄 / 報告的作者
- 任何附帶的照片或其他圖像紀錄

■ 檢測 Examination

檢測是針對文物的構造、材料和現況進行調查，並鑑定變化和劣化的程度與原因。檢測的過程主要是透過保存維護人員根據自身專業和經驗，仔細查看文物整體及其附屬物的現今狀況。

檢測除了會在開始保存處理之前實施，也會在決定採用破壞性科學分析之前進行。通常檢測會用於報告文物處理計畫以及記錄文物的狀況，包括鑑定文物材料之組成與構造，記錄文物使用以及結構明顯改變的證據。

根據不同材料的降解方式或對環境的反應，一些問題是可以預測的。因此，每個保存維護人員都會依各自對材料的認識出發，用略為不同的步驟進行檢測，但也會以系統性的方式去查看文物的各個構成要素和細部的狀況，以及這些要素和細部狀況與典藏或修護的關係。

■ 檢測方式 Examination Method

檢測方式又可分為非破壞性檢測、非侵入性檢測、非接觸性檢測、破壞性檢測和微破壞性檢測，然而特定的檢測方式可能還需要針對樣品進行破壞性採樣。

■ 非破壞性檢測 Non-destructive Testing

非破壞性檢測（Non-destructive Testing, NDT）也稱為無損分析、非破壞性分析（Non-destructive Analysis）或非破壞性評估（Non-destructive Evaluation）等。NDT 是指不會耗損或破壞檢測對象，而不影響其現在及未來狀態和特性的檢測技術，並且檢測之後依然可以對樣本進行重複分析或其他檢測。廣義的定義下只要檢測中不會造成樣本不可回復的損害即為非破壞性檢測，但在文物的分析研究中常使用較嚴格的狹義定義，認為非破壞性分析是不需要採樣來破壞文物的完整性。

常見的非破壞性檢測的儀器有手持式 X 射線螢光光譜儀、可攜式傅立葉轉換紅外線光譜儀、全波段光譜儀、超音波檢測與可攜式拉曼光譜儀等。非破壞性檢測能在獲得分析結果的同時，避免對樣品造成損害，是進行文物分析研究時優先選擇的檢測。

■ 非侵入性檢測 Non-invasive Testing

非侵入性檢測方法不會穿透、侵入樣品造成損壞及改變，使樣品在分析前後保持相同狀態。通常被涵蓋在非破壞性檢測中，不需要採集樣本而可以直接在原件上進行分析，使受測物品受到最小程度的影響而保持良好的狀態。然而，非侵入性檢測難

於作定量分析且分析後的資料精確度容易受當時檢測周圍環境的影響。

■ 非接觸性檢測 Non-contact Testing

非接觸性檢測方法不需要直接接觸受測樣品，儀器的探頭或傳感器與被測物體之間會有一定距離，避免可能因接觸而造成的樣品損壞，也可以重複進行檢測而不會造成檢測點的損壞。同時，因為不需要接觸樣品，最適合檢測柔軟或形狀不規則文物。

■ 破壞性分析 Destructive Analysis

破壞性分析是會對樣品造成部分或整體改變與損壞的檢測技術。從樣品製備開始的測試過程中可能會對樣品造成永久影響的傷害。因分析技術限制，有時樣品可能會需要經過切割、磨粉或溶解等，而造成原件損傷。常見的破壞性檢測的儀器有電子顯微鏡、氣相層析質譜儀、高效液相層析儀與薄層層析儀等。

至於介於破壞性檢測和嚴格的非破壞性檢測之間，並且對文物造成肉眼不易辨識的微小損害的測試技術稱為微破壞檢測（Micro-destructive Testing）。測試中可能會消耗、改變或損壞非常微小體積的材料，或是微量採樣從原件提取出少量的樣品。

■ 採樣 Sampling

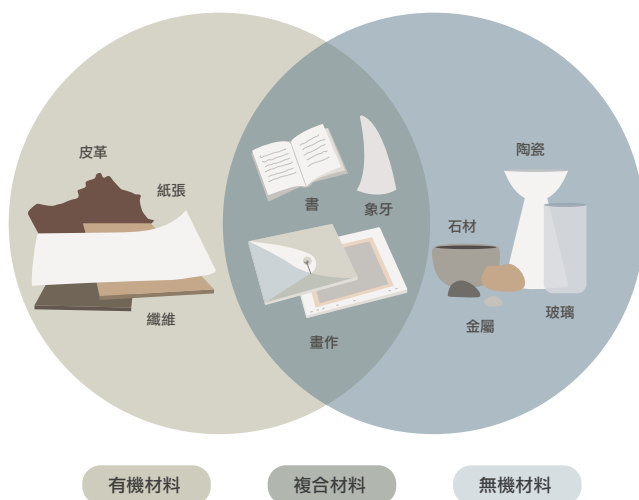
文物在進行特定類型的科學檢測前，需要從標的物件欲分析的部位提取一部分作為測試樣品來分析，稱之為採樣。不同的分析方法需要的樣品體積或質量都不同，所以採樣可能對於文物的外觀或是結構造成永久性改變及損壞。因此若要對文物進行破壞性採樣，須經過專業、仔細的評估對於文物和未來研究的影響、研究的必要性、可行性以及是否有其他可以替代的研究方法，例如微破壞檢測或是使用精密檢測以影響較小的微量採樣。總之應盡量避免並嚴格限制在必要的範圍內才能從原件採樣。

■ 材質分析 Material Analysis

材質分析是指通過各種檢測手段評估樣品的元素組成和化學成分以及識別材質類型。分析方法包含元素分析和成分分析。

■ 材質類型 Material Type

材質是指構成文物的材料，可能是以自然或合成方式所取得的物質。構成物品的材質類型可分為無機材料、有機材料和複合材料三大類。



■ 無機材料 Inorganic Material

無機材料的來源與地質學相關，這些材料會以各種方式加工成為文物藏品。材料類型包括：金屬、陶瓷、玻璃、石頭、礦物和一些顏料。

無機材料的共同特點：

- 經過高壓或高溫處理。
- 在正常溫度下通常是不可燃的。
- 可以與環境發生反應，改變其化學結構。例如腐蝕或成分溶解。

- 可能是多孔隙材質的，因此會吸收污染物。例如出土的遺物有外來物質附著。
- 對光不敏感，除了某些類型的玻璃與顏料。

■ 有機材料 Organic Material

有機材料取自於有生命的東西，像是植物或動物。材料以多種方式進行加工成為文物藏品。材料類型包括：木材、紙張、織品、皮革、毛皮、角、骨、象牙、草和樹皮、漆和蠟、塑料、一些顏料和染料、貝殼和自然歷史中的生物標本。

有機材料的共同特點：

- 含有碳元素。
- 是可燃的。
- 由複雜的分子結構組成，容易受到相對溼度和溫度的變化影響而導致劣化。
- 具有吸溼性，並且能從周圍的空氣中吸收或排放水分。
- 對光線敏感。
- 是黴菌與昆蟲的食物來源。

■ 複合材料 Composite Material

複合材料由兩種以上的材料所組成，並根據其材料組成的不同，可能同時具有有機和無機材料的特徵。例如，一幅畫可能是由一個木框和畫布框、一個帆布支架、以及各種有機或無機顏料的塗層所組成。環境對複合材料的文物其各個材料會有不同的影響，另外，同一件文物上的不同的材料之間也可能會相互作用，因此產生物理應力或化學反應，從而導致劣化。

■ 元素分析 Elemental Analysis

元素分析是指通過不同方式分析樣品以確定和量化其元素組成。常見的方法有使用 X 射線螢光光譜儀和掃描式電子顯微鏡 X 射線能譜分析法進行分析。

X 射線螢光光譜儀

X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

X 射線螢光光譜儀 (X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF) 是一種對元素進行定性和半定量分析的方法，可以檢測到含量僅百萬分之幾的元素。該技術通常樣品幾乎是不需要進行任何處理而可以直接進行檢測，所有樣品都可以保留以供日後進一步分析。但有時受限於 XRF 和樣品的大小，還是有可能需要進行採樣。XRF 是用一束 X 射線照射樣品，在 X 射線接觸到樣品表面時會激發組成材質的原子的特徵 X 射線螢光，再透過檢測特徵螢光判斷元素種類及含量。其原理是 X 射線照射樣品表面，因為 X 射線波長短能量高所以可以穿透原子，也有機會撞擊到原子軌域上的電子，因為光電效應內層軌域的電子若被 X 射線撞離原子留下電子空缺，造成原子的不穩定激發態。因此來自外層軌域的電子將跳躍至內層軌域填補空洞，使原子回到穩定基態。當電子從原本所處的高能階外殼層躍遷至具有空洞的低能階內殼層時，會由於能階之間的能量差而釋出能量，並以輻射形式發射。每種元素因為電子結構的差異，所以由外部 X 射線致使原子發射的 X 射線螢光能量都不同，是為特徵螢光。通過測量特徵螢光的能量，可以確定樣品中存在哪些元素，而測量特徵螢光的強度，可以量化樣品中特定元素的含量。

XRF 經常用於金屬文物的檢測，它可以快速確定金屬製品的合金成分。也可以用於分析一些非金屬材料，例如陶瓷

和玻璃。XRF 也可以幫助識別文物和藝術品所用的顏料中存在的元素含量，但是如果沒有分子或其他輔助資料可能無法準確判斷是哪種顏料。另外一些比鈉（Na）原子序更輕的輕元素，XRF 也無法有效檢測出。

手持式 XRF 的原理以及功用與桌上型的 XRF 相同，用一束 X 射線照射樣品激發表面元素的特徵螢光後，檢測特徵螢光來判斷元素種類及含量，但是有桌上型 XRF 是以特徵螢光的波長分析，可以做更精確的分辨，克服以能量來分析其解析度較差的問題。手持式 XRF 是少數可用於現場便攜式儀器的原子光譜技術，能夠在實驗室範圍之外進行原位多元素分析，用儀器檢測待分析的樣品後，可立即查看分析結果。

手持式 XRF 經常用於分析大型且不可移動的文物，或一些無法帶到實驗室的博物館樣本，加上非破壞性、非侵入性、非接觸性的特性，是研究文物和藝術品的一種非常理想的技術。

掃描式電子顯微鏡-X 射線能譜分析法

Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDX)

掃描式電子顯微鏡通常配有能量色散 X 射線能譜儀（Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometer, SEM-EDX），除了通過將電子束掃描樣品表面並收集產生的各種信號來成像，與能量色散 X 射線分析結合，還可產生表面元素分布圖。SEM-EDX 的元素分析結果比沒有搭配能量分散式 X 射線螢光光譜儀（EDX-XRF）的結果更具體，因為元素的分布是可視覺化的。

SEM 透過聚焦的高能電子束來掃描樣品，讓電子束與樣品的近表面區域相互作用產生不同信號，包括二次電子、背向散射電子與特徵 X 射線。其中，SEM-EDX 配備的能量色散 X 射線能譜儀分析樣品所發出的特徵 X 射線，就能識別元素。特徵 X 射線具有發射它們的元素所特有的波長和能量，使用能量色散 X 射線能譜儀對其進行測量便能確定樣品的元素組成，其原理與 X 射線螢光光譜相同。

SEM-EDX 是點技術，意思是電子束聚焦在一個點上，僅測量幾立方微米的小體積而不是整個樣品的元素組成，因此非常適合研究混合物，例如陶瓷、玻璃或礦石等。由於是表面分析技術，若需要檢測文物內部材料特性，可能會需要樣品的橫切面。

■ 成分分析 Components Analysis

成分分析是指通過不同方式分析樣品以確定未知材料的成分，或者是確認某一材料的身分及識別相似材料之間的差異。常見的方法有使用傅立葉轉換紅外線光譜儀、拉曼光譜儀和 X 射線繞射儀進行分析。

全波段光譜

Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectroscopy (UV-VIS-NIR)

全波段光譜 (Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectroscopy, UV-VIS-NIR) 可以在 175 nm 至 3300 nm 的光學範圍內工作，能用於確定液體和固體材料的光學特性，包含透射率、反射率與吸光度等，也可利用比爾 - 朗伯定律 (Beer-Lambert Law, 或稱 Beer's Law) 確定分析物濃度或溶液中的化學變化，以及收集表面層中存在的材料的結構資訊。這種技術的主要缺點是在混合物的情況下光譜的複雜性和相對較低的空間分辨率。

材料的識別基於分子對紫外線或可見光輻射的吸收導致分子的電子能級之間的躍遷，或使用經過分光具有特定波長的輻射依次照射樣品，使該輻射被吸收而存在的特徵吸收帶。可利用可見光區域的光譜響應確定樣品的顏色，光譜也可用於檢測樣品的紫外或近紅外吸收特性，或在不同光源下觀察時兩種顏料之間的外觀差異。

這種技術可以用於研究羊皮紙、紙張、紡織品、彩色玻璃、壁畫與帆布等。作為一種不需要取樣的非破壞性技術，能檢測由降解引起的變色或褪色，也可以用於識別同色異譜的顏料。另外，也可以通過物質具有吸收紅外線的性使得內部的分子，原子固有的振動（Vibration）和轉動（Rotation）加速導致能階的躍遷，從而檢測出該物質的紅外吸收光譜，並藉由光譜圖中的圖譜、波長、強度和形狀來分析其物質的分子鍵結和成分組成。

傅立葉轉換紅外線光譜儀

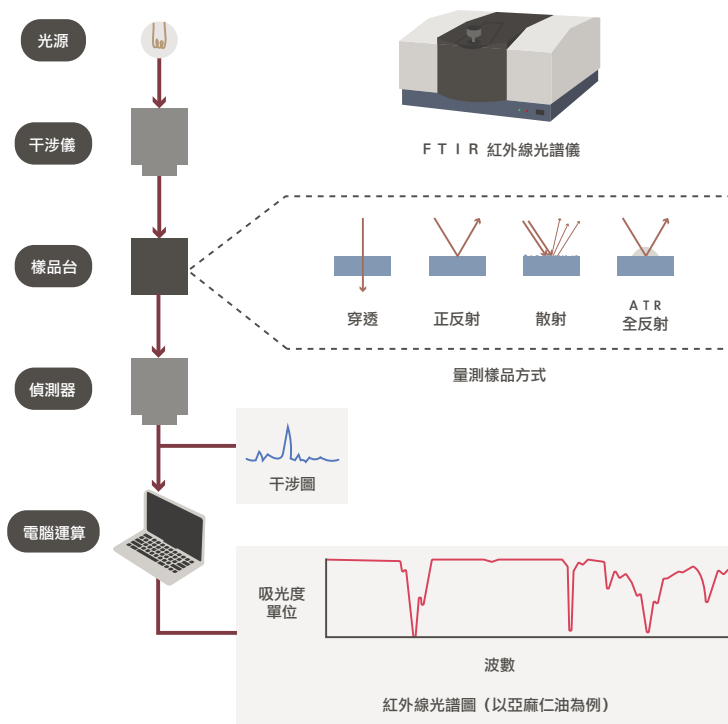
Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

傅立葉轉換紅外線光譜儀（Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR）是一種成熟且廣泛使用的化合物鑑定和結構分析技術，可以鑑定樣品中的化合物以及混合物。在分析過程中可以使用幾種不同的樣品分析技術，包括衰減全反射、反射式、穿透式、漫反射等，以要分析的樣品類型來決定最有效的分析方法。FTIR 根據分析目的與方法的不同，可以是需要採樣的破壞性技術，也可以是進行原位分析的非破壞性技術。

FTIR 會將一光源發出的光穿過干涉儀照射樣品，再將傳輸到偵測器的信號分別由放大器和模數轉換器放大並轉換為

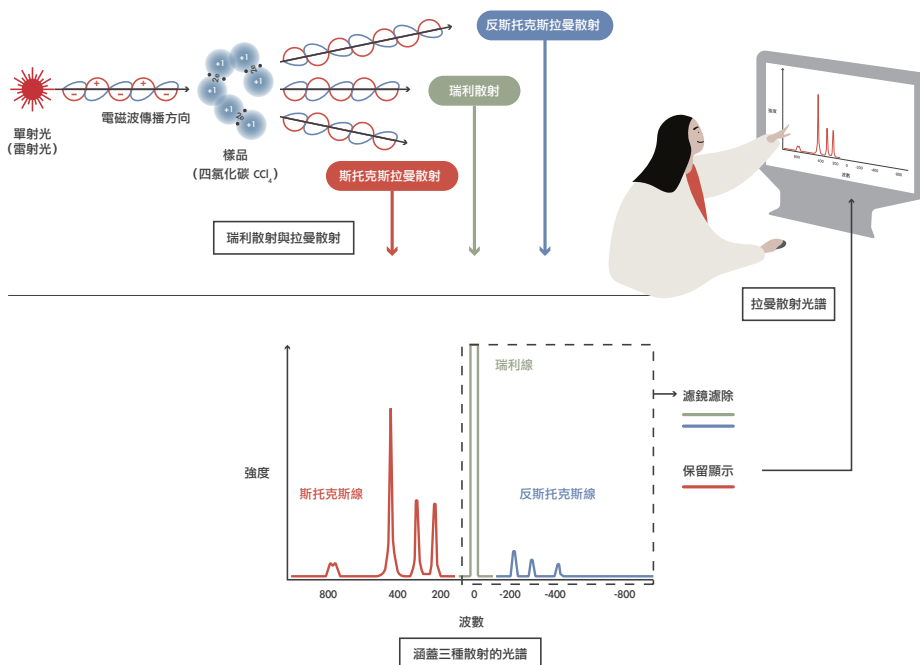
干涉圖。最後，干涉圖通過快速傅立葉轉換算法轉換為紅外線光譜。當紅外線照射樣品時，若其頻率與材料中的分子振動或轉動的頻率一致，則因為振動耦合，分子會吸收光線能量，所吸收的能量則因化學鍵和官能基差異而有所不同，以波數與測得的紅外線吸光度或透射率百分比作圖即為紅外線光譜。由於每一種特定的分子振動或轉動時，會吸收特定波長，因此化合物的紅外線光譜是其最具特徵的物理性質之一。FTIR 檢測原理便是利用分子所產生的特徵紅外線光譜作為判斷化合物種類的分析方法。

FTIR 可以廣泛應用在分析樹脂、黏合劑、油漆、塗料、聚合物、金屬氧化物等包括固體和液體各種不同性質的樣品，還可以執行各種有機和無機化合物的鑑定。常用於分析文物上的顏料、纖維、合成物、黏合劑、殘留物或殺蟲劑等。



■ 拉曼光譜儀 Raman Spectrometer

拉曼光譜儀（Raman Spectrometer）是藉由拉曼效應所產生的散射來構成的光譜，可以用於分析樣品的材料組成。當使用激光束照射到樣品表面後，有一小部分光子會與樣品分子相互作用而發生非彈性散射，稱之為拉曼效應。非彈性散射是由於分子的轉動和振動，造成能量在光子和分子之間交換，使得散射光子的能量高於或低於入射光子。來自此類分子的散射光會提供樣品中分子或分子化合物振動的獨特訊息，讓每種材料都有獨特的光譜，這也是為什麼拉曼光譜可用於分析材料類別。拉曼光譜的分析通常是非破壞性的，可以進行原位分析也可以分析採樣的樣品，但根據所用雷射的類型和強度，有時可能具有些微破壞性要特別注意。

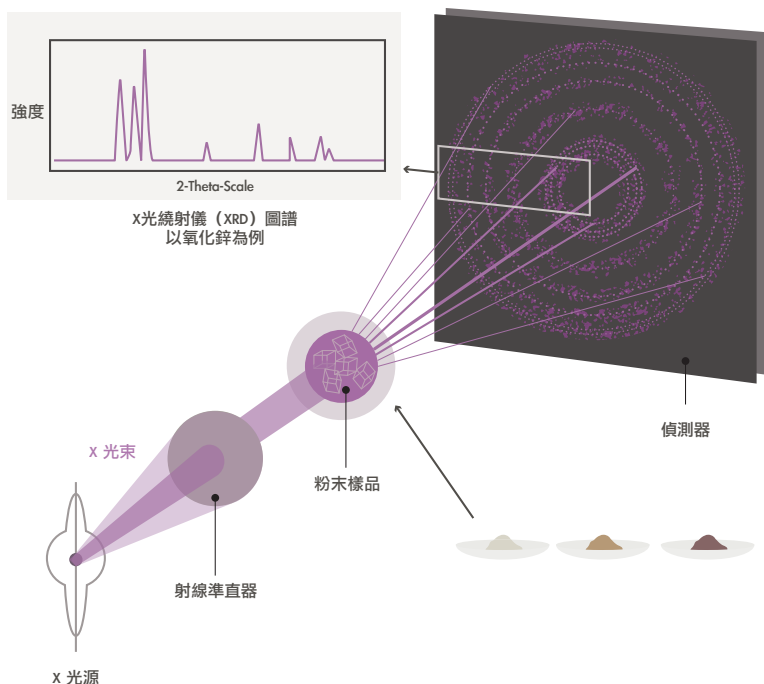


拉曼光譜經常用於無機材料如寶石、礦物成分的檢測，在藝術史研究中也很常用於分析各種顏料，是能區分銳鈦礦型二氧化鈦和金紅石型二氧化鈦的檢測方法。此外，它也能研究有機材料中高分子聚合物的成分與結構，特別是在藝術與考古領域中分析黏著劑降解的機制。

X 射線繞射儀

X-ray Diffraction Spectrometer (XRD)

X 射線繞射儀 (X-ray Diffraction Spectrometer, XRD) 專門用於鑑定有機或無機結晶化合物，提供有關材料的晶體結構、化學成分和物理特性的資訊。可以用於識別複雜混合物中包含哪些不同材料，也可以獲得有關晶粒尺寸、排列、深度分布、結晶度和晶體缺陷等訊息。XRD 為了獲取更詳細的材料特徵，需要採樣來做分析。



當 X 射線經過均勻分布且整齊排列的原子時，因為 X 射線波長與原子間隔相近就會產生繞射。X 射線照射物質時會產生散射，不同原子所產生的散射波互相干涉。而當滿足布拉格定律 $n\lambda = 2d\sin\theta$ 時（ n 是一個整數（1, 2, 3, ...）， λ 是 X 射線的波長， θ 是散射角 2θ 的一半），會形成建設性干涉，從而產生增強的繞射 X 射線束。這種由大量原子散射波的疊加而成，最大程度增強的 X 射線束即為繞射線。藉由此繞射峰位置與強度，即可知道所檢測材料為何。而非晶結構中原子以不規則排列，X 射線將無法進行繞射，因此無法檢測。

XRD 經常被用於檢測文物材料的組成，尤其是可以發現複雜的顏料成分。另外，還有助於了解材料降解相關的問題，例如鑑定文物上形成的晶體成分，或是檢測容易腐蝕區域所含的材料成分。

■ 表面形貌觀察 Surface Morphology

表面形貌觀察是運用光學顯微鏡和電子顯微鏡來放大並解析樣品影像，以清楚觀察微觀下的樣品外型、表面型態與構造的檢視方法。

■ 光學顯微鏡 Optical Microscope

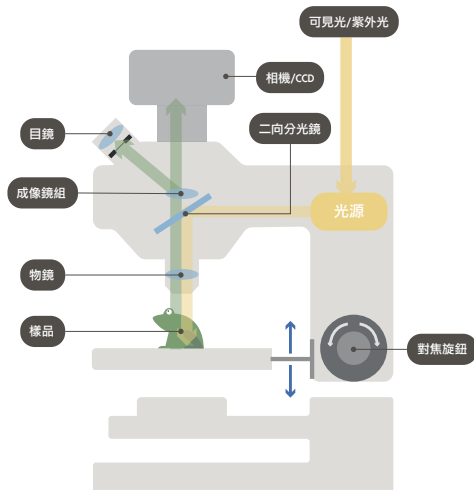
光學顯微鏡是一種使用可見光和透鏡系統來生成小型樣本的放大成像的顯微鏡，用以進行更清楚的檢視，包含立體顯微鏡（參見第二章「立體顯微鏡」）、反射式顯微鏡、穿透式顯微鏡和偏光顯微鏡四種顯微鏡。

金相顯微鏡 / 反射式顯微鏡

Metallographic Microscope/ Reflected Light Microscope

反射式顯微鏡經常又被稱為金相顯微鏡，是一種光學顯微鏡，可以有效觀察到放大的物體。反射式顯微鏡可檢查的樣本種類非常多，包括多數金屬、礦物、陶瓷、塑膠、顏料、紙、木材、皮革與玻璃夾雜物等。由於光無法穿透這些樣品，因此必須將光投射到表面上，並通過鏡面反射或漫反射返回到顯微鏡物鏡來進行觀察。反射式顯微鏡可以使用從同軸（明場顯微鏡）到高度傾斜（暗場顯微鏡）的方向從上方提供照明，照明光也可能是偏振的（偏光顯微鏡、微分干涉對比顯微鏡）或相位超前、相位延遲（位相差顯微鏡），並且可以使用幾種技術來相互補充並提供有關樣本組成、特徵大小、高度和其他資訊。

反射式顯微鏡可以告訴文物保存維護人員關於不同類型作品的大量信息，能夠提供表面結構和材料的詳細視圖，更容易地識別材料以及表面材料的均勻性和狀態，使得保存維護人員能更透徹了解材料以便做出合適的保存維護計畫。

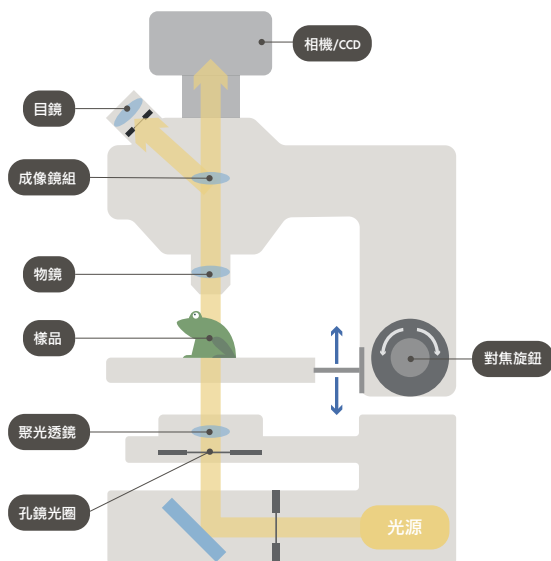


生物顯微鏡 / 穿透式顯微鏡

Biological Microscope / Transmitted Light Microscope

適用於穿透式顯微鏡的樣品需要允許光線通過，可以用於觀察研磨後的薄片、玻璃、晶體、生物組織、細胞和薄膜等，因此也被稱為生物顯微鏡。穿透式顯微鏡的照明光源位於樣品與物鏡相反的另一側，光線通過聚光鏡將其聚焦在樣品上以獲得照明。在光線穿過樣品後，樣品的圖像通過物鏡並到達目鏡，以看到放大的成像。同樣也有明場顯微鏡、暗場顯微鏡、偏光顯微鏡、微分干涉對比顯微鏡和位相差顯微鏡。

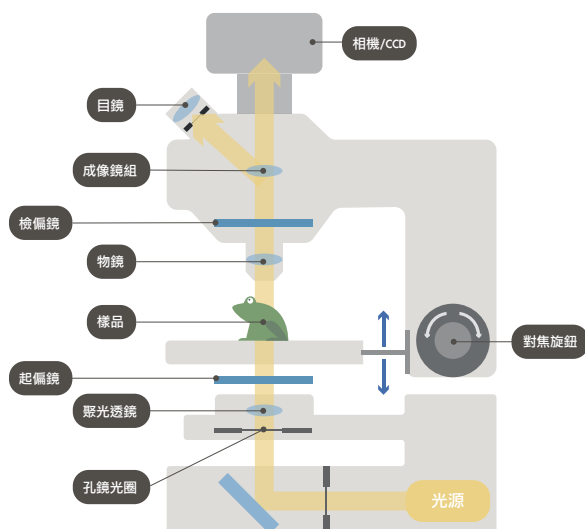
與反射式顯微鏡相同，穿透式顯微鏡能夠提供材料類型和工藝在微觀層面上的訊息，也能夠觀察損壞以及腐蝕所造成的變化，對於研究文化資產、制定保護策略也很重要。



■ 偏光顯微鏡 Polarizing Microscope

偏光顯微鏡使用平面偏光（Plane-polarized Light）和正交偏光（Cross-polarized Light）來檢查樣品，通常需要進行破壞性採樣，但檢測技術本身為非破壞性，樣品可進行重複以及進一步分析。可以用來觀察尺寸、形狀與顏色等物理特性，也可用來觀察相對折射率、多色性、各向異性與消光性等光學特性。但是這種檢查的準確性很大程度會取決於檢測人員的技術和經驗，才能準確的識別出材料特徵與種類。

偏光顯微鏡將非偏光轉換為偏光後落在雙折射樣品上，使樣品產生兩個相互成直角的波分量，為正常波和非常波。在通過分析儀器候會以建設性干涉和破壞性干涉重新組合，最終生成高對比度圖像。偏光顯微鏡通常用於識別文物和藝術品中的顏料、纖維和礦物成分等，並且可能可以檢測到其他更先進的技術無法檢測到的微量材料成分。結果可以幫助了解原始外觀、用途和目前狀況。



■ 電子顯微鏡 Electron Microscope

電子顯微鏡是一種使用電子作為照明輻射源以獲取樣本的高分辨率放大圖像的技術，用以觀察微觀的結構和形貌。有兩種主要類型的電子顯微鏡，掃描式電子顯微鏡和穿透式電子顯微鏡。

掃描式電子顯微鏡

Scanning Electron Microscope (SEM)

掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) 主要用於觀察材料的表面特徵，提供有關材料的形貌、形態、組成、晶粒方向、結晶學訊息等。原理是透過聚焦的高能電子束掃描樣品，當電子束撞擊樣品表面，將與樣品的近表面區域相互作用產生不同信號，例如二次電子和背向散射電子等。這些信號被收集後經過處理形成所需的圖像和訊息，不同的信號需要不同的偵測器，常用在 SEM 上的偵測器包括二次電子偵測器及背向散射電子偵測器等。

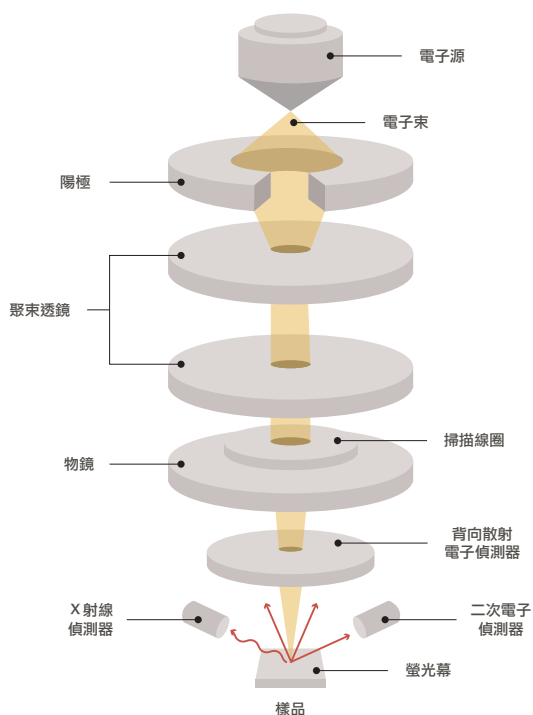
背向散射電子對原子序的差異具有高敏感度，原子序越高的區域，入射電子的路徑越容易受原子核電場偏折並反彈離開樣品，成像會越亮，因此可藉此區別出不同元素的種類，提供樣品晶體學和型態樣貌等有價值的資訊。

相較而言，電子束撞擊樣品表面原子後激發出二次電子僅能源自樣品的表面或近表面數奈米的區域，故對表面的高低起伏變化有極高的靈敏度，所以是 SEM 最主要成像裝置。此外，SEM 為了獲得較高的分辨率，要求在真空下操作以避免電子與氣體分子的相互作用造成電子束散射。

SEM 本身是非破壞性檢測儀器，檢測過程不會導致樣品體積的任何損失，可以重複分析相同樣品。但是因為 SEM 操作需要在真空腔內，所以對於文化資產保存來說，就需要以採樣方式才能檢測，因為採樣的量僅需要很少很小，所

以可以微採樣而減低對文物的影響。SEM 要求樣品必須是可導電的，因此，非導電樣品表面會需要鍍以石墨或金屬，以避免表面積聚電荷而過度充電導致成像中形成極端的亮度和較差對焦的圖像。

SEM 可用於檢查文物的裂紋、微觀結構與材料品質。許多人也利用 SEM 來研究器物的磨損痕跡，並且可以透過這些微觀的觀察更了解文物劣化狀態和模式，來制定理想的保護和處理方法。

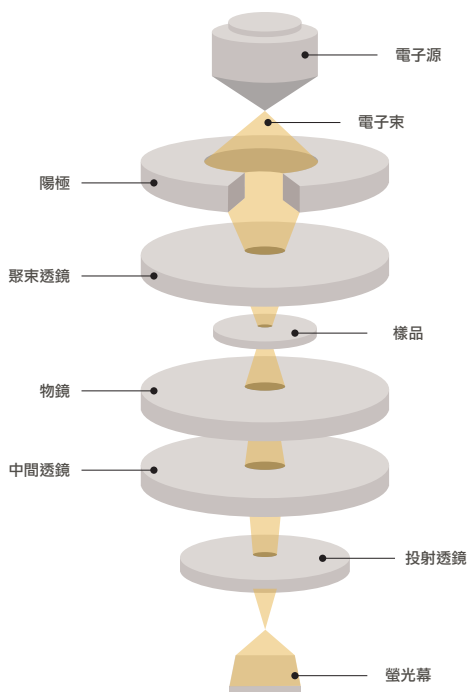


穿透式電子顯微鏡

Transmission Electron Microscope (TEM)

穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscope, TEM) 主要是用來分析非常薄的樣品，能夠產生高度放大且詳細的樣品圖像。產生的圖像可以輕鬆表徵樣品微觀的形態特徵、成分與結晶等訊息。

TEM 中的成像是使用電子束入射樣品，電子束的一部分被透射，而該透射部分被物鏡聚焦，並通過中間透鏡和投影透鏡一直放大。最終電子撞擊螢光屏或陣列的電荷耦合器件 (Charge-coupled Device, CCD) 經過電子訊號的轉換最終讓使用者於顯示器可以看到成像。成像中較暗的區域代表較少電子通過的區域，而較亮的區域代表樣本中通過較多電子的區域。



TEM 的樣品製備較為困難，必須足夠薄以傳輸電子，通常為 $0.5\ \mu\text{m}$ 或更小，較能應用在相對均質的材料。目前在文化遺產領域主要用於分析木材和紡織樣品的細節，以及用於觀察陶瓷、釉料或玻璃等，來識別礦物以及奈米結構。

■ 內部結構量測 Internal Structure Measurement

內部結構量測是利用檢測方式，如 X 射線透視影像和超音波檢視，來對樣品內部的結構進行檢測的方法。還可能可以得到內部材料的各種資訊，如晶體結構、密度、缺陷或損傷等。

■ X 射線透視影像 X-ray Imaging / X-ray Fluoroscopy

X 射線透視影像是一種用於透視物體內部結構的非侵入和非破壞性成像方法。X 射線具有高穿透性，不同的材料對於 X 射線的吸收度和穿透度不同，具體取決於材料的厚度、密度和成分。穿過物體的 X 射線可以在攝影膠片、可重複使用的螢光成像板或數位檢測器上被捕捉，使得不同材料的吸收度和穿透度變化作為對比度的差異記錄在圖像上。

文物調查中常用的 X 射線透視影像技術包含了一般的 X 射線攝影（X-Radiography）和電腦斷層掃描（Computed Tomography Scanning, CT Scanning）。一般 X 射線攝影提供平面的物體內部圖像，當內部結構的特徵重疊時可能難以辨識，而電腦斷層掃描會從物體周圍不同角度拍攝一系列 X 射線照片，然後重建出立體影像。

X 射線透視影像可以提供有關複雜文物的結構、材料與製作技術相關訊息，還可以揭示隱藏在畫作底層的裝飾或細節，這些訊息可以幫助制定文物的清潔或保護計畫。

■ 超音波檢測 Ultrasound Inspection

超音波檢測使用高頻聲能進行檢查和測量，是可用於檢測物體內部缺陷、材料特徵和測量尺寸的非破壞性檢測方法。超音波檢測系統會先產生高壓電脈衝，在脈衝振動器的驅動下，探頭產生高頻超音波能量，以波的形式通過文物材質傳播。當波的路徑上存在不連續性的缺陷時，部分能量會從缺陷表面反射回來，反射波信號再轉換為電脈衝信號並顯示在螢幕上。

信號傳播時間與信號傳播的距離直接相關，從反射波在螢幕上的位置和幅度，以及各種信號參數，例如傳播速度、信號功率和信號衰減等，有時可以獲得有關缺陷位置、大小、方向和其他內部材料特徵的訊息，例如超音波傳播速度等參數與材料孔隙率有關。因為可以檢測出文物內部的劣化部位，是作為進行修護和後續制定完善保存計畫的關鍵因素之一。

■ 探地雷達 / 透地雷達

Ground Penetrating Rader (GPR)

探地雷達 (Ground Penetrating Radar, GPR) 是一種地球物理定位方法，它以微創方式的無線電波捕獲地表以下的圖像。GPR 的巨大優勢在於它允許工作人員在不干擾地面的情況下精確定位地下遺構或公用設施埋藏的深度和位置。

■ 色彩量測 Color Measurement

色彩量測是一種將人類感知到的顏色以數值表示的方法。色彩量測與照明、物體的光譜特性和人眼的光譜靈敏度特性有關。進行色彩量測的方法包含為褪色測試儀、色差儀和分光測色儀。

■ 微褪色測試 Micro Fading Test

微褪色測試是一種加速老化測試，用於評估物品的著色劑對可見光的敏感性。微褪色測試儀是一種光纖反射光譜裝置，使用過濾了紅外線和紫外線的氙弧燈照射物體表面的微小區域，定時測量照射點的反射光，並使用國際照明委員會的色差方程式計算物體表面的顏色變化。幾分鐘的測試可以呈現數年曝曬在博物館或畫廊光源下的結果。

微褪色測試可以檢測出物體表面顏色的耐光性，識別出有損壞風險的顏色，可以這些資訊選擇展示用的光源、光源轉換時程以及文物是否能夠出借展示。也能識別出需要特別追蹤其顏色變化的光敏感著色劑，或者有哪些著色劑是不需要特殊保護的。

■ 色差儀 / 色度計

Color-difference Meter / Colorimeter

色差儀是基於分光光度計之原理所設計的一種辨色儀器。讓使用者能夠量測樣品的色彩值並顯示檢測結果之差異。在文物保存領域色差儀通常使用來觀察文物顏色是否因為老化而變色，或是修護前後外觀顏色的差別。一般手持式色差儀測量顏色的方法是使用紅色、綠色和藍色電子感光器測量物體的反射光，或是用電子感光器分別測量經過紅色、綠色或藍色濾光片的反射光。並將這些參數轉換為色彩分量，例如由國際照明委員會定義（The International Commission on Illumination, CIE）的色彩空間 $L^*a^*b^*$ ，使色彩可以被量化讀取。色差儀的讀數結合了色調、亮度和色度，其中 L 代表物體的明亮度：以 0 至 100 表示黑色到白色；而 a 則代表物體的明亮紅綠色：正值表示紅色，負值表示綠色；最後的 b 則代表物體的黃藍色：正值表示黃色，負值表示藍色。之後套用綜合色差 ΔE 的數學公式

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$
 計算得出數字來比較樣品顏色的差異及變化。

■ 分光測色儀 Color Spectrophotometer

分光測色儀是一種全光譜顏色測量，通過測量樣品反射率、吸收率或透射率，能夠得到超出肉眼可觀察範圍的精確數據，同時也可將所收集的數據以色度單位顯示。將光源的光通過稜鏡、光柵分光或通過允許特定波長的濾光片再投射到物體上，然後傳感器檢測未被物品吸收的光，並將數據傳遞到處理器或電腦上，得到的光譜代表了被測樣品在每個波長下的反射率。

分光測色儀經常作為協助修護畫作的非侵入性方法，例如可以測量由於彩繪保護層的清潔，以及環境條件引起的顏色變化或識別藝術家當時使用的顏色，以幫助修護損壞或遺失的區域。因為若在不同的光源下觀看同一幅畫時顏色可能有所不同，因此可以測量周圍區域的光譜反射曲線，使修護用的顏色盡可能接近與原本顏色的光譜。

■ 酸鹼度 pH

酸鹼度是將水溶液、含有溶液的介質、水分散體或乳液，甚至空氣或氣體的酸度或鹼度進行定量測量和表示的方法。可以使用酸鹼測試來檢測酸鹼度。

■ 酸鹼測試 pH Measurement

在選擇合適的保存處理、儲存條件和展覽材料時，文物的酸鹼值是一個重要的考慮因素。因此，確定酸鹼值是評估和記錄博物館物品的常見程序。其技術含量較低、成本較低、時間較短，但能有限度的檢測出材料表面的酸鹼變化。用於文物保存材料的 pH 值也至關重要，這些材料需要處於中性 pH 值範圍內，以防止文物損壞。酸鹼測試可以初步檢測出文物在外盒、支架、展覽材料或物品本身上可能存在潛在的破壞性酸。

測量酸鹼值的設備分為電位法和比色法。電位測量通過測量待測溶液和參考值之間的電位差來確定氫濃度，使用設備包括各種不同形式的 pH 計。比色法裝置通過檢測氫濃度變化來識別各種弱酸和弱鹼，以此所產生的顏色變化來得知酸鹼值，例如 pH 試紙、pH 筆或 pH 指示劑。電位測量裝置相比比色法裝置更可靠，更適合定量分析，比色法裝置則適用於半定量測定或估計值。

■ 奧迪測試 Oddy Test

奧迪測試（Oddy Test）是一種腐蝕測試，用於確定木材、織物或油漆等特定材料是否適合存放在有文物的封閉空間中使用。1975 年時在大英博物館科學部門工作的威廉·安德魯·奧迪（William Andrew Oddy）將其發展成為一種可複製的加速老化測試方法。主要是檢測在封閉、高相對溼度和溫度的環境中，保護文物或展示櫃所用材料所排放可能損壞與污染文物的揮發性氣體，便可在準備保存文物的展示櫃時，排除奧迪測試中所發現有風險的材料。

進行測試時，將少量的測試材料樣品放在密封容器底部，容器中另裝有三個懸掛的銀、銅與鉛金屬試樣，以及裝滿蒸餾水的開口玻璃容器。通常密封容器會在攝氏 60 度下擺放 28 天，並在期間內保持約 95% 至 100% 的高相對溼度。28 天後，評估金屬試樣的變化，觀察這些變化可能可以發現它們暴露於各種化合物。例如，銀可以檢測硫化物，鉛可以檢測有機酸、醛與酸性氣體，銅可以檢測氯化物、氧化物和硫化物。

然而，普遍認為奧迪測試的結果較主觀，是一種不夠精確的分析方法。雖然廣泛使用於世界各地的許多私人組織、文化遺產機構與博物館，但並不總是使用相同的方法，測試的過程和結果很難有一個標準化的程序，使得這些結果經常不能共享和比較。儘管存在這些缺點，但由於其相對較低的成本和簡單的技術，奧迪測試仍然是評估用於展示和保護文物材料適用性的主要工具。

■ 數位化 Digitization

數位化是指複製實體文物以及文物相關資訊，創造出一個新的數位替代品，這個分身可能是一張照片、三維模型、影片或是錄音。檔案建置的過程一定會納入該文物的後設資料（Metadata，也稱為詮釋資料或元資料），意指文物在保存時所需的結構化描述和脈絡紀錄，也可說是「有關資料的資料」。所有資料在數位化的過程會以0和1的二進位進行編碼，也就是轉換成位元流，讓電腦能夠儲存、運算與傳輸。

數位化的目的：

- 保存內容：將捲軸膠片或報紙等易劣化的文物的內容轉移，以長期保存。
- 保護原文物：盡量減少文物的持拿和搬運，降低損壞與盜竊的風險。
- 增加使用機會：能更容易地搜尋、分享與使用藏品。
- 提供創意加值應用：文物在數位化之後可透過更多創意想法活化，以多元方式達到文化推廣的目的。

在選擇哪些文物要進行數位化時，需要考慮其重要性、保存狀況、損壞的風險、是否用於展覽或計畫，以及所需經費及人力資源等。在開始數位化之前，需要注意相關法律規範，須注意的事項有：

- 如果文物受著作權法保護，數位化會涉及到重製的問題，著作權法容許圖書館、博物館、歷史館、科學館、藝術館等文教機構，得基於「保存資料之必要」重製其收藏之著作。典藏單位只擁有所有權或管理權，不會取得著作權。
- 如果文物超過著作財產權存續期間，著作財產權消滅，所有權歸屬於各典藏機構，但就著作內容而言性質上應為公共財，任何人均得自由利用。
- 公立機構保管的公有文物受文化資產保存法保護，依其法規定，保管機構為研究、宣揚需要，可具名複製或監製。但依相關辦法，複製僅意指實體複製，數位化仍在規範之外。

數位化成果如果要進行商業加值利用，需要注意素材授權問題，建立相關授權機制。常見的數位化的工作流程如下：

- 前置作業：確認文物狀況、數量、施作範圍與作業期程，並研訂欲使用的數位化設備、檔案規格與儲存媒體。
- 常用方法：平面類數位化常使用照相、影像掃描、複印與拍攝微縮模型攝影等方式。立體類數位化可透過三維掃描技術建立數位模型，常用的是非接觸式掃描技術，比起接觸式掃描較能降低文物受損、污染的風險。

■ 數位保存 Digital Preservation

數位保存是指機構透過政策和計畫，對文物的數位資料採取系統性的管理和保存，確保數位資料能夠長期使用，讓數位內容的呈現不會因時間、技術更迭或是儲存工具損害而失真或消失。

數位保存的重點：

- 數位資料能夠永續存取。
- 需要中介系統和執执行程序，讓數位資料得以被呈現出來。
- 資料呈現必須準確。
- 內容須可信任，具有真實性。
- 保存程序需是能持續運作且不隨時間改變。

文物數位保存會同時應用於原生數位內容（Born Digital Content）即是從製作開始就以電子格式存在的資料，以及運用數位化技術而得到的電子檔案資料，或是數位格式化的內容（Reformatted Digital Content）。

數位保存環境應該要以國際上最佳做法為依據，以國際標準組織（International Organization For Standardization）在 2003 年發佈的開放式檔案資訊系統（OAIS, Open Archival Information System）為

例，此系統原先是為了儲存太空資料所設計，但近年來已廣泛使用於更多樣的資料類型。該系統模型涵蓋六大功能：實體擷取、檔案儲存、資料管理、取用、行政管理、以及保存計畫。

文物保存機構所提出的數位保存政策是為重要，承諾數位資料在未來仍能永續存取，政策中會確立檔案保存的格式和流程，並承諾文物保存機構在管理工作上負起妥善保存的責任。

■ 掃描 Scanning

掃描是將文物數位化的方式之一，依照文物種類、材質、形狀與大小可選擇不同的掃描器。在進行掃描之前，需做以下評估：

1. 文物的狀況在整個工作流程中是否可維持安全？
2. 是否選擇適當的掃描設備與工作空間將損壞文物的風險降到最低？
3. 操作人員是否經過足夠的訓練將文物損壞風險最小化？

進行掃描之前，需由保存維護人員進行最低限度的保存維護處理，包括：拆除和更換外殼（例如盒子、文件夾與墊子等）、打開紙張或照片的皺摺、修補裂痕、修補鬆動的書籍接縫、連接脫落的書脊和書板等。工作區域需寬敞整潔，文物附近不得放置飲料、食物、色筆或墨水等物品。另外，不同類型文物應避免互相堆疊，碰觸文物前須洗淨擦乾雙手或須穿戴乾淨的手套。

保存機構為了減低文物損壞風險，對操作人員的要求包括：

- 脆弱、高價值、純藝術、特殊或存檔的文物，包括圖畫、印刷品、手稿、新聞紙、照片和類似的材料，都不能用饋紙式設備進行掃描。
- 掃描設備必須具有控制功能，避免文物暴露在過量的光和熱當中。
- 掃描設備的尺寸必須適當，避免造成損壞。
- 大型文物，包括有折頁的書籍，必須使用具有平臺的設備來掃描，

平臺必須與文物一樣大或更大。

- 掃描設備必須可以根據文物的高度調整，以適應需要支架的書籍。

不建議掃描的文物包括：

- 紙張是酸性、脆弱、易碎、破損、缺失、黏性或沾黏著東西。
- 附有獎章、印章、絲帶等裝飾物件的文件。
- 紙張含有鐵膽墨水（Iron Gall Ink），且頁面已遭侵蝕。
- 含有蠟筆、木炭、粉筆或軟鉛筆等鬆散、剝落或易碎的媒材。
- 有嚴重皮革老化、紅腐病或缺頁的書籍。
- 從裝裱或支撐物上分離的照片。
- 照片捲曲、彎曲、有折痕、折疊、起皺或破裂。
- 變質的硝酸纖維素或醋酸纖維素底片或正片。

掃描格式建議使用無破壞性壓縮的 TIFF（Tagged Image File Format, TIFF）圖檔，並選擇寬色域色彩空間，例如 Adobe RGB，而非預設的 sRGB。解析度通常在到達印刷輸出基本需求 300 dpi（Dots per Inch, dpi）以上。

■ 三維掃描 Three Dimensional Scanning

三維掃描（Three Dimensional Scanning，以下簡稱 3D 掃描）是將物體外形、結構和顏色進行掃描，從取得的數據中建立空間座標，稱為點雲（Point Clouds）。點雲，每一個點都有相應座標，或包含色彩資訊。一個模型中可能包含數百萬個點，透過進一步運算將「點」與點之間以「線」連接起，便能產生多邊形的「面」。當所有點都連接起來，就形成眾多的面，稱為網格。常見的網格形式則包含三角網格（triangle mesh）與四角網格（quadrilateral mesh）。點與點之間的距離越小，或網格的面積越小，則模型的解析度也較高，點與網格越密集，往往能更確實的描繪出文物表面的起伏狀態。3D 掃描技術分為接觸式或非接觸式兩種，前者因探針接觸可能破壞物體，

不適用於文物掃描。後者又可分為主動式和被動式掃描，另外還有可獲取顏色訊息或適用大場景的掃描儀器。

在文物保存的使用上，重要的 3D 掃描科技包括：3D 雷射掃描、結構光掃描（Structured light scanning）、立體攝影測量（Stereophotogrammetry）、多項式紋理映射（Polynomial Texture Mapping, PTM）以及電腦斷層掃描（Computerized Tomography Scanning, CT Scanning）。

3D 雷射掃描是非接觸主動式的掃描技術，主要有兩個類型，時差測距（Time of Flight, ToF）和三角測距（Triangulation）。時差測距又稱為光達（Light Direction and Ranging, LiDAR），藉由計算雷射光反射回來的時間計算距離，可用於掃描大型文物及建築物。至於三角測距則精準度高，但操作範圍較受限制，常用於小型的文物。

結構光掃描的原理是運用一組投影機投射出特殊結構的光線至被測物體及其背景上，再由一或二組相機記錄光線在物體表面之起伏狀態，透過電腦運算後建立 3D 模型。

立體攝影測量如同人眼的立體視覺原理，運用數位相機拍攝正視角與稍微位移的相片，此方法使用了透視的技術，透過視角的差異而產生立體感。將物體不同角度的相片輸入電腦，如今已有多套軟體能運用相片的參數及外觀、輪廓等資訊，進而運算出被攝物體的立體形態並進行建模，因此也可稱作相片建模。

多項式紋理映射，也被稱為反射式變換成像（Reflectance Transformation Imaging, RTI），是一種在不同的照明條件下對物體進行成像和互動顯示的技術，以顯示表面紋理。至於電腦斷層掃描則會從物體周圍不同角度拍攝一系列 X 射線照片，然後重建出立體影像可呈現文物的表面和內在結構。

■ 保存處理 Conservation Treatment

為了延長文物壽命而進行物理或化學方面的處理，其方法可分為預防性保存（Preventive Conservation）和治療性保存（Remedial Conservation）兩大類。下列情況應考慮進行保存處理：

- 當預防性的環境控制及外部的維護措施不足以將文物劣化的速度降低到可接受的程度時。
- 防止文物因展覽或研究時發生受損，所需要進行的預防性保存處理。
- 當文物已經劣化到極其脆弱、隨時處於危險的狀態時，必須採取直接施作的治療性保存處理。
- 保存處理應在最低限度及最小干預下實施，以減少損害文物在美感、考古、文化、歷史、物理、宗教或科學等方面的完整性。

■ 維護 Maintenance

維護的目的是確保文物或典藏文物所處的空間、設備或建築物能維持或恢復應有機能的能力。因此，所執行的措施包括清潔、穩固、修復與防護。

■ 清潔 Cleaning

清潔的目的是移除對文物有害的污染以及不屬於文物的外來物質。清潔文物首先會面臨到的問題是：什麼是文物的原始面貌？在清潔之前，需要了解文物經歷過的變化以及污垢的性質。清潔的第一個步驟是先決定什麼需要被移除，以及移除是否必要，如果過度清潔，有可能會損害到文物具有歷史或藝術等價值的部分。因此需考量以下問題：

- 清潔的過程中，是否會除去任何文物上的特徵或歷史證據，例如古畫上畫家的筆觸或指紋？
- 清潔的過程中設定的潔淨程度為何？過度的清潔，是否會對文物造成二次損傷？

如果有以上狀況，在沒有專業諮詢的情況下不應該進行清潔。若文物是穩定、堅固的狀態，下一步則需評估清潔的方式。為了確認規劃的清潔方式與使用的藥劑是否會造成任何損壞，可先在文物上選擇一不顯眼的小區塊，進行溶解度測試，還會進行變色或光澤度觀察，用以評估選用的清潔方式是否會損壞文物。

物理清潔 / 乾式清潔

Physical Cleaning / Dry Cleaning

物理清潔指的是以物理性的方式透過外力進行表面清潔（Surface Cleaning），用於減少表面的土壤、灰塵、污垢、昆蟲糞便、黴菌、附著物或其他表面沉積物。過程不使用水以及有機溶劑，又稱為乾式清潔（Dry Cleaning）。

物理清潔的目的是去除外來物質來減少對文物的潛在損害，外來物質可能具有研磨性、酸性、鹼性、吸溼性或是會導致降解。另一目的則是出於審美考量而決定進行清潔，尤其當表面污垢影響到文物圖像或資訊的可見度時。

物理清潔常用的工具包括：軟毛刷、擦拭布、吹球、真空吸塵器、乾式清潔海綿、棉花棒、橡皮擦與拋光劑等。如果需處理表面腐蝕部分，可能會使用解剖刀、砂紙、鐵鎚與鑿子等工具。至於噴砂清潔、雷射清潔或是乾冰清潔則是運用機械裝置來進行物理清潔。

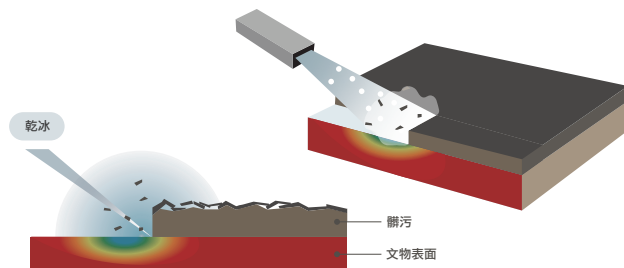
■ 噴砂清潔 Sand Blasting Cleaning

乾式的噴砂清潔可透過壓縮空氣加速研磨材料，噴射至文物表層，或是利用高速運轉的離心式葉輪，以切線噴發至文物表層產生磨損，清除污垢、漆層或鏽層。研磨材料有不同硬度的材質和各種尺寸的粒徑，例如金剛砂、玻璃珠、塑膠材料、堅果殼、小蘇打粉等等，

有些是高磨損性，有些則較溫和。操作方式分為自動噴砂和人工噴砂，小型文物可置入自動噴砂機；大型文物則需人工處理。操作人員須注意頭部、身體和聽力的安全防護，以及配戴呼吸防護具，避免吸入粉塵與重金屬等污染物引起肺病。

■ 乾冰清潔 Dry Ice Cleaning

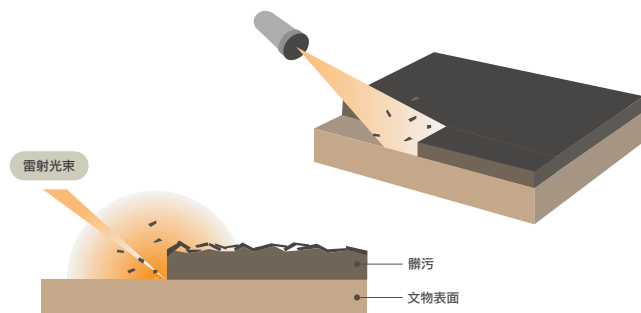
乾冰清潔的工作原理與噴砂類似，但其砂材為利攝氏負 79 度的乾冰顆粒（固態二氧化碳），依需選擇不同粒徑以壓縮空氣高速噴出乾冰微粒，使其衝擊物件表面。因其低溫使表面污垢迅速冷凍而收縮、脆化，其動能因撞擊而轉為熱能並使乾冰瞬間昇華而爆破，形成強氣流剝離表面髒污並吹除。曾應用於油脂、蠟等具有塑性或黏性的表面污垢。操作時需注意環境通風，並配戴防護設備。



■ 雷射清潔 Laser Cleaning

雷射清潔是透過熱能衝擊，在不接觸文物的情況下，振動並分解表層污垢或是鏽層，是一種無耗材、無化學廢棄物的環保清潔方式。此技術的原理是由於每種物質都有不同的燒蝕臨界值（Ablation Threshold），雷射光束的能量必須高於此臨界值，才能打破表層污垢的分子鍵，使其被雷射光束氣化。只要不同物質間

的燒蝕臨界值差異夠大，即可使用雷射清潔進行選擇性去除，而不觸及其他物質。雷射清潔較適合用於無機材質文物上。



化學清潔 / 溼式清潔

Chemical Cleaning / Wet Cleaning

化學清潔是利用溶劑或溶液和污垢產生化學反應而達成清除，又稱為溼式清潔（Wet Cleaning）。在決定使用哪一種溶劑之前，保存維護人員會在文物的基底材（亦同「載體」）、媒材或黏著劑等之處作個別測試，來目視評估哪種溶劑能去除污垢，且不會對文物造成明顯損壞或變色。

化學清潔是不可逆的處理步驟，在清洗和乾燥過程中，文物的每一個部分都會受到影響並發生改變，須評估其必要性以及損壞風險。所有易受溼度影響的文物，對於水分都會有一個耐受度的限制，但文物對水分的實際反應在處理開始前都是未知的，因此需要少量漸進地加入溶劑，設法以最少溶劑或溶液濃度達到最佳清潔效果。關於預測溶劑混合物對文物清潔的能力，最常應用的理論是 Teas Graph。Teas Graph 是由三個分數溶解度參數（Fractional Solubility Parameter）所組成，分別為 f_d （Dispersion Force）代表物質內聚力中的分散力、 f_p （Polar Force）極性力與 f_h

（Hydrogen Bonding Force）氫鍵合力，並以三角圖表的方式把物質的分數溶解度參數羅列表示出來。藉由溶劑在圖表相關位置和計算公式可以得出合適的混合溶劑。

另外，一般化學清潔時使用溶劑是不需要考量酸鹼值問題，但是在選用水溶液時則必須要注意溶液中的 pH 值應在整個處理過程中保持接近中性，盡可能提高清潔效率並防止已老化的部分進一步降解。

■ 穩固 Stabilization

當文物受到外在環境因子的影響，或是受到有害物質的污染持續劣化，以及本身材料的老化，為維持文物的完整，將進一步劣化的可能性減到最低所採取的措施，使其穩定停止或減緩裂化，並防止發生更多的損害。例如保存維護人員將紙質文物進行清洗作業，以移除造成劣化的酸性物質，或是金屬文物的除氯，以抑制鏽蝕；易碎物體可以專門設計支架支撐，出水的木質文物使用聚乙二醇加固。

■ 修復 Restoration

修復的目的是為了讓文物更易於欣賞、理解和使用，通常於文物因變質或劣化導致部分價值或功能喪失時才會採取修復措施。修復會以尊重原始材料為原則，通常也會添加非原始材料使文物恢復到已知或可合理推測的狀態。通常修復完後文物的結構或外觀將可能改變，因此必須依修復倫理來修復。文物修復的案例大部分有畫作補色、拼補缺失的雕塑品或幫籃子重新塑形等。

現今在執行文物修復的過程中，都會考慮文物後續的保存維護問題，因此在執行中都會一併進行保存處理（治療性保存和預防性保存），因此逐漸改以「修護」（conservation）一詞來取代原有的「修復」。

■ 防護 Protection

防護是指在傳統建築或構件上的裝飾文物附加防護材料和防護工程來排除任何不安全的因素，並採取最小干預的原則下，嚴謹地對待現況中已保留的人文、歷史、藝術與科學等價值。

■ 防護工程 Protection Treatment

為了抑制自然因素繼續損害傳統建築或構件上的裝飾文物，造成難以復原的傷害所實施的各種防護工程，包含防水工程、排水工程或防震工程等。

■ 耐久性 Durability

此處的「耐久性」指的是修護材料抵抗自身、保存環境或外力干涉下，長期且多重性的劣化破壞作用時，材料中物理結構與化學穩定度的維持特性。修護材料的耐久性越高，更能強化文物不受環境因素破壞，耐久性的綜合評估項目有：耐候性、耐光性、耐磨性、耐水性、耐熱性、耐酸鹼性、耐髒汙性或耐生物劣化性等。特別是保存於戶外或半戶外的文物，因氣候條件、污染狀況或人為破壞等因素的不同，相對應的修護材料也不相同。例如潑水劑、防腐劑、耐光劑或填充劑等塗料，或是支撐結構、修補填料與包覆材料等，皆需要一定程度的抵抗化學、物理、生物與機械力造成的文物劣化機制。由於修護材料有一定的壽命，因此以選擇可逆性修護材料為宜，當超過其耐久性年限後勢必產生材料質變與結構弱化現象，最低要求仍以材料劣化後趨於穩定且不損害文物為原則。

■ 防水工程 Water-proof Engineering

傳統建築的結構複雜且異質材料的鑲嵌與組裝造成許多節點，當建築結構形變與鬆脫時，容易造成嚴峻的

漏水問題，需要以適當的防水工程解決。防水工程一般是指止漏修繕與水分疏導並重的處置，以避免水分與溼氣入侵建築結構與室內空間為目的，防止建築構件劣化或室內溼度過高。防水工程可分為建築「軀體、表面、裂縫」防水，軀體防水使用「混凝土添加劑」與「水泥系防水材」；表面防水使用「片狀」、「塗膜」、「皂土系」防水劑；裂縫防水使用「墊片」與「填縫材」等。近年傳統建築較常使用的防水劑以「結晶滲透型」為主，以結晶造膜、填縫強化與抑制材料劣化等作用，將防水劑深度浸潤傳統建築材料之中以達防水效果。另外在地面與基礎部分，傳統建築入口處常以擋水坎隔水，輔以地面基礎防水劑作為防護層。

■ 排水工程 Drainage Engineering

傳統建築的排水工程主要是將室內汗水、屋頂雨水、地表積水排除，另外還有降低地下水位的相關工程。排水工程一般為設置排水管路、檢查井、管渠、抽水馬達，將室內廢水與外部雨水排出。屋頂與戶外環境則須設置雨水排水系統，屋頂以雨水斗或天溝收集雨水，地面則設置雨水收集口，並將雨水排入街道雨水管渠。室內的汗水系統則是經過水封管、支管、豎管、出戶管等管線，將民生汗水排出室外的汗水下水道。降低地下水位工程則是在建築基地周遭鑽設井點，以抽水馬達將地下水自井點抽出，但必須避免傳統建築不均勻沉陷而損壞。

■ 施工架 / 鷹架 Scaffolding

傳統建築大規模修護和戶外雕塑清潔時常需要在空中長時間作業，因此應設置施工架以利工作。施工架的搭建與拆卸必須考量建築基地、基礎與地盤的安全性，

並遵守營造安全衛生設施標準來建構。施工架的承托構件應有足夠強度來承受自身與工作人員重量。施工架必須於外側設置圍護側板與保護網，同時定期清理掉落的碎砂與石塊。

一般常見的施工架有竹製施工架與金屬施工架，竹製施工架必須在每隔 4 公尺以內於水平與垂直方向繫於堅固的鉸釘上。若竹製施工架高度超過 15 公尺，則必須於 15 公尺以內設置鉸釘並緊固於建築結構上。目前大部分傳統建築以金屬施工架設置為主，金屬施工架需有護欄且必須能承受三個連續工作平臺的荷重，並且適當緊固於建築結構上。另外依據民國 96 年 4 月 23 日公告《施工架作業安全檢查重點及注意事項》提到使用施工架時需要確保作業人員個人防護具的安全準備、施工架料規格與品質的安全點檢點準備、兩公尺以上防墜安全準備與高處工作平台安全準備，以免發生意外。

■ 防護塗料 Protection Coating

傳統建築的防護塗料除了木構件的防腐防蟲以外，最常使用於磚石材料的表面防護，主要為強化磚石文物以避免風化剝落。磚石材料的防護塗料大致可分為有機矽防水劑、聚甲基丙烯酸酯和矽酸鉀水溶液等，主要以高耐候性與滲透性強，保護傳統構件的耐水性、耐酸鹼、耐鹽與耐磨蝕等功效為主。施作後必須能維持磚石材質原有的透氣與排水性，以利於內部礦物性鹽分隨水分透過孔隙排出表面，不會積累於防護層造成膨脹，也應避免因磚石材料熱漲冷縮導致防護塗料產生裂縫。

另外防護塗料不可釋出酸、鹼、鹽等侵蝕原構件成分，塗佈後超過耐用期限而防護材料劣化後，除了明度與色差變

化應儘可能降低以外，應形成穩定材質且不影響下方受保護的材料為主要考量。防護塗料一般以塗佈與浸漬方式施作，塗佈前應清理標的、清除髒汙與已崩解結構、全面性清洗。施作防護材料後應確認藥劑均勻滲透至構件，且不大幅改變原狀、顏色與材料強度，以及藥劑是否侵蝕原材料等為宜。

■ 木材防腐 Wood Preservative

木材防腐處置可降低木料生物性危害並延長木質構件保存年限，木材防腐劑的選擇以具有高穩定、強滲透性且長期地抑制菌類與蟲害生長效果為考量，不僅要無損木材既有強度，還必需對木材或周遭傳統構件也無腐蝕性為佳。近年在工安衛與環境保育意識大幅提升下，亦強調不危害人體健康與破壞自然生態的防腐劑為宜。

木材防腐劑分為水溶性、油性、油溶性與乳化性四類為主，水溶性可直接以原劑施作，最常見防腐劑為鉻化 砷 酸 銅 系（Chromated Copper Arsenate, CCA），近年各國因環保議題逐漸禁用 CCA，改用金屬基水溶性防腐劑含銅的銅烷基銨化合物（Alkaline Copper Quaternary Ammonium Compounds, ACQ）和 銅 唑 化 合 物（Ammoniacal Copper Azole, CuAz）等。油性防腐劑則必須溶於有機溶劑中，雜酚油類防腐劑（Creosote）最常用於木材防蟲。目前仍以水溶性防腐劑應用最廣，具有較不易燃、表面易於塗佈彩繪、易處理且較環保。但是仍有毒性鹽離子釋出污染環境，以及乾燥後收縮形變等缺點。

木材防腐施作分為常壓法與加壓法，最常以刷塗、噴塗、浸漬或擴散等常壓法處理。舊木材防腐處理以鑽

孔灌注法，小構件則以塗刷法為主，皆必須注意滲透性與避免過度溢流。另外，木材含水率與乾燥程度將影響防腐劑滲透效率，木材若透過氣乾、曝曬或人為乾燥下，將有助於防腐劑均勻滲透至木材內部。

■ 防黴劑 Anti-mold Agent

為避免文物黴菌生成造成生物性劣化，常會施以防黴劑藉由影響黴菌生成結構、型態與代謝等防黴機制，即以損害黴菌細胞的生理活動抑制其成長蔓延。防黴劑的種類主要有重金屬鹽類、有機化合物類、鹵素元素與其他化合物等三類，其中金屬鹽類是以金屬陽離子滲透黴菌細胞來抑制黴菌，主要藥劑是以含銅的銅烷基鉍化合物（ACQ）和銅唑化合物（CuAz）等；有機化合物類則是以造成黴菌蛋白質變性來抑制，藥劑類型分為酚類、醛類（甲醛）、醇類（乙醇）、雜環化合物（環氧乙烷）；鹵素元素與其他化合物主要以降低黴菌細胞代謝來抑制其生長，主要藥劑有溴化甲烷或三氯硝基甲烷等。然而，溴化甲烷因蒙特婁議定書被列管化學物質，各國逐年減少使用，但現今沒有找到可以取代的藥物，所以溴化甲烷仍然在農業上作為檢疫熏蒸處理。

防黴劑的施作最常見的方式如下：

1. 噴塗法：將配置溶劑的防黴劑均勻噴塗於文物。
2. 塗佈法：將配置溶劑的防黴劑均勻塗佈於文物。
3. 添加法：將防黴劑添加於糝糊等添加材施用於文物中。
4. 浸漬法：將文物浸泡於防黴劑溶液中一段時間抑制黴菌生長。

5. 吸附法：讓文物典藏或展示櫃中放置防黴劑，讓文物吸收其揮發性氣體來抑制黴菌。

因市售防霉抑菌劑多元，應於使用前進行完整模擬測試，再評估是否適合用於該件文物上。

■ 黏著劑 Adhesive

黏著劑的功能是指促使物件之間緊密連結的媒介材料，黏結機制為透過薄層黏結或填充材料來連接同類或異質材料，主要作為修護傳統構件斷裂或鑲嵌材質脫落之用。黏著劑可分為有機與無機黏著劑，無機黏著劑有硫酸鹽、矽酸鹽、磷酸鹽與硼酸鹽類；有機黏著劑可分為天然與合成黏著劑，天然黏著劑有動物膠、植物性、礦物材料等，最常使用的合成性黏著劑則為樹酯型，文物修護黏結上常使用動物膠或高分子聚合物黏結。

黏著劑應以不產生侵蝕性成分損害文物材料外，還必須有高度抗老化與可逆性，特別應避免黏著劑劣化後產生不利文物保存之成分。

■ 灌漿材料 Grouting Material

當傳統建築的構件劣化產生裂縫或孔隙時，常以符合修復倫理的灌漿材料以常壓、液壓或氣壓等方式注入隙縫以固化、連結、填補傳統構件中。灌漿材料應選擇流動性佳以利於灌注，特別是較小或深部難滲透的隙縫。並且灌漿材料應具有較高的連結力、固化強度、耐老化特性，施作後灌漿材料必須維持穩定性，避免產生不利於傳統構件保存之酸、鹼、鹽類污染物，或是固化收縮率過大、不易清洗、配製複雜等皆是不宜的灌漿材料。

因應傳統構件之特性所需要的灌漿材料也不太相同，自然材質的灌漿材料有黏土漿、白灰砂漿或三合土等，若為混凝土結構則常以水泥砂漿為主。為改善灌漿材料與傳統結構的滲透與固化性，經常摻入塑化劑和促凝劑等化學藥劑。若為滲透更細微與深部的隙縫，常使用化學藥劑作為灌漿材料，常見的無機類有矽酸鈉，有機類的高分子化合物則有環氧樹脂、甲基丙烯酸甲酯等。近年發現環氧樹脂雖然黏結力強、收縮率與穩定性佳，但是修復材料的真實性原則以及環氧樹脂劣化後較不利於傳統構件保存等因素，逐漸重視黏土或白灰等自然材料，或是具高透氣、耐候性、滲透性的高分子化合物灌漿材料做為灌漿材料。

■ 抗光老化劑 Anti-aging Agent

為避免傳統構件常因放置於戶外空間長時間在陽光曝曬下產生光劣化，或文物暴露於紫外線等短波長的輻射下劣化，可使用抗光老化劑來減緩光劣化速度。

抗光老化劑有遮蔽與吸收紫外線兩種機制：

1. 遮蔽紫外線：是利用陶瓷或金屬氧化物等細粉或超細粉末，增加其表面對紫外線的反射和散射作用，來阻隔文物完全暴露於紫外線之風險而快速劣化。
2. 吸收紫外線：紫外線吸收劑有兩種類型，一類是以紫外線吸收劑將文物表面所吸收的紫外線轉化為熱能，以避免紫外線能量造成文物材料變質。此類型大部分為有機化合物，例如二苯甲酮、苯甲酸酯或水楊酸酯等，其理想狀況可吸收約 280 nm 至 400 nm 波長的紫外線。另外紫外線吸收劑還有一類－受阻胺光安定劑（Hindered Amine Light Stabilizers）可透過捕捉因紫外線照射所產生的自由基、過氧化

物、過氧化氫等極為不安定分子，以避免文物受到光劣化而質變。

抗光老化劑施作時應注意塗佈後前的色差、光澤度或後續劣化狀況等，也應避免使用受光照後短時間內產生裂紋或霧化等現象。

■ 生物防治 Biological Control

生物防治是指防止昆蟲、老鼠、微生物和病態植物等生物對人類農作物、生活環境、建築物等造成的破壞，此處係指針對危害文化資產的生物擬定策略進行清除、環境監測與保存維護等工作。

有害生物綜合防治

Integrated Pest Management (IPM)

有害生物綜合防治是一種強調預防的管理方式，主要原則是採取盡可能減少有毒化學物使用來消除害蟲的策略。在文化資產保存領域此種有效的蟲害防治計畫致力於減少害蟲侵入文化資產的可能性，透過監測環境中害蟲的活動程度，於必要時進行補救措施。有害生物綜合防治的缺點是耗費時間，與其他預防性照護項目類似，短時間內難以確認實際效益。然而，由於考量環境保護與個人安全，殺蟲劑和熏蒸劑在文物保存機構中的使用限制日趨嚴格，使用較環保且對生態危害性較小的有害生物綜合防治成為近年來的主流措施。

■ 微生物防治 Microbial Management

在文化資產保存領域的微生物防治主要是指防止真菌類對於文物、古蹟、歷史建築、紀念建築造成的損傷劣化，並擬定策略進行檢測、清除、環境監測、保存維護與預防等工作，其中包括黴菌培養、顯微檢視、菌種鑑定與藥物處理等。

■ 清除 Removal

微生物危害防治有關清除的措施，以下分為殺菌處理、殺真菌劑、去活化、氣乾處理、冷凍處理與化學處理。

■ 化學處理 Chemical Treatment

以化學方法或藥劑清除黴菌，包括所有黴菌和孢子，達到完全消除黴菌菌落之過程。

■ 殺菌處理 Biocidal Treatment

將受到真菌污染之文物進行真菌清除的方法，常用於文物修復程序或是預防性維護的施作上。目前文物常見的殺菌處理有化學性處理、冷凍處理或熱處理等。

■ 殺真菌劑 Fungicide

殺真菌劑指用來殺死或抑制真菌或真菌孢子的化合物或者生物體，最普遍的殺菌劑為次氯酸、次氯酸鈉、乙醇以及異噻唑啉酮（Isothiazolinone）。殺菌劑依使用特性、化學式、作用機制等特性進行分類：若依其使用特性可分成兩大類，即保護劑（Protective Fungicide）與治療劑（Curative Fungicide），保護劑指僅有保護效果，無防治效果，例如銅劑、硫磺劑及有機氯劑，而治療劑具有療效，例如三唑殺菌劑（Triazole Fungicide）；若依是否具有選擇性的殺菌則分成非選擇性殺菌劑（Nonselective Fungicide）與選擇性殺菌劑（Selective Fungicide）；依照化學結構或作用機制分群歸類，例如二甲酰亞胺類殺菌劑（Dicarboximide Fungicide）－撲滅寧（Procymidone），苯並咪唑類殺菌劑（Benzimidazole Fungicide）－免賴得（Benomyl）。

■ 去活化 Deactivation

去活化係指當文物受到黴菌感染時，利用乾燥、冷凍等方式促使物體上存活的黴菌菌絲與孢子失去活性，讓孢子不會因為清潔文物時四散傳播，造成環境中其他文物與人員感染的風險。

■ 氣乾處理 Air-drying Treatment

氣乾處理較常用於博物館中的展示櫃和展覽室等封閉的空間。將空間溫度升高並控制於攝氏 30 至 40 度以減緩黴菌生長，再利用乾燥與真空的方式讓真菌孢子與菌絲失去活性，進而將物體表面的黴菌行真空清潔。物體乾燥後，使用配備有高效率空氣微粒子過濾網的真空吸塵器（HEPA Vacuum Cleaner）來進行黴菌清除。

■ 冷凍處理 Freezing Treatment

黴菌冷凍處理與蟲害去除法中的低溫除蟲原理相同，詳見第二章「低溫除蟲處理」。

■ 預防 Prevention

防治微生物危害的有關預防措施，可分為防腐劑和真菌抑制劑。

■ 防腐劑 Preservative

防腐劑是指天然或合成的化學成分，用於添加或塗抹於食品、藥品、生物標本、木材等有機物，減少或降低物品中細菌與黴菌的生長所引起的腐敗速率。木材進行防腐處理可保護木材免於受到菌類、昆蟲、海洋生物的危害，而有效提升木材的耐久性。用於木材防腐藥劑（Wood Preservatives）之合成主要係以一或多種防黴劑（Moldicide）、防蟲劑（Insecticide）、殺真

菌劑（Fungicide）作為主要成分，混合以其他不同功能成分所製成。暴露於自然環境的木質物品或是木造結構為了改善耐久性及提升安全性，需將木材進行防腐處理。

■ 真菌抑制劑 Antifungal Inhibitor

泛指一些能抑制真菌的藥物，其中效果顯著的主要是由抗生素和合成藥物（如咪唑（Imidazole）類、5- 氟胞嘧啶和丙烯胺衍生物等（Flucytosine，簡寫為 5-FC 或 f5C）和丙烯醯胺（Acrylamide）衍生物）所構成，可應用於預防文物受到真菌類的感染，許多防腐劑或木材燻蒸劑也有抑制真菌的功效。

■ 有害生物防治 Pest Management

有害生物防治是有計畫地執行一些作法以防止有害生物物種對人類健康、生態平衡、農業作物等造成危害。此處係指針對危害文化資產的有害生物、尤其是昆蟲，擬定策略進行除蟲和防蟲的工作。

■ 清除 Removal

有害生物防治有關清除的措施，以下分為殺蟲劑、非化學性除蟲處理、低溫除蟲處理、低氧除蟲處理、熱除蟲處理與化學性除蟲處理。

化學性除蟲處理

Chemical Treatment for Pest Control

利用殺蟲劑來達到降低害蟲族群密度的方法，為目前最普遍使用的蟲害防治技術，而燻蒸法為最常使用的文物蟲害防治的施作方式。除蟲藥劑包括環氧乙烷（Ethylene Oxide）、溴化甲烷（Methyl Bromide）、

硫酰氟（Sulfuryl Fluoride）、磷化氫（Phosphine）等毒性高、滲透性佳、除蟲效果良好的燻蒸劑。有機磷與除蟲菊類殺蟲劑也可用於燻蒸，除蟲菊類的半燻蒸藥劑 (Semi-fumigant) 可取代燻蒸劑進行藏品除蟲，優點是溶劑為液化的二氧化碳且相對人類較為安全，但其滲透性不像其它燻蒸劑，對於藏匿於木頭及書籍中的害蟲效果較不佳。

■ 殺蟲劑 Insecticide

殺蟲劑顧名思義，是以消滅害蟲為主。殺蟲劑可針對昆蟲的不同發展階段而作用，包括殺卵劑和殺幼蟲劑。人類於 1939 至 1942 年之間發明了雙對氯苯基三氯乙烷（Dichloro Diphenyl Trichloroethane）與有機氯殺蟲劑（Benzene Hexachloride）。由於科學的進步，對殺蟲劑的殺蟲機理能深入了解，更多的有機氯殺蟲劑（Organochlorine Insecticides）、有機磷殺蟲劑（Organophosph Insecticides）、合成除蟲菊酯殺蟲劑（Pyrethroid Insecticides）、昆蟲生長調節劑（Insect Growth Regulators）、微生物殺蟲劑（Microbial Insecticides）等產品被開發出來。上述各類的生物防治劑的作用機制皆不相同，於防治有害生物時須就其藥效、環境安全與成本進行考量選擇使用。

於環境中使用的殺蟲劑，則是使用在與人密切相關的居住環境，須將人及環境的安全列入考慮。有機氯殺蟲劑是以含氯（Chloride）元素的有機化合物，具有殺蟲效果、生產成本低廉以及在動植物與環境中長期殘留的特性，因此在早期的檔案、文物上會有有機氯殺蟲劑的殘留粉末。至於除蟲菊類藥劑成分可分為天然的除蟲菊素或人工合成的類除蟲菊素，皆具速效與廣

效性，可以快速擊昏多數害蟲，且殘留性低。有機磷殺蟲劑為含磷（Phosphorus）元素的化合物，具有接觸毒、胃毒及燻蒸殺蟲作用，在生物體內抑制膽鹼脂酵素（Cholinesterase）的作用而抑制神經傳導，使昆蟲興奮、痙攣、運動失調然後死亡。農業中的劇毒農藥以有機磷殺蟲劑居多，目前被行政院農業委員會列入劇毒農藥管理。

■ 非化學除蟲處理 Non-chemical Treatment

以非化學藥劑方法進行蟲害去除有物理方式和生物方法。物理方法包含誘捕法、低溫法、低氧法等；生物法包含寄生性天敵法（例如寄生蜂）、病原微生物法（例如蘇力菌）或不孕性昆蟲防治法（例如釋放大量人工飼養的不孕蟲）等。

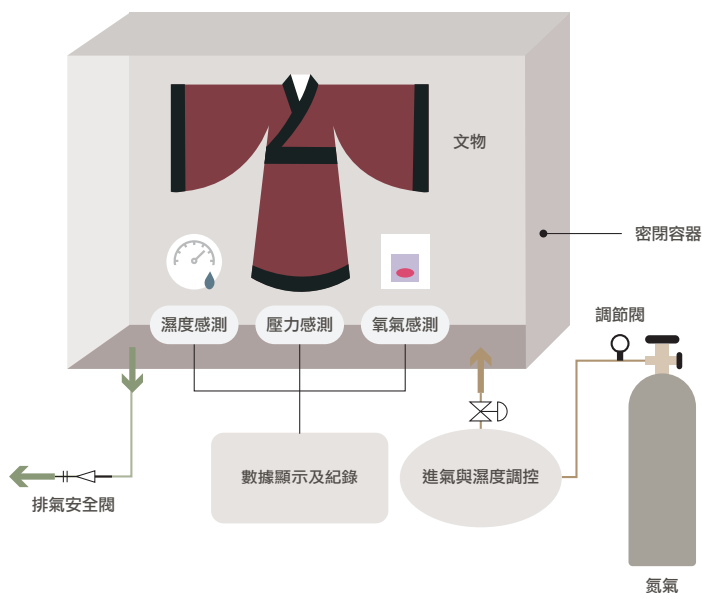
低溫除蟲處理

Freezing / Low Temperature Treatment

低溫除蟲是指將文物降低至攝氏負 20 度左右，昆蟲體內的水分結為冰晶刺破體內細胞，以此方式蟲體或蟲卵皆會死亡。低溫冷凍除蟲的時間隨著溫度降低而縮短，溫度越低時間可縮短，冷凍時間約為 1 至 2 週的時間。

■ 低氧除蟲處理 Anoxic Treatment

低氧除蟲是將環境中氧氣濃度降低至 0.3% 以下讓昆蟲死亡，其中包含充氮處理法和脫氧劑法。充氮氣法是將文物放置於充滿氮氣的環境之中，將微環境內的氧氣量維持在 0.3% 以下；脫氧劑法是利用脫氧劑的氧化反應吸收密封袋內氧氣。此兩種方式可配合使用，讓文物內的蟲體打開氣孔而脫水死亡。



■ 熱除蟲處理 Thermal Pest Control

提升環境中的溫度於攝氏 50 度至 60 度之間，讓昆蟲長時間處於高溫導致昆蟲體內水分散失而脫水死亡。然而在高溫的狀況之下容易造成文物的老化或劣化而損壞，甚至破壞文物表層或黏著劑的作用，且文物內不同材質的膨脹係數不同，容易因熱脹冷縮變形開裂，因此目前較少使用熱處理方式進行文物除蟲，但可用在保存、修護、展覽用材的殺蟲處理上。

■ 預防 Prevention

有害生物防治有關的預防措施，以下分為周圍防治、有害生物監測、捕蟲板、餌劑、忌避劑與費洛蒙。

■ 周圍防治 Surrounding Management

藉由減少在古蹟、歷史建築，以及文物周圍堆積雜物、去除積水容器、定期保持區域清潔或封閉進入建築物管道等措施，才能有效阻隔有害生物的侵入，確保防治的成效。

■ 有害生物監測 Pest Monitoring

有害生物監測是害蟲管理中的一環，目的是依照監測的結果作為殺蟲劑施作或其他防治方式的依據，監測工作多以肉眼檢視。由於其對於環境、文物與人類無害的有害生物防治特點，1980 年起被廣泛應用於博物館害蟲防治。操作時將帶有昆蟲費洛蒙的捕蟲板擺放於定點，藉由定期檢視與更換捕蟲板的方式進行蟲種與數量的統計與建檔，目前已逐漸被應用在害蟲綜合防治上，例如蟲數監測、害蟲種類辨識與使用智慧化參數調整模式搭配全球定位系統的施藥變率技術（Variable Rate Technology, VRT）等。

■ 捕蟲板 Pest Trap

捕蟲板的原理主要是利用捕蟲板的黏性捕捉昆蟲，有時會加上昆蟲的性費洛蒙來吸引目標害蟲，讓昆蟲可以落入人為設計的陷阱中予以誘殺並可做調查。

■ 餌劑 Bait

將 除 蟲 菊、芬 普 尼 (Fipronil)、愛 美 隆 (Hydramethylnon)、益達胺 (Imidacloprid)、硼砂 (Borax) 之類的除蟲劑與麵粉、砂糖或其他易吸引昆蟲的餌食混合，引誘昆蟲取食。常用於白蟻、蟑螂、螞蟥與鼠患等防治。

■ 忌避劑 Repellent

忌避劑是利用藥劑的特殊性質或氣味而使害蟲不敢或不願接近寄主。市面上常見的忌避劑有樟腦（Camphor）、萘丸（Naphthalene Ball）、木餾油酚（Cresol）、或放線菌酮（Cycloheximide）等，可依靠其物理或化學作用使昆蟲忌避而遠離藥劑所在處，讓文物保存空間或建築物可不受昆蟲侵擾。值得注意的是自 2008 年起萘丸在歐美國家已禁止使用，因此在選擇忌避劑時需要考量其材料是否會對文物產生任何物理性、化學性或複合性劣化的影響以及是否有影響操作人員身體健康的疑慮。

■ 費洛蒙 Pheromone

費洛蒙是一系列生物釋放出身體外的化學物質，在昆蟲體內自然發出的信息素，也是昆蟲界溝通的訊息。費洛蒙的功能在求偶、警示同類、標示食物的位置、在必要時呼喚同伴等，是昆蟲最常用來交換訊息的物質。在蟲害防治中，我們可以利用費洛蒙誘捕昆蟲，配合捕蟲板、捕蟲籠、捕蟲盒捕獲，也是蟲害監測的常用方法。

■ 大型生物防治 Macroorganism Management

鳥類、鼠類、爬蟲類等大型生物常因為其生活習性造成古蹟、歷史建築和文物的損害，例如鳥糞堆積和鼠咬。因此，可用藥物、防範物件或捕捉工具等措施進行防治，避免文物或建築受到破壞。

■ 清除 Removal

大型生物防治有關的清除措施，以下分為捕鳥網、滅鼠餌劑與捕鼠裝置。

■ 捕鳥網 Bird Trap

捕鳥網藉由鳥網的空隙和內部的另一層網袋，造成鳥類雙腳卡進網縫中難以飛走而遭到獵捕。然而，架設鳥網須經事業主管機關同意，若不慎獵捕到保育類動物還有可能觸犯《野生動物保育法》。

■ 滅鼠餌劑 Rodenticide

滅鼠餌劑施放時必須選擇行政院環保署核可的滅鼠劑，例如：維生素 D3 (Vitamin D3)、可滅鼠 (Brodifacoum)、可伐鼠 (Chlorophacinone)、剋滅鼠 (Coumatetralyl)、得伐鼠 (Diphacinone)、利滅鼠 (Bromadiolone)、雙滅鼠 (Difenacoum)、立滅鼠 (Difethialone)、伏滅鼠 (Flocoumafen)、殺鼠靈 (Winfarin) 等。毒餌劑沿著牆邊角落施放，在房屋出入口、鼠洞或是下水道鼠類出沒處再加強施放，若發現毒餌有被老鼠取食，再繼續補充餌劑直到毒餌不再減少，通常在投藥後的兩週後會開始發現死鼠，持續約 5 至 7 天。

■ 捕鼠裝置 Mouse / Rat Trap

捕鼠類的用具非常多樣，各有各的巧思，目前市面上或科學上常用的捕鼠裝置有捕鼠籠、捕鼠夾、黏鼠板與雪曼斯曼捕鼠陷阱 (Sharmath's Mouse Trap) 等。捕鼠籠為低成本有效捕捉大量老鼠的器具，使用時放置香味濃郁的食物誘餌於籠內，再擺放捕鼠籠於沿著路徑的陰暗角落、或是有鼠跡之處。黏鼠板則適合捕捉小型鼠類，用法大致上與捕鼠籠相同，可放於鼠出類沒之處，但環境中的溼度與溫度過高過低以及灰塵太多都會影響黏鼠板的效力。

■ 預防 Prevention

大型生物防治有關的預防措施，以下分為防鳥措施和防鼠措施。

■ 防鳥措施 Bird Repellent

因為鳥類喜歡停棲在高處，尋找食物來源，或是鳴叫求偶、宣示領域等等，而許多建築物因為有屋簷、窗台或各類型的建築裝飾和設施，形成許多平坦且可遮風避雨的洞穴或角落，提供了鳥類群居的舒適棲地。防鳥措施的目的並非殺害、毒害或抓捕，而是防止鳥禽在建築物內外停留、棲息或築巢，防治策略可分為二種類型：物理驅逐及化學驅逐。物理驅逐的方式如「防鳥針（鳥刺）」與「防鳥網」的設置，或是以聲波、風力驅除鳥類；化學方式則是噴灑鳥類的忌避劑，藉以驅散鳥類。

■ 防鼠措施 Mouse / Rat Repellent

藉由裝上防鼠網、防鼠紗窗以及利用老鼠討厭的氣味所製成的噴霧劑來防堵或驅離老鼠，避免老鼠啃咬破壞文化資產。

■ 植物生長防治 Plant Growth Control

文化資產一但被破壞則無法挽救，但植物可以再種植。因此，為了預防文化資產遭受植物不可逆的破壞，有時會採取物理去除方式或是應用化學藥劑來進行植物清除，或者是噴灑生長抑制劑或種植淺根的植物覆被來預防。

■ 清除 Removal

植物防治有關清除的措施，以環刻為最典型的處理方法。

■ 環刻 Girdling

最典型的清除方式為在植物樹根或主幹上進行環刻，剝去一定厚度的樹皮來阻斷將土壤養分和水分運輸到樹葉和樹枝的導管與篩管，造成植物組織上無法復原的傷害，使其枯萎死亡。

■ 預防 Prevention

植物防治有關預防的措施，以生長抑制劑為最典型的處理方法。

■ 生長抑制劑 Growth Inhibitor

植物生長調節劑有生長促進劑、生長抑制劑、生長延緩劑三類，而植物的生長抑制劑指任何天然或人工合成具有抑制細胞分裂的作用而破壞植物生長機制的有機化合物。在文化資產保存領域可用來清除古蹟、歷史建築、遺址或是戶外文物如碑碣上附著的苔蘚類、周遭雜草等植物，也可用植物生長抑制劑預防雜草孳生。

■ 保存維護人員 Conservation Professional

文化資產領域的保存維護人員可以比擬為有形文化資產的醫師或照護者。受過專業培訓之後具備科學理論與人文知識基礎，並且擁有足夠的實務經驗與美學敏感度。此人員對保存的工作內容是對文化資產的預防性保存提供指導和建議，擬訂預防劣化的措施，也包括文物材質、結構、製作技術的科學分析，並在文物需要干預性處理時提出建議與處理。而因為有形文化資產類型多元，現今保存維護人員分工精細，通常精通於特定類型的文化資產和具備修護技術的專業。

從事文化資產保存的機構如博物館、公立文化保存研究單位、民間收藏機構、地方文物館、保存修護公司和個人修護工作室等都需要保存維護人員。依其負責之任務有不同的頭銜和職責。因此，修復人員（Restorer）、修護人員（Conservator）、保存科學家（Conservation Scientist）、保存技術人員（Conservation Technician）以及保存行政人員（Conservation Administrator）等都是從事文化資產保存工作相關的專業人士，可以使用保存維護人員來稱呼。

環境管理
Environmental Management

3

環境管理

Environmental Management

■ 管理 Management

文物保存環境會受到幾個因素影響：室外氣候、地理位置、周圍環境、建築材料與結構、室內設計以及供暖、冷卻、除溼、加溼、通風和過濾的機械系統。供電系統必須足以維持這些電子機械系統的運作，包含系統的供水與排水，並提供光照及其他保存維護活動所需要的電力。

環境管理的目標不只是設定適當溫溼度而已，還必須平衡以下因素：

- 氣候變化，包含未來氣候變遷帶來的不定性，以及極端天氣現象帶來的危害。
- 建築材料與結構阻隔室外熱氣和溼氣的能力，包含建築開口與屋頂的適當防護等。
- 室內透過非機械系統的環境設計例如使用櫥櫃、遮蔽物等擺設，將文物圍護在內，可緩衝室外帶來的影響。
- 機械系統的可靠性與耐用性，包括是否容易取得替換零件、承包商和設備管理人員的技術能力等等，以及系統中斷之後的回復能力。
- 機械系統或建築材料與結構所需的維護成本和能源耗費。

如果文物是位於半開放空間，除了注意溫溼度與光照之外，也需注意空氣污染源的 control，例如寺廟的焚香文化產生的煙燻微粒，會讓空氣中形成酸性成分，並在文物上產生油垢吸附灰塵導致劣化。溼度與空氣品質可使用抽風系統改善通風使溼氣發散不凝聚，日光應避免直射，無法移動之文物可進行遮光處理。另外半開放空間也須注意生物危害，定期清掃環境，觀察生物活動痕跡。

■天氣 Weather

天氣指的是在一個特定地點與特定時間下的大氣狀態，譬如氣溫、風向、風速、降水、能見度、氣壓等，以及可被感知到的晴、雨、溼、暖等大氣現象。

■氣候 Climate

氣候相較於天氣而言，天氣指的是幾天內的天候狀態，氣候則是指某地區長年下的天氣概要，一般以 30 年為期作為估算天氣概況的標準，通常是以統計時間內的溫度、溼度、氣壓、風向、風速、降水量、大氣成分等的量化數值變動下所呈現氣候系統狀態。影響氣候變化因素者有緯度、海拔、地形、水環境等，並以統計上的均值來詮釋氣候特徵。

有形文化資產保存環境受到典藏地點的氣候條件影響甚深，當溫溼度上升至一定程度，容易造成昆蟲、黴菌生成；相對溼度太低容易造成有機文物開裂或翹曲變形；風速與風向、工廠與汽機車廢氣、海洋飛沫或火山地形等是氣流夾帶污染物質是劣化文物的主要因素。極端型氣候則是降低保存環境的穩定性，例如颱風伴隨強風與高強度降雨，經常造成博物館漏水以及古蹟和歷史建築損壞。

■微氣候 Microclimate

微氣候所指的是小區域內的氣候條件，在自然環境中通常是特殊環境影響因子下的微環境內氣候狀況，例如水環境就是較低溫且高溼度、市中心的熱島效應。於文物保存環境中所談的微氣候則是指在封閉與開放的空間中，圍繞於文物周遭的溫溼度與氣體條件因子，通常以可控制且穩定的狀態為宜，典藏櫃或展示櫃的文物保存以恆溫恆溼作為最高標準。

■ 氣候變遷 Climate Change

氣候在一段時間內的變化稱之為氣候變遷，時間的計算可從上百年到數十年來計算氣候因子的均值。但是在全球暖化造成極端型氣候的影響之下，氣候變遷的幅度與頻率快速提升，溫度升高導致全球性氣候變遷迅速，高強度的降雨暴風或久旱不雨的現象層出不窮。對於文物保存環境而言，應避免保存環境激烈變化，在近年極端型氣候下，天候狀況變遷激烈時較不利於文物典藏。特別是置於戶外與半戶外文物受到溫溼度、降雨、強風之故，也伴隨著文物結構與材料的劣化速度快速提高。

■ 降雨量 Precipitation

指以雨水不流失且不蒸發的情況下，在特定的時間內，降落到平面上而累積起來的深度，其單位是毫米。是衡量某一地區的降雨多少的數據。

■ 風速 Wind Speed

風速，是指空氣相對於地球某一固定地點的運動速率。在文化資產保存領域用於衡量室外空氣流動的速度。量測風速的方式可以使用風速計，較常見的是風杯風速計，根據風杯在一定的時間內的轉速來計算出風的平均速度。風速的單位一般採用節（knot）、公尺每秒（m/s）或公里每小時（km/h）。而一般氣象預報則是用風力等級（簡稱風級）來表示風速大小，其分級是 1805 年時由弗朗西斯·蒲福（Francis Beaufort）根據根據風速及風對地面的物體或海面波浪的影響程度，而將風力劃分為 0 至 12，共 13 個不同風力等級，隨著測風儀器的進步，量度到自然界的風力遠超出 12 級，於是再把風級擴展到 17 級，即共 18 個等級。一般人可以依風對地面或海面造成的現象而判斷風級和估計風速。

■ 風向 Wind Direction

指經由儀器的測量來知曉風吹來的方向。風向是在 0 至 360 度範圍內變動，並細分出 16 個方位為主。16 個風向方位如下：正北為 0 度、正東為 90 度、正南為 180 度、正西為 270 度、東北為 45 度、東南為 135 度、西南為 225 度、西北為 315 度、北北東為 22.5 度、東北東為 67.5 度、東南東為 112.5 度、南南東為 157.5 度、南南西為 202.5 度、西南西為 247.5 度、西北西為 292.5 度與北北西為 337.5 度。

■ 風玫瑰圖 Wind Rose Plot

風玫瑰圖用來簡單描述某一地區風向風速的分布，可用風向計量測，可分為風向玫瑰圖和風速玫瑰圖。在風玫瑰圖的極坐標系上，每一部分的長度表示該風向出現的頻率，最長的部分表示該風向出現的頻率最高。風玫瑰圖通常分 16 個方向，也有的再細分為 32 個方向。空氣中的污染物濃度常因氣流的方向與流動速率而變化，因此利用風玫瑰圖可以了解文物所處環境的風向風速和空氣污染狀況，例如查出戶外文物快速劣化的原因，是因為位處於空氣污染下風處，或是氣流過於穩定而累積污染物質，造成高濃度污染物所導致。

■ 環境因子 Environmental Factors

環境因子一般是指對環境中生物的生長、發育、行為和分布有直接或間接影響的環境要素，然而對文化資產保存而言則是環境影響保存的環境基本的因子，包括溫度、溼度、光、空氣與污染物。

■ 溫度 Temperature

溫度是測量一個物體相對於另一個物體而言冷熱程度的物理量，亦是物質中粒子平均動能的量度。常見的溫度標準有：華氏度（°F）、攝氏度（°C）和克爾文（K）。

■ 環境溫度 Ambient Temperature

環境溫度是指環繞於文物周圍的空氣的總體溫度，戶外的環境溫度即是氣溫，室內則為室溫。環境溫度並不考慮相對溼度或氣流之影響，僅是單純呈現溫度高低的物理特徵。保存文物的環境溫度建議宜控制於攝氏 20 度左右，除了使用空調來控制上述的溫度之外，另外須注意隔絕日照，因為日光中的紅外線會造成保存環境的蓄熱，促使環境溫度因此升高。

■ 室溫 Room Temperature

室溫通常指室內常溫，一般設定為攝氏 25 度左右，文物保存環境則建議是攝氏 20 度上下。室內氣溫除了經常受到光線、輻射熱和溼度等深度影響，也受到建築結構、建材、隔間與空氣流通等因素產生變化。為降低保存環境溫度的波動，可透過空調設施來控制文物保存環境之室溫，另外也必須去除影響室溫劇烈變化之因素，例如室內人群聚集、使用不合適的燈光設備或機具操作造成環境中的溫度升高等。

■ 熱輻射 Thermal Radiation

熱能傳遞方式有傳導、對流、輻射，其中熱輻射指的是以電磁輻射方式向外發散傳遞熱能，而且不需介質即可傳導，例如太陽光的熱能可穿越太空達致地球即是此原理。在文化資產保存領域經常遇到熱和溫度升高的狀況，其原因通常是因為光源有不可見的紅外線以電磁輻射傳播熱能，而持續照射導致熱的蓄積，同時也造成保存環境溫度升高，若是紅外線是照射在文物上將會提高其溫度，一則造成水分蒸發使材質脫水，或是造成文物的熱膨脹。自然光或燈光中的紅外線雖不似紫外線具有強烈能量打斷分子鍵，但長波長的紅外線卻能快速提高環境溫度，易造成文物材質劣化，並且影響典藏空間的相對溼度，讓保存環境處於不穩定狀態。

■ 溼度 Humidity

溼度代表著大氣中水蒸氣的含量，有兩種常見的表示定義：絕對溼度（Absolute Humidity）與相對溼度（Relative Humidity）。絕對溼度是指含有空氣和水蒸氣的容積內，水蒸氣的質量比上乾燥空氣的質量；而相對溼度是在一個容積內水蒸氣質量比上與此容積有相同溫度時的飽和蒸氣質量，生活中較常使用此定義。

■ 絕對溼度 Absolute Humidity (AH)

絕對溼度（Absolute Humidity, AH）即單位體積所含有水蒸氣質量（公克），絕對溼度之單位為 g/m^3 。由於空氣伴隨溫度與壓力改變下，氣體的體積也隨變化，即便在空氣內的水蒸氣恆定下，絕對溼度將跟著改變。當文物保存環境擁有較高的水蒸氣質量時，絕對溼度相對也較高，可作為判斷環境中水分高低的物理特性。

■ 相對溼度 Relative Humidity (RH)

相對溼度（Relative Humidity, RH）是指單位體積空氣中，實際水蒸氣的分壓與相同溫度與體積下飽和水蒸氣壓的百分比數值。此即透過絕對溼度與最高溼度的比值，呈現空間中水蒸氣飽和度的高低，進而可更準確量測出環境中水蒸氣比例。例如當溫度降低時，空氣中的飽和水蒸氣隨之下降，容易讓文物保存環境處於水蒸氣含量達至飽和的 100% 相對溼度，將不利於文物的典藏。相較於絕對溼度，相對溼度較為接近人體感知或保存環境良善與否的判斷，作為文物典藏所需控制的主要條件之一。保存環境中的相對溼度較大時，容易引發材質酸化、水合反應，菌蟲類滋長的速度也隨之提升，必須依據文物材質之特性設定妥善的相對溼度控制數值。

■ 露點 / 露點溫度 Dew Point / Dew Point Temperature

露點是指在固定氣壓之下，若將空氣溫度降低，使空氣中的水分達到飽和，也就是相對溼度為 100%，此時的溫度稱為露點，或是露點溫度。若氣溫再降低，過多的水蒸氣即會開始凝結形成露水，或成為飄浮在空氣中的霧。在建築物中，水蒸氣可能會在室內較冷的表面上凝結形成液態水，此過程即稱為結露（Condensation）。

露水長期以來被認為是造成文物損壞的潛在原因，例如在磚、壁畫、雕塑和土遺址的多孔結構中，水的反覆結露和蒸發會讓可溶性鹽類隨著水的運輸，鹽分可能遷移、再結晶，倘若在孔隙中形成結晶而體積膨脹，形成的壓力會導致破壞。另外，露水也可能導致金屬腐蝕。

■ 平衡含水率 Environmental Moisture Content

平衡含水率（Environmental Moisture Content, EMC）是指在一定的相對溼度下，材料中的水分含量。有機材料具有吸溼性，會吸收和釋放水分到空氣中。周圍空氣的相對溼度決定了材料中的水量，當相對溼度增加時，材料會吸收更多的水分；當相對溼度減少時，則會釋放出水，以便與周圍空氣達到平衡。

不同吸溼性材料在與潮溼空氣接觸一定的時間後，會達到特定的平衡含水量。平衡含水量的變化會導致水分膨脹或收縮，產生的機械應力會導致文物變形或開裂。為了防止文物劣化，材料必須保持相對穩定的平衡含水率，以及適當的、恆定的溫溼度。

■ 光 Light

光是一種電磁波，也是一種不需介質的能量傳播方式，包含了人眼不可見的 X 光、紫外線與紅外線，以及人眼可以辨識、波長介於 400 nm 至 700 nm 之間的可見光。

■ 光 / 輻射 Light / Radiation

光是一種電磁波類型的輻射，根據波長可將電磁輻射的光譜分為幾個部分：一端是短波長的紫外線，約在 280 nm 至 400 nm（奈米，波長的計算單位， $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$ ），具有高能量。可見光譜波長較長，約在 400 nm 至 700 nm，是肉眼能感知的光，此範圍內不同波長對應到不同的顏色。另一端則是紅外線，波長從 700 nm 左右開始。雖然紅外線是不可見光，但是人可以透過熱感而感知到紅外線。光的能量會與物體中的分子發生作用，而導致材料的物理反應和化學變化。

文物需要光照才能讓人觀賞，不足的光照會降低文物欣賞時的價值，過多的光照則會對文物造成不可逆的破壞。

庫房光照注意事項：

- 提供足夠的環境光源讓工作人員能安全移動，並安裝緊急照明措施。
- 規劃不同工作區並提供分區照明，登記資料等行政類工作需要辦公室程度的照明，最好移至其他空間。
- 光源分布必須在不移動文物的情況下讓各個角落都能檢視，包括文物與室內擺設、展櫃體內部、層架下方、以及大型文物背後等等，角落照明可使用活動式光源。
- 避免文物靠近天花板的嵌燈或是其他照明裝置，造成曝光過度或是溫度升高。

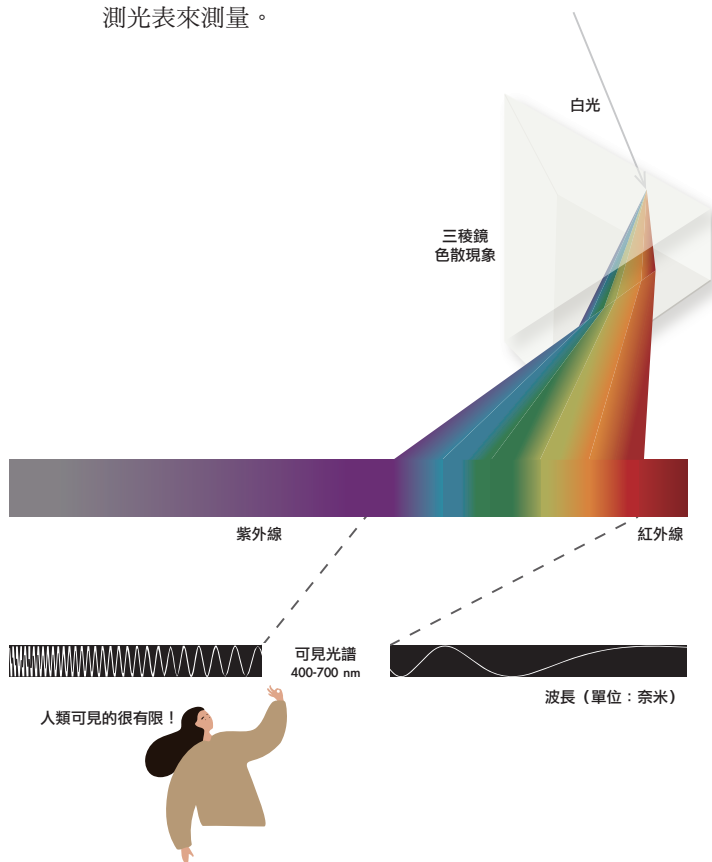
展示光照注意事項：

- 明亮的展場入口與展區之間應隔開，並提供照明度適中的過渡區幫助人眼適應亮度變化。
- 光照設計需考量文物對光的易感性，以及照明度與展覽時間累積的曝光量。

- 展櫃外光源需注意避免玻璃產生眩光。
- 展櫃內光源需注意隔絕熱源、紅外線與紫外線。
- 對於光敏感的文物應避免長期展覽、或者可使用感應式開關，在沒有參訪者時關閉燈源以減少曝光量。

■ 可見光 Visible Light

在文物展示環境中可見光是必要的，光的照明度必須足以讓人觀看展出的文物，但只要多於這個程度都可能造成不必要的損壞，應予以限制。可見光的照明度是以勒克斯（Lux, Lx）或呎燭光（Foot-candle, Ft-c）為單位，可以用測光表來測量。



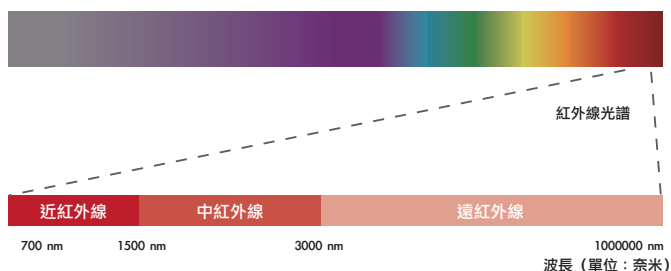
50 勒克斯是文物展示照明的基準，是大約 1960 年左右時色彩科學提出的建議。在此基準之下，人眼對於全色彩的視覺可運作良好。但文物細節多寡、表面明暗度、對比度以及年長者視覺退化等等，都是影響觀看清晰度的因素，因此依狀況調整照明度是必要的。一般來說，照明度不建議超過 300 勒克斯，因為不同區域的照明度變化不宜太大，才可以使人眼容易適應展場較低的照明度。決定可見光的照明品質有另外兩個因素：演色性與色溫。演色性越高，文物呈現的色彩真實性也越高。光源的色溫是色彩和理論的熱黑體輻射體對比確定的，光源的色彩與熱黑體輻射體相匹配時，熱黑體的絕對溫度就是那個光源的色溫。色溫較高色彩偏藍，所以稱之冷光，可增加文物色彩對比度；暖光則是色彩偏紅。色溫較高能量也較高，所以冷光比暖光還要容易造成文物褪色。

■ 紅外線 Infrared Radiation

紅外線是電磁波譜中波長在 700 nm 以上，屬於可見紅光之外的不可見光譜。當文物表面吸收紅外線時會導致溫度上升，故紅外線是影響文物及保存環境溫度的因子。一般來說，紅外線不會使物體看得更清楚，產生的熱也會帶來不良影響，應盡可能排除。

紅外線影像檢查可作為文物保存檢測一種透視的方法，其原理是利用材料對紅外線吸收程度的差異，若材料不吸收紅外線也不反射紅外線即表示紅外線可穿透，就好比我們看玻璃是透明的，就是因為玻璃不吸收和反射可見光，所以可見光穿透玻璃的道理一樣。例如紅外線影像用來檢視畫作的底稿，當懷疑文物具有以鉛筆或炭筆（成分為含碳基的石墨）素描的草圖，可以使用紅外線透視厚重顏料層呈現底圖線稿。其機制為紅外線是一種長波輻射，不同材

質對其吸收能力不同，畫作上不透明的顏料並不吸收紅外線所以能穿透。當紅外線照射到底圖線稿時，紅外線被石墨吸收，而照射到基底材白色的部分則會反射回來。這種不同的吸收與反射可以在對紅外線感光的螢幕上看到，也可以藉由可拍攝紅外線的相機捕捉下來，從而讓從而讓碳基素描呈現眼前。紅外線影像也經常用來檢視寺廟受煙燻和附著灰塵的彩繪。



紅外線攝影



文物

炭筆素描底稿
和成品不一樣耶！



■ 紫外線 Ultraviolet Radiation

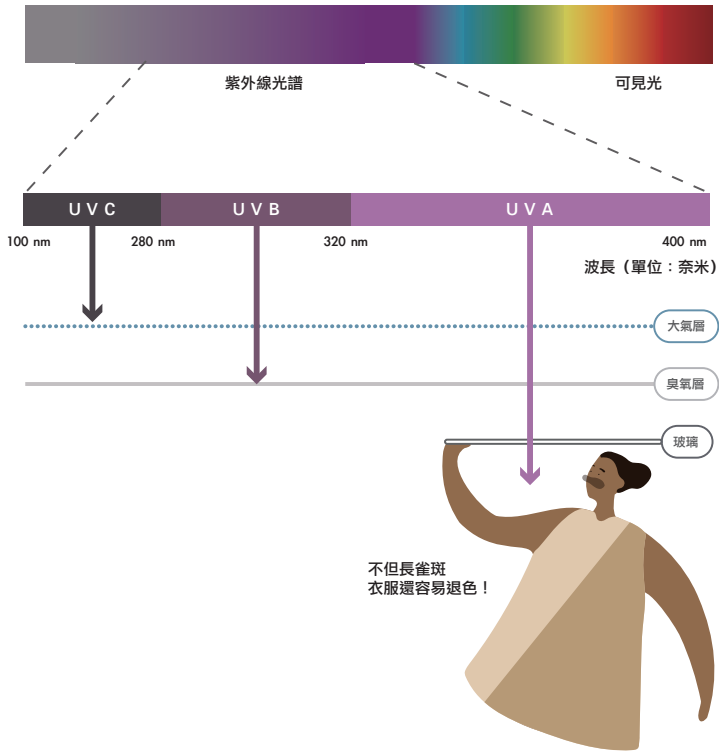
紫外線位於可見紫光之外的電磁波譜，波長小於 400 nm，範圍在可見光與 X 射線之間，對人眼來說是不可見的。

紫外線在物理學上依其波長大致分為三類：

- UVA：（320 nm 至 400 nm）波長最長的紫外線，可穿透

雲層和玻璃到達室內，刺激皮膚細胞產生黑色素，也可穿透至皮膚真皮層，促使皮膚老化。

- UVB：（280 nm 至 320 nm）大約 95% 的 UVB 會被地球大氣層中的臭氧吸收。
- UVC：（100 nm 至 280 nm）短波長的紫外線極為有害，幾乎完全被大氣層吸收。 紫外線具有高能量，會導致許多有機材料的光化學降解，例如纖維素，也會導致染料和顏料的褪色。自然光或人工照明的光線應盡可能去除紫外線，防止文物遭受光害與褪色。



■ 可見光光譜 Visible Spectrum

可見光譜是電磁波光譜中人眼可見的範圍，波長約在 400 nm 至 700 nm 之間。波長最長的是紅色光，約在 625 nm 至 700 nm，紫色波長最短，約在 380 nm 至 450 nm。一般來說人眼對波長約為 555 nm 的電磁波最為敏感，對應到綠色的波段。太陽光沒有呈現特殊色彩是白光，若經過稜鏡因為不同波長的光折射角不同而色散，產生紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫的彩虹色帶，是由各種波長的色光所組成的連續可見光譜。

■ 自然光 Natural Light

自然光的主要光源是太陽，太陽發射的光包含了紅外線、可見光和紫外線，其可見光譜是連續的，因此具有極高的演色性。夏日正午明亮的陽光對地球表面提供的照明度可高達 120,000 勒克斯，陰天則可能降到 50 勒克斯。

因為陽光的亮度隨時在變化之中，展示空間如果要採用自然光照明，則需將變化性納入考量。以文物保存的角度來說，陽光的照度難以掌控，且其中包含的紫外線、藍光紅外線會對文物造成傷害。

■ 人工照明 Artificial Lighting

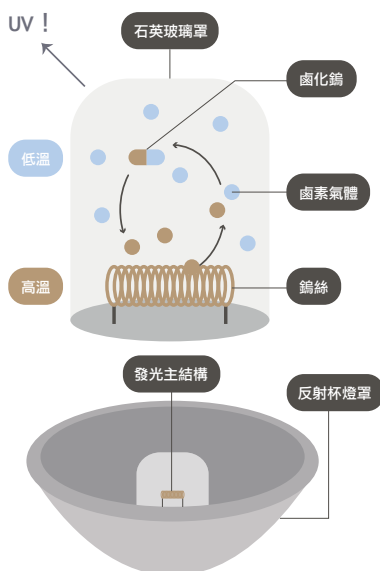
人類在歷史上很早就發現了火，並使用燃燒或加熱的材料作為光源，例如蠟燭、煤油燈等。十九世紀發明了使用電的光源，也是利用加熱某種物質直到其發光，這就是白熾燈的工作原理。隨著逐年技術的進步，後來又設計出電流經過氣體時會發光，於是衍生出低壓放電燈的日光燈。二十世紀時又發明了發光二極體（Light Emitting Diode, LED），採用半導體材料並大幅提升了照明效率。

人工照明系統的提升不僅能為遊客提供良好欣賞文物的環境，更能夠使文物呈現出更真實的色彩。無論選擇何種類型的人工照明都仍需要注意紫外線、紅外線或藍光產生對文物造成損害的問題。

■ 白熾燈 Incandescent Lamp

白熾，又稱白熱，是指對一個物體施加能量，使它溫度上升，直到產生可見光的現象。在人工光源中白熾燈的演色性最高，幾乎等同陽光。白熾燈主要分為鎢絲燈與鹵素燈兩種。

1. 鎢絲燈：傳統燈泡即是鎢絲燈，其發光原理是當電流通過鎢絲時，因為電阻發熱而發光，這樣的發光方式只將一小部分電能轉化為光，其餘以熱能的形式排放出來。發光效率低，壽命短，鎢絲燈已經漸漸被淘汰。鎢絲燈發光產生連續光譜波長從可見光區到 $3\mu\text{m}$ 的近紅外區，所以也是紅外線檢測的光源，其色溫 2760–2900K 屬於暖色調光，而因為是連續光譜所以演色性好。



2. 鹵素燈：也有稱為石英燈，從傳統鎢絲燈改良而來，燈絲使用可延展的鎢，裡面填充的氣體含有少量鹵素，例如碘或溴。鹵素燈泡能以比一般白熾燈更高的溫度運作，所以它們的亮度及效率亦更高，使用壽命也更長，也有更高的色溫。因為高溫所以鹵素燈泡採用熔點更高的石英玻璃，而石英玻璃無法濾除紫外線，所以鹵素燈有紫外線波段的光對於文物保存有直接危害。須注意鹵素燈泡的石英玻璃如果有油脂，會造成玻璃上溫度不一，減低燈泡的壽命。因此換鹵素燈泡時要避免人手觸及燈泡的玻璃或是擦拭乾淨。鹵素燈承襲鎢絲燈的特點，光色屬於暖色調，演色性高。光譜成分有些許近紫外區，藍光不多，可見光綠光到近紅外光區為光譜主要成分。

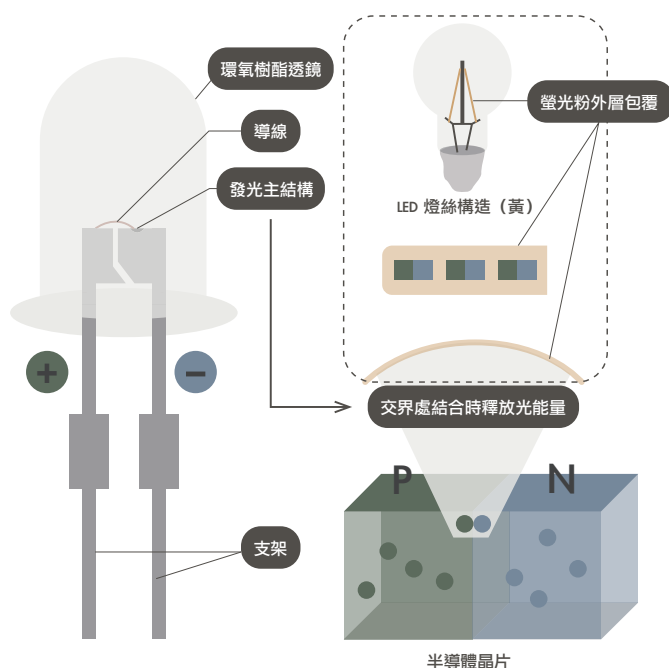
■ 日光燈 Fluorescent Lamp

日光燈，又稱螢光燈，屬於氣體放電燈的一種。管內水銀蒸氣藉由氣體放電釋放出紫外線，玻璃燈內部的螢光粉吸收紫外線後，釋放出可見光。不同的螢光物質會釋放出不同的可見光，一般用三波長螢光粉發射出藍（452nm）綠（543nm）與紅（611nm）光組成白光。雖然水銀蒸氣經過激發釋放出紫外線，但是紫外線無法穿透燈管玻璃，所以外洩紫外線比例很低。螢光燈管有多種長度和直徑，還可以做成各種形狀裝在傳統白熾燈具上，稱為一體式螢光燈、緊湊式螢光燈（Compact Fluorescent Lamp, CFL）或是省電燈泡。

■ 發光二極體 Light Emitting Diode（LED）

發光二極體（Light Emitting Diode, LED, 以下簡稱 LED）是一種半導體電子元件，可以發出特定波長的光，取決於所用的半導體材料。特定可見光波長的 LED 燈不會散發紫外線或紅外線，所以光線中不會有熱能，加上壽命長、低耗能等特點，逐漸取代傳統的燈源。白光 LED 燈是透過發出三原色（藍、綠、紅）光的 LED 組合；也有用互補色的藍光 LED 與黃綠琥珀光 LED 的

組合；或是以單色光 LED 照射會產生互補色的螢光物質，如藍光 LED 照射會產生黃光的螢光粉，這類型 LED 燈可以有不同色溫，而這種 LED 燈在色溫和演色性指數上有很大的變化，光線的強度會隨著時間而減弱，因此選擇時需注意藍光的量，避免造成光害。近年來，開發出以紫外線激發的新式 LED 燈，其原理是以紫外線 LED 照射可以發紅光與藍光以及綠光的兩種螢光粉，提高了在色溫和演色性的表現，但卻有紫外線釋放的問題。因此在選用 LED 燈時，需確認此燈具是否會造成文物傷害。



■ 紫外線燈 Ultraviolet Lamp

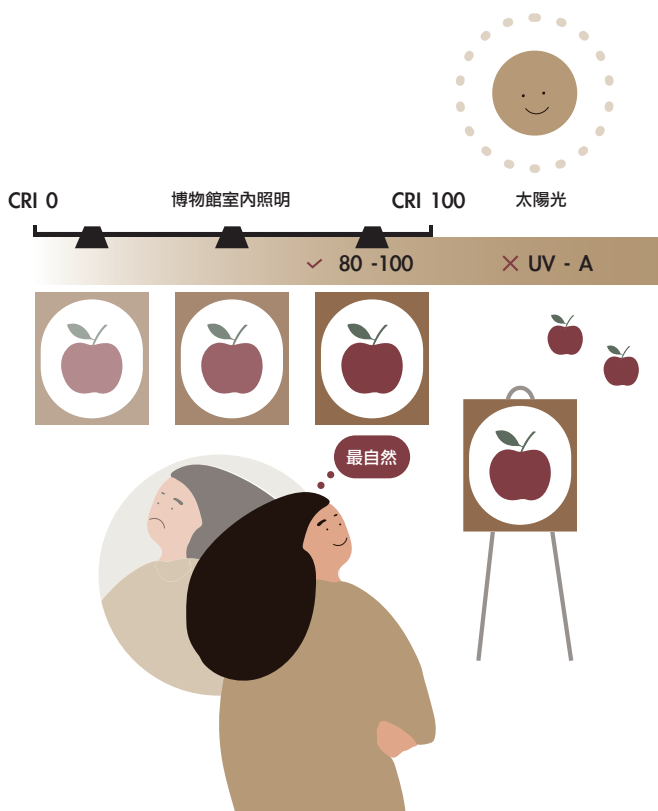
發射紫外線的燈稱為黑光燈，或是伍德燈（Wood's lamp），燈管是以深藍色或深紫色的伍德玻璃做為過濾材料，將可見光過濾同時允許紫外線通過。

紫外線燈的用途是利用光致發光（Photoluminescence）的現象來檢驗材料，這是一種探測材料電子結構的方法。此是將光直接照射到材料上，材料吸收光子進入激發態，此過程稱為光激發，多餘能量可透過發光的形式消耗掉。一般以持續發光時間來分辨螢光或磷光，螢光是吸收光能後立即退激發，磷光則是緩慢退激發的過程。此特性會利用於檢查文物表面狀況。

例如在紫外線下，陶瓷的黏合劑和填充物會發出螢光，可確認先前是否進行修復。照射紙張可觀察出肉眼看不見的真菌。照射到清漆、黏著劑和特定顏料時會產生螢光，新鮮和老化的材料發出的螢光會有所差異。用於繪畫，可辨別看似相同顏料之間的差異，用來檢查文物是否有近代修復使用的顏料痕跡。

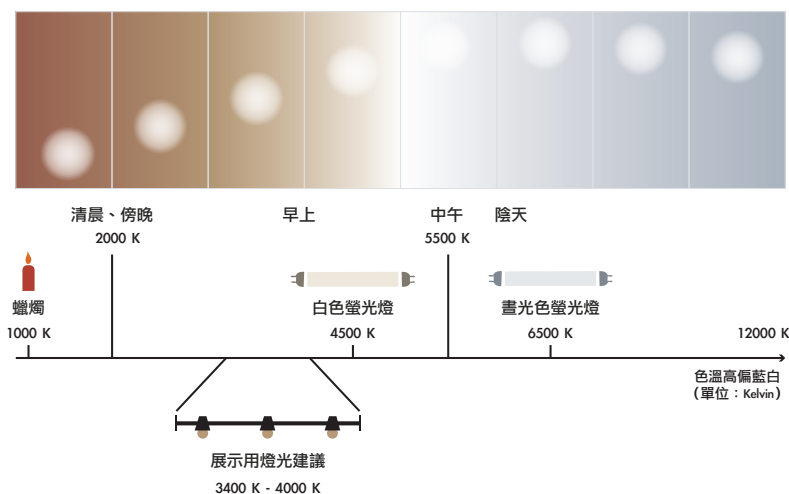
演色性指數 Color Rendering Index

演色性指數（Color Rendering Index, CRI）由國際照明協會（International Commission on Illumination, CIE）所定義，將自然界裡的太陽光視為最佳的照明品質，為了易於計算，將演色性量化為 0 至 100。指數為 100 時，代表光源品質最好，也就是幾乎等同太陽光，可讓物體呈現真實的顏色；指數為 0 則代表品質最差。博物館照明設計師建議的演色性指數為 80 至 100。太陽光和白熾燈的演色性雖然高，但須考慮紫外線和紅外線產生的問題。目前市售的日光燈 CRI 值是 80，而最高級燈管的演色性指數更可超過 90。至於發光二極體（LED）的 CRI 值多變，而博物館專用的可以達到色溫 4000K 至 5000K 和演色性指數 95。



■ 色溫 Color Temperature

色溫（Color Temperature）是光線從冷到暖呈現出的色調，以絕對溫度（K）為單位來測量。定義上來說，是把標準黑體加熱，標準黑體是指不反射任何電磁波，但會因溫度上升而放出電磁波的物體，例如鐵或鎢。隨著溫度上升，黑體所輻射出來的光線開始呈現顏色變化，從深紅、淺紅、橙黃、白、藍逐漸改變，我們把黑體的絕對溫度稱為該光源的色溫。例如，中午陽光約為 5500K 左右的色溫，清晨和黃昏的陽光約為 2000K，月光和冷白螢光燈約為 4100K。目前博物館展示的有機材質文物的光照色溫建議調控在 3400K 左右，而無機材質的文物則建議色溫調控在 4000K 上下。



■ 照明度 Light Level

照明度（Light Level），簡稱照度，是每一單位面積接收到入射光的總光通量，照明度的大小取決於光源強度及被照物與光源的距離。可見光的照明度是由測光表以勒克斯（Lux, Lx）或呎燭光（Foot-candles, Ft-c）來測量。勒克斯，簡單地說，即是 1 平方公尺上的光線（1 勒克斯 = 1 流明 / 平方公尺）。呎燭光為舊英制單位，依據教育部國語辭典解釋為 1 燭光對距離 1 呎遠所產生的照度，1 呎燭光約等於 10 勒克斯。晴朗天氣下，戶外照明度大約為 10000 勒克斯，滿月為 0.1 勒克斯。室內依據不同場所、不同性質的工作需要不同的照明度，例如閱讀至少需要 500 勒克斯。

$$\text{照度 (E)} = \text{光通量} / \text{面積} = F / A$$

為了展覽需求，以下根據經驗和許多研究整理了照明度建議。這些數字背後的基本概念是只要超過展覽物品所需最低限度的照明度，都會造成損害。

對光照損害易受影響程度與材料類型	建議的照明度
第 1 類：最易受影響 例如：大多數的紙張材料、水彩畫、彩色照片、紡織品、棉花、羊毛、絲綢和其他天然纖維、有機的自然歷史標本、易褪色的染料與一些礦物等。	50 勒克斯 （5 呎燭光）
第 2 類：易受影響 例如：使用光穩定油墨的紙張、使用光穩定染料的紡織品與現代明膠銀鹽黑白照片等。	100 勒克斯 （10 呎燭光）
第 3 類：中等程度的易感性 例如：油畫、蛋彩畫、骨頭、象牙、木質飾面、皮革與一些塑膠等。	200 勒克斯 （20 呎燭光）
第 4 類：最不容易受影響 例如：金屬、石頭、玻璃、陶瓷、礦物與無機的自然歷史標本等。	取決於展覽情況

■ 光強度 Light Intensity

光強度，簡稱光度，用於表示光源在特定方向上每單位立體角所發出的光通量。光強度的國際單位是坎德拉（Candela, cd）。若要比較一支手電筒比一支蠟燭亮多少，除了看手電筒發出多少光，還有其他因素需要考慮，例如蠟燭的光是全方位的，手電筒的光則聚集在特定方向，這時就會使用光強度來進行比較。

現代的光強度測量會考慮到光的顏色和方向，國際度量衡大會的定義是：給定一個頻率為 540.0154×10^{12} Hz 的單色輻射光源（黃綠色可見光，是人眼能高度感知的顏色），該輻射源在某

個方向的輻射強度為 $1 / 683$ 瓦特每球面度（球面度簡稱 sr，是立體角的計量單位），則該輻射源在該方向的光強度為 1 坎德拉，正巧近於舊英制的 1 燭光（Candlepower），所以 1 坎德拉又稱 1 燭光。

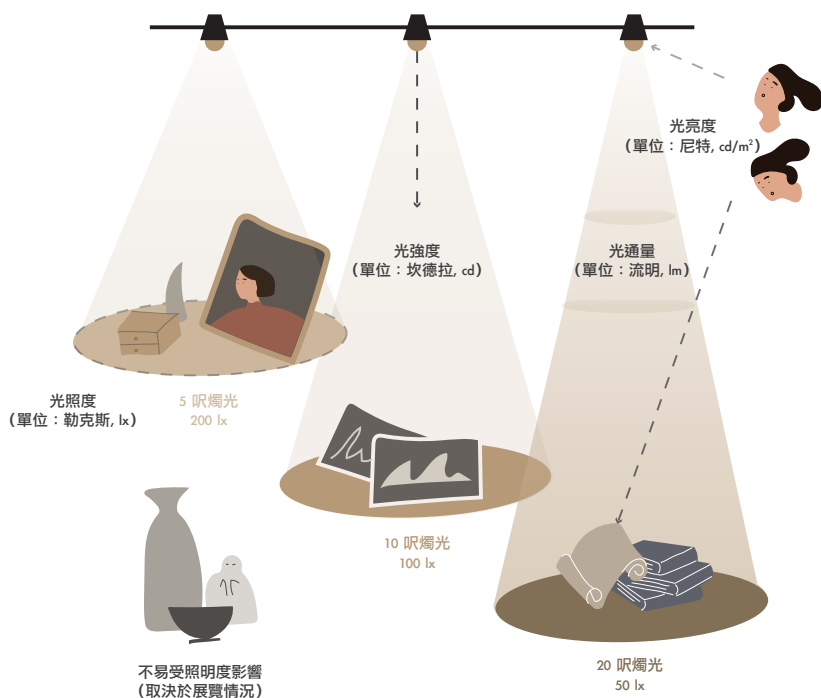
發光強度 (I) = 光通量 / 立體角 = F / W

1 candela (cd) = 1 lm / sr

1 cd = 12.57 lm

■ 光通量 Luminous Flux

光通量是指每單位時間內，人的肉眼所感受到由光源所發出的光能，亦即人眼實際感受光的明亮程度，其單位為流明（Lumen, lm）。



■ 曝光 Exposure

光線在一個表面上的總曝光量是照光度（勒克斯）和時間（小時）的乘積。在博物館裡，實用的單位是百萬勒克斯小時（million lux hours / Megalux hour），縮寫為「Mlx·h」。

光照強度和時間增減對文物造成損壞的速度是成正比的。光的強度加倍，或是光照時間加倍，累積的傷害量也會加倍。舉例來說，在相同的時間內，200 勒克斯的光照造成的損害是 100 勒克斯的 2 倍。1 件染色的紡織品展出 6 個月，其褪色程度約為展出 1 年的一半。

■ 光害 Light Damage

光害是會累積且不可逆的，紫外線、紅外線、可見光三者都會造成光害。許多材料對光特別敏感：例如紙、布、皮革、照片以及油墨、著色劑、染料等藝術媒材。紫外線是最具破壞力的光源，會造成對光敏感的材料大幅度褪色，且可能會造成有機材質因為光能量的催化導致化學鍵斷裂，產生結構性的破壞，使材料發黃、變色、粉化、脆化或降解。

如果燈光太靠近或集中在文物上，紅外線會加熱表面，產生不均勻膨脹和收縮導致受損，也可能降低多孔材料的含水量。

■ 光照褪色 Light Fading

褪色是顏色由深變淺的過程，是因為環境因素作用導致化學作用或是光化學反應而引起。光照褪色是最容易辨識出的光害，紫外線是導致材料褪色的最主要原因。如要測試染料或顏料的褪色程度，可以使用藍色標準羊毛試卡（Blue Wool Standard，又稱藍色標準羊毛附布或藍布卡）來測量。藍色標準羊毛試卡是一組將羊毛經過特殊染色，分成 8 個等級的試卡，第 2 級的褪色時間是第 1 級的 2 倍，以此類推。第 1 級的耐光性最差，

第 8 級最不容易褪色。在要測量光害程度的地方放置欲測試的材料樣品與藍色標準羊毛試卡，將另一組樣品放在完全黑暗中做為對照，或是以鋁箔紙覆蓋一半樣品做為對照，觀察其色差變化並評估等級。

依據國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）的測試，從第 8 級最不容易褪色到第 1 級的耐光性最差大概需要經過 400,000 勒克斯小時（lux hours）。另外，也建議使用藍色標準羊毛試卡時，放置區的相對溼度應維持在 40%，而溫度需控制在攝氏 25 度，才能觀察得到正確的色差變化。

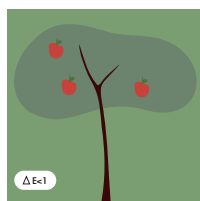
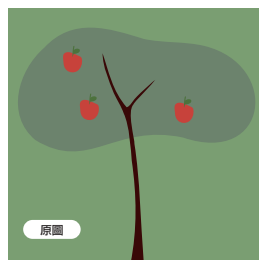
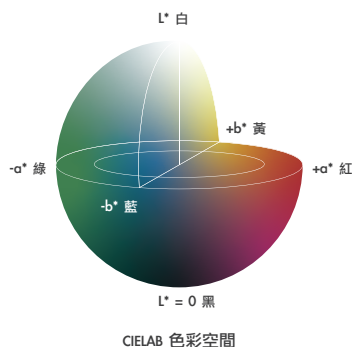
■ 色差 Color Difference

色彩有三個屬性，分別為色相（Hue）、明度（Brightness）和飽和度（Saturation）。色相是用來區分色彩的名稱，即是依不同波長呈現的色彩所稱呼的名字，如紅、橙、黃、綠、藍、紫等。明度則是色彩的明暗程度，在同一色相的色彩中，可加入白色來提高明度，加入黑色來降低明度，產生一系列的色彩變化。飽和度（Saturation）又稱為彩度（Chroma），是指色彩的純粹度或是鮮豔度。黑、灰、白三色只有明度，沒有色相與彩度，故稱之為無彩色。

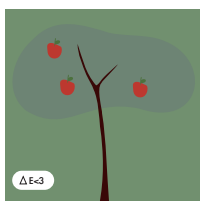
色差在色彩學上的定義是指兩種不同的顏色在色彩空間（例如 CIELAB 色彩空間，CIELAB color space / CIE $L^*a^*b^*$ ）中的差異。為了量化色彩差異，國際照明委員會（International Commission on Illumination, CIE）基於 CIELAB 提出了較為複雜的人類知覺公式計算，這樣的度量標準稱為 ΔE （Delta E），或作 ΔE^*_{ab} 、 dE^* 。E 表示 Empfindung，即德文「感覺」之意，希臘字母 Δ 則表示變量的增量變化，整體而言， ΔE 用來表示「感覺上的差異」。 ΔE 的測量範圍為 0 到 100，0 表示色差較小，100 表示完全失真， ΔE 值在 ≤ 1 時肉眼幾乎無法察覺。

但因知覺的非均勻特性，人眼對於某些顏色變化較為敏感，有些則難以察覺，因此 CIE 在 1976 年首次提出 Delta E 76 的公式後，便持續修繕定義，直到 2000 年提出較完善的版本 Delta E 2000。由於 CIE 的 Delta E 2000 相當複雜，此處以 Delta E 76 說明色差計算。三個座標軸（ L^* , a^* 和 b^* ）描述 CIELAB 色彩空間， L （亮度）軸表示黑白，0 黑，100 白； a （紅綠）軸正值 紅，負值 綠，0 中性色； b （黃藍）軸正值 黃，負值 藍，0 中性色。若把每個顏色看成此色彩空間中一個點（有三個分量： L^* , a^* , b^* ）三個座標軸（ L^* , a^* 和 b^* ）描述 CIELAB 色彩空間， L （亮度）軸表示黑白，0 黑，100 白； a （紅綠）軸正值 紅，負值 綠，0 中性色； b （黃藍）軸正值 黃，負值 藍，0 中性色。若把每個顏色看成此色彩空間中一個點（有三個分量： L^* , a^* , b^* ），色差即是計算在兩個顏色（ L_1^* , a_1^* , b_1^* ）和（ L_2^* , a_2^* , b_2^* ）之間的幾何距離。計算公式為：

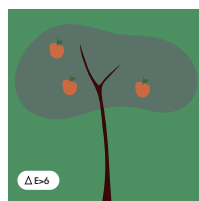
$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$



色差明顯



未受訓肉眼不易辨識



色差明顯



庫柏·休伊特設計博物館（Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum）
開放授權

■ 紫外線濾片 Ultraviolet Filtering Film

在文物保存環境測量紫外線的方式，是測量光線中有多少比例的紫外線，單位是每流明（光）的微瓦（紫外線），縮寫為 $\mu\text{W/lm}$ 。於 1970 年，博物館照明的研究提出了紫外線標準為 $75\ \mu\text{W/lm}$ ，當時是以白熾燈發射的紫外線輻射量作為基準，現今透過燈泡改良和使用過濾方法可降至 $5\text{--}10\ \mu\text{W/lm}$ 。

可過濾紫外線的方法包括：

- ・使用紫外線玻璃貼膜，貼於窗戶或展櫃玻璃的內側。
- ・使用紫外線過濾有機玻璃（壓克力）取代一般玻璃。
- ・日光燈管的過濾燈罩，或選擇無紫外線日光燈管。

市場上幾乎所有的紫外線濾片都能過濾到波長 380 nm 左右的紫外線，但很少有濾片能過濾完整的紫外線光譜，在選擇時可注意濾片能過濾的波長範圍。

有紫外線過濾塗層的塑料往往分解速度相當快，只要濾片開始變黃或開裂就應該更換。至少每 5 年監測 1 次紫外線輻射量，以確保過濾材料仍然有效。

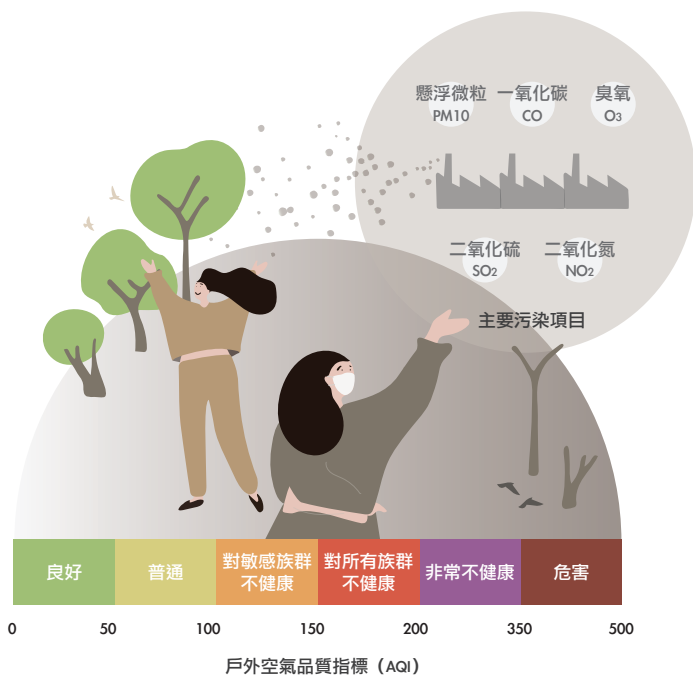
■ 空氣污染 Air Pollution

空氣污染是指被釋放到空氣中的污染物，對於人類健康和整個地球都是有害的。根據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）的統計，全球每年近 700 萬人死於空氣污染。目前，90% 的人呼吸的空氣超過了 WHO 對污染物的建議值，其中以生活在低收入和中等收入國家的人受害最深。

■ 空氣污染指數 Pollutants Standard Index (PSI)

空氣污染指數（Pollutants Standard Index, PSI）是來自美國環境保護局（United State Environmental Protection Agency, USEPA）制訂的量表，用來報告每日空氣品質。臺灣於民國 82 年推出此指標，監測的項目包括懸浮微粒（PM10）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）以及臭氧（O₃）等 5 種空氣污染物的濃度數值，依照對人體健康的影響，轉化為 0 至 500 的數字，此數字即是空氣污染的副指標值（Sub-indicators），當日最大值則為該測站之空氣污染指數。空氣污染指數依高低劃分為良好、普通、不良、非常不良和有害 5 種級別。

自 1999 年以來，美國環保局用空氣品質指數（Air Quality Index, AQI）取代空氣污染指數（PSI），加入了 PM2.5 和臭氧的濃度標準。臺灣則於 2016 年整合 PM2.5 並新增臭氧 8 小時值，以 AQI 取代 PSI。AQI 以指標數值 150 為級距，分為 6 個級別：良好（0 至 50，綠）；普通（51 至 100，黃）；對敏感族群不良（101 至 150，橘）；對所有族群不良（151 至 200，紅）；非常不良（201 至 300，紫）；與有害（301 至 500，褐紅色）。



■ 空氣污染物 Air Pollutants

空氣污染物的來源分成自然污染源和人為污染源，自然污染源包括火山爆發、森林大火、海洋飛沫和沙塵等。人為污染源主要來自燃燒化石燃料，包含汽機車交通運輸、火力發電以及石化與鋼鐵等高污染工業，其他來源有農業、礦業和營建施工等。

直接排放到空氣中的污染，稱為原生性污染物（Primary Pollutants）。自 20 世紀中葉漸漸發現許多污染物是在大氣中發生反應之後產生，稱為衍生性污染物（Secondary Pollutants），包括光化學煙霧（Photochemical Smog）以及光化學性高氧化物（Photochemical Peroxided Compounds）。光化學煙霧是來自氮氧化物（NO_x）和揮發性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOCs）等污染物經紫外線照射，發生光化學反應（Photochemical Reaction）所形成，會降低空氣能見度。光

化學性高氧化物則為光化反應產生的強氧化性物質，例如臭氧（ O_3 ）、過氧硝酸乙醯脂（PAN）等。

污染物的型態主要有氣狀與粒狀污染物，氣狀污染物是以分子形式存在，例如硫氧化物（ SO_x ）、氮氧化物（ NO_x ）、一氧化碳（CO）等。粒狀污染物可為固態或液態顆粒懸浮在空氣中，稱為懸浮微粒。人眼可見的型態有煙、霧或灰塵，而較小的懸浮微粒人眼不可見，但易吸入肺中對健康造成危害。

除了環境中的空氣污染物會對文物造成危害，室內也會產生污染物，主要來源有建材、展覽、典藏材料、使用有機溶劑或殺蟲劑等保存處理活動，或是來自參訪者。

揮發性有機化合物

Volatile Organic Compounds

揮發性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOCs）是指在一大氣壓下沸點低於 $250^{\circ}C$ 的有機化合物，除了含碳之外，也可能含有氟、溴、硫、氮和其他元素。常見的 VOCs 有醛類（甲醛、乙醛）、芳烴類（甲苯、乙苯）、鹵代烴類（三氯甲烷、氯乙烯）、酸類（甲酸、乙酸）、酮類與醇類等。

VOCs 在常溫下多以氣體形式存在。來源包括：

1. 燃燒不完全：汽機車和工業燃燒石油、煤炭、天然氣等燃料，垃圾、廢五金、農業廢料等露天燃燒，皆易因為燃燒不完全產生大量 VOCs。
2. 有機溶劑：煉油、石化等工業製程到汽車保養、印刷、瀝青鋪設等皆會使用 VOCs，容易揮散到空氣中。
3. 生物作用：微生物在污水廠、垃圾掩埋場等地方，或室內潮溼牆面生長之黴菌會釋放 VOCs。

4. 日常用品：噴霧、空氣清淨劑、清潔用品、殺蟲劑與乾洗劑等。
5. 建築和裝修材料：油漆、清漆、壁紙、隔熱材料、黏著劑、化纖地毯、合成木地板與傢俱等。
6. 辦公設備：影印機、修正液、無碳複寫紙與印表機墨水等。

VOCs 無色且會持續揮發，除了對健康造成危害，也會沉積於室內環境中，對文物造成危害。例如吸附在紙質文物上可造成文物脆化和黃化，金屬文物例如銀、銅或鉛等則會產生鏽蝕。

■ 二氧化硫 Sulfur Dioxide

別名：亞硫酸酐 分子式： SO_2

二氧化硫 (SO_2) 是主要的空氣污染物之一，無色氣體有刺激性氣味，呈弱酸性且易溶於水。有些 SO_2 為自然產生，例如火山噴發，人為來源主要為發電廠或汽機車燃燒煤、石油等化石燃料，以及製銅、水泥、木材與紙張等工業。

二氧化硫溶於水後會形成亞硫酸 (H_2SO_3)，造成酸雨，或是進一步氧化形成具高腐蝕性的硫酸 (H_2SO_4)，侵蝕古蹟表面，對石雕、壁畫造成損害，也會進入自然通風的建築體內對文物造成危害。

二氧化硫會提高紙張的酸度，造成纖維素酸性水解，使紙質文物發黃脆化。相對溼度較高時，也容易造成金屬的腐蝕，尤其是鐵器。皮革製品對二氧化硫特別敏感，書的裝幀和皮革製文物易遭二氧化硫侵入產生紅腐病。

■ 二氧化氮 Nitrogen Dioxide

別名：過氧化氮 分子式： NO_2

二氧化氮 (NO_2) 是空氣中主要的氮氧化物，有刺激性氣味，易溶於水形成硝酸 (HNO_3)。主要來源為汽車排放廢氣、石化燃料不完全燃燒、電鍍或焊接等。若與揮發性有機化合物結合，二氧化氮會形成煙霧，與二氧化硫結合則會造成酸雨。室內藏品若含有硝化纖維素，例如膠卷或相片，也可能因過熱的環境下釋出二氧化氮，甚至是發生易燃狀況。

二氧化氮透過強氧化性、與有機化合物反應或是與水反應生成高腐蝕性的硝酸，對不同材質的文物皆會造成危害，例如紙張、織品、皮革、骨、角、牙、金屬、玻璃、著色劑或攝影材料等物質，易產生脆化、碎裂、粉化、發黃、變色與腐蝕等劣化現象。

■ 臭氧 Ozone

別名：三原子氧、超氧 分子式： O_3

臭氧 (O_3) 是一種有刺鼻酸臭味的氣體，地面層的 O_3 屬於衍生性污染物，主要來源是工廠與汽機車排放的廢氣，其中揮發性有機化合物 (VOCs) 與氮氧化物 (NO_x) 在有光照的環境，經過紫外線照射會發生光化反應，產生 O_3 ，並與其他大量化合物形成光化學煙霧。在晴朗高溫的夏日，相對溼度較低，紫外輻射強的時候， O_3 濃度即會增加。室內 O_3 來源包括電器的電源插座、影印機、雷射印表機等。

因為臭氧是一種強氧化劑，對於有機材質會造成嚴重危害。例如造成顏料和染料等天然或合成著色劑褪色，與水反應會生成過氧化氫讓纖維素氧化，也會造成金屬例如銀、鐵、

銅或鉛的氧化。 O_3 會讓硫化鉛進一步氧化成硫酸鉛，造成橡膠製品劣化。

■ 硫化氫 Hydrogen Sulfide

別名：氫硫酸 分子式： H_2S

硫化氫 (H_2S) 是一種無色酸性易燃，帶有臭雞蛋味的劇毒氣體。自然存在於煤坑、天然氣井、火山氣體、硫磺溫泉以及含有硫磺的腐爛有機物質當中。

硫化氫人為來源包括汽車排放廢氣、發電廠燃燒含硫的煤或燃油、石油和天然氣開採作業、煉油廠、造紙廠、皮革廠等。其他潛在來源包括啤酒廠、化肥生產、膠水生產、礦石加工、食品加工等。人體的口腔和腸胃道細菌也會產生少量硫化氫。

硫化氫會使銀器失去光澤變成灰黑色，與金屬銅、鐵、鉛等金屬也會反應生成暗色的硫化物。照片和底片含有鹵化銀會與 H_2S 反應，造成影像資料損壞。 H_2S 也會使含鉛或銅的顏料變黑。

■ 甲酸 Formic Acid

別名：蟻酸 分子式： $HCOOH$

甲酸又稱蟻酸，化學式為 $HCOOH$ ，或寫成 $HCHO_2$ ，無色有刺激性氣味，是最簡單的羧酸 (Carboxylic Acid)，也就是帶有羧基 ($-COOH$) 的有機化合物，其分子結構僅是一個氫原子與羧基相連，所以也可看做是羧基甲醛。存在於蜜蜂、螞蟥和某些毛蟲的分泌物中，又稱為蟻酸。

甲酸主要來源為木材氧化降解，特別是冷杉、橡木等木材，文物存放空間若放置木質傢俱和物件，會導致高濃度的甲

酸污染。當溫度上升，甲酸的濃度也會隨之提高。有機酸包括甲酸、乙酸、甲醛等，會對生物與地質標本、陶器造成損害，不只是侵蝕鹼性、含鈣的材料，也會破壞有機材質，例如紙張。甲酸甚至會對玻璃造成損害。

在相對溼度較高的情況下，甲酸會使銅的表面產生氧化銅。鉛對甲酸更為敏感，其顏色會因低濃度的甲酸變深，當濃度升高會進一步在表面形成薄且深色的鉛鏽（氫氧化鉛層），或是甲酸鉛等白色結晶物。錫和鎘也是易受甲酸侵蝕的金屬，其他包括鎳、鋁、鐵和軟鋼也可能會遭受侵蝕。

■ 醋酸 Acetic Acid

別名：乙酸、冰醋酸 分子式： CH_3COOH

醋酸又稱乙酸，化學式為 CH_3COOH ，是醋的主要成分，廣泛存在於自然界中，在常溫下為無色有刺激性氣味的液體，在攝氏 16.6 度以下能結成冰狀晶體，所以也稱冰醋酸。

室內主要來源為櫃子、抽屜、層架等木製物件，尤其是硬木會釋放出高濃度的醋酸。其他來源包括紙張、人造板材、黏著劑、油漆和清漆或是片基為醋酸纖維素的底片。醋酸對於金屬例如鉛、鐵，鎂、鋅有腐蝕性。貝殼類藏品、陶器、化石、石質文物也容易因醋酸受到損害。

■ 甲醛 Formaldehyde

別名：福馬林、福美林、蟻醛 分子式： HCHO

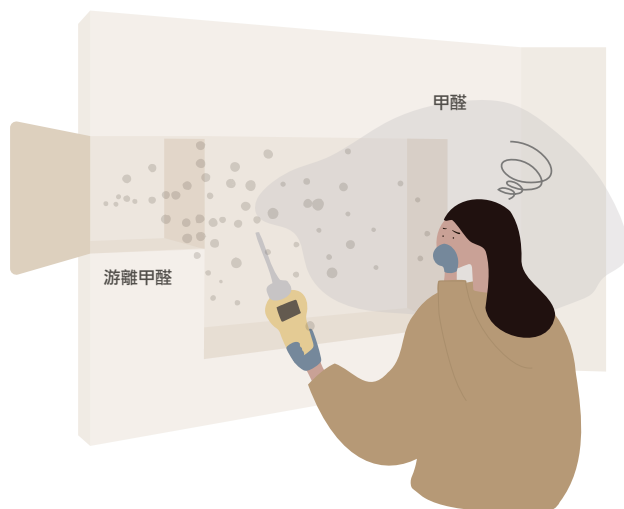
甲醛又稱蟻醛，化學式為 HCHO ，在室溫下是無色的可燃氣體，且有刺激性氣味。主要用於製造工業樹脂，室內建材例如複合木製品，在黏合過程中會使用尿素甲醛樹脂，是室內甲醛的一大來源。其他來源包括絕緣材料、膠水、油漆和塗料、清漆和飾面、紙板、防腐劑、洗碗液、化學

肥料和殺蟲劑等。煤氣爐、煤油加熱器或香菸等燃燒過程也會產生甲醛。

甲醛通常不會直接與金屬產生反應，但環境中若存在羥基自由基（Hydroxyl Radical）或過氧化氫（Hydrogen Peroxide）等氧化物，會使甲醛轉化為甲酸，即使在相對溼度 20% 也有足夠的水分產生電化學腐蝕。甲酸鹽產生的白華也會發生於砂岩、貝殼、化石和玻璃之上。當紙張含有金屬鹽，尤其是鹼土金屬，容易成為催化劑，其吸溼的特性會加速甲醛氧化，形成甲酸以及甲酸鹽。環境中的甲醛對於紙類的酸鹼值和一些顏料的色彩也會造成影響。

■ 游離甲醛 Free Formaldehyde

甲醛容易聚合成多聚甲醛，受熱後發生解聚作用，會緩慢釋放到環境中，變成游離甲醛（Free Formaldehyde），造成室內環境污染。當溫度和相對溼度提高，其釋放濃度會增加。



■ 懸浮微粒 Particulate Matter (PM)

懸浮微粒 (Particulate Matter, PM) 是指空氣中的固體顆粒與液體的混合物，灰塵、煙塵、煙霧等為肉眼可見的大型懸浮微粒，其他則非常微小，只能用電子顯微鏡才觀察得到。這些顆粒由數百種不同化學物質組成，原生性的污染來源包括地表揚塵、海鹽、沙塵暴、森林火災、建地、汽機車廢氣、農藥肥料及畜牧糞便等。衍生性來源則為大氣中的化學物質，例如二氧化硫和氮氧化物等污染物，經過複雜化學變化與光化反應，形成硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽等微粒。

懸浮微粒污染包括：

PM100：落塵或降塵，粒徑小於 100 微米 (μm)，可吸入並沉積在呼吸道。

PM10：粗懸浮微粒，粒徑小於 10 微米 (μm)，可吸入並附著於呼吸系統。

PM2.5：細懸浮微粒，粒徑小於 2.5 微米 (μm)，可穿透肺泡進入血管中。

室內文物存放與展示空間的懸浮微粒來源包括：

1. 參訪者衣物、鞋子挾帶灰塵，或是毛髮、皮屑掉落，咳嗽。
2. 室內建築裝修包括混凝土、水泥、鋼架、玻璃、石膏、金屬等材料。
3. 文物本身成分或是修復材料。
4. 教堂或寺廟燒香或點蠟燭。
5. 酸或鹼鹽微粒透過自然通風、隙縫滲透或從窗戶、門和空調系統進入室內。

空氣中的落塵除了會使文物表面累積髒污，也易吸附其他污染物，使落塵具有黏性或酸性，附著於文物上不易清除且會加速變質。落塵與溼氣結合會在文物表面形成難以清除的覆蓋層，且利於細菌、黴菌等微生物生長。落塵也容易侵入壁畫、雕塑等之顏料空隙，造成外觀污染和龜裂。

空氣中的硫酸和硝酸微粒會形成酸雨，造成建築物及戶外文物外觀的損壞，包括碳酸鹽和矽酸鹽等石材或金屬製品，也可能滲透到地下造成地下文物例如青銅器、鐵器、骨器等之危害。室內如有酸或鹼鹽微粒進入，在相對溼度較高的情況下，會對銅、鐵、銀等金屬文物產生嚴重腐蝕。

■ 污染物濃度 Pollutant Concentration

空氣污染物濃度有兩種單位系統，分別為體積濃度和質量濃度表示法。

■ 體積濃度

大氣中微量氣態污染物之濃度，可以百萬分之一體積比表示。如一容器中每 1000 公升 N_2 含 1 毫升 CO，則稱此 N_2 中含 1ppm CO。

ppm：百萬分之一（Parts Per Million）

ppb：十億分之一（Parts Per Billion）

■ 質量濃度

大氣中懸浮微粒污染物之濃度，以質量濃度表示。

mg/m^3 ：毫克 / 立方公尺（Milligram Per Cubic Meter）

$\mu g/m^3$ ：微克 / 立方公尺（Microgram Per Cubic Meter）立方公尺 m^3 也可寫成 Nm^3 ，N 是指標準條件，代表 273K（攝氏 0 度）一標準大氣壓下每立方公尺體積。

透過測量或是空氣污染擴散模型計算出來的數值，必須轉換成各政府機構發布的法規中適用的單位。可透過以下方式換算：

$$\text{ppmv} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0.08205 \times T}{M}$$

T = 環境溫度，單位為 K = 273 + °C

M = 空氣污染物的分子質量或分子量。

0.08205 = 通用氣體常數，單位為 L·atm·K⁻¹·mol⁻¹。

■ 環境監測與控制 Environmental Monitoring and Control

藉由現代科學技術方法來監測文物周圍環境，長期積累的現場調查、數據收集與分析，能有效運用並規劃出合適的設計或措施來改善周圍環境，達到能提供文物良好的收藏環境標準。

■ 環境監測 Environmental Monitoring

環境監測的重要性在於提供數據，量化有形文化資產周遭的環境因子，辨識文化資產面臨的風險，確認處理風險的方式是否適當，以及透過數據確認每一個採取的行動是否有效。監測的數據也可用來證明執行上是否遵從指標和規範。文化資產保存會受到若干環境因子影響，需要監測與記錄的包括相對溼度、溫度、光照、振動和污染物。通常會依照文化資產的類型與材質以及促使該材質劣化的原因來決定要監測的項目。

■ 環境控制 Environmental Control

利用設備及設計方法來改善自然環境的限制，而塑造可供文物典藏的合適空間。因此，可藉由微環境、溫溼度控制與空氣潔淨措施來達成環境控制的需求。

■ 微環境 Micro-environment

微環境是指文物周圍小區域的物理條件，包括溫度、相對溼度、空氣品質與其他環境因子，存在於信封、封套、盒子、底片罐或是展櫃內。「微環境」與「微氣候」經常交替使用，但是當文物在封閉空間中，可能因積存的化學物質加速劣化，此現象較常以微環境一詞來描述。

■ 溫溼度控制 Temperature and Humidity Control

用來對環境溫溼度進行控制的設備或措施，包括溫溼度記錄器、空調系統、除溼、加溼與恆溫恆溼。

溫溼度記錄器

Temperature and Humidity Data Logger

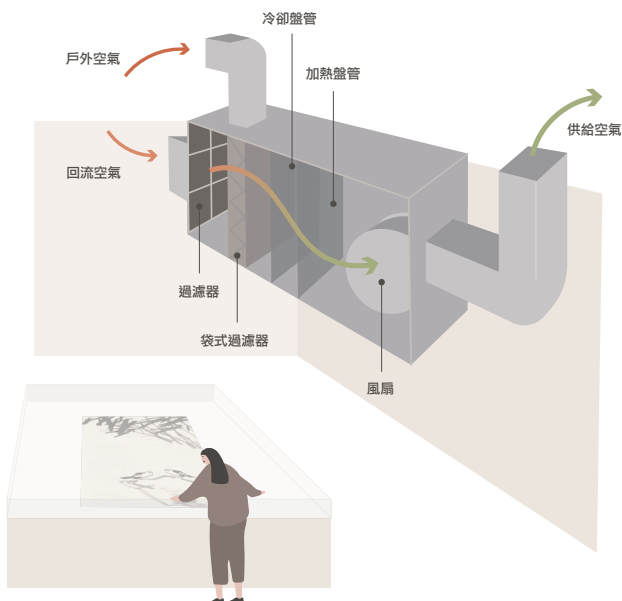
目前的溫溼度記錄器是電池供電的儀器，使用電子感應器和電腦晶片，按照設定的時間間隔記錄溫度和相對溼度。資料可以下載到電腦並可連接到相關的軟體繪製出客製化的圖表，顯示出一段時間內的環境狀況。

空調系統

Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)

藉由空調系統（Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC）來控制文物與周圍環境的溫度、溼度、空氣清淨度以及空氣循環於當地為保存文物而規定的標準範圍內，避免文物發生物理性、化學性以及生物性劣化。空調系統主要由供暖系統、通風系統和空調系統三部分組成。供暖系統可分為熱水採暖和蒸氣採暖兩方式來維持室內的溫度。至於通風系統則可分為自然通風和機械強制通風兩種形式來確保室內空氣品質和適當調降室內溫度。最後的空調系

統是藉由人為操作控制下，來消除室內多餘的熱氣和溼氣，使得溫溼度保持在規定的標準範圍。



■ 除溼 Dehumidification

潮溼環境會助長文物劣化機制加速，並有利於有害微生物的生長進而引發出許多保存、維護和管理等問題。由有機材質構成的文物對環境中的溼度要求很嚴格，特別是具有吸溼特性的材質容易因吸溼膨脹，導致重量增加，強度降低。因此，藉由除溼的措施能使文物展示或收藏在合宜的環境。

■ 加溼 Humidification

周圍環境中的溼度若低於文物本身的含水率時，文物很可能發生變形或破裂。為了使文物的含水率與周圍環境中的溼度重新達到平衡，可藉由加溼的措施，來提高環境中的溼度並減緩溼度劇烈變化對文物的影響。

■ 恆溫恆溼 Constant Temperature and Humidity

環境中的溫度和溼度是直接影響於文物中的材質，一般而言溫溼度對於大多數材質有「熱脹冷縮，溼脹乾縮」的作用，所以若溫溼度劇烈變化或是週期性反覆變動會對文物造成負面的影響，導致文物劣化機制加速，進而影響其完整性和真實性。因此，文物展示或收藏的環境維持合適且平穩的溫溼度，並防止文物材質因其變化而受損。

■ 空氣潔淨 Air Purification

空氣潔淨是指能夠有效提高空氣清潔度或能夠濾除空氣污染物的設備或措施，包括換氣、空氣潔淨處理、活性碳、污染防治、高效率空氣微粒子過濾網、超低穿透空氣過濾網。

■ 換氣 Ventilation

為了有效控制與降低空氣污染對文物的影響程度，可藉由換氣措施來改善文物展示或收藏的環境。室內空氣污染滯留不容易流出其原因是室內氣流短路的影響使得與通風路徑的距離過短，導致換氣的成效不佳；反之，若氣流與通風路徑的距離越長，則換氣的成效越佳。

■ 空氣潔淨處理 Air Purification Treatment

對空氣的潔淨處理主要是除去空氣中的有害污染源。特別是對文物材質有害的酸性或具氧化性的氣體和微粒，例如空氣中的硫氧化物、氮氧化物與懸浮粒子。因此，可以經由通風、安裝有空氣過濾裝備的空調系統或是使用空氣清淨機等方式來進行排除空氣中的有害污染源。

■ 活性炭 Activated Carbon

活性炭做為空氣清淨機的主要材質，是藉由它具有大量不規則的極細小孔隙，增加與空氣接觸的表面積，有效地吸附空氣污染源中的有害氣體分子，進而改善空氣品質，達成空氣潔淨的成效。

■ 污染防治 Pollution Control

空氣中的污染物不僅影響國民健康和生活環境品質，也對文物材質造成衝擊。特別是有形的文化資產受到空氣污染物所涉及的作用機制影響下，其本身具有的歷史、藝術、科學等文化價值逐漸隨著時間而損壞消逝。為了使文物永續保存以及降低環境衝擊，污染防治必須嚴格執行和制訂。

高效率空氣微粒子過濾網

High Efficiency Particulate Air Filter

高效率空氣微粒子過濾網做為空氣清潔的器材，是藉由它具有微觀的絮狀結構且能有效去除 $0.5\mu\text{m}$ 以上之微粒而命名，簡稱 HEPA。它的材質通常由無規則排列的化學纖維或是玻璃纖維所製成，且可達 99% 的攔截效率。

超低穿透空氣過濾網

Ultra Low Penetration Air Filter

超低穿透空氣過濾網是藉由它具有更緊湊、微觀的絮狀結構且能更有效率阻擋 $0.1\mu\text{m}$ 微粒子，但空氣流速只有高效率空氣微粒子過濾網的一半以下而命名，簡稱 ULPA。它的材質通常是用超細的玻璃纖維所製成，能達到 99.99% 的攔截效率。

風險掌控與管理
Risk Control and Management

4

風險掌控與管理

Risk Control and Management

■ 風險 Risk

有形文化資產保存的風險指原保存之目標，因內外部因素產生負面影響之可能性。考量風險時，必須同時評估事件發生的概率與預期影響，如果只評估其中一項可能有誤判情勢的狀況。以文物保存為例來說，風險帶來的影響，會直接呈現在文物其價值上的損失。

文化資產遭受的風險有許多類型，從突發的災難性事件，例如颶風、火災、淹水、大地震等，到漸進、累積性的損壞，例如化學性、物理性與生物性劣化。另外，還有一些風險並不會造成文物損壞，卻會對文物所乘載的資訊上造成遺失，或是無法取用文物。因此，將文物正確記錄歸檔是極為重要的。文化資產的保存維護人員或保存文物人員需要深入了解這些風險，才能做出好的決策，盡到保存文化資產的責任。

■ 風險辨識 Risk Identification

要妥善進行文化資產風險管理必須事前辨識潛在的風險，探討環境危害因子及可能造成的危害程度，以凸顯出風險度較高的文化資產可得到更嚴謹的監控與較高層級的保護措施。風險辨識以風險嚴重度而言，就必須分析危害發生的機率與產生的影響性，風險類別必須包含如地震、水災、風災等天然危害；以及蓄意破壞、操作疏失等人為因素，並從中探究文物加速劣化的原因與機制，從而進行風險嚴重程度的研析。

■ 天然危害 Natural Hazard

超出人類所能控制的災害，主要以風、火、水、震這四個部分所造成的天然危害，例如因風引起的災難為颱風、颶風、狂風；因火引起的災難為雷電、野火；因水引起的災難為大雨、海嘯、洪水；因震引起的災難為地震、土壤液化、土石流。

■ 人為危害 Anthropogenic Hazard

基本上可以分為蓄意與非蓄意兩類別。蓄意危害可包含犯罪者盜竊與惡意毀壞文物；至於非蓄意危害則是觀眾無意損害文物或者是館藏人員安全保存管理意識的不足造成文物上有所損害。

■ 自然老化 Natural Aging

材料在加工、使用或儲存過程中，長期暴露受到自然中內外因素的綜合作用，其性能隨時間逐漸衰弱變質，於是產生外觀變化、物理和化學性能變化等都稱為自然老化。

■ 劣化因子 Agents of Deterioration

加拿大文物維護中心（Canadian Conservation Institute, CCI）將文物劣化的原因歸納為十大劣化因子：

- 物理因素（Physical Forces）：不正確持拿、存放和運輸、碰撞、風蝕、開鑿、建設工程、武裝衝突與地震等都屬於物理因素。
- 人為因素（Thieves and Vandals）：因政治、意識形態與經濟等動機造成的竊盜與破壞的犯罪行為。
- 火（Fire）：閃電、森林火災、煤氣洩漏、煙火、故障的電氣裝置或設備、吸煙、焚香、燭火、縱火、建設與裝修工程等都會引起火害。
- 水（Water）：海嘯、河水暴漲、暴雨、地下水、水管、不完善的清潔程序與消防設施等都會引起水害。
- 有害生物（Pests）：當地動物群，例如昆蟲、嚙齒動物、鳥類、蝙蝠與黴菌等都歸列為有害生物。另外，食物的來源與動物群所築巢的材料也會吸引有害生物。
- 污染物（Pollutants）：工業、車輛、建設和裝修工程、存放或展示材料所釋放的氣體等都含有污染物質。

- 光、紫外線與紅外線（Light, Ultraviolet and Infrared）：太陽光與人造光源都會產生紫外線、紅外線以及熱。
- 不適當溫度（Incorrect Temperature）：當地氣候、太陽光、人造光源與機械設備等都會引起不適當溫度。
- 不適當相對溼度（Incorrect Relative Humidity）：當地氣候、地下水、不完善的空調系統與微環境設計都會引起不適當相對溼度。
- 資訊遺失（Dissociation）：缺少清冊、紀錄或標識不周、錯放物品、硬體和軟體過期與保存維護人員退休等都會造成失聯。



■ 加速劣化因素 Accelerators of Deterioration

文物由於經歷漫長的歷史進程，其構成的材質難免損壞、劣化或變質等狀況。促成文物劣化加速，主要包括生物因素、溫溼度因素、污染物因素與光輻射因素（例如紫外線、紅外線及X射線）等。因此，必須瞭解上述的各種劣化因素其作用機制，才能有效地執行保存維護措施來延長文物的壽命。

■ 風險分析與評估 Analysis and Assessment of Risk

依據風險因素對有形文化資產各種不利情況或事件做有系統之分析與評估，以判斷保存文化資產的機構是否有能力來承受風險以及處理對策。

■ 危險度 Risk Level

在各式危害因素下以定性或量化的方式來衡量文化資產受災的風險。依據風險辨識（Risk Identification）、風險分析（Risk Analysis）與風險評量（Risk Evaluation）將文化資產遭受到的風險來評等高低。另外，透過系統性的分析轉化來辨識可能釀成文化資產危害的來源與類型，並從中判斷可能發生的地點與時機。文化資產的危險度分析必須倚靠長時間文化資產管理維護的經驗為基礎，透過文化資產遭受災害的歷史資料與文物遭受災害的狀況分析，並且以專家委員會的設立與探討，來編輯文化資產危害程度分析圖表以作為日常管維之參考。

■ 風險辨識 Risk Identification

分析各類型風險所產生危害發生的機率以及相對應所造成的影響性，並從中探究文物在風險中所發生加速劣化的原因與機制，從而進行風險嚴重程度的判別。

■ 風險分析 Risk Analysis

風險除了辨識之外，還要能有效管理風險，且必須回答以下的問題：這些風險有多大？哪些是不可承受的風險？如何安排優先順序？

在辨識完風險之後，下一步是試圖了解每一項風險的細節，並估計發生的可能性和預期影響。因此，預期影響也可以說是等同文化資產其價值上的損失。

當風險是屬於事件類型時，則可估計多久發生 1 次。例如大地震是每 300 年發生 1 次，盜竊是每 30 年發生 1 次或漏水是每 3 年發生 1

次等。如果風險是累積性的，則可估計損壞的速度。例如考古遺址牆壁上的浮雕裝飾因風化而完全消失，預計將在 300 年後發生、磁帶上的視聽資料將在 30 年後嚴重損壞，而無法使用其資訊和最近展出的色彩斑斕織品將在 3 年後，因光敏感的染料會發生褪色問題等。

價值損失會依據風險差異而影響到文化資產的損壞程度，例如木構式建築如遭大火，即造成嚴重的價值損失；因管線漏水造成書櫃上幾本圖書受到輕微損害；至於灰塵累積對藏品整體價值的價值更是造成的損失非常細微。

■ 風險評量 Risk Evaluation

將一項特定風險與其他風險或是某些標準相互衡量比較的過程。最主要用來評量的標準是風險強度，依據風險強度排列各風險的等級，決定哪些是機構可接受的，哪些是不可接受而必須處理的風險，並排定處理的優先順序。

■ 風險評估 Risk Assessment

風險評估是指風險辨識、風險分析和風險評量的綜合過程。以文物保存來說，也就是先辨識保存機構面臨的各種風險，估計不同風險出現概率、風險強度與預期影響，並確定機構承受風險的能力、處理的優先順序及對策，將可能的損失降到最低。

■ 危險指數 Hazard Index

文化資產的危險指數可依受災危害與文化資產的脆弱度來評估，並且加乘危害發生的機率與受災衝擊後文化資產受損的狀況，以系統性的數據分析評估，來探討人為與自然災害可能造成的危害。危險指數透過數值量化的方式來評等文化資產受到危害的程度，評估文化資產危害的暴露量（Exposure）。

定性分析：文化資產受災風險（Risk）＝ 危害（Hazard）× 脆弱度（Vulnerability）

定量分析：文化資產受災風險（Risk）＝ 機率（Occurrence）× 衝擊後果（Consequence）

文化資產危險指數分析必須盤點環境中任何可能的危害因子，以及文化資產管理維護上的脆弱性與從相關危害中抵抗受損的能力或調適力，包含文化資產本身的材質與結構、保存維護人員的專業、日常管理維護或文化資產所處的環境危害性等。文化資產的保存維護人員可依據每項文化資產的危險指數分析，依比例原則對脆弱性高且處於高風險環境的文化資產進行強化相關保護措施。

■ 風險出現概率 Risk Occurrence

風險出現概率分成三個類別：

- 罕見事件：發生的可能性少於每 100 年發生 1 次，因此大部分文物保存機構人員沒有直接處理的經驗。從國家視角來說，這樣的事件可能幾年會發生 1 次，但從全球視角來看會當作例行發生的事件。例如水災、地震、大火、盜竊或參訪者無意撞倒文物等。
- 常見事件：常見事件在每 100 年間會發生許多次。保存機構人員會經歷到這些狀況。例如：管線漏水、某些地區的常態性小地震、小火、超載的支架倒塌、持拿意外或小規模偷竊等。
- 累積性作用：累積性作用可能是連續或是間歇性發生，大多數文物保存機構人員會觀察到一些文物上發生累積性作用，也可說是老化。例如紙張泛黃、染料褪色、金屬腐蝕、石頭碎裂或織品磨損等。然而在風險分析時，發生次數頻繁的事件也可被視為累積性作用。

■ 風險承受 Risk Acceptance

有些風險會被機構所接受，有 3 個原因形成可承受風險：

1. 風險已被評估，並在組織的可承受風險標準之內。
2. 風險已被評估，並高於組織可承受風險標準，但沒有已知的可行手段來降低風險。
3. 風險未被識別，在還未被認出之前已被接受。

全面風險評估的目的是確保所有的可承受風險都是屬於已知的風險，而不是在第三類中未知的風險。

■ 風險強度 Magnitude of Risk

風險強度是指多種風險量化的衡量標準，可使用 ABC 量表來計算與比較。A 是將破壞性事件發生的頻率量化，B 和 C 共同量化文化資產的價值損失。綜合三者則定義了風險強度。

A 代表了破壞性事件多常發生？累積性作用需要幾年才會達到一定程度的損壞？例如大地震預期每 300 年發生 1 次，A 得分為 2.5。如果是累積性作用，可評估一定時間內的損壞程度，或是完全損壞所需的時間來評分。例如織品上的染料褪色，可訂定累積時間為 10 年，A 得分為 4，並前往 B 評估褪色程度造成的損失。也可估計 100 年會完全褪色，A 得分則為 3。

破壞性事件多常發生？

累積性作用需要幾年才會達到一定程度的損壞？

A 得分 5	~1 年	A 得分 2.5	~300 年
A 得分 4.5	~3 年	A 得分 2	~1000 年
A 得分 4	~10 年	A 得分 1.5	~3000 年
A 得分 3.5	~30 年	A 得分 1	~10000 年
A 得分 3	~100 年	A 得分 0.5	~30000 年

B 代表了單一文化資產的本身價值損失大小。單一文化資產是指藏品中的其中一項文物，例如圖書、文件、視聽資料或信封等；或是古蹟中的一部分，例如建築正面、屋頂、階梯或房內的裝潢等；又或是遺址中的一部分，例如井、埋葬地點、大門或壁畫等。

要估計價值損失必須先將損壞的類型和影響的範圍轉化成資料視覺化，之後評斷某一項文物的價值損失則依據損壞的類型以及其影響的範圍來計算。舉例來說，如果遭遇竊盜或是大火，會預期損失整體價值；如果是無防護的易碎物遭逢地震，則預期會有巨大價值損失；如果是古蹟門面遭塗鴉，會預期屬於價值損失較小。因此，在量化價值損失時，需將其功能或後續使用方式納入考量，可與所有人、使用人和管理人等討論以求得共識。如果風險類型屬於累積性作用，須依據 A 設定的時間內所累積的損壞來評估 B 得分。

B 得分	價值損失部分	文字對照	B 得分	價值損失部分	文字對照
5	100%	整體或幾乎整體價值損失	2.5	0.3%	
4.5	30%		2	0.1%	微小價值損失
4	10%	巨大價值損失	1.5	0.03%	
3.5	3%		1	0.01%	極小價值損失
3	1%	較小價值損失	0.5	0.003%	

C 代表了該風險對此文化資產整體規模價值的影響。該風險影響到的是整體、大部分或只是一小部分？受影響的部分重要性有多大？舉例來說，淹大水或是大火等風險會影響文化資產的整體，C 得分為 5。如果是部分影響，我們需要知道各部分佔總價值的百分比，可繪製圓餅圖呈現出相對重要性，再將受影響部分的價值百分比加總換算成 C 得分。

將 A、B 和 C 得分加總即可計算出風險強度。

C 得分	文化資產 價值受影響的比例	文字對照	C 得分	文化資產 價值受影響的比例	文字對照
5	100%	整體或幾乎整體價值損失	2.5	0.3%	
4.5	30%		2	0.1%	微小部分受影響
4	10%	大部分受影響	1.5	0.03%	
3.5	3%		1	0.01%	極小部分受影響
3	1%	小部分受影響	0.5	0.003%	

■ 優先順序 Prioritization

依據「風險強度」各項得分加總後，由高到低依序排列：

- 風險強度 15 ~ 13.5：災難等級。文化資產整體或大部分會在幾年內完全損壞，在風險處理的優先順序中排第一。
- 風險強度 11.5 ~ 13：極端等級。代表在大約數十年內，文化資產會遭受嚴重損壞，或是一些重要部分會完全損壞。一百年左右內整體或大部分會完全損壞。
- 風險強度 9.5 ~ 11：高等級。代表一百年左右內文化資產小部分的嚴重價值損失，大範圍的輕微價值損失，或是重要部分的輕微價值損失。
- 風險強度 7.5 ~ 9：中等級。在幾百年之內輕微損壞。在幾千年之內重要部分嚴重損壞。
- 風險強度 < 7：低等級。在幾千年之內極小的或不重要的損壞。

■ 風險圖 Risk Map

風險圖是針對幾種風險的圖形描述，並在地圖中的橫軸上說明風險的影響或重要性，而在縱軸上則說明可能性或頻率。落在高重要性與高頻率的風險將會在風險管理中會得到優先關注。風險地圖是用來幫助識別和量化風險，並確定處理的優先順序。

■ 風險處理 Risk Treatment

文化資產的風險管理主要為綜合性考量保存環境危害因子，探討文化資產受災的風險性質與嚴重程度，從中分析保存單位文化資產保存活用的願景目標、文化資產風險承受能力與管理方法。首先以風險降低而言，可儘量避免風險產生並降低風險發生時的嚴重性；至於風險轉移部份，則可從文化資產保險措施分散風險嚴重性。

當文化資產受到損害後，必須按我國文化資產保存法與相關規定進行緊急措施與事後補救，確實檢討受災原因以避免重蹈覆轍。

■ 風險降低 Risk Reduction

風險在評量之後分成可承受風險與不可承受風險，要選擇降低哪一項風險，需考量處理的成本效益和花費。在制定處理方案之後，如要量化方案的益處，可量化方案實施後的剩餘風險，也就是重新以風險強度的 ABC 量表計算，加總出剩餘的風險強度。另外也需要確認處理方案是否可連帶解決其他風險、是否帶來新的風險、是否符合相關法規，以及每年在維護上的花費是否在機構的預算之內。

■ 風險轉移 Risk Transference

文物保存機構可將風險移轉外部機構。例如文物付費投保時，即是將盜竊或損壞的風險移轉給保險公司。風險轉移假設了物品是可取代的，例如保險公司付費讓遭遇大火的建築重建。但以文物來說通常並沒有辦法取代，尤其是價值最高的文物。

■ 損壞後評估 Damage Assessment

文化資產受災後應立即評估其受災種類、緊急處理措施、通報主管機關、後續加固與修復策略與時程等擬定，應以受損狀況表單確實分析文化資產受損位置與程度、災害種類與受損原因等。文化資產受災後第一時間應透過現場人員的損壞狀況回報評估，通報相關人員同時應立即成立文化資產受災應變小組，評估事項包含盤點文化資產受損數量與狀況、臨時加固與維護策略或尚未受損文物的加強保護等。對於文物受災的因素評估後，應徹底檢討文物受災原因是否有人為疏忽因素，或是未來自然災害可能造成的可能性危害。

■ 緊急應變 Emergency Response

文化資產必須有緊急應變計畫來因應重大災害發生時有適宜的處置，例如風災、水災、震災、火災或其他人為災害下，易造成文化資產不可逆的毀損，因此緊急應變行動應包含文資搶救的處置，透過文資防災人員的演習做好事前防範措施。緊急應變計畫主要目的為避免文化資產受損程度繼續擴大，造成文資價值減損，因此在災害發生時的任務編組下，應有統一窗口向警消與相關單位通報以利協助救災，並第一時間疏散民眾，同時依循規劃依序及時地搶救出文物。待災害發生現場平穩後，以不再讓文化資產損害加劇為目標，儘快執行文資材料加固支撐、冷凍乾燥等臨時保護與初步修復措施，其後應提出完善的文化資產緊急修復計畫，以作為文資受災後的緊急應變處置之規劃。

■ 安全計畫 Safety Plan

為避免文化資產受災損壞，應以完整的文化資產安全計畫有系統且組織性地訂定文化資產安全計畫，以文化資產風險管理的執行來擬訂文化資產防災預防的預期目標與方式，從中規劃安全管理所需的資源與策略。文化資產安全計畫中必須包含相關預算、人力編制、專業技術與硬體設備等，儘可能降低文化資

產受災風險。文化資產災害管理規劃應結合管理維護的第一線人員、經營管理單位高層與中央、地方主管機關，共同提出願景與目標後藉由風險管控的政策，從中強化教育訓練與相關硬體設備提升。

■ 造冊編號 Tabulation

災害發生時應依循緊急應變計畫所擬定的文物搶救搬運優先順序執行，搶救文化資產緊急處置計畫必須先行將文物以搬運順序造冊編號，再參酌文物儲放位置與搶救動線的妥適性進行規劃。文物搶救優先順序以文化資產價值優先原則，輔以參酌文物展示或典藏位置，擬定最適宜的文物搶救搬運動線。並依緊急應變計畫執行文化資產搶救與人員疏散訓練，同時確認文物搶救造冊編號是否妥當。

■ 任務編組 Task Grouping

為強化文化資產防災與救災的緊急應變功能，應事前執行文化資產搶救人員任務編組，設立災害應變處置機制。事前應由文資管理單位設立緊急應變小組召集人，必須為單位主管或其授權之人，並分設文物搶救組、避難防護組與安全行政組等。任務編組主要目的在於災害現場分工，以及充分橫向協調聯繫，重大災害發生時可設立防災指揮中心，由召集人策劃救災搶救方策，初期減災與人員疏散以外，任務編組應以文化資產搶救工作為主，依據文資價值、現況、材質、構造等因素考量，進行文資救災的人員任務編組。

■ 可用安全疏散時間

Available Safe Egress Time

可用安全疏散時間（Available Safe Egress Time, ASET）是指災難探測時間、疏散預動作時間、疏散行動時間與安全裕

度之總和，也就是指災難發生時可運用的疏散時間。當文化資產場域發生火災或地震等危害發生時，第一時間必須妥善疏散民眾以維護人身安全，人員的可用安全疏散時間（ASET）必須高於必須安全疏散時間（RSET），讓民眾有充足的時間得以逃生，因此如何提高災難現場可運用的安全疏散時間，始終是最重要的安全管理作業之一。建議在文物典藏與展示場域中，應增加逃生出口數量、縮短疏散出口間的距離、增加疏散通道寬度以及在災難發生時可改善煙氣控制等。

提高可用安全疏散時間最大的關鍵仍在於災難發生當下的探測與警報系統靈敏性，以及如何以完善的緊急廣播系統及早示警，加上現場明確的疏散指示系統設計與充足的緊急照明設備設置，所有要素完備後方能提高文化資產場域安全疏散之效能。

必須安全疏散時間

Required Safe Egress Time

必須安全疏散時間（Required Safe Egress Time, RSET）指的是火災探測時間、疏散預動作時間、疏散行動時間之總和，也就是災難發生時必要的疏散時間，通常應低於人員可用的安全疏散時間（ASET）。人員可用的安全疏散時間是指從疏散開始至所有人疏散至安全區域的時間，例如室內發生火災危險區域與次危險的濃煙地區，疏散至戶外安全區域的時間應儘量降低。加上災難疏散預備動作時間主要是災難識別時間加上反應時間，由此可知必須安全疏散時間受限於災難探測儀器的靈敏度、識別度與反應度。為了能夠有更寬鬆的必須安全疏散時間，除了增加硬體設施以提高儀器反應，另外也可以藉由防災訓練來強化反應度。

■ 緊急搶救 Emergency Rescue

文化資產的緊急搶救計畫大致可分為「災害通報」、「支緊急應變小組」、「緊急處理災害」、「災後處理」等四大項。災害通報應是緊急搶救的首要步驟，應有中控室 / 中心或主要負責人來統籌，再從中聯繫組織內部防災編組，以及消防救災與主管單位。透過聯繫內部災害應變小組後，開啟文化資產緊急搶救行動，首先應先了解災情與發生原因，並連繫救災有關單位協助，評估初期減災的可行性做為。第一時間疏散民眾以外，也應投入受災民眾的照護。其次，儘可能避免災害擴大以外，若無法控制災害蔓延，在文物搶救搬運部分，應依據文物搶救造冊編號之優先順序處置，搶救完畢後應進行文物清點與紀錄。最後必須隨時注意二次災害或衍生多元災害的發生，並確認古蹟、歷史建築等之傳統建築的穩固性與文物儲放的妥適性，以利於後續緊急保護措施。

■ 文物保護 Protection of Artifact

文物在移動時難免會發生碰撞、衝擊、震動與壓力，因此必須採取一些防範措施來保護文物免於受到外在環境下不可控制的損害。

■ 碰撞 Impact

碰撞可能發生在持拿和運輸階段，發生的原因可能是文物與硬質外箱相撞、包裹相撞、文物的不同物件或配件相撞或是包裹掉落地面。碰撞造成的影響包括刮痕、凹痕、撕裂、磨損、裂紋或缺損的形成，也可能導致原先存在的缺損擴大。

運用適當的包覆和緩衝材料避免文物之間碰撞，在裝有多樣重物的容器中使用耐用的隔板和固定措施，並確保物體在運輸車輛中固定穩固完善。

■ 衝擊 Shock

衝擊最常發生在不當持拿文物導致意外掉落，也可能在運輸過程中因固定不當而從高層架中掉落。衝擊程度取決於物體硬度、碰撞表面的硬度以及掉落的高度，高度也就決定了物體碰撞當下的加速度。衝擊和碰撞的主要區別在於衝擊涉及更多的能量，可引起明顯變形。

衡量物體所能承受的最大衝擊程度稱為衝擊易碎性等級。物體的易碎性以 G 為單位，是地球重力加速度的倍數，例如玻璃瓶的易碎性是 60G。當包裝好的物體掉落地面，碰撞時外層容器突然減速，會導致幾千 G 的短暫衝擊。外層容器的彈性變形，加上緩衝材料的壓縮，將減少衝擊帶來的傷害。

■ 振動 Vibration

在運輸過程中會發生振動，另外木地板上的陳列櫃也會受到遊客走動與碰撞所產生的振動。然而這些振動可分為有規律週期性和不可預測隨機發生此兩種類型。一般運輸工具產生的隨機振動頻率為 1 赫茲到 200 赫茲，通常視為低頻振動，不會引起強烈或持續的共振，但仍然可造成一些問題，例如物體之間碰撞、磨損或是配件和固定物的鬆動。另一需要考慮的問題是如「聲音」造成的低頻振動可透過地面傳遞到包裝表面和緩衝材料而不減弱，對於脆弱文物來說仍可能造成損壞。

按照振動強度由高到低，常見的運輸方式排名為：卡車、軌道車、飛機與船。無論是採用什麼運輸方式，也要將包裹固定在運輸工具上並避免疊放，且使用額外的捆綁帶，避免主捆綁帶鬆脫。運輸工具除了應要

求具有氣墊承載裝置，更應該指定擺放位置來避開車輪上方或後懸空處。另外，在運輸前也必須先調查好路況並選擇最佳路線，避免運輸過程中發生任何意外事故。

■ 壓力 Pressure

在空運或是跨越高山山脈的卡車運輸的過程中，可能發生低氣壓的情況。壓力變化除了可能會使緊密封的物體發生破裂情形，也會影響瓶罐中液體的沸點導致洩漏。沒有壓力平衡功能的密封物體在運輸過程中因壓力變化而破裂，將會增加包裝箱的空氣交換率，從而降低其控制溫溼度的能力。因此，建議使用密封良好的木板條運輸箱以減少壓力變化帶來的空氣交換率。除此之外，可在包裝箱內密封墊中保留一個空隙，或是配備手動或自動的壓力平衡閥來解決包裝箱經壓力變化後難以打開的問題。

有一些包裝和緩衝材料是依靠空氣壓力來限制或承載物體，所以需要確保壓力變化不會導致包裝系統鬆動。

■ 文物裝載 Packing and Crating

文物進行裝箱前須以適宜之乾淨緩衝材料妥善包裝緩衝，並做好微環境的溫溼度控管，以避免文物移動過程受到衝擊或溫溼度劇烈變化下的危害。

■ 包裝 Packing

包裝的要點有方便搬運、提供支撐和保護、防潮、防光、防塵、防震以及避免表面磨損等，須依照文物本身特性決定最適合的外層容器、內層包裝、包覆材料、封條以及緩衝材料。常見的包裝方式有軟式包裝（Soft

Packing)、硬式包裝(Hard Packing)與多層次填充包裝(Multi-layer Cavity Packing)等。

軟式包裝常使用的材料包括毯子、無酸紙、氣泡布、紙板、泡棉板、運輸框架、泡綿塊和泡棉珠等。但軟式包裝無法使文物免於物理衝擊、穿刺以及環境變化帶來的損壞，因此只適用於短途運輸或是在建築體內移動。硬式包裝會使用聚乙烯或聚丙烯硬殼箱或板條箱，若是長途運輸可再使用緩衝溫溼度及防穿刺的外箱。多層次填充包裝則是會使用多層保護性泡棉切出一個與文物形狀相符的洞將其固定在內。

以下提供一些包裝的普遍原則：

- 避免過度包裝，物品在未取出的情況下應該要能夠清楚識別。
- 選擇夠大的包裝容器以承受物體的重量，並有足夠厚度之包裝材料空間。
- 有充足額外空間置放包裝材料。
- 填補容器內的空隙，防止物品在運輸過程中移動或晃動。
- 使用穩定、無酸包裝材料，避免在包裝中使用聚苯乙烯、報紙、羊毛、毛氈、木材、膠帶和可生物降解的材料，因為有可能降解並釋放有害氣體，或將酸性物質轉移到文物上，也可能吸引害蟲。若重複使用包裝材料須確保材料清潔且無蟲害。
- 如果分層包裝，重物放在容器底部，較輕的文物放在上面。
- 文物若有多個部分應分開包裝，例如茶壺和壺蓋。

- 拆除包裝的說明貼在最外側，必要時可附上照片，以便將潛在的損壞降到最低。
- 在運輸箱上貼標籤，標明內容物名稱及登記號，或是附上照片，並貼上易碎（Fragile）小心輕放（Handle with Care）、防潮（Keep Dry）、衝擊指示器（也稱為震撞指示器）震盪感應顯示器（Shock Indicator）、防傾斜指示標籤（Tilt Indicator）等標示。

■ 聚乙烯 Polyethylene

聚乙烯（Polyethylene, PE）是當今最常使用的塑料，成本低，但耐熱性較差。主要用於製造包裝用的袋子、薄膜和容器。聚乙烯通常有高密度（High Density Polyethylene, HDPE）和低密度（Low Density Polyethylene, LDPE）之分，兩者皆可回收利用。聚乙烯薄膜常用在運輸箱上做防水包裝，聚乙烯塑膠袋則常用在儲存小型物品，例如考古金屬或是有機物碎片。聚乙烯薄膜製成的袋子可在蟲害或黴菌侵襲的期間隔離單一文物，是一種低成本的方式。聚乙烯泡棉薄片（Extruded Polyethylene, EPE）常用做緩衝、減震層，包裝工作區也可鋪設聚乙烯泡棉薄片作為緩衝襯墊。聚乙烯發泡塊可做為易碎文物的緩衝支撐，避免因碰撞而受損，也可隔絕外來髒汙。

在文物保存環境中，聚乙烯塑料可能使用 5 到 10 年即會脆化或撕裂，尤其與含有油脂或溶劑的物品接觸。如要長期以塑料包裝存放文物，應考慮聚對苯二甲酸乙二酯（Polyethylene Terephthalate, PET）或是聚丙烯（Polypropylene, PP）。

■ 聚酯 Polyester

聚酯（Polyester）是一類在其主鏈的每個重複單元都含有酯類官能團的聚合物，聚酯有很多種，最常見的是聚對苯二甲酸乙二酯（Polyethylene Terephthalate, PET）。聚酯製成的纖維稱為滌綸，是最主要的合成纖維。聚酯可分為天然化合物類型的植物角質和人工合成類型的聚酯纖維。天然聚酯可生物降解，大部分人工合成聚酯則不能。

編織後的聚酯纖維被廣泛用於日常生活，例如服裝、床單、毯子，傢俱軟墊和枕頭的填充物等。聚酯還可用於製造瓶子、薄膜、防水布、液晶螢幕、木製品裝飾材料等以及其他工業上的用途。

聚酯填充棉是一種平坦厚實的襯墊，可以做為非常柔軟的緩衝物，例如做為輕量文物的襯墊或是內部包裝的支撐。聚酯墊毯可用來包裹易碎文物，減少搬運時的碰撞。

■ 聚丙烯 Polypropylene

聚丙烯（Polypropylene, PP）是一種堅韌、剛性、結晶性的熱塑性塑料，由丙烯單體組成，是當今廣泛使用的三大聚合物之一，也是當今在塑料商品中密度最低且最便宜的塑料之一。聚丙烯可作為塑料也可作為纖維應用於汽車工業、工業應用、消費品以及傢俱市場。

聚丙烯常做為包裝文物之材料，具有化學惰性不易變質。聚丙烯薄膜有兩種主要形式，其一是流延聚丙烯膜（Cast Polypropylene, CPP），比聚乙烯薄膜的挺度更高，具有優良的抗撕裂和抗穿刺能力，透明度高，在高溫下有更好的耐熱性，防潮性和耐衝擊性

佳。另一種是雙向拉伸聚丙烯薄膜（Biaxially Oriented Polypropylene, BOPP），拉伸增加了強度、剛度、光澤度、透明度和阻氣性。聚丙烯發泡作為無酸泡棉，運用在運送包裝上是良好的防護材料。

大型及過重文物可置放於聚丙烯塑膠棧板的可移動平臺上，在搬運時搭配活動輪或是油壓拖板車移動，降低損壞的機率。運輸用的內箱材料也可選擇聚丙烯防水塑料箱。

高密度聚乙烯纖維

High-density Polyethylene Fiber

高密度聚乙烯纖維（High-density Polyethylene Fibers, HDPE）衍生自聚乙烯，這種紡粘烯烴產品是美國杜邦公司於 1955 年發現，並在 1967 年註冊商標為泰維克（Tyvek®）。Tyvek® 是 100% 高密度聚乙烯，沒有任何填料或黏合劑，將 0.5 到 10 微米的無方向性細長白色連續纖維，透過熱和壓力黏合，結合了紙張、布料和薄膜的特點，並可縫合和膠合。

此材料具有化學穩定性，特性堅韌、抗水、抗撕裂，耐磨、耐酸鹼且輕薄柔軟，可阻擋熱氣、寒氣、紫外線、污染和害蟲等，並具有良好的透氣性，是保護繪畫、服飾、傢俱、大型文物的理想材料。高密度聚乙烯纖維可在接觸文物的部分提供柔軟的表面，例如油畫、石器、神像或中小型雕塑等可使用泰維克包裝，也適合做為包裝箱中穩定文物的緩衝材料和防潮襯墊。

■ 聚四氟乙烯 Polytetrafluoroethylene

別名：鐵氟龍

聚四氟乙烯（Polytetrafluoroethylene, PTFE）是杜邦公司於 1944 年註冊商標為 Teflon 一般稱為鐵氟龍，材質特性絕緣、耐高低溫、抗酸鹼、抗有機溶劑，無毒且不吸水，表面摩擦係數極低，已知的固體材料都不能黏附在表面上，主要應用於不沾鍋的表面塗層、電纜的保護層和鐵氟龍纖維（Gore-Tex®）等。

鐵氟龍纖維（Gore-Tex®）是一種層壓材料，一面是聚酯氈，另一面是鐵氟龍。此材質的膜具有多孔性可釋放溼氣，同時限制水紛等大分子的滲透，可讓物體呼吸調整溼氣同時防水。表面光滑，極為耐用，是包裹物體和空隙襯墊的絕佳材料，可使用於表面極其脆弱的大型重物。然而 Gore-Tex® 價格昂貴，通常在其他材料無法滿足需求時才會使用它。

在文物包裝時會使用鐵氟龍螺紋密封帶（Teflon® Threadseal Tape），因其材質具有各方向極強的伸縮性，可輕易符合物體或凹洞的形狀。主要用於表面極其脆弱的輕量物體，可與聚酯毯搭配使用，以符合複雜的形狀幫助穩定物體、減輕振動。

■ Dartek® 網狀尼龍薄膜

Dartek® Cast Nylon Film

Dartek® 原為杜邦公司的註冊商標，是一種熱塑性尼龍薄膜，比玻璃紙更柔軟，具有類似布的質感。材質特性透明、堅固、抗撕裂，具有低氧氣和溼氣滲透性、耐磨、良好的氣體和油的阻隔保護以及抗拉強度。能夠吸收其重量 10% 的水分，在不規則的表面上有更大

的柔韌性，可透過溫和的加熱，例如使用吹風機以符合任何形狀。

在現有的 Dartek® 薄膜中，C-917 是最常用於文物包裝、存放和保存的薄膜，適合做為透明的防塵罩，它沒有增塑劑、添加劑或表面塗層，並含有熱穩定添加劑，可替代玻璃纖維，用於包裝容易沾黏和磨損的繪畫。可剪裁，也可使用熱熔膠或雙面膠黏合。

■ 緩衝材料 Cushioning Material

緩衝材料用於吸收衝擊和震動，以及緩衝溼度。大部分的緩衝材料是使用不同密度的發泡塑膠、襯墊或毛氈等，通常會依據材料密度一層一層組合包覆，可填充外層硬質容器內部的額外空間，或在物體內部填充材料，以更充分地保護物體與容器接觸的區域，確保緩衝材料足以應對預期的衝擊和震動。

常用的緩衝材料包括：

- 聚乙烯泡棉：無酸，具有化學惰性，重量輕，有減震作用，可承受反覆衝擊。此材料幾乎不透水，並具有穩定的化學特性，使其成為長期存放容器的合適材料。聚乙烯泡棉有各種各樣的密度，可以根據文物的重量或形狀來選擇與裁製。一些常見的品牌名稱包括 Ethafoam®、Polyplank® 和 Volara®，由於光滑且無磨損，非常適合直接接觸脆弱的表面。
- 氣泡布（Bubble-pack™）：一種夾有氣泡的塑膠透明包裝材料，能夠避免碰撞造成的損壞。因為氣泡若因為環境因素或是長時間包裝導致老化，會在物體表面留下印記，在使用該產品時，氣泡的一面要遠離文物的表面。若使用於尖銳的物體可能會破壞氣

泡。可多使用幾層以使緩衝效果最大化。包裹氣泡布前建議先用無酸紙或乾淨無漂白棉紗布將文物包覆，以保護其表面並緩衝相對溼度。

- 聚氨酯泡棉：（Polyurethane, PU）另稱為 PU 泡綿，是最好的緩衝材料之一。它容易切割，柔軟的彈力特性可以非常有效地吸收衝擊，但是它化學性質非常不穩定，所以只用於短期運輸包裝。絕大多數聚氨酯泡棉是以醚為基底，時間一久即會脆化及變色。以酯為基底的泡棉降解速度較慢，更抗撕裂，但也會變黃和脆化，失去緩衝的性能。在泡棉和文物之間一定要有隔離物，如無酸紙或 Tyvek®，避免直接接觸。

■ 調溼材料 Humidity Control Material

調溼材料包括乾燥劑和調溼劑，用於吸收微環境中的水分，維持乾燥或是保持在特定相對溼度。乾燥劑包括無水氯化鈣（ CaCl_2 ）和矽膠（Silica Gel），兩者皆可加熱重複使用。調溼劑有不同商品廠牌可選擇，例如 ArtSorb®、Nikka Pellet 等。ArtSorb® 是專門為藝術與博物館領域製造，成分是二氧化矽，有片狀和珠狀兩種形式。在一個密封的空間使用時，ArtSorb® 會在太潮溼時吸收水分，太乾燥時釋放水分來保持穩定的相對溼度。

■ 無酸紙 Acid-free Paper

無酸紙是指不含游離酸的紙張，因此具有更強的耐久性。無酸紙不含木質素（Lignin）與硫（Sulfur）並由高質量的紙漿製成，pH 值在 7 以上，分為有緩衝劑（Buffered）或無緩衝劑（Unbuffered）兩種。緩衝劑

是在造紙過程加入碳酸鈣以中和紙漿酸性，並有助於吸收任何漂白殘留物、黏膠、降解產物或空氣污染物形成的酸性物質。因緩衝劑可能對蛋白質造成影響，含有蛋白質的動物性材質例如羊毛、皮革、絲綢或是其他對鹼敏感的材料例如銀或彩色照片等，則會使用無緩衝劑的中性無酸紙。

無酸紙有不同類型，例如半透明玻璃紙、無酸性保護紙或是厚質包裝紙等，可用於包裝不同形狀的文物，做為背層襯墊或是畫作、織品、照片、書籍、陶瓷和玻璃器物之間的填充和保護隔層。另有無酸卡和無酸紙板，可做包裝內盒、隔板、檔案夾或是照片背板等。

■ 文物運輸 Transportation of Artifact

文物搬運時必須妥善維護避免碰撞、掉落或過度震動，同時亦應注意輔具、關口及儲存區的動線，避免文物移動過程受到衝擊的危害。因此，在文物持拿和運輸規劃都有詳細的規定與要求。

■ 文物持拿 Object Handling

無論移動距離遠近，文物在持拿和運輸的過程中都相當容易遭受損壞，因此非必要時不要移動文物。所有文物持拿的工作人員都需要經過訓練。持拿與移動文物需使用適當的設備，常用設備包括平板車、手推車、滑車、托盤升降機、聚乙烯搬運箱和物體支撐托盤。

持拿文物時須注意的事項包括：

- 查看文物的結構特性和狀況，確認文物足夠堅固可承受移動的變化。

- 查看文物紀錄、狀況報告和照片，確認文物是否曾經損壞並經過修復，以及是否有相關紀錄給予搬運時的注意事項及方法。
- 一次拿取一件文物，並用雙手給予支撐，且移動的過程避免匆忙。
- 避免從突出的把手或是邊緣提起文物，那裡通常是結構脆弱之處。
- 持拿大部分文物需穿戴棉手套，但表面光滑的文物與表面為油性或可能沾黏棉花纖維的文物則建議使用乳膠或丁腈手套。

確認有足夠的人力搬運。

- 避免為了節省時間而讓推車超載，或是讓文物互相堆疊；也需避免過快、急煞和急推。
- 在移動文物前須規劃好路線，清除路上障礙物，以及確認抵達後擺放文物的地方是否足夠寬敞安全。
- 搬運箱若放置多樣文物，必須在文物之間使用隔板、保護墊或其他具有彈性的緩衝材料來吸收和消散衝擊。
- 運輸完成後必須仔細檢查使用過的包裝材料，避免遺漏掉任何一個小型文物。
- 若在持拿文物時造成損壞，必須立即回報做成紀錄。

■ 運輸規劃 Transportation Planning

文物運輸的路途越長，遭受損壞的風險就越高。因此，提供文物足夠的支撐，並盡可能減少風險危害是在運輸規劃中非常重要的部分。

長途運輸時文物會面臨的危害包括：

- 震動。
- 溫度或相對溼度發生大幅度地波動。
- 多次持拿。
- 裝卸貨時的震動和碰撞。
- 光照和紫外線輻射。
- 空氣污染物。
- 竊盜或遺失。

在文物踏上旅途之前須準備的事項包括：

- 須評估文物是否夠堅固，能夠承受運輸壓力。
- 如果文物需要更多緩衝，可使用具有氣墊承載裝置的運輸工具。
- 包裝前對文物進行記錄和拍照，以辨別和評估運輸過程中可能會造成的損壞。
- 貴重文物可將溫溼度、震動或衝擊記錄器和標識置入包裝箱當中，用來確定撞擊的時間，釐清責任歸屬。
- 確認目的地的環境條件以及當地文物的負責人。
- 運輸方式會影響包裝方式，以及運輸箱與包裝箱的大小。
- 任何的運輸方式都有一定的風險，因此建議為文物辦理藝術品保險。

■ 文物暫存計畫 Temporary Storage Program

當文物典藏或展示環境因災害發生致使文物有受損之虞，文物典藏單位應依文物價值、材料特性與儲放位置，加上建築結構、空間配置與展櫃之特性，事先備妥文物搶救工具設備，以及移動文物的無酸包裝材。文物搶救時，應妥善開櫃取出後裝箱，運送文物至安全暫存地點儲放。文物搶救期間之搬運路線應劃定警戒區，並且實施人員管制，搶救出的文物依緊急應變計畫所擬暫存儲放地點安置，文物搬運過程應設有專用撤離通道，管理人員應親自運送戒護並全程監控之。

■ 文物暫存環境

Temporary Storage Environment

基於搶救文物撤出災害現場之目的，文物撤離原有的典藏空間與時，應入藏至妥善的典藏庫房，文物暫存的典藏環境應比照一般庫房典藏條件，應有適當的恆定溫溼度、無蟲害與黴菌侵襲、防震與防火等措施。若因災後情況緊急，無法妥善放置於專業文物典藏庫房，文物暫存環境應以安全、穩定且通風等要素為主，並且以溫溼度計記錄文物保存環境的變化，同時確實執行防盜防搶之保安管制。另外，災害搶救時文物狀況良好之包裝箱與填充物應予保留，並於明顯處加註搶救文物登錄號，以待後續文物回歸原典藏地點時使用。

■ 風險預防 Risk Prevention

文化資產的風險預防作為以降低災害與劣化發生的預防措施為主，在科學實證與具效益的風險預防處置下，以文化資產受災的風險規避、轉移與降低為目標，從而避免文化資產產生巨大的損害。因此必須妥善進行文化資產的安全防護策略與措施，包含火災防治上的消防管理、警報與滅火系統；預防文物碰撞損壞的包裝運輸與防震措施等。

■ 預防性措施 Preventive Action

預防性措施的執行原則與預防性保存相同，詳見第一章「預防性保存」。

■ 安全防護 Safety Protection

文化資產保存應採取妥善的安全防護措施，以預防災害並妥善保護文物的措施為主。文化資產安全防護的作為主要以有系統組織性地安全計畫，整體性檢視文化資產危害風險並預防性控管；災害發生應有足夠的疏散時間，從中維護人身安全並及時搶救文物；同時以保護區來確保文化資產安全，從中降低災害發生時的危害。

■ 保護區 Conservation Area

保護區是指依規定劃定的文化資產保護範圍，特別是為提升文化資產消防性能，必須以保護區來強化文化資產的防火設計，並以建築類別的相關防焰硬體作為防火設施。

保護區包含古蹟、歷史建築及遺址等文化資產和文物典藏與展示所涉及的周邊區域與消防基礎設施的設置場域，透過保護區的規劃可確實提升文化資產消防的總體布局。傳統建築應有防火控制區作為保護區，以受保護建物與文物為主的廊帶作為保護區範圍，分隔若干獨立防火區域。另外，還必須在文化資產的建築和典藏文物的場域裡設置防火隔離帶、消防道路、防火牆等防火區劃，藉由保護區的設置提升減災與救災能力。

■ 展示櫃 Showcase

展示櫃為文物的展示與儲存提供了一個獨立空間，氣密性佳的展示櫃可以有效降低外部環境的影響，達成內部環境相對平衡。除此之外，展示櫃為了符合不同類型文物的展

示需求而發展出許多類型，例如有獨立櫃、入牆櫃、懸掛櫃與沿牆通櫃等。展示櫃除了內部要有充裕的空間安裝恆溫恆溼系統之外，玻璃也需要選擇透光率高但低反射的超白夾層玻璃或低反射夾層玻璃、另外還需要增加防震與警報防盜等裝置。

監測環境衝擊因子

Monitoring of Environmental Impact Factors

通過對文物和保存環境有危害影響的各種衝擊因子含量的監測，並定期追蹤其變化，以便採取適當的預防性措施來保護文物。常見的環境衝擊因子監測有密閉環境中的溫溼度、光照、空氣品質與有害生物等。

移除環境衝擊因子

Eliminating of Environmental Impact Factors

針對其環境衝擊因子採取相對應的措施或設備來處理，例如使用溫溼度記錄器來監測和安裝空調系統來解決環境中的溫溼度變化；環境中光照的影響可藉由照度紫外線記錄器來監測和選用合適的人工照明設備來解決；至於空氣品質偵測器則可識別空氣污染物，而裝有特殊過濾網的清淨器能有效減低空氣污染物的含量等。

降低環境衝擊因子

Decreasing of Environmental Impact Factors

通過監測所提供的數據，量化文物周遭的環境衝擊因子來辨識文物和保存環境即將面臨的風險，以便確認所採取的對策或替代方案能降低環境劣損的衝擊。

■ 防災管理 Disaster Risk Management

防災管理是提前準備立即採取或必要的行動應對災害的能力，以防止其發生或將其影響降至最低。主要目的是降低影響文化遺產的完整性和可持續性的風險，同時也降低人身安全和其他資產損失的風險。防災管理分為三個主要階段：災前、災中和災後，進行防災監測與風險評估等，針對不同階段製定和準備各種防災措施，以減少災害的影響並在災後能更快速的恢復、重建。應根據文化資產的具體情況和設施量身定制防災管理計畫，並應涵蓋所有相關威脅和風險，如地震、水災、火災、風災等，且計畫應規定減少災害風險的目標和具體目標，以及實現這些目標的相關行動。

■ 防災等級 Disaster Risk Ranking

透過定性、半定量或定量的災害風險評估方法分析潛在危害和評估現有的暴露條件和脆弱性來確定災害風險的性質和程度，考量災害發生的機率以及可能產生的衝擊後果，等級的設立可根據情況進行設計，或是根據量化數據分成可接受 (Broadly acceptable)、最低可接受的風險 (As low as reasonably practicable, ALARP) 和不可接受 (Unacceptable) 三個等級。目的是希望依據客觀數據來決定哪些應該優先處理的災害風險，尤其在進行防災管理時，若有人力以及預算考量時，防災等級的排序就可以有效的幫助管理者選定應該優先處理的可能災害，以維持有效的防災管理。

■ 防災措施 Disaster Prevention Action

防災措施是根據研究得出可應對潛在災害的一系列預防措施。災前準備活動包括風險評估、針對特定危害的預防和緩解措施，如維護和監測。並且建立應急小組、疏散計畫和程序、預警系統和演習以及臨時儲存點等措施。而在通常被認為在事件發生後的最初 72 小時內持續的災難情況下，需要提前制定和實踐各

種人員訓練和文化遺產的應急響應程序。災後的措施包括損害評估、通過修復、恢復和翻新等干預措施對文化遺產的受損部分進行處理，以及恢復活動。

■ 防災監測 Disaster Prevention Monitoring

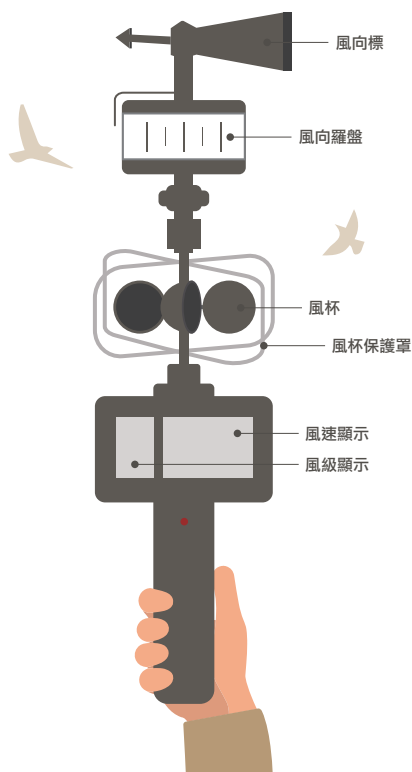
防災監測是透過科學方法以及技術，即時或接近即時地監測和檢測可能的危害，提供整合性的災害資訊，協助主管機關及相關人員於災前、災中進行決策判斷及應變動作，幫助防災管理。如針對地震、水災、火災、風災等進行監測，能夠預防或者減低災害對文化資產造成的影響。

■ 風災監測 Wind Monitoring

風災監測為使用不同科學方法和設備來監測文化資產受到風災威脅的可能性。可以使用風向風速計進行即時監測，或是以中央氣象局發佈之颱風資訊結合颱風動態圖與文化資產點位進行疊圖，分析颱風警報範圍內以及颱風暴風圈內受影響的文化資產。

■ 風向風速計 Anemorumbometer

風向風速計一種測量設備，可用於風速和風向的測量，掌握文化資產現地風速和風向。風向計使用一個形狀不對稱之物體，一端較輕而且尖細，尾端較重且寬，對空氣產生阻力最大的一端就會移動到下風處，因此較輕的一端就會迎向風的來向，指出風向。風速計包含一個具有垂直旋轉軸的螺旋槳或風杯、一個定向裝置和一個通過垂直軸與轉盤連接的記錄器。透過螺旋槳或風杯轉動而誘發電壓，經過整流及轉換後將信號輸送至記錄器記錄風速變化，用於監測古蹟或歷史建築區域氣候。



■ 火災監測 Fire Monitoring

火災監測是即時檢測並且評估潛在的火災危險、偵測火災的發生並提醒人員，以便在火災發生初期迅速採取保護措施並對火災情況採取行動。通常由火災偵測系統和火警警報系統組成。

■ 火警警報系統 Fire Alarm System

一旦火警警報系統中的自動偵測器或自動灑水噴頭偵測到火勢，抑或是有人手動觸發警報裝置，將連結控制面板生成包含聽覺和視覺的警報信號來提醒人員疏散。有些火警警報系統還會有一個遠程信號系統，通

過一個經常有人值守的監控中心向消防隊發出火災警報。火警警報系統類型有傳統型火警警報系統、定址型火警警報系統、智慧火警警報系統和無線火警警報系統。

■ 火災偵測系統 Fire Detection System

火災偵測系統由熱偵測器、煙霧偵測器和火焰偵測器組成，這些可以單獨使用或組合使用，被觸發時可以自動關閉防火門並啟動滅火系統，也會與警報器結合使用觸發火災警報。火災偵測系統目的在於火災發生的早期發現火災，當時仍有時間來安全疏散居住者並抑制火勢，且可以減少財產損失並最大限度地減少運營的停機時間。

■ 抽氣式煙霧偵測器系統

Aspirating Smoke Detector System

抽氣式煙霧偵測器系統必須不斷地從需要保護的區域中抽取空氣樣本，並評估它們是否存在煙霧。此系統能確保在古蹟、歷史建築、博物館以及檔案館這種高風險且要求嚴格保護的區域內進行可靠的火災探測，並儘早發現到可能發生的火災。它們不僅提供極其靈敏的煙霧偵測，甚至能夠偵測到最小的氣溶膠濃度。另外，還可以隱藏在天花板的縫隙之中，使其幾乎不會從外觀發現，因此經常用於需要美感的展示廳或是參觀用的古蹟或歷史建築等。

■ 煙霧偵測器 Smoke Detector

煙霧偵測器能識別處於引燃或早期火焰階段的火災。最常見的是離子式煙霧偵測器，它可以沿天花板或高牆放置。離子式煙霧偵測器利用二氧化鉬 (AmO_2) 作

為游離腔中的游離輻射源放射 α 粒子使空氣游離而可以導電，所以當煙霧粒子進入游離腔時，煙霧粒子會與離子相結合並降低空氣導電性，減小通過兩電極間的電流。若電流降低，探測器就會發出警報。對於畫廊和中庭等大型開放空間，則是使用投射光束的光電式煙霧偵測器。此種偵測器由兩部分組成，一個光發射器和一個接收器，分別被安裝在相隔一定距離處。當煙霧在兩個組件之間移動時，傳輸的光束會被阻擋，接收器不再能接受到完整的光束強度，而被偵測為煙霧而啟動警報。第三種則是上述提到的抽氣式煙霧偵測器系統。

■ 水災監測 Flood Monitoring

水災監測是以監測即時雨量以及水位，及早對淹水等水災危害進行警戒的方法，能夠及早應變災害情況，保護文化資產。例如使用水位監測器來監測古蹟、歷史建築及遺址等文化資產和文物典藏與展示場域附近的水位。

■ 水位監測計 Water Level Monitor

水位監測計可以定期記錄水位，其中的水位記錄器具高度靈敏的壓力感測器，可以檢測到水位的最小變化，並且發送警報，提醒管理人員注意情況。通過利用水位監測計，在水位過高或過低的情況下，更容易快速部署對策，幫助進行文化資產的風險評估和防災預警。可以用來預測水災，或者部分文化資產現址需要注意地下水位，以防地層下陷所造成的危害。

■ 震災監測 Earthquake Hazards Monitoring

震災監測是利用測量儀器來即時偵測地動信號，達到即時監測地震活動的功能，根據監測結果進行關注，以應對可能對文化資產造成的損害。可以使用地震儀監測，也可利用歷史數據來識別斷層帶和未來地震發生的可能，以及評估地震危害。

■ 加速度計 Accelerometer

又稱加速規、加速計、加速針、加速度感測器、重力加速度感測器等，是一種振動感測器，可測量與施加到物體上的力成正比的加速度，該力會導致物體改變其位置或速度。與數據收集和分析硬體和軟體一起使用時，加速度信號可以通過積分器或電腦進行積分以獲得速度和位移信號，以監測振動的幅度和頻率，用於檢測到地震。加速規是小尺寸的便攜式感測器，通常側面小於 100 毫米，因此它們可以輕鬆放置在結構中的關鍵位置，監測建築類文化資產或是文物典藏和展示空間現址的地震。

■ 防災設備 Disaster Prevention Facilities

防災設備是幫助進行不同類型的災害預防以及初期抑制的各種設備，包含防風設備、消防管理設備、滅火系統、防水設備和防震設備。

■ 防風設備 Wind-proof Facilities

防風設備是用來幫助抵禦強風的設備，可以減少風災所造成的危害。其中又分為導風設備與擋風設備。

■ 導風設備 Wind Deflecting Facilities

導風設備可以有效的導引或偏移氣流方向，幫助通風與抗風，降低衝擊。例如裝設於建築物開口的導風板，除了可以增加建築物內與室外自然空氣對流以外，也可以在風大時關上，用作擋風用途，阻擋強風進入室內。

■ 擋風設備 Wind Breaking Facilities

擋風設備是能夠遮斷風流的設備，運用空氣動力學原理強風來襲時能夠使擋風設備內側形成無風或弱風狀態。常見的擋風設備有擋風牆、防風網和防風柵等。

■ 消防管理 Fire Management

消防管理主要為透過監管、檢查與維護等措施，促使古蹟、歷史建築及遺址等文化資產和文物保存環境中火災危害的降低，並且透過消防防護計畫編列自衛消防編組，進行用電與用火管理以及消防安全設備管理維護。再透過建築類文化資產和文物保存環境的防火間隔從事防火區劃，依耐火等級來區分消防層級與策略，以有效進行文化資產防火管理。

■ 防火 Fire Prevention

防火是採取預防措施來降低火災風險，是一種防止火災損失的快速方法。古蹟、歷史建築以及地方博物館等為了降低火災風險，其規劃過程可依據建造物的規模而改變，但通常包括以下階段：

- ・ 記錄場所的重要特徵，並了解其文化意義。
- ・ 除了生命安全之外，還要選定具體需要重點保護的目標物。

- 識別現場的火災隱患。
- 檢查和選擇能夠滿足重點保護的目標物安全方案，同時最大限度地減少對現場重要文化方面的影響。

火災發生的原因可能是源自於自然因素，例如閃電和野火；又或者是人為因素所導致，例如縱火、電氣故障、烹飪、吸煙、燒香或放煙火等各種事故和疏忽。為了消除這些風險是防火策略的重要組成部分，除了訓練人員熟悉火災因應計畫，並知道如何發出火警與作出適當反應之外，平常時還必須檢查煙霧偵測器、灑水器、防火樓梯、防火間隔和其他方便安全的逃生出口等，來確保這些因建築規範所設置的防火設施能發揮其功能並有效限制火勢蔓延。

■ 防火間隔 Fire Separation Distance

從建築物外表面到基地境界線的距離可能會影響防火門或固定式防火窗等防火設備之防火等級。按《建築技術規則建築設計施工編》（民國 110 年 10 月 07 日）如果兩個或多個建築物佔據一個場地，建築物之間的分隔也會受到影響。在這種情況下，必須建立一個理想的基地境界線。防火間隔即為從建築物表面到以下其中一項所測量的距離：

- 最近的建築物之基地境界線。
- 到街道、小巷或公共道路的中心線。
- 一基地內二座建築物之間的假想基地境界線。

依據 2015 年國際建築規範（International Building Code）規定，外牆所需的耐火等級取決於建築的結構類型、居住群體和防火間隔。另外，防火間隔還決定了牆面開口的允許面積和開口保護程度。

■ 防火區劃 Fire Zoning

防火區劃為建築物或建築物的一部分，包括一個或多個房間、空間或樓層，旨在防止火勢蔓延到同一建築物或相鄰建築物的另一部分或從該部分蔓延。根據中華民國建築技術規則建築設計施工編第三章第四節規定，防火區劃為防火構造建築物總樓地板面積在一千五百平方公尺以上者，應按每一千五百平方公尺，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板區劃分隔。防火設備並應具有一小時以上之阻熱性。而區劃範圍內，如備有效自動滅火設備者，得免計算其有效範圍樓地板面積之二分之一。「建築技術規則建築設計施工編」第三章第四節內有更多防火區劃外牆、免區劃等詳細規範。

■ 耐火等級 Fire Resistance Rating

耐火等級為依測試程序規範某一材料或結構組合能耐暴露於火焰中，能承受火焰通過和熱量傳遞的時間，以分鐘或小時表示。例如混凝土地板可耐火 45 分鐘、鋼框磚合板製牆可耐火近 2 小時和鋼筋混凝土柱則可耐火 5 小時等。

■ 防煙區劃 Smoke Control Zone

防煙區劃是以防火防煙之牆壁、樓板將建築物內部區隔成數區，讓煙霧被限制在一個區域內，且該區域須具有獨立的排煙系統，達到控制煙霧、降低煙霧擴散速度的目的。根據中華民國《各類場所消防安全設備設置標準》第 188 條規定以下為防煙區劃：每層樓地板面積每五百平方公尺內，以防煙壁區劃。但戲院、電影院、歌廳、集會堂等場所觀眾席，及工廠等

類似建築物，其天花板高度在五公尺以上，且天花板及室內牆面以耐燃一級材料裝修者，不在此限。地下建築物之地下通道則每三百平方公尺應以防煙壁區劃。而防煙壁指以不燃材料建造，自天花板下垂五十公分以上之垂壁或具有同等以上阻止煙流動構造者。但地下建築物之地下通道，防煙壁應自天花板下垂八十公分以上。此外，排煙設備的設置，也在該條文中有詳細規範。

■ 滅火系統 Fire Extinguishing System

文化資產滅火系統中的滅火物質主要分為氣體與水兩大類。自動灑水系統主要分為細水霧、水基、預動與開放式或乾式與溼式等，氣體則是鹵化烷、二氧化碳與惰性氣體。以灑水滅火主要以水滴包覆火源並降低溫度機制，可分為系統作動與水霧性分類，但必須注意救災後文物水損的危害。氣體式滅火系統可避免文物浸水損壞，但是化學氣體或惰性氣體因釋放時牽涉人身安全，必須有更嚴謹的規劃與防護區隔的設置，另外也應避免腐蝕物質造成文物二次損壞。在保存文化資產的滅火系統的滅火物質以水基為主。

■ 制火系統 Fire Suppression System

文物保存機構使用多種不同類型的滅火系統，在制火系統是以氣體為滅火物質的滅火系統來控制和抑制火勢，以便最終將其撲滅並防止重新點燃，保護建築物及文物避免受到損壞。

■ 自動灑水裝置 Automatic Sprinkler

自動灑水裝置是一種帶有熱啟動元件的滅火或控火裝置，由數個易熔合金灑水噴頭組成，通過管道系統連接到供水系統並且配有控制閥。當空氣溫度上升到或

高於設備的指定溫度時，灑水裝置會自動運行，在指定區域噴水。在現代系統中，灑水噴頭彼此獨立運行，只有緊鄰著火點的灑水噴頭才能噴水，從而最大限度地減少水造成的損害。安裝在建築物內的自動灑水裝置可以充分控制火災隱患，是在早期階段對抗火勢蔓延的有效方法，能夠在火勢較小時滅火並防止人員受傷與財產損失。

水基滅火系統

Water-based Fire Suppression System

以水為基底的滅火系統利用便宜且容易獲得的水來控制火勢，包含溼式灑水滅火系統（Wet Pipe Sprinkler System）、預動式灑水滅火系統（Pre-action Sprinkler System）、乾式灑水滅火系統（Dry Pipe Sprinkler System）、開放式灑水滅火系統（Deluge Sprinkler System）與水霧式滅火系統（Water Mist Fire Sprinkler System）。以水為基底的滅火系統可能會造成水損相關問題，但通常只有鄰近起火點的撒水頭或噴頭才會啟動，大多一至三個灑水噴頭便能控制火勢，受到損害的範圍在可控範圍且比消防水柱少。

乾式灑水滅火系統

Dry Pipe Sprinkler System

在乾式灑水滅火系統中，管道中充滿了壓縮空氣或氮氣，當灑水噴頭打開時會釋放這些氣體，使水流入管道並噴灑入火中。這種系統的反應時間較慢，但在可能發生管道凍結情形的區域卻非常有用。管道通常由鋼製成，並藉由充滿氮氣以減少空氣和水的組合所造成的腐蝕，但是這會增加初始成本並成為另一個維護問題，除了上述提到的問題之外，也可能會發生漏水

和誤灑的風險。因此，這種系統中的管道很需要比溼式灑水滅火系統更頻繁地日常維護和檢查。

溼式灑水滅火系統

Wet Pipe Sprinkler System

溼式灑水滅火系統是最常見、最可靠、最容易維護且相對便宜的滅火系統。管道中會充滿具壓力的水，當灑水噴頭遇高溫而啟動時，水會立即從管道中噴灑而出。管道中的水可以減少鏽蝕和水垢，同時這種系統反應快速又有效，因此在大多數應用中推薦使用溼式灑水滅火系統。

預動式灑水滅火系統

Pre-action Sprinkler System

預動式灑水滅火系統需與火災探測系統配合使用，其設計與乾式灑水滅火系統一樣，管道內充滿壓縮的空氣或氮氣。唯有當探測器指示發生火災時，控制閥會打開讓水進入管道，直到噴頭檢測到高溫被啟動後，水才會從管道中灑出。預動式灑水滅火系統可分成兩種類型：

單聯鎖型：火災探測系統檢測到火災時，控制閥會開啟使水流入管道系統。但是若灑水噴頭沒有啟動，水會留在管道中而不會排出，直到灑水噴頭檢測到火源。如果灑水噴頭在火災探測系統檢測到火災之前啟動的話，系統將會發出故障警報。

雙聯鎖型：只有在灑水噴頭啟動並且火災探測系統同時也檢測到火災的情況發生時，才會打開控制閥並開始將水排放到管道系統中。此型的系統使用時需要極力避免意外導致噴灑出水來的情況，因此安裝和維護成本很高。

開放式灑水滅火系統

Deluge Sprinkler System

開放式灑水滅火系統的所有灑水噴頭都會保持開啟而非由熱敏裝置啟動，水以關閉的控制閥阻擋。當探測系統檢測到火災，控制閥會自動被開啟並將加壓水引入管道中，水會立刻同時由全部的灑水噴頭噴灑而出。通常適用於需要即時將大面積區域淋溼時使用，或者風險較高、火勢可能快速擴散的地方。

水霧式滅火系統

Water Mist Fire Sprinkler System

水霧式滅火系統在高壓下以非常細小的水滴形式來灑水，從而最大限度地提高了水的冷卻能力，並且與傳統的灑水滅火系統相比用水量少很多。由於細小的水滴擁有較多的水表面積，因此在火焰中能夠更快蒸發轉變成蒸氣來吸收更多熱量，從而較快速的降低火焰溫度。另外，水霧式滅火系統的所造成的水損問題也較輕微，所以近年來已經成為一種新的滅火選擇。

泡沫滅火系統 Foam Fire Sprinkler System

泡沫滅火系統是一種結合了水和發泡劑的溼式灑水滅火系統，用於大規模的滅火。泡沫系統和其他傳統溼式灑水滅火系統的主要區別在於添加了發泡劑，發泡劑與水分開儲存，發泡劑在排放前的最後一刻混入水中，兩者在管道系統內混合後流過管道，然後通過噴頭排出。

泡沫滅火系統中的「泡沫」是一種滅火劑，可以通過冷卻和隔絕火源與表面空氣的方式來撲滅可燃物或可燃液體，並防止重新點燃，也被稱為「消防泡沫」。

泡沫分為低膨脹、中膨脹和高膨脹泡沫，所有泡沫都可以快速覆蓋大面積，但速率和密度各不相同。泡沫的種類和泡沫與水的比例則取決於應用區域的性質。

乾粉滅火系統

Powder Fire Suppression System

乾粉滅火系統中使用的滅火劑是高效、速效的滅火劑。大多數乾粉滅火系統會使用一個裝滿乾粉並且加壓的抗壓鋼容器。當系統以電動或手動方式啟動時，加壓罐上的閥門將會打開，乾粉被釋放到管道系統中並從滅火系統的噴頭中排出。粉末的突然熄滅作用是由窒息作用和抗催化作用引起的，是針對燃燒過程進行化學干預。滅火粉主要由無毒無機鹽和防水澆注劑混合而成，主要使用碳酸氫鈉（小蘇打粉）和磷酸二氫鉍（磷酸一鉍）兩種化合物。磷酸二氫鉍則通用於 A 類（普通火災）、B 類（油類火災）和 C 類（電氣）火災；而碳酸氫鈉可以處理所有 B 類火災和一些 C 類火災。

這種滅火系統適合用於無法大量取得水源或者擔心噴水滅火系統可能造成損害的區域。然而每次使用後都需要進行大量清理，需要遵循適當的化學清潔程序。

鹵化烷滅火系統

Halocarbon Clean Agent Suppression System

鹵化烷是指含有一種或多種鹵素（氟、氯、溴或碘）取代的烷類化合物，鹵化烷滅火系統即是使用這種化合物的化學活性打斷燃燒連鎖反應來抑制火勢。因為是潔淨劑（Clean Agent）不含溴化物，使用後不會破壞臭氧層且留下腐蝕性或磨蝕性殘留物，因此非常適

合用於圖書館和博物館類型的單位。過去海龍滅火器被廣泛使用，較常見有海龍 1301 (Halon 1301, CF_3Br) 與海龍 1211 (Halon 1211, CF_2ClBr)，但是由於海龍含溴化物會對臭氧層造成破壞，已經停止生產。

而目前研發的替代品中，最常使用的是 HFC-227ea (FM-200, C_3HF_7)，其次是惰性氣體混合物煙洛盡 IG-541 (Inergen)，以及 FK-5-1-12 (Novec 1230)。須注意吸入化學氣體對人體的危害以及含氟化物成分在約攝氏 400 度高溫時可能產生具有強烈腐蝕性的氫氟酸 (HF) 和其他腐蝕氣體，因此在使用前必須先疏散現場人員。適合用於保存敏感、珍貴的資產的地方、文化遺產設施和軍用設施等，但是因成本較高且需要高濃度下使用，需要儲存非常大量的氣體。

二氧化碳滅火器

Carbon Dioxide Fire Extinguisher

二氧化碳滅火器是以二氧化碳氣體 (CO_2) 淹沒空間，降低氧氣濃度來滅火。另外，二氧化碳儲存在加壓氣瓶中時為密度較高的液態二氧化碳，當釋放至常壓下會立即汽化，汽化的過程中會吸收熱量冷卻空氣溫度，達到抑制燃燒的效果。二氧化碳也屬於潔淨劑，因此作為滅火劑不會留下任何殘留物，無需特別清理。使用時須避免造成窒息危險，因此應該先疏散現場人員。

由於二氧化碳的不導電特性且與大多數材料不會發生任何化學反應，因此是 B 類火災以及 C 類火災中最常用的氣體滅火劑。B 類火災為涉及易燃液體如油、溶劑和瓦斯等引起的火災，至於 C 類火災則為電氣故障引起。火災類型見本章「乾粉滅火系統」。

惰性氣體滅火系統

Inert Gas Fire Suppression System

滅火原理為降低空間中的氧氣濃度，使可燃物無法燃燒，常用在密閉庫房的滅火，發生火警後，惰性氣體將灌滿整個空間。一般惰性氣體滅火系統使用的氣體有純氬氣（Ar），若顧慮到使用成本，可選擇相對活性較低的純氮氣（N₂），氮氣與氬氣的混合氣體，或氮氣、氬氣與二氧化碳的混合氣體。惰性氣體具有化學惰性且無腐蝕性，不具導電性和無殘留，對文物或藝術品是相對安全的滅火方式。

■ 排煙控制系統 Smoke Control System

排煙控制系統是控制建築物中煙霧和空氣流動的系統，其設計因使用情況而異，但通常有兩種類型的排煙控制系統：煙霧遏制系統和煙霧管理系統。煙霧遏制系統通過機械風扇加壓或防火門防止煙霧進入特定區域，通常安裝在封閉的樓梯間中。煙霧管理系統則利用煙霧的浮力去除煙霧的自然通風法，或者是透過螺旋槳將煙霧和空氣移出建築物的機械排煙法，通常安裝在具有大型多層中庭的建築物中，用來維持大空間中的環境穩定，或防止煙霧進入周圍空間。

大多數火災死亡並非由燒傷引起的，而是由煙霧引起的。除此之外，煙霧還可能對展覽中的房間陳設、繪畫或其他文物造成相當大的損壞。排煙控制系統可以幫助在一段時間內限制火勢和煙霧的蔓延，同時使人員在撤離建築物時避開煙霧。

■ 防水設備 Water-proof Facilities

防水設備就是為了不讓雨水、地下水等侵入的設備，防止積水、區域性淹水或漏水的現象。包含防潑水設備、導水設備和擋水設備。

■ 防潑水設備 Water-repellent Facilities

防潑水設備是使用各種防水措施，例如使用具有疏水性的材料，使之具有一定防水效果，避免直接受到雨水傷害，並防止受潮、漏水等問題。

■ 導水設備 Water Diversion Facilities

導水設備利用傾斜角度產生的重力將水引導至牆外，防止受到污水侵襲以及內部積水等情形。例如使用導水板可以將門上或窗台上的雨水導出室外，避免水沿著縫隙流入室內。

■ 擋水設備 Water Breaking Facilities

擋水設備主要是用於防洪的設備，使用防水材料建構有效的擋水結構，避免外部的雨水、洪水侵入，避免淹水情形發生。例如經常使用的擋水牆和防水閘門等。

■ 防震 Vibration Proof

臺灣位處地震帶並經常發生重大的震災，古蹟、歷史建築、紀念建築等建築類文化資產常因地震造成結構損壞，文物類文化資產則因搖晃與翻倒等造成破損，為避免文化資產受到地震能量產生危害，應強化建築結構及補強文物的穩定性，同時應注意長期性的地震累積損害，預防文物傾倒與位移等措施。以文物固定而言，常見作為有支撐、釣魚

線或微晶蠟等方式；古蹟、歷史建築、紀念建築等建築類文化資產則是針對結構弱點強化，並且避免應力集中產生損壞。

■ 地震災害 Earthquake Damage

地震造成的災害有許多類型，取決於地震強度、範圍、地面岩層或土壤的類型、建築結構或未固定的非結構物件。

以歷史建築而言，災害形成的基本原因是地面相對位移，以及地面加速產生的慣性負載（Inertia Loads）。影響抗震性能的因素有其質量、剛性、震動週期、阻尼能力（Damping Capacity）、吸收能量的能力、安全度（Stability Margin）、結構幾何、結構連續性以及質量和阻力的分布。

地震在建築內可能造成的威脅包括：

- 櫥櫃、展櫃、溼度控制器、空調、滅火器以及所有存放、展示與辦公傢俱倒塌。
- 沒有固定在底座上的物品倒塌。
- 只用一根釘子掛在牆上的文物、標誌或故事板，或是單點吊掛在櫃架上的物品。
- 以開放式掛鉤或是不適當的線懸掛在天花板上的物體和照明燈具。
- 展櫃內未固定的文物、底座、人體模型、燈泡或螢光燈管。
- 超載的展櫃或櫥櫃，以及沒有鎖扣的櫃門，櫃子玻璃因地震而破裂。

- 無安全防護的玻璃，例如窗戶、門、天窗、展櫃、櫥櫃玻璃或是玻璃層架。
- 石膏浮雕或是懸吊式天花板破裂。
- 衍生的威脅包括由易燃材料、有缺損的電線或燃氣管線破裂引起的火災和氣爆，以及管線破裂、灑水器、雨水、洪水或海嘯引起的水災。

■ 結構完整性 Structural Integrity

傳統建築與文物常因結構完整性不足常造成地震震動能量破壞而損毀，因此為強化建築類文化資產的結構完整性以提升耐震性，應從事傳統建築的建築結構缺陷盤點，從而擬定結構補強方案，以避免結構應力集中產生破壞。文物部分則可藉由支架與減震裝置來消散部分地震能量，減低地震對文物搖晃而摔落之危害。強化傳統建築的結構完整性可藉由減震裝置消散受震時產生的能量，藉由鋼材構件或相關補強措施來提升建築強度。文物部分則可藉由支撐或結構缺陷處補強，或以釣魚線、微晶蠟等來固定，避免地震力的搖晃造成文物位移、翻倒而扭曲或斷裂。

■ 累積損害 Cumulative Damage

文化資產材料因年代久遠而脆弱，其累積損害的分析應考量外部應力週期是否超過文化資產結構的持久極限，若超過其承受極限即造成永久性損害。文化資產通常在高應力反覆振幅週期下，經過較短期的週期後就會開始出現破壞，若在低應力振幅週期下，則是接近應力承受極限時才會開始出現破壞。文化資產一般受到多元的應力而逐漸累積損害因素，包含自身重量、其他物件的應力、人員和設備重量、地震力與其他受

到外力而有規律的振動和不規律的震動等。而數個應力週期造成的損害是由個別應力週期損害加總而來。

■ 搖晃反應 Shaking Response

文化資產受到地震、人員與車輛移動或工程的震動所產生的搖晃反應，造成建築類文化資產自身產生結構性破壞，或是文物在展櫃或典藏庫房產生搖晃反應。文化資產產生搖晃反應將產生反覆拉力與壓力的應力作用，並且伴隨扭力作用產生剪力而造成材料結構的破壞，或是反覆碰撞相鄰建築結構而損壞。文物在地震力或不當持拿時產生劇烈搖晃，將產生基座傾倒而墜落、坍塌、碰撞等損壞威脅。為避免搖晃反應造成建築類文化資產的損壞，可藉由以文化資產修復倫理為前提施作減震設施，文物則是以隔震臺座來減輕文物搖晃反應。

■ 穩定 Stability

傳統建築的結構穩定性是抵抗地震力震動的重要因素，可移動性文物則必須確保搬運時的穩定性，展覽與典藏的櫃體穩定性則以壁櫃或密集櫃連結來固定強化，或以適當的文物儲放囊匣保護，皆可有效避免文物從開放性櫃架傾倒損壞。重心較高的文物或是臺座缺乏隔震設備的緩衝下，文物皆易受地震力搖晃而傾倒損壞，因此展示、典藏或搬運文物時，保存環境若欠缺制震設備，就必須直接固定文物以強化其穩定性。因此典藏與展示的文物的以及建築類文化資產面對地震力搖晃，首先應考量建築物的防震性能，其次為建築物內部展示的文物的與典藏櫃體的穩定性，不穩定之文物必須以緩衝材填充或以釣魚線、微晶蠟等固定，或以

輔助支架輔助等降低展品的重心，促使文物減少因地震力的搖擺幅度而傾倒。

■ 滑動 Sliding

當地震力造成文物產生力矩而搖晃時，經常會伴隨文物滑動並偏移原來放置位置，較大的地震力甚至將導致文物大幅位移或翻倒等現象。地震力同時強烈搖晃典藏裝置與文物時，文物與櫃體產生相對應力，地震推力高於接觸面的摩擦力時，造成兩者之間的擠壓後產生相對運動，當文物滑動撞擊鄰近壁面或文物，將產生文物本身破壞或傾倒等連鎖效應。通常可以支架、釣魚線、微晶蠟等方式固定文物，以避免文物滑動產生碰撞或傾倒。平時也必須謹慎觀察文物是否因震動而產生位移，若文物因震動產生滑動則必須檢討原因以及後續防制策略。

■ 搖動 Rocking

地震所產生的地震波主要以縱波（P 波）與橫波（S 波）的搖晃力影響文物安全，文物通常在縱波先傳達時產生上下抖動甚至造成文物跳動而產生位移，其後則是大幅度橫波來平移搖晃文物，因此橫波對文物可能產生的危害較大，也因此造成文物出現反覆搖動的現象。震度達 2 時文物支架與掛軸即已產生微幅搖晃，震度達 3 時建物與門窗即產生明顯震動與聲響，掛軸或文物則有明顯搖擺現象。文物必須注意震度 4 以上的地震，展示裝置將可能有明顯搖晃，甚至會因此反覆碰撞壁櫃或鄰近的文物因而受損，例如掛軸因反覆搖擺碰撞而損壞。

■ 翻倒 Overturning

地震力的縱波與橫波等應力將可能產生翻轉彎矩，造成文物產生旋轉動能或角動能，導致文物因此而旋轉。文物是否易受地震力翻倒，必須評估文物材料結構的質心位置，地震產生的應力施力點若能有效提起文物，再加上文物本身有明確支點下將形成槓桿原理，即產生轉動角速度造成文物翻倒。當地震力的搖盪方向與文物槓桿越接近垂直，地震波的搖晃施力所造成的翻轉最大，施力與槓桿之間越趨近於平行則無法造成轉動，僅能產生滑動之位移。通常文物翻倒會伴隨更大幅度的位移，質心較高且較脆弱的文物則易因翻倒或墜落而嚴重受損。

■ 強化 Strengthening

文物保存首重建築的強度，因此建物結構的強化是首要條件，建議設置適宜的制震與加固設施，讓地震發生時儘可能減低建築結構損壞。由於文物材質結構較為脆弱，除了加強文物本身的結構強度，還必須確認文物陳列基座、支架、櫃體的耐震度。另外展場或櫃體的門窗、照明、掛軸、展板…等，也應強化與壁體的連結，以避免地震搖晃力砸壞文物。另展櫃與展臺應相互確實鏈結，並以較厚實的安全玻璃保護文物，展臺與展櫃可儘量降低其重心，以避免地震力造成文物翻倒。

■ 預防性支架 Preventive Support

文物若因不規則的造型難以釣魚線拴法固定，可改以符合文物造型的專用支架固定。支架不僅可固定文物外部，若文物中空時則可運用支架深入其中以強化文物穩定性。另外，亦可以釣魚線綑綁住文物與支架，

將提升文物的穩定性，或是以半圓形不銹金屬線避免文物從支架傾倒，或文物底部亦可增設托架來提升固定效果，特別是重心較高的文物需要施以多重的保護措施。支架多以壓克力材質，部分有塑膠或木質等，支架若接觸文物較脆弱處，可增設襯墊防止支架損壞文物表面。另為避免地震造成支架位移或翻倒，其底部可增設防滑襯墊或以微晶蠟固定之。

■ 釣魚線 Fishing Twine

重心較高或偏離中心的文物容易因為地震搖晃而發生傾倒或損壞，因此可藉由釣魚線將文物固定網綁於展櫃中展臺的四角。若為較高大的文物則可設置壓克力圓柱，再以釣魚線捆綁固定之，若是外型較不規則的文物，則可依其外形製作支架，再以釣魚線套綁文物較細處並固定於展臺。網綁釣魚線不可太鬆，否則強大的地震應力仍無法確實固定文物，但網綁上也不可太緊，否則釣魚線與文物過度摩擦造成表面損壞。建議可在釣魚線與文物較脆落的表面之間，設置套管或緩衝材質保護。

■ 微晶蠟 Microcrystalline Wax

微晶蠟是熔點約攝氏 70 至 80 度左右之石蠟，凝膠時間約為 30 至 60 分鐘之間，是最常應用於固定文物的黏結材料。與一般石蠟材質比較，具有較高的黏性、可塑性、熔點與韌性，再加上材質防水、防潮和電絕緣性較佳，以及不易脆裂且易於移除等特質，廣泛應用於各類文物固定與防範因外力而產生不規則的震動。微晶蠟通常以少量圓球狀固定於文物底部與底座展臺，以避免地震、機械震動或人為搖晃等應力造成文物位移或翻倒。微晶蠟多黏結於陶瓷、石材、玻璃或木材

等材質表面，雖然文物重新擺設時可輕易移除微晶蠟，但仍有部分微晶蠟會殘留於文物表面孔隙之虞。

■ 風險管理 Risk Management

文化資產保存機構將目標設定為風險最小化，並且為了達成目標所做的一切規劃即是風險管理，包括風險識別、分析與評估風險處理的優先順序等。風險管理是不斷進行的過程，必須持續監測風險、調整作法，確保發生在文化資產上的負面影響可以降到最低。

風險管理的最終目標是讓保存維護人員和保存機構以更能掌握的方式實現其保存目標。不只是增加文化資產的保護，也增進其對社會的益處。透過評估影響文化資產的風險，在資源有限的情況下，必須做出選擇，以適當的安全防護讓文化資產能永續利用。

■ 風險 / 災害準備 Risk / Disaster Preparedness

文化資產的風險與災害準備應有系統與組織性之防災計畫，而災害準備首重面對災害之意識，並且評估風險後具體擬定防災計畫，避免文化資產陷於高危害的環境中。文化資產防災的準備應以可能的災難類型、強度、規模與頻率，以及所保存的文化資產的脆弱性等，評估文化資產暴露於災難威脅的程度。以臺灣位於環太平洋地震帶

與西太平洋颱風主要路徑上而言，地震與颱風的災害頻率遠高於其他地區。由於地震較難預測，必須以較高規格來強化防震措施。至於風災防制上則可依據氣象預報的預測來事前擬訂防災計畫，特別是水災或土石流造成文化資產毀面性的破壞。另外，為了避免文化資產付之一炬，定期的消防演練以外，典藏文物的展示櫃或建築內裝皆建議選擇防焰材質，以提升文化資產保存環境的防火性能。

■ 安全管理 Safety Management

文化資產的安全管理應以文化資產受災前的減災（Mitigation）、防災整備（Preparedness）、災害發生時的緊急應變（Response），以及災害發生後的災後復原（Recovery）四個文化資產安全管理具體措施執行。亦即藉由安全管理提升文化資產的防災強度，要能做到預測災害發生對文化資產的影響，以減低災害的影響性，以及平日加強文化資產防災環境整備以避免災害發生，另外積極且確實的文化資產救災演練將有助於災害應變。若不幸災害造成文化資產受損，則必須立即通報主管機關並記錄受損情況，應以臨時性緊急處置避免受災文化資產持續劣化，並從中擬定文化資產修復計畫。

■ 環境管理控制 Environmental Management Control

文物常因不佳的保存環境而承受劇烈高低溫變化造成材質龜裂，以及因為高溼度而引發黴菌孳生、變色、腐蝕，環境太過乾燥導致材質翹曲或斷裂，加上紫外線或腐蝕氣體的入侵，打斷文物材料的分子鍵而裂解。對於敏感性有機材質與金屬文物皆應特別注意微環境的管理控制。因此，保存環境應有完善的微環境管理控制，最嚴格控管即是透過恆溫恆溼穩定文物保存環境或展示櫃，其次則是以控溫控溼下讓文物儲放環境避免過度劇烈變化。另外，可以透過監測平台來即時掌控文物的現況以及預防潛在發生的危害。

機構單位
Institution

5

機構單位 Institution



文化部文化資產局

文化部文化資產局

Bureau of Cultural Heritage, Ministry of Culture

坐落於文化部文化資產園區的文化部文化資產局，前身為行政院文化建設委員會於民國 96 年依據《文化資產保存法》所成立的行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處，並在民國 101 年配合文建會升格文化部時改制為文化部文化資產局，負責推動全國文化資產業務，執行及督導全國文化資產保存維護、教育推廣、研究及獎助等工作。另外，文化部文化資產局也與地方縣市政府合作，共同保存維護當地的文化資產，不僅關注有形、無形及水下文化資產的保存，同時也尊重不同族群的價值觀、思維以及特殊性，並持續透過保存維護之多元化、專業化等策略，逐步建立臺灣文化資產的多元多樣與主體性的新視野。



國立故宮博物院 NATIONAL PALACE MUSEUM

國立故宮博物院 National Palace Museum

1925 年成立的國立故宮博物院（National Palace Museum），歷經多次文物搬遷、改制，現今是隸屬於行政院的中央二級機關，典藏原屬中央博物院籌備處者，多為古物陳列所舊藏，匯集了北平、熱河、瀋陽三處清宮文物。與中央博物院籌備處合併後，國立故宮博物院日益發展，在展

示、典藏、研究、教育方面都是我國翹楚，並與大學院校合作，透過科學方法對院藏文物進行系統化之鑑定研究。在 111 年度的施政計畫中，國立故宮博物院持續致力於實現「友善、開放、智慧、普世」四大願景，迎接博物館新世代之挑戰。國立故宮博物院在 1970 年成立科技室（現為登錄保存處），是國內第一個完整獨立於博物館中的文物保存修護部門，主要執行文物預防性保存、修護、科學研究分析等項目，兼具實務、研究和人才培育的功能。



國際博物館協會 International Council of Museum

國際博物館協會（International Council of Museum，簡稱 ICOM）是一個由博物館和博物館專業人士組成的國際性組織，除了向社會傳播世界的自然和文化遺產，也致力於研究、保存、維護、延續有形和無形文化遺產從現在到未來，並不斷依據國際博物館專業人士的需求進行發展。成立於 1946 年法國巴黎的 ICOM，初期專注於博物館與展覽在教育上所扮演的角色、文物的國際流通性以及保存維護與修復，到了 1970 年代初期，博物館在社會上的角色發生轉變，促使新型態博物館的產生，在這趨勢中，營運陷入困難的 ICOM 也進行了近 10 年的內部改革，並於 1977 至 1986 年的 4 次會議中，訂下 2 項策略目標：(1) 確認博物館需為社會及其發展提供服務的政策；(2) 確認倫理準則（Code of Ethics）及參考文件。此後 ICOM 在國際上累積了一定的知名度，除了積極參與打擊非法走私文物的行動，也開展非物質文化遺產的保存管理項目，加入藍盾（Blue Shield）計畫及使用資料標準（Object ID）。

國際博物館協會 - 保存維護委員會

International Council of Museum-Committees for Conservation

1967 年由一群保存維護專業人士所創建的國際博物館協會 - 保存維護委員會（International Council of Museum-Committees for Conservation，簡稱 ICOM-CC），至今已為 ICOM 下屬 30 個國際委員會中規模最龐大的委員會，會員超過 4,000 名，成立目的為提升對於具有文化和歷史意義文物的保存維護，並進一步實現保存維護專業的目標。ICOM-CC 組織共分為 21 個工作小組，負責的主題包含針對具有重要文化和自然歷史意義物件的科學研究、保存維護專業問題的解決方案、標準技術和手冊的制定及災害管理和預防性維護。ICOM-CC 每三年定期舉辦一次研討會，由會員分享過去三年的工作成果並進行討論，這些成果還會以會議預印本（Conference Preprints）的方式發表，而這歷次研討會資料已成為文物保存維護專業領域重要的參考刊物。



國際文物維護協會

International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

國際文物維護協會（International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works，簡稱 IIC）是由一群參與拯救國際上重要的歷史與藝術文物免於消失於世的熱心人士，亦被稱為「Monuments Men」，在 1950 年英格蘭和威爾斯所註冊成立，成立目標在於提升文物保存維護的知識水平

與實務標準，並為所有對文物保存維護感興趣且具專業技能的人士提供一個交流的平臺，每隔兩年或三年固定舉辦一次國際會議。IIC 以探究式的對話帶領新思維的討論與發展，出版的刊物《Studies in Conservation》則提供專業人士發表保存維護領域的最新發展與研究成果，亦辦理獎項，表彰偉大的成就及為促進保存維護專業人員共同利益而開展的工作。



THE INSTITUTE OF CONSERVATION

英國文物維護協會 **Institute of Conservation**

英國文物維護協會（Institute of Conservation，簡稱 ICON）成立於 2005 年，由 The Care of Collections Forum、The Institute of Paper Conservation、The Photographic Materials Conservation Group、The Scottish Society for Conservation and Restoration、The United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 共 5 個機構合併而成，是一個支持與實踐文物保存維護的專業機構，其願景是讓文化資產能得到重視和近用，並透過卓越的保存方式來延續文化資產的生命，藉此提升大眾對於保存文化資產的文化、社會和經濟價值的認知。ICON 在文化資產的保存維護著重於有形文化資產，並不限擁有者是博物館或其他組織，保存標的涵蓋藝術品、建築、考古及工業、自然和社會歷史等領域具有文化資產價值的物件。



國家保存學會 National Preservation Institute

國家保存學會（National Preservation Institute，簡稱 NPI），是由 James C. Massey 和 Constance Werner Ramirez 於 1980 年所創立的非營利組織，其任務是辦理參與文化資產管理、預防性維護和管理的人員的教育訓練。創立初期的 NPI，受惠於美國的國家建築博物館（National Building Museum）提供的辦公空間和會議室，迅速在文化資產保存維護領域嶄露頭角，除了會為許多歷史資產提供技術性的援助之外，還會在不同地點舉辦一系列短期課程，至今已成為美國歷史相當悠久的預防性維護培訓課程，並持續由經驗豐富的專業人員與教師，為來自政府部門和私人機構的團體或個人，提供歷史保存和文化資源管理方面的數位學習平臺的專業培訓，以及以實體或網絡方式辦理相關主題研討會。



american
institute for
conservation
**Preserving Cultural
Heritage**

美國文物維護協會

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

美國文物維護協會（American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works，簡稱 AIC）成立於 1972 年，是整合保存維護人員以及其他保存維護文化資產的相關專業人士所成立的領導協會。AIC 透過建立

和維護專業標準、發行出版品推廣研究成果、提供教育機會培育保存維護人員、辦理相關專業人士和大眾之間的知識交流來支援保存維護專業人員保護文化資產，並希望讓全世界有更多人能認同、支持文化資產的保存維護。AIC 的出版品相當豐富，除了出版《Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)》，分享同儕審查的技術研究、研究論文、修復案例研究以及保存維護倫理與標準討論，發行 AIC News，提供保存維護相關的新技術和新材料、國際保存維護議題、就業機會等資訊以外，還推出了一個 conservation wiki (AIC Wiki) 網站，內容提供許多用於保存維護和處理藝術品和歷史文物的材料和技術的工作知識。



澳洲文化物質維護協會

Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials

澳洲文化物質維護協會 (Australian Institute for the Conservation of Cultural Material, 簡稱 AICCM) 是澳大利亞修復師的專業組織，目標在於保護澳大利亞的文化資產，以確保這些文化資產能為澳大利亞人的後代而存在。AICCM 的歷史可回溯至 1973 年於伯斯會議 (Perth meeting) 中創立的 Institute for the Conservation of Cultural Material，歷經多次結構調整而成為如今的體制，由國家委員會進行管理，負責辦理全國性會議、年度大會以及制定策略和擬定計畫。澳洲是多元族群共融的國度，為此，AICCM 亦於 2000 年 10 月特別公開聲明「認同並重視原住民與托雷斯海峽群島民 (Aboriginal and Torres Strait Islander peoples) 作為這片土地及水域最初的擁有者與監護人的獨特地位」，尊重並保護他們在其物質文化上的所有權和自主權。



ENGLISH
HERITAGE

英格蘭遺產委員會（English Heritage）

英格蘭遺產委員會（English Heritage）於 1983 年正式成立，在第一任主席 Lord Montagu of Beaulieu 的帶領下，負責管理國家資產典藏（National Heritage Collection）以及運行國家資產保護系統，至今管理著英格蘭地區 400 多座的歷史建築、紀念碑和遺址，這些文化資產是從 1882 年起由 Office of Works 開始累積蒐藏而來。English Heritage 發現人們已不再滿足於從書籍得知歷史，而是逐漸尋求其他更具吸引力的方式，因此致力於讓大眾親身體驗那些「真正」發生在英格蘭的故事，為此他們喊出了 4 點口號：「鼓舞人心、保存維護、參與體驗和財務永續（Inspiration, Conservation, Involvement and Financial Sustainability）」，為每個人創造鼓舞人心和愉快的體驗歷史、確保 English Heritage 的歷史遺跡和文物得到專業的保存維護、尋求新的方法讓更多人參與 English Heritage 的工作及確保 English Heritage 在 2022-2023 年實現財務獨立。

CANADIAN
CONSERVATION
INSTITUTE



INSTITUT
CANADIEN DE
CONSERVATION

加拿大文物維護中心 Canadian Conservation Institute

加拿大文物維護中心（Canadian Conservation Institute，簡稱 CCI）是加拿大文化部（Department of Canadian Heritage）下轄的一個特別營運機構，成立於 1972 年，透過其在保存科學、修復與預防性維護的專業知識，促進加拿大文化資產的保存維護，並與文化資產機構和專業人士合作，確保這些文化資產能得到妥善的保存維護，讓當前與未來的加拿大國民

皆得以近用（access）。CCI 也投入評估和開發用於保存修復的材料，還建立一個快速參考工具「保存博物館藏品框架（Framework for Preserving Heritage Collections: Strategies for Avoiding or Reducing Damage）」，為從業人員提供有關如何保存藏品的預防性保存的實用建議。



東京文化財研究所

Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage Tokyo National Research Institute for Cultural Properties

東京文化財研究所（Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage Tokyo National Research Institute for Cultural Properties，簡稱 Tobunken）起源於 1930 年日本美術學院附屬藝術研究所（Japan Art Academy-affiliated Institute of Art Research），至 2016 年間歷經改組、更名與數次結構調整，目前旗下有 Department of Art Research, Archives and Information Systems、Department of Intangible Cultural Heritage、Center for Conservation Science、Japan Center for International Cooperation in Conservation 共 2 個系所與 2 個中心，主要任務為全方位傳承無形文化資產與有形文化資產的保存維護與修復技術，運用最新科學技術進行保存技術的研究和開發，以及積極舉辦結合人才教育和技術傳授的培訓活動，傳遞文化資產保存維護的基本知識與技術，讓文化資產能更加發揮其存在價值。

附錄
Appendixes

附

附錄一

美國文物維護協會（American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, AIC）保存倫理守則

1. 保存維護人員應盡可能在各方面達到最高標準，包括但不限於預防性保存、檢測、記錄、處理、研究和教育。
2. 保存維護人員執行的所有行動，都必須以尊重與了解文物的獨特性、重要性以及文物的創作者為原則。
3. 保存維護人員一方面須認知社會有權以適當並尊重的方式使用文物，一方面也須擔任文物保存的倡導者。
4. 保存維護人員應在個人能力、教育程度以及現有設備的範圍之內工作。
5. 保存維護人員的工作品質不應因環境條件而有所妥協。
6. 保存維護人員應根據目前知識，盡可能選擇最好的材料與方法，避免對文物或其未來的檢測、科學調查、處理或功能造成不良影響。
7. 保存維護人員應對於檢測、科學調查和處理建立永久的紀錄和報告。
8. 保存維護人員應認知預防性保存的責任，努力減少文物的損壞和劣化，為永續使用和照顧文物提供指導，建議適當的存放與展覽環境條件，並鼓勵以適當流程持拿、包裝和運輸文物。
9. 保存維護人員應在所有專業關係中保持誠實且尊重，想辦法確保所有個人該行業中的機會和權利，並認可他人的專業知識。
10. 保存維護人員應促進該專業的發展和成長，此專業包括了人文藝術和自然科學的研究。可透過發展個人技能和知識、與同仁分享資訊和經驗、增加知識內容，以及提供與增加該領域的教育機會。
11. 保存維護人員應與同業和大眾公開交流，提升對保存的意識和理解。
12. 保存維護人員的工作方式應盡量減少個人風險和對同仁、大眾和環境的危害。

附錄二

美國文物維護協會（American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, AIC）保存指引

職業行為 Professional Conduct

1. 行為：遵守保存倫理與保存規範是個人責任。保存維護人員應依循本規範的意旨，認知特定情況可能會合法地影響專業決定。
2. 公開：在專業關係中，保存維護人員應完整且準確地分享與材料、流程的功效和價值有關的資訊，並認知經正式同儕審查的已發表資訊的重要性。
3. 法律規範：保存維護人員應認知可能對專業活動有影響的法律規範。這些法律規範涉及藝術家之權利與其資產、職業健康、神聖性和宗教性材料、出土文物、瀕危物種、人類遺骸和被盜資產。
4. 實踐：無論從業性質如何，保存維護人員應遵循適當的安全、防護、合約、收費和廣告之規範。
5. 溝通：保存維護人員和文物所有人、保管人或授權代理人之間的溝通至關重要，透過溝通確保協議能反映出共同決議和合理期望。
6. 同意：保存維護人員只有在徵得文物所有人、保管人或授權代理人的同意之下才能採取行動。若有任何情況需要嚴重偏離協議，應盡可能於做出改變之前告知文物所有人、保管人或授權代理人。
7. 保密性：除「1.1 保存倫理」與「1.2 保存指引」中規定的情況外，保存維護人員與文物所有人、保管人或授權代理人的關係應保密。對文物進行檢測、科學調查或處理的相關資訊，未經書面許可，不得出版或是以其他方式公開。
8. 監督：保存維護人員應對委託給其他專業人員、學生、實習生、志願者、代理人或受託人的工作負責，除非保存維護人員能夠直接、適當監督工

作，或對從業人員有足夠瞭解，並對其工作品質有信心，否則不應委託或分包工作。在適當的時候，若要進行委託，應通知文物所有人、保管人或代理人。

9. 教育：在知識、能力、時間和設備的限制範圍內，鼓勵保存維護人員參與保存維護人員的教育。雙方的目標和義務應共同商定。
10. 諮詢：在文物保存的領域內，無人能身兼各層面的研究，因此必須向專家學者諮詢，或將文物所有人、保管人或代理人介紹給更有經驗或更有能力完成工作的專業人員。如果文物所有人要求第二種意見，這一要求必須得到尊重。
11. 建議和指涉：如果對於同仁的能力和經驗沒有直接的認識，保存維護人員不應提供建議。指涉他人工作必須基於事實和個人知識，而非道聽塗說。
12. 不利的評論：保存維護人員可能被要求在法律、監管或行政程序中為不道德行為的指控作證。相關證詞應在這些程序中提供，或與本規範第十三條有關。
13. 不當行為：依據 AIC 章程，對不道德行為的指控應書面呈報其機構首長，如章程所述，所有涉嫌不道德行為之信件都應嚴格保密。違反保存倫理和保存規範的不道德行為可能會導致紀律處分。
14. 利益衝突：保存維護人員應避免潛在利益衝突的情況，該情況可能影響工作品質、散播假訊息或是給人不正当印象。
15. 相關專業活動：保存維護人員應特別注意在鑑定、估價或藝術品交易等活動中可能出現之巨大潛在利益衝突。

檢測和科學調查 Examination and Scientific Investigation

16. 合理性：對文物仔細檢測，構成了保存維護人員未來所有行動的基礎。
在進行任何會引起文物變化的檢測之前，保存維護人員應確定此程序的必要性。
17. 採樣和測試：從文物中取出任何材料之前，應事先徵得文物所有人、保管人或代理人的同意。只取走最少所需材料，並且確實記錄。在適當的情況下，取出的材料應予保留。
18. 詮釋：只有在具備充分證據的情況下，才可對文物的年齡、出處或真實性進行聲明。
19. 科學調查：保存維護人員應遵循公認的科學標準和研究道德倫理規範。

預防性保存 Preventive Conservation

20. 預防性保存：保存維護人員應認知到預防性保存至關重要，以其做為最有效之促進文物長期保存的方法。保存維護人員應提供永續使用和照顧文物的指導，建議適當存放和展覽環境的條件，並鼓勵以合適的持拿方式、包裝與運輸文物。

保存處理 Treatment

21. 合適性：保存維護人員照顧文物的工作是連續的過程，很少會是最後一位被委託進行文物保存的人。保存維護人員應只建議或採取適合維護文物美感、概念性和物質性特徵的處理。當不干預的做法最有利於維護文物時，應建議不進行處理。
22. 材料和方法：保存維護人員應負責為每個特定處理目標選擇適合的材料和方法，並與當前公認的做法一致。所選的材料和方法之優點必須與未來檢測、科學調查、處理和功能的潛在不良影響互相平衡。

23. 彌補缺失：任何彌補缺失的干預措施都應記錄在處理報告中，並可透過常用檢測方法偵測出來。彌補措施應是可回復的，不應以不正當方式改變文物已知的美感、概念性和物質性的特徵，尤其是透過移除或掩蓋原始材料。

記錄建檔 Documentation

24. 記錄建檔：保存維護人員有義務製作並維護準確、完整及永久的紀錄，包括檢測、採樣、科學調查與處理等。在適當的情況下，記錄建檔應包含文字、圖像或影像。記錄建檔的種類和範圍因文物本身的狀況、性質或數量而異。記錄建檔的目的包括：
25. 檢測之記錄建檔：在任何干預之前，保存維護人員應對文物進行徹底檢測，並建立適當紀錄。這些紀錄和報告必須能指認文物身分，並包含檢測日期和檢測人員姓名，也必須包含文物構造、材料、狀況和相關歷史的適當描述。
26. 處理計畫：在檢測之後、處理之前，保存維護人員應準備一份描述處理流程的計畫，應包含處理的目標和合理性、可行的替代方法或是潛在風險。在適當的情況下，此計畫應做為提案交付文物所有人、保管人或授權代理人。
27. 處理之記錄建檔：在處理過程中，保存維護人員應保留有日期的紀錄，包含描述採取的技術和步驟、使用材料及其成分、所有變化的性質和程度，以及任何新發現或確認的附加資訊。根據這些紀錄所寫的報告應總結這些資訊，並提供後續照顧的建議。
28. 維護之記錄建檔：記錄建檔是文物歷史珍貴的一部分，應在可行情況下，盡量以永續的方式製作和保存。檢測和處理報告的副本應交付文物所有人、保管人或授權代理人，並告知維護記錄的重要性。保存維護人員應盡可能維護這些紀錄，並在不違反保密協議的情況下，讓其他專業人員適當查閱。

緊急狀況 Emergency Situation

29. 緊急狀況：緊急狀況可能會對文物造成損壞或缺失的嚴重風險，需要授權保存維護人員進行立即干預，此時保存維護人員應採取所有合理行動來保護文物，並認知此時不太可能嚴格遵循保存規範。

參考資料

1. 保存概念

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (n.d.). OUR CODE OF ETHICS. American Institute for Conservation. <https://www.culturalheritage.org/about-conservation/code-of-ethics>

International Council of Museum-Committees of Conservation (ICOM-CC) (n.d.). Terminology for conservation. International Council of Museum-Committees for Conservation. <https://www.icom-cc.org/en/terminology-for-conservation>

International Council on Monuments and Sites (n.d.). THE NARA DOCUMENT ON AUTHENTICITY (1994). <https://www.icomos.org/charters/nara-e.pdf>

UNESCO-ICOMOS Documentation Centre (2012). The Venice Charter (1964). https://www.icomos.org/centre_documentation/bib/2012_charte%20de%20venise.pdf

2. 保存作業

王文英（2006）。淺論保存後設資料。圖書與資訊學刊，59，75-91。

王蕙貞（編著）（2009）。文物保護學。文物出版社。

周寶中（2008）。文物科學管理。行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處。

洪柏宸、張富貴、陳敬華（2016）。噴砂作業勞工有害物暴露及呼吸防護具使用情形調查研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。

徐健國（2015）。紙質文物加速老化與自然老化相關性之研究 (2/3)。行政院農業委員會 104 年度自辦科技計畫成果報告，未出版。

陳振川（2002）。X 光繞射 X-ray Diffraction XRD。國家教育研究員雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1321017/>

喬昭華、蔡斐文、岩素芬、何兆華、高輔霖（撰稿）（2010）。織品服飾、紙質文物保存專有名詞類編。行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處。

彭潔薇（2017）。氮氧化物對文物之危害及博物館應對措施。博物館學季刊，31(4)，91-103。

游子萱、林巧敏（2018）。檔案保存維護實務之專業教育現況分析。國家圖書館館刊，107(2)，103-134。

黃光男、陳國寧（總編輯）（2002）。文物保護手冊。行政院文化建設委員會。

劉芳如（2013）。書畫傷損之類型、鑑識與修護—以故宮典藏為核心之研究」。故宮學術季刊，31(2)，179-231。

蔡智賢（2020）。顯微鏡之構造及使用方法。<http://web.ncyu.edu.tw/~jtsay/botany/botpra/microscopy.pdf>

鄭又嘉（2018）。文物保存修復在故宮。典藏 Artouch。<https://artouch.com/column/content-4107.html>

盧泰康、李建緯（主編）（2018）。文物普查動手做。文化部文化資產局。<https://nsmh.boch.gov.tw/sites/default/files/2018-09/0704-%E6%96%87%E7%89%A9%E6%99%AE%E6%9F%A5%E6%99%AE%E5%8F%8A%E7%89%88-%E9%9B%BB%E5%AD%90%E6%9B%B8.pdf>

蕭凌垠（2009）。圖書文獻沾黏物移除概論。98 年度圖書醫生培訓班。<https://wwwacc.ntl.edu.tw/public/Attachment/431014405027.pdf>

謝易耿、蔡順慈（2008）。由數位資訊生命週期探討數位典藏工作流程之建立。拓展台灣數位典藏。<http://content.teldap.tw/index/?p=766>

蘇峯楠（2016）。數位典藏：一項高度專業的文物保存工作。故事 Story Studio。<https://tinyurl.com/4vbs8dru>

Adriaens, A. (2005). Non-destructive analysis and testing of museum objects: An overview of 5 years of research. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 60(12), 1503-1516. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2005.10.006>

Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2018). Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization. In S. K. Sharma (Ed.), *Handbook of materials characterization*. 113-145. Springer: Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4

American Institute for Conservation (n.d.). WHAT IS CONSERVATION ? . American Institute for Conservation. <https://www.culturalheritage.org/about-conservation/what-is-conservation>

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (n.d.). Instructions AIC PhotoDocumentation Targets (AIC PhD Targets). <https://studylib.net/doc/18349142/instructions-aic-photodocumentation-targets>

Australian Institute for the Conservation of Cultural Material (n.d.). Visual Glossary. AICCM. <https://aiccm.org.au/conservation/visual-glossary/>

Banik, G. (2013). The Oddy Test – What Works and What Doesn’ t. KLUG-CONSERVATION. <https://www.klug-conservation.com/The-Oddy-Test-What-Works-and-What-Doesn-t>

Book and Paper Group Wiki (2004). PMG Section 1.5.1 Monitoring Equipment. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/PMG_Section_1.5.1_Monitoring_Equipment

Book and Paper Group Wiki (2009). PMG Non-destructive Testing and Instrumental Analysis. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/PMG_Non-destructive_Testing_and_Instrumental_Analysis

Book and Paper Group Wiki (2020). BPG Written Documentation. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Written_Documentation

Book and Paper Group Wiki (2020). Polarized Light Microscopy. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Polarized_Light_Microscopy

Book and Paper Group Wiki (2021). Accretion. Book and Paper Group Wiki. <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Accretion>

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Media Problems. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Media_Problems

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Support Problems. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Support_Problems#ref6

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Surface Cleaning. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Surface_Cleaning

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Visual Examination, Examination by Varying the Angle of Illumination. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Visual_Examination#Examination_by_Varying_the_Angle_of_Illumination

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Visual Examination. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Visual_Examination#Methods_of_Examination

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Visual Examination. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Visual_Examination

Book and Paper Group Wiki (2021). BPG Washing. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Washing

Book and Paper Group Wiki (2021). Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Fourier_Transform_Infrared_Spectroscopy

Book and Paper Group Wiki (2021). Grime. Book and Paper Group Wiki. <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Grime>

Book and Paper Group Wiki (2021). Main Page. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Main_Page

Book and Paper Group Wiki (2021). MWG Image Gallery of Damages. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/w/index.php?title=MWG_Image_Gallery_of_Damages&oldid=55137

Book and Paper Group Wiki (2021). Powdering. Book and Paper Group Wiki. <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Powdering>

Book and Paper Group Wiki (2021). Weathering. Book and Paper Group Wiki. <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Weathering>

Book and Paper Group Wiki (2022). BPG Hinge, Tape, and Adhesive Removal. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Hinge,_Tape,_and_Adhesive_Removal

Borgwardt, T. C., & Wells, D. P. (2017). What does non-destructive analysis mean?. *Cogent Chemistry*, 3(1), 1405767. <https://doi.org/10.1080/23312009.2017.1405767>

Bridgman, C. F. (1973). The Radiography of Museum Objects [Electronic version]. *Expedition Magazine*, 15(3). <http://www.penn.museum/sites/expedition/?p=2409>

Brown University (2007). Bronze disease. *Archaeologies of the Greek Past*, https://www.brown.edu/Departments/Joukowsky_Institute/courses/greekpast/4867.html

- Bumbrah, G. S., & Sharma, R. M. (2016). Raman spectroscopy–Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.06.001>
- Burke, J. (1984). Solubility Parameters: Theory and Application. *Journal of the American Institute for Conservation*. <https://cool.culturalheritage.org/coolaia/sg/bpg/annual/v03/bp03-04.html>
- Butler, M. H. (1970). Polarized Light Microscopy in the Conservation of Painting. The McCrone Group, <https://www.mccrone.com/mm/polarized-light-microscopy-conservation-painting/>
- CAMEO (2020). Cameo Materials database. CAMEO. http://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page
- Canadian Conservation Institute (2017). Agents of deterioration. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration.html>
- Canadian Conservation Institute (2018). Introduction to Documentation of Heritage Collections. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/heritage-information-network/services/collections-documentation-standards/documentation-heritage-collections.html#shr-pg0>
- Chemistry LibreTexts (n.d.). Spectrophotometry. Chemistry LibreTexts. <https://chem.libretexts.org/@go/page/1431>
- Choudhury, A. K. R. (2014). Principles of Colour and Appearance Measurement. Woodhead Publishing.
- ColourLex (n.d.). Multispectral Imaging. ColourLex. <https://colourlex.com/project/multispectral-imaging/>
- CORROSIONPEDIA (2018). Water Staining. CORROSIONPEDIA. <https://www.corrosionpedia.com/definition/6119/water-staining>

- Cosentino, A. (2015). Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*, 21, 53-62. <https://doi.org/10.14568/cp2015006>
- Cosentino, A. (2016). Infrared Technical Photography for art examination. *E-Preservation Science*, 13, 1-6.
- COXEM Co. Ltd (2020). Science Meets History: Conservators at The Mariners' Museum and Park Use SEM Data to Help Direct Conservation Efforts. *AZoMATERIALS*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=19845>
- Cultural Heritage Science Open Source (n.d.). Infrared Photography (IR). Cultural Heritage Science Open Source. <https://chsopensource.org/infrared-photography-ir/>
- Cultural Heritage Science Open Source (n.d.). Multispectral Imaging (MSI). Cultural Heritage Science Open Source. <https://chsopensource.org/multispectral-imaging-msi/>
- Cultural Heritage Science Open Source (n.d.). Raking light Photography (RAK). Cultural Heritage Science Open Source. <https://chsopensource.org/raking-light-photography-rak/>
- Cultural Heritage Science Open Source (n.d.). Technical Photography (TP). Cultural Heritage Science Open Source. <https://chsopensource.org/1-technical-photography-tp/>
- Cultural Heritage Science Open Source (n.d.). Ultraviolet Reflected Photography (UVR). Cultural Heritage Science Open Source. <https://chsopensource.org/ultraviolet-reflected-photography-uvr/>
- Davidhazy, A. (1993). Infrared Photography. In L. Stroebel & R. Zakia (Eds.), *The Focal Encyclopedia*. 3rd ed., 389-395. Focal Press.
- De Boer, J. V. A. (1968). Infrared reflectography: a method for the examination of paintings. *Applied Optics*, 7(9), 1711-1714. <https://doi.org/10.1364/AO.7.001711>

- Degrigny, C., & Cassar, J. (2005). Benefits of non-destructive analytical techniques for conservation. Office for the Official Publications of the European Union.
- Delaney, J. K., Walmsley, E., Berrie, B. H., & Fletcher, C. F. (2005). Multispectral imaging of paintings in the infrared to detect and map blue pigments. In A. M. Sackler (Ed.), *Scientific examination of art: modern techniques in conservation and analysis*. 120-136. The National Academies Press.
- Dellaportas, P., Papageorgiou, E., & Panagiaris, G. (2014). Museum factors affecting the ageing process of organic materials: review on experimental designs and the INVENVORG project as a pilot study. *Heritage science*, 2(2). <https://doi.org/10.1186/2050-7445-2-2>
- Digital Image Quality Testing (n.d.). Using Colorcheck. Imatest. <https://www.imatest.com/docs/colorcheck/>
- Digital Pathways (n.d.). What does digitising collections involve?. Digital Pathways. <http://digipathways.co.uk/pathways/what-does-digitising-collections-involve/>
- Eastman Kodak Company (n.d.). KODAK Color Separation Guides and Gray Scales. KODAK. <https://www.kodak.com/en/motion/page/color-separation-guides-and-gray-scales>
- Ebnesajjad, S., & Khaladkar, P. R. (2017). *Fluoropolymer applications in the chemical processing industries: the definitive user's guide and handbook* (2nd ed.). NY: William Andrew.
- Eco Laser Clean (2019). How laser cleaning works in five points. Eco Laser Clean. <https://www.ecolasclean.com/lascleaning/how-it-works-in-five-steps>
- Edwards, H. G., & Chalmers, J. M. (Eds.). (2005). *Raman spectroscopy in archaeology and art history* (Vol. 9). Royal Society of Chemistry.

Elmasry, G., Kamruzzaman, M., Sun, D. W., & Allen, P. (2012). Principles and applications of hyperspectral imaging in quality evaluation of agro-food products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(11), 999-1023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.543495>

Field Museum (n.d.). COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) SCANNING. FIELD. <https://www.fieldmuseum.org/science/research/area/conserving-our-collections/examination-documentation/computed-tomography-ct>

Field Museum (n.d.). X-RADIOGRAPHY. FIELD. <https://www.fieldmuseum.org/science/research/area/conserving-collections/examination-documentation/x-radiography>

Fliedier, F., Delange, E., Duval, A., & Leroy, M. (2001). Papyrus: the need for analysis. *Restaurator: international journal for the preservation of library and archival material*, 22(2), 84-106. <https://doi.org/10.1515/REST.2001.84>

Ford, J. (2021). Analytical Techniques: Spectroscopy. Book and Paper Group Wiki. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Analytical_Techniques:_Spectroscopy#Raman_Spectroscopy

Frahm, E. (2014). Scanning Electron Microscopy (SEM): Applications in Archaeology. In C. Smith (Eds.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 6487-6495). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_341

Giffen, A. (2011). Glass corrosion: Weathering. CORNING MUSEUM OF GLASS. <https://blog.cmog.org/2011/09/14/glass-corrosion-weathering/>

Gifford, E. M., Metzger, C. A., & Delaney, J. K. (2013). Jan van Eyck's Washington Annunciation: painting materials and techniques. *Facture: conservation, science, art history*, 1, 128-153.

Gonzalez, V., Cotte, M., Vanmeert, F., de Nolf, W., & Janssens, K. (2019). X ray Diffraction Mapping for Cultural Heritage Science: a Review of Experimental Configurations and Applications. *Chemistry—A European Journal*, 26(8), 1703-1719. <https://doi.org/10.1002/chem.201903284>

Gordon Turner-Walker (2012)。典藏文物的污染清潔技術與運用 - 以物理及化學處理技術為例。「2012 年文化資產保存科學國際研討會」發表之論文，臺南市文化部文化資產局文化資產保存研究中心。

Grzywacz, C. M. (2006). Monitoring for gaseous pollutants in museum environments. The Getty Conservation Institute.

Hatada, K., Fox, R. B., Kahovec, J., Maréchal, E., Mita, I., & Shibaev, V. P. (1996). Definitions of terms relating to degradation, aging, and related chemical transformations of polymers (IUPAC Recommendations 1996). Pure and applied chemistry, 68(12), 2313-2323. <https://doi.org/10.1351/pac199668122313>

Hodge, I. M. (1995). Physical aging in polymer glasses. Science, 267(5206), 1945-1947. <https://doi.org/10.1126/science.267.5206.1945>

ILLUMINATED (n.d.). UV-vis-NIR reflectance spectroscopy. ILLUMINATED. <https://www.fitzmuseum.cam.ac.uk/illuminated/lab/analytical-methods/uv-vis-nir-reflectance-spectroscopy/type/method>

International Council of Museums-Committee of Conservation (ICOM-CC) (n.d.). The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession. http://orcp.hustoj.com/wp-content/uploads/2016/02/1987-The-conservator-restorer_a-definition-of-the-profession.pdf

Iowa State University, Center for Nondestructive Evaluation (n.d.). Ultrasonic Testing. NDE-Ed.org. <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/Ultrasonics/index.xhtml>

Ismail, A. A., van de Voort, F. R., & Sedman, J. (1997). Fourier transform infrared spectroscopy: principles and applications. In Techniques and instrumentation in analytical chemistry ,18, 93-139. [https://doi.org/10.1016/s0167-9244\(97\)80013-3](https://doi.org/10.1016/s0167-9244(97)80013-3)

Jordi Labs (n.d.). Transmission Light Microscopy. Jordi Labs. <https://jordilabs.com/lab-testing/technique/microscopy/tlm/>

- Ken Phillips (2020). Spectrophotometer vs. Colorimeter: What' s the Difference? HunterLab Horizons Blog. <https://blog.hunterlab.com/blog/color-and-appearance-theory/spectrophotometer-vs-colorimeter-whats-the-difference/>
- Khan, S. A., Khan, S. B., Khan, L. U., Farooq, A., Akhtar, K., & Asiri, A. M. (2018). Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application in Functional Groups and Nanomaterials Characterization. In S. K. Sharma (Ed.), *Handbook of materials characterization*. 317-344. Springer: Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_9
- Krishna, R., Unsworth, T.J., & Edge, R. (2016). Raman Spectroscopy and Microscopy. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.03091-5>
- Kushel, D. (2017). Photographic Techniques for Conservation. In J. Warda (Ed.), *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. 109-171. American Institute for Conservation of Historic and Artist Works.
- Kushel, D. A. (1985). Applications of transmitted infrared radiation to the examination of artifacts. *Studies in conservation*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.2307/1506127>
- Lee, C. (2014). Conservation Tools: The USB Digital Microscope. Iris Blog. J. Paul Getty Trust, <https://blogs.getty.edu/iris/conservation-tools-the-usb-digital-microscope/> (accessed January 2022).
- Lee, C. (2015). Conservation Tools: The Handheld Loupe. Iris Blog. J. Paul Getty Trust. <http://blogs.getty.edu/iris/conservation-tools-the-handheld-loupe/>
- Liang, H. (2012). Advances in multispectral and hyperspectral imaging for archaeology and art conservation. *Applied Physics A*, 106, 309-323. <https://doi.org/10.1007/s00339-011-6689-1>

- Licari, J. J., & Enlow, L. R. (1998). Hybrid microcircuit technology handbook: materials, processes, design, testing and production. William Andrew. <https://doi.org/10.1016/B978-081551423-7.50010-9>
- Marin, C. (n.d.). Condition Report for artworks. Aerarium Chain. <https://aerariumchain.com/en/2020/12/11/condition-report-for-artworks/>
- Martin, G. (2000). Conservation Scientists' Group Meeting: Accelerated Light Ageing. *Conservation Journal*, 35. <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-35/conservation-scientists-group-meeting-accelerated-light-ageing/>
- Martin, G., & Pretzel, B. (1991). UV-VIS-NIR Spectroscopy: what is it and what does it do? [Electronic version]. *V&A Conservation Journal*, 1. <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-01/uv-vis-nir-spectroscopy-what-is-it-and-what-does-it-do/>
- May, E., & Jones, M. (Eds.). (2006). *Conservation Science: Heritage Materials*. Royal Society of Chemistry.
- McCamy, C. S., Marcus, H., & Davidson, J. G. (1976). A color-rendition chart. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 2(3), 95-99.
- Measday, D., & Victoria, M. (2017). A summary of ultra-violet fluorescent materials relevant to Conservation. *AICCM Natl. Newsl*, 137. <https://aiccm.org.au/network-news/summary-ultra-violet-fluorescent-materials-relevant-conservation/>
- Menéndez, B. (2016). Non-destructive techniques applied to monumental stone conservation. *Non-destructive testing*. <https://doi.org/10.5772/62408>
- Microfading (n.d.). Microfading FAQ. Microfading. <https://www.microfading.com/microfading-faq.html>
- Museum of Anthropology Archaeology University of Michigan (n.d.). Destructive Analysis Policy and Procedures. Museum of Anthropology Archaeology University of Michigan. <https://lsa.umich.edu/ummaa/collections/collections-department/destructive-analysis-policy-and-procedures.html>

Museum of Natural History Research and Innovation Office (n.d.). Destructive & Invasive Sampling. Museum of Natural History. <https://www.colorado.edu/cumuseum/research-collections/vertebrates/destructive-invasive-sampling>

Nadeau, J., Davidson, M. W., & Connell, R. G. (2012). Reflected-Light Optical Microscopy. In E. N. Kaufmann (Ed.), *Characterization of Materials*. John Wiley & Sons, Incorporated. <https://doi.org/10.1002/0471266965.com057.pub2>

National Academy of Sciences (2005). *Scientific Examination of Art: Modern Techniques in Conservation and Analysis*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11413>

National Geographic Society (n.d.). Weathering. National Geographic Society. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/weathering/>

NEDCC Staff (2019). 7.2 Surface Cleaning of Paper. NEDCC Northeast Document Conservation Center. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/7.-conservation-procedures/7.2-surface-cleaning-of-paper>

Norman, A. G., & Menzel, R. G. (1965). *Elemental Analysis by Polarography*. Agronomy Monograph. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2.c5>

Oddy, W. A. (1975). The corrosion of metals on display. *Studies in Conservation*, 20(sup1), 235-237. <https://doi.org/10.1179/sic.1975.s1.039>

Oliveira, D. F., Calza, C., Rocha, H. S., Nascimento, J. R., & Lopes, R. T. (2013). Application of digital radiography in the analysis of cultural heritage. In *International Nuclear Atlantic Conference*. 24-29).

OLYMPUS (n.d.). History in a new light, The role of light microscopy in cultural heritage. OLYMPUS. <https://www.olympus-ims.com/en/applications/history-in-a-new-light-the-role-of-light-microscopy-in-cultural-heritage/>

- Outagamie Waupaca Library System (n.d.). Digital Preservation Workflow. https://owlsweb.org/sites/default/files/DigPres_workflow.pdf
- Payne, E. M. (2013). Imaging Techniques in Conservation. *Journal of Conservation and Museum Studies*, 10(2), 17-29. <http://doi.org/10.5334/jcms.1021201>
- PennState Materials Research Institute (n.d.). UV-Vis-NIR. MATERIALS CHARACTERIZATION LAB. <https://www.mri.psu.edu/materials-characterization-lab/characterization-techniques/uv-vis-nir>
- Pesme, C. (2016). Presentation of Tools Helping to Set a Preservation Target for Displaying Light Sensitive Collection items. *Nuevo Mundo Mundos Nuevos. Nouveaux mondes mondes nouveaux-Novo Mundo Mundos Novos-New world New worlds*. <https://doi.org/10.4000/nuevomundo.69241>
- Queensland Museum (2015). QMN PROCEDURE: Destructive Analysis. Cultures & Histories and Biodiversity & Geosciences Programs. <http://www.network.qm.qld.gov.au/~media/Documents/QMN/About+us/Corporate+Information/Strategic+Collection+Management/qm-303-procedure-dest-analysis.pdf>
- Quigley, S., & Sully, P. (2010). Computerized Systems. In R. A. Buck & J. A. Gilmore (Eds.), *Museum Registration Methods*. 5th ed., 161-183. American Association of Museums.
- Quye, A. (2013). Textile conservation. *Education in chemistry*. <https://edu.rsc.org/feature/textile-conservation/2020240.article>
- Rice, M. (2019). Reliable Non-Contact Strain Measurements for Materials Testing. AZOMATERIALS. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17926>
- Robinet, L., & Thickett, D. (2003). A New Methodology for Accelerated Corrosion Testing. *Studies in Conservation*, 48(4), 263-268. <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.4.263>

- Salazar, A., Miralles, R., Parra, A., Vergara, L., & Carrascosa, B. (2006, September). Ultrasonic non-destructive testing of archaeological ceramics. In Proceedings of 9th European Conference of Nondestructive Testing ECNDT,124.
- Saunders, D. (2016). The current state of non-destructive analysis. IIC-ITCC Course. https://www.iiconservation.org/sites/default/files/news/attachments/7821-iic-itcc_2016_lecture_david_saunders_current_state_of_non_destructive_analysis.pdf
- Season Tse (2013). Guidelines for pH measurement in conservation. Canada. ca. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.810491/publication.html>
- Sfarra, S., Ibarra-Castanedo, C., Ridolfi, S., Cerichelli, G., Ambrosini, D., Paoletti, D., & Maldague, X. (2014). Holographic interferometry (HI), infrared vision and x-ray fluorescence (XRF) spectroscopy for the assessment of painted wooden statues: a new integrated approach. *Applied Physics A*, 115(3), 1041-1056. <https://doi.org/10.1007/s00339-013-7939-1>
- Shugar, A.N., & Mass, J.L. (Eds.). (2012). *Handheld XRF for Art and Archaeology* (vol. 3). Leuven University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qdzfs>
- Siegesmund, S., Weiss, T., & Vollbrecht, A. (2002). Natural stone, weathering phenomena, conservation strategies and case studies: Introduction. *Geological Society London Special Publications*, 205(1), 1-7. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.2002.205.01.01>
- Slade, S., Pearson, D., & Knight, S. (2019). An introduction to Digital Preservation. In L. Elkin & C. A. Norris (Eds.), *Preventive Conservation: Collection Storage* 809-829. Washington American Institute for Conservation.
- Smith, B. C. (2011). *Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy*. CRC press.

- Smith, M. A., Jones, N. M., Page, S. L., & Dirda, M. P. (1984). Pressure-sensitive tape and techniques for its removal from paper. *Journal of the American Institute for Conservation*, 23(2), 101-113. <https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v02/bp02-13.html>
- Smithsonian Museum Conservation Institute (n.d.). Digital Radiography. Smithsonian. <https://www.si.edu/MCIIImagingStudio/X-ray>
- Speakman, J. R., & Ward, S. (1998). Infrared thermography: principles and applications. *Zoology*, 101(3), 224-232.
- Spencer Cox (2022). Everything You Need to Know About Macro Photography. Photographylife. <https://photographylife.com/macro-photography-tutorial>
- Sterflinger, K., Piñar, G. (2013). Microbial deterioration of cultural heritage and works of art — tilting at windmills?.. *Appl Microbiol Biotechnol* 97, 9637–9646 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5283-1>
- Surat P (2020). How do Polarized Light Microscopes Work?. AZO LIFE SCIENCES. <https://www.azolifesciences.com/article/How-Do-Polarized-Light-Microscopes-Work.aspx>
- The British Museum (n.d.). Scientific techniques. The British Museum. <https://www.britishmuseum.org/our-work/departments/scientific-research/scientific-techniques>
- The Consultative Committee for Space Data Systems (2012). Reference Model For An Open Archival Information System (OAIS), Recommended Practice, Issue 2. <https://public.ccsds.org/pubs/650x0m2.pdf>
- The Getty Conservation Institute (2011). Condition Assessment. https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/teaching/ea_condition.pdf
- The Getty Research Institute (2004). accelerated aging. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300226566>

The Getty Research Institute (2004). infrared photography. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300053463>

The Getty Research Institute (2004). infrared reflectography. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300379538>

The Getty Research Institute (2004). micro-destructive testing. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300380536>

The Getty Research Institute (2004). noncontact testing. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300387570>

The Getty Research Institute (2004). nondestructive testing. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300225748>

The Getty Research Institute (2004). noninvasive testing. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300389952>

The Getty Research Institute (2004). photodegradation. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300379409>

The Getty Research Institute (2004). salt weathering. Getty Art & Architecture Thesaurus. http://www.getty.edu/vow/AATFullDisplay?find=weathering&logic=AND¬e=&english=N&prev_page=1&subjectid=300379472

The Getty Research Institute (2004). sampling. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300379429>

The Getty Research Institute (2004). transmission electron microscopy. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://www.getty.edu/vow/AATFullDisplay?find=&logic=AND¬e=&subjectid=300390521>

The Getty Research Institute (2004). x-ray diffraction. Getty Art & Architecture Thesaurus. <http://vocab.getty.edu/page/aat/300233218>

The Library of Congress (n.d.). Preservation Guidelines for Digitizing Library Materials. The Library of Congress. <https://www.loc.gov/preservation/care/scan.html>

THE MET (n.d.). Conservation of the Collection. THE MET. <https://www.metmuseum.org/about-the-met/conservation-and-scientific-research/objects-conservation/conservation-of-the-collection>

Thompson, M. (2009). Portable X-ray fluorescence analysis. Analytical Methods Committee Technical Briefs, 41. https://www.rsc.org/images/portable-x-ray-fluorescence-analysis-technical-brief-41_tcm18-214830.pdf

Townsend, J., & Boon, J. (2012). Research and instrumental analysis in the materials of easel paintings. In J. H. Stoner & R. A. Rushfield (Eds.), *Conservation of Easel Paintings*. 341-365. Routledge.

University Products (n.d.). pH Testing and Deacidification. University Products. <https://www.universityproducts.com/equipment-tools/deacidification-solutions-and-equipment>

UV Innovations (n.d.). Target-UV. UV Innovations. <https://www.uvinnovations.com/target-uv>

Verdu, J. (2012). *Oxydative ageing of polymers*. NY: John Wiley & Sons.

Warda, J. (Ed.) (2011). *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation* (2nd ed.). American Institute for Conservation of Historic and Artist Works.

White, J. R. (2006). Polymer ageing: physics, chemistry or engineering? Time to reflect. *Comptes Rendus Chimie*, 9(11-12), 1396-1408. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2006.07.008>

Whitmore, P. M., Pan, X., & Bailie, C. (1999). Predicting the fading of objects: Identification of fugitive colorants through direct nondestructive lightfastness measurements. *Journal of the American Institute for Conservation*, 38(3), 395-409. <https://doi.org/10.1179/019713699806113420>

Williams, D. B., & Carter, C. B. (2009). *Transmission electron microscopy*. Springer.

Wright, W. D. (1981). A mobile spectrophotometer for art conservation. *Color Research & Application*, 6(2), 70-74. <https://doi.org/10.1002/col.5080060206>

Yale University, Institute for the Preservation of Cultural Heritage (n.d.). Microfading tester (MFT). Yale University. <https://ipch.yale.edu/microfading-tester-mft>

Zendri, E., Ortiz, P., Delegou, E. T., Ntoutsis, I., Balliana, E., Becerra, J., & Ortiz, R. (2019). Scanning Microscopy Techniques as an Assessment Tool of Materials and Interventions for the Protection of Built Cultural Heritage. *Scanning*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5376214>

3. 環境管理

馬金香（2015）。預防性文物保護環境監測調控技術。科學出版社。

張琳（2014）。LED 燈應用文物展示照明之可行性 - 兼談藍光危害。博物館學季刊，28(4)，121-132。

張琳（2016）。瞬間曝光對文物的影響探討。故宮文物月刊，403，104-108。

陳樹升（1991）。美術館藏品的保存環境。臺灣美術季刊，43，21-23。

彭潔薇（2017）。氮氧化物對文物之危害及博物館應對措施。博物館學季刊，31(4)，91-101+103。 <https://doi.org/10.6686/MuseQ.2017.31.4.4>

黃明哲（2002）。風向。國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1318171/>

黃明哲（2002）。風玫瑰圖。國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1318184/>

黃明哲（2002）。溼度。國家教育研究院雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1327883/>

廖慧沁、郎翠研、陳承緯（無日期）。各種內牆油漆之有機化合物 / 揮化物的成分比較及對紙本文物的影響。 https://www.lcsd.gov.hk/CE/Museum/Conservation/documents/10118435/10118867/2010_16_journal_4.pdf

邊歸國、馬榮（1998）。大氣環境污染對文物古蹟的影響。環境科學研究，11(5)，22-25。

Al-Saad, Z. (n.d.). Course outline: Preventive Conservation. Activity 2: Development of training courses for heritage professionals. UNESCO World Heritage Centre. <http://whc.unesco.org/en/activities/124>

Book and Paper Group Wiki (2021). Light. Book and Paper Group Wiki. <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Light>

Brimblecombe, P. (2019). Air Quality, Monitoring, and Management. In L. Elkin & C. A. Norris (Eds.), Preventive Conservation : Collection Storage. 429-442. Washington American Institute for Conservation.

CAMEO (2022). Blue Wool Standard. CAMEO. http://cameo.mfa.org/wiki/Blue_Wool_Standard

Cass, G. R., Druzik, J. R., Grosjean, D., Nazaroff, W. W., Whitmore, P. M., Wittman, C. L. (1989). Protection of Works of Art From Atmospheric Ozon. The Getty Conservation Institute.

Chemistry LibreTexts (2021). 3.10: Temperature - Random Motion of Molecules and Atoms. Chemistry LibreTexts. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Map%3A_Introductory_Chemistry_\(Tro\)/03%3AMatter_and_Energy/3.10%3ATemperature_-_Random_Motion_of_Molecules_and_Atoms](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Map%3A_Introductory_Chemistry_(Tro)/03%3AMatter_and_Energy/3.10%3ATemperature_-_Random_Motion_of_Molecules_and_Atoms)

Choudhury, A. K. R. (2014). Principles of Colour and Appearance Measurement. Woodhead Publishing. 蔡斐文（主編）（2018）。古物管理維護作業手冊。文化部文物資產局，50-54。

- Conn, D. (2012). 2.4 Protection from Light Damage. NEDCC Northeast Document Conservation Center. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/2.-the-environment/2.4-protection-from-light-damage>
- Environmental Pollution Centers (n.d.). What Is Air Pollution?. Environmental Pollution Centers. <https://www.environmentalpollutioncenters.org/air/>
- European Commission, HEALTH AND CONSUMERS Science Committees (n.d.). How do artificial lights work?. Health Effects of Artificial Light. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/en/index.htm
- Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (2004). Guidelines Risk Analysis - a Basis for Disaster Risk Management. https://www.preventionweb.net/files/1085_enriskanalysischs16.pdf
- Gibson, L. T., & Watt, C. M. (2010). Acetic and formic acids emitted from wood samples and their effect on selected materials in museum environments. *Corrosion Science*, 52(1), 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.08.054>
- Grau-Bové, J., & Strli, M. (2013). Fine particulate matter in indoor cultural heritage: a literature review. *Heritage Science*, 1(8), 1-17. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-1-8>
- Hatchfield, P., & Carpenter, J. (1985). Formaldehyde: How great is the danger to museum collections? Art Conservation Training Programs Conference.
- He, X., Wang, S., & Zhang, B. (2021). A Semi-Theoretical Model for Water Condensation: Dew Used in Conservation of Earthen Heritage Sites. *Water*, 13(1), 52. <https://doi.org/10.3390/w13010052>
- Himmelstein, P., Rosenfeld, S., & Weintraub, S. (2019). Illumination for Collection Storage. In L. Elkin & C. A. Norris (Eds.), *Preventive Conservation: Collection Storage*, 215-228. Washington: American Institute for Conservation.

International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (2016). A Guide to Risk Management of Cultural Heritage. https://www.iccrom.org/sites/default/files/Guide-to-Risk-Managment_English.pdf

Mackenzie, J. & Turrentine, J. (2021). Air Pollution: Everything You Need to Know. NRDC. <https://www.nrdc.org/stories/air-pollution-everything-you-need-know>

Measday, D., & Victoria, M. (2017). A summary of ultra-violet fluorescent materials relevant to Conservation. AICCM National Newsletter, 137.

Michalski, S. (2018). Agent of Deterioration: Light, Ultraviolet and Infrared. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/light.html>

National Pollutant Inventory (2006). Hydrogen Sulfide Fact Sheet. Australian Government, Department of the Environment and Heritage. <https://web.archive.org/web/20060309114102/http://www.npi.gov.au/database/substance-info/profiles/49.html>

NEDEE Staff (2012). 2.2 Monitoring Temperature and Relative Humidity. NEDCC Northeast Document Conservation Center. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/2.-the-environment/2.2-monitoring-temperature-and-relative-humidity>

Ntanos, K., & Wei, W. B. (2019). Environmental Monitoring. In L. Elkin & C. A. Norris (Eds.), *Preventive Conservation : Collection Storage*.407-425. Washington American Institute for Conservation.

Oswaldová, I., Vyhlídal, T., & Zítek, P. (2013). Mathematical models of equilibrium moisture content and their parameter assessment. In 2013 International Conference on Process Control (PC).462-467. IEEE. <https://doi.org/10.1109/PC.2013.6581454>

Pikpng (n.d.). Illustration Of Pm1, Pm2,5 Und Pm10 Particle Size Clipart. <https://www.pikpng.com/transpng/hJmToi/>

Royal Meteorological Society (n.d.). The Beaufort Scale. MetMatters. <https://www.rmets.org/metmatters/beaufort-scale>

Smith, G. D., & Clark, R. J. (2002). The role of H₂S in pigment blackening. *Journal of Cultural Heritage*, 3(2), 101-105.

Society of American Archivists (n.d.). microenvironment. Dictionary of Archives Terminology. <https://dictionary.archivists.org/entry/microenvironment.html>

Stanford SOLAR Center (n.d.). UV Light. Stanford SOLAR Center. <http://solar-center.stanford.edu/about/uvlight.html>

Stark, G. (2021). light. Britannica. <https://www.britannica.com/science/light>

Tétreault, J., Cano, E., van Bommel, M., Scott, D., Dennis, M., Barthés-Labrousse, M. G., Minel, L., & Robbiola, L. (2003). Corrosion of copper and lead by formaldehyde, formic and acetic acid vapours. *Studies in Conservation*, 48(4), 237-250.

UK Air Pollution Information System (n.d.). Unit Conversion. UK Air Pollution Information System. <http://www.apis.ac.uk/unit-conversion>

United States Environmental Protection Agency (n.d.). Facts About Formaldehyde. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/formaldehyde/facts-about-formaldehyde>

United States Environmental Protection Agency (n.d.). Particulate Matter (PM) Basics. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

United States Environmental Protection Agency (n.d.). What are volatile organic compounds (VOCs)?. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs>

4. 風險掌控與管理

呂鈞君（2014）。博物館自動滅火系統的選擇。檔案半年刊，13(3)，32-40。

岩素芬（1997）。美術館藏品保存的理論與實務。臺灣美術，38，36-42。

勞動部勞動及職業安全衛生研究所（2016）。FIRE RESISTANCE RATING。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。<https://www.ilosh.gov.tw/1245/1254/fire-resistance-rating/>

勞動部勞動及職業安全衛生研究所（2016）。SPRINKLER SYSTEM。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。<https://www.ilosh.gov.tw/1245/1254/sprinkler-system/>

蔡斐文主編，古物管理維護作業手冊（2018），臺中市：文化部文物資產局，頁 28。

謝蕙如、陳毓樺、蘇文瑞、柯孝勳（2020）。「文化資產災害情資網」之文資災害主動示警技術開發。國家災害防救科技中心災害防救電子報，53，98-101。<https://tpl.ncl.edu.tw/NclService/JournalContentDetail?SysId=A20029660>

Anstey, S., Myers, M., & Godfrey, I. M. (n.d.). Handling, Packing and Storage. Western Australian Museum. <https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/143>

Artim, N. (n.d.). 3.2 An Introduction to Fire Detection, Alarm, and Automatic Fire Sprinklers. Northeast Document Conservation Center. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.2-an-introduction-to-fire-detection,-alarm,-and-automatic-fire-sprinklers>

Baril, P. (1998). Automatic Sprinkler Systems for Museums – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 2/8. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/automatic-sprinkler-systems-museums.html>

Baril, P. (1998). Fire Protection Issues for Historic Buildings – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 2/6. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/fire-protection-historic-buildings.html>

CAMEO (2020). Acid-free Paper. CAMEO. http://cameo.mfa.org/wiki/Acid-free_paper

CAMEO (2020). Dartek. CAMEO. <http://cameo.mfa.org/wiki/Dartek>

CAMEO (2021). Tyvek. CAMEO. <http://cameo.mfa.org/wiki/Tyvek>

Canadian Conservation Institute (2018). Agent of deterioration: fire. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/fire.html#prot6>

Canadian Wood Council (2019). Fire Separations & Fire-resistance Ratings. <https://cwc.ca/wp-content/uploads/2020/09/Fact-Sheets-Fire-Separations-Fire-resistance-Ratings.pdf>

Canadian Wood Council (n.d.). FIRE RESISTANCE. Canadian Wood Council. <https://cwc.ca/why-build-with-wood/safe/fire-safety/fire-resistance/>

Collections Services Department at National Museums Scotland (n.d.). Advice for Museums. <https://www.nms.ac.uk/media/1163304/nms-handling-guidelines.pdf>

Collections Services Department at National Museums Scotland (n.d.). Advice for Museums. <https://www.nms.ac.uk/media/1163304/nms-handling-guidelines.pdf>

Commonwealth Department of Communications, Information Technology and the Arts, Heritage Collections Council (n.d.). Handling, Transportation, Storage And Display. https://aiccm.org.au/wp-content/uploads/2020/01/Handling_Storage_transport_Display.pdf

- Crimmins, D. (2019). What is a fire alarm system? REALPARS. <https://realpars.com/fire-alarm-system/>
- Emery, S. (2019). Sprinkler Systems - Water-based fire suppression. building conservation. <https://www.buildingconservation.com/articles/sprinkler-systems/sprinkler-systems.html>
- Ertürk, N. (2010). Earthquake. In W. Hekman (Ed), Handbook on Emergency Procedures (pp.30). International Committee on Museum Security.
- Feilden, B. M. (1987). Between Two Earthquakes: Cultural Property in Seismic Zones. ICCROM; Getty Conservation Institute.
- Fire separation distance. BOAT. (n.d.). (無 日 期)。 <https://boatx.org/fire-separation-distance/>
- Gibbon, D., & Forbes, I. (2001). Fire Suppression in Historic Buildings. building conservation. <https://www.buildingconservation.com/articles/sprinkler-systems/sprinkler-systems.html>
- Health & Safety Authority (n.d.). Fire Prevention. Health & Safety Authority. https://www.hsa.ie/eng/Topics/Fire/Fire_Prevention/
- International Code Council (2018). International Building Code. International Code Council.
- J&D ART (無 日 期)。無酸包裝保護紙、瓦楞紙板類產品。J&D ART。 <http://www.jdarts.com.tw/paperN-2.htm>
- J&D ART (無 日 期)。無酸性包裹布、無酸墊毯與聚酯棉等系列。J&D ART。 <http://www.jdarts.com.tw/wrap1.htm>
- JANUS FIRE SYSTEMS (n.d.). Water Based Suppression Systems. JANUS FIRE SYSTEMS. <https://www.janusfiresystems.com/products/water-based-suppression-systems/>

- Marcon, P. (2021). Features of Effective Packaging and Transport for Artwork. Technical Bulletin 34. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/effective-packaging-transport-artwork.html#shr-pg0>
- Marcon, P. J. (1991). Shock, vibration, and protective package design. In *Art in transit: studies in the transport of paintings*. 107-113).
- Marshall Fine Arts Ltd (n.d.). Glossary. Marshall Fine Arts. <http://marshallfinearts.com/Resource-Glossary.html>
- McAfee, J. (2016). Water Mist Systems: the Future of Fire Protection Technology. *Fire Engineering*. <https://www.fireengineering.com/fire-prevention-protection/water-mist-systems-the-future-of-fire-protection-technology/#gref>
- Michalski, S., & Pedersoli Jr, J. L. (2016). The ABC method - A risk management approach to the preservation of cultural heritage.142-145. Canadian Conservation Institute.
- National Park Service (1999). Chapter 6: Handling, Packing, and Shipping. In *National Park Service, NPS Museum Handbook*.6:1-6:30. <https://www.nps.gov/museum/publications/mhi/chap6.pdf>.
- National Research Council Canada (2021). National Building Code of Canada 2015. Canada.ca. <https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/codes-canada-publications/national-building-code-canada-2015>
- Northeast Document Conservation Center (n.d.). Session 2: The Building and Environment. Northeast Document Conservation Center. <https://www.nedcc.org/preservation101/session-2/2fire-protection-and-security>
- O'Connor, B. (2021). Smoke Control Systems. National Fire Protection Association. <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Blogs-Landing-Page/NFPA-Today/Blog-Posts/2021/02/05/Smoke-Control-Systems>

Omnexus (n.d.). The Definitive Guide to Polypropylene (PP). Omnexus.
<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>

Pedersoli Jr, J. L., Antomarchi, C., & Michalski, S. (2016). A Guide to Risk Management of Cultural Heritage. ICCROM.

Preparation, Art Handling, Collections Care Information Network (2010). Teflon® Threadseal Tape - Polytetrafluorethylene (PTFE). PACCIN. <http://www.paccin.org/content.php?101-Teflon-%28PTFE-Polytetrafluorethylene%29>

Preparation, Art Handling, Collections Care Information Network (2010). Dartek®. PACCIN. <http://www.paccin.org/content.php?72-Dartek>

Robin, M. L. (2018). Halocarbons in fire suppression. International Fire Protection. <https://ifpmag.mdmpublishing.com/halocarbons-in-fire-suppression/>

Schroll, R. C. (2007). Fire Detection and Alarm Systems: A Brief Guide. Occupational Health & Safety. <https://ohsonline.com/Articles/2007/12/Fire-Detection-and-Alarm-Systems-A-Brief-Guide.aspx>

Siemens (n.d.). Fire protection in historical buildings and museums. SIEMENS. <https://new.siemens.com/global/en/markets/commercial-buildings/fire-safety-historical-buildings.html>

Siemens Switzerland Ltd (2015). Fire protection in historical buildings and museums. <https://itpg.com.au/image/data/Special%20Applications/historical%20buildings%20&%20museums.pdf>

Tétreault, J. (2021). Products Used in Preventive Conservation – Technical Bulletin 32. Canada.ca. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/products-used-preventive-conservation.html#a3e4>

Ultra Low Noise Seismic Accelerometers for Earthquake Prediction and Monitoring. (2017). In (Ed.), Earthquakes - Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/65925>

United States Environmental Protection Agency (n.d.). Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/snap/carbon-dioxide-fire-suppressant-examining-risks>

UNESCO (2010). Managing Disaster Risks for World Heritage. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.13.

Verisk (n.d.). Automatic Sprinklers Sprinkler Systems Quick Courses. Verisk. <https://www.verisk.com/insurance/capabilities/underwriting/commercial-property/sprinkler-systems/automatic-sprinklers/>

Waller, R. (2019). Collection Risk Assessment. In L. Elkin & C. A. Norris (Eds.), Preventive Conservation : Collection Storage.60. Washington American Institute for Conservation.

World Monuments Fund (n.d.). Fire Protection for Heritage Places: Principles and Resources. World Monuments Fund. <https://www.wmf.org/fire>

5. 機構單位

文化部文化資產局（2021）。組織沿革。文化部文化資產局。https://www.boch.gov.tw/home/zh-tw/content_129

國立故宮博物院（2021）。國立故宮博物院 111 年度施政計畫。<https://www.npm.gov.tw/NewFileAtt.ashx?lang=1&id=10053828>

國立故宮博物院（無日期）。歷史沿革。國立故宮博物院。<https://www.npm.gov.tw/Articles.aspx?sno=03012532&l=1>

鄭又嘉（2018）。文物保存修復在故宮。典藏 Artouch。<https://artouch.com/column/content-4107.html>

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (n.d.). ABOUT US. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. <https://www.culturalheritage.org/about-us>

Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials (n.d.). About. Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials. <https://aiccm.org.au/about/>

Canadian Conservation Institute (2021). Canadian Conservation Institute. Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute.html>

English Heritage (n.d.). ABOUT US. English Heritage. <https://www.english-heritage.org.uk/about-us/>

東京文化財研究所 (無日期)。研究所概要。東京文化財研究所。 <https://www.tobunken.go.jp/japanese/gaiyo/gaiyo.html>

Institute of Conservation (n.d.). About us. Institute of Conservation. <https://www.icon.org.uk/about-us.html>

International Council of Museum-Committees of Conservation (n.d.). About ICOM-CC. International Council of Museum-Committees of Conservation. <https://www.icom-cc.org/en/about-icom-cc>

International Council of Museums (n.d.). History of ICOM. International Council of Museums. <https://icom.museum/en/about-us/history-of-icom/>

International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (n.d.). Our Story. International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. <https://www.iiconservation.org/about>

National Preservation Institute (n.d.). About NPI. National Preservation Institute. <https://www.npi.org/about-npi#custom>

索引

英文字母索引

A

Abrasion, 34

Absolute Humidity (AR), 159

Accelerated Aging Test, 78

Accelerators of Deterioration, 198

Accelerometer, 230

Accretion, 71

Acetic Acid (CH_3COOH), 185

Acid-free Paper, 218

Activated Carbon, 193

Adhesive, 137

Adhesive Stain, 55

Agents of Deterioration, 197

Aging, 77

Air Pollutants, 180

Air Pollution, 179

Air Purification, 192

Air Purification Treatment, 192

Air-drying Treatment, 141

Ambient Temperature, 158

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC), 256

Analysis and Assessment of Risk, 199

Anemorumbometer, 226

Animal Secretion, 67

Anoxic Treatment, 144

Anthropogenic Hazard, 197

Antifungal Inhibitor, 142

Anti-aging Agent, 138

Anti-mold Agent, 136

Applications of Infrared, 83

Applications of Ultraviolet, 87

Applications of Visible Light, 80

Applications of X-ray, 89

Artificial Lighting, 166

Aspirating Smoke Detector System, 228

Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials (AICCM), 257

Automatic Sprinkler, 234

Available Safe Egress Time (ASET), 207

B

Bait, 146

Biocidal Treatment, 140

Biodeterioration, 56
Biological Control, 139
Biological Deterioration, 56
Biological Infestation, 56
Biological Microscope, 112
Bird, 67
Bird Repellent, 149
Bird Trap, 148
Blanching, 48
Bleeding, 47
Bloom, 43
Break, 39
Brittle, 49
Bronze Disease, 52
Bureau of Cultural heritage, Ministry of Culture, 252
Burn, 50

C

Canadian Conservation Institute (CCI), 258
Carbon Dioxide Fire Extinguisher, 239
Chemical Cleaning, 130
Chemical Deterioration, 46

Chemical Treatment, 140
Chemical Treatment for Pest Control, 142
Chemical Weathering, 77
Cigarette Beetle, 64
Cleaning, 127
Cleavage, 41
Climate, 155
Climate Change, 156
Clothes Moth, 63
Cockroach, 66
Color Checker, 92
Color Control Patches, 91
Color Difference, 176
Color Measurement, 118
Color Rendering Index, 170
Color Scale, 91
Color Spectrophotometer, 120
Color Temperature, 171
Color-difference Meter, 119
Colorimeter, 119
Components Analysis, 105
Composite Material, 102
Condition Assessment, 32

Condition Report, 32
Conservation Area, 223
Conservation Ethics, 28
Conservation Professional, 150
Conservation Science, 28
Conservation Treatment, 127
Constant Temperature and Humidity,
192
Crack, 38
Crackle, 38
Cumulative Damage, 243
Cushioning Material, 217

D

Damage Assessment, 206
Darkening, 54
Dartek® Cast Nylon Film, 216
Deactivation, 141
Decreasing of Environmental Impact
Factors, 224
Degradation, 33
Delamination, 41
Dehumidification, 191
Deluge Sprinkler System, 237
Destructive Analysis, 100

Deterioration, 33
Dew Point, 160
Dew Point Temperature, 160
Digital Microscope, 94
Digital Preservation, 123
Digitization, 122
Dirt, 42
Disaster Preparedness, 248
Disaster Prevention Action, 227
Disaster Prevention Facilities, 230
Disaster Prevention Monitoring, 226
Disaster Risk Management, 225
Disaster Risk Ranking, 225
Discoloration, 53
Distortion, 40
Documentation, 95
Drainage Engineering, 133
Dry Cleaning, 128
Dry Ice Cleaning, 129
Dry Pipe Sprinkler System, 235
Durability, 132

E

Earthquake Damage, 242

Earthquake Hazards Monitoring, 230

Efflorescence, 44

Electron Microscope, 114

Elemental Analysis, 103

Eliminating of Environmental Impact Factors, 224

Emergency Response, 206

Emergency Rescue, 209

English Heritage, 258

Environmental Control, 189

Environmental Factors, 157

Environmental Management Control, 249

Environmental Moisture Content, 160

Environmental Monitoring, 189

Environmental Monitoring and Control, 189

Erosion, 47

Examination, 98

Examination Method, 99

Exfoliation, 37

Exposure, 175

F

Fire Alarm System, 227

Fire Detection System, 228

Fire Extinguishing System, 234

Fire Management, 231

Fire Monitoring, 227

Fire Prevention, 231

Fire Resistance Rating, 233

Fire Separation Distance, 232

Fire Suppression System, 234

Fire Zoning, 233

Fishing Twine, 247

Flaking, 36

Flood Monitoring, 229

Fluorescent Lamp, 168

Foam Fire Sprinkler System, 237

Formaldehyde (HCHO), 185

Formic Acid (HCOOH), 184

Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR), 106

Free Formaldehyde, 186

Freezing Treatment, 141, 144

Fungal Investigation, 56

Fungi, 57

Fungicide, 140

G

Girdling, 150

Gouge, 36

Grazing, 35

Grime, 72

Growth Inhibitor, 150

Grouting Material, 137

Ground Penetrating Rader (GPR),
118

Guidelines for Practices, 28

H

Halocarbon Clean Agent Suppression
System, 238

Hazard Index, 200

Heating, Ventilation and Air
Conditioning (HVAC), 190

High-density Polyethylene Fiber
(HDPE), 215

High Efficiency Particulate Air Filter
(HEPA), 193

Humidification, 191

Humidity, 159

Humidity Control Material, 218

Hydrogen Sulfide (H₂S), 184

Hyperspectral Imaging, 90

I

Identification of Deterioration, 33

Image, 79

Impact, 209

Incandescent Lamp, 167

Independent Administrative
Institution National Institutes for
Cultural Heritage Tokyo National
Research Institute for Cultural
Properties (Tobunken), 259

Inert Gas Fire Suppression System,
240

Infrared False Color Photography, 85

Infrared Fluorescence Photography,
85

Infrared Photography, 83

Infrared Radiation, 163

Infrared Reflectography, 84

Infrared Transmittography, 85

Inherent Vice, 34

Inorganic Material, 101

Insect, 61

Insect Damage, 61

Insect Secretion, 62

Insecticide, 143

Inspection, 32

Institute of Conservation (ICON), 255

Integrated Pest Management (IPM), 139

Internal Structure Measurement, 117

International Council of Museum (ICOM), 253

International Council of Museum-Committees for Conservation (ICOM-CC), 254

International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 254

Inventory, 96

L ---

Laser Cleaning, 129

Lichen, 60

Light, 160, 161

Light Damage, 175

Light Emitting Diode (LED), 168

Light Fading, 175

Light Intensity, 173

Light Level, 172

Longhorn Beetle, 65

Loss, 36

Low Temperature Treatment, 144

Luminous Flux, 174

M ---

Macro Creature, 66

Macroorganism Management, 147

Magnifier, 92

Magnitude of Risk, 203

Maintenance, 127

Management, 154

Material Analysis, 101

Material Type, 101

Metal Corrosion, 51

Metallographic Microscope, 111

Micro Examination, 92

Micro-environment, 190

Micro Fading Test, 119

Micro Photography, 94

Microbial Management, 139

Microclimate, 155

Microcrystalline Wax, 247

Microorganism, 56

Mouse Repellent, 149

Mouse Trap, 148

Mold, 58

Monitoring of Environmental Impact Factors, 224

Moss, 68

Multispectral Imaging, 90

Multiple Deterioration, 70

N

National Palace Museum, 252

National Preservation Institute (NPI), 256

Natural Aging, 197

Natural Hazard, 196

Natural Light, 166

Nitrogen Dioxide (NO₂), 183

Non-chemical Treatment, 144

Non-contact Testing, 100

Non-destructive Testing, 99

Non-invasive Testing, 99

Normal Light Photography, 80

O

Object Handling, 219

Object Identification, 98

Oddy Test, 121

Optical Microscope, 110

Organic Material, 102

Overturning, 246

Ozone (O₃), 183

P

Packing, 211

Packing and Crating, 211

Particulate Matter (PM), 187

Pest Management, 142

Pest Monitoring, 146

Pest Trap, 146

pH, 120

pH Measurement, 120

Pheromone, 147

Photo Documentation, 97

Physical Deterioration, 34

Physical Cleaning, 128

Physical Weathering, 76

Plant, 68

Plant Growth Control, 149

Polarized Light Photography, 83

Polarizing Microscope, 113

Pollutant Concentration, 188

 Parts Per Billion (ppm), 188

 Parts Per Million (ppb), 188

 Milligram Per Cubic Meter, 188

 Microgram Per Cubic Meter, 188

Pollutants Standard Index (PSI), 179

Pollution Control, 193

Polyester, 214

Polyethylene (PE), 213

Polypropylene (PP), 214

Polytetrafluoroethylene (PTFE), 216

Powder Fire Suppression System, 238

Powdering, 71

Powderpost Beetle, 64

Pre-action Sprinkler System, 238

Precipitation, 156

Preservation Description
Information, 97

Preservative, 141

Pressure, 211

Prevention, 141, 145, 149, 150

Preventive Action, 223

Preventive Conservation, 29

Preventive Support, 246

Prioritization, 204

Protection, 132

Protection Coating, 134

Protection of Artifact, 209

Protection Treatment, 132

R

Radiation, 161

Raking Light Photography, 81

Raman Spectrometer, 108

Rat, 67

Rat Repellent, 149

Rat Trap, 148

Reflected Light Microscope, 111

Registration, 96

Relative Humidity (RH), 159

Remedial Conservation, 29

Removal, 140, 142, 147, 150

Repellent, 147

Required Safe Egress Time (RSET),
208

Restoration, 131

Rising Damp, 45

Risk, 196

Risk Acceptance, 202

Risk Analysis, 199

Risk Assessment, 200

Risk Evaluation, 200

Risk Identification, 196, 199

Risk Level, 199

Risk Management, 248

Risk Map, 205

Risk Occurrence, 201

Risk Preparedness, 248

Risk Prevention, 224

Risk Reduction, 205

Risk Transference, 205

Risk Treatment, 205

Rocking, 245

Rodenticide, 148

Room Temperature, 158

S

Safety Management, 249

Safety Plan, 206

Safety Protection, 223

Sampling, 100

Sand Blasting Cleaning, 128

Scaffolding, 133

Scanning, 124

Scanning Electron Microscope
(SEM), 114

Scanning Electron Microscope-
Energy Dispersive X-ray
Spectrometer (SEM-EDX), 104

Scratch, 35

Shaking Response, 244

Shock, 210

Showcase, 225

Silver Fish, 63

Sliding, 245

Smoke Control System, 240

Smoke Control Zone, 233

Smoke Detector, 228

Spider Web, 62

Split, 39

Stability, 244

Stabilization, 131

Stain, 73

Stereo Microscope, 92

Strengthening, 246

Structural Integrity, 243

Sulfur Dioxide (SO₂), 182

Surface Sampling, 57

Surrounding Management, 146

Surface Morphology, 110

T ---

Tabulation, 207

Task Grouping, 207

Technical Photography, 80

Temperature, 157

Temperature and Humidity Control, 190

Temperature and Humidity Data Logger, 190

Temporary Storage Environment, 222

Temporary Storage Program, 222

Tenting, 42

Termite, 65

Thermal Pest Control, 145

Thermal Radiation, 158

Thermography, 86

Three Dimensional Scanning, 125

Tide Line, 46

Transmission Electron Microscope (TEM), 116

Transmitted Infrared Photography, 85

Transmitted Light Microscope, 112

Transmitted Light Photography, 82

Transportation Planning, 220

Transportation of Artifact, 219

Tree Root, 69

U ---

Ultra Low Penetration Air Filter (ULPA), 193

Ultrasound Inspection, 118

Ultraviolet Filtering Film, 178

Ultraviolet Fluorescence Photography

Ultraviolet Lamp, 169

Ultraviolet Radiation, 164

Ultraviolet Reflectography, 87

Ultraviolet-Visible-Near Infrared

Spectroscopy (UV-VIS-NIR), 105

V

Ventilation, 192

Vibration, 210

Vibration Proof, 241

Visible Light, 162

Visible Spectrum, 166

Visual Observation, 57

Volatile Organic Compounds
(VOCs), 181

W

Water Breaking Facilities, 241

Water Diversion Facilities, 241

Water Level Monitor, 229

Water Mist Fire Sprinkler System, 237

Water Stain, 73

Water-based Fire Suppression System,
235

Water-repellent Facilities, 241

Water-proof Engineering, 132

Water-proof Facilities, 241

Weather, 155

Weathering, 74

Wet Cleaning, 130

Wet Pipe Sprinkler System, 236

Wind Breaking Facilities, 231

Wind Deflecting Facilities, 231

Wind Direction, 157

Wind Rose Plot, 157

Wind Speed, 156

Wind Monitoring, 226

Wind-proof Facilities, 232

Wood Preservative, 135

X

X-ray Diffraction Spectrometer
(XRD), 109

X-ray Fluorescence Spectrometer
(XRF), 103

X-ray Fluoroscopy / X-ray Imaging,
117

X-ray Radiography, 89

Y

Yellowing, 48

筆劃排序索引

2 劃

人工照明, 166

人為危害, 197

二氧化硫, 182

二氧化氮, 183

二氧化碳滅火器, 239

3 劃

上升潮氣, 45

大型生物, 66

大型生物防治, 147

三維掃描, 126

4 劃

天牛, 65

文化部文化資產局, 252

分光測色儀, 120

日光燈, 168

木材防腐, 135

火災偵測系統, 228

火災監測, 227

水災監測, 229

水位監測計, 229

文物身分, 98

文物保護, 209

文物持拿, 219

文物裝載, 211

文物運輸, 219

文物暫存計畫, 222

文物暫存環境, 222

元素分析, 103

反射式紅外線影像, 84

反射式紫外線攝影, 87

反射式顯微鏡, 111

天氣, 155

內部結構量測, 117

水基滅火系統, 235

天然危害, 196

水漬, 73

分層, 41

化學性劣化, 46

化學性除蟲處理, 142

化學風化, 77

化學清潔, 130

化學處理, 140

水霧式滅火系統, 237

火警警報系統, 227

5 劃

可用安全疏散時間, 207
可見光, 162
可見光光譜, 166
可見光應用, 80
生長抑制劑, 150
生物防治, 139
生物性劣化, 56
生物侵擾, 56
生物顯微鏡, 112
去活化, 141
正面光攝影, 80
加拿大文物維護中心, 258
加速老化試驗, 78
加速劣化因素, 198
加速度計, 230
凹痕, 36
目測, 57
白華, 44
必須安全疏散時間, 208
加溼, 191
包裝, 211
甲酸, 184

白熾燈, 167
平衡含水率, 160
甲醛, 185
白蟻, 65
立體顯微鏡, 92

6 劃

光, 160, 161
光害, 175
光通量, 174
光強度, 173
光照褪色, 175
光學顯微鏡, 110
老化, 77
劣化, 33
劣化因子, 197
劣化辨識, 33
成分分析, 105
防水工程, 132
防水設備, 241
防火, 231
防火區劃, 233
防火間隔, 232
色卡, 91

安全防護, 223
安全計畫, 206
安全管理, 249
地衣, 60
多光譜影像, 90
防災措施, 227
防災設備, 230
防災等級, 225
防災管理, 225
防災監測, 226
全波段光譜, 105
污垢, 72
色差, 176
色差儀, 119
色度計, 119
污染防治, 193
污染物濃度, 188
防風設備, 232
有害生物防治, 142
有害生物監測, 146
有害生物綜合防治, 139
衣魚, 63
色彩量測, 118
防鳥措施, 149
任務編組, 207
自動灑水裝置, 234
色階卡, 91
自然光, 166
自然老化, 197
衣蛾, 63
防煙區劃, 233
防鼠措施, 149
色溫, 171
污漬, 73
防腐劑, 141
地震災害, 242
防震, 241
危險度, 199
危險指數, 200
有機材料, 102
防護, 132
防護工程, 132
防護塗料, 134
防黴劑, 136

7 劃

抗光老化劑, 138

冷凍處理, 141

低氧除蟲處理, 144

災害準備, 248

技術攝影, 80

附著物, 71

低溫除蟲處理, 144

材質分析, 101

材質類型, 101

忌避劑, 147

8 劃

放大鏡, 92

非化學性除蟲處理, 144

制火系統, 234

固有缺陷, 34

狀況報告, 32

狀況評估, 32

泡沫滅火系統, 237

東京文化財研究所, 259

表面採樣, 57

非侵入性檢測, 99

表面形貌觀察, 110

金相顯微鏡, 111

非破壞性檢測, 99

空氣污染, 179

空氣污染物, 180

空氣污染指數, 179

空氣潔淨, 192

空氣潔淨處理, 192

抽氣式煙霧偵測器系統, 228

刮痕, 35

物理性劣化, 34

物理風化, 76

物理清潔, 128

非接觸性檢測, 100

拉曼光譜儀, 108

周圍防治, 146

空調系統, 190

治療性保存, 29

昆蟲, 61

昆蟲排泄物, 62

金屬腐蝕, 51

9 劃

- 耐久性, 132
- 施工架, 133
- 風化, 74
- 耐火等級, 233
- 英國文物維護協會, 255
- 美國文物維護協會, 256
- 紅外線, 163
- 紅外線偽彩色攝影, 85
- 紅外線螢光攝影, 85
- 紅外線應用, 83
- 紅外線攝影, 83
- 保存作業, 32
- 保存科學, 28
- 保存指引, 28
- 保存倫理, 28
- 保存處理, 127
- 保存描述資訊, 97
- 保存維護人員, 150
- 風向, 157
- 風向風速計, 226
- 降低環境衝擊因子, 224
- 風災監測, 226
- 降雨量, 156
- 風玫瑰圖, 157
- 活性碳, 193
- 英格蘭遺產委員會, 258
- 穿透式電子顯微鏡, 116
- 穿透式顯微鏡, 112
- 風速, 156
- 降解, 33
- 除溼, 191
- 室溫, 158
- 恆溫恆溼, 192
- 侵蝕, 47
- 相對溼度, 159
- 風險, 196
- 風險分析, 199
- 風險分析與評估, 199
- 風險出現概率, 201
- 風險承受, 202
- 風險降低, 205
- 風險預防, 224
- 風險強度, 202
- 風險處理, 205
- 風險評估, 200

風險評量, 200

風險準備, 248

風險圖, 205

風險管理, 248

風險辨識, 196, 199

風險轉移, 205

苔類, 68

保護區, 223

10 劃

缺失, 36

脆化, 49

粉化, 71

造冊編號, 207

展示櫃, 225

高光譜影像, 90

消防管理, 231

透射光攝影, 82

透射式紅外線攝影, 85

氣候, 155

氣候變遷, 156

氣乾處理, 141

捕鳥網, 148

臭氧, 183

高效率空氣微粒子過濾網, 193

高密度聚乙烯纖維, 215

振動, 210

修復, 131

真菌, 57

真菌抑制劑, 142

真菌檢視, 56

剝落, 36

剝蝕, 37

捕鼠裝置, 148

記錄建檔, 95

起霜, 43

捕蟲板, 146

剝離, 41

破壞性分析, 100

粉蠹蟲, 64

11 劃

鳥, 67

排水工程, 133

硫化氫, 184

強化, 246

鹵化烷滅火系統, 240

清冊, 96

國立故宮博物院, 252

側光攝影, 81

偏光顯微鏡, 113

探地雷達, 118

透地雷達, 118

乾冰清潔, 129

乾式清潔, 128

乾式灑水滅火系統, 235

動物排泄物, 67

偏振光攝影, 83

殺真菌劑, 140

清除, 140, 142, 147, 150

移除環境衝擊因子, 224

乾粉滅火系統, 240

國家保存學會, 256

釣魚線, 247

掃描, 124

掃描式電子顯微鏡, 114

掃描式電子顯微鏡 -X 射線能譜分析法, 104

殺菌處理, 140

排煙控制系統, 240

國際文物維護協會, 254

國際博物館協會, 253

國際博物館協會 - 保存維護委員會, 254

採樣, 100

清潔, 127

累積損害, 243

殺蟲劑, 143

12 劃

黃化, 48

傅立葉轉換紅外線光譜儀, 106

紫外線, 164

紫外線應用, 87

紫外螢光攝影, 87

紫外線激發可見螢光攝影, 87

紫外線燈, 169

紫外線濾片, 178

發光二極體, 168

登錄, 96

超低穿透空氣過濾網, 193

植物, 68

植物生長防治, 149

開放式灑水滅火系統, 237

惰性氣體滅火系統, 240

- 費洛蒙, 147
- 超音波檢測, 118
- 游離甲醛, 186
- 換氣, 192
- 焦痕, 50
- 開裂, 38
- 揮發性有機化合物, 181
- 無酸紙, 220
- 結構完整性, 243
- 絕對溼度, 159
- 無機材料, 101
- 運輸規劃, 220
- 裂縫, 39
- 13 劃**
- 鼠, 67
- 暗化, 54
- 照片建檔, 97
- 電子顯微鏡, 114
- 滅火系統, 234
- 微生物, 56
- 微生物防治, 139
- 煙甲蟲, 64
- 預防, 141, 145, 149, 150
- 預防性支架, 246
- 預防性保存, 29
- 預防性措施, 223
- 照明度, 172
- 溫度, 157
- 鼓起, 42
- 微氣候, 155
- 雷射清潔, 129
- 搖晃反應, 244
- 搖動, 245
- 滑動, 245
- 預動式灑水滅火系統, 236
- 微距攝影, 94
- 奧迪測試, 121
- 微晶蠟, 247
- 滅鼠餌劑, 148
- 溫溼度記錄器, 190
- 溫溼度控制, 190
- 碰撞, 209
- 微褪色測試, 119
- 微環境, 190
- 損壞後評估, 206
- 煙霧偵測器, 228

微觀檢視, 92

14 劃

聚乙烯, 213

聚丙烯, 214

聚四氟乙烯, 216

滲色, 47

演色性指數, 170

塵垢, 42

緊急搶救, 209

緊急應變, 206

管理, 154

蜘蛛絲, 62

監測環境衝擊因子, 224

聚酯, 214

銅器病, 52

餌劑, 146

維護, 127

酸鹼度, 120

酸鹼測試, 120

15 劃

熱成像, 86

複合材料, 102

複合性劣化, 70

數位化, 122

數位保存, 123

數位顯微鏡, 94

震災監測, 230

噴砂清潔, 128

熱除蟲處理, 145

潮痕, 46

調溼材料, 220

影像, 79

膠漬, 55

醋酸, 185

質量濃度

毫克 / 立方米, 188

微克 / 立方米, 188

緩衝材料, 217

熱輻射, 158

衝擊, 210

16 劃

導水設備, 241

擋水設備, 241

導色卡, 92

導風設備, 231

擋風設備, 231

環刻, 150

澳洲文化物質維護協會, 257

輻射, 161

龜裂, 38

磨損, 34

17 劃

壓力, 211

優先順序, 204

溼式清潔, 130

溼式灑水滅火系統, 236

溼度, 159

黏著劑, 137

檢視, 32

檢測, 98

檢測方式, 99

環境因子, 157

環境控制, 189

環境溫度, 158

環境監測, 189

環境監測與控制, 189

環境管理控制, 249

蟑螂, 66

18 劃

蟲咬, 35

蟲蛀, 61

翻倒, 246

竄根, 69

斷裂, 39

19 劃

霧白, 48

曝光, 175

穩固, 131

穩定, 244

20 劃

懸浮微粒, 187

21 劃

灌漿材料, 137

體積濃度

百萬分之一, 188

十億分之一, 188

露點, 160

露點溫度, 160

23 劃 ---

變色, 53

變形, 40

黴菌, 58

24 劃 ---

鷹架, 133

其他 ---

Dartek® 網狀尼龍薄膜, 216

X 射線應用, 89

X 射線透視影像, 117

X 射線攝影, 89

X 射線螢光光譜儀, 103

X 射線繞射儀, 109

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

預防性保存專有名詞圖典 = Glossary for preventive conservation / 曾永寬編

著；曾永寬, 王新衡, 鄭傑文, 張純純, 黃筱倫, 蘇芳儀, 李恆毅, 吳詩婷

撰稿. -- 初版. -- 臺中市：文化部文化資產局, 民112.01

面；公分. -- (保存修護圖典系列叢書；3)

ISBN 978-986-532-798-9 (平裝)

1.CST: 文物保存維護 2.CST: 建築藝術 3.CST: 術語 4.CST: 詞典

921.7041

112000308

書名 | 預防性保存專有名詞圖典

出版機關 | 文化部文化資產局

發行人 | 陳濟民

行政策劃 | 吳華宗、粘振裕、林滿圓、陳柏欽

行政執行 | 鐘郁濱、李建興、汪欣樺

地址 | 40247臺中市南區復興路三段362號

電話 | 04-2217-7777

網址 | <https://www.boch.gov.tw>

編著 | 曾永寬

撰稿 | 曾永寬、王新衡、鄭傑文、張純純、黃筱倫、蘇芳儀、李恆毅、吳詩婷

審稿 | 方建能、岩素芬、李孟杰、吳盈君、邵慶旺、鄭明水

美編印刷 | 川磊設計印刷美學, innerkspace (插圖)

定價 | 新臺幣500元

出版日期 | 中華民國112年1月初版一刷

ISBN：9789865327989

GPN：1011200115

版權所有 翻印必究



978-986-532-798-9



文化部文化資產局
Bureau of Cultural Heritage, Ministry of Culture



978-986-532-798-9

定價：新台幣 500元