

# 應用田口實驗法於木質材料最佳阻燃塗佈量之研究

## 摘要

**關鍵詞：**田口試驗計畫法、熱輻射、直交表、著火性

本研究以田口試驗計畫法針對木質裝修材料在不同影響著火性試驗變數下，如板材、板厚、阻燃塗料塗佈量和阻燃塗料配比等，使用L9(3<sup>4</sup>)之直交表進行實驗配置，並仿照ASTM E1623 試驗規範進行熱輻射著火性試驗，以求得木質材料在難燃處理時之最佳策略。試驗結果分析，影響木質材料受25kW/m<sup>2</sup>熱輻射時其影響著火性因素之排序，最大者為阻燃塗料配比，其貢獻度為48.72%。再根據田口試驗結果之最佳因子水準組合，針對阻燃塗料塗佈量因子進行深入試驗研究，可得木質材料阻燃處理之最佳阻燃塗料塗佈量為391g/m<sup>2</sup>。以田口試驗法探討因素與水準數所建立之直交表，簡化多變數繁雜之試驗，較全因子實驗法試驗次數少且各試驗之再現性高，有助於木質材料難燃處理之研究與發展。

## Abstract

**Keywords:** Taguchi method, Thermal radiation, Orthogonal array, Ignitability

## 1. 前言

在火場空間中，熱的傳遞有熱傳導、熱對流和熱輻射三種方式。在台灣大多針對熱傳導和熱對流的熱傳遞方式進行火災延燒之探討，而忽略了火場中熱輻射對空間所帶來的影響。由文獻中得知，當熱輻射超過25kW/m<sup>2</sup>將引燃木構造，而當熱輻射約15kW/m<sup>2</sup>，將可引燃無經阻燃處理之木材[1][2]。故本研究以熱輻射方式探討木質材料著火性。

目前國內針對裝修材料耐燃性測試之試驗規範，以CNS 6532「建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法」針對22cm×22cm之試體來測試其耐燃等級，共分為三級，屬於定性之區分，其試驗判定準則包括排氣溫度、溫度-時間面積、發煙係數、龜裂與餘焰[3]。但有鑒於目前國際之趨勢乃是以較大尺寸之試體，進行模擬試驗，較能模擬火災發生時之實際狀況，且國外NFPRF(National Fire Protection Research Foundation)火災風險評估法將材料之易燃等級分為三級，即為「極易燃」、「一般易燃」與「不易燃」，如下表1所示[4]。在文獻[5]建議木材受熱輻射之引燃點為12 kW/m<sup>2</sup>，其自燃點為28 kW/m<sup>2</sup>，如表2所示，皆屬於定量之區分。故本研究依循此規律，仿照ASTM E1623之試驗規範，組裝一70cm×140cm的「輻射加熱器」來模擬火場中熱輻射加熱於尺寸60cm×60cm木質材料之情況，其目的乃是以較大之尺寸之木質裝修材料，來探討木質材料在不同著火因子下，受熱輻射引燃之著火性問題。

田口試驗計畫法為近年來為進年來被廣泛使用之試驗方法，以直交表(Orthogonal array)之試驗組合進行試驗，經由統計分析試驗結果，得到試驗研究欲得之情報，如各因子對主效果貢獻度、最佳之因子水準組合，可減少試驗研究成本與增加試驗效益，故本研究以田口試驗計畫法探討木質材料在不同因子下，受熱輻射引燃之著火性問題。

## 2. 理論與方法

(一) 田口試驗計畫法(Taguchi method)

本研究參考ASTM E1623[6]試驗規範之熱輻射加熱試驗，對 60cm×60cm之木質材料試體以直交表試驗組合，進行 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射試驗，試驗示意圖如圖 1 所示，樣本之中心點與輻射加熱器之中心點在相同之水平軸線，控制輻射加熱與樣本之幾何關係。依田口試驗法，分析影響較大尺寸木質材料其著火性最佳因子水準組合和各因子對木質材料受熱輻射引燃著火性影響程度。試驗參數因子水準表如下表 3 所示：

(1) 田口試驗法之設計流程[7]，如圖 2 所示：

1. 定義最佳化之問題，如本研究中以研究木材之著火性，探討其受熱輻射引燃之影響因素。
2. 定義目標之計量特性，本研究木材之著火性屬於望大特性。
3. 定義影響目標值之因子及其水準數，以本研究而言，探討之因子為木質材料種類、板材厚度、與阻燃處理之塗佈量。
4. 選擇適合之直交表，本研究因子數有 4 個，每個因子包括 3 個水準故選擇L9 (3<sup>4</sup>) 直交表，進行實驗配置。
5. 進行直交表所配置之實驗組合進行實驗共 9 組，每組實驗 3 次以確保實驗之準確性，故共進行 9×3=27 次實驗。
6. 進行各因子水準之信號雜音比演算與變異數分析 (Analysis of Variance) 以了解各因子之最佳水準與貢獻度最大之因子。
7. 以求得之最佳解進行確認實驗，保證結果之穩健性 (robustness)。

(2) 品質特性和品質損失函數、S/N 比 (信號/ 噪音比) 的關係：

進行實驗結果統計分析各因子之主效果前必須先了解目標之品質特性，而品質特性如下所示可分為三類：

1. 計量特性：能以連續尺度量測，品質特性通常可以小數點表示。例如：磨耗、強度、尺寸等。  
計量特性又可分為三類：
  - 1) 望目特性 (Nominal-the-Best, NTB)：此特性具有一特定目標值，比目標值大或小都不好。例如：尺寸、壓力、厚度等。
  - 2) 望小特性 (Smaller-the-Better, STB)：此特性目標值極端是零。例如：磨耗、劣化、缺點等。
  - 3) 望大特性 (Large-the-Better, LTB)：此特性目標值極端是無限大，例如：強度、亮度等。
2. 計數特性：不能以連續尺度量測，但能按不連續分級尺度予以分類。例如：成品區分為良品或劣品，差、普通或優等。
3. 動態特性：是系統的機能品質特性，取決於該系統信號因子的輸入，及其所造成的結果。例如：引擎速度改變，排檔跟著變換。

本研究目標品質特性屬於計量特性中之望大特性，其品質目標與品質損失函數、S/N 比 (信號/ 噪音比) 的關係式如下所示：

1. 望大特性 (Large-the-Better, LTB)

1) 品質損失函數 MSD

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} = \frac{1}{Y_i} \left( 1 + \frac{3S^2}{Y^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

2) S/N 比 (信號噪音比)

$$S/N = -10 \times \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

(3) 直交表 (Orthogonal array) 之使用

本研究之著火性因子有 4 個，每因子 3 水準並不考慮因子間彼此之交互作用經計算其自由度，使用  $L_9 (3^4)$  之直交表進行實驗配置如表 4 所示：

$L_a(b^c) \dots \dots \dots (3)$

L: Latin squares, 表示直交表。

a: 表示實驗之次數，即列數。

b: 表示控制因子之水準數。

c: 表示因子及因子間交互作用之總數，即行數。

表 1 NFPRF 火災風險評估法易燃性等級表[4]

易燃性等級	熱輻射範圍kW/m <sup>2</sup> (表面數值)
極易燃 (薄窗簾)	≤14.1 (10)
一般易燃 (裝潢傢俱)	14.1-28.3 (20)
不易燃 (厚木料)	>28.3 (40)

表 2 BSI 標準草案材料受熱輻射界限值表[5]

材料	引燃熱輻射 kW/m <sup>2</sup>		起火之表面溫度 °C	
	引燃點	自燃	引燃點	自燃
木材	12	28	350	600
硬紙板	18	—	—	—
硬質纖維板	27	—	—	—
PMMA (透明壓克力)	21	—	270	—
彈性 PU	16	—	270	—
聚氣乙烯	17	—	—	—
聚甲烯	12	—	—	—
聚乙烯	22	—	—	—

表 3 試驗參數因子水準表

編號	因子	水準
A1	板材種類	合板
A2		密迪板
A3		塑合板
B1	板材厚度	9mm
B2		12mm
B3		18mm
C1	* 阻燃塗料配比	載體樹脂10%
C2		載體樹脂20%
C3		載體樹脂30%
D1	阻燃塗料塗佈量	400g/m <sup>2</sup>
D2		500g/m <sup>2</sup>
D3		600g/m <sup>2</sup>

※註：阻燃塗料配比方式為固定塗料中炭化劑、催化劑與發泡劑之配比，改變載體樹脂之比例。

(二) 單因子試驗法

以田口試驗計畫法求得之最佳組合，針對欲研究之因子，應用單因子試驗法與統計回歸，以求得因子影響木材著火性精確之最佳解。

表 4 L9 (3<sup>4</sup>) 直交表參數配置表

NO.	因子水準配置 (L9 (3 <sup>4</sup> ) 直交表)				板材種類	板材厚度	塗料配比	塗料塗佈量
	A	B	C	D				
1	1	1	1	1	合板	9mm	載體樹脂10%	400g/m <sup>2</sup>
2	1	2	2	2	合板	12mm	載體樹脂20%	500g/m <sup>2</sup>
3	1	3	3	3	合板	18mm	載體樹脂30%	600g/m <sup>2</sup>
4	2	1	2	3	密迪板	9mm	載體樹脂20%	600g/m <sup>2</sup>
5	2	2	3	1	密迪板	12mm	載體樹脂30%	400g/m <sup>2</sup>
6	2	3	1	2	密迪板	18mm	載體樹脂10%	500g/m <sup>2</sup>
7	3	1	3	2	塑合板	9mm	載體樹脂30%	500g/m <sup>2</sup>
8	3	2	1	3	塑合板	12mm	載體樹脂10%	600g/m <sup>2</sup>
9	3	3	2	1	塑合板	18mm	載體樹脂20%	400g/m <sup>2</sup>

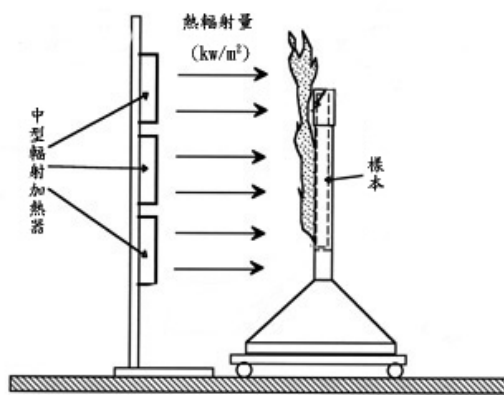


圖 1 著火性試驗示意圖

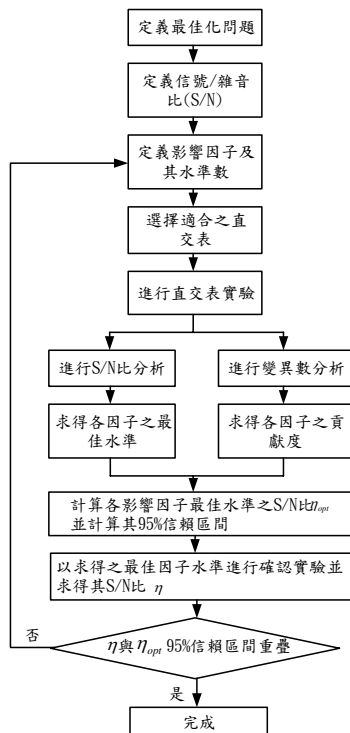


圖 2 田口試驗計畫法設計流程[7]

### 3、研究成果與討論

依據田口試驗計畫法[8]，木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射試驗，整理試驗的結果說明如下：

#### (一) 田口式理論分析表

由L9(3<sup>4</sup>)直交表所配置之試驗參數組合進行仿ASTM E1623 之熱輻射著火性試驗，為使試驗結果具有再現性，故每組之試驗組合均進行三次之試驗，故本研究共進行 27 次之試驗，其試驗結果如表 5 所示，各參數組合之試驗，平均最快達著火狀態者，為第二組試驗，其參數組合為A1 (合板)、B2 (板厚 12mm)、C2 (阻燃塗料配比為載體樹脂 20%)、D2 (阻燃塗料塗佈量為 500g/m<sup>2</sup>)，其平均著火時間為 9.85 分；而平均最慢達著火狀態者，為第九組試驗，其參數組合為A3 (塑合板)、B3 (板厚 18mm)、C2 (阻燃塗料配比為載體樹脂 20%)、D1 (阻燃塗料塗佈量為 400g/m<sup>2</sup>)，其平均著火時間為 47.62 分，本研究 9 組熱輻射著火性試驗，其著火時間標準差平均為 1.63。

木質材料塗抹膨脹型阻燃塗料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射引燃之過程，本研究經由試驗歸納出阻燃塗料中載體樹脂之比例，影響阻燃塗料受熱後產生之膨脹炭化層，附著於木質材料之能力，即膨脹炭化層產生固化或交聯而脫落或影響其受熱膨脹阻隔熱源的功能。其中阻燃塗料載體樹脂配比为 10%時耐燃性最佳。

表 5 田口式理論分析表

NO.	因子水準配置 (L9 (3 <sup>4</sup> ) 直交表)										
	板材	板厚	配比	塗佈量	TEST 1	TEST 2	TEST 3	平均值 (分)	標準差S	S/N 比	
1	1	1	1	1	32.42	35.82	35.31	34.52	1.83	30.74	
2	1	2	2	2	7.50	10.60	11.45	9.85	2.08	19.42	
3	1	3	3	3	17.83	14.05	17.63	16.50	2.13	24.19	
4	2	1	2	3	20.75	21.33	24.65	22.24	2.10	26.87	
5	2	2	3	1	21.08	17.08	19.45	19.20	2.01	25.57	
6	2	3	1	2	41.27	41.68	40.02	40.99	0.86	32.25	
7	3	1	3	2	13.67	13.60	14.53	13.93	0.52	22.87	
8	3	2	1	3	37.20	39.18	39.35	38.58	1.20	31.72	
9	3	3	2	1	49.28	48.07	45.52	47.62	1.92	33.54	
								平均值=	27.05	1.63	27.46

#### (二) 回應表與回應圖分析

由表五試驗結果，將各組著火時間平均值轉換為 S/N 比用以製作因子回應圖與回應表，本研究針對著火性之品質特性為計量特性中之望大特性，故平均值轉換為 S/N 比之如公式 (2) 所示。

其計算結果，S/N 比最小者為第二組試驗，其 S/N 比為 19.42；S/N 比最大者為第 9 組試驗，其 S/N 比為 33.54，全部 9 組試驗其平均 S/N 比為 27.46。

根據每組試驗之著火平均時間與 S/N 比，製作品質特性與 S/N 比之因子回應表與因子回應圖，其主要之目的為了解各影響木質材料著火性試驗參數其最佳之試驗組合。其計算方法為，根據表五將所欲求得之因子水準平均著火時間與其 S/N 比，加總求其平均數，以 A1 之為例，其計算式如下所示：

$$A1 \text{ 之品質特性：} (34.52+9.85+16.50)/3=20.29$$

$$A1 \text{ 之 S/N 比：} (30.74+19.42+24.19)/3=24.78$$

依此方法求出各因子水準品質特性與S/N比之值，進而製作因子回應表與因子回應圖，其結果如表 6、表 7、圖 3 與圖 4 所示。經分析品質特性與S/N比之最佳試驗參數組合均為A3、B3、C1、D1，故本研究 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射影響木質材料著火性之最佳因子水準組合為A3、B3、C1、D1，即板材：塑合板；板厚：18mm；阻燃塗料配比：載體樹脂 10%；阻燃塗料塗佈量：400g/m<sup>2</sup>。

以預測最佳值 A3、B3、C1、D1 求其預測值之 S/N 比  $\eta_{opt} = 38.51(db)$ ，計算方法如下所示：

$$\begin{aligned} \eta_{opt} &= \bar{\eta} + (\eta_{A_3} - \bar{\eta}) + (\eta_{B_3} - \bar{\eta}) + (\eta_{C_1} - \bar{\eta}) + (\eta_{D_1} - \bar{\eta}) \\ &= 27.46 + (29.38 - 27.46) + (29.99 - 27.46) + (31.57 - 27.46) + (29.95 - 27.46) \\ &= 38.51 \text{ (db)} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

$\eta_{opt}$ ：最佳理論值之 S/N 比

$\bar{\eta}$ ：S/N 比之平均值

表 6 品質特性因子回應表

因子	水準一	水準二	水準三	總和	最佳水準
A 板材種類	20.29	27.48	33.38	81.15	A3
B 板材厚度	23.56	22.54	35.04	81.15	B3
C 塗料配比	38.03	26.57	16.55	81.15	C1
D 塗料塗佈量	33.78	21.59	25.77	81.15	D1

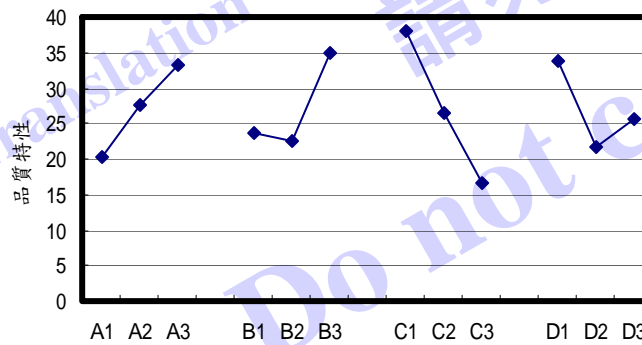


圖 3 品質特性因子回應圖

表 7 S/N 比因子回應表

因子	水準一	水準二	水準三	總和	最佳水準
A 板材種類	24.78	28.23	29.38	82.39	A3
B 板材厚度	26.83	25.57	29.99	82.39	B3
C 塗料配比	31.57	26.61	24.21	82.39	C1
D 塗料塗佈量	29.95	24.85	27.59	82.39	D1

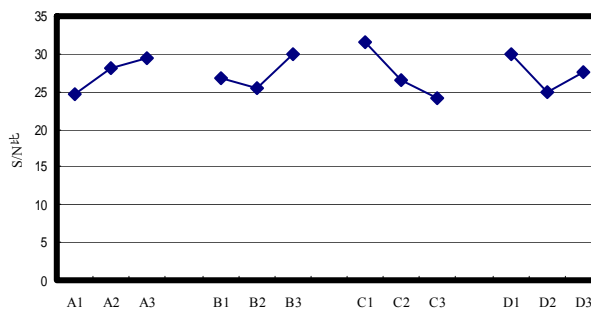


圖 4 S/N 比因子回應圖

(三) 變異數分析與 F 檢定



根據表 5 每組試驗之著火時間進行變異數分析與F檢定。F檢定用以了解各因子在信心水準 95%下，是否對木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射具有顯著性之影響，若無顯著性則將其併入誤差項；變異數分析用以將各因子影響木質材料著火性之程度予以量化，即求出各因子之貢獻度，結果如表 8 所示：

- (1) 變異數分析：經分析其結果顯示本研究阻燃塗料配比影響木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射著火性最大，其貢獻度為 48.72%；其次為板材厚度，其貢獻度 18.47%；再者為木質材料板材，其貢獻度為 16.46%；最後為阻燃塗料之塗佈量，其貢獻度為 14.69%。且本研究之變異數數分析表中由誤差項所產生之變異為 2.98，表示本研究因試驗條件產生之實驗誤差變異非常小，即試驗具再現性。
- (2) F檢定：各因子經F檢定其結果顯示，在 99%信心水準下各因子皆顯著影響木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射之著火性，故不將因子併入誤差項。

表 8 變異數分析表

因子	平方和	自由度	變異	F	信心水準	顯著性	貢獻率	排序
	SS	DOF	Var		Confidence	Significant?*	p	
板材	773.56	2	386.78	129.84	100%	Yes	16.46%	3
板厚	867.24	2	433.62	145.56	100%	Yes	18.47%	2
塗料配比	2277.35	2	1138.68	382.25	100%	Yes	48.72%	1
塗料塗佈量	690.69	2	345.35	115.93	100%	Yes	14.69%	4
Error	53.62	18	2.98				S=1.73	
Total	4662.46	26					* Note: At least 99% Confidence	

(四) 田口試驗計畫確認試驗

本研究經由品質特性回應表與回應圖和 S/N 比回應表與回應圖，求得影響木質材料受熱輻射著火性之最佳因子水準組合即為 A3、B3、C1、D1，經計算後其預測值之 S/N 比  $\eta_{opt} = 38.51(db)$ ，為了確保先前試驗計畫所設定之因子水準為符合影響木質材料著火性之因子水準與著火性試驗之可性度，故需做確認試驗，並求得確認試驗之 S/N 比。而確認試驗與最佳因子水準預測值之 S/N 比 95%信賴區間若有重疊之部分，則表示試驗結果具有可信度，其計算結果如表 9 與圖 5 所示。

- (1) 最佳因子水準預測值在 95%信心水準下之信賴區間 CI：

經分析品質特性與S/N比之最佳試驗參數組合均為A3、B3、C1、D1，故本研究 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射影響木質材料著火性之最佳因子水準組合為A3、B3、C1、D1，其S/N比預測值  $\eta_{opt} = 38.51(db)$ ，預測值之信賴區間如下所示：

$$CI = \left| N_{\alpha/2} \times \frac{S}{m_e} \right| = \left| -1.96 \times \frac{1.73}{\sqrt{9}} \right| = 3.20 \dots\dots(5)$$

S：誤差項之標準差

$$m_e = \frac{\text{總實驗數據個數}}{\text{計算預測值式中的總自由度}}$$

故最佳因子水準預測值 S/N 比之信賴區間為：

$$35.31 (db) < \text{預測值} < 41.71 (db)$$

- (2) 確認試驗在 95%信心水準下之信賴區間 CI：

由最佳試驗參數組合 A3、B3、C1、D1 進行三組確認試驗，其試驗結果如表 9 所示，確認試驗其平均著火時間為 55.19 分，標準差為 2.75，S/N 比為  $\eta = 34.82(db)$ 。確認試驗之信賴區間如圖 5 所示。

表 9 確認試驗結果分析表

確認試驗	TEST1 (分)	TEST2 (分)	TEST3 (分)	平均數 (分)	標準差S	S/N比
NO.1	57.53	55.88	52.17	55.19	2.75	34.82

$$CI = \left| N_{\alpha/2} \times S \left[ \sqrt{\frac{1}{m_e} + \frac{1}{r}} \right] \right| = \left| -1.96 \times 1.73 \left[ \sqrt{\frac{1}{\frac{9}{8}} + \frac{1}{3}} \right] \right| = 3.83 \dots\dots\dots(6)$$

S：誤差項之標準差

$$m_e = \frac{\text{總實驗數據個數}}{\text{計算預測值式中的總自由度}}$$

r：直交表組合，每組試驗之次數

故確認試驗 S/N 比之信賴區間為：

$$30.99 \text{ (db)} < \text{確認試驗} < 38.65 \text{ (db)}$$

經比較最佳水準因子預測值與確認實驗之 95%信賴區間，其結果有重疊之部分，故本研究著火性試驗結果具再現性和穩健性。

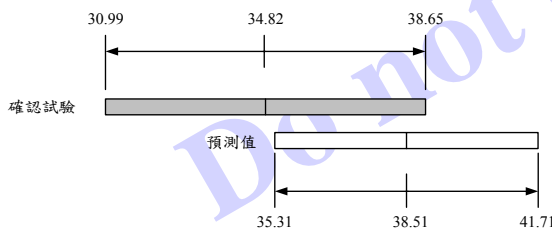


圖 5 確認試驗信賴區間比較圖

(五) 阻燃塗料最佳塗佈量試驗結果分析

根據熱輻射著火性田口試驗結果之最佳因子水準組合，針對阻燃塗料塗佈量此因子進行試驗研究，以了解阻燃塗料耐燃之最佳塗佈量。故在試驗變數之規劃為固定板材材質、板厚與阻燃塗料配比，並以阻燃塗料塗佈量 330g/m<sup>2</sup>、365g/m<sup>2</sup>、400g/m<sup>2</sup>、435g/m<sup>2</sup>、470g/m<sup>2</sup>為試驗變數，探討其受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射之著火性，試驗結果如表 10 所示。經由平均著火時間與阻燃塗料塗佈量製作其回歸曲線結果，如下圖 6 所示：

$$y = -0.0025x^2 + 1.9558x - 333.45 \dots\dots\dots(7)$$

$$R^2 = 0.9869$$

x：組燃塗料塗佈量 (g/m<sup>2</sup>)

y：著火時間 (分)

微分求其反曲點以求得耐燃性最佳之阻燃塗料塗佈量，其公式如下所示：

$$\frac{d}{dx} (-0.0025x^2 + 1.9558x - 333.45) = 0 \dots\dots(8)$$

$$x = 391$$



即本研究木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射其最佳之阻燃塗料塗佈量為 391g/m<sup>2</sup>。

表 10 最佳塗佈量著火性試驗結果

NO.	試體性質			各組試驗著火時間(分)			平均值(分)
	塗佈量(g/m <sup>2</sup> )	含水率(%)	密度(g/cm <sup>3</sup> )	TEST1	TEST2	TEST3	
1	330	8.21	0.692	47.28	44.34	42.10	44.57
2	365	10.37	0.687	52.68	54.63	49.70	52.34
3	400	9.58	0.702	57.53	55.88	52.17	55.19
4	435	8.46	0.711	51.67	54.04	53.63	53.11
5	470	10.54	0.691	43.78	41.50	41.51	42.26

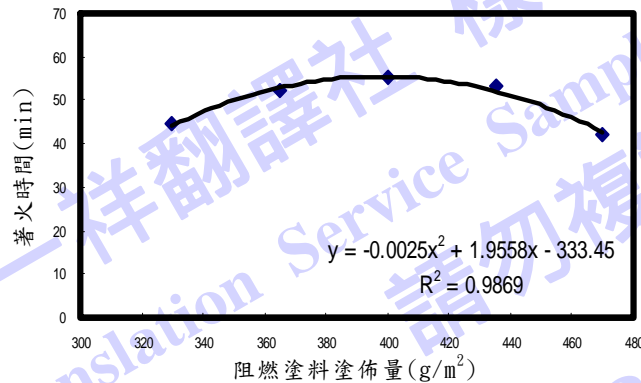


圖 6 平均著火時間與塗料塗佈量關係圖

#### 4. 結論

本研究獲致以下結論：

- 一、熱輻射著火性試驗結果，經由變異數分析各著火性因素之排序為，阻燃塗料配比 > 板材厚度 > 木質材料板厚 > 阻燃塗料塗佈量，其中以阻燃塗料配比影響木質材料受熱輻射引燃最大，其影響程度為 48.72%。
- 二、木質裝修材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射著火性試驗結果，經由因子回應表與回應圖分析其最佳因子水準組合為，板材：塑合板；板材厚度：18mm；阻燃塗料配比：載體樹脂 10%；阻燃塗料塗佈量：400g/m<sup>2</sup>。在此因子水準組合之熱輻射著火性試驗，耐燃性較佳。
- 三、木質裝修材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射著火性試驗結果，經由F檢定分析其結果，本研究所探討之著火性對木質材料受熱輻射之著火性有顯著之影響。
- 四、阻燃塗料塗佈量試驗結果經回歸顯示本研究木質材料受 25kW/m<sup>2</sup>熱輻射其最佳阻燃塗料塗佈量為 391g/m<sup>2</sup>。利用田口試驗法和單因子試驗法可簡單獲得塗料最佳塗佈量，並提升試驗之品質。
- 五、本研究所使用之試驗分析方法為田口試驗計畫法配合單因子試驗法，其可簡化多變數繁雜之試驗，且各試驗再現性高，增加實驗效益，可降低商品研發試驗成本，增加研發效率。

#### 5. 參考文獻

1. National Institute of Standards and Technology (NIST), 「Report on a study to utilize the ICAL apparatus for the determination of the effectiveness of fire resistant durable agents」, U.S.A, 1999。
2. National Institute of Standards and Technology (NIST), 「Fifteenth meeting of the UJNR panel on fire research and safety」, U.S.A, 2000。
3. CNS 6532 A3113, 「建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法」, 台北, 2000。
4. Bukowski, R.W., Clarke, F.B., Hall Jr, J.R. and Stiefel, S.W., Fire Risk Assessment Method: Description of

Methodology, National Fire Protection Research Foundation, Quincy, MA, July 1990。

5. Draft British Standard Code of Practice for The Application of Fire Safety Engineering Principles to Fire Safety in Buildings, BSI Standards, Panel FSM/-/5 and Technical Committee FSM/24 Fire Safety Engineering, London, UK, June 1994。
6. ASTM E 1623,「Standard Test Method for Determination of Fire and Thermal Parameters of Materials, Products and Systems Using an Intermediate Scale Calorimeter」, USA, 1999。
7. 王伯村、陳興忠,「田口法應用於最佳化設計問題」, 質橋學報, 第五期, 第 235-250 頁, 1998。
8. 李輝煌,「田口方法-品質設計的原理與實務」, 高立圖書有限公司, 2002。

#### 6. 誌謝

本研究感謝行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 91-2211-E-216-013 在研究經費上的贊助及中華大學防火試驗室在儀器設備及技術上的協助, 謹此誌謝。

一祥翻譯服務 樣本  
Elegant Translation Service Sample  
請勿複製  
Do not copy