

11015B0008

小水量自動撒水設備之撒水頭 滅火性能實驗及基準研究

計畫主持人：蔡綽芳

協同主持人：鍾基強

研究員：陳又嘉、陳佳玲、王天志、詹家旺

研究助理：黃祥志、陳進澤

研究期程：中華民國 110 年 03 月至 110 年 12 月

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VII
摘要.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與研究範圍	1
第二節 研究目的	6
第三節 研究內容	9
第四節 研究方法及進度說明	13
第二章 文獻分析與研究	17
第一節 自動撒水設備種類	17
第二節 撒水頭類型	21
第三節 國內外相關文獻分析	29
第四節 國內外自動撒水設備規範彙整分析	32
第三章 全尺寸性能實驗規劃	47
第一節 全尺寸實驗規劃	47
第二節 撒水頭與材料規格說明	55
第三節 實驗結果	60
第四節 小節	99
第四章 結論與建議	103
第一節 結論.....	103
第二節 建議與後續研究方向	105
附錄 審查回應表	107
參考書目.....	127

附件 1 小水量撒水頭之滅火效能實驗方法及評估基準建議	131
附件 2 一般型撒水頭之滅火效能實驗基準(ISO6182-1 跟 ISO6182-10 比較)	143
附件 3 實驗結果總表	147

表次

表 1-1 近年長照機構、住宅與旅館之重大火災案件傷亡數統計表....1	1
表 1-2 密閉式撒水頭 RTI 分類.....4	4
表 1-3 國內外撒水頭檢測規範表.....11	11
表 1-4 各部份之研究內容表.....13	13
表 1-5 研究進度及預期完成之工作項目表.....15	15
表 2-1 自動撒水設備設置種類.....18	18
表 2-2 自動撒水設備作動流程.....19	19
表 2-3 感熱元件種類.....22	22
表 2-4 市面常見的密閉式撒水頭類型及規格表.....23	23
表 2-5 撒水頭流量特性係數與放水量、工作壓力關係表.....25	25
表 2-6 撒水頭水平距離設置要求表.....26	26
表 2-7 密閉式撒水頭種類及說明.....27	27
表 2-8 各國撒水頭規範試驗項目.....33	33
表 2-9 各國簡易自動撒水設備規範.....38	38
表 2-10 燃燒試驗環境配置表.....40	40
表 3-1 實驗空間撒水頭規格總表.....55	55
表 3-2 PROTECTOR_FS06_規格表.....56	56
表 3-3 PROTECTOR_FSK43_規格表.....57	57
表 3-4 NOHMI_MHSJ016-72-P_規格表.....58	58
表 3-5 Viking_VK430_規格表.....59	59
表 3-6 本計畫之實驗項目總表.....60	60
表 3-7 各實驗昇溫曲線彙整表.....62	62
表 3-8 FSK43 實驗參數紀錄表.....63	63
表 3-9 FSK43 實驗過程紀錄表.....63	63

表 3-10 FSK43_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果	69
表 3-11 FSK43_撒水頭啟動時間及溫度表	71
表 3-12 FS06 實驗參數紀錄表	72
表 3-13 FS06 實驗過程紀錄表	72
表 3-14 FS06_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果	78
表 3-15 FS06_撒水頭啟動時間及溫度表	80
表 3-16 MHSJ016-72-P 實驗參數紀錄表	81
表 3-17 MHSJ016-72-P 實驗過程紀錄表	81
表 3-18 MHSJ016-72-P_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果	87
表 3-19 MHSJ016-72-P_撒水頭啟動時間及溫度表	89
表 3-20 VK430 實驗參數紀錄表	90
表 3-21 VK430 實驗過程紀錄表	90
表 3-22 VK430_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果	96
表 3-23 VK430_撒水頭啟動時間及溫度表	98

圖次

圖 1-1 RDD、ADD 三者關係圖	5
圖 1-2 研究流程圖	14
圖 2-1 乾式與濕式自動警報閥與各式撒水頭	19
圖 2-2 水道連結式撒水頭之裝設示意圖	20
圖 2-3 NFPA13 防護面積與撒水密度關係圖 (Area/Density Curve)	25
圖 2-4 撒水頭與熱煙氣之熱傳示意圖	28
圖 3-1 全尺寸實驗空間規劃圖	48
圖 3-2 實驗空間現況示意圖	49
圖 3-3 熱電偶線	50
圖 3-4 M-700 水分計	50
圖 3-5 刺入式水分測棒	50
圖 3-6 數據收集軟體介面	51
圖 3-7 溫度記錄器	51
圖 3-8 木堆配置規劃	52
圖 3-9 泡棉配置規劃	52
圖 3-10 模擬傢俱燃燒試驗結果圖	53
圖 3-11 模擬傢俱燃燒試驗圖	53
圖 3-12 天花板配置	54
圖 3-13 各實驗溫度成長曲線圖	62
圖 3-14 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(A 點)	65
圖 3-15 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(A 點續)	66
圖 3-16 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(B 點)	67
圖 3-17 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(E 點)	68

圖 3-18 FSK43_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖	70
圖 3-19 FSK43_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處).....	71
圖 3-20 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(A 點).....	74
圖 3-21 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(A 點續).....	75
圖 3-22 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(B 點).....	76
圖 3-23 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(E 點).....	77
圖 3-24 FS06_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖	79
圖 3-25 FS06_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處).....	80
圖 3-26 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(A 點)	83
圖 3-27 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(A 點續)	84
圖 3-28 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(B 點).....	85
圖 3-29 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(E 點).....	86
圖 3-30 MHSJ016-72-P_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖	88
圖 3-31 MHSJ016-72-P_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處).....	89
圖 3-32 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(A 點).....	92
圖 3-33 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(A 點續).....	93
圖 3-34 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(B 點).....	94
圖 3-35 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(E 點)	95
圖 3-36 VK430_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖.....	97
圖 3-37 VK430_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處)	98
圖 3-38 A 點溫度比較圖(天花板下方 76mm 處).....	99
圖 3-39 B 點溫度比較圖(天花板下方 76mm 處).....	100
圖 3-40 A 點最高溫度比較圖(地面上方 1.6m 處)	100
圖 3-41 A 點超過 54°C 的秒數比較圖(地面上方 1.6m 處).....	101
圖 3-42 E 點溫度比較圖(天花板上方 6mm 處).....	102

圖 3-43 第一類撒水頭啟動時間及對應啟動溫度比較圖102

摘要

關鍵詞：自動撒水設備、性能試驗、水道連結型、小區劃型

一、研究緣起：

臺灣地狹人稠，為增加國人居住或可利用空間，與過往建築物型態相比已大幅改變其建築型態，隨著建築物隔間或小區劃格局的情形越來越多，使得內部格局空間較小的場所(例如：長照機構、醫療院所、住宅、旅館等)火災事故不時發生。若要對小區劃空間增設水自動滅火系統，勢必須以小水量或簡易型等系統設備方能在設計面與經濟面達到平衡。然而小水量自動撒水設備(水道連結型、小區劃型自動撒水設備)在其放水量低於一般自動型撒水頭的同時，是否仍能如預期條件進行撒水並達標稱放水、滅火效能的要求，亦為設置過程需謹慎評估的重要問題。

依據國內 107 年 10 月 17 日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第 46 條提及小區劃型撒水頭設置場所可用於第 12 條第 1 款第 3 目、第 6 目、第 2 款第 7 目、第 5 款第 1 目等場所居室、病房及其他類似處所，顯見目前可採用『小區劃型自動撒水設備』設置的建築場所極為眾多，且《水道連結型自動撒水設備設置基準》規定其撒水頭放水量應在 30L/min 以上，故本研究團隊亦將水道連結型撒水頭納入小水量撒水頭所屬範圍之內。

防止火災延燒擴大的手法，普遍可分為「滅火」、「延遲」、「局部控制」等三種方式，滅火意即利用滅火設備於火災初期進行撲滅或抑制，其中以水滅火系統最為常見【1】。一般建築物局部火災大多僅啟動一顆或相鄰火源的數顆撒水頭進行火勢抑制，因而對於撒水頭設置

距離、分佈及撒水量等性能參數皆應深入考量其相輔間的影響。

水滅火系統為經濟且可靠的滅火設備，自英國 Colonel Willian Congreve (1812 年) 發展迄今已逾 200 多年，撒水過程不僅能吸收火場熱量，亦可預先淋濕可燃物以控制或撲滅火勢，於火場扮演著重要角色且其設置成本較其他固定式滅火系統低廉【2】。我國密閉式撒水頭依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》僅進行包含強度、動作測試與撒水分佈...等試驗，相比於中國或美國的撒水頭試驗項目，缺少可用來評估滅火效能或作為實際使用表現評估的試驗項目。綜合目前我國現況，若僅針對撒水頭進行強度、動作測試與撒水分佈試驗，恐無法確保撒水頭具備足夠的滅火效果。

本研究為釐清小水量滅火設備的滅火效果並達量化效果，將參考【ISO 6182-10 Fire protection Automatic sprinkler systems Part 10: Requirements and test methods for domestic sprinklers】之試驗條件、步驟內容、試驗基準進行研究。以目前現有市售的水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭作為測試標的物進行試驗，判斷在其標準試驗空間與規定條件下，撒水頭放水前後效果並針對測試環境、設備及測試技術等應注意事項進行彙整。

其實驗結果可作為我國後續若欲建立小水量撒水頭滅火效能標準測試法之參考，並可讓消防設備師更加清楚瞭解所裝設的撒水頭滅火性能是否滿足滅火需求，或有微調撒水頭密度或設置的潛在需求，亦能作為裝設小水量自動撒水設備場所(例如：旅館、低層住宅空間、小型安養機構、醫院小型空間、低層部小型商業空間)及其他建築業主欲加強建築物防火安全而自主增設小水量自動撒水設備的重要參考指標。

二、研究方法與過程：

我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》所規定的試驗項目有耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架永久變形量、易熔元件之強度、玻璃球之強度、釋放機構之強度、振動、水鎚、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量...等。與其他各國撒水頭試驗項目之最大差異，主要在於我國與日本僅進行撒水分布試驗，而美國與中國除撒水分布試驗外，還針對撒水頭進行燃燒試驗。燃燒試驗主要為驗證相同燃燒物的情況下，不同撒水頭之滅火效果。本研究團隊將參考國外撒水頭燃燒試驗相關規範及標準，進行文獻蒐集與比較分析，提供未來國內設置相關測試基準之參考依據。

計畫實施上，本年度將分成三大部份進行研究，首先第一部分為針對國外住宿場所用消防撒水頭(domestic sprinklers)滅火效能之評估測試規範及標準蒐集與比較；第二部分為建立我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能實驗規劃及測試方法評估，並於雲林科技大學實驗場參考國外規範進行燃燒試驗之實驗設計，以現有市售的水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭作為標的物進行滅火性能測試；第三部分則提出我國對於水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能之標準評估測試法之建議與參考。

三、重要發現：

- 1.綜合目前我國現況，若僅針對撒水頭進行強度、動作測試與撒水分布試驗，恐無法確保撒水頭具備足夠的滅火效果，尤其針對放水量小於 80 公升/分鐘的小水量撒水頭(例如：水道連結型撒水頭、小區劃型撒水頭)，是否滿足標稱滅火效能更加無法直觀判斷。本研究採用四款小水量撒水頭進行試驗，依據研究結

果提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能標準實驗法及評估基準建議。

2. 針對【ISO6182-10】之國外住宿場所用消防撒水頭滅火效能評估測試規範進行燃燒試驗內容彙整並按其規定搭建符合試驗要求的試驗空間進行試驗，綜合本研究實驗結果，總結如下：

(1) 燃燒試驗過程與真實火災情境較為相似，試驗流程為通過燃燒木堆作為火載量；燃燒產生的熱煙流激發撒水頭作動撒水。基於上述試驗原理，如何控制試驗初期火源燃燒至撒水頭啟動的熱昇溫曲線尤為重要。彙整本研究共計八次的實驗結果發現，試驗開始一分鐘的熱昇溫斜率皆在 $0.822 \sim 1.054(^{\circ}\text{C}/\text{sec})$ 之間，即可間接說明本研究之試驗初始燃燒現象穩定，且符合實驗之再現性要求。

(2) 本研究採用四款撒水頭並各自進行二次試驗，經彙整八次實驗結果發現，八次實驗結果皆符合 ISO6182-10 對於試驗溫度限制的規定。同時分析各實驗撒水頭啟動時間發現，前三款撒水頭標稱動作溫度皆為 72°C ，對照實驗結果發現其三款撒水頭啟動時間落在 1 分 15 秒至 1 分 32 秒之間；而第四款撒水頭(VK430)標稱動作溫度為 68°C ，撒水頭啟動時間為 1 分 07 秒至 1 分 12 秒之間，其啟動時間快於 72°C 撒水頭，此現象符合實際情況。

3. 彙集上述實驗結果，本研究提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭等小水量滅火效能實驗方法及評估基準建議參考。

四、主要建議事項：

建議一

立即可行之建議：建立撒水頭滅火性能試驗方法

主辦機關：內政部消防署、經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

本研究針對【ISO6182-10】之撒水頭燃燒試驗規範及燃燒試驗內容進行文獻分析，同時參照該規範搭建符合試驗規範之試驗空間場所，並選用小水量撒水頭進行數次全尺寸實驗。建議後續研究機構可參考本研究成果與試驗流程應注意事項，作為未來我國設立撒水頭滅火性能試驗之參考。

建議二

立即可行之建議：將不同撒水半徑、放水量、型式之撒水頭納入燃燒試驗規劃並從中優化試驗流程

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人消防安全中心基金會、財團法人中華民國消防技術顧問基金會

本研究主要以小水量且向下型之撒水頭作為試驗對象，但市面上仍有數種型式、放水量、撒水半徑不同的撒水頭，若要完善燃燒試驗的試驗流程，應將各式撒水頭皆納入試驗規劃，並從試驗結果修改或補充試驗流程。建議後續研究可優先將撒水半徑與放水量不同的撒水頭納入試驗規劃。

Abstract

Keywords: water automatic fire extinguishing equipment, performance test, waterway connection type, compartment division type

1 · Research origins :

Taiwan's land is narrow and densely populated. In order to increase the living or available space for the people, its architectural style has been greatly changed compared with the previous building styles. Fire accidents occur from time to time in places with small layout space. (for example: long-term care institutions, medical institutions, residences, hotels, etc.) If you want to add a water automatic fire extinguishing system to the area of the compartment, it is necessary to use small water or simple system equipment to achieve a balance between the design side and the economic side. However, whether the small water automatic sprinkler equipment (waterway connection type, community zone type automatic sprinkler equipment) can still sprinkle water as expected and meet the requirements of the nominal water discharge and fire extinguishing efficiency while its discharge volume is lower than the general automatic sprinkler head. It is also an important issue that needs to be carefully evaluated during the setup process.

According to Article 46 of the "Standards for Fire Safety Equipment Installation in Various Places" amended on October 17, 107 in Taiwan, it is mentioned that the establishment of community-type sprinklers can be used in Article 12, paragraph 1, item 3, item 6, and paragraph 2. Items 7 and Item 5, Item 1 and other places, rooms, wards, and other similar places, it is obvious that there are a lot of construction sites that can be set up with "compartment type automatic sprinkler equipment", and "Waterway-linked automatic sprinkler equipment installation standards"

It is stipulated that the discharge amount of the sprinkler head should be more than 30L/min, so the research team also included the channel-linked sprinkler head into the scope of the small water sprinkler head.

The methods to prevent the spread of fire can be generally divided into three methods: "extinguishing", "delayed", and "local control". Extinguishing means using fire extinguishing equipment to extinguish or suppress the fire at the initial stage. Among them, water extinguishing systems are the most common [1]. Generally, local fires in buildings usually only activate one or several sprinklers of adjacent fire sources to suppress the fire. Therefore, the performance parameters such as the setting distance, distribution and sprinkling amount of sprinklers should be thoroughly considered for their complementary effects.

The water fire extinguishing system is an economical and reliable fire extinguishing equipment. It has been developed for more than 200 years since Colonel Willian Congreve (1812) in the United Kingdom. The fire field plays an important role and its installation cost is lower than other fixed fire extinguishing systems [2]. According to the "Closed Sprinkler Approval Standard Amendment Regulations", my country's closed sprinklers only carry out tests including strength, action tests and sprinkler distribution. Compared with the sprinkler test projects in Taiwan or the United States, it lacks the ability to evaluate fire-fighting effectiveness or performance. Test items for actual use performance evaluation. Based on the current situation in our country, if only the strength, action test and sprinkler distribution test are conducted for the sprinkler, it may not be possible to ensure that the sprinkler has sufficient fire extinguishing effect.

In order to clarify the fire extinguishing effect of small water fire extinguishing equipment and achieve quantitative results, this research

will refer to the test conditions, procedures and test standards of [ISO 6182-10 Fire protection Automatic sprinkler systems Part 10: Requirements and test methods for domestic sprinklers] . Use the existing commercially available waterway-linked sprinklers and compartment type sprinklers as the test objects to test, determine the effect of the sprinkler before and after discharge under the standard test space and specified conditions, and target the test environment, equipment, and test technology. Matters should be noted for compilation.

The experimental results can be used as a reference for the subsequent establishment of a small water sprinkler fire extinguishing efficiency standard test method in our country, and can allow fire-fighting equipment engineers to know more clearly whether the installed sprinkler fire extinguishing performance meets the fire extinguishing needs, or fine-tune the sprinkler density. The potential demand for installation can also be used as a place for installing small water automatic sprinkler equipment (for example: hotels, low-rise residential spaces, small nursing institutions, small hospital spaces, low-rise small commercial spaces) and other building owners who want to strengthen the fire protection of buildings. It is an important reference index for the safe and autonomous addition of small water automatic sprinkler equipment.

2 、 Research method and process :

The test items specified in my country's "Closed Sprinkler Approval Standard Amendment Regulations" include leakage resistance, ambient temperature, impact, assembly load, permanent deformation of the frame, the strength of fusible components, the strength of the glass ball, the strength of the release mechanism, and the vibration, water hammer, corrosion, motion, sensitivity, hot air flow induction, water discharge...

etc. The biggest difference from other countries' sprinkler head test projects is that my country and Japan only conduct sprinkler distribution tests, while the United States and China also conduct combustion tests on sprinkler heads in addition to sprinkler distribution tests. The combustion test is mainly to verify the fire extinguishing effect of different sprinklers under the same combustion. The research team will refer to the relevant specifications and standards of foreign sprinkler combustion tests, conduct literature collection and comparative analysis, and provide a reference basis for setting relevant test standards in the future.

In terms of the implementation of the plan, this year will be divided into three parts for research. First, the first part is the collection and comparison of evaluation, test specifications and standards for the fire extinguishing effectiveness of domestic sprinklers used in foreign accommodations; the second part is the establishment of our country waterway-linked sprinklers and community zone-type sprinklers fire extinguishing efficiency test planning and test method evaluation, and in the Yunlin University of Science and Technology experimental site reference foreign standards for the combustion test experimental design, using existing commercially available waterway-linked sprinklers and residential zone-type sprinklers are used as the subject to test fire extinguishing performance; the third part puts forward the recommendations and references of standard evaluation and test methods for waterway-linked sprinklers and zone-type sprinklers for fire extinguishing performance.

3、Important findings：

1. Based on the current situation in our country, if only the strength, action test and water distribution test are conducted for the

sprinkler, it may not be able to ensure that the sprinkler has sufficient fire extinguishing effect, especially for the small water sprinkler with a discharge volume of less than 80 liters/min (for example: Waterway connection type sprinklers, community zone type sprinklers), whether it meets the nominal fire extinguishing efficiency is even more difficult to intuitively judge. In this study, four small-volume sprinklers were used for testing. Based on the research results, the fire-fighting efficiency standard test method and evaluation benchmark recommendations for waterway-linked sprinklers and community-type sprinklers in my country are proposed.

2. According to the [ISO6182-10] standards for evaluating the effectiveness of fire-fighting sprinklers in foreign accommodations, the content of the combustion test was compiled and a test space meeting the test requirements was set up for the test. Based on the experimental results of this research, the results are summarized as follows:
 - (1) The combustion test process is similar to the real fire situation. The test process is to use the burning wood pile as the fire load; the hot smoke generated by the combustion stimulates the sprinkler head to actuate the sprinkler. Based on the above-mentioned test principles, how to control the thermal heating curve from the ignition of the fire source at the beginning of the test to the start of the sprinkler is particularly important. Collecting the results of a total of eight experiments in this study, it is found that the thermal ramp rate of one minute at the beginning of the experiment is between 0.8 and 1.0 ($^{\circ}\text{C}/\text{sec}$), which can indirectly indicate

that the initial combustion phenomenon of the experiment in this study is stable and conforms to the reproduction of the experiment. Sexual requirements.

- (2) In this study, four sprinklers were used and the two tests were carried out separately. After collecting the results of the eight experiments, it was found that the results of the eight experiments all met the requirements of ISO6182-10 for the test temperature limit. Simultaneously analyzing the start-up time of the sprinklers in each experiment, it is found that the nominal operating temperature of the first three sprinklers is 72°C, and the comparison experiment results show that the start-up time of the three sprinklers falls between 1 minute 15 seconds and 1 minute 32 seconds; and The nominal operating temperature of the fourth sprinkler (VK430) is 68°C, and the start-up time of the sprinkler is between 1 minute and 07 seconds to 1 minute and 12 seconds, and its start-up time is faster than the 72°C sprinkler. This phenomenon is in line with the actual situation.
- (3) Collecting the above-mentioned experimental results, this study puts forward the experimental methods and evaluation criteria for the fire-fighting effectiveness of small water such as waterway-connected sprinklers and community-type sprinklers in our country.

4、Main recommendations：

Suggestion 1:

Immediately feasible proposal: establish a test method for sprinkler fire extinguishing performance.

Organizers: Fire Department, Ministry of Internal Affairs, Bureau of Standards, Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs

Co-organizer: Institute of Architecture, Ministry of Interior

In this study, literature analysis was conducted on the [ISO6182-10] sprinkler combustion test specification and combustion test content. At the same time, a test space meeting the test specifications was established with reference to the specification, and a small water sprinkler was selected for several full-scale experiments. It is suggested that follow-up research institutions can refer to the results of this research and the precautions of the test process as a reference for the future establishment of sprinkler fire extinguishing performance tests in my country.

Suggestion 2

Immediately feasible suggestions: Incorporate different sprinkling radius, discharge amount, and type of sprinkler head into the combustion test plan and optimize the test process from it

Organizer: Institute of Architecture, Ministry of Interior

Co-organizer: Fire Safety Center Foundation, Taiwan Fire Technology Foundation

This research mainly uses a small-volume and downward-type sprinkler as the test object. However, there are still several sprinklers with different types, water discharge amounts, and sprinkler radii. All are included in the test plan, and the test process is modified or supplemented from the test results. It is suggested that follow-up studies may prioritize the inclusion of sprinkler heads with different sprinkling radius and discharge amount into the experimental plan.

第一章 緒論

第一節 研究背景與研究範圍

近年來，因人口數急遽上升，加上土地面積有限，建築物有越來越密集的現象。當發生火災時，若消防人員或消防設備無法在第一時間控制火勢，將會造成生命財產的損失程度增加。國內長照機構、醫療院所、住宅、旅館等火災案例不時發生，火災起因包含：電器使用不當、電線走火、設備老舊故障、以及人為的不當行為(如亂丟菸蒂)及縱火等。表 1-1 為近年來重大長照機構、住宅與旅館之火災案件及傷亡人數統計表，其中上述重大災例皆有相似情境(包含：發生於凌晨時段、場所內具有避難弱者或住民處於睡眠狀態)，故既有建築物即便符合相關規定，火災防護保障仍有不足的情況。

表 1-1 近年長照機構、住宅與旅館之重大火災案件傷亡數統計表

日期	地點	死亡 (人數)	輕重傷 (人數)
2018/08/13	衛福部台○醫院	15	14
2017/05/19	屏東縣恆春鎮南○護理之家	4	55
2017/03/10	桃園市龍潭區愛○老人長期照顧中心	4	13
2016/07/06	新北市新店區私立樂○老人長照中心	6	28
2012/10/23	台南市新營區新○醫院北門分院	13	59
2009/03/02	台北市白○大旅社	7	1
2003/08/31	新北市蘆洲區蘆洲大○市社區	15	69

(資料來源:參考書目【2】及本研究整理)

目前已規定第十二條第一款第三目(旅館類場所)、第六目(醫院類場所)、第二款第七目(集合住宅類場所)、第五款第一目(複合用途建築物含甲類場所)等場所之住宿居室、病房及其他類似處所，得採用小區劃型撒水頭(以第一種感度為限)，以及長照機構需設置相關水滅火系統或樓地板面積合計未達1,000m²者得設置水道連結型自動撒水設備。由於水道連結型及小區劃型自動撒水設備其撒水頭之放水量

均未達每分鐘 80 公升，故本研究均將其定義為小水量自動撒水設備的研究範疇。目前小水量自動撒水設備之實際滅火性能並未有相關法規進行要求或量化，然而小水量自動撒水設備(水道連結型、小區劃型自動撒水設備)在其放水量低於一般自動型撒水頭的同時，是否仍能如預期條件進行撒水並達標稱放水、滅火效能將是關鍵。故本研究係提出小水量自動撒水設備之滅火性能測試實驗法，作為小水量撒水頭滅火性能的量化依據。

水滅火系統具自動探測、啟動的功能，並可在偵知火災發生後即時發出警報，在所有固定式滅火設備中，使用範圍最廣。具有工作穩定、滅火速度快、高控制火勢率、維修便利及成本低廉等優點【3】。除撒水頭設置間距與高度會影響撒水設備啟動速度外，撒水頭本身的性能特性亦決定撒水設備抑制及撲滅火勢的效果，因而撒水頭出廠的檢測項目十分重要，相比於其他國家之撒水頭標準試驗項目，我國並未針對撒水頭進行燃燒測試以確定撒水頭是否具備良好的滅火性能。一般而言，撒水頭滅火效能完全取決於撒水頭的【撒水量】與【撒水覆蓋範圍】及【安裝位置】。其中撒水量及撒水範圍為火場滅火的主要元素，依據不同撒水防護半徑、熱響應時間、撒水量均會影響撒水頭的性能。

我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》之動作溫度試驗測試流程為將撒水頭置入固定溫度之蒸餾水或油類，用以驗證及確認動作溫度。舉例來說，一般反應型撒水頭的 68°C 作動溫度，是透過檢驗機構以水浴法或油浴法等液態物質檢測而來，但是水或油類的熱傳導係數遠大於空氣，其熱傳速率越快則響應時間越快。而真實火災引起撒水頭動作的原因主要由空氣「熱對流」與火源「熱輻射」等熱交換方式為主，故往往從全尺寸實驗發現，其撒水頭動作溫度遠大於 68°C

【4】。

綜上可知，燃燒試驗的測試流程較符合真實火災情況，其試驗為透過燃燒木堆與泡棉作為火載量，以產生的熱煙流激發撒水頭作動撒水，從而評估其對於撲滅火勢與抑制溫度的效果。本研究團隊初步將動作試驗定義為「採用一穩定且具有再現性的測試方法去測試撒水頭作動元件的激發條件」；而燃燒試驗則定義為「採用較貼近真實火災的測試方法去測試撒水頭實際滅火效果」，兩者相比可發現燃燒試驗較符合實際火災情況且有助於反應撒水頭實際的啟動撒水時間。

影響撒水頭啟動撒水快慢的因素大多與熱響應特性、撒水頭標稱溫度、撒水頭設置間距、火勢情況等因素有關。密閉式撒水頭其動作快慢一般以 RTI 值評估。RTI 值計算主要與「撒水頭感熱元件時間常數」及「氣體流速的平方根」有關。其中時間常數與感熱元件質量、比熱、熱對流傳導係數及表面積相關，RTI 計算如公式 1.1 所示。

$$RTI = \tau u^{\frac{1}{2}} = \frac{mc}{h_c a} u^{\frac{1}{2}} \quad (1.1)$$

公式 1.1 說明，其中：

RTI：反應時間指數($m^{1/2}s^{1/2}$)； τ ：時間常數(sec)。

u ：氣流速度(m/s)； m ：感熱元件質量(g)。

c ：感熱元件比熱(cal/g°C)； h_c ：熱對流傳導係數($w/m^2\text{°C}$)。

a ：感熱元件暴露在氣流中表面積(m^2)。

因 RTI 值是在靜態標準條件所量測的數值，實際火場情況可能受障礙物(例如：鐵架、樑、風管、櫃子等大型障礙物)阻擋而影響啟動時機。學者陳建忠【5】等人研究指出，當撒水頭設置於高度 5.2m 時，無論下方障礙物遮蔽率在 0%、35%、70%，皆會因障礙物上方撒水頭設置過高，促使作動時間不穩定而造成撒水失效。RTI 值越小，撒水頭感熱元件熱上升速度越快；反之 RTI 值越大，則會延緩感熱元件熱上升速度，《NFPA 13》【6】將撒水頭熱敏感度分成三種類別(表 1-2)。

表 1-2 密閉式撒水頭 RTI 分類

類型	RTI 值
快速反應型	≤ 50
標準反應型	≥ 80
特殊反應型	$50 > RTI > 80$

(資料來源:參考書目【6】)

一般建築物發生火災時，會伴隨濃煙密布、熱量無法快速消散、火勢向上延燒等情形。學者鄭元良等人【7】利用電腦模擬軟體(FDS)模擬自動倉儲空間水滅火系統之滅火效能，其模擬結果顯示，具備滅火能力強的撒水頭仍會因設置位置過高使火勢初期所產生微量熱煙氣無法有效激發撒水頭動作。一般而言，除 RTI 值外亦有 RDD 與 ADD 二種重要因子，以足夠控制火勢的撒水密度稱為 RDD (Required Delivered Density)。當火勢隨著時間成長，撒水頭作動時間越晚，則 RDD 數值就越大；另外單位面積可獲取的撒水量被稱為 ADD(Actual Delivered Density)，被定義為實際能噴撒在火源上的撒水量，當火勢隨時間成長，此時撒水頭噴撒的水能夠穿透火焰並達火源表面的面積就越小【8】。舉例來說，當撒水頭 RTI 值越小，則撒水頭作動時間越快且 RDD 值越小，可用較少水量達到抑制火災效果。此外也能從 ADD 與 RDD 的關係評估火勢抑制效果。當 ADD 值大於 RDD，撒

水系統方能達到應有的滅火或控制火勢的效果。ADD (Actual Delivered Density) 與 RDD (Required Delivered Density) 的關係如圖 1-1 所示。

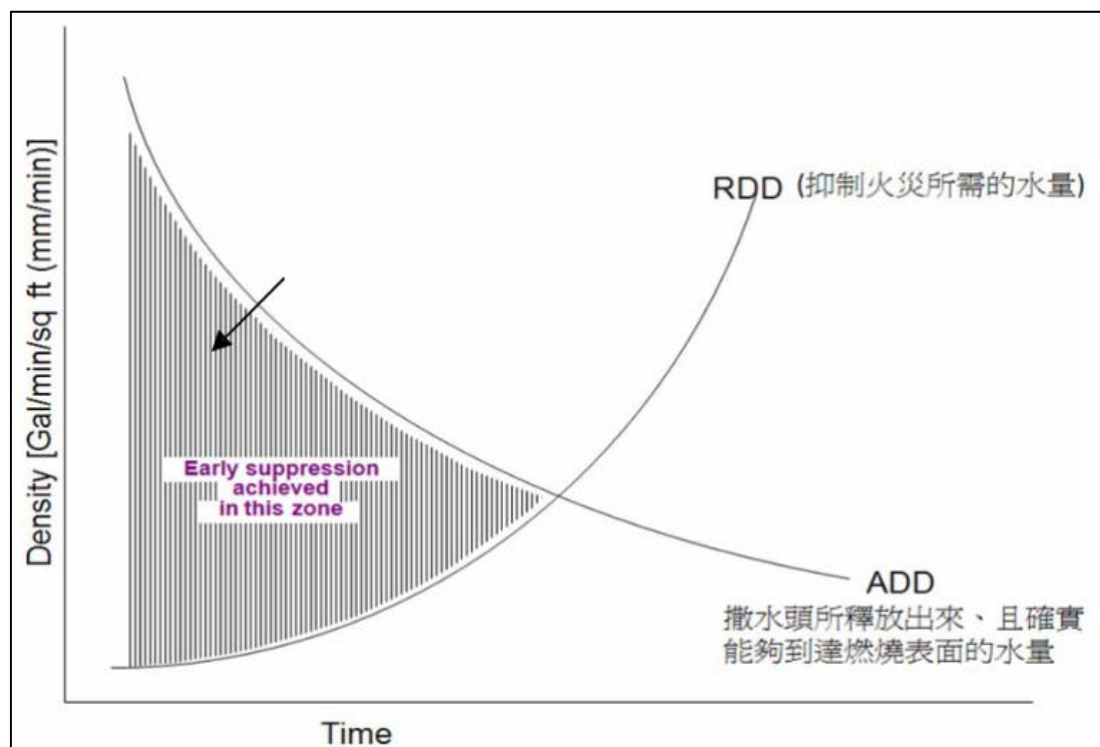


圖 1-1 RDD、ADD 三者關係圖

(資料來源:參考書目【9】)

第二節 研究目的

一般建築物局部火災大多僅啟動一顆或相鄰火源的數顆撒水頭進行火勢抑制，故對於撒水頭設置距離、分佈及撒水量大小的設置規劃，往往會對撒水頭滅火性能表現產生明顯差異，從而造成若干小水量密閉式撒水頭即使符合《密閉式撒水頭認可基準》規定，於現場使用仍有無法發揮其宣稱性能功能之情況發生。

我國市售的小水量撒水頭其放水量均遠低於一般自動撒水頭，是否仍能如預期條件進行放水並達到標稱放水、滅火效能之要求，一直是消防專業人員關注的議題。本研究將以小水量自動撒水設備作為研究重點，參考國外撒水頭燃燒試驗規範要求進行滅火性能測試，希望針對小水量撒水頭滅火效能試驗建立一個標準檢驗程序與環境。

我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》所規定的試驗項目有耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配戴重、框架永久變形量、易熔元件之強度、玻璃球之強度、釋放機構之強度、振動、水錘、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量...等。與其他各國撒水頭試驗項目之最大差異，主要在於我國與日本僅進行撒水分佈試驗，而美國與中國除撒水分佈試驗外，還針對撒水頭進行燃燒試驗。

國內目前尚無滅火效能相關規範及評估標準，雖藉由相關研究可知所有的水滅火系統均能有效控制火勢，但仍有案例或相關研究案指出，水滅火系統存在未能達到其標稱滅火性能表現的情況，從而造成延緩或延遲啟動時機。因此小水量撒水設備於實際應用是否亦能達到良好的滅火效能從目前現有的測試項目並無法直觀判斷，故增設撒水頭_燃燒試驗項目能夠釐清各類撒水頭的滅火性能，亦能作為確認其撒水頭於實際火災現場表現的間接方法。

本研究團隊預計參考國外 ISO6182-10 規範並以目前市場在售的水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭作為研究標的物進行實驗，瞭解在其標準試驗空間與規定條件下，撒水頭在放水前後的滅火效果，並針對測試環境、設備及測試技術等應注意事項進行彙整。

學者丘澄彬【11】研究指出，當滅火時機在火源完全成長之後時，撒水對火的抑制效果將不隨撒水量增加而增加。換言之，當火源達到完全成長後，相較於火源完全成長前更難以控制。

學者吳玉祥【12】提出可能對撒水頭作動時機造成影響的因子如下：

1. **感熱元件油漆塗層**：因感熱元件受油漆阻隔，使外界熱對流無法有效加熱感熱元件。
2. **天花板距離地面高度**：若樓層高度過高時，除非火災規模很大，不然將造成撒水頭無法即時作動或延遲啟動。
3. **撒水頭位置與火源原點之水平距離**：當撒水頭在火源正上方將可快速作動；然而火源距離撒水頭位置有一定水平距離則隨水平距離越遠，越慢作動。
4. **環境空氣溫度**：若撒水頭乃依靠感熱元件作動時，周圍環境空氣的溫度將會影響撒水頭作動的快慢。
5. **通風量和氣流動線**：通風量過大將造成熱煙氣被快速移除，無法蓄積熱能使感熱元件昇溫作動，造成撒水頭作動延遲或不作動。
6. **火災發展速率**：隨火災發展速率越大，蓄積熱能的速度也將越快達到感熱元件作動溫度。

本研究預期目標如下：

1. 進行國外住宿場所用消防撒水頭滅火效能之評估測試相關規範及標準比較分析，並提出可行性評估。
2. 完成不同規格之水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火性能比較分析。
3. 提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能實驗方法及評估基準建議。

第三節 研究內容

水滅火系統於火場扮演著重要角色，不同類型撒水頭之應用場所不盡相同；依其場地大小與使用用途(例如：一般住宅、醫療院所、學校、工廠及公共場所) 依法所需設置的撒水頭數量亦不相同。針對不同類型建築物特性及需求，若水滅火系統僅進行強度、動作測試與撒水分佈試驗，而不進行相關燃燒測試以確認滅火效能，恐無法確保撒水頭在此類建築場所具備足夠滅火能力，對人身安全及建築物防護可能存有危害風險。

一般建築物局部火災大多僅啟動一顆或相鄰火源的數顆撒水頭進行火勢抑制，故對於撒水頭設置距離、分佈及撒水量大小的設置規劃，往往會對撒水頭滅火性能表現產生明顯差異，從而造成若干小水量密閉式撒水頭即使符合《密閉式撒水頭認可基準》規定，於現場使用仍有無法發揮其宣稱性能功能之情況發生。此外我國市面上大多數建築場所設置的小水量撒水頭其放水量均遠低於一般自動撒水頭，是否仍能如預期條件進行放水並達到標稱放水、滅火效能之要求，一直是消防專業人員關注的議題。本研究將以小水量自動撒水設備作為研究重點，參考國外撒水頭燃燒試驗規範之要求進行小水量自動撒水設備之滅火性能測試。

目前日本與我國所採用的水道連結型自動撒水設備均為密閉濕式系統，當物品受微火源引燃的情境下，甚至可能只有產生煙而無明火，即使環境溫度已達認可基準之氣流溫度，若是氣流速度未能一併滿足，也有可能造成密閉濕式撒水頭延遲作動反應時間，由上述情況可得知撒水頭若無進行與真實火場情況相似的試驗項目(如：燃燒試驗)，則可能無法從根本瞭解撒水頭延遲啟動的原因。

根據過往文獻及相關研究指出，密閉式撒水頭即使符合《密閉式撒水頭認可基準》規定，但仍可能不符合 ISO6182-10 規範要求，因此撒水頭若僅進行強度、動作測試與撒水分布試驗，恐無法確保撒水頭具備足夠的滅火效果，對人身安全可能存有危害風險。為提出有效證據說明增設燃燒試驗項目之必要性及需求，彙整各國針對撒水頭試驗之規範(表 1-3)發現，我國針對撒水頭之規定試驗項目與日本相近，而美國與中國則另有針對撒水頭進行燃燒試驗，該試驗簡單來說是利用相同燃燒物(火載量)，確認不同撒水系統間對於相同火源的抑制效果，從中亦能瞭解撒水頭的滅火性能及啟動時機。

彙整各國撒水頭檢測項目如表 1-3。我國主要依據消防署 106 年發布之《密閉式撒水頭認可基準修正規定》及 CNS 11254《密閉型自動撒水頭》、CNS 11255《密閉型自動撒水頭檢測法》進行相關檢測；日本依據《密閉式撒水頭技術規則省令》及《密閉式撒水頭檢定細則》進行相關檢測，中華人民共和國依據 GB 5135.1《自動噴水滅火系統 第一部分：洒水噴頭》、GB 5135.15《自動噴水滅火系統 第 15 部分：家用噴頭》進行相關檢測；美國依據 UL 199《消防自動撒水頭標準》、UL 1626《住宅用消防撒水頭標準》及 FM 2030《住宅用消防自動撒水頭認證標準》進行相關檢測。

表 1-3 國內外撒水頭檢測規範表

國家	檢測規範	撒水頭 燃燒試驗
國際標準	1. ISO6182-1 (Automatic sprinkler systems- Part 1: Requirements and test methods for sprinklers) 2. ISO6182-10 (Automatic sprinkler systems - Part 10: Requirements and test methods for domestic sprinklers)	有 (編撰於 ISO6182-10)
台灣	1. 密閉式撒水頭認可基準修正規定 2. CNS 11254 《密閉型自動撒水頭》 3. CNS 11255 《密閉型自動撒水頭檢測法》	無 (僅有撒水分布試驗)
日本	1. 《密閉式撒水頭技術規則省令》 2. 《密閉式撒水頭檢定細則》	無 (僅有撒水分布試驗)
中國	1. GB 5135.1《自動噴水滅火系統 第一部分:洒水噴頭》 2. GB 5135.15《自動噴水滅火系統 第 15 部分:家用噴頭》	有 (編撰於 GB 5135.1)
美國	1. UL 199 (Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service) 2. UL 1626 (Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service) 3. FM 2030 (Approval Standard for Residential Automatic Sprinkler for Fire protection)	有 (編撰於 UL199、UL 1626)

(資料來源: 參考書目【6】【13】【14】【15】【16】、本研究整理)

王安強等人【10】將簡易式自動水滅火設備之定義歸納為：「為應保險需求於住宅或因避難弱者於收容避難弱者等場所，由自動撒水設備為設計概念主軸，對其中各項系統構件進行簡化，幫助該類場所業主可藉由裝設水道連結型撒水頭降低各該類場所之火災風險，提高自主滅火能力，發展連接自來水配管之自動滅火設備。」。

綜上可知，小水量等簡易型設備之實際滅火性能目前仍無法直觀瞭解，為確保撒水頭於火場發生火災能夠有效達到抑制火勢的功用，勢必需要進行相關測試。

國內目前尚無滅火效能相關規範及評估標準，雖藉由相關研究可知所有的水滅火系統均能有效控制火勢，但小水量撒水設備於實際應用中是否亦能達到良好的滅火效能仍無法直觀判斷。一般而言，撒水頭滅火效能取決於撒水頭撒水量、覆蓋範圍及設置位置，但我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》僅針對撒水頭進行包含強度、動作測試與撒水分佈試驗，並未進行相關的滅火性能試驗。國外燃燒試驗主要目的為驗證撒水頭是否能在規定時間將火勢控制在溫度標準值或能有效撲滅火勢，根據其不同撒水半徑、響應時間及撒水量，瞭解撒水頭滅火能力優劣。

第四節 研究方法及進度說明

本研究方法共分成三大部份，第一部分為針對國外住宿場所用消防撒水頭滅火效能之測試規範及標準蒐集與分析；第二部分為建立我國小水量自動撒水設備之撒水頭滅火效能標準實驗法及可行性評估，於雲林科技大學實驗場參照國外規範進行燃燒試驗實驗規劃與設計；第三部分為提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能之標準評估測試之參考。

表 1-4 各部份之研究內容表

	項目	研究內容
第一部份	撒水頭滅火測試規範及標準蒐集與分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 撒水頭滅火效能測試規範及標準文獻蒐集分析，並進行資料統整及分析。 ● 整理【ISO 6182-10】之撒水頭燃燒試驗規範內容及試驗流程設置要求及試驗方法。 ● 提出及建立我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能之可行的標準評估測試法。
第二部份	試驗空間建構設置與試驗流程規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 因國內尚無相關規範，本研究團隊將參考【ISO6182-10】燃燒試驗設置條件，規劃試驗空間場所及試驗方法。 ● 本研究挑選市售【水道連結型撒水頭】及【小區劃型撒水頭】作為測試標的物，進行撒水頭燃燒試驗。 ● 瞭解撒水頭燃燒試驗之滅火效果及同等滅火性能評比之可行性分析。
第三部份	燃燒試驗項目之實測驗證	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成不同規格之水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火性能比較分析。 ● 瞭解燃燒試驗之量化滅火效能的效果。 ● 針對測試環境、設備及測試技術等應注意事項進行彙整。 ● 提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能之標準評估測試法。

(資料來源：本研究整理)

本研究流程如圖 1-2 所示：

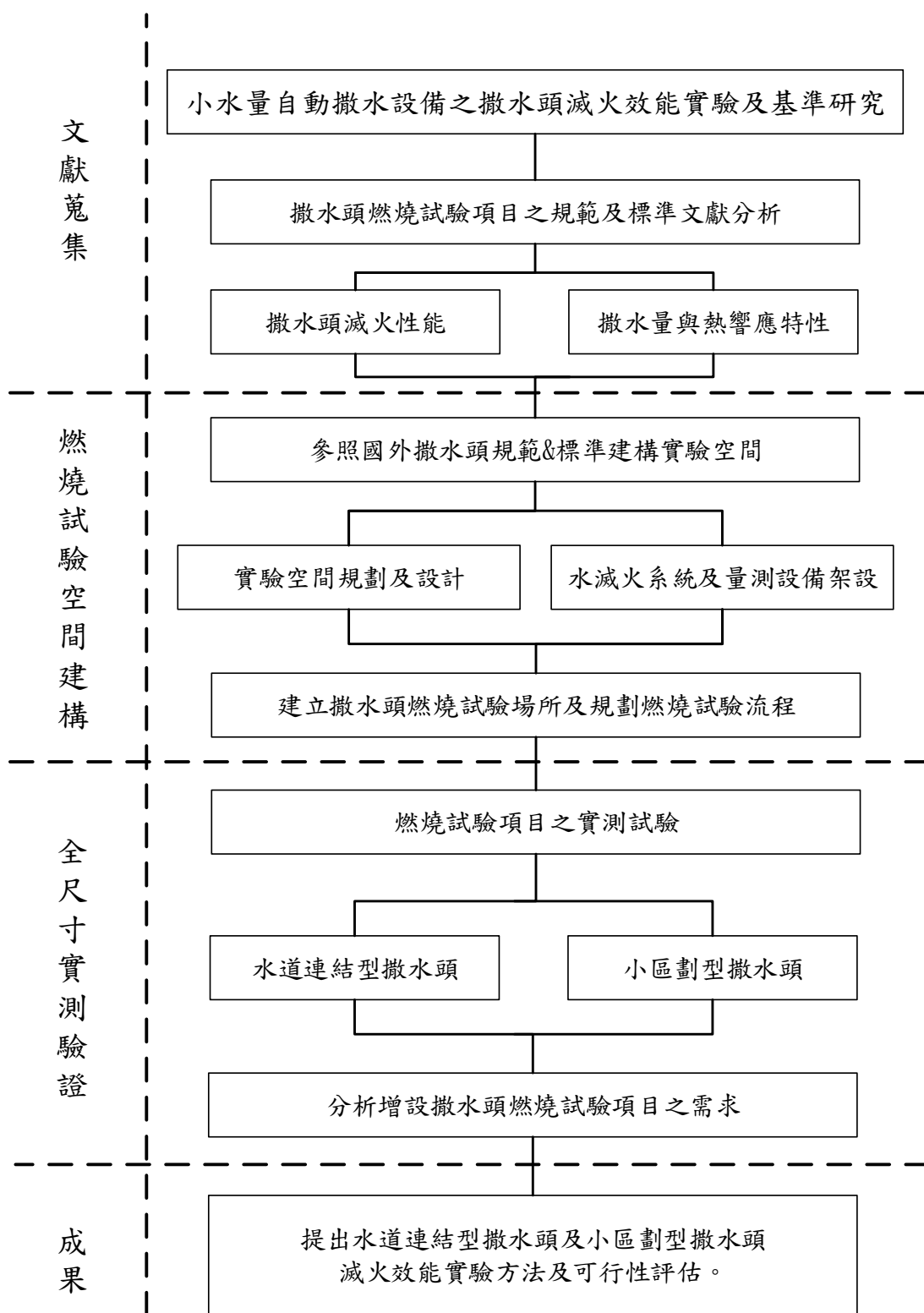


圖 1-2 研究流程圖

(資料來源：本研究整理)

本研究執行進度及預期完成之工作項目如表 1-5 所示：

表 1-5 研究進度及預期完成之工作項目表

月 工作項目	第 1 個 月	第 2 個 月	第 3 個 月	第 4 個 月	第 5 個 月	第 6 個 月	第 7 個 月	第 8 個 月	第 9 個 月	第 10 個 月	第 11 個 月	備 註
燃燒試驗 文獻蒐集及分析	■											
試驗空間建構及 周邊環境條件 設置			■									
燃燒試驗之 試驗流程規劃			■									
第一次 學者專家座談會				■								
期中簡報					■							
全尺寸實測驗證 (1)_水道連結型					■							
全尺寸實測驗證 (2)_小區劃型					■							
第二次 學者專家座談會							■					
全尺寸實驗 數據分析						■						
期末簡報									■			
結案報告整理										■		
預定進度 (累積數)	4%	8%	20%	36%	56%	68%	84%	88%	92%	96%	100%	

(資料來源：本研究整理)

第二章 文獻分析與研究

第一節 自動撒水設備種類

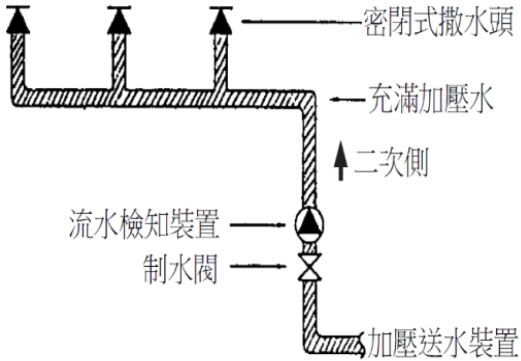
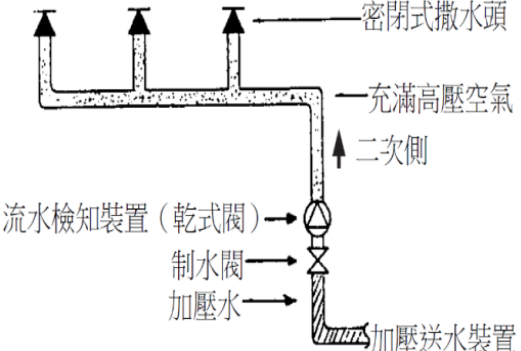
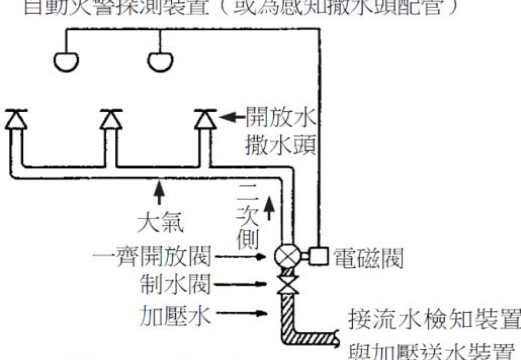

自動撒水設備係於防護區域上方，依規定之距離設置撒水頭，並藉適當管線系統，將所有撒水頭連接，配以流水檢知裝置，以及各種控制閥、加壓送水裝置、水源、緊急電源等機件組成，由探測器或感知撒水頭感應而啟動加壓送水裝置，由撒水頭噴出水流，防止火勢蔓延並能撲滅初期火災的滅火設備【7】。

● 一般型自動撒水

自動撒水設備為在防護區域上方，依規定距離裝設撒水頭，並以管路將所有撒水頭連接。自動撒水設備主要構成組件包含：水源、加壓送水裝置(重力水箱式、壓力水箱式或消防幫浦式)、送水口、撒水頭、流水檢知裝置(自動警報逆止閥、乾式閥、預動作閥等)、啟動裝置及一齊開放閥、配管、緊急電源等等。

自動撒水設備工作原理為平時將自來水儲存至消防水箱內，利用泵浦加壓維持水管內部壓力，當撒水頭啟動裝置感知到啟動溫度後，遂破開由撒水頭噴出水流，以抑制火勢蔓延、撲滅初期火災。自動撒水設備依種類可分為密閉濕式、密閉乾式、開放式、預動式，如表 2-1、表 2-2 所示。

表 2-1 自動撒水設備設置種類

種類	設置原則	圖示
密閉濕式	目前較為常見的類型，除寒帶地區、精密電腦機房、開放舞台外均適用。	
密閉乾式	適用於寒冷地區，管線內部貯水有結冰之虞之場所。	
開放式	適用於密閉式撒水設備無法有效滅火且有迅速擴大火勢之虞之場所。	
預動式	採雙層感應確認，有效防止誤動發生，適用於電腦等精密電氣室。	

(資料來源：參考書目【17】)

表 2-2 自動撒水設備作動流程

種類	作動流程
密閉濕式	平時管內儲滿高壓水，撒水頭作動時，即由撒水頭將水撒出。
密閉乾式	平時管內儲滿高壓空氣，撒水頭作動時先排空氣，隨即撒水。
開放式	平時管內無水，作動時由探測器火感知撒水頭自動或手動啟動一齊開放閥，隨即整個放水區域同時撒水。
預動式	平時管內儲滿低壓空氣，以感知裝置啟動流水檢知裝置，讓水流入二次測配管且撒水頭動作立即撒水。

(資料來源：本研究整理)



圖 2-1 乾式與濕式自動警報閥與各式撒水頭

(資料來源：參考書目【18】)

● 水道連結型自動撒水設備

水道連結式自動撒水設備為利用場所內自來水系統連結水箱、增壓給水裝置、撒水配管、水道連結型撒水頭之簡易自動撒水滅火設備等等所組成，如圖 2-2 所示。

裝設水道連結式自動撒水設備時，可排除設置標準第 44 條至第 46 條、第 50 條至第 55 條、第 57 條至第 60 條之配管、配件、屋頂水箱、竣工時之加壓試驗、配置、放水量、放水壓力、流水檢知裝置、水源容量、加壓送水裝置、送水口及緊急電源等規定。但假如撒水頭放水壓力未符規定者，應設增壓供水裝置或其他有效增壓措施。另外其水源容量需滿足以四顆水道連結型撒水頭持續放水 20 分鐘以上。

考量到場所內容火載量並非大型公眾使用場所之火載量，目前各國簡易自動撒水設備與住宅型撒水頭之水量與放射量的設置要求比傳統撒水頭小，水源容量需求也隨之下降。因此水源配置可依現場需求加以規劃。

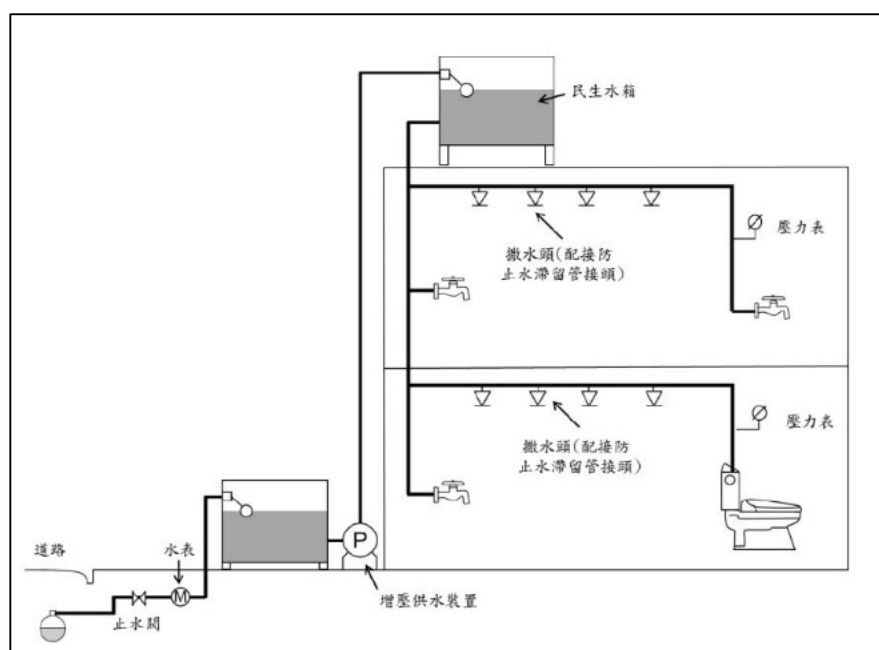


圖 2-2 水道連結式撒水頭之裝設示意圖

(資料來源：水道連結型自動撒水設備設置基準)

第二節 撒水頭類型



撒水頭作動原理主要透過火源產生的熱氣藉助浮力作用上升至天花板並快速向四周擴散，從而使撒水頭作動元件達溫度啟動條件，因此大多撒水頭皆設置於天花板附近，確保熱煙會在最短時間通過撒水頭並達啟動條件。學者董賢聲【19】曾提到，假設其他條件皆相等的情況下，撒水頭感熱元件的溫度與損壞時間成反比，故大多數撒水頭以 FMRC(Factory Mutual Research Corporation)所提出的響應時間指數 RTI(Response Time Index)作為分類標準，用以判斷撒水頭對火災反應的快慢程度。當 RTI 值愈小，撒水頭熱感應金屬組件溫昇表現愈快；RTI 值越大則會延緩其動作。

學者蘇鴻奇【20】將 4 個作動溫度為 68°C 的撒水頭設置於天花板並進行全尺寸實驗，該實驗結果發現撒水頭平均作動溫度為 $130^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ 之間，間接證實即使撒水頭溫度達做動標準，但仍還需一段時間後方能使撒水頭爆裂啟動。此外，學者丘澄彬【11】利用木框架設計模擬傢俱燃燒及滅火實驗發現，撒水量大於臨界水量會有最佳的滅火效果，並且滅火時機在火源完全成長後，此時撒水抑制效果將不會隨撒水量增加而增加，此現象說明火源達完全成長後較火源完全成長前更加難以抑制。

撒水頭內部設有一感熱元件，又被稱為 Link。感應元件主要以對溫度較為敏感的材料所製成。一般而言，從發生火災到撒水頭開始動作的這段反應時間的長短，主要取決於火源初始位置以及與撒水頭的相對位置、起火室空間尺寸、燃燒物特性、撒水頭靈敏度與材質等條件。撒水頭的熱響應指數直接影響到整個水滅火系統的滅火效果，而撒水頭啟動時間快慢取決於撒水頭安裝高度、響應時間指數、撒水頭

與火源的水平徑向距離等參數。一般火災現場若遇到僅單一撒水頭啟動或因撒水頭過於靈敏而多顆撒水頭同時撒水的情況，這些問題都來自於受到撒水頭的感知差異的影響。國內的撒水頭設置標準並沒有最小間距的要求，常常造成工程人員或一般民眾誤以為撒水頭越密越好【22】。然而過密的撒水頭配置不僅造成資源浪費，也會影響撒水頭間的撒水感知。目前國內大部分使用的撒水頭只僅通過《密閉式撒水頭認可基準》所規定的材質試驗、玻璃球試驗、腐蝕試驗及撒水分布試驗等項目，卻沒有進行燃燒測試之項目。撒水頭常見的感熱元件種類如表 2-3 所示。

表 2-3 感熱元件種類

種類	說明	撒水頭
玻璃球型	使用玻璃球作為感知元件，到達動作溫度時玻璃球會破裂而動作	
易熔元件型	使用易熔金屬（一般為錫）作為感知元件，到達動作溫度時易熔金屬會融化而造成元件動作	

(資料來源：參考書目【21】)

表 2-4 市面常見的密閉式撒水頭類型及規格表

分類	型式	
安裝方向	向上型(SSU)、向下型(SSP)、上下兩用型、水平側牆式、垂直側牆式	
感熱元件	玻璃球型、易熔金屬型	
熱感應特性	快速反應時間值小於 $50(m*sec)^{0.5}$ ，且導熱係數小於 $1.0(m*sec)^{0.5}$	
	快速反應時間值介於 $50-80(m*sec)^{0.5}$ ，且導熱係數小於 $1.0(m*sec)^{0.5}$	
	快速反應時間值介於 $80-350(m*sec)^{0.5}$ ，且導熱係數小於 $2.0(m*sec)^{0.5}$	
反應速度	快速反應型(第1種)、一般反應型(第2種)	
構造型式	密閉型、乾式密閉型、開放型、水霧噴頭、細水霧噴頭	
特殊用途	大水滴型、大涵蓋面積型、早期滅火快速反應型	
裝飾用途	隱藏型、壁凹型、優美型、多孔型	
流量(K值)特性	標準型撒水頭(K=80)、小區劃型撒水頭(K=50)、大流量型撒水頭(K=80以上)	
動作溫度	玻璃球型	易熔元件型
	橙(57°C) 紅(68°C) 黃(79°C) 綠(93、100°C) 藍(121、141°C) 紫(163、182°C) 黑(227、260、343°C)	無(60°C以下) 黑(60°C-75°C) 白(75°C-121°C) 藍(121°C-162°C) 紅(162°C-200°C) 綠(200°C-260°C) 黃(260°C以上)

(資料來源：參考書目【23】)

撒水頭主要組件包括感熱元件、迴水板及限流孔，依安裝方向分為向上型（SSU）、向下型（SSP）、側壁型（AAW）等。當流量特性係數越大，撒水量愈大且撒水量與工作壓力成正比。同時水滴粒徑、放水量與放水壓力三者之間的關聯性將影響撒水頭放水能否到達火源位置，當撒水頭放水可達火源位置且水量足夠時，則撒水頭可控制火勢；反之滅火失敗。NFPA-13 定義流量特性係數(K-Factor Formula) 與放水量、放水壓力的關係如式 1.2 所示【2】。

$$Q = K\sqrt{P} \quad (1.2)$$

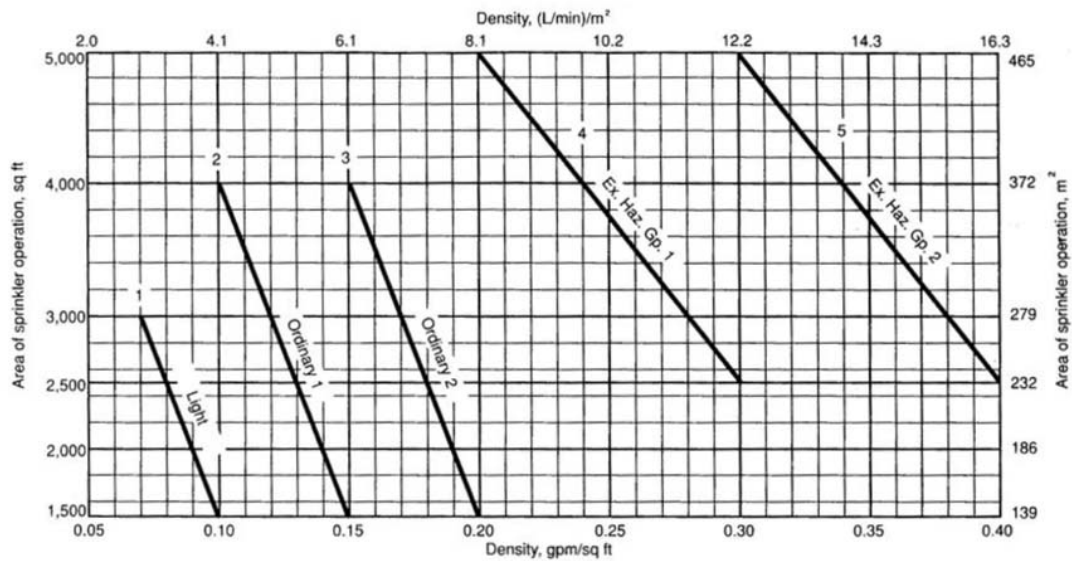
公式 1.2 說明，其中：

Q：撒水頭放水量（LPM）。

K：撒水頭放水係數（LPM/ $\sqrt{\text{bar}}$ ）。

P：撒水頭放水壓力（bar）。

撒水密度單位為每平方公尺每分鐘的撒水量(公升)，在正常無礙情形下，撒水密度愈高則水量越大，越能有效達到控制火勢成長的效果，表 2-5 為流量特性係數與放水量之關係表。撒水頭撒水密度與防護面積的關係如圖 2-3 所示，其中防護面積設計概念為當火災發生時，在假設撒水密度的範圍內，火勢可被控制甚至撲滅。然而我國消防法令並非以防護面積進行規定，而是採撒水頭標稱防護半徑進行規劃，從而計算空間所需撒水頭裝設數量，並不考慮撒水密度的數值。我國撒水頭水平距離設置要求如表 2-6 所示。



Note: For SI units: 1 sq ft = 0.0929 m²; 1 gpm/sq ft = 40.746 (L/min)/m².

圖 2-3 NFPA13 防護面積與撒水密度關係圖 (Area/Density Curve)
(資料來源: 參考書目【21】)

表 2-5 撒水頭流量特性係數與放水量、工作壓力關係表

(壓力單位: bar 流量單位: L/min)

K=20		K=27		K=40		K=60		K=80		K=115	
壓力	流量	壓力	流量	壓力	流量	壓力	流量	壓力	流量	壓力	流量
1.0	20	1.0	27	1.0	40	1.0	60	1.0	80	1.0	115
1.5	24	1.5	33	1.5	49	1.5	73	1.5	98	1.5	141
2.0	28	2.0	38	2.0	57	2.0	85	2.0	113	2.0	163
2.5	32	2.5	43	2.5	63	2.5	95	2.5	126	2.5	182
3.0	35	3.0	47	3.0	69	3.0	104	3.0	139	3.0	199
3.5	37	3.5	51	3.5	75	3.5	112	3.5	150	3.5	215
4.0	40	4.0	54	4.0	80	4.0	120	4.0	160	4.0	230
4.5	42	4.5	57	4.5	85	4.5	127	4.5	170	4.5	244
5.0	45	5.0	60	5.0	89	5.0	134	5.0	179	5.0	257
5.5	47	5.5	63	5.5	94	5.5	141	5.5	188	5.5	270
6.0	49	6.0	66	6.0	98	6.0	147	6.0	196	6.0	282
6.5	51	6.5	69	6.5	102	6.5	153	6.5	204	6.5	293
7.0	53	7.0	71	7.0	106	7.0	159	7.0	212	7.0	304
7.5	55	7.5	74	7.5	110	7.5	164	7.5	219	7.5	315
8.0	57	8.0	76	8.0	113	8.0	170	8.0	226	8.0	325
8.5	58	8.5	79	8.5	117	8.5	175	8.5	233	8.5	335
9.0	60	9.0	81	9.0	120	9.0	180	9.0	240	9.0	345

(資料來源: 參考書目【2】)

表 2-6 撒水頭水平距離設置要求表

場所分類	任一點至撒水頭之水平距離(m)	
	防火構造建築物	其他構造建築物
戲院、舞廳、夜總會、歌廳、集會堂等表演場所之舞臺及道具室、電影院之放映室或儲存易燃物品之倉庫	1.7m 以下	
一般反應型撒水頭（第二種感度）	2.3m 以下	2.1m 以下
快速反應型撒水頭（第一種感度）	2.6m 以下	2.3m 以下
小區劃型撒水頭（以第一種感度為限）	應符合下列所有要件： 1. 任一點至撒水頭之水平距離 2.6m 以下。 2. 撒水頭間距 3m 以上。 3. 撒水頭防護面積 13m ² 以下。	
側壁型撒水頭（以第一種感度為限）	1. 牆面二側至撒水頭之水平距離在 1.8 m 以下。 2. 牆壁前方至撒水頭之水平距離在 3.6 m 以下。	
中央主管機關認定儲存大量可燃物之場所天花板高度超過 6 m，或其他場所天花板高度超過 10 m 者	應採用放水型撒水頭	
地下建築物天花板與樓板間之高度，在 50 cm 以上	1. 任一點至撒水頭之水平距離 2.1m 以下。 2. 天花板與樓板均應配置撒水頭。 3. 天花板以不燃性材料裝修者，其樓板得免設撒水頭。	
高架儲存倉庫設在貨架之撒水頭	1. 任一點至撒水頭之水平距離 2.5m 以下，並以交錯方式設置。 2. 儲存易燃物品時，每 4m 高度至少設置一個；儲存其他物品時，每 6m 高度至少設置一個。 3. 儲存之物品會產生撒水障礙，該物品下方亦應設置撒水頭。 4. 設置符合規定防護板，或使用貨架撒水頭。	
高架儲存倉庫設在天花板或樓板之撒水頭	2.1m 以下	

(資料來源：參考書目【24】)

表 2-7 密閉式撒水頭種類及說明

種類	說明	撒水頭樣式
向上型	向上安裝型，迴水板向上呈現傘形	 <p>向上型</p>
向下型	向下安裝型，迴水板較為平整	
兩用型	向上向下皆可安裝使用	
側壁型	安裝於牆面，撒水時向側向噴出	
隱藏型	為增加美觀，配合天花板裝飾顏色增加隱藏蓋，動作時隱藏蓋先行掉落，撒水頭才動作	
優美型	為增加美觀，配合天花板裝飾顏色裝置於天花板內之撒水頭	

(資料來源：參考書目【21】)

感熱元件能量平衡方程式如下：

$$m_l c_p \frac{d(T_l)}{dt} = q_{conv} + q_{cond} + q_{rad} \quad (2.1)$$

公式 2.1 說明，其中：

m_l ：熱感測元件之質量，kg。

c_p ：熱感測元件之比熱，kJ/kg*k。

T_l ：熱感測元件之溫度，°C。

q_{conv} 、 q_{cond} 和 q_{rad} 分別代表對流、傳導與輻射熱傳。

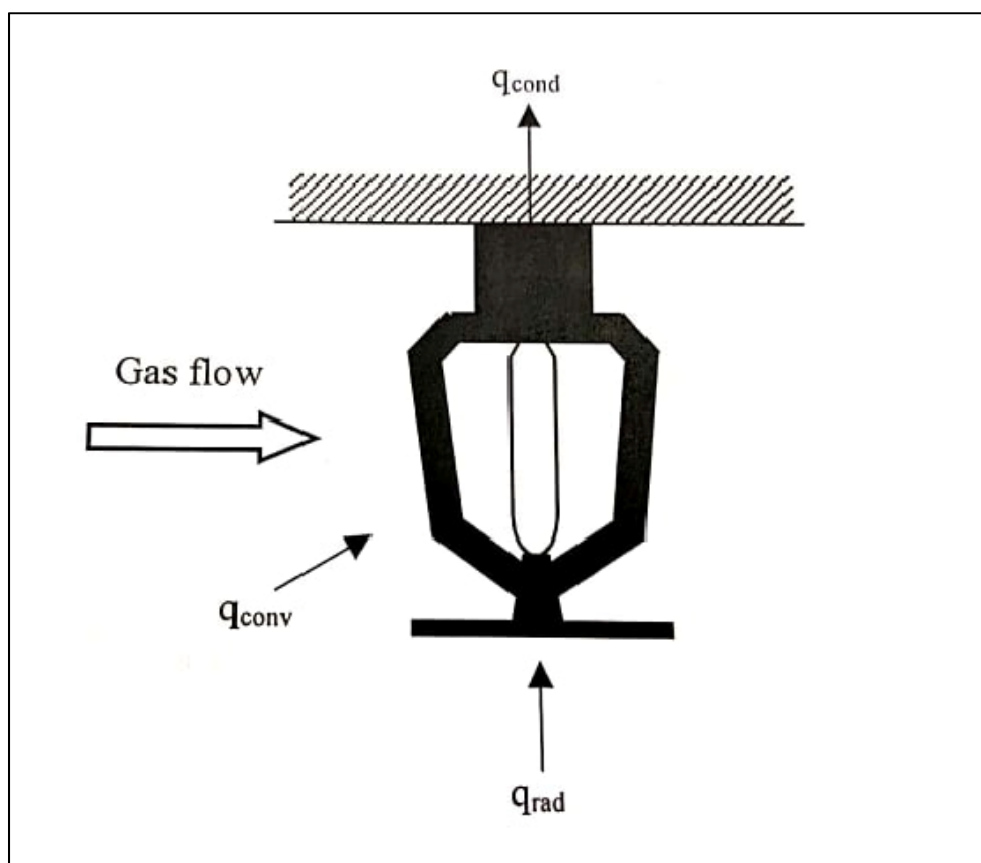


圖 2-4 撒水頭與熱煙氣之熱傳示意圖
(資料來源：參考書目【19】)

第三節 國內外相關文獻分析

對於火災發生的原因，學者 Ahrens【25】統計 1999 到 2002 年美國地區老人養護機構火災起源，其結果顯示：超過三分之一是由廚房烹調引起；電線走火占 12%；床墊、被褥占 6%；換洗衣物占 4%，其中又因床墊、被褥、換洗衣物等所引起之火災造成之傷亡最為慘重。學者 Zhang【26】等人調查老年住戶對於消防安全設備的使用情況發現，老人住宅內裝設電器安全開關有 56%、滅火器有 18%、防火毯有 10%、偵煙式探測器有 72%，但有將近四分之一的老年人從未注意過逃生動線。由此可知，消防設備的有效性及穩定性是一般民眾或老年人口等居住環境安全保障極為重要的一環。

學者李惠閔【27】研究亦指出災民以「手動滅火設備（滅火器、室內消防栓）」進行滅火時，受火災規模、人為因素等影響約有 40% 火災件數是無法撲滅；而「自動撒水設備」卻高達 92% 火災件數均能撲滅，顯示該設備具有非常高的可靠性。學者洪展賢【28】亦在研究過程中提出相似論點，若未設置自動撒水設備則無法有效延長避難或待救時間，容易造成重大死傷。綜上可知水自動滅火設備對住宅安全防護的重要性，因而鄰近國家對於水滅火系統皆設置相關規定，例如：中國對自動撒水系統形式選用(GB 50016-2012)；日本對自動撒水系統設置規定(建設省住宅局建築指導課)；美國撒水及排煙系統設計規範(NFPA 13、NFPA 92、NFPA 92B)等等【29】。

對於自動撒水設備之研究，學者張慧蓓【31】在 2010 年研究老人養護機構之安全管理，以 FDS 火災模擬軟體模擬結果得知，無撒水系統情況下，在點火後 200 秒之熱釋放率高達 1000kW。反之，若裝設撒水頭(K 值為 115 LPM/bar^{1/2}；壓力為 1 kgf/cm² 的撒水頭、2

馬力的幫浦)作為抑制火勢設備。從該學者模擬結果發現，啟動撒水頭可降低室內溫度至 150°C 以下，且其設置費用僅消防幫浦的三分之一，不但符合經濟效益，並能增加救援時間，保障生命安全。

此外學者謝明諺【32】利用原有的消防栓系統之消防蓄水池或一般民生用蓄水塔作為水源供應，透過幫浦與配管，並利用自動警報系統連動簡易式自動撒水設備，可達初期滅火之效。且該研究中所設計之簡易式自動撒水設備實際滅火能力，可於單顆一般反應型撒水頭之撒水情況下，對距離 2.3 公尺處，熱釋放率達 288.99 kW 之 A 類木框架火災達成滅火之效。對於提升撒水頭的滅火效能，除安裝位置外，撒水頭的撒水量亦相對重要，學者丘澄彬【11】利用木堆作為可燃物進行燃燒及滅火實驗，發現當撒水量大於臨界水量會有最佳的滅火效果。然而若火源已達完全成長時，則滅火效果將不隨撒水量增加而增加，因此撒水頭啟動時間尤為重要。

學者蔡匡忠【33】發現，自動撒水系統可在火災初期有效抑制或撲滅火源，且根據該學者模擬結果研究發現，假設火警探測系統有延誤作動的情況而致使火勢擴大到 20MW 才激發撒水頭作動，但若實際撒水密度(ADD)大於必要噴水密度(RDD)，仍可有效抑制或撲滅火勢。然而撒水頭若未能及時啟動則無法實現其滅火效果，學者蘇鴻奇【20】透過在天花板下設置 4 個作動溫度 68°C 的撒水頭進行試驗發現，雖已讓 4 個撒水頭暴露在平均溫度 130°C~140°C 的環境中，但仍須一段時間才能使撒水頭爆裂。

為瞭解造成撒水頭反應遲延的影響參數，學者 H.Ingason【34】於 1998 年，藉由撒水頭的玻璃球本身溫度變化、接口(fitting)的熱損失及玻璃球破裂所需要的能量進行研究，從研究中發現，考慮兩個參

數以上的結果，會比參考一個參數的結果來的準確。學者陳建忠等人研究發現，水滅火系統設置於建築物中，當撒水頭下方存有障礙物遮蔽時(例如：風管、鐵架、樑等障礙物)會造成撒水障礙而影響其滅火效果、燃燒熱釋放率、撒水頭作動時間等，但若撒水頭下方無障礙物時，能夠有效達到滅火；遮蔽率達 70%時，因受部分遮擋，使火源僅達部分滅火。因此撒水頭於實際環境設置情況中，可能受障礙物或空間環境的影響，從而影響火源熱煙氣流的移動，造成撒水頭與探測器反應時間產生延遲或提早【5】。對於火源若處於撒水頭正下方的情況，學者劉芸蓁【35】亦研究指出此情況撒水頭可在燒破當下即能有效滅火，故堆放易燃物或可燃物的位置應盡可能靠近撒水頭。

第四節 國內外自動撒水設備規範彙整分析

消防撒水系統在火場中扮演著重要的角色，不同類型的撒水頭所使用的場所也不盡相同。根據我國《密閉式撒水頭認可基準》所規定的試驗項目為：耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架永久變形量、易熔元件強度、玻璃球強度、釋放機構強度、振動、水錘、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量...等等。因此，目前我國主要以撒水頭本身機能進行試驗，卻未對撒水頭進行相關燃燒試驗。

本研究第一部份主要為蒐集國外水滅火系統之撒水頭燃燒試驗相關規範及標準進行資料統整及分析，初步彙整各國撒水頭檢測標準的試驗項目(表 2-8)發現，我國《密閉式撒水頭認可基準》【36】及日本《密閉式撒水頭檢定細則》所要求的試驗項目數量及內容相似。中國《GB5135.1》則除我國所要求的試驗項目外，另有針對撒水頭進行燃燒試驗及其他相關試驗；美國《UL199》則增加更多的撒水頭試驗項目，惟增列的測試項目內容初步釐清除燃燒試驗為確認撒水頭本身的滅火性能外，其餘大多數增設的試驗內容為確認撒水頭可在惡劣、複雜的環境條件仍能正常使用，此類試驗項目較傾向於確保撒水頭的耐久度及可靠性。依據過去文獻研究發現，若干小水量密閉式撒水頭即使符合《密閉式撒水頭認可基準》規定，於現場使用時仍可能無法達到其宣稱性能。因我國當 CNS 無相關規範要求時，大多會以國際標準組織(ISO)的規範作為參考，故本研究為提出量化小水量自動滅火系統之滅火效能，將參考國際標準組織(ISO)之燃燒試驗測試規定，並以現有市售的水道連結型或小區劃型撒水頭作為研究標的物。

表 2-8 各國撒水頭規範試驗項目

試驗項目	國家	國際標準	台灣	日本	中國	美國
強度試驗		○	○	○	○	○
易熔元件之強度試驗		○	○	○	○	○
玻璃球之強度試驗		○	○	○	○	○
釋放機構之強度試驗		○	○	○	○	○
振動試驗		○	○	○	○	○
水鎚試驗		○	○	○	○	○
腐蝕試驗		○	○	○	○	○
動作試驗		○	○	○	○	○
感度熱氣流感應試驗		○	○	○	○	○
放水量試驗		○	○	○	○	○
撒水分布試驗		○	○	○	○	○
迴水板強度試驗		×	×	×	○	×
低溫/高溫試驗		○	×	×	○	○
碰撞試驗		○	×	×	○	○
側向噴撒試驗		×	×	×	○	×
水罩旋轉試驗		○	×	×	○	○
真空試驗		○	×	×	○	○
熱響應試驗		○	×	×	○	○
燃燒試驗		○	×	×	○	○
Guard shock test		×	×	×	×	○
30-Day Leakage test		○	×	×	×	○
Lodgement test		○	×	×	×	○
Cycling tests for flow control (FC) sprinklers		×	×	×	×	○
Elastomeric parts test		×	×	×	×	○
Freezing test		○	×	×	×	○
Evaporation test for sprinkler coatings		×	×	×	×	○
Discharge coefficient test		○	×	×	×	○

備註：各國撒水頭認證標準可參考表 1-3 說明。
(資料來源：本研究整理)

燃燒試驗主要目的為驗證相同燃燒物(火載量)情況下，各種撒水設備之滅火效果，若水滅火系統可撲滅燃燒物，便可認定其具備有效滅火的性能。本研究團隊將蒐集國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準，進行資料統整及分析，作為未來我國若要設立水滅火系統之撒水頭試驗項目之參考。各國自動撒水規範如下說明：

台灣自動撒水設備基準回顧

國內於 107 年 10 月 17 日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條應設置自動撒水設備場所之規定中，規定下列場所或樓層應設置自動撒水設備，與住宅比較相關類別：

- 在十層以下建築物之樓層，供第十二條第一款第一目所列場所使用，樓地板面積合計在三百平方公尺以上者。
- 供同款其他各目及第二款第一目所列場所使用，樓地板面積在一千五百平方公尺以上者。
- 建築物在十一層以上之樓層，樓地板面積在一百平方公尺以上者。
- 十一層以上建築物供第十二條第一款所列場所或第五款第一目使用者；總樓地板面積在一千平方公尺以上之地下建築物。
- 高層建築物。
- 供第十二條第一款第六目所定榮譽國民之家、長期照顧服務機構（限機構住宿式、社區式之建築物使用類組非屬 H-2 之日間照顧、團體家屋及小規模多機能）、老人福利機構（限長期照護型、養護型、失智照顧型之長期照顧機構、安養機

構)、護理機構(限一般護理之家、精神護理之家)、身心障礙福利機構(限照顧植物人、失智症、重癱、長期臥床或身心功能退化者)使用之場所。

對於第 12 條第 1 款第 6 目之場所，若該場所其樓地板面積合計未達 $1,000\text{m}^2$ 者，得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等以上效能之滅火設備。此外第 46 條規定，撒水頭設置所需間距以反應時間分為快速反應型撒水頭(第一種感度)各層任一點至撒水頭之水平距離在 2.3m 以下，防火構造建築可增加為 2.6m 以下；一般反應型撒水頭(第二種感度)各層任一點至撒水頭之水平距離在 2.1m 以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為 2.3m 以下。第二款第七目、第五款第一目等集合住宅場所得採用小區劃型撒水頭(第一種感度為限)，任一點至撒水之水平距離在 2.6m 以下，且任一撒水頭之防護面積在 13m^2 以下。

中華人民共和國自動撒水設備基準回顧

中華人民共和國《建築設計防火規範》【37】第 8.3.4 條中，規定單層或多層大、中型幼兒園及總建築面積大於 500m^2 的老年人安養建築應設置自動滅火設備，並宜採用自動噴水滅火系統。參考《自動噴水滅火系統設計規範》【38】第 4.2.9 條之規定：醫院、療養院的病房及治療區域，且凡為老年、少兒、殘疾人的集體活動場所，設置自動噴水滅火系統時，宜採用快速響應噴頭(響應時間指數 $\text{RTI} \leq 50(\text{m}\cdot\text{s})^{0.5}$ 的閉式噴頭)，且該系統應為濕式系統，同上第 4.2.10 條之規定：住宅建築和非住宅類居住建築採用家用噴頭。參考《建築設計防火規範》第 8.3 條自動滅火系統規定一類高層公共建築、二類高層公共建築、建築高度高於 100m 的住宅；大、中型幼兒園，總建築面積大於 500m^2

的老人安養建築，皆宜採用自動噴水滅火系統。

參考《自動噴水滅火系統設計規範》【38】其中第 5.0.1 條之規定提到民用建築濕式系統設計淨空高度不可小於 8 公尺，噴水強度依火災危險等級區分，從輕危險級到嚴重危險級，噴頭強度從 $4(\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 到最大 $16(\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 。系統最不利點處的噴頭工作壓力不應低於 0.05MPa 。同上第 6.1.2 條則規定密閉系統的噴頭，其公稱作動溫度宜高於環境最高溫度 30°C 。另參考中華人民共和國《簡易自動噴水滅火系統應用技術規程》【39】，第 2.0.1 條中指出簡易自動噴水滅火系統之定義與試用範圍，其定義：由響應時間指數 $\text{RTI} \leq 50(\text{m}\cdot\text{s})^{0.5}$ 的密閉式撒水噴頭、供水管網和控制組建等組成，並能在火災時自動噴水滅火的系統。

美國自動撒水設備基準回顧

美國 NFPA 13 《Standard for the Installation of Sprinkler Systems》【6】第 5-4.5.1 條規定：住宅建物及毗鄰通道應安裝符合其表列規範之住宅型撒水頭，且有關 NFPA 13D 之設置需求，即「在單戶及雙戶住宅和廠房之撒水頭系統安裝標準」；或 NFPA 13R 之設置需求，即「四層樓以下居住住宅之撒水頭系統安裝標準」，均符合的情況下，准予使用住宅型撒水頭。而其所謂住宅型撒水頭，為符合 NFPA 13 第 1-4.5.1 節(a)(1)項標準的一種快速反應式撒水頭($\text{RTI} \leq 50(\text{m}\cdot\text{s})^{0.5}$)，其性能經具體調查，能提高起火房間的生存率並防護住宅。

UL 為美國保險聯合實驗室 (Underwriter Laboratories Inc.) 的簡寫。成立於 1894 年，為非營利且為公共安全做試驗的專業機構，且為美國從事安全試驗和鑑定最具權威的民間機構，此機構採用各種科學方法來測試各種材料、裝置、設備及建築的安全規範，並編寫及發

行相對的標準，有助減少及防止生命財產的損失，其最終目的是為市場提供相當安全水平標準的商品，進而提升人身健康和財產安全。

依據 UL1626 住宅用消防撒水頭規範(Standard for Residential Sprinklers for Fire-Protection Service)中【40】所提到的試驗內容，其使用撒水頭需經過美國認可安裝標準(美國消防協會(NFPA)出版的《NFPA 13 自動撒水滅火系統安裝標準》、《NFPA 13D 單戶及雙戶居室廠房自動撒水滅火基準安裝標準》及《NFPA 13R 低層住宅自動撒水滅火系統安裝標準》。其中 NFPA 13 所包含的燃燒試驗，可依照 UL199 之規定進行木堆燃燒試驗，撒水頭需要經過一連串的強度測試，以提升撒水頭在每個環境中的通用操做性能。透過嚴苛的實驗要求，確保撒水頭在每一種環境中，皆可發揮預期功效。

日本自動撒水設備基準回顧

日本《消防法施行令》【41】第 12 條的撒水設置基準規範中，原規定老人福利機構設置場所，其總面積達 1000m² 以上之建築物者應設置自動撒水設備，後於平成 21 年(西元 2009 年) 4 月 1 日將該規定修正為老人福利機構設置場所總面積達 275m² 以上之建築物者應設置自動撒水設備。平成 24~25 年間，因日本發生數起避難弱者火災事故，故於平成 27 年(西元 2015 年) 4 月 1 日將該規定修正為只要是老人福利機構，無論面積大小均需設置自動撒水設備。又於平成 28 年(西元 2016 年) 4 月 1 日修訂《特定設施水道連結型撒水設備設置基準》，規定醫療場所及社會福利設施等場所，其基準面積(總面積扣除非居室及免設撒水設備之居室面積)未達 1000m² 之防火建築物，可依規定設置水道連結型撒水設備。

表 2-9 各國簡易自動撒水設備規範

國家	日本	美國	中國大陸	台灣
相關標準	特定設施水道連結型撒水設備設置基準	NFPA 13R NFPA 13D	簡易自動噴水滅火系統	水道連結型自動撒水設備設置基準
對象	1.老人福利機構 2.救護設施 3.幼兒園	NFPA 13D： 在一、兩單位之住宅場所或活動房屋內之撒水頭系統之安裝標準 NFPA 13R： 高度在四層樓以下之有人居住住宅內安裝撒水頭標準之安裝標準	1. 建築面積小於 500 m ² 的小型歌舞娛樂放映遊藝場所場所。 2. 建築面積小於 1000m ² 的商業設施。 3. 建築面積小於 500 m ² 的生產作業場所。 4. 三層樓以下之旅館、招待所 5. 居住場所。	老人福利機構、身心障礙福利機構、護理之家機構、長期照顧機構、住宅場所。
樓地板面積	基準面積未達 1000m ²		承對象欄所述	未達 1000m ²
撒水頭類型	水道連結型撒水頭	住宅型撒水頭	快速反應型撒水頭	水道連結型撒水頭
放水量	15L/min 以上	49L/min 以上	依認可規定	30L/min 以上
放水壓力	1.5kgf/cm ² 以上 (21.3psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)
作動數量	同時放射 4 顆	同時放射 4 顆	採最大居室面積最小採 50m ² 計	同時放射 4 顆
作動時間		同時放射 30 分鐘	同時放射 30 分鐘	同時放射 20 分鐘

(資料來源：參考書目【14】【42】)

上述各國規範中，我國《密閉式撒水頭認可基準》及日本《密閉式撒水頭技術規則省令》、《密閉式撒水頭檢定細則》主要針對撒水頭本身機能強度進行相關試驗，試驗項目包含：易融元件強度測試、玻璃球強度測試、迴水板強度測試、耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架變形試驗、玻璃球加載試驗、釋放機構強度試驗、水鎚試驗、放水量...等等。我國與其他國家(中國、美國)進行的撒水頭試驗之最大差異在於除上述自動滅火機能檢測、撒水分佈測試外，還增加一個項目【燃燒試驗】。燃燒試驗主要目的為驗證相同燃燒物(火載量)情況下，各種撒水設備之滅火效果，若水滅火系統可撲滅燃燒物，便可認定其具備有效滅火的性能。本研究【ISO6182-10】之燃燒試驗內容，整理並節錄如下：

- 一、測試通過標準(6.18 條)
- 二、試驗空間尺寸要求(7.18.2 條、7.18.4 條、7.18.20 條)
- 三、火源規劃(組裝要求_木堆)_ (7.18.8 條、7.18.9 條)
- 四、火源規劃(組裝要求_泡棉)_ (7.18.10 條、7.18.11 條)
- 五、撒水頭規劃(7.18.12 條、7.18.13 條)
- 六、實驗初始條件及測試方法_(7.18.9 條、7.18.11 條、7.18.6 條、7.18.15 條、7.18.17 條、7.18.19 條)

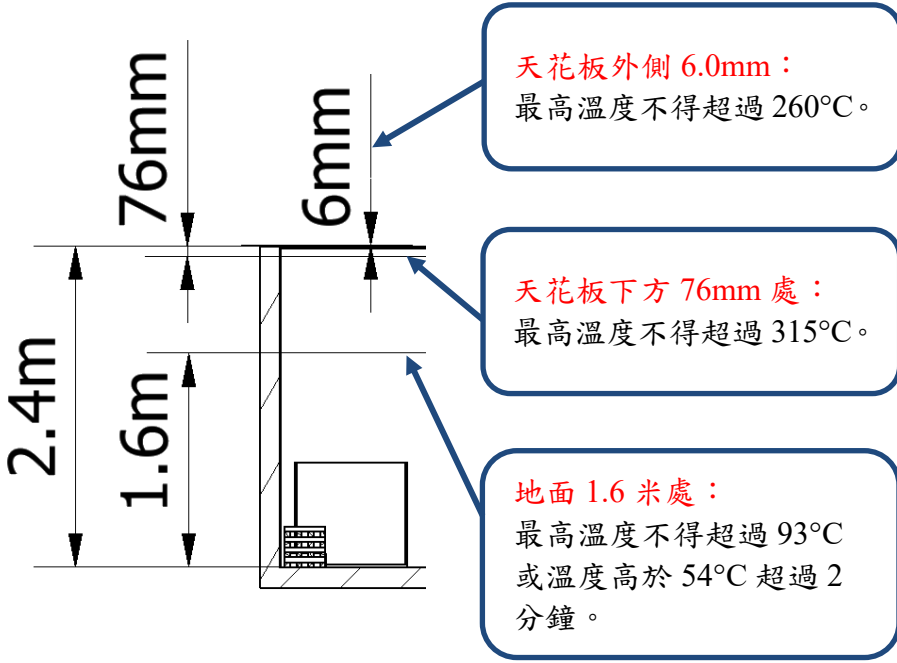
ISO6182-10 燃燒試驗環境配置要求如表 2-10 所示。

表 2-10 燃燒試驗環境配置表

標號	說明	圖示
1	熱電偶設置於天花板上方 6mm 處；距離角落 254mm。	
2	燃燒物 (木堆)	
3	模擬傢俱 (泡棉)	
4	熱電偶分別於距離地面 1.6m 處及天花板下方 76mm 處設置。	
5	熱電偶設置於天花板下方 76mm 處 (房間中央)	
6	撒水頭設置處	
w_c	防護區域寬度	
l_c	防護區域長度	

備註：1. 本研究測試標的物皆為向下型撒水頭，故 w_c 與 l_c 尺寸相同，
2. 資料來源：本研究整理。

一、測試通過標準(6.18 條)

	內容	圖示
原文	<p>sprinklers shall meet the following requirements :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Maximum temperature for 76 mm below the ceiling shall not exceed 315°C. 2. Maximum temperature for 1.6 m above the floor shall not exceed 93°C. 3. Temperature at the location shall not exceed 54°C for more than any continuous 2-min period. 4. Maximum ceiling material temperature for 6.0 mm behind the finished ceiling surface shall not exceed 260°C. 	 <p>天花板外側 6.0mm : 最高溫度不得超過 260°C。</p> <p>天花板下方 76mm 處 : 最高溫度不得超過 315°C。</p> <p>地面 1.6 米處 : 最高溫度不得超過 93°C 或溫度高於 54°C 超過 2 分鐘。</p>
中譯	<p>撒水頭應符合下列條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 【上頁標號 4、5 之位置】距離天花板下方 76mm 處，最高溫度不得超過 315°C。 2. 【上頁標號 4 之位置】距離地面 1.6m 處，最高溫度不得超過 93°C。 3. 【上頁標號 4 之位置】距離地面 1.6m 處，溫度不得持續 2 分鐘以上，高於 54°C。 4. 【上頁標號 1 之位置】天花板外側 6.0mm 處，建材最高溫度不得超過 260°C。 	

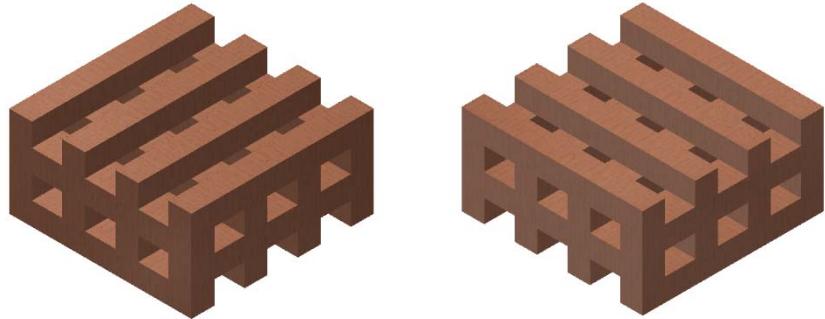
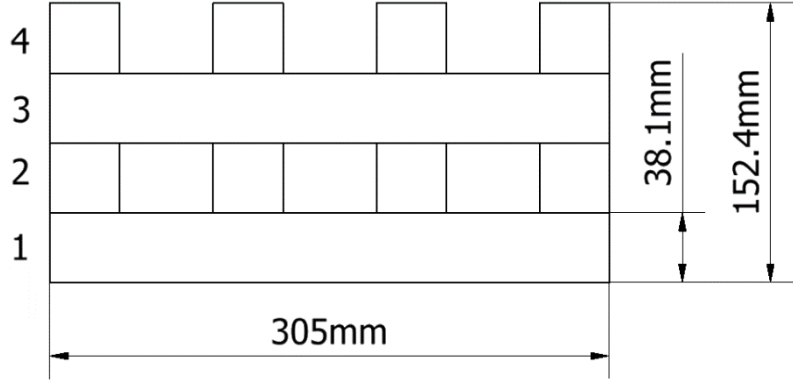
(資料來源：本研究整理)

二、試驗空間尺寸要求(7.18.2 條、7.18.4 條、7.18.20 條)

	內容	圖示
原文	<p>The test room dimensions shall be the sprinkler coverage width by twice the sprinkler coverage length. The room shall have a 2.4m high ceiling. The test room shall have provisions for ventilation through two door openings on opposite test room walls. Each opening shall be 2.2 m high.</p>	
中譯	<p>試驗空間長寬為撒水頭覆蓋寬度乘兩倍的覆蓋長度^註。試驗空間樓高固定為 2.4m。測試房間兩短邊皆設有通風口(高度為 2.2m)。</p> <p>註： 因我國撒水頭並非使用覆蓋寬度與覆蓋長度作為撒水頭規格標稱，因此本團隊重新定義試驗空間短邊為撒水頭覆蓋寬度(撒水頭標稱半徑的內接正方形邊長)，試驗空間長邊為短邊的兩倍，試驗空間高度為 2.4m。</p>	<p>單位: mm</p> <p>以撒水半徑 2.6m 為例</p>

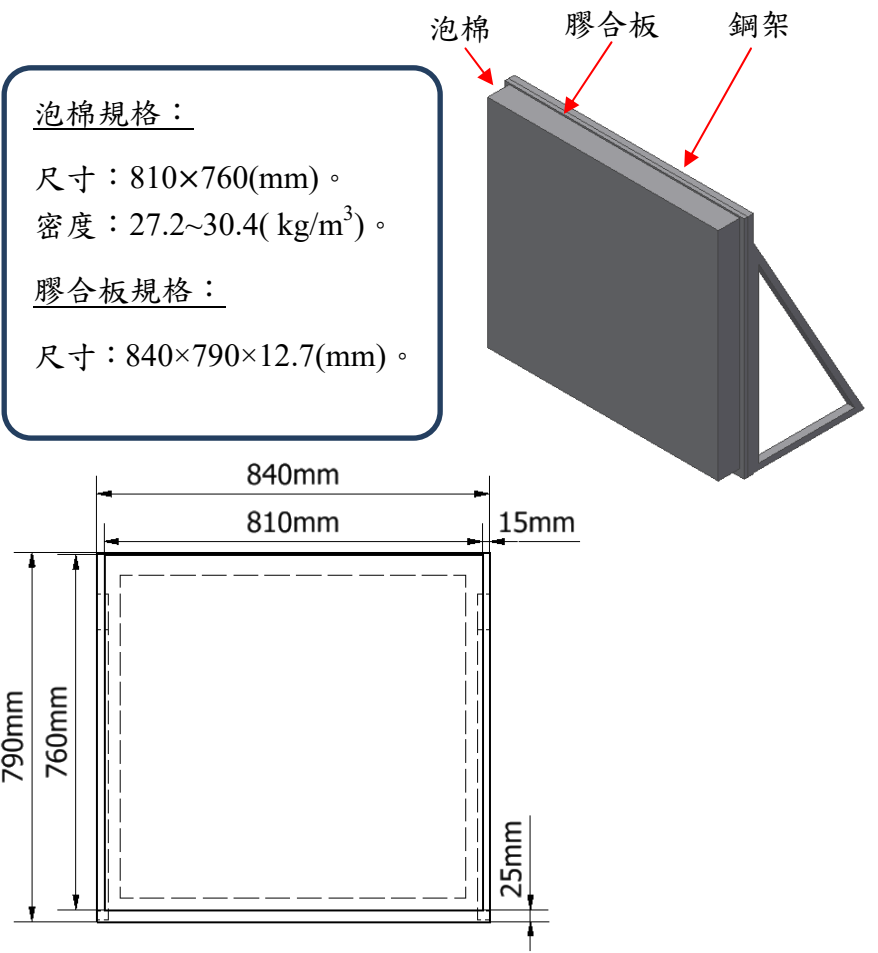
(資料來源：本研究整理)

三、火源規劃(組裝要求_木堆)(7.18.8 條、7.18.9 條)

	內容	圖示
原文	<p>The wood crib is to weigh 2.5 to 3.2 kg and is to be dimensioned 305mm×305mm×152mm high. The crib is to consist of four alternate layers of four trade size 38.1mm×38.1mm kiln-dried spruce or fir lumber 305 mm long. The alternate layers of the lumber are to be placed at right angles to the adjacent layers. The individual wood members in each layer are to be evenly spaced along the length of the previous layer of wood members and stapled. The wood crib is to be placed on top of a nominal 300mm×200mm×100mm high, 6 mm thick, steel test pan positioned on the floor in a corner of the test enclosure. The wood crib is to be positioned 5mm from each wall.</p>	
中譯	<p>木堆總重量為 2.5kg 至 3.2kg，總尺寸為 305mm×305mm×152mm。木堆由四層木棒交互垂直放置所組成，每層均利用 4 根尺寸為 38.1mm×38.1mm，長度 305mm 的木棒(雲杉)所組成。單層木棒採平均間隔放置。</p> <p>木堆將放置於尺寸為 300 mm×300 mm×100mm；厚度為 6mm 的鋼盤上，並置於測試空間角落之地面且與各牆面間距 50mm。</p>	

(資料來源：本研究整理)

四、火源規劃(組裝要求_泡棉)_ (7.18.10 條、7.18.11 條)

	內容	圖示
原文	<p>The simulated furniture is to consist of two 76 mm thick uncovered pure polypropylene oxide polyol, polyether foam cushions having a density of 27.2 kg/m³ to 30.4 kg/m³ measuring 810mm×760 mm. Each foam cushion is to be glued to a 840×790mm×12.7 mm thick plywood backing. The foam pad is glued to the plywood backing leaving a 12.7 mm space on both sides and a 25 mm space along the bottom. The foam and plywood backing assembly is to be placed in a steel frame to provide support for holding each assembly in the vertical orientation. The entire fire test package is to be placed on top of a nominal 6 mm thick cement board sheathing or equivalent noncombustible sheathing material having dimensions of 1.2m×1.2m). For each test, new or dried sheathing shall be used.</p>	 <p>泡棉規格： 尺寸：810×760(mm)。 密度：27.2~30.4(kg/m³)。</p> <p>膠合板規格： 尺寸：840×790×12.7(mm)。</p>
中譯	<p>模擬傢俱由兩塊 76mm 厚的純聚環氧丙烷多元醇組成，聚醚泡沫墊(polyether foam cushions)密度為 27.2 kg/m³~ 30.4 kg/m³；尺寸為 810mm×760mm。將泡沫墊黏在 840mm×790mm×12.7mm 的膠合板上且除底邊預留 25mm 外，兩側預留 12.7mm。泡棉及膠合板固定於鋼架上，用以承受垂直方向的受力。整個燃燒測試的樣品應放置於 1.2m×1.2m，厚度為 6.0mm 的水泥板或不可燃材料上。每次測試時皆應使用全新或乾燥的測試物。</p>	

(資料來源：本研究整理)

五、撒水頭規劃(7.18.12 條、7.18.13 條)

	內容	圖示
原文	<p>Three sprinklers are to be installed in the test room for each fire test. Two are to be installed at their maximum length and width coverage dimensions, and the third is to be installed near the doorway farthest from the fire. The third sprinkler in near the door shall have the same heat-responsive element and temperature rating as the other sprinklers within the room. For pendent sprinklers, the third sprinkler is to be located 51 mm below the ceiling. Sprinklers are to be installed in pipe fittings having a 25 mm inlet and an outlet the same size as the sprinkler inlet, and are to be supplied with water through 25 mm piping.</p>	
中譯	<p>每次燃燒試驗應安裝三顆撒水頭。兩個安裝在覆蓋長度和覆蓋寬度的範圍內，第三個安裝在離火源最遠的門口附近。第三顆撒水頭應與其他撒水頭使用相同熱敏元件與標稱溫度。撒水頭應設置於天花板下方 51 mm。輸送水管管徑應為 25mm。</p>	

(資料來源：本研究整理)

六、實驗初始條件及測試方法_(7.18.9 條、7.18.11 條、7.18.6 條、7.18.15 條、7.18.17 條、7.18.19 條)

	內容		內容
原文	<p>After the wood crib is assembled, it is to be conditioned at a temperature of $(104\pm 5)^{\circ}\text{C}$ for not less than 24 h or more than 72 h. Following the conditioning, the crib is to be placed in a plastic bag and stored at room temperature for at least 4 h before being used in a test. The foam cushion and plywood backing assembly shall be conditioned at $21^{\circ}\text{C}\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ and $(50\pm 10)\%$ relative humidity for at least 24 h prior to test.</p>	原文	<p>The test room is to have an ambient air temperature of $(27\pm 3)^{\circ}\text{C}$ measured at the thermocouple located 76 mm below the ceiling. All water from previous testing shall be removed such that there is no visible water on the floor, ceiling, or walls. The wood crib shall be ignited a pan of heptane and the simulated furniture is to be ignited with two 150mm long by 6.4mm diameter cotton wicks soaked in heptane. The fire test shall be conducted for 30 minutes after the ignition of the wood crib, unless after 10 minutes, all the combustibles are extinguished or only the wood crib is sustaining combustion at which point the test shall be terminated.</p>
中譯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 木堆需控制在溫度 $104\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的環境中，不低於 24 小時或高於 72 小時。 2. 測試前應將木堆放入塑膠袋，並置於室溫至少 4 小時。 3. 測試前應將泡棉墊與三層板控制在 $21\pm 2.8^{\circ}\text{C}$、相對濕度 $50\pm 10\%$ 的環境至少 24 小時。 	中譯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測試空間天花板下方 76 mm 處溫度應為 $27\pm 3^{\circ}\text{C}$。 2. 確認地板、天花板、以及牆面，都無水氣殘留。 3. 木堆以裝有庚烷的火盆引燃；模擬傢俱則由兩根浸滿庚烷棉芯(長度為 150mm，直徑為 6.4mm)引燃。 4. 單次燃燒試驗為 30 分鐘，但若在引燃 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆仍持續燃燒，則實驗即可結束。

(資料來源：本研究整理)

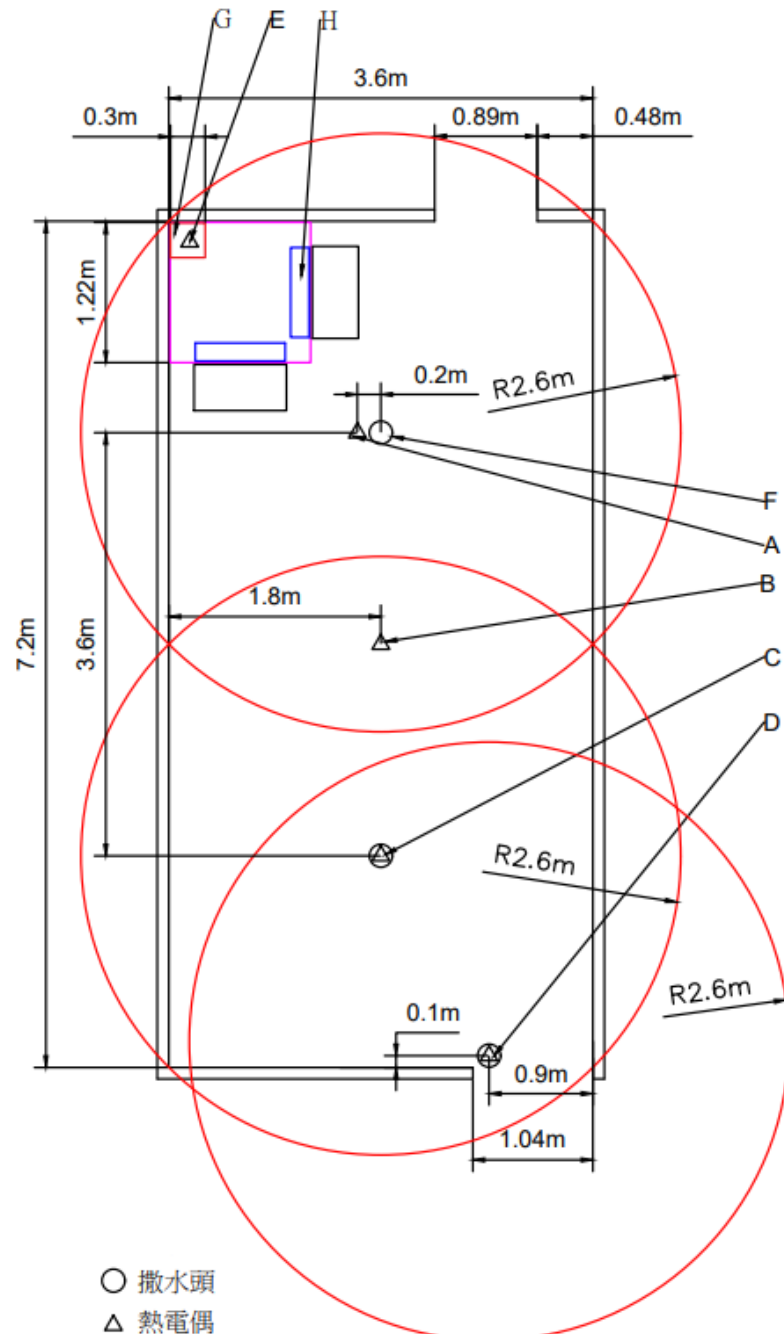
第三章 全尺寸性能實驗規劃

第一節 全尺寸實驗規劃

本研究團隊於國立雲林科技大學實驗場參照 ISO6182-10 燃燒試驗內容進行空間建構設置(包含：溫度量測點設置、火源配置、撒水頭配置、空間尺寸等)並依照其測試流程要求進行。過往案例和相關研究案發現，往往會有水滅火系統未能達到其標稱滅火性能表現的情況，從而造成延緩或延遲啟動時機。此外小水量撒水頭其放水量均遠低於一般自動撒水頭，是否仍能如預期條件進行放水並達到標稱放水、滅火效能之要求，一直是消防專業人員關注的議題。因此增設撒水頭_燃燒試驗項目能夠釐清撒水頭的滅火性能，亦能作為確認其撒水頭於實際火災現場表現的間接方法。

一、實驗空間

ISO6182-10 規範提及測試空間長寬尺寸會隨撒水頭防護半徑產生相應變化，惟樓高固定為 2.4m。本研究團隊挑選四款小水量撒水頭進行本研究全尺寸實驗，其中撒水頭標稱撒水半徑皆為 2.6m，本研究團隊在國立雲林科技大學防火實驗室設計一適用於「撒水半徑為 2.6m」之試驗場地(圖 3-1、圖 3-2)。



說明:

- A 溫度量測點。設置於天花板下方 76mm 及距離地面 1.6m 處
- B 溫度量測點(試驗空間正中間)。設置於天花板下方 76mm。
- C 撒水頭(第二顆)
- D 撒水頭(第三顆)
- E 溫度量測點。設置於天花板上方 6mm 且距離各牆面 25.4cm
- F 撒水頭(第一顆)
- G 木堆
- H 模擬傢俱

圖 3-1 全尺寸實驗空間規劃圖

(資料來源：本研究整理)



圖 3-2 實驗空間現況示意圖

(資料來源：本研究整理)

二、溫度量測設備

熱電偶具有價格便宜、結構簡單、量測溫度範圍廣泛及準確度高的特性，因而經常被作為實驗過程的溫度量測設備使用。本研究團隊將使用型號為 K-type；直徑 0.3mm；最高溫度量測值為 700°C 的熱電偶線材。此外為避免實驗過程因撒水頭動作過程中，水滴直接接觸熱電偶而造成無法正確回饋溫度數值的情況，本研究團隊亦於熱電偶末端加上一口字型金屬遮蔽物以盡可能降低撒水影響。針對溫度量測點的位置規劃，除在原有 ISO6182-10

所規定的位置外，本研究團隊將額外針對試驗空間的周遭進行多點設置以利後續研究火場溫度變化及撒水頭滅火情況。



圖 3-3 熱電偶線

(資料來源：本研究整理)

三、木材乾濕度計

如何控制火載量情況為燃燒試驗規劃項目之重要環節之一，本研究團隊為盡可能避免實驗結果可能受木材含水量的差異而產生影響，故購置木材乾濕度計用於量測每次實驗的木材含水量並保持在容許範圍內。本研究將使用 M-700 水分計(刺針型)；量測範圍介於 5.5~99.9%(WME)；精確度 $\pm 1\%$ ；工作溫度範圍為 $-10\sim+50^{\circ}\text{C}$ 並具有溫度補償功能及多種類木材皆能使用的優點，木材乾濕度計如圖 3-4、圖 3-5 所示。



圖 3-4 M-700 水分計



圖 3-5 刺入式水分測棒

(圖 3-4、圖 3-5 資料來源：本研究整理)

四、數據收集系統

數據擷取裝置主要作用是將測試過程中的熱電偶所量測的數據傳輸並記錄，為能準確反應實驗結果，本研究團隊所使用的數據收集系統的採集頻率可達每秒 60 筆紀錄，並且具備即時傳輸與記錄、多點記錄等功能，數據收集系統如圖 3-6、圖 3-7 所示。

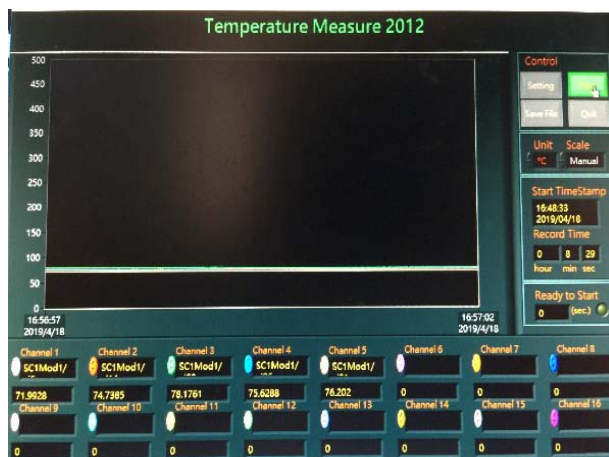


圖 3-7 溫度記錄器

圖 3-6 數據收集軟體介面

(圖 3-6、圖 3-7 資料來源：本研究整理)

五、燃料

依據 ISO6182-10 規範採 2:1 的比例調配(0.5 公升水、0.25 公升庚烷)燃料並倒入木堆下方鐵盤，並以引燃液體燃料當下為實驗開始基點，單次試驗時間最長為 30 分鐘。除非實驗開始 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆仍持續燃燒兩種情況則可自行終止實驗。

六、攝影設備及其他

為記錄實驗過程以利後續研究分析，本研究團隊將在實驗角落放置攝影設備並全程錄製實驗過程。除上述提及的內容外，現場周遭仍需準備其他雜項設備(例如：防火棉、石膏板、碼表、鐵框等設備)。

七、火源規劃(木堆)

因受限木材行裁切尺寸之限制，本研究團隊則採用雲杉每一支尺寸為 40mm×45mm，長度 300mm，木堆每層由 4 支組成，共計 4 層並堆疊至 300mm×300mm×100mm，厚度為 6mm 的鋼盆上。木堆配置如圖 3-8 所示。



圖 3-8 木堆配置規劃

(資料來源：本研究整理)

八、火源規劃(模擬傢俱)

本研究團隊所使用的泡棉採用尺寸 810mm×760mm；厚度為 75mm，密度約為 23.86 kg/m³。底部與框架相距 25mm，兩側與框架相距 12.7mm 的距離，並將實驗所需引燃的棉芯放置於泡棉中央位置。泡棉配置如圖 3-9 所示。



圖 3-9 泡棉配置規劃

(資料來源：本研究整理)

本研究委託內政部建築研究所台南防火實驗中心進行設計火源(木堆+泡棉)燃燒測試，其試驗結果之總釋熱量約為97.4MJ，最大熱釋放率約為0.9MW。

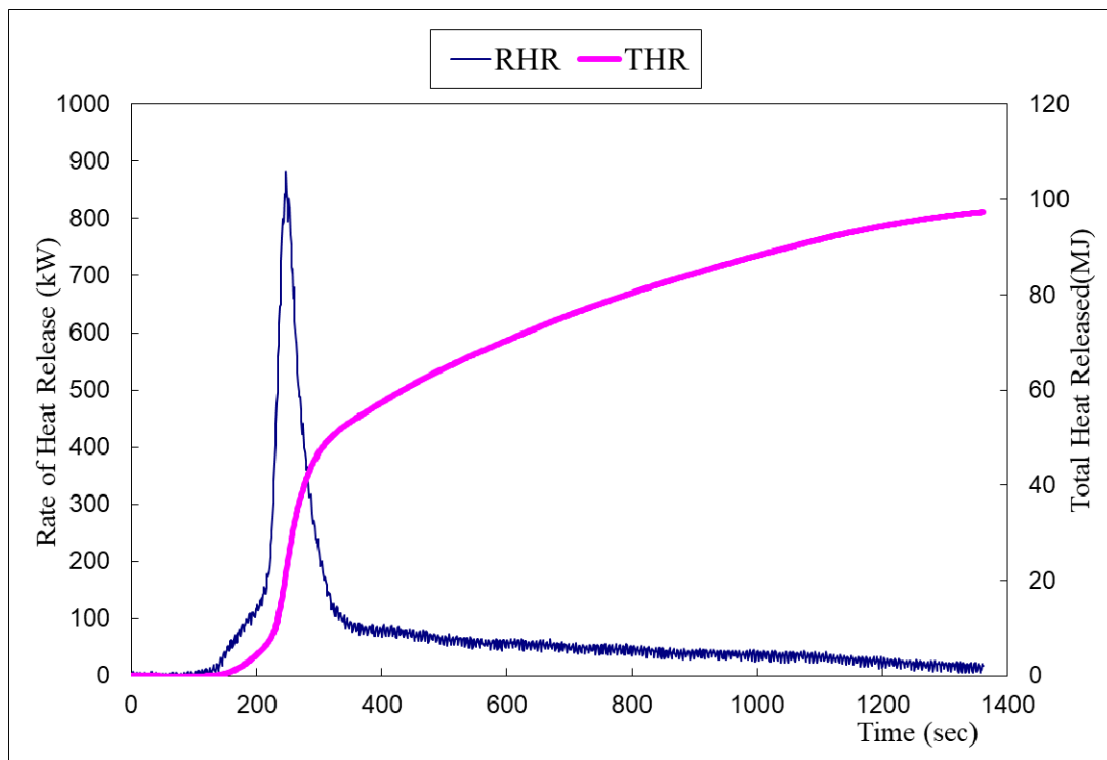


圖 3-10 模擬傢俱燃燒試驗結果圖



圖 3-11 模擬傢俱燃燒試驗圖

(圖3-10、圖3-11資料來源：本研究整理)

九、天花板配置

本研究採用石膏板為通過 CNS 14705 系列標準「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」耐燃一級石膏板，為考量實驗過程中容易更換天花板，故尺寸選用 600mm×600mm；厚度為 9.5mm。天花板配置如圖 3-12 所示。



圖 3-12 天花板配置

(資料來源：本研究整理)

第二節 撒水頭與材料規格說明

本研究團隊完成不同規格之水道連結型撒水設備與小區劃型撒水設備之滅火性能比較分析，並提出我國小水量自動撒水設備之滅火效能標準實驗法。

表 3-1 實驗空間撒水頭規格總表

撒水頭型號	FS06	FSK43	MHSJ016-72-P	VK430
廠牌	PROTECTOR		NOHMI	Viking
產地	台灣		日本	美國
防護半徑	2.6m			
K值	50	43	30	62
型式種類	小區劃型	水道連結型	水道連結型	Residential Pendent Sprinkler

(資料來源：本研究整理)

壹、PROTECTOR_FS06(國產)規格表：

表 3-2 PROTECTOR_FS06_規格表

項目	數值/說明
廠牌	PROTECTOR
撒水頭型號	FS06
型式認可編號	CSP-A10002
型式種類	小區劃型
產地	台灣
標稱溫度	72 (°C)
防護半徑	2.6 (m)
防護面積	13 (m ²)
K 值	50
感度種類	第一種
感熱元件	易熔金屬型
標示放水壓力	1.0(kgf/cm ²)
標示放水流量	50(L/min)
撒水頭圖示	
	

(資料來源：本研究整理)

貳、PROTECTOR_FSK43(國產)規格表：

表 3-3 PROTECTOR_FSK43_規格表

項目	數值/說明
廠牌	PROTECTOR
撒水頭型號	FSK43
型式認可編號	CSP-A107007
型式種類	水道連結型
產地	台灣
標稱溫度	72 (°C)
防護半徑	2.6 (m)
防護面積	13 (m ²)
K 值	43
感度種類	第一種
感熱元件	易熔金屬型
標示放水壓力	0.5(kgf/cm ²)
標示放水流量	30(L/min)
撒水頭圖示	
	

(資料來源：本研究整理)

參、NOHMI_MHSJ016-72-P(日產)規格表：

表 3-4 NOHMI_MHSJ016-72-P_規格表

項目	數值/說明
廠牌	NOHMI
撒水頭型號	MHSJ016-72-P
型式認可編號	CSP-A108004
型式種類	水道連結型
產地	日本
標稱溫度	72 (°C)
防護半徑	2.6 (m)
防護面積	13 (m ²)
K 值	30
感熱元件	易熔金屬型
標示放水壓力	1(kgf/cm ²)
標示放水流量	30(L/min)
撒水頭圖示	
	

(資料來源：本研究整理)

肆、Viking_VK430 (美產)規格表：

表 3-5 Viking_VK430_規格表

項目	數值/說明
廠牌	Viking
撒水頭型號	VK430
型式認可編號	無
型式種類	Residential Pendent Sprinkler
產地	美國
標稱溫度	68 (°C)
防護半徑	2.6 (m)
防護面積	13 (m ²)
K 值	62
感熱元件	玻璃球型
標示放水壓力	0.54(kgf/cm ²)
標示放水流量	45.4(L/min)
撒水頭圖示	
	

(資料來源：本研究整理)

第三節 實驗結果

本研究完成不同規格之水道連結型撒水設備與小區劃型撒水設備之滅火性能比較分析，其實驗結果可作為我國後續若欲建立小水量撒水頭滅火效能標準測試法之參考，讓消防設備師更加清楚瞭解所裝設的撒水頭滅火性能是否滿足滅火需求，或有微調撒水頭密度或設置的潛在需求，亦能作為裝設小水量自動撒水設備場所(例如：旅館、低層住宅空間、小型安養機構、醫院小型空間、低層部小型商業空間)及其他建築業主欲加強建築物防火安全而自主增設小水量自動撒水設備的重要參考指標。本年度全尺寸實驗規劃如下：

表 3-6 本計畫之實驗項目總表

項目	撒水頭型號	產地	型式種類	防護半徑
一	FSK43	台灣	水道連結型	2.6m
二	FS06	台灣	小區劃型	2.6m
三	MHSJ016-72-P	日本	水道連結型	2.6m
四	VK430	美國	Residential Pendent Sprinkler	2.6m

(資料來源：本研究整理)

實驗操作步驟：

- (一)安裝熱電偶線、撒水頭、木堆、模擬傢俱，將實驗設備與數據收集系統架設。實驗開始前，再次確認訊號源傳輸及紀錄是否正常。
- (二)確認實驗初始條件：測試空間天花板下方 76 mm 處溫度。木堆以裝有庚烷的火盆引燃；模擬傢俱由兩根浸滿庚烷的棉芯(長度為 150mm，直徑為 8mm)引燃。
- (三)實驗開始：將木堆以裝有庚烷的火盆引燃(500ml 水+250ml 庚烷)，模擬傢俱則由兩根浸滿庚烷的棉芯引燃，引燃時間固定為十秒。
- (四)紀錄從點火開始至火源撲滅或熄滅之實驗數據，內容包含規範內各點溫度、各個撒水頭啟動時間、水壓、水量、室外溫度、木材濕度及火源撲滅時間。
- (五)單次燃燒試驗為 30 分鐘，但若在引燃 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆仍持續燃燒，則實驗即可結束。
- (六)實驗結束後將各項數據儲存，當所有量測數值回歸初始條件且各撒水頭、火源上方天花板、木堆及模擬傢俱均更換為新品後，即可進行後續實驗。

本研究全尺寸實驗挑選不同國家製造的小水量撒水頭進行實驗。其中為確保實驗過程的穩定性，在火源配置選擇上採用相同規格的木堆與泡棉材料，固定火源燃燒至撒水頭啟動間的溫度爬升曲線。彙整本研究進行的全尺寸實驗結果分析撒水頭啟動前之火源成果曲線發現，試驗開始一分鐘的熱昇溫斜率皆在 0.822~1.054(°C/sec)之間，可說明本研究之試驗初始燃燒現象穩定，且符合實驗之再現性要求。

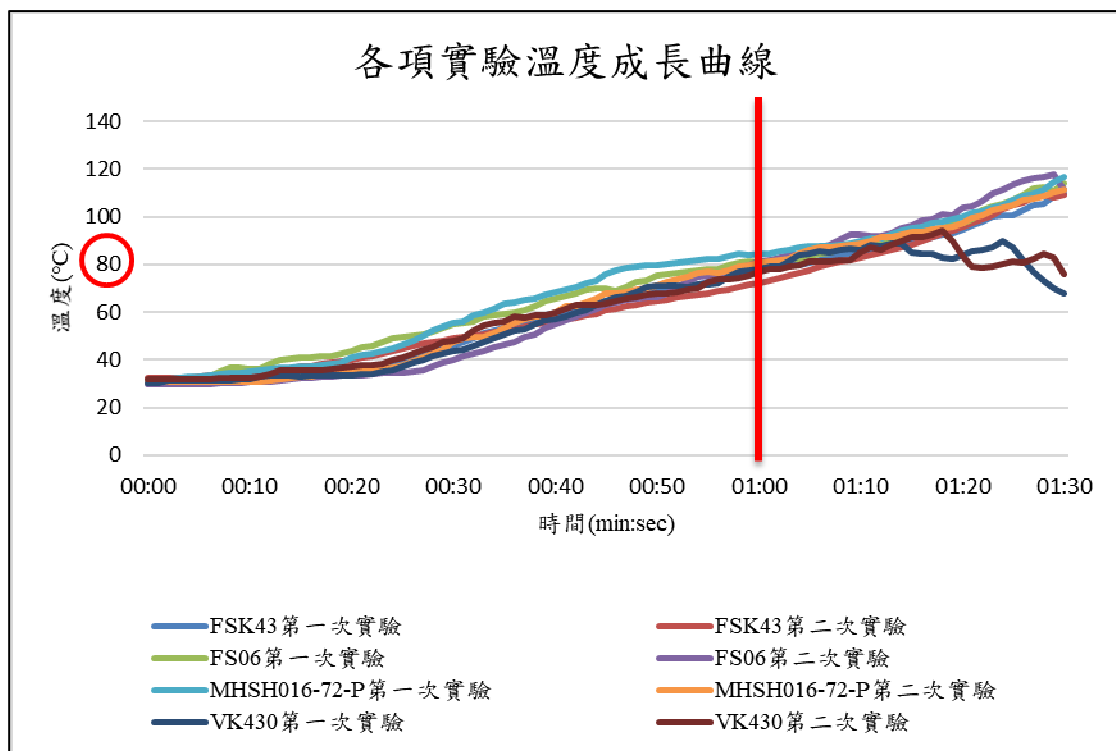


圖 3-13 各實驗溫度成長曲線圖

表 3-7 各實驗昇溫曲線彙整表

項次	實驗開始 1 分鐘昇溫速率(°C/sec)
FSK43_第一次實驗	0.891
FSK43_第二次實驗	0.822
FS06_第一次實驗	0.938
FS06_第二次實驗	0.930
MHSJ016-72-P_第一次實驗	1.054
MHSJ016-72-P_第二次實驗	0.967
VK430_第一次實驗	0.892

VK430_第二次實驗	0.847
-------------	-------



(圖3-13、表3-7資料來源：本研究整理)

壹、FSK43(國產)實驗結果說明




表 3-8 FSK43 實驗參數紀錄表

國產撒水頭_FSK43	
撒水頭型號	FSK43
撒水頭_形式種類	水道連結型
撒水頭_撒水半徑	2.6m
撒水頭_K 值	43
撒水頭_標稱溫度	72 °C
實驗壓力	0.5kg/cm ²
室外溫度/木材濕度	29.4°C/15.5%

表 3-9 FSK43 實驗過程紀錄表

項次	實驗過程	時間紀錄
1	 <p>點火</p>	00:00
2	 <p>第一顆撒水頭啟動</p>	01:32

(表3-8、表3-9資料來源：本研究整理)

項次	實驗過程	時間紀錄
3	 <p data-bbox="635 741 896 779">第二顆撒水頭啟動</p>	02:08
4	 <p data-bbox="635 1256 896 1294">模擬傢俱燃燒殆盡</p>	04:11
5	 <p data-bbox="699 1771 833 1809">火源撲滅</p>	07:10

(資料來源：本研究整理)

FSK43 溫度結果：

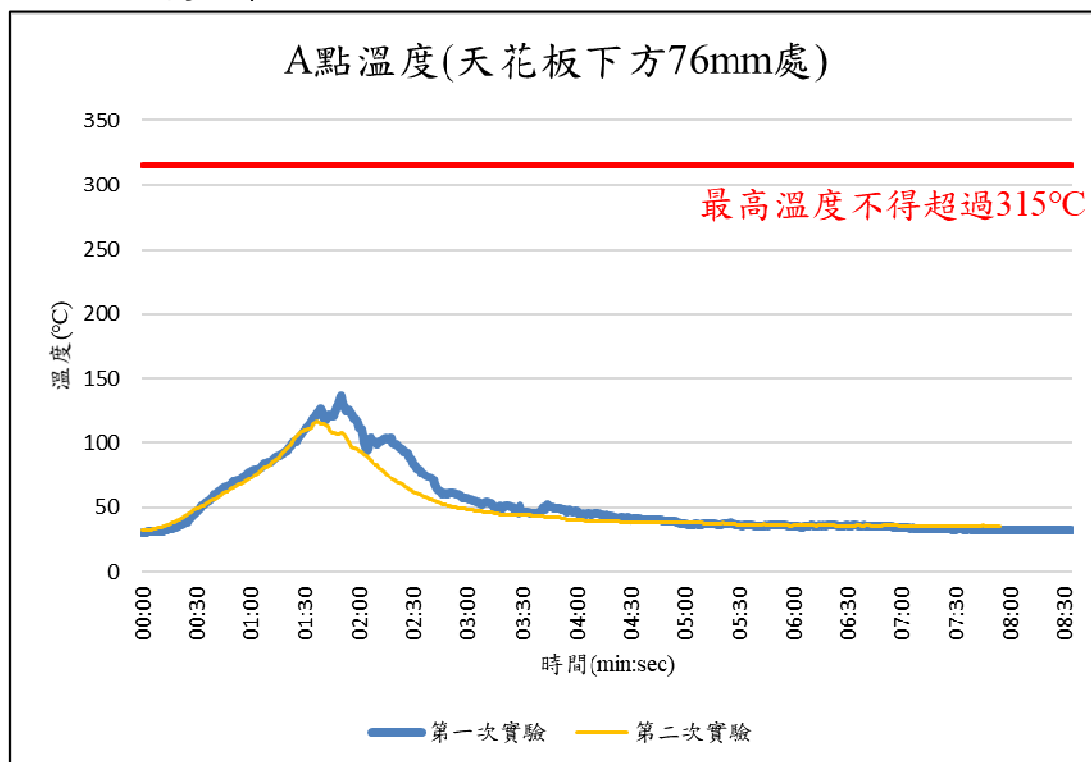
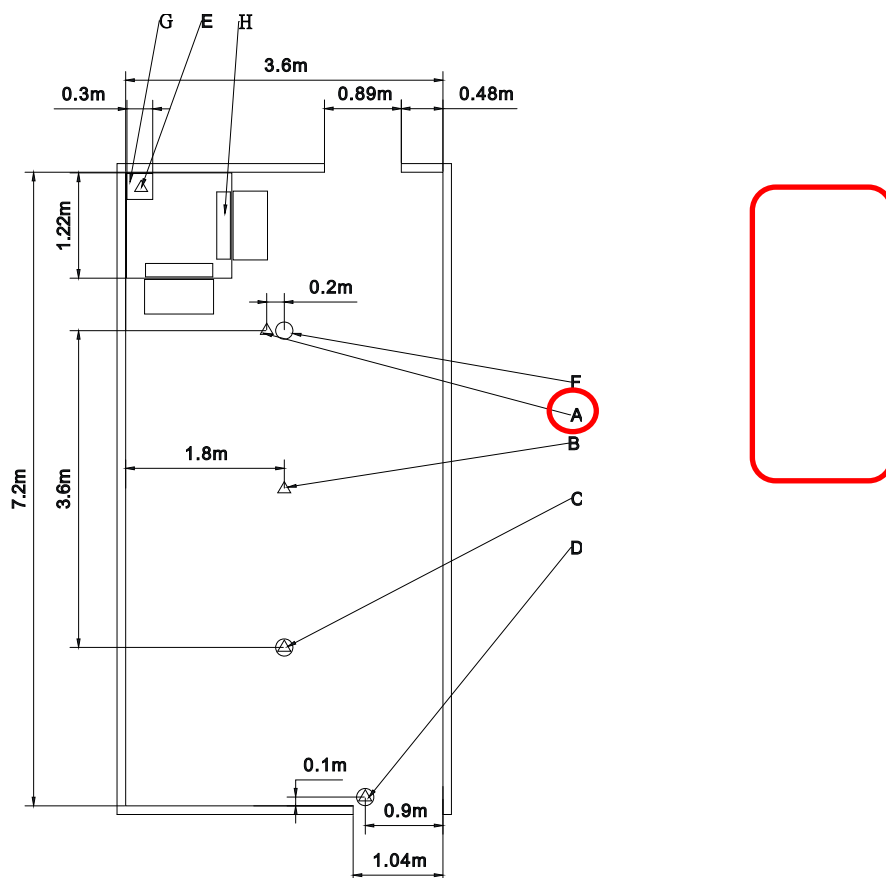


圖 3-14 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(A 點)

(資料來源：本研究整理)



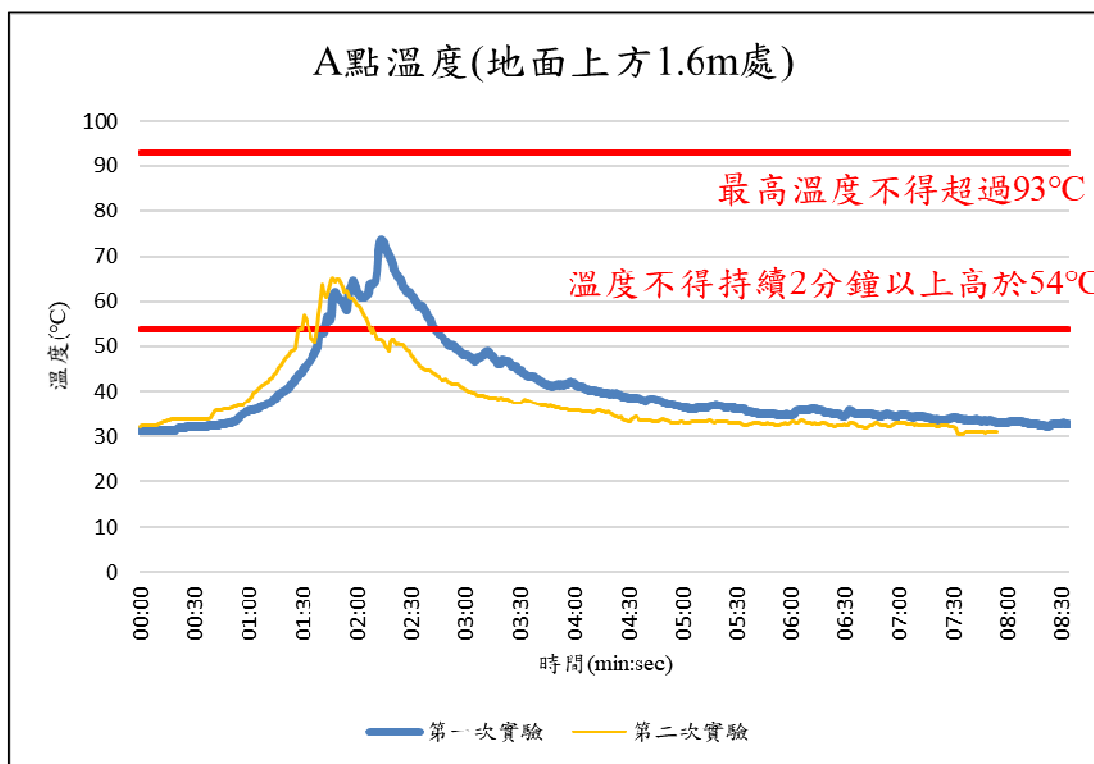
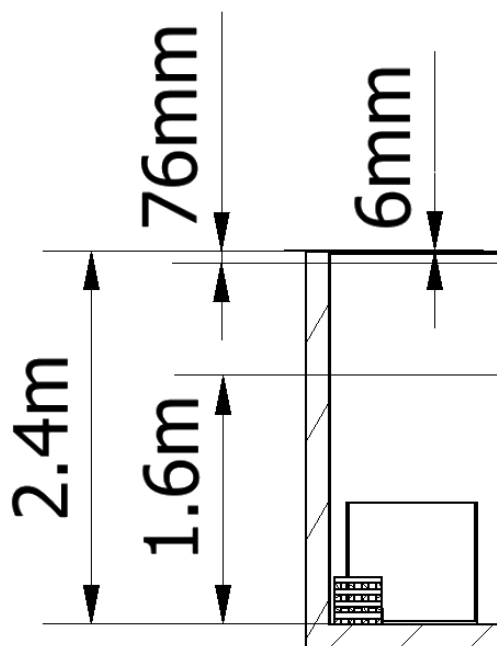
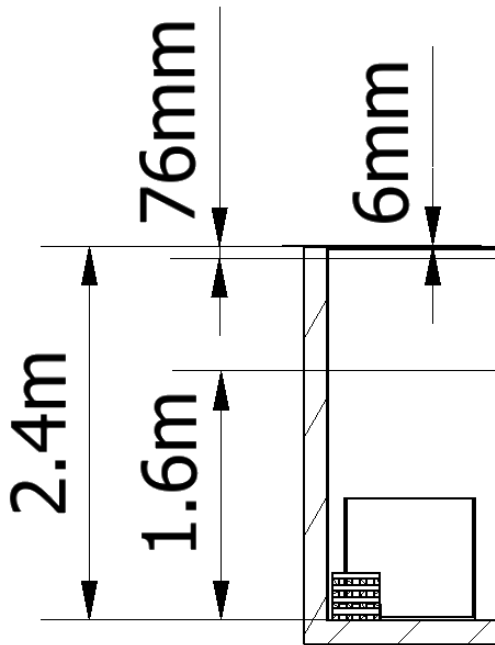
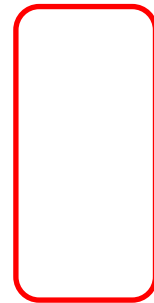
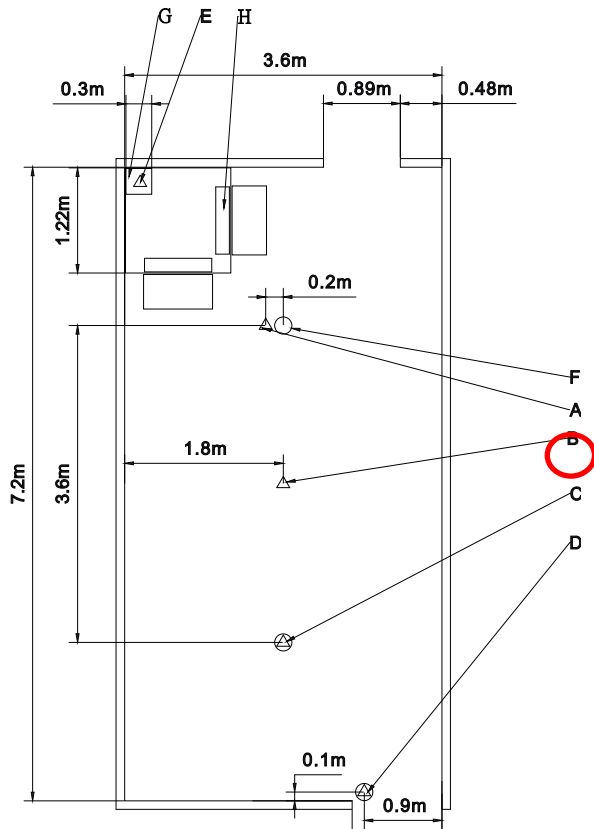


圖 3-15 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(A 點續)
(資料來源：本研究整理)



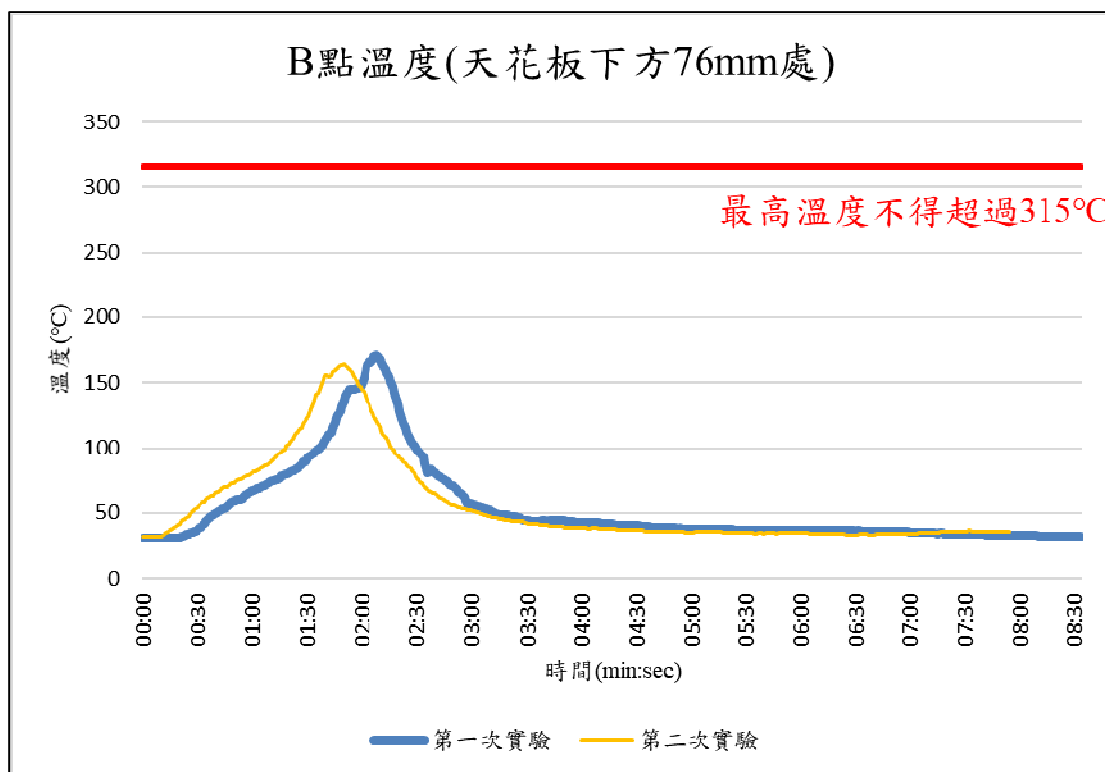
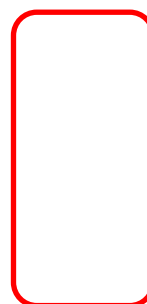
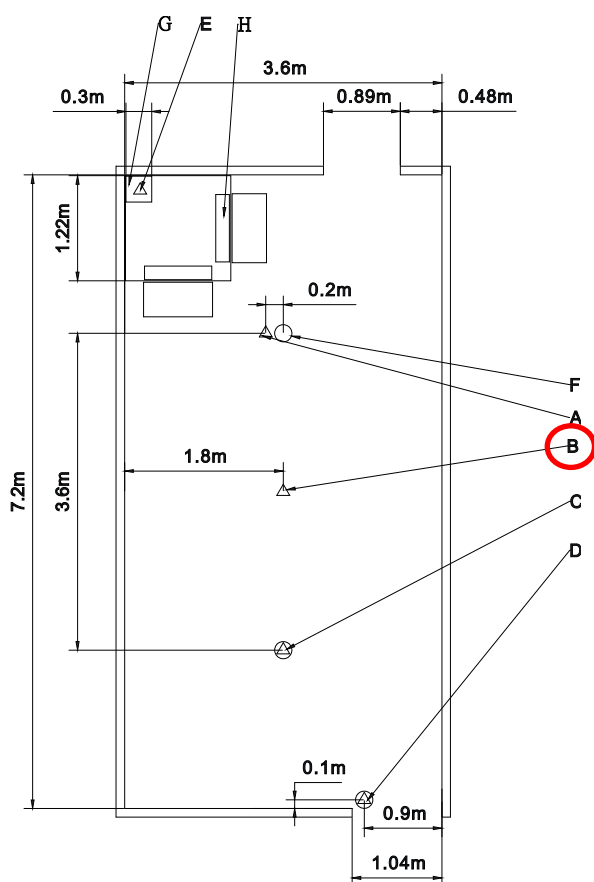


圖 3-16 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(B點)

(資料來源：本研究整理)



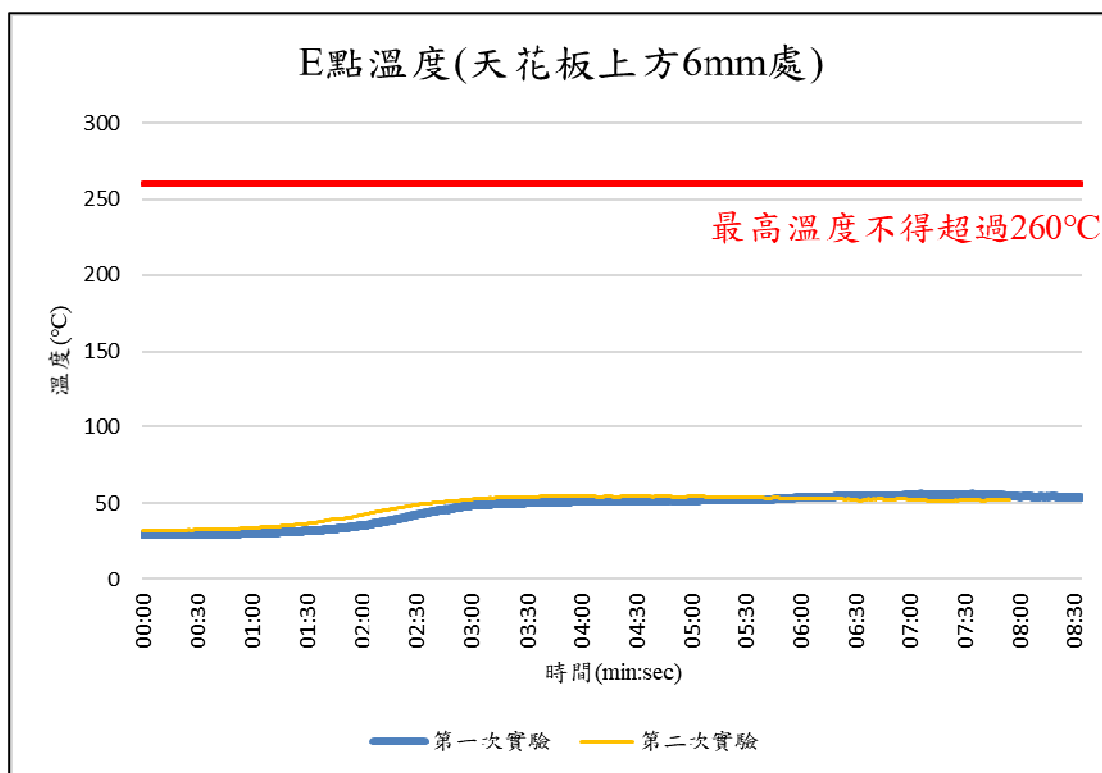
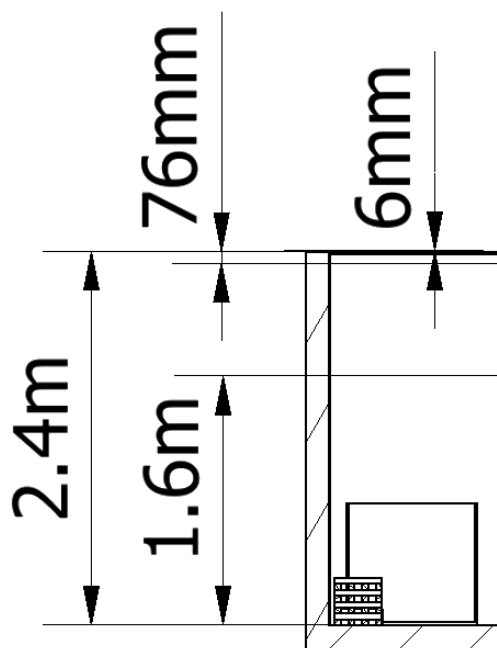
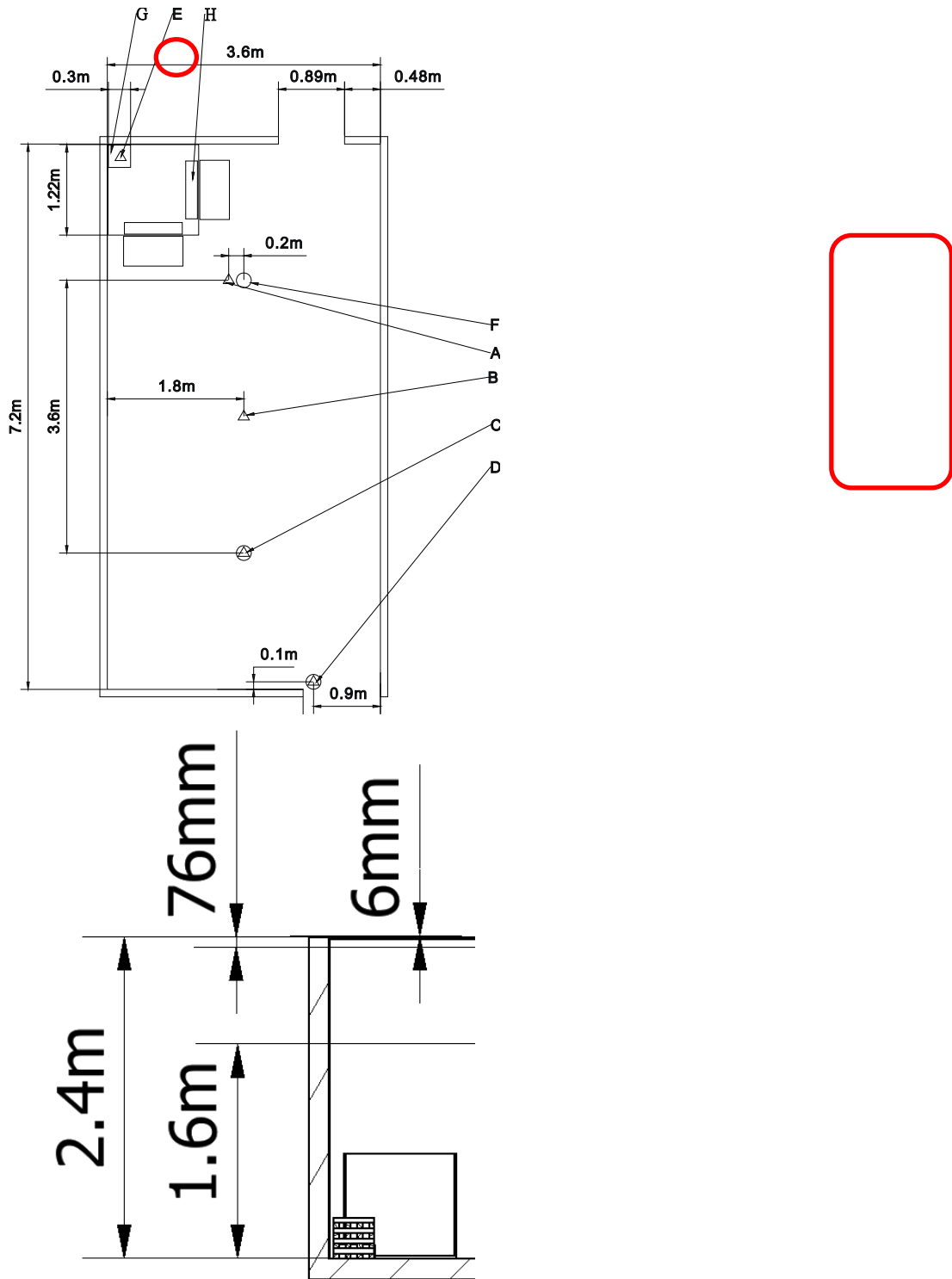


圖 3-17 FSK43(國產)_溫度量測曲線圖(E點)
(資料來源：本研究整理)



一、依據 ISO6182-10 中所規範，A、B 點(天花板下方 76mm)最高溫度不得超過 315°C。在兩次實驗中 A 點所量測到的最高溫度為 136.8°C 及 116.3°C；B 點所量測到的最高溫度為 171°C 及

164.2°C，溫度均在規範範圍內。

表 3-10 FSK43_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果

	A 點(天花板 下方 76mm)	B 點(天花板 下方 76mm)	規範要求	是否符合 規範要求
第一次實驗	136.8°C	171°C	≤ 315°C	符合
第二次實驗	116.3°C	164.2°C		符合

(資料來源：本研究整理)

二、依據 ISO6182-10 規範中提及的 E 點(天花板外側 6mm 處)，建材最高溫不得超過 260°C。本實驗中所使用的天花板為通過 CNS 14705 系列標準「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」耐燃一級石膏板，兩次實驗中在天花板外側 6mm 所量測到的最高溫度為 56.1°C 及 55.1，皆低於規範所提及的最高溫度不得超過 260°C。

三、參照 ISO6182-10 中所規範 A 點(地面上方 1.6m 處)最高溫度不得超過 93°C 及連續 2 分鐘超過 54°C。第一次實驗中，超過 54°C 的連續時間約為 60 秒，第二次實驗中約為 30 秒，兩次實驗均符合

規範中「超過 54°C 未持續 2 分鐘」；最高溫度為 73.8°C 及 65.1°C 均未超過規範所提及的「最高溫度超過 93°C」。

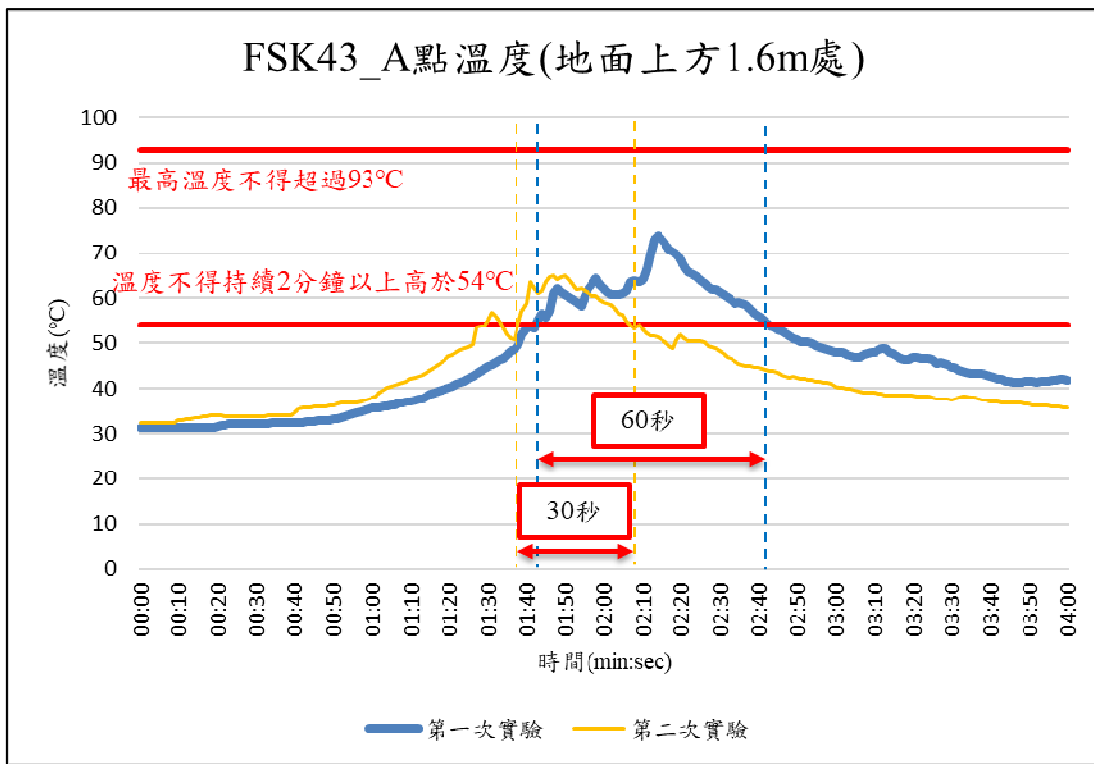
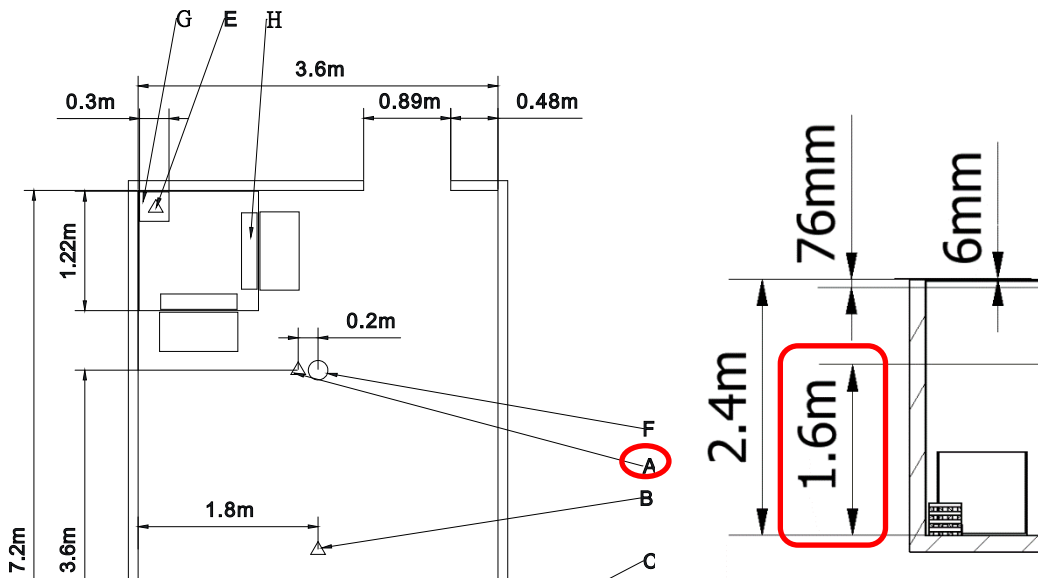


圖 3-18 FSK43_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖

(資料來源：本研究整理)

四、參照 ISO6182-10 中所提到僅能啟動兩顆撒水頭，第三顆(D 點)撒水頭不得啟動。兩次實驗中均只啟動兩顆撒水頭，其啟動時間與溫度如下表所示，第三顆撒水頭皆無啟動。

表 3-11 FSK43_撒水頭啟動時間及溫度表

	第一顆撒水頭啟動時間與溫度	第二顆撒水頭啟動時間與溫度	第三顆撒水頭是否啟動
第一次實驗	1:32@112.3°C	2:08@101.2°C	無
第二次實驗	1:24@103.3°C	1:55@99.2°C	無

(資料來源：本研究整理)

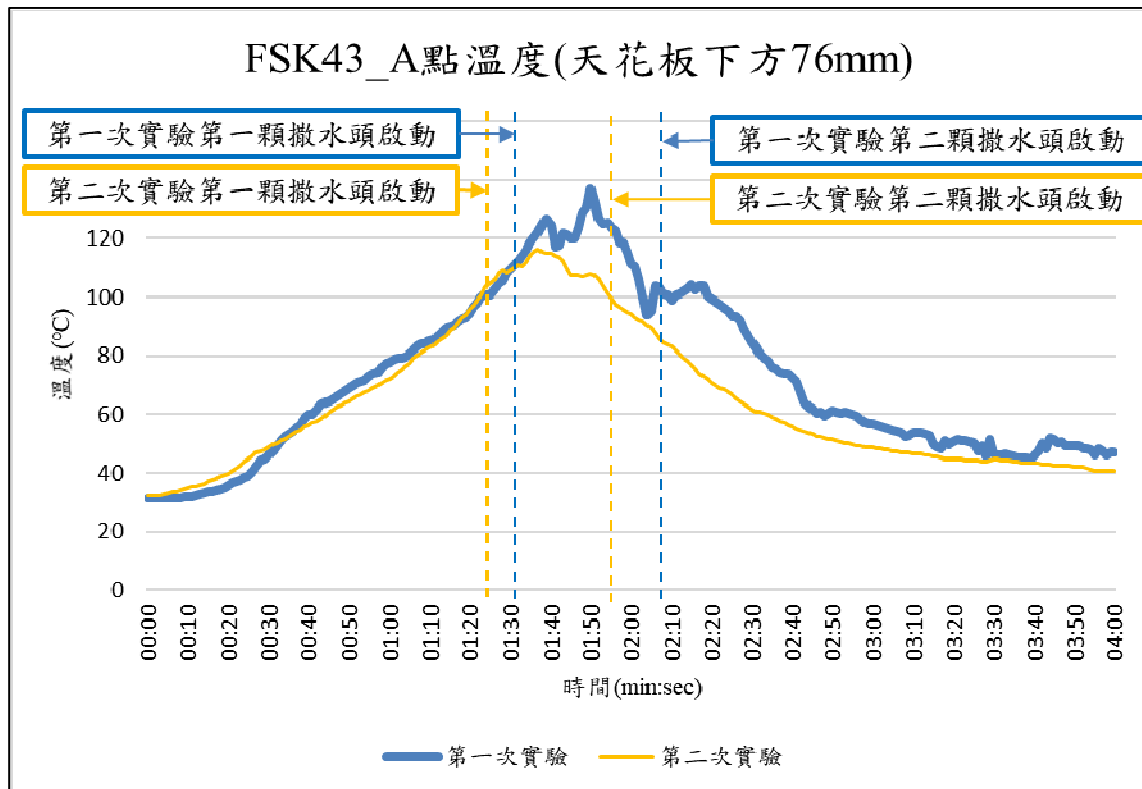


圖 3-19 FSK43_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處)



(資料來源：本研究整理)

貳、FS06(國產)實驗結果


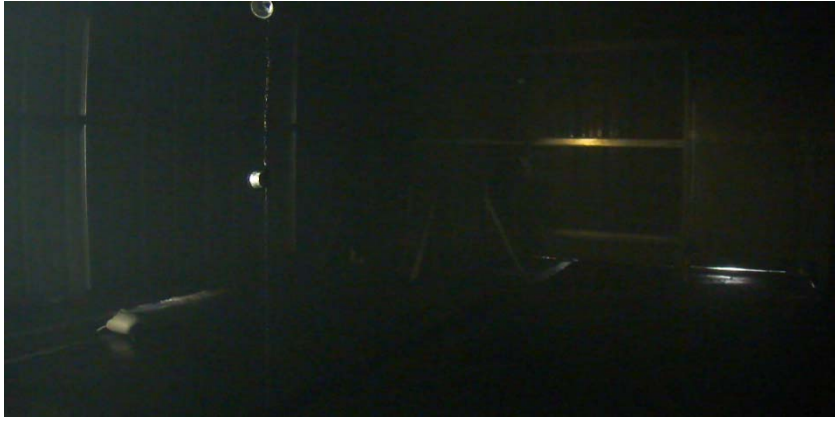
表 3-12 FS06 實驗參數紀錄表

國產撒水頭 FS06	
撒水頭型號	FS06
撒水頭_形式種類	小區劃型
撒水頭_撒水半徑	2.6m
撒水頭_K 值	50
撒水頭_標稱溫度	72 °C
實驗壓力	0.9kg/cm ²
室外溫度/木材濕度	29.9°C/15.1%

表 3-13 FS06 實驗過程紀錄表

項次	實驗過程	時間紀錄
1		00:00
	點火	
2		01:31
	第一顆撒水頭啟動	

(表3-12、表3-13資料來源：本研究整理)

項次	實驗過程	時間紀錄
3	 <p data-bbox="667 768 927 801">模擬傢俱燃燒殆盡</p>	03:20
4	 <p data-bbox="730 1283 863 1317">火源撲滅</p>	07:20

(資料來源：本研究整理)

FS06 溫度結果：

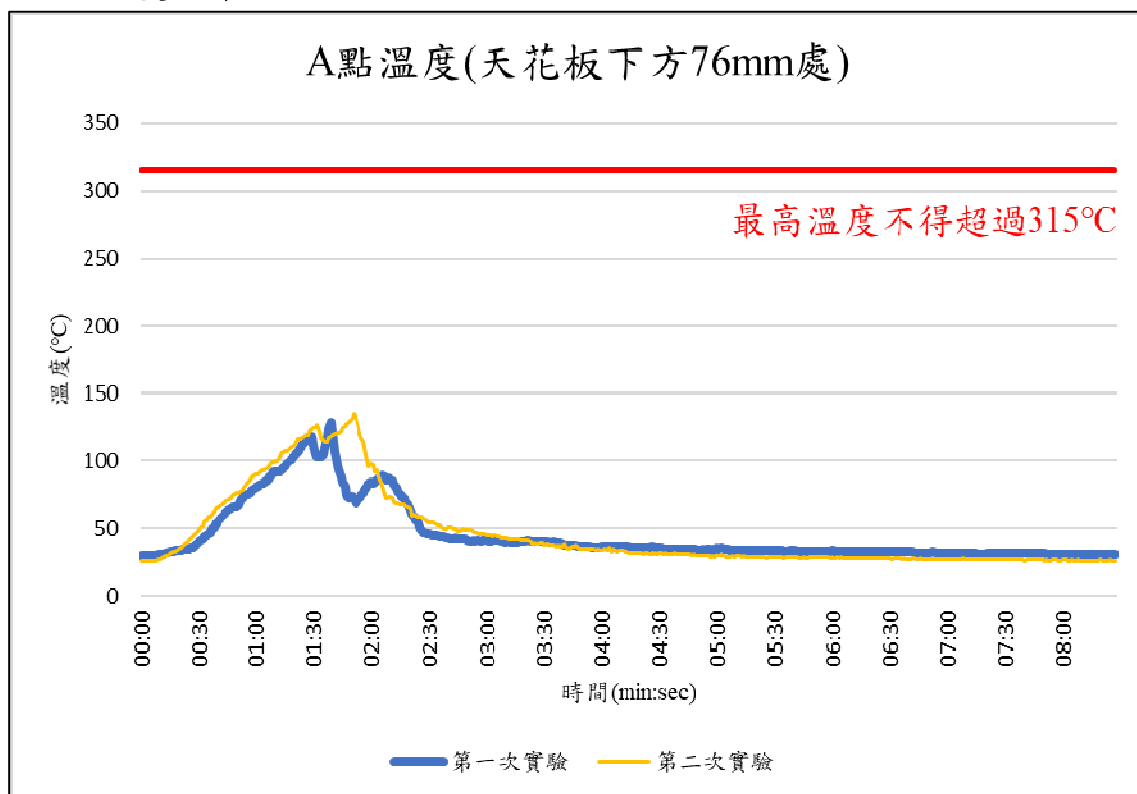
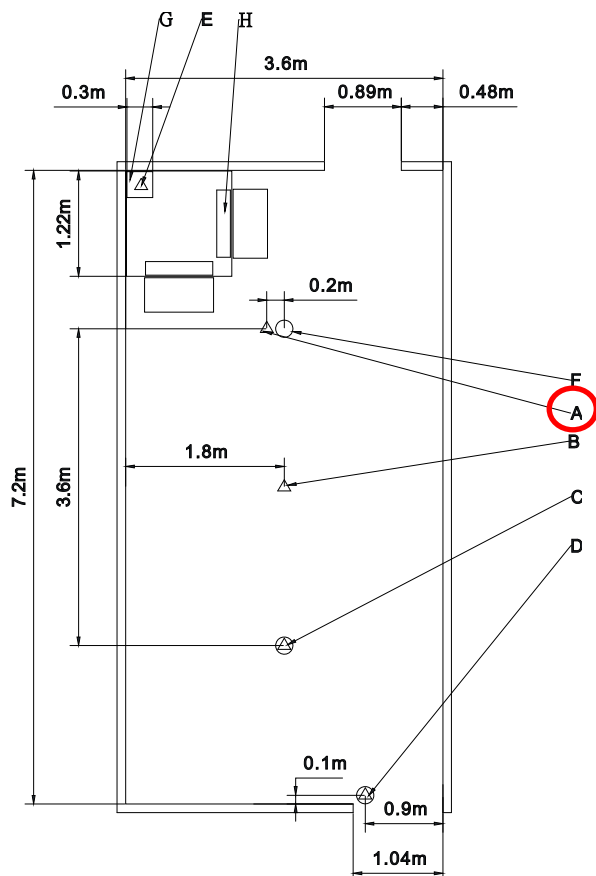


圖 3-20 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(A點)

(資料來源：本研究整理)



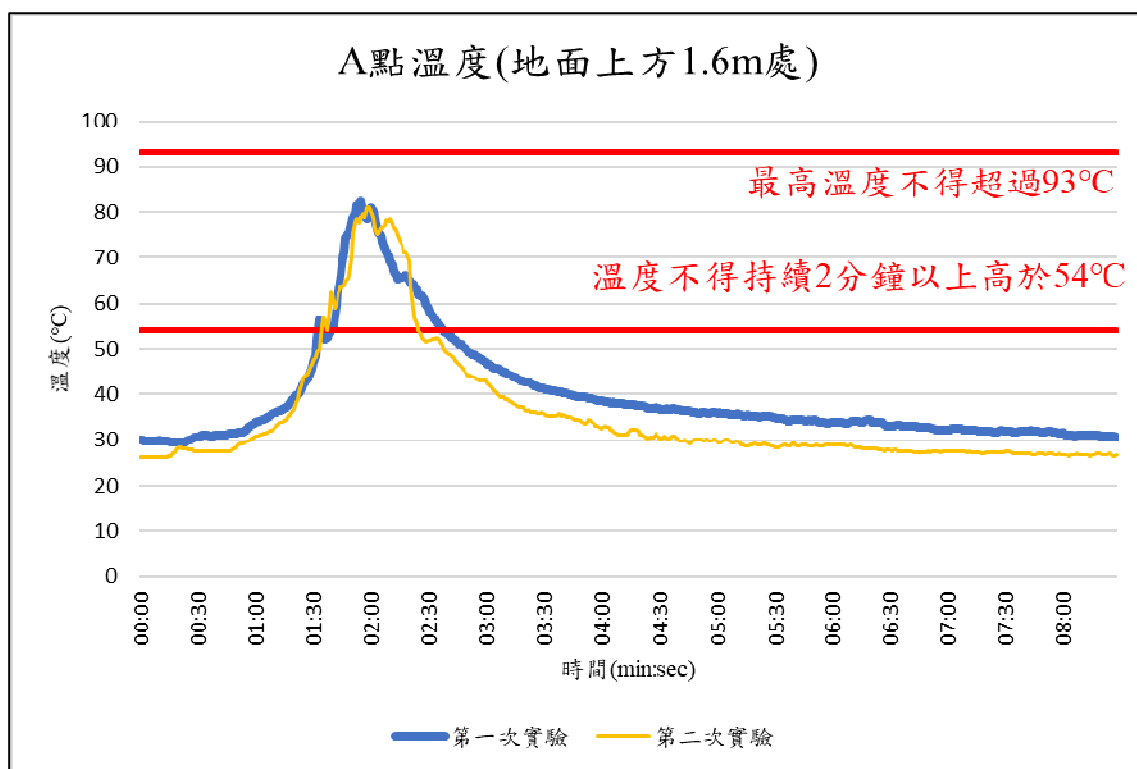
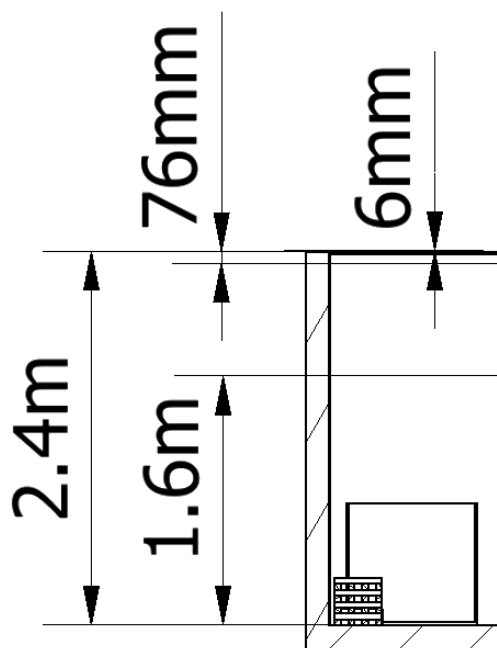
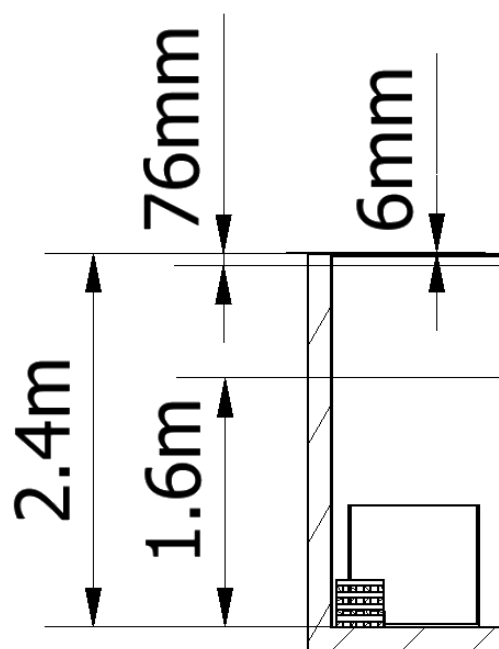
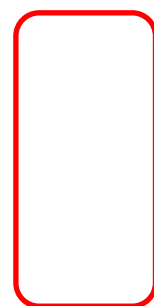
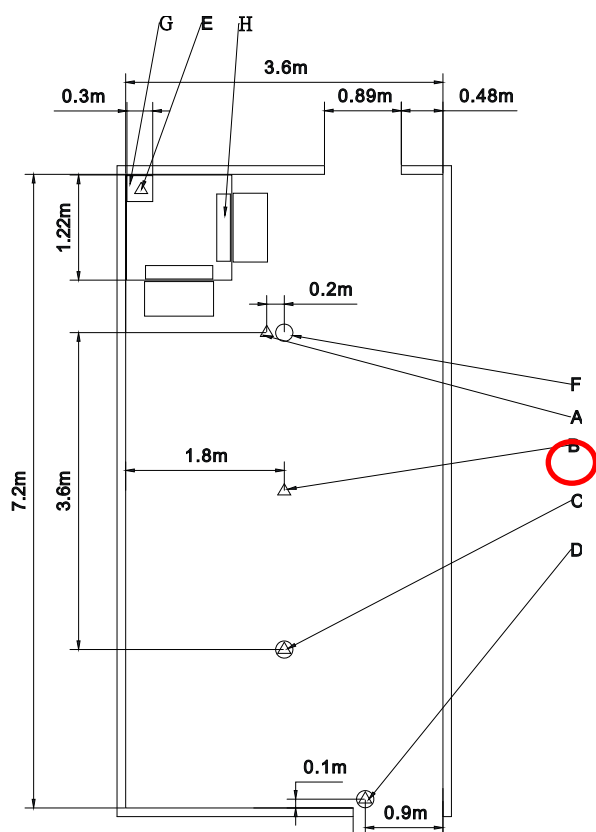


圖 3-21 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(A 點續)
(資料來源：本研究整理)



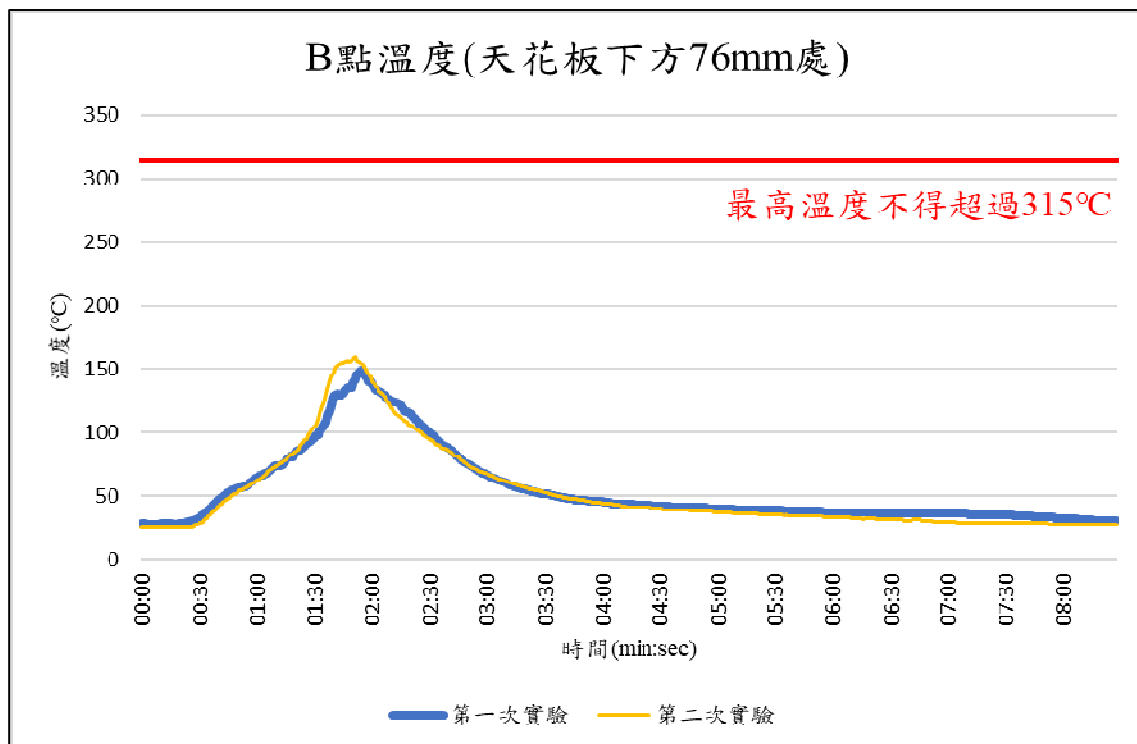
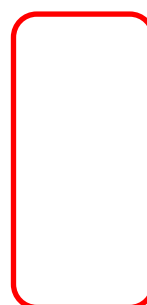
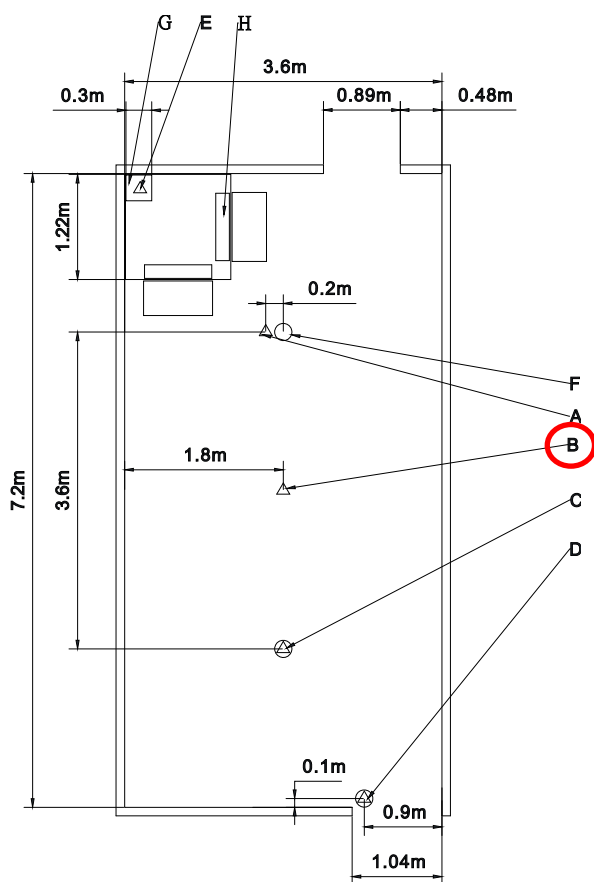


圖 3-22 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(B點)
(資料來源：本研究整理)



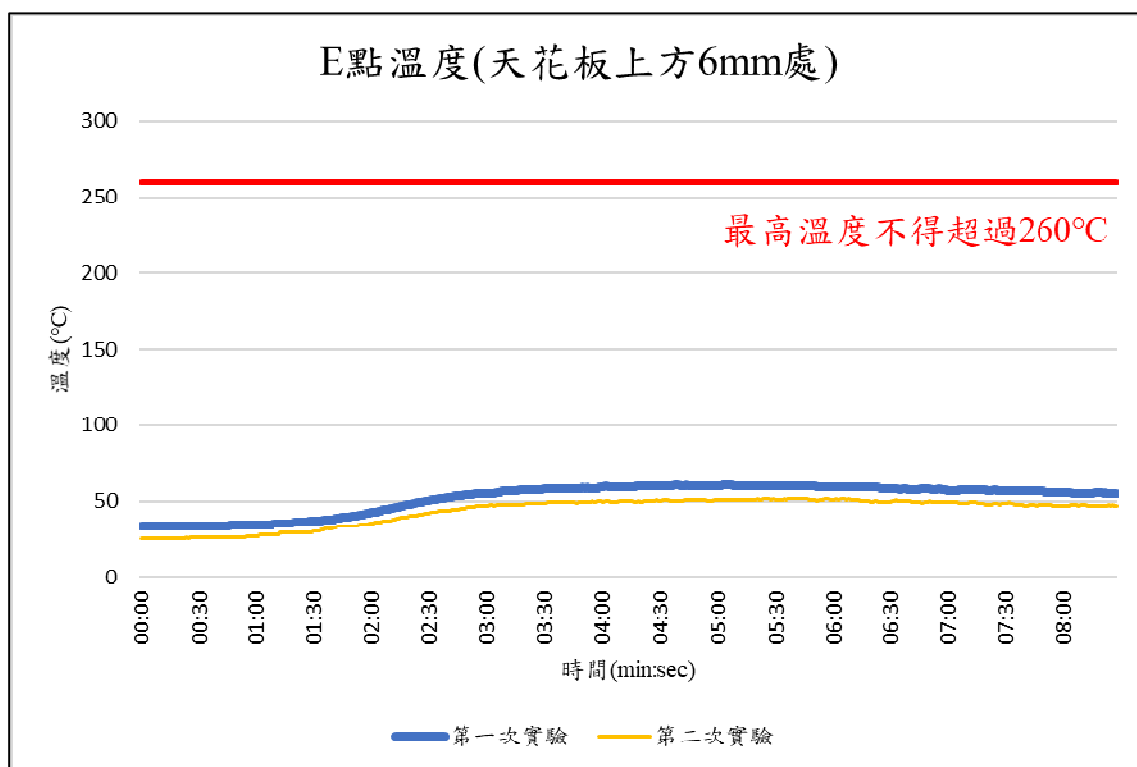
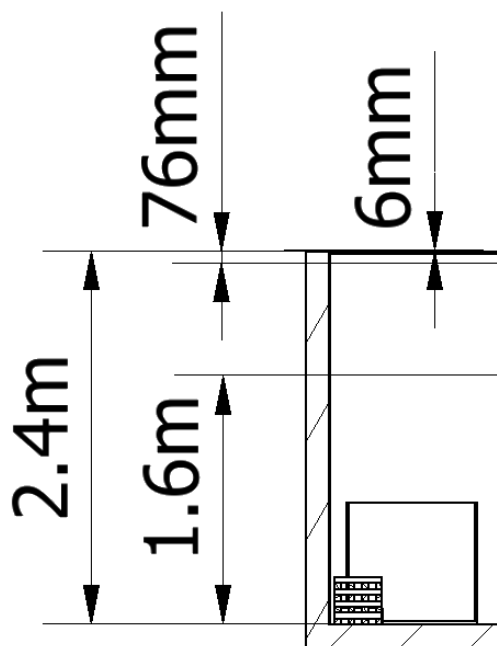
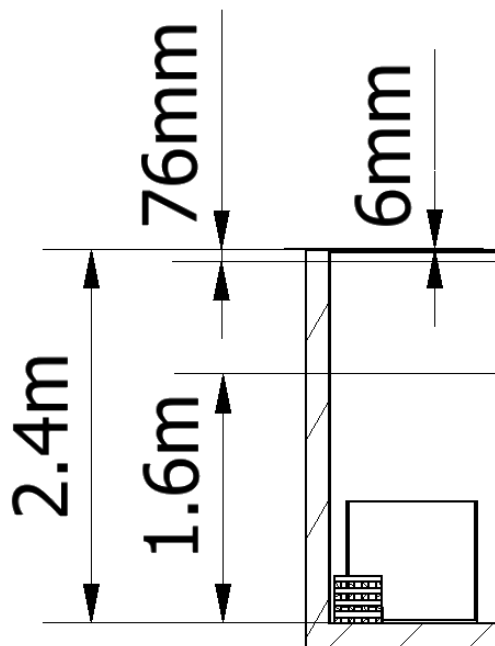
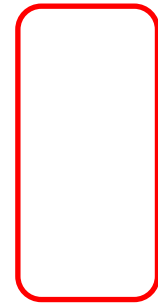
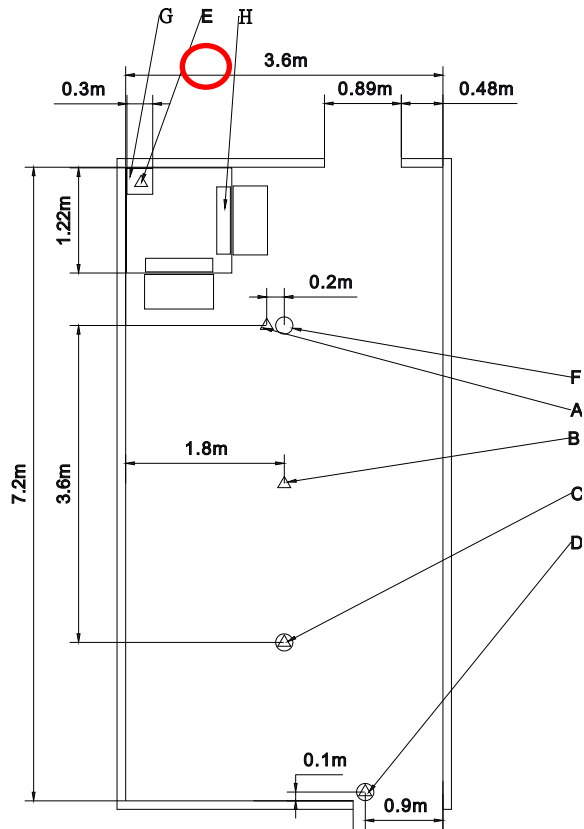


圖 3-23 FS06(國產)_溫度量測曲線圖(E點)

(資料來源：本研究整理)



一、依據 ISO6182-10 中所規範，A、B 點(天花板下方 76mm)最高溫度不得超過 315°C。在兩次實驗中 A 點所量測到的最高溫度為 128.8°C 及 135.9°C；B 點所量測到的最高溫度為 149.1°C 及 159.4°C，溫度均在規範範圍內。

表 3-14 FS06_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果

	A 點(天花板下方 76mm)	B 點(天花板下方 76mm)	規範要求	是否符合規範要求
第一次實驗	128.8°C	149.1°C	$\leq 315^{\circ}\text{C}$	符合
第二次實驗	135.9°C	159.4°C		符合

(資料來源：本研究整理)

二、依據 ISO6182-10 規範中提及的 E 點(天花板外側 6mm 處)，建材最高溫不得超過 260°C。本實驗中所使用的天花板為通過 CNS 14705 系列標準「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」耐燃一級石膏板，兩次實驗中在天花板外側 6mm 所量測到的最高溫度為 60.7°C 及 52.1°C，皆低於規範所提及的最高溫度不得超過 260°C。

三、參照 ISO6182-10 中所規範 A 點(地面上方 1.6m 處)最高溫度不得超過 93°C 及連續 2 分鐘超過 54°C。第一次實驗超過 54°C 的連續時間約為 60 秒；第二次實驗約為 50 秒，兩次實驗均符合規範中「超過 54°C 未持續 2 分鐘」；最高溫度為 82.5°C 及 81.1°C 均未超過規範所提及的「最高溫度超過 93°C」。

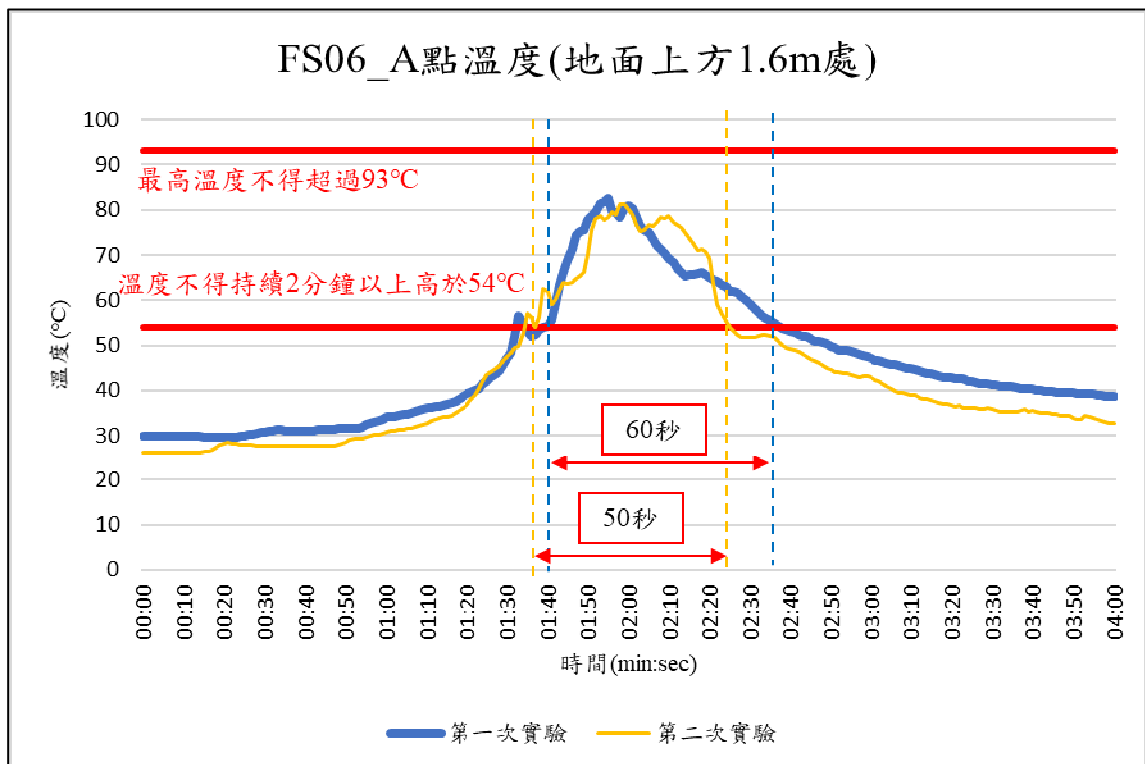
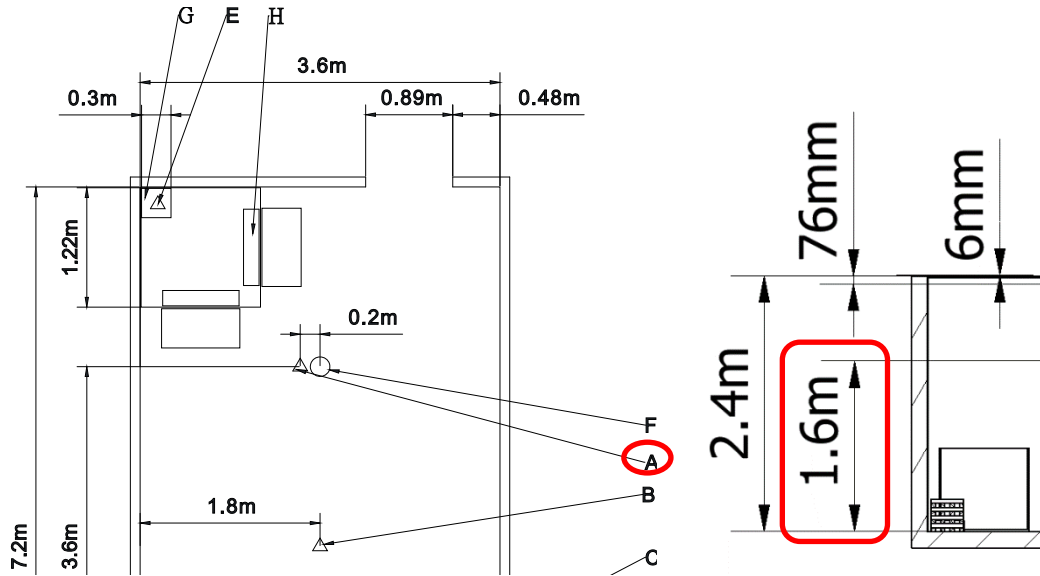


圖 3-24 FS06_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖
(資料來源：本研究整理)

四、參照 ISO6182-10 中所提到僅能啟動兩顆撒水頭，第三顆(D 點)撒水頭不得啟動。兩次實驗中均啟動兩顆撒水頭，其啟動時間與溫度如下表所示，第三顆撒水頭皆無啟動。

表 3-15 FS06_撒水頭啟動時間及溫度表

	第一顆撒水頭啟動時間與溫度	第二顆撒水頭啟動時間與溫度	第三顆撒水頭是否啟動
第一次實驗	1:21@104.3°C	1:32@103.0°C	無
第二次實驗	1:26@121.8°C	1:44@122.5°C	無

(資料來源：本研究整理)

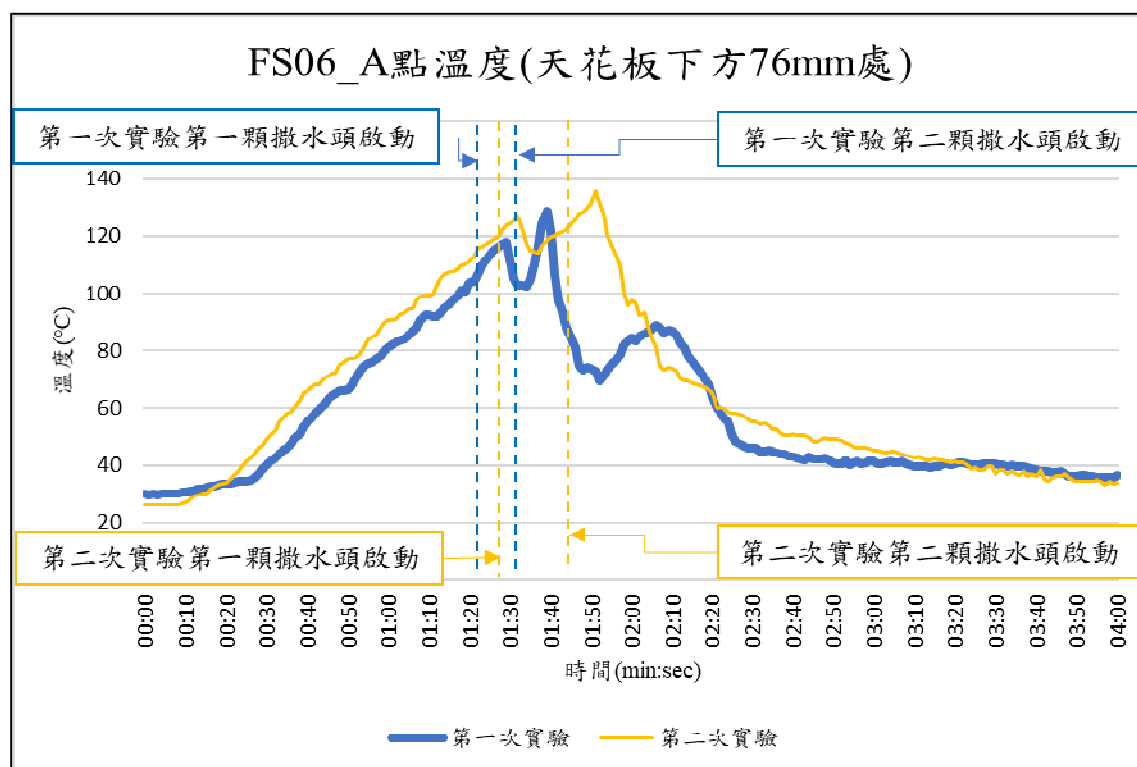




圖 3-25 FS06_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處)
(資料來源：本研究整理)

參、MHSJ016-72-P(日製)實驗結果說明



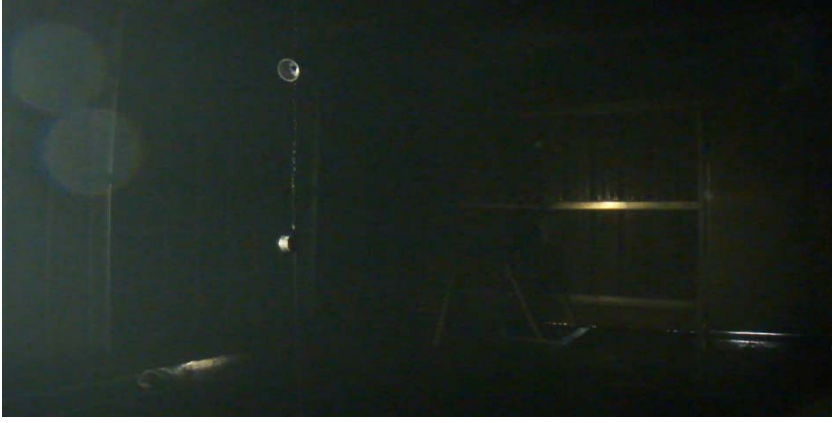
表 3-16 MHSJ016-72-P 實驗參數紀錄表

日製撒水頭_MHSJ016-72-P	
撒水頭型號	MHSJ016-72-P
撒水頭_形式種類	水道連結型
撒水頭_撒水半徑	2.6m
撒水頭_K 值	30
撒水頭_標稱溫度	72 (°C)
實驗壓力	0.9kg/cm ²
室外溫度/木材濕度	28.7(°C)/ 12.4%

表 3-17 MHSJ016-72-P 實驗過程紀錄表

項次	實驗過程	時間紀錄
1		00:00
	點火	
2		01:30
	第一顆撒水頭啟動	

(表3-16、表3-17資料來源：本研究整理)

項次	實驗過程	時間紀錄
3	 <p data-bbox="667 763 927 801">第二顆撒水頭啟動</p>	02:08
4	 <p data-bbox="667 1279 927 1317">模擬傢俱燃燒殆盡</p>	02:40
5	 <p data-bbox="730 1794 863 1832">火源撲滅</p>	09:30

(資料來源：本研究整理)

MHSJ016-72-P 溫度結果：

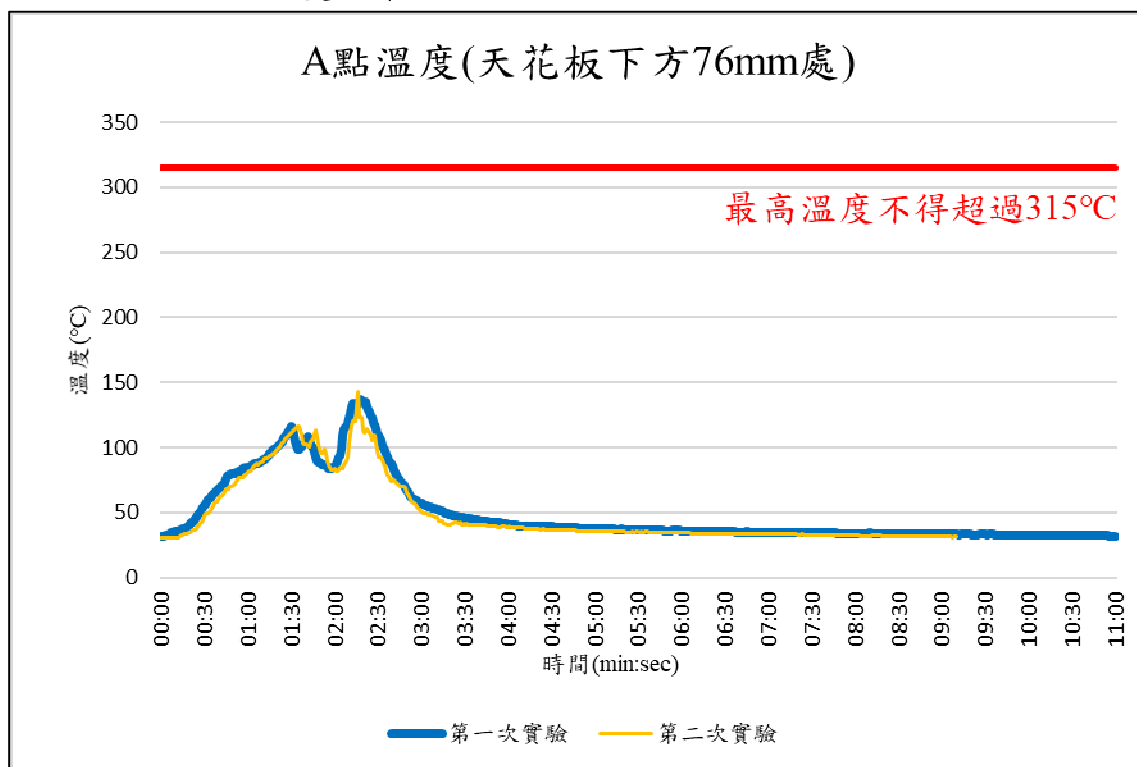
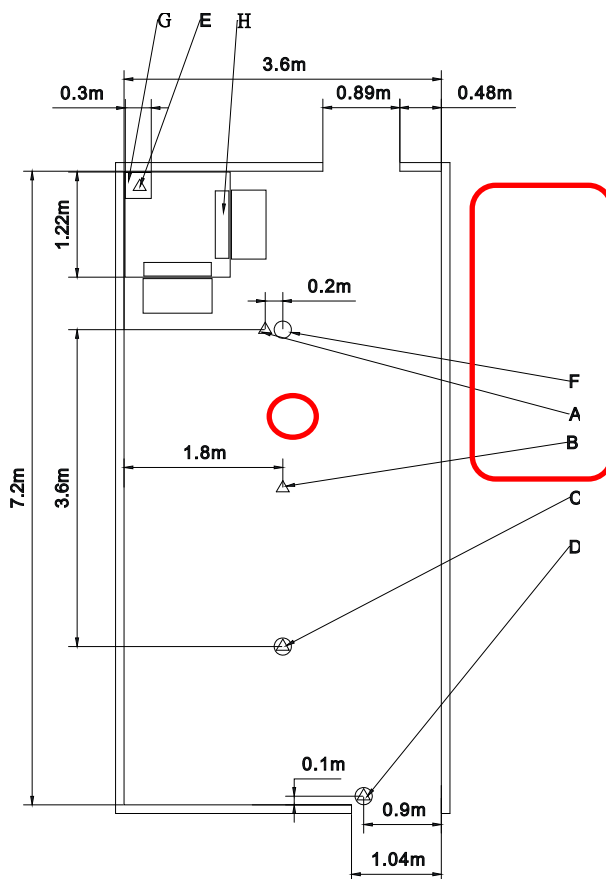


圖 3-26 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(A點)
(資料來源：本研究整理)



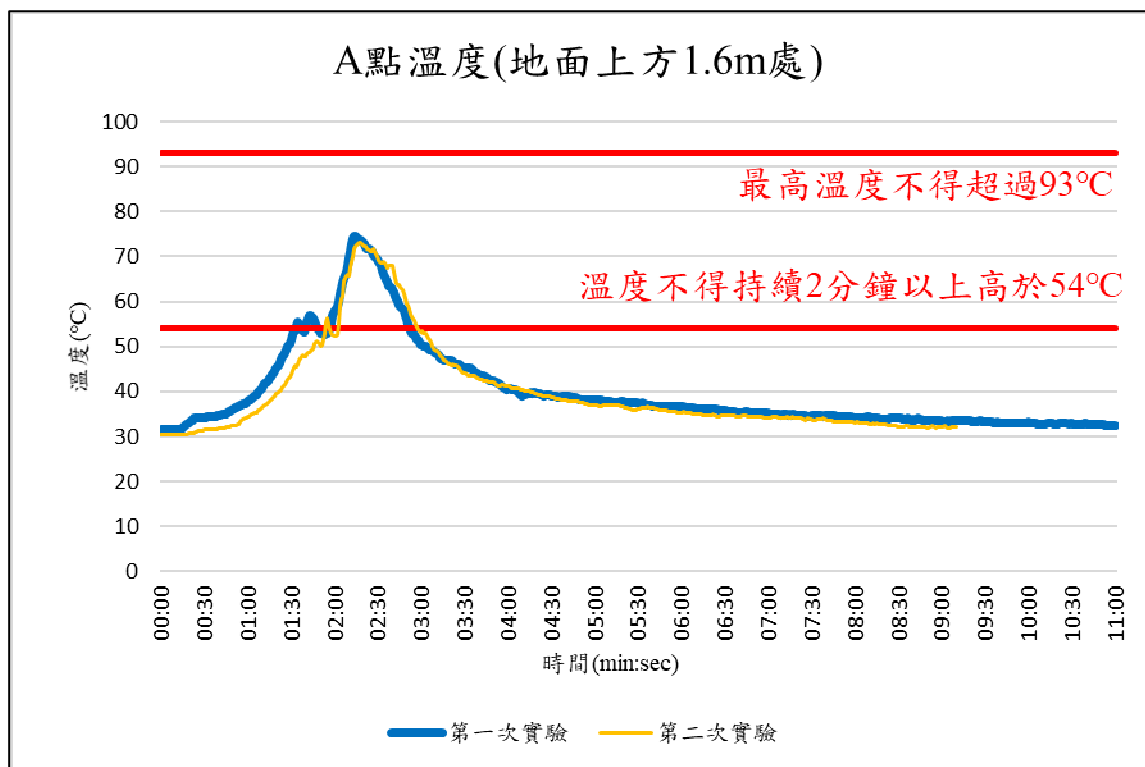
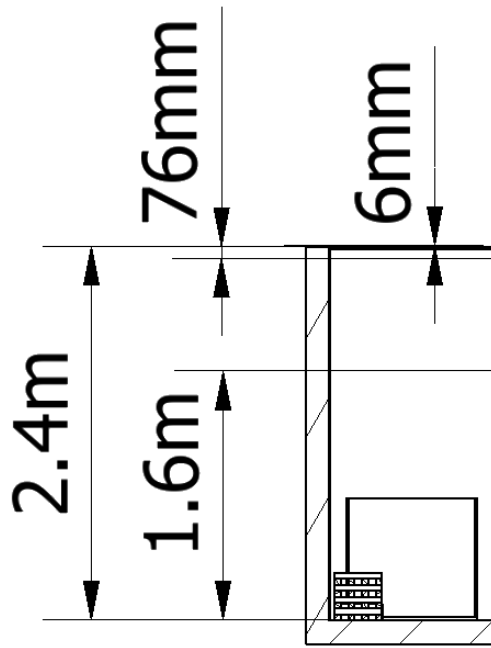
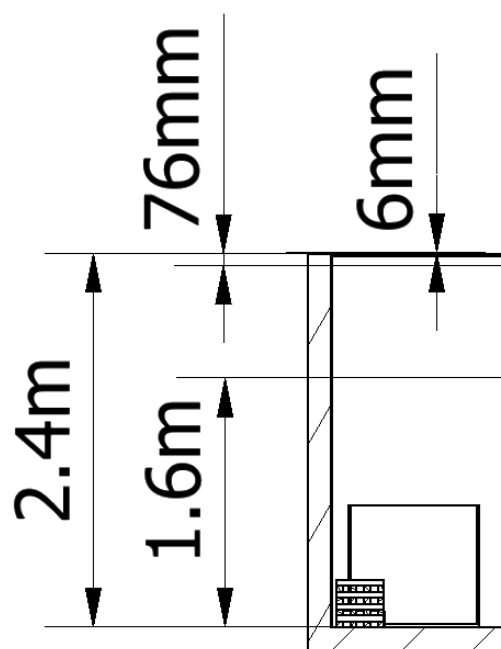
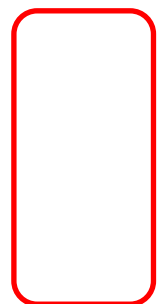
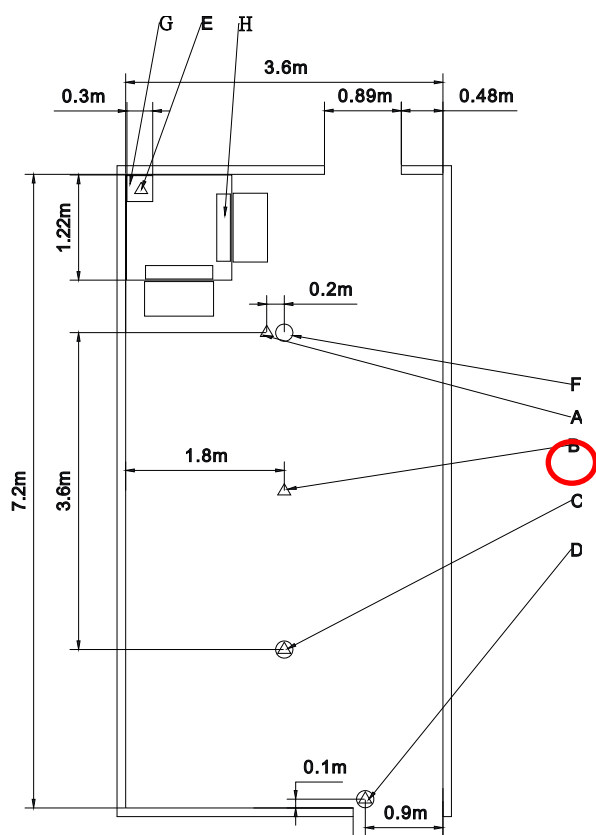


圖 3-27 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(A點續)
(資料來源：本研究整理)



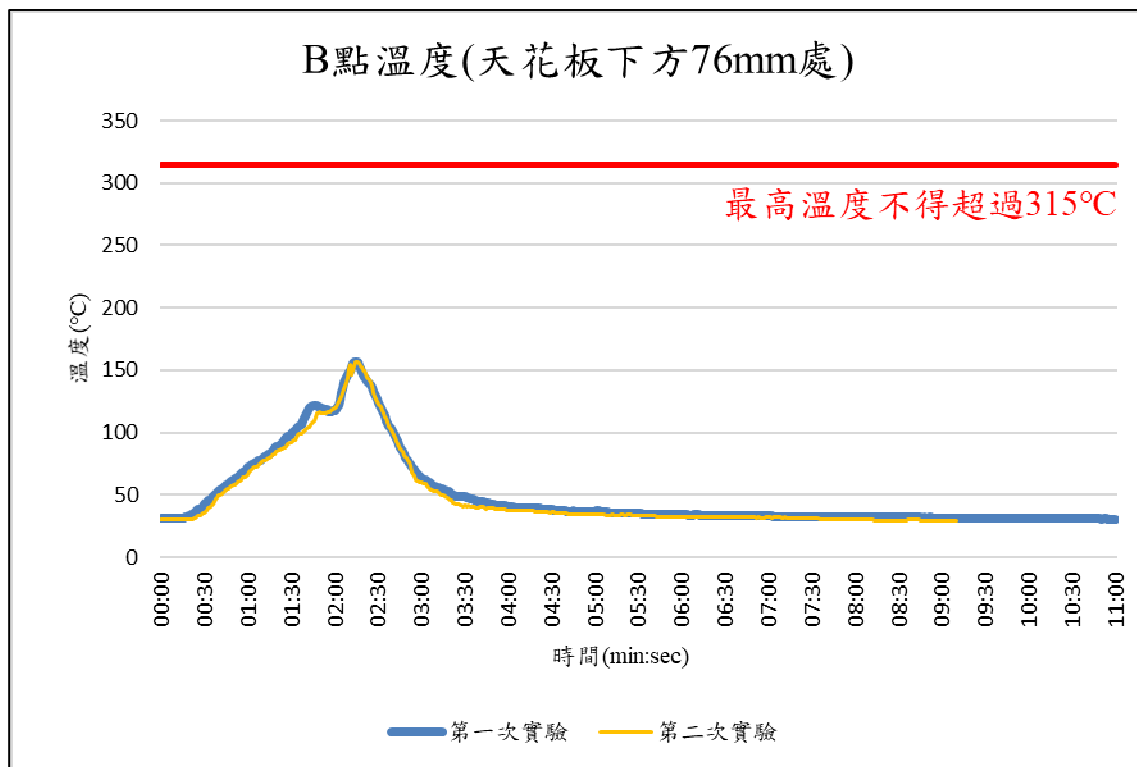
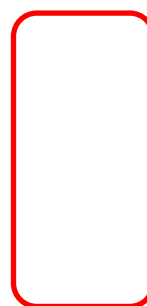
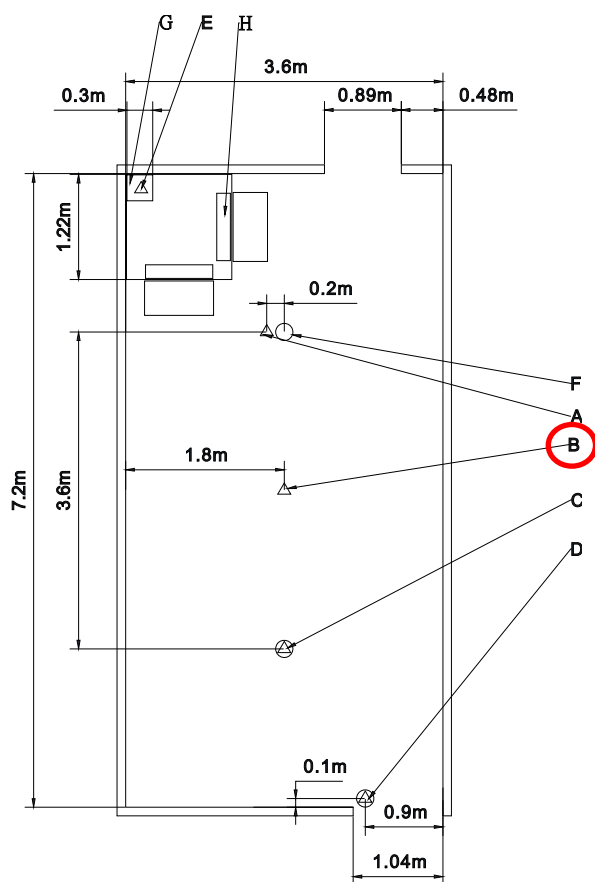


圖 3-28 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(B點)
(資料來源：本研究整理)



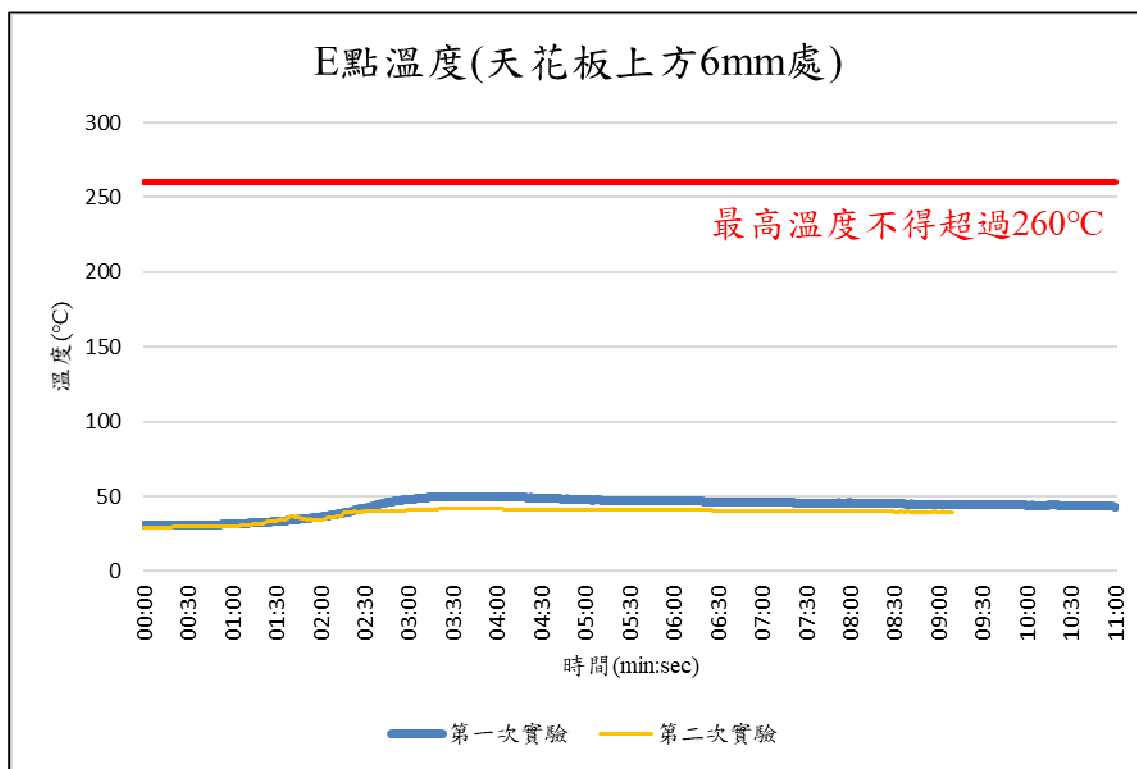
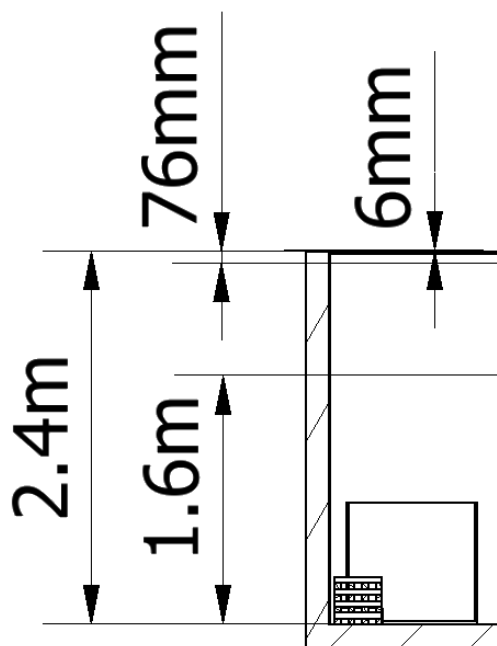
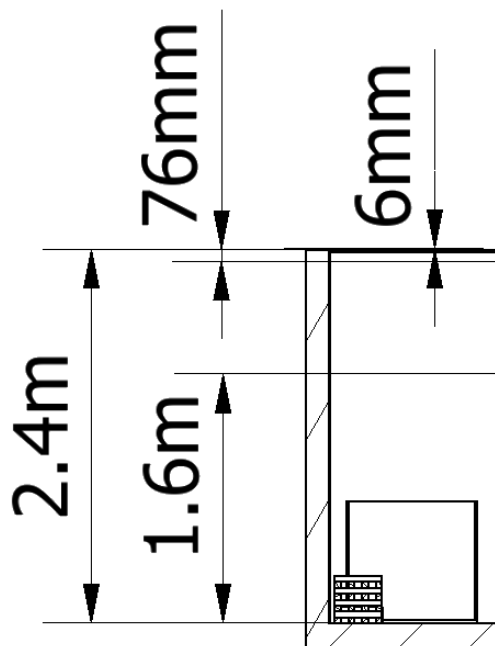
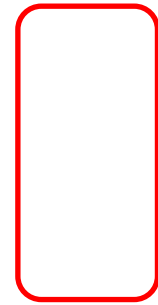
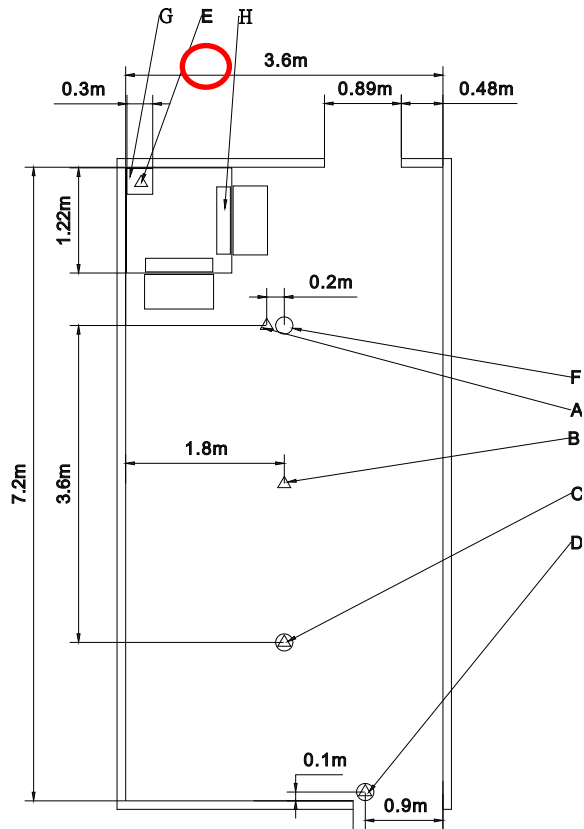


圖 3-29 MHSJ016-72-P(日製)_溫度量測曲線圖(E點)
(資料來源：本研究整理)



一、依據 ISO6182-10 中所規範，A、B 點(天花板下方 76mm)最高溫度不得超過 315°C。在兩次實驗中 A 點所量測到的最高溫度為 136.6°C 及 143.0°C；B 點所量測到的最高溫度為 156.8°C 及 156.2°C，溫度均在規範範圍內。

表 3-18 MHSJ016-72-P_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果

	A 點(天花板下方 76mm)	B 點(天花板下方 76mm)	規範要求	是否符合規範要求
第一次實驗	136.6°C	156.8°C	$\leq 315^{\circ}\text{C}$	符合
第二次實驗	143.0°C	156.2°C		符合

(資料來源：本研究整理)

二、依據 ISO6182-10 規範中提及的 E 點(天花板外側 6mm 處)，建材最高溫不得超過 260°C。本實驗中所使用的天花板為通過 CNS 14705 系列標準「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」耐燃一級石膏板，兩次實驗中在天花板外側 6mm 所量測到的最高溫度均為 50°C 左右，皆低於規範所提及的最高溫度不得超過 260°C。

三、參照 ISO6182-10 中所規範 A 點(地面上方 1.6m 處)最高溫度不得超過 93°C 及連續 2 分鐘超過 54°C。兩次實驗超過 54°C 的連續時間均約為 55 秒，兩次實驗均符合規範中「超過 54°C 未持續 2 分鐘」；最高溫度為 74.5°C 及 73.1°C 均未超過規範所提及的「最高溫度超過 93°C」。

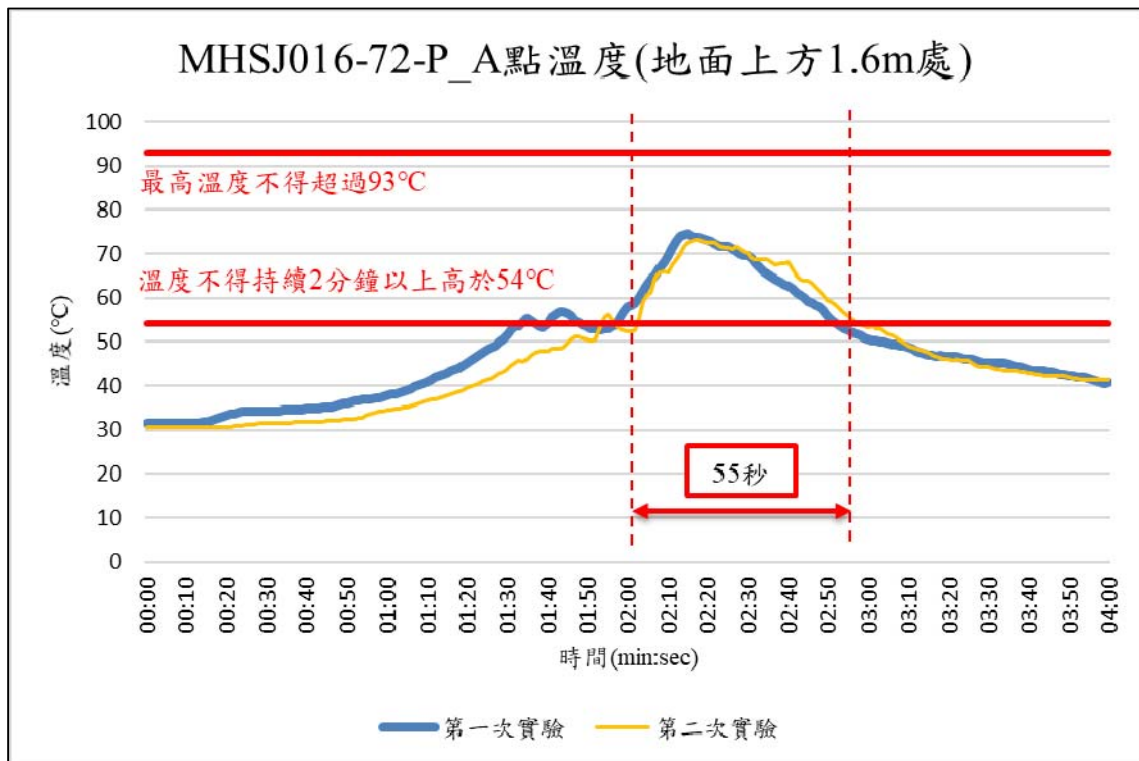
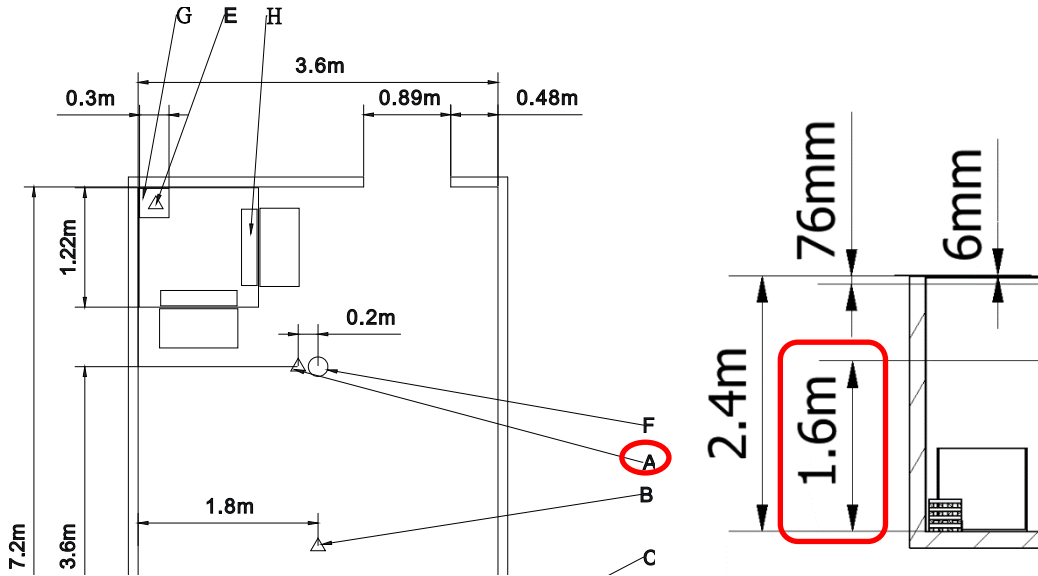


圖 3-30 MHSJ016-72-P_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖

(資料來源：本研究整理)

四、參照 ISO6182-10 中所提到僅能啟動兩顆撒水頭，第三顆(D 點)撒水頭不得啟動。兩次實驗中均只啟動兩顆撒水頭，其啟動時間與溫度如下表所示，第三顆撒水頭皆無啟動。

表 3-19 MHSJ016-72-P_撒水頭啟動時間及溫度表

	第一顆撒水頭啟動時間與溫度	第二顆撒水頭啟動時間與溫度	第三顆撒水頭是否啟動
第一次實驗	1:30@116.7°C	2:08@115.8°C	無
第二次實驗	1:30@111.3°C	2:06@83.6°C	無

(資料來源：本研究整理)

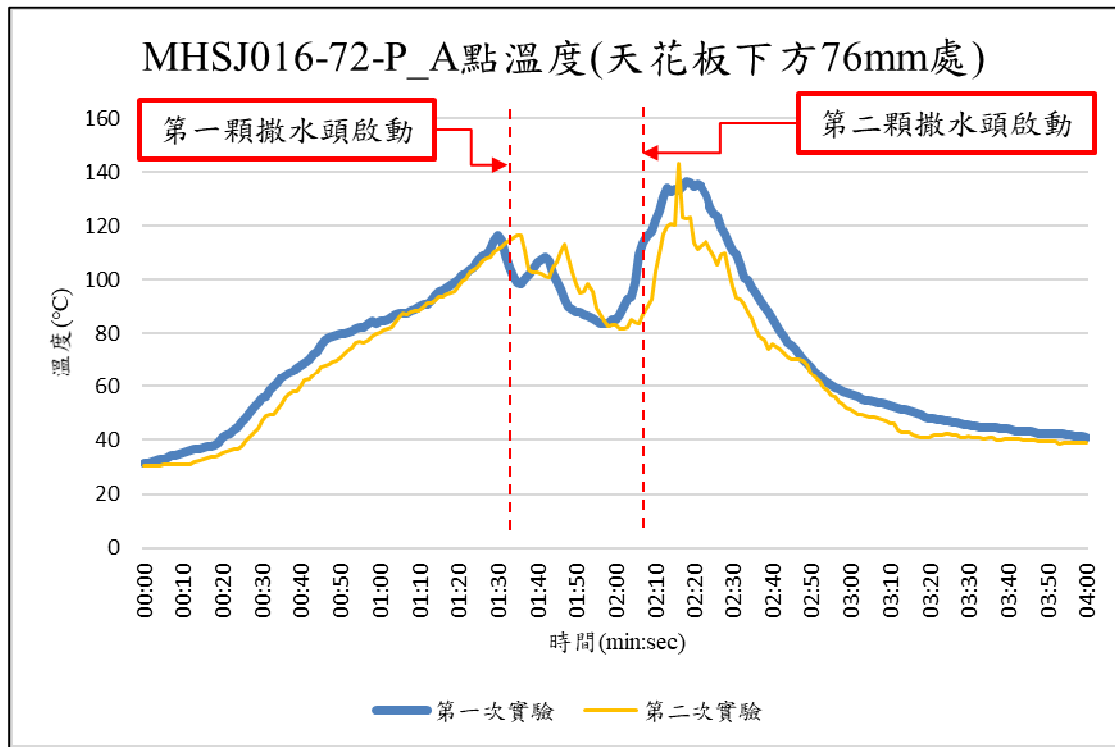


圖 3-31 MHSJ016-72-P_A 點溫度圖(天花板下 76mm 處)



(資料來源：本研究整理)

肆、VK430(美製)實驗結果說明


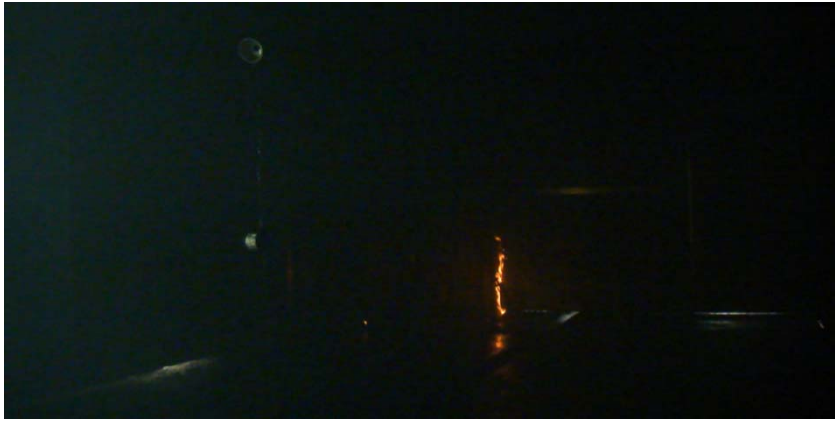
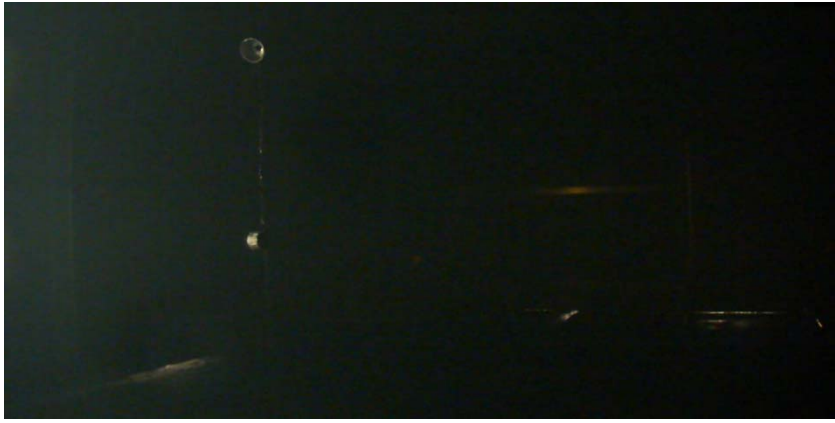
表 3-20 VK430 實驗參數紀錄表

美製撒水頭_VK430	
撒水頭型號	VK430
撒水頭_形式種類	Residential Pendent Sprinkler
撒水頭_撒水半徑	2.6(m)
撒水頭_K 值	62
撒水頭_標稱溫度	68 (°C)
實驗壓力	0.5kg/cm ²
室外溫度/木材濕度	31(°C)/ 15.1(%)

表 3-21 VK430 實驗過程紀錄表

項次	實驗過程	時間紀錄
1		00:00
	點火	
2		01:07
	第一顆撒水頭啟動	

(表3-20、表3-21資料來源：本研究整理)

項次	實驗過程	時間紀錄
3	 <p data-bbox="667 734 927 775">第二顆撒水頭啟動</p>	02:23
4	 <p data-bbox="667 1240 927 1281">模擬傢俱燃燒殆盡</p>	03:48
5	 <p data-bbox="730 1747 863 1787">火源撲滅</p>	09:55

(資料來源：本研究整理)

VK430 溫度結果：

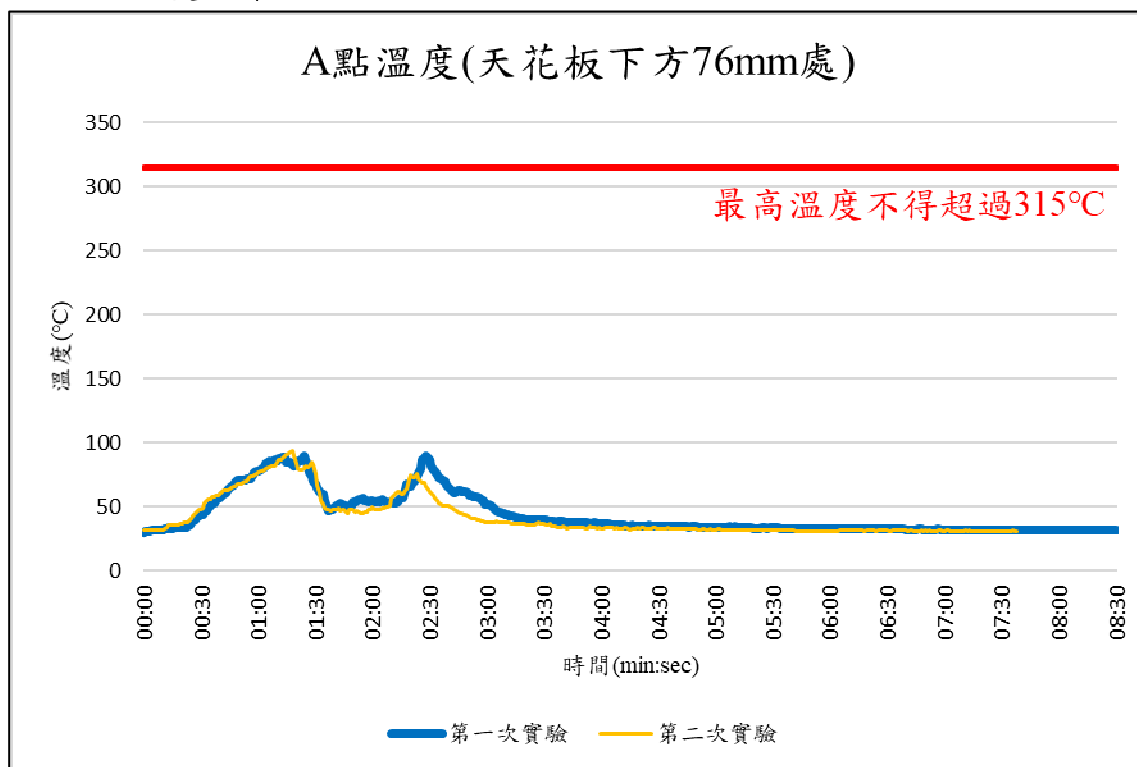
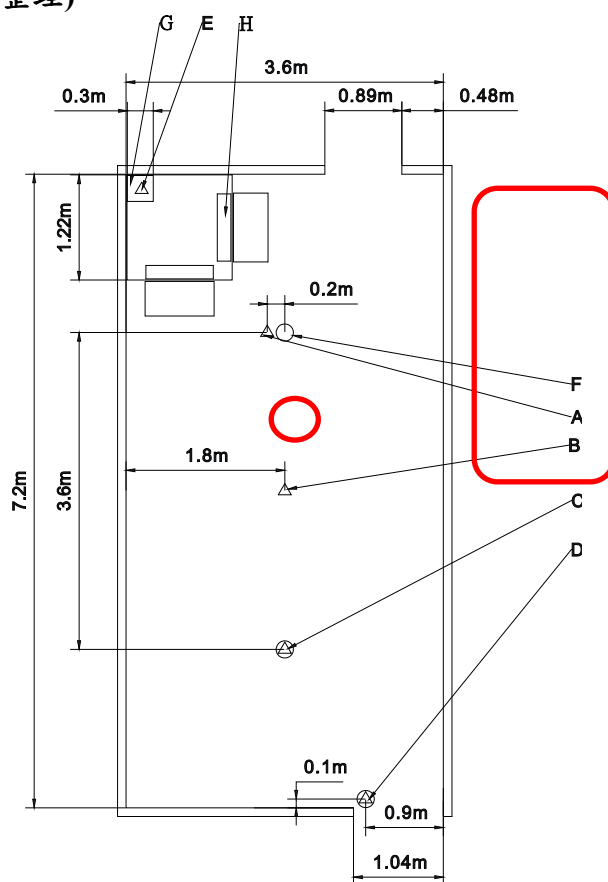


圖 3-32 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(A點)

(資料來源：本研究整理)



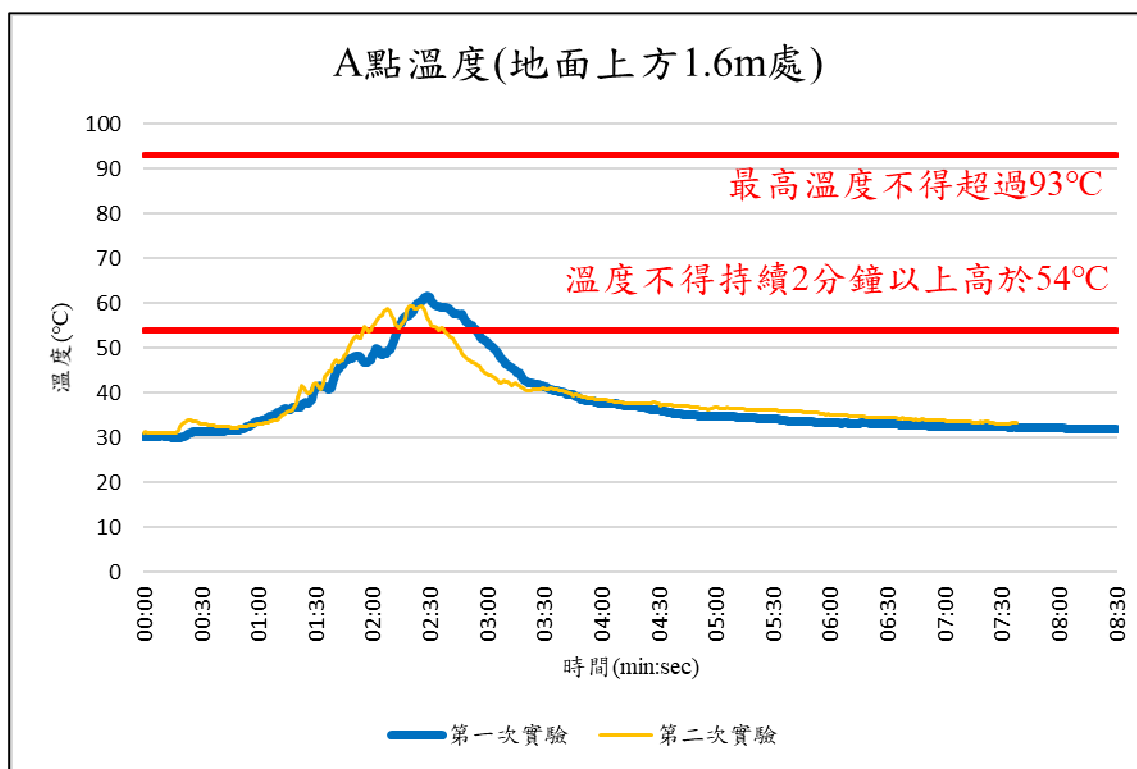
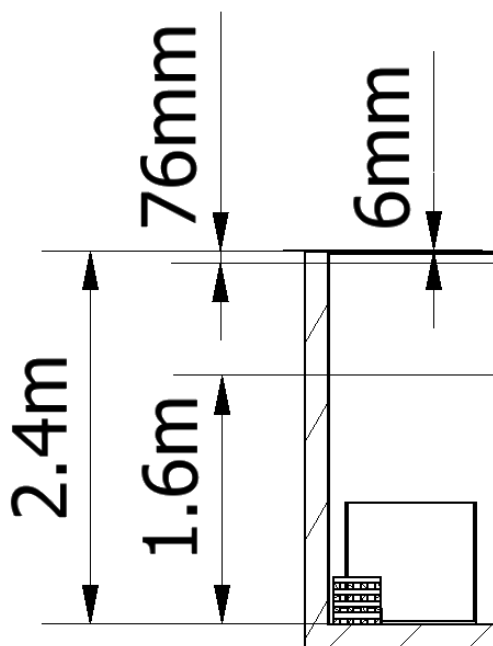
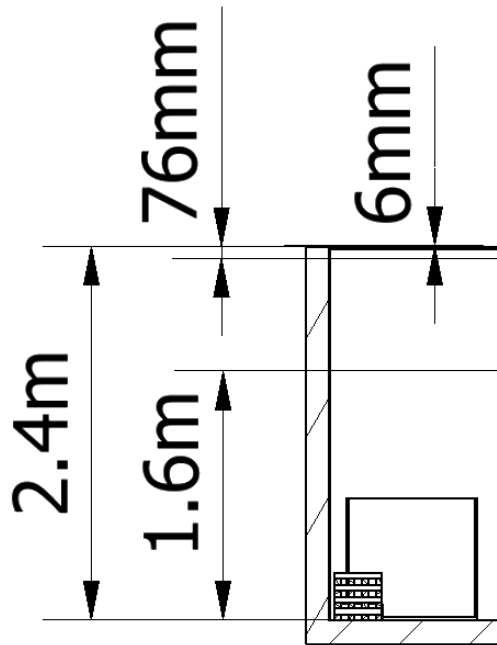
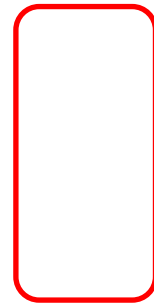
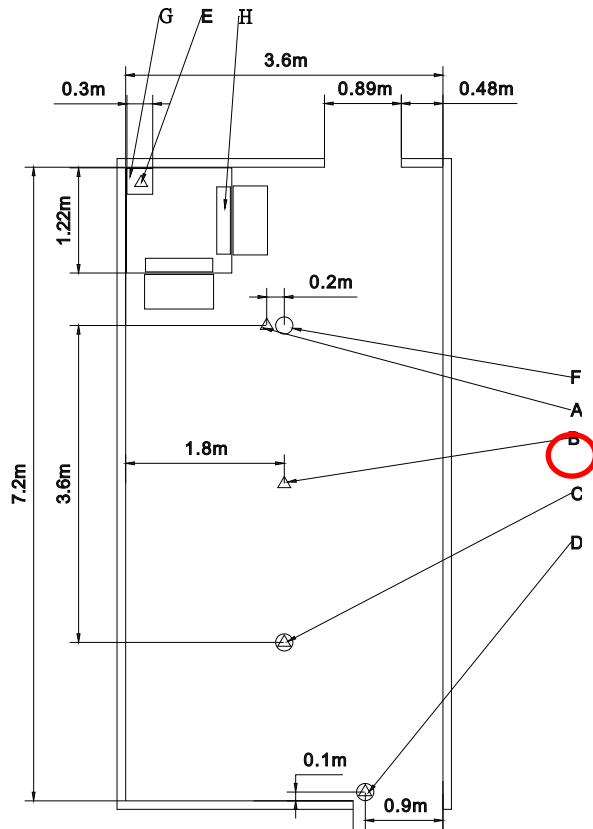


圖 3-33 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(A 點續)
(資料來源：本研究整理)



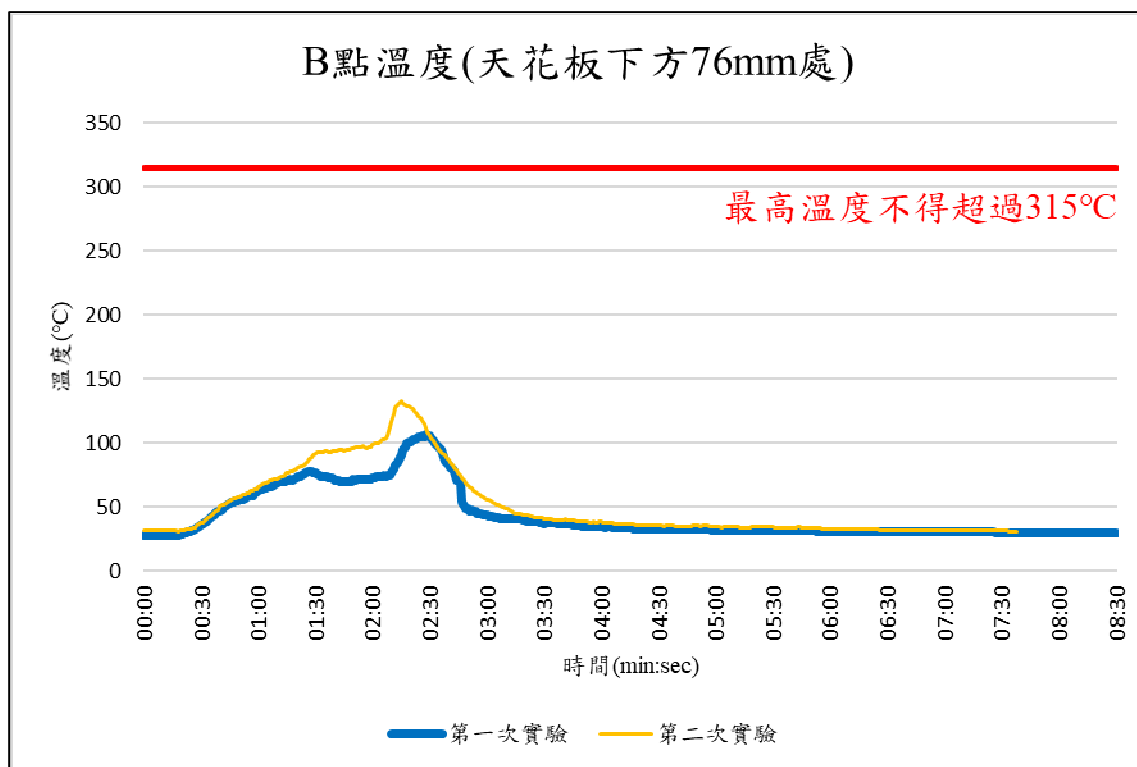
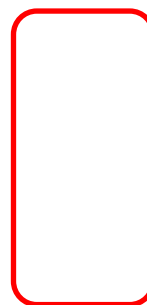
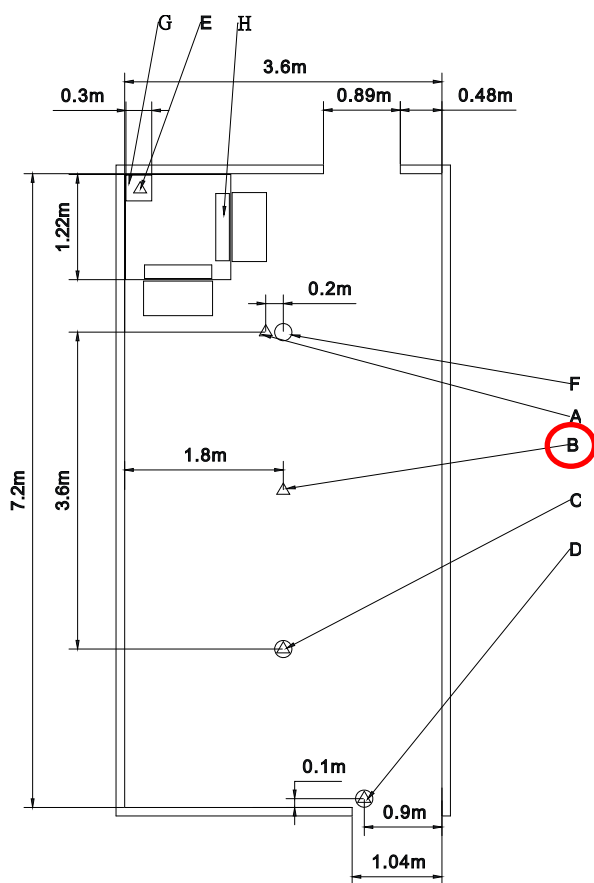


圖 3-34 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(B點)

(資料來源：本研究整理)



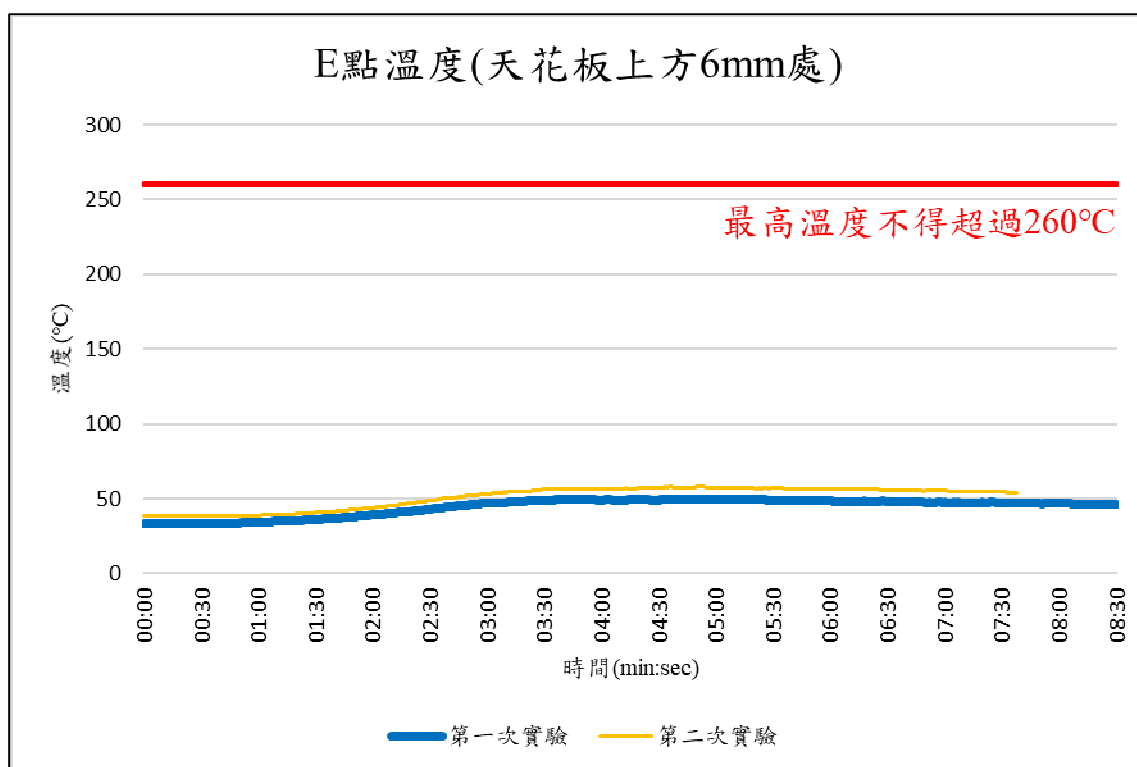
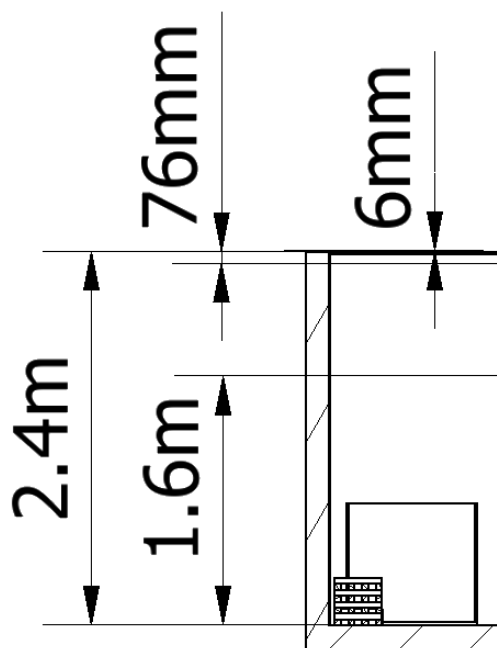
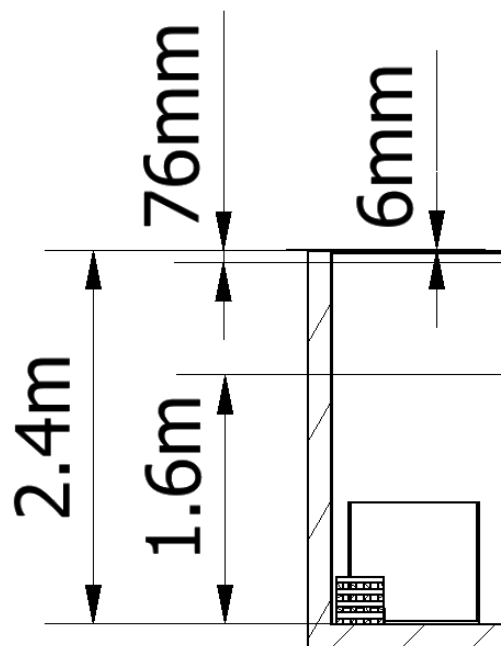
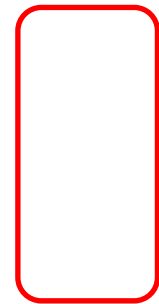
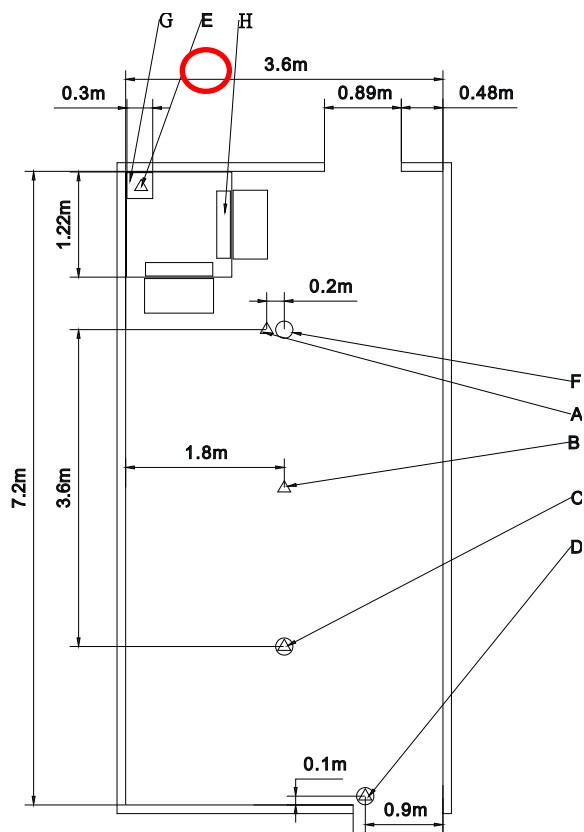


圖 3-35 VK430(美製)_溫度量測曲線圖(E點)

(資料來源：本研究整理)



一、依據 ISO6182-10 中所規範，A、B 點(天花板下方 76mm)最高溫度不得超過 315°C。在兩次實驗中 A 點所量測到的最高溫度為 89.6°C 及 94.1°C；B 點所量測到的最高溫度為 106.7°C 及 132.3°C，溫度均在規範範圍內。

表 3-22 VK430_A、B 點(天花板下方 76mm)溫度結果

	A 點(天花板 下方 76mm)	B 點(天花板 下方 76mm)	規範要求	是否符合 規範要求
第一次實驗	89.6°C	106.7°C	$\leq 315^{\circ}\text{C}$	符合
第二次實驗	94.1°C	132.3°C		符合

(資料來源：本研究整理)

二、依據 ISO6182-10 規範中提及的 E 點(天花板外側 6mm 處)，建材最高溫不得超過 260°C。本實驗中所使用的天花板為通過 CNS 14705 系列標準「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」耐燃一級石膏板，兩次實驗中在天花板外側 6mm 所量測到的最高溫度為 49.7°C 及 57.8°C，皆低於規範所提及的最高溫度不得超過 260°C。

三、參照 ISO6182-10 中所規範 A 點(地面上方 1.6m 處)最高溫度不得超過 93°C 及連續 2 分鐘超過 54°C。兩次實驗超過 54°C 的連續時間均約為 40 秒，兩次實驗均符合規範中「超過 54°C 未持續 2 分鐘」；最高溫度為 61.7°C 及 59.4°C 均未超過規範所提及的「最高溫度超過 93°C」。

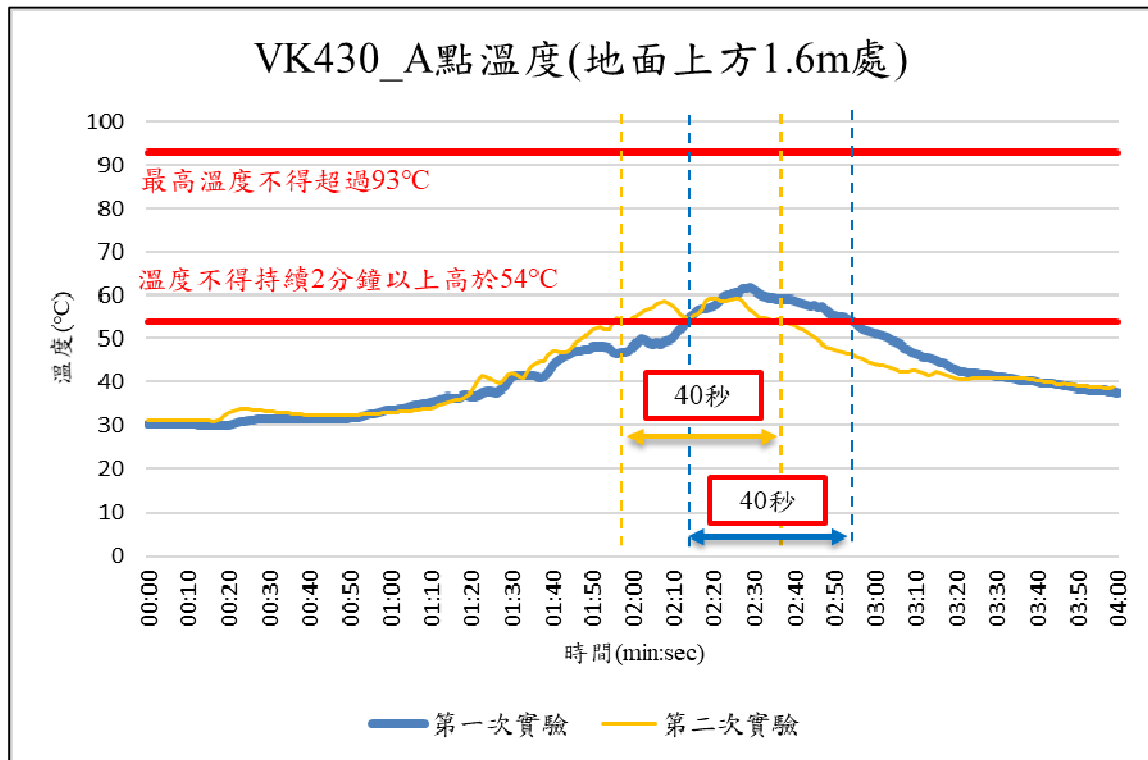
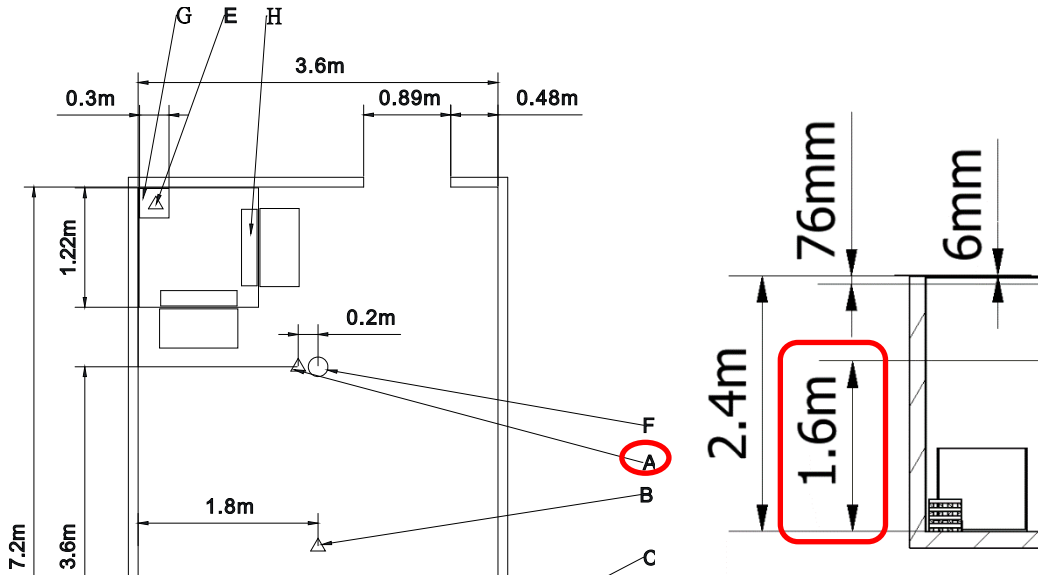


圖 3-36 VK430_A 點(距離地面 1.6m)溫度圖

(資料來源：本研究整理)

四、美製撒水頭啟動方式為玻璃球破裂，與其他三款撒水頭啟動方式不同，且標稱啟動溫度為 68°C 比其他三款 72°C 來的低，兩次實驗結果顯示撒水頭啟動時間相較其他三款較早啟動。此款撒水頭放水量比其他三款來的高，兩次實驗所得到的溫度結果都比其他三款還要低。

參照 ISO6182-10 中所提到僅能啟動兩顆撒水頭，第三顆(D 點)撒水頭不得啟動。兩次實驗中均只啟動兩顆撒水頭，其啟動時間與溫度如下表所示，第三顆撒水頭皆無啟動。

表 3-23 VK430_撒水頭啟動時間及溫度表

	第一顆撒水頭啟動時間與溫度	第二顆撒水頭啟動時間與溫度	第三顆撒水頭是否啟動
第一次實驗	1:07@84.9°C	2:23@74.2°C	無
第二次實驗	1:12@86.3°C	2:17@72.1°C	無

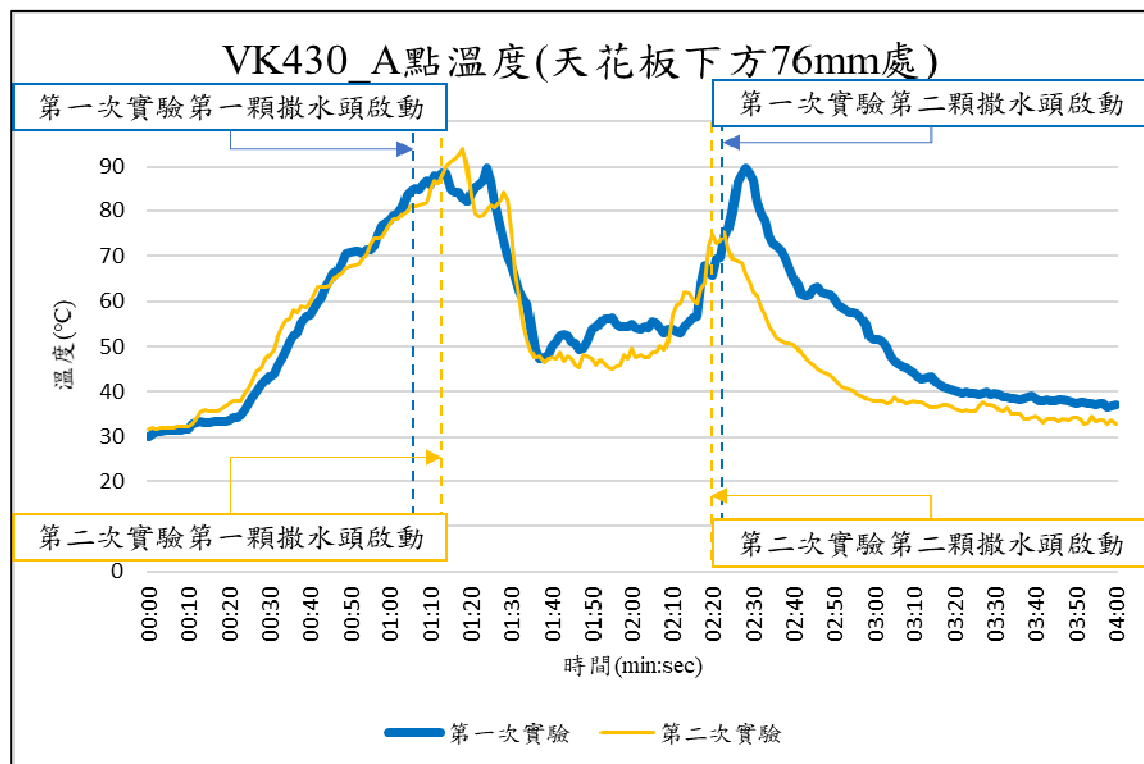


圖 3-37 VK430_A 點溫度圖(天花板下方 76mm 處)
(表3-23、圖3-27資料來源：本研究整理)

第四節 小結

本研究共採用四款小水量撒水頭進行全尺寸實驗，經彙整本研究八次全尺寸實驗結果，提出下列結論：

壹、參考 ISO6182-10 對於實驗過程之標定位置(A 點、B 點)的溫度極限值規定，本研究八次實驗之 A 點、B 點標定位置(天花板下方 76mm 處)最高溫度皆小於 315°C。其中 VK430 撒水頭的 A 點位置溫度數值發現，其溫度低於其他三款撒水頭約 20~30°C，本研究團隊分析其原因是受撒水頭標稱溫度的影響，VK430 標稱溫度為 68°C；而其他三款撒水頭為 72°C。此外搭配撒水頭啟動溫度圖(圖 3-43)發現，VK430 啟動溫度快於其他三款撒水頭 20 秒且為本研究唯一撒水頭啟動溫度低於 100°C 的撒水頭。

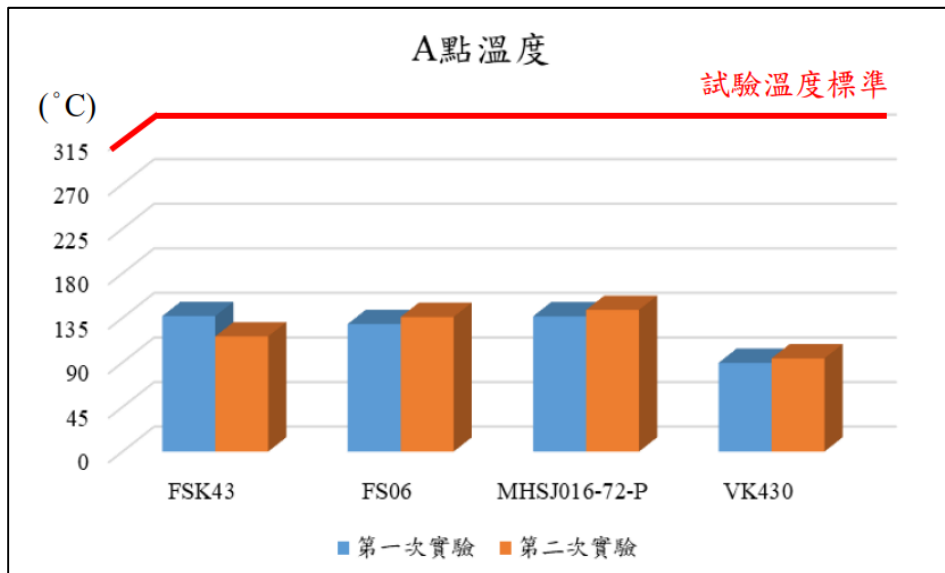


圖 3-38 A 點溫度比較圖(天花板下方 76mm 處)
(資料來源：本研究整理)

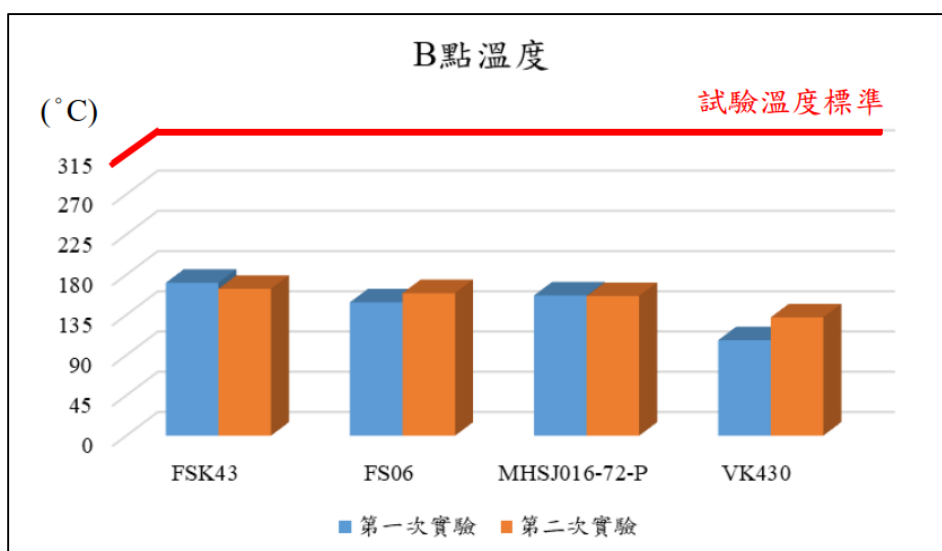


圖 3-39 B 點溫度比較圖(天花板下方 76mm 處)

貳、參考 ISO6182-10 對於實驗過程之標定位置(A 點)的溫度極限值規定，本研究八次實驗之 A 點標定位置(地面上方 1.6m 處)最高溫度皆小於 93°C。其中由圖 3-40 可發現，八次實驗之撒水頭最高溫度差異區間在 20°C 以內，本研究團隊分析此現象是因為本研究實驗之最晚撒水頭啟動時間為實驗開始第 143 秒，因此對於此標定位置(地面上方 1.6m)而言，所產生的高溫熱煙流均未沉積到此高度，因而八次實驗結果的距離地面 1.6m 處之最高溫度差異區間落在 20°C 以內。

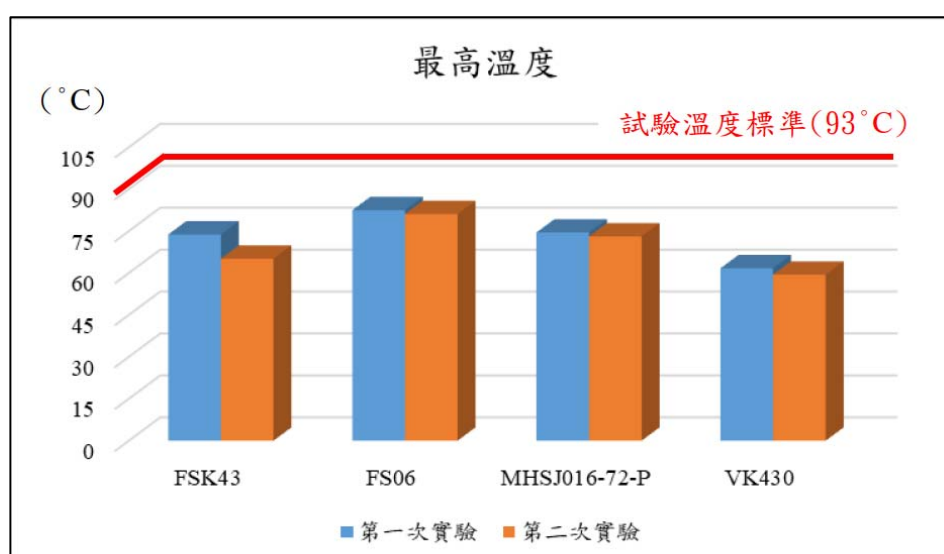


圖 3-40 A 點最高溫度比較圖(地面上方 1.6m 處)
(圖3-39、圖3-40資料來源：本研究整理)

參、參考 ISO6182-10 對於實驗過程之標定位置(A 點)的溫度極限值規定，本研究八次實驗之 A 點標定位置(地面上方 1.6m 處)溫度不得持續 2 分鐘以上，高於 54°C。其中由圖 3-41 發現，本研究進行 FSK43 第二次實驗中，溫度有從 54°C 以上降至 54°C 以下的情形發生，因此時間重新累計。若以溫度超過 54°C 起計算至最後溫度降低 54°C 的整體時間，則約為 55 秒。由八次實驗結果發現，前三款撒水頭之超過 54°C 持續時間十分相近；而 VK430 撒水頭較前面三款少約 1/3 的時間(20 秒)，主要因為 VK430 撒水頭較早啟動滅火，因而實驗空間環境溫度較低。

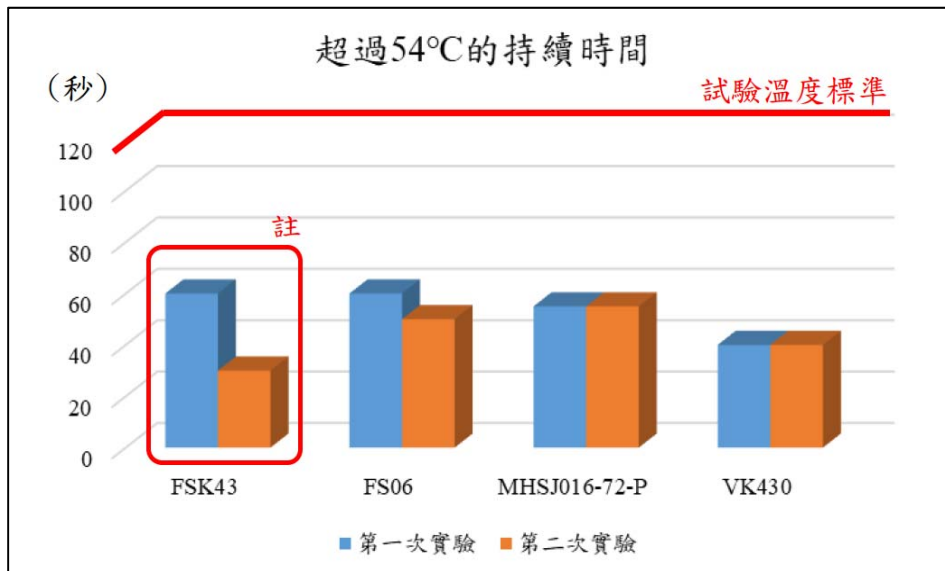


圖 3-41 A 點超過 54°C 的秒數比較圖(地面上方 1.6m 處)
(資料來源：本研究整理)

肆、參考 ISO6182-10 對於實驗過程之標定位置(E 點)的溫度極限值規定，本研究八次實驗之 E 點標定位置(天花板上方 6mm 處)最高溫度不得超過 260°C。由圖 3-39 可明顯發現本研究所進行的八次實驗最高溫度皆遠遠小於 260°C，溫度大約落在 50°C ~60°C 左右。

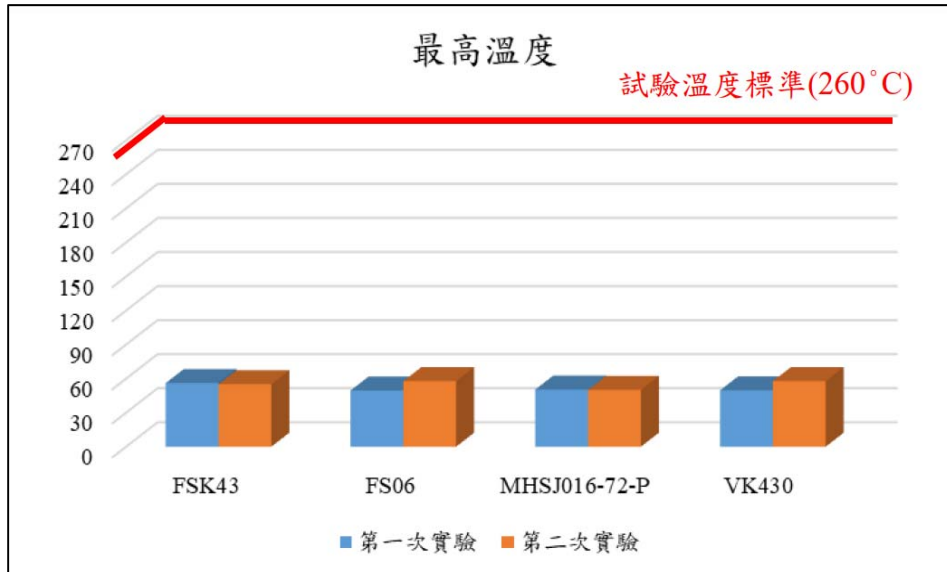


圖 3-42 E 點溫度比較圖(天花板上方 6mm 處)

伍、本研究所挑選的四款撒水頭中，僅 VK430 的感熱元件為『玻璃球型』；其餘三款皆為『易熔金屬型』。同時 VK430 的標稱溫度為 68°C；其餘三款為 72°C。由圖 3-43 發現，VK430 撒水頭為本研究八次實驗唯一一款啟動溫度低於 100°C 的撒水頭，而其他三款撒水頭的啟動溫度皆落在 100°C~120°C 之間。

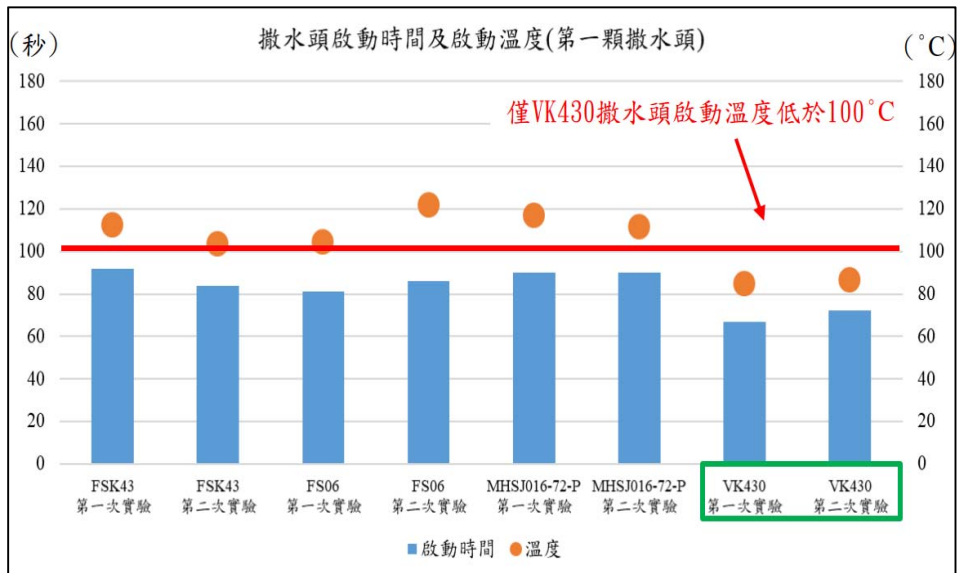


圖 3-43 第一顆撒水頭啟動時間及對應啟動溫度比較圖
(圖3-42、圖3-43資料來源：本研究整理)

第四章 結論與建議

第一節 結論

本研究針對建築場所設置的『小水量撒水頭』在其放水量低於一般自動型撒水頭的同時，是否仍能如預期條件進行撒水並達標稱放水、滅火效能等性能規格要求進一步研究。本研究團隊係參照 ISO6182-10 規範搭建完整試驗空間並按試驗流程進行燃燒試驗。最終由實驗結果提出以下結論：

1. 綜合目前我國現況，若僅針對撒水頭進行強度、動作測試與撒水分布試驗，恐無法確保撒水頭具備足夠的滅火效果，尤其針對放水量小於 80 公升/分鐘的小水量撒水頭(例如：水道連結型撒水頭、小區劃型撒水頭)，是否滿足標稱滅火效能更加無法直觀判斷。本研究採用四款小水量撒水頭進行試驗，並從中吸取經驗及提出我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能標準實驗法及評估基準建議。
2. 本研究團隊於報告書第二章針對【ISO6182-10】之國外住宿場所用消防撒水頭滅火效能評估測試規範進行燃燒試驗內容彙整並按其規定搭建符合試驗要求的試驗空間進行試驗，綜合本研究實驗結果，總結如下：

(一)燃燒試驗過程與真實火災情境較為相似，試驗流程為通過燃燒木堆作為火載量；燃燒產生的熱煙流激發撒水頭作動撒水。基於上述試驗原理，如何控制試驗初期火源燃燒至撒水頭啟動的熱昇溫曲線尤為重要。彙整本研究共計八次的實驗結果發現，試驗開始一分鐘的熱昇溫斜率皆在 0.822~1.054

(°C/sec)之間，即可間接說明本研究之試驗初始燃燒現象穩定，且符合實驗之再現性要求。

(二)本研究採用四款撒水頭並各自進行二次試驗，經彙整八次實驗結果發現，八次實驗結果皆符合 ISO6182-10 對於試驗溫度限制的規定。同時分析各實驗撒水頭啟動時間發現，前三款撒水頭標稱動作溫度皆為 72°C，對照實驗結果發現其三款撒水頭啟動時間落在 1 分 15 秒至 1 分 32 秒之間；而第四款撒水頭(VK430)標稱動作溫度為 68°C，撒水頭啟動時間為 1 分 07 秒至 1 分 12 秒之間，其啟動時間快於 72°C 撒水頭，此現象符合實際情況。

3. 彙集上述實驗結果，本研究提出與建立我國水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭等小水量滅火效能實驗方法及評估基準建議參考指引，詳如附件說明。

第二節 建議與後續研究方向

本研究綜合本年度研究成果與經驗，提出以下未來較具有研究價值的課題，供有關主管機關參考。

建議一

立即可行之建議：建立撒水頭滅火性能試驗方法

主辦機關：內政部消防署、經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

本研究針對【ISO6182-10】之撒水頭燃燒試驗規範及燃燒試驗內容進行文獻分析，同時參照該規範搭建符合試驗規範之試驗空間場所，並選用少量撒水頭進行數次全尺寸實驗。建議後續研究機構可參考本研究成果與試驗流程應注意事項，作為未來我國設立撒水頭滅火性能試驗之參考。

建議二

立即可行之建議：將不同撒水半徑、放水量、型式之撒水頭納入燃燒試驗規劃並從中優化試驗流程

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人消防安全中心基金會、財團法人中華民國消防技術顧問基金會

本研究主要以小水量且向下型之撒水頭作為試驗對象，但市面上仍有數種型式、放水量、撒水半徑不同的撒水頭，若要完善燃燒試驗的試驗流程，應將各式撒水頭皆納入試驗規劃，並從試驗結果修改或補充試驗流程。建議後續研究可優先將撒水半徑與放水量不同的撒水頭納入試驗規劃。

附錄 審查回應表

一、期初審查（評審會議）回應表

項次	評選委員意見	廠商回應
1	建議實驗系統工作條件要統一，實務上本案三種撒水頭的工作壓力會大於法規規定，除依最低標準壓力外，建請考量 4 kg/m ³ 、9 kg/m ³ 之實際成果。	感謝委員意見，本案全尺寸實驗將依照 ISO 6182-10 進行設計，相關撒水頭工作壓力將依據《各類場所消防安全設備設置標準》、《密閉式撒水頭認可基準》以及《水道連結型自動撒水設備設置基準》等相關規範進行設定。
2	水系統滅火效能除已開始探討 ADD / RDD 啟動時間外，建議比對 NFPA 13 所規範之流量密度滅火效值為何。	感謝委員意見，將考量納入比對 NFPA 13 所規範之流量密度滅火效值。
3	滅火實驗對象物為木堆，偏向表面火災、易滅，如為實體床舖會有更真實的結論。	感謝委員意見，因實體床舖(墊)具有材質與規格不一的情況，且本研究全尺寸實驗完全依照 ISO 6182-10 設計，故滅火實驗對象物仍將依據 ISO 6182-10 之規定進行。
4	建議書第 13 頁預動式會有釋放時間較慢的問題，可能不適用標準 A 類火災。	感謝委員意見，文獻蒐集之相關內容將依據委員意見重新檢視修正。

5	<p>原規劃研究時程為 10.5 個月，現僅剩 9.5 個月，請修正。</p>	<p>感謝委員意見，本研究案研究時程將配合內政部建築研究所規定辦理</p>
6	<p>文中較重要之參數或數據（尺寸）建議能以公/英制呈現。</p>	<p>感謝委員意見，未來報告書中所引用之參數或數據（尺寸）將依據委員意見以公/英制呈現。</p>
7	<p>建議事項：</p> <p>(a) 試驗中可否測定撒水頭動作時氣流流速之測定？再與撒水頭動作時間之計算公式值，比較其差異性。</p> $t = \frac{RTI}{\sqrt{u}} \ln \left(\frac{T_g - T_o}{T_g - T_a} \right) \text{sec}$ <p>(b) 水道式著重降溫、排煙，延長逃生時間為目的。除了滅火外，建議對空間之降溫程度一併測試及分析。</p> <p>(c) 以木堆測試為 UL 之標準規定，是否可以考慮以長照全尺寸床鋪或材質與床鋪類似之材料為火源測試，更貼近實際狀況。</p>	<p>感謝委員意見，回覆如下：</p> <p>(a) 撒水頭動作時氣流流速難以測定，因火災氣流非單一方向性，且溫度甚高，一般氣體流速計無法在高溫條件下進行測量。</p> <p>(b) 將依據委員意見對空間之降溫程度一併測試及分析。</p> <p>(c) 因實體床鋪(墊)具有材質與規格不一的情況，且本研究全尺寸實驗完全依照 ISO 6182-10 設計，故滅火實驗對象物仍將依據 ISO 6182-10 之規定進行。</p>
8	<p>研究主題、論述中有談到「現場仍有無法發揮其宣稱性能功能之情況發生」，這段話容易受挑戰及引起誤會，請審慎用語。</p>	<p>感謝委員意見，將依據委員意見修正相關用詞，避免引起誤會。</p>
9	<p>建議增加 K 80 標準撒水頭，也</p>	<p>感謝委員意見，Km 80 標準撒水</p>

	<p>一併做實驗，避免陷入只針對「小水量撒水頭」，有標準撒水頭的對照會比較客觀。</p>	<p>頭不在本年度研究範圍內，一般撒水頭所採用的燃燒試驗標準為 ISO 6182-1，將於附件補充一般型撒水頭滅火試驗標準供委員參考。</p>
10	<p>本案主要針對密閉式小水量自動撒水設備之撒水頭滅火性能實驗，請教細水霧型部份是否需要進行本項試驗。</p>	<p>感謝委員意見，細水霧滅火設備雖亦為小水量滅火設備，但由於其壓力需求與其他設備有差異，且 ISO 6182-10 主要係針對 sprinkler 進行測試，故本研究暫不考慮細水霧滅火系統。</p>
11	<p>從既往研究發現水道連結型撒水效能受到不同廠商撒水頭撒水啟動時間差異的影響很大，故在試體取樣時請能取得國內外相關產品進行研究。</p>	<p>感謝委員意見，本研究所採用之撒水頭試體，將盡量同時取得國內外相關產品進行研究。</p>
12	<p>未來應用研究成果是否需要提供研訂 CNS 參考。</p>	<p>感謝委員意見，未來應用成果可提供研訂 CNS 參考。</p>

二、期中審查回應表

委員	委員意見	廠商回應
王教授金樹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國外住宿場所與國內情況之差異點需做火災量、人員逃生等變因，才可考慮小水量之可行性？ 2. 以上小水量分析是否有包括低壓細水霧其差異性如何？為何計劃項目無低壓細水霧，而只有水道連接型。 3. ISO 6182-10 亦可低壓細水霧實驗請補足，並比較。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本研究僅針對小水量撒水頭進行滅火效能評估測試與相關規範及標準比較分析，小水量撒水頭設置規定仍應依據《各類場所消防安全設備設置標準》進行設計與安裝。 2. 感謝委員意見，細水霧滅火設備雖亦為小水量滅火設備，但由於其壓力需求與其他設備有差異，且 ISO 6182-10 主要係針對 sprinkler 進行測試，故本研究暫不考慮細水霧滅火系統。 3. 感謝委員意見，因 ISO 6182-10 之規範僅針對密閉式小水量撒水頭，故本研究未納入低壓細水霧，將依據委員意見納入後續研究建議。
李理事長明智	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小水量自動撒水設備滅火效果與量化之間 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見，本研

	<p>關係於實務設計小水量設計有其經濟簡便實用價值，故有其必須了解作為設計依據及重要性。</p> <p>2. 肯定全尺寸性能實驗做燃燒試驗，除針對流量密度外或不同 RTI 灑水頭外，針對不同灑水量（如 30、45、60）放射壓力、安裝高度、灑水覆蓋範圍，若能經燃燒試驗得到滅火效能量化數值，對於設計工作者於實務設計是有相當幫助重要及指引作用。</p>	<p>究依據 ISO 6182-10 建立全尺寸實驗之空間，以及依據所規範的試驗條件、燃燒物數量與規格進行後續實驗。</p>
<p>何教授明錦</p>	<p>1. 本研究預期目標明確，研究方法及後續實驗設計均具可行性，期末成果當可順利達成。</p> <p>2. 期中報告所收集的國內外水自動滅火設備種類、撒水頭類型及相關法規及檢測理論與方法等規定之文獻，頗符合實際應用需求，值得肯定。</p> <p>3. 所提完成不同規格之水道連結型撒水頭及小區劃型撒水頭滅火效能實驗及比較分</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>2. 感謝委員意見。</p> <p>3. 感謝委員意見，本研究提交成果報告後，後續會提供相關資料供經濟部標準檢驗局作為 CNS 草案之用。</p> <p>4. 感謝委員意見，該敘述為相關文獻之內容，非本研究之觀點，為避免造成誤解，已修正內容。</p>

	<p>析，建議應有整體系統設計概念，完成後之成果方可作為建管或消防法規及 CNS 之增修訂之參考。</p> <p>4. P.7 提及撒水頭距離天花板高度不可過近，以免熱煙流受到梁柱或防煙垂壁阻隔而影響感熱元件作動，唯就住宅實際設計而言，很難將撒水頭伸出天花板太遠勢必會影響室內裝修美觀，必須有務實之對策。</p>	
<p>唐教授文華</p>	<p>本研究探討小水量自動撒水設備之撒水頭滅火性，主要針對單一個體進行實驗，建議實驗內容可考慮整體空間範圍以測試其防護效果。如果可以結合無線溫度感測器，或許可以更準確推算出火源位置以觸發附近灑水器的動作。</p>	<p>感謝委員意見，本研究實驗於撒水頭附近均設有溫度量測點，可得知撒水頭破裂啟動時之溫度。</p>
<p>張組長裕忠</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 美國、大陸燃燒試驗與 ISO 有無差異？ 2. 簡報 17 頁；P55 配置圖比例有問題，建議修正。 3. 本件研究案之全尺寸實驗規劃之實驗空間規劃(P.20)，雖依 ISO 配置，惟其所配置撒 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，美國、大陸燃燒試驗與 ISO 之差異大多為單位或部分設計尺寸不同，整體燃燒試驗之設計原則與概念是相同的。 2. 感謝委員意見，遵照辦理。

	<p>水頭防護半徑，未涵蓋到該空間角落，與現行國內法規「任一點至撒水頭之水平距離，應在其防護半徑以下」之規定不符。可否瞭解或說明其實驗配置之目的。</p>	<p>3. 感謝委員意見，本研究後續全尺寸實驗之試驗空間短邊均已調整為撒水頭覆蓋寬度(撒水頭標稱半徑的內接正方形邊長)。</p>
<p>曾教授偉文</p>	<p>1. 依內文小水量（30L/分鐘）指水道型自動撒水設備，個人認為並非滅火設備，依定義為控制火災、降低火場溫度及阻隔濃煙，實務運用上在既有避難弱者場所，在火災初期，讓臨床第一線應變人員進行RACE，搭配119自動通報裝置，能侷限起火空間火煙並延長待援時間，謹先述明。</p> <p>2. 研究主題之依循認可期準，應依附圖4標準型、小區劃型及水道連結型撒水頭撒水分布試驗裝置、附圖10小區劃型、水道連結型撒水頭壁面撒水分布試驗裝置及附圖14水道連結型撒水頭撒水分布試驗裝置等三項測試；請再確認所提第三章全尺寸</p>	<p>1. 小水量撒水頭主要目的為控火而非滅火，係為爭取避難時間，感謝委員指導。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究依據ISO 6182-10建立全尺寸實驗之空間，以及依據所規範的試驗條件、燃燒物數量與規格進行後續實驗。</p> <p>3. 感謝委員意見，本研究主要依據ISO 6182-10針對小水量撒水頭進行滅火性能實驗，故實驗空間尺寸、試驗條件、燃燒物數量與規格均依照規範內容進行。</p>

	<p>性能實驗規劃內容是否相符。</p> <p>3. 承上，第三章第二節規劃的火源與測試空間，是否為實務運用該系統之場所配置，建議納入考量。</p>	
<p>韓教授欽銓</p>	<p>本計畫參照 ISO 6182-10 標準，進行燃燒與灑水設備測試，值得肯定，但台灣建築物與室內裝修多樣性，建議實驗時增加數個實務場域與案例分析，以合乎實際場域需求。</p>	<p>感謝委員意見，本研究依據 ISO 6182-10 建立全尺寸實驗之空間，以及依據所規範的試驗條件、燃燒物數量與規格進行後續實驗。</p>
<p>中華民國消防工程器材商業同業公會全國聯合會 方秘書長 義輝、洪工程師 佳鎰</p>	<p>1. 請問期中報告 P6 及 P39 提及美國 NFPA13 60L/MIN、NFPA 13R 18L/MIN 放水量等依據?參照 NFPA 13 A.5.2 輕度危險場所如住宿居室及 FIGURE 11.2.3.1.1 Density/Area Curves 所示，撒水密度至少為 4.1mm/min，NFPA 13R 7.1.1.1 撒水密度為 2.04mm/min 與設置撒水頭之登錄條件較大者以上。相關資訊請參考。</p> <p>2. 參考李明智委員意見，經由測試結果，量化後有利於設計參考.....，期中報告提</p>	<p>1. 感謝委員意見，經確認 NFPA 13D 8.1.1.1.1 所述，最低放水量應為 13gpm(49L/min) 以上，已依據委員意見檢視修正。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究依據 ISO 6182-10 建立全尺寸實驗之空間，以及依據所規範的試驗條件、燃燒物數量與規格進行後續實驗。</p>

	<p>及多國相關規範，請問試驗基準與設置標準是否需有相對應？燃燒試驗(fire test)之火源設計是否需依不同防護對象(如小區劃型撒水頭或水道連結型撒水頭適用場所)進行規劃？參照 UL Residential Sprinkler 認可登錄內容，撒水頭經由 UL199、UL1626 試驗後，根據其試驗結果並予以登錄如防護範圍、放水量、放水壓力等內容，使用者可以此做為設計依據，選擇適用撒水頭於如 NFPA 13、NFPA 13R 或 NFPA 13D 所列特定場所。相關資訊請參考。</p>	
<p>財團法人消防安全中心基金會 洪組長文傑</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內相關實驗方法，希望藉由本案能訂定出相關參考規範。 2. 報告書 P.43，有關 ISO 6182-10 試驗空間要求 ” sprinkler coverage length ” 應是指防護面積，表示方式與國內用的灑水半徑不同，這次使用的灑水頭 R 2.6 其防 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本研究提交成果報告後，後續會提供相關資料供經濟部標準檢驗局作為 CNS 草案之用。 2. 感謝委員意見，本研究後續全尺寸實驗之試驗空間短邊均已調整為撒水頭覆蓋寬度(撒水頭標稱

	護面積應為 3.6×3.6，換算成單顆邊長應為 1.8×1.8，建議修正配置圖。	半徑的內接正方形邊長)，已依據委員意見修正配置圖。
蔡組長綽芳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案進行之試驗方法於研究成果中是否會提出 CNS 草案之建議。 2. 文獻除水道型滅火實驗方法外，是否可再收集國際上有關一般型灑水設備滅火試驗相關規定及要求，以提供法令訂定時之參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本研究提交成果報告後，後續會提供相關資料供經濟部標準檢驗局作為 CNS 草案之用。 2. 感謝委員意見，一般撒水頭所採用的燃燒試驗標準為 ISO 6182-1，將依據委員意見於附件補充一般型撒水頭滅火試驗標準。
雷研究員明遠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議本案測試用撒水頭能夠增加歐、美用 residential 撒水頭，以利試驗結果比果。 2. 試驗採用之設計火源（木堆＋泡棉）之燃燒熱釋性特性如何，建議補充。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，已依據委員意見納入日本、美國之撒水頭於本研究實驗之中。 2. 感謝委員意見，已委託台南防火實驗中心進行設計火源（木堆＋泡棉）燃燒測試，總釋熱量約為 97.4MJ，最大熱釋放率約為 0.9MW。

三、期末審查回應表

委員	委員意見	廠商回應
王教授金樹	<p>以計劃規劃水量未達 80 L/min 之長照使用有：(1) 一般自動型撒水設備、(2) 水道連結型自動撒水設備及 (3) 水道連結型自動撒水設備三種。但本計劃之 ISO 6182-10 並無法適用細水霧之規範（消防署通過長照機構使用最多），如何面對目前法規與現實，建議可朝提出 CNS 訂定時如何調合加入細水霧之方向進行，以供消防署參考。</p>	<p>細水霧滅火設備雖亦為小水量滅火設備，但由於其壓力需求與其他設備有差異，且 ISO 6182-10 主要係針對 sprinkler 進行測試，故本研究暫不考慮細水霧滅火系統，細水霧滅火系統建議應另行建立相關測試基準為宜。</p>
林教授文興	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書第 3 頁 ISO 6182-10 燃燒試驗以木堆及泡棉作為火載量 (0.9 MW)，是否有其特殊考量，若為方便考量，以相同火載量之油類火災試驗，理論上是否可行。 2. 報告書第 19 頁表 2-2 預動式：平時管內……流入二次測配管，後段改為「且撒水頭動作立即撒水」。 3. 報告書第 27 頁所附兩用型撒水頭樣式之照片似乎是向上型？請再確認。 4. 報告書第 80 頁試驗貳：FS 06 (K=50 小區劃撒手頭) 之第一次試驗中 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本研究主要依據 ISO 6182-10 進行全尺寸實驗規劃，雖以相同火載量之油類進行火災試驗較為便利，但因燃燒狀況與木堆及泡棉不同，且實驗結果無法與其他各國比較，故本研究建議依據 ISO 6182-10 之規範進行實驗較為妥適。 2. 感謝委員意見，已依據委員意見檢視修正。 3. 感謝委員意見，已依據委員意見修正圖片。 4. 感謝委員意見，已針

	<p>第 2 顆撒水頭並未啟動，應有檢討及說明。</p> <p>5. 報告書第 98 頁試驗肆：Viking 撒水頭(K=62 68 °C) 第二次第 2 顆撒水頭動作時間及溫度為 1:59@47.4°C，動作溫度太低應有錯誤，請修正。</p>	<p>對試驗二：FS 06 (K=50 小區劃撒手頭)修正報告書相關實驗內容。</p> <p>5. 感謝委員意見，已針對試驗四：Viking 撒水頭 (K=62) 修正報告書相關實驗內容。</p>
<p>莫組長懷祖</p>	<p>1. 有關本研究案進行之火源的熱昇溫斜率與國外的試驗結果可作相互比對，以了解其是否有一致性，也有助於未來國內產品測試取得審核認可即可直接推廣至國際而不需在國外重新檢測。</p> <p>2. 日制及美制撒水頭在本國有無以相同標準作燃燒試驗，其相關數據與本次實驗結果可否比對以了解其差異，以作為將來國內建置試驗環境之參考。</p> <p>3. 建議二之協辦機關增列財團法人中華民國消防技術顧問基金會。</p>	<p>1. 感謝委員意見，因國外的試驗結果資料有取得上的困難，故無法針對其試驗結果進行相互比對。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究共計採用四種撒水頭進行全尺寸實驗，其中日制與美制撒水頭各採購一款，均以 ISO 6182-10 為標準進行燃燒試驗。</p> <p>3. 感謝委員意見，遵照辦理。</p>
<p>陳副局長崇岳</p>	<p>1. 依據各類場所消防安全設備設置標準，已規定旅館類、集合住宅、醫院病房等類似</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>2. 感謝委員意見，將依據委員意見考量小水量撒水頭能否有</p>

	<p>場所，得採用小區劃型撒水頭，長照機構（未達1000m²）得設置水道連結型自動撒水設備；因為這類撒水頭的放水量相較一般撒水系統來的小，這類場所若配置小區劃型撒水頭或水道連結型自動撒水設備，其滅火效能或是火勢侷限效果，確實需要這樣的相關研究來給予評估基準建議，也感謝本研究案最後提出評估基準建議參考指引，相信將有助於消防實務工作，也讓這類場所在火災預防上能更加瞭解水系統預期能發揮的功效。</p> <p>2. 實務上，上述這類場所的火災風險，除了一般用火用電或遺留火源所衍生的火災風險外，另外，縱火問題也是這類場很可能遭遇的火災風險，然而，因為小區劃型撒水頭或水道連結型自動撒水設備本身放水量相對較少，能否有效侷限縱火型態（促燃劑）的火災，或許</p>	<p>效侷限縱火型態（促燃劑）的火災之議題是否納入後續研究建議。</p> <p>3. 感謝委員意見，在實務面上，安裝小水量自動撒水設備的場所，確實大多為無法儲備大量水源的場所，故其有效水源的放水量、放水時間等，的確不如K80之一般自動撒水設備，故小水量自動撒水設備設置目的僅為控火而非滅火。</p>
--	--	---

	<p>也是未來研究的方向之一。</p> <p>3. 另外，小區劃型撒水頭或水道連結型自動撒水設備其有效水源的放水量、放水時間，也是消防搶救實務上所關注的議題之一，其消防安全設備啟動、接續公部門消防搶救介入（撒水系統有效水量、搶救搶救預計出水時間），是否能有效達到該設備設置之目的，亦為實務上所關注。</p>	
<p>韓教授欽銓</p>	<p>1. 本計畫希望建立一個標準檢驗程序，對於小水量撒水頭滅火效能測試環境提出一個標準環境，也針對4個產品做實驗驗證建置環境可行性，唯此一目的，在報告中未清楚說明，容易讓人產生誤解。</p> <p>2. 計畫參考 ISO 1682-10 建置實驗環境，實驗過程也獲得其他參數或其他因子，建議在附件中建議書能加入清楚呈現和 ISO 1682-10 的差異項目。</p>	<p>1. 感謝委員意見，將依據委員意見重新檢視修正研究目的之相關內容。</p> <p>2. 感謝委員意見，將依據委員意見重新檢視修正附件建議書之相關內容。</p> <p>3. 感謝委員意見，本研究案全尺寸實驗之實驗空間規劃，其所配置撒水頭位置與數量，其撒水頭防護半徑，均已涵蓋到實驗空間角落，與現行國內法規「任一點至撒水頭之水平距離，應在其防護半徑</p>

	<p>3. 本研究案全尺寸實驗之實驗空間規劃(簡報第 20 頁)雖依 ISO 配置，惟其所配置撒水頭防護半徑，未涵蓋到該空間角落，與現行國內法規「任一點至撒水頭之水平距離，應在其防護半徑以下」之規定不符。可否瞭解或說明其實驗配置之目的。</p>	<p>以下」之規定相符。</p>
<p>曾教授偉文 (書面)</p>	<p>1. 研究主題之依循認可基準，應依附圖 4 標準型、小區劃型及水道連結型撒水頭撒水分布試驗裝置、附圖 10 小區劃型、水道連結型撒水頭壁面撒水分布試驗裝置及附圖 14 水道連結型撒水頭撒水分布試驗裝置等三項測試；請再確認所提第三章全尺寸性能實驗規劃內容是否相符。</p> <p>2. 我國水道型小水量撒水頭主要目的為控制火勢爭取延長待援時間而非滅火，主要針對原有合法建築物進行改善，是否與 ISO6182-10 domestic sprinklers 性能要求一</p>	<p>1. 感謝委員意見，本研究案全尺寸實驗之實驗規劃，參考 ISO 6182-10 進行，該試驗無涉及撒水分布，撒水分布測試方式，仍依據我國現有標準進行測試。</p> <p>2. 感謝委員意見，小水量撒水頭主要目的為控制火勢而非滅火，故本研究目的為針對小水量撒水頭滅火效能測試環境提出一個標準測試方式與測試環境。</p>

	致，可再進一步討論。	
李理事長明智（書面）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水系統滅火系統是被公認最實用有效之火災預防滅火設備，故本小水量其滅火效果之量化研究，就深具實務上運用價值。 2. 肯定試驗中針對不同撒水頭作詳實紀錄及分析，並且研究結論有符合原預期研究目標。 3. 建議後續可增加細水霧及另小水量適用至多少火載量和空間屬性大小相關限制，作進一步研究。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見。 3. 細水霧滅火設備雖亦為小水量滅火設備，但由於其壓力需求與其他設備有差異，且 ISO 6182-10 主要係針對 sprinkler 進行測試，故本研究暫不考慮細水霧滅火系統，細水霧滅火系統建議應另行建立相關測試基準為宜。
財團法人消防安全中心基金會 洪副執行長嘉飛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究參考 ISO 6182-10 標準，進行(小區劃及水道連結型)日、美與國產撒水頭的火災實驗性能比較，值得肯定。 2. 報告書第 23 頁，撒水頭反應速度依認可基準可分為快速反應型(第 1 種)與一般反應型(第 2 種)，而非標準型跟住宅型，就以本會目前認可的 8 型水道連結型撒水頭，都屬於第一種快速反應型形式，R2.6m，標稱動作溫度 72 °C (7 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見，已依據委員意見檢視修正。 3. 感謝委員意見，已依據委員意見補充修正。 4. 感謝委員意見，已依據委員意見補充修正。 5. 感謝委員意見，已依據委員意見檢視修正。 6. 感謝委員意見。

	<p>型)，另有一型為 98 °C。</p> <p>3. 另同理，建議報告書 56~59 頁將 SP 的感度種類補上。</p> <p>4. 8 個試驗未標註實驗放水壓力，因為壓力決定流量，實驗結果也會不一樣，建議補上實驗壓力值。</p> <p>5. 報告書 105 頁的第 9 點應該是 K80 不是 Km80。</p> <p>6. 國內(小區劃及水道連結型)撒水頭基準為參考日本基準，在撒水分布有進行(1)地面撒水分布、(2)壁面撒水分布，其中水道連結型還要進行最低放水壓力放水之地面撒水分布，是以撒水分布來控制該 SP 的初期火災抑制性能，日本相關標準在制定時都有進行有關實驗，所以本研究的實驗結果與日本一份「小型社會福利設施簡單自動滅火設備的研究與開發(小規模な社会福祉施設等に適した簡易な自動消火設備の研究開発)」</p>	
--	---	--

	<p>研究報告，在放水量 30 lpm 的結果一致(連動作時間也相差無幾)，是故在標準規格下的 SP，初期火災抑制性能應是相同(符合 ISO6182-10 火災試驗規定)。</p>	
鄭主秘元良	<p>本案已提出我國水道型撒水頭及小區劃型撒水頭等「小水量撒水頭之滅火效能實驗方法及評估基準建議」，可於第 2 次專家座談會時邀請標檢局參與，並依規定研提國家標準建議書。</p>	<p>感謝委員意見，遵照辦理，後續安排第 2 次學者專家座談會時，將敬邀標檢局與會。</p>
蔡組長綽芳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書有關試驗過程及結果部份請多加詳細撰述，以利閱讀者可更清楚了解內容。 2. 簡報資料對實驗之撒水頭啟動時間及溫度有作詳細的曲線圖及說明，請補充於報告書中。 3. 對於小區劃其面積範圍請作定義。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，遵照辦理。 2. 感謝委員意見，後續將於資料蒐集分析報告補充說明有關試驗過程及結果，並針對實驗之撒水頭標稱溫度、啟動時間及溫度，補充曲線圖及說明於報告書中。 3. 感謝委員意見，目前國內並無小區劃面積範圍之相關定義，但依據《各類場所消防安全設備設置標準》第 46 條第 1 項第 3 款之規定，僅第十二條第一款第

		<p>三目、第六目、第二款第七目、第五款第一目等場所之住宿居室、病房及其他類似處所，得採用小區劃型撒水頭（以第一種感度為限），且任一小區劃撒水頭之防護面積應在 13m² 以下；以及參考 ISO 6182-10 試驗空間之尺寸要求。綜合適用場所、撒水頭防護面積與試驗空間尺寸等三個條件，或許可以將小區劃之面積範圍概略定義約為 26m² 左右。</p>
<p>雷研究員明遠</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議補充 4 種撒水實驗用撒水頭之動作標稱溫度。 2. 實驗火源燃燒溫度上昇相當穩定，其熱釋放性或許亦然，建議能否提供火源之燃燒熱釋放率曲線，更具參考價值。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，遵照辦理。 2. 感謝委員意見，已委託台南防火實驗中心進行設計火源（木堆＋泡棉）燃燒測試，燃燒熱釋放率曲線請詳見報告書 P.53。

參考書目

- 【1】 盧守謙等人，2016，「火災學上冊/下冊(第三版)」，吳鳳科技大學消防系叢書。
- 【2】 楊卿源，2019，「消防自動撒水系統之管路優化設計」，營建知訊。
- 【3】 吳健璋，2012，「密閉式撒水頭於火場之動作分析」，吳鳳科技大學碩士論文。
- 【4】 陳凱炫，2018，「住宅用撒水頭滅火性能基準實驗研究」，國立雲林科技大學碩士論文。
- 【5】 陳建忠等人，2014，「撒水頭下方障礙物造成撒水障礙之探討」，臺灣建築學會「建築學報」。
- 【6】 NFPA 13, 2016, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA.
- 【7】 鄭元良等人，2017，「物流業自動倉儲建築火災特性及滅火設備設置規範之研究」，內政部建築研究所協同研究報告。
- 【8】 李雨修，2019，「自動撒水系統應用在地下停車空間之研究-以機車防護為例」，國立交通大學碩士論文。
- 【9】 “Automatic Sprinkler Systems Handbook”, 2010, National Fire Protection Association.
- 【10】 王安強等人，2017，「適用於安養及長照服務機構之消防安全設備研究」，內政部建築研究所協同研究報告。
- 【11】 丘澄彬，1990，「水對固態燃料組列之火焰抑制研究」，國立成功大學機械工程學系碩士論文。
- 【12】 吳玉祥等人，2004，「贏戰水系統消防安全設備設計」，五南文化事業考用出版社。
- 【13】 鍾基強，2018，「老人福利機構火警探測、自動撒水設備驗證基準及避難器具檢討之研究」，內政部建築研究所。
- 【14】 「自動噴水滅火系統 第一部分:洒水噴頭」，2003，中華人民共和國國家標準，GB 5135.1，中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局與中國國家標準化管理委員會。
- 【15】 「自動噴水滅火系統 第 15 部分:家用噴頭」，2008，中華人民共和國國家標準，GB 5135.1，中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局與中國國家標準化管理委員會。
- 【16】 UL 199,2004, Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service.
- 【17】 吳玉祥，2010，「消防工程(三版)」，五南圖書出版股份有限公司。

- 【18】 李明智,2016,「水系統滅火設備安裝施工及使用功能查驗方法之研究」,內政部建築研究所,台北。
- 【19】 董賢聲,2005,「水系統效應對性能式煙控設計之模型研究與實驗驗證」,國立雲林科技大學工程科技研究所博士論文。
- 【20】 蘇鴻奇等人,2008,「撒水頭作動時間的實尺寸分析」,中華民國建築學會「建築學報 66 期增刊(技術專刊)」,61~74 頁。
- 【21】 洪文傑,2011,「密閉式撒水頭認可基準適用性之研究」,國立交通大學碩士論文。
- 【22】 田蒙潔等人,2009,「自動撒水系統 Automatic Sprinkler Systems」,詹氏書局。
- 【23】 許壹郎,2017,「區劃空間熱煙層流撒水頭作動之研究」,吳鳳科技大學消防學系碩士在職專班碩士論文。
- 【24】 黃文賢,2018,「自動撒水系統水力分析驗證比較之研究-以某一商場及高層集合住宅為例」,國立交通大學碩士論文。
- 【25】 Ahrens, M., “ Selections from US fires in selected occupancies: homes,Quincy, MA : National Fire Protection Association, Fire Analysis andResearch Division, 2006
- 【26】 Zhang, G.C., Lee, A.H., Lee, H.C., and Clinton, M., “Occupant Behavior and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire,” Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 16, No.4, 2006, pp.283-309.
- 【27】 李惠閔,2015,「老人福利機構消防安全設備之適用性與有效性研究-以高雄市老人福利機構為例」,國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所博士論文。
- 【28】 洪展賢,2018,「簡易式自動撒水設備應用於老人福利機構之探討」,東南科技大學營建科技與防災研究所在職專班碩士論文。
- 【29】 邱治國,2020,「挑空空間自動撒水系統對火場煙層擾動之影響」,建築學報
- 【30】 雷明遠,2015,「行動弱勢者照護機構火災風險自主檢核指南之研究」,內政部建築研究所。
- 【31】 張慧蓓,2010,「老人養護機構安全管理之研究—中小型居室消防安全分析」,國立高雄應用科技大學人力資源發展系碩士論文。
- 【32】 謝明諺,2011,「國內小型老人福利機構設置簡易型自動撒水設備之研究」,長榮大學職業安全與衛生研究所碩士論文。
- 【33】 蔡匡忠等人,2008,「自動撒水滅火設備與區劃延燒驗證研究」,內政部建築研究所。
- 【34】 H. Ingason , Investigation of Thermal Response of Glass Bulb Sprink lers

using Plunge and Ramp Test, Fire Safety journal,vol.30,p71-93,1998.

- 【35】 劉芸蓁，2012，「老人機構防火煙控避難性能改善技術研究」，長榮大學職業安全與衛生研究所碩士論文。
- 【36】 內政部消防署，2017，「密閉式撒水頭認可基準」。
- 【37】 「建築設計防火規範」，中華人民共和國國家標準，GB 50016-2014，，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【38】 「自動噴水滅火系統設計規範」，中華人民共和國國家標準，GB 50084-2017，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【39】 「簡易自動噴水滅火系統應用技術規程」，中國工程建設標準化協會標準，CECS 219:2018 中國計劃出版社。
- 【40】 「UL1626 住宅用消防撒水頭規範介紹」，2015，UL News UL 通訊。
- 【41】 「日本消防法施行令」，2008。
- 【42】 林璟汶等人，2011，「簡易式自動撒水系統-經濟的安全守護者」，電機月刊，第21卷第10期。

附件 1

小水量撒水頭之滅火效能實驗方法 及評估基準建議

目錄

1. 適用範圍	134
2. 引用標準	134
3. 用語及定義	134
3.1 試驗空間(Test space)	134
3.2 通風口(Vent)	134
3.3 天花板(Ceiling).....	134
3.4 火源配置(Fire source).....	134
3.5 溫度量測端(Temperature measuring station)	134
3.6 小水量撒水頭	134
3.7 水道連結型撒水頭	134
3.8 向下型撒水頭(Pendent sprinkler).....	134
3.9 向上型撒水頭(Upright sprinkler)	135
3.10 小區劃型撒水頭(Small separation sprinkler).....	135
4. 試驗裝置	135
4.1 試驗空間尺寸	135
4.2 通風口配置	135
4.3 試驗空間天花板配置	135
4.4 試驗空間之火源兩側牆面配置	135
4.5 火源配置	136
4.6 木堆配置	136
4.7 模擬傢俱配置	137
4.8 庚烷配置	137
4.9 泡棉配置	137
4.10 撒水頭配置	137
4.11 撒水頭管路配置.....	138
4.12 設備量測及記錄溫度	138
5. 測試方式	138
5.1 初始環境條件	138

5.2 引燃方式	138
5.3 再現性測試	138
5.4 試驗時間限制	138
5.5 滅火效能試驗之判定	138
6. 滅火試驗建議	142
6.1 火源上方天花板鋪設材質選用	142
6.2 撒水系統新竣完工應注意事項	142
6.3 試驗空間格局配置建議	142
6.4 試驗空間天花板蓄煙區之密閉性	142

1. 適用範圍

本建議之適用範圍為水道連結型撒水頭、小區劃型撒水頭等標稱放水量低於 80 公升/分鐘之小水量撒水頭。

2. 引用標準

下列標準為本實驗法所引用，成為本實驗法草案之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

ISO6182-10 Fire protection - Automatic sprinkler systems - Part 10 :
Requirements and test methods for domestic sprinklers

UL1626:2014 Residential Sprinklers for Fire-Protection Service

UL199 Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service

3. 用語及定義

3.1 試驗空間(Test space)

進行滅火效能試驗之試驗空間，其空間配置包含試驗空間格局、撒水系統設置、火源設置、初始環境條件等。

3.2 通風口(Vent)

提供滅火效能試驗所需的氧氣供給，通風口為離地而起的矩形開口。

3.3 天花板(Ceiling)

滅火效能試驗空間之上方樓板，應鋪設石膏板且天花板高度為距離地面 2.4m。

3.4 火源配置(Fire source)

供滅火效能試驗所需固定規格之燃燒樣品。

3.5 溫度量測端(Temperature measuring station)

安裝於試驗空間之熱電偶，用於量測試驗過程之溫度變化。

3.6 小水量撒水頭

用於撲滅火源的撒水頭。本建議所稱小水量撒水頭係指標稱放水量低於 80 公升/分鐘之撒水頭。

3.7 水道連結型撒水頭

將加壓水噴撒於地面及壁面，並得與自來水配管連接設置者。

3.8 向下型撒水頭(Pendent sprinkler)

將加壓水均勻撒出，撒水頭安裝方向為向下狀態。

3.9 向上型撒水頭(Upright sprinkler)

將加壓水均勻撒出，撒水頭安裝方向為向上狀態。

3.10 小區劃型撒水頭(Small separation sprinkler)

用於撲滅火源的撒水頭且小區劃型撒水頭之放水量應於 50 公升/分鐘以上。

4. 試驗裝置

4.1 試驗空間尺寸

針對撒水頭的試驗空間要求，試驗空間短邊為撒水頭覆蓋寬度(撒水頭標稱半徑的內接正方形邊長)，試驗空間長邊為短邊的兩倍，參照圖 1 配置。

試驗空間高度為 2.4m。

4.2 通風口配置

試驗空間相對應牆面設置兩個通風口。單一通風口高度為 2.2m 且通風口上方有 200mm 的門楣。通風口寬度參照圖 1 規定。

4.3 試驗空間天花板配置

試驗空間天花板應鋪設吸音用輕質纖維板(俗稱礦纖板)¹或石膏板。礦纖板尺寸為 600mm×1,200mm；厚度²為 12mm；密度<350 kg/m³，耐燃等級應為耐燃一級³。

每次試驗皆需更換全新礦纖板於火源正上方 1.2m×1.2m 的區域。

4.4 試驗空間之火源兩側牆面配置

火源兩側牆面分別設置一片三夾板(松木或杉木)並對接於放置火源的角落。三夾板尺寸為 1.2m×2.4m，厚度為 7mm±2⁴。

試驗前須將三夾板放置於溫度 21±3°C，相對濕度 50±10% 的環境至少

¹ 原文為「cellulosic acoustical panels」，本研究翻譯為「纖維素吸音板」，經查我國類似產品為「吸音用輕質纖維板」，俗稱礦纖板。依據 CNS 10468，其密度應<350 kg/m³，故本研究將其名稱與密度調整為「吸音用輕質纖維板」與「<350 kg/m³」。

² 原文為「12.7 mm thick」，該數值應為英制 0.5 英寸換算而來；經查國內礦纖吸音板或石膏板生產尺寸較接近者為 12mm，故本研究將其調整為「12mm」。

³ 原文為「maximum flame spread index rating of 25」，本研究翻譯為「最大火焰傳播指數(FSI)為 25」。FSI≤25 者，依據 ASTM E 84 判定等級為 Class A。但由於國內礦纖板或石膏板無 ASTM E 84 與 FSI 測試基準，故本研究將其調整為「耐燃一級」。

⁴ 原文為「6.4 mm thick」，該數值應為英制 0.25 英寸換算而來；經查國內三夾板生產尺寸較接近者為 5~8mm，故本研究將其調整為「7mm±2」。

72 小時。三夾板(松木)燃燒特性如表 1 所示。

表 1 試驗方法

特性	試驗方法	範圍
耐燃等級	CNS 14705-1~3	耐燃三級以上 ⁵
臨界熱通量	ISO 5660-1 (CNS 14705-1)	15±3 kW/m ²
熱響應參數	ISO 5660-1 (CNS 14705-1)	220±50 kW · (s ^{1/2})m ²

4.5 火源配置

火源是由木堆與模擬傢俱所組成，詳細火源組成如圖 2 所示。火源應放置於尺寸為 1.2m×1.2m、厚度為 6.0mm 的水泥板或不可燃材料上方。每次測試時皆應更換使用全新或乾燥的試驗樣品，火源放置如圖 1 所示。

4.6 木堆配置

木堆總重量為 2.5kg 至 3.2kg，總尺寸為 300mm×300mm×150mm⁶。木堆由四層木棒交互垂直放置所組成，每層均利用 4 根尺寸為 35mm×35mm⁷，長度 300mm 的木棒(松木或杉木)所組成。單層木棒採平均間隔放置。

木堆將放置於尺寸為 300 mm×300 mm×100mm；厚度為 6mm 的鋼盤上⁸，並置於測試空間角落之地面且與各牆面間距 50mm。

組裝木堆前，須將木棒控制在溫度(104±5)°C 的環境不少於 24 小時或高於 72 小時。

試驗前須將木堆放入塑膠袋，並存放於室溫至少 4 小時，方可進行測試。

⁵ 原文為「Flame spread index, 130±30」，FSI 介於 76-200 者，依據 ASTM E 84 判定等級為 Class C。由於國內無 ASTM E 84 與 FSI 測試基準，故本研究將其調整為「耐燃三級以上」。

⁶ 原文為「305mm×305mm×152mm」，該數值應為英制 12 英吋×12 英吋×6 英吋換算而來；為求木棒裁切與選購方便，本研究將其調整為「300mm×300mm×150mm」。

⁷ 原文為「38.1mm×38.1mm」，該數值應為英制 1.5 英吋×1.5 英吋換算而來；為求木棒裁切與選購方便，本研究將其調整為「35mm×35mm」。

⁸ 鋼盤尺寸為 300 mm×300 mm×100mm，厚度 6mm；為考量木堆置放穩定，本研究將該尺寸律定為鋼盆外圍尺寸。

4.7 模擬傢俱配置

模擬傢俱由兩塊尺寸為 810mm×760mm；厚度為 80mm 的泡棉組成，密度為 27.2 kg/m³~ 30.4 kg/m³。⁹

將泡棉固定在尺寸為 840mm×790mm×12mm¹⁰的膠合板上。除底部預留 25mm 的距離外，兩側預留 12mm¹¹。泡棉及膠合板固定於鋼架上，用以承受垂直方向的受力。如圖 2 所示。

試驗前須將泡棉控制在(21±2.8)°C 且相對濕度(50±10)%的環境條件至少 24 小時，方可進行測試。

4.8 庚烷配置

庚烷應為商業等級且具有下列特性：

- (a)最小初沸點：88°C；
- (b)最大乾點：100°C；
- (c)比重，15.6°C/15.6°C：0.68 – 0.73。

4.9 泡棉配置

泡棉應符合 ISO5660-1 且熱通量設置為 30 kW/m² 的試驗條件下，平均五個泡棉樣品應具有下列燃燒特性：

- (a)峰值熱釋放率(HRR)：(230±50) kW/m²；
- (b)燃燒熱值：(22±3) kJ/g。

4.10 撒水頭配置

每次試驗應安裝三顆撒水頭於試驗空間。

距離火源較近的兩顆撒水頭應設置於天花板下方 76 mm 處。

兩顆撒水頭所組成的撒水範圍應包覆整體試驗空間。

第三顆撒水頭設置在距離火源最遠的門口且應設置於天花板下方 51

⁹ 原文為「The simulated furniture is to consist of two 76 mm thick uncovered pure polypropylene oxide polyol, polyether foam cushions having a density of 27.2 kg/m³ to 30.4 kg/m³ measuring 810 mm × 760 mm.」，本研究翻譯為「模擬傢俱由兩塊尺寸為 810mm×760mm；厚度為 76mm 的泡棉組成，密度為 27.2 kg/m³~ 30.4 kg/m³。」

(1) 厚度為 76mm 之數值應為英制 3 英吋換算而來；經查國內廠商可生產較接近的尺寸為 80mm，故本研究將其厚度調整為 80mm。

(2) 本研究採用的泡棉為聚氨基甲酸酯 (Polyurethane, PU)。

(3) 本研究採用的泡棉密度為 30.22 kg/m³。

¹⁰ 原文為「12.7 mm thick」，該數值應為英制 0.5 英吋換算而來；經查國內膠合板生產尺寸較接近者為 12mm，故本研究將其調整為「12mm」。

¹¹ 原文為「12.7 mm」，該數值應為英制 0.5 英吋換算而來；為便利安裝，本研究將其調整為「12mm」。

mm 處。

對於額定壓力大於 1.2Mpa(12 bar)的撒水頭進行滅火效能試驗時，應在最大撒水範圍使用小於額定壓力 0.5Mpa(5 bar)的壓力進行試驗。

4.11 撒水頭管路配置

撒水頭安裝於進出水口皆為 25mm 的管接頭中，且輸水管管徑為 25mm。

4.12 設備量測及記錄溫度

整體試驗過程使用直徑為 0.8 mm 的熱電偶或支援等效溫度量測的熱電偶線材。應持續記錄每個熱電偶溫度數值且為避免受水而影響熱電偶測量結果，應在熱電偶線芯纏繞金屬膠帶以防止受到水氣影響。

金屬膠帶為傘形形狀且大小足以保護熱電偶末端。

4.13 計時工具

能在整個試驗過程中計時之裝置。

5. 測試方式

5.1 初始環境條件

密閉乾式撒水系統應在撒水頭啟動後延遲 15 秒開始撒水。

確認測試空間之天花板下方 76 mm 處之初始環境溫度為 $(27\pm 3)^{\circ}\text{C}$ ；確認地板、天花板、以及牆面，都無水氣殘留。

5.2 引燃方式

將 0.5 公升的水與 0.25 公升的庚烷倒入置於木堆下方的鋼盤。

木堆由裝有庚烷的鋼盤引燃。模擬傢俱由兩根浸泡庚烷的棉芯引燃。

棉芯尺寸為長度 150mm、直徑 6.4mm。

當木堆下方火盆中的庚烷被點燃時，將同時引燃放置於磚塊上方的棉芯。

5.3 再現性測試

撒水頭需進行兩種方向的試驗。第一種試驗方向為撒水頭框架平行於空間最短牆面；第二種試驗方向則將撒水頭框架旋轉 90 度。

5.4 試驗時間限制

單次試驗時間為 30 分鐘，但若在引燃 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆持續燃燒，則仍可結束實驗。

撒水頭流量設計應參照安裝手冊規定設置。

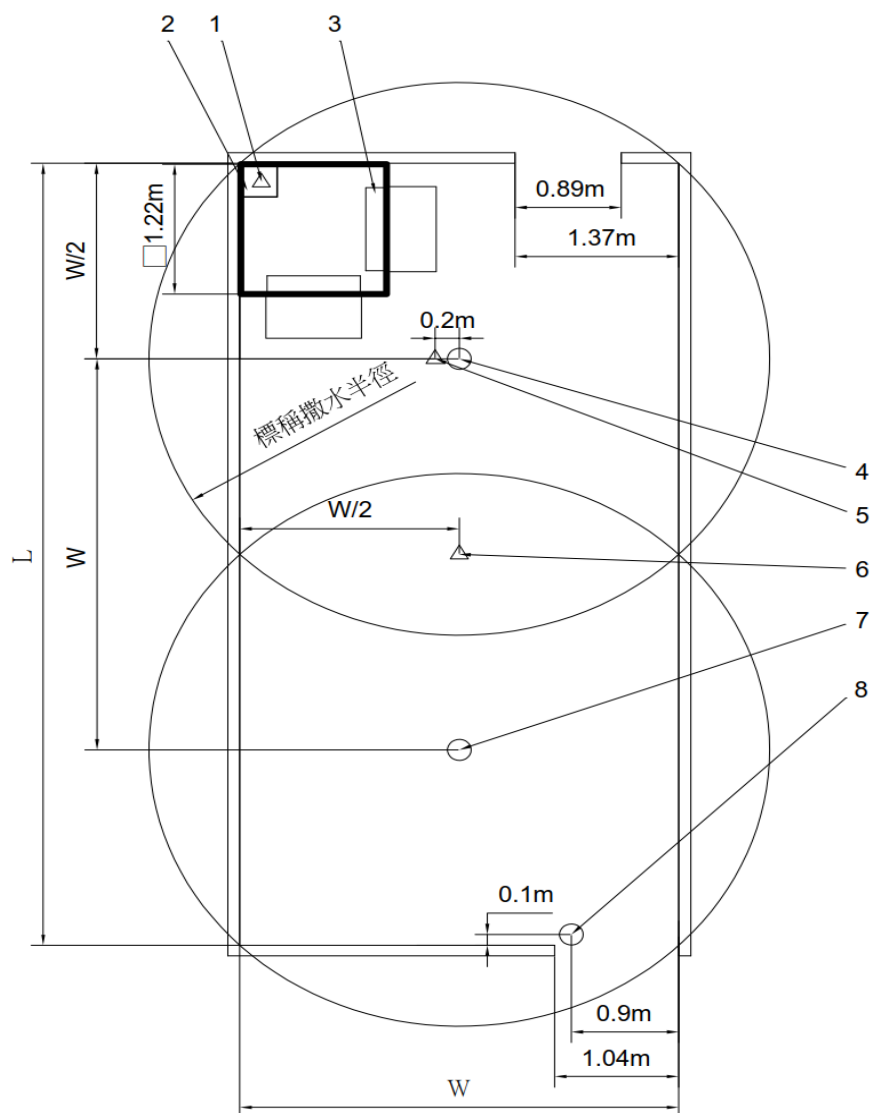
單顆或多顆撒水頭啟動撒水的情況下，其測試水量皆應相同。

5.5 滅火效能試驗之判定

參照第 5 條進行滅火效能試驗時，撒水頭啟動溫度除需符合密閉式撒水頭認可基準外，單次實驗最多啟用兩顆撒水頭且第三顆撒水頭不能啟動。

試驗過程撒水頭溫度符合下列條件則判定該結果為「合格」：

- (a) 距離天花板下方 76mm 處，最高溫度不得超過 315°C。
- (b) 距離地面 1.6m 處，最高溫度不得超過 93°C。
- (c) 距離地面 1.6m 處，溫度不得持續 2 分鐘以上，高於 54°C。
- (d) 天花板外側 6.0mm 處，最高溫度不得超過 260°C。



說明：

- 1 溫度量測點。設置於天花板上方 6mm 且距離各牆面 25.4cm
- 2 木堆
- 3 模擬傢俱
- 4 撒水頭(第一顆)
- 5 溫度量測點。設置於天花板下方 76mm 及距離地面 1.6m 處
- 6 溫度量測點(試驗空間正中間)。設置於天花板下方 76mm。
- 7 撒水頭(第二顆)
- 8 撒水頭(第三顆)
- W 覆蓋寬度¹²
- L 覆蓋長度¹³

圖 1 試驗空間配置圖

¹² 為撒水頭標稱半徑之內接正方形邊長

¹³ 此數值為兩倍的 W 數值

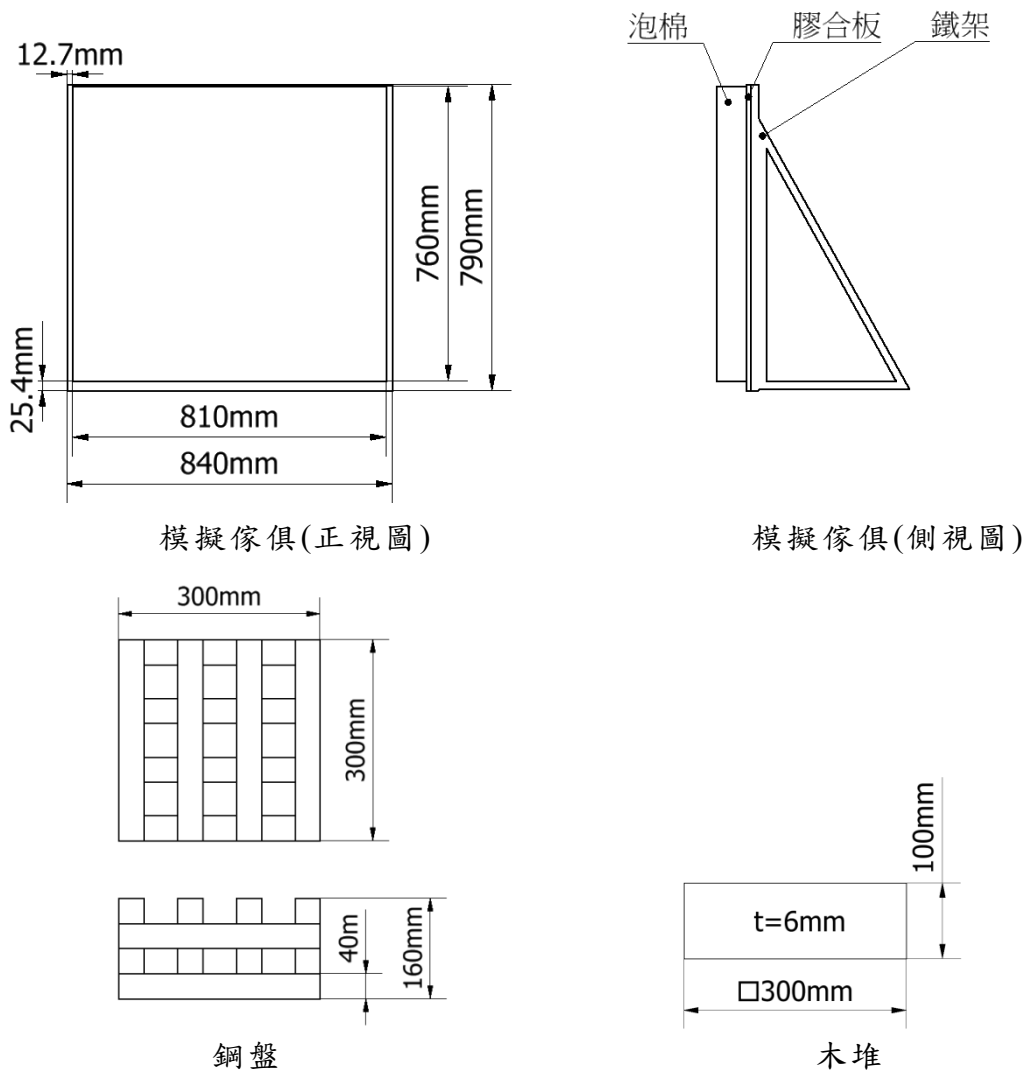


圖 2 試驗火源配置圖(木堆及模擬傢俱)

6. 滅火試驗建議

6.1 火源上方天花板鋪設材質選用

由本研究火源正上方天花板外側 6mm 處之溫度結果發現，ISO6182-10 規範要求該點最高溫度不得超過 260°C，但因本實驗團隊所鋪設之石膏板為通過 CNS 14705 系列標準之「建築材料燃燒熱釋放率試驗法」的耐燃一級石膏板，八次實驗最高溫度為 60.7°C，遠低於試驗溫度限制。因此若因鋪設耐燃一級的石膏板而大量阻隔熱源傳遞，使其符合 ISO6182-10 對於該點的溫度限制要求，則需更進一步思考此規範設置該處溫度點的設計原因，避免因受到天花板材質而影響試驗設計初衷。

6.2 撒水系統新竣完工應注意事項

當試驗空間撒水頭系統新竣完工時，應事先開啟撒水系統確認管路內部是否有殘留污垢或殘膠等小型廢棄物並加以排除，避免小水量撒水頭受到其壓力與水量較小的情況下，無法自動排除管路廢棄物而使撒水頭之撒水動作受到影響。

6.3 試驗空間格局配置建議

本研究撒水頭燃燒試驗主要參照 ISO6182-10 規範進行，但是否與我國建築物情況、人口特色等人文社會情形具備高度相容性，仍需深入討論及調整試驗流程或相關設置。舉例來說，ISO6182-10 試驗空間並無法針對撒水半徑小於 2.3m 的撒水頭進行試驗，因此對於有使用較小撒水半徑的國家，應考量是否有需調整試驗空間格局配置的需求。

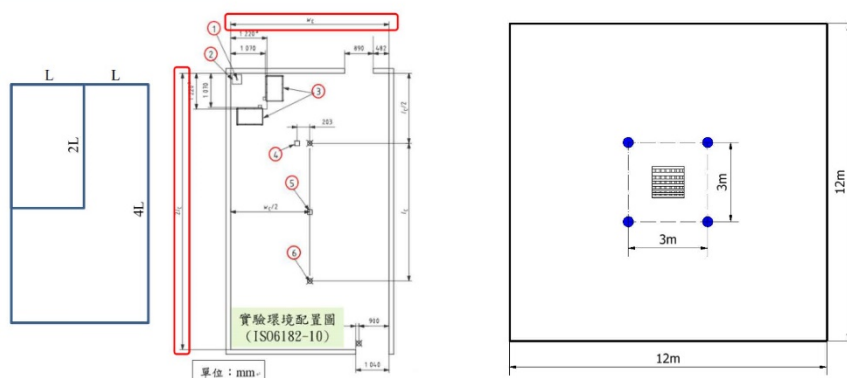
6.4 試驗空間天花板蓄煙區之密閉性

本研究試驗空間主要由鐵皮搭建而成，因而鐵皮接縫處存有縫隙，易造成空氣/煙氣洩漏的情況。本研究團隊針對此部分採用石膏板及鋁膠帶作為改善手段，並從實驗結果發現，在無使用改善措施前，熱煙流會從接縫處洩漏，造成天花板下方 76mm 處的溫度點有明顯起伏變化，因此建議後續若有相關團隊進行 ISO6182-10 燃燒試驗之研究時，應著重考量試驗空間天花板蓄煙區的煙氣流的流向，避免煙氣洩漏。

附件 2

一般型撒水頭之滅火效能實驗基準 (ISO6182-1 跟 ISO6182-10 比較)

一、空間尺寸



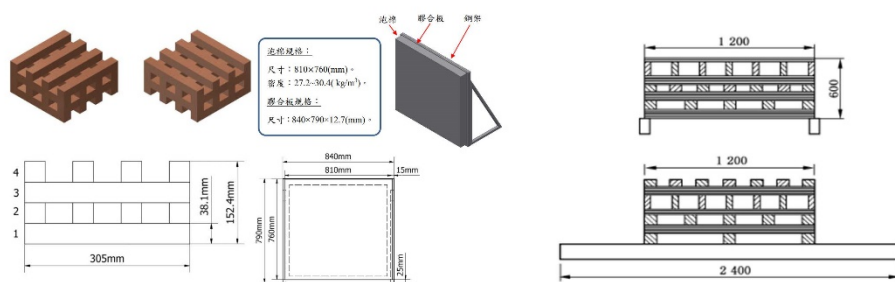
ISO6182-10(用於住宅型撒水頭)

1. 空間尺寸依據撒水頭撒水半徑決定。
2. 空間**長邊**為撒水半徑的**四倍**。
3. 空間**短邊**為撒水半徑的**兩倍**。

ISO6182-1(用於流量係數為80或115的撒水頭)

1. 空間任一邊長**不得小於12m**。
2. 所有進氣口面積加總不得小於 1m^2 。

二、燃燒物



ISO6182-10(用於住宅型撒水頭)

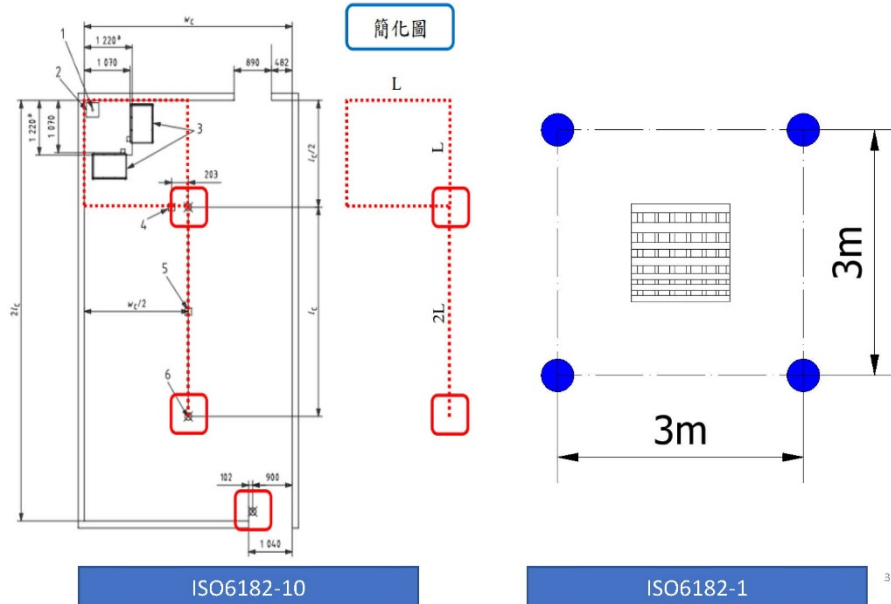
1. 木堆由16根木棒所組成，**外觀為**
305mm×305mm×152mm。
2. 泡棉尺寸為810mm×760mm，單次實驗需要2塊。

ISO6182-1(用於流量係數為80或115的撒水頭)

1. 木堆由43根木棒所組成，**外觀為**
1200mm × 1200 mm × 600mm。
(約ISO6182-10的四倍大小)

三、撒水頭位置

規範	單次實驗撒水頭數量	位置
ISO6182-10	3顆	距離地面2.4m
ISO6182-1	4顆	距離木堆上緣2.5m



四、判定標準

ISO6182-10(用於住宅型撒水頭)

撒水頭應符合下列條件：

1. 距離天花板下方76mm處，最高溫度不得超過315°C。
2. 距離地面1.6m處，最高溫度不得超過93°C。
3. 距離地面1.6米處，溫度不得持續2分鐘高於54°C。
4. 天花板外側6.0mm處，建材最高溫度不得超過260°C。

ISO6182-1(用於流量係數為80或115的撒水頭)

撒水頭應符合下列條件：

1. 啟動撒水5分鐘內，空氣溫度應被降至【環境溫度+275°C】以下，且天花板下平均氣溫不得連續3分鐘超過【環境溫度+275°C】。
2. 自天花板下溫度降低至【環境溫度+275°C】到試驗結束的時間區段中，溫度曲線下面積和應小於環境溫度+275°C直線下面積。
3. 木垛質量損失不應超過20%。

附件 3 實驗結果總表

項次	型號	判定標準1			判定標準2		判定標準3		判定標準4		水壓(kg/cm ²)	水量 (LPM)	室外溫度(°C)	木材濕度(%)	撲滅時間	說明
		A點	B點	溫度	溫度	時間	溫度	溫度								
第一次實驗	FSK43(國產)	A點	136.8°C	符合	73.8°C	符合	60秒	符合	56.1°C	符合	0.5	30	29.4°C	15.50%	07:10	啟動2顆撒水頭
		B點	171°C	符合												
第二次實驗	FSK43(國產)	A點	116.3°C	符合	65.1°C	符合	30秒	符合	55.1°C	符合	0.5	30	30.9°C	12.80%	06:51	啟動2顆撒水頭
		B點	164.2°C	符合												
第一次實驗	FS06(國產)	A點	133.4°C	符合	72°C	符合	60秒	符合	59.8°C	符合	0.9	39	30.5°C	13.60%	07:20	啟動1顆撒水頭
		B點	125.6°C	符合												
第二次實驗	FS06(國產)	A點	128.8°C	符合	82.5°C	符合	60秒	符合	60.7°C	符合	0.9	39	29.9°C	15.10%	07:40	啟動2顆撒水頭
		B點	149.1°C	符合												
第一次實驗	MHSJ016-72-P(日本)	A點	136.6°C	符合	74.5°C	符合	55秒	符合	49.7°C	符合	0.9	28.5	28.7°C	12.40%	09:30	啟動2顆撒水頭
		B點	156.8°C	符合												
第二次實驗	MHSJ016-72-P(日本)	A點	143°C	符合	73.1°C	符合	55秒	符合	47.6°C	符合	0.9	28.5	28°C	13.10%	08:30	啟動2顆撒水頭
		B點	156.2°C	符合												
第一次實驗	VK430(美國)	A點	89.6°C	符合	61.7°C	符合	40秒	符合	49.7°C	符合	0.5	40.6	30.7°C	14%	09:55	啟動2顆撒水頭
		B點	106.7°C	符合												
第二次實驗	VK430(美國)	A點	94.1°C	符合	59.4°C	符合	40秒	符合	57.8°C	符合	0.5	40.6	31.9°C	14.50%	07:07	啟動2顆撒水頭
		B點	132.3°C	符合												
判定標準																
1	距離天花板下方76mm處，最高溫度不得超過315°C。															
2	距離地面1.6m處，最高溫度不得超過93°C。															
3	距離地面1.6米處，溫度不得持續2分鐘以上，高於54°C。															
4	天花板外側6.0mm處，建材最高溫度不得超過260°C。															

小水量自動撒水設備之撒水頭滅火性能實驗及基準研究

出版單位：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：蔡綽芳、鍾基強、陳佳玲、王天志、詹家旺、
陳又嘉、黃祥志、陳進澤

出版年月：110年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5456-36-8（平裝）