

出國報告書

(出國類別：會議)

**107 年度
國外環境災害應變會議及參訪**

2018 年美國化學工程師學會

春季會議

暨

第 14 屆全球製程安全大會

(AIChE 2018 Spring Meeting and 14th Global Congress on Process Safety)

服務機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局

姓名職稱：張家銓專員、朱冠綸毒化物助管師

派赴國家：美國

出國期間：自 107 年 04 月 21 日至 107 年 04 月 30 日止

報告日期：中華民國 107 年 6 月 19 日

出國報告摘要

報告名稱：參加 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會

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：行政院環境保護署毒物及化學物質局張家銓專員及朱冠綸毒化物助理管理師（另有協力單位自費共同前往），詳如內文名冊

出國類別：會議（參與研討會及參訪）

出國地區：美國

出國期間：107 年 04 月 21 日至 107 年 04 月 30 日

報告日期：107 年 05 月

分類：毒化災應變/毒化物管理

內容摘要：

本案係本署 107-108 及歷年相關業務計畫中，自 99 年起，逐年規劃包含：美國、德國與義大利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、製程安全、風險評估等相關研討會之行程與技術交流，透過資料蒐集與國際專家討論，提升國內應變能量之規劃、推動國內全國性聯防組織體系籌設及強化毒化災專業技術與設備建置之重要參考資訊。並透過研討會與外籍專家接觸及參訪行程，對於國際間災害應變專業訓練之軟硬體設置與體系發展現況有更深入的了解，並對我國環境事故災害應變能量之提升、環境事故防災機制、決策支援系統、聯防系統等，提供了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(107)年度規劃參與 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會 (AIChE 2018 Spring Meeting and 14th Global Congress on Process Safety)。

美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，是年度化工技術人員的關鍵技術大會。主題包含當前工業界需求、廣泛且深入之製程安全從業

人員關鍵需求等相關各式議題。邀請相關製程安全、風險管理等專業人士進行各式研討主題分享，建構與會人員各式製程安全與風險管理知識，更深入於專業之危害預防管理能力提升。另邀集相關製程安全及風險業務廠商設置展攤，提供與會人員接觸現行新開發或完善設計之各式製程安全與風險管理工具、軟體或服務方案。提供相關業界、權責機關及緊急應變等從業人員，做為多元製程安全相關專業知識與技術來源。

本案為增進國內環境事故應變量能，除參與 4 月 22 至 26 日於美國佛羅里達州奧蘭多市 (Orlando, FL) 舉辦為期 5 天議程之 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，並於 4 月 27 日參訪美國阿拉巴馬州之 Leak City™ 訓練單位及其訓場。

心得摘述如下：

- 1.先進國家已將大數據分析、物聯網、雲端資料庫、即時連線監控等技術應用於製程安全管理，提升製程效率，降低事故風險。
- 2.新式無人飛行器系統等新技術、研討會展場業者提供最新軟體設備，有助於國內新技術引進。
- 3.國外政府單位於重大災害事故後，會召集各部會與專業單位討論，對安全管理法規進行全面的檢討與修訂。
- 4.Leak City 訓場各式天然氣管線訓練設施豐富，並打造實際的街道和房屋，並以實火模擬天然氣洩漏燃燒情境，考驗學員臨場應變能力，可納入國內訓場建置參考。
- 5.Leak City 訓場採單元式訓練課程，可依顧客需求客製化組合調整，且訓練課程採用小班制，以增加學員交流互動機會，可提供我國訓場課程規劃參考。

建議事項如下：

- 1.本局未來執行毒化物運作廠場輔導時，可將本次研討會蒐集到新的製程安全管理技術及知識提供業者參考，以提升工廠製程安全，間接降低事故風險。
- 2.本局可參考國外最先進之無人飛行系統，評估國內實際需求及事故應變之應用性，更新汰換部分設備，強化國內毒化災防救技術設備。

目 錄

壹、前言.....	6
貳、參訓人員.....	8
參、會議及參訪行程.....	9
肆、研討會參與經過、專題內容及參訪紀要.....	12
一、會議報到.....	12
二、規劃願景.....	14
1. 以製程工廠安全研討會之觀點，回顧製程安全之歷史 (The History of Process Safety – as Seen from the Perspective of the Process Plant Safety Symposia).....	14
2. 加州2017年煉油廠製程安全規定-美國PSM條例的未來 (California’s 2017 Process Safety Regulations for Oil Refineries - the Future of U.S. PSM Regulations)	14
3. 中國化學品安全的願景與合作發展 (China's Chemical Process Safety Development and Global Cooperation)	16
三、應變管理.....	21
1. 消防安全與應變管理 (Fire Safety & Emergency Management)	21
2. 危害物質應變/緊急管理 (Tutorial in Hazardous Materials Response / Emergency Management)	22
四、危害評估測試.....	24
1. 反應性化學危害之評估 (Evaluating Reactive Chemical Hazards)	24
2. 反應性化學物質危害測試 (Testing Reactive Chemical Hazards).....	28
五、案例調查.....	32
1. 美國化學安全委員會調查報告及控制層級 (CSB Investigation Reports and the Hierarchy of Controls)	32
2. 重新審視包覆層下腐蝕 (Corrosion Under Insulation Revisited - Aren't we about to Finish that Project).....	33
六、新穎科技技術.....	34
1. 案例分析：無人載具系統面臨的機會與挑戰 (Unmanned Aircraft Systems (UAS): Case Studies that Highlight Challenges and Opportunities).....	34
2. 瞭解複合性中型散裝容器之火災風險及最新防火規範 (Composite Intermediate Bulk Containers (CIBCs): Understanding Risks & Emerging Fire Code Issues)	36
3. 大數據動態設備狀態監測與故障診斷的現狀與展望 (Situation and Prospect of Dynamic Equipment Status Monitoring and Fault Diagnosis on Big Data).....	39

4. 物聯網技術於工作現場安全和事故預防中之研究與應用 (Research and Application of Internet of Things Technology to Working-Field Safety and Accident Prevention).....	41
七、展場及海報參觀.....	43
八、Leak City™ 參訪.....	45
伍、心得與建議.....	50
一、研討會參與心得分享.....	50
二、訓練單位參訪心得分享.....	51
三、建議事項：.....	51
陸、附件.....	53

表 目 錄

表 1 參與 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會及參訪行程記要.....	9
表 2 107 年美國出國行程飛行航班記要.....	10
表 3 化學反應性危害篩選表.....	25
表 4 中國重大石化事故列表.....	40
表 5 安全導向之巡檢系統成效（範例）.....	42
表 6 日常設備維護之管理系統成效（範例）.....	42

圖 目 錄

圖 1. 本局張家銓及朱冠綸兩員於 2018 AICHe GCPS 報到後合影.....	12
圖 2. 參與成員於 2018 AICHe GCPS 報到後合影.....	13
圖 3. 與 AICHe Gabriel Levesoue-Tremblay 合影.....	13
圖 4. 參與成員會場分工討論情形.....	13
圖 5. 加州製程安全管理法規的邏輯模型.....	16
圖 6. 化學反應性危害篩選流程.....	26
圖 7. Chemical Reactivity Worksheet.....	28
圖 8. 緊急排放處理儀 VSP2 外觀及內部構造.....	32
圖 9. 「陶氏設備完整性安全標準」中不同管線危害風險對應之檢查頻率.....	34
圖 10. 新型態無人載具系統特色介紹.....	36
圖 11. 新型態無人載具展場展示.....	36
圖 12. 2018 年版 NFPA 30 對於 CIBCs 儲存各類液體之要求.....	38
圖 13. 防護及未受防護之 CIBCs 對於可燃性液體儲存之配置規定.....	38
圖 14. FM Global 公司設計之排水系統可限制池火大小.....	39
圖 15. 廠場人員巡檢漏檢率變化.....	42

圖 16. 參觀展場展示剪影.....	44
圖 17. 參觀海報展示剪影.....	45
圖 18. Leak City™ 參訪剪影.....	49

壹、前言

災害應變技術之精進可提升救災效率及安全，隨著科技日新月異，災害應變技術與先進國家交流學習為政府重要工作之一，本局為廣泛性學習全球性災害應變議題，持續強化我國環境事故災害應變能量之需求，規劃與其他先進國家進行技術交流，瞭解國際發展，提升國內環境事故預防、應變與復原技術及智能。因此，本(107)年度規劃參與 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會 (AIChE 2018 Spring Meeting and 14th Global Congress on Process Safety)。

美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，是年度化工技術人員的關鍵技術大會。主題包含當前工業界需求、廣泛且深入之製程安全從業人員關鍵需求等相關各式議題。

會議期間，主辦單位邀請相關製程安全、風險管理等專業人士進行各式研討主題分享，建構與會人員從各式製程安全與風險管理知識，更深入於專業之危害預防管理能力提升。亦邀集相關製程安全及風險業務廠商設置展攤，提供與會人員接觸現行新開發或完善設計之各式製程安全與風險管理工具、軟體或服務方案。提供相關業界、權責機關及緊急應變等從業人員，做為多元製程安全相關專業知識與技術來源。有助與會人員之災防、損失控制、風險分析及應變技術等與機制知識建構、強化決策支援與訂定能力、參考引進新穎設備與技術規劃、企業聯防與政府整合防救災機制推動等各個面向。

會議中亦有機會接觸第一手來自於國際間專業人士、供應商、開發機構、應變單位與各級政府的專業與業管人員，並可直接蒐集相關最新且有用的災害防救、危害預防管理、風險管控、應變資材與設備資訊。

本案為增進國內環境事故應變量能，本年度除參與 4 月 22 至 26 日於美國佛羅里達州奧蘭多市 (Orlando, FL) 舉辦為期 5 天之 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，並於 4 月 27 日參訪美國阿拉巴馬州之 Leak City™ 訓練單位及其訓場。

主要目的如下：

1. 持續蒐集國際製程安全、風險管理、損失控制、應變技術等資訊，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、危害預防管理規劃及嶄新訓練機制與模組功能進行提升。
2. 藉由參與國際性會議的機會，接觸第一手來自於國際間各供應商、開發機構、應變單位、各級政府及學術研究領域等方面之專業人員，並直接收集相關最新且有用之災害防救與緊急應變資訊。
3. 持續強化我國環境事故應變體系、諮詢監控中心、技術小組、縣市毒化物專責人員、毒災聯防小組、毒化物運作廠場，以及聯防組織運作、實務、訓練、應變與實質成效，並促進國際交流活動。
4. 蒐集先進應變器材、設備資訊、損失控制、風險管控及管理概念等，以利於未來環境事故災害防救業務體系能力之提升，提供未來化學物質管理、製程安全管控及損防運作效能提升之規劃參考。
5. 參訪國外相關應變業務單位，汲取其專業經驗與發展技術，做為規劃我國後續相關災防應變業務參考，並持續辦理國際交流活動。

基於前述目的及說明，為提升國內相關環境事故、製程安全風險管理等相關專業知識、智能、技術與機制、強化管理決策訂定、引進新設備與技術、企業聯防與政府整合防救災機制，援引為未來修正執行政程序、補強體系運作與持續精進整體規劃的珍貴訊息。針對危險物品廠場、製程可能之危害失誤情境及天然災害等事故特性，蒐集有關運作管理新知、風險管控概念、技術研發、硬體設備/設施、軟體更新發展、專業分項訓練、應變實務、訓練模組、體系運作及管理變革等資訊，並蒐集政府、業界、執法部門、消防和緊急醫療服務相關人士或政府官員所提供之應變體系最新技術、資訊、規劃與推動實績；並藉由和與會相關人員研討，可促進國內環境事故應變體系與國外專業單位在應變技術與設備上的經驗交流與能量提升。

貳、參訓人員

本案依本局簽辦規劃，派 2 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 6 員；參與單位及人員，分述如下：

1. 本署毒物及化學物質局：張家銓專員及朱冠綸毒化物助理管理師等 2 員。
2. 環境事故專業諮詢監控中心（工業技術研究院）：協同計畫主持人張榮興資深工程師及張軒昂副研究員，另為國外會議及參訪期間相關聯繫、規劃、行程安排等業務之工作人員。
3. 北區環境事故專業技術小組（國立聯合大學）：協同計畫主持人莊凱安組長。
4. 中區環境事故專業技術小組（國立雲林科技大學）：協同計畫主持人廖光裕組長。

參、會議及參訪行程

本次參訪自 4 月 21 日（六）出發，於 4 月 30 日（一）返抵國門，共計 10 日之期程，主要以參與 4 月 22 日至 25 日之 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會為主，並參訪相關環境事故、危害物質危害預防管理與應變相關業務及訓練等單位，期間安排於 4 月 27 日參訪位於阿拉巴馬州之亞森斯市 (Athens, Alabama) 之 Leak City™ 訓練單位及其訓場，其行程與內容如下：

表 1 參與 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會及參訪行程記要

日期	地點	行程	附註
04/21 (六)	臺灣-美國	1. 搭機前往美國舊金山國際機場 (SFO) 2. 轉機前往奧蘭多國際機場 (MCO)	飛行時間： 1. 11 小時 10 分鐘 2. 05 小時 13 分鐘
04/22 (日)	美國-奧蘭多	1. 上午班機抵達奧蘭多 2. 辦理會議報到、領取會議資料，篩選參與主題，並討論參加議題分工	地點： Orlando World Center Marriott, Orlando, FL
04/23 (一) 至 04/25 (三)	美國-奧蘭多	參與： 2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會 (AIChE 2018 Spring Meeting and 14th Global Congress on Process Safety)	地點： Orlando World Center Marriott, Orlando, FL
04/26 (四)	美國-奧蘭多 至 亞森斯 (Athens)	因參訪地點 Leak City™位於阿拉巴馬州與田納西州交界附近，距研討會地點約 660 英哩（約 1,080 公里）。車程預估至少為 10 小時（未包含中途停留休息）	移動行程
04/27 (五)	美國-亞森斯	1. 參訪地點 Leak City™ 2. 返回奧蘭多（中途停留喬治亞州）	1. 參訪 Leak City™ 2. 移動行程
04/28 (六)	美國-奧蘭多 至舊金山	1. 返抵奧蘭多 2. 返國行程搭機前往舊金山等候轉機	1. 移動行程 2. 搭機返國（轉機）
4/29 (日)	美國-臺灣	搭乘 4/29 凌晨班機，於 4/30 日上	搭機返國

日期	地點	行程	附註
至 4/30 (一)		午返抵國門	

表 2 107 年美國出國行程飛行航班記要

去程	
日期	航班資訊
04 月 21 日 (六)	1. 長榮航空：BR 028 出發：23:30 桃園機場 (TPE) 第二航站 抵達：19:40 舊金山國際機場 (SFO) 國際航站
	2. 美國聯合航空：UA 2237 出發：23:35 舊金山國際機場 (SFO) 第三航站
04 月 22 日 (日)	抵達：04/22 07:48 奧蘭多國際機場 (MCO)
回程	
日期	航班資訊
04 月 28 日 (六)	1. 美國聯合航空：UA 380 出發：18:32 奧蘭多國際機場 (MCO) 抵達：21:38 舊金山國際機場 (SFO) 第三航站
04 月 29 日 (日)	2. 長榮航空：BR 027 出發：01:00 舊金山國際機場 (SFO) 國際航站
04 月 30 日 (一)	抵達：05:30 桃園機場 (TPE) 第二航站

2018 年美國化學工程師學會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，期間包含 2018 美國化學工程師協會春季會議 (2018 AIChE Spring Meeting)、第 14 屆全球製程安全短期課程 (14th GCPS Short Courses)、第 52 屆損失預防年度研討會 (52nd Annual Loss Prevention Symposium, LPS)、第 33 屆化工製程安全中心國際研討會 (33rd Center for Chemical Process Safety, CCPS International Conference)、第 20 屆製程工廠安全研討會 (20th Process Plant Safety Symposium, PPSS)、第 7 屆製程安全管理論壇 (7th Process Safety Management Mentoring, PSMM) 及其他領域課程、會議及研討會同時舉行，考量參與成員非化學工程師學會會員及出國預算需求，故未參與其成員討論會議及付費之短期訓練課程，僅就研討會議題，由參與人員事先篩選與業務相關或嶄新資訊等課程進行參與，分批進行選擇與國內相關緊急應變議題、強化化災應變程序、製程安全評估、危害分析技術等相關會議議題參與，並相互討論與研析。

阿拉巴馬州之亞森斯市 (Athens, Alabama) 之 Leak City™ 訓練單位及其訓練場之參訪行程，該機構為美國運輸部、消防及相關民間應變單位依佛羅里達州地理位置推薦之專業機構，訓練設施涵蓋化災、消防及管線等議題，為民間業者成立之訓練訓練場，對於國內近期投入之訓練場規劃建置及現行移動式訓練場模式，可藉此瞭解其營運概念及運作方式。

肆、研討會參與經過、專題內容及參訪紀要

一、會議報到

參與成員分批抵達位於美國佛羅里達州之奧蘭多後，於 4 月 22 日前往奧蘭多世界中心萬豪酒店 (Orlando World Center Marriott) 辦理研討會報到，領取會議手冊，並先行進行展場攤位瀏覽，事先瞭解感興趣之設備或軟體，可於會議期間，更深入瞭解其功能及於災害防救、安全管理之適用性。期間亦接觸美國化學工程師學會 (American Institute of Chemical Engineers, AIChE) Gabriel Levesoue-Tremblay 博士，邀請成員加入 AIChE，可接觸更多化工製程安全、風險管理及風險評估資訊，並具有更多優惠得以參與各式會議及研討會。AIChE 是全球知名的化工專業組織，結合來自 110 多個國家，具有超過 60,000 名會員。AIChE 匯集各方專業研究領域及豐富資源與專業知識，無論是化工製程亦或是奈米生物技術等新興技術領域。

各成員於報到後，亦就大會手冊內容，篩選議題，分工參與。



圖 1. 本局張家銓及朱冠綸兩員於 2018 AIChE GCPS 報到後合影



圖 2. 參與成員於 2018 AIChE GCPS 報到後合影



圖 3. 與 AIChE Gabriel Levesoue-Tremblay 合影



圖 4. 參與成員會場分工討論情形

2018 美國化學工程師協會春季會議暨第 14 屆全球製程安全大會，是本年度化學工程技術人員所屬關鍵技術大會。涵蓋當前工業界需求相關的各種主題，並相較於其他研討會議更廣泛且深入探討製程安全及其從業人員的關鍵技術需求。這樣類型之研討會，自 2005 年首次會議辦理開始迄今，已經成為世界上最大型之化工從業人員、製程安全監管單位及學術單位之聚會，本年度亦吸引了來自全

球各地的與會者參與。

本次會議，成員分別參與第 52 屆損失預防年度研討會、第 33 屆化工製程安全中心國際研討會、第 20 屆製程工廠安全研討會及第 7 屆製程安全管理論壇等研討會議題，摘述相關議題說明如下。

二、規劃願景

1. 以製程工廠安全研討會之觀點，回顧製程安全之歷史 (The History of Process Safety – as Seen from the Perspective of the Process Plant Safety Symposia)

本議題由 Victor Edwards 及 Karen Study 說明因應 1980 年代相關重大製程事故，美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 於 1992 年頒布了製程安全相關之管理規定，也因此於當年於休士頓，由包含美國化學工程師學會 (AIChE)、化工製程安全中心 (CCPS) 在內的其他八個組織，籌創辦第一個製程工廠安全研討會 (PPSS)，做為大型區域範圍之化學加工廠和煉油廠的工程師及科學家等，一個較低成本且便利之培訓與論壇所在，初期有將近 700 人參與。於後續逐步發展，成為 AIChE 全球製程安全大會 (GCPS) 的三大主軸之一。

歷來已辦理 18 屆程工廠安全研討會，研討會之議題主要著重於提升工廠安全技術水平的作為、觀點、方法及工具。文中回顧了這些研討會促進製程安全進展的一些案例。並總結歸納在製程安全方面之未來規劃。

2. 加州 2017 年煉油廠製程安全規定-美國 PSM 條例的未來 (California's 2017 Process Safety Regulations for Oil Refineries - the Future of U.S. PSM Regulations)

本議題由 BlueGreen Alliance 公司之 Mike Wilson 進行說明，2012 年 8 月 6 日於美國加州的 Chevron Richmond Refinery 原油蒸餾工廠，因原油裝置發生管線破裂事故，破裂的 8 吋管線洩漏出易燃的高溫輕質油，並氣化為大量之蒸氣雲，兩分鐘後被火源引燃，導致爆燃並產生的大量黑煙，爆炸當下危及現場 19 名工

人的生命，所幸僅 6 名員工受到輕傷。此事故引發 3 級社區警報系統 (Community Warning System, CWS) 並造成該煉油廠停工 8 個月，事故後數周內超過 15,000 名附近地區居民就醫，加州職業安全健康管理局 (Cal/OSHA) 對該公司開罰 96.3 萬美元。

美國化學品安全委員會 (CSB) 和加州煉油安全跨機構工作小組 (California Interagency Working Group on Refinery Safety) 呼籲對該州 14 家煉油廠的製程安全管理法規 (PSM) 進行重大修正，歷經數年的討論後，加州勞資關係部頒布了修訂後的製程安全管理法規 (GISO Section 5189.1, 煉油廠製程安全，共 24 項)，並於 2017 年 10 月 1 日起生效 (如圖 5)。

新法規對現有的 12 個製程安全管理要素進行了重大修改，增加了 9 個新要素，分別為：

- (1) 損害機制評估。
- (2) 控制層級分析。
- (3) 安全文化評估。
- (4) 員工參與權限。
- (5) 事故根本原因分析。
- (6) PSM 指標之運用。
- (7) 人為因子。
- (8) 組織變更管理。
- (9) 安全防護分析。

由加州職業安全健康管理局執行這些新規定，並在人員職務上也增加了相關限制，如：須招聘人員中，需具有化學和機械工程背景。該法規要求煉油廠人員應更加重視預測、分析和製程事故預防相關之策略。

加州的煉油廠製程安全管理法規之修訂，亦代表美國政府機構針對重大製程事故所發起之變革，於製程安全方面，提升更全面的監管。這些改革也喚起全國討論關於公共政策，在預防重大化學事故方面的作用。



圖 5. 加州製程安全管理法規的邏輯模型

3. 中國化學品安全的願景與合作發展 (China's Chemical Process Safety Development and Global Cooperation)

本次會議提供了包含西班牙文專區、日本及中國大陸等議題專區，本議題由中國應急管理部總工程師王浩水進行說明，並分成兩個議程進行說明。

中國的化工工安現況，全國已經有超過 700 個化工園區及基地，石油及化學工業統計數據，主要業務收入 13.78 萬億元、利潤總額 8,462 百億元、進出口貿易總額達 5,834 百億美元，由統計可見業務收入及出口貿易量較同期皆有所成長，尤其在利潤總額更是大幅成長。

2017 年中國主要化工產品包含有：合成氨 (Synthetic Ammonia)、硫酸 (Sulfuric Acid)、碳酸鈉 (Sodium Carbonate)、甲醇 (Methanol)、苛性鈉 (Caustic Soda)、聚氯乙烯 (PVC)、碳化鈣 (Calcium Carbide)、農藥 (Pesticide)、合成橡膠 (Synthetic Rubber)、合成樹脂 (Synthetic Resin)、原油加工量 (Crude Processing Volume)、乙烯 (Ethylene)。

然而歷年化學品災害事故不斷的發生，激起中國管理單位之重視，著手執行危害管控，化學品事故發生數量及死亡人數由 2004 年 193 起及 291 人，至 2017 年降為 24 起及 60 人，下降了 87.6% 及 79.4%，顯現出危害控管有顯著的成效。

然中國尚覺得其化學工業安全生產基礎依然薄弱，中國化學品製造商數量達 96,000 個；危險化學品製造商的數量接近 30 萬，其中 80% 以上是小型化學品製造商。然而在 2017 年，危害事故總量的 81.7% 來自於中小型化工企業。部分化工企業的安全標準仍然不足，設備及器材都相當簡單且粗糙，自動化程度低，在科技工藝中仍稍顯落後。在 2017 年中，精密化工事故及死亡人數占總事故的 37% 及 42%，此現象代表現有精密化學的安全性研究仍有不足之處。多數企業的化工人員沒有接受高等教育，對於化學工程的培訓也不足，缺乏必要的安全意識及技術素養。此外，擁有化學教育背景的安全管理人員只占 64%，在大省分的化工企業負責人中更只占了 44%。

可見中小型及精密化工企業的安全設施和研究都有提升的空間，也需積極推展自動化設施的規模及廣泛度，藉此升高化工產業的安全基礎，同時也應加強企業的人員培訓及增強企業的監督力道。

製程安全管理的推廣方面，美國於 1992 年頒布，是藉由規劃、實施、查核及行動個系統化管理模式，以辨識及評估製程可能發生的危害及風險，並藉此控制及降低危害。PSM 分為安全資訊、操作程序、人員訓練、安全檢查、緊急應變計畫等 14 項目標。中國國家安全監督管理總局實施國際交流後，組織專業針對 PSM 深入研究，PSM 是所有化工產業的安全核心，因此管理總局開始全面推行 PSM，以提升安全生產管理的水平。臺灣則是在 1994 年頒布「危險性工作場所審查暨檢查辦法」，規定危險性工作場所應經審查暨檢查合格，始得使勞工在該場所作業。

2014 年至 2015 年，已有 4 間煉油化工企業展開試點工作，2016 年起，中國石油、中國石化、中國海油、中國神華和煙台萬華等也開始全面評估。2013 至 2017 年，國家安全生產監督管理總局共召開了三屆安全管理研討會，以推動安全管理的先進理念，督促企業改善化工流程，促進中國化工生產安全。

第一屆在青島的研討會，邀請了 11 個國家的專家學者以及中國各省分的安全管理部門和企業，會中收錄的論文達 113 篇，內容包括過程安全文化，過程安全技術，過程安全法律、法規、規章制度，風險分析和風險決策等。

除前述製成安全管理及評估引進，中國亦展開製程安全專業人才培訓，2015年，中國石油大學被選為化學安全人才培養學校，篩選了 50 名來自大型企業的技術人才，進行了兩年的培訓後，成果良好，因此從 2018 年起擴大在全國 15 個省分和 7 所大學進行人才培育。課程內容包括：

- (1) 強化安全生產的基本概念
- (2) 化學過程防火防爆系統工程
- (3) 擴大化學品安全領域的相關知識
- (4) 職業安全健康心理學和環境影響評估
- (5) 提高學術水平

在加強未來中國化學製程之安全管理方面，講者說明如下 6 個特別補強層面：

- (1) 加強安全計畫與設計：
 - A. 持續進行安全評斷而不是只進程序化的設計。
 - B. 設計者在設計階段必須進行持續 HAZOP 分析。
 - C. 危害化學工程在設計、建造、接收階段都必須一再強調安全的重要性。
- (2) 確保設置工程時的品質：
 - A. 確保工程進行時能符合相關標準及設計需求。
 - B. 企業應該進行對工程品質所有層面的監督。
 - C. 建設項目在試生產前，要組織設計、施工、監督和建設單位的工程技術人員進行「三查四定」。（三查：查設計漏項、查工程質量及隱患、查未完工程量；四定：定任務、定人員、定措施、定期完成/資金）。
- (3) 企業的領導能力：
 - A. 安全製程的先進概念。
 - B. 為安全製程制定科學化的策略和目標。

- C. 領導階層應以以身作則為榜樣。（領導階層的低表現是對於他/他下屬的最高要求）。
 - D. 有效率和流暢的管理系統到位。
 - E. 將員工的表現評估。（獎勵與懲罰）
 - F. 累積良好的安全文化。
- (4) 為企業發展安全責任文化：
- A. 依照國家的文化、狀況的需求去強調安全生產責任。
 - B. 一崗一責，全員責任。
 - C. 安全責任應對應、符合工作責任。
 - D. 釐清各層級的安全責任。
- (5) 對危害化學物的大型設備進行控管：
- A. 加強危害化學物大型設備儲存區域的安全管理
 - B. 對危害化學物大型設備進行 HAZOP 分析及 QRA 評估。
- (6) 運用 SIS 的標準至機械的整體性：
- A. 補強洩漏管理：國家安全生產監督管理總局於 2014 年發布「國家安全監管總局關於加強化工企業洩漏管理的指導意見」，對於液化碳氫物及高溫油料幫浦密封管理已有特別注意。
 - B. 加強加壓管線及幫浦的管理
 - C. 對於安全設備的機能加強安全管理：廠房越來越大、自動化，且企業對於人員的縮減及效率增加的追求，都為安全設備系統的可靠性設下更高標準。

因為中國的國情與文化，對於製程安全管理，必須強調全員安全生產責任制及企業的領導管理能力。由於中國的化學工業相對於歐美起步較晚，對於風險管理方面的工作、經驗極為不足。此外管理手法也較為落後，例如國內常用的風險管理方法：安全檢查表、專家評議法、預先危險性分析等；與目前國際上通用：故障模型與影響分析 (FMEA)、危害與可操作性分析 (HAZOP)、定量風險評估 (QRA)……等方法相比，有效性有所不足。

在設備方面，由於中國工廠的規模越來越大，也越來越自動化。所需要的人力也由勞動轉為技術監控人才。然而矛盾的是，目前中國不但缺乏安全儀表人力，在安全製程設備方面也尚未落實，正如在 2017 年的中國國際化工過程安全研討會上與會人員所述：「化工行業應從設計上，首先選擇“本質上更安全”的工藝，建設“本質上更安全”的裝置系統，加上運行階段的科學管理，才能實現過程安全生產目標。故障和事故控制智慧化、自我修復化是提升化工裝置安全水準的重要手段」。

目前多數化工裝置在設計上先天不足，無監測預警系統，安全連鎖系統也過於敏感，經常出現機械故障卻因無監測預警引發事故，或者出現參數超標、不管風險大小一律連鎖停機的情況；借鏡現代醫學自主治療原理而來的人工自我修復技術，不僅可顯著減少裝置停機，降低維修成本，減少機器對人的依賴，還能在非正常工況下，通過主動控制，防止和抵消系統內部的變化或外部干擾，使裝置不超過設計限度或消除即將出現的異常。

風險管理的重點核心最終依然是人。專業型人才雖然仍是必須，但是在安全管理方面需要能掌握各方面的「複合型管理技術人才」。畢竟風險控管從設計、製造、制度、環境等各方面都有影響。另外中國特別強調「責任制」及「領導階層的安全控管能力」。2016 年 12 月，中國中央國務院發布「關於推進安全生產領域改革發展的意見」：

- (1) 發展絕不能以犧牲安全為代價，是不可逾越的一條紅線
- (2) 堅持安全發展，促進改革，維護社會穩定，保全人民安全
- (3) 嚴格落實企業主體責任，實施全員安全生產責任制
- (4) 加強安全風險管理，將安全生產設為前置條件、建立危害訊息管理系統
- (5) 強化企業安全預防措施，規定企業建立健全制度，詳細制定並嚴格落實安全規則。

未來願景方面：願與更多國際、國外組織合作，包含：

- (1) 增進化學製程安全概念：美國化學工程學會、化工過程安全中心、化學工程師機構。

- (2) 交換化學製程安全監督經驗：美國職業與安全管理局、歐洲化學品管理局。
- (3) 化學製程人才培育：美國化學工程學會、化工過程安全中心、化學工程師機構、化學品安全委員會、各個學院及大學。
- (4) 引進先進的化學製程安全管理經驗：巴斯夫、杜邦、賽拉尼斯、殼牌、美孚石油。

三、應變管理

1. 消防安全與應變管理 (Fire Safety & Emergency Management)

本議題主要是概述為何消防安全與緊急應變系統在製程安全管理中是極為重要，且不應被視為理所當然的事情。在一般情況下，當設施發展，化學變化和人員轉換到不同的角色時，消防安全和應變管理領域的重視程度往往比確保系統和流程來的更為重要。好的緊急應變計畫可以保護員工、減少損失、降低營運成本並讓企業持續營運。

在美國，應變計畫制定之法源依據為 29 CFR 1910.119 (n) 緊急計畫和應變。內容載明雇主應根據 29 CFR 1910.38 的規定制定並實施整個工廠的緊急行動計畫，此外，緊急行動計畫還應包含少量處理之程序。另外，29 CFR 1910.165 為員工警報系統規範，內容載明警報系統應提供緊急行動計畫中所要求的緊急行動警告；而 29 CFR 1910.120 為危險廢棄物操作和緊急應變之法源依據。

進行緊急應變管理其內容應包括下列項目：

- (1) 規劃可能發生的緊急情況；
- (2) 提供執行計畫的資源；
- (3) 實施並不斷改進；
- (4) 訓練或通知員工、承包商、鄰居和地方當局做什麼，及如何通知他們與如何報告緊急情況；
- (5) 事件發生時與利益相關者進行有效溝通。

緊急計畫通常由專業人員在設施內外進行。規劃人員與執行團隊協商並審查來自工作產品元素的風險來識別和選擇計畫方案。應該與可能涉及或受影響的工

作組一起制定應變計畫，並且應該對所有可能涉及或受影響的工作人員進行訓練及測試。執行小組通常負責立即進行緊急應變活動，例如關閉製程並隔離危險物質儲存區，以盡快得到幫助。這些團隊通常包括工廠的應變團隊，外部機構，包括消防部門，醫療人員，HAZMAT 團隊，以及某些地點的附近設施的聯防團隊。

緊急計畫完成後仍須針對上述團隊進行演習及測試，以瞭解彼此在緊急事故中所扮演之角色及整體應變程序是否妥適，而演習及測試之方式可以藉由桌上沙盤推演、功能測試、疏散演練及整體測試等方式進行。

完成緊急計畫後仍需持續進行包含：

- (1) 持續檢討及更新計畫。
- (2) 有效的訓練。
- (3) 落實並持續進行演習。
- (4) 與利益相關者進行有效的雙向溝通。
- (5) 建立所需的文化和行動紀律，確保人員堅持緊急狀態。
- (6) 更新及檢討應變計畫和程序。

2. 危害物質應變/緊急管理 (Tutorial in Hazardous Materials Response / Emergency Management)

本次會議由 SPSI (Specialized Professional Services Inc.) 公司 Tom Keefer 及 Barry Lindley 進行說明，兩位講者為過去與國內緊急應變體系長期合作交流之專業人士，Barry Lindley 則是近年我國參與 NFPA 472 認證訓練之主要講師亦曾多次受邀來臺辦理緊急應變交流訓練。

緊急應變並不能消除所有的風險，其工作是管理（控管）風險。在 NFPA472 中提及：「如果在事故當下，如果情況惡化或無法有任何作為，沒有理由繼續在現場停留」。

事故初期之資訊蒐集：能以最快的速度取得可靠之資訊，預測容器及可能的行為、估計可能的結果，做為規劃應變的基礎。危險品事故，有可能非常複雜，當資訊蒐集完成，則須決定所需防護設備的類型、採取的行動、疏散避難需求等。

即為事先制訂緊急應變計畫之需求，其步驟包含如下：

- (1) 建立一個團隊
- (2) 確定目前所擁有之資訊及資源
- (3) 風險評估：辨識所有危害
- (4) 人員生命安全防護措施
- (5) 制定所需資源清單
- (6) 確定需要及想要的資源
- (7) 確定應變級別
- (8) 制定訓練計畫
- (9) 制定溝通計畫（通報聯繫方案）
- (10) 編寫計畫
- (11) 實施計畫
- (12) 確保合約及支援耗材供應
- (13) 測試、演練並檢討您的應變作為
- (14) 升級計畫

而緊急應變計畫，最少需要包含：消防與緊急通報程序、疏散避難程序（含動線）、疏散前仍須執行之關鍵作業、疏散後對人員人數掌握、救援和醫療、聯絡人資訊等。

現場之應變處置，其程序可參考如下，包含：

- (1) 小心靠近：當應變事件，應變者應該總是在尋找有害物質。必須保持人身安全，所以需從上風/上坡/上游靠近。儘可能以遠處觀察現場，而不是直接進入熱區。
- (2) 建立應急指揮
- (3) 現場安全：應該注意環境條件，而另需依序考慮自身、他人之生命安全、財產保護、環境保護。
- (4) 危害辨識：辨識什麼有害物質存在的可能性造成傷害生命、或損害環境和財產。不僅需要識別事件中涉及的物質，還要確定可能涉及的特殊危害，如：

不穩定結構或二次危害。對應之個人保護設備，則是最後一道防線，一步都不能退讓。危害辨識有許多不同之方法，如標示、容器、顏色等等，寧可多座，以幫助自己做好的預先計畫或預防。

- (5) 評估情勢：初期危害評估，就是以成功消滅事故的關鍵。這提供應變小組對問題的初步建議，並做為基準來確定事故的改善或惡化。
- (6) 計畫/獲得幫助：聯繫外部支援單位或專業訊息中心。
- (7) 決定進入現場：如現場不能充分地在安全距離下進行評估，進入危險區域可能被視為必要的。但目標是驗證並確認現場調查的結果。如果危險尚未完全確定，進入危險區域可能是非常危險的。考量在現場的安全和健康，包括安全官員的指示、緊急醫療護理程序、環境監測、應變程序和人員監控。
- (8) 應變：最好的和最安全的應變可能是什麼都不做。退後一步，在安全距離觀察，在安全條件下再行應變工作之執行或削減工作。
- (9) 評估：不斷重新評估作為事件的進展，評估一切狀況。事件隨時間改變、天氣條件、化學反應和其他因素等。如果不重新評估，將可能在任何一個過程中受到影響。請確保有無其他備份計化之規劃（因應不同狀況條件）。

過程中，直到事件結束為至，需不斷重複分析、計畫、執行、評估之程序，如果只是做了前面，而不是不斷的執行修正，應變成功的可能性，將隨著時間慢慢淡化。

四、危害評估測試

1. 反應性化學危害之評估 (Evaluating Reactive Chemical Hazards)

本次討論會主要專注在製程安全技術之進步，包含火災、爆炸（含可燃性粉塵）、有毒物質釋放和反應性化學物質的模式建立與後果分析、建築物和設備之地點選擇、防爆、壓力釋放系統及火災預防等議題。

其中在反應性化學危害評估之議題，主講者 Peter Lodal 先生具有 23 年的製程安全與損害預防之工作經驗，目前為化學製程安全中心 (Eastman Chemical Company) 在 CCPS 技術指導委員會之代表。

此議題一開始主講者即提出每年有許多不受控制的化學反應事件導致工業界的傷亡，經濟損失和傷害。而這些事件通常是由於不能辨識或瞭解儲存，混合或加工操作中所涉及的化學反應性危害。在進行反應性化學危害評估，首先要先選擇初步篩選方法，接下再利用實驗及測試進行驗證。本議題主要是介紹初步篩選方法之介紹。

本次介紹篩選方法主要用 12 個問題，讓使用者可以快速地瞭解製程中是否有化學反應性危害。在使用這篩選方法前會有兩個問題：

(1) 誰該進行篩選 (Who should do the screening)：

通常單獨 1 個人或一個團隊皆可，但由集合不同專業的小組來執行會比較好，小組成員需要有化學背景才可以正確理解相關問題。

(2) 應篩選那些設施 (What kinds of facilities should be screened)：

初步篩選方法旨在適用於各種工業設施，從倉儲和重新包裝到混合和加工。如果評估大型工廠，建議分區域辦理較為理想，但這些區域應經由距離或其他方式分隔。以下就針對篩選方式進行說明，整體篩選流程如表 3 及圖 6 所示：

表 3 化學反應性危害篩選表

Table 1. Use a form such as this to document the screening of chemical reactivity hazards.			
Facility:		Completion Date:	
Completed By:		Approved By:	
Do the answers to the following questions indicate that chemical reactivity hazard(s) are present?*		Yes	No
At this facility:		Basis for Answer, Comments	
1. Is intentional chemistry performed?	Yes	No	NA
2. Is there any mixing or combining of different substances?	Yes	No	NA
3. Does any other physical processing of substances occur?	Yes	No	NA
4. Are there any hazardous substances stored or handled?	Yes	No	NA
5. Is combustion with air the only chemistry intended?	Yes	No	NA
6. Is any heat generated during the mixing or physical processing of substances?	Yes	No	NA
7. Is any substance identified as spontaneously combustible?	Yes	No	NA
8. Is any substance identified as peroxide forming?	Yes	No	NA
9. Is any substance identified as water reactive?	Yes	No	NA
10. Is any substance identified as an oxidizer?	Yes	No	NA
11. Is any substance identified as self-reactive?	Yes	No	NA
12. Can incompatible materials coming into contact cause undesired consequences, based on the analysis below?	Yes	No	NA
Scenario	Conditions Normal?†	R, NR or ?‡	Information Sources, Comments
1			
2			
3			
* Use Figure 2 with answers to Questions 1–12 to determine if the answer is Yes or No. † Does the contact/mixing occur at ambient temperature, atmospheric pressure, 12% oxygen atmosphere, and unconfined? (IF NOT, DO NOT ASSUME THAT PUBLISHED DATA FOR AMBIENT CONDITIONS APPLY) ‡ R = Reactive (incompatible) under the stated scenario and conditions; NR = Non-reactive (compatible) under the stated scenario and conditions; ? = Unknown, assume incompatible until further information is obtained.			

Risk Minimization

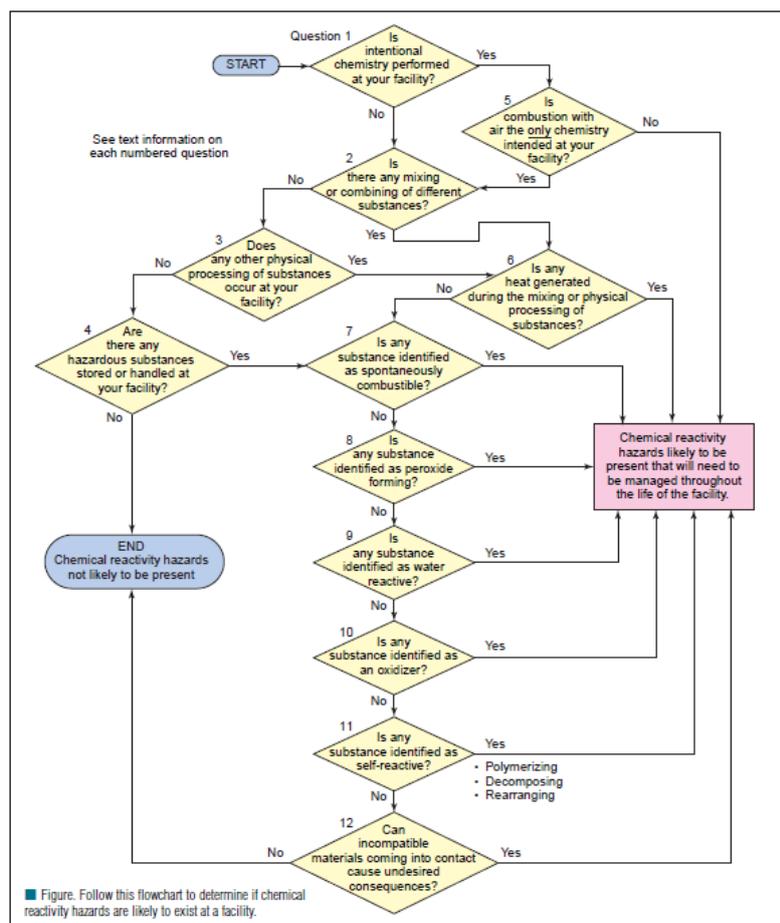


圖 6. 化學反應性危害篩選流程

A. 設施中是否有預期的化學反應存在？

針對於物質處理時，是否已發生預期的化學反應。若答”是”跳到問題 E。答”否”則往下問題 B。

B. 是否有不同物質之混和或結合？

若答”是”跳到問題 F。答”否”則往下問題 C。

C. 是否進行其他物理加工？

若答”是”跳到問題 F。答”否”則往下問題 D。

D. 儲存或處理有害物質？

有害物質包括物質之成分以及化學中間產物和副產品。若答”是”跳到問題 G。答”否”則代表設施設施不會有任何化學反應性危害。

E. 唯一預期的化學反應是空氣中燃燒？

一般的可燃物或易燃物並不被視為化學反應危害。若答”是”跳回問題 B。答”否”則化學反應性預期會發生。

F. 是否在混合或物理加工過程產生熱量？

熱量可以通過溶液的熱量，吸收熱量，機械能或其他物理熱效應產生。若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 G。

G. 是否有物質屬自燃性物質？

若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 H。

H. 有無過氧化物形成？

“過氧化物形成”是指與大氣中的氧反應形成不穩定的過氧化物的物質，如果濃縮可能會分解和爆炸。若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 I。

I. 是否與水起反應物質？

與水起反應物質指會與水發生化學反應的物質，特別是在正常的環境條件下。若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 J。

J. 是否為氧化性物質？

若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 K。

K. 是否為自反應物質？

“自反應”是指自身反應（例如聚合，分解或重新排列）的物質，通常具有加速或爆炸的快速性。若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則往下問題 L。

L. 根據下面的分析，不相容物質可能會導致不良後果？

問題 L 部分不相容物質分析可以利用 **Chemical Reactivity Worksheet**（如圖 7 所示）進行，此軟體目前是由 **CCPS** 進行維護。

若答”是”則化學反應性可能存在。答”否”則代表化學反應性危害可能不存在。

最後講者也說明初步篩選只是讓使用者瞭解現場有化學反應性危害，後續最重要的仍須要有一個管理體系來確保充分瞭解及控制危害，並開始收集數據、測試反應性、評估及控制風險、紀錄、溝通、調查、訓練及變更管理，這樣才能避免造成危害。

The screenshot displays the 'Mixture Manager' software interface. At the top, there are menu options: Mixture Manager, Mixture Report, Compatibility Chart, Reactive Groups, Custom Chemicals, Absorbent Incompatibilities, Materials of Construction, Data Sharing, and Help. Below the menu is a search bar with the text '3 chemicals found exactly matching: CAS # ->50000'. The 'Chemical Search' section shows 'Search Mode: Exact' selected. The search results table lists three entries for Formaldehyde:

X	Chemical Name (double-click on chemical name to add to selected mixture)	CAS #	UN #	DOT Label	Formula	
Info	FORMALDEHYDE	50-00-0	3077	Class 9	CH2O	3
Info	FORMALDEHYDE, SOLUTION, FLAMMABLE	50-00-0	1198	Flammable	CH2O (aqueous)	
Info	FORMALDEHYDE, SOLUTIONS (FORMALIN) (CORROSIVE)	50-00-0	2209	Corrosive	CH2O (aqueous)	

Below the search results, the 'Chemical Name' section shows 'FORMALDEHYDE' with its CAS # (50-00-0), UN # (3077), DOT Label (Class 9), and Formula (CH2O). The 'General Description' section provides details about formaldehyde polymers. The 'Reactive Group(s)' section lists 'Aldehydes; Polymerizable Compounds'. The 'Reactivity Alert(s)' section lists 'Polymerizable'. The 'Synonyms' section lists 'BFV', 'F-GEN', 'FANNOFORM', 'FLOGUARD 1015', and 'FM 282'. The 'NFPA' section shows a hazard diamond with a 3 in the blue section, a 2 in the red section, and a 0 in the yellow section. The 'Health Special' section is also visible.

The 'Mixture: Reactive Group Matrix' section shows a table with 68 chemicals in the mixture:

Chemical / Reactive Group Name	CAS Number	RG Number(s)	
Info [reactive group] Acetals, Ketals, Hemiacetals, and Hemiketals		70	
Info [reactive group] Acids, Carboxylic		3	
Info [reactive group] Acids, Strong Non-oxidizing		1	
Info [reactive group] Acids, Strong Oxidizing		2	
Info [reactive group] Acids, Weak		60	
Info [reactive group] Acrylates and Acrylic Acids		71	
Info [reactive group] Acyl Halides, Sulfonyl Halides, and Chloroformates		40	
Info [reactive group] Alcohols and Polyols		4	
Info [reactive group] Aldehydes		5	
Info [reactive group] Alkynes, with Acetylenic Hydrogen		63	
Info [reactive group] Alkynes, with No Acetylenic Hydrogen		64	
Info [reactive group] Amides and Imides		6	

圖 7. Chemical Reactivity Worksheet

2. 反應性化學物質危害測試 (Testing Reactive Chemical Hazards)

本議題由 Fauske & Associates 公司之 Amy Theis 進行說明，Fauske & Associates 公司為國際間知名絕熱卡計之規劃設計與販售公司。在歷來製程安全歷史上，有許多因物質本質危害並於製程安全管理、控制或設計不當下，引發重大事故。在歷史上多次的意外事故中，犧牲了無數的生命、健康及財務損失喚醒人們製程安全的重要性。綜合各類意外事故當中，事故的主因除了來自於人為的

疏失、操作管理失當或對危險性化學品知識不足所導致的後果之外，大部分歸因於化學反應中發生了熱失控 (Thermal Runaway) 及反應物不相容混合反應。

不安定的化學物質在製造使用或運輸過程中，可能由於一些非預期因素或發生自發分解反應 (Self-decomposition Reaction)，且其反應多屬於放熱反應 (Exothermic Reaction)，導致運作偏離正常操作範圍，進而引發失控反應現象，如若化學物質因放熱反應所釋放出的熱促使系統反應溫度升高時，若此超出原本預估之熱能未能適時藉由冷卻系統或消滅系統移除或降低時，將造成系統持續之熱蓄積 (Heat Accumulation)，進而促使反應速率急速增快，又再度誘發自發反應及放熱速度，如此週而復始，反應速率持續不斷地增加進而超出臨界條件 (Critical Conditions)，將可能造成化學物質大量放熱反應 (如熱分解)，則伴隨而來的熱量或氣體壓力將造成整個製程或儲槽區域或槽車等容器失去控制進而釀成火災爆炸等意外。此種現象稱之為「熱爆炸 (Thermal Explosion)」，如若是在一個生產製程中，整個反應會因此失控，稱之為「失控反應 (Runaway Reaction)」。

簡言之，導致整個製程產生熱失控的原因在於熱蓄積無法移除或降低。而熱蓄積的形成則可歸因於反應物本身的特性，如：化學反應速率、活化能、熱傳係數及及系統冷卻設計等問題。

該議題主要介紹熱危害分析計數及常見儀器之分析概念，提供與會者應更著重物質之本質安全，搭配適切之製程安全設計與管控，減少意外事故之發生。

以失控反應 (Runaway Reaction) 之概念，說明熱危害分析於製程安全評估上運用之重要性。於評估反應或化學品的安定性時，必須考慮以下資料：

- (1) 反應的熱化學特性。
- (2) 反應動力學模式。
- (3) 升溫速率與升壓速率。
- (4) 操作條件和使用設備狀況。

熱危害分析中，根據國際熱分析協會 (The International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry, ICTAC) 定義：熱分析是物質特性的評估，而時間或溫度是評估的參數。滿足以下性質者才能稱為熱分析：

- (1) 可量測物理性質。
- (2) 量測物質的物理特性必須直接或間接藉著溫度反應而呈現。
- (3) 溫度是製程量測中所應控制。

如果以上三者任一項不能滿足則不能稱為熱分析。

探討各種物質其物性與化性是否會造成反應的失控，因此所要求動力與熱力學參數主要有反應常數 (Rate Constant, k)、頻率因子 (Frequency Factor, A)、活化能 (Activation Energy, E_a)、反應熱 (Reaction Heat, ΔH_r)、起始吸放熱溫度 (Onset Temperature, T_{onset}) 及達到反應最大吸放熱之時間 (Maximum Reaction Time) 等。

用於熱分析的卡計有微差掃描熱卡計 (Differential Scanning Calorimetry, DSC)、微差熱分析儀 (Differential Thermal Analyzer, DTA)、熱重量分析儀 (Thermogravimetric Analyzer, TGA) 和微熱重量分析儀 (Derivative Thermogravimetry, DTG) 等。這些卡計是用以觀察物質能量變化、溫度改變和重量改變的技術工具。

DSC 對反應物、中間物、產物等作熱安定性篩檢測試，可得到反應熱 (ΔH_r)、分解熱 (ΔH_d)、放熱速率、到達最大反應速率的時間 (TMRad)、比熱 (C_p)、活化能 (E_a) 等數據，如果非預期反應的絕熱升溫 ($\Delta T_{ad,} = \Delta H_d/C_p$) 小於 50 K，屬於低嚴重性的熱危害，無需再做進一步測試。

若絕熱升溫超出前述範圍，則須針對在 DSC 測試中篩檢出的危害源作加速熱卡計 (Accelerating Rate Calorimeter, ARC) 或緊急排放處理儀 (Vent Sizing Package 2, VSP2) 等絕熱卡計實驗測試，精確的模擬物質在絕熱狀況下失控過程中溫度及壓力變化情形，其可得到的數據有絕熱升溫 (ΔT_{ad})、溫度上升速率、壓力上升速率、放熱起始溫度、到達最大反應速率時間、最大壓力、最高溫度 (T_m)、反應階數、反應活化能等 (E_a)。

說明中介紹三種主要之熱卡計，包含為差掃描熱卡計 (DSC)、ARC、緊急排放處理儀：

- (1) 微差掃描熱卡計 (Differential Scanning Calorimetry, DSC)：其功能在於量測物

質微量的熱量變化與溫度間的關係。其測試原理是將參考物與樣品放置於加熱爐中，藉四周之加熱器控制加熱爐溫度。而在參考物與樣品下方各連接熱流感溫體及熱電偶 (Thermocouple)，在測試的同時，可以及時偵測出參考物與樣品間的溫度差 (ΔT)。

2. 加速熱卡計 (Accelerating Rate Calorimeter, ARC)：為早期開發之熱卡計，其設計在反應器部分，為一厚壁之小型鋼球，可承受反應下產生較大之壓力。其分析原理採加熱—等待—搜尋 (Heat-Wait-Search) 之步驟。先將卡計加熱至某一設定溫度在此溫度等待一段時間 (約 10 至 20 分鐘) 以維持熱平衡，之後進入搜尋狀態，若放熱速率大於起使放熱設定值，則關掉加熱器，使物質進入自發性放熱狀態，並在外部隨時以加熱器進行加熱，以維持反應物溫度與爐體溫度相等的絕熱狀況。但為求耐壓設計，在反應器設計之小型鋼球容器，可能造成過多熱值被容器所吸收，影響偵測之精準性。
3. 緊急排放處理儀 (Vent Sizing Package 2, VSP2)：為美國 Fauske & Associates, Inc. (FAI) 公司發展經美國化工學會 (AIChE) 中的 DIERS (Design Institute for Emergency Relief Systems) 認可使用的儀器。其分析原理與 ARC 相同，採加熱—等待—搜尋 (Heat-Wait-Search) 之步驟，其操作溫度範圍由室溫至 400°C，偵測靈敏度為 0.05°C/min。常用的反應器之材質有 Hastelloy C 及 316 不銹鋼。在加熱狀態時，外套層 (Jacket) 之加熱器依據反應器與卡計間之溫度差 (ΔT) 來加熱卡計，以維持卡計絕熱狀態，而等待狀態可使熱量傳遞更為均勻，於搜尋狀態下，若反應器平均溫度改變速率大於所設定之靈敏度，則進入放熱狀態 (Exothermic Mode)，VSP2 會由外套層加熱器保持卡計之絕熱狀態，並記錄反應之溫度、壓力數據。而反應容器周邊則包覆絕熱棉，以減少熱之損失，使其分析結果更為精確，為目前常見使用之絕熱卡計。另反應容器之薄壁設計，雖可減少熱值被容器吸收，但相對耐壓程度則遠不如 ARC，為此在該儀器設計上，在反應容器外部爐體，為密閉約四公升之爐體，搭配反應器之壓力偵測，可透過外部氣體 (如氮氣鋼瓶) 進行追壓，減少反應容易內外之壓差，避免發生過壓爆破之情形 (如圖 8)。

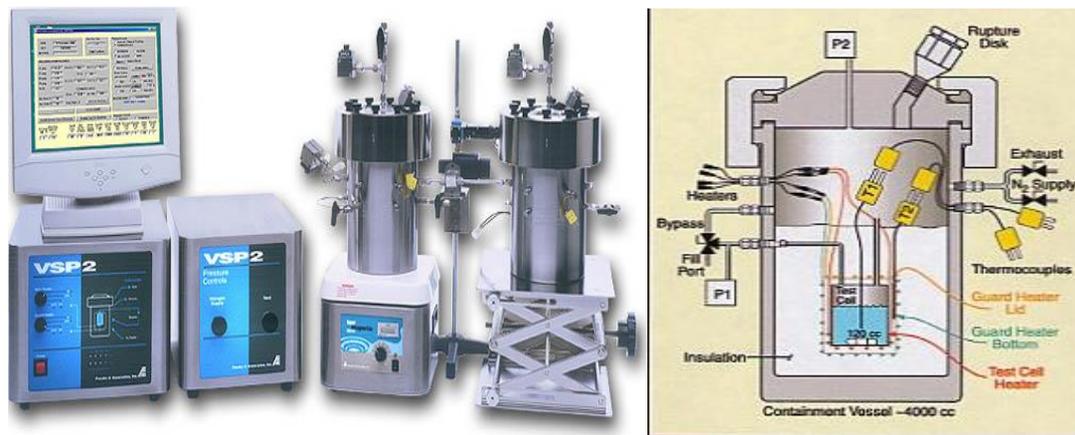


圖 8. 緊急排放處理儀 VSP2 外觀及內部構造

五、案例調查

1. 美國化學安全委員會調查報告及控制層級 (CSB Investigation Reports and the Hierarchy of Controls)

本議題由 Dalhousie University Paul R. Amyotte 進行說明，美國化學安全委員會 (Chemical Safety Board, CSB) 為美國獨立於聯邦機構下，相關重大事故調查之單位，在 2009 年 12 月至 2016 年 5 月，進行相關事故調查，在分析相關內部工程安全及製程安全事證之案例後，所發布的 25 份報告中，相關之風險削減措施，共同形成了安全控制之層級，並分析其於事故預防及事故後果消滅之貢獻。並受到加拿大化學工程學會 (Canadian Society for Chemical Engineering, CSE) 推薦的製程安全管理 (Process Safety Management, PSM) 系統之重要因子。

本文為延續於 2011 年第 13 屆化工廠安全研討會中，所提交前期研究論文之延續，當時彙整了 CSB 於 1998 年至 2010 年期間所編撰之 60 份調查報告，進行了相似的分析工作。本文則提供了更進一步說明，強調 CSB 調查報告在展現歷史經驗教訓、培訓及安全教育工作方面的重要價值。

彙整統計相關調查報告，其結果主要有以下重點：

- (1) 製程安全是 CSB 報告中最常見引用的風險控制措施。
- (2) 在 CSB 調查中，既有之安全原則，在事故預防和危害削減上之有效性更受到認可。

(3) 在相關事故預防中，風險降低之工作相較於危害後果消滅的工作更為頻繁。而積極的工程安全措施，在消滅作為中尤其普遍，主要由於現今製程工廠普遍設置警報設備和滅火系統。

本文說明討論進行 CSB 事故調查報告彙整及統計之理由與動機。並透過事故案例，說明控制層級中，既有、被動、積極主動之工程設計與製程安全層級之間的相互作用。以案例分析為基礎之方式，說明預防及削減之風險降低概念、控制層級與製程安全的系統管理之間的關係。依據既有之安全原則，包含：控制層級、風險組成（預防或消滅）製程安全管理（PSM）等要素，將其各項百分比細分，首次於 2011 年發表其定量結果。

在整個論文中，美國化學安全委員會調查報告所提供之經驗與教訓，其重點著重於製程安全。這些經驗教訓提供了在設計階段（如：廠址選定之限制）及運營階段（如：透過適宜之儲存容器，存放危害物質）等，做為現行安全應用之提引。

2. 重新審視包覆層下腐蝕 (Corrosion Under Insulation Revisited - Aren't we about to Finish that Project)

本議題由陶氏化學公司之 Andrew Morey 進行說明，2008 年 03 月 13 日陶氏化學 LHC (Light-Hydrocarbon) 工廠發生了一起因包覆層下腐蝕 (Corrosion Under Insulation, CUI)，造成之洩漏爆炸事故，事故始於廠內一條 8 吋管線被檢測到有一針孔大小的洩漏，操作人員雖第一時間進行隔離與降壓，但隨後還是發生爆炸，所幸管線的兩端未被完全破壞，沒有造成更大的傷亡。

破裂的管線已建造了 30 年，材質為 20 號碳鋼，輸送物質為 40% 乙烯，屬非腐蝕性氣體，由於該管線使用於再生製程，於一般輸送時溫度為 -17°C（運行 20 天），進行再生程序時溫度為 220°C（運行 1 天），溫度的變化使得大氣水分於管壁上冷凝與蒸發，進而導致包覆層下腐蝕，造成管線破裂。

事後調查此次事故之根本原因在於設備的檢查不夠完善，對於高敏感之管道系統應加強管理與評估，陶氏化學公司後續對於設備管理提出了 3 點改善方案：

- (1) 舊版的設備完整性標準（Mechanical Integrity Standard）過於含糊，新頒布之版陶氏設備完整性安全標準（the Dow mechanical integrity safety standard）對於 CUI 敏感區域管線需進行檢查之作為與描述更為詳細。（如圖 9）
- (2) 設備完整性標準程序不能僅單由委外之檢查人員執行，熟悉製程操作之工廠人員也須共同參與檢查。
- (3) 調查分析其他管線腐蝕事故之肇因並回歸至 CUI 檢查標準中，對於類似敏感區域皆須徹底進行檢查，而其他尚未檢查過之管線也應立即進行檢查。

CUI 風險的有效控管是製程安全管理的重要部分，且並非一次性作業，需要不斷地執行與改進，雖然在改良 CUI 檢查程序的過程中會需要耗費昂貴資金（去除管線包覆層與重新包覆管線），然而透過實踐良好的安全管理系統才能夠有效的避免事故發生，延續工廠的生命。

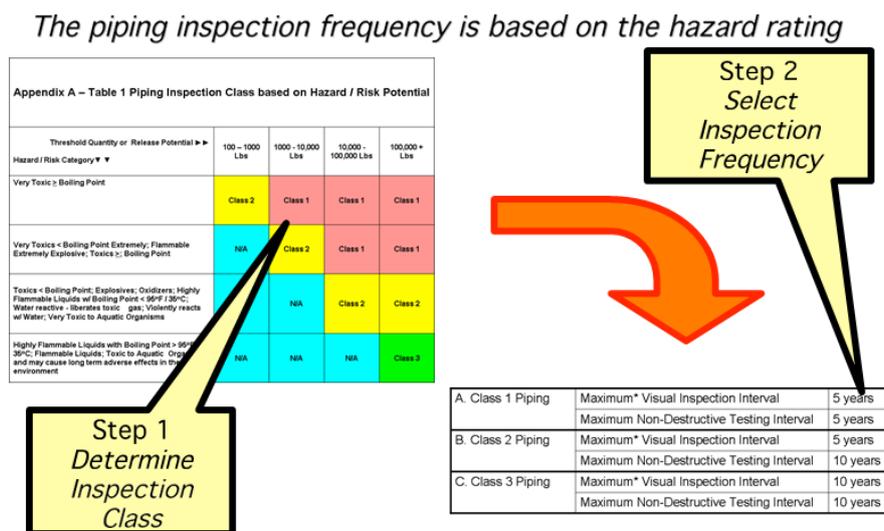


圖 9. 「陶氏設備完整性安全標準」中不同管線危害風險對應之檢查頻率

六、新穎科技技術

1. 案例分析：無人載具系統面臨的機會與挑戰 (Unmanned Aircraft Systems (UAS): Case Studies that Highlight Challenges and Opportunities)

本項議題由 Premium Inspection & Testing 公司銷售經理 Robert Shirley 進行簡報，講者表示在操作工廠設備時，員工的安全是第一優先要務，而高空及局限

空間作業場所，像是燃燒塔、冷卻塔和反應槽等，在製程檢查過程中對員工來說，都是極大的風險，傳統的檢查方法通常需要吊車、升降機和繩索吊掛，必須讓員工很接近目標以獲得必要的資訊，並執行必要的目視檢測，這種情況明顯地對工廠產生巨大的安全風險。此外，高空平台和繩索吊掛的物流規劃不僅耗時且經費昂貴，這些成本每天高達上百萬美元，而且檢查過程中常常需要將廠房內其中一項操作單元停機。

若使用無人載具系統這種新興的技術，可提供準確的、即時的設備資訊，且捕捉到與吊車或升降機方式不同的角度，無人載具系統公司可將現場檢查的畫面傳輸到監控螢幕上，讓客戶可以直接看到這些數據資料並指揮操作，若有需要，無人載具系統還可加載雙回饋設備模組，每台飛行載具可同時看到高解析度及熱影像畫面，若加裝保護框架，還可以防止撞擊或避免傷及周邊人員。

此外，光學伸縮鏡頭可使無人機與燃燒塔在安全距離下操作，仍可捕捉相當細部資訊畫面，捕捉到的資訊畫面可以存入 DVD 上轉成公司檔案。有關成本的部分，據該公司發現無人載具系統檢查方式比起傳統檢查方式可節省 70% 至 80% 的成本。然而，無人機在使用上仍然面臨重大的挑戰，像是取得美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 執照、美國國土安全部 (United States Department of Homeland Security, DHS) 及附近民眾關注等。

簡報結束後與講者詢問有關這款新式無人載具價錢，她表示依據各款式，包含四輪、六輪、有無保護框等，價錢從 1 萬美元至 2 萬 5,000 美元不等，其產品網頁 (www.flyability.com) 及手冊有詳細介紹這款新式無人載具特色，在展場亦有進行展示，成員亦前往展場實際瞭解（如圖 10 及圖 11）。

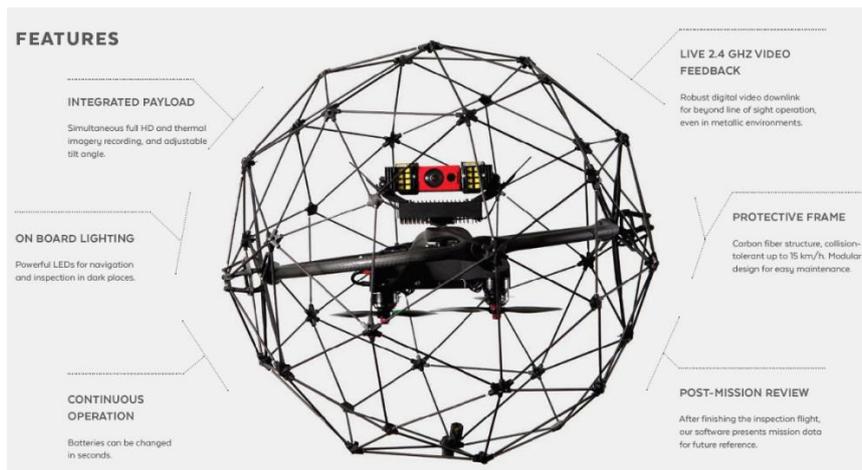


圖 10. 新型態無人載具系統特色介紹



圖 11. 新型態無人載具展場展示

2. 瞭解複合性中型散裝容器之火災風險及最新防火規範 (Composite Intermediate Bulk Containers (CIBCs): Understanding Risks & Emerging Fire Code Issues)

本項議題由 DEKRA 公司副執行長 Mike Snyder 進行簡報，他表示使用複合性中型散裝容器 (Composite Intermediate Bulk Containers, CIBCs) 儲存和處理可燃性液體會造成極大的火災風險，英國職業健康與安全管理局 (Health and Safety Executive, HSE)，從西元 2003 年至 2006 年即開始研究這方面的工作，經過多年的研究和教育的努力下，已漸漸瞭解火災風險管控重點，不幸地，許多有關 CIBCs 的重大火災，說明了對工廠而言如何正確地管理這些危害，仍面臨許多挑戰。

美國消防協會 (National Fire Protection Association, NFPA) 30 之易燃性和可燃性液體規範 (Flammable and Combustible Liquids Code)，提供美國易燃性和可

燃性液體相關規定的基礎，而 CIBCs 最早在 2003 年版 NFPA 30 中已為核可的儲存容器，經多年發展，2015 年版 NFPA 30 對於 CIBCs 儲存及使用上已有相關要求，包含：

- (1) 除非在 Section 9.1.4 中所訂之特定限制條件下，否則不可使用 CIBCs 儲存 Class I 易燃性液體（註 1）。
- (2) 儲存容器分為受防護及未受防護兩類，並在附錄中加註相關指引，限制未受防護的儲存容器數量和配置方式。

而 2018 年版 NFPA 30 對於 CIBCs 儲存及使用上新增以下兩項要求，包含：

- (1) 任何儲存 Class II and IIIA 可燃性液體（註 1）之 CIBCs，必須經登錄且取得防火標章，未經登錄且取得防火標章的 CIBCs 不得使用。
- (2) Section 18.5.4.1 有關液體儲存量在事故使用的應用有重大的改變，由於執行危害分析有新的要求，因此液體最大容許量降低，使得操作區域可容許 CIBCs 的數量減少。

為了簡化複雜的決策程序，講者研發了兩個流程圖（如圖 12 及圖 13），以便選擇正確的 CIBCs 提供液體儲存及如何決定容許的儲存配置。

註 1：

NFPA 30 對易燃性和可燃性液體之分類如下：

Class IA- 閃點低於 73°F；沸點低於 100°F

Class IB- 閃點低於 73°F；沸點等於或高於 100°F

Class IC- 閃點等於或高於 73°F，但低於 100°F

Class II- 閃點等於或高於 100°F，但低於 140°F

Class IIIA- 閃點等於或高於 140°F，但低於 200°F

Class IIIB- 閃點等於或高於 200°F

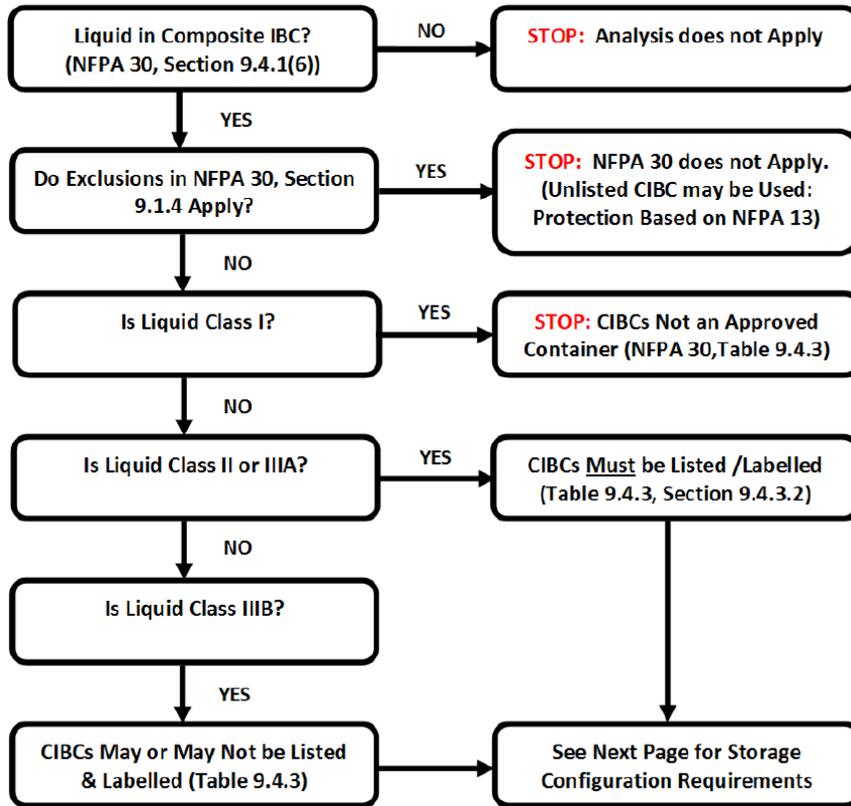


圖 12. 2018 年版 NFPA 30 對於 CIBCs 儲存各類液體之要求

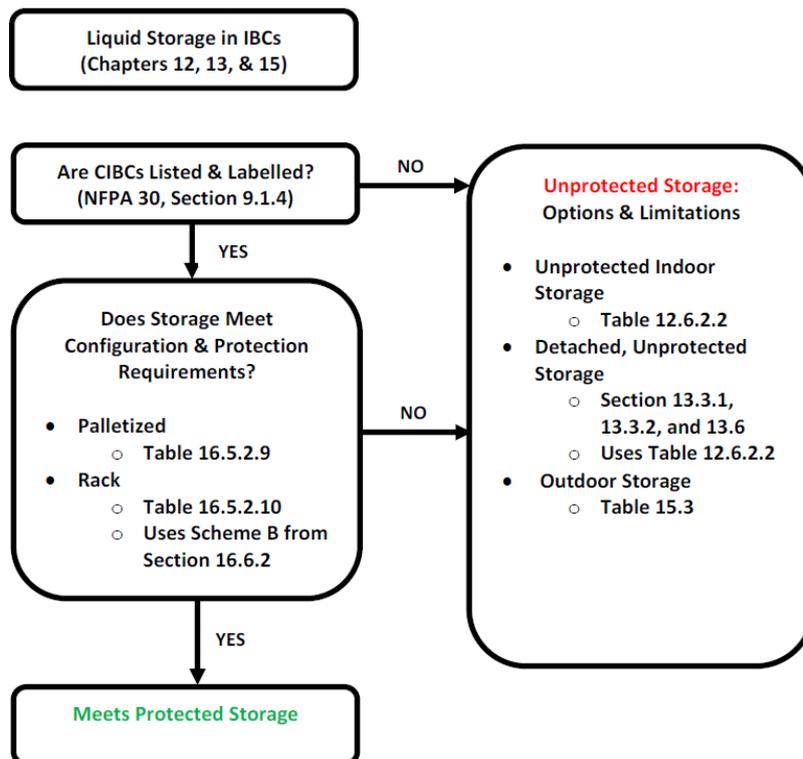


圖 13. 防護及未受防護之 CIBCs 對於可燃性液體儲存之配置規定

講者也提到近期有一種創新的 CIBCs 火災風險管理方法被提出，使用的是孔狀地面排水系統，這種方法藉由引導洩漏的液體來限制池火 (pool fire) 的大小，並利用冷卻排水系統將溢流的液體導入污染物收集處，如此一來，當 CIBCs 發生火災事故時，可減緩可燃性液體及池火的散布，控制其影響範圍，FM Global 公司對這方面已有進行相關的測試研究 (如圖 14)。

此外，講者提到近期有研究指出即使大量囤放空的 CIBCs 也會造成巨大火災風險，因此，工廠也必須有完善的灑水防護措施以控制火勢，FM Global 公司對於空的 CIBCs 也有相關的防護規劃建議。

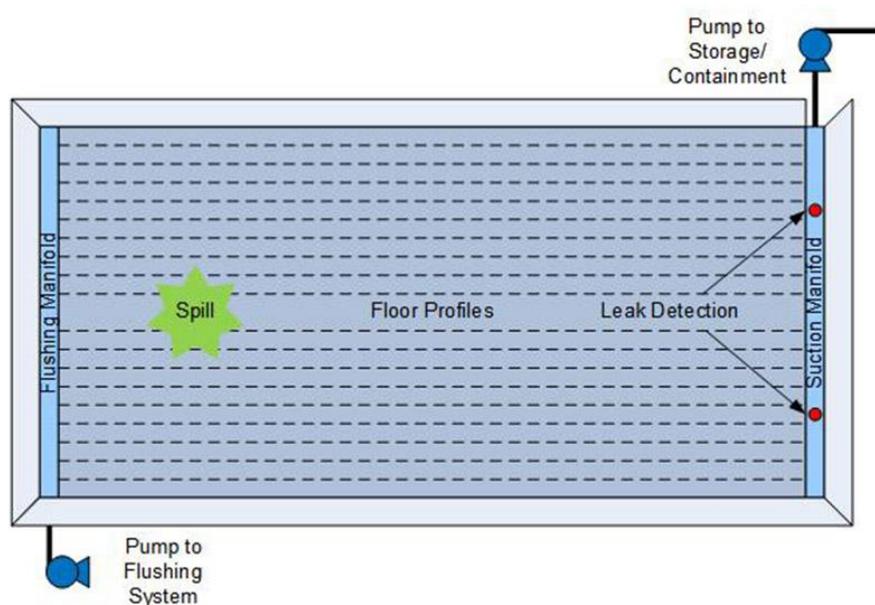


圖 14. FM Global 公司設計之排水系統可限制池火大小

3. 大數據動態設備狀態監測與故障診斷的現狀與展望 (Situation and Prospect of Dynamic Equipment Status Monitoring and Fault Diagnosis on Big Data)

對於任何產業而言，其系統設備優劣，會影響其產能效率及可能之風險，所以有效掌握設備狀態是極其重要的一件事情，為了得知廠場設備狀態，一般會去測量其特徵，如振動、溫度，超聲波等參數，以有效評估當前設備之狀態，而如何有效進行動態設備監測並結合故障診斷技術，進而對設備之故障原因、位置和損壞程度進行評估其後續影響，並於預測趨勢之後，提出解決技術問題和修復之建議即是本研究專題報告所探討之議題。

近 20 年來中國石化業因設備故障發生多起重大事故（如表 4 所示），以本研究報告中石化公司運作現況統計觀來，其動力設備之主要問題是滾動軸承之故障約占 70%，而根據研究文獻統計通常運作疲乏是滾動軸承失效的重要原因，所謂的軸承壽命即是疲乏壽命，即使是裝設於相同設備之軸承使用期限差異甚至達到數十倍和數百倍，而這些差異主要是因不適當之安裝與潤滑，造成水和其他雜質物質沁入，導致腐蝕和過載等多種會損害軸承之情形，故滾動軸承故障監測之重要性不言而喻，而針對此一典型動態設備故障之因素，探討了傳送感測器佈點優化問題，並採用振動及其他參數模式法分析了關鍵參數與故障狀況之關聯，盼能有效建立故障診斷和運行狀態之預測評估模組。

表 4 中國重大石化事故列表

項次	事故名稱	時間
1	大港石化工業公司	2003/08/01
2	西南油氣田事故	2005/01/08
3	大連石化工業公司	2017/08/17

以全球目前動態設備監控技術現況而言，隨著虛擬模擬科技，神經網絡和遠程故障診斷等科技的不斷發展，傳送感測器及信號處理技術，加上非線性理論，與過往設備狀態監測技術相較已進化更加靈活，且更為高效與精確，加上大數據此一領域之發展，能夠幫助改善以往應用軟體不足以處理大量且複雜之資訊，所以運用資訊化方法收集相關參數，整理和分析運行設備的數據，已成為實現自動人工智能診斷設備狀況之必要目標，但報告中也明確指出中國由於缺乏人員和技術，輸入數據有限，無法建立完整之數據庫，必須培訓專業之技術人員，發展關鍵監測技術，才能提高其結果可靠性。

如同中國一般，石化產業也是我國經濟發展重要推手之一，但在 99-100 年間短短一年內，雲林六輕離島工業區便發生 7 場事故，且主要原因大多為設備狀態不良，進而導致事故發生，由此一警訊可知本研究報告所探討之問題也存在於我國，而綜觀國內石化產業現況，發展及應用此一技術者寥寥可數，我國政府及

相關單位需多加重視，除了有效協助石化產業發展外，更能有效地管控其風險，減少社會資源損失。

4. 物聯網技術於工作現場安全和事故預防中之研究與應用 (Research and Application of Internet of Things Technology to Working-Field Safety and Accident Prevention)

物聯網 (Internet of Things, IoT) 技術為全球資訊產業繼電腦及網際網路後第三種關鍵之發展技術，其基本應用技術即是將所有用品透過射頻識別 (Radio Frequency Identification, RFID) 等資訊感測設備與網際網路連接，進而實現智能化辨識及相關管理等，簡而言之，即是透過物聯網對使用者之行為模式進行感知及預測，近年在射頻識別技術迅速發展之影響下，世界各國逐漸清楚該技術應用發展之方向，其中歐盟、美國、中國、日本與我國皆積極著重於此方面之成長。

本研究專題報告是由中國石油寧夏分公司環保部門馬處長會濤之報告分享，主要是向與會人員說明現今中國於石化廠場運用物聯網技術於工安及防災領域發展進度及實際應用之成效，中國自 2015 年起便著手挑選規模較小之肥料廠尿素製程設備進行相關巡檢管理系統之開發與試應用，並隨著實務應用經驗進行相關系統修正，而後擴大應用廠場之範圍，直至 2017 年時已於煉油廠達到全系統管理之設置及應用，其技術發展思路主要分為內部操作、外部操作及維修保養等三大方向，而基於此邏輯基礎上，建置包括安全導向之巡檢、日常設備檢修維護風險之控制、製程操作控制、基於固有安全事件之管理及硬體整合集成之功能等 5 面向之管理系統，而通過互聯網技術建置多面向管理系統後，該應用廠場無論是在人員巡檢狀況及安全、日常設備維護保養、製程操作上可能之風險與線上即時監控等皆可見到成效（如圖 15、表 5 及表 6 所示）。

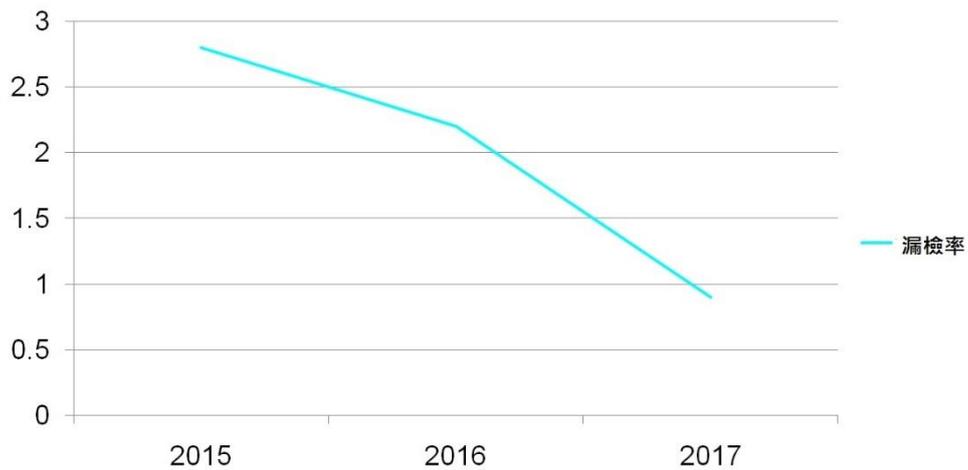


圖 15. 廠場人員巡檢漏檢率變化

表 5 安全導向之巡檢系統成效（範例）

應用互聯網技術前	應用互聯網技術後
巡視時，管理人員無法實時檢視	於巡視過程中巡檢人員實時上傳，以利管理人員隨時隨地查看廠場狀況
漏檢或無法直觀地顯示缺失情況	隨時通知漏檢及缺失情況
如不慎發生事故，由於無法立即得知巡檢人員所在地，無法第一時間內展開救援	如不慎發生事故，因隨時定位之故，能立即得知巡檢人員所在地，並於第一時間進行救援

表 6 日常設備維護之管理系統成效（範例）

應用互聯網技術前	應用互聯網技術後
設備維護之風險辨識過度依靠人員之經驗	系統自動生成確認之風險度量值
無法有效監控整個維護過程	實時線上檢視，系統顯示所有維護處理程序
紙本記錄易損壞或遺失，且統計數據複雜及人為因素導致不夠準確	管理系統可有效保存及生成各種相關之統計數據

我國政府相關單位自 2002 年以來便積極推動企業從電子化及行動化走向 U 化發展，目的即是欲將資訊科技產業應用推向智慧化，其中 2010 年所發展之「i236 智慧生活科技運用計畫」雖包含了安全防災此一領域，但目前實際建置且應用於

產業深度與廣度仍有所不足，依實際輔導訪查中部地區大多數化工產業之經驗，可發現多數業者主要仍以人為系統為輔此類傳統之作法，除了無法確保工作現場人員安全外，也無法有效落實危害預防，更會造成廠場資源耗損等，故建議相關主管機關可由技術研發及產業輔導發展等兩方向著手進行，進而真正將物聯網技術應用於各產業之安全防災上。

七、展場及海報參觀

本年度 GSPS 會議，另邀集相關製程安全、工業安全及風險業務廠商設置展攤，提供與會人員接觸現行新開發或完善設計之各式製程安全與風險管理工具、軟體或服務方案。提供相關業界、權責機關及緊急應變等從業人員，做為多元製程安全相關專業知識與技術來源。參與人員亦就先前接觸或新穎議題與參展攤廠商進行接洽及詢問（如圖 16 及圖 17）。

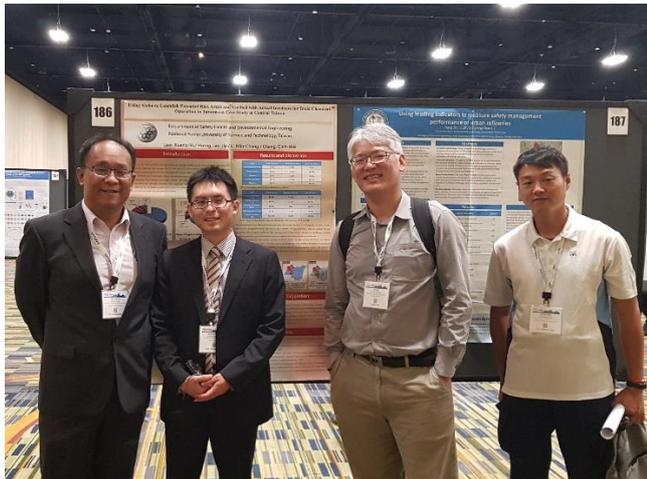


mineARC System 製程作業氧氣主動式供給系統

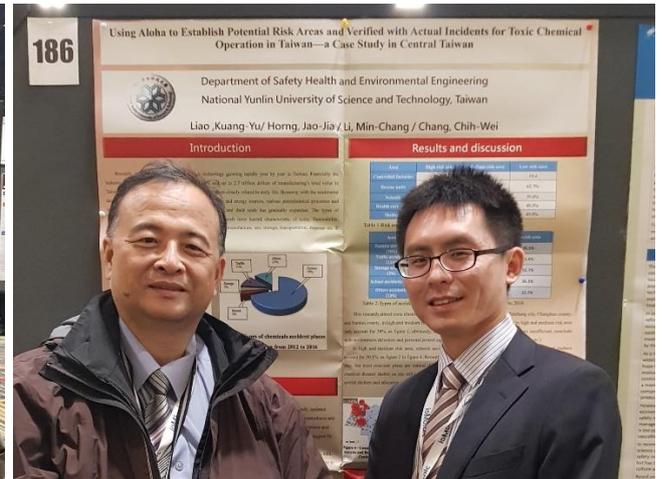


DNV SAFETI 風險評估軟體展示

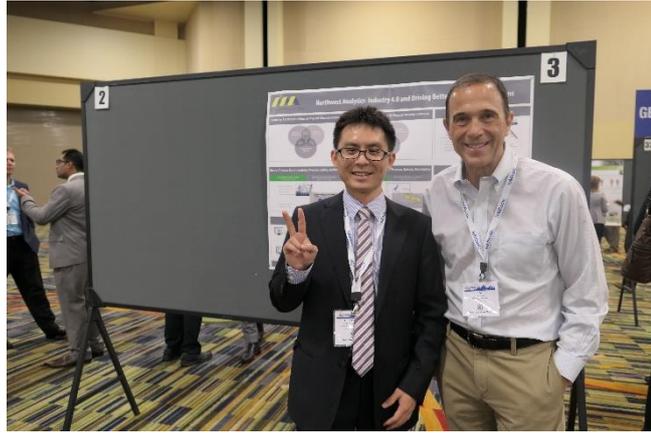
圖 16. 參觀展場展示剪影



國內作者海報展示



與國際合作友人 SPSI 公司 Tom Keefe 及 Barry Lindley 展場合影



海報展示與作者合影

圖 17. 參觀海報展示剪影

八、Leak City™ 參訪

本次於出國前即接洽位於阿拉巴馬州之亞森斯市 (Athens, Alabama) 之 Leak City™ 訓練單位及訓場，該訓場為美國運輸部、消防及相關民間應變單位依佛羅里達州地理位置推薦之專業機構，實景面積約 2.5 英畝之小型模擬城市。訓練範圍涵蓋化災、消防及管線緊急應變等，並為民間業者成立之訓練場，含訓練教室及多個實場情境，主要為協助天然氣事業業者（如天然氣協會、天然氣所屬承攬商、或天然氣營運等單位）之培訓，經協調於 4 月 27 日當日前往拜訪。

4 月 27 日當天由亞森斯公用事業氣體部門經理 Steven W. Carter 及 GIS 管理人員 Mason Matthews, Meng 等人接待，由參訪人員先說明來意，因應臺灣高雄地下管線氣爆案例描述，為強化化災、工業管線、地下管線緊急應變人員訓練，說明此次參訪目的。後續由 Steven 經理說明 Leak City™ 之建置規劃、訓練內容，並由 Mason 帶領下，參觀訓場訓練設施，期間亦透過討論方式，瞭解其訓練課程內容、授課及收費方式等資訊。

首先與該中心討論關於人員訓練模式，該中心主要依循美國運輸部 (United States Department of Transportation, US DOT) 之規範進行相關訓練，Leak City 提供天然氣操作人員培訓，須完成所有單元訓練、測驗後才能結訓，以確認學員學得完整之技能，測驗方式則包含電腦線上測驗及現場實作測驗。

此外，Leak City 也提供客製化之訓練服務，一般公司企業也可直接洽談單元訓練，基本的訓練內容包含洩漏巡查、洩漏檢測、消防培訓、定位地下設施與災害初期應變等，亦包含 HAZMAT 訓練課程。常規課程包含如下單元：

- (1) 管線迫驅 (Purging) 和清管 (Pigging) 程序
- (2) 管線壓力檢查
- (3) 侷限空間及安全避難所
- (4) 氣體意外事故洩漏控制
- (5) 土壤沉陷
- (6) 陰極防蝕保護
- (7) 個人防護裝備
- (8) 消防技能
- (9) 客戶端洩漏調查
- (10) 可燃性氣體偵測器操作
- (11) 洩漏調查及分類
- (12) 臭氣 (天然氣加臭)
- (13) 緊急應變急及復原
- (14) 設施定位及標記
- (15) 開挖安全
- (16) 鋼管及塑料管修復
- (17) 管線鑽孔及封堵 (Tapping and Stopping)
- (18) 管道焊接檢查
- (19) 塑料管道融接
- (20) 壓力調節器和檢查站

Leak City 訓練單位猶如一個小城鎮，上述這些室內外課程，以訓場內道路區分，而道路皆有其路名，就像是在一個真實的城市裡，有各式瓦斯、天然氣等議題 (如查證、偵檢、開挖、消防、止漏等)，讓參訓學員如同置身於真實城市中，面臨各式意外狀況，學習其處理、應變及防護之方式。

訓練採小班制訓練方式，每班次訓練人數控制在 15 人以內，以利學員互相交流討論，並確保學員得以實質參與各項訓練模組學習經驗。講師是符合天然氣事業要求的專業人士，每個人都具有天然氣相關全面及完整之知識。平日只由約 5-10 人維運，於訓練時，再行調度亞森斯公用事業氣體部門相關人員到場協助。

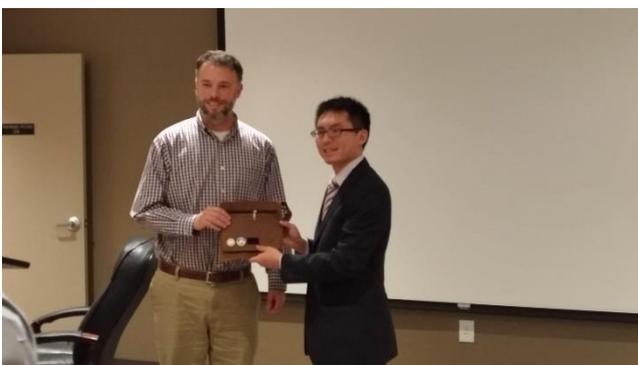
模擬仿真訓場包含：住宅、街道、路燈和天然氣管線等，做為協助天然氣或管線從業人員操作認證 (Operational Qualification, OQ) 之培訓及複訓之重要設施。美國聯邦亦透過 Leak City 進行氣體管線安全檢查人員專業訓練，透過實際觀察及仿真情境，訓練學員具備應有之技能、知識及能力。

以課程安排密度及營運狀況而言，每天約可容納 80 位學員進行訓練，而課程一週只有三天會安排訓練課程，冬季則不安課排程，訓練費用每人每天約 120 美元，除前述天然氣從業人員外，亦包含許多美國警察、消防或應變單位人員參與訓練，訓場網頁亦公告其課程時間表及訓練日期，讓參訓學員/單位有更多之選擇時段。

Leak City 訓練設施與模組之規劃設計主要以天然氣與丙烷之輸送管線為主，包含日常的操作設施與洩漏情境模組，在現場參訪時也有見到以實體槽車改裝之洩漏訓練模組，供學員進行實地止漏與滅火訓練。另外此次參訪，Leak City 也特別展示地底與地上管線洩漏並燃燒之情境模擬設施。



與亞森斯公用事業氣體部門經理
Steven W. Carter 合影



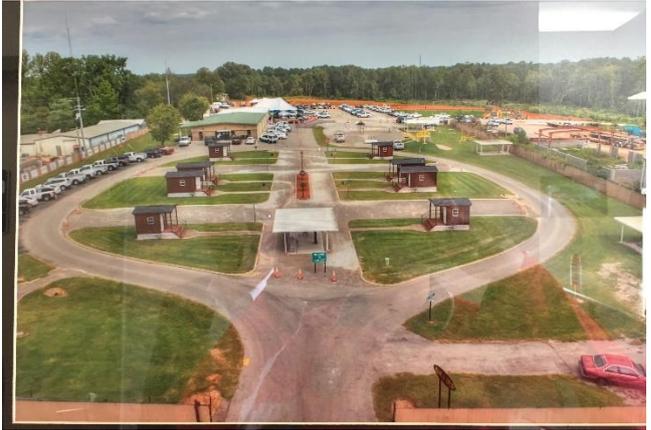
與亞森斯公用事業氣體部門 GIS 管理人員
Mason Matthews, Meng 合影



與亞森斯公用事業氣體部門經理 Steven W. Carter 及管理人員 Mason Matthews, Meng 訓練業務討論



Mason 進行 Leak City™ 訓場介紹



Leak City™ 全景 (照片翻拍)



壓力容器火場及 BLEVE 仿真模組



高壓槽車閥件與管路洩漏/火災模組



地下管線洩漏燃燒之情境



土壤覆蓋地下管線洩漏燃燒之情境



管線及閥件操作/止漏訓練模組

圖 18. Leak City™ 參訪剪影

伍、心得與建議

一、研討會參與心得分享

1. 隨著數位科技的蓬勃發展，先進國家已將大數據分析、物聯網、雲端資料庫、即時連線監控等技術應用於化工製程安全管理，以提升製程效率，確保員工健康，降低事故風險，並協助管理人員做出最佳之決策判斷，同時也在關鍵的製程階段，加強網路資訊安全管理，以防駭客入侵，這些先進技術的應用值得國內學習。
2. 先進國家已將無人飛行系統技術應用於化工製程安全管理，協助製程安全管理人員進行設備檢查，不僅可以提升員工安全也可降低公司成本，我國也有運用無人機進行災害事故現場的勘查，但本次研討會接觸到的無人機機型與我國不同，功能更加多元，例如：無人機外圍可加裝保護框架，避免機體受創，可進入局限空間作業，也可避免傷及周邊人員。這項技術的應用值得國內持續追蹤，做為未來應變器材更新之參考。
3. 美國對於複合性中型散裝容器(Composite Intermediate Bulk Containers, CIBCs)的使用規範，會依據事故處理的經驗及相關防火測試不斷地檢討改進，在 2018 年版 NFPA 30 中新增了兩項要求，包含 CIBCs 必須經登錄且取得防火標章，才可儲存閃點高於 38°C 以上未達 93°C 之可燃性液體，以及作業區域可容許存放 CIBCs 的數量減少。這使得 CIBCs 的使用上更加嚴謹，值得國內注意。此外，國外有公司研發一種引導 CIBCs 洩漏液體之孔狀地面排水系統，可有效控制火災事故發生的範圍，以降低事故風險，這項新的技術也值得國內參考學習。
4. 包覆層下腐蝕(Corrosion Under Insulation, CUI)問題普遍存在於各工業製程工廠中，因其腐蝕狀況被隱藏於包覆層下，不易以肉眼發現，當發現腐蝕問題時常已十分嚴重，因此，國外 CUI 的風險管理是製程安全管理的重要一環，工廠對於具包覆層與塗覆之管線設備檢修及检查工作十分落實，避免因 CUI 造成洩漏之情事，國外 CUI 檢查程序之精神值得國內工廠參考。

5. 研討會之展場展示，由業者提供最新軟體、設備及教育訓練等資訊，可供國內參考學習，對於未來新技術引進或開發符合國內本土化之設備或軟體，都有其助益。
6. 國外政府單位於重大災害事故後，會召集各部會與專業單位討論，對安全管理法規進行全面的檢討與修訂，國外法規修訂經驗，可協助國內檢視和更新現行相關法令及規定，以完善國內製程安全管理之推動，防止化學災害之發生。
7. 全球製程安全大會包含製程安全、損失預防、製程安全管理等多個研討會同時舉行，提供參與人員多元之議題選擇，但當中涉及較為專精之內容，如熱危害分析、粉塵爆炸、風險評估、製程安全評估等，參與人員可能需具備部分基礎知識，方能於現場掌握議題重點內容。

二、訓練單位參訪心得分享

1. Leak City 為民間自行設置之訓練單位，主要依循美國運輸部(Department of Transportation, DOT)之規範，辦理天然氣管線設施操作人員訓練，因訓練成效逐步受到業界、政府消防部門、應變單位肯定，成為定期開班授課之訓練單位，雖然範圍不大，但各式天然氣管線訓練設施相當豐富，並打造實際的街道和房屋，可以設置不同的情境考驗學員臨場應變能力。
2. Leak City 訓練單位採單元式訓練課程，無制式認證時數，可依顧客需求客製化組合調整，且訓練課程採用小班制，每班訓練人數控制在 15 人以內，以增加學員交流互動機會，這些課程安排的方式，可提供我國未來訓場課程規劃參考。
3. Leak City 訓練單位以實火燃燒模擬天然氣洩漏燃燒情境，讓受訓人員瞭解不同洩漏情況下，災害發生之實際狀況，此種仿真設計可納入未來國內訓場建置參考，提升受訓人員應變能力與經驗。

三、建議事項：

1. 本局未來執行毒化物運作廠場輔導時，可將本次研討會蒐集到新的製程安

全管理技術及知識提供業者參考，以提升工廠製程安全，間接降低事故風險。

2. 本局可參考國外最先進之無人飛行系統，評估國內實際需求及事故應變之應用性，更新汰換部分設備，強化國內毒化災防救技術設備。

陸、附件

AIChE
The Global Home of Chemical Engineers

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS
120 WALL STREET, 23 FL.
NEW YORK, NY
10005 USA
TEL 646.495.1339
gabrl@aiche.org
www.aiche.org

GABRIEL LEVESQUE-TREMBLAY, PhD
Manager Technical Entities & Grants

AIChE
The Global Home of Chemical Engineers

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS
120 WALL STREET, 23 FL.
NEW YORK, NY
10005 USA
TEL 646.495.1332
patrb@aiche.org
www.aiche.org

PATRICK BRENNAN
Sales Manager, Sponsorships & Exhibits


PREMIUM
INSPECTION & TESTING GROUP

ROBERT SHIRLEY
Unmanned Sales Manager

CAPITOL DIVISION
8225 Florida Boulevard
Baton Rouge, LA 70806
T 225.408.3285
M 225.281.9670
rshirley@pitinc.com
www.pitinc.com

EXCEPTIONAL SERVICE. DELIVERED.


FLYABILITY

Flyability SA
Av. de Sévelin 20
1004 Lausanne
Switzerland

Johan Mlouka
Business Development & Sales

+41 21 311 55 00
jm@flyability.com

www.flyability.com


BASF
We create chemistry

Florine W. Vincik, BS, MBA, CSP
Sr. EHS Specialist
Process Safety Center of Expertise
North America

BASF Corporation
37269 Highway 30
P.O. BOX 457
Geismar, LA 70734
Telephone: 225-339-2993
Mobile: 225-290-2145
florine.vincik@basf.com
www.basf.us


DEKRA

DEKRA Process Safety
113 Campus Drive
Princeton, NJ 08540 United States
Phone +1.609.799.4449
Mobile +1.609.578.8441
mike.snyder@dekra.com
www.dekra-process-safety.com

Mike Snyder, PE, CSP, CFPS
Executive Vice President, Process Safety (Americas)

VIRGINIA COMMONWEALTH UNIVERSITY

VCU

Nastassja A. Lewinski, PhD
Assistant Professor

Department of Chemical and Life Science Engineering
School of Engineering

School of Engineering, West Hall, 4th Floor,
Room 438
601 West Main Street
P.O. Box 843028
Richmond, Virginia 23284-3028
804 828-0452 • Fax: 804 828-3846
nalewinski@vcu.edu
wp.vcu.edu/nalewinski

David L. Thaman
Manager, Process Safety
& Loss Prevention
Global Safety & Health

PPG Industries, Inc.
440 College Park Drive
Monroeville, PA 15146 USA
Tel: 724-325-5019
Mobile: 724-777-4831
Fax: 724-325-5163
dthaman@ppg.com


PPG Industries


CITY OF ATHENS
GAS DEPARTMENT

ATHENS UTILITIES
1806 Wilkinson St., P.O. Box 1089
Athens, Alabama 35612-1089

MASON MATTHEWS, MEng
GIS ADMINISTRATOR
GAS DEPARTMENT

OFFICE: (256) 232-1440
CELL: (256) 434-6122

FAX: (256) 233-8732
mmatthews@athens-utilities.com


CITY OF ATHENS
GAS DEPARTMENT

ATHENS UTILITIES
1806 Wilkinson St., P.O. Box 1089
Athens, Alabama 35612-1089

STEVEN W. CARTER
Gas Department Manager

OFFICE: (256) 232-1440
Ext. 8016

FAX: (256) 233-8732
scarter@athens-utilities.com

Chris Marinucci
PROCESS & AUTOMATION MANAGER | ADVANCED MANUFACTURING

Chris.Marinucci@cbg.com
315-481-3567



Scott Sweatt
North American
Sales Representative

4850 W. Ledbetter Drive
Dallas, Texas 75236 USA

ph: +1 214 337 5100
fax: +1 214 337 5103
mob: +1 214 789 4474
email: scott.sweatt@minearc.com
web: www.minearc.com

SPECIALIZED PROFESSIONAL SERVICES, INC.

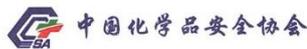


Barry N. Lindley
Senior Chemist
E-mail: blindley@callspsi.com

Cell (304) 545-1953
Emergency Response
(724) 228-2700
Fax (304) 346-4346

318 Lee Street West, Suite 100
Charleston, WV 25302

www.callspsi.com



路念明
副理事长, 秘书长

☎ 139 1107 0532 🌐 www.chemicalsafety.org.cn
☎ 010-64464038 / 8180 📧 lnm.ccsa@qq.com
☎ 010-64463902 📠 100713
📍 北京市东城区和平里北街21号



中华人民共和国应急管理部

王浩水 总工程师

地址: 北京市西城区广安门南街70号 电话: 010-83933010
邮编: 100054 传真: 010-64464909



化学工程学院
College of Chemical Engineering

杨朝合 院长 教授

重质油国家重点实验室
油气加工新技术教育部工程研究中心

地址: 青岛市黄岛区长江西路66号 邮编: 266580
电话: 0532-86981718/86980908 传真: 0532-86981787
E-mail: statekeylab@upc.edu.cn 手机: 15953209218



中国石化大学 (华东) 安全环保与节能技术中心/主任
国家安全生产监督管理局青岛安全技术培训中心 / 专家委员会主任
美国化学工程师协会 (AIChE) 化工过程安全中心-中国分部 (CCPS-CS) / 主任
中国工程学会化工安全分会常务理事/主任委员
中国化学品安全协会/常务理事
青岛致信环境与安全技术有限公司/董事长

赵东风 教授
博士生导师

地址: 中国 山东 青岛 黄岛区 长江西路66号 邮编: 266580
电话/传真: +86-532-86981860 68978737
手机: +86-13905460127
个人网址: www.zhaodongfeng.com
中心网址: www.qdoasis.com
E-mail: zhaodf@vip.sina.com



郭原州 資深工程師
JULIAN Y.C. KUO
Senior Engineer

南亞塑膠工業股份有限公司 台北市敦化北路201號
NANYA PLASTICS CORPORATION 後棟6樓
電子材料部 經理室 設備組
ELECTRO MTLs DIV. EQUIPMENT DEPT.
TEL: (02) 27122211 EXT. 8259 31
FAX: (02) 27178253 31
E-mail: julian@npc.com.tw 31
Mobile: 0987465475 31
工業安全技師 31



中国石化大学 (华东) 安全环保与节能技术中心/主任
国家安全生产监督管理局青岛安全技术培训中心 / 专家委员会主任
美国化学工程师协会 (AIChE) 化工过程安全中心-中国分部 (CCPS-CS) / 技术专家委员会主任
中国工程学会化工安全分会常务理事/主任委员
中国化学品安全协会/常务理事
青岛致信环境与安全技术有限公司/董事长

韩丰磊 博士

地址: 中国 山东 青岛 黄岛区 长江西路66号 邮编: 266580
电话: +86-532-86984680
手机: +86-18053217987
中心网址: www.qdoasis.com
E-mail: hanfl@upc.edu.cn



阮育俊
Yu-Chun Nuan

台灣關係企業總管理處
FORMOSA PLASTICS GROUP
安全衛生環保中心 風險管理處
SHE CENTER, RISK MANAGEMENT DEPARTMENT
TEL: (02) 27122211 EXT. 6911
FAX: (02) 27178264
E-mail: jim00@fpcc.com.tw

105 台北市敦化北路201號
NO.201, TUNG HWA N. RD.,
TAIPEI, TAIWAN



吳柏蒼 高級工程師
Tony Wu
PSM Engineer

台灣化學纖維股份有限公司 台北市敦化北路201號
FORMOSA CHEMICALS & FIBRE CORPORATION 台塑大樓後棟2樓331室
安全衛生處
Environment, Safety and Health Dept.
TEL: (02) 27122211 EXT. 5400 201, TUNG HWA N. ROAD
FAX: (02) 27133229 TAIPEI, TAIWAN
E-mail: tony.she@fcfc.com.tw Mobile: 0920831501
統一編號: 58650902