

# 裝修材料國際調合防火性能 基準與試驗方法之實驗研究

內政部建築研究所研究報告

MOIS 921002

# 裝修材料國際調合防火性能 基準與試驗方法之實驗研究

研究主持人：何明錦

協同主持人：蔡匡忠

研 究 員：陳建忠

蘇鴻奇

研究助理：賴宜麟

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十二年十二月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

The Internationalization of Fire Tests and  
Associated Classification System for  
Interior Finish Materials

BY

Ming-Chin HO

Kuang-Chung Tsai

Chien-Jung Chen

Hung-Chi Su

I-Lin Lai

DECEMBER 30, 2003

## 目次

目次	I
表次	III
圖次	IV
摘要	V
英文摘要	VI
第一章 緒論	1
第一節 研究計劃背景與目的	1
第二節 研究範圍	2
第三節 研究方法及進行步驟	4
第四節 預期完成之工作項目及具體成果	5
第二章 火災現象與材料防火性能測試	7
第一節 火災現象與防火材料	7
第二節 材料防火性能測試	9
第三章 裝修材料防火性能試驗法之國際調和	11
第一節 世界主要防火研究國家之國際調和經驗	11
第二節 我國測試法之國際調和	23
第三節 五項試驗法之分析比較	24
第四節 測試項目分析	31
第四章 實驗規劃與進度	33
第一節 試驗法	33
第二節 試驗材料	33
第三節 試體前置處理	34
第四節 試驗試體總表	35
第五節 試驗與設備準備進度	35
第五章 結果與討論	37
第一節 面材及底材厚度對防火性能之影響	37

第二節 煙危害之探討	37
第三節 表面著火性之探討	40
第四節 發熱性之探討	42
第五節 平均質量損失率( $m''$ )之探討	44
第六節 各試驗法之相容性探討	49
第七節 我國新試驗法之選定建議	50
第六章 結論與建議	55
附錄一 目前表面試驗結果	57
附錄二 目前基材試驗結果	61
附錄三 目前圓錐量熱儀試驗結果	65
附錄四 目前牆面側向火焰延燒試驗結果	71
附錄五 中標局八十五年計劃數據	77
附錄六 期初、期中簡報及專家諮詢會議審查意見及回應	85
參考文獻	91

## 表次

表 1-1	計畫研討試驗法之比較.....	3
表 3-1	歐體 1998 年實驗中 FIGRA(RC)與 ISO 9705 房間試驗分級 標準之相關性.....	14
表 3-2	引燃試驗(ISO 11925)中火焰延燒分級表.....	15
表 3-3	歐洲之裝修材料防火性能測試基準與分級.....	17
表 3-4	日本國際調和前後之試驗法項目.....	18
表 3-5	日本之防火材料分級標準.....	18
表 3-6	五項指標評估房間試驗、圓錐量熱儀、著火性試驗、煙箱 試驗、初期火災危害試驗之比較.....	21
表 3-7	房間實驗之分級標準.....	22
表 3-8	CNS 6532 耐燃級別判定.....	27
表 3-9	LIFT 之熱通量分佈校正.....	29
表 3-10	各試驗法之試體尺寸、幾何配置、加熱條件與測試項目.....	32
表 4-1	底材一覽表.....	33
表 4-2	面材一覽表.....	34
表 4-3	實驗試體總表.....	35
表 4-4	實驗進度.....	36
表 5-1	面材厚度對防火性能影響實驗數據.....	38
表 5-2	底材厚度對防火性能影響實驗數據.....	39
表 5-3	表面試驗、圓錐量熱儀試驗與 LIFT 試驗之引燃時間....	42
表 5-4	各試驗法之平均質量損失率( $g/s \cdot m^2$ ).....	45
表 5-5	本研究各試驗數據之相關係數.....	49
表 5-6	五項指標評估表面試驗、基材試驗、圓錐量熱儀、LIFT 試驗、房間試驗之比較.....	51
表 5-7	建議之我國防火材料分級標準.....	53

## 圖次

圖 1-1	進行步驟.....	6
圖 2-1	火災成長過程示意圖.....	7
圖 3-1	相同材料在歐洲六國測試標準下之分類差異圖.....	12
圖 3-2	歐體於 1998 年實驗中 FIGRA(SBI)與 FIGRA(RC)之相關性	14
圖 3-3	Steiner Tunnel Test(ASTM E-84 ,UL723,UBC 8-1)....	23
圖 3-4	CNS 6532 表面試驗試體表面之平均熱通量曲線 .....	25
圖 3-5	CNS 6532 表面試驗測試結果示意圖.....	26
圖 3-6	圓錐量熱儀示意圖.....	28
圖 3-7	LIFT 熱通量分佈曲線 .....	29
圖 3-8	牆面火焰側頂延燒試驗儀示意圖.....	30
圖 3-9	房間火災試驗示意圖.....	31
圖 5-1	表面試驗與圓錐量熱儀(30 kW/m <sup>2</sup> )試驗發煙性之比較 ...	41
圖 5-2	表面試驗與圓錐量熱儀(50 kW/m <sup>2</sup> )試驗發煙性之比較 ...	41
圖 5-3	tdθ(表面試驗)與△t(基材試驗)之相關性.....	43
圖 5-4	tdθ(表面試驗)與 THR(圓錐量熱儀試驗 50kW/m <sup>2</sup> )之相關 性.....	43
圖 5-5	tdθ(表面試驗)與 THR(圓錐量熱儀試驗 30kW/m <sup>2</sup> )之相關 性.....	44
圖 5-6	表面試驗與基材試驗平均質量損失率之比較.....	46
圖 5-7	表面試驗與圓錐量熱儀試驗(50 kW/m <sup>2</sup> )平均質量損失率之 比較.....	46
圖 5-8	表面試驗與圓錐量熱儀試驗(30 kW/m <sup>2</sup> )平均質量損失率之 比較.....	47
圖 5-9	表面試驗與 LIFT 試驗平均質量損失率之比較.....	47
圖 5-10	圓錐量熱儀試驗(30 kW/m <sup>2</sup> )與 LIFT 試驗平均質量損失率 之比較.....	48
圖 5-11	圓錐量熱儀試驗(50 kW/m <sup>2</sup> )與 LIFT 試驗平均質量損失率 之比較.....	48

## 摘 要

**關鍵詞：防火測試、判定基準、圓錐量熱儀、牆面火焰側向延燒試驗儀、房間火災試驗**

欲達建築物防火安全之要求，需選擇符合防火安全要求的室內裝修材料，然而國際上裝修材料之基準與試驗方法卻無法直接轉換而造成貿易障礙。本計畫以國際調和的角度研討材料裝修防火性能評估需要哪些參數？如何量測這些參數？如何用數據將材料分級？並選擇 ISO 5660 圓錐量熱儀試驗、ISO 5658 牆面火焰側向延燒試驗、ISO 9705 房間火災試驗與我國現行 CNS 6532 表面試驗與基材試驗五種裝修材料防火性能試驗法針對材料「材料尺寸與幾何配置效應」進行實驗探討，除評估以小尺寸實驗結果去預測大尺寸火場之狀況之可行性、各試驗結果之相容程度外，並擬定建議之判定基準。

結果發現圓錐量熱儀試驗、牆面火焰側向延燒試驗與 CNS 6532 表面試驗與基材試驗之間相關性不高，故無法以一試驗法之結果推估其他試驗。另外，評估裝修材料防火性能時建議考量(1)材料著火性、(2)熱釋放率、(3)煙濃度、(4)貫穿及龜裂，經實驗分析及國際調和角度分析後，建議以圓錐量熱儀試驗為我國最佳之主要新試驗法。

標準之改變需考量社會接受度，建議以二至三年時間做緩衝，之後再全面實施更國際化且更能評估裝修材料防火性能之試驗法。

## ABSTRACT

**Keywords : fire testing , classification system , cone calorimeter , LIFT , room test**

Selecting fire retardant interior finish materials is one of the best ways achieving fire safety in buildings. However, the test methods in different countries are different. The test data carried out by different test methods may lead to different fire retardancy classes of these materials. This difference will result in trade obstacle.

This research project studied three topics in the view of international harmonization: which parameters are necessary for evaluating the fire performance of materials, how to measure these parameters and how to classify materials by these test data. Five test methods are studied: the cone calorimeter, LIFT, room test, surface test and incombustibility test. The size and the geometry of specimen, the test environment will be focused on and analyzed.

From the experiment results, the data carried out by different methods are not relevant. Therefore, it is not feasible to transform the data from one facility to another. In addition, four parameters are suggested for evaluating fire retardant materials: the ignitability, heat release, smoke production and integrity. The cone calorimeter is recommended to be the main fire test.

# 第一章 緒論

## 第一節 研究計畫背景與目的

欲達建築物防火安全的要求，選擇符合防火安全要求的室內裝修材料是最有效的方法之一。然而，如何確認材料的防火性能，現今的觀念已從以前的「規格式法規」進展到「性能式法規」，而判定基準也欲從以往的以單一或數個試驗法試驗結果判定，進展到以小尺寸試驗法結果輸入火災電腦模式中[1-9]<sup>1</sup>，由模擬的結果判定材料性能，因為小尺寸試驗結果能提供材料防火性能的基本資訊，輸入火災電腦模式後將可更符合材料的最終用途的火場狀況。

但處於「規格式法規」進展到「性能式法規」，且面臨火災模擬程式預測結果準確性待確認的過渡時期，以下二課題是目前重要的研究方向：

1. 發展火災模式 (fire model)：期待以小尺寸的實驗數據作為輸入資料，預測大尺寸火場之狀況。

現今國際上防火研究最被重視的試驗標準有二項小尺寸試驗 (圓錐量熱儀 (Cone Calorimeter) [10]<sup>2</sup>、牆面火焰側向延燒試驗儀 (LIFT))

<sup>1</sup> Saito K, Quintiere JG and Williams FA, Upward Turbulent Flame Spread, Fire Safety Science- Proceedings of the First International Symposium, pp. 75-86, 1985  
 Karlsson B, A Mathematical Model for Calculating Heat Release Rate in the Room Corner Test, Fire Safety Journal, Vol.20, pp. 93-113, 1993  
 Delichatsios MM, Mathews MK and Delichatsios MA, An Upward Fire Spread and Growth Simulation, Fire Safety Science- Proceedings of the Third International Symposium, pp. 207-216, 1991  
 Hasemi Y, Thermal Modeling of Upward Wall Flame Spread, Fire Safety Science- Proceedings of the First International Symposium, pp. 87-96, 1985  
 Grant G and Drysdale D, Numerical Modelling of Early Flame Spread in Warehouse Fires, Fire Safety Journal, Vol.24, pp. 247-278, 1995  
 Kokkala M, Baroudi D and Parker WJ, Upward Flame Spread on Wooden Surface Products: Experiments and Numerical Modelling, Fire Safety Science- Proceedings of the Fifth International Symposium, pp. 309-320, 1997  
 Ohlemiller TJ and Cleary TG, Upward Flame spread on Composite Materials, Fire Safety Journal, Vol.32, pp.159-172, 1999  
 Brehob E and Kulkarni AK, Experimental Measurements of Upward Flame Spread on a Vertical Wall with External Radiation, Fire Safety Journal, Vol.31, pp.181-200, 1998  
 Tsai KC and Drysdale D, Using cone calorimeter data for the prediction of fire hazard, Fire Safety Journal, Vol.37, pp.697-706, 2002

<sup>2</sup> ISO 5658, 'Fire Tests, Reaction to Fire. Lateral ignition and flame spread of building products'. International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993

[11]<sup>3</sup>及一項大尺寸試驗（房間火災試驗（Room Test）[12]<sup>4</sup>），由於圓錐量熱儀和牆面火焰側向延燒試驗儀是小尺寸試驗法，如何從小尺寸試驗的結果，運用火災模式去預測一般為大尺寸的火場狀況仍是亟待研究突破的課題。

2. 判定基準的再研究：使判定基準更能準確地將防火材料分級。

針對圓錐量熱儀、牆面火焰側向延燒試驗儀及房間火災試驗三項國際標準，不但要研討其單獨成為判定基準的劃分標準，還要比對小、大尺寸試驗法的相容性。此外，我國針對內裝材料已有現行的試驗標準，即表面試驗及基材試驗，而原本以此二試驗法判定材料防火性能的日本，也正在做國際調和的工作[13]<sup>5</sup>，因此，現行的表面、基材試驗判定法如何與國際最被重視的試驗法相容或共同判定，是我國加入 WTO 後刻不容緩，需要面對的問題。

以上的二種研究都需要大尺寸的實驗（例如房間火災試驗）加以驗證，期能使我國裝修材料防火性能試驗法與基準不僅與國際接軌、調和，而且本土實驗資料能提供國際上關於此三種國際試驗法一些思考方向。另外，提供驗證現存火災模式的實驗資料。

## 第二節 研究範圍

研究範圍分為以下四部分：

### 1. 試驗法

本計畫將針對五種裝修材料防火性能試驗法進行實驗探討，此五種試驗法事實上是以不同尺寸且不同幾何配置的試體，針對不同的火災行為進行危害評估，其重要項目如表 1-1：

<sup>3</sup> ISO 5660, 'Fire Tests, Reaction to Fire. Rate of heat release from building products'. International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993

<sup>4</sup> ISO 9705, Fire tests- 'full-scale room test for surface products', International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993

<sup>5</sup> A review on the state-of-the-art of fire testing and evaluation scheme under revised building standards law of Japan, 原田和典, 中日技術合作計畫, 建築防火性能式設計與試驗研討會, Tainan, 2002

表 1-1 計畫研討試驗法之比較

試驗法	試體尺寸及幾何配置	測試項目	備註
ISO 5660 圓錐量熱儀	100×100mm 垂直或水平	表面著火性、發熱性、 煙危害	
ISO 5658 牆面火焰側向 延燒試驗儀	155×800mm 垂直	側向延燒速度	火焰為側 向延燒
ISO 9705 房間火災試驗	2.4×2.4×3.6m 房間之牆面及天 花板	整體發熱性、煙危害，並 探討是否會閃燃	大尺寸
CNS 6532 表面試驗	220×220 mm 垂直	表面著火性、煙危害	
CNS 6532 基材試驗	40×40×50 mm 立方體	整體材料（包括基材） 發熱性	

（本研究整理）

因此，本計畫將以火災動力學(Fire Dynamics)的角度，分析各項試驗法所探討評估之火場火焰行為，並特別注意各試驗法樣品的「尺寸(size)及幾何配置(orientation)」效應，因燃燒物尺寸及幾何配置已被證實會影響一旦發生火災時的火焰特性及延燒狀況，一般而言，當燃燒物尺寸為10 cm以下時，其流場狀況為穩流(laminar flow)，但當大於20 cm後，則呈紊流(turbulent flow)，且在火焰規模較小時，其熱傳遞(heat transfer)的方式以對流(convection)為主，但當尺寸增加後，則轉為以輻射(radiation)為主[14]<sup>6</sup>。另外，延燒則以垂直向上延燒(upward flame spread)最快速，因其延燒加熱區域的加熱強度最強，且範圍最大。

## 2. 判定基準

本計畫將針對圓錐量熱儀、牆面火焰側向延燒試驗儀及房間火災試驗三項國際標準，研討其單獨成為判定基準的劃分標準，並比對

<sup>6</sup> Drysdale D, An introduction to fire dynamics, 2<sup>nd</sup> edition, John Willy, 1999

小、大尺寸試驗法的相容性。此外，我國針對裝修材料已有現行的試驗標準，即表面試驗及基材試驗，將以相同材料對不同測試法進行實驗量測及分析，已提出相容性或共同判定方法的建議。

### 3. 材料特性

本計畫以已符合我國現行判定基準(CNS 6532)耐燃一、二、三級及級外的材料，加上不同的面材（壁布、壁紙、塗料）作為試驗材料，因此，除可對於五種試驗法以已判定分級的材料做對比探討外，複合材料造成的影響也將被研討，因為圓錐量熱儀及表面試驗著重面材的著火性，常忽略基材的性能，以使用相同基材但不同面材的實驗試體進行實驗，可評估面材、基材對防火性能的影響，以及其在測試時須特別注意的事項。

### 4. 火災模式

現今國際上已有數個應用圓錐量熱儀（Cone Calorimeter）及牆面火焰側向延燒試驗儀（LIFT）實驗數據以預測大尺寸房間火災試驗的火災模式，由於圓錐量熱儀和牆面火焰側向延燒試驗儀是小尺寸試驗法，如何從小尺寸試驗的結果，運用火災模式去預測一般為大尺寸的火場狀況仍是亟待研究突破的課題。本計畫將以針對此課題進行研討。

## 第三節 研究方法及進行步驟

1. 先蒐集國際上針對三種試驗法（圓錐量熱儀、牆面火焰側向延燒試驗儀及房間火災試驗）以及我國現行的表面試驗及基材試驗的研究及判定基準，進行初步比較研究。
2. 以火焰動力學（Fire Dynamics）的角度針對此五項試驗法進行其測試原理的比較分析，並提出其適用範圍及可能的改變。

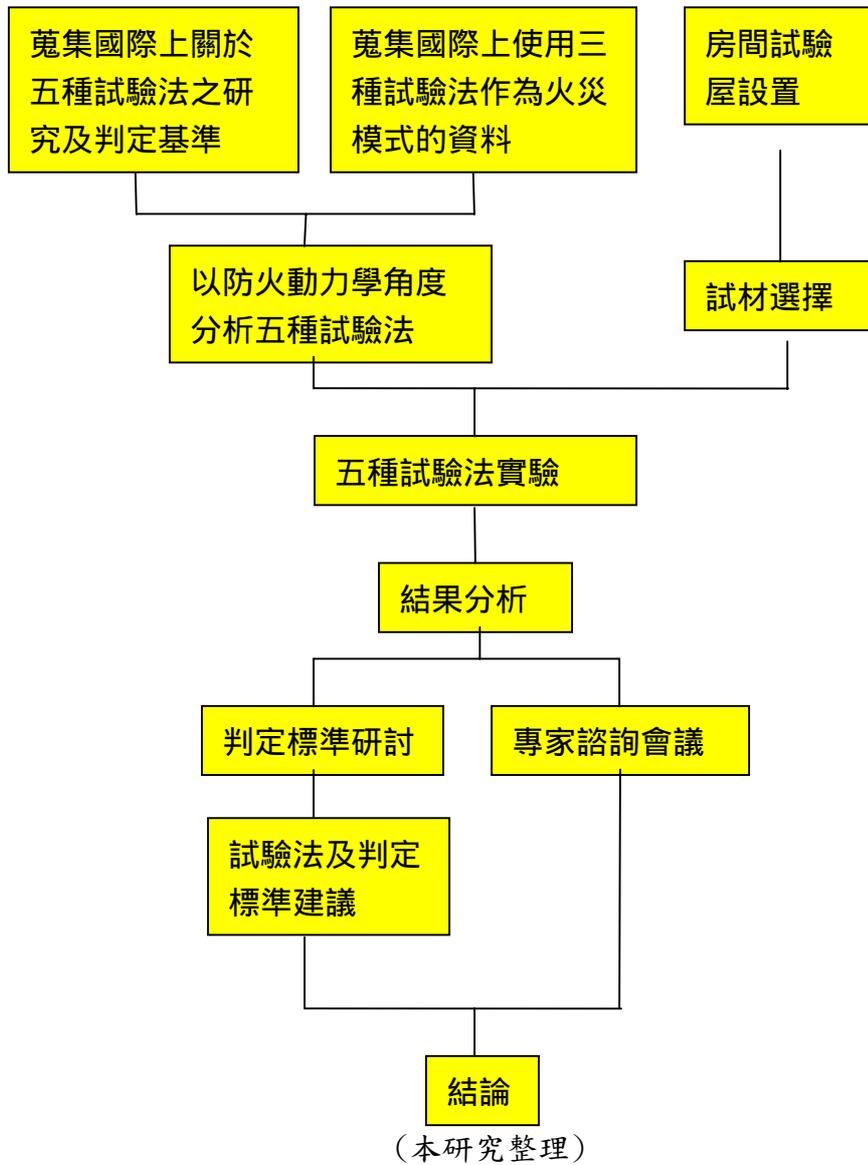
3. 以底板加上不同的面材（例如壁布、壁紙）以及已符合我國現行判定基準耐燃一、二、三級及級外的材料作為試驗材料，進行五項防火性能試驗法，然後分析其相容性。
4. 提出國際試驗法直接成為材料防火性能判定標準的初步判定劃分基準。
5. 提出國際試驗法與現行的表面試驗及基材試驗判定基準的對應關係，並評估直接轉換的可能性。

#### 第四節 預期完成之工作項目及具體成果

本研究案預計完成以下工作項目與具體成果：

1. 針對圓錐量熱儀、牆面火焰側向延燒試驗儀及房間火災試驗三項國際標準，建立本土實驗資料庫。
2. 圓錐量熱儀已成為國家標準（CNS 14705），本研究將針對其他二項國際標準試驗方法（ISO 5658、ISO 9705）進行實驗研討，為以後成為國家標準進行先期研究。
3. 提出我國國際調和之新試驗法之「建議判定標準」，並評估其直接成為材料防火性能判定標準的可行性探討。
4. 提出建議試驗法及基準與現行的表面試驗及基材試驗判定基準之相容性建議。
5. 以不同的材料進行對比試驗，評估以小尺寸實驗結果預測大尺寸實驗的可行性。
6. 以相同基材但不同面材的實驗試體進行實驗，以評估面材對防火性能的影響。

圖 1-1 進行步驟

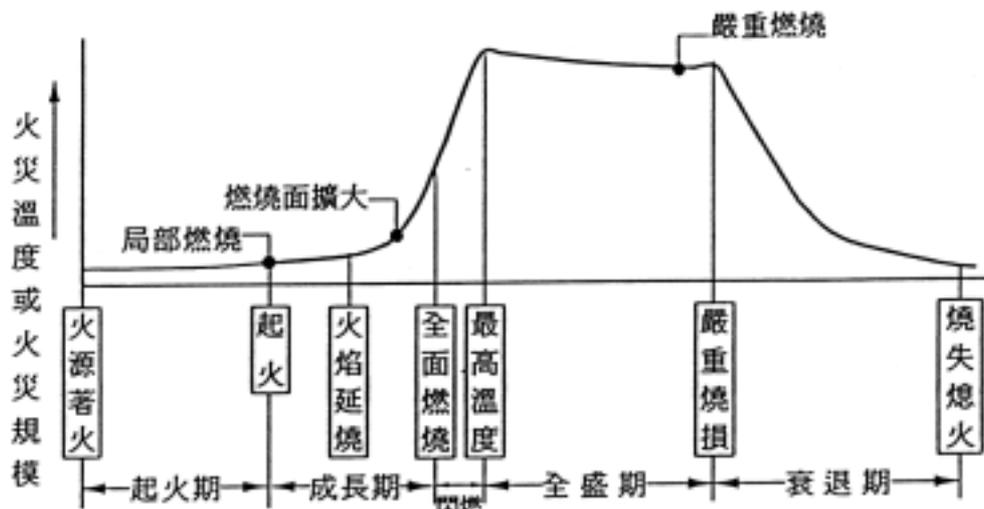


## 第二章 火災現象與材料防火性能測試

### 第一節 火災現象與防火材料

火災進行過程，依室內溫度的變化大致可分成5階段，如圖2-1所示[15]<sup>7</sup>。

圖 2-1 火災成長過程示意圖



(資料來源：耐燃裝修材料之使用設計與施工問題，建築物室內裝修(飾)防火材料使用講習會專輯)

在火災自著火乃至成災的過程中，「閃燃」在火災危害及人員逃生上是最關鍵的時期。閃燃乃是從火災之成長期移向最盛期之短時間現象。在閃燃點時，因熱分解產生的可燃性氣體在室內高處蓄積，當該氣體與空氣之混合氣體濃度達到燃燒限界，且溫度已達多數材料之著火點或以上，則爆發地使室內全體陷於火焰之中；亦即使局部燃燒瞬間擴大到全體燃燒。由於此階段會發生溫度急劇上升、煙及燃燒氣體

<sup>7</sup> 雷明遠，耐燃裝修材料之使用設計與施工問題，建築物室內裝修(飾)防火材料使用講習會專輯，內政部建築研究所籌備處， p.141-173, 1995

量激增、氧氣濃度急速減少、壓力變化等現象，人在室內已難以存活，所以所有人員應在此之前逃避至安全之處。基於此點，在建築物火災避難計劃中決定避難容許時間的目標上，閃燃時間具重要意義！。

由此可見，在火災過程五階段之中，火災擴大受材料特性影響之關鍵時期是從起火至閃燃階段為止，在此階段內，其燃燒現象之大小及火災之持續時間則由系內可燃材料總量所決定。因此裝修材料在預防火災發生及阻止延燒擴大功能方面所扮演角色十分重要。

建築物防火對策的第一要務即是預防起火，其中有關室內裝修材料的角色，可分為兩方面說明：其一，當「火源」就發生在裝修材料周圍時，若裝修材料為易燃物則成為「著火物」而助長火焰延燒，反之材料具有合格的防火性能，則燃燒可被阻止。其次，當裝修材料亦為易燃物，則燃燒更加迅速擴大，反之裝修材料具有合格防火性能，則火焰則無法經由裝修材料迅速擴展，燃燒可能會自行停止或受到相當程度之抑制後而能輕易地以滅火手段或自動滅火裝置熄滅。

若在起火無可避免的情況下，一般火災延燒會藉由室內裝修材料（尤其天花板及牆壁）開始逐漸擴大到室內每一處。若裝修材料具合格之防火性能，則能抑阻火焰沿著室內垂直及水平表面擴展燃燒，而延緩室內全面化燃燒發生，亦即延遲閃燃發生時間。裝修材料在此階段之火焰傳播、發熱特性除須加以重視外，更不可忽略發煙性及燃燒毒性。火災一旦到達閃燃發生時，室內溫度到達巔峰（至少 800°C），所有可燃物幾乎都在燃燒冒煙，此時氧氣消耗加劇，而在此種高熱、低氧濃度及充斥燃燒煙氣的情況下，人類已難生存。因此，在逃生避難對策上應盡可能延遲閃燃發生，換言之，使用合格防火材料及裝設自動滅火裝置均是為此目的，以利室內人員能夠安全逃離火場或獲救。

根據國外研究，使用不具合格防火性能之裝修材料常會導致下列至少一項不利人員避難逃生行為之危險。

- (1) 火焰本身迅速傳播以致阻擋住逃生通道，因此嚇阻人員靠近及通過。
- (2) 迅速擴大延燒範圍及助長火災強度因而不利火災控制及搶救行動。
- (3) 生成大量濃黑煙霧（尤其某些塑膠材料產生的煙）遮蔽逃生方向及逃生口的指示或標示。
- (4) 釋出毒性燃燒氣體直接對人造成中毒昏迷、行動能力衰退等作用。

因此，使用具有合格防火性能之室內裝修材料有其必要性，一者希望材料不會被引燃或燃燒速度十分緩慢以延遲火災擴大，二者希望材料高溫加熱時不會產生濃煙或有毒氣體，讓人們有足夠的能力及時間脫離火災現場，通過逃生避難通道，到達安全地區，或者獲得消防人員救助。

## 第二節 材料防火性能測試

由上述分析可知，選擇具防火性能之裝修材料是保障人員逃生並控制火災規模以減少損失最有效的方法，而選擇經防火測試合格的材料自然是一個直接又可靠的方式，然而，何種防火測試能準確地反應材料在真實火場的狀況呢？本研究即針對下列三個核心課題以實驗及參考國際上主要防火研究國家的經驗的方式進行分析，以做為我國法規及測試標準修訂的依據。

- 評估材料防火性能需要哪些參數？
- 如何量測這些參數？
- 如何用這些參數之數據將材料分級？



### 第三章 裝修材料防火性能試驗法之國際調和

自採用防火測試來測試材料防火性能以來，世界各國一向都各自發展或選用一套測試基準，共同及共通性甚少，雖然國際標準組織 (ISO, International Organization for Standardization) 早在 1946 年就已成立，但世界各國仍各自為政，標準仍未統一。但自歐洲數國欲組成「歐洲共同市場」(現已成為「歐盟」)，以減少貿易障礙以來，貨物的自由流通就是一個重要的目標，但當一材料要從甲國出口至乙國，乙國通常不承認在甲國的測試報告，而需在乙國用乙國的測試方法再做一次，如此將不能達到「減少貿易障礙」的目標。此外，之後成立的世界貿易組織 (WTO, World Trade Organization) 也以「減少貿易障礙」為目標，因此，發展一套世界各國都通用的防火試驗標準已十分必要。

另外，現在防火法規欲從「規格法規」進展至「性能法規」，防火測試標準也必須從新檢討是否符合性能式法規的要求。

我國防火法規常參考日本的規定，在日本已修訂其法規，以配合國際腳步後，我國法規及測試標準的修訂也成為刻不容緩的課題。本研究即針對此主題收集各國經驗，做為我國法規及測試標準修訂的參考。

#### 第一節 世界主要防火研究國家之國際調和經驗

##### 1. 歐洲各國之測試法調和

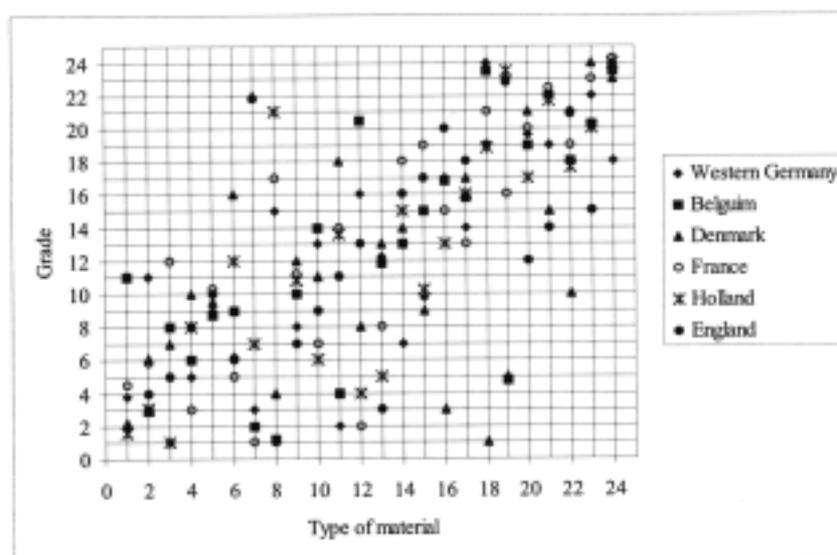
歐洲各國有其不同的背景及防火測試觀念，甚至在一項由西德、比利時、丹麥、法國、荷蘭及英國進行的材料與試驗方法比較中發現，在德國經測試具最佳防火性能的材料在丹麥是最差等級(下圖材料 18，其中等級高表示具良好防火性能) [16]<sup>8</sup>，直到 1990 年歐洲共同體

8

Hedskog B and Ryber F, The classification systems for surface lining materials used in buildings in Europe and Japan-A summary and comparison, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University Report 5023, 1998

才確認「防火安全」為六項急需努力統一的項目之一而投入大量人力。在 80 年代末期由丹麥、挪威、芬蘭、瑞典進行之 EUREFIC 計畫，針對圓錐量熱儀(cone calorimeter)及房間試驗(room/corner test)進行評估，並以達閃燃時間(time to flashover)為判定依據研擬分級建議，而 90 年代初由法國、義大利、比利時、英國進行之 CHARLEMANGE 計畫，驗證圓錐量熱儀試驗具有良好的再現性(reproducibility)與重複性(repeatability)，在這二項實驗計畫中奠定了圓錐量熱儀試驗成為重要防火測試標準的基礎。[16]<sup>9</sup>

圖 3-1 相同材料在歐洲六國測試標準下之分類差異圖



(資料來源：Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002)

到 1994 年，歐體才確立了材料的防火性能共分 6 級 A~F，並以下列四測試法作為基準，但所有測試分級之根據為 ISO 9705 房間試驗 [16]<sup>9</sup>：

### (1) prENISO 1182 Non-combustibility test

<sup>9</sup> Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002

- (2) prENISO 11925-2 Ignitability test
- (3) prENISO 1716 Gross calorific value test
- (4) prEN Single burning item test

在 1998 年歐體終於做了最後的決定，以以下六項指標作為分級原則[16]<sup>10</sup>：

(1) 材料熱釋放率(heat release rate)

材料熱釋放率在以「房間試驗」中之熱釋放表現做為參考依據，採用之參數為 FIGRA Index (FIre Growth RAte)，定義如下，其單位為 kW/s，

$$\text{FIGRA(RC)} = (\text{材料之最高熱釋放率} / \text{最高熱釋放率發生之時間})$$

但由於房間試驗費用昂貴且費時，因此以 SBI 作為實際測試儀器，FIGRA(SBI)定義為：

$$\text{FIGRA(SBI)} = (\text{材料之最高熱釋放率} / \text{最高熱釋放率發生之時間}) \times 1000$$

能以 SBI 儀器測試之 FIGRA(SBI)代替 FIGRA(RC)，是因實驗比較證實其相關係數為  $R^2=0.946$ ，實驗結果如圖 3-2：

---

<sup>10</sup> Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002

圖 3-2 歐體於 1998 年實驗中 FIGRA(SBI)與 FIGRA(RC)之相關性

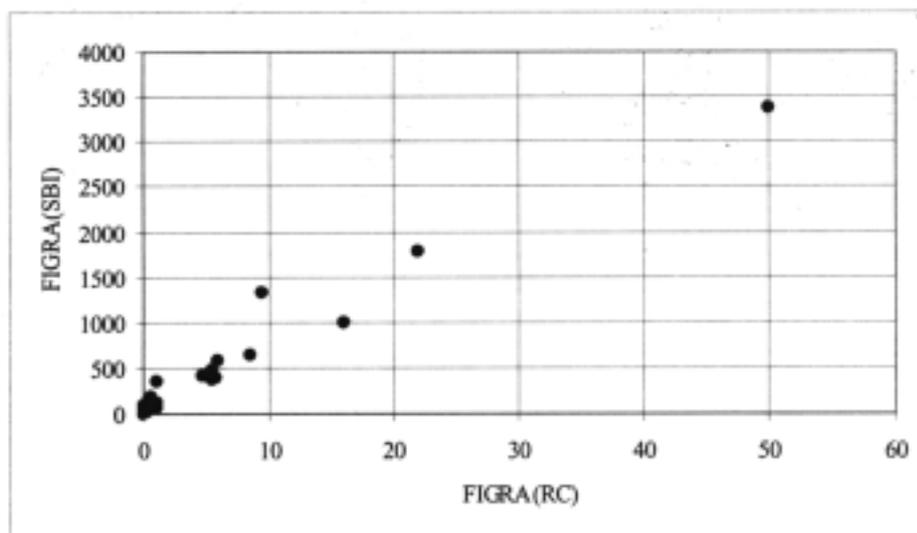


Figure 3.6 The correlation between FIGRA(SBI) and FIGRA(RC)

(資料來源：Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002)

另 FIGRA(RC)與房間火災的關連以在 ISO 9705 房間試驗中閃燃發生時間作為分級依據，相關性如表 3-1：

表 3-1 歐體 1998 年實驗中 FIGRA(RC)與 ISO 9705 房間試驗分級標準之相關性

分級	FIGRA(RC) (kW/s)	ISO 9705 房間試驗火場狀況
A1	不存在	---
A2	$\leq 0.16$	無閃燃發生
B	$0.16 \leq 0.5$	無閃燃發生
C	$0.5 \leq 1.5$	10 分鐘後達閃燃
D	$1.5 \leq 7.5$	2~10 分鐘內達閃燃
E	$> 7.5$	2 分鐘內達閃燃
F	---	---

(本研究整理)

## (2) 煙生成量(smoke production)

煙之生成一樣以 ISO 9705 房間試驗之 SMOGRA (SMoKe Growth RAte) 及 TSP(Total Smoke Production)做為參考依據，SMOGRA (RC) 定義如下，單位為  $m^2/s^2$ 。

$$\text{SMOGRA (RC)} = (\text{煙生成最大量之 60 秒平均/其發生時間}) \times 1000$$

而在 SBI 試驗中，

$$\text{SMOGRA (SBI)} = (\text{煙生成最大量之 60 秒平均/其發生時間}) \times 10000$$

而 TSP(Total Smoke Production)即為在 600s 測試時間內之煙總量。

根據以上二參數，材料之煙生成分成以下三級：

$$\text{S1: SMOGRA} \leq 30 \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ 且 } \text{TSP}_{600\text{s}} \leq 50 \text{ m}^2$$

$$\text{S2: SMOGRA} \leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ 且 } \text{TSP}_{600\text{s}} \leq 200 \text{ m}^2$$

S3: 不屬 S1 或 S2

### (3) 著火性(ignitability) 及火焰延燒(flame spread)

以火焰在特定時間內之向上火焰延燒距離( $F_s$ )為要求，表列如下：

表 3-2 引燃試驗(ISO 11925)中火焰延燒分級表

級數	要求
B	在 60 s 內延燒距離小於 150 mm
C	在 60 s 內延燒距離小於 150 mm
D	在 60 s 內延燒距離小於 150 mm
E	在 20 s 內延燒距離小於 150 mm

(本研究整理)

### (4) 不燃性(non-combustibility)及總熱卡釋放(gross calorific potential)

SBI 試驗中已對 A 級材料測其熱釋放率，但仍認為必要以材料燃燒性在 A 級材料再分為 A1 及 A2，ISO 1182 不燃性測驗(non-combustibility test)已在多國行之有年，另加上總熱卡試驗(gross calorific value)是因期能測有機成分更高的材料。

### (5) 著火碎片飛散(flaming droplets/particles)

著火碎片飛散是一項是否容易引燃周圍材料的因素，但不容易量化，經研究討論後，以引燃試驗(ISO 11925)之結果分為三級：

D0: 無著火碎片飛散

D1: 有著火碎片飛散，但不超過 10s

D2: 不屬 D0、D1 者

歐盟實施之裝修材料測試法及分級標準總表如下(表 3-3)：

表 3-3 歐洲之裝修材料防火性能測試基準與分級

分級	試驗法 (S)	分級標準	補充試驗資訊
A1	不燃性試驗 (perENISO 1182) <u>及</u>	$\Delta T \leq 30^\circ\text{C}$ <u>及</u> $\Delta m \leq 50\%$ <u>及</u> $t_f = 0$ (即無持續火焰)	-
	總熱卡計試驗 (perENISO 1716)	PCS $\leq 2.0$ MJ/kg (1) ; <u>及</u> PCS $\leq 2.0$ MJ/kg (2) PCS $\leq 1.4$ MJ/kg (3) PCS $\leq 2.0$ MJ/kg (4)	-
A2	不燃性試驗 (perENISO 1182) <u>或</u>	$\Delta T \leq 50^\circ\text{C}$ <u>及</u> $\Delta m \leq 50\%$ <u>及</u> $t_f = 20\text{s}$	-
	總熱卡計試驗 (perENISO 1716) <u>及</u>	PCS $\leq 3.0$ MJ/kg (1) ; <u>及</u> PCS $\leq 4.0$ MJ/kg (2) PCS $\leq 4.0$ MJ/kg (3) PCS $\leq 3.0$ MJ/kg (4)	-
	SBI 試驗	FIGRA (SBI) $\leq 120$ W/s ; <u>及</u> LFS < 樣品邊緣 ; <u>及</u> THR <sub>600s</sub> $\leq 7.5$ MJ	煙生成物 (5) 及火焰碎片飛散，及/或兩者組合 (6)
B	SBI 試驗 <u>及</u>	FIGRA (SBI) $\leq 120$ W/s ; <u>及</u> LFS < 樣品邊緣 ; <u>及</u> THR <sub>600s</sub> $\leq 7.5$ MJ	煙生成物 (5) 及火焰碎片飛散，及/或兩者組合 (6)
	引燃試驗 (8) 暴露 30 秒	F <sub>s</sub> $\leq 150$ mm 於 60 秒時	
C	SBI 試驗 <u>及</u>	FIGRA (SBI) $\leq 120$ W/s ; <u>及</u> LFS < 樣品邊緣 ; <u>及</u> THR <sub>600s</sub> $\leq 7.5$ MJ	煙生成物 (5) 及火焰碎片飛散，及/或兩者組合 (6)
	引燃試驗 (8) 暴露 30 秒	F <sub>s</sub> $\leq 150$ mm 於 60 秒時	
D	SBI 試驗 <u>及</u>	FIGRA (SBI) $\leq 750$ W/s	煙生成物 (5) 及火焰碎片飛散，及/或兩者組合 (6)
	引燃試驗 (8) 暴露 30 秒	F <sub>s</sub> $\leq 150$ mm 於 60 秒時	
E	引燃試驗 (8) 暴露 15 秒	F <sub>s</sub> $\leq 150$ mm 於 60 秒時	火焰碎片飛散，及/或兩者組合 (7)
F	無	無	無現象供判斷
<p>(1) 均質材料或非均質材料之重要部份</p> <p>(2) 外部之非均質材料之不重要部份</p> <p>(3) 內部之非均質材料之不重要部份</p> <p>(4) 整體材料</p> <p>(5) S1=SMOGRA <math>\leq 30</math> m<sup>3</sup>/s 且 TSP600 <math>\leq 50</math> m<sup>3</sup>, S2= SMOGRA <math>\leq 180</math> m<sup>3</sup>/s 且 TSP600 <math>\leq 200</math> m<sup>3</sup>, S3 = not S1 or S2</p> <p>(6) D0=於測試過程中無燃燒微滴, D1=無燃燒微滴/顆粒超過 10 秒鐘, D2=not D1 or D2, 在 D2 分級可燃性試驗引燃紙張。</p> <p>(7) 通過=無紙張引燃, 失敗=紙張引燃</p> <p>(8) 最終使用條件下之表面火焰侵襲, 類似最終使用條件下, 邊緣火焰侵襲</p>			

## 2. 日本測試法之國際調和

日本自 1993 起開始對建築法規有較大規模的修訂[16]<sup>11</sup>，其中「國際化」是一項重要的目標。而其防火測試也重新檢討針對二目標：(1) 材料在火災初期不會助長火勢 (2) 材料燃燒時所產生之氣體不會對人員之避難逃生造成危害或阻礙，由之前之五項（如表 3-4）簡化為四項：

表 3-4 日本國際調和前後之試驗法項目

修正前	修正後
表面試驗	ISO 1182 不燃性試驗
基材試驗	ISO 5660 圓錐量熱儀
穿孔試驗	ISO 17431 模型箱試驗
模型箱試驗	氣體有害性試驗（有機材料）
氣體有害性試驗	

（本研究整理）

而其分級仍保持原本之三級，其定義、測試法、判定基準、材料舉例如表 3-5[13]<sup>12</sup>：

表 3-5 日本之防火材料分級標準

級數	定義	測試法	判定基準	材料舉例
不燃材料	在一般火災中，20 分鐘內不會燃燒，亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 1182 不燃性試驗	20 分鐘內 溫度上升 < 20K 質量損失 < 30%	水泥、磚、瓦、磁磚、石綿板、纖維強化水泥板、玻璃纖維水泥板（厚度 3mm 以上）、纖維矽酸鈣板（厚度 5mm 以上）、鋼鐵、鋁、金屬板、玻璃、石材、石膏
		或 ISO 5660 圓錐量熱儀 （輻射量： 50kW/m <sup>2</sup> ）	20 分鐘內 總發熱量 < 8MJ/m <sup>2</sup> 最高熱釋放率 < 200kW/m <sup>2</sup> 無貫通及龜裂	

<sup>11</sup> Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002

<sup>12</sup> A review on the state-of-the-art of fire testing and evaluation scheme under revised building standards law of Japan, 原田和典，中日技術合作計畫，建築防火性能式設計與試驗研討會，Tainan, 2002

		氣體有害性試驗 (有機材料)	老鼠暴露於燃燒氣體中, 6.8 分內仍保持行動	板 (厚度 12mm 以上) 等。
準不燃材料	在一般火災中, 10 分鐘內不會燃燒, 亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 5660 圓錐量熱儀 (輻射量: 50kW/m <sup>2</sup> )	10 分鐘內 總發熱量 < 8MJ/m <sup>2</sup> 最高熱釋放率 < 200kW/m <sup>2</sup> 無貫通及龜裂	石膏板 (厚度 9mm 以上)、木纖水泥板 (厚度 15mm 以上)、硬質木片水泥板 (厚度 9mm 以上、比重 0.9 以上)、木片水泥板 (厚度 30mm 以上、比重 0.5 以上)、水泥合板 (厚度 6mm 以上) 等
		ISO 17431 模型箱試驗 (加熱量: 40kW)	10 分鐘內 總發熱量 < 30MJ 最高熱釋放率 < 140kW/m <sup>2</sup> 無貫通及龜裂	
		氣體有害性試驗 (有機材料)	老鼠暴露於燃燒氣體中, 6.8 分內仍保持行動	
難燃材料	在一般火災中, 5 分鐘內不會燃燒, 亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 5660 圓錐量熱儀 (輻射量: 50kW/m <sup>2</sup> )	5 分鐘內 總發熱量 < 8MJ/m <sup>2</sup> 最高熱釋放率 < 200kW/m <sup>2</sup> 無貫通及龜裂	難燃合板 (厚度 5.5mm 以上)、石膏板 (厚度 7mm 以上) 等
		ISO 17431 模型箱試驗 (加熱量: 40kW)	5 分鐘內 總發熱量 < 30MJ 最高熱釋放率 < 140kW/m <sup>2</sup> 無貫通及龜裂	
		氣體有害性試驗 (有機材料)	老鼠暴露於燃燒氣體中, 6.8 分內仍保持行動	

(資料來源: A review on the state-of-the-art of fire testing and evaluation scheme under revised building standards law of Japan, 原田和典, 中日技術合作計畫, 建築防火性能式設計與試驗研討會, Tainan, 2002)

### 3. 澳洲測試法之國際調和

澳洲於 2002 年 6 月公佈了一份其新版建築材料防火性能測試之草案[17]<sup>13</sup>，請全世界的專家給予意見，其報告不僅將其欲改變的部分提出，以實驗數據等方式解釋其改變更能符合火災現象分析，另外，將此改變對經濟、社會的影響提出評估，並將在公佈後有一年半的緩衝時間，減少對工業界的衝擊。不僅其在防火技術上（材料防火性能測試法、分級標準等）值得我們學習，其在改變時與社會的溝通上亦值得我們參考！

在選擇適當測試法上，提出測試法應能評估材料在火場之

1. 引燃性(ignitability)
2. 延燒性 (spread of flame)
3. 發熱程度 (heat involved)
4. 煙危害 (smoke developed)

並以下列五項指標作為評估原則來評估 ISO 9705 房間試驗、ISO 5660 圓錐量熱儀、ISO 5657 著火性試驗、ASTM E 662 煙箱試驗、初期火災危害試驗(澳洲標準 AS 1530.3)，其結果如表 3-6：

1. 其與真實火場之關連性
2. 採用之適當性：能否適用於多種材料
3. 國際調和程度
4. 試驗結果之再現性與重複性
5. 成本效益

---

<sup>13</sup> Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002

表 3-6 五項指標評估房間試驗、圓錐量熱儀、著火性試驗、煙箱試驗、初期火災危害試驗之比較

測試法	與真實火場之關連性	採用之適當性	國際調和程度	試驗結果之再現性與重複性	成本效益
房間試驗 ISO 9705	<u>佳</u> 模擬一小型臥室	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>不佳</u> 通常每試體只進行一次 \$6000-10000
圓錐量熱儀 ISO 5660	<u>佳</u> 已有多項研究證實其對於預測房間火災閃燃時間之準確性	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u> \$600-2000
著火性試驗 ISO 5657	<u>不佳</u> 無直接證據	<u>不佳</u> 因圓錐量熱儀應用更廣泛	<u>佳</u>	<u>不佳</u> 研究指出其再現性:14-80% 重複性:26-206%	<u>佳</u>
煙箱試驗 smoke chamber test	<u>不佳</u> 無直接證據	<u>不佳</u> 僅止於研究階段	<u>不佳</u> 文獻不多	<u>不佳</u> 再現性:16-118% 重複性:5-51%	<u>尚可</u>
初期火災危害試驗 AS 1530.3 early fire hazard test	<u>不佳</u>	<u>不佳</u>	<u>不佳</u> 僅澳、紐使用	<u>無資料</u>	<u>尚可</u>

(本研究整理)

在評估五項試驗法後，選定 ISO 9705 房間試驗及 ISO 5660 圓錐量熱儀作為測試標準，且因 ISO 9705 房間試驗花費昂貴，故准許使用 ISO

5660 圓錐量熱儀在  $50\text{kW}/\text{m}^2$  輻射熱下之熱釋放率結果輸入 VTT 及 SP 電腦模擬程式後預測之閃燃時間作為評判標準。裝修材料之分級如下：

表 3-7 房間實驗之分級標準

分級	房間實驗之閃燃時間
1	不發生閃燃
2	暴露於 $100\text{kW}$ ， $600\text{s}$ 內不發生閃燃，但隨後暴露於 $300\text{kW}$ ， $600\text{s}$ 內發生閃燃
3	暴露於 $100\text{kW}$ ， $120\sim 600\text{s}$ 內發生閃燃
4	暴露於 $100\text{kW}$ ， $120\text{s}$ 內發生閃燃

(本研究整理)

澳洲的新測試基準並未將「煙危害」考慮在內，因其認為，只要能控制火災規模，煙的危害就能被控制。但已有許多學者提出煙對逃生的影響並未考慮在內，建議其增加煙危害評估，建議方案為在 ISO 9705 房間試驗中，SMOGR(smoke growth rate index)  $< 100$  或 ISO 5660 圓錐量熱儀中，average specific extinction area  $< 250\text{ m}^2/\text{kg}$ 。

其中測試成本部分，經調查房間試驗每試體只進行 1 次需 6000 - 10000 澳幣，而圓錐量熱儀每試體只進行 3 次需 600-2000 澳幣，其成本約差 5~10 倍。

#### 4. 美國測試法 (ASTM E-84 隧道試驗)

美國建築材料之測試方法乃 ASTM E-84，此隧道式燃燒試驗儀長 7.32 m、寬 508 mm，材料置於天花板頂面，氣體燃燒器之輸出淨熱  $87.9\text{ kW}/\text{m}^2$ ，試驗時間十分鐘，由觀測窗中判定頂面之火焰延燒速度，作為耐燃性等級分類的依據(圖 3-3)。

此測試方法乃試驗建築材料之表面燃燒特性，分別量測下列指標：

##### 1. 燃燒熱 (fuel contribution)

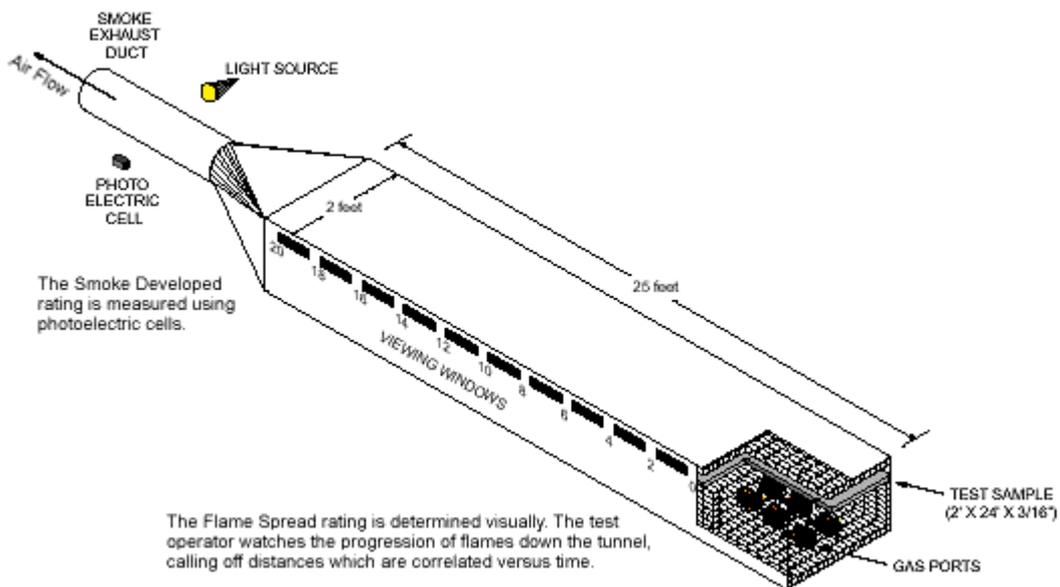
## 2. 煙危害 (smoke developed)

而火焰延燒級數 (flame spread classification)FSC 以下列公式決定：

$$FSC = \frac{\text{Flame - spread rating}}{\text{Smoke density developed rating}}$$

根據國際防火組織 (NFPA)，將建築材料分為 A、B、C 三級，相對於 ICBO' s Uniform Building Code 與 BOCA' s National Building Code 之 I、II、III 級。標準值以紅橡木(red oak)為 100，而以不燃材料為 0 時，A 級為 0-25，B 級 25-75，C 級為 75-200。美國各州都有不同的建築材料評估方法，但一般均使用本法。

圖 3-3 Steiner Tunnel Test(ASTM E-84 , UL723, UBC 8-1)



(資料來源：ASTM E-84)

## 第二節 我國測試法之國際調和

從上述之歐洲、日本、澳洲之經驗可見雖然裝修材料之防火性能測試已有朝 ISO 5660 圓錐量熱儀、SBI test 及 ISO 9705 房間試驗修訂

的趨勢，但各國針對火災現象及多樣性材料之適用問題的作法仍有差異，本研究即針對上述課題作實驗探討，研議初步構想後，以實驗方式實際研討各測試法在我國實行之可行性，再邀請產官學研各界召開諮詢會議，以期廣納意見，使我國之防火測試不僅更完善，也更符合國際化的要求！

而試驗法可行性之評估將以下列六項指標分析之。

1. 其與真實火場之關連性
2. 採用之適當性：能否適用於多種材料
3. 國際調和程度
4. 試驗結果之再現性與重複性
5. 成本效益
6. 與現行測試法之相容性

### 第三節 五項試驗法之分析比較

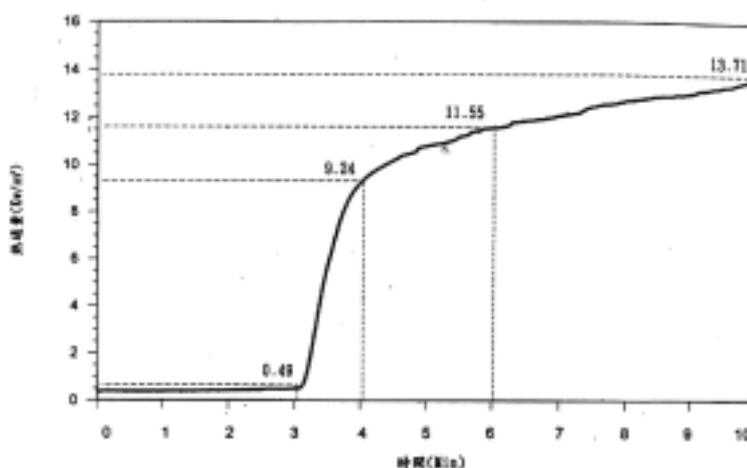
本研究實驗項目計有 CNS 6532 表面試驗、CNS 6532 基材試驗、ISO 5660 圓錐量熱儀(Cone Calorimeter)、ISO 5658 牆面火焰側向延燒試驗、ISO 9705 房間火災試驗共五項，以下分別就各實驗項目之試驗原理、試體尺寸、火害參數以及判定標準加以探討。

#### 1. 表面試驗 (CNS 6532)

此試驗法適用於檢測建築物室內裝修材料於火災初期之耐燃性(Incombustibility)，測定裝修材料表面受到一般火災狀況之加熱所表現之著火性、燃燒性及發煙性。將試材(22 cm×22 cm正方形)以副熱源(液化石油氣 LPG)加熱3分鐘後，另以主熱源石英加熱管繼續加熱3(7)分鐘，共加熱6(10)分鐘( )內時間表耐燃二級以上試驗之

時間)，試體表面受熱之平均熱通量曲線如圖 3-4[18]<sup>14</sup>，此設計乃為模擬材料在一般火災成長過程之受熱情形。

圖 3-4 CNS 6532 表面試驗試體表面之平均熱通量曲線



(資料來源：張凌昇，建築材料燃燒性之研究，國立交通大學，機械工程研究所碩士論文，p. 66，1994)

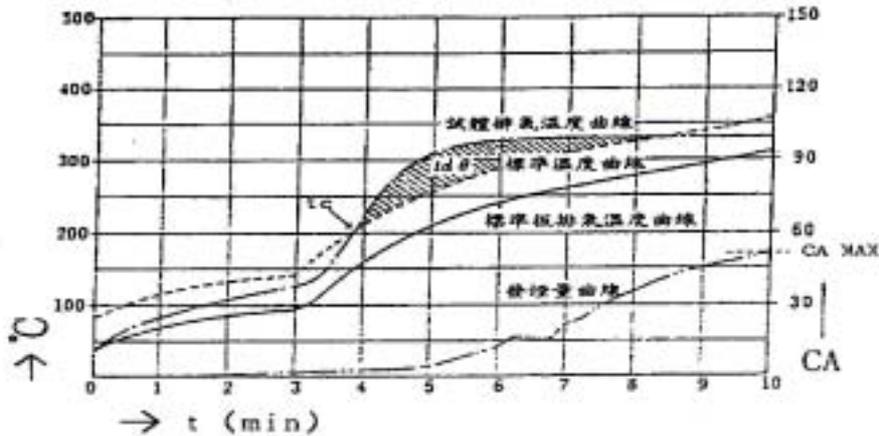
試驗期間可藉自動三筆紀錄器繪製排氣溫度曲線、試體背面空間溫度曲線、發煙係數 ( $C_A$ ) 曲線，並根據該圖求其相關數值。加熱試驗結束後，觀察並紀錄餘焰時間與背面有無龜裂情形發生。由各項紀錄值依燃燒特性與耐燃性判定基準，加以評估耐燃性。

#### (1) CNS 6532 表面試驗耐燃級別判定

本試驗所評估主要燃燒特性有下列七項，分別表示試材之各項火災性狀，需綜合評估以決定試材之耐燃級別。圖 3-5 為測試結果示意圖：

<sup>14</sup>張凌昇，建築材料燃燒性之研究，國立交通大學，機械工程研究所碩士論文，p. 66，1994

圖 3-5 CNS 6532 表面試驗測試結果示意圖



(資料來源：CNS 6532)

(a)「排氣溫度曲線」超過「標準溫度曲線」所經過之時間( $t_c$ )：二線交點時間為試體表面受熱起火發熱所經之時間，用來表現著火性或著火難易性、排氣溫度上升性及易燃性。 $t_c$ 越小，越易著火。在 CNS 6532 中規定，耐燃三級(或二級)材料之  $t_c$  應大於 3 分鐘，即  $t_c$  在開始試驗後 3 分鐘內不得超過標準曲線。

(b)溫度時間面積( $td\theta$ )：即試體排氣溫度曲線超過標準溫度曲線( $t_c$  點)至加熱時間結束為止，該二曲線所圍成的面積 ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$ )，利用求積儀直接在紀錄紙上直接量取欲量測之面積，再乘上  $25(^{\circ}\text{C} \cdot \text{Min}/\text{cm}^2)$ ， $td\theta$  值用來表示材料之發熱性 (Heat release)， $td\theta$  越大，發熱量越大。在 CNS 6532 中規定，耐燃 3 級材料之  $td\theta$  應在  $350 (^{\circ}\text{C} \cdot \text{min})$  以下，耐燃 2 級材料之  $td\theta$  應在  $100 (^{\circ}\text{C} \cdot \text{min})$  以下。

(c)發煙係數( $C_A$ )：將加熱期間所產生之煙收集於容積  $2\text{m}^3$  之集煙箱中，並經攪拌均勻後，由吸引管以  $1.5(\text{L}/\text{min})$  流量吸入光量測定裝置，而以所測得單位面積最大發煙量即為發煙係數( $C_A$ )。發煙量曲線所出現之最大測值，用來表示發煙性 (Smoke generation)。 $C_A$  越大，發煙量越大。在 CNS 6532 中規定，耐燃 3 級材料之  $C_A$  應在 120 以下，耐燃 2 級材料之  $C_A$  應在 60 以下。耐燃 2 級材料之  $C_A$  在 30 以下。

$$C_A = 240 \log \frac{I_0}{I}$$

其中  $I_0$  為加熱試驗開始時之光強度

$I$  為加熱試驗期間光度最低值

(d)背面空間溫度( $\theta_r$ )：加熱試驗中藉由裝設於試體背面空間之熱電偶所測得溫度之經時變化；表示試體之傳熱性。傳熱性乃是與材料之熱傳導率及輻射熱透過率有關之性質。在建築火災時，為防止背面鄰近物件因傳熱而著火、延燒的危險。

(e)餘焰時間( $t_l$ )：終止加熱起，目視試體表面火焰持續時間，用來表示自熄性(Self-extinguish ability)。在 CNS 6532 中規定，餘焰時間應該不超過 30 秒( $t_l < 30$  秒)。

(f)龜裂( $C_k$ )：試驗終了，觀測試體背面有無貫穿板全厚的裂縫發生。且其貫穿至試體背面(非加熱面)之裂縫寬度，不得超過板厚之 1/10。

(g)平均質量損失率( $\dot{m}''$ )：單位面積單位時間內試驗前後之重量損失率。

表 3-8 CNS 6532 耐燃級別判定

耐燃級別	加熱時間 (min)	判定項目				
		排氣溫度曲線 $t_c$ (min)	溫度時間面積 $td\theta$ ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$ )	發煙係數 $C_A$	餘焰 $t_l$	龜裂 $C_k$
耐燃一級	10	未超越標準曲線( $t_c=0$ )	$td\theta = 0$	$C_A < 30$	餘焰時間未滿 30 秒 ( $t_l < 30s$ )	貫穿至試體背面之裂縫寬度未超過板厚之 1/10
耐燃二級		試驗開始後 3 分鐘內未超越標準溫度曲線( $t_c \geq 3$ )	$td\theta \leq 100$	$C_A < 60$		
耐燃三級	6		$td\theta \leq 350$	$C_A < 120$		

(資料來源：CNS 6532)

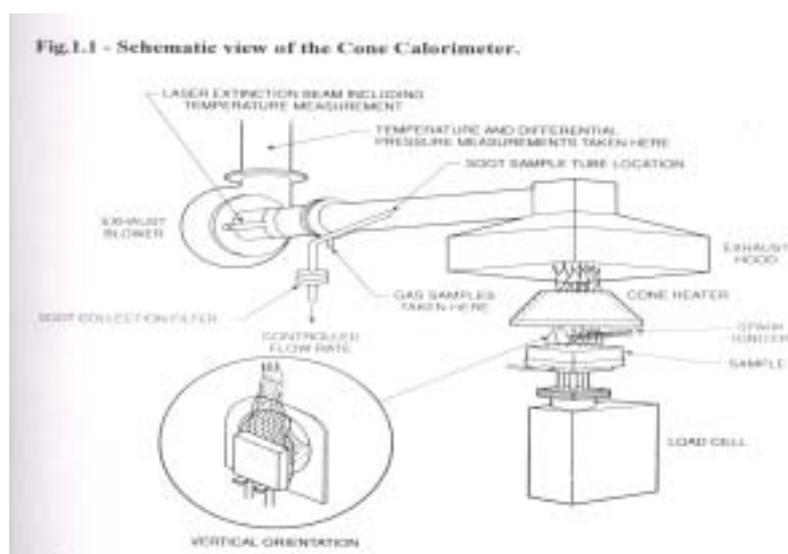
## 2. 基材試驗

此試驗法於裝修材料經表面試驗達到耐燃一級要求後，進一步探討整體材料(基材)發熱性之評估。試體長寬各為  $40\pm 2$  mm，以 CNS 146 [鋼線] 所規定之線徑 0.5 mm 以下之鋼線緊密紮結成  $50\pm 3$  mm 之高度。當加熱爐之 2 個熱電偶所顯示之溫度分別在  $750\pm 10^\circ\text{C}$  穩定 20 分鐘後，迅速置入試材進行加熱試驗，加熱過程中試材每一面皆均勻受熱。爐內任一熱電偶之最高溫為  $810^\circ\text{C}$  以下者，方為合格。

## 3. 圓錐量熱儀試驗

ISO 5660 圓錐量熱儀標準測試方法，乃利用氧氣消耗原理，測試裝修材料之表面著火性、發熱性 (heat evolved) 及煙危害 (smoke developed)。試體受熱面為  $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$  之正方形，一般以水平放置，量測試體於設定輻射量下所釋放之總能量、試體之引燃時間、質量損失率、煙濃度及  $\text{CO}/\text{CO}_2$  氣體產生率、有效燃燒熱、熱釋放率峰值等。我國目前以訂定圓錐量熱儀之試驗法國家標準 (CNS 14705)，但尚未以此試驗法判定壁裝材料之耐燃性。

圖 3-6 圓錐量熱儀示意圖



(資料來源：ISO 5660)

#### 4. 牆面火焰側向延燒試驗 (LIFT)

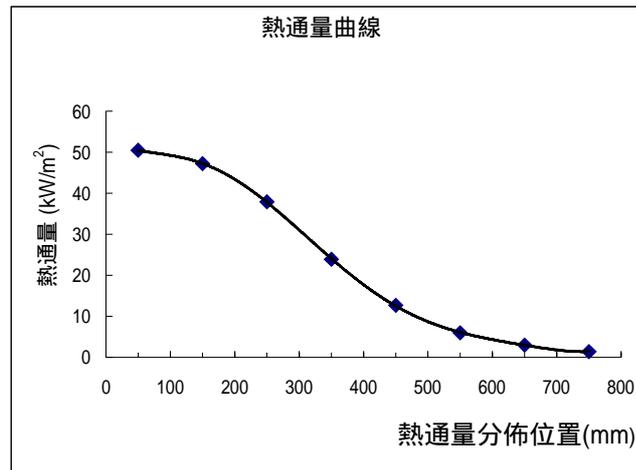
此試驗法乃針對裝修材料測試其側向引燃性與延燒性。試體尺寸為 155x800 mm，採垂直放置，並與輻射面板成 15°。測試中試件各部位是暴露在不同熱通量下，熱通量梯度如表 3-9 與圖 3-7。

表 3-9 LIFT 之熱通量分佈校正

熱通量分佈校正								
位置(mm)	50	150	250	350	450	550	650	750
標準值(kW/m <sup>2</sup> )	50.5	47.1	37.8	23.9	13.2	6.2	3.1	1.5

(資料來源：ISO 5658)

圖 3-7 LIFT 熱通量分佈曲線



(本研究整理)

試驗中觀察火焰到特定距離的時間，以得到火焰位移與時間的關係。火焰延燒試驗結果可計算三個燃燒性參數：

(A) 引燃熱量(Heat for Ignition)：

此參數是由「火焰前端到達試件 150 mm 位置的時間」和「150 mm 位置上的熱通量」兩者相乘而得，由於後者為定值，因此當知道當火焰到達 150 mm 的時間越長，「引燃熱量」值越大，即越不易引燃。

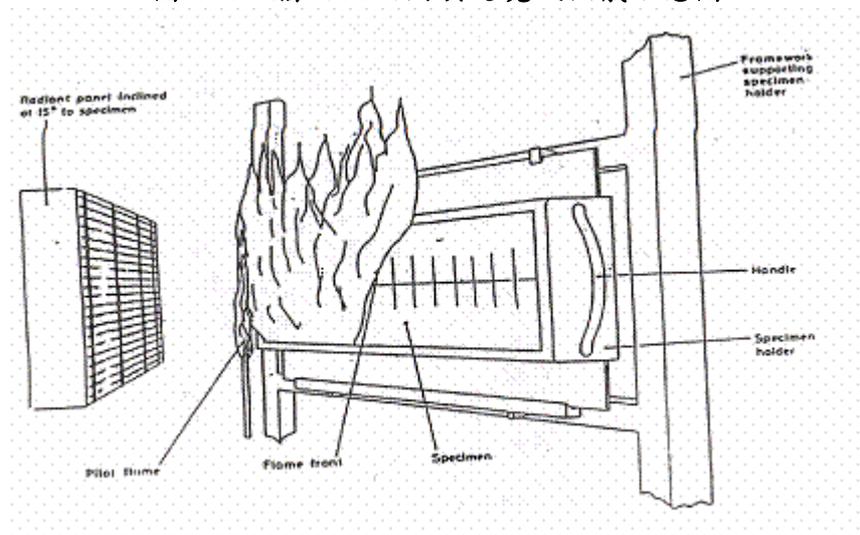
(B) 維持延燒熱量(Average Heat for Sustained Burning)：

此參數是將「火焰前端到達試件 150、200、250、300、350、400 mm位置的時間」個別乘以「150、200、250、300、350、400 mm位置上的熱通量」的乘積相加後平均而得，當此參數值越大，即表示此時材料需較大的熱量才能維持延燒。

(C)熄滅臨界熱通量(Critical Heat Flux at Extinguishment)：

此參數的定義是火焰熄滅位置相對於熱通量曲線在此位置的熱通量，此值越小，代表其延燒距離越長，及其越容易延燒。

圖 3-8 牆面火焰側項延燒試驗儀示意圖



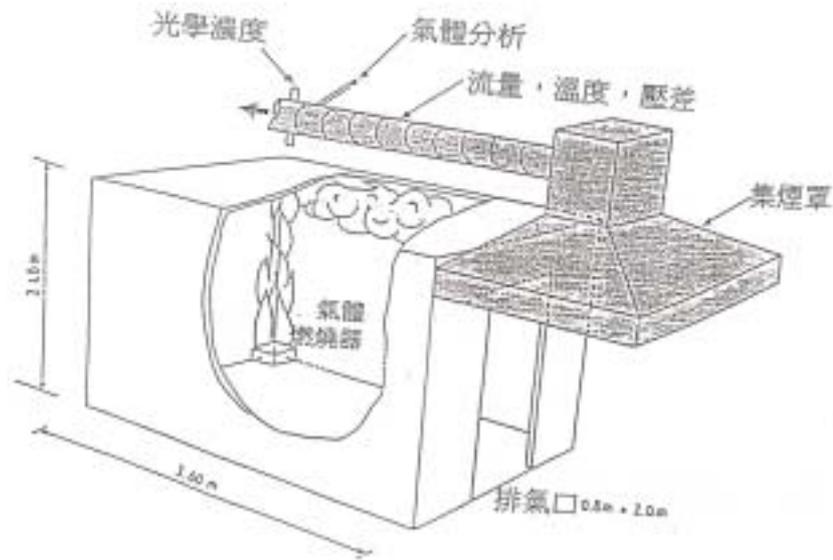
(資料來源：ISO 5658)

## 5. 房間火災試驗(Room Test)

此試驗使用氧氣消耗原理來量測材料在模擬之真實火場之放熱、發煙及有毒氣體產生量。火災測試房間(如圖 3-9 所示)尺寸正面為 2.4m×2.4m，中央處設置 0.8×2m 之開口，縱深為 3.6m。測試之裝修材料除地板外依實際設計置於內部各面後，以規定之引燃源引火燃燒(試驗開始十分鐘淨熱輸出 100kW，後十分鐘淨熱輸出 300kW)，並用攝影機紀錄火勢成長過程。該測試中產生之燃燒產物，經由開口排出後被吸入排氣系統中，在管道中經由取樣管進入氣體分析儀，分別可量測 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CO 等氣體濃度，並經由管道中之 K-TYPE 熱電偶及

bidirectal pitot tube 推算排氣管中之流量，如此可計算經由房間門口排出之熱釋放率與燃燒之氣體產生率。

圖 3-9 房間火災試驗示意圖



(資料來源：ISO 9705)

#### 第四節 測試項目分析

本研究中五種試驗法中之試體尺寸、幾何配置、試體受熱環境均不同，分別就引燃性(ignitability)、發煙性(somke developed)、發熱程度(heat envolved)與質量損失率(mass loss rate)等試驗項目作一統整與分析如表 3-10，其中牆面火焰側向延燒試驗中特別探討火焰側向延燒性，而房間火災試驗則特別針對閃燃時間作為評判標準，藉由這些火災參數之探討有助於瞭解裝修材料之綜合燃燒特性。

表 3-10 各試驗法之試體尺寸、幾何配置、加熱條件與測試項目

試驗法	ISO 5660 圓錐量熱儀	CNS 6532 表面試驗	CNS 6532 基材試驗	ISO 5658 牆面火焰側 向延燒試驗	ISO 9705 房間火災 試驗	
試體尺寸 (mm)	100×100	220×220	40×40×50 立方體	155×800 (延燒試驗)	2.4m×2.4m× 3.6m	
幾何配置	水平(或 垂直)	垂直	----	垂直	----	
加熱時間 (min)	30	10(液化石 油氣(3分 鐘)、石英加 熱管(3/7分 鐘))	20	30	20	
加熱條件	均勻熱通 量： 50kW/m <sup>2</sup> 、 30kW/m <sup>2</sup> 、 15kW/m <sup>2</sup>	液化石油氣 350ml/min ，石英加熱 管熱量 1.5kW	起始溫度 750°C	丙烷流量 0.58 L/min 、空氣流量 7.6 L/sec	試驗前十分 鐘淨熱輸出 100kW，後十 分鐘淨熱輸 出 300 kW	
引燃源 位置	引燃源位 於圓錐加 熱器下方 距試體 24mm	瓦斯燃燒器 距試體表面 15mm，石英 加熱管距試 體表面 35mm	於試體四周 加熱	引燃源位於 試體下方， 火焰為垂直 方向，距離 試體表面 10 mm，引燃火 焰長度為其 頂端位於試 體上方 40mm 處	引燃源位於 角落	
測試 項目	表面著 火性	t <sub>ig</sub> (s)	t <sub>c</sub> (s)	----	t <sub>ig</sub> (s)	t <sub>ig</sub> (s)
	熱釋 放性	THR (kW/m <sup>2</sup> )	tdθ (°C-min)	Δt (°C)	----	FIGRA Index (kW/s)
	煙危 害	SEA (m <sup>2</sup> /kg)	C <sub>A</sub>	----	----	SMOGRA (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
	質量 損失 率	$\dot{m}''$ (g/s · m <sup>2</sup> )	$\dot{m}''$ (g/s · m <sup>2</sup> )	$\dot{m}''$ (g/s · m <sup>2</sup> )	$\dot{m}''$ (g/s · m <sup>2</sup> )	$\dot{m}''$ (g/s · m <sup>2</sup> )

(本研究整理)

## 第四章 實驗規劃與進度

### 第一節 試驗法

本研究實驗項目計有表面試驗、基材試驗、牆面火焰側向延燒試驗儀 (LIFT)、圓錐量熱儀(Cone Calorimeter)及房間試驗(Room Test)共五項，其中除房間試驗外，均為小尺寸實驗。

### 第二節 試驗材料

#### 1. 基材(底板)：

小尺寸燃燒試驗所選定之材料，除了以外界較常用之板材為依據外，並涵蓋市售各種耐燃等級之材料（耐燃一、二、三級及級外），共選用八種材料如表 4-1：

表 4-1 底材一覽表

編號	板材	等級	厚度
A	紙面石膏板	一級	12mm
B	紙面石膏板	二級	9mm
C	矽酸鈣板	一級	12mm
D	耐燃合板	三級	12mm
E	普通合板	未達	12mm
F	木絲水泥板	三級	12mm
G	美耐板	無	16mm
H	礦纖板	一級	12mm

(本研究整理)

2. 面材：共選用六種面材，詳細資料如表 4-2：

表 4-2 面材一覽表

編號	材料	備註
a	防焰壁紙	FR-PVC, 0.5mm, 30g/m <sup>2</sup>
b	普通壁紙	
c	普通壁紙 x2	
d	防焰壁布	0.6mm
e	防火塗料	
f	不處理	

(本研究整理)

### 第三節 試體前置處理

#### 1. 防火塗料

防火塗料採用火壩膨脹型防火漆 (FS-31)，符合 CNS 6532 耐燃三級及 ASTM E84 class “A” 級。其重量為  $1.32 \pm 0.05$  kg/L，理論塗佈量為  $627$  g/m<sup>2</sup> ( $7.8$  m<sup>2</sup>/Gal)，所建議的漆膜厚度為  $333$   $\mu$ m 以上，每道刷塗濕膜為  $222$   $\mu$ m，乾膜為  $111$   $\mu$ m 故塗佈三道，每道間隔 2 小時。由不燃性樹脂配以特殊顏料、添加劑精製而成的溶劑性防火氯化橡膠漆，遇火或熱將膨脹形成一層精密的發泡層，將發泡層隔絕底材與火接觸，因此大大降低可燃性底材的燃燒性及減緩熱的傳遞、火燄擴張。防火漆依其濃稠度添加入適量甲苯加以稀釋，甲苯添加量並不影響乾膜厚度。

#### 2. 壁紙、壁布裱糊

壁紙裱糊採用市售漿糊 (澱粉黏著劑)，將漿糊以 1 : 1 之比例與水攪拌均勻，以刷子均勻的沾濕並塗佈在壁紙 (壁布) 上，將塗佈好的壁紙 (壁布) 對摺等待 10 分鐘，使壁紙充分吸濕膨脹後，在將壁紙順序粘著於板材上，自然風乾即可。

#### 第四節 實驗試體總表

以下就板材與面材之組合方式列表說明，共計有 34 種組合。

表 4-3 實驗試體總表

面材 板材	防焰 壁紙	普通 壁紙	普通 壁紙x2	防焰 壁布	防火 塗料	不處 理
紙面石膏板 12 mm	○	○	○	○		○
紙面石膏板 9mm	○	○	○	○		○
矽酸鈣板	○	○	○	○		○
耐燃合板	○	○	○	○	○	○
普通合板	○	○	○	○	○	○
木絲水泥板	○	○	○	○		○
美耐板						○
礦纖板						○

(本研究整理)

#### 第五節 實驗與設備準備進度

目前五項試驗，表面及基材試驗已全部完成，圓錐量熱儀將待新購之機器到達後，繼續進行，LIFT 及房間試驗則在進行中。

其中房間試驗預計進行七次，材料分別為(括弧內為耐燃級數):紙面石膏板 12mm(1)、紙面石膏板 12mm+防火壁紙(2)、紙面石膏板 9mm(2)、木絲水泥板(3)、耐燃合板(3)、普通合板(x)、普通合板+防火壁紙(x)。截至 92 年 10 月 22 日止之實驗進度如表 4-4。

表 4-4 實驗進度 (截至 92 年 12 月 25 日止)

試驗項目	預計試驗數量 (片)	已進行實驗數量 (片)	備考
表面試驗	102	102	已全部完成
基材試驗	102	102	已全部完成
圓錐量熱儀	153	25	新進儀器校正中，預計一月底完成
牆面側向火焰延燒試驗	102	85	實驗進行中，預計十二月底完成
房間試驗	7	0	實驗進行中，預計一月中完成

詳細實驗結果列於附錄。

(本研究整理)

## 第五章 結果與討論

試驗部分目前已完成表面試驗及基材試驗、牆面火焰側向延燒試驗將於十二月底完成，而圓錐量熱儀試驗及房間試驗將待驗收後儘快完成，以下就現有之實驗數據，加上八十五年中央標準局（現為標準檢驗局）研究案「建築材料防火性能試驗法國際標準化調查研究」之數據，分別探討面材及底材厚度對防火性能之影響及煙危害、表面著火性、材料發熱性與平均質量損失率四項火害參數，以評估材料之影響及各實驗法之間之相關性。

### 第一節 面材及底材厚度對防火性能之影響

本研究比較不同面材厚度（無面材、普通壁紙一層、普通壁紙二層）貼於相同底材及不同底材厚度（石膏板）貼上相同面材之差異，發現底材於貼上壁紙後，常會使原本不會引燃之材料被引燃，因而發熱及發煙（表 5-1）。另外，不同厚度石膏板貼上各種面材後，較大之差異為基材試驗中之溫度變化，厚度較厚之石膏板放熱較多（表 5-2）。

### 第二節 煙危害之探討

四項小尺寸試驗法中，表面試驗與圓錐量熱儀試驗可測定材料之煙生成量。表面試驗中煙危害以發煙係數  $C_A$ ，而圓錐量熱儀試驗以平均 SEA (Average Specific Ext Area) 來表示。下圖為表面試驗發煙係數  $C_A$  與圓錐量熱儀 SEA 之關係圖，圓錐量熱儀實驗之熱通量為 30 及 50  $\text{kW/m}^2$ ，兩者之間相關係數  $R^2$  分別為 0.1677 和 0.0039（見圖 5-1 與圖 5-2），表面試驗發煙係數  $C_A$  與圓錐量熱儀 SEA 並沒有明顯的趨勢。

表 5-1 面材厚度對防火性能影響實驗數據  
(其中數據為三次試驗之平均)

板材		面材	不處理	普通壁紙	普通壁紙*2
紙面石膏板 12mm	表面	tc	未引燃	3.83	3.58
		td $\theta$	0	17.67	70.17
		CA	5	10.33	26.67
		餘焰時間	0	0	4
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	5.966	8.3	12.23
紙面石膏板 9mm	表面	tc	未引燃	3.83	3.53
		td $\theta$	0	12.83	44.75
		CA	4.333	13	25
		餘焰時間	0	0	0
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	15.8	5.13	24.23
矽酸鈣板	表面	tc	未引燃	未引燃	3.367
		td $\theta$	0	0	38.25
		CA	0	20.67	16.33
		餘焰時間	0	0	0
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	9.9	18.77	14.93
耐燃合板	表面	tc	2.53	3.34	3.5
		td $\theta$	427.17	463.25	431.5
		CA	120.5	139.33	142.33
		餘焰時間	183.33	330	318
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	117.57	130.53	137.3
普通合板	表面	tc	1.4	2.283	3.517
		td $\theta$	553.25	402.5	350.25
		CA	128.67	131.33	114
		餘焰時間	268.33	271	669
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	148.43	115.8333	139.73
木絲水泥板	表面	tc	7.67	6.37	7.58
		td $\theta$	67.58	117.58	63.42
		CA	1.33	6.33	24.67
		餘焰時間	16	0	22
	基材	$\Delta T(^{\circ}C)$	193.13	148.63	142.33

(本研究整理)

表 5-2 底材厚度對防火性能影響實驗數據  
(其中數據為三次試驗之平均)

面材		板材		
		紙面石膏板 9mm	紙面石膏板 12mm	
無面材	表面試驗	tc(分)	>10	>10
		td $\theta$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ )	0	0
		$C_A$	4.33	5
		餘焰時間 (秒)	0	0
	基材試驗	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	15.8	5.97
防焰壁紙	表面試驗	tc(分)	3.72	3.65
		td $\theta$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ )	34.17	32.13
		$C_A$	14.33	18.5
		餘焰時間 (秒)	0	0
	基材試驗	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	17.36	6.83
普通壁紙	表面試驗	tc(分)	3.83	3.83
		td $\theta$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ )	12.83	17.67
		$C_A$	13	10.33
		餘焰時間 (秒)	0	0
	基材試驗	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	5.13	8.3
普通壁紙 $\times 2$	表面試驗	tc(分)	3.53	3.58
		td $\theta$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ )	44.75	70.17
		$C_A$	25	26.67
		餘焰時間 (秒)	0	4
	基材試驗	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	24.23	12.23
防焰壁布	表面試驗	tc(分)	>10	>10
		td $\theta$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ )	0	0.67
		$C_A$	41.67	34.33
		餘焰時間 (秒)	0	0
	基材試驗	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	11.13	5.83

(本研究整理)

兩項試驗法中煙危害參數的量測原理與定義皆不相同，造成比對上的困難。表面試驗之  $C_A$  乃將加熱期間所產生之煙收集於容積  $2\text{m}^3$  之集煙箱中，並經攪拌均勻後，由吸引管以  $1.5(\text{L}/\text{min})$  流量吸入光量測定裝置，所測得數據所繪成單位面積發煙量圖中，單位時間之最大值即為  $C_A$ 。而在圓錐量熱儀試驗中 SEA 之定義為單位質量損失率之煙產生量 ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )，為試體燃燒所產生之煙氣經由抽風系統收集至管路中，經煙濃度量測系統得到之遮蔽係數(Extinction Coefficient)轉換而得。另外，表面試驗之  $C_A$  所測之煙為「累積煙濃度」，但圓錐量熱儀試驗中 SEA 為「即時煙濃度」。

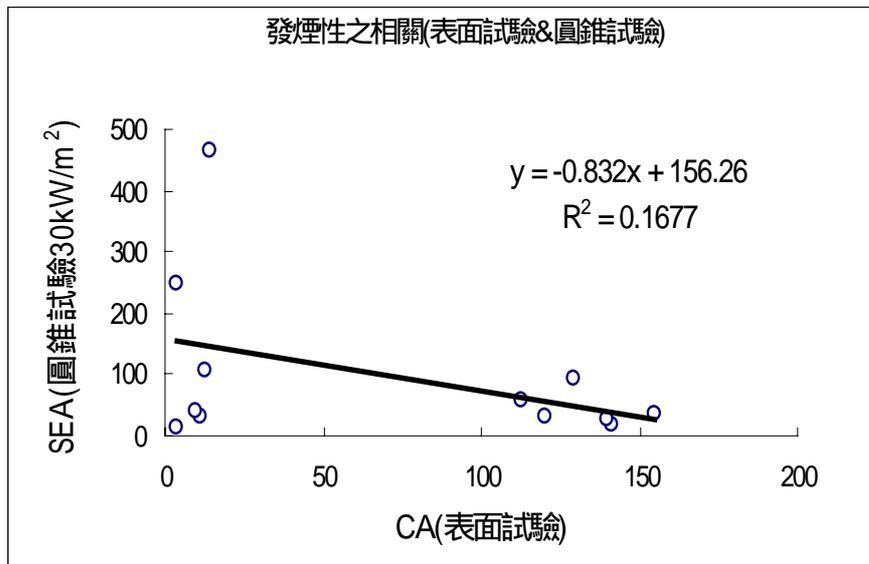
### 第三節 表面著火性之探討

材料之表面著火性代表裝修材料在火場中引燃的快慢，一般而言，起火點不會在裝修材料，而在沙發等家具，但起火後是否會擴大延燒，裝修材料即扮演關鍵性角色。我國現今測試裝修材料之耐燃性乃以 CNS 6532 表面試驗之  $t_c$  與基材試驗作為標準。表 5-3 將  $t_c$  與圓錐量熱儀的引燃時間( $t_{ig}$ )做一比較，發現圓錐量熱儀的引燃時間與表面試驗中的  $t_c$  有相當大的差異。

與牆面火焰側向延燒試驗作一比較後發現，兩者引燃時間也無一致之關係。圓錐量熱儀試體是以水平擺設，其引燃源(spark)是位於試體平面上方；LIFT 的試體是以垂直擺設，其引燃火源是位於試體垂直平面的上方，因引燃位置的不同，造成許多試件在 LIFT 中並未引燃，只有試體受熱後冒煙、表面發泡、焦黑等現象。此次使用的紙面石膏板在 CNS 6532 表面試驗中為耐燃一級，其中心蕊材石膏性質穩定，不因外界的高熱而產生變化；然而表面有一層原紙化粧層，以 LIFT 試驗時，當壁紙上的火焰前端已熄滅，卻又因底層石膏紙面的延燒而又使

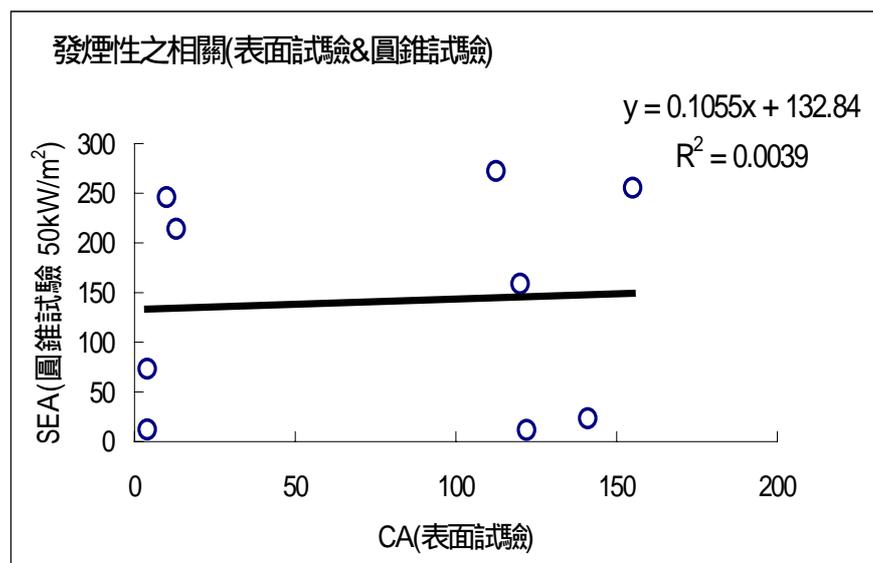
壁紙復燃，而增加延燒距離，這在於實際火場中也有可能發生，值得我們對 CNS 6532 之標準再加以考量。

圖 5-1 表面試驗與圓錐量熱儀(30 kW/m<sup>2</sup>)試驗發煙性之比較



(本研究整理)

圖 5-2 表面試驗與圓錐量熱儀(50 kW/m<sup>2</sup>)試驗發煙性之比較



(本研究整理)

表 5-3 表面試驗、圓錐量熱儀試驗與 LIFT 試驗之引燃時間  
(其中數據為三次試驗之平均，N.I.表未引燃)

試驗法 試材	表面試驗	圓錐量熱儀試驗		LIFT
	tc(sec)	tig(sec)		引燃時間 (sec)
		(50kW/m <sup>2</sup> )	(30kW/m <sup>2</sup> )	
紙面石膏板 12mm+普通壁紙	230.0	24.33	N. I.	N. I
紙面石膏板 9mm+普通壁紙	230.0	24.81	N. I.	N. I
矽酸鈣板+ 普通壁紙	N. I.	---	---	---
耐燃合板+ 普通壁紙	201.0	9.57	29.25	N. I
普通合板+ 普通壁紙	138.2	13.39	---	N. I
普通合板+ 普通壁紙	346.6	---	---	N. I

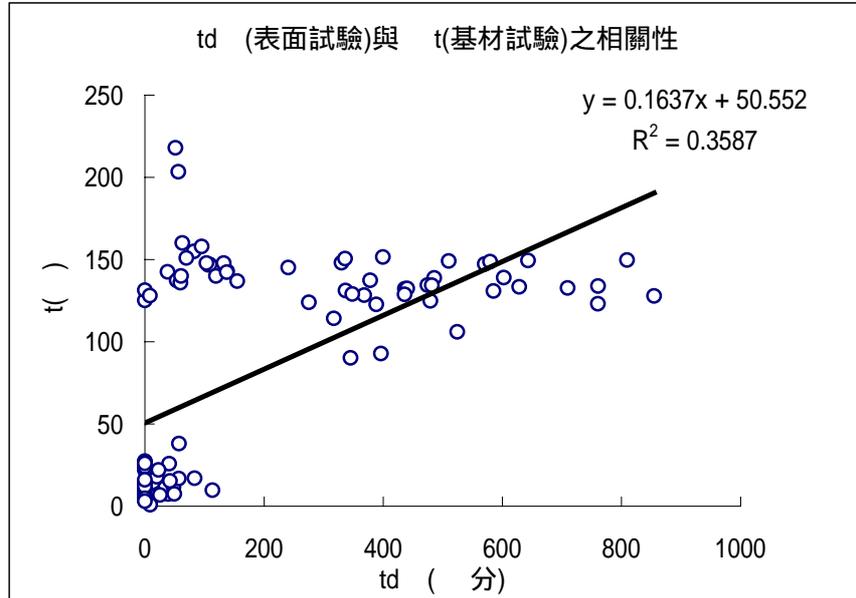
(本研究整理)

#### 第四節 發熱性之探討

圖 5-3 為表面試驗  $td\theta$  與基材試驗  $\Delta t$  之相關性，可以發現材料發熱性在二試驗中相關程度並不高 ( $R^2=0.3587$ )。基材試驗著重於探討整體材料之發熱性，而表面試驗乃針對試材表面之著火性與煙危害，其溫度時間面積 ( $td\theta$ ) 雖用來代表材料之發熱性，卻與基材試驗中之溫度差 ( $\Delta t$ ) 無直接的相對關係。

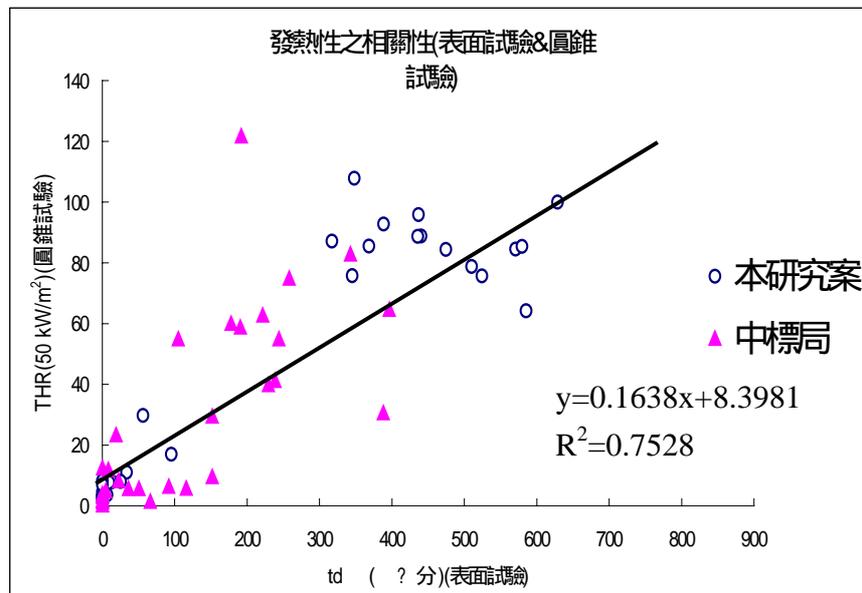
圖 5-4 與圖 5-5 為  $td\theta$  (表面試驗) 與 THR (圓錐量熱儀試驗 50、30kW/m<sup>2</sup>) 之相關性。由圖中可以發現表面試驗與圓錐量熱儀試驗之發熱性， $td\theta$  與總熱釋放率有良好的相關性，相關係數  $R^2$  分別為 0.7528 與 0.7512。另外，觀察圓錐量熱儀試驗中各材料的受熱反應，發現各材料之總熱釋放率都不是很大，但其熱釋放率峰值都不小，顯示裝修材料在火場中的瞬間熱釋放率仍值得注意。

圖 5-3  $td\theta$  (表面試驗)與  $t$ (基材試驗)之相關性



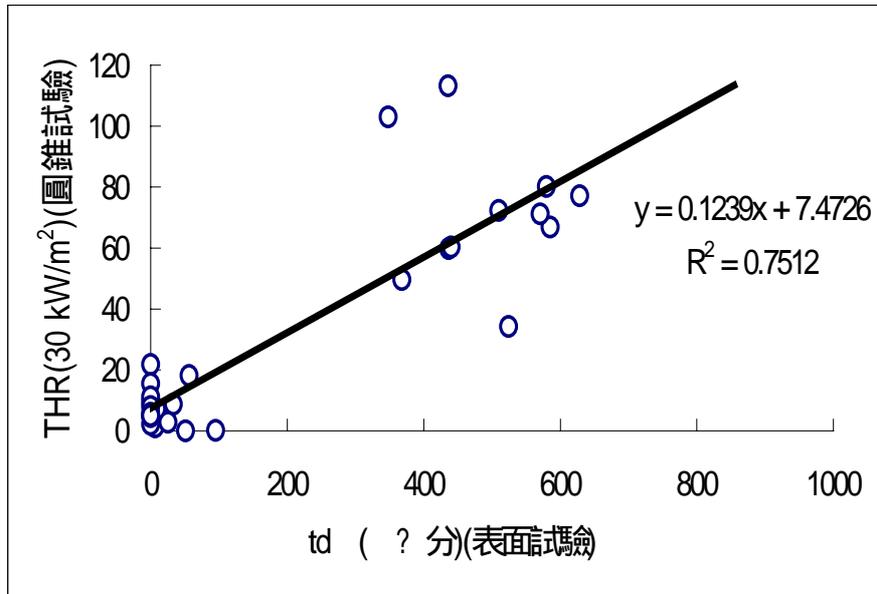
(本研究整理)

圖 5-4  $td\theta$  (表面試驗)與 THR(圓錐量熱儀試驗  $50\text{kW}/\text{m}^2$ )之相關性



(本研究整理)

圖 5-5  $td_{\theta}$  (表面試驗)與 THR(圓錐量熱儀試驗  $30\text{kW}/\text{m}^2$ )之相關性



(本研究整理)

### 第五節 平均質量損失率( $\dot{m}''$ )之探討

就平均質量損失率而言，四種試驗法以基材試驗之質量損失率最高，其餘依序為圓錐量熱儀試驗、牆面火焰側向延燒試驗、表面試驗(表 5-4)。就受熱環境而言，由於基材試驗中試材每一個面皆均勻受熱，使得材料整體燃燒劇烈，而有較高的平均質量損失率。其餘三種試驗法都只探討試材表面之火害參數，而非整體材料本身，使得試材只有表面有焦黑炭化之現象，甚至許多試件在牆面火焰側向延燒試驗中皆沒有引燃，相對地質量損失率不高。由此可知我們難以由平均質量損失率來推估材料之防火性能(圖 5-6~圖 5-11)。

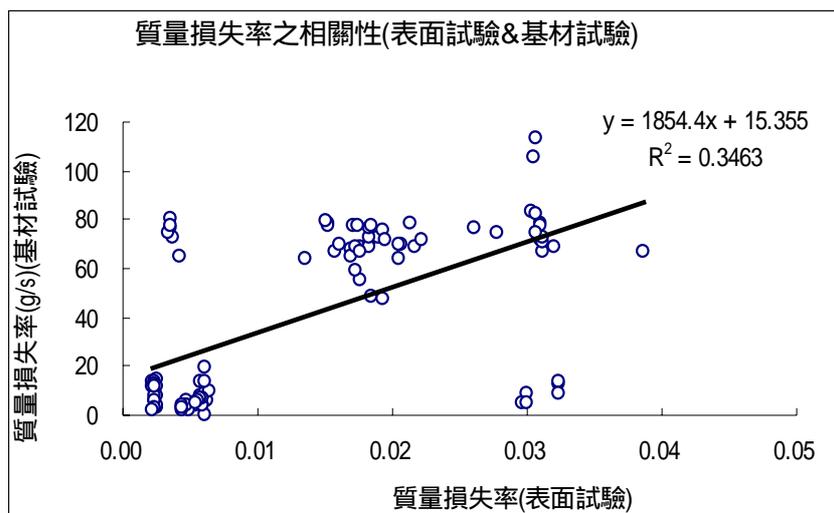
表 5-4 各試驗法之平均質量損失率(g/s · m<sup>2</sup>)  
(其中數據為三次試驗之平均)

試驗項目 試體名稱		表面 試驗	基材 試驗	圓錐量熱儀試驗			LIFT
				50kW/m <sup>2</sup>	30 kW/m <sup>2</sup>	15 kW/m <sup>2</sup>	
紙面石 膏板 12mm	防火壁紙	0.00531	3.5590	---	---	---	---
	普通壁紙	0.00466	4.3229	2.335	1.7935	1.544667	0.15658
	普通壁紙*2	0.02984	6.37	---	---	---	---
	防火壁布	0.00467	3.04	---	---	---	---
	不處理	0.00438	3.11	2.0475	1.544	1.057	0.13871
紙面石 膏板 9mm	防火壁紙	0.00588	9.05	---	---	---	0.14314
	普通壁紙	0.00602	2.67	3.068	2.607	1.321	0.14435
	普通壁紙*2	0.00622	12.62	---	---	---	0.1453
	防火壁布	0.00588	5.8	---	---	---	---
	不處理	0.00567	8.23	2.652	2.013	1.078	0.12997
矽酸鈣 板	防火壁紙	0.00233	13.4	---	---	---	---
	普通壁紙	0.00245	9.77	---	---	---	---
	普通壁紙*2	0.00252	7.78	---	---	---	---
	防火壁布	0.00239	6.6	---	---	---	0.01828
	不處理	0.00229	5.16	---	---	---	0.08772
耐燃合 板	防火壁紙	0.01833	70.45	---	---	---	0.19435
	普通壁紙	0.01745	67.99	5.824	4.165	---	0.34811
	普通壁紙*2	0.0174	71.51	---	---	---	---
	防火壁布	0.01908	65.09	---	---	---	---
	防火塗料	0.0272	71.98	---	---	---	0.05842
	不處理	0.01738	61.23	5.207	4.25	1.836	0.3711
普通合 板	防火壁紙	0.01467	73.33	---	---	---	0.4647
	普通壁紙	0.0202	60.33	5.996	---	---	0.18234
	普通壁紙*2	0.02174	72.78	---	---	---	0.26306
	防火壁布	0.01566	71.86	---	---	---	---
	防火塗料	0.03141	68.89	---	---	---	---
	不處理	0.01809	77.31	5.446	4.537	2.584	0.35900
木絲水 泥板	防火壁紙	0.00378	71.35	---	---	---	---
	普通壁紙	0.00353	77.41	---	---	---	0.19435
	普通壁紙*2	0.03108	74.13	---	---	---	---
	防火壁布	0.03069	78.19	---	---	---	0.08803

	不處理	0.03066	100.59	14.926	3.619	1.775	0.26411
美耐板	不處理	0.02556	67.95	6.578	5.863	1.765	0.27310
礦纖板	不處理	0.0324	11.46	8.643	1.483	0.38	0.03817

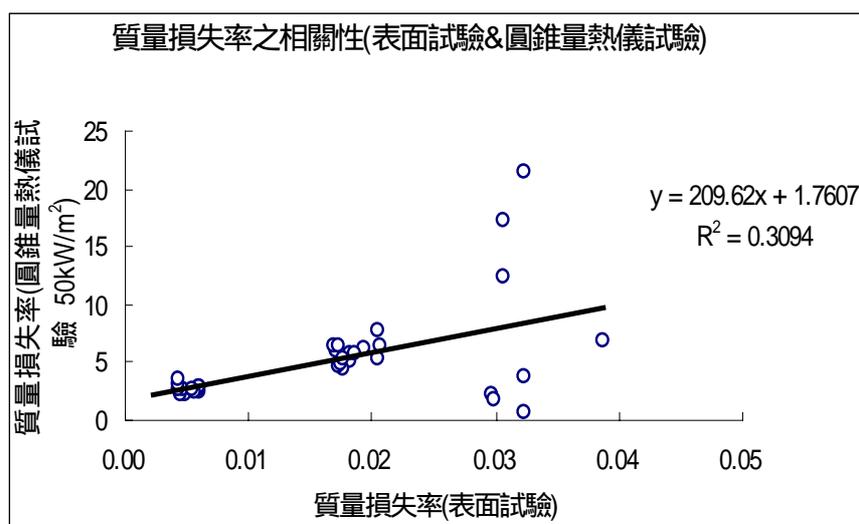
(本研究整理)

圖 5-6 表面試驗與基材試驗平均質量損失率之比較



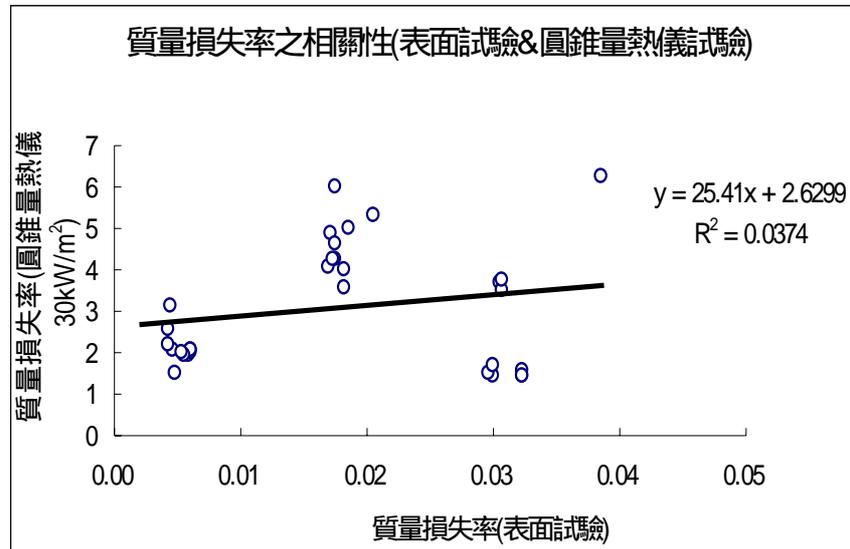
(本研究整理)

圖 5-7 表面試驗與圓錐量熱儀試驗(50 kW/m<sup>2</sup>)平均質量損失率之比較



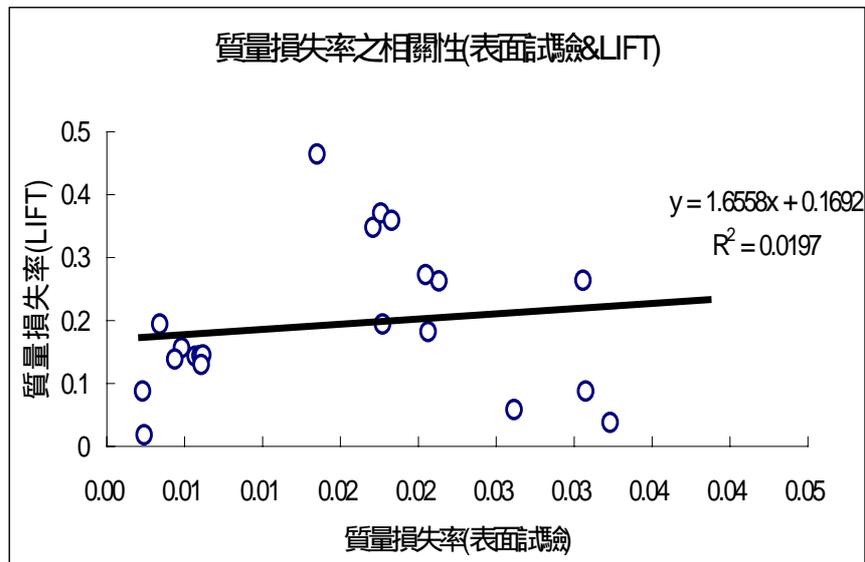
(本研究整理)

圖 5-8 表面試驗與圓錐量熱儀試驗(30 kW/m<sup>2</sup>)平均質量損失率之比較



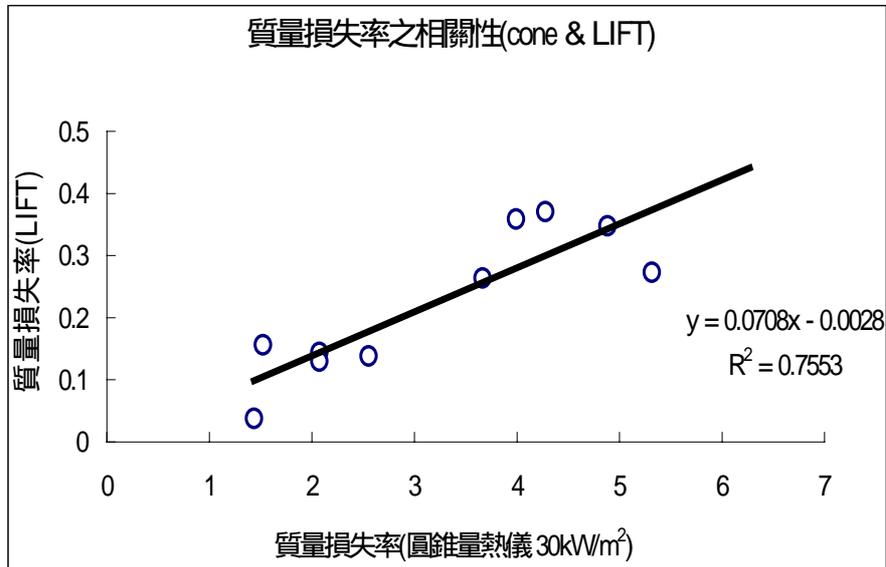
(本研究整理)

圖 5-9 表面試驗與 LIFT 試驗平均質量損失率之比較



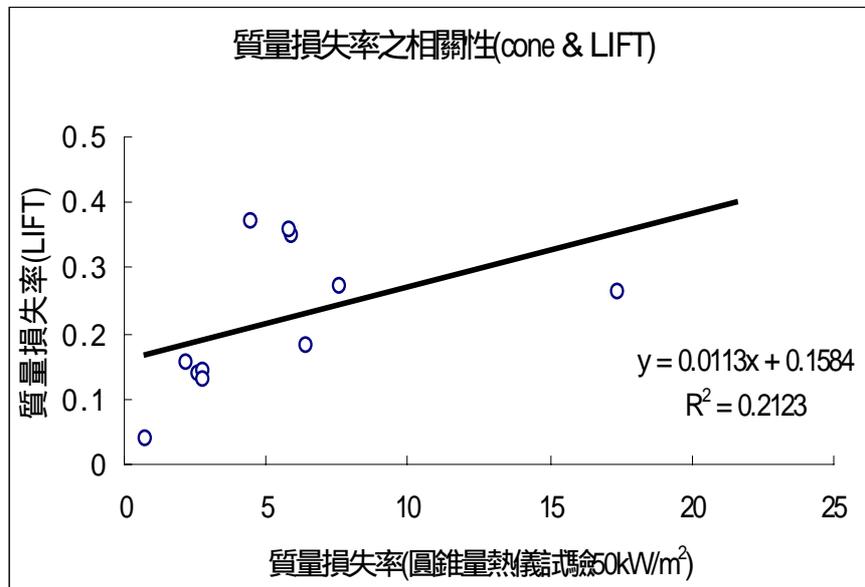
(本研究整理)

圖 5-10 圓錐量熱儀試驗(30 kW/m<sup>2</sup>)與 LIFT 試驗平均質量損失率之比較



(本研究整理)

圖 5-11 圓錐量熱儀試驗(50 kW/m<sup>2</sup>)與 LIFT 試驗平均質量損失率之比較



(本研究整理)

## 第六節 各試驗法之相容性探討

由以上各實驗之相關性分析可知，各試驗之相關係數均不高（如表 5-5 所示），因此無法歸納出任何二試驗法對於某試驗參數之直接比對關係，八十五年中央標準局（現為標準檢驗局）研究案「建築材料防火性能試驗法國際標準化調查研究」[19]<sup>15</sup>及其他相關研究[16]<sup>16</sup>亦出現此結論。

表 5-5 本研究各試驗數據之相關係數

		基材試驗 CNS 6532	圓錐量熱儀 ISO 5660		LIFT 試驗 ISO 5658
			30 kW/m <sup>2</sup>	50 kW/m <sup>2</sup>	
表面試驗 CNS 6532		熱：0.3587 質：0.3463	煙：0.0039 熱：0.7512 質：0.0374	煙：0.1677 熱：0.8591 質：0.3094	質：0.0197
圓錐量 熱儀 ISO 5660	30 kW/m <sup>2</sup>	---	---	---	質：0.7553
	50 kW/m <sup>2</sup>	---	---	---	質：0.2123

（本研究整理）

<sup>15</sup> 「建築材料防火性能試驗法國際標準化調查研究」，中央標準局（現為標準檢驗局）研究案，八十五年

<sup>16</sup> Hedskog B and Ryber F, The classification systems for surface lining materials used in buildings in Europe and Japan-A summary and comparison, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University Report 5023, 1998

## 第七節 我國新試驗法之選定建議

在評定裝修材料防火性能時，需決定下列三核心問題：

- 評估材料防火性能需要哪些參數？
- 如何量測這些參數？使用何種檢測儀器？
- 如何用這些參數之數據將材料分級？

在評估壁裝材料防火性能時，因壁裝材料甚少在火災發生時為第一著火源（通常為沙發等傢俱），但起火後是否會延燒擴大為大火，壁裝材料即扮演重要角色。另外，壁裝材料產生之煙亦應以不會影響逃生路徑能見度為考量，因此壁裝材料防火性能之評估建議考量(1)材料著火性、(2)熱釋放率、(3)煙濃度、(4)貫穿及龜裂。而熱釋放率建議考量總熱釋放率及最高熱釋放率，因其能評估材料起火後加熱周圍可燃材料使其被引燃之潛能，其中總熱釋放率為「總潛能」，而最高熱釋放率可評估短時間加熱周圍可燃材料之可能性。

而選擇量測儀器時，應考量下列六項指標

1. 其與真實火場之關連性
2. 採用之適當性：能否適用於多種材料
3. 國際調和程度
4. 試驗結果之再現性與重複性
5. 成本效益
6. 與我國現行測試基準之相容程度

表 5-6 為以前五項指標評估表面試驗、基材試驗、圓錐量熱儀、LIFT 試驗、房間試驗之比較，由表可知，房間試驗及圓錐量熱儀為最

適宜之測試法，但因房間試驗所費不貲，未來試驗法之修訂以圓錐量熱儀最為可行。但以房間試驗為所有其他試驗法判定適合度之依歸。

而就與我國現行測試基準之相容程度而言，事實上圓錐量熱儀與表面及基材試驗結果並不相容，但其為最符合國際化之試驗法，為減少對我國之衝擊，除應與以二至三年之緩衝外，之後之分級亦以三級（不燃、準不燃、難燃材料）為佳。而試驗基準之訂定方向若以日本基準為主要參考方向，亦減少對我國行之有年現行規範之衝擊。

表 5-6 五項指標評估表面試驗、基材試驗、圓錐量熱儀、LIFT 試驗、房間試驗之比較

測試法	與真實火場之關連性	適用材料之廣泛性	國際調和程度	試驗結果之再現性與重複性	成本效益
表面試驗 CNS 6532	<u>佳</u> 模擬火災從小火源至成災之過程	<u>佳</u>	<u>不佳</u> 僅我國使用	<u>佳</u>	<u>佳</u>
基材試驗 CNS 6532	<u>佳</u> 測試材料底材防火性能	<u>佳</u>	<u>不佳</u> 僅我國使用	<u>佳</u>	<u>佳</u>
圓錐量熱儀 ISO 5660	<u>佳</u> 國際已有多項研究證實	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u>
LIFT 試驗 ISO 5658	<u>不佳</u> 無直接證據	<u>不佳</u>	<u>佳</u>	<u>不佳</u>	<u>尚可</u>
房間試驗 ISO 9705	<u>佳</u> 模擬一小型臥室	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>佳</u>	<u>不佳</u>

（本研究整理）

表 5-7 為本研究建議之我國裝修材料防火性能分級標準，其中三級（不燃、準不燃、難燃材料）分級基準中引燃時間、熱釋放率及貫通龜裂部分以參考日本標準為主，但煙危害部分以參考澳洲標準為主，因

日本採用之煙毒性部分使用老鼠試驗，較不為國際接受，其他關於標準改變及項目選擇需注意之要點如下：

- (1) 日本新基準當中熱釋放率部分材料受熱之熱通量提高甚多，原本之試驗熱通量由  $0 \text{ kW/m}^2$  在 10 分鐘後升高至  $13.71 \text{ kW/m}^2$  (p.24 圖 3-4)，但新基準為  $50 \text{ kW/m}^2$ 。
- (2) 日本新舊基準當中測試時間亦改變，欲通過耐燃一級之材料測試由 10 分鐘提高至 20 分鐘，二級由 6 分鐘提高至 10 分鐘，三級由 6 分鐘改變至 5 分鐘，另要求標準均相同，僅符合要求之時間不同。
- (3) 有關材料毒性部分，日本由老鼠試驗可評估毒性氣體危害，但生物試驗較不為國際接受，另研究顯示 CO 生成量與熱釋放率成正比 [16]，故建議之基準未含單獨提出毒性危害部分，因已假設若控制熱釋放率應已同時控制 CO 生成量。
- (4) 在日本基準中熱釋放率部分除圓錐量熱儀外，在耐燃二、三級部分另提供 ISO 17431 模型箱試驗（加熱量：40kW，要求測定時間內、總發熱量  $< 30\text{MJ}$ 、最高熱釋放率  $< 140\text{kW/m}^2$ 、無貫通及龜裂）為選擇，以滿足特殊材料若未達圓錐量熱儀標準要求時之替代，但因模型箱試驗亦非國際常使用之試驗法，且其結果與房間試驗之相關性僅達合理之程度，無法直接比對 [16]<sup>17</sup>，故本研究建議替代之試驗除模型箱試驗外，另增房間試驗。
- (5) 建議之我國新基準與現行基準測試壁裝材料分級之差異，將待圓錐量熱儀及房間試驗儀器完成驗收後，以實驗加以評估。

---

<sup>17</sup> Hedskog B and Ryber F, The classification systems for surface lining materials used in buildings in Europe and Japan-A summary and comparison, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University Report 5023, 1998

表 5-7 建議之我國防火材料分級標準

級數	定義	測試法	判定基準	材料舉例
不 燃 材 料	在一般火災中， <u>20分鐘內</u> 不會燃燒，亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 1182 不燃性試驗 及	20分鐘內 溫度上升 $<20K$ 質量損失 $<30\%$	水泥、磚、瓦、磁磚、石綿板、纖維強化水泥板、玻璃纖維水泥板（厚度3mm以上）、纖維矽酸鈣板（厚度5mm以上）、鋼鐵、鋁、金屬板、玻璃、石材、石膏板（厚度12mm以上）等。
		ISO 5660 圓錐量熱儀 （輻射量： $50kW/m^2$ ）	20分鐘內 1. 總發熱量 $<8MJ/m^2$ 2. 最高熱釋放率 $<200kW/m^2$ 3. average SEA $<250 m^2/kg$ 4. 無貫通及龜裂	
準 不 燃 材 料	在一般火災中， <u>10分鐘內</u> 不會燃燒，亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 5660 圓錐量熱儀 （輻射量： $50kW/m^2$ ）	10分鐘內 1. 總發熱量 $<8MJ/m^2$ 2. 最高熱釋放率 $<200kW/m^2$ 3. average SEA $<250 m^2/kg$ 4. 無貫通及龜裂	石膏板（厚度9mm以上）、木纖水泥板（厚度15mm以上）、硬質木片水泥板（厚度9mm以上、比重0.9以上）、木片水泥板（厚度30mm以上、比重0.5以上）、水泥合板（厚度6mm以上）等
		或 替代試驗 1. 模型箱試驗 2. 房間試驗	---	
難 燃 材 料	在一般火災中， <u>5分鐘內</u> 不會燃燒，亦不產生對防火上有害之變形、融化、龜裂等損傷及避難上之煙危害。	ISO 5660 圓錐量熱儀 （輻射量： $50kW/m^2$ ）	5分鐘內 1. 總發熱量 $<8MJ/m^2$ 2. 最高熱釋放率 $<200kW/m^2$ 3. average SEA $<250 m^2/kg$ 4. 無貫通及龜裂	難燃合板（厚度5.5mm以上）、石膏板（厚度7mm以上）等
		或 替代試驗 1. 模型箱試驗 2. 房間試驗	---	

(本研究整理)



## 第六章 結論與建議

1. 探討四種試驗法，分別針對煙危害、表面著火性、發熱性及平均質量損失率四項火害參數進行相關性分析時，除了表面試驗之  $td\theta$  相對於圓錐量熱儀試驗之總熱釋放率有較為一致的趨勢外( $R^2=0.7512, 0.8591$ )，煙危害、表面著火性與平均質量損失率在四種試驗法之間相關係數均不高，故無法歸納出任何二試驗法對於某火害試驗參數之直接比對關係，因此，無法由一試驗法之數據推估其他試驗法之結果。
2. 在評估壁裝材料防火性能時，因壁裝材料甚少在火災發生時為第一著火源（通常為沙發等傢俱），但起火後是否會延燒擴大為大火，壁裝材料即扮演重要角色。另外，壁裝材料產生之煙亦應以不會影響逃生路徑能見度為考量，因此壁裝材料防火性能之評估建議考量(1)材料著火性、(2)熱釋放率、(3)煙濃度、(4)貫穿及龜裂。
3. 由表面試驗、基材試驗、圓錐量熱儀、LIFT 試驗、房間試驗之比較可知，房間試驗及圓錐量熱儀為最適宜之測試法，但因房間試驗所費不貲，未來試驗法之修訂以圓錐量熱儀最為可行。但以房間試驗為所有其他試驗法判定適合度之依歸。
4. 表 5-7(p. 52)為本研究建議之我國裝修材料防火性能分級標準，今後之分級亦以三級（不燃、準不燃、難燃材料）為佳。而試驗法選用之方向建議以日本基準為主要參考方向，包括引燃時間、熱釋放率及貫通龜裂部分，以減少對我國行之有年現行規範之衝擊。但煙危害部分以參考澳洲標準較佳，因日本採用之煙毒性部分使用老鼠試驗，較不為國際接受。
5. 建議之我國新基準與現行測試壁裝材料基準分級在「加熱環境」上之差異包括(1)材料受熱熱通量之提高、(2)測試時間之改變，建

議之我國新基準與現行基準測試壁裝材料分級之差異，將待圓錐量熱儀及房間試驗儀器完成驗收後，以實驗加以評估。

6. 有關材料毒性部分，日本由老鼠試驗可評估毒性氣體危害，但因生物試驗較不為國際接受，另研究顯示 CO 生成量與熱釋放率成正比，故建議之基準未單獨提出毒性危害部分，因已假設若控制熱釋放率應已同時控制 CO 生成量。
7. 在日本基準中熱釋放率部分除圓錐量熱儀外，在耐燃二、三級部分另提供 ISO 17431 模型箱試驗（加熱量：40kW，要求測定時間內，總發熱量 < 30MJ、最高熱釋放率 < 140kW/m<sup>2</sup>、無貫通及龜裂）為選擇，以滿足特殊材料若未達圓錐量熱儀標準要求時之替代，但因模型箱試驗亦非國際常使用之試驗法，且其結果與房間試驗之相關性僅達合理之程度，無法直接比對[16]<sup>18</sup>，故本研究建議替代之試驗除模型箱試驗外，另增房間試驗。
8. 在探討面材對防火性能之影響時，發現面材可以影響其性能，甚至造成原本不會引燃之材料被引燃而發熱發煙，故進行裝修時面材之影響需特別考量。即使是防焰壁紙亦可能造成其性能之下降。
9. 火災模式評估部分將待圓錐量熱儀驗收後，以數據輸入程式後進行。

---

<sup>18</sup> Hedskog B and Ryber F, The classification systems for surface lining materials used in buildings in Europe and Japan-A summary and comparison, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University Report 5023, 1998

## 附件

### 附錄一 目前表面試驗結果

試體名稱	試體編號	排氣溫度 超過標準 板排氣溫 度曲線 t <sub>c</sub> (分)	溫度 時間 面積 tdθ (°C· 分)	發煙 係數 (C <sub>A</sub> )	餘焰 時間 (秒)	是否 有熔 化及 變形	試體背 面是否 龜裂及 裂隙寬 度(mm)	平均質 量損失 率 (g/s· m <sup>2</sup> )	背面 空間 溫度 (°C)	耐燃 等級
紙面石膏 板 12mm+ 防火壁紙	Aa11	3.6	39.25	19	0	否	否	0.00539	106	2
	Aa12	3.7	25	18	0	否	否	0.00525	94	2
	Aa13	3.6	33	18.5	0	否	否	0.00564	102	2
紙面石膏 板 12mm+ 普通壁紙	Ab11	3.6	33.25	11	0	否	否	0.00481	90	2
	Ab12	3.8	13.25	10	0	否	否	0.00453	90	2
	Ab13	4.1	6.5	10	0	否	否	0.00466	88	2
紙面石膏 板 12mm+普 通壁紙*2	Ac11	3.7	83.5	31.5	4	否	否	0.02992	82	2
	Ac12	3.6	13.5	25.5	4	否	否	0.02964	85	2
	Ac13	3.45	113.5	23	4	否	否	0.02997	96	3
紙面石膏 板 12mm+ 防火壁布	Ad11	3.6	2	33	0	否	否	0.0049	83	2
	Ad12	>10	0	37	0	否	否	0.00468	92	2
	Ad13	>10	0	33	0	否	否	0.00444	85	2
紙面石膏 板 12mm+ 不處理	Af11	>10	0	6	0	否	否	0.00437	86	1
	Af13	>10	0	4	0	否	否	0.00441	88	1
	Af14	>10	0	5	0	否	否	0.00435	89	1
紙面石膏 板 9mm+ 防火壁紙	Ba11	3.8	40.75	14	0	否	否	0.00568	129	2
	Ba12	3.75	13.75	14	0	否	否	0.00578	108	2
	Ba13	3.6	48	15	0	否	否	0.00619	96	2
紙面石膏 板 9mm+ 普通壁紙	Bb11	3.9	4.25	13	0	否	0.2	0.00598	161	2
	Bb12	3.7	25.25	14	0	否	0.2	0.00597	150	2
	Bb13	3.9	9	12	0	否	0.1	0.0061	180	2
紙面石膏 板 9mm+普 通壁紙*2	Bc11	3.5	57.25	26	0	否	否	0.00617	86	2
	Bc12	3.6	57	24	0	否	0.1	0.00614	160	2
	Bc13	3.5	20	25	0	否	否	0.00636	119	2

紙面石膏板 9mm+ 防火壁布	Bd11	>10	0	51	0	否	0.2	0.00589	156	2
	Bd12	>10	0	35	0	否	0.1	0.00592	150	2
	Bd13	>10	0	39	0	否	0.1	0.00583	140	2
紙面石膏板 9mm+ 不處理	Bf15	>10	0	4	0	否	0.2	0.00607	166	1
	Bf16	>10	0	5	0	否	0.1	0.00555	178	1
	Bf17	>10	0	4	0	否	0.2	0.0054	162	1
矽酸鈣板+ 防火壁紙	Ca11	>10	0	21	0	否	否	0.00219	112	1
	Ca12	>10	0	19	0	否	否	0.00227	101	1
	Ca13	>10	0	22	0	否	否	0.00254	135	1
矽酸鈣板+ 普通壁紙	Cb11	>10	0	20	0	否	否	0.00244	127	1
	Cb12	>10	0	24	0	否	否	0.00257	130	1
	Cb13	>10	0	18	0	否	否	0.00235	141	1
矽酸鈣板+ 普通壁紙 *2	Cc11	3.5	49.5	16	0	否	否	0.00248	104	2
	Cc12	3.2	23	17	0	否	否	0.00256	112	2
	Cc13	3.4	42.25	16	0	否	否	0.00252	109	2
矽酸鈣板+ 防火壁布	Cd11	>10	0	57	0	否	否	0.0024	121	2
	Cd12	>10	0	48	0	否	否	0.00238	120	2
	Cd13	>10	0	53	0	否	否	0.0024	119	2
矽酸鈣板+ 不處理	Cf11	>10	0	0	0	否	否	0.00229	151	1
	Cf12	>10	0	0	0	否	否	0.00233	140	1
	Cf13	>10	0	0	0	否	否	0.00225	130	1
耐燃合板+ 防火壁紙	Da11	0.9	709.75	155	166	否	7	0.0177	140	級外
	Da12	3.1	760.75	158	182	否	4	0.01825	119	級外
	Da13	3.2	602.5	191	181	否	6	0.01903	122	級外
耐燃合板+ 普通壁紙	Db11	3.48	368	155	334	否	10	0.01709	110	級外
	Db12	3.25	585.25	122	326	否	10	0.01697	163	級外
	Db13	3.3	436.5	141	330	否	7	0.0183	130	級外
耐燃合板+ 普通壁紙 *2	Dc11	3.3	485.5	152	246	是	11	0.01822	130	級外
	Dc12	3.4	479	138	296	是	9	0.0169	162	級外
	Dc13	3.8	330	137	412	是	8.5	0.01708	110	級外
耐燃合板+ 防火壁布	Dd11	3.5	396.25	184	246	否	8	0.01841	144	級外
	Dd12	3.9	240.75	176	253	否	7	0.01931	150	級外
	Dd13	4	155	180	256	否	5	0.01955	130	級外
耐燃合板+ 防火塗料	De11	7.4	106.5	68	0	否	否	0.02615	100	3
	De12	8.35	38	56	0	否	否	0.02786	90	2

	De13	0	0	56	0	否	否	0.02759	70	1
耐燃合板+ 不處理	Df11	2.5	524.25	112.5	187	否	20	0.01759	170	級外
	Df12	2.6	440.25	120	174	否	13	0.01731	152	級外
	Df13	2.5	317	129	189	否	11	0.01724	155	級外
普通合板+ 防火壁紙	Ea11	3.2	760.5	92	400	有	否	0.0135	102	級外
	Ea12	1.5	809.25	101	610	有	0.1	0.01524	128	級外
	Ea13	1.75	643.25	99	640	有	0.2	0.01527	120	級外
普通合板+ 普通壁紙	Eb11	2.25	474.25	140	264	有	14	0.02063	189	級外
	Eb12	2.5	388.25	140	249	有	11.1	0.02056	200	級外
	Eb13	2.1	345	114	300	有	10.6	0.0194	190	3
普通合板+ 普通壁紙 *2	Ec11	3	336	112	671	有	0.8	0.02132	83	3
	Ec12	3.75	336.75	122	634	有	0.6	0.02177	89	級外
	Ec13	3.8	378	108	702	有	0.6	0.02214	87	級外
普通合板+ 防火壁布	Ed15	2.2	854.75	198	140	有	0.4	0.01576	140	級外
	Ed16	3.6	481.5	175	360	有	0.4	0.01615	131	級外
	Ed17	3.5	399.5	176	430	有	0.6	0.01509	120	級外
普通合板+ 防火塗料	Ee11	7.75	53.5	52	0	否	否	0.03105	60	2
	Ee12	7.5	0	41	0	否	否	0.03206	60	2
	Ee13	0	8.5	54	0	否	否	0.03113	82	2
普通合板+ 不處理	Ef11	1.3	570.5	108	250	否	7	0.01828	140	級外
	Ef12	1.4	509.75	120	229	否	9	0.01747	153	級外
	Ef13	1.5	579.5	158	326	否	6	0.01853	128	級外
木絲水泥 板+防火壁 紙	Fa11	4.5	275.25	10.5	5	否	否	0.0042	85	3
	Fa12	6.5	108.75	9	4	否	否	0.00351	70	3
	Fa13	6.2	119.25	11	5	否	否	0.00365	76	3
木絲水泥 板+普通壁 紙	Fb11	5.7	138	5	0	否	否	0.0034	62	3
	Fb12	6.6	82.5	7	0	否	否	0.00363	60	2
	Fb13	6.8	132.25	7	0	否	否	0.00356	64	3
木絲水泥 板+普通壁 紙*2	Fc11	7.4	59.75	30	25	否	否	0.03111	70	2
	Fc12	7.75	69.75	21	19	否	否	0.03093	67	2
	Fc13	7.6	60.75	23	22	否	否	0.03118	64	2
木絲水泥 板+防火壁 布	Fd11	7	103.5	48	16	否	否	0.03104	65	3
	Fd12	7.1	63	66	8	否	否	0.03028	74	3
	Fd13	7.9	137.5	50	20	否	否	0.03074	63	3

木絲水泥 板+ 不處理	Ff11	8	56.25	2	16	否	否	0.03057	77	2
	Ff12	7.25	95.25	1	14	否	否	0.03066	68	2
	Ff13	7.75	51.25	1	18	否	否	0.03075	60	2
美耐板+不 處理	Gf11	2	628.5	157	430	否	否	0.02047	76	級外
	Gf12	2.6	348	163	422	否	否	0.01758	82	級外
	Gf13	2.25	435.75	153	395	否	否	0.03864	85	級外
礦纖板+不 處理	Hf11	>10	0	0.5	0	否	否	0.03232	181	1
	Hf12	>10	0	0	0	否	否	0.03238	187	1
	Hf13	>10	0	1	0	否	否	0.03235	238	1

附錄二 目前基材試驗結果

試體名稱		試體序號	試體實驗前重量 (g)	最高溫度 ( )	起始溫度 ( )	溫度差 ( )	平均質量損失率 (g/s. m <sup>2</sup> )	是否符合耐燃一級要求
紙面石膏板 12mm	防火壁紙	Aa21	52.7	765.7	758.3	7.4	3.85	是
		Aa22	53.3	760	750.6	9.4	4.90	是
		Aa23	52.8	752	748.3	3.7	1.93	是
	普通壁紙	Ab21	53.4	763	752.1	10.9	5.68	是
		Ab22	53.3	762	755	7	3.65	是
		Ab23	53.2	760	753	7	3.65	是
	普通壁紙 *2	Ac21	53.9	768	751	17	8.85	是
		Ac22	54.7	764	754	10	5.21	是
		Ac23	54.4	762.7	753	9.7	5.05	是
	防火壁布	Ad21	53.5	756.3	752.2	4.1	2.14	是
		Ad22	53.1	763.2	756	7.2	3.75	是
		Ad23	53.3	751.6	745.4	6.2	3.23	是
	不處理	Af21	51.7	763	755.2	7.8	4.06	是
		Af22	52	757.3	753.2	4.1	2.14	是
		Af23	52.2	761	755	6	3.13	是
紙面石膏板 9mm	防火壁紙	Ba21	59.7	780	754.2	25.8	13.44	是
		Ba22	60.4	772	757.4	14.6	7.60	是
		Ba23	59.5	760.9	749.2	11.7	6.09	是
	普通壁紙	Bb21	52	760	752.3	7.7	4.01	是
		Bb22	51.9	760	753.2	6.8	3.54	是
		Bb23	51.8	753	752.1	0.9	0.47	是
	普通壁紙 *2	Bc21	54.4	779.2	741.2	38	19.79	是
		Bc22	55.1	764	747.2	16.8	8.75	是
		Bc23	56	767.8	749.9	17.9	9.32	是
	防火壁布	Bd21	55.8	760	753.4	6.6	3.44	是
		Bd22	54.9	763	750.1	12.9	6.72	是
		Bd23	55.6	765	751.1	13.9	7.24	是
	不處理	Bf21	54.7	780	754.6	25.4	13.23	是
		Bf22	54.1	765	753.1	11.9	6.20	是
		Bf23	54.5	761	750.9	10.1	5.26	是

矽酸鈣板	防火壁紙	Ca21	95.6	780	756.8	23.2	12.08	是
		Ca22	95.6	778	751.4	26.6	13.85	是
		Ca23	95.8	780	752.6	27.4	14.27	是
	普通壁紙	Cb21	98.4	783	756.4	26.6	13.85	是
		Cb22	98.8	763	758.3	4.7	2.45	是
		Cb23	96.7	776	751	25	13.02	是
	普通壁紙 *2	Cc21	94.4	759.9	752.4	7.5	3.91	是
		Cc22	93.8	770.2	748.2	22	11.46	是
		Cc23	94.1	767.4	752.1	15.3	7.97	是
	防火壁布	Cd21	97.4	760	748	12	6.25	是
		Cd22	96.7	763	749	14	7.29	是
		Cd23	97.3	765	753	12	6.25	是
	不處理	Cf21	93.2	770	748.1	21.9	11.41	是
		C22	92.9	758	753.2	4.8	2.50	是
		Cf23	91.3	753	750	3	1.56	是
耐燃合板	防火壁紙	Da21	34.6	882	749.2	132.8	69.17	否
		Da22	36	883	749.1	133.9	69.74	否
		Da23	34.4	881	741.9	139.1	72.45	否
	普通壁紙	Db21	39.7	884	755.6	128.4	66.88	否
		Db22	39.4	881	750.1	130.9	68.18	否
		Db23	40.8	878	745.7	132.3	68.91	否
	普通壁紙 *2	Dc21	38.9	891	752.1	138.9	72.34	否
		Dc22	39.2	877	752.1	124.9	65.05	否
		Dc23	38.8	900	751.9	148.1	77.14	否
	防火壁布	Dd21	38.9	840	747.2	92.8	48.33	否
		Dd22	38.6	896	750.8	145.2	75.63	否
		Dd23	40.1	889	752.1	136.9	71.30	否
	防火塗料	De21	34.3	897	750.2	146.8	76.46	否
		De22	36	893	750.4	142.6	74.27	否
		De23	35	881	755.8	125.2	65.21	否
	不處理	Df21	36.1	860	754	106	55.21	否
		Df22	36.8	885	752.5	132.5	69.01	否
		Df23	36.8	867	752.8	114.2	59.48	否
普通合板	防火壁紙	Ea21	47.8	873	749.8	123.2	64.17	否
		Ea22	47.6	893	743.3	149.7	77.97	否
		Ea23	48.1	901	751.5	149.5	77.86	否
	普通壁紙	Eb21	38.6	882	747.5	134.5	70.05	否
		Eb22	38.1	873	750.2	122.8	63.96	否

	普通壁紙 *2	Eb23	40.2	843	752.8	90.2	46.98	否	
		Ec21	58.7	905	754.4	150.6	78.44	否	
		Ec22	59.4	881	749.8	131.2	68.33	否	
		Ec23	59.4	883	745.6	137.4	71.56	否	
	防火壁布	Ed21	42.9	880	752.1	127.9	66.61	否	
		Ed22	48.7	882	747.6	134.4	70.00	否	
		Ed23	46.5	902	750.4	151.6	78.96	否	
	防火塗料	Ee21	47.2	884	746.7	137.3	71.51	否	
		Ee22	48.4	880	748.6	131.4	68.44	否	
		Ee23	52.1	872	743.9	128.1	66.72	否	
	不處理	Ef21	49.7	891	743.7	147.3	76.72	否	
		Ef22	43.3	899	749.8	149.2	77.71	否	
		Ef23	39.7	899	750.2	148.8	77.50	否	
	木絲水泥板	防火壁紙	Fa21	94.4	875	751	124	64.58	否
			Fa22	92.2	898	751	147	76.56	否
Fa23			93	890	750	140	72.92	否	
普通壁紙		Fb21	96.3	897	754	143	74.48	否	
		Fb22	95.6	900	745	155	80.73	否	
		Fb23	94.2	900	752.1	147.9	77.03	否	
普通壁紙 *2		Fc21	96.4	883	747	136	70.83	否	
		Fc22	94.4	897	746	151	78.65	否	
		Fc23	95	885	745	140	72.92	否	
防火壁布		Fd21	92.4	892	744.1	147.9	77.03	否	
		Fd22	93.6	901	740.9	160.1	83.39	否	
		Fd23	95.3	890	747.6	142.4	74.17	否	
不處理		Ff21	90.5	950	746.6	203.4	105.94	否	
		Ff22	89.3	912	754	158	82.29	否	
		Ff23	91.3	972	754	218	113.54	否	
美耐板	不處理	Gf21	36.4	882	748.6	133.4	69.48	否	
		Gf22	34.4	883	753.9	129.1	67.24	否	
		Gf23	35.7	879	750.1	128.9	67.14	否	
礦纖板	不處理	Hf21	40.2	774	750	24	12.50	是	
		Hf22	39.7	776	750	26	13.54	是	
		Hf23	39.8	767	751	16	8.33	是	



附錄三 目前圓錐量熱儀試驗結果

試體名稱	試體編號	熱通量 (kW/m <sup>2</sup> )	尖峰熱釋放率 (kW/m <sup>2</sup> )	發生時間 (sec)	平均熱釋放率 (kW/m <sup>2</sup> )	60秒之平均熱釋放率 (kW/m <sup>2</sup> )	180秒之平均熱釋放率 (kW/m <sup>2</sup> )	300秒之平均熱釋放率 (kW/m <sup>2</sup> )	總熱釋放率 (MJ/m <sup>2</sup> )	平均有效燃燒熱 (MJ/kg)	Average Specific Ext Area (m <sup>2</sup> /kg)	平均質量損失率 (g/s · m <sup>2</sup> )	Entered Initial Specific Mass (g)	Measured Final Specific Mass (g)	平均CO產量 (kg/kg)	平均CO <sub>2</sub> 產量 (kg/kg)	引燃時間 (s)
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙	Ab51	50	118.6	44	5.85	47.56	23.77	16.58	11.1	4.58	28.99	2.232	87.4	64.48	1.483	27.853	24.94
	Ab52	50	108.06	42	3.44	47.16	21.91	13.67	7.92	2.62	41.2	2.21	87.4	64.01	0.732	74.152	20.96
	Ab53	50	95.66	43	-1.34	38.13	15.45	8.3	3.65	-1.15	-30.11	2.563	83.6	62.41	0.499	29.724	27.09
	Ab54	30	75.2	108	2.64	2.89	2.48	2.53	8.71	3.68	-131.7	1.523	83.4	60.52	15.746	167.36	0
	Ab56	30	13.34	215	-4.98	-6.99	-7.08	-6.64	1.32	-3.41	246.09	2.064	84.5	64.08	6.318	68.537	0
	Ab57	15	11.79	104	0.12	2.72	1.01	0.53	3.4	0.96	-198.4	1.869	84.4	63.81	4.489	47.174	0
	Ab58	15	4.89	734	-2.06	-1.69	-1.52	-1.67	0	-2.73	72.04	1.496	84.4	68.18	0.974	137.81	0
	Ab59	15	9.89	425	-4.09	-2.88	-2.74	-3	2.11	-1.5	90.26	1.269	84.5	66.21	14.166	261.57	0
紙面石	Af52	50	66.555	59	0.11	27.21	10.64	6.19	3.36	0.12	13.74	2.23	79	60.43	0.146	4.052	40.87

膏板 12mm+ 不處理	Af53	50	73.06	59	0.86	31.24	12.46	7.57	4.65	0.68	-31.06	1.865	80.8	57.89	23.708	149.18	43.33
	Af54	30	19.14	173	0	0	0	0	9.52	4.66	-38.84	1.451	80.1	60.7	1.986	81.74	0
	Af55	30	21.17	1399	0	0	0	0	21.84	10.61	12.22	1.506	80.2	59.65	6.403	24.383	0
	Af56	30	19.13	195	0	0	0	0	15.5	6.8	-132	1.675	80.1	57.23	1.926	11.661	0
	Af57	15	12.5	1477	0	0	0	0	8.68	5.28	79.16	1.067	79.7	63.55	7.935	4.863	0
	Af58	15	11.68	1709	0	0	0	0	3.25	0.68	219.66	1.109	79.7	61.4	11.722	0.113	0
	Af59	15	11.95	1657	0	0	0	0	5.27	2.44	189.88	0.996	80.3	63.4	0.194	0.003	0
紙面石 膏板 9mm+普 通壁紙	Bb51	50	114.37	45	4.27	45.2	22.46	15.25	9.1	4.26	104.8	2.639	66.5	48.47	23.131	36.984	27.27
	Bb52	50	106.69	42	3.65	42.78	20.61	13.48	8.06	3.77	465.77	3.056	66.2	48.94	15.975	85.156	25.12
	Bb53	50	108.37	42	3.33	42	20.9	13.6	7.76	2.89	-54.82	3.51	66.6	45.99	14.289	58.232	22.05
	Bb54	30	15.74	234	0.71	5.91	5.58	4.19	6.32	3.27	214.18	2.552	65.8	50.2	1.48	88.875	0
	Bb55	30	15.94	263	-3.07	0.58	0.2	-0.73	2.83	-0.89	-21097	3.103	66	44.77	3.112	36.333	0
	Bb56	30	58.28	113	3.62	18.92	11.76	8.95	7.24	3.7	-126.3	2.166	66.3	49.27	3.095	93.599	93.59
	Bb57	15	16.52	16	-1.35	0.18	-0.37	-1.03	2.1	-0.79	-91.64	1.217	66.1	49.73	0	11.118	0
	Bb58	15	11.2	8	1.46	1.71	1.33	1.34	3.95	1.36	-191.5	1.425	66	48.55	0.888	42.723	0
紙面石 膏板 9mm + 不處理	Bf51	50	60.76	58	-1.16	20.52	6.82	2.91	2.53	-1.32	-70.71	2.775	63.2	46.62	0.923	26.066	39.58
	Bf52	50	63.31	58	4.49	26.7	11.43	7.7	8.26	5.49	-16.79	2.46	62.4	47.74	7.086	8.284	41.49
	Bf53	50	64.8	64	3.45	28.11	12.7	8.65	6.93	4.13	249.17	2.722	64.4	49.36	6.682	21.662	44.78
	Bf54	30	21.31	214	0	0	0	0	11.17	7.22	73.17	2.073	64.8	49.34	0.454	37.772	0
	Bf55	30	19.69	244	0	0	0	0	7.99	4.94	-17.8	1.96	64.4	48.86	10.391	19.231	0

附錄三 目前圓錐量熱儀試驗結果

	Bf56	30	14.55	225	0	0	0	0	2.1	-0.32	-6.61	2.007	64.2	48.88	5.263	44.824	0
	Bf57	15	10.98	1593	0	0	0	0	6.28	4.03	-359.9	1.014	64.5	50.85	60.472	62.75	0
	Bf58	15	12.81	1581	0	0	0	0	6.81	3.98	-248.7	1.096	64.6	49.96	5.825	0.2815	0
	Bf59	15	16.27	1761	0	0	0	0	3.82	2.7	960.01	1.125	64.4	48.78	14.389	1.4059	0
耐燃合板+普通壁紙	Db51	50	223.85	508	47.71	64.22	77.22	84.67	85.56	14.82	37.05	5.932	64.4	6.71	5.549	326.6	7.56
	Db52	50	236.9	440	35.86	96.93	73.03	60.98	64.2	11.2	-92354	6.41	51.7	-5.49	25.724	310.07	11.82
	Db53	50	241.8	466	53.48	81.66	90.01	82.79	95.89	17.48	19.16	5.13	60.8	5.94	72.906	396.78	9.32
	Db54	30	174.45	649	28.14	40.38	18.22	15.66	49.59	9.87	255.46	4.883	60.2	9.96	9.235	238.58	43.52
	Db55	30	255.3	578	37.57	56.51	49.54	42.7	66.88	14.37	11.76	4.061	53	6.47	3.095	313.93	21.39
	Db56	30	167.95	559	33.57	63.62	47.5	38.7	59.79	14.2	23.43	3.55	49.6	7.5	6.068	325.42	22.84
耐燃合板+不處理	Df51	50	185.18	432	42.63	85.56	62.02	70.4	75.65	15.03	55.95	4.477	54.1	3.78	14.726	370.36	27.88
	Df52	50	220.07	555	50.47	74.15	77.95	76.36	88.89	12.33	31.34	6.491	80.9	9.03	4.973	366.97	40.09
	Df53	50	195.71	454	48.9	98.5	72.22	72.41	87.15	15.52	91.4	4.654	58.4	2.26	15.985	443.56	20.64
	Df54	30	139.37	141	20.07	72.72	28.33	18.2	34.3	6.59	272.26	4.277	56.2	5.49	25.154	333.89	116.35
	Df55	30	149.49	624	35.81	76.37	38.15	27.47	60.32	11.84	158.91	4.223	57.2	6.19	21.927	378.14	125.64
	Df57	15	2.47	225	-9.29	-8.9	-9.02	-8.84	0	-6.66	41.92	1.309	56.5	36.28	0.675	37.023	0
	Df58	15	0	0	-59	-55.52	-56.64	-57.47	0	-46.47	157.3	1.467	56.3	39.7	4.538	26.1	0
	Df59	15	188.95	1778	29.38	-1.67	-2.6	-2.58	27.52	6.56	-127.6	2.732	57.8	20.88	0.247	53.25	0

普通合板+普通壁紙	Eb51	50	208.63	479	47.23	74.39	83.05	81.09	84.47	13.58	-29267	6.389	65.1	2.94	11.097	294.68	14.59
	Eb52	50	245.42	434	51.85	84.6	90.66	88.62	92.72	16.93	26.5	5.386	61.3	6.53	23.563	369.67	14.22
	Eb53	50	193.86	450	42.34	74.99	79.09	80.21	75.76	12.23	-5059	6.212	60.4	-1.5	20.835	290.27	11.36
普通合板+不處理	Ef51	50	212.04	45	20.84	27.01	25.29	24.39	84.48	12.66	-13013	5.79	60.5	-6.16	13.507	428.78	21
	Ef52	50	192.47	433	18.89	21.33	20.03	19.72	78.79	14.64	81.04	4.901	58.9	5.08	6.604	318.56	11
	Ef53	50	231.92	442	47.87	113.56	86.51	76.12	85.39	14.78	36.44	5.646	64	6.22	8.291	336.16	19.23
	Ef54	30	134.52	124	41.65	83.94	55.92	50.45	71.21	12.9	6.71	3.992	60.2	5	36.82	445.15	94.81
	Ef55	30	146.04	641	0	0	0	0	72.37	13.49	6.89	4.618	60	6.43	14.652	386.64	113
	Ef56	30	171.06	671	46.57	90.68	59.12	49.97	80.21	13.88	-173.2	4.997	67.6	9.81	7.176	366.73	85.71
	Ef57	15	120.54	1389	86.62	61.22	78.43	82.53	40.74	9.19	85.65	3.005	68.2	26.29	16.32	80.99	1347.9
	Ef58	15	156.85	1745	119.9	79.54	105.2	118.61	63.16	15.96	36.3	2.7	68	28.42	48.797	126.82	1484.6
	Ef59	15	154.91	1797	111.8	87.79	107.13	0	28.11	8.53	92.35	2.047	68.9	36.74	0.24	30.657	1598.9
木絲水泥板+不處理	Ff51	50	78.71	838	18.91	52.92	60.4	49.26	29.75	5.57	-2E+05	17.361	184.8	131.99	6.927	76.499	737.15
	Ff52	50	64.68	449	7.36	12.92	11.96	12.36	16.98	3.09	-2E+05	12.49	160.2	105.78	23.314	16.876	605.72
	Ff54	30	54.29	1201	20.13	27.52	38.27	37.76	18.15	3.64	106.61	3.665	147.8	99.25	5.057	102.64	1071.2
	Ff55	30	7.82	8	-14.56	-12.72	-12.8	-12.85	0.17	-4	31.92	3.47	149	104.33	2.105	24.353	0
	Ff56	30	0	0	-61.6	-36.95	-30.99	-42.14	0	-26.36	42.53	3.722	145.9	98	4.775	45.761	1097.1
	Ff57	15	6.97	589	-0.19	-0.28	-0.48	-0.46	2.12	-0.09	18.54	1.776	15.07	-6.47	1.747	39.263	0
	Ff58	15	5.21	15	-1.9	-1.14	-0.92	-1	0.59	-2.02	-161.2	1.705	147.8	128.17	8.95	100.94	0

附錄三 目前圓錐量熱儀試驗結果

	Ff59	15	12.58	25	-2.11	-1.45	-1.78	-1.99	0.61	-1.9	-145.5	1.784	151.2	128.42	0.807	58.092	0
美耐板 +不處 理	Gf52	50	209.27	86	57.05	141.28	140.55	112.92	99.97	12.54	-1358	7.635	98.8	11.19	5.066	224.3	49.19
	Gf54	50	233.27	123	61.06	171.35	163.98	127.02	107.79	17.08	53.45	5.29	71.7	8.62	24.713	320.9	37.68
	Gf55	50	247.5	89	67.18	178.9	161	122.43	88.74	14.64	28.33	6.81	67	6.43	3.28	228.6	42.59
	Gf56	30	152.28	183	45.05	97.38	110.32	86.7	77.15	10.8	-5072	5.316	81	9.68	4.035	340.48	89.03
	Gf57	30	158.35	107	59.82	115.8	115.92	93.75	103.07	13.14	-8145	6.001	87.7	9.32	0.904	223.58	82.84
	Gf58	30	158.37	899	63.78	114.02	110.63	95.21	113.24	15.5	-225.9	6.271	88.3	15.23	0.241	240.99	30.31
	Gf510	15	21.46	1695	0	0	0	0	16.19	7.18	114.08	1.41	88	65.72	15.943	0.023	0
	Gf511	15	67.3	1579	0	0	0	0	17.04	8.42	-3E+06	1.393	92.5	73.45	5.347	6.12	0
	Gf512	15	81.51	0	0	0	0	0	44.85	10.79	9.72	2.491	79.6	38.38	36.103	144.16	0
	礦纖板 +不處 理	Hf51	50	19.88	69	-9.87	7.54	5.57	3.45	1.33	-29.5	1092.6	0.747	47.6	41.6	19.596	121.78
Hf52		50	29.56	49	-2.82	16.09	11.08	9.15	2.92	-6.5	-42070	3.679	47.3	39.47	14.586	174.62	23.44
Hf53		50	28.44	53	0	0	0	0	3.09	9.66	569.47	21.503	47.2	44.01	50.398	750.09	0
Hf54		30	18.27	83	0	0	0	0	5.8	11.13	67	1.435	49	44.96	9.957	114.19	0
Hf55		30	15.65	96	0	0	0	0	4.6	7.84	156.8	1.555	47.8	43.89	9.714	114.07	0
Hf56		30	16.59	94	0	0	0	0	4.99	10.54	231.7	1.46	47.7	44.17	14.549	112.1	0
Hf57		15	20.82	1789	0	0	0	0	16.1	58.3	3590.5	0.306	46.9	44.16	35.473	0	0
Hf58		15	19.96	807	0	0	0	0	16.54	45.56	1154.1	0.423	47.2	43.63	147.66	101.76	0
Hf59		15	25.15	1473	0	0	0	0	22.49	55.22	1932.8	0.412	45.8	40.82	256.35	206.42	0



附錄四 目前牆面側向火焰延燒試驗結果

試驗材料	編號	試驗進行時間 (sec)	引燃熱量 (kW/m <sup>2</sup> )	維持延燒 熱量 (kW/m <sup>2</sup> )	熄滅臨 界熱通 量 (kW/m <sup>2</sup> )	加熱失 重(g)	試體重 量(kg)	平均質量 損失率 (g/s.m <sup>2</sup> )
紙面石膏板 12mm+ 防火壁紙	Aa33	600	N. I	N. I.	N. I.	103.5	1050.2	0.139113
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙	Ab31	600	N. I	N. I.	N. I.	104.3	1046.1	0.140188
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙	Ab32	600	N. I	N. I.	N. I.	113.7	1044.6	0.152823
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙	Ab34	600	N. I	N. I.	N. I.	116.5	1037	0.156586
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙*2	Ac31	600	N. I	N. I.	N. I.	114	1073	0.153226
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙*2	Ac33	600	N. I	N. I.	N. I.	106.2	1075.6	0.142742
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙*2	Ac34	600	N. I	N. I.	N. I.	123.3	1081.9	0.165726
紙面石膏板 12mm+ 普通壁紙	Ad33	600	N. I	N. I.	N. I.	126.1	1052.4	0.169489
紙面石膏板 12mm+ 防火壁布	Ad34	600	N. I	N. I.	N. I.	126.5	1050.8	0.170027
紙面石膏板 12mm+ 不處理	Af31	600	N. I	N. I.	N. I.	142.8	1012.2	0.191935
紙面石膏板 12mm+ 不處理	Af33	600	N. I	N. I.	N. I.	113.1	1016.5	0.152016
紙面石膏板 12mm+ 不處理	Af34	600	N. I	N. I.	N. I.	103.2	1017.5	0.13871
紙面石膏板 9mm+ 防火壁紙	Ba31	600	188.8	134.33	17.8	106.5	826.5	0.143145

紙面石膏板 9mm+ 防火壁紙	Ba32	600	N. I	N. I.	N. I.	109.4	823	0.147043
紙面石膏板 9mm+ 防火壁紙	Ba33	600	N. I	N. I.	N. I.	200.3	823.8	0.26922
紙面石膏板 9mm+ 防火壁紙	Ba34	600	N. I	N. I.	N. I.	105.3	824.9	0.141532
紙面石膏板 9mm+ 普通壁紙	Bb31	600	N. I	N. I.	N. I.	118.4	840.7	0.15914
紙面石膏板 9mm+ 普通壁紙	Bb32	600	N. I	N. I.	N. I.	107.4	845.2	0.144355
紙面石膏板 9mm+ 普通壁紙	Bb34	600	N. I	N. I.	N. I.	115.3	842.5	0.154973
紙面石膏板 9mm+ 防火壁布	Bd31	600	N. I	N. I.	N. I.	108.1	835.7	0.145296
紙面石膏板 9mm+ 防火壁布	Bd32	600	N. I	N. I.	N. I.	114.7	850.8	0.154167
紙面石膏板 9mm+ 防火壁布	Bd33	600	N. I	N. I.	N. I.	139.7	852.3	0.187769
紙面石膏板 9mm+ 不處理	Bf31	600	N. I	N. I.	N. I.	96.7	822.3	0.129973
紙面石膏板 9mm+ 不處理	Bf33	600	N. I	N. I.	N. I.	102.7	848.7	0.138038
紙面石膏板 9mm+ 不處理	Bf34	600	N. I	N. I.	N. I.	83.6	840	0.112366
矽酸鈣板+防火壁 紙	Ca33	600	N. I	N. I.	N. I.	108.8	1982	0.146237
矽酸鈣板+防火壁 紙	Ca34	600	N. I	N. I.	N. I.	122.8	1987.5	0.165054
矽酸鈣板+普通壁 紙	Cb32	600	N. I	N. I.	N. I.	86.3	1938.4	0.115995
矽酸鈣板+普通壁 紙	Cb34	600	N. I	N. I.	N. I.	85.6	1935.9	0.115054
矽酸鈣板+普通壁 紙*2	Cc32	600	N. I	N. I.	N. I.	87	1936.5	0.116935
矽酸鈣板+防火壁 布	Cd32	600	N. I	N. I.	N. I.	13.6	1195.8	0.01828

附錄四 目前牆面側向火焰延燒試驗結果

矽酸鈣板+不處理	Cf31	600	N. I	N. I.	N. I.	97.9	1953.4	0.131586
矽酸鈣板+不處理	Cf32	600	N. I	N. I.	N. I.	83	1830.4	0.111559
矽酸鈣板+不處理	Cf33	600	N. I	N. I.	N. I.	96.2	1889.6	0.129301
耐燃合板+防火壁紙	Da31	600	N. I	N. I.	N. I.	144.6	1203.5	0.194355
耐燃合板+防火壁紙	Da33	1270	0	15952.08	12.7	250.3	1186	0.158941
耐燃合板+防火壁紙	Da34	1272	0	11384.75	17.8	534.8	1196.4	0.339065
耐燃合板+普通壁紙	Db31	600	N. I	N. I.	N. I.	259	953	0.348118
耐燃合板+普通壁紙*2	Dc31	600	N. I	N. I.	N. I.	64.1	1216.7	0.086156
耐燃合板+普通壁紙*2	Dc34	1765	0	8257.58	8.9	550.2	1178.8	0.251394
耐燃合板+普通壁紙*2	Dc32	1510	0	14389.83	23.9	650.6	1158.3	0.347468
耐燃合板+防火壁布	Dd31	1141	0	14004.25	8.9	407.6	780.1	0.288089
耐燃合板+防火壁布	Dd32	1020	0	12090	8.9	430.9	794.4	0.340686
耐燃合板+防火壁布	Dd33	1020	0	34433	8.9	1042.1	784.3	0.823925
耐燃合板+防火塗料	De32	600	N. I	N. I.	N. I.	65.4	1050.5	0.087903
耐燃合板+防火塗料	De33	600	N. I	N. I.	N. I.	127	1037.1	0.170699
耐燃合板+防火塗料	De34	600	N. I	N. I.	N. I.	65.2	1032.1	0.087634
耐燃合板+不處理	Df31	600	N. I	N. I.	N. I.	276.1	993.3	0.371102
耐燃合板+不處理	Df32	600	N. I	N. I.	N. I.	944.2	1158.6	1.269086

耐燃合板+不處理	Df33	1620	0	32399.2	6	696.5	1175.5	0.346724
普通合板+防火壁紙	Ea31	900	0	3022.5	8.9	518.6	1009.6	0.464695
普通合板+防火壁紙	Ea32	1200	0	2350.83	12.7	556	1003.2	0.373656
普通合板+防火壁紙	Ea33	1230	0	7724.17	8.9	544.4	1017.2	0.356937
普通合板+普通壁紙	Eb31	1260	0	2015	4.3	393.4	701.2	0.251792
普通合板+普通壁紙	Eb32	1260	0	1343.33	6	376.6	715.9	0.241039
普通合板+普通壁紙*2	Ec32	1275	0	80.6	8.9	415.9	743.5	0.263061
普通合板+防火塗料	Ee31	600	N. I	N. I.	N. I.	65.8	706.9	0.088441
普通合板+防火塗料	Ee32	600	N. I	N. I.	N. I.	60.7	746.7	0.081586
普通合板+防火塗料	Ee33	600	N. I	N. I.	N. I.	71.7	866.8	0.096371
普通合板+不處理	Ef32	1067	0	2108.8	4.3	520.2	919	0.393174
普通合板+不處理	Ef34	1253	0	4365.83	1.4	557.8	847	0.359009
木絲水泥板+防火壁紙	Fa32	600	N. I	N. I.	N. I.	184.5	1969.8	0.247984
木絲水泥板+防火壁紙	Fa33	600	N. I	N. I.	N. I.	157	1981.6	0.211022
木絲水泥板+防火壁紙	Fa34	600	N. I	N. I.	N. I.	158.5	1967.6	0.213038
木絲水泥板+普通壁紙	Fb31	600	N. I	N. I.	N. I.	149.4	1982.7	0.200806
木絲水泥板+普通壁紙	Fb34	600	N. I	N. I.	N. I.	144.6	1203.5	0.194355
木絲水泥板+防火壁布	Fd32	600	N. I	N. I.	N. I.	156.5	2090.6	0.210349

附錄四 目前牆面側向火焰延燒試驗結果

木絲水泥板+防火壁布	Fd33	600	N. I	N. I.	N. I.	72.1	2037.6	0.096909
木絲水泥板+防火壁布	Fd34	600	N. I	N. I.	N. I.	148	2001.1	0.198925
木絲水泥板+不處理	Ff31	600	N. I	N. I.	N. I.	194.3	1996.1	0.261156
木絲水泥板+不處理	Ff34	600	N. I	N. I.	N. I.	196.5	2025.9	0.264113
美耐板+不處理	Gf32	1550	0	7074.33	8.9	524.9	959	0.273101
美耐板+不處理	Gf33	1170	0	11082.5	12.7	6332	977.1	4.364489
美耐板+不處理	Gf34	1163	0	7824.92	17.8	332.8	1022.3	0.230771
礦纖板+不處理	Hf31	600	N. I	N. I.	N. I.	28.4	600.2	0.038172
礦纖板+不處理	Hf32	600	N. I	N. I.	N. I.	29.7	600.3	0.039919
礦纖板+不處理	Hf33	600	N. I	N. I.	N. I.	29.6	573.6	0.039785

“N. I.” 代表試件未引燃



## 附錄五 中標局八十五年計畫數據

## 一、試驗材料表

編號	試驗材料名稱	厚度(mm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	備註
1	矽酸鈣板 A	12.7	0.82	膠合劑為漿糊
2	矽酸鈣板 A+壁布(0.6 mm)	-----	-----	膠合劑為漿糊
3	矽酸鈣板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 300g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
4	矽酸鈣板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 300g/m <sup>2</sup> , 2層)	-----	-----	膠合劑為漿糊
5	矽酸鈣板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 250g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
6	矽酸鈣板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
7	紙面石膏板 A	11.9	0.77	
8	紙面石膏板 A+壁布(0.6 mm)	-----	-----	膠合劑為漿糊
9	紙面石膏板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 300g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
10	紙面石膏板 A+壁紙(PVC, 0.5 mm, 250g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
11	紙面石膏板 A+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
12	紙面石膏板 A+耐燃合板(12mm)+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
13	紙面石膏板 A+耐燃合板(2.4mm)+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
14	鎂板+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
15	耐燃合板(12mm)	12.0	0.56	
16	耐燃合板(12mm)+壁布(0.6 mm)	-----	-----	膠合劑為漿糊
17	耐燃合板(12mm)+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 300g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
18	耐燃合板(12mm)+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 250g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
19	耐燃合板(12mm)+壁紙(FR-PVC, 0.5 mm, 215g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
20	耐燃合板(12mm)+美耐板(0.8 mm)	-----	-----	膠合劑為漿糊

21	普通合板(12 mm)+壁紙(PVC, 0.5 mm, 250g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
22	普通合板(3 mm)+壁紙(PVC, 0.5 mm, 250g/m <sup>2</sup> )	-----	-----	膠合劑為漿糊
23	木粒片水泥板 A	11.9	1.33	
24	麗光板	2.9	0.69	
25	塑膠地磚	1.7	-----	
26	地毯	6.4	-----	
27	木質地板	-----	-----	
28	玻璃纖維強化水泥板	7.8	1.75	
29	輕質混凝土板	12.5	1.08	
30	石膏複合板	50.0	-----	重量 29kg/m <sup>2</sup>
31	木絲水泥板	16.5	0.40	
32	紙面石膏板 B	13.0	0.78	
33	礦纖板	16.0	0.20	
34	木粒片水泥板	9.8	1.31	
35	防火塗裝木材	15.1	-----	重量 7.9kg/m <sup>2</sup>
36	化學玻璃棉板	18.4	0.12	
37	耐燃木板	22.4	0.55	
38	樹脂注入處理木質板	12.7	1.40	
39	木粒片板	12.0	0.93	
40	鋁箔紙積層複合板	5.0	0.85	
41	美耐飾面纖維板	7.4	0.89	
42	電木板(酚醛樹脂含浸紙板)	6.7	1.46	
43	耐燃聚乙烯發泡板(PE)	10.5	0.15	
44	聚乙烯樹脂板(PE)	10.7	0.92	
45	聚甲基丙烯酸甲脂樹脂板(PMMA)	24.5	1.19	
46	矽酸鈣板 B	11.5	0.86	
47	紙面石膏板 C	12.0	0.75	
48	纖維水泥板	8.2	1.30	
49	岩棉板	24.5	0.28	
50	蛭石板	16.0	0.68	
51	木粒片水泥板 B	12.7	1.26	
52	玻璃纖維強化塑膠板	2.0	1.60	
53	熱固性樹脂硬質發泡板	21.4	0.06	
54	化妝熱固性樹脂板	12.0	1.47	
55	耐燃纖維板	14.6	0.82	
56	玻璃棉板	14.2	0.06	
57	紙面石膏板 D			

## 二、表面試驗結果

試驗材料編號	加熱時間 (min)	tc(sec)	td $\theta$ (°C-min)	發煙係數	殘焰時間	龜裂等現象	判定等級
1	10	>10 min	0	0	0	無	一級
2	10	324	22.5	87.5	0	無	三級
3	10	>10 min	0	72	0	無	三級
4	10	231	34	73	0	無	三級
5	10	>10 min	0	443	0	無	二級
6	10	>10 min	0	71	0	無	三級
7	10	>10 min	0	34.3	0	無	二級
8	10	206	151.7	75	0	無	三級
9	10	233	34	42	0	無	二級
10	10	210	116	19	0	無	三級
11	10	230	4.7	64.3	0	無	三級
12	10	215	36	44	0	無	二級
13	10	>10 min	0	78	0	無	三級
14	10	>10 min	0	63.6	0	無	三級
15	6	229.7	104.7	9.3	36	無	未達
16	6	136	258	107	32	無	未達
18	6	207	190.6	44	23	無	三級
19	6	209	177.7	60	12	無	三級
20	6	47.3	195	104	34	無	未達
21	6	223	192	91	488	無	未達
22	6	97	388	87	37	貫穿	未達
23	10	370	151.6	1	0	無	三級
29	10	>10 min	0	0	0	無	一級
30	10	>10 min	0	0	0	無	一級
31	10	>10 min	0	21.3	0	無	一級
32	10	254	8.25	3.5	0	無	二級
33	10	224	91.7	4.5	0	無	二級
34	6	218	50.5	3.5	0	無	三級
35	6	286	19	0	0	無	三級
36	6	>10 min	0	46.5	0	無	三級
37	6	28	66	16	0	無	未達

38	6	215	229	7.3	0	無	未達
39	6	221	243.7	42.6	81.3	無	未達
40	6	158	342.5	124.5	78	無	無
41	6	188	396	21.3	77.7	無	無
42	6	204	221.5	84	792.5	不合格	不合格
43	6	203	238.3	46	211	不合格	不合格
47	10	>10 min	0	0	0	合格	合格
48	10	>10 min	0	0	0	無	無
49	6	>6 min	0	0	0	合格	合格
50	10	>10 min	0	0	0	無	無
51	10	>10 min	0	0	0	無	無
52	6	274	27	0	0	無	無
53	6	238	46.9	71	1907	無	無
54	6	222	51.3	13.7	12.7	無	無
55	6	223	143.4	31.7	57	無	無
56	6	232	106.2	33	24.7	無	無
57	6	>6 min	0	0	0	無	無

### 三、圓錐量熱儀試驗結果

試驗材料編號	引燃時間 (sec)	HRR 峰質 (kW/m <sup>2</sup> )	HRR 峰質時間 (sec)	平均 HRR (kW/m <sup>2</sup> )	THR (kW/m <sup>2</sup> )	HOC (MJ/kg)	MLR (g/s· m <sup>2</sup> )
1	N. I	6.62	78	3.36	0.34	0.13	6.03
2	47.73	228.73	67	28.05	8.37	4.53	2.75
5	23.87	110.87	33	27.06	3.22	1.87	3.31
6	36.45	52.87	42	11.09	1.96	0.96	3.17
7	38.87	103.4	46	9.61	3.37	1.5	5.27
8	45.65	313.74	58	38.81	9.62	3.82	4.63
10	17.07	146.75	23	28.87	5.85	2.74	5.06
11	36.52	110.81	45	25.31	5.07	2.67	4.2
12	29.20	114.76	41	28.26	5.7	1.95	3.71
14	N. I	8.07	29	3.99	0.4	0.18	5.19
15	175.00	99.26	436	28.5	54.99	10.49	1.73
16	31.23	270.45	40	38.76	75	10.8	3.24
18	7.76	134.54	11	30.65	58.93	10.74	3.12
19	21.13	120.49	437	37.7	60.06	10.63	2.49
21	12.46	238.77	557	58.51	121.82	15.12	3.83
22	9.04	272.91	80	47.85	30.66	15.7	2.01
23	545.80	80.91	701	26.14	29.59	5.61	1.76
24	31.63	337.35	78.67	54.1	28.46	14.86	1.74
25	27.52	210.15	40	19.48	10.68	16.45	2.41
27	30.63	492.25	50	105.05	58.59	20.86	4.53
29	N. I	8.52	-----	2.57	1.74	1.2	2.72
30	N. I	8.1	-----	1.93	1.39	1	2.39
31	52.75	81.54	-----	6.99	4.05	2.76	2.52
32	N. I	30.53	-----	18.1	11.92	5.22	3.71
33	46.31	92.46	-----	11.3	6.47	3.47	3.25
34	N. I	17.58	-----	9.62	5.77	6.81	1.57
35	443.87	86.28	-----	26.01	23.41	11.37	4.43
36	616.69	58.18	-----	13.79	12.54	3.98	2.39
37	N. I	8.92	-----	1.85	1.46	4.85	0.47
38	69.29	66.89	-----	44.18	39.91	6.4	6.58
39	63.94	92.34	-----	60.86	54.98	9.37	6.41
40	56.48	205	-----	91.99	82.89	12.78	8.42

41	343.09	170.5	-----	72.19	64.76	18.27	3.93
42	45.69	252.62	-----	99.92	62.78	11.65	12.4
43	122.30	171.35	-----	78.68	41.26	10.65	9.04
44	17.91	189.48	-----	71.45	13.97	12.34	8.17
45	58.18	1588.1	-----	384.48	346.08	36.38	9.83
46	27.15	594.76	-----	506.74	457.42	23.64	20.72

#### 四、牆面火焰側向延燒試驗結果

編號	引燃時間(sec)	火焰熄滅位置(sec)	火焰熄滅時間(sec)	引燃熱量((kW/m <sup>2</sup> )sec)	維持延燒熱量((kW/m <sup>2</sup> )sec)	熄滅臨界熱通量(kW/m <sup>2</sup> )
1	N. I	---	---	---	---	---
2	104.95	273	204.6	5474.1	5781	34.45
3	27	256	79.17	1491.2	2013.4	35.9
5	28.12	265	125.8	1867.7	2173.4	35.91
6	N. I	---	---	---	---	---
7	45.28	441	281.6	2323.6	2763.1	14.58
8	69.45	398	338.1	3347.1	3629.3	18.53
9	12	303	48.67	984.9	1137.9	29.76
10	17.38	312	93.6	846.39	984.62	28.82
11	31	336	161.3	1731.4	2268.5	25.65
12	40.45	303	132.01	2077.4	2559	29.9
13	32.19	307	117.85	1800.3	2396.5	29.27
14	N. I	---	---	---	---	---
15	800.5	256	1800	43873	49377	36.57
16	54.02	358	237.5	2788.2	3120.7	23
17	8.56	290.67	38.43	664.88	966.79	31.38
18	12.32	288	44.8	893.76	992.6	32.1
19	872.3	268	2100	53495	61005	34.26
21	24.97	408	498	1583.3	3483.6	17.54
23	800	225	1168.9	40424	41127	42.05
24	39.9	551	694.5	2229.6	3108.2	7.28



## 附錄六 期初、期中簡報及專家諮詢會議審查意見及回應

### 一、期初簡報審查意見：

1. 希望在進行研究比對時務必在取樣、試驗步驟、過程上依標準程序進行，並作詳細之紀錄、研讀，以獲得正確之數據作為日後修訂標準時之參考依據。表面試驗、基材試驗和其它試驗法所試驗之結果應該要能符合法令之最低標準。
2. 圓錐量熱儀、側向延燒實驗與房間火災實驗方式等三種實驗方式國外已有許多實驗數據，若欲建立本土化之資料則須多收集國內材料進行實驗，儘可能蒐集國內材料製造廠之試驗資料與方法，以進行實驗之比對。
3. 針對本案僅對 ISO 5660、ISO 5658、ISO 9705 等三項建立實驗資料庫，是否可考量將 ISO 5659（煙濃度）及 EN 13823（Single Burning Item）亦一併列入，建立實驗資料庫。
4. 五種試驗法之比較，應特別注意比較基準之選定及控制，及相關性參數之選取，避免小尺寸實驗結果無法與大尺寸實驗結果相互比對。依據目前世界潮流所使用之試驗規範，提出如何從現有規範轉換成國際接軌之方法與程序。
5. 作國際調和實驗時，請考慮未來最有可能採用及成本較低的試驗方法。

### 期初審查意見之回應

1. 實驗結果及過程皆完整而詳實的紀錄，期望能對國家及防火技術，作出貢獻。
2. 目前規劃有八種市面上常用之板材，級數涵蓋一、二、三級與級外作為實驗之試材。
3. 考量時間及經費後，建議以另一研究案予以探討。
4. 已於期末報告中研討出調和度最高之試驗法。

5. 已於期末報告中提出。

## 二、期中簡報意見：

1. 為了確認積層複合材料內部之耐燃性，中華建築中心建議本標準內規定之耐燃一級及耐燃二級材料均應加作附加試驗（即鑽孔試驗），並對積層複合材料之基材，規定其製作方法。
2. 請計劃主持人蒐集美國近期研究報告與歐洲資料做比較。ISO 9705 與 SBI 在原理與測試方法極為相近，只會少部分差異，將來我國是取其中一種或兩者並存請做進一步探討。為整合台灣的需要度及 WTO 之傾向，宜以一種測試方法如 ROOM TEST 或 CORNER TEST 為基準，再以同樣的裝修面材購件進行測試，俾各種測試方法有一共通比對標準。
3. 本研究實驗規劃之基材或面材裝修材料侷限在台灣一、二十年前老舊建材，似應朝新基材或面材實驗較妥。氧化鎂板市面使用頗多，建議可否列為試驗項目。美耐板通常是面板貼飾材，請確認選為基材材料之適合性。計劃為了有效建立國內實驗資料庫，建議試驗樣品循序地多樣化，儘可能蒐集國內材料製造廠之試驗資料與方法，以進行實驗之比對。
4. 在 Cone 試驗，對於熱通量建議以  $50 \text{ kW/m}^2$  為主要試驗，可與日本的試驗法相比較，試驗結果的呈現會較佳。
5. 本土實驗資料庫之建立、評估建材防火性能之參數、材料之分級及判定標準等對本案都極為重要，而本研究現已對部分材料展開實驗，希望在取樣、試驗及相關步驟之過程上都能詳實紀錄，俾在未來與其他研究單位（如塑膠工業發展中心）作類此試驗時，對產生的實驗數據及方法，能夠互相比對，以求得更縝密之試驗方法。

## 期中會議意見回應：

1. 關於測試法，怎樣獲得、如何判定，仍有相當討論空間，以鑽孔為例，由於建築物表面有保護層並不直接外露，在火災發生早期並不直接接觸火焰，所以其必要性可以來討論，當然也有可能這些材料在受熱後產生裂縫，在評估後建議不予考慮，因不燃性試驗已評估底

材之性能。

2. 各種材料間的耐燃性能對照表，因為不同的實驗針對不同的火場行為、流場、熱傳導等因素，實驗結果顯示無法對照。
3. 針對實驗材料部分，石膏板分一級和二級，目前皆有在使用，依其耐燃性分級，另外提出氧化鎂板的部分，由於是氧化鎂板是很籠統的歸類名稱，真要細分還可分為矽酸鈣板、碳酸鎂板，且本實驗的方向是以材料來檢驗試驗法，而不是以試驗法來檢視材料，故未將鎂板列入實驗項目中。
4. 已以  $50 \text{ kW/m}^2$  熱通量為標準。而一般而言國際上皆以  $50 \text{ kW/m}^2$  的熱通量作為標準，但通常我們所討論皆為初期火災，逃生時間也考慮火災初期，因此亦討論  $15$  及  $30 \text{ kW/m}^2$  的熱通量。
5. 已於報告書中討論、紀錄。

### 三、專家諮詢會議意見：

1. 鑒於建築法規將室內裝修耐燃建材分為三級（不燃材料、防火板、耐燃材料）且沿用數十年，故本次之研究結果所建議之方式宜與建築法規配合，以免衍生後續修法及業者，消費者反彈問題。採用新的測試方法之後結果與現有測試方法結果差異性對國內業界之衝擊性，建議考慮。如果差異性太大業界之反應需考慮在內，但如果考慮與國際測試方法接軌可採階段性實施。
2. 參數之選擇亦應考量國內檢測環境，故有關材料防火性能檢測之建議如下：
  - （1）熱釋放率：依 ISO5660 圓錐量熱儀法
  - （2）煙濃度：參考圓錐量熱儀平均 SEA，or ISO 5659 或 ASTM E662。
3. 房間測試除了 ISO9705 外也建議將 SBI 作深入的研究，美國保險業近年也在做 SBI 的研究，可能因歐體已有 SBI 分級之標準。未來是否要將氣體有害性試驗項目加入，目前 ASTM E1678 煙濃度箱產生之氣體以檢知管檢測六種氣體，於煙毒的部份宜應加考量。
4. 在澳洲有做模擬實驗，此方面可再多收集相關資料或許未來可作建立相關基準的建立基礎。針對 CNS6532 原是隨同日本 JIS1321 來的，而日本已經少用，以及台灣以加入 WTO，宜列有平行比較之標準，如 ISO、JIS、CNS 以及 EN 等分級標準的參照比對。請把美國的測試方法，分級標準納入。
5. 防火性能基準與試驗方法之調合研究有其重要性與必需性，其研究方向不一定要往國際調合方向走，國際調合經驗與成果值得我們參考與借鏡，惟國內法規基準與試驗方法本身即需一適當調合。
6. 調合的基準在於豐富的實驗數據，不同影響因子（尺寸、空間因素、浮力效應，火焰延燒方向等）的周全考量，以及有效的經驗公式建立；依經驗公式外插或內插，以取得不同實驗系統和條件間之相關性，而加以整合判定基準。
7. 日本的國際調合轉換方式與我國情況較為接近，建議可採用類似方式

以本土化材料進行實驗分析。

8. 日本對於表面實驗已經不考慮穿孔的問題，因為若為施工所造成耐燃版材的穿孔情況是必須由施工者考慮其穿孔後的防護情況，而非材料本身的問題。

回應專家諮詢會議意見：

1. 關於新法的實施，相關的執行時程與配套措施已加以研擬與討論。
2. 已列入建議方案。
3. SBI 試驗以及氣體有害性均不在本研究案範圍內，因人力與時程有限，以今年之研究成果可對 SBI 實驗項目與氣體有害性測試項目加以規劃，以作為下年度計畫案的規劃參考。
4. 因對比性不高，故無法建立直接參照之對照表。
5. 已考量。
6. 已於數據分析中探討，唯數據不足處將待儀器驗收後繼續進行。
7. 已考量。
8. 因不燃性試驗已評估底材之性能，故建議測試基準中不考慮鑽孔問題。



## 參考書目

1. Saito K, Quintiere JG and Williams FA, Upward Turbulent Flame Spread, Fire Safety Science- Proceedings of the First International Symposium, pp. 75-86, 1985
2. Karlsson B, A Mathematical Model for Calculating Heat Release Rate in the Room Corner Test, Fire Safety Journal, Vol.20, pp. 93-113, 1993
3. Delichatsios MM, Mathews MK and Delichatsios MA, An Upward Fire Spread and Growth Simulation, Fire Safety Science- Proceedings of the Third International Symposium, pp. 207-216, 1991
4. Hasemi Y, Thermal Modeling of Upward Wall Flame Spread, Fire Safety Science- Proceedings of the First International Symposium, pp. 87-96, 1985
5. Grant G and Drysdale D, Numerical Modelling of Early Flame Spread in Warehouse Fires, Fire Safety Journal, Vol.24, pp. 247-278, 1995
6. Kokkala M, Baroudi D and Parker WJ, Upward Flame Spread on Wooden Surface Products: Experiments and Numerical Modelling, Fire Safety Science- Proceedings of the Fifth International Symposium, pp. 309-320, 1997
7. Ohlemiller TJ and Cleary TG, Upward Flame spread on Composite Materials, Fire Safety Journal, Vol.32, pp.159-172, 1999
8. Brehob E and Kulkarni AK, Experimental Measurements of Upward Flame Spread on a Vertical Wall with External Radiation, Fire Safety Journal, Vol.31, pp.181-200, 1998
9. Tsai KC and Drysdale D, Using cone calorimeter data for the prediction of fire hazard, Fire Safety Journal, Vol.37, pp.697-706, 2002
10. ISO 5658, 'Fire Tests, Reaction to Fire. Lateral ignition and flame spread of building products'. International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993
11. ISO 5660, 'Fire Tests, Reaction to Fire. Rate of heat release from building products'. International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993
12. ISO 9705, Fire tests- 'full-scale room test for surface products', International Organisation for Standardisation, Geneva, 1993
13. A review on the state-of-the-art of fire testing and evaluation scheme under revised building standards law of Japan, 原田和典, 中日技術合作計畫, 建築防火性能式設計與試驗研討會, Tainan, 2002
14. Drysdale D, An introduction to fire dynamics, 2<sup>nd</sup> edition, John Willy,

1999

- 15.雷明遠，耐燃裝修材料之使用設計與施工問題，建築物室內裝修(飾)防火材料使用講習會專輯，內政部建築研究所籌備處， p.141-173, 1995
- 16.Hedskog B and Ryber F, The classification systems for surface lining materials used in buildings in Europe and Japan-A summary and comparison, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University Report 5023, 1998
- 17.Australia Building Code Board, Regulatory proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, Proposal to amend the building code of Australia, 2002
- 18.張凌昇，建築材料燃燒性之研究，國立交通大學，機械工程研究所碩士論文，p. 66，1994
- 19.「建築材料防火性能試驗法國際標準化調查研究」，中央標準局(現為標準檢驗局)研究案，八十五年

裝修材料國際調合防火性能基準與試驗方法之實驗研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 27362389

地址：台北市敦化南路二段 333 號 13 樓

網址：<http://abri.gov.tw>

出版年月：92 年 12 月

版（刷）次：第一版

工本費：

GPN：957-01-6334-8

ISBN：1009205229

裝修材料國際調合防火性能基準與試驗方法之實驗研究

內政部建築研究所

九十二年度



GPN: 1009205229

ISBN: 957-01-6334-8