



應用虛擬實境技術加強化學品 管理研究

.....
**Virtual Reality Technology Strengthens Chemical
Management**



應用虛擬實境技術加強化學品
管理研究

**Virtual Reality Technology
Strengthens Chemical Management**

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

應用虛擬實境技術加強化學品
管理研究

**Virtual Reality Technology
Strengthens Chemical Management**

研究主持人：劉立文、巖正傑

研究期間：中華民國 107 年 6 月 22 至 107 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 108 年 6 月

摘要

化學品廣泛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。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，皆可能造成重大意外。因此，我們不能忽視化學品在未盡良善管理情況下所造成的嚴重後果。根據我國 106 年災害防救白皮書，危害性化學物質事故發生率平均每天發生一件，再依據 102-104 年全國重大職業災害案例分析，78% 案例有化學品管理安全衛生教育不足、防災知識不夠得問題；而本所歷年的化學品相關研究也發現，科學工業園區內事業單位，仍有 30% 以上的職業安全衛生管理人員，於化學品危害通識教育訓練仍須加強。

本研究旨在運用先進科技技術結合虛實融合發展趨勢，將虛擬實境技術應用於加強化學品危害通識教育訓練及管理能力上，藉由虛擬實境技術模擬體驗學習開發化學品危害通識及管理教育訓練工具，提供職業安全衛生管理人員對於危害性化學品正確的辨識、處置與防護等知識，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。本研究分析事業單位常見之化學品危害通識與管理缺失事項，選擇勞工最初接觸化學品的進料、領料及化學品入庫等 3 項作業場景為基礎，製作成虛擬實境教材，並於科學工業園區辦理完成 2 場教育訓練並作成效回饋分析驗證效果，問卷結果顯示超過 90% 以上受測者對於教育訓練工具成效滿意度表示同意或非常同意，符合研究預期成果。虛擬實境技術提供了一種獨特的身歷其境感，並獲得越來越多的機構採用為教育訓練與模擬練習模式。本所彙整過去研究成果及法令規範，發展應用虛擬實境技術加強化學品進料領料教育訓練工具，包含危害通識及常見作業疏失正確處置模擬訓練，以強化化學品正確管理與作業方法，減少實際從事化學品作業時可能發生的危害。

關鍵詞：化學品危害、虛擬實境技術、教育訓練

Abstract

The chemical industry is one of the most important industries in Taiwan, and play an important role in the growth and development of the economy. Chemicals are widely used in our life; however inadvertent operation may cause, fire, explosion, leakage, poisoning and environmental pollution, due to the wide varieties and complexities of chemicals. Lacking of adequate chemical safety and hazard information, improper storage, delivery conditions, inadequate training or awareness of hazards may also be reasons for major accidents. Therefore, we cannot ignore the management of chemicals. According to White Paper on Disaster Prevention and Rescue 2017, hazardous chemical accidents occurred once a year in average. Also, according to the analysis of major occupational disasters in the country from 2013 - 2015, 78% of the cases from case studies show that there are insufficient knowledge of safety management in chemical management. ILOSH's research in 2017 also found that over 30% of the occupational safety and health management personnel need to improve regulatory education, training and management of chemicals.

Our goal is to use virtual reality (VR) technology to strengthen chemical management through developing chemical virtual reality education and training tools to increase personnel's knowledge of the chemicals handling, reduce potential harm, protect safety, health and avoid occupational disasters. This study analyzes the common hazards and management failures of enterprises. Three operations were selected (feeding, picking and warehouse storage of chemicals) as VR education training tools. Also, feedbacks from VR education training in Science Parks were obtained to understand personnel's working correctly after training and other potential problems. Virtual reality technology provides a unique tool for experiencing and has been used by more and more institutions as an educational training tool and simulation practice model. We collected past research and regulations to develop VR education training tools to strengthen chemical education training, including general hazard and common human error to strengthen management and handling of chemical and reduce potential hazards.

Keywords: Chemicals hazard, Education training, Virtual reality

目次

摘要.....	i
Abstract	ii
目次.....	iii
圖目次.....	v
表目次.....	vi
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	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.....	16
第三章 虛擬實境系統與腳本設計規劃.....	18
第一節 文獻收集與探討.....	18
第二節 化學品進料及領料作業之教育訓練腳本.....	20
第三節 3D 虛擬物件及場景設計與製作.....	22
第四節 製作虛擬實境技術教育訓練工具之管理流程片場模擬.....	24
第五節 檢查虛擬實境技術教育訓練工具.....	27
第六節 虛擬實境技術之教育訓練成效驗證.....	27
第七節 虛擬實境技術之教育訓練工具進行應用結果.....	29
第四章 研究結果與討論.....	30
第一節 國內化學品管理相關法規與進料/領料管理之關聯性分析.....	30
第二節 國內化學品相關重大職災案例分析.....	33
第三節 化學品入庫、儲放與領料等之相關管理規定.....	38
第四節 虛擬實境教育訓練工具之適用性.....	43
第五節 化學品進料及領料作業虛擬實境教育訓練工具腳本.....	53
第六節 教育訓練工具之 3D 虛擬物件及場景設計與製作.....	77

第七節 製作完成虛擬實境技術教育訓練工具.....	79
第八節 虛擬實境技術教育訓練成效驗證.....	81
第五章 結論與建議.....	86
第一節 結論.....	86
第二節 建議.....	87
第三節 研究限制.....	88
誌謝.....	89
參考文獻.....	90

圖目次

圖 1 歷年監控危害性化學物質事故次數統計	4
圖 2 104-105 年國內監控危害性化學物質事故類型統計	5
圖 3 加強化學品危害通識教育訓練計畫的整體工作流程圖	9
圖 4 化學品進料及領料作業流程示意圖	21
圖 5 化學品 3D 虛擬物件及場景模型示意圖	23
圖 6 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之開發過程	24
圖 7 國內事業單位化學品入庫、儲放與領料等之相關流程彙整圖	42
圖 8 化學品 3D 虛擬物件及場景模型圖	78
圖 9 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具應用程式運作畫面擷取圖	81
圖 10 危害性化學品通識之認知改善檢測	85

表目次

表 1 化學品進料及領料作業虛擬實境教育訓練工具專家會議議程.....	28
表 2 化學品進料及領料作業傳統教育訓練及虛擬實境技術議程.....	28
表 3 化學品由導入評估階段到進料/領料階段受相關法規列管彙整表.....	30
表 4 國內事業單位化學品自動檢查重點、檢點表.....	43
表 5 化學品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.....	47
表 6 化學品進料及領料作業虛擬實境教育訓練工具腳本.....	54
表 7 虛擬實境技術加強化學品危害通識教育訓練問卷統計.....	82

第一章 緒論

第一節 前言

清楚了解所使用的化學品安全及健康資訊，是實施化學品管理非常重要的基本步驟。且現代社會發展幾乎所有製造過程都嚴重的依賴化學品，然而化學品的使用對環境和人類健康可能有潛在的不良影響，因此化學品安全健康管理已經是全世界共同重視的問題。尤其是，在化學意外事故發生時，更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，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，已建立臺灣職業安全衛生管理系統(Taiwan Occupational Safety and Health Management System, TOSHMS)者應該具有化學品自主管理之機制，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與發展會議（The United Nations Conference on Environment and Development，簡稱 UNCED）、經濟合作暨發展組織（簡稱經合組織；Organization for Economic Co-operation and Development，OECD）、美國國家環境保護署(United States Environmental Protection Agency，U.S. EPA)、及歐盟(EU)等，在發展化學品全球分類及標示調和制度(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals，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。

2008 年度本所在「高科技行業使用新興材料職業衛生危害性調查研究」研究案中，高科技產業風險管理部門反應常面臨新化學品引進製程時其危害資訊有所欠缺之狀況。比對勞動檢查機構函報，「半導體電子業作業場所可能使用法令未列管之危害物質納入列管之清單」等 41 種化學物質後，標定出新興材料使用最具安全、毒性與健康多種危害風險的三個物質群組，包括金屬有機化合物，鹵化合物，以及矽化合物。調查顯示尤以金屬有機化合物的安全資料表(safety data sheet, 以下簡稱 SDS)缺乏詳盡安全，毒性與健康危害資訊為最。高科技產品生命週期短暫，在市場銷售壓力下，化學品危害資訊欠缺的情形相當普遍；總是以不完整的 SDS 權充，壓縮執行危害辨識時間，及風險評估的完整性，甚至忽視其必要性與重要性[11-13]。產業世代更新的速度愈來愈快，新一代的生產線使用之物質也愈來愈新且複雜，許多化學品以前可能從來未曾使用過，也沒有人明瞭它的危害。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 [14-15]，顯見化學品安全使用的重要性。有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 [16]，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。

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，可能具有毒性、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。

依據行政院中央災害防救會報 105-106 年的災害防救白皮書顯示，104 年全年共發生了 382 件危害性化學物質事故，105 年是 448 件。其中，以工廠事故 238 件(104 年)與 268 件(105 年)為最多。災害類型以火災 207 件(104 年)與 281 件(105 年)最多，其次是洩漏 93 件(104 年) 與 79 件(105 年) [17-18]。圖 1 及圖 2 為歷年監控危害性化學物質事故次數統計與 105 年國內監控危害性化學物質事故類型統計。回顧過去幾年，重大之化學品意外事件持續發生，對事業單位、勞工與環境陸續造成重大之傷害。例如 96 年 02 月 16 日凌晨，勞工在工廠倉區準備將裝於 1 公秉 PE 容器之氫氧化四甲基銨溶液（TMAH，其濃度為 25%）經 TMAH 大分裝置過濾系統進行過濾，並由管路泵送至化學槽車。於操作過程中發現無法將 TMAH 泵送至槽車之情形，遂即呼叫領班協助處理，察覺過濾系統異常，於是打開防護門查看，此時泵浦出口端管線之 90 度彎管接頭近過濾器端之由令突然破裂，導致管線內 TMAH 溢出噴濺至二人身上，立即使用緊急沖淋器沖水，經大量沖水及心肺復甦術搶救，分別送往醫院急救。因傷勢嚴重經搶救治療無效不治死亡[19]。98 年 9 月桃園縣觀音工業區某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，隔壁兩家染整廠的窗戶亦被震碎，鐵皮外牆扭曲，共造成 1 死 6 傷[20]。99 年竹南科學園區生產第三代抗生素原料的某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[21]。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[22]。

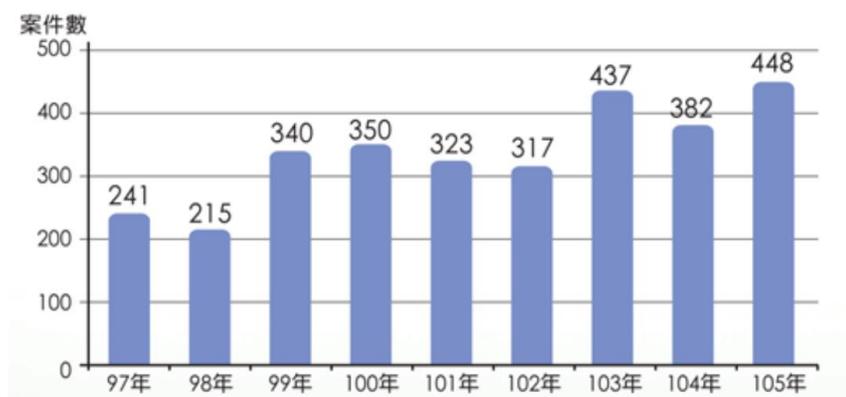
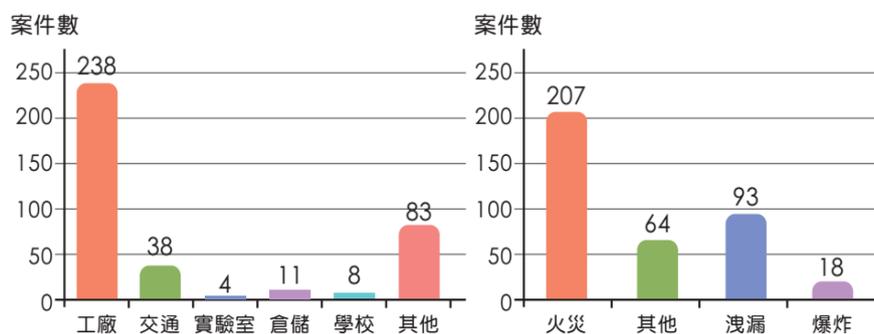


圖 1 歷年監控危害性化學物質事故次數統計

104 年



105 年

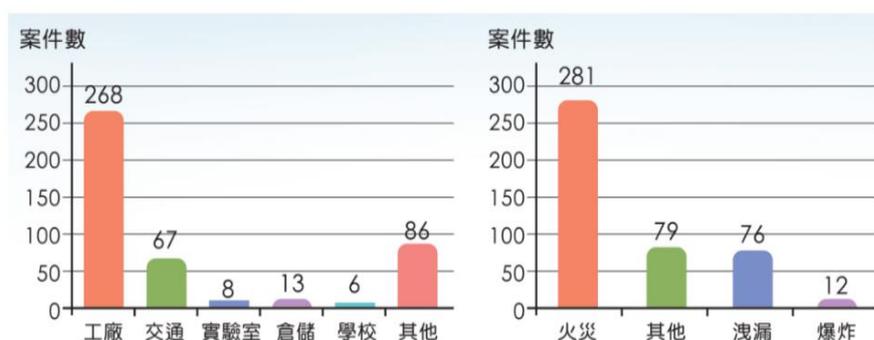


圖 2 104-105 年國內監控危害性化學物質事故類型統計

此外，根據本所 105 至 106 年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 請中文化並注意更新、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，建議各部會之化學品管理權責單位應多加強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[23]。

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[24]。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 [25] 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，若透過積極參與將有機會保持我們所學的知識的 90%。因此，虛擬實境應能增進記憶的長期保存。虛擬實境教育的另一個強大的好處包括適用於不同的學習風格的學生 [26]，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。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]。

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。本計畫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。首先將選擇針對化學品進料及領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。本計畫也針對國內化學

品相關法規、職災案例、標準作業程序流程之文獻進行探討，並開發化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具輔助人員學習，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，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，可能具有毒性、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。根據本所 105~106 年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，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 [23]。

基於前述狀況，本計畫將結合虛擬實境技術與化學品安全管理教育訓練需求，針對化學品進料及領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。基於化學品安全衛生管理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[27]。

本計畫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進行探討，並開發化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具輔助人員學習，研究從一般使用者或化學品管理人員，最頻繁或是最經常或是最初接觸化學品時最可能經常的情境—化學品進料及領料作業，來進行教育訓練工具設計。本研究結合一般數位影像科技及虛擬實境技術，規劃開發一系列的數位化化學品危害通識教育訓練課程，課程包含知識性學習基礎的危害性化學品標示及通識規則基礎課程，以及結合應用與實作的：槽車與儲槽灌裝作業、批式反應器進料作業、桶槽加料作業、溶劑桶充填作業、分裝使用作業、化學管線維護保養作業、化學儲槽維護保養作業、化學廢液廢棄物處理作業、槽底汙泥清除等等實務課程，以完整導入化學品生命週期各階段之數位及虛擬實境技術教材，輔助甚至替代一般化學品危害通識教育訓練課程，以提升事業單位化學品教育訓練成效。希望能協助人員在接觸化學品之前，就知道如何正確處理化學品。本案目的在結合虛實技術，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。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，提昇化學品入庫、儲放與領料等之管理意識。

第三節 研究流程

本研究將參考國內化學品安全衛生法規、標準、職災案例及標準作業程序流程、自動檢查重點、檢點表、物聯網應用等資訊及文獻資料，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一份化學品進料及領料作業基本教材資料。應用我國資訊科技 VR 虛擬實境技術，開發相關輔助化學品進料及領料作業等資訊工具，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、逐步的工作引導化

學品進料入庫、廠區儲放與廠內領料程序，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進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具一式及書面報告，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。

本計畫的整體工作流程如圖 3，首先從相關法規、業界標準操作流程與案例研究了解國內化學品管理現況與職災案例發生因素及事業單位化學品管理需求，篩選未確實執行標準程序所造成職災的案例，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，研究衍生化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練教材，製作工作安全管理事項之相關內容，並請專家確認內容之合適性與提供改善建議。制定完成內容後，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。

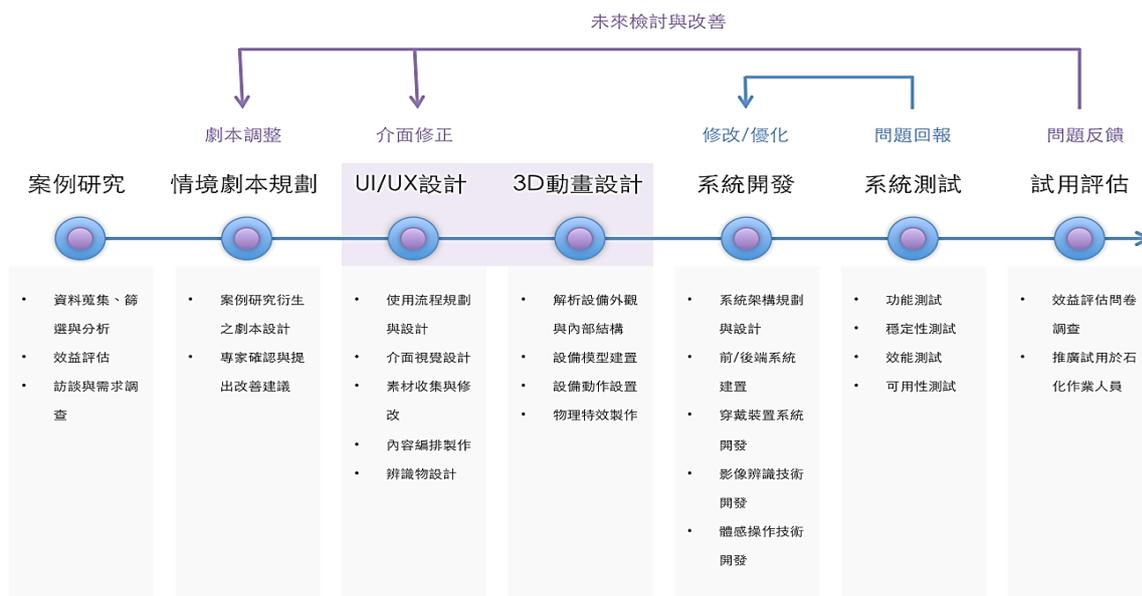


圖 3 加強化學品危害通識教育訓練計畫的整體工作流程圖

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(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(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(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，其中勞工作業環境測定實施辦法於民國 103 年及 105 年修訂為勞工作業環境監測實施辦法。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、協助建立以國家標準 CNS15030 為化學品分類基準等變革。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]。表 1 列出國內各部會化學品管理現況[23,29]，我國的化學品管理由各目的事業主管機關依其權責管理，由環保署依據毒性化學物質管理法第 7-1 條負責登錄管理，而使用管理仍由各個目的事業主管機關負責，目前國內化學品管理尚未完全整合出一套單一完整的化學品管理系統，同時亦尚無單一完整之風險評估的機制進行化學品管理。

表 1 國內各部會化學品管理現況

部會	進口				運作處置								出口			
	同意	登記	許可	其他	運作登錄	許可	申報	作業環境測定	危害通識	健康檢查	其他	同意	登記	許可	其他	
環保署	√		√	√	√	√	√		√	√	√	√				
農委會	√	√	√	√								√	√			
衛福部	√		√		√	√	√					√		√		
內政部	√		√				√									
交通部											√					
勞動部					√	√	√	√	√	√						
財政部	√	√	√	√								√	√	√	√	
經濟部	√				√	√	√					√	√			
原能會	√											√				

註:各部會依其職權管理其法規納管之化學品

職業安全衛生法與危害性化學品管理有關條文節錄於表 2，而化學品危害預防相關之法規、規則與辦法則整理於表 3。

表 2 職業安全衛生法與危害性化學品管理有關係文節錄

法條	條文(節錄)
第 6 條	雇主對下列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施： 七、防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學品、含毒性物質或缺氧空氣等引起之危害。
第 10 條	雇主對於具有危害性之化學品，應予以標示、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。
第 11 條	雇主對於前條之化學品，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。雇主對於前項監測計畫及監測結果，應公開揭示，並通報中央主管機關。
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新化學物質，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，對於中央主管機關指定之管制性化學品，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優先管理化學品，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、處置或使用危害性之化學品數量達中央主管機關規定量以上。 前項製程安全評估報告，事業單位應報請勞動檢查機構備查。
第 29 條	雇主不得使未滿十八歲者從事處理爆炸性、易燃性等物質之工作；鉛、汞、鉻、砷、黃磷、氟氣、氰化氫、苯胺等有害物散布場所之工作以及其他經中央主管機關規定之危險性或有害性之工作。
第 30 條	雇主不得使妊娠中之女性勞工從事鉛及其化合物散布場所之工作；處理或暴露於二硫化碳、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。 雇主不得使分娩後為滿一年之女性勞工從事鉛及其化合物散布場所之工作以及其他經中央主管機關規定之危險性或有害性之工作。

表 3 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 條訂定「危害性化學品標示及通識規則」係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：

- 1.爆炸物 2.易燃氣體（包含化學性質不安定氣體） 3.氣懸膠 4.氧化性氣體
- 5.加壓氣體 6.易燃氣體 7.易燃固體 8.自反應物質與混合物 9.發火性液體 10.發火性固體 11.自熱物質與混合物 12.禁水性物質 13.氧化性液體 14.氧化性固體
- 15.有機過氧化物 16.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 97 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 492 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。

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 97 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 492 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 13 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 年 3 月 31 日正式截止。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 年 106 年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，首先針對化學品進料及領料作業教育訓練需求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。全程不僅可完成計畫需求目標，更能讓不同領域之專業人員，透過研究團隊工作會議、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，提昇化學品入庫、儲放與領料等之安全管理文化。

本計畫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 虛擬實境系統與腳本設計規劃

第一節 文獻收集與探討

一、化學品法規、倉儲作業流程與職災案例蒐集彙整

收集相關文獻期刊資料，包含國內對於化學品管理方法管理機制，研究團隊將進一步分析並整理現有的法規規定，並蒐集近5年國內化學品相關重大職災案例，分析常見事故原因。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入庫、儲放與領料等相關現況與作業方式，以及化學品教育訓練現況，尤其是化學品進料及領料作業之可能危害，瞭解事業單位教育訓練問題。蒐集化學品入庫、儲放與領料等之相關規定，包含標準作業程序、自動檢查重點、檢點表、物聯網應用等資訊。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，開發化學品進料及領料作業之教育訓練工具，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。為完成本項工作，研究團隊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)與網路資料庫資訊外，也與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皆已建立良好互動之關係，本研究案之執行亦將借重他們的實務經驗與資源，讓工作更加完善。

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。VRrevolution = 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，LR 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。學員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[31]。

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

本研究根據案例與化學品進料及領料作業為背景，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 化學品進料及領料作業之教育訓練腳本

研究團隊根據以往進廠訪視化學品安全管理之經驗以及事先訪談業界專家之實務經驗，事業單位使用化學品主要之包裝格式為桶裝(50 加侖)、瓶裝(1 加侖或 10~20 公升)以及高壓鋼瓶，另外在儲存區尚有部份大量使用之化學品為儲槽。今年計畫將以桶裝化學品為模型，其他包裝儲存模式之化學品之特別安全注意事項亦會編寫在教材內。初步規劃如下(圖 4):

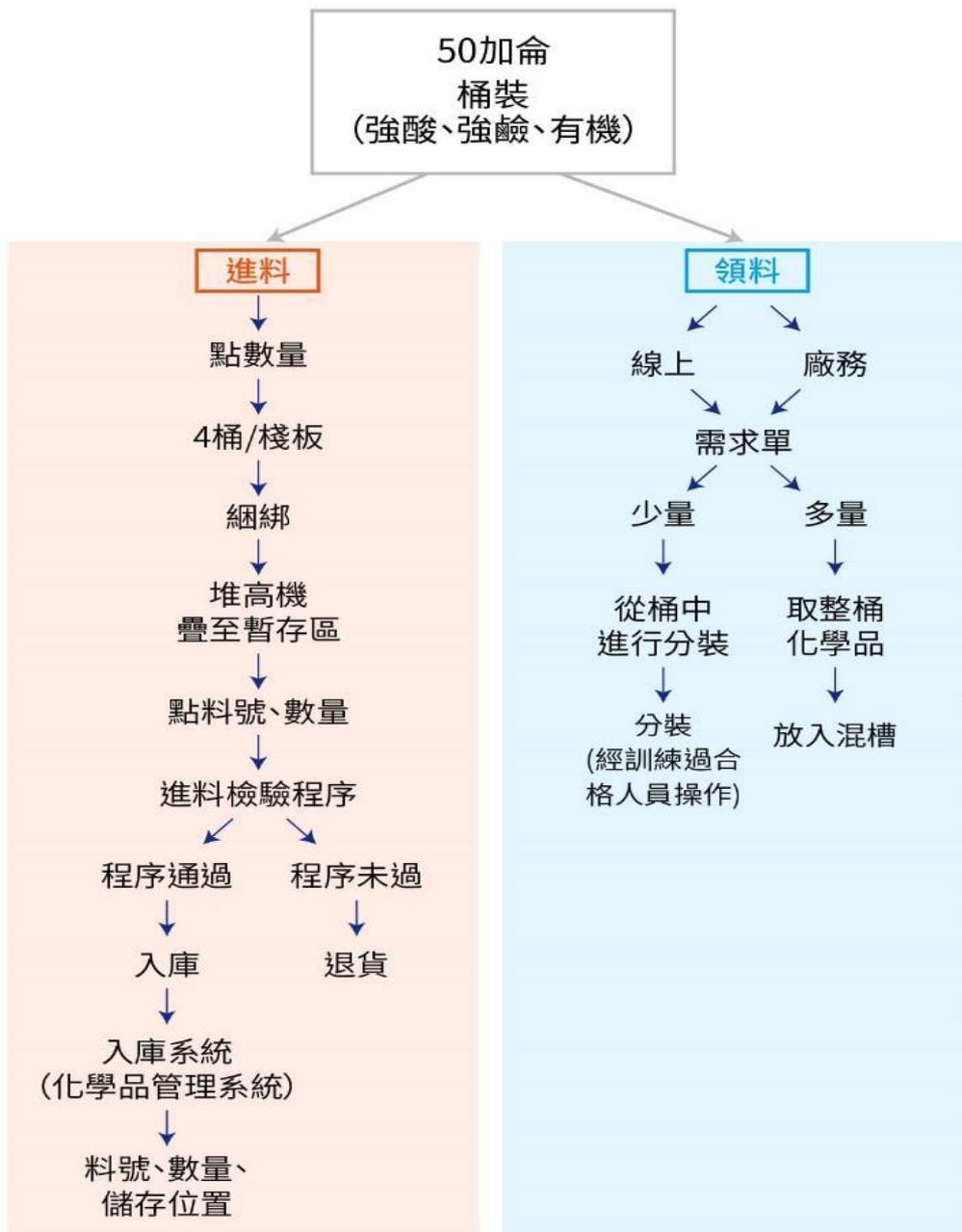


圖 4 化學品進料及領料作業流程示意圖

一、化學品進料及領料作業腳本情境說明

- (一) 化學品原料設定 (以常見化學品為例)：HF 氫氟酸、IPA 異丙醇、TMAH 四甲基氫氧化銨(為科學園區事業單位大量使用且具高度危害之化學品)
- (二) 進料作業情境：先清點化學品原料的桶裝數量，一個棧板可放 4 桶，將棧板

上的原料桶捆綁固定後，堆高機放入棧板運送到暫存區疊放，並清點料號、數量，進入進料檢驗程序，檢查是否符合標準品質，若通過則入庫並登入入庫系統，紀錄其料號、數量及儲存位置；檢驗未通過則做退貨處理。

(三) 領料作業情境：人員線上申請需求單或廠務人員直接開需求單，若原料需求為少量，做從桶分裝；需求為多量，則取桶放入混槽或化學品供應系統。

(四) 互動方式：依情境流程中員工須操作的動作，設置互動環節，透過 VR 顯示器看到任務說明及虛擬場景、物件，並使用搖桿操控物件，完成畫面中提示的動作，以訓練員工達成正確的標準程序。

二、化學品進料及領料作業分鏡腳本設計

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，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。

第三節 3D 虛擬物件及場景設計與製作

本研究進入實際場域，了解化學品作業環境空間、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。蒐集化學品進料及領料作業之實拍影片、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，經計畫評審會議要求採用 HTC VIVE™ 系統，在建置上會配合所需模型面數，達到不失真的作法。因此在細節上會強化貼圖材質的擬真度，採用拍攝實物表面材質或物件供應商網路資料作為 3D 貼圖素材，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(圖 5)。依本研究所蒐集之文獻及法規，製作 3D 場景中所需要的物件，如化學品容器、化學品管線、卸料區、桶裝搬運組件、人物、儲存區 3D 虛擬物件、入料清點工具等，並依照實際

現場狀況，做虛擬場景的物件規劃與擺設，如場景中設定安全資料表之取得位置並能閱覽表上資訊，化學品存放的容器、位置加上物質危害辨識、危害圖示及危害標示，能於虛擬操作中詳細閱讀其內容，以符合化學品危害通識管理之危害預防注意事項。

		
火焰偵測器	化學洩漏處理車	防爆櫃
		
安全帽含全面式面罩	SCBA 氣瓶與背帶	氣體偵測器(可燃性)
		
一加侖瓶紙箱/棧板	20 公升塑膠桶	50 加侖桶/棧板
		
碼頭區場景		

圖 5 化學品 3D 虛擬物件及場景模型示意圖

動態的模擬，則是實際拍攝紀錄化學品作業程序的操作過程，但因考量事業單位機密保護問題，將以軟體模擬方式整理繪製之分鏡腳本，依腳本設定編輯模型的移動軌跡、角度、位置，藉由虛擬動態影像的模擬，強化化學品作業程序運

作的原理與細節。本計畫在完成劇本設計後，邀請 6 位包含化學品管理、虛擬實境技術等專業，針對化學品虛擬實境技術之教育訓練工具 3D 虛擬物件及場景進行討論，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。

第四節 製作虛擬實境技術教育訓練工具之管理流程片場模擬

本研究製作虛擬實境技術教育訓練工具之管理流程片場模擬說明如下：

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 6)：

- (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。

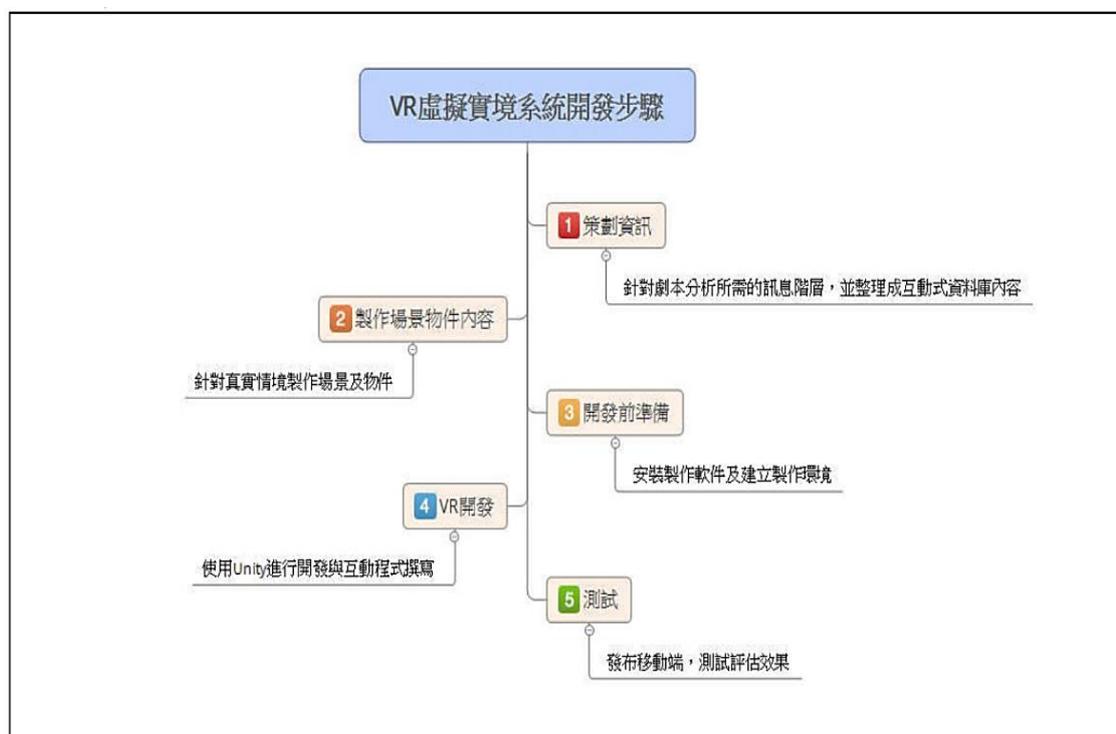


圖 6 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具之開發過程

二、本計畫採用 Unity 作為開發平台，整個開發過程中需要運用的技術點如下：

- (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。

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。

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。

第五節 檢查虛擬實境技術教育訓練工具

化學品進料及領料作業虛擬實境技術之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。本項工作辦理 1 場專家會議，且邀請 6 位以上專家學者參與，專家須包含化學品管理、虛擬實境技術等專業，討論化學品進料及領料作業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其正確性與完整性。專家會議形式將以討論及體驗並行，事前將會準備好會場所需的無線網路頻寬，以及所需的體驗眼鏡。

第六節 虛擬實境技術之教育訓練成效驗證

化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具系統經過開發人員依據三次專家會議建議結果與實地預測試與回饋問卷設計完成後，再辦理一次專家會議，邀請包含化學品教育訓練、問卷設計、虛擬實境技術等各領域專家，討論確認本次開發之化學品虛擬實境教育訓練工具與回饋問卷內容之適用性。專家會議討論及體驗並行，事前準備所需的體驗眼鏡，同時也事先發與每位專家教育訓練流程與回饋問卷內容以及教材資料及一份說明 DM(表 4)。

依照實驗結果修正系統，修改完成後辦理至少 1 場傳統教育訓練及虛擬實境技術之教育訓練，推廣試用於化學品相關作業人員。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。並在南科管理局借用場地舉辦本場次傳統教育訓練及虛擬實境技術之教育訓練 2 場各 2 小時，規劃流程列於表 5，邀請事業單位化學品相關作業人員(職安、廠務與倉管等)，驗證工具成效與可行性並收集訓練回饋資料。

表 4 化學品進料及領料作業虛擬實境教育訓練工具專家會議議程

時 間(分)	議 程
0	簽到
0~15	VR 用於化學品管理教育訓練計畫 簡介
15~30	VR 用於化學品管理教育訓練工具 使用說明
30~90	VR 教材學習及體驗
90~120	教育訓練流程與回饋問卷內容 討論及資料回收

表 5 化學品進料及領料作業傳統教育訓練及虛擬實境技術議程

時間(上/下午)	議 程
09:20~09:30 (13:50~14:00)	簽到
09:30~09:50 (14:00~14:20)	VR 用於化學品管理教育訓練計 畫說明與前測
09:50~10:00 (14:20~14:30)	VR 用於化學品管理教育訓練工 具使用說明
10:00~11:10 (14:30~15:40)	VR 教材學習及體驗
11:10~11:30 (15:40~16:00)	綜合討論與回饋問卷與後測填 寫

第七節 虛擬實境技術之教育訓練工具進行應用結果

本案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化學品進料及領料作業之教育訓練工具。在計畫進行時，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計畫非常大之協助，如現場操作流程與制度(程序)之斧正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，本項經過檢查、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，本研究將彙整並提出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。

第四章 研究結果與討論

第一節 國內化學品管理相關法規與進料/領料管理之關聯性分析

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，研究團隊將進一步分析並整理現有法規規定，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入庫、儲放與領料等相關現況與作業方式，尤其是化學品進料及領料作業之作業流程與自動檢查重點和法規之關聯性，表 6 列出化學品採購進廠到領料使用等各階段有關之法規條文相當多。

表 6 化學品由導入評估階段到進料/領料階段受相關法規列管彙整表

階段	法規整理		
導入 評估 階段	職業安全衛生法 第 6,10-11,13-14,29-30,32 條	危害性化學品標示及通識規則 第 2,4-6,7,12,15-18 條	優先管理化學品之指定及運作管理辦法 第 2-6 條
	毒性化學物質管理法 第 7-10,13,16-19,25 條	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 第 3-29 條	管制性化學品之指定及運作許可管理辦法 第 2-4,6-7,12 條
	職業安全衛生法施行細則 第 14-16,18-21,31,39 條	工廠危險物品申報辦法 第 2-11 條	危害性化學品評估及分級管理辦法 第 3-5 條
	職業安全衛生設施規則 第 105-111,175,177,177-1,178-179,184,184-1,185,186,185-1,188,191,194-197,287,287-1,288-289,292-294,298-299,318,324-4 條	有機溶劑中毒預防規則 第 2,4-1,6-16,25-26 條	先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法 第 3 條
	勞動檢查法第 26 條 管制藥品管理條例	特定化學物質危害預防標準 第 2-12,15-18,20-36,49-50 條	環境用藥管理法 第 5,9-13,19-20,26,34 條

階段	法規整理		
運輸	毒性化學物質管理法 第 22 條	道路危險物品運送人員專業訓練管理辦法 第 3,19 條	
	毒性化學物質運送聯單申報及填寫須知	危險物品空運管理辦法 第 3-10 條	
	危害性化學品標示及通識規則 第 16,20 條	道路交通管理處罰條例第 29,29-3, 29-4,30 條	
	道路交通安全規則第 84 條 高公局/行車指南/危險物品運送管制事項		
階段	法規整理		
倉儲	職業安全衛生法 第 6, 10-13,23,32,29-30,32 條	危害性化學品標示及通識規則 第 4-15,17-18 條	優先管理化學品之指定及運作管理辦法 第 2-3,5 條
	毒性化學物質管理法 第 8-10,13,16-19,25.條	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 第 19-29,79-1 條	管制性化學品之指定及運作許可管理辦法 第 14 條
	職業安全衛生法施行細則 第 19-0,23,25,27,31,39 條	工廠危險物品申報辦法 第 9-10 條	危害性化學品評估及分級管理辦法 第 4-5 條
	職業安全衛生設施規則 第 108-111,175,177, 177-1, 178-179,184,184-1, 185,185-1,186,188, 191,194-197, 287, 287-1,288-289,292-294, 298-299,318,324-4 條	有機溶劑中毒預防規則 第 5,6,9,12-16,25-26 條	先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法 第 3-6 條
	勞動檢查法 第 26 條	特定化學物質危害預防標準 第 4,6,6-1,7-10,13,16, 18, 20, 22-36,49-50 條	環境用藥管理法 第 13,19-20,26 ,34,37-38 條

階段	法規整理		
領用	職業安全衛生法 第 6, 10-13,15,18,20, 23,29-30,32 條	優先管理化學品之指定及 運作管理辦法 第 5-8 條	管制性化學品之指定及運 作許可管理辦法 第 14-15 條
	毒性化學物質管理法 第 7-1,8-11,13,16-19, 23-25 條	特定化學物質危害預防標 準 第 4-6,6-1,7-16,18-19, 20-41,49-50 條	危害性化學品評估及分級 管理辦法 第 3-11 條
	職業安全衛生法施行細 則 第 17,18-21,23,25,27- 28, 31,39 條	有機溶劑中毒預防規則 第 4-1,5-24 條	先驅化學品工業原料之種 類及申報檢查辦法 第 3-6 條
	職業安全衛生設施規則 第 111-112,177,177-1, 178,179,184,184-1, 185, 185-1,186,188, 191, 193, 194-197, 198,287,287-1,288, 289,292-294,298-299, 318,324-4 條	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 第 19-29,79-1 條	環境用藥管理法 第 9,11-14,16-18, 24,34 條
	勞工作業場所容許暴露 標準	工廠危險物品申報辦法 第 9-11 條	勞動檢查法 第 26 條
	新化學物質登記管理辦 法	危害性化學品標示及通識 規則 第 8-15,17-18 條	勞工作業環境監測實施辦 法

第二節 國內化學品相關重大職災案例分析

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。化學品重大職災案例依據其發生原因匯集整理如下：

一、火災爆炸事故

(一) 事故起因:靜電危害

有機溶劑之輸送、混合與攪拌等作業過程中，因有機溶劑與容器、管路、過濾器及操作設備等互相摩擦，或有機溶劑含有混合物而本身相互摩擦撞擊，或霧滴、固體粒子於有機溶劑中之沉降皆可能產生靜電帶電現象，若無法迅速將靜電消除，會形成靜電的累積，而進一步發生靜電放電（ESD）事故，又因該輸送、混合與攪拌等過程中，易形成可燃性蒸氣環境，當該靜電放電能量大於可燃性蒸氣環境之最小著火能量（MIE）時，就會引起火災爆炸事故 [32]。

2008 年 11 月 11 日，位於桃園縣某生產防水塗料公司，廠內正在進行溶劑型塗料生產製程，以有機溶劑甲苯（Toluene）及油漆溶劑混合塗料原料（添加物）進行混合攪拌之作業，在將底部甲苯桶槽以空氣加壓輸送甲苯溶劑注入至攪拌槽體上方的進料口內時，突然發生火災爆炸意外，兩名現場作業員其中 1 名重傷不治死亡，另 1 名嚴重灼傷。根據現場操作人員敘述及災害發生後現場實物判斷，本案因以加壓空氣加壓方式，將地面鐵桶內之甲苯及油漆溶劑壓出，經過橡膠輸送管送至高度約 230 公分高作業平台之投料口，入料作業中使甲苯及油漆溶劑混合蒸氣揮發出來，輸送甲苯及有機溶劑過程因流體本身摩擦及與橡膠輸送管摩擦而產生之靜電引起爆炸，在甲苯及油漆溶劑桶與橡膠管路未設置靜電去除設施，後因人體或是物體接觸輸送管路引起靜電火花，引燃攪拌槽內部之甲苯及油漆溶劑混合蒸氣而發生爆炸，火勢在廠內蔓延並造成甲苯蒸氣與容器桶 BLEVE 爆炸，發展出後續的延燒災害。

國內某化學工廠發生一死一傷職災案，發生原因係為勞工在配料室工作，進行甲苯之卸料作業，勞工將甲苯槽之甲苯抽入不鏽鋼桶時突然起火，造成勞工全身灼傷，事故發生原因為勞工進行油料灌注，未依公司規定須接妥地線，造成在進行甲苯輸送作業過程中產生靜電，導致起火燃燒，一名勞工嚴重灼傷，

送醫後不治死亡。

106 年 4 月 30 日，臺南市，某股份有限公司麻豆二廠，勞工在泡料區之溶劑桶區內從事甲苯溶液抽取作業時，因鐵桶（20 公升）未採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之虞之除電裝置或其他去除靜電之裝置致有靜電蓄積，於甲苯逸散與空氣形成性混合氣體，濃度在燃燒範圍內時，遇靜電放電火花引燃鐵桶內甲苯，造成火災。雖將勞工送往醫院救治，惟延至 106 年 5 月 25 日傷重死亡[33]。

(二) 事故起因:粉塵火災及爆炸

高雄市大社區的○○石化高雄廠疑似發生 ABS 粉塵爆炸，現場濕粉乾燥設備毀損悶燒，一度有濃煙冒出，並飄散怪異氣味，消防局趕抵現場控制火勢。ABS 樹脂是丙烯腈、丁二烯及苯乙烯組成的高分子聚合物，是一種重要的化工產品。廠方表示疑似 ABS 乾燥床粉塵悶燒引起，現場測得揮發性有機化合物濃度約 1ppm 未超過容許濃度規定，由於 ABS 樹脂製程在燃燒時，爆裂口高溫處理過程發生異常，導致黑煙竄燒[34]。

(三) 事故起因:物理性爆炸

104 年 1 月 25 日晚間 23 時 30 分左右，當時在進行廢料投料熔煉作業，因廢料回收桶中夾帶裝水之瓶罐，及作業勞工未將不良鎂合金錠預熱，而直接投入熔爐中，水遇高溫熔融金屬（650~700℃），瞬間全部蒸發成水蒸氣，體積急速膨脹而造成爆炸，導致鎂湯噴濺，致一旁作業共 7 名泰籍勞工燒燙傷，分別送醫治療，其中 4 名勞工因軀幹及四肢多處燒燙傷(約佔全體表面積 8~25%)需住院治療[34]。

100 年 7 月台南市新化區工廠某科技公司因卡車溫度過高，引燃有機溶劑蒸氣，爆炸燃燒造成 10 人受傷(含 3 警消)，現場為地上 4 樓鋼骨鐵皮結構建築物，存放大量危險物品，有大量濃煙冒出，且不時傳出爆炸聲響。為降低危險物品場所災害事故之發生，應強化工廠自主檢查能力、自衛消防編組及救災演練等應變整備作為，以提升災時應變能力[35]。

(四) 事故起因: 化學物品洩漏

101 年 5 月彰化線西鄉工廠某壓鑄公司，疑似化學物品洩漏引起爆炸進

而造成火災造成 2 死 12 傷。本案經後續檢討，發現工廠製程有所變更增加使用其他危險物，但地方消防機關未能及時掌握建議應利用平檢查或加強與相關單位之橫向聯繫機制，以了解化學物質種類、名稱特性、理化性質、數量等相關資訊，以利救災時有效運用。本案因屬危險物品場所，於執行該類搶救作業時對化學物質特性應予掌握，並確實穿戴防護裝備以保自身安全。為降低危險物品場所災害事故之發生，應強化工廠自主檢查能力自衛消防編組及救災演練等應變整備作為，以提升救災能力[35]。

(五) 事故起因: 電器因素

104 年 8 月高雄市湖內區某企業石化工廠，因疑似電器因素導致火災，現場為 1 樓鐵皮屋築物(燃燒面積約 200 坪)，存放過氧化二苯甲醯約 30 噸，經各單位聯合搶救無人傷亡[35]。

(六) 事故起因: 不相容物質混合

106 年桃園市新屋區化工廠倉庫火災並引發爆炸，倉庫外並無任何標識存放物質，經員工說明內有俗稱保險粉的禁水性物質二亞硫磺酸鈉及 2100 公升雙氧水。研判是因內部存放禁水性二亞硫磺酸鈉及雙氧水這兩種不相容物質而導致意外災害[22]。

(七) 事故起因: 不明原因

102 年 8 月桃園縣蘆竹鄉某化學原料公司，化學物品疑似不明原因著火，現場燃燒之物質大多為第 5 類公共危險物品之自反應質及有機過氧化物，現場爆炸聲持續不斷火燄高達數十公尺，幸未波及鍋爐其他危險物品廠區讓災害降至最低，現場係屬「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」所定之既設合法場所，其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[35]。

二、健康危害事故

(一) 事故起因: 與有害物質接觸

工作場所中常使用到化學品，需對化學品的不相容性及其化學品使用、儲存、處置等特殊限制特別留意，以免因誤用化學品而造成的危害。以往發生過的職業災害案例列舉如下[36]：

- 1.廢水處理場或製程區含硫化物廢液誤與酸性液體混合產生硫化氫毒氣。
- 2.廢水處理場使用之重金屬捕捉劑(硫化鈉)誤與酸性液體混合產生硫化氫毒氣。
- 3.廢水處理場或製程區含氰化物廢液誤與酸性液體混合產生氰化氫毒氣。
- 4.鍍金製程區含氰硫化物廢液誤與酸性液體混合產生氰化氫毒氣。
- 5.印刷電路版製程氯酸鹽液體槽誤與酸性液體混合產生氯氣毒氣。
- 6.漂白水槽誤與酸性液體混合產生氯氣毒氣。
- 7.印刷電路版製程雙氧水槽誤與鹽酸液體混合產生氯氣毒氣。
- 8.皮革廠使用硫化鈉溶液誤與酸性液體混合產生硫化氫毒氣。
- 9.鍍金或鍍銀之作業場所氰化物誤與酸性液體混合易產生氰化氫毒氣
- 10.磷酸鋅皮膜藥液調配及處理因分別添加氯酸鹽及亞硝酸鈉易產生氯氣及一氧化氮。

(二) 事故起因:化學品噴濺

勞工二員從事酚（石碳酸）50 加侖桶回收作業（殘存液體以手動吸取器或真空吸取器抽離），B 員另有他事離開作業現場，不久即發現 A 員坐於辦公室門口，胸部以下衣物部位有遭酚噴濺痕跡，應是遭桶內殘存之酚噴濺導致化學灼傷及中毒。勞工 C 等人見狀用大量清水沖淋，B 員以剪刀將衣物剪除並以乾淨布料蓋敷，送往屏東基督教醫院，該院無燒燙傷中心再轉送高雄長庚醫院急救，A 員於 05 月 27 日 8 時 43 分宣告不治死亡[37]。

(三) 事故起因:化學品噴濺

民國 103 年 5 月，技術員 A 到灌裝台進行灌裝作業，A 員爬上槽車頂部進行 ISO tank 接管作業，完成接管作業從灌裝台下來，通知地磅室人員設定流量 19000 kg 並啟動泵，開始灌裝丙烯腈。灌裝完成至槽車頂部進行管線拆除作業，於拆管過程中丙烯腈由蓄壓之 ISO tank 向外噴出，A 員接觸並吸入過多丙烯腈液體，同時地磅人員發現灌裝台流量計顯示為 10697 kg（設定流量為 19000 kg），欲通知現場時，已聽聞現場丙烯腈洩漏，當下 A 員自行至灌裝區之緊急沖淋裝置進行沖洗，隨後同事給予解毒劑亞硝酸戊酯及氧氣鋼瓶讓黃員吸入，將患者送至健仁醫院施打解毒針並急救，於隔日不治死亡[33]。

(四) 事故起因:槽車卸料錯誤造成與有害物質接觸

某公司之槽車司機將次氯酸鈉灌裝完畢後，將泵浦前已清洗的輸送管線由槽車的次氯酸鈉槽改接至硫酸槽，但未將泵浦出口端之軟管改接至硫酸槽入料口，而將硫酸誤灌裝至次氯酸鈉槽，經化學反應產生氯氣。該公司雖立即將勞工疏散至空地，但緊鄰該公司隔壁的公司因無法立即確認氣體危害，而導致多位勞工吸入氯氣不適送醫，其中 2 人住院超過 24 小時[36]。

(五) 事故起因: 通風不良造成與有害物質長期接觸

2013 年 5 月，南部高爾夫球桿頭製造公司 6 名約 20~30 歲員工，在密閉作業環境用溴丙烷溶劑清洗高爾夫球桿頭，因通風不良導致過量暴露，造成腰部麻木、走路不穩、容易跌倒、雙下肢肌肉痙攣疼痛、以及頻尿和便秘等症狀，確診為多發性神經病變，經勞動部職業疾病鑑定委員會鑑定結果為執行職務導致，這也是國內職業疾病鑑定案群聚現象首例[38]。

三、化學品洩漏

(一) 事故起因: 更換管線洩漏

苗栗縣頭份鎮的某化工廠疑似發生發煙硫酸洩漏，廠區內因更換管線洩漏造成大量白色霧狀氣體飄入空氣中；檢查機構於獲知訊息後即派員前往檢查，初步檢查結果係因清理硫酸工廠停用之三氧化硫管線，管線內殘留有酸泥〔含有發煙硫酸(硫酸 > 98%、三氧化硫 25~35%)〕，又因鄰近之蒸汽管線洩漏流入，造成水蒸氣與發煙硫酸等酸泥接觸致產生大量煙霧，未有人員傷亡[39]。

(二) 事故起因: 儲槽管線閥件洩漏

苗栗縣之某石油化學股份有限公司抗氧化劑一場、在製程進行三氯化磷補料作業過程、因該中間儲桶之翻牌式液位計之隔膜手閥發生異常而導致三氯化磷洩漏之工安事故意外。三氯化磷液態狀態下產生之反應產物是以氣態的方式擴散、體積的膨脹放大效應及氣體散佈擴大效應是其造成重大危害的原因之一。尤其要注意的、具有腐蝕特性的產物鹽酸及亞磷酸更是加劇其對設備、人員危害的本質、所以此類化學物質的特殊危害是要被重視[20]。

(三) 事故起因: 化學槽氣爆

2018 年 4 月新竹湖口實踐路上工廠，因為是化學槽氣爆，是具有腐蝕性的氫氟酸俗稱化骨水，導致有 4 名員工受傷送醫、2 名員工被化學物質噴濺到、

2 名員工被物體砸傷。其中嚴重的都是男性，全身 35%以上 2 至 3 度灼傷，一人前後胸背及雙手、一人眼部及雙手 [40]。

第三節 化學品入庫、儲放與領料等之相關管理規定

藉由積極蒐尋各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，並與科學園區與地方政府勞動檢查機構、園區主要事業單位安衛主管以及多位具豐富工廠訪視經驗專家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化學品入庫、儲放與領料等標準作業程序流程與安全管理之教材與腳本，並提供化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具開法使用。

一、事業單位化學品管理機制彙整

(一) 事前審查

1. 新進化學品申請

由使用單位因應生產或試驗需求必須採購未經公司審核及採購程序之新進化學品，申請人需要蒐及該化學品相關物性、化性與危害特性(含 SDS)，並依據前述資料自評新進化學品風險、對應之防護及危害預防需求。包括是否屬於 CMR 物質或其他法定管理(管制)化學品，化學品成份與危害特性是否充分揭露，採用此化學品之必要性評估。

2. 組成專責單位／會議：由專家進行化學品審查機制

針對該化學品各項特性進行評估，確認相關生產、安衛設施與防護設施足夠提供安衛及環保需求。包括：

- (1) 生產設備機台操作與維修時是否可維護安全
- (2) 是否有可能之副產品產生與其可能之危害
- (3) 產生之廢棄物是否完成評估其後續處理方式與排放(最終處置)
- (4) 若需要新供應系統，則需進行使用前管路安全測試及安檢需求
人員安全訓練需求

(二) 資料庫：化學品 e 化系統管理

1. 建立廠區使用化學品資料庫，每季更新並評估資料查詢教育訓練是否需要加

強訓練。藉由收集之化學品資料可供交叉比對確認，以確保可獲得更完整的化學品危害資訊並對供應商提供之 SDS 進行審核。

2. 建構之化學品清單依各使用單位進行資料庫建立，以方便適用者查詢與安衛環 保單位進行風險評估與控管。此外，亦可供比對物料領用系統，對化學品流佈及儲存量有更精確之掌握。清單採每季更新並由工安進行查核正確性。同時針對需申報、作測等項目之化學品進行主動提醒，讓申報權責單位可按時完成法規規定事項。

(三) 作業 / 儲存場所危害告知及安全衛生工作概要

1. 化學品須依其特性分開儲存/並明確標示(品名、料號、濃度及危害標示)，作業/儲存場所安全衛生設施(含消防、防漏液裝置、毒性或易燃氣體偵測器、沖身洗眼器、應變器材等)定期檢視、測試。儲存、運送及使用化學品時，應注意是否符合安全規定。

2. SDS 於作業/儲存場所擺放，每年審視其正確性。

3. 建立作業/儲存場所危害物質清單，定期核對各化學品位置及儲存量並檢討相關安衛設施是否適當?

4. 依法規定期實施，作業環境監測，以確保工作環境的安全並進行相關申報工作。

5. 化學品作業/儲存場所應有專責人員設置，以維護化學品使用/儲存之安全，並依各化學品危害特性及物化性質建立暴露評估工作流程及化學品分級管理。並依據廠區化學品流佈及風險評估結果撰寫緊急應變計畫並定期實施意外事故緊急應變演習。

6. 依據廠區使用化學品危害特性及危害預防需求教育訓練工作，讓使用者充分掌握使用化學品之危害性質。

7. 化學品儲存基本安全規定

(1) 危害資訊告知:

儲存區域應張貼所有化學物質名稱、危害標示、聯絡資訊。

(2) 不相容性確認:

不相容化學物質不可以存放在同一個區域內，若化學物質同時具備有可燃/

腐蝕性等危害特性時，應以可燃特性為優先考量。暫存區(含安全櫃)存放物質之規劃應依其危害相容性分類儲存，若屬易燃、易爆、腐蝕及劇毒性之化學品，存放量應限制不得超過一日之使用量。

(3)洩漏擴散防止措施:

應依化學物質危害特性設置個別的洩漏防止措施，可燃性及腐蝕性危害化學品應存放於 FM 認證合格之安全櫃中並予以固定，應安裝通風設施。

(4)分裝化學品:

化學品分裝區應設置持續通風且維持負壓之排氣，分裝時應運用適當工具（如漏斗）避免濺出，分裝之小瓶化學品於使用完後應放置於化學品安全櫃中。

(5)手拉搬運作業:

運送或裝載危害性化學物質的手拉搬運車(chemical carts)應將化學品妥善固定/包覆，輪子應至少 2 只煞車輪，搬運時容器不可堆疊。運送非金屬或塑膠材質化學品容器之手拉搬運車應具備洩漏防止措施（包括 second container），其容量應可容納單一最大容器量，總重量應低於手拉搬運車安全荷重。不相容的化學物質不可以同時使用同一輛手拉搬運車運送。

(6)氣體鋼瓶/高壓容器設備使用作業:

鋼瓶應妥善的保護以防止損壞並將鋼瓶固定於牆或地面，鋼瓶頭蓋應旋緊以保護鋼瓶頭。進行更換、搬運、處理等作業時，應由經高壓氣體容器操作訓練合格之人員操作(含承攬商)並建立標準作業程序(SOP)。

(7)管線/閥件管理:

管線應妥善防護、固定、支撐或防震，以避免損壞、碰撞或踩踏。所有化學物質(氣/液/固態)的設施都應清楚標示其內容的化學物質，管線上並應標示流向，閥類應標示開/關的旋轉方向和閥的狀態（常開/常關/維修/故障/測試等）。

(四) 新操作流程(機台)啟用前檢查

新機台 / 供應系統上線前須進行安檢，包括安全措施(如連動裝置、安全警示系

統、各接管(頭)無滲漏及其正確性。確認管路流向與標示正確性，管線中飽壓紀錄。

二、事業單位化學品管理流程圖彙整

研究團隊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入庫、儲放與領料等相關現況與作業方式，蒐集化學品入庫、儲放與領料等之相關規定，包含標準作業程序流程、自動檢查重點與檢點表等資訊彙整於圖 7 與表 7。

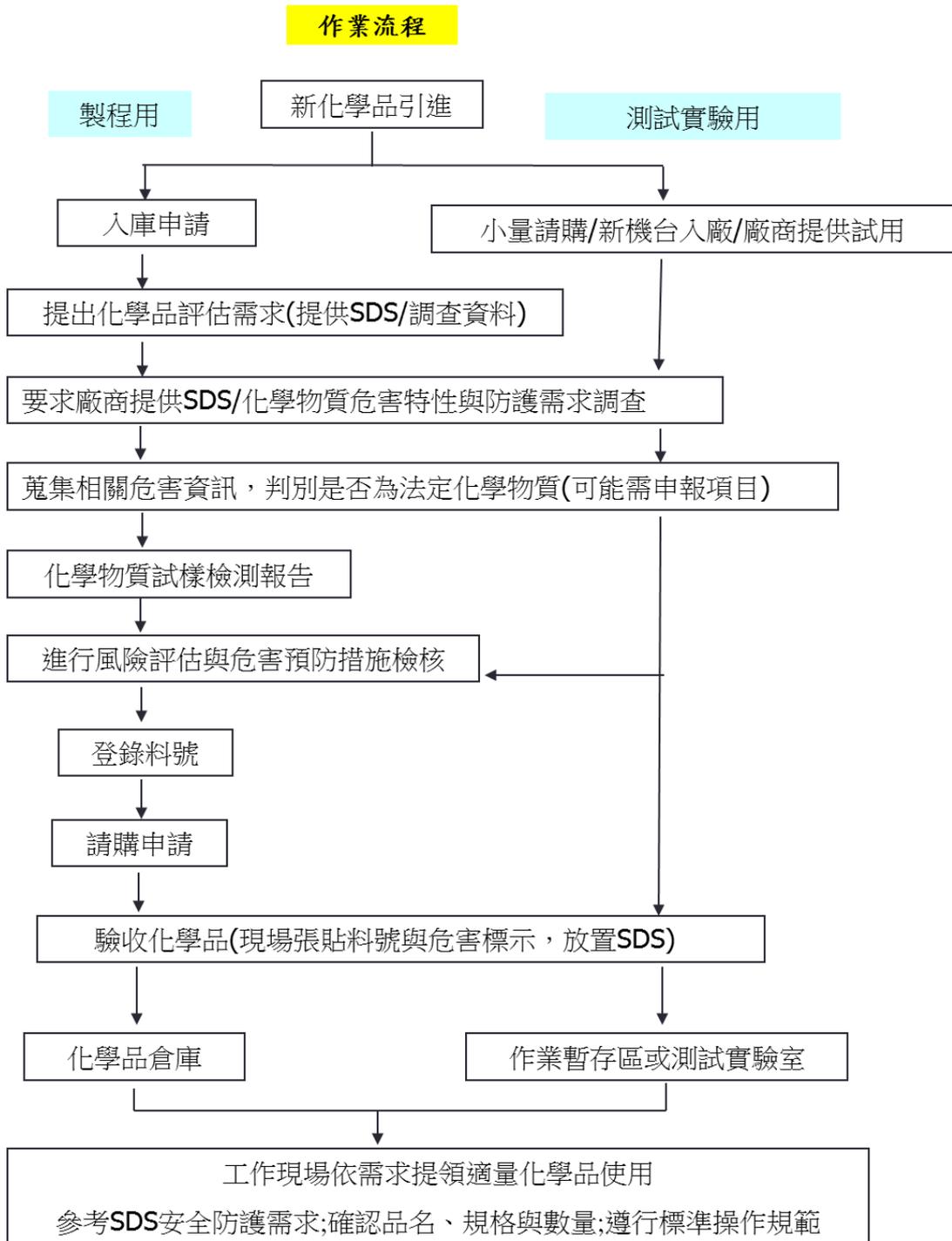


圖 7 國內事業單位化學品入庫、儲放與領料等之相關流程彙整圖

表 7 國內事業單位化學品自動檢查重點、檢點表

Chemical Audit Checking Form 2015.09 Ver1					
地點：		日期：		檢查員：	
				陪檢員：	
項次	檢查內容說明	是	否	不適用	Remark
1	化學品是否為有料號或張貼標籤(通過 xxx 申請)				
2	單位所使用之化學品是否皆建立在化學品清單內				
3	100ml 以下化學品容器是否明確標示化學品名稱、危害圖示、警示語				
4	100ml 以下化學品容器是否張貼 GHS 危害標示				
5	現場化學品是否皆有 SDS				
6	SDS 最新更新日期是否在三年內				
7	SDS 是否有蓋確認檢視日期確認章				
8	危害標示與 SDS 上之危害圖示、警示語是否一致				
9	氣櫃、安全櫃、儲存櫃、儲槽等所存放/使用之化學品是否張貼危害標示語與圖示				
10	化學桶、儲槽、分類安全瓶之危害標示是否有供應商資訊				
11	所有 GHS 危害標示是否為彩色列印(SDS 除外)				
12	化學品是否有不容性混放				
13	廢棄溶液、廢棄物是否有不容性混放				
14	管路標籤是否標示、正確(可能有改機、轉機未更新)				
15	氣櫃、安全櫃、儲存櫃安裝之 GMS 是否與內容物相同				
16	儲存櫃內鋼瓶存放數量是否符合規定				
17	儲存櫃內鋼瓶是否確實固定				
18	有料號之 SDS 是否為公司認可版本				
19	走道上是否淨空，無存放化學桶				

第四節 虛擬實境教育訓練工具之適用性

一、虛擬實境技術教育訓練情境腳本與場景之正確性

為確保計畫進行順利且達到預期成果，專家會議已分別邀請包括科學工業園區管理局與地方政府檢查機構代表、工業局代表、專家學者、業界職安衛主管等進行化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具討論，針對腳本、3D 虛擬物件、庫房場景與虛擬空間中環顧、操作、移動與感受，以手持互動之方式模擬化學品現場作業之洽

當性及實務性進行討論(附錄一)。具體建議包括：

- (一)按 SDS 安全防護需求為準，呈現所需安全衛生設施與防護具
- (二)考慮化學物質之代表性與計畫執行時間限制，可針對三種化學品：HF、TMAH 與 IPA 作為腳本撰寫之主角。
- (三)危害性化學品通識規則，在 VR 中可以讓受測者知道重點、怎麼看，簡單明瞭的示意圖或說明即可，可簡化一些內容避免冗長過程反而減低操作意願。
- (四)部分電腦桌面畫面可參考業界用共通性系統平台畫面，聚焦在化學性質與危害特性。
- (五)以實務上或現況遇到的問題為主，並需要加入如載運危險品之司機證照，車身運輸對應標示；堆高機人員證照，堆高機合格標示等。
- (六)化學品清點要簡易登入的步驟、動作，可以 barcode 為例，但需要附註說明紙本清點方式。
- (七)訓練工具也要提供給中小廠的人了解化學品進/領料操作規範，庫房可以大間來呈現；建議取折中方案，做一般化學房（酸、鹼），兼具大小廠用之範例。
- (八)今年以化學品桶裝形式為主，槽車與儲槽可列入未來優先製作項目
- (九)人為疏忽三個樣態：新進員工沒照 SOP、資深員工不依照 SOP 做、設備改變 SOP 未做變更，應設計強調 SOP 之重要。
- (十)桶裝化學品送機台後，進行管線操作，需有洩壓動作，未洩壓會噴濺，可模擬此狀況之示意畫面。
- (十一)部分鋪陳的過程與過場畫面，可簡化說明帶過不需要選項以減少 VR 劇情鬆散。
- (十二)最後結束時可考慮增加訓練記錄，以簡單形式呈現操作紀錄。
- (十三)劇本中之案例缺失原因或危害缺陷設計內容與相關法規可在備註欄寫清楚。
- (十四)可在開始測試前先給受測者看有正確解答之影片再操作；選錯答案：呈現造成的後果（例如爆炸），直接告訴標準答案，並再重做。
- (十五) IPA 滲漏劇情直接讓受測者緊急通報 ERC，進入緊急應變程序，使用文字呈現即可。
- (十六)腳本設計時，有接觸化學品之虞應著適當防護具

(十七)3D 虛擬物件、庫房場景可依專家之逐項建議做修正。包括：

- 1.倉庫場景：考慮防爆間距，改為長條形
- 2.電動堆高機：標示防爆，加警示燈、後照鏡，貨叉太短
- 3.標準日光燈：光線 1500，要夠亮
- 4.碼頭：斜坡拿掉，高度改 90 公分（貨車後面打開剛好平行），斜坡拿掉，邊緣畫黃黑警示線，側邊掛黑色條狀橡膠防撞墊片，上面的洗眼機旁邊加護欄
- 5.全場景地面：亮綠色
- 6.消防管線：紅色，消防灑水密度不夠，長度往兩邊拉，供應管（主管）再分管，要再多一些（增加覆蓋範圍）可參考消防配管規範，分佈可錯開有層次
- 7.逃生警示燈：放下方一點
- 8.滅火器：裝盒子，固定
- 9.門：4 米寬，設立防撞桿（黃色柱狀）置於左右
- 10.牆面：公共危險品告示牌

二、虛擬實境技術之教育訓練工具改善建議與驗證成效可行性

在計畫執行之後半段，陸續召開兩次專家會議分別邀請包括科學工業園區管理局與具備化學品教育訓練、問卷設計、虛擬實境技術等專業之專家學者、勞檢人員與業界職安衛主管等進行化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具討論，針對工具雛型試用性評估，例如危害缺陷設計、模型美工、互動體感等檢查討論化學品進料及領料作業虛擬實境技術之教育訓練工具可行性並提出改善建議，討論確認化學品虛擬實境教育訓練驗證成效可行性(附錄一)。具體建議包括：

- (一) 一般事業單位在化學品新品請購階段會進行風險評估，但不一定會先著手進行相關之教育訓練與緊急應變演練，故在 VR 核准採購之情境中，應該是說明在採購新化學品進廠使用前完成必要之教育訓練與緊急應變演練。
- (二) TMAH 的危險品運輸危害標示與危害性化學品標示有落差，經查詢署內版也是不同，在認知上為何有這樣之差異，未來還是需要多搜尋一些資料比較一下。
- (三) VR 系統若選適用手機或平板之 cardboard 眼鏡，成本非常低有助於推廣，但穩定性不若 HTC VIVE 且容易暈眩，解析度與互動也較差。若採用電腦系統，身歷其境感會不足，但搭配鍵盤使用仍可營造臨場感，同時以現在電腦之普及

性，建置第二系統時建議以適用電腦操作之介面為主，未來可經由網路下載 APP 使用。

(四) 有關於 VR 教育訓練教材整體運作內容有以下建議:

- 1.VR 語音文字再校稿，有斷句不順與錯置(最後單元最後兩頁)
- 2.暫存區搬運 IPA 出錯導致傾倒與火災畫面，可考慮加註火災處置要項說明
- 3.點選畫面選項可再放大
- 4.手搖桿指示線與目標點可再加粗或增強對比
- 5.庫房設施物件點選範圍需再放大
- 6.SDS 文字有壓迫感，雖然是為了讓受測者看清楚文字，但可再適度調整比例

(五) 已按照計畫要求與法規和實務面考量編撰 VR 教育訓練工具，應具有其實用價值，可藉由教育訓練實測多收集使用心得與建議，讓此教育訓練工具更加完善並作為後續教材開發之基礎。

(六) 教育訓練問卷與測驗內容討論

經與會專家討論後定稿之教育訓練問卷與測驗內容如表 8:

表 8 化學品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

虛擬實境技術加強化學品危害通識訓練(化學品進料及領料作業)工具開發-教育訓練問卷調查

針對化學品進料及領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。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，提昇化學品入庫、儲放與領料等之安全管理意識。

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！

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 其他_____
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

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的概念？

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

其他建議：

危害性化學品通識之認知檢測（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，設置標示有危害圖式之公告板，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. 蓄壓管線中腐蝕性化學品外洩並噴濺至身上時，若狀況許可首先應該如何處置？

(A) 立刻離開現場 (B)通知消防隊 (C)往沖身洗眼器移動進行除污(D) 按緊急停止鈕先關掉系統

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. 運送或處置強鹼腐蝕性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) 耐酸鹼手套 {E} 化學防護鞋 (F) 棉質工作服 (G) 全面式面罩 (H) 防毒面具

6. 清點化學品時須注意事項(複選)

(A)包裝與品名是否與貨單相符 (B) 瓶身是否貼妥危害標示 (C) 為提高效率同一棧板同包裝化學品可用棧板量計算 (D) 需要每一桶(箱)逐一核對

7. 易燃之有機溶劑庫房中需要那些安全設施(複選)

(A)易燃性氣體偵測器 (B) 乾粉滅火器 (C) 火焰偵測器 (D) 截流溝 (E) 監視設備 (F) 家用電源 (G) 加熱器 (H) 設備接地 (I)防爆型通風排氣設施 (J) 防爆型照明設備

8. 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) 利用化學品滲漏處理器材回收外洩化學品 (C) 遠離現場保命 (D) 直接請示主管並靜候指示

9. 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

10. 危害性化學品之危害圖示說明何者錯誤?

- (A)  易燃 (B)  環境危害
- (C)  急毒性 (D)  腐蝕性

危害性化學品通識之認知檢測（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，設置標示有危害圖式之公告板，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. 蓄壓管線中腐蝕性化學品外洩並噴濺至身上時，若狀況許可首先應該如何處置？

(A) 立刻離開現場 (B) 按緊急停止鈕先關掉系統(C)往沖身洗眼器移動進行除污 (D) 通知消防隊
4. 使用安全資料表需注意之事項有(複選)

(A)製作日期需在五年內 (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. 運送或處置強鹼腐蝕性化學物質需要那些個人防護具(複選)

(A)耐酸鹼手套(B)化學護目鏡 (C) C級防護衣 (D) 防刺穿安全鞋{E} 化學防護鞋 (F) 棉質工作服 (G) 全面式面罩 (H) 防毒面具
6. 清點化學品時須注意事項(複選)

(A) 為提高效率同一棧板同包裝化學品可用棧板量計算 (B) 瓶身是否貼妥危害標示 (C) 包裝與品名是否與貨單相符(D) 需要每一桶(箱)逐一核對
7. 易燃之有機溶劑庫房中需要那些安全設施(複選)

(A) 家用電源(B) 乾粉滅火器 (C) 火焰偵測器 (D) 截流溝 (E) 監視設備 (F) 易燃性氣體偵測器(G) 加熱器 (H) 設備接地 (I)防爆型通風排氣設施 (J) 防爆型照明設備
8. 若易燃性化學品滲漏時，您該如何處置？

(A) 遠離現場保命 (B) 利用化學品滲漏處理器材回收外洩化學品 (C) 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 (D) 直接請示主管並靜候指示

9. 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

10. 危害性化學品之危害圖示說明何者錯誤?



(A) 易燃 (B)



環境危害



(C) 急毒性 (D)



腐蝕性

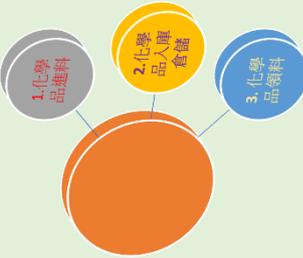
專家會議亦對應用虛擬實境技術之教育訓練之未來發展與規劃提出下列建議：

- 一、因計畫結案時間較趕，教育訓練與試用僅安排在南科，建議在結案後能另外安排到竹科進行 VR 教材之試用，可協助業界人員多接觸政府機關為提升職業安全衛生與加強化學品管理之努力與成果。
- 二、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。
- 三、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。
- 四、訓練工具也要提供給中小廠的人了解化學品進/領料操作規範，此次庫房設計 取折中方案，兼具大小廠使用之範例。未來可朝向客製化與通用規格兩種模式推行，例如晶圓產業、光電產業、化工製程、化學材料、生物科技、印刷電路板等皆有其特定製程與高風險製程，可經由與業界或同業公會合作開發客製化 VR/AR 教材，而針對常發生職災或健康危害之製程則可依其風險高低與從業人數依序開發通用規格之 VR/AR 教材。

第五節 化學品進料及領料作業虛擬實境教育訓練工具腳本

本項工作內容已經由前兩次專家會議與幾次業界專責人員針對法規面與實務面做充分之討論，相關成果如表 9:

表 9 化學品進料及領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	備註
01	起始畫面	計畫名稱及說明	計畫名稱及說明	
02	1-3 項 按 鈕	選項按鈕	1. 化學品進料 2. 化學品入庫倉儲 3. 化學品領料 選項按鈕 	
03	選項 1 進 入	A.新品請購程序	A. 畫面出現	

	<p>化學品進料</p> <p>A. 新品請購程序</p> <p>B. 進廠驗收階段</p>	<p>B. 進廠驗收階段</p>	<p>新品請購程序</p> <p>B. 畫面出現</p> <p>進廠驗收階段</p> <p>提供點選</p>	
<p>04</p>	<p>按 A</p> <p>A. 新品請購程序</p> <p>引導人員出現(擬真綜藝化)說明流程</p>	<p>新品請購程序: 使用前評估</p> <p>辨識廠區設施是否足夠具備危害預防條件</p>	<p>畫面出現新品請購程序(電腦畫面)</p> <p>使用單位提出需求化學品 ↓ 品名、數量、等級提案畫面送出 審核機制(SDS 及相關資料)</p> <p>畫面出現需求表單，請購 IPA、HF、TMAH。 測試者翻閱相關資料與 SDS 可點選放大 (IPA 按鈕有動畫引導點選) HF 與 TMAH 點選後只有簡單 SDS 畫面</p> <p>審核流程以 IPA 為例：點選 IPA SDS 出現 IPA SDS 高解析度表單 3 張，一張中文版、一</p>	 

	<p>張日文版、一張英文版 由受測者挑選(打勾), 進入中文版 SDS 前, 出現提示</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: 內容缺項需注意 2: 日期需在三年內 3: 可查詢其他佐證資料 (SDS 第十六項文字) <p>IPA SDS 出現在畫面 (以人的視野看螢幕往下閱讀)</p> <p>危害辨識資料 (SDS 第二項畫面)</p>  <p>危害圖示(醒目提醒動畫)</p> <p>急救措施 (SDS 第四項畫面)</p> <p>滅火措施 (SDS 第五項畫面)</p> <p>C02、化學乾粉、酒精泡沫等滅火措施 (醒目提醒動畫)</p> <p>洩漏處理方法 (SDS 第六項畫面)</p> <p>安全處置與儲存方法 (SDS 第七項)</p> <p>不相容物—強氧化劑 (字出現, 打叉)</p> <p>物理及化學性質 (SDS 第九項畫面)</p>	<p>審核 SDS(注意 SDS 文字、內容缺項與日期等)及相關資料檢視人員訓練、廠區設施是否足夠預防危害發生與緊急應變出現倉儲區危害預防與應變設施圖片(含說明)</p> <p>參考相關法規</p> <p>職業安全衛生法 6-7 10</p> <p><u>職業安全衛生法施行細則</u> 第 15 條 第 16 條</p> <p><u>有機溶劑中毒預防規則</u> 第 6 條 第 9 條 第 13 條</p> <p><u>特定化學物質危害預防標準</u> 第 15 條 第 16 條 第 17 條</p>
--	---	--

	<p>閃火點：12°C 爆炸界限：2%~12%（醒目提醒動畫）</p> <p>安定性及反應性（SDS 第十項畫面）</p> <p>應避免狀況：熱、火花、靜電、引火源、光 （醒目提醒動畫）</p> <p>毒性資料（SDS 第十一項畫面） 第3類易燃液體</p>  <p>運送資料（SDS 第十四項畫面）</p> <p>日期（SDS 第十六項畫面）</p> <p>轉（有機溶劑庫房場景） 有害性及危險性—</p> <p>（出現防爆電器設備、防爆通風排氣設備、直讀式 氣體偵測器）</p> <p>防護需求—</p> <p>（出現防護手套、呼吸防護具、防護鞋、C級防護</p>	<p>第 18 條 第 20 條 第 21 條 第 31 條 第 33 條 第 36 條</p> <p>危害性化學品標示及通識規則 第 5 條 第 7 條 第 12 條 第 15 條 第 17 條</p> <p>以具易燃性 IPA 化學物質說明 危險性-閃火點、爆炸上下限、 滅火方式、自燃溫度 有害性-急毒性、致癌性、毒性 機制、中毒急救 防護需求-防護措施及防護具 環境控制需求-局部或整體換 氣、密閉環境、溫度限制、禁 水等</p>
--	--	---

衣、化學回收處理設備)

(出現 CO2、化學乾粉、酒精泡沫等滅火措施)

環境控制需求—

(出現嚴禁煙火標語、設備接地)

受測者面前影像出現

1.人員訓練紀錄(安全衛生教育訓練、防災演練等，上課圖片 緊急應變圖片)

安全衛生教育訓練 (圖片)



			<p>防災演練 (圖片 注意著作權)</p>  <p>畫面出現字句 安全設施及監控設備 (打 v) ↓ 人員防護與緊急應變需求 (打 v)</p> <p>回到電腦畫面 (採購申請) 按下核准採購 → 資料送出 (智慧雲端系統) → 編制料號及倉儲位置 (畫面出現一組條碼及有機溶劑房 2 A - 1)</p>	
05	按 B B. 進廠驗	1. 查詢進貨化學品資料熟悉危害預防措施	受測者拿平板或在 PC 前畫面顯示化學品智慧雲系統 點入化學品資料庫系統	

(讓受測者依據之前看到 SDS 有關運送資料之運輸
 危害分類內容判斷運輸車輛應有之危險物品運輸圖
 示)



危害性化學品標示及通識規則
 第 5 條
 第 12 條
 第 15 條
 第 16 條
 第 17 條
 第 20 條

道路交通管理處罰條例第 29 條
 道路交通安全規則第 84 條

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

高公局/行車指南/危險物品運送管
 制事項
 公共危險品相關法規

毒性化學物質標示相關法規

2.化學品入廠進料

1. 出現碼頭區及暫存區全景，受測人員走入碼頭區，環視角度看碼頭區各分區設施是否完善（草圖）**地上加獨立溢流溝**出現有機溶劑（易燃區）畫面（中央），周邊出現相關設施（防爆燈、一般插座、工業用電扇、ABC乾粉滅火器、應變器材櫃、防爆局排、防爆堆高機）由受測人員挑選
一般插座、工業用電扇 打 x 去掉 才能繼續
(錯誤時給與燃燒爆炸畫面)
2. 貨車到達畫面出現2台貨車經過警衛室(示意圖)，**車旁浮現貨單、人員證照後放行通過**

道路危險物品運送人員訓練證明書	
證照號碼	B100168
姓名	平安
出生日期	680816
住址	台中市南區通國北路一段 110 號
警政日期	1040909
警政單位	治安協會
警政單位	治安協會
印製號碼	1100909
本訓練證明書應隨車攜帶	

貨單

受測者觀看碼頭區應有消防及緊急應變防護設施是否合適
場景
可分區看設施
例如易燃易爆區是否出現非防爆電氣設施
先查對司機合格證、車身標示、貨單、SDS、化學品標示
(載運危險物品車輛應隨車攜帶通行證、運送計畫書、人員訓練合格證、安全資料表、罐體檢驗合格證明書等相關文件。
裝載危險物品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)，左、右

		<p>受測人員查看化學品包裝，需有危害標示（含危害通識及危險品運輸，如草圖）</p> <p>畫面出現上述資料缺少即為不合格，不能進場（浮現字句）</p> <p>資料缺少即為不合格 退運(文字說明)</p> <p>第一台貨車 IPA：1 加侖塑膠桶，4 桶／紙箱，1 2 箱／棧板，紙箱包裝 IPA：5 0 加侖鐵桶，4 桶／棧板 TMAH：2 0 公升塑膠桶，1 6 桶／棧板</p> <p>第二台貨車 HF：5 0 加侖塑膠桶，4 桶／棧板 1 加侖塑膠桶，4 桶／紙箱，8 箱／棧板</p> <p>人員上堆高機</p> <p>↓ 將化學品分別載運到暫存區(分別標示酸、鹼、有機機、禁水等) ↓</p> <p>卸貨後，開始清點、驗收(驗貨)、貼 barcode 一箱</p>	<p>場景 卸貨後，開始清點、驗收、貼 barcode 一箱一桶核對品名、標示 (同一棧板內含不同化學物質，需要一一核對分類) 核對記錄並貼上 barcode</p> <p>所有危害標示皆可放大檢視</p>
--	--	--	---

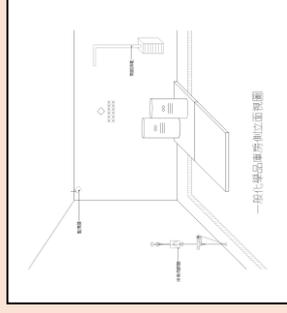
07	選項 2 進入	按 A 各種主要化學品	<p>一桶核對品名、標示 (所有危害標示皆可放大檢視)</p> <p>核對記錄並貼上 barcode (旁白說明)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 化學品進廠點驗貨可搭配紙本紀錄逐項核對 2. 碼頭暫存區化學品應在當天入庫房 3. 待驗貨之化學品應移入室內暫存區並分類置放 <p>場景動作: 入庫</p> <p>出現 2 個棧板 8 桶 50 加侖化學物質 (6 桶 49%HF、1 桶 60%HF、1 桶 35%HCL)</p> <p>人員需要一一核對品名與規格</p> <p>點選危害標示皆可放大檢視</p> <p>詢問現場 49%HF 有幾桶?</p>	<p>案例:</p> <p>於本所 105 年化學品資料庫建置計畫到園區事業單位訪視時，發現不相容化學品置入同一庫房，原因就是為落實逐一清點核對步驟。</p>	化學品倉儲安全設施介紹(現場設施圖片)
----	---------	----------------	--	---	---------------------

化學品入
庫倉儲

A. 各種主
要化學品
倉庫及相
關設施介
紹

B. 入庫

倉庫及相關設施
介紹



場景

大走廊單側各有不同分類之化學品儲存室
走廊牆壁有監控系統機台、緊急應變設施櫃與緊急
沖淋裝置等
緩步走入可看到不同門(有門禁管制)有各分類化學
品
(標示 暫存區、共用化學品、有機、禁水、毒性
區)以及對應危害標示與 SDS 資料夾

旁白說明

選擇一般化學品庫房(HF TMAH 分區入庫存
放)、有機溶劑庫房(IPA 入庫存放)

檢視儲存室內配備(畫面瀏覽局部放大)

防溢設施

參考

職業安全衛生設施規則

- 108 條 高壓氣體
- 109 條 高壓可燃性氣體
- 110 條 毒性高壓氣體
- 188 條 易燃液體之蒸氣等
- 191 條 異類物品接觸

危害性化學品標示及通識規則

- 第 5 條
- 第 7 條
- 第 8 條
- 第 9 條
- 第 11 條
- 第 12 條
- 第 15 條
- 第 17 條

			<p>防爆設施 直讀式設施 監控設施 局排或整體換氣 消防設施</p>	
<p>按 B 入庫</p>	<p>入庫及倉庫場景</p>	<p>場景 人員到有機暫存區且穿戴基本防護具 面罩 防護手套 防護鞋 護目鏡 帶防爆對講機</p> <p>不同類型與包裝之化學品分區堆放</p> <p>人員到暫存區刷 barcode 確認品名、規格、標示及 儲存位置 ↓ 在 4 桶 50 加侖 IPA 需要入庫 ↓ 注意固定牢固與相容性 此時警示聲響起 畫面出現 檢查事項 1. 需檢視是否有不相容物質一起運送 2. 化學品需固定牢固 受測者需環繞化學品作檢視與包裹動作</p> <p>準備要開堆高機()</p>	<p>化學品旁 刷 barcode 出現資訊(小畫面 有品名 濃度基本資料)</p> <p>暫存區場景 包裝有 50 加侖 4 桶 3 堆 在棧板上 旁邊有 50 加侖數桶</p>	<p>http://web.ntnu.edu.tw/~49270304/32/chemic.htm</p>
<p>08</p>				



(參考圖 人員防護 化學品容器加包膜)

**搬運過程中
意外緊急處置**

A. 易燃性 IPA 50 加侖桶於堆高機(Ⓡ)運送中傾倒破裂外洩，可能引起火災
受測人員如何應變處置 (改文字敘述)

1. 緊急通報 ERC 啟動應變程序
2. ERC 人員穿戴防護具(到應變器材櫃)
3. ERC 人員消防設施警戒
4. ERC 人員吸液棉與回收桶(畫面溢流溝亦發揮功效阻止洩漏面積擴大)



桃園林口某化學公司廠房內堆積大量且複雜的化學藥品及原物料，並無適當儲存容器與分類場所，導致堆高機操作失誤，戳破有機溶劑儲存桶，引發一連串的火災爆炸事故發生，整個廠房付諸一炬。

場景(參考以往案例)
若搬運不當會造成容器損毀、滲漏、毒性物質外洩、產生反應毒性物質或爆炸起火等人員取用現場之緊急應變器材進行正確處置

情境:
易燃易爆化學品滲漏可能產生火災

危害性化學品標示及通識規則

- 第 5 條
- 第 7 條
- 第 9 條
- 第 11 條
- 第 12 條
- 第 15 條
- 第 16 條
- 第 17 條



文字說明

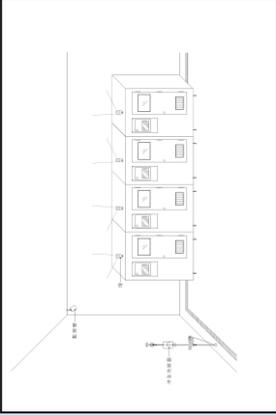
↓
處置完成 解除現場狀況，排除破損容器

↓
重新運送新 IPA 到儲存區外
核對庫存區、標示、SDS 文件夾
(眼睛看到畫面感覺 有品名 濃度基本資料)

↓
進入庫房、放置定位核對現場標示
(牆上或移動立牌)品名

↓
環視相關設施是否完善
(同前段庫房場景)

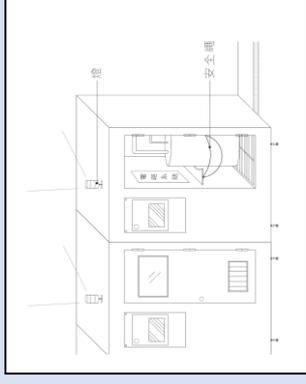
<p>選項 3 進入化學品領料提出申請與領料</p>	<p>按提出申請與領料</p>	<p>產線提出化學品領料需求 (電腦前 key in 動作) ↓ 品名、數量、規格(電腦畫面 key in) 25% TMAH 50 加侖 1 桶； 49% HF 1 公升 ↓ 系統查詢—儲存位置(XX 區 XX 位)、SDS (要有點取動作) (代表瞭解防護需求 危害特性) ↓ 瞭解適當防護具、分裝容器(或運送器具) 直接問 TMAH 和 HF 是否可一起運送 是 否 (不相容化學品不能同時運送) 強鹼(TMAH)和酸(HF)不相容 A. 大量或完整包裝領取:25% TMAH 50 加侖 1. 穿戴適當防護具 出現 A 級防護衣、C 級防護衣、面罩、防護手套、防護鞋、呼吸防護具、化學護目鏡、粉塵護目鏡 供選擇 點選正確物品直接閃亮後上身分 選擇錯誤 直接警報聲 打 X</p> <p>場景轉一般化學品庫房</p>	  <p>上網申請(或用紙本) 系統查詢—儲存位置、SDS (要點) 一定要點 SDS HF TMAH 瞭解防護需求 危害特性 場景 大量或完整包裝提領動作如左 依 SDS 內容選擇 防護衣、手套、防護鞋、面罩、呼吸防護具等</p>
----------------------------	-----------------	--	---

	<p>庫房領取化學品</p> <p>↓</p> <p>領取化學品(要有核對動作) 刷 barcode, 確認品名、規格、危害標示 畫面出現品名、規格、規格、危害標示</p> <p>使用適合之運送器具 圓桶運輸車 有推動之動作</p> <p>↓</p> <p>場景轉供應室</p> <p>供應室畫面(背景有安全設施畫面) 各種獨立輸送化學品供應系統機台 上有品名規格與危害標示和 barcode</p> 	<p>穿戴適當防護具與運送器具</p> <p>職業安全衛生法 6-7 10</p> <p>職業安全衛生法施行細則 第 15 條 第 16 條</p> <p>危害性化學品標示及通識規則 第 16 條 第 17 條</p>  <p>供應室 化學品供應系統</p> <p>危害性化學品標示及通識規則</p>
--	---	--

第 5 條
第 9 條

2004 及 2007 年氫氧化四甲基
銨」 Tetramethylammonium
Hydroxide, TMAH) 在台已造
成三人死亡，從接觸該毒物到
死亡僅半小時。TMAH 可經皮
膚吸收造成呼吸抑制，致死性
很高使用應提高警覺。

<https://www.cooloud.org.tw/node/5510>



上方應有垂直管線於桶子上方直達接近屋頂
管線上需有相關標籤(流向 物質 危害區分顏色)

狀況 1

供應室幾台機台標示不同 需核對

50 加侖桶品名相同但機台使用濃度不同、需要再
次核對找到對的位置

錯誤會有警報聲

TMAH 25% ;TMAH 2.38%

狀況 2.

換桶過程中，先停止機台(按鈕 壓力表歸零)洩壓
甚至排除管中化學品，動作為待換桶機台上有開關
及壓力表，受測者需轉動後壓力表歸零才能拆管線

將待換桶移出更換新桶後
安裝管線

動作一

若受測者管線未安裝妥當，門未關即啟動 TMAH 噴至身上，受測者需立即按下緊急停止開關(連動機台上警報器與應變中心)警報聲響起，受測者移動至緊急沖淋裝置沖洗外層防護衣(具)，脫除受汙染衣物持續沖洗(文字說明)。

緊急應變處置人員穿戴防護具與應變器材隨後到達後依 SOP 處理 TMAH 外洩，協助受噴濺人員除汙和生命徵象觀察(文字說明)

動作二

若有依步驟完成確認後關門，按開關由門外觀看壓力表到操作範圍後完成。

旁白說明:

若受測者直接拆管線則液體噴濺，若有適當防護具且穿戴正確與除汙過程完整，未直接接觸 TMAH，平安無事)，若防護具不恰當則需除汙後維持呼吸功能為首要，並後送醫院。

說明)

動作二

操作適當



原大瓶包裝 標示取料日期

放回供應室暫存區

(抽氣式藥品櫃 上貼酸性化學物質)

分裝之化學品以適當器具運送(如不銹鋼提籃)

少量分裝領取動作如左
依 SDS 內容選擇
C 級防護衣、手套、防護鞋、
面罩、呼吸防護具等
穿戴適當防護具與分裝容器
在合適之操作檯面
(抗腐蝕、局排設施)
與穿戴適當防護具



10	訓練紀錄		後台管理 個人可紀錄成果(暫定) 供個人與事業單位參考	
11	結束畫面			

第六節 教育訓練工具之 3D 虛擬物件及場景設計與製作

蒐集化學品進料及領料作業之實拍影片、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，經計畫評審會議要求採用 HTC VIVE™ 系統，在建置上會配合所需模型面數，達到不失真的作法。因此在細節上會強化貼圖材質的擬真度，採用拍攝實物表面材質或物件供應商網路資料作為 3D 貼圖素材，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(圖 8)。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:化學品容器、化學品管線、卸料區、桶裝搬運組件、人物、儲存區 3D 虛擬物件、入料清點工具、進行標準作業程序、領料程序等虛擬實境 3D 虛擬物件與場景等。

場景

名稱：共用庫房區(酸鹼分區)



名稱：有機庫房



圖 8 化學品 3D 虛擬物件及場景模型圖

第七節 製作完成虛擬實境技術教育訓練工具

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、火災、噴濺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。圖 9 為化學品虛擬實境技術之教育訓練工具應用程式運作畫面部份擷取圖，本系統操作內容，建構以下各項內容：

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确執行方式。

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，先進入配戴個人

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。

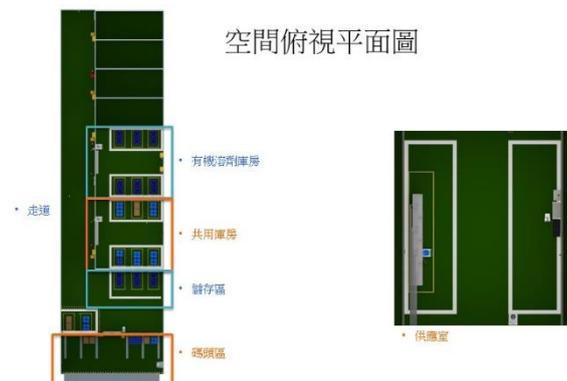
個人安全防護器具選單物件如下：

- (一) 眼睛與臉的保護：安全眼鏡、護目鏡、面罩
- (二) 呼吸防護具：淨氣式呼吸防護具、供氣式呼吸防護具、複合式呼吸防護具
- (三) 手部安全防護：橡膠手套
- (四) 防護衣：C 型防護衣、簡易型防護衣

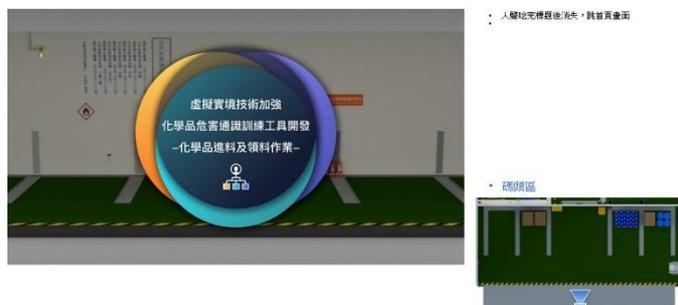
五、完整的危害資訊

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，與說明。

完整之 VR 物件、畫面內容與測錄影片請詳見隨附之光碟片。



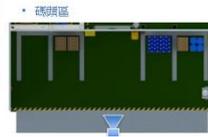
標題0-1



首頁0-2



- 選擇單元：進料、入庫、領料 (有音效)



首頁0-3 0-4



- 訓練成績：三個單元訓練完成，會顯示學習分數 (有音效)。任一單元沒完成，會提示須完成三個單元 (有提示)



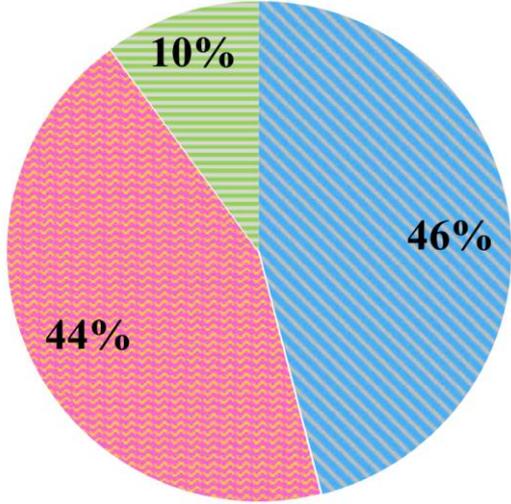
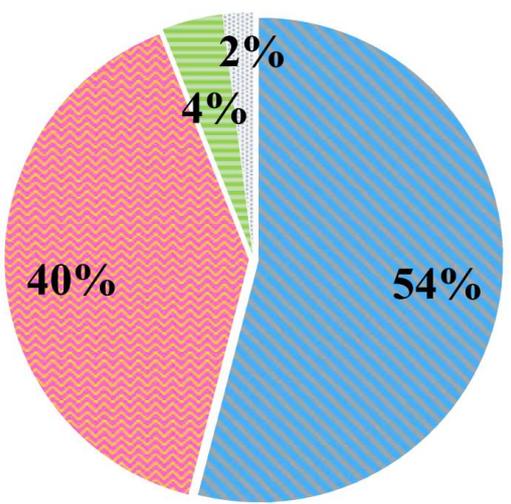
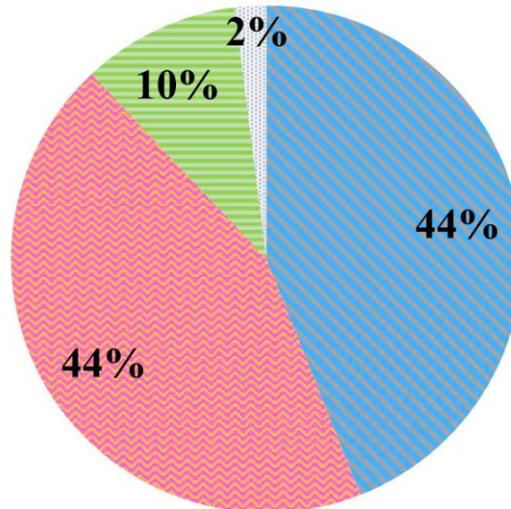
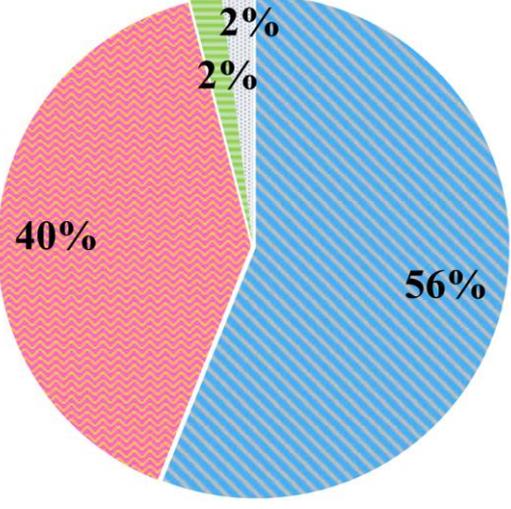
圖 9 化學品虛擬實境技術之教育訓練工具應用程式運作畫面擷取圖

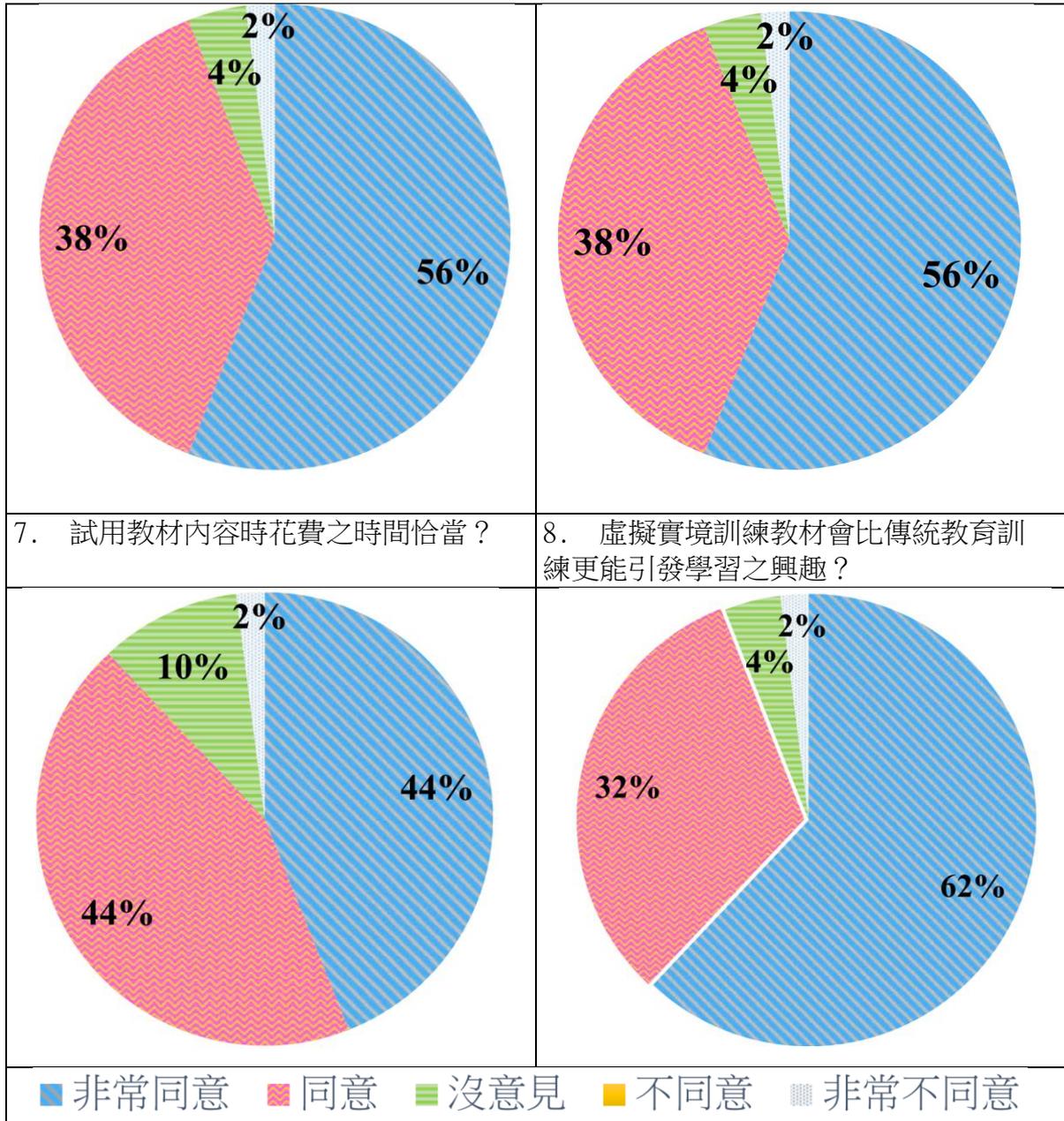
第八節 虛擬實境技術教育訓練成效驗證

本研究於南部科學園區管理局辦理 2 場傳統教育訓練及虛擬實境技術之教育訓練各 2 小時，主要針對事業單位內實際從事於化學品處置及管理相關作業之人員，這些參與人員 64%已經完成法定的一般化學品危害通識教育訓練。於本案實施虛擬實境教育訓練前後，本研究以問卷進行教育訓練工具成效與可行性驗證，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。邀請事業單位化學品相關作業人員(職安、廠務與倉管等)，驗證工具成效與可行性並收集訓練回饋 50 人，同時設計有關此次虛擬實境技術之教育訓練內容與危害性化學品通識有關之前測與後測問卷(表 8)，評估此工具之效果。相關施測結果列於表 10 與圖 10。

表 10 虛擬實境技術加強化學品危害通識教育訓練問卷統計

一、基本資料				
1. 性別	男	52%	女	48%
2. 年齡	20-30	20%	31-40	66%
	41 以上	14%		
3. 公司類型	積體電路	8%	光電	36%
	精密機械	2%	生物科技	24%
	創新創業	2%	其他	28%
4. 工作類型	勞安	64%	廠務	0%
	倉管	16%	生產線	4%
	其他	16%		
5. 工作年資	0~5	36%	6~10	30%
	11~15	30%	16 以上	4%
6. 專業證照	乙安	24%	甲安	12%
	甲衛	26%	其他(含無)	38%
7. 一般安全衛生教育訓練時數	0 小時	24%	3 小時	10%
	6 小時	18%	6 小時以上	48%
8. 危害性化學品通識教育訓練	是	64%	否	36%
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的概念？		2. 教材內呈現的 3D 虛擬物件及場景，具高度真實感？		

	
<p>3. 教材內容流暢度，合乎需求？</p>	<p>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？</p>
	
<p>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？</p>	<p>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？</p>



由表 10 關於虛擬實境訓練教材試用意見回饋之分析可以看到，高達 9 成以上之人員對於本次開發之虛擬實境訓練教材皆持非常正面之贊同態度，然而在建議事項中有人提到希望盡快由政府機關釋出本套教材，但也有人認為導入之設備經費與同時使用人數限制將會使本套教材推廣有所滯礙。此外，在危害性化學品通識之認知檢測結果顯示(如圖 10)，在前測與後測之差異比較方面可以看到第 3,4,5,7,8,9 題因訓練教材有配合情境、場景與說明，不論之前是否接受過一般危害通識教育訓練，受測者整體而言都有比接觸虛擬實境教材前有明顯提高答對比例，雖然一般傳統性的知識性教學重複

多次訓練，也能夠提升訓練成效。但是結合虛實之間，應用沉浸式虛擬實境的體感技術，更能夠加深經由虛擬實境訓練教材訓練過後實際操作及處置作業的成效，受測者經由虛擬實境訓練教材訓練過後的確提昇了化學品危害通識認知程度，對於事業單位化學品安全管理的提升是有所幫助。

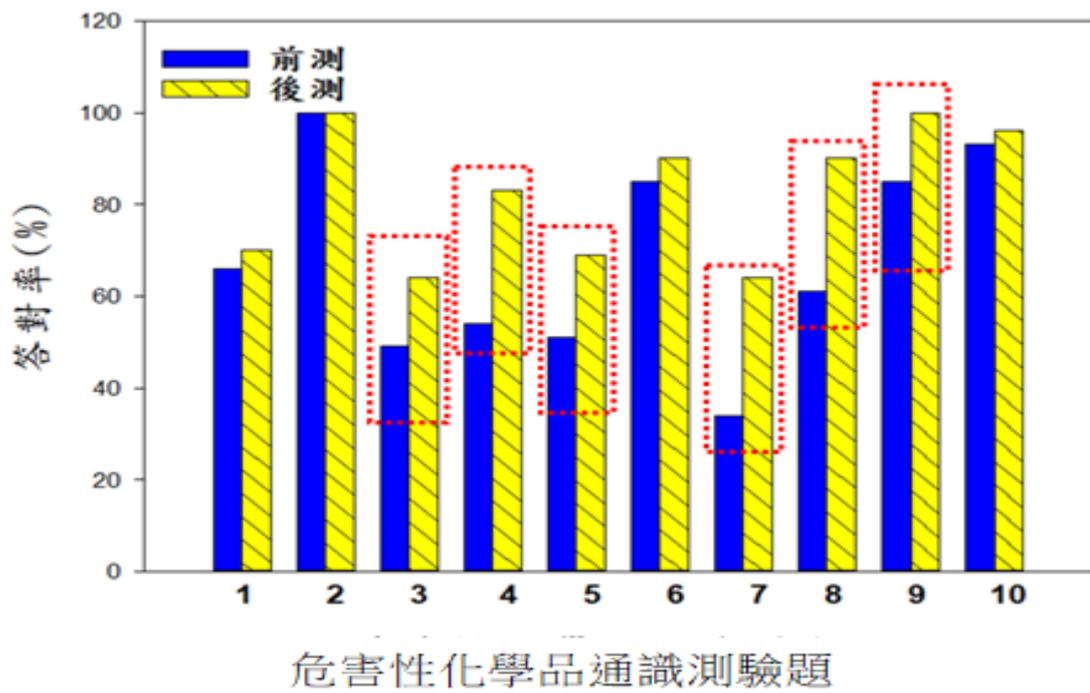


圖 10 危害性化學品通識之認知改善檢測

第五章 結論與建議

第一節 結論

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的課堂式的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。未來我們將依研究進度陸續完成各個不同單元的化學品虛擬實境教材，以強化事業單位化學品使用、處置及管理人員的化學品危害通識及化學品安全管理能力。本研究已經完成的工作如下：

一、選擇人員接觸化學品最頻繁的進料及領料作業製作虛擬實境教育訓練教材

本研究首先選擇針對化學品管理人員或使用人員，經常遭遇的情境化學品進料及領料作業來進行教育訓練工具設計，共發展出化學品進料、化學品入庫倉儲、化學品領料等 3 個情境的虛擬實境教育訓練教材。

二、彙整法規文獻及案例資料，經專家指導編製腳本

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，依據國內化學品相關法規、職災案例、標準作業程序流程之文獻進行教育訓練教材探討，並與三個科學園區工安勞檢單位、園區自願參與計畫之事業單位安衛主管，以及多位具豐富現場訪視經驗專家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化學品入庫、儲放與領料等標準作業程序流程與安全管理之教材與腳本，完成 3 項虛擬實境技術之教育訓練工具，提供給事業單位應用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。

三、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

針對化學品進料及領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。全程不僅可完成計畫需求目標，更能讓不同領域之專業人員，透過研究團隊工作會議、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。

四、完成化學品進料、化學品入庫倉儲、化學品領料等 3 個虛擬實境教育訓練工具

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，均經過檢查、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。

五、本研究辦理 2 場教育訓練，並實施前測與後測問卷，以驗證工具成效與可行性

問卷結果顯示，本研究之虛擬實境訓練教材在提升化學品安全管理的概念、教材內呈現場景的真實感、教材設計達到學習的目的、加深化學品危害認知的效果、引發學習之興趣等等問項，受測者回答滿意者均超過 90%以上，符合研究預期成果。

六、建構化學品安全管理學習、教育訓練與評量之新體驗

本計畫所產出之虛擬實境化學品危害通識教育訓練培訓方式，可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。

第二節 建議

一、本研究就一般化學品管理人員或使用者，最經常或是最初接觸化學品時最可能情境，化學品進料及領料作業來進行教育訓練工具設計，希望能協助人員在接觸化學品之前，就知道如何正確處理化學品。未來的研究，將結合一般數位影像科技及虛擬實境技術，規劃開發一系列的數位化化學品危害通識教育訓練課程，像是危害性化學品標示及通識規則基礎課程、槽車與儲槽灌裝作業、批式反應器進料作業、桶槽加料作業、溶劑桶充填作業、分裝使用作業、化學管線維護保養作業、化學儲槽維護保養作業、化學廢液廢棄物處理作業、槽底污泥清除等，以完整導入化學品生命週期各階段之數位及虛擬實境技術教材，提升事業單位化學品教育訓練成效。

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/AR/MR 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、未來可朝向特定作業與通用作業兩種模式推行，例如晶圓產業、光電產業、化工製程、化學材料、生物科技、印刷電路板等皆有其特定製程與高風險製程，可經由與業界或同業公會合作開發客製化 VR/AR/MR 教材，而針對常發生職災或健康危害之製程則可依其風險高低與從業人數依序開發通用規格之 VR/AR 教材。
- 四、應用電腦資訊化、物聯網、智慧網路協助管理化學品是時代潮流的趨勢，也真的可以大幅提升管理的效率及正確性，使事業單位可以就各自的規模、性質及操作能力，儘可能採用或部分採用。未來更可以擷取適當之工作流程及場景，加入物理回饋裝置以增加真實感。

第三節 研究限制

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，故本案的程序可能和事業單位現行程序略有不同。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。

誌 謝

本案研究參與人員中山醫學大學職業安全衛生學系巖正傑教授、徐櫻芷同學、王瑞欣同學，謹此敬表謝忱。

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] Vilchez, 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] http://toxicdms.epa.gov.tw/Download/_Download.aspx
- [7] Paul A. Erickson Emergency Response Planning: For Corporate and Municipal Managers, Academic Press, 1999, San Diego, CA, USA.
- [8] David F. Brown, 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] 李政憲，”全球化學品管理趨勢-國際化學品管理策略方針(SAICM) 與 2006 杜拜宣言”，2007 年。
- [12] 李政憲，”國際職業安全衛生新趨勢-化學品安全管理新發展”，工安季刊，66 期，2008 年。
- [13] 劉立文，高科技行業使用新興材料職業衛生危害性調查研究，勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH97-H305，2008。
- [14] “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

- [15] EU REACH 2007, Technical Guidance Document for Dossier and Substance Evaluation (RIP 4.1/4.2), European Commission.
- [16] 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
- [17] 105 年災害防救白皮書
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
- [18] 106 年災害防救白皮書
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
- [19] 中小企業常見潛在危害系列-化學品危害預防
<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=19&type=2&id=696> 中小企業安全衛生電子報第十五期勞動部職業安全衛生署
- [20] 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
- [21] 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。
- [22] 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
- [23] 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。
- [24] 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.
- [25] Edgar D. 1969“Audio-Visual Methods in Teaching, 3rd Edition”, Holt, Rinehart, and Winston.
- [26] Felder , R. M. and Silverman L. K.1988 "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", Journal of Engineering Education, 78(7), 674-681.

- [27] 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.
- [28] 中小企業安全衛生電子報第四十一期
<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=54&type=2&id=1712> 勞動部職業安全衛生署
- [29] 郭金鷹、洪肇嘉、廖光裕，台灣化學品管理現況及未來展望，2011. 區域與環境資源永續發展研討會
- [30] 經濟部標準檢驗局，CNS 15030Z1051 化學品分類及標示—總則，2015。
- [31] VR 培訓技術 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
- [32] 蘇文源 有機溶劑處理作業之靜電危害防制 勞動部勞動及職業安全衛生研究所 104 年4 月。
- [33] 職災案例 <https://www.osha.gov.tw/1106/1196/10141/10157/?Page=2&PageSize=10> 勞動部 職業安全衛生署
- [34] 中小企業安全衛生電子報第三十四期
<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=46&type=6&id=1528> 2015 勞動部職業安全衛生署
- [35] 內政部爆炸災害防救業務計畫 中央災害防救會報第 36 次會議核定 106 年 5 月 11 日
- [36] 中小企業安全衛生電子報第二十期，
<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=29&type=6&id=960> 2013 勞動部職業安全衛生署
- [37] 工作用心、健康安心--原住民職業災害預防手冊 96 年 12 月 勞動及職業安全衛生研究所
- [38] 職場「溴丙烷」容許暴露標準建議值草案文件
<https://www.mol.gov.tw/announcement/2099/25765/> 105 年 6 月

[39] 中小企業安全衛生電子報第三十五期

<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=47&type=6&id=1538> 勞動部職業安全衛生署

[40] <https://news.tvbs.com.tw/life/894433> TVBS

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

應用虛擬實境技術加強化學品管理研究 / 劉立文,
巖正傑著. -- 1 版. -- 新北市 : 勞動部勞研
所, 2019. 06

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-9731-8(平裝)

1. 職業衛生 2. 環境衛生

412.53

108012016

應用虛擬實境技術加強化學品管理研究

著(編、譯)者: 劉立文、巖正傑

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 108 年 6 月

版(刷)次: 1 版 1 刷

定價: 450 元

展售處:

五南文化廣場

台中市區中山路 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: 1010801868

ISBN: 978-986-05-9731-8

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 978-986-05-9731-8



9 789860 597318

GPN:1010801868

定價：新台幣450元