

出國報告（出國類別：國際會議）

參加 2023 年國際危險物品緊急應變 研討會與器材展

服務機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局

姓名職稱：林國強技士

派赴國家：美國

出國期間：112 年 6 月 4 日至 13 日

報告日期：112 年 8 月 15 日

摘要

美國 2023 IAFC 國際危險物品緊急應變研討會與器材展是全美年度舉辦之危險物品緊急應變大型研討會，含會前研討會共計 5 天，除豐富多樣的案例分享外，透過深入研析以瞭解國際間災害應變專業訓練之軟硬體設置與體系發展現況，所獲取之新知亦對我國環境事故災害應變能量之提升、環境事故防災、整備與應變機制、決策支援、聯防、槽車運輸等相關系統，提供更多面向的參考資訊，藉由專業技術與設備專家的新知分享與廣泛研討，可供來自世界各地之參與單位援引以規劃制訂未來修正執行程序、補強體系運作與持續精進整體規劃的具參考性訊息。

另本次行程順道參訪同位於美國馬里蘭州之美國緊急應變管理研究所，美國國家消防學院代表併同出席，此二單位同隸屬美國聯邦緊急事務管理署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)轄下，為美國發展及培訓緊急應變訓練之據點，藉由參訪瞭解到美國緊急應變管理研究所及美國國家消防學院之實際運作情形、緊急應變之訓練課程類別以及相關參與對象，俾供我國後續規劃訓練之參考。

目錄

壹、緣起.....	7
貳、目的.....	8
參、會議及參訪行程.....	9
肆、研討會參與經過及參訪紀要.....	11
一、參訪美國應變管理研究所.....	11
二、2023年國際危險物品緊急應變研討會與器材展.....	17
伍、心得與建議.....	58
一、心得.....	58
二、建議事項.....	59
附件一、2023年國際危險物品緊急應變研討會與器材展議程.....	60

表目錄

表 1、出國行程與內容概要.....	10
表 2、參訪應變管理研究所議程.....	13
表 3、氧氣感測器型式.....	19
表 4、氧氣濃度對於人體的影響.....	19
表 5、常見可燃性氣體爆炸範圍.....	20
表 6、常見化學品 10%LEL 狀況下使用 PID 量測讀值.....	20
表 7、感測器優缺點.....	21
表 8、電化學式感測器與比色氣體檢測管比較.....	40

圖目錄

圖 1、國家緊急訓練中心(NETC)平面配置圖.....	12
圖 2、參訪美國緊急應變管理研究所.....	13
圖 3、美國 EMI 因公殉職消防人員紀念碑.....	15
圖 4、情境模擬教室介紹.....	16
圖 5、氣體檢測介紹課程.....	17
圖 6、氣體檢知技術分層或集成維恩圖.....	18
圖 7、腐蝕性物質與容器反應性課程.....	22
圖 8、苗栗三氟化硼氣體洩漏事件(國內案例).....	22
圖 9、化學性傷害(手部).....	23
圖 10、化學防護服黏貼酸鹼試紙示意圖.....	23
圖 11、化學性暴露隨時間推移傷害程度.....	24
圖 12、一氧化碳、氰化物和硫化氫三物質介紹.....	25
圖 13、曝露在不同一氧化碳濃度下之危害.....	26
圖 14、氰化氫在恐怖攻擊中之使用.....	27
圖 15、新式 Cyanokit 治療.....	28
圖 16、人員救護時注意事項.....	29
圖 17、液化天然氣的運輸與最初應變人員應對措施課程剪影.....	30
圖 18、運輸用罐式集裝箱介紹課程.....	31
圖 19、各式聯運集裝箱介紹.....	32
圖 20、各種運輸方式介紹.....	32
圖 21、運輸用罐式集裝箱標示規範.....	33
圖 22、多式聯運集裝應變說明.....	33
圖 23、乾式除污方式.....	34
圖 24、乾式除污袋內容物示意圖.....	35
圖 25、FiberTect 濕巾.....	35
圖 26、廢棄物清除收集情形.....	36
圖 27、MacGyver 氣體檢測介紹課程.....	37
圖 28、一氧化碳維恩圖.....	38
圖 29、一氧化碳感測器交叉靈敏度.....	38
圖 30、Clan Lab 交叉敏感性(1).....	39
圖 31、Clan Lab 交叉敏感性(2).....	39
圖 32、比色氣體檢測管.....	40
圖 33、John J. Cassidy 講師授課情形.....	41
圖 34、第二次世界大戰使用化學戰劑.....	42
圖 35、氣的緊急醫療處置.....	42
圖 36、Robert J. Bradley 及 Albert M. Valerioti 講師實際授課情形.....	43

圖 37、鋰離子電池失控現象及連鎖反應示意圖	44
圖 38、新型鋰電池火災偵測抑制系統示意圖	45
圖 39、MOS 偵測器反應曲線圖	46
圖 40、實作課程情形	47
圖 41、Dan Warchol 講師實際授課情形	48
圖 42、無水氨基本危害簡介	50
圖 43、氨洩漏呈霧狀現象	50
圖 44、無水氨運送槽車	51
圖 45、化災事故行動判斷	53
圖 46、短鏈碳氫化合物製程簡介	54
圖 47、設施危害簡介	54
圖 48、氧化性物質介紹	55
圖 49、應變器材展場情景	56
圖 50、應變器材展場展示相關設備	57

壹、緣起

目前我國現有列管毒化物運作廠家計有 5,000 餘家，如發生重大毒化物災害恐造成人體健康及周遭環境危害，考量為強化我國毒化災應變量能之需求，並依行政院 108 年 5 月 17 日院臺環字第 1080012045 號函核定「建構安全化學環境計畫」，其計畫目標中包含強化化學物質檢驗能力、應變能力、應變人員之職能與專業能力、建置資材調度中心及其他毒化災害預防、整備、應變等相關執行項目，本署依國內企業經營模式、類型及分布等，陸續規劃與建置北、中、南區資材調度中心及毒化災訓場，並持續積極強化國內毒性化學物質聯防組織，及環境事故諮詢監控中心與專業技術小組等單位毒化災應變量能，故規劃本次參訪國際災害預防及應變器材展覽。

相關參訪自 99 年起逐年規劃美國、法國、德國、義大利、英國等先進國家與國際型化學工業參訪業務，針對毒化災之預防、整備、應變、監測、訓練及除污復原等運作現況及重要經驗成果進行蒐集，並結合參與毒化災與危險物品緊急應變相關研討會的行程，輔以實務驗證與技術交流，透過資料蒐集與國際專家討論及交流彙整，以作為提昇國內應變能量之規劃、充實毒化災資材調度中心器材、推動國內全國性聯防組織體系籌設及強化毒化災高階專業技術與設備建置之重要參考資訊。歷年藉由國外參訪，同時接觸國外具高知名度、建置完善、高投入程度且實務運作成熟之政府、協會（聯盟）或民間企業，更深入瞭解國際間災害應變專業訓練之軟硬體設置與體系發展現況，所獲取之新知亦對我國環境事故災害應變能量之提昇、環境事故防災、整備與應變機制、決策支援、聯防、槽車運輸等相關系統，提供更多面向的參考資訊。

基於持續強化我國環境事故災害應變能量之需求，本(112)年度出國行程包括參加美國國際消防首長協會(International Association of Fire Chiefs, IAFC)舉辦之國際危險物品緊急應變研討會與器材展(International Hazardous Materials Response Teams Conference & Exhibition)以及參訪美國緊急應變管理研究所(Emergency Management Institute, EMI)。

貳、目的

本案為增進國內環境事故應變量能以及了解美國相關應變程序，本(112)年度規劃參與 112 年 6 月 4 日至 6 月 13 日於美國馬里蘭州巴爾的摩市(Baltimore, MD) 舉行為期 5 天之 IAFC 國際危險物品緊急應變研討會與器材展，並於研討會前參訪美國聯邦事務管理署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)轄下之應變管理研究所(Emergency Management Institute, EMI)，取法其與民間應變訓練機構不同之以政府角度之訓練內容，藉以提供未來針對毒化災應變中協助相關部會訓練之參考，相關行程規劃之主要目的說明如下：

- 一、 蒐集國際應變技術，針對體系運作新作為、新裝備訊息、監測新技術與設備研發、新應變程序檢視與全新案例經驗分享、資訊新模組與新加值應用、運作新構想、新技術性發現，以及新訓練機制與模組功能進行提昇。
- 二、 蒐集國際上先進應變器材與設備資訊，以利於提昇國內應變單位之應變能力與實際訓練的工作。
- 三、 參訪國外應變業務單位，汲取其專業經驗與發展技術，作為規劃我國後續相關防災應變業務參考，並持續辦理國際交流活動。
- 四、 參訪訓練單位，汲取其專業訓練經驗與發展技術，作為規劃我國後續毒化災相關應變訓練業務參考。

透過上述最新國外應變資訊蒐集、拓展與國外事故應變經驗諮詢與交流管道，以利後續環境應變訓練（基礎/技術/進階/指揮官）、訓場規劃、資材整備、聯防組織組訓等相關整備之精進，研析彙整後納入我國既有現地應變模式與風險管理，藉以作為未來強化國內毒化災應變能力之重要參考。

參、會議及參訪行程

本次出國行程自 112 年 6 月 4 日至 13 日，共計 10 日，包括參加 IAFC 國際危險物品緊急應變研討會與器材展，於 6 月 6 日順道拜訪同位於馬里蘭州之應變管理研究所，除 6 月 7 日為研討會前會，主要參加 6 月 8 日至 6 月 11 日之 IAFC 研討會（行程如表 1 所示），本局核派 1 員出席並邀請相關環境事故應變委辦計畫業務單位自費共同前往，共計 15 員，各單位代表參與人員如下：

- 一、環保署毒物及化學物質局：林國強技士。
- 二、環保署環境事故諮詢監控中心：張榮興計畫經理及張致炯助理研究員等 2 員。
- 三、環保署北區環境事故專業技術小組：林澤聖協同計畫主持人、莊凱安協同計畫主持人、陳宏裕副隊長、楊家州小隊長、張群政小隊長、黃智鴻小隊長等 6 員。
- 四、環保署中區環境事故專業技術小組：洪肇嘉計畫主持人、李孟學隊員等 2 員。
- 五、環保署南區環境事故專業技術小組：陳政任計畫主持人、吳偉傑副隊長、楊哲維副隊長及黃郁文隊員等 4 員。

表 1、出國行程與內容概要

日期	工作內容概要
112.06.04	啟程，出發至美國紐約
112.06.05	整理準備參訪資料
112.06.06	<p>由紐約前往馬里蘭州參訪美國緊急應變管理研究所(Emergency Management Institute, EMI)及國家消防學院(National Fire Academy, NFA)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 我國毒化災應變及訓練簡介。 2. 美國 EMI 副所長 Scott Kelberg、NFA 院長 Eriks J. Gabliks 分別介紹單位歷史、業務及訓練項目。 3. 雙方進行意見交流。 4. 美方導引介紹訓練中心環境並針對模擬決策指揮中心訓練進行說明。
112.06.07	<ol style="list-style-type: none"> 1. 移動前往美國國際消防首長協會(International Association of Fire Chiefs, IAFC)巴爾的摩會場。 2. 完成註冊報到研討會名稱：2023 年國際危險物品緊急應變研討會與器材展(International Hazardous Materials Response Teams Conference & Exhibition)。
112.06.08~11	參加 IAFC 國際危險物品緊急應變研討會與器材展
112.06.12~13	返程（回到臺北）

肆、研討會參與經過及參訪紀要

本次參訪美國緊急應變管理研究所及參加 IAFC 研討會概要彙整如下：

一、參訪美國緊急應變管理研究所

美國緊急應變管理研究所為美國聯邦緊急事務管理署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)轄下之美國緊急事務管理培訓開發和交付的協調中心，主要校區位於馬里蘭州埃米茨堡的國家緊急應變訓練中心(National Emergency Training Center, NETC) (配置如圖 1 所示)，校區內另有美國消防總署(U.S. Fire Administration, USFA)、國家消防學院(National Fire Academy, NFA)等。參與單位除原規劃之應變管理研究所人員外，美方考量本次我方參訪團隊主要為毒化災應變單位，另指派負責化災訓練之國家消防學院人員一同參與，本次美方代表分別為國家消防學院院長 Eriks J. Gabliks、應變管理研究所副所長 Scott Kelberg、美國消防總署外事專員 Evrim Bunn、國家消防計畫部主任 Richard W. Patrick 以及美國國土安全部政策和方案分析辦公室國際事務司副主任 Lamar Gonzalez Medlock 與會。

會議經自我介紹、禮品致贈後，先由我方陳政任教授、林澤聖教授以及林國強技士分別就我國毒化災應變及訓練進行 30 分鐘之介紹，其後由美方國家消防學院及緊急應變管理研究所分別就其歷史、業務及訓練項目進行說明，並進行雙方意見交流，最後由美方帶領參訪團進行訓練中心環境介紹並針對其中模擬決策指揮中心訓練進行說明 (議程如表 2 所示)，整體參訪行程說明如下：

(一) 美國緊急應變管理研究所(Emergency Management Institute, EMI)

EMI 起源始於 1951 年 4 月 1 日，在馬里蘭州奧爾尼成立的民防參謀學院(CDSC)，負責教授項目管理與財務、輻射監測與控制以及重型救援等民防課程，直到 1979 年，美國總統卡特總統將之與位於馬里蘭州埃米茨堡的聖瑪麗山大學的合併成為 FEMA 國家緊急應變訓練中心(National Emergency Training Center, NETC)。NETC 隨後成為國家消防學院 (NFA)及 EMI 的所在地。

EMI 有 97 名全職員工、400 餘名講師，每年經費約有美金 3,000 萬元，在馬里蘭州埃米茨堡校區為提供 713 個校園課程。課程長度從 1 小時到 8 天不等，包含 150 駐地訓練，有 50 多個國家參與 EMI 的培訓和教育活動，包括在駐地及通過國際部署的訓練團隊。每年培訓約 80 萬名學員，迄今超過 2 百萬人次。

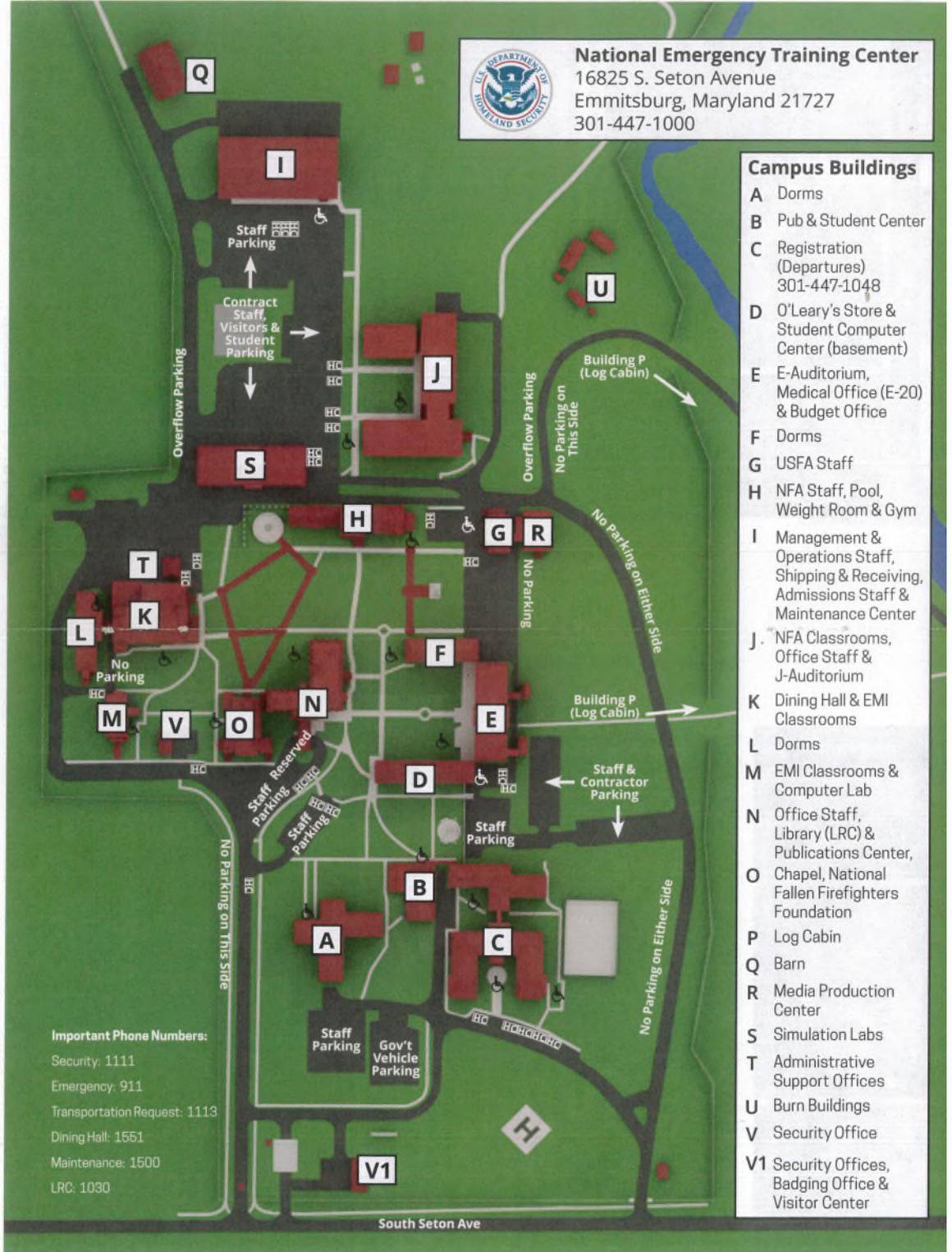


圖 1、國家緊急訓練中心 (NETC) 平面配置圖

表 2、參訪應變管理研究所議程

Time	Agenda	Activity
13:15	-	Entry @ Control Point
13:15-13:25	Check in / Link Up	
13:30-13:50	Opening Remark by TWN Delegation Lead	Introduction by TWN Delegation Leader, gifts exchange
13:50-14:10	Taiwan Representative Brief	TWN Delegates introduce current training content & objectives for TWN EPA for poison and chemical disasters
14:10-14:30	NFA & EMI Representative Remarks	Quick overview of the function of NFA & EMI, training courses, and institution objectives
14:30~15:00	Discussion/Opinion Exchange	Discussion and exchange of opinions between Taiwan and the United States
15:00~15:30	Visit training center/areas	Tour of relevant training classrooms/facilities
15:30	Conclusion	



圖 2、參訪美國緊急應變管理研究所
 (美方機關代表：EMI 副所長 Scott Kelberg、NFA 院長 Eriks J. Gabliks)

EMI 訓練課程主要著重於應變管理的防災、整備、應變和復原等四個階段。訂定 2022 年至 2026 年之課程目標如下：

1. 目標 1：灌輸公正價值作為應變管理的基礎(Instill Equity as a Foundation of Emergency Management)。
2. 目標 2：引領全社區因應氣候調適韌性(Lead Whole of Community in Climate Resilience)。
3. 目標 3：提升及持續準備就緒的 FEMA 及整備完善的國家 (Promote and Sustain a Ready FEMA and Prepared Nation)。

EMI 訓練對象極為廣泛，包括 FEMA 工作人員、災難僱員、聯邦合作夥伴、各州、部落及地方應變管理人員、志願者組織，以及來自各地的急救人員。同時制定了應變管理高等教育計畫，旨在為未來的應變管理人員和其他感興趣的人員促進以大學為基礎的應變管理高等教育，並與部分學校合作提供大學學分，以多元方式儲備應變管理人才；近年又開設許多線上課程，將訓練推廣遍及全美及部分國家。此外，EMI 之訓練課程多為免費，相關書籍亦為免費。課程內容包括獨立學習(IS)計畫、緊急應變管理專業課程(EMPP)、國家事故管理系統(NIMS)、國家應變框架、營運連續性(COOP)、關鍵基礎設施安全性和韌性、部落課程、學校多災害和大規模傷亡計畫、高等教育、整合性緊急管理(IEM)計畫、主演習執行者計畫(MEPP)、緊急應變管理學院講師計畫、專業發展系列(PDS)、虛擬桌上演練(VTX)等。

(二) 美國國家消防學院(National Fire Academy, NFA)

NFA 於 1974 年成立，1979 年與 EMI 移至國家緊急應變訓練中心現址，與 EMI 同為 FEMA 轄下之訓練單位，主要為中高級消防官員、消防指導員、技術專業人員和相關專業的代表提供免費的專業培訓課程和高級管理課程。在馬里蘭州埃米茨堡校區提供 50 多個校園課程，課程長度從 5 天到 10 天不等，課程內容包括火災防控、緊急醫療救助、火災應變管理、危害物質/大規模毀滅性武器、應變管理及協調、領導力和行政發展、規劃和信息管理、應變人員安全與健康、訓練管理等方面。目前由美國消防總署 USFA 負責管理，有 400 餘名

講師，每年經費約有美金 2,500 萬元，每年約有 9 萬名職業、志願消防人員及緊急救護人員參加 NFA 專業發展機會課程。

NFA 與 EMI 相比，NFA 主要著重消防及緊急救護等相關訓練工作，包括危害物質及大規模毀滅性武器等，另與其他消防訓練單位不同的是，NFA 主要進行規劃、評估、指揮等訓練，包括應變中心之決策訓練、事故現場指揮體系訓練等，訓練課程結合模擬軟體進行多面向之訓練。

(三) 訓練園區參訪

由美方帶領參訪園區包括因公殉職消防人員紀念碑、情境模擬教室及移動指揮車，其中在情境模擬教室中，美方特別介紹其 ICS 訓練課程是參照美國國家事件管理系統(National Incident Management System, NIMS)所制定，在情境模擬時會針對事故之各項可能情境會事先擬定，例如鐵路槽車事故，目前共擬定 223 種情境，並根據各項情境進行推演，必要時以電腦進行情境模擬，同時將參訓人員根據角色分配至不同的房間，如現場搶救、現場指揮站、州應變中心等，該教室螢幕所顯示則為該角色任務場景所能得到的狀況或資訊(如圖 4 所示)，分別就其角色進行模擬應變、下達決策等。



圖 3、美國 EMI 因公殉職消防人員紀念碑合影



圖 4、美國 EMI 情境模擬教室介紹

二、2023 年國際危險物品緊急應變研討會與器材展

於 112 年 6 月 7 日進行會前會並完成註冊報到，並於 112 年 6 月 8 日至 11 日參加美國東岸巴爾的摩市所舉辦「2023 美國 IAFC 國際危險物品緊急應變研討會及器材展」，IAFC 協會邀請來自美國境內與國際各地有關危險物品緊急應變技術與學科領域的專業人士，依議題授課並於展場進行相關應變設備器材展示。

本次研討會安排包括 100 種以上之課程類別（議程如附件一），故在同一時段內有多種課程同時間進行，參與人員則事先透過議程資料篩選與業務相關或嶄新資訊等課程依議程表定時間至教室上課，本行程成員分組選擇與國內相關緊急應變議題與未來強化化災應變程序之訓練課程與相關會議議題出席聆聽，並於課後相互討論與研析，包括參加環境偵測、模擬分析、安全防護、大量除污、應變策略等主題及參觀相關設備器材現場展示。

本次設備器材展計有 90 個單位組織參展，包括止漏設備、防護裝備、偵測設備、除污設備及其他相關應變設備，如 908 Devices-MX908 為手持式未知物偵測設備、Halen Hardy-廢水圍堵器材、Edwards & Cromwell-止漏設備、KFT fire Trainer-訓練模組、QuickSilver-個人防護具等，針對相關參與主題說明如下：

（一）氣體檢測(Gas Detection)



圖 5、氣體檢測介紹課程

本課程演講者為 Chris Wrenn (VP of America's Sales)（如圖 5），該課程內容說明氣體檢測器（如氧氣檢測器、可燃性氣體檢測器、光離子化檢測器、電化學感測器）用於進入密閉空間或 HazMat 的使用，並說明何以需要氣體檢測、化學特性基礎、氣體檢測器的工作原理以及對暴露限值的理解。利用氣體檢測儀當作「眼睛」以解決氣體檢測問題，並討論各項檢測項目、採樣技術及校準。

利用說明氣體檢知技術分層或集成維恩圖(Venn diagrams) (如圖 6)，每個圓圈代表感測技術能檢測到化學物質的範圍，說明對該化學物質之反應狀況，透過疊加多種檢測技術得知為何種化學物質。

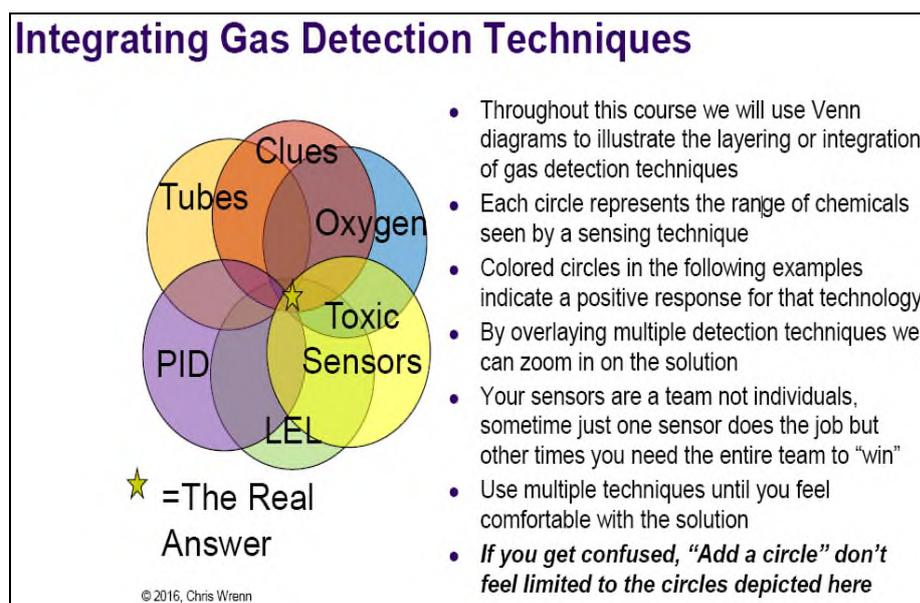


圖 6、氣體檢知技術分層或集成維恩圖

構成現代進入密閉空間標準(Confined Space Entry, CSE)檢測器緣由為 29 CFR 1910.146 OSHA 密閉空間進入或 CSE 標準，而在北美 CSE 標準包含氧氣、可燃性液體、CO、H₂S 等 4 種氣體檢測器。

氧氣感測器可分為毛細管擴散(capillary diffusion)及膜擴散(membrane diffusion)，其型式、作動原理及氧氣濃度對於人體的影響如表 3 與表 4 所示。在大氣參數中，可燃性氣體偵測為繼氧氣感測器之下一個重要量測參數，根據 29 CFR 1910.146，作業人員進入該空間之前，應使用經校準之直讀式儀器量測內部大氣中氧含量、易燃性氣體與蒸氣以及潛在有毒空氣污染物，常見化學品可燃性氣體範圍介於爆炸下限(Lower Explosion Level, LEL)及爆炸上限(Upper Explosion Level, UEL)如表 5 所示。光離子偵測器(Photo Ionization Detection, PID)是一款檢測揮發性有機物感測器，以異丁烯為校正氣體，單位為 ppm，可在常見化學品 10%LEL 狀況下使用 PID 量測讀值 (如表 6 所示)，統整各感測器優缺點如表 7 所示。

表 3、氧氣感測器型式

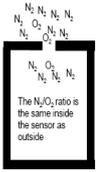
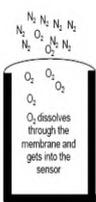
型式	動作原理	比較
毛細管 擴散	<p>Capillary Fuel Cell Oxygen Sensors</p> <ul style="list-style-type: none"> In a capillary fuel cell oxygen sensor oxygen entry into the cell is limited by the battle between nitrogen and oxygen molecules trying to get through the capillary O₂ has a mw of 32 and N₂ has a mw of 28 so they are in relative balance in the battle to get in the capillary This results in a true % volume reading Most common oxygen sensor type Minor fluctuations in pressure and barometric pressure will not change the sensor reading At the top of Everest it will still read 20.9% 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最常見，以%體積表示 ● 讀值不隨壓力改變 ● 受基質氣體分子量影響 ● 會被 CO₂ 等酸性氣體影響
膜擴散	<p>Permeation-limited Fuel Cell Oxygen Sensors</p> <ul style="list-style-type: none"> In a permeation-limited fuel cell oxygen sensor there is a very thin, plastic membrane over the top of the sensor which is a solid barrier in which the oxygen molecules must dissolve in order to reach the sensing electrode Entry into the cell is driven by the differential of oxygen partial pressure across an oxygen permeable membrane This results in a partial pressure reading which is usually corrected to %Oxygen in the detector Minor changes in pressure and barometric pressure can change the sensor readings unless it is corrected for pressure 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不常見，以%分壓校正顯示 ● 不受基質氣體影響 ● 薄膜對氧氣具選擇性，可防止 CO₂ 等酸性氣體中和 ● 讀值可能隨壓力改變

表 4、氧氣濃度對於人體的影響

氧氣濃度(%)	症狀
20.9	正常新鮮空氣中的氧含量
19.5-12	判斷力受損、脈搏和呼吸加快、疲勞、失去協調能力
12-10	數秒至數分鐘內出現呼吸困難、血液循環不良、疲勞加劇、精神意識下降
10-6	噁心、嘔吐、無法移動、意識喪失和死亡
6-10	抽搐、喘息、呼吸停止、心臟驟停、立即出現症狀數分鐘內死亡

表 5、常見可燃性氣體爆炸範圍

Gas/Vapor	LEL* (% vol)	UEL* (% vol)
Acetone	2.2	12.8
Benzene	1.2	7.8
Carbon Monoxide	12.5	74
Diesel	0.8	10
Ethylene Oxide	3.0	100
Gasoline	1.4	7.6
Hydrogen	4.0	75
Methane	5.0	15
MEK	1.8	11.4
n-Pentane	1.5	7.8
Propane	2.0	9.5
Toluene	1.2	7.1

表 6、常見化學品 10%LEL 狀況下使用 PID 量測讀值

Gas/Vapor	LEL* (% vol)	LEL in ppm	10% of LEL in ppm	10% of LEL in Isobutylene units**
Methane	5	50,000	5,000	Not detectable with PID
Hydrogen	4	40,000	4,000	Not detectable with PID
Propane	2	20,000	2,000	Not detectable with PID
Gasoline	1.4	14,000	1,400	1,556
Acetone	2.2	22,000	2,200	2,000
Benzene	1.2	12,000	1,200	2,264
n-Pentane	1.5	15,000	1,500	179
MEK	1.8	18,000	1,800	1,636
Toluene	1.2	12,000	1,200	2,400
Diesel	0.8	8000	800	1,143

表 7、感測器優缺點

感測器	優點	缺點
氧氣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術成熟 2. 故障安全 3. 可直接量測氧氣濃度 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 需常開，壽命有限(<26 個月) 2. 含有毒重金屬(鉛) 3. 電解液洩漏會損壞儀表 4. 只能檢測 TICS 水準
LEL	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術成熟 2. 可直接量測可燃性氣體 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可能中毒 2. 無法量測超過 100% LEL 3. 量測時需要 12-16% 氧氣 4. 難以測量柴油、噴氣燃料、煤油和類似蒸氣 5. 對毒性測量不靈敏
PID	<ol style="list-style-type: none"> 1. 輕鬆量測“較重”的化學品及燃料蒸氣 2. 抵抗毒性氣體 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 需二次測量 2. 漏掉常見的易燃氣體：甲烷、丙烷、乙烷和氫氣 3. 購置費用貴

(二) 腐蝕性物質、容器與應變(Corrosives Materials, Containers, and Response)

課程演講者為 Barry Lindley 先生，曾服務於杜邦公司，並參與處理過 1,000 場次以上緊急事件。目前擔任職務為顧問、講師、IFSTA 危險品主席、NFPA 470 委員會成員及 KPEPC 副主席。

該課程主要係瞭解腐蝕性物質特性，藉由對腐蝕性物質認識，以及探討各類型的腐蝕性物質對容器本身之影響及潛在洩漏情境瞭解。腐蝕性物質不同於毒性物質。腐蝕性化學物質一般在接觸後會造成立即性危害，而毒性物質則會造成系統性的毒害，通常在一段時間後才會顯現出傷害。多數民眾普遍會將兩者混為一談，但它們在實際理論上是不同的概念。儘管，腐蝕物質與毒性物質不一定是相違背的，某些化學物質既有可能腐蝕性物質同時也可能是毒性化學物質(Toxic Chemical Substances)。

常見腐蝕性危險物質，酸包括硫酸、硝酸、鹽酸、氫氟酸、氫溴酸、氫碘酸、高氯酸、磷酸等；鹼包括氫氧化鈉、氫氧化鉀等；其他腐蝕性物質包括三氟化硼、二氧化氮、鹵素、鋁、氯化物、氯化硫、亞硫酸氫等，均會對生物組織造成破壞。例如：苗栗三氟化硼氣體洩漏事件（如圖 8 所示）即為國內強腐蝕性物質危害典型案例之一。



圖 7、腐蝕性物質與容器反應性課程

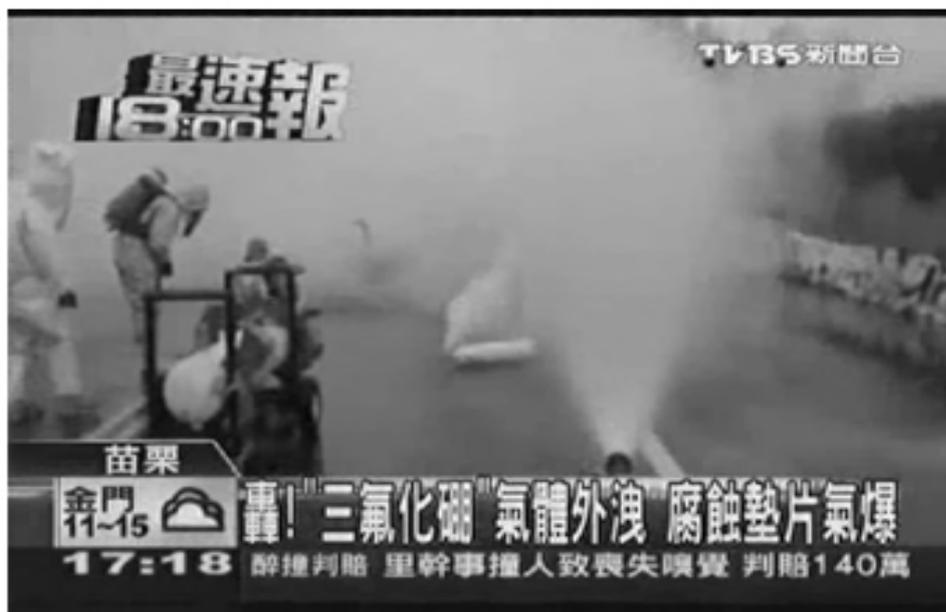


圖 8、苗栗三氟化硼氣體洩漏事件（國內案例）

由於這些物品包括高濃度強酸、強鹼及弱酸、弱鹼等。基本上有些可能是固體，有些則會是液體，另也有些會揮發成氣體。腐蝕性化學物質主要是透過酸鹼水解反應破壞生物組織（如皮膚、肌肉及視網膜）。蛋白質（由醯胺化學鍵相連）會被醯胺水解反應分解，而脂肪（大多由脂鍵相連）則會被酯水解反應分解。這將會造成化學性傷害（如圖 9），大多數的腐蝕性物質就是透過這兩種化學反應破壞皮肉。

#HAZMAT2023

Hazards of Bases

- Generally, feel slick and slimy
- The caustics or bases dissolve tissues by reacting with and decomposing the oils and fats in a process called saponification.



INTERNATIONAL
HAZARDOUS
MATERIALS RESPONSE TEAMS
International Association of Fire Chiefs

圖 9、化學性傷害（手部）

因此化學防護衣則適用於化學或危險品環境上。穿著防護衣時通常還會配備自攜式呼吸器(SCBA)，以確保穿著人員能有足夠的氧氣用於呼吸。其中 A 級防護裝備為氣密型防護衣，對呼吸及皮膚系統有最佳的保護能力。面對濃度已到達立即致危濃度(Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH)的大量腐蝕性氣體或蒸氣洩漏、洩漏物易被皮膚吸收或是不明物體洩漏時，即須採用保護能力最完整的 A 級防護裝備，同時在特殊腐蝕性環境作業前，可於外層防護衣搭配黏貼（用水潤濕）pH 試紙（化學防護服黏貼酸鹼試紙示意圖如圖 10），可於熱區作業時可隨時檢視 pH 試紙變色狀況，掌握其防護衣表層是否有接觸腐蝕性氣體。

#HAZMAT2023

pH Paper.

- Wet a strip of pH paper with water and attach to
 - SCBA mask
 - PPE
 - A pole



INTERNATIONAL
HAZARDOUS
MATERIALS RESPONSE TEAMS
International Association of Fire Chiefs

圖 10、化學防護服黏貼酸鹼試紙示意圖

化學性暴露可能會被忽視數小時甚至數天，然而延遲治療可能導致受傷嚴重程度增加性（如圖 11）。遭受氫氟酸傷害部位，則需立即以大量水沖洗，在使用葡萄糖酸鈣凝膠 (2.5%)，倘若遭受較嚴重暴露，則葡萄糖酸鈣凝膠濃度需高達 10% 以上。接觸眼睛或呼吸系統則還需要技術處理，再者，若不慎入眼，這些腐蝕性化學物質也有機會在很短時間里對視網膜造成極大損害而致盲；若不慎誤食，極有可能對消化道造成不可逆的傷害，嚴重甚至會致命。



圖 11、化學性暴露隨時間推移傷害程度

進行化學性中和作業時，究竟需要添加多少中和劑其考慮幾項，例如中和配方、分子量（鹽酸 36.5、氟化氫 20、硝酸 63、硫酸 98、氫氧化鈉 40、碳酸鈉 106），估算溢出的體積量。面對小洩漏應處方式，應由小處著想；大洩漏則需大膽思考，針對各式型態洩漏情形首要考量就是「安全」。各個腐蝕性化學物質都具有相似的特性，唯一不同之處，是 PPE 的選擇必須保守和現實（任務&風險分析），以及急救和緊急 EMS 突發事件設置地點考量何處最為適宜。

(三) 一氧化碳、氰化物、硫化氫三種毒性氣體

將評估這些毒素的化學和物理特性、發現它們的位置、檢測它們的方法，確定是什麼使它們具有如此強大的毒性，並討論後續處理方式。案例研究可用於證明暴露流行率和結果。

課程演講者為 Richard Stilp 先生，目前服務於 Emergency Management Systems Inc. 公司佛羅里達 Hazmat 的副總裁並曾擔任奧蘭多地區醫療保健醫院安全與保安公司總監、佛羅里達州中部消防學院執行董事及 UASI 區危險品協調員，本次課程(如圖 12)說明每年似乎都有關於緊急應對人員受到一氧化碳、氟化氫及硫化氫等化學物質影響的報導，導致許多人因此暴露而喪生。因此，現在是時候仔細研究這三種化學物質，一氧化碳、氰化物和硫化氫，並確定為

什麼這麼多人會受到暴露。本研討會將評估這些毒素的化學和物理特性，它們的分佈情況，如何檢測它們，並確定它們為什麼是如此強效的毒物，並討論暴露後的治療方法。



圖 12、一氧化碳、氰化物和硫化氫三物質介紹

一氧化碳(Carbon Monoxide, CO)是一種無色、無味、無臭的氣體，由碳和氧兩個元素組成，是一種常見的有毒氣體，IDLH 濃度 1,200 ppm，爆炸極限為 12-75%。由於其特殊的化學性質和危害性，被視為極具危險的化學物質之一，其親和力很高，可以與血紅蛋白結合，形成一氧化碳血紅蛋白(carboxyhemoglobin)，從而阻礙血紅蛋白攜帶氧氣到組織和細胞中，導致組織和器官無法獲得足夠的氧氣供應，造成一氧化碳中毒。隨著血中一氧化碳血紅蛋白濃度上升，身體會表現出不同狀況(如圖 13)，當濃度達 20-30%頭及太陽穴會疼痛、40-60%會昏迷抽搐、大於 60%甚至會心血管衰竭和呼吸衰竭死亡。在一氧化碳中毒的情況下，應立即撤離受影響的區域，呼叫緊急救援，並提供新鮮空氣和急救除污處理。治療包括給予高濃度氧氣以排除一氧化碳，並接受相關的醫療支持和監測。

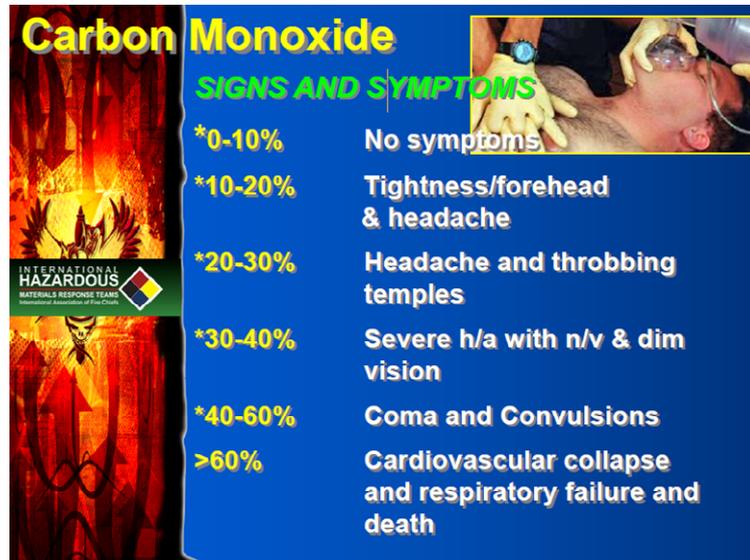


圖 13 曝露在不同一氧化碳濃度下之危害

氰化氫(Hydrogen Cyanide, HCN)是一種極具毒性的化學物質，它由氫和氰兩個元素組成，是一種無色液體或氣體，具有苦杏仁味的氣味。IDLH 濃度 50 ppm，爆炸極限為 6-41%。氰化氫是一種強效的細胞毒性物質，可干擾細胞中的能量代謝過程。它結合到細胞中的鐵離子，阻斷細胞呼吸鏈的功能，使細胞無法有效利用氧氣進行能量產生。這可能導致細胞損傷、組織缺氧和器官功能衰竭。

由於氰化氫是一種低濃度即能造成死亡之毒性的化學物質，所以可能被恐怖分子用於攻擊和製造化學武器。圖 14 恐怖分子攻擊使用氰化氫的主要目的是製造恐慌、造成傷亡和制造混亂，恐怖分子可能使用不同的方式釋放氰化氫，例如製造氰化氫氣體的裝置或散發含有氰化氫的液體或粉末。這些裝置可以被放置在人口密集的公共場所，如機場、車站、商場、劇院等，以最大限度地造成傷害和恐慌。



圖 14、氰化氫在恐怖攻擊中之使用

氰化氫(Hydrogen Cyanide)中毒是一個嚴重的醫療緊急情況，需要及時的治療措施，其中毒的治療和除污方法概述如下：

氧氣治療：氰化氫中毒的主要治療方法是給予高濃度的氧氣，從而將氰化氫與血紅蛋白的結合解離，恢復血紅蛋白的運輸氧氣功能。通常使用面罩或氧氣呼吸器來給予濃度較高的氧氣。

輸液治療：氰化氫中毒可能導致身體脫水和電解質不平衡。因此，在治療過程中，可能需要給予靜脈輸液，以維持適當的水分和電解質平衡。

抗毒素藥物：在嚴重的氰化氫中毒情況下，可能會使用抗毒素藥物，如硝酸鈉或硫化鈉，以幫助解毒。這些藥物可以與氰化物形成不溶性的結合物，減少其對細胞的毒性作用，新式 Cyanokit 的治療方式為 5 克羥鈷胺加入 200 毫升生理鹽水滴定，成人劑量為 5 克持續 15 分鐘（如圖 15）。

Cyanokit (New Treatment)

- 5gm of Hydroxocobalamine
- Titrated with 200ml of Normal Saline
- Adult dose is 5 gm over 15 minutes
- Diluent is not included in the Cyanokit

INTERNATIONAL HAZARDOUS MATERIALS RESPONSE TEAM

Cyanokit® 5 g
Hydroxocobalamin (Cyanokit) Injection
(2.5 g per mL)

To be used with 200 mL of 0.9% Sodium Chloride Injection

For Intravenous Use

Preparation:

1. Reconstitution: Add 100 mL of 0.9% Sodium Chloride Injection to the vial and gently mix. The vial is upright position.
2. Mix: Shake or swirl vial for 10 seconds, and return to room temperature.
3. Before First Use: Use vial only by hanging and return after 15 minutes.
4. Before Second Use (Repeat Infusions): Use vial only by hanging and return after 15 minutes.

200 mg Hydroxocobalamin (Cyanokit) is contained in 100 mL of 0.9% Sodium Chloride Injection.

For more information, visit www.merck.com or call 1-800-762-2284.

© 2011 Merck & Co., Inc. All rights reserved.

MBR011111

圖 15、新式 Cyanokit 治療

硫化氫(Hydrogen Sulfide, H₂S)是一種具有刺激性氣味的無色有毒氣體。它由氫和硫兩個元素組成，IDLH 濃度 100 ppm，爆炸範圍為 4.3-46%，具有劇烈的刺激性和窒息性，很強的細胞色素氧化酶抑制劑。它可以直接影響中樞神經系統和呼吸系統。高濃度的硫化氫暴露可能導致嚴重的中毒症狀，包括頭痛、噁心、嘔吐、昏迷、呼吸困難、心悸和中樞神經系統抑制。

救接受傷人員或清除硫化氫時，必須穿戴適當的個人防護裝備，包括化學防護服、手套、防護眼鏡和呼吸器。這些裝備可以提供物理屏障，防止接觸和吸入硫化氫。確保有良好的通風系統，以將氣體迅速排出，降低空氣中硫化氫的濃度，脫除受傷人員污染衣物，避免口對口呼吸急救（如圖 16）。使用適當的中和劑可以將硫化氫轉化為無害的物質。常用的中和劑包括氧化劑（如過氧化氫）和硝酸鈉，中和劑的使用應遵循正確的比例和程序。清除硫化氫污染的區域需要遵循安全的程序和標準。這可能包括使用吸收劑、化學中和劑或其他適當的清潔劑，將硫化氫中和並徹底清除。

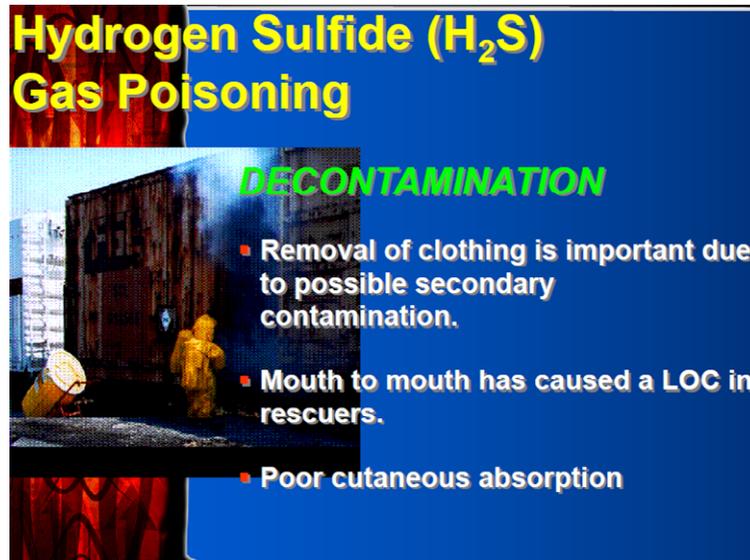


圖 16、人員救護時注意事項

(四) 初期應變人員的液化天然氣運輸和響應(LNG Transportation and Response for First Responders)

討論當前的液化天然氣運輸方法、急救人員可能遇到的挑戰以及處理主動洩漏和/或火災的戰術建議（如圖 17）。

該課程是由 Gregory L. Socks 與 Jason Waterfield 擔任該堂課的講師，Gregory L. Socks 為 Emergency Management Solutions 公司的總裁，在消防和危險物質領域擁有超過 45 年的應急應變、規劃和培訓經驗。Jason Waterfield 亦是 Emergency Management Solutions 公司的副總裁兼首席財務官，並為危險材料專家，擁有 30 多年的經驗。課程內容大致上說明與介紹液化天然氣 (LNG) 現今的運輸方法 (MC-338 低溫液態槽車與海運) 和使用行為、急救人員可能遇到的挑戰 (包含低溫、易燃性與擴散危害說明)，以及處理液化天然氣釋放 (1 大氣壓下，蒸發升至室溫時，LNG 膨脹率為 600 比 1) 和滅火的戰術建議。在國內液化石油氣(LPG)會加入臭劑 (乙硫醇)，作為洩漏時，人員將感知氣味而有所因應；但 LNG 不會加臭劑，因其在-123 °C 會結凍，而 LNG 需在-160 °C 下運輸。整體的授課與解說簡明扼要，可作為後續國內應變人員訓練班課程設計之參考。

<p>A. 會議實況</p>	<p>B. LNG 物質特性介紹</p>
<p>C. 具低溫、易燃與蒸氣擴散危害</p>	<p>D. LNG 在非密閉條件下不會爆炸</p>
<p>E. 介紹 LNG 化學輪</p>	<p>F. LNG 車體與閥件</p>
<p>G. 說明 LNG 三種燃燒模式</p>	<p>H. 事故案例：槽體爆炸 BLEVE</p>

圖 17、液化天然氣的運輸與最初應變人員應對措施課程剪影

(五) 運輸用罐式集裝箱介紹(Introduction to Intermodal Container)

討論運輸用罐式集裝箱（包括貨櫃和槽體）的基本結構、設計和應變。討論將圍繞標誌、IMO 和 DOT 之槽體規範，並提出潛在洩漏點的可能位置或原因。

課程演講者為 Barry Lindley 先生（如圖 18），曾經服務於杜邦公司，並參與處理過 1,000 場次以上緊急處理事件。目前擔任職務為顧問、講師、IFSTA 危險品主席、NFPA 470 委員會成員及 KPEPC 副主席。受訓學員將借由這門課瞭解到運輸用罐式集裝箱的基本結構、設計和應變方式，討論的重點包括箱型和槽罐標示、IMO 槽罐、DOT 槽罐，包括新一代槽罐及提供潛在洩漏點的案例。



圖 18、運輸用罐式集裝箱介紹課程

運輸用罐式集裝箱如圖 19 是一種用於運輸貨物的標準化金屬箱，具有在不同運輸模式之間無縫轉換的能力。它們被廣泛應用於全球貨物運輸領域，成為現代物流和供應鏈管理中不可或缺的一環。運輸用罐式集裝箱的設計符合國際標準，並且具有一致的尺寸和結構。它們通常由金屬（如鋼鐵或鋁合金）製成，具有堅固耐用的特性，以承受長途運輸和各種氣候條件的考驗。

這些集裝箱可容納各種類型的貨物，包括消費品、工業品、農產品和設備等。它們允許貨物在不同的運輸模式（如船運、鐵路運輸和公路運輸）如圖 20 之間進行轉換，無需對貨物本身進行重新裝卸。在運輸用罐式集裝箱系統中，集裝箱可以直接從裝運地點裝載到目的地，簡化物流流程並提高運輸效率。這種系統還有助於減少貨物損壞和損失，提供更好的貨物安全性及可追溯性。

Types Of Containers

- Dry Freight
- Flat Racks
- Open Top
- Tunnel
- Open side
- Double Door
- Refrigerated
- Insulated / thermal

- Tanks / Tubes
- Cargo Storage Roll
- Half Height
- Car carriers
- Intermediate bulk
- Drums
- Special Purpose
- Swap Bodies

#HAZMAT2023



圖 19、各式聯運集裝箱介紹

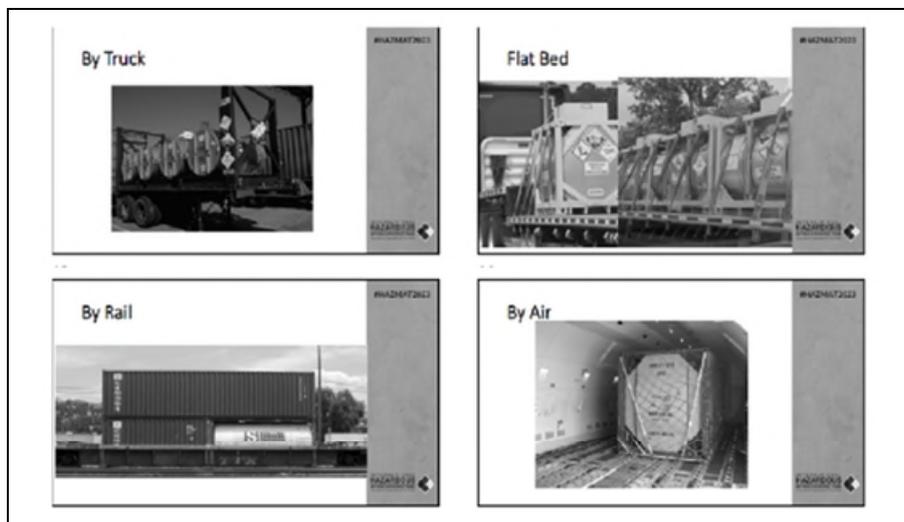


圖 20、各種運輸方式介紹

運輸用罐式集裝箱的標示需符合國際公約規範，標示要點對於確保集裝箱在運輸和處理過程中能夠被正確識別和操作至關重要。如圖 21 所示，它們提供了關鍵的信息，使相關人員能夠迅速瞭解集裝箱的特性、要求和安全注意事項。這些標示也有助於確保集裝箱的安全性、追蹤性和可操作性，以促進高效的運輸貨物流通。

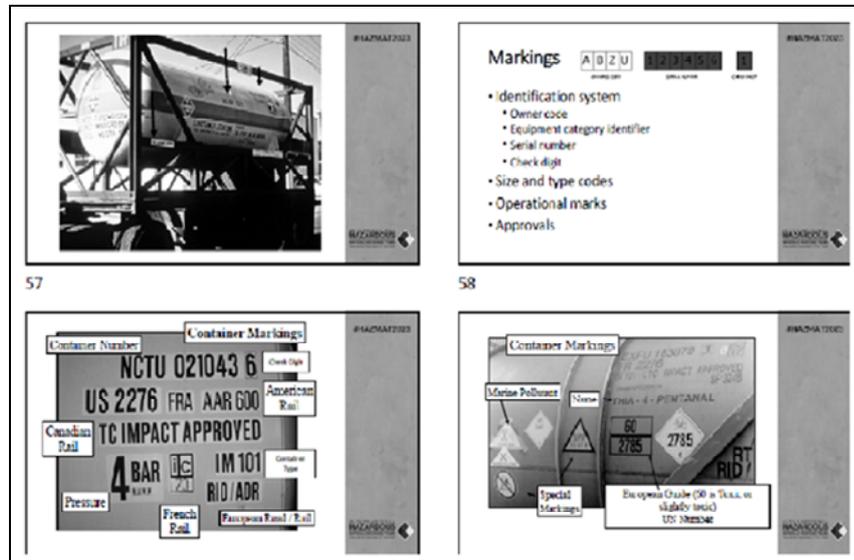


圖 21、運輸用罐式集裝箱標示規範

在緊急情況下，標示在集裝箱上的重要性非常重大。標示應該清楚地指示出貨物的性質、危險等級以及必要的操作指引。這有助於快速識別和處理可能存在的風險。在發現洩漏或潛在風險時，需要迅速應變。這可能包括立即通知相關當局，例如運輸公司、消防部門或緊急應變團隊，以便他們能夠採取必要的行動。必用時須疏散周圍人員並建立安全區域。這有助於保護人員的安全，防止潛在危害的擴散。如果可能的話，應該對洩漏源進行封閉和隔離。這可能包括使用適當的工具或設備封閉集裝箱或槽罐，以防止進一步的洩漏和危害，而處理涉及危險物質的緊急情況需要專業知識和技能。相應的應變團隊或人員應該具備適當的培訓和專業知識，以確保安全和適當的處理程序。

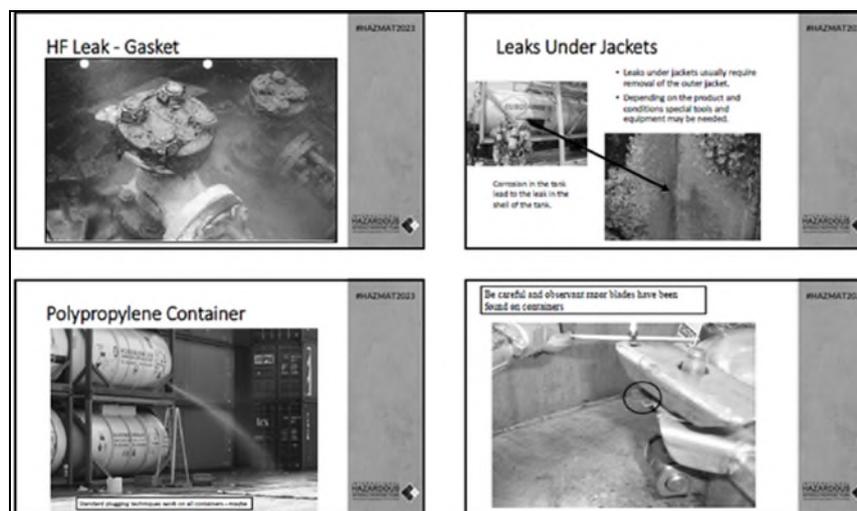


圖 22、多式聯運集裝應變說明

除了貨物運輸的優勢外，運輸用罐式集裝箱還對環境產生積極影響，透過

促進運輸模式之間的互聯互通，它們有助於減少運輸過程中的能源消耗和溫室氣體排放。運輸用罐式集裝箱作為現代貨物運輸的重要組成部分，其提供了高效、安全和環保的解決方案，並於全球貿易和供應鏈中發揮著重要作用，為各行各業的企業和消費者帶來了巨大的利益，並就其載運 HF、PP 等洩漏案例進行應變說明（如圖 22）。

(六) 乾式大量除污(Dry Mass Decontamination)

此課程由 John Nickles 主講，任職於德州奧斯汀消防局，目前是奧斯汀消防局的危險品培訓講師和協調員，多年來參與急救作業時多次使用許多除污技術協助受傷患者清除污染物經驗。課程講述奧斯汀消防局正在採用一種為大量人群提供除污服務系統，該系統可通過根據患者衣物、不使用水並大大減少就醫時間延誤。該系統可供任何規模的情境使用，並可擴展到非常大的事件。

該課程一開始講述使用濕式除污的局限性，並講解乾式除污的優勢及乾式除污設備說明。首先為什麼選擇乾式方式來進行除污加以說明，主要針對受傷患者於送醫接受治療前須對其進行除污作業，然而以往所採用濕式除污作業方式，因設置上較為耗時，供水作業可能較為困難，除污時受污患者可能不想被噴濕，以及需考量到污染廢水與天氣狀況等，因此可考慮改採乾式除污作業。乾式除污方式（如圖 23）。



圖 23、乾式除污方式

乾式除污有幾項優點如下：

1. 可快速設置。

2. 更快除污方式可使獲得更快的醫療。
3. 無廢水中和等問題。
4. 脫掉外衣可去除 85%-95%的污染物。
5. 無污染廢水排放及環境危害之問題。

所有特種作戰部隊都應攜帶一個乾式除污袋(Dry Decon Bag)，其中袋內應包含 10 個 FiberTect 濕巾、10 個分類標籤、10 個 Tyvek 套裝、20 個垃圾袋。乾式除污袋內容物示意圖（如圖 24）。FiberTect 濕巾（如圖 25）為活性炭無紡布，可擦去身上之化學品及吸附有毒物質，限保存期限可達 15 年。

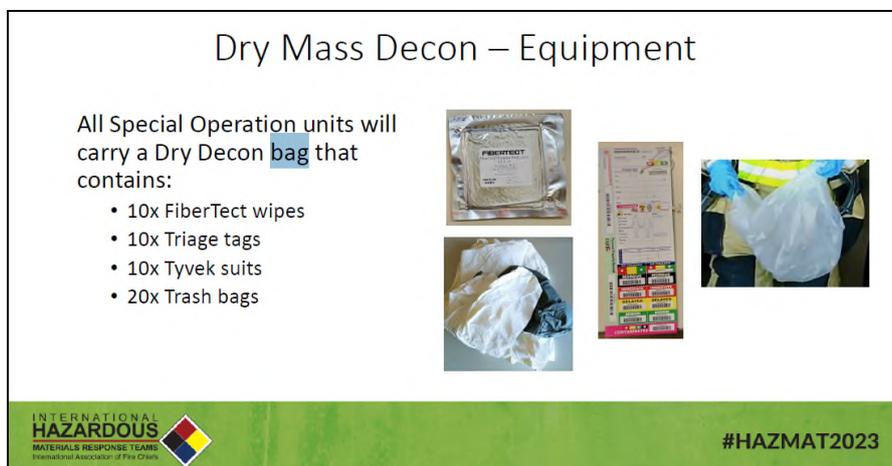


圖 24、乾式除污袋內容物示意圖



圖 25、FiberTect 濕巾

分類標籤，則是在患者完成移除外層衣物時使用，使用方式是將標籤之污染字樣「受污染(Contaminated)」撕下，與袋裝衣物一起放入第二個袋子中，並

將掛繩掛在病人的脖子上。個人物品收條，如果單獨裝袋，可以撕下並與貴重物品放在一起。Tyvek 套裝防護服，僅採用一種尺寸 XL，患者可以捲起袖子以減小尺寸（包括足套）。垃圾袋(Trash bags)則使用標準垃圾袋並確保它是透明的，以便可以從分類標籤上撕下「受污染」字樣。將手伸入第二個袋子以拿起第一個袋子，這樣就不會接觸到受污染的衣服，另外確保分類標籤中已撕下的部分放在第二個袋子裡，廢棄物清除收集情形如圖 26 所示。



圖 26、廢棄物清除收集情形

最後乾式除污程序原則，尤以安全為第一要件，全程需穿著適當全套防護服（搭配醫用手套），其程序如下所示：

1. 呼喚患者走向清除設備區域。
2. 建議患者脫掉外衣，而不是內衣。
3. 建議患者將受污染的衣服放入垃圾袋。
4. 給患者 FiberTect 濕巾擦拭以吸乾身體暴露部分的污染物(包括頭髮)。
5. 對受傷的病人進行分類，並給他們發一個分類標籤：處理緊急需求，例如流血，撕下分類標籤底部的“受污染”部分，並將受污染的衣服和分類標籤的“受污染”部分撕下雙層袋子標籤。
6. 評估是否需要其它濕式除污程序（若化學品仍存在於患者身上）。
7. 給每個病人發一件 Tyvek 防護服，並引導他們進行醫療分診。

(七) MacGyver 氣體檢測：使用普通感測器的靈敏度和交叉靈敏度擺脫「黏性」
氣體/蒸氣檢測情況

該課程回顧密閉空間進入和 HazMat 中最常見感測器的靈敏度和交叉靈敏度，包括氧氣、可燃性氣體、一氧化碳、硫化氫及光離子感測器。並討論如何疊加所有感測器的反應以得出正確的結論，於現實生活中事件的簡單舉例來說明如何被感測器「愚弄」，以及如何解釋這些「不正確」的數據，並使用現場和可用感測器提供的所有線索得出正確的結論。並討論瞭如何在異常情況下使用「正常」感測器（如圖 27）。



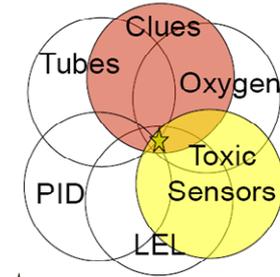
圖 27、MacGyver 氣體檢測介紹課程

電化學式感測器交叉靈敏度，每個感測器都具有交叉敏感性，除原偵測氣體以外未過濾掉且能與電解液發生反應的氣體，這些氣體也稱之為“干擾物”，該氣體可能降低信號（負交叉敏感性）或增加信號（正交叉敏感性）。

以消防隊為例，所有消防人員攜帶個人一氧化碳感測器皆警報聲響發現一輛貨車乙炔罐漏氣，利用一氧化碳維恩圖（如圖 28）得知一氧化碳感測器警報響應、氧氣讀值無變化、LEL 無讀值、PID 無讀值及一氧化碳感測器與乙炔具有 1 比 1 的交叉靈敏度（如圖 29）。

Clan Lab 應用交叉敏感性（如圖 30、圖 31），以氨(NH_3)和磷化氫(PH_3)感測器作為感測器檢測產品，該感測器具有特異性且針對 TWA 警報夠敏感。

Firehouse CO detectors



★ =CO sensors are also acetylene sensors

- **Clues:** All CO monitors in alarm but no good source
- **Oxygen:** no change in reading
- **Toxic Sensors:** CO sensors are 1 to 1 cross-sensitive to acetylene,
- **LEL:** either not used or no reading, low readings picked up by CO detector wouldn't be seen by LEL sensor
- **PID:** not used, wouldn't see acetylene
- **Tubes:** would have been nice to use right from the start to help eliminate CO

© 2018, Chris Wrenn

O₂: 20.9, LEL: 0, CO: 60, H₂S: 0, PID: 0

圖 28、一氧化碳維恩圖

Firehouse CO detectors*

Gas	Concentration	Response#
H ₂ S	24 ppm	0 ppm
SO ₂	5 ppm	0 ppm
Cl ₂	10 ppm	0-1 ppm
NO	25 ppm	0 ppm
NO ₂	5 ppm	0 ppm
NH ₃	50 ppm	0 ppm
PH ₃	5 ppm	0-1 ppm
H ₂	100 ppm	40 ppm
Ethylene	100 ppm	16 ppm
Acetylene	250 ppm	250 ppm
Ethanol	200 ppm	1 ppm
Ethylene Oxide	125 ppm	≥40 ppm
Propane	100 ppm	0 ppm
Isobutylene	100 ppm	0 ppm
Isobutylene	1000 ppm	7 ppm
Hexane	500 ppm	0 ppm
Toluene	400 ppm	0 ppm
Nitrogen	100%	0-4 ppm

* Cross-sensitivity chart for example only, consult your manufacturer for specific cross-sensitivities

圖 29、一氧化碳感測器交叉靈敏度

Clan Lab: Using Cross-Sensitivity*

Gas	Concentration	Response
CO	300 ppm	≤1.5 ppm
SO ₂	5 ppm	about 1 ppm
NO	35 ppm	<0.7 ppm
NO ₂	5 ppm	about -1 ppm
H ₂	100 ppm	0 ppm
HCN	1 ppm	0 ppm
NH ₃	50 ppm	0 ppm
PH ₃	5 ppm	about 4 ppm
CS ₂	100 ppm	0 ppm
Methyl sulfide	100 ppm	9 ppm
Ethyl sulfide	100 ppm	10 ppm*
Methyl mercaptan	5 ppm	about 2 ppm
Ethylene	100 ppm	≤ 0.2 ppm
Isobutylene	100 ppm	0 ppm
Toluene	10000 ppm	0 ppm*
Turpentine	3000 ppm	about 70 ppm*

The H₂S sensor is 80% cross-sensitive to PH₃ but has poor NH₃ cross-sensitivity

* Cross-sensitivity chart for example only, consult your manufacturer for specific cross-sensitivities

圖 30、Clan Lab 交叉敏感性(1)

Clan Lab: Using Cross-Sensitivity*

Gas	Concentration	Response#
H ₂ S	24 ppm	0 ppm
SO ₂	5 ppm	0 ppm
Cl ₂	10 ppm	0-1 ppm
NO	25 ppm	0 ppm
NO ₂	5 ppm	0 ppm
NH ₃	50 ppm	0 ppm
PH ₃	5 ppm	0-1 ppm
H ₂	100 ppm	40 ppm
Ethylene	100 ppm	16 ppm
Acetylene	250 ppm	250 ppm
Ethanol	200 ppm	1 ppm
Ethylene Oxide	125 ppm	≥40 ppm
Propane	100 ppm	0 ppm
Isobutylene	100 ppm	0 ppm
Isobutylene	1000 ppm	7 ppm
Hexane	500 ppm	0 ppm
Toluene	400 ppm	0 ppm
Nitrogen	100%	0-4 ppm

The CO sensor has some PH₃ cross-sensitivity but poor NH₃ cross-sensitivity

* Cross-sensitivity chart for example only, consult your manufacturer for specific cross-sensitivities

圖 31、Clan Lab 交叉敏感性(2)

比色氣體檢測管，試管內塗有試劑內容物（二氧化矽），兩邊管端採用火焰密封，保存年限通常為 2 年，使用時將管子末端折斷，讓化學物質氣體流入管內觸碰到試劑會發生顏色變化，透過管壁刻度得知讀值（如圖 32），將電化學式感測器與比色氣體檢測管進行比較如表 8 所示。



圖 32、比色氣體檢測管

表 8、電化學式感測器與比色氣體檢測管比較

電化學式	比色氣體檢測管
<ol style="list-style-type: none"> 1. 感測器費用較高(125-500 美元) 2. 校正氣體費用較高(50-300 美元) 3. 校正氣體保存期限 6-24 個月 4. 屬一般工業設計使用，讀值低於 TWAs 且不會出現高濃度(高於 IDLH) 5. 直接判讀 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 費用較低 2. 無須校正氣體 3. 每次使用需破壞管子兩端透過減少氣體樣本提供高濃度範圍讀值。

(八) 氯作為城市環境中的武器(Chlorine as a Weapon in the Urban Environment)

John J. Cassidy 講師（如圖 33）來自於紐約市消防局，在這服務了快 20 年。紐約市為美國人口最多的城市，白天人口大約有九百萬人，這裡是人口及金融體系密度最高的地方，始終是恐怖主義優先目標。此次課程中要討論的事情是危險品和化學戰，氯的特性使其成為優秀的化學戰劑。而氯也是當今所必需的化學品，在台灣也有許多科技廠及化工廠都有運作氯，也是有可能讓有心人作為武器傷害他人。



圖 33、John J. Cassidy 講師授課情形

John J. Cassidy 講師提出一個問題：「做為一個攻擊性的化學武器，如果考慮化學和物理特性，你認為哪些特性可以構成良好的化學武器？」。像是蒸氣壓高、物質不穩定性、揮發性物質或者神經毒劑的汞都是作為良好武器的性質。如果蒸氣壓高揮發性，會使物質容易擴散；蒸氣密度高，會讓物質滯留在地面，縱向擴散不佳。另外作為武器也要考慮運輸性，像是自製炸藥，它的本質是非常不穩定，若有任何摩擦，都可能在當下引爆，因此化學武器，運輸性也是需要考慮的事項。

根據化學物理特性，像如高蒸氣壓、吸入有毒的物質，不易消失的特性，可以在密閉的環境具有危害之風險，像是氯就是一個良好戰劑。在討論化學戰爭時，不免談論到第二次世界大戰，各陣營都使用塹壕戰來抵禦敵人，雙方皆使用氯氣（如圖 34），大量的氯氣可以致死，雖然眼睛和鼻子易察覺到，但暴露在氯氣中的士兵，黏膜或呼吸道也會受到永久性的損傷。

現場危害參考緊急應變指南(Emergency Response Guidebook, ERG)，內容

有提供各作為決策，但對於物質的檢測，講師推薦能使用 AP4C 偵測器，它是屬於火焰光譜儀探測器，可以針對特定的物質分析。另外氯氣的游離能為 11.48 eV，沒有辦法使用 10.6 eV 的 PID 來檢測，至於 11.7 eV 的 PID 維護成本高且不易存，所以我們常用偵測器是無法運作。

由於氯氣的危害會侵入黏膜及呼吸道，因此在我們遇到暴露氯氣下的病患處置方式有幾種。使用脈搏血氧機觀察生命跡象、加濕空氣、使用霧化碳酸氫鈉、霧化類固醇、注射類固醇、燒燙傷處理以及呼吸器支持，並且使用高濕度氧氣主要是應付吸入氯氣時的現場處理方式（如圖 35）。



圖 34、第二次世界大戰使用化學戰劑



圖 35、氯的緊急醫療處置

(九) ALOHA 建模基礎知識、用途和限制

講師課程（如圖 36）開始的第一階段，介紹了 ALOHA 空氣擴散模擬軟體的起源、優缺點、限制，明明有其他較完整、功能齊全的系統性模擬軟體，為何不使用，可對於現場之應變人員可有較完整的風險評估，相較之下，ALOHA 的缺點非常明顯，準確度不足、限制非常多，無法以多物質樣態或是混合物進

行模擬，且最重要的是，無法考量到時間、地形對於空氣、大氣所產生的快速變化，僅僅只是輸入一種風速、一種溫度及高度，便可模擬出化學品於空氣中變化的結果，這種不確定性，使的 ALOHA 模擬軟體的實際模擬結果有著極大的誤差。

但若在以上的缺點下反面思考，講師提到，正是因為這些限制，將 ALOHA 的模擬變得非常容易且快速，教學亦非常簡單，變得不需要太多專業性質的知識即可操作，但講師也提醒到，這些軟體的模擬皆有特定的用途，當它們不是合適的工具時嘗試使用它們可能會產生不幸的結果。

本課程將以實際操作，教導參與人員如何實際操作 ALOHA 模擬軟體，並逐步建立模型。探討這些模型能否、何時以及如何幫助應變人員進行規劃和緊急應變。講師針對氯氣的事故，探討毒性化學物質在進行 ALOHA 模擬時會產生的參數及模擬問題，並逐步解釋為何選擇不同的模擬方式將導致完全不同的洩漏量、影響範圍及影響時間，教導人員在不同情境及貯存情形，將需要進行樣態的選擇，並展示 Jack Rabbit 教授以不同樣態下，模擬化學品洩漏時產生的洩漏狀況及可能波及的範圍。



圖 36、Robert J. Bradley 及 Albert M. Valerioti 講師實際授課情形

(十) 鋰離子電池的安全注意事項(Safety Considerations for Li-ion Batteries)

Wayne Aho 和 Mark Kadoshnikov 講師於課程開頭便介紹，鋰離子電池已經成為目前最佳的儲能方式，但同時，鋰電池也具備著巨大的風險，可燃的組成成分、易燃且具有大量化學能的電解液，在鋰電池具有高能量密度、穩定供電、壽命較長的優點之下，隱藏著不小的風險。

講師提到，美國在近年，不論在東岸或西岸，已有大量鋰電池設施不斷完成或興建中，但同時，自西元 2018 以來，世界各國或美國不斷地傳出鋰電池火災、爆炸的消息，每個事件都造成了最高 1 千萬美元的損失。鋰電池一旦產生短路，內部將產生快速的化學反應，不斷的產生可燃有毒的化學氣體，短路及反應產生的能量將導致熱失控，最終起火爆炸，且因為鋰電池儲能系統考量效率不可能以單顆電池形式存在，因此一顆電池短路失控後，若無法於初期偵測並控制，將產生連鎖反應（如圖 37），最終導致悲劇發生。

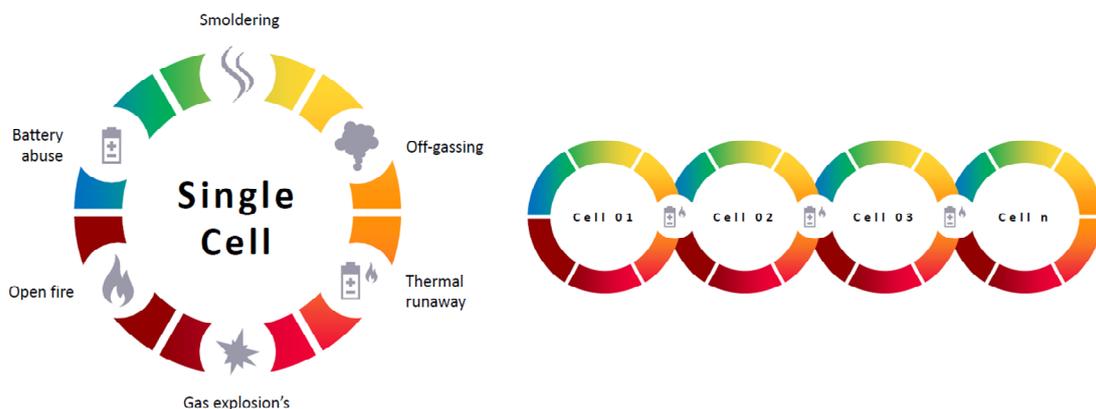


圖 37、鋰離子電池失控現象及連鎖反應示意圖

因此，為了避免上述連鎖反應產生的風險，提早偵測失控反應是非常重要的，若及早發現，將反應控制在僅產生廢氣，不會發生著火及爆炸，對於控制住鋰電池的連鎖反應將具有巨大的幫助。

講師介紹了西門子最近進行並經 VdS（德國專業認證機構）驗證的研究，該研究發現了一種有效的方法，可用於及早發現鋰離子電池火災事件並防止鋰離子電池火災蔓延。該方法目前用於保護儲能(Energy Storage System, ESS)和 UPS 系統應用中的鋰離子電池。自 2018 年以來，西門子一直與全球多家鋰離子電池製造商合作，解決鋰離子電池面臨的明顯挑戰。這些挑戰適用於新的和改造的 ESS/UPS 應用。西門子與電池製造商的技術和消防經驗相結合，形成了強大的鋰離子電池保護解決方案。該解決方案是目前全球唯一經過第三方批准/列名的解決方案（由德國 VdS 提供）。該解決方案由兩部分組成：第一部分是使用顆粒檢測技術的預警，能在非常短的時間內偵測鋰電池失控所產生的煙霧氣體；第二部分是 N₂ 抑制系統（如圖 38），在偵測到鋰電池失控後，便會發出警告，使相關人員撤離該場所，並釋放純氮氣抑制引燃或爆炸的可能性。

Battery Storage Container with Siemens Lithium-ion Solution



圖 38、新型鋰電池火災偵測抑制系統示意圖

(十一) 現場有什麼？如何有效使用 PID、FID 和 MOS 感測器

「如果你找不到“它”，你就無法修復它。」這是講師 Chris Wrenn 於課程開始時給學員的一句話，在應變過程中，若無法得知現場除了肉眼可視的物品之外，還有什麼存在於空氣或水體中，就無法進行下一步動作，因此，便需要偵測器的存在。除了氧氣、可燃性和基本的電化學有毒感測器之外，光離子偵測器(Photo Ionization Detector, PID)、火焰離子偵測器(Flame Ionization Detector, FID)、金屬氧化物偵測器(Metal Oxide Sensors, MOS)等測量工具是快速檢測，確定是否有東西存在的最佳工具。

講師介紹了 PID 的工作原理、紫外光源種類、限制等特色，PID 為單偵測設備的偵測器，可偵測物質大多數為揮發性有機氣體(Volatile Organic Compounds, VOCs)，但講師也提到，不可被此觀念誤導，因不是所有 VOCs 皆可以清楚地被 PID 偵測到，不管是因為光源能量不足導致化學品無法被離子化；又或是器材本身的限制，因 PID 本身僅顯示量化的數值，並無法定性物質，因此若無法完全理解所偵測氣體之組成，即無法代表實際濃度，更何況仍需要進行係數的轉換才能具有代表性。而反過來說，非有機氣體的蒸氣亦有可能被 PID 所偵測，例如最廣為人知的：氨(NH₄)。而講師也介紹了紫外線的不同光源種類，其優缺點及泛用性，為何能最大化解析物質的 11.7 eV 光源卻很少廠商使用，因其使用壽命短、成本高昂且易被干擾造成誤判，因能量到達 12 eV 時便會解離空氣中的氧氣，具有極大的干擾，因此大多數偵測器皆使用最可廣

泛解離物質，且壽命較長的 10.6 eV 光源。

FID 為可檢測氣體中總碳氫化合物含量之偵測器，常與 PID 拿來進行比較，偵測的數值皆為統括量化數值，需要校正係數(Correction Factors, CFs)的轉換，FID 的偵測濃度範圍為最高可達 50,000 ppm，且與 PID 同為較敏感的偵測器。但與 PID 不同的是，FID 對於偵測氣體具有破壞性，將氣體燃燒，離子化後偵測其濃度，偵測物質的前提是可燃性的，不含碳的化合物不能燃燒，因此便不能用 FID 檢測到，且因需要對待測物質燃燒，燃燒的要素必不可少，氧氣濃度基本需大於 14%，切隨著氧濃度的變化，FID 顯示的數值準確度便會偏移。

而若是非量化性質的偵測器，有一些偵測器適合尋找某些化學品，但它們不是線性的呈現數值，因此它們可能不適合測量或量化，例如 MOS，便是最普遍用於此類化學品的偵測器，如天然氣（烷類）、冷媒、烴類（醇、醚、酮、芳香烴）等，但因為其非線性及非量化的特性（如圖 39），多數可使用於測漏而非測量，其優點為成本經濟實惠，且非常敏感。

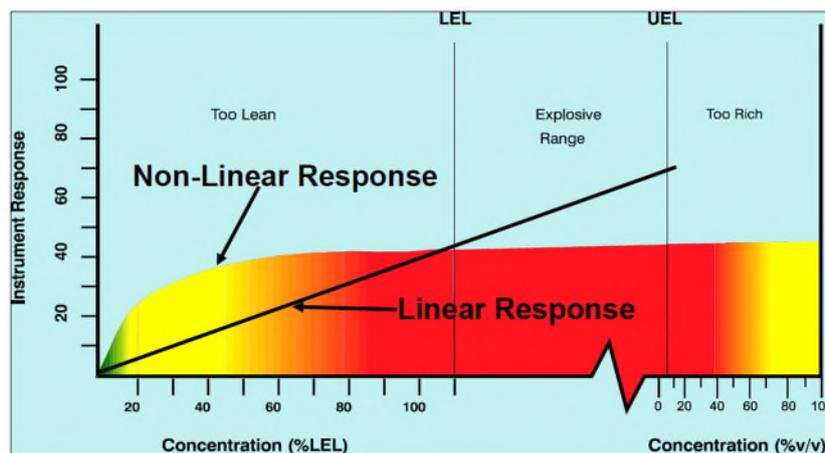


圖 39、MOS 偵測器反應曲線圖

講師提到，有效且正確的使用偵測器是非常重要的，若錯誤的使用，將會影響其準確性及壽命，一旦出現毒化或污染，將使儀器出現錯誤的判斷，必須注意每台儀器本身的限制，不可吸入液體、是否需要氧氣才能作用、過濾固液體的濾材是否需要更換等，皆需要使用人員注意。

(十二) 基於風險的應變時氣體採樣(Risk Based Response to Gas Sampling)

在事故應變的整個過程中，可細分成不同的階段。應變人員須利用不同的

儀器對現場做危害管控、未知化學品辨識並確認可能的洩漏和危險。在本次實作課程中，講師讓我們學習到隨著技術進步如何擬定我們當前的定性/定量計畫。我們首先利用 Chem Pro X 的 PID 及來找出事故期間氣體的最高濃度，以限制空間模擬事故現場。

之後我們將 Chem Pro X 與英思科 MX6 結合起來，以多用氣體偵測器之光離子感測、氧氣濃度偵測器以及爆炸下限偵測器，嘗試偵測化學品的相關數值，並參考 ERG 及其他參考數值，以確定事故現場的偵測器讀值並選用適當的個人防護裝備。在應變的最後階段，進入了利用傅里葉紅外光譜儀進行即時分析的階段。可以部署 Redwave XIporir 來提供超過 5500 種氣體的即時定性和定量。講師將各種檢測技術將通過實際練習實作和與學員的互動討論來展示（如圖 40、41）。



圖 40、實作課程情形

隨著新技術的出現，出現了一些新功能，包括無線通信模組和偵測器訊號回傳的可用性，這些新功能也將被運用在應變上，使人與人的溝通不再是應變的阻礙、指揮官也可透過即時的數據回傳得知現場的災害資訊。



圖 41、Dan Warchol 講師實際授課情形

(十三) 無水氨應變：將策略應用於場景，加上實際操作貨運拖車審查)

本項議題由 David Binder 進行授課(如圖 42)，講師服務於 Tanner Industries Inc.公司，該公司為無水氨和氫氧化銨的主要供應商，並在美國大部分地區擁有並經營氨的配送設施，或協助打造氨的儲存系統，以及氨的緊急應變培訓和規劃。

課程中介紹無水氨的特性和緊急應變，以概述無水氨的化學和物理特性、標牌、標籤、容器、儲罐結構以及與無水氨事故相關的危險和潛在結果，導入無水氨實際應用方面，延伸進行分組兵推，最後，參觀高壓氨氣貨運拖車(MC-331)。

無水氨的特性由氨氣經過加壓或冷卻得到液態氨儲於耐壓鋼瓶或鋼槽中，常見用於生產硝酸、尿素和氨氮類化學肥料，也可用作於製作醫藥和農藥，液氨在氣化後轉變為氨氣的過程將吸附大量的熱，所以大型冷卻系統常使用，另液氨也具有簡易殺菌效果，被用於養殖業的殺菌和降溫製冷作用。液氨為有毒氣體採用鋼瓶或槽車灌裝，液氨加工過程需使用管線輸送，其輸送過程組中管線內組成有水蒸氣、空氣和氨氣或廢氣排出，但洩漏的有害氣體或液氨蒸氣室看不到的，針對暴露限值為 TLV-TWA 25 ppm (~18 mg/m³) (ACGIH and MSHA)或 50 ppm (OSHA)，釋放於大氣中的氨氣達到危害濃度時是無法由肉眼判斷的。汽化後的氨氣密度約 0.7，高體積膨脹率約 850 倍其汽化的危害分為三個階段，第一種，高壓儲槽或鋼瓶大量洩漏的危害，帶有液體的高濃度氨氣氣體，除了高濃度的危害與周界的溫度降得非常低，第二種，高濃度氨氣出現白霧狀可能比空氣重，空氣重力加上溫度影響長時間可能產生脂化的壓縮氣體效應，第三種溢散氨氣肉眼無法看見，蒸氣密度比空氣輕，需藉由不同波長的儀器來顯影。由鋼瓶噴出的液氨，考量故現地狀況，可能是溫度或是濕度噴出不同種的形式，當液氨以非常快速後蒸發並吸收大量的熱量形成蒸氣雲，若長時間噴出，高濃度氨氣與空氣中的水氣產生霧化形成氣容膠，在恆定條件下表面積增加並吸收熱量長時間出現 SDC 現象，將造成危害增加。

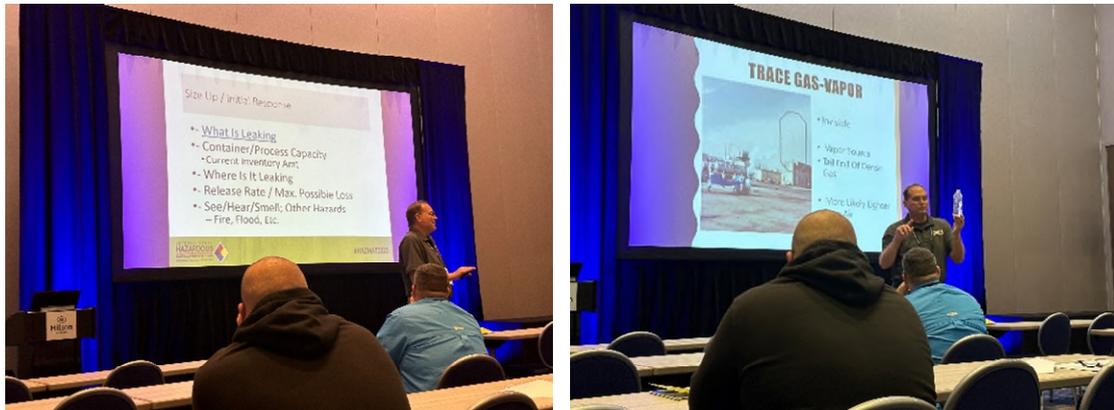


圖 42、無水氣基本危害簡介

氨洩漏如果出現洩漏出看不見頂部出現白霧狀氣化現象（如圖 43），出現此現象的機會是 10% 以下或更低濃度，雖是不常見現象但仍需注意，因應變的短暫時間下不會有差異，長時間下可能增加更種危害性。液體或蒸氣管線洩漏洩漏通常是 V 型的白色霧狀雲，如藉由覆蓋做應變，可能使周遭污染影響擴大。在下雪的環境下。洩漏會有明顯的線狀液體，因不會有看不見的氣象蒸汽，此條件的危害性較低。



圖 43、氨洩漏呈霧狀現象

針對純物質的危害，考量美國國土範圍非常大，先了解所處環境，對相應階段做判斷，並考量風向，確定此時判斷的適用性，但各地的溫度或氣候差距非常大，特別是高濕度或寒冷條件，如表面溫度低，在部分州的 3 月戶外溫度為華氏 18 度，氨的危害將大幅降低，此時水不一定是最佳的應變方法，因為高比熱的水會使氨反應的更徹底，可以在小瓶子觀察氨的自然揮發下冰凍的風險，此條件下建議再加水除污前就丟棄或脫除廢棄，避免冰凍風險。LEL 的界定是針對運輸國家的現狀，美國氨作為不可燃的氣體運輸，有更精確的 LEL 範圍 16-25% (NIOSH 15-28%)，而不把氨直接判斷為不可燃氣體，並須考量洩

漏地點室內或戶外，周邊有無製冷等相關設備。

根據上述蒸汽或液體洩漏程度，執行應變可以先做防禦型應變，但並非直接用水沖淋降低蒸汽雲，先考慮洩漏的承接容器及溫度、壓力，接著考慮燃燒的對流輻射效應，再以順風向射水切斷。基本上典型應變先討論時間、洩漏液體量和燃燒，如果有減壓閥或安全閥，那大多數的洩漏並非大量的直接洩漏，那灑水霧可幫助你阻擋。裝載液氨的高壓容器，鋼瓶型式有 20 或 30 加侖，有汲取管根長浸管並通常無安全閥的設計，MC-311 型式的運輸槽車（如圖 44）最多裝載量不能超過最大填充限制的 85%，具有單獨作動的緩衝釋放裝置。高壓容器/儲槽具有液相閥、安全閥及氣相閥，所有閥件置於圓頂處，圓頂設計為內凹型式再加上封蓋套件，避免在溢出或兩點之間液體滯留而產生的靜水壓力，或外部熱衝擊或工藝問題導致高壓產生的瞬間過壓，這些閥門配備額定壓力為 250 psig 將在此壓力之前緩慢打開，當儲槽內壓力上升至接近設定壓力點時，閥門將開始洩漏，隨著壓力繼續升高，閥門將繼續打開以釋放壓力。



圖 44、無水氨運送槽車

某些州可能需要更高的最大工作壓力容器或儲槽，安全洩壓閥的尺寸需要改變配合相應的儲槽容器，以滿足特定州和地方機構規定的特定規範標準，製冷系統配備有中間過程的減壓儲槽，這些儲槽可能配備較低額定壓力的安全閥，這些安全閥需要相應調整尺寸，以滿足儲槽的最大工作壓力。較小的儲罐（250 加侖至 1,250 加侖）配備兩個安全洩壓閥，位於安全歧管上，一個安全閥將運行，而第二個安全閥將被隔離；容量大於 1,250 加侖的儲罐通常需要更大的安全閥，並且使用更大的安全歧管以相同的方式安裝，安全閥須防範雨、雪、灰塵和碎片與內部彈簧組件接觸。

面對無水氣的除污行動，第一步須評估風速及風向後，可以考慮以大型風扇吹驅，並以水做緊急應變的備案，不把水對壓力容器射水，僅覆蓋溢散的污染物，避免噴撒壓力儲槽提高溫度跟壓力，接著關閉源頭閥。對壓力容器的破孔直接加壓止漏，洩漏液體可能因壓力改變而冷卻滴落，須考量滴落或低窪處的氨流動性應便處置，每次的應變行動最好 3-4 人為一組，並於行動前制定明確目標。

液氨的運輸有需多不同的形式，考量美國的使用，有大多數以火車或槽車運輸，運輸氨的槽車列為有毒吸入的行為，載運液氨的槽車設有使用壽命，符合聯邦危險材料運輸法規，不會與車頭做脫節分離，載運的液氨告示牌會直接張貼於槽車上，不可為替換之型式。

(十四) 警戒線內之化學設施緊急應變

本項議題由 Keith Silverman 與 William H. Cullen 共同進行授課，兩者服務於 GoldShield TEAM LLC，這是一家提供教育和諮詢服務的全方位服務提供商，專注於危險識別、風險評估、事故前準備、事故響應和事故管理，制定工廠安全計劃和程序、進行審核和專門研究，以及提供客戶需求的培訓和教育。

面對緊急化災事故須制定預防行動（如圖 45），包含發生的災害設施及應變技術，可有效的協助應變執行，TRANSCAER.com.制定一個協助社區做好準備並應對可能的有害物質事故，具有一個溝通平台在許多情況下，針對具有挑戰性有害物成分進行分析，對生產和儲存潛在危險化學品的化工廠緊急應變。考量在警戒線內的注意事項，優先考量人員的安全，通過人員溝通間建立協助，依序事故管理系統(IMS)，遵照應變組織及管理架構，通過製程大門開始進行警戒區域劃分，隨時考量可能發生的風險。

應變人員準備的注意事項，先瞭解產品特性具體的監管及儲存環境，所有化學產品都可能具有一些危險特性，應變人員必須做好進一步調查的準備，化學品可能因其意外釋放或誤用而成為問題的根源，化學品洩漏的型態固體、液體、氣體或蒸氣，分別具有的物理或化學性質與化學反應性，或者它們可能是由其他事件引起的潛在暴露，例如火災或結構倒塌，威脅容器的完整性。涉及化學品的事故可分為三大類：(1)已知涉及化學品的事故（翻倒的油罐車），(2)

懷疑存在化學品的事故，如化學品倉庫；(3)在您抵達後發現涉及化學品的情況，例如發現受害者在沒有適當的個人防護裝備(PPE)的情況下使用化學品時。分別以生命安全、穩定事故的發展及財產保護依序考量，盡可能在事故現場獲得更完整的資訊，並做好最壞的打算，通知現場所有人何種化學品從特定容器中洩漏，做好隔離、疏散和禁制進出，並檢測現場化學品的存在。

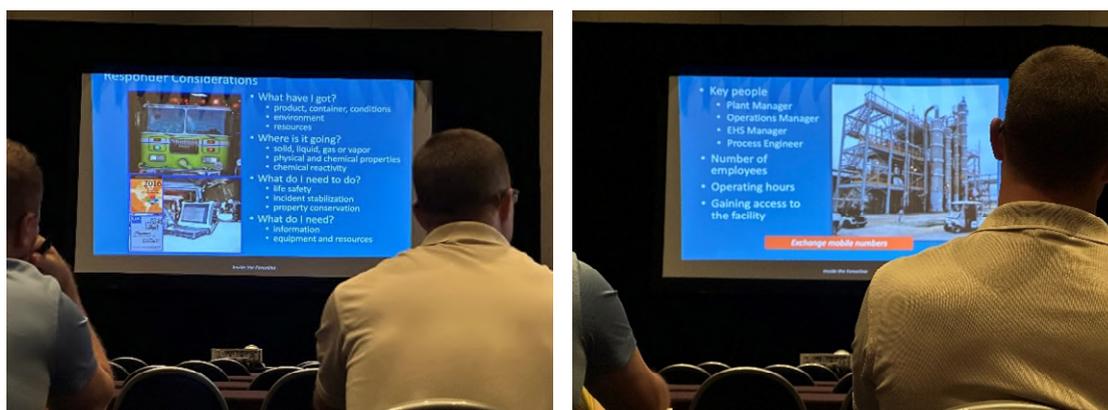


圖 45、化災事故行動判斷

處理化學品的洩漏或潛在洩漏時，您必須決定預期的應變程度。決定進行進攻性行動（包括試圖止漏）時必須考慮設備和人員訓練，即使關閉閥門或重新定位洩漏的儲槽似乎很簡單，如工廠室外發生噸級氯氣瓶發生輕微洩漏的事故，確定只需關閉閥門即可阻止洩漏，儘管轉動閥門手柄很簡單，執行應變的人員仍須考慮到他們具有完整的培訓和適當的設備。混合進行化學反應的化學設備須注意生產產品為有機或無機物的與化學反應的複雜性，常見的危險：特定化學品、壓力、動力學、電磁/電氣、溫度及重力。以蒸汽裂解裝置需考量低閃點液態碳氫化合物進入高溫爐、裂解程短鏈碳氫化合物（如圖 46）引發的爆炸、高溫淬鍊油移置冷段的池火降溫、將水引入密閉的熱段空間產生的大量蒸氣，處置方法低溫液體的分離處置以單獨處理石化產品，使用水降溫會防止低溫物質的揮發速度，使用泡沫覆蓋液池火載使用水霧驅散蒸氣。



圖 46、短鏈碳氫化合物製程簡介

美國國家電氣規範和 NFPA 70，將危險區域分類為因存在易燃液體、蒸氣或液體、可燃粉塵或可燃纖維而存在可能發生火災或爆炸的危險區域，避免方法須落實接地平衡電荷，不產生火花或靜電荷，儲存桶裝容器注意事項，注意桶身防漏密閉性，高溫環境注意融化並留意容器內部壓力，堆疊及運輸須注意規範條件。若容器發生膨脹形變，須注意內部是否產生高溫或內部出現化學反應，應避免移動該容器，留意容器冷卻後，移動至安全區域在緩慢打開。若容器發生塌陷形變，可能是容器填裝高溫溶液，隨著蒸氣冷凝，降低桶內壓力，因容器本體所屬強度崩潰，可能產生強烈內爆。

裝置洩漏產生蒸氣雲，通常洩漏產生的蒸汽都具有毒性並可能為易燃性，需考慮蒸氣釋放的接近程度與避難場所的距離，並防止爆炸與爆炸所產生的超壓震波，使用水最大程度的限制著火的可能性與限制蒸氣雲爆炸，或有氣流驅散將蒸氣最大效益的分散。控制方法限制洩漏出的化學品，避免化學品分散並產生蒸氣，避免將水噴入充滿化學品的液池內，水會加熱低溫液體並增加汽化速率，使用泡沫覆蓋液池中的液體。

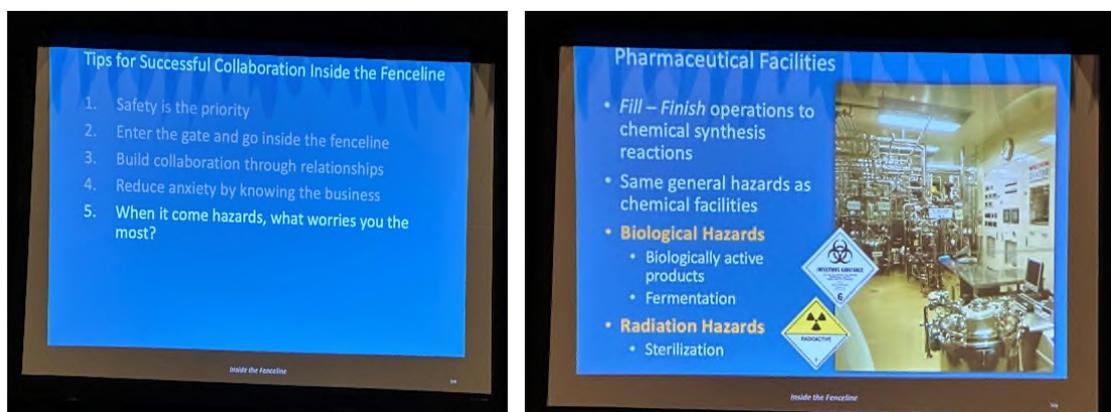


圖 47、設施危害簡介

氧化危害為氧化劑與燃料不相容，因為兩種物質混合時可能發生反應，通常氧氣（來自空氣）是燃燒反應中的主要氧化劑，但其他材料也可以具有類似的行為（如圖 48）。廣泛的層次，氧化可以定義為與任何燃燒支持物的結合。氧化劑的其他危害，毒性：許多濃縮氧化劑對活體組織有腐蝕性，例如皮膚，尤其是眼睛；由於其他原因，它們也可能有毒；水反應性：許多氧化劑不與水發生反應，可以安全地稀釋（例如過氧化氫）；其他的則與水發生劇烈反應。有機過氧化物，廣泛用作塑料製造中的催化劑。典型的例子是過氧化二苯甲醯 (DBP)和過氧化甲乙酮(MEKP)。有機過氧化物具有自加速分解溫度(SADT)，高於該溫度分解會自發進行。DBP 和 MEKP 的自加速分解溫度都超過 50 °C，但對於某些有機過氧化物來說，自加速分解溫度非常低，因此必須冷藏儲存，常溫下將進行分解；最高安全儲存溫度(MSST)，有機過氧化物也可能對熱、衝擊和摩擦變得敏感，MSST 可避免儲存時發生災難性分解，在高於 MSST 下可能發生化學反應或爆炸，具有 SADT 的有機過氧化物必須保持在黑暗容器中並冷藏於低於 MSST 溫度下。

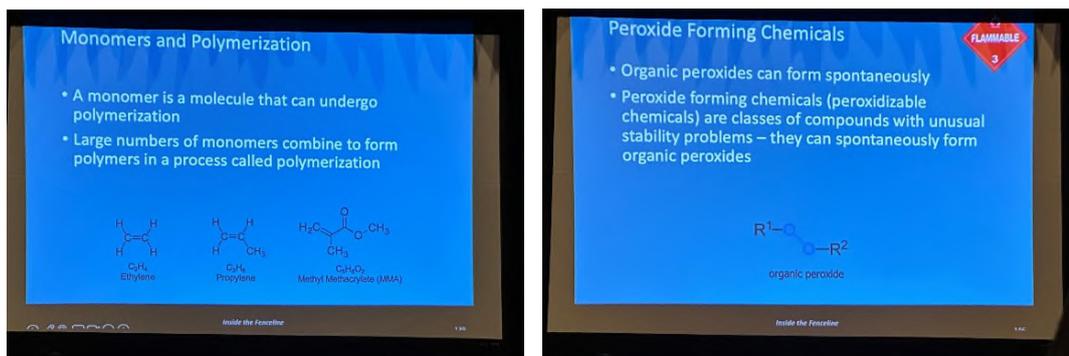


圖 48、氧化性物質介紹

(十五) 應變器材展場

本次研討會亦同步展示國際相關新穎的應變器材進一步參觀研析相關技術是否適用於國內災害。本次總計有 90 個單位及組織參展，包含應變書籍、止漏設備、防護裝備、偵測設備、除污設備及其他相關應變設備等（如圖 49、50）。



圖 49、應變器材展場情景

	
<p>Halen Hardy 排水管下雨水過濾網</p>	<p>Halen Hardy 簡易洩漏和沈積物控制板</p>
	
<p>礦物酚醛樹脂吸收劑</p>	<p>LAURUS Systems 輻射和化學檢測器</p>
	
<p>Quick Silver 個人防護設備</p>	<p>各式 Kit 止漏套件組</p>
	
<p>Noble 無人載具</p>	<p>Magnaseal 磁吸密封墊片</p>

圖 50、應變器材展場展示相關設備

伍、心得與建議

一、心得

(一) 參加 2023 年國際危險物品緊急應變研討會與器材展

整個研討會及器材展包括 4 天正式研討會及 2 天之器材展，研討會以環境偵測、模擬分析、安全防護、大量除污、應變策略等主題分場次進行研討及相關設備器材展示，由於研討會包括 100 種以上的課程，故在同一時段內，有多種以上課程同時間舉行，所以參加人員分別選定相關主題參加。本次設備器材展計有 90 個單位組織參展，包含止漏設備、防護裝備、偵測設備、除污設備及其他相關應變設備，如 908 Devices-MX908 為手持式未知物偵測設備、HalenHardy-廢水圍堵器材、Edwards & Cromwell-止漏設備、KFT fire Trainer-訓練模組、QuickSilver-個人防護具等，可作為專業設備器材引進國內之參考。

(二) 參訪美國應變管理研究所(EMI)

由美國應變管理研究所副所長 Scott Kelberg 為主要代表出席之一，說明該單位組織運作情形及負責訓練內容，其訓練對象為 FEMA 人員、救災備役人員、聯邦各部會、州政府、地方政府與原住民自治政府之災害管理相關單位志工組織、全國各地的緊急應變團體。由於負責災害類型多，包含天然災害及人為災害，且訓練對象從政府官員到志工組織，因此，可辦理之課程較多，除參訪當地之訓練課程外，在美國其他州亦可辦理相關訓練，亦與許多大學設立學分班，辦理多類型研討會並且目前多項課程也辦理線上訓練，提供全方位之應變管理課程，目前部份訓練課程也開放有限的國際學生申請參與。

(三) 參訪美國國家消防學院(NFA)

除參訪 EMI 之外，因考量本次參訪為應變內容為主，故同時亦有美國國家消防學院院長 Eriks J. Gabliks 代表出席之一，NFA 為美國國內的中高級消防官、消防指導員、技術專業人員和相關專業的代表提供免費的專業培訓課程和高級管理課程，歡迎實際參與火災預防和控制、緊急醫療服務或與火災相關的應變管理活動的人員申請實體課程或線上課程。在課程參訪中，指揮官訓練中參照 NIMA ICS(National Incident Management System)進行相關訓練，且使用模擬、仿真等方式進行推演，使學員能夠以逼真的方式模擬實際事故推演。

二、建議事項

- (一) 本次參加 IAFC 主辦國際危險物品緊急應變研討會課程主題包羅萬象，從基礎毒性物質辨識、指揮官職責、偵測、應變程序管理與、人員訓練、除污等議題。講員多為資歷豐富之應變從業人員，透過各項主題研討可以蒐集他方經驗，對執行緊急應變更有所助益。展場中展示新穎應變相關軟體、器材或設備，如：環境偵檢、個人防護、圍堵止漏、除污設施、無人載具及訓練模組等。建議未來持續參與以保持更新應變知識及相關器材設備，以持續強化我國應變能量。
- (二) 本次順道參訪美國應變管理研究所及美國國家消防學院，此二單位同為美國重要的防災減災機構 FEMA 轄下之訓練單位，美國應變管理研究所主要針對天然及人為災害之預防、整備、應變及復原等階段提供全方位的應變管理課程訓練，為我國相關應變單位可借鑑之訓練單位；美國國家消防學院主要進行規劃、評估、指揮等訓練（包括應變中心之決策訓練、事故現場指揮體系訓練等），訓練課程會結合模擬軟體進行多面向之訓練，亦為我國相關應變單位可借鑑之訓練單位。建議未來可再行參訪或邀請相關人員至臺灣進行進一步訓練與應變經驗交流，以強化雙方交流；另國內參與對象除了災防相關單位，建議亦可邀請教育機關一同參訪。

附件一、2023 年國際危險物品緊急應變研討會與器材展議程

6 月 8 日	
時間	議程
8:00 AM – 12:00 PM	911 for 911: Break Glass In Case Of Hazmat
	Aircraft Down: Hazard Considerations for Off Station Aircraft Emergencies
	Anhydrous Ammonia Response: Applying Tactics to Scenarios, Plus Hands On Cargo Trailer Review
	BatteryIQ: Awareness and Operations Response to Li-ION Battery Emergencies
	CBRN Sampling – Why and How
	Chemical Hazards Determination Using the Wet Chemistry Hazard Classification Procedure
	Corrosives Materials, Containers, and Response
	Detect, Identify, Decon
	Field Detection of Pesticides: Suicide, Seizures and Sickness
	Gas Detection GED
	Hazard Identification Testing System (HITS Course)™
	HazTac Lab
Street Smart Hazmat Safety Officer	
8:00 AM – 5:00 PM	Complete CAMEO Update and Troubleshooting
	Pilot Training presentation Propane Emergency
8:00 AM – 5:00 PM	Propane Emergencies: Train-the-Trainer
1:00 PM – 4:00 PM	Hold My Matches and Watch This!
1:00 PM – 5:00 PM	BioTechIQ: Risk-Based Response to Biological Agents and White Powders
	Building the Plane As We Fly It: Li-Ion Batteries in Practice
	Chemical Control Disaster: Looking Back 30 Years at Environmental Investigation and Hazardous Materials Response
	Congrats on Your Promotion: Now Here is the Program, Good Luck!
	Flawed Situational Awareness: A Stealth Killer of First Responders
	Hazmat/WMD Incident Commander
	Inside the Fenceline: Response to Emergencies at Chemical Facilities
	Instructor Rehab: Building Your Scenario-Based Hazmat Training
	LNG Awareness, Safety, and Emergency Response: Train-the-Trainer
	MAYDAY! Is It an Emergency or a Planned Event?
	Railroad 101: Railroad Operations, Railcar Construction, and Safety
Real-Time FTIR Gas Identification: A Capability Every Response Team Should Possess	

	Risk Based Approach Escape Room
	The Meter Guys Air Monitoring

6月9日	
時間	議程
8:20 AM – 11:00 AM	After COVID: Where Do We Go From Here?
11:00 AM – 12:30 PM	Lunch with Exhibitors
11:00 AM – 6:00 PM	Exhibit Hall Open
12:30 PM – 2:00 PM	“PID on Steroids & Beyond!” Finding and Identifying Unknown Chemical Threats
	Air Monitoring and Collaboration for the Derek Chauvin Trial
	ALOHA: Modeling Basics, Uses, and Limitations (Part 1 of 2)
	Chemical and Physical Properties
	Hazmat Roundtable Report Out
	Hazmat Team Response to Lithium-Ion Batteries
	How to Develop a Regional Hazmat Training/Certification Program
	Put It Out Or Let It Burn?
	Responding to Military Explosive Shipments in the United States (Highway and Rail)
	So, You're the New Hazmat Officer? Now What
	Tactical Area Monitoring
	The FBI Technical Hazards Response Unit - 25 Years of Evolution in Forensic Hazmat & Safety Response
	The Hazmat Guys: Escape Room
	The Science Behind Fire Exposure: Protecting Our People
	The Toxic Trio: CO, CN, and H2S
What Is a Detection Cluster You May Ask?	
2:15 PM – 4:15 PM	ALOHA: Modeling Basics, Uses, and Limitations (Part 2 of 2)
	Chlorine as a Weapon in the Urban Environment
	Completing the Puzzle of Hazardous Materials Classification and Identification
	Crazy Concoctions, Obnoxious Odors, and Colored Smoke: Emergencies in the Laboratory
	Developing Tactical Worksheets for a Risk-Based Response
	Field Identification of Controlled Substances: Case Studies from the Field

	From Grunt in the Suit to Officer in the Seat, NOW WHAT?
	HazMat RIT/Rescue CPR
	Hydration: Are You a Hero or a Hemorrhoid?
	Introduction to Intermodal Container
	Let's Talk About PIDs
	LNG Transportation and Response for First Responders
	NFPA Hazmat Standards Update
	Old School Still Works: Back to the Basics of Air Monitoring
	Responding to Railroad Incidents: Hazmat Isn't Always the Problem
	Understanding Legal Indoor Cannabis Cultivation Facilities
	You're the First On the Scene at a Propane Incident and Have Nothing to Work With, Or Do You?

6月10日	
時間	議程
8:00 AM – 9:15 AM	Cleaning, Screening, and Glistening: Update on the Medical Management of Contaminated Patients
	DrugIQ: The Pill That Kills
	Hazmat Chemistry Made Simple (Part 1 of 2)
	Hazmat Fire and Ice
	Hazmat Program Management: What Do I Need to Know
	Hazmat Scene Size-Up to Termination
	Instructor Series Part 1: How Not to Suck When Teaching Hazmat
	Integrating Hazmat Response Plans and Actions into Special Operations/Technical Rescue Responses
	Liquid Oxygen Reactivity and Mechanical Impact Studies at UVU
	MacGyver Gas Detection: Getting Out of “Sticky” Gas/Vapor Detection Situations Using the Sensitivities and Cross-Sensitivities of Common Sensors
	Nitazenes: The Latest Synthetic Opioid Threat and How to Safely and Effectively Characterize With Raman SERS
	RECON to DECON: Detection and Identification Tactics (Part 1 of 2)
	Risk-Based Response to CNG Vehicles
	Safety Considerations for Li-ion batteries
Successful Multi-Agency/Jurisdiction Responses to	

	Hazmat/CBRNE Incidents
	The Wild Wild World of Synthetics
	Validation of Recommended Emergency Actions for Liquefied Natural Gas (LNG)
	What is Typing and Why? It's Not Your Junior High Class
9:30 AM – 11:00 AM	Advanced Diagnosis of Hazmat Exposure Patients
	Back to the Basics: Grounding and Bonding
	Bring Your Emerging Hazmat Team Out of the Dark Ages: How to Improve the Training & Equipment Resources of Your Hazmat Team
	Curbside Chat
	Dangerous Properties of Hazardous Materials
	Decon Decision Making
	Dry Mass Decontamination
	Get Organized
	Hazmat Chemistry Made Simple (Part 2 of 2)
	Hazmat Headlines
	Instructor Series Part 2: Modernize Your Classroom
	Leveraging Technology to Create Situational Awareness
	RECON to DECON: Detection and Identification Tactics (Part 2 of 2)
	Safe, Unsafe, or Dangerous
	The ABCs of Being a Hazmat IC
	The Devil is in the Details
What FirstNet Has for Hazmat Response	
9:30 AM – 1:00 PM	Exhibit Hall Open
12:30 PM – 2:00 PM	Anatomy of an Incident
	Chemical Calculations for Hazmat Technicians
	Detection Principles for Toxic Industrial Chemicals, Pharmaceutical Based Agents and Chemical Warfare Agents
	Is There Something Out There? Effectively Using Sniffers Like PID, FID and MOS Sensors
	Mental Health Mayday: Recognizing that You or Your Family Are in Trouble and Asking for Help Before It's Too Late
	Navigating a Statewide Foam Taskforce
	Pre-Entry Briefing
	Rescuing Our Own

	Risking Biological Exposure: Using PPE and Decon to Restrict the Spread
	Space Shuttle vs. School Bus with Hazmat Ninjas...Or How to Plan an Effective Multi-Agency Exercise
	Unstable Materials, Monomers, and Organic Peroxides (Part 1 of 2)
	What's the Plan: Strategy and Tactics for Hazmat Officers
	Why Does Everyone Hate Radiation? A Quick and Easy Guide to Class 7 Emergencies
2:15 PM – 3:45 PM	Advanced Science to Hazmat/WMD Response (Part 1 of 2)
	Ammonia: What Are We Trying to Measure?
	Anatomy of an Incident
	Cryogenics the Cold Hard Truth (Part 1 of 2)
	Emergency Response Decision Support System (ERDSS): Applications for Hazmat/CBRNE Response
	Evolution of Public Safety In-Building Communications with FirstNet
	Hazmat Containers
	Hazmat Officer Development
	Hazmat Research: What Is It and Why Do We Need it?
	Improving Leadership Communication with Multiple Generation Team Members
	Leadership Lessons Learned in Disaster
	LNG Awareness, Safety, and Emergency Response: Train-The-Trainer (Part 1)
	Risk Based Response to Gas Sampling
	Toxic Suicide
	Unstable Materials, Monomers, and Organic Peroxides (Part 2 of 2)
4:00 PM – 5:30 PM	Advanced Science to Hazmat/WMD Response (Part 2 of 2)
	Air and Water Reactive Materials
	Blowing Up Can Ruin Your Whole Day
	Chemical Fires and the Hazmat Response
	Cryogenics the Cold Hard Truth (Part 2 of 2)
	Empowering Your Technicians and Specialist Through Silent Leadership
	Hazardous Gas Tactical Response: Technology Advances and New Innovation
	Hazmat Officer 101: You're a Leader Not a Boss

	Hazmat: A VUCA'd Up Response
	LNG Awareness, Safety, and Emergency Response: Train-The-Trainer (Part 2)
	Matrix of Detection: Putting All the Pieces Together
	Retire Alive: Taking the VooDoo Out of PPE Selection
	Team Awareness Kit (TAK) for Hazmat Response
	Tempe Train Derailment of 2020
	Training Management for Your Team is a Full-Time Job
	Using NFPA 475 to Manage Your Hazmat Response Program
	What is Situational Awareness and What Does It Matter in Hazmat ?

6 月 11 日	
時間	議程
9:00 AM – 11:00 AM	The Politics of HazMat