

出國報告(出國類別：其他-國際會議)

## 參加 2016 安全科學與技術國際會議 (2016 ISSST)

服務機關：國立雲林科技大學環境事故應變諮詢中心

姓名職稱：廖光裕專案助理

派赴國家：大陸昆明

出國期間：105 年 10 月 15 日至 105 年 10 月 20 日

報告日期：105 年 11 月 18 日

## 摘要

本次出國行程為赴中國雲南省昆明市參加第 10 屆國際安全科學與技術研討會 (INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY,ISSST) , 本年度舉辦時間由 105 年 10 月 17 日至 105 年 10 月 19 日,該研討會對於安全科學領域技術發展上,有廣泛及深遠之影響力,有來自全球 12 個國家及地區約 140 多位專家學者與會,會議中所報告的 141 篇之研究論文,來自全球 13 個國家,其中包含安全科學理論與方法及安全評估與風險分析等安全科學領域上最近研究成果和實務運作之經驗分享,本次參加會議主要之目的為汲取各國學者專家於安全科學與技術領域之最新研究成果與實務經驗分享。此外,並於研討會中發表與洪肇嘉教授及徐啟銘教授共同研究之論文”Efficiency of Five Different Extinguishers on Trichlorosilane Fires”,會後,並接獲大會通知推薦本研究至國際知名期刊 JLPPI(Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Impact Factor: 1.409 )經審查後刊登。

## 目 次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、心得：.....	4
肆、建議事項：.....	10
伍、附錄：.....	11

## 壹、目的

國際安全科學與技術研討會(INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY,ISSST)，從 1998 年於北京舉辦至今，已成為國際安全科學技術領域上富有影響力之重要研討會，今年為第 10 屆，舉辦會議地點位於中國大陸雲南省昆明市，會議辦理時間由 105 年 10 月 17 日至 105 年 10 月 19 日，除了參加各分會場專家學長所報告之研究論文，瞭解安全科學與技術領域之最新研究成果外，另和與會人員就相關安全科學等項目，進行良好的溝通及技術上之交流，並藉此參加研討會良機，認識許多國際聞名之學者，建立良好的關係，可於日後邀請至我國進行學術交流，並於研討會上發表與洪肇嘉教授及徐啟銘教授共同研究之海報論文”Efficiency of Five Different Extinguishers on Trichlorosilane Fires”。

## 貳、過程

本次中國雲南省昆明市參與第10屆國際安全科學與技術研討會(International Symposium on Safety Science and Technology,ISSST)，該會議主題為安全科學引申出相關研究主題，所謂的安全科學是指針對自然環境、社會、科技與生產和公共衛生等領域之各種潛在災害及風險，並探討風險起因之發生、後續發展、可能後果及其對社會造成之衝擊等項目之科學，該會議今年假位於昆明市的昆明理工大學舉辦，為科學安全技術領域極富有影響力之會議，舉辦時間由105年10月17日至105年10月19日，有來自美國、德國、英國、法國、波蘭、日本及台灣等全球12個國家約140多位專家學者與會，並廣邀全球科學安全領域相關學者發表最新之研究報告，共141篇研究論文，藉由會議中的報告及交流討論，瞭解安全科學與技術領域之最新研究成果及實務運用經驗，達到增進學識之目的，讓與會者能夠瞭解安全科學技術之最新發展趨勢，本次會議主題包含安全科學理論與方法、安全評估與風險分析、安全管理、安全監控、公眾安全、火災安全、火災與爆炸之預防、熱安全分析與氣體及粉塵爆炸等安全科學技術相關主題，考量我國許多大型事故皆是化學品洩漏進而引發火災及爆炸，故此次參與之研究議題如化學品洩漏之風險估算分析模組、火災及爆炸之預防技術研究及化學品熱參數推估等相關研究主題，希冀經由先進之研究，達到改善此一現象、加強預防及有效減災之目的，本次參與議程討論議題有心理創傷評估科學之建立與研究(Research on the Establishment of Psychic Trauma Assessment Science)、基於系統動力學之化學設備事故進化模型研究(Study on the Model of Chemical Equipment Accident Evolution Based on the System Dynamics)、大數據於安全生產中之技術應用及其前景分析(Application Technology of Big Data in Safety Production and its Prospect Analysis)、離子液體加熱後，閃點變化之原因研究(Study of the Cause for the Variation of Flash Point After the Ionic Liquids Being Heated)、開放空間之液氨洩漏擴散定律研究(Study on Leakage Diffusion Law of Liquid Ammonia in Open Space)、運用熱分析與動力學計算方法評估偶氮二異丁腈與偶氮雙二甲基戊腈之熱穩定性(Using Thermal Analysis with Kinetic Calculation Method to Assess the Thermal Stability of Azobisisobutyronitrile and Azobisdimethylvaleronitrile)、人員於密閉空間工作的生理變化研究(Study on the Physiological Changes of Human Labor in Confined Space)、基於事件因果關係圖和安全管理“三要素”體系之事故分析方法(Accident Analysis

Method Based on Event Causality Diagram and —Three Elements| Safety Management System)等研究議題，本人發表與洪肇嘉教授及徐啟銘教授共同研究之海報論文”Efficiency of Five Different Extinguishers on Trichlorosilane Fires”。

其主要內容為：隨著科技發展進步，化學品種類遽增，部份特殊的化學品提升了製程與產品之良率與產量，但也因特殊化學品特殊的物化性質導致發生意外時，容易造成複雜、多變及破壞性大的情形。本研究主要為試驗三氯矽甲烷 ( Trichlorosilane；化學式： $\text{SiHCl}_3$ ；以下簡稱TCS)，為光電與半導體產業中矽原料來源之一，其特殊危害特性引發過多起事故案件，探討TCS少量洩漏燃燒時使用固體、液體、氣體三類不同滅火處理方式之成效，以固體滅火劑(乾粉)、液體滅火劑(水、泡沫、液氮)、氣體滅火劑(二氧化碳及環保海龍HFC-227ea)進行滅火試驗，觀察其滅火效能，試驗結果顯示僅泡沫(覆蓋15公分以上)與液氮能有效撲滅少量TCS燃燒之火災。本次試驗中環保海龍滅火器及液氮滅火方式，於參考資料及文獻中皆未提出對TCS滅火之相關效能，經此試驗後發現僅有液氮對TCS火災有滅火功效。

本次參加International Symposium on Safety Science and Technology,ISSST 研討會行程如表一。

## 參、心得：

2016 年度國際安全科學與技術研討會：

國際安全科學與技術研討會 (INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY, ISSST) 每兩年舉辦一次，該會議由 1998 年舉辦至今，本年度為第 10 屆，會議時間為 10 月 17 日至 10 月 19 日，辦理地點位在中國雲南省昆明市昆明理工大學，主辦單位為北京理工大學、中國職業安全健康協會、中國公共安全科學技術協會、昆明理工大學、中國南京工業大學及南京理工大學等，由昆明理工大學、爆炸科學技術國家重點實驗室（北京理工大學）及安全與保護協同創新中心共同承辦，有來自美國、德國、英國、法國、波蘭、日本及台灣等 12 個國家約 140 多位專家學者與會，會議最為重要之目標為所有與會者提供一個進行安全科學領域最新之技術探討與交流之場所。

此次研討會之研究論文來自如澳大利亞、比利時、加拿大，中國、德國、日本、西班牙、美國及台灣等 13 個國家，共 141 篇論文，其中包含安全科學理論與方法、安全評估與風險分析、安全管理、安全監控、公眾安全、火災安全、火災與爆炸之預防、熱安全分析與氣體及粉塵爆炸等之研究成果。

會議期程首先由 Ronald Willey 教授(波蘭華沙理工大學院士及進展安全進展 (Process Safety Progress) 期刊主編)、Jennifer WEN 教授(英國華威大學)、Richard Kwok Kit YUEN 教授(香港城市大學)及王成教授(北京理工大學)等國際聞名之學者進行大會報告，並由 70 名代表於各分會場針對相關安全科學技術等研究之論文進行報告，藉此使與會者對最新之研究成果進行交流討論。

因研究議題過多，礙於篇幅之故，所以僅列舉數篇研究報告內容作為範例報告，其內容簡述如下所示：

### 1、心理創傷評估科學之建立與研究(Research on the Establishment of Psychic Trauma Assessment Science)概述：

所謂創傷是指身體人體和心靈受到外部因素所導致之傷害，而精神創傷是於特定之時間和空間內，對因外部因素而有著創傷之人員的心理狀態造成負面之影響，基於上述所說明創傷和精神創傷之定義，可以進而延伸出精神創傷評估科學的定義。

精神創傷為人類可能遭遇之共同問題，創傷心理學一直是眾所皆知的一門學科，但過去研究人員更為關注之重點為對於人體之傷害，但對於精神創傷層面卻

普遍遭受研究人員得忽視或沒有得到足夠之重視。

多年來，研究人員基於心理學與醫學之視角，對精神治療和的理論和技術進行了深入及廣泛之調查研究，然而，對於外部因素導致之精神創傷卻很少相關之調查研究報告，其成果幾乎為空白。

所以本研究報告即探討使用安全心理學、安全經濟學、安全法及評估技術等方法，作為其主要理論依據，並據此評估研究外部因素所導致之精神創傷；心理創傷評估科學的主要研究內容可分為(1)創傷變化與轉移(2)心理層面之評估原則(3)精神創傷相關之立法、治療、預防及救援措施之研究等三部分，另本研究之成果未來將可以應用於評估因自然災害、嚴重事故、公共衛生事故及社會事故等所造成之心理創傷，特別是運用於各種心理傷害之治療及其預防，並可作為協助如精神損傷賠償條例及相關法條規範之建置的參考依據。

## 2、基於系統動力學之化學設備事故進化模型研究(Study on the Model of Chemical Equipment Accident Evolution Based on the System Dynamics)概述：

系統動力學，或稱系統動態學，是由美國麻省理工學院 Jay W. Forrester 教授於 1950 年代彙整統籌系統理論(System Theory)、控制論(Cybernetics)、伺服機械學(Servo-mechanism)、資訊理論(Information Theory)、決策理論(Decision Theory)以及運用電腦模擬(Computer Simulation)所發展出來之科學，是一門分析研究信息反饋系統的學科，也是一門認識及解決系統問題之交叉綜合科學，其所運用之模型是基於系統行為和內部機制之相關數據所建立，能廣泛的應用於各領域之系統分析，分析研究結果具有長期、動態與戰略性的意義，其模型特點如下所述：

- (1) 模型中能容納大量之系統變數，一般可達數千種變數以上。
- (2) 型式為結構模型，經由該模型可以充分瞭解系統結構，並據此來掌握系統之行為，而不僅是依賴數據進行系統行為之研究。
- (3) 通過人員與電腦之配合，能充分發揮人員(如系統分析人員、決策者等)之理解、分析、推理、評價與創造等能力的優勢，又能利用電腦之高速計算和追蹤功能，以此來實驗及剖析系統，從而獲得豐富大量之訊息，能為選擇最優或次優的系統方案提供有力幫助。
- (4) 其分析計算主要是透過模擬實驗所進行，主要計算結果都是未來特定時期內各變數隨時間而產生變化之曲線。換言之，模型能處理高階、非線性及多重反饋的複雜時間變化系統之相關問題。



本研究從化工製程設備事故原因評估開始著手，一般而言，化工製程設備事故之主要影響因素可分為工廠相關設備位置規劃、工作環境、設備本身與企業安全管理，在此基礎上，影響因素可歸納為「安全保護性能」和「事故潛在危害」兩面向，而後根據彙整相關資料，建立多階段影響參數因子系統，妥善建置化工設備事故之原因分析圖，並結合系統動力學軟件-Vensim，模擬變量間之邏輯與定量函數的關係，以建立系統流程圖並與得到之事故演變趨勢圖結合，據此作出合理的解釋和趨勢分析仿真結果。

### 3、大數據於安全生產中之技術應用及其前景分析(Application Technology of Big Data in Safety Production and its Prospect Analysis)概述：

安全生產（Safety Production）簡單來說即是指於生產過程中將危險及危害因子消除或有效控制，進而保障人員安全健康、設備完好無損及製程順利，促進產能良率之提高，其實施方法需遵循事先教育與事先防範相結合及事先防範與事後搶救相結合等兩大原則。

由於安全生產所涉及產業大多直接關係民眾的生活及財產之安全，故其相關數據與傳統數據相比，安全生產數據之特性如下所示：

- (1) 數據量龐大：隨著儲存方法的不斷增加，製程技術之進步與安全性的多樣化，其數據內容也更為詳細及完整；換言之，其數據質量之增加以指數速率成長。
- (2) 數據類別眾多：安全生產涉及如個人行為、設備可靠性、企業管理方法、政策及法規等許多層面，且數據類型、儲存方法及收集標準不一，故其數據類別極其多樣化，如圖片、視頻、音頻、地理位置資訊等多類型數據。
- (3) 價值數據密度低：於安全生產之產業領域內，大多數製程設備或環境需經由傳感器進行即時監控，但異常情況持續時間通常只有幾分鐘或幾秒鐘，因此價值數據密度非常低。
- (4) 處理數據速度快：安全生產數據進行處理時，需要非常快速以滿足其即時性，如製程監控系統之預警時間將直接影響現場人員之逃生作為，故如數據能快速處理，於事故應變過程中，也能大幅提升其相關應變及決策效率。

由於安全生產數據特性之故，導致傳統之數據處理及分析方法無法有效運用，因此本研究論文旨在探討大數據分析技術運用於安全生產之成效與適用程度。

於大數據應用方面，通過企業縱向智能控制和安全生產監控大數據集成使用，其框架呈現之數據有助於創造「智能生產安全監管」，且著重於安全生產領域，可

以為政府相關決策和企業管理提供科學依據，另透過於安全生產中使用大數據分析技術，將有助於提升安全管理之水準。

然而，作為一種新技術之運用，大數據於安全生產領域之應用仍然存在許多缺陷，其開發受限於數據源多樣性、數據處理之複雜性，數據分析準確性分析及結果可視化等因素，因此本文最後對基本理論與關鍵技術進行彙整，分析提供了大數據應用於安全生產領域前景之方法。

#### 4、離子液體加熱後，閃點變化之原因研究(Study of the Cause for the Variation of Flash Point After the Ionic Liquids Being Heated)概述：

傳統的有機溶劑具有高揮發性，容易造成環境污染，且通常具有毒性、易燃及易爆等性質，迫使人們尋找無毒之有機溶劑來替代當前使用之溶劑，由於離子液體(Ionic liquid, IL)有著蒸氣壓極低不易揮發、不可燃性及熱穩定性高之特性，且在許多產業領域也擁有廣泛潛在之應用可能，已被證明能有效取代傳統揮發性有機溶劑。

大多數離子液體於加熱到特定溫度時，會開始分解而不是蒸發，故不能使用有機溶劑之傳統觀點來描述離子液體的可燃性，早期關於離子液體之閃點研究文獻數據相當少，並且僅適用於非加熱之離子液體，若使用這些數據作為離子液體相關製程數據，將大大低估其危害，並增加相關製程發生火災與爆炸的風險。

由於近期相關研究文獻證實，離子液體證實為具可燃性，且經過熱處理後，其閃火點會降低，故本研究使用熱重分析儀(Thermogravimetric analysis, TGA)、同步熱分析儀(Simultaneous Thermal Analysis, STA- (TGA / DSC) 及傅里葉轉換紅外光譜儀(Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR-ATR)等設備，測量 1-己基-3-甲基咪唑氯化物(離子液體)的熱穩定性，為了模擬製程中離子液體於高溫下使用之情況，研究使用熱重分析和同步熱分析儀的等溫熱重分析和動態熱重分析方法，其結果顯示加熱後之 1-己基-3-甲基咪唑氯化物的閃點將會低於未加熱，研究結果顯示其閃火點變化與分解速率有關，因其加熱後氣相可燃氣體之濃度會大幅上升，導致閃火點降低，而瞭解離子液體易燃性與閃點因何降低，將可有效幫助於製程中預防及避免火災與爆炸之危害，並作為相關製程安全設計之參考依據。

#### 5、開放空間之液氨洩漏擴散定律研究(Study on Leakage Diffusion Law of Liquid Ammonia in Open Space)概述：

許多化工產業會使用液氨於其相關製程中，但由於液氨之物化特性，如不慎

發生事故時，常會導致如火災、爆炸及人員中毒等嚴重之損害，對人員及財產造成極大之損失。

一般液氨事故洩漏之統計分析結果，顯示事故主要洩漏源位於液氨液氨儲槽底部管線和安全閥，而主要原因不外乎閥門破裂、法蘭密封失效及管道破孔等原因，在洩漏情況下，液氨於常壓環境會快速膨脹並大量氣化擴散至大氣間，但液氨洩漏後之擴散氣雲定量計算非常複雜，以往是使用高斯擴散湍流模型進行估算，但無法準確符合其氨氣氣體真實擴散情況，真實液氨洩漏之擴散計算應分為兩階段進行考量，其階段過程如下所示：

- (1) 初始階段：液氨於洩漏後為地面上之霧滴，由於滴漏產生蒸發與氣雲後，形成重質氣雲，故其估算模式應為重質氣體擴散模型。
- (2) 第二階段：液氨氣體擴散過程中，其氣體密度越來越小，且與空氣混合，形成輕質氣雲，故其估算模式應為高斯氣體擴散模型。

本研究基於重質氣體分佈 (Heavy Gas Dispersion) 和高斯氣體公式 (Gaussformula)，結合重質氣雲擴散模型和非密集密氣雲之高斯模型，建立液氨滲漏擴散之數學模型，該模型能夠連續估算液氨洩漏過程中之氣雲濃度、危害範圍與擴散分佈，模擬對象為使用液氨製程之大型企業，假設其液氨儲槽由於墊圈之腐蝕失效，而於儲槽底部的法蘭閥件發生連續洩漏，建立了三種尺寸(5、25 及 100mm)模擬洩漏模型，並於不同氣象條件下進行模擬估算，最後根據氣雲擴散濃度對於人體之毒性危害，進而劃出毒性氣雲影響區域的估算結果，可作為應變計劃編撰、廠場風險評估及救災決策之參考依據。

6、運用熱分析與動力學計算方法評估偶氮二異丁腈與偶氮雙二甲基戊腈之熱穩定性(Using Thermal Analysis with Kinetic Calculation Method to Assess the Thermal Stability of Azobisisobutyronitrile and Azobisdimethylvaleronitrile)概述：

通常作為引發劑及發泡劑廣泛於相關化工產業被廣泛地使用，主要目的為引發烯類、雙烯類單體的自由基聚合與共聚合反應，通常用於溶液中之自由基聚合中(如引發劑及發泡劑)，另也可用於不飽和聚酯之交聯固化與高分子交聯反應，該類物質在聯合國危險品分類中，屬於 4.1 類危險品，具有一定的自反應性，於空氣或水蒸氣不需要氧氣即可以自身起熱分解反應，並且經由放熱生成氣體產物。

因偶氮化合物不穩定之特性，若不慎在反應、運輸及儲存等過程中，熱生成速率大於除熱速率，環境溫度將會上升，隨著溫度達到放熱溫度時，偶氮化合物

之反應將逐漸變得不穩定及可能開始產生自反應性，如果此時無法適當地進行散熱，將增加反應速率，最終生成熱分解反應，引發熱釋放或熱爆炸，進而導致嚴重傷亡之事故發生。

本研究為了確保偶氮化合物於運輸、儲存或化工製程中之熱安全性，挑選偶氮二異丁腈 (Azobisisobutyronitrile, AIBN) 與偶氮雙二甲基戊腈 (Azobisdimethylvaleronitrile, ADVN) 兩種常見之偶氮化合物進行分析研究，首先藉由參考文獻使用差示掃描量熱法 (Differential Scanning Calorimetry, DSC) 於數種特定速率，環境設定為非等溫和絕熱條件，分析得知 AIBN 及 ADVN 之熱分解特性，並將所蒐集之相關數據輸入至高階動力學技術軟體 (Advanced Kinetics and Technology Software, AKTS)，以評估 AIBN 及 ADVN 兩者的熱危害性，此外，基於 Semenov 理論模型及熱動力學之參數，考量推估考慮冷卻系統環境溫度下之臨界點火溫度；研究結果表明，偶氮化合物應用時，需注意環境溫度不可以高於其臨界點火溫度，故應設法減低相關過程中之熱危害。

## 肆、建議事項：

- 一、本次研討會議程有一小組議題為安全評估與風險分析(Safety Assessment and Risk Analysis)，其發表研究論文報告提及許多運用於化學物質之危害評估模型，如其中有一研究報告-開放空間之液氨洩漏擴散定律研究(Study on Leakage Diffusion Law of Liquid Ammonia in Open Space)，該論文內容即有說明當考量液氨發生洩漏時之擴散氣雲定量計算非常複雜，不能只是使用高斯擴散湍流模型單一模式進行運算，需分別考量初始洩漏過程液氨會形成霧滴狀態(重質氣雲)，第二階段為液氨氣體擴散過程(輕質氣雲)，故需分成兩階段進行估算，才能儘可能使其估算結果趨近實際擴散狀況；而我國於毒性化學物質管理上，有訂定相關法條以規範第三類毒化物運作廠家，若其運作量達到法定標準，需提供災害模擬分析，而大多業者使用之災害模擬分析軟體為 ALOHA，該軟體為美國環保署所開發之軟體，雖有易操作易上手、支援模擬化學品數量眾多及免費等優點，但其模擬考量參數因子較少，如上述液氨運算範例，ALOHA 僅運用單一氣體模式進行運算，造成估算結果無法有效完整呈現真實化學品洩漏情況，對於當作協助編撰應變計劃、廠場風險評估及救災決策之參考依據，將會有不盡完善之處，建議我國相關主管機關應正視此一問題，認真思索是否有改善方法。
- 二、經由此次參與研討會過程中，中國藉由常態性地辦理國際性研討會，如本次所參加之國際安全科學與技術研討會(INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY,ISSST)及中國製程安全會議(CCPS)等知名研討會，中國廣邀各國專家學者參與會議促進國際合作交流，除了利於推動其國內相關產業技術發展，更能吸引許多國際知名專家學者與其產學界進行研發合作，大幅提升中國在工業發展上之優勢；相較之下，我國雖也常態性編列預算，委託相關單位辦理國際性研討會，但礙於預算之故，所以會議規模較小，對於吸引專家學者來台之力道則顯為不足，故對於提升台灣於國際間知名度之效果也極其有限，無法如中國般，有效推動產業地技術發展，故建議政府應當加強於此面向之投資，對於日後發展我國工業將有莫大之助益。

## 伍、附錄：

### 一、出國行程及訓練課程表

表 1、行程一覽表

日期	行 程	附 註
10/15(週六)	搭機前往中國昆明 ● 台灣桃園國際機場至中國昆明長水機場	中國
10/16(週日)	休假(未支差旅費)	中國
10/17(週一)	參加 2016 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY 研討會	中國
10/18(週二)	參加 2016 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY 研討會	中國
10/19(週三)	參加 2016 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY 研討會	中國
10/20(週四)	搭機返回台灣	台灣

表 2、國際安全科學與技術研討會議程表內容

## Program for the 2016 ISSST

### Overview of the program

Date Time	October 18	October 19			
7:00	Breakfast	Breakfast			
8:30-12:00	Opening Ceremony Group photo session (9:00)	Session A1	Session B1	Session C1	Session D
	Invited plenary presentation 1	Session A2	Session B2	Session C2	
12:00-13:30	Lunch	Lunch			
13:30-18:30	Invited plenary presentation 2	Session A3	Session B3	Session C3	
	Poster session(15:15-15:40) Invited plenary presentation 3	Session A4	Session B4	Session C4	
	Supper (18:00)	Closing Ceremony and Banquet (19:00)			

<b>October 18</b>	
<b>7:00</b>	<b>Breakfast</b>
<b>8:30-9:00</b>	<b>Opening Ceremony</b> <i>Venue: Auditorium (演讲厅), 2nd floor, C. C. Wu Hall (伍集成会堂)</i> <b>Chair: Prof. WANG Cheng (China)</b>
<b>9:00-9:30</b>	<b>Group photo session &amp; Coffee break</b> Invited Plenary Presentation 1 <b>Chair: Prof. Piotr WOLAŃSKI (Poland)</b> <b>Prof. LIU Dabin (China)</b>
<b>9:30-10:05</b>	<b>West Fertilizer Company Fire and Explosion: A Summary of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board Report (609)</b> <b>Prof. Ronald J. WILLEY (USA)</b>
<b>10:05-10:40</b>	<b>Numerical Investigation on DDT in Industrial Explosion Prof. WANG Cheng (China)</b>
<b>10:40-11:15</b>	<b>On Recent Developments of Chemical Kinetics and Fire Field Model for Typical Furniture Materials(294) Prof. Richard Kwok Kit YUEN(Hong Kong of China)</b>
<b>11:15-11:50</b>	<b>Technical Analysis for Tianjin 812 Accident Prof. QIAN Xinming(China)</b>
<b>12:00</b>	<b>Lunch</b>
Invited Plenary Presentation 2 <b>Chair: Prof. FENG Changgen (China)</b> <b>Prof. Ronald J. WILLEY (USA)</b>	
<b>13:30-14:05</b>	<b>Safety of Atmospheric Industrial Tanks: Fragility Curves, Resilience and Sensitivity Analysis Prof. Ahmed MĒBARKI (France)</b>
<b>14:05-14:40</b>	<b>Engineering Aspects of the Preparation for Managing Accidental H2S Releases at a Process Site(223) Dr. Jan WINDHORST (Canada)</b>
<b>14:40-15:15</b>	<b>Fire Modelling Using Fire FOAM (292) Prof. Jennifer WEN (UK)</b>
<b>15:15-15:40</b>	<b>Coffee Break and poster presentation (Poster setup will be held at coffee break place )</b> <b>A Study of MESG of Ternary Flammable Gas Mixture (383) Junghwan BYEON</b> <b>Airflow Patterns of a Large Factory with Sided Natural Smoke Extraction System Using Scale Model Experiments (315) ChungHwei SU</b> <b>Hazard Analysis of Flood for Psychiatric Rehabilitation Institutions and Psychiatric Nursing Houses by Site Survey in Taiwan (231) ChungHwei SU</b> <b>Efficiency of Five Different Extinguishers on Trichlorosilane Fires Kuang-Yu LIAO</b>
Invited Plenary Presentation 3 <b>Chair: Prof. JING Guoxun (China)</b> <b>Prof. Jennifer WEN (UK)</b>	
<b>15:40-16:15</b>	<b>Passive and Active Ways of Explosion Suppression in Tubes and Galleries (392) Prof. Piotr WOLAŃSKI (Poland)</b>
<b>16:15-16:50</b>	<b>Realization of Virtual Device Network Using Internet of Things for Monitoring and Control of Indoor Air Quality(IAQ) in Subway Station (637)</b>

	<b>Prof. Gi Heung CHOI (Korea)</b>
<b>16:50-17:25</b>	<b>Flammability of Gases in Focus of European and US Standards (400)</b> <b>Dr. Maria MOLNARNE (Germany)</b>
<b>17:25-18:00</b>	<b>Airtight Explosion, Explosion Suppression, Explosion Venting in Interconnected Vessels Prof. WANG Zhirong (China)</b>
<b>18:00</b>	<b>Supper</b>

<b>October 19</b>		
<b>7:00</b>	<b>Breakfast</b>	
<p><i>Session A-1</i> <i>Theories and Methods of Safety Science</i> <i>Venue: Room 301, the 3rd floor, C. C. Wu Hall</i> <i>Chair: Prof. Rosa NOMEN (Spain)</i> <i>Prof. Wieslaw TARELKO (Poland)</i></p>	<p><i>Session B-1 Special Session on "Fire and Explosion Analysis for Prevention and Control" (1)</i> <i>Venue: Room 302, the 3rd floor, C. C. Wu Hall</i> <i>Chair: Prof. Jennifer WEN (UK)</i> <i>Prof. WANG Changjian (China)</i></p>	<p><i>Session C-1 Thermal Safety Analysis (1)</i> <i>Venue: Room 303, the 3rd floor, C. C. Wu Hall</i> <i>Chair: Dr. Jan WINDHORST (Canada)</i> <i>Prof. Horng-Jang LIAW (Taiwan of China)</i></p>
<p>8:30-9:00 <i>Invited presentation</i> Research on the Establishment of Psychic Trauma Assessment Science (1) <i>WU Chao</i> 9:00-9:20 Similarity Safety Systematics Theory (3) <i>JIA Nan</i> 9:20-9:40 Study of Human Safety Idea Connotations (5) <i>OUYANG Qiumei</i> 9:40-10:00 Methodology of Theoretical Modelling in Safety Systems (7) <i>HUANG Lang</i></p>	<p>8:30-9:00 <i>Invited presentation</i> Investigations on the Smoke Movement and Flame Behavior in High-Rise Building Fires (302) <i>JI Jie</i> 9:00-9:30 <i>Invited presentation</i> Experimental and Numerical Study of Human Thermal Physiological Responses from Fire (299) <i>WENG Wenguo</i> 9:30-10:00 <i>Invited presentation</i> Large Eddy Simulation of Upward Flame Spread on PMMA Wall Based on a Fully Fluid-solid Coupled Approach (296) <i>Kazui FUKUMOTO</i></p>	<p>8:30-8:50 Quantitative Structure-Property Relationship Studies for Predicting the Gas-liquid Critical Temperature Based on Support Vector Machines (489) <i>ZHOU Lulu</i> 8:50-9:10 A Novel Model for Predicting Lower Flammability Limits Using Quantitative Structure Activity Relationship Approach (419) <i>Yueh-Chun GUO</i> 9:10-9:30 Flammability Characteristics of Ionic Liquid 1-Decyl-3-methylimidazolium Bis(trifluoromethylsulfonyl)imide (426) <i>You-Nan CHEN</i> 9:30-9:50 Study of the Cause for the Variation of Flash Point After the Ionic Liquids Being Heated (436) <i>Yu-Fang LIN</i> 9:50-10:10 Coal Transfer Facility Fire at Taichung Power Plant—a Case Study (688) <i>Yi-Feng CHEN</i></p>
<b>10:00-10:20</b>	<b>Coffee Break</b>	
<p><i>Session A-2 Safety Assessment and Risk Analysis</i> <i>Venue: Room 301, the</i></p>	<p><i>Session B-2 Special Session on "Fire and Explosion Analysis for Prevention and Control"</i></p>	<p><i>Session C-2 Thermal Safety Analysis (2)</i> <i>Venue: Room 303, the 3rd floor, C. C. Wu Hall</i></p>



<p>3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. WU Chao (China) Prof. Ahmed MÉBARKI (France)</p>	<p>(2) Venue: Room 302, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. WANG Bing (China) Dr. Jianping ZHANG (UK)</p>	<p>Chair: Prof. Chan-Cheng CHEN (Taiwan of China) Dr. Maria MOLNARNE (Germany)</p>
<p>10:20-10:40 Case Study of Stray Current Corrosion of Tall Ship Mast (643) Wieslaw TARELKO 10:40-11:00 Failure Rate Prediction Method Based on BP Neural Network and Two-Parameter Weibull Distribution—A Case Study of Liquid Chlorine Storage System (25) LI Chenyang 11:00-11:20 Overview and Analysis of Safety Risk Studies (76) ZHANG Shu 11:20-11:40 An Integrated Self-Assessment Module of Fire Rescue Safety in a Chemical Plant— a Case Study (89) Shih-Fang TSAI 11:40-12:00 Safety Analysis of Lithium-ion Battery Based on Fault Tree Method (103) QI Chuang</p>	<p>10:20-10:50 Invited presentation Performance-based Fire Safety Design for Long Road Tunnels (295) Kuang-Chung TSAI 10:50-11:20 Invited presentation Experimental Study of the Boilover Fire under Cross Wind (303) KONG Depeng 11:20-11:50 Invited presentation Hydrogen Mitigation Experiment with HYMIT Facility (395) HU Po 11:50-12:10 Validating the Current Fire Resistance Test for Over-sized Rolling Fire Shutter Door (394) Wei-Ting CHUNG</p>	<p>10:20-10:40 Simulation of Coal Dust Deposits Self-Ignition in Oxy-Fuel Atmospheres (503) Dejian WU 10:40-11:00 Effects of Changing Ambient Temperature on Thermal Decomposition Reaction of Red Pyrotechnic Composition (481) PAN Yu 11:00-11:20 An Insight into Effects of Pore Diffusion on Kinetics of Coal Smoldering Fire Using A 4-step Chemical Reaction Model (466) SONG Zeyang 11:20-11:40 Experimental Study of Instability in a Lean Premixed Swirler-Stablized Dump Combustor (698) ZHAO Xiaomin 11:40-12:00 Analysis of Tianjin Port Fire and Explosion (617) WANG Jianhao</p>
<p>12:10</p>	<p>Lunch</p>	
<p>Session A-3 Safety Management Venue: Room 301, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. Gi Heung CHOI (Korea) Assoc. Prof. QING Li (China)</p>	<p>Session B-3 Special Session on "Fire and Explosion Analysis for Prevention and Control" (3) Venue: Room 302, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. Kuang-Chung TSAI (Taiwan of China) Prof. WENG Wenguo (China)</p>	<p>Session C-3 Prevention of Fire and Explosion Venue: Room 303, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. Ronald J. WILLEY (USA) Prof. WANG Zhirong (China)</p>

<p>13:30–13:50 Chinese PSM Core Elements and Corresponding Measures (128) FAN Lingpeng 13:50–14:10 Application Technology of Big Data in Safety Production and its Prospect Analysis (134) ZHANG Hui 14:10–14:30 Accident Analysis Method Based on Event Causality Diagram and “Three Elements” Safety Management System (144) ZHAO Yatong 14:30–14:50 Risk Information Coding Manual for Integrated Product Accident Databases in Japan (162) Kun ZHANG 14:50–15:10 Development of an Integrated Hazard Vocabulary Set for Toy Recall Text Mining (172) Jingsheng LIU 15:10–15:30 Construction of Emergency Rescue and Protection System for Accident in Chemical Industry Park(252) KANG Jian</p>	<p>13:30–14:00 <i>Invited presentation</i> Auto-ignition/Extinction and Combustion Modes in Shear Reactive Flows (597) WANG Bing 14:00–14:30 <i>Invited presentation</i> Characterization of Flammability and Fire Resistance of Carbon Nanofiber Reinforced Thermoset and Thermoplastic Composite Materials (410) Jianping ZHANG 14:30–15:00 <i>Invited presentation</i> Experimental Study of Spray Deflagration Mode in an Enclosed Compartment (566) WANG Changjian 15:00–15:30 <i>Invited presentation</i> Investigation of Gas Explosion Pattern in an Underground Mine Gob and Overlying Strata Using Physical Simulation Approach (554) CHENG Jianwei</p>	<p>13:30–13:50 Dust Explosion Propagation and Isolation (393) Jérôme TAVEAU 13:50–14:10 Study on the Effects of Activation Time on Window Glass Protection with Water Mist Curtain under a Fire Scenario (366) TAN Qiong 14:10–14:30 Study of Vent Area on Premixed Gas Explosion Venting in Linked Vessels (373) JIANG Fengwei 14:30–14:50 Characteristic Analysis of Low-energy Arc Ignition at Different Oxygen Concentrations (378) LI Jie 14:50–15:10 Influential Factors of Gas Explosion Venting in Linked Vessels (351) CUI Yangyang 15:10–15:30 Studies on Dynamic Response and Damage Mechanism of Composite Blast Resistant Wall under Blast Loads (398) WANG Runan</p>
<p><b>15:30-15:50</b></p>	<p><b>Coffee Break</b></p>	
<p><i>Session A-4 Safety Monitoring and Supervision</i> Venue: Room 301, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Prof. QIAN</p>	<p><i>Session B-4 Gas and Dust Explosion</i> Venue: Room 302, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Assoc. Prof. CHENG Jianwei (China) Dr. Kazui FUKUMOTO (UK)</p>	<p><i>Session C-4 Fire Safety</i> Venue: Room 303, the 3rd floor, C. C. Wu Hall Chair: Mr. Jérôme TAVEAU(USA) Dr. ChungHwei SU (Taiwan of China)</p>

<p><i>Xinming (China)</i> <i>Dr. Wolfgang</i> <i>KRÜLL (Germany)</i></p>		
<p>15:50-16:10 Overview of Innovative Test Devices for Non-Fire Sensitivity Testing of Optical Smoke Detectors (192) <i>Wolfgang KRÜLL</i> 16:10-16:30 The Impact of Aging on the Response Threshold Value of Smoke Alarms in Office Environments (203) <i>Wolfgang</i> <i>KRÜLL</i> 16:30-16:50 Measurement of the Neutral Plane for an Unilateral Opening Space in Schlieren Photography Technique (208) <i>ShiuanCheng WANG</i> 16:50-17:10 The Optimization of Gas Leak Monitor Points Distribution in the Underground (221) <i>HOU Longfei</i> 17:10-17:30 Analysis of Arc Discharge Characteristics of Low-voltage AC Fault Arc (738) <i>LI Tan</i> 17:30-17:50 Bionic Stab Resistance Body Armor Manufactured Using 3D Printing Technology (764) <i>YUAN Mengqi</i> 17:50-18:10 Study on Integrated Desensitivity of Fuel-rich Metallized Explosives (761) <i>TANG Ying</i></p>	<p>15:50-16:10 Numerical Simulation on Structure Effects of Gas Explosions in Vessels (608) <i>YAN Chen</i> 16:10-16:30 Numerical Study on Hydrogen Explosion due to Leakage from a Car inside a Garage (544) <i>HUO Yan</i> 16:30-16:50 Numerical Simulation of Dense Maize Starch-Dust Explosions in Open Air (588) <i>LEI Peng</i> 16:50-17:10 Propagation Mechanism of Detonation in Rough Walled Tube (600) <i>LI Jian</i> 17:10-17:30 Numerical Simulation Analysis of Explosion Process and Destructive Effect for Gas Explosion Happened in Buildings (606) <i>WANG Dan</i> 17:30-17:50 Numerical Simulation of "4.10" Natural Gas Explosion Accident in Honglian South Community of Haidian District (607) <i>JI Tingchao</i> 17:50-18:10 Investigation on the Approach of Intercepting Fragments Generated by Vessel Explosion Using Barrier Net (626) <i>SUN Dongliang</i> 18:10-18:30 Numerical Simulation of the Formation of Shock Induced Particle Jets Using the Discrete Element Method(703) <i>XUE</i> <i>Kun</i></p>	<p>15:50-16:10 Small-scale Fire Experiments and Simulation of Tunnel with Vertical Shafts (255) <i>CHEN Xi</i> 16:10-16:30 Ignition Characteristics and Potential Fire Hazard Assessment of Typical Liquid Oils in Wind Turbine Nacelle (263) <i>LI Ping</i> 16:30-16:50 Effect of Temperature and Ventilation on the Emission of Toxic Gas in Polymer-fire Effluent (269) <i>HU Yanghui</i> 16:50-17:10 Experimental Study on Burning and Swelling Behaviors of Flame Retardant Cables in a Cylindrical Heating Chamber(276) <i>GONG Tai</i> 17:10-17:30 An Experimental Investigation of Flame Length of Alcohol and N-heptane Pool Fires under Air Cross Condition (322) <i>TAO</i> <i>Changfa</i> 17:30-17:50 Study on the Influence of Design of Lateral Smoke Vent on Smoke Control in Double Deck Tunnel (342) <i>YANG Juan</i> 17:50-18:10 Study on Fire Safety Characteristics in Extra-long Railway Tunnel Rescue Station (344) <i>YOU Wenjiao</i> 18:10-18:30 Temperature Characteristics and Impact Factors of RC Columns in Metro Stations under Fire Environment (672) <i>LIAN Suqian</i></p>

18:10-18:30 Calculation of Sedimentation Potential in Oil Tanks after Filling Operation (680) <i>WANG Liangwang</i>		
19:00	<i>Closing Ceremony and Banquet</i>	

## 二、與會照片

	
會議開幕典禮	主議程報告情景
	
分會議程報告情景	海報論文發表情景

三、研討會海報發表論文  
**Efficiency of Five Different Extinguishers on Trichlorosilane Fires**

2016 International Symposium on Safety Science and Technology (2016ISSST)



**Efficiency of Five Different Extinguishers  
 on Trichlorosilane Fires**

**Kuang-Yu Liao\*, Jao-Jia Horng, Chi-Min Shu**  
 National Yunlin University of Science and Technology

**Abstract**

This study investigated trichlorosilane (TCS, SiHCl<sub>3</sub>) which is abundantly used in semiconductor and solar energy industries as the principal resource to generate ultrapure silicon. TCS ignites in air and reacts with moisture to generate silica oxides, hydrogen gas, chlorine, and hydrochloric acid in vapor or droplets. The study delved into the effectiveness of the different fire extinguisher agents; and fundamental researches on TCS burning characteristics should be studied through appropriate field extinguishing tests in order to establish effective measures.

**Literature Review**

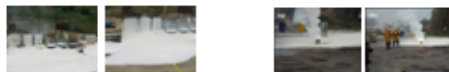
Exposing to the air, the corrosive TCS reacts with vapor in the air:  $\text{SiHCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + 3\text{HCl} + \text{H}_2$   
 Reacts violently with water then be reduced by hydrogen:  $\text{SiHCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2 + 3\text{HCl}$   
 Reacting with air or oxygen while igniting:  $\text{SiHCl}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{HCl} + \text{Cl}_2$   
 $5\text{SiHCl}_3 + 6\text{O}_2 \rightarrow 5\text{SiO}_2 + \text{HCl} + 7\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

**Fire Suggestion References**

Source	Suggestions for fire
MSDS (PRAXAIR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Use copious quantities of water to react with the TCS fire.</li> <li>Apply 6% in water foam to suppress the release of hydrochloric acid.</li> </ul>
MSDS (SIGMA-ALDRICH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dry powder agent is recommended.</li> </ul>
International Chemical Safety Cards	<ul style="list-style-type: none"> <li>Do not use water, AFFF foam, dry powder and carbon dioxide extinguishers are recommended.</li> </ul>
ASTM MNL55 Manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dry chemical powder, carbon dioxide and low or medium-expansion foam are suggested.</li> <li>Massive corrosive vapors were released after applying the low or medium-expansion foam agent. Water can be used to suppress the vapor releasing.</li> <li>Water can be used to keep the vessels cool till the fire is extinguished but never be allowed to enter a vessel containing TCS and should keep far away from the vessels that are on fire.</li> </ul>
2012 Emergency Response Guidebook	<ul style="list-style-type: none"> <li>Use sand, dry powder and soda ash as extinguishing agent.</li> <li>Dry powder, soda ash and lime (calcium oxide) can oxidize the silicon tetrachloride type of fires and make them worse to release great amount of explosive hydrogen gas.</li> </ul>

**Discussions & Suggestions**

Establishing a relatively thick blanket of foam (15cm minimum) over the entire flame area could extinguish the TCS fire; Litmus paper tested to be acidic on remaining solution. Even so, the firefighting mechanism of water is different than foam due to TCS's reactivity with water. The hydrolysis reaction was completed by immense amount of water and the TCS fire was thus put out; TCS fire extinguished by AFFF was due to duo mechanisms.



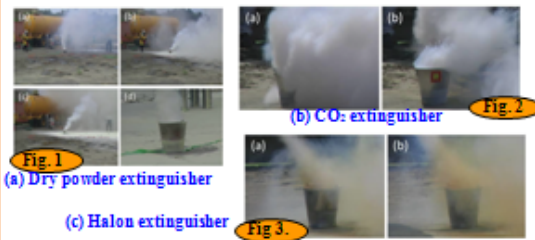
Dry powder extinguisher failed to put out fire; experimental results showed CO<sub>2</sub> extinguisher could not extinguish the TCS fire; Halon is not suitable for TCS leakage fire as the fluorinated gas was formed → hazardous to human body; 6% AFFF solution in water of medium-expansion foam was required to accumulate higher than 15.0cm of blanket to allow the extinguishing to occur, while water accelerated the TCS hydrolysis reduced the combustion period.

**Experiments and Results**

**a. Dry Powder extinguisher**  
 TCS evaporation rate (ER) and burning rate (BR) positively correlated to the burning surface area the flame was pushed to outer regions with higher temperature.

**b. CO<sub>2</sub> extinguisher**  
 resulted in more smoke; and more derivatives being generated. The center flame temperature was lower than ambience but the flame sustained and larger smoke was released.

**c. Halon extinguisher**  
 The brownish smoke might be the formation of fluorine; The major composition of Halon, heptafluoropropane (HFC-227ea), will start its self-decomposition when temperature reaches 750°C.



**Recommendations**

(1) NO references indicate the results when applying dry powder and CO<sub>2</sub> extinguisher for small TCS fire. (2) Varied agents to apply for TCS fire; difficult in setting up firefighting system. (3) Establishing the effective firefighting system for the plants of interest based on TCS burning characteristics.




**CERTIFICATE OF APPRECIATION**

to

***Kuang-Yu LIAO***

*In recognition of your Poster contribution to  
2016 International Seminar on Safety Science and Technology  
held in Kunming, China, on October 17–19, 2016*

Academician ZHONG Qunpeng  
Conference Chairman

  
Presented by  
Prof. FENG Changgen of BIT