
視覺型火災偵測系統之 功能簡介與應用實例總

總管理處安衛環中心 消防管理處

一、前言

「用火」是人類生活不可或缺的條件，但火災亦給人類社會帶來難以承受的衝擊，例如人命傷亡、財產損失、營業中斷、環境破壞等負面影響。隨著產業日新月異地發展，各種新材料逐漸被開發，且為了提升產能而使用各種去瓶頸手段（例如解除安全連鎖、增加催化劑等措施），但若忽略火災風險將隨之升高，往往一場重大火災發生後導致前功盡棄，一切努力成果化為烏有。有鑑於此，先進國家在火災風險管控上早已投入相當龐大之人力及物力進行改善，包括法令訂定、專用預算編列、人才培養以及各種防火材料、消防設備研發等。我國近年來也積極與國際知名消防機構接軌，辦理各種研討會及消防設備博覽會，台灣知名的工業技術研究院亦投入火警自動警報設備之研發，積極改善過去傳統火警偵測方式帶來誤報的困擾。

目前攝影機已成為警方針對公共安全事件判案的最佳利器 and 最大幫手，但是僅能作為事件的事後調查證明，如攝影機若能在第一時間運用影像分析作「智慧判斷」，預先警告危害即將發生及立即處理，必能預先防範並防止災害發生減

少危害 [1]。利用影像處理與分析技術於視訊監控設備上，使系統具有人工智慧功能，例如可判斷人員入侵、行為分析、人臉辨識、火災辨識與流量計算…等，隨著電腦運算能力越來越強，人工智慧演算法不斷創新，要達到上述智慧化功能已不再是遙不可及。這一類的影像分析軟體統稱為智慧型視訊監控 (Intelligent Video Surveillance ; IVS) 軟體 [1]，如應用於火災辨識，能在火災前即偵測出初期之火源或煙霧，馬上發出警報通知相關人員，並於黃金滅火時間立即連動系統作災害預防，則可免除或減少危害至最低。

二、視覺型火災偵測系統架構

在上述人工智慧科技應用方面，國內中美強科技公司已與工研院合作研究開發視覺型火災偵測系統 (Video Fire Detection System, VFDS)，其偵測功能並獲美國 FM (U.S. Factory Mutual，美國工廠互助聯盟，是國際具有相當公信力之認證機構) 認證 [1]。筆者經實際參與該系統之安裝與使用，將應用於本企業麥寮園區石化工廠開放空間之經驗及可靠度測試分析資料供參考。

VFDS 係藉由攝影機或其他相容視訊裝置擷取現場影像，利用電腦即時分析視訊影像，若確認屬火焰或煙霧影像 [2]，將發出警報通知監控人員，該警報並可連動自動消防滅火系統以便及時啟動抑制火災。VFDS 實際安裝於控制室使用情形及內政部消防署長官蒞臨參訪實況如圖 1 及圖 2。



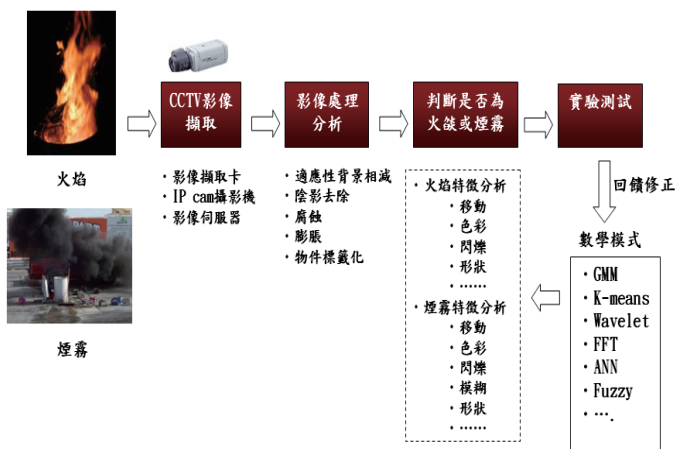
▲圖 1. 石化工廠 VFDS 監控照片



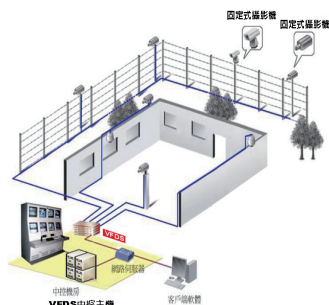
▲圖 2. 內政部消防署蒞臨參訪照片

2.1 VFDS 系統偵測原理

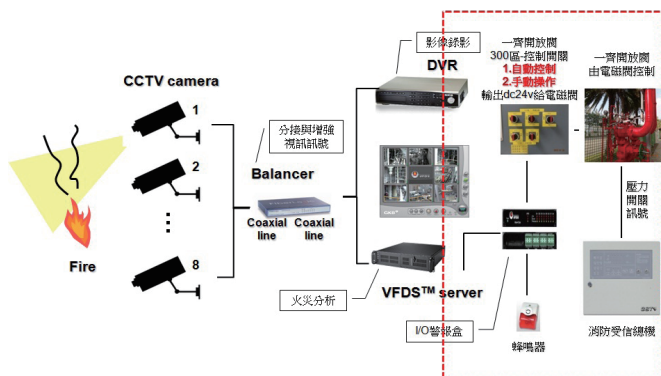
VFDS 系統偵測原理如圖 3 所示，利用火災特徵辨識演算法即時分析 CCTV 攝影機視訊影像，經比對影像後若符合火焰或煙霧之既設條件，將自動發出警報 [3]。當監控人員接收警報後，可直接從即時錄影畫面中確認現場實況，以進一步採取緊急應變措施。VFDS 設計實例與各介面說明如圖 4 及圖 5。



▲圖 3. 視覺型火災偵測原理



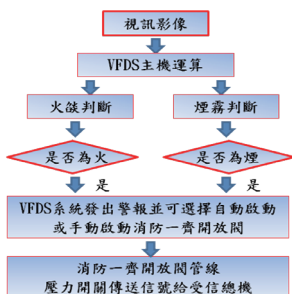
▲圖 4. 視覺型火災偵測系統設計範例



▲圖 5. VFDS 結合消防警報灑水系統實際安裝架構圖

2.2 VFDS 連動消防滅火設備

在石化工廠製程區開放空間中，為稀釋外洩之 VOC 防止蒸氣雲形成、避免火災向外擴散延燒、保護結構體、彌補防火區劃不足等，通常設置開放式撒水設備或水霧滅火（或冷卻）設備，而 VFDS 之警報輸出亦可連動開啟上述消防設備之一齊開放閥（或其警報經監控人員確認後在控制室以遠端遙控方式啟動），使火災事故能立即獲得抑制，使火警偵測及火災抑制功能皆可由監控人員在控制室內辨識與操作。VFDS 連動消防設備之控制流程圖與水霧滅火設備實際噴放情形如圖 6 與圖 7。



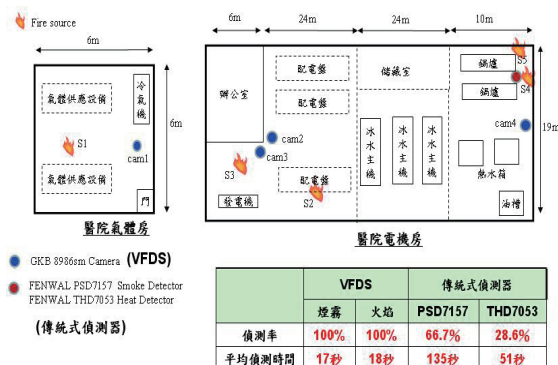
▲圖 6. 消防系統控制流程圖



▲圖 7. 製程區水霧啟動情形

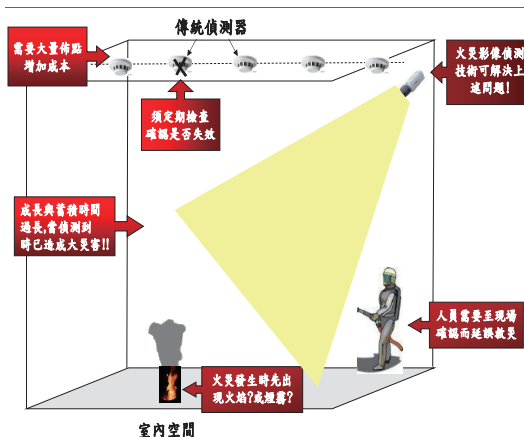
2.3 VFDS 與傳統火警自動警報設備之偵測方式比較

傳統消防佈點式 (spot type) 偵煙探測器或火焰探測器係藉由光電轉換原理或輻射能強度量測等方法以偵測火災之煙與輻射能等條件，其最大缺點在於針對開放空間中該類探測器係被動地藉由煙粒子或輻射熱能流動接近而感應，因此難以適用於石化工廠製程區開放空間，而運用 VFDS 偵測技術可以克服上述問題。圖 8 為 VFDS 偵測方式與傳統火警探測器在偵測時間上之比較。



▲圖 8. 視覺偵測與傳統偵測器偵測時間比較 [4]

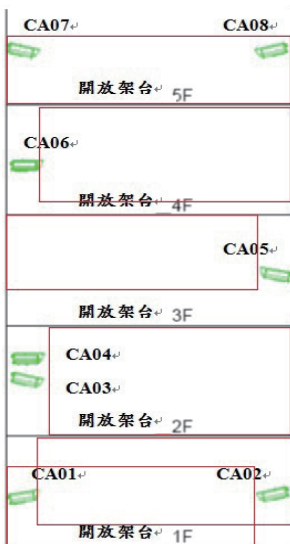
VFDS 採用攝影鏡頭進行大範圍廣角式監視，原則上只要鏡頭數量足夠，監視範圍就不容易產生死角。當警報發出時，監控人員即可透過 CCTV 監控畫面確認火災徵象（煙或火焰）及火警事故發生地點，然後依照既訂緊急應變流程進行事故處置之各項措施。圖 9 為 VFDS 影像偵測技術解決傳統火警探測器問題之示意圖。



▲圖 9.VFDS 影像偵測技術解決傳統火警探測器問題之示意圖

三、VFDS 系統測試及可靠度分析

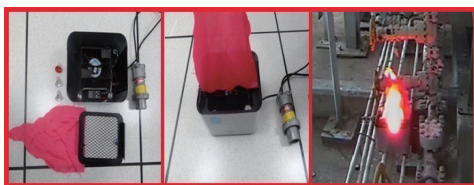
舉例來說，VFDS 規劃於某工廠製程區一樓至五樓共使用八具攝影機 (CA01~08)，其安裝位置選定係依據美國防火協會 (NFPA) 於 2008 年提出 VID(Video Image Detection) 系統之理論公式計算而得出攝影機最大偵測範圍，再依環境面距離需求條件，使用原廠提供之軟體 (GKB VFDS Installer) 自動綜合上述原理計算出八具攝影機之安裝位置及可偵測範圍，偵測範圍如圖 10 所示。



▲ 圖 10. CCTV 現場安裝分佈圖

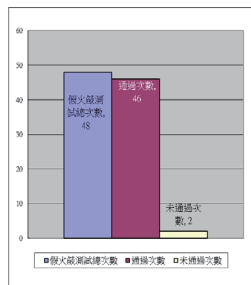


▲ 圖 11. 發煙錠外觀及實際放煙情形

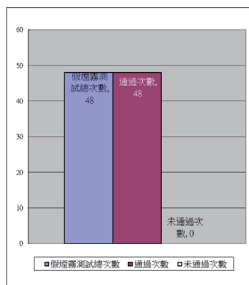


▲ 圖 12. 防火模型及測試照片

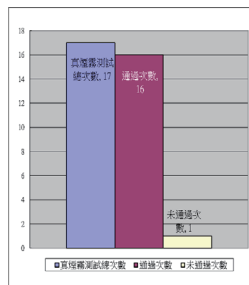
考量安全因素，在石化工廠製程區內測試 VFDS 時，模擬煙霧部份採用安全「無毒發煙錠 (Smoke Emitters)」及「蒸氣」為測試物質，而模擬火焰部份則以防火模型 (模擬火光之燈具) 進行測試。實際測試照片如圖 11~12，彙總 113 次測試結果再分析系統測試及可靠度結果如圖 13~15。



▲ 圖 13. 防火模型測試資料



▲ 圖 14. 蒸氣測試資料圖



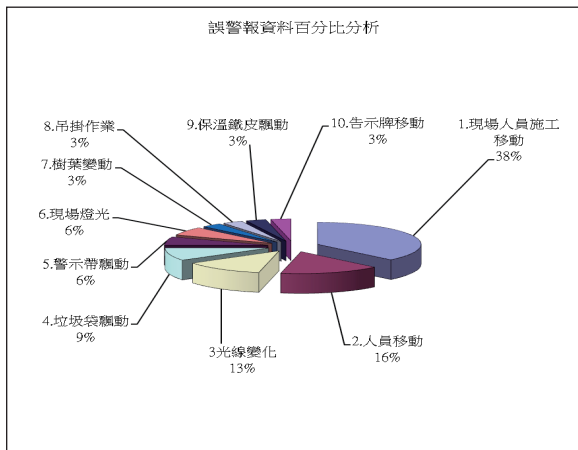
▲ 圖 15. 發煙錠測試資料圖

依據 FM 3260 標準，煙霧偵測須於 80 秒內完成，而火焰偵測需於 30 秒內完成始為合格。同時參考 NFPA 於 2008 年提出 VID(Video Image Detection) 系統研究報告有關偵測極限圖元像素之建議標準值，針對大型化工廠房火燄偵測係以火災熱釋放率 100kW 為標準規格，煙霧偵測則以火災熱釋放率 25~100kW 為標準規格，據此計算火焰影像應設定為 15x15 像素，煙霧影像應設定為 20x20 像素。CA01~CA8 偵測鏡頭經以防火模型現場測試計 48 次、蒸汽測試計 48 次及發煙錠測試計 17 次後，所有測試物質經測試後其檢出率皆為 100%；在測試時間通過率方面，防火模型通過率為 96%、蒸汽通過率為 100%、發煙錠通過率為 94%。分析火燄影像測試(共 2 次)與煙霧影像測試(共 1 次)未能於合格反應時間內檢出之原因，研判應屬高速氣流造成火焰消失和煙霧稀釋有關(未達設定偵測極限圖元像素標準值)[5]。

由於日常生活中有許多現象，其視覺特徵與火焰及煙霧類似，如交通號誌、晃動的衣物、太陽反光、漸進的光源變化、雲霧、特定形式的人員移動等皆會造成誤警報發生。甚至較低階的攝影機其 CCD (Charge Coupled Device, CCD，感光耦合原件) 會有固定週期感光變化，在成像上較容易形成類似火焰或煙霧的特徵[3]。以目前技術能準確偵測到或火焰與煙霧已非難事，但是能有效降低火警誤報率才是偵測技術改善之重點，因此對於 VFDS 系統的測試及分析可靠度顯得格外重要。原則上，若要調整 VFDS 系統之性能達最佳化，建議需蒐集至少三個月之測試資料，分析實際之誤警報資料如表 1 及圖 16，供系統軟體設定及調整使用。舉凡區劃煙層分隔、偵測時間、火災定位、遮蔽及靈敏度等參數設定，絕不可影響檢出通過率致造成系統可靠度降低或失去原始功能。

▼表 1. 誤警報資料分析表

項次	原因	次數	百分比
1	現場人員紅帽移動造成	12	37.50%
2	人員紅衣移動造成	5	15.63%
3	光線變化太大所導致	4	12.50%
4	現場垃圾袋飄動造成	3	9.38%
5	現場警示帶飄動造成	2	6.25%
6	現場燈光變化造成	2	6.25%
7	樹葉變動造成	1	3.13%
8	施工架吊掛作業移動造成	1	3.13%
9	現場保溫鐵皮飄動造成	1	3.13%
10	施工告示牌移動造成	1	3.13%
	原因總數	32	100%



▲圖 16. 誤警報資料百分比分析

四、結論

人的眼睛可說是最精準的「火警探測器」，幾乎不會有誤判產生，而 VFDS 的工作原理類似人眼之功能，該系統先過濾視訊影像中絕大部份非火、煙的情境，再將可能為真實火災的影像呈現供進一步判斷，利用影像處理與分析技術附加於視訊監控設備上，該視訊監控系統即具有人工智慧。然而智慧也會有高低之分，如何讓影像處理與分析技術與人類視覺判斷功能接近，未來則持續研究精進軟體演算法及分析技術讓監控系統之智慧等級更加進階，以增加監控系統附加價值，進行更精確、更有效率之火災警報偵測，以避免因火災所造成的各樣損失及達到有效即時偵測與控制災害目標。

五、參考文獻

- [1] 劉俊村，“視覺型火燄煙霧偵測技術”，中美強科技股份有限公司公司，2010。
- [2] 張亞菁、陸中憲、趙浩廷、陳翔傑、林宏駿，“智慧型火災視覺偵測系統應用案例探討”，工業技術研究院，2012。
- [3] 陸忠憲、趙浩廷、陳翔傑、林宏駿、張亞菁，“視覺型火災偵測系統”，工業技術研究院，2009。
- [4] 王炳卿，“影像火燄與煙霧偵測火警系統之推廣策略研究”，長庚大學企業管理研究所，2011。
- [5] 鄭健隆、林耿賢、魏民記，“人工智慧型影像辨識系統於火災偵測之應用”，第八屆智慧生活科技研討會，國立虎尾科技大學，2013/06/07。