

# 大專院校化學實驗室火災爆炸潛在危害研究

## Investigation on the fires and explosions in chemicals-related university laboratories

林家緯、郭勇志\*、郭書豪

國立中正大學化工系

吳鴻鈞

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

### 摘要

本研究目的在於分析大專院校使用化學品實驗室發生火災、爆炸的原因，並探討相關法令的適用性，期望對大專院校使用化學品的相關安全法令和規範提出實質的建議。在研究步驟中，先收集國內外大專院校使用化學品實驗室相關災害的案例，並分類災害類型。建立「適用大專院校使用化學品實驗室安全規範藍本」，以此藍本複檢案例，並整合法令分析之結果，探討大專院校使用化學品實驗室操作及貯存安全守則，提出「大專院校使用化學品實驗室安全稽核表」。

關鍵詞：爆炸、使用化學品實驗室、法令、燃爆特性、稽核表

### 一、簡介

在使用化學品實驗室內必陳列各式各樣化學藥品與警示標誌，這景觀暗含「潛在危險」的訊息。國內外近幾十年來使用化學品的實驗室常因各種因素而產生化學品外洩或失控反應，以致於釀成劇烈燃燒的火災、規模不小的爆炸和有毒氣體外洩，而災害往往造成人員的死亡或傷害、實驗室財物的損失及環境的長久污染。因此，對使用化學品實驗室而言，有關危害性化學品[1,2]的使用、儲存與操作過程的安全考量，以及設計緊急應變與規劃，可說是相當實際

的問題。如今，使用危害性化學品為實驗原料和樣品的實驗室，早已十分普遍存在於各級學校及工業界中，使用危險性化學品的實驗室愈多，意味著發生事故的可能性越高，而且針對目前國內因地狹人稠而導致實驗室內安全距離普遍不足的現況，如何訂定一個適用於國內情況的公安準則，則是目前的重要課題。

實驗室常用的化學品種類繁多，其性質範圍也相當廣，其中無論是對生物具威脅性的化學品，或具有強反應能力的化學品皆不在少數，而這些化學物質對於實驗研究的價值甚高，也對於科技的精進與人類生活品質的提昇有相當大的影響，事實上，經由眾多化學實驗原料所開發出來的化學產品與材料，使得近幾年人類無論是在特用化學品、醫學應用或生物科技上都突飛猛進。而危險化學品長久以來亦是許多化學災害的肇事者，經常在使用及貯存過程中發生火災、爆炸[3,4,5]。

引發實驗室化學災害的原因分為兩類：天然災害的化災與人為因素的化災。前者是由於天災造成實驗室安

全條件破壞而產生，例如：地震易造成化學品傾倒而產生激烈反應，也可能使儲存容器毀壞而引起化學品外洩，再者颱風豪雨也易造成實驗室積水，使化學品快速反應並外洩。後者則肇因於操作人員對化學品本身性質的不了解，以致於準備不週和錯誤判斷，或者操作人員於使用儲存化學品過程中的不當操作、疏忽和未定期檢視安全條件。

若將上述事件以相同的條件放大規模，例如在大規模生產的實際工廠中，此類化災所造成的人員死傷、生產設備損失、自然環境破壞都將遠甚於實驗室化災所造成的不良後果，例如：1974年6月英國傅立克斯鎮的尼龍原料廠因修改管線設計錯誤和過多囤積的易燃化學品，而發生蒸氣雲爆炸[6,7,8]。1989年10月美國帕薩丁納市高密度聚乙烯(HDPE)工廠因維修管理不佳，導致化學品外洩而發生蒸氣雲火災爆炸[6,7,8]。1998年1月高雄某人造纖維聚酯廠因於乙二醇蒸氣冷凝器內發生半成品(對苯二甲酸和乙二醇反應之高分子)阻塞而發生爆炸。1997年12月中油大林煉油廠正為一座已停用兩年多的冷凍液化石油氣儲槽進行漏氣檢修前

置作業時，由於施工不慎而發生氣爆。1998年4月高雄縣仁武鄉南亞塑膠廠內製造塑膠的仁四廠，因系統故障而引發大火竄出濃煙。1996年10月桃園縣蘆竹鄉某樹脂塗料公司因過氧化丁酮反應槽冷卻速度不夠或加料不慎而發生了小爆炸，然後廠房發生火災[9,10,11,12]。因在種種防護之下，爆炸案卻仍層出不窮，所以探究過去的眾多案例，並研究法令規範的補強是十分重要的。

## 二、研究方法

本研究研擬更適當的預防措施，以期降低危險性化學品災害的發生機率與化災損失，預定完成之工作項目及成果包括：

1. 收集並分類國內外大專院校使用化學品實驗室的相關災害案例。將取得的案例分類製成災害發生源與案例對照的表格和爆炸類型與案例對照的表格。
2. 彙整「適用大專院校使用化學品實驗室的安全條文與規範」和「適用大專院校使用化學品實驗室的安全檢查項目」，建立「適用大專院校使用化學品實驗室安全規範藍本」，以此藍本複檢案例並將案例複檢結果製成「適用大專院校使用化學品實驗室安全規範藍本」與燃爆災害案

例對照的表格。

3. 依據「適用大專院校使用化學品實驗室安全規範藍本」和燃爆實驗數據編製「大專院校使用化學品實驗室安全稽核表」[13,14,15,16]，將完成的稽核表初稿與對此初稿相關意見的問卷郵寄至各大專院校使用化學品的實驗室，再以電話訪問追蹤以此稽核表初稿的稽核結果，並依此結果建立大專院校使用化學品實驗室與稽核項目對照的稽核成果表，最後以此表檢驗和修正初稿，提出更具使用性的稽核表。

## 三、結果與討論

本研究的相關案例與文獻，除了由行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所的災害案例取得之外，並且透過教育部環保小組獲得有關大專院校曾發生過使用化學品實驗室的災害報告。搜尋的資料包含如台灣大學、中正大學(圖 1、圖 2)、中興大學(圖 3)、交通大學、成功大學、中山大學、海洋大學、師範大學、台北醫學院、慈濟大學、雲林科技大學、遠東技術學院等等相關實驗室的災害案例 17 例之外，並收集 15 個國外大專院校使用化

學品實驗室的火災爆炸案例，為了要清楚分析上述災害案例的細節，本研究將搜尋到的 32 個案例以發生日期、災害類型、人員傷亡、財物損失和發生原因幾個元素與災害案例對照製成分析表。最後將取得的案例分類製成爆炸類型與案例對照表、火災類型與案例對照表和災害發生源與案例對照表。在爆炸類型與案例對照表中，整合國內外案例依物理爆炸、化學爆炸、物理化學爆炸三種常見的爆炸類型製成圓餅圖，發現在化學品實驗室發生的爆炸，90%屬於化學爆炸，顯示出化學物質的管理對爆炸災害發生有不可忽視的影響力(圖 4)。在火災類型與案例對照表中，依普通可燃物引起的火災、可燃性液體和可燃性氣體引起的火災、電氣設備引起的火災、可燃性金屬和其合金引起的火災四種常見的火災類型製成圓餅圖，發現國內火災的類型近 60%為電氣火災，而可燃性液體引起的火災則佔 30%，國外 90%為可燃性液體引起的火災，而無電氣火災，顯示國內相較於歐美國家對於電氣安全較不重視，必須加以注意(圖 5)。在災害發生源與案例對照表

中，依意外災害發生的原因可分為三大類：化學品管理過程不當、機械或儀器走火、天災，其中化學品管理過程不當包含：化學品儲放過程不當、化學品操作過程不當、化學品運送過程不當和化學品廢棄過程不當四個部分，發現國內災害的發生源 52%為機械或儀器走火，而國外機械或儀器走火只佔 6%，顯見國內對於機械或儀器的規範檢查不足，亦缺乏定期保養維修的觀念。化學品的管理方面，儲放不當國內有四件而國外有三件、操作不當國內有三件而國外有十一件、廢棄不當國內有一件而國外有三件(圖 6)。

本研究共收集"危險物及有害物通識規則、毒性化學物質管理法及其施行細則、消防法及其施行細則、特定化學物質危害預防標準、有機溶劑中毒預防規則、高壓氣體勞工安全規則、勞工安全衛生法、勞工安全衛生法施行細則、勞工安全衛生設施規則、勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法、勞動檢查法、勞動檢查法施行細則"等十四項法令規範，並逐條探研，將非關於安全規範的條文過濾除

去，刪除不適用於大專院校使用化學品實驗室的條文，整理出的適用參考的條文，再依類似且相關的條文予以合併整理出「適用大專院校使用化學品實驗室的安全條文與規範」共 133 條。

本研究參考勞委會勞動檢查所依據勞工安全衛生法及其施行細則而針對大專院校各種實驗室製作的自動檢查表，並將範圍適用於大專院校使用化學品實驗室的自動檢查項目適度改寫為「適用大專院校使用化學品實驗室的自動檢查項目」並分類為安全管理措施、學校單位工作場所安全設備措施、危險物及有害物管理、急救個人防護與健康管理、安全衛生教育訓練和事故調查處理制度及緊急應變計畫等六個自動檢查項目，由上述各項規範的內容對照案例發生的細節，整理出需加強的兩個部分：系所實驗室、學校方面。在系所實驗室部分應加強的方向有 7 點如下，1.安全管理：災害統計、承攬商安全管理事項。2.教育訓練-新進人員及入學新生一般安全講習、實施全體人員消防及緊急應變訓練。3.工作安全分析-應增訂實驗

室設施操作標準作業程序及工作安全教導。4.安全檢查-對於電器設施加強維護檢查。5.個人防護具-應定期維護與保養。6.儀器設備自動檢查檢點表應詳實記錄並予以保存三年，備檢查機構查驗。7.危害通識計畫實施並加強危險物之管理。在校部應加強的方向有 2 點如下，1.應結合各院組成稽核小組，不定期至各單位場所實施稽核作業。2.組輔導小組至各系所作自動檢查方案計劃之實施。

本研究在工廠相關規範方面，參考兩家化工廠、兩家半導體晶圓廠和一家光電廠的每日和每週自動檢查表中之各項規範，篩選可套用於大專院校使用化學品實驗室的範圍，將選出的規範項目修改成規模、條件和環境皆適用大專院校使用化學品實驗室的檢查項目製成「參考國內化工和半導體廠適用大專院校使用化學品實驗室的安全規範」共 40 項。並以故障樹分析探討大專院校使用化學品實驗室燃爆案例的發生源，藉以了解發生燃爆事件的危險因子並針對此些因子作防範及規劃。

依據已建立之「適用大專院校使

用化學品實驗室的安全條文與範」、「適用大專院校使用化學品實驗室的自動檢查項目」和「參考國內化工和半導體廠適用大專院校使用化學品實驗室的安全規範」，並按照故障樹分析圖(圖 7)的各項危險因子進行規範，完成適用「大專院校使用化學品實驗室安全規範藍本」分類為安全管理措施(包含訓練和緊急應變)、實驗室安全設備措施、危險物管理、實驗設備安全設計和備註等 5 個大項共 82 條,和「適用大專院校使用化學品實驗室安全稽核表初表」其檢查項目分成相關藥品儲存(包含冷凍藥品櫃和抽氣式)、高壓氣體鋼瓶、沖淋設備、消防設備、安全防護具、電氣儀器設備、加熱設備、鍋爐、排煙櫃(Hood)、相關藥品廢棄、相關危害物管理,如(MSDS、危害物清單)、檢驗整體環境、安全規定、安全訓練、緊急應變及災害防止計畫、意外分析記錄及損失控制、特殊器材(特定化學設備)、緊急避難用出口通道或器具和危險性機械等 19 個項目,且針對發生災害案例的實驗室進行複檢整理成「稽核複檢結果表」,亦將稽核表寄送給數十間抽樣的使用

化學品實驗室,並附上意見回函,依據回函的意見,再一次印證稽核表的實用性。並以電話訪談來印證「適用大專院校使用化學品實驗室安全稽核表初稿」的實用性,訪談對象包含 13 所學校(包含科技大學),共 45 間實驗室,其問題及結果如下:

- 1.您認為本表是否對於貴實驗室進行安全檢查有實質的幫助?  
認為非常有幫助佔 36/45、有幫助佔 6/45、尚佔可 1/45、沒有幫助佔 2/45、完全沒有幫助佔 0/45。
- 2.您認為本表是否對於貴實驗室之安全性有正面的效應?  
認為非常正面佔 37/45、正面佔 6/45、無影響佔 0/45、負面佔 2/45、完全負面佔 0/45。
- 3.是否有任何您認為應增加的檢查項目或檢查重點?  
是,有需再增加者佔 0/45、否,無需再增加者佔 45/45。
- 4.您認為本表之檢查項目或檢查重點是否具體,容易瞭解?  
認為非常具體佔 33/45、具體佔 5/45、尚可佔 4/45、不具體佔 3/45、完全不具體佔 0/45。

5. 您是否認為檢查項目或檢查重點繁雜？
- 認為完全不繁雜佔 5/45、繁雜佔 5/45、尚可佔 4/45、繁雜佔 3/45、非常繁雜佔 0/45。
6. 如果請您為本表打個分數，您會打幾分？
- 打 100 分佔 24/45、打 80 分佔 16/45、打 60 分佔 3/45、打 40 分佔 2/45、打 0 分佔 0/45。
7. 您認為本表有任何的缺點嗎？抑或對於本表有任何的建議嗎？
- 是，認為本表具有下列缺點 1. 內容過於繁雜 2. 說明上不夠清楚 3. 範圍涵蓋太廣佔 3/45、否，認為本表無缺點佔 42/45。

由上述意見和參考故障樹分析圖中的各項危險因子，如欲防止災害的發生，需做到如下三項其中之一：引火源防止、作業環境含危險化學品防止和隔絕空(氧)氣。其中第三項的隔絕空(氧)氣，在實際執行上有困難，成本過高，因此不考慮。第一項引火源防止的部分，需先確認引火源的種類，於大專院校使用化學品實驗室的引火源有下列三種：電氣走火、加熱過程

失控和化學不相容物混合。其中電氣走火的原因包括下列 3 點：操作不當、故障或老舊、地震，本研究研擬出以下檢查要點來預防：1. 操作不當造成，其檢查項目及問題有下列 4 個：(1) 是否有經適當的訓練？(2) 是否熟知儀器設備操作步驟和注意事項？(3) 操作前精神狀況是否足以勝任工作(過於勞累等)？(4) 是否對於操作安全的重要性有充分的瞭解(引起火災爆炸之嚴重性等)？2. 故障或老舊造成，其檢查項目及問題有下列 3 個：(1) 儀器是否有按期保養維修(按廠商交代時間)？(2) 操作前和操作完是否有確認儀器的狀況(電源線、安全裝置等)？(3) 儀器的壽命是否過於老舊？3. 地震造成，其檢查項目及問題有下列 2 個：(1) 儀器是否有適當的安全固定措施？(2) 是否有緊急防護措施？在加熱過程失控的原因包括下列 2 點：操作不當、加熱裝置失控，本研究研擬出以下檢查要點來預防：1. 操作不當造成，其檢查項目及問題有下列 4 個：(1) 是否有經適當的訓練？(2) 是否熟知儀器設備操作步驟和注意事項？(3) 操作前精神狀況是否足以勝任工作？(4) 是否對於操作安全的

重要性有充分的瞭解？2.加熱裝置失控造成，其檢查項目及問題有下列 3 個：(1)儀器是否有按期保養維修(按廠商交代時間)？(2)操作前和操作完是否有確認儀器的狀況(電源線、溫控器等)？(3)儀器的壽命是否過於老舊？在化學不相容物混合的原因則包括下列 2 點：危險化學品管理不當、危險化學品儲存容器設備毀損，本研究擬出以下檢查要點來預防：1.危險化學品管理不當，其檢查項目及問題有下列 5 個：(1)是否備齊所有藥品的 MSDS？(2)是否依照 MSDS 進行藥品的儲存、使用和廢棄？(3)實驗室是否張貼有化學不相容物表？(4)是否對於化學不相容物有充分的瞭解？(5)是否對於化學品管理有適當的訓練或宣導？2.危險化學品儲存容器設備毀損，其檢查項目及問題有下列 3 個：(1)容器洩漏造成：a.容器的材質是否適當？b.容器是否有按期保養維修？c.使用前和使用完是否有確認容器的狀況？d.容器的壽命是否過於老舊？(2)容器管理不當造成：a.是否所有容器皆經安全檢定且備有證明或標示？b.是否備有容器儲放、使用和廢棄的安全

規定？c.是否依照安全規定進行容器的儲放、使用和廢棄？d.是否對於容器管理有適當的訓練或宣導？(3)地震造成：a.容器是否有適當的安全固定措施？b.是否有緊急防護措施？

依據故障樹分析中的各項危險因子針對實驗室中的藥品、儀器設備和環境，寫出內容而便於實驗進行前後 2 3 分鐘完成檢查的「大專院校使用化學品實驗室安全重點稽核表」(表 1)檢查項目為引火源防止和作業環境含危險化學品防止，在引火源防止中包括電氣走火預防、加熱過程失控預防和化學不相容物混合預防，在作業環境含危險化學品防止中包括危險化學品管理不當和危險化學品儲存容器設備毀損。完成之稽核表的實用性驗證，訪談以中正大學化工所為對象做調查，而訪問的結果則一致對於稽核表的內容及效果表示相當滿意。

#### 四、結論

本研究主要在分析大專院校使用化學品實驗室火災爆炸案例的原因，並提出可降低災害發生的預防措施，



根據整理的文獻資料，歸納出下列結論和建議：

1. 建議加強宣導實驗人員配戴或穿著安全防護具(如：實驗衣、安全眼鏡等)的規定，目前國內大專院校對於安全防護具之重要性的認知不足，推廣安全防護具認知和教育，是減少因災害造成人員傷亡的有效方法。
2. 建議加強要求各大專院校使用化學品實驗室建立安全作業程序，並且確實按照程序執行。
3. 建議於檢查法規中增加對不相容化學品在使用、儲存和廢棄的相關規定，並規定大專院校使用化學品實驗室張貼不相容化學品的表格。
4. 對於大專院校使用化學品實驗室之緊急供電裝置，建議設計完整的檢查辦法，包含是否有足夠容量、日常的保養工作和緊急應變。
5. 除本研究彙整之大專院校使用化學品實驗室災害案例外，建議可蒐集各種類型實驗室之災害案例，整合成資料庫供各界查詢參考。

根據上述五點建議，相信可以有有效的預防大專院校使用化學品實驗室火災爆炸案例的發生，並可提供具有

使用化學品實驗室的公司一個參考的價值，以降低國內火災爆炸案利的發生。

## 參考文獻

- [1] Furr, A.K., "CRC Handbook of Laboratories Safety-3<sup>rd</sup> Edition, CRC Press, Boston, ISBN 0-8493-0353-2, pp.252-289 (1990).
- [2] National Research Council, "Prudent Practices for Handling Hazardous Chemicals in Laboratories", National Academy Press, Washington D.C., ISBN 0-309-03128-1, pp.57-153 (1981).
- [3] 張一岑, 「防火與防爆」, 揚智文化事業股份有限公司, 頁 80-125, (1999)。
- [4] 吳鴻鈞, 「過氧化物儲存技術探討」, 勞委會勞工安全衛生研究所, (1998)。
- [5] 孫長春、蕭長青、陳俊瑜, 「氣相氧化製程爆燃失控反應之預防」, 2000年工業安全衛生研討會論文集, 頁, 1-13, (2000)。
- [6] Walls, M.L., "Just What Is A BLEVE", Fire Journal, National Fire Protection Association, Mass., Nov., 46 (1978).
- [7] Shebeko, Y.N., "BLEVE Prevention Using Vent Devices", J.

Hazardous Mat., 50, 227 (1996).

- [8] Birk, A.M. and Cunningham, M.H., "The Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion", J. Loss Prev. Process Ind., 7, 474 (1994).

- [9] 張一岑,「化工製程安全管理」,揚智文化事業股份有限公司,(1995)。

- [10] 易逸波、林正鄰,「失誤診斷在製程安全之應用」,化工技術第三十四期,頁 149-155,(1996)。

勞委會勞工安全衛生研究所,工安警訊,「過氧化物儲存不當,遇熱可能爆炸,導致勞工受傷或死亡」,(2001)。

([www.iosh.gov.tw](http://www.iosh.gov.tw))。

- [11] 徐敏銘、謝明宏、江世州、吳學翰、張承明、吳鴻鈞,「安全釋壓閥定徑設計規範比較研究」,勞委會勞工安全衛生研究所,(1997)。

- [12] 張宗聖,「危害與操作性分析」,化工技術第十四期,頁 60-67,(1994)。

- [13] 李樹華、張王庭,「化工製程危害分析」,化工技術第三十四期,頁 92-109,(1996)。

- [14] Lees, F.P., Loss Prevention in the Process Industries, 2<sup>nd</sup> Edition (1996).

- [15] Crowl, D.A., and Louvar, J.F., Chemical Process Safety: Fundamentals With

Applications, ISBN

0-13-129701-5, pp. 156-193 (1990).

- [16] Dow Chemical Company, Dow Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide, 6<sup>th</sup> Edition.



圖 1 中正大學 88 年 10 月災害現場圖



圖 2 中正大學 88 年 10 月災害現場圖



圖 3 中興大學 88 年 9 月災害現場圖

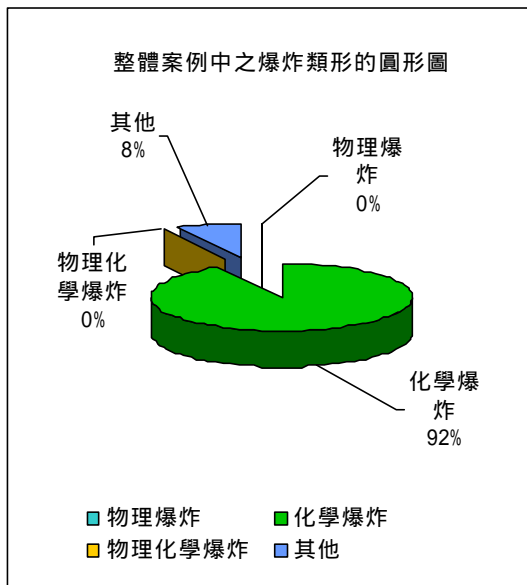


圖 4 整體案例中之爆炸類形的圓形圖

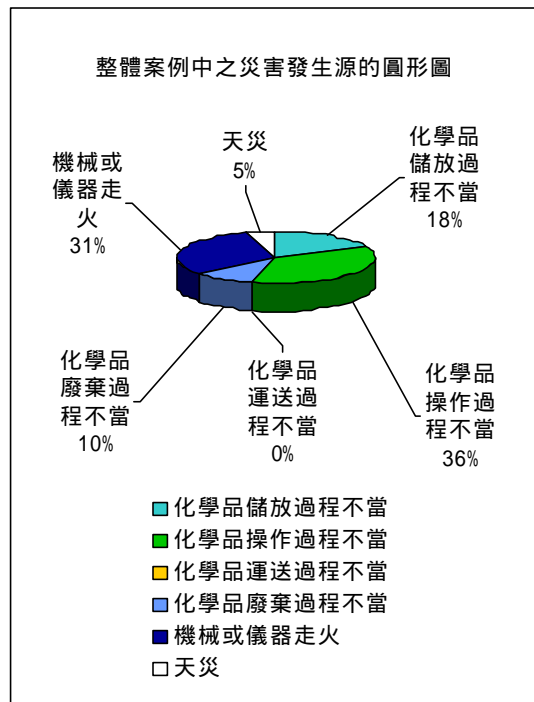


圖 6 整體案例中之災害發生源的圓形圖

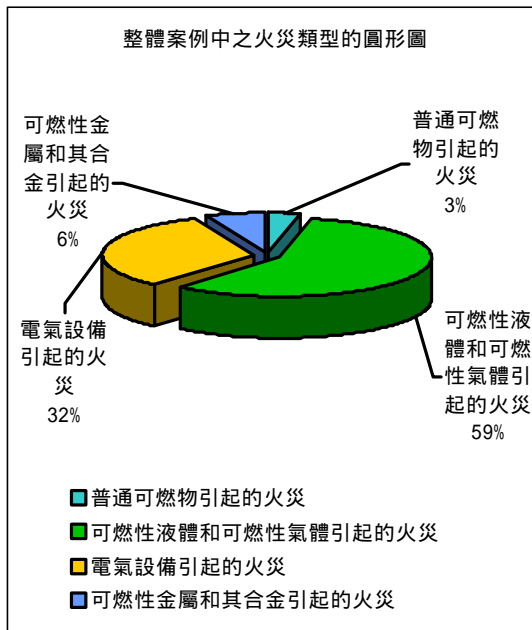


圖 5 整體案例中之火災類型的圓形圖

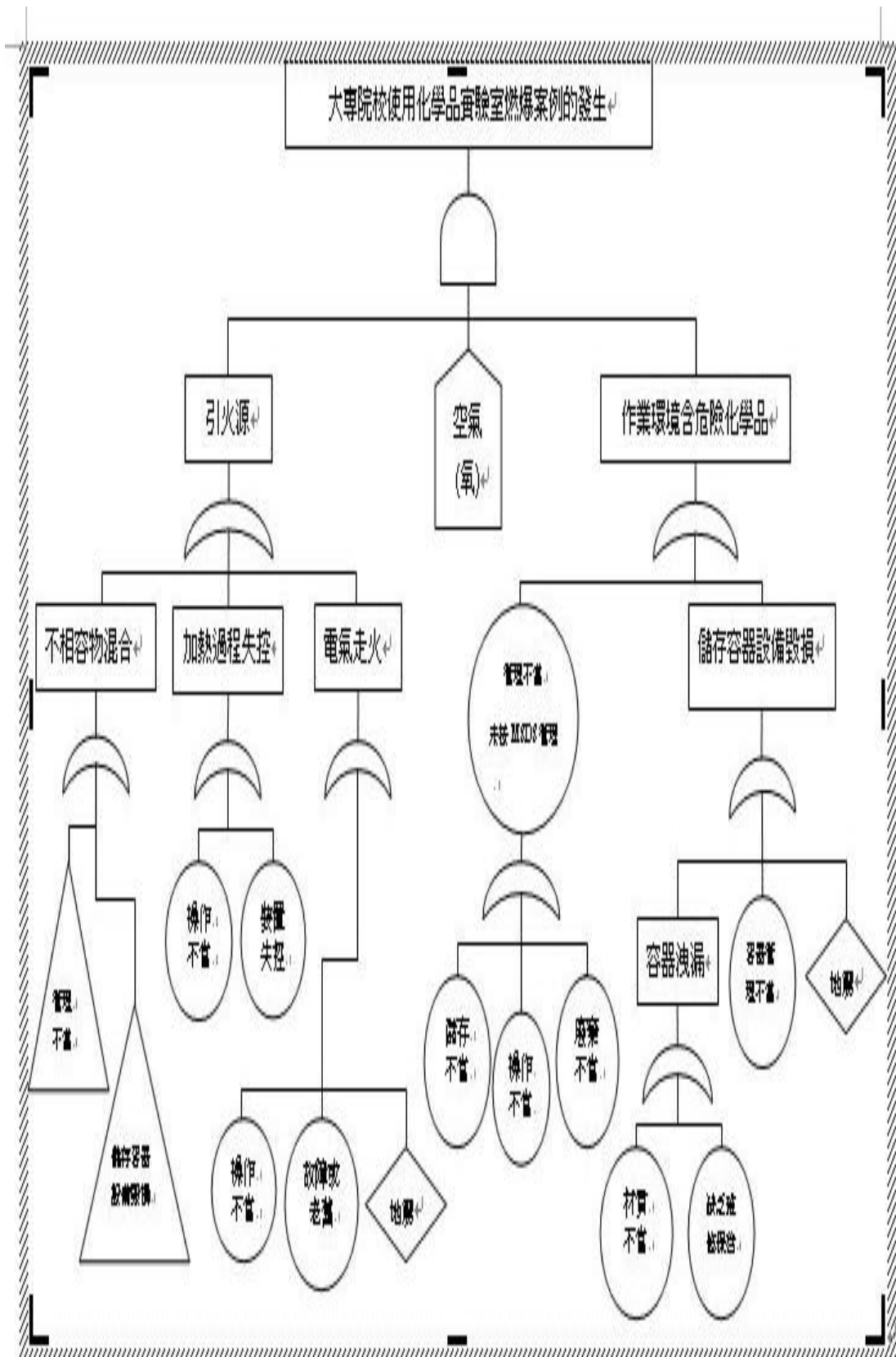


圖 7 大專院校使用化學品實驗室燃爆案例故障樹分析圖

表 1 大專院校使用化學品實驗室安全重點稽核表

檢查項目	檢查要點	現況評核結果	
一、引火源防止			
電氣走火預防	<p>操作不當造成：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否有經適當的訓練？</li> <li>2. 是否熟知儀器設備操作步驟和注意事項？</li> <li>3. 操作前精神狀況是否足以勝任工作(過於勞累等)？</li> <li>4. 是否對於操作安全的重要性有充分的瞭解(引起火災爆炸之嚴重性等)？</li> </ol> <p>故障或老舊造成：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 儀器是否有按期保養維修(按廠商交代時間)？</li> <li>2. 操作前和操作完是否有確認儀器的狀況(電源線、安全裝置等)？</li> <li>3. 儀器的壽命是否過於老舊？</li> </ol> <p>地震造成：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 儀器是否有適當的安全固定措施？</li> <li>2. 是否有緊急防護措施？</li> </ol>	<p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p>	<p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p>
加熱過程失控預防	<p>操作不當造成：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否有經適當的訓練？</li> <li>2. 是否熟知儀器設備操作步驟和注意事項？</li> <li>3. 操作前精神狀況是否足以勝任工作？</li> <li>4. 是否對於操作安全的重要性有充分的瞭解？</li> </ol> <p>加熱裝置失控造成：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 儀器是否有按期保養維修(按廠商交代時間)？</li> <li>2. 操作前和操作完是否有確認儀器的狀況(電源線、溫控器等)？</li> <li>3. 儀器的壽命是否過於老舊？</li> </ol>	<p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p> <p>是</p>	<p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p> <p>否</p>
化學不相容物混合預防	<p>見危險化學品管理不當</p> <p>見危險化學品除純容器設備毀損</p>		

