

室外型奈米塗料耐久耐候性能之 試驗研究(2/2)

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

(國科會 GRB 編號)

PG10005-0173

(本部計畫編號)

100301070000G1058

室外型奈米塗料耐久耐候性能之 試驗研究(2/2)

研究人員：曹源暉

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與目的	1
第二節 研究內容與方法	3
第二章 文獻回顧與現況探討	7
第一節 國內近期研究之彙整	7
第二節 奈米塗料之功能性探討	15
第三節 奈米塗料檢測技術現況	19
第三章 試驗規劃與執行	25
第一節 試驗項目與試驗規劃	25
第二節 試驗方法綜整	29
第三節 奈米塗料試片製作	38
第四章 試驗結果與討論	45
第一節 塗料劣化前檢測	45
第二節 塗料檢測標準程序	63
第五章 結論與建議	67
第一節 結論	67

第二節 建議	68
附錄一 期中審查會議紀錄	69
附錄二 期末審查會議紀錄	73
參考書目	75

表 次

表 2-1 控制因子水準配置表	8
表 2-2 光觸媒塗料檢測方法比較表	9
表 2-3 奈米草製備超疏水表面試件試驗結果	10
表 2-4 CaCO_3 添加量與接觸角之關係	12
表 2-5 戶外曝曬防污耐候試驗結果	13
表 2-6 光觸媒塗層自淨功能之檢驗項目	13
表 2-7 常用顯微技術比較表	21
表 2-8 與奈米塗料相關之功能性檢測項目與標準	23
表 2-9 與奈米塗料相關之耐久耐候特性檢測項目與標準	24
表 3-1 試片規劃與編號	29
表 4-1(a) 玻璃試片劣化前之膜厚	46
表 4-1(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之膜厚	47
表 4-1(c) 水泥纖維板試片劣化前之膜厚	48
表 4-2(a) 玻璃試片劣化前之色座標值	50
表 4-2(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之色座標值	51
表 4-2(c) 水泥纖維板試片劣化前之色座標值	52
表 4-3 各試片劣化前之光澤度	54
表 4-4 各試片劣化前之水接觸角	56
表 4-5(a) 玻璃試片劣化前之隔熱特性	58
表 4-5(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之隔熱特性	58

表 4-5(c) 水泥纖維板試片劣化前之隔熱特性	59
表 4-6 試片隔熱性能比較	59
表 4-7 試片劣化前之附著性	54
表 4-8 試片劣化前之鉛筆硬度	61
表 4-9 試片劣化前之透水性	62

圖次

圖 1-1 研究計畫流程圖	5
圖 2-1 塗料防污自潔功能	18
圖 2-2 光觸媒之催化反應機制	19
圖 3-1 氙弧燈式日光模擬機 - SUGA X75SC	31
圖 3-2 鹽霧複合耐候試驗機 - SUGA CTP-96	32
圖 3-3 掃描試電子顯微鏡(SEM)	33
圖 3-4 接觸角計	34
圖 3-5 色差計	35
圖 3-6 鉛筆硬度計	37
圖 3-7 光澤度計	38
圖 3-8 透水試驗器具	39
圖 3-9 隔熱性試驗示意圖	40
圖 3-10 試片基材	41
圖 3-11 塗料比重量測設備	42
圖 3-12 塗料黏度量測	43
圖 3-13 以塗佈器進行試片塗佈	44
圖 3-14 完成塗刷(佈)之試片	44
圖 4-1 試片膜厚度量測	45
圖 4-2 試片色座標值量測	49
圖 4-3 試片光澤度量測	53

圖 4-4 試片接觸角量測	55
圖 4-5 試片隔熱性能量測	57
圖 4-6 試片附著性量測	60
圖 4-7 附著性評估標準	60
圖 4-8 試片透水性量測	62

摘 要

關鍵詞：奈米塗料、耐久耐候試驗、實驗室認證

一、研究緣起

自從奈米科技發展以來，一般認為奈米材料所具備之表面效應、小尺寸效應和量子隧道效應等特性，使其與常規材料之區別不僅是尺度上的不同，更重要的是在物理、化學性能方面的變化。因此，當奈米材料與技術應用於塗料後，應可期望展現出兩種用途目的：一是提升傳統塗料之性能，二是製造出具有新功能的奈米塗料。然而，如何就奈米塗料功能性之提升或新增方面進行驗證，其耐久耐候性能又如何等之產品品質問題，皆需進行探討。由經濟部工業局推動之「奈米標章」制度，目的即在確保奈米產品之品質與形象。奈米標章對奈米技術產品之驗證，主要重點包括產品的奈米性、功能性及其他要求等三部份。另外，產品的耐久性亦須符合產業的一般要求。

台灣屬於海島型氣候，並位處亞熱帶與熱帶交接區域，建築物長期處在高鹽分、高溫、潮濕與日照強烈的條件下，使得建材老、劣化情形加速。國內外目前已研發出的許多功能性奈米塗料，當應用在台灣地區這樣的氣候條件下，其耐久耐候性能如何，值得進行探討與了解。然而，建材戶外曝曬試驗所需之劣化過程往往達數年之久，無法滿足業界研發需求，因此本研究擬以加速劣化試驗進行探討，藉由劣化前後各種材料性質之差異性分析，評估材料的耐久耐候性能，除可逐步建立本所材料實驗中心之檢測與驗證能力外，期能於日後建立奈米塗料耐久耐候性能之標準檢測方法及評估基準。

二、研究方法及過程

本研究之目的在於搜尋與瞭解國內產學研界在奈米塗料方面之技術發展現況，彙整國內外奈米塗料相關之檢驗方法與評估標準，最後，配合本所材料實驗中心已建置完成之儀器設備，針對市售用於戶外之奈米塗料進行耐久耐候

性能檢驗，除建立材料實驗中心相關試驗之標準程序，做為未來實驗項目認證之基礎外，並藉以初步探討奈米塗料耐久耐候性能評估基準。

本案基於人力之限制，分為二年進行研究，第一年著重在試驗標準蒐集及試驗規劃與儀器調校整備，第二年將執行試樣製作及試驗執行與分析，並建立標準試驗程序。研究內容綜整如下，計畫工作流程則如圖 1-1 所示。

第一年已完成部分：

- (一) 蒐集、彙整國內奈米塗料之發展與應用現況，了解各種功能性奈米塗料之特性、用途與施工方法。
- (二) 蒐集、彙整國內外適用於塗料之相關試驗方法與檢測標準。
- (三) 規劃本案之耐久耐候試驗計畫，檢討試驗項目與評估方法。
- (四) 試驗相關之儀器設備調校與整備。

第二年執行內容：

- (一) 持續蒐集國內奈米塗料之研發與應用狀況。
- (二) 試驗樣品製作。
- (三) 利用本所材料實驗中心相關實驗設備進行檢測，評估奈米塗料之耐久耐候性能。
- (四) 建立奈米塗料耐久耐候性試驗之標準程序，並初步探討奈米塗料耐久耐候性評估基準。
- (五) 規劃與研擬未來本所於創新營建材料領域相關之研發議題。

三、重要發現

本研究針對奈米塗料相關標準與應用現況進行了解，並選取 2 種市售標榜奈米塗料進行塗料性能檢測，包括：膜厚、色座標、光澤度、水接觸角、隔熱、粘著性、鉛筆硬度、透水性等，原擬藉由本所建置之耐久耐候試驗設備進行奈米塗料之劣化分析，以瞭解奈米塗料在長時間的環境作用力下，能保有幾成之

功能性，惟本所氬弧燈耐候試驗機於本案試驗排程時故障查修，於 12 月中旬始修復完成，因而本案試片未能執行耐候試驗，惟經由文獻探討及各試片劣化前之試驗與分析，獲致之成果說明如下：

- (一) 奈米材料與技術應用於塗料是必然的趨勢，然而，適用於塗料之奈米材料，其粒徑大小、加工方式、表面處理、分散技術等製程，均與其功能性之發揮有密切關聯，而部分奈米塗料為發揮其特殊性能，需搭配特殊之施工方式。因此，有關奈米塗料功能性的檢測方法與評定標準，實為必要探討之課題。
- (二) 針對一般塗料之檢驗方式，各國都已有相關試驗標準，我國國家標準亦有相關規定，惟就奈米塗料而言，因其展現出兩種用途目的：一是提升傳統塗料之性能，二是製造出具有新功能的奈米塗料，故現有之檢驗方式需予適當之調整或擴充。
- (三) 在經濟部工業局的推動下，我國已經實施「奈米標章」制度，目前已制定之檢驗規範及已取得標章之產品多屬衛生器具、紡織品類，功能性奈米塗料之檢驗規範仍有待加強。
- (四) 奈米材料之測試儀器價格昂貴，而應用奈米材料後，所預期顯現出之特殊功能性，該如何進行檢測，其量化標準又如何等問題，亦有賴進一步探討。
- (五) 本案就市售奈米塗料，已完成塗料性能之檢測分析，惟針對市售標榜「奈米」之塗料產品，其品質與性能仍需進一步界定與說明，以使消費者了解，並保障消費者權益。

四、主要建議事項

短期之建議 - 加強實驗人力培育工作、建立儀器設備之檢測與校正能力。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：相關學術團體

本研究已依據 CNS 及 ASTM 等標準，以及奈米標章檢驗標準，完成奈米塗

室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)

料相關試驗方法之彙整、執行與探討，未來可再強化相關實驗研究工作，藉此培育本所材料實驗中心之實驗人力，完善建立實驗中心之檢測技術。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

奈米科技自 1980 年代末期迅速崛起之後，已成為 21 世紀最熱門的科技活動之一，對光電、材料、電子、化工、生醫等產業將造成巨大影響，被譽為是第四次工業革命【1】，也因此受到各開發國家高度關注，紛紛持續投入大量資源進行研發工作，企圖在奈米科技與產業佔得一席之地。我國則於 2002 年由國科會等 25 位單位代表組成奈米國家型科技計畫工作小組，並自 2003 年起共同推動為期 6 年之「奈米國家型科技計畫」(2003~2008 年)，成為國內奈米科技研發之重心。如今該國家型科技計畫已進入第二個六年期計畫(2009~2014 年)，預計再投入 200 億元，規劃以奈米前瞻研究、生醫農學應用、奈米電子與光電技術、能源與環境技術、儀器設備研發、以及奈米材料與傳統產業技術應用等領域為重點方向，並以達成「奈米科技產業化」為目標【2】。針對奈米國家型科技計畫中，有關傳統產業奈米應用技術發展項目，本所於 2004 年起，在「創新營建材料研發計畫」中，將奈米技術應用於營建產業列為研發重點之一，並已陸續執行多項與奈米塗料、塗膜相關之技術研發工作，期望能協助產業進行有效的推廣與應用。

塗料係由成膜物質、顏料、溶劑、助劑、及其他添加物等成分組成，塗料的使用有兩個基本目的，即當塗料在被塗物表面形成薄膜後，可對被塗物產生保護作用，其亮麗的光澤與顏色則有美化的效果。而所謂功能性塗料則指對某物體進行塗裝後，能賦予該物體原先不具備之新功能的塗料，例如隔熱、防水、除污、抗菌等性能，可以少量之塗料滿足被塗物特殊功能之需求。一般傳統塗料在經由不同化合物組成及配方後，可適當呈現塗料所需之功能性，而自從奈米科技發展以來，一般認為奈米材料所具備之表面效應、小尺寸效應和量子隧道效應等特性，使其與常規材料之區別不僅是尺度上的不同，更重要的是在物理、化學性能方面的變化。因此，當奈米材料與技術應用於塗料後，應可期望展現出兩種用途

目的：一是提升傳統塗料的性能，二是製造出具有新功能的奈米塗料。然而，就在產業界相繼投入開發奈米塗料之際，如何就奈米塗料功能之提升方面進行驗證，以及針對其耐久耐候性能進行檢測，其驗證、檢測之標準又如何訂定等等之產品品質問題，實亦需作同步之探討。國內在奈米國家型科技計畫的架構下，推動「奈米標章」制度，由經濟部工業局主辦，目的即在確保奈米產品之品質與形象，保障民眾消費權益，進而促成國內奈米產業之健全發展。目前奈米標章推行審議會已制定完成 33 項驗證規範(其中 6 項為塗料之驗證規範)，有 30 家廠商取得奈米標章(其中 4 家為塗料廠商)，並有 10 間登錄實驗室(主要檢測項目為奈米尺寸量測、抗菌率、脫臭率、耐磨耗)。而奈米標章對奈米技術產品之驗證項目，主要重點包括產品的奈米性、功能性及其他要求等三部份，其中奈米性在確認是否為奈米技術產品，功能性在檢驗產品是否有增加新功能或增強原有功能，其他要求則包括產品安全、耐久性等，期望藉奈米標章之國內外廣宣，使取得奈米標章之產品，提升其品質形象及國內外市場競爭力【3】。

由於台灣屬於海島型氣候，並位處亞熱帶與熱帶交接區域，建築物長期處在高鹽分、高溫、潮濕與日照強烈的條件下，加上許多人為的環境污染，使得建材老、劣化情形加速。雖然國內外目前已研發出許多功能性奈米塗料，例如自潔性、防污性、防水性、隔熱性等奈米塗料，當應用在台灣地區這樣的氣候條件下，其耐久耐候性能如何，在長時間的環境作用力下，能保有幾成之功能性，皆值得進行探討與了解。一般而言，建材之耐久耐候性能評估，最直接的方法為戶外曝曬試驗，將待測材料置於戶外環境中，藉由大自然的日照、降雨、溫溼循環等環境作用力自然劣化，試驗結果可真實反應材料用於當地環境下耐候性能。然而，戶外曝曬試驗所需之劣化過程往往達數年之久，不同區域之氣候與環境條件亦有差異，在材料科技日進千里的今日，無法符合業界實際需求，因而有發展加速劣化試驗的必要性，將待測材料放置於比一般氣候更嚴苛的環境條件中，藉由劣化前後各種材料性質之差異性分析，評估材料的耐久耐候性能，目前國內外之規範標

準與文獻著述均有相關的試驗法則，惟加速劣化的評估結果與該材料在一般氣候環境下的劣化情形，尚無法有明確的對應關係，僅能用於特定測試條件下，不同材料間之耐久耐候性能比較。本所材料實驗中心於 97 年起正式營運，其中建置許多與材料耐久耐候性實驗、奈米性及塗料檢測之相關設備，包括鹽霧複合耐候試驗機、氬弧燈式日光模擬機等劣化試驗設備，以及壓汞孔隙量測儀、電子顯微鏡、BET 比表面積分析儀、色差儀、光澤度計、接觸角計等分析設備，此時此刻正可投入此領域之研究與檢測工作，對相關奈米塗料進行測試與驗證，除可逐步建立實驗室之檢測與驗證能力外，期能於日後建立奈米塗料耐久耐候性能之標準檢測方法及評估基準，足供產業界進行產品研發之參考。

第二節 研究內容與方法

在奈米科技之發展過程中，檢測技術佔有極重要之地位，因奈米結構或材料極為細微，需有特殊之儀器設備始能窺其形貌，加上其特殊性質，亦非一般傳統科技所能預測。而自奈米技術及奈米材料問世以來，「奈米」象徵著先進科技的產物，市場上標榜著奈米產品日益增多，在塗料相關產品方面也不例外。如何藉由檢測技術以驗證奈米產品，便成為推動奈米產業首要之務。以奈米的定義而言，奈米塗料應滿足兩個條件：(1)至少有一相顆粒尺寸為 1~100nm；(2)由於奈米晶相的存在，塗料性能能顯著提高或具備新功能。因此，需具備有檢測奈米尺寸之能力，以及需定義出奈米功能性之規範值，並能就奈米產品是否符合該規範值進行試驗驗證。

奈米技術及奈米材料應用於塗料之中，一則欲提升傳統塗料之性能，包括施工性、耐候性及力學性等，二則欲製成新功能性塗料，包括隔熱、抗菌、電磁屏蔽等。本研究之目的在於搜尋與瞭解國內產學研界在奈米塗料方面之技術發展現況，彙整國內外奈米塗料相關之檢驗方法與評估標準，最後，配合本所材料實驗

中心已建置完成之儀器設備，針對市售用於戶外之奈米塗料進行耐久耐候性能檢測，除建立材料實驗中心相關試驗之標準程序，做為未來實驗項目認證之基礎外，並藉以初步探討奈米塗料耐久耐候性能評估基準。

本案基於人力之限制，分為二年進行研究，第一年著重在試驗標準蒐集及試驗規劃與儀器調校整備，第二年將執行試樣製作及試驗執行與分析，並建立標準試驗程序。研究內容綜整如下，計畫工作流程則如圖 1-1 所示。

第一年已完成部分：

- (一) 蒐集、彙整國內奈米塗料之發展與應用現況，了解各種功能性奈米塗料之特性、用途與施工方法。
- (二) 蒐集、彙整國內外適用於塗料之相關試驗方法與檢測標準。
- (三) 規劃本案之耐久耐候試驗計畫，檢討試驗項目與評估方法。
- (四) 試驗相關之儀器設備調校與整備。

第二年執行內容：

- (一) 持續蒐集國內奈米塗料之研發與應用狀況。
- (二) 試驗樣品製作。
- (三) 利用本所材料實驗中心相關實驗設備進行檢測，評估奈米塗料之耐久耐候性能。
- (四) 建立奈米塗料耐久耐候性試驗之標準程序，並初步探討奈米塗料耐久耐候性評估基準。
- (五) 規劃與研擬未來本所於創新營建材料領域相關之研發議題。

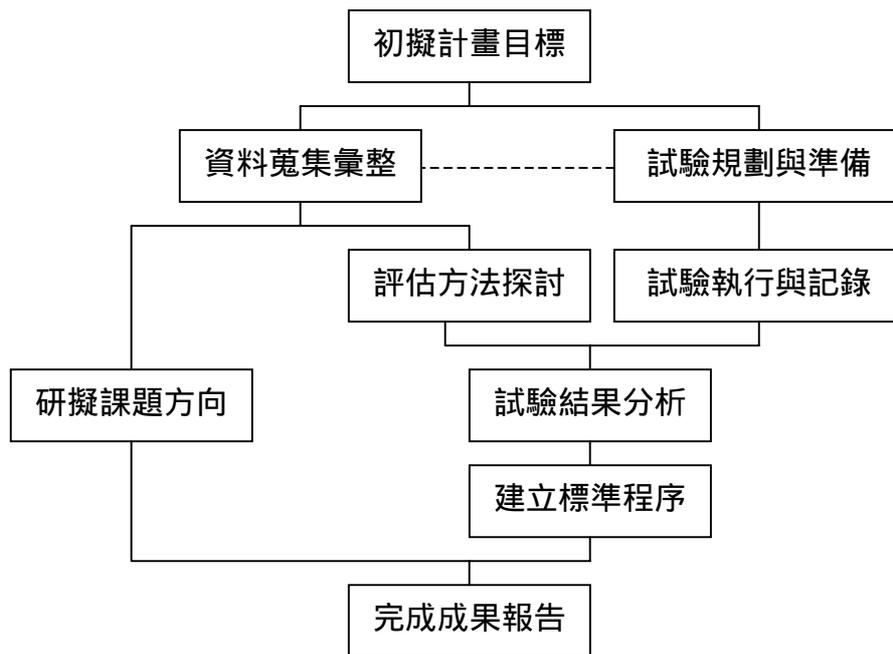


圖 1-1 研究計畫流程圖
(資料來源：本研究繪製)

在文獻資料蒐集方面，持續彙整奈米塗料在國內之研發、產製與應用現況，以及相關檢測標準與方法之分析應用，以確保本案試驗規劃之妥適性。在耐久耐候試驗之規劃與執行上，先就本研究擬採用之試驗規範或標準進行說明，其次規劃試驗內容、步驟與試件數量，藉由試驗之執行，建立本實驗中心耐久耐候性能之試驗與分析評估能力，並初步探討建材耐久性試驗評估指標。在試驗標準程序之建立方面，依循實驗室認證之相關規範，將試體準備、試驗過程、劣化前後之分析工作、以及試驗報告之產出等試驗內容予以文件化，建立標準作業程序。最後，因本所從民國 100 年起，將執行「建築先進技術創新開發與推廣應用計畫」中程科技計畫，其中將廣續推動創新營建材料研發子計畫，故在本研究案執行過程中，將蒐集國內外近年來在奈米科技方面之研發概況，用以規劃與研擬未來營建材料相關之研發議題。

本研究計畫之預期成果與效益如下：

- (一) 瞭解奈米塗料之產製與應用現況，以及各項功能性之研發進程。
- (二) 初步建立室外型奈米塗料之耐久耐候性能試驗及評估方法。
- (三) 提升本所在建材耐久耐候性試驗之技術與能力，並以建立材料實驗中心耐久耐候性試驗方法為目標。

第二章 文獻回顧與現況探討

奈米(nanometer, nm)為長度單位， $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ，在奈米材料科技的研究領域中，主要內容包括：奈米材料製造中的技術問題、奈米材料的結構表徵與評估方法、奈米材料物理化學性質的測試方法等，特別是奈米微區分析技術，奈米材料物理化學性質的特殊變化規律和產生機制，奈米材料的應用與使用過程中的老化失效問題等【4】。由於奈米塗料係以奈米材料與有機塗料合成之複合材料，在奈米尺度中，物質因量子尺寸效應及表面效應等，將展現出許多特殊的物理與化學性質，使塗料具有特殊之功能性，而如何將物質微小化到奈米尺度，讓它產生很好應用的特性與機能，便是所謂的「奈米技術」。

奈米技術應用於營建塗料是必然的發展趨勢，但並非所有的奈米材料均適合塗料的應用，奈米塗料所表現出之功能性與奈米材料之化學性質、粒徑、加工方式、表面處理、分散技術等有密切關係。因此，研製功能性奈米塗料除應正確選擇奈米材料外，尚需考量奈米材料的分散與穩定、用量、光催化作用、對顏料的影響、以及成本等因素，而對奈米塗料之性能測試，更是研發單位需克服的一大問題【5】。由於本研究案著重在奈米塗料功能性之驗證方面，並不探討奈米材料之製造方法，因此，本章僅就奈米塗料之主要功能性與檢測技術進行說明。

第一節 國內近期研究之彙整

為使本計畫案之研究方向具體可行，除上年度所彙集之文獻資料外，本年度持續蒐集與彙整國內近年來在奈米塗料技術及相關檢測試驗方面之研究成果，摘要說明如下：

一、奈米材料應用於水性水泥漆防水性之研究【6】

兼具環保、永續之高機能水性塗料為近年來塗料業界之發展趨勢，以往

市售水性塗料為達防水功能，常於塗料中添加對人體有害之介面活性劑，如撥水劑等。本研究嘗試運用奈米材料之特性，藉以改善塗料之疏水性能，研發出兼具環保性之防水塗層。

本文在奈米塗料之實驗規劃方面，係應用田口實驗設計法，建立奈米防水塗層之控制因子水準配置表(如表 2-1)，選用水泥砂漿板為基材，於塗佈市售水性水泥漆後，再噴塗奈米防水塗層，以接觸角量測數據，預估最佳配比組合，而後再進行驗證實驗，以獲取奈米防水塗層之最佳參數設計。

表 2-1 控制因子水準配置表

編號	控制因子	水準 1	水準 2
A	奈米材料種類	TiO ₂	ZnO
B	奈米材料含量(wt %)	1	6
C	分散混合時間(min)	20	60
D	黏著劑含量(wt %)	3	8
E	噴塗距離(cm)	15	30
F	噴塗方向	水平向	垂直向
G	噴塗層數(來回)	1	3

(資料來源：參考書目【6】)

經由試樣實際檢測及再現性驗證結果，可獲得接觸角最高達 166°之超疏水奈米塗層，其最佳配比組合為 A1、B2、C1、D2、E2、F2、G2，證實奈米材料可有效改善塗料之防水性能。

二、奈米光觸媒功能檢測法之研究【7】

光觸媒材料具有除污、抗菌之能力已眾所皆知，然而在各國標準檢驗方法尚未完全確立之際，國內缺乏一種比較精確、簡單且公正之測試方法以驗證產品品質。本研究也認為目前光觸媒塗料之一般檢測方法存在一些盲點，因此試圖利用光譜分析儀建立一種新的檢測方式，可用於判定可見光型光觸

媒材料及不可見光型光觸媒材料成分，並經由實際檢測結果之分析比較，評估其取代現有一般檢測方法之可能性(如表 2-2)。

本研究選用 4 種 UV 光激發型觸媒及 1 種可見光激發型觸媒原液，利用光譜分析儀進行檢測，項目包括原液吸收波長、定量濃度、除污分析，以及成膜後除污能力分析、抗酸鹼鹽分析等。研究結果顯示，光譜分析法不論在檢測原液、成膜後除污效率、塗膜之持久性等方面，均可達到高效率、高精度之水準，可用以精確判斷可見光型及不可見光型兩大類光觸媒材料，並可分析其反應光譜範圍。

表 2-2 光觸媒塗料檢測方法比較表

	分類	檢測項目	儀器設備與材料
一般檢測法	基本 檢測	接觸角	接觸角量測儀
		色差	色差儀
		除菌	細菌量偵測儀
		附著力	切割刀、導切規
	持久性 檢測	QUV	QUV 檢驗儀、色差分析
		耐鹽水性	3%氯化鈉溶液、色差分析
		耐鹼性	5%碳酸鈉溶液、色差分析
		耐酸性	5%硫酸溶液、色差分析
		反覆升降溫	烘箱、色差分析
光譜分析法	基本 檢測	光譜分析	光譜分析儀
		除污分析	光譜分析儀
	持久性 檢測	QUV	QUV 檢驗儀、光譜分析
		耐鹽水性	3%氯化鈉溶液、光譜分析
		耐鹼性	5%碳酸鈉溶液、光譜分析
		耐酸性	5%硫酸溶液、光譜分析
		反覆升降溫	烘箱、光譜分析

(資料來源：參考書目【7】)

三、交聯劑對材料表面能及熱性質之影響與超疏水至超親水間可控表面之研究【8】

本研究利用新穎奈米草技術，仿製蓮葉表面之微奈米構造，以製造超疏水表面。實驗規劃採用蝕刻過後之奈米草結構做為基材，其上再鍍一層含有奈米 SiO₂ 粒子的特殊疏水材料，使其具有足夠之粗糙度，製造出仿蓮葉表面之超疏水構造；另外，當該超疏水表面接受 UV 光照射後，其照射部分表面則可由超疏水性轉變成超親水性質。

試件基材共計 3 類，分別為無奈米草、低粗糙度奈米草、以及高粗糙度奈米草，各類基材再鍍上不同比例或種類之疏水材料與奈米 SiO₂ 粒子之混合物，試件製備完成後，以掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察其表面結構，並量測其接觸角評估其疏水特性，實驗結果顯示，當試件無奈米草底層時，皆無超疏水的現象產生，其他試件則如表 2-3 所示。之後針對超疏水試件照射 UV 光，檢測接觸角變化情形，結果在照射 120 分鐘後，可達到超親水條件。

表 2-3 奈米草製備超疏水表面試件試驗結果

第一層 奈米草	第二層 高分子與 SiO ₂ 混合物 (高分子：SiO ₂)	第三層 B-ala Polybenzoxazine 濃度 (%)	超疏水性 接觸角>150° 滾動角<10°
低粗糙	BA (10:5)	0.05	X
	BA (10:10)	0.05	X
	BA (10:5)	0.1	
	BA (10:10)	0.1	
	B-ala (10:5)	0.05	X
	B-ala (10:10)	0.05	X
	B-ala (10:5)	0.1	X
	B-ala (10:10)	0.1	X
	B-ala (10:20)	-	
高粗糙	BA (10:10)	0.1	
	B-ala (10:5)	0.05	X
	B-ala (10:5)	0.1	X
	B-ala (10:10)	0.1	X
	B-ala (10:20)	-	

(資料來源：參考書目【8】，本研究整理)

四、建築設施空調節能設計新思維 - 市售隔熱漆產品遮熱性能之再思考【9】

位於熱帶與亞熱帶地區的建築物，如何有效降低太陽熱量進入建築物內是節能的首要做法。目前市面上標榜具遮熱/隔熱性能之塗料品牌眾多，將隔熱漆塗在建築物外表時，其能降低室內溫度的能力，各產品間也有頗大的差異。本文旨在探討在建築物外表面塗上隔熱漆對室內溫度與室外表面溫度之影響，主要針對基礎熱傳性質中之熱導係數、熱擴散係數與熱傳透率、反射率與吸收率等進行了解，並對其隔熱能力之緣由透過理論探討與實驗驗證提出解釋。

本文針對市售隔熱漆進行熱導係數、反射率之量測，並計算建築物外牆塗佈隔熱漆前後之熱傳透率變化，以及外牆輻射能吸收率變化對表面溫度之影響等。研究結果顯示，建築物外牆在塗佈隔熱漆之後，雖然對混凝土或磚牆之熱傳透率的改善頗為有限，對鐵皮屋外牆之隔熱效果較佳，然而，整體而言，確實可降低進入室內的熱量，主因在於該隔熱漆兼具隔熱與遮熱功能，由於具有高的短波反射率及高的長波放射率，可大幅降低室外太陽輻射熱傳入室內的量。另外，文中亦提醒隔熱塗料於施工作業中，加強附著力的底漆與增加表面光滑度的面漆是必要的，有助於耐久性與耐候性的提升。

五、奈米自潔塗層技術與應用【10】

本研究以蓮花效應為基礎，利用奈米粒子表面改質技術及有機/無機混成技術，增加塗層之耐磨程度及其與基材之附著強度，以達到高耐久、高防污、超疏水性之奈米塗料。

由微觀蓮葉構造得知，當粗糙微結構加入疏水物質中時，將使塗層表面達到超疏水現象。粗糙微結構之形成，係根據顏料體積濃度(Pigment Volume Concentration, PVC)之變化來控制其表面結構，其中 PVC 代表粉體佔全部(粉體與樹脂)體積的比例。當 PVC 增加(即粉體量增加)至臨界值時，代表粉體粒子正要突出塗層表面，當 PVC 超過臨界值後，即可製造出粗糙微結構表

面，此時塗層物性便產生重大變化。文中以 CaCO_3 粉體為例，當添加於 PU-silicone 樹脂中，調整 CaCO_3 含量，其接觸角之變化如表 2-4 所示，顯見 PVC 超過臨界值(約 6/4~7/3 之間)後，接觸角快速跳升，達到高疏水表面。

表 2-4 CaCO_3 添加量與接觸角之關係

CaCO ₃ /PU	0/10	1/9	2/8	3/7	4/6	5/5	6/4	7/3	8/2
接觸角	97°	96°	97°	97°	97°	99°	100°	137°	140°

(資料來源：參考書目【10】)

文中以人工合成方式製作超疏水性自潔塗料，藉由奈米粉體化學改質方法，形成所需的表面有機官能化，接著將此奈米粒子進行微結構控制，形成所需的奈米-微米表面，最後經由加入低表面能樹脂、壓克力或是環氧樹脂、添加劑，並進行自組裝製程，仿造出如蓮葉般的特性，水接觸角高達 160 度、耐刷洗超過 2000 次。

在自潔性測試上，採用三種塗料分別為自製塗料、市售水性乳膠漆、油性水泥漆，以碳黑做為污染物，並以灑水方式進行測試，結果顯示自製塗料經由 20ml 水噴灑後，碳黑污物可完全被帶走，而水性乳膠漆及油性水泥漆經由 100ml 水噴灑後仍有許多碳黑殘留。

在防污功能及耐候性能試驗方面，選取自製雙疏型自潔塗料與數種市售塗料，以戶外曝曬方式進行檢驗。防污功能方面，以亮度差 L 做為量測指標，曝曬前後亮度差距越大，代表塗料附著較多之髒污。於耐候性能方面，則以色差 E 做為量測指標，若塗料之耐候性較差，易產生黃變或光澤下降現象，造成色差 E 值上升。經過 6 個月之戶外曝曬，試驗結果如表 2-5 所示，由亮度差 L 值之差異，可證實該自製雙疏型自潔塗料確有自潔防污能力，且優於市售塗料；色差 E 值之差異，亦證實該自製雙疏型自潔塗料之耐候性能優於市售塗料，具有長時間自潔防污效果。

表 2-5 戶外曝曬防污耐候試驗結果

產品名稱	試驗前接觸角	戶外曝曬 6 個月後		
		接觸角	亮度差 L	色差 E
MCL 雙疏型塗料	>155	>155	0.4	0.9
市售自潔塗料	144	150	10.2	10.4
市售乳膠漆	90	10	8.2	8.2
市售油性水泥漆	82	58	4.6	7.2
市售水性水泥漆	80	80	7.7	8.3

(資料來源：參考書目【10】)

六、奈米技術應用於建築物表面自淨功能【11】

本案研擬光觸媒塗層自淨功能之檢驗項目，包括檢驗項目訂定、標準檢驗法及耐久性要求，以提供業界做為品質控制之參考。另一方面，於本所台南性能實驗中心之玻璃帷幕及鋁板牆實作塗佈光觸媒塗層，記錄施工前狀況及現地噴塗過程，並於完工後半年進行抗污檢驗、親水性檢驗及現地色差檢驗，以評估光觸媒塗層之效能。

文中擬訂之室內檢驗項目計有 6 項，如表 2-6 所示，並述明檢驗目的及檢驗步驟。現地檢驗則包括：長期抗污檢驗、親水性檢驗及色差檢驗。

表 2-6 光觸媒塗層自淨功能之檢驗項目

項目	檢驗名稱	主要儀器設備及耗材	檢驗目的
1	接觸角	接觸角量測儀	檢驗塗層接觸角之變化
2	色差	色差量測儀	檢驗塗層自淨功能
3	耐酸性	濃度 5% 硫酸溶液	檢驗塗層之耐酸性
4	耐鹼性	濃度 5% 無水碳酸鈉溶液	檢驗塗層之耐鹼性
5	耐鹽水性	濃度 3% 氯化鈉溶液	檢驗塗層之耐鹽水性
6	耐反覆升降溫	烘箱	檢驗塗層之耐溫性

(資料來源：參考書目【11】)

七、建築物屋頂奈米級防水塗膜材料之開發應用【12】

本案選用水溶性聚合材為研究對象，以奈米技術研發製造用於建築物屋

頂及外牆防水之創新奈米級防水材料，並檢測其各項性能，而由於塗料與基材間之附著力為塗料之重要性質之一，研究內容中亦針對防水塗料與基材界面之性質進行理論分析與測試，探討廣義附著力破壞現象。

由於水性塗料存在一些缺點，使其無法被廣泛應用，例如：懸浮穩定性差、觸變性差、不耐老化等，而新功能之提升，包括抗菌、防污、耐洗刷性等亦較溶劑型塗料差，因此，本案針對奈米矽氧顆粒進行表面改性，研發出水性奈米塗料之製造方法，藉此增進防水塗層之自潔性、防霉抗菌、耐刷洗、抗老化等性能。另外，文中針對水溶性之高分子防水塗料，歸納出建築物屋頂及外牆防水塗料之功能性質及相關試驗規範，並選擇主要功能性質進行測試，包括力學性質、耐光性與耐候性、鹽水噴霧試驗、以及附著性與附著強度等，藉以比較本案研發之奈米塗料與一般市售防水塗料之差異性。

本案研發之水性奈米級防水塗料經過測試後，結果顯示已達預期特性者，包括：斥水性、低表面能、耐鹼性、吸水率、附著強度、耐冷熱反覆性等，需改善之性質則為：伸長率、抗拉強度、撕裂強度、耐酸性等。

八、塗裝材料耐久性試驗研究 - 戶外曝曬與加速劣化試驗方法之探討【13】

本計畫主要在進行塗裝材料耐久耐候性之試驗研究。研究內容包括：(1)塗裝材料文獻之蒐集與整理，除對塗裝材料分類與常見劣化情形進行說明，亦整理分類各種塗裝材料之試驗標準；(2)塗裝材料耐久耐候試驗，將常見的壓克力樹脂漆、環氧樹脂漆、PU 樹脂漆、與防火漆四種塗裝材料運用於碳鋼、水泥砂漿、與木材基材上，進行 2000 小時的鹽霧與日光加速劣化試驗及 6 個月的自然曝曬劣化試驗，探討塗裝材料的耐久耐候性。

在塗裝材料耐久耐候試驗方面，摘要如下：

- (一)試驗方法：(1)鹽霧加速劣化試驗 - 中性鹽霧試驗，試驗時間共 2000 小時；(2)日光加速劣化試驗 - ASTM D6695 Cycle 2 試驗法，試驗時間共 2000 小時；(3)自然曝曬試驗 - 開放式曝曬架。

(二)劣化分析：(1)鹽霧試驗 - 每 200 小時進行光澤度與色差分析，每 1000 小時進行腐蝕速率量測試驗與塗膜接觸角試驗，水泥砂漿試體每 1000 小時進行氯離子侵入深度與透水試驗；(2)日光加速劣化試驗 - 每 200 小時進行光澤度與色差量測，每 1000 小時進行塗膜接觸角試驗；(3)自然曝曬試驗 - 於第 3 個月與 6 個月進行上述量測實驗。

(三)試驗結果：(1)由鹽霧試驗發現，經 200 小時劣化後，裸鋼試片已嚴重腐蝕，其他塗料對基材仍具有良好的保護性能，惟防火漆碳鋼試片表面已有剝離龜裂現象。(2)於日光模擬劣化試驗中，未塗裝及防火漆塗裝的木材試片經 200 小時劣化後，已從木紋處開裂，顯示防火漆已失去保護木板的功能；(3)試驗前環氧樹脂塗膜的光澤度最佳，但經 200 小時日光模擬劣化後，其光澤度驟降至 30%以下，2000 小時後，表面有粗糙情形產生。

第二節 奈米塗料之功能性探討

塗料由成膜物質、顏料、溶劑、助劑、及其他添加物等成分組成，塗料的使用有兩個基本目的，即當塗料在被塗物表面形成薄膜後，可對被塗物產生保護作用，其亮麗的光澤與顏色則有美化的效果。而所謂功能性塗料則指對某物體進行塗裝後，能賦予該物體原先不具備之新功能的塗料，例如隔熱、防水、防蝕、防火、防霉等性能。當奈米材料、技術與塗料結合後，吾人更期望能提升傳統塗料的性能，惟奈米材料有許多種類，性能也有許多不同之處，而奈米塗料的研發主要集中在自潔防污、抗菌除臭、隔熱調溫等功能，因此，本節簡要說明常用奈米材料及塗料之功能性需求。

2.1 奈米材料

由於奈米材料顆粒極小，比表面積甚大，導致奈米材料具有傳統材料所不具備之特殊性質，例如表面效應、小尺寸效應和量子隧道效應等特性，從而使奈米

材料具有微波吸收性能、高表面活性、特殊光學性質、催化性質等。然而，並非所有的粉體粒子達到奈米化就能產生此特殊之功能性，且不同的奈米材料混入不同成份的塗料中，因極性、表面狀況不同，亦會有不同之影響。以下簡述幾種應用於塗料之奈米材料特性，包括：奈米碳酸鈣粉體、奈米矽氧化物、奈米二氧化鈦、奈米氧化鋅等【14】。

(一) 奈米碳酸鈣(CaCO_3)粉體

奈米碳酸鈣係指化學合成碳酸鈣的粒徑在 1~100nm 範圍內的產品，為 1920 年代開發出的新型超細固體材料，其晶體結構和表面電子結構因奈米化而發生變化，在磁性、催化性、光熱阻等方面與常規材料相比之下，顯現出優越之性能。在塗料工業中，奈米碳酸鈣不僅可做為增白的填料，還具有補強作用。

(二) 奈米矽氧化物(SiO_x)

奈米 SiO_x ($x=1.2\sim 1.6$)係由矽或有機矽的氯化物高溫水解生成的白色超細微粉末，表面帶有羥基，粒徑通常為 20~60nm，化學純度高、分散性好、比表面積大，是一種無毒、無味、無污染的無機非金屬材料，具有很高的活性，以及獨特的光學特性，對中波紫外光(UVB, 280~320nm)及短波紫外光(UVC, 200~280nm)之反射率在 70~85%之間。在塗料應用中，奈米 SiO_x 可提供防結塊、防流掛、乳化、消光性、觸變性等功能，提升塗料之耐刷洗性及耐候性，亦可大幅提高塗膜與被塗物之結合強度、增加塗膜硬度，同時提升表面自潔能力。

(三) 奈米二氧化鈦(TiO_2)

TiO_2 有板鈦礦、金紅石和銳鈦礦等三種晶型，其中金紅石型和銳鈦礦型 TiO_2 應用較廣泛。奈米 TiO_2 的粒徑為普通鈦白粉的 1/10，與常規材料相比，奈米 TiO_2 具有比表面積大、磁性強、光吸收性佳、表面活性大、熱導性好、分散性佳等優點，用於塗料工業時，能提高塗料的抗老化性能，且因具有光半導體性質，能進行各種光催化反應，以及殺菌、除臭等功效。

(四) 奈米氧化鋅(ZnO)

奈米氧化鋅對紫外線的防護功能比奈米二氧化鈦要強，同時具有殺菌、抑菌的功能，性能穩定、對人體無害。

2.2 奈米塗料之功能性

奈米材料在塗料工業之應用可分為兩方面說明：(1)做為塗料之改質助劑，利用奈米粒子之高比表面積及高表面活性，改良塗料之流變性；利用奈米粒子與基材間之強大結合力，改良塗層之力學性能；利用奈米粒子之光吸收性，改良塗層之耐候性。(2)開發特殊功能性塗料，利用奈米材料之光吸收性、反射性、催化性等特質，賦予塗料自潔防污、防霉抗菌、隔熱調溫、電磁屏蔽等新功能【5】。以下簡要說明奈米塗料之幾項主要功能。

(一) 力學性能

塗料中加入奈米 SiO_2 、 CaCO_3 等助劑，可以大幅提高塗層的耐磨性、硬度、強度及韌性等力學性能，可用於易磨損、易腐蝕金屬部件等的保護，有效延長產品的使用壽命。

(二) 耐候性能

一般戶外用塗料因紫外光破壞基材之鍵結，導置發生褪色、失去光澤及粉化之耐候性問題，將對於紫外線有較強吸收能力的奈米粒子，例如奈米 TiO_2 、 SiO_x 、 ZnO 等顆粒，填充於塗料之中，可顯著提高塗料的紫外線吸收性，從而提高戶外用塗料的耐候性能。

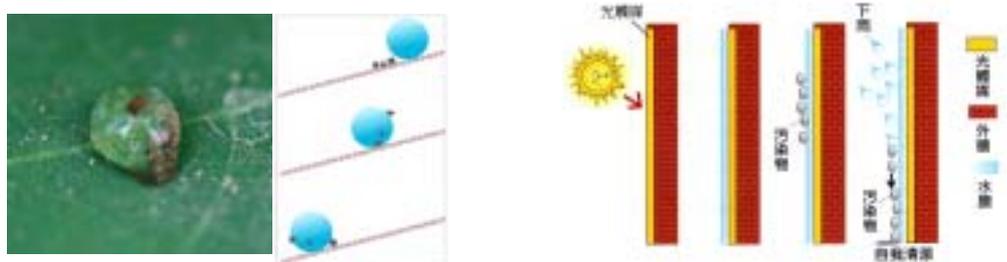
(三) 防污自潔

塗料的防污自潔功能主要表現在塗膜的超疏水或超親水特性。材料表面之疏水/親水性的高低可藉由接觸角的大小來判別，一般而言，接觸角在 150 度以上為超疏水性材料，20 度以下為超親水性材料。

超疏水性材料中最典型的粒子為蓮葉表面構造，德國研究學者藉由微觀觀察蓮葉構造後，發現形成超疏水自潔表面，除包含疏水性化學物質外，更

重要的是具備物理性之微細起伏的粗糙構造，與水的接觸角可達 150 度，此即一般所稱之「蓮花效應」(參考圖 2-1(a))。目前在塗料應用方面，已可採用奈米技術製成具微奈米表面構造之塗料塗膜，並可使塗膜介面為既疏水又避油的超雙疏性介面，將其塗在建築材料上，任何油質、水、灰塵等都不會存留於表面【10】。

超親水性塗料則是在塗料中加入光觸媒材料，經日光照射後，使塗膜轉變成超親水性，若有灰塵或油污沾附時，可藉雨水的力量沖去原先沾附於材料表面的灰塵或油污，達成自潔的效果(參考圖 2-1(b))。



(a)超疏水性 - 蓮花效應

(b)超親水性 - 光觸媒效應

圖 2-1 塗料防污自潔功能

(資料來源：(a) http://www.hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_c.html

(b)參考文獻【1】)

(四) 隔熱調溫性能

熱傳遞方式有 3 種基本途徑：熱傳導、熱對流及熱輻射。建築物外牆或屋頂之隔熱主要在阻絕太陽光熱能進入室內，以往認為只有紅外線與熱輻射有關，其實可見光或更短的紫外線照射某物體後，只要被吸收皆會轉化為熱能。奈米塗料的隔熱性能主要在於改變熱傳導及熱輻射效能，奈米孔絕熱材料是一種有效的奈米複合絕熱材料，利用混入塗料中之奈米級中空粒子所產生之奈米效應，延長熱傳導路徑及增加對熱輻射傳播的阻隔作用，以此降低熱能進入室內。此外，利用奈米粒子對紅外線反射性能亦可製成隔熱塗料，

用於玻璃幕牆、金屬牆板等的隔熱效能。

另一方面，研究學者亦發現二氧化鈮(VO_2)可利用溫度差異來調節近紅外光(Near Infrared Ray, NIR)的穿透量，使得夏天溫度升高時，能阻擋紅外線的繼續射入，而在冬天溫度降低時，則不反射紅外光，達到控溫之目的。

(五) 抗菌除臭性能

光催化活性是半導體奈米粒子非常獨特的性能，半導體奈米粒子在紫外光照射下，可有效的將有機污染物完全催化氧化成二氧化碳、水、氯離子等無機物。隨著全球環保意識深化，用光催化技術消除有機物污染已經引起科技界的廣泛興趣。二氧化鈦(TiO_2)做為光催化劑，具有活性高、安全、無污染等優點，是最有開發前景的綠色環保催化劑之一，並正在有機廢水處理、空氣淨化、殺菌除臭中扮演愈來愈重要的角色，其應用也愈來愈廣泛。

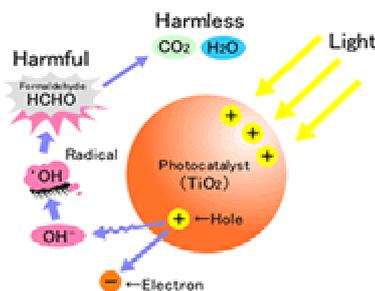


圖 2-2 光觸媒之催化反應機制

(資料來源：<http://www.photocatalyst.co.jp/e/toha/toha.htm>)

第三節 奈米塗料檢測技術現況

依照國內奈米標章制定之精神，奈米塗料之檢驗證項目主要包括奈米性、功能性及其他，其涉及之檢測技術涵蓋奈米科技與傳統科技領域。雖然針對傳統塗料之品質與性能檢測多已有相關試驗標準或產業規範可資遵循，然而，當導入奈米技術後，奈米塗料功能性之改良程度如何與傳統塗料進行區隔，則多未有明

確之共識，導致業界在產品開發完成後，形成各說各話、無從驗證之地步。本節將簡述目前常用於奈米性檢測之儀器設備與技術，並就塗料功能性之驗證問題進行初步探討。

3.1 塗料奈米性檢測技術

「檢測」指的是以各式方法，針對特製的材料或結構進行物理特性的計算測定，這些物理特性泛指材料或結構所延伸產生之光學，力學，電學，熱學，磁學等之交互作用。「奈米檢測」則是指量測奈米尺度的這些物理特性的方法。在奈米科技發展過程中的一大關鍵就是檢測技術，因為眼見為憑，看得到、摸得到的東西才容易使人信服。當物體微小化至奈米尺度時，已超出一般檢測工具之量測極限，因而檢測這些材料特性的工具益發具有舉足輕重的地位。

奈米材料特性之檢測方法主要可分為探測源及監測項，探測源的目的在於與受測物作用並激發其物性，常用之探測源如光子、X 光、離子、電子、原子、中子等，其可激發受測物產生二次效應，而此效應可能是能量、溫度、質量、時間、角度、相位等之函數。例如以光子束作為探測源，受測物可能產生光子訊號，就如常見之螢光(PL)、拉曼(Raman)光譜或 X 光繞射(XRD)；亦可能產生電子訊號，這時分析之技術就為 X 光吸收光譜(XAS)或 X 光光電子光譜(XPS)等技術。當以電子做為探測源，則產生的電子訊號，其分析方法最為熟知的如掃描式(SEM)或穿透式(TEM)電子顯微術，而分析產生之光子訊號，則為能量分散光譜(EDS)技術等。若要分析表面特性，則首推掃描探針顯微術(SPM)，包括掃描穿遂顯微術(STM)及原子力顯微術(AFM)等【15】。

常用於檢測奈米級材料特性的顯微技術有 3 種，包括：掃描電子顯微技術(SEM)、穿透電子顯微技術(TEM)及掃描探針顯微技術(SPM)，其解析能力與所使用光源的波長大小相關，各顯微技術之優劣比較如表 2-7 所示，其中 SEM 是奈米材料顯微形貌觀察方面最主要、使用最廣泛的分析儀器，具有影像解析度極高、景深長之特點，可以清晰觀察起伏程度較大的樣品，且具儀器操作容易、試片製

備簡易之優點。

表 2-7 常用顯微技術比較表

	掃描電子顯微技術 (SEM)	穿透電子顯微技術 (TEM)	掃描探針顯微技術 (SPM)
橫向解析度	1 nm	原子級	原子級
縱向解析度	10 nm	無	原子級
成像範圍	1 mm	0.1 mm	0.1 mm
成像環境	真空	真空	無限制
樣品準備	鍍導電膜	手續繁複	無
成分分析	有	有	無

(資料來源：<http://www.getgoal.com.tw/tech/tech-21-1.htm>)

在國內現行奈米標章驗證規範中，有關奈米性之驗證規定為：奈米原料(例如光觸媒、奈米銀等)之成分須確認，奈米成分粒徑或表面奈米結構，其平均粒徑任一維須在 100nm 以下。

3.2 塗料功能性之驗證基準

國內目前施行之奈米標章驗證規範中，有關奈米塗料之驗證規範有 6 種，其功能性需求主要為脫臭、抗污、防火、自潔、雙疏防污等，規範名稱如下：

- TN-001 奈米光觸媒脫臭塗料驗證規範
- TN-005 奈米光觸媒抗污塗料驗證規範
- TN-021 奈米木質用防火塗料驗證規範
- TN-027 奈米光觸媒自我潔淨聚碳酸酯建材驗證規範
- TN-030 奈米結構雙疏防污建築塗料驗證規範
- TN-031 奈米光觸媒自我潔淨塗料驗證規範

其他驗證規範中，功能性檢測與塗層相關之規範尚包括：

- TN-002 奈米光觸媒抗菌陶瓷面磚驗證規範

- TN-004 奈米光觸媒抗污陶瓷面磚驗證規範
- TN-008 奈米表面處理抗污衛生陶瓷器驗證規範
- TN-012 奈米表面抗污金屬隔板驗證規範
- TN-015 奈米撥水易潔汽車蠟驗證規範

綜整前述所列之驗證規範，與奈米塗料相關之功能性檢測項目、方法與要求標準整理如表 2-8 所示，塗料耐久耐候性之檢測項目、方法與要求標準則整理如表 2-9 所示。由表 2-8 可知，針對塗料之自潔、防污等特性，皆以接觸角量測為評定指標，防污部分並輔以對試劑之分解能力；表 2-9 則顯示塗料耐久耐候性能之評定方式，主要採用耐刷洗試驗及 QUV 試驗。

表 2-8 與奈米塗料相關之功能性檢測項目與標準

功能項目	特性	要求水準
光觸媒脫臭	對乙醛之脫臭分解	去除率須達 70%以上。
光觸媒抗菌	對金黃色葡萄球菌及大腸桿菌之抗菌率	抗菌率須達 90%以上。
光觸媒抗污	對有機污染物氧化分解	亞甲基藍試劑 6 小時之分解率 > 70%。
	乾燥塗膜之親水化時間	接觸角 30°之親水化時間 5 小時以下。
	乾燥塗膜之暗處接觸角	置暗處 48 小時,維持 30°以下之接觸角
表面處理抗污	水接觸角量測	水接觸角 > 100°。
	污染殘留試驗	污染殘留比率 < 1%。
	濃稠污物污染試驗	濃稠污物污染殘留比率 < 1%。
撥水易潔	水接觸角量測	水接觸角 > 100°。
	水滴滑動測試	50 μ L 液滴滑動角 < 30°。
	水漬殘留	30°傾斜板上水漬殘留比率 < 10%。
防火	耐燃性	每單位面積之發煙係數：100 以下。 餘焰時間：30 秒以下。
	塗料塗膜特性	附著性：8 點以上(1mm 方格黏帶法)。 鉛筆硬度：B 以上。
	無鹵素材料檢測	氯化化合物的總含量 < 900ppm。 溴化化合物的總含量 < 900ppm。 總鹵素的化合物最大含量 < 1500ppm。
表面塗裝高耐候	水接觸角量測	接觸角 > 100°。
	耐鹽霧試驗	鹽霧試驗 500 小時,接觸角 > 80°。
	耐候試驗	QUV 照射 500 小時,接觸角 > 80°。
光觸媒自潔	水接觸角量測	照光時間 48 小時,臨界接觸角 < 10°。
	亞甲基藍分解效能	照光時間 3 小時,分解活性指數大於 10 nmol/(L min)。
雙疏防污	水接觸角測試	水接觸角 > 140°。
	油接觸角測試	二碘甲烷接觸角 > 100°。
	水性污染物防污試驗	亮度差 L -2。
	油性污染物防污試驗	亮度差 L -2。

(資料來源：奈米標章相關規範，本研究整理)

表 2-9 與奈米塗料相關之耐久耐候特性檢測項目與標準

功能項目	特性	要求水準
表面處理抗污	耐刷洗試驗	刷洗 2000 次，水接觸角 > 100°、污染殘留比率 < 1%、濃稠污物污染殘留比率 < 5%。
撥水易潔	耐刷洗試驗	刷洗 1000 次，水接觸角 > 100°。
防火	耐刷洗試驗	刷洗 1000 次，塗膜無顯著磨損及破裂。
表面塗裝高耐候	耐鹽霧試驗	鹽霧試驗 500 小時，接觸角 > 80°。
	耐候試驗	QUV 照射 500 小時，接觸角 > 80°。
	耐刷洗試驗	刷洗 2000 次，接觸角 > 90°。
光觸媒自我潔淨	耐候試驗	QUV 照射 1000 小時，接觸角 < 20°。
	耐刷洗試驗	刷洗 1000 次，接觸角 < 20°。
	耐久性	QUV 照射 500 小時，再進行刷洗 1000 次，水接觸角 < 20°或分解活性指數大於 5 nmol/(L min)。
雙疏防污	耐刷洗試驗	刷洗 2000 次，水接觸角 > 130°、二碘甲烷接觸角 > 90°。
	耐候試驗	QUV 照射 500 小時，水接觸角 > 130°、二碘甲烷接觸角 > 90°。

(資料來源：奈米標章相關規範，本研究整理)

第三章 試驗規劃與執行

本研究配合本所材料實驗中心目前已建置完成之儀器設備，針對市售奈米塗料之奈米性與功能性驗證項目，以及塗料之耐久耐候性能，規劃可執行之檢測方法，除建立本所材料實驗中心在奈米檢測方面之技術能力外，亦可利用加速劣化試驗，探討奈米塗料塗模在經過長期外在天候環境外力作用後，其原有之功能性產生多少變化，藉此瞭解奈米塗料之耐久耐候性能，並初步探討奈米塗料耐久耐候性能評估基準，同時也為實驗室認證預做準備。

第一節 試驗項目與試驗規劃

本所材料實驗中心現有與材料檢測相關之實驗設備，應可執行之塗料分析項目包括：奈米性、接觸角、光澤度、色差、附著性、硬度、透水性、隔熱等，劣化設備則包括：鹽霧試驗機、氬弧燈式耐候試驗機、以及南北兩處戶外曝曬架。本節根據設備設置現況，以及本案執行人力與時程之限制，針對室外型奈米塗料之耐久耐候性能進行試驗規劃，擬藉由加速劣化試驗探討劣化過程對奈米塗料各項性能之影響，並期望能整合試驗過程的各種經驗，研擬奈米塗料奈米性、功能性及耐候性試驗相關之標準作業程序，做為本所材料實驗中心實驗室認證之技術文件。

一、基材規劃

本研究以常見之建築材料做為塗料之基材，包括金屬質材料、水泥質材料及玻璃質材料等，由於本研究並非著眼於塗料對基材之保護作用，亦非探討基材材質變化對其與塗料界面間之影響，而係以塗料本身耐久耐候能力為探討目標，因此，基材之選用將僅考量其與塗料之匹配性。

1. 金屬質基材：採用一般常用於鐵皮屋外牆或棚架頂版之鍍鋅鋼板，試片尺寸

為 150×70×1.6mm。

2. 水泥質基材：考量混凝土構造物大多以水泥砂漿抹平後才進行塗裝作業，並考量基材材質之均一性與表面平整性，故以市售之水泥纖維板製作試片，試片尺寸為 150×70×6mm。
3. 玻璃質基材：採用一般清玻璃，試片尺寸為 150×70×3mm。

二、塗料規劃

本年度持續搜尋國內標榜奈米塗料之相關產品，綜合上年度所蒐集之資料，奈米塗料產品之功能性多強調防污自潔性、耐久耐候性、防水性、隔熱性、防霉除菌、附著性、硬度等，其中部分產品需有特殊之施作方式才能展現出功能性。經評估塗料取得之便利性並配合本所劣化實驗設備之實驗量能後，本研究選取 2 種市售奈米塗料進行探討(分別以塗料 A 及塗料 B 稱之)，藉以瞭解奈米技術或材料對塗料功能性之提升有多少助益，亦可評估建立奈米塗料之指標。

1. 塗料 A 產品概述

塗料性質：水性塗料、白色

標示主要功能：隔熱、防水、防污、耐候等

適用基材：金屬、石材、木材、塑膠、磁磚、水泥、磚塊等材質

塗佈方式：不需底漆，可以毛刷、滾輪、噴槍等方式施塗

2. 塗料 B 產品概述

塗料性質：水性塗料、半透明

標示主要功能：撥水、防水、耐候、耐熱、防污等

適用基材：木材、水泥、玻璃、金屬、磚塊、塑膠等材質

塗佈方式：可不需底漆，可以毛刷、滾輪、噴槍等方式施塗

三、劣化試驗規劃

我國 CNS 11607 中規定了許多塗膜硬固後的耐久耐候性試驗，包括耐鹽水噴霧試驗、耐濕性試驗（50%RH；RH > 95%）、耐乾與濕冷熱反覆性試驗、加速黃色度試驗、評估塗膜牢固性質的粉化度試驗、探討塗膜光變性質的耐光性試驗、利用氬弧燈或碳弧燈照射的加速耐候性試驗、以及自然曝曬耐候性試驗等。其中最常使用於評估塗膜耐久耐候性質的試驗方法為耐鹽水噴霧試驗、加速耐候性試驗、及自然曝曬耐候性試驗。本研究原規劃採用加速耐候性試驗，並配合鹽水噴霧試驗，以評估奈米塗料之耐久耐候性能，劣化試驗原規劃如下：

1. 加速耐候性試驗：

(1) 目的：評估試片在模擬日光之氬弧燈光源照射及噴水霧之劣化過程中，塗膜性質之變化，並與參比標準進行比對檢查。

(2) 劣化期程：約 1000 小時。

2. 加速耐候性試驗+鹽水噴霧試驗：

(1) 目的：評估試片在加速耐候性試驗與鹽水噴霧試驗二者交互作用之劣化過程下，塗膜之性質變化，觀察試片表面有無發生銹污及塗膜膨脹、剝離等現象。

(2) 劣化期程：加速耐候性試驗與鹽水噴霧試驗總時數各約 500 小時。

然而，配合本所材料實驗中心之委託測試與其他實驗研究案之時程規劃，本研究於 10 月初始得使用氬弧燈耐候試驗機，因此，在研究期程窘迫下，擇定僅執行加速耐候性試驗。

四、評估項目規劃

本研究目的係利用加速劣化試驗模擬奈米塗料塗膜在經過長期外在天候環境外力作用後，探討其原有之功能性產生多少變化，藉此瞭解功能性奈米塗料之耐久耐候性能，並初步探討奈米塗料耐久耐候性能評估基準。目前國內奈米標章針對塗料所訂定之驗證規範，包括奈米性、脫臭功能、抗污(防污)功能、親水性、

耐燃功能、附著性、硬度、耐刷洗性、鹵素含量、耐候性等，本案依據本所材料實驗中心現階段可執行之檢測與驗證項目，針對其劣化前後之性能指標進行探討，內容包括：

1. 奈米性：利用微觀量測，評估奈米塗料是否為奈米技術產品，亦即塗料中之奈米材料或塗膜表面結構任一維尺度需小於 100nm，並辯識奈米材料成分。
2. 功能性：
 - (1) 自潔性：量測塗膜之接觸角，評估塗料塗膜是否具有超疏水或超親水性，能藉由雨水將塗膜表面髒污帶走，達到自我潔淨效果。
 - (2) 防污性：以 Eosin Yellowish 苯胺紅色料為污染劑，藉由污染劑在試片上之殘留量，評估塗料之防污性。
 - (3) 隔熱性：利用戶外陽光或白熾燈泡照射，以熱耦線與資料擷取系統，量測試件正、背面之溫度，評估塗料塗膜之隔熱效果。
 - (4) 透水性：使用透水試驗器具，於一定時間內，測定塗膜透水單位面積之水量，做為塗膜之透水性。
 - (5) 附著性：利用百格刀及感壓性膠帶，評估塗料塗膜自基材剝離之抵抗性。
 - (6) 硬度：利用已知硬度之鉛筆在塗膜上推動，評估塗料塗膜之硬度。
 - (7) 其他：利用光澤度計、色差計等設備，量測比較劣化前後之差異，藉以評估塗料塗膜之抗老化性能。

五、試片規劃

本案試片依據基材種類、塗料種類、劣化分析等進行編號。試片編號之第 1 位字母為基材種類，以 S 代表金屬試片，M 為水泥纖維板試片，G 為玻璃試片；第 2 位字母為塗料種類，以 A、B 編碼；第 3、4 位數字則為試片序號。由於本所氬弧燈式耐候試驗機最多僅能容納 63 片試片，依據試驗規劃之檢測週期與檢測項目，估計試片之配置數量如表 3-1 所示，其中色差、光澤度、接觸角、隔熱屬於非破壞性檢測，其餘檢測項目歸類為破壞性檢測。所有試片於劣化前後皆執

行膜厚、色差、光澤度及接觸角量測。

表 3-1 試片規劃與編號

劣化期程	評估項目	金屬板試片	水泥纖維板試片	玻璃板試片
	標準片	S_00	M_00	G_00
劣化前	附著性、硬度	S_01~02	M_01	G_01~02
	奈米性、透水性	-	M_02	-
	隔熱性	S_33~34	M_33~34	G_33~34
	防污性	-	M_05	-
劣化 100 小時	附著性、硬度	S_11~12	M_11	G_11~12
	奈米性、透水性	-	M_12	-
	隔熱性	S_33~34	M_33~34	G_33~34
	防污性	-	M_15	-
劣化 300 小時	附著性、硬度	S_21~22	M_21	G_21~22
	奈米性、透水性	-	M_22	-
	隔熱性	S_33~34	M_33~34	G_33~34
	防污性	-	M_25	-
劣化 500 小時	附著性、硬度	S_31~32	M_31	G_31~32
	奈米性、透水性	-	M_32	-
	隔熱性	S_33~34	M_33~34	G_33~34
	防污性	-	M_35	-

(資料來源：本研究整理)

第二節 試驗方法綜整

綜合前述相關之試驗標準與驗證規範，本研究擬採用之劣化程序、檢測項目與方法說明如下。

一、劣化程序

(一) 加速耐候性試驗

1. 試驗設備：氙弧燈式耐候試驗機 (SUGA, X75SC) (如圖 3-1)
2. 試件處理：
 - (1) 取試件尺寸為 150×70mm；
 - (2) 試件之塗料塗膜依產品標準進行塗裝，試件置於溫度 23 ± 2 、相對溼度 $50\pm 5\%$ 之條件下養護 7 天以上；
 - (3) 每項測試項目所準備之相同試件至少 3 件，其中 1 件做為未劣化之參比試件；
 - (4) 試件編碼；
 - (5) 以膜厚計量測塗膜厚度。
3. 加速劣化執行程序：
 - (1) 依操作手冊檢查試驗機各單元，例如冷卻水、溼度產生器水位、濕球水等。
 - (2) 正式試驗前，以照度計校正試驗機之放射照度量測單元，以校驗用黑板溫度計校驗試驗機溫度量測單元。
 - (3) 必要時進行噴水水質檢驗。
 - (4) 將試件固定於試驗機之樣品架上，待測面朝內；無試件之空間以不銹鋼板封閉。
 - (5) 設定試驗條件、週期與總試驗時間：
 - (a) 102 min 照射，照度 $41.5\pm 2.5\text{W/m}^2$ ，黑板溫度 63 ± 2 ，相對溼度 $50\pm 5\%$ ；
 - (b) 18 min 照射 + 噴水，照度 $41.5\pm 2.5\text{W/m}^2$ ，艙溫 38 ± 2 ；
 - (c) 重複(a)~(b)。
 - (6) 劣化 100、300、500、1000、1500 小時取出試件進行檢測。
 - (7) 試驗期間因須將試件取出檢測，而檢測後再將試件放回試驗機時，其間斷試驗機運轉時間不得超過 24 小時。
4. 參考標準：ASTM D6695 Standard Practice for Xenon-Arc Exposures of

Paint and Related Coatings



圖 3-1 氙弧燈式日光模擬機 - SUGA X75SC
(資料來源：本研究拍攝)

(二) 鹽水噴霧試驗

1. 試驗設備：鹽水噴霧試驗機 (SUGA, CTP-96) (如圖 3-2)
2. 試件處理：
 - (1) 取試件尺寸為 150×70mm；
 - (2) 試件之塗料塗膜依產品標準進行塗裝與養護，試件之切口以石臘保護；
 - (3) 以塗料被覆之試件，試驗前不可作洗淨處理，惟應清除附著物或塵埃等；
 - (4) 視需要以美工刀刀尖於塗膜上刻劃 2 條交叉線，刻痕深度達試驗板底材；
 - (5) 每項測試項目所準備之相同試件至少 3 件，其中 1 件做為未劣化之參比試件；
 - (6) 試件編碼；
 - (7) 以膜厚計量測塗膜厚度。
3. 加速劣化執行程序：中性鹽水噴霧試驗

- (1) 依操作手冊檢查試驗機各單元，例如冷卻水、鹽水槽水位等。
 - (2) 調配鹽液，鹽濃度為 $50\pm 5\text{g/L}$ ，比重為 $1.029\sim 1.036$ (25 時)，pH 值為 $6.5\sim 7.2$ (25 ± 2 時)。
 - (3) 正式試驗前，調節噴霧空氣壓力為 $0.098\pm 0.010\text{MPa}$ ，並進行噴霧液取樣，確認取樣面積在 80cm^2 時，噴霧量每小時收集 $0.5\sim 1.5\text{mL}$ 。
 - (4) 將試件放入試驗機中，試件角度與垂直線約為 $20\pm 5^\circ$ ；試件之位置與間隔不得妨礙鹽霧之自由落下；試件滴下之鹽水不可落在其他試件上。
 - (5) 設定試驗條件、週期與總試驗時間：連續噴霧，試艙溫度 35 ± 2 ，總試驗時間 1000 小時。
 - (6) 每 200 小時取出試件進行檢測，試件取出後乾燥 $0.5\sim 1.0$ 小時，試件若有鹽粒附著，以清水洗淨後乾燥之。
4. 參考標準：CNS 8886 鹽水噴霧試驗法。



圖 3-2 鹽霧複合耐候試驗機 - SUGA CTP-96
(資料來源：本研究拍攝)

二、檢測項目與方法

(一) 奈米性檢測

1. 檢測設備：掃描式電子顯微鏡 (Hitachi, S-4300 w/ EMAX) (如圖 3-3)

2. 試件處理：

- (1) 裁取試件尺寸小於 20×20mm；
- (2) 以導電碳膠帶將試件黏著於樣品台上，清除試片表面塵屑，試件不得有鬆動的粉末或碎屑，並避免以手指直接碰觸試件表面；
- (3) 將樣品台置入濺鍍機內，在試件上鍍一層白金薄膜協助試件導電；
- (4) 將樣品台置於樣品座上，量測樣品座及試件總高度，不可超過限制高度。

3. 檢測方法：

- (1) 依據儀器廠商提供之操作手冊，開啟系統及電腦。
- (2) 依據儀器廠商提供之操作步驟，將樣品座置入樣品室內。
- (3) 依據儀器廠商提供之操作程序，進入控制軟體進行影像觀察。
- (4) 影像觀察步驟：(a)加速電壓設定；(b)影像亮度調整；(c)焦距調整；(d)選擇觀察區域；(e)選擇放大倍率；(f)像差調整；(g)焦距微調；(h)量測奈米尺度；(i)擷取及儲存影像。

4. 參考標準：掃描試電子顯微鏡使用手冊。



圖 3-3 掃描試電子顯微鏡(SEM)
(資料來源：本研究拍攝)

(二) 接觸角量測

1. 檢測設備：接觸角計 (FTA188) (如圖 3-4)
2. 試件處理：

- (1) 以壓縮空氣清除試樣表面之塵埃等；
- (2) 試樣表面不可直接以手指碰觸或其他會造成表面污染之行為；
- (3) 必要時，試樣表面以蒸餾水洗淨，置於室溫下乾燥。

3. 檢測方法：

- (1) 實驗室溫度應控制在 23 ± 2 ，相對溼度應控制在 50%以上。
- (2) 依據接觸角計廠商所提供之操作指南，設定接觸角計之運作條件，使用蒸餾水做為測試液體。
- (3) 將試樣置於接觸角計之樣品台上，調整樣品台傾斜度，使試樣表面近似於水平狀態。
- (4) 調整樣品台高度，使試樣表面距離液滴注射針頭約 3mm。
- (5) 擠壓液滴注射管，使液滴量恰由針頭滴落於試樣表面。
- (6) 待液滴於試樣表面穩定後，即以接觸角計之攝影裝置拍攝液滴與試樣接觸之影像，並利用接觸角計之內建軟體量測液滴兩側之接觸角；拍攝影像時應留意焦距，使影像清晰。
- (7) 選取試樣不同測點 3 處，重複步驟(5)~(6)，以各測點量測值之平均值代表該試樣之接觸角。

4. 參考標準：ASTM D7334-08 Standard Practice for Surface Wettability of Coatings, Substrates and Pigments by Advancing Contact Angle Measurement



圖 3-4 接觸角計 - FTA188

(資料來源：本研究拍攝)

(三) 色差分析

1. 檢測設備：色差計 (SUGA, SM-T) - 分光測光儀 (如圖 3-5)
2. 試件處理：
 - (1) 以壓縮空氣清除試樣表面之塵埃等；
 - (2) 試樣表面不可直接以手指碰觸或其他會造成表面污染之行為；
 - (3) 必要時，試樣表面以蒸餾水洗淨，置於室溫下乾燥。
3. 檢測方法：
 - (1) 以標準色片執行校正作業。
 - (2) 依 CNS 11351 第 4.3.1 節規定，設定測試條件，即 45 度照明，0 度受光之條件，並選擇標準光源 C 光。
 - (3) 將試件置於測試孔，測定三刺激值 X、Y、Z。
 - (4) 依 CNS 10136 之規定，由三刺激值可轉換為 L^* 、 a^* 、 b^* 值，並計算 E_{ab} 值，以比較色彩差異度。
4. 參考標準：CNS 10756-1 塗料一般檢驗法(有關塗膜之視覺特性之試驗法)



圖 3-5 色差計
(資料來源：本研究拍攝)

(四) 附著試驗

1. 檢測設備：百格刮刀及透明感壓性膠帶(3M Scotch Cellophane Film Tape 610)
2. 試件處理：
 - (1) 以壓縮空氣清除試樣表面之塵埃等；

- (2) 試樣表面不可直接以手指碰觸或其他會造成表面污染之行為；
- (3) 必要時，試樣表面以蒸餾水洗淨，置於室溫下乾燥。
- (4) 塗膜總厚度應小於 250 μm 。

3. 檢測方法：

- (1) 實驗室溫度應控制在 23 ± 2 ，相對溼度應控制在 50 $\pm 5\%$ 以上。
- (2) 檢查刮刀刀刃狀態。
- (3) 將試片平放，以百格刮刀在試片表面 3 處不同位置切割出方格網，切割深度須達基材面。
- (4) 切取約 75mm 長之膠帶，黏貼於方格網上，並超出方格網範圍至少 20mm，以手指施壓，使其有良好之黏著。
- (5) 黏著後約 5 分鐘，抓住膠帶之一端，以約 60 度角、在 0.5~1.0 秒內將膠帶拉開。
- (6) 保留撕下的膠帶(例如黏在透明紙上)，做為參照比對之用。
- (7) 依方格網剝離程度評定等級。

4. 參考標準：

- (1) CNS 15200-5-6 塗料一般試驗法 - 第 5-6 部：塗膜機械性質：附著試驗(方格法)
- (2) ASTM D3359 Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test

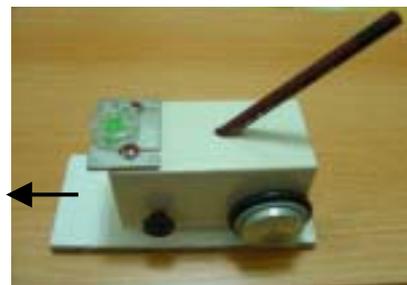
(五) 硬度試驗

1. 檢測設備：鉛筆硬度計(如圖 3-6(a))
2. 試件處理：
 - (1) 以壓縮空氣清除試樣表面之塵埃等；
 - (2) 試樣表面不可直接以手指碰觸或其他會造成表面污染之行為；
 - (3) 必要時，試樣表面以蒸餾水洗淨，置於室溫下乾燥。
3. 檢測方法：

- (1) 實驗室溫度應控制在 23 ± 2 ，相對溼度應控制在 $50\pm 5\%$ 以上。
 - (2) 削除鉛筆前端木質部分，使筆芯露出 5~6mm。
 - (3) 將鉛筆以 90 度角在砂紙上研磨，使筆芯端部平整。
 - (4) 將試片平放，並將鉛筆置入試驗儀，使筆芯前端接觸試件表面後，以 0.5~1.0mm/s 之速度推進至少 7mm 之距離(如圖 3-6(b))。
 - (5) 以目視檢查是否有刮痕產生。
 - (6-1) 若無刮痕產生，提高鉛筆硬度，重複(2)~(5)，直至產生長度至少 3mm 之刮痕，但試驗位置不可重疊。
 - (6-2) 若有刮痕產生，降低鉛筆硬度，重複(2)~(5)，直至不產生刮痕。
 - (7) 不使塗膜產生刮痕之最硬鉛筆硬度為該試片之鉛筆硬度。
4. 參考標準：
- (1) CNS 15200-5-4 塗料一般試驗法 - 第 5-4 部：塗膜機械性質：刮痕硬度(鉛筆法)
 - (2) ASTM D3363 Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test



(a) 鉛筆硬度計



(b) 硬度測試

圖 3-6 鉛筆硬度計

(資料來源：本研究拍攝)

(六) 光澤度分析

1. 檢測設備：光澤度計 (BYK, micro-gloss 60°) (如圖 3-7)
2. 試件處理：
 - (1) 以壓縮空氣清除試樣表面之塵埃等；
 - (2) 試樣表面不可直接以手指碰觸或其他會造成表面污染之行為；

(3) 必要時，試樣表面以蒸餾水洗淨，置於室溫下乾燥。

3. 檢測方法：

(1) 以標準片執行校正作業。

(2) 將試件平放、置於光澤度計下，塗膜之塗佈方向應與光澤度計光源同方向。

(3) 於試件之不同位置讀取 3 次讀數，讀值差距小於 5 單位時，取其平均值為該試件之鏡面光澤度；讀值差距在 5 單位以上時，再於不同位置讀取 3 次讀數，取 6 次平均值為該試件之鏡面光澤度。

4. 參考標準：

(1) CNS 15200-4-6 塗料一般試驗法 - 第 4-6 部：塗膜視覺特性：鏡面光澤度

(2) ASTM D523 Standard Test Method for Specular Gloss



圖 3-7 光澤度計
(資料來源：本研究拍攝)

(七) 透水性試驗

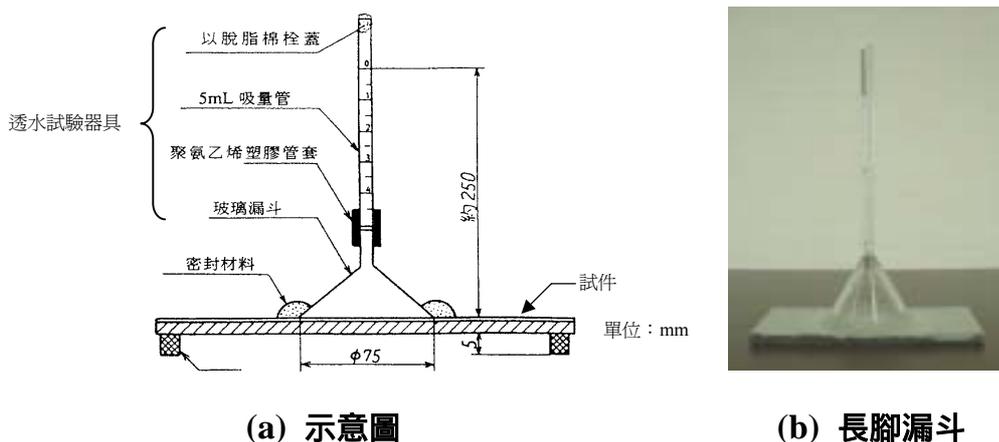
1. 概要：使用透水試驗器具，於一定時間內，測定塗膜試件單位面積之透水量。

2. 檢測設備：透水試驗器具係將玻璃漏斗與吸量管套接一起並固定，且於吸量管上設定標線刻度，如圖 3-8 所示。

3. 檢測方法：

- (1) 使塗膜試件保持水平，將透水試驗器具置於待測塗膜面上，用不吸水之密封材料將接合處填封，如圖 3-8 所示。
- (2) 將去離子水注入透水試驗器具至一定高度(例如圖 3-8 所示約 25 公分)，水中不可有氣泡產生。
- (3) 靜置一定時間後(例如 24 小時)，讀取水柱高度，將水柱下降之高度換算為水量，此即為透水量。
- (4) 計算塗膜試件單位面積之透水量。

4. 參考標準：CNS 10757 塗料一般試驗法



(a) 示意圖

(b) 長腳漏斗

圖 3-8 透水試驗器具

(資料來源：CNS 10757 及本研究拍攝)

(八) 隔熱性試驗

1. 概要：使用隔熱試驗裝置，以燈光照射待測試件之塗膜面，於一定時間內，量測塗膜面與背面之溫度差。
2. 檢測設備：隔熱試驗裝置係以隔熱材料製成試驗箱，於試驗箱之一面開孔，用以置放與固定待測試件；於進行隔熱試驗時，另於試驗箱之內、外及待測試件之兩面設置熱電耦線，並連接至資料擷取器，如圖 3-9 所示。

3. 檢測方法：

- (1) 將待測試件置於試驗箱之開孔，塗膜面朝外並固定之。
- (2) 於試驗箱之內、外側，距離試件一定距離處(約 15cm)，各設置一條熱電耦線，用以量測試驗箱內、外之空氣溫度，並於待測試件之兩面各黏貼一條熱電耦線，用以量測試件內、外表面之溫度，四條熱電耦線則連接至資料擷取器，用以量測並記錄溫度之變化，如圖 3-7 所示。
- (3) 於距離試件固定距離處(約 40cm)，以一光源(500W 鹵素燈)照射試件表面，在一定時間內，紀錄試驗箱內、外空氣溫度及試件表、裡面溫度之變化。
- (4) 計算試驗箱內、外空氣溫差及試件表、裡面溫差，做為塗膜隔熱性能之評估值。

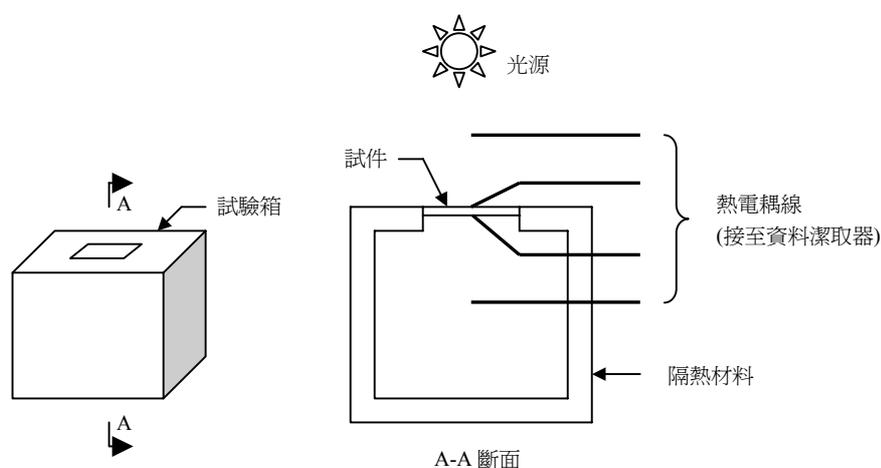


圖 3-9 隔熱性試驗示意圖
(資料來源：本研究繪製)

第三節 奈米塗料試片製作

依據前節之試驗規劃及表 3-1 試片規劃，本研究案總計需製作 74 片試件，

塗料 A 及塗料 B 各需 37 片。試片製作過程說明如下。

一、試片基材製作

1. 以切割工具將鍍鋅鋼板、水泥纖維板及玻璃板裁切成 15×7cm。
2. 清除試片表面之粉塵，製成之基材如圖 3-10 所示。



圖 3-10 試片基材
(資料來源：本研究整理)

二、塗料比重量測

1. 取容量為 100ml 之比重杯(如圖 3-11(a))，以電子天秤(如圖 3-11(b))量測空杯(含杯蓋)重量 W_0 (g)。
2. 充分攪拌塗料後，將塗料適量倒入比重杯，蓋上杯蓋，將逸出杯蓋孔之塗料迅速清除。
3. 將裝有塗料之比重杯置入電子天秤量測總重 W_1 (g)，之後將塗料倒出，清潔比重杯。
4. 計算塗料比重 $= (W_1 - W_0)/100$ 。

或

1. 同上。
2. 將純水適量倒入比重杯，蓋上杯蓋，將逸出杯蓋孔之純水清除。
3. 將裝有純水之比重杯置入電子天秤量測總重 W_w (g)，之後將純水倒出，擦乾比重杯。
4. 充分攪拌塗料後，將塗料適量倒入比重杯，蓋上杯蓋，將逸出杯蓋孔之

塗料迅速清除。

5. 將裝有塗料之比重杯置入電子天秤量測總重 W_1 (g)，之後將塗料倒出，隨即清潔比重杯。
6. 計算塗料比重 $= (W_1 - W_0) / (W_w - W_0)$ 。



(a) 比重杯



(b) 電子天秤

圖 3-11 塗料比重量測設備

(資料來源：本研究整理)

三、塗料黏度量測

1. 取 4 號福特杯(如圖 3-12(a))，使用適合溶劑清潔杯內壁與流出孔，靜置於於支架上使其乾燥。
2. 使用圓形水準氣泡及玻璃蓋板，調整福特杯及支架，使杯面保持水平(如圖 3-12(b))。
3. 充分攪拌塗料後，以擋板(或手指)堵住福特杯流出孔，同時將塗料倒滿福特杯，以玻璃板將杯面塗料刮平，使多餘塗料流入杯緣(如圖 3-12(c))。
4. 將擋板(或手指)移開，使塗料垂直接流出，同時按下碼錶開始計時；當流出塗料出現第一次斷點時即停止計時(如圖 3-12(d))。
5. 流出時間的秒數即為受測塗料之黏度值，重複測量 3 次，取平均值為最後測量值。



(a) 4 號福特杯



(b) 福特杯及支架調整水平



(c) 將塗料倒入福特杯



(d) 塗料流出按下碼錶計時

圖 3-12 塗料黏度量測

(資料來源：本研究整理)

四、試片塗佈

1. 清除基材表面之灰塵或髒污。
2. 將塗料充分攪拌後，依照選用市售塗料之施工步驟與注意事項，以(a)羊毛刷進行試片刷塗作業，或(b)以塗佈器塗佈(如圖 3-13)。
3. 本研究選用之市售塗料皆不需底漆，亦無需加水稀釋。
4. 刷塗量依照選用市售塗料之建議塗刷厚度分次塗刷，每次塗刷完後，靜置一天使其乾燥。
5. 每次塗刷完後之乾膜厚度，以膜厚計進行量測，藉以控制塗膜厚度。
6. 本研究採用 100 μm 塗佈器(塗佈效果好，無刷痕)，分三次塗佈，完成塗佈之試片如圖 3-14。



(a)將塗料倒於試片一端 (b)微施壓力均速拉動塗佈器(不可轉動)

圖 3-13 以塗佈器進行試片塗佈

(資料來源：本研究整理)



圖 3-14 完成塗刷(佈)之試片

(資料來源：本研究整理)

第四章 試驗結果與討論

第一節 塗料劣化前檢測

為比較塗料特性於劣化前後之差異性，依前述之試驗方法，執行試片劣化前之各項檢測，包括：膜厚、色座標、光澤度、水接觸角、隔熱、粘著性、鉛筆硬度、透水性等，檢測結果說明如后。

一、膜厚量測

本研究使用超音波膜厚計進行塗料乾膜厚度量測，量測前依儀器廠商提供之標準片進行校正，每次使用前並執行歸零動作，每片試片量測上、中、下 3 處膜厚（如圖 4-1），每處膜厚量取 9 點取其平均值，量測結果如表 4-1 所示，塗料 A 之玻璃試片膜厚為 134~149 μm 、鍍鋅鋼板試片膜厚為 142~168 μm 、水泥纖維試片膜厚為 190~271 μm ，塗料 B 之玻璃試片膜厚為 142~162 μm 、鍍鋅鋼板試片膜厚為 155~167 μm 、水泥纖維試片膜厚為 150~247 μm 。

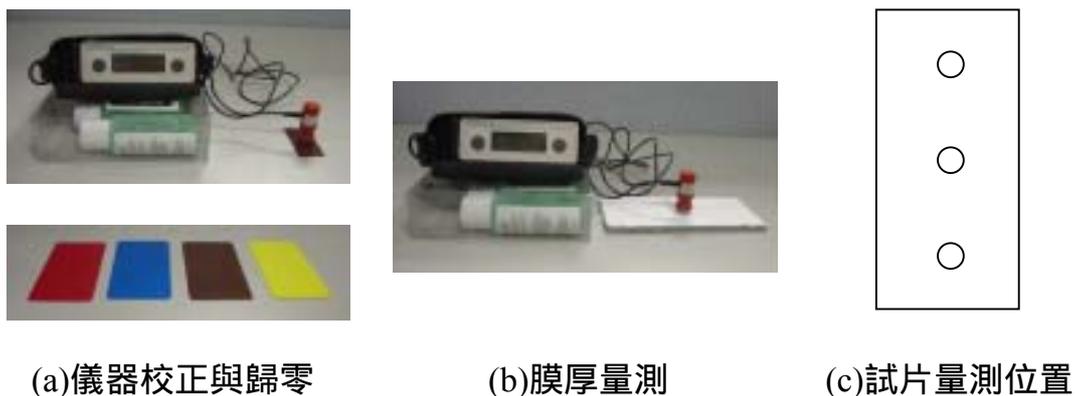


圖 4-1 試片膜厚量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-1(a) 玻璃試片劣化前之膜厚

編號	GA00	GA01	GA02	GA11	GA12	GA21
膜厚 μm	137	132	135	140	150	141
	142	139	132	160	139	144
	140	138	134	143	142	139
平均	140	136	134	148	144	141
編號	GA22	GA31	GA32	GA33	GA34	
膜厚 μm	139	128	133	140	154	
	139	141	138	148	150	
	138	142	147	143	144	
平均	139	137	139	144	149	
編號	GB00	GB01	GB02	GB11	GB12	GB21
膜厚 μm	154	148	142	155	156	161
	158	141	138	146	139	162
	162	145	146	149	141	162
平均	158	145	142	150	145	162
編號	GB22	GB31	GB32	GB33	GB34	
膜厚 μm	153	168	155	161	168	
	156	155	148	157	160	
	160	149	164	164	157	
平均	156	157	156	161	162	

註：(1)表列數值係採用超音波膜厚計量測。

(2)表列數值為試片長向之上、中、下 3 處之膜厚值，各處之膜厚係量測其周遭共 9 點膜厚值之平均。

(資料來源：本研究整理)

表 4-1(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之膜厚

編號	SA00	SA01	SA02	SA11	SA12	SA21
膜厚 μm	165	145	149	143	152	157
	157	143	140	136	149	160
	163	148	157	147	140	163
平均	162	145	149	142	147	160
編號	SA22	SA31	SA32	SA33	SA34	
膜厚 μm	193	162	157	153	154	
	154	156	150	153	150	
	157	149	149	156	151	
平均	168	156	152	154	152	
編號	SB00	SB01	SB02	SB11	SB12	SB21
膜厚 μm	160	159	161	151	162	157
	159	155	150	155	157	157
	154	156	155	158	161	157
平均	158	157	155	155	160	157
編號	SB22	SB31	SB32	SB33	SB34	
膜厚 μm	165	161	154	165	159	
	170	157	152	160	159	
	166	159	165	158	161	
平均	167	159	157	161	160	

註：(1)表列數值係採用超音波膜厚計量測。

(2)表列數值為試片長向之上、中、下 3 處之膜厚值，各處之膜厚係量測其周遭共 9 點膜厚值之平均。

(資料來源：本研究整理)

表 4-1(c) 水泥纖維板試片劣化前之膜厚

編號	MA00	MA01	MA02	MA05	MA11	MA12
膜厚 μm	238	160	182	212	235	208
	217	204	201	198	222	244
	220	205	188	189	219	227
平均	225	190	190	200	225	226
編號	MA15	MA21	MA22	MA25	MA31	MA32
膜厚 μm	256	187	221	213	191	210
	235	226	218	207	230	206
	218	242	199	195	215	224
平均	236	218	213	205	212	213
編號	MA33	MA34	MA35			
膜厚 μm	201	215	205			
	217	206	223			
	202	201	207			
平均	207	207	212			
編號	MB00	MB01	MB02	MB05	MB11	MB12
膜厚 μm	242	183	147	206	206	219
	173	151	169	159	196	190
	179	215	179	146	208	219
平均	198	183	165	170	203	209
編號	MB15	MB21	MB22	MB25	MB31	MB32
膜厚 μm	235	175	175	210	218	232
	243	168	168	250	184	159
	197	188	185	194	200	224
平均	225	177	176	218	201	205
編號	MB33	MB34	MB35			
膜厚 μm	215	185	252			
	210	219	225			
	213	220	264			
平均	213	208	247			

註：(1)表列數值係採用超音波膜厚計量測。

(2)表列數值為試片長向之上、中、下 3 處之膜厚值，各處之膜厚係量測其周遭共 9 點膜厚值之平均。

(資料來源：本研究整理)

二、色座標值量測

本研究使用第三章第二節所述之色差計進行塗料色座標值量測，量測條件依 CNS 10756-1 之規定，選用 C2 光、8/d (8°照明、擴散受光) $\phi 30$ ，測定塗膜三刺激值 X、Y、Z 及 CIE 之 L^* 、 a^* 、 b^* 座標值，用以比較色彩差異度，總色差 $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ ，其中 L^* 為顏色亮度， $L^*=0$ 代表純黑色， $L^*=100$ 代表純白色， a^* 代表顏色於紅色和綠色之間所佔的位置，負值表示偏綠，正值表示偏紅， b^* 代表顏色於黃色和藍色之間所佔的位置，負值表示偏藍，正值表示偏黃。量測前依儀器廠商提供之標準片進行校正與歸零，量測玻璃試片時以黑絨布覆蓋，每片試片量測試片中央處之色座標值(如圖 4-2)，量測結果如表 4-2 所示。

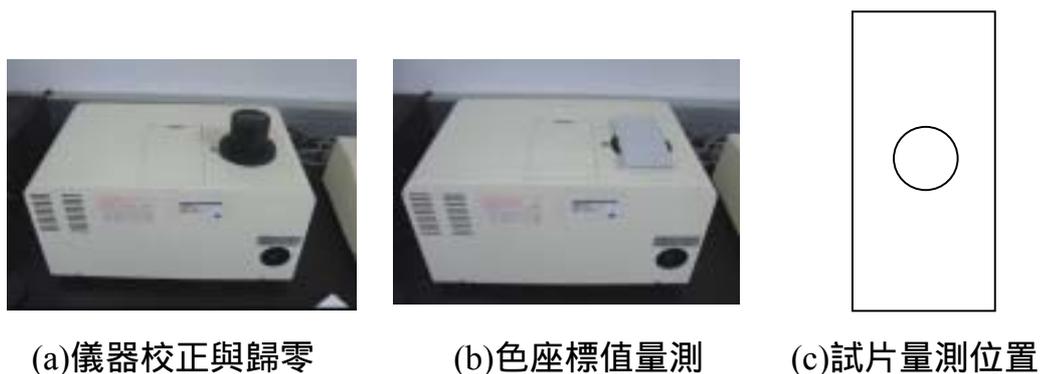


圖 4-2 試片色座標值量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-2(a) 玻璃試片劣化前之色座標值

編號	期程	色座標								色差
		X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	ΔE
GA00	0	90.76	92.85	107.04	0.3123	0.3195	97.17	-0.53	1.63	
GA01	0	90.63	92.73	106.82	0.3123	0.3196	97.12	-0.56	1.68	
GA02	0	90.36	92.43	106.34	0.3125	0.3197	97.00	-0.51	1.76	
GA11	0	90.61	92.70	106.87	0.3123	0.3195	97.11	-0.54	1.63	
GA12	0	90.25	92.34	106.34	0.3124	0.3196	96.96	-0.55	1.70	
GA21	0	90.69	92.77	106.85	0.3124	0.3196	97.13	-0.52	1.69	
GA22	0	90.35	92.43	106.34	0.3125	0.3197	97.00	-0.53	1.76	
GA31	0	90.67	92.76	106.96	0.3122	0.3194	97.13	-0.54	1.62	
GA32	0	90.55	92.66	106.82	0.3122	0.3195	97.09	-0.58	1.63	
GA33	0	90.57	92.67	106.93	0.3121	0.3194	97.09	-0.56	1.57	
GA34	0	90.84	92.92	107.07	0.3123	0.3195	97.20	-0.51	1.66	
平均		90.57	92.66	106.76	0.3123	0.3195	97.09	-0.54	1.67	
GB00	0	33.61	34.63	43.14	0.3018	0.3109	65.46	-1.22	-2.47	
GB01	0	33.96	34.99	43.67	0.3015	0.3107	65.74	-1.22	-2.57	
GB02	0	35.46	36.53	45.72	0.3012	0.3103	66.92	-1.22	-2.74	
GB11	0	33.97	34.99	43.78	0.3013	0.3104	65.74	-1.18	-2.69	
GB12	0	33.46	34.50	42.91	0.3018	0.3112	65.36	-1.30	-2.39	
GB21	0	33.68	34.72	43.20	0.3018	0.3111	65.53	-1.28	-2.41	
GB22	0	33.53	34.54	43.03	0.3018	0.3109	65.39	-1.19	-2.47	
GB31	0	33.63	34.67	43.05	0.3020	0.3114	65.49	-1.28	-2.32	
GB32	0	33.74	34.77	43.20	0.3020	0.3113	65.57	-1.24	-2.35	
GB33	0	33.69	34.72	43.18	0.3019	0.3111	65.53	-1.24	-2.39	
GB34	0	33.63	34.65	43.05	0.3021	0.3112	65.48	-1.22	-2.34	
平均		33.85	34.88	43.45	0.3017	0.3110	65.66	-1.24	-2.47	

註：(1)表列數值所採用之量測條件為 8/d、φ30、C2 光(CNS 10756-1)。

(2)表列數值為試片中心所量測之色座標值。

(3)量測玻璃基材之試片時，於試片覆以黑絨布。

(資料來源：本研究整理)

表 4-2(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之色座標值

編號	期程	色座標								色差 ΔE
		X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	
SA00	0	90.77	92.85	106.54	0.3128	0.3200	97.17	-0.52	1.93	
SA01	0	90.15	92.25	105.99	0.3126	0.3199	96.92	-0.58	1.85	
SA02	0	90.64	92.73	106.49	0.3127	0.3199	97.12	-0.54	1.88	
SA11	0	90.57	92.66	106.34	0.3128	0.3200	97.09	-0.54	1.92	
SA12	0	90.78	92.87	106.73	0.3126	0.3198	97.17	-0.53	1.83	
SA21	0	91.00	93.05	106.67	0.3130	0.3201	97.25	-0.46	2.00	
SA22	0	90.72	92.78	106.52	0.3128	0.3199	97.14	-0.48	1.90	
SA31	0	90.97	93.05	106.76	0.3128	0.3200	97.25	-0.51	1.94	
SA32	0	90.87	92.95	106.83	0.3126	0.3198	97.21	-0.51	1.83	
SA33	0	91.03	93.09	106.68	0.3130	0.3201	97.26	-0.47	2.02	
SA34	0	90.88	92.94	106.68	0.3128	0.3199	97.20	-0.48	1.91	
平均		90.76	92.84	106.57	0.3128	0.3199	97.16	-0.51	1.91	
SB00	0	48.16	49.89	60.03	0.3047	0.3156	76.00	-2.08	-0.93	
SB01	0	43.90	45.49	54.63	0.3048	0.3159	73.21	-2.06	-0.81	
SB02	0	48.46	50.23	60.44	0.3045	0.3157	76.21	-2.17	-0.94	
SB11	0	47.59	49.35	59.43	0.3043	0.3156	75.67	-2.21	-0.97	
SB12	0	48.51	50.34	60.44	0.3045	0.3160	76.28	-2.32	-0.82	
SB21	0	48.13	49.93	59.92	0.3047	0.3161	76.03	-2.27	-0.79	
SB22	0	48.25	50.03	59.71	0.3054	0.3167	76.09	-2.21	-0.50	
SB31	0	45.39	47.06	56.67	0.3044	0.3156	74.23	-2.15	-0.96	
SB32	0	49.09	50.94	61.27	0.3043	0.3158	76.64	-2.32	-0.92	
SB33	0	49.00	50.80	61.08	0.3046	0.3158	76.56	-2.20	-0.90	
SB34	0	47.22	48.95	58.91	0.3045	0.3156	75.42	-2.16	-0.94	
平均		47.61	49.36	59.32	0.3046	0.3159	75.67	-2.20	-0.86	

註：(1)表列數值所採用之量測條件為 8/d、 $\phi 30$ 、C2 光(CNS 10756-1)。

(2)表列數值為試片中心所量測之色座標值。

(資料來源：本研究整理)

表 4-2(c) 水泥纖維板試片劣化前之色座標值

編號	期程	色座標								色差 ΔE
		X	Y	Z	x	y	L*	a*	b*	
MA00	0	91.30	93.36	106.98	0.3131	0.3201	97.37	-0.46	2.03	
MA01	0	91.08	93.16	106.79	0.3130	0.3201	97.29	-0.50	2.00	
MA02	0	91.11	93.17	106.78	0.3130	0.3201	97.30	-0.47	2.01	
MA05	0	90.66	92.70	106.36	0.3129	0.3200	97.11	-0.45	1.94	
MA11	0	91.18	93.23	106.85	0.3131	0.3201	97.32	-0.45	2.01	
MA12	0	91.08	93.12	106.61	0.3132	0.3202	97.28	-0.43	2.08	
MA15	0	91.21	93.27	106.84	0.3131	0.3202	97.34	-0.46	2.05	
MA21	0	91.19	93.26	106.95	0.3129	0.3200	97.33	-0.48	1.97	
MA22	0	91.11	93.18	106.74	0.3131	0.3202	97.30	-0.49	2.04	
MA25	0	91.14	93.22	106.86	0.3130	0.3201	97.32	-0.50	2.00	
MA31	0	91.08	93.16	106.79	0.3130	0.3201	97.29	-0.50	2.00	
MA32	0	91.04	93.13	106.87	0.3128	0.3200	97.28	-0.52	1.93	
MA33	0	91.17	93.24	106.86	0.3130	0.3201	97.32	-0.48	2.01	
MA34	0	91.03	93.11	106.72	0.3130	0.3201	97.27	-0.51	2.01	
MA35	0	91.08	93.16	106.79	0.3130	0.3201	97.29	-0.50	2.00	
平均		91.10	93.16	106.79	0.3130	0.3201	97.29	-0.48	2.01	
MB00	0	53.77	55.25	64.86	0.3092	0.3177	79.19	-1.05	0.39	
MB01	0	55.44	56.88	66.87	0.3094	0.3174	80.11	-0.85	0.31	
MB02	0	54.65	56.16	65.52	0.3099	0.3185	79.70	-1.07	0.73	
MB05	0	56.06	57.59	67.46	0.3095	0.3180	80.51	-1.03	0.51	
MB11	0	53.33	54.71	64.51	0.3091	0.3171	78.87	-0.83	0.14	
MB12	0	55.59	57.11	66.85	0.3096	0.3181	80.24	-1.04	0.55	
MB15	0	56.33	57.93	67.26	0.3103	0.3191	80.70	-1.18	1.00	
MB21	0	54.92	56.37	66.42	0.3090	0.3172	79.82	-0.91	0.19	
MB22	0	57.13	58.68	68.41	0.3101	0.3185	81.12	-1.02	0.78	
MB25	0	56.60	58.26	67.28	0.3107	0.3199	80.88	-1.31	1.30	
MB31	0	52.59	53.99	63.58	0.3091	0.3173	78.46	-0.92	0.21	
MB32	0	54.00	55.42	65.17	0.3093	0.3174	79.28	-0.89	0.29	
MB33	0	54.39	55.91	65.29	0.3098	0.3184	79.56	-1.11	0.68	
MB34	0	51.61	52.92	62.87	0.3083	0.3161	77.83	-0.75	-0.26	
MB35	0	54.76	56.35	65.34	0.3103	0.3194	79.81	-1.26	1.07	
平均		54.74	56.24	65.85	0.3096	0.3180	79.74	-1.01	0.53	

註：(1)表列數值所採用之量測條件為 8/d、φ30、C2 光(CNS 10756-1)。

(2)表列數值為試片中心所量測之色座標值。

(資料來源：本研究整理)

三、光澤度量測

本研究使用幾何條件 60° 之光澤度計進行塗料光澤度量測，量測前依儀器廠商提供之標準片進行校正，每片試片量測上、中、下、左、右 5 處光澤度（如圖 4-3），量測結果如表 4-3 所示，塗料 A 之光澤度介於 4.1~4.3 之間，塗料 B 之光澤度介於 2.4~3.1 之間，二者光澤度皆低於 10° ，依 CNS 15200-4-6 之規定，應使用幾何條件 85° 之光澤度計量測，惟本所僅有幾何條件 60° 之光澤度計，爰暫以此量測值為依據。

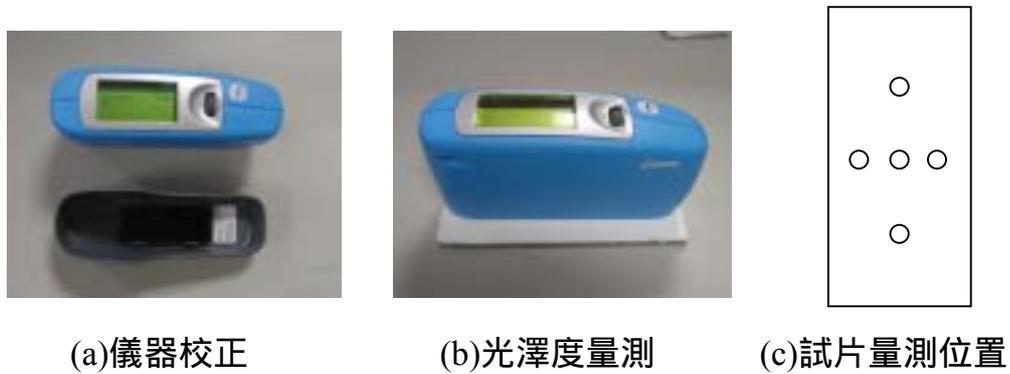


圖 4-3 試片光澤度量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-3 各試片劣化前之光澤度

編號	GA00	GA01	GA02	GA11	GA12	GA21
光澤度	4.3	4.2	4.2	4.3	4.3	4.2
編號	GA22	GA31	GA32	GA33	GA34	
光澤度	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
編號	GB00	GB01	GB02	GB11	GB12	GB21
光澤度	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4
編號	GB22	GB31	GB32	GB33	GB34	
光澤度	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	
編號	SA00	SA01	SA02	SA11	SA12	SA21
光澤度	4.2	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2
編號	SA22	SA31	SA32	SA33	SA34	
光澤度	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
編號	SB00	SB01	SB02	SB11	SB12	SB21
光澤度	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6
編號	SB22	SB31	SB32	SB33	SB34	
光澤度	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
編號	MA00	MA01	MA02	MA05	MA11	MA12
光澤度	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
編號	MA15	MA21	MA22	MA25	MA31	MA32
光澤度	4.2	4.1	4.3	4.2	4.1	4.1
編號	MA33	MA34	MA35			
光澤度	4.1	4.2	4.1			
編號	MB00	MB01	MB02	MB05	MB11	MB12
光澤度	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8
編號	MB15	MB21	MB22	MB25	MB31	MB32
光澤度	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7
編號	MB33	MB34	MB35			
光澤度	2.7	2.8	2.7			

註：(1)表列數值為試片中心及其前、後、左、右共計 5 點所量測光澤度之平均值。

(2)表列數值為 60°幾何條件之鏡面光澤度。

(資料來源：本研究整理)

四、接觸角量測

本研究使用第三章第二節所述之接觸角計進行塗料表面接觸角量測，量測前依儀器廠商提供之標準片進行校正，每片試片量測上、中、下3處之接觸角（如圖 4-4），量測結果如表 4-4 所示，塗料 A 之水接觸角介於 69.5° ~ 75.7° 之間，塗料 B 之接觸角介於 76.7° ~ 83.0° 之間，兩種塗料之接觸角皆低於 100° ，未能滿足國內奈米驗證規範針對抗污、撥水性之標準（參考表 2-8）。

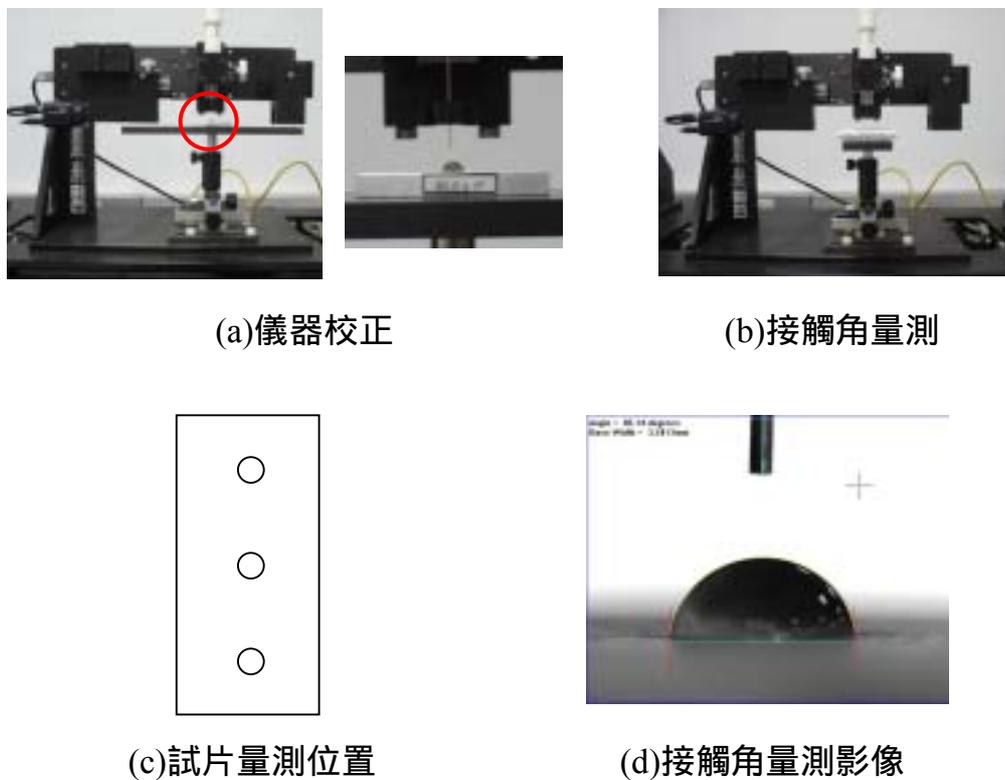


圖 4-4 試片接觸角量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 各試片劣化前之水接觸角

編號	GA00	GA01	GA02	GA11	GA12	GA21
水接觸角	73.80	71.44	71.71	71.66	71.16	71.67
編號	GA22	GA31	GA32	GA33	GA34	
水接觸角	70.32	72.63	72.31	71.94	72.73	
編號	GB00	GB01	GB02	GB11	GB12	GB21
水接觸角	81.68	80.37	81.66	81.97	81.66	81.10
編號	GB22	GB31	GB32	GB33	GB34	
水接觸角	80.64	81.00	83.01	81.77	80.46	
編號	SA00	SA01	SA02	SA11	SA12	SA21
水接觸角	71.76	71.95	71.45	75.68	71.66	71.20
編號	SA22	SA31	SA32	SA33	SA34	
水接觸角	71.23	71.61	72.19	70.91	72.23	
編號	SB00	SB01	SB02	SB11	SB12	SB21
水接觸角	79.28	79.96	78.80	78.69	78.79	78.61
編號	SB22	SB31	SB32	SB33	SB34	
水接觸角	80.60	78.52	79.50	78.34	81.02	
編號	MA00	MA01	MA02	MA05	MA11	MA12
水接觸角	74.08	72.72	69.51	74.41	72.65	72.51
編號	MA15	MA21	MA22	MA25	MA31	MA32
水接觸角	74.83	71.79	72.82	74.14	73.38	73.32
編號	MA33	MA34	MA35			
水接觸角	74.67	73.40	73.04			
編號	MB00	MB01	MB02	MB05	MB11	MB12
水接觸角	81.81	78.56	82.43	79.62	81.77	76.73
編號	MB15	MB21	MB22	MB25	MB31	MB32
水接觸角	78.89	77.23	77.95	81.58	79.17	82.85
編號	MB33	MB34	MB35			
水接觸角	78.36	80.01	79.06			

註：(1)表列數值為試片中心及其前、後、左、右共計 5 點所量測水接觸角之平均值；每點之接觸角為水滴兩端接觸角之平均值。

(2)塗料 A 試片在水滴滴下後約置 5 秒始量測接觸角；塗料 B 試片在水滴滴下穩定後即量測接觸角。

(資料來源：本研究整理)

五、隔熱性能量測

本研究依照第三章第二節所述，使用自製保利龍試驗箱(內部尺寸 30x30x30cm，厚 5cm)，以 500W 鹵素燈照射塗料表面，於箱體內部、試片內面(無塗料面)、試片外面(塗料面)及箱體外部(鹵素燈與試片間)安置熱電耦線(型號 GG-K-24)，熱電耦線之一端則連接資料擷取器(型號 YOKOGAWA MX-100)(如圖 4-5)，量測時間至少 30 分鐘，記錄與了解箱體內、外及試片內、外面因燈光照射引發溫度之變化，藉此評估塗料之隔熱性能。正式量測前以溫度計比對資料擷取器所測得之溫度值，量測結果如表 4-5 所示，並彙整如表 4-6。塗料 A 產品宣稱具隔熱性能，經實驗結果顯示，箱體內、外溫度與裸片相比較之下，玻璃試片改善約 3°C，水泥纖維板試片改善約 1°C，而鍍鋅鋼板試片則無改善，另外，須強調膜厚會影響隔熱效果。

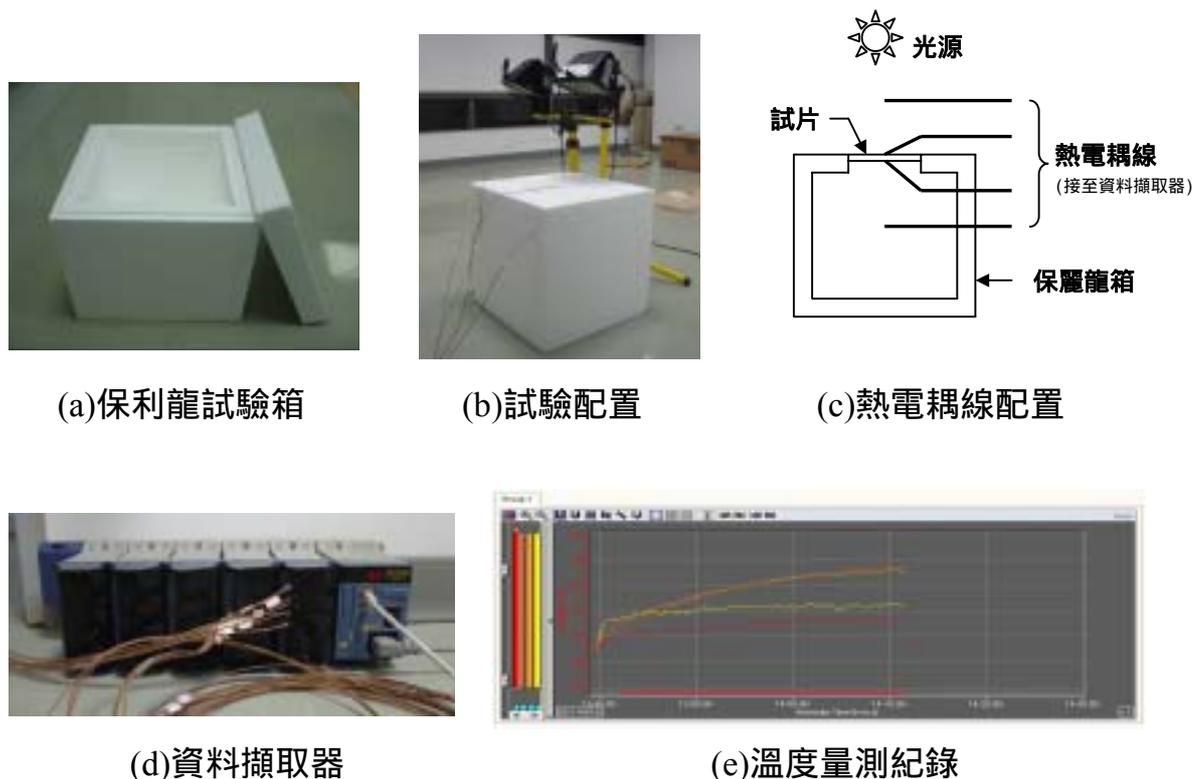


圖 4-5 試片隔熱性能量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-5(a) 玻璃試片劣化前之隔熱特性

編號		玻璃板裸片									
時間(分)		0	10	20	30						
溫度 ()	4	27.4	35.1	36.2	36.3						
	3	27.8	37.7	41.4	42.9						
	2	27.8	37.1	41.5	43.4						
	1	27.4	31.4	32.9	33.7						
編號		GA33					GA34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	24.1	35.3	36.8	36.6		23.9	33.8	34.3	34.7	
	3	26.9	38.4	44.4	47.5		25.4	38.1	44.3	47.0	
	2	26.7	36.5	42.9	45.8		25.4	35.7	41.9	44.9	
	1	24.7	27.7	29.8	31.0		24.5	27.2	29.1	30.4	
編號		GB33					GB34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	26.1	32.9	33.2	33.7		25.8	34.5	34.9	36.2	
	3	28.0	42.1	47.5	49.6		27.6	42.6	48.8	51.1	
	2	28.1	41.7	47.5	49.8		27.7	41.8	48.0	50.3	
	1	27.5	30.8	32.4	33.3		26.9	30.3	32.0	32.9	

表 4-5(b) 鍍鋅鋼板試片劣化前之隔熱特性

編號		鍍鋅鋼板裸片									
時間(分)		0	10	20	30						
溫度 ()	4	27.2	36.1	37.0	36.9						
	3	27.6	45.6	52.3	54.7						
	2	27.6	44.8	52.1	54.9						
	1	27.2	28.9	30.2	31.1						
編號		4SA33					10SA34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	26.7	33.9	34.7	34.7		26.5	34.3	34.3	34.4	
	3	29.4	42.8	47.6	49.4		27.9	41.7	47.0	48.9	
	2	29.4	41.0	46.3	48.0		27.8	39.7	45.2	47.2	
	1	28.7	29.8	30.7	31.3		27.7	29.2	30.2	30.9	
編號		4SB33					6SB34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	24.8	35.7	35.6	37.3		24.7	34.9	35.5	35.7	
	3	25.5	48.7	56.9	59.8		25.6	48.3	56.9	59.5	
	2	25.5	47.8	56.5	59.1		25.8	47.5	56.0	58.6	
	1	25.3	27.7	29.8	31.0		25.4	27.8	29.9	31.2	

表 4-5(c) 水泥纖維板試片劣化前之隔熱特性

編號		水泥纖維板裸片									
時間(分)		0	10	20	30	40					
溫度 ()	4	27.4	36.4	37.3	37.6	37.3					
	3	28.9	46.1	52.0	54.3	55.2					
	2	29.0	42.6	49.2	52.0	53.2					
	1	27.7	29.3	30.6	31.4	31.8					
編號		8MA33					15MA34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	25.5	35.9	36.8	37.8		25.6	34.9	35.6	35.9	
	3	27.0	40.2	45.8	48.8		27.3	39.5	45.2	47.9	
	2	27.1	35.6	41.7	44.8		27.5	35.8	41.7	44.5	
	1	26.8	28.3	29.7	30.6		26.7	28.4	29.7	30.5	
編號		4MB33					19MB34				
時間(分)		0	10	20	30		0	10	20	30	
溫度 ()	4	25.9	36.8	37.3	37.5		26.1	35.8	35.4	36.1	
	3	28.1	47.9	55.1	57.7		28.1	48.0	55.6	58.4	
	2	27.9	43.4	51.6	54.7		28.1	43.3	51.3	54.5	
	1	27.5	29.1	30.6	31.6		27.5	29.0	30.4	31.4	

註：(1)表中之溫度量測位置 1~4 分別量測試驗箱內、試片內面、試片外面、試驗箱外之溫度。

(2)光源為 500W 之鹵素燈。

(資料來源：本研究整理)

表 4-6 試片隔熱性能比較

		照光 30 分鐘								
		玻璃試片			鍍鋅鋼板試片			水泥纖維板試片		
		裸片	塗料 A	塗料 B	裸片	塗料 A	塗料 B	裸片	塗料 A	塗料 B
溫度	4	36.3	36.6	33.7	36.9	34.7	37.3	37.6	37.8	37.5
	3	42.9	47.5	49.6	54.7	49.4	59.8	54.3	48.8	57.7
	2	43.4	45.8	49.8	54.9	48.0	59.1	52.0	44.8	54.7
	1	33.7	31.0	33.3	31.1	31.3	31.0	31.4	30.6	31.6

(資料來源：本研究整理)

六、附著性量測

本研究依照 CNS 15200-5-6 之規定，於水平及垂直向以單刃刀片切割間距 2mm (膜厚 61~120 μm)或 3mm (膜厚 121~250 μm)之切痕各 6 條，形成方格狀，切痕需深及試片基材，並以感壓性膠帶(型號 3M 610)黏貼於方格上，黏妥後將膠帶撕開，藉以評估塗料之附著性，每片試片量測 3 處(如圖 4-6)，評估標準如圖 4-7，量測結果如表 4-7 所示。本研究所採用之塗料宣稱可不必使用底漆，惟水泥纖維板試片之評估等級皆為 5 級(嚴重剝離)，顯示塗料仍應視所用基材選擇適當底漆，增加塗料附著性。

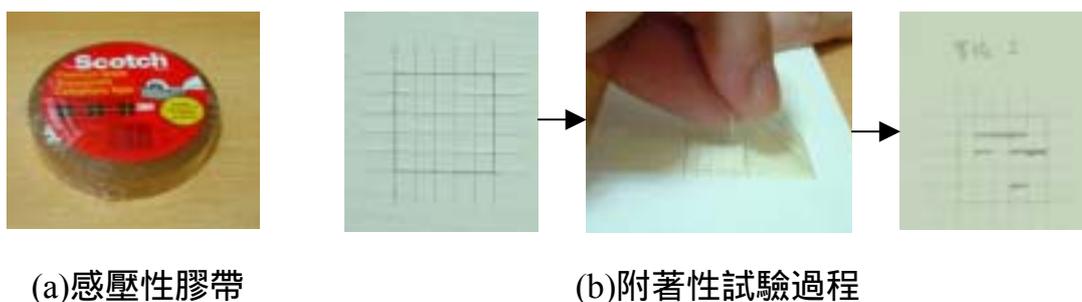


圖 4-6 試片附著性量測

(資料來源：本研究整理)

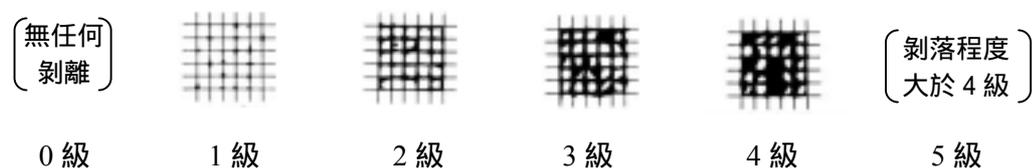
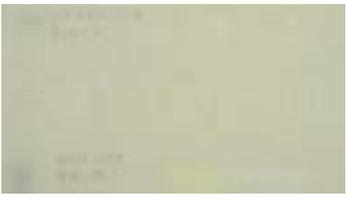
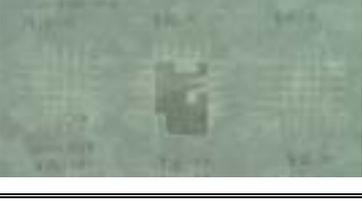


圖 4-7 附著性評估標準

(資料來源：本研究整理)

表 4-7 試片劣化前之附著性

編號	GA01		GB01	
附著性	1		0	
	2		0	
	2		0	
平均	2	0		
編號	SA01		SA02	
附著性	0		5	
	2		2	
	2		1	
平均	2	—		
編號	SB01		SB02	
附著性	0		0	
	5		0	
	0		0	
平均	—	0		

(資料來源：本研究整理)

七、鉛筆硬度量測

本研究依照第三章第二節所述及 CNS 15200-5-4 之規定，量測塗膜之鉛筆硬度，硬度值由軟至硬分別為 6B-5B-4B-3B-2B-B-HB-F-H-2H-3H-4H-5H-6H，每片試片量測 3 處，量測結果如表 4-8 所示。

表 4-8 試片劣化前之鉛筆硬度

	鉛筆硬度		
	玻璃試片	鍍鋅鋼板試片	水泥纖維板試片
塗料 A	H	H	H
塗料 B	3H	3H	3H

(資料來源：本研究整理)

八、透水性量測

本研究依照第三章第二節所述及 CNS 10757 之規定，量測水泥纖維板試片塗膜之透水性，使用長腳漏斗之腳長約 15 cm，總高度約 20 cm，透水面積(漏斗部開口，直徑 5.85 cm)為 26.88 cm²，經量測長腳漏斗管部之容量為 1.25 ml/cm。量測時，管端塞以棉花，以降低水汽蒸發之影響(如圖 4-8)，量測時間為 24 小時，量測結果如表 4-9 所示，量測結束後，剝離塗層，以目視觀察水泥纖維板基材，並未發現有溼潤現象，此水量減少部分似為塗料本身吸收。

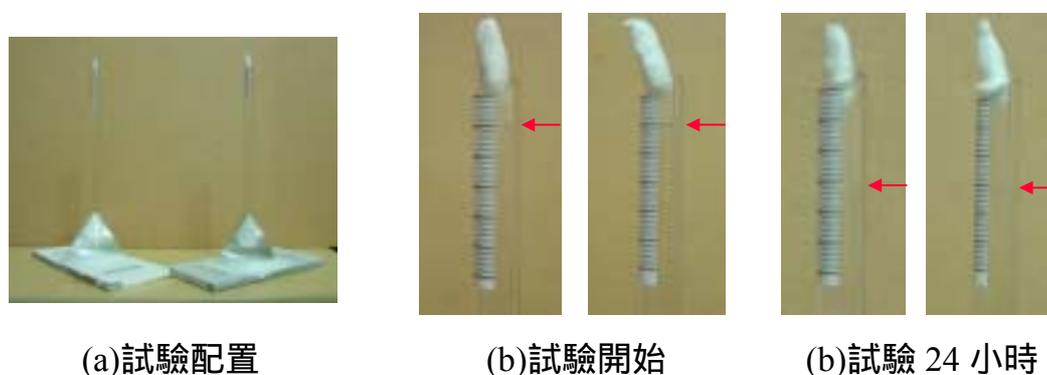


圖 4-8 試片透水性量測

(資料來源：本研究整理)

表 4-9 試片劣化前之透水性

	24 小時後水位下降	透水量	透水性
塗料 A	1 cm	1.25 ml	465 ml/m ²
塗料 B	1 cm	1.25 ml	465 ml/m ²

第二節 塗料檢測標準程序

本節將以本研究所執行之劣化程序及奈米塗料相關檢測項目之經驗，研擬本所材料實驗中心之標準作業程序。

一、加速耐候試驗作業程序

1. 適用範圍

本項程序適用於以氙弧燈式耐候試驗機模擬戶外日照、水氣與熱環境，針對塗料或相關被覆材料進行加速劣化試驗。本程序所使用之劣化條件並不能代表特定區域之氣候環境條件。

2. 參考標準

- 2.1 CNS 11607 「塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)」之第 3.8.2 節。
- 2.2 CNS 11232 「氙弧燈式耐光及耐候性試驗器」
- 2.3 ASTM D6695 Standard Practice for Xenon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings
- 2.4 ASTM G155 Practice for Operating Xenon-Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials

3. 試驗方法

將已塗佈塗料或相關被覆材料之試件置於耐候試驗機試艙內之試片架上，設定試驗機之照度、溫度、溼度及噴水等測試條件，以及總劣化試驗時數，藉以觀察試片之劣化情形，並/或提供後續進行塗料或相關被覆材料劣化分析使用。

4. 試驗裝置

氙弧燈式耐候試驗機 (SUGA, X75SC)之外觀如圖所示，主要規格及功能

如下：

- 4.1 光源：7.5 kW 水冷式氙弧燈。
- 4.2 試驗項目：照射、照射及表面噴水(降雨)、暗黑、暗黑及背面噴水(結露)、暗黑及兩面噴水。
- 4.3 放射照度：42~80 W/m²(300nm 至 400nm)。
- 4.4 溫溼度範圍：
 - (1) 照射試驗：黑板溫度(BPT) 63~95±2 、相對溼度 50~60±5%(在 BPT 63 及照度 60 W/m²時)。
 - (2) 暗黑試驗：試艙溫度(CT) 38±2 、相對溼度 95±5%。
- 4.5 試片數量：最多 63 片，試片尺寸 150×70mm，試片架直徑 648 mm。
- 4.6 操作介面：觸控式面板。



氙弧燈式耐候試驗機 - SUGA X75SC

5. 試件處理

- 5.1 試件標準尺寸為 150×70mm 之平板，其他尺寸及形狀須依試驗機試片架規格另行議定。
- 5.2 試件之塗層應依產品標準或客戶需求進行塗裝；除非另有協議，試件應置於溫度 23±2 、相對溼度 50±5%之條件下養護 7 天以上。

- 5.3 除非另有協議，為每項劣化分析項目所準備之相同試件至少 3 件，並視需要製作未執行劣化之參比試件；再針對所有試件進行編碼。
- 5.4 試件應妥為保護，待測試之塗層面應避免沾污或刮損。
- 5.5 視需要針對待測試件進行劣化前之非破壞性檢測分析。

6. 試驗步驟

6.1 試驗前儀器設備檢查

- 6.1.1 依操作手冊檢查試驗機各單元，例如冷卻水、溼度產生器水位、濕球水等。
- 6.1.2 以照度計校正試驗機之放射照度量測單元；以校驗用黑板溫度計校驗試驗機溫度量測單元。
- 6.1.3 必要時進行噴水水質檢驗。

6.2 將試件固定於試驗機之樣品架上，待測面朝內；無試件之空間以不銹鋼板封閉。

6.3 依操作手冊設定試驗條件、週期與總試驗時間；除非另有協議，試驗條件與週期可參考下表，若無任何約定，則採用第 1 項。

編號	試驗程序	相對溼度	溫度	照度
1	持續照射 102 分鐘照射 18 分鐘照射+噴水 重複循環	50±5%	BPT 63±2	42±2W/m ²
2	18 小時照射 102 分鐘照射 18 分鐘照射+噴水 重複循環 6 小時暗黑 重複循環	50±5% 95%	BPT 63±2 CT 38±2	42±2W/m ²
3	4 小時照射 4 小時暗黑+噴水 重複循環	50±5%	BPT 63±2	42±2W/m ²
4	8 小時照射 10 小時照射+噴水 6 小時暗黑+噴水 重複循環	50±5%	BPT 63±2	42±2W/m ²

- 6.4 先啟動試片架旋轉開關，再啟動試驗程序，開始執行劣化試驗。
- 6.5 依議定之劣化期程與劣化分析項目，於各設定劣化時間取出試件進行劣化檢測分析，檢測分析方法另依其他相關標準規範。
- 6.6 劣化試驗期間因須將試件取出檢測，而檢測後再將試件放回試驗機時，其間斷試驗機運轉時間不得超過 24 小時。

7. 試驗報告

試驗報告內容包括：(1)耐候試驗機機型與型號；(2)光源種類；(3)試片與光源間之平均距離；(4)過濾器型式及試驗前已使用時間，試驗期間如有更換應予註記；(5)黑板類型；(6)劣化時間；(7)劣化試驗條件與程序；(8)噴嘴型式與用水種類；(9)若同時執行劣化檢測分析，依各該檢測分析之規定，記錄檢測分析結果。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究旨在利用本所材料實驗中心已建置完成之儀器設備，針對室外型奈米塗料進行耐久耐候性能檢驗，除瞭解一般奈米塗料在長時間的環境作用力下，能保有幾成之功能性，並藉此建立材料實驗中心相關試驗之量能。本年度主要在執行試樣製作及試驗執行與分析，並建立標準試驗程序。由於本所氙弧燈耐候試驗機於本案試驗排程時故障查修，於 12 月中旬始修復完成，因而本案試片未能執行耐候試驗，惟經由文獻探討及各試片劣化前之試驗與分析，可獲致之結論說明如下：

- (一) 奈米材料與技術應用於塗料是必然的趨勢，然而，適用於塗料之奈米材料，其粒徑大小、加工方式、表面處理、分散技術等製程，均與其功能性之發揮有密切關聯，而部分奈米塗料為發揮其特殊性能，需搭配特殊之施工方式。因此，有關奈米塗料功能性的檢測方法與評定標準，實為必要探討之課題。
- (二) 針對一般塗料之檢驗方式，各國都已有相關試驗標準，我國國家標準亦有相關規定，惟就奈米塗料而言，因其展現出兩種用途目的：一是提升傳統塗料之性能，二是製造出具有新功能的奈米塗料，故現有之檢驗方式需予適當之調整或擴充。
- (三) 在經濟部工業局的推動下，我國已經實施「奈米標章」制度，目前已制定之檢驗規範及已取得標章之產品多屬衛生器具、紡織品類，功能性奈米塗料之檢驗規範仍有待加強。
- (四) 奈米材料之測試儀器價格昂貴，而應用奈米材料後，所預期顯現出之特殊功能性，該如何進行檢測，其量化標準又如何等問題，亦有賴進一步探討。

- (五) 本案就市售奈米塗料，已完成塗料性能之檢測分析，惟針對市售標榜「奈米」之塗料產品，其品質與性能仍需進一步界定與說明，以使消費者了解，並保障消費者權益。

第二節 建議

短期之建議 - 加強實驗人力培育工作、建立儀器設備之檢測與校正能力。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：相關學術團體

本研究已依據 CNS 及 ASTM 等標準，以及奈米標章檢驗標準，完成奈米塗料相關試驗方法之彙整、執行與探討，未來可再強化相關實驗研究工作，藉此培育本所材料實驗中心之實驗人力，完善建立實驗中心之檢測技術。

附錄一 期中審查會議紀錄

內政部建築研究所自行研究計畫「超高強度鋼筋混凝土柱韌性行為之實驗研究」、「室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)」、「以碳纖維複合材料包覆混凝土之受熱性能研究(2/3)」等 3 案期中審查會議紀錄

一、時間：100 年 8 月 12 日（星期五）下午 2 時 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第二會議室

三、主持人：林組長建宏

記錄：鄒本駒、曹源暉、厲妮妮

四、出席人員：如簽到單

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見：

（二）「室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)」案：

中華民國全國建築師公會：

1. 能否舉例說明國內使用奈米塗料之經驗？
2. 奈米塗料是否會涉及專利權問題？
3. 有關「cool roof (冷屋頂)」是否即為奈米塗料之使用成效？
4. 奈米塗料應用於建築物施工之潛力與可行性為何？

邱顧問昌平：

1. 本計畫之目標為探討奈米塗料對不同基材（金屬、水泥質、玻璃等）之耐久耐候性能，利用建研所材料實驗中心之儀器設備，執行一些試片之加速劣化試驗，試驗規劃可行。
2. 水泥質基材為透水性材料，不同於鍍鋅鋼板及玻璃，故執行鹽水噴霧等試驗之前，基材背面、側面是否須有防水被覆？氙弧燈光源 2000 小時之試驗，對於透光之玻璃基材是否須有不透光之背面被覆（或置於不透光之平面物上）？

宋主任裕祺：

1. 採用鍍鋅鋼板作為試體是否合宜？因其耐腐蝕能力已相當不錯。
2. 鹽水噴霧試驗是否有可能採用 2000 小時劣化期程？
3. 針對耐久性，例如褪色、浮腫等，將如何進行檢測？
4. 基材表面處理之好壞，是否會影響塗裝品質與試驗結果？

卓教授世偉：

1. 有關功能性試驗方面，例如隔熱性、顏色差異、自潔性等，應於塗料劣化前後進行比較，藉以得知其效用。
2. 塗料 A 與塗料 B 是否可取得其大略成分，例如使用何種奈米材料與塗模組成，對本案試驗結果可以有所比對，並可驗證本案所建立之檢測標準作業程序的可行性。
3. 建議考量實驗期程，於進行 200、500、1000 小時劣化試驗與性能檢測後，若性能變異不大，則可不需進行 2000 小時試驗。

林教授文山：

1. 本研究將試片加速劣化後，利用接觸角、色差分析等評估奈米塗料之耐久性能，研究成果確可增加建研所之檢測能力。
2. 各項檢測標準是否有 CNS 標準？例如接觸角檢測之參考標準中僅列 ASTM，是否有 CNS 標準。
3. 奈米性能之定義為何？是否符合 CNS 規定之一般性能或須提升其性能，而提升至何種程度，是否有規範可遵循？

陳教授君弢：

1. 報告中所使用之劣化程序（包括加速耐候性試驗及鹽水噴霧試驗）皆依既有規範進行，然依預期成果第二點，必須建立奈米塗料之性能試驗及評估方法，因此建議：(1) 可比較不同規範的加速法，並比對自然環境下之試驗結果，最後建議較適當之規範以供未來研究者遵循；(2) 根據既有規範進行的試驗過程與結果，調整操作參數，期能簡化流程或製作出能與自然環

境下劣化結果接近的試體。

2. 黏度量測有相關規範可供遵循，一般使用黏度計，本報告所提之方法不能反應材料在不同施加剪應率時的黏度，只能反映流動度。
3. 顆粒分析宜用粒徑分析儀，可瞭解其顆粒分布情形。

林組長建宏：

1. 本案應多蒐集國外相關文獻，藉以提升研究內容之廣度。
2. 本研究應於上年度即將試片製作完成，然而如今才製作試片，試驗尚未執行，研究進度有落後情形，應加緊趕辦。

七、研究人員回應：

(二)「室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)」案：

1. 奈米塗料中所添加之奈米材料、配方或製程等，常獲有專利權，本研究僅探討奈米塗料之耐久性能，並不涉及其專利權問題。
2. 本研究係依據市售奈米塗料所宣稱功能之耐久性問題進行試驗探討，主要探討項目為自潔防污、防水隔熱、附著性等，不探討防蝕性能，因此基材選用鍍鋅鋼板而非碳鋼。
3. 依文獻對奈米塗料之定義，至少應具備兩個基本條件：(1)材料至少有一相之特徵尺寸為 1~100nm；(2)由於奈米晶相的存在，塗料性能能顯著提高或具備新的功能。然而，在功能提升方面，除國內奈米標章針對部分檢測項目訂有參考值外，尚無一定的規範標準。
4. 有關與會專家學者所提建議事項，將於後續研究工作中補充說明，而有關試驗檢測方面之建議，將於試驗過程中妥予考量與執行。

八、會議結論：

- (一) 本次自行研究計畫期中審查原則通過。與會專家學者之建議事項，請

研究人員納入後續研究參考，並於期末報告中列表妥予回應。

(二) 關於期末成果報告格式，請研究人員確實依照相關規定辦理，以符規定。

(三) 請研究人員注意時程掌握，期末報告書須在規定時間內繳交。

九、散會：下午 4 時 30 分。

附錄二 期末審查會議紀錄

內政部建築研究所 100 年度自行研究計畫「超高強度鋼筋混凝土柱韌性行為之實驗研究」、「室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)」、「以碳纖維複合材料包覆混凝土之受熱性能研究(2/3)」等 3 案期末審查會議紀錄

一、時 間：100 年 11 月 30 日（星期三）下午 2 時 30 分

二、地 點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第 4 會議室

三、主持人：林組長建宏

記錄：鄒本駒、曹源暉、厲妮妮

四、出席人員：如簽到單

五、主席致詞：(略)

六、作業單位報告：(略)

七、計畫主持人簡報：(略)

八、綜合討論：

(二)「室外型奈米塗料耐久耐候性能之試驗研究(2/2)」案：

邱顧問昌平：

1. 本案以材料實驗中心之耐久耐候試驗設備，辦理奈米塗料之奈米性與功能性試驗，試片採用金屬板、水泥纖維板及玻璃板 3 種基材，針對 2 種奈米塗料之附著性、硬度、奈米性、透水性、隔熱性、抗污性等，分別進行一系列試驗，已獲取一些成果，顯示對相關之試驗設備及方法皆已熟悉。
2. 塗料 A 及 B 之性能若有原廠之試驗資料可資比對，對本案試驗結果之評定將更有助益。

卓教授世偉：

1. 建議在結果與討論中，探討 2 種奈米塗料是否符合 23 頁表 2.8 的檢測標準，或可否取得材料製造廠商提供之基本規格，可藉

以比對本研究試驗所得之量測數據是否與規格相近。

2. 建議於報告之附錄中呈現各試片劣化前後之照片，並初步以目視方式記錄差異性。

林教授文山：

1. 本研究文獻蒐集完整，並加以分析比較，有助於研究之進展。
2. 研究過程及成果確已增加建研所對於奈米塗料之檢測能力。
3. 有關奈米塗料之耐久耐候性能該如何定義，請加以說明，例如：接觸角需為幾度、色差值為多少等。

林組長建宏：

研究目的可再加強敘述，文獻回顧則應與研究目的與內容相關，以彰顯其與研究案之關連性。

計畫主持人回應（曹研究員源暉）：

1. 本案選用市售標榜「奈米」塗料之產品進行實驗研究，就其奈米性與功能性而言，缺乏完整的實驗室資料可資比對。
2. 委員之建議事項將於後續期程與成果報告中補充加強。

九、會議結論：

- （一）本次 3 案之期末報告審查原則通過，請掌握後續之研究期程，充實研究內容，確實完成各案計畫。
- （二）綜合討論之建議事項，請各案主持人參採辦理或妥予回應，納入最後之成果報告；有關期中與期末審查會議之審查意見，應以回應表方式逐項回覆，並詳實呈現於成果報告之附錄中。

十、散會：下午 4 時 30 分。

參考書目

1. 呂宗昕,「圖解奈米科技與光觸媒」,商周出版,2005。
2. 奈米國家型科技計畫網站, <http://140.113.34.204/>。
3. 經濟部工業局奈米標章網頁, <http://proj3.moeaidb.gov.tw/nanomark/>。
4. 陳光華、鄧金祥編著,「奈米薄膜技術與應用」,五南圖書出版股份有限公司,2005。
5. 曹學勤,「奈米塗料之現況與問題點」,高分子工業,第124期,2006,p.70~74。
6. 林大森,「奈米材料應用於水性水泥漆防水性之研究」,中華大學碩士論文,93年。
7. 林文傑,「奈米光觸媒功能檢測法之研究」,台灣科技大學碩士論文,93年。
8. 周綱彥,「交聯劑對材料表面能及熱性質之影響與超疏水至超親水間可控表面之研究」,台灣科技大學碩士論文,97年。
9. 方煒,「建築設施空調節能設計新思維 - 市售隔熱漆產品遮熱性能之再思考」。
10. 黃元昌、沈永清、簡淑雲,「奈米自潔塗層技術與應用」,台灣奈米會刊, No.9, July, 2007, p.25~29。
11. 楊錦懷,「奈米技術應用於建築物表面自淨功能」,行政院國家科學委員會專題研究計畫,93年。
12. 葉世文、劉明仁等,「建築物屋頂奈米級防水塗膜材料之開發應用」,內政部建築研究所,93年。
13. 楊仲家、卓世偉,「塗裝材料耐久性試驗研究 - 戶外曝曬與加速劣化試驗方法之探討」,內政部建築研究所,97年。
14. 咸才軍編著,奈米建材,五南圖書出版股份有限公司,2004。
15. 「奈米檢測技術」,財團法人國家實驗研究院儀器科技研究中心,98年。

