



RRPG92070560 (139.P)

水系統火災控制技術之研究 (II)

細水霧滅火系統技術研發之規劃

研究

內政部建築研究所委託研究報告

092-301070000-G1019 (II)

「水系統火災控制技術之研究
(II) 細水霧滅火系統技術研發
之規劃研究」

受委託者：財團法人中華建築中心

研究主持人：陳俊勳 教授

研究助理：陳皓然

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國九十二年十二月

摘要

關鍵詞：細水霧滅火系統、實場效能測試分析規劃

一、研究緣起

本計畫係一兩年期計畫，而本期為第一年計畫。主要內容是針對細水霧滅火系統（Water Mist Fire Suppression System）作其滅火效能評估以及未來在台南成功大學歸仁校區防火實驗室的測試場所及所需設備的規劃，和有關教育訓練事宜。

雖然我國訂有各類場所消防安全設備設置規範，但是對於細水霧火災抑制系統並未納入其中，依警大簡賢文教授所著「細水霧火災防護性能及適用範圍之研究」之建議，應須透過專案審查方式逐一開放，唯系統開放使用後若確未能依場所所需之功能設置，將會導致先進系統效能大打折扣。因此本計畫擬建立以功能為導向的設計理念，並且引進國外先進模擬技術與實場驗證技術，以切合各使用業者所需並且發揮系統之最大效能。

二、研究方法及過程

本計畫實施方法，主要包括資料收集、細水霧效能模擬分析、細水霧系統實場效能分析規劃，其各部份詳細說明如下：

2.1、資料收集

此部份係針對本計畫執行必要之工作項目進行國內外相關資料之收集，包括：系統應用對象之危害特性、欲分析對象物之情境建立、細水霧設計規範(NFPA 750、IMO、...)、系統效能測試方法(VTT、SINTEF、...)、系統效能驗證方法(FM、UL、...)、情境模擬分析之參數收集(空間配置圖、熱釋放速率、環境特性、系統壓力、...)。除此之外，亦將收集 VTT 或 SINTEF 火災測試場之相關資料，包括：建

築結構、分析設備、分析能力、電控系統、儀控系統、數據分析系統、人員訓練、...等項目，此資料將做為未來建構本土性測試場之重要參考依據。

2.2、細水霧效能模擬分析

此單元將利用英國 University of Greenwich 所開發之細水霧抑制效能模擬軟體 FIREDASS 進行效能模擬。執行此效能模擬可獲得：

1. 細水霧之滅火效能評估
2. 藉由效能評估進行噴頭佈置最佳化
3. 減少實驗進行的次數，節省經費
4. 節省時間，加速系統建立，縮短研發時程

2.3、細水霧系統實場效能分析規劃

此部份將參考芬蘭 VTT 或挪威 SINTEF 相關細水霧測試系統的資料，選擇數個火災情境來進行效能分析的工作，在進行實場效能分析前將先行規劃測試情境內容。

三、重要發現

本案係一規劃案，除了搜集細水霧滅火系統各項元件及系統測試規範外，並將這些資料分類依各種須求分門別類予以整理好，提供作為建研所建立相關測試試驗場設施的重要依據；此外本報告亦提供使用 FIREDASS 所執行的細水霧應用於半導體廠中排氣管路火災防護之數值效能分析，也應用性能設計程序來介紹整體的防火效能分析，以及作為實場火災測試的設計依據。

四、主要建議事項

1. 建議建研所在已建立之撒水系統元件測試系統上，再加上數項細水霧系統所須再加的元件測試，即可建立一完整的水系統滅火系

統的完整測試實驗室。

2. 由於細水霧系統是取代海龍系統的替代品之一種考量，因此建議應和其他替代系統，例如二氧化碳系統，作一實場效能的比較，來確認其優劣點，進一步來探討其較適合使用的危險場所。

Abstract

Key words: Water Mist Suppression System, Planning for the Fire Performance of Field Tests

(1) Background

This is a two-year project, and this final report is for the first-year one. The main content is on the fire protection performance evaluation of the water mist suppression system. Then, the planning for the establishment and instrumentation of the field tests at the ABRI Fire Laboratory in Tainan and for the corresponding educational and training program is followed.

Although we have the requirements for the fire protection systems according to Fire Codes, the water mist suppression system is not included. From the suggestions made by Prof. S. W Chien in his research work "The Fire Performance and the Application Areas of Water Mist Suppression System", it should go through a panel review to evaluate the possible application of such system in each specific case. As the specific system is approved by the review committee, however, it may fail to reach its original designed performance if the system design does not comply with the environmental requirements. Therefore, the project proposed to set up the performance requirement to guide the corresponding design for the water mist system. It basically adopted the simulation and the field test techniques from the advanced laboratories in order to reach the maximum performance to meet the stakeholders' requirements.

(2) Approaching methods and Procedure

The approaching methods include the literature review, the simulation analysis for water mist system performance and eventually the planning for the performance evaluation of field tests. The details are given as follows.

2.1. Literature review :

First we collect all of information, including the hazardous characteristics of the applied area, the corresponding establishment of fire scenario, the design standards (such as NFPA 750, IMO, etc.), the test methods for the fire performance evaluation of field test (such as VTT, SINTEF, etc.), system evaluation methods (FM, UL), the important parameters (distribution in the space, heat release rate, environment, pressure, etc.). Also, the detailed test results from VTT or SINTEF are also collected. They includes: structure, instrumentations, analysis capabilities, control system and data acquisition system, training program, and so on. These are served as the primary references and data bank for the local fire tests.

2.2 Simulation analysis:

In this part, a simulation code, FIREDASS, developed by University of Greenwich of UK is used to perform the analysis of water system performance. It can obtain

1. The fire suppression performance of water mist.
2. The optimal distribution of nozzles by the above computation.
3. The reduction of the fire test number to save the cost.
4. The reduction of research and development time to accelerate the build-up of the test system.

Also it will refer the test results from VTT and SINTEF to select several fire scenarios to carry out the performance computations.

(3) Important findings:

In this project, it not only summarizes the respective component and system test regulations and methods of water mist fire suppression system, but also categorizes these information data into a classification. Therefore, this data bank can be served as reference for the establishment of fire test for the evaluation of water mist system. In addition, this project provides a case study of an exhaust pipe used in a semi-conductor manufacturer to illustrate how the simulation code, FIREDASS, can be applied to evaluate the fire performance of such system. In this case study, an evaluation procedure of fire safety engineering also is incorporated with the simulation code to show a complete performance-based design process.

(4) Suggestions and recommendations:

1. Since ABRI fire laboratory has built up the component testing laboratory for the sprinkler and spray system, it just needs to add few specific test items for the water mist system to complete the whole component performance evaluation test laboratory for water suppression system.
2. Because water mist system is regarded as one of the replacements for Halon system, we suggest that a series of fire tests for CO₂, water mist suppression system etc., be carried out to make the performance comparisons to justify the best use for these replacement systems according to the important parameters, such as the room size, fire load, ventilation condition, nozzle distribution, system pressure, available water amount etc..

目 錄

中文摘要	i
英文摘要.....	iv
第一章 前 言	1
1.1 細水霧火災消滅發展回顧	1
1.2 細水霧滅火機制	2
1.3 細水霧滅火系統之分類	5
1.4 研究內容與進行步驟	8
第二章 細水霧滅火系統之適用範圍.....	16
2.1 細水霧滅火系統適用性：	16
2.2 細水霧滅火系統在各類空間之應用	16
2.3 易燃性液體場所之應用	17
第三章 細水霧滅火系統相關之測試協定.....	21
3.1 細水霧滅火系統國際相關測試規範	21
3.2 細水霧滅火系統國際相關測試之測試空間需求	23
3.3 細水霧滅火系統相關測試規範之測試對象及項目整理	27
第四章 細水霧噴頭檢測規範.....	32
4.1 現有檢測規範之比較	32
4.2 UL2167 細水霧噴頭之火災防護標準	34
4.3 細水霧噴頭檢測項目	39
4.4 UL2167 噴頭本體檢測項目	40
第五章 細水霧粒徑檢測技術.....	68

5.1 非影像量測--散射式粒徑分析儀.....	68
5.2 影像量測技術.....	69
第六章 細水霧效能模擬案例分析.....	73
6.1 前言.....	73
6.2 實例應用簡述.....	74
6.3 電腦模擬起始條件.....	75
6.4 細水霧與傳統撒水系統的基本測試比較.....	77
6.5 根據模擬結果規模之細水霧系統之火場測試.....	77
第七章 結論與建議.....	79
參考文獻.....	81
附錄 A FM 細水霧滅火系統測試規範(節錄).....	83
A.1 細水霧滅火系統防護氣體渦輪機房(小於 80m ²)之測試規範	83
A.2 細水霧滅火系統防護氣體渦輪機房(小於 260 m ²)之測試規範	85
A.3 細水霧滅火系統防護防護機械空間之測試規範.....	87
A.5 細水霧滅火系統防護濕洗台之測試規範.....	92
A.6 細水霧滅火系統防護輕度危險工作場所之測試規範.....	94
A.7 細水霧滅火系統防護工商業用油鍋之測試規範.....	97
A.8 細水霧滅火系統局部放射防護之測試規範.....	102
附錄 B UL2167 細水霧滅火系統相關測試規範(節錄).....	109
40 船上機械空間火災測試.....	109
41 船上客艙的火災測試.....	110

42 大於 12m ² 的船上客艙	111
43 船上公共區域火災測試	112
44 住宅區火災測試	114
45 輕度危險區域火災測試	115
46 中度危險場所第一群組(Ordinary Group 1)火災測試.....	115
47 中度危險場所第二群組(Ordinary Group 2)火災測試.....	117
附錄 C 期初/期中/期末審查意見回覆表	119

圖目錄

圖 1、FIREPASS 子模式關連圖	11
圖 2、為用於細水霧驗證之測試場規劃圖	13
圖 3、細水霧驗證實驗室空間配置圖	13
圖 4、細水霧驗證實驗室實體圖	14
圖 5、細水霧驗證實驗室內部實體圖	14
圖 15.1 粒徑測量位置圖	46
圖 34.1 衝擊測試儀器	63
圖 38.1 堵塞測試儀器	65
圖 5.1 非影像量測--散射式粒徑分析儀示意圖	69
圖 5.2a 原始噴霧影像.....	70
圖 5.2b 對比增強及低通濾波	70
圖 5.2c 二值化及物件標定.....	71
圖 5.2d 邊緣偵測求週長	71
圖 5.2e 物件填滿求面積.....	71
圖 5.3 細水霧噴頭之粒徑量測系統示意圖	72
圖 6.1.....	75
圖 6.2.....	75
圖 6.3.....	76
圖 6.4.....	76
圖 6.5.....	76
圖 6.6.....	76

圖 6.7.....	77
圖 6.8.....	77
圖 6.9 火場測試情境概略圖	78

表目錄

表 1、FIREDASS 發展計畫成員與分工	10
表 2 公眾聚集場所火災抑制效能測試	15
表 3.1 NFPA750 收集之細水霧滅火系統測試協定及空間分類表	21
表 3.2 FM 之測試規範空間需求列表.....	23
表 3.3 UL2167 之測試規範空間需求列表	23
表 3.4 IMO MSC/Circ 668/728 A 類引擎室之測試規範空間需求表	24
表 3.5 船上 A 類引擎室的火災測試	25
表 3.6 油料噴灑測試參數	26
表 3.7 FM 細水霧滅火系統測試規範測試對象及項目整理	27
表 3.8 UL2167 細水霧滅火系統測試規範測試對象及項目整理..	30
表 4.1 UL2167 與國內之密閉式撒水頭認可基準噴頭測試項目比 較表.....	33
表 11.1 標稱動作溫度值.....	43
表 23.1 coated 和 uncoated 噴頭測試溫度表	50
表 29.1 噴頭風洞測試的測試條件	58
表 30.1 測試傳導係數的風洞烤箱測試條件	59
表 38.1 污染水堵塞測試之污染物	65

第一章 前言

1.1 細水霧火災消滅發展回顧

細水霧系統已發展了將近五十餘年，早期在海龍產品掘起後，侷限了細水霧系統的發展，最近這十年在環保意識高漲及對生命財產安全保護日益重視的全球趨勢下，細水霧系統市場正以驚人的幅度成長。尤其在蒙特婁公約限制氟氯碳化物的製造、銷售及使用與國際海事組織強制規範在船艙上須安裝滅火設備後，大大激勵細水霧系統的研究發展風氣及廠商投入的動力。

1.1.1 海龍產品之掘起

海龍系列滅火抑制劑的研發及使用，已有百年以上的歷史，在二十世紀初期由於汽車及其內燃機的普及，使得應用於防制可燃性液體火災的需求大幅增加，第一代海龍產品四氯化碳(Halon 104, CCl_4)開始廣受歡迎，但由於其高毒性及致死案例偶傳，使用安全性備受質疑，故在 50 年代這些早期海龍產品逐漸由乾粉抑制劑系統取代。

1947 年普渡研究基金會(Purdue Research Foundation)針對 60 多種海龍抑制劑進行系統性的評估研究，以選出下一代的海龍滅火抑制劑。同一時間，美國陸軍工程署(U.S. Army Corps of Engineers)亦針對這些新型抑制劑進行毒理研究，研究成果確定了三種海龍抑制劑的應用可行性。其中美國陸軍主要使用海龍 1301 手提滅火劑來作為運轉車輛及裝甲車防護，美國空軍以海龍 1202 作為軍機引擎防護專用抑制劑；美國聯邦航空署以海龍 1301 作為商用飛機引擎防護，也因此開展海龍 1301 往後二十餘年的廣泛應用於電腦機房、儀電設備室、船艙機械空間、幫浦室及博物館等場所火災防護。

由於海龍 1301 產品的成功應用於各類場所的火災防護，不但具有滅火抑制效果好、抑制劑使用量少、復原快及災損小等特點，使得其他滅火系統的發展受到很大的限制，尤其是細水霧滅火系統的研究另受限於科技的

限制，侷限了細水霧系統在六十年代的發展。

1.1.2 蒙特婁公約(Montreal Protocol)之限制

隨著科技的日新月異及對環境保護議題的日益重視，消防滅火設備也跟上了全球這一波“綠色”的潮流。研究証實，氟氯化合物及其他化合物會加速臭氧轉化成氧氣的速度。換言之，大氣中的臭氧層厚度正逐漸的降低。臭氧的功用不只有過濾掉破壞地球動、植物生命的太陽輻射熱，並可調節地球溫度。在 1987 年，由美國及全球各大工業國家所簽署的蒙特婁公約(Montreal Protocol)中規範了氟氯化合物的生產、銷售及使用量並限制其進出口貿易以保護位於同溫層的臭氧。

雖然海龍系列滅火系統只佔了整體氟氯化合物使用量的極小比例，但仍因環保的要求須進行滅火設備替代方案的全面檢討，不但要有滅火效果佳、無殘留物及適用電器火災等海龍系統的優點，也要有環保、安全及價廉的特性，做為新世紀“綠色標章”的滅火系統領航者。海龍滅火系統在環保議題的考量下，現已進入替代及中止使用(phase out)的階段，也因此海龍替代品的開發正是各國廠商迫在眉睫的任務，亦提供了發展細水霧系統的誘因。

1.2 細水霧滅火機制

最早敘述細水霧滅火機制的論述是由 Braidech[1]在 1955 年提出的，後經 Rasbash[2]等人証實其觀點，Braidech 提出細水霧滅火機制主要為空氣稀釋及冷卻效果，這些細水霧遇到火災的熱源後，蒸發為水蒸汽排擠了新鮮且源源不斷供應的氧氣，使得燃燒區域內的氧氣大為減少，同時這些水霧粒子也提供了降低火場溫度的冷卻效果。

在經過四十年的研究驗證了上述觀點的正確性，但最近的研究果顯示還有其他滅火機制會影響細水霧滅火設備的有效性，Mawhinney[3]等人提出細水霧的滅火機制可分為主要及次要兩類，主要滅火機制包括熱移除(Heat Extraction)、氧氣排擠效應(Oxygen Displacement)與降低熱輻射效應

(Blocking of Radiant Heat)；次要滅火機制包括因水蒸汽將空氣稀釋與流場的動態效應。影響細水霧滅火效能的因素，本報告將於下幾節一一加以解釋。

1.2.1 熱移除(Heat Extraction, Cooling)

當使用水來滅火，可迅速將熱氣體及火焰的熱能吸收，而降低水分子粒徑尺寸可以增加水分子的表面積質量體積比，增加熱能移轉的速度，水分子蒸發為水蒸汽時又吸收了熱能，在吸收一定的熱能後火焰的氣相溫度會低於維持燃燒過程所需的溫度，理論上來說 Diffusion flame 在其火焰溫度低於 1327°C 時，燃燒過程將會停止。

就液體燃料火災而言，細水霧蒸發後可冷卻火焰，因而降低熱輻射通量到達燃料表面的能量，導致可燃性蒸汽的減少，在某些案例中結合降低火焰溫度及減少燃料揮發這兩項要素可大幅減少燃料燃燒速度，甚至可以完全撲滅火災。就固體燃料火災而言，降低固態燃料的火焰溫度也會減少熱輻射通量傳送到燃料表面的能量及降低燃料分解速度，但要完全撲滅固態燃料火災則和燃料形狀及其碳化層深度這兩項因素息息相關。

1.2.2 排擠氧氣效應(Oxygen Displacement)

水分子蒸發後體積會擴大 1900 倍（在一大氣壓 95°C 下）如果蒸發速度快速，水蒸汽會排擠原先空氣所佔據的空間，如在一高溫區劃中細水霧系統作動，水蒸氣將劇烈蒸發、膨脹並取代區劃中的空氣，使得維持燃燒所需之氧氣大為減少至一臨界濃度後，使得火場燃燒效率不佳，將可輕易的撲滅火場。

排擠氧氣可解釋了為何區劃內大火較小火容易被撲滅，耗氧多的大型火場在火災初期遠較耗氧少的小型火場釋放更多熱能，也因此提供較多熱能可為細水霧蒸發成為水霧蒸氣，故周遭氧氣濃度會降低；此外，在細水霧系統作動後在燃燒效率也降低的情況下，大型火場的燃燒效率與氧氣供應不足，因此較容易撲滅。一般來說閃火點高的液體燃料較易撲滅，如柴

油的閃火點為 60°C 。相較之下，小型火場有持續正常氧氣濃度供應燃燒所需之空氣，其排擠氧氣的效果不明顯，是故小型火場不易被撲滅。

1.2.3 阻擋熱輻射(Blocking radiant heat)

阻擋熱輻射可降低燃料表面的分解及揮發速度對阻絕火場漫延至未引燃燃料表面具有很重要的關鍵因素。細水霧藉由阻擋熱輻射來防護人員及物體免於輻射熱傷害，理論上細水霧粒徑及分佈密度是影響熱輻射的兩大因素，隨著粒徑小於 $50\mu\text{m}$ 的細水霧密度增加，其降低熱輻射的能力也隨之增加，這也是為何具有粒徑非常小而高密度的細水霧滅火系統，對降低熱輻射非常有效，因為隨著水霧汽化成蒸氣進入火焰及燃料表面，可以降低到物體表面的輻射熱通量。以油盤火災為例，降低熱輻射可以降低油料揮發速度及減少燃燒熱釋放率，因此熱輻射也是進行火災電腦模擬相當關鍵的參數之一。

1.2.4 水蒸汽/空氣稀釋 (Dilution of Vapor/Air Mixture)

細水霧作動時，水蒸汽及空氣會被帶入燃燒區域，稀釋原有可燃性蒸氣與空氣的混合至燃燒下限，以柴油為例（閃火點 60°C ），火焰被冷卻後，導致傳達到可燃性物表面的熱能減少，亦降低了柴油揮發的速度，加上被帶入燃燒區域的空氣稀釋了可燃性蒸氣，使得可燃性柴油蒸氣濃度降至燃燒下限，進而達成滅火之動作。但具有低閃火點的易燃性液體如庚烷（閃火點 -4°C ），因其閃火點溫度較低且庚烷的蒸氣壓高，故非常難以將庚烷蒸氣與空氣混合濃度降低至燃燒下限。通常在燃料表面的可燃性蒸氣與空氣混合的狀態通常為亂流場且分佈不均勻，所以總有某些區域的可燃性蒸氣與空氣混合比例位於燃燒區間內，導致滅火的困難度增加。

1.2.5 流場動態效應 (Kinetic Effects of Mist on Flames)

在液體油池火災噴撒水時，有時反而會有增加火災規模的現象產生，在細水霧接觸到液面時會有所謂的“爆發(Flare-up)”現象產生，這個瞬間的激化作用可歸因於水滴撞擊燃料表面造成潑濺現象，因而增加蒸發速

度，Kokkala[4]將撒水設備作動噴撒時，水滴撞擊高溫且具有高沸點液體時的激烈蒸發現象稱之為火焰球(Flame ball)。Jones[5]也指出使用細水霧系統進行氣體爆炸抑制時有時也有激化燃燒的現象產生，因而無法立刻判定使用細水霧進行抑制爆炸會有正面或負面的效果。

1.2.6 區劃效果(Enclosure Effects)

區劃效果可以提昇細水霧系統的效能，因為其限制了通風及熱能擴散，使得該空間內氧氣濃度降低，導致燃燒效率變差，固較易撲滅。下列為區劃效果對細水霧滅火的影響：

1. 熱能被侷限於區劃中，將水霧汽化，膨脹的水霧蒸汽將空氣擠出區劃。
2. 位於區劃內天花板的熱氣體，受到細水霧冷卻效果影響而被擠至地板，並和水霧蒸汽、水滴混合於火場中。
3. 通常降低燃燒效率及冷卻火焰這雙重效果可以撲滅火場火災。

即使在低動量及有障礙阻礙滅火的情境下，一旦有區劃效果，仍有可能撲滅火場的火災。

許多細水霧滅火實驗都曾指出細水霧系統較易撲滅大型火災，但對小型火災則有實際困難，因為小型火災對區劃內平均氧氣濃度影響有限，而且產生的小量水蒸汽被帶離燃料—火焰互動區域；若火災位於通風良好或未侷限空間時，細水霧必須有很強的動能使得水霧能夠分佈於火焰區域周圍，以產生水霧蒸汽來加強滅火抑制效能。此外，噴頭及水霧必須設計來補償無法侷限熱能及水霧蒸汽散失的影響。

1.3 細水霧滅火系統之分類

細水霧系統可區分為下列幾類:[6]

1.3.1 依放射方式區分

1. 全區放射系統

全區放射系統是設計用來針對整體防護區域提供完整的防護，可藉由手動或自動方法，同時啟動被防護區內所有噴頭，以達防護效果。

2. 分區放射系統

分區放射系統屬於將防護空間分區防護的系統，設計上分區放射系統應由感知用自動噴頭或獨立偵測系統啟動預定分區所有噴頭。

3. 局部放射系統(Local Application)

局部放射系統是設計用來針對防護對象物提供完整防護的系統，局部放射系統可用來防護封閉空間、非封閉空間或戶外環境中之物體，局部放射系統應由感知用自動噴頭或獨立偵測系統所啟動。

1.3.2 依噴頭種類區分

細水霧依噴頭可分為以下三種類型：

1. 自動噴撒型

自動噴頭必須藉由內建的偵測/啟動裝置來獨立運作。

2. 非自動型

非自動噴頭必須以整體系統方式或群組式噴頭方式動作，噴頭為開放式，以獨立的偵測系統作動使水流入噴頭開始噴撒。

3. 混合型(Hybrid)

藉由自動及非自動方式操作的噴頭。

1.3.3 依系統配管與動作方式區分

細水霧滅火系統的動作方式可區分如以下：

1. 開放式(Deluge System)

開放式系統必須使用開放式噴頭，本系統管路經由一控制閥與供水管路連接，該控制閥的動作由裝設於與細水霧噴頭同區的獨立式偵測系統所控制，當系統作動時，水經由管路流至該區放射，適用於火災有迅速蔓延之虞的場所。

2. 密閉濕式(Wet Pipe)

濕式系統使用自動噴頭，平時管內貯滿高壓水，細水霧噴頭感測火場作動時即迅速撒水，較適用於一般場所。

3. 預動式

預動式系統必須使用自動式噴頭，系統管路內為加壓空氣，在與細水霧噴頭同一放射區中，裝置一獨立式偵測系統，用以控制管路控制閥，當偵測系統動作時，管路控制閥打開，加壓水經由管路流至噴頭處，等待自動式噴頭作動，才會開始撒水，此系統由於具有雙重確認之功能與提早偵知及防止誤動作之特性，適用於高價值對象物之保護。

4. 乾式(Dry Pipe)

乾式系統必須使用自動式噴頭，系統管路內為加壓空氣，藉由管路內壓力的流失啟動管路控制閥，當管路控制閥打開後，水流入管路，至動作的噴頭處放射。細水霧噴頭動作時先排空氣，繼而撒水，因有延遲撒水之虞，故一般使用於可能結冰之場所。

1.3.4 依流體系統區分

細水霧滅火系統可分為以下二種流體系統：

1. 單流系統(Single Fluid System)

系統僅供應一種流體(水)，藉高壓由單一管路輸送至噴頭，由精細的孔徑放射出微細之水滴。

2. 雙流系統(Twin Fluid System)

系統以兩種流體供應，一組管系輸送液體(通常為水)，另一組管系輸送氣體(通常為氮氣或空氣)，兩組配管在噴頭前端匯集，氣液混合後輸送至噴頭，以氣體幫助水滴霧化。

1.3.5 依壓力大小

細水霧滅火系統依操作壓力可分為：

1. 高壓系統

細水霧滅火系統管路壓力大於或等於 500psi(34.5bars)

2. 中壓系統

細水霧滅火系統管路壓力，小於 500psi (34.5bars)，大於 175psi (12.1bars)。

3. 低壓系統

細水霧滅火系統管路壓力小於或等於 175psi (12.1bars)

1.3.6 依壓力源區分

細水霧滅火系統之加壓裝置視其使用之流體類型而異，並非單指送水之功能，故稱之為壓力源較為適當。以下為幾種壓力源為細水霧滅火系統較常採行之方式。

1. 消防幫浦

單流系統中一般採行此種方式，通常採用多段式消防幫浦以達高揚程之輸出。

2. 高壓鋼瓶

通常用於雙流式系統，適用於供電可靠度較低之場所，無需藉由消防幫浦之加壓，僅以微弱之控制電源即可起動鋼瓶放射。此種系統的作動方式為一組氣體管路至水槽加壓帶動內部水源放射，另一組氣體管路在噴頭前端與水流配管匯集幫助水滴霧化。

3. 空氣壓縮機

通常用於雙流系統，由空氣壓縮機加壓，一組氣體管路放射至水槽，加壓帶動內部水源放射，另一組氣體管路在噴頭前端與水流配管匯集幫助水滴霧化。

4. 消防幫浦+高壓鋼瓶

通常用於雙流式系統，液體由消防幫浦加壓，氣體由高壓鋼瓶供給，兩組管路在噴頭前端配管匯集。

5. 消防幫浦+空氣壓縮機

通常用於雙流式系統，液體由消防幫浦加壓，氣體由空氣壓縮供給，兩組管路在噴頭前端配管匯集。

1.4 研究內容與進行步驟

大體而言，火災危害事故長久以來一直是政府/產業界/保險單位/...在安全工作上的主要議題，雖然我國訂有各類場所消防安全設備設置規範，但是對於世界各國先進之火災抑制系統並未納入其中，細水霧火災抑制系統便是一例，依「細水霧火災防護性能及適用範圍之研究」之建議應須透過專案審查方式逐一開放，唯系統開放使用後若確未能依場所所需之功能設置，將會導致先進系

統效能大打折扣。因此本研究擬建立以功能為導向的設計理念，並且引進國外先進模擬技術與實場驗證技術，以切合各使用業者所需並且發揮系統之最大效能。

本計畫執行重點如下：

1. 高風險危害情境分析
2. 細水霧效能模擬分析
3. 細水霧系統實場效能分析規劃

本計畫實施方法，主要包括資料收集、細水霧效能模擬分析、細水霧系統實廠效能分析規劃，其各部份詳細說明如下：

一、資料收集

此部份係針對本計畫執行必要之工作項目進行國內外相關資料之收集，包括：系統應用對象之危害特性、欲分析對象物之情境建立、細水霧設計規範(NFPA 750、IMO、...)、系統效能測試方法(VTT、SINTEF、...)、系統效能驗證方法(FM、UL、...)、情境模擬分析之參數收集(空間配置圖、熱釋放速率、環境特性、系統壓力、...)。除此之外，亦將收集 VTT 或 SINTEF 火災測試場之相關資料，包括：建築結構、分析設備、分析能力、電控系統、儀控系統、數據分析系統、人員訓練、...等項目，此資料將做為未來建構本土性測試場之重要參考依據。

二、細水霧效能模擬分析

此單元將利用英國 University of Greenwich 所開發之細水霧抑制效能模擬軟體 FIREPASS 進行效能模擬。執行此效能模擬可獲得：

1. 細水霧之滅火效能評估
2. 藉由效能評估進行噴頭佈置最佳化
3. 減少實驗進行的次數，節省經費
4. 節省時間，加速系統建立，縮短研發時程

有關細水霧效能模擬分析如后所述：

1994 年 SINTEF-NBL(Norway)邀集歐洲七個從事火災相關研究團體，包括 GEC-Marconi Avionics(UK)、Cerberus Guinard(France)、

DLR(Germany)、University of Greenwich(UK)、National Technical University of Athens(Greece)、CAA(UK)、Ginge Kerr(France)，向 European Commission 申請經費研發火災偵測與抑制模擬(Fire Detection and Suppression Simulation, FIRE DASS)軟體，上述各參與團體負責單元如表 1 所示，此軟體係利用計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)對分析對象物進行數值模擬。此軟體包含許多子模式(Sub-Model)，如 DE/AC Model、Mist Model、Radiation Model、Fire Model、Suppression Model 等，其相互關係如圖 1 所示。

表 1、FIRE DASS 發展計畫成員與分工

組織名稱	專長	功能
GEC-Marconi Avionics	航空電子技術	火災抑制系統之發展-航空器運用
Cerberus Guinard	火災偵測	火災偵測系統之發展
SINTEF-NBL	研發	火災測試場
DLR	研發	火災測試場
University of Greenwich	大學	火災與細水霧模擬軟體開發
National Technical University of Athens	大學	熱輻射模擬軟體開發
CAA	法規專家	英國航空電子技術安全法規

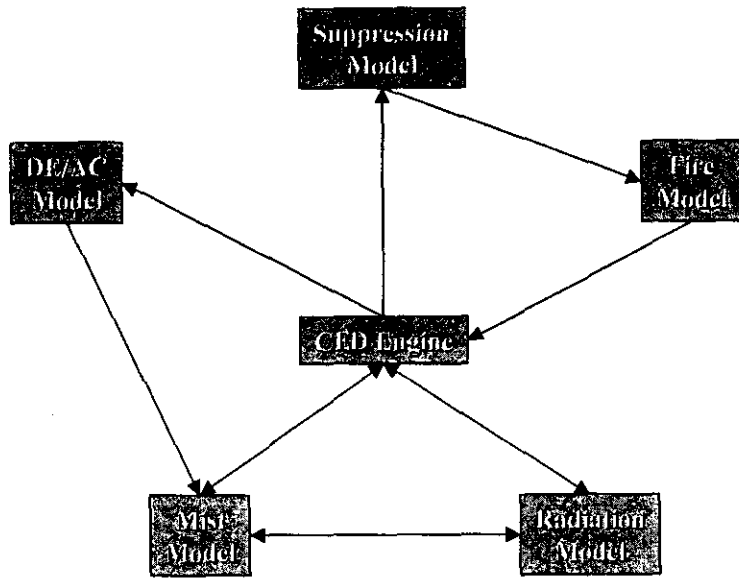


圖 1、FIREDASS 子模式關連圖

◆ 火災模式(Fire Model)

火災模式係設定釋放速率以求得空間中燃燒的主產物，包括熱、殘餘氧氣、一氧化碳、二氧化碳、水蒸汽與煙等。上述之釋放速率，最好以實驗方式求得。

◆ 火災抑制模式(Suppression Model)

◆ 此模式是引用 SINTEF 所發展之基準值工具組，依據前述之溫度與氧濃度值分析細水霧滅火情況。

◆ 細水霧模式(Mist Model)

◆ 此模式乃計算細水霧對於火場環境之動量、熱、質量轉換等之影響分析，亦可計算細水霧之液滴表面積對於熱輻射之影響效應。

◆ 熱輻射模式(Radiation Model)

◆ 熱輻射模式是以空間中的熱表面與火，利用六個 Flux Model 計算熱輻射。

◆ 偵測與水霧噴頭作動模式(The Detector/ Activation Model)

◆ 此可模擬環境中的煙/熱偵測器的反應與訊號的輸出，此軟體可分析水霧噴頭作動與作動時間。

為了驗證 FIREDASS 的預測能力，SINTEF 進行了許多系列的測試，這些測試包括：Gas Burners、Cardboard Boxes 與 Kerosene Pool Fires。其測試場之測試設備圖如圖 2 所示、細水霧驗證實驗室空間配置圖如圖 3 所示、細水霧驗證實驗室實體圖如圖 4 所示、細水霧驗證實驗室內部實體圖如圖 5 所示。

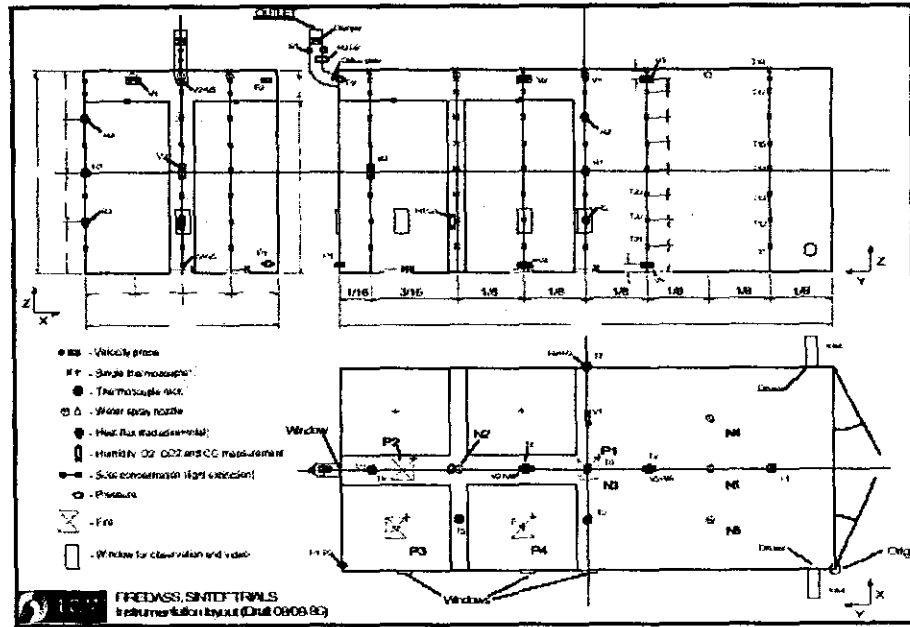


圖 2、為用於細水霧驗證之測試場規劃圖

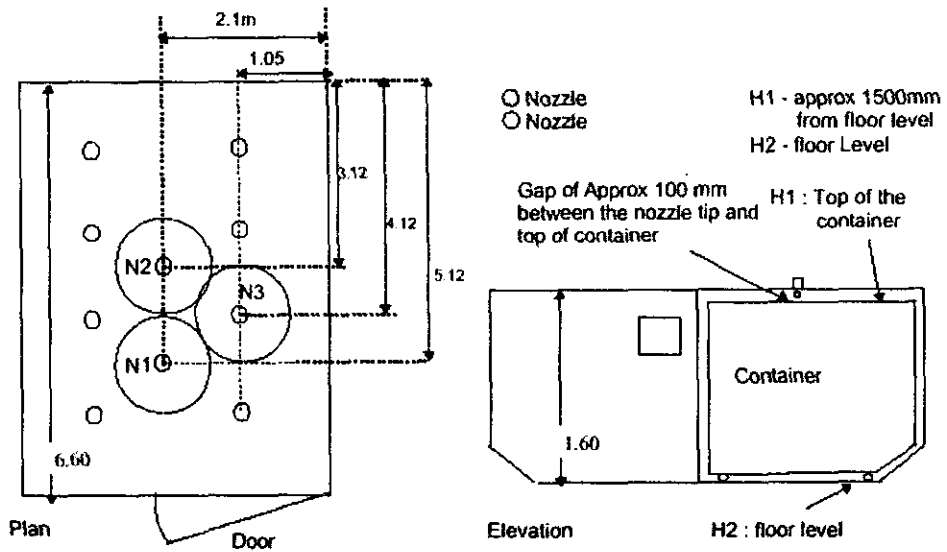


圖 3、細水霧驗證實驗室空間配置圖

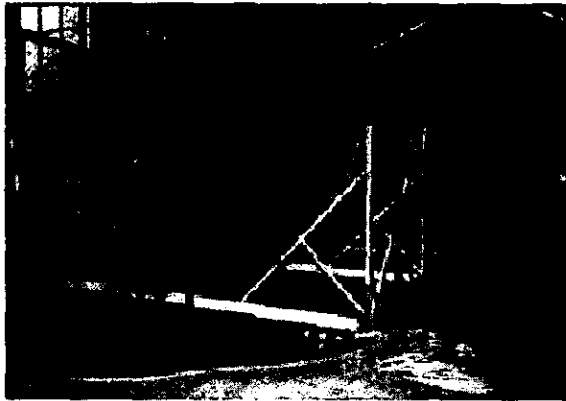


圖 4、細水霧驗證實驗室實體圖



圖 5、細水霧驗證實驗室內部實體圖

此工具之開發具備以下之能力與對於產業界之效益包括：

- ◆ 可分析不同火災情境的影響、火災位置、各種對象物之物理結構，提供數據供防火評估之用。
- ◆ 具備火災偵測系統/水霧噴頭作動與細水霧抑制/滅火系統之效能分析，並且作最佳化分析。
- ◆ 可作為系統驗證方法之一，減少發展時間與火災測試需求。

三、細水霧系統實廠效能分析規劃

此部份將參考芬蘭 VTT 或挪威 SINTEF 相關細水霧測試系統的資料，選擇數個火災情境來進行效能分析的工作，在進行實廠效能分析前將先行規劃測試情境內容，如表 2 所示。

表 2 公眾聚集場所火災抑制效能測試

Test #	Scenario	Ceiling Height (M)
1	Ignition under one nozzle	5
2	Ignition between two nozzle	
3	Ignition between four nozzle	
4	Ignition under one nozzle	2.5
5	Ignition between two nozzle	
6	Ignition between four nozzle	

且上述測試內容將搭配 FIREDASS 內建參數，並且將其實場測試之結果與 FIREDASS 所模擬結果者作比較。

本期末報告初稿包括下列章節。第一章：前言；第二章：細水霧滅火系統之適用範圍；第三章：細水霧滅火系統相關之測試協定；第四章：細水霧噴頭檢測規範；第五章細水霧粒徑檢測技術；第六章：結論。

第二章 細水霧滅火系統之適用範圍

2.1 細水霧滅火系統適用性：

細水霧滅火系統已被證明具有撲滅 A、B、C、K 類火災的能力，冷卻火場、無毒性、低成本、需水量較少、較少的水損及較少的清潔復原時間等特性。它們能提供有效的方法從區域中移除煙霧及隔絕腐蝕性氣體，並能夠撲滅氣體藥劑較難撲滅的通風狀態火災。

細水霧比起氣體消防系統具有下列優點：

- 無毒性。
- 水源容易取得。
- 細水霧可有效降低火場溫度可避免復燃，氣體消防系統若濃度無法維持充足的時間則可能發生復燃。
- 較清潔，系統釋放後易恢復原狀。
- 比大部分氣體消防成本低。

而細水霧比起傳統撒水系統具有下列優點：

- 使用較少的水量，因此可降低場所的水損。
- 細水霧較能控制易燃性液體火災，而傳統撒水會因燃料濺射與溢出而難以控制易燃性液體火災。
- 滅火效率較傳統撒水系統高。

2.2 細水霧滅火系統在各類空間之應用

最近的研究顯示細水霧可應用在下表所列的場所：

A 類可燃物	電力設備	電子(信)設備	飛機上應用	其它應用
紙 木材	機械空間	交換機房	飛機客艙	烹調區域
客輪之防護	渦輪機房	通信控制室	貨機防護	隧道地鐵

住宅用途	發電機	電腦室	飛機引擎艙	全船保護
飯店旅館	變壓器	電氣室	飛機棚廠	化學製程
購物商場	電纜管道			古蹟
圖書館設施	其它易燃性液體			焚化廠

2.3 易燃性液體場所之應用

2.3.1 機械空間的防護

在機械空間一般使用 CO₂ 或者海龍滅火系統，然而由於鹵化院藥劑的毒性、對環境的影響及從熱表面移除熱的能力，有復燃的疑慮，故存在使用上的限制與顧慮，因而促成細水霧滅火系統成為機械機房火災防護的另一選擇。

由於在機械空間可能發生 A 類與 B 類結合型態的火災，與氣體替代品比較，使用細水霧系統的滅火時間較長，然而細水霧卻能快速控制火災與冷卻火場，使在火場中的燃燒產物(CO 與 CO₂)維持在低濃度。加拿大的國家研究院 (NRCC) 進行相關實驗結果顯示，在細水霧系統動作後火場的溫度冷卻至 50°C 只需不到 15 秒，在測試中量得最大的 CO 與 CO₂ 濃度低於 0.08% 與 3.5% (與火災的大小與預燃的時間有關)，故細水霧放射後，滅火人員可以立即進入火場進行滅火。

在機械空間細水霧系統的滅火性能，主要取決於火災的大小通風條件、區域幾何形狀、有無遮蔽、細水霧系統的噴撒特性以及在區域中的配置。細水霧系統的滅火性能，大的火災較小的火災容易撲滅，這是由於大火災中氧氣消耗量大，以及在火場中細水霧更易產生大量的水蒸氣去隔絕氧氣。在 NRCC 的研究發現，對噴撒火災而言，滅火的時間從 23 秒到 175 秒，對小的噴撒火災而言，則從 5 分 24 秒到 21 分 10 秒。有研究指出在 IMO 的測試協定中全尺寸燃燒測試，最大的挑戰是在一個通風室內空間引擎機組下方 0.5m² 的庚烷油池火災，因為這類火災被完全遮蔽致使細水霧無法噴撒到。而位於轉角與天花板附近的火災也很難被噴撒到，因此也很難撲滅。然而即使對充分遮蔽的火災，細水霧也能夠有效的控制火災的大小。

細水霧的效能會受到防護區域間開口的影響，這是由於水蒸氣的洩漏以及新鮮空氣的流入。然而在撲滅通風火災上的效能上，細水霧被證明比氣體滅火系統好。在低壓細水霧的研究顯示，在高 8m，1280m² 的空間中若

有 4m^2 門保持開放，通風控制火災條件下雖仍可撲滅，但是其滅火的時間增加 30% 到 70%。另增設出入口噴頭的數量從 2 顆改成 4 顆，則細水霧防範通風控制火災的效能將增加。Back 指出在 960m^3 的空間安裝兩層噴頭，細水霧系統的滅火效能將提昇，在這樣的設定下，細水霧系統可以撲滅所有密閉空間的火災，使用時間少於 25 秒，使用水量低於 100L。細水霧系統設於火災上方比位於火災旁邊有較好的滅火效能。噴頭的位置直接的低於天花板比低於天花板 2m 有較佳的滅火效能，因為在這樣的設定下，在熱層中能產生較多的水汽，在較上層的水蒸氣與汙濁的氣體能較有效率回到起火對象物，因此增加細水霧防護火災的能力。高壓單流及雙流系統比較，高壓單流細水霧系統在面對大部分的火災挑戰表現出較佳的滅火能力，這是由於許多微小及高動量的粒子產生。然而低壓細水霧系統具有較高水流量及較大的粒徑，被證明在撲滅未遮蔽油池火災與木製疊架火災具有良好的效能。

2.3.2 渦輪機房的防護

一般對渦輪機房的保護包含下列 4 點要求：

- (1) 快速、有效率地撲滅火災。
- (2) 最小的熱衝擊及腐蝕損害。
- (3) 最少的清潔時間與成本。
- (4) 最少的負面環境衝擊。

為了評估細水霧的急速冷卻對渦輪機元件的可能損害，有研究使用連續放射細水霧與短時間循環排放來檢驗對渦輪機元件造成的衝擊，測試結果顯示只有金屬的表面溫度因細水霧的冷卻而有改變，金屬深層部分的溫度改變則非常微小。在 NRCC 的測試程式中細水霧放射的 2 分鐘內，金屬局部的表面溫度從 360°C 降至 280°C ，相同的放射時間內距離表面 1.3cm 的金屬溫度則從 360°C 降至 340°C ，因此細水霧冷卻造成的溫度變化並不會產生熱衝擊而損害到渦輪機元件。

加拿大國家研究院 (NRCC) 的研究顯示證明一個雙流低壓的細水霧系統，使用循環放射比連續放射有更佳的滅火效能。當細水霧面對容易撲滅的火災(例如大的噴撒或油池火災)，則使用循環式放射對於降低滅火時間並不是相當明顯。對更具挑戰的火災環境，例如小型火災、遮蔽火災、通風控制火災，使用循環式放射則能夠明顯的降低滅火的時間與水量，甚至能撲滅連續放水所無法撲滅的火災，並可減少二分之一的滅火時間與三分之二的需水量，其火災抑制改善是因氧氣的消耗與區域中細水霧循環放射產

生的動態混合。

2.3.3 A 類可燃物之適用

2.3.3.1 細水霧在客輪之防護

近來由於客輪上火災的高發生率，促使國際海事組織(IMO)要求所有客輪的住宿空間在 2005 年以前必須安裝撒水系統。這項要求亦刺激了細水霧系統使用在普通可燃物的發展。

2.3.3.2 細水霧在貨機之適用

飛機貨物區域一般使用 Halon1301 全區放射滅火，隨著近來海龍的逐步禁用，飛機製造商及航空公司通常較喜歡在貨物區域使用海龍替代品，然而目前可用的海龍替代品具有一些缺點，如額外的重量與體積、對設備的腐蝕性、產品燃燒的毒性、未知的環保限制及高成本。對於飛機貨物區域細水霧滅火系統的要求是提供一段足夠時間的保護(在一些情況下是 180 分鐘)，使飛機能夠安全降落。測試結果顯示雙流系統在控制貨物火災具有良好的效果，但是所需要的水量過多，從 303 公升到 416 公升，而使用高壓單流細水霧系統則可降低水量需求。

2.3.3.3 飛機引擎艙之適用

研究顯示能夠產生高速細水霧粒子的噴頭，其最大的功效在於撲滅噴撒火災(對一個開放的引擎艙只需 2 秒的滅火時間)，細水霧並能提供極佳的冷卻能力(高動量的噴頭將燃料冷卻至閃燃點下只需 5 秒及 0.136 公升的水)。在飛機引擎艙中使用細水霧系統的兩個考量點為重量的限制及在寒冷操作溫度下細水霧系統是否可發揮功效。

2.3.4 細水霧在電子設備之應用

在交換機房及通信控制室的火災通常是小而且緩慢成長的，在這種空間腐蝕性的煙擴散至整個空間是對財產及設備最嚴重的威脅。在電子及電氣設備要使用細水霧較難取代 Halon 或 CO₂ 的一個最大考量問題是水的導電性(可能導致設備損害及危害到員工)以及金屬表面的腐蝕及連接器的腐蝕。

一項研究顯示細水霧在撲滅機台內電子火災及電腦室火災頗具功效，不會導致電路短路或其他電器或電子元件損害，細水霧不會導致一個嚴重的電子洩漏，透過測試迴路不會產生一個明顯的訊號下降。約翰霍普金斯大學應用物理實驗室最近的研究指出，衝擊危害可能只存在持續的水氣流之後，因細水霧滯留在電子儀器表面;但只要配電盤清潔與正確的接地，細水霧對配電盤所產生的衝擊危害是微不足道的。對於電纜火災由於水噴撒

時能有效的冷卻而顯示出有效的滅火性能。一旦燃燒的熱已經穿透銅導體以及溫度超過塑膠的自然溫度，則其他的氣體系統，例如 CO₂ 的窒息、海龍的抑制燃燒均無法撲滅燃燒中的電纜火災。當細水霧系統放射時，尤其採分區放射方式的細水霧滅火系統時，電子設備可繼續運轉，而無須緊急撤離。

2.3.5 細水霧滅火系統在其他場所的應用

NRCC 研究顯示，在烹調區域的油脂火災是最難撲滅的火災之一，因為高溫燃燒且容易復燃，無法被泡沫、乾粉、二氧化碳有效的撲滅。最近烹調火災已被歸類為一種新的火災類別，即 K 類火災。液態化學藥劑是目前使用在烹調區域的主要滅火用品，它撲滅烹调用油火災需 3 至 5 秒，但液態化學藥劑需花很長的時間去冷卻油溫使之低於自燃溫度，如此將會增加復燃的機會，另外液態化學藥劑所產生的毒性燃燒生成物，可能導致必須立即從烹調區域以及整個餐廳疏散，並增加清理的時間。

2.3.6 抽水霧滅火系統的禁用範圍

細水霧滅火系統的主要滅火物質為水，因此不能直接用於會與水產生劇烈反應或生成大量危險產物的物質上，根據 NFPA750 所規範，這些物質包括：

1. 活性金屬如鋰、鈉、鉀、鎂、鈦、鋯、鈾、鈾。
2. 金屬鹼氧化物，如甲基氧化鈉(CH₃ONa)。
3. 金屬氮，如氨基鈉(N_aNH₂)。
4. 碳化物，如碳化鈣(C_aC₂)。
5. 鹵化物，如氯化鋁 (AlCl₃)。
6. 氫化物，如氫化鋰(LiH)，氫化鋁(AlH₃)。
7. 鹵氧化物，如三溴氧化磷(POBr₃)。
8. 矽烷類，如三氯甲基矽烷(CH₃SiCl₃)。
9. 硫化物，如五硫化二磷(P₂S₅)。
10. 氰酸鹽，如異氰酸甲酯(CH₃OCN)。
11. 細水霧滅火系統不可接觸到低溫的液化氣體，例如液化天然氣，以避免該液化氣體因受水的擾動而產生劇烈的沸騰現象。

第三章 細水霧滅火系統相關之測試協定

3.1 細水霧滅火系統國際相關測試規範

目前國際上許多機構都在發展細水霧滅火系統測試協定，目的在進行細水霧滅火系統效能驗證，確保系統有效性。根據 NFPA750 在設計規範中對細水霧滅火系統的說明，細水霧滅火系統係一種噴撒滅火系統，在系統中設置有一個或數個噴頭，可放射細微水霧用以控制、壓制、撲滅火源，噴頭在最小設計工作壓力下，噴出水之水滴直徑尺寸 99% 應小於 1000 microns ($Dv0.99 \leq 1000\mu m$)。NFPA750(2003 版)只要求所有細水霧滅火系統設計必需經過登錄方可適用，而在 NFPA750(2000 版)中則進一步澄清登錄的過程須包括在一個正式的測試協定下通過全尺寸火災測試才適用。因此 NFPA750 也針對測試機構進行調查列表，如表 3.1，包含 UL(Underwriters Laboratories, Inc.)、FM(Factory Mutual Research Corporation)、IMO(International Maritime Organization) 及 VDS(Verband der Schadenversichen e.V.)等測試機構及測試規範名稱，其中 IMO 只制定規範而非測試機構，UL 及 FM 的測試規範大都延自 IMO 的規範，但加上 UL 及 FM 的一些自定測試項目，目前 UL 及 FM 可說是美國在細水霧滅火系統測試的主要廠家，要進入美國市場一定要通過 UL 或 FM 的測試認證。

目前國內尚未建立相關符合國外細水霧滅火系統之測試用場所及規範，故本計畫之執行目的即在收集整理國際測試規範及測試空間需求，依此規劃一個符合性能式理念的標準測試場所與系統化的效能評估模式，以提供國內業者、研究機構在細水霧滅火系統設計及應用方面的參考及系統驗證工具。

表 3.1 NFPA750 收集之細水霧滅火系統測試協定及空間分類表

機構名稱	規範名稱	測試項目	空間需求
FMRC	CLASS 5560	1. 室內燃氣渦輪機之細水霧系統要求 2. C 類燃燒機房與特別危險機械空間之細水霧系統性能要求 3. 輕度危險場所之細水霧系統性能要求 4. 濕式清洗台之細水霧系統性能測試(1997)	測試場所大小： 7.3 m×7.3 m×4.9m (260 m ³)
UL	UL2167	1. 消防用細水霧噴頭標準(1998)	A 類機械

		<ol style="list-style-type: none"> 2. 機械空間之細水霧系統性能測試 3. 客艙之細水霧系統性能測試 4. 大於 12m² 之客艙之滅火性能測試 5. 公共空間之細水霧系統性能測試 6. 住宿設施之細水霧系統性能測試 7. 輕度危險場所之細水霧系統性能測試 8. 普通危險場所之 I 及 II 類火災測試 9. 噴頭結構設計、標註及性能要求 	空間與泵浦機房火災中： Class I 為 500m ³ Class II 為 3000m ³
IMO	MSC/Circular 668	機械空間與泵浦機房之海龍滅火系統替代方案.包括：附錄(A)同等性能水系統滅火系統之組件製造標準與附錄(B) A 類機械空間與泵浦機房之同等性能水系統滅火火災測試方法	
	MSC/Circular 728	修正 MSC/Circ668 A 類機械空間與泵浦機房之同等性能水系統滅火設備火災測試方法 (1994)，並於 1996 增加附錄 B.	
	Res.A.800 (19)	由 IMO Res.A.800(19)，設置撒水系統認可準則，包括：附錄(1)細水霧噴頭組件製造標準，附錄(2)客船住宿區、公共區及服務區之撒水系統同等性能火災測試	
VDS	VDS2498	纜線管溝細水霧噴頭要求	

FMRC : Factory Mutual Research Corporation

UL : Underwriters Laboratories, Inc.

IMO : International Maritime Organization

VDS : Verband der Schadenversichen e.V.

3.2 細水霧滅火系統國際相關測試之測試空間需求

本節針對上節所述之測試規範進行整理，將各測試規範之測試項目及其空間需求進行列表整理。表 3.2 為針對 FM 的測試規範所整理出的空間需求，表 3.3 為針對 UL 的測試規範所整理出的空間需求，而表 3.4 則為針對 IMO 的測試規範所整理出的空間需求

表 3.2 FM 之測試規範空間需求列表

測試規範	防護對象	測試空間需求	備註
FM	燃氣渦輪機房	5.6 x 3.6 x 3.9(m)	防護空間小於 80m ³
		7.31 x 7.31 x 4.7(m)	防護空間小於 260m ³
	機械空間	7.31 x 7.31 x 4.7(m)	防護空間小於 260m ³
	濕式清洗台	5.5x3.7x 5(m)	直徑 12in(0.3m)油池 火災
	輕度危害空間	天花板面積 80m ² , 高度不低於 2.5m	3 x 4 x 2.4(火源)
	工商業用油鍋	2.6x2.6x0.5(m)	
	局部放射	3x3 (m) 油池	

表 3.3 UL2167 之測試規範空間需求列表

測試規範	防護對象	測試空間需求	備註
UL2167	船舶機械空間	Class 1: 10x10x5(m)	

		Class 2: 地板面積 100m ² , 高 5~7.5 m	
		Class 3: 地板面積 300m ² , 高 10m	
	船舶乘客客艙空間	3x4x2.4(m)	
	船舶公共區域	3.66x7.32x2.4(m)	
	輕度危害空間	可容納 4 個撒水頭的空間	
	中度危害群組 1 (開放空間)	天花板面積 232m ² 高度不低於 2.5m	
	中度危害群組 2 (開放空間)	天花板面積 232m ² 高度不低於 2.5m	

表 3.4 IMO MSC/Circ 668/728 A 類引擎室之測試規範空間需求表

分類	引擎形式	測試空間	燃油和潤滑系統中的油 路和壓力	空間體積
Class1	輔機室, 小型主機或淨化室	測試應在 100 m ² 房間進行, 具有開啟的 2 m × 2 m 的門作為通風之用及 5 m 高天花板。	燃油: 低壓 0.15-0.20 kg/s 於 3-6 bar 高壓 0.02 kg/s 於 200-300 bar 潤滑油: 3-5 bar 液壓油: 150 bar	500 m ³
Class2	如渡輪般的中型船舶的柴油主機	測試應在地板面積超過 100 m ² 的房間進行, 具有開啟的 2 m × 2 m 的門作為通風之用; 天花板 5-7.5	燃油: 低壓 0.4-0.6 kg/s 於 3-8 bar 高壓 0.030 kg/s 於 250 bar 潤滑油: 3-5 bar	3,000 m ³

		m高使房間總 體積達到3,000 m ³ 。	液壓油：150 bar	
Class3	如油輪和 貨櫃輪等 大船的柴 油主機	測試應在地板 面積超過300 m ² 的房間進 行，天花板高度 需超過10m，且 沒有任何影響 空氣補給的限 制。	燃油： 低壓0.7-1.0 kg/s於3-8 bar 高壓0.20 kg/s 潤滑油：3-5 bar 液壓油：150 bar	>3,000 m ³

UL 2167船上機械空間火災測試

在火災測試盤，其燃油的深度至少為水面再加上50 mm (2 inches)，油面至盤頂有150 10 mm(6 0.4 I吋)。

表 3.5 船上 A 類引擎室的火災測試

測試編號	火災情境	測試用油
1	在四個噴嘴正下方模擬引擎的頂上低壓水平噴灑	商用燃油或柴油
2	在四個噴嘴正下方模擬引擎的頂上低壓水平噴灑噴油嘴向上45°可衝擊到1 m (39.4吋)外12 - 15 mm (0.5 - 0.6吋)的桿子	商用燃油或柴油
3	低壓水平噴灑，火源在模擬引擎側面，噴油嘴由模擬引擎末端0.1 m位置噴入	商用燃油或柴油
4	綜合測試編號1-3最惡劣的噴射火災，並在模擬引擎上有4 m ² (43 ft ²)的油盤，下有3 m ² (32.4 ft ²)的油盤	商用燃油或柴油
5	在四個噴嘴正下方模擬引擎的頂上高壓水平噴灑	商用燃油或柴油

6	在模擬引擎側方低壓低流水平噴灑火災，在引擎的側面，油料噴出離引擎末端0.1 m (4吋)及一個0.1 m ² (1 ft ²)位於引擎1.4 m (4.6 ft)及底板的內側	商用燃油或柴油
7	在引擎模型的正下方0.5 m ² (5.4 ft ²)的油盤	庚烷
8	在引擎模型的正下方0.5 m ² (5.4 ft ²)的油盤	SAE 10W30礦物基潤滑油
9	在排氣板下底板上0.5 m ² (5.4 ft ²)的油盤	庚烷
10	由引擎模型上竄出之持續火源(0.25 kg/s)	庚烷
11	2 m ² (21.52 ft ²) A級(class A)木板疊架，庚烷測試油盤30秒預燒，測試油盤離地面0.75 mT	UL 1626木板疊架(wood crib)及庚烷
12	鐵板30 x 60 x 5 cm (12 x 24 x 2吋)偏移噴灑嘴20° 加熱至350°C (662°F)，低壓低流噴嘴在鐵板端 0.5 m (19.2吋) 處，當板到達 350°C (662°F)時系統作動。一旦系統停止，油盤不得在引燃。	庚烷
13	在引擎模型下2 x 2 m (6.6 x 6.6 ft)的油盤	商用燃油或柴油

表 3.6 油料噴灑測試參數

測試參數	分類 A 引擎室		
火災型式	低壓	低壓,低流	高壓
Spray nozzle	廣角(120 - 125°) 全錐形	廣角(80°) 全錐形	標準角 [在 6 Bar (87 psi)] 全錐形
公稱燃油壓力	8 Bar (116 psi)	8.5 Bar (123 psi)	150 Bar (2125 psi)
燃油流量	0.16 0.01 kg/s	0.03 0.005 kg/s	0.050 0.002

			kg/s
燃油溫度	20 5°C (68 9°F)	20 5°C (68 9°F)	20 5°C (68 9°F)
公稱熱釋放率	5.8 0.6 MW	1.1 0.1 MW	1.8 0.2 MW
1 燃油	商用燃油或柴油	商用燃油或柴油 供火災測試6 及 庚烷供火災測試 12	商用燃油或柴油

3.3 細水霧滅火系統相關測試規範之測試對象及項目整理

3.3.1 FM 測試對象及項目整理

本節將 FM 細水霧滅火系統測試規範[6]中的測試對象及項目整理如下表

表 3.7 FM 細水霧滅火系統測試規範測試對象及項目整理

項目編號	測試對象	測試項目
1	燃氣渦輪機房 (小於 80m ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1MW 未遮蔽柴油噴撒火災 1MW 遮蔽柴油噴撒火災 遮蔽 1m² 柴油油池火災 復燃測試(1MW 遮蔽柴油噴撒火災) 有限制的自然通風測試 噴撒冷卻測試(無火源)
2	燃氣渦輪機房 (小於 260m ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1MW 未遮蔽柴油噴撒火災 1MW 遮蔽柴油噴撒火災 遮蔽 1m² 柴油油池火災 復燃測試(1MW 遮蔽柴油噴撒火災) 有限制的自然通風測試

		6. 較小防護體積測試 7. 噴撒冷卻測試(無火源)
3	機械空間 (小於 260m ²)	1. 1MW 未遮蔽柴油噴撒火災 2. 1MW 遮蔽柴油噴撒火災 3. 遮蔽 1m ² 柴油油池火災 4. 有自然的自然通風測試
4	燃氣渦輪機房或 機械空間 (大於 260m ²)	1. 低壓未遮蔽柴油噴撒火災 2. 低壓具角度未遮蔽柴油噴撒火災 3. 低壓遮蔽柴油噴撒火災 4. 高壓柴油噴撒火災 5. 低壓遮蔽柴油噴撒及油池火災 6. 遮蔽正庚烷油池火災 7. 流動火源 8. 疊架火源 9. 噴撒冷卻測試(針對燃氣渦輪機房)
5	濕式清洗台	一、通風狀態測試 1. 直徑 4in 聚丙烯油池火災 2. 直徑 6in 聚丙烯油池火災 3. 直徑 8in 聚丙烯油池火災 4. 直徑 10in 聚丙烯油池火災 5. 直徑 12in 聚丙烯油池火災 6. 易燃性液體(丙酮、IPA、正庚烷)油池火災 7. 通風狀態聚丙烯油池火災 8. 通風狀態易燃性液體油池火災 二、工作表面測試 1. 直徑 4in 聚丙烯油池火災 2. 直徑 6in 聚丙烯油池火災 3. 直徑 8in 聚丙烯油池火災

		<ol style="list-style-type: none"> 4. 直徑 10in 聚丙烯油池火災 5. 直徑 12in 聚丙烯油池火災 6. 易燃性液體油池火災 7. 飛濺測試 8. 其他表面測試 <p>三、無通風空間測試</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 聚丙烯油池火災 2. 易燃性液體油池火災 3. 其他無通風空間測試
6	輕度危險工作場所	<p>測試室#1：小防護區域 10ft x 13ft x 8ft</p> <p>測試室#2：大防護區域面積不大於 400ft²，高度不超過 8ft</p> <p>測試室#2：天花板面積至少 860 ft² 之開放空間</p>
7	工業用油鍋	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有 5in 深的自燃溫度火源(mock-up A，Hood up) 2. 具有 5in 深的自燃溫度火源(mock-up A，Hood down) 3. 具有 5in 深的自燃溫度火源(mock-up B，Hood up) 4. 具有 5in 深的自燃溫度火源(mock-up B，Hood down)
8	局部放射	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正方形柴油油池火災 2. 管道柴油油池火災 3. 庚烷噴撒火源 4. 正方形柴油油池火災結合 6MW 柴油噴撒火源 5. 有遮蔽的正方形柴油油池火災 6. Offset 正方形柴油油池火災 7. 具有外部點火源的 6MW 柴油噴撒火源

3.3.2 UL2167 測試對象及項目整理

本節將 UL2167 細水霧滅火系統測試規範[6]中的測試對象及項目整理如下表

表 3.8 UL2167 細水霧滅火系統測試規範測試對象及項目整理

項目編號	測試對象	測試項目
1	船上機械空間 Class 1 : 500m ³ Class 2 : 3000m ³ Class 3 : >3000m ³	Class 1 : 10 x 10 x 5m 的密閉空間進行測試 Class 2 : 樓地板面積大於 100m ² 密閉空間，天花板高度介於 5~7.5m，最大體積 3000m ³ Class 3 : 樓地板面積大於 300m ² 開放空間，天花板高度超過 10m
2	小於 12m ² 船上客艙	3 x 4 x 2.4m(10x13x8ft)的天花板中心進行連接到一個 1.5 x 12m(5x39.4ft)長，2.4m 高的走廊
3	大於 12m ² 船上客艙	邊長相等，高 2.4m(8ft)、以及樓地板面積最少 24m ² (260ft ²)且不超過 80m ² (860ft ²)的室內進行
4	船上公共區域 1. 輕度危險公共區域 2. 中度危險公共區域	1. 最少 80m ² 的測試空間中進行。公共空間火災測試在測試第一階段進行時天花板高度為 2.5m，第二階段進行時天花板高度為 5m 2. 在兩面 4.8m(15.7ft)寬的牆構成的轉角進行
5	住宅區火災測試	3.7 x 7.4 x 2.4m(12x24x8ft)的測試空間進行
6	輕度危險區域	1. 符合 43.2 所述的船上輕度危險區域火災測試 2. 相當於 4 個噴頭的最大間距及最大的天花板高度
7	中度危險區域 群組 1	1. 開放空間測試：在一個尺寸不小於 15m(50ft)的區域中，安裝一個面積最少 232m ² (2500ft ²)天花板 2. 轉角火災測試：在一個雙面的密閉空間進行，密閉空間具有最大的高度與最小的天花板區域，相當於 4 個噴頭以 2x2 噴頭配置所提供的覆蓋區域;或 9 個噴頭以 3x3 噴頭配置所提供的覆蓋區域
8	中度危險區域	1. 開放空間測試：在一個尺寸不小於 15m(50ft)的

	<p>群組 2</p>	<p>區域中，安裝一個面積最少 232m²(2500ft²)天花板</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 轉角火災測試：在一個雙面的密閉空間進行，密閉空間具有最大的高度與最小的天花板區域，相當於 4 個噴頭以 2x2 噴頭配置所提供的覆蓋區域；或 9 個噴頭以 3x3 噴頭配置所提供的覆蓋區域
--	-------------	---

第四章 細水霧噴頭檢測規範

在細水霧系統中，滅火性能的優劣與噴霧特性有相當的關聯，而噴霧特性又決定於噴頭的設計與本體，故欲進行細水霧相關研究，一定要針對噴頭有一系列、嚴謹的檢測規範。故於本章中將對噴頭本體的檢測規範進行探討。

4.1 現有檢測規範之比較

國內針對撒水頭已建立相關的檢測規範，這些檢測規範是否仍適用於細水霧系統的檢測？而國外針對細水霧系統的檢測已建立相關的檢測規範，如 IMO RES.A.800 及 UL2167，IMO 長久已來主導了細水霧檢測規範的發展，但 IMO 的規範較適用於海上船舶；而 UL2167 起源於 IMO 的規範，但做了少許的修改，比較適合應用於一般應用。由學者的研究發現[7]：

1. UL 2167 對於不同噴頭(自動噴頭及開放式噴頭等)，有明確之試驗要求，內容也頗為完善，因此本研究案之試驗項目之內容即以此標準為主要依據。
2. IMO RES.A.800 為細水霧噴頭試驗基準之起源，由國際海事組織(IMO)所訂定，以船艙為主要考慮之使用空間，測試條件以海上之環境為參考依據。
3. 國內之『密閉式撒水頭認可基準』已施行多年，細水霧滅火系統與自動撒水設備之動作特性及對水滴尺寸及操作壓力的要求有很大的差異，所以對於試驗項目及內容，無法以此基準為主要之依據，但有些測試項目仍有適用之可能性。

表 4.1 列出 UL2167 與國內之密閉式撒水頭認可基準間有關噴頭項目的列表，整體來說細水霧系統的噴頭測試項目較撒水頭的檢測項目為多，而且由表中發現 UL2167 與國內之密閉式撒水頭認可基準有許多類似的測試項目，但測試內容不盡相同，需做更深入的探討。

表 4.1 UL2167 與國內之密閉式撒水頭認可基準噴頭測試項目比較表

編號	細水霧噴頭測試項目	UL2167	國內密閉式撒水頭
1	樣品檢查(Examination of Samples)	○	○
2	標稱動作溫度 (Nominal Operating Temperatures)	○	○
3	動作溫度測試(Operation Temperature Test)	○	○
4	流量測試(Water Flow Test)	○	○
5	水量分布測試(Water Sistribution Test)	○	○
6	水滴粒徑大小與速度(Water Droplet Size and Velocity)	○	
7	功能測試(Function Test)	○	○
8	迴水板 / 限流孔配件測試 (Deflector/Orifice Assembly Test)	○	
9	本體強度測試(Body Strength Test)	○	○
10	玻璃球元件強度 (Strength of Glass Bulb Elements)	○	○
11	易熔元件強度(Strength of Fusible Elements)	○	○
12	抗洩漏(Leak Resistance)	○	
13	液體靜壓強度(Hydrostatic Strength)	○	
14	熱暴露(Heat Exposure)	○	○
15	熱陡震(Thermal Shock)	○	○

16	腐蝕測試(Corrosion Tests)	○	○
17	噴頭塗層完整性(Integrity of Nozzle Coatings)	○	
18	水錘測試(Water Hammer)	○	○
19	動態加熱(Dynamic Heating)	○	
20	風洞測試(Plunge Test)	○	○
21	延長風洞測試(Prolonged Plunge Test)	○	
22	耐熱測試(Heat Resistance)	○	
23	振動(Vibration)	○	○
24	粗糙處理測試(Impact Test)	○	
25	衝擊測試(Impact Test)	○	○
26	橫向放射(Lateral Discharge)	○	
27	30 天耐洩漏(Thirty-Day Leakage Resistance)	○	○
28	耐真空(Vacuum Resistance)	○	
29	堵塞測試(Clogging Test)	○	
30	抗凍測試(Freezing Test)	○	

4.2 UL2167 細水霧噴頭之火災防護標準

如前節所述，UL2167 似乎是較為適合的測試規範，由此有必要對 UL2167 進行測試規範內容之探討，UL2167 細水霧噴頭之火災防護標準的內容及架構如下，共 50 項的要求。

引言

1 範圍

2 測量單位

- 3 元件
- 4 未註明日期之參考資料
- 5 專有名詞
- 結構
- 6 概述
- 7 濾網與過濾器
- 性能
- 8 概述
- 9 細水霧噴頭要求
- 10 合成橡膠材料與暴露測試
 - 10.1 合成橡膠
 - 10.2 具聚合物止水墊的噴頭
 - 10.3 腐蝕暴露
 - 10.4 溫度循環暴露
 - 10.5 碳氫化合物暴露伴隨潮濕空氣暴露
 - 10.6 碳氫化合物暴露伴隨水沉浸暴露
 - 10.7 暴露在防凍劑溶液
- 11 標稱動作溫度
- 12 動作溫度測試
- 13 流量測試
- 14 流量分布測試
- 15 水滴粒徑大小與速度
- 16 功能測試
- 17 迴水板/限流孔配件測試
- 18 本體強度測試

- 19 玻璃球元件強度
- 20 易熔元件強度
- 21 抗洩漏
- 22 液體靜壓強度
- 23 熱暴露
 - 23.1 玻璃球噴頭
 - 23.2 未塗裝之自動噴頭
 - 23.3 塗裝之自動噴頭
- 24 熱陡震
- 25 腐蝕測試
 - 25.1 銅噴頭及零件之應力腐蝕
 - 25.2 不銹鋼噴頭及零件之應力腐蝕
 - 25.3 二氧化硫之腐蝕
 - 25.4 鹽霧腐蝕測試
 - 25.5 潤濕空氣暴露測試
- 26 噴頭塗層完整性
 - 26.1 使用在噴頭防護的石蠟與瀝青
 - 26.2 抗低溫性
 - 26.3 抗高溫性
- 27 水錘測試
- 28 動態加熱
- 29 風洞測試
- 30 延長風洞測試
- 31 耐熱測試
- 32 振動

- 33 耐用度測試
- 34 衝擊測試
- 35 橫向放射
- 36 30 天耐洩漏
- 37 耐真空
- 38 堵塞測試
- 39 抗凍測試
- 40 船上機械空間火災測試
 - 40.1 概述
 - 40.2 測試儀器
 - 40.3 測試密閉空間
 - 40.4 火災測試
 - 40.5 滅火系統
 - 40.6 測試流程
 - 40.7 測試監測
- 41 船上客艙火災測試
 - 41.1 概述
 - 41.2 火災測試
 - 41.3 測試配置
 - 41.4 測試流程
 - 41.5 測試監測
- 42 船上客艙面積大於 12m²
 - 42.1 概述
 - 42.2 測試配置
 - 42.3 火源

- 42.4 噴頭安裝
- 42.5 測試流程
- 43 船上公共區域火災測試
 - 43.1 概述
 - 43.2 船上輕度危險場所
 - 43.3 船上中度危險場所
- 44 住宅區域火災測試
 - 44.1 概述
 - 44.2 測試配置
 - 44.3 火源
 - 44.4 測試方法
- 45 輕度危險場所火災測試
- 46 中度危險場所分類 1 火災測試
 - 46.1 概述
 - 46.2 開放區域火災測試
 - 46.3 測試配置
 - 46.4 火源
 - 46.5 測試流程
 - 46.6 轉角火災測試
 - 46.7 測試配置
 - 46.8 火源
 - 46.9 測試流程
- 47 中度危險場所分類 2 火災測試
 - 47.1 概述
 - 47.2 開放區域火災測試

47.3 測試配置

47.4 火源

47.5 測試流程

47.6 轉角火災測試

47.7 測試配置

47.8 火源

47.9 測試流程

製造與產品測試

48 產品耐洩漏測試

操作指南

49 設計與安裝說明書

標示

50 細水霧噴頭標示

4.3 細水霧噴頭檢測項目

如 UL2167 第 9 項的要求：

9 細水霧噴頭要求

9.1 每一種型式的噴頭應進行第 10 到第 39 項的測試，測試前，應提供精準的零件及配件圖、相稱的說明文件及製造商設計及安裝手冊副本。

9.2 依設計及安裝目的，噴頭的所有元件應進行相關測試要求。

9.3 測試前應以目視法檢查噴頭的：

a) 標示

b) 確認噴頭是否有製造商的標示及規格說明

c) 是否有明顯的缺陷

由以上的 UL2167 第 9 項要求可明瞭到，UL2167 針對噴頭本體的檢測包含

第 10 項到第 39 項，共 30 項的噴頭本體檢測項目，並由下節一一說明之。

4.4 UL2167 噴頭本體檢測項目

UL2167 中針對噴頭本體的檢測項目如前節所述共 30 項，分別為：

10 合成橡膠材料與暴露測試

10.1 合成橡膠

10.1.1 被用來提供止水墊的彈性體，應進行測試以確定其具有下列特性：

a) 最小的矽樹脂橡膠拉力強度為 3.4Mpa(具有 poly-organo-siloXane 成分的特性)，其他彈性體為 10.3Mpa;矽樹脂橡膠最小的延長極限為 100%，其他彈性體為 150%。

b) 符合 UL157 襯墊與止水墊標準，原始張力強度及伸長值的物理特性至少為原始值的 60%以上，除非產品意圖用於較高的溫度，否則以最大的負載溫度來決定烤箱時間，溫度為 60°C(140°F)。

10.1.2 對樣品的原始零件進行測試，由零件的大小及形式決定零件測試的項目。一般而言，一個內徑大於 25mm(1 in)的零件可直接進行實驗測試，當零件的實際大小小於 25mm(1 in)或影響準確的測試時，一個類似零件的較大樣品或薄材料製成的相同複合物，應進行這些測試試驗。

10.2 具聚合物止水墊(Polymeric seals)的噴頭

10.2.1 各個分組的樣品依 10.3-10.7 所述暴露條件進行測試時，在其最小的操作或待機壓力下，利用聚合物材料，可保持使限流孔關閉而不洩漏。

10.3 腐蝕暴露

10.3.1 共取三組，每一組由 5 個樣品組成裝配。第一組暴露在 25.4.2 所述 20%的鹽霧中;第二組暴露在 10.3.2 及 10.3.3 所述的硫化氫中;第三組暴露在 10.3.4 所述的二氧化碳、二氧化硫中，每一個暴露的時間為 30 天。

10.3.2 在 10.3.3 及 10.3.4 所述測試用的樣品，垂直置於一個具有玻璃覆蓋的

玻璃試驗箱中，玻璃試驗箱具有供空氣出入的開口，玻璃試驗箱沒有標準尺寸，可依所容納測試樣品的數量及大小而改變。

10.3.3 測試樣品暴露於充滿潮濕硫化氫混合氣的密閉玻璃試驗箱(glass chamber)中，在七天中有五天(on five days out of every seven)，將與玻璃試驗箱體積 1%等量的硫化氫從工業用的氣體鋼瓶引進玻璃試驗箱，此體積的要求需使用流量計(flow meter)及計時器(timer)測量。在每一吹引進氣體前，應完全從玻璃試驗箱清除先前裝填的混合氣(gas-air mixture)。另兩天，將玻璃試驗箱保持關閉同時不提供氣體的清除或導引。在暴露期間，用一個位在玻璃試驗箱中間部分上層的小風扇(Fan)將混合氣輕輕攪拌，少量的水(10ml/0.003m³ of the chamber volume)置於玻璃試驗箱底部以維持溼度。

10.3.4 這些樣品被暴露於充滿潮濕二氧化碳、二氧化硫混合氣的密閉玻璃試驗箱。在七天中有五天，相當於玻璃試驗箱體積 1%的二氧化碳數量，另有相當於玻璃試驗箱體積 1%的二氧化硫的數量，被導引進入。在每一吹引進氣體前，應完全從玻璃試驗箱清除之前裝填的混合氣，在七天中有二天，玻璃試驗箱保持關閉同時不提供氣體的清除或導引，少量的水置於玻璃試驗箱底部以維持溼度。

10.3.5 暴露後，每一個測試樣品中連接到聚合材料的動作零件，在最小操作或待機壓力下，應在 5 秒內動作。

10.4 溫度循環暴露

10.4.1 五個噴頭暴露於 10 個溫度循環，每一個循環是由零下 40°C (-40°F)的低溫暴露 24 小時及 52°C (125°F)高溫暴露 24 小時構成。

10.4.2 暴露後每一個噴頭在其最小操作或待機壓力下供給水，然後每一個噴頭在相同的熱作用下，每一個測試樣品連接到聚合材料的動作零件，應在 5 秒內動作。

10.5 伴隨潮濕空氣之碳氫化合物暴露

10.5.1 五個噴頭分成兩組安裝，一組的噴頭入水口暴露在一個飽和的碳氫化合物鏈(hydrocarbon chains)混合液體，範圍從 C12-C17，混合的重量相同。第二組噴頭的入水口暴露在一個飽和的碳氫化合物鏈(hydrocarbon chains)混合固體，範圍從 C18-C25，混合的重量相同，足夠的碳氫化合物材料被放在入水口，以完全覆蓋聚合物止水墊。這兩組噴頭接著在 $21\pm 5.6^{\circ}\text{C}$ ($70\pm 10^{\circ}\text{F}$)的條件下測試最少 72 小時，在這些暴露測試後，樣品依 25.5 進行 90 天的潮濕空氣測試，噴頭以垂吊的方式安裝，此時二氧化碳混合氣以抽離測試空間。

10.5.2 在這些測試後，每一個樣品加壓至其動作或待機壓力持續 1 分鐘然後檢驗是否洩漏，在相同的熱作用下，測試熱反應元件是否動作。

10.6 伴隨以水沈浸的碳氫化合物暴露

10.6.1 共分兩組每一組包含 5 個樣品，在 10.4 所述的碳氫化合物暴露進行實驗。在碳氫化合物中暴露最少 72 小時後，樣品施以低於額定或待機壓力值 1.7bar(25psig)的液體靜壓，同時沉浸在溫度保持在 $87\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($189\pm 3.6^{\circ}\text{F}$)的自來水中 90 天。30 天及 60 天後，釋放液體靜壓同時重新將壓力加至低於額定或待機壓力 1.7bar(25psig)的壓力。

10.6.2 在這些暴露測試後，每一個樣品應加壓至最小動作或待機壓力，檢驗 1 分鐘內是否洩漏，在相同的熱作用下，測試熱反應元件是否動作。

10.7 暴露在防凍劑溶液中

10.7.1 共取四組，每一組包含 5 個樣品。樣品被安裝在歧管(manifold)上，歧管被部分堵塞以致於每一個樣品的出水孔暴露在下列的防凍溶液中 90 天，溶液的溫度為 $87\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($189\pm 3.6^{\circ}\text{F}$)。

- a)一組暴露在 60%diethylene glycol 及 40%自來水混合液中
- b)一組暴露在 53%ethylene glycol 及 47%自來水混合液中。
- c)一組暴露在 60%propylene glycol 及 40%自來水混合液中。

d)一組暴露在 70%glycerine 及 30%自來水混合液中。

10.7.2 在這些暴露測試後，每一個樣品應加壓至最小動作或待機壓力，檢驗 1 分鐘內是否洩漏，在相同的熱作用下，測試熱反應元件是否動作。

11 標稱動作溫度

11.1 自動噴頭的標稱動作溫度應如表 11.1 所示

表 11.1 標稱動作溫度值

玻璃球噴頭			易熔元件噴頭		
標稱動作溫度		液體色碼	標稱動作溫度		框架色碼
°C	°F		°C	°F	
57	135	橘	57-77	131-171	無
68	155	紅	80-107	176-225	白
79	175	黃	121-149	250-300	藍
93-107	199-255	綠	163-191	325-376	紅
121-141	250-286	藍			
163-182	325-360	淡紫			

11.2 自動噴頭的標稱動作溫度應事先由製造商具體指定，且根據 12.1 證實。

11.3 當噴頭根據 12.2 及 12.3 測試時，標示在噴頭上的標稱動作溫度應參照 12.1。

12 動作溫度測試

12.1 自動噴頭應在下列的溫度範圍內開啟：

$$X \pm (0.035X + 0.62)^\circ\text{C} \quad \left[X \pm (0.035X + 1.1)^\circ\text{F} \right] \quad ; \quad X \text{ 是標稱動作溫度}$$

12.2 當噴頭從環境溫度加熱到低於其標稱動作溫度之測試溫度 20-22°C (36-40°F) 時，溫度增加率不超過 20°C (36°F)/min，且溫度維持 10 分

鐘，然後使用一個具有標稱等級準確性為 0.35% 的儀器或 $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{F}$)，看(取較大者)，將溫度以每分鐘 $0.4\text{-}0.7^{\circ}\text{C}$ ($0.7\text{-}1.2^{\circ}\text{F}$) 的比率增加直到噴頭動作。

12.3 測試在一個水缸中進行，噴頭的標稱動作溫度低於或等於 80°C (176°F)。對於較高溫度的操作元件，使用閃火點超過測試溫度的油做為測試用液體，此液體在測試區域內溫度誤差不超過 0.5% 或 0.5°C (0.9°F) (取較高者)。

13 流量測試

13.1 噴頭的流量係數 K 由下列公式給予：

$$K = Q/P^{0.5} \quad \text{在此：} \quad K \text{ 是噴頭流量係數}$$

Q 是流率 l/min(gal/min)、P 是壓力(bar)

13.2 製造商設計及安裝手冊所公佈的 K 值，應使用 13.3 描述的測試方法證實。平均的流量係數 K 應在製造商公佈值 $\pm 5\%$ 內。

13.3 噴頭及壓力表使用標準的方法安裝在供水管上。然後將噴頭多轉緊 $1/2$ ，流量測量的壓力範圍，從最小動作或待機壓力至額定壓力，以操作範圍 10% 的間隔施加壓力，在一系列測試，壓力的增加從零至每一個值，同時在下一系列測試，壓力降低從額定壓力至每一個值。流量係數 K 為每一系列所讀取到值的平均，意即增加壓力及減少壓力時的平均，且每一個平均值應在製造商公佈值的 10% 範圍內。測試時，對於噴頭出水孔及壓力表間高度的差異應做壓力校正。

14 水分布測試

14.1 噴頭的放射特性根據 14.2-14.7 決定。

14.2 測試在一個具有最小尺寸 $7 \times 7\text{m}$ 的測試室進行或在最大覆蓋區域 300% 測試區進行(取較大者)。1 顆單獨的開放式噴頭及 4 顆開放式噴頭配置以製

造商設計安裝手冊規範的最大間距安裝在方形區域內。

14.3 對於向上式噴頭，天花板與配管間距離為 50mm。對於垂吊式噴頭距離為 275mm，或依製造商設計及安裝手冊的規範。對於沒有配管的噴頭，距離的測量為從天花板測量到噴頭出水口。

14.4 嵌壁式、flush、及隱藏式噴頭安裝在人造天花板上，天花板尺寸不能小於 6×6m，噴頭對稱排列在測試室內，噴頭依製造商設計及安裝手冊之規定安裝在天花板上。

14.5 在一個正方形格局內的樓地板上放置足夠數量的集水器，集水器尺寸為 305×305mm。依製造商設計及安裝手冊所說明防護區大小，並在此防護區取一個 90 度弧形防護區域收集放射的水。安裝一個單獨的噴頭在垂直下降的位置，如此一來集水器頂部與噴頭出水孔水平面距離為 1m。

14.6 依製造商設計及安裝手冊規範，測試符合最小放射壓力時的水放射流量，持續最少 10 分鐘，同時紀錄每一個集水器收集到的水量。集水器最小的正方形模型至少要包含最少全部放射水的 22.5%。沿著正方形模型邊緣延長至二倍數量的集水器，即可假設為放射模型的直徑 D。

14.7 測試在最大放射壓力的流量，重複同樣的測試流程。

14.8 當放射樣品超過動作壓力範圍須進行額外的火災測試時，流量分布的測試結果可用來決定放射的樣式。

15 水滴大小與速度

15.1 水滴大小與水滴速度分布應跟據 15.2 的規範在 24 個測量位置判定，如圖 15.1 所示。以距離細水霧噴頭中心軸 0.203D、0.353D、0.456D 的位置測量水滴大小與速度，其中 D 為放射模型的直徑，從噴頭出水孔到測量點平面的距離應為 1m。

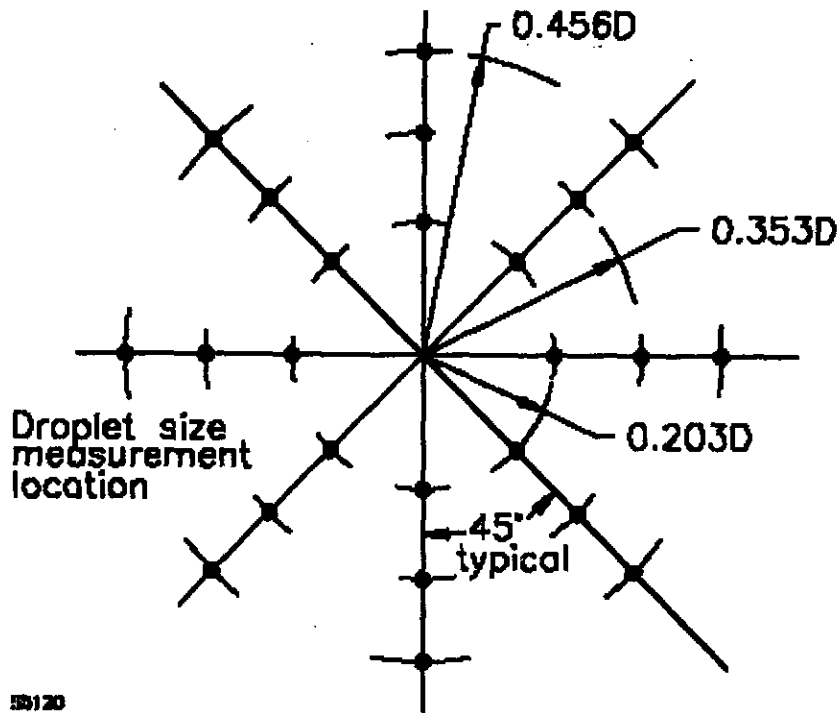


圖 15.1 粒徑測量位置圖

15.2 測試須針對製造商指定的最小或待機及最大操作壓力量測平均水滴直徑、速度及粒徑大小分布。在資料收集後，使用 Standard Practice for Determining Data Criteria and Processing for Liquid Drop Size Analysis ,ASTM E 799(1992)所述的方法，決定取樣數量、級距分類、粒子大小特性及粒徑大小分布測量方式。

15.3 當系統使用超過動作壓力範圍，須進行額外火災測試，也需據此判定水滴粒徑大小及速度測量的結果。細水霧的粒徑量測範圍需包含 50-2000microns 的範圍。

16 功能測試

16.1 當根據 16.3-16.4 測試時

- a) 應安裝一顆在施壓 5 秒內動作並對出口進行保護的開放式噴頭。
- b) 熱反應元件動作後 5 秒內自動噴頭應如預期動作。

任何放射部分的沉積物在 5 秒時間內清除。

16.2 自動噴頭應在大氣中加熱，當加熱時，自動噴頭在 16.3 規範的每一個水壓下進行實驗，空氣的溫度需在 1 分鐘內導致噴頭動作，安裝出水口保護裝置的開放式噴頭，須在 16.3 項的每一個水壓下進行實驗。

16.3 以相當於最小動作或待機壓力、額定壓力及在中心壓力(mid-point)，測試安裝在正常位置的八顆噴頭，流動壓力(flowing pressure)應最少為起始動作壓力的 75%。

16.4 當一個或多個操作零件嵌入放射配件時，若水量分佈改變超過 5 秒鐘，則判定沉澱物發生。

17 迴水板/限流孔配件測試

17.1 三個噴頭在其預期具有流量的位置安裝，在 125%額定壓力下個別進行最少 15 分鐘的測試。放射 15 分鐘後，迴水板/限流孔配件應無損壞或變形且應保持完整無缺。

18 本體強度測試

18.1 在施以如 18.2-18.5 所述兩倍的裝配負載後，自動噴頭的噴頭本體，在其承受負載點(load-bearing point)間不應出現超過 0.2%的永久變形。

18.2，採用一個相當於額定壓力的力量將每一顆噴頭安全的安裝在張力/壓縮測試機上，進行 10 個噴頭裝配負載測試。

18.3 使用一個能量測變形率(deflection)且準確性達 0.01mm(0.0004 in)的指示器(indicator)，來測量噴頭承受負載點間任何長度的改變。

18.4 將負載釋放同時移除熱反應元件，當噴頭溫度到達室溫，使用指示器(indicator)進行第二次測量。

18.5 將一個增加的機械負載，在不超過 500 N/min(110 lb/min)的等級，施加在噴頭上，直到指示器在承受負載點的讀取值，回復至液體靜壓負載時起始值，此負載即為噴頭的操作負載。

18.6 這個施加的負載在不超過 500 N/min(110 lb/min)的等級逐漸增加，施加在五個樣品上，直到二倍的裝配負載；此負載須維持 15 ± 5 秒。

18.7 移除負載，同時記錄永久變形量。

19 玻璃球元件強度

19.1 玻璃球強度的較低容差限制，根據統計對於 99%的樣品具有一個 0.99 的可信程度。根據具有相同精密程度的玻璃球強度計算，對於噴頭配件負載應超過兩倍的較高的容差限制，除非有另一個分布(distribution)由於製造或設計的因素而顯得更適用，否則應根據標準(normal)或 Gaussian Distribution 進行計算。

19.2 利用一個壓縮測試機來測量玻璃球強度，施以穩定增加負載直到玻璃球破裂。這項測試在裝置於噴頭所使用安裝零件的玻璃球上進行，同時負載的等級不超過 245 N/s(55 lb/s)，或使用一個可使玻璃球每分鐘偏斜(deflect)0.5mm 的等級的儀器，端看哪一個測試對於測試儀器較方便使用。

19.3 取最少 15 個玻璃球樣品，依每一種玻璃球型式的最低溫度等級，放置在其正常安裝裝置上，同時施以一個均勻增加的力量，力量不超過測試機器 245N/s(55 lb/s)的等級。記錄每一個玻璃球的擠壓力量，同時計算平均的擠壓力量，玻璃球安裝零件應允許周圍的強化，但不應妨害玻璃球的動作。對於樣品的計算，見附錄 SA。

20 易熔元件強度

20.1 當根據 20.2 測試時，對於每一個設計，易熔的熱反應元件在最低的溫度等級應證實具有承受設計負載的能力。

20.2 易熔熱反應元件施以超過最大設計負載 L_d 的負載，如此會在 1000 小時前後產生失敗。取最少 10 個樣品施以不同的負載，最高到 15 倍最大的設計負載。異常失敗分析若與易熔材料評估不相關的可以不予考慮。可使用一個最小正方形法(least squares)的完全對數逆向分析(full logarithmic

regression analysis)來執行異常失敗分析，從這些分析進行 1 小時負載 L_o 及 1000 小時負載 L_m 計算，其中

$$L_d \leq \frac{1.02L_m^2}{L_o}$$

可參照附錄 SB 有相關例子可供參考。

20.3 這些測試須在週遭溫度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ($68 \pm 5.4^\circ\text{F}$) 下進行。

21 抗洩漏

21.1 當依據 21.2 所述測試時，自動噴頭不應出現任何洩漏的跡象。

21.2 二十個噴頭在其二倍的額定壓力的水壓下進行實驗，壓力從 0 bar 增加至二倍額定壓力，維持 3 分鐘，然後降低至 0 bar。在壓力回覆到 0 bar 後，在 5 秒內將壓力增加至如製造商的說明的最小動作或待機壓力，這個壓力維持 15 秒，然後增加至額定壓力同時維持 15 秒。

22 液體靜壓強度

22.1 當依據 22.2 所述測試時，噴頭不應破裂、動作或遺漏任何零件。

22.2 在這項測試準備時，開放式噴頭應裝有 ball 或類似裝置以密閉每一個限流孔。取 20 個噴頭施以一個 4 倍額定壓力的內部液體靜壓進行試驗，壓力從 0 bar 增加至四倍額定壓力，同時保持 1 分鐘，當壓力增加到 4 倍的額定壓力維持 1 分鐘時，測試下的噴頭不應破裂、動作或遺漏任何零件。

23 熱暴露

23.1 玻璃球噴頭

23.1.1 當玻璃球噴頭使用 23.1.2-23.1.3 所述的方法測試時，玻璃球元件沒有損害。

23.1.2 玻璃球噴頭在一個液體盆中加熱從 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ($68 \pm 9^\circ\text{F}$) 到低於其最小的動作溫度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ($68 \pm 3.6^\circ\text{F}$)，溫度的增加率不應超過 20°C (68°F)/min，水可

用在噴頭的溫度等級不大於 80°C 的噴頭測試，但較高溫度等級的噴頭需閃火點超過測試溫度的油。

23.1.3 溫度的增加率為 1°C/min，加熱到氣泡產生分離或至低於操作溫度 5°C 的溫度(取較低者)。噴頭從液體盆中移出，同時在空氣中冷卻直到氣泡再一次聚集。當冷卻時玻璃球末端朝下，測試時，以此程序在每個噴頭進行四次。

23.2 uncoated 自動噴頭

23.2.1 當進行 23.2.2 的加熱測試項目時，噴頭不可有缺點或損壞。

23.2.2 對 12 顆噴頭進行為期 90 天的溫度測試，溫度設定可設定為低於標稱溫度 11°C(20°F)或是如表 23.1 的溫度，取較低者，且不小於 49°C(120°F)。當操作負載取決於操作壓力時，噴頭應在最小操作或待機壓力，但不得小於 12bar(175psi)下進行測試。在完成測試後

- a) 取 4 顆噴頭進行 21.2 的測試。
- b) 取 4 顆噴頭進行 16.1 的測試(2 顆在最小操作或待機壓力下進行，2 顆在額定壓力下進行)。
- c) 另 4 顆噴頭應符合 12.1 的要求。

表 23.1 coated 和 uncoated 噴頭測試溫度表

標稱溫度		Uncoated 噴頭測試溫度		Coated 噴頭測試溫度	
°C	°F	°C	°F	°C	°F
57-60	135-140	49	120	49	120
61-77	141-171	52	125	49	120
78-107	172-225	79	175	66	150
108-149	226-300	121	250	107	225
150-191	302-376	149	300	149	300

23.3 Coated 自動噴頭

23.3.1 除了需符合 23.2 項對 uncoated 噴頭的要求外，亦需符合 23.3.2 及 23.3.3

的要求。

23.3.2 除了需符合 23.2.2 項對 uncoated 噴頭的要求外，比 12 顆噴頭亦需符合 23.2.2 項在表 23.1 的溫度測試。

23.3.3 此項測試為時 90 天，每個樣品每 7 天移出烤箱進行冷卻，冷卻時間最短 2 小時最長 4 小時，在冷卻期間須檢查 coating 是否有毀損或失效。在完成比項測試後

- a) 取 4 顆噴頭進行 21.2 的測試。
- b) 取 4 顆噴頭進行 16.1 的測試(2 顆在最小操作或待機壓力下進行，2 顆在額定壓力下進行)。
- c) 另 4 顆噴頭應符合 12.1 的要求。

24 熱陡震

24.1 當依 24.2 及 24.3 描述的方法測試時，玻璃球噴頭不應損壞。

24.2 在開始測試前，最少取 24 個噴頭使其在 20-25°C (68-77°F) 的環境下，最少 30 分鐘。

24.3 噴頭被浸在低於噴頭標示動作溫度 $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($18\pm 3.6^{\circ}\text{F}$) 液體的浴缸內，5 分鐘後噴頭從浴缸移開，同時立即以玻璃球向下的方式將噴頭浸入另一個 $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($18\pm 1.8^{\circ}\text{F}$) 液體的浴缸內，經過 5 次循環後樣品再根據 16.1 進行測試。

25 腐蝕測試

25.1 黃銅噴頭及零件的應力腐蝕測試

25.1.1 當根據 25.1.2-25.1.7 測試時，黃銅噴頭及零件不應出現影響其預期工作性能的裂縫。

25.1.2 取五個噴頭及零件的樣品在 25.1.3-25.1.7 所描述的氨水溶液中進行實驗。

25.1.3 將樣品去除油污，同時在一個含有潮濕空氣及氨氣混合的玻璃容器內暴露 10 天，容積為 $0.07\pm 0.01\text{m}^3$ ($0.7\pm 0.1\text{ft}^3$)。

25.1.4 氨水溶液的密度為 0.94g/cm^3 (0.034 lb/in^3)且置於容器底部(在樣品底部下 40mm 處)。氨水溶液的容積相當於 0.01ml 每立方公分容器的體積產生下列的氣體濃度：35%氨水，5%水蒸氣，60%空氣。

25.1.5 潮濕的氨氣混合物儘可能維持在溫度 $34\pm 2^\circ\text{C}$ ($39\pm 3^\circ\text{F}$)及正常大氣壓力。房間內透過一個毛細管達成壓力的平衡，避免壓力的增長。樣品要遮起來，避免凝結的液體滴下。

25.1.6 暴露後每一顆噴頭用水清洗後乾燥，然後使用一個放大倍率 25 倍的顯微鏡檢查樣品，檢驗是否有破裂或剝蝕。當零件有任何破裂或故障，自動噴頭成為 21.2 所敘述額定壓力下持續 1 分鐘測試的實驗對象；或者也可成為 16.3-16.4 所描述在最小流量或待機壓力下測試的實驗對象，開放式噴頭成為 22.2 所描述在 2 倍額定壓力下持續 1 分鐘測試的實驗對象。

25.1.7 噴頭出現破裂或任何零件的故障，在額定壓力的水流測試 30 分鐘，不應顯示出分離或破損的跡象。

25.2 不銹鋼噴頭及零件的應力腐蝕破裂

25.2.1 當根據 25.2.2-25.2.7 測試時，不銹鋼的細水霧噴頭或零件不應出現裂縫或破損，而影響到預期作用的能力。

25.2.2 取五個先去除油污的噴頭暴露在 25.2.3-25.2.7 所描述的氯化鎂 (magnesium chloride solution)溶液中。

25.2.3 樣品置於配有溫度計及長 760mm 水分冷凝器的 500ml 燒瓶內，燒瓶內裝有 1/2 滿 42%的氯化鎂溶液，置於一個恆溫控制的電子式加熱壁爐架，同時維持在 $150\pm 1^\circ\text{C}$ ($302\pm 1.8^\circ\text{F}$)的高溫且暴露 500 小時。

25.2.4 暴露後測試樣品從滾熱的氯化鎂溶液移除，同時使用去離子水清洗。

25.2.5 使用一個放大倍率 25 倍的顯微鏡檢查樣品，檢驗是否有破裂或剝蝕。出現剝蝕的樣品將依 25.2.6-25.2.7 所敘述進行測試。未出現剝蝕的樣品即判定符合預期的要求，而不需做更進一步的測試。

25.2.6 對於自動噴頭的動作零件出現剝蝕，取五套新的零件重新安裝在噴頭框架，製造的材料不能改變氯化鎂溶液在不銹鋼零件腐蝕的影響。這些測試樣品先去除油污，同時暴露在 25.2.3 所述的氯化鎂溶液中進行試驗，暴露後測試樣品能抵抗相當於額定壓力的液體靜壓測試壓力 1 分鐘而無洩漏，同時在最小的流動或待機壓力進行 16.1 的試驗。

25.2.7 對於非動作零件出現剝蝕，測試樣品須禁得起在額定壓力持續 30 分鐘的流量壓力而不會有分離或破損。

25.3 二氧化硫腐蝕

25.3.1 當根據 25.3.2-25.3.5 的條件要求時，噴頭應能抵抗二氧化硫蒸氣的滲透。暴露後，開放式噴頭在其最小操作壓力的水流量，應在製造商設計及安裝手冊所說明的值 5% 內。對於自動噴頭，當在 16.1-16.4 所敘述的最小操作或待機壓力下 5 個噴頭應動作，剩下的 5 個噴頭應符合 28.2 的要求。

25.3.2 在下列的二氧化硫腐蝕測試，取 10 個噴頭當成實驗樣品。測試設備是由 5L(1.3gal) 容器組成，容器由具抗腐蝕蓋子的耐熱玻璃製造，以避免濃縮的滴下液體滴到噴頭。容器被透過基座加熱同時提供冷卻線圈環繞在邊牆，溫度感應器置於容器底部上方 $160\pm 20\text{mm}(6.5\pm 0.8\text{ in})$ 中心處以調整供熱，所以在玻璃容器內的溫度為 $45\pm 3^\circ\text{C}(113\pm 5.4^\circ\text{F})$ 。測試時，水以某速率流過冷卻線圈，使放射水保持低於 $30^\circ\text{F}(86^\circ\text{F})$ 的溫度，這些加熱與冷卻的結合促進噴頭表面的冷凝，樣品須遮蔽避免濃縮液體的滴下。每一個樣品的入口被不反應的罩子所密封，例如塑膠。開放式噴頭的出口依製造商安裝及維護手冊的說明密封。

例外：其他最大容積 15L 的容器亦能使用，化學藥品數量則成比例增加。

25.3.3 測試的噴頭被懸掛在容器內蓋子下其正常的設置位置，且在具腐蝕性的二氧化硫大氣下進行 8 天的試驗。腐蝕氣體的獲得是採用 20g(0.15oz)硫代硫酸鈉溶解在 500ml(17 fl oz)水中的溶液。

25.3.4 最少六天至八天期間，20ml(0.68 fl oz)的稀釋硫酸，由 156ml 硫酸與 844ml 的水添加稀釋成固定比率組成。八天後，將噴頭從容器移開，並將容器倒空與清潔。

25.3.5 將噴頭從容器中移開，在溫度不超過 35°C(95°F)及相對溼度不大於 70%的環境下乾燥 4-7 天。

25.4 鹽霧腐蝕

25.4.1 根據 25.4.1-25.4.4 設定的條件，塗裝及未塗裝的噴頭應能夠抵抗鹽霧的噴灑。暴露後，開放式噴頭在其最小操作壓力的水流量，應在製造商設計及安裝手冊所說明的值 5%內。對於自動噴頭，當在 16.1-16.4 所敘述的最小操作或待機壓力下 5 個噴頭應動作，剩下的 5 個噴頭應符合 28.2 的要求。

25.4.2 樣品暴露在鹽霧試驗室中。腐蝕暴露時，開放式噴頭的出水口依製造商安裝及維護手冊的規範密閉；且在噴頭已經充滿去離子水後，入口被塑膠罩密閉。鹽溶液的濃度為 20%，當在 35°C(95°F)霧化時，PH 值介於 6.5-7.2，且密度在 1.126-1.157g/ml 間，取決於試驗室提供的控制環境。這些樣品維持在其正常的操作位置，同時暴露在試驗室的鹽霧中。試驗室的體積最少 0.43m³(15 ft³)，暴露區域的溫度維持在 35±2°C(95±3.6°F)，除了週末及假日當試驗室沒有正常開啟外，溫度記錄每天至少一次，最少 7 個小時的間隔。氯化鈉溶液在 0.7-1.7bar 的壓力之間，從一個重複循環的儲存器通過送氣(air-aspirating)噴頭提供，收集用過的氯化鈉溶液，但不回存到儲存槽再做循環。

25.4.3 最少在暴露區域的 2 個地點收集氣霧，才知道鹽霧濃度，在每 80cm²的收集區域，每小時收集 1-2ml 的溶液，持續收集直至超過 16 小時。鹽的

質量濃度約為 $20\pm 1\%$ 。

25.4.4 噴頭禁得起在鹽霧中暴露 10 天。暴露後，將噴頭從霧氣室中取出，接著在大氣相對溼度不大於 70%、 $20-25^{\circ}\text{C}$ ($68-77^{\circ}\text{F}$) 的溫度下乾燥 4-7 天，乾燥一段時間後，開放式噴頭在其最小壓力的流量率，應在製造商設計及安裝手冊規範值的 5% 以內；對於自動式噴頭樣品，取五顆噴頭根據 16.1 在其最小操作或待機壓力下進行功能性測試，另五顆噴頭根據 28.2 進行動態加熱測試。

25.4.5 對於意圖用於腐蝕大氣的噴頭，除了持續 30 天的鹽霧暴露外，噴頭應依 25.4.1-25.4.4 規範的測試進行試驗。

25.5 潮濕空氣下的暴露

25.5.1 在完成 25.5.2 的測試後，噴頭須禁得起於潮濕空氣下的暴露。開放式噴頭在其最小壓力的流量率，應在製造商設計及安裝手冊規範值的 5% 以內；對於自動式噴頭樣品，取五顆噴頭根據 16.1 在其最小操作或待機壓力下進行功能性測試，另五顆噴頭根據 28.2 進行動態加熱測試。

25.5.2 取 10 個噴頭暴露在高溫及高濕的環境下，濕度為 $98\pm 2\%$ ，溫度為 $95\pm 4^{\circ}\text{C}$ ($77\pm 9^{\circ}\text{F}$)。開放式噴頭的出口依廠商的規定封住，將噴頭接在含純水的管子上，管子必須能排除沈積物並將管子放在高溫及高濕的環境下 90 天。在 90 天的暴露後噴頭在 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77\pm 9^{\circ}\text{F}$) 的環境下乾燥 4-7 天，環境濕度不得高於 70%。在完成乾燥程序後，開放式噴頭在其最小壓力的流量率，應在製造商設計及安裝手冊規範值的 5% 以內；對於自動式噴頭樣品，取五顆噴頭根據 16.1 在其最小操作或待機壓力下進行功能性測試，另五顆噴頭根據 28.2 進行動態加熱測試。

26 噴頭塗層完整性

26.1 使用在噴頭防護的蠟與瀝青

26.1.1 使用在塗裝噴頭的蠟與瀝青不應包含揮發性物質(volatile matter)，導

致所採用塗層的耗損、硬化、破裂或剝落。根據 26.1.2 測試時，質量的損失不應超過最初樣品的 5%。

26.1.2 一個 50m^3 (3 in^3) 蠟或瀝青樣品，放置在具有平坦底部的金屬或玻璃圓桶狀容器內，容器內徑 55mm、高 35mm。沒有蓋子的容器放置在一個具有氣體循環的自動控制週遭溫度的烤箱，烤箱的溫度控制在比噴頭最小動作溫度低 16°C (29°F)，且不能低於 50°C (122°F)。樣品在 90 天暴露前後秤重以判定揮發性物質的任何損失，樣品應符合 26.1.1 的要求。

26.2 抗低溫性

26.2.1 當使用 26.2.2 的方法在低溫進行試驗時，所有噴頭所使用的塗層不應破裂或剝落。

26.2.2 取五個噴頭使用正常產生方法塗裝(例如石蠟、瀝青或金屬塗層)，在零下 $10\pm 2^\circ\text{C}$ ($-14\pm 3.6^\circ\text{F}$) 進行 24 小時試驗。從低溫櫃移出，噴頭暴露在正常週遭溫度 30 分鐘前，檢查塗層是否符合 26.2.1 的要求。

26.3 抗高溫性

26.3.1 塗裝噴頭應符合 23.3 的要求

27 水錘

27.1 當測試壓力從 4bar 到 2 倍的額定壓力時，自動噴頭不應洩漏。當根據

27.2 測試時不應有機械損壞的訊號，同時在其最小動作或待機壓力時，噴頭的動作應在 16.3 的參數內。

27.2 取五顆噴頭在正常的操作位置與測試設備連接在一起，在清除噴頭與測試設備的氣體後，進行 3000 次循環的壓力變化，每分鐘 30 次從 $4\pm 2\text{bar}$ ($58\pm 29\text{psi}$) 到噴頭的測試壓力，並使用一個電子式壓力偵測器或其他相同功能的設備測量壓力。

28 動態加熱

28.1 當在標準方位測試時，自動噴頭的 RTI 值不應超過 $50(\text{m}\cdot\text{s})^{0.5}$ [$90(\text{ft}\cdot\text{s})^{0.5}$] 且傳導係數(C)低於 $1(\text{m}/\text{s})^{0.5}$ [$3.3(\text{ft}/\text{s})^{0.5}$]。當在一個最壞狀況方位測試時，RTI 不應超過標準方位 RTI 值 250%，使用第 29 項的風洞測試及第 30 項的延長風洞測試來決定 RTI 及 C 值。

28.2 在 25.3-25.5 所述的腐蝕測試暴露後，自動噴頭應在一個標準的方位測試，如 5.27 所定義，以決定 post exposure RTI 值。所有 post exposure RTI 值不應超過 28.1 的 RTI 及 C 的限制規格。此外平均的 RTI 值不應超過 pre-exposure 值的 130%，所有 post exposure RTI 值利用 30.8 的公式計算。

29 風洞測試

29.1 這項測試的進行是為了判定標準與最壞狀況的方位。並在兩個識別的方位進行 10 項額外的風洞測試，除了最壞狀況方位如 28.1 所述應在一個有 angular offset 距離測試。RTI 值在每一個方位依 30.8 及 30.9 個別的計算。風洞測試使用一個黃銅噴頭底座(mount)設計進行，如此做對於一個個別的風洞測試持續時間，最高反應時間為 55 秒的測試，底座及水溫升高不會超過 2°C (3.6°F)。溫度的測量是利用一個嵌進底座不超過 8mm(0.3 in)的熱電偶，同時從內部螺紋的根基直徑向外放射或者靠位在噴頭入水孔中心的一顆熱電偶。對於一個個別的風洞測試，當反應時間大於 55 秒，底座及水溫將不會增加超過反應時間 0.036 倍。

29.2 測試噴頭的噴頭螺紋採用 polytetrafluoroethylene(PTFE)密封膠帶纏繞 1-1.5 圈，然後以 $15\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ($133\pm 26\text{lb}\cdot\text{in}$) 的扭力扭緊到底座，每一個噴頭安裝在風洞的遮蓋上，同時維持一個室內條件最少 30 分鐘，直到噴頭及遮蓋達到週遭溫度。最少 25ml 的水調整到週遭溫度，在測試前引進噴頭的入水孔。

29.3 為了記錄反應時間，一個準確度為 ± 0.01 秒的計時器，用來記錄噴頭進入風洞(plunge into the tunnel)與熱反應元件動作間的時間。

29.4 風洞內測試區域(噴頭位置)的氣流及溫度條件，應使用如表 29.1 所示

的條件範圍，為了最小化偵測元件與邊界間輻射交換，風洞測試區域設計，應限制輻射的影響在 RTI 計算值的 3% 以內。

表 29.1 噴頭風洞測試的測試條件

溫度等級		烤箱溫度 ^a		烤箱氣流 ^b	
°C	°F	°C	°F	m/s	(ft/s)
57-77	(135-171)	129-141	(264-286)	1.65-1.85	(5.4-6.1)
79-107	(175-225)	191-203	(376-397)	1.65-1.85	(5.4-6.1)
121-149	(250-300)	282-300	(540-572)	1.65-1.85	(5.4-6.1)
163-191	(325-376)	382-432	(720-810)	1.65-1.85	(5.4-6.1)

^a 在整個測試的測試區域中空氣溫度應被記錄且維持固定，對於 129-141°C 的空氣溫度範圍準確性為 ±1°C，對於所有其他空氣溫度範圍準確性為 ±2°C 內。

^b 整個測試中空氣速度應被記錄，同時保持固定在一個準確值的 ±0.03m/s 間。

29.5 風洞操作溫度的允許範圍如表 29.1 所示。對於測試持續時間的容限，此操作條件應被維持，如表 29.1 標註的規範。

30 延長風洞測試

30.1 延長風洞測試是一個反覆的過程以判定傳導係數 C，同時要求至少需要 20 顆噴頭樣品。每一項測試使用一個新的噴頭樣品，測試噴頭根據 29.2 準備，並使用一個如 29.3 所述的計時器。

30.2 在每一項測試的持續時間裡，底座(mount)溫度維持在 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($68 \pm 0.9^\circ\text{F}$)。在風洞測試地區噴頭位置處的空氣速度維持在設定速度的 ±2% 內，同時測試時空氣溫度的維持如表 30.1 所示：

表 30.1 測試傳導係數的風洞烤箱測試條件

標稱噴頭溫度		烤箱溫度		測試時空氣溫度的最大 誤差	
°C	°F	°C	°F	°C	°F
57	135	85-91	185-196	±1.0	±1.8
58-77	136-171	124-130	255-266	±1.5	±2.7
79-107	175-225	193-201	379-394	±3.0	±5.4
121-149	250-300	287-295	549-563	±4.5	±8.1
163-191	325-376	402-412	756-774	±6.0	±10.8

30.3 風洞操作條件的允許範圍如表 30.1 所示。

30.4 為了判定 C 值，將噴頭浸入不同空氣速度的測試流中最高進行 15 分鐘，當 C 值的判定低於 $0.5(\text{m/s})^{0.5}$ 時，將 C 值假設為 $0.25(\text{m/s})^{0.5}$ 去計算 RTI 值。在兩個成功的測試速度間行動(actuation)是相等的方式去選擇速度。也就是說，建立兩種速度，在較低的速度時，15 分鐘的測試時間內作動將不會發生。在下一個較高的速度時，作動必須在 15 分鐘的時間限制內發生，假如噴頭在最高的速度不作動，空氣溫度將被增加到下一個較高的溫度等級。

30.5 測試速度應確保:

$$\left(\frac{u_h}{u_l}\right)^{0.5} \leq 1.1$$

30.6 C 值為在兩個速度計算值的平均，可利用下列的方程式求得:

$$C = (\Delta T_g / \Delta T_{ea}^{-1}) u^{0.5}$$

在這裡

ΔT_g 為真實氣體(空氣)溫度減去底座溫度 T_m (mount temperature)(°C)。

ΔT_{ea} 為 mean liquid bath operating temperature 減去底座溫度 T_m (mount temperature) ($^{\circ}\text{C}$)。

u 為測試區域的真實氣體速度(m/s)

30.7 進行三次的測試來決定噴頭 C 值，噴頭 C 值可用來計算所有 RTI 值以應用於 28.1。

30.8 下列方程式用來決定 RTI 值

$$RTI = \frac{-t_r(u)^{0.5}(1+C/u^{0.5})}{\ln[1-\Delta T_{ea}(1+C/u^{0.5})/\Delta T_g]}$$

在這裡

t_r 為噴頭的反應時間

u 為在風洞的測試區域實際空氣速度(m/s)，如表 B-3

ΔT_{ea} 為噴頭的 mean liquid bath operating temperature 減去週遭溫度 ($^{\circ}\text{C}$)。

ΔT_g 為測試區域中實際空氣溫度減去週遭的溫度($^{\circ}\text{C}$)

C 為傳導係數

30.9 下列的方程式用來判定最壞狀況方位的 RTI 值

$$RTI_{wc} = \frac{-t_{r-wc}(u)^{0.5}(1+C(RTI_{wc}/RTI)/u^{0.5})}{\ln[1-\Delta T_{ea}(1+C(RTI_{wc}/RTI)/u^{0.5})/\Delta T_g]}$$

在這裡

t_{r-wc} 為噴頭在最壞狀況方位的反應時間

30.10 在 30.8 方程式中的變數除了 RTI_{wc} 都為已知， RTI_{wc} 須用 30.9 項的方式疊代求得。

31 耐熱測試

31.1 當根據 31.2 測試時噴頭應能夠抵抗高溫。暴露後噴頭不應出現:

a)目視破損或變形。

b)放射係數的變化超過 5%。

c)第 14 項所述水的分布測試中單獨放射特性的改變超過 5%。

31.2 噴頭本體安裝在其正常的位置，在 800°C(1472°F)的烤箱中加熱 15 分鐘後，從烤爐中取出噴頭本體，立刻浸入溫度為攝氏 15 度的水盆內。

32 振動測試

32.1 當根據 32.2-32.4 測試時，噴頭應禁得起振動的影響而不會降低其性能特性。在 32.2-32.4 的振動測試後，噴頭應無目視損壞或零件的遺失，自動噴頭應符合 16.3 及 20.1 的要求，開放式噴頭應符合 22.2 的要求。

32.2 五顆自動式噴頭及十顆開放式噴頭出水孔依製造商設計及安裝手冊的規格密封，噴頭垂直固定在振動桌上，同時在室溫下沿著連接螺紋的軸作正弦曲線振動測試。

32.3 噴頭連續振動從 5Hz-40 Hz，振幅為 1mm，當偵測到一個或多個共振點時，在噴頭到達 40 HZ 後進行這些共振頻率的振動持續 120 小時，假如未偵測到共振點，振動從 5HZ-40 HZ 持續進行 120 小時。

32.4 振動測試後，自動噴頭應根據 21.1 及 16.1-16.3 在最小額定或待機壓力下進行洩漏測試及功能性測試；開放式噴頭應根據 22.1 進行液體靜壓強度測試。

33 耐用度測試

33.1 噴頭應能承受粗魯的對待而不致影響其性能，在 32.3 所述的 3 分鐘翻滾後，以目視檢查，噴頭不會發生損壞而影響其放射性能，自動噴頭應符合 21.1 的要求;開放式噴頭應符合 22.2 的要求。

33.2 取五顆噴頭樣品進行測試，進行測試的噴頭在適當的地方具有運輸保

護裝置，安裝後如欲從噴頭移除保護裝置，應參考安裝手冊的移除要求。

33.3 取五顆噴頭分別置於裝有乙烯基的正六角柱狀圓桶，此圓桶設計可提供翻滾(tumbling action)，圓桶具有一個 250mm 的旋轉軸，對邊之間的距離應為 305mm(12in)。在每一項測試，取一個樣品及五個 38.1mm(1.5in)的硬木立方體(hardwood cubes)放在桶中，圓桶每秒鐘旋轉一次，共持續 3 分鐘，然後將樣品從圓桶移開，檢查是否有損壞跡象。

34 衝擊測試

34.1 噴頭應具有足夠的強度禁得起搬運、運輸及安裝衝擊，而不會損害到其性能或可靠度。耐衝擊程度應根據 34.2 及 34.3 判定。

34.2 取五顆噴頭進行測試，落錘沿著水道的縱軸中央線直接落在噴頭上，落下質量在衝擊點的運動能量，相當於一個與測試噴頭相同質量從 1m 的高度落下的能量，如圖 34.1 所示。在每一個樣品上，避免被這個質量衝擊超過一次。

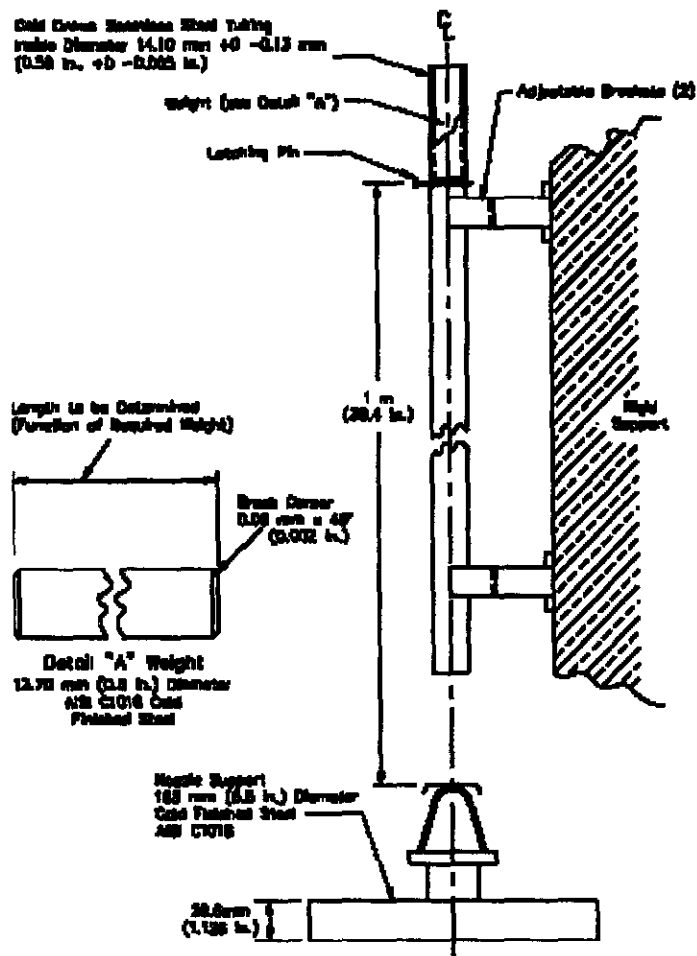


圖 34.1 衝擊測試儀器

34.3 測試後以目視檢查每一顆噴頭，應無破裂、變形的跡象或其他缺陷。當只有在其最小動作或待機壓力測試時，未發現破裂、變形的跡象或其他缺陷，自動噴頭應符合第 21 項的抗洩漏測試及第 16 項的功能性測試。在二倍額定壓力下，開放式噴頭應符合 21.2 所述的液體靜壓強度測試。

35 橫向放射

35.1 取一個噴頭進行 35.2 及 35.3 所述的測試時，應不能妨礙鄰近自動噴頭的動作。

35.2 在最大放射壓力時水從開放式噴頭放射，第二顆自動噴頭依製造商規格的最小距離安裝在位於與放水管路平行的管路上。

35.3 將噴頭出水孔或迴水板置於一個平坦光滑水平天花板下

560mm(22in)、355mm(14in)、150mm(6in)處，個別進行 3 項測試。在每一項測試中，尺寸為 300×300×100mm(12×12×4in)的方形油盤頂部被放置在熱反應元件下 150mm(6in)處。盤內裝有 0.5L 的庚燒，點燃後，自動噴頭應在庚燒燃燒完前動作。

36 三十天耐洩漏

36.1 當施以 2 倍額定壓力 30 天時，自動噴頭應無洩漏、變形或其他機械損害。測試後噴頭應進行 36.2 及 36.3 所述之測試。

36.2 五顆噴頭安裝在一個充滿水的測試方式，環境溫度 20-25°C(68-77°F)，施以 2 倍額定壓力 30 天。

36.3 噴頭最少每週一次目視檢查是否洩漏，30 天測試完成後，所有樣品應符合 21.1 耐洩漏要求，同時應無變形或其他機械損害的跡象出現。

37 耐真空

37.1 在 37.2 的測試所進行的實驗後，自動噴頭不應出現變形、機械損害或洩漏。

37.2 取三顆噴頭在置於 20-25°C(68-77°F)的環境溫度下，於噴頭入水口處進行 1 分鐘的 460 公厘水銀真空測試。測試後每一個樣品無變形、機械損害發生，且每一個樣品應符合 21.1 所述的抗洩漏要求。

38 堵塞測試

38.1 根據 38.4，在 16bar(232psi)的測試壓力，或假如額定壓力較小時應如同製造商設計及安裝手冊規格，細水霧噴頭暴露在連續、受污染的水流下應無堵塞跡象出現。對於使用耐腐蝕的系統及管材或不銹鋼管，污染物的數量在每一個篩網編號被相對的減少 50%；而使用 50bar 的額定壓力或更高的耐腐蝕系統及管材須減少 90%。

38.2 測試時噴頭濾網過濾器或其他的裝置不應被沖刷、移動或清潔。典型

的測試儀器如圖 38.1 所示。

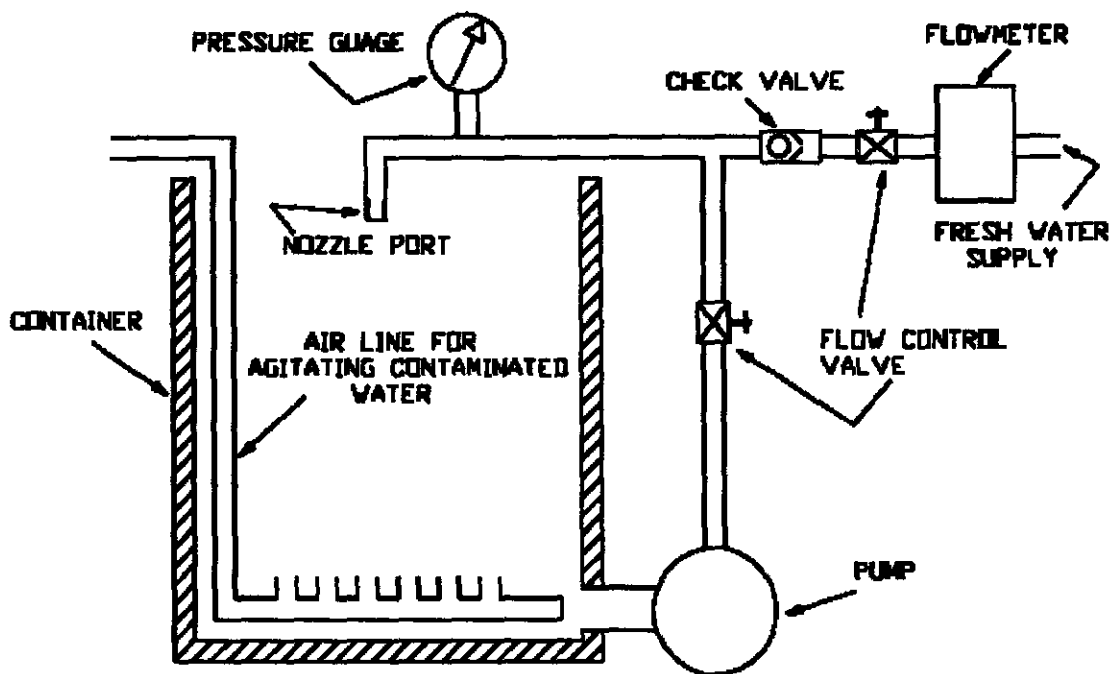


圖 38.1 堵塞測試儀器

38.3 進行堵塞測試前，如 7.1 的說明，流過細水霧噴頭、濾網、過濾器或其他裝置的水量，應在 38.1 所述的測試壓力下測量，而在具有污染物的水流 30 分鐘後，如 7.1，流過細水霧噴頭、濾網、過濾器或其他裝置的水量，應在 38.1 所述的測試壓力下重新測量，測量數據應在原始值的 10% 內。

38.4 堵塞測試所用的水是由 60L(15.9gal)的水混合 1.6kg(3.5 lb)污染物組成，當測試時溶液被連續的攪拌。

表 38.1 污染水堵塞測試之污染物

篩網編號	最小篩網開口 mm	污染物之公克數(±5%)		
		水管比例	上層泥土	砂子

NO.25	0.706	0	45.6	20
NO.50	0.297	82	8.2	32.7
NO.100	0.150	84	0.6	8.9
NO.200	0.074	81	0	2.1
NO.325	0.043	153	0	0.3
	總數	400	544	640
<p>注意：</p> <p>篩網編號符合測試用途電線-布料式篩子之標準規格 ASTM E11(1987)，Cenco-Meinzer 篩網尺寸 25、50、100、200、325mesh 符合表上命名編號，已被發現符合 ASTM E11(1987)。</p>				

39 抗凍測試

39.1 暴露在 39.2 的冷凍條件後，自動噴頭應能動作或應在最大壓力為最小及待機操作壓力時洩漏，或當水壓應用時不應遭受任何損害，且應符合 21.1 抗洩漏及第 28 項動態加熱的要求。

39.2 五顆噴頭樣品個別連接到最小內部體積 50ml(3in³)的測試裝置，測試裝置完全裝滿水後暴露在零下 29±5°C (-20±10°F)的環境中 24 小時，暴露後以目視檢查樣品，當無損壞或動作跡象後，確認當最大壓力為其最小或待機壓力時是否會洩漏，當最大壓力為其最小或待機壓力時，若無洩漏，這些樣品應符合 21.1 抗洩漏及第 28 項動態加熱的要求。超過 1 個噴頭因冷凍而產生裂縫時，這項測試應重複進行。

50 細水霧噴頭標示

50.1 符合這項標準要求的噴頭應具有下列的永久性標示：

a) 商標或製造商名稱

- b) 辨識型號
- c) 製造商工廠辨識(這項要求是當製造商超過一個噴頭製造場所)
- d) 出廠年份(nominal year of manufacture)(僅自動噴頭)
- e) 標稱動作溫度(僅自動噴頭)
- f) K 值

50.2 參考 50.1(d), 製造商的出廠年份包括前年(preceding year)的後三個月及明年(following year)的前六個月。

50.3 除了上塗料及 plated 噴頭, 其餘噴頭應以噴頭上的色碼來辨識標稱動作溫度範圍等級, 且應根據表 11.1。對於易熔元件噴頭迴水板支撐臂上的色碼應可目視, 且應以玻璃球內的有色液體顯示, 所有噴頭應以戳記、鑄型、印製或色碼等方式辨識標稱等級, 甚至當噴頭動作時亦能明顯辨識。

50.4 在要求玻璃球噴頭支撐臂色碼的國家, 應使用易熔元件噴頭的色碼。

50.5 除非外罩是噴頭不可移動的一部份, 當提供嵌壁式外罩時, 應標示所使用對應的噴頭。

第五章 細水霧粒徑檢測技術

噴霧特性是評估細水霧性能的重要依據，液滴的粒徑、大小分佈範圍、體積通量等特性，影響其與空氣之接觸表面積及混合之均勻度，會影響整個細水霧系統的滅火性能。

為量測細水霧噴霧液滴之粒徑，可使用光學的方法進行非接觸性量測，非接觸性量測又可分為非影像量測法，如雷射繞射儀器(Malvern, Mie scattering)、雷射與相位都卜勒粒徑速度儀(laser and Phase Doppler velocimetrys, PDPA, [8,9,10])及影像相位都卜勒速度量測儀(shadow Phase Doppler velocimetrys,[11])等儀器可進行非影像量測，量測的方法可參照 ASTM1260-95「Standard Test Method for Determining Liquid Drop Size Characteristics in a Spray Using Optical Nonimaging Light-Scattering Instruments」；另外影像量測是以數位影像量測的方法進行。量測到的數據可依據 ASTM799-92「Standard Practice for Determining Data Criteria and Processing for Liquid Drop Size Analysis」進行數據整理分析，並從中計算得到細水霧之平均粒徑。今分別針對影像及非影像量測進行量測技術說明

5.1 非影像量測--散射式粒徑分析儀

散射式粒徑分析儀是目前利用最廣泛的分析儀，其裝置圖如圖 5.1，其原理是利用雷射經過噴霧所產生的散射光，並將其收集分析，分析的原理是當雷射光碰到噴霧粒子阻礙其前進時，部份地直行光線即往四處散射產生散射光，有如一個新光源，當光源具有同調性質，則散射光間彼此會產生互相干涉，結果會產生強度相當強的散射光，互相干涉的散射光再由接收器接收進行分析並求得噴霧粒子的粒徑，粒徑計算方法有的是以數目為計算基礎，或是以體積為計算基礎，由此測得噴霧的粒徑分佈，依不同的散射分析法，會有不同的粒徑分析範圍。此種分析儀的分析速度快，分析的粒度範圍也廣，一般可量測 $10\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 的粒徑。

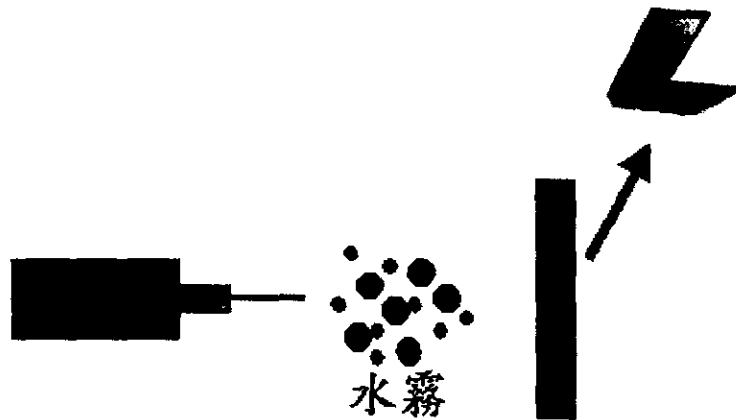


圖 5.1 非影像量測--散射式粒徑分析儀示意圖

5.2 影像量測技術

影像具有「眼見為憑」的說服力，數位影像分析[12,13]已被視為量測非球狀或不規則狀粒子最有效方法之一。現有之數位技術已可量測影像中各物件的面積、周長、真圓度等特性，亦即是量測非球狀滴的幾何特徵與霧化過程。數位影像技術所需之硬體一般包含脈衝雷射、高解析度數位相機、高倍率鏡頭等設備，來建立一套噴霧幾何特性視覺量測系統，除了硬體需求外尚需要一套影像處理與粒徑分析軟體，軟體所採用的影像處理程序，由一系列的數位影像運算組成，先可藉脈衝雷射照亮待攝物件，以短曝光照相術來拍攝取相，獲得清晰之噴霧影像。此影像需先數位化處理，轉成 8 位元之 256 灰階圖(圖 2a)。數位化之影像，可進行對比增強及低通濾波等運算(圖 2b)，以去除背景雜訊、改善其可讀性。適當的選擇閾值(thresholding)，可藉二值化運算，將欲量測之液滴像素與背景，分離成黑色、與白色 (圖 2c)。物件標定運算(labeling)，可將相鄰的物件 (黑色) 像素，歸類成同一序號、代表同一物件或一顆液滴(圖 2c)。已標定序號之液滴外廓，可藉邊緣偵測程序(圖 2d)求出其座標位置，並將外廓內之像素填滿(圖 2e)，在這整個處理程序中，同時就得到了液滴的粒徑、面積與周長。再以統計手法統計，

各尺寸範圍液滴的數量與總體積通量，求得平均粒徑 SMD 值。細水霧噴頭之水霧粒徑量測實驗架設如圖 3，脈衝雷射經柱狀鏡打出片狀光源，高解析度數位相機與之呈固定的垂直擺設，對準片狀光進行對焦。噴頭承載平台可進行三軸移動，以改變量測的位置變數，供水系統則可改變噴頭入口處的水壓變數，因此所量測的平均粒徑為上述變數的函數 $SMD(X,Y,Z,P,type)$ ，其中 type 為噴頭的種類。

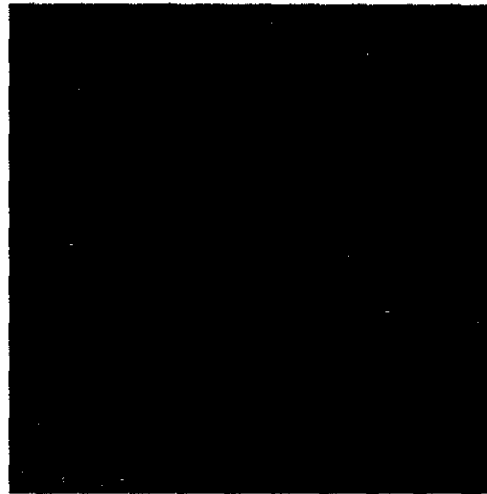


圖 5.2a 原始噴霧影像

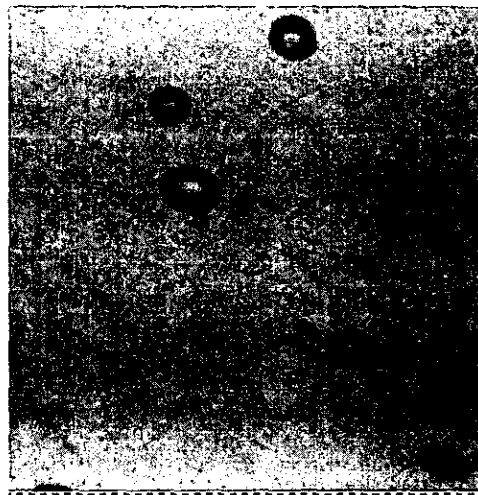


圖 5.2b 對比增強及低通濾波

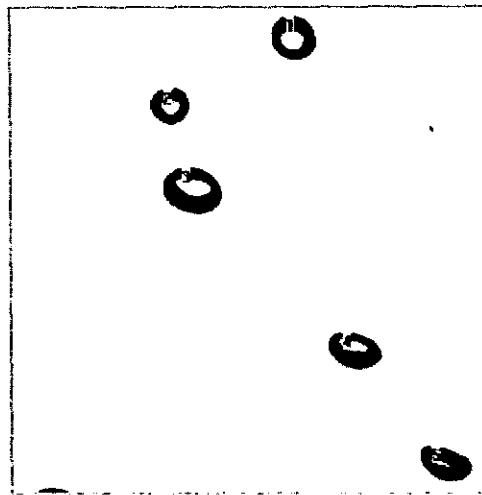


圖 5.2c 二值化及物件標定

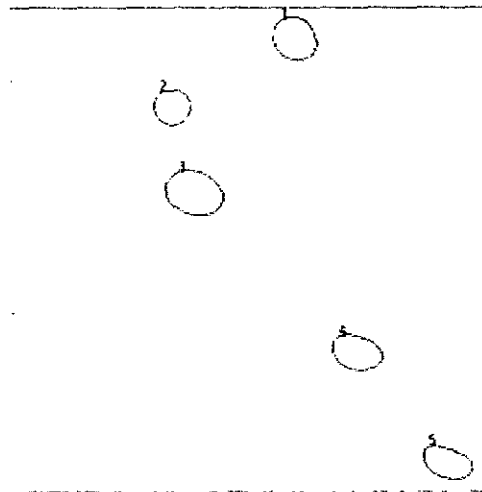


圖 5.2d 邊緣偵測求週長

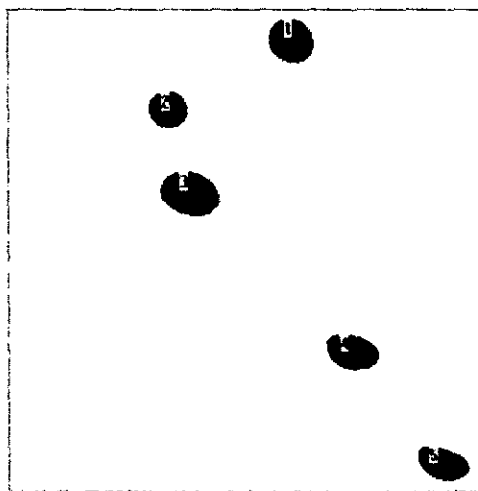


圖 5.2e 物件填滿求面積

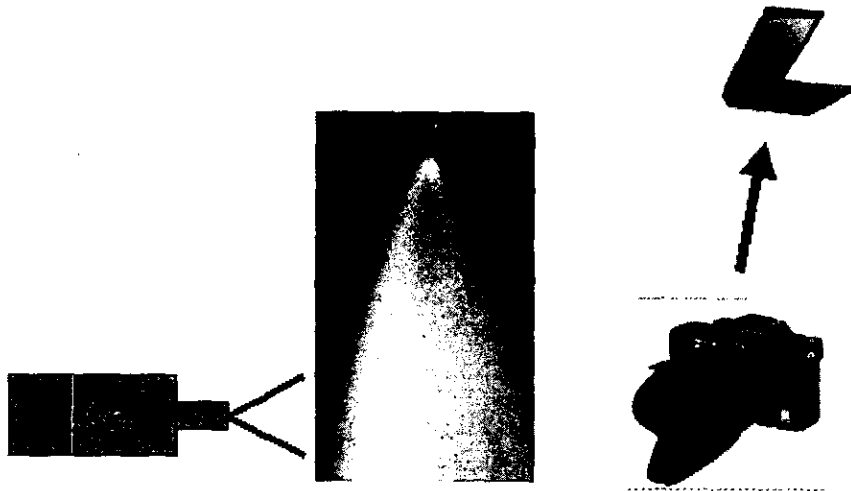


圖 5.3 細水霧噴頭之粒徑量測系統示意圖

第六章 細水霧效能模擬案例分析

6.1 前言

本章將介紹運用細水霧電腦效能模擬平台 **Firedass** 進行效能分析，來檢視製程風管中細水霧滅火系統之有效性，並找出最佳化設計，以提昇系統達到應有的滅火效能。其原因於下略述。

半導體廠火災危險除了火燒直接損害外，燃燒煙霧的污染損害，亦絕對不容忽視之。使用水系統滅火設備可以達到控制火源規模(或直接滅熄火災)，亦有減少煙霧擴散污染的功能，但是撒水設備一般採用的設計放水量，亦可能導致二次水害問題。故對於放水量相當少的細水霧滅火設備就被認為更加適合於半導體廠內高複雜性製程設備環境，例如 **FM DS 17-12** 已准許化學清洗槽使用細水霧滅火設備防止火災。據此，製程廢氣管路是否也可以細水霧滅火設備保護？

目前在細水霧滅火系統廠商及國內研究機構積極投入進行開發測試後，已逐漸克服技術上限制掌握細水霧滅火機制，在科技不斷的創新發展與細水霧相關規範標準陸續出版實施刺激下，其系統優異的滅火能力及廣泛的應用場所等特性，引起各界高度廣泛的興趣。但環顧國內細水霧滅火系統並無標準的設計方法及統一的零組件規格，各廠商間的系統存在有著不同的差異性，其系統設計理念也不盡相同，所以業者必須對細水霧設計及安裝進行審慎考量。雖然安裝的細水霧滅火系統都已經過國際公認的實驗室進行全尺寸測試，以驗證其滅火效能，但實際安裝的場所與驗證時的任何條件有所不同時，如安裝空間、系統搭配、安裝人員素質等，驗證數據的可靠性及正確性便會受到質疑，加上目前並無任何關於製程風管中實場測試之結果可被證明應用，所以本身必須進行實場測試以確認其設計的正确性，為節省物力及人力，所以事先作相關模擬來作評估及實驗設計的依據。

6.2 實例應用簡述

在系統的效能評估，將水量及噴頭的數量(噴頭間距)做為可調整的參數，藉由 **Firedass** 模擬平台的效能評估，找出最佳的水量及佈點位置。另外亦同時進行傳統式撒水頭的電腦模擬效能評估，與其比對二者之間的滅火效能。

1. 設定計畫範圍

製程風管細水霧滅火效能評估

2. 目標與範疇

細水霧滅火系統經火場測試驗證對噴射氣體火災、可燃性及易燃性液體、一般可燃物、電氣火災及精密電器設備均能發揮其滅火效果。但對於製程風管中火災消滅抑制之功效，至今尚未有明確、清楚的測試結果或規範可供參考。

3. 發展可接受之設計基準

參考芬蘭 **VTT**、挪威 **SINTEF**、美國 **UL** 及 **FM** 測試單位的測試方法，針對所選定的情境進行細水霧滅火效能分析，經由實場的效能測試，和傳統式撒水系統效能比較，進一步確認系統的有效性，同時亦可與電腦模擬結果進行比對。

4. 火災情境選定，進行嘗試性設計

(1) 先期工廠背景、資料收集

進行初步範圍的界定，場址、構造、設施、製程、建築物特性(大小、平面佈置、建築式樣)、火載量、滅火設施的特性....等資料確認。

(2) 火災風險等級分析

全面清查廠區所使用機台的原物料，運用初步危害分析(**Preliminary Hazard Analysis, PHA**)、危害及可操作分析(**Hazard and Operability study, HAZOP**)等方法，找出之高風險等級可燃、易燃性的化學品使用的機台設備，列為初步火害目標物。

(3) 擬定火災情境

限於篇幅，僅以高危害風險情景之一的“濕式清洗台”為例。濕式清洗台為半導體廠高火載量的設備機台，依據 **FM** 對濕式清洗台進行的實體火災實驗，機台熱釋放率最高可達 **10MW**。火災情境擬定濕式清洗台為起火目標，煙、熱、火焰藉著風速延燒至排氣風管，且管

件內的靜壓有可能將濕式清洗台的火焰帶入主風管，而造成更嚴重的災害。

(4)電腦模擬效能分析

選定若干種情境，應用工研院環安衛技術研究中心自國外引進之電腦模擬平台 **Firedass** 進行滅火效能評估

(5)實場測試效能驗證、結果比對

本案最後階段，也將進行實場測試以進一步驗證、確認細水霧滅火系統的有效、可靠性，同時亦可與電腦模擬結果進行比對，以驗證 **Firedass** 電腦模擬平台之正確性。

5. 是否符合可接受之設計基準

6. 選擇最終設計、達成設計之預期目標。

6.3 電腦模擬起始條件

半導體廠的濕式清洗台(Wet Bench)之材質大多為聚丙烯(PP)或聚氯乙稀(PVC)，皆為易燃、高燃燒熱且燃燒會產生大煙量的材質，而且因機台內有加熱器及可燃性有機溶劑，故其發生火災的機率相當的高，因此各廠均將濕式清洗台區域設定為火災防護重點對象。

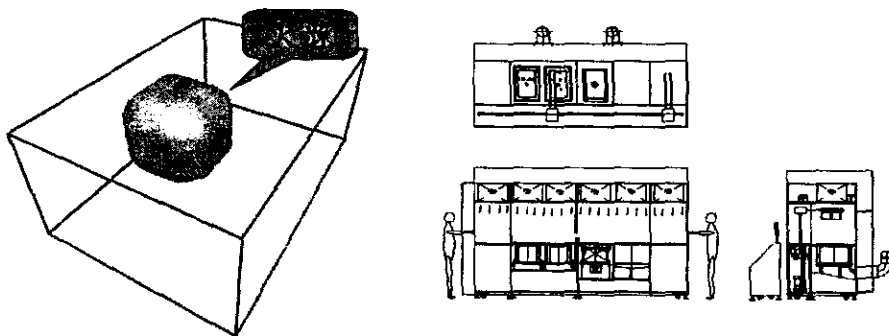


圖 6.2

圖 6.1

火災情境擬定濕式清洗台為起火目標，煙、熱、火焰藉著風速延燒至排氣風管，且管件的靜壓有可能將濕式清洗台的火焰帶入主風管，而造成更嚴重的災害。

架構：模擬對象為廠內濕式清洗台的模擬區域配置。模擬區域包括機台端、**Sub-main** 風管和主風管，機台之長寬高分別為 3 x 1.75 x 2.8 公尺立

方體，機台距天花板 1.5 公尺，下層迴風區高 1 公尺。模擬現場之情境為排氣風管總長 20 公尺，截面長寬均為 0.886 公尺。

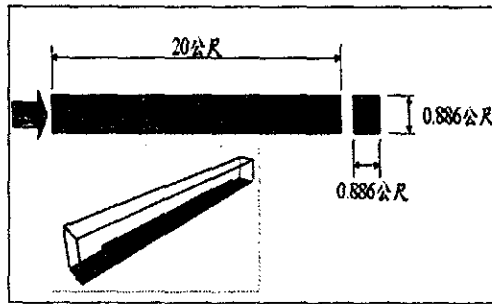
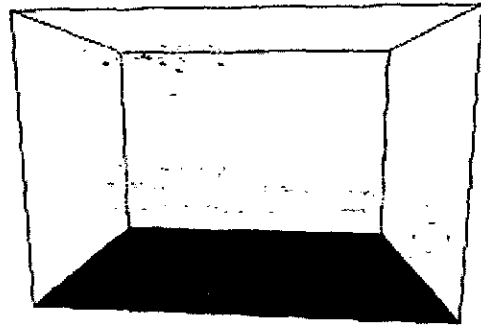


圖 6.4

圖 6.3

依據國外實場測試的資料，風管內氣流先預熱至 80°C ，排風速度為 5 公尺/秒，天花板處的下吹氣流速度為 1.2 公尺/秒，火源於零秒時點火，同時點火後立即啟動細水霧系統或傳統撒水系統。

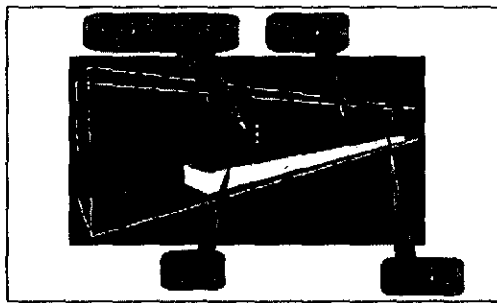


圖 6.5

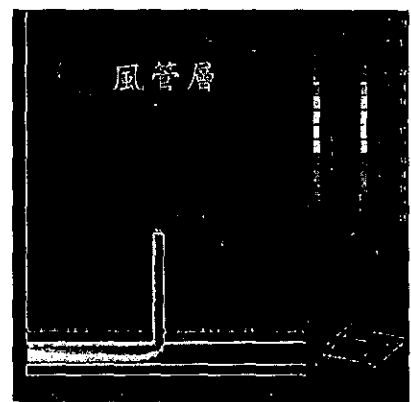


圖 6.6

6.4 細水霧與傳統撒水系統的基本測試比較

在同等條件下模擬，細水霧與傳統撒水系統於管內設三個噴水頭，間距 4 公尺。細水霧系統以模擬平台 Firedass 進行效能評估，而傳統撒水系統則以模擬平台 FDS 進行效能評估。(圖 6.8 為風管之 FDS 電腦模型圖，圖中標示出噴頭的位置及撒水的狀態)

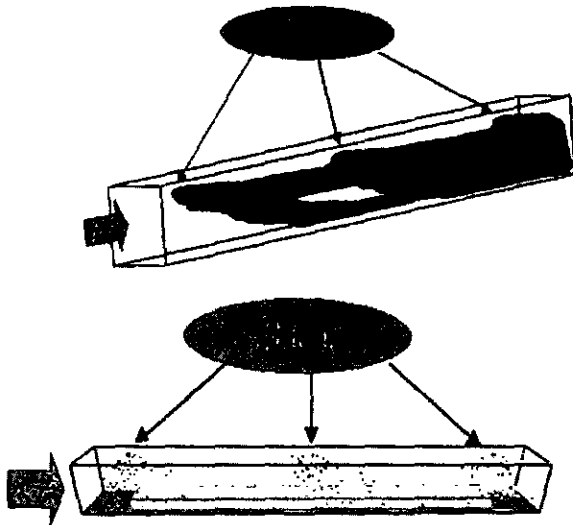


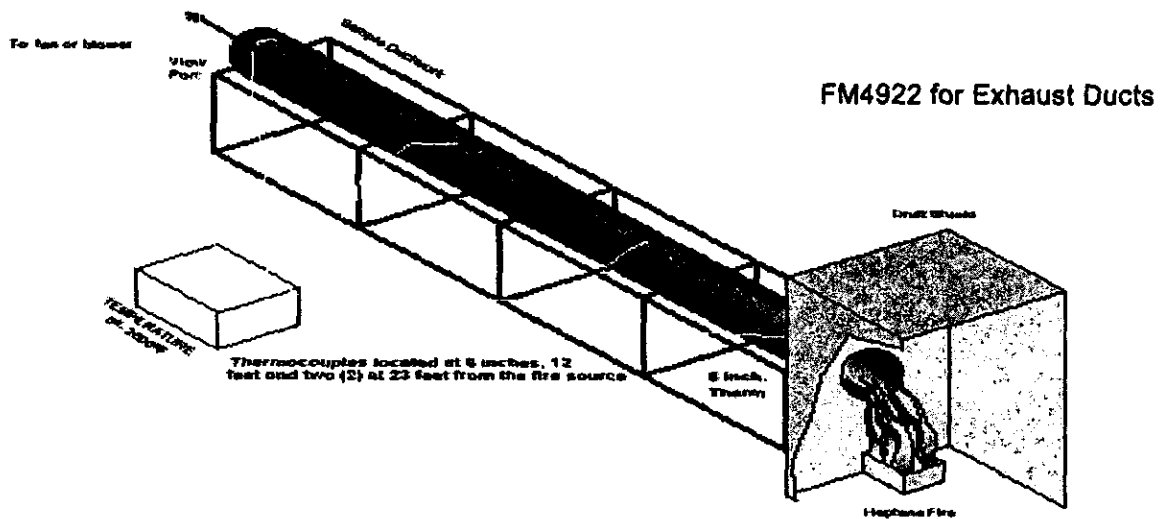
圖 6.7

圖 6.8

做一系列的模擬評估，改變出水量及噴頭數量(間距)調整參數，檢視最佳效能。比較後發現，傳統撒水系統中有些水粒子前進方向與入流方向相反，而細水霧系統則不會，此現象說明了傳統撒水粒徑較大、動量也較大，呈現與入流相反的方向移動，而細水霧之水氣霧滴則大致上隨氣流移動，故自然與入流的方向一致。兩者不同的移動特性發現，傳統撒水的噴撒多集中於撒水頭附近區域防護範圍內，而細水霧水粒子可隨氣流移動，即時充滿整個防護區域，因此在排氣風管中，細水霧的防護區域較傳統撒水廣泛。

6.5 根據模擬結果規模之細水霧系統之火場測試

基本上係仿照芬蘭 VTT、挪威 SINTEF、美國 UL 及 FM 等測試單位的測試方法，針對所選定的情境進行細水霧滅火效能分析。



(資料來源：Factory Mutual (FM) #4922 Fire Test Set-up)

圖 6.9 火場測試情境概略圖

將進行實場測試以進一步驗證、確認細水霧滅火系統的有效、可靠性，同時亦可與電腦模擬結果進行比對，以驗證 **Firedass** 電腦模擬平台之正確性。

第七章 結論與建議

1. 本報告內容已將國外相關測試規範內容整理，依 Testing Protocol 整理分類並建立比較表，目前已收集之資料包括：FM、UL、IMO、NRCC 等。（NFPA750 除外），並由其中歸納整理建立適合國內與建研所需求之測試規範。
2. 依測試內容及各 Testing Protocol 需求之不同分類比較其測試空間、佈點位置、液滴尺寸、通風條件（自然通風、強制通風）、火源大小、火災種類（油池火災測試、噴濺火災與木製疊架火災測試）、噴灑方式（全區放射、分區放射與局部放射）、噴灑壓力（高壓、中壓與低壓）、單流或雙流....等，建立不同測試需求之比較及差異性；並由其中歸納整理建立適合國內與建研所需求之測試場所。
3. 舉一計算模擬來呈現細水霧滅火系統之應用實例（細水霧滅火系統應用於半導體廠房性能式設計實務探討），主要內容為相關設計之模擬計算，主要是細水霧滅火系統雖有優勢的火場抑制的性能，但因長久以來一直存在系統效能無法驗證的問題，致使細水霧滅火系統的應用推廣受到阻礙，殊為可惜。一般為解決驗證上的質疑，均訴諸實場測試，以獲取業者們的青睞，但實場測試費用昂貴且耗時，緩不濟急，唯有藉助電腦模擬，方能解決快速系統效能的驗證。本報告中所介紹乃細水霧滅火效能電腦模擬平台 **Firedass** 分析，不僅可有效解決系統效能驗證的問題，節省系統驗證的時間，同時亦能經由各種參數的調整，找出最佳化的設計，以檢視製程風管中細水霧滅火系統之有效性，提昇系統達到應有的滅火效能。相信這項技術，不僅在半導體廠，未來在同是高科技生技廠房也是潛力無窮
4. 確認建研所是否要建系統及噴頭測試場所？因此衍生討論是否要建立細水霧系統及噴頭試驗場所之需求規範，包括：耐洩漏試驗、強度試驗（含液體靜壓強度）、耐洩漏試驗、衝擊試驗、裝配戴重試驗、易熔元件之強度試驗、熱暴露試驗、熱陡震試驗、玻璃球之強度試驗、振動試驗、水鏈試驗、腐蝕試驗、動作溫度測試、放水量試驗、撒水分佈及水滴粒徑試驗、堵塞試驗.....等。本報告的內容應足以提供建研所建立相關測試場所及設施所須的各項資料。
5. 最後本計畫規劃明年的研究題目為【細水霧替代灑水與 CO₂ 系統之研究】；其研究方法包括文獻探討法與實驗研究法。規劃選定 2 個火災情境(Key Fire Scenarios)，分別為氣體渦輪機與中度危險場所第一群組，並以 CFD(SmartFire and FDS)分別模擬與探討滅火效能(如溫度變化情

況)，以比對 Full Scale Fire Test 之結果。此外將參考 FM 與 UL 之要求對前述情境進行 Full Scale Fire Test 之性能測試，以分析三種不同火災防護手段(細水霧、灑水與 CO₂)之間的「可替代性」與「等價性」。

參考文獻

1. Braidech, M. M., J. A. Neale, A. F. Matson, and R. E. Dufour, "The mechanism of Extinguishment of Fire By Finely Divided Water," Underwriter Laboratories Inc. for the national Board of Fire Underwriter, New York, 1955.
2. Rasbash, D. J., Z. W. Rogowski, and G. W. V. Stark, "Mechanisms of Extinction of Liquid Fuel Fires with Water Sprays," *Combustion and Flame*, 4, 1960, pp 223~224.
3. Mawhinney, J. r., B. Z. Dlugogorski and A. K. Kim, "A closer Look at the Extinguishing Properties of Water Mist," in *Proceedings: International Association for Fire Safety Science (IAFSS) Conference*, Ottawa, Canada, June 13-17, 1994.
4. Kokkala, M. A. K., "Extinction of Liquid Pool Fires with Sprinklers and Water Sprays," *Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Statens Tekniska Forskningscentral (Technical Research Center of Finland)*, Espoo, Finland, 1989.
5. "NFPA 750 2000 edition: Standard on Water Mist Fire Protection Systems", National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2000.
6. 簡賢文,熊光華,"細水霧火災防護性能及適用範圍研究,"財團法人消防教育學術研究基金會期末報告,2002.
7. "細水霧滅火系統審查作業制度與認可基準之研究,"財團法人消防設備中心基金會,2002.
8. Bate, C.J., Jolly, a. j., "Phase Doppler Measurement on a pressurised spray nozzle using scattering angles of 72° and 150°", In *Proceedings of 7th Int.*

Conference on Atomisation and Spray (ICLASS-'97), ISBN 89-950039-2-8 94550, 102-109, Seol, South Korea (1997).

9. Chang, J.-C. (張枝成) and Tsai, K.-C., "Effects of Light-absorbing Droplets and Optical Factors on A Phase Doppler Particle Size Analyzer", In Proc. of ICLASS-'97, 942-947 (1997).
10. Ikeda, Y., Sekihara, F., and Nakajima, T., "Set-up parameter optimization of phase Doppler techniques for spray measurement", In Proc. of ICLASS-'97, 983-990 (1997).
11. Zaidi, S. H. and Altunbas, A., "A comparative study of annular two-phase flow using phase Doppler and laser diffraction techniques", In Proc. of ICLASS-'97, 975-982 (1997).
12. Tsai, R.F., Lee, C.K., Chang, K.I. (2002) A Visual Method to Quantify Droplet Geometric characteristic, 7th Annular conference on Liquid atomization and spray system-Asia (ILASS-Asia) Tainan, Taiwan, Nov, 2002, NSC 91-2212-E-150-028
13. 蔡榮鋒, 李正國, 李廣齊 (2002) 量測液滴幾何特性的視覺方法, 中華民國第二十六屆全國力學會議, 虎尾, 雲林, NSC 91-2212-E-150-028, 91 農科-2.5.3-漁-F1(16)

附錄 A FM 細水霧滅火系統測試規範

(節錄)

A.1 細水霧滅火系統防護氣體渦輪機房(小於 80m²)之測試規範

在進行許多的研究及測試後，下列的測試規範要求被提議認可細水霧滅火系統用於防護最大體積達 2825ft³(80m³)的氣體渦輪機房，這些應用包含渦輪機房附屬空間(例如汽油幫浦、汽油槽、燃料過濾器、齒輪箱、傳動軸、潤滑煞車)、緊急柴油引擎室，及其他具有相同體積限制的類似機械空間。在氣體渦輪機房的持續防護時間最少 20 分鐘，在這份文件中所敘述的其他危險空間持續防護時間最少 10 分鐘。

背景

燃燒渦輪機房被定義為具有遮蔽的氣體渦輪機的空間，當正常情況下運轉時，門是關閉的且配置自動關門裝置。密閉空間的強制通風系統會隨著火災偵測系統動作而自動關閉。火災偵測後門假設被關閉一段時間直到熱表面冷卻至無法自燃的可能性。火災被偵測後燃料的傳輸立即停止。為了取得認可，渦輪機房的防護必須配置下列的自動連結：

- 門具備自動關閉的功能
- 通風系統可停止
- 燃料供應可中斷

上述要求與海龍或二氧化碳在防護上的設計是一致的，惟根據製造商的需求，當有其他額外測試時，這些假設是可以放寬的。

偵測作動後，渦輪機的運轉將逐漸的停止，且所有的控制油、潤滑油幫浦及閥門將儘可能立即關閉。因此當渦輪機緩慢停止運轉時，由於內部的氣體壓力而使外殼應力急速減低，外殼的內部則開始冷卻，避免引導其他燃燒的流體進入渦輪機內部空間。

由於丙烷(或天然氣)、柴油燃料、潤滑油或其他控制油的洩漏，其火災情境必須考量一個熱釋放率的範圍；又對於液體燃料而言需考慮噴撒火災及飛濺火災。根據系統設計，丙烷或柴油燃料的洩漏在偵測後會很快的被停

止，一個丙烷火源能繼續直到壓力供應被降低，在燃料供應關閉後柴油火災只能以油池火源形式出現。故一個潤滑油的放射及相關的噴撒火源可擴展至渦輪機完全停止運轉之前。

另一個重要事項為燃料復燃的可能性，若細水霧滅火系統無法充分冷卻熱表面，則燃料放射時會重新點燃。在一項火災測試中，模擬高溫表面及渦輪機元件的熱能力(heat capacity)，以確保不發生復燃或渦輪機不會因復燃而發生損害。目前已證實小型火災能利用細水霧滅火系統直接覆蓋而撲滅，但是在實際安裝上，由於氣體渦輪機房有多處的潛在火源位置及大量遮蔽物，這個情況不能證實可被有效撲滅。因此在標準大小的火災滅火測試中，測試火源被部分遮蔽以避免直接噴撒的影響。

一般測試要求

認可要求是由兩項要素組成，元件測試及性能基礎火災測試。因為各廠商細水霧滅火系統在操作與設計上是獨一無二的，因此細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎進行製造商設計評估，證實其提出之性能參數、元件作用及可靠度。

火災測試的認可標準如下所示：

1. 細水霧滅火系統必須能夠撲滅任何大於一般強度的火災，甚至在火源被遮蔽致細水霧滅火系統無法直接噴撒之情況下。
2. 細水霧滅火系統應不會對關鍵的渦輪機元件造成損害，一般在熱渦輪機外殼的火災熱度影響會導致渦輪機損壞，或渦輪機外殼的急速冷卻會導致過度變形。
3. 系統的操作壓力應維持在 5% 內，假如系統壓力無法控制在指定的容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制，使系統壓力在最高與最低壓力進行。
4. 細水霧滅火系統無須手動操作介入，應成功完成所有 6 個性能測試。在所有的火災測試中系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。噴撒狀態在時間上可能是連續式或循環式，在循環式噴撒的案例中，間斷的噴撒放射時間需低於

溫度回復時間。

測試設備

氣體渦輪機外殼使用一個水平的平面不銹鋼板及不銹鋼擋板模擬遮蔽效果，障礙物的特定細節及熱的質量無法進行模擬。將一個尺寸為 39.5in x 79in x 2in(1.0m x 2.0m x 5cm 厚)的水平不銹鋼板放置在 3.3ft(1m)高度，以代替實際的渦輪機外殼材料，這是一種具性延展的材質，測試鋼板是由 A36 熱軋不銹鋼構成。在鋼板的中心橫跨其厚度不同的深度裝置熱電偶。為了模擬渦輪機的底部，將不銹鋼金屬朝向不銹鋼板安裝呈 45 度。板子下的空間部分使用 5.4ft²(0.5m²)正方形不銹鋼金屬遮蔽物遮蔽，在所有的測試中除了測試 4 及測試 6，密閉空間及鋼板最初溫度應與週遭溫度相同。

A.2 細水霧滅火系統防護氣體渦輪機房(小於 260 m²)之測試規範

在進行許多的研究及測試後，下列的測試規範要求被提議認可細水霧滅火系統用於防護最大體積達 9175ft³(260m³)的氣體渦輪機房，這些應用包含渦輪機房附屬空間(例如汽油幫浦、汽油槽、燃料過濾器、齒輪箱、傳動軸、潤滑煞車)、緊急柴油引擎室，及其他具有相同體積限制的類似機械空間。在氣體渦輪機房的持續防護時間最少 20 分鐘，在這份文件中所敘述的其他危險空間持續防護時間最少 10 分鐘。

背景

燃燒渦輪機房被定義為具有遮蔽的氣體渦輪機的空間，當正常情況下運轉時，門是關閉的且配置自動關門裝置。密閉空間的強制通風系統會隨著火災偵測系統動作而自動關閉。火災偵測後門假設被關閉一段時間直到熱表面冷卻至無法自燃的可能性。火災被偵測後燃料的傳輸立即停止。為了取得認可，渦輪機房的防護必須配置下列的自動連結：

- 門具備自動關閉的功能
- 通風系統可停止
- 燃料供應可中斷

上述要求與海龍或二氧化碳在防護上的設計是一致的，惟根據製造商的需求，當有其他額外測試時，這些假設是可以放寬的。

偵測作動後，渦輪機的運轉將逐漸的停止，且所有的控制油、潤滑油

幫浦及閥門將儘可能立即關閉。因此當渦輪機緩慢停止運轉時，由於內部的氣體壓力而使外殼應力急速減低，外殼的內部則開始冷卻，避免引導其他燃燒的流體進入渦輪機內部空間。

由於丙烷(或天然氣)、柴油燃料、潤滑油或其他控制油的洩漏，其火災情境必須考量一個熱釋放率的範圍；又對於液體燃料而言需考慮噴撒火災及飛濺火災。根據系統設計，丙烷或柴油燃料的洩漏在偵測後會很快的被停止，一個丙烷火源能繼續直到壓力供應被降低，在燃料供應關閉後柴油火災只能以油池火源形式出現。故一個潤滑油的放射及相關的噴撒火源可擴展至渦輪機完全停止運轉之前。

另一個重要事項為燃料復燃的可能性，若細水霧滅火系統無法充分冷卻熱表面，則燃料放射時會重新點燃。在一項火災測試中，模擬高溫表面及渦輪機元件的熱能力(heat capacity)，以確保不發生復燃或渦輪機不會因復燃而發生損害。目前已證實小型火災能利用細水霧滅火系統直接覆蓋而撲滅，但是在實際安裝上，由於氣體渦輪機房有多處的潛在火源位置及大量遮蔽物，這個情況不能證實可被有效撲滅。因此在標準大小的火災滅火測試中，測試火源被部分遮蔽以避免直接噴撒的影響。

一般測試要求

認可要求是由兩項要素組成，元件測試及性能基礎火災測試。因為各廠商細水霧滅火系統在操作與設計上是獨一無二的，因此細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎進行製造商設計評估，證實其提出之性能參數、元件作用及可靠度。

火災測試的認可標準如下所示：

1. 細水霧滅火系統必須能夠撲滅任何大於一般強度的火災，甚至在火源被遮蔽致細水霧滅火系統無法直接噴撒之情況下。
2. 細水霧滅火系統應不會對關鍵的渦輪機元件造成損害，一般在熱渦輪機外殼的火災熱度影響會導致渦輪機損壞，或渦輪機外殼的急速冷卻會導致過度變形。
3. 系統的操作壓力應維持在 5%內，假如系統壓力無法控制在指定的容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制，使系統壓力在最高與最低壓力進行。

4. 細水霧滅火系統無須手動操作介入，應成功完成所有 6 個性能測試。在所有的火災測試中系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。噴撒狀態在時間上可能是連續式或循環式，在循環式噴撒的案例中，間斷的噴撒放射時間需低於溫度回復時間。

測試設備

氣體渦輪機外殼使用一個水平的平面不銹鋼板及不銹鋼檔板模擬遮蔽效果，障礙物的特定細節及熱的質量無法進行模擬。將一個尺寸為 39.5in x 79in x 2in(1.0m x 2.0m x 5cm 厚)的水平不銹鋼板放置在 3.3ft(1m)高度，以代替實際的渦輪機外殼材料，這是一種具性延展的材質，測試鋼板是由 A36 熱軋不銹鋼構成。在鋼板的中心橫跨其厚度不同的深度裝置熱電偶。為了模擬渦輪機的底部，將不銹鋼金屬朝向不銹鋼板安裝呈 45 度。板子下的空間部分使用 5.4ft²(0.5m²)正方形不銹鋼金屬遮蔽物遮蔽，在所有的測試中除了測試 4 及測試 6，密閉空間及鋼板最初溫度應與週遭溫度相同。

A.3 細水霧滅火系統防護防護機械空間之測試規範

在進行許多研究及測試後，下列的性能基準草案被提議認可細水霧滅火系統用於防護體積達 9175ft³ (260m³)的機械空間及特別危險的機械空間，機械空間包含如汽油幫浦、油槽、燃料過濾器、齒輪箱、傳動軸、潤滑熱車、緊急柴油引擎室，及其他類似的危險性空間。特別危險的機械空間所包含的場所如內燃機測試間、揮發性油漆的噴撒、具臨時儲藏揮發性易燃性液體如正庚烷的機械空間。在這份文件中所敘述的全部其他危險物應防護最少 10 分鐘。

背景

在這份文件中描述的機械空間所使用的防護密閉體積不能超過 9175ft³ (260m³)，當正常情況下運轉時，門是關閉的且配置自動閉鎖裝置。機械空間的強制通風系統會根據火災偵測系統作用而自動關閉。火災偵測後門被假設關閉一段時間直到熱表面冷卻至無法自燃的可能性。火災偵測後所有

燃料及潤滑油的輸送被立即停止。為了取得認可，機械空間的防護必須配置下列的自動連結：

- 門具備自動關閉的功能
- 通風系統可停止
- 燃料供應可中斷

這些要求與海龍或二氧化碳在防護上的設計是一致的，根據製造商的需求，當有其他額外測試時，這些假設是可以放寬的。

由於丙烷(或天然氣)、柴油燃料、潤滑油或其他控制油的洩漏，其火災境況需要考量一個熱釋放率的範圍，對於液體燃料而言需考慮噴撒火災及飛賤火災。根據設計，燃料或潤滑油的洩漏在偵測後會很快的被停止，而氣體燃料火源能繼續直到壓力供應被降低，在液體燃料或潤滑油供應關閉後，火災只能以油池火災形式出現。由於設備故障或操作者疏忽，潤滑油放射及相關的噴撒火源可能進一步發展。

小型火災已被證實能靠細水霧滅火系統的直接覆蓋而撲滅；不幸的，在實際的安裝上，由於在氣體渦輪機房有多處的潛在火源位置及大量的遮蔽物，因此這個情況不能被證實可有效滅火。因此在標準大小的火災滅火測試中，測試火源被部分遮蔽以避免直接噴撒的影響。

一般測試要求

認可要求是由兩個項目組成，元件測試及性能基礎火災測試，因為每一樣細水霧滅火系統在操作與設計上是獨一無二的，因此細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎進行製造商設計評估，驗證其提出性能參數、元件作用及可靠度。

火災測試的認可標準如下所示：

- (1) 細水霧滅火系統必須能撲滅任何大於 1MW 強度的火災，甚至在火源被遮蔽致細水霧滅火系統無法直接噴撒情況下。

- (2)系統的操作壓力應維持在±5%內，假如系統的壓力無法控制在指定的容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制，使系統壓力在最高與最低壓力進行。
- (3)細水霧滅火系統應在無須手動操作介入下成功完成所有 4 個性能測試。在所有的火災測試中系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，關於噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。噴撒狀態在時間上可能是連續式或間歇式，在間歇式噴撒的案例中，間斷的噴撒放射時間將低於溫度回復時間。
- (4)機械空間的防護噴頭僅能安裝在天花板層。噴頭的配置應具有相同的間距。噴頭與牆壁の間距為噴頭間間距的一半。

測試儀器

機械空間內的設備使用一個水平的平面不銹鋼板及不銹鋼擋板模擬遮蔽效果(見圖 A-3-1)，障礙物的特定的細節及熱的質量無法進行模擬。

一個水平的不銹鋼板尺寸為 39.5in×79in×2in (1.0m× 2.0m×5cm 厚)被放置在 3.3ft(1m)高度(FMRC 所選擇的位置上)，這是一種易延展的鐵，測試鋼板是由 A36 熱軋不銹鋼構成。鋼板的中心橫跨其厚度被裝置熱電偶在不同的深度。不銹鋼金屬朝向不銹鋼板安裝呈 45 度。低於板子的空間部分被使用 5.4ft²(0.5m²)正方形不銹鋼金屬遮蔽物遮蔽。除了測試 4 及測試 7 在所有的測試中密閉空間及鋼板最初溫度與週遭溫度相同。

A.4 細水霧滅火系統防燃氣渦輪機、機械空間及體積超過 260m³ 之特別危險機械空間之測試規範

在相當多的研究及測試後，下列的性能基準草案被提議認可細水霧滅火系統用於防護燃氣渦輪機機械空間及圍壁空間體積超過 260m³ 的特別危險機械空間(注意：這項測試的程序類似 IMO 所提出的測試程序綱要)。機械空間包含的危險源如輔助渦輪機室、油料幫浦、油料儲槽、燃料過濾器、齒輪箱、傳動軸、潤滑煞車及柴油引擎室。特別危險的機械空間包含的場

所如內燃機引擎測試間、臨時儲藏揮發性、易燃性液體(類似正庚烷)的機械空間。系統防護渦輪機時應提供渦輪機逐漸停止運轉持續時間的完全防護。在機械空間及特別危險的機械空間，系統應提供最少 60 分鐘的防護。這些機械空間較短時間防護的認可，由 FMRC 根據額外的測試、重新檢討以及製造商提出的相關證明文件來判定。

一般測試要求

細水霧滅火系統的性能評估包括兩個項目：元件測試及性能基礎火災測試。因為每一套細水霧系統在操作及設計上是獨一無二的，因此細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎進行製造商設計評估，驗證其提出性能參數、元件作用及可靠度。

下列的標準必須符合先前進行的測試：

1. 製造商應提供 FMRC 完整的細水霧滅火系統設計、安裝及維護手冊，手冊應敘述使用在不同室內配置的尺寸參數細節。
2. 噴頭的配置應具有相同的間距。噴頭距牆壁間距應相同，可取主要間距的一半。牆上配置型噴頭只被允許應用在燃氣渦輪機。
3. 系統的操作壓力應可維持在 $\pm 5\%$ 內，假如系統的壓力無法控制在指定的，容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制，使系統壓力在最高與最低壓力進行。
4. 細水霧滅火系統要獲得機械空間及特別危險的機械空間的認可，應成功的完成火災測試#1 至火災測試#8。細水霧滅火系統要獲得燃氣渦輪機的認可，應成功完成 8 個火災測試及熱傳輸測試。另外對於隔離渦輪機的防護是一項額外選擇應用，在這項應用中，應包含兩個額外的火源要求(包含隔離墊)，當進行火災測試時所有的系統應自動動作無需手動介入。在所有的火災測試中系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進

行，噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。噴撒可能是連續式或間歇式，FMRC 認可的感熱式探測器被要求使用。

5. 為了確保細水霧滅火系統能成功撲滅火災以及將復燃的機會降至最低，密閉空間所裝設 FMRC 認可的細水霧滅火系統需配裝下列的自動連結：

- 門具備自動關閉的功能
- 通風系統可停止
- 燃料供應可中斷
- 電氣系統停止

根據製造商的要求，部份或所有的限制在經過額外的測試、重新檢討及廠商所提出的證明文件驗證下，可能被放寬。

測試密閉空間

應在製造商指定的最大密閉空間區域進行測試，密閉空間具有等長的邊，然而長方形的區域亦被考慮；此外 FMRC 可能限制認可的範圍，根據在非對稱區域進行火災測試的結果。一個尺寸為 6ft 6in×6ft 6in (2m× 2m)的開口應安裝在一面牆上，如圖 A-4-1 所示，天花板高度限制在 16ft 5in(5m)或 24ft 7in(7.5m)以下。在 FMRC 決定下，在較小的密閉空間可進行額外的火災測試以證實製造商的尺寸參數。

將機械空間的模型置於測試密閉空間的中心，在這個長方形密閉空間的案例中，FMRC 保留改變涉及密閉空間外觀比例的機械模型裝置配置的權利。

機械模型裝置

機械模型裝置的尺寸為長 9ft 10in(3m)寬 3ft 3in(1m)高 9ft 10in(3m)，由最小厚度 0.2in(5mm)的薄不銹鋼製造，兩個最小直徑 12in(0.3m)，長 9ft 10in(3m)的管子附在裝置上去模擬障礙物，一個寬 2ft 3in(0.7m)的相同固體

連接到裝置，提供一個障礙允許遮蔽的火災測試進行。

火災測試

一般要求

1. 在所有的測試應使用最小的噴頭動作壓力(如製造商所指定)。
2. 所有的測試應使用最大的噴頭間距。包括從牆壁使用噴頭的最大天花板間距，牆上配置噴頭的最大噴頭間距只使用在燃氣渦輪機的案例。
3. 對於所有的測試，天花板、樓地板及牆壁應被乾燥，只允許週遭的濕氣存在，測試室的相對溼度不應與週遭的相對溼度明顯不同。
4. 測試室在開始測試前的週遭溫度應在 75°F與 85°F(24-29°C)間。局部熱或冷的地點是不允許的，所有非火災導致的氣流都應排除。
5. 所有的燃料需在週遭溫度介於 75°F與 85°F(24-29°C)間，預燃時間(火源被點燃到細水霧滅火系統藥劑放射的時間)應如下所示：
 - 疊架火源-30 秒
 - 油池火源-120 秒
 - 噴撒火源-10 秒
6. 對於燃氣渦輪機的應用，直到火災被撲滅或渦輪機逐漸停止運轉的時間，無論哪個較短，這些測試將被進行。對於機械空間的應用，除非火災被撲滅或細水霧滅火系統放射 50%的時間長度，無論哪個較短，這些測試將被進行。

A.5 細水霧滅火系統防護濕洗台之測試規範

範圍

這些火災測試要求的範圍是用來證實，固定式火災滅火系統使用在濕

洗台應用以及其他受到 FMRC 認可的處理工具之設計與計算方法。在這份文件中所描述的全部火災測試應成功完成以獲得認可。此外對於之前獲得認可的所有系統元件將進行可靠度與性能測試。

在這份文件中所考慮使用的滅火媒介為細水霧、二氧化碳與清潔氣體(clean agent)，除了濕洗台，其他處理的設備包括自旋乾燥機(spin rinse dryers)、蒸氣旋乾設備(alcohol vapor dryers)、化學機械研磨(chemical mechanical polish tools)、步進機(step and repeat exposure systems)。基本上根據測試的統計結果，固定的火災滅火系統的特性應被記錄，當成其相關的性能。這些特性可能包括火災滅火系統的種類、噴頭數量、噴頭高度、最小的噴頭壓力、流量、滅火媒介的濃度及媒介的傳輸密度。

注意：固定式火災滅火系統的安裝，基本上是根據由火災測試要求的設計及計算方法證實。

I. Ventilated Subsurface (Plenum) Tests

測試規範：

濕洗台模型應安裝在 FMRC 仿製的潔淨室環境。

開口氣流面向濕洗台：最大氣流如製造廠商所指定(最大的氣流應為 150cfm/linear ft (14m³/min/linear m)，較高的氣流量應為 50ccfm/linear ft (4.5m³/min/linear m)的增加量。

聚丙烯燃料：固體連結的小珠

易燃性液體燃料：丙酮、異丙醇(IPA)及正庚烷

測試#1-1：直徑 4in 的聚丙烯油池火災

測試要求：一個裝有固體聚丙烯燃料直徑 4in 的盤子應放置於下層面(Sub-surface)空間內 FMRC 所選擇的位置上。將燃料點燃且允許達至一個穩定的狀態條件，系統使用具探測功能的開放式噴頭來殷動藥劑釋放，探測器應

被停止作用且滅火系統應在預燃 30 秒後以手動方式啟動。

接受標準：火災滅火系統應在 60 秒內撲滅火災，時間是從第一顆噴頭放射滅火藥劑出現開始計算，滅火時間應與使用滅火藥劑及系統設計一致，但不能超過 60 秒。

A.6 細水霧滅火系統防護輕度危險工作場所之測試規範

在相當多的研究及測試後，下列的性能基準草案被提議認可細水霧滅火系統用於防護輕度危險工作場所。在這項標準範圍內典型的輕度危險工作場所如同 Factory Mutual Loss Prevention Data Sheet 2-8N 所定義的一樣。這個應用在密閉空間天花板高度限制為 8RR(2.4m)；在無限制區域(unrestricted area)天花板高度限制為 16ft(5m)(注意：包括密閉空間)。在最大的額定動作壓力下，水量的供應應能提供最遠端 9 顆噴頭放水 30 分鐘。

一般測試要求

細水霧滅火系統的性能評估包括兩個項目：元件測試及性能基礎火災測試。因為每一套細水霧系統在操作及設計上是獨一無二的，細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎，依製造商的設計計算結果，所指出的性能參數以及元件的功能性及可靠度將被證實。

下列的標準必須符合先前進行的測試：

1. 製造商應提供 FMRC 完整的細水霧滅火系統設計、安裝及維護手冊，手冊應敘述在不同室內配置的尺寸參數細節。
2. 個別的噴頭應包括易熔或玻璃球裝置以符合 FMRC 快速反應撒水頭的標準，噴頭的正常動作溫度不應超過 225°F(107°C)。
3. 噴頭的配置應具有相同的間距。噴頭距牆壁間距可取主要間距的一半。
4. 系統的動作壓力應維持在±5%內，假如系統的壓力無法控制在指定

的容許誤差內，火災測試將使用外部的去控制系統壓力在最高與最低壓力進行。

5. 細水霧滅火系統無須手動操作介入應成功完成火災測試扭 及火災測試#2，對無限制的區域，無須手動介入，應成功完成所有 5 個火災性能測試的系統評估。在所有的火災測試中系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。

測試室

測試室#1.小防護區域

小防護區域的尺寸為 10ft×13ft×8ft (3m×4×2.4m)，在這個防護區域中安裝一個尺寸為寬 2ft 6in(0.8m)、高 7ft 2in (2.2m)的出入口，出入口不設置門。

該防護區域的牆應從一個最小 0.5in (13mm)厚的不燃牆板背後，裝配最小厚度 2in (45mm)的 mineral wool 隔離，牆板用 0.125in (3mm)厚的建築板覆蓋，防護區域的天花板由 cellulosic acoustical tiles 構成，天花板鋪瓦的厚度大約是 0.5in(13mm)。

測試室#2-大防護區域

大防護區域應具有相同邊長，測量面積不能大於 400ft² (37m²)及 8ft (2.4m)高。製造商應指定牆的長度，然而在一個未受限制區域的系統評估，應在一個 400ft² (37m²)的區域測試。該防護區域應裝置 2 個出入口，出入口住於室內轉角的斜對面(如圖 A-6-2 所示)，每一個出入口尺寸寬 2ft 6in (0.8m)高 7ft 2in(2.2m)，出入口不應包含門。

該防護區域的牆應從一個最小 0.5in(13mm)厚的不燃牆板背後，裝配最小厚度 2in (45mm)的 mineral wool 隔離，牆板被最小厚度 0.125in (3mm)的建築板覆蓋，防護區域的天花板由 cellulosic acoustical tiles 構成，天花板鋪瓦的厚度大約是 0.5in(13mm)。

測試室#3-開放空間

為了模擬一個連續的開放空間天花板最少 860ft^2 (80m^2)，測試區域應在一個具有足夠區域與高度且不會影響測試的測試間內。測試區域的天花板應由 cellulose acoustical tiles (FSI 25) 架構，天花板鋪瓦的厚度大約 0.5in (13mm)。

燃料

燃料#1—架式床鋪

架式床鋪由兩個單位組成(較上層及較下層床鋪)。每一個床鋪由三個部分組成：不銹鋼架、床墊與枕頭。床墊由 $6\text{ft } 6\text{in} \times 2\text{ft } 7\text{in} \times 4\text{in}$ ($2 \times 0.8 \times 0.1\text{m}$) 具有棉織品套子的聚酯泡棉(polyester foam)組成，枕頭由 $1\text{ft } 8\text{in} \times 2\text{ft } 7\text{in} \times 4\text{in}$ ($0.5 \times 0.8 \times 0.1\text{m}$) 具有棉織品套子的聚酯泡棉(polyester foam)組成，枕頭放置在小防護區域內面向出入口處，兩個架式床鋪被使用在小防護區域內，室內每一邊各一個。

燃料#2—轉角的疊架及仿製的家具

轉角的疊架燃料是由木製臺架及兩件仿製家具組成，使用小量的正庚烷來點燃疊架且使用小量的木頭細鉤花(wood excelsior)來點燃仿製家具。

木製疊架的尺寸為 $1\text{ft} \times 1\text{ft} \times 1\text{ft}$ ($0.3 \times 0.3 \times 0.3\text{m}$)，重量約 13lb (6kg)，疊架由 4 個 $2 \times 2\text{in}$ 乾燥松木或帶皮木材(fur lumber)相同的 8 層組成。相同的木材層應放置與前後相接的層正確的角度，個別的木頭層應以平均的間隔沿著前一層的一段緊緊繫牢在一起，先前被測試的疊架濕氣應在 3-4 百分比間，疊架被置於距離每一面牆 1in 的不銹鋼盤上，不銹鋼盤的尺寸為 $1 \times 1 \times 4\text{in}$ 。

仿製家具由 2 個 3in (76mm) 厚未覆蓋的聚酯泡棉座墊組成，密度大約是 1.0 lb/ft^2 (18kg/m^2)，尺寸為 $3\text{ft} \times 3.25\text{ft}$ ($0.9 \times 1.0\text{m}$)，每一個附屬於各自的木製框架。每一個木製框架具有長方形膠合板覆蓋，尺寸大約為 $32 \times 30\text{in}$

(810mm×760mm)，泡棉座墊被釘在上面，仿製家具的位置如圖 A-6-4 所示。

大約 4 盎司(120 克)的細砲花被零散的撒在地板面鄰近每一個墊子的前方。

如同先前的測試，0.25in(5mm)基部的水放置在盤中，0.05 加崙(0.2 公升)的正庚烷漂浮在水上，然後將疊架放進在盤內，測試開始時正庚烷被點燃，在正庚烷點燃 40 秒後，細砲花被點燃。

燃料#3－沙發

每組沙發由 3 個部分組成：2 月床墊及一個不銹鋼架，床墊由 6ft 6in×2ft 7in×4in (2×0.8×0.1m)具有棉織品套子的眾酯泡棉(polyester foam)組成，這項測試配置是由 4 個沙發所組成(如圖 A-6-5 所示)。

火災測試

一般要求

在所有的測試中應使用最小的噴頭動作壓力(如製造商所指定)，壓力應使用旁通管來建立及維護。

1. 在所有的測試中，除了火災測試#1，應使用最大的噴頭間距。包含使用距離牆壁的最大噴頭間距。
2. 對於所有的測試，天花板、棲地板及牆壁應被乾燥，只允許週遭的濕氣存在，測試室的相對溼度不應與週遭的相對溼度明額不同。
3. 測試室在開始測試前的週遭溫度應在 75°F 與 85°F(24-29°C)間。局部熱或冷的地點是不允許的，所有不利火災的因素包括氣流都應屏除。

A.7 細水霧滅火系統防護工商業用油鍋之測試規範

範圍

這份文件是細水霧滅火系統防護工商業用油鍋的火災測試性能基準草案。關於這份文件的細水霧滅火系統應用，只限於防護工商業用油鍋。這項應用不包含其他設備的防護，如排煙管道、加熱器、熱交換機、食品處理或食品準備區。這些被提議的性能測試必須成功完成，但對於 FMRC 認可的系統，這些條件並不足夠，可利用其他的評估，例如進行元件測試，當成分別認可的一部份。

背景

工商業用油鍋是典型的、非隔離的油炸煎鍋或一組有蓋的油鍋 (occasional batch kettles)，使用在食品處理工廠，如雞、魚、馬鈴薯產品、油炸圈餅及其他許多產品。這些油鍋的大小配置極端的不同，由標準廚房或餐廳用油鍋或油炸煎鍋構成，且要求不同種類的滅火系統。

工商業用油鍋的冷卻表面積從 $50\text{ft}^2(4.6\text{m}^2)$ 到好幾百平方英尺，包含的烹調油從幾百加崙到 5000 加崙，工商業用油鍋(有蓋的鍋除外)具有可動的蓋子或頂蓋能用液壓操作開般。

正常操作時頂蓋一般住於關閉位置，但是頂蓋必須一次又一次保持開般當成正常運轉的一部份，一般具有兩個排氣管連接到頂蓋的頂端。

烹調油過熱達到自燃溫度導致的工商業用油鍋火災是很難撲滅的火災事件。雖然在工業界常安裝一個連結系統，預防油溫達自燃溫度以上，但由於系統故障或人為疏失，這類問題也可能發生，因此在這份文件中所有性能測試目標的要求是撲滅一個自燃溫度火災。自燃溫度火災是一個特別的挑戰，因為火焰在油表面快速的擴展，在撲滅上的困難則如同它所要求的，表面上的火焰被撲滅，同時必須馬上冷卻以避免複燃。

根據火災的偵測排煙機應連動以自動關閉。排煙管應使用傳統水霧系統防護，該系統被設計由細水霧滅火系統或導管中的火災偵測自動啟動操

作。

常用的烹調油其閃燃點及自燃溫度列在表 1 當作參考，菜籽油被當成蔬菜油的代表，且在火災測試中應被使用當成測試媒介，其最小的密度是 7.81b/gal (0.93kg/l)以及最小的特定溫度為 0.59BTU/lb/°F(2.5kJ/kg/°C)

常用的烹調油其閃燃點及自燃溫度列表

烹調油	閃燃點°F(°C)	自燃溫度°F(°C)
菜籽	450(232)	626(330)
玉米	490(254)	740(393)
棉花種子	486(252)	650(343)
花生	540(282)	833(445)
黃豆	540(282)	833(445)

一般測試要求

認可要求是由兩個部分所組成：元件測試及性能基礎火災測試。因為每一套細水霧系統在操作及設計上是獨一無二的，細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎。

依製造商的設計計算結果，所指出的性能參數、元件功能及可靠度將被證實。噴頭應置於工商業用油鍋的內部或外部，且其位置應根據製造商所提供的設計、安裝與維護手冊。

所有測試應在一個密閉空間中進行且開始測試時的週遭空氣溫度應在 68±20°F(20±11°C)，測試區域應具有足夠的體積不會衝擊到火災測試的結果。

性能測試由兩個階段組成，每一個階段使用不同大小的工商業用油鍋模型。第一階段測試應在最小模型進行；第二階段應在最大模型進行。在

每一個階段中應具有兩項測試：一項是評估具有下方頂蓋的滅火能力及冷卻性能，另一項測試則是具有上方頂蓋。在被考慮可以成為防護工商業用油鍋的大小測試認可前，細水霧滅火系統在每一個階段應成功完成兩項性能測試。假如前一階段的測試無法成功完成，將無法進行下一階段測試。

在每一階段所有火災測試中，系統元件、元件位置、操作條件必須保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，關於噴頭的位置、噴霧的流動及噴霧持續時間應詳細說明。

假如排煙機保持運轉，細水霧無法防止火災從排風管進入，因此排煙機被要求連結探測系統以關閉通風裝置。通風排氣測試不會進行當成認可標準的一部份。

認可標準

所有火災測試的認可標準如下所示：

1. 不管蓋子(hood)的位置在哪，細水霧滅火系統須能撲滅任何在工商業用油鍋模型內的 AIT 火源。
2. 所有可見的火焰需在細水霧系統任何噴頭放射一分鐘內撲滅，這項標準可由目視證實。
3. 細水霧滅火系統應避免導致工商業用油鍋發生明顯的熱損害。在系統完全放射後使用熱電偶測量油盤內的平均油溫，應低於 392°F(200°C)
4. 細水霧滅火系統的放射不應超過 30 分鐘。
5. 細水霧滅火系統的動作壓力應由細水霧滅火系統自動控制在 5% 內，假如系統的壓力無法控制在指定的容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制系統壓力在最高與最低壓力進行。
6. 細水霧滅火系統的放射期間，不應有過度的火災突發、油接觸水時

微小的爆炸或燃油的飛賤。在工商業用油鍋附近，不會因系統的動作導致燃油擴展而產生額外的火災危險源。為了確保能符合這項標準，進行火災測試時不允許油從工商業用油鍋噴出，這項標準要求可由目視進行。

測試儀器

工商業用油鍋模型

將兩個工商業用油鍋模型以模型 A 與模型 B 表示，每一個模型由 7/16 in(11mm)厚不銹鋼以及一個油盤及一個頂蓋組成。模型 A 的油盤尺寸為 8ft(2.44m)長、8ft(2.44m)寬及 13.5in(34.3cm)深，頂蓋尺寸為 8ft(2.44m)長、8ft 2in(2.49m)寬及 30in(76.2cm)深，頂蓋的兩端應開啟，此外在頂蓋的頂部應有一直徑為 20in(50.8cm)的穿孔模擬成排氣

管，從穿孔的中心線到頂蓋末端距離應為 4ft(1.22m)。

模型 B 的油盤尺寸為 16ft(4.88m)長、8ft(2.4m)寬及 13.5in(34.3cm)深，頂蓋尺寸為 16ft(4.88m)長、8ft 2in(2.49m)寬及 30in(76.2cm)深，頂蓋的兩端應開啟，此外在頂蓋的頂部應有兩個直徑為 20in(50.8cm)的穿孔模擬成排氣管，從穿孔的中心線到頂蓋末端距離應為 5ft(1.52m)。

支柱沿著頂蓋的長度依附，如此一來每一次測試前頂蓋位置能垂直調整。將油盤內的油以氣體燃燒器加熱達到自燃溫度，在油盤內放置數個熱電偶以測量油溫。

使用儀器 熱電偶

1. 所有的熱電偶應是 TYPE K 18 標準規格。
2. 第一排熱電偶應置於工商業用油鍋模型底部上方 2in(51mm)處
3. 第二排熱電偶應置於工商業用油鍋底部上方 4in(102mm)處。
4. 熱電偶沿著工商業用油鍋模型中心線 2ft(0.61m)間隔設置，設置位

置從工商業用油鍋模型末端開始。

測試描述

對每一項測試，一旦油盤內的油溫顯示已達到其自燃溫度(在所有熱電偶位置)且油表面已完全被火焰包覆(目視)，加熱器將被關閉，加熱器關閉後 10 秒，細水霧滅火系統將被手動起動。

每一項測試後，將燃燒油完全排出，下一次測試時使用新油。

A.8 細水霧滅火系統局部放射防護之測試規範

應用範圍：

成功通過這份文件所敘述之火災境況的細水霧滅火系統，應被限制於撲滅下列種類的火源：

- 可燃性液體油池火源液體的釋放應侷限在排水道區域(dike area)，整個排水道區域的表面應受到細水霧滅火系統的防護。
- 可燃性液體管道火源所在的管道不能超過細水霧製造商指定的最大寬度以及不限制管道長度。
- 部分的遮蔽可燃性液體火源。
- 可燃性或易燃性液體燃料供給的 6MW 噴撒火源。
- 易燃性液體燃料供給的 6MW 噴撒火源。
- 噴撒火源與油池火源結合。
- 噴撒火源具有點火源在防護區域外的可能性。
- 可燃性液體殘渣(墨水及 paper dust)在 print presses。

上述所指定的可燃性液體一般被 NFPA 歸類於 Class II 的液體。申請人

想要防護具有揮發性、易燃性液體(類似正庚烷)的特別危險設備必須進行下列的火災境況，在這裡以正庚烷替代柴油來進行測試。

一般測試要求

認可要求是由兩個項目組成，元件測試及性能基礎火災測試，因為每一樣細水霧滅火系統在操作與設計上是獨一無二的，因此細水霧滅火系統的元件測試應以個案為基礎進行製造商設計評估，驗證其提出性能參數、元件作用及可靠度。

火災測試的認可標準如下所示：

- (1)細水霧滅火系統須能撲滅這份文件所有的七個火災境況。對於每一項火災境況，所有測試的系統元件、元件位置及操作條件應保持不變。所有火災測試將依製造商的設計手冊進行，關於噴頭的位置、噴撒的流動及噴撒持續時間應詳細說明。噴撒狀態在時間上可能是連續式或間歇式，在間歇式噴撒的案例中，間斷噴撒放射時間不會低於溫度回復時間。
- (2)系統的操作壓力應可維持在 $\pm 5\%$ 內，假如系統的壓力無法控制在指定的容許誤差內，火災測試將使用其他的方法去控制系統壓力在最高與最低壓力進行。

指定的預燃時間後所有的細水霧系統應以手動方式啟動，所有的噴頭應在其最大的防護空間安裝。

火災境況與測試配置

(1)正方形柴油油池火源

油池大小：3.3×3.3ft (1×1m)，6.6×6.6ft (2×2m)，9.8×9.8ft (3×3m)

一般系統說明

- a)噴頭應位於油池上方相同的格架模型中。

b)在格架中的全部噴頭數量與油池區域的比率應與保持固定。

c)對所有油池尺寸，在油池上方的噴頭格架高度應保持固定。

d)噴撒覆蓋區域與油池區域的比率應保持固定。

預燃時間：在油池中火災完全發展後 30 秒

通過/失敗標準：火災應被撲滅工滅火時間不應受到油池大小的影響，應在 $\pm 30\%$ 內。

火源測試 1.1：3.3×3.3ft(1m× 1m)油池 最大噴頭高度

火源測試 1.2：6.6×6.6ft(2m× 2m)油池 最大噴頭高度

火源測試 1.3：9.8×9.8ft(3m× 3m)油池 最大噴頭高度

火源測試 1.4：9.8×9.8ft(3m× 3m)油池 最小噴頭高度

對於測試的油池火源噴頭的安裝標準應保持不變，對於全部八個測試在火災境況 1 每一項測試應重複。

(2)管道柴油油池火源

油池大小：Y×Y，Y×2Y 及 Y×3Y，Y 是細水霧系統製造商定義的最大的管道寬度。

一般系統說明

a)噴頭應沿著兩個相鄰的管道蛙設置。

b)全部噴頭數量與管道區域的比率應與保持固定。

c)對所有油池尺寸，在管道上方的噴頭高度應保持固定。

d)噴撒覆蓋區域與管道區域的比率應保持固定。

預燃時間：在管道中火災完全發展後 30 秒

通過/失敗標準：火災應被撲滅工滅火時間不應受到管道的長度影響，應在

±30%內。

火源測試 2.1：Y×Y 油池 最大噴頭高度

火源測試 2.2：Y×2Y 油池 最大噴頭高度

火源測試 2.3：Y×3Y 油池 最大噴頭高度

火源測試 2.4：Y×3Y 油池 最小噴頭高度

對於測試的油池火源噴頭的安裝標準應保持不變，對於全部八個測試在火災境況 2 每一項測試應重複。

(3)庚烷噴撒火源

火源大小：一個單獨的 6MW 噴撒火源。

預燃時間：庚烷噴撒被點燃後 15 秒。

通過/失敗標準：火災應被撲滅。

這些測試將在庚院以水平軸及垂直軸噴撒進行(見圖 A-8-3)。

火源測試 3.1：水平噴撒 最大噴頭高度

火源測試 3.2：水平噴撒 最小噴頭高度

火源測試 3.3：垂直噴撒 最大噴頭高度

火源測試 3.4：垂直噴撒 最小噴頭高度

對於全部八個測試在火災境況 3 每一項測試應重複。

(4)6.6×6.6ft(2mx2m)正方形柴油油池火源結合一個 6MW 柴油噴撒火源油池上方的噴撒火源配置：

油池上方的噴撒火源配置：

(a)水平突出且位於油池中心上方 3.3ft(1.0m)(見圖 A-8-4)。

(b)從水平突出呈 45 度且位於油池中心上方 3.3ft(1.0m)

(c)水平突出且位於油池上方 3.3ft(1.0m) (見圖 A-8-6)

(d)從水平突出呈 45 度且位於油池上方 3.3ft(1.0m)，偏位(0.5m)。

(e)水平突出且住於油池上方 1ft(0.3m)

細水霧系統配置：與 6.6×6.6ft (2m×2m)正方形柴油火源相同。

預燃時間：火焰擴展到整個油池區域後 15 秒，油池上方的柴油噴撒被開始實施與點燃，15 秒後掬水霧系統被殷動。

通過/失敗標準：油池火源與噴撒火源兩者皆應被撲滅。

測試 4.1：如上列 a)所述 最大噴頭高度

測試 4.2：如上列 b)所述 最大噴頭高度

測試 4.3：如上列 c)所述 最大噴頭高度

測試 4.4：如上列 d)所述 最大噴頭高度

測試 4.5：如上列 e)所述 最大噴頭高度

對於火災境況 4 的全部 10 個測試其每一項測試應重複。

(5)阻礙的 9.8×9.8ft(3m×3m)正方形柴油油池火源

阻礙物：一個空的上下封閉的金屬圓桶被置於油池上方的中心 1.6ft (0.5m)，圓桶的直徑 2ft(0.6m)，高 3ft(0.9m)。

細水霧系統配置：與 9.8×9.8ft (3m×3m)正方形柴油火源相同。

預燃時間：在油池的火源完全發展後 30 秒。

通過/失敗標準：火源被撲滅。

*小型通風孔被置於圓桶邊避免圓桶的壓力過大。

測試 5.1：最大噴頭高度

測試 5.2：最小噴頭高度

對於火災境況 5 的全部 4 個測試其每一項測試應重複。

(6)offset 3.3×3.3ft (1m×1m)正方形柴油油池火源

細水霧系統配置：與 6.6×6.6ft (2m×2m)正方形柴油火源相同

火源位置：火源被置於防護區域中最少氣霧流動的位置。

預燃時間：在油池的火源完全發展後 30 秒。

*通過/失敗標準：火源被撲滅。

測試 6.1：最大噴頭高度

測試 6.2：最小噴頭高度

對於火災境況 4 的全部 4 個測試其每一項測試應重複。

(7)具有一個外部的點火源的 6MW 柴油噴撒火源

細水霧系統配置：與 6.6×6.6ft (2m×2m)正方形柴油火源相同。

噴撒火源配置：水平突出，位於防護區域中心，樓地板上方 1.0m(見圖 A-8-10)。

外部點火源：一個丙院火把被置於一個垂直平面，與噴頭中心軸垂直上距噴頭 9.3ft (2.85m)，10in(0.25m)長的火把燃料的基部直徑應為 1in (25mm)且住於地板面上方 2.5ft(0.75m)，丙院燃料應從水平向上針 30 度。一個寬 10in(0.25m)、高 4.1ft(1.25m)、厚 0.125in(3mm)的鋼板應直接置於丙烷供應的前方，在火把燃料與鋼板間的水平均衡距離應為 1ft(0.30m)。

預燃時間：庚烷噴撒被點燃後 15 秒。

*通過/失敗標準：噴撒火源被撲滅。

測試 7.1：最大噴頭高度

測試 7.2：最小噴頭高度

對於火災境況 7 的全部 4 個測試其每一項測試應重複。

(8)其他

在 FMRC 的考慮下，根據前述的火災境況性能驗證，其他的火災測試境況應被要求。

附錄 B UL2167 細水霧滅火系統相關測試 規範(節錄)

40 船上機械空間火災測試

40.1 概述

40.1.1 本節所述的測試方法，目的是評估防護船上 A 類引擎室及貨物幫浦室時，全區放射時細水霧噴頭的滅火性能，如表 B-6。

表 B-6 船上 A 類引擎室分類

等級 (Class)	實際體積
1	500m ³ (17660ft ³)
2	3000m ³ (105950ft ³)
3	> 3000m ³ (105950ft ³)

40.1.2 本節所採用的系統，在 Class1 及 Class2 引擎室使用天花板配置 (ceiling-mounted) 噴頭，在 Class2 引擎室使用多層噴頭，這樣的噴頭可用來與分離船底區域的火災防護系統結合。在這裡噴頭不直接使用來降低特定危險物的危害，然而當參考製造商設計及安裝手冊時，其餘的噴頭須沿著防護區域週邊安裝以防護開口。

40.3 測試密閉空間需求

40.3.1 對於 Class1 的引擎室，火災測試應在一個尺寸為 10x10x5m(32.8x32.8x16.4ft) 的測試密閉空間進行。透過一個最小

2x2m(6.6x6.6ft)的門開啟提供通風條件。

40.3.2 對於 Class2 的引擎室，應在樓地板區域大於 100m²(1080ft²)的測試密閉空間進行火災測試。天花板高度介於 5-7.5m(16.4-24.6ft)間，最大體積 3000m³，透過一個最小 2x2m(6.6x6.6ft)的門開啟提供通風條件。

40.3.3 對於 Class3 的引擎室，應在最小樓地板區域 300m²，(3230ft²)的開放空間進行火災測試，天花板高度超過 10m(32.8ft)，一個天花板區域最少 10x10m(32x32ft)，空氣的供應沒有限制。

41 船上客艙的火災測試

41.1 概述

41.1.1 用於船上客艙區域最大區域 12m²(129ft²)或走廊最寬 1.5m(4.9ft)的細水霧噴頭應符合本節所述的客艙火災測試方法。當細水霧噴頭用在大於 12m²(129ft²)的船上客艙區域，應進行 42 節所述大於 12m²(129ft²)的船上客艙區域之火災測試。

41.2 火災測試

41.2.1 下列在 4 個客艙及 3 個走廊的火災測試，在製造商規範的最小操作壓力下，應使用一個自動啟動的噴頭進行。火源使用一個 75mm，隔熱纖維板點燃，纖維板浸在 115ml 的庚烷並使用塑膠袋包裹。對於走廊火災測試，點火器置於測試架的一邊，堆積泡棉材料基部的中心

a) 架式床鋪下部的火災測試。具有點火器的火源安排在一個架式床鋪下部枕頭中心線的前方(面向門口)。

b) 架式床鋪上部的火災測試。具有點火器的火源安排在一個架式床鋪下部枕頭中心線的前方(面向門口)。

c) 縱火火災測試。火源 30 秒前點燃，接著靠 1L(0.26)白酒(white spirits)均衡擴展遍及一個較低的架式床鋪及靠背。點火器放置在一個較低的架式床

鋪、枕頭中心線的前方(面向門口)。

d)無作用噴頭火災測試。在客艙中的細水霧噴頭被解除功能，具有點火器的火源放在一個架式床鋪下部枕頭中心線的前方(面向門口)。

e)在一個噴頭下的走廊火災測試。火源被放置噴頭下以防護走廊牆壁。

f)在二個噴頭間的走廊火災測試。火源被放置在二個噴頭間以防護走廊牆壁。

9)通風火災測試。在走廊中心處的樓地板與天花板正中央，周圍空氣速度為0.3-0.4m/s(1-1.33ft/s)，重複進行最壞狀況下的走廊火災測試(e)或(f)。

41.3 測試配置

41.3.1 火災測試被進行在一個 3x4x2.4m(10x13x8ft)的天花板中心進行連接到一個 1.5x12m(5x39.4ft)長，2.4m 高的走廊，走廊及客艙的牆壁使用 12.7mm(0.5in)厚的壁板架構。在客艙牆上設有關閉的窗戶以便於觀察火災測試進行狀況。

42 大於 12m² 的船上客艙

42.1 概述

42.1.1 當根據 42.2.1-42.5.5 測試時，安裝在大於 12m² 的船上客艙的細水霧噴頭應符合下列的標準：

a)天花板表面後 6.4mm(0.25in)處的最大天花板溫度不應超過 260°C(500°F)。

b) 天花板下 76mm(3in)處的最大天花板溫度不應超過 260°C(500°F)。

c)起火物不應完全燒毀。

d)在客艙不應發生閃燃。

e)在災中動作的最大噴頭數量，不應超過製造商安裝手冊的最大設計規範

42.2 測試配置

42.2.1 這些火災測試應在邊長相等，高 2.4m(8ft)、以及樓地板面積最少 24m²(260ft²)且不超過 80m²(860ft²)的室內進行。在室內兩個對面的轉角裝設有出入口的開口，每一個開口寬 0.8m(2.6ft)，高 2.2m(7.2ft)，在開口上提供 200mm(8in)的過樑。室內的牆壁由最少 12.7mm(0.5in)厚的牆板所架構。

42.3 火源

42.3.火源由木製車架及仿製家具組成，木製車架使用庚烷的油盤點燃;仿製家具使用 2 個長 15cm(6in)直徑 6.4mm(0.25in)浸在庚烷中的棉蕊點燃。

42.4 噴頭的安裝

42.4.1 在每一項測試中，細水霧噴頭根據製造商的設計及安裝手冊安裝在測試空間內。每一個噴頭應配置相同的熱反應元件及溫度等級。具有探測/噴撒孔的噴頭應安裝在天花板下 75mm(3in)處或依照製造商的設計及安裝手冊之說明。噴頭與客艙封閉的牆壁間距離，應為製造商的設計及安裝手冊說明最大間距的 1/2。噴頭間距離為製造商的設計及安裝手冊規範之最大間距。

42.4.2 噴頭的位置與其支撐臂平行上與客艙牆壁垂直，除非 lightest 放射方向是容易證明的，或當噴頭的噴撒型態被證明在兩個方向是相同的，無支撐臂噴頭應被定住(orientated)，而直接衝擊火場的放射密度，則依第 14 節水的分布測試判定。

43 船上公共區域火災測試

43.1 概述

43.1.1 用於防護船上輕度危險公共空間的細水霧噴頭應符合 43.2 描述的火

災測試。用於防護船上中度危險公共空間的細水霧噴頭也應符合 43.2 及 43.3 描述的火災測試。

43.2 船上輕度危險場所

43.2.1 當依 43.2 的描述測試時，防護船上輕度危險場所的細水霧噴頭應符合下列所述。

a)43.2 所述的開放空間火災應被抑制或控制，任何單獨的測試床墊的燃燒不能超過 50%;或任一系列的開口或轉角火災測試平均的損失不能超過 35%，除了無作用的噴頭火災測試，這些測試應在相同的天花板高度進行。

a)除了無作用的噴頭火災測試，43.2 描述在轉角公共空間的火災測試，任一個沙發不應著火或燒焦。

b)43.2 所述轉角公共空間的火災測試，當靠近轉角的噴頭無作用時，任一個沙發的燃燒不應超過 50%。

c)點火源上最大 30 秒平均天花板表面溫度，使用嵌在天花板的熱電偶測量，不應超過 360°C(680°F)。最大 30 秒平均天花板氣體溫度，在天花板下 75±1mm(3in)處測量，當測量時不應超過 220°C(428°F):

1)對於開放區域公共空間火災測試，在距離點火源 1.8m(5.9ft)的 4 個位置。

2)對於轉角公共空間火災測試，從噴頭距轉角水平距離 0.2m。

43.2.2 開放區域公共空間火災測試在一個安裝天花板最少 80m²的測試空間中進行。公共空間火災測試在測試第一階段進行時天花板高度為 2.5m，第二階段進行時天花板高度為 5m。

43.2.3 公共空間轉角火災測試在兩面 4.8m(15.7ft)寬的牆構成的轉角進行，放置在牆上的膠合夾板標稱厚度為 3mm、FSI200;天花板裝有隔音的天花板壁磚，FSI25，且距離每一面轉角牆壁最少 3.6m(12ft)。

43.2.4 開放區域公共空間火災測試在天花板中心下進行，火源由四個沙發組成，沙發由尺寸 2000x800x100mm(79x32x4in)具有棉織品套的聚酯床墊構成，在底部及靠背後的沙發鋼架可裸露。床墊的詳細說明包含在 41.3.4 內，床墊個別間隔 25mm(1in)。

44 住宅區火災測試

44.1 概述

44.1.1 進行 44.2-44.4 測試時，用於住宅單位的細水霧噴頭，如 NFPA 13D (1999) Standard for Sprinkler System in One- and Two-Family Dwelling and Manufactured Homes 所述，應限制溫度如(a)-(d)的說明，同時應不超過 3 個加壓的噴頭動作。當只有一個噴頭動作時，製造商應在設計及安裝手冊具體說明最少兩個噴頭動作，當兩個或三個噴頭動作時製造商應在設計及安裝手冊具體說明最少四個噴頭動作，當測試時噴頭應限制的溫度如下：

- a) 在防護區域中心低於天花板 76mm 口處，最高溫度不應超過 316°C (600 °F)
- b) 在(a)所述的位置，樓地板上方 1.6m(63in)處，最高溫度不應超過 93°C (200 °F)
- c) 在(b)所述的住置，溫度不應超過 54°C (130 °F)超過 2 分鐘以上。
- d) 在完成的天花板表面背後 6mm(0.25in)，直接超過木製疊架中心的最大天花板溫度不應超過 260°C (500 °F)。兩個加壓的噴頭住在具有燃料包轉角的最遠距離處，位於遠離火災門處的噴頭應不會動作。

44.2 測試配置

44.2.2 測試應在 3.7x7.4x2.4m(12x24x8ft)的測試空間進行。

44.2.3 測試空間天花板使用附有長片貼條的隔音板(acoustical panels)或石膏板覆蓋。隔音板使用在 1.2x1.2m(4.4ft)的區域直接覆蓋火源，密度為

216+-24kg/m³，厚度為 12.7mm(0.5in)，當根據建築物材料的表面燃燒特性 UL723 測試標準測試時，FSI(flame spread index)為 25，對於每一項測試，新的隔音板安裝在 1.2x1.2m(4X4)的區域直接覆蓋火源。

44.2.4 測試空間透過在對面的測試空間牆上兩扇門開口供應通風，每一個開口的高度為 2.2m(7.3ft)，開口上方具有 200mm(8in)的門楣。

45 輕度危險區域火災測試

45.1 除了符合 43.2 所述的船上輕度危險區域火災測試，在製造商設計及安裝手冊所規範的天花板高度下，一顆防護輕度危險區域的噴頭，依據 45.2-45.11 所述測試時，應限制三個木製車架重量的平均損失最大至 35%

45.2 火災測試在一個具有相同透長的測試空間進行，測試空間尺寸依製造商設計及安裝手冊的規範，相當於 4 個噴頭的最大間距及最大的天花板高度。

46 中度危險場所第一群組(Ordinary Group I)火災測試

46.1 概述

46.1.1 防護中度危險場所第一群組(Ordinary Group I)區域的細水霧噴頭，應符合本節所述的開放區域及轉角火災測試境況。

46.2 開放區域火災測試

46.2.1 根據 46.2-46.4 測試時，防護中度危險場所第一群組(Ordinary Group I)物品的細水霧噴頭，應符合下列的標準。

a)天花板鋼的溫度不應在 540°C(1000 °F)以上超過 5 分鐘，當溫度超過 540°C(1000 °F)-5 分鐘時，應依據製造商的設計及安裝手冊說明，使用一個不燃的天花板結構。

b)動作的噴頭數量不應超過防護一個 93m²(1000ft²)設計區域的數量要求。

c)Class 2 的物品損壞不能超過 50%。

d)貨棧陣列的外表面不會損壞。

e)天花板不會發生閃燃或破壞。

46.3 測試配置

46.3.1 開放區域火災測試在一個測試空間進行，在一個尺寸不小於15m(50ft)的區域中，安裝一個面積最少 $232\text{m}^2(2500\text{ft}^2)$ 天花板。噴頭應以這樣的方法安裝，及除了每一顆動作噴頭外最少有一顆未動作的噴頭。

46.3.2 天花板使用一個不燃天花板嵌板覆蓋在火場上，同時依據製造商設計及安裝手冊說明設定最大的高度。但是沒有案例超過2.5m(8ft)。

46.6 轉角火災測試

46.6.1 依據46.7-46.9 測試時，防護中度危險群組1物品的細水霧噴頭應符合下列的標準。

b)貨棧陣列的損壞不能超過50%

c)另一個目標陣列的損壞不能超過5%

d)天花板不會發生閃燃或破壞。

46.7 測試配置

46.7.1 轉角火災測試在一個雙面的密閉空間進行，密閉空間具有最大的高度與最小的天花板區域，相當於4個噴頭以2x2噴頭配置所提供的覆蓋區域；或9個噴頭以3x3噴頭配置所提供的覆蓋區域。在製造商的選擇下，最大的噴頭間距應依製造商的設計安裝手冊說明。天花板安裝標示FSI of 25 隔音的天花板壁磚。

46.7.2 密閉空間具有兩道長最少6.1m(20ft)鄰接的牆形成一個轉角，安裝一個標示FSI of 200的嵌板。嵌板使用最少50mm(2in)寬、12.7mm(0.5in)厚的長片貼條(furring strips)在0.6m(2ft)中心。

47 中度危險場所第二群組(Ordinary Group 2)火災測試

47.1 概述

47.1.1 防護中度危險場所第二群組(Ordinary Group 2)區域的細水霧噴頭，應符合本節所述的開放區域及轉角火災測試境況。

47.2 開放區域火災測試

47.2.1 根據 47.2-47.5.4 測試時，防護中度危險場所第二群組(Ordinary Group 2)物品的細水霧噴頭，應符合下列的標準。

a)天花板上鋼的溫度不應在 540°C (1000 °F)以上超過 5 分鐘，當溫度超過 540°C (1000 °F) 1-5 分鐘時，應依據製造商的設計及安裝手冊說明，使用一個不燃的天花板結構。

b)動作的噴頭數量不應超過防護一個 93m²(1000ft²)設計區域的數量要求。

c)在主貨棧陣列群組 A 的塑膠物品損壞不能超過 60%。

d 在群組 A 的塑膠物品的目標陣列，塑膠杯損壞不能超過 5%。

e)目標陣列空的紙板紙盒無起火或燒焦。

47.3 測試配置

47.3.1 開放區域火災測試在一個測試空間進行，在一個沒有尺寸小於 15m(50ft)的區域中，安裝一個面積最少 232m²(2500ft²)天花板。噴頭應以這樣的方法安裝，即除了每一顆動作噴頭外最少有一顆未動作的噴頭。

47.3.2 天花板使用一個不燃天花板嵌板覆蓋在火場上，同時依據製造商設計及安裝手冊說明規範最大的高度。但是沒有案例超過 2.5m(8ft)。

47.6 轉角火災測試

47.6.1 依據 47.7-47.9.4 測試時，防護中度危險群組 1 物品的細水霧噴頭，應符合下列的標準。

- a)貨棧陣列的損壞不能超過 50%。
- b)另一個目標陣列的損壞不能超過 5%。
- c)天花板不會發生閃燃或破壞。

47.7 測試配置

47.7.1 轉角火災測試在一個雙面的密閉空間進行，密閉空間具有最大的高度與最小的天花板區域，相當於 4 個噴頭以 2x2 噴頭配置所提供的覆蓋區域；或 9 個噴頭以 3x3 噴頭配置所提供的覆蓋區域。在製造商的選擇下，最大的噴頭間距應依製造商的設計安裝手冊說明。天花板安裝標示 FSI25 隔音的天花板壁磚。

47.7.2 密閉空間具有兩道長最少 6.1m(20ft)鄰接的牆形成一個轉角，安裝一個標示 FSI 200 的嵌板。嵌板使用最少 50mm(2in)寬、12.7m(0.5in)厚的貼條長片(furring strips)在 0.6m(2ft)中心。

附錄 C 期初/期中/期末審查意見回覆表

(一) 期初審查意見回覆表

項次	審查意見	意見回覆
1	儘量利用本所場地及設備進行試驗，有關煙及熱能操作度如何，現有建築物限制如何等問題，請與本所溝通協調。	已開始和建研所溝通，且在期末報告 83 頁附錄中提供參考資料。
2	如依簡報所述，宜發展非民生建築之測試研究規劃，請評估其將來營運的可行性(如人力、耗材、維修、案件數量等等)。	此在第二年度的研究計畫建議書中提出相關需求。
3	消防單位曾邀請 FM 細水霧專家來台講習告知，並非有設計測試規範即可認可設計於設計案件上，而是需依個案評估選定部分情境，此部分請予參考。	此在期末報告中第七章之結論與建議(79 頁)已提出說明。
4	實驗數據請彙整成可讀取之電子檔案，送本所存管運用。	本計畫在第一年計畫中並未作實驗，在第二年實驗作完後會遵照辦理。
5	針對細水霧之系統研究以建立國內各家細水霧進口商之檢驗，非常有價值。	謝謝評審意見。
6	建議統一名詞使用「細水霧」取代水氣霧，規劃內容具體可行。	已遵照辦理。
7	研究成果宜偏重實用，尤其是如何應用到建築物的設計，如何驗收等。	研究成果本就偏向實用而非理論發展，至於驗收則須相關檢查人員了解該系統特性及相關實驗報告的內

		容，因此須進行相關的教育訓練。
8	建議將 NFPA、IMO、FM、UL 有關水氣霧(細水霧)之相關規範，翻譯成中文，納入研究報告之附錄。	遵照辦理，在期末報告 83 頁附錄中提供參考資料。
9	建立及培訓本所人員有關模擬、實驗(場)分析技術、建請將之形成教材或手冊，以利本所傳承。	遵照辦理，在期末報告 83 頁附錄中提供參考資料。

(二) 期中審查意見回覆表

項次	審查意見	意見回覆
1	期中報告 P.44 結論提及「撒水動作越早...煙控才能有顯著效果」，文中並未交代煙控情形，所得結論是否有排煙或無排煙狀況下？建議加以說明。	非細水霧研究計畫。
2	建議增列子計畫一期中報告第三章相關之基本假設及各節之間其假設條件是否有相衝突之疑慮。	非細水霧研究計畫。
3	細水霧滅火系統依壓力、粒徑、速度均有大、中、小之區分，請加以研究分析以茲應用。	此在期末報告中之第二、三及四章均已提出詳細說明。
4	有關細水霧後續審查或執行面所需之規範、測試儀器規格及試驗場地規模，請惠予納入報告中。	遵照辦理，在期末報告 83 頁附錄中提供參考資料。
5	建議於子計畫二中將細水霧滅火系統適用場所加以表列說明。	遵照辦理，在期末報告 16 頁已附表說明。
6	建議於報告書中將細水霧滅火系	遵照辦理，在期末報告第四章及 83

<p>統之詳細規格，諸如所產生粒徑大小、壓力等加以說明。</p>	<p>頁附錄中提供說明。</p>
----------------------------------	------------------

(三) 期末審查意見回覆表

項次	審查意見	意見回覆
1	<p>VTT 測試報告，細水霧在側風 0.5m/S 以上失效，且 FM 報告細水霧不可用於戶外，或許有其前題或針對某些產品，但側風是一個值得研究重要因素，建議測試可以加入側風測試。</p>	<p>由於在戶外測試部份爭議過大，且 FM 和 UL 相關規定並不贊同，因此本報告將戶外測試部份取消。</p>
2	<p>因此建議測試應不限於“元件”測試，應建其“系統”測試，以實場實驗為宜，例如高度、體積、火載量等都是測試項目。</p>	<p>遵照辦理，在期末報告 83 頁附錄中提供說明。</p>
3	<p>感電（非導電）仍需注意，在勞工安全衛生法內有規定，例如 161KV 可能為 120cm，69K 可能為 60cm，有細水霧時感電安全距離可能加大但未有資料可查。</p>	<p>同第 1 項審查意見回覆，另外本報告偏於建築防火消防安全技術，在實驗室作實驗應依相關安全規範辦理，謝謝評審建議。</p>
4	<p>用於圖書館需再考量，有價值的古書籍在水霧的累積下亦會受損。</p>	<p>圖書館之火災通常視為深層火災，因此仍須相關實驗驗證。</p>
5	<p>變電箱外的噴灑對變電箱沒有滅火功能。</p>	<p>在期末研討會時，台電相關人員已作說明。</p>
6	<p>Image 技術可量速度與分佈。</p>	<p>已在第五章提出。</p>
7	<p>第五章細水霧粒徑檢測技術，建議可利用飛行時間「Flight of</p>	<p>這將是未來建研所量測設備 (Malvern 和 PDPA) 量測數據與虎尾</p>

	time」因粒徑大小通過兩個光束偵測點之時間亦有所不同，已普遍用於潔淨室 particle 粒徑之量測技術，納入研究內容，並與其他量測方法作比較。	技術學院所發展技術比較的重點，謝謝評審意見。
8	細水霧系統所保護之環境是否會產生「冷凝」現象。若有，澆置上如何避免，或有哪些應用場合之限制。	細水霧作用原理絕大部份是極微細液滴轉化為氣體滅火劑，除排氧效用外亦有降溫作用，所以冷凝效果一定存在，在火場中的確須此作用，除非一些會與水作用產生強烈化學反應的場所，這在啟始設計時就應極力避免。
9	細水霧是否適用於精密機房？與初期滅火理論之衝突。	細水霧系統是海龍系列替代品之一可以用在精密機房但須先作試驗確認。另外細水物作用原理類似氣體，本就不適用於初期火災的前段，此可配合偵測系統處理。
10	細水霧與排煙是否有衝突。	須作實驗驗證，基本上應會有衝突，還是要靠實場試驗來確認影響程度。
11	動量因素對深層火災及復燃的探討，以替代 CO ² 及海龍的可行性與排煙設備的相互關係為何。	此在第二年計畫建議書已提議作相關實驗。
12	水霧多用於密閉空間，於捷運站、大空間得否使用？	可將細說水霧系統視為 CO ₂ 滅火系統，即可判斷其適用場所，其較 CO ₂ 滅火系統較佳者應在房間內部人員比較沒有窒息的危險。

13	請受委託研究單位依合約於結案前擇時就本案分析技術移轉予本所人員。	已遵照辦理。
14	招標評選會議審查委員建議將 NFPA、IMO、FM、UL 等各國水霧規範，完整翻譯成中文，放在附錄。	已遵照辦理，見期末報告 83 頁附錄。
15	有關水霧撒水分佈試驗，其撒水頭與及水盆究竟如何配置建請增列圖說。	已在期末報告第 46 頁作說明。
16	請教撒水分佈試驗中，22.5% 水量是指收集到水量的比例還是全部放水量的比例。粒徑大小量測時，量測 0.203D，其 0.203D 原理為何？	22.5% 是只收集到之水量，理論上和放射的水量應該相同。至於 0.203D 是 UL 規範要求，無法說明其原理。

水系統火災控制技術之研究 (II)

細水霧滅火系統技術研發之規劃研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 27362389

地址：台北市敦化南路二段 333 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

出版年月：九十二年十二月

版(刷)次：第一版

工本費：

GPN：1009204383

ISBN：957-01-6079-9

GPN : 1009204383
ISBN : 957-01-6079-9