公務出國或赴大陸地區報告（出國類別：訓練）

106年度赴美國「環境事故應變人員操作級訓練班」
2017 Environmental Incident Responder Operation Level Training Course

服務機關：臺中市政府環境保護局
姓名職稱：李秉諭股長
派赴國家：美國
出國期間：自 106 年 10 月 22 日至 106 年 10 月 31 日止
報告日期：中華民國 107 年 1 月 25 日

目錄

壹、摘要 2

貳、出國人員名單 3

參、目的 5

肆、整體行程與訓練課程表 11

伍、過程 11

一、拜訪美國國家環境保護署第三分區 USEPA Region III 11

二、SPSI「環境事故應變人員操作級專業訓練」 15

陸、心得 75

柒、建議 77

壹、摘要

報告名稱：106 年度赴美國「環境事故應變人員操作級訓練班」

主辦機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局

出國人員/服務機關/職稱：臺中市政府環境保護局李秉諭股長等人，詳如內文名冊

出國類別：訓練

出國地區：美國

出國期間：106 年 10 月 22 日至 106 年 10 月 31 日

報告日期：107 年 1 月 25 日

分類：毒化災應變/毒化物管理

內容摘要：

行政院環保署毒物及化學物質局於 105 年 12 月 28 日正式成立後，為充實各級政府環保機關有害化學物質防救災體系應變與指揮能量，以及強化中央環境事故諮詢中心與環境事故專業技術小組之整體專業技術與能力，俾環境災害事故發生時，均能有效控制災害事故，環保署歷年來赴國外辦理各種分級現場應變訓練課程，藉以提升國內救災體系應變人員於現地的危害分析、決策研判、統合協調及媒體因應等專業能力。本年度規劃訓練課程設計則以 NFPA 472（國家防火協會標準）和 OSHA 29 CFR 1910.120(q)（職業安全及健康管理法規）等認證課程為主。整體訓練課程內容採書面授課、實際案例沙盤推演以及實作示範教學等方式進行，並輔以美國訓練單位於現場災害模擬仿真模組，將更能貼切事故現場的災情狀況。

本年度整體訓練課程之進行包含行前基礎訓練、行前說明會、國外訓練及參訓成果心得與經驗分享四個階段。行前基礎訓練之辦理是為協助參訓學員掌握環境事故之基本知識，以提升赴國外受訓之實際成效。行前說明會之目的則為向參訓學員說明參訓目的、學員分組名單、訓練機構基本資料、課程內容、行程安排以及相關注意事項等，

以利學員於出國前做好充分準備。本次國外訓練由美國 Specialized Professional Services Inc (以下簡稱 SPSI)緊急應變訓練單位之「環境事故應變人員操作級」專業訓練課程，可提供中央及地方環保體系應變人員在面臨環境事故時，具備妥適之專業技能訓練機會；美國 SPSI 訓練課程均獲得 NFPA 472（國家防火協會標準）和 OSHA 29 CFR 1910.120（職業安全及健康管理法規）等認證，訓練講師主要為 SPSI 之資深緊急應變人員，其皆擁有超過 20 年資深應變經驗之杜邦專業講師傳授 HAZMAT 相關應變知識與技術，整體訓練課程內容採書面授課、實作教學以及實際案例沙盤推演等方式進行，並在課堂中分享國外實際案例，藉以瞭解化學災害應變過程中應注意之細節，實作內容則運用美國應變單位於現場災害防救用之仿真模組輔以訓練，使學員於實作訓練中更能貼切事故現場的災情狀況。另將於返國後，彙整各參訓學員訓練之內容及心得，並辦理參訓成果心得及經驗分享會議，透過分享交流之方式以強化整體訓練成效。

貳、出國人員名單

本次參訓人員依其對象屬性區分為四大類，敘述如下：

一、中央防救應變單位（3 人）：行政院災害防救辦公室、內政部消防署及交通部航港局各 1 人。

二、環保署相關局處室（10 人）：帶隊長官、毒物及化學物質局（以下簡稱化學局）6 人、空氣品質保護及噪音管制處（以下簡稱空保處）1 人及環境督察總隊 2 人。

三、地方政府（11 人）：臺北市、新北市、宜蘭縣、桃園市、新竹市、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市及高雄市等直轄市、縣（市）環境保護局推薦科長級以上人員或承辦毒災業務 3 年以上人員各 1 人。

四、環境事故專業諮詢監控中心及三區環境事故專業技術小組等單位。

上述一至三各屬性類別，依邀訓、報名及核定程序，本次前往 NFPA472 參訓之學員共計 30 人，除帶隊長官與工作人員外，其餘 27

人分為 5 組，每組 5 至 6 人。參訓學員名單如表 1 所示。

表 1 本年度參訓學員名單

機關名稱／單位	姓名	職稱	組別
行政院環境保護署毒物及化學物質局	張文興	主任秘書	帶隊長官
行政院災害防救辦公室	何孟卓	科長	第 1 組
交通部航港局	吳彥瑩	技士	第 4 組
內政部消防署竹山訓練中心	黃俊閎	科員	第 3 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	彭富科	視察	第 3 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	洪臧燮	高級環境技術師	第 2 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	薛威震	技正	第 1 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	曹翔崴	薦任技士	第 4 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	蔡洧清	助理環境技術師	第 4 組
行政院環境保護署毒物及化學物質局	朱冠綸	毒化物助理管理師	第 5 組
北區環保署環境督察總隊	李映松	技士	第 2 組
南區環保署環境督察總隊	梁効文	技正	第 5 組
臺北市政府環境保護局	陳麗華	技士	第 4 組
新北市政府環境保護局	賈筱蓉	科員	第 1 組
桃園市政府環境保護局	魏永信	股長	第 1 組
臺中市政府環境保護局	李秉諭	股長	第 3 組
台南市政府環境保護局	鄭麗玲	股長	第 5 組

機關名稱／單位	姓名	職稱	組別
高雄市政府環境保護局	余素雯	股長	第 5 組
新竹市政府環境保護局	陳秋燕	科員	第 2 組
彰化縣政府環境保護局	黃彥文	技士	第 3 組
雲林縣政府環境保護局	張宗仁	技佐	第 3 組
嘉義縣政府環境保護局	顏瑞瑩	科長	第 4 組
宜蘭縣政府環境保護局	林慧華	技士	第 1 組
北區技術小組/中國文化大學	王子奇	教授	第 1 組 技術專家
中區技術小組/國立雲林科技大學	周于博	隊員	第 4 組
南區技術小組/國立高雄第一科技大學	楊惠甯	隊長	第 5 組
財團法人工業技術研究院（環境事故諮詢監控中心）	何大成	經理	技術專家
	張榮興	資深研究員	團務聯絡人
	吳紘宇	研究員	第 3 組

參、目的

隨著科技及工業的發展，化學物質的種類及運作量日益增加，然而常因人為疏忽、管理不善或未遵循規定等因素而造成化學品洩漏甚至引起火災及爆炸等化學性災害（以下簡稱化災）。為因應此時代趨勢，國內於 105 年 12 月 28 日正式成立「毒物及化學物質局」，除持續提升現地應變組織的指揮人力外，應再強化地方政府防救災業務人員的應變處置能力，化災應變屬化學專業之技術及課題，消防單位雖具有消防滅火能力，但面對化災現場諸多不確定性及危險性因素，仍需具備專業技術之機構及應變人員來協助辨識。

本次「環境事故應變人員操作級」課程辦理地點於美國賓夕法尼亞州的華盛頓鎮（Washington, PA）Specialized Professional Services Inc.（以下簡稱 SPSI）緊急應變訓練單位，舉辦環境事故應變人員操作級專業訓練，其課程內容包含：緊急應變行動方針擬定、應變指揮系統、基礎毒理學、危害物質與未知化學物質辨識、個人防護設備介紹與實作、進階危害物應變控制程序、危害物風險評估技術、應變除污程序及善後復原。其課程內容可提供中央及地方環保體系應變人員在面臨環境事故時，具備妥適之專業技能訓練機會；美國 SPSI 訓練課程均獲得 NFPA 472（國家防火協會標準）和 OSHA 29 CFR 1910.120（職業安全及健康管理法規）等認證，訓練講師主要為 SPSI 之資深緊急應變人員，其緊急應變經驗皆已超過 20 年之專家。此訓練單位係建置各類化學災害車載模組，依據實際化災需求，建置整合指揮車（含偵測與災情研析）、移槽與堵漏設備車、人員與設備除污車、訓練設備拖車模組及各類槽車所改裝的「實作」訓練模組，強調現地實物、「非危害」性實場模擬，以及「實作」操作的各類化學災害之專業技術、設備操作及現場實際案例沙盤推演方式訓練。

此次整體訓練學程內容採書面授課及實際案例沙盤推演方式，輔以現場災害模擬仿真模組，以貼切事故現場的災情狀況，透過實務應變經驗豐富之國外專家全程教授引導，藉由實際推演及腦力激盪的訓練模式，讓參訓人員能有效學習應變經驗。

肆、整體行程與訓練課程表

本次活動包含參加 NFPA472 之「環境事故應變人員操作級專業訓練」及參訪行程，整體行程（含搭機與當地路程）共計 10 日，自 106 年 10 月 22 日起至 10 月 31 日止，如表 2 所示。考量路程往返及訓練課程，整體行程規劃為 10 月 22 日出發，10 月 31 日返抵國門，共計 10 天。

表 2 行程規劃（訓練日期為 10 月 24 日至 27 日）

台灣日期	美國日期	行　　程	附　　註
10/22（週日）	10/22（週日）	搭機前往美國：中正機場至紐約甘迺迪機場	臺灣→紐約
—	10/23（週一）	• 參訪美國接送巴士賓夕法尼亞州環保應變單位(EPA Region III)	賓夕法尼亞州的華盛頓鎮（Washington, PA）
—	10/24（週二）	• 於 SPSI 受訓場址進行受訓	
—	10/25（週三）		
—	10/26（週四）		
—	10/27（週五）		
—	10/28（週六）	• 於結訓後，開車至返程中途巴爾的摩住宿	巴爾的摩
—	10/29（週日）	搭機返回臺灣：紐約甘迺迪機場至中正機場	紐約→臺灣
10/31（週二）	10/30（週一）		

本次參加之「環境事故應變人員操作級專業訓練」課程主要由 Specialized Professional Services Inc. (SPSI)舉辦，課程規劃主要依據 NFPA 472 第 4、5 及 7 章與 OSHA 29 CFR 1910.120(q) 之課程規範要求為主 ，共計 18 個專題，期使參訓學員熟稔國外災害應變搶救作為，課程表如表 3 所示。

表 3 「106 年 SPSI 環境事故應變人員操作級專業訓練—40 小時」課程表

項次	課程名稱	時數(hr)	主要課程內容
1	課程簡介	1	提供所需整體課程規劃、授課規則及相關安全須知
2	事故現場指揮與管理	3.5	此內容為有害物質的緊急應變，包括 OSHA，EPA 和 DOT 法規的規範，各類工作所需的各類應變人員和應變方案，事故管理的問題，包括事故現場指揮，統一指揮和國家事故管理系統。事故的指揮官，安全官和其他工作人員的職能作用進行討論。包括事故進行行動計劃和安全計劃的基礎知識。另外討論緊急應變人員後續醫療監控和醫療問題。其他主題包括處理媒體，批評和述職。
3	化學緊急應變	2	此課程涵蓋化合物的化學和物理性質（熔點、沸點、閃點、腐蝕性、氣體膨脹比及反應性等）評估潛在的物理和化學危害事故。也包括九大類危害物質和應變人員如何分辨從這些物質。其他所涉主題包括從保護民眾的角度討論神經和糜爛性毒劑，生物戰劑，散佈設備和犯罪和恐怖主義的行動的緊急應變。
4	毒理學	1	針對學員對於一般化學物質毒性概念進行授課，如：LD_{50}、PEL、TLV 等，另亦針對不同類型的毒物暴露，劑量反應效應及放射性物質暴露進行觀念概述。
5	個人防護設備	3	涵蓋不同等級的個人防護裝備(A、B、C 及 D)介紹，學員將使用相關化學品滲透數據表來選擇當前危害正確的個人防護裝備。

項次	課程名稱	時數(hr)	主要課程內容
6	除污程序	2.5	學員將學習如何進行相關除污及中和技術。
7	空氣監測	1.5	學習檢知管及氣相層析質譜儀原理，並有效利用於環境監測。課程中亦會進行現場實際操作。
8	固定設施	1	瞭解生產場所或化學儲存區可能之潛在危害，包含：儲藏室、管道、其它設備及一般的有害物質存放區。
9	其他儲存容器	1.5	這部分涵蓋“非散裝”的容器，範圍包括小玻璃瓶氣瓶低溫容器。
10	拖板車	0.25	包含了平板槽車、槽車及冷藏槽車等相關危害。
11	散裝道路容器	1.5	涵蓋不同類型的道路散裝容器，其構造、閥、安全功能和常見的洩漏點及危害。
12	化學油槽	1	這部分涵蓋槽體設備的構造，閥桿和安全容器。特別注意的是槽體上的標記和類型。還包括每種類型的容器，並建議維修可能的洩漏點。
13	鐵路運輸	2	涵蓋了不同類型之火車其閥門和安全裝置，並瞭解如何辨別內容盛裝物及其危害標記。
14	損傷評估	1	學員將學習訓練在物理因素的影響或導致災難性故障損壞的各種型式。
15	移(轉)槽作業	2	學習化學品轉槽相關作業。
16	事故評估	12	事故評估使用實際的模組來訓練處理技術，將透過實做來訓練技巧。 1.閥件：閥和安全功能，如洩壓裝置在不同類型的模型，如油罐車、槽車和鐵路槽車上使用的設備。 2.空氣監測：使用的空氣監測設備，包括

項次	課程名稱	時數(hr)	主要課程內容
			氣體偵測器、PID、檢知管、PH 試紙，以確定化學品種類。 3.技術去污：建立和展示技術除污消除。 4.個人防護裝備:個人防護的檢查設備和正確的穿戴，並將執行一系列的任務（修理漏水線,構建一個管線總成等)。 5.氯工具箱(KIT)：KITA、B、C 的操作應用程序。 6.參考書籍：將使用參書籍，以確定物質的各項危害。
17	各式閥門介紹	1	介紹不同交通運輸工具儲存槽體及並進行實地操作相關救災設備工具。
18	監測儀器使用	1	學習利用光離子化檢測器及比色管與試紙檢測出相關洩漏物質

伍、過程

一、拜訪美國國家環境保護署第三分區 USEPA Region III

本次訓練課程第一個行程即為拜訪位於費城之美國國家環境保護署第三分區(United States Environmental Protection Agency Region III)，全體學員於 10 月 23 日當天一同前往拜訪，議程如表 4。

美國國家環境保護署是美國聯邦政府的一個獨立行政機構，主要任務在負責維護自然環境和保護國民健康不受環境危害影響，該機構由美國總統尼克森提議下設立，並且在獲國會批准後於 1970 年 12 月 2 日成立並開始運行；該署現有約 18,000 名全職雇員，半數以上是工程師、科學家及政策分析師，所轄機構包括華盛頓總局、10 個區域分署和超過 17 個研究實驗所。

位於費城之第三分區，負責的區域為德拉瓦州、馬里蘭州、賓夕法尼亞州、維吉尼亞州、西維吉尼亞州和哥倫比亞特區，主要職責與其它 9 個分區相同，該機構負責對各式各樣的環境計畫進行調查並制訂國家標準，並代表各州和各部門頒發相關執照、監控、以及強化一致性，具體而言就是根據國會頒布的環境法律制定和執行環境法規，從事或贊助環境研究及環保項目，加強環境教育以培養公眾的環保意識和責任感。

表 4 USEPA Region III 參訪議程

時間	內容
09:30-09:40	主席致詞
09:40-10:00	美國國家環境保護署第三分區介紹
10:00-10:40	美國環境保護署於化學災害緊急應變之職責說明

時間	內容
10:40-10:45	BREAK
10:45-11:15	手持式監測儀器介紹
11:15-11:55	環境污染評估分析設備介紹
11:55-12:00	綜合討論

EPA 第三分區下轄 10 個辦公室，分別為：國土資源處(LCD)、空氣保護處(APD)、危險場所清理處(HSCD)、環境評估與創新處(EAID)、水保處(WPD)、交通與政府關係辦公室(OCGR)、乞沙比克灣計劃辦事處(CBPO)、環境司法辦公室(OECEJ)、政策和管理辦公室(OPM)、以及區域顧問辦公室(ORC)，在上述的辦公室中與本團隊較相關的為危險場所清理處(HSCD)。

HSCD 在美國環保局第三區進行和監督危險廢物場地的評估，補救和清除活動。該單位負責制定和管理「全面環境責任賠償與責任法(Comprehensive Environmental. Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA)」計劃，並執行「清潔水法(Clean Water Act, CWA)」第 311 條。為了支持 CERCLA 計劃，該司進行和/或協調廢物場地的評估和調查以及其他潛在的應對行動。並指導了三區超級場地補救行動計劃的編制工作。該司負責準備和審查詳細的技術補救調查，可行性研究，最終補救措施設計和旨在減輕對人類健康和環境的威脅的其他必要活動。

為了支持 CWA 第 311 節，該司負責與美國海岸警衛隊和州和地方機構合作執行區域和次區域應急計劃，以打擊石油和危險材料的溢出。該司按照 CWA 和 CERCLA /超級基金修正案和重新授權法案的要求，對合作機構和行業對石油和有害物質洩漏作出反應，包括遏制和清理行動，協助執法調查和評估環境損害進行協調和協調。此外，該司負責執行石油預防計劃，風險管理計劃，應急計劃和社區知情權法(Emergency

Planning and Community Right-to-Know Act, EPCRA）計劃的合規監督，進行檢查，監督法規的遵守情況，追究執法行動並與各種聯邦，州和地方合作夥伴進行協調。

當天拜會的行程中，美國環保局第三區針對美國 EPA 的整體架構進行了有系統的介紹，美國 EPA 事故指揮官系統可參閱下圖(圖 1);並且有檢測實驗室的人員針對偵檢設備進行介紹，最後並在現場展示了火焰離子偵測器、光離子化檢測儀、以及粒子計數器等設備，透過這樣的參訪與拜會，全體參訪成員對於美國相關體系有一定的認識與瞭解，並且可做為國內相關運作的借鏡。由於美國賓夕法尼亞州環保應變單位(EPA Region III)辦公大樓坐落於國安單位管轄大樓內，故進入美國國家部會辦公大樓將進行維安作業，因大樓內維安慎嚴，無法進行攝影，故由前美國環保署官員賴國梁博士作為雙方交流橋梁。相關參訪過程情形如圖 2 所示。

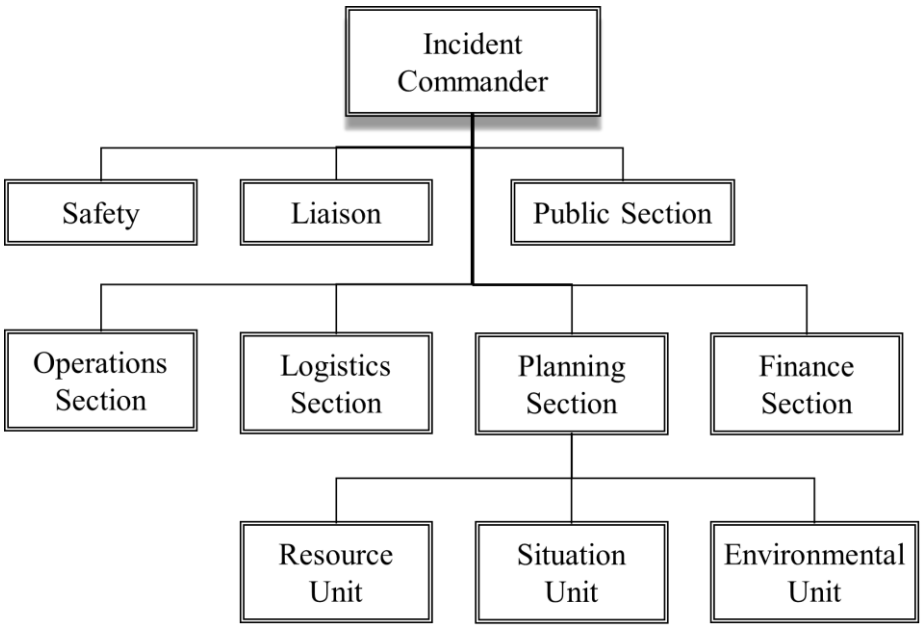


圖 1 美國國家應變組織架構圖

(1) 帶隊官與前美國環保署官員賴國梁博士合影	(2) 國家部會辦公大樓之入進維安作業

(3)會後帶隊官與美國環保署官員討論剪影

圖 2 美國國家環境保護署第三分區參訪過程剪影

二、SPSI「環境事故應變人員操作級專業訓練」

參訓學員於 10 月 24 日上午抵達於賓夕法尼亞州的華盛頓鎮(Washington, PA) Specialized Professional Services Inc.(SPSI)，準備開始環境事故應變人員操作級專業訓練 40 小時訓練課程，課程內容包含：緊急應變行動方針擬定、應變指揮系統、基礎毒理學、危害物質與未知化學物質辨識、個人防護設備介紹與實作、進階危害物應變控制程序、危害物風險評估技術、應變除污程序及善後復原。課程中除了一般對於危害物質與未知化學物質之辨識、檢測分析方法原理外，亦有針對實際案例解析與實作課程瞭解化學災害應變過程中應注意之細節。

1. 開幕致詞

完成報到手續後，即進行開訓儀式，第一天的課程主要在於向學員說明整個訓練課程的要求與進行方式，並說明未遵守本課程安全規定，可能會遭受到的傷害；另外也解說了美國緊急應變事件的事件管理；在緊急應變事件的事件管理中特別強調，應變人員要能分辨什麼是可控制的事故，什麼是不可控制的事故，也強調應變中必須要夥伴作業，而且要有備援人員的設置；在化學品特性與分類的課程中介紹各種化學品相關的名詞定義與化學品的九大分類。

2. 緊急應變訓練

(1) 緊急應變訓練安全

A. 訓練可能有危險。

B. 緊急應變可能會致命。

C. 所有傷害都是可以預防的。

D. 訓練時穿著是當的防護裝備是必要的規定。

(2) 安全是絕對的要求

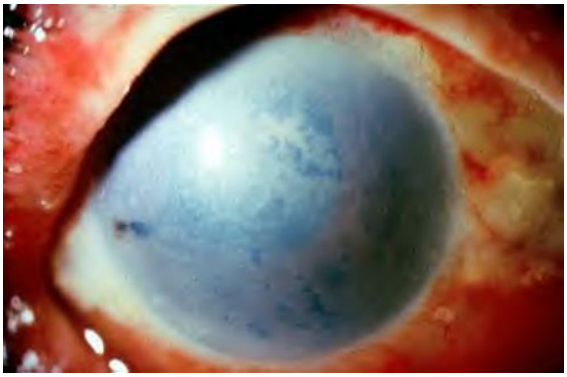
A. 安全不僅是法規上的要求

B. 我們都希望毫髮無傷地回家

C. 安全提示簡報—任何訓練活動之前都要先做到

(3) 如果不遵守安全規定可能會遭受到的傷害

包含化學性灼傷、凍傷、電氣灼傷、眼睛暴露傷害、熱水燙傷、酸液灼傷、皮膚性炭疽病、尖銳物品割傷…等(如圖 3)。

 （1）化學性灼傷	 （2）電氣灼傷
 （3）凍傷	 （4）眼睛暴露傷害
 （5）熱水燙傷	 （6）酸液灼傷

(7) 皮膚性炭疽病	(8) 尖銳物品割傷

圖 3 各類型傷害

3. 事件管理

(1) 緊急應變定義

依照「美國職業安全衛生署」（如同臺灣的勞動部）說明，所謂「緊急應變」的定義是指「狀況必須是需要由鄰近事件場所員工或外部其他指定應變人員參與」且「在可能無法控制洩漏釋放危害物質狀況下，導致無法控制的結果」（有安全及人身危害之緊急事件）稱之。

(2) 緊急狀況定義

A. 高濃度的毒化物環境

B. 達到生命健康立即危險(IDLH)濃度的環境

C. 缺氧的環境

D. 可能爆炸的環境

E. 需要疏散區域的情況

F. 可能對員工有危險而需立即注意的情況

(3) 緊急應變計畫

在緊急應變運作前，應提出「緊急應變計畫」，且應以書面詳載,可提供員工遵守,並作為 OSHA 人員查閱使用,其可為地方/中央所提出之應變計畫,亦或兩者結合部分之

計畫，避免工作執掌重疊，資源重複消耗，所有參與應變處理人員執行之應變作業皆需依據 IC 所建立的程序接受任務指派，並依據事件行動計畫 IAP 中所載的指令執行任務，於 ICS 架構下運作，包含指揮幹部(Command staff)、指揮功能區（Command Function Area)及特殊應變隊長(Special Response Team Leader);需依人事時地物完整記載活動記事錄，HAZMAT 分隊亦以此系統架構執行現場控制、除污、區域安全、群眾保護、戰術整合運作等，計畫內容如下：

A. 緊急事件發生前與外部單位之協調：

B. 人員權責、指揮系統、訓練及溝通

C. 緊急狀況辨識及預防

D. 安全距離及掩蔽地點

E. 疏散路線

F. 除污

G. 緊急醫護及急救

H. 應變後評估及追蹤

I. 個人防護具及應變器材：針對個人防護具部分應擬定「個人防護具計畫」（PPE program)並必須納入應變計畫內，其要素包含：

a. 依據工作場所及危害性選定。

b. 防護具之使用期限、維護及貯存方式。

c. 使用前後之檢查。

d. 防護具除污及棄置方式。

e. 防護具穿脫訓練。

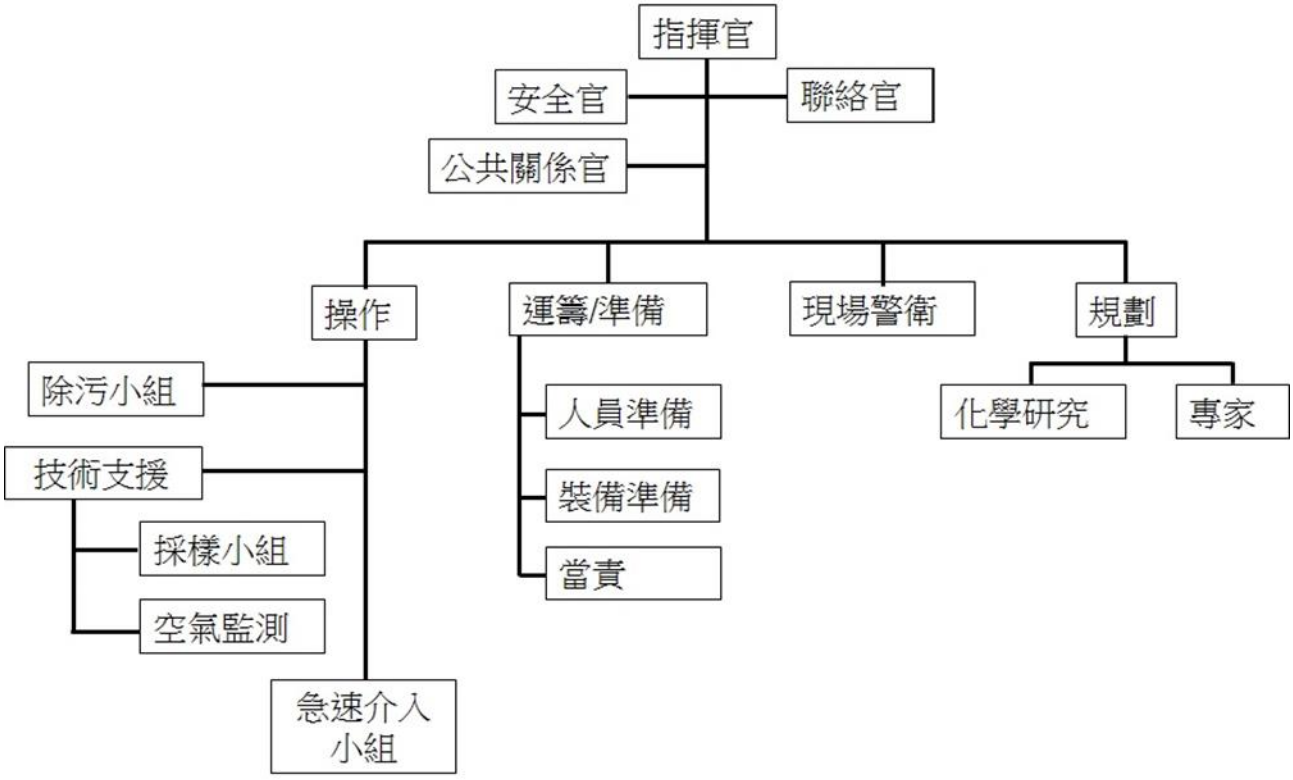


圖 4 應變組織架構規範

4. 事件指揮

在緊急應變的指揮管理系統(Incident Commander System, ICS)中，是以管理的理念執行一致性的指揮，謹遵一個指揮官(Incident Commander, IC)的原則，並依其指揮掌控能力設立部署，發揮事件安全處理、環境除污等功能，IC 需具備辨識整體事件所有物資物質及情況的能力、現場分析、最大曝露限制、處理程序、適當個人防護裝備(PPE)、現場安全警衛及除污程序等，唯其麾下所設之安全官(Safety Officer, SO)將以客觀判斷現場所有執行指令是否安全，並有權可以改變、暫行或終止 IC 已下達之任何行動，並持續撰寫活動記事誌。

5. 應變管理

(1) 區域控制

危害事故發生區應觀察風向等因素，界定危害等級，決定熱區、暖區及冷區位置，必要時可以儀器現場量測以確保正確熱區、暖區及冷區位置，以及判斷逃生及進出口路線等。

事故現場設定熱區至暖區之逃生路線，於暖區設立除污區避免人員將危害，安全官位於暖區監控作業人員安全，指揮官則設置於上風較高處可觀視整個事故現場。

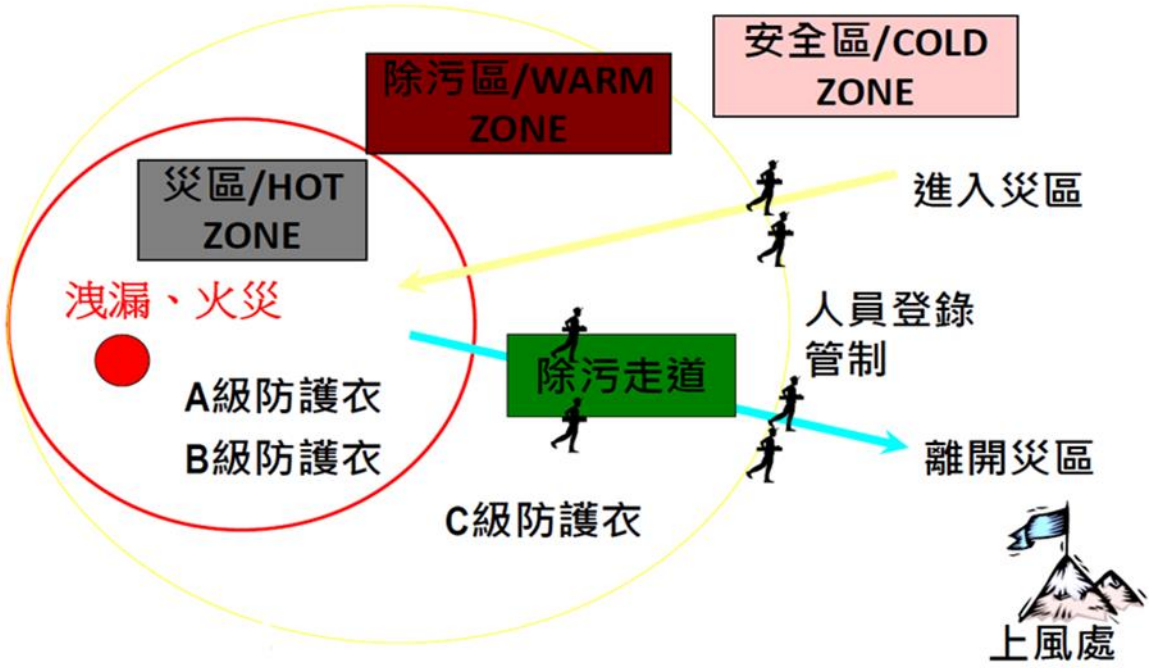


圖 6 事故現場區域劃分圖

(2) 疏散

應考量污染物濃度、疏散路線、風向、疏散人數及人口密度等條件，以利了解疏散所需的時間，疏散的時機通常為有立即火災或爆炸危險，或有足夠時間疏散群眾到安全地點時，倘疏散無法執行或疏散時可能面臨更大危害，則選擇就地避難。

(3) 安全事項

進入的團隊非經允許不可進入熱區，所有應變人員應隨時保持警戒心，並注意任何不安全作業及潛在危險情況，絕對不得擅自作業不受指揮，當應變人員暴露或可能暴露危害物質時，應確保穿著使用適當的防護衣及裝備，於熱區作業時應兩人或兩人以上成隊作業。

緊急手勢訊號應被事先同意屬事件應變計畫的一部分，於安全事項解說，常見的訊息手勢代表的意思如下：

A．大拇指向上：好或可以。

B．大拇指向下：不好或壞。

C．手在喉嚨位置：不能呼吸或呼吸具有問題。

D．雙手在屁股或交叉在腰部然後抬高過頭部：要脫衣服。

E．手在頭部搖晃：緊急狀況。

(4) 應變戰術

A．侷限：運用洩漏控制、蒸氣抑制及泡沫作業等方式阻止物質由源頭區外流。

B．堵住：運用裝桶、栓塞、補洞、鋼瓶器具等方式阻止物質由運送的容器流出。

6．化學

本課程學習之目的在於使學員瞭解化學品的各種變化有助於控制或預防不希望改變的情況發生，在進行危險物質評估之前，必須知道化學品可能會產生的危害。物質並不會總是保持同樣狀況，可能因環境狀況改變，物質會進行化學變化，而形成災害，事故現場應變初期，應變人員需評估危害物質為何？它的定義及化學特性及評估危害程度，並實施區域規劃及管制範圍等工作，評估危害之前必需瞭解化學物質之反應、火災、爆炸、毒性及流動性等，以利預防危害及有效控制事故

發生。課程包括術語與定義、物質型式、物理特性、物質變化及運輸協會的化學分類。化學品的各種特性變化介紹如下：

(1) 術語與定義

主要針對化學品基本特性，如：濃度、溶解度、物質溫度、無水物、以及持久性等專有術語進行定義。

(2) 物質型態

分別針對固、液及氣體（含氣膠）等三種型態進行說明，並強調各狀態危害物質所具有之危害差異。

(3) 物理性質

針對物理特性，主要為介紹物質外觀、密度、比重、蒸氣密度、蒸氣壓、揮發性、蒸發率、膨脹率、腐蝕性及pH 值等資訊做說明。

(4) 物理特性

針對溫度變化（外觀）、熔點、沸點、昇華、密度、比重、黏度、蒸氣壓、膨脹率、臨界溫度、臨界壓力。

(5) 化學特性

針對自燃、燃燒所產生之有毒物、易燃性(爆炸界限)、閃火點、自燃溫度、蒸氣雲爆炸、BLEVE 進行說明。

A. 自燃：物質暴露於空氣中慢慢氧化，當蒸氣產量持續增加時，當達到熱量足以點燃時，則會產生自燃現象。

B. 燃燒所產生之有毒物:所有的燃燒後的產物皆可能會有毒物質，應須注意其毒性。危害物質燃燒產物的危險性為污染程度更大，產生的毒素程度會較一般結構火災來得高，而需要呼吸的防護與撤離火災下風處的人員。

C. 易燃性（燃燒界限）：物質的燃燒或爆炸範圍為燃燒上限與燃燒下之間的差，燃燒下限 (Lower Flammable Limit, LFL) 。汽油的爆炸範圍為 1.4%~7.6%，而一氧

化碳的爆炸範圍為 12.5%到 74%。瞭解爆炸範圍與爆炸上下限對應變人員而言非常重要。

D. 閃火點:係指液體釋出足夠濃度的蒸氣以與空氣形成可引燃的混合物之最低溫度。液體的閃火點是用來決定其相對易燃程度之主要性質或特性。由於主要燃燒的是易燃液體的蒸氣,因此其蒸氣的產生是決定液體的火災危害的主要因素。

E. 自燃溫度：係指物質的引燃溫度，不論是固態、液態或氣態，指其在無任何引火源的情況下要引發自行持續燃燒的最低溫度。

F. 蒸氣雲爆炸：蒸氣雲爆炸可能發生的任何地方，大量揮發性液體或氣體快速洩漏，形成蒸氣雲形式，且隨大氣傳播，若蒸氣雲在被稀釋於燃燒下限前被點燃，則可能產生蒸氣雲爆炸或閃火。

G. 沸騰液體膨脹蒸氣爆炸與火球 (BLEVE & Fireball)沸騰液體膨脹蒸氣爆炸 BLEVE 是當一儲槽儲存高壓液化氣體發生嚴重破損（Catastrophic Failure）而導致膨脹蒸氣及沸騰液體的爆炸性洩放（Explosive Release）。

(6) DOT 化學分類

針對美國運輸部門運輸化學物質危害分類，講師搭配影片說明，其分類即為國內現階段運輸之九大類分類，分成爆炸性物質、氣體（易燃氣體、非易燃/非毒性氣體、毒性氣體）、易燃液體、易燃固體、氧化性物質及有機過氧化物、毒性及感染性物質、放射性物質、腐蝕性物質、其他危險性物質。

7. 毒理學 (Toxicology)

本章學習之目的在於使學員瞭解物質進入人體途徑包括吸入、食入、皮膚接觸以及注射等，其中以吸入途徑危害度最高，已知的毒理數據可以從 OSHA（職業安全與健康標準）、NIOSH（美國國家職業安全與衛生研究所）、致癌物質-國際癌症研究機構（IARC）、美國國家衛生院（全國毒物研究計畫）等處取得公開參考資料，也可以從 SDS 的第 11 欄找到相關數據。

而針對於專有名詞定義而言：雷德 (RAD)、侖目 (REM)、最大暴露值 (Maximum Exposure)、允許暴露限值 (Permissible Exposure Limit, PEL)、暴露濃度恕限值 (Threshold Limit Value, TLV)、八小時日時量平均容許濃度 (Time Weighted Average, TWA)、短期暴露限值 (Short Term Exposure Limit, STEL)、最高濃度恕限值 (Threshold Limit Value－Ceiling, TLV-C)、最小中毒劑量 (Toxic Dose Low, TDLO)、最小中毒濃度 (Toxic Concentration Low, TCLO)、最低致死劑量 (Lethal Dose Low, LDLO)、半數致死劑量 (Lethal Dose Fifty, LD50)、半數致死濃度 (Lethal Concentration Fifty, LC50)、立即危害濃度 (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH)。

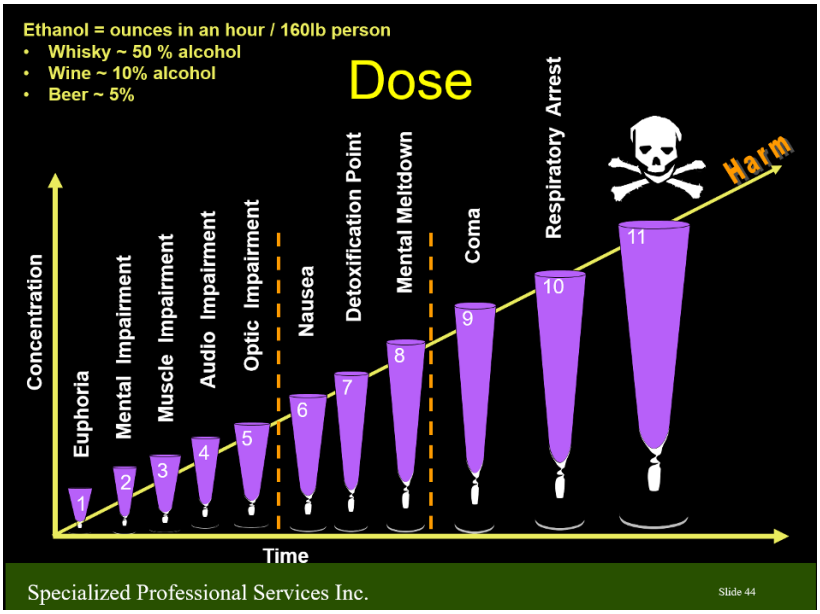


圖 7 劑量對人體影響—以酒精為例

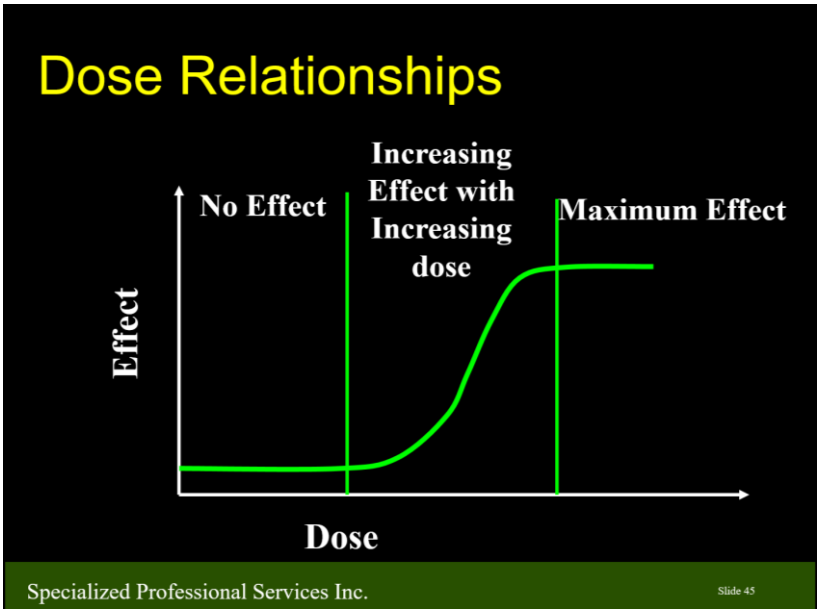


圖 8 劑量效應關係

8. 個人防護裝備 (Personal Protective Equipment)

本章主要介紹常見的個人防護用具：呼吸器、消防衣、高溫防護衣、化學防護衣等，個人防護裝備對於不同的化學物質，必須有不同的防護設備來因應，並不是一套防護衣就可以應

付各種化學物質。另一般的化學防護衣原則上不具防火功能，消防用防護衣原則上能防水或火，但不具防化學物質功能。

(1) 呼吸器

呼吸器可區分為空氣濾清器 (APR)、空氣供應器(SAR)、自給式呼吸器 (SCBA) 及內循環空氣呼吸器，應據現場之化學品種類、濃度及危害程度，選取適用之呼吸器。

(2) 消防衣及高溫防護衣

用來防護高溫情境。消防衣可耐短暫火焰及高溫，一般可耐 1500°F 火焰或 2,000°F 之輻射熱，但不能用來防護化學品。而高溫防護衣則可耐高溫約 400°F 至 2,000°F 高溫。

(3) 化學防護衣

可區分為全身包覆式、半包覆式、耐久型及拋棄型之型式。用以保護使用者免於化學品接觸之危害。

(4) 閃燃防護

穿戴等級高於其它個人防護衣具，可抵擋瞬間閃火之危害。

空氣濾清式呼吸器，不能使用在 IDLH 環境中使用，亦不能在缺氧環境下使用(19.5%以下)，若是有呼吸困難及聞到異味時，則要趕快更換，自給式呼吸器(SCBA)沒有供氣管作業較易移動，唯有時間限制，使用前要檢查面罩是否密合，使用後一定要除污及消毒。

化學防護衣有分 4 級：A 級為最高級保護，用於有氣體危害時或未知氣體時；B 級為化學物質已辨識出，但是對皮膚保戶要求較低時使用；C 級為液體不會直接造成不良反應或不會由皮膚吸收；D 級為一般工作服。

穿著防護衣應注意以下事項：人員的身心理狀況、通訊設備的完備及相關手勢等；另外對於穿戴防護衣的應變人員也應建立以下緊急程序，包括失去空氣供給時、防護衣不完整時、無法與外界溝通時、應變同仁倒在熱區時。講師亦再三強調，「沒有任何一件防護衣可以抵擋所有的化學品」，並非穿著防護衣即可完全之保護應變人員免於化學物質之危害，應變指揮官應就現場接觸之物質及狀況，留意人員之個人防護。另外防護衣之劣化 (Degradation)、穿透 (Penetration)及滲透(Permeation)，亦是應變人員平時維護保養時應須注意的事項。另在於事故現場個人防護衣之選用基準可參考下圖所示。

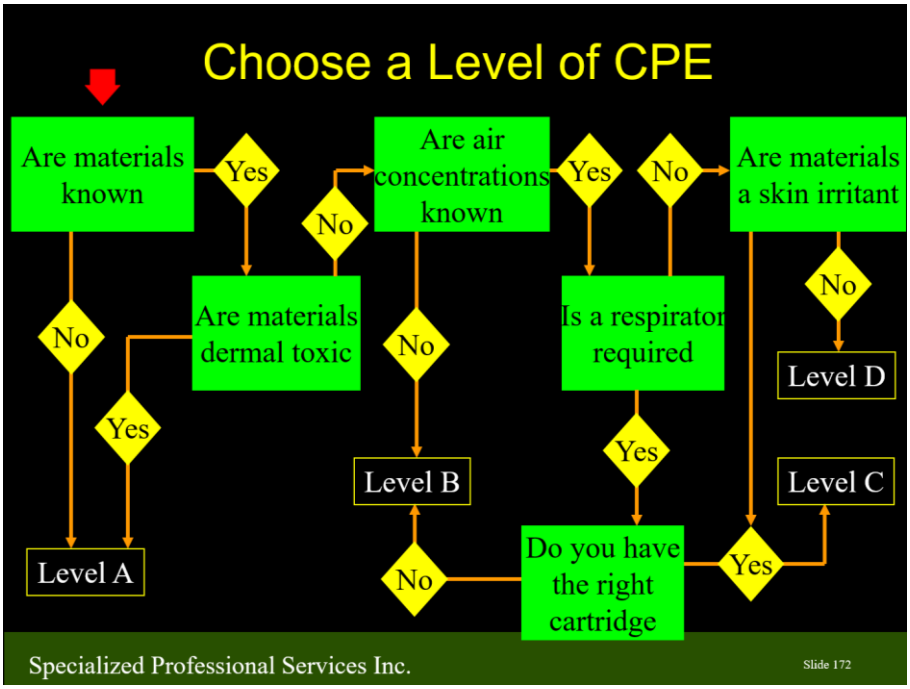


圖 9 防護衣選擇基準

9. 除污 (Decontamination)

本章主要是在應變作業中之另一項重點，由於在於化學災害事故現場應變處置可能遭遇接觸洩漏或具有危害之物質，包含氣態、液態及固態，人員、動物、環境、裝備皆可能暴露

於有害物質當中，故須針對可能遭受暴露的相關個體進行減少污染物殘存的動作。其相關的名詞解釋如下：

(1) 暴露 (Exposure)

人、動物、環境、裝備與有害物質接觸的過程。

(2) 污染 (Contamination)

當人或物體接觸有害物。

(3) 二次污染 (Secondary Contamination)

有害物自洩漏區域中被帶出至外界。

(4) 除污 (Decontamination)

以物理或化學方，減少、防止或去除處理有害物質事件的人員和裝備的污染物。

(5) 除污走道 (Decontamination Corridor)

阻止污染物自熱區傳播至冷/暖區，確保有執行適當除污工作的流程，在實際狀況可能需要多個除污走道，並統一監控與紀錄，追蹤所有進出熱區之人員及設備除污狀況。

辦理除污作業，須先擬定一套計畫，決定儲污站位置，除污方式，所須裝備，除污站數輛及除污順序，並須設除污組長帶領。

除污之種類可分為粗略除污與技術性除污，緊急除污有三種:自我除污、夥伴互助除污、大量人員除污。就粗略除污方面，大多以水進行沖洗方式，去除受害者或應變人員表面污染物，可區分為緊急除污、大規模除污及技術性除污之預先準備作業。緊急或大規模除污主要設計用於移除立即威脅生命的污染物，但大部分情況下並未移去所有的污染，緊急或大規模除污可在尚未建立正式除污走道時便進行，只有提供粗略的除污，因此傷患可能仍暴露污染物，也會有二次污染的威脅。而技術性除污主要可被視為較徹底與仔細之除污作業，透過

物理性或化學性除污方式，將污染物徹底從應變人員或裝備上徹底清洗和移除。圖 10 為大規模除污之設計概念圖。而在於技術除污方面，除污人員之裝著裝應與熱區人員相同等級或次一等級之防護。於幫熱區返回之人員除污過程，個人防護衣具之移除，應按步驟，並留意避免接觸防護衣內部衣物或身體，而詳細之設計步驟與擺放位置如圖 11 所示。

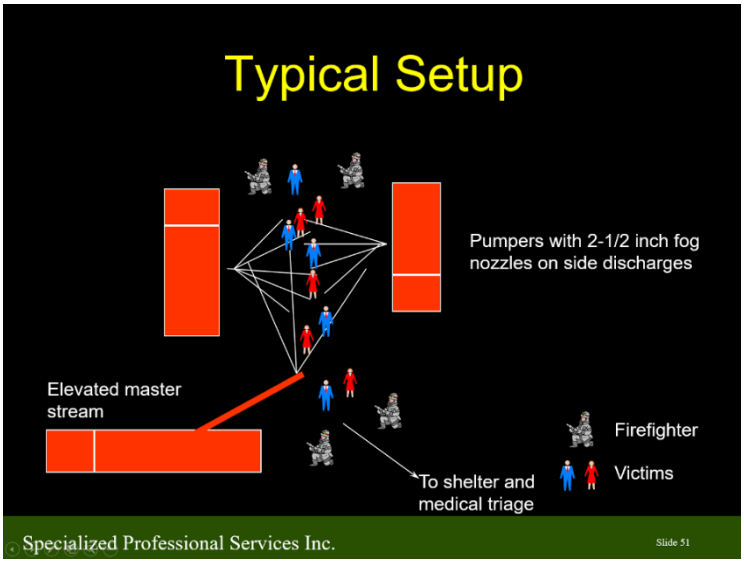


圖 10 大規模除污設計方式

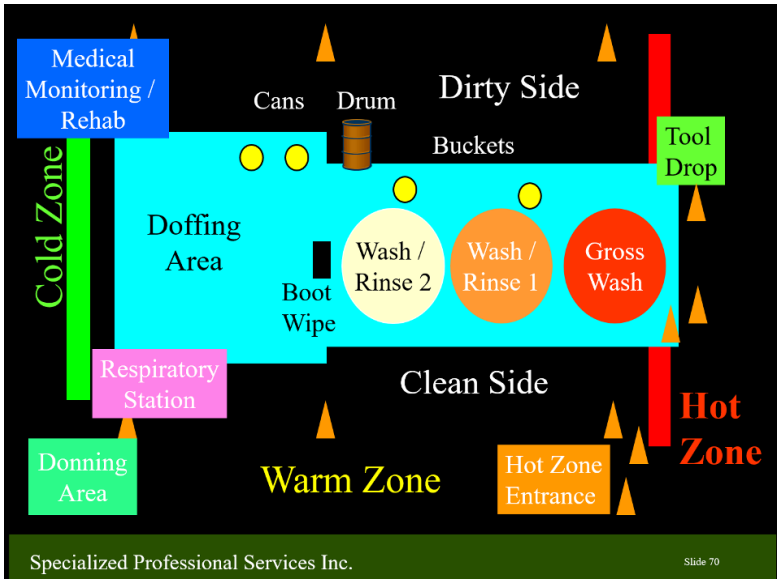


圖 11 除污步道設置的原則

10. 監測、採樣及儀器(Monitoring, Sampling and Instrumentation)

本課程主要為讓學員瞭解應變當下常使用之儀器，其目的主要是希望透過儀器監測現場環境，能確認現場是否有立即威脅生命和健康之危害，而在課堂中講師亦強調如何以現有之資訊判斷可能須使用之裝備等級，並透過現場監測，以確保護災害現場救災人員及附近民眾之安全，並持續監測環境品質，以建立應變區域及採取適當應變方式，進一步處理災害應變事件。

課程中儀器介紹：有四用、五用偵測器、可燃性氣體偵測器，光離子偵測器、一氧化碳檢知器、檢知管、熱像儀、火焰離子偵測器、紅外光譜儀、氣相層析儀等。而講師亦有強調，每種偵測器都有其限制，應需要瞭解其極限，並注意各儀器轉換係數，避免有誤判之現象。

11. 固定廠址(Fixed Facilities)

本課程主要為讓學員瞭解固定廠址內大型化學品之儲槽設施，透過利用現場包裝容器型式、標示等初步辨識所儲存（運輸）化學品，並利用儲槽（載具）上的標示，獲知化學品特性，這將有利於未來行動方案之擬定。

而在固定廠址中，包含了製程、儲存等不同區域。一般而言外觀皆可有跡可循，如製程設施有熱交換器、冷卻水塔、機械設備、儲槽、管路及閥件等設施。而其中儲槽（或管路）上標示，皆透露出許多訊息。以下將針對常見之儲槽進行說明：

(1) 圓柱式：

大多用來儲存高閃火點物質，常見之部件包含槽頂之弱接縫、排氣系統與外部梯，其餘外部設施如避雷亦是可作為判斷依據。

(2) 易燃性液體儲槽

大多用來儲存易燃性物質，外部皆有紅色(消防)水管包圍，且該區域大多會築防液堤進行隔離，並配有防爆裝置。

(3) 圓頂式儲槽

常用來存放易燃性液體、腐蝕性液體或化學品，其特色為外部皆有消防水管包圍，且各儲槽間格位置較遠。

(4) 浮頂式儲槽

分為開放式及隱藏式，開方式大多存放易燃性液體，密閉式大多存放低閃火點或高揮發性液體。

(5) 臥式儲槽

通常用於貯存易燃液體、腐蝕性物體、肥料及化學溶劑。

(6) 低壓儲槽

通常壓力介於 0.5 psi 至 15 psig，外觀大多為圓弧狀或球形，低壓儲槽容積約可容納約 300 萬加侖。而頂部大多有保護閥及溢流閥。

圖 12 化學槽車洩漏事故

(7) 低壓儲槽（球狀）

整顆為球型，大多底部皆有防液堤及撒水系統，其周圍圍繞每分鐘可出 3 至 4 千加侖之消防水，且部分槽體有相連裝置，可進行相關使用量之調配。

(8) 平臥式儲槽

大多皆為雪茄狀，常有卸壓閥與釋壓閥設計，並搭配有裝卸設設備等裝置。

(9) 低溫式儲槽

大多皆有雙槽壁設計，具隔熱之功能，所設置之防液堤大多皆可承受整格槽體洩漏之體積。旁邊大多皆有冷熱交換器，可以此設備當作判斷使用依據。

(10) 地下式儲槽

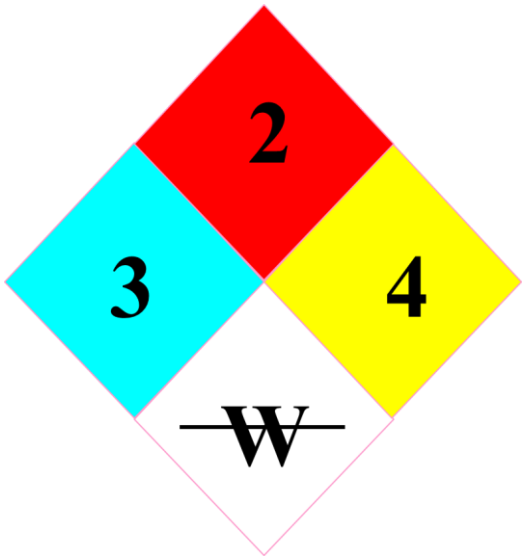
大多盛裝內容皆為氣液體類型之石油產品。可作為防火之功能。但相較地上貯槽易受腐蝕，並須注意可能會有容易汙染鄰近土壤或地下水體之疑慮。

(11) 地下管線

大多皆在地底下，但在於埋設沿線中，需要有標示，藉以辨識為何種物質經過。而在於埋設管線的沿線中，亦可以發現類似防蝕測點與通氣閥，另也有部分管線設有遮斷站，藉以當事故發生時，可進行部分遮斷。

而在設定標示方面，在於美國儲槽皆以 NFPA704 美國消防協會的圖示作為鑑別標準，如表 6 所示，標示警示菱形按顏色分為四部分：藍色表示健康危害性；紅色表示火災危害；黃色表示反應性；並根據危害程度被分為 0、1、2、3、4，五個等級，數字越大其危害程度越高，而白色區域通常為註記該化學品之特殊危害性。此外，部分的地區亦有搭配使用 GHS (Global Harmonization System)來進行標示，但須注意其危害程度恰好與 NFPA 相反，數字越小，危害越大。

表 6　NFPA 圖示詳細說明

	藍色	健康危害	0	無害
			1	有害
			2	危險
			3	極危險
			4	致死
	紅色	火災危害	0	不燃
			1	閃火 200°F以上
			2	閃火 200°F以下
			3	閃火 100°F以下
			4	閃火 73°F以下
	黃色	反應性	0	穩定
			1	受熱不穩定
			2	劇烈化學變化
			3	撞擊和熱可能

				爆炸
			4	可能爆炸
	白色	特殊危害	OX	氧化性
			ACID	酸
			ALK	鹼
			COR	腐蝕
			₩	無水使用
			☢	輻射危害

12. 其他容器(Other Containers)

本課程主要為讓學員瞭解其他可能之化學品容器包裝，其主要可分為小型容器、中型容器、鋼瓶及噸級容器，另外還有放射型物質包裝。

(1) 小型容器

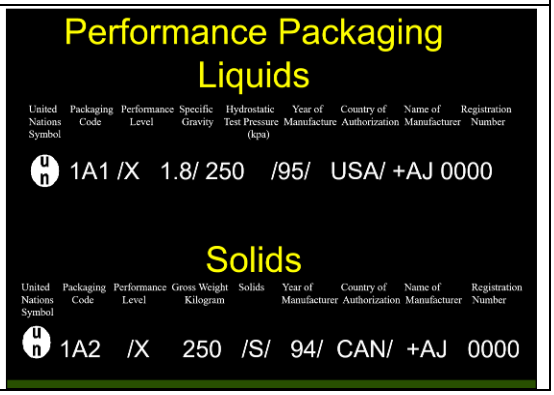
小型容器大多可能以不同形式與包裝方式運輸，依物質的型態而有不同的容量上限，液體的容量上限為 119 加侖（450 公升），固體的容量上限 882 磅（400 公斤），氣體的盛裝量應小於 1,000 磅（454 公斤），常見型式有紙袋、玻璃瓶、木箱、多重包裝、塑膠桶、鋼瓶、低溫鋼瓶、鐵桶等。

(2) 中型容器

中型容器亦依物質的型態而有不同的容量上限，液體的容量為 119 加侖（450 公升）到 793 加侖(3,000 公升)，固體的容量為 15.9 至 106 立方英呎。

(1) 瓶裝(小容器)

(2) 紙袋包裝(小容器)

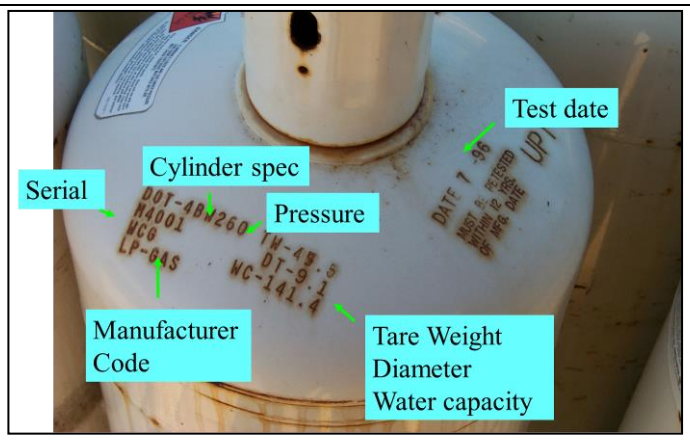


(3) 53 加侖桶包裝(小包裝)	(4) 各類型包裝外之編碼意義
(5) 中型桶槽(IBC)	(6) 中型桶槽(太空包)

圖 13 常見化學容器介紹

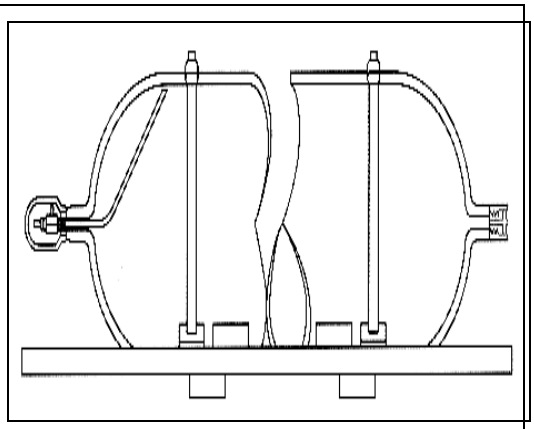
(3) 鋼瓶及噸級容器

鋼瓶外部將依據其壓力及規格有不同型式,一般而言,高壓鋼瓶約為 40psia 以上,且設置有洩壓閥、遮斷閥及熱熔栓塞等安全裝置。而在於鋼瓶外身皆須標示該內容物種類及相關資訊。鋼瓶的接頭須設計成可以帽蓋覆蓋,避免外力撞擊,其種類亦有 Y 型鋼瓶及半噸級鋼瓶。



(1) 鋼瓶瓶身標示

（2）半噸級鋼瓶



（3）Y 型鋼瓶

圖 14 常見化學品壓力容器介紹

（4）放射性物質包裝

放射性物質的包裝材質為紙箱、木箱或金屬材質的箱子，其標示如圖 15 所示，而判別放射性之量，可由圖示中旁的小紅線表示，標示越多條，其放射性含量越高。

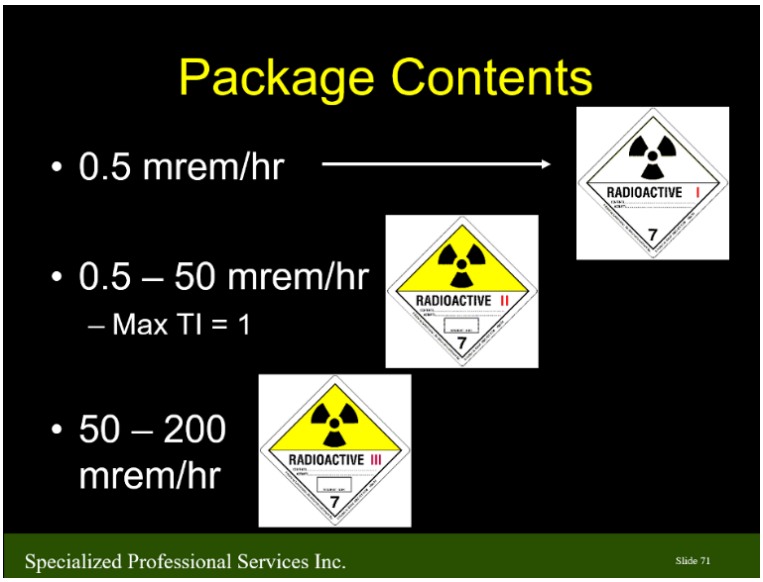
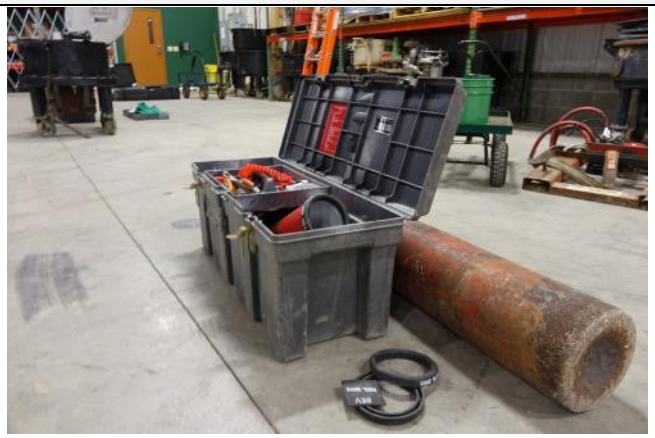


圖 15 放射性包裝含量

13．實作課程

本次訓練課程在實作方面，止漏設備分別為氯氣止漏設備器材介紹及教學，KIT-A、KIT-B、KIT-C 及鐵桶磁性止漏墊片，而實作最後一項課程則是進行 A 級防護衣穿著、簡易除污流程介紹說明。

表 7 各項止漏工具說明

項目	名稱	照片
1	氯氣鋼瓶止漏工具 KIT-A (Chloring Institute Emergency KIT-A for 100 & 150 LB.)	
2	氯氣噸級止漏工具 KIT-B (Chloring Institute Emergency KIT-B for Chlorine Ton Containers)	

項目	名稱	照片
3	鐵路運輸槽體閥件止漏工具 KIT-C (Chloring Institute Emergency KIT-C for Chlorine Tank Cars & Trucks)	
4	強力磁性止漏墊片	

(1) 氯氣鋼瓶及噸級桶止漏工具操作介紹

A. 課程備置氯氣鋼瓶、噸級桶及鐵路運輸槽體閥件，模擬瓶身破裂、出口閥斷裂及熱熔栓塞熔化等多種洩漏情境。其中臺灣之鐵路無進行化學品運輸，故鐵路槽體閥件 KIT-C 將待評估是否適用於臺灣。

B. 在實作操作過程中，訓場教官邊指導學員觀察鋼瓶不同洩漏處，判斷及選用適合之工具，並說明相同之止漏工具皆漆上相同顏色以利應變辨識，如 KIT-A 為紅色、

KITB 為黃色、KIT-C 為綠色，教官從旁測驗學員，若不同閥件洩漏，工具之選擇為何?並進行止漏操作使學員能夠熟悉該工具的選擇時機，迅速上手，另外教官亦觀察學員動作是否確實，指導注意事項及未確實之處。

C. 操作 KIT-A 使用瓶身止漏時，需留意瓶身狀況，切勿使力過度造成二次危害;KIT-B 錐形止漏棒,不建議使用，因為氯氣壓力大，止漏棒會造成二次危害；另外在鐵路閥件 KIT-C 中，因常有髒污附著在表面，故使用 KIT-C 墊片時需要適時的使用刮刀，讓表面儘量平滑。

圖 16 氯氣鋼瓶止漏工具 KIT-A 操作

圖 17 氯氣噸級止漏工具 KIT-B 操作

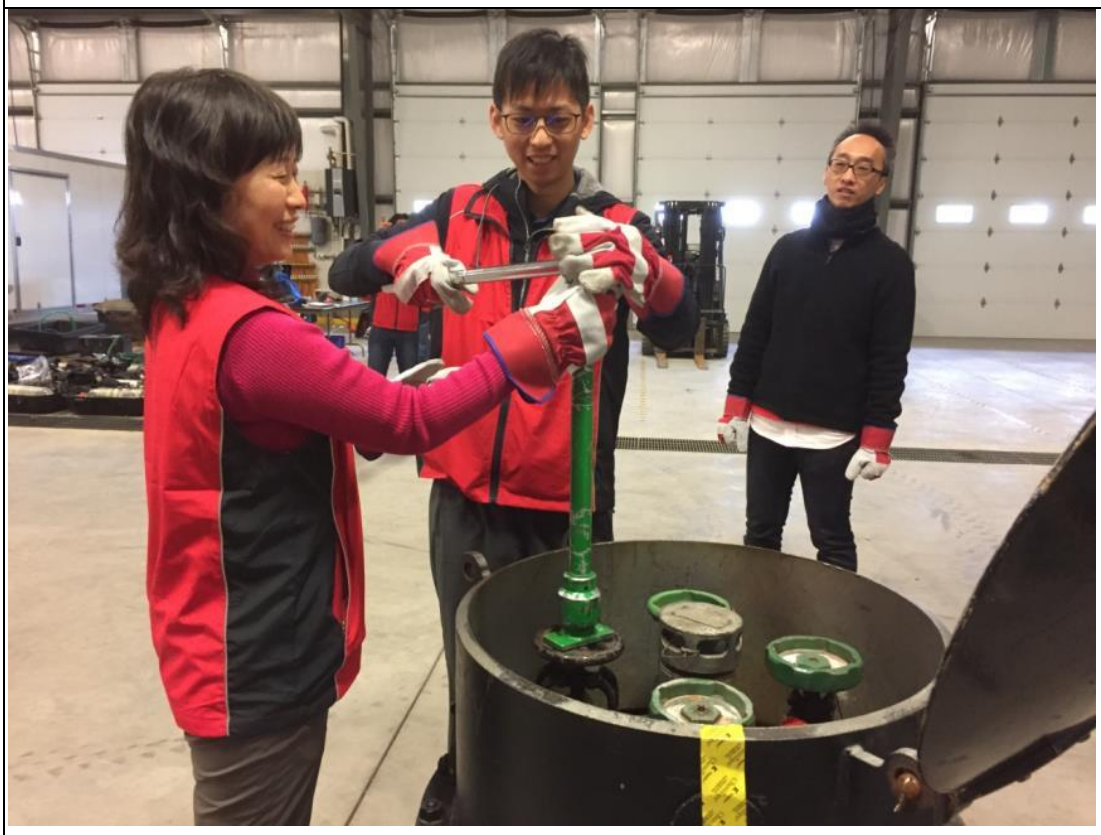


圖 18 鐵路運輸槽體閥件止漏工具 KIT-C 操作

(2) 強力磁性止漏墊片操作介紹

A. 本墊片為 PU 材質，專利產品工具，主要是利用磁吸式原理，通常適合常壓設備含鐵的材質(不鏽鋼 316、304 都無法使用)，例如吸附在 53 加侖鐵桶上，以達到止漏效果。

B. 墊片可依破孔及尺寸，選擇適當之大小，但因磁性大，使用時須注意手部防護，避免受傷。

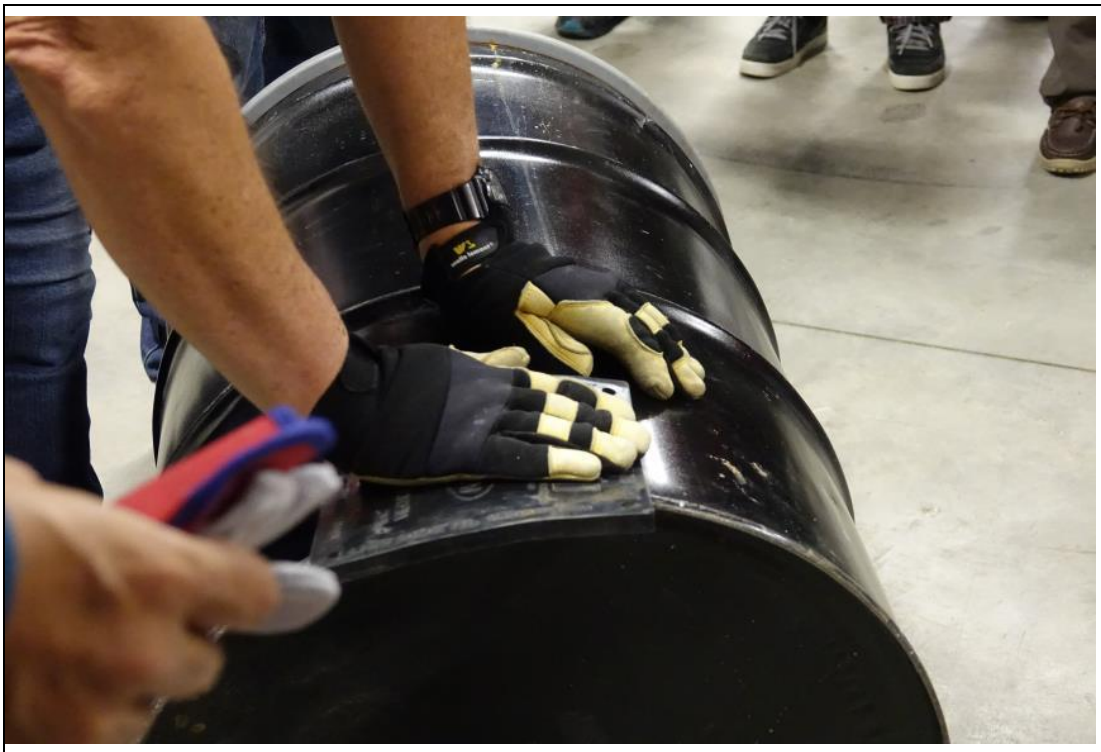


圖 19 強力磁性止漏墊片操作

(3) A 級防護衣穿著及簡易除污操作介紹

A. 在模擬事故發生的時候應變人員穿著 A 級防護衣，使學員熟悉基本穿著流程，防護衣是為避免或減少化學品經由暴露途徑進入人體，A 級防護衣是最好的呼吸道及皮膚保護。主要煮成為全包覆式防護衣、正壓式呼吸器

(SCBA)、防護鞋；使用在未知狀況、氧氣小於 19.5%或者作業環境中存在高濃度毒性化學物質。

B. 防護衣具、正壓式呼吸器及面罩使用後，需進行使用清水清潔，切勿使用化學藥劑，及須放置於通風陰涼處，避免老化影響防護效果

C. 在簡易除污操作中，主要運用日常生活中常見之帆布、水盆、水管及清潔刷子等，做為除污設備使用，但須注意除污廢水需截流或集中於區域範圍內，以避免造成二次危害。除污站需架設在上風處，排水不污染水源處，除污走道架設在冷暖區，相關配置簡圖如下：

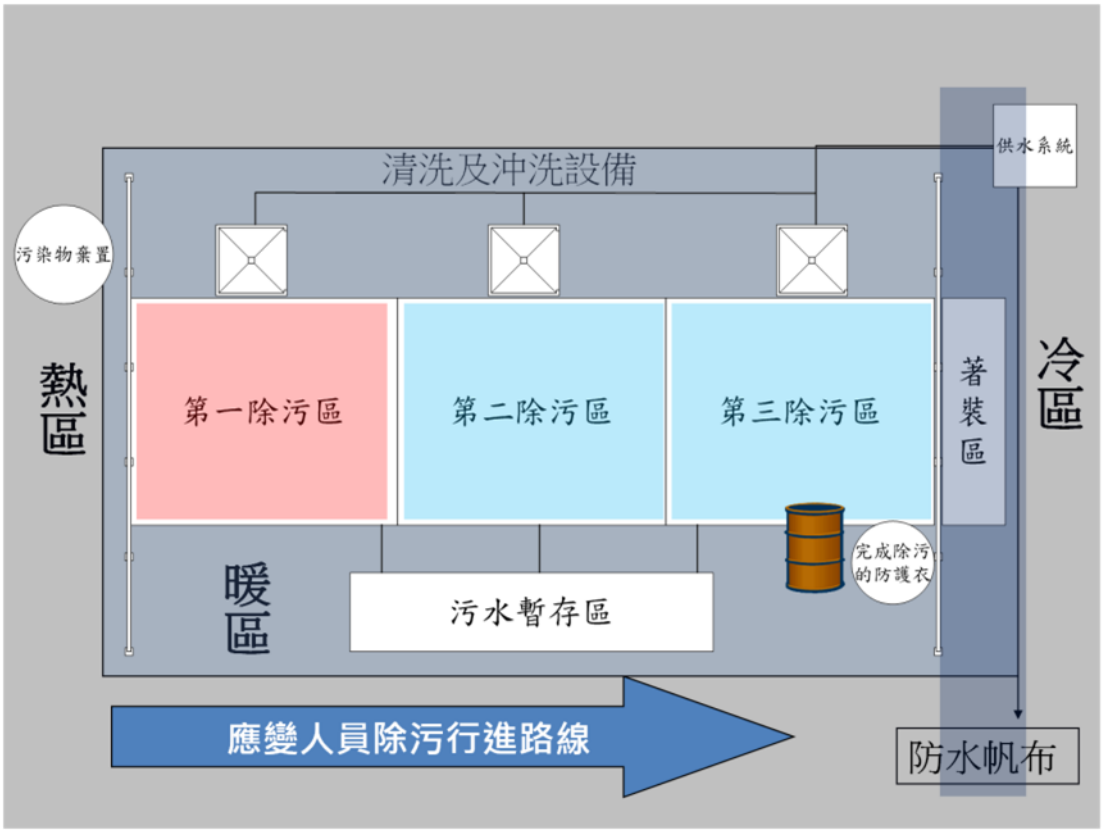


圖 20 除污簡圖

圖 21 A 級防護衣穿著練習

圖 22 穿著 A 級防護衣簡易除污流程操作

14. 海陸空之聯運容器 (Intermodal Containers)

本章節對於海陸空之聯運容器(即貨櫃)做概略性的介紹，其中包含貨櫃的型式、國際貨櫃的標準、桶槽櫃的特徵、標記與銘牌，美國新的規範及這種運輸型式應用等。

(1) 目前世界上流通的貨櫃約有 1500 萬個，因應交互聯運需求，貨櫃規格有一定的標準規範，發生事故時需先釐清貨櫃的前、後方。貨櫃維修時，有時會因為公制及英制單位轉換的誤差，導致閥件的不一致，因次更換新的閥件後還是有可能發生洩漏。

(2) 桶槽製造出廠時皆會有永久性銘牌，具有抗腐蝕性，該名牌上標記型式、核准號碼、容許堆疊及架裝數值等桶槽本身的基本資料，而桶槽內裝載化學品之運送資料則會至於文件放置器內。惟一般於港區查察時，時常發現無運送資料於文件放置器內，而是在船務代理或貨櫃集散站業者手中，根據世界船運組織說法從 2011 年開始到現在每年大約有 2683 個貨櫃從海上遺失，若遺失的貨櫃為化學品桶槽，而無備有其運送資料，將無從查找貨主。

(3) 貨櫃上標記之介紹，藉由貨櫃上各種類編碼可以呈現辨識系統之所有人代碼、裝備分類編碼、序號、檢查數字碼等、大小尺寸及型號代碼、運作標記及核准碼。若編碼不完整，進入美國等國家將會再做確認。

(4) 桶槽上設有行走之防滑裝置，其寬度不大且鋒利，若桶槽發生意外洩漏，執行應變作業人員著防護衣時須特別注意，避免刮損防護衣，若作業困難，可鋪設吸液棉隔離避免直接接觸。

(5) 油槽櫃所能裝載之石油化學品

油槽櫃乃一移動式密閉壓力容器，多為裝載液態石油化學品、食用性貨品，藉由海運、公路、鐵路運輸送至目

的地。由於液體本身的流動性，若裝載過少，在運輸工具受外在因素影響，有傾斜、急停等狀況時，油槽櫃內貨品因”慣性作用”之持續流動，將造成衝擊導致意外發生，尤其在公路、鐵路運輸時 。又石油化學品若裝載過多，在運送途中，在密閉壓力容器內因溫度及環境所致，使貨品體積改變(大小視其膨脹係數而定)，將在油槽罐內產生過大正壓導致貨物有溢漏之危險。其它如國際及各國間之各項安全規定(如道路限重)…等，故有此最大、最小之裝載容量限制之安全運輸規範。

(6) 油槽櫃所使用之不鏽鋼材質

國際不鏽鋼標示方法--美國鋼鐵學會(American Iron and Steel Institute)是用”三位數字”來標示各種標準級的可鍛不鏽鋼。考慮鋼材之不鏽性、耐蝕性、鋼質本身化學組成、加互狀態、使用條件及環境介質等，目前一般應用於液體石油化學品海洋運輸之油槽櫃(Tank Container)其不鏽鋼鋼材之等級及規格以奧氏體(Austenitic)不鏽鋼 300 系列為主流。其中以 AISI 304/AISI304L 及 AISI316/AISI316L 為主要規格。

(7) 油槽櫃種類及劃分

IMDG Code 對油槽櫃之分類除產品劃分為 4.1 及 5.2 級使用 Type T23 及 2 級(氣體)使用 TypeT50(非冷凍高壓液化氣體)及 T75(冷凍高壓液化氣體)外，是以“四條件“來區分 Tank Type-筒槽最小測試壓力、筒槽最小厚度、釋壓閥規定及是否有底閥劃分為 T1 至 T22。本公司所提供之油槽櫃即遵照此規範所設計。

依據國際海運組織(IMO)所出版之國際海運危險品運送法規(IMDG)一書中將危險品劃分為九大類，故(3, 5, 6,

8, 9 級) 各類液態石油化學產品，及油類、種子、油脂協會聯盟(FOSFA)所規定之食品級(Food Grade)貨物裝載所需之油槽櫃。

(8) 危險品劃分準則

危險性物質的劃分是依據貨物所含危險性質而定。聯合國所發佈的”國際海運危險品運送法則(IMDG Code)中即有明確而詳實的劃分準則，其圖示及劃分如下：

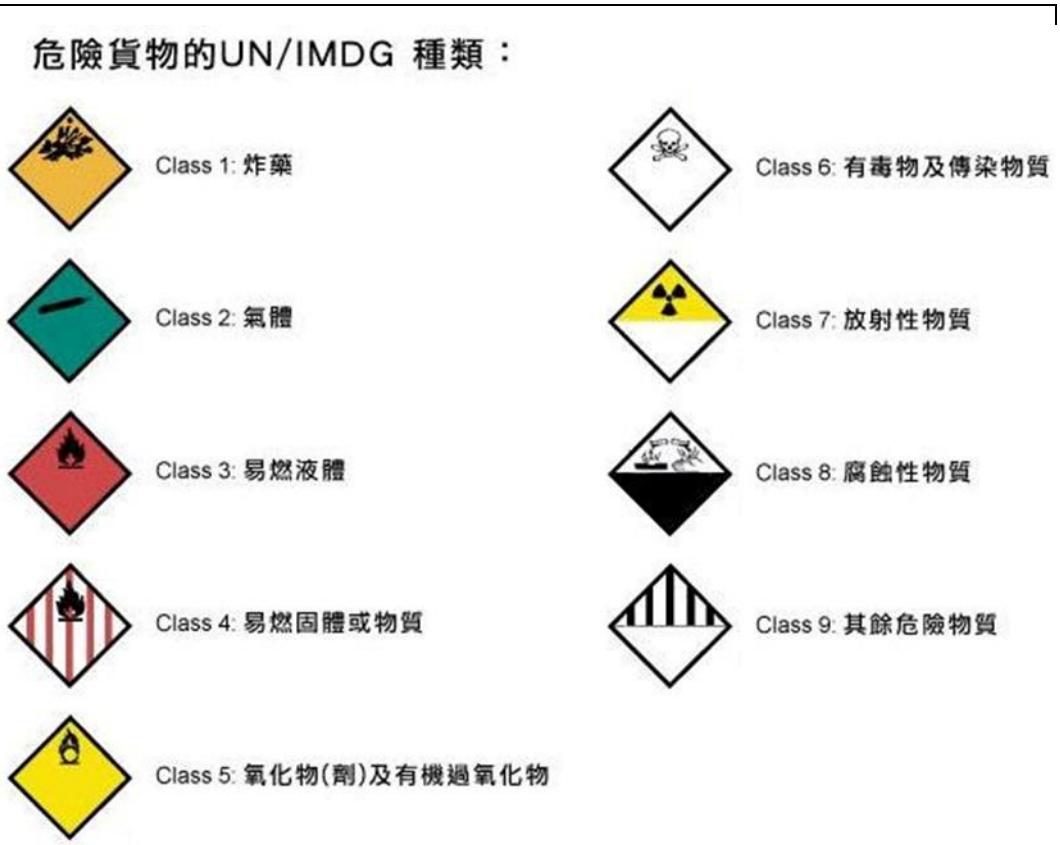


圖 23 危險物品的 UN/IMDG 種類

(9) 根據 IMO / IMDG 運送規定之最大 / 最小裝載限制，如何計算出油槽櫃裝載量

液體石油化學品裝載油槽櫃內運輸，對於最大及最小裝載量是受 IMDG Code 所規範的，一般實務運輸上可約略

分為以下準則來裝載油槽櫃 (此計算公式忽略溫度與貨物的膨脹係數間之關係)：

A. 危險品－最大裝載量為槽櫃容積之 95%為上限，最少裝載量為槽櫃容積之 80%為下限。

B. 非危險品－最大裝載量為槽櫃容積之 97%為上限，最少裝載量為槽櫃容積之 75%為下限。

(10) 聯合國其下對危險品運輸之專責組織機構

聯合國所轄之事物其中之一即提昇危險物質之安全運送，為此在聯合國大會組織下設有”經濟與社會會議”(Economic & Social Council)簡稱(ECOSOC)，專責各運輸模式下危險品運輸相關法規的發展。在 ECOSOC 組織下，每一運輸模式有其自有專門組織如下：

A. 海運運輸 ----IMO

B. 空運運輸 ----ICAO & ITAT

C. 放射性物質運輸 ----IAEA

D. 鐵路運輸 ----OCTI & RID

E. 公路運輸 ----ADR

F. 內陸水運運輸 ----ITC、CRC、AND & ADNR

油槽櫃(Tank Container)所涉及之運輸形式(Transport Modalities)包括海運、鉄路、公路、內陸水運運輸，故不論就油槽櫃設計及運輸而言，均需符合各組織所訂之安全規範。

(11) 化學油槽櫃規格說明

A. 油槽櫃(Tank Container)：

框架筒槽型壓力容器多裝載于液態散裝貨品，為符合陸運及海運運輸上的需求，其設計上必需嚴格遵守各國際法規及國際標準組織之安全規範。

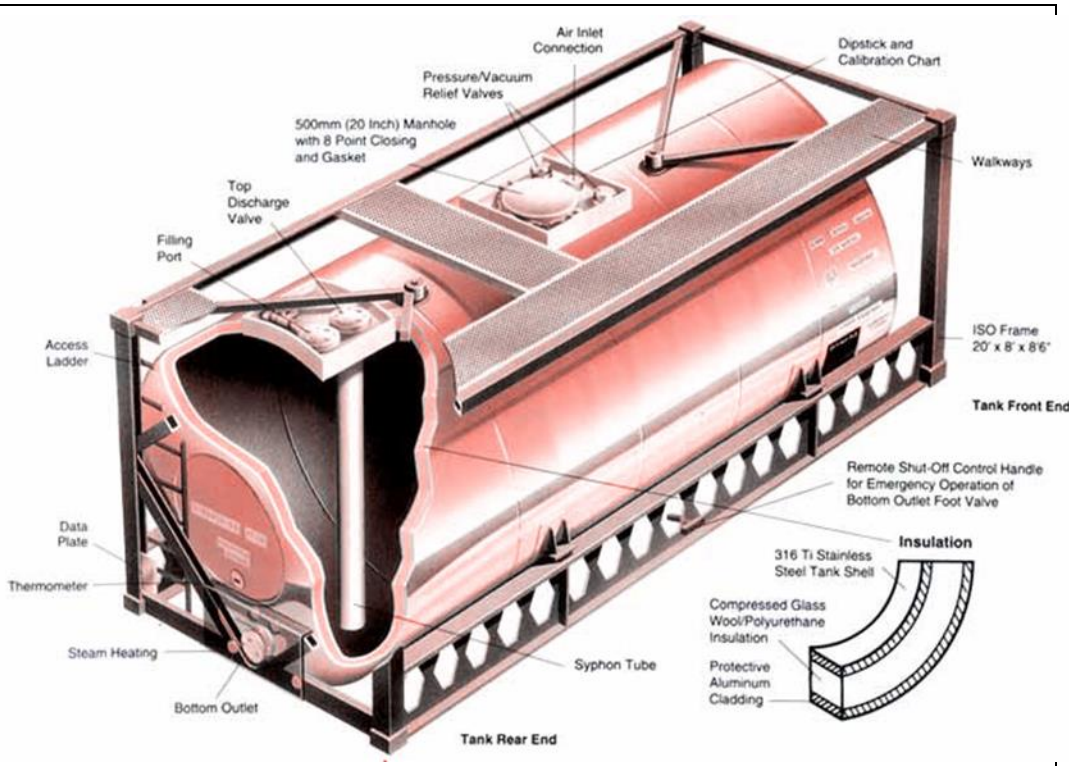


圖 24 油槽櫃

B. 筒槽(Tank Shell) :

雖筒槽本身外觀是具統一性，但結構材料、鋼材厚度、鋼材所能承受之測試壓力、底閥裝置限制、是否安裝裡襯及各閥門配件卻有不同。油槽櫃即是依以上而有不同的分類，也就是依此準則來界定何種貨物可裝置於何種油槽櫃。

C. 框架(Tank Frame) :

櫃架的目的是支撐與保護筒槽，及被標準運輸設備進行操作及堆存，其框架尺吋必需符合國際標準組織(International Standard Organization)的要求。

D. 框架型式(Tank Type) :

此兩種規格均完全符合國際標準組織的安全規範，惟樑式油槽櫃因櫃體較輕，因此，可裝載相對於全框式槽櫃較重的載貨量。

圖 25 全框式-油槽

圖 26 樑式-油槽櫃

(12) 道路平板（拖）車、貨櫃車

平板（拖）車及貨櫃車為一般陸路運輸常用之方式，其依裝載物品性質之不同可分為不同形式，例如冷凍拖車、鐵路拖車等，須注意國內已無進行鐵路運輸。

圖 27 平板（拖）車

圖 28 貨櫃車

(13) 平板（拖）車

平板（拖）車之甲板材料常見如木製材料、鋼鐵材質或鋁製材質，須注意鋁製材質雖可減輕平板（拖）車體重量，但其強度相對較鋼鐵材質低，負載過重則易變形。

平板（拖）車承載之貨物如噸桶（IBC Tank）、加侖桶、貨箱及其他容器等，裝載貨物之標示常標註於貨物本身。

(14) 噸桶（IBC Tank）、加侖桶、貨箱

圖 29 噸桶

圖 30 加侖桶

圖 31 貨箱

(15) 貨櫃車

貨櫃車之結構材質常見如玻璃纖維、鋁製材質等，US-DOT 並未對貨櫃結構材料訂定規範，而是對車輛之長度、重量等訂有規定。貨櫃車之型態常見如扇開式及轉昇式，運送時需注意櫃門是否確實閉鎖，避免運送過程發生貨品掉落情事。

圖 32 板（拖）車

圖 33 轉昇式

(16) 冷凍拖車

冷凍拖車用於運送需低溫保存之貨品的運送，其內部組件包含絕緣（溫度）內襯、鋁製地板、供電系統及溫控系統。

(17) 貨物槽車

貨物槽車可裝載液體、氣體或部分熔解態之固體，可分為無壓力槽車（MC-300、MC-301、MC-302、MC-303、MC-305、MC-306、DOT-406）、低壓槽車（MC-307）、中壓槽車或腐蝕性槽車（MC-310、MC-311、MC-312、DOT-412）、高壓槽車（MC-330、MC-331）、冷凍槽車（MC-338）、管式拖車（tube trucks，常見如氫氣運送，外觀為紅色）等。

為確保貨物槽車運送、裝載或卸貨時之安全，槽罐上裝有許多組件如物料出口、閥門、關閉口、管路等，期必須於意外事件發生時可阻斷物料流出及避免槽罐毀損，另亦須裝設名牌，以確保標示完整。

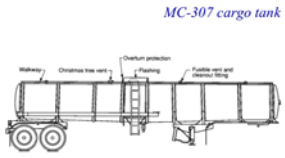


圖 34 低壓槽車

圖 35 中壓槽車

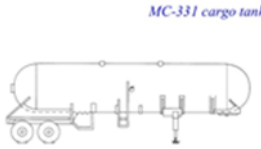


圖 36 高壓槽車

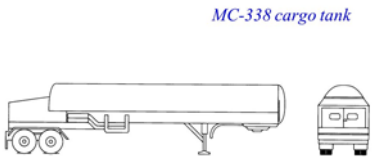


圖 37 冷凍槽車

圖 38 管式拖車（tube trucks）

(18) 安全閥件

槽車安全閥件須於意外事件或洩漏發生啟動，啟動條件常見為：貨物裝載過量、超壓（熱反應、化學反應、聚

合反應等引起）、閥件受損、閥件故障等，如載運易燃性物品之槽車常裝設可燒熔性之安全閥件，若發生意外事件導致起火時，將燒熔保險桿使安全閥件主動閉鎖以停止洩漏，另亦有人員主動操作之安全閥件。

(19) 槽車名牌

槽車名牌之標示須包含：車體之基本資料（作業壓力、容量、溫度、裝載容量、最大裝載密度、材質等）及車體製造資訊（製造商、製造日期等）。

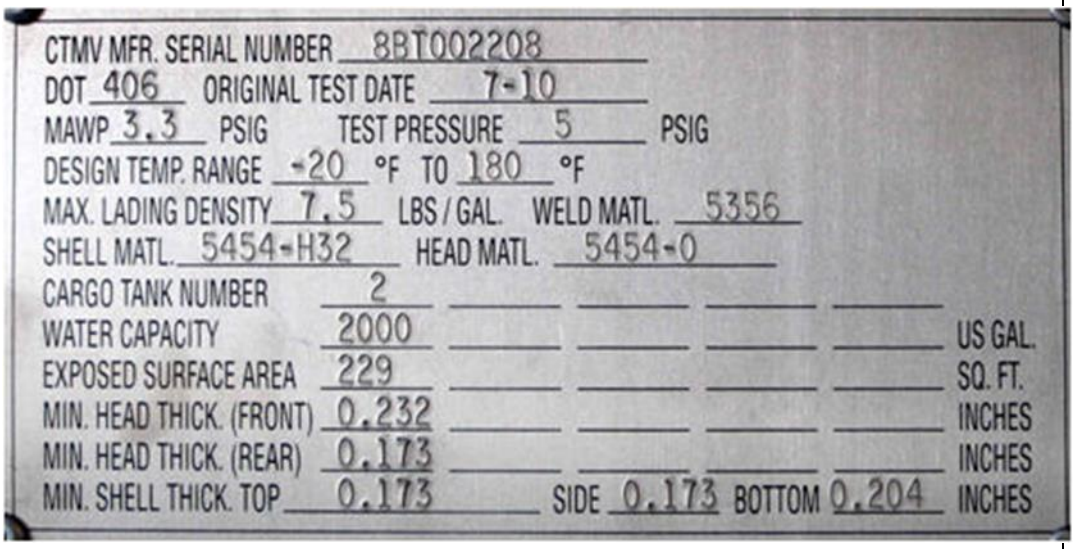


圖 39 槽車名牌

15. 道路運送平板（拖）車及槽罐車（Road Trailers and Cargo Tanks）和聯運容器（Intermodal Containers）

美國貨物運用可分為道路運送平板（拖）車及槽罐車（Road Trailers and Cargo Tanks）和聯運容器（Intermodal Containers）。又道路運送平板（拖）車及槽罐車種類區分為非壓力式槽車（Non-Pressure Tank Trucks）、低壓槽車（Low Pressure Tank Trucks）、中壓及腐蝕性槽車（Medium

Pressure or Corrosive Tank Trucks）、高壓槽車（High Pressure Tank Trucks）、低溫槽車（Cryogenic Tank Trucks）、管式拖車 （Tube Trailers）及固體物質槽車 （Dry Bulk Cargo Tanks）等型式，簡要分述介紹如下：

(1) 非壓力式槽車

一般載運可燃性液體（石油、柴油、汽油、乙醇），安全閥設計，攜帶容量 1,500-10,000 加侖，可由底部卸貨，產品卸貨管線受外力撞擊時，可脫離並緊急關斷閥門，或者備有保護桿保護之。人孔蓋具有安全設備，即使內部產生壓力時，人孔蓋也不致完全打開。

(2) 低壓槽車

一般用來載運低腐蝕、易燃溶液、醇類或高溫物質，槽體斷面為圓形或馬蹄形，以鋁、低碳鋼或不鏽鋼為構材，其最大容許工作壓力至少為 25 psig，槽體壓力可達 35 psig，可從底部裝載物料，並有類似非壓力式槽體具有隔間式的設計。安全閥（洩壓閥）之設計。

(3) 中壓及腐蝕性槽車

載運比重較高液體、強腐蝕性物質（如乙醯氯、鹽酸、氫氧化鈉）及吸入性毒性物質。槽體構材為碳鋼、不鏽鋼或鋁。

(4) 高壓槽車

高壓槽車用來載送壓縮氣體或一些危害性很高的液體，如無水氨、氯、LPG 等。MC331 槽體構材為鋼，其設計壓力為 100-500 psi，槽體容量為 3,000-11,000 加侖，並配置有壓力計、溫度計以及液位計等量測裝置，且內容物卸貨口備有超流閥，一旦下流管線失效，可阻止產品流動。

(5) 低溫槽車

MC338 槽車載運冷凍氣體，例如液氮，液氧， MC338 槽體之槽壁有二層，其間以絕緣物質充填之；外容器構材為鋼，內容器構材為鋼之合金（或與內容物相容之材料），設計壓力為 25-500 psi，槽體容量為 8,000-10,000 加侖。

(6) 管式拖車

由很多長管結構組合而成，用來運送非液化壓力氣體，如氦、氫等，槽體壓力可達 5,000 psi。

(7) 固體物質槽車

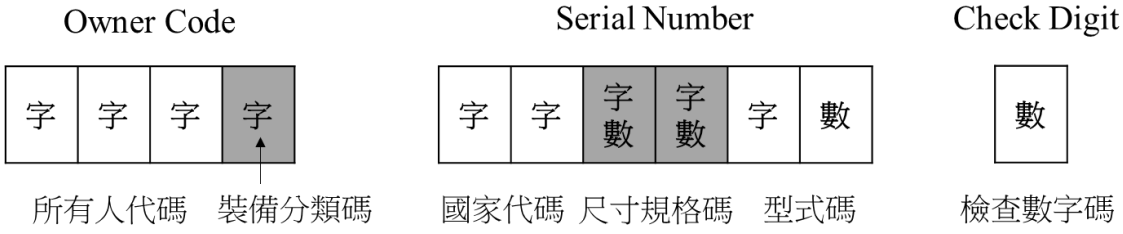
槽體構材為碳鋼、不鏽鋼或鋁，用來運送水泥、砂、肥料等，卸貨壓力為 15 psi。

(8) 聯合運輸容器（Intermodal containers）

聯合運輸是指透過二種以上的運輸方式，將貨物從產地運送至目的地，主要是利用貨櫃裝運。國際標準貨櫃為有門的鋼材結構，長寬高分別為 20 呎、8 呎、8.5 呎，最高能堆疊 9 層，大型貨櫃則為 40 呎長，也能堆疊 9 層的高度。貨船的船艙可堆疊 9 層貨櫃，甲板上僅能堆疊 5-6 層貨櫃。貨櫃類型包含散裝貨運、拖板、開頁，管束、掀門、雙門、冷藏、保溫/熱、槽體、捲門、中型散裝、桶裝、特殊目的。常載運液體、固體、氣體和低溫物質，並利用公路、鐵路、船運、航空方式運輸。國際標準槽體材料 90%為不鏽鋼材質，少部分為鋁或鋼。依不同的目的而有對應的檢查程序與檢查地點，其說明內容如下：

A. CSC 標示牌：CSC（Convention for Safe Containers）板為防鏽蝕的金屬材質，且大小不得小於 200 mm X 100 mm 記載資訊包含槽體類型、核可文號、結構數據、堆疊重量、檢查日期等。

B. 槽體資訊標示



a. 所有人代碼：3 碼

b. 裝備分類碼：U－貨櫃容器；J－可分離貨櫃容器裝備；Z－拖車/底盤

c. 國家代碼：2 碼

d. 尺寸規格碼：

I. 第一個字母或數字：長度

II. 第二個字母或數字：高度

e. 型式碼：

I. 第一個字母：容器的形式

II. 第二個數字：容器型式的主要特性

f. 檢查數字碼：確認所有人代碼、裝備分類辨識碼以及貨櫃容器的序號

16. 損害評估（Damage Assessment）

(1) 事故發生時必須了解狀況並做出應變選項，包括：車體扶正、移槽、現地燃燒（如裝載物為易燃性氣體）及排氣燃燒等。此外，事故的發展是「動態的」，雖然大多數是即時性災害，但是由於釋放時間的差異，所以事故評估必須考慮是否有延遲性的災害，針對壓力槽車事故必須要評估 40 小時後的發展，一般槽車事故必須能評估 24 小時後的發展。

A. 槽體損害評估（Assessing Tank Damage）

a. 延展性（Ductility）

所謂延展性（Ductility），是指槽體材料的彎曲或伸展而不會斷裂的相對能力。如果槽體觸感溫度達到 100°F，那麼無論是何種鋼材建造的槽體，將具有完全的延展性（Entirely Ductility）。金屬在高溫時具有較佳的延展性，相反的在低溫環境中延展性較差，所以槽體若於低溫環境中，往往會容易斷裂，而不是彎曲。另外在焊接的熱影響區（Heat Afffected Zone；HAZ），即焊縫兩側 1 英吋區內往往是脆性，容易產生斷裂。

b. 內部壓力（Internal pressure）

材料所受壓力達到臨界壓力（Critical Stress），會開始產生裂紋，變成不穩定和擴散，而內部壓力的提升可能會造成應力的增加，所以內部壓力越高，槽體損害的風險就相對愈高。造成槽體損害的應力（Stress）種類有：冷應力、熱應力、機械應力及化學應力等。

B. 檢查流程

檢查目的主要可確認現況，流程如下：

a. 壓力量測

測量或估計槽車內壓力，可利用儀器量測或利用蒸氣壓估計。

b. 數量估計

識別桶槽內物料數量，可利用儀錶估算如：液位線或霜凍線，如果判定使用測量儀器是安全的話，則可利用儀器量測。

c. 評估槽體損壞

流程如下：準備（基礎知識）→尋找受損槽車→確定的內容物及其危害性→探討槽車的特點→確定槽車的方向→基本的安全問題→控制人員接近使暴露最小化→使用適當的 PPE→辨識（是否安全）→表面損傷（含可接近及不可接近的位置）→影響嚴重因素→實際及潛在對槽體的應力。

C. 危害類型評估

槽體損壞的類型包括：

a. 裂縫(Cracks)

指槽金屬中的狹窄裂縫或斷裂，通常發生在張力區，目視不一定可以發現，可透過結霜或使用染料滲透劑發現，縱向裂紋比圓周裂紋更嚴重。

b. 輪灼傷(Wheel burns)

由於輪與槽體長時間接觸而造成的損壞，可測量深度，了解被磨掉金屬的數量，用以決定是否需做更換。

c. 凹痕(Dents)

由於與相對鈍的物體碰撞而導致槽體面層區面的變化。

I. 長度大於 7 英呎，以縱向延伸並穿過圓周焊縫（環形焊縫）將會是特別的關鍵。

II. 與車的長軸平行，橫過槽體焊縫，在槽體圓柱形部分的急劇凹陷，是最嚴重的，因為這種狀況可以使桶槽的額定爆破壓力下降 75%。

III. 時間越長，凹痕越深，損害越嚴重。

IV. 凹痕跨越任何種類的焊接或接觸任何焊接的熱影響區會是最嚴重的。

d. 刻痕/鑿痕（Scores/gouges）

除非它穿過焊縫，否則不會是關鍵性損害。

e. 鐵軌燒傷（Rail burns）

凹陷部位的底部有長的凹陷與鑿痕，需注意長度大於 7 英呎橫過焊接熱影響區及鑿痕所刮除的金屬量。

f. 其他

I. 腐蝕

II. 火焰衝擊的熱可能導致槽金屬變薄，需關注槽體內液位及火焰衝擊是在蒸氣空間。

(2) 針對損害估計的課程中，講師利用案例以及多種容器損害之狀況，指導學員對於事故現場損害狀況的評估作業，並列舉鐵路運輸事故，當災害發生時如何進行損害評估，針對此部分提出說明：

A. 評估事故區域:依據車體外觀狀況或利用常見的損害評估技術，初步確定重大危險地區，並進行人員疏散。

B. 事故狀況緩解應變對策:如何將現場槽體呈現之狀況進解除,包括解除直立槽體狀況、易燃性化學品分類處置、槽體洩壓裝置引導以及導至後端燃燒處理設備。

C. 容器損壞確認:此部分則需考量三個主要因素包括容器材質的延展性、槽體內部壓力以及壓力容器等相關設施損壞狀況。

D. 運輸軌道：這部分則需觀察其軌道是否有產生彎曲、裂縫或脆化等現象， 可確保災後復原運輸路線的安全性。

槽體受損痕跡倘跨越焊接強化環兩側，通常較危險，槽體斷裂常發生於焊接處，故在包裝容器損害的估計，是在於瞭解此容器對於內部化學品是否還有承載能力，對於應變決策方面則具有參考之意義，例如觀察包裝容器已有

嚴重的損害，現場指揮官則需研擬應變對策，例如進行移槽、燃燒、排氣洩壓等應變作為，以減少二次危害事件發生。

17. 化學品移槽注意事項與緊急情況（Product Transfer Consideration and Emergency Deinventory）

移槽是事故發生所可能採取之一種應變作為，泛指通過手動、壓力或泵將液體、氣體或固體從一個容器轉移到另一個容器的過程，而進行移槽不僅僅是從受損容器轉換到另一容器如此簡單，若不慎移槽失敗，除可能造成污染擴大外，更甚者會導致現場人員傷亡發生，故為了使移槽應變順利進行，應先確實蒐集瞭解化學品相關資訊及可能存在之危害，考量現場設備相容性（如操作人員之防護設備及泵、軟管、墊圈等相關設備）及相關容器承載能力等，是否足夠，進而選擇最佳方案，據此擬定妥善之移槽策略，方能進行後續移槽操作行動。

(1) 規劃注意事項如下：

A. 檢討化學資料

B. 訪談託運人

C. 瞭解產品其危害性、品質控制要求

D. 確認相容性包含 PPE、幫浦、軟管、墊圈、空氣監測設備等

E. 確認設備能力－作業現場檢視幫浦相對曲線

F. 確認接收容器的相容性和容量

G. 轉移技術評估和選擇最佳方案

H. 確認轉移作業所必需的資源（閥門、管件、墊片、設備、操作人員）

槽內物質的腐蝕性、殘留量（液相及氣相）及槽體位置會影響氣相閥及液相閥的相對位置與關係，都是移槽須

考量因素。另外連結（Bonding）與接地（Grounding）主要為防止靜電產生，理想接地位置為上坡和上風位置。

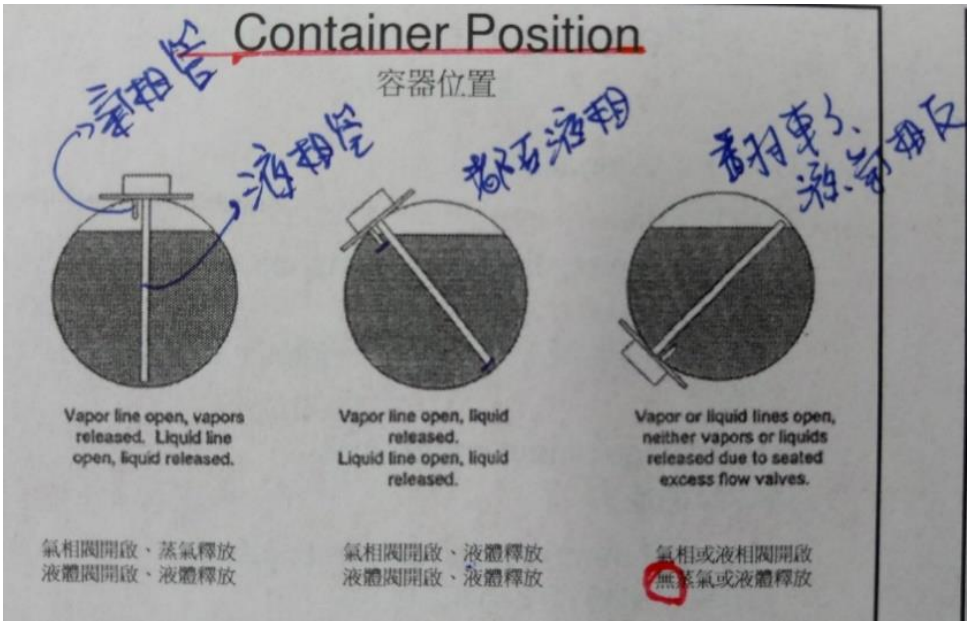


圖 40 槽體內氣相閥及液相閥的相對位置與關係說明

(2) 移槽前注意事項

A. 開啟任一閥門前，需連接所有容器和設備

B. 留意處理設備！

C. 確認墊片相容性

D. 安裝二次閥

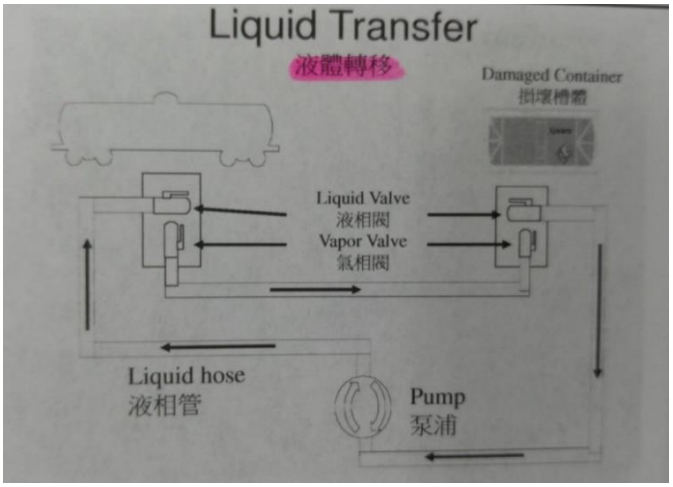
E. 安裝擋板及洩流口

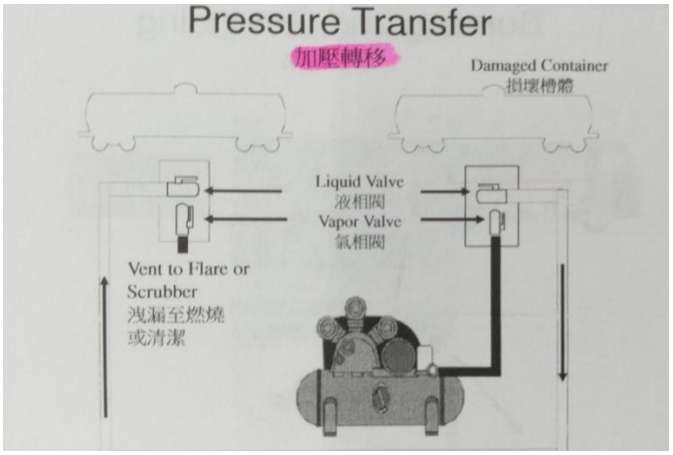
F. 旋緊連接

G. 使用氮氣清管以及管線測試壓力要高於容器預期壓力 10-20 psi

(3) 移槽轉移過程中隨時準備關閉並清除洩漏情況（軟管破裂等）；監控抽取或壓縮設備，確保正常運作參數範圍內；監控接收的桶槽容器，需一樣規格槽車，以避免過載。

(4) 多數的事故和化學品的暴露，會在復原過程中發生，為避免這情況發生，會使用氮氣迫淨（Purging）和清潔（Clearing）管線、幫浦和壓縮設備，另拆除管線前，可使用 1/4 閥門來檢視化學物質殘留量。





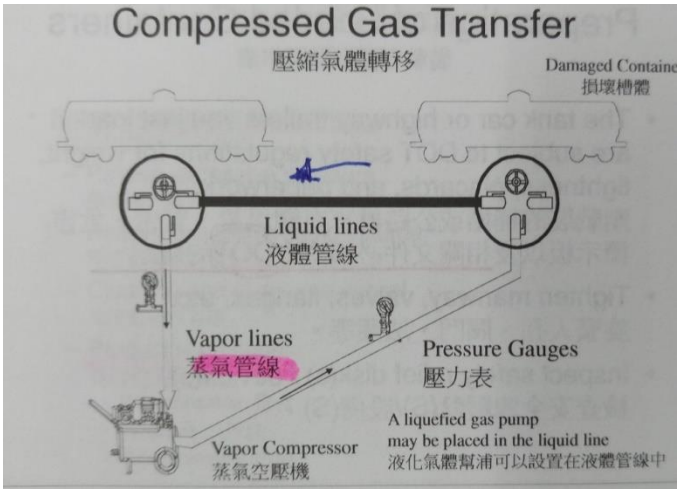


圖 41 移槽轉移方式說明

(5) 裝載容器準備作業

A. 載容器仍須符合所有安全規定，包含重量、緊密、危害標示板以及相關文件。

B. 旋緊人孔、閥門、法蘭等。

C. 檢查安全洩壓盤（S）/設備（S）

D. 人孔和底閥安裝安全密印

E. 使用肥皂泡沫測試洩漏

F. 安裝正確格式之危害標示牌

(6) 緊急情況清除殘存物作業（Emergency De-inventory Operations）

A. 方法一：真空

使用真空容器移除產品，此方法需要很多容器來進行作業，可迅速移除受損容器壓力。

B. 方法二：控制燃燒（燃燒塔）

簡言之即是「通過燃燒方式將化學品破壞」，先決條件為產品必須能燒，且必須知道燃燒分解後之副產物是什麼，大眾對整個燃燒作業的瞭解及觀感必須要提出探討。

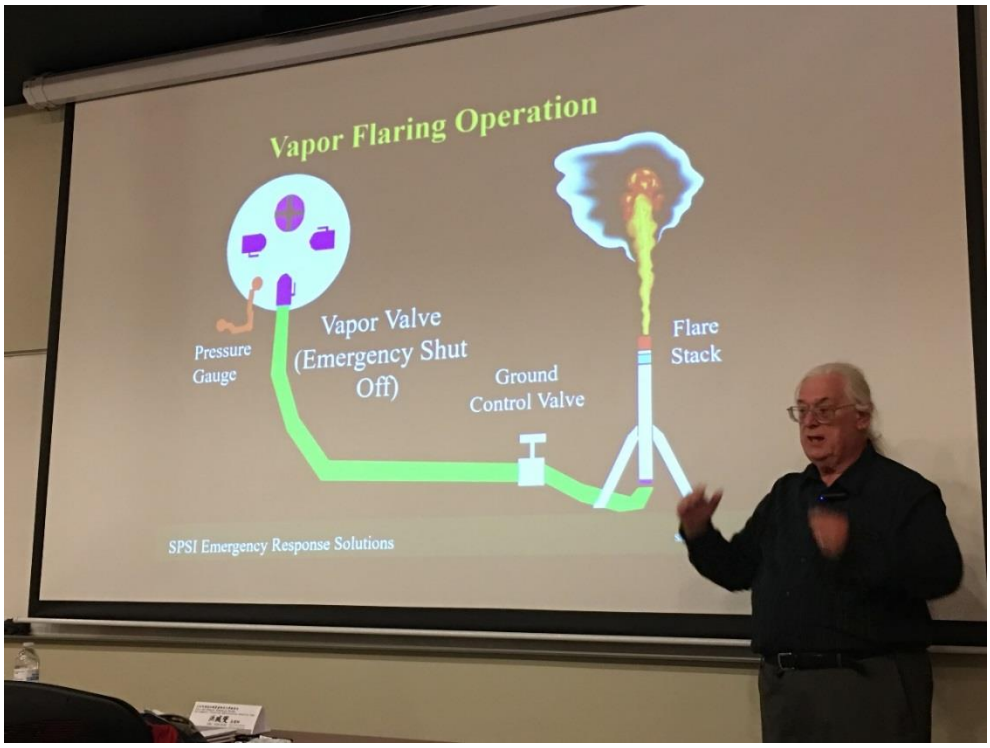


圖 42 蒸氣燃燒塔操作及閥件連接方式

(7) 最後的選擇—排氣及燃燒作業（Vent & Burn）

排氣及燃燒（Vent & Burn）依照美國運輸部門（DOT）的定義為「為了迅速有效的釋放鐵路液體槽車壓力及液態產品，以避免發生失控的桶槽破裂及環境汙染的災難事件，所設計的緊急應變程序」，用在被認為移動或卸載受損容器太危險時，用炸藥精確的在受損槽體上鑽孔，視為最後手段，就是當所有裝卸的處理方法用盡或是需考慮保護工人之風險，只能仰賴訓練有素及經驗豐富的專業爆破。

排氣及燃燒（Vent & Burn）作業包括利用爆炸物在容器的殼鑽兩個孔，第一個孔（高孔）位置在容器的可能最高點，用以釋放容器內部壓力，第二個孔（低孔）將桶槽內的產品釋放到燃燒坑中以用火燒掉。

當依據策略實施移槽作為時，操作人員首要需特別注意設備之接地及搭接，避免產生靜電火花造成危害，並確

認閥門開啟前,所有設備及容器皆已妥善設置及連接完畢,另於移槽過程中，人員需時時注意設備運作情況，避免有洩漏情況發生（如管線破裂或脫落）及容器過載等情況發生，並使用監測儀器進行周界環境監控事宜。

大多數的化學品曝露發生於善後復原階段，所以當移槽完成後，壓縮機、泵及管線設備後續之迫淨以及容器密封也需徹底檢查是否妥善完成，避免造成二次污染發生。

18. 事件評估（Incident Assessment）

在事件評估時我們必須問自己:「危險品事故和其他緊急情況的區別是甚麼？」，我們不能消除所有的風險，我們的工作是管理「控管」風險。評估模式有「決定（DECIDE）」及「DOT擴展模式」，決定過程如下：

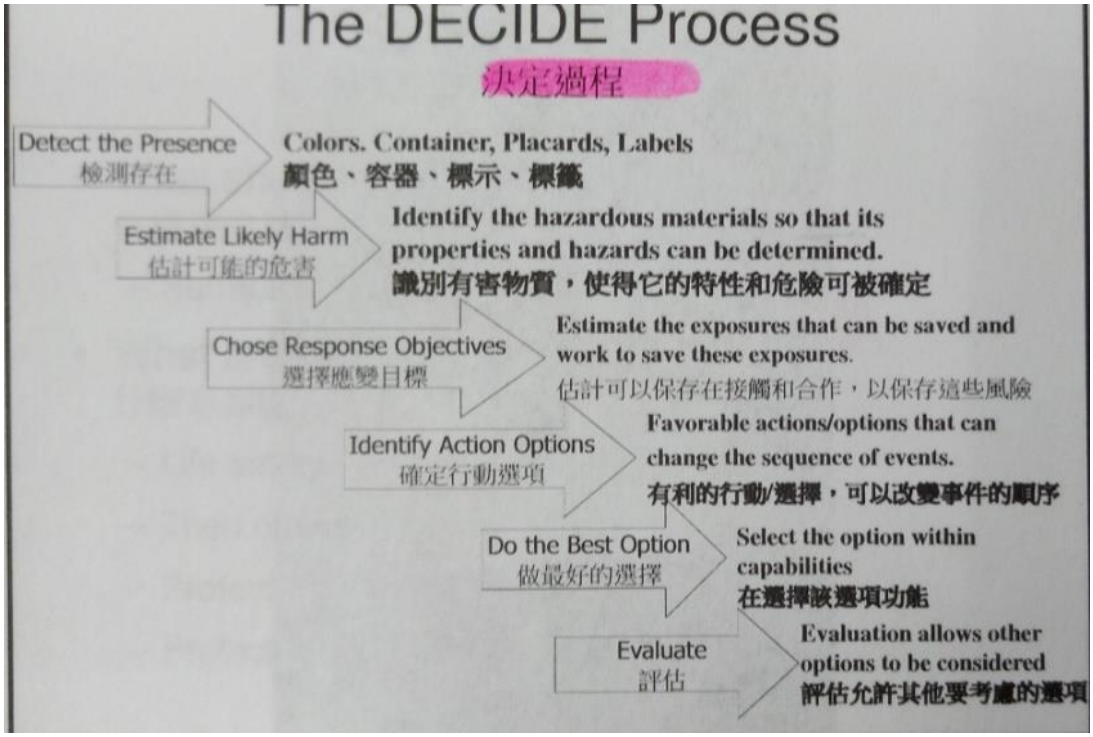


圖 43 事件評估過程

在進行事件評估前必須收集基本數據，第一時間接獲通報時須確認誰通報？甚麼事件、時間、地點等？並將天氣狀況、

時間、使用 ICS/IMS 等納入考量，最重要是以「安全」為第一優先。評估流程包含以下 9 個步驟：

(1) 步驟 1—小心靠近（Approach cautiously）

A. 事件發生第一時間須先克制進入處理的衝動，並確保所處位置位於如上風處等不受化學物質影響之位置，以及距離事故源有足夠之安全距離，避免於人員及設備不足之不安全狀況下進行應變處置，考慮順序為「自身的生命安全」→「他人的」→保護財產→保護環境。

B. 須注意環境條件：地形、土地利用、有無障礙、天氣狀況、附近水體、高架和地下管線、雨水和汙水排水渠、可能的火源、相鄰土地利用（如鐵路、公路、機場）、民眾潛在暴露、傷害性質和程度、附近建築物…等。

C. 驗證初始訊息的正確性

初始訊息可能是錯誤或部分是對的，須聯繫 CHEMTREC 取得 SDS 或線上資料庫查詢化學品和危害資訊，聯繫託運人並確認運輸文件，並訪談事故相關人員或收集事故資訊，確認現場狀況。

D. 意識是否是恐攻？

恐怖主義或犯罪事件可能會有額外的危害，包含：主事件後的次要事件在使緊急應變者失能或延遲、武裝抵抗、使用武器、陷阱…等。

(2) 步驟 2—建立指揮體系（Set Up Command）

A. 無論是哪個應變層級，須儘快設置指揮系統。

B. 任務的目的在使事件朝有利的方向發展，職責在保護人命（含人員及民眾），將財產損失降到最小或移置安全的位置、減少環境汙染…等。

(3) 步驟 3—現場安全（Secure the Scene）

A. 尚未進入前可參考緊急應變指南建議之安全隔離距離及現場地形地勢設置指揮站，進入現場須進行冷、暖、熱區的劃分，並設置指揮站。

B. 確認是否有引火源，包含：明火、熱源、電光源、自燃及化學反應等。

(4) 步驟 4—物質危害辨識（Identify the Materials and Hazards）

A. 問題識別

不管事件或事故的規模和複雜性，根本性的首要任務保持不變：生命安全、事故穩定和財產保護。

B. 事件分析

運用數據、訊息、評估等方法進行事件分析，應變部分包含事件觀察因素、分析危害行為及實施戰術控制操作。

C. 危害防護等級

個人保護設備是最後一道防線，可通過工作執行方式的變化減少潛在的暴露，或是訂定標準作業程序降低潛在風險。

D. 物質危害辨識可透過運送文件、標示牌、SDS、ERG 及其他線索。

E. 恐怖攻擊時需注意可能有二次裝置的存在，例如：不明容器、不尋常的設備電子元件…等。

(5) 步驟 5—評估情況（Assess the Situation）

A. 初期災情評估

初期危害評估需由使用適當 PPE 的人員進行，評估內容包含：容器內容物數量、產品容器標示、容器所在位置是否穩定及需由何處進行應變…等。

B. 評估潛在危害

評估流程為受威脅區域→暴露評估→物質濃度→物理、健康安全危害→確定潛在危害區域→估計潛在結果。

C. 危害分析

分為以下 3 步驟：

a. 危害辨識（hazard identification）

化學危害應進行化學性質分析（chemical profiling），主要係依據環境條件評估：能量釋放、化學物質的物理狀態、火災危害、健康風險、腐蝕性危害、其他具體危害。所需資訊包括：化學物質名稱、CAS 編號、NFPA 704、運送文件、監測資料、顏色、嗅覺氣味、味覺味道、標示、容器…等化學特性，以及時間、季節、動物、植物、天氣、地點…等環境條件。

b. 脆弱性分析（vulnerability analysis）

危險物質達到完全潛能時，對生命、財產及環境所造成傷害或破壞，行為模式依時間演進為：應力（Stress）、破出（Breech）、釋放（Release）、吞噬（Engulf）、影響（Impingement）、危害（Harm）。處理方式以中斷（Interruption）為主要手段，例如：改變所施加的應力（移動應力源、移動應力系統、遮蔽應力系統、以冷卻、加熱、壓制等物理作用改變應力源）；中斷破出（改變破出大小、冷卻、修復系統、啟動救援系統）；中斷釋放（改變容器位置、壓力最小化、移除內容物、蓋上旋蓋）等。脆弱性分析包括：暴露狀況、暴露防護所需額外的時間及人力、暴露風

險多高、暴露風險如何…等；考慮因素包括：確定危害強度（暴露及衝擊目標之密度、損害媒介之濃度、目前數量、衝擊方式或狀態）；目標受衝擊之因素〔強度（危害物質分散狀態、形式、距離、分散速率、自我保護所需因應時間）、持續時間（危害物質來源、數量、環境變化、初始衝擊造的傷害程度）〕；減少接觸（就地掩蔽、疏散、PPE）；策略考量（預測危害所造成的損傷：熱、機械等物理危害，或毒性、腐蝕性、窒息、輻射、病原等健康危害）；降低危害（危害去除方式包括：除污、提供遮蔽、拉開距離、降低暴露延時、及時的醫療）等。

c. 風險分析（risk analysis）

風險為危及人、財產及環境並造成負面影響的機率或可能性。評估包括：「風險評估」是評估危害對生命、財產或環境造成的風險的過程；「危害評估」是確定與物質或事故相關的危害的過程。評估後應採取行動將風險降低至可接受程度。影響風險的因素：危害物質、物質數量、防堵系統、容器所受應力類型、鄰近暴露、現有應變資源…等。效益包括：從現況中找出優勢，以及促進或增加健康的事物。所做的決定必須增加效益及減少風險（提高效益/風險比），定出風險分析目標（模式預測、最大的效益/風險比、進行各種假設(what if)），確定增加風險的因子（高能量、物化特性、急毒性、可燃性），最後做成決定。

(6) 步驟 6—計畫/獲取協助（Plan / Obtain Help）

A. 針對應變目標訂定行動計畫，計畫需含：現場描述、進入目標、現場組織與協調、現場控制、危害評估、PPE、

現場工作任務、溝通程序、除污程序及在現場的健康和安全考慮。

B. 透過相關單位或程序取得援助:通報電話、專家、貨主、應變承包商、聯防組織…等。

(7) 步驟 7—決定進入（Decide on Entry）

A. 以下狀況需防止進入熱區：

除污程序不成立或沒到位。沒有良好的急救與交通。有易爆或易燃性氣體存在。23.5%以上的富氧環境。失控反應發生。沒有合適的個人防護衣。風險大於效益。人員沒有得到適當的培訓。 人員不足，無法執行任務。

B. 需綜合以下考量評估是否進入，行動以安全為第一考量，若有火災或爆炸產生、天氣突然變化、PPE 在熱區失效等狀況，將停止作業。

(8) 步驟 8—應變（Respond）

A. 進入應變後仍需注意：

最好的回應可能是甚麼都不做。不斷重新評估。不要成為問題的一部分。設置應變目標。優先考慮危害。

B. 注意有沒有火、蒸氣或液體洩漏等狀況，採取相對的應變行動。

C. 密閉空間要考慮是否有危險環境存在？出口在何處？確定行程距離及物理危害。

(9) 步驟 9—評估（Evaluate）

評估應變可思考的方向：我們完成了我們的目標嗎？我們有積極的結果嗎？並記得我們可以控制事件或他控制我們、好的輿論及明智的決策，可以控制事故！

19. 美國危害物質事故緊急應變體系介紹

當有重大災變發生時，趕抵事故現場之救災單位眾多，為避免救災現場指揮系 統紊亂，而無法有效處理事故，必須於事故現場建立明確之現場應變指揮系統，並 要求所有救災單位之成員必須接受相關訓練，使其熟悉災害應變指揮系統之意義及 內容，以便遭遇突發狀況時，各單位能明確且迅速的了解其職務內容，有效率的投 人應變救災的行動，提升整體救災能量及效率。

全球第一個系統性建置應變指揮系統乃源自於 1970 年代初期，在美國南加州發生森林大火之搶救經驗。當時的狀況涉及不同單位之聯合搶救，由於沒有統一的指揮官有效掌握救災程序，也沒有適度之分工，導致救災現場異常混亂，並燒毀大片林地及無數建築物。因此加州之森林火災預防部門與加州消防單位、緊急事故處理 辦公室及消防救災資源組織在美國森林處及美國聯邦緊急事故處理總署（Federal Emergency Management Agency，簡稱 FEMA） 之協助下，發展出全美迄今已廣泛沿用 之應變指揮系統。歐洲國家如：德國、法國、奧地利等國所發展之事故應變指揮系 統也大致相同，都具備下述之幾個要素：

(1) 需具備完整性之救災組織體系：

依據事故處理上之實際需要，將現場應變指揮體系分成指揮、搶救、計劃、後勤及財務支援等五部份。對於大規模事故，指揮組必須有安全官、協調官、新聞官等參謀，以確保複雜事故搶救之人員安全、資訊有效傳達及媒體報導等必要 需求。而較小規模之事故場合，則第一批抵達現場之應變人員中具資深且有經驗 之搶救人員，擔任初期指揮官之工作，如果事故情況提高，則由廠區主管擔任指揮官。至於第一階段之現場指揮官轉移指揮權後，仍須負責

該事故區之搶救及安 全管制任務，而不是由上一層指揮官直接指揮搶救隊員救災，因其較了解現場初 期應變方向與應變資源配置狀況。因此總指揮官主要為有效掌控及管理各應變編 組之組長，而各組成員則由組長指揮，此為符合有效指揮幅度（Span of Control） 之原則。通常在小規模事故，以直接指揮 3-5 人，大規模事故直接指揮手 7 人為原則。

(2) 救災行動之統一指揮權責（Unity of Command）：

災變現場的統一指揮是為了讓事故現場的救災行動有條不紊避免混亂之要件。然而統一指揮並不意味指揮官必須從事故發生到事故終止都須維持同一個 人，而可因應事故規模擴大或因應變時間過為冗長而轉移替換，但需妥善交接應 變程序及任務配置等事宜。當事故擴大須由多個單位共同負責處理時，則聯合指 揮並分別從事平時業務相關之搶救任務，亦不違反統一指揮之概念，尤其是涉及多重轄區或由多個單位共同指派之人員更須建立此一機制，以求救災效率的維持，以免浪費人力與資源在做同樣的事情上。

(3) 具建立完整之後勤資源管理：

當救災現場有突發性的資源需求，包含人員、裝備、耗材及資訊等。必須經由完整之 ICS 編組，以確保前述各項資源之持續供應，否則可能出現搶救過程中冷卻水、消防泡沫或空氣呼吸器空氣供應不足之問題，不僅不能控制事故情況，反而被情況所控制。當出現救災資源有限及時間緊迫之事故情況，則人命安全是指揮官決策之優先考慮，其次為穩定現場狀況（並不全然要進行滅火或止漏，而可能是降低火場溫度或避免洩漏污染區擴大）。而不同的搶

救策略考量，所需建立及應變資源也不相同。在應變指揮體系中，不論事故大小，每一件事故 都要有指揮官，而指揮官要對事故處理，擔負所有的責任，並能判斷那些應變指揮在事故發展中會不足，而能提前準備因應。必須注意的是小規模事故可能衍生為必須有相對龐大的應變編組及更完整之救災資源。

圖 44　SPSI 公司提供之洩漏止漏工具組（Kit A, B, C）等相關訓練器材

圖 45　SPSI 公司提供之個人防護裝備（PPE）相關訓練器材

陸、心得

國內的應變體系架構與美國相仿，且經由此次參訪 EPA Region III 得知事故指揮官（IC, Incident Commander）即賦有最高指揮權責，當事故發生時，市長可能為 IC，然而市長無法有效處理應變時，將會把指揮權向上移交給州長，移轉指揮權的同時，市長仍須擔任現場安全官做好完善的災情協助；參訪學員們普遍感興趣的美國執行方式，包括了「現場協調官」（OSC, On-Scene Coordinator）已受充分授權 25 萬美金最高上限的支用額度，可做現場各項緊急調度支用，待事件處理後，再依責任歸屬等辦理相關求償或保險理賠程序。類此精神可供國內借鏡。

美國的應變組織架構較有系統化，對於應變人員的訓練也非常嚴謹，更給於一種觀念就是安全第一，現場唯有專業應變人員安全才能進行支援搶救，因此一個專業的化災應變人員，

首先要應變的化學物質是什麼，可能會造成什麼危害，才能進入事故現場進行應變作業，正如知己知彼，才能百戰百勝，同時救災時也須分組互相照應，絕對不可以落單，且須要有備援人力，以保障救災人員的安全與救災工作能順利進行。

應變後之除污作業,必須要確實,係為避免造成二次污染,同時須穿著符合等級之個人防護裝備(PPE)，以保護個人生命安全，除污作業之後的防護裝備清洗更是重要，還要記錄相關裝備之使用情形。定期個人裝備檢查不可省略,包含內外檢查、手套、鞋外套、排氣閥及氣密測試等，更重要的是使用前後仍須再檢查，以有效確保應變人員安全。

本次訓練中講師也透過實際的仿真模組,讓學員們實際操作，學習如何使用相關的止漏工具，進行緊急洩漏處理。最後教導學員 A 級防護衣的穿戴技巧及人員除污的方式,讓大家實際體驗到救災時的辛苦與穿著 A 級防護衣後,在行動上可能會受到的限制。透過防護裝備的穿著課程，瞭解防護衣非常的笨重，且平時就要常常透過演練來穿著以增加熟悉度。

公路運送車輛主要分為平板(拖)車、貨櫃車、槽罐車等，平板拖車或貨櫃車一般裝載散裝容器如噸槽（IBC Tank）、加侖桶、貨箱或其他包裝方式等；槽罐車則主要可裝載液態、氣態或熔解態之固體，依裝載之狀態可分為無壓力槽車、低壓槽車、中壓槽車、高壓槽車、腐蝕性槽車、冷凍槽車或管式拖車，為防止運送、裝載或卸料過程中發生意外事故造成洩漏或危害事件，槽體上需裝設安全閥件以避免意外發生。

有關美國制度的遵循體制架構但富有彈性、尊重專業的作法，值得我國參考，有必要定期安排產官學種子學員參訪先進國家並不斷更新提升國內的觀念視野甚至設備技術是很好的做法。

柒、建議

一、建立國內緊急應變人員認證、訓練及複訓制度：

本次「SPSI 緊急應變解決方案」訓練課程 40 小時，包括實作課程及測驗，參與人員通過測驗後將可獲得相關認證。本次受訓瞭解到美國應變處置人員訓練課程大約分成：操作級、通識級、技術級、專家級、事件指揮官等分級制度，建議國內人員證照可參考其方式，並國際建立合作夥伴關係，互通訓練講師及相互承認訓練證書，已達成與國際接軌的目標，目前國內尚無相關認證制度，建議未來認證制度制定後，所有應變人員皆須接受國家認可之專業單位，受過相關的專業訓練合格後，始得指定為應變人員，並規定定期進行複訓，以確保其具備專業應變能力及提升廠商自我的應變能力。

二、擴大官方與民間緊急應變資源合作，建全我國應變體系：

美國環保署透過與承包商（contractors）簽訂合約的方式，將緊急應變體系及資源擴大，並納入更多專業團隊參與應變，讓救災不再是政府單位的重擔，也不再是人道救援免費協助；輔以經費挹注，使得專業單位更有意願承攬緊急應變相關工作，並增加專業單位運用高科技輔助救災的意願。

建議可透過修法方式，使民間專業應變單位應變量能可供各級政府相關權責單位加以運用，透過合約制度建立各級政府緊急應變網絡，擴大民間應變量能的投入參與，並結合中央與地方的應變網絡，架構成縱向之應變體系，同時編列更多預算儲備應變量能，以避免事件發生時緊急應變人力或物力顯現捉襟見肘的窘境，還須借助情義相挺的民間救災資源。建議工廠密集地區，可優先成立聯防應變組織，強化區域防災機制，降低發生工安事件的機會，同時民間專業應變單位的管理，

可透過適當的評核、輔導與監控機制，以監督其維持應有之事故應變量能。

透過本次的訓練，不僅學習到美國對於化學災害的應變制度，更學習到應變的方式，獲益良多，目前美國遵循的 ICS 指揮系統，對於權責的分工相當明確且很有效率，雖然我國的政府體制與美國不盡相同，但是可以參考 ICS 的精神，以精進我國的緊急應變處理指揮系統，建議為強化應變人員專業能力及學習他國應變機制，應多派員出國學習，以強化國內不足的地方。