建築物結構耐火技術之研究（Ⅰ）-

建築鋼結構防火被覆耐火性能評估與驗證機制之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

（國科會 GRB 編號）
ＰＧ９６０３－０１０５
（本部計畫編號）
０９６３０１０７０００Ｇ１０１３

建築物結構耐火技術之研究（Ⅰ）-

建築鋼結構防火被覆耐火性能評估與驗證機制之研究

受 委 託 者：中華大學
研究主持人：鄭紹材
研 究 助 理：蔡哲安、張婉瑩

內政部建築研究所委託研究報告
中華民國 96 年 12 月

目次

表次.....III

圖次.....VII

摘要.....IX

第一章 緒　論.....1

第一節 研究緣起與背景.....1
第二節 研究方法與流程.....2
第三節 研究目的與研究成果.....4

第二章 鋼材高溫行為與防火被覆材料.....5

第一節 鋼材之高溫行為.....5
第二節 防火被覆材料之分類.....6
第三節 噴附式防火被覆材料.....7
第四節 防火被覆板.....17
第五節 膨脹型耐火塗料.....20

第三章 鋼結構防火被覆耐火性能之評估方式.....29

第一節 英國 ASFP 之評估模式.....29
第二節 美國 UL 之評估模式.....50

第四章 耐火塗料性能需求與檢驗分析.....57

第一節 耐火塗料之性能需求.....57
第二節 市售耐火塗料之檢驗分析.....66
第三節 鋼結構耐火塗料標準之草案.....79

第五章 耐火塗料之熱分析與材料辨識.....85

第一節 熱分析原理.....85
第二節 熱分析試驗方法.....92
第三節 熱分析結果與討論.....94

第六章 結論與建議.....105

第一節 結論.....105
第二節 建議.....106
附錄一 中華人民共和國國家標準 GB 14907－2002....111
附錄二 性能項目之問卷.....125
附錄三 問卷發放對象.....137
附錄四 96 年委辦案評選會議評選委員意見及處理情形
.....139
附錄五 期中簡報會議審查委員意見及處理情形.....141
附錄六 期末簡報會議審查委員意見及處理情形.....143
附錄七 第一次專家座談會會議紀錄及處理情形.....147
附錄八 第二次專家座談會會議紀錄及處理情形.....151
參考書目.....153

表次

表 2-1 被覆材料檢驗合格值 9
表 2-2 國內認可使用之噴附式防火被覆材料 9
表 2-3 品質查證紀錄 12
表 2-4 施工品質抽查紀錄表 13
表 2-5 重點抽驗表 14
表 2-6 施工成效評核表 15
表 2-7 國內認可使用之防火被覆板 18
表 2-8 國內認可使用之膨脹型耐火塗料 23
表 3-1 用周長之值計算鋼材斷面因子的防火層厚度 Hp/A(A/V) 34
表 3-2 一般結構綱的有效降伏強度因子與溫度之變化 .36
表 3-3 柱與梁之限制溫度 37
表 3-4 各鋼材與各防火處理時製造與使用所需之厚度 .38
表 3-5 個別斷面所需應用之斷面尺度噴塗最大厚度 41
表 3-6 使用載重梁試驗數據的限制 45
表 3-7 允許延伸使用的數據 46
表 3-8 組合體防火等級之編碼系統 51
表 4-1 CNS 標準與塗料理化機械性能有關之一覽表 58
表 4-2 GB 14907-2002室內鋼結構防火塗料技術性能 (理化機械性能部份).....60

表 4-3 GB 14907-2002室外鋼結構防火塗料技術性能(理化機械性能部份).....60

表 4-4 各國鋼樑、柱構件試驗規範比較.....61

表 4-5 CNS 塗料相關標準(耐候性能部分).....62

表 4-6 BS 8202 Prat 2:1992建議耐火塗料之耐候性試驗項目及性能要求.....63

表 4-7 GB 14907-2002鋼結構防火塗料技術性能(耐候性能部份).....63

表 4-8 CNS 標準與塗料耐久性能有關之一覽表.....65

表 4-9 BS 8202 Prat 2:1992建議耐火塗料之耐久性試驗項目及性能要求.....65

表 4-10 檢驗方法及材料參數.....66

表 4-11 容器內狀態試驗結果.....69

表 4-12 密度試驗結果.....70

表 4-13 黏度試驗結果.....71

表 4-14 乾燥時間試驗數據.....72

表 4-15 塗膜外觀試驗結果.....73

表 4-16 衝擊試驗結果.....74

表 4-17 耐冷熱反覆試驗結果.....75

表 4-18 加速耐候試驗結果.....77

表 4-19 A、B、C 三種塗料檢驗之綜合結果.....78

表 4-20 草案條文與說明對照表.....80

表 4-21 鋼結構耐火塗料（草案）.....83

表 5-1 熱分析試驗材料參數.....92

表 5-2 熱分析反應的四個階段.....103

表 5-3 材料廠商之實施步驟.....104

表 6-1 鋼結構耐火塗料（草案）.....108

圖次

圖 1-1 研究流程圖 3
圖 2-1 鋼材在高溫下的折減係數 5
圖 2-2 箱型噴附 7
圖 2-3 鋼柱之防火被覆板 17
圖 2-4 膨脹型耐火塗料作用過程 20
圖 2-5 耐火塗料阻熱過程 22
圖 3-1 三面防火之技術 29
圖 3-2 四面防火之技術 30
圖 3-3 一般鋼梁在 BS 476 的防火測試 31
圖 3-4 一般鋼柱在 BS 476 的防火測試 31
圖 3-5 斷面因子之概念 33
圖 3-6 鋼材限制溫度 48
圖 4-1 耐火塗料性能之特性要因圖 57
圖 4-2 膜厚計 68
圖 4-3 比重杯 69
圖 4-4 B 型黏度計.....71
圖 4-5 本研究草擬之國內鋼結構耐火塗料標準架構圖 79
圖 5-1 熱差分析儀內部結構示意圖 87
圖 5-2 熱差分析放熱反應與吸熱反應測試圖 87

圖 5-3 依爐體與樣品盤放置位置的不同可分為三種類型 88

圖 5-4 熱重分析儀內部結構示意圖 90

圖 5-5 熱重分析的反應測試結果 91

圖 5-6 熱重/熱差分析儀 93

圖 5-7 A1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 94

圖 5-8 A2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 95

圖 5-9 A3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 95

圖 5-10 B1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....96

圖 5-11 B2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....96

圖 5-12 B3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....97

圖 5-13 C1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 97

圖 5-14 C2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 98

圖 5-15 C3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線 98

圖 5-16 (A2,B2,C2)-0.5 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....99

圖 5-17 (A2,B2,C2)-1 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....100

圖 5-18 (A2,B2,C2)-2 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....100

圖 5-19 (A3,B3,C3)-0.5 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....101

圖 5-20 (A3,B3,C3)-1 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....101

圖 5-21 (A3,B3,C3)-2 之 TGA 及 DTA 試驗曲線.....102

摘要

關鍵詞：耐火塗料、鋼結構、熱分析、耐火性能

一、研究緣起

膨脹型耐火塗料有塗佈厚度薄、質輕、色彩美觀、施工容易等優點，已成為建築鋼結構廣泛使用之耐火塗料。但鋼結構用耐火塗料(fire resistance coating)外觀方面與一般油漆塗料相近，一般使用者分辨不易；目前經審核認可的耐火塗料約有十七項產品，但國內有關塗料方面的標準，容易和裝修材料用阻燃塗料(fire-retardant coating)、無機質耐火被覆材料或其他塗料的標準混為使用，而造成設計者、施工者、監造者使用上之困擾，也會造成防火安全上的隱憂。因此鋼結構耐火塗料性能要求標準之建立，乃是建築防火工程的重要課題。

另外，本計畫採用熱分析技術，運用塗料受熱後分解，產生化學的熱反應，可獲得個別產品熱重分析（TGA）與熱差分析（DTA）的圖譜，此創新技術可應用在後市場管理，做為產品之辨識。

二、研究方法及過程

本研究使用之研究方法主要包括「次級資料分析法」、「專家問卷與專家座談」與「試驗分析」。進行相關文獻之收集與整理，以了解國內、國外（大陸、英國）對鋼結構耐火塗料之性能基準、要求與檢驗方法。結合塗料廠商、專家學者進行問卷調查及訪談，並經由專家會議，草擬耐火塗料性能與檢驗方法之標準。另外，利用熱分析技術，掌握耐火塗料熱分析圖譜的特徵，提供材料辨識之依據。

三、重要發現

耐火塗料必需的性能有一般之基本性能，耐火性能與耐久性能。歸納檢驗之性能項目有容器內狀態、密度、黏度、乾燥時間、耐衝擊性、耐火性、耐冷熱反覆性、耐濕熱性、耐鹽水噴霧性、加速耐候性等十項。考慮融入其他標準時相容性的問題，經由討論與考量後，以獨立的提案方式會較佳。

以熱重分析和熱差分析為主的熱分析技術，個別的塗料產品的圖譜，呈現良好的再現性關係；而相異的塗料產品之間亦有良好的鑑別度。本計畫應用之熱分析技術，已初步具有材料辨識的功用。

四、主要建議事項

本研究在耐火塗料品質與後市場管理方面之建議事項如下：

A. 立即可行之建議

（1）由內政部建築研究所向經濟部標準檢驗局提案，提出「鋼結構耐火塗料」（草案）。可建立國內耐火塗料性能要求之標準與檢驗方法。

（2）國內之評定機構在接受評定委託時，可要求廠商提交塗料乾膜試片，試片包括應用的底漆與面漆。由評定機構送至經認可之試驗室，進行熱分析試驗，將試驗結果之圖譜建檔管理，配合追蹤服務，強化後市場管理。

B. . 中長期之建議

（1）以本研究熱分析技術為架構，全面實施國內耐火塗料圖譜之建檔管理。

（2）針對國外評估防火材料耐火性能之程序，應在國內實做模擬，透過產、官、學合作，除可提昇國內試驗與評定的技術，更有助於國內防火材料廠商拓展市場的能力。

（3）建議持續進行耐火塗料在耐候性與耐久性方面之研究計畫，以掌握耐火塗料性能老化問題與耐火性能之關係。

ABSTRACT

Keywords: fire resistance coating, steel structure, thermal analysis, fire resistance performance

1. Introduction to research

The inflationary fire resistance coating has advantages of thin, light and colorful and has been extensively being used as fire resistance coating for the steel structure. The outward appearance of the fire resistance coating for steel structure use is similar to the ordinary coating paint and users are difficult to tell the difference. Presently, there are 17 items of approved fire resistance coatings. Domestically, the standard of coating has not been clearly specified leading to the mixed use of fire-retardant coating for decoration use, the inorganic fire resistance coating material or other standard of coatings. They cause hassle for designers, installation workers, and construction supervisors and can cause hazard in fire prevention, thereby setting standard requirements for fire resistance coating for steel structure use has become an important topic in fire protection engineering of buildings.

Moreover, this plan uses thermal analysis technology to produce chemical thermal reactions through decomposition of coating under heating and obtain TGA and DTA spectrum of individual products. Therefore, this innovative technology can be used in post-market management for product identification.

2. Research method and process

The research method used in this research project mainly comprises of "Sub-data analysis method," "specialists and experts forum" and "experimental analysis." Relevant documents have been collected and compiled to understand the standard functions of fire resistance coating for steel structure use in Taiwan, overseas (mainland China and the U.K.), requirements and inspection methods. Through questionnaire investigation and interview of the coating suppliers, experts and scholars, and through meetings by the experts, a standard for function

and inspection method of the fire resistance coating has been drafted. Furthermore, the thermal analysis technology is being employed for mastery of the special characteristics of the thermal analysis spectrum of the fire resistance coating and provides a basis for material identification.

3. Important findings

The necessary functions of the fire resistance coating are general and basic function, fire resistance function and durability function. The inspection functions total 10 items, namely: container internal status, density, viscosity, drying time, impact resistance, fire resistance, repeating hot and cold resistance, moisture and heat resistance, resistance of salty water spray and accelerated climate resistance. Considering the compatibility issue of merging other standards, an independent proposal is better after repeated discussions and considerations.

Using the thermal analysis technology of mainly TGA and DTA, the spectrum of individual coating products shows a fairly good relation of repeatability; and the identification of different coating products is also fairly good. The thermal technology used in this plan has already had the preliminary function of material identification.

4. Important recommendations

This research project proposes following recommendations for the quality of fire resistance coating and post-market management:

a. For immediate recommendations:

（1）The Architecture Institute of the Ministry of Interior has presented proposal to the Bureau of Standardization of the Ministry of Economic Affairs on "fire resistance coating for steel structure " (Draft). This will help setting the required standards and inspection methods for the function of the fire resistance coating in Taiwan.

（2）In accepting appraisal assignments the domestic appraisal institute could ask suppliers to provide dry coating films for testing and the testing films include the base paint and the surface paint. The appraisal institute

should deliver to the approved testing room for thermal analysis experiment and set up spectrum files of experimental results for management and coupled with tracking services to improve post-market management.

b. For long-term recommendations

（1）Using thermal analysis technology as the framework this research implements all round spectrum file management of the fire resistance coatings.

（2）Following procedures on overseas appraisal of the function of fire resistance coating, simulation should be carried out at home, through cooperation of production, government and the academic circle, to improve the testing and appraisal technology in Taiwan and enhance the capability of domestic manufacturers of fire resistance coatings in market development.

（3）It is recommended to continue to carry out research plans on climate resistance and durability of the fire resistance coatings to understand the relation between aging and fire resistance of fire resistance coatings.

第一章 緒　論

第一節 研究緣起與背景

鋼結構工程用之鋼鐵材料本身由於耐火性能不佳，對於建築物防火上較為不利，一般鋼材處於溫度達 593℃之環境時，鋼材本身之降伏強度及抗拉強度約下降至原始設計強度之 50%，遠低於一般設計強度，而無法提供承載能力，往往造成鋼材變形、建築物崩塌等現象產生，進而影響人員生命財產安全。鋼結構工程之防火方式，皆以隔熱性為首要目標，由於膨脹型耐火塗料有塗佈厚度薄、質輕、色彩美觀、施工容易等優點，已成為建築鋼結構廣泛使用之防火被覆材料。但鋼結構用耐火塗料(fire resistance coating)易與裝修材料用防火塗料(fire-retardant coating)或其他塗料混用、或冒用，在 95 年 8 月板橋地檢署起訴某公司陳姓負責人，以自行調配不具防火效果銷售與施工。導致全台多處百貨公司、醫院、加油站、石油分裝廠及校舍，可能超過二百處（自由時報，2006. 8.24 報導）[1]受騙而誤用，已嚴重影響建築物防火安全。由於耐火塗料在外觀方面與一般油漆或其他塗料相近，一般使用者分辨不易，因此建立檢驗標準與檢驗機制，可以在使用前執行材料使用管制，提供工程施工品質材料檢驗的基準。

從台灣建築中心與成大研究發展基金會公佈統計目前 96 年 12 月審核認可的耐火塗料廠商約十三家，計有二十八項耐火塗料產品，但國內相關材料標準仍未建立，甚至與無機質耐火被覆材料或其他塗料的標準，混為使用，亦是造成設計者、施工者、監造者之困擾，因此鋼結構耐火塗料性能要求與檢驗標準之建立，是建立完善建築防火工程的重要一環。

[1] 林俊宏、李靜芳、唐在馨、曾慧雯、陳梅英，「黑心塗料不耐燃『漆』騙百貨、醫院」。自由時報，民國 95 年 8 月 24 日。

第二節 研究方法與流程

本研究之研究方法主要包括「文獻回顧」、「專家座談」、「試驗分析」，其內容說明如下：

一、文獻回顧：

進行相關文獻之收集與整理，以了解國內、國外（大陸、英國）目前針對鋼結構耐火塗料之性能基準、要求與檢驗方法。

二、專家問卷與座談：

結合專家會議，塗料廠商、專家學者進行問卷調查及訪談，草擬國內耐火塗料性能要求與檢驗方法之國家標準。

三、試驗分析：

利用熱分析技術掌握耐火塗料之分析圖譜，建立材料辨識之技術。此試驗可利用建築研究所台南防火試驗中心之熱分析設備進行試驗分析。以避免「黑心塗料」冒用之情形。

本計畫研究流程圖如 1-1 圖所示：

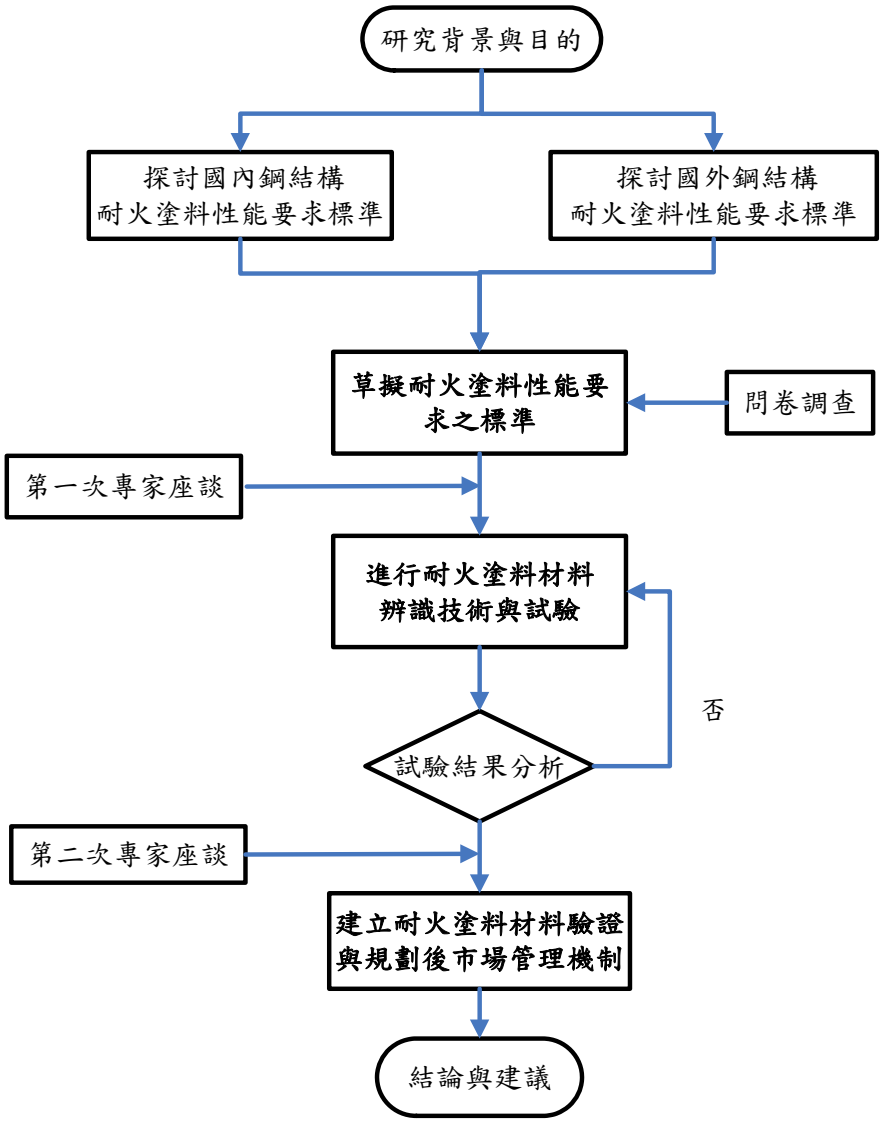


圖 1-1 研究流程圖（資料來源：本研究繪製）

第三節 研究目的與研究成果

壹、 研究目的

國內對於耐火塗料性能方面並無規範，但對於國外而言，目前有 BS 8202 (1992)：Coating for fire protection of building element[2]，大陸 GB14907-2002「鋼結構防火塗料」[3]，針對耐火塗料之各種性能要求與試驗方法。目前在 CNS 11607「塗料一般檢驗法」[4]中，包含了凍融試驗、耐濕熱性試驗、加速耐候試驗、鹽水噴霧試驗、耐候試驗等相關試驗可與之對應，因此未來在訂定相關規範標準或進行研究時，可依照國內耐火塗料使用的環境或耐久性能之影響因素，而採用上述之各試驗法加以試驗、評估。訂立國內對於耐火塗料性能要求之標準，避免與無機質耐火被覆材料或其他塗料的標準，混為使用，造成設計者、施工者、監造者之困擾，以提升品質。

貳、 研究成果

本研究之研究成果有下述三項：

1. 建立建築鋼結構用耐火塗料之性能要求之標準。
2. 檢測分析市場耐火塗料之產品品質，作為驗證耐火塗料之基礎。
3. 創新檢測技術，建立個別耐火塗料的材料辨識之方法與規劃後市場管理機制。

---

[2] BS8202 Prat2:1992，“Coatings for fire protection of building elements:Part2 Code of practice for the use of intumescent coating systems to metallic substrates for providing fire resistance”，British Standard Institution，1992.

[3] 中華人民共和國國家標準“GB14907-2002 鋼結構防火塗料”,大陸國家標準,2002。

[4] 中華民國國家標準，CNS 11607「塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 11 月 30 日。

第二章 鋼材高溫行為與防火被覆材料

第一節 鋼材之高溫行為

鋼結構在常溫及高溫下的受力行為受其機械性質影響，如降伏強度、彈性模數等會隨著溫度的升高而下降[5]，如圖 2.1 所示，了解鋼材本身在高溫下的機械性質將有助於研究鋼構材或結構系統之結構行為。

當鋼材溫度達 550℃時，降伏強度之折減係數約為 0.8；溫度達 600℃時，降伏強度之折減係數約為 0.6，約為原始設計強度之 50%。

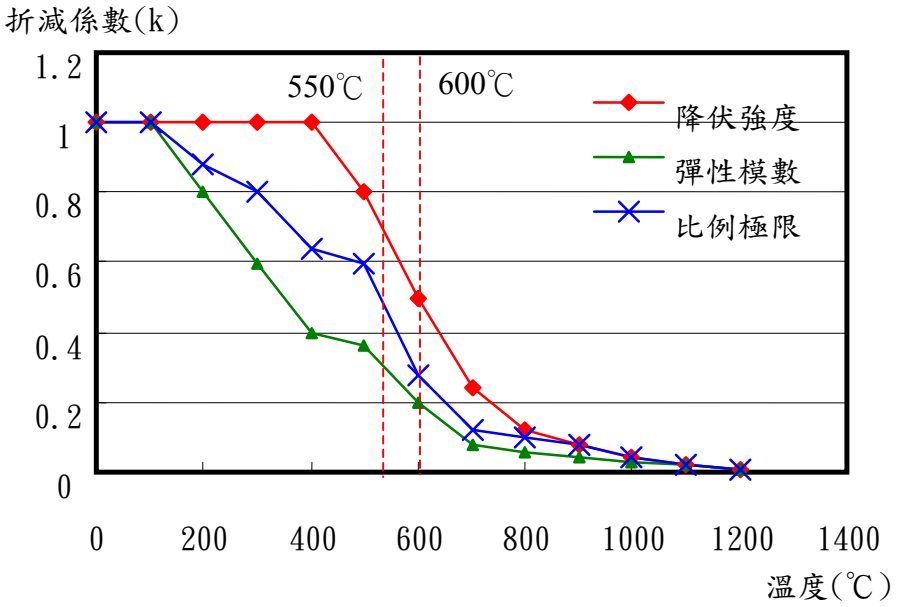


圖 2-1 鋼材在高溫下的折減係數（資料來源：文獻 5）

[5] 莊有清，「鋼材在高溫環境下之行為探討」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文，2004。

第二節　防火被覆材料之分類

目前所使用之防火被覆材料種類繁多，如依照文獻[6、7、8]分類，可大致上分為噴附式防火被覆材料、防火被覆板以及膨脹型耐火塗料。近來以耐火塗料最為常見，其特點為施工快速、機具簡單等，而耐火塗料依其組成成份與耐火機理不同，可分成水性(water-based)膨脹型及油性(solvent-based)膨脹型等類型。

一、噴附式防火被覆材料

以質地輕，隔熱性佳的材料直接噴塗於鋼材表面，形成隔熱層，主要分為濕式、半濕式及乾式施工法。

1. 優點：施工快、設計彈性大。
2. 缺點：施工時污染性高、裝飾性低。

二、防火被覆板

如矽酸鈣板，蛭石板或石膏板等，依型鋼尺寸裁製成形包覆，以達其隔熱之目的。

1. 優點：其施工快速，並可直接取代部份隔間板材，無污染。
2. 缺點：設計彈性低、自重大。

三、膨脹型耐火塗料

利用塗料本身遇熱產生化學變化而膨脹至一定厚度，形成隔熱層。

1. 優點：施工快速便利、施工時污染性較小、自重極輕、裝飾性高。
2. 缺點：單價高。

本研究針對膨脹型耐火塗料作為主要研究對象。

---

6 石正義，「超高層相關工程施工管理」，詹氏書局，1990。

7 王德琳，「建築防火材料及節能材料在建築設計適用性之研究」，財團法人中華顧問工程司，37 週年研發成果分享研討會，第 1-13 頁，2006。

8 財團法人台灣建築中心，「2007 台灣建築中心審核認可年鑑」，財團法人台灣建築中心，2007。

第三節 噴附式防火被覆材料

一、防火被覆之定義及特性

防火被覆(Fire Protection)即是在鋼材表面加作一隔熱良好之不燃材料，使之可阻絕外界之高溫，降低熱源傳導速率，使構件在有效時間內不致達到其強度降低及軟化之溫度，此種材料即為防火被覆材料[9]。由於是以噴附方式，將隔熱材與黏著材，利用空氣壓力噴附於鋼材表面，稱為噴附式防火被覆(Spray-applied Fire-resistive Materials，SFRM)。

二、防火被覆主要成份

噴附式防火被覆材料之主要材料組成，可分下列兩種：

1. 隔熱材：如岩棉(Rockwool)、礦纖(Mineral Fiber)、珍珠石(Perlite)、蛭石(Vermiculite)、人工合成輕骨材等隔熱性良好的材料。
2. 黏著材：如波蘭特水泥或石膏，其用途在將隔熱材黏著於型鋼表面。
3. 副材料：使用箱型噴附方式，應用金屬網為底材已加強防火被覆之接著效果。如圖 2-2 所示[10]。

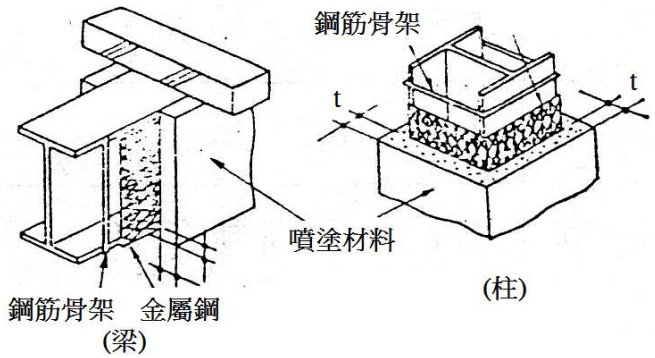


圖 2-2 箱型噴附（資料來源：文獻 10）

三、目前國內之相關標準

目前噴附式防火被覆材料國內現有之標準如下：

---

9 蔡佳峰，「室內型水泥系防火被覆材耐風雨性能之研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文，2003。

10 吳至凱、徐嘉勵，「鋼結構防火噴附工程品質管理計畫之探討」，私立中華大學營建工程學系畢業設計專題，2002。

1. CNS 13962「建築物鋼骨構造用噴附式防火被覆材料總則」。
2. CNS 13963「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料厚度及密度試驗法」。
3. CNS 13964「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料凝聚力及黏著力試驗法」。
4. CNS 13965「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料抗壓強度試驗法」。
5. CNS 13966「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料受撓度影響試驗法」。
6. CNS 13967「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料鋼材腐蝕試驗法」。
7. CNS 13968「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料氣流落塵量試驗法」。
8. CNS 13969「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料受衝擊影響試驗法」。
9. CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石棉含量試驗法」。

四、國內被覆材料品質要求

中國民國國家標準（CNS）與美國材料試驗協會（ASTM）有關防火被覆材料之標準可作為品管工作之準據，品質優良之被覆材料須具備之性能如下[11]：

1. 環保的性能：遵循 CNS 13968、CNS 13970 之規定，以免材料造成汙染、公害，以至於，危害人體健康。

2. 隔熱的性能：應遵循 CNS 13963、CNS 13967 之規定，使材料具備預期的防火性能。

3. 黏著的性能：遵循 CNS 13964 之規定，以免材料脫落，以至於材料無法發揮預期的防火性能。

4. 強度的性能：應遵循 CNS 13965、CNS 13969 之規定，以免造成材料之變形或脫落，以至於材料無法發揮預期的防火性能。

5. 耐久的性能：遵循 CNS 13967 之規定，以免造成鋼材鏽蝕，影響結構性能及安全。

6. 抵抗變形的性能：應遵循 CNS 13966 之規定，使材料具備抵抗變形的性能。

根據上述被覆材料需具備之品質性能與標準要求，可訂定檢驗之合格值如表 2-1 所示。

[11] 鄭紹材、吳至凱、徐嘉勵，「鋼結構防火噴附工程品質管理」，土木工程技術第七卷第一期，2003。

表 2-1 被覆材料檢驗合格值

檢驗項目	檢驗合格值	參考標準
凝聚力及附著力	不得小於 11.97 kN/m^2	CNS 13964
抗壓強度	屋內不得小於 24.5 kN/m^2	CNS 13965
氣流落塵量	不得大於 0.269 g/ m^2	CNS 13968
受撓度影響	不得產生有害之變形或脫落	CNS 13966
受衝擊影響度	不得產生有害之變形或脫落	CNS 13969
鋼材腐蝕	使用於未經防蝕處理之鋼材時，檢討腐蝕性	CNS 13967
石棉含量	不得含有石棉	CNS 13970

（資料來源：文獻 11）

五、國內認可使用的材料名稱

目前國內認可使用之材料種類，主要用途等，整理如表 2-2 所示[8]。

表 2-2 國內認可使用之噴附式防火被覆材料

名稱		主要用途及性能	營建署核發文號
1	A/D TYPE FP 噴覆式耐火被覆材	● 室內，外之建築物鋼骨結構被覆材，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物鋼骨結構被覆材，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物鋼骨結構室內四面防護 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0970058972 號、0950800855 號、0950801162 號
2	ALBI-Steel 120 鋼骨防火被覆材料	● 建築物室內鋼骨結構三面防護、四面防護、H 型、中空圓型、中空矩型鋼樑及鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0940085035 號
3	CAFCO BLAZE SHIELD TYPE II 噴覆式耐火被覆	● 屋頂板防火被覆，具半小時防火時效	0940084219 號
4	CAFCO TYPE 300 噴附式防火被覆材	● 適用於建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑與組合構造，具 1、2、3 小時防火時效	0940085857 號
5	CAFCO BLAZESHIELD TYPE II (BS-2) 噴附式防火被覆材	● 建築物圓形中空鋼柱、矩形中空鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物樓板與 H 型鋼樑之束制及非束制組合、非束制 H 型鋼樑，具 1、2、3 小時防火時效	0950802841 號、0950802842 號、0950803087 號
6	CAFC0280 鋼骨防	● 建築物室內鋼骨結構三面防護 H 型鋼樑，具	0940084801 號

	火被覆材	1、2、3 小時防火時效	
7	Fendolite MII 建築物鋼骨結構防火被覆材	● 建築物鋼骨結構 H 形鋼樑，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內及室外鋼骨結構 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0940085971 號、0950807315 號
8	Mandolite CP-2 建築物鋼骨結構防火被覆材	● 鋼骨建築物 H 形鋼樑束制及非束制樑與樓板組合，具 1、2、3 小時防火時效	0940082753 號
9	MONOKOTE TYPE MK-6/HY，MK-6s 噴附式耐火被覆材	● 建築物室內用鋼骨結構方形、圓型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0950802014 號
10	MONOKOTE TYPE MK-6/HY，MK-6/HY Extend Set(ES)MK-6s 噴附式耐火被覆材	● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構之束制及非束制 H 型鋼樑，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑與樓板組合構造，具 1、2、3 小時防火時效	0950802016 號、0950802017 號、0950804001 號
11	MONOKOTE 火被覆材料	● 建築物室內用鋼骨結構 H 型鋼樑與樓板組合構造，具 1、2、3 小時防火時效	0950804776 號
12	MONOKOTE TYPE Z-146 噴附式耐火被覆材	● 建築物室內、室外用鋼骨結構方型、圓形及 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內、室外鋼骨結構之束制及非束制 H 型鋼樑，具 1、2、3 小時防火時效	0950804644 號、0950804646 號
13	MONOKOTE TYPE Z-146/HY 噴附式耐火被覆材	● 建築物室內用鋼骨結構 H 型鋼樑及樑與樓板組合構造，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內用鋼骨結構 H 型鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內用鋼骨結構方型及圓形鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0950804778 號、0950804780 號、0950804781 號
14	Wilhams Fireshed SB 鋼骨防火被覆材料	● 建築物鋼骨結構室內用三面防護、四面防護、中空圓型、中空矩型方型鋼柱及樑，具 2 小時防火時效 ● 建築物鋼骨結構室內用三面防護、四面防護、H 型柱及樑，具 2 小時防火時效	0940087419 號、0940087420 號
18	Wilhams Fireshed WB II 水性鋼骨防火被覆材料	● 建築物室內鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑及柱，具 1 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型柱及樑防火被覆材料，具 1 小時防火時效	0950803429 號、0950803536 號

（資料來源：文獻 8）

六、施工說明及注意事項[12]

1. 施工前承包商應擬妥施工計畫書，內容包括材料種類、被覆厚度計算、

[12] http://www.cpami.gov.tw/pwi/bw/07811.doc。

厚度計算之根據、施工機械配置及水電供應、工作架、材料存放與管理、施工前後配合事項、施工人員、施工量、品質管理、現場修補方法等，經工程師核備後，方可據以施工。

2. 防火材料須儲存於乾燥之場所，所有受潮之材料，均不得使用，超過原廠規定使用期限之材料，一律不得使用。
3. 施工前鋼料表面之灰塵、污垢、銹蝕、鬆動之黑皮或其他有礙附著之雜質均應先清除，防銹漆若有破壞處，須先補漆後始得施作。
4. 所有附著於鋼料之各類五金，如掛勾、管線支架、夾具、套管等，應於施作前完成之。
5. 風管、水管管線及其他懸掛於樓板下之設備，須於防火被覆完成後，始得施作，以免影響防火被覆之施工品質及污染設備。
6. 輕鋼架隔間之上座板若固定於須施作防火被覆之構材上時，則上座板應先銲於該構材上補塗防銹漆後再行防火被覆噴塗粉刷工作。
7. 噴附式防火被覆材料之噴塗方式有三種，為濕式噴附工法、乾式噴附工法、半濕式噴附工法等，施工時依產品規定施作。
8. 承包商於施工時應遵守工地之安全及衛生規定。
9. 結構鋼骨表面之處理：鋼材表面必須乾淨，不得有殘留油污或銹蝕，如有銹垢應先以鋼刷清除，並補修被刷除之環氧樹脂鋅粉底漆。防火被覆施工應不得損及鋼材之防銹漆。
10. 厚度控制：施工前置放適量之厚度指示釘，以控制噴佈施工厚度。
11. 待施工樓層之上下樓地板混凝土澆置拆模完成，並清理出施工場地後始可進行施做。施做時應儘量避免於樓地板上方劇烈振動。
12. 施工現場之牆面、地面、門窗、固定設備、開關箱、接線盒、管線撒水頭等均須事先掩蓋保護以免損壞，被覆材料與非鐵金屬相接處應以膠帶、漆或填縫材料分隔以免污染。不銹鋼材料應特別注意勿與被覆材料接觸，施工時，儘量以屏幕堵截逸散之殘料，不得有飛揚飄浮之現象，若有不當之濺沾之處，應即趁濕拭除。施做完成後應將環境整理清潔。

13. 施工中及施工完成後應保持空氣流通，以利被覆材料之乾固，其他有關溫溼度、養護等事項悉依製造廠商之規定。

七、常見品質之表單記錄[10]

（一）品質查證紀錄表

主辦工程單位應依據材料設備檢驗程序規定，對承包商提出之出廠證明、檢驗文件、試驗報告等之內容、規格及有效日期予以查證，並進行現場之比對抽驗確認，期使進場之材料設備能符合合約規定，查證之結果應填具品質查證紀錄表，如有缺失，應即通知承包商負責改善。如表 2-3 所示。

（二）施工品質抽查

紀錄表主辦工程單位應根據施工作業檢查程序之規定對鋼筋組立、鋼骨焊接、混凝土澆置等施工作業，按施工查核表之內容，藉目視檢查、量測等方式實施抽查簽認之工作，以確認施工作業品質符合規定，其抽查結果應填具施工品質抽查紀錄表，並通知承包商改善缺失。如表 2-4 所示。

（三）重點抽驗表及施工成效評核表

對於已施工完成之項目得視需要實施重點抽驗，查閱施工記錄及評核其施工成效，其評核之結果應填具施工成效評核表並通知承包商改善缺失評核表，對於抽驗之品質缺失應責成承包商或設計單位改善修正。如表 2-5 及表 2-6 所示。

表 2-3 品質查證紀錄

品質查證紀錄表			文件編號 [ ]
工程名稱		編號	

1.施工作業名稱：
2.查證日期：
3.查證人員：　　廠商：
4.施工作業應提出證明文件：
5.查證結果： 規格部分： 文件部份：
6.處理方式：
7.廠商簽認：

主管：＿＿＿＿＿＿＿＿　　查證人：＿＿＿＿＿＿＿＿

（資料來源：文獻 10）

表 2-4 施工品質抽查紀錄表

施工品質抽查紀錄表　　文件編號[　　]			
工程名稱		檢查日期	
施工位置		承包商	

檢驗項目		規範	查核結果		改進項目	複驗結果
			合格	不合格		
方法	厚度	平均厚度不得小於防火時效之要求厚度				
	配比	施工要領				
	外觀	應平整				
材料	密度	應為該材料通過防火測試之最小個別值及最小平均值				
	凝聚力及附著力	不得小於 11.97kN/ m^2				
	抗壓強度	屋內用不得小於 24.5kN/ m^2				
	氣流落塵量	不得大於 0.269 g / m^2				
	受撓度影響	不得產生有害之變形或脫落				
	受衝擊影響度	不得產生有害之變形或脫落				
	鋼材腐蝕	使用於未經防蝕處理之鋼材時，檢討腐蝕性				
	石棉含量	不得含有石棉				
環境	外圍防護網	施工要領				
	地面防護	施工要領				
	掩蓋保護措施	施工要領				
備註：						

主管：＿＿＿＿＿＿＿＿　　查證人：＿＿＿＿＿＿＿＿

（資料來源：文獻 10）

表 2-5 重點抽驗表

重點抽驗表			文件編號[SF3]
公司名稱		材料名稱	

工程名稱		檢查日期	
檢查部位			
檢查項目			
規格值			
測定值			
合格與否	是　　否		
附　　註			

檢查員簽章：_____　工地主管簽章：_____

（資料來源：文獻 10）

表 2-6 施工成效評核表

施工成效評核表			文件編號[SF4]
工程名稱		編號	
1.評核項目、位置：			

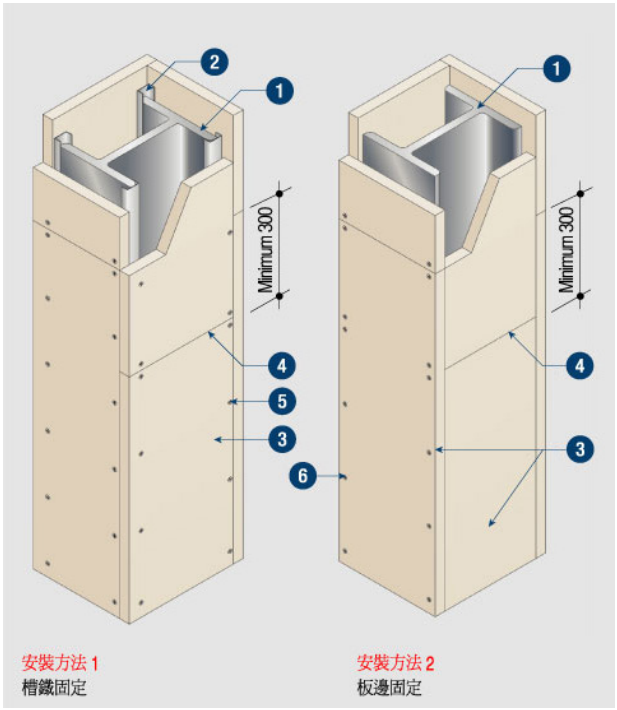
2.評核日期：
3.評核人員： 會同評核人員： 廠商：
4.合約要求規格：
5.查核事實：
6.處理方式：
7.廠商簽認：

主管：_____ 查證人：_____

（資料來源：文獻 10）

第四節 防火被覆板

防火被覆板目前在國內較少使用，通常需符合中華民國國家標準 CNS 6532/A3113 建築物室內裝飾材料之耐燃性檢驗法[13]，耐燃一級材料之規定。防火被覆板的設計厚度需經過國內 CNS 12514 或國外標準如英國 BS 476：Part 21[14]、美國 ASTM E119[15]，檢驗防火被覆板通過防火時效的隔熱性、穩定性及完整性。防火被覆板之主要材料為無機纖維質、矽酸鈣、接著劑。安裝施作的範例詳見圖 2-3 所示[16]。



1：鋼柱。
2.：鍍鋅凹槽。
3.：防火被覆板。
4.：橫向接縫與旁邊接縫相隔不少於 300mm。
5.：自攻螺絲。
6.：螺絲或馬釘。

圖 2-3 鋼柱之防火被覆板（資料來源：文獻 15）

---

13 中華民國國家標準，CNS 6532「築物室內裝飾材料之耐燃性檢驗法」，經濟部標準檢驗局，民國 92 年 10 月 9 日。

14 BS 476 Part 21. “Method for determination of the fire resistance of loadbearing elements of construction”,1987.

15 ASTM E119-07“Standard Test Methods for Fire of Building Construction and Materials”,2007.

16 潘美登實業有限公司網站，http://www.27634068.com.tw/。

一、國內認可使用的材料名稱

國內認可使用的材料其名稱、主要使用用途等，詳表 2-7 所示[8]。

表 2-7 國內認可使用之防火被覆板

名稱		主要用途及性能	營建署核發文號
1	FB 輕質矽酸鈣防火板（Skamotec-C Fireborad）	● 建築物各型鋼構建之鋼樑及鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0950801403 號
2	KNAUF FIREBOARD 纖維防火被覆板	● 建築物鋼骨結構包覆鋼樑及鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0950805267 號
3	Promatect-H 鋼骨結構防火被覆材	● 建築物室內鋼骨結構防火被覆材料，具 1、2、3 小時防火時效	0930087080 號
4	Rocksil Firetech 160 防火被覆板	● 建築物鋼骨結構包覆鋼樑及鋼柱，具 1、2、3 小時防火時效	0950805904 號
5	TOMBO No.6425CASLITE-L 型矽酸鈣耐火被覆板	● 建築物鋼骨結構，具 1、2、3 小時防火時效	0950805902 號
6	「晶球型矽酸鈣防火裝飾板」鋼骨結構防火被覆板	● 建築物室內用鋼骨結構樑、H 型鋼樑，具 1、2、3 小時防火時效 ● 建築物室內用鋼骨結構四面防護 H 型鋼柱中空矩型鋼柱，，具 1、2、3 小時防火時效	0950805905 號、0950805907 號

（資料來源：文獻 8）

二、施工說明及注意事項[16]

1. 運送至現場之防火被覆板，必須為原封包裝無破損，包裝上印有材料名稱及尺寸。
2. 施工前承包商應擬妥施工計畫書，內容包括材料尺寸、被覆厚度計算、工作架、材料存放及管理、施工前後配合事項、施工人員品質管制、安全衛生管理等。
3. 防火被覆板需儲存於乾燥之場所，並置於平坦之地面。
4. 所有附著於鋼料之各類五金及鐵件等，應於防火被覆板施作前，由各相關廠商完成之。
5. 施工順序：材料進場 → 進料檢查 → 搬運 → 儲存 → 鋼骨調整 → 放樣 → 尺寸裁切 → 安裝條板 → 塗接著劑 → 按貼防火被覆板 → 打釘 → 接縫處理→完工檢查。
6. 除合約圖說有其他特別之規定，均按原製造廠印行之施工手冊施工。

7. 高空作業時，注意高空墜落，必要時需使用安全帶。
8. 以電鋸切割時，注意風向，防止碎屑飛揚，施作完成後，應將損料及碎屑收集，清潔環境。
9. 板材接縫處必須密合，遇有管線穿孔時，須以防止填縫劑密封。

第五節　膨脹型耐火塗料

膨脹型耐火塗料(Intumescent Coatings)因其受熱時,藉膨脹之化學變化達到阻熱之機理，故以此稱之。或由塗佈厚度在 7mm 以下，相較於其他防火被覆材料為薄，故又稱為薄塗式耐火塗料（Thin Film Intumescent Fire Resistive Materials，TFIFRM）[3]。

一、膨脹型耐火塗料之主要成份

在膨脹型耐火塗料之中，通常含有脫水劑、成碳劑、發泡劑等三種主要成份，藉由其依序產生之作用，完成膨脹型耐火塗料在抵抗高溫上之功能，下列為三類成份之說明，作用過程如圖 2.4 所示[17]：

(一) 脫水劑(酸源、Acid Precursor)：一般指無機酸或能在燃燒加熱時生成酸的物質，如磷酸、硫酸、硼酸及磷酸酯等物質。

(二) 成碳劑(碳源、Carbon Source)：一般指多碳的多元醇合物，如季戊四醇以及乙二醇和酚醛樹脂等。

(三) 發泡劑(氣源、Blowing Agent)：一般指含氮的多碳化合物，如脲素（Urea）、雙氰胺、聚醯胺(Polyamide)、脲醛樹脂等。

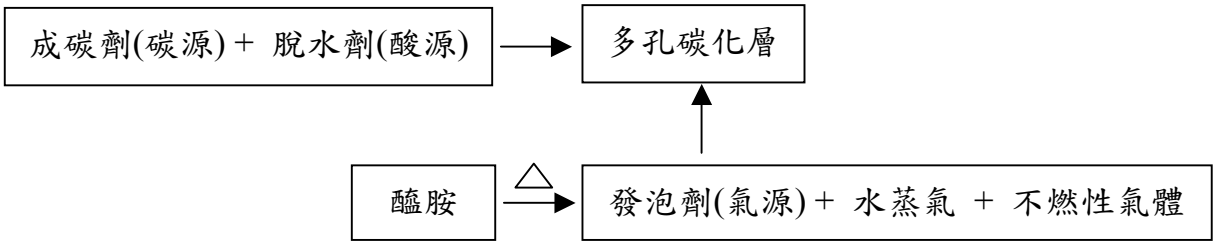


圖 2-4 膨脹型耐火塗料作用過程
（資料來源：文獻 17）

[17] 徐曉楠、周政樊，「防火塗料」，北京化學工業出版社， 2004。

因此膨脹型耐火塗料的主要作用機理，即是形成膨脹碳化層，阻止熱量傳遞。以機理上言，膨脹碳化層的形成會經過以下過程，首先耐火塗料成份中的酸類受熱放出無機酸，使得多元醇類產生酯化現象，進而造成脫水碳化，反應生成的水蒸氣及一些不燃性氣體使碳層膨脹，最終形成一層多微孔的碳層，達到阻隔火場溫度之傳遞，所以耐火塗料的主要作用機理可分成五大過程：

(一) 酸類受熱放出無機酸。

(二) 多元醇類產生酯化。

(三) 多元醇類脫水碳化。

(四) 生成的水蒸氣及一些不燃性氣體使碳層膨脹。

(五) 形成一層多微孔的碳層。

當耐火塗料整體受到高溫影響，使得耐火塗料的主要作用機理之五大過程開始進行時，由巨觀之角度檢視耐火塗料於鋼材上之變化，最後造成隔熱反應之流程可分成三大階段[18]，如圖 2.5 所示：

(一) 起始階段：塗膜表面開始軟化，並生成不燃氣體。

(二) 傳播階段：塗膜內部呈熔融現象，塗膜表面開始發泡，碳層逐漸膨脹。

(三) 終止階段：發泡結束，樹脂在高溫下軟化，並將碳層包裹住，使不燃氣體在碳層內無法外溢。

[18] 郭武彥，「防火時效用膨脹型塗料之研究」，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2003。

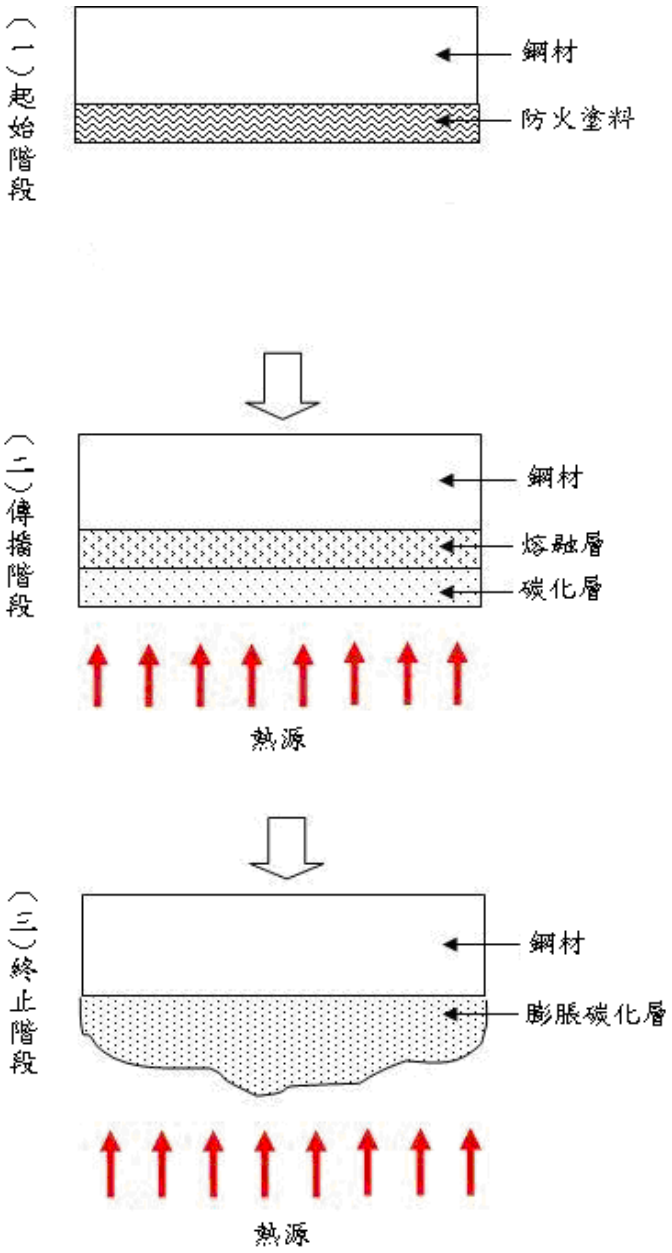


圖 2-5 耐火塗料阻熱過程（資料來源：文獻 18）

以機理上言，膨脹碳化層的形成一定要經過以下過程，酸源受熱放出無機酸，多元醇酯化，進而脫水碳化，反應生成的水蒸氣及一些不燃性氣體使碳層膨脹，最終形成一層多微孔的碳層。

二、國內認可使用的材料名稱

目前(96 年 12 月)國內認可使用之材料如表 2-4[8] 所示，共有 17 種材料。

表 2-8 國內認可使用之膨脹型耐火塗料

名稱		主要用途及性能	營建署核發文號
1	A/D FIREFILM II 防火塗料	● 建築物室內（外）鋼骨防火塗料，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物鋼骨防火塗料，具 1、2 小時防火時效	0940081002 號、0940084034 號
2	CAFCO Type Spray Film WB3 膨脹型防火塗料（安保龍 Anpalin CAFCO Type Spray Film WB3 膨脹型防火塗料）	● 建築物室內及室外鋼骨結構四面 H 型鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物室內用鋼骨結 H 型鋼樑及鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0950804023 號、0950804009 號
3	CKC-F-868 薄塗型膨脹防火時效漆	● 建築物室內用鋼骨結構四面防護 H 型鋼柱，具 1 小時防火時效 ● 建築物室內用鋼骨結構四面防護 H 型鋼柱，具 1 小時防火時效	0950805966 號、0950805967 號
4	FIRETEX FX2000 防火時效漆	● 建築物室內及室外用鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑及四面防護 H 型、方型、圓型鋼柱，具 1 小時防火時效 ● 建築物室內及室外用鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑及四面防護 H 型、方型、圓型鋼柱，具 1 小時防火時效	0940082907 號、940082909 號
5	FIRETEX FX5000 防火時效漆	● 建築物室內及室外鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑、四面防護 H 型鋼柱及方形鋼柱建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑、H 型鋼柱及中空型鋼柱，具 1 小時防火時效	0940087068 號
6	Intumescent Coating 薄膜膨脹型防火塗料	● 適用於鋼骨結構 I 型、口形及圓型似麵包覆柱，具 1 小時防火時效	0940084557 號
7	Nullifire System S605 Intumescent	● 建築物結構 H 型三面、四面包覆樑，具 1、2 小時防火時效	0940082355 號、0950801155 號、

	Coating 薄膜膨脹型防火塗料	● 室內、室外用鋼骨四面防護中空矩形、中空圓型鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 室內、室外用鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物室內、室外用鋼骨結構三面防護 H 型鋼樑，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物室內、室外用鋼骨結構四面防護 H 型、中空矩形、中空圓型鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0950801156 號、0950807255 號、0950807257 號
8	Nullifire System S606 Intumescent Coating (薄膜膨脹型防火塗料)	● 室內用鋼骨結構四面防護中空矩型、中空圓型鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 室內用鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑及四面防護 H 型鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0950801412 號、0950801406 號
10	Phoenix 270 Intumescent Coating 薄膜膨脹型防火塗料	● 適用於建築物室內鋼骨結構 H 型三、四面包覆樑、柱 2.具 2 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構方型及圓形四面包覆柱，具 2 小時防火時效	0950807013 號、950807018 號
11	Renitherm PMA 600 水性防火漆	● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑、H 型鋼柱及中空型鋼柱，具 1 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑及 H 型鋼柱，具 1 小時防火時效	0940086971 號、0950805995 號
12	Renitherm PMA 1200 水性防火漆	● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑、H 型鋼柱、中空矩形及圓形鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構 H 型鋼樑、H 型鋼柱，具 2 小時防火時效	0950805997 號、0940086973 號
13	Steelguard FM549 防火時效漆	● 建築物室內鋼骨結構矩型鋼樑、矩型鋼柱及圓型鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0940086969 號
14	Steelguard FM550 防火時效漆	● 建築物鋼骨結構 H 型鋼樑，具 2 小時防火時效 ● 建築物室內鋼骨結構矩型鋼樑、矩型鋼柱及圓型鋼柱，具 1、2 小時防火時效 ● 建築物室內及室外鋼骨結構 H 型鋼柱，具 2 小時防火時效	0940085789 號、0940086970 號、0950801767 號
15	Unitherm 38091 防火時效漆	● 建築物室內用鋼骨結構三面防護、四面防護 H 型鋼樑及四面防護 H 型鋼柱，具 1、2 小時防火時效	0950805356 號、0930088355 號

		● 建築物室內外用鋼骨結構四面防護中空矩型及中空圓型鋼柱、三面防護及四面防護中空矩型及圓型鋼樑，具 1、2 小時防火時效	
16	鋼構用 Intershar 212 膨脹型防火塗料	● 建築物室內用四面防護 H 型鋼柱及樑，具 2 小時防火時效 ● 建築物鋼骨結構室內用中空圓柱及中空矩形柱，具 2 小時防火時效 ● 建築物鋼骨結構室內用三面防護 H 型鋼樑，具 2 小時防火時效	0950805268 號、0950805270 號、0950805269 號
17	鋼構用 Interchar 963 膨脹型防火塗料	● 建築物鋼骨結構室內用中空圓柱、中空矩形柱防火披覆材料，具 1 小時防火時效	0940087910 號

（資料來源：文獻 8）

三、施工說明及注意事項[19]

1. 承商應擬妥施工計劃書，其內容應包括使用材料種類、施作構件說明圖(註明位置、防火等級或防火時效、各道塗料乾膜厚度)、施工進度、工作架及防護網的搭設，品質管制、現場修補方法、檢驗項目、檢驗頻率等，經工程師核可後始可施作。
2. 施工前須確實檢查噴塗部分之表面狀況、結構表面之灰塵、污垢、銹蝕鬆動之表層及有妨礙噴塗之各種雜質均應予以清除乾淨，鋼構造並應符合鋼構造之表面處理規定。
3. 施工方法可採傳統之塗刷、滾刷或噴塗方式完成，唯塗佈方式及可施工之溫濕度條件需依原廠施工手冊施工。
4. 耐火塗料之噴塗量應依鋼構造實際之尺度計算 A/V(Hp/A 或 W/D)值後，依所須之防火時效對照原廠所提供之塗佈量實際施工，竣工後使用儀器量其濕膜厚度，待完全乾固後（依產品規定），再以儀器量其乾膜厚度即可。
5. 所有附著於鋼構造之各種五金如套管、夾具、管線支架、掛鉤等，應於噴塗前先完工。

[19] http://www.cpami.gov.tw/pwi/bw/09965.doc。

6. 施工現場之門、牆、開關箱、設備、管、線盒等事先應掩蓋以免噴到。
7. 中塗漆經完全乾固後以膜厚儀丈量乾膜厚度達產品規定厚度，始可上面漆。
8. 如因碰撞、刮傷，可先用砂紙將表面研磨，再以耐火塗料塗上適當厚度，等乾燥之後再上面漆。
9. 如因高熱或火燒後，以刮刀完全除之，至鋼構層以砂紙磨平後再上防銹漆及耐火塗料，乾燥後再上面漆。
10. 防銹底漆應選擇評定認可書內所建議之可相容的防銹底漆。
11. 耐火塗料應採單一原廠塗料，並不得混用不同廠牌材料或其他添加物。
12. 使用前充分攪拌均勻，使用後蓋緊桶蓋。確保品質，應存放於常溫下，通風良好或不受陽光照射處。
13. 塗佈面積：依塗刷表面性質、防火條件要求及施工方式。
14. 品質表單記錄，如表 2-9 所示。

表 2-9 鋼結構耐火塗料施工檢查表

工地名稱:＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 工程地點：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

檢查		檢查	□材料品質:

範圍			項目 時間	☐施工前置作業: ☐施工中檢查: ☐成品檢查:			
項次		檢查事項	檢驗標準	合格	不合格	需改正地點及範圍	確認
施工前	1	施工前檢送材料檢驗證明等文件	認可書				
	2	施工前提送施工計畫確認，並應包括下列： ①標示噴覆範圍及位置 ②各構件設計厚度檢驗表	與送審資料相同				
	3	材料規格是否依規範及設計要求規定辦理					
	4	確定施工厚度、材料數量及機具位置	厚度示意圖				
	5	電源是否足夠？	三用電錶檢查				
	6	施工溫溼度是否符合要求？	≥5℃；≤85%				
	7	帆布、防塵網已舖設、掛妥？工作架穩固？	目視				
	8	鋼骨材表面是否已無油污浮銹？	目視				
	9	底漆是否與防火漆相容	目視				
	10	材料是否在使用期限內？	如包裝桶				
	11	他項工程之保護協調工作是否良好？					
施工中	12	檢查容器內狀態，拌合是否均勻？	目視				
	13	第一次噴覆厚度是否適當？	分層				
	14	第二次噴覆厚度是否適當？	分層				
	15	噴塗表面是否平整？	不垂流為原則				
	16	工作時是否配帶安全索帶？	目視				
施工後	17	是否依規定檢驗厚度？	膜厚計				
	18	剩餘材料是否清點處理？	清點				
	19	施工機具是否安置定位？	定位				
	20	受污染之現場機器設備是否加以清潔？	清點				

（資料來源：修改自台北金融中心大樓新建工程之施工檢查表）

第三章 鋼結構防火被覆耐火性能之評估方式

目前國內較缺乏對鋼結構耐火塗料性能評估這部份，但在國外已經有相當完整的資料，如英國的防火專家協會（Association for Specialist Fire Protection，簡稱 ASFP）[20]及美國的保險業試驗室（Underwriters Laboratories lnc.，簡稱 UL）[21]，因此藉由對國外評估的了解，可提供國內鋼結構防火被覆材料耐火性能之評估與應用。

第一節 英國 ASFP 之評估模式

本文參考英國防火專家協會（ASFP）2007 年版 [17] 黃皮書(yellow book)之內容，依序說明如下：

一、防火的概念

鋼構桿件依規定必須具有防火性，構造材料在火害時皆會造成強度下降，各級鋼材在 550℃附近，承重的鋼材會下降至安全的設計邊緣，當溫度上升至 700℃附近，桿件會發生不穩定，喪失承重的能力。對於撓曲與受壓構件在載重耐火試驗，已顯示在未施加防火保護的情況，約可達 15 分鐘的耐火時效。已有很多材料應用在鋼結構桿件上，以提升耐火性。以防火系統的方式可區分為緊貼週邊型(profile)、空心箱型(box)、實心型(solid)等三類，三面受火的防護技術如圖 3-1 所示，四面受火的防護技術如圖 3-2 所示。通常噴附式材料會採用緊貼週邊型；板狀材料會採空心箱型；特殊隔熱混凝土會採實心型。

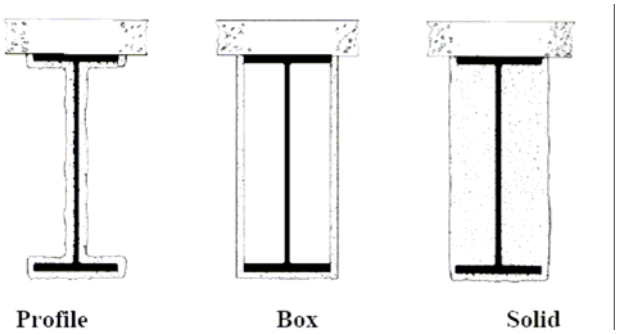


圖 3-1 三面防火之技術（資料來源：文獻 18）

[20] Association for Specialist Fire Protection, Fire protection for structural steel in buildings 4th Edition, 2007.

[21] Underwriters Laboratories Inc. , Fire Resistance Directory，2007Fire Resistance-Volume1, 2007.

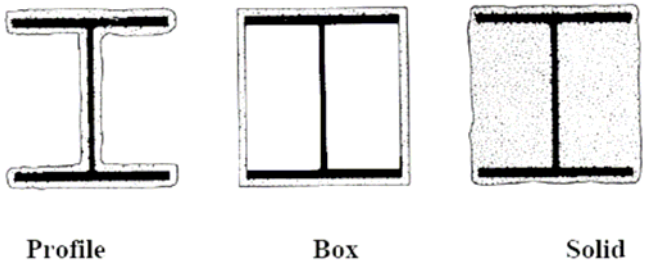


圖 3-2 四面防火之技術（資料來源：文獻 18）

依 BS 476 試驗標準，載重梁的試驗是採水平方式，三面施作防火材料，而上翼緣與樓板直接接觸，在鋼構防火技術上稱為“三面受火”。柱的試驗是垂直方式，全面施作防火材料，亦稱為“四面受火”。

由於耐火性能之評估程序需要有載重試驗以獲得承載能力與臨界溫度的耐火時間；以及非載重試驗，以獲得各種斷面因子與厚度在要求的防火時效間的關係。在 BS 476 系列中有 Part 20「結構桿件防火性測定法-通則」；Part 21「結構桿件載重試驗防火性測定法」；Part 22「結構桿件非載重試驗防火性測定法」。在已出版的歐盟標準，評估防火材料防火性能的標準是 ENV 13381-4「結構桿件防火性能測定之試驗法，第四部：應用於鋼構件之防火材料」。不論是 BS 476 或新的歐盟標準，判定構件的耐火性能需有三個準則：承載力(load-bearing capacity)、完整性(integrity)和隔熱性(insulation)，歐盟規範的系統相對應於這三個準則以 R-E-I 代表：

(1)防止崩塌(Resistance to collapse)，亦即承載力，簡稱「R」，為構件承受必要的載重而不會發生超額變形的能力。

(2)防止火焰穿透(Resistance to fire penetration)，亦即完整性，簡稱「E」，為構件能阻絕火焰與熱氣穿透，並且在非曝火面沒有出現火焰的能力。

(3)防止超額熱量的傳遞(Resistance to the transfer of excessive heat)，亦即隔熱性，簡稱「I」，為構件阻隔傳導熱的能力，在鋼構通過區劃、防火牆或樓板的地方特別的重要。

(一)BS 476 與 ENV 13381-4 之耐火試驗

梁和樓板結合以水平方式進行試驗，如圖 3-3 所示；而柱是採垂直方式進行試驗，如圖 3-4 所示。

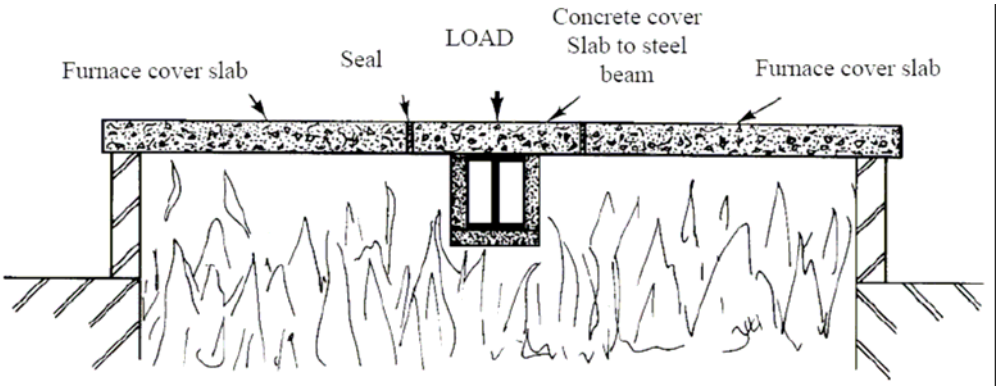


圖 3-3 一般鋼梁在 BS 476 的防火測試（資料來源：文獻 18）

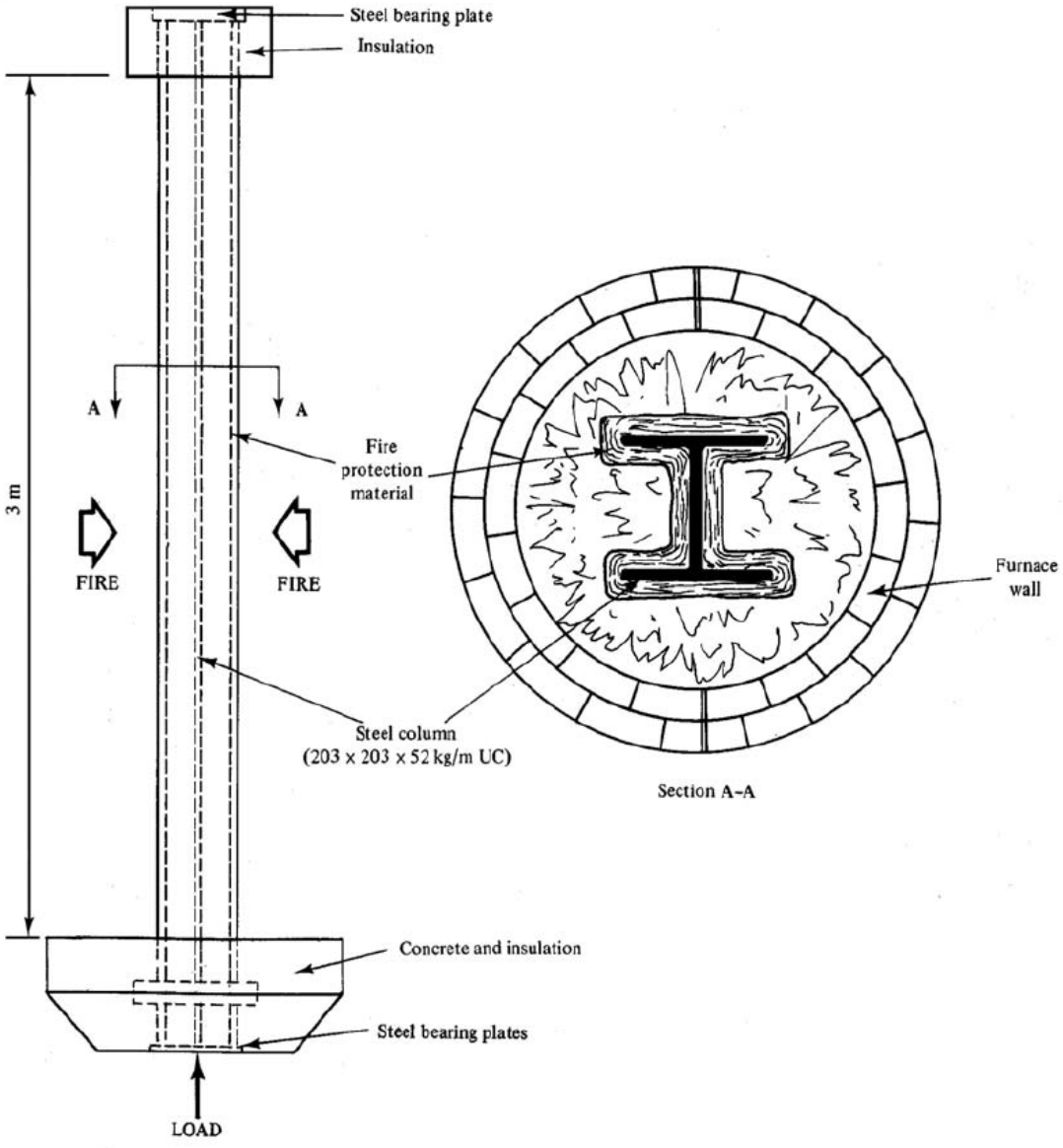


圖 3-4 一般鋼柱在 BS 476 的防火測試（資料來源：文獻 18）

在英國，載重梁試驗長度為跨度 4.25 公尺，若是惰性(passive)防火被覆材料，斷面尺寸為 305mm×127mm×42kg/m 的普通梁；若是膨脹式塗料則使用斷面為 406mm×178mm×60kg/m 的普通梁。載重柱試驗一般以 203mm×203mm×52kg/m 的普通柱，曝火長度至少 3 公尺。試體保持直立，有效長度係數假設為 0.7，經由設計使施加於軸向的載重以達到最大容許的應力。

在非載重試體(大約 1m 長)進行的試驗，可獲得包含防火被覆材料防火隔熱的資訊。此資訊用於英國與歐盟評估防火被覆材料，因此與載重試驗組成一完整的「試驗套裝」(test package)。

ENV 13381-4 與 BS 476 試驗計畫有一些差異。最大的差別是除了該產品只用於防護柱子，否則在歐盟標準是不需要作載重柱的試驗。其他主要的不同點是在載重梁的試驗，在梁上翼緣和輕質混凝土板之間有一層隔熱材。在英國的情況是緊密接觸。

在歐盟的程序是不需要載重柱的試驗。不過，在評估膨脹型塗料時，必須試驗一根 2000mm 高的非載重柱以評估黏著力(stickability)。

(二)防火被覆材料之評估

防火被覆材料耐火性能評估的方法，已經發展出推算寬廣範圍的防護厚度。程序分成兩部份：首先在周密的耐火試驗計畫中完成載重與非載重試體，其次是於試驗結果應用數學分析程序，推算需要的厚度。設計試驗計畫在於決定防火被覆材料隔熱的特性與鋼材尺度大小在火害下之物理性能，也就是決定斷面因子，防護厚度與防火時效。以最少的試驗產生最大量的數據。

(三)熱反應與斷面因子

鋼材斷面升溫速率與受熱之表面積(A)與其受熱體積(V)之比值有關，此一比值即為 A/V，稱為斷面因子(Section Factor)，單位為(m^{-1})。在先前的版本裡，斷面因子為 Hp/A，在新的歐盟測試和設計標準(ENV 13381-4，ENV 1993-1-2 和 ENV 1994-1-2)裡提出斷面因子 A/V 與 Hp/A 有相同的數值，因此 Hp/A 將逐漸廢棄不用。

表面積(A)較大之鋼材比較小者吸收較多的熱。且斷面的體積(V)越大，儲熱越多。因此，小而厚的斷面會比大而薄的斷面升溫為慢，如圖 3-5 所示。

故 A/V 成為火害衡量斷面升溫的比率。當其值越高，所需防護的厚度越大。表 3-1 說明計算各種不同鋼材斷面，在不同情況時的 A/V。其他，如開孔梁中空斷面、部份曝火、抗風拉桿、格子梁等特殊情況，有關 A/V 之計算與調整，詳見 ASFP 黃皮書內容。

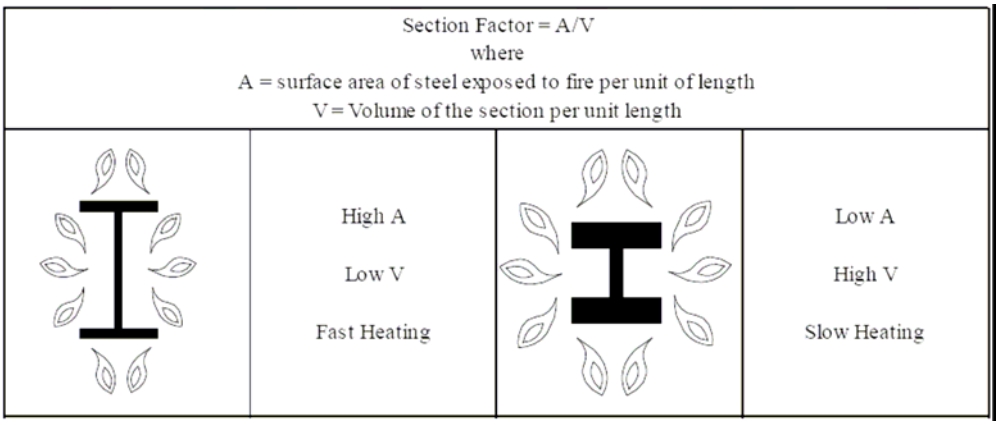
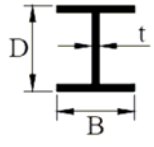
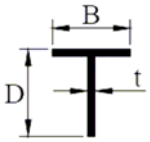
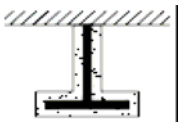
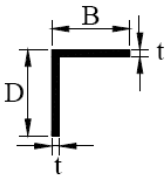
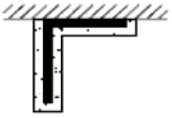
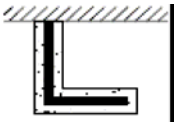
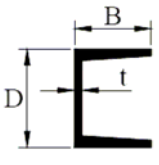
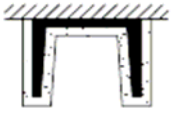
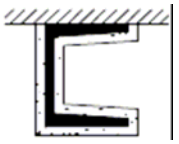
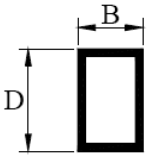
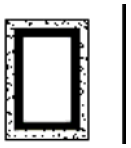
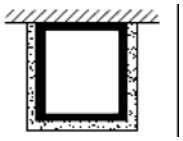
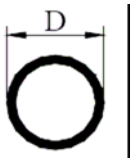
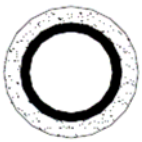


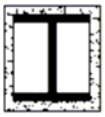
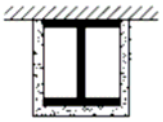
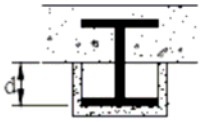
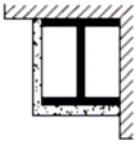
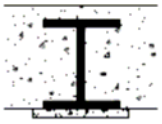
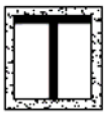
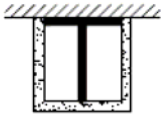
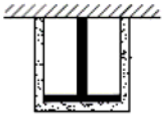
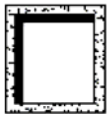
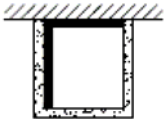
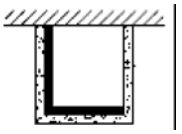
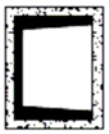
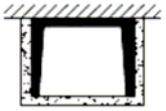
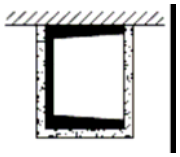
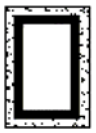
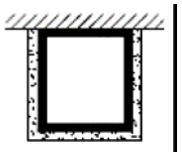
圖 3-5 斷面因子之概念（資料來源：文獻 18）

表 3-1 用周長之值計算鋼材斷面因子的防火層厚度 Hp/A(A/V)

鋼材	緊貼鋼材周邊防火				
普通梁、普通柱與托梁(一般型與空腹式斷面)  Hp	四面 2B+2D+B(B-t) =4B+2D-2t	三面 B+2D+2(B-t) =3B+2D-2t	三面 B+2d+(B-t) =2B+2d-t	二面 B+D+2(B-t)/2 =2B+D-t	單面 B
結構與軋延 T 型鋼  Hp	四面 2B+2D	三面 B+2D	三面  B+2D+(B-t) = 2B+2D-t		
角鋼  Hp	四面 2B+2D	三面  B+2D	三面  B+2D+(B-t) = 2B+2D-t		
槽型鋼  Hp	四面 2B+2D+2(B-t) =4B+2D-2t	三面  2B+D+2(B-t) =4B+D-2t	三面  B+2D+2(B-t) =3B+2D-2t		
正方形或長方形中空斷面  Hp	四面  2B+2D	三面  B+2D			
圓形中空鋼材  Hp	 π D				

（資料來源：文獻 18）

表 3-1 用周長之值計算鋼材斷面因子的防火層厚度 Hp/A(A/V)(續)

鋼材	箱型與實心型防火層				
普通梁、普通柱與托梁(一般型與空腹式斷面) Hp	四面  2B+2D	三面  B+2D	三面  B+2D	二面  B+D	單面  B
結構與軋延 T 型鋼 Hp	四面  2B+2D	三面  B+2D	三面  B+2D		
角鋼 Hp	四面  2B+2D	三面  B+2D	三面  B+2D		
槽型鋼 Hp	四面  2B+2D	三面  2B+D	三面  B+2D		
正方形或長方形中空斷面 Hp	四面  2B+2D	三面  B+2D			
圓形中空鋼材 Hp	 πD	註：箱型包覆一圓形鋼材所造成之空間可增加絕緣性及 Hp/A 值，Hp 大於依鋼材形狀令防火護層方法之 Hp，且是不規則的。故而，Hp 應視為管的情形，而非 4D			
例： 使用 203x203x52kg/m 之一般鋼梁 B=204.3mm D=206.2mm t=7.9mm A=66.282cm^2	a) 依形狀防火–四面曝露 Hp = 4B + 2D-2t Hp = 4 x 204.3 + 2 x 206.2 – 2 x 7.9 = 817.2 + 412.2 – 15.8 = 1213.8 mm = 1.214 m Hp/A = 1.214/0.006282 = 183.2 m^{-1} c) 箱型，四面暴露 Hp = 3B + 2D-2t = 612.9 + 412.4 - 15.8 = 1009.5 mm =1.01 m Hp/A = 0.82/0.006282 =123.9 m^{-1}		b) 依形狀防火 – 三面曝露 Hp = 3B + 2D – 2t = 612.9 + 412.4 - 15.8 = 1009.5 mm = 1.01 m d) 箱型，三面曝露 Hp = B + 2D = 204.3 + 412.4 = 616.7mm = 0.617m Hp/A = 0.617/0.006282 = 93.24 m^{-1}		

（資料來源：文獻 18）

二、結構防火工程

當鋼構受熱到大約 200℃，強度會略為提高，但過了 200℃持續加熱，則會失去強度。S275 到 S355 結構鋼在應變量 1.5%，強度變化的因子與溫度的關係如表 3-2。這些數據取自 BS 5950-8：2003。在火災發生時，鋼構件(梁或柱)溫度在超過 500℃時仍能夠有承載力。

表 3-2 一般結構綱的有效降伏強度因子與溫度之變化

溫度(℃)	20	100	200	300	400	500	600	700	800
有效 降伏強度因子	1.00	1.00	1.00	1.00	0.956	0.756	0.460	0.223	0.108
註：鋼材高溫下之強度可藉由常溫下強度的因子推算。 例如，S275 鋼在 600 ℃的有效降伏強度為 0.46 × 275 = 126.5 N/㎜²									

（資料來源：文獻 18）

另外，在英國 BS 5950-8 使用載重比(Load Ratio)觀念，作為構件在火場可承載載重的量測值。在歐盟規範使用載重水平(Load Level)的相似觀念。載重比的定義如下：

$$\text{載重比} = \frac{\text{構件在火害下可承受之載重或彎距}}{\text{構件在 20℃時之強度}}$$

載重比可視為火害與普通設計安全係數的比值。假如在常溫下安全係數使用 1.7；而火害時是 1.0，此載重比為 1/1.7，或為 0.59。

對於已知載重或應力，最大容許溫度在 BS 5950-8 又稱為限制溫度(limiting temperature)，在歐盟規範則稱為臨界溫度(critcal temperature)。柱與側向束制的梁等構件之限制溫度，參考 BS 5950-8：2003 Table 8 的內容，如表 3-3 所示。

表 3-3 柱與梁之限制溫度

構件說明	限制溫度（℃）與載重比					
	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
高層建築一般受壓力的柱	510	540	580	615	665	710
高層建築承受混凝土版或複合式版的合成梁	590	620	650	680	725	780
承受混凝土或複合式版且有 100%剪力連結的合成梁	550	580	610	645	685	740

（資料來源：文獻 18）

三、試驗與評估程序之一般指導原則

對於膨脹型塗料與惰性材料，在技術上的差異與物理性能，而發展個別的程序。

評估的程序是梁和柱依 BS 476-21 所進行的載重試驗並結合 BS 476-20 非載重的耐火試驗，或者依 EN 13381 所進行梁和柱的載重/非載重之相關測試。

對於一項預期僅使用於梁的產品，以一個載重梁的試驗以及一些短形非載重的試驗數據為基礎進行評估。試驗的計畫不需限定於單一鋼構型式，但是必須有附加的載重試驗，主要會以經過 ISO 17205 認證通過的實驗室所得的資訊作為評估的基礎。其他獨立實驗室所進行的合適資料可作為評估的補充，但不應是評估的主要依據。

防火被覆材料具有保持力的証明，如下：

(1) 載重梁的試驗持續進行到以梁中央撓度值達到跨度的 1/35

(2) 載重柱的試驗則進行到即將發生結構性破壞為止。

載重試驗的試體尺寸需依照 BS 476-21 或 ENV 13381-4 之需求，而提供溫度數據的非載重試驗的試體長度至少要 1 公尺。其它需注意事項如下：

(1) 為能提供充分之資訊，試驗最好能持續進行直到所有鋼材斷面達到 700℃的平均溫度(或其他評估所需的最高溫度)。

(2) 假如載重梁發生承載能力破壞的情況(或柱子發生即將破壞的情況)，應移除載重，並且持續進行試驗，直到第 3 點情況達到為止。

(3) 鋼材平均溫度量測間隔應不超過 2 分鐘，並且依下列方式計算：

(a) I 型梁三面受火時：(下翼緣平均溫度＋腹板平均溫度)/2

(b) I 型梁四面受火時：(兩側翼緣平均溫度＋腹板平均溫度)/2

(c) 矩形中空斷面(RHS)梁三面受火時：三面受火面的平均溫度

(d) 矩形中空斷面(RHS)/圓形中空斷面(CHS)柱四面受火時：受火面的平均溫度

(4) 載重試體之加載需依 BS 449-2 計算之最大許可載重或依 ENV 13381-4 和/或 ENV 13381-8 之需求。

(5) 在所有非載重梁上翼緣與混凝土蓋板之間需以岩棉或陶瓷棉隔熱。

(6) 載重梁以簡支梁支承型式進行試驗。柱子則在兩固定 2 點施加軸向力(或者在一方向束制和旋轉)

四、惰性防火被覆材之試驗及評估程序

(一)試驗計畫

對於惰性防火被覆材料、產品或系統，測試試體與噴附厚度之組合如表 3–4 所示，表中之 K 值為厚度因子，表示噴附不同的厚度別：

表 3-4 各鋼材與各防火處理時製造與使用所需之厚度

	緊貼週邊防護之 A/V	依箱型防護之 A/V	厚度因子 K
載重之 I 型梁			
305×127 ㎜×42 kg/m	180	140	1.0
305×127 ㎜×42 kg/m	180	140	0.0
載重之 I 柱			
203×203 ㎜×25 kg/m	180	125	1.0
一公尺長非載重之試體			
鋼梁			
305×102 ㎜×25 kg/m	285	225	0.2
305×102 ㎜×25 kg/m	285	225	0.8
254×146 ㎜×31 kg/m	230	160	0.5
254×146 ㎜×43 kg/m	170	120	0.4
356×171 ㎜×67 kg/m	140	105	0.5
356×171 ㎜×67 kg/m	140	105	0.8
鋼柱			
203×203 ㎜×52 kg/m	180	125	1.0
254×254 ㎜×89 kg/m	130	90	0.2
152×152 ㎜×30 kg/m	235	160	0.0
254×254 ㎜×132 kg/m	90	65	0.3

（資料來源：文獻 18）

K = 厚度因子= $(d_p - d_{pmin}) / (d_{pmax} - d_{pmin})$

d_{pmax}：評估的最大厚度（㎜）

d_{pmin}：評估的最小厚度（㎜）

d_p：防火材料使用之平均厚度（㎜）

(二)試驗程序

在 BS 476-21 或 ENV 13381-4 提到有關附加的或強調的事項如下：

1. 考量試驗試體之材料與施作標準能代表良好的現場施作。防護的厚度值需能在平均厚度 15%之內。
2. 測試試體之條件在溫度、含水量與養護狀態，期能和服務的情形盡可能一致。
3. 在試驗前應量測養護的含水量。
4. 載重試體須依照 BS 476-21 或 ENV 13381-4 之要求，而提供溫度數據之非載重試驗之試體至少 1 公尺以上。
5. 為了充分提供資訊，試體應持續進行直到所有鋼材斷面平均溫度都達到 700℃（或依試驗委託人所需之最高評估溫度），或著直到鋼材斷面之隔熱材發生顯著的脫落為止。
6. 假如加載試驗的梁發生承載能力失敗（或柱即將發生破壞），應移除加載，並持續進行試驗直到第 5 點情況發生為止。

(三)評估的程序

評估惰性防火被覆材料有下列的一般情形：

1. 依照 BS476-21 或 EVN13381-4 承載梁試驗噴附最大厚度所達到的最大防火性能，可以評估水平桿件的性能。假如沒有此一判定準則（例如梁在 210min 失敗而非 240min 或更大），若在發生撓度值為跨度的 1/35 後移除加載，而持續進行直到完成全部試驗，此試驗結果仍能被接受。在整個超量試驗期間，防火被覆材料仍維持完整者，則可考慮外推法。
2. 如果完成載重的柱的試驗並且符合類似前項梁試驗註記的要求，則可進行垂直構件的評估。
3. 在分析時所使用的是噴附試體材料的平均溫度。推測的厚度通常為現場施作時要求的最低值。

4. 評估僅適用於特定規格化的試驗。
5. 在某些情況評估的標準方法可能不合適（例如材料含有大量結合水），不排除會採用替代的或修正的分析方法，無論如何，任何替代的方法皆須文件化並在評估報告證明正當理由，方能取得 Fire Test Study Group 和 ASFP 技術審查小組的同意。

厚度的可接受範圍與加載重試驗斷面之最大與最小厚度有關，外推的最大厚度通常僅接受依載重試驗試體的最大厚度外加 10%，亦即斷面因子最大增加 10%，外推的最小厚度亦僅接受載重試驗試體最小厚度值加 10%。

五、反應式防火被覆系統之試驗與評估程序

(一)試驗計畫

prENV 13381-8 詳細規定針對反應式(膨脹型)系統試驗之計畫。與 BS 476 Prat 21 有關的試驗計劃，試體的尺寸如表 3-5。

經由載重試驗以掌握厚度範圍，鋼材型式與臨界鋼材溫度等資訊。厚度為乾膜厚度。表 3-5 為驗證個別斷面所需應用之斷面尺度，噴塗最大厚度，並進行載重試驗。而非載重試驗的計畫，以掌握防火時效、乾膜厚度與斷面因子間的關係。具有代表性的試驗計畫在所要求的乾膜厚度範圍內至少包含 10 個斷面。

表 3-5 個別斷面所需應用之斷面尺度噴塗最大厚度

	斷面規格 (mm×mm×kg/m)	備註
I 型斷面梁	406×178×60	
I 型斷面柱	203×203×52	只要試驗一根載重梁或試驗一根非載重柱
中空柱斷面	200×200×6.3	只要試驗一根 I 型或中空型的梁或者試驗一根非載重柱
矩型中空梁	300×200×6.3	

（資料來源：文獻 18）

在每一個載重梁的試驗中，同時放入一根相同斷面塗佈相同防護的參考短梁，從短梁的試驗資料修正黏附力(stickability)。對於柱的試驗亦將相同做法。為了建立塗料應用於腹板較深的斷面，在試驗套裝中可包含一支較深腹板斷面(例如：610mm×305mm×238kg/m)的非載重梁。

I 型斷面和 RHS 型斷面，在評估的用途上是分別探討。圓形斷面可以以方型斷面的試驗，利用相同的斷面因子進行評估。或者以圓形斷面進行試驗再個別評估。

(二)試驗程序

在 BS 476 Part 20/21 或 prEN 13381-8 中特別強調的事項如下：

(1) 試驗試體之材料與施作標準應能代表良好的現場施作。試體塗料之乾膜厚度的標準偏差不大於平均值的 15%(可參考 ASFP TGN 007：2001)。假設厚度讀數為常態分配意味著

(a)68%的讀數在平均值的 15%以內

(b)95%的讀數在平均值的 30%以內

(c)99%的讀數在平均值的 45%以內

(2) 測試試體之條件，在溫度、溶劑含量和養護狀態，期能和服務的情形儘可能一致。評估梁和柱時，應至少一支載重梁，一支至少 2m 高非載重柱和一些短梁、短柱的試驗數據為基礎。在 ENV 13381 載重柱的試驗數據會優於非載重柱。假若只是柱的評估，試驗數據應包含一支載重柱和一些短柱的套裝試驗。

在 prEN 13381-8 已明定溫度量測的規範,在缺少載重柱的試驗數據時，可以 I 型斷面為 550℃；中空型斷面為 520℃，作為臨界溫度。中空型斷面的柱在非載重試驗所得的臨界溫度，不可大於 550℃。中空型斷面的梁相對的不可大於 620℃。

(三)評估程序

可以以 BS 476 Part 21：1987 或 prEN 13381-8 的試驗結果為評定的基礎。試驗數據在評估時考慮的觀點如下：

(1) 斷面因子(A/V)

試驗計畫應包含一些斷面因子儘可能範圍寬廣的鋼材斷面。

(2) 斷面的型式

反應式塗料的性能隨著鋼材斷面的型式/輪廓而變化。一般的塗料應用在有凹角輪廓的鋼材斷面上會有較好的表現，另外，在相同的塗料在圓形中空斷面會較應用在矩形/方形中空斷面的效果稍佳。因此，凹角斷面會和中空型斷面分開處理，各自進行載重與非載重試驗計畫。圓形斷面的評估可依相同斷面因子的矩形/方形斷面的試驗為基礎。

(3) 斷面的尺度

某些反應式塗料用於腹板深或翼緣窄的梁會降低防火性能。假如腹板斷面大，或翼緣小，塗佈的在腹板的塗料沒有良好的支撐，翼緣也是同樣問題。因此在試驗計畫中包含一根腹板 610mm 深和一根翼緣 120mm 寬的非載重梁，對於更深的梁，必須單獨評估。

(4) 防火時效

在載重的耐火試驗中，試體直到無法支承試驗載重的時間。

(5) 斷面定向

反應式塗料的耐火性能在垂直的柱和水平的梁之間，有所不同。通常，除非兩者間有特別令人滿意的相關性，否則梁和柱須分開評估。

(6) 塗佈厚度

大部份反應式塗料在某一厚度限制下，耐火性能隨厚度而增加。超過此一厚度限制，耐火性能可能變小或者沒有增進，事實上，耐火性能會下降。

(7) 鋼材表面處理

包含底漆的整個塗料系統，其附著力與鋼材表面處理有高度關聯性。

(8) 表面強化(若有的話)

在耐火試驗中，塗料系統若有使用任何強化格網，相同的系統在也必須用於施工實務。

(9) 底漆相容性

底漆的屬性，厚度與使用方法，在塗料系統的整體性能，扮演著重要的角色。塗料系統的評估報告中通常會有限定底漆的型式與試驗時的厚度。使用替代性底漆需符合製造商的建議。

(10) 應用方法

水性(water-based)膨脹型塗料的使用方法對於結果沒有顯著性影響，所以除了有建議的噴附方式外，任何方法皆可使用。溶劑型(solvent based)塗料的使用方法非常敏感，因此，噴附的方法須依製造商的建議。在評定報告書中必須紀錄試體施作溶劑型膨脹塗料的方法，使用刷塗方式進行試驗，將會限定此一方法，若以噴附方法則可允許刷塗和噴附。

(11) 面漆的影響

反應式塗料系統在面層塗佈的非防火性塗料，可能對於整體性能有不利的影響。假如大部分試體沒有使用面漆，建議在非載重試體塗佈面積，作為比較之用。或者製造商可以自製的輔助試驗中提出令人滿意的證據。

(12) 塗層次數

雖然證據不多，但塗料所需厚度的塗佈次數可能會影響塗料整體性能。因此建議試體施作時塗層的要和工程實務相近似，並且記載於測試報告中。

(13) 防火被覆材料的物理性能和保持力

任何反應式塗料性能的關鍵因素在於承受爐溫與鋼材高溫下，在一定範圍內的撓曲變形，仍能保持在原位，且不減弱防火的能力。此即為塗料系統的“黏附力”。因此，在測試載重的斷面上塗佈膨脹型塗料期望的最大厚度。

評估反應式膨脹型防火被覆材料之一般情況與規則如下：

(1) 假如在所要求的耐火時間內順利完成一根依 BS 476 Part 21 或 ENV 13381-4 所進行的載重梁試驗，或按照第(3)點或第(6)點的定義，所外推的需要時間，可用於評估水平構件的耐火性能。

(2) 假如依 BS 476 Part 21 或 prEN 13381-8 順利完成一根載重柱的試驗或者完成一根非載重柱的試驗，再結合前述第(1)點的載重梁，即可用於評估垂直構件的耐火性能。

(3) 假如在載重試驗期間，適當的防火時效達到之前，試體發生支承載重的能力失敗(例如：115 分鐘而非 120mm 或更大)，倘若梁則在發生(跨度/35)的撓度量後移除載重，而柱則在即將發生結構性破壞時移除載重，然後試驗持續進行直到全部的試驗完成，則此試驗結果仍可能被接受。在超燒期間內材料仍完整未受損，才會被考慮用於外推之用。對於任何指定的試體型式或定向，以達到最大承載能力的時間外推 10%為限。

(4) 以平均乾膜厚(dft)作為評估的基礎。評估報告應考慮到底漆、反應式塗料與面漆之個別乾膜厚。假如未能符合乾膜厚度標準偏差所規定之準則，評估者應詳細考量厚度分配，在評估報告內引入適當的安全因子以考慮到變異性。

(5) 試驗報告和評估報告僅適用試驗時包含底漆、中塗漆、面漆等特定的系統。

(6) 可接受的最大厚度是與載重梁和高型柱試驗時的最大厚度有關。至於最大厚度，對於不同的鋼材型式和定向，就其本身而論，柱不能轉移到梁，或者 I 型斷面轉移到中空型斷面。通常外推的最大厚度僅可接受以試驗的最大厚度增加 10%。外推的最小厚度僅可接受以短斷面試驗的最小厚度減小 10%。

(7) 為了評估的目的，鋼材斷面型式分組如下：

I 型(或其他有凹角外形的斷面型式)

(a)水平構件

(b)垂直構件

方形/矩形斷面

(a)水平構件

(b)垂直構件

(8) 為了評估的目的在第 7 點中每一項型式分組皆是分別處理。圓形斷面可以以方形斷面的試驗作為評估的基礎。或者進行圓形斷面的試驗再個別評估。

(9) 為能建立材料應用在深腹板斷面(腹板最大到 914mm)的性能，應在試驗與評估套裝裡包含一根深腹板非載重試驗的梁(腹板最小要有 610mm)。

(10) 在沒有有效的資訊地方，表 3-6 之限制可以應用於載重梁試驗的尺寸：

表 3-6 使用載重梁試驗數據的限制

試驗之梁尺寸	為評估目的的 最大腹板尺寸	為評估目的的 最大翼緣尺寸
406mm×178mm×60kg/m	686mm	305mm
合適的梁	＋280mm	＋127mm

（資料來源：文獻 18）

(11) 當考量依照 BS 449-2 全部載重的構件性能，將會應用下列的準則。梁、柱以及不同型式的斷面會分別進行評估。

依 BS 476 Part 21 或 prEN 13381-8 標準所進行梁或柱的試驗，失敗時的最低溫度用於評估的溫度，但此溫度不可超過 550℃(除了三面受火的梁，並且支承混凝土板，溫度仍不可超過 620℃)。

(12) 為考慮產品的黏附性能，短梁的溫度數據會因試驗計畫裡的載重梁、載重柱和高大型非載重柱的試驗結果作修正。短梁是在最大的性能與最小保護厚度之間做內插調整。步驟如下：

(a)假如參考的短梁施作與載重梁等值的相同材料，並且達到指定設計溫度的時間，即可獲得在時間方面性能的最小和最大厚度。

(b)載重梁的時間除以噴附最小與最大厚度的短梁達到指定設計溫度修正後的時間。此即為最大厚度修正因子(kmax)和最小厚度修正因子(kmin)，此一因子若大於 1 則取 1。

(c)在 kmin 和 kmax 之間內插，可以求得每一支短斷面梁實際噴附厚度的適當因子。

(d)每一支短梁達到指定設計溫度的時間，再乘以已計算之因子，即可得修正時間。

(e)將每一支短梁的修正時間用於分析中。

(13) 可接受性準則

以下的準則可用於分析，以確保有效的預測值。

(a)每一支短梁預測達到設計溫度的時間，不應超過到達設計溫度修正時間 15%以上。

(b) (a)項計算所有時間差異百分比的平均值必須小於 0。

(c) (a)項計算所有時間差異百分比中，個別值最大的 30%須大於 0。

(14) 允許的延伸如表 3-7 所示：

表 3-7 允許延伸使用的數據

斷面因子 A/V	負向延伸：當使用最小 A/V 試驗所評估的乾膜厚度，在試驗的最小 A/V 以下者，沒有限制。 正向延伸：＋10%
材料厚度	負向延伸：－10% 正向延伸：＋10%

（資料來源：文獻 18）

(四)評估指導：圖解法

(1) 數據

所有鋼材斷面試驗依「試驗程序」所求得到達鋼材極限溫度的平均時間，作為輸入的數據。

這些數據應該依照前節第(12)點的原則修正過。

在評估報告中必須提交除了來自分析的任何試驗結果之外的理由。合適的理由例如掉落碎片或燃燒的影響。排除了任何低於期望基礎的結果是不被接受的。

(2) 方法

通常鋼梁和鋼柱有不同的表現，因此鋼梁的數據點只用於鋼梁的評估，而鋼柱的數據點只用於鋼柱的評估。

在鋼梁和鋼柱全部相等的情況，亦即斷面因子和塗佈厚度相近，所得之防火時效相差在 5%之內，可以接受使用梁和柱的全部數據點。使用相同的技術而斷面和厚度差異在 15%以內，此時以前節第(12)點所得性能之數據可能被修正，相等的斷面必須包含斷面因子的範圍和塗佈厚度。

每一個鋼材斷面的耐火試驗，點繪斷面因子倒數(V/A，m)與達到限制的鋼材溫度時的時間(分)。

將相同平均乾膜厚的數據點畫出一條最合適且保守的線。一般最少需要 3 點才能畫出一條曲線，而這些點之一可能有 10 分鐘的保守的基準點。

圖 3-6 顯示一範例的圖形。在求得相同的平均乾膜厚度時，計算時有必要假設為線性行為。例如要 500μ，而數據是 523μ 達到 64 分鐘，那就要使用(500/523)×64，也就是 61 分鐘。使用這種修正方法應該侷限在標稱目標值的一個標準差(±15%)。

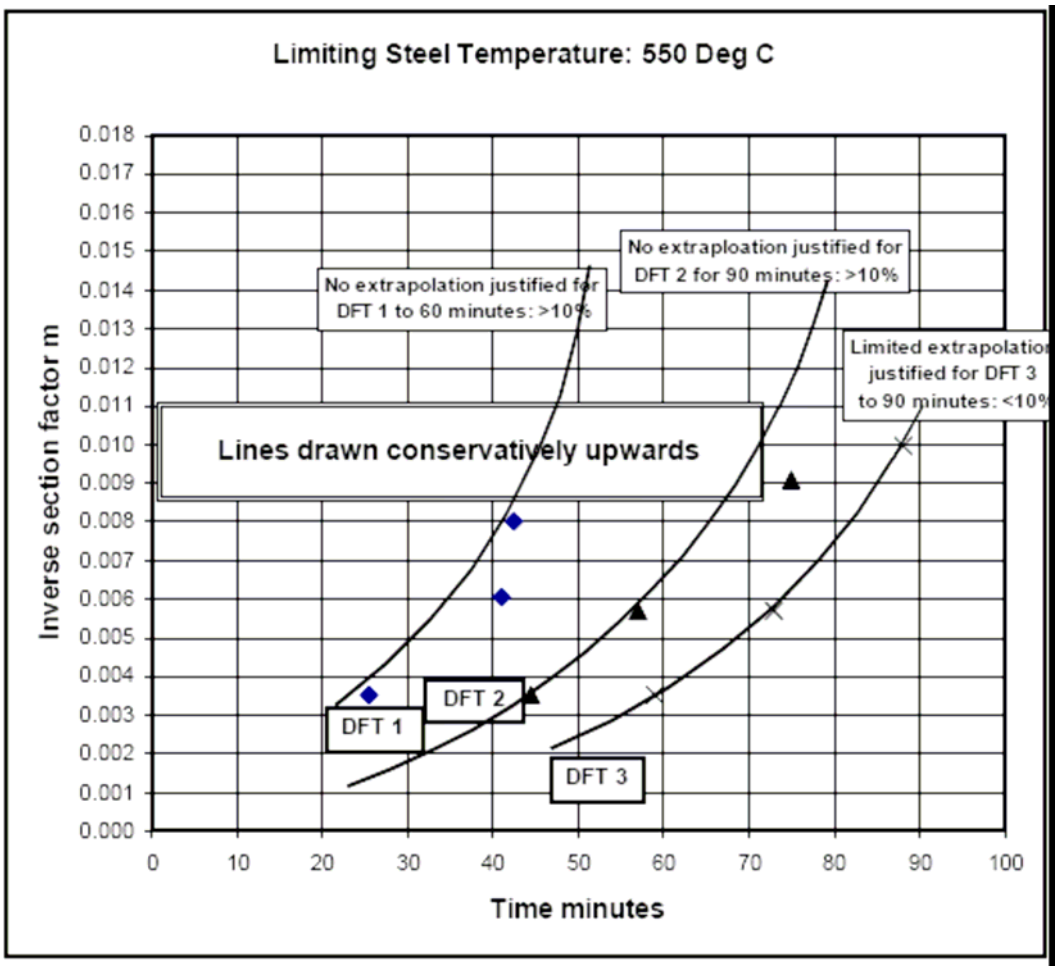


圖 3-6 鋼材限制溫度（資料來源：文獻 18）

對於固定斷面因子的乾膜厚與達到限制的鋼材溫度兩者關係所繪製的圖形，也可用於說明評估時的特別觀點。

為了繪成曲線，一般必須至少要有標稱值的厚度相近似的三個數據點，使用最少的兩個數據點劃出一曲線介於從三個數據點所劃的曲線之間，亦可被接受。

在某些情況，也接受在數據點之間劃成直線。例如有兩個數據點在要求的防火時效一側很靠近，或者在特定的厚度只有一個數據點。在這些情況下，可能取點與點之間，或者單點與軸的原點繪成直線，這些直線被認為是保守的，因而也被接受。

從每一個標稱厚度圖形上，劃出每一個防火時效對應至縱軸得出截距，此截距即為限制的斷面因子倒數值。從截距值可推導每一個標稱厚度，每一個防火時效所對應限制的斷面因子。在圖形上所繪出的任何一點的時間，只可能在達到要求的防火時效，以線性外推最多 10%。每

一個防火時效可在限制的斷面因子與乾膜厚度之間以線性內插，即可求得中間值。

(3) 接受的條件

為使評估報告是有效的，必須滿足前節第(13)點有關可接受性的條件。假如這些數據點不能符合準則，則必須依照此法繪製更保守的圖形，重新評估直到符合準則要求。

(4) 結果的指導應用

允許的延伸可依前節第(14)項。

(五)評估報告

評估報告至少要提供下列要項：

(a)防火被覆材料/產品/系統──一般性的概述

(b)試驗試體，分析時所使用之試體數量及尺寸

(c)分析方法使用的細節

(d)使用試驗結果與分析數據的摘要，在每一臨界溫度之預測分析

(e)符合可接受的準則，任何限制的細節與允許的延伸

(f)不同斷面因子與臨界溫度的預測厚度

(g)評估用之試驗報告必須附於評估報告之後

(h)材料/產品/系統之物理性能與保持力

(i)表面處理與底漆細節

(j)應用方法(評估所應用方法之有效性)

(k)任何試驗數據省略之理由。

第二節 美國 UL 之評估模式

本研究參考 Underwriters Laboratories lnc.（UL）2007 年版「Fire Resistance Directory」[19] 之內容，整理耐火性能之評估方式。

一、概述

UL 所涵蓋之防火時效是以 ANSI／UL 263（ASTM E 119 與 NFPA 251）「建築構造及材料之耐火試驗」為試驗基礎和可接受準則。「時效」是以小時表示，並且適用於樓板平頂、屋頂平頂、梁、柱、牆和隔間牆。

試驗之平均爐溫是以 5 分鐘達到 1000°F（538℃），15 分鐘達到 1400°F（760℃），30 分鐘達到 1550°F（843℃），60 分鐘達到 1700°F（927℃），120 分鐘達到 1850°F（1010℃），180 分鐘達到 1925°F（1052℃），240 分鐘達到 2000°F（1093℃）所導出。當測試件符合合格的準則，在給委託試驗者的報告中會包含測試件的詳細敘述、耐火試驗的性能，以及其他例如材料規範、分類範圍、替代的組裝等詳細資料。

設計編號是以字母數字的組合定義測試件。字首英文字母定義構造類別，第一個數字表示防火被覆之型式，其他的數字則定義此一特定設計。詳細的編碼系統詳表 3-8 所示。

表 3-8 組合體防火等級之編碼系統

	防護的類型								
	隔板式防護						直接防護		無防護
構造類別	000-099	100-199	200-299	300-399	400-499	500-599	600-699	700-899	900-999
樓地板-天花板 A, B *,or C* 混凝土及蜂巢狀鋼製樓地板	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	(保留)	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
D, E* or F* 混凝土及鋼製樓地板單元	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	礦纖板	金屬板條	石膏板	塗料	SFRM$^+$	無防護
G, H* or I* 混凝土及鋼製欄柵	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	礦纖板	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
J or K 混凝土	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	礦纖板	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
L or M* 木質或合成木材和鋼組合體	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	(保留)	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
梁 N or O*樓板天花板	隱密式格狀系統	(保留)	外露式格狀系統	隔熱毯或礦纖板	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
屋頂板-天花板 P, Q*, or R*	建築物單元	(保留)	外露式格狀系統	保留	金屬板條	石膏板	雜項	SFRM$^+$	無防護
牆及隔間 U,V or W*	建築物或隔間牆單元	(保留)	隔熱混凝土	木支撐石膏板	金屬支撐石膏板	雜項	金屬嵌板或支撐含水泥成分之材料	SFRM$^+$	圬工
柱 X,Y or Z*	建築物單元	預製	片狀材料	隔熱毯或礦纖板	金屬掛鋼及粉刷	石膏板	雜項	SFRM$^+$	圬工

*：保留未來的新工法系統。

SFRM$^+$ 表示噴附式防火被覆材料（Spray - applied Fire Resistive Materials）。

（資料來源：文獻 19）

二、通則

防火時效是基於結構桿件在火害影響下不損及穩定性所作之假設。測試件在防火時效期間損害的程度不是一項評估的準則。防火時效僅應用於整體測試件，單獨的元件並不訂定防火時效。有關的內容敘述如下：

1. 試體之加載

ANSI／UL 263 需要進行載重試驗，以決定設計的限制條件。可以工作應力設計法（Working Stress Design Method）或 Limit States Design Method 設計施加的載重。ANSI／UL263 容許試驗施加之載重小於以限制條件所決定之最大容許載重。稱為「限制載重條件」

（Restricted Load Condtition）。最大載重百分比與最大應力之百分比，可依結構設計準則依限制載重條件而定。

2. 室內與室外使用

一般而言，防火設計與 UL 分類的材料都是考慮限於室內使用。除非是專為室外設計，材料分類資訊上註明「室外用」或明顯用於屋頂或牆面包覆金屬板的外牆。

3. 被覆材料

被覆材料（Coating materials ）包含（1）噴附式防火被覆材料(Spray-applied Fire-resistive Materials，SFRM)和（2）膠泥與膨脹型塗料(Mastic and Intumescent Coatings)。施作防火被覆材料之表面必須無粉塵、油漬和浮銹。

噴附式防火被覆材料通常包含一種或多種黏著材、粒料和纖維。與水拌合成糊狀，經由輸送軟管至噴頭處，在噴頭處以壓縮空氣噴出形成一個防火層。或者以低壓輸送至噴頭處，在噴頭處與水霧混合噴附形成防火層。

膠泥與膨脹型塗料通常在工廠混合後，以指定的設計直接噴塗或刷塗於建築結構。用於室外的情況，須依照 ANSI／UL 263 對室外用途進行下列標準環境的研究。老化、高濕度、二氧化碳與二氧化硫混合氣體、紫外線、鹽霧、以及乾濕冷凍循環。用於室外者，須依照 ANSI／UL 263 對室內用途進行下列標準環境的研究。老化、高濕度、紫外線。

除非設計上有特殊規定，在下列情況的寬翼緣型鋼、鋼管柱或筒形鋼，噴附式防火被覆材料可以直接噴附於底層或漆落面：
（A）梁翼緣寬不超過 12 英吋；（B）柱翼緣寬不超過 16 英吋；（C）梁或柱腹板不超過 16 英吋；（D）鋼管外徑或筒形鋼的寬不超過 12 英吋；（E）依據 ASTM E736「用於結構構件防火被覆材料凝聚力/附著力之標準試驗法」所做之黏著試驗，與噴附在 1/8 吋鋼板厚之黏著強度相比較，試驗結果的最小平均黏著強度達到 80%，且最小個別黏著強度達到 50%者。決定平均和最小黏著強度值是依據 ASTM E736 至少 5 次的黏著力試驗結果。如果上述（A）、（B）、（C）、（D）

的條件沒有達成，則必須使用機械式黏著。機械式黏著可以用鐵絲網（最輕不可低於 1.7 lb/yard^2）用機械包覆翼緣、腹板、或鋼管的表面，或用焊接、螺栓固定。

噴附式防火被覆材料設計之指定厚度，依據 ASTM E605「用於結構桿件防火被覆材料厚度與密度之標準試驗法」，考慮個別厚度讀數的最小平均厚度。個別量測的厚度，如果比設計厚度所指定少 1/4 英吋或更多，則應紀錄為設計厚度加 1/4 英吋。設計厚度如果大於 1 吋或更多，則最小容許個別厚度必須少 1/4 吋，設計厚度如果小於 1 吋，則個別最小容許厚度可為設計厚度少 25%。測量梁／柱噴附防火被覆材料之厚度，是以 12 吋內之間距，圍繞兩側斷面讀數之平均值，即為平均厚度。

膠泥與膨脹型塗料一般需塗佈在底漆表面，考慮最小平均厚度，厚度值之量測可依，Association of Wall and Ceiling Industries（AWCI）出版之技術手冊 12-B「薄膜塗料試驗與檢驗之標準」：解說指引。噴塗之平均厚度不應超過公告個別設計的最大厚度，而且個別厚度量測值不小於指定設計厚度的 80%。

三、梁

依 ANSI／UL 263 提供接受的條件有束制梁的時效與非束制梁時效。在同一時效準則下，非束制梁所需之防護厚度一般會較束制梁所需厚度為厚。非束制梁的時效可用於束制或非束制條件的設計，但束制梁的時效僅可用於束制梁的條件。ANSI／UL 263 提供梁兩種試驗組合體的型式。第一種試驗組合體包含梁支撐一座完整代表性的樓板或屋頂板的構造。這類試驗的結果包括（1）束制組合體的時效；（2）非束制組合體的時效；（3）非束制梁的時效。此試體無法獲得束制梁的時效。另一種試驗組合體包含一座部分代表性的樓板與屋頂構造。試驗結果包括（1）束制梁時效（2）非束制梁時效。此試驗無法獲得樓板或屋頂組合的時效。

以防火目的而言，以最小梁尺寸的 W／D 值表示。W 係指梁每一呎長的重量，而 D 表示防火被覆材料和鋼斷面界面的周長。對同樣型態，並且依防火設計指定梁有較大的 W／D 的梁，在設計上都可以使用。W／D 值是以 AISI

出版的為主，在 2001 年此一方法計算熱軌型平板部份的週常會大於假設為直角的交界面，例如 W8×28 斷面的 W／D 值從 0.80 變更為 0.819。

在 A700、A800、A900、D700、D800、D900、G700、G800、J700、J800、J900、N700、N800、P700、P800、P900、S700 和 S800 系列之設計具有相同形狀的梁，設計為 1、1-1/2、2、3、4 小時束制與非束制梁防火時效的噴附式防火被覆材的厚度，可以用替代斷面鋼梁替代已知之設計，調整之公式如下：

$$T_1 = \frac{(\frac{W_2}{D_2} + 0.6)\, T_2}{(\frac{W_1}{D_1} + 0.6)}$$

其中，T：係指噴附式防火被覆材的厚度

W：梁的重量（lb/ft）

D：防護的周長（in），係指防火被覆材料與鋼材可能發生熱傳之界面。

下標 1：表示替代梁尺寸與需要之噴附厚度。

下標 2：表示已知的梁尺寸與個別設計之噴附厚度。

而且，1) W／D 值不可小於 0.37。

2) T_1 值不可小於 3/8 吋。

3)非束制與束制梁的防火時效不小於 1 小時。

以上可以用於束制和非束制梁應用噴附式防火被覆材厚度的調整；但不適於膠泥和膨脹型塗料。

四、柱

最小尺寸和型態規定在 X 和 Y 系列設計中。相同防火時效，同樣型態的指定柱斷面，可代替相等或較大 W／D 的斷面。與梁相似，熱軋斷面平板周長的計算較假設腹板與翼緣直角介面者為大，因此以 W 10×49 斷面之 W／D 值，從 0.83 變更為 0.84。

在 X700、X800、Y700 系列之設計，小於指定設計之寬型翼緣鋼的需要噴附厚度，可以下列式子計算之：

$$X_1 = 1.25\, X_1 (\frac{W_1}{D_1})(\frac{D_2}{W_2})$$

其中，X_2 表示較小寬型斷面之噴附厚度。

X_1 表示應用已評定鋼材斷面之噴附厚度。

W_2：表示較小寬型斷面的每呎重量。

W_1：表示已評定鋼材斷面的每呎重量。

D_2：表示較小鋼材斷面與被覆材料界面的周長。

D_1：表示已評定鋼材斷面與被覆材料界面的周長。

第四章 耐火塗料性能需求與檢驗分析

第一節 耐火塗料之性能需求

耐火塗料需具備之性能，經由本研究透過文獻整理歸納發現耐火塗料性能要求大致可分為 1. 理化機械性能；2. 耐火性能；3. 耐候性能；4. 耐久性能等 4 項，相關性能項目分類與說明如下：

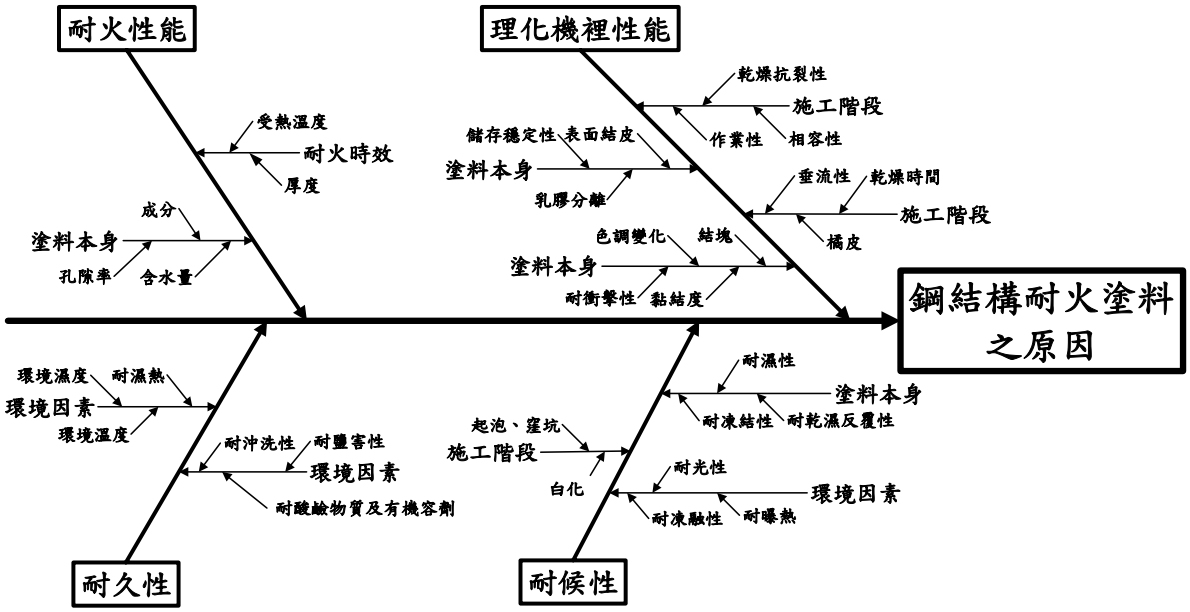


圖 4-1 耐火塗料性能之特性要因圖（資料來源：本研究整理）

一、理化機械性能(或基本性能)

理化機械性能係指對於塗料之性狀、形成機能、物理及化學抗性之性能需求，本文將之歸為理化機械性能（或塗料基本性能）。國內有關塗料之規定主要有 CNS 9725「塗料一般檢驗法-塗料性狀」[22]、CNS 9894「塗料一般檢驗法-儲存安定性」[23]、CNS 10756「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成

[22] 中華民國國家標準，CNS 9725「塗料一般檢驗法-塗料性狀」，經濟部標準檢驗局，民國 85 年 5 月 23 日。

[23] 中華民國國家標準，CNS 9894「塗料一般檢驗法-儲存安定性」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 1 月 26 日。

機能試驗法)」[24]、CNS 10756 -1「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)」[25]、CNS 10757「塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)」[26]、CNS 11607「塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)」[4]、CNS 12514「建築物構造部分耐火試驗法」[27]，性能需求及試驗方法詳如表4-1。

表 4-1 CNS 標準與塗料理化機械性能有關之一覽表

標準 / 檢驗項目	CNS 9725	CNS 9894	CNS 10756	CNS 10756 -1	CNS 10757	CNS 11607	備註
1.容器內狀態	V						*
2 透明性	V						
3.加登納(Gardner)色數	V						
4.污點	V						
5.黏度	V						*
6.密度	V						
7.分散度	V						
8.混合性	V						
9.可使用時間	V						
10.稀釋性	V						
11.低溫安定性		V					
12.結皮性		V					
13.常溫儲存安定性		V					
14.加溫儲存安定性		V					
15.髮塗作業性			V				
16.塗布面積			V				
17.平坦性			V				
18.垂流性			V				
19.乾燥時間			V				*

[24] 中華民國國家標準，CNS 10756「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 83 年 11 月 2 日。

[25] 中華民國國家標準，CNS 10756 -1「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 83 年 11 月 2 日。

[26] 中華民國國家標準，CNS 10757「塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 11 月 30 日。

[27] 中華民國國家標準，CNS 12514「建築物構造部分耐火試驗法」，經濟部標準檢驗局，民國 94 年 1 月 10 日。

20.水磨容易性			V				
21.乾磨容易性			V				
22.上塗適合性			V				
23.重塗適合性			V				
24.滲出性			V				
25.塗膜外觀目視法				V			*
26.隱蔽率				V			
27.遮蓋力				V			
28.塗膜之顏色				V			*
29.視感反射率				V			
30.鏡面光澤渡				V			
31.耐屈曲性					V		
32.擠壓值					V		
33.耐衝擊性					V		
34.硬度					V		
35.附著性					V		
36.附著安全性					V		
37.附著強度					V		
38.抗拉強度及伸長率					V		
39.耐磨耗性					V		
40.耐污染性					V		
41.耐洗淨性					V		
42.不黏著性					V		
43.塗膜之加熱安定性					V		
44.耐過熱烘烤性					V		
45.阻抗					V		
46.透水度					V		
47.水蒸氣透過度					V		
48.氯離子透過度					V		
49.耐水性					V		
50.耐沸騰水性					V		
51.耐揮發油性					V		
52.加速黃色度						V	
註：「*」表示與國外耐火塗料標準所訂要求相似者。							

（資料來源：本研究整理）

本研究參考 GB 14907-2002 之標準[3]，整理有關鋼結構用耐火塗料之理化機械性能，如表 4-2、4-3 所示，可作為本研究草擬標準之參考。

表 4-2 GB 14907-2002
室內鋼結構防火塗料技術性能(理化機械性能部份)

序號	檢驗項目	技術指標		
		NCB(超薄型)	NB(薄型)	NH(厚型)
1	在容器中的狀態	經攪拌後成均勻細膩狀態，無結塊	經攪拌後成均勻液態或稠厚流體狀態，無結塊	經攪拌後成均勻稠厚流體狀態，無結塊
2	乾燥時間（表乾）/h	≦8	≦12	≦24
3	外觀與顏色	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	—
4	初期乾燥抗裂性	不應出現裂紋	允許出現 1~3 條裂紋，其寬度應≦0.5mm	允許出現 1~3 條裂紋，其寬度應≦1mm
5	黏結強度/MPa	≧0.20	≧0.15	≧0.04
6	抗壓強度/MPa	—	—	≧0.3
7	乾密度/(kg/m^3)	—	—	≦500

（資料來源：GB 14907-2002）

表 4-3 GB 14907-2002
室外鋼結構防火塗料技術性能(理化機械性能部份)

序號	檢驗項目	技術指標		
		WCB(超薄型)	WB(薄型)	WH(厚型)
1	在容器中的狀態	經攪拌後成細膩狀態，無結塊	經攪拌後成均勻液態或稠厚流體狀態，無結塊	經攪拌後成均勻稠厚流體狀態，無結塊
2	乾燥時間（表乾）/h	≦8	≦12	≦24
3	外觀與顏色	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	—
4	初期乾燥抗裂性	不應出現裂紋	允許出現 1~3 條裂紋，其寬度應≦0.5mm	允許出現 1~3 條 裂紋，其寬度應≦1mm
5	黏結強度/MPa	≧0.20	≧0.15	≧0.04
6	抗壓強度/MPa	—	—	≧0.5
7	乾密度/(kg/m^3)	—	—	≦500

（資料來源：GB 14907-2002）

初步歸納關於理化機械性能(或基本性能)需具備有下列檢驗項目：

1. 容器內狀態
2. 密度
3. 黏度
4. 乾燥時間
5. 塗膜外觀
6. 耐衝擊性

二、耐火性能

耐火性能係指對火災之抵抗程度[28]。國內試驗標準為 CNS 12514「建築物構造部分耐火試驗法」[27]，目前版次的內容參考 ISO 834[29]在耐火試驗方面已與國際標準接軌，參考表 4-4。耐火性能是鋼結構耐火塗料最重要的性能，在 GB14907-2002 7.3.2 節亦提到在材料判斷品質合格與否時，耐火性能之缺陷等級屬「A」，即不允許出現。

表 4-4 各國鋼樑、柱構件試驗規範比較

	項目	CNS 12514[21]	ISO 834[24]	BS 476[11]	UL 263[30]
試體	樑	≧4m	—	≧4m	≧3.7m
	柱	≧3m	≧3m	≧3m	≧2.7m
加熱條件	0.5hr	841℃	841℃	841℃	843℃
	1hr	945℃	945℃	945℃	927℃
	2hr	1049℃	1049℃	1049℃	1010℃
溫度判定 (破壞溫度)	平均溫度	＞500℃	＞500℃	＞550℃	＞538℃
	單點溫度	＞550℃	＞550℃	＞650℃	＞649℃

（資料來源：本研究整理）

[28] 中華民國國家標準，CNS 9452「建築原件性能分類」，經濟部標準檢驗局，民國 76 年 3 月 17 日。

[29] ISO 834-7,“Fire-resistance tests - Elements of building construction Part 7Specific requirements for columns”,2000.

[30] UL 263,“Fire Tests of Building Construction and Materials”,1997.

三、耐候性能

耐候性能係指長期間抵抗日光、風雨及大氣溫度變化等自然影響之性能[31]。國內有關塗料之規定主要有 CNS 10757「塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)」[19]、CNS 11607「塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)」[4]，性能需求及試驗方法詳如表 4-5。

表 4-5 CNS 塗料相關標準(耐候性能部分)

標準 / 檢驗性能	CNS 10757[19]	CNS11607[20]	備註
1.耐鹼性	V		*
2.耐酸性	V		*
3.耐鹽水性	V		*
4.耐鹽水噴霧試驗		V	*
5.耐濕性		V	*
6.耐冷熱反覆性		V	*
7.耐濕冷熱反覆性		V	
註：「*」表示與國外耐火塗料標準所訂要求相似者。			

（資料來源：本研究整理）

本研究參考國外 BS 8202 Part 2：1992[2]、GB 14907[3] 之標準，整理有關鋼結構用耐火塗料之理化機械性能，如表 4-6、4-7 所示，發現試驗項目有些相似但試驗的方法與基準值要求皆有很大的差異仍需進一步討論。在專家座談時，專家們認為耐火塗料可參考 GB 14907，將使用場所分為兩種：

1. 室內鋼結構耐火塗料：用於建築物室內或隱蔽工程的鋼結構表面；
2. 室外鋼結構防火塗料：用於建築物室外或露天工程的鋼結構表面。

初步歸納關於耐候性能需具備有下列檢驗項目：

1. 耐冷熱反覆性
2. 耐濕性
3. 耐鹽水噴霧試驗

[31] 中華民國國家標準，CNS 9453「建築材料性能詞彙」，經濟部標準檢驗局，民國 76 年 3 月 17 日。

表 4-6 BS 8202 Prat 2:1992
建議耐火塗料之耐候性試驗項目及性能要求

No	試驗項目	室外	室外不淋雨	僅施工階段外露	室內
1	描述	完全暴露在大氣環境中，包括了紫外線、溫度循環、風雨、鹽分。	在施工期間全部暴露於大氣環境中，而施工後只有部份暴露在外。	只有在施工期間部份暴露於大氣環境中。	未暴露於大氣環境中，但溫度及濕度的變化在可導致結露的範圍。
2	典型地點	完全外露的表面	在棚狀鋼骨建築物的內側面或鄰近於外露開口處	修補過的建築物	塗裝耐火塗料的前後，都受到完善保護的建築物
3	耐熱暴露試驗 曝露在 50℃±2℃的環境下 6 個月。	V	V	V	V
4	耐凍融試驗 每一個循環 24 小時於-20℃，24 小時於+20℃。	10 次	10 次	5 次	5 次
5	耐 SO_2 試驗	20 次	10 次	5 次	5 次
6	耐高濕度試驗	1000 小時	1000 小時	250 小時	250 小時
7	耐天候試驗	2000 小時	1000 小時	—	—
8	耐鹽害試驗	2000 小時	1000 小時	—	—

（資料來源：BS 8202 Prat 2:1992）

表 4-7 GB 14907-2002
鋼結構防火塗料技術性能(耐候性能部份)

分類	檢驗項目		技術指標		
			(超薄型)	(薄型)	(厚型)
室內	1	耐水性/h	≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象
	2	耐冷熱循環性/次	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象
室外	1	耐曝熱性/h	≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象	≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象	≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象
	2	耐濕熱性/h	≧504 塗層應無起層、脫落現象	≧504 塗層應無起層、脫落現象	≧504 塗層應無起層、脫落現象
	3	耐冷熱循環性/次	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、剝落、起泡現象
	4	耐酸性/h	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象
	5	耐鹼性/h	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象	≧360 塗層應無開裂、剝落、起泡現象
	6	耐鹽酸腐蝕性/次	≧30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象	≧30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象	≧30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象

（資料來源：GB 14907-2002）

四、耐久性能

耐久性能係指時間之經過對於變質變形之抵抗程度[31]。以 CNS 11607「塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)」[4] 列舉了檢驗項目如粉化度、防銹性及加速耐候性，而 BS 8202 Prat 2:1992[2] 則有耐沖洗試驗及耐環境暴露試驗兩項，如表 4-8、4-9。

耐火塗料耐候性及耐久性的測定，最佳方法是以實際全尺試體，直接於使用的環境下測試，及屋外暴露試驗的方法，但缺點是需時甚久；因此常透過加速試驗，在短期內評斷實際的品質需求。以加速試驗為目的的方法有冷熱循環試驗及促進耐候試驗，雖然這些方法短期間即可得到結果，但相反地，各種促進試驗均有其特定的本質，試驗結果亦應獨自判定，無法將不同條件的促進試驗所得結果與以比較。

在促進耐候試驗方面，即是模擬天然屋外暴露的條件，在耐候試驗機中調節光熱及溼度的狀態，照射在試片上。加速耐候試驗機可調整溫溼度，並於一定時間有一降雨週期（如 2 小時降雨 18 分鐘），進行某規定時間後，觀察塗膜變化情形。所採用的光源紫外線碳弧光，近來以日光碳弧光，而世界趨勢見採用氙氣燈。此外，例如以耐候試驗機照射一定時間，相當於屋外暴露試驗多少時間，可以保障塗膜壽命多少年，均無明確的具體數據[32]。

[32] 盧崑宗，「塗膜性質試驗法」，台灣塗料與塗料科技發展協會，塗料科技 第一期中華民國九十五年八月。

表 4-8 CNS 標準與塗料耐久性能有關之一覽表

標準 / 檢驗標準	描述		CNS 11607
1.粉化度	施予耐光性、加速耐候性、耐候性等試驗而粉化的試樣塗面上用濕潤的印相紙以一定之載重加壓於塗面，將印相紙由粉化塗膜粉受污染之程度與評定用照相比對。		V
2.防銹性	將試樣（防銹塗料）塗膜上塗布面漆的試片於室外曝露一定時間，經曝露後之塗膜表面及試驗板基材之防銹污發生狀態，與同樣經處理的參比樣品做比較		V
3.加速耐候性	日光碳弧燈式	使用加速耐候性試驗機對室外用塗料之塗膜一面照射光，並以一定間隔噴水霧時之塗膜變化，與同時同樣處理的參比樣品之塗膜變化作比對檢查。	V
	氙弧燈式	使用加速耐候性試驗對室外用塗料之塗膜一面照射氙弧燈光，並以一定間隔噴水霧時之塗膜變化，與同時同樣處理的參比樣品之塗膜變化作比對檢。	

（資料來源：CNS 11607）

表 4-9 BS 8202 Prat 2:1992
建議耐火塗料之耐久性試驗項目及性能要求

No	試驗項目	室外	室外不淋雨	僅施工階段外露	室內
1	耐沖洗試驗以肥皂液濕潤後，不經沖洗而氣乾；共需 20 個循環。	V	V	V	V
2	耐環境暴露試驗	2 年	1 年	半年	—

（資料來源：BS 8202 Prat 2:1992）

初步歸納關於耐久性能需具備有下列檢驗項目：

1.加速耐候性

第二節　市售耐火塗料之檢驗分析

一、檢驗計畫

試驗材料從市場材料選用 3 種耐火塗料，編號分為 A、B、C。在檢驗變數方面有：

1. 塗膜厚度：厚度分為三種厚度，0.5mm、1.0mm、2.0mm。
2. 塗膜材料：塗膜材料為底漆、中塗漆、面漆。
3. 在試體編號方面：case1 為底漆+中塗漆+面漆；case2 為底漆+中塗漆；case3 為中塗漆，不施加底漆及面漆。例如 A3 表示 A 塗料 case3 不施加底漆及面漆。

本計畫對前節歸納後之項目進行檢驗，檢驗方法及材料參數，詳表 4-10 所示。

表 4-10 檢驗方法及材料參數

檢驗項目	參考標準	試驗概要	儀器設備	試驗材料及厚度參數			備註
容器內狀態	CNS 9725	由調色刀或棒攪拌時之觸感檢查容器內之塗料是否適於使用狀態。	1.調色刀或棒	A	B	C	
密度	CNS 9725	液體比重杯法：秤量充滿液狀塗料的比重杯質量求出該塗料密度的密度概值。	1.化學天平 2.比重杯	A	B	C	
黏度	CNS 9725	旋轉黏度計法：在試樣中將圓筒以一定速度旋轉時，因試樣之阻力而使旋轉軸旋轉遲緩程度用刻度板指示，由此求黏度mPa.s{cP}，又可由旋轉軸和旋轉數之組合，可測量範圍的黏度。	1.單一圓筒旋轉黏度計 2.容器 3溫度計 4.恆塭水槽	A	B	C	
乾燥時間	CNS 10756	取試樣經髹塗後失去黏性形成至塗膜之乾燥時間檢查乾燥速度的程度。	1.恆溫恆溼室 2.恆溫箱 3.低溫恆溫箱 4.試片	A1-0.5、A1-1.0、A1-2.0、A2-0.5、A2-1.0、A2-2.0、A3-0.5、A3-1.0、A3-2.0	B1-0.5、B1-1.0、B1-2.0、B2-0.5、B2-1.0、B2-2.0、B3-0.5、B3-1.0、B3-2.0	C1-0.5、C1-1.0、C1-2.0、C2-0.5、C2-1.0、C2-2.0、C3-0.5、C3-1.0、C3-2.0	

塗膜外觀	CNS 10756-1	以目視檢查塗膜外觀是否正常。	1.塗膜參比樣品 2.試片	同上	同上	同上	
耐衝擊性	CNS 10757	落球式：本法適用於基材之衝擊變形極低者，乃將球體衝擊膜之表面上時，檢查塗膜之耐衝擊性，及有無龜、裂剝落之現象發生(重錘：直徑25.40mm，質量300±0.5g，自由落體1m)。	1. 重錘 2. 鋼製平台 3. 試片	同上	同上	同上	
耐冷熱反覆性	GB 14907	檢查試片塗膜受反覆溫度變化時，塗膜之變化(-20℃/3h→50℃/3h為一個循環，共15個循環)。	1.橫溫恆濕槽 2.低溫槽 3.高溫槽 4.浸漬容器 5.試片	A1-0.5	B1-0.5	C1-0.5	室內
耐濕熱性	CNS 11607 GB 14907 BS 8202	固定式：檢查試片放置於恆溫恆濕槽中時之塗膜狀態之變化(50℃，95%RH，504h)。	1.恆溫恆溼槽 2.試片3片	A1-0.5	未檢驗	C1-0.5	室外
耐鹽水噴霧試驗	CNS 11607	將試片置於鹽水噴霧試驗裝置內，保持所規定時間，而已目視檢驗塗膜受鹽水噴霧作用有無發生銹污之膨脹、剝離等現象。 試驗時間：2000h。	1.鹽水噴霧試驗裝置 2.PH測定器 3.試驗板	未檢驗			室外
加速耐候性	CNS 11607	使用加速耐候性試驗對室外用塗料之塗膜一面照射氙弧燈光，並以一定間隔噴水霧時之塗膜變化，與同時同樣處理的參比樣品之塗膜變化作比對檢查(氙弧燈，黑嵌板溫度：63℃，每照光120分鐘，灑水18分鐘)。 試驗時間：72h。	1.氙弧燈式耐候性試驗機 2.試驗板 3.密封材料	A1-0.5	未檢驗	C1-0.5	室外

（資料來源：本研究整理）

二、試片製作

試片大小為 7 ㎝ × 15 ㎝ 之鍍鋅鋼板。依照試驗設計噴塗底漆、中塗漆及面漆，底漆使用環氧磷酸鋅底漆，噴塗厚度為 0.05mm，面漆則以各塗料

廠商所建議搭配之面漆，噴塗厚度以各材料施工說明規定噴塗。試片厚度則以膜厚計(如圖 4-2 所示，單位 μm)於試片上六個不同位置點之數據，求出平均值做為此試片之厚度。

圖 4-2 膜厚計（資料來源：本研究拍攝）

三、檢驗結果

（一）容器內狀態

1. 操作步驟：

依照 CNS 9725 第 2.1 節內容，操作步驟如下

(1)液狀塗料時：開啟容器口，若表面有結皮時，除去結皮後用調色刀或攪棒拌內容物予以檢查。即使成分一部分在容器底沉澱，若無特別堅硬結塊，將底部之沉澱一點一點摩擦使鬆解後攪拌，內容物全體容易成為均勻時，則視為「攪拌時無堅硬結塊且成均勻」。但在分散媒中，將凝膠相、固體相分散之合成樹脂乳化模樣塗料等時，所分散之凝膠粒子、固體粒子等之大小與分布密度，亦須包括在檢查是否成為均勻之範圍。

(2)漿糊塗料時：開啟容器口，若表面有結皮時，除去結皮後，插入調色刀或棒並加以攪動以探測內容物之狀態。若內容物柔軟感覺不到結塊，又差不多均勻時，即是為「無結塊且均勻」。即使液狀成分之一部分分離在上層，將內容物全體攪拌能成均勻時，同樣視為「無結塊且均勻」。

(3)固形分為易於分離之塗料時：開啟容器口，若表面有結皮時除去結皮。然後以調色刀或棒將沉底之成分混練，以檢查是否成為均勻。以此操作

能使沉底之成分成為均勻時，即視為「攪拌後均勻」。

2. 結果分析：

結果分析如表 4-11 所示，三種塗料之「容器內狀態」，均為無結皮、無結塊與攪拌後均勻。

表 4-11 容器內狀態試驗結果

塗料	有無結皮	有無結塊	是否均勻
A	無	無	攪拌後均勻
B	無	無	攪拌後均勻
C	無	無	攪拌後均勻

（資料來源：本研究整理）

（二）密度

1. 操作步驟：

依照 CNS 9725 第 2.6 節內容，操作步驟如下

(1) 將試樣注滿比重杯時，注意勿使氣泡混入，上蓋後拭淨從蓋的溢出孔溢出之多餘試樣。

(2) 比重杯與試樣須先予保持 20±5℃後，精秤至 0.5g。

圖 4-3 比重杯（資料來源：本研究拍攝）

2. 結果分析：

將各塗料產品進行 3 次密度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均密度。

表 4-12 密度試驗結果

塗料		比重杯重量（g）	比重杯體積（cm^3）	填滿後重量（g）	密度（g/cm^3）	平均密度（g/cm^3）	備註(型錄值)
A	1	200.1	100	327.5	1.27	1.27	1.3
	2	200.1	100	326.8	1.27		
	3	200.1	100	326.7	1.27		
B	1	200.1	100	337.3	1.37	1.35	1.35
	2	200.1	100	334.7	1.35		
	3	200.1	100	333.7	1.34		
C	1	200.1	100	331.1	1.31	1.30	1.30
	2	200.1	100	330	1.30		
	3	200.1	100	329.7	1.30		

（資料來源：本研究整理）

（三）黏度

1. 操作步驟：

依照 CNS 9725 第 2.5.3 節內容，B 行黏度計法之操作步驟如下

(1)選擇指定之旋轉軸，將旋轉軸用左轉螺絲固定於旋轉軸聯接部處，同時旋轉變速紐，調整為規定之旋轉數。

(2)將試樣放入容器至深度 100 ㎜以上為止，然後放置於保持溫度 20±0.5℃之恆溫水槽中。

(3)將放入試樣之容器放置在本體下，將旋轉軸慢慢放下，調整旋轉軸之標線至試樣液面。

(4)開電源開關，待指針在旋轉中之刻度板上的一定位置停止後，按住夾桿，至指針在視野內停止時，關閉電源開關。

(5)將指針讀數乘以旋轉軸與旋轉數之修正數，即為數樣之黏度值。

圖 4-4 B 型黏度計（資料來源：本研究拍攝）

2. 結果分析：

透過裝於旋轉軸上的扭力計量測轉動力距大小，得出試樣之剪應力與剪應變對時間的變化，而算得黏度。將各塗料產品進行 3 次黏度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均黏度。黏度單位為厘泊(cent-Poise，簡稱 cP)，或 Pa・s。

表 4-13 黏度試驗結果

塗料	黏度（mPa.s｛cP｝）			
	第一次	第二次	第三次	平均黏度
A	36000	36500	36700	36400
B	15500	15000	16000	15500
C	7800	7500	8500	7930

（資料來源：本研究整理）

（四）乾燥時間

1. 操作步驟：

依照 CNS 10756 第 6 節內容，操作步驟如下

(1) 本試驗為常溫乾燥狀態下，試片的塗面朝上，水平放置勿沾上塵埃。於標準狀態下所規定乾燥時間後，檢查乾燥的程度。

(2) 指觸乾燥指在塗面之中央處，以指尖輕觸時，指尖不為沾汙的程度。

2. 結果分析：

依噴塗次數與試片厚度決定總乾燥時間，將每次噴塗的時間加總為總乾

燥時間。乾燥時間以表面指觸無指紋痕之表乾時間做為本實驗紀錄的依據。

從試驗中發現乾燥時間與塗料本質(成份)有關，與噴覆厚度、噴覆次數皆有密切相關，在製作 A 塗料中塗漆 2mm 的試體時，以一次噴塗方式，發現乾燥時間是 1mm 的 10 倍長時間，顯示施工說明書規範最大噴塗厚度與分層噴塗之時間間隔的重要性。

表 4-14 乾燥時間試驗數據

塗料		厚度(㎜)	噴塗次數	指觸乾燥時間(分)
A	1	0.5	1	113
	2	0.5	1	122
	3	1	1	407
	4	1	1	407
	5	2	1	4295
	6	2	1	4295
B	1	0.5	1	111
	2	0.5	2	206
	3	1	3	383
	4	1	4	431
	5	2	4	431
	6	2	5	583
C	1	0.5	1	98
	2	0.5	1	102
	3	1	2	207
	4	1	2	191
	5	2	4	429
	6	2	4	395

（資料來源：本研究整理）

（五）塗膜外觀

1. 操作步驟：

依照 CNS 10756-1 第 2 節內容，操作步驟如下

在漫射白晝光（擴散晝光）下，將參比樣品之塗面與試片之塗面比較，依試樣之產品標準所規定之觀察項目檢查。塗膜之外觀符合試樣之產品標準之規定時是為「塗膜之外觀正常」。

2. 結果分析：

在現場施作時，塗膜外觀可著重在皺紋、凹痕與裂紋的部分，其他觀察項目如光澤、色斑、縮邊、顆粒等皆無大問題且較不影響施工性，建議可以不列入檢驗項目，除非有建檔用途之需要。

表 4-15 塗膜外觀試驗結果

塗料		厚度（㎜）	皺紋	凹痕	裂紋
A	1	0.5	無	無	無
	2	0.5	無	無	無
	3	1	無	無	無
	4	1	無	無	無
	5	2	無	無	無
	6	2	無	無	無
B	1	0.5	無	微小凹痕	無
	2	0.5	無	無	無
	3	1	無	微小凹痕	無
	4	1	無	無	無
	5	2	無	無	無
	6	2	無	無	無
C	1	0.5	無	無	無
	2	0.5	無	無	無
	3	1	無	無	無
	4	1	無	無	無
	5	2	無	無	無
	6	2	無	無	無

（資料來源：本研究整理）

（六）耐衝擊性

1. 操作步驟：

依照 CNS 10757 第 4.2 節內容，操作步驟如下

將試片放置鋼製平台之上，使重錘之球狀前端朝下，於重錘不再迴轉及不擺動之情形下，自高度 1 公尺處落至此塗面之上，將衝擊後之試片置於室內 1 小時後，檢查塗面之損傷情形。

2. 結果分析：

經由試驗結果可得，試驗 3 種塗料、3 種塗膜方式及 3 種厚度，共有 27 個試片，在每個試片上衝擊 5 次，結果除了 C2-2 試片發生龜裂、剝落現象，其他皆無龜裂與剝落情形。C2-2 試片產生不合格的現象，有可能是隨機性，因此建議試片數可用三片，至少二片合格，而每片衝擊次數可減為 3 次。

表 4-16 衝擊試驗結果

衝擊試驗數據(○：代表無龜裂、剝落，×：代表有龜裂、剝落)							
次數 試片編號		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註
A	A1-0.5	○	○	○	○	○	合格
	A1-1	○	○	○	○	○	合格
	A1-2	○	○	○	○	○	合格
	A2-0.5	○	○	○	○	○	合格
	A2-1	○	○	○	○	○	合格
	A2-2	○	○	○	○	○	合格
	A3-0.5	○	○	○	○	○	合格
	A3-1	○	○	○	○	○	合格
	A3-2	○	○	○	○	○	合格
B	B1-0.5	○	○	○	○	○	合格
	B1-1	○	○	○	○	○	合格
	B1-2	○	○	○	○	○	合格
	B2-0.5	○	○	○	○	○	合格
	B2-1	○	○	○	○	○	合格
	B2-2	○	○	○	○	○	合格
	B3-0.5	○	○	○	○	○	合格
	B3-1	○	○	○	○	○	合格
	B3-2	○	○	○	○	○	合格
C	C1-0.5	○	○	○	○	○	合格
	C1-1	○	○	○	○	○	合格
	C1-2	○	○	○	○	○	合格
	C2-0.5	○	○	○	○	○	合格
	C2-1	○	○	○	○	○	合格
	C2-2	×	×	×	×	×	不合格
	C3-0.5	○	○	○	○	○	合格
	C3-1	○	○	○	○	○	合格
	C3-2	○	○	○	○	○	合格

（資料來源：本研究整理）

（七）耐冷熱反覆性

1. 操作步驟：

參考 GB 14907 標準，試片製作完成後，將試片放入（-20℃±2）℃低溫箱中冷凍 3 小時再將是片從低溫箱中取出，立即放入（50℃±2）℃的恆溫箱中，恆溫 3 小時，取出試片重複上述操作共 15 循環，試驗結束後觀察表面變化即是否有色差。

2. 結果分析：

經由實驗後觀察是否有色差及有無起泡，色差部分則以△E 表示，

公式：$\triangle E=[(\triangle L^*)^2+(\triangle a^*)^2+(\triangle b^*)^2]1/2$

△E＝色差值，感覺色差程度；△E=0.0~ 0.5，極微差別；

△E=0.5~ 1.5，輕微差別；

△E=1.5~ 3.0，可注意的差別；

△E=3.0~ 6.0，可評價的差別；

△E=6.0~12.0，明顯差別；

△E> 12.0，十分明顯差別；

表 4-17 耐冷熱反覆試驗結果

試片	編號	L	a	b	ΔE	外觀	起泡量	顆粒大小（㎜）
A1- 0.5（GB）1	T. 268	95.42	-2.00	-0.97	0.70	無變色	多	0.60
	NO. 847	93.62	-2.00	-0.37				
A1- 0.5（GB）2	T. 270	95.41	-2.04	-0.96	0.86	無變色	多	0.60
	NO. 849	93.68	-2.00	-0.38				
A1- 0.5（GB）3	T. 267	95.44	-2.02	-0.87	0.70	無變色	多	0.60
	NO. 846	93.62	-2.03	-0.41				
A1- 0.5（GB）4	T. 269	95.55	-1.98	-1.03	0.78	無變色	多	0.60
	NO. 848	93.79	-2.00	-0.44				
B1- 0.5（GB）1	T. 264	88.80	-0.44	10.29	0.19	無變色	少	0.10
	NO. 843	88.90	-0.59	10.27				
B1- 0.5（GB）2	T. 263	88.75	-0.42	10.31	0.16	無變色	少	1.00
	NO. 842	88.87	-0.51	10.25				
C1- 0.5（GB）1	T. 266	57.61	0.29	-3.98	0.27	無變色	少	0.60
	NO. 845	57.41	0.17	-3.85				
C1- 0.5（GB）2	T. 265	57.41	0.27	-3.93	0.27	無變色	少	0.50
	NO. 844	57.67	0.19	-3.94				

（資料來源：本研究整理）

（八）耐濕熱性

1. 操作步驟：

依照 CNS 11607 第 3.2.1 節內容，操作步驟如下

將試片放置於恆溫濕槽中(溫度為 50℃,濕度為 95% RH，且參考 GB 14907 之內容，暫定時間為 504 小時)，觀察塗膜狀態之變化，是否有起層、脫落、垂流、起泡等現象。

2. 結果分析：

試驗結果發現 A 材料與 C 材料，為無起層、脫落現象，但有垂流與起泡現象。

表 4-18 耐濕熱性試驗結果

試片	編號	L	a	b	ΔE	外觀	起泡量	顆粒大小（㎜）
A1- 0.5（濕）1	T.284	95.18	-2.16	-1.04	2.45	有垂流痕跡	少	0.30
	NO. 856	92.14	-2.02	-0.74				
A1- 0.5（濕）2	T. 272	95.66	-2.06	-1.05	3.49	有垂流痕跡	少	0.30
	NO. 857	92.44	-1.66	1.79				
A1- 0.5（濕）3	T. 273	64.34	0.27	-4.55	1.41	有垂流痕跡	少	5.00
	NO. 858	58.87	0.24	-3.24				
C1- 0.5（濕）1	T. 274	95.46	-2.06	-1.07	3.43	有垂流痕跡	少	5.00
	NO. 859	92.27	-1.59	-4.14				

（九）加速耐候性

1. 操作步驟：

依照 CNS 11607 第 3.8.2 節內容，操作步驟如下

(1) 將夾持試片的試樣夾安裝於迴轉框。並將試樣與參比樣品之試片橫並列配置。

(2) 使裝置依試樣之產品標準所規定的條件運轉；本計畫之試驗條件為氙弧燈，黑嵌板溫度為 63℃，每照光 120 分鐘，灑水 18 分鐘，照射光至試樣之產品標準所規定的照射時間，本研究暫訂 72 小時。

2. 結果分析：

經由實驗後觀察色差及外觀，色差部分則以△E 表示，試驗結果均無色

差但均產生輕微起泡現象。

表 4-19 速耐候試驗結果

試片	編號	L	a	b	ΔE	外觀	起泡量	顆粒大小（㎜）
A1- 0.5（加速）1	T.280	95.48	-2.05	-1.06	0.56	無變色	少	0.30
	NO. 850	93.79	-2.04	-0.68				
A1- 0.5（加速）2	T. 281	95.44	-2.04	-1.04	0.51	無變色	少	0.30
	NO. 851	93.80	-2.04	-0.66				
C1- 0.5（加速）1	T. 282	64.23	0.25	-4.53	0.85	無變色	少	5.00
	NO. 852	58.04	-0.42	-4.12				
C1- 0.5（加速）2	T. 283	64.31	0.28	-4.57	0.81	無變色	少	5.00
	NO. 854	58.06	-0.39	-4.14				

（資料來源：本研究整理）

四、小結

經由檢驗後的結果，在耐火塗料評定作業時，建議檢附(1)密度；(2)黏度；(3)乾燥時間；(4)耐衝擊性；(5)耐冷熱反覆性；(6)耐濕性；(7)加速耐候性等測試報告。(1)~(4)項為基本材料性能。若用於室內則需再進行第(5)項；若是室外用途，則需再進行(6)、(7)項之試驗資料。

另外，在工程施工品質管理方面，則需注意「容器內狀態」、「乾燥時間」與厚度量測等重要項目。在本研究中取樣的 A、B、C 三種塗料檢驗之結果綜合如表 4-20 所示。

表 4-20　A、B、C 三種塗料檢驗之綜合結果

檢驗項目＼塗料			A	B	C	備註
1	容器內狀態		合格	合格	合格	無結皮、無結塊且攪拌後均勻，視為合格。
2	密度		合格	合格	合格	進行 3 次密度試驗後平均數值，與產品標示相同，視為合格。
3	黏度		合格	合格	合格	進行 3 次黏度試驗後平均數值，與產品標示相同，視為合格。
4	乾燥時間	0.5 ㎜	118	159	100	A 塗料 2.0 ㎜為一次噴塗，導致乾燥時間很長，所以一次噴塗厚度依產品之規定。
		1.0 ㎜	407	407	199	
		2.0 ㎜	4295	507	412	
5	塗膜外觀		合格	合格	合格	無皺紋、凹痕與裂紋等現象，視為合格。
6	耐衝擊性	0.5 ㎜	合格	合格	合格	檢查塗面無龜裂、剝落等現象，視為合格。
		1.0 ㎜	合格	合格	合格	
		2.0 ㎜	合格	合格	合格	
7	耐冷熱反覆性（0.5 ㎜）		無變色但有起泡現象	無變色但有起泡現象	無變色但有起泡現象	色差值範圍在△E=0.0~1.5，且無起泡現象，視為合格。
8	耐濕熱性（0.5 ㎜）		有垂流及起泡現象		有垂流及起泡現象	是否有起層、脫落、垂流、起泡等現象，
9	加速耐候性（0.5 ㎜）		合格		合格	觀察色差及外觀色差值範圍在△E=0.0~ 1.5。

（資料來源：本研究整理）

第三節 鋼結構耐火塗料標準之草案

為了擬定國內鋼結構用耐火塗料標準草案之性能要求，針對國內塗料廠商及鋼結構設計及施工單位，進行專家訪談及問卷調查，以瞭解鋼結構用耐火塗料需求性能，問卷設計為了能客觀找出適合國內鋼結構用耐火塗料需求性能，問卷內容包含國內外相關標準所涵蓋性能，如附錄二。

本研究問卷發放對象最主要為國內廠商：塗料廠商（13 份）、鋼結構施工專案經理（10 份），至 96 年 6 月 6 號開始發放，詳細名單如附錄三。問卷回收 8 份，無效問卷 3 份，有效問卷 5 份。

因此參照「4 項耐火塗料性能要求」與「國內外相關標準」進行第二節之檢驗分析。經由檢驗操作了解可行性後，與回饋修正，得「鋼結構耐火塗料」標準之草案，草擬之國內鋼結構耐火塗料標準架構如圖 4-5 所示。草案條文與說明對照表，詳表 4-21 所示。若以此修正 CNS 11728「建築用防火塗料」或 CNS 13962「建築物鋼骨構造用噴附式防火被覆材料總則」，會出現相容的困難度。為能凸顯鋼結構用之耐火塗料品質性能的完整與重要性，建議提出「鋼結構耐火塗料」標準草案。

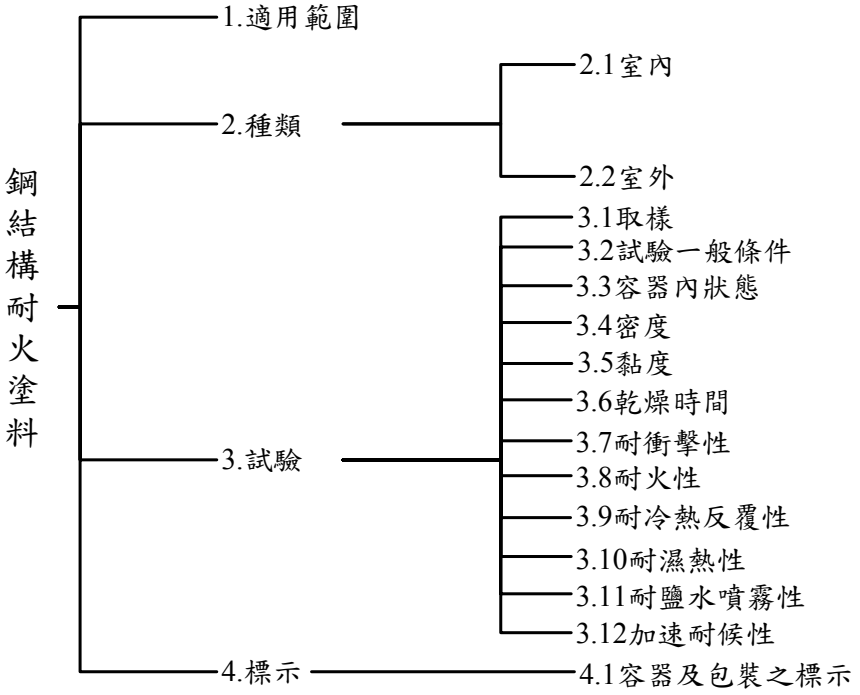


圖 4-5 本研究草擬之國內鋼結構耐火塗料標準架構圖

（資料來源：本研究整理）

表 4-21 草案條文與說明對照表

鋼結構耐火塗料之草案	說明
1、 適用範圍：本標準適用於建築物鋼結構用耐火塗料（以下簡稱為耐火塗料），其需符合防火時效等級之規定。 備考：此耐火塗料係塗膜被加熱時會膨脹，而形成絕熱層者，主要目的作為鋼結構用。	1、參照 CNS 11728（建築用防火塗料）第 1 節，適用範圍用語：「本標準適用於建築裝潢用防火塗料（以下簡稱為防火塗料），其需符合耐燃等級之規定。」 「備考：此防火塗料（包含水性及溶劑性）係塗膜被加熱時會發泡，而形成絕熱層者，或非發泡型特別厚塗使具有絕熱效果者，主要目的做為建築物室內用。」
2、 種類：分為下列 2 種： （1）室內鋼結構耐火塗料：用於建築物室內或隱蔽工程的鋼結構表面。 （2）室外鋼結構防火塗料：用於建築物室外或露天工程的鋼結構表面。	1、參考 BS8202 Prat 2:1992 分類及 GB 14907-2002 之內容，並配合目前國內之評定作業。
3、 試驗	
3.1 取樣：依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 2 節之規定。	1、3.1 節內容係參照 CNS 11728【建築用防火塗料】，第 4.1 節「取樣」，文字相同。
3.2 試驗一般條件：下列所指定事項以外，須依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 3 節之規定。 （1）試驗板採用鍍鋅鋼板作為底材，徹底清除鏽跡。 （2）試驗板尺寸，除另有規定外，為長寬各 70×150 ㎜之長方形，厚度 0.6 mm。 （3）試片係使用毛刷刷塗、輥塗或噴槍噴塗將試樣塗料塗布於試驗板面板而成。	2、3.2 節內容係參照 CNS11728【建築用防火塗料】及 GB 14907【鋼結構防火塗料】。試驗板厚度參考 GB 14907 為 6~10mm。
3.3 容器內狀態：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2 節所規定之方法試驗。	3、3.3 節內容係參照依 CN 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2 節「容器狀態」，文字相同。
3.4 密度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.6 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次密度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均密度。	4、3.4 節內容係參照 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.6 節「密度」，文字相同。
3.5 黏度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.5.3 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次黏度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平	5、3.5 節內容係參照 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.5 節「黏度」，文字相同。

均黏度。	
3.6 乾燥時間：依 CNS 10756 【塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法) 】，第 6 節所規定之方法試驗。	6、3.6 節內容係參照 CNS 10756 【塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法) 】，第 6 節「乾燥時間」，文字相同。
3.7 耐衝擊性：依 CNS 10757【塗料一般檢驗法（有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法）】，第 4.2 節之規定。將試片放置鋼製平台之上，使重錘之球狀前端朝下，於重錘不再迴轉及不擺動之情形下，自高度 1 公尺處落至此塗面之上，將衝擊後之試片置於室內 1 小時後，檢查塗面之損傷情形。試片數三片，至少二片合格，而每片衝擊次數為 3 次。	7、3.7 節內容係參照 CNS 10757【塗料一般檢驗法（有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法）】，4.9 節內容，原內容分水性塗料 3 次、溶劑型塗料 5 次，本草案係試驗次數定為 5 次。
3.8 耐火性：依 CNS 12514【建築物構造部分耐火試驗法】，第 3 節所規定之方法試驗。	8、3.8 節內容係參照 CNS 12514【建築物構造部分耐火試驗法】，第 3 節「耐火性」，文字相同。
3.9 耐冷熱反覆性： 試片製作完成後，將試片放入（-20℃±2）℃低溫箱中冷凍 3 小時再將是片從低溫箱中取出，立即放入（50℃±2）℃的恆溫箱中，恆溫 3 小時，取出試片重複上述操作共 15 循環，試驗結束後觀察表面變化即是否有色差。在 3 個試片中至少 2 個合格。	9、3.9 節內容係參照 GB 14907【鋼結構防火塗料】，第 6.4.9 節「耐冷熱循環性」。
3.10 耐濕熱性：將各試片先置於溫度 50℃，相對濕度約 95%RH 之容器中經 504 小時後，取出以目視檢查塗面，無可見之顯著變化時，如起層、脫落、垂流、起泡等現象，則評定為合格。	10、3.10 節內容係參照 CNS 11728【建築用防火塗料】，第 4.8 節「耐濕性」，文字相同。
3.11 耐鹽水噴霧試驗：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.1 節之規定。試驗時間：2000h。	11、3.11 節內容係參照 CNS 11607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.1 節「耐鹽水噴霧試驗」，文字相同。與 BS 8202 之要求時間。
3.12 加速耐候性：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.8.2 節之規定。將夾持試片的試樣夾安裝於迴轉框。並將試樣與參比樣品之試片橫並列配置。使裝置依試樣之產品標準所規定的條件運轉(氙弧燈，黑嵌板溫度：63℃，每照光 120 分鐘，洒水	12、3.12 節內容係參照 CNS 11607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.8 節「加速耐候性」，文字相同。

<table>
<tr><td>18 分鐘，共 72h)，照射光至試樣之產品標準所規定的照射時間。</td><td></td></tr>
<tr><td>4、 標示
4.1 容器及包裝之標示：須標示下列事項。
<table><tr><td>製造廠商名稱</td><td></td></tr><tr><td>產品名稱</td><td></td></tr><tr><td>用 途（室內、外）</td><td></td></tr><tr><td>單位重（kg/l）</td><td></td></tr><tr><td>黏 度</td><td></td></tr><tr><td>乾 燥 時 間（HR）</td><td></td></tr><tr><td>製造日期</td><td></td></tr><tr><td>儲存期限</td><td></td></tr></table></td><td>1、參照 CNS 11728【建築用防火塗料】，第 5 節「標示」之內容</td></tr>
<tr><td>引用標準：CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】
CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】
CNS 9894【塗料一般檢驗法-儲存安定性】
CNS 10756【塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法) 】
CNS 10756-1【塗料一般檢驗法（有關塗膜之視覺特性之試驗法）】
CNS 10757【塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)】
CNS 11607【塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)】
CNS 12514【建築物構造部分耐火試驗法】</td><td></td></tr>
</table>

（資料來源：本研究整理）

耐火塗料品質性能需求，需包含基本性能、耐火性能與耐久性。檢驗之項目應包括容器內狀態、密度、黏度、乾燥時間、耐衝擊性、耐火性、耐冷熱反覆性、耐濕熱性、耐鹽水噴霧性、加速耐候性等 10 項。若以此修正 CNS 11728「建築用防火塗料」或 CNS 13962「建築物鋼骨構造用噴附式防火被覆材料總則」，會出現相容困難度。為能凸顯鋼結構用之耐火塗料品質性能的完整與重要性，建議提出「鋼結構耐火塗料」標準草案，詳表 4-22 所示。

表 4-22 鋼結構耐火塗料（草案）

中華民國國家標準 CNS	鋼結構耐火塗料（草案）	總號	
		類號	

Fire Protection for Structural Steel

1．適用範圍：本標準適用於建築物鋼結構用耐火塗料（以下簡稱爲耐火塗料），其需符合防火時效等級之規定。

備考：此耐火塗料係塗膜被加熱時會膨脹，而形成絕熱層者，主要目的作爲鋼結構用。

2．種類

種　類	用　途	備　考
室　內	用於建築物室內或隱蔽工程的鋼結構表面	
室　外	用於建築物室外或露天工程的鋼結構表面	

3．試驗

3.1 取樣：依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 2 節之規定。

3.2 試驗一般條件：下列所指定事項以外，須依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 3 節之規定。

（1）試驗板採用鋼材作爲底材，徹底清除鏽跡。

（2）試驗板尺寸，除另有規定外，爲長寬各 70×150 ㎜之長方形，厚度 0.6 mm。

（3）試片係使用毛刷刷塗、輥塗或噴槍噴塗將試樣塗料塗布於試驗板面板而成。

3.3 容器內狀態：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2 節所規定之方法試驗。

3.4 密度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.6 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次密度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均密度。

3.5 黏度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.5.3 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次黏度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均黏度。

3.6 乾燥時間：依 CNS 10756 【塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法) 】，第 6 節所規定之方法試驗。

3.7 耐衝擊性：依 CNS 10757【塗料一般檢驗法（有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法）】，第 4.2 節之規定。將試片放置鋼製平台之上，使重錘之球狀前端朝下，於重錘不再迴轉及不擺動之情形下，自高度 1 公尺處落至此塗面之上，將衝擊後之試片置於室內 1 小時後，檢查塗面之損傷情形。試片數三片，至少二片合格，而每片衝擊次數爲 3 次。

（共 2 頁）

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

表 4-22 鋼結構耐火塗料（草案）（續）

3.8 耐火性：依 CNS 12514【建築物構造部分耐火試驗法】，第 3 節所規定之方法試驗。

3.9 耐冷熱反覆性：

試片製作完成後，將試片放入（-20℃±2）℃低溫箱中冷凍 3 小時再將是片從低溫箱中取出，立即放入（50℃±2）℃的恆溫箱中，恆溫 3 小時，取出試片重複上述操作共 15 循環，試驗結束後觀察表面變化即是否有色差。要求 3 個是片中至少 2 個合格。

3.10 耐濕熱性：將各試片鉛置於溫度 50℃，相對濕度約 95%RH 之容器中經 504 小時後，取出以目視檢查塗面，無可見之顯著變化時，如起層、脫落、垂流、起泡等現象，則評定爲合格。

3.11 耐鹽水噴霧試驗：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.1 節之規定。試驗時間：2000h。

3.12 加速耐候性：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.8.2 節之規定。將夾持試片的試樣夾安裝於迴轉框。並將試樣與參比樣品之試片橫並列配置。使裝置依試樣之產品標準所規定的條件運轉(氙弧燈，黑嵌板溫度：63℃，每照光 120 分鐘，洒水 18 分鐘，共 72h)，照射光至試樣之產品標準所規定的照射時間。

4．標示

4.1 容器及包裝之標示：須標示下列事項。

製造廠商名稱	
產品名稱	
用 途（室內、外）	
單位重（kg/l）	
黏 度	
乾 燥 時 間（HR）	
製造日期	
儲存期限	

引用標準：	CNS 9007	塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件
	CNS 9725	塗料一般檢驗法－塗料性狀
	CNS 9894	塗料一般檢驗法－儲存安定性
	CNS 10756	塗料一般檢驗法（有關塗料的塗膜形成機能試驗法）
	CNS 10756-1	塗料一般檢驗法（有關塗膜之視覺特性之試驗法）
	CNS 10757	塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法）
	CNS 11607	塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)
	CNS 12514	建築物構造部分耐火試驗法

（資料來源：本研究整理）

第五章 耐火塗料之熱分析與材料辨識

第一節 熱分析原理

將物質加熱或冷却來觀察物質變化是一種基本的分析方法。在近 20 年來，熱分析技術大量應用於學術與工業上，如高分子聚合物、陶瓷礦物、醫藥、食品、沸石、觸媒、油品檢測及石化工業，研究的對象有相轉換、熔解、昇華、裂解、揮發、異相催化、加成反應等等[33]。

目前所接受的熱分析定義是在 1979 年由 R.C. Mackenzic 和 ICTA(International Confederation for Thermal Analysis)所提出，其中包含了三件要素[34]：

一、必須有可能被測量的物理性質

二、測量必須是以直接或間接的溫度函數表示

三、測量必須是在溫度控制程式下進行，也就是必須在固定升溫或降溫，或恆溫的過程中進行測量，例如使用最廣泛的熱分析法 TGA，DTA 或 DSC 均是利用溫度控制程式下，分別觀察重量、樣品與參考物品之間的溫度及能量的變化[35]。

熱分析儀主要是在程序控制溫度下自動連續追蹤物質的物理性質與溫度關係，其中最廣為運用之熱分析儀為熱重分析儀(Thermogravimetric Analyzer, TGA)和差熱分析儀(Differential Thermal Analyzer, DTA)，另外又有示差掃描熱卡計(Differential Scanning Calorimeter, DSC)及熱機械分析儀(Thermomechanical Analyzer, TMA)。

本研究主要利用熱重分析儀以及差熱分析儀進行熱分析試驗，利用熱差分析的樣品與參考物之間的溫度差與溫度關係，亦可判斷出樣品升溫過程中的吸熱及放熱反應，由於材料的不同，所測得的吸熱峯及放熱峯的溫度也會不同，可使不同材料有明顯的鑑別力，相同材料的成分相同，可使相同材料

---

33 趙桂蓉，「熱分析的原理與應用」，分析儀器專輯，1995.

34 Mackenzie,R.C.;Thermochim.Acta,28,1,1979.

35 Wesley WM .Wendlandt, “Thermal Analysis”,3ed. John Wiley&Sons,1986.

有再現性的能力。利用熱重分析在升溫過程中重量對溫度及時間的變化。觀察樣品的重量變化情形，進而推斷樣品的特性與組成，由於材料的不同，在升溫過程中反應的時間以及重量損失的百分比會有所不同，可使不同材料有明顯的鑑別力，相同材料的成分相同，在進行試驗時，反應的溫度及重量損失的百分比應相同，可使相同材料有再現性的能力。

一、 熱差分析(DTA)儀

熱差分析為主要的熱分析方法之一，實驗方法是於程式控制溫度下，量測物質與參考物之間的溫度差與溫度關係的一項量測技術。DTA 曲線的幾何關係表示測量物質之所有熱性質，包括熱反應之起始溫度，熱反應之最高溫度與最低溫度；此外，亦可判斷出樣品升溫後為吸熱或放熱反應，吸熱反應包含有： 脫水、脫氫、熔融、沸騰和昇華、還原作用、分解作用，晶體破壞等。放熱反應包含有加熱分解、非晶質狀態過度為結晶態、玻璃質的再結晶作用、固相反應和氧化作用[36]。

熱差分析儀器的基本原理相當簡易，將待測物（sample）及標準物（reference）置於此分析儀器中，在相同的加熱或冷卻的條件下，由待測物與標準物底部（或內部）的一組電熱偶（thermal couple）可以測量此二者之間在待測時的溫度差並將之紀錄；此儀器結構如圖 5-1 所示[33]。

一般標準物的選擇必須是在此一測試溫度範圍下，沒有任何的反應（reaction）或相變化（phase transformation）。因此當試樣在測試當中由於任何的反應而造成吸熱（endothermic）或放熱（exothermic）的現象會造成試樣的溫度比標準物低（或高），而熱電偶即可偵測得此一溫度差（temperature difference，△T）的變化，並由儀器記錄下來，如圖 5-2 所示；因此，試樣的反應溫度即可以被儀器偵測和紀錄得知[37]。

---

[36] 王俞婷，「Mg4Nb2O9 相陶瓷填入對低溫共燒陶瓷基板之影響研究」，國立交通大學材料科學與工程研究所碩士論文，第 48-49 頁，2006。

[37] 黃文雄編，儀器總覽－材料分析儀器，行政院國家科學委員會精密儀器發展中心，民國 92 年 2 月。

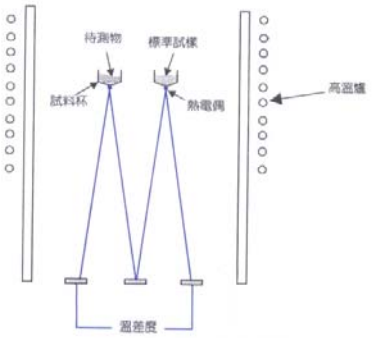


圖 5-1 熱差分析儀內部結構示意圖

（資料來源：文獻 33）

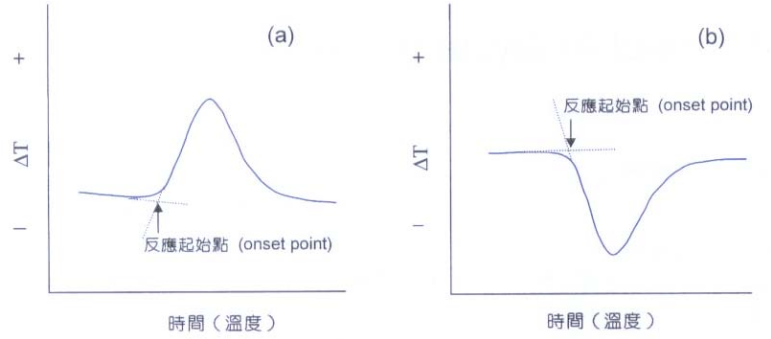


圖 5-2 熱差分析放熱反應與吸熱反應測試圖

（資料來源：文獻 33）

二、熱重分析(TGA)儀

熱重分析儀(Thermo Gravity Analyzer；TGA)是熱分析領域中相當普遍使用的工具；大部分的化學分析儀都是以「微觀」的角度進行直接或間接的探討，但熱分析儀卻是以巨觀的角度來探討分析物在升溫程式中重量對溫度及時間的變化。大部分工業的應用是利用物質的巨觀性質而非微觀性質。當然巨觀性質是微觀結構的集合行為，但是僅有微觀結構卻無法直接討論出巨觀行為，而由巨觀行為的具存現象卻可用微觀結構來找尋合理的說明[38]。

1.熱重量分析儀原理：

將樣品置於特定氣氛之下改變其溫度環境或維持在一固定溫度之下，觀察樣品的重量變化情形，進而推斷樣品的特性與組成。因此，熱重分析儀中

[38] 許秀容，「開發電噴灑游離輔助熱裂解質譜 (ESA-Py/MS)之技術快速鑑定合成及天然高分子物質」，國立中山大學化學研究所博士論文，第 48-49 頁，2006。

有兩大最重要的元件：溫度控制元件及重量量測元件。藉由兩者的結合，在不同溫度條件下的重量變化都能被完整的記錄下來。下面就對 TGA 的設計作一簡單的介紹。依爐體與樣品盤放置位置的不同可大致分為下列所示三種類型。Perkin-Elmer 公司設計的機型採懸吊式，Du Pont 公司設計採水平式[39]。

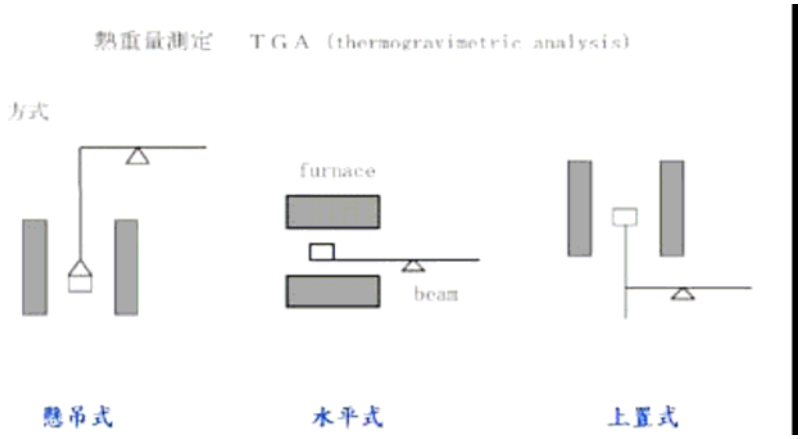


圖 5-3 依爐體與樣品盤放置位置的不同可分為三種類型
（資料來源：文獻 39）

2.儀器設計

熱重分析儀裝置，包括：(一)爐體、(二)天平、(三)降溫裝置、(四)樣品盤、(五)氣體及(六)校正設計[39]，分述如下：

(一) 爐體(Furnace)及溫度感測器

爐體及溫度感測器是控制溫度的重要元件。爐體的設計直接影響溫度的準確度及升溫的速率。由於白金傳導性佳、具有全溫層之線性熱反應、熱延遲極微且耐腐蝕不易氧化。

(二) 天平(Balance)

為準確量得任何質量的變化，天平的靈敏度及穩定度一定要極高。天平的靈敏度及穩定度愈高，表示能偵測到的極限也愈小。為達高靈敏度與穩定度，必須將天平室與加熱爐體隔離，如此天平才不會受到爐體溫度改變的影響，可降低雜訊與提高穩定度。

此外，若使用傳統天平，當樣品重量改變時，其於爐體內的相對位

39 康瑜容，「熱分析訓練課程」，博精儀器股份有限公司，2003。

置會隨之改變，會影響其受熱環境。因此，為改善傳統天平的不理想，則以補償式天平(Null Balance)的設計取代。

當樣品重量改變時，偵測器會偵測到微量天平的變化，此時偵測器會發出訊號，通電流啟動扭力馬達，使微量天平回到原來的位置。由於重量變化量與天平的變化量成正比，也就是與所通電流量成正比，因此，就可以電流量的多寡推算出重量的變化量。

(三) 降溫裝置(Cooling System)

由於測試 TGA 時，實驗的溫度都相當的高，因此降溫速率的快慢間接影像實驗的效率。降溫的方式有很多種，最常使用的有：液體循環冷卻及氣體冷卻兩種。液體循環冷卻的設計是使液體在爐體外圍的管路循環到冷卻的效果；而氣體冷卻則是使爐體曝於大量惰性氣體下降溫。

(四) 樣品盤(Sample Pan)

樣品盤是整個 TGA 中唯一與樣品接觸的部分。由於樣品的種類繁多，性質各異，且操作溫度均高，因此樣品盤的材質應具有耐腐蝕、抗氧化、耐酸鹼、易清理等特質，最常用的材質為白金及陶瓷盤。

(五) 氣體(Purge Flow)

使用於 TGA 的氣體有三種：(1)天平氣氛控制(Balance Purge)、(2)樣品氣氛控制(Sample Purge)及(3)氣動式移動爐體石英管柱。所有使用的氣體均需高純度，至少要 99.9%以上。

天平氣氛控制是要使天平處於一特定環境之下，且不受樣品裂解出的氣體影響，常用的氣體為 N2，流速約為 30 mL/min，而樣品氣氛控制亦是使樣品可以處於一定環境之下，如：要分析樣品本身的裂解情況時，使用 N2，避免與樣品反應；若要分析樣品的氧化情況時，如氧化導引時間(Oxidation Induced Time; O.I.T.)，則可更改氣體為 O2，一般的流速大約控制於 20 mL/min。

而在氣動式移動爐體石英管柱方面，由於氣體的作用在控制爐體上升下降，一般使用空氣即可，壓力控制在 30 psi 以內即可。

(六) 校正設計(Calibration Design)

TGA 的校正包括重量校正及溫度校正兩大部分。重量校正一般均是利用標準砝碼校正；但在溫度校正部分，可分為無機材料標準品校正及磁性材料校正。無機材料正是利用標準品的熔解溫度為校正點，常用的無機粉末為碳酸鈣。磁性材料校正則是利用磁性材料的居禮溫度(Curie point)為校正點，當磁性材料在外加磁場的環境之下，其磁重量會在某一特定溫度瞬間下降，此即所謂居禮溫度。

熱重分析儀的基本原理為將待測物至於一耐高溫的容器中，此容器被置於依據有可程式控制溫度的高溫爐中，而此待測物被懸掛在一具有高靈敏度及精確度的微天平，其重量偵測靈敏度達微克(μg)，在加熱或是冷卻的過程中，由於待測物會因為反應導致重量的變化，這個因溫度變化而造成的重量變化可以由以上提及的天平量測獲得。一組熱電偶被置於靠近待測物旁但是不接觸，以量測待測物的溫度，以此量測待測物的溫度並控制高溫爐的溫度曲線。熱重分析儀內部結構示意圖如下圖 5-4 所示。

熱重分析所量測的結果如下圖 5-5 所示。縱座標顯示在一個熱變化的過程中，分析儀量測出的重量變化，橫座標為熱變化的溫度或是時間。一般而言熱重分析都是使用固定的升溫或是降溫過程[33]。

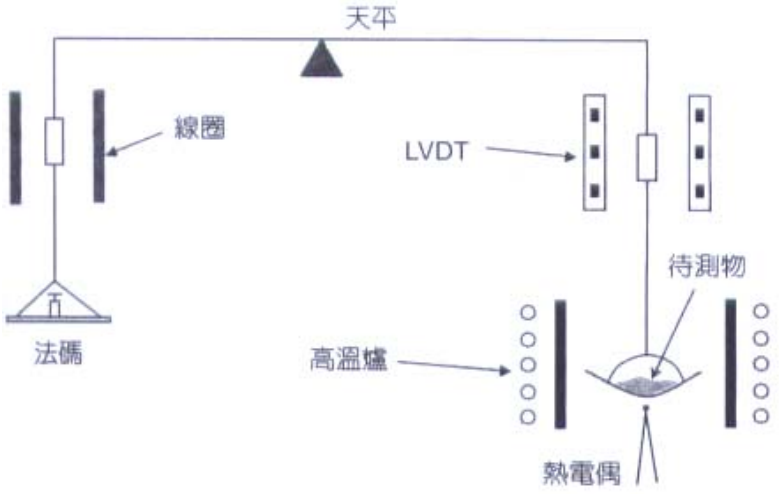


圖 5-4 熱重分析儀內部結構示意圖

（資料來源：文獻 33）

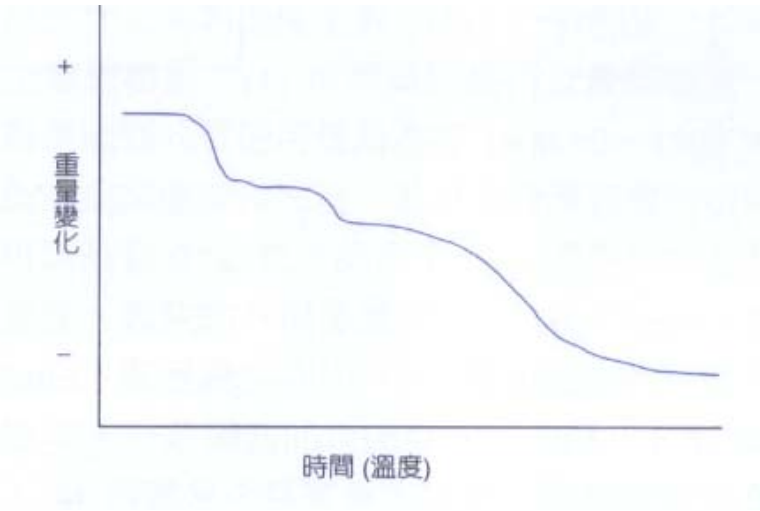


圖 5-5 熱重分析的反應測試結果

（資料來源：文獻 33）

第二節 熱分析試驗方法

鋼結構耐火塗料大都應用受熱後熱分解，產生化學熱反應，若能藉由熱分析技術，建立個別產品之熱分析圖譜，掌握分析圖譜之識別率，可有效驗證產品品質。

一、試驗計畫

試驗材料從市場材料選用 3 種耐火塗料，編號分為 A、B、C。在檢驗變數方面有：

1. 塗膜厚度：厚度分為三種厚度，0.5mm、1.0mm、2.0mm。
2. 塗膜材料：塗膜材料為底漆、中塗漆、面漆。

在試體編號方面：case1 為底漆+中塗漆+面漆；case2 為底漆+中塗漆；case3 為中塗漆，不施加底漆及面漆。

試驗材料參數如下表 5-1 所示。

表 5-1 熱分析試驗材料參數

塗料編號	試體編號	試驗厚度(mm)	塗料編號	試體編號	試驗厚度(mm)	塗料編號	試體編號	試驗厚度(mm)
A	1	0.5	B	1	0.5	C	1	0.5
		1.0			1.0			1.0
		2.0			2.0			2.0
	2	0.5		2	0.5		2	0.5
		1.0			1.0			1.0
		2.0			2.0			2.0
	3	0.5		3	0.5		3	0.5
		1.0			1.0			1.0
		2.0			2.0			2.0

二、試驗儀器

熱差分析(DTA)及熱重分析(TGA)：

熱重/熱差分析試驗係向建築研究所「台南防火試驗中心」熱分析設備進行試驗分析，如圖 5-6 所示。試樣之重量需在 50mg 以下。

圖 5-6 熱重/熱差分析儀

（資料來源：本研究拍攝）

第三節　熱分析結果與討論

本研究將 27 個試片進行熱分析試驗取得結果之數據，經過整理分析主要分為 2 個部份探討。一是相同材料，不同厚度；二是不同材料，相同厚度。前者可了解試驗再現性情形。後者可了解應用此熱分析是否有足夠的鑑別力。

可由 TGA 的試驗曲線分為四個階段探討，探討在不同階段同材料的再現性及不同材料的鑑別力。

一、相同材料，不同厚度。

從圖 5-7~圖 5-15，為 A、B、C 三種塗料、三種噴塗條件，在不同厚度的試驗結果。結果顯示，熱分析的再現性呈現非常良好的狀態，可應用於材料熱特性的表現。

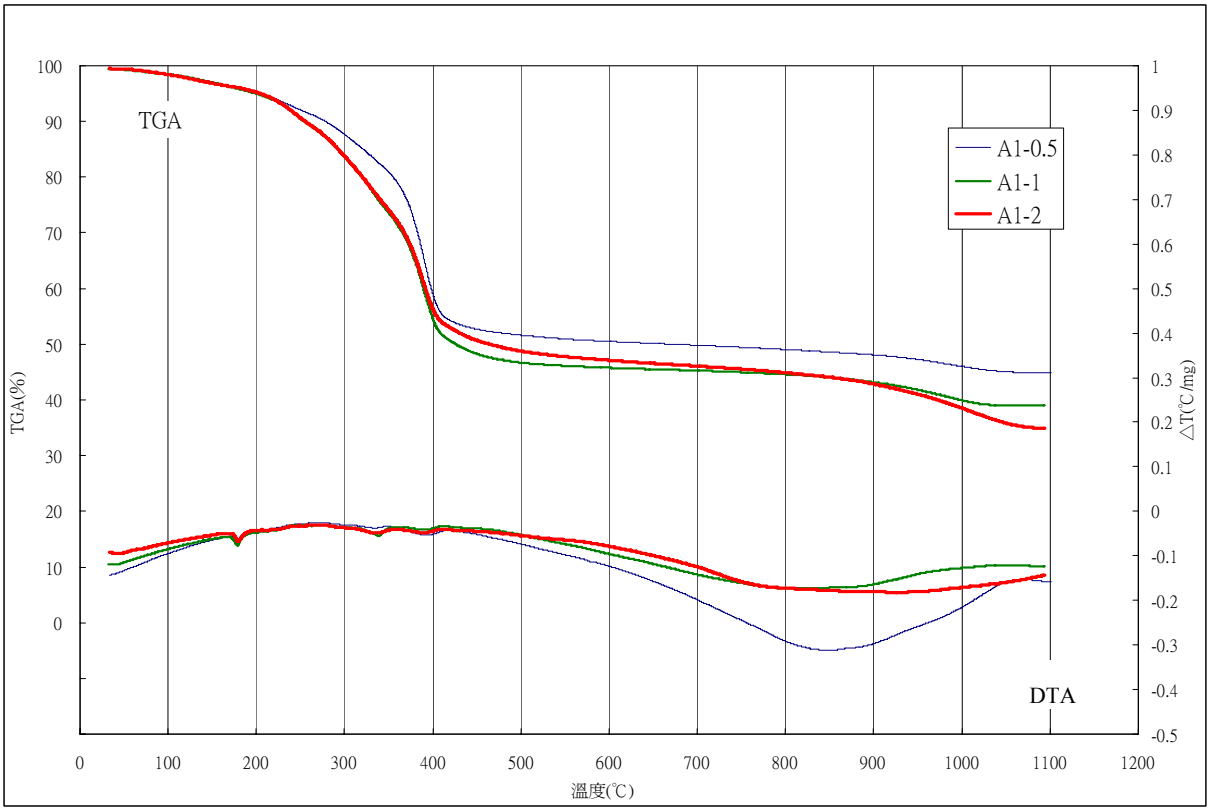


圖 5-7 A1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

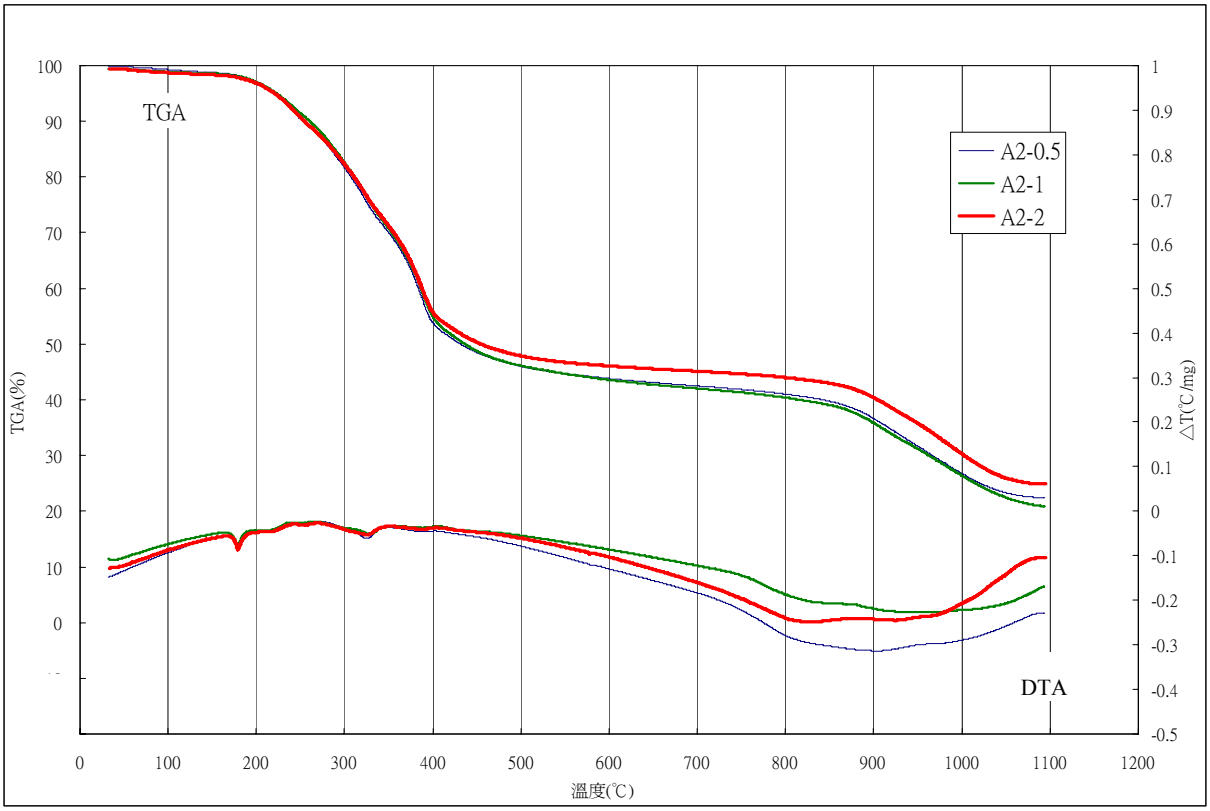


圖 5-8 A2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

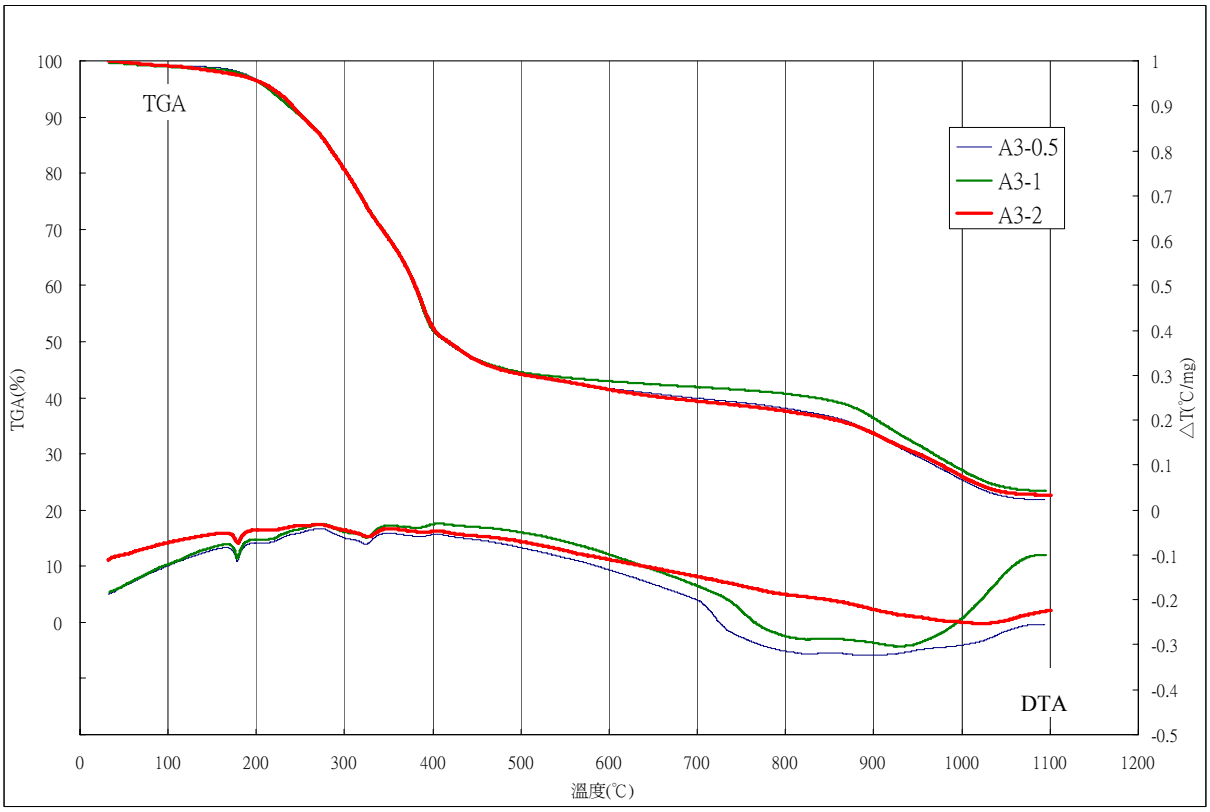


圖 5-9 A3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

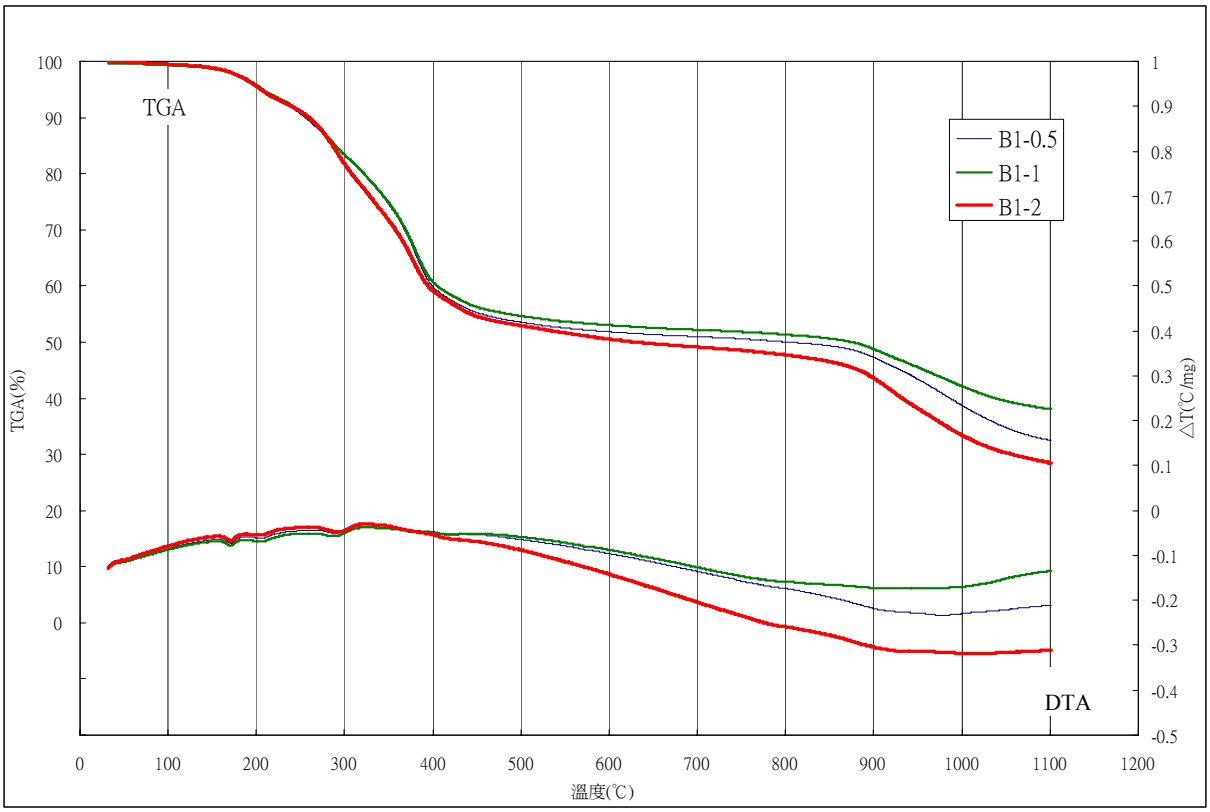


圖 5-10 B1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

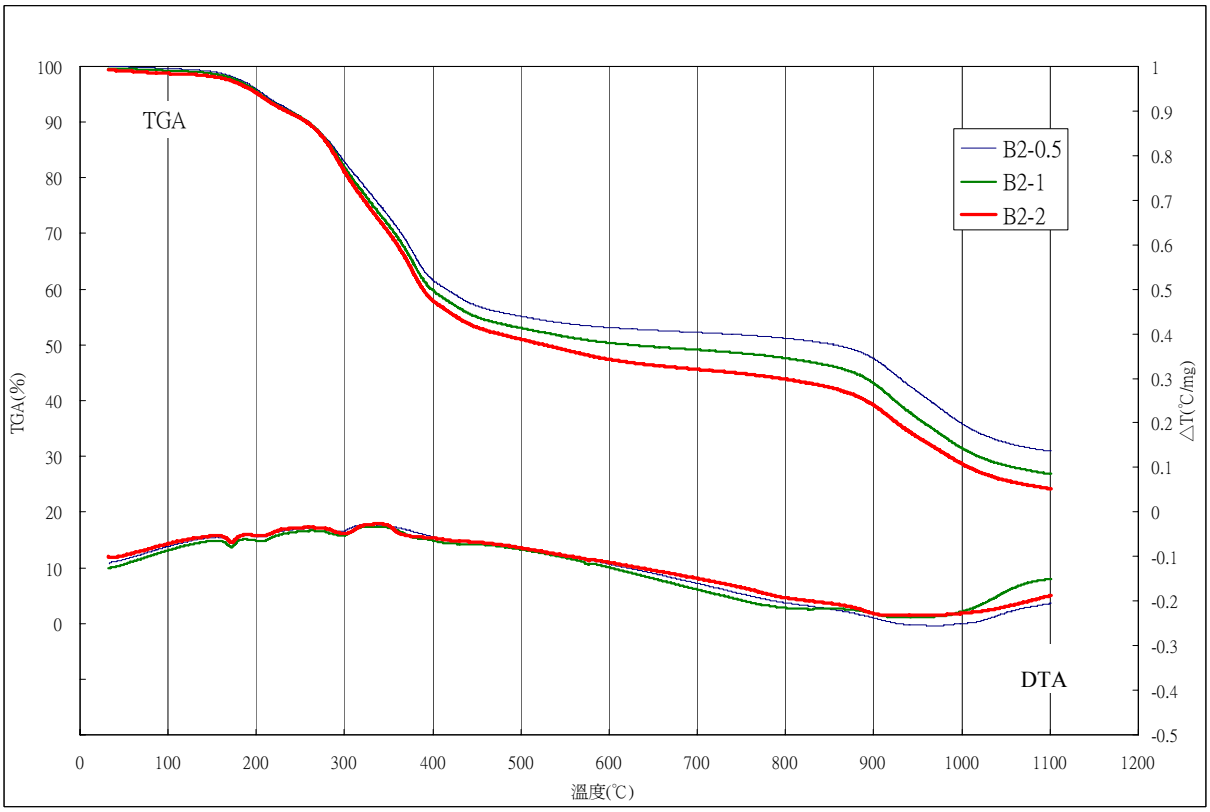


圖 5-11 B2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

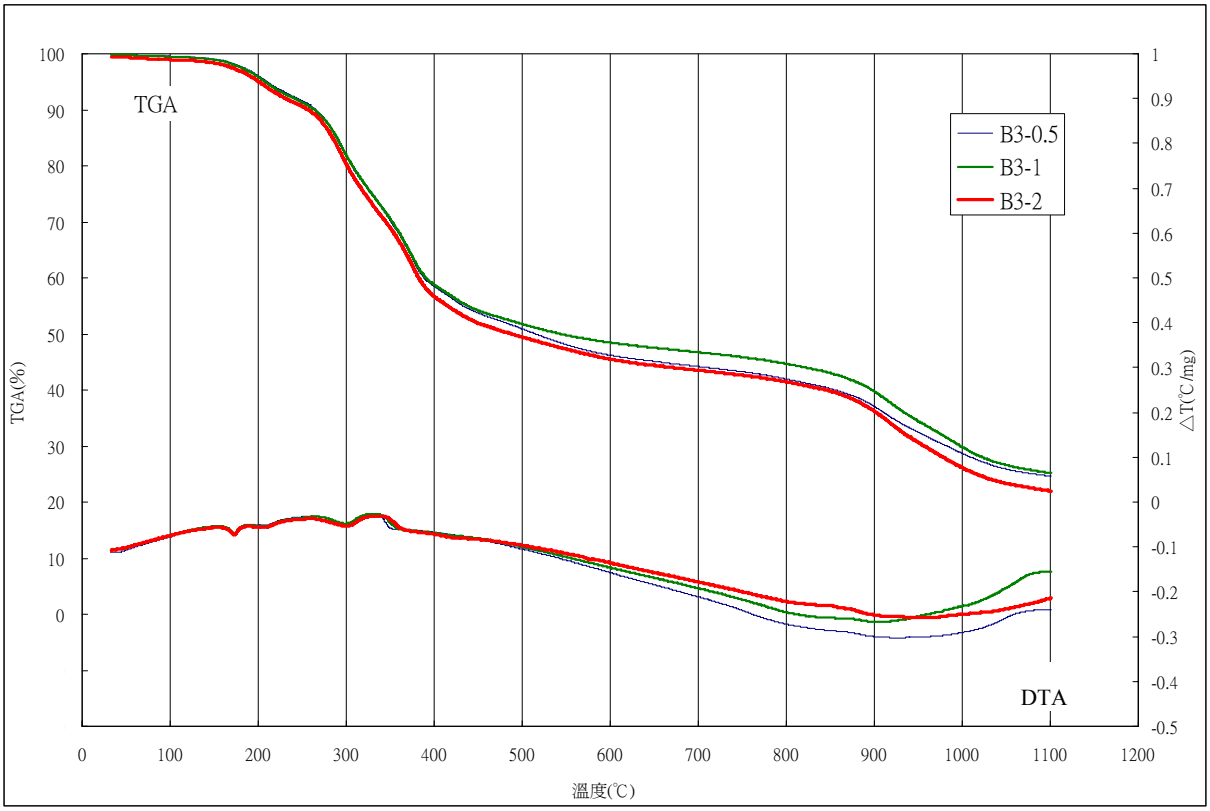


圖 5-12 B3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

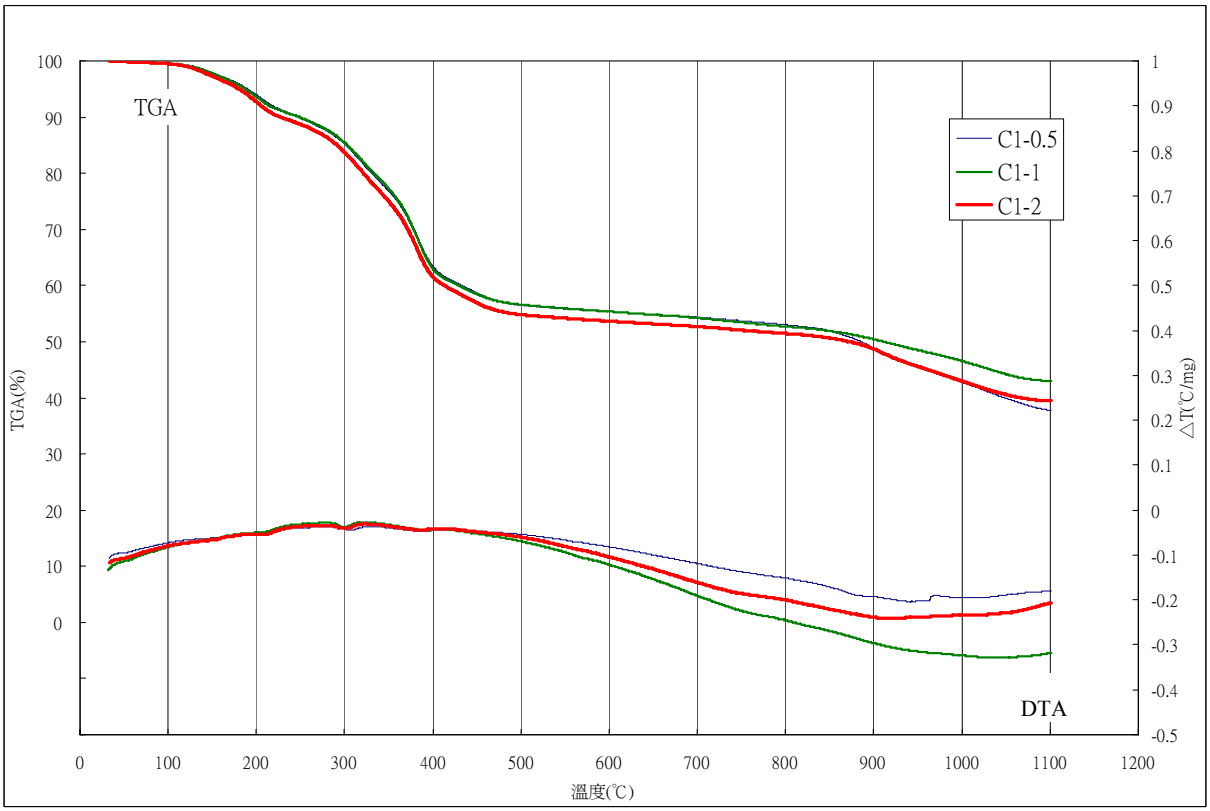


圖 5-13 C1-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

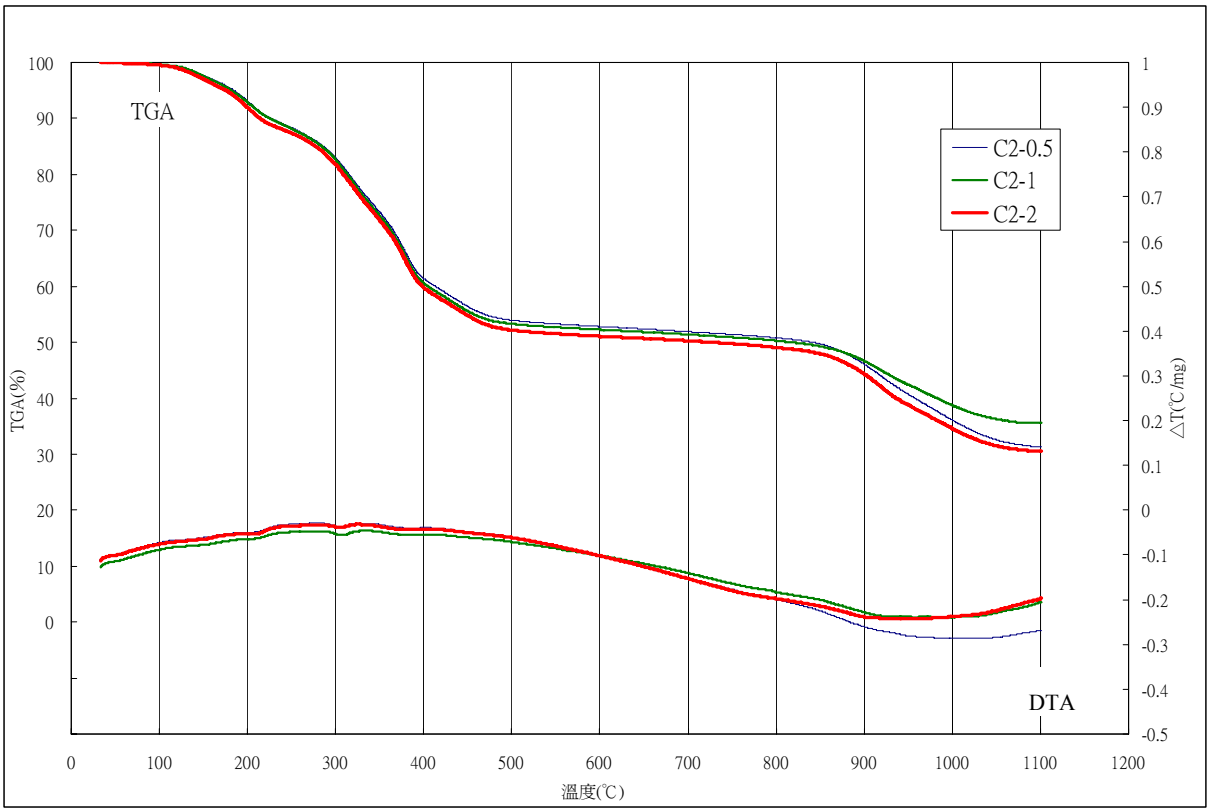


圖 5-14 C2-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

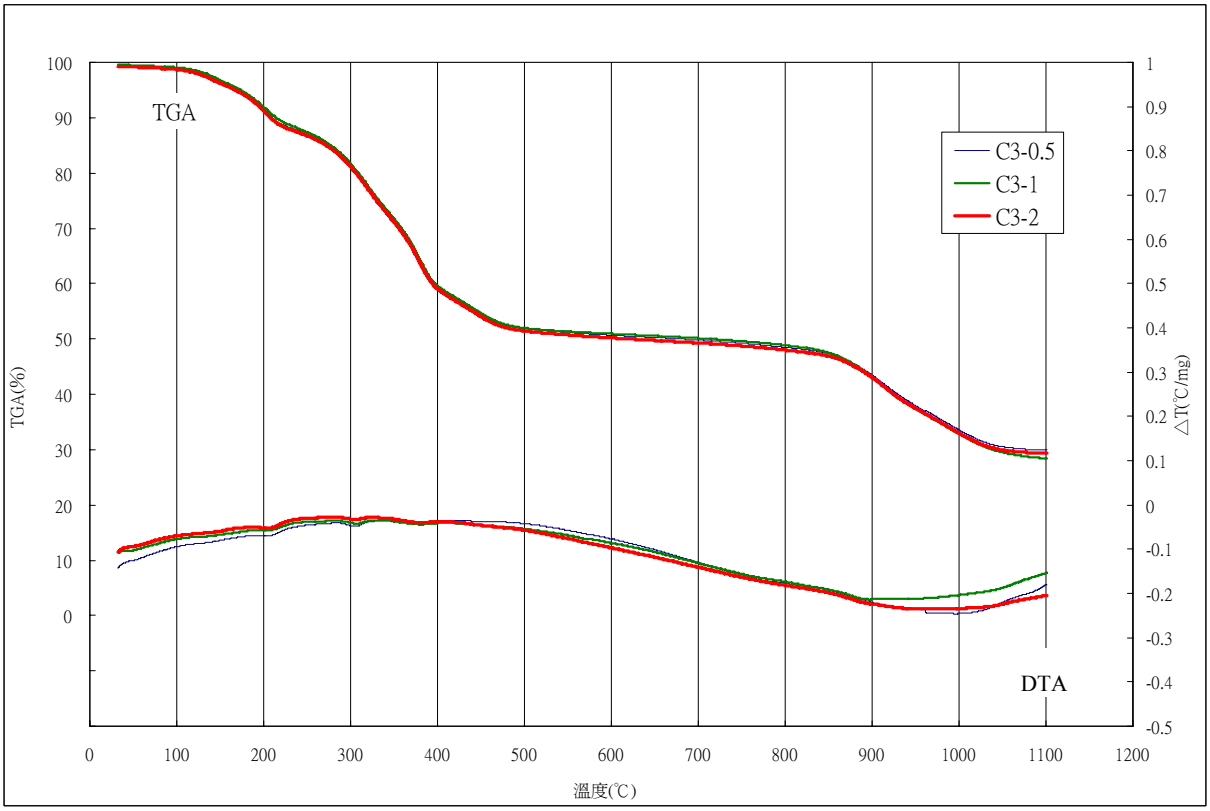


圖 5-15 C3-(0.5,1,2)之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

二、不同材料，相同厚度。

從圖 5-16 與圖 5-21 中可發現不同材料所表現的圖譜，因其成份不同皆能有所反應，應可推測具有良好的鑑別力。

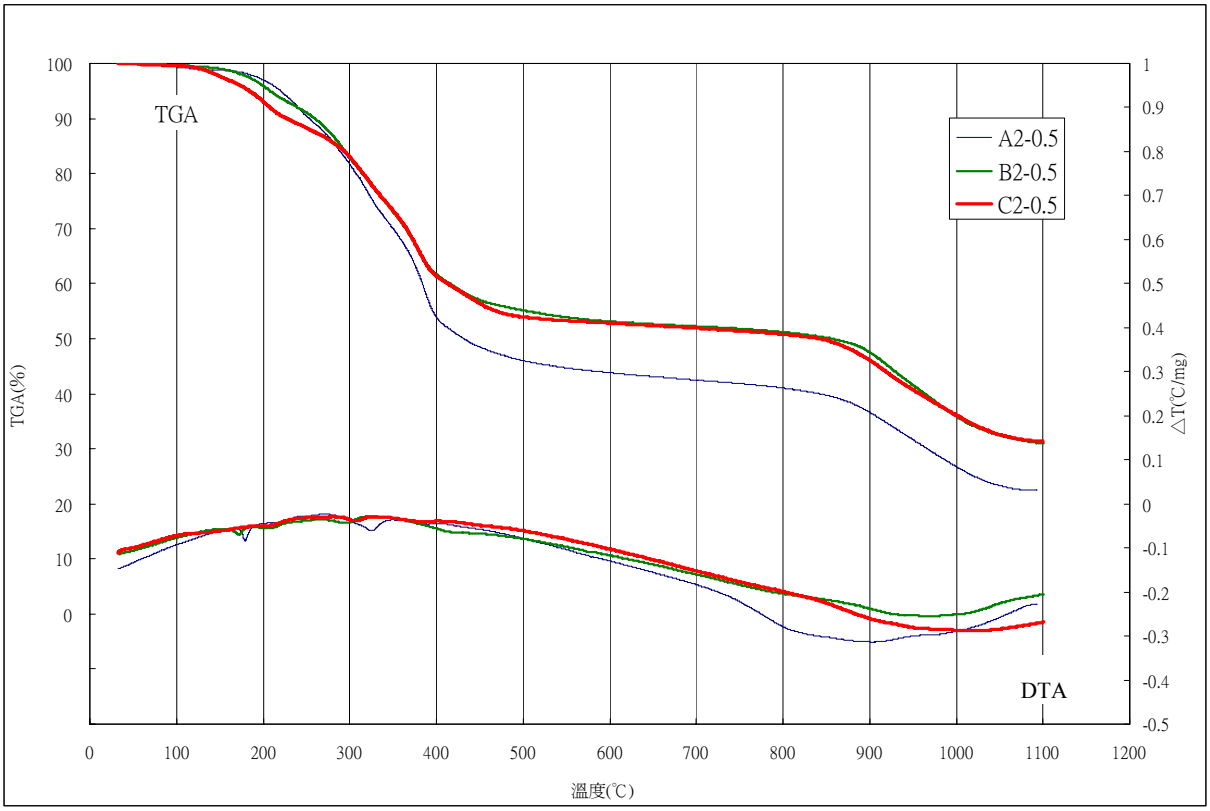


圖 5-16 (A2,B2,C2)-0.5 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

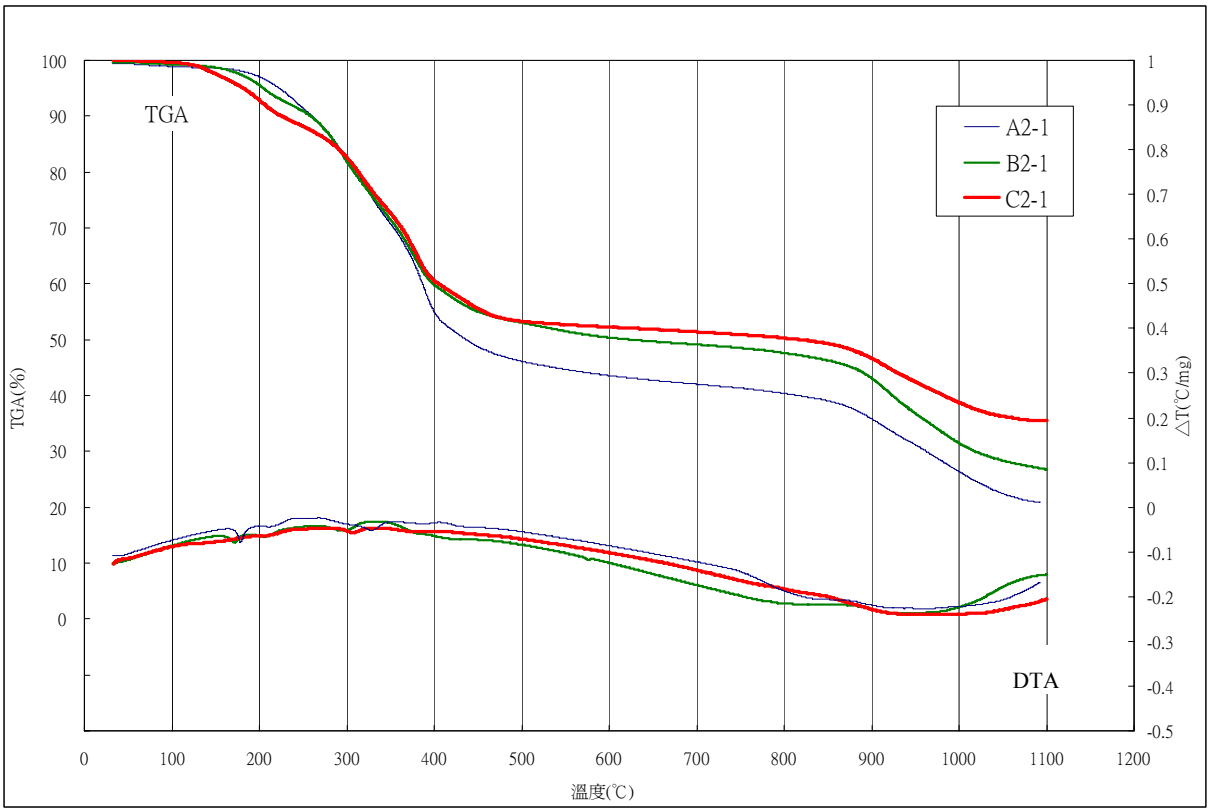


圖 5-17 (A2,B2,C2)-1 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

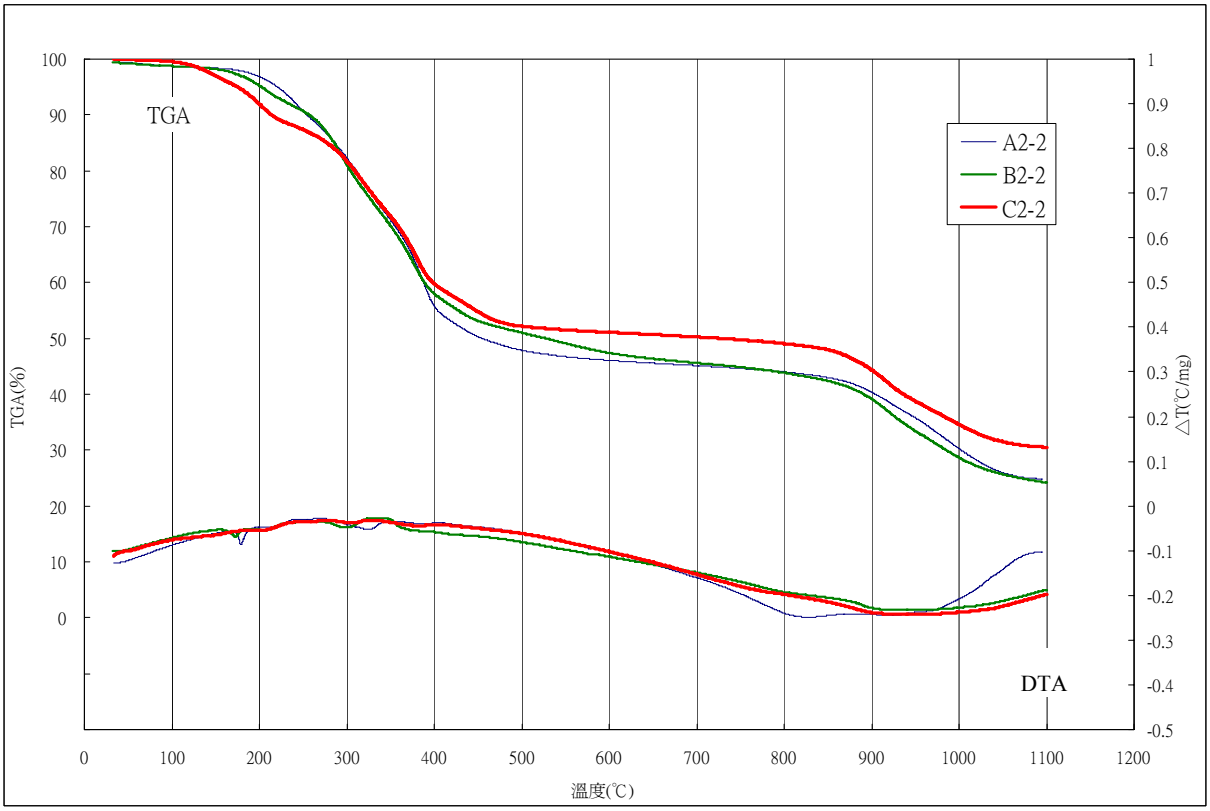


圖 5-18 (A2,B2,C2)-2 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

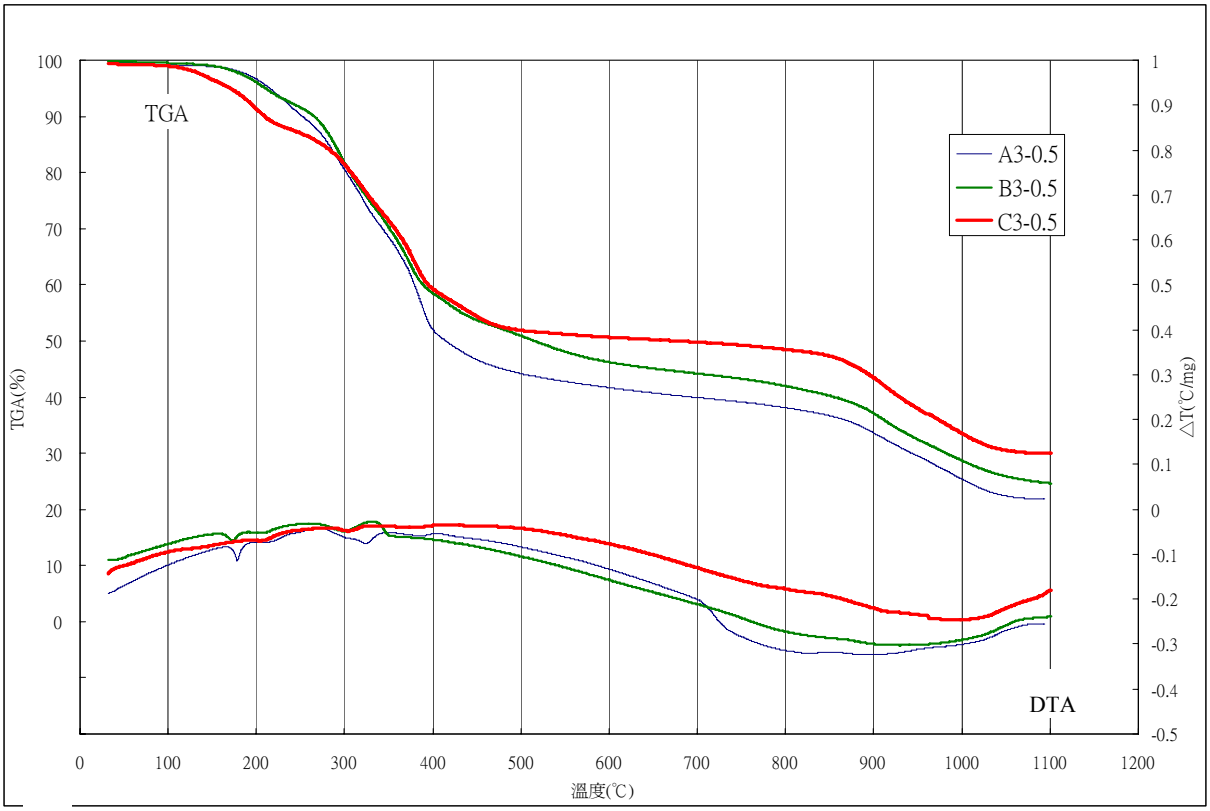


圖 5-19 (A3,B3,C3)-0.5 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

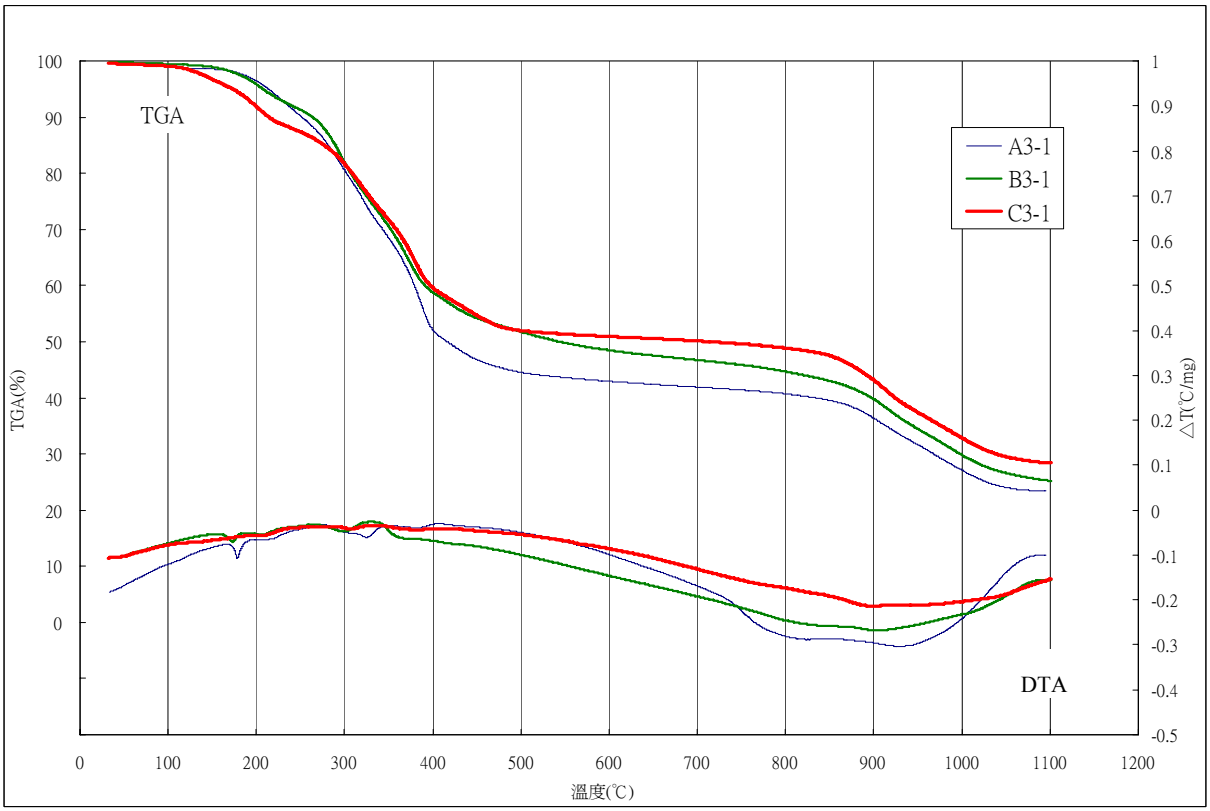


圖 5-20 (A3,B3,C3)-1 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

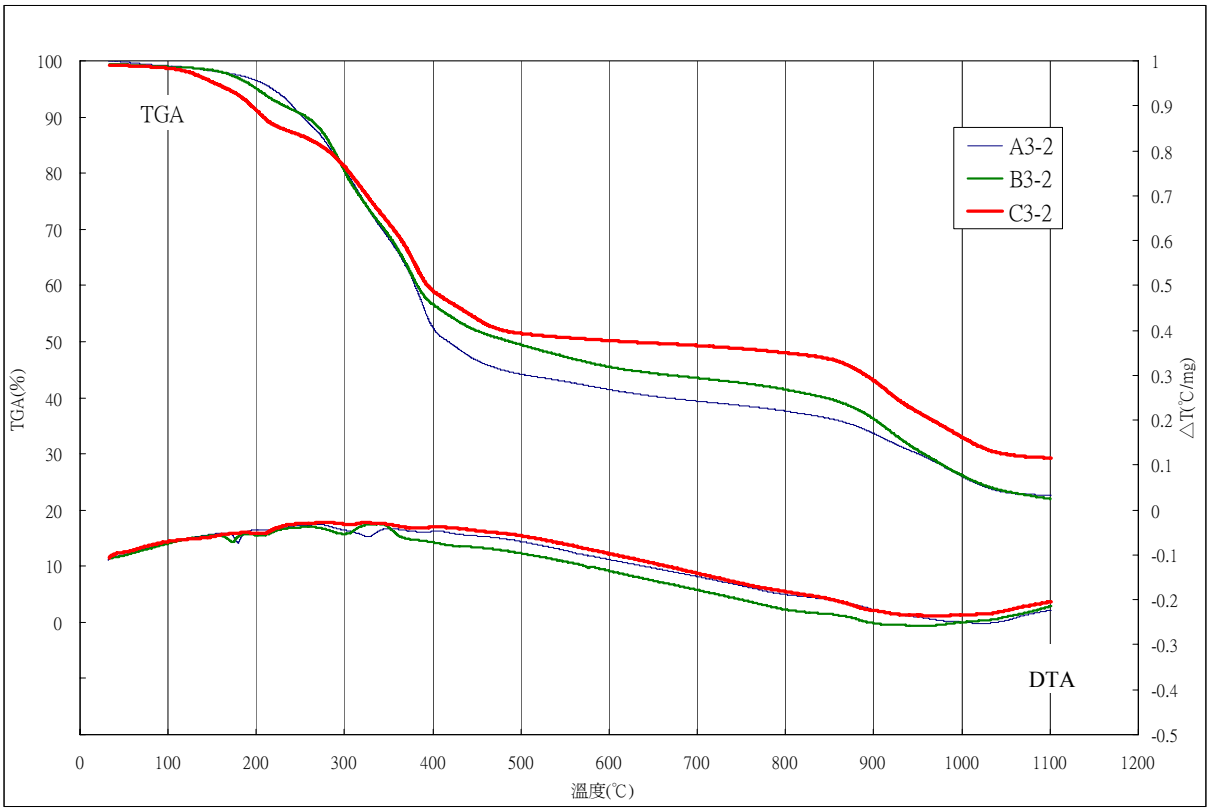


圖 5-21 (A3,B3,C3)-2 之 TGA 及 DTA 試驗曲線（資料來源：本研究整理）

三、小結

從熱分析之試驗結果，可以將試驗過程分為四個階段探討，如表 5-2 所示。由表 5-2 分析可得以下結論：

1. TGA：

(1) 不同之材料，4 個階段的溫度範圍有所不同；

(2) 在 4 個階段裡，不同的材料重量的損失也有所不同；

(3) 當有塗面漆時，重量百分比的損失比無面漆重量百分比損失少，溫度越高越顯著；

2. DTA：

(1) 由於材料不同時，吸放熱峯之溫度會有所不同；

(2) 當塗層厚度越厚時，重量百分比及溫度的差異會越不顯著。

表 5-2 熱分析反應的四個階段

材料＼階段		1 (初始階段)	2 (反應階段)	3 (穩定階段)	4 (完成階段)
A	溫度	0℃~200℃	200℃~400℃	400℃~860℃	860℃~1100℃
	TGA	重量百分比 100%→95%，重量損失 5%。	重量百分比 95%→55%，重量損失 40%。	重量百分比 55%→50%~40%，重量損失 10~15%。	重量百分比 50%~40%→45%~20%，重量損失 0~30%。
	DTA	在約 180℃有吸熱峯。	在約 330℃及 390℃有吸熱峯。		
B	溫度	0℃~160℃	160℃~400℃	400℃~890℃	890℃~1100℃
	TGA	重量百分比 100%→98%，重量損失 2%。	重量百分比 98%→60%，重量損失 38%。	重量百分比 60%→50%~40%，重量損失 10~20%。	重量百分比 50%~40%→45%~25%，重量損失約 0~20%。
	DTA	在約 180℃有吸熱峯。	在約 300℃有吸熱峯，在約 330℃有放熱峯。		
C	溫度	0℃~120℃	120℃~400℃	400℃~880℃	880℃~1100℃
	TGA	重量百分比 100%→99%，重量損失 1%。	重量百分比 99%→60%，重量損失 39%。	重量百分比 60%→50%~45%，重量損失約 10~15%。	重量百分比 50%~45%→40%~30%，重量損失約 5~20%。
	DTA		在約 210℃、300℃及 390℃有吸熱峯。		

（資料來源：本研究整理）

從熱分析之試驗結果，應用 TGA、DTA 熱分析技術可以在短時間充份辨識材料間的差異，有足夠的鑑別力及再現性，掌握耐火塗料熱分析圖譜的特徵，提供材料辨識之依據，應用在評定與後市場管理應是可行的辨識技術。在第二次專家座談會中，亦獲得相同的看法。為後市場管理之目的，建議在後市場管理方部分實施之步驟可分為四個階段，如表 5-3 所示：

表 5-3 材料廠商之實施步驟

實施步驟	實施項目
1.在接受評定前	將其材料產品配合指定底漆、中塗漆或指定面漆噴塗在150mm×70mm 鍍鋅鋼板上，經養護後，送經認可之試驗機構進行熱分析試驗，得熱分析圖譜。
2.在接受評定時	同時檢附熱分析圖譜，供評定機構建檔管理。
3.噴塗施工前	需附評定認可書及品質管理檢查表及查核表供檢驗單位檢驗。
4.噴塗施工時	對施工塗料認有必要之驗證時，可從構件上取樣，送至經認可之試驗機構試驗，再與評定時，所建檔之圖譜進行比對。

（資料來源：本研究整理）

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究使用「次級資料分析法」、「專家問卷與專家座談」與「試驗分析」等研究方法。進行相關文獻之收集與整理，比較分析國內、國外（大陸、英國）對鋼結構耐火塗料之性能基準、要求與檢驗方法。再結合塗料廠商、專家學者之問卷調查及訪談。並經由專家會議與討論，提出耐火塗料性能與檢驗方法之標準草案。另外，利用熱分析技術，掌握耐火塗料熱分析圖譜的特徵，提供材料辨識之依據。研究結論如下：

一、耐火塗料之品質性能需求，需包含基本性能、耐火性能與耐久性。在檢驗之項目應包括容器內狀態、密度、黏度、乾燥時間、耐衝擊性、耐火性、耐冷熱反覆性、耐濕熱性、耐鹽水噴霧性、加速耐候性等 10 項。

二、以熱重分析和熱差分析為主的熱分析技術，在個別塗料產品的圖譜，呈現良好的再現性關係；而相異的塗料產品之間亦有良好的鑑別度。本計畫應用之熱分析技術，已初步具有材料辨識的功用。應用熱分析技術可以在短時間內利用試驗圖譜經由比對，辨識施工塗佈之材料與原設計之材料是否相符一致。

三、國內之評定機構在接受評定委託時，可要求廠商提交塗料乾膜試片，試片包括應用的底漆與面漆。由評定機構送至經認可之試驗室，進行熱分析試驗，將試驗結果之圖譜建檔管理，配合追蹤服務，強化後市場管理。

第二節 建議

建議一

提出「鋼結構耐火塗料」標準草案：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部標準檢驗局

耐火塗料之品質性能需求，需包含基本性能、耐火性能與耐久性。在檢驗之項目應包括容器內狀態、密度、黏度、乾燥時間、耐衝擊性、耐火性、耐冷熱反覆性、耐濕熱性、耐鹽水噴霧性、加速耐候性等 10 項。若以此修正 CNS 11728「建築用防火塗料」或 CNS 13962「建築物鋼骨構造用噴附式防火被覆材料總則」，會出現相容的困難度。為能凸顯鋼結構用之耐火塗料品質性能的完整與重要性，建議提出「鋼結構耐火塗料」標準草案。如表 6-1 所示。

建議二

強化「鋼結構耐火塗料」評定與追蹤服務之管理作業：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：評定機構

依本研究應用熱分析技術之結果，已顯示可做為於材料辨識之用途。因此，國內之評定機構在接受評定時，可要求廠商提交塗料乾膜試片，試片包括應用的底漆與面漆。由評定機構送至經認可之試驗室，進行熱分析試驗，將試驗結果之圖譜建檔管理，配合追蹤服務，強化後市場管理。屆時，可建置國內所有鋼結構耐火塗料之熱分析圖譜，避免誤用或冒用非經評定的耐火塗料。

建議三

強化「鋼結構耐火塗料」之品質檢驗與評定作業管理：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：評定機構

目前評定機構大多只重視材料之防火性，因此要求廠商提交合格之試驗報告或評估報告。由建議一中「鋼結構耐火塗料」標準通過後，建議在評定

時，廠商需提交所需性能之檢驗報告，以強化評定內容與深化品質管理。

建議四

鋼結構耐火塗料之耐火性能評估研究：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：後續研究

目前國內評定防火被覆材料大多引用國外的評估報告，反觀國內由於試驗與評估經驗較少，對於評估的技術未臻純熟，且造成國內防火材料廠商在試驗與評定作業上多有不便。建議針對國外評估防火材料耐火性能之程序(如英國 ASFP 或美國 UL），可透過產、官、學合作，在國內實做模擬，分析比較。除可提昇國內試驗與評定的技術，更有助於國內防火材料廠商拓展市場的能力。

建議五

鋼結構耐火塗料之耐久性與耐火性關係之研究：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：後續研究

在專家座談中，有專家提出耐火塗料塗佈後經過一段時間後，對於耐火性能是否改變、下降等造成防火安全上之疑慮，應透過研究以掌握耐火塗料性能老化問題與耐火性能之關係。

表 6-1 鋼結構耐火塗料（草案）

中華民國國家標準 CNS	鋼結構耐火塗料（草案）	總號	
		類號	

Fire Protection for Structural Steel

1．適用範圍：本標準適用於建築物鋼結構用耐火塗料（以下簡稱爲耐火塗料），其需符合防火時效等級之規定。

備考：此耐火塗料係塗膜被加熱時會膨脹，而形成絕熱層者，主要目的作爲鋼結構用。

2．種類

種　類	用　途	備　考
室　內	用於建築物室內或隱蔽工程的鋼結構表面	
室　外	用於建築物室外或露天工程的鋼結構表面	

3．試驗

3.1 取樣：依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 2 節之規定。

3.2 試驗一般條件：下列所指定事項以外，須依 CNS 9007【塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件】，第 3 節之規定。

（1）試驗板採用鋼材作爲底材，徹底清除鏽跡。

（2）試驗板尺寸，除另有規定外，爲長寬各 70×150 ㎜之長方形，厚度 0.6 mm。

（3）試片係使用毛刷刷塗、輥塗或噴槍噴塗將試樣塗料塗布於試驗板面板而成。

3.3 容器內狀態：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2 節所規定之方法試驗。

3.4 密度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.6 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次密度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均密度。

3.5 黏度：依 CNS 9725【塗料一般檢驗法－塗料性狀】，第 2.5.3 節所規定之方法試驗。將各塗料產品進行 3 次黏度試驗，再將 3 次試驗所得之數值平均求得該產品之平均黏度。

3.6 乾燥時間：依 CNS 10756 【塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法) 】，第 6 節所規定之方法試驗。

3.7 耐衝擊性：依 CNS 10757【塗料一般檢驗法（有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法）】，第 4.2 節之規定。將試片放置鋼製平台之上，使重錘之球狀前端朝下，於重錘不再迴轉及不擺動之情形下，自高度 1 公尺處落至此塗面之上，將衝擊後之試片置於室內 1 小時後，檢查塗面之損傷情形。試片數三片，至少二片合格，而每片衝擊次數爲 3 次。

（共 2 頁）

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

表 6-1 鋼結構耐火塗料（草案）(續)

3.8 耐火性：依 CNS 12514【建築物構造部分耐火試驗法】，第 3 節所規定之方法試驗。

3.9 耐冷熱反覆性：

試片製作完成後，將試片放入（-20℃±2）℃低溫箱中冷凍 3 小時再將是片從低溫箱中取出，立即放入（50℃±2）℃的恆溫箱中，恆溫 3 小時，取出試片重複上述操作共 15 循環，試驗結束後觀察表面變化即是否有色差。要求 3 個是片中至少 2 個合格。

3.10 耐濕熱性：將各試片鉛置於溫度 50℃，相對濕度約 95%RH 之容器中經 504 小時後，取出以目視檢查塗面，無可見之顯著變化時，如起層、脫落、垂流、起泡等現象，則評定爲合格。

3.11 耐鹽水噴霧試驗：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.1 節之規定。試驗時間：2000h。

3.12 加速耐候性：依 CNS 10607【塗料一般檢驗法(有關塗膜之長期耐久性之試驗法)】，第 3.8.2 節之規定。將夾持試片的試樣夾安裝於迴轉框。並將試樣與參比樣品之試片橫並列配置。使裝置依試樣之產品標準所規定的條件運轉(氙弧燈，黑嵌板溫度：63℃，每照光 120 分鐘，洒水 18 分鐘，共 72h)，照射光至試樣之產品標準所規定的照射時間。

4．標示

4.1 容器及包裝之標示：須標示下列事項。

製造廠商名稱	
產品名稱	
用 途（室內、外）	
單位重（kg/l）	
黏 度	
乾 燥 時 間（HR）	
製造日期	
儲存期限	

引用標準：CNS 9007 塗料一般檢驗法－取樣及試驗一般條件
CNS 9725 塗料一般檢驗法－塗料性狀
CNS 9894 塗料一般檢驗法－儲存安定性
CNS 10756 塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)
CNS 10756-1 塗料一般檢驗法（有關塗膜之視覺特性之試驗法）
CNS 10757 塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)
CNS 11607 塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)
CNS 12514 建築物構造部分耐火試驗法

（資料來源：本研究整理）

附錄一 中華人民共和國國家標準 GB 14907－2002

中華人民共和國國家標準

鋼結構防火塗料

GB 14907-2002

Fire resistive coating for steel structure

1 範圍

本標準規定了鋼結構防火塗料的定義及分類、技術要求、試驗方法、檢驗規則、綜合判定準則和包裝、標誌、儲運、產品說明書等內容。

本標準適用於建(構)築物室內外使用的各類鋼結構防火塗料。

2 引用標準

下列標準所包含的條文，通過在本標準中引用而構成為本標準的條文。本標準出版時，所示版本均為有效。所有標準都會被修訂，使用本標準的各方應探討使用下列標準最新版本的可能性。

GB /T 1728-1979 漆膜、膩子膜乾燥時間測定法

GB /T 1733-1993 漆膜耐水性測定法

GB 3186--1982 塗料產品的取樣

GB /T 9779-1988 複層建築塗料

GB /T 9978-1999 建築構件耐火試驗方法(neqI SO/FDIS8 34-1:1997)

GB 15930-1995 防火閥試驗方法

GBJ 17 -1988 鋼結構設計規範

3 定義

本標準採用下列定義。

鋼結構防火塗料 fire resistive coating for steel structure

施塗於建築物及構築物的鋼結構表面，能形成耐火隔熱保護層以提高鋼結構耐火極限的塗料。

4 分類與命名

4.1 產品分類

4.1.1 鋼結構防火塗料按使用場所可分為:

a) 室內鋼結構防火塗料:用於建築物室內或隱蔽工程的鋼結構表面;

b）室外鋼結構防火塗料:用於建築物室外或露天工程的鋼結構表面。

4.1.2 鋼結構防火塗料按使用厚度可分為:

a）超薄型鋼結構防火塗料:塗層厚度小於或等於 3m m;

b）薄型鋼結構防火塗料:塗層厚度大於 3m m 且小於或等於 7m m;

c）厚型鋼結構防火塗料:塗層厚度大於 7m m 且小於或等於 45m m.

4.2 產品命名

以漢語拼音字母的縮寫作為代號，N 和 W 分別代表室內和室外，CB,B 和 H 分別代表超薄型、薄型和厚型三類，各類塗料名稱與代號對應關係如下

室內超薄型鋼結構防火塗料.....NCB

室外超薄型鋼結構防火塗料.....WCB

室內薄型鋼結構防火塗料.....NB

室外薄型鋼結構防火塗料.....WB

室內厚型鋼結構防火塗料.....NH

室外厚型鋼結構防火塗料.....WH

5 技術要求

5.1 一般要求

5.1.1 用於製造防火塗料的原料應不含石棉和甲醛，不宜採用苯類溶劑。

5.1.2 塗料可用噴塗、抹塗、刷塗、輥塗、刮塗等方法中的任何一種或多種方法方便地施工，並能在通常的自然環境條件下乾燥固化。

5.1.3 複層塗料應相互配套，底層塗料應能同普通的防銹漆配合使用，或者底層塗料自身具有防銹性能。

5.1.4 塗層實幹後不應有刺激性氣味。

5.2 性能指標

5.2.1 室內鋼結構防火塗料的技術性能應符合表1的規定。

5.2.2 室外鋼結構防火塗料的技術性能應符合表2的規定。

表1 室內鋼結構防火塗料技術性能

序號	檢驗項目		技術指標			缺陷分類
			NCB	NB	NH	
1	在容器中的狀態		經攪拌後呈均勻細膩狀態，無結塊	經攪拌後呈均勻液態或稠厚流體狀態，無結塊	經攪拌後呈均勻稠厚流體狀態，無結塊	C
2	乾燥時間（表乾）/h		≦8	≦12	≦24	C
3	外觀與顏色		塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	—	C
4	初期乾燥抗裂性		不應出現裂紋	允許出現1-3條裂紋，其寬度應≦0.5 mm	允許出現1-3條裂紋，其寬度應≦0.1 mm	C
5	黏度強度/MPa		≧0.20	≧0.15	≧0.04	B
6	抗壓強度/MPa		—	—	≧0.3	C
7	乾密度（kg/m3）		—	—	≦500	C
8	耐水性/h		≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧24 塗層應無起層、發泡、脫落現象	B
9	耐冷熱循環性/次		≧15 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧15 塗層應無起層、發泡、脫落現象	≧15 塗層應無起層、發泡、脫落現象	B
10	耐火性能	塗層厚度（不大於）/mm	2.00±0.20	5.0±0.5	25±2	A
		耐火極限（不低於）/h（以I36b或I40b標準鋼樑作基材）	1.0	1.0	2.0	
註：裸露鋼樑耐火極限為15min（I36b、I40b驗證數據），作為表中0 mm塗層厚度耐火極限基礎資料。						

表 2 室外鋼結構防火塗料技術性能

序號	檢驗項目		技術指標			缺陷分類
			WCB	WB	WH	
1	在容器中的狀態		經攪拌後呈均勻細膩狀態，無結塊	經攪拌後呈均勻液態或稠厚流體狀態，無結塊	經攪拌後呈均勻稠厚流體狀態，無結塊	C
2	乾燥時間（表乾）/h		≦8	≦12	≦24	C
3	外觀與顏色		塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	塗層乾燥後，外觀與顏色同樣品相比應無明顯差別	—	C
4	初期乾燥抗裂性		不應出現裂紋	允許出現 1-3 條裂紋，其寬度應≦0.5 mm	允許出現 1-3 條裂紋，其寬度應≦0.1 mm	C
5	黏度強度/MPa		≧0.20	≧0.15	≧0.04	B
6	抗壓強度/MPa		—	—	≧0.3	C
7	乾密度（kg/m3）		—	—	≦500	C
8	耐曝熱性/h		≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象	≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象	≧720 塗層應無起層、脫落、空鼓、開裂現象	B
9	耐濕熱性/h		≧504 塗層應無起層、脫落現象	≧504 塗層應無起層、脫落現象	≧504 塗層應無起層、脫落現象	B
10	耐凍融迴圈性/次		≧15 塗層應無開裂、脫落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、脫落、起泡現象	≧15 塗層應無開裂、脫落、起泡現象	B
11	耐酸性/h		≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	B
12	耐鹼性/h		≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	≧360 塗層應無起層、脫落、開裂現象	B
13	耐鹽霧腐蝕性/次		≧ 30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象	≧ 30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象	≧ 30 塗層應無起泡，明顯的變質、軟化現象	B
14	耐火性能	塗層厚度（不大於）/mm	2.00±0.20	5.0±0.5	25±2	A
		耐火極限（不低於）/h（以 I36b 或 I40b 標準鋼樑作基材）	1.0	1.0	2.0	

註：裸露鋼樑耐火極限為 15 min(I36b、I40b 驗證資料)，作為表中 0 mm 塗層厚度耐火極限基礎資料。耐久性項目（耐曝熱性、耐濕熱性、耐凍融迴圈性、耐酸性、耐鹼性、耐鹽霧腐蝕性）的技術要求除表中規定外，還應滿足附加耐火性能的要求，方能判定該對應項性能合格。耐酸性和耐鹼性可僅進行其中一項測試。

6 試驗方法

6.1 取樣

抽樣、檢查和試驗所需樣品的採取，除另有規定外，應按 GB 3186 的規定進行。

6.2 試驗條件

塗層的制備、養護均應在環境溫度 5-35'C，相對濕度 50%-80%的條件下進行；除另有規定外，理化性能試驗亦宜在此條件下進行。

6.3 理化性能試件的制備

除另有規定外，塗層理化性能的試件均應按 6.3.1、6.3.2、6.3.3 規定製備。試件製作時不應含塗層的加固措施。

6.3.1 試件底材的尺寸與數量

試件底材的尺寸與數量見表 3。

表 3 試 件 底 材 的 尺 寸 與 數 量

序號	項目	尺寸/mm	數量/件
1	外觀與顏色	150X70X (6~10)	1
2	乾燥時間	150X70X (6~10)	3
3	初期乾燥抗裂性	300X150X (6~10)	2
4	黏結強度	70X70X(6~10)	5
5	耐曝熱性	150X70X(6~10)	3
6	耐濕熱性	150X70X(6~10)	3
7	耐凍融循環性	150X70X(6~10)	4
8	耐冷熱循環性	150X70X(6~10)	4
9	耐水性	150X70X(6~10)	3
10	耐酸性	150X70X(6~10)	3
11	耐鹼性	150X70X(6~10)	3
12	耐鹽霧腐蝕性	150X70X(6~10)	3
13	腐蝕性	150X70X(6~10)	3

6.3.2 底材及預處理

採用 Q235 鋼材作底材，徹底清除銹跡後，按規定的防銹措施進行防銹處理。若不作防銹處理，應提供權威機構的證明材料證明該防火塗料不腐蝕鋼材或按附錄 B(提示的附錄)增加腐蝕性檢驗。

6.3.3 試件的塗覆和養護

按塗料產品規定的施工工藝進行塗覆施工，理化性能試件塗層厚度分別為：CB 類(1.50±0.20)mm，B 類(3.5±0.5)mm，H 類(8±2)mm，達到規定厚度後應抹平和修邊，保證均勻平整，其中，對於複層塗料作如下規定：作裝飾或增強耐久性等作用的面層塗料厚度不超過 0.2 m m(CB 類)、0.5 mm (B 類)、2 mm(H 類)，增強與底材的粘結或作防銹處理的底層塗料厚度不超過 0.5 mm (CB 類)、1 mm(B 類)、3 mm(H 類)。塗好的試件塗層面向上水準放置在試驗台上乾燥養護，除用於試驗表乾時間和初期乾燥抗裂性的試件外，其餘試件的養護期規定為：CB 類不低於 7 d，B 類不低於 10 d，H 類不低於 28 d，產品養護有特殊規定除外。養護期滿後方可進行試驗。

6.3.4 試件預處理

將 6.4.8、6.4.11、6.4.12、6.4.13、6.4.14、6.4.15 的試件養護期滿後用 1：1

的石蠟與松香的融液封堵其周邊（封邊寬度不得小於 5 mm），養護 24 h 後再進行試驗。

6.4 理化性能

6.4.1 在容器中的狀態

用攪拌器攪拌容器內的試樣或按規定的比例調配多組分塗料的試樣，觀察塗料是否均勻、有無結塊。

6.4.2 乾燥時間

將 6.3 製作的試件，按 GB/T 1728-1979 規定的指觸法進行。

6. 4.3 外觀與顏色

將 6.3 製作的試件乾燥養護期滿後，同廠方提供或與用戶協商規定的樣品相比較，顏色、顆粒大小及分佈均勻程度，應無明顯差異。

6.4.4 初期乾燥抗裂性

將 6.3 製作的試件，按 GB/T 9779-1988 的 5.5 進行檢驗。用目測檢查有無裂紋出現或用適當的器具測量裂紋寬度。要求 2 個試件均符合要求。

6.4.5 粘結強度

將 6.3 製作的試件的塗層中央約 40 mm X 40 mm 面積內，均勻塗刷高粘結力的粘接劑如(溶劑型環氧樹脂等)，然後將鋼製聯結件輕輕粘上並壓上約 1 kg 重的砝碼，小心去除聯結件周圍溢出的粘結劑，繼續在 6.2 規定的條件下放置 3d 後去掉砝碼，沿鋼聯結件的周邊切割塗層至板底面，然後將粘結好的試件安裝在試驗機上；在沿試件底板垂直方向施加拉力，以約(1 500~2000)N/min 的速度載入荷，測得最大的拉伸載荷(要求鋼制聯結件底面平整與試件塗授面粘結)，結果以 5 個試驗值中剔除粗大誤差後的平均值表示，結論中應注明破壞形式，如內聚破壞或附著破壞。每一試件粘結強度按式(1)求得：

$$f_b=F/A \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

式中：f_b — 粘結強度，MPa;

F — 最大拉伸載荷，N；

A — 粘結面積，mm。

6.4.6 抗壓強度

a）試件的製作

先在規格為 70.7 mm X 70.7 mm X 70.7 mm 的金屬試模內壁塗一薄層機油，將拌和後的塗料注人試模內，輕輕搖動，並插搗抹平，待基本乾燥固化後脫模。在規定的環境條件下，養護期滿後，再放置在(60±5)°C 的烘箱中乾燥 48h，然後再放置在乾燥器內冷卻至室溫。

b）試驗程序

選擇試件的某一側面作為受壓面，用卡尺測量其邊長，精確至 0.1 mm。將選定試件的受壓面向上放在壓力試驗機（誤差≦2%）的加壓座上，試件的中心線與壓力機中心線應重合，以(150-200)N/min 的速度均勻加載荷至試件破壞。記錄試件破壞時的最大載荷。每一試件的抗壓強度按式(2)計算:

$$R=P/A \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

式中：R — 抗壓強度，MPa；

P — 最大載荷，N；

A — 受壓面積，mms。

c)結果表示

抗壓強度結果以 5 個試驗值中剔除粗大誤差後的平均值表示。

6.4.7 乾密度

試件製作同 6.4.6a)。

採用卡尺和電子天平測量試件的體積和品質，並按式(3)計算幹密度。

$$\rho=G/V \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

式中：ρ — 幹密度，kg/m^3；

G — 品質，kg；

V — 體積，M3。

結果表示同 6.4.6c)，精確至 $1kg/m^3$。

6.4.8 耐水性

將 6. 3制 作的試件按 GB/T 1733-1993 的 9.1 進行檢驗，試驗用水為自來水。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.9 耐冷熱循環性

將 6.3 製作的試件，四周和背面用石蠟和松香的混和溶液(重量比 1:1)塗封，繼續在 6.2 規定的條件下放置 1d 後，將試件置於(23±2)℃的空氣中 18h，然後將試件放人(-20±2)℃低溫箱中，自箱內溫度達到一 18℃時起冷凍 3h 再將試件從低溫箱中取出，立即放人(50±2)℃的恒溫箱中，恒溫 3h。取出試件重複上述操作共 15 個循環。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.10 耐曝熱性

將 6.3 製作的試件垂直放置在(50±2)℃的環境中保持 720h，取出後觀察。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.11 耐濕熱性

將 6.3 製作的試件，垂直放置在濕度為(90±5)%溫度(45±5)℃的試驗箱中，至規定時間後，取出試件垂直放置在不受陽光直接照射的環境中，自然乾燥。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.12 耐凍融迴圈性

將 6.3 製作的試件，按照 6.4.9 相同的程式進行試驗，只是將(23±2)℃的空氣改為水，共進行 15 個循環。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.13 耐酸性

將 6.3 製作的試件的 2/3 垂直放置於 3%的鹽酸溶液中至規定時間，取出垂直放置在空氣中讓其自然乾燥。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.14 耐鹼性

將 6.3 製作的試件的 2/3 垂直浸人 3%的氨水溶液中至規定時間，取出垂直放置在

空氣中讓其自然乾燥。要求 3 個試件中至少 2 個合格。

6.4.15 耐鹽霧腐蝕性

除另有規定外，將 6.3 製作的試件，按 GB 15930-1995 的 6.3 的規定進行檢驗；完成規定的週期後，取出試件垂直放置在不受陽光直接照射的環境中自然乾燥。要求 3 個試件中至少 2 個合格

6.5 耐火性能

6.5.1 試驗裝置

符合 GB/T 9978-1999 第 4 章對試驗裝置的要求。

6.5.2 試驗條件

除另有規定外，試驗條件應符合 GB/T 9978-1999 第 5 章的要求。

6.5.3 試件製作

選用工程中有代表性的 I36b 或 I40b 工字型鋼樑，依據塗料產品使用說明書規定的施工條件對試件受火面進行塗覆，形成塗覆鋼樑試件，並放在通風乾燥的室內自然環境中於燥養護，養護期規定同 6.3.3。

6.5.4 塗層厚度的確定

對試件塗層厚度的測量應在各受火面沿構件長度方向每米不少於 2 個測點，取所有測點的平均值作為塗層厚度(包括防銹漆、防銹液、面漆及加固措施等厚度在內)。

6.5.5 安裝、載入

試件應簡支、水準安裝在水準燃燒試驗爐上，並按 GBJ 17 規定的設計載荷載入，鋼樑承受模擬均布載荷或等彎矩四點集中載入，鋼樑載入計算見附錄 A(標準的附錄)；鋼樑三面受火，受火段長度不少於 4 000 mm，計算跨度不小於 4 200 mm；試件支點內外非受火部分均不應超過 300 mm。不准用其他型號的鋼構件或鋼樑承受特定的載荷進行耐火試驗的結果來判定該防火塗料的品質，若特定的工程需要進行耐火試驗，可提供檢驗結果且應在檢驗報告中注明其適用性。

6.5.6 判定條件

鋼結構防火塗料的耐火極限以塗覆鋼樑失去承載能力的時間來確定，當試件最大撓度達到 $L_0/20$(L_0是計算跨度)時試件失去承載能力。

6.5.7 結果表示

耐火性能以塗覆鋼樑的塗層厚度(mm)和耐火極限(h)來表示，並注明塗層構造方式和防銹處理措施。塗層厚度精確至:0.01 mm(CB 類)、0.1 mm(B 類)、1 mm(H 類)；耐火極限精確至 0.1 h。

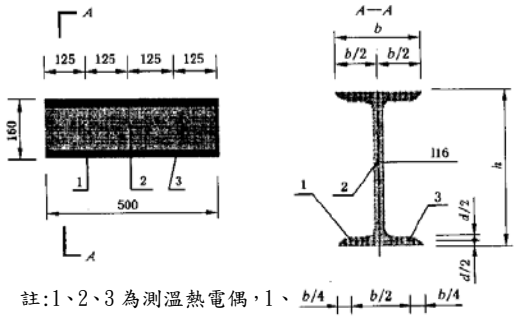
6.6 附加耐火性能

室外防火塗料的耐曝熱、耐濕熱、耐凍融循環、耐酸、耐鹼和耐鹽霧腐蝕等性能必須分別按 6.4.10、6.4.11、6.4.12、6.4.13、6.4.14、6.4.15 試驗合格後，方可進行附加耐火試驗。

6.6.1 試件製作

a)取 I16 熱軋普通工字鋼梁(長度 500 mm)7 根，按圖 1 預埋熱電偶(由於預埋熱電偶

產生的孔、洞應作可靠封堵)。



註:1、2、3 為測溫熱電偶,1、

圖 1 附加耐火試驗熱電偶埋設圖(單位：mm)

b) 按塗料規定的施工工藝對 7 根短鋼樑的每個表面進行施工，塗層厚度規定為 WCB(1.5~2.0)mm,WB(4.0~5.0)mm,WH(20~25)mm。但每根短鋼樑試件的塗層厚度偏差相互之間不能大於 10%。

6.6.2 試驗程式

a) 取 6 根達到規定的養護期的鋼樑分別按 6.4.10、6.4.11、6.4.12、6.4.13、6.4.14、6.4.15 進行試驗後放在(30±2)℃的環境中養護乾燥後同第 7 根塗覆鋼樑一起進行以下耐火試驗。

b) 將試件放人試驗爐中，水平放置，三面受火，按 GB/T 9978-1988 規定的升溫條件升溫，同時監測三個受火面相應位置的溫度。

6.6.3 判定條件

以第 7 根鋼樑內部達到臨界溫度(平均溫度 538℃，最高溫度 649℃)的時間為基準，第 1~6 根鋼樑試件達到臨界溫度的時間衰減不大於 35%者，可判定該對應項理化性能合格。

7 檢驗規則

7.1 檢驗分類

檢驗分出廠核對總和型式檢驗。

7.1.1 出廠檢驗

檢驗項目為外觀與顏色、在容器中的狀態、乾燥時間、初期乾燥抗裂性、耐水性、乾密度、耐酸性或耐鹼性(附加耐火性能除外)。

7.1.2 型式檢驗

檢驗項目為本標準規定的全部性能指標。有下列情形之一時，產品應進行型式檢驗。型式檢驗被抽樣品應從分別不少於 1 000 kg 超薄型)、2 000 kg(薄型)、3 000 kg(厚型)的產品中隨機抽取超薄型 100 kg、薄型 200 kg、厚型 400 kg。

a) 新產品投產或老產品轉廠生產時試製定型鑒定；

b) 正式生產後，產品的配方或所用原材料有較大改變時；

c) 正常生產滿 3 年時；

d）產品停產一年以上恢復生產時；

e）出廠檢驗結果與上次例行試驗有較大差異時；

f）國家品質監督機構或消防監督部門提出例行檢驗的要求時。

7.2 組批與抽樣

7.2.1 組批

組成一批的鋼結構防火塗料應為同一批材料、同一工藝條件下生產的產品。

7.2.2 抽樣

抽樣按 GB 3186-1982 第 3 章的規定進行。

7.3 判定規則

7.3.1 鋼結構防火塗料的檢驗結果，各項性能指標均符合本標準要求時，判該產品品質合格。

7. 3.2 鋼結構防火塗料除耐火性能(不合格屬 A，不允許出現)外，理化性能尚有嚴重缺陷(B)和輕缺陷(C)，當室內防火塗料的 B≦1 且 B+C≦3，室外防火塗料的 B≦2 且 B+C≦4 時，亦可綜合判定該產品質量合格，但結論中需注明缺陷性質和數量。

8 標誌、標籤、包裝、儲運、產品說明書

8.1 產品應採取可靠的容器包裝，並附有合格證和產品使用說明書。

8.2 產品包裝上應注明生產企業名稱、位址、產品名稱、商標、規格型號、生產日期或批號、保質儲存期等。

8.3 產品放置在通風、乾燥、防止日光直接照射等條件適合的場所。

8.4 產品在運輸時應防止雨淋、曝曬，並應遵守運輸部門的有關規定。

8.5 產品出廠和檢驗時均應附產品說明書，明確產品的使用場所、施工工藝、產品主要性能及保固期限。

附 錄 A

（標 準 的 附 錄 ）

鋼結構防火塗料耐火試驗載入計算

已知：鋼梁為Q235鋼材，設計強度為f(N/mm^2)，強度折減係數為k，鋼樑計算跨度為L_0(m)，安裝方式為水平，簡支約束，自重為g(N/m)；鹼板為兩塊，長度相同，截面一致，自重為q_0(N /m)，均勻覆蓋在鋼樑上翼緣，並與鋼樑無結構聯繫。

求：鋼梁所能承受的外載荷ㄖ。

計算程序：

1.驗算整體穩定性

(見GBJ 17-1988第二節第4.2.1條)L/b，其中L為鋼樑受壓翼緣的自由長度；b_1為受壓翼緣的寬度。若$L/b_1>13$，則應按整體穩定性計算；若$L/b_1<13$或有剛性鋪板密鋪在梁的受壓翼緣上，並能阻止梁截面的扭轉，則按強度計算。

2.按整體穩定性計算穩定性係數Ψ_b

a)對於型鋼樑應根據載荷分佈情況、工字鋼型號和受壓翼緣的自由長度查表確定Ψ_b(見GBJ 17-1988附錄一中附表1.3)；

b)對於組合截面焊接工字鋼梁應根據下式計算:

$$\Psi_b=\beta(4320/\lambda_y^2)\cdot(Ah/W_X)\left[\sqrt{1+(\lambda_y t_1/4.4n)}+\eta b\right]\cdot 235/f_y$$

〔見 GBJ 17-1988 附錄一(一)〕

若計算出$\Psi_b>0.6$，應按GBJ 17-1988附錄一附表1.2查出相應的Ψ_b值代替Ψ_b作計算。

3.求鋼梁所能承受的均布載荷q_{max}

$$M_{max}/(\Psi_b\cdot W_X) = k\cdot f \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$M_{max}=1/8\cdot q\cdot L_0^2 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

由(1)，(2)推出，$q_{max}=8\cdot k\cdot f\cdot\Psi_b\cdot W_X/ L_0^2$

式中：W_X—鋼樑截面抵抗矩。

4.求外載荷q

$q=q_{max}—g—q_0$

5.求外載荷總量P

$P=q\cdot L_0$

實例：I40b熱軋普通工字鋼梁，L_0=5630 mm，f=215N/mm^2，W_X=1140000 mm^2，k=0.9。混凝土板截面尺寸：550 mm X 150 mm；混凝土標號:C30。求：外載荷總量P_0

計算程式:

1.求Ψ_b

$L/b_1=5630/144=39.1>13$應按整體穩定性計算。

查表：L =5，L=6對應Ψ_b=0.73，Ψ_b=0.6；

當 L_0=5.63 m 時，

Ψ_b= 〔(0.6-0.73)/(6-5)〕X 0.63+073=0.65>0.6

查表 Ψ_b =0.63。

2.求均布載荷設計值 q_{max}

$q_{max}= 8 \cdot k \cdot f \cdot \Psi_b \cdot W_X / L_0^2$

= 8 X 0.9 X 215 X 0.63 X 1140000/5630^2=35.0(N/mm)

3.求外載荷 q

$q=q_{max}-g-q_0$=35000-724-1860=32416(N/m)

4.外載荷總量戶

$p=qL_0$=32416 X 5.63=182502(N)=183 kN_0

附 錄 B
（提 示 的 附 錄 ）
鋼結構防火塗料腐蝕性的評定方法

B1 範圍

此方法僅適用於未採用防銹漆、防銹液等防銹材料對鋼基材作防銹處理而直接施塗於鋼基材表面的鋼結構防火塗料。

B2 技術要求

在規定的試驗條件下該鋼結構防火塗料應不腐蝕鋼材。

B3 試驗方法

B3.1 製樣:取 Q235 鋼板(尺寸及數量見表 3)徹底清除鏽跡後選其中一面按規定的施工工藝將塗料施塗於表面

B3.2 試驗程序:將製作好的試件(塗覆表面)向上水準放置在試驗台上，存放時間為 720 h。存放條件為環境溫度(30±5)℃，相對空氣濕度(60±5)%。

B4 評定

試件存放至規定時間後，剝開塗層，塗覆面鋼材應無銹蝕。要求三個試件至少有二個符合要求。否則判定該塗料腐蝕性不合格。

B5 結果表示

腐蝕性檢驗結果不參與塗料產品品質的綜合判定，但應在報告中明確注明腐蝕性是否合格。

附錄二 性能項目之問卷

敬啟者：

中華大學營建管理研究所正進行一項由內政部建築研究所委託之研究案，研究題目為「建築鋼結構耐火技術之研究（I）」（計畫編號 096301070000G1013），研究目的之一為「建立建築鋼結構用耐火塗料性能要求之標準」，訂立國內對於耐火塗料性能要求之標準，避免與無機質耐火被覆材料或其它塗料標準混為使用，造成設計者、監造者、施工者之困擾，以提升鋼結構耐火塗料工程之品質。誠摯希望藉由貴公司寶貴的經驗填寫問卷，請詳細閱讀後，依據貴公司對於耐火塗料認知之情況作答，您的配合將對於本研究的進行與研究結果將會提供相當大的助益。本研究問卷內容僅作為學術研究，個別資料不對外公開。由衷感激您對於本研究的付出與作答。

本研究是否精確，有賴您的協助，回答問卷時，請勿遺漏任何問題。對於題目有任何建議事項，歡迎您隨時與我們連絡。

教祝

身體健康 萬事如意

中華大學營建管理研究所
助理教授 鄭紹材 敬上
新竹市東香里六鄰五福路二段 707 號
聯絡電話：(03)5186686
E-mail：shaotsai@chu.edu.tw
2007/06/05

第一部份：耐火塗料所需之性能與相關試驗項目

此部份為探討耐火塗料應具備性能要求之調查，本問卷將耐火塗料依其性質分為「物理、化學、機械性能」、「耐火性能」、「耐候性能」、「耐久性能」，請依貴公司對於耐火塗料四大類之性能需求選擇合適之評估與試驗之項目，結果將有助於國內對於耐火塗料基本的性能要求之建立。

耐火塗料性能試驗要求項目							
序號	一、物理、化學、機械性能		非常重要	重要	普通	不重要	非常不重要
1	**容器內狀態：**由調色刀或棒攪拌時之觸感檢查容器內之塗料是否適於使用狀態。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.1 節）		□	□	□	□	□
2	**透明性：**檢查有無由透明塗料(稀釋劑、透明漆、清漆)中之水、垃圾、雜物、分離物等所引起之混濁及由溶液相之分離所引起之混濁現象（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.2 節）		□	□	□	□	□
3	**加登納(Gardner)色數：**熟練油、油性清漆等顏色之濃淡，用加登納色數標準液比較，以相似加登納色數標準液中最接近之號數表示。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.3 節）		□	□	□	□	□
4	**污點：**檢驗稀薄溶液蒸發後是否留有汙點之物質。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.4 節）		□	□	□	□	□
5	**黏度：**為評估塗料之流動性，使用黏度計，測定流體流動之阻力，及黏度。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」第 2.5 節）		□	□	□	□	□
6	**密度**	**液體比重法：**透明液體的密度用浮秤技法測定之。又對於塗料的密度與比重值視為相等者。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」第 2.6.1 節）	□	□	□	□	□
		比重杯法：秤量充滿液狀塗料的比重杯質量求出該塗料密度的密度概值。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」第 2.6.2 節）					
7	**分散度**	**分布圖法：**塗料注加於研磨細度測定器之溝槽內，用刮刀(Scraper)刮抹溝槽中之試樣作成有連續的厚膜，讀取呈現顆粒密集處的厚度為試樣的顏料分散度之基準。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.7.1 節）	□	□	□	□	□
		線條法：試樣注入於顆粒細度器的溝槽內，用刮刀刮抹作成溝槽中後度連續變化的試樣層，讀取由試樣中的粗顆粒造成之線條開始出現 3 條以上處之試樣層厚度，作為試樣之顏料分散度的基準。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」第 2.7.2 節）					
8	**混合性：**多液混合型塗料的各成分，以該塗料所定混合比混合後，攪拌混練時依觸感判別是否適於使用狀態。		□	□	□	□	□

	（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.8 節）					
9	**可使用時間：**多液混合型塗料的各成分混合後之試樣，在製品標準所規定時間內檢查容器中的狀態，髹塗作業性及塗膜的外觀，有無異常現象。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.9 節）	□	□	□	□	□
10	**稀釋性：**檢查稀釋劑稀釋所規定塗料的性能。（CNS9725「塗料一般檢驗法－塗料性狀」 第 2.10 節）	□	□	□	□	□
11	**低溫安定性：**試樣於低溫架持後回復溫室的操作，反覆三次後檢查是否經攪拌後成均勻，另外試驗「髹塗作變性」及「塗膜的外觀」，以評定試樣有無變質。（CNS9894「塗料一般檢驗法–儲存安定性」 第 2.1 節）	□	□	□	□	□
12	**結皮性：**檢查容器中塗料表面是否成結皮。（CNS9894「塗料一般檢驗法–儲存安定性」 第 2.2 節）	□	□	□	□	□
13	**常溫儲存安定性：**試樣於常溫儲存一定時間後，是否仍保時適於使用狀態，以檢查「溶液中的狀態」、「髹塗作變性」及「塗膜的外觀」予以評定。（CNS9894「塗料一般檢驗法–儲存安定性」 第 2.3 節）	□	□	□	□	□
14	**加溫儲存安定性：**將試樣放進容器內密閉，保持溫度 35℃**經** 90 天後，回復室溫檢查「溶液中的狀態」、「髹塗作變性」及「塗膜的外觀」等有無變化，而評定之。（CNS9894「塗料一般檢驗法–儲存安定性」 第 2.4 節）	□	□	□	□	□
15	**髹塗作業性：**試樣依產品標準所規定方法髹塗時，檢查試樣對於髹塗作業有無困難。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 2 節）	□	□	□	□	□
16	**塗布面積：**塗料於試驗板二度髹塗時之使用量換算成容量求塗布面積。本方法適用於家庭用塗料。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 3 節）	□	□	□	□	□
17	**平坦性：**用毛刷髹塗時，用平坦試驗器代替毛刷並與參比樣品比較之方法，檢查有否因毛刷髹塗而引起之凹凸。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 4 節）	□	□	□	□	□
18	**垂流性：**使用垂流試驗器髹塗試樣，將試片垂直豎立，檢查是否由於試樣層的厚度不同而發生垂流現象。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 5 節）	□	□	□	□	□
19	**乾燥時間：**求取試樣經髹塗後失去黏性形成至塗膜之乾燥時間檢查乾燥速度的程度。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 6 節）	□	□	□	□	□
20	**水磨容易性：**塗膜在注水下研磨時，檢查研磨操作難易的程度。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 7.1 節）	□	□	□	□	□
21	**乾磨容易性：**塗膜不用水研磨時，檢查研磨容易操作之程度。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 7.2 節）	□	□	□	□	□
22	**上塗適合性：**檢查於塗膜上面重塗其他塗料時，有無障礙。	□	□	□	□	□

	（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 8 節）						
23	**重塗適合性：**檢查於塗膜上重塗相同塗料時有無障礙。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 9 節）	□	□	□	□	□
24	**滲出性：**檢查於塗膜上面重塗白色塗料，有無因滲出引起之變色。（CNS10756「塗料一般檢驗法–有關塗料的塗膜形成機能試驗法」 第 10 節）	□	□	□	□	□
25	**塗膜外觀目視法：**以目視檢查塗膜外觀是否正常。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」 第 2 節）	□	□	□	□	□
26	**隱蔽性：**將塗膜遮蔽基材顏色之性能，以黑底上與白底上所髹塗之塗膜之視感反射率(擴散反射率)之比表示。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」 第 3 節）	□	□	□	□	□
27	**遮蓋力**	**定塗布量法：**將塗膜遮蔽基材顏色之性能程度，由髹塗塗料在隱蔽率試驗紙之黑底上與白底上之塗膜以目視檢查。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」第 4.1 節）	□	□	□	□	□
		參比樣品比對法：塗膜遮蔽基材顏色之性能程度，由將試樣與參比樣品分別髹塗於個別之玻璃板上，乾燥後併排使塗面與白底及黑底接觸狀態下覆蓋在隱蔽率試驗紙上，以目視比較之。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」第 4.2 節）					
28	**塗膜之顏色**	**目視法：**在漫射白晝光(擴散反射率)下或顏色觀察室內，將試樣之乾燥塗膜之顏色與參比樣品相比較，由目視檢查有無色差。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」 第 5.1 節）	□	□	□	□	□
		計測法：測定塗膜之顏色，求其三刺激值，再求與參比樣品之色差，並檢查塗膜之顏色是否適當正確。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」 第 5.2 節）					
29	**視感反射率：**測定白色塗料之塗膜顏色之明亮度之視感反射率，以百分率表示。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」 第 6 節）	□	□	□	□	□
30	**鏡面光澤度：**測定塗膜光澤在入射角與受光角分別為 20 度、60 度、85 度時之反射率，以鏡面光澤度之基準面之光澤度為 100 時之百分率表示。（CNS10756-1「塗料一般檢驗法–有關塗膜之視覺特性之試驗法」第 7 節）	□	□	□	□	□
31	**擠壓值**	**定距離法：**使用幾壓試驗機，由試片之背面將鋼球擠壓製產品 標準所規定距離，檢查使試片變形時塗膜有關龜裂及剝落。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 3.1 節）	□	□	□	□	□

		斷距離法：用艾氏凹壓試驗機，自試片背後將鋼球擠壓，檢查使試片變形至塗膜發生龜裂及剝落時為止之擠壓距離。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第3.2 節）					
32	**耐屈曲性：**檢查試片於塗膜朝外彎折時塗膜之抗龜裂性。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 2 節）		□	□	□	□	□
33	**耐衝擊性**	**落球式：**本法適用於基材之衝擊變形極低者，乃將球體衝擊膜之表面上時，檢查塗膜之耐衝擊性，及有無龜、裂剝落之現象發生。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 4.1 節）	□	□	□	□	□
		杜邦式：本法適用於基材之衝擊變形較大者，乃將球體衝擊塗膜之表面上時，檢查塗膜之耐衝擊性 ，及有無龜、裂剝落之現象發生。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 4.2 節）					
34	**硬度**	**試驗機法：**使用鉛筆硬度值試驗機試驗塗膜之硬度，並以鉛筆支硬度號數表示之方法。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 5.1 節）	□	□	□	□	□
		手劃法：以鉛筆筆芯試驗塗膜之硬度，並以鉛筆之硬度號數表示之方法。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 5.2 節）					
35	**附著性**	**方格法：**式片上製作貫穿塗膜深達基材表面之格狀切割傷痕，以目視觀察方格狀上所產生之塗膜之附著狀態。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 6.1 節）	□	□	□	□	□
		方格黏帶法：將試片切割塗膜貫穿至基材層之塗膜予以貫穿，且使切割至試片基材層並呈現方格狀，於方格狀上黏貼膠帶，最後將膠帶撕開並以目視觀察塗膜之附著狀態。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 6.2 節）					
		×切割黏帶法：將試片上之塗膜以切割刀貫穿之，且使切割至基材層，並切割成×狀。再於其上黏貼膠帶，於斯開膠帶後，檢查試驗板基材或塗膜間附著性之優劣性質。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 6.3 節）					
36	**附著安定性：**經加速耐候性試驗後之塗膜上再塗上塗料，再度施行加速耐候試驗、耐水性試驗，以×切割黏帶法經撕開膠帶後，檢查塗膜有無剝落現象。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 7 節）		□	□	□	□	□
37	**附著強度：**使用拉力試驗機測定塗膜之附著強度。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 8 節）		□	□	□	□	□

38	**抗拉強度及伸長率：**使用拉力試驗機測定，游離塗膜之抗拉強度及伸長率。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」第 9 節）	□	□	□	□	□
39	**耐磨耗性：**試片固定於碟盤型磨耗試驗機，由磨耗輪的傳動測定塗膜磨耗程度，以磨耗減量表示之。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 10 節）	□	□	□	□	□
40	**耐污染性：**將污染物質，滴下或附著於塗膜表面，放置規定時間後擦拭，以目視觀察塗膜表面的污染程度。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 11 節）	□	□	□	□	□
41	**耐洗淨性：**使用可載重刷子和肥皂水於洗淨試驗機，摩擦試片塗面，觀察有無基材的露出。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」第 12 節）	□	□	□	□	□
42	**不黏著性：**為測試溫度較高空氣中的塗膜的黏著性，檢查壓著的紗布黏著程度。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 13 節）	□	□	□	□	□
43	**塗膜之加熱安定性：**在恆溫器中加熱試片，檢查塗膜外觀的變化。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 14 節）	□	□	□	□	□
44	**耐過熱烘烤性：**在恆溫器中過熱烘烤，檢查塗膜外觀變化及耐屈曲性。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 15 節）	□	□	□	□	□
45	**抗阻：**塗膜可視為電阻成份和電容成分的並列等價電路，由測試電路的阻抗，可推測塗膜的防蝕性能及劣化狀態。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 16 節）	□	□	□	□	□
46	**透水度：**使用透水試驗器具，於一定時間內，測定透水單位面積塗膜之水量。此一試驗方法，係使用透水試驗器具，測定經過 24 小時之透水量，將其透水量，依 $1m^2$ 之塗膜所透過之水量，作為該塗膜之透水度。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 17 節）	□	□	□	□	□
47	**水蒸氣透過度：**於一定時間內，測定單位面積之塗膜透過水蒸氣之量數。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 18 節）	□	□	□	□	□
48	**氯離子透過度：**係測定游離塗膜氯離子之透過度。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 19 節）	□	□	□	□	□
49	**耐水性：**試片浸於水中，觀察塗膜狀態之變化情況。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 20 節）	□	□	□	□	□
50	**耐沸騰水性：**觀察試片浸漬沸騰水中，塗膜狀態之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」第 21 節）	□	□	□	□	□
51	**耐揮發油性：**將試片浸漬於揮發油中，觀察塗膜及液體之變化狀態。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜	□	□	□	□	□

	之物理、化學抗性之試驗法」 第 25 節）					
52	**加速黃色度：**塗膜由測色所得之三刺激值（X，Y，Z）計算以黃色度表示之。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.5 節）	□	□	□	□	□

耐火塗料性能試驗要求項目						
序號	**二、耐火性能**	**非常重要**	**重要**	**普通**	**不重要**	**非常不重要**
1	**塗層厚度**	□	□	□	□	□
2	**耐火時效：**建築物主要結構構件，防火設備及防火區劃構造遭受火災時可耐火之時間達標準之。	□	□	□	□	□

耐火塗料性能試驗要求項目							
序號	**三、耐候性（室內環境中）**		**非常重要**	**重要**	**普通**	**不重要**	**非常不重要**
1	**耐鹼性：**將試片浸漬於氨水溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 22 節）		□	□	□	□	□
2	**耐酸性：**將試片浸漬於酸溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 23 節）		□	□	□	□	□
3	**耐濕性（濕度）**	**固定式：**於恆溫濕槽中時之塗膜狀態之變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.2.1 節）	□	□	□	□	□
		回轉式：將試片吊掛於恆溫恆濕箱，檢查其緩緩回轉時之塗膜的變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」第 3.2.2 節）					
4	**耐凍融性：**檢查試片塗膜受反覆溫度變化時，塗膜之變化。（BS8202 part 2、table 1-Durability test programme）		□	□	□	□	□
5	**耐濕冷熱反覆性：**塗膜經濕潤或浸漬狀態後，檢查受溫度變化時之塗膜變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 3.4 節）		□	□	□	□	□
6	**耐曝熱性：**將試片放置在（50±2℃）環境中，觀察之變化情形。（GB14907-2002 第 6.4.10 節）		□	□	□	□	□
	三、耐候性（室外環境中）						
1	**耐鹼性：**將試片浸漬於氨水溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 22 節）		□	□	□	□	□
2	**耐酸性：**將試片浸漬於酸溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 23 節）		□	□	□	□	□

3	**耐鹽水性：**將試片浸漬於氯化鈉溶液中，觀察塗膜狀態之變化。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 24 節）		□	□	□	□	□
4	**耐鹽水噴霧試驗：**將試片置於鹽水噴霧試驗裝置內，保持所規定時間，而已目視檢驗塗膜受鹽水噴霧作用有無發生銹污之膨脹、剝離等現象。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.1 節）		□	□	□	□	□
5	**耐濕性（濕度）**	**固定式：**於恆溫濕槽中時之塗膜狀態之變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.2.1 節）	□	□	□	□	□
		回轉式：將試片吊掛於恆溫恆濕箱，檢查其緩緩回轉時之塗膜的變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」第 3.2.2 節）					
6	**耐凍融性：**檢查試片塗膜受反覆溫度變化時，塗膜之變化。（BS8202 part 2、table 1-Durability test programme）		□	□	□	□	□
7	**耐濕冷熱反覆性：**塗膜經濕潤或浸漬狀態後，檢查受溫度變化時之塗膜變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 3.4 節）		□	□	□	□	□
8	**耐光性（UV）**	**碳弧燈式：**主要為對室內用塗料之塗膜，照射一定時間的碳弧燈光，並將由照射所變色之程度，以目視法或計測法，與經同樣處理過之參比樣品標準所規定之材質、尺度者。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.7.1 節）	□	□	□	□	□
		水銀燈式：塗膜經光線照射時，顏色之變化，使用褪色試驗用之水銀燈之光照射而檢查。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.7.2 節）					
9	**耐曝熱性：**將試片放置在（50±2℃）環境中，觀察之變化情形。（GB14907-2002 第 6.4.10 節）		□	□	□	□	□
三、耐候性（室外淋雨環境中）							
1	**耐鹼性：**將試片浸漬於氨水溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 22 節）		□	□	□	□	□
2	**耐酸性：**將試片浸漬於酸溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 23 節）		□	□	□	□	□
3	**耐鹽水性：**將試片浸漬於氯化鈉溶液中，觀察塗膜狀態之變化。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 24 節）		□	□	□	□	□
4	**耐鹽水噴霧試驗：**將試片置於鹽水噴霧試驗裝置內，保持所規定時間，而已目視檢驗塗膜受鹽水噴霧作用有無發生銹污之膨脹、剝離等現象。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.1 節）		□	□	□	□	□
5	**耐濕性（濕度）**	**固定式：**於恆溫濕槽中時之塗膜狀態之變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.2.1 節）	□	□	□	□	□

		回轉式：將試片吊掛於恆溫恆濕箱，檢查其緩緩回轉時之塗膜的變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第3.2.2 節）					
6	**耐凍融性：**檢查試片塗膜受反覆溫度變化時，塗膜之變化。（BS8202 part 2、table 1-Durability test programme）		□	□	□	□	□
7	**耐濕冷熱反覆性：**塗膜經濕潤或浸漬狀態後，檢查受溫度變化時之塗膜變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第3.4 節）		□	□	□	□	□
8	**耐光性（UV）**	**碳弧燈式：**主要為對室內用塗料之塗膜， 照射一定時間的碳弧燈光， 並將由照射所變色之程度， 以目視法或計測法， 與經同樣處理過之參比樣品標準所規定之材質、尺度者。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」第 3.7.1 節）	□	□	□	□	□
		水銀燈式：塗膜經光線照射時，顏色之變化，使用褪色試驗用之水銀燈之光照射而檢查。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.7.2 節）					
9	**耐曝熱性：**將試片放置在（50±2℃）環境中，觀察之變化情形。（GB14907-2002 第 6.4.10 節）		□	□	□	□	□
三、耐候性（施工階段外露環境中）							
1	**耐鹼性：**將試片浸漬於氨水溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。(CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」第 22 節）		□	□	□	□	□
2	**耐酸性：**將試片浸漬於酸溶液中，觀察塗膜狀態及溶液之變化情形。（CNS10757「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第 23 節）		□	□	□	□	□
3	**耐濕性（濕度）**	**固定式：**於恆溫濕槽中時之塗膜狀態之變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.2.1 節）	□	□	□	□	□
		回轉式：將試片吊掛於恆溫恆濕箱，檢查其緩緩回轉時之塗膜的變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第3.2.2 節）					
4	**耐凍融性：**檢查試片塗膜受反覆溫度變化時，塗膜之變化。（BS8202 part 2、table 1-Durability test programme）		□	□	□	□	□
5	**耐濕冷熱反覆性：**塗膜經濕潤或浸漬狀態後，檢查受溫度變化時之塗膜變化。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之物理、化學抗性之試驗法」 第3.4 節）		□	□	□	□	□
6	**耐光性（UV）**	**碳弧燈式：**主要為對室內用塗料之塗膜， 照射一定時間的碳弧燈光， 並將由照射所變色之程度， 以目視法或計測法， 與經同樣處理過之參比樣品標準所規定之材質、尺度者。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」第 3.7.1 節）	□	□	□	□	□

		水銀燈式：塗膜經光線照射時，顏色之變化，使用褪色試驗用之水銀燈之光照射而檢查。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.7.2 節）					
7	**耐曝熱性：**將試片放置在（50±2℃）環境中，觀察之變化情形。（GB14907-2002 第 6.4.10 節）		□	□	□	□	□

耐火塗料性能試驗要求項目								
序號	**四、耐久性能**		**非常重要**	**重要**	**普通**	**不重要**	**非常不重要**
1	**粉化度：**施予耐光性、加速耐候性、耐候性等試驗而粉化的試樣塗面上用濕潤的印相紙以一定之載重加壓於塗面，將印相紙由粉化塗膜粉受污染之程度與評定用照相比對。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.6 節）		□	□	□	□	□
2	**防銹性：**將試樣（防銹塗料）塗膜上塗布面漆的試片於室外曝露一定時間，經曝露後之塗膜表面及試驗板基材之防銹污發生狀態，與同樣經處理的參比樣品做比較。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.10 節）		□	□	□	□	□
3	**加速耐候性**	**日光碳弧燈式：**使用加速耐候性試驗機對室外用塗料之塗膜一面照射光，並以一定間隔噴水霧時之塗膜變化，與同時同樣處理的參比樣品之塗膜變化作比對檢察。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.8.1 節）	□	□	□	□	□
		氙弧燈式：使用加速耐候性試驗對室外用塗料之塗膜一面照射氙弧燈光，並以一定間隔噴水霧時之塗膜變化，與同時同樣處理的參比樣品之塗膜變化作比對檢察。（CNS11607「塗料一般檢驗法–有關塗膜之長期耐久性之試驗法」 第 3.8.2 節）					

第二部份：耐火塗料基本資料

此部份為瞭解貴公司所生產製造或代理販售之耐火塗料相關性能，目的為瞭解目前耐火塗料相關性質之數據，可作為訂立標準之參考依據（註：若貴公司所由有兩項以上之耐火塗料，請擇二填寫即可）。

貴公司所販售耐火塗料產品名稱		
審核認可通知書編號		
防火時效等級（HR）		
用 途（室內、外）		
重 量（kg/l）		
黏 度		
耐酸鹼性		
乾 燥 時 間（HR）		
漆 膜 厚 度 μm	乾：	乾：
	濕：	濕：
塗 佈 道 數(道)		
理論塗佈量(㎡/GAL)		
塗 裝 間 隔(HR)		
儲藏期限		
混 合 比 (主劑:硬化劑)		

附錄三 問卷發放對象

項目	名稱	
1	塗料廠商	恩企實業有限公司
2		環球油漆股份有限公司
3		柏林股份有限公司
4		華人企業股份有限公司
5		台灣杜邦股份有限公司
6		康宇防火建材有限公司
7		啟慶實業股份有限公司
8		庭睿興業有限公司
9		恩凱貿易有限公司
10		韓保科技有限公司
11		永記造漆工業股份有限公司
12		國碳科技股份有限公司
13		威肯建材企業有限公司
14	鋼結構施工專案經理	鍾俊宏（永峻工程顧問股份有限公司、專案經理、結構技師）
15		康博翔（信業結構工程顧問公司、專案經理、結構技師）
16		林育英（華葉建築師事務所、專案經理、專案管理）
17		陳正平（中華民國鋼結構協會、理事、結構技師）
18		楊斯然（超偉結構工程顧問公司、專案經理、結構技師）
19		陳國榮（日商華大成建設股份有限公司、專案經裡、專案管理）
20		黃永彬（潘冀建築師事務所、工務部經理、專案管理）
21		張銘欽（世誠營造股份有限公司、副總經理、專案管理）
22		余文義（宗邁建築師事務所、專案經理、專案管理）
23		游啟明（理成營造工程股份有限公司、專案經理、結構技師）

附錄四 96 年委辦案評選會議評選委員意見及處理情形

評選委員	委員意見之答詢	處理情形
1.丁副院長育群	1.本計畫擬朝提出國家標準草案的方向進行。 2.在標準草案內將綜合整理國內外有關內容，並同時能符合國內需求為考量。在草案內無法置入但確有需求者，將會在本研究的建議裡提出。 3.對於考量耐候性的配套施工方式，會再蒐集相關的文獻進一步瞭解。 4.標準草案以優於國際的要求基準，會在將來的專家會議裡列入考量與討論。	1.本計劃目前已完成之草案。 2.將國內外標準綜合整理後，有歸納出可納入考量且重要之試驗項目。 3.相關文獻整理後發現耐候性能試驗方法與合格基準皆因其地域性而不同。在綜整與比較上仍需廣泛討論。 4.在專家會議時將納入考量與討論。
2.林教授文興	1.電纜線耐火被覆層與鋼結構耐火塗料，從材料與阻燃耐火機制皆不同，所以研究成果無法適用。 2.關於放射線的影響問題，假若已有文獻可資參考，將會納入計畫內。 3.後市場管理的機制，目前的構想是朝向建立類似DNA，建置材料身份證明，在審核認可時即對於該材料搭配何種底漆、面漆，一併附上熱分析試驗報告，再配合公共工程三級品管制度，對材料進行檢驗，將檢驗結果與原材料作圖譜比對，即可瞭解材料組成成分是否相同。	1.非本研究範圍。 2.非本研究範圍。 3.進行中，已完成熱分析試驗。塗料之圖譜具有再現性與鑑別度，可供材料之比對。
3.林教授慶元	1.關於取樣方式與取樣數量，會向專家請益並納入計畫中考量。	1.在專家與廠商拜訪中有請教取樣方式與取樣數量之相關問題，並納入參考。

	2.目前文獻未發現有此相關之報告，就本計畫之熱分析試驗構想，仍須考量再現性與可靠度，以增強管理機制的說服力。	2.在研究中併入考量，且已具有初步辨識材料產品之功能。
4.梁教授漢溪	1.如前述，計畫內將考量對同一耐火材料所搭配施工的底漆與面漆，並瞭解差異性。 2.將進一步瞭解實際施工方式，以掌握可能的變數。	1.標準草案之試驗項目與訂定之基準將有助於分辨不同耐火塗料。 2.在廠商拜訪中已了解實際施工方式。
5.林研究員建宏	1.納入研究中考量，以強化研究成果之可操作性。 2.本計畫試驗的材料範圍即是以在國內通過審核認可的材料。在目前施工者應執行品質管理時，應要求出具通過審核認可的材料方能使用，但對於阻絕冒用或魚目混珠情形，本計畫將來之管理機制，可進行熱分析圖譜比對，以辨識是否為審核認可的原材料。此即為兩者不同之處，相輔相成以確保防火工程品質。 3.用語部分，會在研究中考量。	1. 在後續研究中併入考量。 2. 在後續研究中併入考量。 3.已納入，並加強用語的嚴謹。
6.陳組長建忠	1.會向專家請益取樣方式的合理性，取樣的高度會納入研究中考量。 2.計畫書內試驗經費包括了耐火塗料基本性能試驗與熱分析試驗。基本性能試驗即為本案計畫內容第二項。熱分析試驗將借用台南防火試驗中心熱分析試驗，確認檢測技術的可行性。 3.若得標後，會在修訂的計畫書內補實研究人員。	1. 在專家與廠商拜訪中有請教取樣方式與取樣數量之相關問題，並納入參考。 2 已完成耐火塗料主要的基本性能試驗與熱分析試驗尚未進行。 3.已將研究人員放入計畫書中。

附錄五 期中簡報會議審查委員意見及處理情形

審查委員	委員意見之答詢	處理情形
1.陳教授生金	1.本研究擬建立鋼結構耐火塗料之性能標準與試驗方法甚為重要。 2.為求達成前述目標，宜針對需求面，及所能提供之材料及其測試標準研究，此皆須進行較深入之探討。目前以問卷調查為主，似較難達成前述目標。	1.本研究第一部份在擬出鋼結構耐火塗料之標準草案。蒐集並綜合整理國內外有關標準內容，並同時考量能符合國內需求。問卷的目的可進一步瞭解塗料廠商與實際從事此鋼結構工程專業施作或監造者，兩方面對耐火塗料性能需求的聲音，期能建立一個符合工程實務需求並能與國際接軌的草案內容。 2.在計畫第二部分即以草案內容進行試驗，以掌握可操作性。
2.吳教授傳威	1.問卷調查非常專業，而答問卷之人員未必完全皆有概念，故在每項項目中另宜要求答問者自評對於本項內容之瞭解程度。	1.在問卷項目內容中已附上各性能項目之簡要說明，增進答卷者的認知與瞭解。
3.丁教授育群	1.第 9、10、11 頁中之 CNS（52 個項目）與 GB（7 個項目）之比較分析；另 CNS 中之 52 個項目是否有更具體之量化數據以便瞭解，及 GB 中定性項目之說明。 2.可列說明耐火塗料之施工步驟及應注意事項。 3.可就防火塗料之適用相關用途、規模可予規範，並為日後建築管理之參考。	1.表中內容為告標準所載內容，表現方式有定性的描述和定量的數據。本研究已納入委員意見，優先採納具體的量化數據。 2.成果結案報告中已增加耐火塗料的材料說明、施作方式、施工注意事項等內容。 3.在後市場管理中將本研究提出之性能需求，提供品質管理之參考。
4.許委員文志	1.耐火塗料與一般油漆顏色、外觀相近，尤其使用在鋼結構上	1.同前述丁教授之審查意見說明，在後市場管理中

	更不易分辨，造成監造者在檢驗時之困難。建議本研究可否建立工地辨識方法，以協助監造人員之檢查。	將本研究提出之性能需求，提供品質管理之參考。
5.蔡研究員銘儒	1.防火塗料是標檢局列為應施檢驗項目，鋼結構耐火塗料是否有列入？ 2.因為研究副題有耐火性評估，建議將國外評定耐火塗料耐火性能評估方式納入研究中。 3.後市場管理應以確保施作的材料與最初評定合格的材料，兩者之相符性為重點。	1.目前尚未有鋼結構塗料性能之標準，應未列為應施檢驗項目。 2.已將目前國外評定耐火塗料耐火性能之評估方式整理魚成果報告第三章，提供國內參考。 3.有關後市場管理機制與方向，會納入委員之意見，以確保材料施作之正確性。
6.蕭研究員嘉俊	1.可列耐火塗料施作之建議。	1.同前述丁教授之審查意見說明，，在成果報告中納入耐火塗料之施作方式與應注意事項。

附錄六 期末簡報會議審查委員意見及處理情形

審查委員	委員意見之答詢	處理情形
1.姚教授昭智	1.文稿內容錯別字太多，請修正。 2.熱分析之取樣方式應補充說明。 3.請考慮國內試驗標準對國內廠商競爭力之協助。	1.已修正辦理。 2.對於分析的試樣，是由委託試驗單位操作人員自鋼板表面刮除取下。在內文中增補說明。 3.在本計畫中已有將此列入考量，並引入大陸的標準做為參考。
2.郭教授詩毅	1.TGA、DTA 熱分析技術的應用可以瞭解溫度及材料重量變化，材料吸放熱的變化其相對關係，對於辨識材料間的差異有所幫助。除此分析方法外，另建議可以採用 FT-IR（傅立葉轉換紅外線光譜分析）試驗，可以藉受溫前後的材料取樣 2mg-3mg，作光譜分析，建立過氧化物的生成變化與溫度的關係。光譜圖可作定性鑑別，經分析後（多光譜圖、比耳定律分析）可作定量性分析。 2.研究規劃與執行非常專業也非常嚴謹，花費許多時間，所得結果具有參考價值。	1.成分分析的方法確有很多方式，皆有其特性。利用 FTIR 技術分析方法將建議後續研究之參考。
3.蕭教授邦安 (書面資料)	1.本案業已完成鋼結構用耐火塗料之性能與試驗方法之標準草案，並考量到不同耐衝擊性、耐冷熱反覆性…等性能，惟所需進行之 CNS 國家標準甚多，能否參考國外或先進國家標準予以整合以利國內相關實驗室進行檢測標準實驗時有所依據。 2.個別耐火塗料的材料辨識之	1.本計畫提出之草案內容以綜合考量國內標準與國外標準。且有關試驗已在國內試驗單位，顯示有可操作性的能力。 2.已納入成果報告中。 3.國內有關此耐火塗料之廠商不多，在問卷過程中雖已多次催件，但效果有限。但回收的問卷結果仍深具參

	方法與後市場管理機制，建議應於結案報告時完整放入。 3.本案問卷結果將採何種分析方法，如何證明問卷之效度與信度，且需考量問卷回收樣本數是否具代表性。	考價值。
4.中華民國土木技師全國聯合會代表	1.第 1 項，第五節，薄塗式耐火塗料，文中說明薄塗式耐火材料又稱為膨脹型耐火塗料，但第一小節又寫為「膨脹型耐火塗料之主要成份」，且第 6 頁，第二節防火被覆材料之分類三為「膨脹型耐火塗料」，前後不一致，宜統稱為「膨脹型耐火塗料」，另說明又稱為薄塗式而火材料。	1.修訂時已一併修正。
5.台灣省建築材料商業同業公會代表	1.有關本研究防火塗料之性能與試驗方法之標準，以朝向建立國家標準或檢驗基準為目標。 2.預期成果是否建立個別的耐火塗料的材料辨識方法與後市場管理機制，應有所考量，以達到後市場有效管理的目的。	1.本計畫已提出耐火塗料的標準草案。 2.依委員意見補充有關辨識技術與管理。
6.蔡研究員銘儒	1.耐冷熱反覆性及耐溼性是否有 CNS 標準，如無其標準內容為何？ 2.DTA、TGA 試驗是否納入草案中，或於何處列入規範？比對時差異範圍為何始符合原測結果？另 IR Spectra 之比對基準？ 3.CNS11728 是用於結構防火被覆？如不是，則應區分以免誤導。	1.CNS 11607 3.3 節「耐冷熱反覆性」，並未列明試驗的條件，只提及「依材料產品標準」。因此本計畫參考 GB 14907 之試驗條件。 2.TGA-DTA 試驗適合在後市場管理之用，因此未納入草案中。成分分析的方法有很多並且各有特性，在本計畫中因耐火塗料具有與溫度相關的特徵，因此使用熱分析技術。IR 或 FTIR 都可作

		成分分析，但都沒能顯示耐火塗料在火場溫度變化的特徵。試驗條件溫度不同無法進行比對，所以此分析方法將建議後續研究之參考。 3.已參考委員之意見。
7.蕭研究員嘉俊	1.報告格式需依本部委辦案作業要點格式要求修正，且內文用語應以結案的語氣撰文。 2.GB14907 是否併入第三章？ 3.結論中應歸納材料檢驗後之品質以符合本研究之預期目標。 4.中華建築中心已更名為台灣建築中心，請修正。	1.已修正辦理。 2.目前對大陸評估耐火塗料性能之資訊仍有所不足，GB 14907 仍不足以作為應用於鋼結構之性能評估。 3.關於本研究只購得三種材料進行試驗，已整理於第四章內容。 4.已修正辦理。
8.陳組長建忠	1.應補充足可操作的表單，提供設計或抽驗或施工之參考。	1.已補充自主檢查表及品質管理標準表，以強化施工品質之應用。

附錄七 第一次專家座談會會議紀錄及處理情形

開會時間：中華民國 96 年 8 月 13 日（星期一） 下午 14 時 30 分

開會地點：內政部建築研究所會議室

專家委員	委員意見之答詢	處理情形
陳組長建忠	1.本委辦案係針對防火被覆材料，而報告所提為耐火塗料，僅為被覆材料之一種，檢測的架構與流程應以被覆材料著手才不會與委辦案有太大的差距。	於第二章和第三章補充說明。
	2.各種被覆材料在市場上之使用量，宜補充使用情形。可從評定機構(如台灣建築中心、成大研究發展基金會)、本部營建署等地方取得。	使用量資料取得不易，暫以營建署核發之審核認可資料，反應市場可使用之材料。
	3.文中所提很多大陸資料，其規範又多引自歐美先進國家，宜找出原歐美規範及要求，作為參考。	有關大陸標準的源起出處，文獻中未能發現，但在研究中有參考英國的標準。
	4.「取樣」是否是生產製造之取樣？好像是型式試驗，在實務操作如何取樣比較，宜加以考慮。	本文並非型式檢驗，指的是工程使用前檢驗樣品的取得。
	5.訂定 CNS 標準宜與國際標準一致，以免國內廠商與國外進口材料性能標準差異太大。	有關差異的衝擊，此點會加以注意。
	6.如有構成 CNS 的新增刪修，宜以國家標準作業要求，提出草案。	參考辦理，提出草案。
王委員立信	1.標準與 ISO 的比對，實驗部分 ISO 有的保留、沒有的是否需要，新增項目有無實驗設備提供檢驗。	檢驗項目會考量設備問題。
	2.試驗之底材鋼材類型及尺寸(一般鋼材或結構型鋼)的確定。	參考 CNS 13964，修正原訂的鋼板為鍍鋅鋼板。
	3.是否可以使用原有的標準(CNS11728 或其他的標準)進行添加或修正就可以，如果再訂定一個新的國家標準，在時間上會拖很長。	納入研究考量與討論，但修改 CNS 11728 或 CNS 13962，有相容性的問題。

	4.標準應註明適用之底漆及面漆。	根據國外的作法，底漆與面漆使用以製造商的建議
	5.是否可製作標章，在合格的塗料標示，可方便檢驗單位的檢測，如有不良的塗料，須由塗料廠商負責。	此建議會納入討論其可行性，或做另案參考。
台灣建築中心郭全豐	1.本評定中心在防火被覆材料分為三大種類：噴附式防火塗料、薄塗式防火塗料、防火被覆板，可提供參考。	本文修改按此分類，詳第二章。
	2.使用場所分類方面，只區分為室內與室外即可。	納入此建議並於內文中修改。
	3.要求的標準是否須併到評定中心要求廠商出據以做為審查附件之問題，建議需列入考量。	此建議納入辦理。
	4.建議可訂定審查的規範提供評定機構作為參考。	目前要訂定審查的規範有其難度，因此提供後續研究參考。
	5.簡報內所提到的物理性能的檢測項目是否皆需要，宜多加考量。	待檢驗結果後，回饋檢討修正。
標準檢驗局蘇宏修	1. CNS 12514 是針對整個構造，本案塗料用 CNS 12514 檢測防火性之合適性，宜予考慮。	塗料用於構件達成其防火性能，即應以 CNS 12514 檢測，方能符合整體結構的安全需求。
	2.請考量本案塗料在 CNS 11728 的內容架構下修訂或新增、分級的可行性。	納入研究考量，但有相容性的難題，又有應施檢驗項目的問題，因此本研究以草案提出。
庭睿興業有限公司崔希仲	1.在訂定數據標準值時，可先行試驗國內外常用的塗料進行試驗作參考。	試驗樣品會考量此建議。
	2.耐火塗料著重的要點是防火功能，在施作後一定時間是否仍有防火功能的問題，宜列入考量。	此建議考量耐久性之防火性能，在內文中將會適當納入專家的建議供後續耐久性研究參考。
	3.標示部份可增加體積固成分，避免黑心廠商稀釋等，讓使用者可了解乾燥後的厚度是否足夠等。	在 CNS 11728 中未有體積固成分，在內文中亦未納入。

	4.是否可訂定簡易的試驗的方法供使用者檢測。	納入研究辦理，本研究提出熱分析技術，作為辨識之用。
	5.使用環境的分類分室內及室外即可。	納入此建議並於內文中修改。
國碳科技有限公司 張超	1.試驗時應考量耐火塗料整體包含底漆、中塗漆、面漆等。	底漆與面漆已遵照材料製造商之建議使用。
	2.應考慮養護的環境，在實驗室是否可達成的條件。	參考辦理。
	3.以台灣環境的分類應分室內及室外即可，而化工廠等特殊的場所再另外列出。	納入此建議並於內文中修改。

附錄八 第二次專家座談會會議紀錄及處理情形

開會時間：中華民國 96 年 11 月 15 日（星期四） 上午 10 時 00 分

開會地點：內政部建築研究所 15 樓第二會議室

討論議題	委員綜合意見	處理情形
（一）本計畫之耐火塗料檢驗結果,討論是否納入評定時之附件資料?		
	1.耐火塗料的基本物性應納入燃燒測試前的材料性能檢驗，以維持塗料的基本性能。	在所附書面資料中，已對目前完成檢驗結果，回饋修正原檢樣項目與內容。
	2.對於各防火材料供應商應提供並建立完整資料檔案，日後銷售監控抽驗可作為比對，以確保品質之一致性。	有關品質的檢驗項目，應建立檢驗結果，提供後市場管理之用。因此在接受評定時，最好能檢附。
	3.耐候部分應與塗料的防火特性要有交互考慮的要求。	此建議考量耐候性之防火性能，在內文中。
(二) 利用熱分析(TGA、DTA)圖譜，作為辨識耐火塗料之可行性。		
	1.從目前的試驗成果，相同材料具有不錯的再現性，不同材料間亦有鑑別能力。	應可提出作為辨識之用。
	2.國外基本已利用熱分析與頻譜做為材料監控的方式，國內可考慮將此方式列入後續品質追踪的依據，可提升市場品質的可靠度。	在本計畫內規劃熱分析試驗部分，有關配合紅外線頻譜合併使用問題,建議後續研究參考。
	3.TGA 圖譜判讀只要是能對原廠的材料與現場的施工材料做正確比對，建議可納入。	依建議辦理。
	4.是否可補充一般油漆或其他塗料之試驗數據，以利分辨膨脹型塗料與其他種材料之識別。	由於委託試驗已告一段落，若後續有關研究，可以將專家建議列入參考。

參考書目

1. 林俊宏、李靜芳、唐在馨、曾慧雯、陳梅英，「黑心塗料不耐燃『漆』騙百貨、醫院」。自由時報，民國 95 年 8 月 24 日。
2. BS8202 Prat2:1992，“Coatings for fire protection of building elements:Part2 Code of practice for the use of intumescent coating systems to metallic substrates for providing fire resistance”，British Standard Institution，1992.
3. 中華人民共和國國家標準“GB14907-2002 鋼結構防火塗料”, 大陸國家標準，2002。
4. 中華民國國家標準，CNS 11607「塗料一般檢驗法(有關塗膜長期耐久性之試驗方法)」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 11 月 30 日。
5. 莊有清，「鋼材在高溫環境下之行為探討」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文，2004。
6. 石正義，「超高層相關工程施工管理」，詹氏書局，1990。
7. 王德琳，「建築防火材料及節能材料在建築設計適用性之研究」，財團法人中華顧問工程司，37 週年研發成果分享研討會，第 1-13 頁，2006。
8. 財團法人台灣建築中心，「2007 中華建築中心審核認可年鑑」，財團法人台灣建築中心，2007。
9. 蔡佳峰，「室內型水泥系防火被覆材耐風雨性能之研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文，2003。
10. 吳至凱、徐嘉勵，「鋼結構防火噴附工程品質管理計畫之探討」，私立中華大學營建工程學系畢業設計專題，2002。
11. 鄭紹材、吳至凱、徐嘉勵，「鋼結構防火噴附工程品質管理」，土木工程技術第七卷第一期，2003。
12. http://www.cpami.gov.tw/pwi/bw/07811.doc。
13. 中華民國國家標準，CNS 6532「築物室內裝飾材料之耐燃性檢驗法」，經濟部標準檢驗局，民國 92 年 10 月 9 日。
14. BS 476 Part 21. “Method for determination of the fire resistance of loadbearing elements of construction”,1987.
15. ASTM E119-07“Standard Test Methods for Fire of Building Construction and Materials”,2007.

16. 潛美登實業有限公司網站，http://www.27634068.com.tw/。
17. 徐曉楠、周政樊，「防火塗料」，北京化學工業出版社， 2004。
18. 郭武彥，「防火時效用膨脹型塗料之研究」，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2003。
19. http://www.cpami.gov.tw/pwi/bw/09965.doc。
20. Association for Specialist Fire Protection，Fire protection for structural steel in buildings 4th Edition，2007.
21. Underwriters Laboratories Inc. ，Fire Resistance Directory，2007Fire Resistance-Volume1，2007.
22. 中華民國國家標準，CNS 9725「塗料一般檢驗法-塗料性狀」，經濟部標準檢驗局，民國 85 年 5 月 23 日。
23. 中華民國國家標準，CNS 9894「塗料一般檢驗法-儲存安定性」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 1 月 26 日。
24. 中華民國國家標準，CNS 10756「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 83 年 11 月 2 日。
25. 中華民國國家標準，CNS 10756 -1「塗料一般檢驗法(有關塗料的塗膜形成機能試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 83 年 11 月 2 日。
26. 中華民國國家標準，CNS 10757「塗料一般檢驗法(有關塗膜之物理化學抗性之試驗法)」，經濟部標準檢驗局，民國 84 年 11 月 30 日。
27. 中華民國國家標準，CNS 12514「建築物構造部分耐火試驗法」，經濟部標準檢驗局，民國 94 年 1 月 10 日。
28. 中華民國國家標準，CNS 9452「建築原件性能分類」，經濟部標準檢驗局，民國 76 年 3 月 17 日。
29. ISO 834-7,“Fire-resistance tests - Elements of building construction Part 7Specific requirements for columns”,2000.
30. UL 263,“Fire Tests of Building Construction and Materials”,1997.
31. 中華民國國家標準，CNS 9453「建築材料性能詞彙」，經濟部標準檢驗局，民國 76 年 3 月 17 日。
32. 盧崑宗，「塗膜性質試驗法」，台灣塗料與塗料科技發展協會，塗料科技 第一期中華民國九十五年八月。

33. 趙桂蓉，「熱分析的原理與應用」，分析儀器專輯，1995.
34. Mackenzie,R.C.;Thermochim.Acta,28,1,1979.
35. Wesley WM .Wendlandt, “Thermal Analysis”,3ed. John Wiley&Sons,1986.
36. 王俞婷，「Mg4Nb2O9 相陶瓷填入對低溫共燒陶瓷基板之影響研究」，國立交通大學材料科學與工程研究所碩士論文，第 48-49 頁，2006。
37. 黃文雄編，儀器總覽－材料分析儀器，行政院國家科學委員會精密儀器發展中心，民國 92 年 2 月。
38. 許秀容，「開發電噴灑游離輔助熱裂解質譜 (ESA-Py/MS)之技術快速鑑定合成及天然高分子物質」,國立中山大學化學研究所博士論文,第 48-49 頁，2006。
39. 康瑜容，「熱分析訓練課程」，博精儀器股份有限公司，2003。