

臺南市政府消防局防災新思維— 高壓細水霧幫浦消防車

Tainan City Government Fire Department's New Disaster Prevention Concept –
High-Pressure Water Mist Pump Fire Truck

圖、文：臺南市政府消防局 張高祥



圖 1、111 年七甲里韌性社區辦理兵棋推演

壹、前言

近年來隨著科技日新月異，災害類型不斷演變與推陳出新，消防救災工作著實面臨更嚴峻的挑戰。根據實驗在以往傳統建築物閃燃發生時間往往有 10 多分鐘，而現今卻大幅縮短至 5 分鐘左右，如何快速安全的抵達現場、快速搜索、布線及出水，攸關消防搶救成敗。而如何有效率的滅火，也是保障人民生命財產一項重要的課題。然不難發現很多搶救案例中水損及煙損常大於火損，是不是有更好的方法？更好的器材可以選用？我們不應該再墨守成規，應尋求突破才是。

貳、高壓細水霧設備基本介紹

本車改裝選用德國的“OERTZEN” WATER MITTING SYSTEMS，初始設計就是可安裝在各種皮卡車上。OERTZEN 公司更是世界領先

的細水霧系統之一，擁有 CE 品質認證和生產標準，在工商業領域擁有 60 多年的製造經驗，一直專注於工業和商業水流噴射系統。憑藉這些經驗，以及與消防隊和消防設備專業人員的密切切磋，OERTZEN 開發了引領潮流的產品，為消防搶救任務設定了新里程碑。

德國原廠測試相關報告

Test No.	1	2	3
Object size	34 A	34 A	34 A
Basic necessities fulfilled acc.to EN 3 – 1/3 (yes/no)	yes	yes	yes
Humidity of wood:			
Measured (average, %)	14,67	14,62	14,58
Allowed (%)	10 – 15	10 – 15	10 – 15
Requirements met (yes/no)	yes	yes	yes
Ambient temperature prior to ignition:			
Measured (°C)	18	19	19
Allowed (°C)	0 – 30	0 – 30	0 – 30
Requirements met (yes/no)	yes	yes	yes
Extinguishing time:			
Measured (min/s)	2/45	2/15	2/30
Allowed (min/s)	≤ 7	≤ 7	≤ 7
Requirements met	yes	yes	yes
Re-ignition:			
Measured (min)	> 3	> 3	> 3
Allowed (min)	≥ 3	≥ 3	≥ 3
Requirements met (yes/no)	yes	yes	yes
Total extinguishing additive consumption (water + foam agent concentrate):			
Measured (l)	32,50	27,60	21,20
Dosing rate PL-5/98 (%)	- 1	0,57	0,44
Adjustment extinguishing pistol	variable	foam pipe	foam pipe only
	water spray mist		
Test result positive (yes/no)		yes	
excl. of foam agent concentrate			

圖 2、原廠測試報告

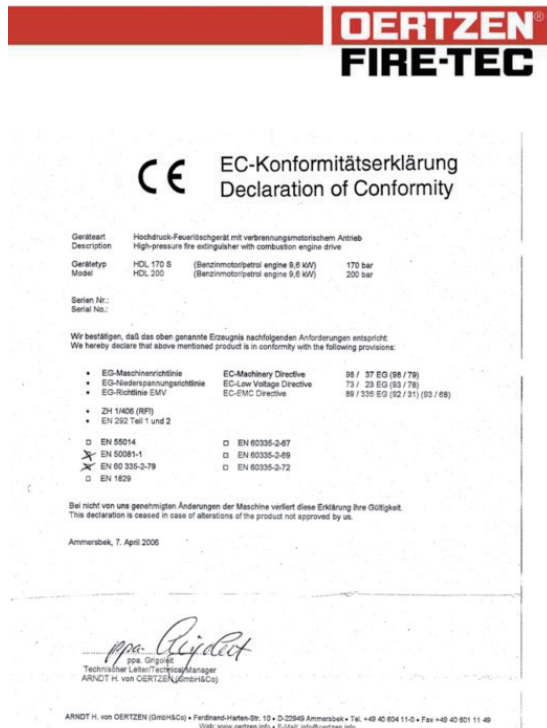


圖 3、CE 認證補充資料

OERTZEN FIRE-TEC 的高壓滅火系統通過極致霧化水分子來滅火 – 去除火的能量、冷卻和窒息。利用粒徑極為細緻的水，提高了滅火效能和效率。此外，該系統還可以應用於那些傳統上被認為難以用水撲滅的物體（油火、電火等）。一般撒水系統的水分子粒徑約為 $1,000\mu\text{m}$ ，水霧系統的粒徑約為 $500\mu\text{m}$ ，而本套高壓細設備，可以將這些水分子縮小至 50 至 $200\mu\text{m}$ ，透過多次實驗證明優異的滅火性能。

一、細水霧定義

細水霧設備早於 1880 年美國就應用於森林火災。依據 NFPA750 標準，細水霧的定義：係指細水霧噴頭於最小設計動作壓力下，其噴出之水滴粒徑應有百分之九十九小於或等於 $1,000\mu\text{m}$ 。

二、細水霧原理

（一）快速吸熱冷卻

細水霧水滴極輕的重量可大幅延長細水霧在空氣中飄浮的時間，能大

幅增加水體與空氣的接觸表面積，其總表面積變大後更容易吸收熱能，在蒸發的過程中達到滅火的功能尤其是火源根部窒息效果。

（二）高效阻隔熱能

細水霧水滴會迅速填滿火災現場空間，熱能及熱輻射的傳導會被漂浮在空氣中的細水霧強力阻隔熱能無法傳遞再配合快速冷卻周圍可燃物作用，能有效預防火災蔓延。

（三）稀釋可燃性氣體濃度

細水霧受熱蒸發成水蒸氣時，水滴體積瞬間膨脹約 1700 倍，稀釋可燃性氣體濃度，同時因熱對流循環捲入效應，細水霧容易被吸入火源根部，進而破壞火羽流（fire plum）達到滅火效能。

三、細水霧優勢

（一）高效性

水滴很小，更好地吸收熱量（ 540cal/g ），快速冷卻，達到迅速滅火的效果。

（二）節水

與傳統的水系統相比，細水霧系統使用的水量相對很少，能更有效地利用水資源。

（三）減少損害

水滴細小，能夠在滅火的同時減少對周圍設備和物品衝擊損害。

（四）安全性

細水霧系統使用的是水，相比一些其他滅火劑，它對環境和人體相對較安全。

四、細水霧與傳統撒水設備差異（以建築物 固定式系統比較）

系統分類	傳統撒水系統	細水霧系統
成分	水	水
滅水方式	撒水降溫抑制火災	快速滅火並冷卻、阻隔氧氣、洗滌濃煙
釋放時間	無限制	無限制
適用火災類型	A 類火災	A、B、C 類火災（包括機械空間、氣體渦輪機室、易燃性液體儲藏室的 B 類噴撒及油地火災）
滅火效率	抑制火災	有效滅火抑制天花板燃燒物燃燒
用水量	大，易導致大量水損	小，可降低水損二次傷害風險
防護區域（噴撒範圍）	集中於撒水頭附近區域防護範圍內	漂浮並充滿整個防護區域

參、實務研析

一、安裝實況

以分隊現有皮卡災勘車進行改裝，具有可拆卸功能，防汛期間或有救援需求時可以快速拆卸，即可進行水域救援或災情查通報等勤務。

二、火災搶救運用

（一）大樓地下停車場火災

大樓地下停車場因樓地板較低，一般消防防車無法進入，小型幫浦消防車高度 210 公分以下可克服此項限制，直接進入地下室，在最短時間內實施滅火勤務，減少火勢擴大。

（二）電動車鋰電池火災

高壓細水霧具高效阻隔熱能，針對電動車鋰電池火災，經實際以 21700 三元鋰電池芯 120 顆經加熱導



圖 4、卸下後廂



圖 5、可駛入大樓地下室



圖 6、駛入成大醫院停車場



圖 7、駛入海安地下停車場

致熱失控時，能透過輔以添加泡沫原液滅火藥劑方式，可有效完成滅火，也能迅速降溫，防止火勢擴大延燒。實際應用於國立成功大學實驗電動車滅火。

（三）古蹟建築、文物火災

古蹟與文物通常具有年代悠久、結構脆弱的特點，使用高壓細水霧可以減少水壓衝擊，避免造成損害。

（四）電器、變壓器、電纜和配電盤等火災

細水霧具絕緣性，可運用於通電中的電器設備，避免救災人員因感電造成受傷。

（五）高科技廠房火災

高科技廠房常因救災造成汙損，衍生復原重建巨大成本。高壓細水霧設備有煙塵洗滌特性，避免煙塵擴散造成更大的損失。

（六）使用限制

面對高輻射熱、高火載量火警案件時，效能會下降。建議，以細水霧能完全覆蓋的火源大小，方能達到最佳滅火成效。

三、車輛機動性

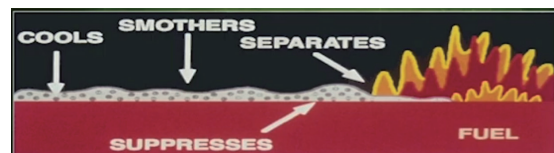
傳統消防車底盤皆為貨車底盤，初始設計為了乘載重物，因此具有比自小客車較高底盤、車寬大及車軸長等特點，使得在市區窄巷行駛的靈活度受限。以皮卡車進行改裝的高壓幫浦車，不影響車輛原本長寬高，加上皮卡車引擎具備高扭力及四輪驅動等特性，大幅提升車輛機動性，穿梭於大街小巷游刃有餘，可爭取最短時間抵達災害現場，快速進行初期人命搜救與滅火攻擊，大幅提升救災效能。

四、搭配滅火藥劑效能提升

泡沫滅火早於 70 幾年前科學家便致力

於研究，然而如何依正確的比例混合，並透過正確的發泡方式產生「Foam Blanket」是所有消防器材公司持續研究的課題。本套高壓細水霧設備，憑藉著虹吸管與柱塞式高壓噴射泵與細水霧噴頭，讓泡沫原液（Foam concentrate）、水（Water）、空氣（Air）及通氣（Aeration，機械攪拌 mechanical agitation）可以產生高品質泡沫。

仔細的來說，泡沫包含所有的滅火方法（冷卻法、抑制法、窒息法和移除法），其中最有效的主要還是窒息法（Smothers）和移除法（Separates）。因為泡沫的主要成分是水，可以達到降溫的效果，也就是冷卻法（Cools），而高壓細水霧噴頭，恰巧可以讓水分子顆粒極致細化，表面積極大化，讓冷卻效果發揮的淋漓盡致，並能節約用水而減少水損。有些泡沫原液可能含有鹵素元素（氟），因此也可以抑制連鎖反應。除此之外，當在可燃物表面鋪上一層綿密的泡沫，產生 Foam Blanket 時，當下便阻隔可燃物與氧氣接觸，達到窒息效果，而 Foam Blanket 也可以阻隔可燃性液體揮發的蒸氣，讓可燃性蒸氣無法接觸到火源，達到移除可燃物的效果，也被稱為蒸氣抑制性（Vapor Suppression）。



資料來源：Module 6: Fire Fighting
Foam Principles

肆、滅火效能值與感電分析報告

一、何謂滅火效能值

滅火效能值乃用於滅火器性能判定時之專業用語，舉例來說滅火效能值 A-1，B-2，C 可以應付一般住宅所有可能出現的初期火災。簡而言之，針對一般住宅 A 類火警，其滅火效能值須在 1 以上。依各類場所消防安全設備設置標準規定，視各類場所潛在火災性質核算其最低滅火效能值：

- (一) 供第十二條第一款及第五款使用之場所，各層樓地板面積每 100 平方公尺（含未滿）有 1 滅火效能值。
- (二) 供第十二條第二款至第四款使用之場所，各層樓地板面積每 200 平方公尺（含未滿）有 1 滅火效能值（集合住宅歸類於此）。
- (三) 鍋爐房、廚房等大量使用火源之處所，以樓地板面積每 25 平方公尺（含未滿）有 1 滅火效能值。

二、滅火效能值如何測定（以滅火器認可基準修正規定分析）

- (一) A 類火災：如下特定的環境，木材堆疊，再進行滅火測試。
- (二) B 類火災：以如下之模型（油盤），進行滅火測試。當邊長度為 45 公分，面積為 0.2 平方公尺時為 1 滅火效能值。

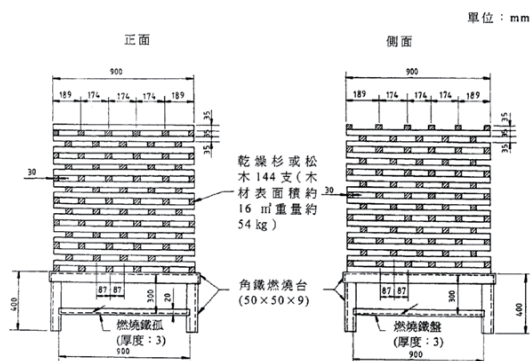


圖 8、第 1 模型

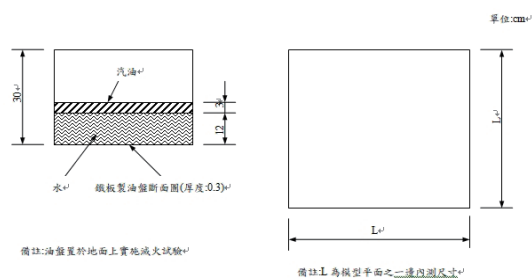


圖 9、油盤置於地面上實施滅火試驗

圖 10、L 為模型平面之一邊內側尺吋

(三) C 類火災（電氣火災），是指具備以下不導電性。

1. 電極板：1m×1m 之金屬板。
2. 電極板電壓及與噴嘴之距離 35Kv（50cm）、100Kv（90cm）。
3. 實施噴射試驗時，漏電電流應在 0.5mA 以下。

(四) 高壓細水霧消防車滅火效能值預估

自行以木棧板 9 塊堆疊測試，待引火後全面燃燒時進行滅火試驗，試驗當天木棧板的堆疊量重量約 70 公斤比對試驗模型，其達 1 個滅火效能值以上，再以放射時間 1 分鐘，出水量 22 L/min，300L 的水箱預計達 A 類火災 13 個滅火效能值。

三、細水霧粒徑需趨近多少？才能對電氣火災避免感電。

(一) 依據長榮大學 / 健康科學學院 / 職業安全與衛生研究所 / 碩士（2009 年）李易修 / 指導教授何三平，於「細水霧系統應用於一般電器設備火災之滅火效能評估」內容指出：移動式細水霧系統高操作壓力時，因霧化效果佳，故無論滅火距離遠近皆於 5 分鐘內不會發生漏電之情事。

(二) 國內其他廠商針對漏電測試影片

資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=rBOMCVZFvxE>

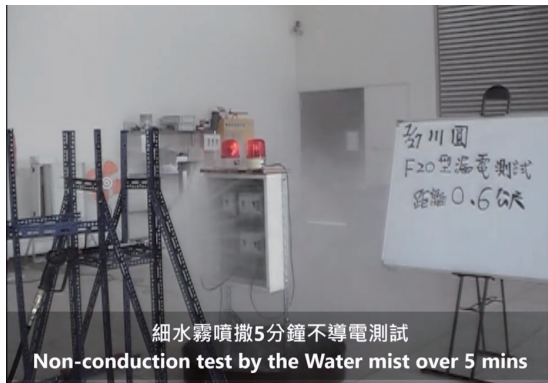


圖 11、國內廠商針對細水霧噴灑五分鐘不導電測試

Table A.4.2.1.1 Clearance from Water Mist Equipment Live Uninsulated Electrical Components*

Nominal System Voltage (kV)	Maximum System Voltage (kV)	Design BIL† (kV)	Minimum Clearance*	
			mm	in.
To 13.8	14.5	110	178	7
25	24.3	150	254	10
34.5	36.5	200	330	13
46	48.5	250	432	17
69	72.5	350	635	25
115	121	550	1067	42
138	145	650	1270	50
161	169	750	1473	58
230	242	900	1930	76
		1050	2134	84
345	362	1050	2134	84
		1300	2642	104
500	550	1500	3150	124
		1800	3658	144
765	800	2050	4242	167

* For voltages up to 161 kV, the clearances are taken from NFPA 70. For voltages 230 kV and above, the clearances are taken from Table 124 of ANSI C2, National Electrical Safety Code.
† BIL values are expressed as kilovolts (kV), the number being the crest value of the full wave impulse test that the electrical equipment is designed to withstand. For BIL values that are not listed in the table, clearances can be found by interpolation.

圖 12、NFPA750 探討細水霧與高壓用電設備之建議距離

(三) NFPA750 探討細水霧與高壓用電設備之建議距離，於 35KV 時最小放射建議距離為 33 公分，符合試驗基準須達 50 公分以下之規定。

(四) 清潔電力系統中的高壓絕緣體時，在帶電線路上使用高壓洗水霧，距離達 315 公分以上時，便可應用於 50 萬伏輸電線路清洗。

資料來源：<https://www.quora.com/Can-electricity-conduct-through-a-fine-spray-of-water>

(五) 本局設備實地以一般住宅單相 220V 交流電源測試測試 10 分鐘射水，過程皆以驗電筆監測瞄子端，經測均「無導電」。

四、小結

根據本局實際以 A 類深層火災滅火效能試驗及 B 類油盤火災滅火試驗得知，高壓細水

Can electricity conduct through a fine spray of water?

All related (32)

Sort Recommended



Bert Hickman
Electrical Engineer with 54 years of professional experience - Author has 2.9K answers and 5.3M answer views · 1y

For the most part, no.

A fine spray or mist consists of a large number of small water droplets separated by air. Air, even damp air, is an excellent electrical insulator. So even if the water is somewhat electrically conductive, the surrounding air is not.

The dielectric properties of a water spray is put to good use when cleaning high voltage insulators in electric power systems where insulator washing is actually done on live lines using purified water. For example, these guys wash 500,000 volt transmission lines using high pressure water on LIVE lines:



Similar pressure washing systems are also used on ground-based bucket trucks or hand-held washers on lower-voltage systems and in substations.

圖 13、細水霧應用於 50 萬伏輸電線路清洗



圖 14、本局設備實地測試，亦無導電之虞

霧滅火距離為 60 公分至 3 公尺時，能有最佳的滅火效能。以一般住宅室內面積與火載量分析，當火警初期與成長期時，若能使用高壓細水霧設備快速布線進行滅火，以具有 13 個滅火效能值之戰力處理 1 個滅火效能值的火警，在現有人力與車輛機動性等背景因素交互影響下，其可謂游刃有餘且相當適用，因為建議採行之滅火攻擊方式。除此之外，細小的噴霧或薄霧由大量被空氣隔開的小水滴組成。空氣，甚至潮濕的空氣，都是極佳的電絕緣體。因此，即使水俱有一定程度的導電性，但周圍的空氣卻不會，所以亦無感電之虞。綜上結論，細水霧設備可請同仁安心使用。



■ 圖 15：應用於 A 類深層火災



■ 圖 16、應用於 A 類深層火災



■ 圖 17、應用於 B 類火災

伍、後續擴充性能

柱塞泵浦與一般消防車所配置的離心泵不同，有著輸出強勁、長距離供給不衰減、耐磨耗等優點，而高壓細水霧更早在細水霧設備早於 1880 年美國就應用於森林火災。本套設備所附的捲盤長度僅有 60 公尺，若可以透過快速接頭與農用捲盤搭配，於兩者管徑均相同的條件下，佈線距離可輕鬆突破 1、200 公尺，對於雜草野火可快速滅火，亦可節省相當佈線、拖拉之體力耗損，增進救災安全。

陸、結論

古人云：建業千日功，火燒當日窮。在各種災害中，火災實為一種充滿不確定性，隨時可能發生並具有強大破壞力的災害，人們自古也始終籠罩在火災的陰影之下，因此，我國歷朝歷代均十分重視火災防範與搶救策略。隨著時代巨輪的轉動，創新研發更是現代消防不可或缺的一環，正所謂工欲善其事，必先利其器，但神兵利器也是要看使用的人，因此平時也要有扎實的訓練，配合落實的後勤保養，在面對突發狀況的當下，方能發揮如虎添翼的消防力，進一步確保人民生命財產安全。