



## 電動車 & 充電樁區域 低壓細水霧滅火系統

VID FIREKILL



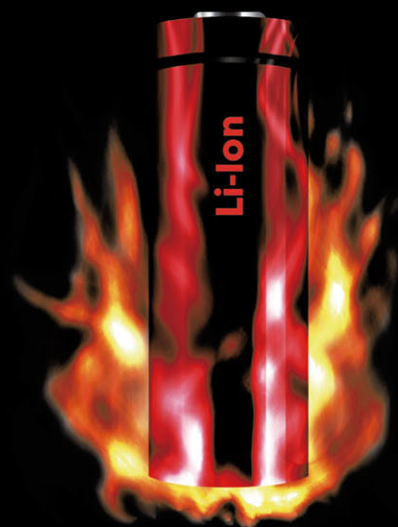
# 電動車火災已成為 ——消防救災之新挑戰!!!

## 電動車起火的原因？

電動車電池組在很小的空間內儲存大量能量。當損壞時，內部短路會引發稱為熱失控 (Thermal Runaway) 的連鎖反應，然後電池組產生的熱量多於其消散的熱量並著火。

大約 95% 的電池火災為噴濺式火焰 (Jet-like Directional Flames)，另外 5% 為蒸氣雲爆炸 (Vapour Cloud Explosion)。電池著火的因素有很多，包括碰撞造成的物理損壞、製造缺陷、電池故障、車間維修、縱火、外部火災或過熱等因素。

根據澳洲公司 EV FireSafe 調查，大約 18% 的火災發生在車輛充電時，2% 的火災發生在斷開充電樁後一小時內，大約 25% 的事故發生在地下空間，31% 發生在室外，29% 發生在開車時 (其餘 15% 則未知)。在蒸氣雲爆炸火災中，70% 發生在地下空間，30% 發生在露天條件。



## 電動車起火成消防難題： 滅火不易，最好的方法就是讓車自己燒到停

雖然電動車起火事故不多，但若起火就需大量水才能撲滅，加州某特斯拉車起火事件，消防員用到 6,000 加侖水才撲滅，相當於撲滅建築物火災的用水量。消防專家表示，電動車火災即使滅了也可能再燃燒，如同吹熄後重燃的生日蠟燭，由於滅火不易，最好的方法就是讓車自己燒到停。

電動車電池組由數千個小鋰離子電池組成，以堅固材料包裹如鈦，再用螺栓固定於車輛底盤，讓電池幾乎無法接近，這樣即使嚴重碰撞也能保護電池。但當電動車電池有缺陷或損壞時，或只是故障，鋰離子電池可能短路使電池升溫，此時分隔陰極和陽極的微小膜熔化，暴露於高度易燃的液體電解質，一旦著火，就會引發稱為熱失控的現象，火焰會在整個電池內燃燒，助長可持續數小時的大火。

電動車起火時可能只有車輛下方冒煙，但隨著熱失控，火焰會迅速吞沒整輛車。即使火勢已熄滅，高溫仍可能於電池組擴散，甚至幾天後再起火。加州最近一輛特斯拉 Model S 起火，消防員先用千斤頂從車輛下方熄滅和冷卻電池，最後用到約 6,000 加侖水滅火。消防員表示用這麼多水，是因特斯拉電池會繼續燃燒。

幾個月前一輛出事特斯拉停在廢棄物處理廠卻自燃，消防員將車側翻，直接用水柱噴電池，因餘熱會導致再次起火，最後是在車附近挖坑，坑裡灌滿水把車放進去，等於電池整個泡水，才順利撲滅火災，共用 4,500 加侖水，等於建築物火災用水量。

日前一輛 Model X 在首爾東部城東區特斯拉服務中心發生火災，消防員花了 3 小時，出動 27 輛消防車才撲滅。消防員表示，當電動車一個電池著火，會預熱下一個電池引發連鎖反應，燃燒還會產生 100 多種有機化學物質，如一氧化碳和氰化氫，因此電動車起火造成消防單位新技術和安全挑戰。但全世界對電動車最佳消防策略並沒有共識。美國消防專家稱，美國 120 萬消防員高達一半可能沒有受過撲滅電動車火災的訓練，消防部門有 100 年時間培訓了解如何處理內燃機火災，但對電動車沒有太多培訓和知識。面對電動車失火，一名消防專家建議，有時最好策略就是監控火勢，讓它自己燒光吧。

報導來源：2023-02-01ESG 永續台灣-今周刊

資料來源：<https://esg.businessstoday.com.tw/article/category/180696/post/202302010042>

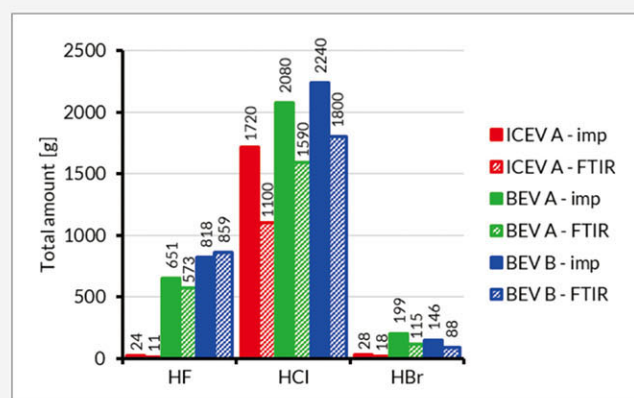


# 鋰電池之火災危害 及相關國外文獻

就火災分類而言鋰電池火災是結合 A 類火災 (電池外殼) 和 B 類火災 (液態電解質) 和 C 類火災 (電器設備) 之複合式類型火災，當鋰電池熱失控 (Thermal Runaway) 時會生成易燃性、爆炸性及毒性氣體，如：C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、HF、H<sub>2</sub> 等，對消防隊員救災構成嚴峻之挑戰。

目前經國內外消防單位公認對電動車火災最適合之滅火藥劑就是“水”，因為電池燃燒的能量來自電池內部，持續澆水降低電池溫度可降低鋰電池燃燒速率，有效阻止電化學反應持續進行。眾多水系統中，以細水霧 (Water Mist) 之性能最佳，因其適用於 A、B 和 C 類火災，故不僅適用傳統燃油車、電動車、油電車和未來任何形式之新能源車，亦適用於充電樁裝置區域。

瑞典研究院 (RISE) 之研究報告「電動車火災產生的有毒氣體」發現電動車火災產生之氟化氫 (HF)、氯化氫 (HCl) 和溴化氫 (HBr) 皆遠高於燃油車，其中氟化氫 (HF) 之生成量甚至高於燃油車 80 倍之多。



資料來源：  
Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles RISE Report 2020:90

## 電動車有別於燃油車之火災危害

### 熱分解產生易燃性 & 爆炸性氣體

電解質遇熱會分解產生易燃性與爆炸性，如：C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 等。

### 建築結構嚴重毀損 & 延燒快速

電動車火災發生時火源可達 1,500°C 以上，並產生噴射狀定向火焰 (Jet-like Directional Flames) 導致延燒快速。

### 燃燒時產生劇毒 HF(g) 氯化氫

HF(g) 是無色、有劇毒、強腐蝕性氣體。

### 消防救災特別困難且費時

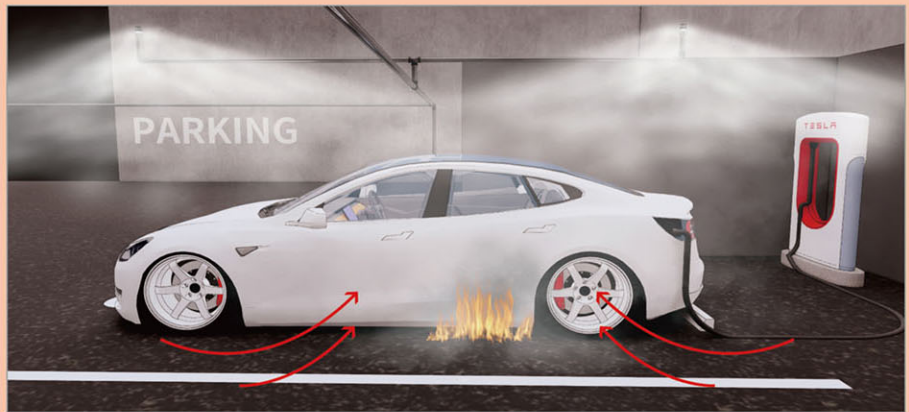
鋰電池火災難撲滅，需花費 4~7 小時，滅完之後極其易復燃。

# 低壓細水霧 抑制鋰電池火災之原理

電動車之鋰電池組一般位於汽車底盤處，傳統撒水或泡沫設備對其皆有放射障礙的問題，因此滅火效能欠佳。細水霧為新型的撒水設備，因粒徑小可漂浮於空氣中並隨火場氣流被捲吸至電動車底部對鋰電池組進行間接冷卻，適用於遮蔽型火災和傳統消防設備須直接對準燃燒物表面之滅火方式不同。

值得一提的是，鋰電池火災會污染消防用水，廢水中將含有多種有毒物質及重金屬，細水霧之放水量為傳統撒水或泡沫設備之 1/5 以下，因此能大幅降低環境汙染問題。

細水霧因粒徑小(表面積大)，因此具有汽化速率快吸熱效果佳之特點(冷卻法)，相較於撒水設備僅可藉由潤濕燃燒物表面避免延燒(潤濕法)，細水霧可藉由3度空間冷卻有效控制火場溫度並同時保護建築物結構。當水遇熱汽化成水蒸氣時可膨脹 1,700 倍，因此當細水霧放射時，細水霧與汽化之水蒸氣可完整包覆電動車並隔絕外部的氧氣進入(窒息法)，同時可降低鋰電池熱失控(Thermal Runaway)產生之易燃性、爆炸性及毒性氣體(CxHy、CO、CO<sub>2</sub>、HF、H<sub>2</sub>)濃度(移除法)並洗滌濃煙(Smoke Scrubbing)，提升火場之能見度並大幅降低消防隊員及周遭人員之傷亡機率。



## 細水霧如何對症下藥解決？

### 降低易燃性 & 爆炸性氣體濃度

細水霧大幅稀釋鋰電池火災時所生成之易燃性、爆炸性氣體濃度避免災情擴大。

### 3度空間冷卻保護建築結構

細水霧粒徑小因此汽化速度快吸熱效果佳，可大幅冷卻火場溫度，避免火災延燒及結構毀損。

### 洗滌劇毒 HF(g) 氟化氫

細水霧大幅稀釋鋰電池火災時所生成之毒性氣體，避免現場人員及消防隊員傷亡。


### 2分鐘內控制火災

經丹麥 ELBAS 專案驗證 2 分鐘內可將鋰電池組、天花板煙層和周圍鄰車的溫度大幅降低，保護消防隊員安全，因用水量小所以可直接接自來水源，不用另設水塔。



# Tesla 緊急應變指南

根據 Tesla 緊急應變指南說明「若電池著火，暴露於高熱中，或產生熱和氣體時需使用大量水冷卻電池，大約需要 3,000~8,000 加侖 (11,356~30,283 升) 水直接對準電池，以完全撲滅或冷卻電池火災，額外用水需提早供應」，相較於傳統內燃機火災通常僅需 300 加侖 (1,135 升) 的水即可迅速撲滅，兩者用水量相差近十倍之多，然而目前傳統撒水或泡沫設備皆無法直接對準位於底盤之鋰電池進行噴射。另外 Tesla 緊急應變指南說明「不建議在電動車火災上使用泡沫」，而國內停車場皆採用泡沫系統，因此隨著電動車逐漸普及化，地下停車場之火災風險將隨之提高。



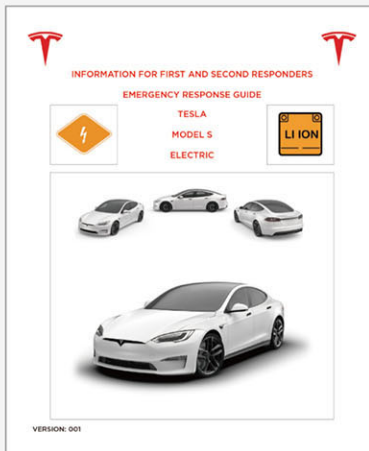
**DO NOT SUBMERGE VEHICLE TO EXTINGUISH/COOL BATTERY FIRE**

**USE LARGE AMOUNTS OF WATER**

**POSSIBLE BATTERY RE-IGNITION!**

**MONITOR HV BATTERY TEMPERATURE FOR AT LEAST 24 HOURS**

USE WATER TO FIGHT A HIGH VOLTAGE BATTERY FIRE. If the battery catches fire, is exposed to high heat, or is generating heat or gases, use large amounts of water to cool the battery. It can take between approximately 3,000-8,000 gallons (11,356-30,283 liters) of water, applied directly to the battery, to fully extinguish and cool down a battery fire; always establish or request additional water supply early. If water is not immediately available, use CO2, dry chemicals, or another typical fire-extinguishing agent to fight the fire until water is available.



INFORMATION FOR FIRST AND SECOND RESPONDERS  
EMERGENCY RESPONSE GUIDE  
TESLA MODEL S ELECTRIC  
LI ION  
VERSION: 001

**NOTE** Tesla does not recommend the use of foam on electric vehicles.

## 消防設備綜合比較

定性比較		泡沫設備	細水霧設備	傳統撒水設備
適用車種類		燃油車	燃油車/電動車/油電車/氫燃料電車	燃油車/電動車/油電車
滅火性能	隔絕氧氣	差	優	差
	3度空間冷卻	無	有	無
	對底盤鋰電池冷卻	無	間接冷卻	無
	適用火災類型	A和B類火災	A、B和C類火災	A和B類火災
對結構建築物防護	控制火場溫度能力	差	優	中
對人員防護	降低易燃性、爆炸性及毒性氣體濃度	差	優	差
	火場能見度	差	優	差
對環境防護	有毒廢水量	多	少	多
災後復原	清理速度	慢	快	慢
	補充泡沫原液	需	不需	不需
	水費多寡	高	低	高
整體CP值		低	高	低

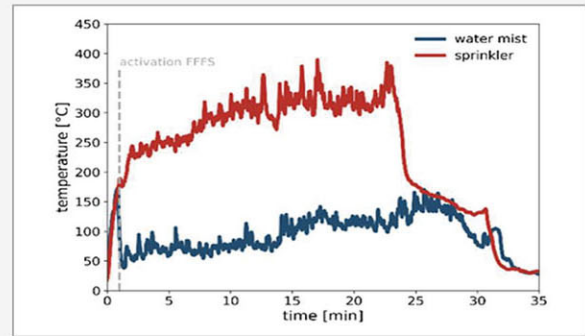
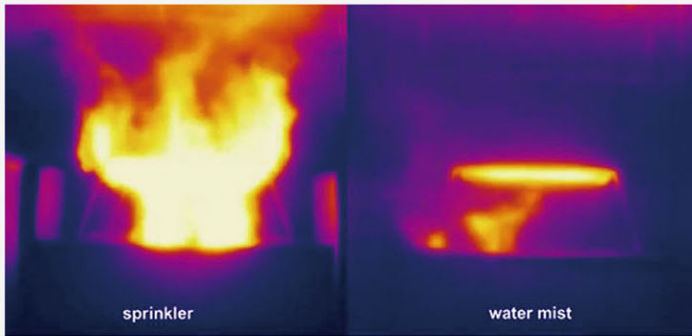
# 國外相關文獻

2016 年，瑞典研究院 (RISE) 完成了一項研究，其結論是「在獲得更多有關停車場電動汽車火災的滅火時間和救援工作的資訊之前，撒水和細水霧系統應成為允許電動車停放的最低要求。」

資料來源：Charging of electric cars in parking garages RISE Report 2020: 30



歐洲 SUVEREN 專案曾進行撒水和細水霧系統對於電動車火災有效性之實驗，測試目的是比較兩種系統對於防止火災延燒及控制天花板溫度的能力，實驗結果發現細水霧系統能有效將天花板溫度控制於 150°C 內，而撒水系統之火場溫度控制能力則遠不如細水霧系統。



定量比較		泡沫設備	細水霧設備	傳統撒水設備
配管	主管 (最大)	6"	2"	6"
	支管 (最大)	4"	1"	4"
	材質	鍍鋅鋼管	不鏽鋼管	鍍鋅鋼管
噴頭	動作溫度 (°C)	72	57	72
	噴頭認證	國內基金會	FM / DnV GL	國內基金會
	噴頭間距 (m)	3.0	3.6	2~3
幫浦組	形式	水平臥式	直立式	水平臥式
	材質	鑄鐵	不鏽鋼	鑄鐵
水源	水源容量 (噸)	17	16	30
	藉由自來水補水 實現無限制放水時間	不可	可	不可
系統	放水時間	20 min	無限制放水時間	20 min
	底盤鋰電池降溫能力	無數據	2 min 內降至 100°C 內	無數據
	施工速度	1	3	1
	使用年限	15~20	40~50	15~20

# 海上電動汽車火災

## 船上電瓶車火災 (ELBAS)

### 抑制、遏制和滅火的新技術和方法

為有效尋找電動車火災的解決方案，丹麥消防與安全技術研究所 (DBI) 於 2021 年發起「海上電動汽車火災：抑制、遏制和撲滅船上電池汽車火災 (ELBAS) 的新技術和方法」專案，專案測試結果發現並證實噴灑細水霧非常有效，藉由細水霧冷卻降溫效果能使火勢不會延燒，以便消防隊員能夠順利進入火場並使用傳統的滅火方法撲滅電動車火災，另外藉由細水霧優異之洗滌能力能大幅吸附鋰電池火災產生之毒性氣體和濃煙，以便使消防隊員能有風險較小之救災環境。



THE ELBAS PROJECT – ELECTRIC VEHICLE FIRES AT SEA: NEW TECHNOLOGIES AND METHODS FOR SUPPRESSION, CONTAINMENT, AND EXTINGUISHING OF BATTERY CAR FIRES ONBOARD SHIPS



## 丹麥 VID FIREKILL 低壓細水霧系統規格

### OH-OPX1 低壓細水霧噴頭 (開放式)

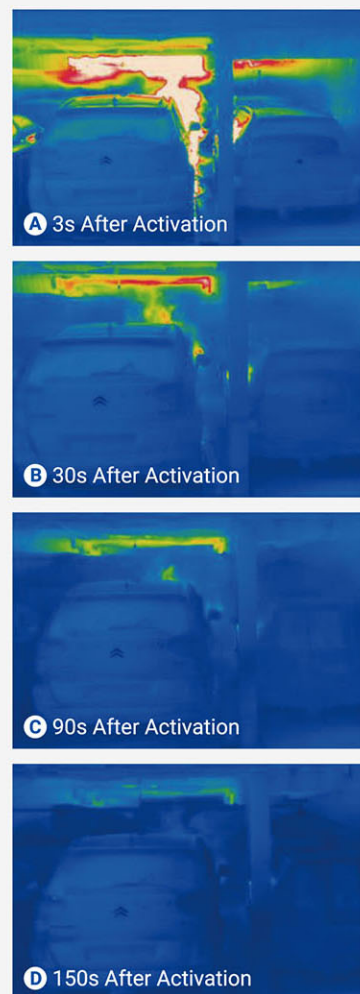
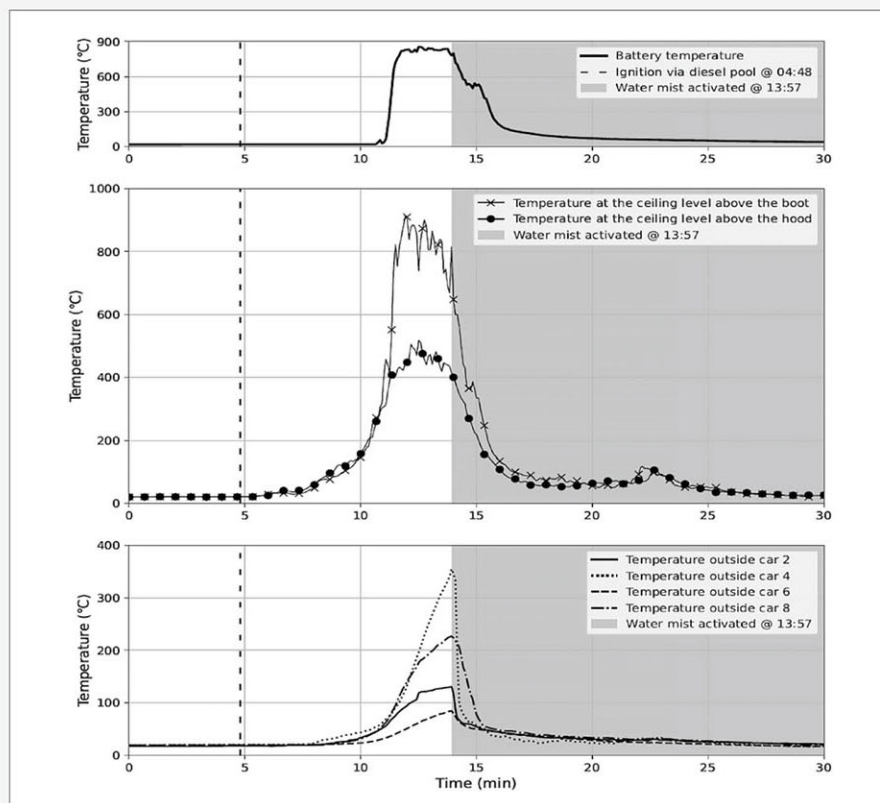
設計參數	
安裝	向下型
最小水壓	6 bar
最大工作水壓	16 bar
K值 (公制)	23 (l/min @ 1 bar)
粒徑大小	DV90 < 300 μm

噴頭型式		
Model Suez	覆蓋面積	16 m <sup>2</sup> (4 m × 4 m)
	距離牆面 (最大)	2 m
	天花板高度 (最大)	2.5 m
Model Panama	覆蓋面積	12.25 m <sup>2</sup> (3.5 m × 3.5 m)
	距離牆面 (最大)	1.75 m
	天花板高度 (最大)	5 m
認證	DnV GL	





丹麥 VID FIREKILL 受丹麥消防與安全技術研究所 (DBI) 的邀請參與 ELBAS 專案。測試時使用 VID FIREKILL 之固定式 OH-OPX1 低壓細水霧噴頭。報告中說明「低壓細水霧系統的覆蓋範圍大，系統能夠在啟動後不到兩分鐘的時間內將鋰電池組、天花板煙層和周圍鄰車的溫度皆大幅降低。」



## OH-PX2低壓細水霧噴頭 (密閉式)

### 設計參數

安裝	向下型
最小水壓	8 bar
最大工作水壓	16 bar
K值 (公制)	19 (l/min @ 1 bar)
標稱動作溫度	57°C, 68°C, 79°C, 93°C, 141°C
時間反應指數 (公制)	RTI < 50 快速反應型
粒徑大小	DV90 < 300 μm

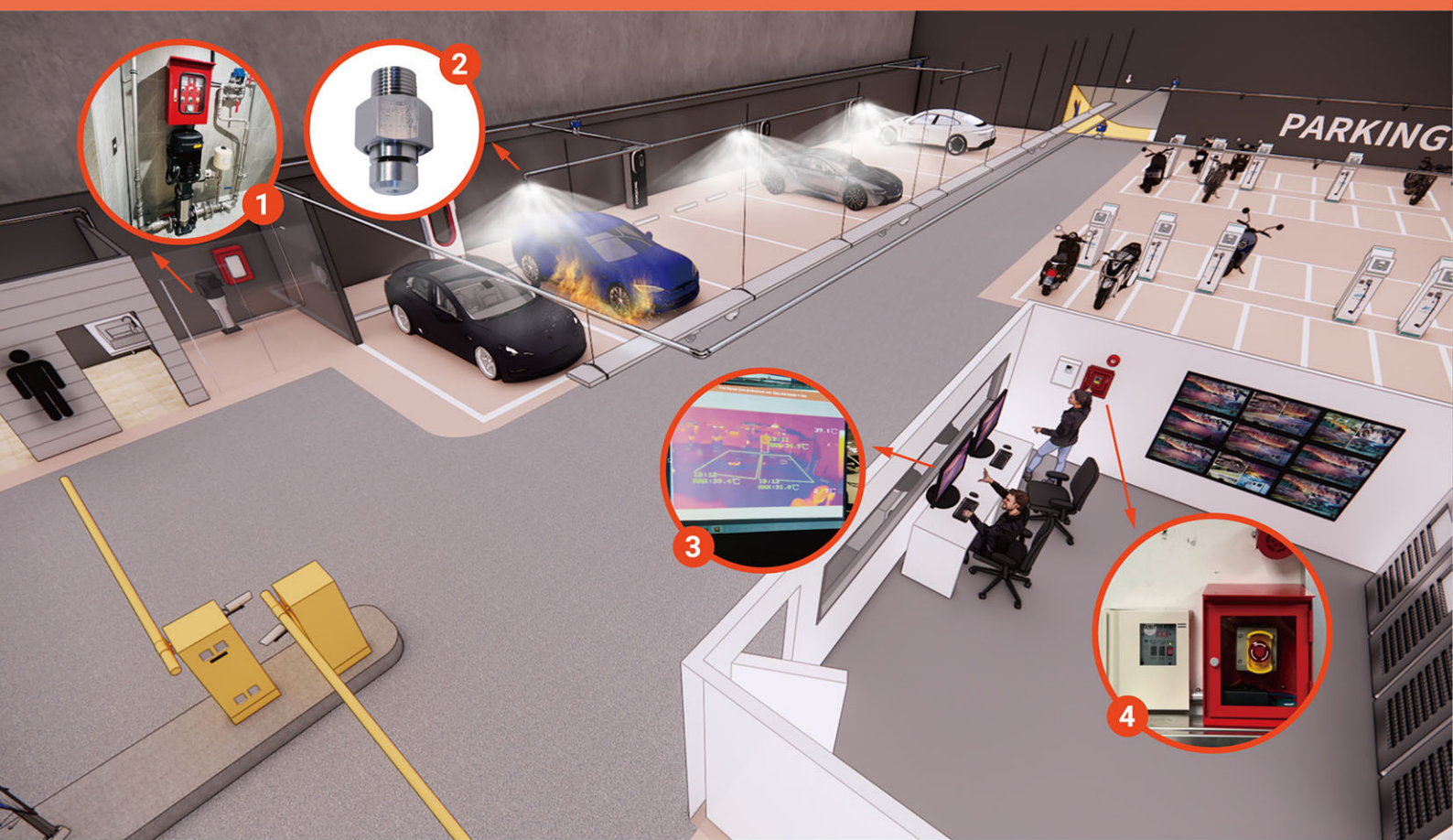
### 噴頭型式

覆蓋面積	13.00 m <sup>2</sup> (3.6 m × 3.6 m)
距離牆面 (最大)	1.8 m
天花板高度 (最大)	7.6 m
認證	FM



# 低壓細水霧滅火系統架構

## 地下停車場

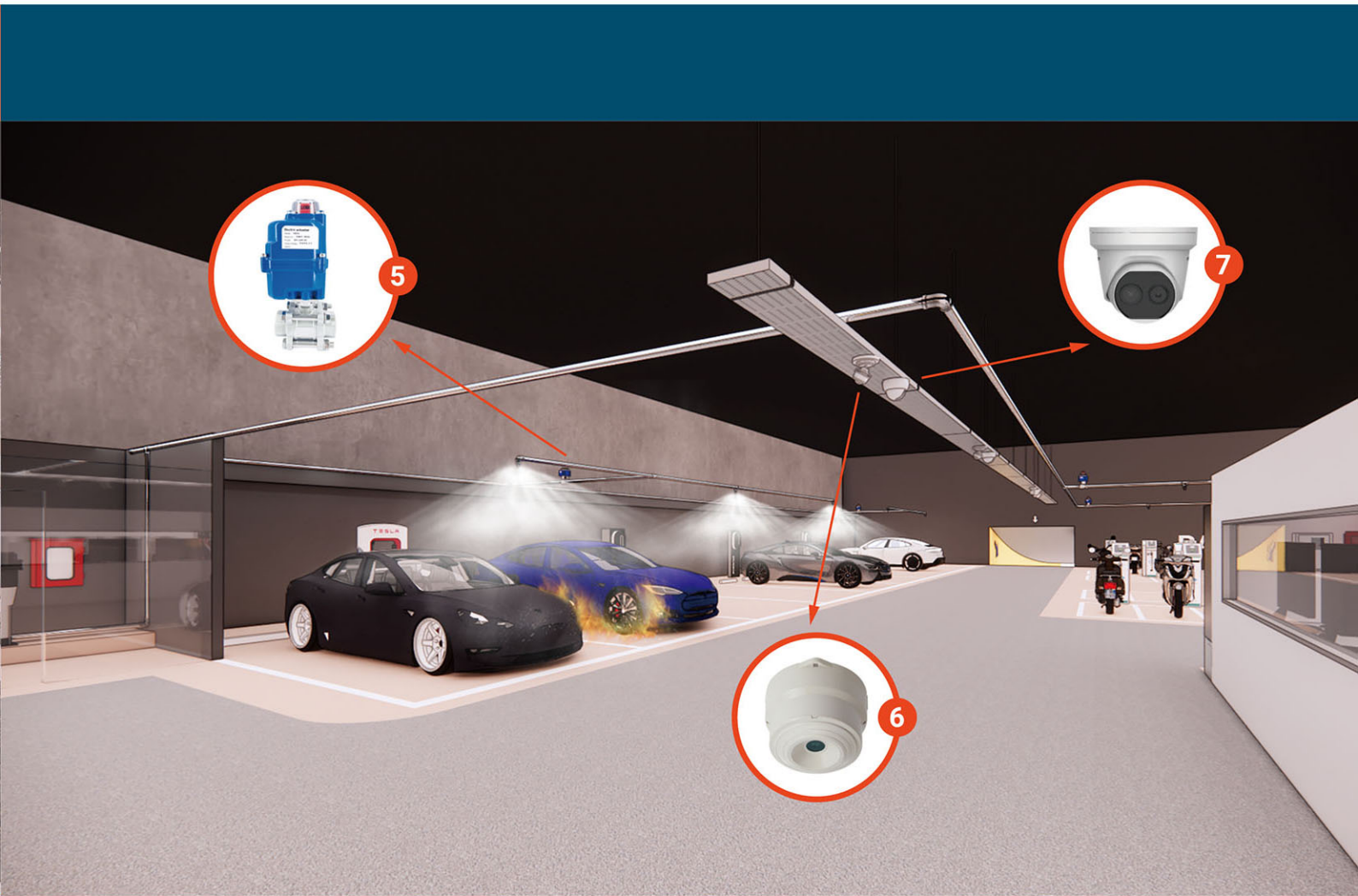


1 低壓細水霧幫浦組

2 OH-OPX1 開放式細水霧噴頭

3 熱像儀監測畫面

4 簡易型控制盤 & 手動啟動及復歸按鈕



5 電動閥

7 熱像儀

6 火焰式探測器

# 低壓細水霧滅火系統架構

## 機械停車塔 & 透天車庫



- ① OH-OPX1 開放式細水霧噴頭
- ② 電動閥
- ③ 熱像儀
- ④ 火焰式探測器
- ⑤ 低壓細水霧幫浦組





透天車庫

- 1 OH-PX2細水霧噴頭
- 2 低壓細水霧幫浦組
- 3 感應裝置連結手機，通知火災發生



無安裝細水霧灑水系統

# 低壓細水霧設備 應用實績



**01** | 台北市大直台泥樂群充電站



**02** | 台北市市民大道地下停車場



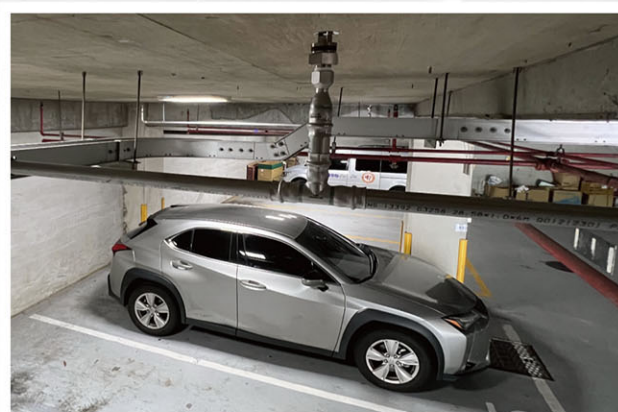
**03** | 台北市東湖立體停車場



**04** | 台中市潭興立體停車場



**05** | 新北市新莊區運動公園地下停車場



**06** | 新竹縣私立保順養護中心

## 新莊運動公園停車場 導入「低壓細水霧消防設備」及「熱顯像儀」



近年來電動車掛牌數大幅成長，新北市交通局於新莊運動公園地下停車場首創導入「熱顯像儀」及「低壓細水霧消防設備」，交通局長鍾鳴時十九日前往新莊運動公園地下停車場督導消防救災演練及視察停車場防火設備，有效強化停車場消防安全。

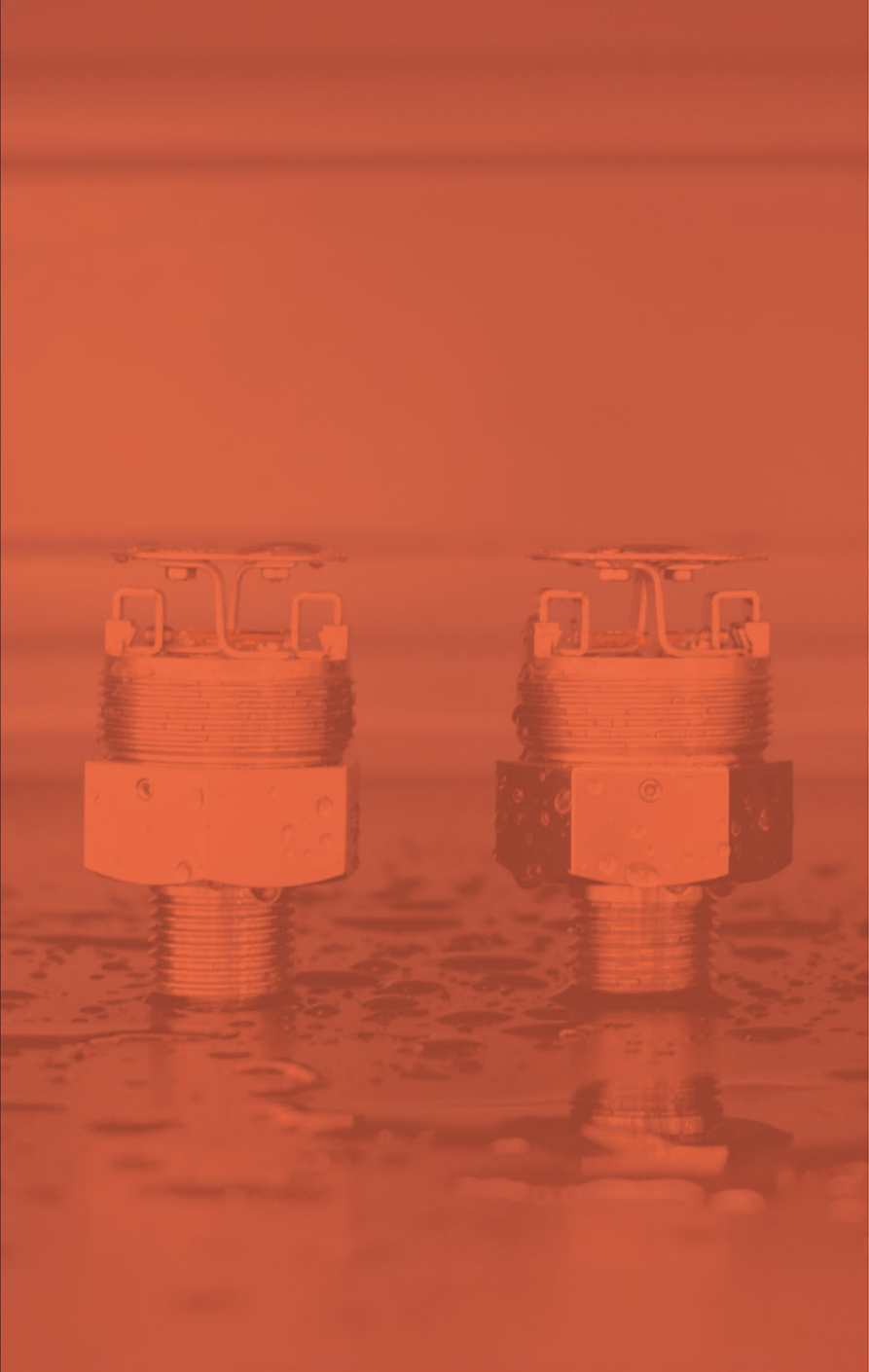
鍾鳴時表示，新莊運動公園地下停車場自今年一月一日起正式營運以來，賽事期間經常滿場，場內設置八格電動汽車格位，其中二格為快充，為確保充電安全，領先全國於停車場配置電動車滅火毯外，現更導入「低壓細水霧消防設備」搭配「熱顯像儀」，偵測灑水自動化提升消防救災安全。

交通局停車管理科科長蔡柏坤指出，透過熱顯像儀二十四小時偵測車體溫度，倘電動車溫度高於預設定值時，熱顯系統將即時通報服務中心；如偵測到火源時，於五秒內啟動低壓細水霧消防灑水設備，連接自來水源，持續給水滅火，避免因熱失控而火勢蔓延至鄰近車輛，降低電動車電池自燃所產生延燒風險。

蔡柏坤說，電動車起火火載量及高溫、滅火用水量都比傳統燃油車多，相較一般傳統溫度型撒水頭，「低壓細水霧消防設備」其覆蓋範圍大，能夠在啟動不到二分鐘內將鋰電池、天花板煙霧層和周圍電動車的溫度有效大幅降低，並有效洗滌鋰電池起火所產生的大量氣體，避免民眾因不慎吸入導致身體不適，強化停車場消防安全。

報導來源：2023-05-19 中華新聞雲

資料來源：<https://www.cdns.com.tw/articles/803140>



## 日熙防災股份有限公司

TEL: 02-8696-1588

FAX: 02-2697-1378

[www.rihsi.com.tw](http://www.rihsi.com.tw)

