

# 運用虛擬實境技術於加強化學 品危害通識教育訓練研究

.....

**Study on Strengthening General Education on Chemical  
Hazards with Virtual Reality Technology**





運用虛擬實境技術於加強化學品危害  
通識教育訓練研究

**Study on Strengthening General  
Education on Chemical Hazards with  
Virtual Reality Technology**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

運用虛擬實境技術於加強化學品危害  
通識教育訓練研究

**Study on Strengthening General  
Education on Chemical Hazards with  
Virtual Reality Technology**

研究主持人：劉立文

計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

研究期間：中華民國 108 年 4 月 26 至 108 年 12 月 31 日

\*本研究報告公開予各單位參考\*  
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所  
中華民國 109 年 6 月



## 摘 要

化學品也廣泛的應用在我們的日常生活當中，由於化學物質種類繁多、性質複雜，如稍有不慎，極可能引起火災、爆炸、洩漏、中毒、環境污染等危害。若無足夠化學品安全危害資訊、無適當儲存或輸送條件、人員訓練不足或危害認知不足等，皆有可能直接或間接的造成重大意外。而這第一步就是實在而有效的化學品危害通識教育訓練，提升勞工對於化學品的鑑別辨識、評估及管理能力。本研究旨在運用先進的虛擬實境技術 (Virtual reality, VR)，開發完成一套化學品危害通識及管理教育訓練系列工具，藉由虛擬實境技術提供職業安全衛生管理人員對於危害性化學品正確的辨識、處置與防護等正確的知識，以及一般勞工危害通識教育訓練教材，以減少或降低人員接觸時可能的危害，保護自身安全與健康。

本研究主要在開發化學品危害通識虛擬實境教育訓練教材，已完成危害性化學品標示及通識規則基礎課程、危害性化學品標示及通識規則現場實務、化學品儲槽灌裝及批次進料作業等 4 個單元之化學品虛擬實境教育訓練工具，內容包含了危害通識法規說明及其模擬現場演練應用，課程中透過簡單的互動，融合事業單位常見之危害通識與管理缺失事項，製作成虛擬實境技術之教育訓練工具，以深化學習、強化訓練效果，並且邀請了事業單位試用並實施成效驗證問卷分析，發現問卷結果顯示有 85% 以上同意此虛擬實境教育訓練工具的成效，給予本案正面肯定。本案結合 107 年研究成果，已陸續完成 7 個單元之化學品虛擬實境教育訓練工具，全部操作時間大約 100 分鐘，可作為抵充一般安全衛生教育訓練時數至多 2 小時使用。

本研究未來將繼續運用先進的虛擬實境技術，發展以模擬實際作業場景為基礎，開發加強化學品危害通識訓練虛擬實境技術工具，提供職業安全衛生管理人員對於危害性化學品正確的基礎知識、辨識、處置與防護等正確的知識，以減少或降低人員接觸時可能的危害，保護自身安全與健康。

關鍵詞：化學品危害、儲槽灌裝、批次反應製程、虛擬實境技術

## Abstract

Chemicals are also widely used in our daily lives. Due to the wide variety of chemical substances and their complex nature, if they are not careful, they are likely to cause fire, explosion, leakage, poisoning, environmental pollution and other hazards. If there is not enough information on chemical safety hazards, proper storage or transportation conditions, insufficient training of personnel, or insufficient awareness of hazards, it may cause major accidents directly or indirectly. And the first is the practical and effective general education and training on chemical hazards to improve labor's ability to identify, evaluate, and manage chemicals. The purpose of this research is to use advanced virtual reality technology (VR) to develop and complete a series of chemical hazard general education and management education and training tools. Use virtual reality technology to provide occupational safety and health management personnel with the correct knowledge of hazardous chemicals, and correct knowledge, as well as general labor hazard general education and training materials to reduce or reduce possible hazards when people come into contact, Protect yourself and your health.

This research mainly develops virtual reality education training materials for chemical hazards. This study has completed the four units of virtual reality of chemicals educational training tools, including the basic course of regulations for the labeling and hazard communication of hazardous chemicals, practice of regulations for the labeling and hazard communication of hazardous chemicals, chemical tank filling operation and chemical batch operation etc.,. The tools contains a description of general laws and regulations and the application of simulated field exercises. Through simple interaction, the teaching materials are integrated with common hazards and management issues common to enterprise or institutions, and produced into virtual reality technology education and training tools to deepen learning and strengthen training effects. This tools invites enterprise or institutions to try out and implement the effectiveness verification questionnaire analysis. It is found that more than 85% of the results of the questionnaire show agreement with the effectiveness of this virtual reality educational training tool, giving this tools a positive recognition. Combining past research results, this case has successively completed 7 units of chemical virtual reality education and training tools. The entire operation time is about 100 minutes, which can be approve as a maximum of 2 hours to offset the general safety and health education and training hours.

In the future, this research will continue to use advanced virtual reality technology to

develop virtual reality technology tools to strengthen chemical hazard general training. This tools could provide correct basic knowledge, identification, disposal and protection of hazardous chemicals by occupational safety and health management personnel to reduce or reduce possible hazards in contact with personnel and protect their safety and health.

KeyWords: hazardous chemicals, tank filling operation, batch operation, virtual reality

# 目 錄

摘 要 .....	i
Abstract .....	ii
目 錄 .....	iv
圖目錄 .....	vi
表目錄 .....	vii
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究背景 .....	1
第二節 研究目的 .....	7
第三節 研究流程 .....	8
第二章 國內化學品管理現況 .....	10
第一節 國內化學品管理相關法規 .....	10
第二節 虛擬實境技術應用於教育訓練之效益評估 .....	14
第三章 虛擬實境教育訓練工具設計規劃 .....	17
第一節 文獻收集與探討 .....	17
第二節 應用虛擬實境技術之化學品教育訓練腳本 .....	19
第三節 3D 虛擬物件及場景設計與製作 .....	22
第四節 製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具 .....	24
第五節 化學品虛擬實境技術之教育訓練成效驗證 .....	28
第六節 虛擬實境技術之教育訓練工具進行應用結果 .....	29
第四章 結果與討論 .....	31
第一節 文獻收集與探討 .....	31
第二節 設計危害性化學品標示及通識規則基礎課程腳本 .....	53
第三節 設計儲槽灌裝及批次進料作業之腳本 .....	73
第四節 3D 虛擬物件及場景設計與製作 .....	102
第五節 製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具 .....	103
第六節 化學品虛擬實境技術之教育訓練成效驗證 .....	103
第五章 結論與建議 .....	116

第一節 研究結論 .....	116
第二節 未來建議 .....	117
第三節 研究限制 .....	118
後 記 .....	119
參考文獻 .....	120
附錄一 3D 虛擬物件及場景圖 .....	123
附錄二 危害通識虛擬實境教育訓練教材紙本 .....	160

## 圖目錄

圖 1 計畫的整體工作流程圖.....	9
圖 2 化學品 3D 虛擬物件及場景模型示意圖.....	23
圖 3 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之開發過程.....	24
圖 4 HTC VIVE 設備圖 .....	25
圖 5 批式製程災害失誤因子.....	74
圖 6 放熱反應之失控反應過程.....	75
圖 7 化學品危害通識認知測驗題答題分析.....	113
圖 8 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖.....	113
圖 9 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖.....	114
圖 10 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖.....	115

## 表目錄

表 1 職業安全衛生法與危害性化學品管理有關條文節錄 .....	11
表 2 化學品危害預防相關之法規、規則與辦法 .....	12
表 3 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之成效驗證與試用性評估 .....	29
表 4 歷年來化學品製程區、批式進料(含批次反應製程)意外事件初步彙整資料 .....	32
表 5 歷年來化學品儲存、運輸與儲槽灌裝(含槽車裝卸料)意外事件初步彙整資料 ....	42
表 6 化學品裝卸料作業自主檢查表 .....	50
表 7 聚合批式反應作業自主檢查表 .....	51
表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡 .....	54
表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本 .....	77
表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本 .....	93
表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗 .....	104
表 12 虛擬實境技術加強化學品危害通識教育訓練問卷結果統計(基本資料) .....	110
表 13 虛擬實境訓練教材使用意見回饋調查結果 .....	111





# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景

大量使用化學品之高科技產業已造就我國經濟快速成長，但是卻也創下產險理賠金額最高的記錄，一旦發生重大災害，事業單位除面對設備損壞、居民圍廠、環保署罰款及勞檢單位加強檢查之各種困擾外，若發生員工傷亡，可能引發勞資糾紛，社會輿論攻擊等，造成巨大社會成本損失[1]。國外多位學者研究指出，國際上化學品的洩漏、火災及爆炸事故中約有 14~32%是發生於儲存過程中[2-4]，而 2000 年孫繼光[5]調查 1995 至 1999 年間國內 382 件工業洩漏、火災及爆炸案，其中有 7%屬於儲槽意外。根據環保署毒災諮詢監控中心 97-106 年統計資料顯示國內總計發生 3516 件化學物質事故案件，地點涵蓋工廠、交通運輸、倉儲、實驗場所與其他，除事故主要損失(涵蓋生命與財產)外，常伴隨空氣、水、土壤及廢棄物之危害連帶影響國家經濟與產業永續經營。環保署基於國內地狹人稠、化學工廠林立，以及中小型企業規模為主的運作模式，為防制與有效降低毒化災事件發生並確保國民健康的多面向目標，需要持續強化業者與各級政府減災預防與應變的技術能量與體系效能，除了有效達成資源共享與災害減災成效外，促成各行業類別防救災技術與經驗的交流，提升毒化災各類應變人員專業知識與能力。另外業界端持續透過毒災聯合防救小組支援區域聯防工作，積極推廣自主聯防觀念及發揮業者自救救人的企業精神與社會責任。依據 102-107 年度全國毒化物事故案例研討會所列 65 件事故案例資料中，除了槽車運送意外、運作場廠製程意外與火災之外，共有 16 件是因儲槽破損、鏽蝕、液位計閥異常，鋼瓶安全閥破裂，管線閥件異常等因素引發滲漏或溢散[6]。

國際上普遍將高風險或高產量之危害物質，列為優先管理之對象，例如易致火災、爆炸、易燃、致癌、致突變及生殖毒性等化學品，要求廠商須定期申報運作資料（包括廠商基本資料、化學品基本資料、製造、輸入、處置、使用等數量及可能暴露人數等），以掌握全國運作此等危害化學品流佈狀況，並透過危害及風險評估之篩選機制，據以訂定後續必要之風險管控措施。

在災變發生時，亟須能清楚掌控現場化學品資訊，以利進行有效緊急應變決策，降低人員傷亡與經濟上的損失，故事先備妥清楚之化學品危害清單是防災、降災最重要的

環節。化學品緊急應變管理中，化學品儲存安全為重要之”整備”能力(preparedness)，早期緊急應變文獻已指出建立危害化學品管理資訊對緊急應變規劃之重要性[7]，尤其是進行化學品洩漏量化模擬時，化學品儲存資訊為量化模擬之必要資訊[8]。目前依職業安全衛生法規定如製造、處置或使用危害性之化學品數量達一定數量之工作場所而已建立TOSHMS者應該具有化學品自主管理之機制，但是中小型廠在化學品各方面的安全衛生管理措施則多有待改善[9]。

近年來全球加速發展對於化學品的安全管理，特別是對人類健康與環境可能影響，例如持久性有機化合物、無機汞，全氟辛烷磺酸等化學品的關注。國際組織與領先國家如聯合國環境發展會議(UNCED)、經濟合作發展組織(OECD)、美國環境保護署(USEPA)、及歐盟(EU)等，在發展全球調和制度(GHS)、環境及健康毒性測試準則等方面，均有大幅進展。2006年2月簽署之“國際化學品管理杜拜宣言”(the International Conference on Chemicals Management, ICCM)，將共同推展國際化學品管理策略方針，希望藉由三種主要機制—管理策略、行動計畫與國際支持，希望2020年前達成的目標為將化學品的使用和生產方式對人體健康和環境產生重大的不利影響降到最低，構成國際化學品管理策略方針三大機制說明如下[10]：

- 一、全方位策略：廣泛考量化學品風險的降低、化學品知識與資訊、管理者的管理、管理體系、建立與技術合作、杜絕違法跨國運輸。
- 二、全球行動計畫：各國行動優先性、職業衛生與安全、GHS 建立成效指標等含 36 個工作領域及 273 項活動。
- 三、國際化學品管理杜拜宣言：包括完成國家推動 SAICM (Strategic Approach to International Chemicals Management) 規劃指引、開發訓練工具與指引、銜接化學品管理制度與國家發展計畫、健全國家化學品及廢棄物之管理架構。

國內 2013 年新制訂職業安全衛生法第 11 條呼應 ILO 已提出一套簡易而實用之國際化學品管理工具指引，以「化學品分級管理」(Chemical Control Banding, CCB)之概念，先運用 GHS 判斷化學品之危害等級，並以化學品使用量和揮發性等特性，判斷其暴露等級，再依其危害及暴露等級，以風險矩陣進行分級（區分為四級），最後再據以選擇對應之控制或管理措施。如為高風險等級者，應採取適當工程控制措施；如屬低度風險者，可採取相關行政管理措施（如人員管制、訓練、防護具使用、設備操作、維護、監督檢

查等)。美國、英國、荷蘭、德國、新加坡、韓國、日本等國家，也已發展相關指引及工具並運用於作業場所中。

考量危害化學物質製造、使用、儲存或應用，直接或間接對人體健康或環境造成破壞。發展化學物質登錄制度透過危害分類、風險評估及安全措施方法建置，對化學品安全使用的需求，員工健康安全，以及社會責任照顧。此外，歐盟依世界銀行(the World Bank)評估基準推估，歐盟成員國因化學品造成之疾病案例約佔所有疾病總案例的 1%，預估 REACH 法規全面實施，可降低 10%因化學品產生之疾病案例，可減少所有疾病總案例的 0.1%，約等同於每年 4,500 人死亡，以每人生命 1 百萬歐元計算，因 REACH 實施 30 年期間估算約有 5 百億歐元國民健康增進上的效益[11-12]，顯見化學品安全使用的重要性。

化學工業是我國最重要的產業之一，也是各項高科技工業素材的提供者，對整體經濟之成長與發展有舉足輕重的地位。但是由於化學物質種類繁多、性質複雜，無論原料、成品、半成品，都具有毒性、腐蝕性、易燃性、易爆性等特性。在生產、製造、儲存、運輸等過程中，如稍有不慎，極可能引起火災、爆炸、洩漏等危害。如前所述，國際上化學品的洩漏、火災及爆炸事故中約有 14~32%是發生於儲存過程中[2-4]，存放化學物品場所或輸送化學品之槽車或管線皆具有潛在危害，如儲存過量或過雜、無標準處理程序、無足夠化學品安全危害資訊、未定期盤點或檢修、無適當儲存或輸送條件、人員訓練不足或危害認知不足等，若未及時注意改善即可能造成重大意外。此外，國內批式反應工廠曾因發生失控反應後，操作人員缺乏緊急應變能力，工廠亦未事先裝置各項安全的監控、警報與洩放裝置，致使反應槽中之內容物留在槽內繼續反應，進而產生爆炸後引燃廠房內其他危險物的連鎖效應，造成多人傷亡的重大工安事件，其中又以壓克力樹脂製程佔國內過去 80-90 年代重大之批式失控反應事故發生率的 80%以上[13]。若再進一步探究其基本原因，不難發現在我國經濟起飛時代，工安意識並未深植人心，因此不知道或不清楚製程之潛在危害為事故發生之基本根源。在一切以生產為主的前提下，更遑論製程安全分析、風險評估與風險控制。在國內產業逾九成為中小企業之特色下，若能有效協助國內具高危害風險之傳統化工業有效改善其工安問題，將能有效提升國內傳統化工業之工安條件，進而大幅降低我國之工安事故[14]。我國近年來與批式製程相關所發生的災害，以與有害物接觸最高，爆炸類型為次。由於批式製程的變異性高，再加上製程

需要人為操作，其所隱藏的危機仍不容忽視[15]。目前，台灣使用較為廣泛且產量較大的樹脂包括：PU 樹脂、壓克力樹脂、環氧樹脂、醇酸樹脂、聚酯樹脂等，雖然產品種類眾多，但各類樹脂製作的方式與使用的設備雷同，僅因使用的原料、反應的條件不同，即可製作出多樣的產品。樹脂業的製程主要包括了預混合、原料進加料、原料混合、反應、包裝等作業程序，其中勞工在進行預混合作業、原料進/加料作業、包裝作業時最有可能暴露到有害物[16]。

鑒於化學品危害預防之重要性，我國工作場所化學品管理自 63 年勞工安全衛生法時期即有鉛、四烷基鉛、有機溶劑等中毒預防規則，並有勞工工作環境空氣中有害物容許濃度標準，其後配合產業發展與勞工保護需求經過多次翻修與新增以及因應國際化學品管理制度發展，包括職業安全衛生法、職業安全衛生管理辦法以及相關規章與辦法皆陸續修訂或新增[17]。

雖然政府自 63 年起一直持續依據產業發展需求與國際管理現況修訂危害性化學品危害預防相關之規章與辦法，但是重大之化學品意外事件仍時常發生，對事業單位、勞工與環境陸續造成重大之傷害。例如 98 年 9 月桃園縣觀音工業區 xx 化工廠突然傳出爆炸巨響，起因為外勞以堆高機移動過氯酸鹽、過碳酸鈉等過氧化物至爆炸點，搬動磨擦使過氧化物蓄熱及不穩定，致自行加速分解產生氧氣與放熱等，造成溫度上升引爆。引發大火，六、七十坪的鐵皮廠房屋頂被炸翻，鐵皮飛散四處，廠房被炸得形同廢墟，隔壁工廠的窗戶亦被震碎，鐵皮外牆扭曲，共造成 1 死 6 傷[18]。99 年竹南科學園區 xx 生命科技公司發生火災，延燒逾 2 小時，不斷發生爆炸，火場旁有油槽、高壓氣體槽及其他科技廠家，研判起火點在二廠 1 樓生產線，當時有夜班員工進料，填充乙酸乙酯，突然有火苗竄出，員工試圖滅火，但無法阻止火勢[19]。102 年台南市新營區某製藥合成藥廠內的二桶甲苯疑因靜電作用，造成反應槽冒煙燃燒，同時因甲苯會導致中樞神經麻醉作用，造成中毒者抽搐、神智不清[19]。106 年桃園市新屋區某化工廠倉庫火災並引發爆炸，研判是因內部存放禁水性二亞硫酸鈉及雙氧水這兩種不相容物質而導致[20]。依據行政院中央災害防救會報 105-107 年災害防救白皮書顯示，104 年全年共發生 382 件危害性化學物質事故，105 年是 382 件而 106 年是 463 件。其中，以工廠事故 238 件(104 年)、268 件(105 年)與 255 件(106 年)為最多。災害類型以火災 207 件(104 年)、281 件(105 年)與 281 件(106 年)最多，其次是洩漏 93 件(104 年)、79 件(105 年)與 87 件(106 年)[21-23]。

此外，根據本所 105~106 於三個科學園區建置化學品自主申報平台與高危害化學品分析調查之事業單位有關化學品管理制度之彙整結果顯示，事業單位現場常見缺失如化學品儲存數量與申報量差距大、系統圖資標示在部份廠區尚待加強、SDS 未中文化與更新、品名以代號書寫，未標示中文名稱、現場危害標示不足、建議加裝監測器、化學品管制措施未落實到執行面(廠務與倉管人員觀念變更-以方便和效率為主改為安全優先)以及化學品管理人員少部份之專業職能尚待提升(經驗不足或非專業)。而且，在不同類型之事業單位對化學品管理制度及廠區相關負責人員之專業素養與認知亦有所差距，造成在建構化學品安全管理制度時，必須考量多種限制並加強溝通協調與落實教育訓練工作。建議各部會有關化學品管理權責單位應多加強辦理業界化學品安全管理相關專業訓練、宣導及研討會等，以提升專業知識並促使化學品管理發揮最大效益。避免第一線安衛專責人員及廠務、倉管或操作人員因資訊取得不完整或是專業訓練不足而導致化學品不當使用、誤用或其他危害事故之產生，亦能達到資訊透明化、普及化及實務化之要求[24]。

虛擬實境(VR)是一個透過電腦介面讓使用者相信他們實際上是處在電腦生成的環境中，而不是一個外部觀察者。一個有效的虛擬環境也必須高度互動，讓使用者盡可能多的控制他們的環境。通過快速、高解析度的圖形、三維音訊和視頻界面、頭安裝顯示裝置、有線手套和其他衣物、觸覺回饋以及多種心理技巧，實現了高度的沉浸[25]。虛擬實境的重要特點是它具有高度的沉浸性、交互性、視覺化、高度的感官性、豐富多彩的、普遍的刺激和趣味性。虛擬實境是提供三維物件和關係的好媒體，用於說明在其他地方已經涵蓋的概念。虛擬實境不是提供書面資訊的適當媒介(至少在低成本系統上)，而且它不是傳統教育方法的替代品，若使用得當它可以有利於學習。Edgar[26]研究發現我們只記得 10%我們所讀到的，20%是我們所聽到的。但是，虛擬實境應能增進記憶的長期保存，若透過積極參與將有機會保持我們所學的知識的 90%。虛擬實境教育工具的另一個強大的好處包括適用於不同的學習風格的學生[27]，有些受訓者注重視覺，不能完全理解他們聽到和閱讀的單詞，直到他們能直接地看到一個概念的例證並得到更好地理解在課文中涵蓋的意義。相對來說虛擬實境的培訓比常規培訓具有更大的優勢，從環境的角度來看，不僅能夠將類似於生命的場景與化身結合在一起，還允許對使用者輸入進行反應，並提供即時回饋。"化身"是虛擬實境世界中使用者的數位(圖形)型式。例如，基於技能的簡單演練和快速反應訓練方案可以立即確定受訓者是否被正確評估並向提供回饋，虛擬

人的角色可以被程式設計來對情境控制所設定的條件做出反應和回應。

虛擬實境的防災訓練提供了一個實際的替代方案，在考慮潛在學習者的數量、應用範圍和重複場景使用的情況下，將演練納入現實生活練習的一部分。因此，在不同的條件下，可以更頻繁地練習基本訓練方案，使受訓者對各種情境建立更好的瞭解與行為模式不同可能導致不同之結果。由於基於虛擬實境的場景和行為模式可以被數位儲存，評估人員可以更有效地檢視培訓和鍛煉成果。這可以用來更準確地收集吸取的經驗教訓，並為事後審查過程制定必要的糾正行為[28]。虛擬實境培訓提供了一種獨特的素質是在課堂或網路的培訓中並不普遍存在的身歷其境感，並在大規模的實際學習與訓練活動相較於其他方式有相當大的成本優勢，並獲得越來越多的機構採用為教育訓練與模擬練習模式[29]。

本案結合不同領域(安全衛生、勞動檢查、工廠運作實務與資訊軟體等)之專業人員，透過研究工作會議、專家會議以及與現場實務工作人員之討論，讓不同領域之專業人員共同努力達成良好工作成效，對國內危害性化學品標示與通識以及化學品進料及領料作業相關法規、職災案例、標準作業流程之相關資訊亦納入本研究中內容。

因此，為加強事業單位對於危害性化學品安全衛生管理能力，強化危害通識教育訓練成效。本案結合不同領域專業人員協同執行計畫的基礎上，希望能逐步建構化學品安全管理之虛擬實境教育訓練教材，透過其所具有之高度的沉浸性、交互性、視覺化、高度的感官性與刺激性，達成更具成效之教育訓練效果。教案內容主要參考近年來國內化學品職災案例資料及事業單位化學品管理需求，研擬應用虛擬實境(VR)技術來開發化學品教育訓練工具，以強化管理人員學習正確作業方法，減少從事化學品作業時可能發生的危害。本研究內容包含：危害性化學品標示及通識規則基礎課程與化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)通識教育訓練需求，發展以危害性化學品標示及通識規則為主體架構之強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。內容針對國內化學品相關法規、職災案例、標準作業流程等之文獻資料進行探討，並開發儲槽灌裝及批式進料作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練工具以輔助人員學習，且進行教育訓練之試用評估。未來希望藉以應用於事業單位接觸化學品之員工教育訓練用工具教材，以強化管理人員學習正確作業方法與提升工作環境之安全，減少從事化學品作業時可能發生的危害。

## 第二節 研究目的

化學工業是我國最重要的產業之一，也是各項高科技工業素材的提供者，對整體經濟之成長與發展有舉足輕重的地位。但是由於化學物質種類繁多、性質複雜，無論原料、成品、半成品，都具有毒性、腐蝕性、易燃性、易爆性等特性。在生產、製造、儲存、運輸等過程中，如稍有不慎，極可能引起火災、爆炸、洩漏等危害。在不同類型之事業單位對化學品管理制度及廠區相關負責人員之專業素養與認知亦有所差距，為避免第一線安衛專責人員及廠務、倉管或操作人員因資訊取得不完整或是專業訓練不足而導致化學品不當使用、誤用或其他危害事故之產生，必須加強溝通協調與落實教育訓練工作，提升事業單位對化學品危害通識、化學品安全評估及分級管理等專業智能，需多加強化化學品安全管理相關專業訓練、宣導及研討會等，以提升專業知識並促使化學品管理發揮最大效益[24]。

基於前述狀況，本研究將結合不同領域(安全衛生、勞動檢查、工廠運作與管理實務與資訊工程與人機介面程式等)之專業人員，透過工作會議、專家會議、現場觀摩及與現場實務工作人員討論等方式，有效結合虛擬實境技術與化學品安全管理教育訓練需求，針對危害性化學品標示及通識規則基礎課程與化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)危害通識教育訓練需求，發展一套以危害性化學品標示及通識規則為主體架構之強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。本年度計畫將針對國內化學品相關法規、職災案例、標準作業程序之文獻與資料進行探討，並開發危害性化學品標示及通識規則基礎課程與化學品儲槽灌裝及批式進料作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練工具以輔助人員學習，並製作分別適用於 HTC VIVE 設備與 PC 版的化學品虛擬實境技術之教育訓練工具應用程式，。使用者在可虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。回饋使用者於此虛擬空間中缺失作業項目，透過危害辨識及體感方式來提昇使用者對危害之辨識能力，提昇化學品儲槽灌裝及批式進料作業危害等之安全管理意識。

### 第三節 研究流程

本研究參考國內化學品相關法規，業界標準操作流程與職災案例研究了解國內化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)現況與職災案例發生因素，事業單位化學品安全管理需求，及標準作業程序流程、自動檢查重點、檢點表及文獻資料，並參考國內使用化學品之大型事業單位有關於化學品安全管理之實務經驗與作法予以有效整合成危害性化學品標示及通識規則之通用基礎教育訓練課程，以及化學品相關儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)虛擬實境技術之化學品教育訓練工具。適當應用 VR 虛擬實境技術，開發相關輔助儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)等資訊工具，以強化作業程序之正確性及方法、技能、效率與教育訓練。本案研究執行需求具有相關勞工安全、3D 建模美工、VR 虛擬實境程式開發等專業能力，預期成果包含提供即時、逐步的引導儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)危害通識程序，配合圖形及互動化的資訊資料，建立完整的教育訓練課程。預期研究成果為完成化學品虛擬實境技術之教育訓練工具一式(HTC VIVE 版與 PC 版)及書面報告，訓練工具需包含完整實施教育訓練工具所需套件、軟體與操作說明書，以及其他必要工具或材料。

本計畫工作流程如圖 3，首先從相關法規、業界標準操作流程與職災案例研究，了解國內化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)現況與職災案例發生因素及事業單位化學品安全管理需求，篩選未確實執行標準程序所造成職災的案例，以危害性化學品標示及通識規則為中心主軸分析什麼環節導致錯誤，如何正確操作來避免錯誤發生，以作為安全衛生教育訓練之教材；並蒐集虛擬實境技術與相關應用資訊、穿戴裝置、教育訓練等相關案例評估適用性與效益，並與相關業者和專家訪談了解其需求。透過研究法規、業界實務操作標準程序與化學品職災案例，彙整一套通用之危害性化學品標示及通識規則基礎教育訓練課程，並另外建置儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練教材，包含工作安全管理事項相關內容，並請專家確認內容之合適性與提供改善建議。制定內容後，進行系統 UI/UX 設計，規劃其使用流程、設計視覺風格，同時依照教材和視覺風格進行 3D 模型設計建置。教育訓練教材定案後進行虛擬實境系統開發，並透過系統測試進行問題回報和優化修正，最後透過試用評估來作為是否需要調整劇本和 UI/UX 的參考。



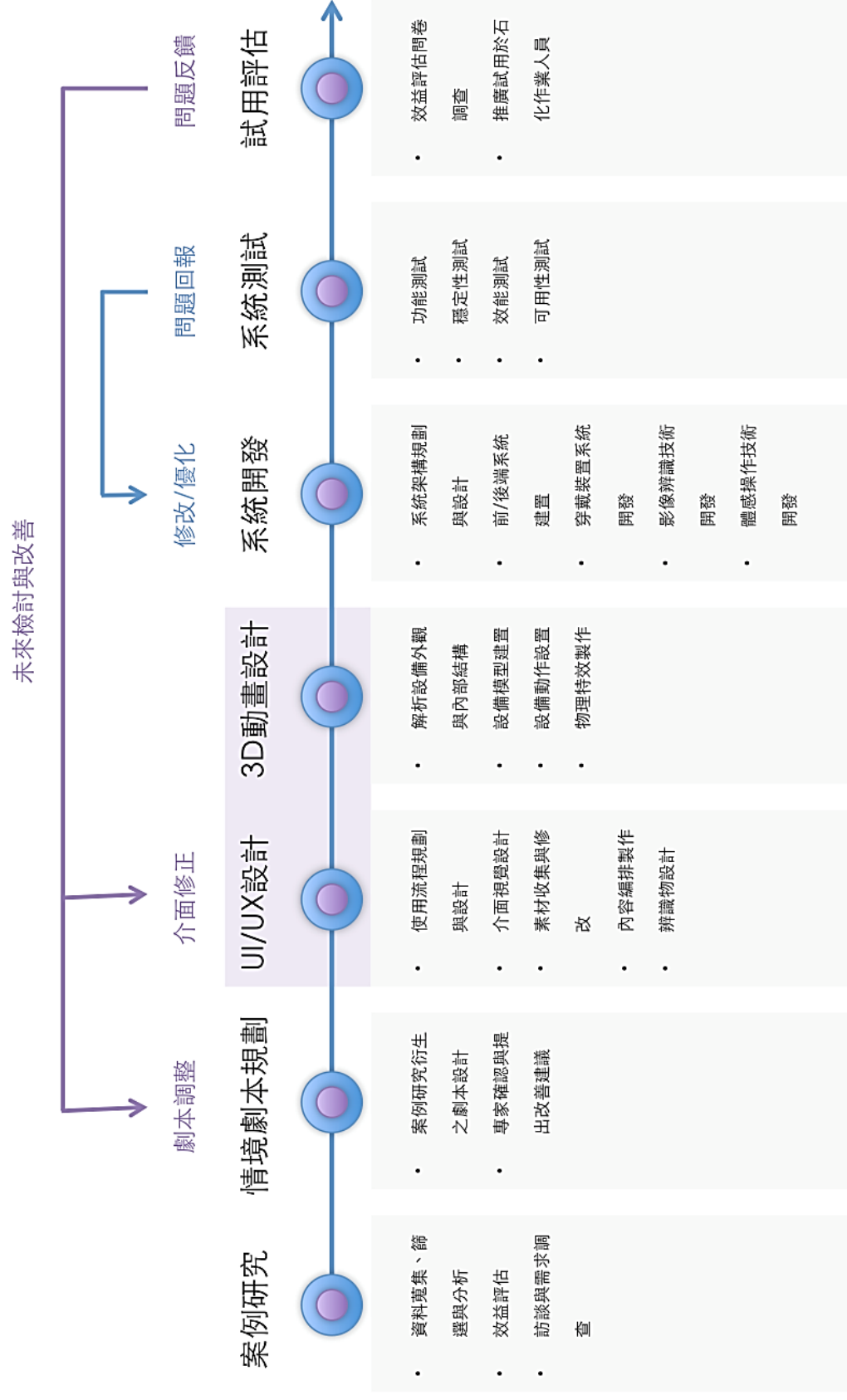


圖1 計畫的整體工作流程圖

## 第二章 國內化學品管理現況

### 第一節 國內化學品管理相關法規

化學品全球分類及標示調和制度(Global Harmonized System, GHS)是聯合國為降低化學品對勞工與使用者健康危害及環境污染，並減少跨國貿易障礙，所主導推行的化學品分類與標示之全球調和系統。為了讓使用者了解化學品安全使用之必要性，聯合國環境發展會議(United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)與國際化學品安全論壇(Intergovernmental Forum on Chemical Safety, IFCS)於 1992 年通過決議，建議各國應展開國際間化學品分類與標示調和工作，降低化學品對人體與環境造成之危險，並減少化學品在跨國貿易時必須符合各國不同標示規定的成本。因此由國際勞工組織(International Labour Organization, ILO)與經濟合作發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)和聯合國危險貨物運輸專家委員會(United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods, UNCETDG)共同合作制定化學品分類與標示之 GHS 制度。化學品的利用提昇及改善人類生活，然而化學產品帶來好處的同時，也可能會對人體或環境造成負面的影響。多年來許多的國家或組織制定了各種法律或命令，要求製造/供應者製作標示或物質安全資料表之資訊，且應傳達至各相關化學品的使用者，並提供化學品安全使用的資訊。由於可取得之化學品數量種類龐大，單靠任一個別法規恐無法有效且確實管理所有的化學品。資訊的提供可使這些化學品的使用者全盤瞭解化學品的危害與安全使用資訊，才能在使用化學品時採取適當的保護措施[23,28]。

政府自 63 年起一直持續依據產業發展需求與國際管理現況修訂危害性化學品危害預防相關之規章與辦法，於民國 81 年訂定勞工作業環境測定實施辦法、危險物及有害物通識規則等，其中危險物及有害物通識規則規範事業單位應製備(物質)安全資料表與化學物質清單、標示化學物質、提供教育訓練、建立通識制度等。並且因應國際化學品管理制度進展，民國 103 年修訂為「危害性化學品，標示及通識規則」，其中包含建立通識制度、推廣(物質)安全資料表、導入聯合國 GHS 制度、協助建立國家標準 CNS15030 化學品分類等變革。包括職業安全衛生法、職業安全衛生管理辦法以及相關規章與辦法皆陸續修訂或新增，加強化學品源頭管理，將危害性化學品標示及通識制度的責任延伸到製造者，

輸入者及供應者，新增化學品管理相關制度[28]。國內各部會化學品管理現由各目的事業主管機關依其權責管理[23,29]，目前國內化學品管理尚在整合中。

職業安全衛生法與危害性化學品管理有關條文節錄於表 1 而和危害性化學品危害預防相關之法規、規則與辦法則整理於表 2

表1 職業安全衛生法與危害性化學品管理有關條文節錄

法 條	條 文 (節 錄)
第 10 條	雇主對於具有 <b>危害性之化學品</b> ，應予標示、製備清單及揭示安全資料表，並採取必要之通識措施。 製造者、輸入者或供應者，提供前項化學品與事業單位或自營作業者前，應予標示及提供安全資料表；資料異動時，亦同。
第 11 條	雇主對於前條之 <b>化學品</b> ，應依其健康危害、散布狀況及使用量等情形，評估風險等級，並採取分級管理措施。
第 12 條	雇主對於中央主管機關 <b>定有容許暴露標準之作業場所</b> ，應確保勞工之危害暴露低於標準值。 雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應訂定作業環境監測計畫，並設置或委託由中央主管機關認可之作業環境監測機構實施監測。但中央主管機關指定免經監測機構分析之監測項目，得僱用合格監測人員辦理之。
第 13 條	製造者或輸入者對於中央主管機關公告之化學物質清單以外之 <b>新化學物質</b> ，未向中央主管機關繳交化學物質安全評估報告，並經核准登記前，不得製造或輸入含有該物質之化學品。但其他法律已規定或經中央主管機關公告不適用者，不在此限。
第 14 條	製造者、輸入者、供應者或雇主，對於經中央主管機關指定之 <b>管制性化學品</b> ，不得製造、輸入、供應或供工作者處置、使用。但經中央主管機關許可者，不在此限。 製造者、輸入者、供應者或雇主，對於中央主管機關指定之 <b>優先管理化學品</b> ，應將相關運作資料報請中央主管機關備查。
第 15 條	有下列情事之一之工作場所，事業單位應依中央主管機關規定之期限，定期實施製程安全評估，並製作製程安全評估報告及採取必要之預防措施；製程修改時，亦同： 一、從事石油裂解之石化工業。 二、從事製造、處置或使用 <b>危害性之化學品</b> 數量達中央主管機關規定量以上。
第 29 條	雇主不得使未滿十八歲者從事處理 <b>爆炸性、易燃性</b> 等物質之工作； <b>鉛、汞、鉻、砷、黃磷、氯氣、氰化氫、苯胺</b> 等有害物散布場所之工作。
第 30 條	雇主不得使妊娠中之女性勞工從事 <b>鉛及其化合物</b> 散布場所之工作；處理或暴露於 <b>二硫化碳、三氯乙烯、環氧乙烷、丙烯醯胺、次乙亞胺、砷及其化合物、汞及其無機化合物</b> 等經中央主管機關規定之危害性化學品之工作。 雇主不得使分娩後未滿一年之女性勞工從事 <b>鉛及其化合物</b> 散布場所之工作。

表2 化學品危害預防相關之法規、規則與辦法

名稱	修訂實施日期
1. 有機溶劑中毒預防規則	103.06.25
2. 鉛中毒預防規則	103.06.30
3. 四烷基鉛中毒預防規則	103.06.30
4. 特定化學物質危害預防標準	105.01.30
5. 粉塵危害預防標準	103.06.25
6. 缺氧症預防規則	103.06.26
7. 異常氣壓危害預防標準	103.06.25
8. 危害性化學品標示及通識規則	107.11.09
9. 勞工作業場所容許暴露標準	103.06.27
10. 勞工作業環境監測實施辦法	103.12.31
11. 危害性化學品評估及分級管理辦法	103.12.31
12. 新化學物質登記管理辦法	104.08.19
13. 管制性化學品之指定及運作許可管理辦法	103.12.31
14. 優先管理化學品之指定及運作管理辦法	103.12.30
15. 毒性及關注化學物質管理法	108.01.16
16. 環境用藥管理法	105.12.07
17. 管制藥品管理條例	106.06.14
18. 公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法	106.05.08
19. 爆竹煙火管理條例	99.06.02
20. 道路危險物品運送人員專業訓練管理辦法	97.03.17
21. 工廠危險物品申報辦法	106.11.03
22. 先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法	106.06.05

依據職安法第 10 條建立「危害性化學品標示及通識規則」針對危害性化學品有做較為明確定義與分類的規範。藉由危害分類、標示及安全資料表揭露，了解製造、處置或使用危害性化學品之資訊,以保障勞工的安全健康。根據我國既有化學物質公告清單約十萬筆資料，其中管制性化學品與優先管理化學品約共有 600 種物質，具有 GHS 安全或健康危害物質中約有 19,000 種至少具有健康危害,其中具有容許濃度標準的約有 492 種，另外在「特定化學物質危害預防標準」、「有機溶劑中毒預防規則」、「鉛中毒預防規

則」及「四烷基鉛中毒預防規則」中納入特別管理之化學物質約有 128 種[28]。危害性化學品依國家標準 CNS15030 分為兩大類，分別如下[30]：

一、危險物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有物理性危害者。

二、有害物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有健康危害者。

國家標準 CNS15030 係參考聯合國 GSH 紫皮書編撰，符合國際規範也讓國內危害分類標準一致化，為我國化學品分類及標示之總則，適用所有具危害之化學品並區分為：物理性危害、健康危害以及環境危害等共三大類 27 子項標準，其危害分類如下[30]：

一、物理性危害：(一)爆炸物 (二)易燃氣體 (包含化學性質不安定氣體) (三)氣懸膠 (四)氧化性氣體 (五)加壓氣體 (六)易燃氣體 (七)易燃固體 (八)自反應物質與混合物 (九)發火性液體 (十)發火性固體 (十一)自熱物質與混合物 (十二)禁水性物質 (十三)氧化性液體 (十四)氧化性固體 (十五)有機過氧化物 (十六)金屬腐蝕物。

二、健康危害：(一)急毒性物質 (二)腐蝕/刺激皮膚物質 (三)嚴重損傷/刺激眼睛物質 (四)呼吸道或皮膚致敏物質 (五)生殖細胞質突變性物質 (六)致癌物質 (七)生殖毒性物質 (八)特定標的器官系統毒性物質-單一暴露 (九)特定標的器官系統毒性物質-重複暴露 (十)吸入性危害物質。

三、環境危害：水環境之危害物質

職業安全衛生法第 11 條呼應 ILO 已提出一套簡易而實用之國際化學品管理工具指引，以「化學品分級管理」(Chemical Control Banding, CCB)之概念，先運用 GHS 判斷化學品之危害等級，並以化學品使用量和揮發性等特性，判斷其暴露等級，再依其危害及暴露等級，以風險矩陣進行分級（區分為四級），最後再據以選擇對應之控制或管理措施。如為高風險等級者，應採取適當工程控制措施；如屬低度風險者，可採取相關行政管理措施（如人員管制、訓練、防護具使用、設備操作、維護、監督檢查等）。美國、英國、荷蘭、德國、新加坡、韓國、日本等國家，也已發展相關指引及工具並運用於作業場所中。職業安全衛生法第 12 條規定雇主對於中央主管機關定有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於該標準值。目前經中央主管機關指定應依規定實施勞工作業環境測定之作業場所僅九十七種，惟依勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，訂有化學物質容許暴露標準者計四九二種，針對明定有容許暴露標準者，雇主應採取必要之措施，以確保勞工之危害暴露低於該標準值。

國內有關既有化學物質與新化學物質之主管機關包括勞動部依據職業安全衛生法以及環保署依據毒性化學物質管理法列管。職業安全衛生法第十三條明定製造者或輸入者對於公告之既有化學物質清單以外之新化學物質，應向中央主管機關繳交化學物質安全評估報告，並經核准登記始得製造或輸入含有該物質之化學品。為有效管理職安法 13 條所稱之新化學物質，勞動部依母法授權訂定《新化學物質登記管理辦法》，並已於 104 年 1 月 1 日正式實施。為建立我國一致性化學物質清單，勞動部將環保署依毒性化學物質管理法建置之既有化學物質清單，新增納入職業安全衛生法第 13 條第 1 項公告之化學物質清單。未來新化學物質登記資訊將為源頭管制的重要基礎，藉由評估其危害、暴露或風險資訊，可作為後續防範措施與管理的重要依據。環保署依既有化學物質第一階段登錄(登錄辦法第 18 條)申請於 105/3/31 正式截止。依新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法第 19 條規定，自 105 年 4 月 1 日起首次製造或輸入之既有化學物質年數量達 100 公斤以上者，或原已製造或輸入既有化學物質每年數量始終未達 100 公斤，但首次製造或輸入年數量達 100 公斤以上者，請在登錄平臺提出申請，並檢附符合前述事實之佐證文件。

綜合國內化學品管理現況，相關法規雖已依照國際趨勢逐步修正實施，並依照源頭管理精神對化學品進行登錄制度。主管機關(環保署)已對作業場所中既有化學物質已完成初步之清單建置，並建立新化學品登錄制度以掌握國內新增化學品清單，但需要更完整的評估管制與風險評估程序以達成安全使用之目標。以提供化學物質之辨識資料、危害特性資訊、使用用途、物質特性及危害特性測試，及安全防護需求等。透過化學品安全資訊的收集與審視、危害辨識評估、與使用流佈掌握，得以決定管理決策的優先次序，以進行必要的風險管控。

## 第二節 虛擬實境技術應用於教育訓練之效益評估

隨著數位化時代，資訊與通訊科技的進步，安全衛生教育訓練已不限於傳統教室進行，在我國前瞻基礎建設計畫中五大建設之一「數位建設」中，就包含了推動網路安全、數位文創、智慧城鄉、智慧學習及科研設施等基礎建設，並規劃了物聯網、AR/VR（擴增實境/虛擬實境）、AI（人工智慧）及智慧機器人等所需之基礎建設項目，期望在數位科技快速發展與普及下，讓每個人都能不受教育、經濟、區域、身心等因素限制，透過

多元管道享受經濟、方便、安全又貼心的優質數位服務。

AR/VR（擴增實境/虛擬實境）這樣的體感科技，是現今各界爭相投入的創新領域，相較於在教室上課的傳統的知識性教學，透過互動科技、空間定位、觸覺模擬、情境感測等技術，整合擴增實境(Augmented Reality, AR)、虛擬實境(Virtual reality, VR)、混合實境(Mixed Reality, MR)等創新應用，強化需要透過實作、實際練習及操作熟悉訓練的技能學習效果，導入如教育、醫療、工程等領域。其中虛擬實境(VR)是利用電腦模擬產生一個三維空間的虛擬世界，提供使用者感官的模擬，讓使用者感覺彷彿身歷其境，可以及時地且沒有限制地觀察三維空間內的事物。當使用者移動位置，電腦可以立即進行複雜的運算，將精確的三維世界影像傳回裝置產生臨場感。該技術整合了電腦圖形、電腦仿真、人工智慧、感應、顯示及網路並列處理等技術的發展成果，是一種由電腦技術輔助生成的高技術模擬系統。總之，VR 就是透過頭盔完全遮住視野以產生代入沉浸感（immersive），經由全虛擬畫面呈現出完全的虛擬世界，例如 HTC vive 的 VR 遊戲。虛擬實境(VR)技術在過去多應用在飛航駕駛或鐵道設備操作等方面，而隨著科技的進步及技術普及，現在已經逐漸廣泛應用於各種教育訓練，包括起重機操作教育訓練、服務業員工日常業務、特定危害作業設備操作、警察的射擊訓練等。

根據本所 105~106 於三個科學園區建置化學品自主申報平台與高危害化學品分析調查結果顯示，為避免第一線安衛專責人員及廠務、倉管或操作人員因資訊取得不完整或是專業訓練不足而導致化學品不當使用、誤用或其他危害事故之產生，必須加強溝通協調與落實教育訓練工作，提升事業單位對化學品危害通識、化學品安全評估及分級管理等專業智能，需多加強化學品安全管理相關專業訓練。因此，本研究進行跨領域專業合作模式，發展一套可強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。本套教材設計將以受過危害性化學品標示與通識規則基礎教育訓練之人員為對象，期以加深其對化學品安全管理之印象以及提升專業素養為目標。全程不僅可完成研究需求目標，更能讓不同領域之專業人員，透過研究工作會議、專家會議以及與現場實務工作人員之討論，讓不同領域之專業人員有跨領域學習之機會，為後續之跨領域合作奠下良好基礎。使用者在可虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。

回饋使用者於此虛擬空間中缺失作業項目，透過危害辨識及體感方式來提昇使用者

對危害之辨識能力及管理能力。

本研究所產出之虛擬實境化學品危害通識教育訓練開發過程累積之經驗，也能作為相關機關未來政策規劃參考與進行相關教材製作的範本，將提供我國各種使用化學品之半導體、光電、生技產業、石化業、塑膠業與傳統製造業等相關產業，有更多元，更有效果的化學品使用人員教育訓練方式，透過全新的 VR 體驗，可以讓受訓學員更深度的學習，更能加深印象。



### 第三章 虛擬實境教育訓練工具設計規劃

本研究首先研究相關法規、業界標準操作流程與職災案例，了解國內化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)現況與職災案例發生因素及事業單位化學品安全管理需求，篩選未確實執行標準程序所造成職災的案例，以危害性化學品標示及通識規則為主軸分析導致錯誤之環節，如何正確操作來避免錯誤發生，作為安全衛生教育訓練之教材；並蒐集虛擬實境技術與相關應用資訊、穿戴裝置、教育訓練等相關案例評估適用性與效益，並與相關業者和專家訪談了解其需求。透過法規與業界實務操作標準程序並參考化學品職災案例，研究彙整為一套通用之危害性化學品標示及通識規則基礎教育訓練課程、儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練教材，完成本研究之危害通識虛擬實境教育訓練工具。

#### 第一節 文獻收集與探討

##### 一、化學品危害通識教材、儲槽灌裝與及批式進料之作業流程與職災案例蒐集彙整

為編製一套通用之「危害性化學品標示及通識規則」基礎教育訓練課程，本研究收集相關參考資料並依研究需求涵蓋危害通識概要及法規介紹、危害物標示內容及意義、物質安全資料表內容說明與危害通識計畫書危害物質清單介紹等重新彙集整理，並經由研討彙整為一套通用之基礎教育訓練課程。

為編製儲槽灌裝與及批式進料之危害通識教材，除從行政院環境保護署毒物及化學局[29]與勞動部職安署[30-31]網站資料中，蒐集近 10 年國內化學品相關儲槽儲放、灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)之意外與職災案例外，也對於事業單位化學品相關儲槽灌裝與及批式進料之作業現況、流程及相關職業安全衛生規定，與災害案例資料進行收集。並依研究要求在專家學者協助下作進一步篩選符合本研究之案例並分析其常見事故原因與預防之道。同時，本研究也積極蒐尋各政府機關(勞動部與其下轄機關、環保署與其下轄機關、消防署、與經濟部工業局等)之網路資料庫資訊，結合業界實務管理人員、樹脂與橡膠製程危害分析與預防研究人員、失控反應研究專家、石化業火災爆炸虛擬實境技術工具開發專家、石化業泵浦維修 AR 技術專家、石化產業及科學園區職業安全衛生管理單位、相關事業單位安全衛生主管以及職業安全衛生訪視與輔導之

多位專家等專業意見，借重這些實務經驗與資源，讓資料收集與規劃工作更加完善。藉由整合前述相關化學品管理現況與職災案例資料，包含事業單位之標準作業程序流程、自動檢查重點與檢點表等資訊，以提供做為腳本編撰之參考。並配合職業安全衛生管理和虛擬實境技術等專業能力，開發危害性化學品標示及通識規則基礎課程與化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)危害通識之虛擬實境技術教育訓練工具，工作內容包含案例模擬場景、互動化的資訊與資料，開發完成的虛擬實境技術之教育訓練工具，以強化人員安全衛生教育訓練，提升危害性化學品管理專業、知識及技能。

## 二、虛擬實境技術資訊整理

近年來在台灣開啟了一個新的名詞，一個使用 VR 進行教育訓練的新名詞被定義出來-VReducation。VRvolution = VR+evolution 亦可稱為 V Revolution，代表者一場勝利的革命的宣示 VReducation 乃探討虛擬實境應用在教育各項可能與發展。2016 年為 VR 元年，VR 技術已經充斥生活周遭，並成為科技發展的重點走向。VR 打破以往實際體驗的限制，創造教育中無限的可能，舉凡複雜的物理實驗、科學研究、天文星象或者高難度的技術操作等，VR 均給予我們體驗學習的機會，並有效提升學生的學習效益。

VR 與穿戴裝置在教育訓練上的應用的應用可分成三大方向：

- (一) 教育(Education)：指傳授知識，包含學校教育及職場教育。
- (二) 訓練(Training)：指職能或技能訓練，包含學校及職場。
- (三) 效能支持(Performance Support)：指在需要的時刻提供相關重要資訊，以協助完成工作，通常可以與前項搭配運用。

現今的 VR 不只是數位科技的創新，亦是人類生活型態的演變一環，代表著對於產業、學習、生活等方面的改變與革新。2017 年 5 月 1 日在美國休士頓舉行的國際石油展 (Offshore Technology Conference) 上，英國勞氏船級社 (LR) 展示了一項 VR 程式技術，該技術創建了海工和能源業務中可能遇到的各種情境，並通過 VR 技術來培訓/測試參與者對風險的評估和應對。通過應用最新的創新和技術進步，VR 建立了一個虛擬環境，以幫助說明需要繼續關注行業的安全和風險評估。使用者在第一次甚至第二次很少得到正確的，但是團隊或個人的正確和錯誤的決定的後果立即被發回到我們的 VR 的學員安全模擬程序，讓他們有機會直接從錯誤中學習。他們可以練習和練習一次又一次，直到它

們接近完美，整個工作人員在進行實際操作之前，無論是陸上還是離岸，工作人員可以熟悉鑽機，工廠或管道佈置，設備操作，步行路徑和撤離路線，並記住安全裝置的位置。該公司指出，利用 VR 安全模擬模型來提高安全和環境保護等關鍵領域的時間競爭力是必須做的。

在不同的條件下，虛擬實境可以更頻繁地練習基本訓練方案，使受訓者對各種情境建立更好的瞭解與行為模式不同可能導致不同之結果。由於基於虛擬實境的場景和行為模式可以被數位儲存，評估人員可以更有效地檢視培訓和鍛煉成果。這可以用來更準確地收集吸取的經驗教訓，並為事後審查過程制定必要的糾正行為[27]。虛擬實境培訓提供了一種獨特的素質是在課堂或網路的培訓中並不普遍存在的身歷其境感，並在大規模的實際學習與訓練活動相較於其他方式有相當大的成本優勢，並獲得越來越多的機構採用為教育訓練與模擬練習模式[27]。此外，本計畫開發之虛擬實境教育訓練工具也會以符合多種硬體設施之規格為目標，以增加其實用性與可推廣性。

### 三、虛擬實境技術加強化學品管理工具開發規劃

本研究根據案例，應用虛擬實境技術開發包含危害性化學品標示及通識規則基礎課程在內之儲槽灌裝(含化學品槽車裝/卸料)及批式進料(含批次反應製程)作業化學品教育訓練工具，設計 VR 互動式腳本。在劇本設計前，我們根據腳本設計原則與場景定義，進行劇本的內容的開發方式。

- (一) 敘述方式：採用「互動式」敘事方式，讓參與教育訓練者在主要故事線索的情節發展和節奏上具有控制能力。
- (二) 視場(Field of view)：FOV 是指 VR 可視區域的度數，本計畫設計“360 view”：3600 x 1800 pixels，“UI view”：1200 x 600 pixels。
- (三) 視點(point of view, POV)：本計畫採用第一人稱 POV，也就是受訓人員即為整個劇情的主角，所有的畫面都集中在他眼睛看到畫面。
- (四) 交互：使用者可在虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。

## 第二節 應用虛擬實境技術之化學品教育訓練腳本

本研究參考近年來國內化學品職災案例資料及事業單位化學品管理需求，發展應用

虛擬實境技術開發包含危害性化學品標示及通識規則基礎課程在內之儲槽灌裝(含化學品槽車裝/卸料)及批式進料(含批次反應製程)作業化學品教育訓練工具，以強化人員學習正確作業方法，減少從事化學品作業時可能發生危害的風險。

「危害性化學品標示及通識規則」係依職業安全衛生法第十條第三項授權訂定，再依據職業安全衛生法第 32 條暨職業安全衛生教育訓練規則第 16 條與附件十四規定，對製造、處置或使用危害性化學品者應實施三小時之一般安全衛生教訓練，以提供勞工從事工作預防災變所需要之教育訓練。本研究依照法規及參考網路上現有流通之教材，再依計畫需求涵蓋危害通識概要及法規介紹、危害物標示內容及意義、物質安全資料表內容說明與危害通識計畫書危害物質清單介紹等重新彙集整理，以符合職業安全衛生法令對於教育訓練之規定。另有關儲槽灌裝(含化學品槽車裝/卸料)及批式進料(含批次反應製程)作業化學品教育訓練工具之設計，主要參考職業安全衛生管理績優之事業單位的現行做法與職業安全衛生管理規定，參考過去之案例分析，將案例缺失原因納入腳本細節，設計虛擬實境教育訓練教材腳本，再經由專家會議討論後，製作教育訓練工具。

因考量虛擬實境操作時需考量初次體驗之受試者平衡適應能力以及符合職業安全衛生教育訓練規則之 30 分鐘以上的教育訓練要求，在腳本編排上將以畫面靜態說明與展示及動態互動模式約各佔一半方式配比並穿插幾個小測驗供評估學習成效使用。本計畫依劇本內容繪製多欄式的分鏡腳本，並描述每一個畫面的事件內容、呈現效果、互動方式及演示時間等等，為將腳本的思緒能表達完整、清晰。腳本內容涵蓋自動檢查、標準作業程序流程、檢查重點、檢點表、物聯網應用及化學品管理平台等的虛擬實境資訊工具，並且符合相關規定與進行標準作業程序。相關規劃需邀請具化學品管理、腳本設計、虛擬實境技術等專業之專家，針對化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練情境腳本進行討論，並提出改善建議並修正，確認腳本內容之正確性和後續應用虛擬實境技術製作教育訓練工具可行性。

本研究規劃 4 個單元，分別是單元一：危害性化學品標示及通識規則基礎教育，單元二：危害性化學品標示及通識規則現場實務，單元三：化學品裝卸料安全衛生及單元四：批式反應，其中單元一共分為 8 個次單元，單元二共分為 4 個次單元，單元三共分為 3 個次單元，單元四共分為 2 個次單元，本研究一共有四個大單元、16 個小單元，單元名稱如下：

## 一、單元一：危害性化學品標示及通識規則基礎教育

- (一)單元一之一、危害通識重要性
- (二)單元一之二、法源依據及用詞定義
- (三)單元一之三、適用範圍與危害性化學品分類及危害圖式
- (四)單元一之四、不適用範圍
- (五)單元一之五、標示與圖示
- (六)單元一之六、安全資料表
- (七)單元一之七、通識措施
- (八)單元一之八、SDS 判讀練習

## 二、單元二：危害性化學品標示及通識規則現場實務

- (一)單元二之一、危害圖式測驗
- (二)單元二之二、戶外儲槽區的危害性化學品標示及通識規則現場實務練習
- (三)單元二之三、碼頭區化學品危害辨識
- (四)單元二之四、進入倉儲區的危害性化學品標示及通識規則現場實務練習

## 三、單元三：化學品裝卸料安全衛生

- (一)單元三之一、常壓槽車灌注：
- (二)單元三之二、高壓槽車灌注
- (三)單元三之三、常壓槽車卸料入儲槽

## 四、單元四：批式反應

- (四)單元四之一、塑膠原料聚合反應
- (五)單元四之二、環氧丙烯酸酯合成

### 第三節 3D 虛擬物件及場景設計與製作

本研究根據以往進廠訪視化學品安全管理之經驗，並借重業界與學術界專家之實務經驗，由網路搜集之相關資料並安排資訊軟體人員一同進事業單位現場觀摩，瞭解作業環境空間、設備、物品的外觀樣貌、材質、尺寸及細部結構，需要製作到動態效果，要考慮到模型是可拆分為不同組件，以利完成可自由建構、調整的互動模組。蒐集相關作業之實拍影片、照片，並量測尺寸或抓取比例，透過 3D 軟體建置各物件模型，為考量互動裝置的效能限制，在建置上會控制模型面數，達到不失真的作法。在細節上會強化貼圖材質的擬真度，並透過光影的渲染效果，將光影材質加入貼圖上，建構具有真實外觀的虛擬物件。儘量採用真實的比例製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具必要細部組件，例如 3D 虛擬物件及場景、化學槽車與桶罐裝貨車、化學原料槽、主要灌裝管線、卸料區、批次反應器與相關組件、人物、儲存區 3D 虛擬物件等，部分化學品虛擬實境教育訓練教材所需之化學品 3D 虛擬物件及場景模型示意圖如圖 2 所示。

本研究所建置之 3D 物件及場景需包含化學品危害通識之標示圖示規定及注意事項，例如於場景中有安全資料表之取得、安全資料表初步解讀等，物件中有物質危害辨識、危害圖示、危害標示等，均需符合化學品危害通識管理之危害預防注意事項。例如：環境控制與防護設施、個人防護設備與措施、安全處置程序與方法、緊急應變措施準備、其他安全管制及注意事項等。針對化學品虛擬實境技術之教育訓練工具 3D 虛擬物件及場景規劃內容，經過專家會議之專家學者參與討論，提出改善建議並修正及確認 3D 虛擬物件及場景之正確性和後續應用虛擬實境技術製作教育訓練工具可行性。







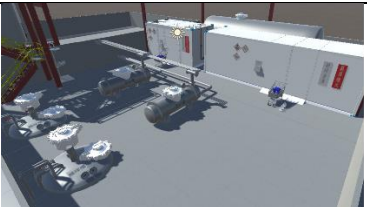



		
火焰偵測器	化學洩漏處理車	防爆櫃
		
灌裝區	SCBA 氣瓶與背帶	氣體偵測器(可燃性)
		
批示反應槽	灌裝人員	槽車
		
室外槽車灌裝區場景		

圖2 化學品 3D 虛擬物件及場景模型示意圖



## 第四節 製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具

本計畫開發之 VR 執行檔將 製作適用於 HTC VIVE 裝置的 VR 應用程式及展示用之個人電腦程式版本兩個版本，以利後續推廣使用，個人電腦程式版本使用者可透過自己的電腦，直接在應用程式平台下載安裝，即可體驗化學品安全管理虛擬實境技術之教育訓練內容。在操作過程中，使用者可隨意改變觀看位置來觀察不同的角度，對於無法理解的部分，可經由反覆操作達到練習成熟之訓練目的。本系統充分將虛擬實境的特點：融入感、互動性、想像力開發此教育訓練系統，以提高使用者的學習效果，系統之擬真度與互動性，更提昇學習意願。因此，本研究之教育訓練工具規劃如下：

### 一、製作適用於行動裝置的化學品虛擬實境技術之教育訓練工具應用程式

本計畫 VR 虛擬實境工具開發步驟說明如下(圖 3)：

- (一) 針對劇本分析所需的訊息階層，並整理成互動式資料庫內容。
- (二) 針對化學品進料及領料作業真實情境製作目標圖。
- (三) 安裝製作軟件及建立製作環境，進行外掛元件及 SDK 下載。
- (四) 使用 Unity 整合 VR SDK 工具進行模型開發與互動程式撰寫。
- (五) 發布移動端，測試評估效果。

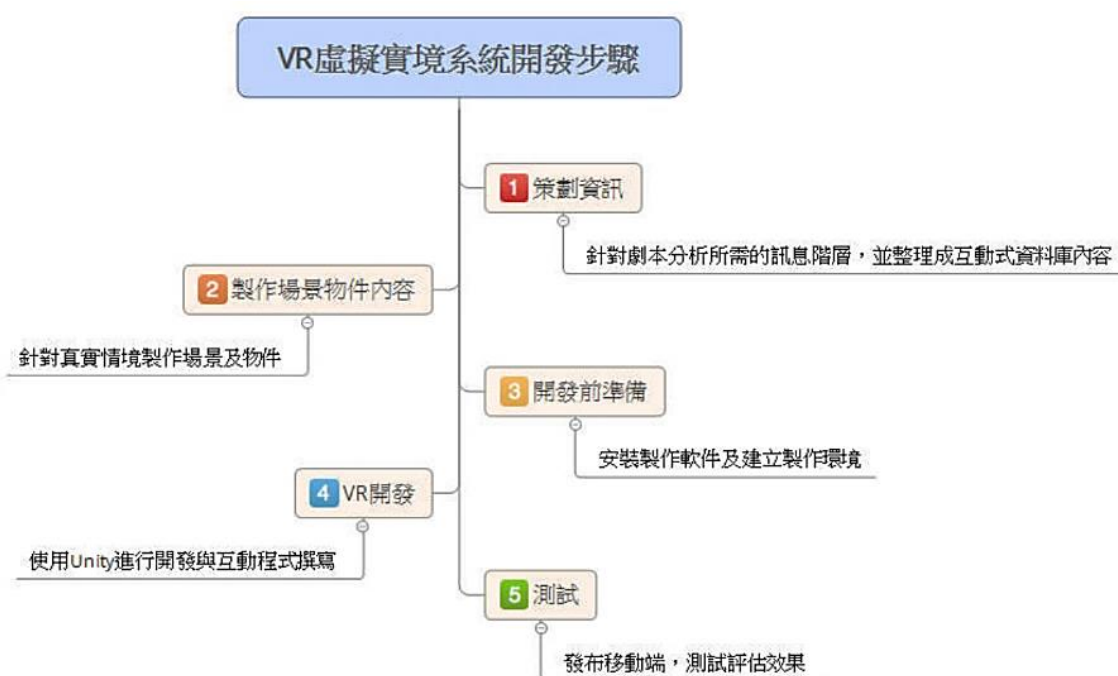


圖3 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之開發過程



## 二、本計畫採用 Unity 作為開發平台，開發過程中運用的技術點如下

- (一) Unity 使用 C#語言作為腳本語言，可以運用 C#語言的各種語法、常用算法、數據結構、設計模式、架構模式等來進行模型的運算與動作設計。
- (二) 由於開發 VR 對於模型與動畫的處理部分要求較高。需要高階的 Unity 設計功能以對模型的導入、模型優化、模型動畫(Animator、Animation)控制腳本等進行高階運算整合。
- (三) 移動端螢幕識別部分：採用 Unity 原生的觸控 API，同時運用成熟的 Unity 螢幕觸控插件（例如：Finger Gestures 插件）進行開發。
- (四) 發布移動端技術：本計畫發佈 VR 平台的\*.apk 文件，其步驟為安裝與配置 java SDK，以及安裝 VR SDK，最後需要在 Unity 中配置上述的路徑等。

## 三、VR 穿戴設備：本研究以 HTC VIVE 設備為 VR 運作平台，提供未來事業單位採用 VR 訓練工具時使用

HTC VIVE (圖 4)虛擬現實之頭戴式顯示器，由宏達國際電子（HTC）和維爾福公司（Valve Corporation）共同生產開發。它也是維爾福公司的 SteamVR 項目的一部分。HTC VIVE Lighthouse 的原理就是利用房間中密度極大的非可見光，來探測室內佩戴 VR 裝置的玩家的位置和動作變化，並將其模擬在虛擬實境 3D 空間中。HTC VIVE 具有 90 赫茲的螢幕更新率。該設備使用兩個螢幕，每眼一個螢幕，每個螢幕具有 1080×1200 像素解析度[33]。



<https://www.vive.com/tw/product/#vive-spec>

圖4 HTC VIVE 設備圖

在不同的條件下，虛擬實境可以更頻繁地練習基本訓練方案，使受訓者對各種情境建立更好的瞭解與行為模式不同可能導致不同之結果。由於基於虛擬實境的場景和行為模式可以被數位儲存，評估人員可以更有效地檢視培訓和訓練成果。這可以用來更準確地收集吸取的經驗教訓，並為事後審查過程制定必要的糾正行為[28]。虛擬實境培訓提供了一種獨特的素質是在課堂或網路的培訓中並不普遍存在的身歷其境感，並在大規模的學習與訓練活動相較於其他方式有相當大的成本優勢，並獲得越來越多的機構採用為教育訓練與模擬練習模式[28]。

#### 四、VR 互動式腳本設計：劇本設計前，根據腳本設計原則與場景定義，進行劇本的內容的開發方式

- (一) 敘述方式：採用「互動式」敘事方式，讓參與教育訓練者在主要故事線索的情節發展和節奏上具有控制能力。
- (二) 視場(Field of view)：FOV 是指 VR 可視區域的度數，本計畫設計“360 view”：3600 x 1800 pixels，“UI view”：1200 x 600 pixels。
- (三) 視點（point of view, POV）：本計畫採用第一人稱 POV，也就是受訓人員即為整個劇情的主角，所有的畫面都集中在他眼睛看到畫面。
- (四) 交互：使用者可在虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。

使用者戴上 VR 顯示器可環顧虛擬之場景環境，若需移動位置觀看整個環境，可目視欲移動的標的位置，再以手持搖桿選擇畫面中的目視點做位置的轉換；進行化學品作業時，系統會以文字說明任務內容，並提示需要控制場景中的某一物件，使用者同樣以目視方式，看向需控制的物件再以搖桿做選取即可操作；化學品現場作業環境之模擬，除了參考實際工廠的環境狀況外，並符合法規規範，如裝有危害性化學品容器標有危害標示、化學品放置區附有安全資料表、危險區域設置告示牌等。

#### 五、系統操作與劇本內容

本系統操作內容，建構以下五項選單：

- (一) 安全作業程序：

運用文字條列式的步驟說明，告訴使用者安全的作業程序，並閃爍標示需操控的物件項目，提示使用者應選取其物件來完成任務，透過友善的介面設計與關鍵提示，讓使用者正確操作並順利完成作業。

## (二) 危害預防措施

針對不同危害因素，操作正確預防方式，例如化學品 HF 氫氟酸若與眼睛接觸，應立刻以大量的水洗滌後洽詢醫療，如遇意外或覺得不適，立即洽詢醫療，必須穿戴適當的防護衣物、手套、戴眼罩／護面罩，緊蓋容器、置於通風良好的地方。這一系列的狀況，透過選取物件後，演示危害預防措施的正確執行方式。

## (三) 安全設備工具

虛擬環境中的設備與工具除了達到擬真化，並符合法規規範達到安全標準，讓使用者在虛擬操作過程中，看到的所有相關物件，如化學品容器、化學品管線、桶裝搬運組件、入料清點工具...等，彷彿是在現實中進行操作的。

## (四) 個人安全防護器具

使用者進入作業場域前，為保護個人身命安全，先配戴個人安全防護器具，透過虛擬操作方式選取後，即可穿戴在身上，進入作業場域。

個人安全防護器具選單物件如下：

1. 眼睛與臉的保護：安全眼鏡、護目鏡、面罩
2. 呼吸防護具：淨氣式呼吸防護具、供氣式呼吸防護具
3. 手部安全防護：橡膠手套
4. 防護衣：A 型防護衣、B 型防護衣、C 型防護衣

## (五) 完整的危害資訊

使用者在虛擬操作過程中，除了給予操作說明及提示外，在各環節情境裡，可清晰看到化學品的危害資訊內容，並在程序操作正確或未正確的畫面中，帶出完整的事件結果，與檢討說明。使用者於虛擬空間中操作錯誤的程序，將呈現錯誤程序引發之 3D 擬真的災害結果與嚴重性，透過 VR 顯示器的環景特性，使用者會體驗到面臨災害發生的身歷其境感，如爆炸、煙霧迷漫、腐蝕的震撼性視覺畫面與聲音效果，而手持搖桿會給予震動性的體感回饋，以模擬災害真實情境，來達到使用者安全意識的提昇。使用者於虛擬空間中操作錯誤的程序，將呈現錯誤程序引發之 3D 擬真的災害結果與嚴重性，透過

VR 顯示器的環景特性，回饋使用者於此虛擬空間中缺失作業項目，使用者會體驗到面臨災害發生的身歷其境感，如爆炸、煙霧迷漫、腐蝕的震撼性視覺畫面與聲音效果，透過危害辨識及體感方式來提模擬災害真實情境，來達到使用者安全意識的提昇。藉由虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範，達到教育訓練之目的。

本項工作經過跨領域專家學者參與的專家會議討論修正，專家包含化學品製程安全管理、虛擬實境技術等專業，專家會議中討論教育訓練工具雛型試用性評估，例如危害缺陷設計、模型美工、互動體感等檢查、後續教育訓練問卷之設計並提出改善建議，以使本案之教育訓練教材具有實用性。

## 第五節 化學品虛擬實境技術之教育訓練成效驗證

虛擬實境技術之教育訓練系統依專家意見修改完成後，本研究進行虛擬實境教育訓練工具雛型試用性評估，例如危害缺陷設計、模型美工、互動體感等檢查。辦理至少 1 場以上之研討座談教育訓練活動及虛擬實境技術之教育訓練，對於化學品相關作業人員進行推廣及試用。以驗證工具成效與可行性，例如學習認知、互動狀況、使用問題與滿意度等，進行效益評估及問題整理與統計，問卷內容需先經專家會議討論通過。本研究共舉辦 2 場次研討座談教育訓練活動 4 小時，流程列於表 3，邀請中部各工業區事業單位化學品相關作業人員(製程工程師、廠務與職業安全衛生管理人員等)，驗證工具成效與可行性並收集訓練回饋問卷。

化學品儲槽灌裝及批式進料作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練工具系統經過開發人員依據前三次專家會議建議結果與實地測試與研討座談教育訓練活動回饋問卷統計完成後，將再辦理一次專家會議，邀請包含化學品教育訓練、問卷設計、虛擬實境技術等專家，討論虛擬實境技術之教育訓練工具可行性並提出改善建議，後續修正工具且確認工具正確性。

表3 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之成效驗證與試用性評估

時間 (上午場/下午場)	議程	主持人
9:00~9:10 (13:00~13:10)	簽到	
9:10~10:00 (13:10~14:00)	化學品危害通識虛擬實境 技之教育訓練計畫工具使 用說明	計畫執行團隊
10:00~10:10 (14:00~14:10)	基本資料暨前測問卷填寫	VR 團隊
10:10~10:20 (14:10~14:20)	休息	
10:20~11:40 (14:20~15:40)	化學品危害通識虛擬實境 技術教材學習及體驗	VR 團隊
11:40~12:00 (15:40~16:00)	綜合討論與回饋問卷填寫	計畫執行團隊
賦歸		

## 第六節 虛擬實境技術之教育訓練工具進行應用結果

本研究藉由整合職業安全衛生管理與虛擬實境技術等專業能力，以跨領域專業合作模式開發教育訓練工具。在研究進行時，除了多達四次之專家會議協助檢視工具知正確性與適用性外，三個科學園區工安勞檢單位、園區主要事業單位安衛主管以及參與該計畫協助工廠訪視之多位專家亦能給與本研究非常大之協助，如現場操作流程與制度(程序)以及現場場景影像之取得等，借重他們的實務經驗與資源，讓工作更加完善。

整體工作內容包含案例模擬場景、互動化的資訊與資料，開發完成的虛擬實境技術之教育訓練工具，要經過檢查、推廣與成效驗證，瞭解人員使用虛擬實境技術之教育訓練工具學習狀況與可能發生的問題，以強化人員安全衛生教育訓練，提升危害性化學品

管理專業、知識及技能。相關會議紀錄與建議，教育訓練心得與回饋問卷之結果與建議，研究中予以彙整並提出本虛擬實境技術之教育訓練工具進行應用成效與其未來之應用，以及後續現場實務操作人員所需之協助項目。全程將完成包含危害性化學品標示及通識規則基礎課程在內之儲槽灌裝(含化學品槽車裝/卸料)及批式進料(含批次反應製程)作業化學品教育訓練工具所需套件、軟體與操作說明書，以及其他必要工具或材料)及書面報告，以供未來推廣應用或研擬後續工作使用。

## 第四章 結果與討論

### 第一節 文獻收集與探討

收集相關文獻資料，包含國內對於化學品管理方法管理相關法規與機制，法規及參考網路上現有流通之教材(包括職安署、安衛人員重要訓練機構與教育部安衛種子教師等教材內容在內)。蒐集案例部分，包含行政院環境保護署毒物及化學局[29]與勞動部職安署與本所[30-36]網站資料中蒐集近 10 年國內化學品相關儲槽儲放、灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)之意外與職災案例(表 4、表 5)。蒐集並分析國內科學工業園區及具代表性之化工廠、半導體廠與使用化學品工廠等的儲槽灌裝及批式進料作業等相關現況與作業方式，尤其是儲槽灌裝及批式進料作業之作業流程與自動檢查重點和法規之關聯性(表 6-7)。綜合所收集的資料結合化學品實例與 VR3D 模型建置與場景設計等提供腳本撰寫與訓練教材組構之重要參考。

在歷年來化學品製程區、批式進料(含批次反應製程)意外事件初步彙整資料中歸類為失控反應共有 8 例，設備不當或故障 22 例，靜電或電氣因素 9 例，人員操作不當 7 例，其他原因者 4 例。在歷年來化學品儲存、運輸與儲槽灌裝(含槽車裝卸料)意外事件初步彙整資料中，歸類為設備不當或故障有 13 例，靜電或電氣因素 1 例，人員操作不當者 26 例，其他原因者 1 例。表 4 與表 5 部分文獻資料係從媒體及公開資訊中蒐集，因此，事故發生之原因與對策可能不完全精確，所收集的資料僅提供本研究之腳本撰寫與訓練教材組構之參考，但事故發生之具體原因與對策非本研究重點。

蒐集並分析國內科學工業園區及具代表性之化工廠、半導體廠與使用化學品工廠等的化學品儲槽灌裝及批式進料作業等之作業方式現況、相關職業安全衛生規定，包含標準作業程序流程、自動檢查重點與檢點表等資訊，提供做為腳本編撰之參考。

表4 歷年來化學品製程區、批式進料(含批次反應製程)意外事件初步彙整資料

編號	時間	事故摘要	事故原因
失控反應			
1	98 年 05 月 20 日	高雄縣大寮鄉鳳林二路○○公司發生火警，業者表示鍋爐內為氟化鈉及矽的混合物，鍋爐反應過熱造成鍋爐下方電線、水管起火燒毀。	鍋爐內的反應為放熱反應，若是監控不當即容易造成溫度過高
2	98 年 06 月 22 日	彰濱工業區彰濱東十二路○○化學公司發生爆炸，現場爆炸地點為：叔丁基過氧化氫(TBHP)之反應爐爆炸，現場化學品為叔丁基過氧化氫及二異丙苯醇。無人傷亡，災損面積約 64 坪。TBHP 屬於有機過氧化物(Organic Peroxide)，而有機過氧化物會因為受熱、續熱或反應失控等等因素，導致自加速分解失控反應，進而造成爆炸災害。	設備操作不當，如溫度、進料、冷卻系統控制不良，機械故障等，應定期作設備閥件維護保養
3	99 年 01 月 8 日	彰化縣○○化學公司火警事故，有大量濃煙及陸續爆炸狀況發生。該事故原因疑似製程區過氧化氫異丙苯槽因外洩導致火災及衍生爆炸事故。疑因製程反應異常，大量的氣體壓力無法有效排除導致熱失控反應爆炸。監控室延遲啟動反應槽之冷卻系統，導致冷卻系統無法有效抑制反應槽溫度。未實施製程安全分析，原本設備設計考量未進行危害與可操作性分析。	製程反應異常氣體壓力無法有效排除導致熱失控反應，未實施製程安全分析
4	101 年 05 月 17 日	台中○○公司從事甲苯硫酸反應作業因製程失控甲苯蒸氣揮發至空氣中，遇上火源發生爆炸，工廠持續燃燒且儲存區存放大量樹脂，遂引發一連爆炸造成勞工呼吸性休克死亡及全身性燒灼傷致呼吸衰竭、多重器官衰竭死亡。	甲苯硫酸反應作業因製程失控。電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。
5	101 年 09 月 12 日	新北市淡水區○○實業公司發生火警事故，事故原因疑似反應放熱溫度過高引燃事故地點一樓 TDI 53 加侖桶 25 桶及二氯甲烷 53 加侖桶 1 桶，二樓 TDI 2 噸儲槽及 PPG 5 噸儲槽均已燃燒殆盡。未留置人員於廠房看守，未增設偵測警報器或者偵測警報器已失效使事故發生初	對化學品及廠房的安全認知不夠了解



編號	時間	事故摘要	事故原因
		期無法察覺，致使被發現時已無法自行撲滅。	
6	104 年 01 月 17 日	屏東縣○○一般事業廢棄物處理廠發生爆炸事故，廠內廢油裂解爐加熱精煉時因不明原因爆炸起火，主要回收廢樹脂、廢溶液（劑）、漆渣等物質	裂解爐運作時發生不明原因過壓
7	105 年 02 月 01 日	中市大肚區○○製藥公司中二廠區發生火警事故，事故發生原因疑似為製程中無法排除攪拌槽投料不慎爆炸引火，造成 1 人死亡 1 人受傷。火勢共燒毀毒化物甲基異丁酮 660kg 及氯甲烷約 9,000kg	需重新評估製程安全性，並改善製程管理制度 應加強員工公安教育，嚴格遵照操作標準作業流程
8	105 年 06 月 8 日	南投市○○公司廠區運作丙烯酸丁酯疑似因反應槽冷卻系統異常停止運轉，反應槽內投料組成為甲苯、醋酸乙酯、丙烯酸異辛酯、丙烯酸丁酯，其中丙烯酸丁酯約佔 20%，反應槽溫度持續上升造成化學品揮發逸散，化學品 VOCs 蒸汽經由冷凝器連接之排風管路，回流至廠內逸散。	廠區內部未定期線路檢查及製程安全評估
設備不當或故障			
1	98 年 07 月 17 日	台南縣學甲鎮○○公司火警事故，當反應槽完成合成作業後，某勞工即打開反應槽下方出料管線之主閥，進行轉料作業，因反應槽出料管線之主閥下方玻璃視窗發生破裂，造成反應槽內大量液體噴出(含甲苯)，發生爆炸火災。 運作之毒化物為苯胺、4,4'-亞甲雙(2-氯苯胺)、苯甲氯、蒽、三氯甲烷、氯乙酸、硝苯、丙烯腈、甲基異丁酮、環己烷、4,4'-二胺基二苯甲烷及三乙胺等，災害現場儲放化學物質有甲苯及煤油，初估災損面積約 1,325 坪。	製程區之電器設備無設置防爆設施，製程中反應器下方之輸送管線視窗玻璃老舊造成破裂，導致反應器內化學品洩漏而引發火災。
2	98 年 08 月 12 日	高雄市三民區○○資源回收廠火警，現場使用幫浦抽取儲槽中之甲苯液體時，不慎發生洩漏引起火災，造成現場一名工人受傷。	未使用防爆型幫浦，且儲槽與管線都未接地，導致火災。業者未依規定設置工作場所

編號	時間	事故摘要	事故原因
3	98 年 08 月 18 日	台塑工業區○○公司發生加熱爐內管徑破裂，二甲苯洩漏之後，導致加熱爐燃燒	焊接時未做好品質控管或採用材質良好率不佳。進行製程安全分析檢討，將風險等級過高之部分，進行製程設備防護改善
4	98 年 10 月 2 日	湖口鄉○○科技公司發生火警。業者表示起火點為去光阻劑 NMP (N-甲基吡咯酮) 槽體，現場另存放丙酮、異丙醇、OS30 (十甲基四矽氧烷)、SPS207 (混合物)及氰化金鉀，災損面積約 1000 坪	疑似電線走火，擴及週遭化學品
5	99 年 03 月 25 日	幼獅工業區○○公司甲醇回收反應槽與母液儲存槽發生火災，現場疑似燃燒化學品為甲醇。本次事故為廠房 3F 儲存槽與反應槽發生火災事故，疑似回收槽之加溫夾套其蒸汽控制閥及減壓閥故障。導致反應槽內溫度異常升高，回收甲醇蒸汽量過大，使其冷凝器效果降低，部分至排氣管排出。同時甲醇回收量增大致回收瓶液位升高至排氣管溢出到電源開關導致電器火花而引燃。	蒸汽比例式控制閥及減壓閥故障，無甲醇洩漏感應器，電源開關未為防爆型
6	99 年 04 月 4 日	位於苗栗縣頭份工業區某石化公司發生爆炸火警事故，事故原因為該公司之環己烷反應槽，疑似未使用過之採樣管路年久失修鏽蝕後斷裂，造成反應槽內高溫氫氣及化學品洩漏而引發爆炸起火。發生事故之槽體為環己烷反應槽，該製程是以氫氣及苯進行加氫反應合成環己烷。	自動檢查未將取樣口管路納入檢查
7	99 年 09 月 27 日	永康市○○鋼鐵公司火警，事故現場廠房內疑似有二異氰酸二苯甲烷，災損面積約 550 坪。事故發生原因為塑料需預先加熱攪拌再由送料馬達進行輸送，火調科人員於攪拌槽下方馬達發現有一管線疑似爆裂造成洩漏，且進料馬達非防爆電器，造成塑料洩漏接觸到送料馬達外部高溫而引發火災。	輸送管線老舊未定期檢驗，且現場電器設備皆無防爆
8	99 年	桃園縣某貴金屬之回收再利用之工廠發	未遵守安全操作

編號	時間	事故摘要	事故原因
	10 月 05 日	生火警事故，事故原因發生疑似於廠房 2 樓高週波加熱爐過熱起火，廠方人員發現後，自行滅火無效，引發後續火勢。	規範
9	100 年 03 月 29 日	雲林縣麥寮鄉○○石化公司烯烴二廠。起火處所：100 區(裂解區)起火原因：疑似輕油入料管保溫下腐蝕，流體外洩洩漏接觸熱源造成火災)。起火設施裝置及其運轉情形：緊急將該裂解爐(H-104)停爐。人員傷亡情形：無。	1. 直接原因： 輕油洩漏接觸熱源引起火災 2. 間接原因： 不安全設備：管線保溫劣化造成 CUI，管線沖蝕減薄?(待檢測) 不安全環境：超高壓蒸汽管線支撐處，設計無保溫，實際量測溫度達 250℃ 3. 基本原因： 管線保溫劣化
10	100 年 04 月 13 日	高雄市小港區○○公司發生火警事故，環己酮工場環己烷輸送管線安全閥發生工安事故，以致發生火災。火勢已控制，現場無人傷亡，但環己烷持續洩漏中，應變隊前往支援監控。事故發生原因疑似為熱交換器入口安全閥之調整螺絲其螺牙斷裂，造成環己烷洩漏並引發火災，	環己烷熱交換系統之安全閥設定螺栓鬆脫彈出，造成氣體大量外洩，使鬆脫之螺絲撞擊鄰近管線之鋼管產生火花，瞬間點燃洩漏出之環己烷氣體引起，屬於工安事故造成之災害。
11	100 年 07 月 28 日	台南某公司發生火警事故，事故發生原因疑似該廠製程區發生大量環己烷及甲苯洩漏，易燃液體之蒸氣洩漏，瀰漫於清運大貨車附近，車子已起火燃燒。	為防止因爆炸、火災、洩漏等危害，建議設置緊急遮斷裝置、自動警報裝置或其他安全裝置於異常狀態時能有效運轉等措施。
12	100 年	高雄仁武工業區○○公司發生火警事故，	建築材料及通風

編號	時間	事故摘要	事故原因
	11 月 8 日	事故發生原因疑似二樓製程區電線走火，造成王水（含鹽酸及硝酸）製程加熱設備受損，發生酸性液體洩漏，廠房採用 PVC 風管助燃造成火勢猛烈。	管材應採用耐火材質
13	101 年 01 月 2 日	雲林縣○○石化公司煉製廠發生氫氣外洩事故，事故地點為廠區內重油加氫脫硫廠(RDS1)，壓縮機中油封管內潤滑油伴隨著氫氣洩漏而產生冒煙現象，廠家立即啟動災害應變程序，先將壓縮機洩壓，啟動水線降溫系統降溫，	應定期維修檢查，並安裝測漏偵測器及警報等
14	101 年 9 月 7 日	○○造漆股份有限公司.起火處所：二樓非公共危險物品原料倉庫。起火原因：疑似聽到爆炸聲起火燃燒。起火設施裝置及其運轉情形：非公共危險物品原料倉庫。人員傷亡情形：無人受傷。損害情形：約 1000 萬元。	請該廠工安人員加強維護相關設備。
15	102 年 05 月 02 日	雲林縣麥寮工業區○○公司發生烷化製程進料泵浦軸封洩漏起火，該製程主要原料為甲苯與 C8、C9 重芳香烴油，泵浦軸封洩漏起火。	設備未落實定期保養及維護
16	103 年 01 月 17 日	高雄市林園工業區○○工廠發生火警事故，事故地點為酚類化學製造程序之結晶溶液槽保溫棉悶燒，槽內化學品為酚，槽體破損導致酚(Phenol)外洩。	廠區設備安全檢查缺失
17	103 年 03 月 05 日	雲林縣○○石化工廠發生火警事故，主因為可燃氣體洩漏引發火災，壓縮機(E535)出口管線流量傳送器進行維修作業，過程中發生製程流體(氫氣)洩漏自燃。流量計導壓管線法蘭老舊，人員進行例行性檢查時尚未即時發現。	流量計導壓管線法蘭老舊，例行性檢查時未即時發現
18	103 年 05 月 9 日	宜蘭縣○○公司發生氣爆事故，未造成人員傷亡以及鄰近設施之損失。該事故原因疑似對苯二甲酸（PTA）廠製造程序之尾氣加熱器的膨脹節因不明原因而氣爆。	設備老舊因壓力過大
19	103 年 11 月 28 日	○○生命科技股份有限公司（苗栗縣竹南鎮 XX 路 29 號）。起火處所：1 廠北 1A 區 2 樓。起火原因：本案起火處位於 2 樓東南側離心機槽體內部，起火處經勘查離心機槽體與上蓋間有一處明顯開	起火原因以機械設備故障可能性最大。

編號	時間	事故摘要	事故原因
		口，密封離心機槽體與上蓋之固定口形扣環與卡榫均有變形或脫落情形，顯示離心機內部有高溫、高壓宣洩，次據該公司所提供製程使用之庚烷物質安全資料表顯示：庚烷為高度易燃液體，閃火點為-4°C，空氣混合有爆炸之可能，當離心機內部故障，使離心機內造成高溫、高壓蓄積，當高溫、高壓超過設計應力臨界值，即造成壓力宣洩，造成離心機槽體與上蓋間開口，導致庚烷暴露於空氣中立即著火。	
20	104 年 4 月 27 日	新北市土城區○○電子公司發生火警，事故原因疑似工廠 5 樓烤箱進行烘乾作業製程不慎引燃，現場存放化學品有腐蝕性物質、易燃性液體、氧化性物質及少量毒化物，火勢延燒至 6、7 樓（頂樓）；高溫作業不慎引燃排風管內雜物，7 樓貯槽區疑似違建並未依化學安全性做好區隔	未定期清理排風管內雜質；未依化學安全性做好區隔
21	105 年 03 月 28 日	新竹科學園區內○○光電工廠地下室起火並冒出煙霧，起火原因疑似廢液儲槽（內部為雙氧水、氨水及磷化合物的混液）因液位過低，導致儲槽底部固體狀磷化合物露出並與空氣接觸產生化學反應，造成起火燃燒並延燒至大樓其他樓層。	廢水儲槽液位監控無作用或未裝設
22	106 年 05 月 31 日	○○化工通報，廠內發生火警，洩漏點為 900 區膠液製程區，疑似安全閥法蘭墊片老化或材質瑕疵造成膠液(含環己烷)洩漏至幫浦馬達高溫不慎引燃	未落實製程安全管理與設備檢查
靜電或電氣因素			
1	99 年 03 月 30 日	苗栗縣竹南科學園區○○科技公司火警事故，事故原因為二廠製程原液回收區，進行乙酸乙酯蒸餾回收分裝時，疑似靜電所引起的燃燒事故，因該區域另存放有異丙醇、丙酮、甲醇及四氫呋喃等易燃性化學品，進而導致延燒至整棟建築物。研判由於乙酸乙酯為易帶靜電荷之物質，在進料口附近若易燃物蒸氣與空氣混合濃度已達爆炸下限(LEL)以上的	注意靜電荷的消除，增加作業現場濕度並防止液體飛濺，增設可燃性氣體偵測設備與通風排氣設備

編號	時間	事故摘要	事故原因
		條件下，加上乙酸乙酯由上方噴濺入料，使液體飛濺形成許多微小的液滴，產生大量靜電荷，當靜電荷累積達該易燃物質最小點火能量(Minimum Ignition Energy, MIE)則將引燃乙酸乙酯	
2	99 年 06 月 11 日	台中外埔○○製藥公司發生爆炸火警事故，事故原因為該廠勞工於 3 廠 2 樓反應槽內取樣處以鐵條疏通因反應物遇冷凝固塞住管路並進行取樣作業時，發生該反應槽內二甲苯及其反應物洩漏擴散過程可能因電氣或靜電火花或其他不明原因引起火災。造成現場勞工 8 人因火災逃生，其中 2 人因傷重不治死亡 6 人受傷。	取樣管以保溫材被覆，避免遇冷凝固塞住管路。檢討反應槽取樣管之開啟方式。
3	99 年 07 月 16 日	雲林縣斗六市○○工業股份有限公司化學反應槽起火，請求支援。現場發生原因疑似為原料攪拌區起火，並引燃丁酮（約 5 噸）、樹脂（約 10 噸）及甲苯與焦油（少量）。疑因靜電因素，導致引起火災。未於儲槽或管線中加裝接地線，因液體本身會累積電荷，故應於儲槽處加裝接地線。	因靜電因素引起火災，不瞭解化學性質儲存不當
4	101 年 09 月 11 日	高雄市前鎮區 XX 一街 3 號○○化學股份有限公司發生儲槽氣體爆炸，抵達現場時火已熄滅，造成四人受傷，疑似在實施清槽前置作業時，進行槽內通風作業，在使用排煙機送風過程中，疑似因排煙機老舊插座產生火花導致發生儲槽氣體爆炸。	清槽前置作業疑似排煙機插座產生火花引發氣爆
5	104 年 9 月 22 日	雲林縣麥寮鄉工業區○○公司廠區發生氣爆事故，事故原因疑似製程區氫氣壓縮機異常，氫氣外洩引發爆燃，自動偵測系統有發出氫氣外洩的警告，但廠方來不及處理就發生氣爆	氫氣壓縮機設備日常檢點與保養未檢測螺栓強度警報系統有待加強改進
6	105 年 01 月 16 日	桃園市大園區○○化學工廠發生火警事故。事故起火原因疑似為移動式攪拌槽起火燃燒，攪拌槽內有易燃化學品(異丁醇)	工廠安全管理缺失，未定期檢查電線設備元件
7	105 年 04 月	苗栗縣西湖鄉○○塗料工廠發生火警事故，起火原因疑似電線走火，波及鄰近	未能落實管理化學品安全存置規

編號	時間	事故摘要	事故原因
	10 日	之溶劑區囤積大量的揮發性有機物質而引發大火	範
8	105 年 08 月 23 日	竹北市○○科技公司發生火警事故，起火點位於 2 樓製程作業區的脫脂槽，因剛更換脫脂劑須將加熱棒放入脫脂槽加溫一個晚上，疑似電線走火導致火災	未落實製程管理等安全規範，設備系統缺乏整體性安全檢查
9	106 年 12 月 13 日	宜蘭縣冬山鄉○○樹脂生產工廠三樓中央走道之甲苯與甲醇混合槽之無頂中央走道發生爆炸，疑似開關槽體閥門時，因空氣壓差過大，導致靜電產生，使甲苯與甲醇混合槽發生爆炸，造成一名人員傷亡。	混合反應及儲槽的設計是否適宜
人員操作不當			
1	100 年 07 月 09 日	台中工業區○○科技公司發生化學品洩漏，事故發生原因疑似在製程區進行氰尿酸胺投料時，投料方式不當，導致化學品洩漏至反應槽外部，進而產生酸性刺激性等異味氣體，造成廠內及他廠人員共 11 名有不適徵狀。	操作人員未注意正確之投料步驟，且未設立正確操作程序。應於製程投料區增設抽氣設備，以便將可能溢散之氣體導入洗滌塔進行吸附處理
2	100 年 10 月 4 日	新北市土城區 XX 路 14 號。起火處所：室外儲槽-重油。起火原因：疑似現場員工電焊配管施工不慎。人員傷亡情形：1 員死亡，1 員重傷。損害情形：槽體上方破損。該場用途為瀝青製成場所，儲油槽內容物為重油（燃料油），容量約 56.52 公秉，為瀝青製程加熱原料，現場實際用量為 15 公秉，疑似為員工於槽體上方進行管線焊接工作不慎引起油氣爆炸。	現場疑似為該場所員工施工不慎，電焊引燃油氣導致災害發生。
3	101 年 03 月 12 日	苗栗縣○○石化廠發生氣爆事故，該場於（本）101 年 1 月 18 日停工進行管線汰舊換新及強化安全防護措施，預計本（101）年 4 月份開始運轉。該場人員表示於停工時，已將儲槽內醋酸乙烯酯混合甲醇之混合物清空。經本局勘查儲槽管線使用盲板盲封，大循環管線閘閥關閉，惟停工前未完全將儲槽底部殘餘	該公司加強儲槽、管線歲修作業之安全管理及動火施工之品質管理。 該廠之防火管理人未依消防法施行細則第 15 條

編號	時間	事故摘要	事故原因
		之醋酸乙烯酯和甲醇之混合溶劑及殘餘之可燃性蒸氣抽出，且現場 3 樓地板散落電焊、乙炔氧工具，地板及大循環管線亦有點焊、切割施工後的痕跡，顯示大循環管線附近有施工情形，經排除遺留火種、電氣因素等原因，爆炸原因以施工不慎的可能性較大。	第 2 項「遇有增建、改建、修建、室內裝修施工時，應另定消防防護計畫書，以監督施工單位用火、用電情形。」訂定施工中之消防防護計畫書
4	101 年 08 月 17 日	○○人造樹脂高雄廠--高雄市仁武區 XX 一路 14 號.起火處所：工廠內二處存放甲醇儲槽冒煙.起火原因：本案屬工安意外，起火設施裝置及其運轉情形：二處存放甲醇儲槽冒煙（一大儲槽編號 T511A 直徑 4.6M 容量 200 公秉與一小儲槽無編號直徑 3.1M 容量 90 公秉，均為存放甲醇八分滿）人員傷亡情形：無人員傷亡.損害情形：二處存放甲醇儲槽受損	起火原因疑似工安意外
5	101 年 10 月 01 日	雲林縣斗六市○○公司發生火警事故，為廠內原料儲槽歲修保養，進行耐火磚更換，未料鑽孔孔徑過大，玻璃熔爐內高溫液體(玻璃膏)外洩且無法關閉，造成附近設備受高溫波及焚毀。	未遵守安全操作規範
6	103 年 08 月 28 日	○○化學品製造廠員工進入製程反應器缺氧作業場所未進行氧氣監測，且未進行通風換氣。因氧氣不足，致缺氧窒息死亡。	從事缺氧危險作業時，應置備測定空氣中氧氣濃度之必要測定儀器，並採取隨時可確認空氣中氧氣濃度、硫化氫等其他有害氣體濃度之措施。
7	107 年 06 月 28 日	屏東縣鹽埔鄉○○公司樹脂攪拌槽不明原因起火燃燒(操作不當，引燃樹脂攪拌槽之可燃性液體)，樹脂攪拌槽其中原料不飽和聚酯樹脂包含一定量之苯乙烯，因未移除每批次製程殘留之可燃性原物料，操作不當引燃樹脂攪拌槽之可燃性	批次製程之操作，應依據標準作業程序操作



編號	時間	事故摘要	事故原因
		液體	
其他			
1	102 年 08 月 06 日	桃園縣蘆竹鄉坑口村 X 鄰 XX 號(○○公司)。起火處所：應為承租地倉庫中央一側西端處之可能性較大。起火原因：化學物質著火之可能性較大。人員傷亡情形：無人員傷亡。損害情形：燃燒面積約 500 坪，燒毀程度半毀，損失約 1500 萬元。現場主要燃燒區域為異丙醇〈室內儲槽〉及硝化纖維〈室內儲存〉等區塊，	場所位置、構造安全係數較低，對此類場所之保安監督及防火管理觀念須特別加強 自衛消防編組顯有不具及時撲滅火勢之能力，應加強宣導此類場所具有立即通報消防機關之觀念，避免火勢擴大。
2	104 年 7 月 10 日	○○石油化學股份有限公司。起火處所：ABS 塑膠製造場粉體乾燥床。起火原因：ABS 塑膠粉體乾燥床悶燒。起火設施裝置及其運轉情形：乾燥床停止運轉；ABS 製造場全部運轉停止。	ABS 塑膠粉體乾燥床悶燒造成工安事故。加強定期停俾進行乾燥床內部清理
3	105 年 06 月 22 日	臺中市太平區○○化學公司發生火警事故，發生原因為製程準備進行成品離心作業時，疑似發生閃燃現象導致火勢延燒，易燃原料及成品並未妥善遠離可能發火源，4,-4'-二苯甲烷（BISMALEIMIDE，簡稱 BMI）製程區之成品進行離心脫水作業時，現場不明原因發生閃燃引燃導致火勢延燒。	未遵守製程管理等規範，缺乏安全檢查
4	107 年 4 月 28 日	平鎮區工業二路 17 號(○○工業公司)，出動消防人員 189 人、義消人員 55 人，共 244 人，各式消防及救護車輛計 48 輛。傷亡情形：6 名消防人員 OHCA、1 名消防人員受傷、2 名員工死亡。	起火處在三廠 5 樓防焊區

表5 歷年來化學品儲存、運輸與儲槽灌裝(含槽車裝卸料)意外事件初步彙整資料

編號	時間	事故摘要	事故原因
設備不當或故障			
1	98 年 1 月 30 日	臺南市明興路○○壓克力工廠火警，起火原因疑似民眾祭祀焚燒紙錢，經由廠房所裝設之排風扇(假日為關閉)進入廠房內而引起火災。廠房內存放大量的壓克力成品約 104 噸及原料(MMA 單體)約 12000 公秉	工作場所未使用合格的易燃液體貯存容器，以致有機蒸氣溢散，工廠安全相關知識的不足
2	99 年 10 月 13 日	台 61 線北上 173 公里處發生鹽酸槽車洩漏事故，事故槽車載運有 26 噸鹽酸（濃度為 32%），被後車追撞，於事故發生後造成槽體後方卸料閥斷裂，槽內化學品於應變初期已全數溢流至地面與鄰近溝渠。	應檢討洩料閥設置或保護方式，裝載車輛應有防護設施或阻隔設備
3	100 年 03 月 30 日	雲林縣台 19 線苯乙烯槽車疑似因槽車爆胎，導致車輛嚴重左偏翻覆至鄰近農田，並且槽頂人孔蓋處有苯乙烯滴漏現象。	運輸業者行車前，未確實進行車輛檢修。應加強司機應變處置能力
4	100 年 09 月 06 日	雲林縣北港鎮民樂路與穎寧街口處，○○製冰廠發生氨氣外洩事故，事故發生原因疑似液氨管線法蘭發生洩漏，整體災損面積約 20 平方公尺。	未定期檢查、維修及保養液氨儲存槽之法蘭處及各管線接合處
5	102 年 07 月 30 日	○○石油及煤製品製造業進行調整高壓胺液洗滌塔，員工 1 發現該設備下方玻璃液位計顯示值與控制室面板顯示值差異甚大，即會同員工 2 檢查，員工 1 在調整該玻璃液位計拷克閥時，胺液(含硫化氫)自液位計與墊片間洩漏，員工 1 即前往關閉高壓關斷閥，員工 2 則至上層關閉低壓關斷閥。附近作業之員工 3、4 趕來協助員工 1 關閉閥，員工 5 回控制室穿自給式呼吸器。員工 2 關好低壓關斷閥後，發現下方已數人昏迷，即向總領班呼救，接著員工 5 至現場，將高壓關斷閥關閉。昏迷的員工 1、3、4 送醫急	玻璃液位計功能異常。製造、處置或使用特定化學物質等之作業場所未使勞工確實使用呼吸防護具。

編號	時間	事故摘要	事故原因
		救，員工 5 身體不適留院觀察。員工 1 死亡。	
6	102 年 10 月 01 日	台南市國道一號南下 305 公里發生聯結車翻覆事故，事故原因為車輛爆胎導致車頭衝撞分隔島後翻車，車頭傾倒，載運桶裝化學品含二甲基甲醯胺（簡稱 DMF）均以鐵桶封裝並未外洩，另一批成品塑膠桶部分約 10-15 噸均破裂外洩，此部分則為非列管物質。	未確實做好行前車輛檢查
7	103 年 06 月 04 日	苗栗縣○○石化廠發生三氯化磷洩漏事故，發生地點為 CA 廠(抗氧化劑製程區)5 樓，事故原因疑似為中間緩衝槽之液位計隔膜閥固定螺絲因氯離子應力腐蝕，導致螺絲產生缺陷，在工程操作過程中無法承受壓力而發生三氯化磷洩漏，洩漏量約 70 至 80 公斤，現場無人員傷亡	未能落實管線閥件之檢查、維護、保養標準作業程序
8	104 年 05 月	臺南市永康區○○化學公司通報發生氯氣外洩事故。製程尾氣進入吸收塔前 3 吋管線彎管處微量洩漏，當下該廠偵測警報設備發生警報聲響並立即停止操作，隨即派人修補破孔	工廠安全管理缺失，未定期檢查管線，更換老舊管線
9	105 年 09 月 20 日	虎尾鎮台 1 線聯外道路因貨車車輛爆胎撞擊路樹導致起火波及化學品導致載運之加侖桶散佈於車體、路面及排水溝渠等 3 處，加侖桶裝內容物疑似為樹酯及二甲苯混合物。	保養不當，車輛未進行定期安全檢查
10	106 年 04 月 08 日	觀音區○○公司發生煙霧外洩事故，疑似裝載剝錫廢液（主要成分為硝酸）之 20 噸儲槽，其洩壓閥老舊，長期下來造成儲槽內壓力累積，導致洩壓閥斷裂，	儲槽卸壓閥老舊，故障無法開啟
11	106 年 04 月 11 日	高雄市林園區○○石化廠發生廠內管線洩漏事故，業者於巡管時，發現廠內兩球型槽體間入料管線有洩漏情形，其管線內容物為粗四碳烴的混合物(內含濃度 41%的粗丁二烯)，事故原因疑似為管線腐蝕造成洩漏	未確實進行管線維護保養
12	107 年 09 月 20 日	臺南市國道一號北上 298 公里處貨車疑似輪框螺絲故障導致後輪脫落，造成 180 度翻覆，車上載運 9 桶 IBC 桶全數有破裂洩漏現象，污染面積約為 600 平方公尺，司機 1 人受傷送醫。	員工無確實對車輛進行維護保養

編號	時間	事故摘要	事故原因
靜電或電氣因素			
1	98 年 03 月 16 日	大園鄉五青路○○化工廠發生火警，現場疑似有強力膠等化學物質，起火原因初步判定為電線走火引燃附近的化學品( 甲苯 176 公斤、200 公斤 MMA(甲基丙烯酸甲酯)1 桶、165 公斤的 MEK(2-丁酮)1 桶及 20 公升成品數桶 )	未設置消防灑水設備，管線是否有定時檢修、電箱是否過載。
人員操作不當			
1	98 年 03 月 17 日	高雄市前鎮區凱旋路與鎮興路交叉路口疑似二氯乙烷槽車洩漏，該 1,2-二氯乙烷槽車是等待紅綠燈遭後車追撞，導致槽車後方閥件破裂微量洩漏(洩漏量約 1 至 2 公斤)，無人傷亡，	槽車司機缺乏預知危險及安全及防衛性駕駛觀念
2	98 年 08 月 31 日	台中縣龍井鄉遊園南路○○某化學工廠發生疑似月桂醇洩漏事故。據業者表示：「貨運公司人員進行卸料操作時，因操作不當，導致壓力過高，致使十二醇(月桂醇)噴濺洩漏至地面。」	卸料前未確認槽車之超流閥及手動式緊急遮斷閥 需建立出安全有效率的「安全裝卸作業標準程序」
3	98 年 12 月 07 日	雲林科技工業區○○公司誤將聚氯化鋁加入次氯酸鈉儲槽產生化學物質氣體外洩，造成鄰廠員工吸入身體不適，總計淨水廠 2 名員工與鄰廠 5 名員工送醫。災損面積約 64 平方公尺。	人員操作不當，未事前確認化學品，誤將兩種化學品混合；次氯酸鈉槽體內酸鹼中和反應產生氯氣，由洩壓閥逸散。
4	99 年 11 月 17 日	國道三號北上 155 公里苑裡路段，一輛運載有 32 公秉的對二甲苯槽車，因撞擊前方自小客車，導致化學槽車翻覆並滑落至邊坡，對二甲苯屬易燃性化學品，現場槽體瞬間起火燃燒，邊坡鄰近民宅遭到火勢波及，本事故共造成 1 人死亡。	未保持安全距離以及前方事故未設立警告訊息

編號	時間	事故摘要	事故原因
5	99 年 12 月 11 日	桃園平鎮○○電子公司疑似發生爆炸事故，事故原因為進行丙酮輸送一廠時，因一廠反應該廠儲槽並無接收到。工程師確認氣動泵浦有運轉，但未察覺該泵浦是輸送至二廠丙酮暫存槽，因而誤以為是控制液位的電磁閥故障，便將電磁閥拆除，直接將空氣管線連接到氣動泵浦，造成二廠丙酮暫存槽內丙酮溢流至 1 樓上膠區，此時丙酮快速蒸發且濃度達到爆炸界限，最後由無防爆性能之電氣控制箱產生之電氣火花引爆丙酮，導致氣爆。	丙酮儲存槽現場之輸送管線未標示輸送對象。未能保持控制氣動泵浦之電磁閥於丙酮暫存槽高液位時有效。
6	99 年 12 月 30 日	桃園縣新屋鄉○○化學公司疑似發生爆炸事故，事故原因為一輛裝載約 20 噸硝酸槽車，於卸料過程因人員操作不當，導致將硝酸卸裝至有 12 噸甲酸之儲槽，而發生強烈化學反應並疑似氣爆現象，導致槽體飛出約 210 公尺外，事故現場空氣中瀰漫酸氣。	現場卸料時並無人員管理。缺乏完善的化學品管理制度，入料管線無明確標示
7	100 年 03 月 30 日	新竹縣湖口工業區○○科技公司疑似廠內操作員操作堆高機時，不慎造成 200 公升之 49%氫氟酸塑膠桶破裂，外洩量約 100 公升。應變人員著 A 級防護衣進入現場勘察，因空氣中氫氟酸氣體濃度過高，現場架設風管及排風設備，將氫氟酸氣體抽至廠內洗滌塔處理。	化學品儲存及管理機制廠商須建立一套完善的管理制度，加強人員操作訓練規範
8	100 年 10 月 10 日	高雄市前鎮區新展路傳出爆炸，疑似廠方進行槽車人孔蓋螺絲切割作業時，不慎引發氣爆，進行焊切作業時，未落實洗槽程序，且未設置適當之通風換氣設施，進行焊切作業時，引燃蓄積之可燃性蒸氣，造成氣爆。	未落實動火作業許可程序
9	101 年 04 月 08 日	高雄市燕巢區○○公司發生輕油儲槽火災事故，無人傷亡。現場為 5,000 公秉輕油儲槽，槽內無存量，疑似人員清理空槽動作不確實，導致空槽內沉積物自燃反應導致氣爆。	人員清理空槽動作不確實，
10	101 年 10 月 18 日	高雄市前鎮區擴建路與新生路口發生 1,4-丁二醇槽車翻覆洩漏事故，過彎時疑似行車速度過快，造成槽車 90°側翻至機車道，槽車頂部人孔蓋有輕微洩漏。	加強槽車司機道路安全駕駛教育訓練
11	102 年	高雄市小港區大業北路與中鋼路交叉路口	加強駕駛人

編號	時間	事故摘要	事故原因
	04 月 03 日	發生四氯化矽鋼瓶洩漏事故，疑似轉彎車速過快，導致鋼瓶掉落並發生洩漏狀況，首先以法蘭盲蓋進行出料閥止漏，其餘洩漏處則重新將螺絲鎖緊，並以強化膜及抗化膠帶纏繞，完成所有閥件止漏作業	員安全教育訓練，落實正確安全駕駛之觀念
12	102 年 09 月 13 日	楊梅市發生氨氣外洩，槽車司機進行化學品卸收作業，品卸收作業，將次氯酸鈉灌裝完畢後，清洗輸送管，再將輸送管線接到車上的硫酸槽，但未將泵浦出口端之軟管改接至硫酸槽入料口，故將硫酸誤灌裝至次氯酸鈉槽，經化學反應產生氯氣。	環安人員未陪同於現場執行灌裝標準作業程序監督、不相容化學桶槽未明顯區隔
13	102 年 10 月 16 日	○○石化原料廠操作人員接獲控制室通知，將脫酸槽補水用的高壓鋼絲軟管拆除，於是將排液手動閥關閉，並將臨時高壓鋼絲軟管拆除，因入口端手動閥未關閉，被含有約 50%酚液(有腐蝕性)之水噴到臉部、手部及胸部，立即送醫急救，仍不治死亡。	勞工有暴露於有害物之虞者，未使勞工確實使用防護具。 增設臨時高壓鋼絲軟管，未更新變更管理作業及安全工作分析，
14	102 年 11 月 16 日	雲林縣元長鄉 78 號快速道路及台 19 線交叉口發生苯乙烯槽車翻覆。事故發生原因疑似為載運苯乙烯槽車車速過快側翻，導致苯乙烯經由槽體人孔蓋洩漏，洩漏量約 1 公噸。	車速過快導致側翻，駕駛員精神狀況不佳
15	103 年 01 月 13 日	○○運輸公司於路竹交流道行經路竹區路科二路及五路交叉口，疑似因過彎時車速過快，導致載運裝有聚乙二醇(以下簡稱 PEG)之一噸方桶(以下簡稱 IBC)掉落。技術小組抵達現場確認共 17 桶 IBC 桶掉落，並造成 PEG 洩漏	未將貨物確實固定，未按照安全駕駛作業程序
16	103 年 05 月 12 日	○○石化原料廠進行灌裝作業，員工爬上槽車頂部進行接管作業，完成後從灌裝台下來，通知地磅室人員設定流量並啟動泵，開始灌裝丙烯腈。灌裝完成後，上槽車頂部進行管線拆除作業，拆管過程中丙烯腈由槽	當槽體內部處於異常狀態時，未有自動警報裝置或其他安全

編號	時間	事故摘要	事故原因
		車頂部灌裝口噴出，該員接觸並吸入丙烯腈液體，員工自行至灌裝區之緊急沖淋裝置進行沖洗，隨後同事給解毒劑亞硝酸戊酯及氧氣鋼瓶讓該員吸入，將其送醫施打解毒針並急救，仍不治死亡。	裝置。 未確實使用適當之防護具。 拆離管線時未能確認管線內已無引起危害之殘留物。
17	103 年 07 月 31 日	嘉義○○清潔用品製造業 FRP 儲槽遷移後，連接儲槽之循環管路有洩漏之情形，工務部門即直接指派陳及黃 2 人至現場，檢視確認洩漏處後，使用高壓空氣吹清循環管路，吹清動作約持續 5 分鐘左右後，關閉儲槽氣動閥。簽准動火許可後，指示黃於地面上支援，陳則自爬梯爬上儲槽槽頂上(距地面約 7.2 公尺)，手持氬焊機焊接柄，實施管線焊補作業，當焊條接觸循環管時，引燃原料槽內含甲醇等之可燃性氣體瞬間產生爆炸，消防單位接手協助處理餘火及儲槽降溫，陳員傷重不治。目前黃員燒燙傷加護病房照護中。	管路修補焊接作業時，未確認管路內是否存在可燃性物質(甲醇蒸氣)，未採取更確實的隔離防護措施(例如放置盲板或拆除管路隔離焊補)。
18	103 年 09 月 28 日	雲林縣麥寮鄉台 61 線下橋頭處發生槽車翻覆事故，疑似閃避機車而造成槽車翻覆，造成載運之苯乙烯外洩，現場由警察進行人員與車輛進出管制，以維護現場人員安全。	加強落實正確安全駕駛之觀念
19	104 年 09 月 2 日	高雄港 78 號碼頭疑似 ISO TANK 貨櫃與板車之固定插銷未固定，且疑似行駛轉彎車速過快，導致貨櫃 90 度翻落至地面，造成鄰-甲酚(UN3455)於人孔蓋微量滴漏，	拖板車輛行駛過彎速度過快，ISO TANK 固定插銷未固定於拖板車上
20	106 年 05 月 20 日	嘉義縣國道北上 270.3 公里處發生鹽酸槽車翻覆事故，事故槽車已發生洩漏，並產生白色煙霧，完成卸料管盲封、移槽及車體吊掛作業	未保持安全車距
21	106 年 07 月 19 日	桃園市消防局接獲台 15 線桃園市觀音區濱海路武威段 176 號，發生鹽酸槽車翻覆洩漏事故，現場無人員傷亡。運送車輛翻覆在溝渠上，有兩處洩漏均於槽體尾端，由消防	司機疲勞駕駛，精神注意力無法集中發生意外。

編號	時間	事故摘要	事故原因
		以水霧防護，事故槽體止漏完成後以吊車扶正並拖離現場	
22	107 年 02 月 3 日	一輛載運 29 噸 49% 氫氧化鈉水溶液槽車，行經台 61 線芳苑交流道時，疑似過彎車速過快導致翻覆、化學品洩漏，洩漏量約 15 公噸，污染範圍約 400 平方公尺，司機受傷送醫，事故點洩漏液 pH 量測讀值為 14。現場因槽體破孔洩漏，消防人員著 A 級防護衣使用木栓進行初步止漏	疑似駕駛不安全行為，過彎車速太快
23	107 年 03 月 26 日	桃園市臺 15 線南下 24 公里貨櫃車發生硫酸洩漏，硫酸濃度為 96%，計載運 10 桶 IBC（1 噸裝），鷗翼式貨車疑似因過彎不慎，過彎時造成 IBC 桶撞開鷗翼，造成車上 9 桶 IBC 桶掉落至道路上，其中 8 桶有洩漏情形	加強辦理司機之道路安全駕駛及裝載貨物之固定方式之教育訓練
24	107 年 03 月 27 日	○○股份有限公司清洗反應槽連結管線時產生大量刺激性氣體，初步瞭解廠商進行二氯矽烷反應槽下端板拆卸作業，疑似反應槽內催化反應樹脂尚殘留二氯矽烷，經暴露於空氣中並與水氣反應而生成大量鹽酸煙霧。	人員清理空槽動作不確實
25	107 年 04 月 18 日	臺中市○○大學實驗室實驗室廢液倒入不相容之廢液桶中引發火災(氧化鐵投入含有正己烷及酸乙酯廢液桶)化學藥劑與廢液桶標示不清	未落實實驗室安全衛生管理
26	107 年 07 月 22 日	運約 30 噸酚液體槽車，行經台 61 線北上 169 公里處時翻覆，槽體毀損導致化學品洩漏，洩漏量(含槽體內結晶量)約 2.7 噸，污染範圍約 90 平方公尺，司機遭壓於車頭下方，救出後送醫不治。因槽體毀損且發生洩漏，技術小組提供相關止漏器材予聯防應變人員進行初步止漏	駕駛精神狀況不佳因此衝撞護欄，未繫上安全帶導致遭撞擊力道甩出
其他			
1	103 年 9 月 16 日	○○科技公司(銅鑼鄉中平村 XX 路 22 號)。本案起火處位於 2 樓儲槽區副儲槽附近，附近之電源線雖有經集線槽包覆，然勘查人員於起火處清理時，於漏油承接盤及附近均有發現受燒斷裂之電源線，該公司湯廠長陳述「鍋爐室內儲油槽區南面鐵皮牆面東側上方有一防爆型風扇，電源控制開	起火設施為儲槽，無運轉情形。



編號	時間	事故摘要	事故原因
		關在一樓西側電氣室；電燈配線是通過鍋爐室與廢氣處理系統區鐵皮牆面進入鍋爐室，在鍋爐室、儲油槽區、膨脹槽旁各有 1 盞電燈，計有 3 盞」顯示儲槽區內確實有使用其他電器設備，惟火災發生時儲槽區儲放之熱煤油因高溫而產生燃燒情形，電源線之通電熔痕可能受高溫且長時間之燃燒而燒損，火調人員於起火處採集之電線熔痕及熔珠經定焦鏡頭拍攝其巨觀特徵與受熱燒熔固化所造成之熱熔痕相同，故無相關跡證足資證明本案起火原因係由電氣因素所引起，經召開本縣火災鑑定委員會討論決議，本案起火(爆炸)原因不明。人員傷亡情形：無人員傷亡。損害情形：本案損失金額初估約新台幣 80 萬元。	

本研究除了積極蒐尋各政府機關(勞動部與其下轄機關、環保署與其下轄機關、消防署、與經濟部工業局等)之網路資料庫資訊外，更結合業界實務管理人員、園區化學品專家、樹脂與橡膠製程危害分析與預防研究專家、失控反應研究專家、石化業火災爆炸之虛擬實境技術工具開發專家、石化業泵浦拆裝與維修 AR 技術指引專家等，與石化產業及科學園區勞動檢查單位、相關事業單位安衛主管以及參與各計畫協助工廠訪視與輔導之多位專家，借重這些實務經驗與資源，讓資料收集與規劃工作更加完善。經過資料收集彙整後，將重要之檢核事項條列於表 6-7。

表6 化學品裝卸料作業自主檢查表  
裝卸料作業自主檢查表

日期：  
時間：  
危險物品名稱：  
廠商/車號：

項次	檢核內容	執行狀況		
		是	否	N/A
1	車輛左右側與後方是否張貼危險物品運輸標示			
2	是否隨車攜帶駕駛執照、行車執照、道路危險物品運送人員訓練證明書及運送計劃書等			
3	是否隨車攜帶安全資料表			
4	是否攜帶個人防護用具(防護面罩、手套、安全防護鞋等)並確實佩戴			
5	是否攜帶滅火器			
6	駕駛與隨車人員是否通過酒測			
7	車體是否有經過加濕系統或確實接地以消除靜電			
8	是否確實放置車輪檔，並拉上手煞車			
9	裝卸料時車體前方及後方需放置三角錐或標示牌(如嚴禁煙火等)			
10	灌裝前是否有確實核對儲槽標示化學品資訊			
11	灌裝時是否有隨時檢視各接口與管路滲漏情形			
12	槽體之管口、人孔及封蓋是否有密封鎖緊			
13	是否攜帶緊急防護裝備(如防護衣、防毒面具等)			
14	其他：			
不符合矯正措施：				

註：1.執行情況符合於是打勾，不符合於否打勾，不適用於 N/A 打勾。  
2.有不合之事項時，未進行改善前不得進行裝卸掉作業。  
3.危險物品包含氣體、液體等之裝卸料作業。

現場作業主管：\_\_\_\_\_操作人員：\_\_\_\_\_

表7 聚合批式反應作業自主檢查表

聚合批式反應作業自主檢查表(加料作業)

日期：

時間：

作業名稱：

廠區/批式反應器：

項次	檢核內容	執行狀況		
		是	否	N/A
1	穿戴個人防護具，檢查工作現場各項設施運作正常			
2	確認中控室通知加料			
3	取出副料並注意保存條件之維持			
4	副料投入副料槽並鎖緊			
5	通知中控室開啟觸媒注加槽通氣孔			
6	開啟投料漏斗手動閥將觸媒緩緩倒入觸媒注加槽			
7	關閉投料漏斗手動閥			
8	清理工作現場			
9	其他：			

不符合矯正措施：

註：1.執行情況符合於是打勾，不符合於否打勾，不適用於 N/A 打勾。

2.有不合之事項時，未進行改善前不得進行裝卸掉作業。

3.危險物品包含氣體、液體等之裝卸料作業。

現場作業主管：\_\_\_\_\_操作人員：\_\_\_\_\_

聚合批式反應作業自主檢查表(投料作業)

日期：

時間：

作業名稱：

廠區/批式反應器：

項次	檢核內容	執行狀況		
		是	否	N/A
1	穿戴個人防護具，施工前各項安全設施(閥關閉、隔離警示等)完成			
2	設備洩壓口開啟，釋壓至壓力表歸零			
3	緩緩拆開端蓋與螺栓(由操作側對向開始拆卸確認管內無殘留)			
4	投料			
5	復原端蓋並鎖緊螺栓			
6	復原施工前各項安全設施(閥關閉、隔離警示等)			
7	清理工作現場			
8	其他：			

不符合矯正措施：

註：1.執行情況符合於是打勾，不符合於否打勾，不適用於 N/A 打勾。

2.有不合之事項時，未進行改善前不得進行裝卸掉作業。

3.危險物品包含氣體、液體等之裝卸料作業。

現場作業主管：\_\_\_\_\_操作人員：\_\_\_\_\_

藉由整合前述相關化學品管理現況與職災案例資料與配合職業安全衛生管理和虛擬實境技術等專業能力，開發危害性化學品標示及通識規則基礎課程與化學品儲槽灌裝(含槽車裝卸料)與及批式進料(含批次反應製程)危害通識之虛擬實境技術教育訓練工具，工作內容包含案例模擬場景、互動化的資訊與資料，開發完成的虛擬實境技術之教育訓練工具，以強化人員安全衛生教育訓練，提升危害性化學品管理專業、知識及技能。

## 第二節 設計危害性化學品標示及通識規則基礎課程腳本

「危害性化學品標示及通識規則」係依職業安全衛生法第十條第三項授權訂定，再依據職業安全衛生法第 32 條暨職業安全衛生教育訓練規則第 16 條與附件十四規定，對製造、處置或使用危害性化學品者應實施三小時之一般安全衛生教訓練，以提供勞工從事工作預防災變所需要之教育訓練。經過研究及專家會議討論，編製的危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡表，如表 8 所示，搭配之紙本教材如附錄二。

表8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
01	起始畫面	計畫名稱及說明	計畫名稱及說明			
02	1-4 項 按鈕	計畫名稱及說明 選項按鈕	<p>1. 危害性化學品標示及通識規則基礎教育</p> <p>2. 危害性化學品標示及通識規則現場實務</p> <p>3. 化學品裝卸料安全衛生</p> <p>4. 批式反應</p> <p>選項按鈕(參考)</p> 			
03	選項 1 進入	一、重要性	<p>以教室場景開場，動畫人物當老師</p> <p>震撼教育-化學品意外動畫</p> <p>①.鹽酸加漂白水  <a href="https://tw.news.yahoo.com/鹽酸加漂白水-泳池冒毒氯氣 23 人送醫-010428377.html">https://tw.news.yahoo.com/鹽酸加漂白水-泳池冒毒氯氣 23 人送醫-010428377.html</a> </p>			<p>危害性化學品標示及通識規則</p> <p>旁白：如旁文字</p> <p>動畫：泳池水面飄出黃綠色煙霧 眾人掩鼻逃離</p>

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>新北市中和 XX 國小外包的游泳池，14 日晚間，1 名員工在清潔泳池時程序不當，將鹽酸和漂白水加在一起，產生有毒的氯氣，造成多人身體不適，送醫後雖然沒有大礙，警方仍是將負責人及員工依法送辦。</p> <p>②. 儲槽罐裝錯誤-造成爆炸意外  <a href="http://fireman.tw/forum.php?mod=viewthread&amp;tid=19625">http://fireman.tw/forum.php?mod=viewthread&amp;tid=19625</a>            消防局說，XXX 駕駛的槽車載運 20 噸濃度 50%硝酸，應灌入 XX 化工的硝酸槽，研判外勞 XXX 引導錯誤，疑誤灌入硝酸槽旁的甲酸槽，而甲酸槽底殘存甲酸，兩者混合發生劇烈反應，產生大量氣體、發熱，槽體膨脹而炸飛出去。</p> <p>③. 健康危害-酚噴濺事件  <a href="https://www.citex.tw/templates/cache/5811/images/54caf038a3ece.pdf">https://www.citex.tw/templates/cache/5811/images/54caf038a3ece.pdf</a>            基層工作人員係 52 歲男性，於 102 年 10 月 16 日下午約 5 時左右，原本任務是執行拆除純水管路，卻誤拆酚水管路，當拆開鋼絲軟管即被含有 50% 酚水噴濺口鼻、顏面、胸、腹、左下</p>			<p>旁白：如旁文字            動畫：現場兩座儲槽(硝酸與甲酸)槽車進入廠區接管線輸入化學品輸錯槽導致劇烈反應槽中出現大量氣體膨脹而炸裂飛出</p> <p>旁白：如旁文字            動畫：現場兩座儲槽(純水與酚水)依勞工要拆除純水鋼絲軟管卻誤拆全身</p>

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
		<p>肢，燒燙傷總表面積 TBSA 約 37%~40%;在急救過程中仍不幸過世</p> <p>字幕加卡通圖</p> <p>「在接觸化學品前，應先認知其危險性及有害性，瞭解相關安全衛生注意事項，並遵守標準操作流程，才能預防災害發生」</p> <p>旁白加卡通圖</p> <p>依據職業安全衛生法第十條 雇主對於具有危害性之化學品，應予標示、製備清單及揭示安全資料表，並採取必要之通識措施。 <b>製造者、輸入者或供應者</b>，提供前項化學品與事業單位或自營業者前，應予標示及提供安全資料表；資料異動時，亦同。 前二項化學品之範圍、標示、清單格式、安全資料表、揭示、通識措施及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。</p> <p>發布「<b>危害性化學品標示及通識規則</b>」屬於強制性法規，事業單位有遵</p>				CNS15030



表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
		三、適用範圍與危害性化學品分類及危害圖式	<p>守之責任。</p> <p>卡通畫面</p> <p>(1)具有危害性之化學品(以下簡稱危害性化學品)，指下列危險物或有害物：</p> <p>CNS15030 介紹</p> <p>危險物：符合 CNS15030 分類具有物理性危害者。</p>			<p><b>CNS15030</b></p> 

表 1 化學品危害分類

危害性	項次	危害分類	標準編號
物理性 危害	1	爆炸物(explosives)	CNS 15030-1
	2	易燃氣體(包括化學性質不安定氣體)(flammable gases (including chemically unstable gases))	CNS 15030-2
	3	氣溶膠(aerosols)	CNS 15030-3
	4	氧化性氣體(oxidizing gases)	CNS 15030-4
	5	加壓氣體(gases under pressure)	CNS 15030-5
	6	易燃液體(flammable liquids)	CNS 15030-6
	7	易燃固體(flammable solids)	CNS 15030-7
	8	自反應物質混合物(self-reactive substances and mixtures)	CNS 15030-8
	9	發火性液體(pyrophoric liquids)	CNS 15030-9
	10	發火性固體(pyrophoric solids)	CNS 15030-10
	11	自熱物質與混合物(self-heating substances and mixtures)	CNS 15030-11
	12	遇水性物質(substances and mixtures which, in contact with water, emit flammable gases)	CNS 15030-12
	13	氧化性液體(oxidizing liquids)	CNS 15030-13
	14	氧化性固體(oxidizing solids)	CNS 15030-14
	15	有機過氧化物(organic peroxides)	CNS 15030-15
	16	金屬腐蝕物(corrosive to metals)	CNS 15030-16

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)



編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註																								
			<p>有害物：符合 CNS15030 分類具有健康危害者。</p> <table><tr><td>17</td><td>急性毒物質(acute toxicity)</td><td>CNS 15030-17</td></tr><tr><td>18</td><td>腐蝕/刺激皮膚物質(skin corrosion/irritation)</td><td>CNS 15030-18</td></tr><tr><td>19</td><td>嚴重損傷/刺激眼目物質(serious eye damage/eye irritation)</td><td>CNS 15030-19</td></tr><tr><td>20</td><td>呼吸道或皮膚致敏物質 (respiratory or skin sensitization)</td><td>CNS 15030-20</td></tr><tr><td>21</td><td>生殖細胞致突變性物質(germ cell mutagenicity)</td><td>CNS 15030-21</td></tr><tr><td>22</td><td>致癌物質(carcinogenicity)</td><td>CNS 15030-22</td></tr><tr><td>23</td><td>生殖毒性物質(reproductive toxicity)</td><td>CNS 15030-23</td></tr><tr><td>24</td><td>特定標的器官系統毒物質 – 單一暴露(specific target organ toxicity – Single exposure)</td><td>CNS 15030-24</td></tr></table> <p>健康危害</p>	17	急性毒物質(acute toxicity)	CNS 15030-17	18	腐蝕/刺激皮膚物質(skin corrosion/irritation)	CNS 15030-18	19	嚴重損傷/刺激眼目物質(serious eye damage/eye irritation)	CNS 15030-19	20	呼吸道或皮膚致敏物質 (respiratory or skin sensitization)	CNS 15030-20	21	生殖細胞致突變性物質(germ cell mutagenicity)	CNS 15030-21	22	致癌物質(carcinogenicity)	CNS 15030-22	23	生殖毒性物質(reproductive toxicity)	CNS 15030-23	24	特定標的器官系統毒物質 – 單一暴露(specific target organ toxicity – Single exposure)	CNS 15030-24			
17	急性毒物質(acute toxicity)	CNS 15030-17																												
18	腐蝕/刺激皮膚物質(skin corrosion/irritation)	CNS 15030-18																												
19	嚴重損傷/刺激眼目物質(serious eye damage/eye irritation)	CNS 15030-19																												
20	呼吸道或皮膚致敏物質 (respiratory or skin sensitization)	CNS 15030-20																												
21	生殖細胞致突變性物質(germ cell mutagenicity)	CNS 15030-21																												
22	致癌物質(carcinogenicity)	CNS 15030-22																												
23	生殖毒性物質(reproductive toxicity)	CNS 15030-23																												
24	特定標的器官系統毒物質 – 單一暴露(specific target organ toxicity – Single exposure)	CNS 15030-24																												
			<p>(2)各種危害圖式介紹</p> 	<p>危害性化學品標示及通識規則第 5 條</p> <p>危害性化學品標示及通識規則第 7 條</p> <p>形狀為直立四十五度角之正方形，其大小需能辨識清楚。圖式符號應使用黑色，背景為白色，圖式之紅框有足夠警示作用之寬度</p>																										

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)










編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註																																									
			<div>(3)分類 - 爆炸性 (1.1~1.6)、易燃液體 (1-4)、易燃氣體 (1-2) ..... 舉例說明：</div> <table><tr><th colspan="2">危害性化學品分類</th><th colspan="2">標示要項</th></tr><tr><th>危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )</th><th></th><th>危害圖式</th><th>警告語</th></tr><tr><td rowspan="4">易燃液體</td><td>第 1 級</td><td></td><td>危險</td></tr><tr><td>第 2 級</td><td></td><td>危險</td></tr><tr><td>第 3 級</td><td></td><td>警告</td></tr><tr><td>第 4 級</td><td>無</td><td>警告</td></tr></table> <table><tr><th colspan="2">危害性化學品分類</th><th colspan="2">標示要項</th></tr><tr><th>危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )</th><th></th><th>危害圖式</th><th>警告語</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	危害性化學品分類		標示要項		危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )		危害圖式	警告語	易燃液體	第 1 級		危險	第 2 級		危險	第 3 級		警告	第 4 級	無	警告	危害性化學品分類		標示要項		危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )		危害圖式	警告語															<a href="https://slidesplayer.com/slide/11268854/">https://slidesplayer.com/slide/11268854/</a>
危害性化學品分類		標示要項																																													
危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )		危害圖式	警告語																																												
易燃液體	第 1 級		危險																																												
	第 2 級		危險																																												
	第 3 級		警告																																												
	第 4 級	無	警告																																												
危害性化學品分類		標示要項																																													
危害分類組 ( Division )、級別 ( Category ) 或型別 ( Type )		危害圖式	警告語																																												

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)














編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述					音效	時間	備註																																		
			<table><tr><td>危害性化學品分類</td><td colspan="4">標示要項</td><td></td></tr><tr><td rowspan="5">急性毒性物質：吸入</td><td>第 1 級</td><td></td><td></td><td>危險</td><td>吸入致命</td></tr><tr><td>第 2 級</td><td></td><td></td><td>危險</td><td>吸入致命</td></tr><tr><td>第 3 級</td><td></td><td></td><td>危險</td><td>吸入有毒</td></tr><tr><td>第 4 級</td><td></td><td></td><td>警告</td><td>吸入有害</td></tr><tr><td>第 5 級</td><td>無</td><td></td><td>警告</td><td>吸入可能有害</td></tr></table>					危害性化學品分類	標示要項					急性毒性物質：吸入	第 1 級			危險	吸入致命	第 2 級			危險	吸入致命	第 3 級			危險	吸入有毒	第 4 級			警告	吸入有害	第 5 級	無		警告	吸入可能有害					危害性化學品標示及通識規則第 4 條
危害性化學品分類	標示要項																																											
急性毒性物質：吸入	第 1 級			危險	吸入致命																																							
	第 2 級			危險	吸入致命																																							
	第 3 級			危險	吸入有毒																																							
	第 4 級			警告	吸入有害																																							
	第 5 級	無		警告	吸入可能有害																																							
<div><div><p>(1)適用其他法律規定如廢棄物清理法.....</p><p>(2)依本規則第四條所列</p><p>(1)標示事項</p><p>一般容器</p></div><div></div></div>																																												

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

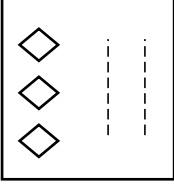
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>小容器 (≤ 100 毫升)</p>  <p>(2)得免標示之裝有危害性化學品之容器 (卡通圖或文字說明) (一)外部容器已標示，僅供內襯且不再取出之內部容器 (二)內部容器已標示，由外部可見標示之外部容器 (三)勞工使用可攜帶容器，其危害性化學品取自有標示之容器，且僅供裝入之勞工當班立即使用者。 (四)危害性化學品取自有標示之容器，並供實驗室自行做實驗研究之用者 (三 &amp; 四項說明-語音)</p> <p>提問： 畫面呈現容器上危害性化學品標示 共 3 張</p>			<p>危害性化學品標示及通識規則第 5 條</p> <p>危害性化學品標示及通識規則第 8 條</p> <p><b>HF SDS</b></p>

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

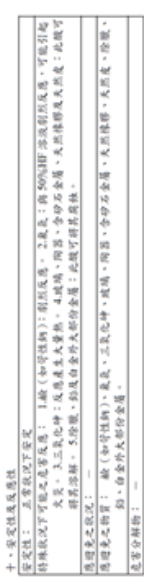
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p><b>請挑選正確格式</b></p> <p><b>提問：</b> 以氫氟酸為例子，要分裝使用 出現 HF 之 SDS，直接跳到不相容物 質部分，顯示玻璃會被腐蝕...</p>  <p><b>畫面出現塑膠瓶、玻璃瓶、紙盒等容器，由受測者選取適用者</b></p> <p>(3)公告版代替容器 - 裝有危害性化學品之容器，屬於下列之一者，得以明顯之處，設置標示規定事項之公告版以代替容器標示。屬於管系者，得掛使用牌或漆有規定識別顏色及記號代替。</p> <p>(一)裝同一種危害性化學品之數個容器，置放於同一處所。</p> <p>(二)導管或配管系統。</p>			<p>修改去年模型及動畫 HF; 4L 瓶子分裝到 500 毫升瓶子，貼標籤，說 明供當班立即使用或研 究</p> <p>危害性化學品標示及通 識規則第 9 條</p> <p><b>(一)~(五)項卡通圖 或模型圖顯示</b></p>

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>(三)反應器、蒸餾塔、吸收塔、析出器、混合器、沈澱分離器、熱交換器、計量槽或儲槽等化學設備。</p> <p>(四)冷卻裝置、攪拌裝置或壓縮裝置等設備。</p> <p>(五)輸送裝置。</p> <p>4.運輸相關規定</p> <p>(1) 秀出危險品運輸相關圖式及說明</p> 			<p>危害性化學品標示及通識規則第 10 條</p> <p>國家標準 CNS6864 Z5071 危險物標示</p> <p>道路交通管理處罰條例第 29 條</p> <p>道路交通安全規則第 84 條</p> <p>道路危險物品運送人員專業訓練管理辦法第 3 條訓練證明書</p> <p>高公局/行車指南/危險物品運送管制事項</p> <p>公共危險品相關法規</p>

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)



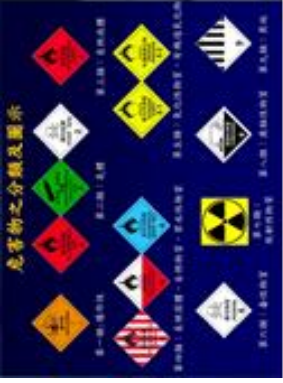
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			 <p>提問：假設某化學品具高度易燃液體和蒸氣，請問其危險品運輸相關圖式為何</p> <p>(2) 以貨車模型說明相關資料及車身標示</p> 			<p>危險物品標誌及標示牌內容及應列要項</p> 





表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
		<p>九、SDS 判讀練習-緊急應變</p>	<p>畫面呈現描述</p> <p>提問:點擊 SDS 時，出現問題-有一份新進化學品的 SDS 紙本要擺放工作場所易取得處，請問下列地點符合要求的有哪些？</p> <p>①接待櫃檯 ②健康中心 ③廠長室 ④倉儲區門口⑤產線旁顯眼處 ⑥保險櫃 ⑦警衛室 ⑧工業區同業公會 ⑨應變中心</p> <p>提問：</p> <p>(一)安全防护具-有機溶劑</p> <p>SDS 顯現在畫面，跳到防護具審視後畫面出現選項，由受測者挑選</p> <p>(二)洩露處理方式-有機溶劑</p> <p>SDS 顯現在畫面，跳到洩露處理措施審視後畫面出現選項，由受測者挑選</p> <p>(三)滅火措施選擇-禁水性有機金屬化合物</p> <p>SDS 顯現在畫面，跳到滅火措施審視後，畫面出現選項，由受測者挑選儲存庫房應有之滅火設施</p>			<p>挑選幾個化學品</p> <p>67-64-1 丙酮</p> <p>67-64-1 丙酮</p> <p>75-24-1 三甲基鋁</p>



表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
畫面：中場休息，有選項挑選進入另一階						
04	按 2 危害性化學品標示及通識規則-現場观摩學習和測試	畫面出現：受測者走到碼頭區前(動畫顯現，受測者身上防護具：安全帽、面罩、防護手套、安全鞋、工作服) 語音旁白：新進人員完成危害性化學品標示及通識規則基礎教育訓練，進行現場實操標準學習和測試，合格後方能依廠區標準操作流程使用化學品。 畫面浮出九宮格，上有各種危害圖式	一、危害圖式測驗 			各圖式之說明選項

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>說明-受測者點任一格圖式，出現該圖式內容說明，由受測者挑選，選對即回到九宮格，並在圖式上出現反差色，待選對格子連成一直線，即過關。(至少 3 題)</p> <p>(錯誤時出現提示，輔助點選)</p> <p>受測者站在儲槽區旁，視線所及為強鹼(NaOH)儲槽、甲醇儲槽、柴油儲槽(槽體外型/化學品標示/防溢堤/槽頂降溫灑水系統/緊急沖淋裝置/監控系統如漏溢偵測器、火焰偵測器、消防設施/槽體外通道含圍欄/維修清洗人孔/相關管線等與標示)</p>			<p>新建 3D 模型，和批式反應單元共用，在碼頭區旁距離 30 公尺含相關設施</p> <p>NaOH 儲槽標示</p> <p>甲醇槽標示</p> <p>柴油槽旁管線未標示</p>
		二、戶外儲槽區	<p>用導覽模式走一圈(指示方向)後，提出問題</p> <p>請問儲槽區有發現那些錯誤或不該出現之設施，請挑出(三項錯誤)</p> <p>(1)NaOH 儲槽標示不對(使用運輸危害)</p> <p>(2)甲醇槽標示不對(缺危害預防措施)</p> <p>(3)柴油槽旁管線未標示(內容物與流向)</p>			

表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
		三、碼頭區化學品危害辨識	<p>(1)碼頭區有 50 加侖桶數桶(模型修改)分別堆放成三堆，上有危險品運輸標示及容器上品名標示，點擊桶身條碼有 SDS 浮現。 語音及文字：請選出標示錯誤者(註：SDS 以出現第二項及第十四項為主)</p> <p>(2)碼頭區場景-現場有幾個 50 加侖桶及 20 公升塑膠桶或紙箱包裝散置(模型修改)，點擊各桶條碼，出現 SDS(相容性部分)及危害標示。 請問不能置放於非易燃區且與其他化學品不相容的化學品請勾選？ (現場有禁水性化學品被挑出)</p> <p>(3) 碼頭區場景-現場有幾個 50 加侖桶及 20 公升塑膠桶或紙箱包裝散置(模型修改)，點擊各桶條碼，出現 SDS(毒性部分)及危害標示。 請問具有高急性毒性是？ 具有致癌性是？ 生殖毒性是？</p>			<p>SDS 與危害標示不符</p> <p>有機金屬化合物</p> <p>高急性毒性-戊二醛 111-30-8 致癌性-甲醛 50-00-0 生殖毒性-二甲基甲醯胺 68-12-2</p>



表 8 危害性化學品標示及通識規則教育訓練腳本及分鏡(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
		五、訓練成效	<p>現此不該出現的化學物質(挑錯題)並移除。</p> <p>完成本階段回到首頁</p> <p>成績統計畫面 危害性化學品標示及通識規則 第一次答對率經練習後答對率</p>			



### 第三節 設計儲槽灌裝及批次進料作業之腳本

根據搜尋相關資料包括歷年來相關化學品意外事件整理與文獻已初步瞭解，目前化學罐槽車登記約 2200 車，這些載運化學品槽車如在運輸或裝卸料過程中發生事故，常因物質特性屬可燃、爆炸或有毒，具有易發生火災、爆炸等災害之重大風險，稍一疏失即可能造成嚴重人員或財產損失，不但企業受創，甚至整個社會也都會因此付出巨大成本 [34]。

儲槽灌裝與槽車裝卸料作業常見缺失可能原因包括：

- 一、靜電危害認知不足
- 二、未對可燃性液體量測其導電係數
- 三、未落實現場工安巡檢與維護保養
- 四、未對物料輸送流速進行量測與控制
- 五、設備接地不良(斷裂、鬆脫等)
- 六、接管作業疏失管線連接處鬆脫造成洩漏
- 七、未落實現場工安巡檢與維護保養
- 八、作業前未碰觸靜電消除裝置或靜電消除設備被油汙及塵垢覆蓋
- 九、製程安全衛生管理系統未有效管理與實施

批式製程相關所發生的災害包括有害物接觸與爆炸火災等。由於批次製程的變異性高，再加上製程需要人為操作，其所隱藏的危機不容忽視[15]。依據失誤因子分為三大部分：失控反應、設備因素、及人為因素(圖 5)，設備因素又分為轉動機械、固定設備、電機設備及安全與控制設備。人為因素可由教育訓練及平常作業習慣養成而改善；因此，如何控制設備失誤則變成重要目標[15]。很多化學品的生產製程是放熱性反應，因此都具有熱「失控」(Runaway)的潛在危害，失控反應的發生起因是系統(槽車中或容器中)所產生或累積的熱能(或昇溫速率)遠大於系統所能排除的熱能(經由系統邊界之熱傳導或加抑制劑等)由於反應速率隨溫度升高呈指數增快，對於一放熱反應，反應速率一旦增快，則放熱速率亦隨之加快，變成自加速放熱反應現象，最後可能造成反應器失控，導致反應熱於極短時間內大量釋出，發生嚴重之危害，放熱反應之失控反應過程如圖 6 所示。當

製程溫度異常發生時，其反應製程的安全設計不足且廠方人員對於製程反應失控情境的不夠瞭解，因而未能及時應變，使得原先設計的緊急冷卻措施無法有效運作，導致反應器內之可燃性與毒性物質外洩溢出，並充滿於整個廠房，進而導致蒸汽爆炸之嚴重後果[35]。

批式進料(含批次反應製程) 導致失控反應發生之可能原因包括[15-16，35]：

- 一、輸送原料等所用之壓縮機、泵、吹送機等之動力機械之破損；
- 二、反應器、分離器、精製塔等靜態機器及配管、閥、接頭等的故障、破損；
- 三、原料配合比例失控；
- 四、批次反應器中微量不純物之濃縮；
- 五、管線接縫處空氣滲入裝置中導致非預期之氧化反應；
- 六、不相容或易反應之物質因非預期之事故而混合產生劇烈反應；
- 七、操作閥具開關或送入反應器中的原料種類錯誤等引起的失控；
- 八、安全控制用計測儀器系統的故障、破損或產生錯誤動作；
- 九、維修保養不良，修補、裝設或配管工程管理不當，供應原料或取出產品時動作不當(未依標準操作規範)，清掃(槽)作業不當等因素。

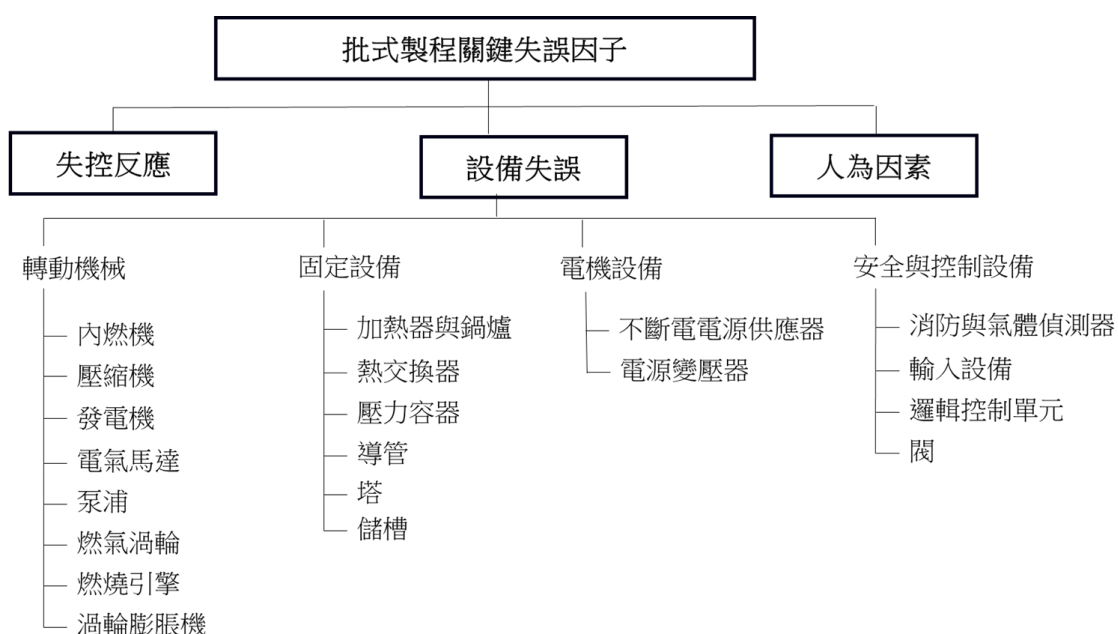


圖5 批式製程災害失誤因子

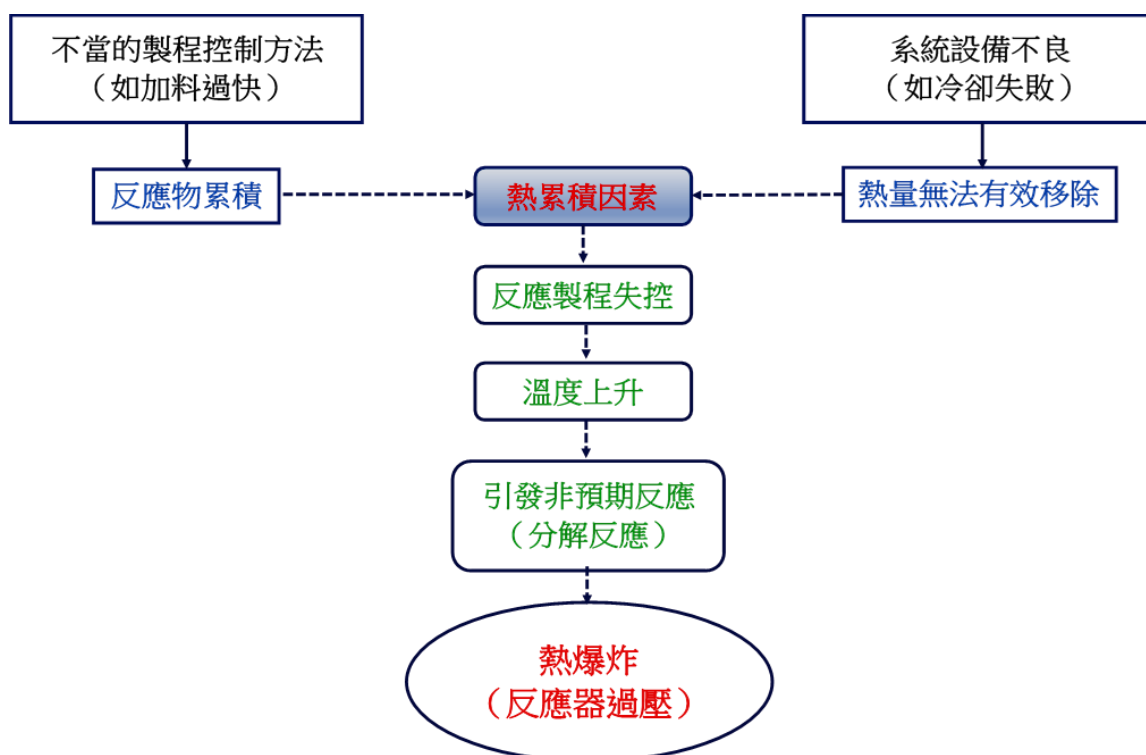


圖6 放熱反應之失控反應過程

由前面資訊可以瞭解預防失控反應是與具備完善之控制設備、標準操作流程與人員良好訓練息息相關。本研究將依據前述收集整理之可能造成危害之操作過程資訊(如槽車灌注時接管作業疏失與靜電危害等;供應設備如果發生異常或停止、批次反應製程之溫度或壓力失控、有害物外洩等)予以彙整資料。可以預想將包括化學品管理不當、危害認知不足、設備維修管理或維護不當、未有效落實安全管理、未遵行(建置)標準操作規範、安全與監控設施不足以及人員訓練不足等因素。在考量教育訓練教材之主軸需明確、內容需正確及有時間限制等，將以規範要求之危害性化學品通識教育為主軸，並參考具備豐富實務經驗之業界職業安全衛生管理人員、檢查機構退休檢查員與學術界人士等提供相關建議事項，以及參酌高危害製程損害防阻技術手冊內容[36]等納入腳本細節並撰寫正確作業流程情境腳本，包含動作與轉場等說明文字及配圖以供資訊人員據以建構 3D 模型與寫成虛擬實境程式。

教育訓練腳本將依要求規劃並設計符合包含危害性化學品標示及通識規則基礎課程在內之儲槽化學品灌裝、批式化學品進料作業等腳本細節、分鏡及作業流程情境，每項作業需依據化學品危害種類分級及實務現況區分。多年化學品安全管理、檢查實務與

化學品健康危害預防之豐富經驗，經初步探討腳本規劃方式除了將案例缺失原因納入腳本細節外，亦將其編排方式依照主要危害性化學品之物理性危害(易燃、爆炸、氧化性與有機過氧化物等)或健康危害(急毒、致癌等)以及實務上不同操作模式(區域)將予以區分出不同單元，規劃不同之教育訓練內容之選單模式供選擇，並且符合相關規定與進行標準作業程序之虛擬實境互動的流程，此部份規劃將再與委辦機關討論並取得同意後實施。腳本內容將涵蓋化學品儲槽化學品灌裝、批式化學品進料作業等之相關規定檢查、標準作業程序流程、檢查重點、檢點表、物聯網應用及化學品管理等的虛擬實境資訊工具。本項工作除了考量前述需求外，還需因應虛擬實境技術操作時需考量初次體驗之受試者平衡與適應能力，各子單元之時間以全程以不超過 20 分鐘較為適宜。

針對本項虛擬實境技術之教育訓練腳本細節、分鏡及作業流程情境等規劃內容，經過專家會議討論內容正確性，提出改善建議並修正及確認腳本內容之正確性和後續應用虛擬實境技術製作教育訓練工具可行性。

計畫執行團隊依據專家建議修改腳本，如表 9-10 示：

表9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本

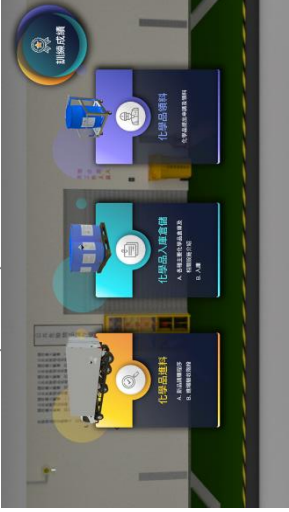
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
01	起始畫面	計畫名稱及說明	計畫名稱及說明			
02	1-4 項按鈕	選項按鈕	<p>1. 危害性化學品標示及通識規則基礎教育</p> <p>2. 危害性化學品標示及通識規則現場實務</p> <p>3. 化學品裝卸料安全衛生</p> <p>4. 批式反應</p> <p>選項按鈕(參考)</p> 			
03	選項 3 進入化學品裝卸料安全衛生	一、常壓槽車灌注	<p>地點一</p> <p>①門口警衛室(動畫及靜止畫面顯示)</p> <p>→製作場景，注意車輛檢查要件(駕駛必備文件，車子配備如車身標示、滅火器、排氣管滅焰器、個人防護裝備、化學品吸收劑或中和劑等)</p> <p>參考去年模型修改</p> <p>駕駛必備文件：</p> <p>通行證</p> <p>SDS</p> <p>取貨文件</p> <p>運輸計劃書</p>			<p>槽車裝料一常壓模式→製作略橢圓車模(含上方防傾角危險品運輸要求標示)</p> <p>角色一駕駛(動畫人物顯示);卸料操作員(VR角色)→製作模型，注意服裝、安全配備，防護具</p>

表9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

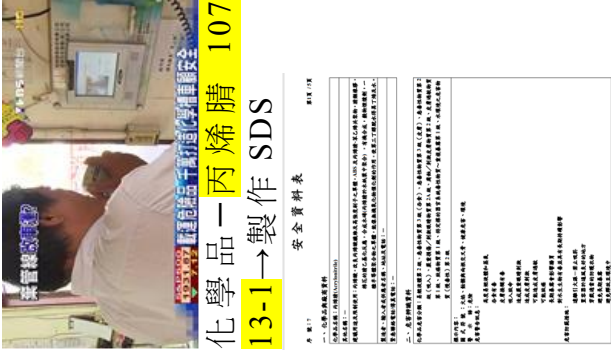
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>行車執照 駕駛執照 拖車使用證（聯結拖車者） 罐槽體檢合格證明書（罐槽車者） 危險物品運送人員專業訓練證明書（運送及隨車護送人員訓練證明書）</p> <p>②領料區(3D 環景)含槽頂灌裝平台 →製作場景，注意相關配置設備與標示【儲槽、管線、壓力錶、靜電消除裝置(接地設施、加濕系統)、消防設施、安全防護設施、管線及閥標示，SDS 及品名標示、工作場所危害標示……】。</p> <p>參考麥寮場景與網路影片建置儲槽模型</p>			<p>道路交通安全規則 84 條(危險物品載運) 運輸工具上之危險物品標示牌之字體應白底紅字</p> <p>道路交通管理處罰條例 加司機酒測(語音)</p> <p>化學品—丙烯腈 107-13-1→製作 SDS</p> 

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)



編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>卸料操作員視角(VR)角色(語音說明串場) (著適當防護具-護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具(攜帶)、化學防護圍裙、化學防護手套與安全鞋)帶防爆對講機及領料清單</p> <p>先到裝卸料區，環視區域內相關設施是否完備？妥適？(ex 前述地點所提物件及設施)</p> <p>問題:管線疑似輕微滲漏，測試受測者是否能察覺並通知維修人員檢修並有效排除(防爆對講機通知，並選擇正確檢修動作)</p>  <p>槽車入場(語音說明串場) 入場前一空槽車駛入門口警衛室、暫停，畫面顯示車輛必備資訊及資料(駕駛員證件、取貨文件、運輸計劃書...)和車身標示及設施(滅火器及排氣管滅焰器等)，完備才能駛入廠區。<b>動畫或卡通圖掃過</b>車輛進入廠區內速度需放慢(2.5</p>			<p>麥寮場景</p>  <p><a href="https://www.cedr.be/project/truck-loading-station">https://www.cedr.be/project/truck-loading-station</a> <a href="https://news.tvbs.com.tw/entry/541557">https://news.tvbs.com.tw/entry/541557</a></p>

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>KM/HR 以下) 到達領料區 — ① 車上視角(動畫加靜止畫面、語音說明)</p> <p>駕駛員 依路標指示接近灌裝區，看到灌裝區完整場景(以兩個裝卸料島與相關設施為場景)，有化學品品名及相關標示供駕駛員辨識停車區，亦能看到卸料操作員(著適當防護具-護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具、化學防護圍裙、化學防護手套與安全鞋)出現指揮，停車，熄火。</p> <p>→ 跳到灌裝操作員視角(語音說明申場)</p> <p>看到槽車駛近灌裝區，灌裝操作員用加濕裝置協助車體加濕去除靜電(語音說明)、車輛熄火拉手剎車、駕駛下車、交槽車鑰匙，連接接地線(動畫)</p> <p>② 槽車駕駛(動畫加靜止畫面，語音說明) 駕駛拿出三角錐放置車輛四周，置放輪檔(距車輪間距 5 公分)與剎車連動裝置(車側)。</p> <p>挑錯題：接地線未接妥脫落，綠燈未亮起(需確認接地燈綠燈亮起)</p>			



表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			  <p>示意圖</p> <p>③灌裝操作員檢查駕駛交付文件(駕駛證件、取貨單、運輸計畫書、<b>丙稀腈 SDS</b> 等如前述)，核對槽車文件、車身標示(危險品運輸規定)及車體規格(槽體規格與完整性、滅火器、排氣管減焰器、GPS 系統-毒化物...)與槽車底部卸料口閥關閉及盲封(<b>動畫或卡通圖掃過</b>)</p> <p>挑錯題:提領化學品(<b>丙稀腈</b>)品名、數量規格是否正確?(要有閱讀、環視及檢查動作，配合車身標示、安全設施檢視動作)車身危險品運輸標示錯誤</p> <p>挑錯題:槽車底部卸料口閥未完全關閉</p> <p>④灌裝操作員上<b>槽頂操作平台</b>(含防護欄杆、護籠等安全設施、高架作業雙掛勾式安全帶並連</p>			

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>接接地線)。打開槽頂護蓋(照片)，槽車內部殘壓檢查、排壓(找照片)，[槽內清潔及殘液檢查(槽頂用防爆手電筒照動作)]用語音說明</p> <p>⑤灌裝操作員在操作平台上檢查灌裝料管快速接頭，並接妥氣體平衡管(含液位檢知器)與灌裝料管，打開手動閥(照片)，連接灌裝料臂與氣體平衡管(確認品名料號，卸料臂應有顏色區別與標示化學品品名和料號)。測試灌裝料管及氣體平衡管是否無洩漏(中控室確認：接地線訊號正常；入料口連結控制器正常；排氣口連結控制器正常)，先微開閥，測試通過再全開出入閥，此時輸送 pump 未開，壓力錶為 0(電源箱與 pump 為防爆)。完成灌裝前準備，依 check list 一一勾選完成項目並簽名。</p>  <p style="text-align: right;">示意圖</p>			道路安全規則 84 條

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>⑥灌裝操作員在平台上，確認定量控制器正常，依領料單設定灌裝量(如 1800 公斤)，通知中控室啟動 pump 開始輸送。操作員在平台卸料臂附近目視觀察輸送情況，管路輸送無洩漏且無異響(動畫)。</p> <p>緊急應變： 灌裝時發現管線大量滲漏時，該如何處置？ 按 PUMP 旁緊急停止鈕 用防爆對講機通報應變中心 灌裝人員撤離由應變小組接手依 SOP 處理</p> <p>一切正常後，到槽車四周巡視車體槽壁無變形，地面無洩漏情形。一切正常後，駕駛再附近待命，灌裝操作員持續在灌裝區槽車旁巡視</p> <p>測試題：注意灌裝料管壓力顯示是否正常(綠色指標範圍內) 工作中並逐項勾選灌裝 check list，槽車上方設有高液位感測器(照片)可在液位超過安全值時發出警示並中止灌裝。對於儲槽周圍地區應進行濃度確認(VOC 偵測器)，避免引起氣雲火災。</p> <p>⑦輸送終了達到預設灌裝量，pump 自動跳停動作排序：</p>			

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>灌裝操作員到平台上關閉灌裝料管前阻閥(控制)，拆除灌裝料臂連接管(管內餘料回收-文字說明)，灌裝料臂、氣體平衡管盲封歸定位(照片)。槽車上蓋關閉妥當後鉛封，槽車旁各閘出入口鉛封。</p> <p>⑧灌裝作業員會同駕駛 360 度巡視槽車，確認一切工作完成與各閘出入口鉛封。駕駛員將槽車接線拆除歸定位，移開車輪檔並歸定位，回復剎車連動裝置至 OFF，移開車前檔牌並簽名後取回鑰匙，發動車輛駛離。(動畫)</p>			
04	選項 3 進入 化學品 裝卸料 安全衛 生	二、高壓槽 車灌注	地點— ①門口警衛室(動畫及靜止畫面顯示) →製作場景，注意車輛檢查要件(駕駛必備文件，車子配備如車身標示、滅火器、排氣管滅焰器等) 用桃煉場景建置模型修改 ②灌裝區(3D 環景) →製作場景，注意相關配置設備與標示 【儲槽、管線、壓力錶、靜電消除裝置 (接地設施、加濕系統)、消防設施、安			槽車裝料—高壓模式 →製作圓筒車模(含較穩固車身鋼樑與後三對輪胎、危險品運輸標示要求) 化學品—丙烯 115-07-1→製作 SDS

畫面：中場休息，有選項挑選進入另一階段

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

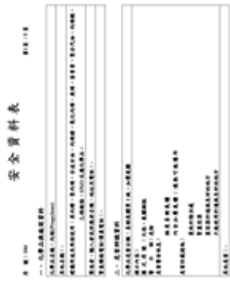
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>全防護設施、管線及閥標示，SDS 及品名標示、工作場所危害標示……】。</p> <p><b>參考桃煉場景建置高壓儲槽</b></p> <p>入場前— 槽車駛入門口警衛室、暫停，畫面顯示車輛必備資訊及資料(駕駛員證件、送貨文件及運輸計劃書等如前述)和車身標示及設施(滅火器及滅焰器等)，完備才能駛入廠區。</p> <p><b>測試：車輛在警衛室發現必備資訊及資料缺少需挑出車身危險品運輸標示錯誤</b></p> <p><b>SDS 品項錯誤(丙烷 74-98-6)</b></p> <p><b>車上有打火機(須交付保管)</b></p> <p><b>到達灌裝區—桃煉場景</b></p> <p>①車上視角:駕駛員視角 (VR 角色動畫加靜止畫面)</p> <p>依路標指示接近灌裝區，看到卸料區完整場景(以兩個灌裝料島與儲槽等相關設施為場景)，有化學品品名及相關標示供駕駛員辨識停車區，亦能看到灌裝操作員(著適當防護具-護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具(攜帶)、化學防護圍裙、化學防護手套與安全鞋)出現指揮，停車，</p>			 <p>安全資料表</p> <p>桃煉場景 角色—駕駛(VR 角色) 色)；灌裝操作員(動畫人物顯示)→製作模型，注意服裝、安全配備，防護具</p> <p>高壓氣體指包括在常用溫度下，表壓力達 10 公斤／cm<sup>2</sup> 以上之壓縮氣體。</p> <p>液化石油氣之容器或儲槽應設有液面計或過裝防止裝置</p> <p>內容積在五千公升以上之可燃性氣體、毒性</p>

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>熄火。 → 跳到灌裝操作員視角(語音說明串場)</p> <p>灌裝操作員視角(動畫人物) (語音說明串場)先到卸料區，環視區域內相關設施是否完備？妥適？(ex 前述地點所提物件及設施)，回報中控室現場狀況 OK！ 看到槽車駛近領料區，灌裝操作員用加濕裝置協助車體加濕去除靜電(語音說明)</p> <p>② 駕駛(VR 角色，語音說明)-將車輛熄火拉手剎車、駕駛下車，交付鑰匙與文件給卸料操作員確認。置放輪檔(距車輪間距 5 公分)，連接接地線。槽車駕駛穿戴防護具(護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具(攜帶)、化學防護圍裙、化學防護手套與化學防護鞋)，開啟槽車閥箱(含剎車連動裝置)與緊急遮斷閥連鎖(動作與文字說明)。</p> <p>③ 灌裝操作員檢查駕駛交付文件(駕駛證件、取貨單-領料卡、運輸計畫書、丙烯 SDS)，核對槽車文件、車身標示(危險品運輸規定)及車體規格(槽體規格與完整性、滅火器、排氣管滅焰器...)，運送化學品(丙烯)品名、數量規格是否正確？(要有閱讀、環視及檢查動作，配合車身標示、安全設施檢視動作)，取得槽車鑰匙，放</p>			氣體或氧氣等之液化氣體儲槽之配管，應設置距離該儲槽外側 5 公尺以上之處可操作之緊急遮斷裝置

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>置於鑰匙箱內(駕駛員視角看灌裝操作員動畫顯示)。</p> <p>④ 駕駛(VR)在灌裝區檢查快速接頭墊片並接受妥卸料輸送管與氣體管(核對品名與料號是否與儲槽外與管線標示一樣。</p> <div data-bbox="630 1102 805 1572" data-label="Image"> <p>快速脫接頭(T3)</p> <p>Figure 13</p> <p>Figure 14</p> </div> <p>■ 氣槽車安全快速脫離接頭加入SOP</p> <p>連接灌裝料臂，先測試灌裝料管及氣體管是否裝妥？此時輸送 pump 未開 (電源箱與 pump 為防爆)。完成灌裝前準備。</p> <p>⑤ 灌裝操作員在卸料區(動畫加語音說明)，依 check list 一一勾選完成項目並確認設施一切正常，聯絡中控室啟動液相灌裝料臂與氣相灌裝料臂氣動閥開啟，刷領料卡設定領料量，啟動灌裝區液相與氣相灌裝料臂閥，確認接頭無洩漏後，通知中控室啟動 pump 開始輸送。灌裝操作員在灌裝料臂附近目視觀察輸送情況，管路輸送無洩漏且無異響。一切正常後，到槽車四周巡視車體槽壁無變形，地面無洩漏情形。</p>			中油影片 20190805 104844



表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>駕駛與灌裝操作員持續在卸料區槽車旁巡視，注意灌裝料管壓力顯示是否正常(綠色指標範圍內)，灌裝操作員並逐項勾選灌裝 check list(內容?)，灌裝區設有 VOC 感測器與壓力(照片?)可在濃度或壓力超過安全值時發出警示並中止灌裝。</p> <p>緊急應變：如果灌裝過程發現槽車槽體滲漏時(或是壓力遽增時)，應該如何處置？回報中控室停止 PUMP，必要時啟動緊急應變機制。</p> <p>槽車上有緊急遮斷閥，緊急時可立即切斷輸送。現場灌裝臂上有緊急關斷閥可立即切斷輸送。</p> <p>文字說明： 儲槽緩衝槽出口管線均設緊急遮斷閥，當緊急遮斷閥油壓管內壓力降低時(如火災燒熔)會自動關閉。 對於儲槽周圍地區應進行濃度確認，避免引起氣雲火災。</p> <p>⑥輸送終了達到預設灌裝量，通知中控室停止 pump，灌裝操作員確認灌裝數量正確後，請駕駛(VR 角色)關閉進料管(液氣相)前阻閥(控制)，確認管內壓力歸零(殘壓由進料管旁尾氣回收管卸除)，拆除卸料臂，卸料臂與平衡管盲封歸</p>			



表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>定位(照片)。</p> <p>(駕駛收回灌裝液相輸送管與氣相輸送管，關閉槽車端液相口與氣體平衡口)</p> <p>關上槽車閥箱(動畫加靜止畫面，語音說明)解除剎車連動，卸除化學防護具。</p> <p>⑦卸料操作員會同駕駛(VR 角色)360 度巡視槽車(動畫)，確認一切工作完成與各閥出入口關閉完整。駕駛將槽車接地線拔除歸定位，移開車輪檔並歸定位，移開車前檔牌並簽名後取回鑰匙，發動車輛駛離。(動作加動畫)</p>			中油影片 4125
			畫面：中場休息，有選項挑選進入另一階段			
	三、常壓槽車卸料入儲槽	<p>地點——</p> <p>①門口警衛室(動畫及靜止畫面顯示)</p> <p>→ 製作場景，注意車輛檢查要件(駕駛必備文件，車子配備如車身標示、滅火器、排氣管滅焰器等)</p> <p>用桃煉場景建置模型修改</p> <p>②卸料區(3D 環景)</p> <p>→ 製作場景，注意相關配置設備與標示</p> <p>【儲槽、管線、壓力錶、靜電消除裝置(接地設施、加濕系統)、消防設施、安全防護設施、管線及閥標示，SDS 及品名標示、工作場所危害標示……】。</p>				

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

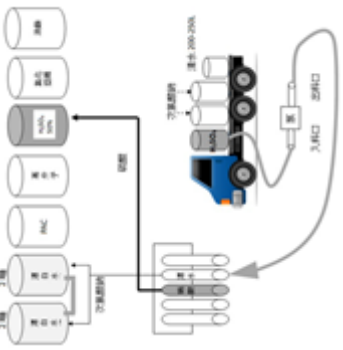
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p><b>參考桃煉場景建置常壓儲槽</b></p> <p>入場前—— 槽車駛入門口警衛室、暫停，畫面顯示車輛必備資訊及資料(駕駛員證件、送貨文件及運輸計劃書等如前述)和車身標示及設施(滅火器及滅焰器等)，完備才能駛入廠區。</p> <p>到達卸料區—— ①車上視角:<b>駕駛員(兼卸料操作員)(VR)角色</b>依路標指示接近卸料區，看到卸料區完整場景(以兩個卸料島與儲槽等相關設施為場景)，有化學品名及相關標示供駕駛員辨識停車區，亦能看到廠務人員(著適當防護具-護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具(攜帶)、化學防護圍裙、化學防護手套與安全鞋)出現指揮，停車，熄火。</p> <p>→ 跳到廠務人員視角</p> <p>②廠務人員視角(動畫加靜止畫面) (語音說明串場)先到卸料區，環視區域內相關設施是否完備？妥適？(ex 前述地點所提物件及設施)，回報中控室現場狀況 OK!</p> <p>看到槽車駛近卸料區，廠務人員用加濕裝置協助車體加濕去除靜電、</p>			<p>邵智源影片</p> 

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>③ 駕駛(VR 角色)將車輛熄火拉手剎車、駕駛下車、連接接地線，交付文件確認(駕駛證件、送貨單、運輸計畫書、柴油 SDS)，核對槽車文件、車身標示(危險品運輸規定)及車體規格(槽體規格與完整性、滅火器、排氣管滅焰器...)，運送化學品(柴油)品名、數量規格是否正確？(要有閱讀、環視及檢查動作，配合車身標示、安全設施檢視動作)，取得槽車鑰匙，放置於鑰匙箱內(動畫加語音說明)。</p> <p>④ 槽車駕駛兼卸料操作員(VR 角色)駕駛拿出三角錐放置車輛四周，置放輪檔(距車輪間距 5 公分)。槽車駕駛兼卸料操作員穿戴防護具(護目鏡、面罩、耳罩、半面式防毒面具(攜帶)、化學防護圍裙、化學防護手套與化學防護鞋)，駕駛開啟槽車閥箱並啟動剎車連動裝置，槽車端卸料口與氣體平衡口分別接上卸料輸送管與氣體管。</p> <p>⑤ 槽車駕駛兼卸料操作員(VR 角色)在卸料區檢查快速接頭墊片並接受卸料輸送管與氣體管(核對品名與料號是否與儲槽外與管線標示一樣，測試：儲槽端裝料臂或接頭亦(選擇題)有防呆機制如接頭尺寸、形狀與顏色有區別)[選項：品名-接頭、顏色、標示供選擇]</p> <p>連接裝料臂，先測試灌裝料管及氣體管是否無</p>			

表 9 槽車/儲槽裝卸料作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			洩漏？先微開閥，測試通過再全開出入閥，此時輸送 pump 未開（電源箱與 pump 為防爆）。完成灌裝前準備，依 check list 一一勾選完成項目並簽名。			
			<p>⑥廠務人員在卸料區(動畫)</p> <p>確認設施一切正常，聯絡中控室確認儲槽可以進料後，啟動 pump 開始輸送。操作員在卸料臂附近目視觀察輸送情況，管路輸送無洩漏且無異響。一切正常後，到槽車四周巡視車體槽壁無變形，地面無洩漏情形。</p> <p>⑦輸送終了達到預設灌裝量，pump 自動跳停，廠務人員聯絡中控室確認儲槽進料量正確後，駕駛兼卸料操作員關閉卸料管前阻閥(控制)，拆除卸料臂連接軟管(管內餘料回收)，卸料臂、平衡管盲封歸定位(照片)。</p> <p>駕駛兼卸料操作員收回卸料輸送管與氣體管，關閉槽車端卸料口與氣體平衡口，關上槽車閥箱(動畫加靜止畫面，語音說明)，卸除化學防護具。</p> <p>⑧廠務人員會同駕駛兼卸料操作員 360 度巡視槽車(動畫)，確認一切工作完成與各閥出入口關閉完整。駕駛兼卸料操作員將槽車接地線拔除歸定位，移開車輪檔並歸定位，移開車前檔牌並簽名後取回鑰匙，發動車輛駛離。(動畫)</p>			

表10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
01	起始畫面	計畫名稱及說明	計畫名稱及說明			
02	1-4 項 按鈕	選項按鈕	<p>1. 危害性化學品標示及通識規則基礎教育  2. 危害性化學品標示及通識規則現場實務  3. 化學品裝卸料安全衛生  4. 批式反應</p> <p>選項按鈕(參考)</p> 			
03	按 4 進入 批式反應	塑膠原料聚合反應	<p>案例一：液體原料入料加熱昇壓反應  (以<b>聚氯乙稀</b>為例)  工作前檢查：  ①確認批式反應、加料口、輸料管完整無滲漏、各項標示清楚  ②確認各控制閥位置(開或關)是否正確？有無腐蝕、滲漏現象？作動是否順暢、各項標示清楚。  ③化學品儲槽及槽體配件(洩壓、出入料閥門等)是否完整無滲漏、腐蝕現象、告項標示清楚。  ④<b>檢視使用化學品 SDS</b>，並核對相關安全防</p>			<p><b>儲槽與反應器以及相關設施</b></p> <p>化學品—<b>VCM</b>、<b>觸媒</b>等→製作 SDS</p> <p>角色—<b>盤面控制員</b>(動畫人物顯示)；<b>操作員</b>(VR 角色)→製作模型，注意服裝、安全配備，防護具</p> <p><a href="https://www.cedr.be/projects">https://www.cedr.be/projects</a></p>

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>護措施是否完備？</p> <p>⑤確認各化學品(含原料、催化劑、改質劑、中和劑等)品名、料號是否正確？品質是否良好無劣變？</p> <p>⑥緊急處置措施如排氣閥、冷卻水循環等是否完備，緊急沖淋裝置功能正常。</p> <p>冷卻水槽內水位置是否正常？消防設施是否完備？局部排氣設施是否完備？</p> <p>⑦靜電消除裝置是否裝置完整未脫落(槽體接地、管道等位線、粉體加料口等)</p> <p>⑧製程控制系統訊號是否正常無異常燈號，且可正常啟動，緊急處置系統(含警報器)作動正常</p> <p>⑨檢視個人防護具是否穿戴完整(耐化手套、護目鏡、棉質工作服及防化工作圍裙、安全鞋、全罩式安全帽、呼吸防護具(濾毒罐，必要時配戴)、防爆對講機等。</p> <p>問題：氯乙炔單體的健康危害與緊急處置方式 氯乙炔單體 SDS 項目閱讀後出現相關選項</p> <p>問題：催化氯乙炔單體聚合反應之觸媒的安全權與健康危害注意事項</p> <p>觸媒(代表化合物)SDS 項目閱讀後出現相關選項</p>			<p><a href="https://www.cedr.be/project/tankfarm">https://www.cedr.be/project/tankfarm</a></p> <p>勞工安全衛生設施規則 第一百九十四條 雇主對於建築物內設有化學設備，如反應器、蒸餾塔、吸收塔、析出器、混合器、沈澱分離器、熱交換器、計量槽、儲槽等容器本體及其閥、旋塞、配管等附屬設備時，該建築物之牆壁、柱、樓板、樑、樓梯等接近於化學設備周圍部分，為防止因危險物及輻射熱產生火災之虞，應使用不燃性材料構築。</p> <p>特定化學物質危害預防標準 第五條 本標準所稱特定化學管理設備，係指特定化學設備中，進行放熱反應之反應槽等，且有因異常化學反應等，致漏洩丙類第一種物質或丁類物質之虞者。</p>



表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

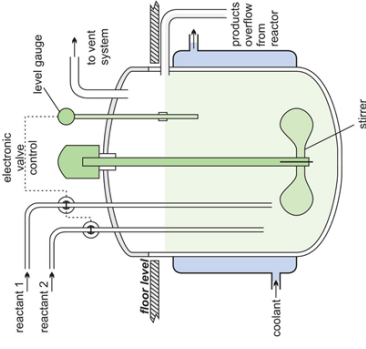
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>工作流程</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 盤面操作員收到指示，要進行另一批次反應。此次選定 R01 為反應槽。盤面打開 R01 反應槽 DCS 畫面。確認該槽已清空，溫度/壓力指示都是常壓 (PC 畫面)。</li> <li>2. VCM(氯乙烯)日用槽液位足夠入料量-綠色範圍</li> <li>3. 盤面呼叫現場操作員(對講機、耳機)，操作員(VR 角色)自現場待命室出來，以無線電回覆收到。</li> <li>4. 操作員步行至反應槽底部巡視察看，確認上批出料後之出料閥已關閉。鄰近周界有無包商施工。</li> <li>5. 狀況：包商正動火切割鐵材，火花四溢，應予以要求停工並離開</li> <li>6. 操作員沿走梯上樓至槽頂，巡視各設備之元件是否待命中。(例如氮氣壓力是否正常-綠色範圍) 然後回報盤面，現場已OK，可以準備入料操作。</li> <li>7. 盤面檢查(PC 畫面)後，通知操作員可以加副料</li> <li>8. 操作員穿戴適當防護具(安全帽、護目鏡、半面式防毒面具、防化手套與防護鞋、化學圍裙等)由現場副料倉庫取出已事先分裝完成之副料到達副料槽，啟動局部排氣設備，以工具開啟加料口(內有防靜電裝置)，依序加入</li> </ol>			<p>鍋爐及壓力容器安全規則第四條</p> <p>本規則所稱壓力容器如左：</p> <p>(二)因容器內之化學反應、核子反應或因其他反應而產生蒸氣之容器，且容器之壓力超過大氣壓者。</p>  

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>副料並確認無化學品粉末殘留在入料口後，鎖好入料口通知盤面。</p> <p>盤面經由 PC 控制畫面與監視器畫面，確認工作完成。盤面啟動冷淨水進水 PUMP，盤面 PC 畫面顯示入料淨水壓力正常-綠色範圍，啟動攪拌機，並監看攪拌機轉速逐漸提速(約 60 rpm 監視器畫面)，反應槽夾套之循環水閥打開，同時槽頂之冷凝器冰水也打開循環中(PC 畫面)。</p> <p>警示：粉體加料時若未依各廠區標準操作規範消除靜電，可能導致靜電火災</p> <p>畫面：批式反應器模型爆炸起火</p> <p>操作員穿戴適當防護具(安全帽、護目鏡、半面式防毒面具、防化手套與防護鞋、化學圍裙等)由現場觸媒冷凍庫(20℃)取出已分裝之觸媒溶液到達觸媒槽，確認觸媒槽已降溫至 5℃(溫度表)且壓力歸零，氮氣管壓力正常(壓力表)，開啟觸媒槽入料口(螺絲由身體對側先鬆開再逐一對側方式鬆開)，倒入觸媒到標線(畫面旁出現觸媒槽體剖面圖)後關閉入料口，通知盤面啟動氮氣灌注並確認觸媒槽內液位體積，盤面經由 PC 控制畫面確認。</p> <p>計時與量：由觸媒自冷凍庫移出後，計時 5 分</p>			<p>作業安全管理 防止火災爆炸-單機靜電</p> <p>粉體入料口應設置電靜電以去除靜電</p>  <p>粉體入料口應設置電靜電以去除靜電</p> <p>24</p>



表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

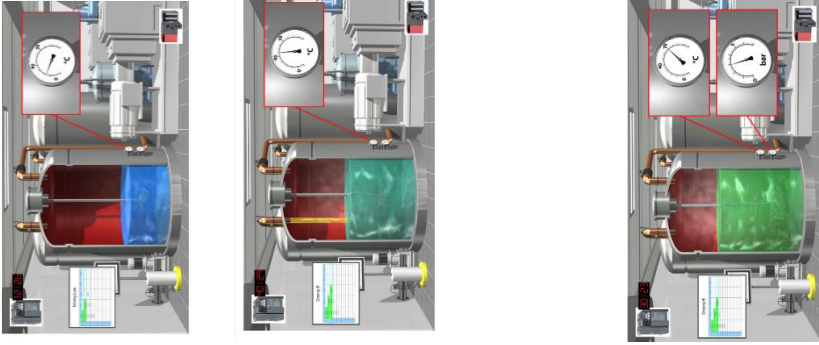
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>鐘(快轉方式實際約 60 秒內，在畫面左上上方顯示碼表)，時間到未完成或觸媒倒入未達(或超過)標線，顯示出觸媒分解，可能造成火災或批次反應產品不良。</p> <p>6. 盤面確認熱淨水液位與溫度設定標準，觸媒槽液位與壓力正常，VCM 儲槽壓力正常後，開啟 PUMP 設定 VCM 和觸媒開始入料，接著熱淨水入料。</p> <p>警示：若未依各廠區標準操作規範進行操作，可能導致失控反應</p> <p>畫面：批式反應器模型爆炸起火</p> <p>7. 盤面打開 DCS 電腦中預存的昇溫曲線圖，由程控系统依溫度壓力之變化，藉著自動連鎖控制熱水流量升溫進行反應，VCM 加入速度及槽頂冷凝器冰水流量使反應依既定程序進行。</p> <p>測試：此時反應器壓力與溫度上升快速超過預期，操作員發現時，該如何處置？</p> <p>通知盤面控制員檢查 DCS 確認問題點，操作員亦在現場確認各閥門、幫浦與管線，準備啟動緊急處置。盤面控制員回報冰水循環量不足，經操作員調大冰水循環手動閥後已逐</p>			

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>步恢復正常危機解除。</p> <p>測試：反應到一半時，停電會導致壓力與溫度升高，盤面控制員與現場操作員，該如何處置？</p> <p>①開啟冷水氣壓閥(水位差)注入降溫</p> <p>②緊急洩料至洩料槽(氣壓閥，高低位差)</p> <p>③自動注加抑制劑中止反應(抑制劑槽分佈在重合反應槽與洩料濾網)</p> <p>8. 反應進行中，槽壓保持約在壓力表正常範圍(<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>，綠色標記)，操作員經常在附近巡視察看各管線與閥是否正常無洩漏。</p> <p>9. 盤面控制員將各入料之氣動閥逐一關閉後，重合反應槽內壓力與溫度逐漸下降，加入抑制劑中止反應，操作員在現場監控。此時熱水/冰水仍由 DCS 依槽的溫度/壓力變化情形連動。</p> <p>10. 停止此次反應，攪拌機維持轉動，冷凝器頂部噴水洗滌傳熱管內，使積粉回流槽內，熱水關閉，冰水仍持續流動。</p> <p>11. 操作員打開槽底角閥使槽內粉漿受槽內積存壓力壓送至卸料槽</p>			

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


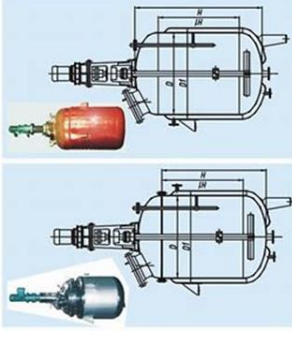
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
畫面：中場休息，有選項挑選進入另一階段						
04	選項 4 進入 批式反應	環氧丙烯酸酯合成	<p>案例一：液體原料入料加熱昇溫反應(以雙酚 A 環氧丙烯酸酯寡聚物為例)</p> <p>工作前檢查：同前(語音說明帶過)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現場確認操作人員與控制人員皆瞭解製程中所有化學物特性及其安全使用流程，且相關儲槽、管線，閥與配製設備良好，緊急應變設施運作正常。</li> <li>2. 開啟反應器控制系統，依配方比例與入料順序設定操作程序。按序加入稀釋單體、環氧樹脂、抑制劑、觸媒、最後加入丙烯酸。</li> </ol> <p>按序加入(管線或閥點選)</p> <p>反應器內有先充氮氣？是。需確認氧氣小於 10% (安全考量(有火花也燒不起來)、防爆、投料安全考量)</p> <p>稀釋單體，(其他單體。由管線直接進料)</p> <p>環氧樹脂，(粉體進料 置於配料槽再進料。二階段式進料)</p>			  <p><a href="https://liliequipment.en.made-in-china.com/productimage/ZXwmSDWELOC-P-2f1j00OaWGsmTKwdqA/China-Stainless-Steel-Petrochemical-Industrial-Batch-Reactor.html">https://liliequipment.en.made-in-china.com/productimage/ZXwmSDWELOC-P-2f1j00OaWGsmTKwdqA/China-Stainless-Steel-Petrochemical-Industrial-Batch-Reactor.html</a></p>

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)


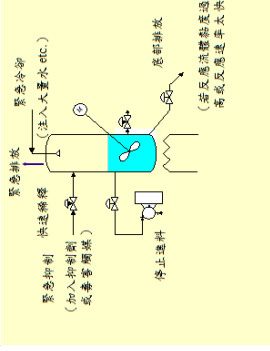
編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>抑制劑，(配料槽。二階段式進料)</p> <p>觸媒，(配料槽。二階段式進料)</p> <p>最後加入丙烯酸(由管線直接進料。因為具有酸性)，</p> <p>開始慢慢攪拌 30~45 分鐘，並通入適量空氣，使完全溶解均勻(反應器內含氧量維持 10%)</p> <p>問題：</p> <p>若加料時漏加可減緩丙烯酸聚合放熱之抑制劑 MEHQ(對苯二酚單甲醚)，可能會造成何種結果？</p> <p>反應快速完成增加效率</p> <p>丙烯酸快速聚合放出高熱導致失控反應形成較小分子之聚合物</p>			 <p><a href="https://www.cedr.be/project/batch-reactor-design">https://www.cedr.be/project/batch-reactor-design</a></p> 

表 10 批式反應作業虛擬實境教育訓練工具腳本(續)

編號	分鏡圖	內容說明	畫面呈現描述	音效	時間	備註
			<p>3. 依上述升溫曲線，開始緩慢加熱，將溫度從約 40°C 在 1.5 小時內升至 90°C，然後持溫 2 小時(觀察溫度表緩慢上升)，然後於 1~1.5hr 內將溫度緩緩升至 110°C (環氧開環放熱反應)，並視反應溫度上升趨勢，必要時稍加冷卻(觀察溫度表緩慢上升)以免升溫太快失控(觀察溫度表緩慢上升刻度要清楚或能放大)</p> <p>狀況題：當溫度升溫過快(當升溫曲線太快(如 <math>\geq 5^{\circ}\text{C}/\text{min}</math>)且溫度已超過 120°C時)應如何處置(右圖)</p> <p>緊急冷卻 (此方法效果有限)</p> <p>加入抑制劑 (大多採用抑制劑投入)</p> <p>4. 當溫度升至反應溫度 110°C 後，持溫直到酸價 <math>\leq 1</math> 時</p> <p>如何取樣或測定：</p> <p>開底閥旁邊有一取樣閥，取樣後測定即達反應終點，冷卻至 50~60°C (觀察溫度表緩慢下降)，進行過濾包裝作業。(產品是液態黏稠狀？黏稠但具有流動性，高溫入包裝桶)</p>			

## 第四節 3D 虛擬物件及場景設計與製作

研究根據以往進廠訪視化學品安全管理之經驗，並借重業界與學術界專家之實務經驗，由網路搜集之相關資料並安排資訊軟體人員一同進事業單位現場觀摩，瞭解作業環境空間、設備、物品的外觀樣貌、材質、尺寸及細部結構，需要製作到動態效果，要考慮到模型是可拆分為不同組件，以利完成可自由建構、調整的互動模組。蒐集相關作業之實拍影片、照片，並量測尺寸或抓取比例，透過 3D 軟體建置各物件模型，為考量互動裝置的效能限制，在建置上會控制模型面數，達到不失真的作法。在細節上會強化貼圖材質的擬真度，並透過光影的渲染效果，將光影材質加入貼圖上，建構具有真實外觀的虛擬物件。儘量採用真實的比例製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具必要細部組件，例如 3D 虛擬物件及場景、化學槽車與桶罐裝貨車、化學原料槽、主要灌裝管線、卸料區、批次反應器與相關組件、人物、儲存區 3D 虛擬物件等，本計畫建置之 3D 虛擬物件及場景圖與互動畫面檔案請參見附錄一。

本研究所建置之 3D 物件及場景需包含化學品危害通識之標示圖示規定及注意事項，例如於場景中有安全資料表之取得、安全資料表初步解讀等，物件中有物質危害辨識、危害圖示、危害標示等，均需符合化學品危害通識管理之危害預防注意事項。例如：環境控制與防護設施、個人防護設備與措施、安全處置程序與方法、緊急應變措施準備、其他安全管制及注意事項等。針對化學品虛擬實境技術之教育訓練工具 3D 虛擬物件及場景規劃內容均經專家會議討論後決定，提出改善建議並修正及確認 3D 虛擬物件及場景之正確性和後續應用虛擬實境技術製作教育訓練工具可行性。專家根據團隊建置之模型與腳本畫面，提出建議，供研究案調整改善。

## 第五節 製作化學品虛擬實境技術之教育訓練工具

本研究依照研究規劃執行，使用者在虛擬操作過程中，除了給予操作說明及提示外，在各環節情境裡，可清晰看到化學品的危害資訊內容，並在程序操作正確或未正確的畫面中，帶出完整的事件結果，與檢討說明。使用者於虛擬空間中操作錯誤的程序，將呈現錯誤程序引發之 3D 擬真的災害結果與嚴重性，透過 VR 顯示器的環景特性，使用者會體驗到面臨災害發生的身歷其境感，以加深學習效果。本研究內容經由跨領域專家會議討論決定，專家對於 VR 工具的化學品製程安全管理、虛擬實境技術等專業，進行教育訓練工具雛型試用性評估，例如危害缺陷設計、模型美工、互動體感等檢查、後續教育訓練問卷之設計並提出改善建議，專家會議之意見如下，並已參酌納入研究中改善 VR 教材，危害通識虛擬實境教育訓練工具使用手冊如附錄三。本計畫開發之 VR 執行檔已製作適用於 HTC VIVE 裝置的 VR 應用程式及展示用之個人電腦程式版本兩個版本。

## 第六節 化學品虛擬實境技術之教育訓練成效驗證

為驗證工具成效與可行性，例如學習認知、互動狀況、使用問題與滿意度等，進行效益評估及問題整理與統計，問卷內容經專家會議討論通過，以評估此教材工具之效果(表 11)。總計在台中漢翔航太研習園區、新竹工研院、台灣中油桃園煉油廠、沙崙油庫、五股油庫、石門供油服務中心以及中科管理局等處借用場地舉辦本教材研討座談教育訓練活動，邀請各區事業單位化學品相關作業人員(槽車駕駛、製程工程師、廠務與職業安全衛生管理等)，驗證工具成效與可行性並收集訓練回饋達 96 人。問卷統計結果整理於表 12、13。調查結果發現，表 11 的虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與問卷結果顯示，化學品危害通識認知前後測部分，使用過虛擬時教育訓練工具後的答題情況顯然有進步的情形，危害性化學品危害通識認知測驗結果分析如圖 7、8 所示。且使用回饋分析中，有 85%以上同意及非常同此虛擬實境教育訓練工具的成效，給予本案正面肯定。

表11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗

## 儲槽灌裝及批式進料作業危害通識虛擬實境教育訓練工具開發一教育訓練問卷調查

針對化學品作業教育訓練需求，發展一套可強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。使用者在可虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。回饋使用者於此虛擬空間中缺失作業項目，透過危害辨識及體感方式來提昇使用者對危害之辨識能力，提昇化學品安全管理意識。

為瞭解本虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練之適用性與未來改善和發展方向，敬請配合填寫以下問卷，謝謝！

**(本套加強化學品危害通識訓練工具分別開發適用於穿戴虛擬實境設備以及不需要穿戴虛擬實境設備兩種執行模式)**

### 一、基本資料

1. 性別：☐男☐女
2. 年齡：☐20-25 歲   ☐26-30 歲   ☐31-35 歲   ☐36-40 歲   ☐41-45 歲  
☐46 歲以上
3. 公司類型：☐積體電路   ☐光電   ☐綠能與節能   ☐通訊   ☐精密機械  
☐生物科技   ☐電腦週邊   ☐創新創業   ☐物流   ☐電子機械   ☐塗料  
(裝)   ☐塑膠/橡膠   ☐\_\_\_\_\_
4. 工作類型：☐勞安   ☐廠務   ☐倉管   ☐生產線   ☐其他
5. 工作年資：☐0-5   ☐6-10   ☐11-15   ☐16-20   ☐20 以上
6. 專業證照：☐乙安☐甲安☐甲衛☐技師☐其他
7. 過去一年曾受一般安全衛生教育訓練時數：  
☐0 小時   ☐3 小時   ☐6 小時   ☐6 小時以上
8. 過去一年曾受危害性化學品通識教育訓練：☐是   ☐否



表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗(續)

二、虛擬實境訓練教材試用意見回饋

1. 教材內容編排，可以提升化學品安全管理概念？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

2. 教材內呈現的 3D 虛擬物件及場景，具高度真實感？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

3. 教材內容流暢度，合乎需求？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

4. 各單元的練習與測試均有適當的指引正確操作模式，以達到學習的目的？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

5. 課程中互動模式、特殊效果及體感模式可以達到沉浸式的教學目的？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

6. 各單元內安排的測試情境，可以加深化學品危害認、知的效果？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

7. 試用教材內容時花費之時間恰當？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

8. 虛擬實境訓練教材會比傳統教育訓練更能引發學習之興趣？

☐非常同意 ☐同意 ☐沒意見 ☐不同意 ☐非常不同意

9. 其他建議：

表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗(續)

**化學品危害通識之認知檢測(前測)請直接圈選答案**

1. 雇主對裝有同一種危害性化學品之數個容器，置放於同一處所者，得於明顯之處，設置標示法規規定事項之公告板，以代替容器標示。  
(A)非常同意 (B)同意 (C)沒意見 (D)不同意 (E)非常不同意
2. 雇主為防止勞工未確實知悉危害性化學品之危害資訊，致引起之職業災害，應使勞工接受製造、處置或使用危害性化學品之教育訓練  
(A)非常同意 (B)同意 (C)沒意見 (D)不同意 (E)非常不同意
3. 若易燃性化學品滲漏時，您該如何處置?  
(A)使用防爆對講機通知緊急應變中心或值班人員啟動緊急應變機制 (B)趕快回收外洩化學品，不用穿戴防護兵 (C)遠離現場保命 (D)直接用水稀釋沖到水溝
4. 使用安全資料表需注意之事項有(複選)?  
(A)製作日期需在三年內 (B)內容有缺項是正常 (C)對內容有疑問可查詢其他資料做佐證 (D)以現場勞工可閱讀之語言為主 (E)需放在工作場所易取得之處
5. 運送或處置有機溶劑化學物質需要那些個人防護具(複選)  
(A)防刺穿安全鞋 (B)化學護目鏡 (C) C 級防護衣 (D)而才有機溶劑手套 (E)化學防護鞋 (F)棉質工作服 (G)防毒面具
6. 下列載運危險性物品車輛相關作為何者正確(複選)?  
(A)隨車攜帶通行證、運送計畫書、人員訓練合格證 (B)車輛車頭及車尾應懸掛危險標識(日間：三角紅旗，夜間：鮮明紅燈)(C)車輛左、右兩側及後方應懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌 (D)隨車攜帶危險性物品的安全資料表 (E)停車後需放置輪檔穩定車子
7. 禁水性化學品庫房不應該出現的滅火設施?  
(A)消防砂箱 (B)消防灑水系統 (C)特殊滅火器如 D 類乾粉 (D)蛭石桶
8. 連連看



毒性物質



腐蝕性物質



易燃物質

9. 儲槽灌裝時發現管路大量滲漏時，下列何者處置錯誤?  
(A)按 PUMP 旁緊急停止鈕 (B)用防爆對講機通報應變中心 (C)槽車立刻駛離避免受損 (D)灌裝人員撤離由應變小組接手依 SOP 處理
10. 批式反應在粉體原物料倒入槽內時，若未消除靜電，可能有何危害  
(A)粉塵爆炸 (B)無法溶解 (C)易燃氣體外洩 (D)反應不完全 (E)以上皆非

表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗(續)

**化學品危害通識之認知檢測(後測)請直接圈選答案**

1. 雇主對裝有同一種危害性化學品之數個容器，置放於同一處所者，得於明顯之處，設置標示法規規定事項之公告板，以代替容器標示。  
(A)非常同意 (B)同意 (C)沒意見 (D)不同意 (E)非常不同意
2. 雇主為防止勞工未確實知悉危害性化學品之危害資訊，致引起之職業災害，應使勞工接受製造、處置或使用危害性化學品之教育訓練  
(A)非常同意 (B)同意 (C)沒意見 (D)不同意 (E)非常不同意
3. 若易燃性化學品滲漏時，您該如何處置？  
(A)使用防爆對講機通知緊急應變中心或值班人員啟動緊急應變機制 (B)趕快回收外洩化學品，不用穿戴防護兵 (C)遠離現場保命 (D)直接用水稀釋沖到水溝
4. 使用安全資料表需注意之事項有(複選)?  
(A)製作日期需在三年內 (B)內容有缺項是正常 (C)對內容有疑問可查詢其他資料做佐證 (D)以現場勞工可閱讀之語言為主 (E)需放在工作場所易取得之處
5. 運送或處置有機溶劑化學物質需要那些個人防護具(複選)  
(A)防刺穿安全鞋 (B)化學護目鏡 (C) C 級防護衣 (D)而才有機溶劑手套 (E)化學防護鞋 (F)棉質工作服 (G)防毒面具
6. 下列載運危險性物品車輛相關作為何者正確(複選)?  
(A)隨車攜帶通行證、運送計畫書、人員訓練合格證 (B)車輛車頭及車尾應懸掛危險標識(日間：三角紅旗，夜間：鮮明紅燈) (C)車輛左、右兩側及後方應懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌 (D)隨車攜帶危險性物品的安全資料表 (E)停車後需放置輪檔穩定車子
7. 禁水性化學品庫房不應該出現的滅火設施?  
(A)消防砂箱 (B)消防灑水系統 (C)特殊滅火器如 D 類乾粉 (D)蛭石桶
8. 連連看



毒性物質



腐蝕性物質



易燃物質

9. 儲槽灌裝時發現管路大量滲漏時，下列何者處置錯誤?  
(A)按 PUMP 旁緊急停止鈕 (B)用防爆對講機通報應變中心 (C)槽車立刻駛離避免受損 (D)灌裝人員撤離由應變小組接手依 SOP 處理
10. 批式反應在粉體原物料倒入槽內時，若未消除靜電，可能有何危害  
(A)粉塵爆炸 (B)無法溶解 (C)易燃氣體外洩 (D)反應不完全 (E)以上皆非

表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗(續)

**儲槽(槽車)裝卸料之認知檢測(前測)請圈選答案**

- 下列何者不是槽車駕駛隨車必備文件?  
(A)通行證 (B)SDS (C)駕駛執照 (D)危險物品運送人員專業訓練證明書 (E)繳稅證明
- 下列何者能幫助槽車去除靜電預防危害(複選)?  
(A)加濕系統噴濕車體 (B)車輛熄火 (C)接地線 (D)輪胎加輪檔 (E)車身噴漆
- 椅槽灌裝時發現管路大量滲漏嘔，下列何者處置錯誤?  
(A)按 PUMP 旁緊急停止鈕 (B)用防爆對講機通報應變中心 (C)槽車立刻駛離避免受損 (D)灌裝人員撤離由應變小組接手依 SOP 處理
- 運輸丙蟬睛之轉車上需要之危險物品運輸圖式為何?  

(A)	(B)	(C)	(D)
			
- 槽車駕駛將車開到領料區，將車輛熄火拉手剎車後下車，需要完成下列各項動作，何者錯誤?  
(A)交付鑰匙與文件給卸料操作員確認 (B)置放輪檔 (C)連接接地線 (D)槽車駕駛穿戴棉質手套 (E)開啟剎車連動裝置
- 下列載運危險性物品車輛相關作為何者正確(複選)?  
(A)排氣管需加裝滅焰器 (B)車輛車頭及車尾應懸掛危險標示(日間：三角紅旗，夜間：鮮明紅燈) (C)車輛左、右兩側及後方應懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌 (D)隨車攜帶滅火器 (E)槽體需要檢驗合格證明
- 灌裝操作員在灌裝過程中有可能接觸(滲漏或噴濺)到具揮發性與毒性之液態化學物質，請問應穿戴哪些個人防護具(複選)?  
(A)化學護目鏡與面罩 (B)半面式防毒面具 (C)化學防護圍裙或化學防護衣 (D)防刺穿手套 (E)防化安全鞋
- 下列何者是丙烯的危害圖示?  

(A)	(B)	(C)	(D)
			

表 11 虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練工具開發問卷與測驗(續)

儲槽(槽車)裝卸料之認知檢測(後測)請圈選答案

1. 下列何者不是槽車駕駛隨車必備文件？

(A)通行證 (B)SDS (C)駕駛執照 (D)危險物品運送人員專業訓練證明書 (E)繳稅證明





2. 下列何者能幫助槽車去除靜電預防危害(複選)?

(A)加濕系統噴濕車體 (B)車輛熄火 (C)接地線 (D)輪胎加輪檔 (E)車身噴漆

3. 椅槽灌裝時發現管路大量滲漏嘔，下列何者處置錯誤？

(A)按 PUMP 旁緊急停止鈕 (B)用防爆對講機通報應變中心 (C)槽車立刻駛離避免受損 (D)灌裝人員撤離由應變小組接手依 SOP 處理

4. 運輸丙蟬睛之轉車上需要之危險物品運輸圖式為何？

(A)	(B)	(C)	(D)
			

5. 槽車駕駛將車開到領料區，將車輛熄火拉手剎車後下車，需要完成下列各項動作，何者錯誤？

(A)交付鑰匙與文件給卸料操作員確認 (B)置放輪檔 (C)連接接地線 (D)槽車駕駛穿戴棉質手套 (E)開啟剎車連動裝置

6. 下列載運危險性物品車輛相關作為何者正確(複選)?

(A)排氣管需加裝滅焰器 (B)車輛車頭及車尾應懸掛危險標示(日間：三角紅旗，夜間：鮮明紅燈) (C)車輛左、右兩側及後方應懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌 (D)隨車攜帶滅火器 (E)槽體需要檢驗合格證明

7. 灌裝操作員在灌裝過程中有可能接觸(滲漏或噴濺)到具揮發性與毒性之液態化學物質，請問應穿戴哪些個人防護具(複選)?

(A)化學護目鏡與面罩 (B)半面式防毒面具 (C)化學防護圍裙或化學防護衣 (D)防刺穿手套 (E)防化安全鞋

8. 下列何者是丙烯的危害圖示？





(A)	(B)	(C)	(D)
			

表12 虛擬實境技術加強化學品危害通識教育訓練問卷結果統計(基本資料)

一、基本資料				
1. 性別	男	75.7%	女	24.3%
2. 年齡	20-30	24.7%	31-40	36.4%
	41 以上	39.0%		
3. 公司類型	光電	11.4%	精密機械	7.6%
	創新創業	1.3%	石化產業	74.7%
	航太	1.3%	其他	3.8%
4. 工作類型	勞安	12.8%	廠務	16.7%
	倉管	6.4%	生產線	16.7%
	駕駛	29.5%	其他	17.9%
5. 工作年資	0~5	41.3%	6~10	16.3%
	11~15	16.3%	16-20	5.0%
	20 以上	21.3%		
6. 專業證照	乙安	5.0%	甲安	12.5%
	甲衛	13.8%	技師	2.5%
	其他(含無)	66.5%		
7. 一般安全衛生教育訓練時數	0 小時	7.5%	3 小時	40%
	6 小時	18.8%	6 小時以上	33.8%
8. 危害性化學品通識教育訓練	是	48.8%	否	51.3%

依據表 11 的使用回饋問卷分析中顯示，有 85%以上的使用者同意此虛擬實境教育訓練工具的成效，給予本案正面肯定。虛擬實境訓練教材試用意見回饋調查的結果如下所示：

表13 虛擬實境訓練教材使用意見回饋調查結果

試用意見回饋問項	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
	%				
1. 教材內容編排，可以提升化學品安全管理之概念？	33.3	65.3	1.4	0	0
2. 教材內呈現的 3D 虛擬物件及場景，具高度真實感？	41.7	51.4	6.9	0	0
3. 教材內容流暢度，合乎需求？	19.4	59.7	19.4	1.4	0
4. 各單元的練習與測試均有適當的指引正確操作模式，以達到學習的目的？	30.6	61.1	8.3	0	0
5. 課程中互動模式、特殊效果及體感模式可以達到沉浸式的教學目的？	36.1	50	6.9	1.4	0
6. 各單元內安排的測試情境，可以加深化學品危害認知的效果？	36.1	54.2	9.7	0	0
7. 試用教材內容時花費之時間恰當？	26.4	40.3	29.2	4.2	0
8. 虛擬實境訓練教材會比傳統教育訓練更能引發學習之興趣？	41.7	48.6	9.7	0	0

由表虛擬實境訓練教材試用意見回饋分析中可看到除了教材流暢度與試用教材花費時間外，試用者的認同度皆在九成以上。

另有一些其他建議，列述如下：

1. 多數使用者覺得很新奇，場景逼真，有不錯的體驗。
2. 如果有課程開始前的簡短機具設備使用說明(影片)會更好。例如：  
手持遙控器的使用，關於傳送點的辨識，目的與使用方法。
3. 認為單元標題過於冗長繞口，不夠簡潔明瞭。
4. 配戴 VR 眼鏡體驗的時間過長(超過 20 分鐘)。
5. 有些題目的設計搭配畫面演示不夠明確(例如：選錯誤者)。
6. 有些地方畫面的提示不夠清楚(例如：閃爍的手指提示過小或易於被其他物件遮 蔽)。
7. 影片中的考題關於選擇裝備的配戴，應標示裝備材質、名稱，僅列出正確的裝備即可。
8. 紙本考題設計似乎太著重於特定化學品的特性描述，而非標題所說通識教育的範疇。
9. 紙本考題太難，看了影片後進步也有限。
10. 單元一文字太多，較少凸顯 VR 的特點。
11. 語音聲調平緩較不適應。
12. 環景效果製作精美。
13. 此套教材將如何推廣應用，未來授權條件與方式為何？

而根據表 13 虛擬實境訓練教材使用意見回饋調查結果顯示，教材流暢度有近兩成的試用者不是同意(不同意及無意見)，執行團隊已針對各單元內容再加以調整，讓教材內容結構更完整與流暢。至於試用教材花費時間有近三成之試用者不是同意(不同意及無意見)，根據現場所見應該和團隊準備之 VR 設備不足有直接關係，未來在推廣時應該考慮器材數量及可以用 PC 執行版本和 VR 執行版本併行以利多人使用。



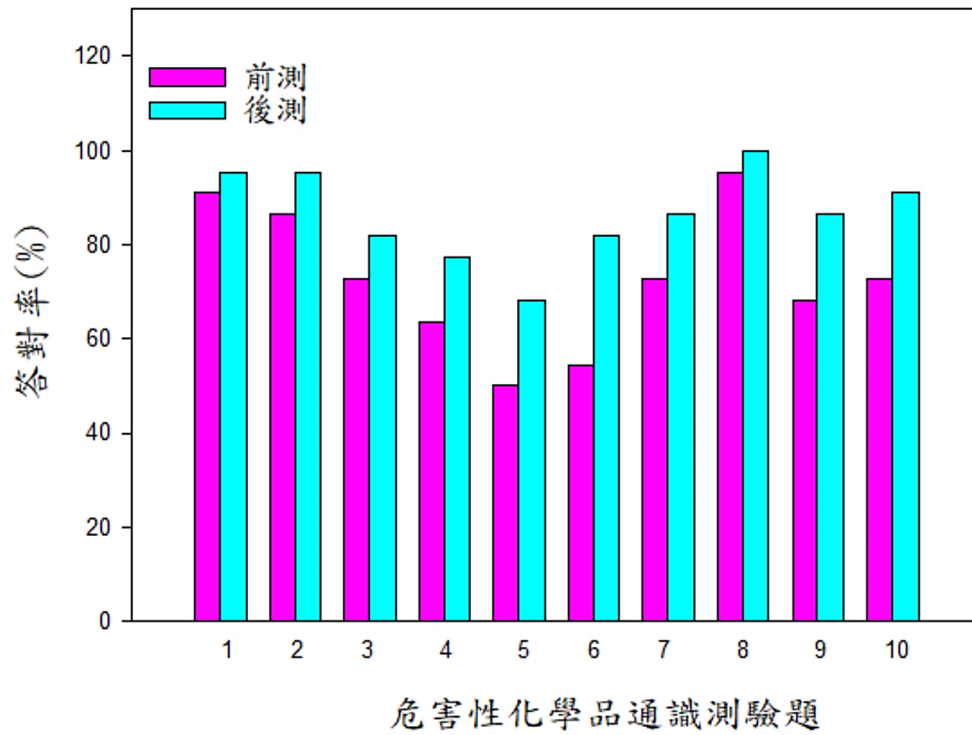


圖7 化學品危害通識認知測驗題答題分析

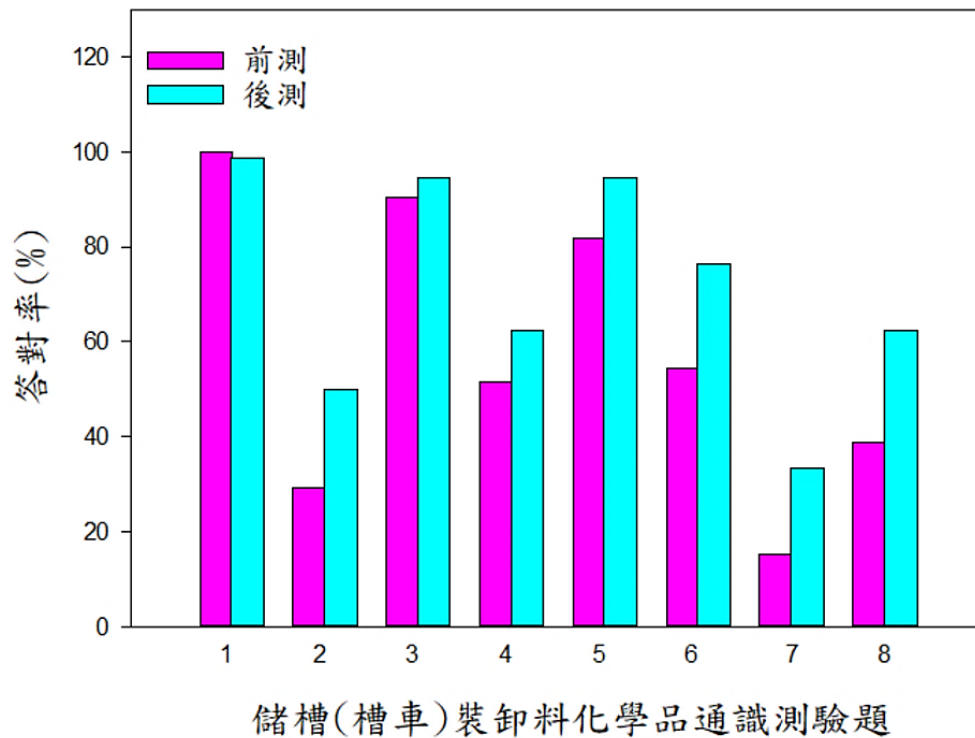


圖8 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖

化學品危害通識認知測驗題答題分析如圖 7 所示，而儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果如圖 8 所示，可以看到絕大部分都有所改善，除了儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之第一題，前測 72 份全對，後測只有一份答錯，應該是失誤勾選錯誤所致。

進一步分析受測者在使用本教育訓練教材之前，是否有無接受過危害通識教育訓練(圖 9)或一般安全衛生教育訓練(圖 10)對體驗本教材答題正確性之影響，調查結果顯示並無一致之趨勢，亦即受試者體驗前有无曾經接受安全衛生教育訓練和答題正確性無明顯關聯性，即在本案曾經接受過危害通識安全衛生教育訓練及一般安全衛生教育訓練的體驗者，答對率並沒有都比較高，也進一步證明此虛擬實境訓練教材可普遍有效提升受試者的化學品安全管理專業知識。

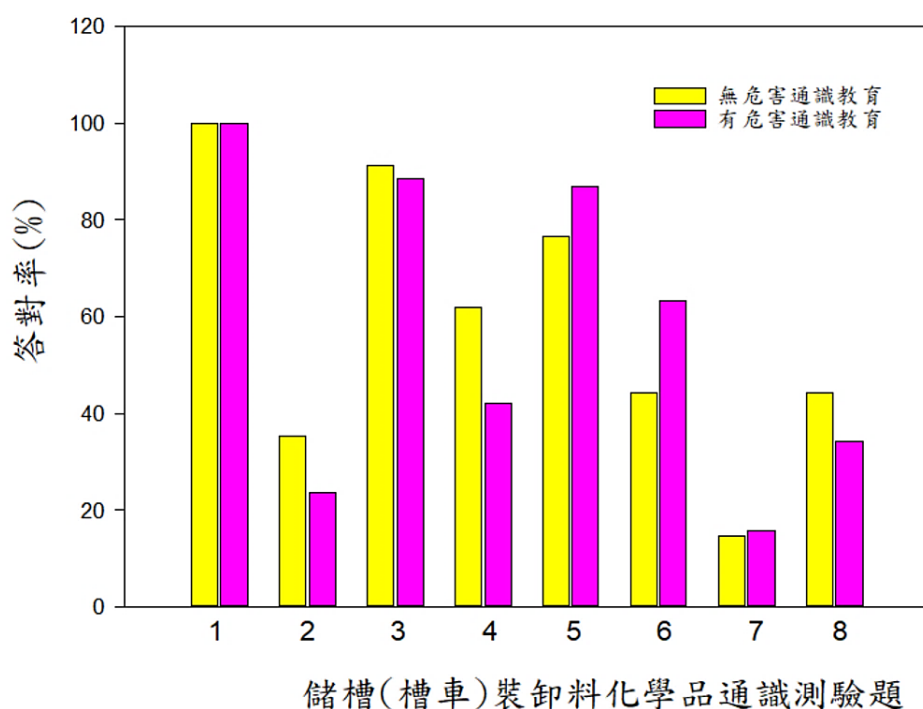


圖9 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖

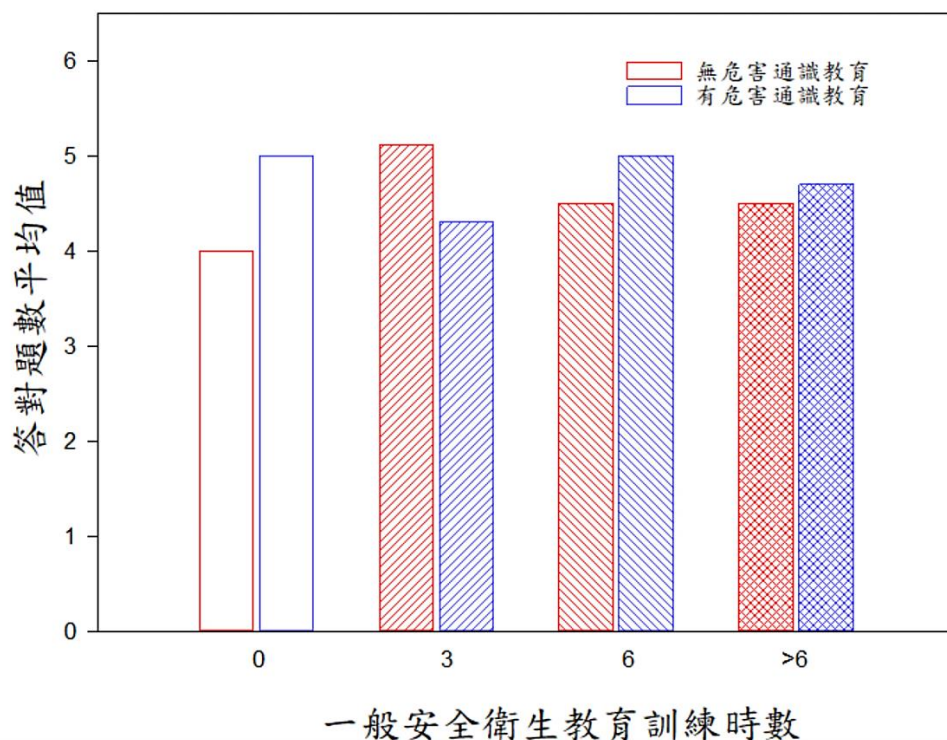


圖10 儲槽(槽車)裝卸料化學品通識測驗題之前後測結果分布圖

化學品儲槽灌裝及批式進料作業危害通識虛擬實境技術之教育訓練工具系統經過開發人員依據專家會議建議結果與實地測試與研討座談教育訓練活動回饋問卷統計完成後，再經由專家會議討論虛擬實境技術之教育訓練工具可行性並提出改善建議，後續修正工具且確認工具正確性。在此次會議中也針對試用者意見加以說明，關於畫面文字太多、說明冗長、增加使用說明、語音不自然、標示物件需加強精確度以及不被遮蔽等，皆會在後面配合專家意見一併做修正。至於測驗題太難或針對特定化學品部分，則是配合教材內容的測驗，方向不會做大幅修正但會在改成程式執行課後測驗題時予以簡單化並以單選題方式施測。

## 第五章 結論與建議

對於本案所製作的化學品虛擬實境教材，主要對象係針對已經接受過傳統課堂式危害通識教育訓練後的勞工，作為模擬實境應用訓練使用，也可以作為危害通識教育訓練檢核訓練成效用之工具。本計畫將參考近年來國內化學品職災案例資料及事業單位化學品管理需求，研擬應用虛擬實境(VR)技術，開發化學品教育訓練工具，以強化管理人員學習正確作業方法，減少從事化學品作業時可能發生的危害。針對危害性化學品標示及通識規則基礎課程、儲槽灌裝及批式進料作業教育訓練需求，發展一套可強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。本研究已經完成的工作如下：

### 第一節 研究結論

- 一、 本研究旨在運用先進的虛擬實境技術(Virtual reality, VR)，開發完成一套化學品危害通識及管理教育訓練系列工具，藉由虛擬實境技術提供職業安全衛生管理人員對於危害性化學品正確的辨識、處置與防護等正確的知識，以及一般勞工危害通識教育訓練教材，以減少或降低人員接觸時可能的危害，保護自身安全與健康。
- 二、 本研究已完成危害性化學品標示及通識規則基礎課程、危害性化學品標示及通識規則現場實務、化學品儲槽灌裝及批次進料作業等 4 個大單元 16 個小單元之化學品虛擬實境教育訓練工具，所有單元的操作時間，結合 107 年研究成果，已陸續完成 7 個大單元之化學品虛擬實境教育訓練工具，全部操作時間大約 100 分鐘，可作為抵充一般安全衛生教育訓練時數至多 2 小時使用。課程內容包含案例模擬場景、互動化的資訊與資料，開發完成的虛擬實境技術之教育訓練工具，要經過檢查、推廣與成效驗證，瞭解人員使用虛擬實境技術之教育訓練工具學習狀況與可能發生的問題，以強化人員安全衛生教育訓練，提升危害性化學品管理專業、知識及技能。
- 三、 本研究建構完整之危害性化學品標示及通識規則基礎課程、儲槽灌裝及批式進料標準作業之教育訓練教材，藉由積極蒐尋各政府機關與網路資料庫資訊，針對國內化學品相關法規、職災案例、標準作業程序流程之文獻資料，並與具備豐富實務經驗之業界職業安全衛生管理人員、檢查機構現任與退休檢查員及學術界人士等建構良好互動之合作模式，借重他們的實務經驗與資源，協助整理一份完整之危害性化學品標示

及通識規則基礎課程、儲槽灌裝及批式進料標準作業程序流程與安全管理之教材與腳本，並提供化學品虛擬實境技術之教育訓練工具開法使用。

- 四、進行職業衛生與資訊技術跨領域專業合作模式之人才培育，進行跨領域專業合作模式，針對危害性化學品標示及通識規則基礎課程、儲槽灌裝及批式進料作業教育訓練需求，發展一套可強化勞工學習正確作業方法，提升化學品安全衛生管理能力的虛擬實境教育訓練工具。能讓不同領域之專業人員，透過工作會議、專家會議以及與現場實務工作人員之討論，讓不同領域之專業人員有跨領域學習之機會，為後續之跨領域合作奠下良好基礎。
- 五、建構化學品安全管理學習、教育訓練與考評之新體驗，所產出之虛擬實境化學品危害通識教育訓練培訓方式將提供我國各種使用化學品之半導體、光電、生技產業、石化業、塑膠業與傳統製造業等相關產業，有更多元，更有效果的化學品使用人員教育訓練方式，透過全新的 VR 體驗，可以讓受訓學員更深度的學習，更能加深印象。
- 六、本研究辦理之虛擬實境技術教育訓練體驗，並實施成效驗證問卷分析，發現問卷結果顯示有 85%以上同意此虛擬實境教育訓練工具的成效，給予本案正面肯定，符合研究預期成果。
- 七、提昇化學品安全管理文化，使用者在可虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業，且模擬之化學品現場作業環境符合我國法規規範。回饋使用者於此虛擬空間中缺失作業項目，透過危害辨識及體感方式來提昇使用者對危害之辨識能力，提昇化學品安全管理文化。

## 第二節 未來建議

- 一、未來可開發後續化學品運用或製程使用之教育訓練工具，完整導入化學品生命週期各階段之 VR/AR 教材，並應與事業單位有更緊密之合作來落實產官學界共同完成提升化學品教育訓練之目標。
- 二、化學品作業很多是 2 人或多人共同作業，目前商品化之 VR 軟體已有多人共同操作之程式設計，未來可嘗試導入此多人作業模式以符合實務操作方式。
- 三、在化學品操作過程中，有很多項目需要手部細微操作，建議未來在此部份可以引進手

部細微動作程式新技術，以強化體感訓練成效。

- 四、因防護具選擇是否正確將直接影響防護效果，專家會議建議應建置各種個人防護具模型資料庫，以供學員練習依據 SDS 或其他科學資料選擇適合之防護具，這部分需要較多之受限於資源，。
- 五、為測試系統準定度及推廣新教材之應用，建議可考慮建置網路平台提供帳號供使用者上網進行練習與測驗，配合目前安全衛生教育訓練時數 2 小時可以網路或數位教學模式認證之方式處理。
- 六、未來若持續開發相關危害通識之安全衛生教育訓練教材，則可以將各單元建置獨立選項，事業單位或個人可依工作或教育訓練實務需求選擇訓練項目。

### 第三節 研究限制

- 一、相關化學品管理實務資訊因受限於事業單位業務保密規定，往往無法收集到較完整之資料，也需較長之時間來彙整資料。
- 二、許多化學品相關製程或處置方式之 SOP 會因事業單位特性與實務考量而有差異，在本套教材撰寫腳本初期即以不同資料來源予以整合並取其重要或共同內容作為範本。
- 三、國內對化學品意外災害之記錄與事故原因調查，因各該管部會並無相同之格式與流程，造成在資料收集與彙整時之困擾。
- 四、國內職安署委託建置之安全資料表未開放給事業單位及其他機關使用，僅提供單向查詢 pdf 版本，而其內容缺項及未更新亦屬常見，然因其為事業單位與學校機關重要之參考來源，建議持續更新。
- 五、本研究所完成的虛擬實境教育訓練教材中模擬的情境，和實際現場多變、複雜、複合的情境可能不同。

## 後 記

本研究計畫主持人為劉研究員立文，並由本案研究參與人員本所杜助理研究員珮君、李研發替代役助理研究員建凱、施專任助理凱茗共同參與。

另外感謝中山醫學大學職業安全衛生學系巖教授正傑，旺捷智能感知股份有限公司林總經理閔瑩，提供諸多建議，使本研究更臻於完善，謹此一併致謝。

## 參考文獻

- [1] 高崇洋、鄭子涵，永續經營與緊急應變決策支援現場演練，勞工安全衛生研究所研究報告 IOSH99-S322，2010。
- [2] Vílchez, J. A., Sevilla S., Montiel H. and Casal J., 1995; “Historical Analysis of Accidents in Chemical Plants and in the Transportation of Hazardous Materials,” J. Loss Prev. Process Ind., 8(2): 87-96.
- [3] Kang, S. J., 1999; “Trends in Major Industrial Accidents in Korea”, J. Loss Prev. Process Ind., 12: 75-77.
- [4] U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board(CSB), 2002; “Hazard Investigation—Improving Reactive Hazard Management”, Report No. 2001-01-H.
- [5] 孫繼光，2000；“化學品儲槽與輸儲安全性調查報告”，工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心，ITRISH-0267-S301。
- [6] 環保署環境事故監控及通報統計表，<https://www.tcsb.gov.tw/cp-139-2746-7192f-1.html>。
- [7] Paul A. Erickson Emergency Response Planning: For Corporate and Municipal Managers, Academic Press, 1999, San Diego, CA, USA.
- [8] David F. Browne, William E. Dunn, Application of a quantitative risk assessment method to emergency response planning, Computers & Operations Research, Volume 34, Issue 5, May 2007, Pages 1243–1265
- [9] 曹常成、李金泉，製造業中小企業勞工危害認知與安全參與研究，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH101-S316，2012。
- [10] 李政憲、劉明翰、楊秀宜、李聯雄、石東生：我國實施作業場所新化學物質申報機制之評估研究。勞工安全衛生研究季刊 2010；4(18)：469 – 482。
- [11] ”因應歐盟新化學品政策(REACH)及國際化學品管理策略研討(SAICM)推動計畫期末報告”，經濟部工業局，2008 年
- [12] EU REACH 2007, Technical Guidance Document for Dossier and Substance Evaluation (RIP 4.1/4.2), European Commission.，2008 年。
- [13] 吳鴻鈞、彭登志、劉銘池，批式反應器自主管理技術研究，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH94-S307，2005。



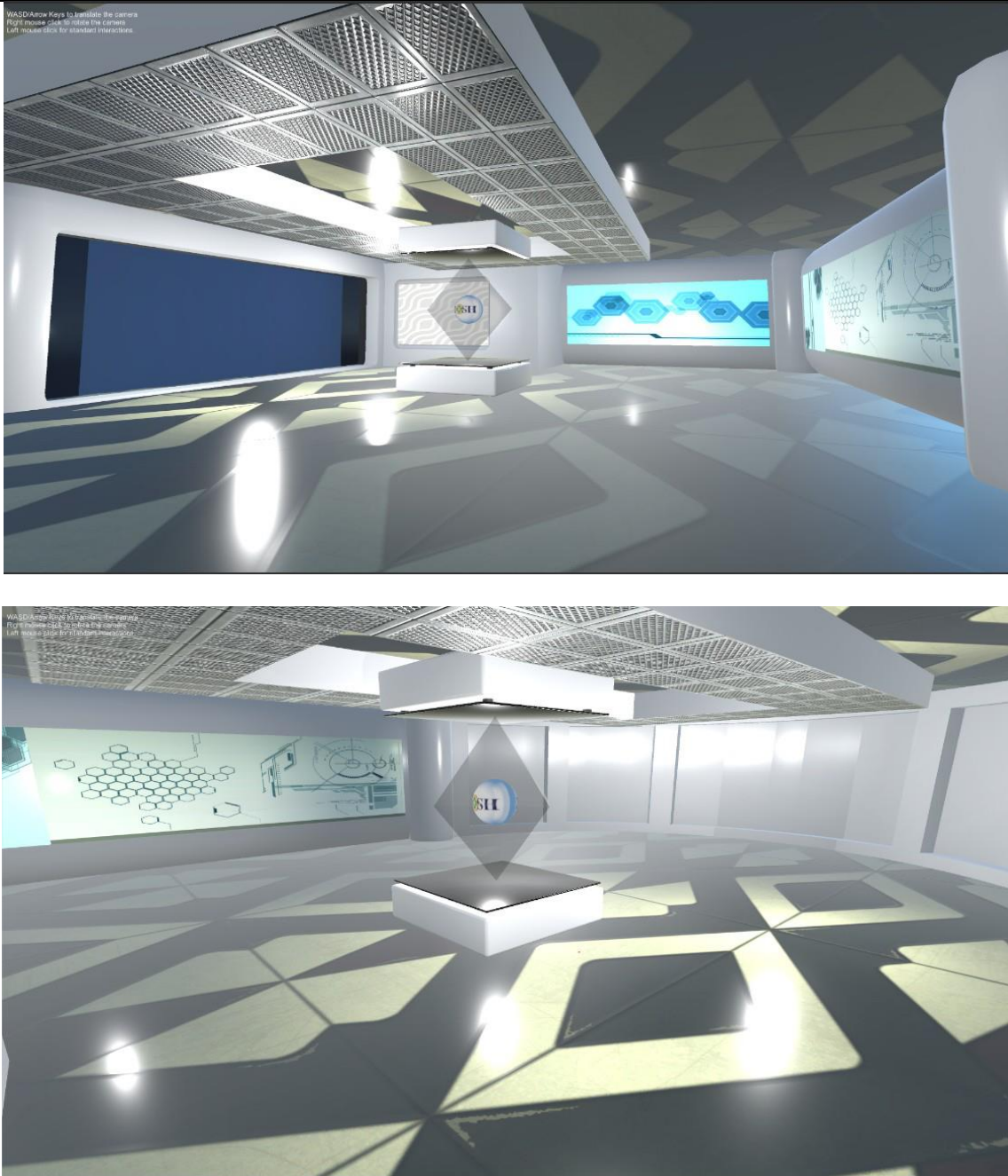
- [14] 張承明、謝明宏，高危害化學製程損害防阻模式研究，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH100-S307，2011。
- [15] 李文亮、張承明，化學工廠批式製程安全評估技術研究，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH105-S309，2016。
- [16] 鐘順輝、李聯雄、黃德琪、闕妙如、黃奕孝、張嘉智，樹脂製造業作業環境控制工程改善輔導實例及其成效評估，勞工安全衛生研究季刊，第 18 卷第 3 期 368-380 頁，2010。
- [17] 危害性化學品管理，<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=51&type=2&id=1628>，中小企業安全衛生電子報第三十八期，勞動部職業安全衛生署。
- [18] 工業安全與衛生案例宣導，<https://new.cpc.com.tw/life/classroom.aspx>，台灣中油全球資訊網。
- [19] 張承明、謝明宏。製藥業製程危害預防探討。勞動部勞動及職業安全衛生研究所 ILOSH104-S305，2015。
- [20] 中小企業安全衛生電子報第四十三期，<https://www.sh168.org.tw/epaper/index.html?EpaperTitleid=56>，勞動部職業安全衛生署。
- [21] 105 年災害防救白皮書，[https://www.cdprc.ey.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=3C0311D19EAA0CFE&sms=DA6D9254E41A9FA3&s=9077855E4BAF1575](https://www.cdprc.ey.gov.tw/News_Content.aspx?n=3C0311D19EAA0CFE&sms=DA6D9254E41A9FA3&s=9077855E4BAF1575)，行政院中央災害防救會報。
- [22] 106 年災害防救白皮書，[https://www.cdprc.ey.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=3C0311D19EAA0CFE&sms=DA6D9254E41A9FA3&s=892B5B621F63FEB5](https://www.cdprc.ey.gov.tw/News_Content.aspx?n=3C0311D19EAA0CFE&sms=DA6D9254E41A9FA3&s=892B5B621F63FEB5)，行政院中央災害防救會報。
- [23] 106 年災害防救白皮書，<https://cdprc.ey.gov.tw/Page/EB2E7AE5B413EFD9>，行政院中央災害防救會報。
- [24] 劉立文、巖正傑。科學工業園區化學品資料庫建置研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所 ILOSH105-H314，2015。
- [25] Bell J.T., Fogler H.S. 1995.Virtual Reality in Chemical Engineering Education. Proceedings of the American Society for Engineering Education Illinois / Indiana Sectional

Conference, Purdue University.

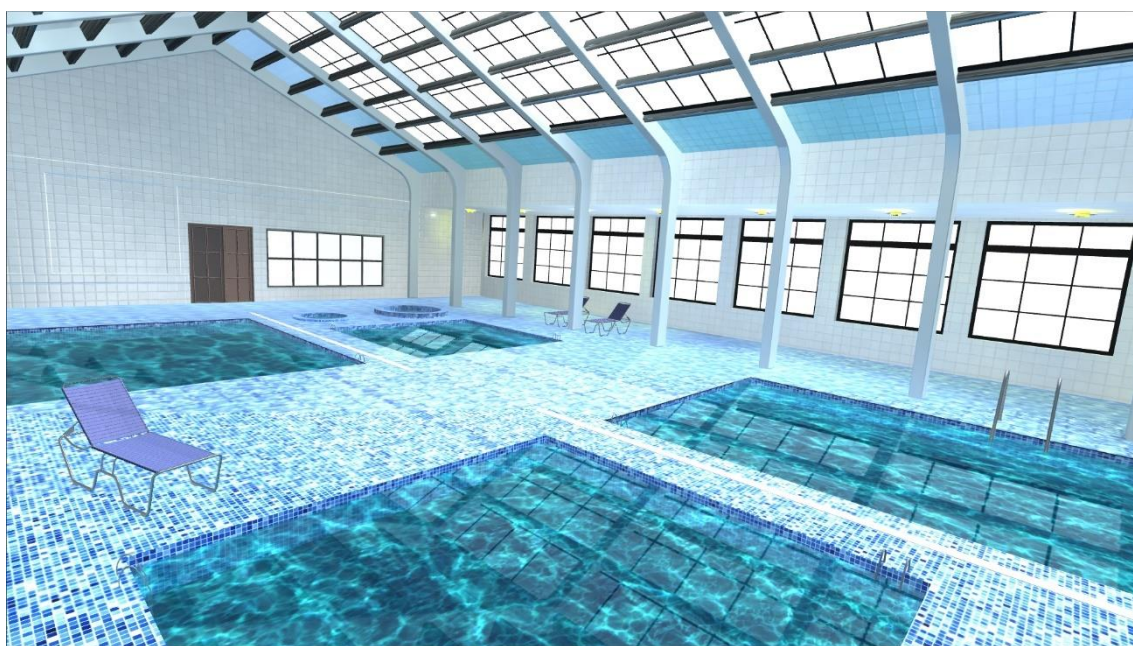
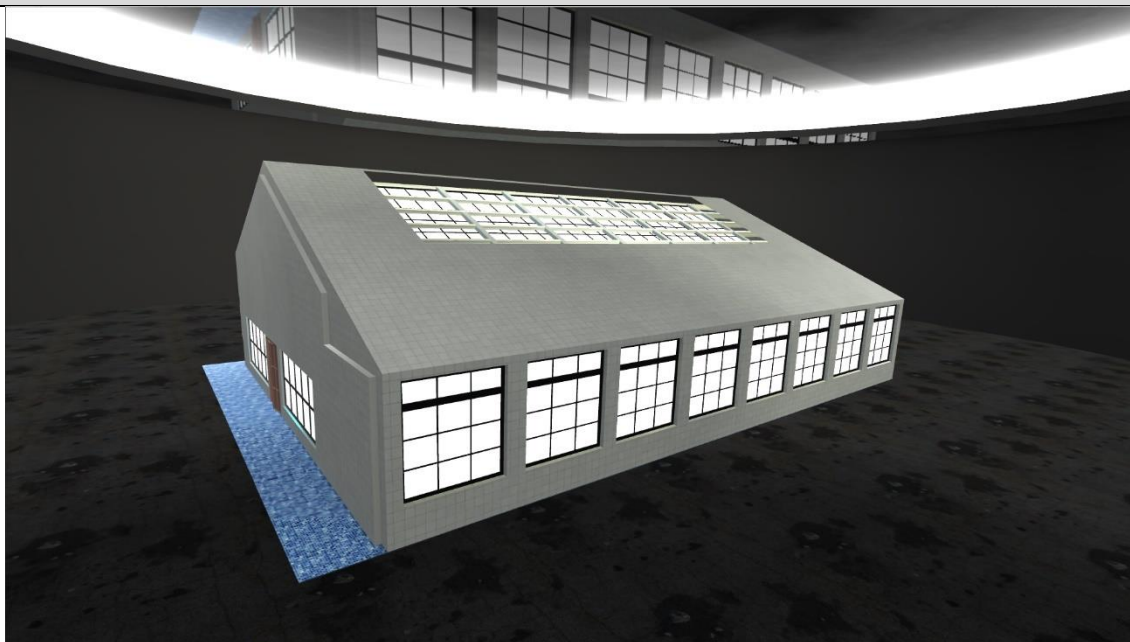
- [26] Edgar D. 1969“Audio-Visual Methods in Teaching, 3rd Edition”, Holt, Rinehart, and Winston.
- [27] Felder , R. M. and Silverman L. K.1988 "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", Journal of Engineering Education, 78(7), 674-681.
- [28] Hsu EB, Li Y, Bayram JD, Levinson D, Yang S, Monahan C. 2013 State of Virtual Reality Based Disaster Preparedness and Response Training. PLOS Currents Disasters. Edition 1. doi: 10.1371/currents.dis.1ea2b2e71237d5337fa53982a38b2aff.
- [29] 環保署毒災應變報諮詢中心受理案件，<https://www.tcsb.gov.tw/lp-138-1.html>，行政院環境保護署毒物及化學局。
- [30] 職災案例下載，<https://www.osha.gov.tw/1106/1196/10141/10157/>，勞動部職安署。
- [31] 中小企業安全衛生電子報，勞動部職業安全衛生署，<https://www.sh168.org.tw/epaper/index.html?EpaperTitleid=56>。
- [32] [http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=SERP&br=ro&mkt=zh-TW&dl=zh&lp=ZH-CHS\\_ZH-CHT&a=http%3a%2f%2fwww.eworldship.com%2fhtml%2f2017%2fclassification\\_society\\_0510%2f127887.html](http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=SERP&br=ro&mkt=zh-TW&dl=zh&lp=ZH-CHS_ZH-CHT&a=http%3a%2f%2fwww.eworldship.com%2fhtml%2f2017%2fclassification_society_0510%2f127887.html).
- [33] Valve and HTC Reveal Vive VR Headset, <https://www.gamespot.com/articles/valve-and-htc-reveal-vive-vr-headset/1100-6425606/>.
- [34] 勞動部職業安全衛生署，<https://www.osha.gov.tw/1106/1113/1114/24516/>。
- [35] 吳鴻鈞、張日誠，過氧化物類架橋劑批式反應製程失控危害預防研究，勞動部勞動及職業安全衛生研究所 ILOSH105-H314，100。
- [36] 張承明、謝明宏，聚氨酯等製程風險管理研究，勞動部勞動及職業安全衛生研究所 ILOSH101-H301，102。

## 附錄一 3D虛擬物件及場景圖

### 單元一模型

類型	場景	名稱	教學館
內容物	展示牆、logo 浮空平台		
圖片			

類型	場景	名稱	游泳池(鹽酸、漂白水、氯氣)
內容物	5 個人物(動畫：身體不適姿勢)-噁心、暈眩、嘔吐		
圖片			











類型	場景	名稱	工廠 A(硝酸、甲酸、氫氧化鈉)
內容物	儲槽(動畫：氣爆)，常壓槽車(動畫：軟管卸料)- 硝酸		
圖片			



類型	場景	名稱	工廠 B(純水、酚水)
內容物	儲槽，鋼絲軟管(動畫：酚水噴濺)		
備註			



類型	容器	名稱	50 加侖鐵桶
圖片			
 			
類型	容器	名稱	50 加侖塑膠桶
圖片			
 			
類型	容器	名稱	20 公升塑膠桶
圖片			
 			



類型	容器	名稱	1 加侖塑膠桶
圖片			



類型	容器	名稱	紙箱
圖片			



類型	容器	名稱	100 毫升玻璃罐
圖片			





類型	容器	名稱	100 毫升塑膠瓶
圖片			



類型	容器	名稱	鐵罐
圖片			



類型	運輸工具	名稱	貨車
圖片			



類型	個人防護具	名稱	B 級防護衣
----	-------	----	--------




圖片





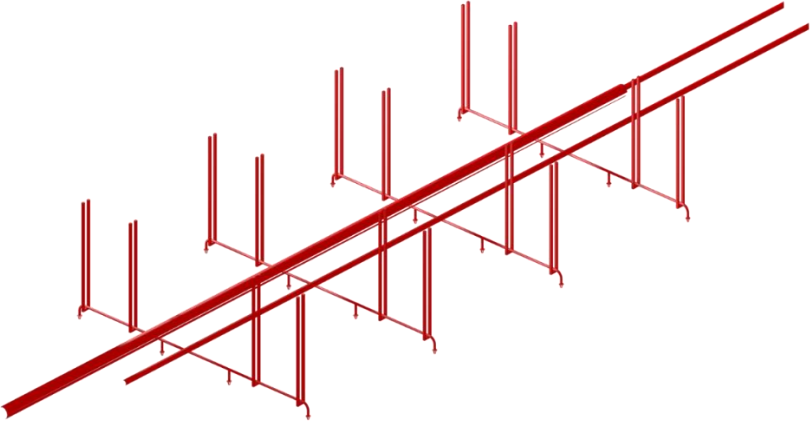
類型	個人防護具	名稱	C 級防護衣
----	-------	----	--------


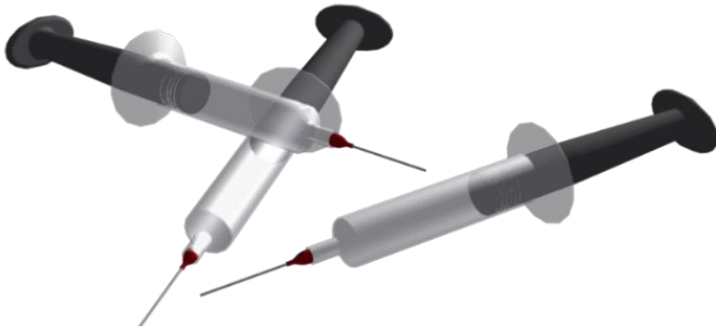
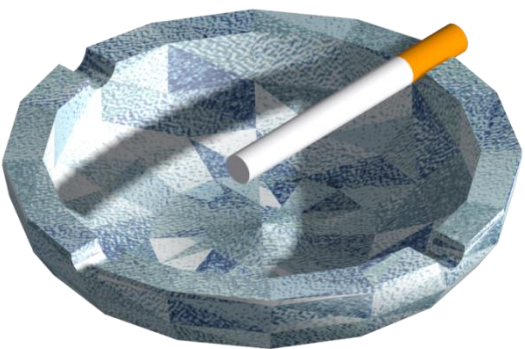
圖片


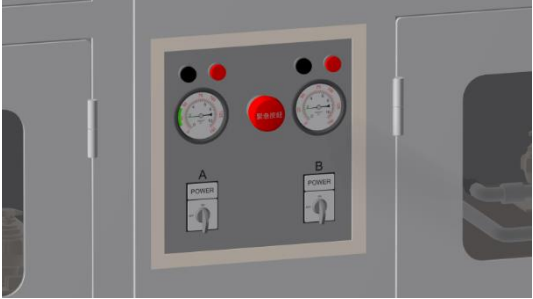



類型	個人防護具	名稱	安全帽含全面式面罩
圖片			
			
類型	個人防護具	名稱	化學防護手套
圖片			
			
類型	個人防護具	名稱	半罩式防毒面具
圖片			
			

類型	個人防護具	名稱	化學護目鏡
圖片			
			
類型	個人防護具	名稱	化學防護鞋
圖片			
			
類型	消防設施	名稱	乾粉滅火器
圖片			
			


類型	消防設施	名稱	二氧化碳滅火器
圖片			
			
類型	消防設施	名稱	消防砂
圖片			
			
類型	消防設施	名稱	灑水設施
圖片			
			

類型	消防設施	名稱	泡沫設施
圖片			
			
類型	其他物件	名稱	針筒
圖片			
			
類型	其他物件	名稱	菸草製品
圖片			
			


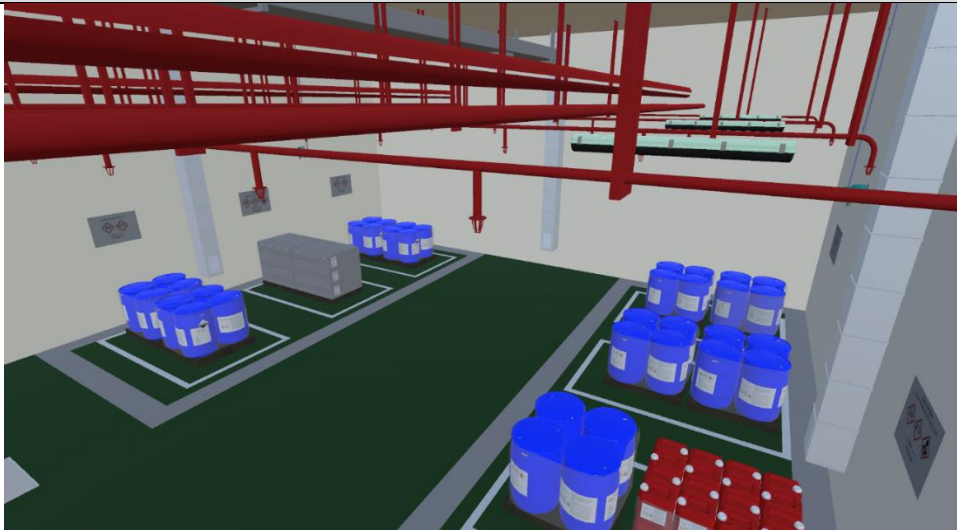
類型	其他物件	名稱	配管系統
圖片			
 			

類型	其他物件	名稱	看板
圖片			
			

單元二模型

類型	場景	名稱	戶外儲槽區(氫氧化鈉、甲苯、柴油)
內容物	儲槽，防溢堤，自動灑水系統，緊急沖淋裝置，偵測警報裝置（漏液偵測器、火焰偵測器、氣體偵測器），消防設施，儲槽維修鐵梯，維修清洗用人孔，槽體化學品危害標示		
圖片			



類型	場景	名稱	碼頭區（碼頭場景）
內容物	異丙醇、氫氧化四甲基銨、氫氯酸、氫氧化鈉、三甲基錒、戊二醛、氫氧化鉀、甲醛、丙酮		
圖片			
			
類型	場景	名稱	一般化學品庫房
內容物	一般化學品庫房場景		
圖片			
			

類型	場景	名稱	禁水化學品庫房(禁水化學品庫房場景)
----	----	----	--------------------

內容物	氫化鈣		
-----	-----	--	--

圖片			
----	--	--	--



類型	場景	名稱	禁水化學品庫房(禁水化學品庫房場景)
----	----	----	--------------------

內容物	氫化鋁鋰		
-----	------	--	--

圖片			
----	--	--	--



類型	場景	名稱	禁水化學品庫房 (禁水化學品庫房 場景)
----	----	----	----------------------------

內容物 三乙基鋁

圖片



類型	場景	名稱	禁水化學品庫房(禁水 化學品庫房場景)
----	----	----	------------------------

內容物 三甲基鋁

圖片



類型	場景	名稱	禁水化學品庫房(禁水化學品庫房場景)
----	----	----	--------------------

內容物	三甲基鎘		
圖片			



類型	場景	名稱	禁水化學品庫房(禁水化學品庫房場景)
----	----	----	--------------------

內容物	三甲基銦		
圖片			



類型	場景	名稱	偵測器
內容物	火焰偵測器		
圖片			



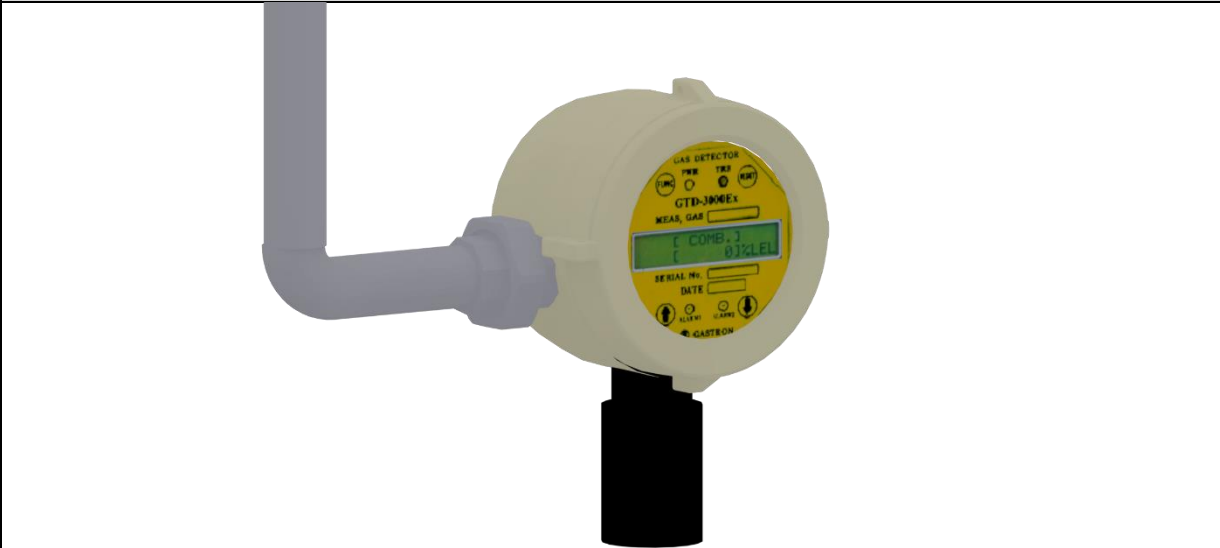
類型	場景	名稱	偵測器
內容物	酸性氣體偵測器		
圖片			



類型	場景	名稱	偵測器
內容物	可燃性氣體偵測器(低位)		
圖片			



類型	場景	名稱	偵測器
內容物	可燃性氣體偵測器(高位)		
圖片			



類型	場景	名稱	其他設施
內容物	防爆櫃		
圖片			



類型	場景	名稱	其他設施
內容物	化學洩漏處理車		
圖片			



類型	場景	名稱	其他設施
內容物	蛭石儲存桶		
圖片			



類型	場景	名稱	其他設施
內容物	門禁刷卡機		
圖片			

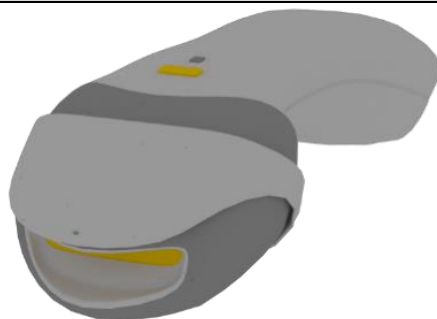





類型	場景	名稱	其他設施
內容物	監視器		
圖片			
			

類型	場景	名稱	其他設施
內容物	應變器材櫃		
圖片			
			

類型	場景	名稱	其他設施
內容物	緊急照明		
圖片			
			

類型	場景	名稱	其他物件
內容物	條碼機		
圖片			
			

類型	場景	名稱	其他物件
內容物	SDS 安全資料表箱		
圖片			
			

### 單元三模型

類型	場景	名稱	工廠門口
內容物	警衛室，柵欄		
圖片			
			

類型	場景	名稱	頂灌裝卸料平台(丙烯腈)
內容物	儲槽，管線 * N，壓力錶，靜電消除裝置，消防設施，安全防護設施，管線及閥標示，SDS 及品名標示，工作場所危害標示，防墜器，緊急停止鈕，灌裝料管、臂，氣體平衡管(含液位檢知器)		

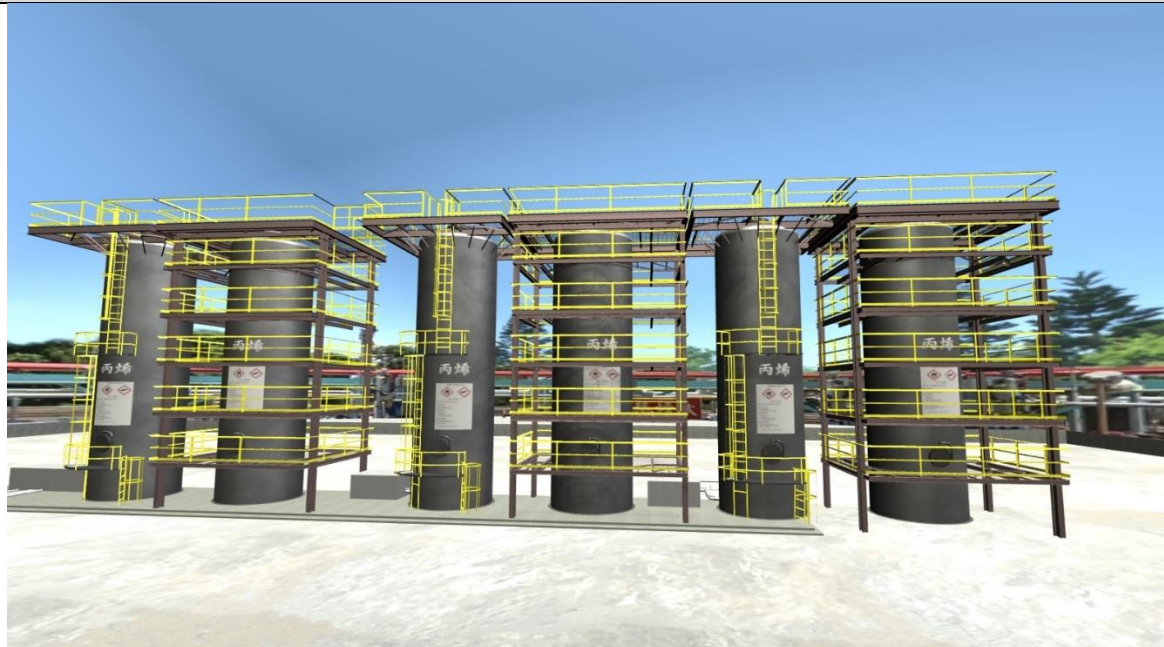
圖片





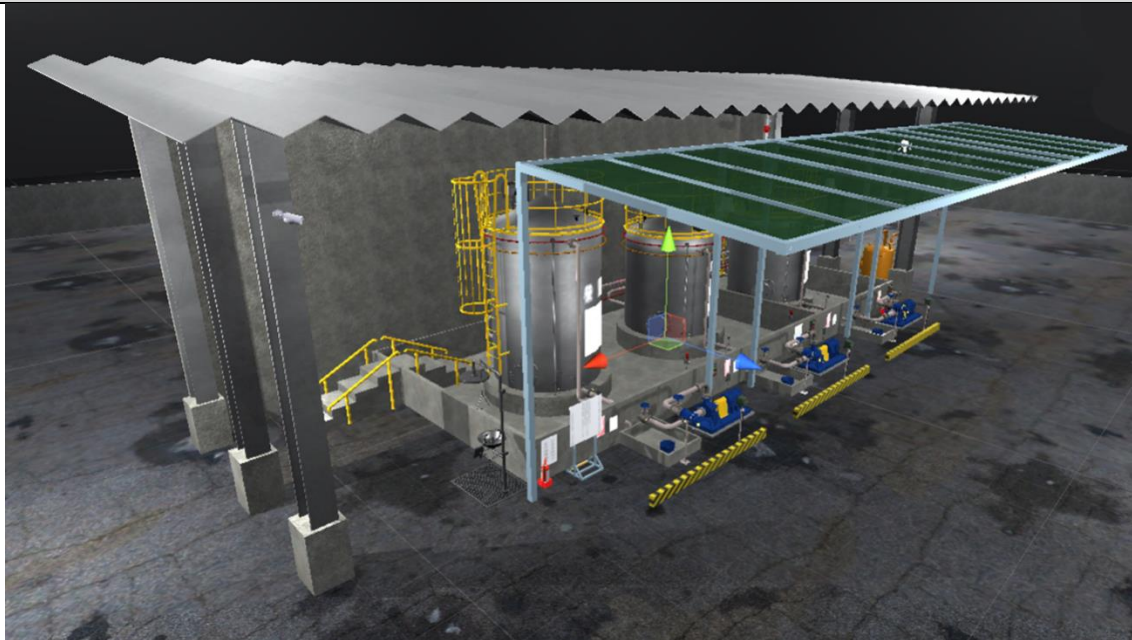
類型	場景	名稱	灌裝料島(丙烯)
內容物	管線 * N，壓力錶，靜電消除裝置，消防設施，安全防護設施，管線及閥標示，SDS 及品名標示，工作場所危害標示		

圖片



類型	場景	名稱	儲槽卸料平台(甲苯)
內容物	儲槽，管線 * N，壓力錶，靜電消除裝置，消防設施，安全防護設施，管線及閥標示，SDS 及品名標示，工作場所危害標示		

圖片



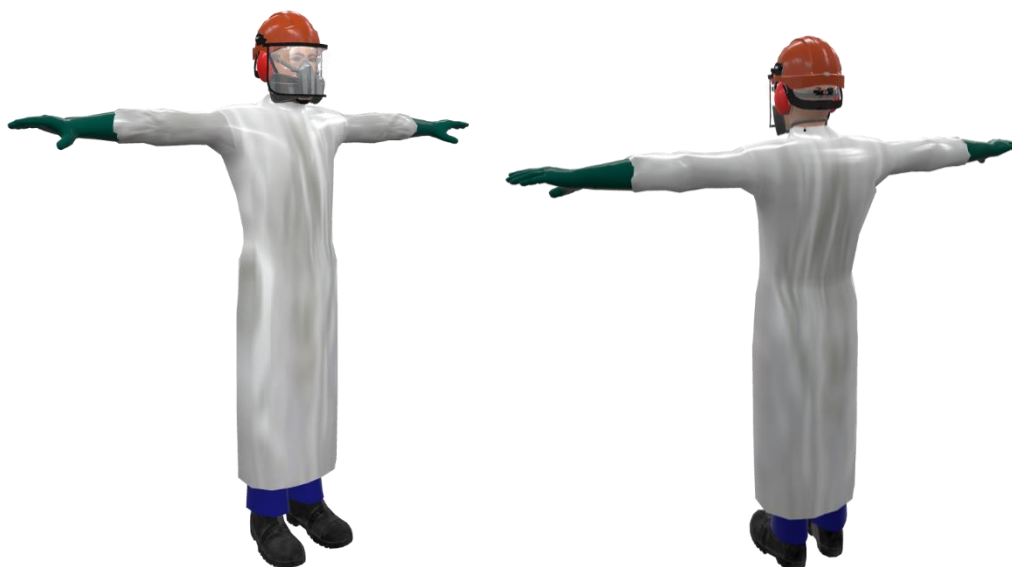
人物	人物	名稱	頂灌裝卸料操作人員
內容物	化學護目鏡，安全帽含全面式面罩，半面式防毒面具，化學防護手套，防爆對講機，高架作業背負式安全帶，防爆手電筒，個人防護包		

圖片

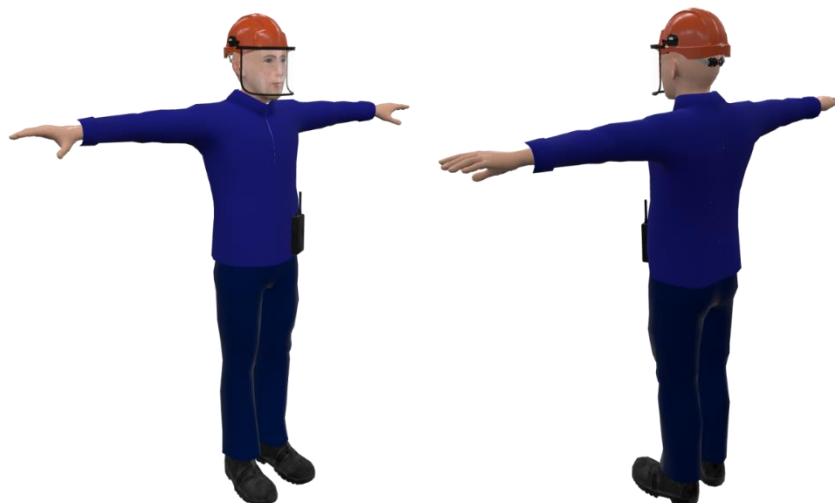


類型	人物	名稱	灌裝操作人員
內容物	化學護目鏡，安全帽含全面式面罩，耳罩，半面式防毒面具，化學防護圍裙，化學防護手套，化學防護鞋，防爆對講機，防爆手電筒		

圖片



類型	人物	名稱	駕駛人員
內容物	安全帽含全面式面罩，安全鞋，防爆對講機		
圖片			



類型	人物	名稱	廠務人員
內容物	化學護目鏡，安全帽含全面式面罩，半面式防毒面具，化學防護手套，化學防護鞋，防爆對講機		
圖片			





類型	槽車	名稱	常壓槽車 A(丙烯腈)
內容物	車身標示(左、右、後)，滅火器(車頭後、左、右)，排氣管滅焰器，小紅旗(全車四角各一支)，卸料口(車尾底部左右側)，兩管三個閥(一閥需開關)，GPS 系統-毒化物		

圖片



類型	槽車	名稱	高壓槽車 C(丙烯)
內容物	車身標示(左、右、後)，滅火器(車頭後、左、右)，排氣管滅焰器，小紅旗(全車四角各一支)		

圖片



類型	其他物件	名稱	個人防護包
圖片			



類型	裝備	名稱	背負式安全帶
圖片			



類型	其他物件	名稱	防爆手電筒
圖片			



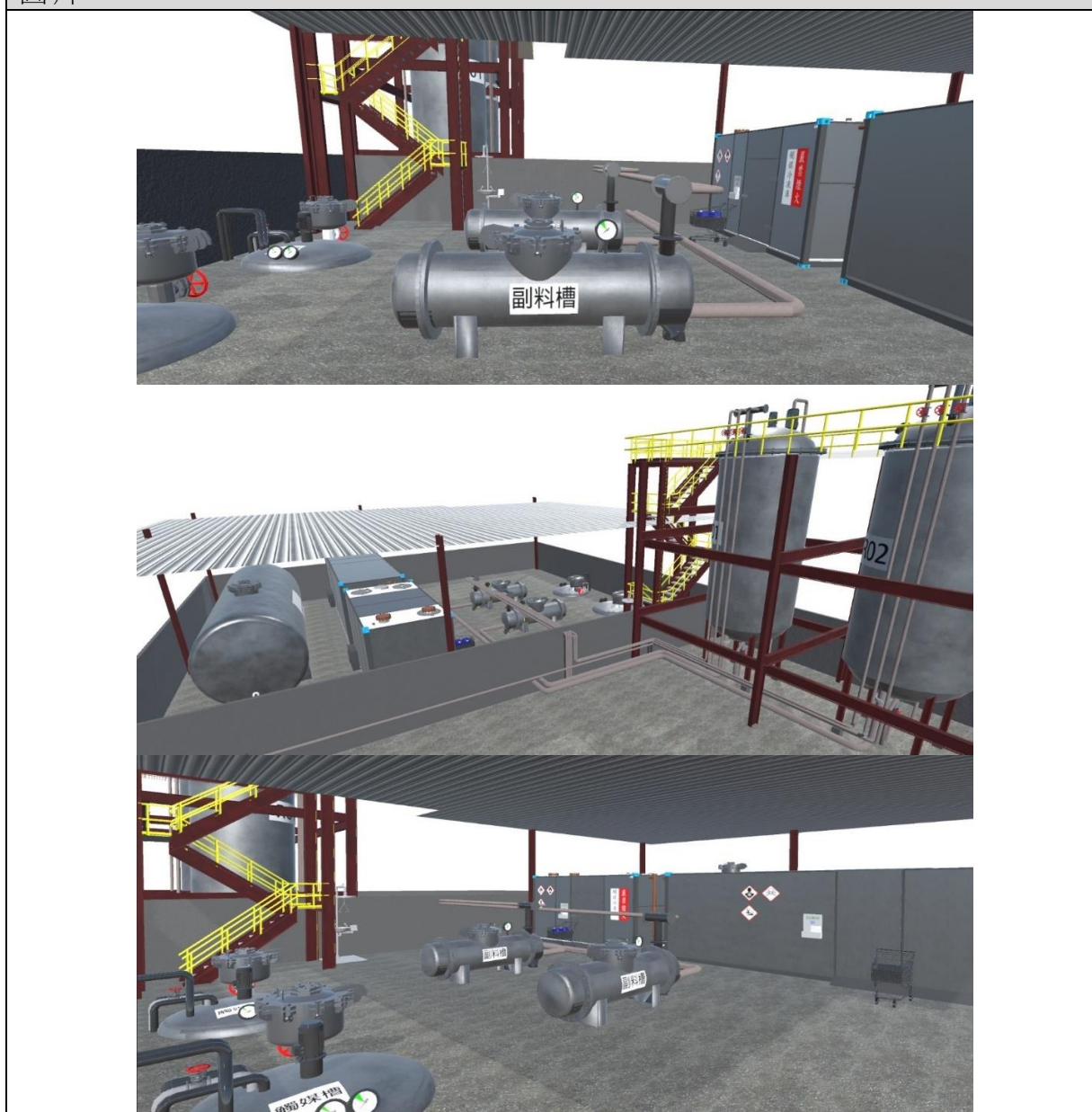
類型	其他物件	名稱	防爆對講機
圖片			



#### 單元四模型

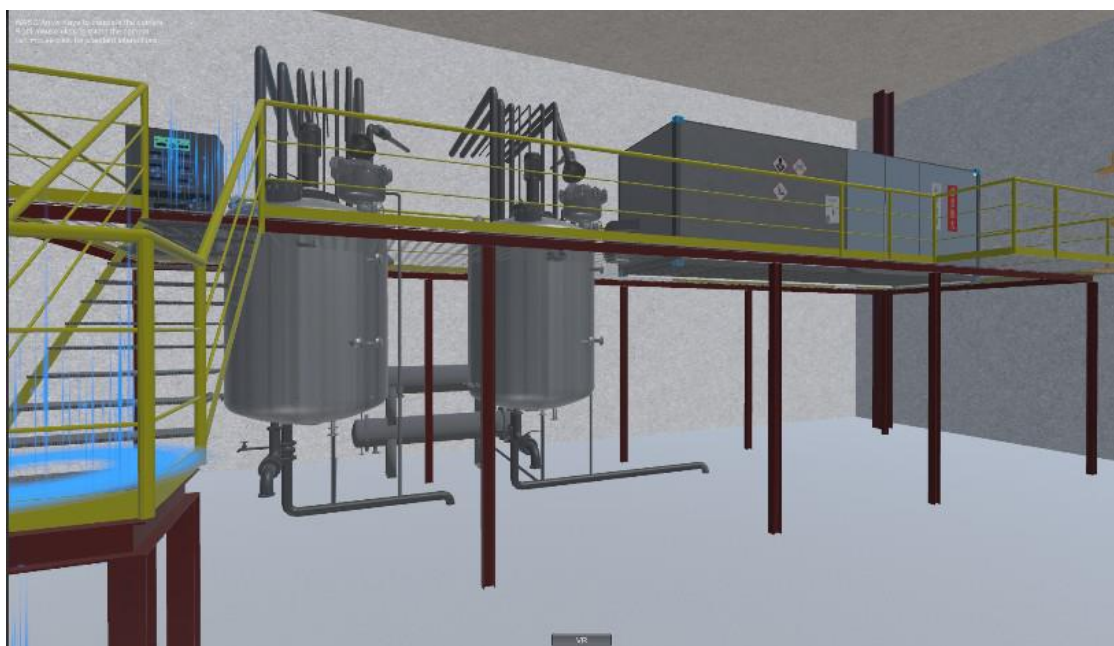
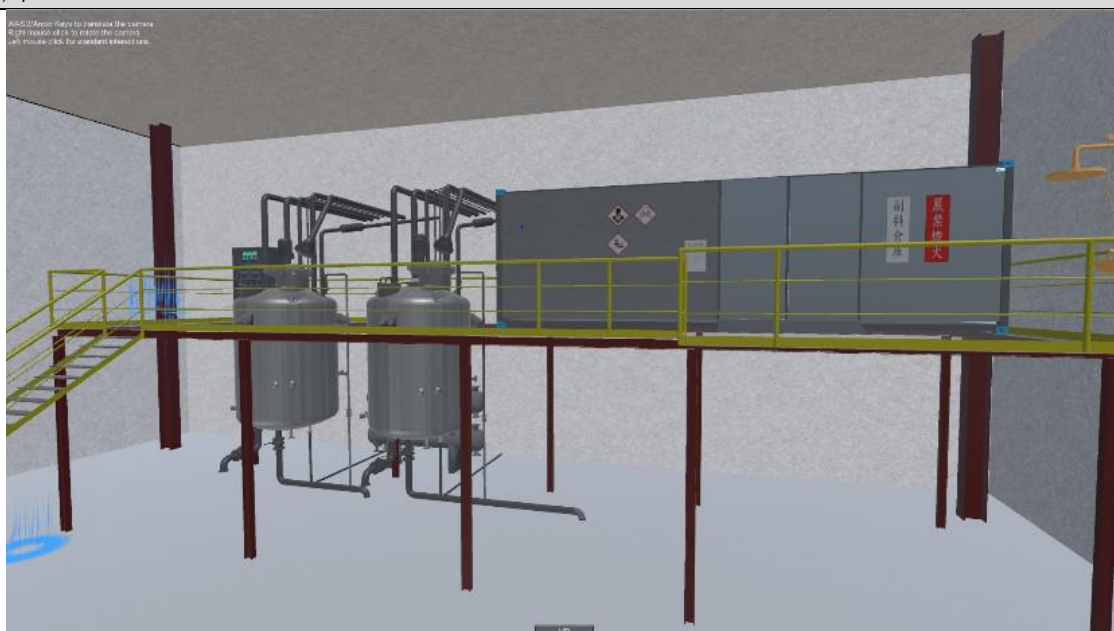
類型	場景	名稱	反應槽 A(氯乙烯、過氧新癸酸、二月桂酸二丁錫)
內容物	反應槽槽體，緊急沖淋裝置，消防設施，局部排氣設施，警報器，副料槽，觸媒槽，副料倉庫，觸媒倉庫，重要設施		
備註	洩壓閥，出料閥，入料閥，熱水管，冷水管，工業用淨水管，排氣管，抽氣罩，接地線，冷凝器、閥，攪拌器組，溫度錶，壓力錶，採樣管，人孔，出入料口、閥，溫度錶，壓力錶，危害標示，SDS 箱，緊急處置措施(排氣閥、冷卻水循環、緊急沖淋裝置、冷卻水槽內水位置、消防設施、局部排氣設施)，靜電消除裝置(槽體接地、管道等位線、粉體加料口)		

圖片



類型	場景	名稱	反應槽 B(丙烯酸、甲氧苯)
內容物	反應槽槽體，緊急沖淋裝置，消防設施，局部排氣設施，警報器，副料槽，副料倉庫，重要設施		
備註	洩壓閥，出料閥，入料閥，熱水管，冷水管，工業用淨水管，排氣管，抽氣罩，接地線，冷凝器、閥，攪拌器組，溫度錶，壓力錶，採樣管，人孔，出入料口、閥，溫度錶，壓力錶，危害標示，SDS 箱，緊急處置措施(排氣閥、冷卻水循環、緊急沖淋裝置、冷卻水槽內水位置、消防設施、局部排氣設施)，靜電消除裝置(槽體接地、管道等位線、粉體加料口)		

圖片



類型	場景	名稱	中控室
----	----	----	-----



內容物	電腦，監控螢幕，桌椅，電話，麥克風
備註	製程控制系統
圖片	



類型	人物	名稱	現場操作人員
內容物	棉質工作服，化學護目鏡，安全帽含全面式面罩，耳罩，半面式防毒面具，化學防護圍裙，化學防護手套，化學防護鞋，防爆對講機，防爆手電筒		
圖片			
			

## 附錄二 危害通識虛擬實境教育訓練教材紙本

# 危害性化學品標示及通識規則

虛擬實境教育訓練教材紙本 1.0 版

108 年 11 月

勞動及職業安全衛生研究所



## 一、前言

我國工作場所化學品管理自 63 年勞工安全衛生法時期即有鉛、四烷基鉛、有機溶劑等中毒預防規則，並有勞工工作環境空氣中有害物容許濃度標準，其後配合產業發展與勞工保護需求經過多次翻修與新增以及因應國際化學品管理制度發展，包括職業安全衛生法、職業安全衛生管理辦法以及相關規章與辦法皆陸續修訂或新增，合計與化學品有關之相關法規與辦法共 20 餘種[1]。其中「危害性化學品標示及通識規則」係依職業安全衛生法第十條第三項授權訂定，明定製造者、輸入者或供應者提供危害性化學品予下游事業單位前，應於容器上標示及提供安全資料表，俾使事業單位依法辦理危害預防措施，確保勞工知悉化學品危害資訊之權利。本所將彙整危害通識概要及法規介紹、危害物標示內容及意義、物質安全資料表內容說明與危害通識計畫書、危害物質清單介紹等重新彙集整理，編製一套有效結合虛擬實境技術與化學品安全管理教育訓練需求之「危害性化學品標示及通識規則」基礎教育訓練課程。

## 二、重要性

要預防職業災害首先應先瞭解工作場所中危害的存在，才能採取必要的防範對策。例如化學物質種類繁多、性質複雜，無論原料、成品、半成品，都具有毒性、腐蝕性、易燃性、易爆性等特性。在生產、製造、儲存、運輸等過程中，如稍有不慎，極可能引起火災、爆炸、洩漏等危害。根據環保署毒災諮詢監控中心 97-106 年統計資料顯示國內總計發生 3516 件化學物質事故案件，地點涵蓋工廠、交通運輸、倉儲、實驗場所與其他，除事故主要損失(涵蓋生命與財產)外，常伴隨空氣、水、土壤及廢棄物之危害連帶影響國家經濟與產業永續經營[2]。此外，在災變發生時，亟須能清楚掌控現場化學品資訊，以利進行有效緊急應變決策，降低人員傷亡與經濟上的損失，故事先備妥清楚之化學品危害清單是防災、降災最重要的環節。研究指出在不同類型之事業單位對化學品管理制度及廠區相關負責人員之專業素養與認知亦有所差距，為避免第一線安衛專責人員及廠務、倉管或操作人員因資訊取得不完整或是專業訓練不足而導致化學品不當使用、誤用或其他危害事故之產生，必須加強溝通協調與落實教育訓練工作，提升事業單位對化學品危害通識、化學品安全評估及分級管理等專業智能，需多加強化化學品安全管理相關專業訓練，以提升專業知識並促使化學品管理發揮最大效益 [3]。

## 案例

### 1. 鹽酸加漂白水

新北市中和○○國小外包的游泳池，14 日晚間，1 名員工在清潔泳池時程序不當，將鹽酸和漂白水加在一起，產生有毒的氯氣，造成多人身體不適，送醫後雖然沒有大礙，警方仍是將負責人及員工依法送辦[4]。

### 2. 儲槽灌裝錯誤—造成爆炸意外

消防局說，○○○駕駛的槽車載運 20 噸濃度 50%硝酸，應灌入○○化工的硝酸槽，研判外勞○○○引導錯誤，疑誤灌入硝酸槽旁的甲酸槽，而甲酸槽底殘存甲酸，兩者混合發生劇烈反應，產生大量氣體、發熱，槽體膨脹而炸飛出去。

### 3. 健康危害—酚噴濺事件

基層工作人員○○○係 52 歲男性，於 102 年 10 月 16 日下午約 5 時左右，原本任務是執行拆除純水管路，卻誤拆酚水管路，當拆開鋼絲軟管即被含有 50%酚水噴濺口鼻、顏面、胸、腹、左下肢，燒燙傷總表面積 TBSA 約 37%~40%;在急救過程中仍不幸過世。

**「在接觸化學品前，應先認知其危險性及有害性，瞭解相關安全衛生注意事項，並遵守標準操作流程，才能預防災害發生」**

## 三、法源依據

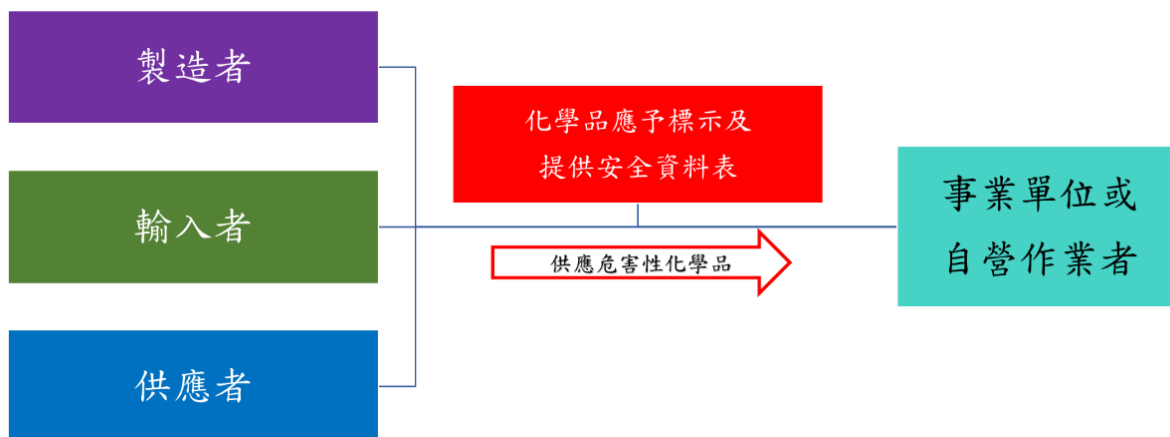
本規則依職業安全衛生法（以下簡稱本法）第十條第三項規定訂定之(第 1 條)。

雇主對於具有危害性之化學品，應予標示、製備清單及揭示安全資料表，並採取必要之通識措施。

製造者、輸入者或供應者，提供前項化學品與事業單位或自營作業前，應予標示及提供安全資料表；資料異動時，亦同。

前二項化學品之範圍、標示、清單格式、安全資料表、揭示、通識措施及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。

發布「危害性化學品標示及通識規則」屬於強制性法規，事業單位有遵守之責任。



#### 四、用詞定義

本規則用詞，定義如下(第 3 條)：

1. 製成品：指在製造過程中，已形成特定形狀或依特定設計，而其最終用途全部或部分決定於該特定形狀或設計，且在正常使用狀況下不會釋放出危害性化學品之物品。
2. 容器：指任何袋、筒、瓶、箱、罐、桶、反應器、儲槽、管路及其他可盛裝危害性化學品者。但不包含交通工具內之引擎、燃料槽或其他操作系統。
3. 製造者：指製造危害性化學品供批發、零售、處置或使用之廠商。
4. 輸入者：指從國外進口危害性化學品之廠商。
5. 供應者：指批發或零售危害性化學品之廠商。

#### 五、適用範圍與危害性化學品分類及危害圖式

甚麼是危害性化學品？先介紹危害性化學品之定義及如何分類的標準。

(一) 具有危害性之化學品（以下簡稱危害性化學品），指下列危險物或有害物(第 2 條)：

危險物：符合 **CNS15030** 分類具有物理性危害者。

1. 爆炸物(explosives)
2. 易燃氣體(包括化學性質不安定氣體)〔flammable gases(including chemically unstable gases)〕
3. 氣懸膠(aerosols)
4. 氧化性氣體(oxidizing gases)
5. 加壓氣體(gases under pressure)

6. 易燃氣體(flammable liquids)
7. 易燃固體(flammable solids)
8. 自反應物質與混合物(self-heating substances and mixtures)
9. 發火性液體(pyrophoric solids)
10. 發火性固體(pyrophoric solids)
11. 自熱物質與混合物(self-heating substances and mixture)
12. 禁水性物質(substances and mixture which, in contact with water, emit flammable gases)
13. 氧化性液體(oxidizing liquids)
14. 氧化性固體(oxidizing solids)
15. 有機過氧化物(organic peroxides)
16. 金屬性腐蝕物(corrosive to metals)

**有害物：符合 CNS15030 分類具有健康危害者。**

1. 急毒性物質(acute toxicity)
2. 腐蝕/刺激皮膚物質(skin corrosion/irritation)
3. 嚴重損傷/刺激眼睛物質(serious eye damage/eye irritation)
4. 呼吸道或皮膚致敏物質(respiratory or skin sensitization)
5. 生殖細胞致突變性物質(germ cell mutagenicity)
6. 致癌物質(carcinogenicity)
7. 生殖毒性物質(reproductive toxicity)
8. 特定標的器官系統毒性物質-單一暴露(specific target organ toxicity – single exposure)
9. 特定標的器官系統毒性物質 – 重複暴露(specific target organ toxicity – repeated exposure)
10. 吸入性危害物質(aspiration hazard)

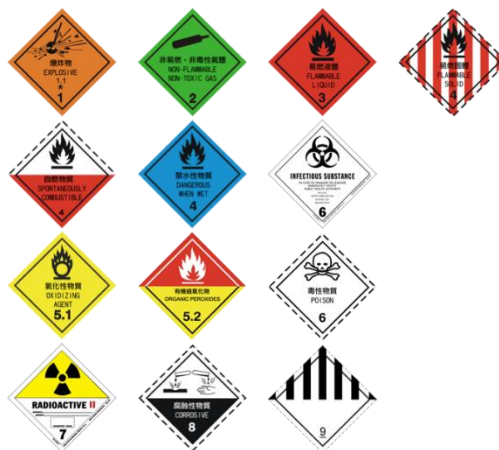
## (二) 危害圖式

我們可以看到載運化學品的貨車和化學品容器包裝上都有不同的危害圖式符號以及分類方式，請看以下介紹。

化學品全球分類與標示調和制度(GHS)危害圖示













聯合國國際危險品分類標準與圖示



## (三) 危害分類

### 1. 危害性化學品標示及通識規則之危害性化學品分類及其定義

危害性化學品分類係危害性化學品辨識之基礎，危害性化學品經過分類後，進一步選擇合適容器包裝，並加以標示。危害性化學品標示及通識規則之危害性化學品分類及其定義、圖式，係依據國家標準 CNS15030 化學品分類及標示系列標準，而國家標準危害性化學品標示係參照聯合國全球調和系統分為二十八類，其中物理性危害有 16 類、健康危害有 8 類、危害性有 2 類以及環境危害 2 類。此標示系統運用於化學品容器上，提供工作場所使用者辨識化學品危害之重要資訊。標示之危害圖式形狀為直立四十五度角之正方形，其大小需能辨識清楚。圖式符號應使用黑色，背景為白色，圖式之紅框有足夠警示作用之寬度(第 7 條)。

危害描述	圖式
易燃氣體;易燃氣膠;易燃液體;易燃固體;自反應物質;發火性液體;發火性固體;自熱物質;禁水性物質;有機過氧化物	
爆炸物;自反應物質 A 型及 B 型;有機過氧化物 A 型及 B 型	
加壓氣體	
氧化性氣體;氧化性液體;氧化性固體	
呼吸道過敏物質;生殖細胞致突變性物質;致癌物質;特定標的器官系統毒性物質~單一暴露第 1 級~第 2 級;特定標的器官系統毒性物質~重複暴露吸入性危害物質	
金屬腐蝕物;腐蝕/刺激皮膚物質第一級;嚴重損傷/刺激眼睛物質第一級	
急毒性物質第 1 級~第 3 級	
急毒性物質第 4 級;腐蝕/刺激皮膚物質第 2 級;嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2 級;皮膚過敏物質;特定標的器官系統毒性物質~單一暴露第 3 級	
水環境之危害物質	
臭氧層危害物質	

危害性化學品危害分類及標示要項和危害特性與危害大小有關，該如何分類並加以標示請見以下舉例說明：

危害性化學品分類		標示要項		
危害分類	組別 (Division) 、 級別 (Category) 或型別 (Type)	危害圖式	警示語	危害警告訊息
易燃液體	第 1 級		危險	極度易燃液體和蒸氣
	第 2 級		危險	高度易燃液體和蒸氣
	第 3 級		警告	易燃液體和蒸氣
	第 4 級	無	警告	可燃液體
危害性化學品分類		標示要項		
危害分類	組別 (Division) 、 級別 (Category) 或型別 (Type)	危害圖式	警示語	危害警告訊息
禁水性物質	第 1 級		危險	遇水放出可能自燃的易燃氣體
	第 2 級		危險	遇水放出易燃氣體
	第 3 級		警告	遇水放出易燃氣體
危害性化學品分類		標示要項		
危害分類	組別 (Division) 、 級別 (Category) 或型別 (Type)	危害圖式	警示語	危害警告訊息
氧化性液體	第 1 級		危險	可能引起燃燒或爆炸;強氧化劑
	第 2 級		危險	可能加劇燃燒;氧化劑
	第 3 級		警告	可能加劇燃燒;氧化劑

危害性化學品分類			標示要項		
危害分類	組別 Division）、 級別（Category） 或型別（Type）		危害圖式	警示語	危害警告訊息
急毒性物質： 吸入	第 1 級			危險	吸入致命
	第 2 級			危險	吸入致命
	第 3 級			危險	吸入有毒
	第 4 級			警告	吸入有害
	第 5 級		無	警告	吸入可能有害
危害性化學品分類			標示要項		
危害分類	組別 Division）、 級別（Category） 或型別（Type）		危害圖式	警示語	危害警告訊息
致癌物質	第 1 級	第 1A 級		危險	可能致癌 (子級別分類數據不充分情況 得歸類為第一級)
		第 1B 級			
	第 2 級			警告	懷疑致癌

2. 聯合國危險物運輸專家委員會「關於危險物運輸建議書」之危險物分類及其定義
- 介紹和化學品運輸有關的聯合國國際危險品分類與圖式，危險物分為九類，部份又區分為若干組，分類或類組號係依危害類型而定，並不代表化學品危害大小程度或順序，目的在統一標示，以利不同區域間貨物之運送作業，其分類如下：



危害物質分類	危害物質之種類	圖式
第一類	爆炸物	
1.1 組	有整體爆炸危險之物品	
1.2 組	有拋射危險，但無整體爆炸危險之物品	
1.3 組	會引起火災，並有輕微爆炸或拋射危險 但無整體爆炸危險之物品	
1.4 組	無重大危險之物品	
1.5 組	很不敏感，但有整體爆炸危險之物品	
1.6 組	極不敏感，且無整體爆炸危險之物品	
第二類	氣體	
2.1 組	易燃氣體	
2.2 組	非易燃，非毒性氣體	
2.3 組	毒性氣體	
第三類	易燃液體	
第四類	易燃固體；自燃物質；禁水性物質	
4.1 組	易燃固體	

危害物質分類	危害物質之種類	圖式
4.2 組	自燃物質	
4.3 組	禁水性物質	
第五類	氧化性物質；有機過氧化物	
5.1 組	氧化性物質	
5.2 組	有機過氧化物	
第六類	毒性物質及感染性物質	
6.1 組	毒性物質	
6.2 組	感染性物質	
第七類	放射性物質	
第八類	腐蝕性物質	
第九類	其他危險物	

接下來」舉幾個危害化學品例子，讓我們比較一下兩種標示系統



## 六、不適用範圍

下列物品不適用本規則(第 4 條)：

- (一) 事業廢棄物。
- (二) 菸草或菸草製品。
- (三) 食品、飲料、藥物、化粧品。
- (四) 製成品。
- (五) 非工業用途之一般民生消費商品。
- (六) 滅火器。
- (七) 在反應槽或製程中正進行化學反應之中間產物。
- (八) 其他經中央主管機關指定者。



## 七、標示

雇主對裝有危害性化學品之容器，應依附表一規定之分類及標示要項，參照附表二之格式明顯標示下列事項，所用文字以中文為主，必要時並輔以作業勞工所能瞭解之外文(第 5 條)，危害圖式形狀為直立四十五度角之正方形，其大小需能辨識清楚。圖式符號應使用黑色，背景為白色，圖式之紅框有足夠警示作用之寬度(第 7 條)：

(一) 危害圖式。

(二) 內容：

1. 名稱。
2. 危害成分。
3. 警示語。
4. 危害警告訊息。
5. 危害防範措施。
6. 製造者、輸入者或供應者之名稱、地址及電話。

前項容器內之危害性化學品為混合物者，其應標示之危害成分指混合物之危害性中符合國家標準 CNS15030 分類，具有物理性危害或健康危害之所有危害物質成分。

第一項容器之容積在一百毫升以下者，得僅標示名稱、危害圖式及警示語。

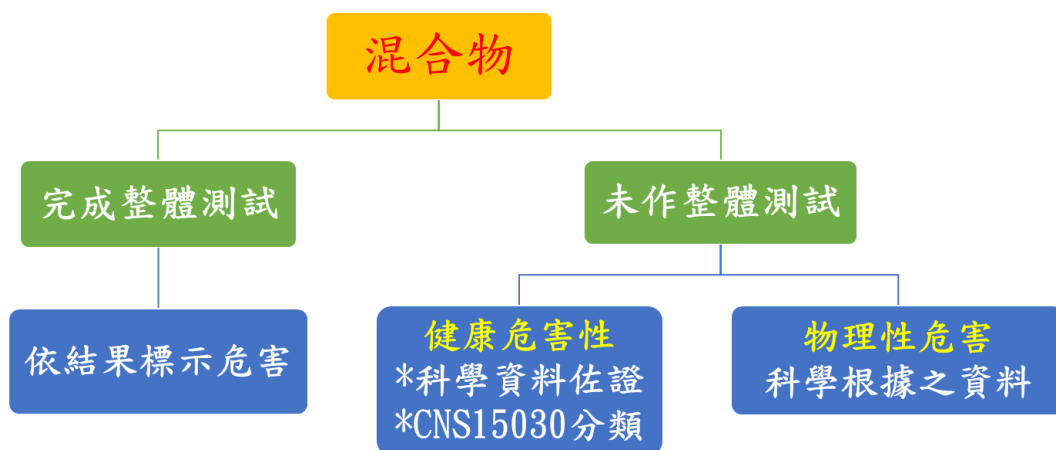


## 如果是混合物 那如何決定危害特性和標示內容

雇主對前條第二項之混合物，應依其混合後之危害性予以標示(第 6 條)。

前項危害性之認定方式如下：

- (一) 混合物已作整體測試者，依整體測試結果。
- (二) 混合物未作整體測試者，其健康危害性，除有科學資料佐證外，應依國家標準 CNS15030 分類之混合物分類標準，對於燃燒、爆炸及反應性等物理性危害，使用有科學根據之資料評估。



## 有裝化學品的容器包裝不同，使用時間長短也不同，是否都要完整標示

雇主對裝有危害性化學品之容器屬下列情形之一者，得免標示(第 8 條)：

- (一) 外部容器已標示，僅供內襯且不再取出之內部容器。
- (二) 內部容器已標示，由外部可見到標示之外部容器。

(三) 勞工使用之可攜帶容器，其危害性化學品取自有標示之容器，且僅供裝入之勞工當班立即使用。

(四) 危害性化學品取自有標示之容器，並供實驗室自行作實驗、研究之用。



雇主對裝有危害性化學品之容器有下列情形之一者，得於明顯之處，設置標示有第五條第一項規定事項之公告板，以代替容器標示。但屬於管系者，得掛使用牌或漆有規定識別顏色及記號替代之(第 9 條)：

(一) 裝同一種危害性化學品之數個容器，置放於同一處所。

(二) 導管或配管系統。

(三) 反應器、蒸餾塔、吸收塔、析出器、混合器、沈澱分離器、熱交換器、計量槽或儲槽等化學設備。

(四) 冷卻裝置、攪拌裝置或壓縮裝置等設備。

(五) 輸送裝置。



前述容器有公告板者，其內容之製造者、輸入者或供應者之名稱、地址及電話經常變更，但備有安全資料表者，得免標示第五條第一項第二款第六目之事項。

雇主對裝有危害性化學品之容器，於運輸時已依交通法規有關運輸之規定設置標示者，該容器於工作場所內運輸時，得免再依規則標示。勞工從事卸放、搬運、處置或使用危害性化學品作業時，雇主應依本規則辦理(第 10 條)。製造者、輸入者或供應者提供危害性化學品與事業單位或自營作業前，應於容器上予以標示。前項標示，準用規則第五條至第九條之規定。

## 八、安全資料表

雇主對含有危害性化學品或符合健康危害分類之危害成分濃度管制值表規定之每一化學品，應依安全資料表應列內容項目及參考格式提供勞工安全資料表。前項安全資料表所用文字以中文為主，必要時並輔以作業勞工所能瞭解之外文(第 12 條)，安全資料表共 16 項，可區分為基本資訊、危害處理方式、如何預防事故、物化反應特性與其他可用資訊等五大領域。製造者、輸入者或供應者提供前條之化學品與事業單位或自營作業前，應提供安全資料表，該化學品為含有二種以上危害成分之混合物時，應依其混合後之危害性，製作安全資料表(第 13 條)。

健康危害分類之危害成分濃度管制值表

健康危害分類	管制值
急毒性物質	$\geq 1.0\%$
腐蝕/刺激皮膚物質	$\geq 1.0\%$
嚴重損傷/刺激眼睛物質	$\geq 1.0\%$
呼吸道或皮膚過敏物質	$\geq 1.0\%$
生殖細胞致突變性物質：第 1 級	$\geq 0.1\%$
生殖細胞致突變性物質：第 2 級	$\geq 1.0\%$
致癌物質	$\geq 0.1\%$
生殖毒性物質	$\geq 0.1\%$
特定標的器官系統毒性物質－單一暴露	$\geq 1.0\%$
特定標的器官系統毒性物質－重複暴露	$\geq 1.0\%$

## 安全資料表應列內容項目及參考格式

### 一、化學品與廠商資料

化學品名稱：
其他名稱：
建議用途及限制使用：
製造者、輸入者或供應者名稱、地址及電話：
緊急聯絡電話/傳真電話：

### 二、危害辨識資料

化學品危害分類：
標示內容：
其他危害：

### 三、成分辨識資料

#### 純物質：

中英文名稱：
同義名稱：
化學文摘社登記號碼(CAS No.)：
危害成分(成分百分比)：

#### 混合物：

化學性質：		
危害成分之中英文名稱	化學文摘社登記號碼(CAS No.)	濃度或濃度範圍(成分百分比)

### 四、急救措施

不同暴露途徑之急救方法：
·吸入：
·皮膚接觸：
·眼睛接觸：
·食入：
最重要症狀及危害效應：
對急救人員之防護：
對醫師之提示：

### 五、滅火措施

適用滅火劑：
滅火時可能遭遇之特殊危害：
特殊滅火程序：
消防人員之特殊防護設備：

### 六、洩漏處理方法

個人應注意事項：
環境注意事項：



清理方法：	
七、安全處置與儲存方法	
處置：	
儲存：	
八、暴露預防措施	
工程控制：	
控制參數：	
·八小時日時量平均容許濃度/短時間時量平均容許濃度/最高容許濃度：	
·生物指標：	
個人防護設備：	
·呼吸防護：	
·手部防護：	
·眼睛防護：	
·皮膚及身體防護：	
衛生措施：	
九、物理及化學性質	
外觀（物質狀態、顏色等）：	氣味：
嗅覺閾值：	熔點：
pH 值：	沸點/沸點範圍：
易燃性（固體、氣體）：	閃火點：
分解溫度：	測試方法（開杯或閉杯）：
自燃溫度：	爆炸界限：
蒸氣壓：	蒸氣密度：
密度：	溶解度：
辛醇／水分配係數（log Kow）	揮發速率
十、安定性及反應性	
安定性：	
特殊狀況下可能之危害反應：	
應避免之狀況：	
應避免之物質：	
危害分解物：	
十一、毒性資料	
暴露途徑：	
症狀：	
急毒性：	
慢毒性或長期毒性：	
十二、生態資料	
生態毒性：	
持久性及降解性：	
生物蓄積性：	

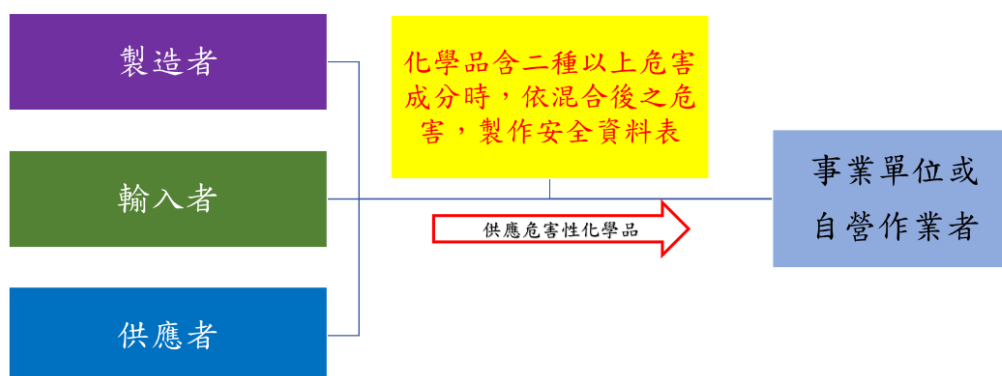
土壤中之流動性：			
其他不良效應：			
十三、廢棄處置方法			
廢棄處置方法：			
十四、運送資料			
聯合國編號：			
聯合國運輸名稱：			
運輸危害分類：			
包裝類別：			
海洋污染物（是／否）：			
特殊運送方法及注意事項：			
十五、法規資料			
適用法規：			
十六、其他資料			
參考文獻			
製表單位	名稱：		
	地址/電話：		
製 表 人	職 稱：	姓 名(簽 章)：	
製表日期			



前項化學品，應列出其危害成分之化學名稱，其危害性之認定方式如下：

- (一) 混合物已作整體測試者，依整體測試結果。
- (二) 混合物未作整體測試者，其健康危害性，除有科學資料佐證外，依國家標準 CNS15030 分類之混合物分類標準；對於燃燒、爆炸及反應性等物理性危害，使用有科學根據之資料評估。

第一項所定安全資料表之內容項目、格式及所用文字，適用前條規定。



混合物屬同一種類之化學品，其濃度不同而危害成分、用途及危害性相同時，得使用同一份安全資料表，但應註明不同化學品名稱(第 14 條)。製造者、輸入者、供應者或雇主，應依實際狀況檢討安全資料表內容之正確性，適時更新，並至少每三年檢討一次(第 14 條)。安全資料表更新之內容、日期、版次等更新紀錄，應保存三年。

#### 十六、其他資料

參考文獻	1. CHEMINFO 資料庫，2015 2. HSDB 資料庫，2015 3. ChemWatch 資料庫，2015 4. ECHA CHEM 網站之 REACH 註冊資訊 5. 日本製品平價技術基盤機構之分類建議	
製表者單位	名稱： 地址/電話：	
製表人	職稱：	姓名(簽章)：
製表日期	108.6.30	
備註	上述資料中符號“-”代表目前查無相關資料，而符號“/”代表此欄位對該物質並不適用。生物指標中的註記“Ns”代表非專一性指標，符號“Sc”代表需注意易受感族群，符號“B”代表請注意背景值，符號“Nq”代表未有確定建議值，符號“Sq”代表半定量性建議值。	

適時更新，並至少每三年檢討一次

雇主對於裝載危害性化學品之車輛進入工作場所後，應指定經相關訓練之人員，確認已有本規則規定之標示及安全資料表，始得進行卸放、搬運、處置或使用之作業。前項相關訓練應包括製造、處置或使用危害性化學品之一般安全衛生教育訓練及中央交通主管機關所定危險物品運送人員專業訓練之相關課程(第 16 條)。

## 九、通識措施

雇主為防止勞工未確實知悉危害性化學品之危害資訊，致引起之職業災害，應採取下列必要措施(第 17 條)：

- (一) 依實際狀況訂定危害通識計畫，適時檢討更新，並依計畫確實執行，其執行紀錄保存三年。
- (二) 製作危害性化學品清單。
- (三) 將危害性化學品之安全資料表置於工作場所易取得之處。
- (四) 使勞工接受製造、處置或使用危害性化學品之教育訓練，其課程內容及時數依職業安全衛生教育訓練規則之規定辦理。
- (五) 其他使勞工確實知悉危害性化學品資訊之必要措施。

前項第一款危害通識計畫，應含危害性化學品清單、安全資料表、標示、危害通識教育訓練等必要項目之擬訂、執行、紀錄及修正措施。

OO股份有限公司  
危害通識計畫

108年4月17日  
第1次環境安全衛生會議訂定

第一章 緒言

第二章 危害通識推行組織？

第三章 危害性化學品清單？

第四章 安全資料表

第五章 危害性化學品標示？

第六章 危害性化學品管理

第七章 廢棄物處理？

第八章 教育訓練

第九章 違反「危害性化學品標示及通識規則」之罰則

第十章 危害通識計畫之修正程序

危害性化學品清單

化學品名稱：\_\_\_\_\_  
其他名稱：\_\_\_\_\_  
安全資料表索引碼：\_\_\_\_\_  
製造者、輸入者：\_\_\_\_\_  
或供應者：\_\_\_\_\_  
地址：\_\_\_\_\_  
電話：\_\_\_\_\_  
使用資料  
地點 平均數量 最大數量 使用者  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
儲存資料  
地點 平均數量 最大數量  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
製單日期：\_\_\_\_\_

180

## 為維護國家安全或商品營業秘密之必要，如何保留揭示危害性化學品成分

製造者、輸入者或供應者為維護國家安全或商品營業秘密之必要，而保留揭示安全資料表中之危害性化學品成分之名稱、化學文摘社登記號碼、含量或製造者、輸入者或供應者名稱時，應檢附下列文件，向中央主管機關申請核定(第 18 條)：

- (一) 認定為國家安全或商品營業秘密之證明。
- (二) 為保護國家安全或商品營業秘密所採取之對策。
- (三) 對申請者及其競爭者之經濟利益評估。
- (四) 該商品中危害性化學品成分之危害性分類說明及證明。

前項申請檢附之文件不齊全者，申請者應於收受中央主管機關補正通知後三十日內補正，補正次數以二次為限；逾期末補正者，不予受理。

中央主管機關辦理第一項事務，於核定前得聘學者專家提供意見。

申請者取得第一項安全資料表中之保留揭示核定後，經查核有資料不實或未依核定事項辦理者，中央主管機關得撤銷或廢止其核定。

危害性化學品成分屬於下列規定者，不得申請保留安全資料表內容之揭示(第 18-1 條)：

- (一) 勞工作業場所容許暴露標準所列之化學物質。
- (二) 屬於國家標準 CNS15030 分類之下列級別者：
  - 1. 急毒性物質第一級、第二級或第三級。
  - 2. 腐蝕或刺激皮膚物質第一級。
  - 3. 嚴重損傷或刺激眼睛物質第一級。
  - 4. 呼吸道或皮膚過敏物質。
  - 5. 生殖細胞致突變性物質。
  - 6. 致癌物質。
  - 7. 生殖毒性物質。
  - 8. 特定標的器官系統毒性物質－單一暴露第一級。
  - 9. 特定標的器官系統毒性物質－重複暴露第一級。
- (三) 其他經中央主管機關指定公告者。

作業場所容許暴露標準所列之化學物質

編號	中文名稱	英文名稱	化學式	符號	容許濃度 ppm mg/m <sup>3</sup>		化學文摘 社號碼 (CAS No.)	備註
1	乙醛	Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> CHO		100	180	75-07-0	
2	醋酸	Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH		10	25	64-19-7	
3	乙酸酐	Acetic anhydride	(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O		5	21	108-24-7	
4	丙酮	Acetone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		200	475	67-64-1	第二種有機 溶劑



急性毒性物質第一到三級



腐蝕或刺激皮膚物質第一級  
嚴重損傷或刺激眼睛物質第一級



呼吸道或皮膚過敏物質  
生殖細胞致突變性物質  
致癌物質.....等

前條及本條有關保留揭示申請範圍、核定後化學品標示、安全資料表之保留揭示，按中央主管機關所定之技術指引及申請工具辦理。

主管機關、勞動檢查機構為執行業務或醫師、緊急應變人員為緊急醫療及搶救之需要，得要求製造者、輸入者、供應者或事業單位提供安全資料表及其保留揭示之資訊，製造者、輸入者、供應者或事業單位不得拒絕。前項取得商品營業秘密者，有保密之義務(第 19 條)。

## 十、其他

第 20 條：對裝有危害性化學品之船舶、航空器或運送車輛之標示，應依交通法規有關運輸之規定辦理。

第 21 條：對放射性物質、國家標準 CNS15030 分類之環境危害性化學品之標示，應依游離輻射及環境保護相關法規規定辦理。

第 22 條：對農藥及環境用藥等危害性化學品之標示，應依農藥及環境用藥相關法規規定辦理。

# 危害通識計畫參考例

## 一、 緒言

依據「職業安全衛生法」第十條及「危害性化學品標示及通識規則」（以下簡稱危害通識規則）第十七條規定，訂立本公司危害通識計畫書，目的在於確保〔公司或工廠名稱〕能符合危害通識規則之要求，藉危害通識之活動喚起全廠員工對潛在危害之認識，共同預防危害之發生。公司內每位員都有責任認識其工作範圍內所有相關作業中之化學物質及其危害性質和預防危害措施。本計畫之重點包括製備危害性化學品清單、安全資料表、危害性化學品標示、危害性化學品管理、廢棄物處理、教育訓練等。

## 二、 危害通識推行組織

依據職業安全衛生法第十條，由職業安全衛生室負責規劃全公司之職業安全衛生相關事宜，其中危害通識之推行由廠長負責督導與推動，並規劃全公司危害通識計畫權責表（附件一），適時檢討執行與修正。

## 三、 危害性化學品清單

製作危害性化學品清單，可幫助瞭解本公司危害性化學品使用情形，對危害預防及緊急應變時可提供助益。危害性化學品清單之內容依據危害性化學品標示及通識規則第十七條，包括物品名稱、其他名稱、安全資料表索引碼、製造者、輸入者或供應者名稱、地址及電話、使用資料及貯存資料等項目。此危害性化學品清單之製備由安全衛生管理室負責。

若有新購化學品或法令公告新的危害性化學品時，需重新檢視與修正危害性化學品名單。若各物質之使用及貯存資料等有異動時，需適時檢閱及修正更新清單內容。

## 四、 安全資料表

安全資料表(SDS, Safety Data Sheet)是化學品的身分證，扼要的載明化學物質之特性，例如：儲存分類、防火滅火方法、健康危害 訊息及防範措施等。資料安全資料表的製作是為了預防化學品所引起之危害，必須對使用之化學物質有正確之了解，才能避免因過量暴露造成健康危害或因使用不當引起災害，或遇緊急事故時應變錯誤而加深或擴

大傷害。

安全資料表之內容依據危害性化學品標示及通識規則附表四，包括(1)化學品與廠商資料；(2)危害辨識資料；(3)成分辨識資料；(4)急救措施；(5)滅火措施；(6)洩漏處理方法；(7)安全處置與儲存方法；(8)暴露預防措施；(9)物理及化學性質；(10)安定性及反應性；(11)毒性資料；(12)生態資料；(13)廢棄處置方法；(14)運送資料；(15)法規資料；(16)其他資料。此安全資料表之督導與推動由〔○○〕負責。

凡符合危害性化學品標示及通識規則第十二條規定之物質均應備有安全資料表。符合上述規定之化學物質，由採購單位要求供應者（或製造者）提供合乎法規之安全資料表。第一次購買之化學物質則要求廠商於訂貨前先提供符合法規規定之安全資料表。由安全衛生管理室確認供應商所提供資料之正確性、合法性。本公司所製造之化學物質由安全衛生管理室依據危害性化學品標示及通識規則與 CNS 15030 標準，製作符合法規之安全資料表。所有安全資料表由廠務部部門負責規劃放置場所，提供使用化學物質之所有勞工參考。此項工作之相關執行與更新紀錄由安全衛生管理室負責，記錄保存三年。安全資料表應依實際狀況檢討其內容之正確性，並適時更新，由安全衛生管理室負責此更新修正作業，並將其內容、更新日期、版次等更新紀錄保存三年。

## 五、 危害性化學品標示

標示是提昇工作場所勞工對危害性化學品認知的第一步，也是勞工在危害辨認上最直覺，也最能接受的認知工作。標示之內容依據危害性化學品標示及通識規則第五條，包括危害圖式及內容，其中內容包括：名稱、危害成分、警示語、危害警告訊息、危害防範措施及供應商或製造商之名稱、地址及電話。本公司危害性化學品標示之督導與推動由廠長負責。

凡裝有符合危害性化學品標示及通識規則第二條規定之危害性化學品容器上，除非符合第八條免標示之規定，均應有標示或依規則公告板替代之。符合上述規定之化學物質，依照危害性化學品標示及通識規則附表二及 CNS 15030 之規定，進行危害性化學品分類及標示內容之確認，由廠務部負責容器標示/公告板之印製或張貼。公司新進危害性化學品時，由採購單位要求供應者（或製造者）在容器上必須有合乎法規之中文標示，由安全衛生管理室確認供應商所提供資料之正確性、合法性。裝載危害性化學品之車輛



進入公司工作場所時，在進行卸放、搬運、處置或使用之作業前，需由廠務部確認，已有符合危害性化學品標示及通識規則之標示及安全資料表。

此項工作之相關執行與更新紀錄由安全衛生管理室負責，記錄保存三年。標示應依實際狀況檢討其內容之正確性，並適時更新。廠務部應定期檢查容器上之標示，若有脫落或破損不明時，應立刻補貼。

## 六、 危害性化學品管理

- (一) 查詢安全資料表(SDS)，不相容之化學物質應分開儲存，例如可燃性物質應與硝酸、高錳酸鹽及有機氧化物等確實隔離。
- (二) 危害性化學品應依「危害性化學品標示及通識規則」之規定，標示其圖式及內容等安全衛生注意事項。

## 七、 廢棄物處理

各廠處室廢液分類收集於貯留桶，貯留桶保持密封 並黏貼廢液名稱標籤，安全衛生管理室於每週定期進行廠內清運至廢液暫貯室，再委託廠商清理。

## 八、 教育訓練

依職安法第三十二條及危害性化學品標示及通識規則第十七條第一項第四款規定，本公司定期辦理危害通識教育訓練，使用或暴露於危害性化學物質之員工均應參訓。教育訓練目的在於使廠區人員能了解相關職業安全衛生規定，進而保障其工作安全與健康。依「職業安全衛生教育訓練規則」與「危害性化學品標示及通識規則」規定，所有製造、處置或使用危害性化學品之勞工，除需受三小時一般安全衛生教育訓練外，另應接受三小時以上的危害通識教育訓練，使其認知標示並瞭解安全資料表，預防職業災害的發生。危害通識課程內容包括危害通識概要、法規介紹、危害通識管理簡介、各種圖示與安全資料表各項內容的含意介紹、危害性化學品之使用、存放、處理及棄置、危害性化學品對人體健康之危害、安全資料表之存放、取得方式等。

## 九、 違反「危害性化學品標示及通識規則」之罰則

- (一) 違反職安法第十條及危害性化學品標示及通識規則之規定，未辦理危害通識相關標示、製備清單及揭示安全資料表等事項，依職安法第四十三條規定，經通知限期改善而不如期改善者，處新臺幣三萬元以上，三十萬元以下罰鍰。
- (二) 違反職安法第三十二條及職業安全衛生教育訓練規則第十七條之規定，未辦理危害通識教育訓練，經通知限期改善而不如期改善者，依職安法第四十五條規定，處新臺幣三萬元以上，十五萬元以下罰鍰。
- (三) 依職安法第四十六條規定，不接受安全衛生教育訓練者，處新臺幣三千元以下罰鍰。
- (四) 製造者、輸入者或供應者，提供危害性化學品與事業單位前，未標示及提供安全資料表，依職安法第四十四條規定，處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰鍰；經通知限期改善，屆期未改善者，並得按次處罰。

## 十、 危害通識計畫之修正程序

本計畫經職業安全衛生室審議，由董事長核定後公布實施，修正時亦同。

## 十一、 參考文獻

1. 危害性化學品管理  
<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=51&type=2&id=1628> .中小企業安全衛生電子報第三十八期，勞動部職業安全衛生署
2. 環保署環境事故監控及通報統計表 <https://www.tcsb.gov.tw/cp-139-2746-7192f-1.html>
3. 劉立文、嚴正傑。科學工業園區化學品資料庫建置研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所 ILOSH105-H314，2015。
4. <https://tw.news.yahoo.com/鹽酸加漂白水-泳池冒毒氯氣 23 人送醫-010428377.html>
5. <http://fireman.tw/forum.php?mod=viewthread&tid=19625>
6. <https://www.citex.tw/templates/cache/5811/images/54caf038a3ece.pdf>

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

運用虛擬實境技術於加強化學品危害通識教育訓練研究 =  
Study on strengthening general education on chemical hazards  
with virtual reality technology / 劉立文著. -- 1 版. -- 新北  
市：勞動部勞研所, 民 109.06

面；公分

ISBN 978-986-5441-82-1(平裝)

1.勞工教育 2.勞工訓練 3.勞工衛生

556.83

109008979

運用虛擬實境技術於加強化學品危害通識教育訓練研究  
著（編、譯）者：劉立文

出版機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.ilosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 109 年 6 月

版（刷）次：1 版 1 刷

定價：750 元

展售處：

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話:02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「研究成果／各年度研究報告」，網址為：  
<https://laws.ilosh.gov.tw/ioshcustom/Web/YearlyReserachReports/Default>
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN: 1010901584

ISBN: 978-986-5441-82-1





勞動部勞動及職業安全衛生研究所

INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR



地址：新北市汐止區橫科路407巷99號

電話：(02) 26607600

傳真：(02) 26607732

網址：<http://www.ilosh.gov.tw>

ISBN 978-986-5441-82-1



9 789865 441821

GPN:1010901584

定價：新台幣750元