

撒水頭下方障礙物造成撒水障礙之探討

陳建忠* 何三平** 簡賢文*** 林典叡****

關鍵字：撒水頭，撒水障礙，探測器連動，開放式撒水頭

摘要

本研究方法以實驗證明撒水頭高度、裝設位置與障礙物之遮蔽率進行撒水障礙情境之探討。本研究設置實驗平台與天花板距離分別為 5.3 公尺與 4.1 公尺，而撒水頭裝設於距離平台高度 5.2 公尺與 4 公尺高進行不同遮蔽率實驗。實驗結果發現：當撒水頭位於 5.2 公尺時，無論遮蔽率在 0%、35%、70% 時，皆因障礙物上方撒水頭設置過高、使作動時間不穩定，導致撒水失效，且作動後亦無法使下層火災達到滅火，但位於障礙物上方撒水頭仍可防範風管、管線等障礙物上方之火災。而撒水頭位於 4 公尺且天花板為 4.1 公尺時，當撒水頭下方無障礙物時，才能夠有效達到滅火之情形。因此，建議消防主管機關應將障礙物上方之撒水頭仍可設置進行防護障礙物上層火災之部分，而應將設置於障礙物下方之自動撒水設備改採取定溫式探測器連動開放式撒水頭，才能有效的達到下層火災防護機制。

Obstructions below the Sprinkler How to Affect Extinguishing Performance

Chien-Jung Chen * San-Ping Ho ** Shen-Wen Chien *** Tien-Jui Lin ****

KEYWORDS: Sprinkler, Sprinkler Obstruction, Obstacles, Interlocked Detector, Open Head Sprinklers

ABSTRACT

This research focused on using an experiment platform and ceiling at distances of 5.3m and 4.1m. The sprinkler heads were installed at 5.2m and 4m away from the platform, and while under different shielding rates, it was experimented whether or not there would be sprinkling obstruction. Experiment results showed when the sprinkler heads were at 5.2m, the sprinklers would all fail to extinguish the fire as a result of being too far from the fire, regardless of whether the shielding rate was 0%, 35%, or 70%. The actuation times of the sprinklers on the upper layer of the obstacles were unstable and could not effectively extinguish the fires on the lower layer of it, but they could still protect the areas above the obstacles, like HVAC systems and pipelines. When the sprinkler heads were at 4m with the ceiling at 4.1m, the sprinklers could only extinguish the fires if the shielding rate was at 0%. It is recommended that the NFA continue to use sprinkler heads to handle fires on the upper layers of the obstacles, but to use fixed temperature detector linked open head sprinklers in order to assure the protection of the lower layers of the obstacles.

收件日期：2013.05.31；接受日期：2013.09.05

*內政部建築研究所安全防災組組長

Director, Architecture and Building Research Institution, Ministry of the Interior, Taiwan

**長榮大學職業安全與衛生學系教授(通訊作者 Email: sanpingho@gmail.com)

Assistant Professor, Department of Occupational Safety and Health, Chang Jung Christian University, Taiwan

***中央警察大學消防學系教授

Assistant Professor, Department of Fire Science, Central Police University, Taiwan

****長榮大學職業安全與衛生學系碩士

Graduate Student of Master, Department of Occupational Safety and Health, Chang Jung Christian University, Taiwan

DOI: 10.3966/101632122014030087012

一、前言

本研究目的為探討國內各類場所消防安全設備設置標準第四十七條第一項第六款所規範密閉式撒水頭，當撒水頭下方之風管等障礙物，其寬度超過一百二十公分時，會造成撒水障礙而影響其滅火效果，因此應於障礙物下方增設撒水頭，但實際上障礙物之造型繁多，且衍生出許多不同間距之縫隙，而縫隙大小均為影響撒水頭作動之變數。故本研究將針對不同比例之縫隙對於探測器、撒水頭及其滅火效果進行比較，以評估探討障礙物之縫隙對於天花板處與障礙物下方撒水頭作動之影響效應，以針對此狀況提出相關改善對策。

而中華人民共和國公安部「自動噴水滅火系統設計規範」（中華人民共和國公安部，2005）第 7.2.3 條，當管道、成排佈置的管道、橋架等障礙物的寬度大於 1.2 公尺時，其下方應增設撒水頭，此規範乃依據 NFPA13 2002 年版。

NFPA 13 標準 1999 年版規定其當撒水頭下方有障礙物時，可增加天花板與撒水頭裝置距離，其裝置高度也須低於障礙物，且需提供充分撒水覆蓋面積（NFPA 13, 1999），但此規定已於 NFPA13 標準 2007 年版中刪除（NFPA 13, 2007）。且國內各類場所消防安全設備設置標準、中華人民共和國國家標準自動噴水滅火系統設計規範，及美國 NFPA13 標準 2007 年版等法規，皆規定當撒水頭下方障礙物大於 1.2 公尺時，需於障礙物下方增設撒水頭。

陳佑任於研究中提到自動撒水設備設置於建築物中，其鐵架、樑或是風管等障礙物的存在與否、以及火源燃燒時熱釋放率大小與其相對位置等因素，對撒水頭的作動時間，有一定影響能力。而當火勢越大時撒水頭作動時間差距越小，但撒水頭應為初期火災滅火設備，因此於設計天花板具有障礙之特殊建築時仍需格外注意（陳佑任，2006）。因此，本研究將探討當天花板設計具有障礙物時，自動撒水設備之影響及提出解決方案。

蔡榮鋒（2011）於探測器與撒水系統啟動機制對建築物火災滅火性能之研究中提出，當建築物空間小時，使用撒水系統與探測器連動撒水頭滅火其效果較無差異，但當建築物空間越大時利用探測器連動撒水系統滅火其效果較為顯著。

Heskestad（2002）提出如何估計火羽流之寬度、溫度及速度。另外 Cetegen and Zukoski 藉由虛擬原點之概念及火羽流之溫度、速度成高斯分佈之特性，發展出估算火羽流溫度及速度之公式（Alpert, 2002）。利用此公式計算本研究實驗之火的大小，且對於火羽流的溫度與速度公式可作為撒水頭作動溫度與速度依據並進行相關實驗探討。

謝煒東及蔡明儒（2008）提出當固定火載量條件下，以 t^2 火災成長速率分析並探討木堆火災成長速率，發現木堆火災成長速率與木堆密度較無關連性，主要是受到木堆分佈情形所決定其火災成長速率。而張依如（2010）利用 ISO 9705 測試法將實驗樣品置於集煙罩下進行熱釋放率實驗採集後，進入排氣煙管中，經由煙管中取樣管進入氣體分析儀後可測得氧氣、二氧化碳、一氧化碳等氣體濃度，並配合煙管中設置熱電偶和雙向皮托管分別測出溫度和流速（ISO 9705, 1993），用以計算實驗過程中三座木框架（柳安木 30 公分*1.5 公分*1.75 公分，27g/支，每座 14 層，每層 10 支）所產生之熱釋放率和燃燒產物，測得木框架三座熱釋放率為 289kW，且為穩態火災成長速率。因此，本研究選定張依如（2010）木框架方式進行實驗。

蘇鴻奇等人於實驗中採用標示作動溫度為 68°C 之撒水頭，而撒水頭裝置於天花板，周圍環境屬空氣傳熱，其量測到撒水頭作動溫度皆高於原標稱作動溫度，表示當撒水頭旁的空氣溫度達到撒水頭作動溫度時，仍需一段時間將熱傳入玻璃球內使之爆裂（蘇鴻奇等，2008）。

二、研究方法

2.1 實驗空間與內部架設說明

2.1.1 實驗空間與貨架距離說明

本研究實驗空間為內政部建築研究所防火實驗中心提供，如下圖 1 實驗側視圖所示。其實驗空間尺寸為長 6 公尺、寬 6 公尺及天花板高 5.3 公尺。

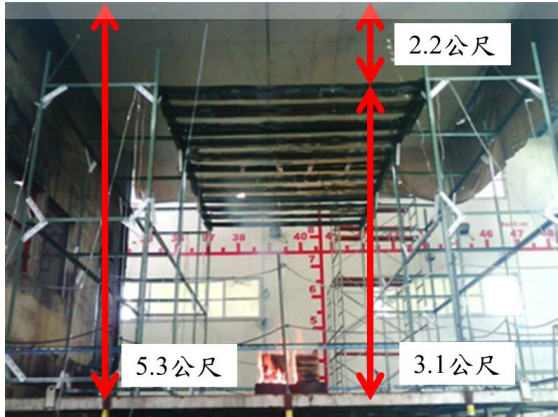


圖 1 實驗實際架設情形與障礙物距離側視圖

2.1.2 障礙物架設

本實驗使用長 3 公尺、寬 0.3 公尺之鐵板作為障礙物，由於每兩片鐵板皆有一個縫隙，藉由調整每個障礙物與縫隙之距離，建立 0%、35%、70% 三種不同比例之遮蔽率，例如 70% 遮蔽率計算為： $30 \text{ 公分} / (30 \text{ 公分} + 12.5 \text{ 公分}) = 0.70$ ，即等於 70% 遮蔽率，如圖 2 所示。其遮蔽率計算方式為：

$$\text{鐵板寬} / (\text{鐵板寬} + \text{縫隙寬}) = \text{遮蔽率} \quad (1)$$



圖 2 障礙物距離示意圖

2.1.3 實驗撒水頭與探測器設置

本實驗於障礙物上方天花板處，設置密閉式一般反應型撒水頭 K 值為 80，其標示作動溫度為 68°C，其平台與天花板之距離分別為 4.1 公尺及 5.3 公尺，且

障礙物與天花板距離分別為 1 公尺及 2.2 公尺。同時將撒水頭裝設距離平台高度 4 公尺及 5.2 公尺。此外，也將光電式二種、差動式二種、定溫式一種探測器設置於撒水頭旁，於不同遮蔽率下進行障礙物上方之撒水頭、探測器之探測效能實驗，從而觀察障礙物是否會造成撒水頭之撒水障礙，及影響撒水頭、探測器作動之因素，如下圖 3 鳥瞰圖所示。

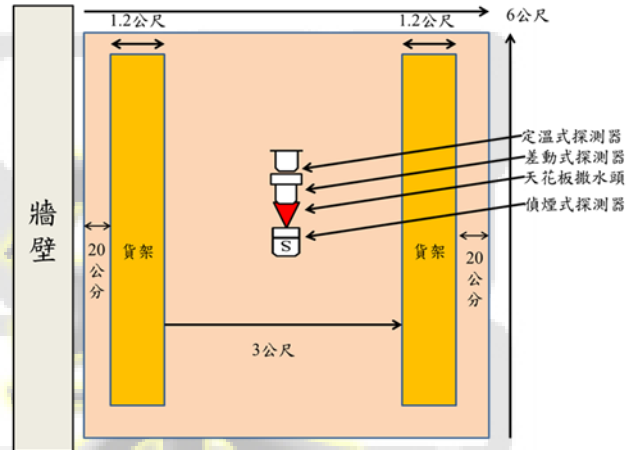


圖 3 實驗相關設備設置鳥瞰示意圖

2.1.4 實驗火源規劃與架設

由於撒水頭需位於火源所產生熱氣中才有作動機會，因此為確保本實驗火源所產生之熱氣可使撒水頭作動，所以本實驗採用約 578kW 熱釋放率進行實驗。此乃依據張依如（2010）提出利用木框架方式進行堆疊木材，其產生熱釋放率會呈現穩態火災曲線，其採用火源燃料為 140 支柳安木所構成之木框架，其 3 組木框架之熱釋放率為 289kW，本研究利用 6 組木框架模擬上述熱釋放率。而謝煒東及蔡明儒（2008）提及木材所堆積的方式將會影響火災成長速率，故本研究堆疊方式皆為一致性。

2.1.5 火源位置

為能了解本研究之撒水頭放射時之水量分佈，故於撒水頭下方無遮蔽物情況下，進行撒水分佈試驗，利用 25 個尺寸為長 30 公分、寬 30 公分、高 20 公分之集水盤進行水量蒐集，經扣除原集水盤重量後，分析各集水盤所獲得的水量及其水量分佈。經由測試結

果發現距離撒水頭中央 130 公分內的 4 個集水盤，其蒐集水量分別為 0.57、0.57、0.46、0.57(l/min/m²)，並將火源架設於此處，火源位置如下圖 4 火源位置鳥瞰圖所示。

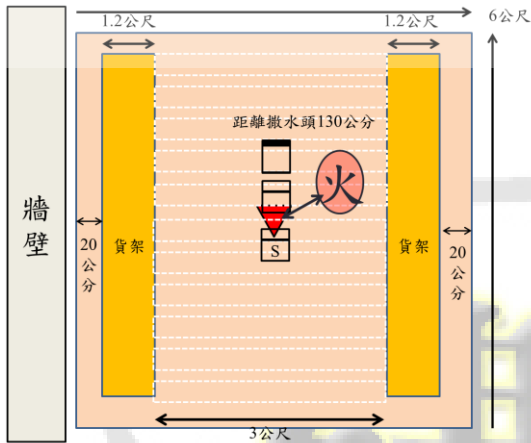


圖 4 實驗火源位置鳥瞰示意圖

2.1.6 實驗情境列表

為觀察障礙物是否會造成撒水頭之撒水障礙，以及影響撒水頭與探測器作動因素，本研究將針對下列情境進行實驗，撒水頭滅火試驗情境如表 1 所示：

表 1 撒水頭下方障礙物滅火試驗情境列表

情境	遮蔽率	撒水頭種類	火源位置	撒水頭放射壓力	撒水頭高度	撒水頭 RTI	天花板高度	火源大小
一	0%	密閉式	與撒水頭間距130公分	2kgf/cm ²	5.2公尺	80	5.3公尺	578kW
二	35%	密閉式	與撒水頭間距130公分	2kgf/cm ²	5.2公尺	80	5.3公尺	578kW
三	70%	密閉式	與撒水頭間距130公分	2kgf/cm ²	5.2公尺	80	5.3公尺	578kW
四	0%	密閉式	與撒水頭間距130公分	1kgf/cm ²	4公尺	80	4.1公尺	578kW
五	70%	密閉式	與撒水頭間距130公分	1kgf/cm ²	4公尺	80	4.1公尺	578kW
六	35%	密閉式	與撒水頭間距130公分	1kgf/cm ²	4公尺	80	4.1公尺	578kW
七	0%	密閉式	四顆撒水頭中央	1kgf/cm ²	5.2公尺	80	5.3公尺	866kW
八	0%	開放式	四顆撒水頭中央	1kgf/cm ²	5.2公尺	-	5.3公尺	866kW

三、結果與討論

3.1 撒水頭下方障礙物實驗

3.1.1 撒水頭下方障礙物實驗-不同遮蔽率

當情境一（0% 遮蔽率-撒水頭距地板面 5.2 公尺高）時火源熱釋放率為 578kW，撒水頭於下方沒有障

礙物之情況下，撒水頭將近 30 分鐘才作動，由於作動時間太晚，導致無法有效滅火。而情境二（35% 遮蔽率-撒水頭距地板面 5.2 公尺高）、情境三（70% 遮蔽率-撒水頭距地板面 5.2 公尺高）則因撒水頭下方障礙物之影響，阻隔熱氣向上累積，並影響熱氣所傳遞之溫度、速度，導致撒水頭無法作動。因此於撒水頭位於距地板面 5.2 公尺高時，不論下方有無障礙物，皆無法使撒水頭作動。

由於定溫式探測器乃根據偵知溫度作為作動反應之因素，故當溫度持續累積至作動溫度時，探測器即達到作動，由情境一、二、三中定溫式探測器觀察得知，其作動時間分別為 680、673、643 秒，明顯看出定溫式探測器具有較穩定感知能力。而偵煙式探測器之偵測能力較佳，故使用於火災初期，因此情境二、三之偵煙式探測器均於 300 秒內作動。經由三個情境比較後發現，偵煙式探測器之作動時間因空間高度因素而導致結果差異過大，呈現感知能力不穩定之狀態。而利用溫度上升率偵知火災作動之差動式探測器則因高度影響，使得感受溫差效果較差均無法作動。

由表 2 之結果顯示裝置於 5.2 公尺高之撒水頭，在下方障礙物遮蔽率 0%、35%、70% 情境下，其作動時間較長或無法感知，即使作動也無法有效滅火，故裝置於此種情境之撒水頭均明顯造成撒水障礙以及感知失效，而無法發揮其效用。而偵煙式探測器，其作動時間較快，因為火災初期產生大量煙粒子時，較能有效感知，若搭配開放式撒水系統，能達到早期偵測早期滅火的效果，但要注意場所是否會造成偵煙式探測器之誤作動。差動式探測器，其穩定性較差，因火場高度關係導致差動式偵測溫昇效果較不好，其裝設之場所選定極為重要。定溫式探測器，其穩定性較好，皆能感知火災且作動時間較為相近，因此本研究建議連動開放式撒水頭之探測器，以定溫式探測器連動能達到最好的防護效果。其撒水頭與各類探測器於不同障礙物之實驗結果，如表 2 所示。

表 2 撒水頭下方障礙物滅火試驗情境一到情境三條件及結果

設定條件	情境	情境一	情境二	情境三
火源大小		578kW	578kW	578kW
遮蔽率		0%	35%	70%
撒水頭放射壓力		2kgf/cm ²	2kgf/cm ²	2kgf/cm ²
撒水頭RTI		80	80	80
撒水頭高度		5.2公尺	5.2公尺	5.2公尺
天花板高度		5.3公尺	5.3公尺	5.3公尺
撒水頭作動時間		1618秒	未作動	未作動
偵煙式作動時間		未作動	240秒	196秒
定溫式作動時間		680秒	673秒	643秒
差動式作動時間		未作動	未作動	未作動
是否達到滅火		否	否	否

表 3 撒水頭下方障礙物滅火試驗情境四到情境六實驗結果

設定條件	情境	情境四	情境五	情境六
火源大小		578kW	578kW	578kW
遮蔽率		0%	35%	70%
撒水頭放射壓力		1kg/cm ²	1kg/cm ²	1kg/cm ²
撒水頭RTI		80	80	80
撒水頭高度		4公尺	4公尺	4公尺
天花板高度		4.1公尺	4.1公尺	4.1公尺
撒水頭作動時間		506秒	未作動	446秒
偵煙式作動時間		152秒	未作動	260秒
定溫式作動時間		314秒	459秒	319秒
差動式作動時間		未作動	未作動	未作動
是否達到滅火		是	否	否

3.1.2 撒水頭下方障礙物實驗-改變天花板與撒水頭高度

根據情境一、二、三之結果得知，當撒水頭高度位於 5.2 公尺，撒水頭下方障礙物遮蔽率分別為 0%、35%、70%時，其撒水頭偵知能力較差，導致作動時間過長或無法感知。為能避免撒水頭因高度之影響，故改變火源與天花板之距離，由 5.3 公尺調整至 4.1 公尺，並於距離地板面 4 公尺處設置撒水頭，進行不同遮蔽率之實驗，如圖 5 側視圖所示。其實驗結果如表 3 所示。



圖 5 天花板 4.1 公尺高側視圖

由實驗結果發現 4 公尺高之撒水頭於下方無障礙物之情況下（即情境四），撒水頭作動時間為 506 秒，其作動時間較 5.2 公尺高之撒水頭快，撒水頭感知後放射，火源上方之溫度立即下降，在持續放水其溫度到達常溫，故可判定撒水頭於此情境下可有效滅火，其時間與溫度曲線如圖 6 所示。

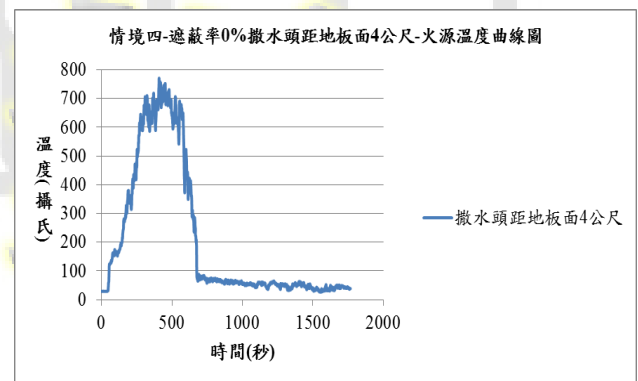


圖 6 情境四（遮蔽率 0%-撒水頭距地板面 4 公尺高）火源溫度曲線圖

情境一（撒水頭距地板面 5.2 公尺高）與情境四（撒水頭距地板面 4 公尺高）皆為遮蔽率 0%，而情境四之撒水頭作動時間縮小至 506 秒，且能迅速降低火源溫度，從而得知撒水頭裝置高度對滅火影響性非常大。從圖 7 可知當本研究將撒水頭高度由 5.2 公尺改變為 4 公尺時，圖中顯示其不同高度撒水頭受熱溫度產生明顯差異，使 4 公尺高之撒水頭作動時間呈現

較快之情形。且由圖 6 顯示撒水頭於情境四之下，確實能發揮其功效並快速達到滅火。

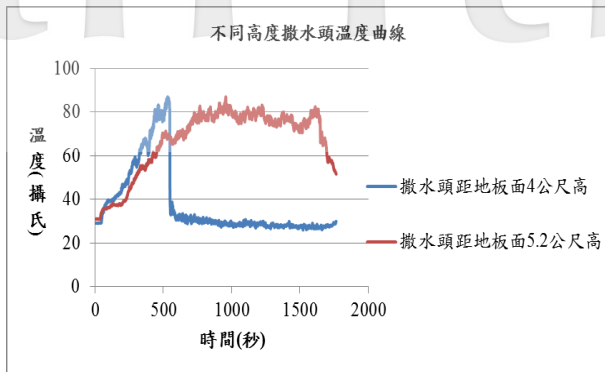


圖 7 不同高度撒水頭溫度曲線

將情境四 (0% 遮蔽率-撒水頭距地板面 4 公尺高)、情境五 (35% 遮蔽率-撒水頭距地板面 4 公尺高)、情境六 (70% 遮蔽率-撒水頭距地板面 4 公尺高) 之實驗結果進行比較，發現障礙物遮蔽之比例是為撒水頭作動影響因素之一，當障礙物達 35% 遮蔽率時，導致上升煙氣受障礙物之影響，往障礙物兩側之縫隙移動，故無法有效使撒水頭作動，其偵煙式、與定溫式探測器也呈現出相同趨勢之結果。而於遮蔽率 70%，因部分煙受到障礙物阻礙無法上升至天花板，但因障礙物排列緊密原因，氣流通過障礙物產生亂流之情形，往上累積至天花板。反觀遮蔽率 35%，因障礙物縫隙較大，導致煙上升至障礙物上方後，煙受浮力影響往旁邊擴散，故顯示障礙物遮蔽率著實會對撒水頭與探測器探測能力造成影響。

由圖 8 可得知情境四到情境六之撒水頭處量測溫度之情形。可發現障礙物遮蔽率為 70% 時，其撒水頭處之量測溫度比 0%、35% 低，但 70% 遮蔽率時撒水頭作動較快。其主因在於溫度與風速乃為影響撒水頭 RTI 作動之兩大因素，而 70% 遮蔽率會因亂流產生較大之風速而加速撒水頭作動。且蘇鴻奇等人也提出當撒水頭旁的空氣溫度達到撒水頭作動溫度時，仍然需一段時間將熱傳入玻璃球內使之破裂 (蘇鴻奇等，2008)。亦顯示溫度和速度會影響撒水頭之作動時間。

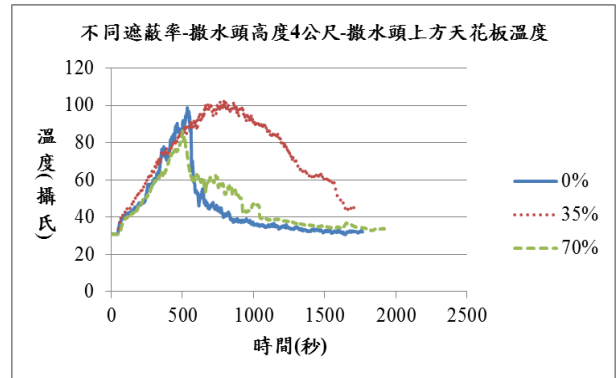


圖 8 不同遮蔽率撒水頭位於 4 公尺撒水頭之溫度曲線

除遮蔽率 35% 情境外，撒水頭在 0% 以及 70% 障礙物影響下，撒水頭均可感知到火源所產生之熱煙氣而撒水，且撒水頭只能於沒有障礙物阻擋下有效撲滅火源，反觀 70% 之障礙物將會產生撒水障礙，使得在將近 20 分鐘之放射下，火源仍持續燃燒，故判定撒水頭喪失其滅火效果。其實驗情況如圖 9(a)、9(b) 所示。



圖 9(a) 情境六 (70% 遮蔽率-撒水頭距地板面 4 公尺高) 撒水頭作動十分鐘之情形 (b) 情境六火源之情形

3.2 改善對策-開放式與密閉式撒水頭滅火實驗

根據實驗情境一到六結果得知，對於撒水頭設置高度會影響其偵測效能，而當下方有障礙物時，將會

造成撒水頭撒水障礙而無法滅火。為能有效發揮撒水頭之功能，故需對裝置高度，以及下方障礙物之遮蔽率同時進行考量，且考慮障礙物上方以及下方之火源情境，國內法規則規定當撒水頭下方有障礙物時，會影響其滅火效果，故需於障礙物下方增設撒水頭。

但障礙物下方之撒水頭因裝置面距離天花板過遠，導致撒水頭遠離火羽流與天花板噴流所傳送之熱氣，而造成無法感知之情形，建議其採用開放式撒水頭進行連動式滅火。

為能進行開放式與密閉式撒水頭滅火實驗，及滅火水量進行評估，故將 5.3 公尺高之實驗平台設置四顆撒水頭，每顆撒水頭間距為 3 公尺寬，如下圖 10 側視圖所示。其撒水頭法定放射壓力為 1kgf/cm^2 。由於當撒水頭下方有障礙物阻礙時，對於 6 座木框架之火源情境，呈現作動時間較長或是不穩定之狀況，為能改善此情況，情境七（密閉式撒水頭距地板面 5.2 公尺高）及情境八（開放式撒水頭距地板面 5.2 公尺高），故將火源增加至 9 座木框架，其熱釋放率約為 866kW。

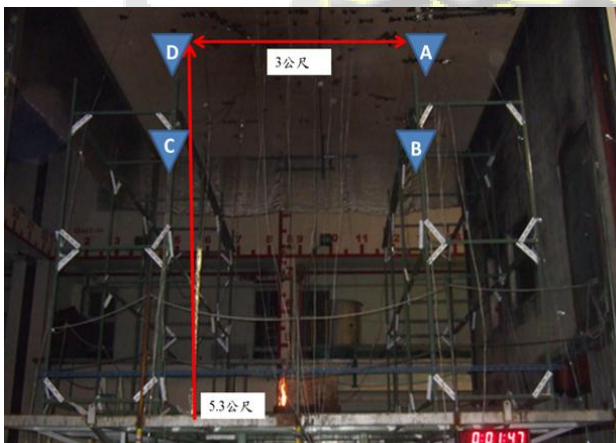


圖 10 四顆撒水頭位置側視圖

3.2.1 情境七：四顆密閉式撒水頭

由下圖 11 可看出位於 A 點撒水頭先行於 606 秒達到作動，但同時冷卻其它三顆撒水頭，使得其他顆撒水頭於火源燃燒三十分鐘皆未作動。故僅利用單顆撒水頭之水量進行滅火，而無法滅火，其 A 點撒水頭溫度，如下圖 11 所示。

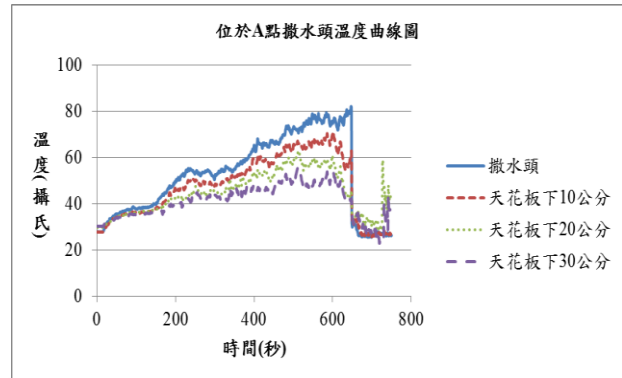


圖 11 A 點密閉式撒水頭溫度曲線表

3.2.2 情境八：四顆開放式撒水頭

情境八（開放式撒水頭距地板面 5.2 公尺高）與情境七（密閉式撒水頭距地板面 5.2 公尺高）之情境差異僅在於撒水頭之形式，情境八於火源燃燒後近 900 秒時，利用手動方式使四顆開放式撒水頭同時放射進行滅火。

由圖 12 火源溫度曲線圖可看出當四顆開放式撒水頭放射後，火源溫度隨即降低且滅火，相較於四顆密閉式撒水頭之效果，確實更能發揮其滅火效能。因此，當撒水頭設置過高或是距離天花板過遠時，可將撒水頭改為開放式撒水頭，利用區域性撒水頭保護特性進行火災防護，開放式與密閉式滅火實驗結果如表 4 所示。

表 4 開放式與密閉式撒水頭滅火實驗情境七與情境八實驗條件及結果

設定條件	情境七	情境八
火源位置	四顆撒水頭中央	四顆撒水頭中央
火源熱釋放率	866kW	866kW
遮蔽率	0%	0%
撒水頭種類	密閉式	開放式
撒水頭高度	5.2公尺	5.2公尺
天花板高度	5.3公尺	5.3公尺
撒水頭放射壓力	1kg/cm^2	1kg/cm^2
撒水頭作動時間	606秒	-
撒水頭開放時間	-	900秒
是否達到滅火	否	是

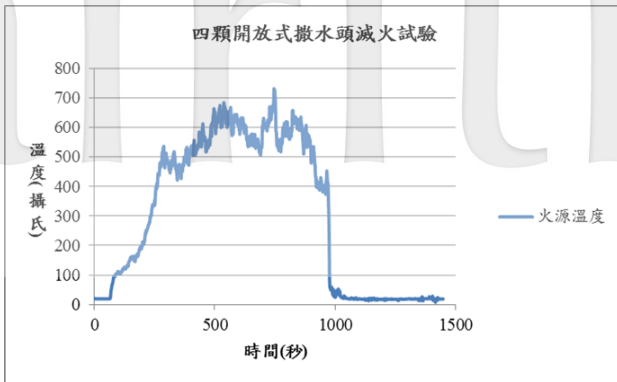


圖 12 四顆開放式撒水頭火源溫度曲線

3.3 撒水頭放射水量分布

為針對不同位置、壓力、不同高度撒水頭，並與先前所做相關滅火測試，確實得到撒水頭進入火源油盤中的水量，是否能達到滅火之效果。首先，先量測每個油盤的淨重，如下圖 13 所示。並於撒水頭放射 10 分鐘後，再次量測油盤所蒐集到之水量，以利分析火源油盤所獲得之總水量，評估滅火結果與水量之關係，以判斷其是否達到滅火之效果。



圖 13 油盤水量蒐集測試

在一顆或四顆撒水頭下方無障礙物之情境，不同設置高度下進行放射水量之蒐集，其結果如表 5 所示，發現單顆撒水頭裝置高度為 4 公尺時，其收集水量均大於設置於 5 公尺時之情境，且可達到滅火之效果；當撒水頭增加至四顆時油盤收集水量隨之增加，約為 4.07

($l/min/m^2$)，上述兩者均可有效滅火。故當火源區域撒水頭放射密度大於 $0.81 (l/min/m^2)$ 時，即可達到滅火之效果。此方式可進行小區域開放式撒水頭放射滅火之規劃，以利達到確實防護區域及滅火區域之方案。

表 5 油盤水量蒐集測試結果總表

項次	撒水頭數量	撒水頭放射壓力	撒水頭高度	天花板高度	油盤水量蒐集位置	三個油盤所蒐集水量 ($l/min/m^2$)	是否達到滅火
一	4顆	$1kgf/cm^2$	5.2公尺	5.3公尺	四顆中央	4.07	是
二	1顆	$1kgf/cm^2$	5.2公尺	5.3公尺	火源位置	0.48	否
三	1顆	$1kgf/cm^2$	4公尺	4.1公尺	火源位置	0.81	是
四	1顆	$2kgf/cm^2$	5.2公尺	5.3公尺	火源位置	0.75	否

四、結論與建議

根據障礙物上方與下方撒水頭滅火實驗結果得知，當一般反應型撒水頭位於 5.2 公尺時，無論遮蔽率 0%、35%、70% 其因為設置太高使得上層撒水頭呈現無法作動或是作動時間不穩定，且無法有效撲滅障礙物下方之火源。但為維護障礙物與天花板間之防火安全，仍須設置位於障礙物上方之撒水頭以防範於風管、管線等障礙物上方之火災。對於當一般反應型撒水頭位於 4 公尺時，其撒水頭下方無障礙物時，才能夠有效達到滅火之情形。但遮蔽率於 70% 時，還是會造成部分撒水障礙，且火源只有部分達到滅火。由實驗結果分析後可發現，當撒水頭下方有障礙物阻礙時，其 Heskestad、Cetegen 及 Zukoski 等公式皆無法運用於此情況下進行計算，因障礙物阻擋火羽流產生部分偏移，使得撒水頭與探測器所偵測能力產生阻礙。

為達到撒水頭下方無障礙物時，天花板 5.3 公尺高且撒水頭位於 5.2 公尺高，撒水頭之有效性滅火探討，本研究提出改善對策之方案，乃採用開放式撒水頭即可達到立即滅火之效果，而密閉式撒水頭則因先作動之撒水頭冷卻其他三顆撒水頭之感熱元件，使其作動時間拉長，導致無法滅火。建議可採用當偵溫式探測器偵測到

該區域之火災時，連動該區域之開放式撒水頭立即放射並進行滅火，則可達到快速滅火之效果。

根據國內各類場所消防安全設備設置標準第四十七條第一項第六款、美國 NFPA13 以及中華人民共和國國家標準，皆提出當使用密閉式撒水頭，且風管等障礙物之寬度超過一百二十公分時，該風管等障礙物下方，亦應設置撒水頭之規定。因此，對於防護區域與天花板間具有障礙物時，撒水頭裝設於障礙物上下方時，障礙物上方之撒水頭確實會造成撒水障礙，而導致無法滅火之情況。因此，須考量到撒水頭之設置高度，才能使目前裝設一般反應型之撒水系統的有效性顯現出來。而蔡榮鋒（2011）提出當建築物空間越大時可利用探測器連動撒水系統滅火其效果較為顯著，因此若設置撒水頭於障礙物上下方時，本研究建議設置障礙物上方之撒水頭進行控制風管、管線等障礙物上方火災之部分。但因障礙物上方之撒水頭受障礙物影響而造成撒水障礙，因此仍須設置撒水頭於障礙物下方，且將自動撒水設備改採取定溫式探測器連動開放式撒水頭，以能有效的達到障礙物下方火災之防護機制。其建議消防圖說方式如下圖 14 所示。

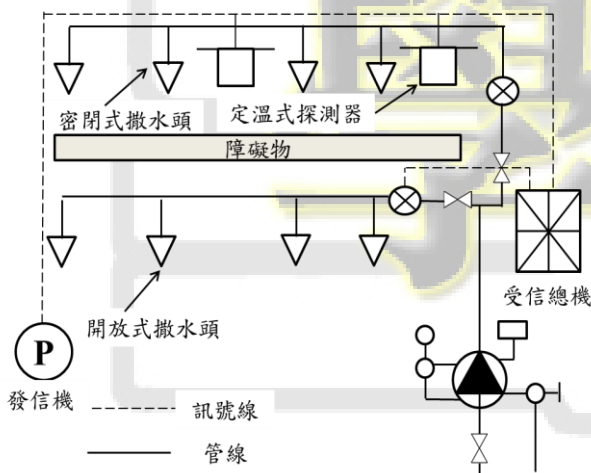


圖 14 上下兩層式撒水頭消防圖說示意圖

誌謝

本研究計畫為內政部建築研究所研究案（計畫編號：10161B001）。本研究承蒙內政部建築研究所鼎力支持以及執行計畫之同仁陳建忠組長、何三平博士、

簡賢文教授、李其忠研究員、林典叡研究助理以及柯佳禎研究助理，得以順利完成，特此申謝。

參考文獻

- 內政部消防署（2012）。各類場所消防安全設備設置標準。台北市：內政部。
- 中華人民共和國公安部（2005）。自動噴水滅火系統設計規範。中華人民共和國國家標準。北京市：中國計劃出版社。
- 陳佑任（2006）。醫療院所自動灑水設備性能化設計之探討。未出版之碩士論文。長榮大學職業安全與衛生學系研究所，台南市。
- 張依如（2010）。通風系統與撒水效應影響煙層之研究探討。未出版之碩士論文。長榮大學職業安全與衛生學系研究所，台南市。
- 蔡榮鋒（2011）。探測器與撒水系統啟動機制對建築物火災滅火性能之研究。未出版之博士論文。國立雲林科技大學工程科技研究所，雲林縣。
- 謝煒東，蔡銘儒（2008）。建築物構造防火性能驗證技術之火災持續時間研究。建築學報增刊(技術專刊)，(64)，39-58。
- 蘇鴻奇，曾俊達，張岱軒，吳展維，林大惠，陳建忠，蔡銘儒（2008）。撒水頭作動時間的實尺寸分析。建築學報增刊(技術專刊)，(66)，61-74。
- Alpert, R. L. (2002). Ceiling jet flows. In P. J. DiNenno, D. Drysdale, C. L. Beyler, W. D. Walton, R. L. P. Custer, J. R. Hall, Jr., & J. M. Watts, Jr. (Eds.), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2-18 - 2-31). MA, USA: National Fire Protection Association.
- Heskestad, G. (2002). Fire plumes, flame height and air entrainment. In P. J. DiNenno, D. Drysdale, C. L. Beyler, W. D. Walton, R. L. P. Custer, J. R. Hall, Jr., and J. M. Watts, Jr. (Eds.), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2-1 - 2-17). MA, USA: National Fire Protection Association.
- ISO 9705 (1993). *Fire Test-Reaction to Fire Full-Scale*

Room Test for Surface Products. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

NFPA 13 (1999). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. MA, USA: National Fire Protection Association.

NFPA 13 (2007). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. MA, USA: National Fire Protection Association.

REFERENCES in English

Alpert, R. L. (2002). Ceiling jet flows. In P. J. DiNenno, D. Drysdale, C. L. Beyler, W. D. Walton, R. L. P. Custer, J. R. Hall, Jr., & J. M. Watts, Jr. (Eds.), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2-18 - 2-31). MA, USA: National Fire Protection Association.

Chang, Y. R. (2010). *The Effects of Ventilation Systems and Water Spray Systems to Smoke Layers in Fires*. Unpublished master's thesis. Department of Occupational Safety and Health, Chang Jung Christian University, Tainan.

Chen, Y. J. (2006). *The Performance-Based Design of Sprinklers System in Hospital*. Unpublished master's thesis. Department of Occupational Safety and Health, Chang Jung Christian University, Tainan.

Heskestad, G. (2002). Fire plumes, flame height and air entrainment. In P. J. DiNenno, D. Drysdale, C. L. Beyler, W. D. Walton, R. L. P. Custer, J. R. Hall, Jr., and J. M. Watts, Jr. (Eds.), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (pp. 2-1 - 2-17). MA, USA: National Fire Protection Association.

Hsieh, W. D., & Tsai, M. R. (2008). Validations on the

fire-proof performance of architecture- The study of the fire sustaining time. *Journal of Architecture, Special Issue on Technology*, (64), 39-58.

ISO 9705 (1993). *Fire Test-Reaction to Fire Full-Scale Room Test for Surface Products*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization

National Fire Agency, Ministry of the Interior (2012). *Installation Standards of Fire Protection Equipment*. Taipei: Ministry of the Interior.

NFPA 13 (1999). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. MA, USA: National Fire Protection Association.

NFPA 13 (2007). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. MA, USA: National Fire Protection Association.

Su, H. C., Tseng, C. D., Chang, D. H., Wu, J. W., Lin, D. H., Chen, C. C., & Tsai, M. R. (2008). Investigation of thermal response of glass bulb sprinklers in a full-scale room. *Journal of Architecture, Special Issue on Technology*, (66), 61-74.

The Ministry of Public Security of the People's Republic of China (2005). *Standard for the Installation of Sprinkler Suppression Systems. National Standards of the People's Republic of China*. Beijing: China Planning Press.

Tsai, R. F. (2011). *The Study of Activated Mechanism of Sprinklered System and Detector on Fire Suppression Effect in Buildings*. Unpublished doctoral dissertation. Graduate School of Engineering Science and Technology, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin County.