

# 可燃物火載量先期評估技術建立 與應用

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

094301070000G2013

# 可燃物火載量先期評估技術建立 與應用

研究人員：陳建忠組 長  
蘇鴻奇副 研究員  
張尚文助理研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR  
RESEARCH PROJECT REPORT

**Construction and Application of Preliminary  
Assessment Technology on Combustible Fire Loads**

BY  
CHINE-JUNG CHEN  
HUNG-CHI SU  
SHANG-WEN CHANG

December 2005

## 目次

表次 .....	III
圖次 .....	V
摘要 .....	IX
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究背景與目的 .....	1
第二節 研究流程與步驟 .....	2
第三節 研究內容 .....	3
第二章 建築物火載量評估技術概論 .....	5
第一節 建築物室內火災特性 .....	5
第二節 火載量的基本觀念 .....	8
第三節 火載量評估方式 .....	10
第四節 火載量技術應用概況 .....	14
第三章 實驗計畫 .....	15
第一節 實驗目的 .....	15
第二節 實驗項目 .....	15
第三節 實驗方法與設備 .....	16
第四節 實驗配置與材料規劃 .....	22
第四章 實驗結果整理與分析 .....	27
第一節 實尺寸傢俱燃燒實驗結果整理與分析 .....	27
第二節 實尺寸單一辦公室房間模擬實驗結果整理 與分析 .....	35
第三節 實驗結果與「建築物結構耐火檢證法」延 燒時間比較分析 .....	42
第五章 結論與建議 .....	49
第一節 結論 .....	49
第二節 建議 .....	50
參考書目 .....	53



## 表次

表 2-1 「火災特性與室內裝修防火關係」 .....	5
表 2-2 物體燃燒型式分類 .....	6
表 2-3 木材之點火溫度及發火溫度 .....	8
表 2-4 可動火載量與固定火載量分類 .....	10
表 2-5 本所建材實驗數據資料（部分） .....	13
表 3-1 辦公椅組成材料表 .....	24
表 3-2 辦公室空間燃燒實驗與傢俱燃燒數量估算表 .....	25
表 4-1 傢俱燃燒實驗結果 .....	27
表 4-2 單元辦公家具組燃燒實驗結果表 .....	36
表 4-3 第一次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗（雙開 口部實驗）結果 .....	39
表 4-4 第二次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗（單開 口部實驗）結果 .....	41



# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與目的

耐火設計主要是針對閃燃以後的旺盛期火災，首先要建立預測該期間內分區火災特性的模型，但是對於可燃物分佈不均勻或者類似於大空間火災，只有局部結構受火災影響的情況，則需要有其他預測手段。分區內火災主要受以下因素的影響，不同分區情況可能不完全一樣：(1)建築物的狀態(分區的形狀、尺寸)，(2)開口部位的形狀、尺寸，(3)分區周牆的熱性質，(4)可燃物的種類、數量、存放狀態。目前許多先進國家耐火設計法中係將房間開口通風特性及火載量列入主要設計參數，基於此點，除了引入先進國家的防火性能式設計法與國際接軌，如何針對目前國內現況修訂相關設計參數以符合所需，俾利推廣及實際進行性能式設計法實為重要之課題。

火載量是左右火災溫度火災持續時間的重要因素，在對實際火災特性進行預測時必須掌握其數值。因而按照建築物的類型預先準備好其標準值將會給設計帶來方便。火載量與固定可燃物和活動可燃物和活動可燃物的數量及種類有關。關於固定可燃物的火災荷載，設計時可根據相應的建築書籍計算出來。但關於活動可燃物的火災荷載計算起來卻很困難，而要設定具有一定可靠性的標準值火載量的確定首先必須求出作為設計對象的防火分區內的可燃物量(可燃物的重量)。可燃物分為兩類，一類為建築物的可燃性內裝修材料、基材和壁櫥等固定可燃物；另一類為建築竣工後搬入的可燃性家具、書籍、紙張等活動可燃物。固定可燃物量，在建築物設計時就確定了，活動可燃物量無法根據設計圖紙求得，須根據建築物的用途、規模等具體測算，且構成可燃物的材料種類多樣，發熱量各異。因此，儘管重量相同，可燃物對火災特性的影響也會因發熱量的不同而產生差異。

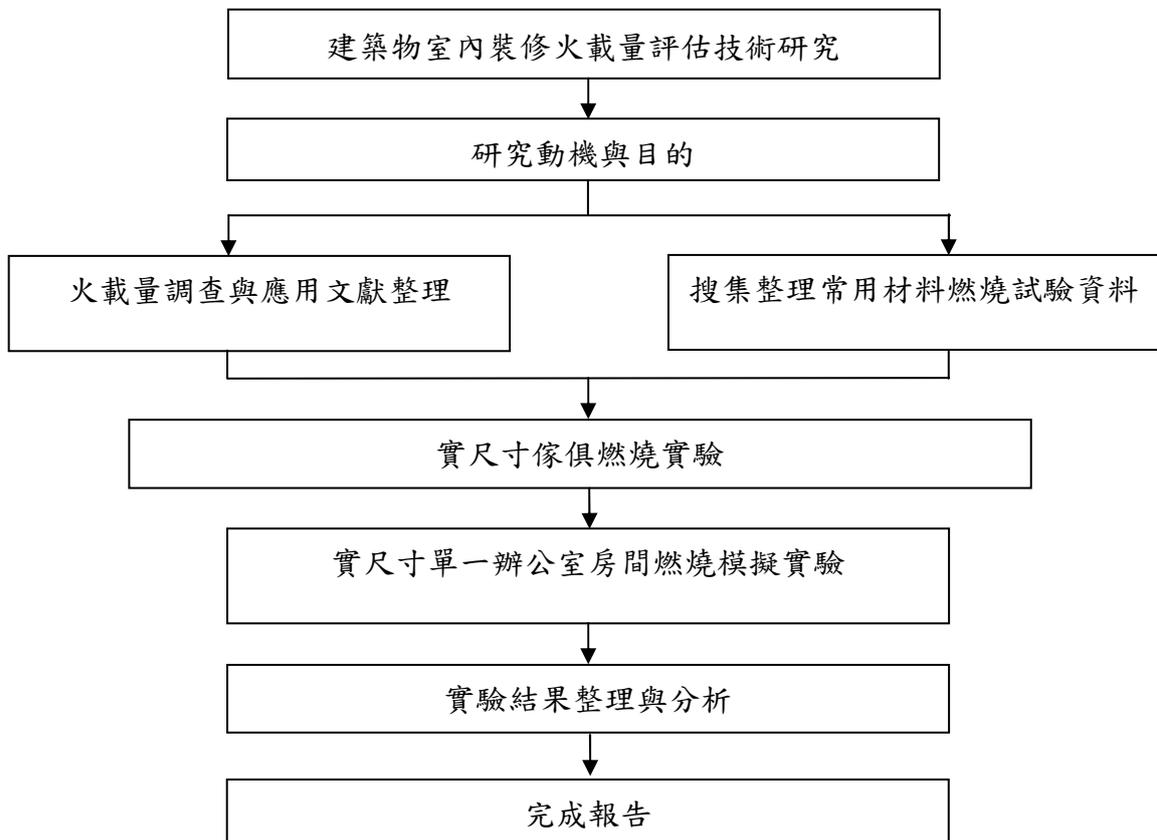
本計畫擬初步建立火載量之數據資料庫，輔以實驗之進行量測選

定之固定可燃物和活動可燃物之總釋放熱及熱釋放率以提供未來進行性能式設計及火災模擬程式之資料庫。

## 第二節 研究流程與步驟

本研究擬採文獻回顧、搜集整理國內常用建材燃燒試驗資料與蒐集防火先進國家之性能法規之火載量評估技術。調查不同用途常見固定可燃物及、移動式可燃物之使用現況，並蒐集國內外常見固定可燃物及、移動式可燃物之火載量資料庫，並選取辦公室部分常見之傢俱可燃物進行燃燒實驗。並以一實際辦公室空間進行實尺寸房間燃燒實驗，最後將實驗結果與「建築物結構耐火性能檢證法」有關延燒時間部份加以討論分析，以驗證確認火載量評估技術之可行性。

圖 1-1 研究流程圖



### 第三節 研究內容

研究內容說明如下：

#### 一、文獻回顧

搜集整理國內常用建材燃燒試驗資料與蒐集防火先進國家之性能法規之火載量評估技術，並蒐集國內外常見固定可燃物及、移動式可燃物之火載量資料庫。

#### 二、調查不同用途常見固定可燃物及、移動式可燃物之使用現況

調查不同用途常見固定可燃物及、移動式可燃物之使用現況，並針對辦公室部份選取常見之可燃物進行燃燒實驗以驗證確認火載量技術之可行性。

#### 三、藉由實驗與分析建立本土化火載量資料庫

藉由實驗之方式補充部份建材家具燃燒發熱量之數據資料，再經由大尺寸燃燒實驗時火載量估算修正影響因素，並希望擬出評估固定火載量之概估方式。

#### 四、檢討耐火檢證法中有關延燒時間規定

為落實建築法規性能化之目標，本計劃並對建築結構防火性能設計法—「建築物結構耐火性能檢證法」討論其中有關火載量應用之規定有關與延燒時間規定。



## 第二章 建築物火載量評估技術概論

### 第一節 建築物室內火災特性

#### 一、火災成長與室內裝修防火對策之關係

建築物火災隨著進行過程與時間的變化，擴展的階段與過程可分為四個階段，各個階段其火災特性不盡相同，所以室內裝修相對於火災各階段亦有減低災害不同之對策。

表 2-1 「火災特性與室內裝修防火關係」

火災特性	防火目標	室內裝修對策
1. 引燃期	防止起火，微小火源能自然熄滅。	地毯、窗簾、布幕、展示用廣告版及其他指定物，必須具 <b>防焰性能</b> 。
2. 成長期	防止燃燒成長以達初期滅火之目的，抑或延緩火災成長速度以爭取逃生時間。	建築物內部牆面及天花之裝修材料應為 <b>耐燃材料</b> 。
3. 旺盛期	防止火災繼續擴大，防止延燒至其他區劃空間，防止延燒至鄰棟建築物。	分界牆或分間牆應為 <b>防火構造</b> 或使用不燃材料以及具有相當防火時效。
4. 衰退期	防止第二次點燃及再燃燒	防止外來可燃材料的加入。

(資料來源：文獻 3，P17)

室內裝修對應火災各階段之防火對策，主要目的為當有微小火源發生時能藉材料之防焰性自行熄滅，而當火災發生時能藉材料之耐燃性防止火災之擴大，並且延緩閃燃之發生增加逃生時間。

#### 二、室內裝修材料燃燒之行為

木材、煤等固態燃料以火源加熱即分解產生可燃性氣體，而起分解燃燒。汽油等液態燃料容易產生揮發性的低燃點之可燃性氣體而起揮發性燃燒。氫、乙炔等氣體擴散在空氣中即可引起擴散燃燒。上述

燃燒種類皆會產生火焰通稱發焰燃燒。木炭、焦炭是以固態型態而起表面燃燒但不發生火焰則稱為不發焰燃燒。

表 2-2 物體燃燒型式分類

可燃物種類	內容		燃燒形式		舉例
			發焰	不發焰	
氣體	以液態形式即能燃燒		發焰	擴散燃燒	氫、乙炔、丙烷
液體	液體本身不起燃燒	產生之蒸氣後與空氣混合才起燃燒	發焰	揮發性燃燒	汽油、酒精
		熱分解後生成揮發性氣體才起燃燒		分解燃燒	脂肪酸、機械油
固體	固體本身不起燃燒	產生蒸氣後才起燃燒	發焰	揮發性燃燒	黃磷
		熱分解後生成揮發性氣體才起燃燒		分解燃燒	石蠟
	以固態型態而起燃燒		不發焰	表面燃燒	木炭、焦炭
	固態本生與熱分解生成的氣體一起燃燒		發焰	分解燃燒	木材、煤

(資料來源：文獻 1，P21)

室內裝修材料受溫度上升後依其燃燒狀況可分為可燃性與不燃性二類，在高溫情況下有機物會產生燃燒行為，無機物則不會產生燃燒行為但材質本身會有化學上或物理性質上的改變。一般材料受熱後之行為特性可分為以下幾類：

(一) 升溫

材料受熱源之傳導、輻射、對流影響後依其材質本身升溫速率特性而達最高溫度，持續加熱則產生熱分解、發焰、變形、破壞等現象。

(二) 熱分解

有機材料於高溫下皆會發生熱分解現象，熱分解開始溫度越高則代表材料耐熱性越好，但不一定防火性越好，對於木質、塑膠、橡膠等材料其熱分解溫度越高，所發生著火燃燒的可能危險性就越低。

(三) 著火

有機材料受熱並開始產生熱分解，其過程含有可燃性氣體，於特定溫度下持續受熱則可燃性氣體持續增加，並與空氣混合達到一定濃度時，則會開始產生燃燒的現象。有機材料於燃燒的過程中若釋出燃燒熱大於引燃能量，則會持續供應引燃能量而繼續燃燒直至材料燃盡。

#### (四) 變形破壞

大部分熱可塑性高分子材料受熱溫度上升會有軟化、溶化產生變形的現象，無機材質如金屬、玻璃於高溫時也會產生軟化、溶化之現象。有機材料中熱固性高分子材料與木質材料，受熱於高溫下不會產生軟化溶化，但常因內部組成成份之熱膨脹性、熱收縮性作用，而產生碳化、龜裂、脆化等現象。

#### (五) 強度變化

材料於受熱過程中其強度也會因溫度不同而產生強度的變化，如結構鋼材超過 300<sup>0</sup>C 時強度急速減低，如高強度混凝土於高溫環境容易產生爆裂現象而影響原有設計強度。

### 三、建築室內燃燒的特徵

建築物室內燃燒時可燃物所釋放出的熱量受到周圍環境限制，熱量不易散失容易產生蓄積的現象，而造成極高的火場溫度。當建築物室內發生火災時因為空間多為密閉性質，於燃燒的過程中氧氣的供應常不足，所以燃燒成長期較長，且為不完全的高溫燃燒容易產生大量的濃煙。

開口部小之室內空間中燃燒木材疊架時，燃燒速率由其通風係數控制；於大開口部大之室內空間中燃燒木材疊架時，燃燒速率轉由木材疊架本身的參數控制。美國 Dr. P. A. Croce 曾進行室內外燃燒速率比較實驗，於一個通風極佳的建築物室內進行木材疊架實驗，結果顯示室內木材疊架燃燒速率超過室外的燃燒實驗，美國學者 Friedman 於此現象解釋為因密閉空間中的木材疊架本身木材構件之間具有較佳的輻射能回饋效果。

## 第二節 火載量的基本觀念

### 一、火載量的意義

火載量為代表建築物或防火區劃內所有可燃物於完全燃燒時所釋放出熱能的總數，一般定義為單位樓地板面積之可燃性物質的熱含量，或密閉空間中可燃性物質的總熱含量，則此時稱每單位面積之火載量為火載量密度。

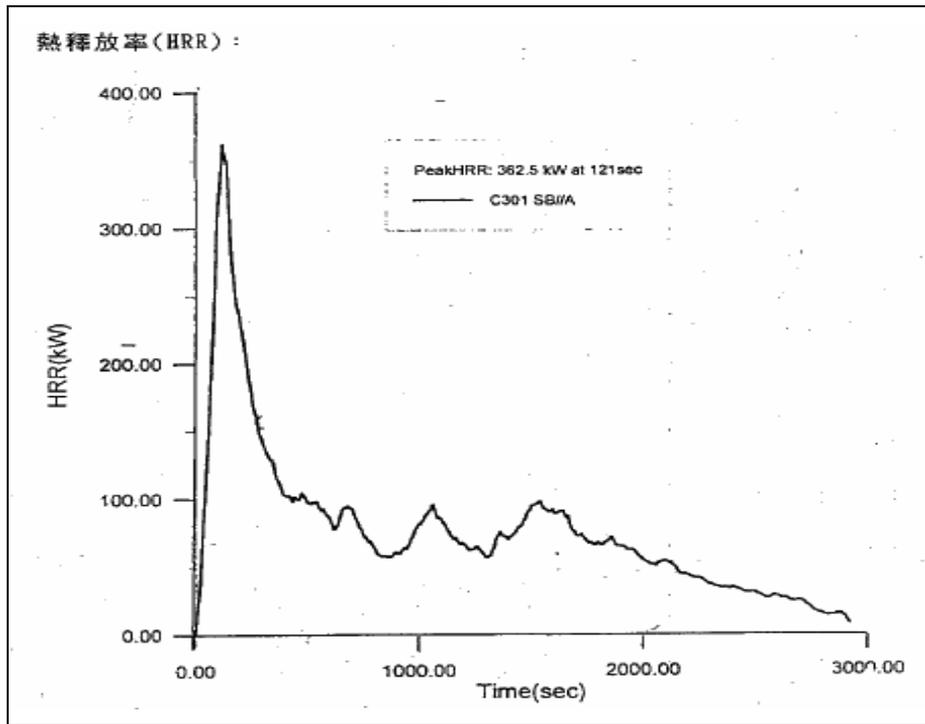
建築物火災發生後所持續燃燒時間之最主要因素為建築物室內可燃物燃燒時所釋放出熱能的多寡。建築材料的可燃性質應包含：（一）引燃的難易程度。（二）熱釋放率。（三）熱總釋放量。材料的點火溫度、性狀、外型與組織等會影響材料引燃的難易程度，例如相同重量之木材其為塊狀與片狀其熱總釋放量相同，而其引燃的難易程度則大為不同；表面積、組織、方向性、曝火狀況等則決定同種材料的熱釋放率，熱釋放率越大則火勢的成長越快；材料的重量則決定熱的釋放總量。

表 2-3 木材之點火溫度及發火溫度

樹種	點火溫度 (°C)	樹種	發火溫度 (°C)
柳杉	240	黃楊木	447
檜木	253	櫟	426
鐵杉	253	栗子	460
赤松	263	櫻桃	416
落葉松	271	米松	445
雲杉	262	橡木	455
櫟	264	鐵杉	445
橡木	270	赤松	430
杉毛櫟	272	雲杉	437

(資料來源：文獻 5，P22)

圖 2-1 辦公傢俱燃燒釋熱速率與時間關係圖



(資料來源：文獻 4，P108)

## 二、火載量的類別

建築物室內可燃物的種類與型態非常的豐富與多樣化，曾有學者 G. I. Finch 將可燃物的種類依其點燃容易的程度分為三大類別：「纖維性」(tinder)、「屑粒性」(kindling)與「大體積者」(bulk fuel)等。

為便於火載量的調查與計算，一般將建築物內空間中的可燃物火載量分為二大類：固定火載量 (fixed load) 與可動火載量 (movable load)。固定火載量是指可燃性裝修材料施作之天花板、版牆、門扇等，或是櫥櫃、固定家具等；可動火載量是指建築竣工後搬入的可燃性家具、書籍、衣物、紙張等。固定火載量，在建築物設計時就確定了，而可動火載量無法根據設計圖求得，須根據建築物的用途、規模等實際量測計算。

表 2-4 可動火載量與固定火載量分類

		固定火載量	可動火載量		
		室內裝修部分	室內家具部分	家具內容物	
項目		變異情況	較少	較多	最多
		1	地板	◎	
2	牆面	◎			
3	天花板	◎			
4	室內隔間	◎			
5	衣櫃、雜物櫃(固定式)	◎			
6	衣櫃、雜物櫃(活動式)			◎	
7	桌子			◎	
8	椅子			◎	
9	隔屏			◎	
10	床鋪			◎	
11	燈具				◎
12	電腦				◎
13	書籍				◎
14	衣服				◎
15	寢具				◎

(資料來源：文獻 11.1，P10)

### 第三節 火載量評估方式

#### 一、火載量的評估方式

由前述定義火載量為代表建築物或防火區劃內所有可燃物於完全燃燒時所釋放出熱能的總數，通常被表示成每單位樓地板面積上可燃物的熱含量，並將各種可燃物轉換成同等釋熱量木材重量表示之，亦可稱為等效火載量其火載量密度單位為  $\text{kg} / \text{m}^2$  (公斤/平方公尺)。火載量調查方式皆是以重量量測方法調查，也就是將建築區劃空間中各種可燃物逐一秤重，再乘上各種可燃物單位重量的熱釋放量，合計出總熱釋放量或以同等釋熱量木材重量表示之。

為克服調查所遇到的困難遂有許多改良式的方法，但其基本上還是以重量量測調查為基本原理，調查方法可概分類為固定火載量與可動火載量二大類，以下介紹各種火載量評估方法：

(一) 可動火載量部分

1. 直接秤重法

係直接將欲調查區劃空間內各種可燃物量從其位置移走並秤重，一般此方法多使用於調查例如家具、書籍、家電小型設備等可動火載量。

2. 『清點調查技術』(inventory survey technique)

對於大型的調查，直接秤重的相關成本與時間很可觀，且秤重作業也會擾亂公司的正常運作。鑑於以上所述，美國國家標準局(National Bureau of Standards, NBS)的研究發展出一個『清點調查技術』(inventory survey technique)。NBS 調查利用製造商的規格書來計算出紙張、書籍、書桌、桌子、椅子、架式櫃子、電話、打字機與計算機等各日常用品的「換算重量」表。如此，調查員即可目視檢查辦公室並參考換算表，對每一品項賦予一個特定的重量。對於較不常見的品項，可在調查進行期間評估其重量。如此進行調查時利用目視觀察資料(visual data)，亦即各種內容品項的可觀察特性將其分類，因此就可獲得火載量資料。

3. 重量折減法

將區劃空間中各類可燃物與單位重之木材熱釋放量作換算折減比例，例如假設合成高分子材料的可燃物大部分為沙發、椅子的座墊、靠墊等，單位發熱量為木材單位發熱量的二倍；其它文書、書籍、布匹、木制家具等的單位發熱量與木材單位發熱量相同；纖維製品的單位發熱量，假設為木材單位發熱量的 1.5 倍處理。調查時直接量測重量再根據種類成上折減係數，合計重量質即為相當木材的火載量。

4. 單元估算法

區劃空間中可燃物單元重複性高者，例如辦公空間中可以辦公桌為單元做為估算依據，即於辦公空間方面調查區劃空間內的辦公桌，由同一測量員的目測，依可燃物的重量分成數個等級。各個等級在記錄台數的同時，測量其中一單元具代表性的辦公桌物品的火載量，再合計其火載量。

## (二) 固定火載量部分

### 1. 比例換算方法

區劃空間不易秤重的各種可燃物量，多為固定火載量例如隔間牆面、天花板等。依據設計與構造方式調查其構造型式、組成材質與各部位尺寸，計算出各種材質的數量，再查核各材質燃燒之熱釋放量資料，換算出單位面積之熱釋放量；如此根據欲調項目部位之面積比例換算後可得出火載量數據。

## 二、淨火載量概念--折減係數

實際火災時可燃物的存放方式會影響其熱釋放量的情況，例如存放於金屬家具中的可燃物僅有部分會燃燒釋放出熱量，或整捆緊紮的可燃物亦是無法完全燃燒釋出所有熱量，所以因應存放方式可燃物應乘上一折減係數才是實際等重可燃物之熱釋放量。其影響因素包括：時間與溫度因素、可燃物暴露於火災的表面積因素、容器類別、存放狀態（疏或密）等。

收納容器的種類、收納量與可燃物的有效燃燒量的關係已有不少研究成果。研究證明，當收納容器所收納的可燃物體積不超過其容積的 1/2 時，有效可燃物量占收納量的比例，鋼架為 60%，鋼桌、櫃為 40%。若各收納容器內可燃物超過 50%，則參考上述有效可燃物量比例，係數  $a_i$  折減係數建議應取如下值：

- (一) 對於由裝鋼門的密閉式家具所收納的可燃物為 0.4。
- (二) 對於由裝鑲玻璃門的密閉式家具所收納的可燃物為 0.5。
- (三) 對於由無門的開放型鋼質書架、擱板所收納的可燃物為 0.6。

## 三、淨火載量與熱釋放率關係

為了預測火災性狀的各種計算公式皆需輸入各種可燃物之各種熱與燃燒常數，其種類包括有釋熱量、熱傳導率、著火溫度等。有關各種可燃物燃燒發熱量各國文獻皆有實測值或建議質提出，本所防火實驗室成立至今針對國內常用建材亦累積各種可燃物之實測值，可供國內火災調查案例進行火災模擬計算時提高準確性。

表 2-5 本所建材實驗數據資料（部分）

項次	厚 (mm)	材料名稱	每單位面積 釋熱量 HHR(MJ/m <sup>2</sup> )	每單位面積 釋熱量 (kcal/m <sup>2</sup> )	每單位面積 為木材公斤釋熱 量(kg/m <sup>2</sup> )
1	3.1	矽酸鈣板	3.55	847.86	0.19
2	6.2	矽酸鈣板	3.55	847.86	0.19
3	9.0	矽酸鈣板	3.55	847.86	0.19
4	12.2	石膏板	3.25	776.21	0.17
5	9.0	石膏板	2.06	492.00	0.11
6	12.9	礦纖板	5.52	1318.37	0.29
7	5.6	硬質聚氯乙炔發泡	26.96	6438.98	1.43
8	5.9	高密度纖維樹脂複合板	94.10	22474.33	4.99
9	0.9	化粧鋁板	2.64	630.52	0.14
10	10.0	高密度纖維樹脂複合板	138.13	32990.21	7.33
11	18.5	熱固性樹脂裝飾板	32.49	7759.73	1.72
12	12.2	人造石材	195.46	46682.59	10.37
13	48.5	水泥複合板	2.76	659.18	0.15
14	2.0	聚氯乙炔樹脂地磚	13.65	3260.09	0.72
15	2.8	合成橡膠地磚	68.52	16364.94	3.64
16	13.0	鋼板石膏複合板	2.06	492.00	0.11
17	12.9	高密度纖維樹脂複合板	180.47	43102.46	9.58
18	4.0	合成橡膠地磚	86.02	20544.54	4.57
19	3.2	玻纖複合人造石	2.80	668.74	0.15
20	5.0	EVA 樹脂發泡材	7.12	1700.50	0.38

（資料來源：文獻 11.1，P21）

#### 第四節 火載量技術應用概況

火載量是左右火災溫度與火災持續時間的重要因素，在對實際火災連續性進行預測時，此數值必須加以掌握。在日本「建築物結構耐火性能檢證法」中即是以室內可燃物發熱量、內裝用材料發熱量及鄰接室熱入侵量之總合來計算場所的火載量，進一步估算火災持續時間，利用火災持續時間與結構物的耐火時效相比較來評斷建築結構是否可能因為火災而倒塌。在「避難安全性能檢證法」中，火載量大表示發熱量大，間接影響了人員避難的時間。火載量為熱釋放率與時間的函數，在「建築火災煙控性能式設計法」中，熱釋放率則是預估火災成長之主要參數。另外，在 NFPA75、FM Global 15-14 等規範中，亦有建築物內有可燃性建材或過量的可燃性物質時，全棟建築物均應裝設自動撒水設備等有關規定。因此，火載量在建築火災危險性評估時，有一定的重要性。

## 第三章 實驗計畫

### 第一節 實驗目的

#### 一、建立本土化之數據

國內已有許多專家學者調查過國內不同類型建築物之火載量，包括有住宅類型、辦公室、飯店等類型。未來進行火載量調查所使用之參考數據資料庫可參考本所防火實驗室已建置有關固定火載量資料的部份約數百筆資料，但可動火載量除可引用國外相關資料外，國內亟需建立本土化之實際實驗資料以反映實際狀況。

#### 二、建立可動火載量評估模式

蒐集國外文獻常見可動式可燃物之火載量資料庫，並選取針對國內常用及特殊之可動式可燃物部分進行燃燒實驗以建立本土化數據資料外並驗證確認火載量評估技術之可行性。

#### 三、以實驗結果驗證耐火檢證法中有關火載量延燒評估技術

本計畫將針對建築結構防火性能設計法—「建築物結構耐火檢證法」中有關火載量延燒部分加以討論。

### 第二節 實驗項目

火載量之研究其中最主要之目標為提供性能法規之制定與推展，但由於性能法規必須結合各方面之相關資料才能訂定完整，因此為了能更順利達成訂定性能法規之目標，本研究計畫結合本所 94 年度「性能設計與設計火源檢證研究」度委託研究計畫與「單元辦公空間防火性能設計檢證研究」自行研究計畫共同整合實驗部分，所進行之時驗項目包含二項：一、利用「ISO9705 房間實驗設備」進行實尺寸家具燃燒實驗；二、利用本實驗室之「10MW 大尺度燃燒分析裝置」

進行實尺寸單一辦公室房間模擬實驗。

### 第三節 實驗方法與設備

#### 一、實尺寸家具燃燒實驗

實尺寸傢俱燃燒實驗依據實驗傢俱試體之尺寸大小其所產生之火焰高度與所產生之熱釋放量，目前防火實驗室可配合提供之實驗設備有二項，尺寸與熱釋放率較小之家具一為利用 ISO 9705 試驗房間 (Test room) 所使用之燃燒量測儀器配合 500kg 荷重平台進行實驗分析。

##### (一) 集煙罩及排氣導管(Hood and exhaust duct)

排氣系統主要包含集煙罩、排氣導管及可讓氣體混合均勻的擾流片。集煙罩設置於分析房間開口上方，收集從房間開口部所流出之燃燒產物並經由排氣導管抽至氣體分析儀中進行分析。

##### (二) O<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub> 氣體分析儀(Gas analysers)

O<sub>2</sub> 氣體分析儀採用順磁性(Paramagnetic) 氣體分析儀，測量範圍 0~21% vol. O<sub>2</sub>。CO/CO<sub>2</sub> 採用非散射性紅外線(NDIR) 氣體分析儀，測量範圍為 0~1% CO 及 0~10% CO<sub>2</sub>。

##### (三) 500kg 荷重平台

量測範圍 0~500kg，荷重元為 500kg×4 顆，秤面：160×160cm。

圖 3-1 集煙罩及排氣導管



圖 3-2 O<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub> 氣體分析儀



圖 3-3 500kg 荷重平台



## 二、實尺寸單一辦公室房間模擬實驗

本實驗主要建置一實尺寸辦公空間（6M×5M×2.4~6 M）實際進行燃燒實驗，利用 10MW 大尺度燃燒分析裝置進行研究，本系統內含廢氣處理系統以及氣體分析系統。辦公單元家具組燃燒分析除利用 10MW 大尺度燃燒分析裝置外並配合 2T 昇降式荷重平台進行實驗重量損失分析。

### （一）廢氣處理系統

廢氣處理系統可以抽取之燃燒氣體，經過過濾處理後再進行排放。本系統主要包含大型抽風機設備同時搭配集塵等後處理設備。系統之抽氣量主要由變頻器來控制，其操作頻率最大可達 55Hz，對應之廢氣處理量為最大煙氣流率為  $30\text{m}^3/\text{s}$ 。

圖 3-4 氣體集煙罩



圖 3-5 氣體集煙罩整流圖

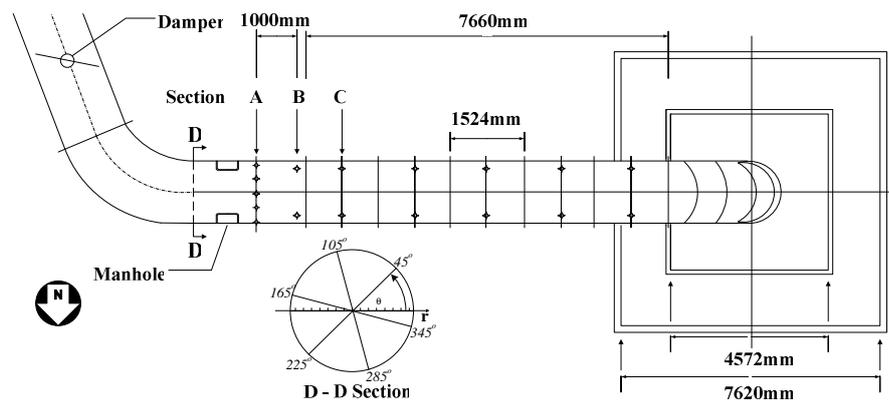


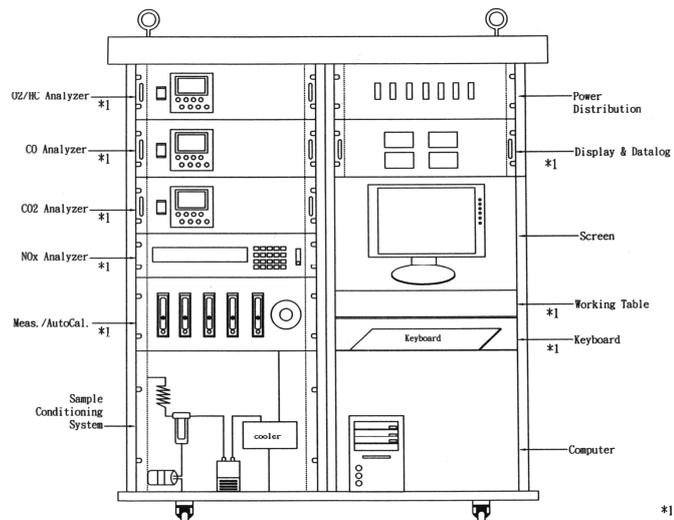
圖 3-6 廢氣處理系統



(二) 10MW 大尺度燃燒分析裝置

氣體分析系統主要功能為量測火災模擬之廢氣濃度、溫度以及煙氣流率和速度。量測儀器主要包含：1. 氣體分析系統（包含  $O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $NO_x$ 、 $HC$  五種氣體分析儀）、2. 光學密度分析儀、3. 流率 / 溫度監測儀以及 4. 數據處理系統等。

圖 3-7 氣體分析系統



### (三) 實驗屋與量測儀器配置

實驗屋空間平面尺寸為 6m×5m，天花板為活動式可依據實驗需求最高範圍可達 6m，本研究設定為 2.4m 與 3.6m，牆壁由厚度 0.2m 不可燃之 ALC (Aerated Lightweight Concrete)板所構成。

實驗屋北邊及南邊各有一個門，門的尺寸為 2.0m×0.8m；北邊的開口主要作為新鮮空氣之供應，南邊開口則是作為廢氣排放，開口外側上接 10MW 大尺度燃燒分析裝置之大型抽煙罩，主要用來吸引廢氣，並由氣體分析儀分析廢氣組成，同時估算熱釋放率。兩組開口分別配置三組雙向速度儀，裝設位置分別位於門框上下各 20cm 以及門之中間位置，用來測量吸入空氣以及排出廢氣之質量流率。門之中間位置並裝設熱電偶用來測量吸入空氣以及排出廢氣之溫度。

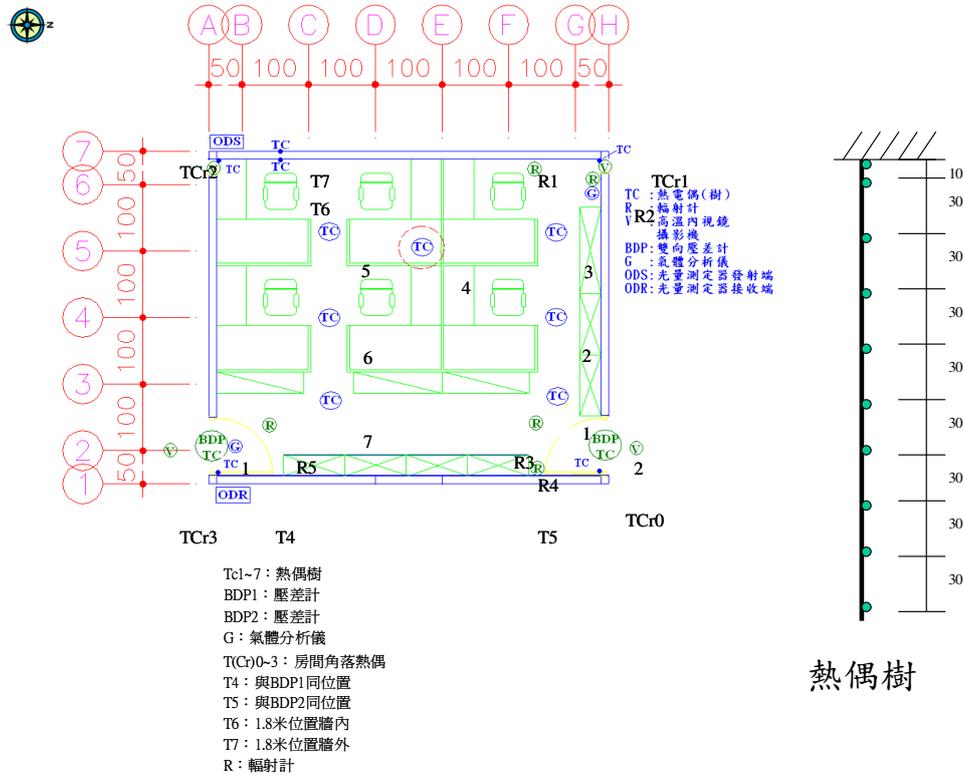
引火源以標準天然氣燃燒器提供 50kW 之熱源加熱 200 秒為主，其安裝位置有兩個不同地方，主要比較不同引火源之引燃情形。

整個辦公室空間裝置六組熱電偶樹，由地面算起至天花板處，平均每 30cm 放置一點，熱電偶之種類為 K-type 形式。

熱輻射計有 5 組，R1 面向東方、R2 面向南方、R3 置於地面面向上方，用來量測辦公室內部上層煙氣之輻射熱通量；R4 和 R5 主要面向西方，用來量測整個火場之輻射熱通量為主。

氣冷式內視鏡攝影機 2 具，用來觀看整個火災歷程。

圖 3-8 實驗屋與量測儀器配置



(四) 2T 昇降式荷重平台

秤量 2T、兩段式感量 (0~1000kg 感量 100g 以下或 1001~2000kg 感量 200g 以下)、秤面尺寸 2.2M x 6M。平台升降範圍可昇至 13M。

圖 3-9 2T 昇降式荷重平台



## 第四節 實驗配置與材料規劃

### 一、實尺寸家具燃燒實驗材料規劃

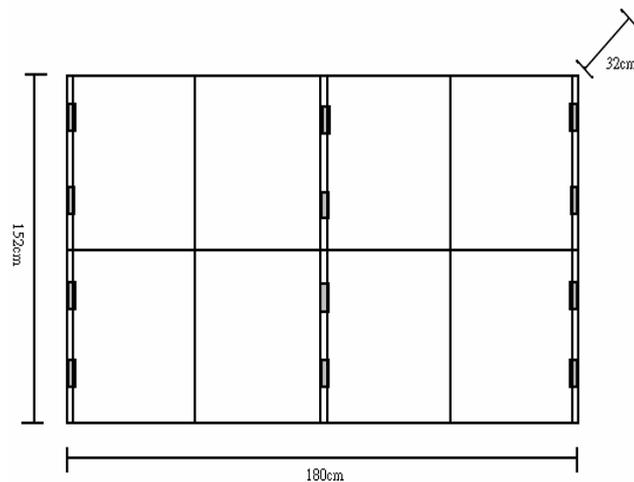
#### (一) 試體選擇

針對辦公室常見傢俱進行可動火載量分析，以防火實驗室一樓所使用之傢俱類型為主，傢俱購自中央信託局或傢俱行，後續實尺寸單一辦公室房間模擬實驗亦採用相同之傢俱。傢俱燃燒實驗數據可供充實我國常見或傢俱火載量資料庫

本實驗選定之辦公室之傢俱，如下：

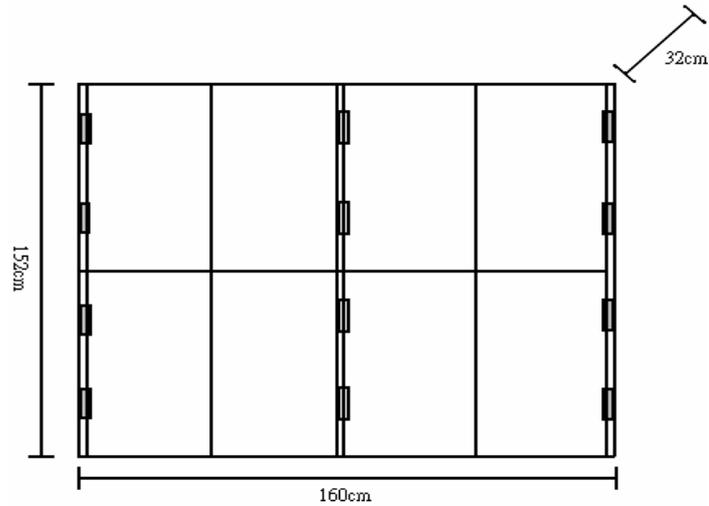
- 1.高木櫃 A：本木櫃尺寸（長 180cm×深 32 cm×高 152 cm）及規格依照建研所台南實驗室一樓辦公室為依據，其構材為三夾板所構成，其重量約為 52 公斤。

圖 3-10 高木櫃 A 樣式圖



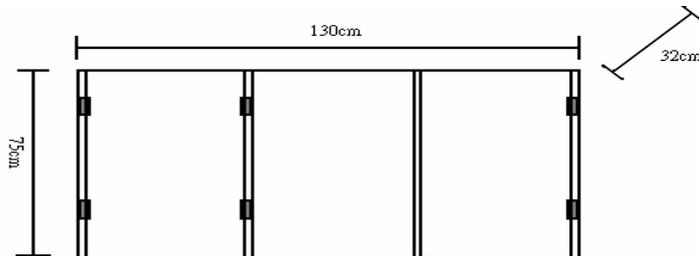
- 2.高木櫃 B：本木櫃尺寸（長 160cm×深 32 cm×高 152 cm）及規格依照建研所台南實驗室一樓辦公室為依據，其構材為三夾板所構成，其重量約為 47 公斤，亦為大型可燃物之一。

圖 3-11 高木櫃 B 樣式圖



3.低木櫃：本木櫃尺寸（長 130cm×深 32 cm×高 75 cm）及規格依照建研所台南實驗室一樓辦公室為依據，其構材為三夾板所構成，其重量約為 21 公斤。

圖 3-12、低木櫃樣式圖



4.辦公椅：組成材料多為化學複合材料，內容物多為泡棉等易燃材料，其尺寸規格與材質如下圖：

圖 3-12、辦公椅正視圖與側面圖（單位：mm）

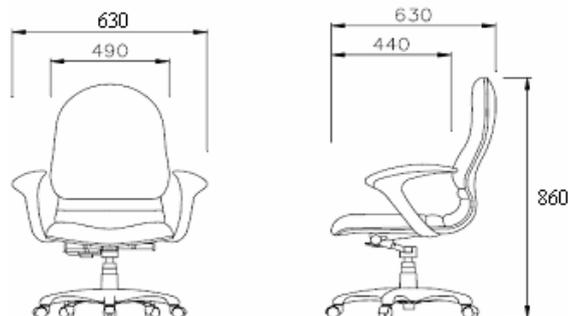
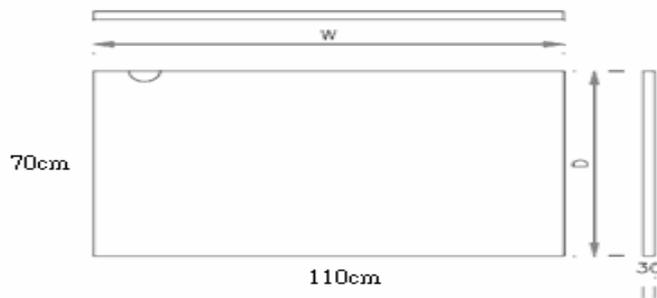


表 3-1 辦公椅組成材料表

項次	材料項目	材料說明
1	表材	壓克力布料
2	曲木板	多層原木薄片熱壓成型，厚12mm
3	泡棉	抗老化、高密度一體成型PU合成泡棉
4	扶手	PU自成皮鋼模發泡一體成型

5.桌板：為辦公時所使用之平台，一般材料多為塑合板所構成，其重量為 18.3 公斤。尺寸規格為厚 30mm 塑合版表面貼 0.8m 美耐版兩側及後緣以 PU 封邊前緣，桌面後端附 ABS 出現孔盒。

圖 3-13 桌版樣式圖



## 二、實尺寸單一辦公室房間模擬實驗配置規劃

實尺寸單一辦公室房間模擬實驗共進行 3 次，第 1 次實驗於 2T 昇降式荷重平台進行單元家具組燃燒實驗，並利用 10MW 大尺度燃燒分析裝置進行分析工作。第 2 次與第 3 次實驗進行實尺寸辦公室房間燃燒模擬實驗，利用 10MW 大尺度燃燒分析裝置進行分析工作。

整個傢俱配置主要模擬防火實驗室 1 樓辦公室實際情況，包含辦公椅（6 張）、屏風（6 組）、桌板（6 組）、高木櫃 A（2 組）、高木櫃 B（2 組）以及矮木櫃（3 組）。

表 3-2 辦公室空間燃燒實驗與傢俱燃燒數量估算表

項次	名稱	尺寸	實驗次數 (數量)			數量合計	備註
			全尺寸房間實驗	辦公家具單元組	傢俱燃燒實驗		
1	辦公椅	630×630×860mm	2 次 (6、6 張)	1 次 (1 張)	1 次 (1 張)	14 張	
2	隔屏	1556×110×5.2cm	1 次 (6、6 組 L 型)	1 次 (1 組 L 型)	—	13 組	
3	桌板	140×70×3.0cm	2 次 (6、6 組)	1 次 (1 組)	1 次 (1 組)	14 組	
		90×45×3.0cm	140×70×3.0cm+	140×70×3.0cm+	110×70×3.0cm		
		110×70×3.0cm	90×45×3.0cm	90×45×3.0cm			
4	高木櫃 A	180×32×152 cm	2 次 (2、2 組)	1 次 (1 組)	1 次 (1 組)	6 組	
5	高木櫃 B	160×32×152 cm	2 次 (2、2 組)	1 次 (1 組)	1 次 (1 組)	6 組	
6	低木櫃 C	130×32×75 cm	2 次 (3、3 組)	1 次 (1 組)	1 次 (1 組)	8 組	



## 第四章 實驗結果整理與分析

本研究計畫所進行之時驗項目包含二項：一、利用「ISO9705 房間實驗設備」進行實尺寸家具燃燒實驗；二、利用本實驗室之「10MW 大尺度燃燒分析裝置」進行實尺寸單一辦公室房間模擬實驗，以下就實驗結果進行整理與分析。

### 第一節 實尺寸傢俱燃燒實驗結果整理與分析

利用「ISO9705 房間實驗設備」進行實尺寸家具燃燒實驗結果綜合整理如下表，各項傢俱燃燒說明分述如後。

表 4-1 傢俱燃燒實驗結果

項次	名稱	實驗前重量 kg	實驗後重量 kg	燒失量 kg	燒失量比率%	熱釋放量 MJ	單位重熱釋放量 MJ/kg	備註
1	高木櫃 A	52.9	1.1	51.8	97.9	727.6	13.75	長 180cm×深 32cm×高 152cm
2	高木櫃 B	47.1	3.0	44.1	93.6	613.7	13.09	長 160cm×深 32cm×高 152cm
3	矮木櫃	22.1	1.7	20.4	92.3	305.6	13.82	長 130cm×深 32cm×高 75cm
4	桌版	17.1	14.1	3.5	19.8	24.6	1.43	長 80cm×深 46cm×高 3cm
5	椅子	20.8	10.9	9.9	47.6	202.8	9.75	

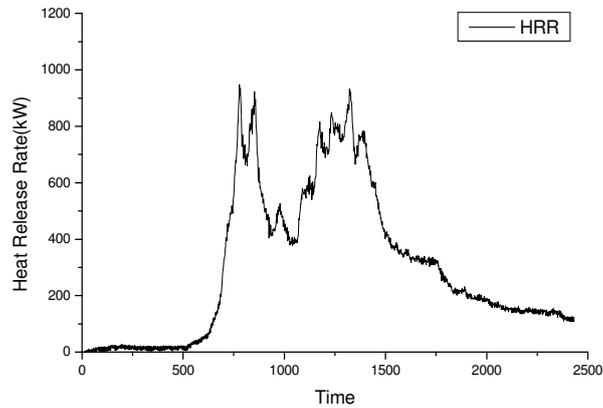
#### (1)高木櫃A

高木櫃 A 實尺寸燃燒實驗在 ISO 9705 煙罩下進行引火源熱釋放率為 30 kW，引燃時間為 19 分 29 秒，總時間為 40 分 30 秒，高木櫃尺寸為長 180cm×寬 32cm×高 152cm。

圖 4-1 高木櫃 A 燃燒實驗圖

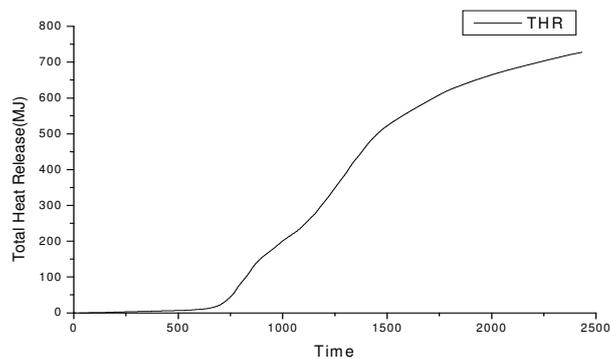


圖 4-2 高木櫃 A 之熱釋放率



實驗前重為 52.9kg，實驗後剩餘重為 1.1 kg，燒失量為 97.9%。  
由下可知，高木櫃 A-2 累計熱釋放量(Total Heat Release)約為 727.6 MJ，單位重之熱釋放量為 13.75 MJ/kg。

圖 4-3、高木櫃 A 之累計熱釋放量



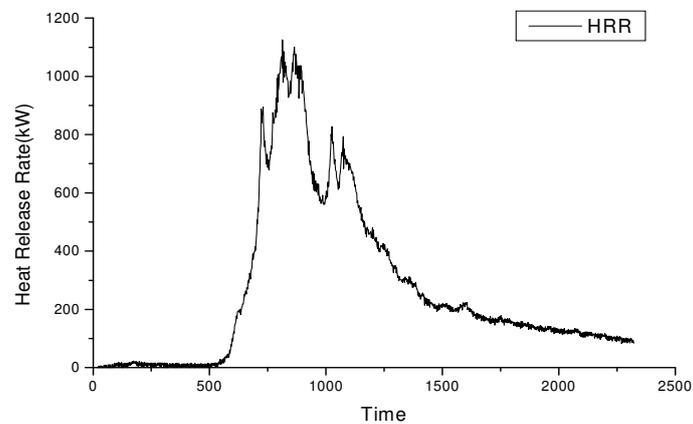
(3)高木櫃B

高木櫃 B 實尺寸燃燒實驗在 ISO 9705 煙罩下進行引火源熱釋放率為 30 kW，引燃時間為 12 分 22 秒，總時間為 38 分 42 秒，高木櫃尺寸為長 160cm×寬 32cm×高 152cm。

圖 4-4 高木櫃 B 實驗示意圖

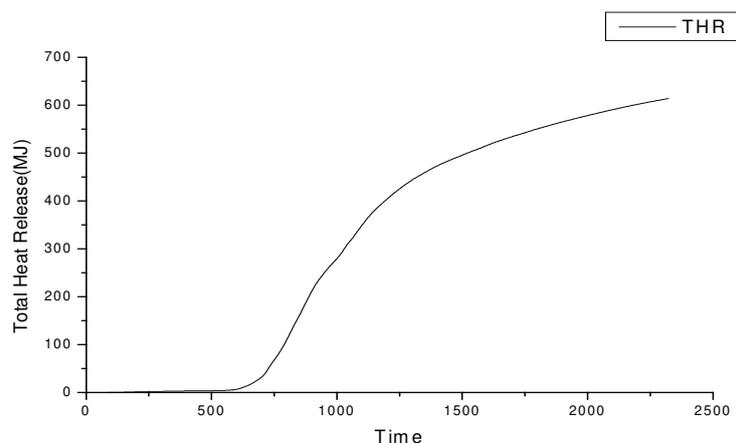


圖 4-5 高木櫃 B 之熱釋放率率



實驗前重為 47.1kg，實驗後剩餘重為 3.0kg，燒失量為 93.6%。由下可知，高木櫃 B 累計熱釋放(Total Heat Release)約為 613.7 MJ，單位重之熱釋放量為 13.09MJ/kg。

圖 4-6 高木櫃 B 之累計熱釋放量



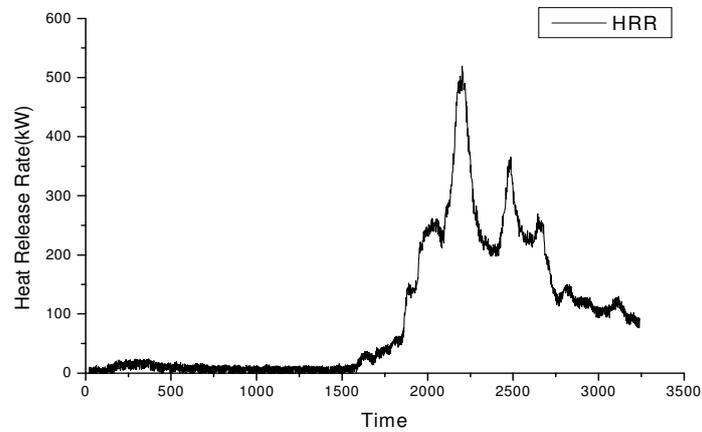
#### (4) 低木櫃

低木櫃實尺寸燃燒實驗在 ISO 9705 煙罩下進行引火源熱釋放率為 30 kW，引燃時間為 36 分 40 秒，總時間為 54 分 02 秒，矮木櫃尺寸為長 130 cm×寬 32 cm×高 75 cm。

圖 4-7 矮木櫃實驗示意圖

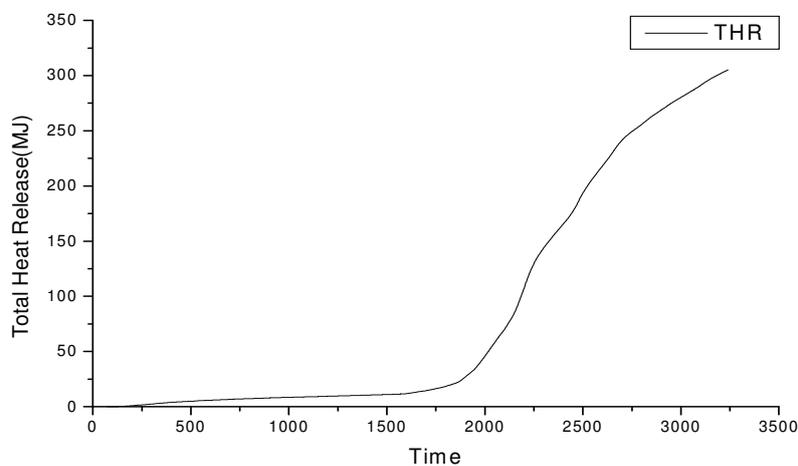


圖 4-8 低木櫃之熱釋放率



低木櫃實驗前重為 22.1 公斤，實驗後剩餘重為 1.7 公斤，燒失量為 92.3%。由下可知，低木櫃總熱釋放(Total Heat Release)約為 305.6 MJ。

圖 4-9 低木櫃之總熱釋放率



### (1) 辦公椅

辦公椅實尺寸燃燒實驗在 ISO 9705 煙罩下進行引火源熱釋放率為 30 kW，引燃時間為 1 分 40 秒，總時間為 34 分 42 秒。由於辦公椅材料多數為易燃的化學聚合物所構成，因此一經引燃，熱釋放率即達峰值。

圖 4-10 辦公椅實驗示意圖



圖 4-11 辦公椅尺寸示意圖

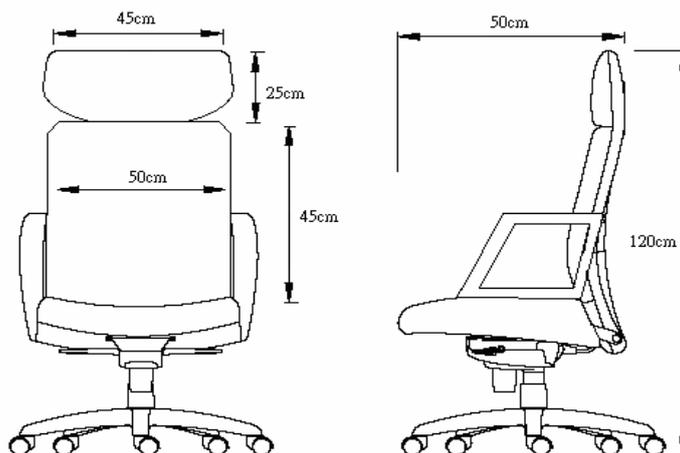
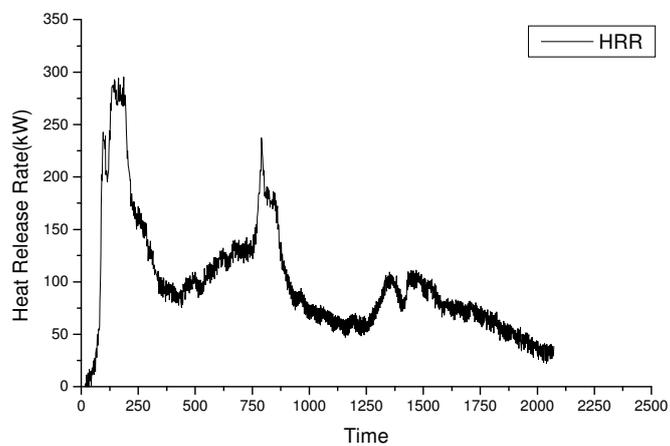
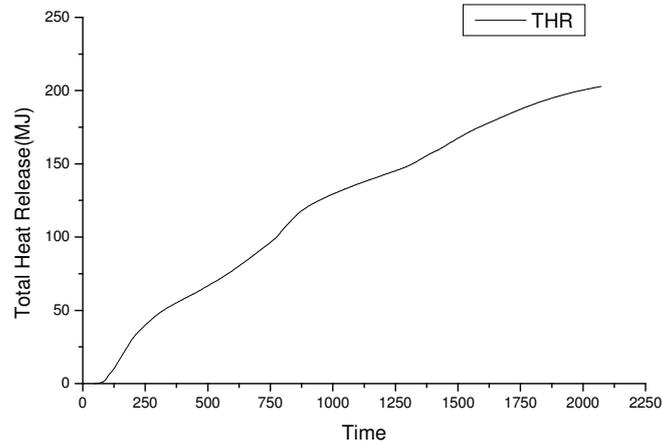


圖 4-12 辦公椅之熱釋放率



辦公椅實驗前重為20.8kg，實驗後剩餘重為10.9kg，燒失量為47.6%。由下可知，總熱釋放(Total Heat Release)約為202.8 MJ。

圖 4-13 辦公椅之總熱釋放率



#### (5) 桌板

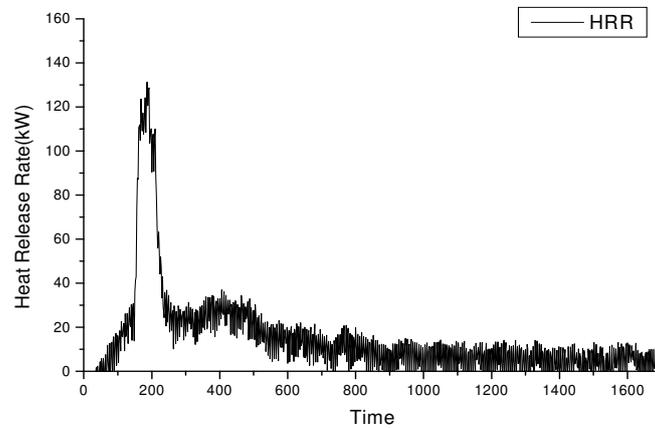
桌板實尺寸燃燒實驗在 ISO 9705 煙罩下進行引火源熱釋放率為30kW，引燃時間為28分56秒，總時間為30分02秒。

圖 4-14 桌板實驗示意圖



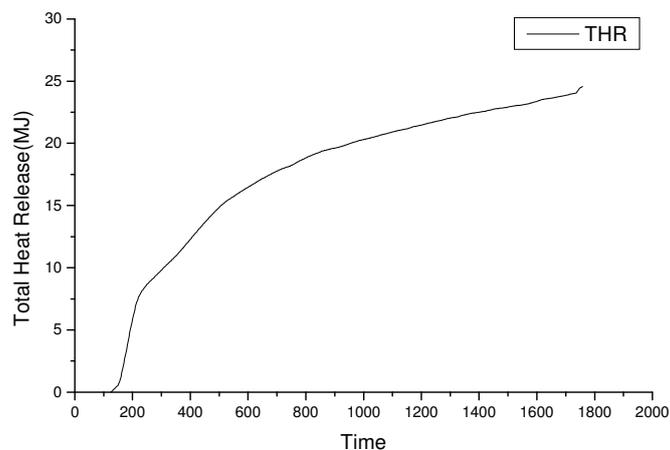
實驗過程中可見起初引火源引燃桌板表面，表材隨之引燃，使熱釋放率略微上升直至表面可燃物被燒盡；隨後桌板不再被引燃，因為表面內部第二層為金屬薄板阻隔熱量的傳遞導致桌板不繼續燃燒。

圖 4-15 桌板之熱釋放率



桌板實驗前總重為 17.6 公斤，實驗後總重為 14.1 公斤，燒失量為 19.8%。由下可知，總熱釋放(Total Heat Release)約為 24.6 MJ。本實驗係因為桌板構造層間有金屬薄板所以無法使燃燒繼續但是若於火場之情況其本生大部份之木質材料應會完全燃燒。所以下一階段實尺寸單一辦公室房間模擬實驗計算桌板熱釋放量時採用本次實驗木櫃燃燒之熱釋放量代替。

圖 4-16 桌板之總熱釋放率



## 第二節 實尺寸單一辦公室房間模擬實驗結果整理與分析

### 一、辦公單元家具組燃燒分析

在進行辦公室火災模擬實驗前，先進行辦公室單元辦公組燃燒，具有較多可燃物料進行燃燒熱量測，由表 4-2 估算燃燒熱值為 2321.50MJ，實際量測實驗燃燒熱值結果達 2345.83MJ，發熱量偏差值為-1.05%，所以以傢俱燃燒結果估算燃燒熱值應屬合理之範圍。

本實驗燃燒行為順序為桌板引燃、座椅引燃、C 櫃門板引燃(燃燒一段時間後熄滅)、隔屏燃燒、引燃 B 櫃、引燃 A 櫃、再引燃 C 櫃至燃燒結束。

圖 4-17 單元辦公家具組擺置示意圖

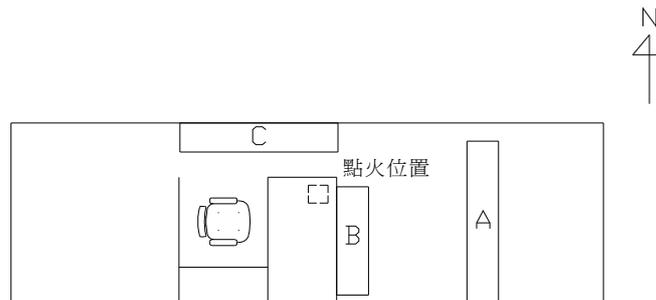


圖 4-18 單元辦公家具組燃燒熱釋放率時間曲線圖

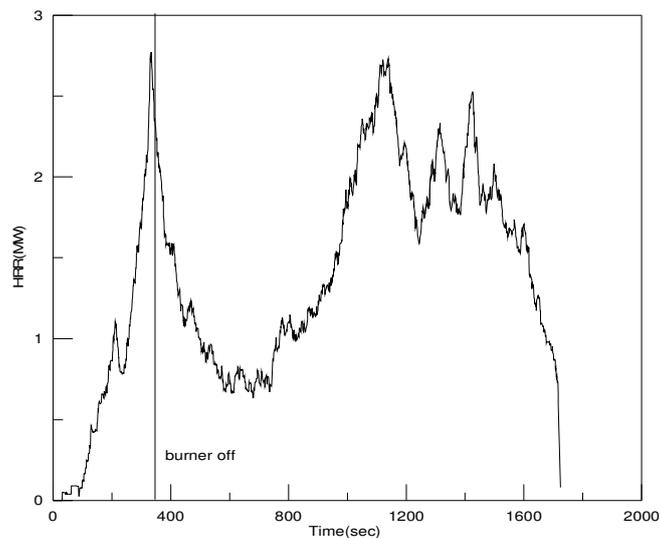


圖 4-19 單元辦公家具組燃燒情形



表 4-2 單元辦公家具組燃燒實驗結果表

項目	名稱	單位重 (kg)	數量	總重 (kg)	單位重熱 釋 放 量 MJ/kg	熱 釋 放 量 MJ	備註
1	高木櫃 A	52.00	1.00	52.0	13.55	704.60	註 1
2	高木櫃 B	48.00	1.00	48.0	13.55	650.40	註 1
3	矮木櫃 C	22.00	1.00	22.0	13.55	298.10	註 1
4	桌板	17.61	1.39	24.48	13.55	331.70	註 2
5	椅子	17.20	1.00	17.20	9.75	167.70	註 3
6	隔屏	14.20	7.17	101.81	1.66	169.00	註 4
合計熱釋放量 MJ						2321.50	
實驗量測熱釋放量 MJ						2345.83	
偏差值						-1.05%	
<p>註 1. 取由表 4-1 高木櫃 A、高木櫃 B 與低木櫃三者之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 2. 由表 4-1 得知係因桌板不完全燃燒，若於火場之狀況應會類似木櫃完全燃燒，所以熱釋放量亦採木櫃之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 3. 椅子燃燒熱釋放量依據表 4-1。</p> <p>註 4. 隔屏經拆解秤重得出 4.2%為壓克力布料、7.0%為紙質蜂巢板其餘 88.8%為不燃鐵件，經計算得出熱釋放量為 1.66MJ/kg。</p>							

## 二、第一次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗（雙開口部實驗）

實驗空間尺寸為 6m×5m 之平面，高度為 2.4m，牆壁由厚度 0.2m 不可燃之 ALC (Aerated Lightweight Concrete)板所構成。整個配置依照防火實驗室一樓辦公室實際內容為主，包含辦公椅（6 張）、屏風（6 組）、桌板（6 組）、高木櫃 A（2 組）、高木櫃 B（2 組）以及矮木櫃（3 組）。辦公室北邊及南邊各有一個開口，尺寸為 2.0m×0.8m；北邊的開口主要作為新鮮空氣之供應，南邊開口則是作為燃燒後氣排放。實驗屋南邊上方為 10MW 大尺度燃燒分析裝置之大型抽煙罩，主要用來吸引廢氣，並由氣體分析儀分析廢氣組成，同時估算熱釋放率。本次實驗，由引火源到熄滅共歷時約 4000 秒。閃燃約在 1600 秒發生。而火勢最大是在約 3000 秒時。

熱釋放量估計值與實驗結果比較產生 30.43%之偏差值，實驗過程中燃燒熱由北側進氣口（圖 4-24）及天花板與牆交接處（圖 4-25）竄出沒有經過 10MW 氣體分析儀應是主要原因。

圖 4-20 辦公室房間模擬實驗實驗前傢俱設置情況



圖 4-21 雙開口部辦公室火災之熱釋放率變化圖

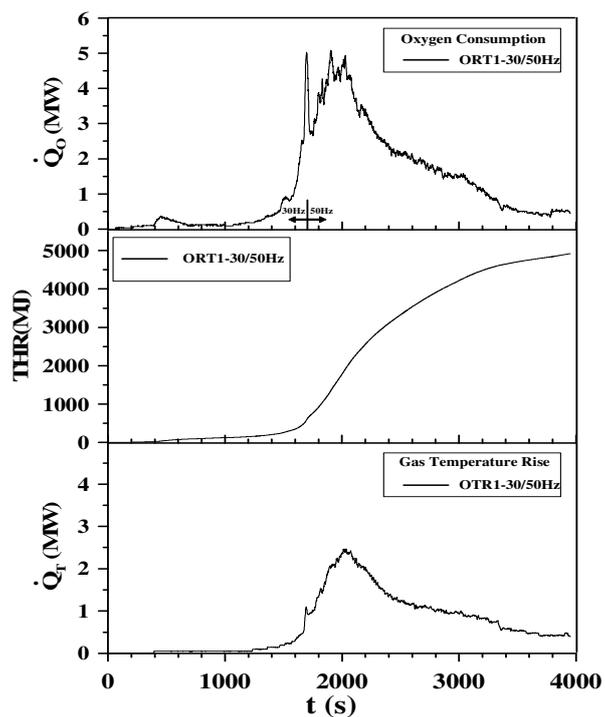


圖 4-22 傢俱延燒情況



圖 4-23 燃燒火焰由南側開口部竄出



圖 4-24 北側開口部低原設計為進氣口但  
燃燒旺盛期部份火焰竄出



圖 4-25 實驗屋天花板與牆面竄出火燄



表 4-3 第一次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗（雙開口部實驗）結果

項目	名稱	單位重 (kg)	數量	總重 (kg)	單位重熱 釋放量 MJ/kg	熱釋放 量 MJ	備註
1	高木櫃 A	52.3	2	104.6	13.55	1417.33	註 1
2	高木櫃 B	47.75	2	95.5	13.55	1294.02	註 1
3	矮木櫃 C	20.36	3	61.08	13.55	827.63	註 1
4	桌板	17.61	8.35	147.04	13.55	1992.39	註 2
5	椅子	17.2	6	103.20	9.75	1006.20	註 3
6	隔屏	14.2	20.9	296.78	1.66	492.65	註 4
合計熱釋放量 MJ						7030.22	
實驗量測熱釋放量 MJ						4890.39	

	偏差值	30.43%	
<p>註 1. 取由表 4-1 高木櫃 A、高木櫃 B 與低木櫃三者之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 2. 由表 4-1 得知係因桌板不完全燃燒，若於火場之狀況應會類似木櫃完全燃燒，所以熱釋放量亦採木櫃之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 3. 椅子燃燒熱釋放量依據表 4-1。</p> <p>註 4. 隔屏經拆解秤重得出 4.2%為壓克力布料、7.0%為紙質蜂巢板其餘 88.8%為不燃鐵件，經計算得出熱釋放量為 1.66MJ/kg。</p>			

### 三、第二次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗雙（單開口部實驗）

本次實驗所使用的監測儀器與場地大小都和第 2 次實驗大致相同，傢俱擺設也相同。不同的條件有，實驗屋天花板高度加高 90cm，總高度為 340cm。北邊開口部封起來，南邊開口部全開，引火源功率為 30Kw，引火時間約為 630 秒。本次實驗，從引火到熄滅整個火災歷時約 3300 秒。火勢最劇烈約在 2000~2500 秒時。熱釋放量估計值與實驗結果比較產生 16.16%之偏差值，因實驗屋於第一次實驗後經過補強後，實驗過程中燃燒熱由北側進氣口及天花板與牆交接處竄出已經較前一次減少許多，還是存有部分燃燒熱沒有經過 10MW 氣體分析儀但偏差值已減少許多。

圖 4-26 燃燒火焰由南側開口部竄出



圖 4-27 燃燒煙熱經由煙罩吸入



圖 4-28 單開口部挑高空間火災熱釋放率之變化

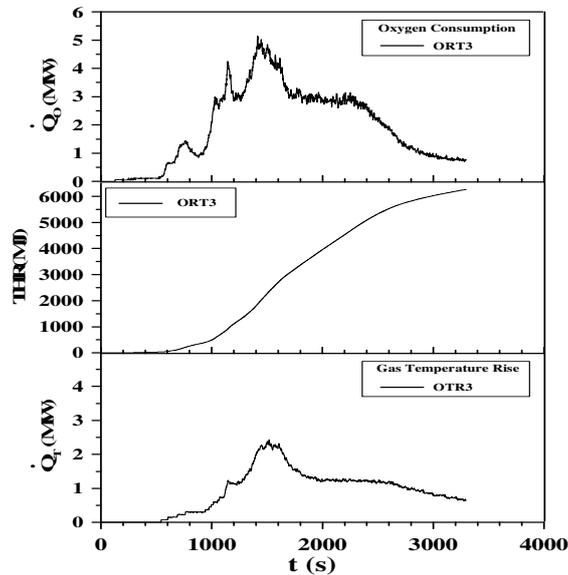


表 4-4 第二次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗（單開口部實驗）結果

項目	名稱	單位重 (kg)	數量	總重 (kg)	單位重熱釋放量 MJ/kg	熱釋放量 MJ	備註
1	高木櫃 A	53.50	2.00	107.00	13.55	1449.85	註 1
2	高木櫃 B	48.10	2.00	96.20	13.55	1303.51	註 1
3	矮木櫃 C	22.06	3.00	66.20	13.55	897.01	註 1
4	桌板	20.01	8.35	167.09	13.55	2264.06	註 2
5	椅子	17.20	6.00	103.20	9.75	1006.20	註 3
6	隔屏	14.20	20.90	296.78	1.66	492.65	註 4
合計熱釋放量 MJ						7413.28	

	實驗量測熱釋放量 MJ	6214.71	
	偏差值	16.16%	
<p>註 1. 取由表 4-1 高木櫃 A、高木櫃 B 與低木櫃三者之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 2. 由表 4-1 得知係因桌面不完全燃燒，若於火場之狀況應會類似木櫃完全燃燒，所以熱釋放量亦採木櫃之平均值 13.55MJ。</p> <p>註 3. 椅子燃燒熱釋放量依據表 4-1。</p> <p>註 4. 隔屏經拆解秤重得出 4.2% 為壓克力布料、7.0% 為紙質蜂巢板其餘 88.8% 為不燃鐵件，經計算得出熱釋放量為 1.66MJ/kg。</p>			

### 第三節 實驗結果與「建築物結構耐火檢證法」延燒時間比較分析

#### 一、以「建築物結構耐火檢證法」討論火災延燒時間分析

本所於九十一年曾提出建築防火性能式設計法建議草案，對於「火災的繼續時間」於建築物結構耐火性能檢證法中有評估方式的建議，後續擬將尺寸單一辦公室房間模擬實驗條件帶入「建築物結構耐火檢證法」計算出延燒時間，並與實際實驗結果進行比對討論。

#### (一) 第 I 部分—「第一次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗雙(開口部實驗)」

依照建築物結構耐火性能檢證法計算「火災的繼續時間」程序如下：

□建築物結構耐火性能檢證法計算可燃物總發熱量 $Q$

$$Q_r = q_l A_r + \Sigma(q_f A_f d_f) + \Sigma f_a \{q_{la} A_{ra} + \Sigma(q_{la} A_{fa} d_{fa})\}$$

式中 $Q_r$ 為該室內的可燃物發熱量(MJ)

1. 吸納可燃物發熱量 ( $q_l A_r$ )

$q_l$ ：該室內的儲存可燃物地板面積每  $1 \text{ m}^2$  發熱量，

$A_r$ ：該室內的地板面積( $\text{m}^2$ )

取  $30 \text{ m}^2$ 。

$q_l A_r$  值由表 4-3 計算得  $7030.22 \text{ MJ/m}^2$

## 2. 內裝用材料發熱量 ( $\Sigma(q_f A_f d_f)$ )

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

## 3. 鄰接室之熱入侵量 ( $\Sigma f_a \{q_{fa} A_{ra} + \Sigma(q_{fa} A_{fa} d_{fa})\}$ )

本計畫房間火災模擬實驗設定不計鄰接室之熱入侵量。

所以  $Q_r = q_l A_r + \Sigma(q_f A_f d_f) + \Sigma f_a \{q_{fa} A_{ra} + \Sigma(q_{fa} A_{fa} d_{fa})\} = \underline{7030.22 \text{ MJ/m}^2} \#$

## □ 火災室之可燃物每秒之平均發熱量( $q_b$ )

### 1. 計算該室有效開口因子 $f_{op} = (\max[\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}, A_r \sqrt{H_r} / 70])$

$A_{op}$ ：各開口部的面積( $\text{m}^2$ )

因為有南北二處開口部，開口面積各為  $0.8 \text{ m}^2$ 、 $0.8 \text{ m}^2$ 。

$H_{op}$ ：從各開口部上端至下端的垂直距離(m)

$H_{op}$  值取  $1.0 \text{ m}$ 。

$A_r$ ：該室的地板面積( $\text{m}^2$ )

取  $30 \text{ m}^2$ 。

$H_r$ ：從該室地板至天花板的平均高度(m)

取  $2.4 \text{ m}$ 。

因為  $\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}} = 1.6$

$A_r \sqrt{H_r} / 70 = 0.66$

所以  $f_{op} = (\max[\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}, A_r \sqrt{H_r} / 70])$  算式中取  $1.6$

### 2. 計算可燃物表面積 ( $A_{fuel} = 0.26 \times q_l^{1/3} \times A_r + \Sigma \phi \times A_f$ )

在這計算式中， $q_l$ 、 $A_r$ 、 $A_f$  及  $\phi$  各自代表下列數值。

$q_l$ ：該室內的儲存可燃物地板面積每  $1 \text{ m}^2$  發熱量( $\text{MJ/m}^2$ )

取  $7030.22/30=234.34 MJ/m^2$ 。

$A_r$ ：該室的地板面積( $m^2$ )

取  $30 m^2$ 。

$A_f$ ：該室牆壁、地板及天花板室面對部份加工使用的建築材料各部分表面積( $MJ/m^2$ )。

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

$\phi$ ：依照建築材料種類不同，制定下列氧消耗係數的數值。

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

所以計算 ( $A_{fuel} = 0.26 \times q_l^{1/3} \times A_r + \Sigma \phi \times A_f$ ) 結果為 48.088

3. 計算燃燒型支配因子 ( $\chi = (\max[\frac{\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}}{A_{fuel}}, \frac{A_r \sqrt{H_r}}{70 A_{fuel}}])$ ) 及  $q_b$

$\chi \leq 0.081$

$q_b = 1.6 \times \chi \times A_{fuel}$

$0.081 < \chi \leq 0.1$

$q_b = 0.13 \times A_{fuel}$

$0.1 < \chi$

$q_b = (2.5 \times \chi \times \exp(-11\chi) + 0.048) \times A_{fuel}$

經計算燃燒型支配因子  $\chi = 0.0332$ ，所以火災室平均發熱量計算式採  $q_b = 1.6 \times \chi \times A_{fuel}$ ，帶入  $\chi$ 、 $A_{fuel}$  得出  $q_b = \underline{2.554 \#}$

□ 計算火災繼續時間 ( $t_f = Q_r / q_b$ )

其中  $Q_r$ ：火災室之可燃物總發熱量

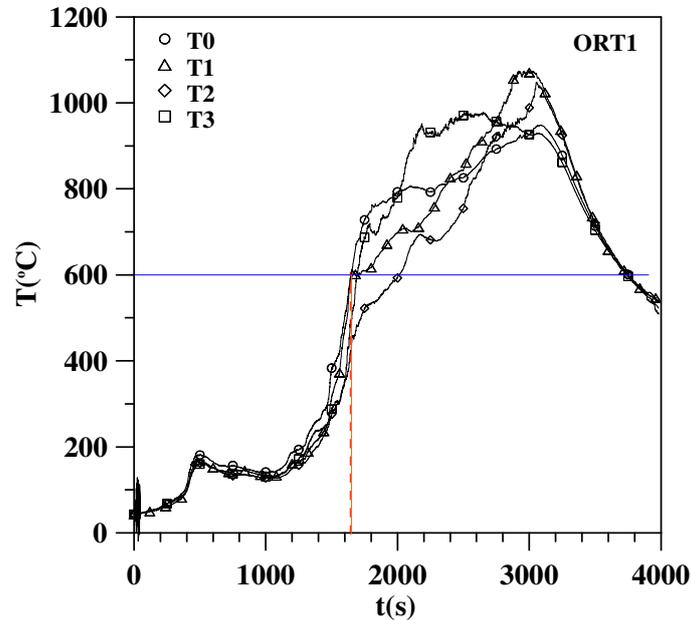
$q_b$ ：火災室之可燃物每秒之平均發熱量

所以  $t_f = Q_r / q_b = \underline{2752 \text{ 秒} \#}$

由圖 4-29 得知實驗燃燒過程時間約是 4000 秒，此時室內溫度約  $550^\circ\text{C}$ ，閃燃約於 1600 秒時發生，此時室內溫度約  $600^\circ\text{C}$ ，所以閃燃開始燃燒過程近入旺盛期至實驗結束時間約 2400 秒，與檢證法計算值 2752 秒比較偏差值為 12.79%。

圖 4-29 雙開口部辦公室火災之房間 4

個角落熱電偶溫度變化情形



(二) 第 II 部分—「第二次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗雙(單口部實驗)」

$$Q_r = q_l A_r + \Sigma(q_f A_f d_f) + \Sigma f_a \{q_{la} A_{ra} + \Sigma(q_{la} A_{fa} d_{fa})\}$$

式中  $Q_r$  為該室內的可燃物發熱量(MJ)

#### 1. 吸納可燃物發熱量 ( $q_l A_r$ )

$q_l$  : 該室內的儲存可燃物地板面積每  $1 \text{ m}^2$  發熱量,

$A_r$  : 該室內的地板面積( $\text{m}^2$ )

取  $30 \text{ m}^2$ 。

$q_l A_r$  值由表 4-4 計算得  $7413.28 \text{ MJ/m}^2$

#### 2. 內裝用材料發熱量 ( $\Sigma(q_f A_f d_f)$ )

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

3. 鄰接室之熱入侵量 ( $\Sigma f_a \{q_{fa} A_{ra} + \Sigma(q_{fa} A_{fa} d_{fa})\}$ )

本計畫房間火災模擬實驗設定不計鄰接室之熱入侵量。

所以  $Q_r = q_l A_r + \Sigma(q_f A_f d_f) + \Sigma f_a \{q_{la} A_{ra} + \Sigma(q_{la} A_{fa} d_{fa})\} = \underline{7314.28} MJ/m^2 \#$

□ 火災室之可燃物每秒之平均發熱量( $q_b$ )

1. 計算該室有效開口因子  $f_{op} = (\max[\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}, A_r \sqrt{H_r} / 70])$

$A_{op}$  : 各開口部的面積( $m^2$ )

因為有南一處開口部，開口面積為  $1.6 m^2$ 。

$H_{op}$  : 從各開口部上端至下端的垂直距離(m)

$H_{op}$  值取  $2.0 m$ 。

$A_r$  : 該室的地板面積( $m^2$ )

取  $30 m^2$ 。

$H_r$  : 從該室地板至天花板的平均高度(m)

取  $2.4 m$ 。

因為  $\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}} = 2.26$

$A_r \sqrt{H_r} / 70 = 0.66$

所以  $f_{op} = (\max[\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}, A_r \sqrt{H_r} / 70])$  算式中取  $2.26$

2. 計算可燃物表面積 ( $A_{fuel} = 0.26 \times q_l^{1/3} \times A_r + \Sigma \varphi \times A_f$ )

在這計算式中， $q_l$ 、 $A_r$ 、 $A_f$  及  $\varphi$  各自代表下列數值。

$q_l$  : 該室內的儲存可燃物地板面積每  $1 m^2$  發熱量( $MJ/m^2$ )

取  $7314.28/30 = 243.80 MJ/m^2$ 。

$A_r$  : 該室的地板面積( $m^2$ )

取  $30 m^2$ 。

$A_f$  : 該室牆壁、地板及天花板室面對部份加工使用的建築材料

各部分表面積( $MJ/m^2$ )。

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

$\varphi$ ：依照建築材料種類不同，制定下列氧消耗係數的數值。

本計畫房間火災模擬實驗無室內裝修部分。

所以計算( $A_{fuel} = 0.26 \times q_l^{1/3} \times A_r + \Sigma \varphi \times A_f$ ) 結果為 48.727

3. 計算燃燒型支配因子 ( $\chi = (\max[\frac{\Sigma A_{op} \sqrt{H_{op}}}{A_{fuel}}, \frac{A_r \sqrt{H_r}}{70 A_{fuel}}])$ ) 及  $q_b$

$\chi \leq 0.081$	$q_b = 1.6 \times \chi \times A_{fuel}$
$0.081 < \chi \leq 0.1$	$q_b = 0.13 \times A_{fuel}$
$0.1 < \chi$	$q_b = (2.5 \times \chi \times \exp(-11\chi) + 0.048) \times A_{fuel}$

經計算燃燒型支配因子  $\chi = 0.0463$ ，所以火災室平均發熱量計算式採  $q_b = 1.6 \times \chi \times A_{fuel}$ ，帶入  $\chi$ 、 $A_{fuel}$  得出  $q_b = \underline{3.609 \#}$

□ 計算火災繼續時間 ( $t_f = Q_r / q_b$ )

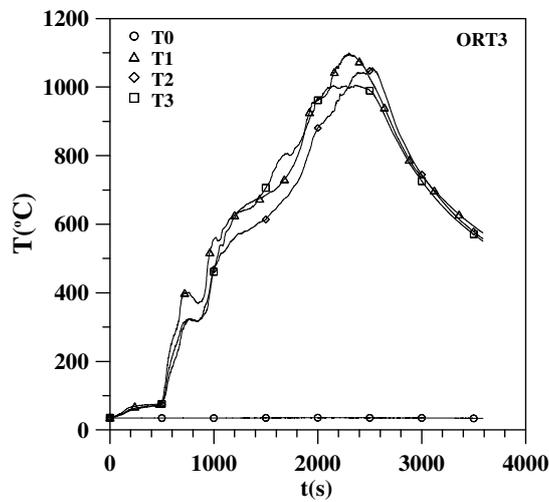
其中  $Q_r$ ：火災室之可燃物總發熱量

$q_b$ ：火災室之可燃物每秒之平均發熱量

所以  $t_f = Q_r / q_b = \underline{2026}$  秒 #

由圖 4-30 得知實驗燃燒過程時間約是 3300 秒，此時室內溫度約  $600^\circ\text{C}$ ，閃燃約於 1050 秒時發生，此時室內溫度約  $600^\circ\text{C}$ ，所以閃燃開始燃燒過程近入旺盛期至實驗結束時間約 2250 秒，與檢證法計算值 2026 秒比較偏差值為 -11.05%。

圖 4-30 單開口部挑高空間火災之房間 4 個  
角落溫度變化



綜合上述二次實驗以檢證法討論火災持續時間，理論計算值與實際實驗值間存有約有 $\pm 12\%$ 之偏差，此偏差產生主要原因可能為可燃物表面積  $A_{fuel} = 0.26 \times q_l^{1/3} \times Ar + \sum \phi \times A_f$  式中有關可動式火載量「 $0.26 \times q_l^{1/3} \times Ar$ 」係為一估計平均質，無法針對每一個案特性計算，故會產生偏差之情況。所以若是以辦公室之案例而言檢證法對於時間之估算約會有 $\pm 12\%$ 之偏差。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

一、「建築物結構耐火檢證法」有關延燒時間評估部分，以 600°C 產生閃然開始計算至室內溫度由旺盛期 1000°C 降至約 600°C 為止，比較實際進行實驗以辦公室案例為約會有±12%之偏差。

二、「建築物結構耐火檢證法」經實驗驗證可提供國內進行防火性能設計參考，評估特定空間進行火災延燒時間。檢證法中固定火載量建築室內裝修之部分與可動火載量傢俱之部分可參考本所已建立本土化建材與常用傢俱防火資料庫。

三、本研究已將國內辦公室常用之傢俱包含：高木櫃、低木櫃、桌板、辦公椅等。進行實際燃燒熱釋放量實驗可充實國內本土化火載量資料庫。

四、本研究進行一次實尺寸單一辦公室房間模擬實驗熱釋放量測值與估計值比較有 30.43% 偏差，主要因素應為熱量由非排氣開口部竄出而沒有進入氣體分析儀所導致。第二次實驗已將實驗屋整修，降低實驗所燃燒之逸散煙氣，偏差降低為 16.16%，但還是有煙氣逸散之狀況，無法將熱量完全收集分析，所以全尺度實驗結果本身即應乘以一係數推估實際所產生之燃燒熱量，以本實驗室曾經以木構架燃燒實驗比較可將係數定為 1.25。

## 第二節 建議

### 建議一

本所研提「建築物結構耐火檢證法」有關延燒時間部分可提供進行防火性能式設計評估審查參考：立即可行建議

主辦機關：本部營建署

協辦機關：本部建築研究所

「建築物結構耐火檢證法」經實驗驗證可提供國內進行防火性能設計評估審查參考，或者是特別針對使用中之特定空間進行火災延燒時間之評估。檢證法中固定火載量建築室內裝修之部分與可動火載量傢俱之部分可參考本所已建立本土化建材與常用傢俱防火資料庫。

### 建議二

「建築物結構耐火檢證法」有關延燒時間評估部分定義：立即可行建議

主辦機關：本部建築研究所

協辦機關：本部建築研究所

原「建築物結構耐火檢證法」中有關延燒時間評估部分並未加以定義燃燒時間評估是於何種燃燒條件下，所以經本研究實際進行火災實驗模擬結果建議延燒時間評估部分定義在室內溫度由閃燃約 600°C 開始至旺盛期室溫降至約 550°C 為止。

### 建議三

持續建立火載量資料庫：中長期建議

主辦機關：本部建築研究所

協辦機關：經濟部標準檢驗局、本部營建署、消防署

室內裝修材料與傢俱物品隨時代演進持續都會有新材料與新產品出現，所以為了解本土化材料之燃燒性質，應對火載量資料庫持續進行建立的工作。



## 參考書目

### 中文部份：

1. 中井多喜雄、陳博文 (1996)，防災消防設備的技術，千華出版公司
2. 熊光華 (1984.06)，建築物火載量與建築物防火安全設計之研究，中央警官學校碩論，台北市
3. 陳建忠 (1999.06)，建築物室內裝修防火技術手冊之編定與應用，內政部建築研究所，台北市
4. 林慶元 (1994.06)，建築物室內傢俱燃燒特性之研究，內政部建築研究所，台北市
5. 陳長庚 (1985.07)，建築防火設計模式提議，成功大學碩論，台南市
6. 中華民國建築學會 (1999)，縣市文化中心擴展計劃演藝廳功能評估，行政院文化建設會，台北市
7. 何明錦 (2001.12)，建築火災排煙設備性能基準及試驗方法之研究，內政部建築研究所，台北市
8. 邱耀正 (2001.12)，建築物結構耐火技術性能式設計法之研究，內政部建築研究所，台北市
9. 陳建忠 (2001.12)，建築物室內裝修防火手冊設計施工圖說參考手冊編訂，內政部建築研究所，台北市
10. 尾上孝一、催征國 (1993)，圖解建築裝修材料及其施工方法(下)，詹氏書局，台北市
11. 賴榮平 (1996)，縣市文化中心擴展計劃—演藝廳功能評估，行政院文化建設會，台北市
- 11.1 陳建忠 (2002)，建築物各類場所火載量調查與評估技術之研究 (一) 公共集會類建築物，內政部建築研究所，台北市

### 外文部份：

12. 日本建設省 (1989.04), 建築物綜合防火設計, 日本建設省
13. 掘内三郎 (1972.10), 建築防火, 日本朝倉書店
14. 日本火災學會, 建築防火教材, 日本火災學會
15. 日本火災學會 (2002), 火災と建築, 日本共立出版株式會社, 東京都
16. 田中孝義 (2001), 建築火災安全工學入門, 日本建築センター, 東京都
17. H W Yii (2000), Effect of Surface Area and Thickness on Fire Loads, Fire Engineering Research Report 2000/13, Christchurch
18. A H Buchanan (2001), Fire Engineering Design Guide, Center for Advanced Engineering, Christchurch
19. E. G. Butcher. and A. C. Parnell (1984), Designing for Fire Safety, 亞東書局, 台北市
20. Tony C. Caro and James A. Milke (1996), A Survey of Fuel Loads in Contemporary Office Buildings, National Institute of Standards and Technology
21. Australia Building Code Board, proposal and regulatory assessment, Fire hazard properties of building materials and assemblies, proposal to amend the building code of Australia, 2002
22. Lazaros Tsantaridis and Birgit Östman, Mass Loss, Heat and Smoke Release for The SBI RR Products, INTERFLAM 1999
23. Brigitte Messerschmidt, Patrick Van Hees and Ulf Wickström, Prediction of SBI (Single Burning Item) Test Results by Means of Cone Calorimeter Test Results, INTERFLAM 1999