

細水霧效能測試與評估

委託單位：禹尚企業股份有限公司

計畫主持人：何三平 博士

執行單位：長榮大學 職業安全衛生暨職業醫學研究中心

目錄

第一章 計畫目的.....	4
第二章 測試流程圖.....	5
第三章 文獻回顧.....	6
3.1 火源滅火效能測試.....	6
3.1.1 國內 A 類滅火效能值之測試方法.....	6
3.1.2 國內 B 類滅火效能值之測試方法.....	6
3.2 細水霧設備與相關測試研究.....	7
3.3 各國室內消防栓之相關基準.....	10
3.3.1 我國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【3】...10	
3.3.2 日本消防栓於消防安全設備設置標準之規定【2】...11	
3.3.3 美國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【5】...12	
3.3.4 英國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【6】...13	
3.3.5 紐澳消防栓於消防安全設備設置標準之規定【7】...15	
第四章 研究方法.....	17
4.1 實驗設置說明.....	17
4.1.1 A 類滅火測試實驗設置.....	17
4.1.2 B 類滅火測試實驗設置.....	18
4.2 國內室內消防栓與細水霧設備噴頭規格比較.....	20
4.2.1 K 值測試.....	20
4.2.2 射程測試.....	22
第五章 結果討論.....	24
5.1 細水霧水柱系統滅火測試.....	24
5.2 第二種消防栓滅火測試.....	27
5.3 高壓細水霧與室內消防栓滅火之放水量評估.....	28
5.5 A 噴槍水柱前方單面滅火.....	30
5.6 B 類火災滅火測試.....	31

第六章 結論	34
第七章 參考文獻.....	35

第一章 計畫目的

滅火設備中，水是最好的滅火藥劑，取用方便起無毒，每公克的水能夠吸收 540 cal 的能量，但傳統滅火方式如自動撒水系統、室內外消防栓，其每分鐘放水量相當大，滅火時往往會造成水損的情形。隨著科技的進步與工業的發展，現今電器設備使用安全之問題。目前使用於初期滅火之室內消防栓，其每分鐘之放水量 130 L、60 L，故進行滅火時其水損甚是嚴重，而滅火設備應考慮操作壓力，以及放射水量兩大因素，固定式水霧滅火設備，即可藉由高壓設備加壓，降低水滴粒徑來增加吸熱表面積，以減少其放射水量進而解決水損之問題。因此，本計畫預將細水霧之滅火能力作為討論之重點，並探討是否能藉此運用至油類火災情境，藉由實際之滅火試驗來了解相關操作條件與細水霧之滅火效能評估。

本計畫目的為分析細水霧噴頭之特性以及細水霧 pump 能力，是否能替代第二種室內消防栓。若無適用者，則協助貴公司開發新噴頭。實驗測試以下列兩種火災類型進行設計：

1. A 類火災滅火測試：評估噴頭在一固定放水壓力，對於 A 類火災之滅火性能，並與第二種室內消防栓之測試結果進行分析比對。
2. B 類火災滅火測試：依 A 類火災滅火測試結果，選用 1 種噴頭在一固定放水壓力，以及有添加滅火藥劑之條件下，對於 B 類火災之滅火性能。

第二章 測試流程圖

本計畫執行之流程圖如下：

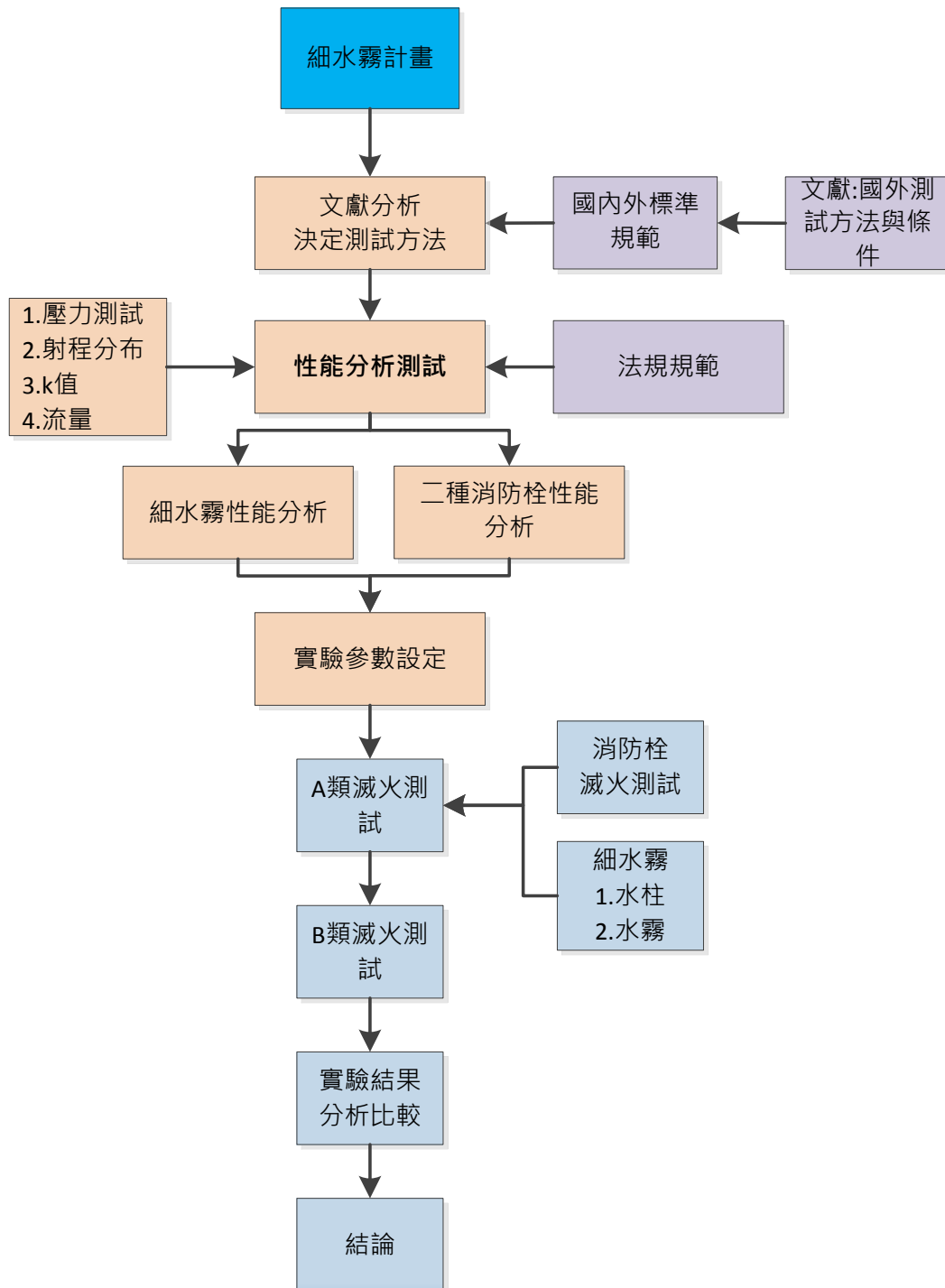


圖 2-1 計畫流程圖

第三章 文獻回顧

3.1 火源滅火效能測試

3.1.1 國內 A 類滅火效能值之測試方法

國內對於 A 類火災之滅火測試，其火源設計是依據消防署之滅火器認可基準，該規範以乾燥杉或松木 144 支架設而成之第一模型，其個別木材尺寸為長 35 mm、寬 900 mm、高 30 mm，每座模型之火源熱釋放率為 2.5 MW。此外，於木框架底部使用長 90 公分、寬 90 公分，以及高 40 公分之鐵製腳架。於鐵製腳架中間設置一燃燒鐵盤，於燃燒鐵盤內倒入 3 公升之汽油，並將其點燃 3 分鐘後開始進行滅火。當滅火完成後 2 分鐘無復燃者，則判定為滅火成功，代表 A-2。【1】

3.1.2 國內 B 類滅火效能值之測試方法

國內針對 B 類火災之滅火測試，其火源設計與上述相同，仍是依據消防署之滅火器認可基準。火源大小則是使用 0.2 m^2 至 8.0 m^2 等，不同尺寸油盤進行測試，而每一油盤之高度皆為 30 cm。測試前須先選用預測試之油盤，在油盤中加入 12 cm 高之水後，再加入 3 cm 高之汽油，並將其點燃 1 分鐘後開始滅火，當滅火完成後 1 分鐘無復燃，則判定為滅火成功。

3.2 細水霧設備與相關測試研究

日本獨立行政法人消防研究【2】所利用消防救災用直線水霧兩用瞄子、及雙流細水霧瞄子，進行木框架火源滅火測試，火源情境分為 1 座木框架、1 座木框架(2 面封閉)、1 座木框架(3 面封閉)、2 座木框架(橫置)、2 座木框架(縱置)、以及 3 座木框架(二段)等六種，消防救災用直線水霧兩用瞄子放射水量為 180 LPM，而細水霧放射水量為 40 LPM，進行各種情境之滅火測試如表 2-1 所示。

表 2-1 各情境滅火測試結果

火源情境	放水量 (lpm)	滅火時間 (sec)	滅火水量 (L)
1 座木框架 (2 面封閉)	180 lpm	43	129
1 座木框架 (2 面封閉)	40 lpm	66.4	44.4
1 座木框架 (3 面封閉)	40 lpm	63	42
2 座木框架 (橫置)	40 lpm	120	80
2 座木框架 (縱置)	40 lpm	147	98
3 座木框架 (二段)	40 lpm	-(無法滅火)	-(無法滅火)

由滅火時間表發現，利用消防救災用直線水霧兩用瞄子，以及細水霧噴頭進行 1 座木堆火情境之滅火，滅火時間分別為 43 秒與 66.4 秒，但消防救災用直線水霧兩用瞄子之滅火水量，較細水霧噴頭多了將近 3 倍的量，水損相當地嚴重。

當進行兩座木框架滅火測試時，滅火困難度增加但仍於兩分鐘左右完成滅火。但 40 LPM 之細水霧噴頭對於 2 座木堆火(橫置)，或是 2 座木堆火(縱置)之滅火水量皆仍低於消防救災用直線水霧兩用瞄子。然而增加木框架為三座時，因空間較小導致輻射熱過大之影響，而使 40LPM 之細水霧噴頭無法滅火。由日本木框架滅火測試中可明顯看出細水霧噴頭對於撲滅 A 類火災之效果，且能克服傳統消防栓水損嚴重之問題。

其上述之火源在長 6.27 m 、寬 6.27 m 的燃燒室中央位置，放置依據滅火器滅火效能值測定之第一種滅火試驗用兩種模型，即乾燥杉或松木木材當作燃燒對象，於通風量 30,000 m³/h 下進行。第 1 模型杉木堆乙座(同滅火器滅火試驗 144 支)自由燃燒溫度與時間變化，以及其熱釋放率等基本資料調查或測定如下圖 2-1，圖 2-2 所示。

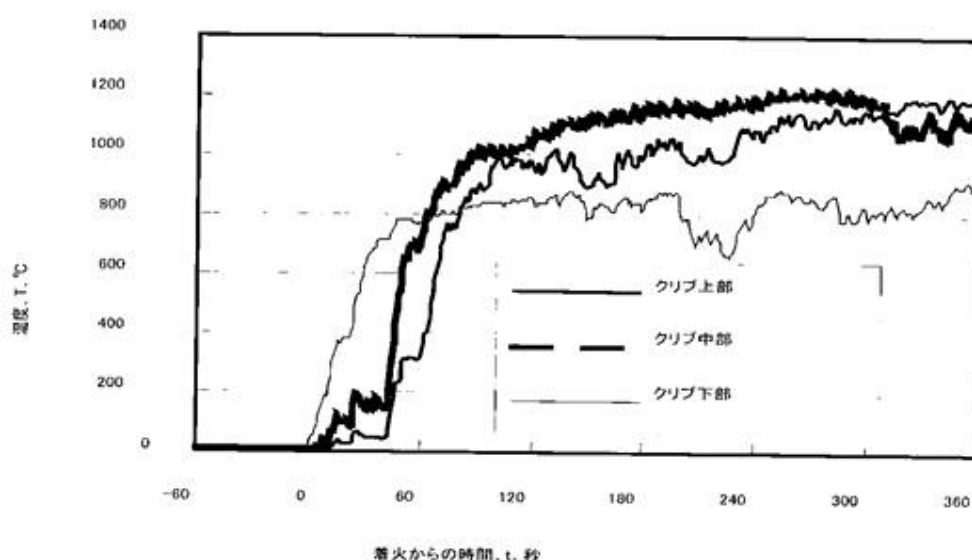


図 3 ケース 16 のクリブ内温度変化

圖 2-1：杉木堆乙座自由燃燒溫度--時間變化圖

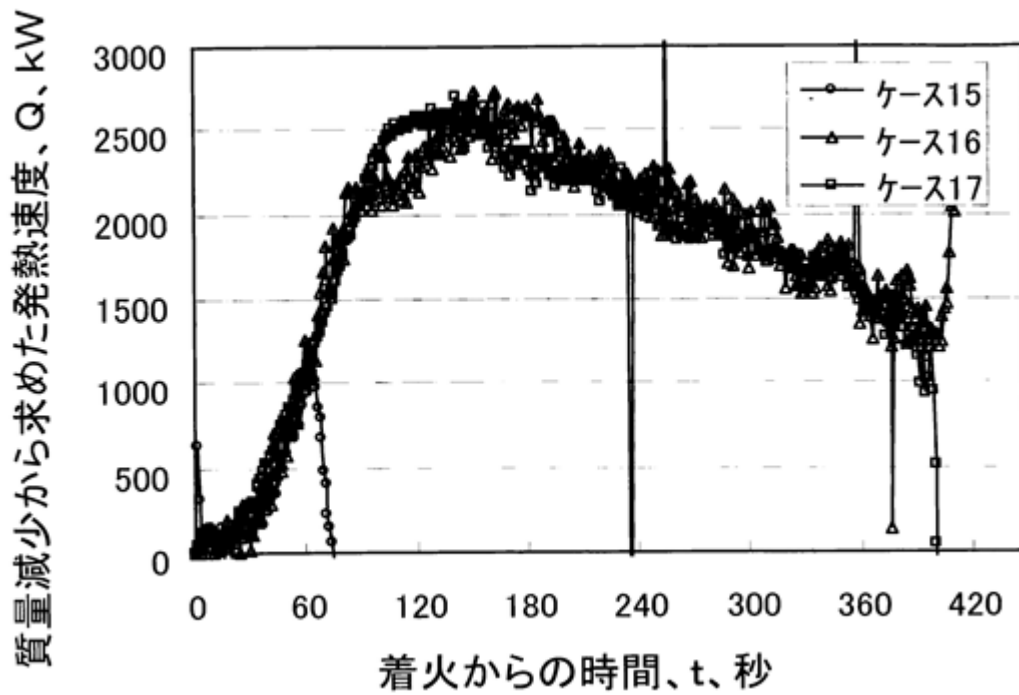


圖 2-2：杉木堆乙座自由燃燒熱釋放率-時間變化圖

木堆火起火燃燒 120 秒後約有 2,500 kW(2.5 MW)之最大燃燒熱釋放率，溫度約為 1,000 °C，最高溫度 1,200 °C 約在點火後 240 秒至 300 秒之間發生。

3.3 各國室內消防栓之相關基準

3.3.1 我國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【3】

依我國各類場所消防安全設備設置標準規定，一般用途建築物室內消防栓相關規定如下表 2-2 整理。

表 2-2 一般用途建築物室內消防栓相關規定

區分	第 1 種消防栓	第 2 種消防栓	補助撒水栓
配置水平距離	25 m 以下	15 m 以下	15 m 以下
放水壓力	0.17 MPa~0.7 MPa	0.25 MPa~0.7 MPa	0.25 MPa ~1.0 MPa
放水量	130 L/min 以上	60 /min 以上	60 L/min 以上
瞄子機能	直線水霧兩用 (無開閉機能)	直線水霧兩用 (容易開閉裝置)	直線水霧兩用 (容易開閉裝置)
立管口徑	63 mm 以上	50 mm 以上	流水檢知裝置二次側
啟動方法	開關閥開放及消防水帶延長操作等連動系統啟動	開關閥開放及消防水帶延長操作等連動系統啟動	自動撒水設備連動
水帶收納方式	延伸及收納操作不容易	延伸及收納操作容易 (橡皮管)	延伸及收納操作容易 (橡皮管)

(資料來源:各類場所消防安全設備設置標準)

3.3.2 日本消防栓於消防安全設備設置標準之規定【2】

依日本消防法施行令第十一條屋內消火栓設備有關基準，除第 1 號室內消防栓、第 2 號室內消防栓之外，尚增加易操作性第 1 號消防栓，係有別於第 1 種消防栓兩條水帶及直線水霧兩用瞄子(兩人操作)，強化第 1 號消防栓的易操作性，更改為皮管及瞄子可開閉開關(一人操作)。各類型消防栓性能比較如表 2-3 所示。

表 2-3 日本室內消防栓各型性能比較

區分	1 號消防栓	易操作性 1 號消防栓	2 號消防栓	補助撒水栓
水平距離	25 m 以下	25 m 以下	15 m 以下	15 m 以下
放水壓力	0.17 Mpa ~ 0.7 MPa	0.17 Mpa ~ 0.7 MPa	0.25 Mpa ~ 0.7 MPa	0.25 Mpa ~ 1.0 MPa
放水量	130 L/min 以上	130 L/min 以上	60 L/min 以上	60 L/min 以上
瞄子機能	直線水霧兩用	直線水霧兩用 (容易開閉裝置)	直線水霧兩用 (容易開閉裝置)	直線水霧兩用 (容易開閉裝置)
啟動方法	開關閥開放及 消防水帶延長 操作等連動系 統啟動	開關閥開放及消 防水帶延長操作 等連動系統啟動	開關閥開放及 消防水帶延長 操作等連動系 統啟動	自動撒水 設備連動
水帶收納 方式	延伸及收納操 作不容易	延伸及收納操作 容易(保型水帶)	延伸及收納操 作容易(橡皮 管)	延伸及收納操 作容易(橡皮管)

(資料來源：日本消防法施行令)

3.3.3 美國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【5】

依據美國 NFPA 14 室內消防栓類別及性能比較如下表 2-4:

表 2-4 NFPA 14 室內消防栓類別及性能比較

類別	Class I	Class II	Class III
用途 (intended use)	大水量消防隊用經受過訓練人員用不同階段火災	小水量建築物容留人員用初期火災階段	以上兩者。
水帶或皮管 尺寸及配置	2-1/2 in 接頭建築物各樓層內部或局部 30ft 範圍配置瞄子及長 100 ft (30.5m)水帶	1-1/2 in 接頭 (配置如 Class I)。	配置如 Class I，增設 1-1/2 in 出水口或接頭及 1-1/2 in 水帶。
配管最小尺寸	4 in 長 100 ft 以下；6 in 長 100ft 以上。	2in 長 50ft 以下；2-1/2in 長 50ft 以上。	同 Class I
放水量	第一支 500 gpm(1893 L/min)，增加者每支 250gpm (946 L/min) (最大 1250 gpm),放水時間 30min，頂層末端放水壓力 65 psi(0.45 MPa)放水量 500gpm。	每棟建築 100 gpm(379 L/min) 放水時間 30 min，頂層末端放水壓力 65 psi (0.45 MPa)，放水量 100gpm。	同 Class I
1gpm=3.785 L/min,1 psi=6.895 kPa			

(資料來源:John L. Bryan\NFPA 14)

3.3.4 英國消防栓於消防安全設備設置標準之規定【6】

依據 BS EN-671-part1：2001 (Fixed firefighting system-Hose systems part1:Hose reels with semi-rigid hose)標準要求。

(一) 皮管耐壓強度(如表 2-5)

表 2-5 英國消防栓皮管耐壓性能

尺寸 (mm)	工作壓力 (MPa)	試驗壓力 (MPa)	最小破壞壓力 (MPa)
19	1.2	1.8	3.0
25	1.2	1.8	3.0
33	0.7	1.05	1.75

(資料來源: BS EN-671-part1：2001)

(二) 瞄子最小流量、放水壓力及射程

1. 直線及噴霧狀態放射流量(如表 2-6)

表 2-6 英國消防栓瞄子放水流量及放水壓力

瞄子口徑 (mm)	最小流量 Q (L/min)			K 值
	P=0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa	
4	12	18	22	9
5	18	26	31	13
6	24	34	41	17
7	31	44	53	22
8	39	56	68	28
9	46	66	80	33
10	59	84	102	42
12	90	128	156	64

(資料來源: BS EN-671-part1：2001)

2. 放水壓力及有效射程

另依據 BS 5306-1:2006 Code of practice for fire extinguishing installations and equipment on premises – Part 1: Hose reels and foam inlet 規定，室內消防栓放水壓力及射程應依 BS EN 671-1 規定最大長度時，皮管依其口徑為 25 mm、19 mm 時，分別進行 4 bar 或 5 bar 之放射壓力測試，直線水柱射程不得小於 6 m，直線水霧兩用瞄子採水霧放射時得低於此值。

依試驗標準 BS EN-671-part1：2001 測試瞄子射程，瞄子口方向與地板面成 30° 角度射水，最大射程水平距離之 90% 為有效射程。直線時應為 10 m、片狀水霧(sheet spray)時應為 6 m，而圓錐狀水霧(conical spray)時為 3 m。

3.3.5 紐澳消防栓於消防安全設備設置標準之規定【7】

依據澳州紐西蘭 AS/NZS 1221:1997 Fire hose reels 標準，規定消防栓皮管與瞄子放水壓力及放水量如下說明。

(一)皮管耐壓強度(如表 2-7)

表 2-7 澳紐消防栓皮管耐壓性能

尺寸(mm)	工作壓力(MPa)	試驗壓力(MPa)	最小破壞壓力(MPa)
13	1.0	1.7	4.0
19	1.0	1.7	4.0
25	1.0	1.7	4.0

(資料來源: AS/NZS 1221:1997)

(二)最小流量

1. 直線及噴霧狀態放水量：

澳紐依據 AS/NZS 1221:1997 瞄子試驗放水量及放水壓力，如下表 2-8。

表 2-8 澳紐瞄子試驗放水量及放水壓力

瞄子口徑(mm)	放水量 (L/s) (入口壓力 220±10 kPa)	
	瞄子型式	
	直線	直線/水霧
13	0.21 (12.6 L/min)	0.19 (11.4 L/min)
19	0.40 (24 L/min)	0.37 (22.2 L/min)
25	0.49 (29.4 L/min)	0.45 (27 L/min)

(資料來源:AS/NZS 1221:1997)

2. AS 2441 及 NZS 4503 規範瞄子最低放水量：

依據室內消防栓設置規定(AS 2441 及 NZS 4503)，消防栓瞄子最低放水量如下表 2-9 說明。

表 2-9 澳紐消防栓瞄子最低放水量

瞄子口徑(mm)	最低放水量 Q (L/s) (入口壓力 220±10 kPa)
13	0.24 L/s (14.4 L/min)
19	0.45 L/s (27 L/min)
25	0.55 L/s (33 L/min)

(資料來源:AS 2441，NZS 4503)

第四章 研究方法

4.1 實驗設置說明

4.1.1 A 類滅火測試實驗設置

本計畫使用 A-2 滅火效能值之木框架，擺設方式為放置三座木框架，並在每座木框架下方放置油盤鐵架，於鐵盤內倒入 3 L 汽油，其預燃時間設定為 3 min，架設於燃燒空間中央，木框架放置方式如圖 4-1 所示。



圖 4-1 木框架設置方式示意圖

將三座木框架至於空間中央，距火源 3 m 及 5 m 處各設一只輻射熱量測器(Heat Flux Gauge)，並於火源上方設有熱電偶進行溫度量測，熱電偶水平間距 90cm，高度間距 50cm，並放置於木框架上方中心點，以量測中心點溫度。上述各測量點之相對位置，如圖 4-2 所示。

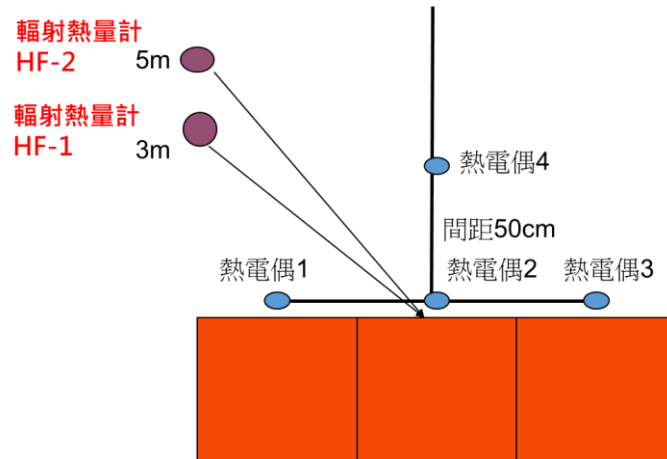


圖 4-2 木框架火災之溫度與輻射熱量測點位置圖

4.1.2 B 類滅火測試實驗設置

本計畫於 B 類滅火測試中，採用 B-16 之油盤，其燃燒面積為 3.2 m^2 ，其內部加水 12 cm 高後，再加入汽油做為燃料，其預燃時間設定為 1 min。如圖 4-3 所示。



圖 4-3 盤設置方式示意圖

將油盤置於空間中央，距火源 3m、5m 處各設一只輻射熱量測器 (Heat Flux Gauge)，並於火源上方裝置有溫度量測點，熱電偶於油面 15cm 距離設置一點熱電偶，而後距油面高度每 50cm 增加一點量測點，其上述熱電偶各點相對位置，如圖 4-4 所示。

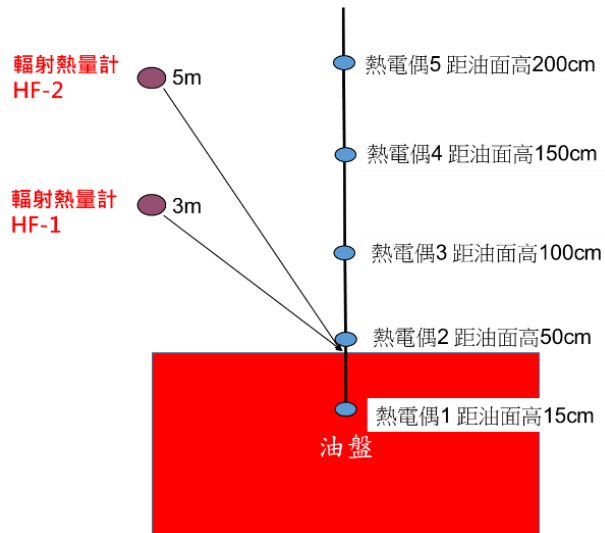


圖 4-4 油類火災之溫度與輻射熱量測點位置圖

除熱電偶外，本研究也設置紅外線熱顯像儀進行火源中央相對溫度之測量，如圖 4-5 所示，並藉由網路傳輸設備將紅外線熱顯像儀之畫面傳送至電腦螢幕，由監測畫面中所顯示之顏色代表溫度之高低，本次溫度與顯示顏色之關係設定為溫度最低為藍色，最高則顯示為紅色。



圖 4-5 紅外線熱顯像儀

4.2 國內室內消防栓與細水霧設備噴頭規格比較

4.2.1 K 值測試

國內第一種、第二種室內消防栓瞄子口徑分別為 13 mm 以及 8 mm，可求得兩種室內栓之瞄子 K 值為 $105\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ 與 $42\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ ；本實驗所使用之第二種室內消防栓水柱水霧兩用式瞄子實際經過量測計算其水柱放射時，其 K 值為 $50\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ ；而水霧放射時，其 K 值為 $80\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$

高壓水霧噴頭之 K 值測試，由改變三種操作壓力分別為 40、30、20 kgf/cm^2 ，實際測試得知水柱狀態 K 下為 $3.7\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ 。高壓水霧噴頭於水霧狀態下分別使用 50、45、40 kgf/cm^2 三種壓力，K 則為 $1.8\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ ，測試結果如表 4-1 所示。

第二種室內消防栓瞄子於 2.5、3.5、4.5 kgf/cm^2 壓力下測試水柱 K 值，得到數值為 $51\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ 。第二種室內消防栓瞄子於水霧狀態，操作壓力為 2、2.5、3 下 kgf/cm^2 進行測試，其量測之 K 值平均為 $80\text{ lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$ ，測試結果如表 4-2 所示。

表 4-1 高壓水霧噴頭之 K 值比較表

噴槍	操作壓力 (kgf/cm^2)	放水壓力 (kgf/cm^2)	流量 (lpm)	K ($\text{lpm}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)^{0.5}$)
A 水柱	40	31.4	21	3.7
A 水柱	30	25	18.5	3.7
A 水柱	20	19.5	16.5	3.7
A 水霧	40	29	10	1.8
A 水霧	45	34	11	1.8
A 水霧	50	41	11.5	1.8

(資料來源: 本研究整理)

表 4-2 第二種室內消防栓瞄子 K 值表

噴槍	放水壓力 (kgf/cm ²)	流量 (lpm)	K (lpm/(kgf/cm ²) ^{0.5})
水柱	2.5	80	51
水柱	3.5	95	51
水柱	4.5	108	51
水霧	2	110	77
水霧	2.5	125	79
水霧	3	140	80

(資料來源: 本研究整理)

4.2.2 射程測試

依據英國消防栓設置之規定，室內消防栓放水壓力及射程應依 BS EN 671-1 規定最大長度時，皮管依其口徑為 25 mm、19 mm 時，分別進行 4 bar 或 5 bar 之放射壓力測試，直線水柱射程不得小於 6 m，直線水霧兩用瞄子採水霧放射時得低於此值。

本計畫依據試驗標準 BS EN 671-part1：2001 測試瞄子射程，瞄子口方向與地板面成 30° 角度射水，最大射程水平距離之 90% 為有效射程。

1. 直線時應達 10 m。
2. 片狀水霧(sheet spray)時應達 6 m。
3. 圓錐狀水霧(conical spray)時為 3 m。

本研究之細水霧水柱系統於放水壓力 49 kgf/cm^2 下測試射程距離，其水柱射程距離達 11 m。當改變噴槍之口徑為水霧狀時，因 K 值降低其放水壓力增加為 64 kgf/cm^2 ，經測試結果其圓錐狀水霧距離為 5.5m，皆超過法規 BS EN-671-part1：2001 規定。

本研究使用之第二種室內消防栓瞄子於放水壓力 2.5 kgf/cm^2 其最大射程 14.6m，BS EN 671-part1 規定其 90% 為有效射程，其計算結果為 13m，而片狀水霧距離為 6m，測試結果皆超過法規標準。本研究實驗測試如下表 4-3 所示。

表 4-3 細水霧最大射程

細水霧 噴槍	操作壓力 (kgf/cm^2)	放水壓力 (kgf/cm^2)	流量 (lpm)	K ($\text{lpm}/(\text{kgf/cm}^2)^{0.5}$)	射程
A 水柱	65	49	26	3.7	11 m
A 水霧	65	64	14.5	1.8	5.5 m

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 第二種室內消防栓瞄子最大射程

設備	放水壓力	水柱 直線距離	90%有效距離	水霧距離 (片狀水霧)
第二種消 防栓瞄子	2.5 kgf/cm ²	14.6m	13 m	6 m

(資料來源：本研究整理)

第五章 結果討論

5.1 細水霧水柱系統滅火測試

本實驗之火源為三座木框架火源，利用汽油引燃其上方之木框架，因此燃燒初期之能量由汽油與木框架所產生，故火源成長速度最快，由時間與火源上方溫度量測值中可知，燃料燃燒後約 100 秒左右達到溫度最高值(約 800 °C)，如圖 5-1 所示之汽油與木框架初期燃燒階段。

當汽油燃燒結束後，僅剩木框架提供能量，故由時間與火源上方溫度量測值中發現，溫度值呈現穩定之現象，代表木框架達到穩態之情況。如圖 5-1 中木框架燃燒區段。由於本次實驗之火源預燃時間為 3 分鐘(180 秒)，也是細水霧放射滅火之時間，由圖 5-1 可知當細水霧放射後，火源上方之溫度迅速下降，此區段即為細水霧滅火區段。

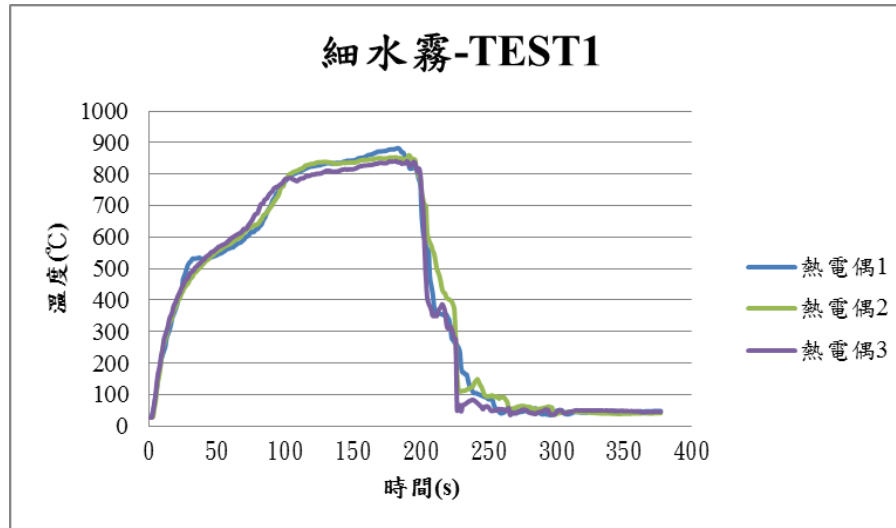


圖 5-1 高壓細水霧滅火之木框架溫度變化

由本次實驗中細水霧滅火設備之操作條件，當細水霧放射壓力為 49 kgf/cm^2 ，放水量則為 26 LPM ，噴頭 K 值為 $3.7 \text{ LPM}/(\text{kgf/cm}^2)^{0.5}$ 時可知，其放射壓力皆遠高於國內之室內消防栓；操作流量明顯較國內二種室內消防栓低。

本實驗流程，木框架經過 3 分鐘預燃，其探測點量測之溫度上升至 900°C ，其輻射熱於 100 秒時上升至 12kW/m^2 ，當 100 秒後木框架以點燃，而汽油燃料燃燒殆盡，因此輻射熱下降至 10kW/m^2 呈現穩定燃燒。於 180 秒開始放水進行滅火，當 212 秒時即達成滅焰，其輻射熱低於 1kW/m^2 。當 248 秒時探測點溫度皆下降低於 100°C ，則判定為滅火完成。其溫度與輻射熱變化如圖 5-2、圖 5-3 所示。另外由圖 5-4 及 5-5 顯示火源上方溫度量測值之數據可知，火源上方及中心溫度隨細水霧之噴撒快速下降，不僅可迅速撲滅木框架之外焰，更可於短時間內完全撲滅火源。

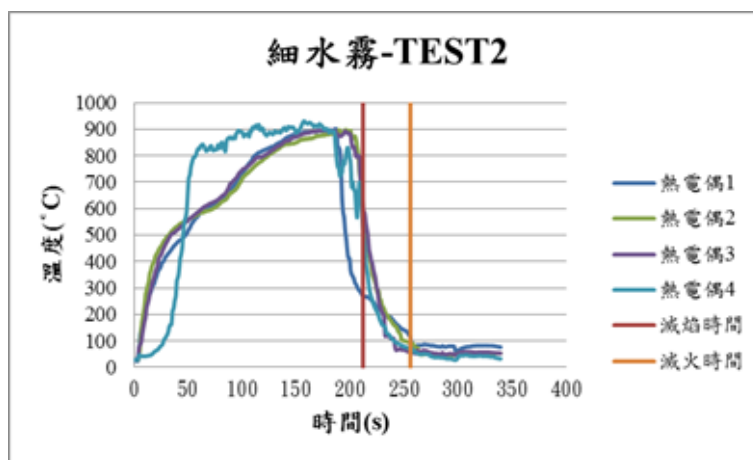


圖 5-2 細水霧滅火溫度-1

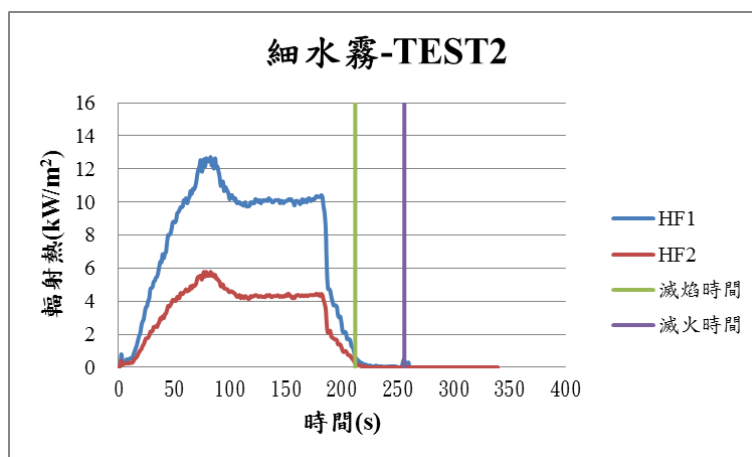


圖 5-3 細水霧滅火輻射熱-1

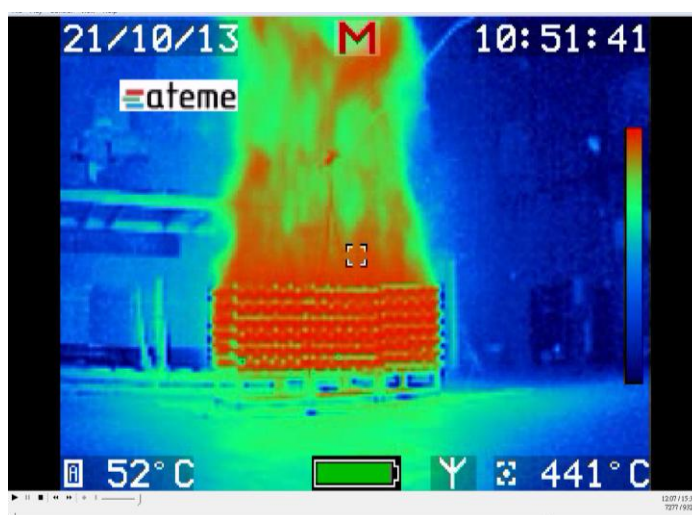


圖 5-4 紅外線熱顯像儀

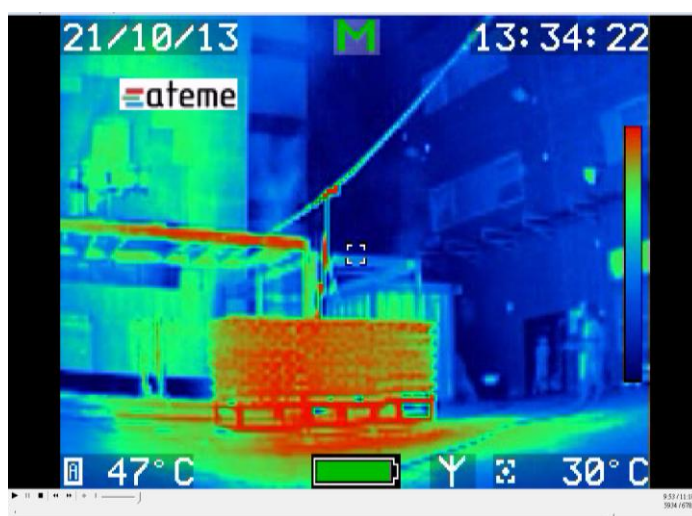


圖 5-5 紅外線熱顯像儀滅火完成顯示溫度

經由細水霧滅火試驗綜合比較後，其滅焰時間為 32 秒以及滅火時間為 68 秒，有相當好之滅火效果。於開始滅火時，其細水霧也能有效降低輻射熱，達到防護救災人員之效果。

5.2 第二種消防栓滅火測試

第二種室內消防栓滅火試驗綜合比較，第二種室內消防栓放射壓力為 2.5kgf/cm^2 ，放水量 80LPM，噴頭 K 值為 $3.7\text{ lpm}/(\text{kgf/cm}^2)^{0.5}$ 時進行滅火測試。當完成 180 秒預燃後，探測點量測之溫度為 900°C ，距離火源 3m 之輻射熱為 8kW/m^2 ，當 200 秒時達成滅焰，其量測之輻射熱低於 1kW/m^2 ，當 224 秒時量測之溫度皆低於 100°C ，則判定為滅火完成，其結果如圖 5-6 及圖 5-7 所示。

第二種室內消防栓其滅焰時間為 20 秒，滅火時間分別為 44 秒，因第二種室內消防栓放水量 80LPM 相當大，因此有較好之滅火效果，但造成防護區域內之水損問題，也是滅火過程中產生之最大問題。

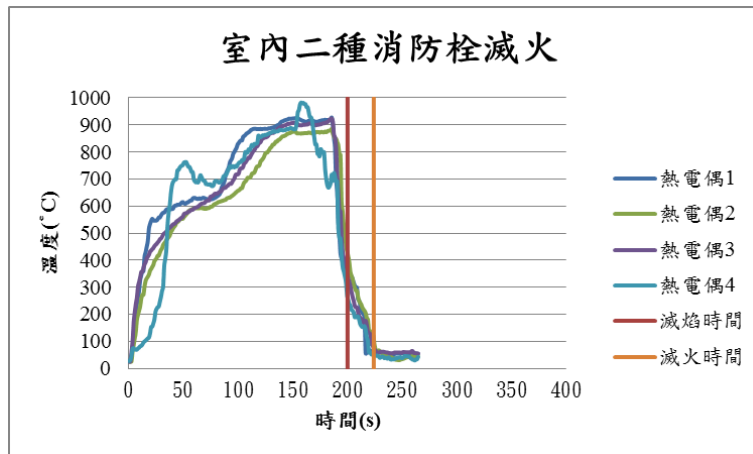


圖 5-6 第二種室內消防栓滅火溫度

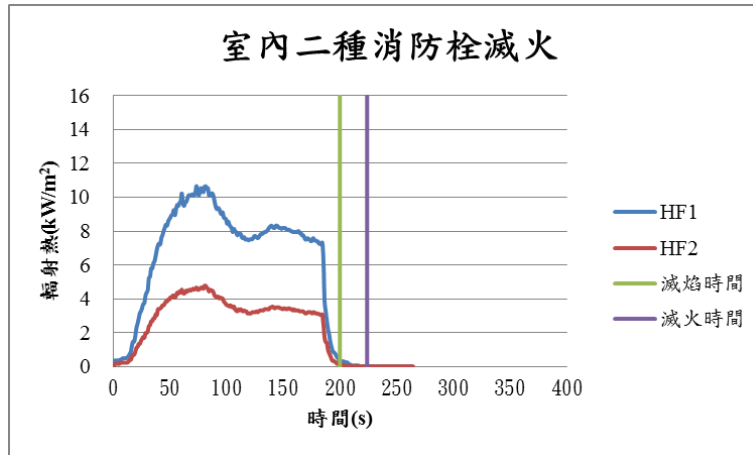


圖 5-7 第二種室內消防栓輻射熱

5.3 高壓細水霧與室內消防栓滅火之放水量評估

為能評估第二種室內消防栓與細水霧滅火設備所需之滅火水量，本研究利用放水量與滅火時間進行計算，由放水量 26LPM、滅火時間 68 秒之高壓細水霧，所耗費之滅火水量為 29.5 L，而第二種室內栓則為 58 L。經由比較評估不同之滅火水量，可知第二種室內消防栓之滅火時間雖然短暫，但其本身放水量均較細水霧大，發現利用細水霧滅火設備之滅火水量，確實遠少於室內消防栓，細水霧滅火設備於滅火完成時間較第二種室內消防栓慢 24 秒，但滅火所需水量僅需第二種室內消防栓一半，因此能有效降低其水損問題。確實代表高壓細水霧滅火設備除能有效滅火外亦能比室內消防栓之滅火結果有較少之水損影響。上述有關滅火水量之比較如表 5-1 所示。

表 5-1 第二種室內消防栓與高壓細水霧滅火設備之滅火水量

噴頭	Q (lpm)	ΔP (kgf/cm ²)	K (lpm/(kgf/cm ²) ^{0.5})	滅焰 時間 (s)	滅火 時間 (s)	總放水 量(L)
----	------------	--------------------------------------	---	-----------------	-----------------	-------------

A 噴槍水柱	26	49.3	3.7	0:32	68	29.5
第二種室內 消防栓	80	2.5	51	0:20	44	58

5.5 A 噴槍水柱前方單面滅火

本研究利用細水霧之水柱的穿透性進行滅火。當周圍有障礙物只能從正面進行滅火時，此細水霧噴頭亦能有效穿透木框架深入火源，當 260 秒時探測點量測之溫度皆降低於 100°C 輻射熱降低 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 以下，當 300 秒即可將後方火星完全撲滅。

實驗結果顯示細水霧能穿透木框架達到深入火源滅火。細水霧於 80 秒內即可有效達到滅焰效果，120 秒內即可有效達到滅火，如圖 5-8 及圖 5-9 所示。

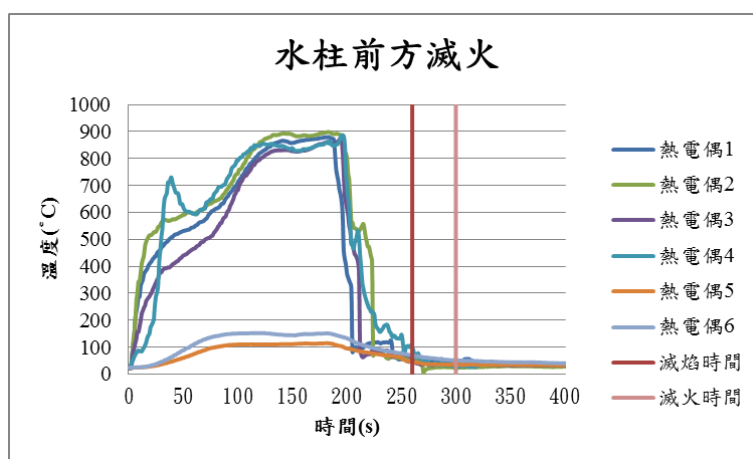


圖 5-8 水柱穿透滅火溫度

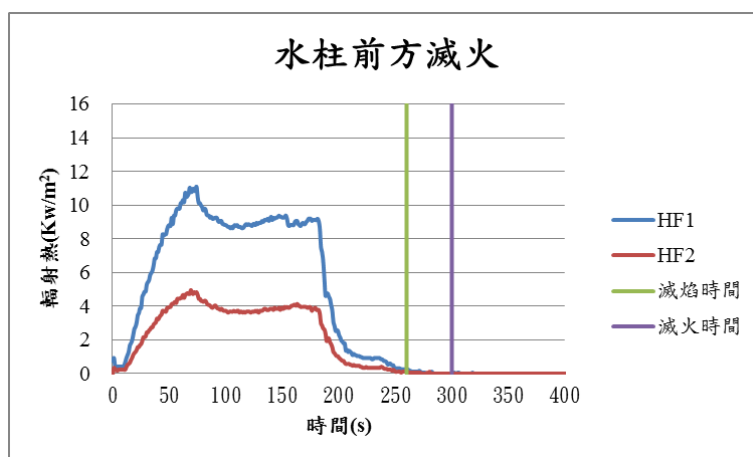


圖 5-9 水柱穿透滅火輻射熱

5.6 B 類火災滅火測試

對於可燃性液體如汽油等燃料燃燒時，無法使用室內消防栓進行滅火時，主要因過大之水量將可燃性類液體揚起或溢出更可能造成汽油流動，導致更嚴重之災害，因此無法使用室內栓進行油類等可燃性液體之火災。

泡沫滅火藥劑為撲滅油類火災最合適的藥劑之一，可經由泡沫之覆蓋將可燃性液體與空氣阻絕，進而防止可燃性氣體之產生。為能獲得泡沫撲滅可燃性液體火災之好處，另一方面可避免因過大之放射水量將可燃性液體揚起的缺點，因此使用細水霧設備於水柱狀態下添加 3% 之泡沫原液進行滅火評估。

本實驗利用細水霧系統水源加入泡沫原液，混合體積濃度 97% 水與 3% 泡沫之混合液進行油類火災測試。

B 類火災測試經由 60 秒之預燃後開始滅火，將噴槍於離火源 6m 處以拋物線方式射入火源之一點位置，並讓泡沫滑行至油面，進而覆蓋火源滅火。由表 5-2 實驗結果得知實驗滅火完成時間於 1 分 54 秒完成滅火。實驗結果如圖 5-10、圖 5-11 所示其探測之溫度皆降低於 100°C，且滅火完成後經過 1 分鐘復燃測試，並無復燃，其滅火情形如圖 5-12 及圖 5-13 所示。

表 5-2 含添加劑細水霧 B-16 油盤滅火測試

實驗 編號	噴頭 +Foam	Q (lpm)	ΔP (kgf/cm ²)	K (lpm/(kgf/cm ²) ^{0.5})	滅火時 間 (min)	備註
Test1	水柱 +3%	26	49.3	3.7	1:54	預燃 1min- 無復燃

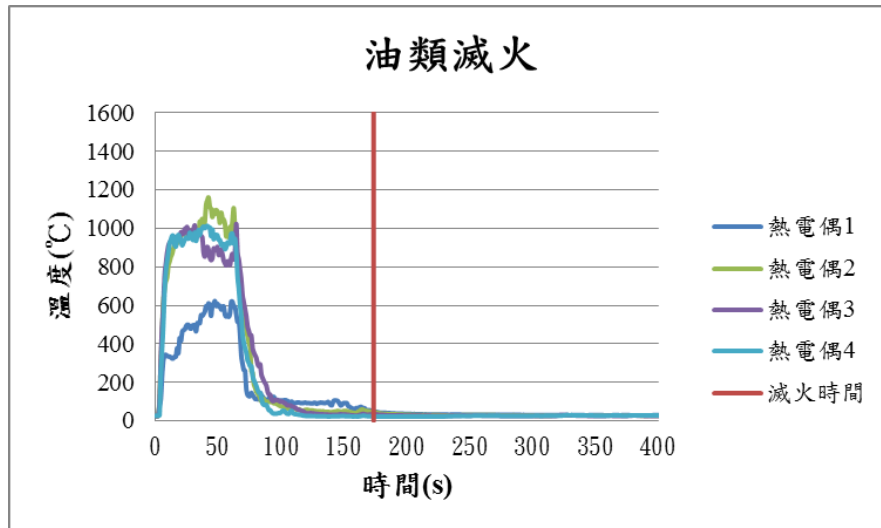


圖 5-10 油類滅火溫度

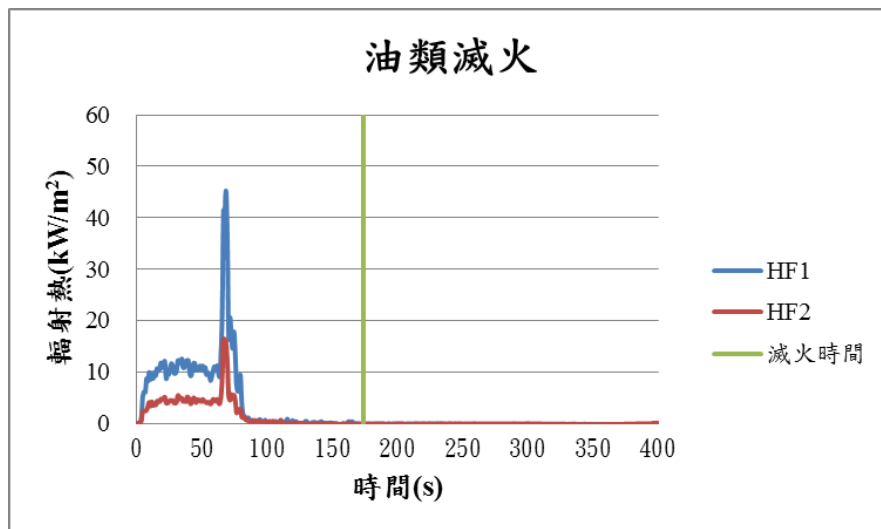


圖 5-11 油類滅火輻射熱



圖 5-12 泡沫滅火完成



圖 5-13 復燃測試

第六章 結論

本研究當細水霧選用放射壓力為 49 kgf/cm^2 ，放水量則為 26 lpm ，噴頭 K 值為 $3.7 \text{ lpm}/(\text{kgf/cm}^2)^{0.5}$ 時。經由細水霧滅火試驗綜合比較後，其有效達成滅焰時間為 32 秒，滅火時間為 68 秒，有相當好之滅火效果。於開始滅火時，其細水霧也能有效降低輻熱熱，當加入 3% 泡沫進行油類火災測試，亦能穿透火源並覆蓋於油盤表面達到覆蓋效果，實驗滅火於 120 秒完成滅火，綜合結果顯示此細水霧系統具有 B 類火災滅火能力。

評估第二種室內消防栓與細水霧滅火設備之滅火水量，利用放水量與滅火時間進行計算，由放水量 26 lpm 、滅火時間 68 秒之細水霧，所耗費之滅火水量為 29.5 L，而第二種室內栓則為放水量 80 lpm 、滅火時間 44 秒之間，經由比較評估不同之滅火水量，可知室內栓二種之滅火時間雖然短暫，但其本身放水量均較細水霧大，發現利用細水霧滅火設備之滅火水量，確實遠少於室內消防栓，細水霧滅火設備於滅火完成時間較第二種室內消防栓慢 24 秒，但滅火所需水量僅需二種室內消防栓一半。此細水霧噴頭於木框架單面滅火時亦能有效穿透木框架深入火源，在 80 秒內即可有效達到滅焰效果，120s 內即可有效達到滅火。

本研究亦發現禹尚發展之細水霧系統比日本發展之系統在滅火效能上有更佳之表現，故在未來應用於古蹟及高科技廠房之消防滅火上應可扮演重要之角色。

第七章 參考文獻

- 【1】 行政院內政部消防署，“滅火器用滅火藥劑認可基準”，2008。
- 【2】 日本消防研究所
- 【3】 行政院內政部消防署，“各類場所消防安全設備設置標準”，2012。
- 【4】 National Fire Protection Association, NFPA 14 “Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems, ”2007 Edition .
- 【5】 British Standard European Standard BS EN 671-1 “Fixed fire fighting systems. Hose systems. Hose reels with semi-rigid hose”,2001.
- 【6】 Australian/New Zealand Standard “AS/NZS 1221 Fire hose reels”，1997。