

台灣唯一 消防安全 • 建築安全 • 工業安全 • 整合應用專業雜誌

Fire Safety

消防与防災

NO. 26
Sep. / Oct. 2006

特別報導

台日建築防火安全趨勢觀察

透析台日建築防火 性能之發展

建築防範

隔震消能防震專輯

活動報導

創新精進 募安啓新頁

封面
故事

軌道運輸 防災安全 真面貌

高速 高鐵 高安全

台灣高鐵十月底的通車期限即將來臨，不久的未來台灣也將邁入高速運輸國家的行列之中，在高速及高運能的高速鐵路運輸上，軌道運輸的防災安全管理是否有更高等級的安全標準呢？

ISSN 16846494



9 771684 649007

軌道運輸防災安全管理（四）

極早期煙霧探測警報 於軌道列車之保護

在預防上，火警探測器的種類非常多，不外乎都是由燃燒所產生的熱、煙、焰生成物，來作為探知火災發生可能，以下文章將為讀者介紹，偵煙探測器之「極早期煙霧探測警報」應用於國外軌道運輸上的火警保護。

文 澳大利亞Vision Fire & Security Ltd. 資深產品經理：Scott Wilson

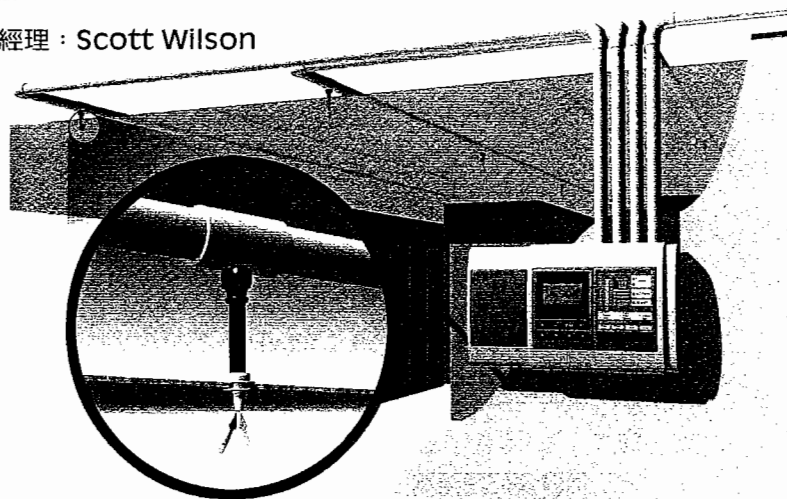
著名的美國紐約地鐵8月19日發生失火意外，大約有100多人遭到嗆傷，65人送醫急救，所幸事發當時並非交通尖峰時刻，意外也並沒有造成人員的死亡，相較於2003年2月所發生的南韓大邱地鐵大火，在火災中喪生的125位死者，就沒有如此的幸運了。

台灣未來在捷運地鐵、台鐵、高鐵列車此三鐵共構的建築環境下，也即將邁入更便利的交通網路，可想在此一環境中，火災危險的不確定因素也相對的增加，無論在地上（下）車站體、列車車廂，都必須有很好的火災安全保護措施。

在預防上，火警探測器的種類非常多，不外乎都是由燃燒所產生的熱、煙、焰生成物，來作為探知火災發生可能，以下文章將為讀者介紹，偵煙探測器之「極早期煙霧探測警報」應用於國外軌道運輸上的火警保護。

極早期煙霧探測器

空氣取樣式（或抽氣式）煙霧探測系統（Aspirating Smoke Detection - ASD）是一種主動採樣的偵煙探測器，在國內普遍使用於安全等級高的高科技廠房中，VESDA（Very Early Smoke Detection



▲ 圖1. VESDA探測器於保護區域中主動進行空氣取樣。

Apparatus，極早期火警預警系統）已是消防業內耳熟能詳的產品之一。其形式非常簡單，會不斷地從需要保護的設備或區域採集空氣樣品，並對這些樣品進行分析，確定是否存在火災生成之煙霧。這種探測器是屬於一種濁度計，可對空氣污染作一監測之裝置，具有極高的靈敏度。

空氣取樣煙霧探測系統的一般安裝方式，是在整個天花板層面（上方或下方）分散佈置多根小口徑取樣管，取樣管上以適當的間距鑽取樣孔。這樣，空氣就會通過這些取樣孔被抽氣泵不斷地吸入取樣管網，並傳送

至中央探測器。(如圖1)

此一類型之抽氣式煙霧探測系統，已在歐洲、中國及澳大利亞等國家之軌道列車上安裝使用，而其中包括：

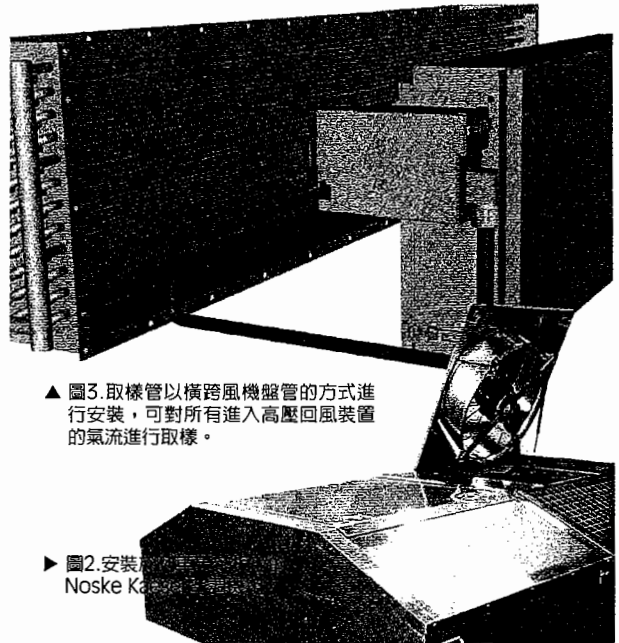
- 1.馬德里地鐵。
- 2.澳大利亞佩斯XPT城鐵高速列車(包括升級部分)、RailCorp鐵路公司探險者號列車及Endeavour列車。
- 3.南太平洋大型特快列車。
- 4.中華之星高速列車。
- 5.昆士蘭鐵路電氣化高速列車、昆士蘭鐵路柴油機高速列車。
- 6.昆士蘭鐵路3廂EMU電動列車(研發中)、RailCorp鐵路公司獵手號列車(研發中)、RailCorp鐵路公司遠郊列車(研發中)。

上述案例中，各列車在設計需求上的環境因素不同，在像VESDA之抽氣式煙霧探測技術上的應用方法亦不盡相同。也因可藉由抽氣的採樣軟管進行比對，在安裝介面上，可在天花板上、天花板內夾層、電纜管道內、橫跨空調回風格柵、設備機櫃內或圍繞在目標設備周圍等，讓探測範圍從微小的悶燒到大規模的明火探知，皆能感應動作，為設計人員提供更多設計上的靈活性。

抽氣式煙霧探測系統可透過訊號的傳遞，迅速與智慧緊急應變系統之間做一連動，利用多段警報來達到階段疏散、極早警報通訊(鐵路員工、營運中心員工、消防隊等緊急應變)、啟動自動滅火、關閉計畫(系統、程式、電源)等。以下是澳大利亞新型列車的設計實例，可作為VESDA抽氣式煙霧探測技術在列車上應用的研究案例。

獵手號列車案例

獵手號列車是澳大利亞RailCorp鐵路公司所有，使用了單層柴油機組列車，每節車廂在天花板上安裝兩組空調(HVAC)裝置。



▲ 圖3. 取樣管以橫跨風機盤管的方式進行安裝，可對所有進入高壓回風裝置的氣流進行取樣。

▶ 圖2. 安裝Noske K...

風險評估

起初，RailCorp鐵路公司針對列車所使用的材質，進行全方位的火災安全風險評估。在煙霧和火災風險的評估中，以RailCorp鐵路公司所經歷的火災頻率及旅客數量等相關資料為背景，在列車的緊急疏散路線、逃生時間、材質的易燃性上，建立了各種狀況可能發生的模型。

設計目標

在設計理念上，探測器要放置在回風空氣過濾裝置後方，在每個HVAC空調裝置的高壓回風口內，安裝抽氣式煙霧探測器(VESDA LaserTEKNIC抽氣式鐳射探測器)和小型取樣管網。透過空調系統氣流分佈的設計，可確保探測器對整體車廂所進行全面取樣。此外，在盥洗室的保護上，需要空調裝置內之取樣配管延伸。

設計所面臨的挑戰

獵手號柴油機列車在開放區域的環境中，存在很多探測上極具挑戰性的難題。如：

- 1.灰塵濃度高(鋼質鐵軌上的鋼質車輪，煞車導致的揚塵)。
- 2.環境煙霧濃度高(行駛在森林火災多發地區)。
- 3.纖維多(衣著布料所引起的纖維揚塵)。

抽氣式煙霧探測器之優點

列車廂內所使用的抽氣式煙霧探測系統，就能夠提供下列顯著的優點：

- 1.將煙霧主動地傳送到探測器，對火災做出快速回應。
- 2.透過環境的學習的適應，探測器在不斷變化的環境下誤報率極低。
- 3.VESDA獨特的潔淨空氣吹洗技術（保護探測室的光學表面），可在環境污染相對較重的列車中保證合理的使用壽命。
- 4.將探測器放置在高壓回風裝置內，即使在過濾網吸滿灰塵的情況下，仍可以保護探測器不受纖維、大量灰塵和煙霧的影響，亦不受極端溫度和濕度條件的損害。
- 5.VESDA LaserTEKNIC 系統有多個介面可供選擇，包括資料交換的RS232埠（例如，煙霧濃度、探測器狀態、調整/設置、解除警報鎖定、從設備上下載資料記錄、完成各種指令等遠端檢索）。
- 6.所有警報、故障和用戶操作的全部歷史記錄，都保存 non-volatile事件記錄中，可以登錄事件記錄獲取證據。

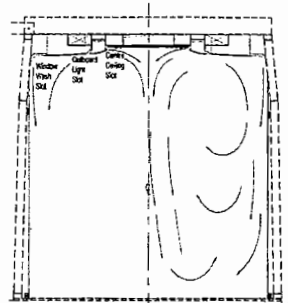
與空調系統整合

列車上所採用的VESDA抽氣式鐳射煙霧探測系統，使用了獨特的即插即用設計，可將探測器簡單裝在空調尾部的主控板上，就可以使所有電源、繼電器、RS232串口資料通訊（用於警報和故障指示）和空氣取樣管網方便地連接在一起。

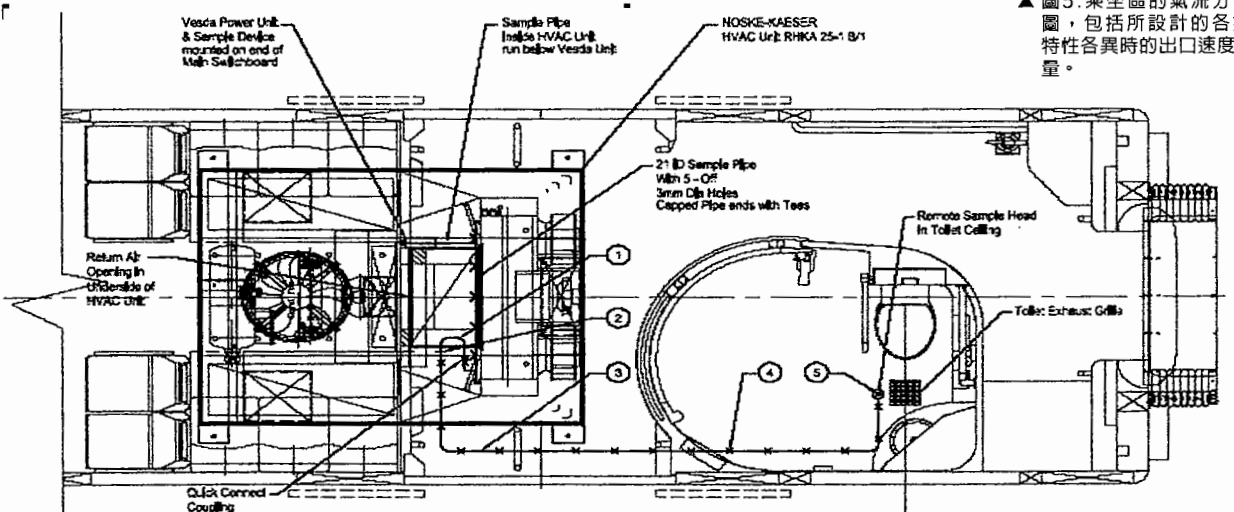
為了確保適當的取樣管網平衡，列車中的開放空間、盥洗室和高壓回風裝置的相對壓力進行研究後發現。列車主要部分的氣壓為20至40Pa，比盥洗室的氣壓（在0-20Pa之間變化）高，而空調的高壓回風裝置的氣壓為-75至-55 Pa，所以在保護盥洗室方面基本上是安全的。

初步的模型和測試

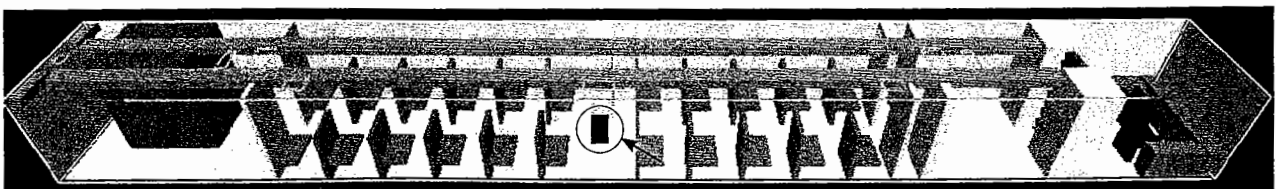
VESDA探測器可記錄環境背景值煙霧濃度的特性，可記錄做為研究參考之比較。Vision Fire & Security公司使用



▲圖5.乘坐區的氣流分佈正視圖，包括所設計的各排氣口特性各異時的出口速度和氣流量。



▲圖4.流向量平面圖。



▲圖6.乘坐區模擬域的等比視圖。車廂中央的方塊（黑色）是模擬紙煙火源。

火災模擬的電腦軟體FDS (Fire Dynamic Simulator - FDS)，建立火場流體動力學 (CFD) 模型，並通過各種不同的火災實驗。該模型中使用了列車的幾何學、氣流特性和取樣孔位置等參數，Noske Kaeser 公司提供了DMU柴油機列車的空氣分佈平面圖。強效空調設備的設計使之可以傳送下列各種氣流：

- a. 新風 (從外部引入)：200 升/秒；
- b. 回風 (從車廂內回流到空調系統)：900 升 / 秒；
- c. 空氣補給 (向車廂補充)：110 升 / 秒。

空調系統的空氣分佈模式所提供的氣流向量 (如圖5中所示) 與空氣溫度資料一起，均被Vision Fire & Security 公司採集到CFD模型中。

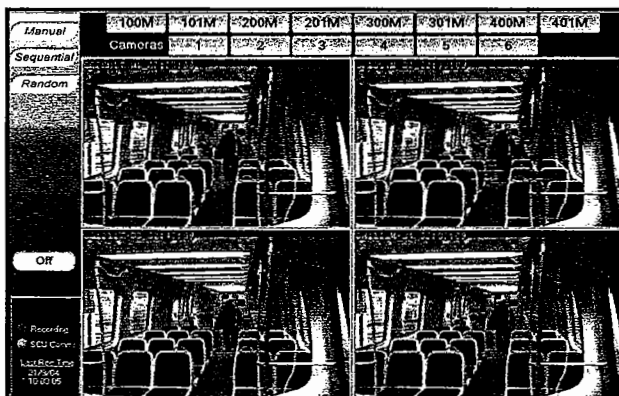
列車被分為兩個模擬域：「乘客乘坐區」和「盥洗室」 (假定盥洗室的門處於關閉狀態)。如圖6所示，針對這兩個域分別進行了模擬和煙霧濃度計算。

	Pre-Alarm (Seconds)	Fire-Alarm (Seconds)
Saloon Fire (3kW)	26 (0.1%/m)	33 (1.0%/m)
Toilet Fire (1.5kW)	18 (1.0%/m)	20 (2.0%/m)

▲ 表1.VESDA系統性能評估。

表1顯示，根據探測器在這兩個域中對不同火源的回應時間，所得出的探測器性能評估結果。ASPIRE軟體的計算結果，是煙霧在取樣管內從盥洗室和回風裝置，至探測器的傳輸時間分別為10秒和5秒。

CFD模型顯示，探測系統能夠在低於30秒的時間內發出「預警」警報信號。即使因空調過濾網吸附問題，



▲ 圖7. 警報啟動之後，CCTV會自動提供最接近探測器之畫面給駕駛或保全人員。



▲ 上圖Noske Kaeser 公司正在對DMU柴油機列車空調系統進行調整測試。
◀ 左圖DMU柴油機列車正等待進行軌道測試。

考慮了煙霧遮蔽率降低等因素，但使用上仍不減其正常的功能。在實務上，取樣管網的初步設計中，在盥洗室的煙霧探測比開放區域的探測靈敏度略高些，起因盥洗室存在縱火可能性增大。針對盥洗室和開放區域的需求設計，探測器可以通過軟體進行編程，調整為可以確保最佳的系統靈敏度、警報時間及抗誤報性能。

監控偵測

為提供給保全人員確認火警警報之用，列車上的CCTV閉路電視系統，可透過在每節車廂中的6個攝影鏡頭，在探測器發出警報之後，啟動後系統可以自動提供駕駛員和保安人員，顯示最近的CCTV閉路電視畫面，提供了遠端驗證的方法，亦透過旅客緊急對講系統協助人員逃生或採取應變措施。如圖7所示，所有的畫面都將記錄下來以便將來進行事件分析。

在保護生命與列車的火災安全上，火災的預防除了使用不燃材料的內裝外，使用極早期煙霧探測警報技術不僅可以降低風險，還能夠保護關鍵性的財產並確保業務持續營運。使軌道交通行業改進旅客安全、財產安全，確保服務和業務的持續穩定發展。



軌道運輸防災安全管理（六）

全球鐵路地鐵捷運 火災解決方案與趨勢簡介

本文簡介全球鐵路地鐵捷運火災解決方案與趨勢，其中有諸多值得我們學習之優點與可借鏡之處，期望提供業者參考。

文 黃建彰、蘇恆立

在前文中，可以清楚瞭解過去國內外鐵路地鐵捷運有那些典型災害，參考這些災害情景，可以建立救災緊急應變腳本及正確的演練。除此之外，思考國外先進國家在完備安全法規或工業標準下仍然有災害發生，是否暗示防災設計仍有加強空間？

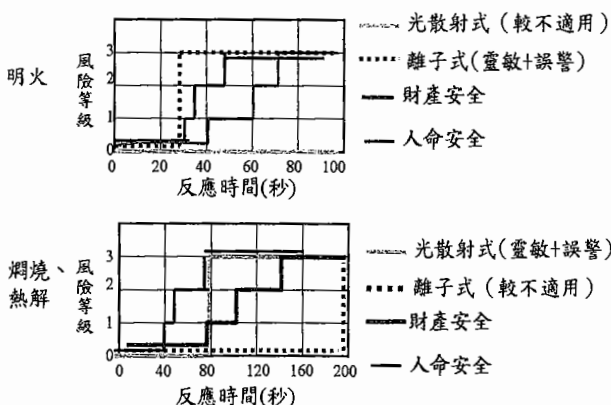
本文簡介全球鐵路地鐵捷運火災解決方案與趨勢，如果有值得我們學習之優點，期望提供業者參考。

智能化火災感知器

智能化火災感知器（參考左圖）主要功能是将火災偵測預警時間提早，並且依防護場所不同類型火災設定不同火災風險等級。

全球使用極早預警系統國家	使用之場所
01. 倫敦	地鐵（維修區、站台區、電氣室、控制室）
02. 巴黎	地鐵
03. 斯德哥爾摩	地鐵（列車、控制室、電氣室）
04. 布加勒斯特	地鐵
05. 巴塞隆那	地鐵
06. 奧斯陸	地鐵（站台下電纜管溝、公共區）
07. 莫斯科	地鐵
08. 香港	地鐵（站台區、地鐵隧道）
09. 天津	輕軌（站台區、控制室、電氣室）
10. 澳洲	XPT高鐵
11. 上海	中華之星高鐵

智能化火災感知器

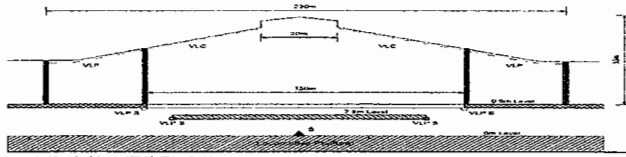


極早預警系統是目前有效方法之一。極早預警系統主要優點是可以克服傳統偵煙器在多塵或潮濕的環境下誤警率，不同風險等級警報可以提供緊急應變人員更多應變時間及不同應變措施。此外佈點位置不受氣流環境、佈點位置可以有效監視易起火密閉空間（例如電氣櫃內或手扶梯下方空間）。

車站防護設計

極早預警系統對車站預警設計

以上海南站設計為例，利用火災軟體模擬極早期火災煙流擴散流場，進行偵煙佈點設計，其次利用實驗量



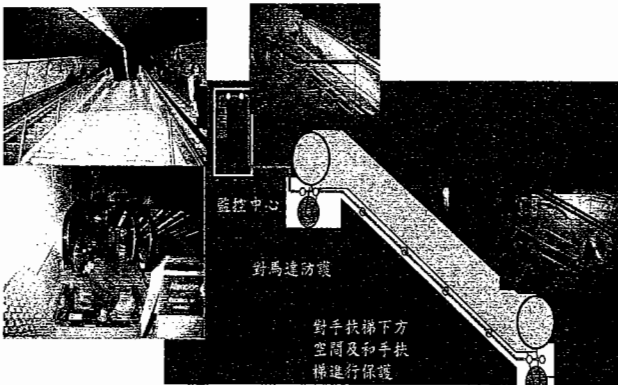
▲上海南站偵煙佈點設計。

測背景微粒濃度範圍進行智能化學習過程，將危害分級設定為四級，依據風險等級分別進行預警、疏散、切斷手扶梯（電梯）電源、啟動局部滅火系統。

對手扶梯下方空間防護設計

一、對手扶梯下方空間預警設計

由災例中發現手扶梯材質在火災時會產生大量有濃煙，加上手扶梯垂直貫穿之煙囪效應及氣流效應，濃煙擴散速度非常迅速，伸手不見五指時旅客無法順利逃生。



對馬達防護

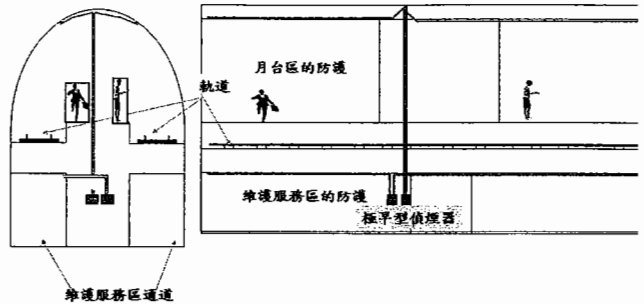
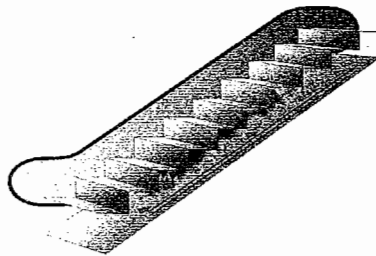
對手扶梯下方空間及手扶梯進行保護

馬德里地鐵設有170站及900多個手扶梯，大部份手扶梯已經安裝極早型偵煙器防護手扶梯下方空間。

防護對象（參考上圖）包含馬達、手扶梯傳動皮帶、潤滑油等。

二、對手扶梯下方空間滅火設計

馬德里地鐵大部份手扶梯安裝細水霧系統，由極早型偵煙器、CCTV、撒水頭聯動細水霧系統，當火災發生時能夠立即滅火。



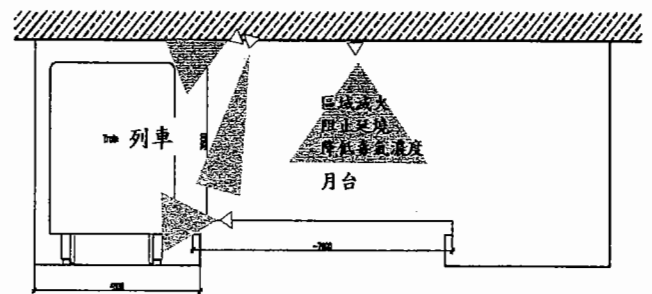
對月台及軌道空間防護設計

一、對月台空間預警設計

韓國大學車站偵煙設備全尺度測試顯示傳統偵煙無法有效防護月台，極早預警系統主要優點是可以降低傳統偵煙器在多塵或潮濕的環境下誤警率或失效率，可以較不受氣流影響，因此馬德里地鐵設置極早預警系統於月台及軌道維護區。

二、對月台空間滅火及降低毒氣設計

雖然有專家認為細水霧不適合設置開放空間，然而檢視許多開放空間滅火實驗錄影資料，細水霧應該適合設置於開放空間。參考馬德里地鐵月台區、軌道區、界面空間設計局部放射（Local Discharge）細水霧系統，除了滅火功能外，也可以降低有毒氣體濃度，降低人員傷亡。

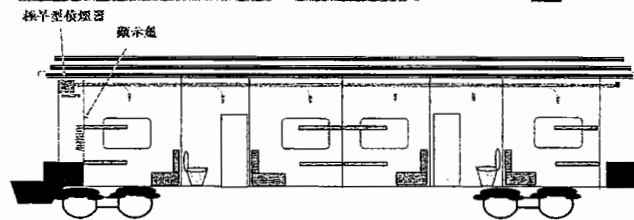


▲細水霧於月台、列車的防護。

對火車空間防護設計

一、對火車空間預警設計

馬德里地鐵列車內設置極早預警系統，主要針對列車內人為災害預警；澳洲XPT高鐵及上海中華之星高鐵額外針對對空調回風口、電纜槽架、電氣設備設置極早



▲ 極早型偵煙器取樣空間示意。

預警系統，偵測電氣設備可能火災，警報及故障狀態傳送給列車司機。

二、對火車空間滅火設計

馬德里地鐵列車內設置安裝

細水霧系統，由極早型偵煙器、CCTV、撒水頭聯動細水霧系統，當火災發生時能夠立即滅火。

三、對火車空間煙控設計

上海中華之星高鐵與台灣高鐵在火車空間內都有進行煙控設計，因為設計原理迥異因此不作說明。



▲ 台灣高鐵於車廂內有設置偵煙器

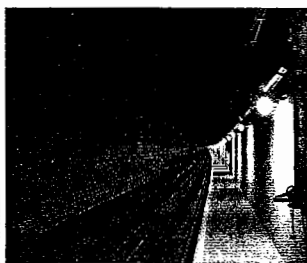
對隧道空間防護設計

一、對隧道空間預警設計

目前使用於隧道空間預警設計有雷射光纖器（雷射光入射光纖產生Raman散射，由向後散射之二種頻譜判定沿線溫度）、感壓式溫度偵測系統以及極早預警系統。



▲ 極早型偵測器應用於澳洲阿德萊德車站隧道。



▲ 極早型偵測器應用於香港地鐵地下段。

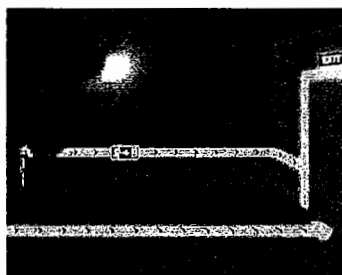
監視系統

一、熱影像

利用熱影像影像識別，可容易判斷前方是否有火災、障礙物、有人躺在軌道上。以大邱地鐵而言，如果指揮中心沒有及時或沒有告知月台有火災，第二輛列車也有自己預警系統，不需要等指揮中心移報確認及自己即可執行緊急應變程序。由災例中清楚顯示火災時會產生大量濃煙，一般CCTV應該只能看到黑煙一片，但是透過熱影像設備，行控中心才能有效指揮人員逃生避難及救災。

二、特殊監控技術

目前已經有成熟技術協助管理人員監控月台及軌道人為危害。例如利用「人體形狀辨識技術」可以協助辨識障礙物或墜落物是否為人；「多物體軌跡追蹤技術」可以協助辨識偷偷摸摸行跡可疑人員；「單一物體追蹤」可以協助影像追蹤。



人員避難逃生

當交控中心無法聯繫與指揮發生事故隧道時，唯一可行就是提升受困人員緊急應變及疏散能力。雙子星摩納哥大樓被飛機撞毀後，2003年11月ISO 16069 (Safety Colors and Safety Signs – Safety Way Guidance Systems) 公告，初步建議船舶、飛機、地鐵設置自發光逃生避難標示。ISO 16069要求逃生避難標示吸收可見光20分鐘後，即可在黑暗處75英尺距離處持續發光12小時以上（依ISO / DIS 17398標準測試）。

在傳統消防設備無法提供車站月台及軌道完善防護時，先進國家都自行進行功能性防災設計。思考國外先進國家在完備安全法規或工業標準下，仍然進行功能性防災設計，如果其中有值得我們學習之優點，期望提供業者參考。

