

火載量評估技術之研究—以辦公空間為例

蘇鴻奇¹ 張尚文² 王鵬智³

¹內政部建築研究所副研究員

²明道大學綠環境設計學系助理教授（通訊作者）

³內政部建築研究所研究員

摘要

火載量是評估建築物火災危害程度與火災持續時間的重要參數之一，分為固定火載量與可動火載量。固定火載量主要為可燃性裝修材料施作之天花板、牆板、門扇、固定櫥櫃等，建築法規已經有管制規定。可動火載量主要為可燃性家具、書籍、衣物、紙張等，評估技術有待研究。

本文整理了移動火載量的評估方法，以及常用材料的火載量資料。調查了 16 個辦公空間單元，估算總火載量。結果發現目前性能設計採用的辦公室發熱量 560MJ/M² 為平均值，並非所謂的保守值。可動火載量可能高於固定火載量，值得重視。

關鍵詞：可動火載量、熱釋放率、火災危害程度

Abstract

Fire load, which is including both fixed and moveable fire load, is one of the important parameters used to assess the duration and intensity of a building fire. Materials that are used as decorations on ceilings and walls are the largest part of the fixed fire load and are regularly included in building code. Furniture, books, cloth and paper compose the largest part of the moveable fire load; methods to assess the impact of these items are still being developed.

This article offers an assessment method of moveable fire load, and collected the characters of material in common use. Sixteen units of office space were investigated. It was observed that the office fire load 560 MJ/M² is a general value rather than the so-called conservative value. The moveable fire load might be higher than fixed fire load, and it need to be considered.

Key words: moveable fire load, heat release rate, fire intensity

一、研究背景與目的

火載量是左右火災溫度以及火災持續時間的重要因素，在對實際火災行為進行預測時必須掌握其數值。在建築防火性能式設計時，火載量為火災成長延燒防止、建築物結構耐火性能檢證、建築物火災避難安全性能檢證之基本參數之一。73 年警大碩論曾就火載量相關原理加以探討並對國內飯店類型建築物火載量進行調查研究，74 年成大碩論曾就部份建築居室類型進行火載量調查與研究，90 年建築學會建築研究成果發表會論文集有收納住宅型建築與辦公型建築之火載量調查研究。火載量的使用種類與放置型態多具有複雜與多樣性，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。目前固定火載量於建築法規已經有管制規定，而可動火載量評估技術有待研究。可動火載量，於本（內政部建築研究）所編撰之「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」與「建築物構造防火性能驗證技術手冊」中收錄各種空間型態之火載量資料表。由於該資料係參考國外資料編輯，有待本土研究。本研究擬先以文獻回顧法彙整火災量的評估方法，進而調查了國內 16 個辦公空間單元，估算總火載量，瞭解前述手冊的建議值在我國的適用情形。

二、火載量的估算方法

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或 kg / 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。

火載量調查原理簡單但是實際進行卻又不是那麼容易，因火載量分為固定火載量與可動火載量，固定火載量具有固定不易移動性，調查時不易由秤重的方式取得重量；但卻可依據設計與構造方式瞭解其材質類別、尺寸、數量，與參考相同建材燃燒資料，而計算出火載量，例如牆面裝修、天花板等。可動火載量卻易移動可容易秤其重量，但是其使用材料相對繁雜，且多屬複合材料構成卻不易計算出火載量，例如沙發、椅子的座墊等。

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) 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，此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) 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。利用此法會較耗時且會干擾欲調查空間的正常運作或作息。所以有些調查會選在例如某機關單位搬家或重新裝修時，利用所有物品已打包完成而方便直接秤重，如此雖然不耗時，但是在品項分類時卻有困難，因為所有的箱子並非裝有類似的材料組成。

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

美國國家標準局(National Bureau of Standards, NBS)於1975年進行調查時，在工作室桌上型電腦被廣泛使用之前，當時很多辦公室空間由隔間完整的空間所組成。在以前的火載量調查中，直接秤重則是利用特製的儀器來進行。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，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。體育館、劇場等內部高分子類可燃物比較少，對這一類建築物根據可燃物的重量計算出來的可燃物量與實際詳細調查者差異很小。

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。

(三) 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。

$$q_0 = \sum (a_i \cdot G_i \cdot H_i) / H_0 \cdot A \quad (6)$$

式中

q_0 = 火負荷

G_i = 可燃物重量

H_i = 可燃物的單位發熱量

H_0 = 木材的單位發熱量

A = 火災區劃的樓地板面積

a_i = 火災區劃內可燃物的形狀存放狀態存放容器種類等火載量折減係數

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 折減係數建議質應取如下值：

1. 對於由裝鋼門的密閉式家具所收納的可燃物為 0.4。
2. 對於由裝鑲玻璃門的密閉式家具所收納的可燃物為 0.5。
3. 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。
4. 淨火載量與熱釋放率關係---國內建材研究成果與家具燃燒實驗數據

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（如表 1 所示），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 1 本所建材實驗數據資料

項次	厚(mm)	材料名稱	每單位面積 釋熱量 HHR(MJ/m ²)	每單位面積 釋熱量 (kcal/m ²)	每單位面積 為木材公斤釋熱 量(kg/m ²)
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	94.1	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	2.8	668.74	0.15
20	5.0	EVA 樹脂發泡材	7.12	1700.50	0.38
21	1.0	熱固性樹脂裝飾板	25.94	6195.37	1.38
22	3.3	硬質聚氯乙炔樹脂板	23.61	5638.88	1.25
23	17.0	EVA 發泡材	15.2	3630.28	0.81
24	2.9	化粧纖維水泥板	2.36	563.65	0.13
25	15.0	化粧礦纖板	8.34	1991.88	0.44
26	15.2	合板	81.62	19493.67	4.33
27	0.8	熱固性樹脂裝飾板	23.62	5641.27	1.25
28	35.0	聚亞氮脂泡沫材	14.3	3415.33	0.76
29	2.8	合成橡膠地磚	59.9	14306.19	3.18
30	0.7	熱固性樹脂裝飾板	17.41	4158.11	0.92
31	2.0	合成橡膠地磚	37.67	8996.90	2.00
32	4.0	鋁複合板	51.9	12395.51	2.75
33	9.8	木絲水泥板	18.75	4478.15	1.00

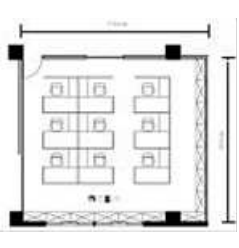
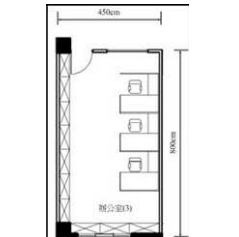
34	14.2	PU	14.21	3393.84	0.75
35	5.7	木紋面矽酸鈣板	4.19	1000.72	0.22
36	19.3	蜂巢紙+金屬板	2.64	630.52	0.14
37	3.3	鋁箔複合板	55.82	13331.74	2.96
38	13.1	玻璃纖維板	3.27	780.99	0.17
39	1.5	沖孔鋁板	16.56	3955.10	0.88
40	9.9	木絲水泥板	22.87	5462.15	1.21
41	8.0	長毛地毯	29.43	7028.90	1.56
42	1.5	塑膠地磚	10.18	2431.34	0.54
43	5.0	短毛地毯	84.78	20248.39	4.50
44	1.0	美耐板	19.48	4652.50	1.03

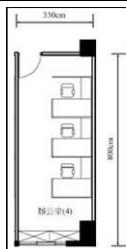
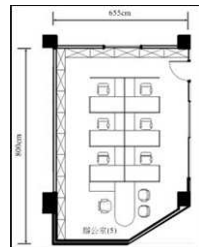
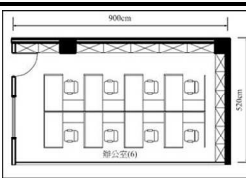
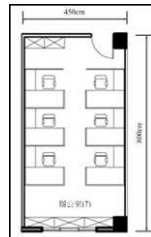
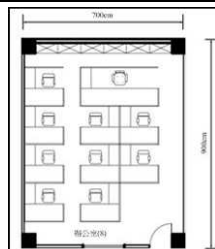
三、辦公空間火載量案例調查與分析

(一) 辦公空間火載量案例基本資料

本研究案為更確定國內辦公室火載量實況，收集並重新繪製實際辦公室案例後加以計算分析，針對裝修材料變化對火載量之影響與火載量組成成分探討。共收集 16 個辦公空間案例，其中包含 10 個辦公室空間單元、2 個會議室空間單元、3 個董事與經理級辦公室空間單元、1 個會客室空間單元。其基本資料，分別如表 2 到表 5 所示。

表 2 辦公室空間單元調查案例資料

案例分析-辦公單元 1								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	9.60	8.00	3.40	76.80	9.52	1.80	108.36	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	11.80	5.00	9.00	9.00	9.00	1454.06	2908.11	
案例分析-辦公單元 2								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	5.44	8.00	3.40	43.52	5.28	1.80	84.31	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	3.26	2.17	6.00	6.00	6.00	441.81	883.62	
案例分析-辦公單元 3								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	4.50	8.00	3.40	36.00	5.83	1.80	77.37	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	7.20	3.70	3.00	3.00	3.00	920.22	1840.45	

案例分析-辦公單元 4								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	3.30	8.00	3.40	26.40	2.92	1.80	72.12	
火載量資料	高櫃(m)	矮櫃(m)	桌子(組)	椅子(座)	隔屏(座)	紙張書,資料,物品(約40%量)	紙張書,資料,物品(約80%量)	
	0.00	2.60	3.00	3.00	3.00	132.19	264.37	
案例分析-辦公單元 5								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	6.21	8.00	3.40	49.68	4.80	1.80	90.03	
火載量資料	高櫃(m)	矮櫃(m)	桌子(組)	椅子(座)	隔屏(座)	紙張書,資料,物品(約40%量)	紙張書,資料,物品(約80%量)	
	8.00	6.00	7.00	9.00	7.00	1118.50	2237.01	
案例分析-辦公單元 6								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	9.00	5.20	3.40	46.80	2.38	1.80	92.38	
火載量資料	高櫃(m)	矮櫃(m)	桌子(組)	椅子(座)	隔屏(座)	紙張書,資料,物品(約40%量)	紙張書,資料,物品(約80%量)	
	12.10	0.00	8.00	8.00	8.00	1230.36	2460.71	
案例分析-辦公單元 7								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	4.50	8.00	3.40	36.00	3.36	1.80	79.84	
火載量資料	高櫃(m)	矮櫃(m)	桌子(組)	椅子(座)	隔屏(座)	紙張書,資料,物品(約40%量)	紙張書,資料,物品(約80%量)	
	1.75	3.80	6.00	6.00	6.00	371.14	742.28	
案例分析-辦公單元 8								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m ²	窗戶 m ²	門面積 m ²	牆面面積 m ²	
	7.00	9.00	3.40	63.00	2.45	1.80	104.55	
火載量資料	高櫃(m)	矮櫃(m)	桌子(組)	椅子(座)	隔屏(座)	紙張書,資料,物品(約40%量)	紙張書,資料,物品(約80%量)	
	5.85	0.00	10.75	10.00	10.75	594.84	1189.68	

案例分析-辦公單元 9								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	7.50	8.50	3.40	63.75	9.80	1.80	97.20	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	7.00	12.00	12.00	12.00	355.89	711.78	
案例分析-辦公單元 10								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	6.50	4.30	3.40	27.95	0.00	1.80	71.64	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	3.60	0.00	4.00	4.00	4.00	366.06	732.11	

表 3 辦公室空間單元調查案例資料

案例分析-會議室單元 1								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	0.00	16.00	22.35	58.00	0.00	813.46	1626.92	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	16.00	22.35	58.00	0.00	813.46	1626.92	
案例分析-會議室單元 2								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	8.50	6.50	3.40	55.25	2.31	1.80	97.89	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子(組)	椅子 (座)	隔屏 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	7.85	6.51	14.00	0.00	399.10	798.21	

表 4 董事與經理級辦公室空間單元調查案例資料


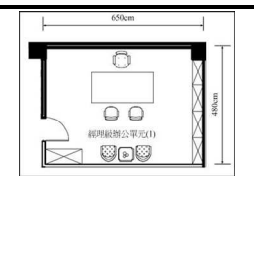
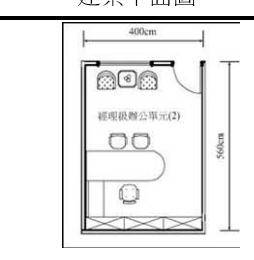
案例分析-董事級辦公單元 1								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	6.00	4.80	3.40	28.80	0.00	3.20	70.24	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子 (m ²)	椅子 (座)	沙發 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	4.50	1.20	1.00	2.00	228.79	457.57	
案例分析-經理級辦公單元 1								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	6.50	4.80	3.40	31.20	0.00	1.80	75.04	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子 (m ²)	椅子 (座)	沙發 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	5.70	1.20	3.00	2.00	289.79	579.59	
案例分析-經理級辦公單元 2								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	4.00	5.60	3.40	22.40	2.38	1.80	61.10	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子 (m ²)	椅子 (座)	沙發 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	0.00	3.80	1.20	3.00	2.00	193.20	386.39	

表 5 會客室空間單元調查案例資料

案例分析-會客室單元 1								建築平面圖
建築物基本資料	長(m)	寬(m)	高(m)	地坪面積 m2	窗戶 m2	門面積 m2	牆面面積 m2	
	6.00	3.00	3.40	18.00	7.77	1.80	51.63	
火載量資料	高櫃 (m)	矮櫃 (m)	桌子 (組)	椅子 (座)	沙發 (座)	紙張,書,資料,物品 (約 40%量)	紙張,書,資料,物品 (約 80%量)	
	1.90	0.00	1.00	1.00	4.00	193.20	386.39	

(二) 辦公空間火載量案例調查資料統計

依據調查案例,可以歸納出四種不同裝修使用模式,此四種模式為:1.使用非耐燃材料裝修及櫃子低使用量(紙張書本雜物裝填櫃內約40%),2.使用一般耐燃材料裝修(防焰與耐燃二、三級)及櫃子低使用量(紙張書本雜物裝填櫃內約40%),3.使用較佳耐燃材料裝修(防焰與耐燃一、二級)及櫃子低使用量(紙張書本雜物裝填櫃內約40%),4.使用一般耐燃材料裝修(防焰與耐燃二、三級)及櫃子高使用量(紙張書本雜物裝填櫃內約80%)。

參照表 1 的實驗數據,進行 16 個案例,4 種裝修模式。舉例其中「辦公室空間單元 1」之火載量資料統計如表 6 至表 8 所示,交叉分析結果如附錄 1 及附錄 2。

表 6 辦公室空間單元 1 火載量資料統計—使用耐燃材料（二級與三級）

案例分析-辦公單元1											
項次	火載量型態	部位	單位	數量	重量kg/ 單位	總重量kg	單位重熱釋 放量MJ/kg	單位面積熱 釋放量MJ/kg	總熱釋放 量MJ	合計總熱 釋放量MJ	熱釋放量 比率
1	固定火載量	天花板(耐燃二級礦纖板)	m ²	76.80	-	-	-	6.08	466.94	9475.67	21.5%
2	固定火載量	牆面(耐燃三級木絲水泥板9.8mm)	m ²	108.36	-	-	-	18.75	2031.75		
3	固定火載量	地坪(防焰地毯)	m ²	76.80	-	-	-	29.43	2260.22		
4	固定火載量	高櫃(高152cm)	m	11.80	29.50	348.10	13.55	-	4716.76	7160.65	16.3%
5	可動火載量	低櫃(高75cm)	m	5.00	16.90	84.50	13.55	-	1144.98		
6	可動火載量	桌子	組	9.00	24.48	220.32	13.55	-	2985.34		
7	可動火載量	椅子	座	9.00	17.20	154.80	9.75	-	1509.30		
8	可動火載量	隔屏	座	9.00	101.81	916.29	1.66	-	1521.04		
9	可動火載量	紙張、書、資料、物品(約40%量)	kg	1454.06	1.00	1454.06	18.80	-	27336.25		
合計(MJ)									43972.58	100.0%	
每m ² 平均火載量(MJ/m ²)										572.56	

表 7 辦公室空間單元 1 火載量資料統計—使用耐燃材料（一級與二級）

案例分析-辦公單元1											
項次	火載量型態	部位	單位	數量	重量kg/ 單位	總重量kg	單位重熱釋 放量MJ/kg	單位面積熱 釋放量MJ/kg	總熱釋放 量MJ	合計總熱 釋放量MJ	熱釋放量 比率
1	固定火載量	天花板(耐燃二級石膏板9mm)	m ²	76.80	-	-	-	6.06	465.41	6348.67	15.5%
2	固定火載量	牆面(耐燃一級矽酸鈣板9mm)	m ²	108.36	-	-	-	3.55	384.68		
3	固定火載量	地坪(塑膠地毯)	m ²	76.80	-	-	-	10.18	781.82		
4	固定火載量	高櫃(高152cm)	m	11.80	29.50	348.10	13.55	-	4716.76	7160.65	17.5%
5	可動火載量	低櫃(高75cm)	m	5.00	16.90	84.50	13.55	-	1144.98		
6	可動火載量	桌子	組	9.00	24.48	220.32	13.55	-	2985.34		
7	可動火載量	椅子	座	9.00	17.20	154.80	9.75	-	1509.30		
8	可動火載量	隔屏	座	9.00	101.81	916.29	1.66	-	1521.04		
9	可動火載量	紙張、書、資料、物品(約40%量)	kg	1454.06	1.00	1454.06	18.80	-	27336.25		
合計(MJ)									40845.57	100.0%	
每m ² 平均火載量(MJ/m ²)										531.84	

表 8 辦公室空間單元 1 火載量資料統計—使用耐燃材料（二級與三及）與增加紙張雜物

案例分析-辦公單元1											
項次	火載量型態	部位	單位	數量	重量kg/ 單位	總重量kg	單位重熱釋 放量MJ/kg	單位面積熱 釋放量MJ/kg	總熱釋放 量MJ	合計總熱 釋放量MJ	熱釋放量 比率
1	固定火載量	天花板(耐燃二級礦纖板)	m ²	76.80	-	-	-	6.08	466.94	9475.67	13.3%
2	固定火載量	牆面(耐燃三級木絲水泥板9.8mm)	m ²	108.36	-	-	-	18.75	2031.75		
3	固定火載量	地坪(防焰地毯)	m ²	76.80	-	-	-	29.43	2260.22		
4	固定火載量	高櫃(高152cm)	m	11.80	29.50	348.10	13.55	-	4716.76	7160.65	10.0%
5	可動火載量	低櫃(高75cm)	m	5.00	16.90	84.50	13.55	-	1144.98		
6	可動火載量	桌子	組	9.00	24.48	220.32	13.55	-	2985.34		
7	可動火載量	椅子	座	9.00	17.20	154.80	9.75	-	1509.30		
8	可動火載量	隔屏	座	9.00	101.81	916.29	1.66	-	1521.04		
9	可動火載量	紙張、書、資料、物品(約80%量)	kg	2908.11	1.00	2908.11	18.80	-	54672.51		
合計(MJ)									71308.83	100.0%	
每m ² 平均火載量(MJ/m ²)										928.50	

(三) 火載量案例調查資料統計分析討論

依據進行資料統計進行二個方向的討論，一為針對裝修材料變化對火載量影響，二為裝修材料變化對火載量組成的成分影響。

1. 裝修材料變化對火載量影響

本案調查共分四種辦公空間型態，各類型案例火載量之熱釋放量資料統計如表 9，結果顯示使用非耐燃裝修材料時每 m² 之火載量約為 772MJ。經與「建築物防火避難安全性能驗

證技術手冊」一堆積可燃物每 1 平方公尺的發熱量 (q_1) 之辦公空間火載量 560MJ/m² 比較，若辦公空間室內裝修採用非耐燃材料則火載量尚比驗證技術手冊之值還高，若再增加使紙張書本雜物使用量至 80% 則每 m² 之火載量增至約 1000MJ。

表 9 各類型案例火載量之熱釋放量資料統計

各類型案例火載量之熱釋放量統計						
裝修種類	火載量項目	辦公室單元 平均	會議室單元 平均	會客室 單元	董事與經理級辦公 室單元平均	平均
非耐燃材料	固定火載量	20643	28565	9727	12434	
	可動火載量	5309	9732	1099	1840	
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	13132	11398	3632	4460	
	合計熱釋放量MJ	39084	49695	14458	18735	
	每m ² 平均火載量(MJ/m ²)	839	601	803	685	772
耐燃材料(二級與三級)	固定火載量	5455	5235	2367	2265	
	可動火載量	5309	4046	1099	1472	
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	13132	11398	3632	4460	
	合計熱釋放量MJ	23897	20679	7098	8197	
	每m ² 平均火載量(MJ/m ²)	505	250	394	299	422
耐燃材料(一級與二級)	固定火載量	3216	1775	1235	690	
	可動火載量	5309	9732	1099	1840	
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	13132	11398	3632	4460	
	合計熱釋放量MJ	21657	22905	5967	6991	
	每m ² 平均火載量(MJ/m ²)	455	269	331	255	384
耐燃材料(二級與三級)與 增加紙張雜 物量	固定火載量	5455	5235	2367	2265	
	可動火載量	5309	9732	1699	2040	
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	26264	22796	7264	8921	
	合計熱釋放量MJ	37029	37764	11330	13226	
	每m ² 平均火載量(MJ/m ²)	781	450	629	481	668

本案調查四種辦公空間型態，各類空間型態火載量之高低如表 9，由高至低為辦公單元最高，次為會客室單元與董事與經理級辦公室單元，最低為會議室單元，差異主要為可動火載量之因素。

2. 為裝修材料變化對火載量組成成分影響

各類型案例火載量之固定火載量與可動火載量比例資料統計如表 10，結果顯示使用非耐燃裝修材料與櫃子低使用量時固定火載量佔約 56%，在使用耐燃裝修材料時之三種模式則可將固定火載量之比率降低至 25%~12%之範圍。

在各類型案例單元中可動火載量紙張書本項目佔有很高之比例，依使用行為不同其平均值約為 30%~66%。

表 10 各類型案例火載量之固定火載量與可動火載量比率資料統計

各案例火載量熱釋放量比率統計						
裝修種類	火載量項目	辦公單元平均	會議室單元平均	會客室單元	董事與經理級辦公單元平均	平均
非耐燃材料	固定火載量	51.66%	58.93%	67.27%	66.47%	56.21%
	可動火載量	13.90%	18.16%	7.60%	9.86%	13.59%
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	34.44%	22.91%	25.12%	23.67%	30.21%
	合計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
耐燃材料(二級與三級)	固定火載量	23.94%	25.94%	33.34%	27.78%	25.43%
	可動火載量	24.96%	19.00%	15.49%	18.00%	22.28%
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	51.10%	55.06%	51.17%	54.22%	52.28%
	合計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
耐燃材料(一級與二級)	固定火載量	14.40%	8.22%	20.70%	9.93%	12.97%
	可動火載量	28.57%	40.09%	18.43%	26.45%	29.58%
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	57.03%	51.69%	60.87%	63.62%	57.45%
	合計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
耐燃材料(二級與三級)與增加紙張雜物量	固定火載量	16.02%	14.52%	20.89%	17.26%	16.25%
	可動火載量	17.15%	24.07%	15.00%	15.43%	17.90%
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	66.83%	61.42%	64.11%	67.31%	65.86%
	合計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

四 結論

- 一、本所「建築物構造防火性能驗證技術手冊」與「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」中所引用日本之「堆積可燃物每 1 平方公尺的發熱量 (q1)」其中辦公室空間經分析得知其發熱量 560MJ/m² 僅應屬於一般使用狀況，若考量較為嚴苛之使用狀況時應增加火載量的估算值。
- 二、未來提供性能式設計引用使用之火載量數據之表格，其內容除空間名稱與火載量數據之外，建議可加註不同之使用條件（裝修條件與使用強度）說明或增列圖面解說，以利增加火災或消防性能設計或審查之準確性。
- 三、本計劃案例中四種類型辦公空間中固定火載量使用非耐燃性裝修材料更改為使用耐燃性裝修材料時，每一平方公尺火載量可大幅減少約 350 MJ ~390 MJ。
- 四、本計劃案案調查四種辦公空間型態，各類空間型態火載量之高低經統計，由高至低為辦公單元最高，次為會客室單元與董事與經理級辦公室單元，最低為會議室單元，差異主要為可動火載量之因素。

五、致謝

本研究得以完成感謝內政部建築研究所自行研究案經費支應，及內政部台南防火實驗中心支援辦理。

六、參考文獻

1. 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

2. 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
3. 陳長庚 (1985.07)，建築防火設計模式提議，成功大學碩論，台南市
4. 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
5. 日本建設省 (1989.04)，建築物綜合防火設計，日本建設省
6. 堀內三郎 (1972.10)，建築防火，日本朝倉書店
7. 日本火災學會，建築防火教材，日本火災學會
8. 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
9. 田中孝義 (2001)，建築火災安全工學入門，日本建築セクター，東京都
10. 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
11. 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

附錄 1 各案例火載量資料統計

		各案例火載量之總釋放量估計																
裝修種類	火載量項目	辦公單元1	辦公單元2	辦公單元3	辦公單元4	辦公單元5	辦公單元6	辦公單元7	辦公單元8	辦公單元9	辦公單元10	會議室單元 1	會議室單元 2	會客室單元	董事級辦公 單元	經理級辦公 單元1	經理級辦公 單元2	平均
非可燃材料	固定火載量	31481	18638	18929	12581	22629	24252	16033	25673	22301	14512	36369	20761	9727	12839	13798	10665	19412
	可動火載量	7161	4507	2853	2601	6388	5347	4881	7060	9624	2674	14884	4581	1099	1578	2189	1753	4949
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	27336	8306	17300	2485	21028	23131	6977	11183	6691	6882	15293	7503	3632	4301	5448	3632	10696
	合計總釋放量MJ	65978	31451	38482	17667	50045	52730	27891	43916	38616	24068	66546	32844	14458	18718	21455	16050	35056
	每㎡平均火載量(MJ/m ²)	89	73	1069	669	1007	1127	775	697	606	861	608	594	803	630	687	717	78
可燃材料(二級與三級)	固定火載量	9476	4429	5607	2290	6650	8231	3475	6536	4086	3775	6673	3797	2367	2340	2515	1941	4637
	可動火載量	7161	4507	2853	2601	6388	5347	4881	7060	9624	2674	5723	2369	1099	1420	1715	1280	4169
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	27336	8306	17300	2485	21028	23131	6977	11183	6691	6882	15293	7503	3632	4301	5448	3632	10696
	合計總釋放量MJ	43973	17243	25760	7375	34066	36709	15333	24778	20401	13330	27689	13670	7098	8061	9678	6853	19501
	每㎡平均火載量(MJ/m ²)	573	396	716	279	686	784	426	393	320	477	233	247	394	280	310	306	428
可燃材料(一級與二級)	固定火載量	6349	2309	3737	665	4324	5925	1568	3733	1380	2147	2305	1245	1235	717	773	581	2438
	可動火載量	7161	4507	2853	2601	6388	5347	4881	7060	9624	2674	14884	4581	1099	1578	2189	1753	4949
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	27336	8306	17300	2485	21028	23131	6977	11183	6691	6882	15293	7503	3632	4301	5448	3632	10696
	合計總釋放量MJ	40846	15123	23890	5770	31740	34403	13426	21975	17695	11703	32482	13328	5967	6597	8410	5966	18083
	每㎡平均火載量(MJ/m ²)	532	347	664	219	639	735	373	349	278	419	297	241	331	229	270	266	387
可燃材料(二級與三級與增加紙張雜物量)	固定火載量	9476	4429	5607	2290	6650	8231	3475	6536	4086	3775	6673	3797	2367	2340	2515	1941	4637
	可動火載量	7161	4507	2853	2601	6388	5347	4881	7060	9624	2674	14884	4581	1699	1878	2489	1753	5024
	可動火載量(紙張、書、資料、物品)	54673	16612	34600	4970	42036	46261	13955	22366	13381	13764	30586	15006	7264	8602	10896	7264	21391
	合計總釋放量MJ	71309	25549	43060	9861	55094	59839	22310	39661	27092	20012	52446	23384	11330	12820	15900	10959	31051
	每㎡平均火載量(MJ/m ²)	929	587	1196	374	1109	1279	620	571	425	723	476	423	629	445	510	489	674

