

隔熱漆耐久年限之檢測研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國104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)

PG10402-0042

隔熱漆耐久年限之檢測研究

受委託者：財團法人成大研究發展基金會

研究主持人：李訓谷

共同主持人：沈永清

研究助理：陳亭瑤、曾若綺、陳建甫

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 104 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	VII
中文摘要	XI
英文摘要	XV
第一章緒論	1
第一節研究動機與目的	1
第二節研究方法與過程	4
第三節研究流程與步驟	8
第二章隔熱塗料文獻收集與分析	11
第一節隔熱塗料發展	11
第二節隔熱塗料相關標章	18
第三節隔熱塗料相關節能法規(美國)	41
第四節耐候測試相關文獻	45
第三章測試標準與方法	53
第一節測試標準與設備	53
第四章隔熱塗料節能效果與耐候性能評估	67
第一節試片製作	69
第二節 QUV 耐候試驗	69
第三節自然曝曬試驗	75
第四節氬弧燈耐候試驗	83
第五節耐候測試方法對於塗料隔熱性能比較	86
第五章結論與建議	95
第一節結論	95
第二節建議	97
附錄一、內政部建築研究所 104 年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」 究計畫案審查意見及廠商回應一覽表	99
附錄二、內政部建築研究所 104 年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」 託研究計畫案期中審查意見及廠商回應一覽表	101
附錄三、內政部建築研究所 104 年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」 委託研究計畫案期末審查意見及廠商回應一覽表	103
附錄四、隔熱漆耐久年限之檢測研究第一次專家會議紀錄	105
附錄五、隔熱漆耐久年限之檢測研究第二次專家會議紀錄	108
附錄六、隔熱漆耐久年限之檢測研究第三次專家會議紀錄	111

隔熱漆耐久年限之檢測研究

附錄七、塗料商品檢驗作業規定 ••••• 113

附錄八、實驗數據 ••••• 118

附錄九、CNS 建築用反射隔熱塗料(草案) ••••• 134

參考書目 ••••• 147

表次

表1-1	研究內容與進度說明	8
表2-1	塗料的特點與性能	11
表2-2	顏填料折光指數及顏色表	14
表2-3	低層住宅屋頂之屋頂傳熱係數表	19
表2-4	非低層住宅屋頂之屋頂傳熱係數表	20
表2-5	冷屋頂住宅建築之屋頂傳熱係數表	21
表2-6	ASHRAE 90.2-2009之冷屋頂相關規範	22
表2-7	冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (台北)	30
表2-8	冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (台中)	31
表2-9	冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (高雄)	31
表2-10	冷屋頂節能效益 (台北)	32
表2-11	冷屋頂節能效益 (台中)	32
表2-12	冷屋頂節能效益 (高雄)	33
表2-13	冷屋頂性能與斜屋頂單位面積熱得之關係 (高雄)	36
表2-14	冷屋頂性能與斜屋頂單位面積熱得之關係 (台北)	36
表2-15	冷屋頂在斜屋頂之節能效益 (高雄)	37
表2-16	冷屋頂在斜屋頂之節能效益 (台北)	37
表2-17	建築用長期耐候性面漆	37
表2-18	建築用反射隔熱塗料性能要求	39

表2-19 建築反射隔熱塗料性能要求 39

表2-20 建築外表面用熱反射隔熱塗料性能要求 40

表2-21 加州冷屋頂補助之規範要求 44

表3-1 不同測試標準使用之設備和地點 53

表3-2 太陽能波長對照表 $S_{\lambda} \times \Delta\lambda$ 對照表(ISO 9050) 54

表3-3ASTM C1549與E903之反射率量測值差異性 58

表3-4 玻璃表面半球輻射率之修正係數(ISO 10292) 59

表3-5 玻璃表面熱輻射線之分光反射率量測之規定波長 . . . 60

表3-6 氬弧燈試驗方法標準主要條件比較 63

表3-7ASTM G152-06之模擬設定氣候條件 64

表3-8 耐候測試方法之比較 68

表4-1QUV 0-2000小時日射反射率之變化(基底:鋼板, UVA) • 71

表4-2QUV 0-2000小時表面輻射率之變化(基底:鋼板, UVA) • 71

表4-3QUV0-2000小時日射反射率之變化(基底:水泥磚, UVA)
• 72

表4-4QUV 0-2000小時表面輻射率之變化(基底:水泥磚, UVA)
• 73

表4-5QUV 0-1021小時日射反射率之變化(基底:鋼板, UVB) • 74

表4-6QUV 0-1021小時表面輻射率之變化(基底:鋼板, UVB)
• 74

表4-7自然曝曬0-2500小時日射反射率之變化(未清洗，基底:鋼板)
.....77

表4-8自然曝曬0-2500小時表面輻射率之變化(未清洗，基底:鋼板)
.....77

表4-9自然曝曬0-2500小時日射反射率之變化(清洗，基底:鋼板)
.....78

表4-10自然曝曬0-2500小時表面輻射率之變化(清洗，基底:鋼板)
.....79

表4-11自然曝曬0-2000小時日射反射率之變化(未清洗，基底:水泥
磚).....80

表4-12自然曝曬0-2000小時表面輻射率之變化(未清洗，基底:水泥
磚).....80

表4-13自然曝曬0-2000小時日射反射率之變化(清洗，基底:水泥磚)
.....81

表4-14自然曝曬0-2000小時表面輻射率之變化(清洗，基底:水泥
磚).....82

表4-15氙弧燈0-2500小時日射反射率之變化(基底:鋼板).....85

表4-16氙弧燈0-2500小時表面輻射率之變化(基底:鋼板).....85

表4-17耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(A牌).....86

表4-18耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(B牌).....87

表4-19耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(C牌)••••87

表4-20耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(D牌)••••88

表4-21耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(E牌)••••88

表4-22耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(F牌)••••89

表4-23台灣日照時數統計(統計期間1981-2010)•••••93

圖次

圖1-1 IPCC統計十萬年週期全球二氧化碳排放量	1
圖1-2 各部門溫室氣體減量	2
圖1-3 「節能減碳年」之主要行動計畫	2
圖1-4 隔熱塗料穿透反射率光譜儀	5
圖1-5 太陽光全波長光穿透反射分析	5
圖1-6 隔熱塗料表面輻射率量測儀	5
圖1-7 熱輻射量測儀	5
圖1-8 熱傳導係數測儀(TCi)	6
圖1-9 熱傳導係數測儀(Hot disk/TPS 2500)	6
圖1-10 氙弧燈式耐候試驗機	7
圖1-11 研究流程與步驟圖	9
圖2-1 隔熱塗料隔熱原理	16
圖2-2 ASHRAE定義之美國八個不同氣候區	20
圖2-3 低坡屋頂非住宅建築於加州氣候之模擬節能成效	24
圖2-4 商業建築採用之冷屋頂標準規範	25
圖2-5 住宅建築採用之冷屋頂標準規範	26
圖2-6 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響(台北)	29
圖2-7 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響(台中)	29
圖2-8 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響(高雄)	30

圖2-9DOE斜屋頂建築模擬幾何外觀	34
圖2-10 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響(台北,東西向)	34
圖2-11 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響(台北,南北向)	35
圖2-12 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響(高雄,東西向)	35
圖2-13 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響(高雄,南北向)	36
圖2-14加速老化耐候試驗機構造圖	45
圖2-15單一元素對於反射率之變化	46
圖2-16 各地區氣候環境元素調配比例	46
圖2-17加速老化耐候試驗機實驗步驟	47
圖2-18自然曝曬與加速老化耐候試驗機反射率比較圖	47
圖2-198種太陽反射率較高的測試樣品位在柏克萊耐候性之比較	48
圖2-209種太陽反射率偏低的測試樣品位在柏克萊耐候性之比較	48
圖2-21 休士頓自然曝曬耐候性之比較(朝北方)	48
圖2-22 休士頓自然曝曬耐候性之比較(朝南方)	48
圖2-23 添加氧化亞銅與無添加之測試樣品對照圖	49
圖2-24聚氨酯戶外自然曝曬	50
圖2-25聚氨酯人工加速老化	50
圖2-26汽車塗料戶外自然曝曬	50

圖2-27汽車塗料人工加速老化	50
圖2-28聚酯戶外自然曝曬	51
圖2-29聚酯人工加速老化	51
圖3-1 手提式太陽輻射反射率量測儀器	57
圖3-2手提式輻射率量測儀器裝置示意圖	60
圖3-3差動式熱電堆輻射能量偵知器量測示意圖	61
圖3-4紫外線對玻璃建材光學性質之影響	66
圖3-5紫外線耐候試驗機	66
圖3-6紫外線燈管與試件配置	67
圖4-1 紫外線耐候試驗機耐候試驗實驗流程	70
圖4-2 將試件置入QUV耐候試驗機	70
圖4-3 自然曝曬試驗流程	76
圖4-4 自然曝曬試體擺設(鋼板)	76
圖4-5自然曝曬試體擺設(鋼板)	76
圖4-6 自然曝曬試體擺設(水泥磚)	76
圖4-7自然曝曬試體擺設(水泥磚)	76
圖4-8 氙弧燈耐候試驗流程	83
圖4-9氙弧燈耐候試驗機	84
圖4-10氙弧燈樣品放置(鋼板)	84
圖4-11耐候測試與隔熱性能之關聯(鋼板)	91

圖4-12耐候測試與隔熱性能之關聯(水泥磚) • • • • • 92

摘要

關鍵詞：隔熱漆、耐久年限、隔熱性能

一、研究緣起

現今世界各國為了解決氣候變遷與地球暖化問題，皆投注大量人力與物力進行解決之道的研究發展。由於建築能耗佔一個國家的全國總能耗的比例相當大，例如美國的建築能耗大約佔美國總能耗40%，台灣大約為30%，中國大約25%。因此，降低建築能耗與都市熱島效應之策略已成為全世界關注的重點。對於降低建築能耗之策略除了提高建築設備的能源使用效率（例如：使用高能源效率的空調、照明設備等）外，另一發展重點為降低建築外殼能耗。目前，降低建築外殼能耗的方法大約可分為使用隔熱板材、隔熱塗料與隔熱窗戶等。其中應用隔熱塗料造成屋頂溫度下降之冷屋頂(Cool Roof)技術已經被美國環保署證實為降低建築耗能與都市熱島效應之六大有效策略之一。

在台灣，隔熱漆因為價格相較其他工法便宜且施工方便，已經普遍應用在住宅建築外牆及屋頂、鋼製屋頂廠房、學校甚至農舍上。然而台灣獨特高溫、高濕氣候與空氣汙染等環境特性下，使得業者宣稱的隔熱漆耐久年限一直被建築從業者與一般消費者存疑；再加上過去隔熱漆的隔熱性能以及耐久年限並無相關之認證與規範，使得市售隔熱漆產品在標識隔熱係能與耐久年限之相關性資訊並未統一。因此，為了鼓勵消費者與建築師更多使用隔熱漆以及提升業者在高性能隔熱漆產品之研發能力，對於隔熱漆耐久年限檢測之議題實有研討之必要性。本計畫之研究目的為探討隔熱漆耐久年限標準檢測方法之適切性，以及進一步針對台灣市售隔熱漆進行隔熱係能與耐久年限測試，期使能獲得隔熱漆隔熱性能與耐久性之關聯性。

二、研究方法與過程

本次研究收集市售至少 20 種塗料，並使用自然曝曬、QUV 耐候測試和氙弧燈耐候測試等三種方法，依序曝曬 500、1000、1500、2000 小時後，使用光譜儀、表面輻射率量測儀等儀器進行數據量測。

各測試結果會予以分析，並針對各家廠商的塗料進行 0 至 2000 小時差異性之比對及各種耐候方法測試後差異性之比對以尋找最佳的耐候測試方法。

1. 文獻分析

本研究計畫依照計畫之研究議題，蒐集包含各國有關建築塗料基準規範以及相關文獻資料，並進行歸納整理，作為進一步本研究計畫之基礎參考。

2. 比較分析法

針對蒐集之文獻進行相對性優缺點比較分析，藉以瞭解國內外在本研究議題之歷時變化並比對分析其差異性，作為適用國內隔熱塗料規範之參考依據。

3. 專家諮詢法

研究結果經整理後，研究團隊會邀請相關學者以及產業界、工會專家進行意見溝通交流，並針對研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究計畫內容之參考。並擇期辦理3場專家諮詢會議來說明研究計畫執行成效、進度及所遭遇之問題。

三、重要發現

1. 美國冷屋頂與州政府規範以3年自然老化曝曬作為耐候測試方法，而日本及中國則以氙弧燈、QUV耐候測試方法為主。
2. 根據本研究計畫三次產學專家會議之討論結果，建議隔熱塗料綠建材標章以太陽光反射率、表面輻射率及2500小時耐候測試之太陽光反射率下降率作為評定項目，並且仿照日本以三種亮度之隔熱塗料分別訂定。
3. 隔熱塗料的耐候測試以(1) QUV以及(2)氙弧燈加速老化測試為最常用之測

試方法。而根據本研究之2000小時耐候性能測試結果顯示，塗料在氬弧燈和 QUV兩種測試所呈現的數據並無太大差異。

4. 根據文獻與本研究之實驗結果，在2000小時耐候測試中，目前市售顏料系塗料之隔熱性能會隨著時間降低，而且降低的幅度與初始值差距並不大。而本研究所選擇之兩種陶瓷系塗料之隔熱性能並未出現突然降低之現象，仍然是隨著時間降低。
5. 在自然曝曬測試中，測試樣品因大氣中的水氣而在表面產生藍綠藻之物質，對於性能數據會有較顯著的下降，而落塵亦會影響到太陽光反射率，對於表面輻射率則不會影響。
6. 本研究從總紫外線接受能量推算，在台灣的氣候條件下，塗料接受2500小時之加速耐候測試可等同10年之使用壽命。雖各國皆在研究戶外自然曝曬及人工加速耐候之間測試時間的關聯性，但影響老化的因素眾多例如：溫度、濕度、光照、氣候及測試材料的差異不是只以總紫外線能量做為基準點。所以目前很難界定出多久的加速耐候測試等同多久的人工耐候測試。故上述的「2500小時之加速耐候測試可等同10年之使用壽命」只成立在某些材料的測試上，未來可藉由長時間的戶外自然曝曬結果來佐證加速耐候測試結果的正確性及關聯性。

四、建議事項

建議一

建議參考本研究計畫完成之隔熱塗料各國標準收集與研究成果，規劃辦理建立隔熱塗料CNS標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、台灣區塗料工業同業公會

本研究計畫已參考美國、中國與日本之隔熱塗料標準收集與分析，並且結合既有塗料隔熱性能與耐候性能之檢測標準，完成市售20種隔熱塗料之隔熱性能與耐候

隔熱漆耐久年限之檢測研究

性能實驗。然而，目前台灣尚未有隔熱塗料CNS標準，為了避免市場對於塗料隔熱性能之濫用，讓一般民眾在隔熱塗料之選用有所依歸，建議相關單位賡續辦理隔熱塗料CNS標準之建立。

建議二

建議參考本研究計畫完成之隔熱塗料各國標準收集與研究成果，制定性能隔熱塗料綠建材標章：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心、台灣區塗料工業同業公會

本研究計畫已參考美國、中國與日本之隔熱塗料標準收集與分析，並且召開兩次產學專家會議，研擬出以太陽光反射率、表面輻射率以及 2500 小時耐候測試之太陽光反射率下降率作為高性能隔熱塗料綠建材之評定項目，建議相關單位賡續辦理高性能隔熱塗料綠建材標章之評定基準制定，早日推動高性能隔熱塗料綠建材標章，以提升隔熱塗料之產業應用與競爭力。

ABSTRACT

KEYWORDS: heat-insulation coating, durability, heat-insulated performance

Today around the world in order to solve the climate change and global warming issues, are betting a lot of manpower and resources to carry out research and development to solve the channel. Since the ratio of building energy consumption accounts for a country's total energy consumption of the country is quite large, such as the United States, building energy consumption accounts for about 40 percent of total US energy consumption; Taiwan is about 30%, about 25% of China. Therefore, reducing building energy consumption and urban heat island effect of the policy has become the focus of worldwide attention. For the strategy to reduce building energy consumption in addition to improving the energy efficiency of construction equipment (for example: the use of high energy efficient air conditioning, lighting, etc.), another focus of development in order to reduce energy consumption of the building shell. Currently, methods to reduce energy consumption around the building shell can be divided using insulated panels, insulation coating and insulation windows. Roof insulation coating applications where temperature drop caused by the cold roof (Cool Roof) technology has been proven to reduce one of the United States Environmental Protection Agency six effective strategies and urban heat island effect of building energy consumption.

In Taiwan, the insulation paint because the price is cheap compared to other public law and to facilitate the construction, has been widely used in residential building facades and roofs, steel roof plants, schools and even on the farmhouse. However, Taiwan's unique environmental characteristics under high

temperature, high humidity climate and air pollution, making the industry claims insulation paint durable life has been skeptical building practitioners and the general consumer; plus the past performance and thermal insulation paint durable life no correlation between certification and standards, making identification of commercially available products in the thermal insulation paint lines with durable life of the relevance of information was not unified. Therefore, in order to encourage consumers to use more insulation paint and architects as well as enhance the ability of the industry in the development of high-performance insulation paint, insulation paint for the detection of the real life issues durable discussion of necessity.

The purpose of this project is to explore the relevance insulation paint durable life of standard test methods, as well as further against Taiwan commercially available insulation paint system can be insulated and durable life test, so get on the insulation paint and insulation properties durability of relevance.

The objects of this project are shown as follows:

1. the establishment of Taiwan insulation paint testing standards of durable life.
2. the establishment of 20 kinds of commercially available thermal insulation paint, the durability of the repository
3. to receive the associated parameters affect the performance of insulation paint and durable life of the insulation.

Conclusion:

1. Cool Roof Rating Council and state governments usually use 3 years of natural aging as weathering test method but Japan, China and Taiwan use xenon arc lamp, UV weathering test method based.
2. The discussion of three expert meetings results, it is recommended green building materials insulation coating standard, Use sunlight reflectivity, emissivity and 2500

hours of weathering testing off rate as a measure of the project, and modeled on Japan in three brightness of insulation coatings were set.

3. Insulation coating to UV weathering testing and accelerated aging test xenon arc lamp for the most commonly used test methods. According to 2000 hours weathering performance test results of this study show that the coating in a xenon arc lamp and an ultraviolet two test data presented is not much difference.
4. According to the literature and the results of this study, in 2000 hours weathering tests, the current commercially available pigment Performance-based coating of insulation will reduce over time, but also reduces the magnitude of the initial value of the gap is not big. In this study ceramic coating did not show a sudden decrease of Phenomenon, still decrease with time. In the natural exposure test, the test sample due to moisture in the atmosphere to produce algae on the surface, will lead to performance data be more significant for the decline, but the dust will affect the reflection of sunlight Rate, but emissivity will not be affected.
5. According to the research project, 2500 hours of accelerated weathering test can be equated with the life of 10 years.

第一章緒論

第一節研究動機與目的

二十一世紀由於二氧化碳濃度持續上升(圖1-1)，導致地球環境加速溫暖化現象，造成全球氣候變遷問題，因此國際上於2009年推動的減碳350運動、全球前二十大經濟體元首高峰會(G20, group of 20)至哥本哈根會議(COP15)之後均著重於探討二氧化碳減量課題，思考如何有效降低二氧化碳排放量。

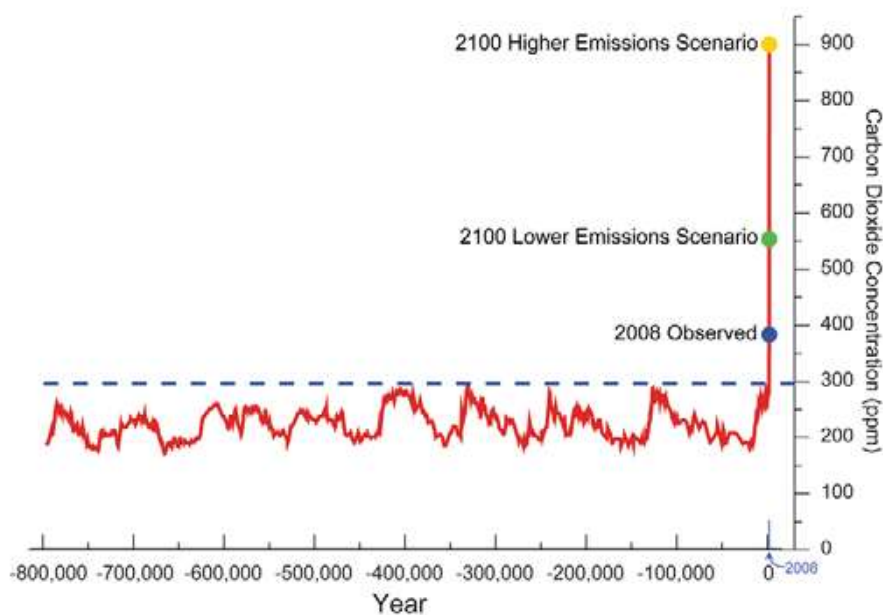


圖1-1 IPCC統計十萬年週期全球二氧化碳排放量

(資料來源: The Intergovernmental Panel on Climate Change)

國際上針對節能減碳議題已具體落實至生活環境中，例如：英國標準協會（BSI）提出碳足跡認證（PAS2050）計算各產品之碳足跡，藉由日常生活中使用之各項產品累計碳足跡；日本亦於2009年也以英國標準協會提出之方法為基礎發展理想碳足跡制度方案（發展カーボンフットプリント制度の在り方(案)）顯示碳足跡議題正快速發展中。根據the Intergovernmental Panel on Climate Change's 4th Assessment Report (IPCC AR-4)預估各部門的溫室氣體減量的潛勢（如圖1-2）可知，對於處理氣候變遷問題是聯合國的優先政策之前提下，有1/3能源相關的溫室效應排放之工業部門具有相當大的二氧化碳減量潛勢。

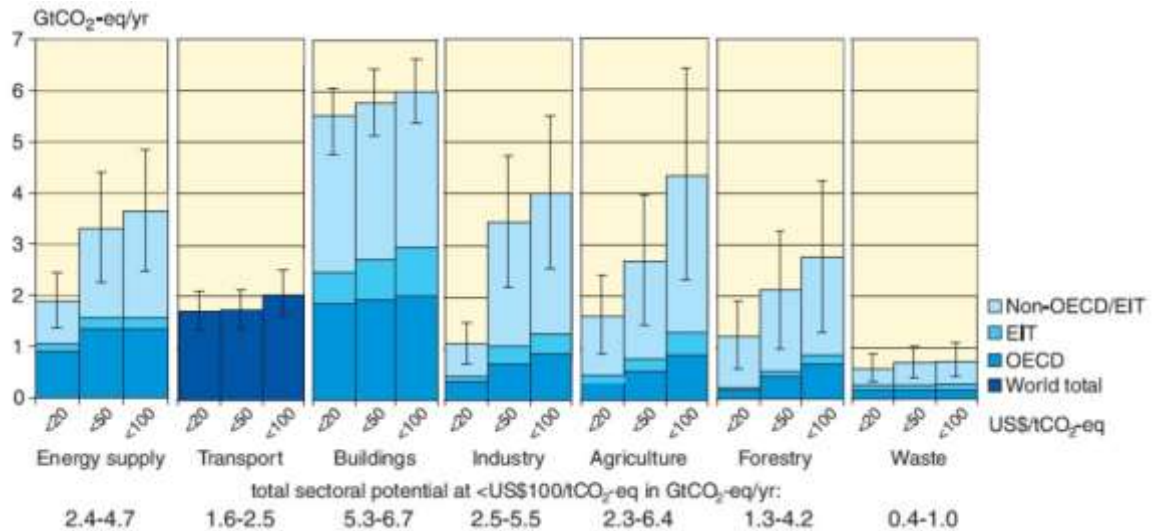


圖 1-2 各部門溫室氣體減量潛勢

(資料來源: The Intergovernmental Panel on Climate Change)

而我國對於節能減碳的因應對策，行政院於2008年推動「生態城市綠建築推動方案」、「節能減碳行動方案」及全國能源會議有關「低碳家園」等低碳施政，明訂二氧化碳減量為政策推動之首要目標。我國減碳情境規劃係以落實能源密集度每年下降 2% 為目標，預期可於2020年減CO₂共76百萬噸，達到全國減碳目標的36%。而國家節能減碳總體計畫在節能目標上期望未來8年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年下降50%以上。減碳目標則是全國二氧化碳排放減量，於2020年間回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量。

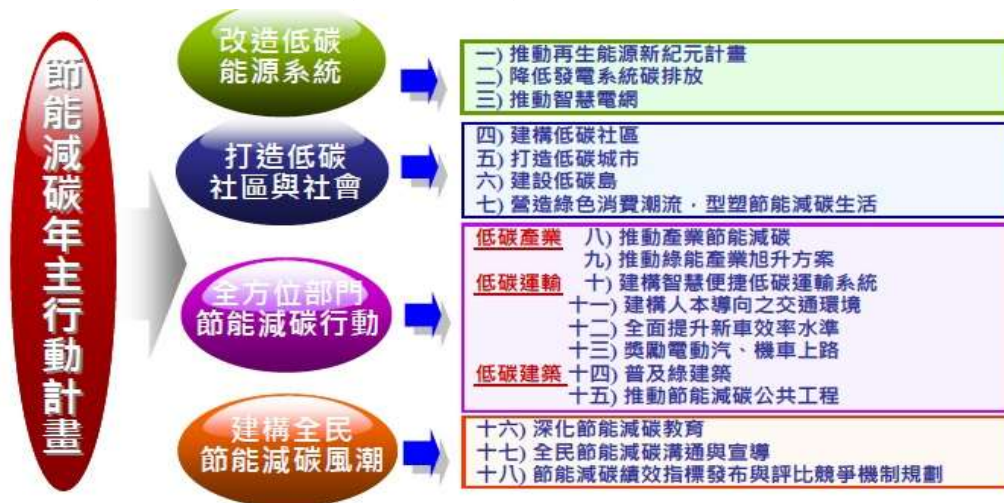


圖 1-3 為「節能減碳年」之主要行動計畫。

(資料來源:內政部建築研究所)

現今世界各國為了解決氣候變遷與地球暖化問題，皆投注大量人力與物力進

行解決之道的研究發展。由於建築能耗佔一個國家的全國總能耗的比例相當大，例如美國的建築能耗大約佔美國總能耗40%，台灣大約為30%，中國大約25%。因此，降低建築能耗與都市熱島效應之策略已成為全世界關注的重點。對於降低建築能耗之策略除了提高建築設備的能源使用效率（例如：使用高能源效率的空調、照明設備等）外，另一發展重點為降低建築外殼能耗。目前，降低建築外殼能耗的方法大約可分為使用隔熱板材、隔熱塗料與隔熱窗戶等。其中應用隔熱塗料造成屋頂溫度下降之冷屋頂(Cool Roof)技術已經被美國環保署證實為降低建築耗能與都市熱島效應之六大有效策略之一。

在台灣，隔熱漆因為價格相較其他工法便宜且施工方便，已經普遍應用在住宅建築外牆及屋頂、鋼製屋頂廠房、學校甚至農舍上。然而台灣獨特高溫、高濕氣候與空氣汙染等環境特性下，使得業者宣稱的隔熱漆耐久年限一直被建築從業者與一般消費者存疑；再加上過去隔熱漆的隔熱性能以及耐久年限並無相關之認證與規範，使得市售隔熱漆產品在標識隔熱係能與耐久年限之相關性資訊並未統一。因此，為了鼓勵消費者與建築師更多使用隔熱漆以及提升業者在高性能隔熱漆產品之研發能力，對於隔熱漆耐久年限檢測之議題實有研討之必要性。

研究目的

本計畫之研究目的為探討隔熱漆耐久年限標準檢測方法之適切性，以及進一步針對台灣市售隔熱漆進行隔熱係能與耐久年限測試，期使能獲得隔熱漆隔熱性能與耐久性之關聯性。

本研究計畫之重要性

目前隔熱漆的耐久年限並未有統一的標準規範，造成市面上隔熱漆產品所宣稱的使用壽命不被相關公正單位所認證。本研究針對隔熱漆耐久性以及相關隔熱性能之檢測標準進行探討，並且針對在台灣高溫高濕氣候下，建築設置隔熱漆時耐久時限與隔熱性能之影響進行評估，研究成果可做為後續建築節能推廣應用或修訂隔熱漆相關評定基準之參考依據。

第二節研究方法與過程

本研究計畫執行期程為104年2月至104年12月，共計11個月。本研究計畫依據研究目的與期程，規劃如下之研究方法以及說明研究計畫之範圍與過程。

一、研究採用之方法

本計畫採用之研究方法主要包括以下項目：

1. 文獻分析

本研究計畫已依照計畫之研究議題，蒐集包含各國隔熱塗料性能與耐久年限相關文獻資料，並進行比較分析與歸納整理，作為進一步適用於台灣氣候的隔熱塗料耐久年限檢測標準方法制定之基礎參考。另外，研究團隊已收集隔熱塗料量測標準方法與相關儀器設備規格，建立建築研究所對於隔熱塗料耐久年限量測之能力。

再者，本研究團隊之重要工作項目之一為收集現有國內隔熱塗料，並且進行分類，藉此明白國際間在與本研究議題有關之發展方向與現況，作為本研究計畫報告與投稿論文撰寫之文獻回顧資料庫。

2. 專家諮詢法

本研究計畫於3月份首先召開第一次產官學會議，邀請建研所同仁、隔熱塗料廠商代表共同討論隔熱塗料檢測試件的型式，並且在10月分別召開第二次及第三次產官學會議，探討初步研究結果以及期中審查意見之修改事項。再者，研究團隊在研究結果整理後，邀請相關學者以及產業界、工會專家，辦理各3場專家諮詢會議進行意見溝通交流，並針對研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究計畫內容之參考。

3. 實驗量測法

本研究計畫依據上述收集標準測試方法，利用研究團隊符合量測隔熱塗料隔熱性能與耐久性標準之儀器設備進行實驗驗證，其內容包含隔熱塗料隔熱性能量測以及耐久年限測試。

在隔熱塗料隔熱性能量測部分，本研究以量測太陽輻射反射率、表面輻射率、熱傳導係數。本研究計畫會使用研究團隊完整的量測系統進行實驗量測，建立隔熱塗料性能資料庫，隔熱性能量測設備如下：



圖 1-4 隔熱漆穿透反射率光譜儀 **圖 1-5 太陽光全波長光穿透反射分析**
(HITACHI U4100)(Shimadzu/UV-3600)

(資料來源：本研究整理)

(資料來源：本研究整理)

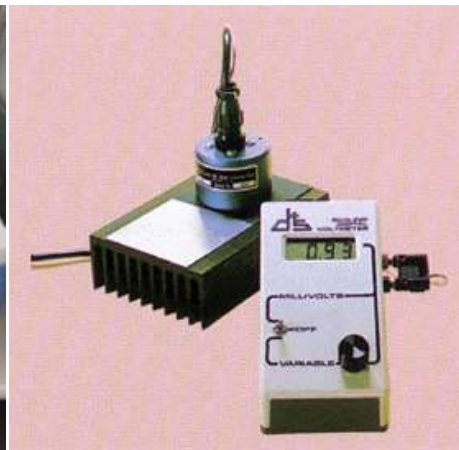


圖 1-6 隔熱塗料表面輻射率量測儀 **圖 1-7 熱輻射量測儀**
(Thermo iS50 FTIR)(日本京都电子/D&S AERD)

(資料來源：本研究整理)

(資料來源：本研究整理)



圖 1-8 熱傳導係數測儀(TCi)圖 1-9 熱傳導係數測儀(Hot disk/TPS 2500)
(資料來源：本研究整理)(資料來源：本研究整理)

至於隔熱塗料耐久性測試部分，本研究會使用建研所材料實驗中心之「氬弧燈式耐候試驗」和「QUV紫外線耐候試驗」設備進行測試。每批隔熱塗料試件在進行耐久性測試前，必須先測試其隔熱性能，接著再將試件放入「氬弧燈式耐候試驗」和「QUV紫外線耐候試驗」設備中進行耐久測試，每次測試週期為500小時。每次測試週期必須再進行隔熱性能測試。

本計畫選用至少20種不同類型的市售隔熱塗料，首先調查各種隔熱塗料之施工法與性能數據，再依據工法塗覆在不鏽鋼板以及水泥磚兩種基座上，並且針對隔熱塗料塗覆厚度進行量測，接著將試件依照上述步驟進行隔熱塗料隔熱性能與耐久性測試。

再者，本研究會進一步探討隔熱塗料的標準耐久性能測試與自然氣候老化實驗之差異，以本研究計畫之執行期限11個月增加高雄地區進行自然氣候老化實驗，以了解標準耐久性能實驗結果與自然氣候老化實際狀況之對應關係。



圖 1-10 氙弧燈式耐候試驗機

(資料來源：內政部建築研究所-材料實驗中心)

二、研究採用方法之原因

本研究計畫主要係探討適用台灣氣候之隔熱塗料耐久年限測試方法，因此本研究計畫會採用建研所材料實驗中心之「氙弧燈式耐候試驗」和研究團隊之「QUV 紫外線耐候試驗」設備儀器作為實驗量測方法，並搭配研究團隊之隔熱塗料隔熱性能測試以及文獻調查分析法，以達成計畫之目標。

三、遭遇之困難及解決途徑

本研究由於需要足夠之實驗樣本以探討耐久年限量測標準之適切性以及獲得影響隔熱塗料耐久年限與隔熱性能之關連參數，為力求實驗條件具代表性及避免造成實驗時程之延誤，故在計畫執行期間必須審慎檢選隔熱塗料樣本種類。因此本研究計畫在計畫執行之初即召開產學專家諮詢會議，研擬實驗試件及量測標準之選定，以利後續實驗之進行。

四、重要儀器之配合使用情形

本計畫擬採用內政部建築研究所材料實驗中心之「氙弧燈式耐候試驗」進行隔熱塗料耐久年限測試之機台。

第三節 研究流程與步驟

本研究之研究流程如圖1-11所示，實驗流程基本上與上一節所述之研究方法相對應，因此就不再贅述。整體研究計畫之進度甘特圖(Gantt Chart)與目前的進程如表1-1所示，已完成的部份採☑標示。

表 1-1 研究內容與進度說明

月次 工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	備註
相關文獻收集與彙整	☑	☑										
第一次產官學會議		☑	☑									
隔熱塗料收集與試件製作			☑	☑								
隔熱塗料隔熱性質量測				☑	☑							
耐久性測試					☑							
期中專家諮詢會議					☑							
期中審查					☑							
實驗數據分析與資料庫建立						☑	☑	☑	☑			
第二次產官學會議									☑			
隔熱漆耐久年限與隔熱性能關聯性分析									☑	☑	☑	
期末專家諮詢會議											☑	
期末審查											☑	
研究成果提出											☑	
預定進度 (累積數)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100%	

(資料來源：本研究整理)

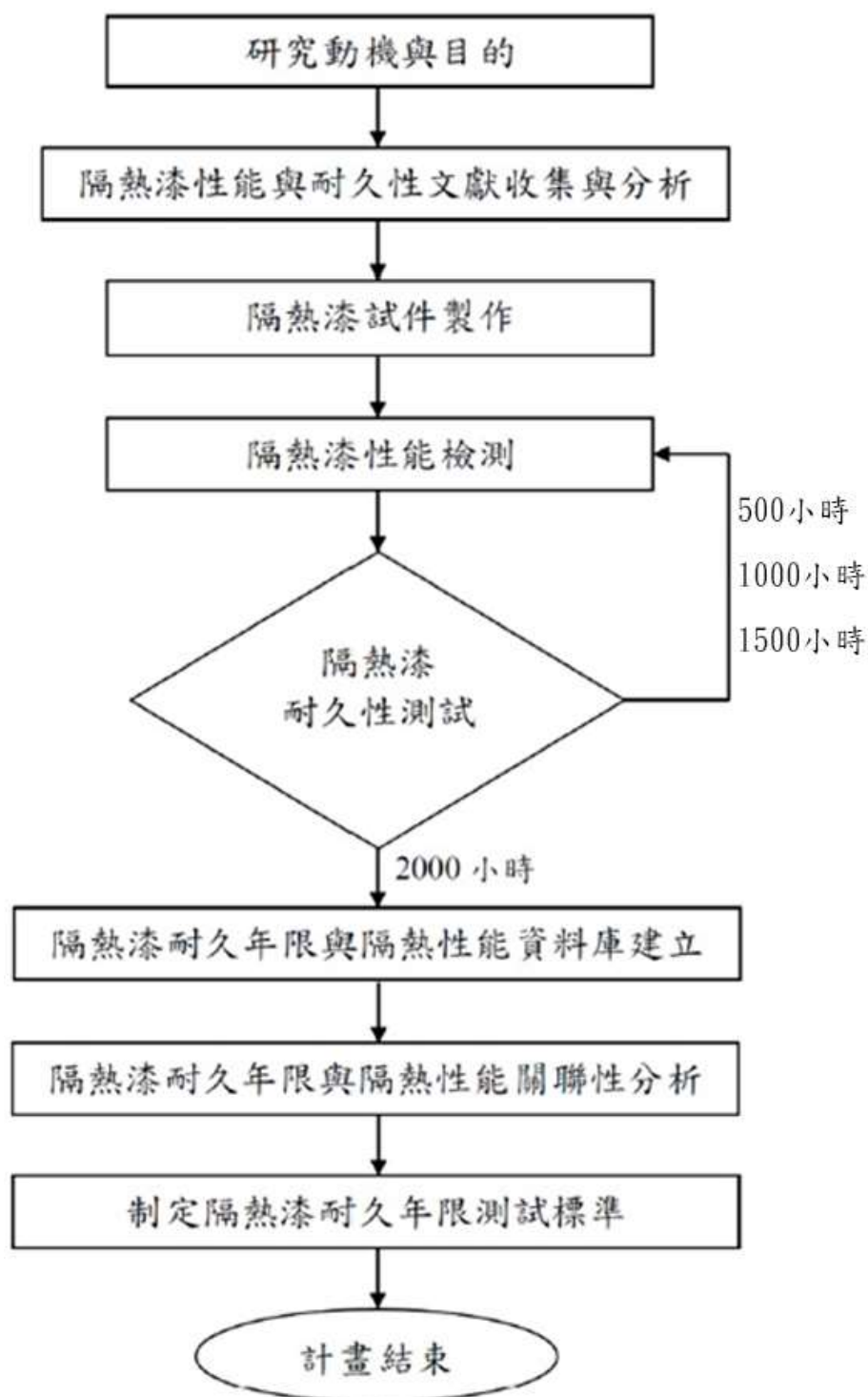


圖 1-11 研究流程與步驟圖

(資料來源：本研究整理)

第二章隔熱塗料文獻收集與分析

第一節隔熱塗料發展

塗料是指一種液態或粉態材料，它可通過某種特定的施工工藝塗覆在物體表面，經乾燥固化後形成牢固附著，具有一定強度的、連續的固態塗膜，對被塗物具有保護、裝飾或其他特殊功能具有保護、裝飾及特殊功效之材料(如防蝕、絕緣、隔熱及標誌等)。就以木製品來說，由於木製品表面屬多孔結構，不耐髒污。同時木製品的表面多節眼，不夠美觀。而塗料就能同時解決這方面的問題。

早期國內的建築塗料是以保護及裝飾為主要訴求，但隨著溫室效應及節能減碳觀念的普及，隔熱塗料已越來越受到重視；目前國內的建築物外殼主要為外牆水泥，搭配磚瓦結構，皆不是最有效的隔熱材料，必須依靠其他填充材料來達到室內降溫的目的。常見建築外牆屋頂隔熱方式，有使用保麗龍、屋頂鋪設一層 PU 防水隔熱塗料或加裝隔熱材料於外牆夾層、內表面或使用雙層玻璃窗、雙層外牆，以空氣為中間夾層作為隔熱、斷熱之用。但因其施工繁瑣且材料厚度甚大，不符合經濟效應，因此國內外研究人員紛紛轉向研發在塗料中加入具有反射熱輻射及阻斷熱傳導的材料，力使塗料趨向具有厚度薄、施工便利及耐用度高的特性。

表 2-1 塗料的特點與性能

保護性	保護被塗物免受有害物質的侵蝕，使被塗物延長使用壽命
裝飾性	使被塗物更加美觀
特殊功用	標誌用的熒光漆，其它尚有阻燃漆，防冷凝漆和電泳漆等
塗料的性能	塗料的開罐外觀、低溫凍融性；
塗料的施工方法及性能	刷塗、輥塗、噴塗及施工手感流平性能
塗膜外觀	光澤、豐滿度、色澤、細膩
乾燥時間	表乾時間、實乾時間、重塗時間、保養期；
附著力	對底材或對舊漆膜的附著力

遮蓋力	正常的塗刷遍數後，是否蓋底
機械性	硬度、衝擊、柔韌性
抗性	抗紫外線、抗化學藥品性、抗磨損、抗水鹼、抗黴菌藻類
持久性	是否長期具有保光保色性
貯存穩定性	沉澱趨勢，粘度穩定性

(資料來源：本研究整理)

一、塗料的分類

建築塗料種類繁多，我們又常常習慣按某些特定的性能來分，對於建築塗料通常分為：

- (1) 依塗裝方式之分類：噴漆用塗料、浸漬用塗料、刷塗用塗料、滾筒用塗料、靜電用塗料、粉體用塗料
- (2) 依塗料用途之分類：機具塗料、建築塗料、車輛塗料、船舶塗料、其他用途塗料
- (3) 依形成塗膜主要成分之分類：油漆、油瓷漆、清噴漆、酒精塗料、乳濟塗料、電鍍塗料、水溶性樹脂塗料
- (4) 依塗料抗性或機能之分類：抗 UV(紫外線)塗料、耐酸塗料、耐鹼(鹽霧)塗料、耐高熱塗料、耐沸水塗料、耐汗(人造汗)塗料
- (5) 依物品素材之分類：金屬塗料、塑膠塗料、碳纖維塗料、陶瓷塗料、木材(器)塗料、石材塗料、其他素材塗料
- (6) 依乾燥性方式之分類：焙烤塗料、自然乾燥塗料

二、外牆塗料又以功能與溶劑兩大類別細分：

- (1) 依功能分類：防水塗料、太陽光反射型隔熱塗料、阻隔型隔熱塗料、輻射型隔熱塗料、建築物外牆結構防火塗料及防霉塗料。
- (2) 依溶劑分為兩大類：無機水性塗料、有機溶劑型塗料。
無機水性塗料：水性丙烯酸塗料、聚酯酸乙烯塗料為代表。

有機溶劑型塗料：聚酯塗料、環氧樹脂塗料為代表。

1. 建築外牆阻隔型隔熱塗料

阻隔型隔熱塗料由基料、溶劑、天然矽酸鹽纖維或其他礦物保溫材料和適量輕質材料製成。外觀為稠厚漿體，一般採用塗抹方式，但也可採用噴塗方式，是一種厚膜塗料，塗料厚度一般為 10~20mm，塗料在經過充分乾燥固化後，塗層具有一定阻擋熱傳導的能力。該型塗料的密度很低，一般在 500 公斤/立方公尺以下，因而在乾燥成膜後其塗料的導熱係數很小，一般在 0.035~0.12W/(m·K)之間。

物體的導熱性是材料本身傳導熱量的性質，當材料兩面有溫差時，熱量能夠由溫度高的一面傳向溫度低的一面。若材料的厚度為 d ，面積為 A ，兩面的溫度為 T 及 T_0 ，在 Z 小時內通過面積 A 的總能量為 Q ，則熱傳導係數定義如下：

$$Q/AZ=k(T-T_0)/d \quad (2.1)$$

得

$$k= Qd/A(T-T_0)Z \quad (2.2)$$

熱傳導係數 k [W/(m·K)] 為一個物理量，表示物體或材料傳導熱量能力的大小。 k 越大，物體的導熱性能越好； k 越小，絕熱性能越好。一般材料的導熱係數在 0.03~3.50W/(m·K)之間，而小於 0.23 W/(m·K)才被稱為隔熱材料。另材料的密度越大，其導熱性越好，熱傳導係數越大；然而，對於含有孔隙的材料而言，孔隙率越大，密度越小，其熱傳導係數越小。具有細微和封閉孔隙的材料由於沒有空氣產生對流而使導熱性提高之問題，導熱係數因而比孔隙粗大的材料小。隔熱塗料塗佈成一定厚度的塗膜，其塗膜密度小，並內含大量封閉孔隙，因此大多數的隔熱塗料其熱傳導係數都在 0.07 W/(m·K)以內，具有良好的隔熱性能。其中林基裕(2007)指出膨脹珍珠岩(或稱日輕岩粉)其結構疏鬆，密度小，熱傳導係數低(0.047~0.08 W/m·K)，化學穩定性良好，為良好的隔熱材料。3M 公司(3M 公司，2010)指出空心玻璃珠及陶瓷微球密度小、熱傳導係數低並可增加塗料的反射率

及減少樹脂的用量。James 等人 (2012) 研究指出在塗料中加入 20 nm 的氧化鋅可大幅增加塗料的防水性，並降低水泥建物的熱傳導能力。

2. 建築外牆反射型隔熱塗料

反射型隔熱塗料也稱為日光熱反射塗料，是為滿足軍事上的需求而開發的，即透過該塗料的作用可降低及減弱敵方的紅外線偵測設備的效果，改變自身熱輻射的特徵或使目標自身綜合熱散射的特徵與周遭背景相融合。利用該塗料具備紅外線反射功能的特性，避免建築物吸收紅外線而升溫。任何物質都具有反射或吸收一定波長的太陽光性能，太陽光絕大部分處於紫外光區(300~380nm)、可見光區(380~780nm)及近紅外光區(780~2500nm)，其中以可見光區及近紅外光區熱輻射能量分別占 47% 及 50%。

反射型塗料的基本原理是透過塗料中的顏料、填料粒子將日光中的紅外光輻射反射或將其吸收的熱能輻射到外部空間，以降低物體自身的溫度。實際上，太陽輻射熱絕大部分處於 400~1800 nm 範圍內，因此，在該波長範圍內，塗料的反射率越高，隔熱效果越好。其中葉宏(2006)等人在年研究指出高折射率的白色顏料具有較好的隔熱效果，如金紅石型二氧化鈦(折射率 2.8)、白雲母粉(折射率 1.58)、空心玻璃微珠(折射率 1.57)等，如表 2-2 所示。費凡等人(2009)研究指出空心玻璃微珠具有明顯的消光作用，在塗料中含量超過 10% 後，塗料基本上失去光澤。孫明杰等人 (2010) 研究指出在塗料中加入不同粒徑的空心玻璃微珠能提升塗料的反射隔熱性能。

表 2-2 顏填料折光指數及顏色表

類型	折光指數	顏色
金紅石型二氧化鈦	2.8	白色
重鈣	1.63	白色
滑石粉	1.56	灰白色
高嶺土	1.56	白色
雲母粉	1.58	白色
珍珠岩	1.51	白色
空心玻璃微珠	1.57	白色

(資料來源：本研究整理)

3. 輻射型隔熱塗料

輻射型隔熱塗料的隔熱原理是透過輻射的形式把建築物的日照光線和熱量以一定的波長輻射到空氣中，進而達到良好的隔熱降溫效果。由於此種塗料是透過抵達建築物表面輻射轉化為熱反射電磁波輻射到大氣中而達到隔熱的目的，因此該塗料的關鍵技術在於配置具有高熱輻射率的塗料成份，諸如氧化鐵、氧化錳、氧化鈷及氧化銅等金屬氧化物皆具有高熱輻射率的特性。另外氣象學的研究表示，在波長 8~15 μm 的區域內，地面上的紅外線輻射可直接輻射到外層空間。研究顯示，在塗料中加入三氧化二鋁、二氧化鈦等金屬氧化物粉末填料，可輻射 5~15 μm 的波段內的紅外線之能力達 85% 以上。

三、隔熱塗料原理及組成

1. 熱傳的基本機制

熱量傳遞主要是經傳導(Conduction)、對流(Convection)及輻射(Radiation)等三種方式進行。熱傳導是熱經由固體或靜止流體由高溫輸送至低溫的現象；熱對流是熱經由流體由高溫輸送至低溫的現象；熱輻射則不須介質，將高溫物體發射的電磁波把熱輸送至低溫物體表面，由該物體吸收傳遞熱能的現象。輻射是太陽傳遞熱量的主要途徑，其中太陽輻射包括紫外線(波長 300~380nm)占 3%、可見光(波長 380~780nm)占 47%及紅外線(波長 780~2,500nm)占 50%，其中大部分熱源是來自紅外線及可見光。

2. 隔熱的原理

太陽的輻射光源照射在建築物外牆時會產生反射及吸收的現象。當建築物外牆吸收輻射光線後，會讓物質的電子激發產生能階變化或化學鍵結產生震動，能階的激發與化學鍵結震動的結果均會產生熱能的釋放，而致使溫度上升。因此為避免熱能的產生，需提高塗料對陽光的反射率，以減少建築物外牆對光線的吸收；

另對已吸收的光線，則需降低塗料的熱傳導能力，以減少熱能往建築物內層傳遞的機會，如圖 2-1 所示。因此，建築物隔熱塗料之設計皆以高太陽輻射反射率(Solar Reflectance)及低熱導性(Thermal Conductivity)為主。

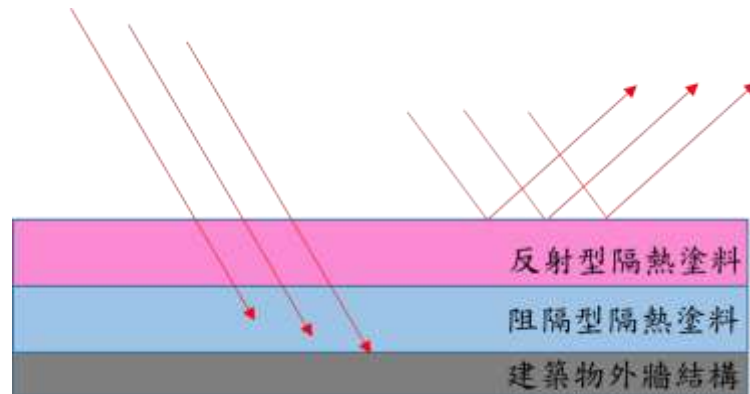


圖 2-1 隔熱塗料隔熱原理

(資料來源：本研究整理)

3. 隔熱塗料特性

隔熱主要做為阻止熱量經由傳導 (Conduction)、對流 (Convection) 或輻射 (Radiation) 等 3 種方式，或其他組合抑制熱傳遞者。熱傳遞在流體中是藉由粒子的碰撞(劉靜而，2014)；在固體中則由聲子傳遞所達成，或者可將其視為晶體藉由熱能引發彈性波來達成。因此，增加固體中複合相的比例及孔洞，可增加熱能散射及折射的機率，亦即降低熱能在固體中傳遞的能量與速率。

在一般對隔熱塗層的設計中，中間層主要是產生一微細的蜂巢狀組織以增加熱能的散射、折射與消散，表面層則施以淺色、光亮的面漆以增加太陽輻射熱的反射，其主要隔熱機制，包含：熱傳導、輻射、對流。

隔熱塗料主要應用於建材表面之塗層，其不透明部分對外殼建材之節能特性，主要是其與壁面之熱傳透率 (Average Thermal Transmittance, U 值) 因之改變；即是與隔熱能力有關。但是它也承受來自日射的吸熱影響，因此，增加隔熱性能與降低日射吸熱因子是其節能之道，並應配合合理的遮陽設施及良好的通風計畫，以減輕外牆的受熱量。所以良好的隔熱塗層設計便可有效阻隔太陽的輻射能，降低建築物本體溫度，使得冷氣的負載降低，同時減少熱氣的排放，達到節能與改

善空氣品質。

一般而言，熱量的傳遞皆是由高溫側向低溫側移動，而每一種物質都具有不同的熱傳導的能力，其傳熱能力是以熱傳導(Thermal Conductivity)係數來表示，定義為熱流與溫度梯度之比值，當物質的熱傳導係數(k)愈小，則隔熱效果愈好。但是，目前為止在隔熱塗料方面，並未制定有效衡量隔熱塗料效果之標準，主要隔熱塗料制定準標之相關因子過多，其中包含：塗料性狀、施工方式、使用環境、儲存安定性、塗膜形成機能、物化抗性與成分檢驗等，無法確切掌握，因此，相關塗料製造商家於塗料製品之基本物性標示上，皆根據實際施工塗布後之實驗數據，來表示其製品之隔熱特性。以目前而言，有部分廠家參考日本工業標準「JIS A 5759」規定建築玻璃窗用貼膜標準，進行測量製品日光反射率，做為製品性能指標，但此種量測標準並無法有效表示隔熱塗料之特性，目前也僅做為測量之參考用。

4. 隔熱塗料組成分析

隔熱塗料為一種新型特種塗料，在室溫下高溫防護塗料，廣泛用於航空飛行、核能發電廠、石油化工、建築、冷藏物流車或鍋爐、高溫爐等領域的新材料，具良好耐高溫、隔熱性能、抗沖刷性、阻燃、防火性能、防腐與良好機械性能，隔熱防護塗層薄，具有常溫固化、乾燥時間短等特性。

隔熱塗料主要成分為：樹脂、硬化劑、稀釋劑、隔熱填料。就樹脂而言，目前市場皆以合成樹脂為主（分子量高於 1,000 之高分子材料）。此外，無機塗料可廣泛應用於高溫元件之保護功效，例如：飛機外表之隔熱塗料、金屬元件之熱處理保護塗料、木材表面防火塗料、高溫電絕緣塗料等。其中最具代表性為矽酸鹽高溫無機塗料，可耐溫 900~1,100°C，塗層不碳化、不龜裂。

除了上述隔熱塗料方法之外，還可以利用添加陶瓷微球、黏結劑、添料、紅外反射穩定劑與紅外反射添加劑，使材料處於近似於真空狀態，內部含有數多之發射界面與散射微粒，可具有很高的反射、散射輻射熱的隔熱效果。其中，影響

材料導熱係數的因素很多，主要可分為 6 大部分：材料形狀、含水率、視密度與孔隙特徵、溫度、濕度及熱流方向等 6 項因素影響，來決定隔熱材料熱傳導的性質良窳。

第二節 隔熱塗料相關標章

建築節能標準規範通常分為強制性和規範性要求。強制性要求，例如正確的絕緣設施安裝，需落實在所有建築物上。而規範性要求通常為指定在建築物中單獨的設備(如：熱阻保溫風管)或是一組設備(如：整個屋頂的熱傳導)需具有的特點或是成效。

所有的建築必須達到規定或性能要求，並符合所有適用的強制性和規範性要求。建議的性能參考標準(兩者選其一)：

1. 滿足所有的強制性要求
2. 其建築物之年耗率不超過一個”設計”(也可稱為標準或參考)過的建築，以確保達到符合的規定。對於屋主來說，要評估一棟建築在使用年限內因建築外殼影響而造成的空調省能是很困難的，這取決於：

1. 建築物在不同季節下具體每小時使用的冷熱空調能源
2. 每小時能源的價格
3. 折扣時段的能源價格
4. 屋頂的使用壽命

屋主可能也不會意識到冷屋頂或是隔熱塗料所帶來的社會利益，例如較低的尖峰時段功率需求(減少在夏季電源故障的機率)，較低的室外空氣溫度(提高戶外舒適性和減緩都市煙霧的形成)。因此，若沒有訂立一冷屋頂或是隔熱塗料的標準，屋主將會傾向於選擇將最初的屋頂建築費用降到最低，而不是考慮包含未來減少的能源消耗。

故訂定冷屋頂或是隔熱塗料的建築節能標準，能夠有效的促進冷屋頂或隔熱塗料經濟、節約能源、降低高峰電力需求，改善空氣質量。另一種方式為由被信

任的第三公正單位驗證而非政府強制的規定。這可以使冷屋頂或隔熱塗料具有更多的靈活性，在建築設計時允許使用更少的能源效率組件（如較大的窗戶），這益處是節能不定，但仍可能減少高峰電力需求，改善空氣質量，且也可能降低初始建設投資成本。

(一) ASHRAE 90.1冷屋頂標章

ASHRAE 90.1-1999包括了2種型式的冷屋頂標準：

1. 冷屋頂在新設時，其太陽能反射率不能低於0.7，熱輻射率不能低於0.75
2. 對於其性能的要求，冷屋頂需維持太陽能反射率0.55(太陽能吸收率0.45)，非冷屋頂太陽能反射率0.3(太陽能吸收率0.7) 冷屋頂也需調整其熱傳導係數以符合ASHRAE 90.1-1999之規範，其公式為：

$$U_{\text{roof adj}} = U_{\text{roof proposed}} \times F$$

其中， $U_{\text{roof adj}}$ 為調整後的屋頂熱傳導係數， $U_{\text{roof proposed}}$ 為欲調整的冷屋頂熱傳導係數，而F之值如表2-3所示(注意：當 $F \leq 1$ ，則熱傳導係數將會降低，即為提高熱阻)

表2-3低層住宅屋頂之屋頂傳熱係數表

HDD65a	HDD18b	屋頂U值之倍數(F值)
0-900	0-500	0.77
901-1800	501-1000	0.83
1801-2700	1001-1500	0.85
2799-3600	1501-2000	0.86
>3600	>2000	1.00

註：a = 採暖度日數以華氏65度為基準

b = 採暖度日數以華氏18度為基準

(資料來源：本研究整理)

ASHRAE 90.1標準之修訂

在ASHRAE 90.1-2001仍保留與ASHRAE 90.1-1999相關之規定，而在ASHRAE 90.1-2004則依據美國不同的氣候地區，規範新的F值和對照表(如圖2-2和表2-4)

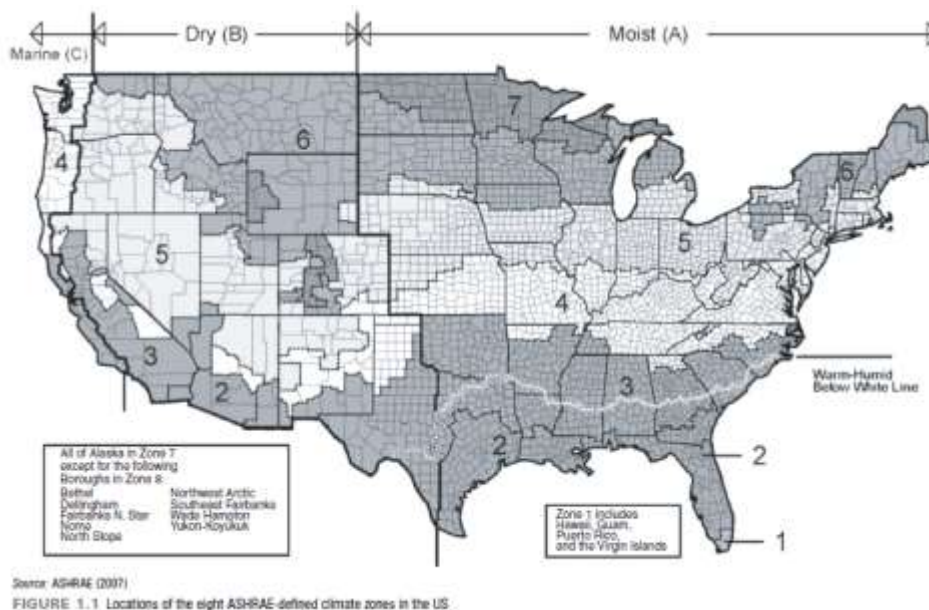


圖2-2 ASHRAE定義之美國八個不同氣候區

(資料來源:ASHRAE)

表2-4非低層住宅屋頂之屋頂傳熱係數表

氣候區	屋頂U值之倍數(F值)
1	0.77
2	0.83
3	0.85
4-8	1

(資料來源：本研究整理)

(二) ASHRAE 90.2冷屋頂標章

ASHRAE 90.2-2004包括了2種型式的冷屋頂標準：

1. 冷屋頂在新設時，其太陽能反射率不能低於0.65，熱輻射率不能低於0.75
2. 太陽能反射指數(SRI)在中等風速時最低需有75 (ASTM標準E1980)

SRI是指在典型的夏季午後屋頂的穩態溫度其相對的指標。當屋頂為乾淨的

黑色時SRI之值定義為0(太陽能反射率0.05,熱輻射率0.9),當屋頂為乾淨的白色時SRI之值定義為100(太陽能反射率0.8,熱輻射率0.9),故暖色系具有較高之SRI,冷色系則具有較低之SRI。

對於冷屋頂之性能要求(8.8.3.1),其太陽能吸收率約要為0.35(規定的標準很模糊),而非冷屋頂之陽能吸收率約要為0.8(太陽能反射率0.2)。根據ASHRAE 90.2-2004(5.5節)之規定,冷屋頂建築之天花板(應該是指冷屋頂表面)需按照以下公式調整其熱傳導係數:

$$U_{\text{ceiling adj}} = U_{\text{ceiling proposed}} \times \text{Multiplier}$$

$U_{\text{ceiling adj}}$ 是調整後的熱傳導係數, $U_{\text{ceiling proposed}}$ 調整前的熱傳導係數,Multiplier之值參照表2-5所示,表中所示之Multiplier ≥ 1 ,代表熱傳導係數上升即熱阻下降。(在此M值之數據有誤,表上之數據應該要倒數之後才為正確,即修改後應使熱阻上升)

表2-5冷屋頂住宅建築之屋頂傳熱係數表

氣候區	天花板有閣樓	天花板無閣樓
1	1.50	1.30
2	1.25	1.30
3	1.20	1.20
4	1.15	1.20
5	1.10	1.10
6,7,8	1.00	1.00

(資料來源:本研究整理)

ASHRAE 90.2標準之修訂

冷屋頂最新的標準規範為ASHRAE 90.2-2007版本,其中對於冷屋頂的相關規定大部分仍保持原樣,但其中在冷屋頂標籤方面已做修改,下修了原本天花板隔熱之熱阻(1~3氣候區),如表2-6所示。

表2-6 ASHRAE 90.2-2007之冷屋頂相關規範

氣候區	天花板有閣樓				天花板無閣樓			
	木結構		鋼結構		木結構		鋼結構	
	一般屋頂	冷屋頂	一般屋頂	冷屋頂	一般屋頂	冷屋頂	一般屋頂	冷屋頂
1	30	20	30	20	13	10	19	10
2	30	24	30	24	22	17	19	17
3	30	27	30	27	22	18	22	18
4	38	38	38	38	22	22	22	22
5	43	43	43	43	26	26	26	26
6	49	49	49	49	38	38	38	38
7	49	49	49	49	38	38	38	38
8	52	52	52	52	38	38	38	38

(資料來源：本研究整理)

(三) CALIFORNIA TITLE 24之冷屋頂標章

Pacific Gas & Electric company (太平洋煤氣和電力公司)於2000年表示,冷屋頂可以有效的節約能源和降低尖峰電力需求(在加州)。在2001年1月,加州根據ASHRAE90.1 & 90.2冷屋頂之規範制定了TITLE 24之規定,冷屋頂之標準為:全新時,其太陽能反射率不低於0.7,熱輻射率不低於0.75。(其中有一個例外是,瓦片式屋頂其太陽能反射率要求為0.4)

對於冷屋頂之性能要求,需具備太陽能吸收率0.45(太陽能反射率0.55),非冷屋頂之太陽能吸收率0.7(太陽能反射率0.3),但這並非硬性的規定。

➤ 低坡屋頂非住宅建築之規範(2005)

在2002年Berkeley Lab Heat Island Group開始訂定低坡屋頂非住宅建築在加州之規範,使用的方法類似ASHRAE 90.1&90.2,研究步驟包括:探討冷屋頂之物理性質、查閱冷屋頂節能之相關文獻、調查市面上有的冷屋頂產品、裝設冷屋頂之補貼(如果有的話)、屋面材料的耐久性、冷屋頂對環境的影響,並每小時模擬冷屋頂對於建築節能和尖峰時段功率影響之預估成效(Levinson 等人-2005a)。

低坡屋頂技術顯示,冷屋頂技術(太陽能反射產品或是塗料)皆適用於幾乎所

有類型的低坡屋頂，其中三個最主要的產品為：built-up roofing(組合屋面)、modified bitumen(改良瀝青)和single-plymembrane(單層塗膜)。

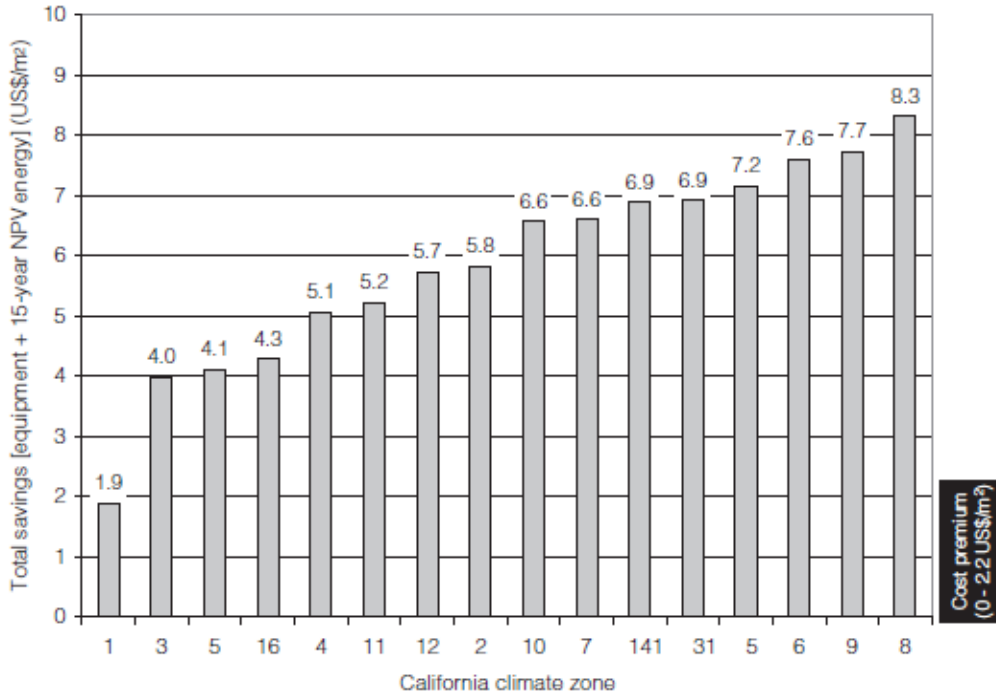
冷屋頂之定義為：

1. 最初的熱輻射率 ϵ 不小於 0.75和初始太陽能反射率不低於 0.70
2. 最初的熱輻射率 ϵ 不小於 0.75和初始太陽能反射率不低於
 $0.70 + 0.34 \times (0.75 - \epsilon_{\text{initial}})$

第二條規定是用來確保太陽能反射率在ASTM E1980規定下，於中等風速時，老舊(風化)&低熱輻射率的屋頂不會超過老舊(風化)&高熱輻射率的冷屋頂。

建築能耗模擬程式DOE2.1E模擬典型的低坡屋頂非住宅建築於加州的16個不同的氣候地區，平均每年能節省 3.2kWh/m²冷空調耗能、天然氣平均每年赤字 5.6MJ/m²，年平均源節約能源30MJ/m²和平均減少尖峰功率需求2.1W/m²。總節省等於初始減少投資於冷空調設備之值加上15年來能源所節約之淨值(NPV)隨時間變化之預估值(TDV)，其數據範圍(圖2-3)從US\$1.90/m²到US\$8.30/m²(16個不同區)。

冷屋頂之成本約在US\$0.0/m² to US\$2.2/m²之間，若假設成本皆為US\$2.2/m²則在2~16之氣候區，仍具有其經濟效益；而要是成本低於1.9/m²，則氣候區1也將具有經濟效益。因此於2005年CALIFORNIA TITLE 24通過了所有低坡屋頂非住宅建築所要求的冷屋頂規範，但是若低坡屋頂非住宅建築不符合這條新規定，仍有機會達到其性能規範標準。



Source: Levinson et al (2005a)

圖2-3低坡屋頂非住宅建築於加州氣候之模擬節能成效

(資料來源:Levinson et al./2005a)

- 陡斜非住宅類建築屋頂、陡斜和低傾斜住宅類建築屋頂之相關建議規範要求
2005年開始，Berkeley Lab Heat Island Group開始研究所有建築使用冷屋頂之相關優點(包括陡斜非住宅類建築屋頂、陡斜和低傾斜住宅類建築屋頂)，並於2008年加入CALIFORNIA TITLE 24之規範中。其使用的方法類似2005年訂定低坡屋頂非住宅建築規範所使用之步驟。在2008年的這些分析中，是利用MICROPAS建築能耗模擬工具來模擬每小時典型的住宅和非住宅建築之能源使用概況。(Akbari等人-2006，Wray等人-2006)

冷屋頂的節能規範還包括了一些自主的能源效率方案:美國環境保護署(EPA)能源之星標籤、LEED綠色建築評估體系。

(四) International Energy Conservation Code(國際節能規範)

2003年國際節能規範(IECC)沒有明確地對冷屋頂規範標準，但在法條801.2有規定商業大樓需遵從ASHRAE 90.1的標準，這等於變相的建立了冷屋頂標章。2003年IECC直接或間接的提供冷屋頂標章給住宅類建築(國際會議中心ICC，

2003)。

在2006年IECC保留了ASHRAE 90.1對於商業建築的規範，並確定提供冷屋頂標章給通過性能檢測的住宅類建築，其規為太陽能吸收率0.75(太陽能反射率0.25)；熱輻射率0.9。

美國各州所採用的IECC和/或ASHRAE標準(2007)，詳如圖2-4(商業建築)和圖2-5(住宅建築)

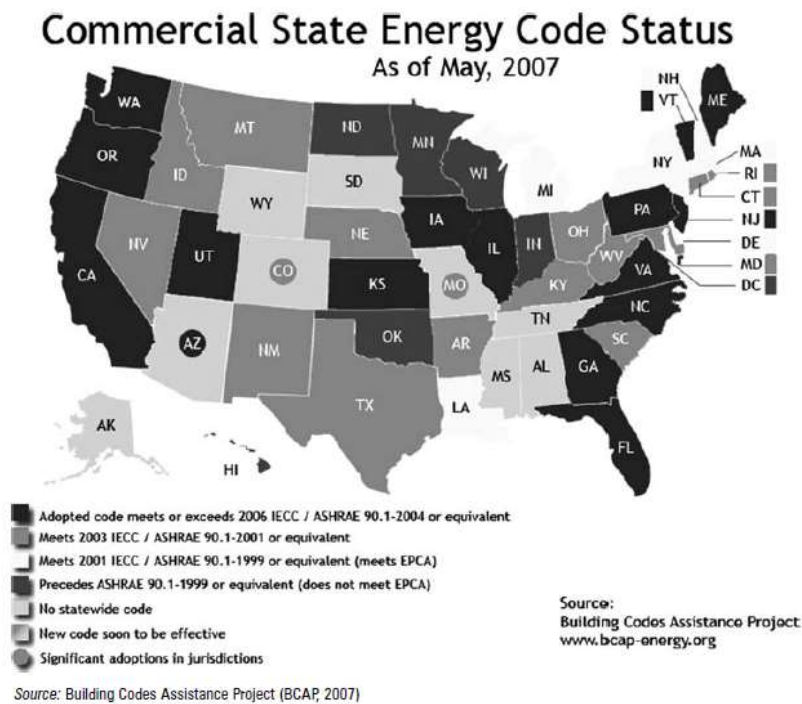


圖2-4商業建築採用之冷屋頂標準規範

(資料來源:The Building Codes Assistance Project)

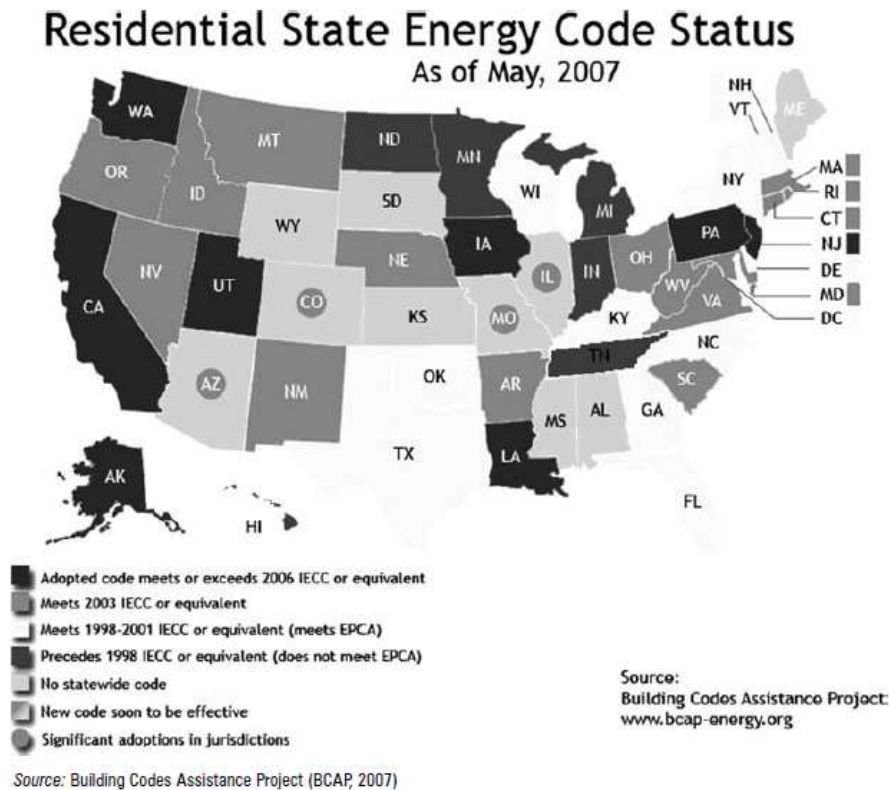


圖2-5住宅建築採用之冷屋頂標準規範

(資料來源:The Building Codes Assistance Project)

(五) US EPA Energy Star label(美國能源之星標章)：

為了符合能源之星標章，美國環保局目前要求低坡屋頂產品(低於2:12)初始和三年以下的冷屋頂其太陽能反射率不能小於0.65和0.50；斜坡屋頂產品(高於2:12)初始和三年以下的冷屋頂其太陽能反射率不能小於0.25和0.15。

對於能源之星標章有兩個規定不足的地方，第一是對於冷屋頂僅要求最低之太陽能反射率而沒有規定熱輻射率之標準，即允許使用高太陽反射率，但低熱輻射率(純金屬屋頂)。根據美國ASTM E1980，在中等風速條件下的研究結果顯示，使用一年的金屬屋頂可降低屋頂表面溫度差(太陽能反射率0.5；熱輻射率0.15)約為12°C (22°F) 超過了使用一年的白色屋頂(太陽能反射0.5和熱輻射率0.8)。

第二，規定斜坡冷屋頂於使用三年後要維持太陽能反射率0.15，這僅排除了最熱的屋頂材料(如：彩色玻纖瀝青瓦裡面的黑色類型)，但很多冷屋頂產品在使用後一年可以維持太陽能反射率0.3。在這條件下，採用太陽能反射率0.15；熱輻射率

0.8之屋頂建材在一年後降低的屋頂表面溫度差約為10°C (18°F) 超過了採用太陽能反射0.3和熱輻射率0.8之屋頂建材所降低的屋頂表面溫度差。

(六) LEED Green Building Rating System(LEED綠色建築評估體系)：

LEED Green Building Rating System於其7.2節建立了一個冷屋頂規範，於LEED 2.0 (2001)規定冷屋頂需具有以下兩者之一：

- a. 屋頂需至少覆蓋75%的冷屋頂材料，且初始和三年內的太陽能反射率至少要有0.65和0.50；熱輻射率為0.9
- b. 屋頂需至少有50%的植被

LEED 2.1(2002) 規範如下：

- 1. 屋頂要至少覆蓋75%能源之星認證的產品，熱輻射率至少要0.90
- 2. 屋頂表面植被覆蓋面積至少要有50%
- 3. 屋頂要至少覆蓋75%面積(以上兩種材料混和)

比較版本2.0和2.1，降低了陡坡屋頂的初始太陽能反射率從0.65下降至0.25，和最小使用年限之太陽能反射從0.50下降至0.15。但熱輻射率0.9之規定是不必要(過高)，很多的高熱輻射率產品其熱輻射率範圍為0.8~0.95，但LEED這項規定排除了許多良好的冷屋頂材料(像某些白色屋頂，熱輻射可能略低於0.9)，且在量測材料之高輻射率時誤差會達到±0.05。較好的要求是如ASHRAE and Title 24規定最低熱輻射率不能低於0.75，這樣可以涵蓋大部份的高熱輻射率材料，而大部分是建議要有0.8(不硬性規定)。

LEED 2.2(2005)改善上述之缺點，使用SRI來取代太陽能反射、熱輻射率和能源之星標準，其規定如下：

- 1. 屋頂要至少覆蓋75%產品，其規格達到SRI不能低於78(低坡屋頂)/29(斜坡屋頂)
- 2. 屋頂表面植被覆蓋面積至少要有50%

3. 混合使用植被和高SRI的材料，低坡屋頂需使用太陽能反射率0.65、熱輻射率0.9的冷屋頂材料；陡坡屋頂需使用太陽能反射率0.28、熱輻射率0.9的冷屋頂材料。

(七) 台灣地區採用冷屋頂節能效果模擬評估：

楊冠雄等人的研究中採用 eQuest 內建的 10 層樓辦公建築，屋頂形式為平屋頂。建築物每層樓地板面積為 12500ft²(方形)，模擬的氣候條件分別為台灣地區的台北、台中、高雄等北中南三個城市。屋頂的 U 值設定為 1W/m²-K，排除採光天窗的使用，改變的參數為屋頂外表面的反射率 (0.1~0.9，間格 0.1) 與輻射率 (0.1~0.9，間格 0.1)。

三個城市的模擬結果分別如圖 2-6~2-8 以及表 2-7~2-9 所示。由模擬結果可知，屋頂的熱得會隨反射率的增加而降低；而屋頂熱得則是隨輻射率增加而減少。模擬結果代表屋頂的反射率與輻射率對於降低屋頂熱得的趨勢是一致的。但是反射率的增加對於屋頂熱得減少的效果較增加輻射率對於屋頂熱得減少的效果強。舉例而言，在表 2-9 的高雄地區若屋頂輻射率由 0.8 增加至 0.9 (反射率為 0.1)，屋頂熱得降低 14.766Mbtu；而屋頂反射率由 0.1 增加至 0.2 (輻射率為 0.8) 則屋頂熱得降低 29.748 Mbtu，其效果大約為增加輻射率的 2 倍。

另外對於不同城市之影響，若以反射率為 0.1、輻射率為 0.1 之材料作為參考基準，則三個城市採用冷屋頂材料之節能效果最高者分別為 76.923% (台北)、84.16% (台中) 與 78.83% (高雄)，以台中之節能效果最佳、其次為高雄、台北。

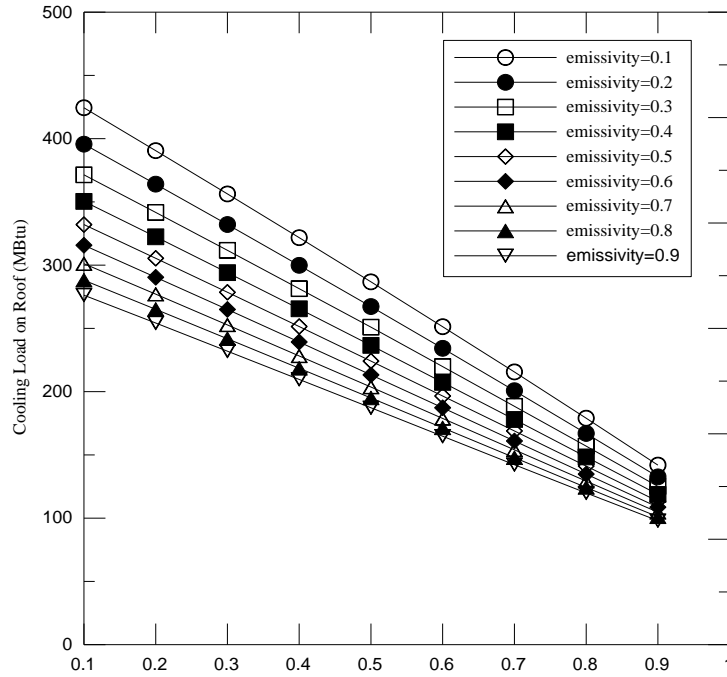


圖 2-6 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響 (台北)

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

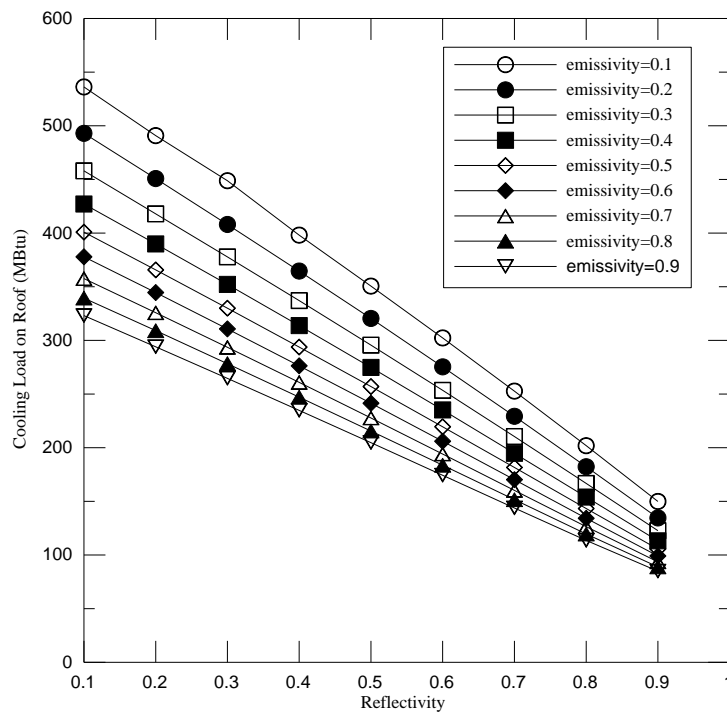


圖 2-7 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響 (台中)

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

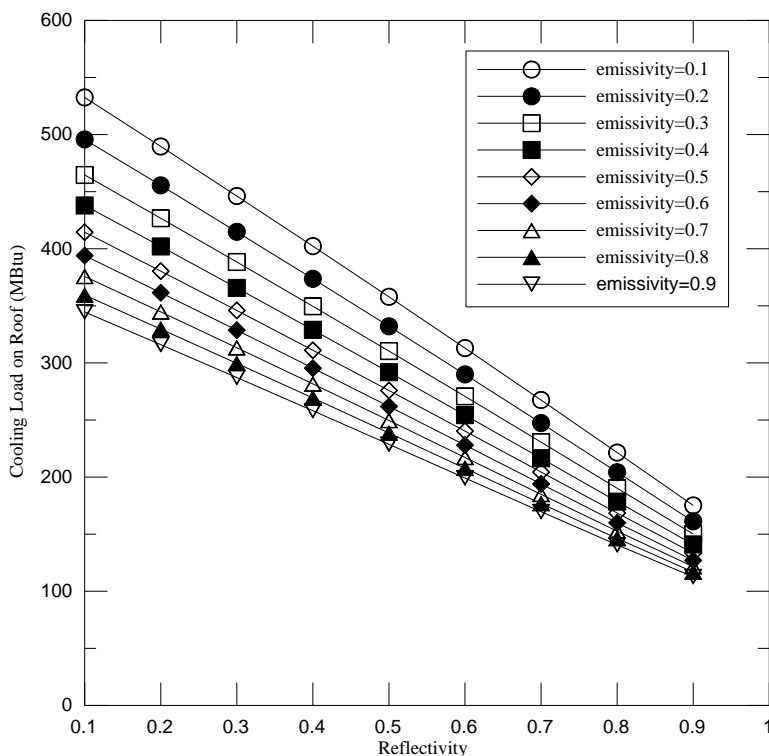


圖 2-8 冷屋頂性能對屋頂耗能之影響 (高雄)

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-7 冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (台北)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	33958.14	31653.36	29712.05	28036.1	26565.86	25260.18	24095.14	23048.68	22103.18
0.2	31244.62	29124.33	27338.06	25795.17	24437.33	23237.17	22167.67	21207.05	20339.56
0.3	28505.33	26572.1	24940.24	23527.83	22289.28	21199.53	20223.47	19351.02	18563.69
0.4	25740.12	23990.82	22515.45	21238.89	20122.9	19138.92	18263.99	17480.34	16775.82
0.5	22945.32	21383.22	20078.5	18925.15	17935.57	17063.28	16291.15	15601.67	14979.23
0.6	20109.46	18740.66	17584.51	16590.85	15729.52	14977.95	14309.27	13713.15	13178.72
0.7	17249.29	16061.14	15075.4	14240.47	13514.82	12881.58	12322.67	11826.16	11382.05
0.8	14322.87	13357.37	12553.4	11875.12	11294.45	10786.26	10339.19	9943.725	9591.463
0.9	11356.61	10612.25	10005.65	9498.898	9068.471	8696.529	8372.989	8089.372	7839.037

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-8 冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (台中)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	42898.13	39438.88	36638.71	34169.52	32075.31	30237.36	28611.02	27154.61	25846.93
0.2	39268.87	36068.35	33431.71	31196.62	29258.42	27565.92	26064.3	24726.3	23525.19
0.3	35906.74	32645.5	30225.68	28174.03	26402.33	24853.83	23486.79	22266.55	21172.09
0.4	31849.38	29170.97	26971.08	25104.57	23501.99	22105.82	20871.43	19772.4	18783.86
0.5	28049.15	25638.2	23652.64	21986.54	20558.13	19314.05	18217.43	17244.25	16378.12
0.6	24185.31	22029.34	20278.27	18815.14	17564.59	16479.24	15531.34	14693.53	13947.65
0.7	20220.27	18343.36	16836.94	15585.75	14527.28	13616.19	12820.7	12124.82	11506.86
0.8	16150.1	14580.97	13336.73	12318.59	11465.82	10738.25	10112.85	9566.582	9087.833
0.9	11992.41	10763.93	9815.477	9058.631	8441.233	7927.922	7489.255	7114.833	6793.533

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-9 冷屋頂性能與平屋頂單位面積熱得之關係 (高雄)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	42603.63	39660.33	37172.82	35030.61	33165.14	31521.76	30060.63	28751.27	27569.92
0.2	39167.18	36441.74	34139.6	32160.2	30437.69	28922.8	27576.16	26371.28	25284.98
0.3	35695.05	33187.94	31072.69	29257.14	27679.92	26295.28	25063.76	23965.94	22978.6
0.4	32185.24	29895.58	27970.42	26321.52	24892.31	23637.28	22526.73	21543.15	20650.14
0.5	28635.02	26566.18	24832.55	23351.9	22072.38	20953.27	19965.53	19086.84	18299.75
0.6	25041.2	23196.05	21657.48	20349.24	19222.93	18243.27	17380.66	16619.57	15940.41
0.7	21400.98	19785.84	18447.28	17317.93	16352.59	15519.02	14791.14	14148.7	13578.35
0.8	17718.2	16343.39	15219.09	14279.27	13481.86	12800.7	12209.86	11695.51	11246.68
0.9	14015.49	12900.06	12011.05	11279.17	10671.37	10160.22	9725.951	9349.288	9018.708

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-10 冷屋頂節能效益 (台北)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.00	-6.79	-12.50	-17.44	-21.77	-25.61	-29.04	-32.13	-34.91
0.2	-7.99	-14.23	-19.49	-24.04	-28.04	-31.57	-34.72	-37.55	-40.10
0.3	-16.06	-21.75	-26.56	-30.72	-34.36	-37.57	-40.45	-43.02	-45.33
0.4	-24.20	-29.35	-33.70	-37.46	-40.74	-43.64	-46.22	-48.52	-50.60
0.5	-32.43	-37.03	-40.87	-44.27	-47.18	-49.75	-52.03	-54.06	-55.89
0.6	-40.78	-44.81	-48.22	-51.14	-53.68	-55.89	-57.86	-59.62	-61.19
0.7	-49.20	-52.70	-55.61	-58.06	-60.20	-62.07	-63.71	-65.17	-66.48
0.8	-57.82	-60.67	-63.03	-65.03	-66.74	-68.24	-69.55	-70.72	-71.76
0.9	-66.56	-68.75	-70.54	-72.03	-73.30	-74.39	-75.34	-76.18	-76.92

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-11 冷屋頂節能效益 (台中)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.00	-8.06	-14.59	-20.35	-25.23	-29.51	-33.30	-36.70	-39.75
0.2	-8.46	-15.92	-22.07	-27.28	-31.80	-35.74	-39.24	-42.36	-45.16
0.3	-16.30	-23.90	-29.54	-34.32	-38.45	-42.06	-45.25	-48.09	-50.65
0.4	-25.76	-32.00	-37.13	-41.48	-45.21	-48.47	-51.35	-53.91	-56.21
0.5	-34.61	-40.23	-44.86	-48.75	-52.08	-54.98	-57.53	-59.80	-61.82
0.6	-43.62	-48.65	-52.73	-56.14	-59.06	-61.59	-63.79	-65.75	-67.49
0.7	-52.86	-57.24	-60.75	-63.67	-66.14	-68.26	-70.11	-71.74	-73.18
0.8	-62.35	-66.01	-68.91	-71.28	-73.27	-74.97	-76.43	-77.70	-78.82
0.9	-72.04	-74.91	-77.12	-78.88	-80.32	-81.52	-82.54	-83.41	-84.16

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-12 冷屋頂節能效益 (高雄)

輻射率 反射率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.00	-6.91	-12.75	-17.78	-22.15	-26.01	-29.44	-32.51	-35.29
0.2	-8.07	-14.46	-19.87	-24.51	-28.56	-32.11	-35.27	-38.10	-40.65
0.3	-16.22	-22.10	-27.07	-31.33	-35.03	-38.28	-41.17	-43.75	-46.06
0.4	-24.45	-29.83	-34.35	-38.22	-41.57	-44.52	-47.12	-49.43	-51.53
0.5	-32.79	-37.64	-41.71	-45.19	-48.19	-50.82	-53.14	-55.20	-57.05
0.6	-41.22	-45.55	-49.17	-52.24	-54.88	-57.18	-59.20	-60.99	-62.58
0.7	-49.77	-53.56	-56.70	-59.35	-61.62	-63.57	-65.28	-66.79	-68.13
0.8	-58.41	-61.64	-64.28	-66.48	-68.36	-69.95	-71.34	-72.55	-73.60
0.9	-67.10	-69.72	-71.81	-73.53	-74.95	-76.15	-77.17	-78.06	-78.83

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

再者，冷屋頂性能對雙斜屋頂型建築的節能分析。屋頂的 U 值設定為 $1\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ ，排除採光天窗的使用，屋頂的傾斜度為 25 度，雙斜屋頂建築物分為東西向與南北向兩種(如圖 2-9 之幾何示意圖)。建築物為兩層樓，每層樓地板面積為 12500ft^2 (方形)，改變的參數為屋頂外表面的反射率 (0.1~0.9，間格 0.1) 與輻射率 (0.1~0.9，間格 0.1)。模擬結果如圖 2-10~2-13 以及表 2-13~2-16 所示。

模擬結果顯示在斜屋頂的模擬案例中，冷屋頂參數對於屋頂熱得之影響趨勢是與平屋頂模擬案例相同。斜屋頂熱得隨反射率的增加而降低；隨輻射率增加而減少。另一方面，模擬結果顯示雙斜屋頂的屋頂熱得遠低於平屋頂之屋頂熱得，大約相差 6% 左右；但是斜屋頂的面向對於屋頂熱得影響並不顯著。

再者，模擬結果呈現反射率對斜屋頂熱得影響最大，表面輻射率對斜屋頂熱得之影響為次重要。舉例而言，在表 2-13 的高雄地區若南北向屋頂輻射率由 0.1 增加至 0.9 (反射率為 0.1)，屋頂熱得降低 $12243.36\text{Btu}/\text{ft}^2$ (降低 33.17%)；而東西向屋頂輻射率由 0.1 增加至 0.9 (反射率為 0.1)，屋頂熱得降低 $12387.38\text{Btu}/\text{ft}^2$

隔熱漆耐久年限之檢測研究

(降低 33.32%)。南北向屋頂反射率由 0.1 增加至 0.9 (輻射率為 0.1) 則屋頂熱得降低 23951.81 Btu/ft² (降低 64.9%); 而東西向屋頂反射率由 0.1 增加至 0.9 (輻射率為 0.1) 則屋頂熱得降低 24194.9 Btu/ft² (降低 65.09%)。

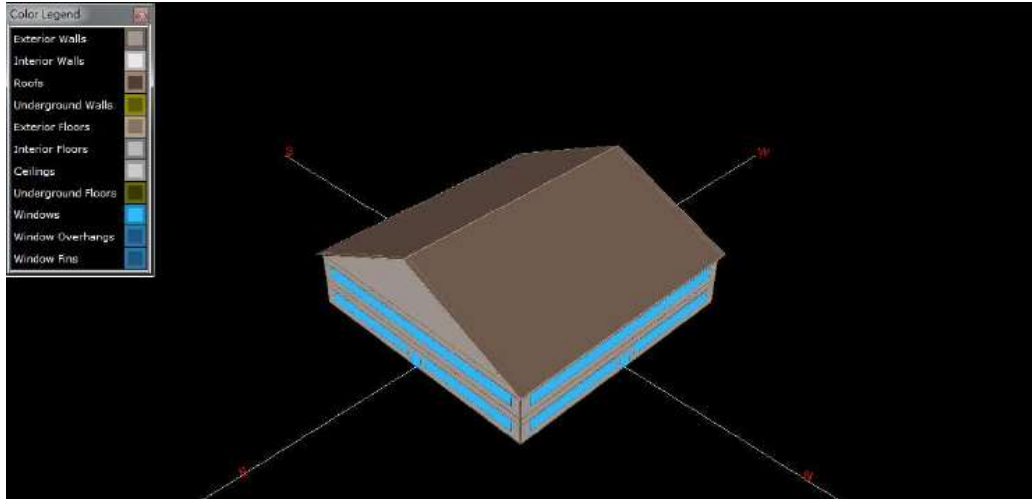


圖 2-9 DOE 斜屋頂建築模擬幾何外觀

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

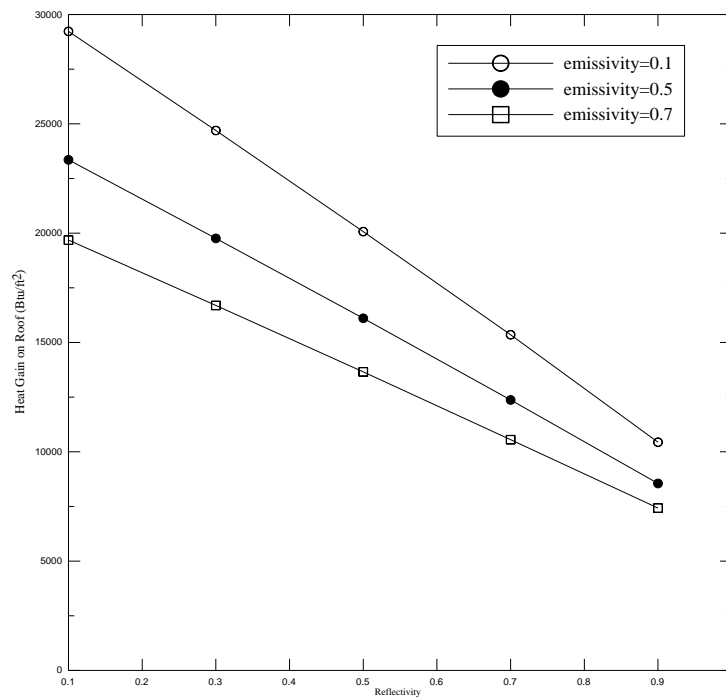


圖 2-10 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響 (台北，東西向)

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

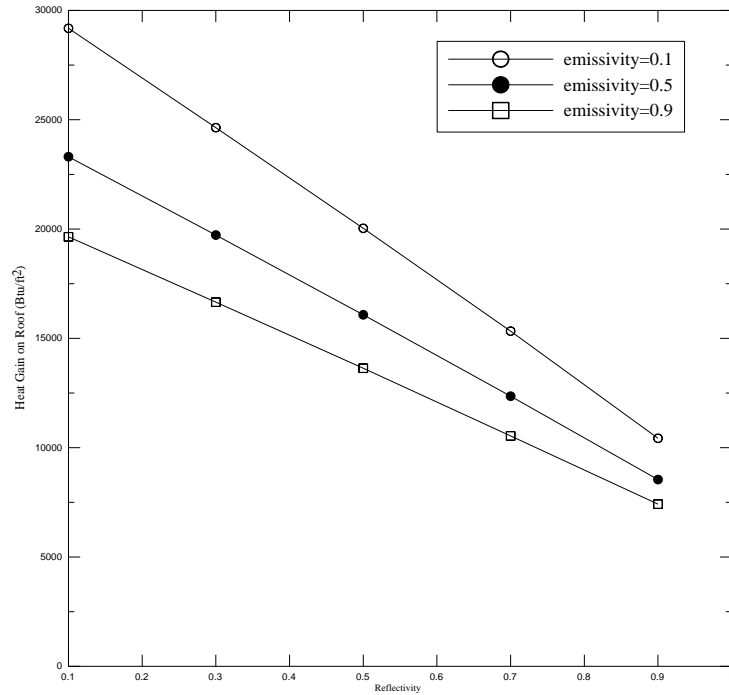


圖 2-11 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響（台北，南北向）

（資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證）

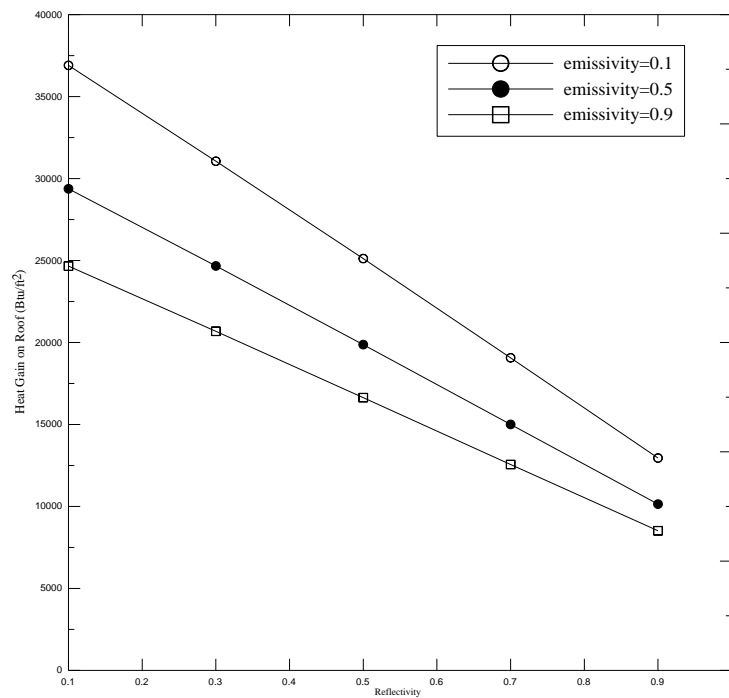


圖 2-12 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響（高雄，東西向）

（資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證）

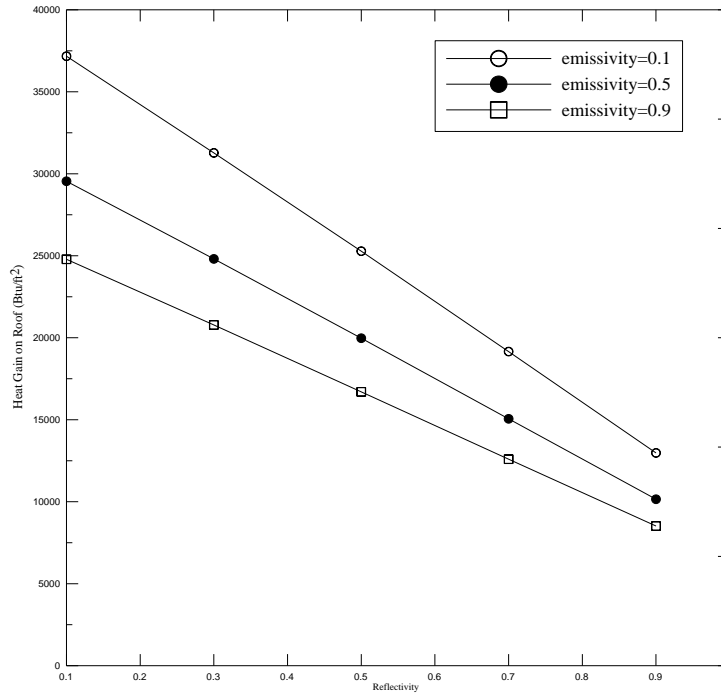


圖 2-13 冷屋頂性能對斜屋頂耗能之影響 (高雄，南北向)

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-13 冷屋頂性能與斜屋頂單位面積熱得之關係 (高雄)

Btu/ft ²	東西向			Btu/ft ²	南北向		
	輻射率				輻射率		
反射率	0.1	0.5	0.9	反射率	0.1	0.5	0.9
0.1	36905.45	29374.9	24662.09	0.1	37170.44	29544.32	24783.06
0.3	31058.9	24669.93	20685.59	0.3	31272.99	24808.61	20780.41
0.5	25119.96	19871.43	16638.12	0.5	25279.79	19971.93	16701.99
0.7	19065.79	15004.14	12558.69	0.7	19156.96	15055.7	12592.49
0.9	12953.64	10142.52	8517.651	0.9	12975.54	10151.64	8519.003

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-14 冷屋頂性能與斜屋頂單位面積熱得之關係 (台北)

Btu/ft ²	東西向			Btu/ft ²	南北向		
	輻射率				輻射率		
反射率	0.1	0.5	0.9	反射率	0.1	0.5	0.9
0.1	29229.87	23353.71	19683.76	0.1	29181.88	23307.15	19645.3
0.3	24695.48	19760.87	16693.2	0.3	24637.9	19724.85	16657.39
0.5	20071.14	16106.66	13656.63	0.5	20034.57	16077.87	13634.26
0.7	15353.2	12370.75	10554.16	0.7	15330.01	12355.14	10537.6
0.9	10438.25	8550.023	7427.154	0.9	10429.74	8542.048	7418.976

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-15 冷屋頂在斜屋頂之節能效益 (高雄)

%	東西向			Btu/ft ²	南北向		
	輻射率				輻射率		
反射率	0.1	0.5	0.9	%	0.1	0.5	0.9
0.1	0.00	-20.40	-33.17	0.1	0.00	-20.52	-33.33
0.3	-15.84	-33.15	-43.95	0.3	-15.87	-33.26	-44.09
0.5	-31.93	-46.16	-54.92	0.5	-31.99	-46.27	-55.07
0.7	-48.34	-59.34	-65.97	0.7	-48.46	-59.50	-66.12
0.9	-64.90	-72.52	-76.92	0.9	-65.09	-72.69	-77.08

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

表 2-16 冷屋頂在斜屋頂之節能效益 (台北)

%	東西向			%	南北向		
	輻射率				輻射率		
反射率	0.1	0.5	0.9	反射率	0.1	0.5	0.9
0.1	0.00	-20.10	-32.66	0.1	0.00	-20.13	-32.68
0.3	-15.51	-32.39	-42.89	0.3	-15.57	-32.41	-42.92
0.5	-31.33	-44.90	-53.28	0.5	-31.35	-44.90	-53.28
0.7	-47.47	-57.68	-63.89	0.7	-47.47	-57.66	-63.89
0.9	-64.29	-70.75	-74.59	0.9	-64.26	-70.73	-74.58

(資料來源：冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證)

(八) 中華民國國家標準：

CNS15666(建築用長期耐候性面漆)，此標準適用於建築物水泥、混凝土、水泥砂漿表面及預鑄混凝土等細緻表面之建築用長期耐候性面漆，其主要成分為氟碳樹脂或聚胺樹脂，以主劑與硬化劑混合方式硬化的塗料。

表2-17CNS15666(建築用長期耐候性面漆)

項目	等級		
	第1級	第2級	第3級
容器內狀態	攪拌時無堅硬結塊且均勻		
乾燥時間	23℃	8 小時內	

隔熱漆耐久年限之檢測研究

(表面乾燥性)	5°C	16小時內		
塗膜外觀	塗膜外觀正常			
可使用時間	5小時			
遮蓋力(白色、淺色)(%)	90以上			
60° 鏡面光澤度	70以上			
耐衝擊性	無龜裂或剝離			
附著性(方格法)	1級或0級			
重塗適合性	無礙於重塗			
耐鹼性	無異狀			
耐酸性	無異狀			
發揮性有機化合物(VOC)最大限量值(g/L)	符合CNS15080表1中J型別之規定			
耐濕冷熱循環性	耐濕冷熱循環			
加速耐候性 (氬弧燈)	經規定照射時間後，塗膜無龜裂、起泡或剝離，試樣之色差不較參比樣品之色差大，且粉化等級應為1或0			
	經2,500小時照射後，光澤保持率80%以上	經1,200小時照射後，光澤保持率80%以上	經600小時照射後，光澤保持率70%以上	
室外暴露耐候性	塗膜無龜裂、起泡或剝離，光澤度變化程度與參比樣品比較差異不大，色差值不較參比樣品大。			
	1.光澤保持率60%以上 2.粉化等級應為1或0	1.光澤保持率40%以上 2.粉化等級應為2、1或0	1.光澤保持率30%以上 2.粉化等級應為3、2、1或0	
<p>註(a)淺色系以白塗料為主成分所製成的塗料，塗膜上所呈現的淺灰、粉紅、淺黃、淺綠、淺藍等的淺色，依CNS11295規定之明度V在6以上至未滿9者。</p> <p>(b)室外暴露耐候性經由當事者間協議或製造廠商提供符合附錄C規定之紀錄時，免除試驗。</p>				

(資料來源:CNS 國家標準局)

(九) 中國大陸國家標準：

GB/T25261-2010(建築用反射隔熱塗料)、JC/T1040-2007(建築外表面用熱反射隔熱塗料)以上之規範目前中國大陸僅對白色塗料作出性能規定，但在應用上據統計白色塗料只占了20%，彩色塗料為80%。因此訂定反射隔熱彩色塗料之性能規範在應用上會更為廣泛。所以近期訂定了JG/T235-2014(建築反射隔熱塗料)以明度來區分各項指標。

建築用反射隔熱塗料(GB/T25261-2010)

此標準適用於建築物表面隔熱保溫用塗料，性能要求必須符合表2-18。

表2-18建築用反射隔熱塗料性能

編號	項目	指標
1.	太陽光反射率，白色	≥ 0.80
2.	半球發射率	≥ 0.80

(資料來源:中華人民共和國國家標準)

建築反射隔熱塗料(JG/T235-2014)

此標準適用於工業與民用建築屋面和外牆用隔熱塗料，並另有分類塗層之明度，產品的反射隔熱性能應符合表2-19。

- 1.低明度反射隔熱塗料: $L \leq 40$
- 2.中明度反射隔熱塗料: $40 < L < 80$
- 3.高明度反射隔熱塗料: $L \geq 80$

表2-19建築反射隔熱塗料性能要求

編號	項目	指標		
		低亮度	中亮度	高亮度
1.	太陽光反射率 \geq	0.25	0.40	0.65
2.	近紅外線反射率 \geq	0.4	L 值/100	0.8
3.	半球發射率 \geq	0.85		
4.	污染後太陽光反射比變化率 \leq	-	15%	20%
5.	人工氣候老化後太陽光反射比變化率 \leq	5%		

(資料來源:中華人民共和國建築工業行業標準)

建築外表面用熱反射隔熱塗料(JC/T1040-2007)

此標準適用於通過反射太陽熱輻射來減少建築物和構築物熱荷載的隔熱裝飾塗料產品主要由合成樹脂、功能性顏填料配製而成的。並按產品分類為水性(W)及溶劑型(S)。產品性能應符合表2-20。

表2-20建築外表面用熱反射隔熱塗料產品技術要求

項目		指標	
		W(水性)	S(溶劑型)
容器中狀態		攪拌後無硬塊、凝聚、呈均勻狀態	
施工性		刷塗二道無障礙	
塗膜外觀		無針孔、流掛、塗抹均勻	
低溫穩定性		無硬塊、凝聚及分離	-
乾燥時間/h		≤2	
耐鹼性		48h 無異常	
耐水性		96h 無異常	168h 無異常
耐洗刷性		2000 次	5000 次
耐沾污性(白色和淺色)/%		<20	<10
塗層耐溫變性		無異常	
太陽反射比		≥0.83	
半球發射率		≥0.85	
耐彎曲性/mm		-	≤2
拉伸性能	拉伸強度/MPa	≥1.0	-
	斷裂伸長度/%	≥100	-
耐人工氣候老化性(W類400h, S類500h, 氬弧燈)	外觀	不起泡、不剝落、無裂紋	
	粉化/級	≤1	
	變色	≤2	
	太陽反射比	≥0.81	
	半球發射率	≥0.83	
不透水性		0.3MPa, 30min 不透水	-
水蒸汽透濕率		≥8.0 x 10 ⁻⁸	-
淺色是指以白色塗料為主要成分，添加適量色漿配製成的淺色塗料形成的塗膜乾燥後所呈現的淺色，按 GB/T 15608-1995 中 4.3.2 規定明度值為 6~9。			

(資料來源:中華人民共和國建材行業標準)

第三節 隔熱塗料相關節能法規(美國)

美國許多州在參考ASHRAE90.1或國際節能規範(IECC)之相關規定,都制定並通過了建築節能法規。在美國很多城市、州或地區,皆已經各自訂定了冷屋頂節能規範,包括了:the cities of Atlanta (Georgia) and Chicago (Illinois); the states of Florida, Georgia, and Hawaii; and the territory of Guam。

(一) Chicago, Illinois (伊利諾伊州-芝加哥市)

為緩解城市熱島現象,芝加哥市補充其2001年第18-13-303節能法規條文:低坡屋頂(斜率不大於 2:12)其太陽能反射不能低於 0.65,且三年內需維持在0.5。中等斜坡屋頂(斜率大於 2:12;低於5:12)在最初和使用三年內其太陽能反射率需至少要有0.15;低&中斜坡屋頂皆被要求具有熱輻射率達到0.9。若屋頂或部分屋頂具有光伏發電、熱力太陽能和屋頂花園,則這些要求可以被免除。(Chicago-2001)

冷屋頂規範從2001年來已經被修訂很多次,目前(2007)規定在2008/12/31開始低坡屋頂其太陽能反射率不能低於0.25,且使用的產品必須符合美國EPA能源之星標籤(最初/使用後之太陽能反射率為0.65/0.5);中等坡度屋頂最初之太陽能反射率需有0.15。

Chicago對於中等坡度的屋頂其太陽能反射率要求非常低,這將會造成屋頂溫度不能符合能源之星之標準規範。

(二) Florida(佛羅里達州)

佛羅里達州於2001年訂定了第一條冷屋頂法規在佛羅里達州建築法規裡,這條法規利用屋頂面積乘上夏季係數和冬季係數來計算整體建築的夏季製冷和冬季供暖的負荷(參考表格600A)。於2001年,若住家使用白色的冷屋頂(太陽能反射率 ≥ 0.65 ,熱輻射率 ≥ 0.8),則夏季係數為0.55;冬季係數為1.044(FBC, 2001, sections

607.1.A.5 and 607.2.A.3.6)，這表示降低了住家建築在夏季百分之45的熱負荷；在冬季則增加了百分之4.4。目前(2004)仍保留這項規定。

2007年將採用EnergyGauge USA FlaRes2007來估算住宅建築每年的耗能，而非使用舊有的面積*係數的方式。EnergyGauge USA FlaRes2007是以DOE-2.1E為基準，來建立一改善過的閣樓模型(Parker, 2005)。2007年的法規規定既有的住家建築其每年的能耗不能超過基準建築-模型的年耗能(太陽能反射率0.25；熱輻射率0.9)。屋頂之輻射性質若較參考屋頂還要好(如：太陽能反射率 ≥ 0.25)，則屋頂的溫度會較為涼爽，建築物將擁有更多的能源來利用在別的地方；反之，若屋頂之輻射性質較參考屋頂還要差(如：太陽能反射率 ≤ 0.25 ；或熱輻射率低於0.9)，則需要增加建築物在其他方面的能耗效率。這顯示了2007年規定的太陽能反射率 ≥ 0.25 較2004年規定的太陽能反射率 ≥ 0.15 較好。

如果冷屋頂產品沒有經過量測，其太陽能反射率將假定為0.04；熱輻射率將假定為0.9，後一項規定(熱輻射率)可以看出對於裸金屬屋頂來說是過於高的(通常會小於0.2)，對於低熱輻射對於屋面溫度之影響將會在能源之星計劃內討論。

2004年，FBC規定商業大廈需遵守ASHRAE90.1-2004之冷屋頂規範，為一不同的是熱傳導乘數需使用section 13.404.1.C.1所給的Florida氣候區，而不是美國的氣候區(FBC, 2004; Swami, 2007)，2007年的Florida規範仍保持原樣。

(三) Hawaii(夏威夷)

在夏威夷其建築能源法規是由所屬的地方政府來制定的(80%人口居住在城市Honolulu and Maui裡)，由Honolulu所制定的建築能源法規規定，低坡住宅類建築屋頂需符合以下條列之一：

1. 屋頂熱阻 $19\text{ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} / \text{BTU}$
2. 2英寸的泡棉保溫層
3. 閣樓通風或是輻射遮蔽物
4. 冷屋頂(太陽能反射率不低於0.7；熱輻射率不低於0.75)

2005年Maui開始遵循此法規，目前(2007) Honolulu and Maui對於此規定仍保

持原樣，但Kauai and Hawaii兩地方政府目前仍沒有明訂住宅建築之冷屋頂規範。在2001、2002、2005，Honolulu, Kauai and Maui採用ASHRAE Standard 90.1-1999對於商業大廈和斜坡住宅類屋頂之冷屋頂規範，但需遵循夏威夷模型能源效益(屋頂熱傳導低於 $0.05 \text{ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} / \text{BTU}$ ；太陽能吸收率0.33；加蓋輻射遮蔽物)，這個規定允許在有高的太陽能反射率下可以降低屋頂熱阻，但其規定並沒有對熱輻射率規定最低之值。Hawaii州規定商業大廈需遵從ASHRAE 90.1-1989(但此版本並沒有對冷屋頂做出規範)。

(四) Guam(關島)：

關島於1995年規定具有空調之非住宅建築屋頂和斜坡住宅建築屋頂；於2000年規定低坡住宅建築屋頂之規範，這些大多數種類的屋頂(A.混凝土製-4英寸或更大的厚度；B.單位面積之熱容量 $7.0 \text{ BTU} / \text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ ；C.重量超過 lb / ft^2)必須具有：

1. 冷屋頂(太陽能反射率不低於0.7；熱輻射率不低於0.75)
2. 室內(牆、天花板空間)的板條，墊高料-R-11 絕緣素材($11 \text{ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} / \text{BTU}$)3.2英寸的絕緣體
3. 熱傳導係數不超過 $0.12 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
4. 其他類型的屋頂被要求具有更低的熱傳導係數，但不用遵守冷屋頂之規範。

空調建築需滿足法規之規範，但也可以以通過ASHRAE90.1-1989或建築圍層來通過其規範，後者的EPF(能源性能係數)不能超過基準之建築。大多數種類屋頂和金屬屋頂的EPF是由其屋頂的面積、熱傳導和太陽吸收率來定義。EPF定義：冷屋頂需具有太陽反射率 ≥ 0.70 ，熱輻射率 ≥ 0.75 ；一般屋頂之太陽反射率0.3。

(五) California cool-roof rebate Programmes(加州冷屋頂補助方案)：

2001~2005年，加州政府和公司提供補助 $\text{US}\$0.10/\text{ft}^2$ to $\text{US}\$0.20/\text{ft}^2$ 給安裝冷屋

隔熱漆耐久年限之檢測研究

頂(初始太陽能反射率0.7；初始熱輻射率0.75)，方案主要集中在住宅類建築。

2006年1月：Sacramento Municipal Utility District(SMUD)開始提供補助US\$0.20/ft²給住宅類平屋頂建築安裝冷屋頂(初始太陽能反射率不低於0.75；初始熱輻射率不低於0.75)

2007年5月：(SMUD)開始提供補助US\$0.10/ft²給住宅類陡坡屋頂建築安裝冷屋頂(初始太陽能反射率不低於0.4；初始熱輻射率不低於0.75)

2007年1月：太平洋煤氣和電力(Pacific Gas & Electric)和南加州愛迪生公司(SouthernCalifornia Edison)開始提供補助US\$0.10/ft² toUS\$0.20/ft²給位於加州氣候區要改善房子的民眾。(其符合的條件如表2-21，熱輻射率需至少有0.75)

Pacific Gas & Electric公司對於低坡屋頂之要求主旨在推廣使用白色屋頂。這兩種方式的補助，是用來鼓勵利用現有冷屋頂產品（其中大部分位於方案一），並刺激銷售、發展和改善冷屋頂產品（方案二）。

方案一：US\$0.10/ft²-太陽能反射率在0.25~0.39

方案二：US\$0.20/ft²-太陽能反射率不小於0.40

表2-21加州冷屋頂補助之規範要求

屋面坡度	補助層級	初始太陽能反射率	初始熱輻射率	補助金額(US\$/ft ²)
低 ^a	n/a	≥0.70	≥0.75	0.20
陡 ^a	1	0.25-0.39	≥0.75	0.10
陡 ^b	2	≥0.40	≥0.75	0.20

注：n/a = 不適用，a = 比例小於或等於2：12，b = 比例大於2：12

(資料來源：本研究整理)

第四節 耐候測試相關文獻

Sleiman 等人提到一項新的耐候測試方法，主要是以機器模擬自然曝曬，但卻能在 3 天知道測試結果，相較於傳統的自然曝曬所需 3 年的時間，更能節省時間及成本。雖然現在並未正式納入 ASTM 等正式標準，但文獻中提供的數據相當具有參考價值。

Sleiman 等人為了模擬戶外環境，所以採用了四種材料：黑碳、礦塵(氧化鐵、黏土、蒙脫石、皂土)、鹽(無機鹽、硝酸鈉)和有機物(腐植酸)之物質，並依比例加入去離子水中，在實驗過程中做噴灑的動作如圖 2-14。此項研究也研究出以各元素對測試樣品在光譜上的變化如圖 2-15。

根據研究顯示可將黑碳、礦塵、鹽、有機物這四種元素的比例來調配出不同的氣候環境。如圖 2-16 顯示可依不同的比例調配出不同的環境氣候像亞利桑那、俄亥俄和佛羅里達等...

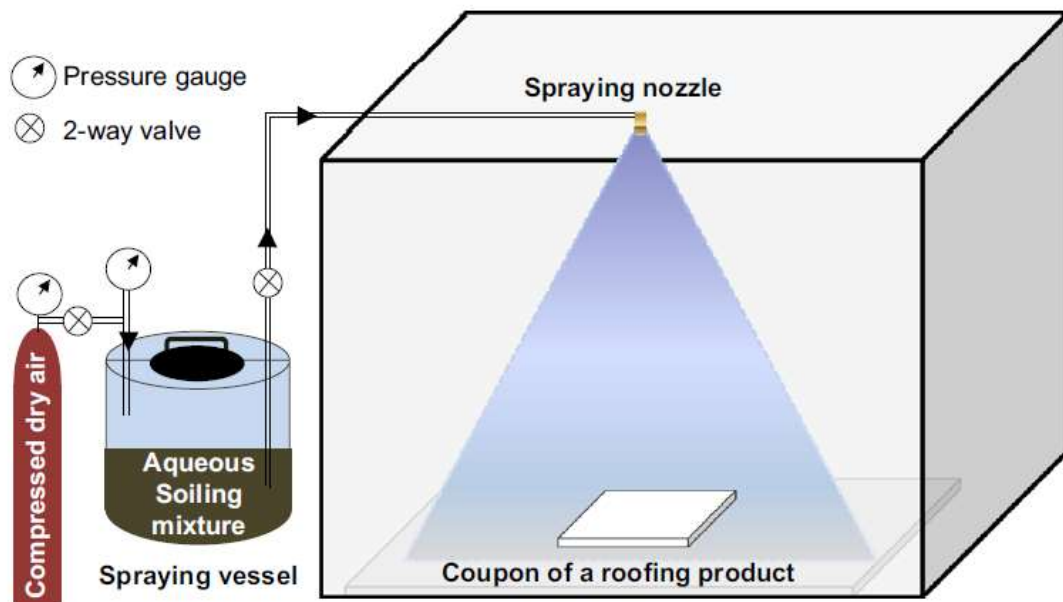


圖 2-14 加速老化耐候試驗機構造圖

(資料來源:M. Sleiman et al./2014)

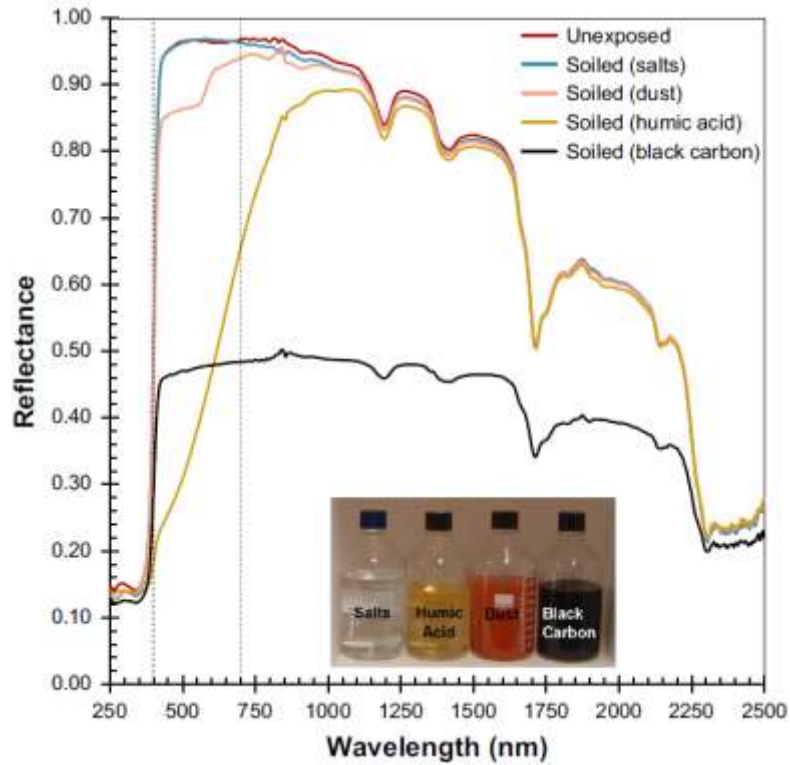


圖 2-15 單一元素對於反射率之變化

(資料來源: M. Sleiman et al./2014)

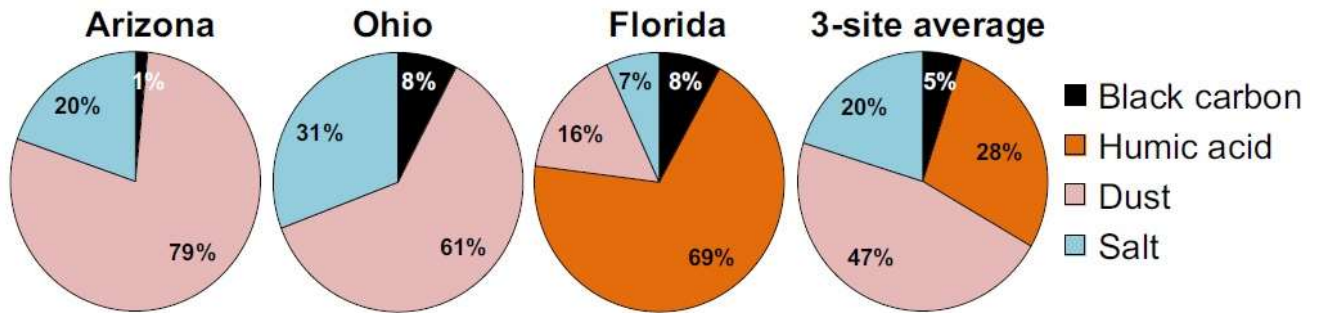


圖 2-16 各地區氣候環境元素調配比例

(資料來源: M. Sleiman et al./2014)

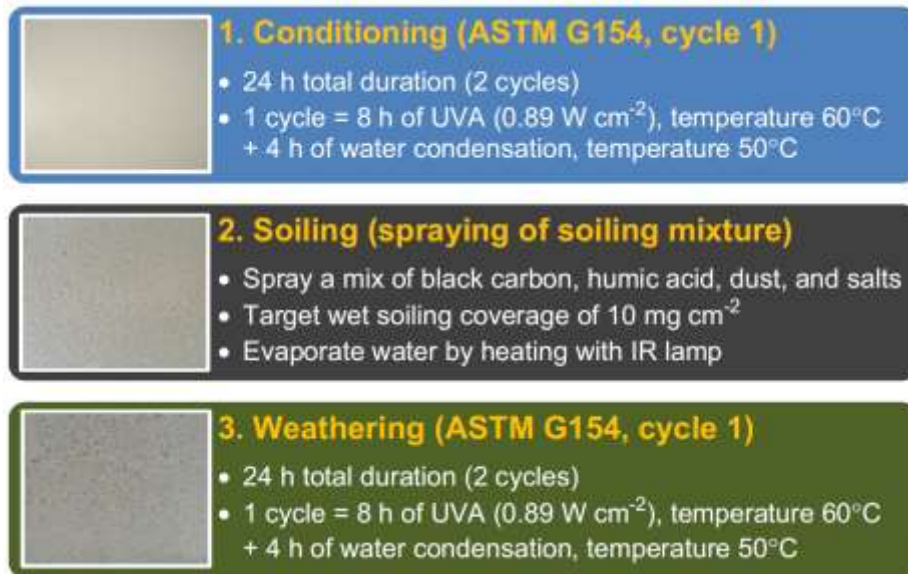


圖 2-17 加速老化耐候試驗機實驗步驟

(資料來源: M. Sleiman et al./2014)

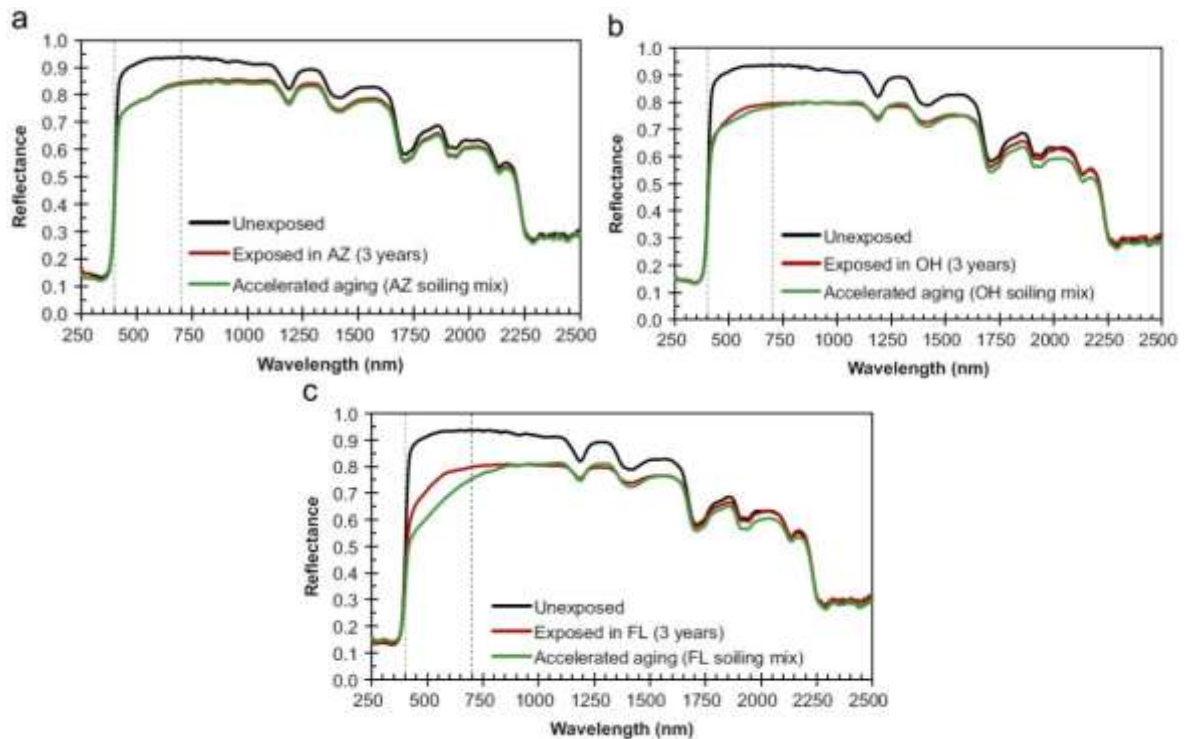


圖 2-18 自然曝曬與加速老化耐候設備光譜圖對照圖

(資料來源: M. Sleiman et al./2014)

Sleiman 等人的研究結論顯示:

1. 實驗再現性高，自然曝曬需要 3 年，但此項加速老化設備只需 3 天便可知結果。

隔熱漆耐久年限之檢測研究

2. 此方法應用範圍廣，操作方法簡單。
3. 可依 4 種元素的比例來調配出想要模擬的氣候環境。

另外，Berdahl 等人使用 17 種樣品分別在柏克萊和休士頓進行自然曝曬測試，測試時間為 3 年，測試結果如圖 2-19、2-20、2-21、2-22。

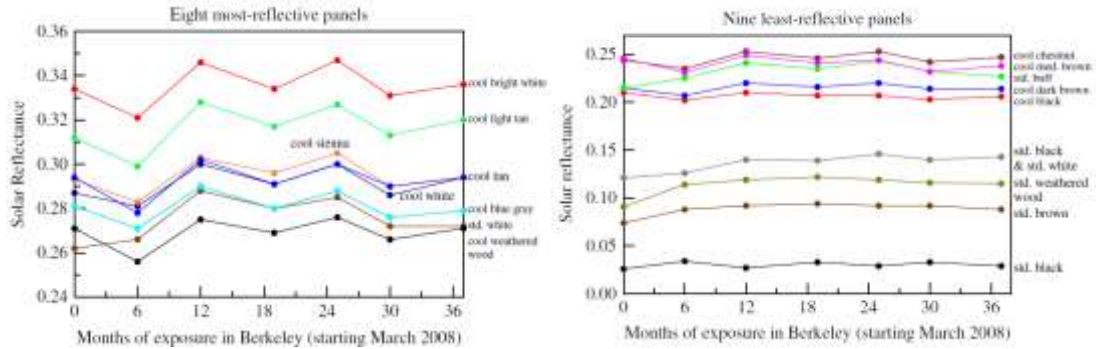


圖 2-19 8 種太陽反射率較高圖 2-20 9 種太陽反射率偏低的測試樣品位在柏克萊耐候性的測試樣品位在柏克萊耐候性之比較之比較

(資料來源:P. Berdahl et al./2012)(資料來源:P. Berdahl et al./2012)

圖 2-19 和 2-20 的測試地點為柏克萊，在數據呈現上皆相當穩定，唯一發現的事是在第 1 個月至第 6 個月這段的反射率明顯升高，是因為樣品表面上經為曝曬和風化關係，導致部分的油及瀝青從表面上消失。

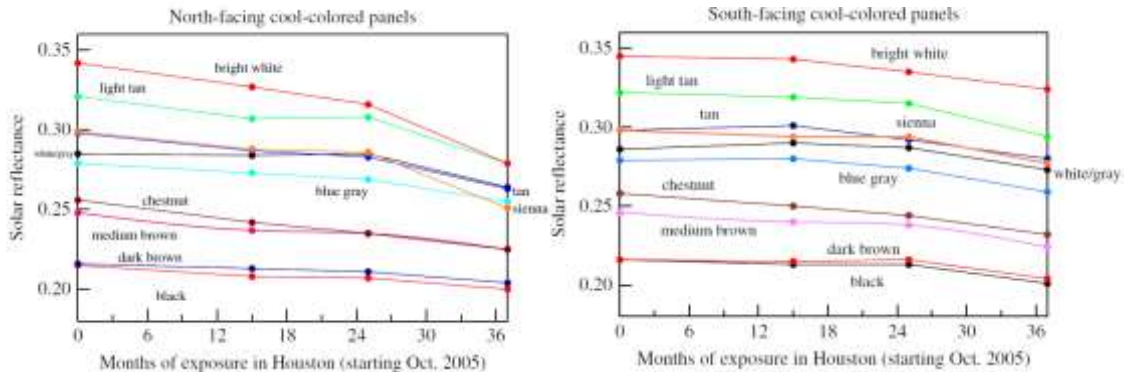


圖 2-21 休士頓自然曝曬耐候性圖 2-22 休士頓自然曝曬耐候性之比較(朝北方)之比較(朝南方)

(資料來源:P. Berdahl et al./2012)(資料來源:P. Berdahl et al./2012)

圖 2-21 和 2-22 是各測試樣品耐候性的比較，測試地點位於休士頓，分為兩組測試，其中一組測試樣品朝向北方(圖 2-21)另一組則為朝向南方(圖 2-22)，太陽反射率偏高的樣品在 3 年的耐候測試中只降低了 0.014 而朝向北方的測試樣品則下降 0.063。

圖 2-23 為位於休士頓之測試樣品，因休士頓全年皆會降雨，圖的左半邊為無

添加氧化亞銅之測試樣品，因面向北方的樣品，光照時數不長，而且休士頓全年皆有雨，導致表面濕度高而在表面生長藍綠藻或青苔之物質但是右半邊的圖則為有添加氧化亞銅之測試樣品，則沒有生長出藍綠藻或青苔之物質。



圖 2-23 添加氧化亞銅與無添加之測試樣品對照圖

(資料來源:P. Berdahl et al./ 2012)

Berdahl 等人的結論顯示結論顯示在第 6~12 月太陽光反射率升高是因為風化的作用而去除了表面上的瀝青和油。如果反射率增加幅度更大，表示初始表面上油的比例佔更高。位在柏克萊的測試，將近 1 年的時間所有的數據都相當穩定，而在最後的數據結果顯示樣品中太陽光反射率下降最多的為 0.008。

位在休士頓的自然曝曬測試中，並未注意到有明顯的汙漬。而在 3 年的測試中皆朝向北方，未添加氧化亞銅的樣品，太陽光反射率下降的幅度為 0.063。而有添加氧化亞銅的樣品，太陽光反射率的下降幅度只有 0.018。此項研究中發現 3 年的自然曝曬測試中，太陽光反射率的初始值與最終值得差距只小於 0.02。

研究中發現如果氣候環境中如濕度較高或是水氣較盛的地區，樣品表面會產生藍綠藻或青苔等物質，會導致測試樣品的耐候性降低。

Gregory R.Fedor 和 Patrick J.Brennan 以色澤變化為參考依據，提出戶外自然曝曬與人工加速老化(UVA)之間的關聯性。實驗中將樣品放在佛羅里達、亞利桑那和俄亥俄州進行了 2 年戶外曝曬。將同樣品在實驗室加速老化試驗箱內用兩種輻照度和兩種濕度循環進行試驗。然後量測其光澤保持率，在測試中的 3 種材料為聚氨酯塗料、汽車塗料及聚酯塗料。其測試結果如下：

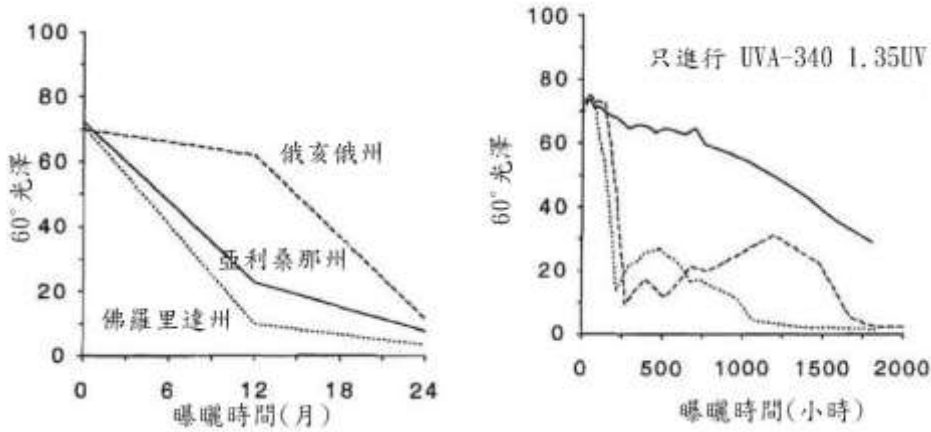


圖 2-24 聚氨基酯戶外自然曝曬圖 2-25 聚氨基酯人工加速老化

(資料來源: Fedor & Brennan)

聚氨基酯塗料:該材料是一種塗在鋼材基底上的有光澤、灰色塗裝底漆。

戶外自然曝曬結果如圖 2-24，這種材料在所有三處戶外自然曝曬時都出現光澤下降的現象。其中佛羅里達州和亞利桑那州樣品出現的光澤下降速度最快。曝曬 2 年後，三處戶外自然曝曬現場的試驗板光澤都完全消失。所有 3 處老化現場的樣品都出現某些粉化現象。另外佛羅裡達州的試驗板有 20% 的表面出現生鏽，而俄亥俄州樣品則出現若干鏽斑，亞利桑那州樣品則無生鏽。人工加速老化結果如圖 2-25，加入濕度控制的測試循環都出現光澤下降和粉化非常迅速的現象。只進行紫外光照的測試樣品也會出現光澤下降，但速度要慢得多，而且未出現粉化。測試比較後加入濕度控制的樣品，光澤下降和粉化現象與戶外曝曬結果非常吻合。但紫外線加速老化設備中的樣品未出現佛羅里達州樣品出現的生鏽現象。

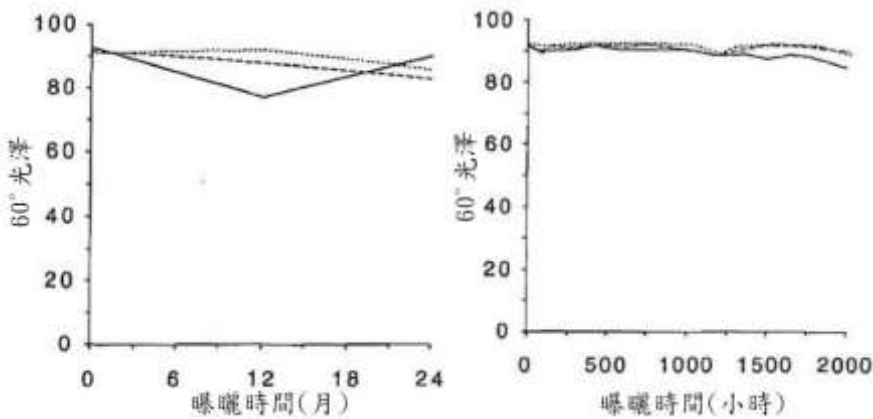


圖 2-26 汽車塗料戶外自然曝曬圖 2-27 汽車塗料人工加速老化

(資料來源: Fedor & Brennan)

汽車塗料:這種材料是一種汽車外用面漆，其為藍色，光澤度高，噴塗在鋁板上。

戶外自然曝曬結果如圖 2-26，這種材料在三處戶外老化曝曬場都未出現外觀變化，光澤下降都最小。人工加速老化結果如圖 2-27，這種材料在三種實驗室加速老化循環中都未出現外觀變化。光澤檢測表明有幾個百分比的輕微光澤下降。測試比較後因人工加速老化和戶外自然曝曬都未出現明顯變化，無法進行有效的對比。

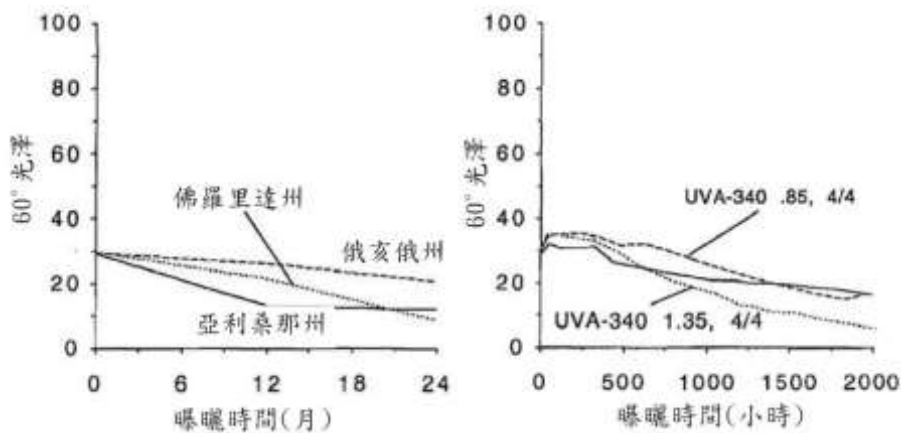


圖 2-28 聚酯戶外自然曝曬圖 2-29 聚酯人工加速老化

(資料來源: Fedor & Brennan)

聚酯塗料:這是一種有中度光澤、棕褐色、噴塗鋁材上的塗料。

戶外自然曝曬結果如圖 2-28，這種材料在所有三處戶外曝曬時都出現光澤下降的現象。亞利桑那州樣品的光澤下降速度最快，其次是佛羅里達州，然後是俄亥俄州。亞利桑那州和佛羅里達州樣品在曝曬 2 年時的光澤下降明顯，儘管俄亥俄州只出現微小下降。人工加速老化結果如圖 2-29，這種材料在所有三種實驗室加速老化循環中都出現光澤下降的現象。所有三種循環的光澤下降都很明顯，但高輻照度紫外光照 4 小時/冷凝 4 小時循環中出現的光澤下降最快並且最嚴重。測試比較後人工加速老化與佛羅里達州和亞利桑那州戶外自然曝曬結果非常吻合。其老化 2000 小時的樣品外觀與佛羅里達州和亞利桑那州樣品老化 2 年的外觀類似。人工加速老化結果也與俄亥俄州曝曬結果結果吻合，但人工老化速度更快，因為俄亥俄州樣品的光澤下降速度更慢。

第三章測試標準與方法

本研究計畫收集現有所有有關實驗量測標準與方法，如表 3-1 所示。研究團隊針對太陽輻射反射率與熱輻射率分別可以在實驗室或現場量測之標準進行評估與詳細說明於第一節。再者，本研究計畫以現有之量測設備進行隔熱塗料試件之性能量測。

表 3-1 不同測試標準使用之設備和地點

項目	測試標準	儀器設備	測試地點
太陽輻射反射率	ASTM E 903	積分球與光譜儀	實驗室
太陽輻射反射率	ASTM C 1549	可攜式太陽反射率量測器	實驗室/現場
太陽輻射反射率	ASTM E 1918	日照強度計	現場
太陽輻射反射率	CRRC Test Method #1	可攜式太陽反射率量測器	實驗室/現場
熱輻射率	ASTM E 408-71	發射率/反射率量測儀	實驗室
熱輻射率	ASTM C1371	發射率量測儀	現場
太陽反射指標	ASTM E 1980	無（計算）	
人工耐候性及人工輻射暴露	CNS15200-7-6	氙弧燈	實驗室
人工耐候性及人工輻射暴露	ASTM D6695-08	氙弧燈	實驗室
人工耐候性及人工輻射暴露	ISO 11341	氙弧燈	實驗室
紫外線加速老化試驗	CNS1183	紫外線加速老化試驗機	實驗室

（資料來源：本研究整理）

第一節測試標準與設備

本研究計畫目前共收集 ASTM E 903、ASTM C 1549、ASTM E 408-71、ASTM C1371、ASTM E 1980、CNS15200-7-6、ASTM D6695-08、ISO 11341、CNS1183 等標準，並且將其量測原理與設備規格說明於報告書中，如下所述：

（一）ASTM E 903-96: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres

ASTM E 903-96 是說明以配置積分球之光譜儀量測材料表面的吸收率、反射率及穿透率之方法。依照 ASTM E 903-96 是量測紫外光、可見光到近紅外光光譜

(波長範圍 240~2600 nm) 各波長間隔的材料光學性質，再利用前述所獲得之分光透射率 $\tau(\lambda)$ 與反射率 $\rho(\lambda)$ 代入下式即可求得日光透射率 τ 、日光反射率 ρ 日光吸收率 α 。

$$\tau_e = \sum_{\lambda} S_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \tau(\lambda) \quad (3-1)$$

$$\rho_e = \sum_{\lambda} S_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \rho(\lambda) \quad (3-2)$$

和 $\alpha_e = 1 - \tau_e - \rho_e$

其中 $S_{\lambda} \times \Delta\lambda$ 可由標準之附表查得。

表 3-2 太陽熱能波長 $S_{\lambda} \times \Delta\lambda$ 對照表(ISO 9050)

波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$
300	0	520	0.015357	1000	0.036097
305	0.000057	530	0.015867	1050	0.034110
310	0.000236	540	0.015827	1100	0.018861
315	0.000554	550	0.015844	1150	0.01328
320	0.000916	560	0.015590	1200	0.022551
325	0.001309	570	0.015256	1250	0.023376
330	0.001914	580	0.014745	1300	0.017756
335	0.002018	590	0.014330	1350	0.003743
340	0.002189	600	0.014663	1400	0.000741
345	0.002260	610	0.015030	1450	0.003792
350	0.002445	620	0.014859	1500	0.009693
355	0.002555	630	0.014622	1550	0.013693
360	0.002683	640	0.014526	1600	0.012203
365	0.003020	650	0.01445	1650	0.010615
370	0.003359	660	0.014313	1700	0.007256
375	0.003509	670	0.014023	1750	0.007183
380	0.003600	680	0.012838	1800	0.002157
385	0.003529	690	0.011788	1850	0.000398
390	0.003551	700	0.012453	1900	0.000082
395	0.004294	710	0.012798	1950	0.001087
400	0.007812	720	0.010589	2000	0.003024
410	0.011638	730	0.011233	2050	0.003988
420	0.011877	740	0.012175	2100	0.004229
430	0.011347	750	0.012181	2150	0.004142
440	0.013246	760	0.009515	2200	0.003690
450	0.015343	770	0.010479	2250	0.003592
460	0.016166	780	0.011381	2300	0.003436
470	0.016178	790	0.011262	2350	0.003163
480	0.016402	800	0.028718	2400	0.002233

490	0.015794	850	0.048240	2450	0.001202
500	0.015801	900	0.040297	2500	0.000475
510	0.015973	950	0.021384		

(資料來源：本研究整理)

至於依據 ASTM E 903-96 所需要的設備規格如下所述：

紫外光/可見光/近紅外光分光光譜儀儀器規格：

1. 量測波長範圍：240~2600 nm。雙光束，雙 monochromator 和雙 grating 設計。
2. 檢知器(Detector)：近紅外光線域 Pbs 須具備冷卻功能之裝置，紫外光和可見光域則採用直徑 150mm 積分內附光電倍增管。

註 2：Pbs(檢知器)對溫度變化具有高敏感性，故維持 Pbs 溫度穩定對量測之準確度具有一定之影響。因此 Pbs 須具備冷卻功能之裝置；積分球內附光電倍增管具有累積功能，對量測者具有便利性。

3. 用試件測試切換檢知器時，光譜之不連續性落差不可高於 1.0%T，檢知器具有可隨波長自動切換及手動校正功能。

註 3：日光透射率/反射率之測量波長範圍含蓋近紅外域至可見光域。Detector 須由 Pbs 切換至 PMT，但兩檢知器對信號之接收感度試件測試有差異，故於此切換點會造成光譜之不連續性落差，且此光譜落差會隨光譜儀光學元件日益老化而更嚴重，故補正功能至為重要。

4. 試件室可測試件最大可達 150(W)×150(H)×100(D)mm 以上。

註 4：具有較大之彈性(樣品越大，邊界影響越小)

5. 狹縫寬度：
 - a. 紫外可見光區：可選擇系統自動控制及 10nm 以下之設定固定寬度，可解析 ±0.3 nm。
 - b. 近紅外光區：可選擇系統自動控制及 50 nm 以下之設定固定寬度。

註 5：狹縫寬度 10 nm 以下為儀器量測精密度之要求。

6. 波長正確性：

隔熱漆耐久年限之檢測研究

a. 紫外可見光區： ± 0.2 nm

b. 近紅外光區： ± 1.0 nm

c. 光譜儀具備波長校正功能

註 6：光源量測之波長具有精確之控制能力。

7. 波長再現性：

a. 紫外可見光區： ± 0.1 nm

b. 近紅外光區： ± 0.5 nm

註 7：光源量測之波長具有穩定之控制能力。

8. 光源：

a. 紫外可見光區。

b. 可見光/近紅外光區(須附有備品一件)。

c. 光源波長可自動切換功能。

9. 測光種類：包括透射率(%T)、反射率(%R)和吸光率(Abs)

10. 測光值範圍：

a. 吸收係數：0 到 5.0 Abs。

b. 透射率/反射率：0 到 99.9。

c. 測光值正確性： $\pm 1\%$ 以內。

d. 測光值再現性： $\pm 0.5\%$ 以內。

註 10：考量儀器之量測範圍及精準度要求。

11. 基線自動校正須 2Channels 以上，並同時做 0% 及 100% 歸零。基線平整度(Baseline Flatness) $< \pm 0.008$ Abs。

註 11：基線自動校正時使用，2 Channels 以上是考量儀器之量測之便利性要求；基線平整度： $< \pm 0.008$ Abs 考量儀器之精準度要求。

12. 基線穩定度：在 0.0005 Abs/hr 以內。

註 12：考量儀器之精準度要求。

13. 必須具備與試件面之法線成小於 15° 之反射附件

(二) ASTM C1549-09: Standard Test Method for Determination of Solar

Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer

ASTM C1549-09 是規範以手提式太陽輻射反射率量測儀器量測不透光材料平面的反射率。ASTM C1549-09 規定的量測太陽波長只有 4 個範圍，分別是代表紫外光（380nm）、藍光（500nm）、紅光（650nm）以及近紅外光（1220nm）。之後再利用已知反射率比對試件比對方式決定待測試件的反射率。ASTM C1549-09 參考使用的儀器如下圖所示，共分為三大部分：量測探頭(measurement head)、傳輸線(connecting cable)以及輸出模組(readout module)。量測探頭為 2.5 公分直徑的圓形 sensor，待測試件的尺寸必須大於量測探頭的大小。量測探頭內包含一個鹵素鎢絲光源、4 個不同波長範圍的偵測器。ASTM C1549-09 規範以手提式太陽輻射反射率量測儀器量測不透光材料平面的反射率之量測標準最大的優點在於量測速度快、且準確性與 ASTM E 903-96 所規範的光譜儀之量測結果之差異性不大。表 3-3 是 ASTM E 903-96 與 ASTM C1549-09 針對七種不同材料表面所量測之反射率結果與差異性。



圖 3-1 手提式太陽輻射反射率量測儀器

(資料來源：Devices & Services Company)

表 3-3 ASTM C1549 與 E903 之反射率量測值差異性

材料編號	E903	C1549	C1549-R903
A	6.0	5.8	-0.2
B	13.0	13.9	0.9
C	26.0	28.9	2.9
D	34.0	35.6	1.6
E	47.0	49.5	2.5
F	74.0	76.0	2.0
G	83.0	84.7	1.7

(資料來源：本研究整理)

(三) ASTM E 408-71: Standard test methods for total normal emittance of surfaces using inspection-meter techniques

ASTM E 408-71 是說明材料表面熱輻射率之量測方法，ASTM E 408-71 是在實驗室內利用紅外線波長區域之熱輻射線束，按照與試件表面法線所成之入射角度小於 15° 入射角照射，並採用分光光度計在特定波長範圍內測定試件之分光反射率 $\rho(\lambda)$ 。由上述所求得的 30 組特定波長之分光反射率 $\rho(\lambda)$ 代入下式即可求得熱輻射之反射率 ρ_h 。

$$\rho_h = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} \rho(\lambda_i) \quad (3-3)$$

而垂直照射之熱輻射線吸收率 $\alpha_h = 1 - \rho_h$ ，此數值為垂直輻射率，半球輻射率是以垂直輻射率乘以修正係數得之。修正係數係以垂直輻射率之範圍規定，如表 3-4。而規定之量測波長如表 3-5 所示。

表 3-4 玻璃表面半球輻射率之修正係數(ISO 10292)

垂直輻射率	修正係數 ¹
0.03	1.22
0.05	1.18
0.1	1.14
0.2	1.10
0.3	1.06
0.4	1.03
0.5	1.00
0.6	0.98
0.7	0.96
0.8	0.95
0.89	0.94

¹ 位於表列之修正係數，可利用線性內插或外插求得

(資料來源：本研究整理)

有關符合 ASTM E 408-71 所需要的設備規格如下所述：

表面輻射率量測儀器規格：

1. 解析度優於或等於 0.5 cm^{-1} (standard)。S/N 比值大於或等於 24000 : 1
(1 分鐘測量，peak to peak)。
2. 使用之分光光度計波長範圍：能夠測定之波長範圍為 2.5~25 μm 。
3. 儀器須配備有清淨設備，可避免水氣及二氧化碳的影響。
註 3：參考 ASTM E 1585-93 規範。
4. 規定之波長間隔在 0.5 μm 以下，有效波長寬度在 0.1 μm 以下，可測定正反射線束。
5. 測光刻度：測光方式是以從基準物之反射線束與其比較測定之。測光準確度為測定範圍之最大刻度的 1% 以內，再現之精密度為 0.5% 以內。
6. 波長刻度：分光光度計之波長刻度偏差，距分光光度計之透射波長帶最大強度波長 0.2 μm 以內。
7. 分光反射率之測定：紅外線波長區域之熱輻射線束，按照與樣品面之法線成角度應小於 10° 之入射角照射。
8. 自動波長精準系統：可確認儀器波長的再現性。

9. 附有基準反射物，其分光反射率至少為 0.98，且應有認證文件。

表 3-5 玻璃表面熱輻射率之分光反射率量測之規定波長

No.	波長	No.	波長
1	5.5	16	14.8
2	6.7	17	15.6
3	7.4	18	16.3
4	8.1	19	17.2
5	8.6	20	18.1
6	9.2	21	19.2
7	9.7	22	20.3
8	10.2	23	21.7
9	10.7	24	23.3
10	11.3	25	25.2
11	11.8	26	27.7
12	12.4	27	30.9
13	12.9	28	35.7
14	13.5	29	43.9
15	14.2	30	50.0

(資料來源：本研究整理)

(三) ASTM C 1371-04a: (2010) e1: Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emisometers

ASTM C1371-04a是規範以手提式輻射率量測儀器量測常溫條件下之不透光材料平面的輻射率。ASTM C1371-04a所採用的方式是以熱輻射形式來量測材料的輻射率。手提式輻射率量測儀器包含：差動式熱電堆輻射能量偵知器(differential thermopile radiant energy detector)、可控制加熱器、輸出模組、散熱模組(heat sink stage)以及參考標準試件。手提式輻射率量測儀器的示意圖如圖3-2、圖3-3所示：

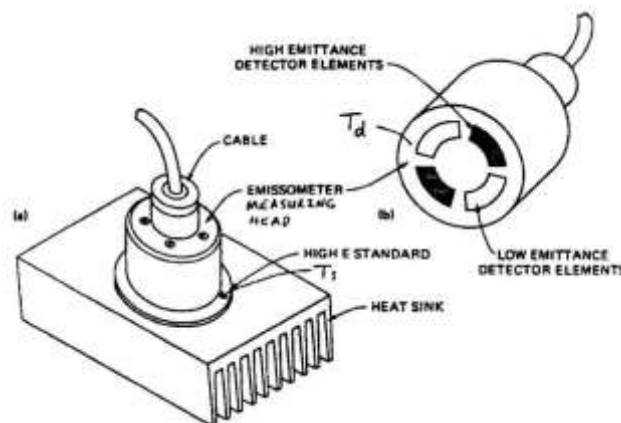


圖3-2 手提式輻射率量測儀器裝置示意圖

(資料來源：ASTM C1371-04a)

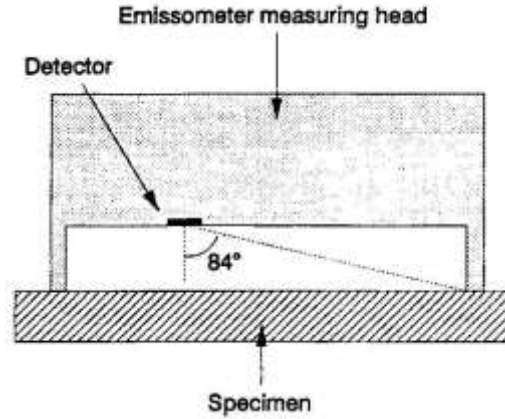


圖 3-3 差動式熱電堆輻射能量偵知器量測示意圖

(資料來源：ASTM C1371-04a)

ASTM C1371-04a所採用之量測方法為比對量測法，其重點在於儀器之校準上，當儀器校準完獲得高、低輻射標準試件的輸出電壓之後，方可量測出待測試件的輸出電壓，最後透過公式計算求出待測試件的輻射率。儀器校準與量測的步驟如下：

1. 將高輻射率與低輻射率之標準試件分別置放在散熱模組上。
2. 將偵知器放置在高輻射率標準試件上靜置90秒，量測出穩態輸出電壓值。
3. 將偵知器放置在低輻射率標準試件上靜置90秒，量測出穩態輸出電壓值。
4. 利用 $V_{low} = \epsilon_{low} \times V_{hi} / \epsilon_{hi}$ ，確認量測出之低輻射率標準試件的輸出電壓與計算電壓是否相同，否則重複步驟1-4之校準過程。
5. 將低輻射率標準試件從散熱模組上移除，放置待測試件於散熱模組上。
6. 將偵知器放置在高輻射率標準試件上直到量測出穩態輸出電壓值 V_{hi} 。
7. 將偵知器放置在待測試件上直到量測出穩態輸出電壓值 V_{spec} 。
8. 利用 $\epsilon_{spec} = V_{spec} \times \epsilon_{hi} / V_{hi}$ ，獲得待測試件的輻射率。

(四) ASTM E 1980-11: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance

Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces

太陽反射指標(Solar Reflectance Index)是一個結合屋頂反射率與輻射率的一個指標，用以判定屋頂降低熱島效應的程度。太陽反射指標定義0代表標準的黑體表面（反射率=0.05，輻射率=0.90），100為標準的白色表面（反射率=0.80，輻射率=0.90）。太陽反射指標的定義公式為 $SRI = 100 \times \frac{(T_{\text{black}} - T_{\text{surface}})}{(T_{\text{black}} - T_{\text{white}})}$ 。一般常見屋頂材料之SRI為：瀝青=0、灰色水泥瓦=25、白色礦物顆粒瀝青=28紅色陶土屋瓦=6、鋁=56、白色EPDM橡膠=84、白色水泥瓦=90、白色PVC=104、白色塗料=100~107。

（五）氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗

氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗是目前國際上公認最能模擬全太陽光譜的耐候性試驗。氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗方法是以氙弧燈（或碳弧燈）直接照射在待測試件，在模擬潤濕條件時採用水噴淋或是溫度自動控制系統，來探討待測試件在曝曬於模擬太陽輻射與氣候條件下的耐候性。此方法所使用的光源可區分為氙弧燈與碳弧燈兩種，其測試的方法分別在 ASTM G155-05a: Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials. 以及 ASTM G 152-06: Standard Practice for Operating Open Flame CarbonArc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials. 中有相關標準規範。氙弧燈的紫外光譜和可見光譜與太陽光譜非常接近，紅外線(800nm-1000nm)較強，發熱高。但從總光譜而言，氙弧燈的紫外光譜和可見光譜與太陽光譜非常接近，紅外線(800nm-1000nm)較強，發熱高。但從總光譜而言，氙弧燈的光譜是現有人工光源中最接近太陽光譜的，其模擬性比較好。

氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗的限制在於氙弧燈（或碳弧燈）燈源的穩定性及試驗的複雜度。在氙弧燈（或碳弧燈）燈源的穩定性部分，由於氙弧燈（或碳弧燈）光源的光譜穩定性一般比螢光紫外線燈光源的光譜穩定性差，因此必須在氙弧燈（或碳弧燈）外配備輻射照度控制系統。根據相關文獻顯示一盞

新的氙弧燈（或碳弧燈）與一盞使用過 1000 小時的氙弧燈（或碳弧燈）在短玻璃的光譜範圍內有顯著的變化。故為克服此試驗自身內在的限制，提高更換燈管的頻率或採用高精密的輻射照度控制系統等方法卻增加了此種試驗的複雜性。雖然氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗有上述之缺點，但是在目前的試驗方法中氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗仍是耐候性與耐日光照射試驗中最可靠和反應實際的方法。最近國際工業纖維協會 IFAI 強調氙弧燈曝曬加速老化實驗方法已發展作為汽車內部裝備，裝飾產品的老化試驗方法。事實上，許多試驗報告已證明產品利用氙弧燈曝曬加速老化實驗的結果與暴露在 Florida 試驗基地的自然老化試驗結果相關性高達 98%。

表3-6氙弧燈試驗方法標準主要條件比較

項目		CNS 15200-7-6 塗料一般試驗法—第7-6 部：塗膜之長期性能—人工耐候性及人工輻射暴露(濾過的氙弧輻射暴露)	ISO4892.2-1994 塑料實驗室光源暴露試驗方法第2 部分氙弧燈	GB9344-88 塑料氙燈光源暴露試驗方法
設	光源光譜分佈	列出兩種試驗方法(A、B)紫外線輻射分佈和允差範圍	列出兩種試驗方法(A、B)紫外線輻射分佈和允差範圍	無
	輻照度	290nm-400nm 波長之間的通帶,選擇60w/m ² 作為參考,或協商	290nm-800nm 波長之間的通帶,選擇550w/m ² 作為參考,或協商	300nm-890nm 波長時,選擇為1000±200w/m ² 作為參考,或協商
備	噴淋水	蒸餾水或軟化水,固體物含量<1mg/L,水電導率<2 μs/cm	蒸餾水或軟化水,固體物含量<1mg/L,水電導率<5 μs/cm	自來水PH=6-8,必要時用蒸餾水或去離子
測 試 條 件	溫度	黑標準溫度(65±2)°C或(63±2)°C,可協商	黑標準溫度(65±3)°C或(100±3)°C,可協商	黑板溫度(63±3)°C
	相對濕度	40% ~ 60%	(50±5)%或(65±5)%或協商	(65±5)%或其他
	噴水週期	(18±0.5)min/(102±0.5)min	(18±0.5)min/(102±0.5)min	18min/102min或12min/48min或其他
	黑暗週期	可設定	可設定	無

隔熱漆耐久年限之檢測研究

	循環			
	附錄	無	介紹空氣冷卻和水冷卻氙弧燈裝置	無

(資料來源：本研究整理)

在模擬氣候條件條件之設定方面，在 G152-06 中規定各種模擬條件之設定值，如表 3-7 所示。其中 cycle 1 為最常被使用的氣候條件，cycle 2 通常被用在室外裝修材料的測試，cycle 3~5 通常被用在室外塗料或染料之試驗上。最常被使用的氣候條件是先進行 102min 在黑板溫度 63 (±3) °C 下照光試驗，接著進行 18min 未控制溫度下照光與噴淋水試驗。通常氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗的總試驗時間為 1000 小時。俟試驗時間結束後再進行表面外觀檢查以及相關性能測試，確認試件在氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化試驗後之耐候性。

表 3-7 ASTM G152-06 之模擬設定氣候條件

cycle	Filter	Exposure Cycle
1	Daylight	102min 在黑板溫度 63 (±3) °C 下照光，18min 未控制溫度下照光與噴淋水
1a	Extended UV	102min 在黑板溫度 63 (±3) °C 下照光，18min 未控制溫度下照光與噴淋水
2	Daylight	90min 在黑板溫度 77 (±3) °C、相對濕度 70 (±5) % 下照光，30min 未控制溫度下照光與噴淋水
3	Daylight	102min 在黑板溫度 63 (±3) °C 下照光，18min 未控制溫度下照光與噴淋水。反覆 9 次直到試驗時間為 18 小時。接著在在黑板溫度 24 (±2.5) °C、相對濕度 95 (±4.0) % 下未照光 6 小時。
3a	Extended UV	102min 在黑板溫度 63 (±3) °C 下照光，18min 未控制溫度下照光與噴淋水。反覆 9 次直到試驗時間為 18 小時。接著在在黑板溫度 24 (±2.5) °C、相對濕度 95 (±4.0) % 下未照光 6 小時。

4	Daylight	4 小時在黑板溫度 63 (± 3) °C 下照光，4 小時未控制溫度下照光與噴淋水
5	Daylight	12 小時在黑板溫度 63 (± 3) °C 下照光，12 小時未控制溫度下照光與噴淋水
6	Window Glass	100% 全部在黑板溫度 63 (± 3) °C 下照光

(資料來源：本研究整理)

(六)CNS 1183膠合玻璃(耐光性試驗)

CNS 1183是以測試表面面向照射光源並使用具有溫度調節，及(750 \pm 50)W石英玻璃水銀燈或相當光源之紫外線照射裝置。將照射裝置內之溫度設定在(45 \pm 5)°C，試樣放置在距光源 230 mm處，按指定面向室外之面，面向照射光源，予以紫外線照射 2,000小時。

(七)自然氣候老化實驗

自然氣候老化實驗是美國廣泛採用的方法。其主要優點是自然氣候老化實驗是最符合實際測試氣候條件的，所需要的實驗費用較少而且操作簡單方便。目前國際上較被認可的試驗場所為美國佛羅里達、亞利桑那州以及厄愛俄州。而自然氣候老化實驗的缺點是試驗時間過長，一般都規定要三年以上的試驗時間。再者戶外試驗氣候條件不可能年復一年完全相同，故試驗的再現性不佳。

(八) 紫外線曝曬加速老化實驗

根據 C.Decker(2004)等研究發現太陽中紫外線會讓塗覆在玻璃物質或膠膜吸收值發生變化，進而影響節能玻璃採光品質，如圖 3-4 所示。因此本研究收集紫外線耐候試驗機模擬陽光照射之紫外線曝曬加速老化實驗。紫外線曝曬加速老化實驗是利用螢光紫外線燈源模擬太陽光對耐久性材料的破壞性作用。紫外線曝曬加速老化實驗與上述氙弧燈（或碳弧燈）曝曬加速老化實驗不同之處在於螢光紫外線燈源在電學原理上與普通的照明日光燈相似，但能生成更多的紫外光而非可見光或紅外線。紫外線曝曬加速老化實驗並不是要模擬太陽光的照射，而是要模

隔熱漆耐久年限之檢測研究

擬出太陽光對試件的破壞效果。有關紫外線耐候試驗設備與標準試驗步驟如下所述：

1. 紫外線耐候試驗機為一模擬室外氣候條件造成物件損壞程度之實驗設備，以 UV 光模擬太陽光對物體之破壞，以冷凝或噴水系統模擬雨水或濕氣影響，只需要幾天或幾周的時間，就可以再現戶外需要數月或數年所產生的破壞。其表面損壞現象包括開裂、脆化、光澤變化或氧化等。

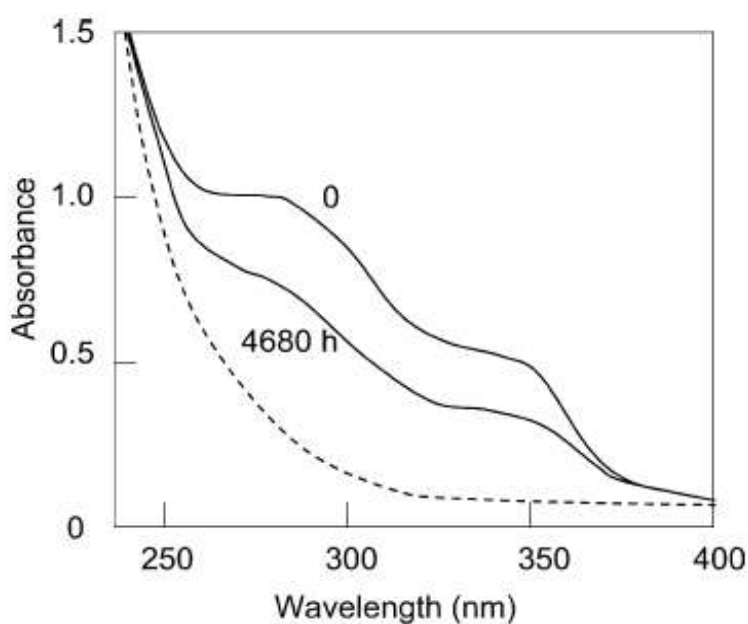


圖 3-4 紫外線對玻璃建材光學性質之影響

(資料來源：本研究整理)



圖3-5 紫外線耐候試驗機

(資料來源：本研究整理)



圖3-6 紫外線燈管與試件配置

(資料來源：本研究整理)

2. 實驗步驟：

1. 裁切實驗試件與實驗前準備
2. 將試驗試件於儀器試件架
3. 進行第一循環實驗量測
4. 更換試件位置，重複步驟3繼續進行實驗。
5. 重複步驟3~4，直到設定量測時間。

3. 注意事項：

- ✓ 紫外線燈管會導致對眼睛傷害，若沒有 UV 護目鏡，請勿直視。
- ✓ 打開儀器移動樣品前，應關閉紫外線燈管。
- ✓ 勿使用一般燈管裝至紫外線耐候試驗設備上。

對於不同的試件，紫外線曝曬加速老化實驗中有不同的曝曬條件設定；因而有不同光譜的燈源可供選擇。目前以 UVA-340 與 UVB 兩種燈源最常被使用。UVA-340 燈源在短波長紫外線光譜範圍與太陽光光譜相近，特別是在波長 360nm 處。而 UVB 燈源則是被常用在曝曬加速老化實驗中。因 UVB 燈源比 UVA-340 燈源對材料的破壞速度更快，但 UVB 在波長小於 360nm 的能量輸出會對許多材料造成偏離實際的試驗結果。

隔熱漆耐久年限之檢測研究

目前所有的燈源均會隨時間老化而變弱。但是螢光紫外線燈與其他類型（如氙弧燈或碳弧燈）不同之處在於螢光紫外線燈的光譜穩定性高，其光譜能量分佈隨時間不會產生太大的變化。根據文獻顯示一盞使用 2 小時的螢光紫外線燈和使用 5600 小時螢光紫外線燈的光譜能量分佈並無變化。此特點也是紫外線曝曬加速老化實驗的實驗再現性高的原因。

本研究團隊根據上述三種常用耐候性試驗方法與標準分析比對後，建議採用紫外線曝曬加速老化實驗以及氙弧燈曝曬加速老化實驗兩種試驗方法來測試隔熱塗料之耐候性。

表 3-8 耐候測試方法之比較

	自然曝曬	紫外線耐候試驗	氙弧燈
測試標準	ASTM G7 CNS 15200-7-5 JIS K 5600-7-6	ISO 11341 CNS 15200-7-7 ASTM G151 ASTM G154 JIS K5600-7-8	ASTM G155 CNS 15200-7-6 GB9344-88 ISO4892.2-1994
所需時間	3 年(最少一年)	0~2000 小時 (依實驗需求)	0~2000 小時 (依實驗需求)
價格	1 小時 2 元	1 小時 83 元	1 小時 150 元
優點	1. 真實的戶外測試結果 2. 價格低廉	1. 最佳模擬太陽光中的紫外線 2. 維護設備費用很低 3. 快速獲取結果	1. 可模擬太陽光的 所有光譜 2. 快速獲取結果
缺點	耗時	無法模擬模擬全光譜太陽光	價格昂貴、維護費用較高

(資料來源：本研究整理)

第四章隔熱塗料節能效果與耐候性能評估

本研究計畫在上節的隔熱塗料量測標準評估後，採用紫外光/可見光/近紅外分光光譜儀以及 FTIR 量測塗料的反射率以及輻射率，並收集市售至少 20 種塗料進行測試。由於塗料本身為液狀，故本次研究階段為將塗料均勻塗附在鋼板與水泥磚上並使用自然曝曬、紫外線與氙弧燈耐候試驗機照射 500 小時後再置入儀器中進行量測。如此重複至 2000 小時。

第一節試片製作

本研究計畫所採用的試片基底材質，為鋼板及水泥磚兩種。因量測設備空間有所限制，所以鋼板基底分為兩種尺寸，分別為 10 x 10 x 0.05(長、寬、高，cm) 和 7 x 14 x 0.05(長、寬、高，cm)而水泥磚則為單一尺寸 10 x 10 x 1(長、寬、高，cm)。

試片的塗佈是使用 RDS 塗佈棒 22 號(塗層厚度：50.29 μ m)，並使用塗佈棒將塗料塗佈在鋼板及水泥磚上，塗佈效果也較一般油漆刷來的更為均勻。

第二節紫外線耐候試驗

本研究計畫在上節的隔熱塗料量測標準評估後，採用紫外光/可見光/近紅外分光光譜儀以及 FTIR 量測塗料的反射率以及表面輻射率，並收集市售至少 20 種塗料進行測試。由於塗料本身為液狀，故本次研究階段為將塗料均勻塗附在鋼板上並使用紫外線耐候試驗機，依序測試 500、1000、1500、2000 小時後再置入儀器中進行量測。

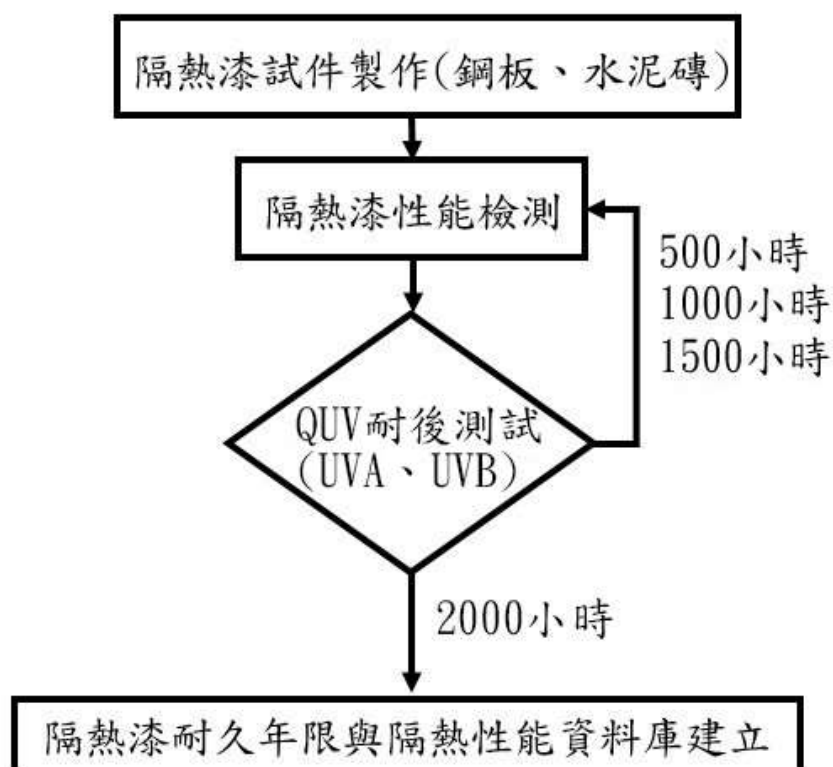


圖 4-1 紫外線耐候試驗機耐候試驗實驗流程

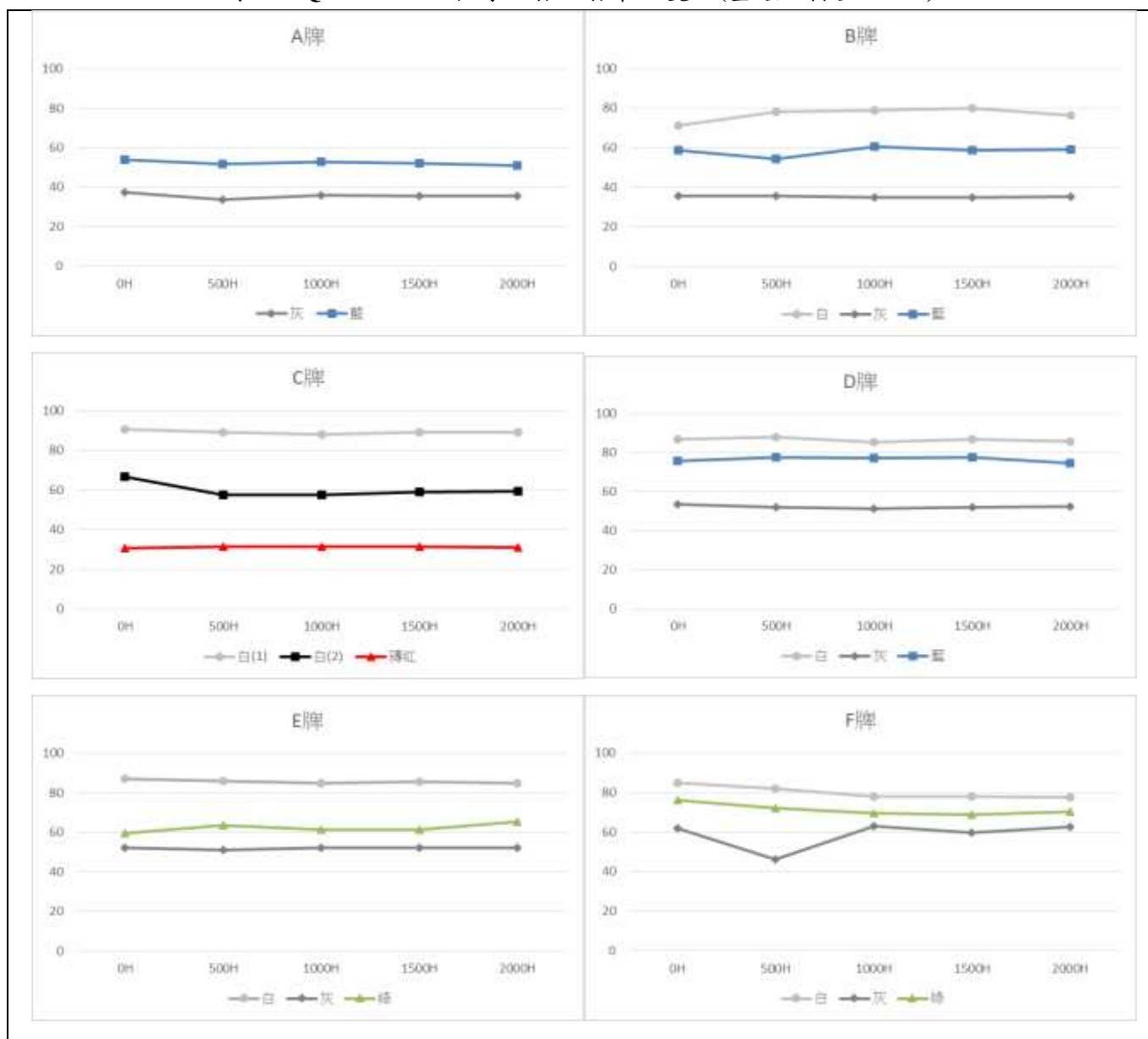
(資料來源：本研究整理)



圖 4-2 將試件置入紫外線耐候試驗機

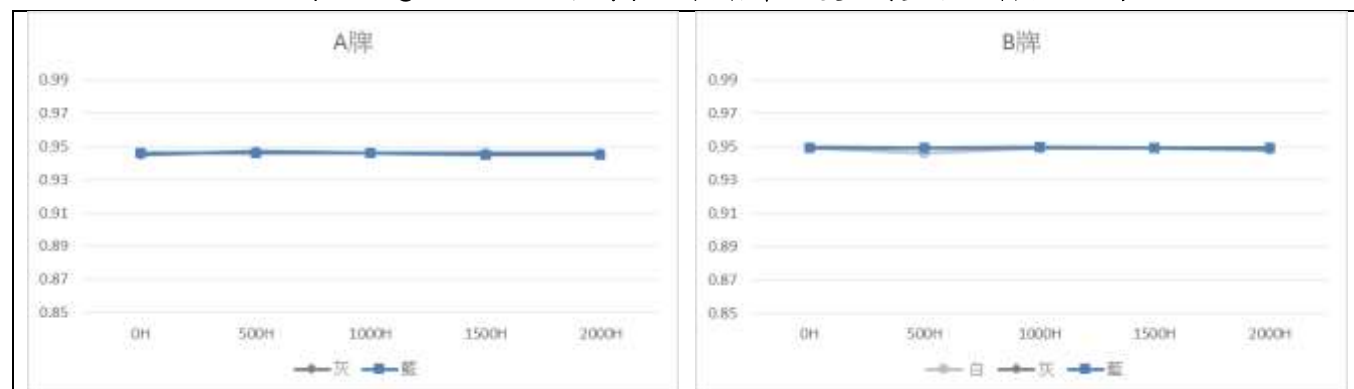
(資料來源：本研究整理)

表 4-1QUV0-2000 小時日射反射率之變化(基底:鋼板, UVA)

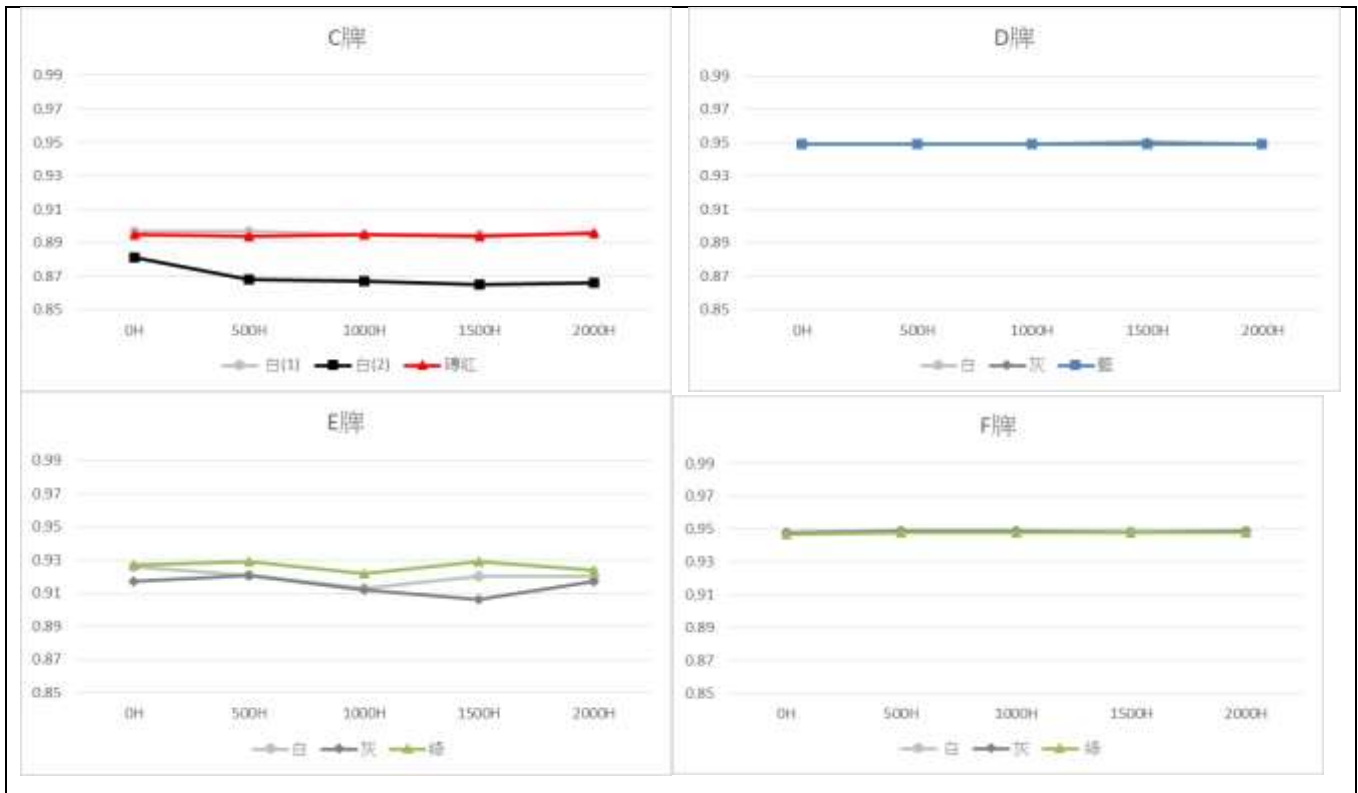


(資料來源：本研究整理)

表 4-2QUV0-2000 小時表面輻射率之變化(基底:鋼板, UVA)

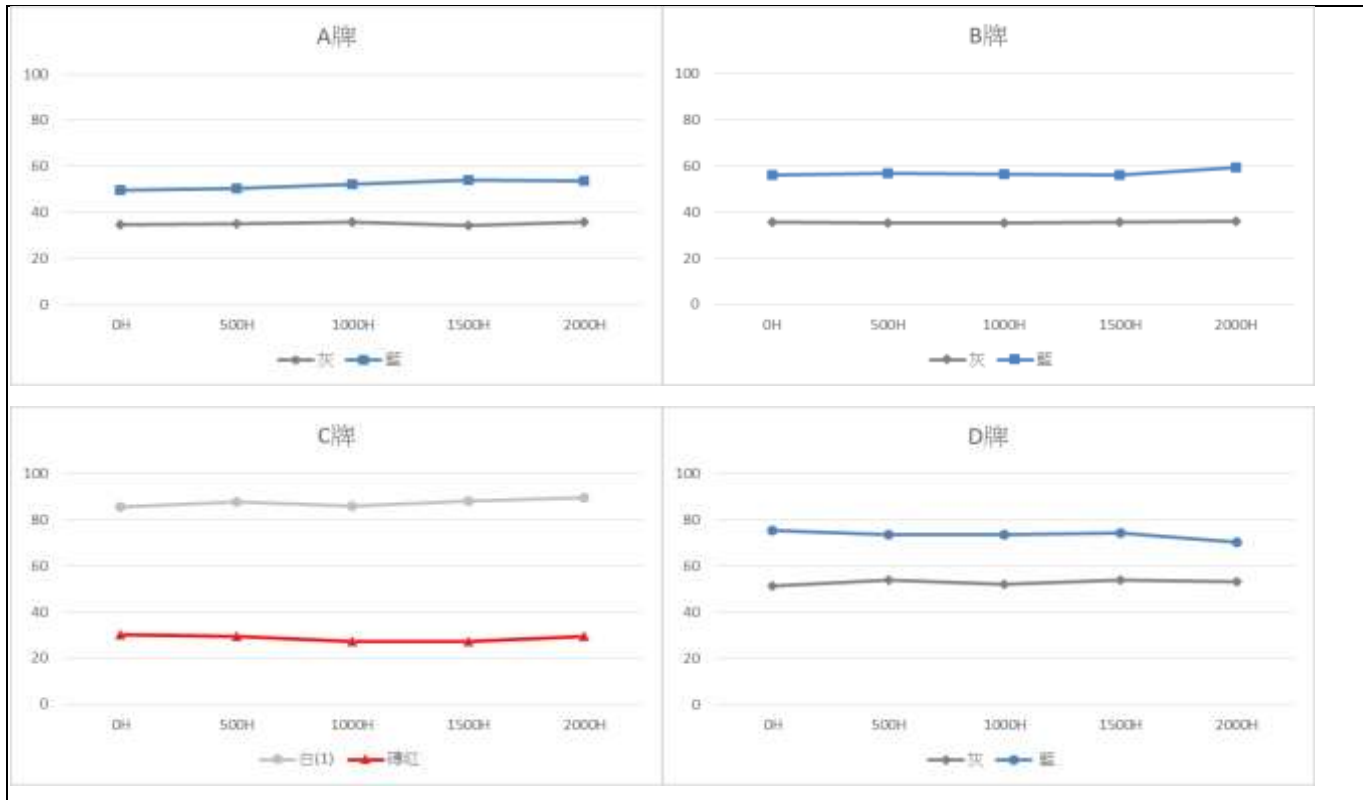


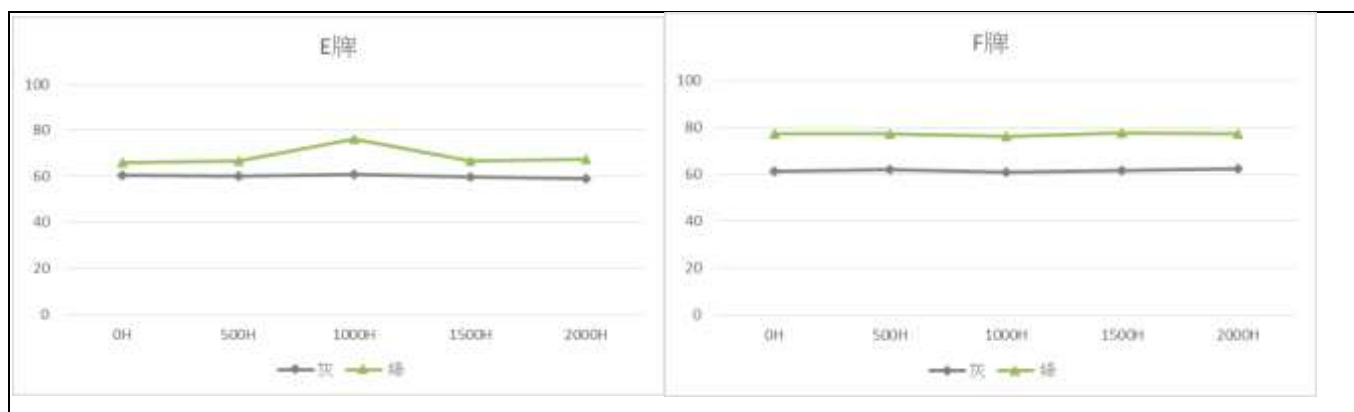
隔熱漆耐久年限之檢測研究



(資料來源：本研究整理)

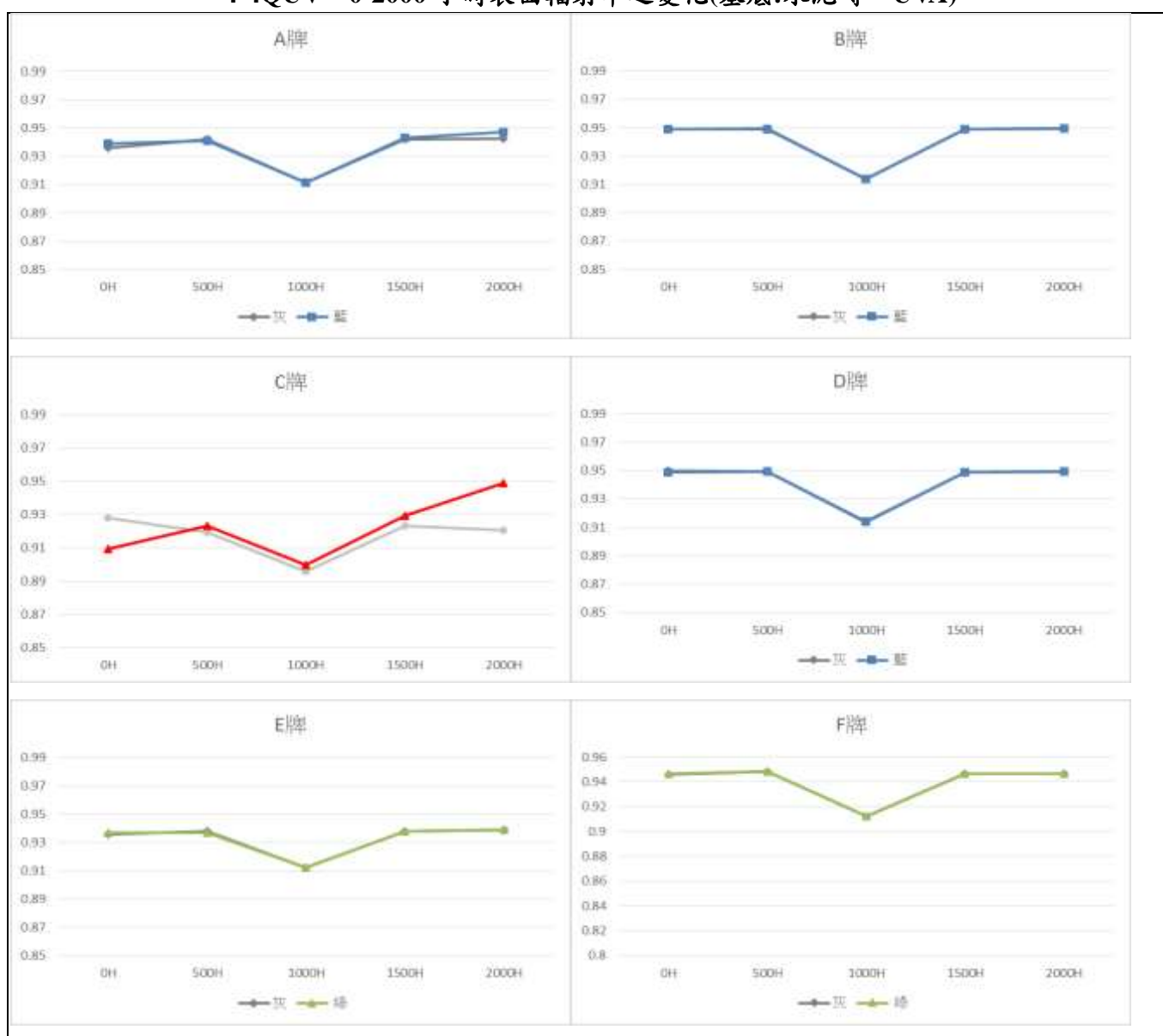
表 4-3 QUV 0-2000 小時日射反射率之變化(基底:水泥磚, UVA)





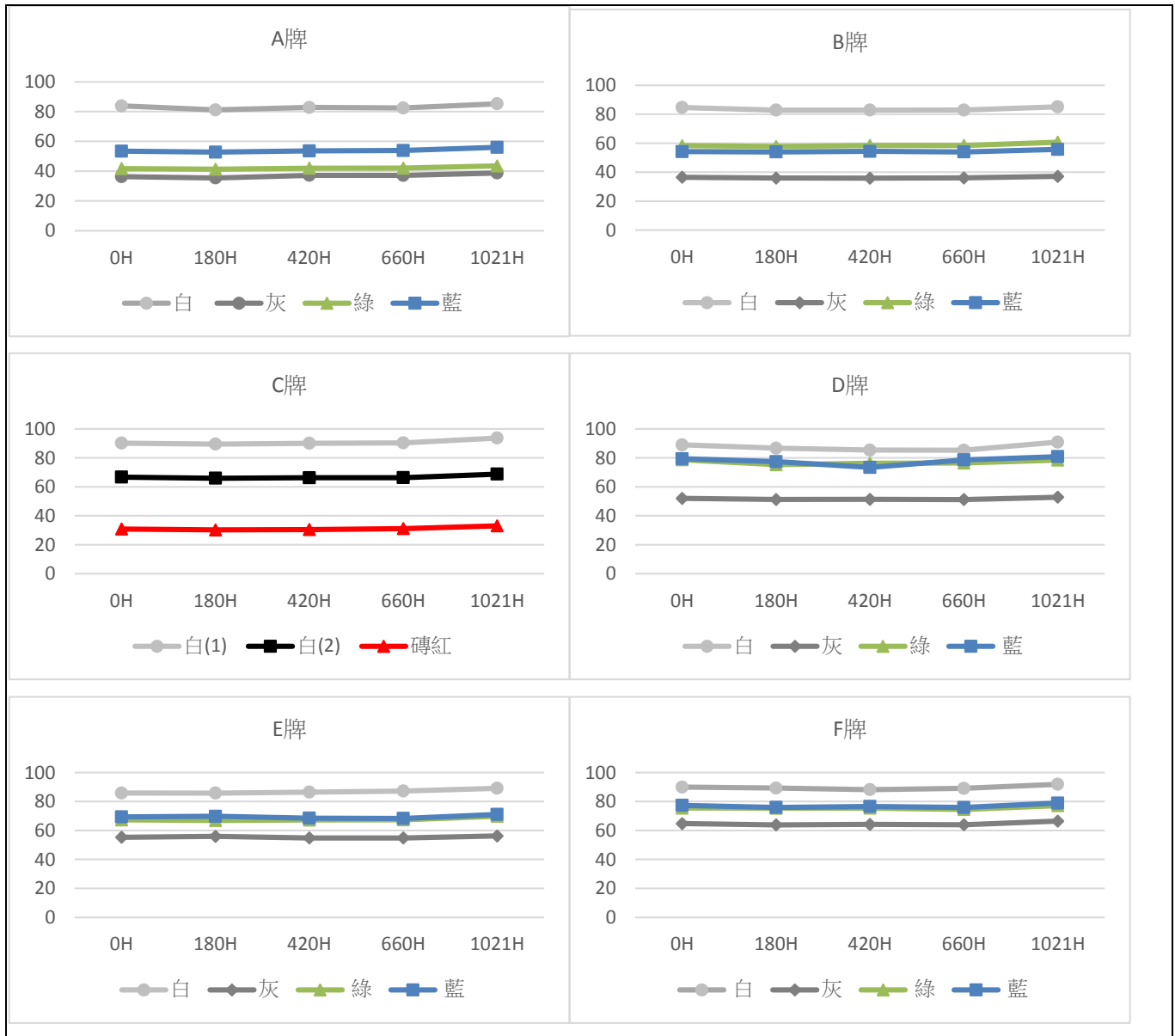
(資料來源：本研究整理)

4-4QUV 0-2000 小時表面輻射率之變化(基底:水泥磚，UVA)



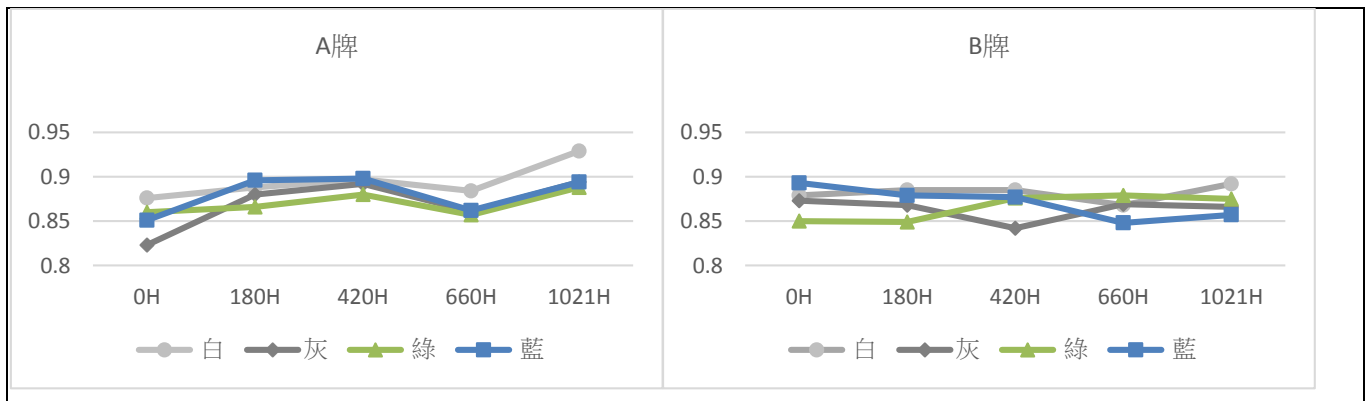
(資料來源：本研究整理)

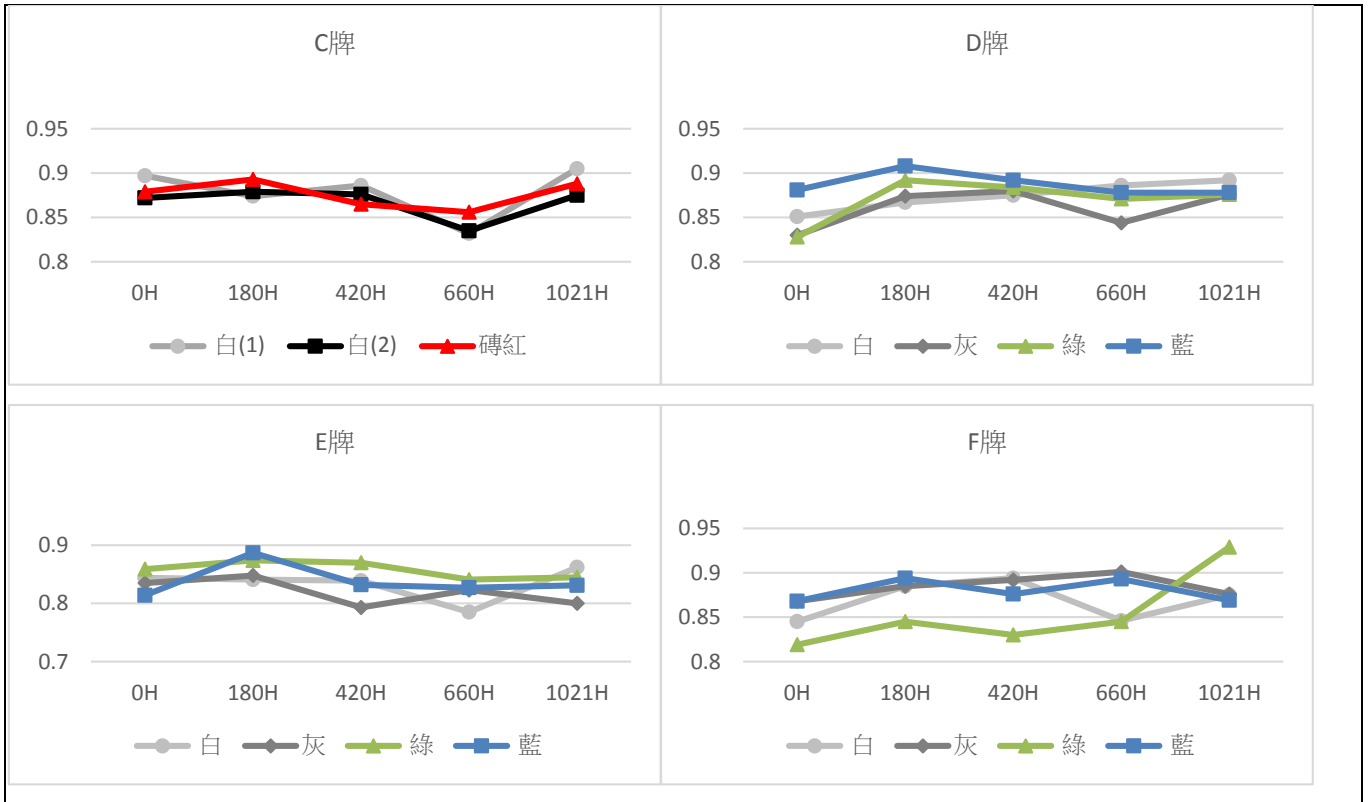
表 4-5 QUV0-1021 小時日射反射率之變化(基底:鋼板, UVB)



(資料來源: 本研究整理)

表 4-6 QUV0-1021 小時表面輻射率之變化(基底:鋼板, UVB)





(資料來源: 本研究整理)

第三節自然曝曬老化試驗

本研究計畫在上節的隔熱塗料量測標準評估後，採用紫外光/可見光/近紅外光分光光譜儀以及 FTIR 量測塗料的反射率以及表面輻射率，並收集市售至少 20 種塗料進行測試。由於塗料本身為液狀，故本次研究階段會將塗料均勻塗附在鋼板上並自然曝曬 500、1000、1500、2000、2500 小時後，以儀器量測其隔熱性能。

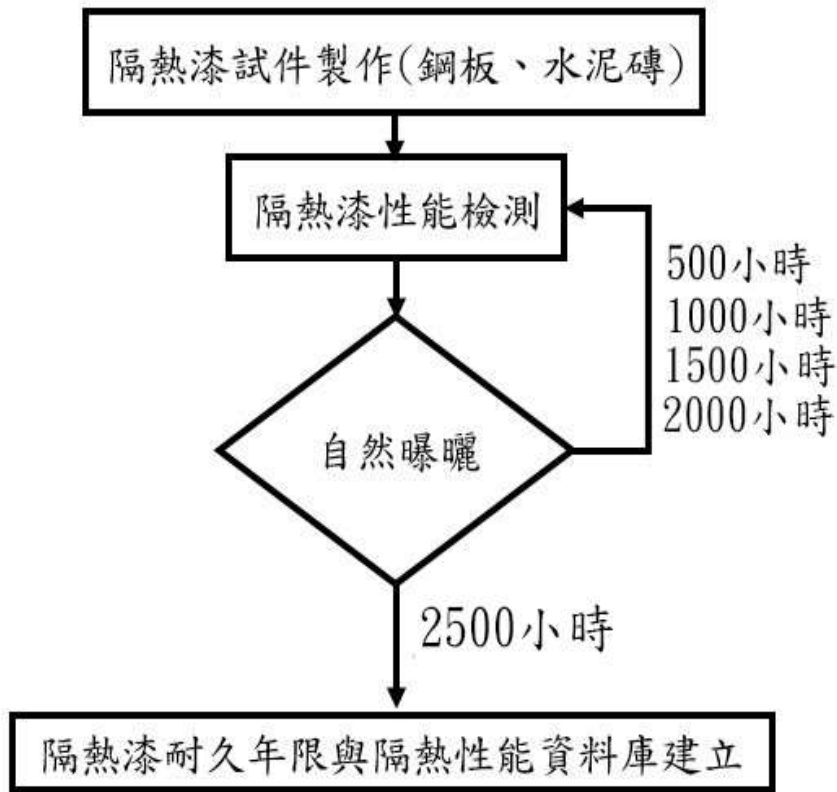


圖 4-3 自然曝曬試驗流程

(資料來源：本研究整理)



圖 4-4 自然曝曬試體擺設(鋼板) 圖 4-5 自然曝曬試體擺設(鋼板)

(資料來源：本研究整理)

(資料來源：本研究整理)

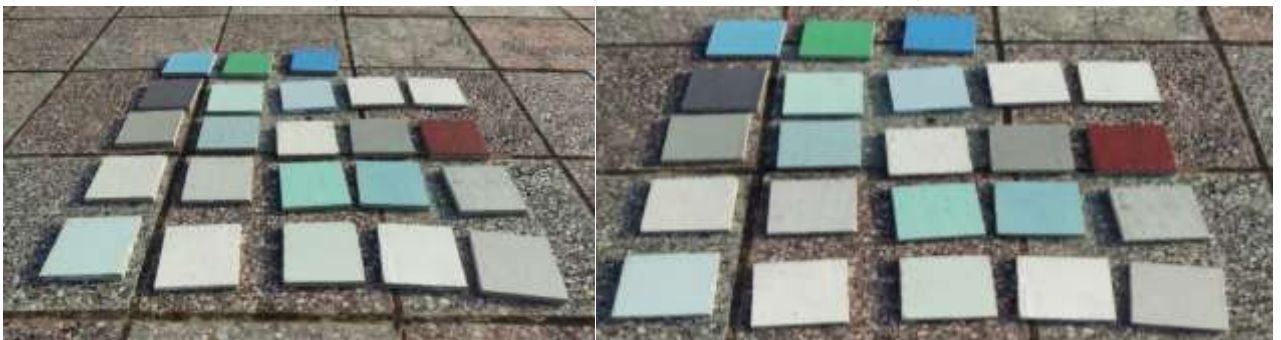
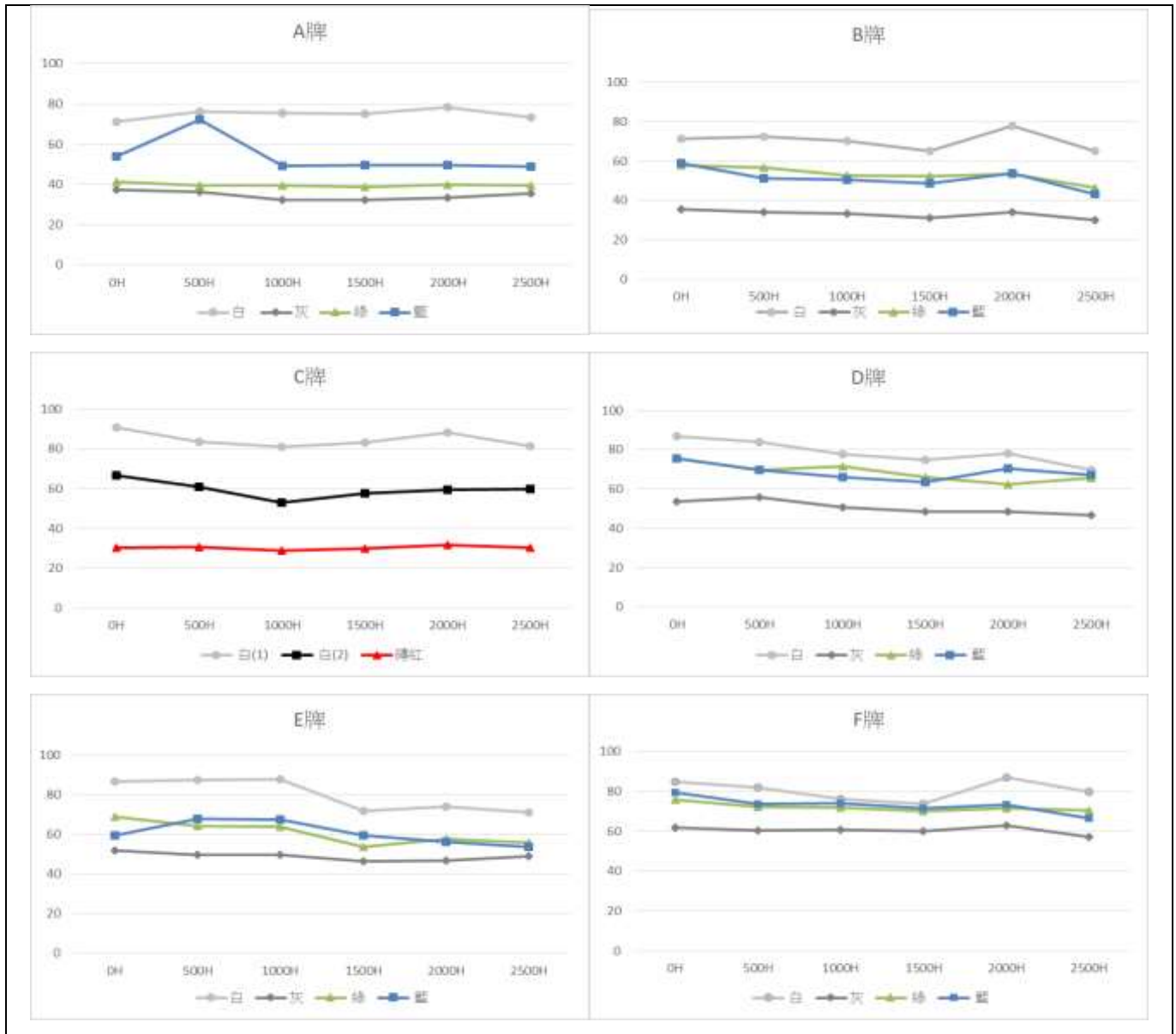


圖 4-6 自然曝曬試體擺設(水泥磚) 圖 4-7 自然曝曬試體擺設(水泥磚)

(資料來源：本研究整理)

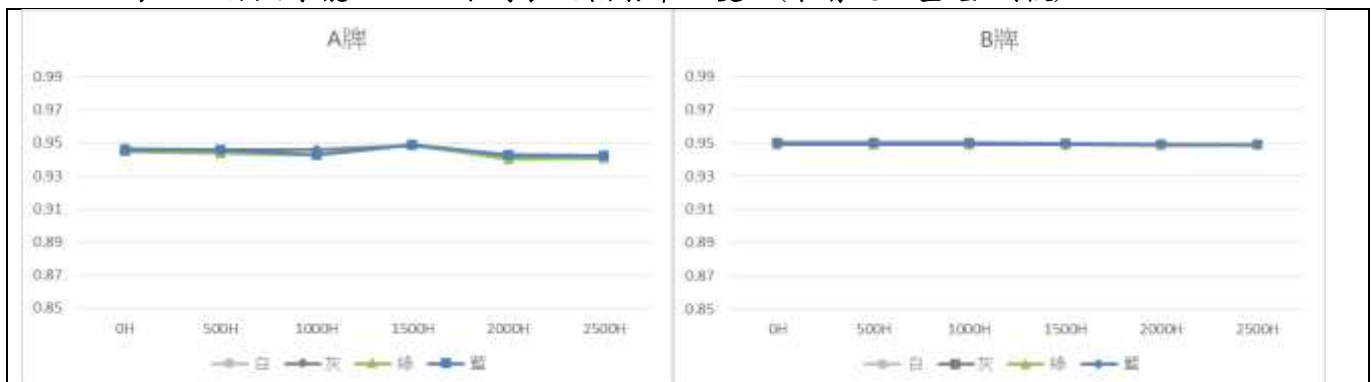
(資料來源：本研究整理)

表 4-7 自然曝曬 0-2500 小時日射反射率之變化(未清洗，基底:鋼板)

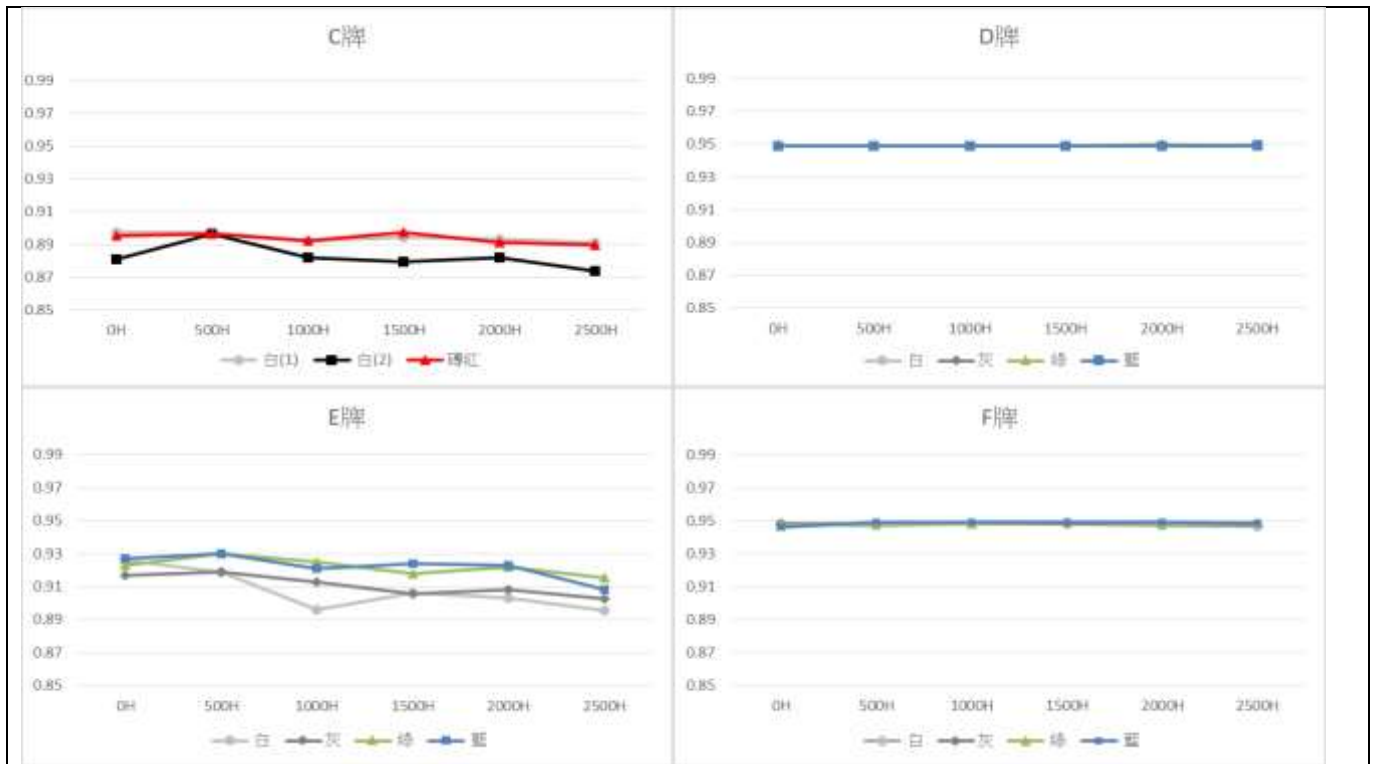


(資料來源：本研究整理)

表 4-8 自然曝曬 0-2500 小時表面輻射率之變化(未清洗，基底:鋼板)

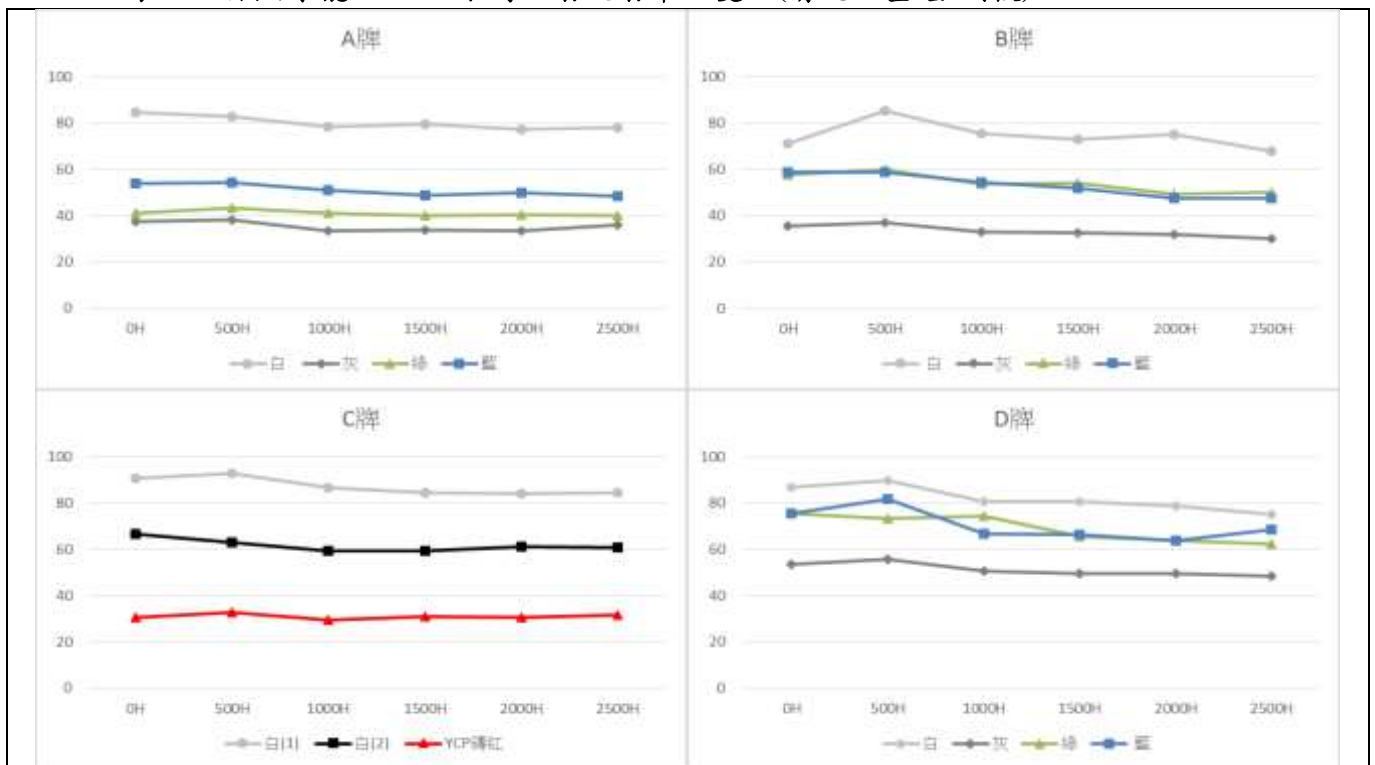


隔熱漆耐久年限之檢測研究

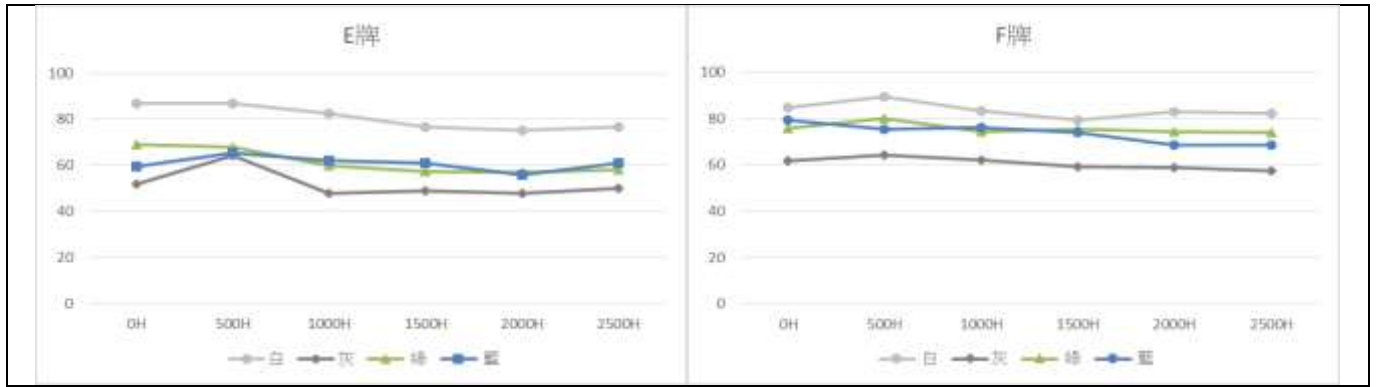


(資料來源：本研究整理)

表 4-9 自然曝曬 0-2500 小時日射反射率之變化(清洗，基底:鋼板)

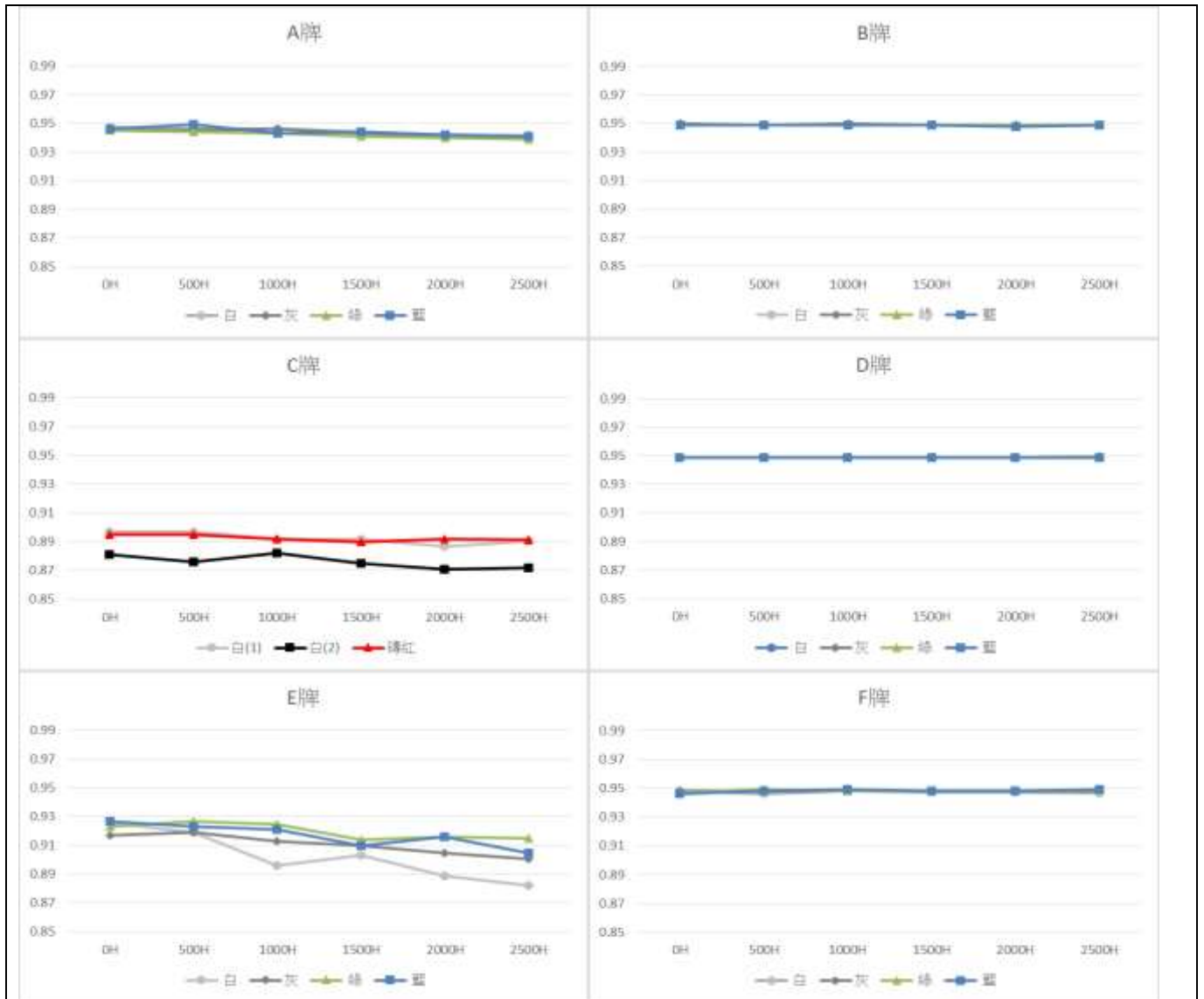


第四章隔熱塗料節能效果與耐候性能評估



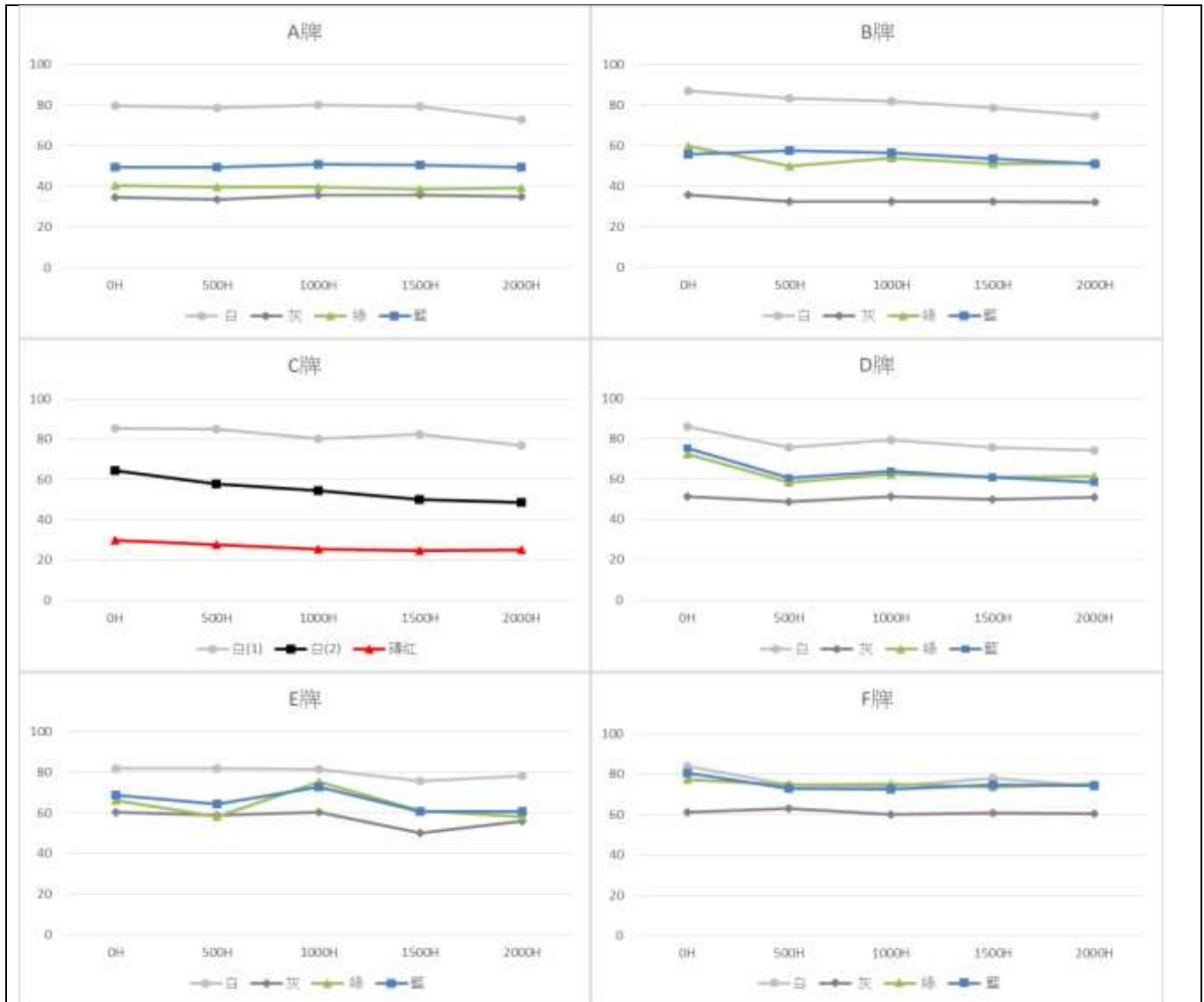
(資料來源：本研究整理)

表 4-10 自然曝曬 0-2500 小時表面輻射率之變化(清洗，基底:鋼板)



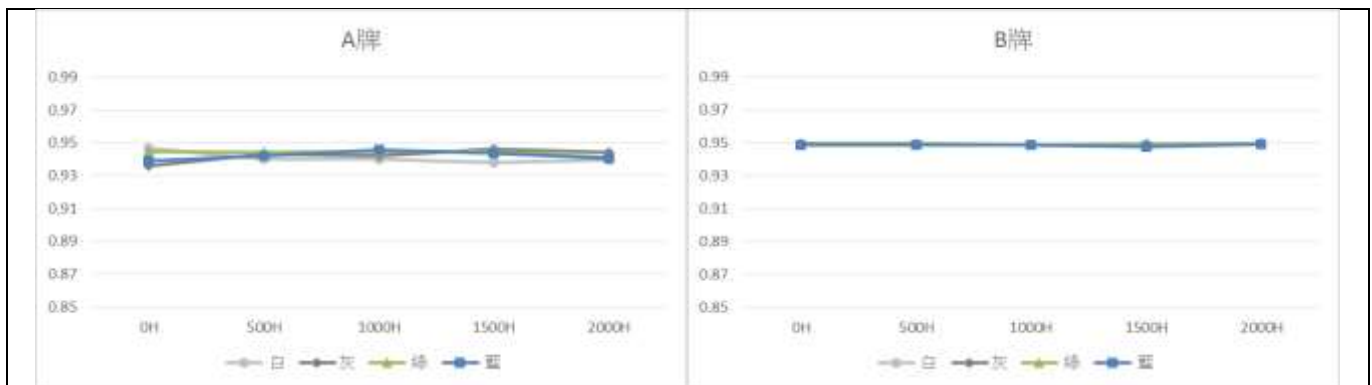
(資料來源：本研究整理)

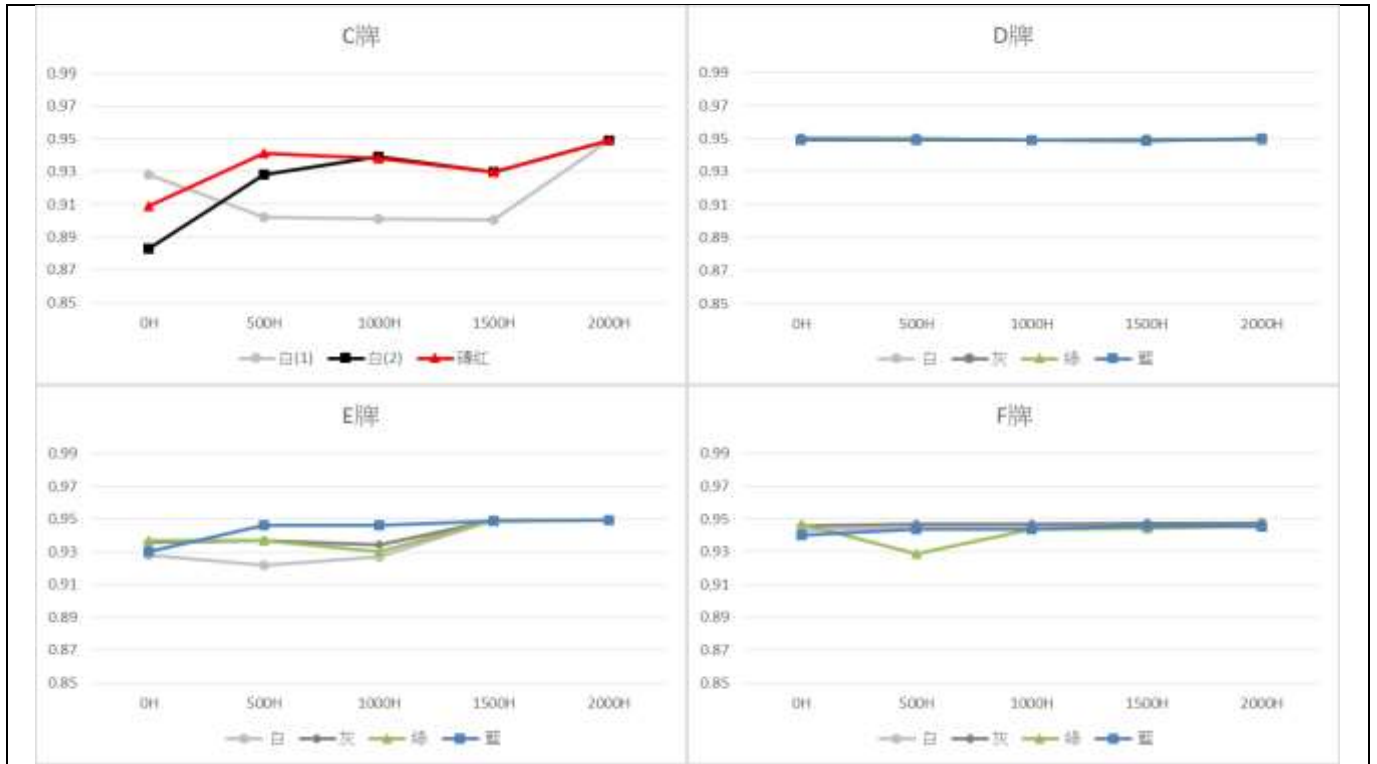
表 4-11 自然曝曬 0-2000 小時日射反射率之變化(未清洗，基底:水泥磚)



(資料來源：本研究整理)

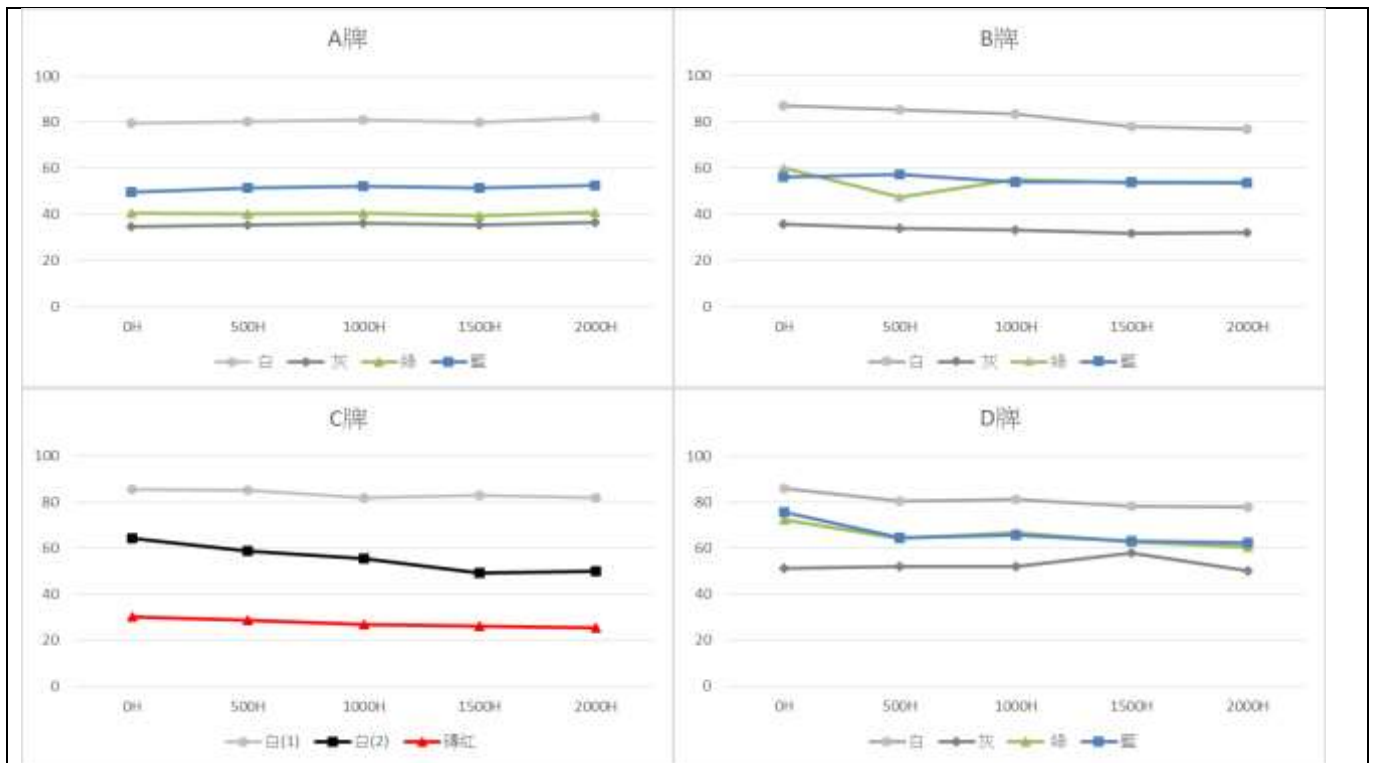
表 4-12 自然曝曬 0-2000 小時表面輻射率之變化(未清洗，基底:水泥磚)



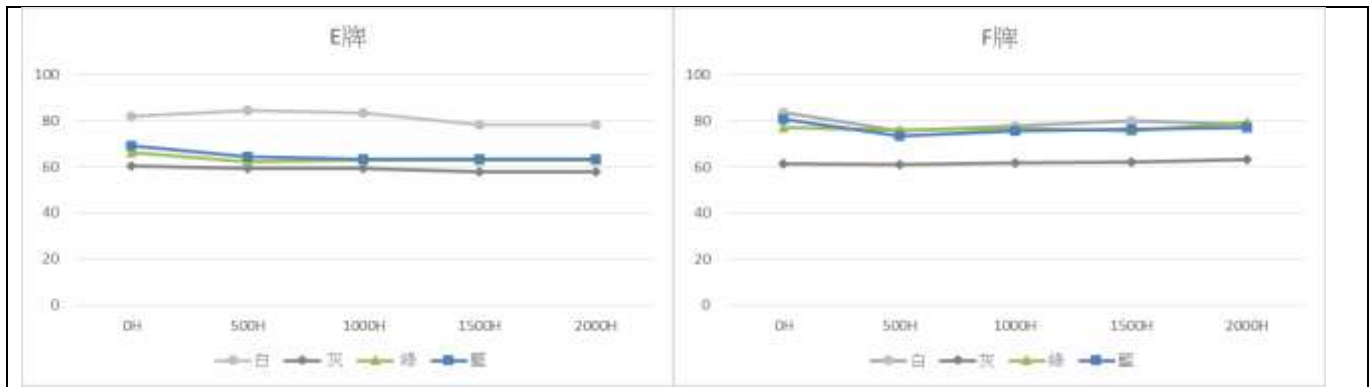


(資料來源：本研究整理)

表 4-13 自然曝曬 0-2000 小時日射反射率之變化(清洗，基底:水泥磚)

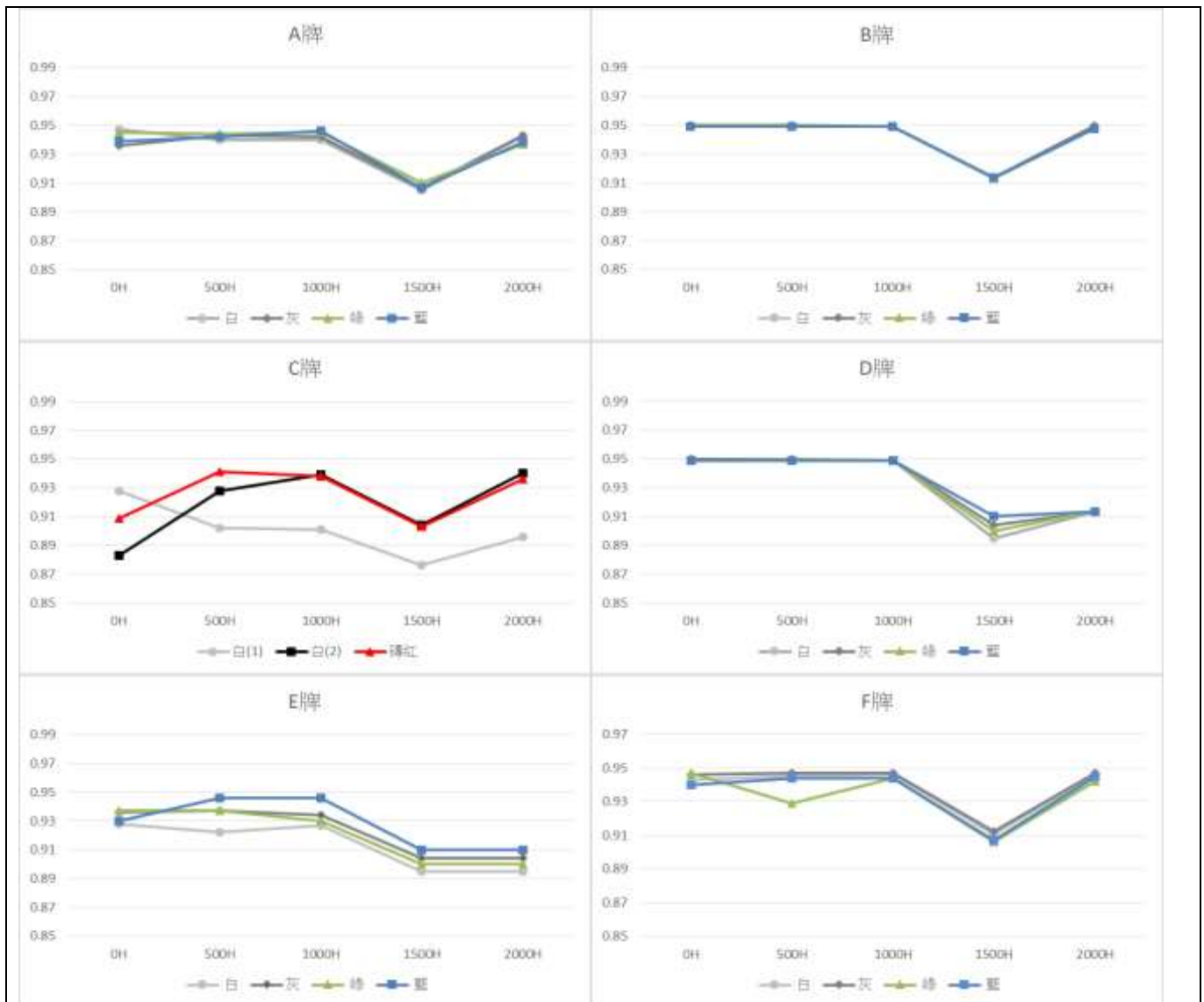


隔熱漆耐久年限之檢測研究



(資料來源：本研究整理)

表 4-14 自然曝曬 0-2000 小時表面輻射率之變化(清洗，基底:水泥磚)



(資料來源：本研究整理)

第四節 氙弧燈耐候試驗

本研究計畫在上節的隔熱塗料量測標準評估後，採用紫外光/可見光/近紅外光分光光譜儀以及 FTIR 量測塗料的反射率以及表面輻射率，並收集市售至少 20 種塗料進行測試。由於塗料本身為液狀，故本次研究階段為將塗料均勻塗附在鋼板上並使用氙弧燈耐候試驗機依序測試 500、1000、1500、2000、2500 小時後再置入儀器中進行量測。

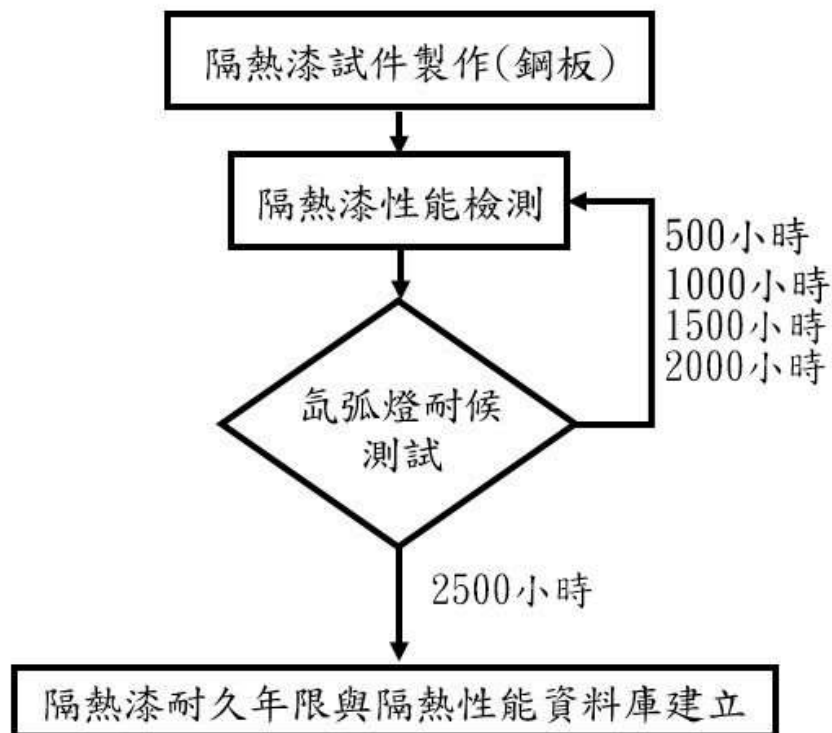


圖 4-8 氙弧燈耐候試驗流程

(資料來源：本研究整理)



圖 4-9 氙弧燈耐候試驗機

(資料來源：內政部建築研究所-材料實驗中心)

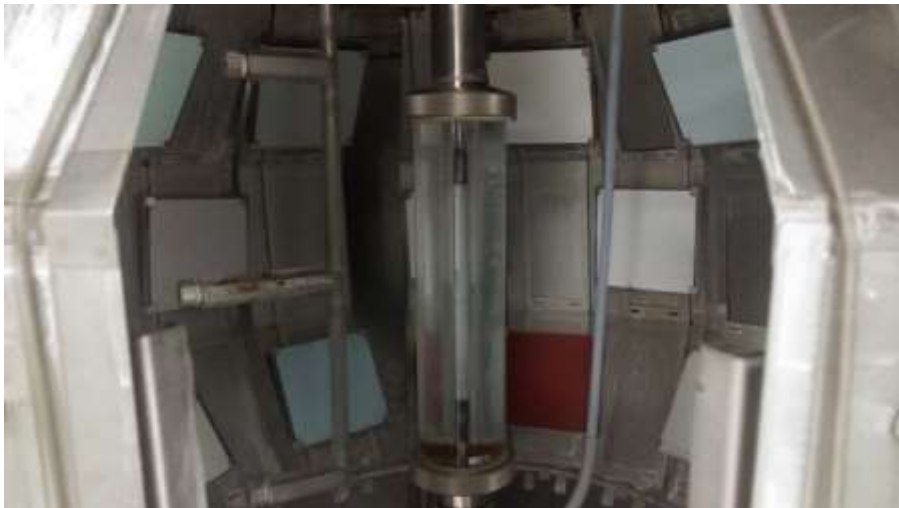
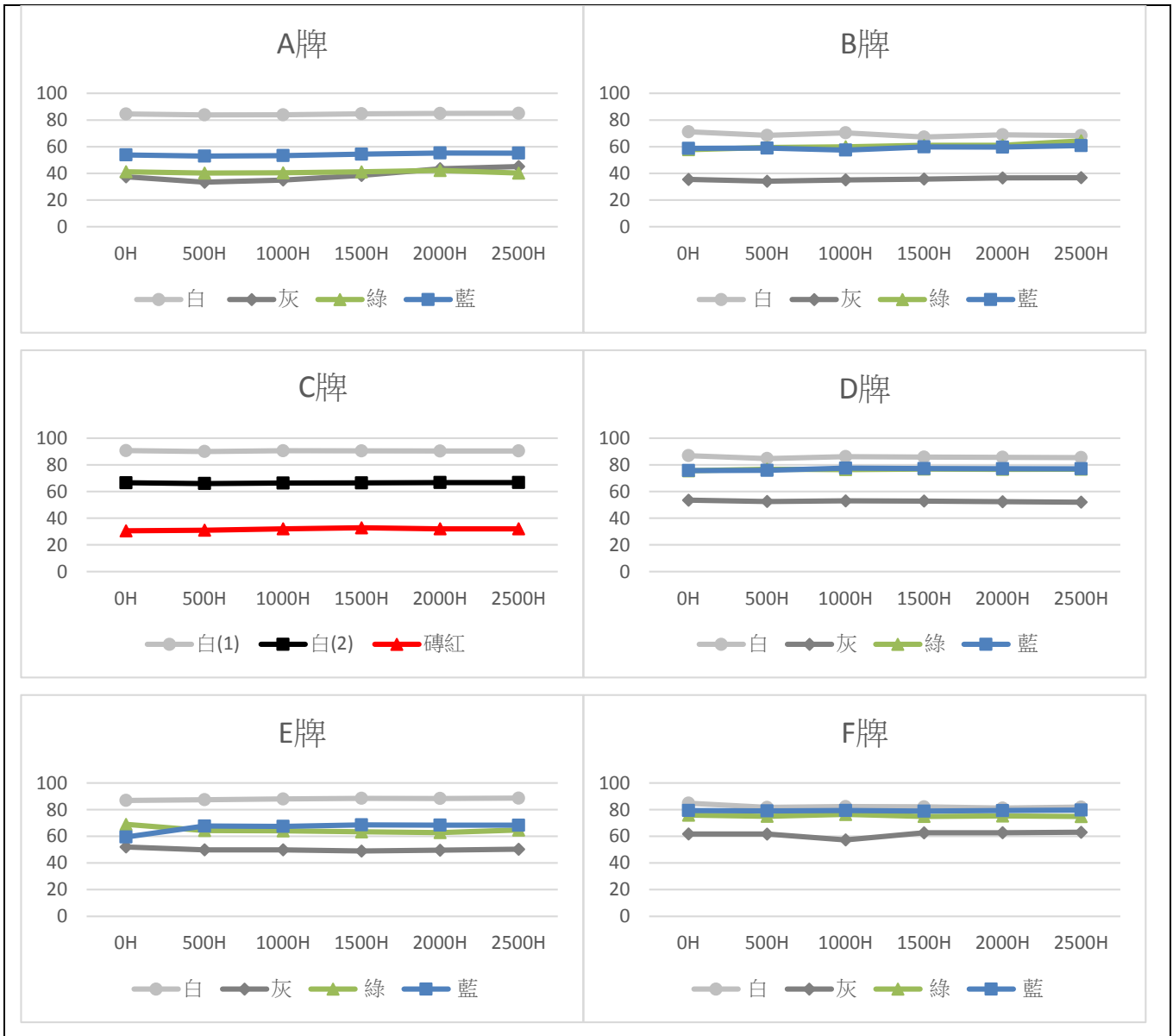


圖 4-10 氙弧燈樣品放置(鋼板)

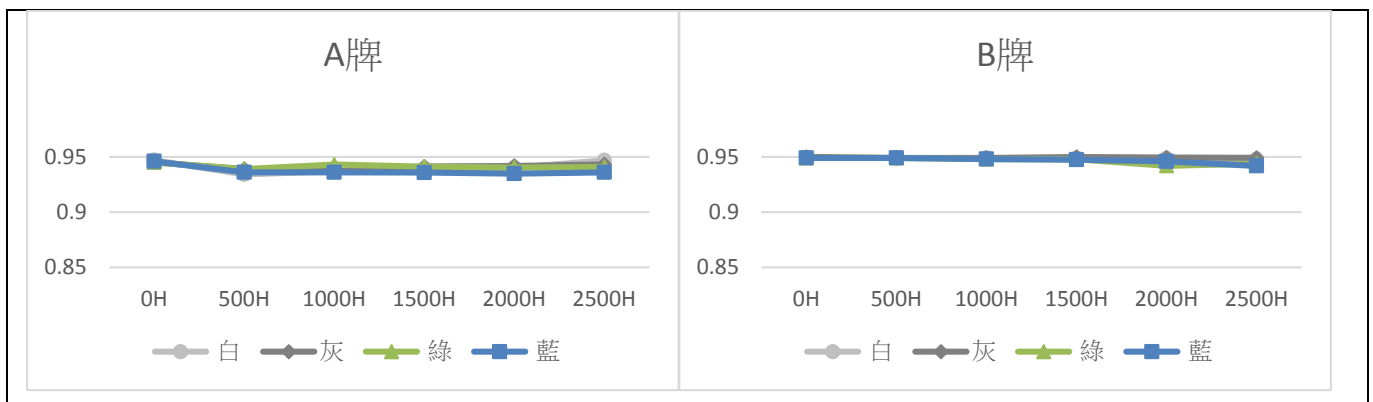
(資料來源：內政部建築研究所-材料實驗中心)

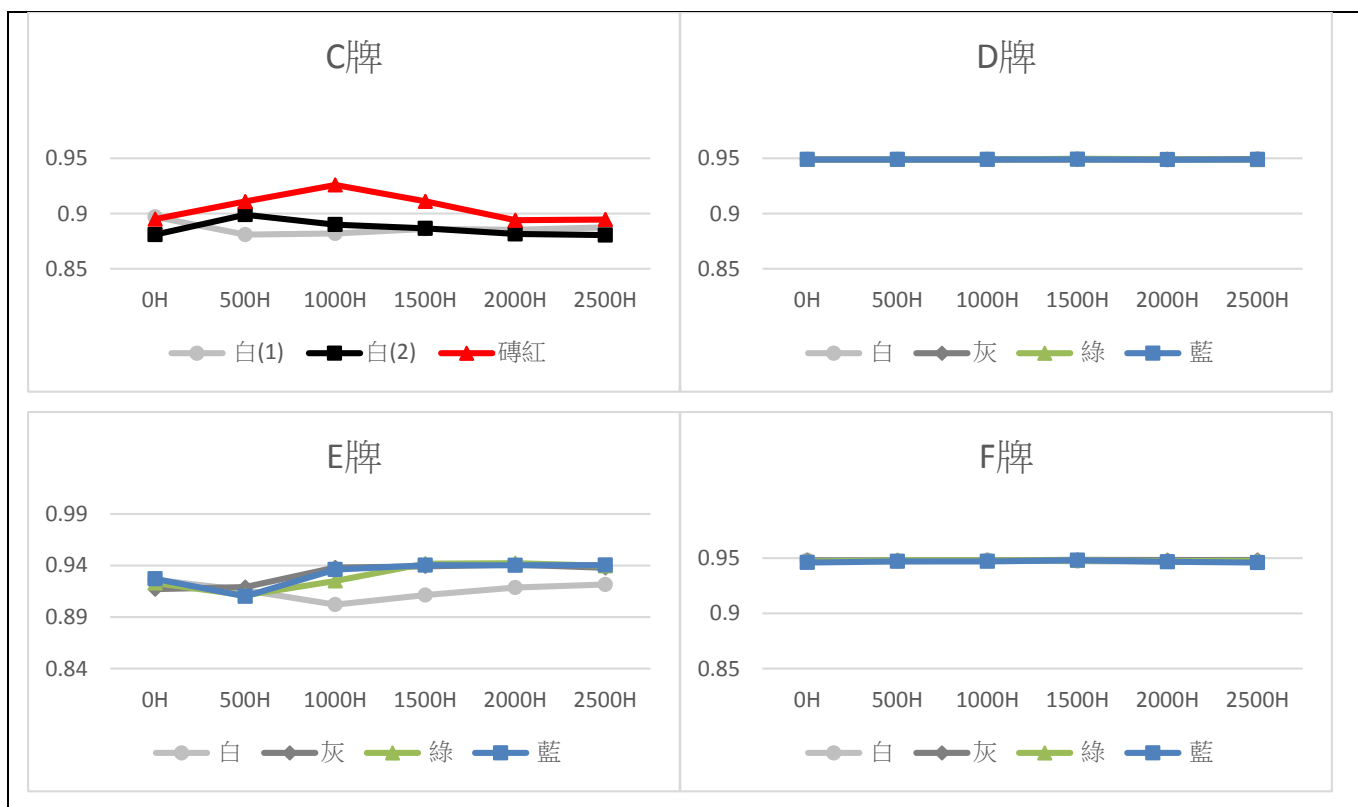
表 4-15 氙弧燈 0-2500 小時日射反射率之變化(基底:鋼板)



(資料來源：本研究整理)

表 4-16 氙弧燈 0-2500 小時表面輻射率之變化(基底:鋼板)



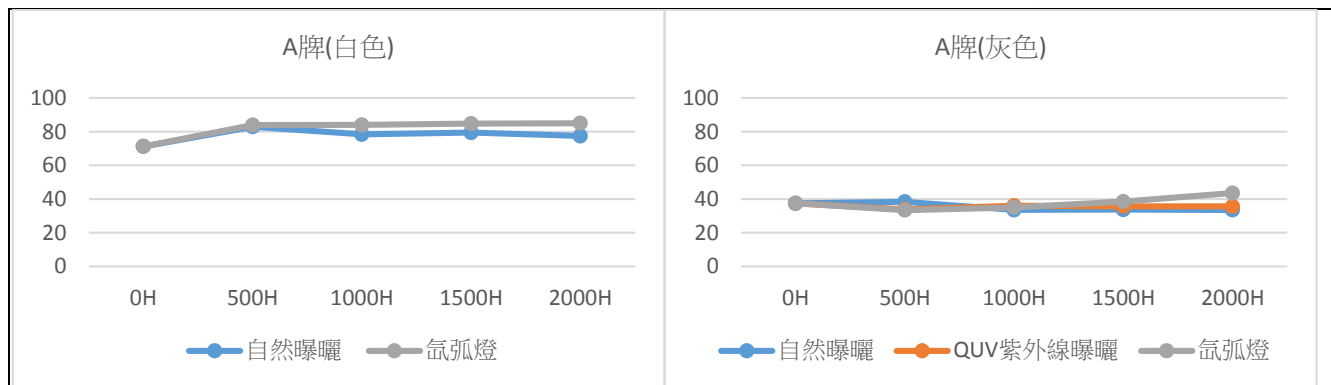


(資料來源：本研究整理)

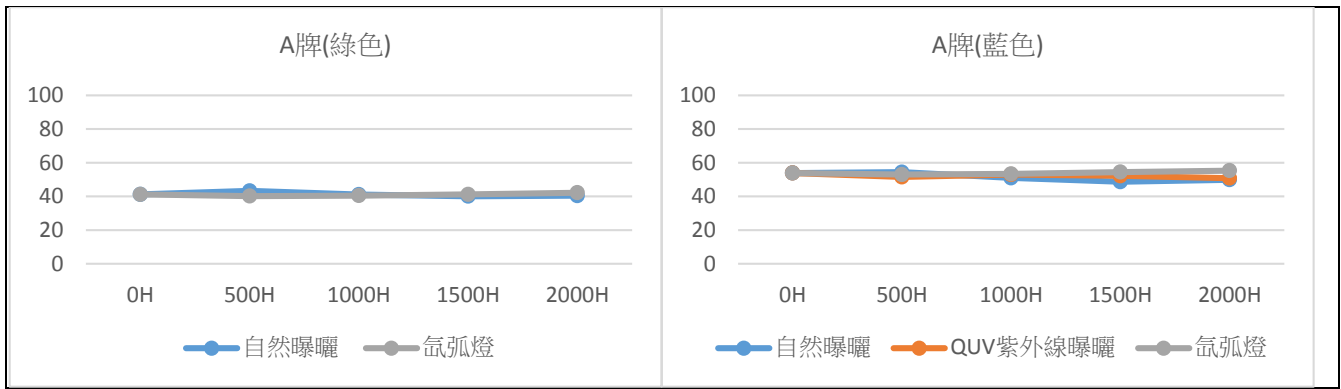
第五節 耐候測試方法對於塗料隔熱性能之比較

本節統整了自然曝曬、紫外線耐候測試和氙弧燈耐候測試從初始值經過 500、1000、1500、2000 小時後，使用表面輻射率量測儀和穿透反射率光譜儀所量測出來的結果，並針對各廠牌顏色經由三種測試方法之比較。(以下某些廠牌的顏色並未顯示紫外線耐候測試結果，是因機器空間有限，無法放置所有測試樣品。)

表 4-17 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(A 牌)

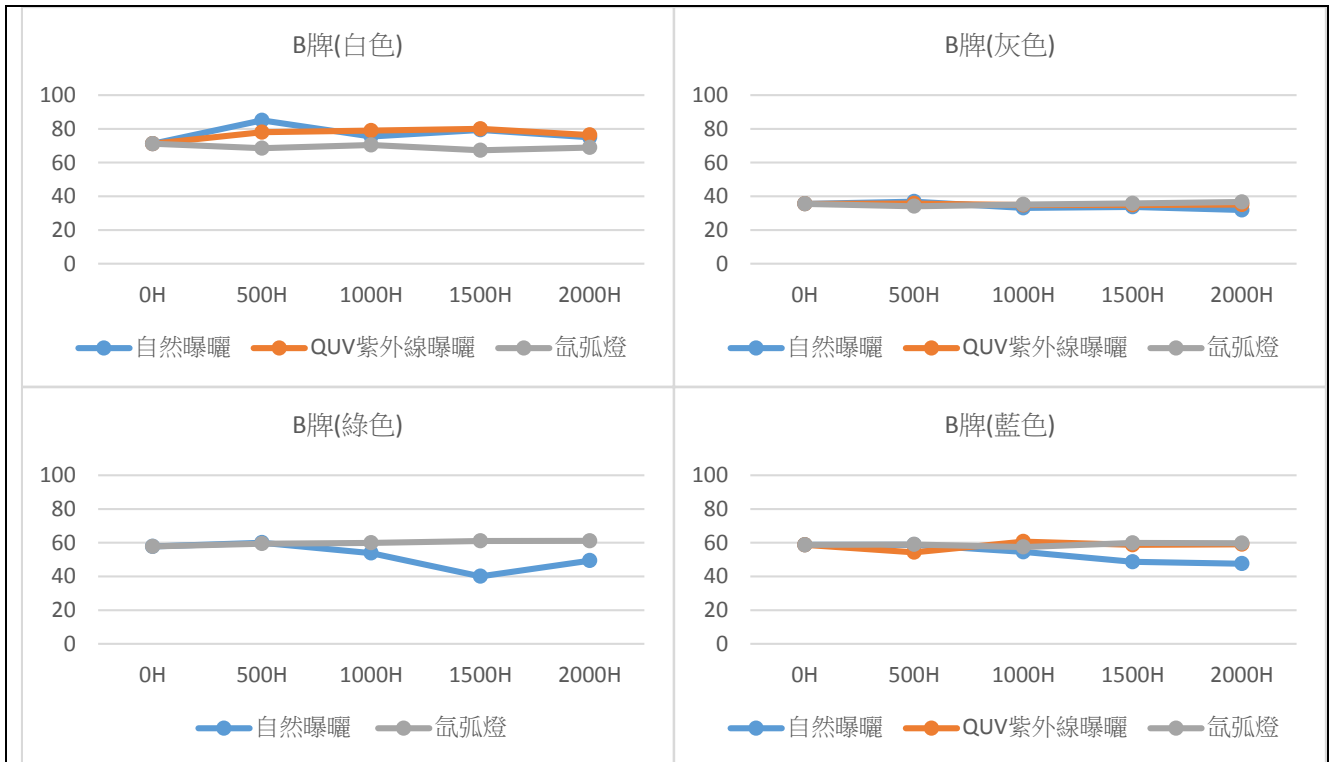


第四章隔熱塗料節能效果與耐候性能評估



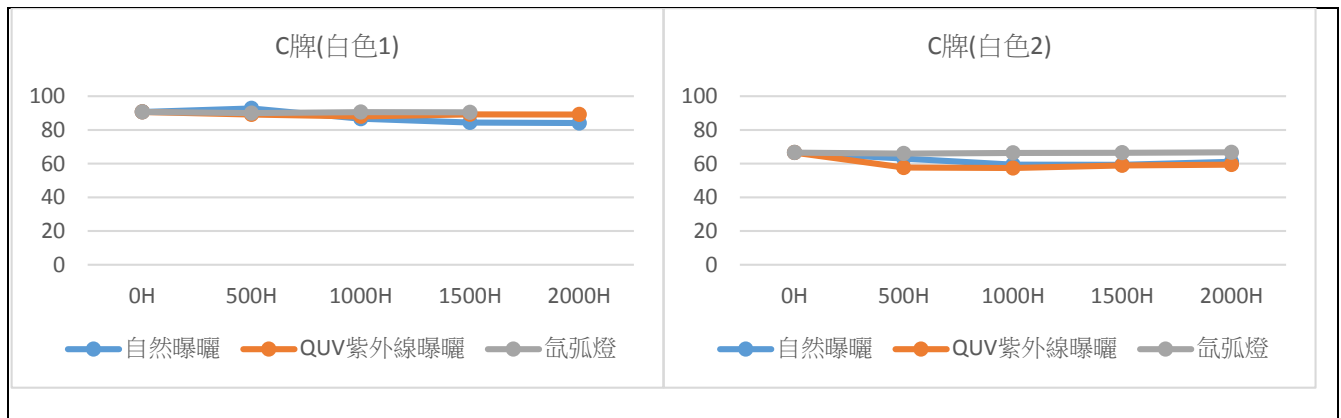
(資料來源：本研究整理)

表 4-18 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(B 牌)

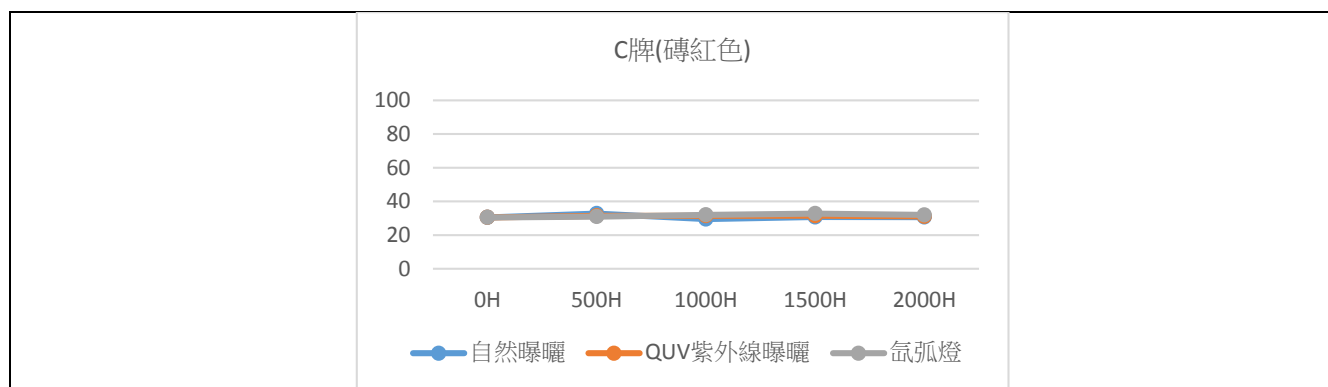


(資料來源：本研究整理)

表 4-19 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(C 牌)

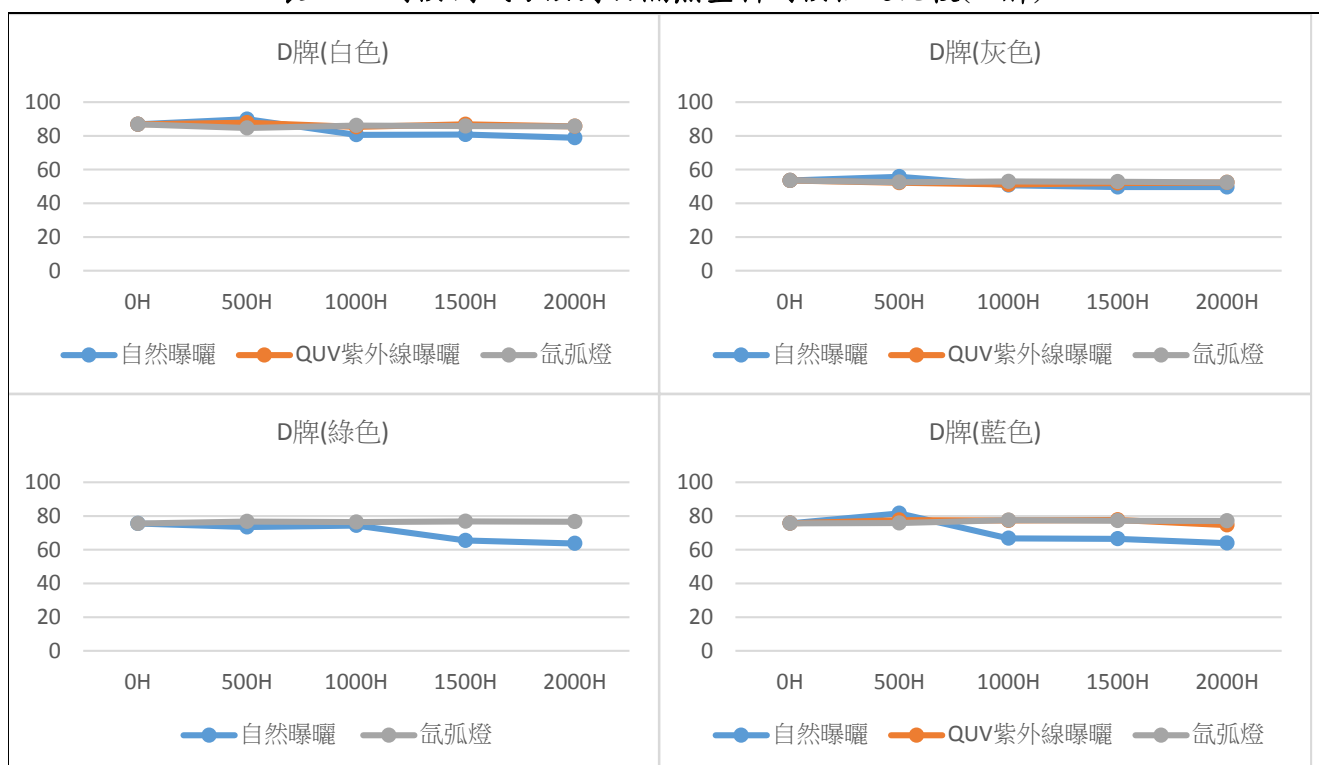


隔熱漆耐久年限之檢測研究



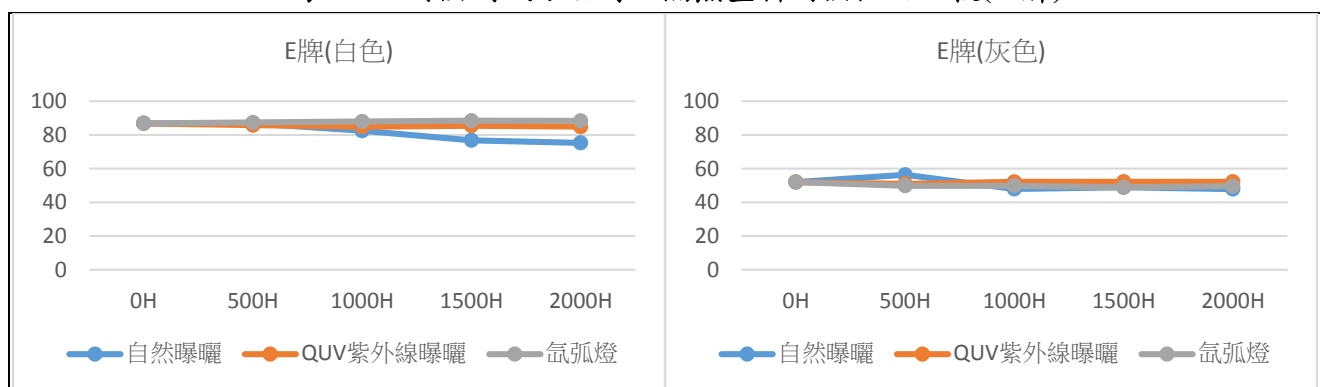
(資料來源：本研究整理)

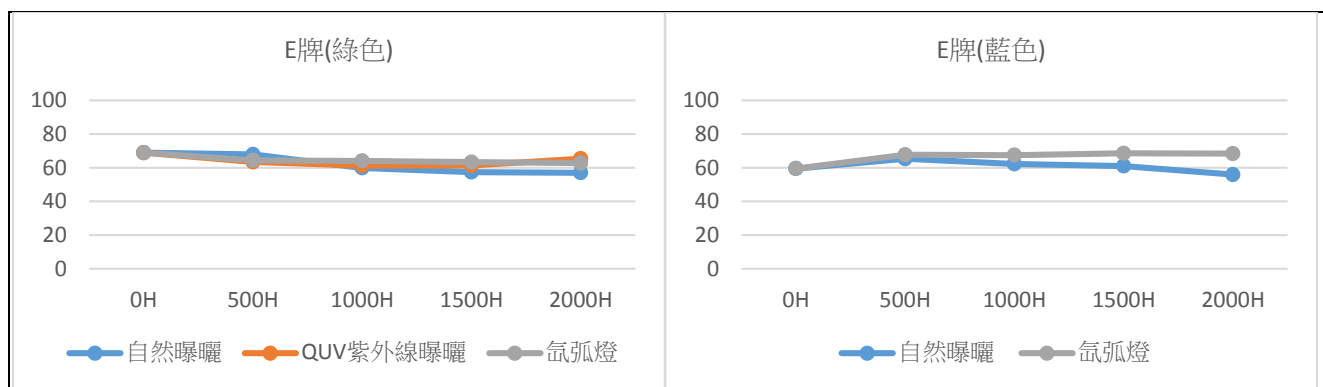
表 4-20 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(D 牌)



(資料來源：本研究整理)

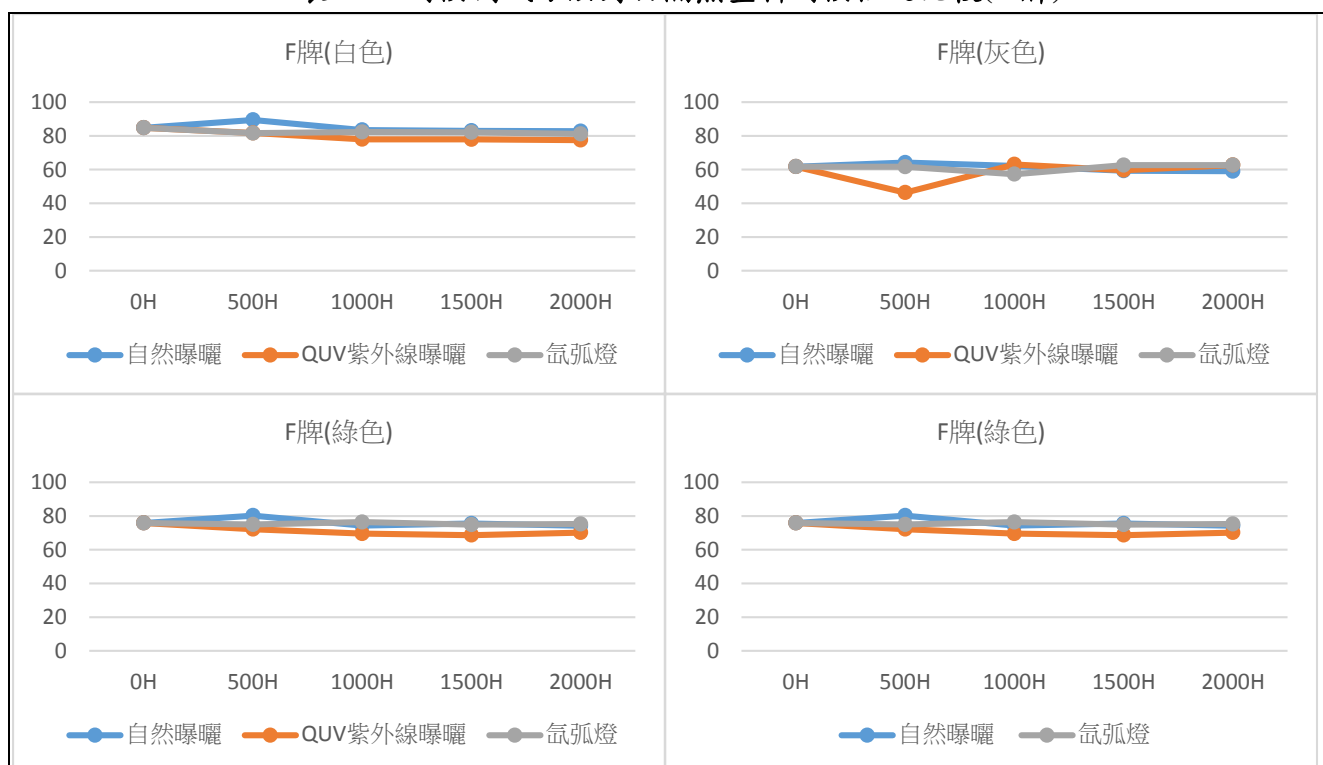
表 4-21 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(E 牌)





(資料來源：本研究整理)

表 4-22 耐候測試方法對於隔熱塗料耐候性之比較(F 牌)



(資料來源：本研究整理)

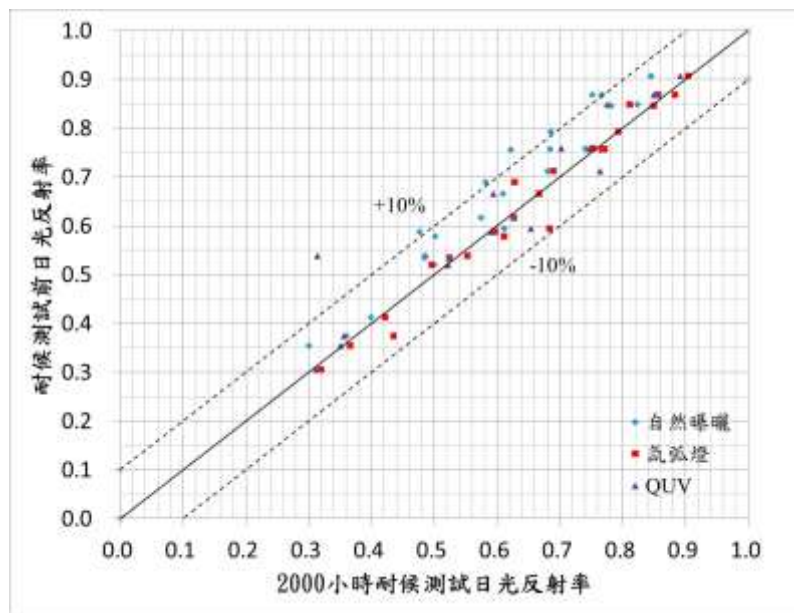
圖 4-11 及圖 4-12 為本研究依市售 20 種塗料根據 3 種不同的耐候測試方法，在 2000 小時的耐候測試後針對太陽光反射率及表面輻射率所作出來的比較。研究結果發現市售顏料系與陶瓷系塗料之太陽光反射率皆會隨時間減弱，但表面輻射率差異並不大。圖中顯示出經過 2000 小時的測試後，大部分鋼板測試樣本的太陽光反射率及表面輻射率落在 $\pm 10\%$ 及 $\pm 2\%$ 以內，而水泥磚測試樣本的太陽光反射率及表面輻射率皆落在 $\pm 10\%$ 及 $\pm 5\%$ 以內。

再者，比較三種不同耐候測試方法發現，自然曝曬後的塗料樣品因大氣中的

隔熱漆耐久年限之檢測研究

水氣而在表面產生藍綠藻或黑斑，再加上落塵與油污，導致太陽光反射率有較為顯著的衰減，鋼板測試樣本的太陽光反射率之平均衰減值為 8.38%，鋼板測試樣本的太陽光反射率最大衰減值為 18.89%。水泥磚測試樣本的太陽光反射率之平均衰減值為 5.13%，水泥磚測試樣本的太陽光反射率最大衰減值為 22.29%。而氙弧燈與紫外線耐候測試，對塗料的太陽光反射率並無明顯差異，鋼板測試樣本的太陽光反射率之平均衰減值為 1.43%與 3.62%。水泥磚測試樣本在 2000 小時紫外線耐候測試候的太陽光反射率平均衰減值為 1.54%。

由本研究計畫可得知，太陽光自然曝曬雖然可以反映實際氣候與日照條件對於塗料隔熱性能之影響，但是往往需要超過 2 年以上的測試時間，不僅曠日廢時同時對於曝曬地點的氣候條件不同亦會造成顯著的差異。採用氙弧燈與紫外線加速老化耐候測試，雖然氙弧燈與紫外線之燈源不同，但兩者對於塗料隔熱性能之影響差異很小。



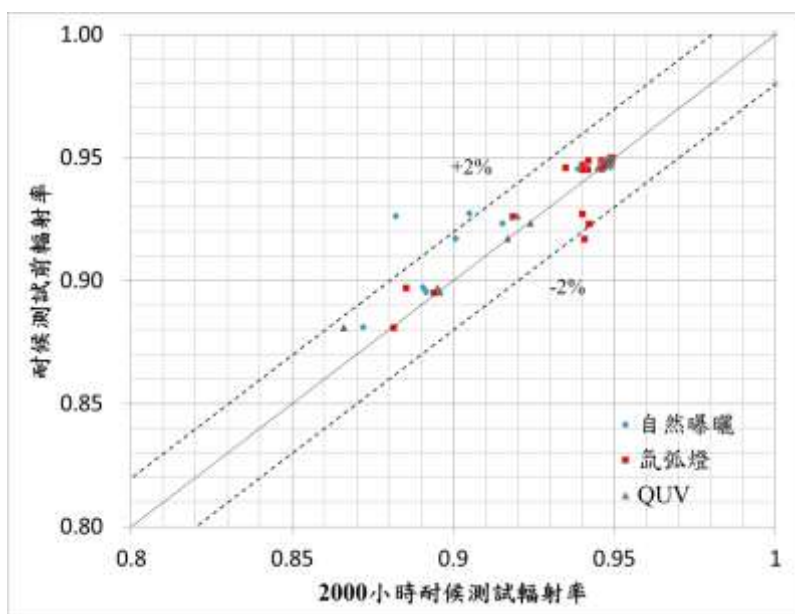
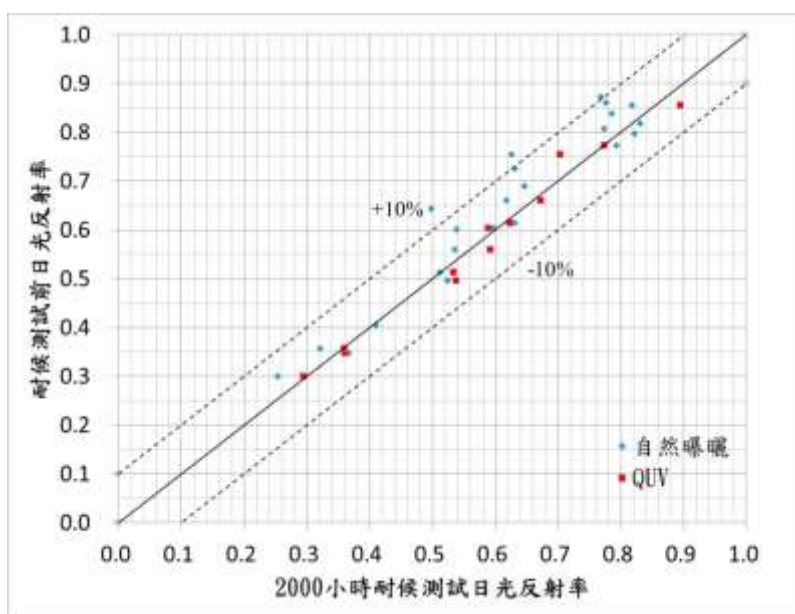


圖 4-11 耐候測試與隔熱性能之關聯(鋼板)

(資料來源：本研究整理)



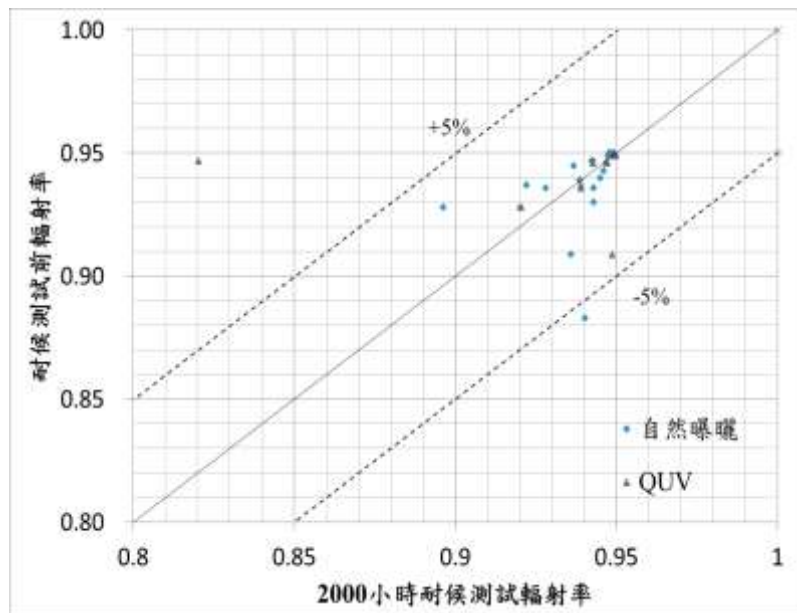


圖 4-12 耐候測試與隔熱性能之關聯(水泥磚)

(資料來源：本研究整理)

再者，透過研究各國標準與文獻收集與分析顯示，日本、中國與台灣(CNS 15666:建築用長期耐候性面漆)的長期耐候性塗料均採用 2500 小時為第 1 級耐候性能之加速老化試驗時間。

本研究接著以塗料暴露在紫外線的能量強度來定義塗料的暴露時間。以本研究所使用之設備 UVA 放射能量為 $0.2844\text{MJ}/\text{m}^2\text{-hr}$ 。參考表 4-23 之台灣日照時數統計數據，採用全天空日設量最大的嘉義地區為計算區域，且 UVA 能量佔太陽光輻射總能量之 1.2341%，則得嘉義地區 1 年全天空 UVA(300~365nm)日射量等於 266 小時的 UVA 紫外線加速老化測試時間。

綜上所述，足見利用氙弧燈與紫外線加速老化耐候測試進行隔熱性能劣化評估，能反映出塗料之隔熱性能與耐久年限之關聯性，2500 小時的加速老化實驗約等同 10 年的戶外曝曬時間。然而影響塗料老化的因素眾多例如:溫度、濕度、光照、氣候及測試材料的差異，因此不能單以塗料的隔熱性能為基準參數來評估塗料的使用壽命，塗料的光澤保持度與粉化也應考慮在內。

表 4-23 台灣日照時數統計(統計期間 1981-2010)

月份 地名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計	全天空 日射量
臺北	80.6	71.3	89.6	92.6	113.7	121.7	179.0	188.9	153.7	124.0	99.4	90.7	1405.2	3622.0
基隆	56.7	52.1	73.7	84.1	106.1	127.4	213.9	203.6	142.2	93.0	68.9	55.0	1276.7	-
花蓮	70.2	64.5	82.4	92.6	119.5	162.7	246.5	224.3	152.0	120.8	90.5	77.9	1503.9	4440.0
臺南	179.4	158.3	178.8	172.8	186.9	181.7	210.8	189.1	179.2	196.2	172.6	175.0	2180.8	5380.3
高雄	174.7	165.8	187.0	189.1	198.5	199.9	221.4	193.7	175.7	182.4	162.2	161.8	2212.2	5412.9
嘉義	165.1	134.2	151.3	150.4	172.6	181.0	214.2	192.5	181.2	189.7	163.6	170.9	2066.7	6129.6
臺中	176.6	140.6	149.9	137.8	158.7	160.1	199.6	178.7	175.8	203.7	179.4	182.3	2043.2	5162.8
新竹	105.3	92.5	97.4	105.2	149.5	177.0	236.6	210.2	196.0	191.1	151.9	138.1	1850.8	4306.3
臺東	95.8	83.6	104.2	115.0	143.4	188.7	245.1	219.4	160.6	150.4	119.1	102.5	1727.8	5633.5

(資料來源：本研究整理)

第五章結論與建議

第一節結論

本研究計畫截至期末執行期間，已透過相關文獻比較與分析，完成隔熱塗料耐久性測試。不僅將 20 種市售塗料進行數據分析，也將不同耐候測試方法相互比較。本研究計畫完成之工作項目條列如下：

1. 完成塗料塗覆在鋼板之紫外線、氙弧燈之2000小時耐候測試及自然曝曬2500小時耐候測試。
2. 完成塗料塗覆在水泥磚之紫外線及自然曝曬之2000小時耐候測試。
3. 隔熱塗料產品性能數據之收集、分析和比對。

本研究計畫獲得之結論如下：

1. 美國冷屋頂與州政府規範以3年自然老化曝曬作為耐候測試方法，而日本、中國與台灣則以氙弧燈、紫外線耐候測試方法為主。
2. 根據本研究計畫三次產學專家會議之討論結果，建議隔熱塗料綠建材標章以太陽光反射率、表面輻射率及2500小時耐候測試之太陽光反射率下降率作為評定項目，並且仿照日本以三種亮度之隔熱塗料分別訂定。
3. 隔熱塗料的耐候測試以(1) 紫外線以及(2) 氙弧燈加速老化測試為最常用之測試方法。而根據本研究之2000小時耐候性能測試結果顯示，塗料在氙弧燈和紫外線兩種測試所呈現的數據並無太大差異。
4. 根據文獻與本研究之實驗結果，在2000小時耐候測試中，目前市售顏料系塗料之隔熱性能會隨著時間降低，而且降低的幅度與初始值差距並不大。而本研究所選擇之兩種陶瓷系塗料之隔熱性能並未出現突然降低之現象，仍然是隨著時間降低。
5. 在自然曝曬測試中，測試樣品因大氣中的水氣而在表面產生藍綠藻之物質，對於性能數據會有較顯著的下降，而落塵亦會影響到太陽光反射率，

對於表面輻射率則不會影響。

6. 本研究從總紫外線接受能量推算，在台灣的氣候條件下，塗料接受2500小時之加速耐候測試可等同10年之使用壽命。雖各國皆在研究戶外自然曝曬及人工加速耐候之間測試時間的關聯性，但影響老化的因素眾多例如：溫度、濕度、光照、氣候及測試材料的差異不是只以總紫外線能量做為基準點。所以目前很難界定出多久的加速耐候測試等同多久的人工耐候測試。故上述的「2500小時之加速耐候測試可等同10年之使用壽命」只成立在某些材料的測試上，未來可藉由長時間的戶外自然曝曬結果來佐證加速耐候測試結果的正確性及關聯性。

第二節建議

建議一

建議參考本研究計畫完成之隔熱塗料各國標準收集與研究成果，規劃辦理建立隔熱塗料CNS標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、台灣區塗料工業同業公會

本研究計畫已參考美國、中國與日本之隔熱塗料標準收集與分析，並且結合既有塗料隔熱性能與耐候性能之檢測標準，完成市售 20 種隔熱塗料之隔熱性能與耐候性能實驗。然而，目前台灣尚未有隔熱塗料CNS標準，為了避免市場對於塗料隔熱性能之濫用，讓一般民眾在隔熱塗料之選用有所依歸，建議相關單位賡續辦理隔熱塗料CNS標準之建立。

建議二

建議參考本研究計畫完成之隔熱塗料各國標準收集與研究成果，制定性能隔熱塗料綠建材標章：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心、台灣區塗料工業同業公會

本研究計畫已參考美國、中國與日本之隔熱塗料標準收集與分析，並且召開兩次產學專家會議，研擬出以太陽光反射率、表面輻射率以及 2500 小時耐候測試之太陽光反射率下降率作為高性能隔熱塗料綠建材之評定項目，建議相關單位賡續辦理高性能隔熱塗料綠建材標章之評定基準制定，早日推動高性能隔熱塗料綠建材標章，以提升隔熱塗料之產業應用與競爭力。

附錄一、內政部建築研究所104年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」
計畫案審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	檢測之變次影響因子建議參考納入下列因子:噴塗、塗刷、熱浸之施工方法之影響?厚度、重量(單位面積用量)之影響?溫度、濕度之影響?奈米級或非奈米級(實驗儀器之不同)?隔熱漆附著材料為何?檢測方法可以簡化嗎?技術可以公開嗎	本研究遵照委員之意見，在性能檢測項目部分增加耐酸鹼之測試，至於實驗參數將納入厚度、施工方法以及奈米添加物質部分進行討論。
2	為何預算設備僅編 22000?	本研究所編列之設備維護費僅為電腦維護費，其餘設備均為研究團隊既有之設備，不需額外編列購買。
3	為何不以工研院投標?	本計畫中工研院之角色，主要在於借重共同主持人材化所沈永清副主任過去在隔熱漆產業聯盟之豐富經驗，負責在本計畫中召集隔熱漆廠商進行產學論壇，其餘大部分工作仍在成大進行，故以成大研究發展基金會投標。
4	請留意 20 種隔熱漆之分類、內含材料、膜厚施工法。	本研究遵照委員之意見，在實驗參數規劃上將針對厚度、施工方法以及奈米添加物質部分進行討論。
5	量測性能之太陽輻射之氣候資料，應符合台灣氣象為宜。	材料溫昇性能測試部分，參考委員意見，以符合台灣氣候之太陽輻射照度進行量測。
6	團隊在檢測上，僅著重在光線及太陽輻射方面，對於空氣方面(氣鹽、二氧化硫)似乎沒有考慮。耐久測試:請考慮氣鹽、二氧化硫也一併施測之可能性。	本研究遵照委員之意見，在性能檢測項目部分增加耐酸鹼之測試。
7	塗佈的質量、厚度、次數、程序是規範上必須管制的，不能過於遷就現在樣品，否則會流於廠商的品管	本研究僅由廠商提供隔熱漆種類與型式，再由研究團隊進行採購並且經由標準實驗程序進行塗佈

	線	與測試。
8	本研究需求所列隔熱漆之隔熱性能耐久性資料庫為必要項目，但依預定研究進度所示需耗時至第 11 個月，是否能如期完成，請補充說明單一試材樣品及全部樣品實驗或調查所需時程與進度控管。	本研究需求所列隔熱漆之隔熱性能耐久性資料庫在收集樣品時即開始建立資料庫內容，此工作項目之時程將進行調整，以期依照進度完成本項工作。
9	前隔熱漆市售商品的發展廣泛及是否已經參照相關檢測標準建立個別產品之隔熱、耐久性能，請補充。	有關隔熱漆之發展現況，以及現有商品之既有隔熱、耐久性能將補充於計畫報告中。
10	目前規劃之實驗設備使用費 130000 元，是否足夠因應 20 件擬測樣品所需經費，宜請審酌考量。	有關實驗設備使用經費之調整，將與材料實驗室進一步討論後調整。
11	本案係屬委託研究，應在預期研究成果提出可供相關政策、法令規範或行政措施的具體建議事項。	本研究計畫所產出之測試標準將會探討檢測方法之適用性，且為可公開之內容。研究成果部分亦將著眼於提出可供相關政策、法令規範或行政措施的具體建議事項。
12	隔熱漆對不同材料(底層結構)是否有不同的適用對象。	本研究計畫將對 20 種隔熱漆在不鏽鋼板以及混凝土兩種常用建築物底材進行實驗。
13	本耐久性能測試國外或 ISO 是否已有檢驗方法，未來隔熱性能及耐久性能檢測方法是否有可能訂成 CNS	目前國外已有 ASTM 等相關隔熱性能與耐久性能之檢測方法，本研究計畫預計在完成相關檢測方法之 CNS 草案，提供標檢局制定 CNS 標準之參考依據。
14	是否可能進行實驗室加速老化與自然氣候老化實驗之比對，以了是否可能進行解實驗與實際狀況之對應關係	自然氣候老化實驗，若以本研究計畫之執行期限僅能完成 10 個月的測試。本研究計畫內容將增加台北與台南兩個地區進行自然氣候老化實驗，以了解實驗與實際狀況之對應關係。

廠商簽章：



業務單位審查簽章：林育新

**附錄二、內政部建築研究所 104 年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」
計畫案期中審查意見及廠商回應一覽表**

項次	審查委員意見	廠商回應
1	準備的質量、膜的厚度之差異性，實驗取樣之一致性說明可在本文中論述。	遵照委員意見辦理
2	實驗室與自然氣候實驗之不確定性與差異性。	遵照委員意見辦理，有關實驗室與自然氣候實驗之不確定性與差異性將補充說明於報告中。
3	隔熱漆發展之研究與塗料種類對於塗料之載體式施作區位工法，如屋頂或牆體塗佈厚度等抽樣因會影響產品之生命週期評估，建議多尋求其他隔熱塗料作為研究樣本。	遵照委員意見辦理，本研究計畫將在執行期限內，尋求更多樣本。
4	請加強隔熱漆塗刷在不同材料上之功效及耐久性之分析。	感謝委員之寶貴意見。然囿於計畫之執行期限，本年度僅探討隔熱漆塗刷在鋼板與水泥磚兩種材料，若時間許可，將探討隔熱漆塗刷在不同材料上之功效及耐久性之分析。
5	名詞的一致性，例如：導熱率、熱導率、導熱係數均有出現在報告內	遵照委員意見辦理
6	重要名詞為定義清楚。	遵照委員意見辦理
7	“系數” “係數”請修正。	遵照委員意見辦理
8	報告中數據請標示單位。	遵照委員意見辦理
9	塗料厚度對性能影響是否有考量？	塗料厚度確實對耐候性能有所影響，會將試件的塗料厚度補充於報告中。
10	酸鹼性對老化影響是否可納入研究？	感謝委員之意見，本研究預計利用耐酸鹼標準測試方法，探討酸鹼性對塗料耐候性之影響。
11	建議增列預定進度與實際執行進度對照表，以確定是否符合原訂進度。	遵照委員意見辦理
12	建議將表 3-6 中 CNS15200、ISO4892.2、ASTM G9344 等標準之較詳細資料亦列入第三章第一節收集之測試標準資料，以資完整。	遵照委員意見辦理

13	本研究 QUV 紫外線曝光照射、自然曝曬均採用 500 小時，以及耐久年限 2000 小時，請補充說明其理論依據。	遵照委員意見辦理
14	請增列一章節說明後續研究將進行之重點工作與時程。	遵照委員意見辦理
15	檢測實驗室是否通過認證？儀器設備是否定期追溯校正？應予確認，以確保檢測數據之可靠性。	本研究所採用之儀器均有按時校正，同時所有操作人員均受過 ISO 17025 訓練，實驗室正在準備 TAF 認證。
16	20 種市售隔熱漆是如何選擇？P.49 表 4-1 所列都是隔熱漆嗎？為何有些的名稱是放水塗料？	本研究計畫所選擇之隔熱漆均為通過綠建材標章廠商所製造之產品，以廠商與顏色作為選取重點。表 4-1 所列之名稱均為塗料原始名稱，其隔熱性能經由研究團隊確認已列於表中。
17	除了研究耐久性與耐久年限外，建議要了解這些塗料的耐久性能衰退的情形是漸進的或是一到年限就直線下降。做為有效的隔熱材就要隨時予以必要的維修和更新。隔熱塗料的保養更新與維護，本一步研究是否可一併提出？	遵照委員意見辦理
18	在“漆”和“塗料”兩個名詞之中建議統一用塗料做名稱。	遵照委員意見辦理
19	除了氙弧燈或紫外線測試，是否可以加入台灣特有的高濕度與酸雨的變數？	感謝委員寶貴意見，氙弧燈與紫外線耐候測試均按照相關標準，將濕度納入考慮，而酸雨的變數則是以耐酸鹼性對耐候性之影響進行測試。

附錄三、內政部建築研究所 104 年度「隔熱漆耐久年限之檢測研究」
委託研究計畫案期末審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成果報告請依規定格式辦理(如摘要部分之研究發現，立即可行建議及中長期建議)。 2. 請加一則中長期建議(請再與建研究所承辦人討論無法辦理者請暫不建議)。 3. 完成之 CNS 建議草案請放於附件參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照委員之意見，成果報告依照規定格式修正。 2. 遵照委員之意見，將與承辦人討論後增加中長期建議於報告中。 3. 本計畫完成之 CNS 草案將列於附件。
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自然氣候老化實驗 500 小時之模擬以高雄場域為主，氣候分區屬於濕熱氣候分區之代表性是否可再說明與補充。 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 本研究於高雄地區進行自然曝曬實驗之原因以及當時之氣候資料將補充說明於報告中。
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. P61-64, 67-73, 76-81 橫坐標縱座標單位需明確化。 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 研究報告書有關實驗結果的座標與單位將依照委員意見明確標示。
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案預期成果係 1. 建立台灣隔熱漆耐久年限之檢測標準。 2. 建立 20 種市售隔熱漆之隔熱耐久性能之資料庫，請歸納建立完整資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究完成 20 種隔熱塗料隔熱性能與耐候性測試數據與相關分析將依照委員意見整理成完整之資料庫，並將紙本與電子檔提供給建研所。
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議摘要章節能增列建議事項，以資完整。另外，英文摘要缺少重要發現，應予補列並增列建議事項。 2. 建議表 1-1 能增列預定進度與實際執行進度之對照，以確定是否符合原定進度。 3. 第一章第二節內容有多處使用「將」或「預計」等未來式語氣，不適用於期末報告，應予以修正之。 4. 附錄三、四專家會議紀錄建議增列簽到單，以資佐證，2 次產官學會議亦請比照辦理。 5. 第三章第一節收集之測試標準缺少 ASTM C1549、ISO 11341 之量測原理與設備設備規格等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員寶貴意見。研究團隊遵照委員意見進行報告文字與格式修正或補充。

	<p>說明。</p> <p>6. P49-55 之編碼有誤，請修正之，P33 標題之各國應為美國之誤。</p> <p>7. 請增列具體研究結果之檢測標準草案於附錄中，以提供建立 CNS 標準之參考。</p>	
--	---	--

附錄四、隔熱漆耐久年限之檢測研究第一次專家會議紀錄

- 一、時間：104 年 03 月 25 日(星期三)上午 10 時 00 分
- 二、地點：成功大學能源科技與策略研究中心會議室
- 三、主席：沈永清
- 四、出席人員：詳簽到簿
- 五、主席致詞：(略)
- 六、計畫簡報：(略)
- 七、討論議題：
 - 隔熱塗料相對應之產品國家標準
 - 隔熱塗料評定項目
 - 隔熱塗料評定基準如何訂定

八、綜合討論：

南寶樹脂公司：

- 建議 TSR、SRI，因國外是以 SRI 較為普遍，有益國內日後出口之產品。

慶泰樹脂：

- 建議隔熱塗料材質耐久性先歸類材料再另行訂定耐久性。
- 因 SRI 可經由 TSR 做推算所以可用 Energy Star 規範作為參考，耐候性檢測可確保市場良性競爭。

永記造漆公司：

- 針對不同材質之耐久性可分開申請為第一類、第二類、第三類。
- TSR 及 QUV 耐候性試驗成本與門檻皆較低。

阿克蘇諾貝爾塗料：

- 因國外亦使用 SRI、TSR、半球表面輻射率作為評定標準，建議將其加入，日後可與國外標準接軌。耐候性實驗建議使用 QUV 的方式。

執行單位回應：

- 隔熱塗料評定重點在於在照射後的性能，分級與項目可再研議。
- 建築技術規則規定中可見光反射率不得高於 25%，如有強制性勢必會納入此項標準。
- 評定項目以 TSR 及 SRI 作為標準，耐候性能測試會再以 QUV 耐候試驗機、氙弧燈式耐候試驗機兩者做比較。

九、會議結論：

- 「高性能隔熱塗料」項目仍以 CNS 進行評定基準之規劃，唯評定基準之制定必須再行研議。
- 評定項目採用 TSR、SRI 和耐候性能，評訂基準之制度需再行研議。
- 國立成功大學與工研院免費為與會廠商量測塗料之隔熱性能，請各廠商與相關人員聯絡，獲得不同廠牌隔熱塗料之性能，以作為後續制定評定基準之參考依據。

十、散會(上午 12 時 00 分)

隔熱漆耐久年限之檢測研究第一次專家會議

簽到表

論壇時間:104.03.25 上午 10:00~12:00

論壇地點:成功大學能源科技與策略研究中心會議室

公司	職稱	姓名	簽到處
成大研究發展基金會	教授	李訓谷	李訓谷
工研院材化所	副主任	沈永清	沈永清
工研院材化所	博士	黃元昌	黃元昌
永記造漆公司	副理	杜倫倫	杜倫倫
慶泰樹脂	副理	黃增彬	黃增彬
基立化學股份有限公司	經理	何昌達	何昌達
阿克蘇諾貝爾塗料	經理	曾文聰	曾文聰
阿克蘇諾貝爾塗料	課長	陳秋蘭	陳秋蘭
南寶樹脂公司		王韋翔	王韋翔
南寶樹脂公司		劉謹嘉	劉謹嘉
能源科技與策略研究中心	博士後研究員	鍾德華	鍾德華
能源科技與策略研究中心	助理	陳亭瑤	陳亭瑤
能源科技與策略研究中心	助理	陳彥甫	陳彥甫
能源科技與策略研究中心	助理	劉珈宜	劉珈宜
能源科技與策略研究中心	助理	戴遐好	戴遐好

工研院產服中心

柯允沛

柯允沛

附錄五、隔熱漆耐久年限之檢測研究第二次專家會議紀錄

- 一、時間：104 年 10 月 7 日(星期三)下午 2 時 00 分
- 二、地點：內政部建築研究所第 1 會議室
- 三、主持：李教授訓谷
- 四、出席人員：詳簽到簿
- 五、主席致詞：(略)
- 六、計畫簡報：(略)
- 七、討論議題：

八、綜合討論：

慶泰樹脂化學股份有限公司：

- 不管是用自然曝曬、氙弧燈或 QUV，應該都需要一個標準的測訂方式，以便與國際接軌。
- 不同塗料應該需要不同的測定方法，例如反射塗料和隔熱塗料。

基立化學股份有限公司：

- 大部分的客戶如要自行測試都是挑選 QUV 或氙弧燈，如美國已發明最新的方法來，那只需用 3 天就能與自然曝曬 3 年測試的數據相近，那當然是最好。
- 部分客戶想要實際上知道隔熱效果，會自行使將塗料塗在貨櫃屋來測試或是直接比較塗覆前與塗覆後，並加裝冷氣實際去看能耗及電費，所以以實際模擬能耗及電費的方法來看 tsr 和輻射率也不適用。

宏全盛國際股份有限公司：

- 對於廠商做氙弧燈、QUV 測試費用當相當昂貴，可參考日本的測試方式只採樣兩種顏色重色及輕色來測試，而不需每個顏色皆需量測。
- 如國外已發明新的耐候測試來取代自然曝曬，當然對於廠商也是有利的。
- 可依塗料的光澤度和亮度或 TSR 來去決定需做多少小時的 quv 或是氙弧燈以分級的制度去評定塗料知等級。

執行單位回應：

- 如將光澤保持率納入評定標準，可能會因產品上的差異而導致很多廠商無法符合標準。或許可以先參考日本、大陸或 energy star 的規範，先行訂一個比較基礎的標準。日後如有需要也可再修改。
- 關於美國新開發的自然曝曬耐候測試，雖然現階段看數據是蠻有參考的價值。但因尚未成為國際標準，所以可能需等待此方法成為正式標準後再來做，可能比較合適。

- 關於自然曝曬的實驗，因台灣的氣候環境較其它國家嚴苛，例如空氣中的有機物及無機物偏高，所以無法只參考美國或是歐洲的規範。

九、會議結論：

- 評訂基準以 TSR、表面輻射率。
- 可收集測試樣品的近紅外線反射率，再依收集樣品的數據去訂定基準。

十、散會(下午 5 時 00 分)

隔熱漆耐久年限之檢測研究第二次專家會議

簽到表

論壇時間:104.10.07 下午 2:00-05:00

論壇地點:內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 15 樓第 1 會議室)

公司	職稱	姓名	簽到處
內政部建築研究所	組長	廖慧燕	
內政部建築研究所	研發替代役	林育新	林育新
成大研究發展基金會	教授	李訓谷	李訓谷
工研院材化所	副主任	沈永清	沈永清
工研院材化所	博士	黃元昌	黃元昌
基立化學股份有限公司	經理	何昌達	何昌達
慶泰樹脂化學股份有限公司	副理	黃增彬	黃增彬
宏全盛國際股份有限公司	副總經理	湯敬仁	湯敬仁
能源科技與策略研究中心	助理	陳亭瑀	陳亭瑀
能源科技與策略研究中心	助理	陳建甫	陳建甫

附錄六、隔熱塗料之耐久性測試第三次專家會議

- 一、時間：104 年 10 月 30 日(五)上午 10 點至下午 1 點
- 二、地點：高雄市前鎮區一心一路 243 號 4 樓之 1
- 三、主持人：李教授訓谷
- 四、出席人員：工研院材化所代表、永記造漆工業股份有限公司代表、亞洲工業股份有限公司代表、燁輝企業股份有限公司代表、盛餘股份有限公司代表、裕鐵企業股份有限公司代表、台灣關西塗料股份有限公司代表
- 五、主席致詞：(略)
- 六、計畫簡報：(略)
- 七、綜合討論：

永記造漆工業股份有限公司代表：

- 紫外線耐後測試，建議 UVB 至少 500 小時而 UVB 至少 3000 小時。
- 隔熱彩色烤漆鋼板的塗料種類可依照 PVDF、SMP、PE 去分類。

亞洲工業股份有限公司代表：

- 耐久性的評定，必須納入光澤保持率。

燁輝企業股份有限公司代表：

- 紫外線耐候測試在歐洲偏向使用 UVB。
- 建議將粉化程度、光澤保持度和可見光反射率納入評定標準。

台灣關西塗料股份有限公司代表：

- 彩色鋼板不應納入 TVOC，否則某特定種類產品可能無法通過標準。

九、會議結論：

- 將粉化程度及光澤度保持率納入參考標準。
- 使用 QUV(A)和氙弧燈做為耐候測試標準，測試時間至少為 2500 小時，表面輻射率 0.85。

十、散會

隔熱漆耐久年限之檢測研究第三次專家會議 簽到表

會議時間:104.10.30 上午 10:00-13:00

會議地點: 806 高雄市前鎮區一心一路 243 號 4 樓之 1

公司	職稱	姓名	簽到處
成大研究發展基金會	博士	李訓谷	李訓谷
工研院材化所	博士	黃元昌	黃元昌
永記造漆工業股份有限公司	副理	杜嘉倫	杜嘉倫
亞洲工業股份有限公司代表	經理	葉映琦	葉映琦
燁輝企業股份有限公司代表	課長	游士平	游士平
盛餘股份有限公司代表	處長	楊東龍	
裕鐵企業股份有限公司代表	副總	劉財喜	劉財喜
台灣關西塗料股份有限公司代表	協理	鄭志雄	鄭志雄
台灣關西塗料股份有限公司代表	副理	邱益昌	邱益昌 (4)
能源科技與策略研究中心	專任助理	陳亭瑤	陳亭瑤
能源科技與策略研究中心	研究助理	陳建甫	陳建甫

附錄七、塗料商品檢驗作業規定

修正時間：中華民國 104 年 4 月 24 日

- 一、為辦理應施檢驗塗料商品檢驗業務，特訂定本作業規定。
- 二、塗料商品之檢驗方式採型式認可逐批檢驗或驗證登錄【型式試驗模式（模式二）加完全品質管理制度模式（模式四）、製程品質管理制度模式（模式五）或工廠檢查模式（模式七）】兩制度雙軌並行。
- 三、本作業規定名詞定義如下：
 - （一）塗料商品係指防火塗料或一般塗料。
 - （二）種類：係指適用之國家標準所稱之種類。
 - （三）同型式：
 1. 防火塗料指種類（第一、二、三種）、防火性（耐燃二級或三級）、塗裝工程、製造廠及生產國別相同者。
 2. 一般塗料指製造廠及生產國別相同者。
 - （四）主型式：
 1. 防火塗料：指同型式下，任選一產品為主型式。
 2. 一般塗料：指同型式下，任選一國家標準、種類（僅依九十九年九月二日修訂公布之 CNS 4940 申請者須採用）、VOC 最大限量值、甲醛釋出量不同之產品為主型式。
 - （五）系列型式：
 1. 防火塗料：指同型式下，除主型式外之其餘產品為系列型式。
 2. 一般塗料：指同型式下，除主型式外其餘國家標準、種類（僅依九十九年九月二日修訂公布之 CNS 4940 申請者須採用）、VOC 最大限量值、甲醛釋出量不同之產品為系列型式。
 - （六）前二款所述之 VOC 最大限量值及甲醛釋出量型式認定方式，以國家標準規定之限量值及釋出量為區分。
- 四、檢驗標準及檢驗項目：
 - （一）防火塗料：依據 CNS 11728 檢驗防火性、揮發性有機化合物（VOC）含量及查核標示。
 - （二）一般塗料：依據適用之國家標準檢驗揮發性有機化合物（VOC）含量、

甲醛釋放量（國家標準無規定者免驗）及查核標示。

（三）國家標準規定標示之危害圖式部分，依據 CNS 15030「化學品分類及標示－總則」查核；「VOC 最大限量值」及「甲醛釋放量」之中文標示內容，可為國家標準規範之 VOC 最大限量值 / 甲醛釋放量，亦可為符合國家標準規定下廠商自我宣稱之 VOC 最大限量值 / 甲醛釋放量，惟如標示廠商自我宣稱之限量值（或釋放量），經檢驗符合國家標準最大限量值（或釋放量）卻不符宣稱時，以標示不符合檢驗標準規定處理。

（四）依據商品檢驗法第十一條規定查核商品名稱、報驗義務人之姓名或名稱及地址等標示。

五、型式試驗相關規定：

（一）型式試驗報告之申請程序：

1. 申請人應依不同之主型式及系列型式之塗料商品檢具型式分類表（表 FRP-01、表 FRP-02）、下列技術文件三份及樣品，向經濟部標準檢驗局（以下簡稱本局）、其所屬轄區分局（以下簡稱檢驗機關）或其認可之指定試驗室提出申請：

(1) 規格一覽表。

(2) 製程概要。

(3) 中文標示樣張。

(4) 樣品：二罐，每罐體積至少一公升。

2. 受理單位應核對所送樣品與型式分類表之型號或規格是否相符。

（二）檢驗項目：每一主型式及系列型式商品均依前點執行檢驗。

（三）正字標記檢驗報告其核發日期在型式認可或商品驗證登錄申請前一年內，得代替同品名、同型號之型式試驗報告。

（四）型式試驗費：依受理試驗單位收費規定收取。

六、型式認可逐批檢驗相關規定：

（一）型式認可申請程序：

1. 申請人應依前點申請型式試驗報告後，檢具申請書、型式試驗報告及技術文件，向檢驗機關申請型式認可，以取得型式認可證書。

2. 在防火塗料產品規格未變更之情形下，申請人得以執行取樣檢驗之查驗

證明代替主型式或系列型式之防火性型式試驗報告，惟受理單位應於受理型式認可時，依商品型式認可管理辦法第十一條規定，要求申請人提供樣品執行防火性試驗。

3. 型式認可審查期限：自檢驗機關受理型式認可申請案起十四個工作天（等待補送資料或樣品之時間不計），另抽測樣品者，於樣品送達後加計七個工作天。
4. 型式認可證書有效期間為三年，證書名義人得申請延展。

（二）逐批檢驗查驗方式：

1. 報驗義務人於商品進口或出廠前檢具申請書及型式認可證書影本依輸入商品到達港埠或生產地之轄區別向檢驗機關申請報驗及核發本局印製之「C」字軌商品檢驗標識。
2. 報驗義務人於報驗時須以同型式商品為一批報驗。檢驗機關得每批以五分之一之機率實施取樣檢驗，取樣檢驗批含不同系列型式時，由檢驗機關抽取每一系列型式執行檢驗。未抽中批採書面核放以簡化檢驗程序，惟必要時得改採逐批檢核。
3. 同型式商品報驗達二十批以上且無不合格紀錄者，得改以每批以十分之一之機率實施取樣檢驗。
4. 取樣檢驗之取樣樣品數量：二罐，每罐體積至少一公升。
5. 取樣檢驗項目：依第四點執行檢驗。
6. 檢驗單位：本局基隆、台中、高雄分局、第六組。
7. 逐批檢驗之檢驗期限為取樣後七個工作天，若檢驗項目包含甲醛釋出量則為取樣後十二個工作天。
1. 塗料商品之揮發性有機化合物（VOC）含量檢測，原則上依據 CNS 15039-1 「塗料與清漆－揮發性有機化合物含量之測定－第 1 部：扣除法」進行試驗，若檢測結果不合格且 VOC 含量低於 15% 以下者，始送至本局高雄分局以 CNS 15039-2 「塗料與清漆－揮發性有機化合物含量之測定－第 2 部：氣相層析法」進行最終檢測，確認是否合格。
9. 取樣檢驗不符合檢驗規定者，應依下列規定辦理：
 - (1) 同一型式商品須經連續三批逐批取樣檢驗符合後，始得恢復每

批以五分之一之機率實施取樣檢驗。

(2)同批商品部分型式商品合格、部分不合格或全數不合格者，得先辦理分割批數後，依商品檢驗不合格處理辦法就不合格型式商品辦理退運、銷毀或提出監督改善申請後重新報驗；合格之型式商品分割後即可放行。

(3)分割批數申請以一次為限。

10. 檢驗機關如接獲檢舉或對報驗商品符合檢驗標準之一致性有懷疑時，亦得逕行取樣並執行檢測相關檢驗項目。

七、驗證登錄相關規定：

(一) 工廠檢查機關（構）於執行防火塗料驗證登錄之工廠檢查時，應檢查是否具備圓錐量熱儀及水分檢測等基本檢測設備，未備齊者視為主要缺點。

(二) 申請核發商品驗證登錄證書應檢附下列文件：

1. 型式試驗報告（依第五點申請）。
2. 本局或其認可驗證機構核發之品質管理系統登錄證書影本或工廠檢查報告影本。
3. 符合性評鑑程序之聲明書。
4. 技術文件。

(三) 在防火塗料產品規格未變更之情形下，申請人得以執行取樣檢驗之查驗證明代替主型式或系列型式之防火性型式試驗報告，惟受理單位應於受理驗證登錄審查時，依商品驗證登錄辦法第五條第二項規定，要求申請人提供樣品執行防火性試驗。

(四) 審查期限：自檢驗機關受理驗證登錄申請案起十四個工作天（等待補送資料或樣品之時間不計），另抽測樣品者，於樣品送達後加計七個工作天。

(五) 商品驗證登錄證書有效期間原則為三年，證書名義人得申請延展，以一次為限。

(六) 商品檢驗標識字軌為「R」及指定代碼，得由報驗義務人依規定自行印製。

八、前點圓錐量熱儀基本檢測設備得以下列方式取代之：

(一) 建立比對模式：

1. 生產廠場應有例行性之檢測設備如 CNS 6532 耐燃試驗設備、ISO 1182、ASTM-E84、UL 723、ISO 1716、EN 13823、ISO 11925-2、ISO 9705 所規定之試驗設備或其他等同設備。
2. 使用例行性之檢測設備與 CNS 14705 試驗設備所測試之結果進行比對，訂定出各生產廠場之管制值。

(二) 生產管制：使用例行性之檢測設備進行檢驗，並使用比對模式所建立之管制值，管制產品品質。

(三) 定期委外試驗：

1. 定期將取得驗證之產品送檢驗機關、本局認可之指定試驗室或財團法人全國認證基金會認可之試驗室依 CNS 14705 檢驗耐燃性。
2. 與生產廠場測試值比對，作為修正管制值之依據。
3. 委外頻率：
 - (1) 每年第一～三季須將當季生產每一型式驗證登錄產品中之任一產品委外依 CNS 14705 標準測試。第四季須將當季生產之每一驗證登錄產品委外依 CNS 14705 標準測試。
 - (2) 當年度第四季生產之每一驗證登錄型式樣品於每年年度結束前送原申請驗證登錄機關備查及檢驗。

九、以前點方式取得驗證登錄者，每年後續相關配合辦理事項如下：

- (一) 定期將委外試驗報告及當年度第四季生產之每一驗證登錄型式樣品於每年年度結束前送原申請驗證登錄機關備查及檢驗，未送備查者檢驗機關將依商品驗證登錄辦法第七條進行邊境及國內出廠查核；送樣品檢驗機關將於一個月內完成檢驗，若發現檢驗不合格者依商品檢驗法第四十二條第一款廢止商品驗證登錄證書。
- (二) 正字標記之檢驗報告得代替前款委外試驗報告，惟一份正字標記檢驗報告僅可取代一個主型式或一個系列型式一次之委外試驗報告。

附錄八、實驗數據

QUV(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率	
A 牌	灰	0	19.71	37.44	54.72	
		500	19.66	33.84	47.50	
		1000	20.08	36.02	51.53	
		1500	19.62	35.69	51.31	
		2000	19.84	35.60	50.92	
	藍	0	31.91	53.87	57.48	
		500	31.52	51.54	54.15	
		1000	32.41	52.97	56.43	
		1500	31.52	52.23	42.49	
		2000	31.42	50.86	53.42	
	品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
	B 牌	白	0	82.40	71.17	64.89
			500	88.04	78.02	73.19
1000			87.73	78.95	75.31	
1500			89.18	80.02	76.12	
2000			86.38	76.36	71.51	
灰		0	56.38	35.49	32.67	
		500	40.41	35.69	32.92	
		1000	39.06	34.78	32.39	
		1500	39.35	34.86	32.26	
		2000	39.60	35.10	32.53	
藍		0	43.81	58.75	69.71	
		500	43.31	54.34	61.81	
		1000	43.26	60.66	74.49	
		1500	43.45	58.74	70.42	
		2000	43.41	59.06	71.16	

QUV(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率	
C 牌	白(1)	0	97.92	90.66	88.96	
		500	97.13	89.14	86.81	
		1000	95.53	88.00	86.10	
		1500	97.23	89.24	87.00	
		2000	97.12	89.15	86.92	
	白(2)	0	68.21	66.53	69.00	
		500	67.11	57.66	52.58	
		1000	65.66	57.39	53.43	
		1500	67.47	58.94	54.80	
	磚紅	0	12.78	30.51	42.65	
		500	12.68	31.46	44.85	
		1000	12.89	31.45	44.75	
		1500	13.28	31.49	44.42	
		2000	12.79	31.14	44.16	
		品牌				
		顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
D 牌		白	0	95.00	86.87	84.34
	500		95.56	87.79	85.69	
	1000		92.77	85.33	83.50	
	1500		94.62	86.85	84.79	
	2000		93.49	85.68	83.51	
	灰	0	58.42	53.52	51.53	
		500	57.32	52.50	50.56	
		1000	56.19	51.16	49.06	
		1500	56.87	52.01	50.08	
		2000	57.06	52.34	50.56	
		藍	0	69.24	75.68	81.26
			500	69.02	77.61	85.30
			1000	67.71	77.34	86.27
	1500		68.39	77.67	86.20	
		2000	67.73	74.67	80.93	

QUV(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率	
E牌	白	0	96.54	86.89	82.72	
		500	95.83	85.78	81.34	
		1000	94.07	84.85	81.14	
		1500	95.34	85.42	81.15	
		2000	94.87	84.94	80.63	
	灰	0	49.70	52.03	55.28	
		500	49.40	50.95	53.65	
		1000	48.85	52.13	56.37	
		1500	49.13	52.21	56.28	
		2000	49.01	52.22	56.40	
	綠	0	69.77	59.48	59.19	
		500	71.60	63.43	66.64	
		1000	70.39	61.28	62.83	
		1500	70.64	61.39	62.87	
		2000	71.65	65.39	70.58	
	品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
	F牌	白	0	94.01	84.80	81.11
		500	91.28	81.72	77.69	
		1000	87.99	77.98	73.45	
		1500	88.27	77.93	73.10	
		2000	87.90	77.5	72.57	
	灰	0	70.01	61.72	57.26	
		500	38.53	46.34	58.33	
		1000	70.09	63.04	59.85	
		1500	68.07	59.65	55.14	
		2000	69.93	62.69	59.32	
	綠	0	79.94	75.89	79.11	
		500	78.30	72.19	73.16	
		1000	76.75	69.57	69.26	
		1500	76.53	68.68	67.70	
		2000	77.16	70.16	70.14	

QUV(底座:水泥磚)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率	
A 牌	灰	0	19.11	34.75	49.92	
		500	19.05	35.30	51.08	
		1000	18.95	35.79	52.19	
		1500	18.54	34.38	49.75	
		2000	19.36	36.01	52.23	
	藍	0	30.44	49.57	52.02	
		500	31.13	50.49	53.15	
		1000	30.68	52.33	56.06	
		1500	30.94	53.94	58.37	
		2000	31.21	53.70	57.80	
	品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
	B 牌	灰	0	40.92	35.69	32.49
			500	40.42	35.38	32.30
1000			40.31	35.21	32.07	
1500			40.64	35.66	32.64	
2000			41.10	35.89	32.71	
藍		0	43.51	56.03	64.93	
		500	43.90	56.75	66.00	
		1000	43.72	56.35	65.53	
		1500	44.04	55.95	64.45	
		2000	45.26	59.21	69.84	
品牌		顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
C 牌		白(1)	0	95.44	85.50	83.59
			500	96.25	87.77	85.09
	1000		94.57	86.03	83.15	
	1500		96.48	88.21	85.74	
	2000		96.88	89.49	87.86	
	磚紅	0	12.67	30.03	41.71	
		500	11.86	29.60	41.96	
		1000	11.81	27.29	37.67	
		1500	11.87	27.30	37.69	
		2000	12.15	29.45	41.37	
	品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
	D 牌	灰	0	58.37	51.30	47.40
			500	59.02	53.91	51.80
1000			56.94	52.02	50.00	
1500			59.23	54.03	51.84	
2000			58.90	53.29	50.76	
藍		0	69.52	75.52	80.89	
		500	68.38	73.85	78.74	
		1000	67.97	73.82	79.05	
		1500	68.77	74.26	79.22	
		2000	68.82	70.33	71.96	

QUV(底座:水泥磚)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
E 牌	灰	0	50.01	60.40	71.52
		500	49.89	59.99	70.85
		1000	49.35	59.07	69.51
		1500	49.97	59.65	70.07
		2000	50.19	58.83	68.21
	綠	0	71.52	66.08	71.59
		500	71.78	66.65	72.47
		1000	71.80	66.47	71.95
		1500	71.78	66.59	72.07
2000		72.42	67.25	72.85	
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
F 牌	灰	0	68.40	61.38	58.03
		500	69.01	62.00	58.68
		1000	67.94	60.94	57.51
		1500	68.72	61.78	58.50
		2000	69.32	62.24	58.88
	綠	0	80.33	77.33	81.65
		500	80.28	77.48	81.93
		1000	79.27	76.24	80.36
		1500	80.06	77.63	82.46
2000		80.23	77.32	81.72	

自然曝曬(底座:銅板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
A 牌	白	0	93.61	84.56	80.95
A 牌		500	94.46	82.89	76.17
		1000	88.11	78.35	73.87
		1500	88.53	79.40	71.62
		2000	86.61	77.42	73.33
		2500	86.74	78.14	74.59
	灰	0	19.71	37.44	54.72
		500	21.73	38.35	54.30
		1000	20.01	33.51	46.51
		1500	19.89	33.71	45.04
		2000	20.15	33.50	46.37
		2500	20.32	36.00	51.28
	綠	0	37.27	41.20	51.70
		500	40.56	43.29	52.73
		1000	37.47	41.12	51.20
		1500	36.83	40.09	47.93
		2000	37.20	40.45	50.06
		2500	36.69	39.88	49.37
	藍	0	31.91	53.87	57.48
		500	34.14	54.38	55.95
		1000	31.53	50.97	53.72
1500		31.18	48.69	52.84	
2000		31.85	49.90	52.16	
2500		31.44	48.62	50.62	
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
B 牌	白	0	82.40	71.17	64.89
B 牌		500	95.93	85.07	79.11
		1000	84.08	75.50	71.92
		1500	79.51	72.72	62.31
		2000	81.05	74.98	73.59
		2500	73.56	68.00	66.63
	灰	0	40.22	35.49	32.67
		500	41.97	36.82	33.37
		1000	36.54	33.10	31.37
		1500	36.06	32.54	29.73
		2000	35.06	31.85	30.23
		2500	32.51	30.04	28.97
	綠	0	51.82	57.79	64.10
		500	54.60	60.01	65.36
		1000	48.84	53.85	59.33
		1500	47.71	54.09	58.71
		2000	44.99	49.36	53.78
		2500	43.38	50.17	56.84

自然曝曬(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
C 牌	白(1)	0	97.92	90.66	88.96
		500	94.00	92.78	87.69
		1000	93.75	86.62	84.99
		1500	92.64	84.38	82.39
		2000	92.47	84.07	81.26
		2500	92.66	84.55	82.03
	白(2)	0	68.21	66.53	69.00
		500	72.79	63.03	57.36
		1000	66.19	59.42	56.72
		1500	66.35	59.32	57.14
		2000	66.15	61.08	60.04
		2500	66.11	60.95	59.79
	磚紅	0	12.78	30.51	42.65
		500	13.75	32.79	45.71
		1000	12.47	29.49	41.52
		1500	12.58	30.75	42.56
		2000	12.57	30.72	43.66
		2500	12.71	31.47	44.94
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
D 牌	白	0	95.00	86.87	84.34
		500	92.23	89.87	85.27
		1000	88.18	80.62	78.32
		1500	86.74	80.76	74.65
		2000	84.23	78.85	78.35
		2500	79.61	75.11	75.11
	灰	0	58.42	53.52	51.53
		500	61.90	55.74	52.25
		1000	54.92	50.69	49.22
		1500	53.63	49.62	47.49
		2000	53.35	49.61	48.54
		2500	51.88	48.50	47.64
	綠	0	80.89	75.56	79.33
		500	81.72	73.44	73.20
		1000	77.87	74.35	79.83
		1500	69.79	65.48	71.54
		2000	67.90	63.72	66.49
		2500	65.73	62.19	65.22

自然曝曬(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
D牌	藍	0	69.24	75.68	81.26
		500	72.96	81.60	88.85
		1000	64.50	66.77	69.05
		1500	61.53	66.50	67.67
		2000	60.04	63.91	67.85
		2500	59.63	68.49	77.15
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
E牌	白	0	96.54	86.89	82.72
		500	98.93	86.83	79.79
		1000	89.97	82.43	80.02
		1500	85.72	76.79	71.49
		2000	84.90	75.27	70.72
		2500	85.67	76.64	72.65
	灰	0	49.70	52.03	55.28
		500	52.02	56.33	61.00
		1000	47.32	47.94	49.82
		1500	44.91	48.91	50.02
		2000	45.46	47.83	51.17
		2500	45.81	50.06	55.04
	綠	0	69.77	68.92	59.19
		500	73.87	67.91	72.62
		1000	65.86	59.88	63.41
		1500	63.81	57.40	56.22
		2000	63.36	57.00	59.45
		2500	60.57	58.19	64.20
	藍	0	64.48	68.92	75.08
		500	66.26	65.32	65.84
		1000	61.08	62.24	65.28
		1500	58.34	60.98	65.49
		2000	56.85	55.91	56.93
		2500	58.83	61.13	65.33

自然曝曬(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
F牌	白	0	94.01	84.80	81.11
		500	92.23	89.47	83.67
		1000	91.96	83.50	80.51
		1500	91.52	83.01	70.31
		2000	91.19	82.79	79.85
		2500	90.67	82.35	79.45
	灰	0	70.01	61.72	57.26
		500	73.90	64.14	57.98
		1000	69.72	62.21	58.54
		1500	67.44	59.32	57.08
		2000	66.99	59.00	54.85
		2500	65.26	57.42	53.30
	綠	0	79.94	75.89	79.11
		500	85.29	80.25	82.22
		1000	79.09	74.29	76.65
		1500	77.72	75.55	72.81
		2000	77.34	74.24	78.16
		2500	77.52	73.96	77.36
	藍	0	82.42	79.33	81.49
		500	84.10	75.44	71.75
		1000	80.70	76.11	76.89
		1500	78.79	74.15	72.84
		2000	75.65	68.43	66.34
		2500	75.18	68.51	66.93

自然曝曬(底座:水泥磚)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
A 牌	白	0	90.08	79.70	74.84
		500	89.62	80.28	80.77
		1000	90.30	80.94	76.97
		1500	89.02	80.13	76.59
		2000	92.04	82.22	77.96
	灰	0	19.11	34.75	49.92
		500	19.08	35.67	51.82
		1000	19.52	36.07	52.18
		1500	19.62	35.48	50.93
		2000	20.01	36.73	52.98
	綠	0	36.97	40.45	50.55
		500	36.52	40.27	50.51
		1000	37.16	40.76	50.89
		1500	35.80	39.43	49.24
		2000	37.48	41.03	51.06
	藍	0	30.44	49.57	52.02
		500	30.66	51.61	54.97
		1000	31.19	52.25	55.77
		1500	30.75	51.37	54.85
		2000	31.61	52.52	55.88
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
B 牌	白	0	95.10	87.21	84.92
		500	92.08	85.16	83.56
		1000	89.94	83.54	82.39
		1500	83.42	78.17	77.67
		2000	36.25	76.92	76.75
	灰	0	40.92	35.69	32.49
		500	38.21	33.77	31.19
		1000	37.28	33.16	30.83
		1500	35.40	31.63	29.53
		2000	81.80	32.24	29.96
	綠	0	50.04	60.02	70.41
		500	42.20	47.28	52.33
		1000	49.51	55.03	60.53
		1500	47.69	53.75	59.92
		2000	49.04	53.89	58.93
	藍	0	43.51	56.03	64.93
		500	41.90	57.07	68.99
		1000	42.12	54.03	63.24
		1500	41.39	54.07	64.59
		2000	42.22	53.64	63.22

自然曝曬(底座:水泥磚)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
C 牌	白(1)	0	95.44	85.50	83.59
		500	92.66	82.59	78.29
		1000	92.44	81.81	77.04
		1500	83.42	78.17	77.67
		2000	92.69	81.85	76.94
	白(2)	0	68.64	64.26	64.09
		500	64.17	58.84	57.36
		1000	58.58	55.51	55.79
		1500	52.90	49.37	48.76
		2000	53.26	49.94	49.61
	磚紅	0	12.67	30.03	41.71
		500	12.84	28.67	39.42
		1000	12.45	26.74	36.60
		1500	12.34	25.97	35.55
		2000	12.72	25.38	33.97
	品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率
D 牌	白	0	94.30	86.11	83.60
		500	88.21	80.63	78.35
		1000	88.90	81.18	78.81
		1500	84.45	78.03	76.50
		2000	84.55	77.69	75.88
	灰	0	58.37	51.30	47.40
		500	56.15	51.83	50.30
		1000	56.06	51.83	50.40
		1500	54.02	50.22	49.04
		2000	55.26	51.27	49.99
	綠	0	78.56	72.52	75.02
		500	73.25	64.37	62.75
		1000	74.62	66.91	66.95
		1500	68.15	60.53	59.53
		2000	70.42	63.21	62.94
	藍	0	69.52	75.52	80.89
		500	64.08	64.44	64.93
		1000	64.73	65.85	67.16
		1500	60.96	62.20	63.84
		2000	62.24	62.67	63.64

自然曝曬(底座:水泥磚)

E 牌	白	0	93.38	81.82	75.90
		500	92.14	84.32	81.77
		1000	90.89	83.46	81.31
		1500	84.18	78.14	76.90
		2000	90.37	83.15	81.24
	灰	0	50.01	60.40	71.52
		500	48.16	59.41	71.47
		1000	47.91	59.27	71.36
		1500	46.94	57.83	69.42
		2000	48.64	59.81	71.77
	綠	0	71.52	66.08	71.59
		500	68.97	62.05	64.33
		1000	69.58	62.90	65.49
		1500	67.99	62.79	66.67
		2000	68.81	61.81	63.83
	藍	0	63.99	68.92	75.69
		500	61.81	64.42	68.87
1000		60.68	63.27	65.49	
1500		60.09	63.16	68.11	
2000		62.15	64.70	69.27	
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
F 牌	白	0	93.38	83.82	79.85
		500	86.41	75.61	70.00
		1000	88.41	77.87	72.68
		1500	89.92	80.18	75.81
		2000	89.75	78.67	73.06
灰	0	68.40	61.38	58.03	
		500	68.13	61.14	57.86
		1000	68.68	61.67	58.42
		1500	69.06	62.18	59.04
		2000	70.53	63.23	59.79
綠	0	80.33	77.33	81.65	
		500	78.58	76.17	80.76
		1000	78.97	76.89	81.74
		1500	77.97	75.83	80.38
		2000	81.72	79.33	83.92
藍	0	82.84	80.72	83.99	
		500	79.65	73.63	72.81
		1000	81.39	75.64	75.31
		1500	81.01	76.67	77.58
		2000	83.39	77.36	76.87

氙弧燈(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
A 牌	白	0	93.61	84.56	80.95
		500	92.46	83.89	80.77
		1000	91.74	83.95	81.43
		1500	93.31	84.72	81.44
		2000	93.42	84.97	81.84
		2500	93.45	85.05	81.95
	灰	0	19.71	37.44	54.72
		500	16.97	33.40	49.47
		1000	18.62	34.99	50.98
		1500	22.19	38.48	54.46
		2000	30.70	43.49	56.70
		2500	33.13	45.15	57.67
	綠	0	37.27	41.20	51.70
		500	36.23	40.22	50.76
		1000	36.72	40.46	50.37
		1500	37.46	41.19	51.21
		2000	39.04	42.20	51.49
		2500	35.85	40.24	50.77
	藍	0	31.91	53.87	57.48
		500	30.87	52.96	56.82
		1000	32.27	53.35	56.81
		1500	33.31	54.43	57.81
		2000	35.28	55.29	58.24
		2500	35.13	55.19	58.26
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
B 牌	白	0	82.40	71.17	64.89
		500	79.92	68.50	62.09
		1000	81.26	70.42	64.60
		1500	77.70	67.27	61.63
		2000	78.86	68.95	63.79
		2500	77.92	68.35	63.48
	灰	0	40.22	35.49	32.67
		500	38.59	34.11	31.56
		1000	39.96	35.13	32.41
		1500	40.71	35.76	33.05
		2000	41.74	36.61	33.79
		2500	41.47	36.76	34.25
	綠	0	51.82	57.79	64.10
		500	54.50	59.45	63.70
		1000	55.72	59.94	63.65
		1500	56.91	61.05	64.94
		2000	57.50	61.10	64.62
		2500	58.85	64.39	69.60

氙弧燈(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
B 牌	藍	0	43.81	58.75	69.71
		500	44.69	58.96	70.39
		1000	47.86	57.46	65.30
		1500	47.95	59.86	70.08
		2000	49.19	59.71	68.61
		2500	50.98	60.83	69.53
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
C 牌	白(1)	0	97.92	90.66	88.96
		500	97.28	89.97	88.39
		1000	97.95	90.55	88.95
		1500	97.71	90.45	88.86
		2000	97.63	90.34	88.80
		2500	97.46	90.42	89.06
	白(2)	0	68.21	66.53	69.00
		500	67.77	65.96	68.26
		1000	67.98	66.33	68.69
		1500	68.22	66.44	68.71
		2000	68.33	66.70	69.13
		2500	68.33	66.68	69.09
	磚紅	0	12.78	30.51	42.65
		500	13.69	30.97	42.75
		1000	16.33	32.02	42.43
		1500	16.36	32.79	43.93
		2000	15.15	32.00	43.50
		2500	14.92	32.03	43.86
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
D 牌	白	0	95.00	86.87	84.34
		500	92.89	84.69	82.19
		1000	93.94	86.16	84.11
		1500	53.44	85.82	83.38
		2000	93.59	85.66	83.34
		2500	93.23	85.42	83.22
	灰	0	58.42	53.52	51.53
		500	58.42	53.52	50.40
		1000	58.14	52.96	50.79
		1500	57.62	52.80	50.92
		2000	57.01	52.36	50.61
		2500	56.60	52.02	50.38

氙弧燈(底座:鋼板)

D 牌	綠	0	80.89	75.56	79.33
		500	80.58	76.73	82.31
		1000	80.30	76.42	81.68
		1500	80.82	76.84	82.15
		2000	80.76	76.66	81.88
		2500	80.67	76.73	82.14
	藍	0	69.24	75.68	81.26
		500	68.72	75.84	82.51
		1000	69.76	77.54	85.00
		1500	70.08	77.21	84.07
		2000	70.02	77.13	83.98
2500		69.87	77.03	84.02	
品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
E 牌	白	0	96.54	86.89	82.72
		500	95.74	87.40	84.63
		1000	96.07	87.96	85.41
		1500	96.84	88.43	85.50
		2000	96.44	88.35	0.919
		2500	96.72	88.61	85.85
	灰	0	49.70	52.03	55.28
		500	47.48	49.82	53.08
		1000	47.27	49.81	53.26
		1500	47.45	48.97	51.45
		2000	48.59	49.59	0.941
		2500	49.47	50.32	52.24
	綠	0	69.77	68.92	59.19
		500	72.13	64.34	67.15
		1000	71.61	64.04	66.80
		1500	70.87	63.32	65.91
		2000	70.63	62.76	0.942
		2500	72.14	64.67	66.04
	藍	0	64.48	68.92	75.08
		500	64.05	67.71	73.46
		1000	64.43	67.44	72.62
1500		65.50	68.55	73.87	
2000		65.62	68.35	0.940	
2500		66.07	68.32	73.13	

氙弧燈(底座:鋼板)

品牌	顏色	測試時間	可見光反射率	日射反射率	近紅外線反射率
F 牌	白	0	94.01	84.80	81.11
		500	91.31	81.65	77.58
		1000	91.90	82.28	78.35
		1500	91.74	82.10	78.06
		2000	90.89	81.15	76.99
		2500	91.26	81.90	78.06
	灰	0	70.01	61.72	57.26
		500	69.75	61.68	57.51
		1000	65.79	57.27	52.36
		1500	70.38	62.61	58.64
		2000	70.11	62.68	58.95
		2500	70.58	63.05	59.18
	綠	0	79.94	75.89	79.11
		500	79.20	74.97	77.87
		1000	79.80	76.38	80.05
		1500	78.98	74.86	77.62
		2000	79.63	75.27	77.81
		2500	79.63	74.83	76.82
	藍	0	82.42	79.33	81.49
		500	82.30	79.00	81.22
		1000	82.42	79.31	81.76
		1500	82.06	78.86	81.13
		2000	82.59	79.28	81.28
		2500	82.78	79.64	81.95

附錄九、建築用反射隔熱塗料(草案)

中華民國國家標準	建築用反射隔熱塗料(草案)	總號	
CNS		類號	
目 錄			
節次			頁次
前言			
1. 適用範圍.....			1
2. 引用標準.....			1
3. 用語及定義.....			1
4. 等級.....			3
5. 品質.....			3
6. 試驗法.....			4
6.1 取樣.....			4
6.2 試驗之一般條件.....			4
6.3 試驗用試樣之檢查與製備.....			4
6.4 太陽光反射率和近紅外反射率.....			4
6.5 半球發射率.....			4
6.6 水蒸氣透濕率試樣的製備.....			4
6.7 耐彎曲性試樣的製備.....			4
6.8 容器中的狀態.....			4
6.9 施工性.....			4
6.10 塗膜外觀.....			4
6.11 低溫穩定性.....			5
6.12 乾燥時間.....			5
6.13 耐鹼性.....			5
6.14 耐水性.....			5
6.15 耐洗刷性.....			5
6.16 塗層耐溫變性.....			5
6.17 耐彎曲性.....			5
6.18 拉伸性能.....			5
6.19 耐人工氣候老化性.....			5
6.20 不透水性.....			5
6.21 水蒸氣透濕率.....			5
7.0 檢驗.....			6
8.0 標示.....			6
附錄 A(規定).....			7
附錄 B(規定).....			10
附錄 C(規定).....			11
公 布 日 期	經濟部標準檢驗局印行	修 訂 公 布 日 期	
年 月 日		年 月 日	

1. 適用範圍

本標準規定了建築用隔熱塗料的術語和定義、分類、要求、試驗方法、檢測規則、標誌、包裝和儲存。本標準適用於工業與民間建築屋面和外牆用隔熱塗料。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 601 K2006 調合漆(合成樹脂型)

CNS 2925 Z4007 規定極限值之有效位數指示法

CNS 8144 K2125 溶劑型水泥漆

CNS 10756 K6800 塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)

CNS 10757 K6801 塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法)

CNS 11256 Z7192 X Y Z 表色系及 $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系之顏色表示法

CNS 11295 Z7195 利用三屬性表示色彩之方法

CNS 15200-1-1 K61152-1-1 塗料一般試驗方法-第1-1部:通則-一般試驗(條件與方法)

CNS 15200-1-2 K61152-1-2 塗料一般試驗方法-第1-2部:通則-取樣

CNS 15200-1-3 K61152-1-3 塗料一般試驗方法-第1-3部:通則-試驗用試樣之檢查與製備

CNS 15200-1-4 K61152-1-4 塗料一般試驗方法-第1-4部:通則-試驗用標準試驗板

CNS 15200-1-5 K61152-1-5 塗料一般試驗方法-第1-5部:通則-試驗板之塗裝(刷塗)

CNS 15200-1-6 K61152-1-6 塗料一般試驗方法-第1-6部:通則-調節與試驗之溫度及濕度

CNS 15200-1-7 K61152-1-7 塗料一般試驗方法-第1-7部:通則-膜厚測定

CNS 15200-1-8 K61152-1-8 塗料一般試驗方法-第1-8部:通則-參比樣品

CNS 15200-2-1 K61152-2-1 塗料一般試驗法-第2-1部:塗料性狀與安定性-加登納色標

CNS 15200-2-2 K61152-2-2 塗料一般試驗法-第2-2部:塗料性狀與安定性-黏度

CNS 15200-2-3 K61152-2-3 塗料一般試驗法-第2-3部:塗料性狀與安定性-密度

CNS 15200-2-4 K61152-2-4 塗料一般試驗法-第2-4部:塗料性狀與安定性-研磨細度

CNS 15200-2-5 K61152-2-5 塗料一般試驗法-第2-5部:塗料性狀與安定性-可使用時間

CNS 15200-2-6 K61152-2-6 塗料一般試驗法-第2-6部:塗料性狀與安定性-儲存安定性

CNS 15200-3-1 K61152-3-1 塗料一般試驗法-第3-1部:塗膜形成性-塗布面積(刷塗)

CNS 15200-3-2 K61152-3-2 塗料一般試驗法-第3-2部:塗膜形成性-表面乾燥性(小透明玻璃珠法)

CNS 15200-3-3 K61152-3-3 塗料一般試驗法-第3-3部:塗膜形成性-堅結乾燥性

CNS 15200-3-4 K61152-3-4 塗料一般試驗法-第3-4部:塗膜形成性-產品與被塗布面之適合性

CNS 15200-3-5 K61152-3-5 塗料一般試驗法-第3-5部:塗膜形成性-耐壓著性

CNS 15200-3-6 K61152-3-6 塗料一般試驗法-第3-6部:塗膜形成性-不黏著乾燥性

CNS 15200-4-1 K61152-4-1 塗料一般試驗法-第4-1部:塗膜視覺特性-遮蓋力

CNS 15200-4-2 K61152-4-2 塗料一般試驗法-第4-2部:塗膜視覺特性-顏色之目視比較

CNS 15200-4-3 K61152-4-3 塗料一般試驗法-第4-3部:塗膜視覺特性-測色(原理)

CNS 15200-4-4 K61152-4-4 塗料一般試驗法-第4-4部:塗膜視覺特性-測色(量測)

CNS 15200-4-5 K61152-4-5 塗料一般試驗法-第4-5部:塗膜視覺特性-測色(色差計算)

CNS 15200-4-6 K61152-4-6 塗料一般試驗法-第4-6部:塗膜視覺特性-鏡面光澤度

CNS 15200-5-1 K61152-5-1 塗料一般試驗法-第5-1部:塗膜機械性質:屈曲試驗(軸棒法)

- CNS 15200-5-2 K61152-5-2 塗料一般試驗法—第5—2部：塗膜機械性質：凹壓試驗
- CNS 15200-5-3 K61152-5-3 塗料一般試驗法—第5—3部：塗膜機械性質：衝擊試驗
- CNS 15200-5-4 K61152-5-4 塗料一般試驗法—第5—4部：塗膜機械性質：刮痕硬度（鉛筆法）
- CNS 15200-5-5 K61152-5-5 塗料一般試驗法—第5—5部：塗膜機械性質：刮痕硬度（截重針法）
- CNS 15200-5-6 K61152-5-6 塗料一般試驗法—第5—6部：塗膜機械性質：附著試驗（方格法）
- CNS 15200-5-7 K61152-5-7 塗料一般試驗法—第5—7部：塗膜機械性質：附著試驗（拉脫法）
- CNS 15200-5-8 K61152-5-8 塗料一般試驗法—第5—8部：塗膜機械性質：耐磨耗性（覆蓋砂紙之研磨輪法）
- CNS 15200-5-9 K61152-5-9 塗料一般試驗法—第5—9部：塗膜機械性質：耐磨耗性（研磨輪法）
- CNS 15200-5-10 K61152-5-10 塗料一般試驗法—第5—10部：塗膜機械性質：耐磨耗性（試片往復法）
- CNS 15200-5-11 K61152-5-11 塗料一般試驗法—第5—11部：塗膜機械性質：耐擦洗性及耐洗淨性
- CNS 15200-6-1 K61152-6-1 塗料一般試驗法—第6-1部：塗膜化學性質—耐液體性
- CNS 15200-6-2 K61152-6-2 塗料一般試驗法—第6-2部：塗膜化學性質—耐水性
- CNS 15200-6-3 K61152-6-3 塗料一般試驗法—第6-3部：塗膜化學性質—耐加熱性
- CNS 15200-7-1 K61152-7-1 塗料一般試驗法—第7-1部：塗膜之長期性能—耐鹽水噴霧
- CNS 15200-7-2 K61152-7-2 塗料一般試驗法—第7-2部：塗膜之長期性能—耐濕性（持續性水冷凝）
- CNS 15200-7-3 K61152-7-3 塗料一般試驗法—第7-3部：塗膜之長期性能—耐濕性（間歇性水冷凝）
- CNS 15200-7-4 K61152-7-4 塗料一般試驗法—第7-4部：塗膜之長期性能—耐濕冷熱循環試驗
- CNS 15200-7-5 K61152-7-5 塗料一般試驗法—第7-5部：塗膜之長期性能—室外暴露耐候性
- CNS 15200-7-6 K61152-7-6 塗料一般試驗法—第7-6部：塗膜之長期性能—人工耐候性及人工輻射暴露（濾過的氬弧輻射暴露）
- CNS 15200-7-7 K61152-7-7 塗料一般試驗法—第7-7部：塗膜之長期性能—加速耐候性（紫外線螢光燈及水）
- CNS 15200-7-8 K61152-7-8 塗料一般試驗法—第7-8部：塗膜之長期性能—耐循環腐蝕試驗法—鹽水噴霧/乾燥/濕潤
- CNS 15200-8-1 K61152-8-1 塗料一般試驗法—第8-1部：塗膜劣化評估—一般原則及等級
- CNS 15200-8-2 K61152-8-2 塗料一般試驗法—第8-2部：塗膜劣化評估—起泡等級
- CNS 15200-8-3 K61152-8-3 塗料一般試驗法—第8-3部：塗膜劣化評估—鏽蝕等級
- CNS 15200-8-4 K61152-8-4 塗料一般試驗法—第8-4部：塗膜劣化評估—龜裂等級
- CNS 15200-8-5 K61152-8-5 塗料一般試驗法—第8-5部：塗膜劣化評估—片狀剝落
- CNS 15200-8-6 K61152-8-6 塗料一般試驗法—第8-6部：塗膜劣化評估—粉化等級（黏膠帶法）
- CNS 15200-7-6 塗料一般試驗法—第7-6部：塗膜之長期性能—人工耐候性及人工輻射暴露（濾過的氬弧輻射暴露）
- CNS 15666 K2248 建築用長期耐候性面漆

3. 用語及定義

3.1 建築反射隔熱塗料

以合成樹脂為基料，與功能性顏填料及助劑等配製而成，施塗於建築物外表面，具有較高太陽光反射率、近紅外線反射率和表面輻射率。

3.2 明度

表示物體表面顏色明亮程度的視知覺特性值，以絕對白色與絕對黑色為基準給予分度，以L表示(顏色的三屬性之一)[CNS 11295]

3.3 太陽光反射率

在300nm-2500nm可見光和近紅外波段反射入射的太陽輻射通量的比值。

3.4 近紅外反射率

在780nm-2500nm近紅外線波段與反射與同波段入射的太陽輻射通量的比值。

3.5 半球射率

熱輻射體在半球方向上的輻射出射度與處於相同溫度的全輻射體(黑體)的輻射出射度的比值

4. 種類及等級

1. 低明度隔熱塗料: $L \leq 40$
2. 中明度隔熱塗料: $40 < L < 80$
3. 高明度隔熱塗料: $L \geq 80$

5. 品質

項目		低明度	中明度	高明度
容器中狀態		攪拌時無堅硬結塊且均勻		
乾燥時間/h		≤16		
耐鹼性		無異狀		
耐酸性		無異狀		
耐水性		96h 無異狀(水性), 168h 無異狀(溶劑型)		
耐洗刷性		2000 次(水性), 5000 次(溶劑型)		
耐彎曲性/mm		≤2(溶劑型)		
拉伸性能	拉身強度/MPa	≥1.0(水性)		
	斷裂伸長率/%	≥100(水性)		
外觀		不起泡、不剝落、無裂痕		
太陽光反射率		≥0.25	≥0.40	≥0.65
近紅外線反射率		≥0.40	≥L 值/100	≥0.80
半球發射率		≥0.85		
人工氣候老化後太陽光反射率變化		≤5%		
加速耐候性(氙弧燈)		第一級	第二級	第三級
		經規定照射時間後, 塗膜無龜裂、起泡或剝離, 試樣之色差不較參比樣品之色差大, 且粉化等級應為 1 或 0。		
		經 2,500 小時照射後, 光澤保持率 80 % 以上	經 1,200 小時照射後, 光澤保持率 80 % 以上	經 600 小時照射後, 光澤保持率 70 % 以上
室外曝曬耐候性		塗膜無龜裂、起泡或剝離, 光澤度變化程度與參比樣品比較差異不大, 色差值不較參比樣品大。		
		1. 光澤保持率 60 % 以上 2. 粉化等級應為 1 或 0	1. 光澤保持率 40 % 以上 2. 粉化等級應為 2、1 或 0	1. 光澤保持率 30 % 以上 2. 粉化等級應為 3、2、1 或 0
不透水性(附加要求, 可由供需雙方協商)		0.3MPa, 30min 不透水		
水蒸氣透濕率		≥8.0*10 ⁻³ (水性)		

6. 試驗法

6.1 取樣

產品按 CNS 15200-1-2 的規定進行取樣，取樣量應根據檢驗需要確定。

6.2 試驗之一般條件

試驗的一般條件依下列規定。

6.3 試片之備製

- (1) 產品未明示稀釋比例時，應攪拌均勻後製板，有明示稀釋比例時，應按明示稀釋比例加水或溶劑攪拌均勻後製板。當明示稀釋比例時為某一個範圍時，應取其中間值。
- (2) 試驗基材應符合 CNS 15200-1-4 要求。
- (3) 表 1 的各項檢驗項目所採用的基材均符合 6.3.2 的要求，試板數量各 3 塊，試板尺寸應為 150mm*70mm*(0.8-1.2mm)。
- (4) 將準備的樣品刮塗或噴塗在試片上，應保證塗膜表面平整，無明顯氣泡、裂紋等缺陷，溶劑產品最中乾膜厚度不應低於 0.10mm，水性產品不應低於 0.15mm。試板在 6.2 規定的條件下養護 168h。

6.4 太陽光反射率和近紅外反射率

L 值的測定應按 CNS 15200-4-4 的規定進行；太陽光反射率和近紅外反射率的測定應按附錄 A 或附錄 B 的規定進行，仲裁檢驗時附錄 A 的規定進行。

6.5 半球發射率

按附錄 C 的規定進行。

6.6 水蒸氣透濕率試樣的製備

選擇適宜的塗膜塗佈器再貼有 PE 膜的平板上塗佈，至少塗佈 2 道，每道間隔 24h，塗佈最後一道後，再標準試驗條件下養護 96h，然後脫膜，脫膜後，塗膜翻過來繼續再標準試驗條件下養護 72h，塗膜應平整，無氣泡、裂紋等缺陷。最終乾膜厚度在 200 μ m~300 μ m 之間。

6.7 耐彎曲性試樣的製備

採用 120 號線棒塗佈器在馬口鐵板上塗佈一道。在標準試驗條件下養護 168h。

6.8 容器中的狀態

打開包裝容器，用攪棒攪拌後目測有無硬塊、凝聚現象，是否易於混合均勻。

6.9 施工性

按照產品說明的塗佈量，用刷子在試板平滑面上刷塗試樣，刷塗後試板的長邊呈水平方向，短邊與水平面呈 85° 角豎放。水性產品放置 6h、溶劑型產品放置 24h 後，再用同樣方法塗刷第二道試樣。在第二道塗刷時，若刷子運行無困難，則可視為“塗刷二道無障礙”。

6.10 塗膜外觀

將 6.9 試驗結束後的試板在標準試驗條件下放置 24h，目視塗膜是否均勻，有無針孔和流掛。

6.11 低溫穩定性

將試驗裝入約 1L 的塑料或玻璃容器內，大致裝滿，密封後放入(-5 \pm 2) °C 的低溫箱中，18h 後取出容器，再於標準試驗條件下放置 6h。如此反覆三次後，打開容器，充分攪拌試樣，目視有無硬塊、凝及分離現象。

6.12 乾燥時間

按 CNS 15200-1-6 規定，乾燥至少 16 小時。

6.13 耐水性

按 CNS 10757 進行。

6.14 耐洗刷性

- 按 CNS 15200-5-11 規定進行。
- 6.15 耐鹼性
 - 按 CNS15200-6-1 規定進行。
- 6.16 耐酸性
 - 按 CNS15200-6-1 規定進行。
- 6.17 耐凹壓性
 - 按 CNS 15200-5-2 規定進行。
- 6.18 拉伸性能
 - 按 CNS 10757 規定進行。
- 6.19 耐人工加速老化
 - 按 CNS 15200-7-6 的規定進行。其中變色等級按 CNS 15200-8-1 中的 4.2.2 進行。
- 6.20 不透水性
 - 按 CNS 10757 規定進行。
- 6.21 耐濕冷熱環境循環
 - 按 CNS 15200-7-4 規定進行。

7. 檢驗

7.1 檢驗分類

7.1.1 出廠檢驗項目為 5.2 或 5.3 所列相應標準規定的出廠檢驗項目。

7.1.2 型式檢驗

型式檢驗項目包括 5.1 規定的全部項目以及 5.2 或 5.3 所列相應標準規定的全部項目。具備下列情況之一時，應進行型式檢驗：

- (a) 在正常生產情況下，人工氫後老化後太陽光反射率變化率項目兩年一次，其他項目一年一次。
- (b) 新產品或者產品轉廠生產的試驗制定型鑒定時。
- (c) 產品主要原材料及用量或生產工藝有重大變更，可能影響產品質量時。
- (d) 產品停產半年後，恢復生產時。

7.2 抽樣

以 5t 為一批，不足 5t 也作為一批。按 CNS 11256 的規定進行抽樣，抽樣量根據檢驗需要而定。CNS 11295

7.3.1 檢驗結果的判定

單項檢驗結果的判定應按 CNS 2925 修約值比較法進行。

7.3.2 綜合判定

檢驗結果全部符合第 5 章的要求時，判該批產品合格，若有一項不符合，允許以該產品中抽取雙倍樣品對不合格項進行複驗，複驗結果符合標準要求時判定該批產品合格，否則判定該批產品不合格。

8. 標示

8.1 標示

於包裝或容器上須標示下列事項

- (a) 產品名稱及顏色
- (b) 製造廠商名稱或商標
- (c) 製造日期或製造批號
- (d) 安全注意事項
- (e) VOC 最大限量值
- (f) 危害圖式

附錄 A

A1 原理

採用帶積分球的紫外、可見光、近紅外分光光度計或光譜儀精確測量不同波長的反射率。根據太陽光在熱射線波長範圍內的相對能量分布，通過加權平均的方法計算材料在一定波長範圍內的太陽光反射率和近紅外反射率。

A.2 試驗裝置

A.2.1 分光光度計或光譜儀

波長範圍應在 300nm-2500nm 或以上，最小波長間隔應為 5nm，波長精度不應低於 1.6nm，光度測量準確度應為±1%

A.2.2 積分球

內徑不應小於 60mm，內壁應為高反射材料

A.2.3 標準白板

壓制的硫酸鋇或聚四氟乙烯板，用於基線校準。

A.3 試板製備

按 6.3 的規定進行。

A.4 試驗過程

開機預熱至穩定

A.4.2 設置儀器參數，使用儀器配備的標準白板進行基線校準。

A.4.3 移開白板，將試板緊貼積分球放置於白板所在的位置，關閉儀器樣品蓋，然後進行測試。

A.5 計算

A.5.1

太陽光反射率應按是(A.1)計算

$$\rho = \frac{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} \rho_0(\lambda)\rho(\lambda)S_{\lambda}\Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300\text{ nm}}^{2500\text{ nm}} S_{\lambda}\Delta\lambda} \dots\dots\dots(A1)$$

式中：

ρ 試板的太陽光反射率

$\rho_0(\lambda)$ 標準白板的光譜反射率

$\rho(\lambda)$ 試板的光譜反射率

S_{λ} 太陽輻射相對光譜分布見表 A.1

$\Delta\lambda$ 波長間隔，單位為奈米(nm)

表 A.1 太陽輻射的標準相對光譜分布

波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_{\lambda} \times \Delta\lambda$
300	0	520	0.015357	1000	0.036097
305	0.000057	530	0.015867	1050	0.034110
310	0.000236	540	0.015827	1100	0.018861
315	0.000554	550	0.015844	1150	0.01328
320	0.000916	560	0.015590	1200	0.022551
325	0.001309	570	0.015256	1250	0.023376
330	0.001914	580	0.014745	1300	0.017756
335	0.002018	590	0.014330	1350	0.003743
340	0.002189	600	0.014663	1400	0.000741
345	0.002260	610	0.015030	1450	0.003792
350	0.002445	620	0.014859	1500	0.009693
355	0.002555	630	0.014622	1550	0.013693
360	0.002683	640	0.014526	1600	0.012203
365	0.003020	650	0.01445	1650	0.010615
370	0.003359	660	0.014313	1700	0.007256
375	0.003509	670	0.014023	1750	0.007183
380	0.003600	680	0.012838	1800	0.002157
385	0.003529	690	0.011788	1850	0.000398
390	0.003551	700	0.012453	1900	0.000082
395	0.004294	710	0.012798	1950	0.001087
400	0.007812	720	0.010589	2000	0.003024
410	0.011638	730	0.011233	2050	0.003988
420	0.011877	740	0.012175	2100	0.004229
430	0.011347	750	0.012181	2150	0.004142
440	0.013246	760	0.009515	2200	0.003690
450	0.015343	770	0.010479	2250	0.003592
460	0.016166	780	0.011381	2300	0.003436
470	0.016178	790	0.011262	2350	0.003163
480	0.016402	800	0.028718	2400	0.002233
490	0.015794	850	0.048240	2450	0.001202
500	0.015801	900	0.040297	2500	0.000475
510	0.015973	950	0.021384		

A.5.2 近紅外反射率應按式(A.2)計算

$$\rho_{\text{NIR}} = \frac{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{7500 \text{ nm}} \rho_s(\lambda) \rho(\lambda) S_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{7500 \text{ nm}} S_{\lambda} \Delta\lambda} \dots\dots\dots(A2)$$

ρ_{IR} 試板的近紅外反射率
 $\rho_s(\lambda)$ 標準白板的光譜反射率
 $\rho(\lambda)$ 試板的光譜反射率
 S_λ 太陽輻射相對光譜分布見表 A. 1
 $\Delta\lambda$ 波長間隔，單位為奈米(nm)

表 A. 2 近紅外太陽輻射的標準相對光譜分布

波長(nm)	$S_\lambda \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_\lambda \times \Delta\lambda$	波長(nm)	$S_\lambda \times \Delta\lambda$
780	0.05190	1420	0.00138	2060	0.00307
800	0.04952	1440	0.00243	2080	0.00334
820	0.03743	1460	0.00454	2100	0.00409
840	0.04404	1480	0.00537	2120	0.00396
860	0.04491	1500	0.00884	2140	0.00382
880	0.04282	1520	0.01205	2160	0.00365
900	0.03604	1540	0.01258	2180	0.00346
920	0.03115	1560	0.01248	2200	0.00328
940	0.01254	1580	0.01124	2220	0.00326
960	0.02129	1600	0.01097	2240	0.00325
980	0.02966	1620	0.01085	2260	0.00323
1000	0.03390	1640	0.01094	2280	0.00318
1020	0.03279	1660	0.01049	2300	0.00310
1040	0.03168	1680	0.01004	2320	0.00301
1060	0.03006	1700	0.00932	2340	0.00293
1080	0.02581	1720	0.00859	2360	0.00285
1100	0.01893	1740	0.00787	2380	0.00243
1120	0.00504	1760	0.00571	2400	0.00201
1140	0.00725	1780	0.00354	2420	0.00160
1160	0.01516	1800	0.00138	2440	0.00118
1180	0.02110	1820	0.00095	2460	0.00094
1200	0.01943	1840	0.00052	2480	0.00089
1220	0.02093	1860	0.00009	2500	0.00075
1240	0.02177	1880	0.00008		
1260	0.02064	1900	0.00007		
1280	0.01951	1920	0.00006		
1300	0.01646	1940	0.00051		
1320	0.01148	1960	0.00097		
1340	0.00482	1980	0.00354		
1360	0.00117	2000	0.00197		
1380	0.00054	2020	0.00290		
1400	0.00033	2040	0.00427		

A. 6 結果處理

取 3 塊試板的算數平均值作為最終結果，結果應精確至 0.01

附錄 B

B.1 原理

採用多個不同波段的探測器測量入射角為 20° 的輻射反射。通過探測器配備的濾光裝置，獲得與太陽光光譜特定波段一致的電子感應，經讀數模塊處理後得出太陽光反射率和近紅外反射率。

B.2 試驗裝置

B.2.1 便攜式反射率測定儀

B.2.1.1 測量頭

應由鎢鹵素燈、過濾器和多個不同波段的探測組成，鎢鹵素燈作為輻射源用於照射，過濾器用於調整輻射反射之與特定波段相適應，探測器用於感應不同波段的輻射反射。

B.2.1.2 讀數模塊

讀數模塊與測量頭相連，用於處理量頭的信號，反射比數字輸出信號以及顯示輸入參數或校準信息。讀數模塊數量分辨率應為 0.001。

B.2.2 校準裝置

包括黑腔體和標準板，黑腔體用於儀器調零，標準板用於儀器校準。

B.3 試板製備

按 6.3 的規定進行

B.4 試驗過程

B.4.1 開啟電源

B.4.2 用反射率為零的黑腔體調零，用已知反射率的標準板校準。每隔 30min 重複調零和校準。

B.4.3 將試板的塗層面緊貼量頭端口，避免光線洩漏。在測量頭指示燈閃爍的整個週期內，保證測量頭不動。當提示值穩定時，即可讀數。

B.5 結果處理

取 3 塊試板量測結果的算數平均值作為最終結果，結果應精確至 0.01。

附錄 C

C1 原理

加熱探測器內的熱電堆，使探測器和試板之間產生溫差。該溫差與試板的發射率呈現線性關係，通過比較高、低發射率標準板與試板表面溫差大小，得出試板的發射率。

C.2 試驗裝置

C.2.1 便攜式輻射計

C.2.1.1 差熱電堆式輻射能探測器

由可控加熱器、高發射率探頭元件和低發射率探頭元件構成，可控加熱應能保證探測器溫度高於試板溫度或標準板溫度。發射率探頭元件應能產生與溫差成比例關係的輸出電壓。探測器重覆性應為 ± 0.01 。

C.2.1.2 讀數模塊

讀數模塊應與差熱電堆式輻射能探測器相連，用於處理熱電堆輸出信號。讀數模塊數量分辨率應為 0.001。

C.2.1.3 熱沉

熱沉用於放置試板和標準板，熱沉應導熱良好，能使試板和標準板溫度穩定一致。

C.2.2 標準板

由於低發射率拋光不銹鋼標準板和高發射率黑色標準板組成。

C.3 試板備製

按 6.3 的規定進行。

C.4 試驗過程。

C.4.1 開啟電源，儀器預熱至穩定。

C.4.2 將高、低發射率標準板置於熱沉上，探測器分別放在高、低發射率標準板上 90s，通過微調使讀數與標準板的標示一致，再重覆一次此步驟。

C.4.3 將試板置於熱沉上 90s，然後將探測器放在試板上直至讀數穩定，即為量測結果。

C. 結果處理

取 3 塊試板量測結果的算數平均值作為最終結果，結果應精確至 0.01。

參考書目

1. 譚亮，熊永強，李文娟 (2009)，外牆隔熱塗料的製備與節能應用，新型建築材料，vol. 9, pp74-77.。
2. 林憲德，1995。建築及空調節能設計規範的解說與實例。詹氏書局。
3. 劉靜而，「軍用建築物外牆隔熱塗料開發研究」，國防大學化學及材料工程學系，碩士論文，2014。
4. 徐峰，邵侯招，儲建，環保型無機塗料，化學工業出版社，北京，2004。
5. 林基裕，“隔熱建材珍珠岩表面特性及其應用潛能之研究，碩士論文，2007。
6. 3M 公司，3M 玻璃微球、陶瓷微球應用指南，3M 公司，2010。
7. 葉宏，徐文武，葉暖強，莊雙勇，“陶瓷微球填充型隔熱塗料的有效導熱係數”，中國科學技術大學學報，第 36 卷，第 4 期，第 360-363 頁，2006。
8. 費凡，倪邦慶，佟麗華，“新型太陽熱反射塗料的組成與性能研究”，當代化工，第 38 卷，第 3 期，第 296-302 頁，2009。
9. 孫明杰，夏楚秋，文倩倩，“太陽熱反射隔熱塗料的研製”，塗料工業，第 40 卷，第 9 期，第 37-40 頁，2010。
10. 林宣益，“建築反射隔熱塗料的標準及應用探討”，上海申得歐有限公司，2011。
11. 石玉梅，楊文願，喬亞玲，“建築反射隔熱塗料的應用現狀及存在問題分析”。
12. 張雪芹，曲生華，蘇蓉芳，徐超“建築反射隔熱塗料隔熱性能影響因素及應用技術要點”。
13. 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
<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/sysEng/%E9%81%AE%E7%86%B1%E6%BC%86.htm>。
14. 張育誠、吳國光、林琨程，「薄薄一層，大有學問—隔熱塗料原理及其節能評估」，經濟部能源局--能源報導，2010 年 1 月。
15. <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201001&Page=14>
16. 鍾寶堂、黃元昌、徐雅怡，「透明防污隔熱節能塗料」，工研院材料與化工研究所，工研院電子報第 10308 期，2014。<http://edm.itri.org.tw/enews/epaper/10308/e01.htm>
17. 塗料の分類 1

http://www.geocities.jp/penkiya_sugimoto/page/c301_right_toryoubunnruil.html。

18. CNS 15666 建築用長期耐候性面漆。
19. CNS 15200-7-5 塗料一般試驗法—第 7-5 部：塗膜之長期性能—室外暴露耐候性。
20. CNS 15200-7-6 塗料一般試驗法—第 7-6 部：塗膜之長期性能—人工耐候性及人工輻射暴露（濾過的氬弧輻射暴露）。
21. CNS 15200-7-7 塗料一般試驗法—第 7-7 部：塗膜之長期性能—加速耐候性（紫外線螢光燈及水）。
22. CNS1183 膠合玻璃。
23. JIS K5600-7-6 第 7 部：塗膜の長期耐久性—第 6 節：屋外暴露耐候性。
24. 中華人民共和國國家標準 GB/T9780-2013 建築塗料塗層耐污性試驗方法。
25. 中華人民共和國建材行業標準 JC/T 1040-2007 建築外表面用熱反射隔熱塗料。
26. 中華人民共和國建材行業標準 JGT 235-2014 建築反射隔熱塗料。
27. 中華人民共和國國家標準 GB 9344-88 塑膠氬燈光源曝露試驗方法。
28. 楊冠雄，冷屋頂設計於我國氣候條件下之建築節能應用分析與驗證。
29. Q-LAB 公司，Q-Trac 自然太陽光跟蹤聚能曝曬裝置自然戶外加速曝曬。
30. Q-LAB 公司，用焦耳數定義實驗室加速和戶外暴露測試時間所引起的錯誤。
31. Q-LAB 公司，高輻照度紫外光照/冷凝設備提供更快的加速老化測試結果。
32. Gregory R.Fedor 和 Patrick J. Brennan¹，自然老化和螢光紫外曝曬的對比：UVA-340 燈管曝曬試驗結果。
33. 袁宏輝，孫杏蕾，張恒，氬弧燈老化與自然曝曬測試所得顏料耐候性的相關性。
34. Akbari, H. (1998) 'Cool roofs save energy', ASHRAE Transactions, vol 104, no 1B, pp783–788.
35. Akbari, H. and A. Desjarlais (2005) 'Cooling down the house', Professional Roofing, March, www.professionalroofing.net/article.aspx?A_ID=609.
36. Akbari, H., S. Bretz, H. Taha, D. Kurn and J. Hanford (1997) 'Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs', Energy and Buildings, vol 25, no 2, pp117–126.
37. Akbari, H., S. Konopacki, D. Parker, B. Wilcox, C. Eley and M. Van Geem (1998) 'Calculations in support of SSP90.1 for reflective roofs', ASHRAE Transactions, vol 104, no 1B, pp984–995.

38. Akbari, H., S. Konopacki and M. Pomerantz (1999) 'Cooling energy savings potential of reflective roofs for residential and commercial buildings in the United States', *Energy*, vol 24, pp391–407.
39. Akbari, H., S. Konopacki and D. Parker (2000) 'Updates on revision to ASHRAE Standard 90.2: Including roof reflectivity for residential buildings', in *ACEEE 2000 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, vol 1, Pacific Grove, CA, August, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, DC, pp1–11.
40. Akbari, H., M. Pomerantz and H. Taha (2001) 'Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas', *Solar Energy*, vol 70, no 3, pp295–310.
41. Akbari, H., R. Levinson and P. Berdahl (2005a) 'Review of residential roofing materials, Part I: A review of methods for the manufacture of residential roofing materials', *Western Roofing Insulation and Siding*, January/February, pp54–57.
42. Akbari, H., R. Levinson and P. Berdahl (2005b) 'Review of residential roofing materials, Part II: A review of methods for the manufacture of residential roofing materials', *Western Roofing Insulation and Siding*, March/April, pp52–58.
43. Akbari, H., C. Wray, T. T. Xu and R. Levinson (2006) 'Inclusion of solar reflectance and thermal emittance prescriptive requirements for steep-sloped nonresidential roofs in Title 24', <http://energy.ca.gov/title24/2008standards/prerulemaking>.
44. documents/2006-05-18_workshop/2006-05-19_NONRESIDENTIAL_STEEP-SLOPED_COOL_ROOFS.PDF.
45. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (1999) *ASHRAE Standard 90.1-1999: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
46. ASHRAE (2001) *ASHRAE Standard 90.1-2001: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
47. ASHRAE (2004a) *ASHRAE Standard 90.1-2004: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
48. ASHRAE (2004b) *ASHRAE Standard 90.2-2004: Energy-Efficient Design of*

- Low-Rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
49. ASHRAE (2007) ASHRAE Standard 90.2-2007: Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
 50. ASTM (American Society for Testing and Materials) (1998) 'ASTM E 1980-98: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces', in Annual Book of ASTM Standards, vol 04.12, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
 51. BCAP (Building Codes Assistance Project) (2007) 'Status of residential and commercial building state energy codes', www.bcap-energy.org.
 52. Berdahl, P., H. Akbari, R. Levinson and W. A. Miller (2008) 'Weathering of roofing materials – an overview', *Construction and Building Materials*, vol 22, no 4, April, pp423–433.
 53. CEC (California Energy Commission) (2001) 2001 Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings, P400-01-024, California Energy Commission, Sacramento, CA.
 54. CEC (2006) 2005 Building Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings, CEC-400-2006-015, California Energy Commission, Sacramento, CA.
 55. Census (2007) US Census Bureau State and County Quickfacts, <http://quickfacts.census.gov>.
 56. Chicago (2001) 'Amendment of Title 18 of Municipal Code of Chicago Concerning Energy Efficiency Requirements', *Journal of the City Council of Chicago*, 6 June, p60939.
 57. Chicago (2007) City of Chicago Energy Conservation Code, Index Publishing Corporation, Chicago, IL.
 58. DOE-2 (2007) Lawrence Berkeley National Lab DOE-2 website, <http://simulationresearch.lbl.gov/dirsoft/d2whatis.html>
 59. Eley (2007) Pers comm with Charles Eley, Architectural Energy Corporation, 17 August.
 60. Eley Associates (2003a) Assessment of Public Policies Affecting Cool Metal Roofs, Final report prepared for the Cool Metal Roofing Coalition,

- www.coolmetalroofing.org/elements/uploads/casestudies/TMI_CaseStudy_28.pdf.
61. Eley Associates (2003b) Hawaii Commercial Building Guidelines for Energy Efficiency, www.archenergy.com/library/general/hawaii.html.
 62. Eley Associates (2007) Guam Building Energy Code, <http://eley.com/guam>
 63. Eilert, P. (2000) High Albedo (Cool) Roofs: Codes and Standards Enhancement (CASE) Study, Pacific Gas & Electric report, www.energy.ca.gov/title24/2001standards/associated_documents/2000-11-17_PGE_CASE.PDF.
 64. EnergyGauge (2007) EnergyGauge USA FlaRes2007 Energy and Economic Analysis Software, www.energygauge.com.
 65. EPA (US Environmental Protection Agency) (2007) Roof Products Criteria for US EPA Energy Star program, www.energystar.gov/index.cfm?c=roof_prods.pr_crit_roof_products.
 66. FBC (Florida Building Commission) (2001) 2001 Florida Building Code, Florida Building Commission, Tallahassee, FL, www.floridabuilding.org.
 67. FBC (2004) 2004 Florida Building Code, Florida Building Commission, Tallahassee, FL, www.floridabuilding.org.
 68. FBC (2007) Proposed Modification to the Florida Building Code: Chapter 11, Energy Efficiency, www.dca.state.fl.us/FBC/thecode/Res_Chapter_11.rtf.
 69. GBC (US Green Building Council) (2001) Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations (LEED-NC), Version 2.0, US Green Building Council, www.usgbc.org.
 70. GBC (2002) Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations (LEED-NC), Version 2.1, US Green Building Council, www.usgbc.org.
 71. GBC (2005) Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations (LEED-NC), Version 2.2, US Green Building Council, www.usgbc.org.
 72. Hildebrandt, E., W. Bos and R. Moore (1998) 'Assessing the impacts of white roofs on building energy loads', ASHRAE Technical Data Bulletin, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, vol 14, no 2, pp28–36.
 73. ICC (International Code Council) (2003) 2003 International Energy Conservation

Code, www.iccsafe.org.

74. ICC (2006) 2006 International Energy Conservation Code, www.iccsafe.org.
75. Jump, D. and M. Modera (1994) Energy Impacts of Attic Duct Retrofits in Sacramento Houses, LBL-35375, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
76. Konopacki, S. and H. Akbari (1998) Simulated Impact of Roof Surface Solar Absorptance, Attic, and Duct Insulation on Cooling and Heating Energy Use in Single-Family New Residential Buildings, LBNL-41834, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
77. Konopacki, S. and H. Akbari (2001) Measured Energy Savings and Demand Reduction from a Reflective Roof Membrane on a Large Retail Store in Austin, LBNL-47149, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
78. Konopacki, S., L. Gartland, H. Akbari and L. Rainer (1998) Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs, LBNL-40673, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
79. Levinson, R., H. Akbari, S. Konopacki and S. Bretz (2005a) 'Inclusion of cool roofs in nonresidential Title 24 prescriptive requirements', *Energy Policy*, vol 33, no 2, pp151–170.
80. Levinson, R., P. Berdahl and H. Akbari (2005b) 'Solar spectral optical properties of pigments, part I: Model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements', *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol 89, pp319–349.
81. Levinson, R., P. Berdahl and H. Akbari (2005c) 'Solar spectral optical properties of pigments, part II: Survey of common colorants', *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol 89, pp351–389.
82. Levinson, R., P. Berdahl, A. A. Berhe and H. Akbari (2005d) 'Effects of soiling and cleaning on the reflectance and solar heat gain of a light-colored roofing membrane', *Atmospheric Environment*, vol 39, pp7807–7824.
83. Levinson, R., P. Berdahl, H. Akbari, W. Miller, I. Joedicke, J. Reilly, Y. Suzuki and M. Vondran (2007) 'Methods of creating solar reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials', *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol 91, pp304–314.
84. MCC (Maui County Code) (2004) A Bill for an Ordinance Amending Title 16, Maui

- County Code, Pertaining to Energy Efficiency Standards for Buildings, www.co.maui.hi.us/files/ordinance/LF-Ord3240_etcoujogl.pdf
85. MICROPAS (2007) MICROPAS product website, <http://micropas.com>.
 86. Parker, D. (2005) Technical Support for Development of an Attic Simulation Model for the California Energy Commission, Florida Solar Energy Center report FSEC-CR-1526-05, www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/FSEC-CR-1526-05.pdf
 87. Parker, D. (2007) Pers comm from Danny Parker, Florida Solar Energy Center, 13 August.
 88. Parker, D., J. Huang, S. Konopacki, L. Gartland, J. Sherwin, and L. Gu (1998a) 'Measured and simulated performance of reflective roofing systems in residential buildings', ASHRAE Transactions, vol 104, no 1, Atlanta, GA.
 89. Parker, D., J. Sherwin and J. Sonne (1998b) 'Measured performance of a reflective roofing system in a Florida commercial building', ASHRAE Technical Data Bulletin, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, vol 14, no 2, pp7–12.
 90. PG&E (Pacific Gas & Electric) (2007) Pacific Gas & Electric Cool-Roof Rebate Program, www.pge.com/myhome/saveenergymoney/rebates/remodeling/coolroof
 91. ROH (Revised Ordinances of Honolulu) (2001) Revised Ordinances of Honolulu, City and County of Honolulu.
 92. ROH (2004) Revised Ordinances of Honolulu, City and County of Honolulu.
 93. ROH (2007) Revised Ordinances of Honolulu, www.honolulu.gov/refs/roh.
 94. SCE (Southern California Edison) (2007) Southern California Edison Cool-Roof Rebate Program, www.sce.com/RebatesandSavings/Residential/_Heating+and+Cooling/CoolRoof.
 95. SMUD (Sacramento Municipal Utility District) (2007) Sacramento Municipal Utility District Residential Cool-Roof Program, www.smud.org/rebates/cool%20roofs.
 96. Swami, M. (2007) Pers comm from Muthusamy Swami, Florida Solar Energy Commission, Developer of FLA/COM performance compliance software, 14 June.
 97. Taha, H. (2001) Potential Impacts of Climate Change on Tropospheric Ozone in California: A Preliminary Episodic Modeling Assessment of the Los Angeles Basin and the Sacramento Valley, LBNL-46695, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
 98. Wiig, H. (2007) Pers comm from Howard Wiig, Institutional Energy Analyst,

Department of Business, Economic Development and Tourism, Hawaii, 14 June.

99. Wray, C., H. Akbari, T. T. Xu and R. Levinson (2006) Inclusion of Solar Reflectance and Thermal Emittance Prescriptive Requirements for Residential Roofs in Title 24, www.energy.ca.gov/title24/2008standards/prerulemaking/documents/2006-05-18_workshop/2006-05-17_RESIDENTIAL_ROOFS.PDF.
100. Zhongyi, Z., James, M., Hom, N. D., Jovana, R., Constandinos, H., Miltiadis, T. and Nick, B., "Enhanced Water Retention and Thermal Insulation of Masonry by Zinc Oxide Treatment," *Energy and Buildings*, Vol.54, pp.40-46, 2012.
101. Paul Berdahl, Hashem Akbari, Ronnen Levinson, Jeffry Jacobs, Frank Klink, Rebecca Everman Three-year weathering tests on asphalt shingles: Solar reflectance.
102. Mohamad Sleiman, Thomas W. Kirchstetter, Paul Berdahl, Haley E. Gilbert Sarah Quelen, Lea Marlot, Chelsea V. Preble, Sharon Chen, Amandine Montalbano, Olivier Rosseler, Hashem Akbari, Ronnen Levinson, Hugo Destailats, Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part II: Development of an accelerated aging method for roofing materials.
103. ASTM G155 Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.
104. ASTM D6695 Standard Practice for Xenon-Arc Exposures of Paint and Related Coatings.
105. ASTM G154 Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.
106. ASTM G7 Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Nonmetallic Materials.
107. ASTM E1980 Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces.
108. ASTM G151 Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources.
109. ASTM C1371 Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers.
110. ASTM E408 – 13 Standard Test Methods for Total Normal Emittance of Surfaces Using Inspection-Meter Techniques.
111. ASTM C1549 Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer.

112. ASTM E903 Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres.
113. ISO 11341:2004 Paints and varnishes -- Artificial weathering and exposure to artificial radiation -- Exposure to filtered xenon-arc radiation.
114. ISO 4892-2:1994 Plastics -- Methods of exposure to laboratory light sources -- Part 2: Xenon-arc sources.
115. ISO 10292:1994 Glass in building -- Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing.
116. ISO 9050:2003 Glass in building -- Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors.