

出國報告（出國類別：考察）

「2011 阻燃學術年會與四川消防 研究所參訪」報告

服務機關：內政部建築研究所

姓名職稱：陳建忠組長

蘇鴻奇副研究員

派赴國家：大陸

出國期間：100年5月21日至5月27日

報告日期：100年06月24日

摘 要

本計畫依據本(100)年度本所核定計畫派員出國蒐集瞭解相關防火研究與消防技術發展應用趨勢。計畫目的主要前往大陸藉由參加 2011 阻燃學術年會，蒐集建築耐燃阻熱材料開發、材料阻燃技術檢證標準規範發展與綠能環保阻燃材料技術研發之資訊，以瞭解國際防火研究、大陸消防工程與性能化規範發展的新趨勢。並參訪四川消防科學研究所，瞭解大陸消防科學與工程的實際應用現況，及其消防技術與防火材料之檢證業務的操作實務，可供我國於進行建築防火與性能規劃之研究參考。

目次

壹、考察目的	1
貳、考察過程	2
參、考察心得	4
肆、建議事項	29
伍、附錄.....	31
一、2011 阻燃學術年會－重要研究論文.....	31
二、2011 阻燃學術年會－本所發表論文.....	59

壹、考察目的

本計畫依據本(100)年度本所核定計畫派員出國蒐集瞭解相關防火研究與消防技術發展應用趨勢。計畫目的與內容是前往大陸參加 2011 阻燃學術年會，並由本所陳建忠組長撰文「以圓錐量熱儀分析耐燃建材燃燒特性之研究」與會報告，以及選定參訪大陸主要建築防火研究及防火實驗研究機構「四川消防科學研究所」參訪，瞭解建築耐燃阻熱材料發展新趨勢與材料阻燃技術暨檢證標準或規範之發展，蒐集綠能環保之阻燃材料與技術研發，以瞭解國際防火研究、大陸消防工程與性能化規範發展的新趨勢。藉由參訪對岸消防研究所與相關協會，瞭解大陸消防科學與工程的實際應用現況，及其消防技術與防火材料之檢證業務的操作實務，可供我國於進行建築防火與性能規劃之研究參考。

獲得效益如下所述：

1. 蒐集對岸室內裝修材料耐燃特性、分級與檢證技術等之執行現況，可為國內耐燃材料執行檢測時之參考。
2. 藉由實質之國際研討會經驗交流，以作為本所未來規劃建築防火科技發展計畫之參考。
3. 蒐集國際消防性能化與消防工程研討會相關資料及參與研討，掌握國際消防產業發展現況，提供本所建築消防工程相關研究之參考。

貳、考察過程

本次考察主要前往大陸參加 2011 阻燃學術年會，本所陳建忠組長撰文與會報告，並至深圳市計量質量檢測研究院參訪。後續行至大陸主要建築防火研究及防火實驗研究機構「四川消防科學研究所」參訪。

本次參加會議與訪問大陸建築防火研究機構係以內政部建築研究所身分往訪，其中感謝北京理工大學/阻燃學會秘書長周政懋教授安排參與阻燃學會會議事宜，四川消防科學研究所盧國建副所長、阻燃織品標識資訊中心伍萍主任、檢驗中心副主任王良偉及大陸消防協會防火材料分會張澤江秘書長，以及深圳市計量質量檢測研究院消防產品燃燒性能檢測中心管傑主任的接待與介紹，使本次訪問得以順利成行。

本次考察行程至大陸廣東深圳與四川成都，活動日期從 100 年 5 月 21 日(六)進行至 5 月 27 日(五)合計 7 天，考察行程概要如下表所示。

日期	活動內容	備註
5 月 21 日(六)	1、台北-深圳 2、2011 阻燃學術年會報到	路程
5 月 22 日(日)	3、2011 阻燃學術年會會議 (1) 瞭解建築材料耐燃阻熱發展新趨勢 (2) 國際材料阻燃技術與檢證標準或規範之發展 (3) 蒐集綠能環保之阻燃材料與技術研發 (4) 防火研究成果論文發表「以圓錐量熱儀分析耐 燃建材燃燒特性之研究」	

日期	活動內容	備註
5 月 23 日(一)	4、2011 阻燃學術年會會議（續）	
5 月 24 日(二)	5、配合 2011 阻燃學術年會技術考察	
5 月 25 日(三)	6、由深圳至四川成都	路程
5 月 26 日(四)	<p>7、參訪公安部四川消防科學研究所</p> <p>—瞭解有關防火救災設備之研究應用(如耐火構件實驗室與高層火災實驗塔、煙毒實驗室等)，並拜訪四川消防科學研究所副所長與實驗室主管瞭解檢測營運管理情形。</p> <p>8、參訪大陸消防協會防火材料分會</p> <p>—拜訪該分會秘書長並瞭解大陸新型消防技術與防火材料之應用實務。</p>	
5 月 27 日(五)	9、成都-台北	路程

參、考察心得

一、2011 阻燃學術年會會議

本次 2011 阻燃學術年會會議於 2011 年 5 月 21 日至 24 日假深圳市華麗城酒店舉行，計有國內外共 179 家機構，包含研發單位、檢測執行單位、學術單位與生產廠商等，合計 249 人與會。會議中共計有 58 篇論文提出發表，本所陳建忠組長撰文「以圓錐量熱儀分析耐燃建材燃燒特性之研究」與會報告，會議中其他專家學者的報告對於建築防火科技及阻燃材料技術皆有深入見解。本次會議考察心得如後所述。



會議舉辦地點—深圳市華麗城酒店



會議大廳入口



會議過程



與會議主辦人周政懋教授合影



2011年全国阻燃学术年会通知

(暨征文通知)

主办单位： 中国兵工学会阻燃专业委员会 中国阻燃学会
协办单位： 博德精细化工（上海）有限公司 浙江万盛化工有限公司
 深圳市泰塑塑化材料科技有限公司 山东卫东化工有限公司
 北京石化联创信息咨询中心

中国兵工学会阻燃专业委员会、中国阻燃学会定于2011年5月21日—25日在深圳市华丽城酒店，召开2011年全国阻燃学术年会。

(我们会议选择5月21日和在深圳召开，是为了方便大部分会员，因为5月17日-5月20日在广州将举办塑博会，塑博会结束，即可就近参加我们的会议。)

今年会议的主题是：

- 一、近一年来各会员单位学术论文的发表，以及阻燃新技术、新产品的信息发布。
- 二、这一年来，几次重大火灾向我们阻燃行业提出更严格的要求，更好的阻燃剂、更好的阻燃材料、更能符合环保的阻燃制品。上海“11.15”胶州路居民楼重大火灾、沈阳皇朝万鑫火灾的教训
- 三、阻燃行业国家重点科研项目“863”情况介绍。

请全体会员及阻燃行业的同仁踊跃参加，有关论文及信息发布请寄：

北京海淀区中关村南大街5号，北京理工大学材料学院 中国兵工学会阻燃专业委员会、中国阻燃学会收（100081）

或发电子邮件到：1 zhouzhengmao@126.com 2 qianbtbu@163.com

截止期：2011年5月8日。

论文格式和详细摘要的格式参见中国阻燃学会官方网站(www.chinafrs.com)。

联系人 1 周政懋 手机13801026483 电话 010—68912752 传真010—68947012
2 钱立军 手机 15810812389 电话 010—68985480

2011 阻燃學術年會會議邀請函

（一）建築材料耐燃阻熱發展新趨勢

大陸近幾年經濟成長快速，隨著社會經濟的發展，其電子電器材料、汽車、高層建築、交通運輸（高速鐵路、飛機）等領域由於防火安全的需要，所使用的材料強制要求須具備阻燃性能，以便減少火災的發生和保護生命財產安全，因此大陸頒布了多項建築材料相關防火規定如「GB8624 建築材料及製品燃燒性能分級」與「GB20286 公共場所阻燃製品及組件燃燒性能要求和標識」。而強制要求和規範阻燃材料的使用。

目前大陸的阻燃劑以無機氫氧化鎂、氫氧化鋁、溴系阻燃劑和磷系阻燃劑等為主。因近幾年少數溴系阻燃劑由於具有持久性的有機污染性而在國際上被禁用或限制使用，使得大陸近年來對於磷系阻燃劑的研究開發、生產製造等方面發展迅速。

自 2010 年以來，大陸對溴素阻燃劑需求上升，溴素阻燃劑價格持續上漲，而溴系阻燃劑的生產原料三氧化二銻亦是快速飛漲，所以造成溴系阻燃劑的市場發展受到了一定程度的抑制。而磷系阻燃劑的基礎原料「磷」，在大陸境內的儲存量極為豐富，且供應充足與價格穩定，使磷系阻燃劑的生產原料保持了穩定的供應，因此大陸預估在未來 5~10 年內，磷系阻燃劑將會有快速發展的趨勢。

磷系阻燃劑發展到現在已有許多種類包含：無機磷酸鹽、磷酸酯、磷雜菲、磷腈、鈺磷等。這些阻燃助劑分別應用於不同的領域，並在使用上有各自的特點。

（1）無機磷酸鹽：聚磷酸銨是由美國孟山都公司研發成功的，由於其價格低廉並且可以作為膨脹型阻燃體系的主要組成成分而發展迅速。它同時含有磷氮兩種元素，在材料燃燒時，通過分解釋放氨氣和形成聚磷酸和焦磷酸等物質同時發揮氣相和凝聚態的阻燃作用，並通過磷氮協同效應，提高材料的阻燃性能。但聚磷酸銨很少單獨使用，可以與成炭劑複合使用，通過形成膨脹型阻燃體系而在聚烯烴材料中得到廣泛應用。

(2) 磷酸酯：磷酸酯類阻燃劑種類眾多，多是以三氯化磷、三氯氧磷、五氯化磷為原料與酚醇反應製做的添加型阻燃助劑。磷酸酯阻燃劑最大的問題是大小分子磷酸酯具有一定的水溶解性，因此對水生生物具有毒害作用，因此在歐盟境內使用會受到限制，在這環保特性方面，磷酸酯不如溴系阻燃劑。因此在未來應致力於發展高分子聚合型及水不溶性磷酸酯材料，以避免對環境造成不利影響。

(3) 磷雜菲 DOPO：磷奈菲 DOPO 是 1972 年由日本科學家發明的化合物，在此後二十多年的時間中並無太多的實際應用。但自九十年代末，隨著覆銅板環氧樹脂的無鉛焊接趨勢的發展，配合阻燃材料的無鹵化趨勢，磷雜菲 DOPO 被研發用於替代四溴雙酚製作之阻燃環氧樹脂。並且由於 DOPO 阻燃環氧樹脂在性能上的優異表現而呈現迅速發展的趨勢。

(4) 磷腈化合物：磷腈化合物也是一種早就為科研領域所熟知的材料，由於其磷氮含量高，能自成協同體系，磷氮化學結構具有優異的耐熱性和成炭性能，因此具有優異的阻燃性能。該類化合物除了自己能夠直接作為高分子材料應用以外，還可以作為添加型阻燃劑直接或與其他助劑複合阻燃高聚物，主要用於環氧樹脂或聚碳酸酯材料中，目前該化合物主要被應用於軍事、航太等對材料性能要求高的領域。

在大陸溴素資源逐漸萎縮與價格高漲的情況下，磷系阻燃劑近年來發展迅速，價格穩定，性能不斷提高，目前開發的部分磷系無鹵複合阻燃劑體系已經逐漸接近溴系阻燃劑的阻燃效率，因此磷系阻燃劑在近期仍將呈現快速發展的狀態。但磷系阻燃劑在發展進程中，需要重視磷系阻燃劑生產過程的安全性、生產原料的儲運安全性、廢水的無磷化處理，新研製的磷系阻燃劑會朝向開發具有低水溶性和無水生生物毒性的材料，並且在應用於聚烯烴材料中時，注重磷系阻燃劑與其他阻燃助劑的複合協效作用，以提高磷系阻燃劑的阻燃效率。

（二）綠能環保之阻燃材料與技術研發

火災中的傷亡事故統計，有 80%左右是由於火災前期材料熱解時產生的有毒氣體和煙霧使人窒息無法逃生所造成的。因此提高材料阻燃性的同時，如何減少熱裂解或燃燒生成的有毒氣體和煙量，研究清潔、高效率與材料相容性好的無鹵阻燃劑成為阻燃材料發展的重點。

近年來國際上有關磷系阻燃劑、氮系阻燃劑、矽系阻燃劑等無鹵阻燃劑的發展狀況和最新研究進展，包含無鹵和綠色環保型阻燃劑是未來發展的主流。為了改善無鹵阻燃劑的阻燃效果，粒度超細化、表面性質改良處理和協同複配是目前主要發展方向。內容如後所述：

（1）粒度超細化：

無鹵阻燃劑特別是無機添加型阻燃劑，粒度越細，受熱分解速度越高，阻燃效果越好，製品的強度、韌性和表面質量也會得到改善。越能在不影響材料的力學及加工性能的同時大大提高其阻燃性能。

（2）表面性質改良處理：

普通的無鹵阻燃劑特別是無機物阻燃劑具有較強的表面極性，粒子之間的團聚性強，在聚合物材料中的分散性和相容性較差，且其表面具有較強的親水性，當與聚合物材料混合加工時，與表面親油性的高分子材料親和力較差，導致分散性不好，因此必須改變無鹵阻燃劑的表面性質，使其具有較好的親油性，通常採用偶聯劑對阻燃劑進行表面處理或採用高分子對阻燃劑進行微膠囊包覆，改善無鹵阻燃劑與聚合物間的黏結力和界面親和性。

(3) 協同複配處理：

阻燃劑的複配技術包含有兩方面，一是不同阻燃劑之間的複配問題，二是阻燃劑與不同的基體、不同的塑膠催化劑之間的配合問題。實驗證明，一些阻燃劑只適用於特定的基體樹脂，例如，對聚烯烴阻燃效果良好的阻燃劑不一定適合尼龍。因此，不同的基體樹脂要注意選擇合適的阻燃劑。有時候使用單一的阻燃劑往往需要加入量很大才達到阻燃作用。而將兩種或多種阻燃劑進行複配時，阻燃效果大大增加，同時可減少阻燃劑的用量。進行阻燃劑的複配時，要充分考慮高聚物的熱力學性能後選擇最適宜的阻燃劑，最大限度地發揮阻燃劑的協效性，同時考慮與各種催化劑增塑化劑、熱穩定劑、分散劑、偶合劑之間的相互作用，達到減少用量、提高阻燃效果的目的。

未來對於阻燃材料的性能要求越來越高與阻燃技術的發展，阻燃劑的產技術與阻燃性能的開發研究不斷深入，無鹵阻燃技術將朝向環保化與低毒化發展。鹵系阻燃劑燃燒時會生成有毒的致癌物，因而無鹵阻燃劑及對環境無害的阻燃劑的需求將會成長。開發高效阻燃劑，不僅能減少阻燃劑對基材機械物理應用性能的影響，同時可以減少污染、降低成本。具有多種功能的阻燃劑的發展也特會受到重視，如增加韌性、抗靜電性、增塑性等。複配技術的應用，如何通進複配技術開發出性能優異的新型阻燃劑，是阻燃研發的重要研究課題，也是阻燃劑發展非常重要的方向。

（三）國際材料阻燃技術與檢證標準或規範之發展

大陸有關阻燃製品在公共場所的應用規定，於 2007 年 3 月 1 日起實施「GB20286 公共場所阻燃製品及組件燃燒性能要求和標識」，此為大陸對於火災預防與阻燃製品管理工作的重要開端，並代表阻燃技術發展的一個重要里程碑。該標準之條文內容與實施重點如下說明：

（1）GB20286 適用範圍

該標準適用的範圍與對象是人員密集場所及公共娛樂場所使用的可移動或可更換的阻燃製品，而這類場所中固定設置及不可移動的物品則可依「GB50222 建築內部裝修設計防火規範」的有關規定進行管理。GB20286 標準規定了公共場所用阻燃製品的定義及分類、燃燒性能要求和標識、標識管理等內容。

（2）標識管理內容

大陸在實施 GB20286 過程中，由於涉及的阻燃產品種類太多，消防部門很難確實監督管理。而且有些阻燃產品在大陸境內還不夠成熟，不具備大規模生產和應用的條件，導致使用者無法找到符合的產品，因此該標準在修訂時，根據大陸的實際情況條件，確定需要強制實施阻燃標識管理的阻燃製項目。GB20286 修訂確定阻燃產品均為對防止火災發生或火勢迅速蔓延擴大具有明顯作用，同時對生產技術條件較成熟的的阻燃製品。修改後的規定更接近於世界其他多數國家的做法，即先從少數生產技術條件成熟，且對改善防火安全效果明顯的產品開始，在一定的範圍內進行推廣應用，待條件成熟時再逐步增加新的項目。

阻燃織物主要有採用阻燃劑噴塗處理的非耐洗阻燃織物和耐洗滌阻燃織物兩大種類。其中，耐洗滌阻燃織物是阻燃織物未來的發展方向。大陸的耐洗滌

阻燃織物近幾年的發展，已有具備生產能力，包括阻燃窗簾、窗紗、幕布、帷
幕和醫療用阻燃隔簾、阻燃蚊帳及阻燃會議桌臺布在內的阻燃織物製品等。

阻燃地毯可以分劃為採用表面阻燃劑噴塗處理的阻燃地毯和本體阻燃地毯
兩大種類。本體阻燃地毯在大陸的地毯生產中佔有一定的比例，但其比例與先
進國家相比較還是很低。目前先進國家的本體阻燃地毯在地毯中的比例約達 50
%以上，而大陸的本體阻燃地毯在地毯中的比例不到 25%。本體阻燃地毯是阻
燃地毯未來的發展方向。

近幾年來，大陸已有多家企業研發生產傢俱用阻燃板材，並已形成了一定的
生產規模，為阻燃傢俱及組件的生產創造了條件。同時，大陸相關單位研發
生產的阻燃塑膠座椅已具有較強的生產能力，其產品已在一些大型體育場所應
用。泡沫軟墊及軟墊傢俱、軟包及泡沫塑膠展示品具有很高的火災危險性，近
些年大陸發生的多起特大火災事故均與其密切相關。大陸相關研究機構和企業
經近幾年的研發，已經具備了阻燃軟墊及阻燃軟墊傢俱、阻燃軟包及阻燃泡
沫塑膠展示品的生產技術和一定的生產能力，可以滿足 GB20286 標準規定的相
關場所的使用要求。大陸考慮到阻燃傢俱及組件的生產應用起步較晚，
GB20286 標準僅規定少數火災危險性很高的場所採用阻燃傢俱及組件，這對降
低此類高危場所的火災風險具有正向積極的意義。

(3) 燃燒性能和標識

在考慮到部分阻燃製品的特點和具體使用要求，對樣品的耐洗滌、清洗等
提出了一些具體規定要求：為保證阻燃織物的燃燒性能具有一定的持久性，
GB20286 標準規定在進行燃燒性能試驗前應按規定程序洗滌。窗簾、帷幕、床
單等需要經常洗滌的阻燃織物應採用耐洗滌阻燃織物。不需要經常洗滌的織物當
使用不耐洗滌的阻燃織物時，每次洗滌後均應重新進行阻燃處理。這是由於洗滌
後的非耐洗滌阻燃織物往往已不再具備相應的防火阻燃性能，也其有較高的火

災危險性，為了確保公共場所的防火安全，必須嚴格加以控制。窗簾、帷幕、床罩等由於需要經常洗滌，故應採用耐洗滌阻燃織物。GB20286 標準還規定人員密集場所疏散通道、電影院鋪設的地毯，應使用本體阻燃的阻燃地毯。這是由於疏散通道及電影院的人流量很大，這些部位補設的地毯需要經常清洗，而本體阻燃的地毯其燃燒性能一般不會由於清洗而降低，這樣的規定可以使得該類場所（尤其是疏散通道）更加安全。由於使用表面阻燃處理劑處理的阻燃地毯往往不耐清洗，清洗會導致其阻燃性能大幅度降低，因此 GB20286 標準規定人員密集場所的其他部位當使用表面阻燃處理劑處理的阻燃地毯時，每次清洗後，均應重新進行阻燃處理。整體而言，本體阻燃地毯在防火安全方面的可靠性高於使用表面阻燃處理劑處理的阻燃地毯。為了便於實施 GB20286 標準，其標準明確規定了由阻燃板材與鋼材、玻璃等不燃材料組合製作的傢俱，也可以認可為阻燃傢俱或組件，同樣可以張貼阻燃標識。這使得阻燃傢俱或組件的生產和製造更有彈性，更加易於實施，同時又不會降低阻燃性能要求，有利於促進阻燃傢俱和組件的研發和生產。

（4）標識管理

大陸根據 GB20286 發布以後，在實施阻燃標識管理的過程中反應出的問題，並結合「阻燃製品標識管理規定」的相關要求，在 GB20286 標準中特別增加了標識管理專章。且為了使標識的施加便於操作，在標準中除保留標識規格阻燃標識外，並增加了數位阻燃標識和模壓阻燃標識兩種方式。其中標準規格阻燃標識和數位阻燃標識具有防偽識別功能，可通過其防偽數字編碼對產品進行驗證並獲取相關資訊，包括生產廠商自行上傳的產品批號、出廠日期、銷售地點、使用單位、銷售數量等資訊，這對及時發現假冒阻燃製品是十分有效的。模壓阻燃標識不具備防偽識別功能，但通過其數字代碼可獲取一些基本資訊。

(四) 防火研究成果論文發表「以圓錐量熱儀分析耐燃建材 燃燒特性之研究」

本所相關防火研究成果於 2011 阻燃學術年會會議中發表「以圓錐量熱儀分析耐燃建材燃燒特性之研究」論文，論文簡要摘要如下所示：

國內自 2011 年 9 月 1 日起將全面改以圓錐量熱儀法為唯一耐燃建材測試方法。但台灣地區氣候高溫高濕，當裝修材長期暴露於如此之氣候條件下，其引燃時間與熱釋放率是否與規範所定義的恆溫恆濕條件下相同，是值得進一步探究。本研究以普通合板為基材，運用田口實驗設計及分析，探討基材厚度、表面材、試體前置溫、濕度四項因子對測試結果的影響與重要性；並對吸音材貼覆於耐燃板材之燃燒性進行實驗探討。實驗結果顯示，裝修材表面處理方式影響其防火性能最大，甚至造成有加速引燃的可能；試體之基材厚度及前置溫度屬於次要因子；而試體的前置濕度相對地則影響性程度較小。以具阻燃性泡棉之產品貼覆耐燃板材，其防火性能應屬於在火災初期具有防止微小火源而起火，或防止迅速延燒性能者。對於火災成長期之耐燃性能則效果不顯著。

（五）深圳市計量質量檢測研究院參訪

本次除參與 2011 阻燃學術年會會議外，並安排至深圳市計量質量檢測研究院參訪，參訪過程由該院之消防產品燃燒性能檢測中心管傑主任接待。首先對深圳市計量質量檢測研究院之業務內容、任務編組與檢測技術能力進行簡報，後續安排消防產品燃燒性能檢測中心實驗設備參觀，最後進行意見交流討論。本次深圳市計量質量檢測研究院參訪考察心得如後所述。

參訪時間：民國 100 年 5 月 24 日

參訪地點：深圳市計量質量檢測研究院/消防產品燃燒性能檢測中心

接待人員：管傑主任

陪同人員：匡龍研究員

（1）深圳市計量質量檢測研究院簡介

深圳市計量質量檢測研究院成立於 1985 年，經過 25 年的發展，已成為華南地區檢測範圍最廣、綜合實力最強的綜合性檢測機構，擁有 3 個實驗基地，實驗室面積 6.5m²，1000 多名員工，檢測實驗設備 7000 多台/套，總資產超過 3.6 億人民幣；建有 11 個專業部室、4 個檢測中心，檢測範圍涵蓋了電子產品、食品、材料、紡織服裝、五金建材、石油化工、玩具、輕工機械、木材傢俱等領域以及長度、力學、熱學、電磁學、無線電、時間頻率、物理化學、光學、流量和電離輻射等十大計量專業。

深圳市計量質量檢測研究院建立了測試、認證、培訓、諮詢四大技術服務平臺。在測試方面建立了電子產品電磁相容、性能、安全、環境測試、理化分析實驗，及三座標精密空間、聲學振動等國際化先進的測試平臺；並針對高新電子產業發展的需要，建立大陸惟一的國家數位電子產品品質監督檢驗中心。

深圳市計量品質檢測研究院現有員工 1000 人，其中博士後研究員 1 人，博士 5 人，碩士 87 人，高級技術人員 53 人。現有儀器設備 7000 多台套，檢測能力可覆蓋 3480 個項目、26949 個參數，是大陸華南地區檢測設備最先進、專業種類最齊全的綜合型檢測機構之一，也是大陸規模最大的檢測機構之一。



深圳市計量質量檢測研究院組織架構

(2) 質檢範圍 (檢測工作範圍)

深圳市計量品質檢測研究院設有食品與理化檢測中心、石油化工檢測部、電子與電器產品檢測中心、五金建材檢測部、輕工紡織檢測部、傢俱檢測中心，三個專業檢驗部室和三個專業檢測中心。檢測業務：1) 電磁相容測試、安全測試、環境與可靠性測試、性能測試、有害物質測試、醫療產品測試、節能環保產品測試、；2) 建築材料、裝飾裝修材料、五金產品、建築工程電器產品、安全防護產品、消防產品檢測以及建築裝飾材料有害物質及室內環境污染檢測；3) 照明器具、低壓電器、建築材料、室內環境；4) 食品檢測、食品接觸材料測試、消費類產品檢測、環境檢測；5) 玩具產品檢測、傢俱產品檢測、其他輕工類產品測試；6) 紡織品生態安全性檢測、紡織服裝產品理化性能檢測、生態紡織產品品質認證、羽絨產品檢測；7) 石油產品、塗料及膠粘劑、化妝品及洗滌用品、化工產品。

(3) 計量範圍（校正工作範圍）

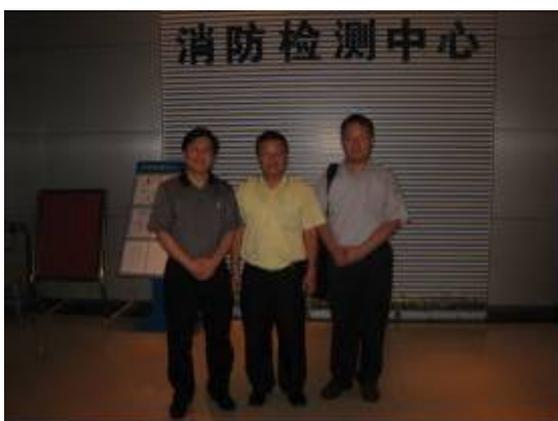
深圳市計量品質檢測研究院設有長度檢測部、力學檢測部、熱工檢測部、醫療器械及電學檢測中心、能源檢測部，三表檢測部，小品質檢測部，計價器檢測部、市場衡器檢測部，八個專業檢驗部室和一個專業檢測中心。涵蓋的計量儀器檢定/校準專案包括 1) 電磁計量；2) 無線電計量；3) 時間頻率計量；4) 熱工計量：溫度儀錶類、溫度社備類、濕度儀錶類、壓力儀錶類、安全檢驗類、能源計量類；5) 幾何量計量：量具量儀類，產品測試類；6) 電離輻射計量項目；7) 聲學計量；8) 光學計量：光學儀器、眼科光學儀器、光纖檢測儀器、光學工程檢測；9) 理化計量：物理光學分析儀器、X 射線分析儀器、色譜分析儀器與電泳儀、質譜分析儀器、電化學分析儀器、氣體採樣設備及氣體流量計、氣體分析儀器、物理特性分析儀器、受控環境檢測；10) 力學品質計量；11) 醫療檢測設備計量。

(4) 消防產品燃燒性能檢測中心

消防產品燃燒性能檢測中心隸屬於深圳市計量品質檢測研究院，從事建築材料與製品燃燒性能檢測，並承擔廣東省消防總隊、深圳市市場監督管理局、消防局等部門對消防安全的監督檢察業務。並為廣東省建築內部裝修材料防火性能法定檢驗機構三家之一。

檢測項目包含有：1.阻燃建築製品；2.阻燃織物；3.阻燃塑膠/橡膠；4.阻燃泡沫塑料；5.防火塗料、防火門防火捲聯防火窗與防火玻璃等。

消防產品燃燒性能檢測中心擁有 4 個專業實驗室，共 160 台檢測儀器設備。主要設備介紹：1.單體燃燒儀（SBI）；2.圓錐量熱儀（CONE）；3.熱值試驗儀；4.建材不燃性試驗爐；5.建材難燃性試驗爐；6.建材可燃性試驗爐；7.氧指數測定儀；8.建築材料煙密度測試儀；9.水平垂直燃燒測試儀；10.建材燃燒熱值測試儀；11.材料產煙毒性測試裝置；12.鋪地材料輻射熱通量試驗裝置；13.防火門耐火試驗裝置；14.防火塗料耐火試驗裝置等。



與消防產品燃燒性能檢測中心管傑主任合影



深圳市計量質量檢測研究院參訪會議討論



SBI實驗設備



SBI實驗過程



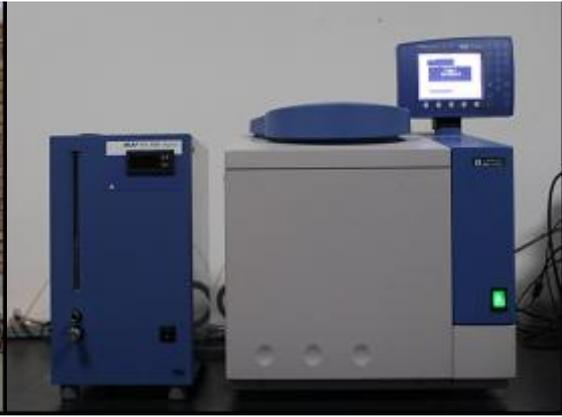
圓錐量熱儀



圓錐量熱儀實驗過程



門火爐耐火實驗設備



熱值試驗儀



鋪地材料輻射熱通量試驗裝置



建材難燃性試驗爐



小型檢測實驗設備（一）



小型檢測實驗設備（二）



二、參訪四川消防科學研究所

四川成都「四川消防科學研究所」參訪過程由該所盧國建副所長、阻燃織品標識資訊中心伍萍主任、檢驗中心副主任王良偉與大陸消防協會防火材料分會張澤江秘書長接待。首先雙方進行意見交流會談，會談主要內容包含建築防火研究成果、防火安全性能化設計等議題，後續安排消防與防火實驗設備參觀，參觀實驗設施包含高層火災實驗塔、煙毒實驗室、耐火構件實驗室等。本次四川消防科學研究所參訪考察心得如後所述。

參訪時間：民國 100 年 5 月 26 日

參訪地點：四川消防科學研究所

接待人員：盧國建副所長

陪同人員：阻燃織品標識資訊中心伍萍主任、檢驗中心副主任王良偉、大陸消防協會防火材料分會張澤江秘書長

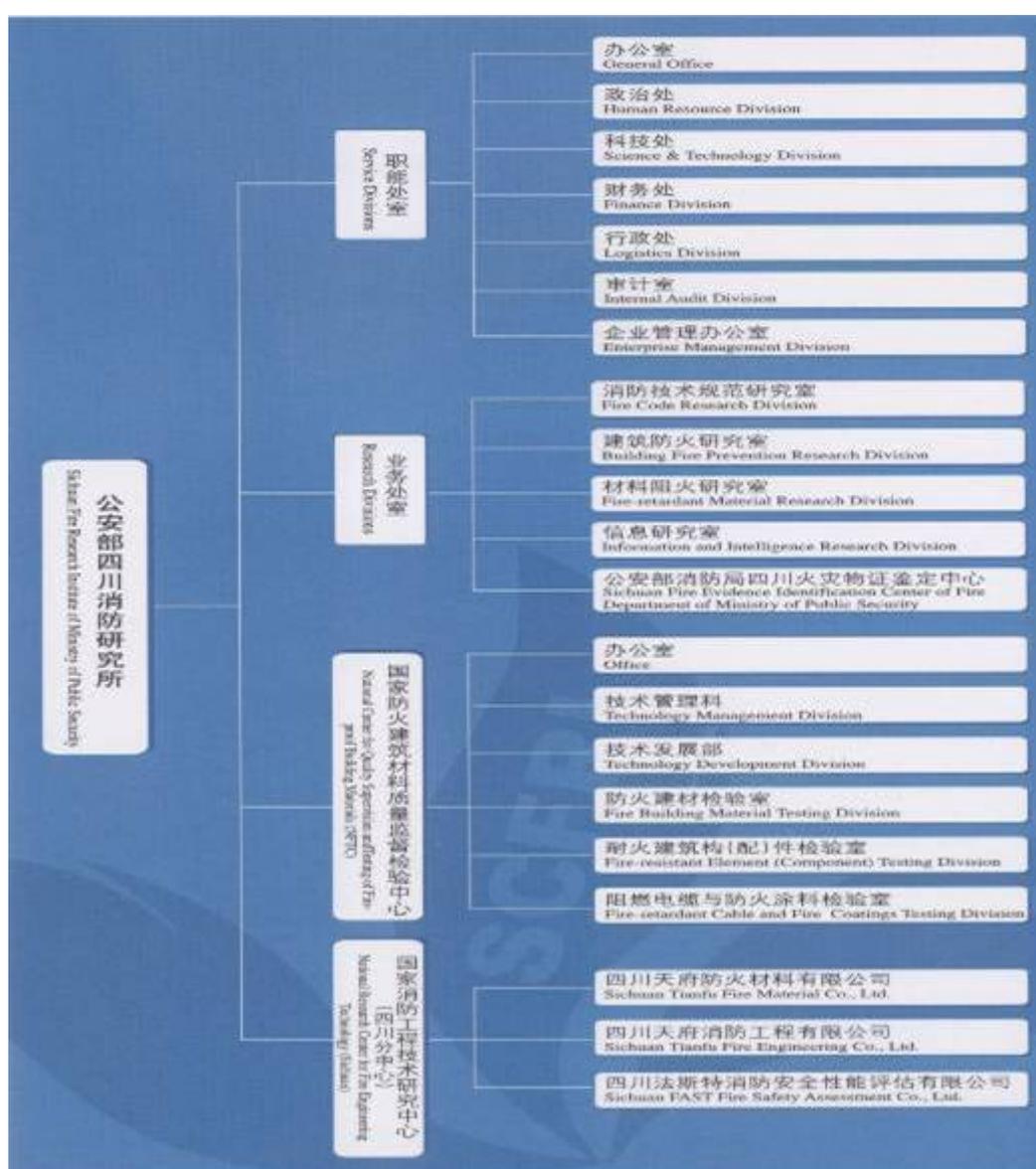
(1) 四川消防科學研究所簡介

公安部四川消防科學研究所為公安部直屬消防科研機構，始建於 1963 年，其前身為公安部消防科學研究所，1965 年從北京遷建於舉世聞名的都江堰水利工程近旁。從事建築火災研究的專業研究所，主要承擔科技部、公安部的科學研究項目以及標準制修訂項目，同時也承擔四川省科技廳立項的項目和企業委托或聯合研究項目。所內設有經國家人事部批准成立的博士後科研工作站。

公安部四川消防研究所按職能劃分為科研業務、檢測與開發三個部份，其中業務處室包含消防技術規範研究室、建築防火研究室、材料阻燃研究室、資訊研究室和公安部消防局四川火災物證鑑定中心，主要從事消防科學研究工作。檢測部門是指國家建築防火材料質量監督檢驗中心，主要從事檢測技術研究，標準的

制修訂和消防產品檢驗與測試工作。開發部門主要有國家消防工程技術研究中心四川分中心及下屬公司，主要從事消防新技術成果的移轉與消防產品開發工作。

2008 年汶川大地震對都江堰市造成嚴重毀壞，四川消防科學研究所亦受到極大破壞，行政辦公研究大樓原址遭受破壞後尚未整修，目前辦公現址係暫時借用該所分支機構大樓。2012 年四川消防科學研究所預定將所本部遷至成都市新建大樓。



四川消防科學研究所組織架構

(2) 消防技術規範研究室

主要從事建築火災理論、消防技術標準和規範基礎理論及技術研究負責建築防火技術、技術規範的制修訂與管理等方面的研究與研發。在大陸率先開展了自動水噴淋技術的研究，制訂了相應的規範。近年來還開展了火災模擬理論的研究並承擔建築物性能化防火設計與消防安全領域研究項目，開展建築物性能化防火設計與消防安全相關領域科技成果的推廣應用和技術諮詢工作。主要實驗設施為亞洲唯一一座綜合性的高層建築火災實驗塔，該室還負責國家標準「高層民用建築設計防火規範」和「自動噴水滅火系統施工及驗收規範」管理組的相關工作。

(3) 建築防火研究室

主要從事建築火災理論、建築結構防火技術、建築防火性能化設計和評估技術、建築防排煙技術、自動噴水滅火技術、材料燃燒煙氣毒性評價技術、火場安全疏散技術等領域的研究。同時還立足於消防安全，結合建築結構，使用功能內部可燃物及其他相關的具體情況，運用消防安全工程學的原理和方法，對建築的火災風險性和危害性進行定量預測評估，消防設計方案的安全性、合理性，由設計者自由選擇為達到消防安全目的而應採取的各種防火措施，使設計、建造和管理取得合理的費效比率，提供實用可行的，最佳化的建築防火設計方案，承擔消防工程的性能化設讓評估，消防設計方案的論證諮詢，特殊場所空氣品質的評估分析工作。主要實驗設施為「地下商店街道火災模擬實驗室」。

(4) 材料阻火研究室

材料阻火室是從事材料阻燃與阻燃技術研究為主的業務室。主要任務之一就是產品開發，目前，四川消防研究所材料阻火研究室研究開發的阻燃產品在其國內市場始終佔有一席之地。從 70 年代末開發出第一代防火塗料至今，還先後開發出適應國內市場需求的厚、薄型鋼結構防火塗料、室內外鋼結構防火塗

料、超薄型鋼結構防火塗料、飾面型防火塗料、隧道防火塗料、環保型隧道裝飾板材、阻火圈、堵料、耐火包等多項阻燃產品。在「古建築的防火保護技術原理及應用技術」；「新型奈米防火阻燃聚合材料的研究」、「建築火災燒損，火災物證鑑定技術研究」等方面拓展領域、申請立項、打好基礎、力求在關鍵領域和前沿技術上有所突破。同時，還承擔多項規範、標準制（修）訂任務，如國標「建築消防施工及品質驗收規範」和「鋼結構防火技術規範」等。



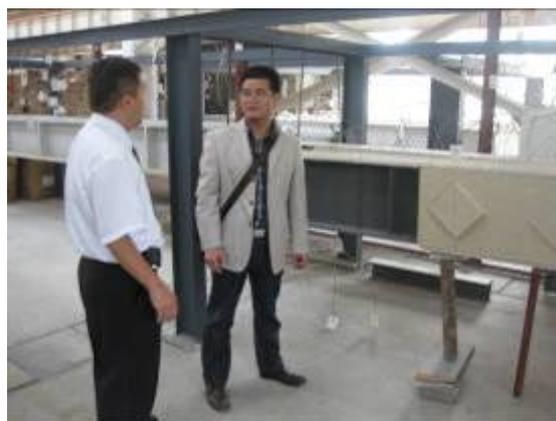
四川消防科學研究所



與盧國建副所長合影



與伍萍主任合影



檢驗中心副主任王良偉介紹實驗設施



水平構件耐火實驗爐



樑構件實驗



檢驗中心實驗設施現況



自行研發實驗設備



材料煙毒性分析儀



高層建築火災實驗塔



10兆瓦氣體分析儀



帷幕牆商店火災模擬實驗



行政辦公研究大樓原址遭受地震破壞
後尚未整修（一）



行政辦公研究大樓原址遭受地震破壞
後尚未整修（二）

（5）公安部消防局四川火災物證鑑定中心

公安部消防局四川火災物證鑑定中心成立於2003年11月。這是公安部四川消防研究所根據《消防法》、公安部《火災事故調查規定》、公安部關於《加強省、市火災原因技術鑑定工作的通知》等有關法律規定和要求，以及順應社會發展需要的時代潮流而開展的一項公益性技術項目。公安部消防局四川火災物證鑑定中心的基本任務是為火災原因認定提供科學公正的技術依據和技術支援，使火災原因的鑑定工作向科學化、規範化方向發展。

主要業務為電氣火災鑑定、化工火災痕跡物證鑑定、自燃火災物證鑑定和火場模擬實驗等。現有實驗室建築面積 500m²。主要儀器設備有差示掃描量熱儀，差熱分析儀、氣相色譜／質譜聯用儀、T視鏡和金相顯微鏡、紫外可見分光光度計、紅外光譜儀等。

(6) 國家建築防火材料質量監督檢驗中心

國家防火建築材料質量監督檢驗中心（NFTC）是經國家質量監督檢驗檢疫總局和公安部批准建立，於 1987 年通過國家質量監督檢驗檢疫總局正式驗收並授權成為全國首批具有第三方公正性地位的法定的國家級產品質量監督檢驗機構。開展阻燃材料、耐火建築構件、阻燃耐火電線電纜、消火栓箱、消防水槍、水帶、消防警急電源等產品的質量檢驗及燃燒性能分級檢驗，同時開展防火阻燃材料檢測技術，檢測裝置的研究開發和標準的制修訂工作。由技術管理科、技術發展部、辦公室、防火建材檢驗室、耐火建築構建檢驗室、阻燃電纜與防火塗料檢驗室等六個部門組成。

質檢中心成立二十年來注重實驗室建設和管理體系的有效運行，按 CNAL/AC01「檢測和校準實驗室能力認可準則」（ISO/IEC 17025）的要求建立了管理體系，並通過了中國實驗室國家認可委員會的評審、認可以及每五年一次的實驗室認可，計量認證和中心複查的「三合一」驗收和例行的監督評審。2003 年通過了中國船級社「驗證試驗機構」評審、認證，被授權成為船用耐火材料與耐火構件等產品的質量驗證檢驗機構。

質檢中心的組織機構為一科一部四室，即：技術管理科、技術發展部、辦公室、防火建材檢驗室、耐火建築構（配）件檢驗室及阻燃電纜與防火塗料檢驗室，有各類技術、檢測和管理人員 56 人，其中高級技術人員 8 人。



國家建築防火材料質量監督檢驗中心
—耐火建築構建檢驗室



國家建築防火材料質量監督檢驗中心
—檢驗中心擴建實驗室



耐火建築構建檢驗室內部陳設



門牆耐火實驗設備

通過多年的建設和發展，目前質檢中心已被中國國家認證認可監督管理委員會授權承擔各類防火建築材料、耐火建築構（配）件、防火封堵材料、阻燃電纜、耐火電纜、防火塗料、消防水帶、消火栓箱、消防水槍、泵接器、接口、消防應急照明燈具、應急電源和船用耐火材料與耐火構件等五十餘種產品的國家監督抽查、地方監督抽查、型式檢驗、仲裁檢驗、認證認可檢驗和委託檢驗等檢驗工作。

除了承擔檢驗任務處，質檢中心還開展了建材燃燒性能和防火材料相關標準的制修訂、標準化技術歸口、檢驗技術和檢驗設備的研究開發以及對地方消防監督機構人員培訓等工作。

(7) 國家消防工程技術研究中心（四川分中心）

主要負責研究成果的應用和技術轉移，消防工程的設計施工監測，產品銷售以及建築防火性能化評估和諮詢服務等業務。

肆、建議事項

一、綠能環保之阻燃材料與技術發展趨勢

全世界阻燃劑的使用量逾 2010 年預估為 230 萬噸，大陸目前已有 1000 多家阻燃劑生產廠商，年產量近 20 萬噸，隨著對安全的重視，其生產與使用量皆逐年上升。目前大陸的阻燃劑以無機氫氧化鎂、氫氧化鋁、溴系阻燃劑和磷系阻燃劑等為主。因近幾年少數溴系阻燃劑由於具有持久性的有機污染性而在國際上被禁用或限制使用，使得大陸近年來對於具有綠能環保性質的磷系阻燃劑的研究開發、生產製造等方面發展迅速。台灣目前對於阻燃劑的於建築防火的應用，亦應禁用或限制污染性阻燃劑使用，例如溴系阻燃劑；研發具有綠能環保性質的阻燃劑，例如磷系阻燃劑。此項資訊的持續收集未來可利用於制修訂防火法規之參考。

二、大陸防火檢測技術與防火構件安全檢查管理

目前實地考察深圳消防局等部門對消防安全的監督檢察業務例如防火門查檢時，消防安全查檢部門會同施工單位與實驗室單位於施工現場直接採集已安裝完成之防火門實品，樣品貼上封條後再送至實驗室進行實驗。如此防火門的抽樣可真實反應實際狀況，免除實驗樣品與實際安裝產品內容不符之疑慮。但大陸於抽檢防火門進行實驗時卻因為未裝設門框，僅針對門扇進行防火性能實驗測試，較無法模擬防火門於火災現場之實際耐火性能。比較我國目前防火門測試使用 CNS11227 標準較可以模擬實際火災條件，但大陸防火門查檢之抽樣程序，則可提供未來相關防火設備檢驗標準或消防安全查檢規定於制修訂時之參考。

三、大陸阻燃製品標識管理規定

2006 年 6 月大陸公安部消防局制定的強制性國家標準 GB20286-2006「公共場所用阻燃製品燃燒性能要求和標識」，並於 2007 年 3 月 1 日正式實施，但大陸阻燃劑的使用仍然不普及。為了配合這項強制性國家標準的實施，公安部消防局制定了「阻燃製品標識管理辦法」，並於 2007 年 5 月 1 日正式

實施。2008年7月1日起，大陸在公共場所正式推行防火阻燃標識管理制度。法規制度要求於新建或改建的公共場所，必須採用滿足強制性國家標準GB20286-2006的阻燃製品。然而，即使在法規已經頒佈的情況下，大陸相關企業的產品能達到標準的也很少。大陸對於內銷市場的產品，企業根本不在乎有沒有達到標準，原因並非生產技術問題，而其關鍵是成本考量。反觀我國使用於供公眾使用場所的防燬產品，藉由消防單位進行各類場所消防安全檢查執行，會確實查驗防燬物品的標識，防燬產品依規定使用與其標識之管制成效顯然較大陸良好，但是大陸對於少數火災危險性很高的場所其耐燃物品規定項目涵蓋範圍較廣，例如阻燃傢俱及組件等，值我國未來制修訂相關防火規範參考。

伍、附錄

一、2011 阻燃學術年會－重要研究論文

无卤阻燃剂发展现状及趋势*

王虎 刘吉平

(北京理工大学 材料学院)

摘要 介绍了近年来国内外磷系阻燃剂、氮系阻燃剂、硅系阻燃剂等无卤阻燃剂的发展状况和最新研究进展,指出无卤和绿色环保型阻燃剂是未来发展的主流。为了改善无卤阻燃剂的阻燃效果,粒度超细化、表面改性处理和协同复合是目前主要发展方向。

关键词 无卤阻燃 阻燃剂分类 发展趋势

近年来,由于城市建筑更为密集、人口密度增大,各种建筑材料、装饰材料应用量急剧增大,火灾引起的人员伤亡和财产损失呈上升趋势。火灾已成为最经常、最普遍地威胁公众安全和社会发展的主要灾害之一。此外,根据数据统计,火灾中的伤亡事故,有80%左右是由于火灾前期材料热解时产生的有毒气体和烟雾使人窒息无法逃生所造成的。因此,在提高材料阻燃性的同时,应尽量减少热裂解或燃烧生成的有毒气体和烟量。研究清洁、高效、与材料相容性好的无卤阻燃剂成为阻燃材料发展的重中之重。

1 无卤阻燃剂的分类及阻燃机理

1.1 磷系阻燃剂

在无卤阻燃体系的研究开发中磷系阻燃剂历史较长,该阻燃剂不仅克服了含卤阻燃剂燃烧烟雾大、放出有毒及腐蚀性气体的缺陷,同时又改善了无机阻燃剂高添加量严重影响材料的物理机械性能的缺点,做到了高阻燃性,低烟、低毒、无腐蚀性气体产生。

含有磷系阻燃剂的高聚物被引燃时,在其受热时阻燃剂热解磷的含氧酸,开始起到阻燃作用,其阻燃机制有气相机制和凝聚相机制,在凝聚相中,当磷系阻燃剂生成磷的含氧酸时,其促使树脂脱水、炭化,使可燃裂解产物减少。同时,磷的含氧酸多系粘稠状的半固态物质,可在材料表面形成一层覆盖于焦炭层的玻璃状熔融物,降低炭层的透气性和保护炭层不被继续氧化,从而抑制了燃烧的蔓延。根据磷系阻燃剂的组成和结构,可以分为无机磷系阻燃剂和有机磷系阻燃剂两类^[1],无机磷系阻燃剂包括红磷和磷酸盐类,有机磷系阻燃剂包括磷酸酯、亚磷酸酯、磷酸酯和磷盐等。

1.2 氮系阻燃剂

氮系阻燃剂低毒、不腐蚀,对热和紫外线稳定,阻燃效率高且价廉。目前应用的含氮阻燃剂主要包括三大类:三聚氰胺、双氰胺、胍盐及其衍生物,其中三聚氰胺、三聚氰胺氰尿酸和三聚氰胺磷酸酯是阻燃剂市场中最具有发展潜力的品种。关于氮系阻燃剂的阻燃机理,通常认为氮系阻燃剂受热分解后,易放出氮气、氨气、深度氮氧化物、水蒸汽等不燃性气体;不燃性气体的生成以及阻燃剂分解吸热(包括一部分阻燃剂的升华吸热)带走大部分热量,极大地降低聚合物的表

1.3.3 含硅本质阻燃高聚物

因含硅基团的聚合物一般具有极高的本征阻燃性能、热稳定性、氧化稳定性、憎水性以及良好的柔顺性,利用聚合、接枝、交联技术把含硅基团(如有机硅氧基团)导入高聚物分子的主链、侧链等部位,所得含硅本质阻燃高聚物除拥有阻燃、耐高温、抗氧化、不易燃烧等特点外,还具有较高的耐湿性和分子链的柔软性^[6]。含硅本质阻燃高聚物受热分解产物主要是二氧化碳、水蒸气和二氧化硅,对环境友好,受到广泛的关注。含硅本质阻燃高聚物中,目前报道较多的是将含硅基团聚合到高分子材料的主链上。这类已开展研究的阻燃共聚物有PC、聚苯乙烯(PS)、聚醚酰亚胺(PEI)、双酚A型聚碳酸酯(BPFPC)、聚氨酯(PU)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等。很多研究结果显示,该类含硅共聚物耐热、阻燃性能特别好,阻燃级别均达到UL94 V-0级。

2 无卤阻燃技术的发展趋势

无卤阻燃剂的阻燃效果与其添加量有密切的关系,聚合物阻燃性能会随加入量的增加而迅速增加,但高加入量必将影响基材的加工性能和力学性能,材料的兼容性也会大大地降低。因此,为了改善无卤阻燃剂的阻燃效果,对其进行粒度超细化、表面改性处理和协同复合是目前3个主要发展方向。

2.1 超细化

无卤阻燃剂特别是无机添加型阻燃剂,粒度越细,受热分解速度越高,阻燃效果越好,制品的强度、韧性和表面质量也会得到改善。且能在不影响材料的力学及加工性能的同时大大提高其阻燃性。Zhang X G等^[3]将纳米级 $Al(OH)_3$ 用于EVA的阻燃,当 ω (纳米ATH)=60%时,EVA的氧指数即可达37.9,同时阻燃材料的力学性能下降不大。姚佳良等^[4]研究了纳米 $Mg(OH)_2$ 填充聚丙烯体系的阻燃性能。结果表明:纳米 $Mg(OH)_2$ 填充体系在填充量为60%时达到V-0级标准,且发烟量少。

2.2 表面改性

普通的无卤阻燃剂特别是无机物阻燃剂具有较强的表面极性,粒子之间的团聚性强,在高分子材料中的分散性和相容性较差。且其表面具有较强的亲水性,当它与高分子材料共混加工时,与表面亲油性的高分子材料亲和力较差,导致分散性不好,因此必须改变无卤阻燃剂的表面性质,使其具有较好的亲油性。通常采用偶联剂对阻燃剂进行表面处理或采用高分子对阻燃剂进行微胶囊包裹,改善无卤阻燃剂与聚合物间的粘结力和界面亲和性。例如利用有机硅对 $Al(OH)_3$ 、 $Mg(OH)_2$ 等表面处理,能增加它们在基材中的分散性,提高与基材的相容性。经硅烷处理后的 $Al(OH)_3$ 阻燃效果好,能够有效提高聚酯的弯曲强度和环氧树脂的拉伸强度;经乙烯基硅烷处理的 $Al(OH)_3$ 可用于提高交联乙烯-醋酸乙烯共聚物的阻燃性、耐热性、抗湿性。单烷基钛酸酯对粗粒 $Al(OH)_3$ 的偶联效果不如对细粒 $Al(OH)_3$ 的偶联效果好。陈蓉蓉等^[5]将硅烷偶联剂KH-550锚固在氢氧化

镁表面,通过乳液聚合制备了用脲醛树脂(UF)接枝的氢氧化镁阻燃剂。得到乙烯-乙酸乙烯共聚物(EVA)复合材料的氧指数最大为40%,拉伸强度为13.9MPa,断裂伸长率为130.6%。

微胶囊化的实质,是把阻燃剂用有机物或无机物进行包裹,制成微胶囊化阻燃剂;微胶囊化技术可以改变阻燃剂的外观及状态,降低阻燃剂的水溶性,提高阻燃剂的热裂解温度,增加阻燃剂与材料的相容性,增强阻燃剂的稳定性、安全性,增强阻燃剂的阻燃或抑烟效果。此外,阻燃剂经微胶囊化后,还可屏蔽阻燃剂的刺激气味,减少阻燃剂中有毒成分在材料加工过程中的释放,以适应不同要求的材料加工。郝冬梅等^[6]利用三聚氰胺-甲醛树脂包覆聚磷酸铵,当磷酸铵微胶囊微质量分数增大到30%时,燃烧等级达到FV-0级,抑烟效果比较明显,且与聚丙烯相容性良好。

2.3 阻燃剂的协同复配

阻燃剂的复配技术包含有两方面。一是不同阻燃剂之间的复配问题,二是阻燃剂与不同的基体、不同的塑料助剂之间的配合问题。实践证明,一些阻燃剂只适用于一定的基体树脂,例如,对聚烯烃阻燃效果良好的阻燃剂不一定适合尼龙。因此,不同的基体树脂要注意选择合适的阻燃剂。有时候使用单一的阻燃剂往往需要加入量很大才能起到阻燃作用,而将两种或多种阻燃剂进行复配时,阻燃效果大大增加,同时,可减少阻燃剂的用量。进行阻燃剂的复配,要充分考虑到高聚物的热力学性能后选择最适宜的阻燃剂品种,最大限度地发挥阻燃剂的协效性,同时考虑与各种助剂如增塑剂、热稳定剂、分散剂、偶联剂、增韧剂之间的相互作用,达到减少用量、提高阻燃效果的目的。曲敏杰等^[7]将 $Al(OH)_3/Mg(OH)_2$ 配合使用阻燃聚丙烯,综合考虑阻燃抑烟效果及力学性能,结果发现当二者共同使用且各占30份时,氧指数达到26.9,比它们单独使用时高。水平燃烧时浓烟减少,只产生淡淡轻烟,抑烟效果明显起到协同作用。蒋文俊等^[8]以自制的改性层状双氢氧化镁铝(LDH)与微胶囊红磷复配用于PA6的阻燃,发现加入8份LDH与12份MRP时,复合材料能达到V-0级且极限氧指数为28.5%,有很好的协同阻燃作用。李田等^[9]将氢氧化物加入到酚醛环氧树脂/有机蒙脱土(NER/OMMT)与磷酸酯阻燃聚丙烯体系,在NER/OMMT与磷酸三苯酯(TPP)总用量仅为10wt%的情况下制得了氧指数高达30.0%的阻燃聚丙烯,并且热释放速率峰值比纯PP下降了49%。李淑娟等^[11]采用35%磷-溴-锑复配阻燃体系对聚酰胺66进行阻燃,极限氧指数可提高到33.6%,达到UL94-V0级(1.6mm),且无熔融滴落。此外,他们还将包覆后的聚磷酸铵密胺盐应用于磷系复配体系和膨胀阻燃体系,在ABS中添加25%可获得较好的阻燃效果。

3 结束语

随着社会对阻燃要求越来越高和阻燃技术的发展,阻燃剂的制备、阻燃技术的开发研究不断深入,无卤阻燃技术将向以下方向发展:环保化,低毒化。卤系阻燃剂燃烧时会生成有毒的致癌物,因而无卤阻燃剂及对环境友好的阻燃剂的需求将增长;高效化。开发高效阻燃剂,不仅能减少阻燃剂对基材机械物理应用性能的影响,同时可以减少污染、降低成本;多功能化。具有多种功能的阻燃剂的发展也将会受到重视,如增韧、抗静电、增塑等;复配技术的应用。如何通过复配技术开发出性能优异的新型阻燃剂,是阻燃工作者的重要研究课题,也是阻燃剂发展非常重要的方向。

参考文献

- [1] 韩小勇. 反应型含磷阻燃环氧树脂体系的研究进展[J]. 中国胶粘剂, 2010, (03): 55-60
- [2] Huang L, Gerber M, Lu J. Formation of a flame retardant cyclodextrin inclusion compound and its application as a flame retardant for poly (ethylene terephthalate)[J]. Polymer Degradation and Stability, 2001, 71: 279-284.
- [3] Zhang X G, Gao F. Investigation of interfacial modification for flame retard antethy lenevinyl acetate copolymer/alumina trihydrate-nanocomposites[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 87: 411-416.
- [4] 姚佳良, 张志. 聚丙烯纳米氢氧化镁阻燃复合材料的性能研究[J]. 青岛科技大学学报, 2003, 24(2): 142-144.
- [5] 陈蓉蓉, 徐亮. 脲醛接枝氢氧化镁对EVA的阻燃改性[J]. 塑料科技, 2007, 35(4): 42-45.
- [6] 郝冬梅, 伊亮. 微胶囊化膨胀阻燃剂及膨胀阻燃聚丙烯性能的研究[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(5): 12-15.
- [7] 曲敏杰, 冯钠. 无卤阻燃剂对聚丙烯复合材料阻燃性能及力学性能的影响[J]. 大连轻工业学院学报, 2001, 12: 245-247.
- [8] 蒋文俊, 许建, 赵春宝, 等. 改性层状双氢氧化镁铝的制备及在PA6中的阻燃应用[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2009, 33(2): 272-276.
- [9] 李田, 曾幸荣. 氢氧化物对NER/OMMT与磷酸酯体系阻燃聚丙烯的影响[J]. 合成材料老化与应用, 2006, 35(3): 5-8

DEVELOPMENT AND TREND OF HALOGEN-FREE FLAME RETARDANT

WANG Hu, LIU Ji-Ping

School of materials, Beijing Institute of Technology

Abstract: It Introduced the development and recent progress of halogen-free flame retardant such as phosphorus flame retardant, nitrogen flame retardant, silicone flame retardants in recent years. It is pointed out that non-halogen and environmental protection type of flame retardants will be the direction of development. In order to improve flame retardant halogen-free flame retardants, ultra-fine particle size, surface modification and coordination compound is the main direction of development.

Keyword: Halogen-free flame retardant, Flame retardant classification, Development trends

从上海 11.15 特大火灾看“阻燃”

余威¹, 刘微², 卢国建², 葛欣国²

1 公安部消防局科技处 北京

2 公安部四川消防研究所 四川 都江堰 611830

2010年11月15日下午,位于上海市静安区胶州路728弄1号的一栋28层,高85米的住宅楼发生火灾,迄今为止,火灾已造成58人遇难。经公安消防部门现场勘察并对涉案当事人询问,火灾原因为实施焊接工作时焊渣飞溅引燃施工现场的易燃材料所致。事发前大楼正在实施窗户和外墙节能综合改造工程,与之平行施工的还有另外两栋相邻的高层建筑。高层建筑的四周搭建了脚手架,每个作业平台都铺设了竹片编制成的作业面,脚手架外围包覆了一层绿色密目式安全立网(尼龙网),而正在施工的外墙节能改造工程是在建筑外墙上喷涂20毫米厚的硬质聚氨酯泡沫保温层,这就相当于在建筑的四周包覆了一个由三种易燃、可燃材料组成的立体外套。我们知道,高分子材料如尼龙网和聚氨酯泡沫等在不经任何阻燃处理或者阻燃处理不达标时(极限氧指数LOI小于26),材料是极易被引燃的,因此,这些易燃材料不但会成为起火的源头,而且还会加速火灾的蔓延,在国务院上海“11·15”特别重大火灾事故调查组公布事故五大问题时,其中一点就是现场违规使用大量的聚氨酯泡沫等易燃材料,是导致大火迅速蔓延的重要原因。

近年来,由于易燃、可燃材料引燃、引发建筑火灾的事件屡见不鲜:2008年7月27日,济南奥体中心正在施工的荷花外形的球类体育馆顶部发生火灾,事故原因认定是工作人员违章作业,电焊操作引燃外墙保温材料所致,过火面积约占楼顶的四分之一。2009年元宵,因违规燃放A类烟花,中央电视台新址园区内北配楼外墙装饰材料和保温层被点燃,火势持续6个小时,过火面积10万余平方米,造成1人死亡、7人受伤,事故调查发现该工程使用了大量阻燃等级未达标的聚苯乙烯泡沫保温板。2010年5月31日,南通在建的苏中“第一高楼”在进行外部装修时,大楼西南角外表幕墙的外墙保温层突然失火,着火的是混凝土外墙和外表铝板幕墙之间的外墙保温材料(泡沫夹芯板),燃烧非常迅速,并很快形成一条竖向蔓延的火带,从33层分别蔓延至40层和14层左右。这一系列特大火灾凸显出建筑材料阻燃的重要性和必要性,因此从源头上控制火灾隐患,做好材料阻燃,并加强阻燃剂、阻燃制品的应用推广工作已势在必行。

随着科技的进步,合成高分子材料在建筑材料、电子电气、日用家具、装饰材料等领域得到了广泛应用,但大多数高分子材料本身极易燃烧,给防火安全带来了很大的挑战。因此大力开发,使用阻燃材料是十分有必要的。阻燃材料是能阻止材料被引燃、抑制火焰传播、且能自熄或具自熄倾向的材料,又叫难燃材料。阻燃材料并不是不燃材料,但这类材料却不易被小规模的火源(如烟头、电火花)引燃,可以从源头

上降低火灾发生的概率,并且由于阻燃材料相对于不阻燃的材料具有更低的热释放速率(HRR),在火灾中可以减缓火焰传播速度,为逃生、消防灭火救援等赢得更多的宝贵时间。大量研究表明,使用阻燃剂可降低材料燃烧时的热释放速率,延缓轰燃的发生(轰燃是指室内发生火情时,火从局部燃烧突然发展到室内所有可燃物的表面全部卷入燃烧的瞬变状态,轰燃标志着火灾的形成。在轰燃发生前,燃烧仅仅是局部的,一旦发生轰燃,就会对人的生命财产安全构成巨大的威胁)。2005年8月,法航一架A-340客机因遭雷击在加拿大多伦多坠毁起火,机上309名乘客和机组人员却奇迹般地全部生还。美国联邦航空局官员对此事作出的解释是,阻燃材料在这次空难事故中功不可没,它帮助减缓了火焰和烟雾的蔓延速度,为乘客和机组人员提供了足够的逃生时间。此外,1987年美国国家技术和标准研究院(NITS)比较了5种典型塑料制品的阻燃试样和未阻燃试样的火灾危险性:①高抗冲聚苯乙烯电视机外壳;②改性聚苯醚电子计算机外壳;③聚氨酯泡沫塑料软椅;④带聚乙烯绝缘层和橡胶护套的电缆;⑤不饱和聚酯玻璃钢电路板。试验的测定结果发现:①发生火灾后可供疏散人口和抢救财产的时间,阻燃试样为未阻燃试样的15倍;②材料燃烧时的质量损失速度,阻燃试样不到未阻燃试样的1/2;③材料燃烧时的放热速率,阻燃试样仅为未阻燃试样的1/4;④材料燃烧生成的有毒气体量(换算成CO计),阻燃试样仅为未阻燃试样的1/3;⑤阻燃试样与未阻燃试样两者燃烧时生成的烟量相差无几,且阻燃材料并不生成极其有毒的或不寻常的燃烧产物。这一系列试验结果充分说明,只要制备阻燃材料的配方和工艺合理,阻燃材料的火灾安全性在很多方面都比未阻燃的同类材料要高,前者燃烧时烟和有毒气体的生成量也可比后者低。因此,合理采用阻燃材料是防止和减少火灾的重要技术措施之一,有助于改善人民的生活质量和保障民众的安全。为了提高防火系数,欧美等发达国家对建筑材料、纺织品、电子电气部件等产品的阻燃都有严格要求,美国在60年代就颁布了《阻燃纤维法》,对高危险性的材料如纺织物、地毯、床垫都有严格的阻燃要求,并在2000年进一步立法:要求16岁以下儿童和老人的衣服面料须是阻燃产品。日本的消防法也规定,纺织品和泡沫等其他易燃产品,在高层建筑或政府规定的某些特定场所,都要求使用阻燃制品,在这些国家的塑料市场中,阻燃塑料的比例高达20%~30%,而中国阻燃塑料的市场份额却远低于此。在我国,大多数火灾都是由小规模火源引起的,由2008年数据统计来看,全年共发生火灾13.3万起,从引发火灾的原因看,电线短路、超负荷、电器设备故障、用火不慎、生产作业不慎、雷击、静电以及自燃都可能引发大火,如果能在公共场合全面推广应用阻燃材料,可避免90%以上的火灾发生。

我国是阻燃剂的生产大国,目前国内有1000多家阻燃剂生产企业,每年产量约有20多万吨,阻燃剂已成为仅次于增塑剂的第二大塑料助剂。虽然产量、用量都不低,但大部分阻燃剂都随制品应用出口到了国外,由于成本高等原因,我国阻燃塑料在塑料中的用量比例还很低,与国外发达国家差距巨大。目前来说,中国的阻燃技术

丝毫不比国外任何一个国家差，特别是阻燃剂和阻燃材料的研究开发，国内各个消防科研单位和高校都进行了大量的研究、应用工作，并在一些具体的领域走在了国际前列，但在应用、推广、和实施上却遇到许多障碍。大量火灾事故的鉴定表明，许多公共场所依然大量使用非阻燃制品，某些公共场所甚至有阻燃制品和非阻燃制品同时存在的现象。我国于2007年开始实施强制性国家标准《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求和标识》，但标准涉及的监管范围广、场所多，监管困难，无法到位，执行情况尚不够理想。此次上海11.15火灾中的聚氨酯外墙保温泡沫材料是一种性能优异的建筑保温材料，在国外的外墙保温工程中也有大量的应用，在国外由于经过了严格的阻燃改性，所以使用相对安全。我国对聚氨酯保温材料也有明确的阻燃标准要求，经过正规阻燃处理的聚氨酯完全有能力抵御焊花引起的小火源，不会造成如此大面积的火灾。从挽救人民生命的层面来看，阻燃的确非常必要，就中国整个环保安全形势而言，阻燃材料的推广、应用必须加强和提速。

在此次重大火灾中，58人遇难的惨痛教训使我们警醒，为了保证人民群众的生命安全和维护社会的稳定和发展，我们必须把以下四点做到位：（1）大力开展阻燃新技术和新材料的研发，提高阻燃材料的综合性能，强化、推广阻燃材料的应用。（2）严格按照国家的相关标准如GB20286-2006《公共场所用阻燃制品燃烧性能要求和标识》，监督阻燃制品的质量，提高相关企业的准入门槛，大力扶持阻燃行业的发展，提高整个阻燃行业水平。（3）继续建立健全相关的法律法规，加强监管力度，对各个建筑工程及公共场所的阻燃制品应用加强监督，防患于未然，切实保证人民群众的生命和财产安全。（4）加强宣传，普及阻燃防火知识，提高全民的安全防火意识，实现全民消防的目标。今后只有这样长期地坚持下去，才能保证类似的惨剧不再重演。只有将阻燃材料和阻燃技术的推广和应用做到实处，才能让广大人民群众远离火灾。

主要参考文献：

- [1] 上海大火引发对高层安全关注 消防安全不容忽视，《新闻1+1》：<http://house.focus.cn/news/2010-11-22/1108860.html>
- [2] 欧育湘. 发展阻燃材料防火于未然. 新材料产业 2006(10):32-36.

GB20286《公共场所阻燃制品燃烧性能要求和标识》

修订情况介绍

公安部四川消防研究所 卢国建

一、任务来源

阻燃制品在公共场所内的应用与标准化,始终是业界人士关注的一个问题。合格的阻燃制品在公共场所的应用,可以减少火灾隐患,提高消防安全水平。国内不少科研单位和高等院校在这方面做了大量的研究工作,相关的企业也生产了品种多样的阻燃制品。消防、纺织、塑料、建材等行业已先后制定了百余项关于阻燃性能测试的国家标准。开发应用阻燃技术与制品也是西方发达国家改善包括公共场所在内的建筑消防安全状况的技术措施之一。国际标准化组织(ISO)、欧洲标准化组织(EN)及美国的UL和NFPA等都颁布了许多涉及阻燃性能测试及评价的标准。近些年来国内陆续发生的公共场所火灾,造成了重大的人员伤亡和财产损失,社会影响恶劣。公共场所火灾导致人员伤亡的物态原因主要是有大量可燃物的存在以及疏散通道不畅。如果能降低大多数公共场所的可燃物含量,减少火灾荷载,采用阻燃、低烟、低毒或无毒的装修材料、家具和其它装饰物品,即使发生火灾也一般不会造成重大人身伤亡和财产损失。解决问题的有效途径之一就是要有有一个技术指标设置合理、与国际接轨的产品安全性能通用标准。

从2001年春起,公安部与国家经贸委对国内阻燃技术的应用现状进行了分析研究,认为人员聚集的公共场所的消防安全问题依然突出,推广应用阻燃、高效、无公害的阻燃技术仍面临着阻燃产品技术水平较低、未从法规及技术标准上对阻燃产品的生产和使用作出强制性统一要求的情况。鉴于这种局面,两部委提出如下一些解决问题的措施:一是修订完善关于阻燃技术及制品的法规体系;二是推行阻燃制品的标识明示管理制度;三是推动阻燃技术的科研开发。为了提高我国公共场所的防火安全水平,推动我国阻燃技术水平的提高,以及阻燃制品在公共场所的应用,在公安部与国家经贸委等相关部门的支持和推动下,经过三年多的努力,强制性国家标准GB20286-2006《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求和标识》于2006年6月经国家标准化委员会批准,并于2007年3月1日正式实施。该标准的发布,标志着我国

阻燃制品管理工作正式启动,是我国阻燃技术发展史上的一个重要的里程碑。该标准的实施,有力地推动了我国阻燃技术的研究、开发和成果转化。标准发布至今,经过四年多的时间,如今已有500多家企业,600多个品种的阻燃制品经国家消防检验机构检验合格并获得阻燃标识使用资格。其中,不少产品填补了国内空白,如:耐洗涤阻燃织物、阻燃装饰软包、阻燃床垫、沙发和软包用阻燃泡沫塑料、家具用阻燃板材等等。

强制性国家标准 GB20286 自 2006 年发布以来,对推动了我国阻燃技术的研究、开发、成果转化及应用起到了积极的作用。但是,由于我国的阻燃标准和法规建设才刚刚起步,加上外部环境的不断变化,该标准在实际应用中也遇到了一些新情况和新问题,主要体现在:标准涉及的场所太多、产品的范围太广、要求过高,导致监管无法到位,不利于标准的贯彻实施。为进一步推动我国阻燃技术的发展,有必要对该标准作进一步的修订和完善。为此,公安部和国家标准化技术委员会下达了 GB20286-2006《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求及标识》的修定计划任务。

二、编制简况

公安部四川消防研究所按照标准修订计划,根据 2009 年 7 月由全国消防标准化技术委员会组织召开的 GB 8624《建筑及装修材料(制品)燃烧性能分级》、GB20286《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求及标识》标准编制组、《建筑设计防火规范》、GB50222《建筑内部装修设计防火规范》编写组等相关标准、规范协调会的讨论意见,于 2009 年 8 月成立了强制性国家标准《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求及标识》修订工作组。

为了做好标准的修订工作,课题组多次组织召开研讨会,认真听取各方面的意见,在广泛收集资料和调研的基础上,经过认真的讨论,于 2010 年初形成了本标准修订的第一稿。并会同 GB 8624《建筑及装修材料(制品)燃烧性能分级》标准修订组在广州召开了由消防监督部门、技术监督部门和各相关行业的 60 多位代表参加的座谈会,认真听取了各方的意见。课题组根据收集的意见,经过认真的修改,于 2010 年 5 月形成了本标准修订的第二稿,并分发到各行业协会和有关单位征求意见。2010 年 7 月,课题组根据各单位的反馈意见,经过认真的讨论和修改,形成了本标准的征求意见稿,并于 2010 年 8 月发出正式的征求意见稿,与 GB 8624《建筑及装修材料(制品)燃烧性能分级》等国家标准同时征求意见。2010 年 11 月根据专家们反馈的意见对标准作了大量的修订和完善,形成了标准送审稿。2010 年 12 月 14 日至 15 日

该标准的修订将为我国阻燃制品的研究、生产、使用以及消防安全监管提供技术支持,并进一步促进我国阻燃制品的研究和应用。标准的修订还将进一步推进我国的防火安全设计工作,通过开展防火安全设计并大力发展阻燃材料和制品,将可以把室内火灾控制在轰燃以前,使之不能发展到轰燃,这对从源头上防止恶性火灾事故的发生具有重大的现实意义。

五、条文说明

本标准的编制方法和格式依据 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 标准编写的基本规定》。

1、本标准的适用范围

本标准在修订过程中,为了与相关标准更好地协调和配合,同时使阻燃标识管理工作更加规范,课题组在总结经验和反复讨论的基础上,对本标准的适用对象和覆盖的产品范围进行了调整:规定本标准的适用对象是人员密集场所及公共娱乐场所使用的可移动或可更换的阻燃制品,而这类场所中固定设置及不可移动的物品则可按 GB50222《建筑内部装修设计防火规范》的有关规定进行管理。同时,对 GB50222明确了设置要求的可移动或可更换的阻燃制品,本标准在条文中进行了引用。这就使得上述两个标准可以相互协调且互为补充,有利于对上述各类场所中使用的材料和制品的防火安全管理,从而为减少或避免公共场所的恶性火灾事故创造了条件。上述调整,还使我国对建筑材料和室内织物、家具等可移动物品燃烧性能的管理标准更加配套。调整后的本标准覆盖产品范围包括在建筑物中使用的可移动或可更换的下列物品:阻燃织物、阻燃地毯、阻燃塑料/橡胶、阻燃电线电缆、阻燃板材、阻燃家具及组件。对建筑物中可以通过相关防火规范来进行管理、固定设置和使用的建筑材料和装饰装修材料,不再由本标准进行规定。本标准规定了公共场所用阻燃制品的定义及分类、燃烧性能要求和标识、标识管理等内容。

2、标识管理目录

GB20286-2006在实施过程中,一方面由于涉及的阻燃产品种类太多,消防部门很难监管到位。另一方面,有些阻燃产品在国内还不够成熟,不具备大规模生产和应用的条件,导致用户无法买到相应的产品。为此,本标准在修订时,根据我国的具体情况,明确了需要强制实施阻燃标识管理的阻燃制品目录。本次修订明确的产品目录均为对防止火灾发生或火势迅速蔓延扩大具有明显作用,同时生产技术条件也比较成熟的阻燃制品。修改后的规定更接近于多数国家的做法,即先从少数生产技术条件成

熟,且对改善防火安全效果明显的产品入手,在一定的范围内进行推广应用,待条件成熟时再逐步增加新的品种。

阻燃织物主要有采用阻燃剂喷涂处理的非耐洗阻燃织物和耐洗涤阻燃织物两大类。其中,耐洗涤阻燃织物是阻燃织物未来的发展方向。我国的耐洗涤阻燃织物经过近几年的发展,已有多家企业具备了生产能力,目前已能生产高、中、低各档次的400多个花色品种。包括阻燃窗帘、窗纱、幕布、帷幕和阻燃医用隔帘、阻燃蚊帐及阻燃会议桌台布在内的阻燃织物制品均已形成了一定的生产规模。同时,国内自主开发生产的耐洗涤阻燃织物与国外同类产品相比,在价格上也具有一定优势,目前出口的势头良好。与国内非阻燃的中低档织物比,价格相差为10%~30%,与非阻燃的高档织物比,价格相差在10%以内。目前,耐洗涤阻燃织物已逐渐被社会所接受。本标准规定阻燃窗帘、窗纱、幕布、帷幕和阻燃医用隔帘等织物应采用耐洗涤阻燃织物,不仅有利于消防安全,而且对引导阻燃织物向耐洗涤的方向发展也具有积极的意义。

阻燃地毯可以分划为采用表面阻燃剂喷涂处理的阻燃地毯和本体阻燃地毯两大类。本体阻燃地毯在我国的地毯行业中占有一定的比例,但这个比例与发达国家相比还很低。目前发达国家的本体阻燃地毯在地毯中的比例达50%以上,而我国的本体阻燃地毯在地毯中的比例还不到它的一半,这与发达国家对防火安全的重视是密切相关的。本体阻燃地毯是阻燃地毯今后的发展方向,我国已拥有相应的技术和生产能力,只要通过合理的引导,相信我国的本体阻燃地毯会得到较大的发展。本标准规定公共场所按GB50222规定应当采用B1级铺地材料的场所,其疏散通道、电影院及录像放映厅铺设的地毯,应使用本体阻燃地毯,不仅有利于这些关键部位的消防安全,而且对引导本体阻燃地毯的发展也具有积极的作用。

目前,我国不少企业已经在生产阻燃电线导管/线槽和阻燃接线板/盒,其产品已在很多场所得到了广泛的应用。同时,我国在电器用阻燃塑料方面已积累了不少研究成果,生产阻燃电源插座和电热器具的阻燃塑料部件已不存在生产和技术上的问题,而且单件产品阻燃需要增加的成本也很低,国内已有多家大型企业在生产电源插座和电热器具所需的阻燃塑料母粒。因此,对上述产品实施标识管理的条件已经成熟。对上述产品实施阻燃标识管理将引导那些具有潜在火灾危险的电器产品逐步提升其防火安全性能。此外,经过近十年的发展,我国阻燃电缆及光缆的研发和生产已经具有较高的水平,目前已有上百家企业生产阻燃电缆及光缆,其产品已在很多重要工程中

应用。对阻燃电缆及光缆实施标识管理，既有利于提高线路和设施的防火安全水平，也有利于进一步推动电缆及光缆阻燃技术的发展。

近几年来，国内已有多家企业研发生产家具用阻燃板材，并已形成了一定的生产规模，为阻燃家具及组件的生产创造了条件。同时，国内相关单位研发生产的阻燃塑料座椅已具有较强的生产能力，其产品已在一些大型体育场馆应用。泡沫软垫及软垫家具、软包及泡沫塑料展示品具有很高的火灾危险性，近些年国内发生的多起特大火灾事故均与其密切相关。国内相关研究机构和企业经过近几年的攻关，已经具备了阻燃软垫及阻燃软垫家具、阻燃软包及阻燃泡沫塑料展示品的生产技术和一定的生产能力，可以满足本标准规定的相关场所的使用要求。考虑到我国阻燃家具及组件的生产应用起步较晚，本标准仅规定少数火灾危险性很高的场所应采用阻燃家具及组件。这对降低此类高危场所的火灾风险具有积极的意义，同时也将逐步引导和推动阻燃家具及组件在公共场所的应用。

3、燃烧性能要求和标识

根据2009年7月由全国消防标准化技术委员会组织召开的GB 8624《建筑及装修材料（制品）燃烧性能分级》、GB20286《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求及标识》标准编制组、《建筑设计防火规范》、《建筑内部装修设计防火规范》编写组等相关标准、规范协调会的讨论意见，本标准在修订时将阻燃制品的具体检验方法、判定指标等内容由GB20286《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求及标识》移到GB 8624《建筑及装修材料（制品）燃烧性能分级》及相关标准中，GB20286直接引用GB 8624及相关标准对阻燃制品的燃烧性能检验结果。但考虑到部分阻燃制品的特点和具体使用要求，对样品的耐洗涤、清洗等提出了一些具体要求：为保证阻燃织物的燃烧性能具有一定的持久性，本标准规定在进行燃烧性能试验前应按规定程序洗涤。窗帘、帷幕、床罩等需要经常洗涤的阻燃织物应采用耐洗涤阻燃织物。不需要经常洗涤的织物当使用不耐洗涤的阻燃织物时，每次洗涤后均应重新进行阻燃处理。这是由于洗涤后的非耐洗涤阻燃织物，往往已不再具备相应的防火阻燃性能，也具有较高的火灾危险性，为了确保公共场所的防火安全，必须严格加以控制。窗帘、帷幕、床罩等由于需要经常洗涤，故应采用耐洗涤阻燃织物。本标准还规定人员密集场所疏散通道、电影院及录象放映厅铺设的地毯，应使用本体阻燃的阻燃地毯。这是由于疏散通道及录象放映厅的人流量很大，这些部位铺设的地毯

需要经常清洗，而本体阻燃的地毯其燃烧性能一般不会由于清洗而降低，这样的规定可以使得这样的场所（尤其是疏散通道）更加安全。由于使用表面阻燃处理剂处理的阻燃地毯往往不耐清洗，清洗会导致其燃烧性能大幅度降低，因此本标准规定人员密集场所的其它部位当使用表面阻燃处理剂处理的阻燃地毯时，每次清洗后，均应重新进行阻燃处理。总体来说，本题阻燃地毯在防火安全方面的可靠性高于使用表面阻燃处理剂处理的阻燃地毯。为了便于实施，标准明确了由阻燃板材与钢材、玻璃等不燃材料组合制作的家具，也可以认可为阻燃家具或组件，同样可以加施阻燃标识。这使得阻燃家具或组件的生产和制造更加灵活，更加易于实施，同时又不会降低阻燃性能要求，有利于促进阻燃家具和组件的研发和生产。

为了使标准的可操作性更强，编制组在做了大量调研和广泛征求意见的基础上，对各类阻燃制品的阻燃标识施加方式作了详细的规定。在规定阻燃标识施加方式时，充分考虑了不同产品的具体特点，力求简便易行，便于实施。

4、标识管理

本标准专门增加了标识管理一章。根据 GB20286-2006 发布以来，在实施阻燃标识管理的过程中反映出的问题，并结合“阻燃制品标识管理规定”的相关要求，在标准中增加了标识管理这一章。课题组根据相关行业和生产单位的意见，为了使标识的施加便于操作，在标准中除保留标准规格阻燃标识外，还增加了数码阻燃标识和模压阻燃标识两种方式。其中，标准规格阻燃标识和数码阻燃标识具有防伪识别功能，可通过其防伪数字编码对产品进行验证并获取相关信息，包括企业自行上传的产品批次、出厂日期、销售地点、使用单位、销售数量等信息，这对及时发现假冒阻燃制品是十分有利的。模压阻燃标识不具备防伪识别功能，但通过其数字代码可获取一些基本信息。

本标准规定了阻燃标识的获取、使用和监督管理程序。标准规定阻燃制品须经抽样送国家认可并授权的检验机构进行检验，燃烧性能等级达到本标准规定，获得《阻燃制品标识使用证书》的企业才能申领阻燃标识。产品经生产企业出厂检验合格，方可施加阻燃标识。针对阻燃布料和地毯的生产与裁剪、缝制、施工相分离的特殊性，为防止在裁剪、缝制、施工的过程中出现弄虚作假，标准规定其阻燃标识还必须包含生产企业上传的当批产品出厂的各种相关信息，包括：当批产品名称、数量、采购、制作施工的单位名称和地址、使用单位或工程名称，使用数量、使用的时间等基本信息，便于查询和验证。针对采用阻燃板材制作的家具，标准规定其阻燃标识还必须包

含阻燃板材生产企业的名称、阻燃板材的燃烧性能等级和阻燃标识证书编号、当批产品所用阻燃板材的阻燃性能出厂检验数据等相关信息，便于产品质量的追溯。标准还针对阻燃标识的使用、管理和变更作了具体的规定，同时明确了对阻燃制品和标识的监督检查程序、检查方法及处置措施，以便于监督管理。

六、结束语

修订国家标准 GB20286《公共场所用阻燃制品燃烧性能要求及标识》，有利于该标准的进一步完善，有利于我国阻燃制品标识管理工作的顺利开展。该标准的修订，将进一步促进我国阻燃材料和制品的研究和应用，该标准的发布实施，将对减少和避免人员密集场所的恶性火灾起到重要的作用。同时，还将进一步推动我国防火安全设计技术的发展，对我国将来通过科学技术手段来防范火灾的发生具有深远的意义。

锥形量热仪试验燃烧模式特点的分析

王继刚 高萍 滕彦 邓小波 于广和 孙玉泉

(山东省产品质量监督检验研究院 山东 济南 250033)

[摘要]: 采用熔融插层法制备了 HIPS/OMMT 复合材料, 以纯 HIPS 和 HIPS/OMMT 纳米复合材料分别代表成炭聚合物和不成炭聚合物, 在锥形量热仪试验下燃烧测试, 分析了在锥形量热仪试验的点燃特征, 火焰传播特征, 温度变化特征以及聚合物裂解特征。通过锥形量热仪试验的特点的分析明确了不同结构的材料在锥形量热仪下的热响应特征是不同的, 成炭聚合物在锥形量热仪燃烧模式下会表现出较好的阻燃性能。只有了解燃烧模式的特点才能更有效发展高效阻燃材料, 这为阻燃材料的设计和研发开拓了新的思路。

[关键词]: 锥形量热仪; 燃烧模式; 材料结构; 阻燃性能

In this thesis, HIPS/OMMT composites (PLS) were prepared by the melt intercalation approach. HIPS and HIPS/OMMT represent the non-charing and charring materials, respectively. The cone calorimeter was used to assess the flammability of them. This study examines the burning modes of the cone calorimeter testing method. The burning test was experimentally analyzed in terms of burning mode based on burning environment, temperature field, flame propagation, heat transfer characteristics. Analysis showed that the response of material was different with different structure. By the cone calorimeter method, charring materials showed excellent flame retardant properties, in terms of peak HRR significantly reduced. Understanding the characteristics of combustion mode is important for us to develop efficient fire-retardant materials.

Keyword: Cone Calorimeter, Burning Mode, material structure, flame retardancy

1 前言

锥形量热法是由美国国家标准与技术研究院提出的一种用来测定材料释热速率的方法, 该方法可用于测定材料的引燃时间、热释放速率、质量损失速率、有效燃烧热、烟密度等参数。通过上述参数, 可研究小型阻燃试验结果与大型阻燃试验结果的关系, 并能分析阻燃剂的性能和估计阻燃材料在真实火灾中的危险程度, 锥形量热仪试验越来越广泛的被应用到阻燃材料的测试和研究中^[1]。目前, 对于材料阻燃性能的研究大多集中在材料学和化学角度, 对火灾学方面的研究较少, 而材料的阻燃性能主要涉及到材料学和火灾科学两个方面的内容, 应该从两个方面进行研究。认识和掌握燃烧模式的特点以及不同材料的对火反应特征的不同, 才能有效地发展高阻燃性能的材料。本文从火灾学角度出发, 选取成炭聚合物 (HIPS/OMMT 复合材料) 和不成炭聚合物 (HIPS) 分别代表不同结构的材料, 在锥形量热仪燃烧模式下对不同结构材料的对火反应特点进行了研究, 在此基础上详细分析了锥形量热仪试验燃烧模式的特点。

2 实验部分

2.1 原材料与仪器

蒙脱土 (MMT), CEC: 80mmol/100g, 浙江丰虹粘土化工有限公司; 十六烷基三甲基溴化铵, 分析纯, 德国 BASF 化工有限公司; 高抗冲聚苯乙烯, 镇江奇美 PH-88。水浴装置, 76211, 上海标本模型厂; 锥形量热仪, 标准型, 英国 FTT 公司; 双滚筒塑炼机, SK2160B, 上海橡胶机械厂; 25 吨平板硫化机, XQLB2350×350, 上海第一橡胶机械厂

2.2 样品制备

2.2.1 有机蒙脱土 (OMMT) 的制备

称取一定量 MMT 置于四口烧瓶中 (内有蒸馏水), 在 80℃ 恒温水浴中搅拌, 将溶解的十六烷基三甲基溴

化铵(插层剂)倒入四口烧瓶。反应 3h 后停止搅拌,将产物倒入烧杯中静置 24h 后,抽滤、洗涤多次,直至无 Br⁻离子(用 AgNO₃ 溶液检测无浅黄色沉淀)为止,80℃下真空干燥 72h,研磨成粒径为 50 μm 的粉末成有机蒙脱土。

2.2.2 HIPS/OMMT 复合材料的制备

将一定比例的 HIPS 粒料、OMMT 在 160℃ 低温下塑炼,薄挤数次,再将塑炼后的胶料进行模压,温度 160℃,模具尺寸 100mm×100mm×4 mm,预热时间 5 min,模压时间 3 min,冷压 5 min,得 HIPS/OMMT 片,试样长度 100mm,宽度 100mm,厚度 4mm。

3 结果与讨论

采用英国 FTT 公司标准型锥形量热仪 (Cone Calorimeter) 按 ISO5660 标准进行燃烧性能测试,热流功率选取 50kW/m²。

3.1 锥形量热仪试验下点燃和火焰传播分析

锥形量热仪试验是将样品置于锥形加热器下靠辐射加热至样品点燃,然后测量各项燃烧性能参数。由于其特定的点燃方式,因此它的点燃过程与其它试验不同。如图1所示,锥形量热仪的加热部分是一个锥形的加热器,点燃火源为电子脉冲打火机。

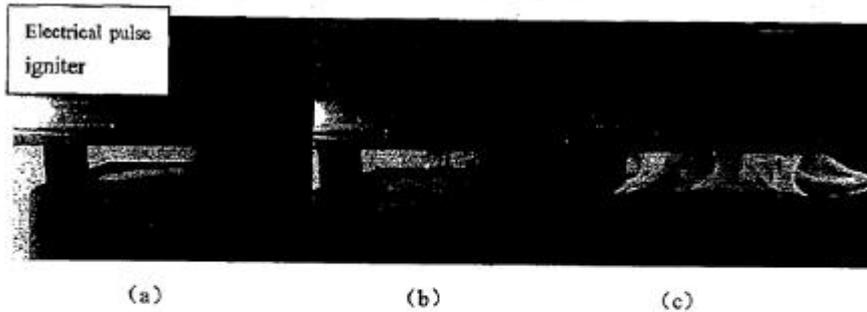


图 1 纯 HIPS 在锥形量热仪燃烧模式下的燃烧组图

Fig.1 The photos of HIPS burning in the Cone Calorimeter

锥形量热仪燃烧试验下聚合物不断被加热放出裂解气体,电子脉冲打火机不断出现电子火花,当裂解气体达到一定浓度时,在脉冲打火器的电火花下点燃裂解气体。在锥形量热仪燃烧试验下聚合物的点燃是一个瞬间过程,这种快速发生的过程不容易被观察到。为此,本研究采用美国产的高速摄像机 (TroubleShooter1000) 对样品在锥形量热仪试验条件下表面点燃发生的瞬间过程进行了高速摄影。高速摄像机拍摄速度采用 500 帧/s,捕捉记录了锥形量热仪下聚合物样品点燃的过程。



图 2 50kW/m² 热流强度下 HIPS 点燃瞬间过程

Fig.2 Instantaneous ignition process of HIPS at 50kW/m² heat flux level

从图2中HIPS点燃发生过程的高速摄像截图可以看出,聚合物受热后在表面形成了挥发性烟

气,当烟气浓度达到一定程度,电子脉冲打火器产生的火花使得烟气形成一个很小的燃点,燃点沿着裂解气在表面逐渐扩展,最后火焰覆盖整个聚合物表面。在锥形量热仪燃烧试验下点燃发生在样品上方的裂解气体中,然后火焰扩散到聚合物整个表面,这个过程为固体聚合物的气相点燃过程,属于强制点燃^[2]。点燃后聚合物样品在外部热流和火焰辐射热的作用下持续裂解,维持燃烧的进行。材料在锥形量热仪下点燃时,是材料单一的上表面受热,由于燃烧样品盒的包围,使得点燃时不受材料侧面及棱边的影响,属于在材料的一维方向上点燃,点燃相对比较困难,点燃的时间相对较长。材料不同,点燃的时间是不同的。对同一材料来说,点燃受辐射功率的影响,辐射功率越大材料所处的温度场环境温度越高,点燃越快。由于特定的试验要求,锥形量热仪试验下样品燃烧不存在表面火焰的传播,在锥形量热仪燃烧模式下,聚合物被点燃后,燃烧热分解层不断向材料内部深入扩展,而火焰始终在材料的表面燃烧,火焰的燃烧靠从材料内部不断挥发出来的裂解气体维持,由于样品四周封闭,火焰并不能沿着材料某一方向传播,因此在锥形量热仪燃烧模式下并没有真正的火焰传播,燃烧是一维方向上的燃烧。这种燃烧可以看成是靠深度裂解维持的燃烧,材料的密度,厚度以及表面结构对材料燃烧有较大的影响。

3.2 锥形量热仪试验下样品温度场研究

材料受热分解而导致燃烧,其表面温度可以看成是各种热传递的综合反映。为此本研究采用带有热电偶的数据采集仪对不同燃烧试验下的样品表面温度进行了测量。分别在纯HIPS和含有5%OMMT的HIPS/OMMT复合材料中央表面固定一热电偶,所测的温度变化如图3所示。

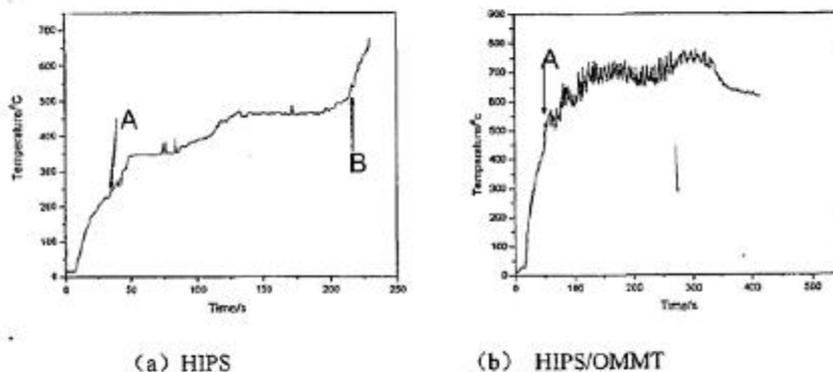


图3 材料在锥形量热仪燃烧模式下燃烧的温度曲线

Fig.3 The temperature curve of composites burning in Cone Calorimeter

如图3所示,其中a、b分别为纯的HIPS和含有5%OMMT的HIPS/OMMT材料样品表面在锥形量热仪试验下的温度曲线。由曲线可以看出,材料表面受到来自锥形加热器的高辐射迅速升温,由曲线的斜率可以看出温度上升速度很快。试验过程中纯HIPS加热40秒时被点燃(a中A点),样品在锥形量热仪的高辐射和火焰的辐射下剧烈燃烧发生熔融。热电偶所测的温度为表层熔体区域的温度,随着熔融的进行温度不断升高,全部熔融后熔体温度450°C左右。随着聚合物的不断

裂解；熔融体减少，熔融体液面高度降低，热电偶离开熔融体接触到火焰（a中B点），所测的温度为裂解气体表层火焰的温度，因此温度曲线继续上升。HIPS/OMMT材料在锥形加热器的强辐射下迅速升温，材料表面不发生熔融，受到锥形加热器和火焰的两方面的辐射作用，表面温度最高能达到700℃左右。从图3中曲线b还可以看出材料在37秒被点燃（b中A点），材料在700℃左右的温度环境中所处的时间较长，达到350秒以上，直到燃烧结束，温度缓慢下降。材料高温环境中长时间燃烧，有利于聚合物充分燃烧分解。由以上温度的分析可以看出，在锥形量热仪燃烧模式下，材料受到的辐射强度是非常大的，温度高且持续时间长。不成炭的熔融聚合物材料快速裂解直到最终全部分解，成炭复合材料表面温度能达到800℃，温度很高，并且材料所处高温的时间比较长，在这种燃烧模式下相对传统方法更接近于真实的火灾。

3.3 材料结构及对燃烧性能的影响

成炭聚合物和不成炭聚合物在锥形量热仪试验下有不同的对火反应特征^[3]，如图4所示，不成炭的HIPS在剧烈的燃烧之后没有残留物生成，而HIPS/OMMT复合材料燃烧后生成的大量残渣。

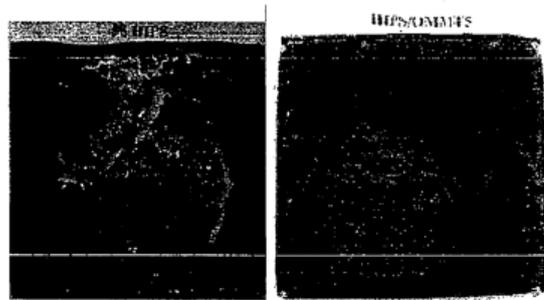


图4 不同材料燃烧残余物的数码照片

Fig.4 Digital photographs of different material in Cone Calorimeter

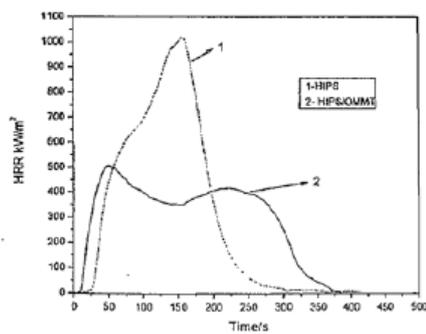


图5 50 kW·m⁻²下复合材料的质量损失速率

Fig. 5 MLR of composites ($50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$)

同时,从图 5 中材料燃烧过程的热释放速率曲线可以看出,纯 HIPS 的峰值热释放速率为 $997.8 \text{ kW}/\text{m}^2$, HIPS/OMMT 的峰值热释放速率则降低为 $507.4 \text{ kW}/\text{m}^2$,降低幅度为 49%。在锥形量热仪下燃烧时,材料燃烧热量的来源主要是锥形加热器的辐射热和火焰的辐射热,且向下单向传热。不成炭材料燃烧直接受到来自锥形加热器的辐射热和火焰辐射热的共同作用不断裂解燃烧。而成炭聚合物燃烧时由于表面炭层的阻隔作用,锥形加热器的辐射热和火焰的辐射热不是直接作用于聚合物,而主要通过表面炭层的热量以固相导热的方式来支持聚合物的不断裂解,因此阻隔作用明显。这说明在锥形量热仪下燃烧模式下,具有成炭结构的材料能有效的阻隔热量的传递,起到显著的阻燃作用。

3.4 锥形量热仪试验下样品裂解情况的分析

由图 4 中材料燃烧后残余物可以看到,纯的 HIPS 在实验完后已经完全燃烧,没有残渣生成,而 HIPS/OMMT 复合材料燃烧后生成了大量的炭渣,为了研究在材料在锥形量热仪下的裂解情况,对锥形量热仪下燃烧后的炭渣进行 TGA 分析,借以了解聚合物在锥形量热仪下裂解的情况^[4]。采用的具体试验条件为:在空气气氛下,升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$,从室温升到 900°C 。

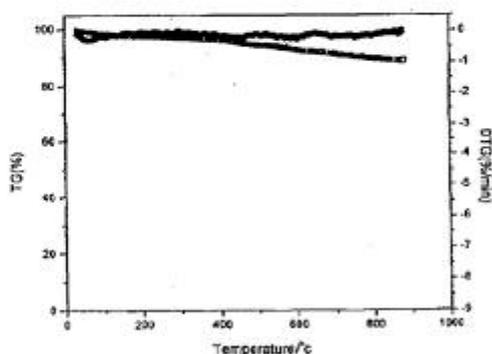


图 6 锥形量热仪实验下燃烧后炭渣的热失重曲线

Fig.6 Pyrolysis of char residues from cone calorimeter test

从图 6 中燃烧残渣的热失重曲线可以看出,复合材料在锥形量热仪燃烧实验模式下的炭渣基本没有质量损失,少量的质量损失可能是炭渣吸收空气中的水分挥发所致,也没有出现明显的分解峰。说明在锥形量热仪实验下由于高强度的辐射和长时间的燃烧,聚合物在较高的温度下基本完全分解。由于锥形量热仪下燃烧时间较长且温度环境超过了有机蒙脱土的分解温度,所以在燃烧过程中燃烧充分,有机蒙脱土发生了分解,因此热重分析没有蒙脱土的分解峰。由以上分析可知,在锥形量热仪试验下,材料裂解完全属于深度裂解燃烧,聚合物裂解完全。

4 结论

通过以上对试验方法燃烧模式的分析可以得出：锥形量热仪试验下的点燃是靠锥形加热器的辐射热使材料产生裂解气，当裂解气达到一定的浓度后，电子脉冲打火器的火花来点燃裂解气，然后蔓延到材料表面，因此点燃时间相对火焰直接点燃来说较长，材料燃烧过程中火焰覆盖材料单面燃烧，不存在火焰的传播，样品四周被铝箔包裹，加上燃烧盒的固定作用避免了熔融物质的流失，不受材料熔融的影响。并且燃烧时材料一直受到辐射器和表面燃烧火焰两部分的热流，使得材料长时间处于较高的，温度场温度较高，持续时间较长，环境接近于正常火灾，使得材料充分裂解。与不成炭聚合物不同，成炭聚合物在锥形量热仪试验下由于表面炭层生成，有效的阻隔了来自材料正上方的辐射热流作用，这种表面炭层结构的材料在这种特殊燃烧模式下会表现出很好的阻燃性能。

参考文献

- [1] 欧育湘, 陈宇, 王筱梅, 阻燃高分子材料[M], 北京: 国防工业出版社, 2001
- [2] 王许云, 张军, 于健, 周传光, 热塑性高分子材料强制点燃过程模拟与分析, 消防科学与技术, 2004, 23 (1): 6-8
- [3] 刘向峰, 张军, 张和平. 高抗冲聚苯乙烯/蒙脱土复合材料的阻燃性研究[J]. 高分子学报.2004, (5):650-655.
- [4] Alexander B. Morgan, Matthew Bundy. Cone calorimeter analysis of UL-94 V-rated plastics[J]. Fire and Materials, 2007, 31:257-283.

锥形量热仪在饰面型防火涂料防火性能研究中的应用

邓小波、姚红艳、杨森、王继刚、高萍

(山东省产品质量监督检验研究院, 济南 250103)

摘要: 本文用锥形量热仪的方法研究了不同阻燃剂含量的饰面型防火涂料点燃时间、热释放速率、有效释放热及总烟气释放量等项目, 结果表明, 随着阻燃剂含量的增加, 热释放速率、有效释放热等参数随之降低; 此外, 还在市面上选取三种饰面型防火涂料, 用大板法和锥形量热仪法进行了研究, 结果表明, 随着耐火极限的延长, 有效释放热、热释放速率等参数数值明显减小, 同理论分析一致。

关键词: 饰面型防火涂料、锥形量热仪、防火性能

1. 前言

饰面型防火涂料是涂覆于可燃基材的表面, 平时起装饰作用, 在发生火灾时, 可有效降低可燃基材表面的燃烧性能, 提高建筑材料的阻燃性能的材料。由于其成本低廉、操作方便, 被广泛应用于各种建筑内部装饰装修场合。目前所使用的饰面型防火涂料多数为膨胀型防火涂料, 主要由基料、脱水剂、成碳剂和发泡剂等组成, 当温度升高到一定程度时, 脱水剂促使多羟基化合物脱水碳化, 涂层发生膨胀, 膨胀倍数可达十几倍甚至几十倍, 形成致密的泡沫状炭化隔热层, 阻止热量向基材传递, 起到防火保护作用^[1-3]。

因此, 如何评价饰面型防火涂料的防火性能的优劣成为人们普遍关注的热点, 现在最为普遍的检测方法是按照 GB 12441《饰面型防火涂料》规定的方法进行检测, 即用大板燃烧法、隧道燃烧法和小室燃烧法测量防火涂料的耐燃时间、火焰传播比值、炭化体积和质量损失, 但用上述方法无法得到材料本身的一些特性, 如热释放速率、质量损失速率、成烟量等参数, 在研究材料特性方面存在一定的缺陷。

由于锥形量热仪的燃烧环境与真实燃烧环境非常相似, 可以得到燃烧试样的多个性能参数, 如, 热释放速率、质量损失速率、烟生成速率、有效燃烧热、点燃时间等参数, 其试验结果与大型燃烧试验结果之间有很好的关联性, 现已成为研究火灾和评定材料燃烧性能的理想试验仪器。本文采用锥形量热仪的方法, 研究含有不同阻燃剂的饰面型防火涂料的燃烧特性, 并在还在市面上选取三种饰面型防火涂料, 用大板法和锥形量热仪法进行了研究。^[4-6]

2. 试验部分

2.1 样品

根据阻燃剂含量的不同将饰面型防火涂料(合格品)分别命名为 F-0、F-25、F-75 和 F-100,

按照 GB12441-2005 中规定的涂刷量均匀涂覆于 100mm×100mm 的五合板上,在恒温恒湿的环境下调节至恒重。其中 F-100 表示含有足量阻燃剂的防火涂料, F-75 和 F-25 表示阻燃剂含量为 F-100 的 75%和 25%, F-0 表示不含阻燃剂的基料。

从饰面上选取三种饰面型防火涂料,用大板法进行测试,耐火极限分别为 5min、15 min 和 25min,因此,将这三种涂料命名为 C-5、C-15 和 C-25, C-15 和 F-100 为同一样品。

2.2 设备

锥形量热仪 (FTT)

大板法燃烧试验装置 (南京市江宁区仪器分析厂)

2.3 试验方法

GB/T 16172-12007 《建筑材料热释放速率试验方法》

GB 12441-2005 《饰面型防火涂料》

3. 结果与讨论

3.1 试验现象

当涂料中不含阻燃剂时,板材在辐射源的作用下,迅速燃烧并形成积碳,点燃时间较短,如图 1 (a) 所示;当阻燃剂含量增多时,辐射的前期出现碳化现象,形成炭层覆盖于板材表面,随着时间的延长,表层的炭层出现裂纹,辐射热通过裂缝传递到板材,点燃板材,如图 1 (b) 所示;图 1 (c) 为添加足量阻燃剂的防火涂料,从图中可以看出,防火涂料高温时发生膨胀,生成了较厚的炭层覆盖在板材上,阻止热量的传递,未出现板材被点燃的现象。

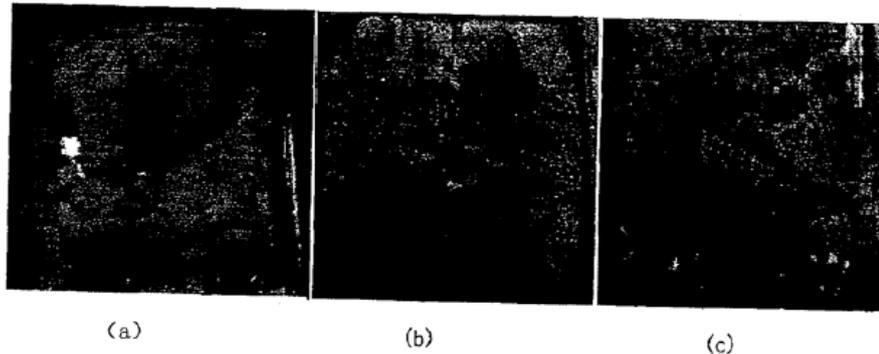


图 1 涂覆不同阻燃剂含量防火涂料板材加热后照片

图 2 表示的是 3 种耐火极限不同的防火涂料辐射加热后的效果,图 2 (a) 为耐火极限 5 分钟的防火涂料加热后效果,燃烧现象和未添加阻燃剂的涂料效果类似,迅速被点燃形成积碳;图 2 (c) 为耐火极限 25 分钟的防火涂料加热后效果,从图中可看出厚厚的炭层,无论在厚度还是在致密度上均高于其它涂料生成的炭层,因此隔热效果最好,耐火极限可达 25 分钟。

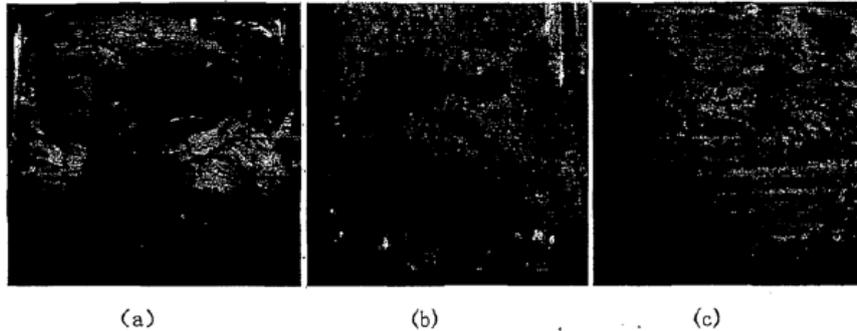


图2 三种耐火极限不同的防火涂料加热后照片

表1和表2是用锥形量热仪得到的上述几种防火涂料的参数:

表1 阻燃剂含量不同的防火涂料锥形量热仪数据(300s)

样品名称	HRR (kW/m ²)		THR (MJ/m ²)	EHC (MJ/kg)	TSP (m ² /m ²)
	peak	mean(300s)			
F-0	288.16	105.87	30.46	14.45	5.21
F-25	220.95	73.56	20.68	12.33	2.59
F-75	169.08	67.91	18.94	10.98	1.75
F-100	136.06	52.05	14.73	8.89	0.086

表2 3种不同防火涂料锥形量热仪数据(300s)

样品名称	HRR (kW/m ²)		THR (MJ/m ²)	EHC (MJ/kg)	TSP (m ² /m ²)
	peak	mean(300s)			
C-5	197.60	80.17	22.53	14.80	0.23
C-15	136.06	52.05	14.73	8.89	0.086
C-25	100.71	37.85	4.69	7.14	0.051

3.2 点燃时间(TTI)

点燃时间是判断材料火灾危险性的重要指标之一,点燃时间越短,材料越容易燃烧,火势蔓延就越快,火灾危险性就大大增加。当未添加阻燃剂时,板材在十几秒内迅速燃烧,随着阻燃剂含量的增加,点燃时间逐渐增大,当阻燃剂含量较高时,表层炭化,未出现明火燃烧的情况,防火涂料膨胀释放的烟气也未被点燃。

3.3 热释放速率(HRR)

热释放速率是指在预置的入射热流强度下,材料被点燃后,单位面积的热量释放速率。HRR是表征火灾强度的最重要性能参数之一,HRR的最大值为热释放速率峰值(pHRR),其大小表征了材

料燃烧时的最大热释放程度,从表1和表2中可以看出,越是容易被点燃的材料,通常热释放速率峰值和平均释放速率越大,相反,当材料难以被点燃时,热释放速率峰值和平均释放速率越小。

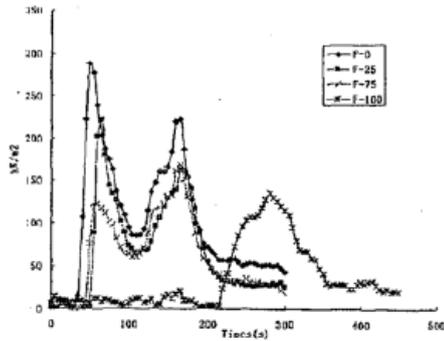


图3 不同阻燃剂含量涂料 HRR 曲线

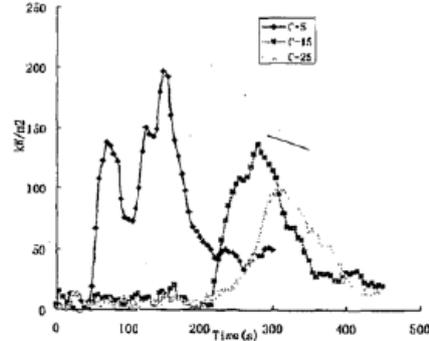


图4 三种防火涂料的 HRR 曲线

从图3和图4可以看出, F-0、F-25、F-75和C-5均出现了二次峰值,说明防火涂层和板材都出现被点燃的现象,同观察到的情况相符; C-15和C-25两种涂料未出现二次峰值,且C-25的峰值出现的时间比C-15要晚,且峰值要低,说明该涂料耐火极限要高,同耐火极限试验观察到的现象相符。

3.4 火灾性能指数(FPI)

火灾性能指数定义为点燃时间同峰值热释放速率的比值,研究表明,它同封闭空间火灾发展到轰然临界点即轰然时间有一定的关联性。FPI越大,轰然时间越长,而轰然时间是消防工程设计的一个重要参数,是消防逃生的重要依据。从试验结果可以看出,随着阻燃剂含量的增加,点燃时间变长,当含有足量的阻燃剂时,未出现防火涂料被点燃的情况,有利于人员在火灾中的逃生。

3.5 总释放热 (THR)

总释放热是指在预置的入射热流强度下,材料从点燃到火焰熄灭为止所释放热量的总和。THR与HRR结合起来分析,可以更好地评价材料的燃烧性和阻燃性,对火灾研究具有更为客观、全面的指导作用。

从图5可以看出,随着阻燃剂含量的增加,材料的总释放热逐渐减小,除F-100外,其余三条曲线初期斜率较高,说明烟气释放量较高,而F-100曲线增长较缓,说明烟气释放量较低。同样,从图6中可以看出,随着耐火极限的增加,烟气释放速率逐步趋于平稳,且释放量逐步减小,材料的综合性能较好。

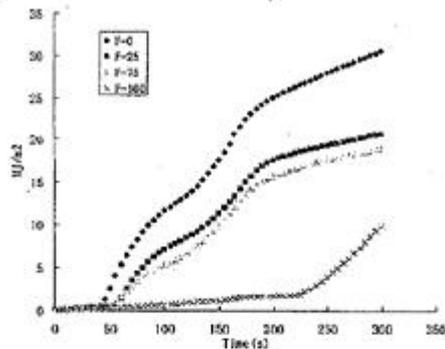


图5 不同阻燃剂含量涂料 THR 曲线

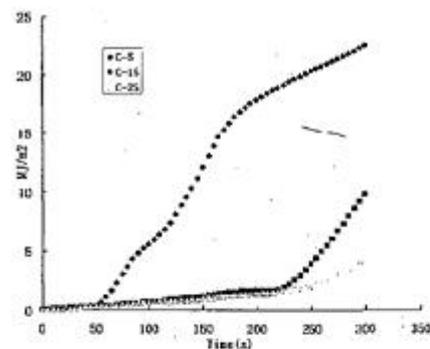


图6 三种防火涂料的 THR 曲线

3.6 有效释放热(EHC)

有效燃烧热表示燃烧过程中材料受热分解形成挥发物中可燃成分燃烧释放出的热量,由于燃烧产物中释放出阻燃的物质导致原来的可燃物不再燃烧,有效燃烧热可以反映材料在气相中的有效燃烧成分的多寡,能够帮助分析阻燃机理。从表中可以看出,随着阻燃剂含量的增加和耐火极限的增加,涂料的有效释放热呈递减趋势,同理论相符。

3.7 总生烟量(TSP)

高层建筑发生火灾,烟雾是阻碍人们逃生、进行灭火行动和导致人员死亡的主要原因之一。大量的塑料、化纤地毯燃烧过程中会产生有毒烟气和热量,同时要消耗大量的氧气。据权威部门对火灾中造成人员伤亡的原因统计表明,由于一氧化碳中毒窒息死亡或被其它有毒烟气熏死者一般占火灾总死亡人数的80%以上,而被烧死的人当中,多数是先中毒窒息晕倒后被烧死的。因此,控制材料生烟性能以及烟气毒性是消防检测的又一重要问题。

从表中可以看出,随着阻燃剂含量的增加和耐火极限的增加,涂料的总生烟量呈递减趋势,同理论相符。

4. 结论

通过对不同阻燃剂含量的饰面型防火涂料进行研究,结果表明随着阻燃剂含量的增加,热释放速率、有效释放热等参数随之降低;对市面上选取三种饰面型防火涂料,用大板法和锥形量热仪法进行了研究,结果表明,随着耐火极限的延长,有效释放热、热释放速率等参数数值明显减小,同耐火极限结果一致。

参考文献

- [1] 马哲学, 舒中俊, 薛刚, 贾源. 几种地板燃烧性能的实验研究[J]. 火灾科学, 2005, 7: 132-136.

- [2] 鲍治宇, 董延茂. 膨胀阻燃技术及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005, 171~181.
- [3] 徐晓楠, 周政懋. 防火涂料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005, 207~219.
- [4] 舒中俊, 徐晓楠, 李响. 聚合物材料火灾燃烧性能评价[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007, 254~286.
- [5] 郝权, 蒋曙光, 位爱竹, 吴征艳, 王兰云. 锥形量热仪在火灾科学研究中的应用[J]. 能源技术与管理, 2001, (1): 72~75.
- [6] 张龙, 王建祺. 新型无卤可膨胀石墨防火涂料[J]. 北京理工大学学报, 2001, (5): 649~652.

The Application of Cone Calorimeter in the Study of Combustion Properties on Finishing Fire Retardant Paint

Deng Xiaobo, Yao Hongyan, Yang Sen, Wang Jigang, Gao Ping

(Shandong Institute of Supervision and Inspection on Product Quality, Jinan, 250103, Shandong)

Abstract: In this paper, finishing fire retardant coatings with different content of flame retardant agent were chosen to be examined with cone calorimeter according to the standard of ISO 5660:1-2002, the results indicated that the flame retardant agent could play an important role in delaying TTI and TSP, the items such as HRR, THR, EHC also decreased with the increase of the content of flame retardant agent.

In addition, three kinds of finishing fire retardant coatings with obvious difference in duration of fire resistance were tested by cone calorimeter and the big panel method based on GB 12441-2005, the results showed that the thickness and density of carbon layer increased with the increase of duration of fire resistance, the parameters such as HRR, EHC decreased with the increase of duration of fire resistance, which agreed well with the theoretical analysis.

二、2011 阻燃學術年會—本所發表論文

以圓錐量熱儀分析耐燃建材燃燒特性之研究

陳建忠* 蔡銘儒** 陳佳玲*** 蘇鴻奇****

*內政部建築研究所安全防災組組長

**內政部建築研究所防火實驗中心主任

***內政部建築研究所防火實驗中心專案助理

****內政部建築研究所防火實驗中心副研究員（通訊作者Email：hungchi1204@yahoo.com.tw）

摘要 台灣自2011年9月1日起將全面改以圓錐量熱儀法為唯一耐燃建材測試方法。但台灣地區氣候高溫高濕，當裝修材長期暴露於如此之氣候條件下，其引燃時間與熱釋放率是否與規範所定義的恆溫恆濕條件下相同，是值得進一步探究。本研究以普通合板為基材，運用田口實驗設計及分析，探討基材厚度、表面材、試體前置溫、濕度四項因子對測試結果的影響與重要性；並對吸音材貼覆於耐燃板材之燃燒性進行實驗探討。實驗結果顯示，裝修材表面處理方式影響其防火性能最大，甚至造成有加速引燃的可能；試體之基材厚度及前置溫度屬於次要因子；而試體的前置濕度相對地則影響性程度較小。以具阻燃性泡棉之產品貼覆耐燃板材，其防火性能應屬於在火災初期具有防止微小火源而起火，或防止迅速延燒性能者。對於火災成長期之耐燃性能則效果不顯著。

關鍵詞 圓錐量熱儀、熱釋放率、平均質量損失率、防火泡棉

1. 前言

現階段台灣雖已建置此項設備相關的建材燃燒資料，但因依據試驗規範之操作方式，受測試體需於一定之溫濕度條件下予以養護達至恆重方可進行；雖然可以在一定的溫濕度條件下取得穩定之實驗數據，但其實驗前置條件卻不見得與實際火災現場前置條件相符，台灣地區氣候高溫高濕，當裝修材長期暴露於如此之氣候條件下，其火載量與熱釋放率是否與規範所定義下恆溫恆濕條件下相同，是值得進一步探究；另在室內裝修上國人普遍因家居整體規劃為主要考量，於室內常使用各種板材裝修，又為增加視覺上的美觀，裝修板材上再黏貼各種表面材，於火災發生時，這些大量使用的裝修材料之燃燒特性則在在影響後續火災成長之行為。

另據2003年2月21日，美國羅德島的夜總會因表演煙火特效燃起舞台，造成大火，總共造成近100人死亡，200多人受傷。2009年泰國曼谷Santika Club，在2008年12月31日除夕跨年至2009年

的第一個日子，大家共同歡慶新年。舞台上一人燃放小煙花，天花板開始起火，剛剛才倒數齊喊「5、4、3、2、1，Happy New Year」的人群開始恐慌湧進唯一出口。這場夜店大火，成了他們人生的倒數，死亡人數61人。而在本（2011）年3月6日凌晨台灣台中市哈克飲料店（ALA PUB）發生大火，造成9死12傷，哈克飲料店火災不當裝修行為，使用大量有危險疑慮之易燃隔音泡棉材料，導致初期火勢延燒迅速，以提醒各界正確防火裝修之重要性。

本研究的目的有二項，第一項在於探討裝修材料在下列四因子對板材品質特性的影響，包含：（一）基材厚度、（二）表面材種類、（三）試體的前置溫度及（四）試體的前置濕度。第二項探討耐燃板材上張貼泡棉吸音材之耐燃性能探討。

第一項研究目的經由運用田口實驗設計分析評估四因子的對測試結果的影響與重要性，並探討前置溫、濕度對於板材之「引燃時間」、「總熱釋放量」、「熱釋放率」、及「平均質量損失率」等測試結果之影響與特性，用以討論目前測試標準中對於養護溫度與濕度等規定之適切性。第二項研究目的採用一般室內裝修常用之泡棉進行防焰、耐燃實驗，並針對實驗結果探討其耐燃性能。

2. 文獻回顧

2.1 應用圓錐量熱儀進行材料耐燃特性之相關研究

圓錐量熱儀數據之使用可分為二大方向：一是直接成為材料判定其耐燃等級之依據，其標準為CNS 14705（2010）、日本建築基準法及建築基準法行令。熱釋放率對火災的大小及其成長是一個很重要的參數。建築材料對火災危害有兩種不同的型式：(1)周圍之火對物體產生的危害(引燃性)；(2)物質本身起火延伸到周圍(燃燒性)。圓錐量熱儀是一部用來測量熱釋放率的儀器，不僅可測得熱釋放率，還可得到引燃時間（Time to ignition）、有效的燃燒熱（Effective heat of combustion）、質量損失率（Mass loss rate）、熱釋放率（Heat release rate）及煙濃度（Total smoke released），是一部多功能的儀器。利用圓錐量熱儀所得的數據，來對材料的可燃性予以分級，使建築材料的防火性能有一整體性的表現方式（Salvador, 2004）。日本在熱釋放率評估部分以輻射量 50 kW/m^2 時總發熱量達 8 MJ/m^2 、最高熱釋放率達 200 kW/m^2 之時間進行分級，20分鐘以上為不燃材料，10~20分鐘以上為準不燃材料而5~10分鐘以上為難燃材料（何明錦、蔡匡忠，2003年）。另一方向，由於圓錐量熱儀數據測得之實驗數據資料眾多包含釋放之總能量、試體之引燃時間、質量損失率、煙濃度及 CO/CO_2 氣體產生率、有效燃燒熱、熱釋放率峰值等，由於目前國際上最先進、最實用的方法是將材料在圓錐量熱儀中進行實驗，然後輸入針對火災情境(fire

scenario)所寫之火災電腦模擬程式(fire model)中，以預測火場狀況，並可以判斷決定那些材料可以安全地在建築物當中使用而不會造成嚴重火災；最常被採用之火害模擬軟體係屬場模式分析軟體，Fire Dynamics Simulator (McGrattan et al., 2008)，簡稱FDS，為西元2000年NIST/BFRL（美國國家標準暨技術協會/建築火災實驗室）所發展出來一套火災模擬軟體，在火災模擬上頗為流傳。

在判定建築材料與室內陳設物品之耐燃等級的研究中（Price et al.,2002），熱釋放率是重要的指標，主要可以從兩個觀點加以解釋。（1）可燃物燃燒後的質量損失率直接反應於熱釋放率增加上，兩者間的關係若以完全燃燒的觀點來看係維持一當量比。（2）熱釋放率高的材料，其熱釋放直接造成物質表面溫度的提升，加速材料分子的熱分解，材料暴露於高熱通量造成高質量損失率又加速熱量釋放。另Ezinwa(2009)更以圓錐量熱儀所得資料進行全尺寸複合多層材料之熱釋放率峰值與總熱釋放量之模擬，其分析值與實測值間之誤差介於1%~11%。

2.2 台灣防火建材之分類

目前在台灣防火建材依據相關營建、消防及商品檢驗相關法規概分為防焰材料、耐燃材料、防火構造三類，分述如下：

（1）防焰材料

定義：具有防止微小火源，而起火或迅速延燒性能的裝修薄材料或裝飾製品。

種類：如地毯、窗簾、布幕、展示用廣告板、或其他指定物品等。

（2）耐燃材料

定義：建築材料在火災初期受高溫時，不易著火延燒，且發熱、發煙及有毒氣體的生成量均低者。

種類：如石膏板、矽酸鈣板、纖維水泥板、耐燃塑膠板或其它類似材料等。

（3）防火構造材料

定義：材料或構造體遭受火災時，可達到要求之防火性能與時效之構造，並可防止火災之擴展。

種類：如防火被覆材料、防火隔間牆、防火門窗、樑、柱及樓板等。

泡棉為一般常見之室內裝飾材料，材料特性為具有良好之吸音性、保溫性、與彈性等，主要用途常見於傢俱座椅之使用，或室內吸音材之運用。雖然泡棉的利用性很廣，但一般泡棉卻有容易燃燒與延燒之缺點。泡棉使用於室內裝修時，並未進行相關防火性能之檢測與規範，所以當泡棉使用於室內裝修時應視使用情況須符合防焰性能或耐燃性能之要求。

3. 實驗因子探討分析

3.1 影響板材耐火性能之因子分析

火災行為模式及防火避難逃生安全設計等研究皆需建立於防火基礎之研究，建築防火的基礎研究包含材料燃燒實驗與建築物空間發熱量實驗等項目。在進行火災性能設計或消防設計時，當估算火災持續之時間，推測火災溫度分度等，設定建築物當中可燃物之火載量或熱釋放率是必要的參數。當火災發生時室內所使用的裝修材料是重要的關鍵。

而要測試材料在受熱後之火害反應參數，包含引燃時間及材料熱釋放率等，圓錐量熱儀是國際間最被肯定及使用的小尺寸火災量測儀。現階段台灣雖已建置此項設備相關的建材燃燒資料。但因依據實驗規範之操作方式受制於一定之溫濕度條件下進行，雖然可以在一定的溫濕度條件下取得穩定之實驗數據，但其實驗結果卻不見得與實際火害現場相符，台灣地區乃地處高溫高濕的氣候條件下，當裝修材長期暴露於如此之氣候條件下，其火載量與熱釋放率是否與規範所定義下恆溫恆濕條件下相同，是值得進一步探究。

因以，本研究選定四個主要因素作為探討重點，分別為表面材、基材厚度、材料前置的溫度及濕度，這些因素主要分別與可燃物型態（表面材、基材厚度）及自然環境（材料前置之溫度、濕度）有關。本實驗獲得之數據－圓錐量熱儀測得相關特性資料為引燃時間、熱釋放率、總熱釋放量及質量損失率。

以上各實驗因子及水準，經由田口實驗設計法，以L9（34）直交表配置，組合成9組實驗（見表1）。

表1 田口實驗因子與水準配置

編號	基材厚度	表面材	前置溫度	前置濕度
P-1	3mm	不處理	15°C	30%
P-2	3mm	普通壁紙	23°C	50%
P-3	3mm	防火塗料	35°C	80%
P-4	9mm	不處理	23°C	80%
P-5	9mm	普通壁紙	35°C	30%
P-6	9mm	防火塗料	15°C	50%
P-7	12mm	不處理	35°C	50%
P-8	12mm	普通壁紙	15°C	80%
P-9	12mm	防火塗料	23°C	20%

3.2 泡棉耐火性能之因子分析

在台灣泡棉使用於家具時雖訂有燃燒性評估試驗法標準，但未列入檢測驗證，如使用於室內裝修時則應符合建築法規的規定。若當建築物因使用用途規定其室內裝修須符合防焰或耐燃性，則泡棉的使用屬於消防防焰物品的用途時則應符合防焰性的要求，或是泡棉貼覆於耐燃板材時則應符合耐燃性的要求。所以本項實驗以無防火性能泡棉與防火性能泡棉為實驗對象，採用防焰性能試驗（CNS10285）、耐燃性能試驗（CNS14705）法定檢驗試驗進行防火性級別判定，以瞭解泡棉的正確裝修工法與使用方式。

4. 實驗結果整理與分析

4.1 圓錐量熱儀進行板材耐燃實驗結果整理與分析

本次實驗共有9組組合，每組均進行3次實驗，共計實驗次數為27次。對其實驗結果用「田口式直交表實驗法」以望大與望小特性來評估本研究所選定之4個因子，每一因子3個水準變動下，壁裝材料及所處溫濕度環境對火災危害性大小之影響程度（李輝煌，2003）。實驗因子討論可分為：（1）引燃時間分析、（2）熱釋放峰值（HRR）max分析、（3）總熱釋放量（THR）分析、（4）平均質量損失率分析等4項進行討論。

實驗結果整理：

將實驗所得數據整理成圖表（如表2至表4），在第2組（P2）第5組（P5）及第8組（P8）實驗中，試體加熱後皆快速引燃，其主要原因為表面貼普通壁紙所引起。於第3組（P3）、第6組（P6）及第9組（P9）實驗中，因表面塗防火塗料關係，材料受熱後即開始膨脹後引燃，但很快速即熄滅，火焰持續燃燒時間十分短暫，但因試體仍放置於熱源下，表面膨脹的防火材料逐漸變為粉末狀，因此質量有持續損失情形。

表2 引燃時間實驗結果表

引燃時間（秒）					
實驗結果	test1	test2	test3	Ave	S
P1	28.0	23.0	29.0	26.67	3.21
P2	13.0	11.0	7.0	10.33	3.06
P3	7.0	7.0	6.0	6.67	0.58
P4	28.0	34.0	42.0	34.67	7.02
P5	13.0	8.0	10.0	10.33	2.52
P6	11.0	12.0	9.0	10.67	1.53
P7	35.0	26.0	33.0	31.33	4.73
P8	6.0	8.0	10.0	8.00	2.00
P9	21.0	19.0	21.0	20.33	1.15

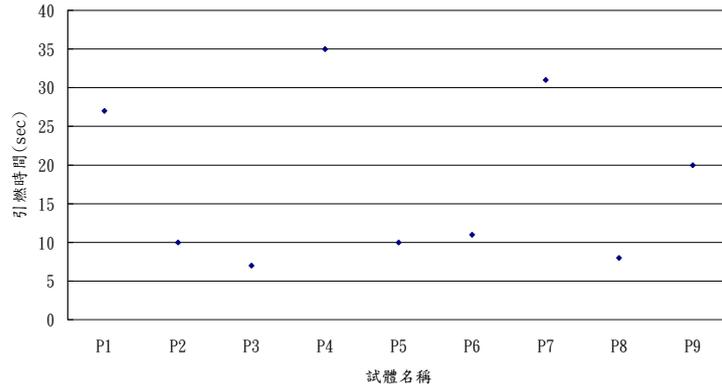


圖1 引燃時間差異圖

表3平均質量損失率實驗結果表

平均質量損失率 (g/m ² s)					
實驗結果	test1	test2	test3	Ave	S
P1	5.5	5.0	5.9	5.48	0.49
P2	5.3	4.0	4.0	4.40	0.75
P3	3.8	3.2	3.5	3.49	0.28
P4	7.3	7.4	7.2	7.25	0.10
P5	6.1	6.1	6.5	6.25	0.20
P6	0.7	0.8	2.3	1.28	0.87
P7	7.7	9.3	8.6	8.53	0.81
P8	7.4	7.2	6.5	7.00	0.48
P9	1.9	1.6	1.9	1.79	0.14

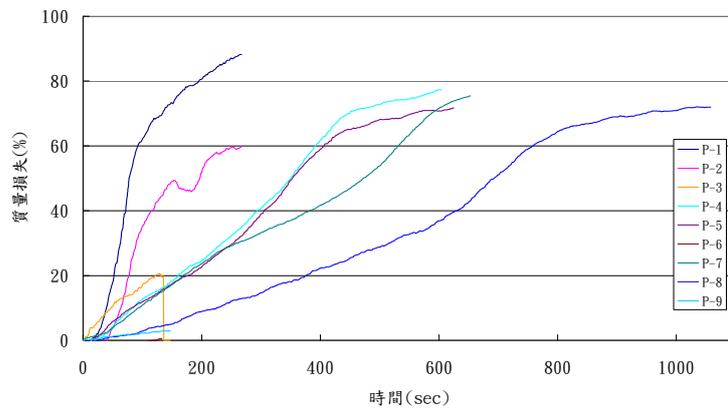


圖2 質量損失曲線圖

表4 熱釋放峰值及總熱釋放實驗結果表

實驗 結果	熱釋放峰值 (kW/m ²)					總熱釋放 (MJ/m ²)				
	test1	test2	test3	Ave	S	test1	test2	test3	Ave	S
P1	228.4	243.8	329.0	267.07	54.20	228.4	243.8	329.0	267.07	54.20
P2	169.8	132.1	231.0	177.63	49.95	169.8	132.1	231.0	177.63	49.95
P3	53.0	62.0	51.8	55.61	5.59	53.0	62.0	51.8	55.61	5.59
P4	260.4	174.3	222.9	219.17	43.15	260.4	174.3	222.9	219.17	43.15
P5	228.9	127.4	158.0	171.44	52.06	228.9	127.4	158.0	171.44	52.06
P6	50.0	44.8	40.3	45.02	4.86	50.0	44.8	40.3	45.02	4.86
P7	224.0	166.7	206.0	198.89	29.31	224.0	166.7	206.0	198.89	29.31
P8	230.7	245.5	185.5	220.54	31.26	230.7	245.5	185.5	220.54	31.26
P9	21.9	27.5	32.3	27.25	5.22	21.9	27.5	32.3	27.25	5.22

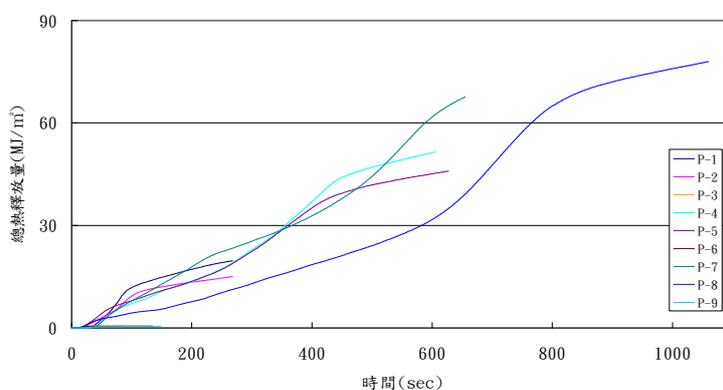


圖3 總熱釋放曲線圖

4.2 田口實驗分析

依田口實驗計劃法選定9組實驗，以田口方法分析，利用反應表進行分析和因子之效應，以瞭解基材厚度、表面材、試體前置溫度及前置濕度各因子間對室內裝修防火性能影響之效應。

(1) 引燃時間分析

以下將針對實驗因子對於目標之相關性作一探討，首先以引燃時間作為分析目標，分析各因子對於加熱後試體引燃時間的影響情況。表5及表6皆以引燃時間為分析目標，分別為各因子對於平均值的反應表以及S/N值的反應表。表中的第一列為實驗中控制的各因子，各欄的資訊則代表不同因子在不同的水準 (Level) 下的反應，其中效應 (Effect) 的部分，則是該因子反應的最大值與最小值的差距。Rank則是依據各因子效應之高低所做的排序。

由表5及圖4可看出，對於試體加熱實驗後引燃時間影響最大的因子為表面材，其次為試體的前置溫度，基材厚度及試體前置濕度的影響較小，順序為：表面材 > 前置溫度 > 基材厚度 > 前置濕度

表5 以引燃時間為分析目標，各因子對平均值的反應表

	基材厚度 (mm)	表面材 (mm)	前置溫度 (°C)	前置濕度 (%)
Lev. 1	14.57	30.89	15.11	19.11
Lev. 2	18.56	9.55	21.78	17.44
Lev. 3	19.89	12.56	16.11	16.45
Effect	5.32	21.34	6.67	2.66
Rank	3	1	2	4

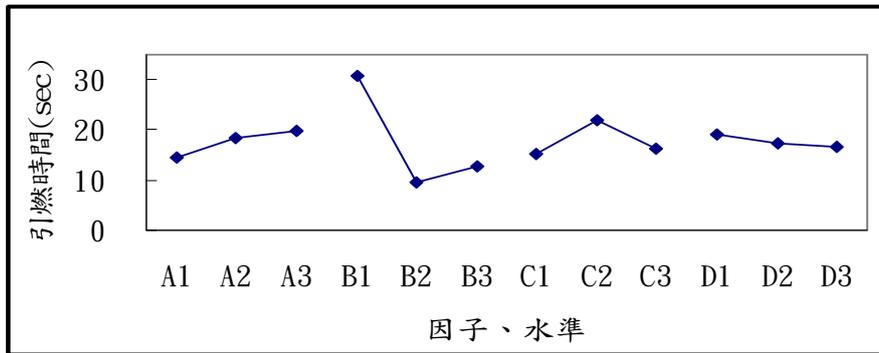


圖4 以引燃時間為分析目標，各因子對平均值的反應圖

(2) 熱釋放峰值 (HRR) max分析

以熱釋放率峰值 (HRR) max作為分析目標，分析各因子對於熱釋放率峰值的影響情況。由表6及圖5可以看出，對於熱釋放率最大值影響最大值的因子為表面材 > 前置溫度 > 前置濕度 > 基材厚度，其中表面材影響程度大過其它因子許多。

表6 以熱釋放峰值為分析目標，各因子對平均值的反應表

	基材厚度 (mm)	表面材 (mm)	前置溫度 (°C)	前置濕度 (%)
Lev. 1	166.77	228.38	177.54	155.25
Lev. 2	145.21	189.87	141.35	140.51
Lev. 3	148.89	42.63	141.98	165.11
Effect	21.56	185.75	36.19	24.60
Rank	4	1	2	3

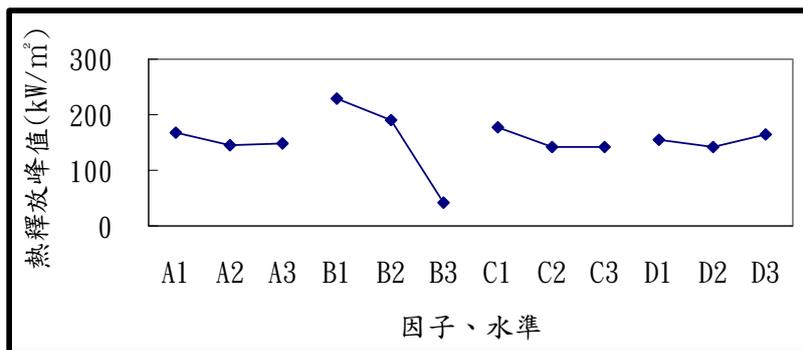


圖5 以熱釋放峰值為分析目標，各因子對平均值的反應圖

(3) 總熱釋放量 (THR) 分析

以總熱釋放量 (THR) 作為分析目標，分析各因子對於總熱釋放量的影響程度。由表7及圖6可以看出，對於熱釋放率最大值影響最大值的因子為表面材 > 基材厚度 > 前置濕度 > 前置溫度，其中前置溫度影響則相對較小。

表7 以總熱釋放量為分析目標，各因子對平均值的反應表

	基材厚度 (mm)	表面材 (mm)	前置溫度 (°C)	前置濕度 (%)
Lev. 1	11.88	49.59	33.10	22.22
Lev. 2	33.36	46.91	22.99	30.54
Lev. 3	51.79	0.52	40.93	44.26
Effect	39.91	49.07	17.94	22.04
Rank	2	1	4	3

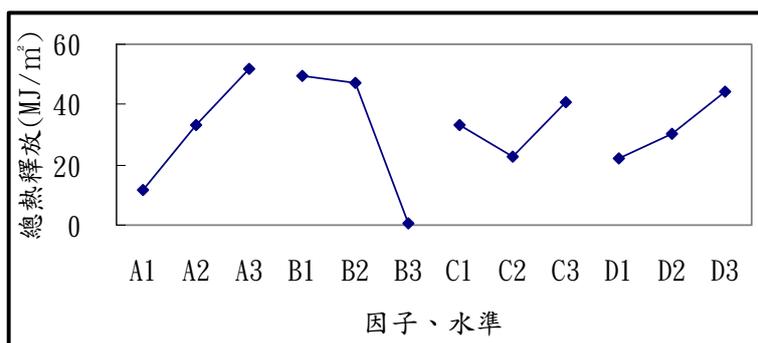


圖6 以總熱釋放量為分析目標，各因子對平均值的反應圖

(4) 平均質量損失率分析

最後，以合板燃燒質量損失的變化，以平均質量損失率為分析目標，分析各因子對於此目標值影響程度。由表8及圖7之結果得知，對於質量損失率影響最大的因子為表面材 > 前置溫度 > 前置濕度 > 基材厚度，其中前置溫度、前置濕度及基材厚度影響程度相差不大。

表8 以平均質量損失率為分析目標，各因子對平均值的反應表

	基材厚度 (mm)	表面材 (mm)	前置溫度 (°C)	前置濕度 (%)
Lev. 1	4.46	7.09	4.59	4.51
Lev. 2	4.93	5.88	4.48	4.74
Lev. 3	5.77	2.19	6.09	5.91
Effect	1.31	4.90	1.61	1.40
Rank	4	1	2	3

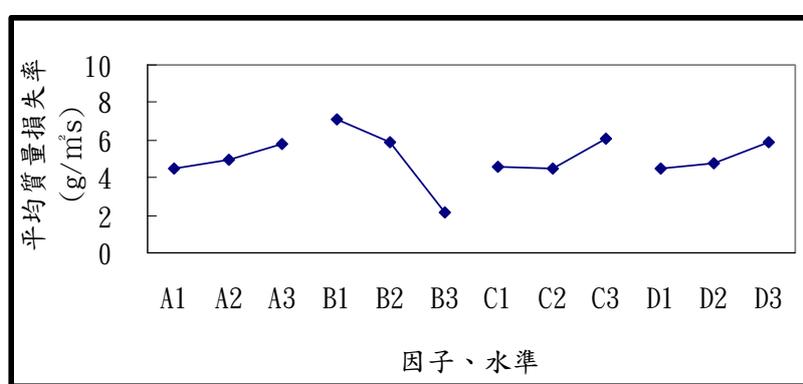


圖7 以平均質量損失率為分析目標，各因子對平均值的反應圖

4.3 圓錐量熱儀進行泡棉防焰性能與耐燃性能實驗結果整理與分析

本項實驗共有包含3款防火性能泡棉與9款非防火性能泡棉，共計12款泡棉進行測試。防焰性能實驗方法採用「CNS10285纖維製品防焰性試驗法」，耐燃性能實驗方法採用「CNS14705建築材料燃燒熱釋放率試驗法－圓錐量熱儀法」實驗結果如表9所示，結果顯示3款防火泡棉能通過防焰性能測試，但不能通過耐燃性能測試，惟其中一款在總熱釋放量及最大熱釋放率可符合判定基準，如貼覆於耐燃板材仍可維持必要之耐燃要求，其餘9款泡棉皆無法通過防焰性能與耐燃性能測試。此結果顯示市面上標示防火泡棉之產品，其防火性能應屬於在火災初期具有防止微小火源而起火，或防止迅速延燒性能者；對於火災成長期之耐燃性能，應以泡棉貼覆於耐燃板材整體耐燃性考量，將此結合之材料仍須達到使用耐燃性要求。其餘不具防火性能之泡棉產品於火災發生時則會非常容易引燃並且快速燃燒增加火災危險性。

表9 圓錐量熱儀進行泡棉防焰性能與耐燃性能實驗結果表

序號	泡棉試體型號	耐燃性				防焰性					
		總熱釋放量(MJ/m ²)	最大熱釋放率超過200kW/m ² 持續時間(秒)	無防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴	耐燃性能級別	餘焰時間(秒)	餘燃時間(秒)	炭化距離(cm)	炭化面積(cm ²)	溶滴	防銹性能級別
1	FR205	20.3	29	燒成灰燼	級外	0	0	25	124	無溶滴	級外
2	FR212	23.6	無持續10秒以上	燒成灰燼	級外	0	0	20	120	無溶滴	級外
3	white	1.5	無持續10秒以上	燒成灰燼	級外	0	0	7	28	無溶滴	1級
4	Foam (PU)	13.5	27	燒成灰燼	級外	0	0	29	325	無溶滴	級外
5	pink	33.6	31	燒成灰燼	級外	0	0	23	135	無溶滴	級外
6	blue	19.5	29	燒成灰燼	級外	0	0	24	171	無溶滴	級外
7	S3033	27.5	37	燒成灰燼	級外	0	0	21	101	無溶滴	級外
8	SM55	49.5	100	燒成灰燼	級外	0	0	23	158	無溶滴	級外
9	A3033	29.1	99	燒成灰燼	級外	398	1	30	600	於70秒發生溶滴	級外
10	S606	16.0	無持續10秒以上	燒成灰燼	級外	0	0	17	94	無溶滴	級外
11	Black	14.8	40	燒成灰燼	級外	591	1	30	600	於13秒發生溶滴	級外
12	CR250 (橡膠類)	15.7	無持續10秒以上	燒成灰燼	級外	0	0	6	27	無溶滴	1級
13	LD24FR (橡膠類)	12.6	29	燒成灰燼	級外	0	0	11	44	無溶滴	2級

5. 結論

5.1 圓錐量熱儀進行板材耐燃實驗結果

本研究以市面上常用室內裝修材合板為底材，以不同厚度、表面材、不同的前置溫度及濕度前置處理後，進行圓錐量熱儀實驗其結論如下：

整理上述因子分析之結果，可以將各因子對於各個分析目標的影響程度整理成表10。表中依據各因子對於分析項目的影響程度，分成三個等級：★代表影響程度甚大、●則是代表其為次要影響因子、▲則是在分析上，其影響程度與其他因子差距較大。

(1) 引燃時間：因子對目標的效應表面材為21.34所佔比例為59.3%，影響程度最大，前置溫度及基材厚度分別為6.67所佔比例為18.5%及5.32所佔比例為14.8%為次要因子，前置濕度效應為2.66所佔比例為7.4%，差距較大。

(2) 熱釋放峰值：因子對目標的效應表面材為185.75所佔比例為69.3%影響程度最大，前置溫度為36.19所佔比例為13.5%是次要因子，前置溫度及基材厚度分別為24.6所佔比例為9.2%及21.56所佔比例為8.0%，相對下影響較小因子。

(3) 總熱釋放：因子對目標的效應，表面材為49.07所佔比例為37.8%影響程度最大，基材厚度分別為39.91所佔比例為30.7%是次要因子，前置溫度及前置濕度分別為22.04所佔比例為17.0

%及17.94所佔比例為13.8%影響程度與其他因子差距較大。

(4) 平均質量損失率：因子對目標的效應，表面材4.90所佔比例為53.1%，影響程度最大，前置溫度、前置濕度及基材厚度分別是1.61所佔比例為15.5%、1.40所佔比例為15.2%及1.31所佔比例為14.2%皆為次要因子。

表10 各控制因子對於分析目標影響程度

分析目標	基材厚度	表面材	前置溫度	前置濕度
引燃時間	●	★	●	▲
熱釋放峰值	▲	★	●	▲
總熱釋放	●	★	▲	▲
質量損失率	●	★	●	●

(5) 在本實驗條件所設定之因子下綜合整理得到以下之結果，就四個控制因子對合板燃燒之影響，以試體的表面處理方式對於各分析目的影響性遠高過其它因子，其次為試體之基材厚度及前置溫度，屬於次要因子。而前置濕度相對則影響性程度較小。其中在總熱釋放（THR）以望小特性分析結果，除了表面材的種類決定一開始引燃的火勢大小及持續能燃燒時間為主要因子外，其基材厚度則也為主要原因，因為當試體引燃後，除了表面塗防火塗料處理之試體因防火塗料關係火焰很快熄滅有很低的總熱放量外，其它試體皆有較長時間的持續燃燒現象，以此情況下，試體的厚度大小也就成為重要影響因子之一。實驗結果顯示，基材厚度愈大之試體其總熱釋放量也相對愈大，相對之下，試體的前置溫、濕度則影響較為不明顯。質量損失率的分析結果則除了表面材為主要因子外，其餘因子影響程度較為接近，皆同屬為次要因子。

5.2圓錐量熱儀進行泡棉防焰性能與耐燃性能實驗結果整理與分析

市面上標示防火泡棉之產品，其防火性能應屬於在火災初期具有防止微小火源而起火，或防止迅速延燒性能者；對於火災成長期之耐燃性能，應以泡棉貼覆於耐燃板材整體耐燃性考量，將此結合之材料仍須達到使用耐燃性要求。其餘不具防火性能之泡棉產品於火災發生時則會非常容易引燃並且快速燃燒增加火災危險性。

參考文獻

- 1.CNS 1349 O1010，2008，普通合板，經濟部標準局。
- 2.CNS 2215 O1012，2006，粒片板，經濟部標準局。
- 3.CNS 4458 A2061，2008，石膏板，經濟部標準局。
- 4.CNS 6532 A3113，2003，建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法，經濟部標準局。
- 5.CNS 14705 A3386，2010，建築材料燃燒熱釋放率試驗法－圓錐量熱儀法，經濟部標準局。
- 6.王怡仁，2002，木質材料性質，木材科技推廣研習會講義。
- 7.何明錦、蔡匡忠，2003，裝修材料國際調和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。
- 8.李輝煌，2003，田口方法，高立圖書有限公司。
- 9.陳耀茂譯，1997，田口實驗計畫法，滄海書局。
- 10.陳榮俊，2006，不同熱流場環境下圓錐量熱儀數據應用於火災模擬及材料火害反應評估之研究”，國立高雄第一科技大學，碩士論文。
- 11.陳福財，2008，以已知圓錐量熱儀數據推估其他熱通量下熱釋放率曲線之研究，國立高雄第一科技大學，碩士論文。
- 12.陳俊勳，1997，建築物室內裝修（飾）防火性能要求，建築物室內裝修（飾）防火材料使用講習會專輯，台北：內政部建築研究所。
- 13.賴宜麟，2005，使用不同防火試驗法測試各式材料組合之防火性能比較，國立高雄第一科技大學，碩士論文。
- 14.Price, D., et al., 2002, "Burning Behaviour of Foam/Cotton Fabric Combinations in the Cone Calorimeter", Polymer Degradation and Stability, Vol. 77, Iss.2, pp. 213-220.
- 15.Ezinwa, John Uzodinma, 2009, "Modeling Full-Scale Fire Test Behaviour of Polyurethane Foams Using Cone Calorimeter Data ", University of Saskatchewan, Degree of Master of Science.
- 16.Quintiere, J.,1998, Principles of Fire Behavior, Delmar Publishers.
- 17.Salvador, S., M. Quintard. and C. David, 2004, "Combustion of a Substitution Fuel Made of Cardboard and Polyethylene: Influence of the Mix Characteristics-Experimental Approach", Fuel Vol. 83, Issue 4-5, pp. 451-462, March.

A STUDY ON BURNING CHARACTERISTICS OF BUILDING DECORATIVE MATERIALS WITH A CONE CALORIMETER

CHEN, Chien-Jung¹, TSAI, Ming-Ju¹, CHAIN, Jae-Lian¹, SU, Hung-Chi¹

¹Architecture and Building Research Institute, Ministry of Interior, Taiwan.

Abstract

CNS14705 “Method of test for heat release rate for building materials-cone calorimeter method” was announced to be the exclusive method for the assessment on non-combustibility performance of construction materials countryside, and will be effective after September 1, 2011. With the consideration of the high-temperature and humidity environment of which the materials were long-term exposed, it is worthy to study whether the testing results revealed the real behavior of the fire load and the heat release rate. In this study, plywood was tested based on Taguchi method. The effects and influences on the experiments resulted from four factors were analyzed, including the thickness of material, surface material, the initial temperature and moisture content of the specimens prior to the tests. It is found that the main affecting factor on the non-combustibility performance is the surface materials which might even accelerate the ignition. The secondary factors are the thickness and the temperature of the specimen prior to the tests, and the moisture content follows. The products marked as “fireproof foam” in the current markets usually existed with the fireproof performance against the light fire from ignition at the initial stage of fire, or it might stop the high-speed-spread of fire. However, it was not obvious for the non-combustibility performance at the stage of fire growing.

Keyword: Cone Calorimeter, Heat Release Rate, Average Mass Loss Rate, Fireproof Foam