

廣告

行政院環境保護署毒物及化學物質局捐助

本印刷品使用環保標章驗證之紙張印製

化學實驗室
基礎安全管理

化學實驗室 基礎安全管理



實驗室化學安全指南系列



特別感謝行政院環境保護署毒物及化學物質局、築夢投資股份有限公司的支持。

序 言

隨著經濟發展，大型製造工業之擴充已漸趨飽和；取而代之的是，各類數位／智慧客製化的生產模式日漸興起，尤其是化學相關工業，涵蓋生技、醫療、食品、化工、電子、機械等行業。有別於大型製造工業，有著穩定的生產項目，客製化產業將帶來生產型態之改變，客製化生產的產品與所需之原料將會隨著客戶需求而快速改變，而此類生產將會以工廠型化學性實驗室型態呈現。所使用與儲存的化學品，其量體可能會由多變少，但種類卻由少變多，因此管理的型態將變得複雜，而帶來的風險類型也將有所改變，化學性實驗室將並不會只侷限在校園內，現行法規亦可能無法完全涵蓋。依據「國家化學物質管理政策綱領」以短期務實、長期趨嚴之理念推動化學物質管理工作，從院校到企業，就建築硬體、管理軟體、法規標準等方面對化學性實驗室之管理作通盤檢討，從而訂定相關標準，使其在環境保護與食品安全相關政策均能與國際接軌，實現「有效管理化學物質，建構健康永續環境」之願景。

本指南系列，將從管理原則、如何落實、如何進入永續管理運作等不同層面，去探討化學實驗室安全事項。第一冊將以「化學實驗室基礎安全管理」為主題，從「目的與權責對象、文化基礎、個人防護基礎、一般實驗室管理及實驗室儲存運作」各面向，探討如何建構化學實驗室安全基礎。



目 錄

序 言	01
-----------	----

第 1 章 目的與對象

目的與權責對象	06
---------------	----

第 2 章 文化基礎

第一節 化學安全文化與教育	20
第二節 化學實驗室危害、安全級別與預防機制建立	26

第 3 章 個人防護基礎

個人化學安全防護	36
----------------	----

第 4 章 實驗室一般管理

第一節 實驗室安全管理工作守則	50
第二節 非實驗工作人員	72
第三節 實驗室環境整潔	74
第四節 實驗室廢棄物存放管理（含廢液處理）...	80
第五節 特殊清潔劑使用注意事項	90
第六節 其他實驗室用之清潔配方注意事項	94
第七節 玻璃儀器操作及安全事項	100
第八節 化學品標示規定	116
第九節 化學品庫存清單之建立（採購）與維護	124
第十節 實驗設施保養汰換規劃	132
第十一節 緊急應變設備保養與管理注意事項	140

第 5 章 實驗室作業安全管理

第一節 實驗室設計	150
第二節 動線管理	156
第三節 化學品進出與儲存	158
第四節 化學品儲存運作時硬體需求與管理	162
第五節 環安衛相關緊急應變硬體需求與管理	172

附 錄	196
-----------	-----



第一章

目的與對象

◆ 目的與權責對象



目的與權責對象

化學性實驗室種類繁多，但就經驗而言，以化學性實驗室（以下簡稱實驗室）的性質分類，大致上可分為教學型實驗室、研究型實驗室、與試產型或又稱工廠型實驗室三類（圖一）。



- **教學型實驗室**是以教學為目的，實驗的化學品、流程、與危險性較低，但使用者多為高中與大學學生群，在經驗、訓練與緊急應變能力上較為不足，容易因操作錯誤而引起意外。
- **研究型實驗室**是以化學探究為目的，使用者多為大學專題生、碩博士生、博士後研究人員和研究助理等，這些群體較有經驗與緊急應變能力，但因實驗類型變化大，且不一定有標準操作流程，而依靠研究人員與教授經驗判斷，也常因實驗室設備較多，容易因錯誤操作而引起意外。
- **工廠型實驗室**則具備有客製化試產功能，透過生產試驗使其與業界接軌，所用機具較為大型，原材料使用量與產出量相對較高，風險也提高，因此也需要對化學反應熱做適當的管理。

實驗室意外除了會帶來財物毀損外，也會導致身體與精神傷害，使研究蒙上陰影。本章節試就實驗室化學安全、維護責任與權責對象提出討論。

教學型實驗室

風險低

- 高中與大學學生群
- 經驗、訓練與緊急應變能力上較為不足，容易因錯誤操作而引起意外

研究型實驗室

風險中等

- 大學專題生、碩博士生、博士後研究員和研究助理
- 有經驗及應變資源較充足
- 實驗變異大，不容易有制式標準操作流程，需研究人員自行判斷
- 實驗設備多，較易錯誤操作引起意外

工廠型實驗室

風險高

- 透過客製化試產與業界接軌
- 機具較為大型
- 原料使用量與產出量相對提高

圖一 各類化學性實驗室安全級別及說明

安全管理

首要是防止意外發生與降低意外災害所帶來的危害（圖二）。

◆ 安全控管

管理單位應針對各類化學性實驗室，就危害性進行分析，找出安全控管的要領。

◆ 化學安全制度建立的重要性

實驗室化學品的使用與管理是化學教學、研究與工業界共同關注的問題。近年來連串的化學意外事件，引起了社會大眾、媒體與政府的關注。研究生修讀研究所課程時，其個人進行獨立研究的風氣日增。然而研究生的流動性相當高，每年皆有高比例的新進研究生加入各實驗室，易帶來意外風險，化學安全制度的建立有其必要性。

◆ 知危減害的化學安全文化觀念

單靠專業人員的運作與管理，無法完全達到知危減害的目的。對於化學安全知危減害的觀念，包含危害認知、風險評估與準備，唯有深植人心，將安全控管的專業知識，轉化成為一種文化常識後，讓工作人員充分瞭解，才能防範於未然，以減低意外傷害，帶來安全的工作環境。因此建立知危減害的化學安全文化觀念為首要工作。

◆ 安全文化的永續性

安全文化的影響力是否深遠，決定於文化的永續性。而傳承是主要工

作，對研究生和博士後研究人員而言，化學安全有特殊的雙重意義。對以科學或工程為志業的專業人士來說，保護自己健康和安全的意識是基本要素，這些人員，未來將成為教員、工程人員或企業管理者，必須在進入職場前學會保護自己，以及周邊的人員或公司裡的員工。也就是說，這一批研究生和博士後研究員將須負起未來化學安全的重擔。為締造或鞏固化學安全文化，學校應擔當首要角色，以推廣實驗安全觀念，讓風險評估與控管融入學術氣氛與日常實踐中。

◆ 安全文化與社會需求

安全文化並不侷限於校園內，隨著社會快速改變，未來客製化生產需求會越高，以實驗室型態出現的生產模式或企業，將有可能成為主流之一，未來化學相關領域的執行長與營運長們，也需要因應快速改變，在安全決策與管理上有所改進，意外發生所帶來的負擔，將導致公司生產成本上升，風險評估與控管，將成為一門基礎的學問。



人員責任、義務與分工

維護實驗室安全，是大學中所有參與化學教學、研究、服務人員的責任，各司其職，如(圖三)所示，對象包括管理單位，院校系方之決策人員、研究人員、行政人員等，但有部分責任範圍，是所有人員均需共同承擔。

- ◆ 所有人員都應充分了解其自身所賦予之角色與義務。
- ◆ 遵守並落實風險控管規定。
- ◆ 主動留意潛藏風險，並提出、討論、通報、與監督改善。

院系校方 / 機構主管 主要責任

- 召開災害事故預防委員會
- 提供策略分析

系主任 / 部門主管 主要責任

- 決策管理辦法
- 督導安全幹事

安全幹事 主要責任

- 可行管理辦法
- 稽查小組
- 緊急應變小組

實驗室負責人 (PI)、安全員 主要責任

- 輔助安全幹事
- 個別實驗室化學安全管理、廢棄物清運等
- 規劃分配實驗室內之作業與操作安全事項

執行化學安全所有人員(含教職員生)共同責任：

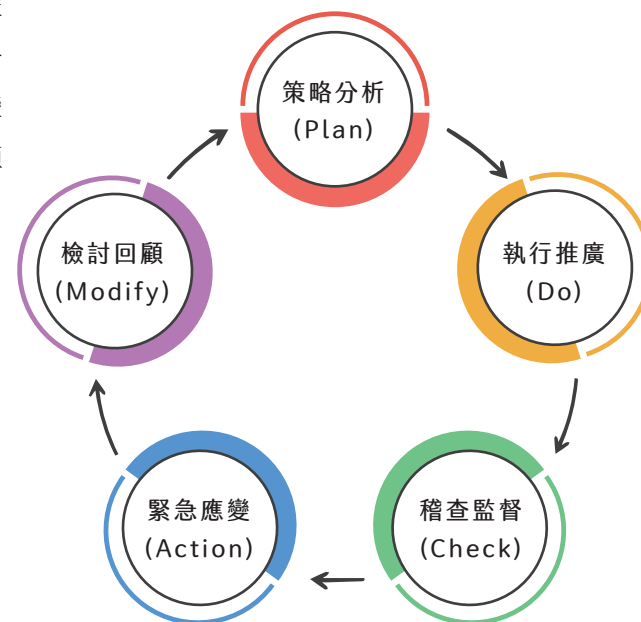
1. 遵守並落實風險控管規定
2. 主動留意潛藏風險並提出、通報、討論與監督改善。

圖三 各人員與責任說明

權責對象

為落實執行化學安全制度，各單位應分立小組，如(圖四)所示，各司其職，以因應五部分的工作：

- (1) 策略分析
- (2) 執行推廣
- (3) 稽查監督
- (4) 緊急應變
- (5) 檢討回顧



圖四 執行化學安全制度的五步驟

機構或院校主管應統領各單位，成立災害事故預防委員會，作為策略分析單位，與部門主管、系主任或安全幹事協力共同訂定合適的管理辦法，再交由各實驗室的指導教授與其組員實行。部門主管或系主任應督導安全幹事進行稽查監督，安排緊急應變訓練，並定期檢討回顧，依化學安全制度的五步驟(圖四)循環改進。

安全幹事

本文中的安全幹事，泛指負責管理實驗室安全規劃與督導的行政人員，會因機構有別，而其職稱會有所差異。

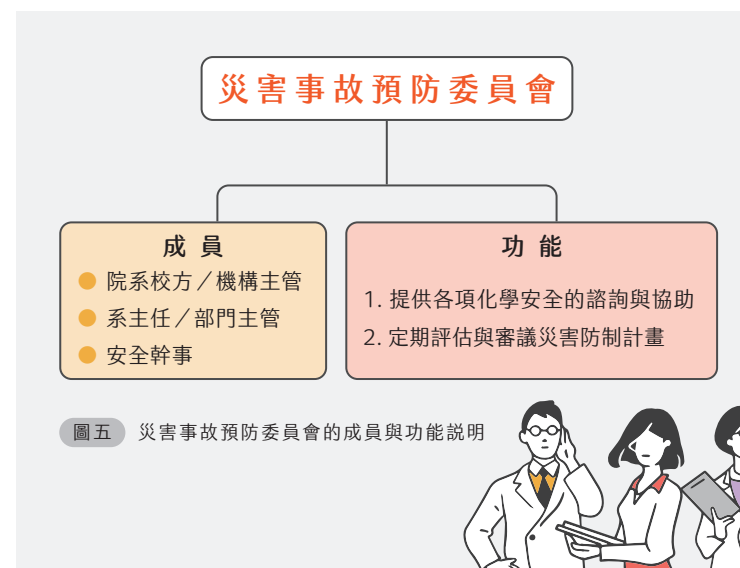
- ◆ 由管理單位（如學校之系方）任命聘用，協助管理及研究相關人員（如行政人員、教職員、研究員、工作人員和學生）之安全及健康事宜。
- ◆ 安全幹事應是專任人員，不應以兼任人員代行。
- ◆ 安全幹事須能在專業及法規上提供上述相關人員所需之實驗室安全諮詢和協助。
- ◆ 安全幹事須協助實驗室安全員，管理研究安全事項。
- ◆ 安排緊急應變計畫。

實驗室安全員

- ◆ 實驗室安全員是實驗室內較資深的人員，能輔助安全幹事掌控個別實驗室內之安全管理，作業與操作安全，與廢棄物清運等事宜。
- ◆ 實驗室安全員須協同實驗室負責人（或指導教授）、各級研究員、工作人員與學生，規劃分配實驗室內之作業與操作安全事項。

災害事故預防委員會（圖五）

- ◆ 由高層管理單位（如校院系方）成立之。
- ◆ 預防委員會之成員應包含系所之負責人（或指導教授）、研究員、工作人員和學生。
- ◆ 委員會須對安全幹事，行政人員，及研究相關人員提供化學安全諮詢與協助。
- ◆ 對管理單位的災害防制計畫，定期進行評估與審議。



圖五 災害事故預防委員會的成員與功能說明



實驗室負責人或指導教授

- ◆ 建立實驗室內的安全文化。
- ◆ 深入思考實驗或研究計畫中所有可能構成危險的情況，並分析風險。風險分析須有從事研究工作的人員參與，以確保研究人員能清楚傳達和理解其工作之潛在風險與風險控制。
- ◆ 制定策略如工程控管，安全硬體設施、管理和個人防護，以減輕實驗室危害風險。
- ◆ 為實驗或研究計畫，訂定流程危害分析與安全指示。
- ◆ 提供實驗室安全指導，且以身作則，定期與前述各人員見面討論安全事宜。
- ◆ 確保安全培訓適當有效，並留有培訓紀錄。
- ◆ 參與實驗室日常運作，確保各人員按照商定的風險控制措施落實執行。
- ◆ 就其需求向安全相關專家（或專責人員）詢問與尋求協助。
- ◆ 參酌商討各偶發及意外事件的經驗教訓，以改進實驗規劃。
- ◆ 徵求有安全經驗人士的回饋意見，以改善實驗室安全和研究流程。
- ◆ 對外來訪客（包括維修人員）說明其實驗室的潛在風險。
- ◆ 如須變更風險控制措施，實驗室負責人應確認其變更經過審查流程，以確保變更的可靠性。

研究員、工作人員和學生

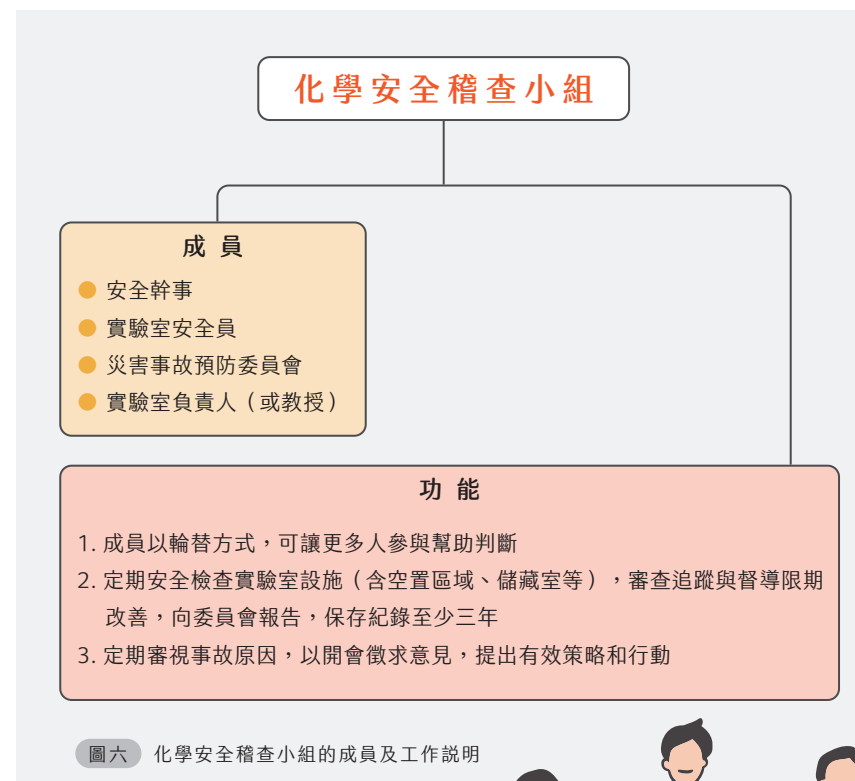
- ◆ 研究員、工作人員和學生應善盡所能，實驗前妥善規劃（並留有紀錄），避免實驗進行時失控而發生意外，以保護自身及其他人員的健康和安全。
- ◆ 要有「意外應變計畫」與演練，以免實驗因意外失控時，驚惶失措，演變成災害。
- ◆ 研究員和學生（如博士後研究人員和研究生）應善盡義務，在實驗前應針對研究步驟進行查證，並與實驗室負責人（或教授）討論，接受實驗相關技巧訓練，並遵守個人保護規定。
- ◆ 研究員、工作人員和學生於實驗化學品之採購和保存，與實驗後廢棄物之移除，皆必須依法妥善處理。（附錄一）



化學安全稽查小組

如(圖六)所示，稽查小組係由安全幹事、實驗室安全員、災害事故預防委員會、和實驗室負責人(或教授)合作成立之實驗室化學安全監督機制。

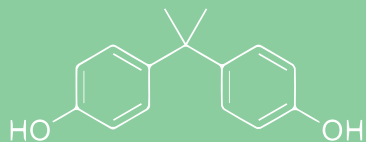
- ◆ 化學安全稽查小組成員應由管理單位下轄各成員(如學校系內各成員)交互輪替，讓更多相關人員參與和判斷。
- ◆ 稽查小組應對實驗室設施(包含空置區域和儲藏室等)進行定期安全檢查
- ◆ 稽查小組應保存檢查結果紀錄至少三年¹。
- ◆ 對已發生事故與危險情況案例，稽查小組之檢查結果報告應加以編列序號和日期，以便對事故討論、糾正並定期審查追蹤，以確保在一定期限內，事故之缺失獲得改善。
- ◆ 稽查小組應針對檢查結果，以正式書面告知該實驗室負責人有關的風險，提供更正建議並訂定改善完成期限。
- ◆ 稽查小組應監督實驗室負責人在限期內改善，並應於改善後向事故預防委員會報告。
- ◆ 稽查小組主席應定期審視常發性意外事故原因，並召開會議，以徵求各方意見，祈能提出可望消除風險的有效策略和行動。



參考資料：

- (1) 職業安全衛生管理辦法(修正日期：民國 111 年 01 月 05 日)第十二條之二 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCODE=N0060027>





第二章

文化基礎

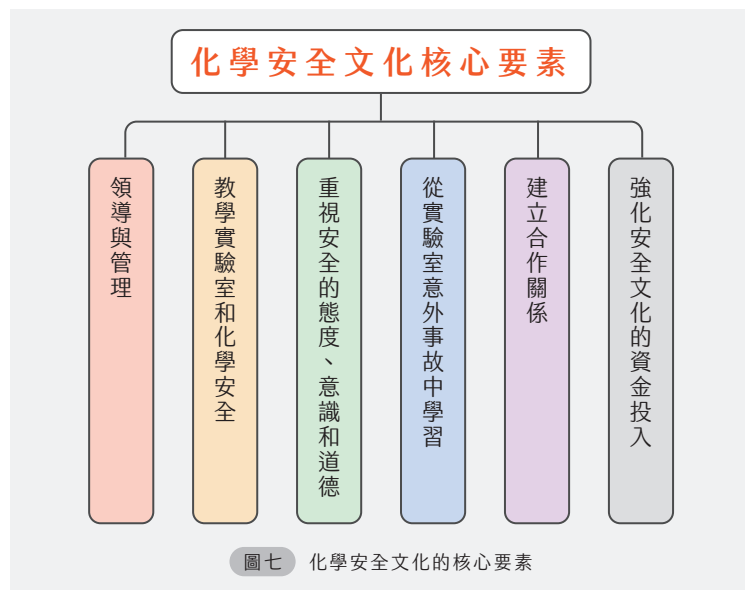
- ◆ 第一節 化學安全文化與教育
- ◆ 第二節 化學實驗室危害、安全級別與預防機制建立



第一節 化學安全文化與教育

化學安全文化的核心要素

化學安全文化的核心要素，如(圖七)所示，包括領導和管理、教學實驗室和化學安全、重視安全的態度、意識和道德、從實驗室意外事故中學習。



領導和管理

安全的責任和問責制度必須從最高級別的行政部門、學校部門、個別教員和工作人員中明確界定。對機構成員，特別是教員應要求以身作則。

教學實驗室和化學安全

化學家應深入瞭解實驗室及化學安全。有關安全知識需透過長期教育以及實踐積累而成。至今國際間已制定約近百個化學安全題材進行教學，並強調「批判性思維訓練」以強化化學安全。

重視安全的態度、意識和道德

積極重視安全的風氣需要長時間努力經營，在日常研究與實驗中不斷強調而得到。安全教育與學習是一項道德和責任；安全倫理反映了重視安全的正確態度。

從實驗室意外事故中學習

各機構應落實意外事故調查和報告制度。無論意外嚴重性的高低，深入研究意外發生的經過及帶來的教訓，可作為借鑑，能有效降低未來意外發生的嚴重性與發生機率。

建立合作關係

學術界成員包括教授、行政人員、安全人員、博士後研究人員，訪問學者、研究生、環保和衛生人員，救災人員，應建立密切與互信的合作關係，以維護公共安全。通過個別事例的討論或研討會，以促進交流，進而能正確擬定安全規範及安全作業辦法。

強化安全文化的經費投入

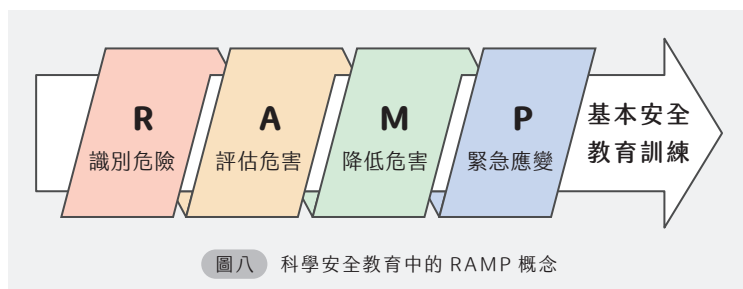
安全文化推動仰賴充足且連續的經費投入，經費分配須建立於責任歸屬及明確預算上。

基本安全教育訓練

上述化學安全文化的核心要素是為整體強度的基石，而領導核心和安全教育則為穩健整個文化的要素。作為未來的科技與教育人才，大學生、研究生和博士後研究人員應具備承擔安全責任的意識，以身作則，並從基礎實驗科學教育課程開始，全面推行化學安全教育。

◆ 高中與大學階段的基本安全教育

講授科學安全教育中的 R (recognize) 、A (assess) 、M (minimize) 、P (prepare) 基本概念。RAMP 概念係由 Robert H. Hill 和 David C. Finster 所提出。R、A、M、P 分別代表：(R) 識別危險、(A) 評估危害帶來的風險（能夠確定特定危害的相對嚴重性，並估計在某些情況下暴露的可能性）、(M) 儘量降低危害風險、(P) 遇到無法控制之風險時的緊急應變準備（包括自我保護）。學習內容如(圖八)所示，包含 R、A、M、P 為基礎的安全教育：



- 基本術語和風險與安全概念，化學品全球調和制度（GHS）標示，安全資料表（SDS）的使用，和個人防護具。
- 基本實驗室安全管理原則，相關管理機構單位與法規。深入認識 GHS 標示的意義，如何閱讀理解 SDS 資訊，學習實地稽查，進行風險評估小組討論。
- 掌握實驗室安全規劃理念：包括個人防護具（PPE）的正確使用方法與養護、通風（室內通風、各類抽氣櫃室（以下通稱為通風櫥）通風原理、化學貯存櫃通風原理等），化學品庫存管理、貯存和安全，化學廢料貯存和處置。
- 化學實驗安全示範：包括化學洩漏和防制、認識高危害性化學風險、一般化學安全衛生緊急應變、急救、火災、化學洩漏、雷射危害、銳利物使用須知與處置。

◆ 研究所階段的進階化學安全教育

進階化學安全教育為深化的化學安全課程，雖依然按照 RAMP 概念推行，但其中增加思考與風險判斷的元素，與 ISO 45001 系統驗證規範中最重要工作包括危害的鑑別、風險評估及風險控制之規劃（一般則統稱為風險評估）意義相同，若未能適當的評估風險並加以控制，則安全衛生的推動將失去其根本之意義。對研究生而言是極大的挑戰：

(R) 的基本要義在識別危險方面，研究生不應該只侷限在「能夠認識常見的實驗室危害」的層次，而且還應該可以解釋為什麼這些因素會帶來危害。

(A) 的基本要義在研究生應該能夠準確地評估風險所帶來的具體危害。如前所述，風險是指暴露於危險化學品、操作流程或設備前，而遭受傷害的可能性及嚴重程度。

(M) 的基本要義在研究生應有能力，透過使用適當的工程控制（如通風系統、逃生動線設計、和安全聯鎖防呆設備等）、管理控制（培訓、方法、程式和過程）、以及個人防護具，在一定程度上達到減少危害風險。雖然有某些情況下，可能完全沒有針對特定化學品的使用流程，相關經驗或安全資訊，但研究生應該能夠從過去的其他相關經驗，推估出新的實驗情況及可能的危害性。

(P) 的基本要義在隨時準備應付不受控制的危險與緊急情況。研究生應為緊急情況做好準備，以應付可能發生的各種緊急情況，如火災、爆炸、化學暴露、傷害和化學洩漏。學生應瞭解緊急設備的選擇和使用，如滅火器、緊急沖眼設備、安全淋浴、防止洩漏之吸附套件、急救箱、火警警報和消防毛毯。

此外，除（圖九）所示的 RAMP 概念，假設分析是研究生應該接受的訓練課程。假設分析是一種系統化的方法，用以分析現有流程或新的製程，來判斷可能發生的錯誤與危害。

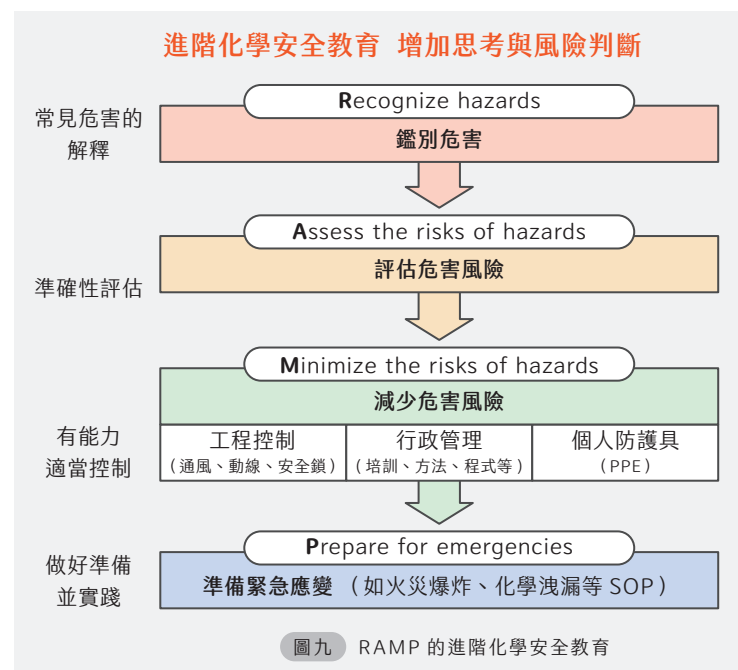
其他與化學安全相關的法定安全教育課程應一併學習等，包括：

- (1) 一般職安環保訓練
- (2) 危害通識
- (3) 生物安全訓練
- (4) 輻射防護訓練
- (5) 實驗動物飼養管理訓練

化學安全文化與產業之關係

風險控管是現代工業最重要的一環，因此安全教育與產業息息相關。部分訓練課程應邀請業界與政府單位加入，分享環安衛相關法規、知識與經驗，銜接未來工作所需。

25



第二節 化學實驗室危害、安全級別與預防機制建立

化學實驗室危害

◆ 化學品的接觸危害

一旦暴露於危害性化學品，有可能發生急性中毒或慢性健康危害。根據所接觸的劑量多寡、持續暴露時間和頻率，以及不同的侵入途徑（如經呼吸道吸入、經皮膚吸收、透過誤食，或經利器意外穿刺注入等），會有不同程度的危害與效應。所導致的健康危害可以是立即性的、持久的或累積的；影響範圍可能集中在與化學物質最初接觸的地方，或經吸收、擴散和生物轉化之後擴及全身。

◆ 化學品的能量釋放危害

除化學品本身性質可對身體帶來的危害，許多化學品蘊藏高活性與能量，容易在反應過程中瞬間釋放，引發火災或爆炸。此外，實驗過程中所使用之裝置，如雷射、X 射線、紫外線、高壓電源等，能釋放高能而帶來危害。

化學安全級別

美國化學會針對化學品危害等級與實驗室特性，依其潛在風險將化學實驗室區分為四等級（圖十）。

◆ 化安初級（CSL 1）

為輕度化學或物理潛在危害實驗室，一般沒有使用濃（強）酸或鹼、毒物、致癌物，和易燃液體（或少量使用）。常見的如儀器實驗室，可在不需通風櫥的條件下進行工作。其他例子如示範實驗室、非化學或少量化學品使用的研究實驗室、雷射實驗室（低於 2B 級），和顯微鏡室等。

◆ 化安二級（CSL 2）

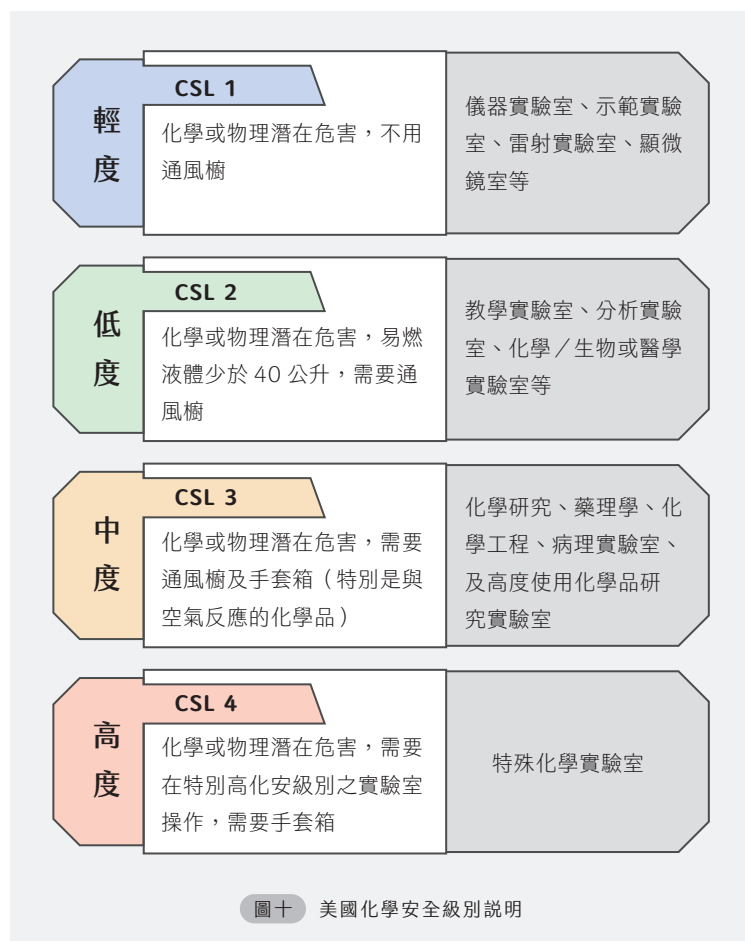
為低度化學或物理潛在危害實驗室。此類實驗室使用少量濃（強）酸或鹼，和限量使用的毒性或高危險化學品。所使用的易燃液體少於 40 公升。常見的例子如教學實驗室、分析實驗室，或生物實驗室等，可能需要在活動通風櫥存在的條件下進行工作。典型例子如化學／生物化學教學實驗室和標準生物醫學研究實驗室等。

◆ 化安三級（CSL 3）

為中度的化學或物理潛在危害實驗室。常見的例子為化學研究實驗室。實驗室內經常性地使用濃（強）酸或鹼、毒性及其他高危險化學品，或低溫液體如液態氮等，且進行致癌物質或生殖毒素處理。此類實驗室使用有腐蝕性、易燃、有毒的壓縮氣體，須在具有固定通風櫥設備地條件下進行工作。實驗室中可能存放大量易燃液體和限量的特殊危害物如：氫氟酸、發火化學品或氰化物等。實驗室需大量使用通風櫥或手套箱（操作會與空氣反應的化學品）。常見例子如化學研究、藥理學、化學工程、病理實驗室，以及其他高度使用化學品的研究實驗室。

◆ 化安四級 (CSL 4)

為特殊化學實驗室，具高度化學或物理潛在危險。此類實驗室需操作高毒性物質、爆炸物或潛在的爆炸性化合物，或經常利用大量的發火化學品。發火或空氣反應化學品需在手套箱中進行。需在此高化安級別之實驗室中進行的操作必須非常小心，使用大量或危險性極高的材料一旦發生意外將不受控制，可預見會危及生命和健康的情形發生。



建立安全機制

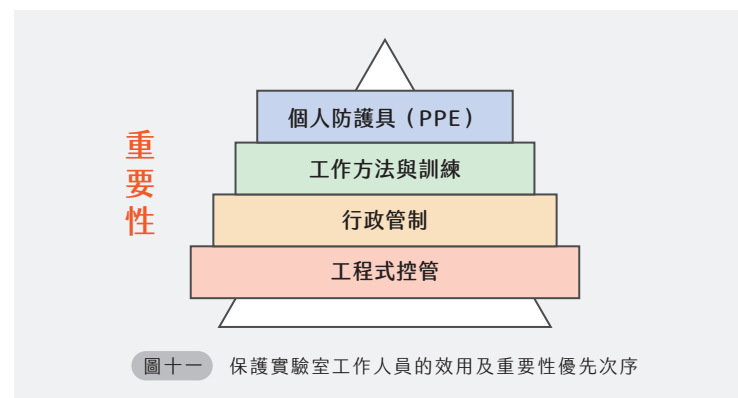
◆ 實驗室安全維護原則

維護實驗室安全的責任為安全幹事、單位主管、實驗室負責人和實驗室的學生所共同承擔。

◆ 實驗室安全監督機制

化學安全稽查小組應定期安檢與監督實驗室設施，閒置空間和儲藏室也不例外。關於小組所需進行如：提供諮詢、稽查報告保存、後續追蹤、限期改善監督之細節。

◆ 可用於保護實驗室工作人員的措施類型，如（圖十一）所示，從其效用及重要性優先次序是：(1) 工程式控管、(2) 行政管制、(3) 工作方法與訓練和 (4) 個人防護具（PPE）。大多數情形下，管理單位會使用不同方法之組合以控管安全。無論是行政主管，單位負責人或實驗室負責人，必須評估他們的特定工作場所的安全性，制定一項保護人員的計畫，既可以同時兼顧緊急救災行動，也能結合長期解決安全管理的辦法。



實驗室安全管理架構要點 (圖十二)

- ◆ 行政主管需任命一位專責的安全幹事管理各項安全相關事宜。
- ◆ 行政主管必須建立和維持有效的預防意外計畫，安排及保存各類安全規範、訓練文本和紀錄檔案。
- ◆ 行政主管必須需依照實驗室標準的要求，啟動《化學安全衛生計畫》。實驗室標準包括國家規定與先進國家慣用標準。
- ◆ 實驗室負責人（或教職人員），負責管理實驗室事故預防計畫的推動。
- ◆ 行政主管與實驗室負責人應提供公用緊急應變設備。
- ◆ 所有人員（包含一般行政人員）都必須參加適當的培訓，並依安全規範進行工作。
- ◆ 化學實驗室工作人員培訓（圖十三）：
 - (1) 化學品採購、分類儲存、廢棄化學品與過期化學品之處理流程
 - (2) 對化學品的危險特性進行全面教育
 - (3) 應採取的預防措施
 - (4) 仔細瞭解安全資料表（SDS）和標示的說明
 - (5) 實驗室與大樓內安全設施與所有應急設備的位置、如何正確使用和維護保養（包括急救箱、沖眼器、緊急淋浴、自動體外心臟除顫器（AED），心肺復甦術（CPR））
 - (6) 基本消防應變訓練
 - (7) 一般及特殊健康檢查
 - (8) 遵守實驗室職業安全衛生規定
 - (9) 編纂實驗室救災資訊圖，明確標示各危害物品之存放位置，以利救災

- ◆ 化學從業教職員都負有以下職責：以身作則，通過遵守《化學安全衛生計畫》中既定規則和建議，佩戴適當的防護設備，並落實預防計畫，避免事故發生。
- ◆ 在教學實驗課中，每位講師、教師或助教所負責實驗室學生人數建議不超過 25 名（學生人數 25 名乃美國化學會所建議之人數）。
- ◆ 實驗課教師或助教，在大學部實驗課或大學本科研究生必需全程參與。每次實驗課時，都應與學生再次回顧化學安全、衛生健康、和環保相關問題。
- ◆ 絕不可允許未經訓練的學生和訪客使用化學品。
- ◆ 讓學生進行實驗課前，養成閱讀安全資料表（SDS）和標示相關的警示的習慣。
- ◆ 提醒學生潛在風險。
- ◆ 實驗室內保持良好的整潔與管理。
- ◆ 落實紀律獎懲。
- ◆ 經常進行徹底檢查，必要時立即採取糾正措施。
- ◆ 定期進行安全演練和疏散演習。
- ◆ 熟悉並更新化學實驗室事故預防資訊。
- ◆ 緊急應變設備應至少包括：電話或緊急通聯資訊、逃生動線規劃，安全淋浴，沖眼噴設備、滅火器、大樓火災偵察器、火警警鈴、急救用品藥劑、和化學災害應變設備。

實驗室安全管理

單位主管

責任

1. 負責學生和人員的安全
2. 提供公用緊急應變設備
3. 依國家規定或先進國家標準，建立維持有效的預防意外計畫《化學安全衛生計畫》
4. 安排及保存各類安全規範、訓練資訊與紀錄

管理

任命

安全規定督導

實驗室負責人
(或教職人員)

責任

1. 負責學生和人員的安全
2. 提供公用緊急應變設備
3. 管理實驗室事故預防意外計畫的推動

安全幹事

稽查小組

緊急應變小組

圖十二 實驗室安全管理架構

化學實驗室工作人員培訓內容

1

化學品的生命週期

採購、分類儲存、廢棄（過期）化學品處理流程

2

化學品的危險特性

化學品危險特性教育辨識

3

應採取的預防措施

對應的預防策略與經驗

4

安全資料表（SDS）及標籤

SDS 各細項內容、標示的規定

5

工作場所之緊急應變設備位置，使用與保養維護

急救箱、各類安全設備（沖眼器、緊急淋浴裝置、AED）介紹

6

基本消防急救應變訓練

CPR+AED、滅火器、滅火毯等操作使用

7

一般及特殊健康檢查

健康檢查檢查項目說明與健康管理介紹

8

遵守職業安全規定

安全規定與罰則

9

編撰實驗室救災資訊圖（含危險物存放位置）

實驗室救災安全管理與資訊更新

圖十三 化學實驗室工作人員培訓內容說明

第三章

個人防護基礎

◆ 個人化學安全防護



個人化學安全防護

個人防護具之相關法令

職業安全衛生設施規則（中華民國 111 年 08 月 12 日）第十一章：防護具，第 277 條與第 278 條，清楚說明個人防護具的規定如下：

第 277 條

雇主供給勞工使用之個人防護具或防護器具，應依下列規定辦理：

- 一、保持清潔，並予必要之消毒。
- 二、經常檢查，保持其性能，不用時並妥予保存。
- 三、防護具或防護器具應準備足夠使用之數量，供個人使用之防護具應置備與作業勞工人數相同或以上之數量，並以個人專用為原則。
- 四、如對勞工有感染疾病之虞時，應置備個人專用防護器具，或作預防感染疾病之措施。

前項個人防護具或防護器具有關呼吸防護具之選擇、使用及維護方法，應依中華民國國家標準辦理（例如 2022 年為 CNS 14258 Z3035）。

第 278 條

雇主對於搬運、置放、使用有刺角物、凸出物、腐蝕性物質、毒性物質或劇毒物質時，應置備適當之手套、圍裙、裹腿、安全鞋、安全帽、防護眼鏡、防毒口罩、安全面罩等並使勞工確實使用。

眼睛和臉部保護

- ◆ 化學保護裝置有：化學護目鏡（Chemical splash goggles）與面罩（Face shields）。
- ◆ 化學護目鏡是為了防止化學危害而設計，相較一般護目鏡（Goggles）或安全眼鏡（Safety glasses）只針對衝擊，灰塵，液體飛濺，光輻射和高熱量危害等，化學護目鏡有較佳的保護作用。
- ◆ 化學護目鏡可分：(1) 直接通風、(2) 間接通風和 (3) 無通風三種不同類型。進入化學工作區的人，都需要配戴防化學噴濺的護目鏡或面罩，以防止有毒和腐蝕性化學品或微粒飛濺臉部，或進入眼睛造成傷害。當使用或處理化學品，玻璃器皿，或火焰時，所有在場的人，包括非實驗工作人員，都必須配戴防化學護目鏡或面罩。
- ◆ 合規格的化學護目鏡，必需能從頂部，底部，前面，和兩側來保護眼睛。化學護目鏡必須能緊貼臉部，以防止噴濺的化學液體飛濺或垂流進入眼睛。配戴有側盾的安全眼鏡或直接透氣型護目鏡，都無法有效阻擋化學噴濺對眼睛帶來的傷害。同樣，僅配戴隱形眼鏡，並不能對眼部提供足夠的保護，需要配戴適當的化學護目鏡。

世界先進地區有關合適的化學護目眼鏡的規定

- ◆ 例如美國化學會建議的防飛濺化學護目鏡，源自美國國家標準協會頒佈的 Z87 標準，這些配備都可以向供應商購買，並有 Z87 代碼標記。分為（1）沒有通風；（2）間接通風 和（3）直接通風的化學護目鏡。美國化學會認為對在濕式實驗室工作的人員來說，沒有通風或間接通風型的化學護目鏡較為安全¹，型號為 Z87-D3，

如同時要有防塵功能，型號為 Z87-D3D4 或 D3D5，其他 ANSI Z87 標準所描述的護眼裝置不適合在化學實驗室使用。

◆ 美國化學安全護目鏡的類型和用途

選擇合適的護目鏡時，先須對工作場所進行風險評估。如果眼睛和臉的安全面臨威脅，必須謹慎選擇眼睛和臉部的保護設備。

1. 直接通風型的護目鏡允許空氣直接流入護目鏡。護目鏡通風口能排除直徑為 0.06 英寸（1.5 毫米）以上的飛濺物。如果防衝擊是主要的風險控管目的，而化學品飛濺或蒸汽侵害危險並不存在時，直接通風護目鏡，可以視為適當的護目鏡，但採購時必須注意護目鏡的防衝擊力規格是否足夠。



直接通風型的化學護目鏡

2. 間接通風型護目鏡的通風口配有保護罩或覆蓋，以防止化學品飛濺進入。護目鏡的通風設計使外部物質無法直線通過通風口，從外部直接進入護目鏡的內部。若有化學噴濺風險環境下工作，應選擇間接通風護目鏡作為適當的保護。



間接通風型化學護目鏡

3. 封閉式護目鏡沒有任何形式的通風口，目的在防止灰塵、薄霧、液體和蒸汽的滲入。若有有毒化學蒸汽的高風險環境下工作，無通風護目鏡將是必須的保護。但必須注意，無通風護目鏡不是氣密護目鏡。



無通風化學護目鏡

安全護目鏡的維護

使用後的安全護目鏡儲存前須經清潔和消毒。許多護目鏡有特殊的鏡片塗層，擦拭時必須小心，以免刮傷或損壞塗層。也可使用濕毛巾輕輕擦拭，或用自來水沖洗鏡片上的灰塵，再讓護目鏡自然乾燥，也可使用殺菌燈消毒櫃消毒。

隱形眼鏡

佩戴隱形眼鏡並不能保護眼睛。只要佩戴化學護目鏡，在大多數化學實驗室中，都可以允許同時佩戴隱形眼鏡。

面罩的使用

當使用強烈腐蝕性液體或低溫液體，減壓或高壓下的玻璃器皿，操作燃燒中或高溫中的玻璃，或遇到任何有可能發生爆炸或內爆情況時，單獨使用面罩不足以全面保護眼睛。除有合格的化學護目鏡配合使用外，應使用面罩。面罩應有足夠的寬度與長度，來保護佩戴者的臉部、頸部和耳朵。

防光輻射安全眼鏡與護目鏡

暴露在紫外線照射下會引起眼睛的不適和損傷。眼睛外層（角膜和結膜）吸收紫外線這種輻射會產生角膜炎和結膜炎。有機會接觸到紅斑有效輻射量，就該佩戴防紫外線安全眼鏡或護目鏡。使用雷射時需要特殊的眼睛保護，參閱當前版本的美國國家標準協會 ANSI Z136.1-2014。

表一 安全護目設備類別

危害防制	所需護目鏡類別（基於 ANSI Z87.1-2015 標準）
防衝擊	大多數衝擊傷是由飛濺物或墜落物造成的，或者是火花擊中眼睛。這些物體的大部分比針頭小，但卻能造成嚴重的傷害如穿刺、擦傷和挫傷。在人員暴露在有飛濺擊傷危險區域工作時，必須佩戴帶有側面盾牌安全眼鏡或護目鏡，為基本要求。倘若在高衝擊危險的情況下工作，需要輔以更高階的防護裝置如面罩等。在化學實驗室中，常見飛濺物有玻璃碎片，金屬碎片和微粒如矽膠等。常見防衝擊護目設備如下： ◆ 配有側盾的安全眼鏡 ◆ 直接或間接通風化學護目鏡 ◆ 有面罩覆蓋在上的安全眼鏡，或直接／間接通風的護目鏡 ◆ 有焊接頭盔覆蓋在上的安全眼鏡，直接／間接通風的護目鏡 ◆ 有寬鬆面體呼吸器覆蓋在上的安全眼鏡，直接／間接通風的護目鏡 ◆ 半面罩呼吸器
防粉塵	◆ 直接／間接通風的護目鏡（眼罩或蓋型） ◆ 半面罩呼吸器
防化學噴濺	當化學品直接噴濺時，化學液體及蒸氣有快速侵入眼部風險，一般安全眼鏡或直接通風型護目鏡無法阻擋化學品侵入與保護眼部。常見防化學噴濺護目設備如下： ◆ 間接通風／不通風的化學護目鏡 ◆ 有面罩覆蓋在上的間接通風／不通風的護目鏡 ◆ 有寬鬆面體呼吸器覆蓋在上的安全眼鏡，間接通風／不通風的護目鏡 ◆ 半面罩呼吸器

防光輻射	使用雷射或類似的操作，會產生高強度的熱、紫外線、紅外線和反射光輻射。雷射光束的功率，可以產生比直接觀視太陽時所經歷的光還強的光輻射。直接雷射照射可能導致眼部損傷，包括視網膜灼傷、白內障和永久性失明。當雷射使用時，員工和訪客都應戴上防光輻射的護目鏡。 根據雷射器產生的最大功率密度或強度，雷射強度或功率密度介於兩級別之間時，挑選能抵禦最大強度級別的護目鏡或安全眼鏡，以提供較高的保護。雷射防護的選擇應取決於使用中的雷射器和操作條件。接觸雷射光束的人員必須配合配戴雷射防護眼鏡。
抗熱與抗低溫	當工作人員暴露於高溫、飛濺的熔化金屬或熱火花的作業環境時，眼睛和臉部會可能受到熱損傷。常見燒傷部位為眼睛和臉部組織。此外低溫液體如液態氮，透過飛濺與眼部接觸，會導致凍傷甚至失明。選擇個人防護具時，要考慮熱的來源、強度以及可能發生在工作場所的飛濺類型。必需配戴護目鏡與安全眼鏡。然而在許多情形下，除了安全眼鏡或護目鏡外，必須使用面罩。

頭髮、防護圍裙、實驗衣和其他防護服

- ◆ 把長頭髮（或辮子）綁紮起來。當進行明火（酒精燈，本生燈）實驗時，鬆散的頭髮容易引燃，會導致嚴重的皮膚燒傷，或讓頭髮受到化學物質污染，時有所聞。
- ◆ 防護圍裙、實驗衣和其他防護服，最好是用化學惰性材料製成的，應方便取得與使用。該注意的是大多數實驗衣和圍裙是可燃燒的。

- ◆ 除應著長褲（裙）外，腿部和腳部的保護應由實驗衣、圍裙、和鞋子或靴子完整包覆保護。
- ◆ 鞋應為密頭鞋以保護腳部。高跟鞋、開放式涼鞋、拖鞋、布質鞋面或編織製成的，液態化學品能容易穿透，不能提供人體適當的保護。

手套與手的保護

手套必須能提供手臂足夠的保護，以免讓洩漏的化學品接觸到手臂皮膚。手套是由各種材料製成的，但沒有一種能絕對防止任何化學物質的滲透。應翻閱製造商的說明與測試資料；不同材料品牌的手套，其設計只針對的特定化學品的滲透。應緊記的是，若給予足夠的時間，任何化學品都能穿越手套。聚氯乙烯（vinyl）手套和乳膠（Latex）手套是實驗室常見手套，能屏障危害提供保護。但要經常檢查手套是否有破孔或改變。對許多腐蝕劑和有機溶劑而言，聚氯乙烯手套和乳膠手套無法提供足夠保護。若使用侵略性強的氯化溶劑如氯仿和三氯乙烯等，需從安全設備供應商訂購如 Silvershield® 或聚乙烯醇保護手套。請記住，在一定程度上各種手套都可以讓化學品滲透。因此應避免讓手套長期浸泡在化學品中。使用鉗子從酸性浴底部搜索物品，不要經常讓戴手套的手直接接觸化學液體。當手插入比手套袖口更深的液體時，手套便失去作用。對於可重複使用的手套要常清洗，或至少每次用後必須清洗，可延長手套使用壽命，與防止化學污染從不潔的手套蔓延。觸摸任何像水龍頭手柄、實驗室門把或電話之前應脫掉手套，若無法脫掉，應先清洗手套。

手套類型

許多手套供應商各有品牌，然而這些手套通常屬於下列幾類之一（圖十四）：

- ◆ 乳膠（Latex）手套：天然橡膠，或乳膠本身具有彈性和韌性。它能抵抗酸、鹼、鹽和酮。天然膠乳與其他聚合物混合能達到柔韌性相結合的特點，乳膠手套適用於工作食品加工、電子組裝和實驗室化學處理。
- ◆ 新平橡膠（Neoprene）手套：亦稱氯丁橡膠手套，是一種合成橡膠，作為耐油的天然橡膠替代品。對酸、鹼、醇、墨水、製冷劑、酮、油脂、油脂、油脂肥料、清潔劑和洗滌劑都有抗衡力。氯丁橡膠手套常用於石化、脫脂、精煉、化學加工、金屬整理、油漆、漂白和商業洗碗行業。
- ◆ 丁腈（nitrile）手套：也稱為 BNR 或丙烯腈丁二烯合成橡膠手套。BNR 手套除了具有較佳的化學保護力外，還具有優異的防穿刺性和耐磨性，不會在芳烴或石油溶劑、鹼或動物脂肪中發生膨潤或減弱。它們適用於化學和食品加工、電子、酸性蝕刻和化學洗滌。
- ◆ Norfoil 手套：是輕巧靈活的層壓材料，能抵抗廣泛的溶劑、酸和鹼滲透。由 Norfoil 製成的 SilverShield® 手套通常作為內襯與其他手套套疊使用，它們對於化學和石化實驗室工作、化學噴濺清理和危險品操控作業都很有用。
- ◆ 乙烯基（vinyl）手套：也稱為聚氯乙烯手套，是一種抗酸和醇的塑膠材料，但不能用在石油溶劑作業。比天然橡膠（乳膠手套）更經濟，乙烯基手套用於各種工業和食品加工應用，複雜的組裝工作，實驗室研究和製藥製造。

手套類型	特性	適用於
乳膠手套 (Latex)	1. 天然橡膠 2. 耐酸鹼、鹽、酮具有柔韌彈性	食品加工、電子組裝、實驗室化學處理
新平橡膠 手套 (Neoprene)	1. 合成橡膠 2. 耐酸鹼、醇、酮、油脂、肥料、清潔劑等	石化、脫脂、精煉、化學加工、金屬整理、油漆、漂白等
丁腈手套 (Nitrile)	1. BNR 或丙烯腈丁二烯合成橡膠 2. 具化學保護例外，防穿刺性且耐磨 3. 不會在芳烴或石油溶劑、鹼、脂肪膨潤或減弱	化學和食品加工、電子、酸性蝕刻、化學洗滌等
Norfoil 手套	1. 層壓材料 2. 抗廣泛溶劑、防酸、鹼滲透 3. 常作為內襯與其他手套套疊使用	實驗室工作、化學噴濺清理、危險品操控作業等
乙烯基手套 (Vinyl)	1. 聚氯乙烯手套 2. 抗酸、醇的塑膠材料，不能用於石油溶劑作業 3. 比天然橡膠經濟	工業和食品加工應用、複雜組裝工作、實驗室研究、製藥製造

圖十四 手套類型說明

口罩和自給式呼吸器具

實驗室應依靠管理，工程控制和訓練，而不是單靠配戴呼吸防護具來防止人員吸入空氣中有害物。但若空氣中有害物濃度可能超出安全範圍時，呼吸器將是人員最後一道臨時性防護措施。淨氣式呼吸器裝有濾材或濾毒罐，以去除空氣中有害物。HEPA 濾心可過濾空氣中 0.3 微米的微粒。無動力淨氣式呼吸器 (APR) 依靠配戴者呼吸抽引氣流。動力淨氣式呼吸器 (PAPR) 具有攜帶型送風機過濾傳送空氣。供氣式呼吸防護具 (SAR) 為有空氣或氧氣供給的呼吸器。其中自給式呼吸器，簡稱 (SCBA)。呼吸防護具選用參考原則：中華民國 105 年 7 月 21 日勞職綜 3 字第 1051024925 號函訂定有關呼吸防護具之選擇、使用及維護方法，包括密合度測試，應依國家標準 CNS14258Z3035 辦理。如果在有可能出現高濃度毒蒸氣、粉塵、薄霧或缺氧的環境下工作，美國化學會認為應備有 30 分鐘的自給式呼吸器 (SCBA) 裝置兩組以上，以供緊急疏散之用（注意依靠空氣補給線的呼吸器，或濾毒罐或過濾防毒面具都不適合疏散之用）。應預先提供人員呼吸器使用訓練，並經醫生證明人員的身體能適合操作。這些呼吸器應存放在危險潛區外的永久性櫥櫃中，未經訓練的人員，即使在緊急情況下也不應使用。在清除大量有毒化學物質洩漏時，依指示使用濾毒罐或過濾防毒面具，或空氣供應線提供的呼吸器。

聽力保護

詳細請參閱勞動部中華民國 103 年 7 月 1 日職業安全衛生設施規則第三百條所允許的職業噪音暴露限制標準，勞工暴露之噪音音壓級及其工作日容許暴露時間如下列對照表：

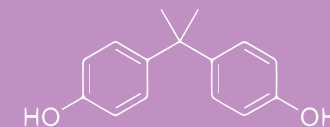
表二 勞工暴露之噪音音壓級及其工作日容許暴露時間對照表

工作日容許暴露 時間（小時）	A 權噪音 音壓級（dBA）
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1	105
1/2	110
1/4	115

化學實驗室中的常用機械幫浦，真空系統，氣體壓縮裝置等，會帶來不同等級的噪音。長期在噪音環境下工作、可能會導致聽力傷害。使用音量計與噪音劑量計能測量噪音的等效級數。音量計（Sound Level Meter, SLM）是用來測量一般噪音水準儀器。您可以使用它們來追蹤諸如嗡嗡聲、工業機械或設備的噪音等檢測。如果噪音來源呈現週期性的或非規則性的，需要在一段時間追蹤噪音分貝讀數資料平均值，那麼需要使用噪音劑量計（noise dosimeter）。科學數據顯示，人員聽力損失與暴露在噪音環境下的總能量值相關。如果人員在八小時的工作崗位期間，暴露在非規則數級的噪音下，噪音劑量計可以計算一個等效噪音級數，這等效噪音級數等於人員實際所接收到的噪音總聲能暴露值。聽力保護應通過適當的設備設計、噪音源的改善，和保護設備，以獲得改善。聽力保護包括耳罩和耳塞。通常消音耳罩比耳塞更能有效衰減噪音因素。人員噪音暴露工作日八小時日時量平均不超過表列之規定值或相當之劑量值，且任何時間不得暴露於峰值超過 140 分貝之衝擊性噪音或 115 分貝之連續性噪音；對於勞工八小時日時量平均音壓級超過 85 分貝或暴露劑量超過百分之五十時，雇主應使勞工戴用有效之耳塞、耳罩等防音防護具。

參考資料：

- (1) Leigh Krietsch Boerner, in LAB SAFETY - C&EN's favorite chemical splash goggles to wear in the lab, 2020, volume 98, Issue 3, posted on August 28, 2020.

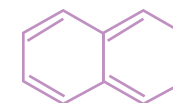


第四章 實驗室一般管理



- ◆ 第一節 實驗室安全管理工作守則
- ◆ 第二節 非實驗工作人員
- ◆ 第三節 實驗室環境整潔
- ◆ 第四節 實驗室廢棄物存放管理（含廢液處理）
- ◆ 第五節 特殊清潔劑使用注意事項
- ◆ 第六節 其他實驗室用之清潔配方注意事項
- ◆ 第七節 玻璃儀器操作及安全事項
- ◆ 第八節 化學品標示規定
- ◆ 第九節 化學品庫存清單之建立（採購）與維護
- ◆ 第十節 實驗設施保養汰換規劃
- ◆ 第十一節 緊急應變設備保養與管理注意事項

☒	_____
☒	_____
☒	_____



第一節 實驗室安全管理工作守則

實驗室工作守則

實驗室工作守則的訂定，是為了減少意外發生的機率，與降低意外的嚴重程度。基本觀念已在前面的章節討論。但不同的實驗室，其風險有所不同，為因應不同的風險類型，各實驗室應有其風險控管之規定，然而有部分共通點，可視為實驗室工作基本守則，將在本章節中探討。

教學型實驗室工作守則

在實驗室類型分類上，教學型實驗室是以進行教學實驗為目的，實驗的化學品，流程，與危險性較低，但學生群人數較多，師生比可能在 1：20 到 1：25 間，主要的風險是學生群經驗與緊急應變能力上較為不足，容易因錯誤操作而引起意外。透過守則的訂定與討論，可以讓學生更能理解化學安全的重要。如（圖十五）所示，本節就國內外大學所訂定的工作守則，做整理參考。

對象	應注意之事項	
教學人員	1. 良好的態度與基本須知 2. 日常安全定檢 3. 留意同仁情緒、精神穩定度並適度安排 4. 通風櫥的開啟與關閉確認 5. 紀錄與保存（如訓練、事故） 6. 安全和緊急程序 7. 學生管理 8. 化學品保護	1. 態度與基本須知實驗穿著 2. 進入實驗室時應注意事項 3. 個人防護實驗穿著（PPE） 4. 應瞭解化學實驗課程潛在危險 5. 瞭解使用實驗玻璃器皿常見注意事項 6. 正確的化學品使用習慣 7. 依規定進行廢棄化學品的分類與收集 8. 實驗室保持環境與玻璃器皿之清潔維護
學生	1. 接受實驗安全知識 2. 養成良好的實驗態度和習慣 3. 透過觀察、適當訓練進行安全實驗操作 4. 參加培訓奠定安全技能基礎 5. 思考實驗的涵義與風險、觀察或諮詢相關執行經驗	

圖十五 教學型實驗室工作守則

教學人員的態度

在提供學生安全健康的學習環境上，教師扮演著最重要的角色。除指導學生所需的基本安全訓練外，教師還有義務指導學生常見的危害與防治原則。在實驗教學中，教師必須講解安全資訊，並透過實地觀察、監督、指導和修正給予學生多培訓。從準備實驗到實驗進行期間，是激發學生腦力激盪的理想時機，讓學生學習思考並瞭解各注意事項，並做好謹慎應付的準備。支持實驗室安全計畫的是學校管理部門的職責。學校應該認識到安全和健康是科學課綱的基本要素，學校應盡力維持安全運作。所有的安全計畫都必須積極地讓學校管理人員、督導人員、教師和學生參與，實驗室和學校各人員都負有安全和健康的責任。訂定安全工作守則是維護安全的始點，一般工作守則訂定時教學人員應注意的共同項目如下：

教學人員應注意之事項

- ◆ 態度與基本須知：教師以身作則，佩戴個人保護設備；遵守並執行安全規則、流程和做法；展示安全行為，促進安全文化。
- ◆ 安全定期檢查：
 - (1) 應該定期更新安全緊急程序及資訊。
 - (2) 經常檢查安全和急救設備，在設備檢驗標示上，記錄檢查日期和檢查員的姓名縮寫。在實驗室內發現有危險或可能有危險的情況（例如，安全設備過期或化學危險）請書面通知管理單位，並追蹤改善狀況。

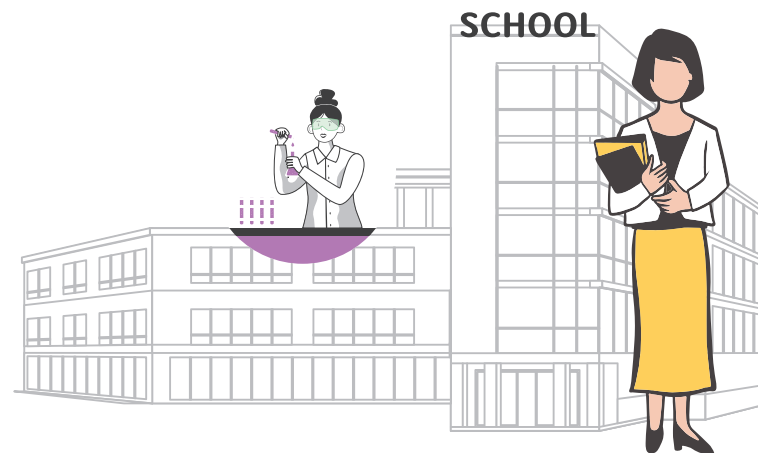
- ◆ 教師進入實驗室時，應先打開實驗室之門窗，確保空氣之流通。
- ◆ 打開排風系統，確保空氣流通，並確認通風櫥是否正常運作。最好能有儀錶顯示空氣流通讀數，若無法用儀器測定，則用小絲帶檢查氣流流向，已確保安全。
- ◆ 消防通道保持暢通。
- ◆ 檢查消防安全設備（滅火器、滅火砂、滅火毯）是否放在指定位置上，確認使用時效並做成紀錄。
- ◆ 急救設備（急救箱、緊急沖淋設備）狀態是否良好，藥物是否齊備，有否過期。
- ◆ 檢查各項實驗儀器（特別是共用儀器）是否良好，切勿使用有缺陷的設備，有破損必需立即更換。
- ◆ 檢查並記錄各項壓力系統與閥門是否良好，玻璃製作的壓力系統要確保完好沒有裂縫與應力，玻璃外部應有防飛濺網包覆。
- ◆ 教師若發現患病、精神欠佳者、情緒不穩定者，應與負責教授溝通為同學另作安排，不應允許該員強行進行實驗。
- ◆ 講解實驗時，可暫時關閉部分通風櫥以降低噪音，但須確認通風良好，講解完畢時，必須將通風櫥打開。
- ◆ 紀錄保存：保存（法定時間規範內）人員的安全培訓與所有實驗室事故的紀錄。

安全和緊急程序

- ◆ 進行實驗教學時，教師應教導學生有關安全和應急設備的位置和使用方法。
- ◆ 詳細解釋發生緊急事故時，應遵循的安全程序。
- ◆ 詳細解釋違反安全規則和程序的後果。
- ◆ 提供學生口頭和書面的安全指引，讓學生先行了解附近環境及緊急逃生路線，以便在發生緊急事故時執行。
- ◆ 確認學生瞭解實驗室的水、氣、電開關和閥門的位置和使用方法。
- ◆ 確認學生知道如何使用所有安全和應急設備（如安全淋浴、沖眼器、急救箱、防火毯、滅火器和水銀洩漏套件等）。
- ◆ 確認在電話附近保留緊急電話號碼清單。
- ◆ 經向學生詳細解釋後，確認學生瞭解內容，並由學生簽署簽證表作切結。
- ◆ 讓學生定期進行適當的安全和疏散演習，如有消防演練或實驗室安全相關課程，應配合參與及訓練。
- ◆ 緊急事故發生時，須依實驗場所事故應變規定及通報聯絡流程進行通報事故發生狀況（何種事故、時間、地點、程度、人員傷亡），並判斷是否能自行處理。
- ◆ 若無法自行處理，應啟動疏散，災害管制，對外求救等流程。
- ◆ 按實驗室逃生規劃路線逃離至安全處，於逃離過程中或抵達安全處後，指派人員對外求救，並清點逃離人數。
- ◆ 除對外求救外，緊急通知校內駐警隊，以協助救援隊伍抵達現場。
- ◆ 緊急通知實驗室負責人到場協助救災。

化學品維護

- ◆ 不需使用的化學品應分類存放在藥品櫃中，且需確認保存日期並記錄。
- ◆ 不要讓學生攜帶未經允許的化學物質進入實驗室。
- ◆ 不要讓學生領取過量化學物質。
- ◆ 不要讓學生攜帶化學物質離開實驗室。
- ◆ 確保學生實驗後將廢棄化學品分類置放於專屬收集桶中，不可倒入水槽。
- ◆ 化學品之儲存容器，在取用後應立即蓋緊。
- ◆ 所領取出的化學品，需標示清楚。
- ◆ 揮發性有害、易燃、可燃化學物質或毒性化學物質，必須在通風良好的環境下，在通風櫥中運作。



學生管理

除確認學生瞭解安全緊急程序與消防急救設備使用內容外

- ◆ 確保學生理解何謂實驗室適當行為，落實安全規定。
- ◆ 確保學生遵循良好安全行為。
- ◆ 學生有患病或精神欠佳者、醉酒與情緒不穩定者，不應進行實驗課程。
- ◆ 妨害實驗，易生危險之行為，如談笑喧嘩、嬉戲、聊天、奔跑、睡覺，易分散注意的行為如看書、聽音樂、或使用手機等 3C 娛樂產品，或使用暴力與謾罵等應予嚴禁。
- ◆ 實驗室內嚴禁吸煙，攜帶或食用食物、飲料或口香糖。
- ◆ 安排學生置放書包衣物之空間，以保持通道暢通，書包衣物、儀器盒等不可放在通道地板上，以免污染與妨害逃生。實驗結束後，應將個人物品攜出，不得寄放於實驗室內。
- ◆ 請勿讓學生使用手機以防污染，手機轉至飛航模式以免妨害實驗進行。
- ◆ 確保學生佩戴適當的個人防護具（如化學護目鏡、實驗衣、手套）。
- ◆ 告誡學生避免穿寬鬆衣服、結領帶或戴懸垂之項鍊，如留長髮請紮結肩後頭上。
- ◆ 不要讓學生在缺乏監督下在實驗室裡工作。
- ◆ 絕不允許未經授權的訪客進入實驗室。
- ◆ 確保學生實驗完成後應盡快離開實驗室。

學生安全態度的養成

學生從頭養成對安全的態度，並養成評估危害與風險的習慣。學生來自不同的背景，有不同的知識背景與程度。學生之中大多數人可能沒有親自操作化學品或設備的經驗；但某些同學已有相關經驗，在實驗中承擔過風險評估和安全規劃的責任。學校科學實驗室提供了一個機會，來教育學生實驗安全知識，養成良好的實驗態度和習慣，允許學生透過觀察和選擇適當的訓練，以便安全的進行實驗操作。安全和健康培訓讓學生奠定安全技能的基礎。學生們應該思考實驗的意義與風險，通過觀察或執行經驗，了解安全是科學教育中必須完成的一部分。學生自發性及自覺性是學習過程中的一個關鍵因素，而在課堂上投入較多的時間強調安全衛生內容的重要，將會對學生有深遠的影響。目前社會對工業安全和健康問題的關注也可能成為原動力。一般工作守則訂定時學生應注意的共同項目如下：

上課時學生與教學人員共同注意之事項

- ◆ 態度與基本須知
 - 該有的個人行為：提起精神，集中注意力，切忌急躁，安靜以對。
 - 易生危險之禁止行為：談笑喧嘩、嬉戲、聊天、奔跑、吸煙、飲食、睡覺，易分散注意的行為如看書、聽音樂、使用手機等 3C 娛樂產品、裝卸隱形眼鏡、或上妝。
 - 進入實驗室時應注意事項：熟悉滅火器材、安全淋浴、洗眼裝置、實驗室中的電燈、瓦斯總開關的位置與操作方法。

◆ 實驗室個人防護穿著

- 正常實驗穿著為白色實驗衣、配戴化學護目鏡、長褲或長裙、能完全覆蓋腳部的鞋子。避免穿深色衣服，白色實驗衣能讓藥品污染被及早發現清除，降低讓化學品直接傷害身體的機會。
- 避免穿著拖鞋或涼鞋等露腳鞋子、及短褲或裙子，以降低因化學品意外噴濺而受傷的可能。
- 配戴化學安全眼鏡。其他類型眼鏡如近視眼鏡、平光眼鏡、隱形眼鏡等無法保護眼部。是否不可配戴隱形眼鏡，各有論點，但最重要的前提是必須配戴安全眼鏡。隱形眼鏡的材質，有可能與部分化學品作用，應加注意。
- 避免穿寬鬆衣服、結領帶、頸巾或戴懸垂之項鍊手鍊，如留長髮請紮結肩後。
- 使用完畢後的防護具，務必清洗擦拭乾淨，以免化學品殘留而帶來二次污染的危害。後續使用者在使用防護具前可再進行清洗擦拭乾淨，使用前務必再三檢查。

◆ 應瞭解化學實驗課程的潛在危險

- 掌握實驗與反應原理。
- 對化學實驗若有疑問，應立即發問。
- 藥品有關的 SDS 之閱讀與考核。
- 查閱藥品之毒性、活性與相容性注意事項。
- 熟悉實驗所使用之藥品與廢液之標準處理流程。

◆ 使用實驗玻璃器皿常見注意事項

- 使用前應仔細檢查玻璃器皿是否有破裂，有損毀者立即更換。
- 注意玻璃器皿滑落、傾倒造成意外的風險。
- 架設玻璃設備時，確保其設置是否牢靠。
- 不要以手觸摸器皿方式來試探溫度。
- 不要以手觸摸正在加熱的器皿。
- 將試管加熱時，不可靠近試管，試管口避免正對人群，以免因沸騰噴濺而傷人。

◆ 化學品使用習慣

- 實驗時應戴手套，不宜讓化學品直接碰觸皮膚。
- 觸碰化學品前，再三檢查手套是否良好。
- 手套受污染時，應予立即清理或更換。
- 處理或使用化學品時，應在通風良好之環境下進行，如有使用高危害化學品如酸鹼液、揮發性氣體、氧化劑和有機溶劑時，則應在正常運作的通風櫥中或排氣罩下進行。
- 平常應將通風櫥門擋拉下，實驗設備建立時門擋可暫時打開，身體應保持在通風櫥外，在實驗操作開始前，應將通風櫥門擋拉回安全位置，始得進行反應。
- 實驗進行中不得擅自離開，若不得已則需暫停實驗且加註標示或請他人代為照料方可離開。特別是實驗用的迴流水系統，如需過夜時，需確認水壓是否正常。

- 使用化學櫃、廢液櫃等抽氣儲存櫃後，須隨手關閉櫃門，讓抽氣儲存櫃保持在閉合的狀態。
- 取用後的藥品瓶罐，務必歸回原位，不應搬離原位及任意放置，以利實驗室安全與救災運作。
- 不要攜帶未經允許的化學物質進入實驗室。
- 不要領取過量化學物質。
- 不要擅自攜帶化學物質離開實驗室。
- 要用吸球吸取化學試劑，勿用嘴巴直接套用吸量管（pipette），以策安全。
- 使用化學品時，勿置於桌緣，用後立即栓上蓋子，避免打翻。
- 已取出而用不完的剩餘藥品，須當作廢棄藥品處理，勿再倒回原藥品容器中。
- 實驗桌上用來盛裝化學品的瓶子或容器，要有清楚的標示，說明容器內容物之化學結構、使用者姓名、日期。
- 使用高活性化學品時，器具上殘餘藥品必需依照標準流程去除活性。
- 稱量化學品時應盡量使用有蓋的樣品瓶。
- 非實驗所需的化學品應移放至通風櫥外，最好能立即放回藥品櫃中。
- 所有化學品、廢液、洗滌液及廢棄物，切勿直接倒入水槽或棄置在生活垃圾中，須依規定以廢棄化學品不同性質分類及收集，後由合格廠商清運。

◆ 廢棄化學品的分類與收集

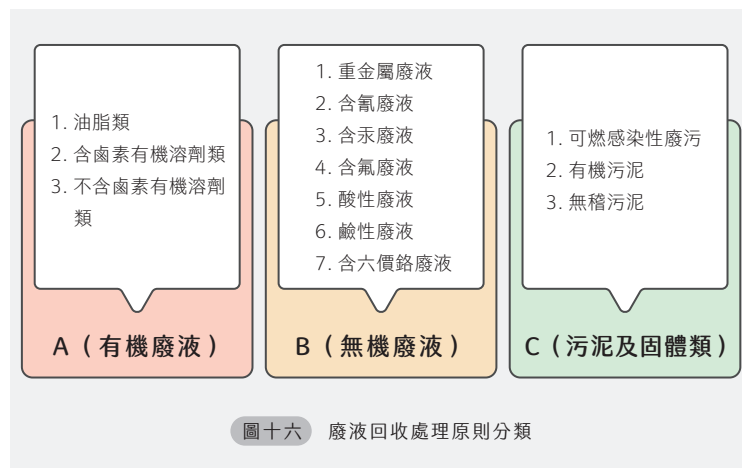
依「廢棄物清理法」規定，學校實驗室所產生之廢棄物乃事業廢棄物，應依「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」規定分類、儲存及清除。若化學實驗室屬於學校實驗室，其廢液之處理，應依教育部頒布之「實驗室廢液暫行分類標準」可分為有機廢液類、無機廢液類、污泥及固體類（圖十六）。

- 廢液分類首重相容性，如不相容之廢液混合存放，有可能引發劇烈反應，如氰酸根廢液不能與酸相混，若酮類與含雙氧水廢液相混，可能引起爆炸、火災，因此廢液之分類必需小心謹慎。
- 分類貯存，再行委託合法公民營廢棄物清除處理機構代為移除與處理。
- 化學實驗室內廢液應有相對應的分類回收桶，依回收處理原則分為：

A 類為有機廢液類，可再細分為（1）油脂類、（2）含鹵素有機溶劑類、（3）不含鹵素有機溶劑類。

B 類為無機廢液類，可再細分為（1）含重金屬廢液、（2）含氰廢液、（3）含汞廢液、（4）含氟廢液、（5）酸性廢液、（6）鹼性廢液、（7）含六價鉻廢液。

C 類為污泥及固體類，可再細分為（1）可燃感染性廢污、（2）有機污泥、（3）無機污泥。



圖十六 廢液回收處理原則分類

- 依廢液危害特性分開儲存，不相容之廢液如酸性廢液和鹼性廢液、氰系廢液與酸液廢液、氧化性物質與還原性物質需分開儲存。氧化性物質需單獨分開儲存。
- 廢液桶開封使用前應先行貼上分類標示，以標示產生廢棄物之事業名稱、貯存日期、數量、成分及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
- 廢液桶應有防漏盛盤，其容積應為廢液桶容積的 1.1 倍以上。
- 使用前或使用中的廢液桶，應隨時注意是否有破漏跡象。若有老化破漏跡象應立即更換。
- 廢液桶不應過滿，以免在搬運發生漏溢。
- 存放位置應遠離火源及電源，若為有機易燃或可燃廢液，應存放在防燄櫃裡。

- 廢液儲存地點應有堅固之地面，四周應採用抗腐蝕及不透水材料襯墊。
- 廢液儲存地點應有防止地面水、雨水及地下水流入或滲透之設備或措施。
- 針對廢液儲存產生之廢漏液、廢氣、惡臭等，應有收集之設備或防止措施，以防止其環境包括地面水體、地下水體、空氣、土壤等污染。
- 依「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」規定，實驗室廢液須委由經中央主管機關許可之廢棄物清除處理機構執行清除、處理。
- 廢棄物清運時委託清運之單位應填寫遞送聯單，並將聯單紀錄存檔備查。
- 相關參考法規為：(1) 廢棄物清理法、(2) 有害事業廢棄物認定標準、(3) 事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準、(4) 公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法、(5) 教育機構廢棄物共同清除處理機構管理辦法。

◆ 環境與玻璃器皿之清潔維護

- 實驗完畢後需整理環境，操作台應擦拭乾淨。
- 使用後之儀器、玻璃器皿等應洗淨晾乾後放回原處，不得長期置放在通風櫥內。
- 玻璃器皿有損壞時，立即通報更換。

◆ 儀器維護

- 禁止惡意破壞實驗器材。
- 使用時注意電源電壓是否恰當。
- 不應任意使用延長線。
- 電源線切勿放置在加熱板上，以免受熱熔化短路。
- 電源線與儀器外觀，若有破損則應予以更換。
- 任何儀器有損壞時，立即通報更換，不可繼續使用。
- 使用電子儀器時注意是否配有接地保護，保持手腳乾燥，不要戴手錶或其他金屬物品，使用完須將開關關閉。
- 任何電力或電子儀器應遠離潮濕。
- 如有使用水銀如氣壓計，用畢須將含汞容器蓋好，以免水銀蒸氣逸出。若不慎打破水銀溫度計，須立即告知助教清除。若水銀散落，用水銀洩漏套件處理。



■ 研究型實驗室

研究型實驗室是以進行化學研究實驗為目的，學生群為較有經驗與緊急應變能力的碩博士生，緊急應變訓練較為充足，但實驗類型變化較大，也可能沒有標準操作流程，要依靠研究生與教授自行判斷，也常因實驗室設備較多，容易因錯誤操作而引起意外。(圖十七)摘要說明有關研究型實驗室工作守則之事項。

實驗室負責人注意事項

實驗室負責人的責任包括（但不限於）如下：

◆ 安全防護裝備

- 製作警示牌，告知各人員入內時可能曝露的潛在危險性。
- 定期檢討實驗室的標準安全程序及規則，與安全設備是否足夠。
- 確定所有工作人員都接受安全工作訓練，懂得正確使用個人保護裝置，及處理毒性物質意外的程序。
- 充分提供人員適當之個人防護具及安全衛生設施。
- 確定人員均獲得所需的保護裝置。
- 追蹤人員是否落實個人安全防護。
- 對危險性的操作，需提供安全訓練，及指定合適的保護裝置。
- 若必要時，安排實驗室進行空氣樣品檢測或其他測試，以確保環境之安全。

◆ 人員與設備維護

- 指導實驗室人員定期進行健康檢查，通知人員結果，並確定獲得所需的醫藥照顧及使用資料幫忙評估及維持實驗室之安全。
- 要求實驗室人員對設備確實執行定期保養、維護及更新程序，並向實驗室負責人報告。

◆ 危險化學品

- 要求實驗室人員，依照校院系之化學安全規定進行工作。
- 檢定及批准有關危險及有害物質之標準操作程序。
- 指定特別危險物質操作之工作區域位置。
- 確定危險及有害物質是否適當保存，清單是否定期更新。
- 提供正確的教導，將有害物質曝露的危險降至最低。
- 針對可能導致危險及有害物質外洩之行為，予以警告與要求改善。
- 指導實驗室人員正確地處理有害化學物質及材料。

◆ 意外處理

- 明確地陳述處理意外的標準程序，讓人員充份理解。
- 若發生意外，應深入調查意外原因，且向化學安全人員報告，以利制定防制程序，將意外重複性降至最低。
- 若有人員嚴重地曝露於化學物質或材料之意外，或造成環境污染，應主動向職業安全衛生管理單位報告尋求協助。

實驗室安全員注意事項

實驗室安全員通常是實驗室資深人員，協助負責人關注實驗室安全事宜。

- 協助確認實驗室內化學品，實驗室應備有安全資料表，標示並放置於實驗室明顯處。
- 協助控管實驗室化學品均應備有清單，並定期更新。特別是被列管的危害物清單，需依法填寫用量並更新存量。
- 協助安排更新「緊急通聯資料表」。
- 協助安排定檢與清點實驗室安全裝備（如滅火器，滅火毯，緊急照明燈，急救箱與相關急救藥物，沖淋設備，化學吸附劑等）。
- 協助安排定檢實驗室儀器與電器設備。
- 協助安排實驗室清潔事項與廢棄物清運。



對象	應注意之事項
實驗室負責人	1. 製作警示牌告知入內時的潛在危險性（如雷射實驗） 2. 提供適當的個人防護具及安全衛生設施 3. 實驗室設備定期保養維護及更新 4. 指定危險物之存放位置、清單定期更新 5. 檢定及批准危險物及有害物標準操作及工作程序 6. 提供安全訓練及適當的保護裝置 7. 確定工作人員接受安全訓練、懂得使用個人保護裝置及處理毒性意外程序 8. 提供環境檢測、同仁身體健康檢查 9. 定期檢討安全程序、防護具與修正 10. 事故調查與預防、緊急求助
實驗室安全員	1. 協助實驗室負責人關注實驗室安全 2. 確認實驗室內化學品均有安全資料表、標示與放置 3. 控管實驗室化學品、定期清單更新（特別是列管危害物） 4. 更新緊急通聯資料表 5. 定檢、清點實驗室安全裝備（如滅火器、滅火毯、緊急照明燈、急救用品、沖淋裝置、化學吸附劑等） 6. 定檢實驗室儀器與電氣設備 7. 實驗室清潔與廢棄物清運
研究生	1. 除一般學生工作守則外，研究生應注意下列事項： 2. 接受足夠的安全訓練（法定時數及其他實驗室內特殊技巧訓練） 3. 操作實驗要 2 名以上人員互相陪同，勿一人單獨操作 4. 盡量避免深夜或假日等長時間操作實驗，並請告知實驗室負責人 5. 實驗前請查閱資料、細讀安全資料表、接受充分訓練並與專家討論、遵守 SOP 與守則並留下紀錄 6. 操作危害性高的實驗，周知負責人並配戴適當防護具 7. 實驗使用及運作甲類物質或特定化學物質等藥品依相關規定辦理

圖十七 研究型實驗室工作守則

研究生應注意事項

除一般學生應注意之事項外，研究生應注意下列事項：

- 一般訓練包括一般職業安全、逃生及消防訓練（3 小時），及實驗室安全防護訓練（3 小時）。專業選訓包括危害通識（3 小時）；生物安全訓練（8 小時）；輻射防護訓練（3 小時）；動物實驗訓練等。其他實驗室所屬的實驗專門技巧訓練，應由實驗室負責人提供。
- 操作實驗時，最好有兩名或以上人員在場，切勿一人在實驗室內單獨操作。
- 儘量避免在深夜及假日操作實驗，長時間過夜的實驗，離開前必須仔細檢查，並留下字條說明實驗內容。若有特殊需求須告知實驗室負責人。
- 應善盡其義務，加強注意以防止實驗意外的發生，包括文獻查閱，瞭解相關法令，細讀安全資料表，接受充分之訓練，實驗前與相關專家討論，遵守標準作業流程與守則，並留下紀錄。
- 操作危害性較高之實驗時，需告知周圍之人員與相關之負責人，且須配戴適當防護具，如護目鏡、防護衣、防毒面罩、抗酸鹼手套等。
- 切勿任意擴大反應量級，如必須擴大，要特別注意熱傳導、攪拌與散熱問題。
- 應注意並研讀有關化學品管理之相關法規（附錄一），常見的包括：

學術機構運作毒性化學物質管理辦法（教育部）

公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法（消防署）

毒性及關注化學物質管理法施行細則（環境保護署）

職業安全衛生法及施行細則（勞動部）

有機溶劑中毒預防規則（勞動部）

特定化學物質危害預防標準（勞動部）

優先管理化學品之指定及運作管理辦法（勞動部）

危害性化學品評估及分級管理辦法（勞動部）

危害性化學品標示及通識規則（勞動部）

輻射防護人員管理辦法（原委會）

先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法（經濟部）

此等法規會隨時間而更新，應定期覆閱。

特定化學物質危害預防標準

- 勞動部依職業安全衛生法第六條第三項規定特定化學物質危害預防標準。實驗室使用特定化學物質時應充份了解相關規定。
- 特定化學物質分甲、乙、丙、丁四類，雇主使勞工從事特定化學物質作業，對於健康管理、作業環境監測、妊娠與分娩後女性勞工及未滿十八歲勞工保護與入槽安全等事項，應依勞工健康保護規則、勞工作業環境監測實施辦法、妊娠與分娩後女性及未滿十八歲勞工禁止從事危險性或有害性工作認定標準、缺氧症預防規則及職業安全衛生設施規則所定之

局限空間作業等相關規定辦理。

- 實驗室負責人不得使人員（或雇員勞工）從事製造、處置或使用甲類物質。但供試驗或研究者，不在此限。前項供試驗或研究之甲類物質，實驗室負責人應依管制性化學品之指定及運作許可管理辦法規定，向中央主管機關申請許可。
- 其他與化學品操作相關之專業守則，將在後續的專章中探討。



參考資料：

- (1) Laboratory Safety, American Chemical Society, 2017.
- (2) Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions, American Chemical Society, Washington, 2016.
- (3) Safety in Academic Chemistry Laboratories 8th Edition, Best practices for first and second year students, American Chemical Society, Washington, 2017.
- (4) Chemical Safety Manual for Small Businesses, 3rd Edition, American Chemical Society, Washington, 2007.
- (5) Safety in Academic Chemistry Laboratories, Volume 2, Accident prevention for faculty and administrators, 7th edition, American Chemical Society, Washington, 2003
- (6) Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories, American Chemical Society, Washington, 2015.

第二節 非實驗工作人員

實驗室人員可分為從事實驗的人員與非從事實驗的人員。從事實驗的人員，無論是長期或短期人員，需要經過安全教育訓練，始能進行實驗工作，並遵守所有安全規定。但非從事實驗的人員須經常進出實驗室時，依然要面對實驗周邊環境所帶來的風險。而非從事實驗的人員的身份大致上可分為以下幾類：

- (1) 屬實驗室一般行政人員或助理
- (2) 非屬實驗室行政人員
- (3) 外來的工作人員
- (4) 外來訪客與推銷人員

實驗室在設計時能區分為(1)實驗區與(2)接待休息區。實驗區為高風險區，外來訪客與推銷人員應一律止步。未受訓練之人員，在沒有經過實驗室主管同意前，不可進入實驗區。

管理建議

以下是一些有關非從事實驗的人員管理的幾點建議：

- ◆ 實驗室一般行政人員或助理，因可能頻繁地進出實驗室，應同樣接受實驗室安全訓練，進入實驗區時應配戴護目鏡與穿實驗衣。有些實驗室分為理論組與實驗組，因處在相同的實驗環境下，理論組研究人員亦應接受實驗室安全訓練。實驗室安全訓練應重視與該實驗室研究，所帶來的相關風險與安全維護。

- ◆ 非實驗室行政人員，如一般教職員工生與清潔人員等，須經常進入實驗室者，應接受一般實驗安全訓練，同時要告知風險，並在實驗室人員陪同下進入實驗區，進入實驗區時應配戴護目鏡與穿實驗衣。一般實驗安全訓練應重視進入實驗區時的一般安全守則。
- ◆ 對外來的工作人員，如工程或裝配人員，儀器維修人員等，實驗室應在施工前，與施工者開會，告知風險並討論施工時的安全注意事項，施工人員應提出施工安全對應方案，做成會議紀錄並經雙方簽署後，並填寫工作環境與承攬作業安全衛生危害因素告知單，始能施工。
- ◆ 協調施工區域安全：工程、裝配、儀器維修人員需解釋將執行的工作，特別是可能影響實驗室運作的任何操作項目如公用設施的關閉，實驗和敏感材料需預先安排使用替代電源保護，是否可能使用會產生熱量或火花的設備，以便預先安排易燃材料可以安全地存放的地方，遠離施工風險區。協調並待實驗室人員清除所有危險材料和污染後再開始施工。施工人員切勿在標有生物危害、放射性、致癌物質或其他特定警告標誌的廢液容器或工作平台附近工作，請參閱討論實驗室中使用的危險和警告標誌。
- ◆ 外來訪客與推銷人員不應進入實驗工作區，所有接洽應在實驗接待區進行，如有需要進入現場勘查，需在實驗室人員陪同下進入實驗區，進入實驗區時應配戴護目鏡與穿實驗衣。

參考資料：

- (1) 加州大學聖地牙哥分校設施實驗室的非實驗室人員指南。(Guidelines for Non-laboratory Personnel Working in Laboratories, UC San Diego) <https://blink.ucsd.edu/safety/research-lab/laboratory/nonlab-personnel.html#Work-in-occupied-spac>

第三節 實驗室環境整潔

實驗室的環境是許多人活動的地方，空間的整潔關係研究實驗的品質與安全；所以必須有一定的規範與管理方法，實驗室人員應與遵守。實驗室環境整潔維持的手法，首推 6S 管理，6S 起源於日本。所謂 6S（表三）管理是指對於實驗室、辦公室、儲藏空間等工作場所，持續進行整理、整頓、清掃、潔淨、養成習慣及安全的活動。

表三 6S 的意涵與做法

日語（字譯）	中文	英文	基本定義	典型的例子
Seiri (Sort)	整理	Tidiness	區分要與不要的東西、把不要的東西丟棄。	清除不要的東西將要的東西就定位。
Seiton (Set in place)	整頓	Orderliness	將要用的東西歸定位。	常用的物品隨手可得，文件很快可以找到。
Seiso (Shine)	清掃	Cleanliness	清除垃圾、雜物、污垢等，經常打掃，維持乾淨。	負責個人的清潔區域。
Seiketsu (Standardize)	潔淨	Standardized clean up	反覆不斷的進行整理、整頓、清掃，達到並維持潔淨的標準，並不斷追求視覺上環境的美化。	物品的儲存清楚乾淨，感覺很清爽。
Shitsuke (Sustain)	素養	Discipline	遵守已決定的事項，漸漸改變習慣。	每天都做 5S，養成好習慣。
	安全	Safety	整體工作環境的人、事、物運作，井然有序。	前述之 5S 運作必須以整體的安全為目的。

- ◆ **整理**：區分要與不要的物件或化學品，在實驗桌上只放置當天適量的實驗必需品，其他一切都不放置。目的在於騰出空間，防止誤用。
- ◆ **整頓**：整頓現場次序，將需要的東西加以定位放置並且加以標示，這是提高效率的重點。減少尋找時間，創造井井有條的實驗秩序。
- ◆ **清掃**：定期清除垃圾、雜物、污垢等，經常打掃，維持實驗室及設備乾淨。
- ◆ **潔淨**：反覆不斷的進行實驗室內整理、整頓、清掃，達到並維持潔淨的標準，並不斷追求視覺上環境的美化。
- ◆ **教養**：建立並形成良好的實驗室管理習慣與意識，實現研究人員的自我規範。
- ◆ **安全**：從事實驗室作業要有安全意識，人人按安全操作規程作業，讓整體實驗室環境的人、事、物運作，井然有序，減少人身傷害和經濟損失。

法規管理

雖然目前尚沒有任何一條法規或指引，針對化學實驗室環境整潔直接進行規範，但間接和實驗室環境整潔相關法規，有「職業安全衛生設施規則」如下：

- ◆ 針對所有工作場所要求在第 315 條，雇主對於勞工工作場所，應經常保持清潔，並防止鼠類、蚊蟲及其他病媒等對勞工健康之危害。
- ◆ 對於生物實驗室則在第 316 條，雇主對於勞工工作場所之地板、周圍牆壁、容器等有被生物病原體污染之虞者，應予適當消毒。
- ◆ 對於化學有害物實驗室要求在第 317 條，雇主對於受有害物或具有惡臭物污染之場所，應予適當之清洗。前項工作場所之地板及周圍牆壁，應採用排水良好之適當構造，或使用不浸透性材料塗布。
- ◆ 「粉塵危害預防標準」第 22 條，雇主對室內粉塵作業場所至少每日應清掃一次以上。雇主至少每月應定期使用真空吸塵器或以水沖洗等不致發生粉塵飛揚之方法，清除室內作業場所之地面、設備。但使用不致發生粉塵飛揚之清掃方法顯有困難，並已供給勞工使用適當之呼吸防護具時，不在此限。

風險管理

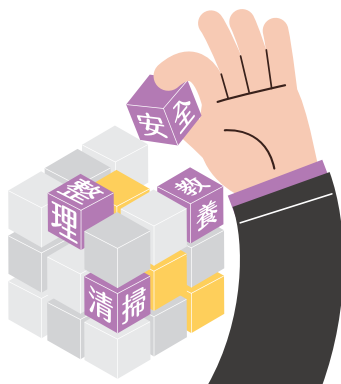
實驗室管理不易，因為進入實驗室的人來自不同背景與訓練時間不同，一直是個複雜且不容易控制的問題。因此實驗室管理必須有一套簡單實用的 6S（整理、整頓、清掃、潔淨、教養、安全）教材來進行內部管理。建議實驗室管理者，可以透過表一 6S 的意涵與程序做法，在有限資源下，持續定期執行 6S 的整理與稽查，並透過 PDCA 循環管理模式，進行改善項目。

表四 在實驗室中常因物品凌亂、人員教養不足等
6S 管理不足造成危害

管理不足 危害類型	整理	整頓	清掃	潔淨	教養	安全
撞傷	◎	◎			◎	
接觸有害物	◎	◎	◎	◎	◎	◎
跌（滑）倒		◎	◎	◎	◎	
暴露			◎		◎	◎
誤食			◎	◎	◎	
火災	◎	◎				◎
爆炸	◎	◎				◎

其中整理、整頓不足，在儲存 / 堆積 / 放置突出的物體、擁塞地區的工作造成撞傷危害。實驗室遺留過多過期化學品和實驗台未經常清掃、清潔都容易造成實驗者接觸可害的物質。地面未定期清掃或液體洩漏未及時處理，也會造成跌（滑）倒（如表四）。

在所有 6S 的管理中人員的認知與教養是最重要的，如果實驗室人員能養成遵守規定與紀律的習慣，把整理、整頓、清掃、潔淨、安全等行動養成習慣，就可建立可信賴的工作環境。



運作注意事項

6S 活動的成功，需要自機構的行政主管人員、實驗室管理者與現場實驗人員作業層共同的努力，才能獲得一定的效果，尤其需要機構的行政主管人員支持與深化改善活動，才能使改善意識深植實驗人員腦海中，進一步帶動實驗室的不斷成長。

- ◆ 要使效率提高，首先要從「整理」開始。把老舊不堪使用、多年不用的設備、器皿丟棄。藥品方面把過期、不再使用的藥品、原物料按化學廢棄物處理。資料文件要區分要與不要的，把不要的丟棄，不要堆積如山。
- ◆ 要免除「尋找時間」的浪費，由「整頓」開始。首先劃分區域，把實驗室所使用的設備器材、器皿藥品放定位，並放置整齊，避免零亂。再將原料、藥品歸定位並標示。最後抽屜、櫃子之物品、資料放置整齊並標示。
- ◆ 除了經常使用空間清掃外，不常使用的空間也要打掃乾淨。實驗室要確實劃分每個人負責的清掃區域。要求遵守相同清掃的程序，先用掃把掃一遍，再用拖把、抹布擦拭，經常打掃，常保清潔。
- ◆ 保持實驗桌面與反應設備之乾淨謂之『潔淨』。隨時注意保持實驗 / 辦公桌面、設備、藥品及周圍環境之潔淨。追求視覺上環境的整齊、美觀，感覺很清爽。整潔是維持整理整頓清掃之成果。
- ◆ 6S 是以教養為始終。實驗完畢時，馬上整理，並保持桌面整潔，這是一種好『教養』，遵守已決定的事項，養成好習慣。

第四節 實驗室廢棄物存放管理 (含廢液處理)

實驗室從事教學研究所產生出來的化學廢棄物，均具危害安全及污染環境之可能，無論是廢固、液或過期化學品，都有潛在風險。實驗室的過期及報廢化學品(原物料)有許多不可預期的情況，包含純度不明、過期變質、受污染等可能，經判斷無法使用即應盡快請合格廠商清運處理。化學廢棄物亦會與其他化學品作用，引起意外。化學廢棄物以不囤積為原則，若無法第一時間清運，化學廢棄物的臨時儲存環境安全應透過 6S 管理（整理、整頓、清掃、潔淨、素養與安全），減低因雜亂無章的環境，導致災害發生的風險。

實驗室廢棄物應據「廢棄物清理法」、「有害事業廢棄物認定標準」¹、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」、「毒性及關注化學物質管理法」及「臺北市下水道管理自治條例」處理。²在人員管理方面，無論是否實驗室工作人員，應遵守工作守則與臨時儲存區進出管制管理。硬體設備方面如電力設備包括馬達、抽氣櫃、分析監控儀器等與非電力設備如高壓鋼瓶、玻璃器皿、實驗桌等應定期檢查，並依危險性、相容性等，妥善規畫空間擺放位置，建立相關操作處置的標準程序，定期巡檢改善。

實驗室廢棄物暫存管理（含廢液處理）

因實驗室研究及其作業活動產出之廢棄物為事業廢棄物，可分為有害廢棄物與一般廢棄物，但請注意，這些都是事業廢棄物，不能當做生活廢棄物，分別依廢棄物清理法中，有害事業廢棄物與一般事業廢棄物標準處理（如表五）。

表五 實驗室廢棄物常見分類³

分類	廢棄物種類 / 項目	廢棄物管理規範
有害實驗廢棄物	1. 法定列管毒性物質	1. 各項危害性分類及判別，依環保署相關法規進行。 2. 法定列管毒性化學物質之廢棄物需向地方環保機關（縣市環保局）聲明廢棄核可後才可進行清理。
	2. 易燃性（不含氯）	
	3. 含氯易燃	
	4. 不可燃	
	5. 強酸類（pH≤2.0）	
	6. 強鹼類（pH≥12.5）	
	7. 感染性	
	8. 多氯聯苯	
	9. 禁水性物質	
	10. 生物醫療廢棄物	
	11. 放射性物質	
一般實驗廢棄物	1. 輕微沾染到非危害性化學物質的實驗耗材器皿類的廢棄物，如擦拭紙、手套滴管、碎玻璃器等。	大部份空的非危害性化學物質盛裝容器經適當清洗後均可視為一般廢棄物，但清潔產生之廢水應以廢液處理。
	2. 高分子加工、紡絲之邊料、廢絲、料筒清洗、膠粒等。	倘若所使用之化學物是屬於環保署所公告之毒性化學物質，則該類容器均應依有害性廢棄物方式委託合格之清理業代為處理。
	3. 化學品空容器	

危害辨識

實驗廢棄物，特別是有害實驗廢液，因組成成份相當複雜，可能含有危害環境及人體健康的有毒物質，因此實驗廢液的處理工作具有相當的危險性，尤其是所要處理的廢液內容物不確定時，潛在風險更高。

反應類編號	反應類編號	說明	反應顏色	結果
1	酸、鹼物(非氧化物)	1	產生熱	產生熱
2	酸、鹼物(氧化物)	2	起火	起火
3	有機酸	3	產生無毒性和不易燃性氣體	產生無毒性和不易燃性氣體
4	醇類、二元醇類和酸類	4	產生有毒氣體	產生有毒氣體
5	農藥、石棉等有毒物質	5	產生易燃氣體	產生易燃氣體
6	醃胺類	6	爆炸	爆炸
7	胺、脂肪族、芳香族	7	劇烈聚合作用	劇烈聚合作用
8	偶氮化合物、重氮化合物和聯胺	8	或許有危害性但不穩定	或許有危害性但不穩定
9	水	9	範例	產生熱起火和毒性氣體
10	鹼	10	廢液之貯存除應考慮容器與廢液之相容性外，更應注意廢液間之相容問題，不具相容性之廢液應分別貯存。	
11	氰化物、硫化物和氯化物	11	資料來源：六和股份有限公司	
12	二硫氨基碳酸	12		
13	酯類、醚類、酮類	13		
14	易爆物(溶劑、廢棄爆炸物、石油廢棄物等)	14		
15	強氧化劑(鉻酸、氯酸、雙氧水、硝酸、高錳酸等)	15		
16	烴類、芳香族、不飽和烴	16		
17	鹵化有機物	17		
18	一般金屬	18		
19	鋁、鉀、鋰、鎂、鈣、鎳等易燃金屬	19		

圖十八 化學廢液相容表⁴

所以平時實驗室在處理化學廢液時，一定要依相容性分類（圖十八）儲存與標示內容物及其危害性（圖十九）。

化學廢棄物應依規定分類收集、標示及儲存方式處理，若一般研究單位無法提供專業處理時，應由具備廢棄物（清除）處理合格許可證的專業機構代為清運處理。為保障所有人員安全，不得任意棄置。



圖十九 有害事業廢棄物特性標誌

常見危害概略

化學廢棄物常見危害可概略分類如¹：化學性暴露、爆炸與火災、生物危害、環境安全危害。

- ◆ **化學性暴露**：毒性化學物質能以氣態、液態和固態等不同型態，經由呼吸、皮膚吸收、食入或傷口進入身體。化學物質會在身體接觸部位或皮膚造成傷害，或者經擴散到其他組織器官造成系統化危害作用。在廢棄物相關的作業場所，吸入為常見的暴露途徑。肺部易受化學物侵害，即使有時該物質不會直接影響肺部，也可能經過肺組織進入血液循環。經由皮膚或眼接觸是另一項常見的暴露途徑。

有些化學物會直接傷害皮膚，有些會經由皮膚進入血液循環到容易受侵害的器官。另外，眼睛是特別容易受到傷害的部位，氣態化學物質可溶於其潮濕的表面而進入眼睛表面的微血管，再經由血液循環到身體其他部位。

穿戴防護設備與護目鏡、盡量避免使用隱形眼鏡、手部應戴上手套，避免讓手與臉部接觸、避免直接接觸液態和固態化學物，此等策略均有助於預防皮膚和眼睛的暴露。雖然經由吃喝攝入較少發生，但仍可能發生，因此廢棄物運作暫存區，應禁止任何飲食。

- ◆ **爆炸與火災**：廢固、液火災與爆炸時有所聞，例如廢化學品因傾倒而混合，不相容廢液因接觸而產生爆炸、火災或放出高熱、或因電器意外引燃廢固、液產生爆炸、或因靜電火花引燃化學廢液、或因震動造成敏感性或摩擦敏感性物質（例如過氧化物）的擾動引發爆

炸、或因廢液桶材質選擇不當，造成洩漏的突發意外等。當實驗室廢棄物相關作業場所發生爆炸與火災，現場將產生大量的熱、火燄、吸入性濃煙，以及釋出有害物質。為預防這類危害，化學廢棄物暫存區最好使用防爆設備，以免產生火花，並要求遠離火源；廢液桶必須選擇耐溶劑或耐腐蝕的安全容器；過氧化物、活性金屬或觸媒在丟棄前必須先經去活化步驟處理後，才可傾倒入廢液桶中。

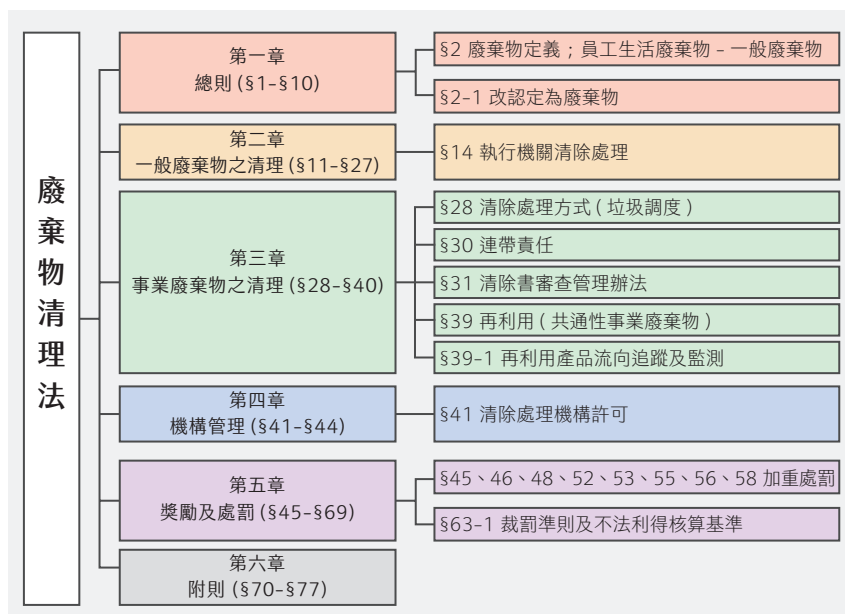
- ◆ **生物危害**：來自生物安全管制實驗室的有害廢棄物可能含有致病微生物，經由接觸或空氣（生物氣溶膠）等方式傳播，會感染現場的人員。生物性病原可能藉著水和風力傳播。其他生物性危害物包括有毒的植物、昆蟲、動物和本土性病原體。因實驗室感染而死亡的案例時有所聞，例如 Elizabeth R. Griffin 研究助理因受到動物籠上的病毒感染而去世。² 因此防護衣穿戴以及呼吸防護設備有助於降低暴露的機會，仔細沖洗受暴露的身體部位和設備也將有助於預防感染。

- ◆ **環境安全危害**：實驗室廢棄物相關作業空間亦可能面臨許多安全上的風險。例如：廢液桶堆置在不穩的物體上，造成墜落。尖銳廢棄物，如金屬碎片和破裂的玻璃未妥善分開保存。空間走道堆放廢棄物造成逃生困難。廢棄物特別是廢液未妥善加蓋造成異味逸散到實驗室環境。某些安全危害會因環境本身而引起，所以廢棄物儲存空間和其他作業空間同樣重要。另外，人員應該經常注意潛在的危害因素，如有發現應立即通知管理人員，以便採取措施，降低風險。

相關法規

廢棄物管理主要依「廢棄物清理法」之規定，其架構²如下圖（圖二十）。實驗（或有害事業）廢棄物可依「有害事業廢棄物認定標準」判定與進行分類，凡各項作業所產生之廢棄物其標示、暫貯存、申報、回收、處理及紀錄等依「廢棄物清理法」或各單位自訂之「廢棄物管理要點」進行。

「廢棄物清理法施行細則」在民國 90 年 05 月 30 日訂定，108 年 11 月 6 日修正發布第 4、10、11、17 條條文。該細則全文共 20 條，是依據廢棄物清理法第 35 條之規定所訂定，主要重點在規範各級主管機關應主管之事項、各級執行機關應執行事項，以及補充說明母法（廢棄物清理法）之相關條文規定。



圖二十 廢棄物清理法之架構

運作注意事項

廢棄物應依照各單位規定分類管理，並統一辦理清運，不可自行傾倒或不宜委託外部非專業業者處理。化學廢棄物應依其種類及數量作適當處理，在收集時應將其成份及數量（或濃度）標示清楚。收集與清運處理時，人員應穿戴手套、口罩或防護衣（工作服）等防護用具。

各類廢棄物處置原則

- ◆ 廢液不得任意傾倒於水槽排放。
- ◆ 被化學品污染之材料、器皿等固體廢棄物，亦應委託專業廠商清運。
- ◆ 對於過期之化學品、不明成份之化學廢棄物，應委託有檢測能力的專業廠商清運，清運時應盡可能使用原包裝容器。
- ◆ 採購化學品時，應選擇有回收容器及過期藥品能力之廠商。特別是特殊氣體，報廢之氣體鋼瓶應以退還供應商為原則。
- ◆ 感染性廢棄物經滅菌後，應妥為包裝避免異味逸散出；若為廢棄之尖銳器具，應以不易穿透之容器盛裝並加蓋密封。
- ◆ 實驗廢棄物盛裝容器應張貼「環保署有害事業廢棄物特性標誌」。
- ◆ 貯存時，廢液桶須放置在承盤中，承盤體積應為廢液桶之 1.1 倍以上，以防因破裂外漏。

實驗室廢棄物暫貯存區之安全措施

- ◆ 廢棄物暫存區應為地面堅固，四周採用不透水材料襯墊或構築，並有災害防止設備。
- ◆ 通風良好，或裝設有通風設備之貯存櫃，避免高溫、日曬、雨淋。
- ◆ 應依貯存事業廢棄物之種類，配置消防、照明設備及緊急沖淋安全設備。
- ◆ 暫存區的廢棄物，應易於存放及搬運。
- ◆ 不阻礙通道，不易傾倒。
- ◆ 遠離熱源、火源、高壓氣體鋼瓶。
- ◆ 應於明顯處張貼「廢棄物貯存區」標示，並設置白底、紅字、黑框之警示標誌。
- ◆ 實驗廢液或廢油應置於合適材質之貯存容器，並採防止滲漏措施如盛盤等，以免污染地面。
- ◆ 所有容器外表應保持乾淨，方便人員清運。
- ◆ 易燃性、反應性及毒化物廢液，應依危害特性種類，配置所須之防護設備。
- ◆ 所有貯存桶應隨時保持加蓋密閉狀態。

特殊注意事項

分為「廢有機物」、「廢無機物」、「過期化學物質處」等，須交由專業廠商清運。

- ◆ 若對廢液分類有疑問，應先查詢安全資料表 (SDS) 再依廢液特性進行分類。
- ◆ 所有廢化學物品應先確認去活後，再倒入廢化學廢固、液收集桶中。
- ◆ 化學廢固、液儲存期間所有容器均應密封，且廢固、液桶應張貼廢液分類標示。
- ◆ 對於有機廢液中無法明確分類者，得歸類為含鹵素有機溶劑。
- ◆ 氰系廢液產出實驗室需將其調整至 pH 11。
- ◆ 氟類廢液，需加入鈣鹽安定，如 CaO 、 Ca(OH)_2 或 CaSO_4 等，並將 pH 值調整至 >7.0 。
- ◆ 氫氟酸歸屬於酸類，但須另外於貯存容器上標註氫氟酸具強腐蝕性。
- ◆ 氰系、汞系、氫氟酸須加註告知。打破的水銀體溫計或壓力計，放在第二容器中密封，以廢汞加註告知。
- ◆ 有害固體「有機物」、「無機物」請比照廢液分類。
- ◆ 過期化學物質處理：過期之化學物盡量使用原包裝容器，除非化學物原包裝已嚴重破損則將原包裝放入第二容器中加以密封。依廢棄物性質「固體」、「液體」分別以紙箱盛裝，比照廢液分類，並登記內容物名稱，CAS 編碼，濃度。每箱重量建議不要超過 30 公斤，裝於堅固小型紙箱（建議底面積小於 200 平方公分，避免過重不利搬運），瓶罐間務必以泡棉、報紙等區隔以防碰撞破裂。填妥分類「化學廢藥品清點表」列印貼於紙箱上。

參考資料：

- (1) 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所：有害事業廢棄物處理人員防護技術手冊，中華民國八十九年 IOSH89-T-034
- (2) 行政院環保署：廢棄物清理法及相關法規說明，107 年 9 月 26 日
- (3) 臺北榮民總醫院化學性廢棄物分類管理暨清除處理要點 109.12.03 第 2 次修訂
- (4) 化學廢液相容表，六和股份有限公司
- (5) 1997 年 12 月 14 日 The New York Times 報導 <https://www.nytimes.com/1997/12/14/us/a-drop-of-virus-from-a-monkey-kills-a-researcher-in-6-weeks.html>

第五節 特殊清潔劑使用注意事項

實驗室清潔劑，一般可分實驗器材清潔劑與個人防護清潔劑兩種，前者（主要含鹼性物質與介面活性劑）儲存屬於實驗室化學品管理範疇，使用中則以實驗廢液管理，而個人防護清潔劑，屬民生用品，不需化學品管理。

清潔的玻璃器皿

清潔的玻璃器皿是實驗室技術的基礎，否則可能因污染誤導研究結論。但在清潔過程中，往往被忽視的是清潔劑本身的使用安全問題，導致在使用過程中，發生中毒或爆炸等意外，其次是清潔劑大量外洩污染環境，不可不慎。

清潔劑使用一般事項

試驗用玻璃器皿必須在物理、化學、及生物上達到良好的清潔標準。玻璃器皿須沒有油脂污染，能讓蒸餾水均勻地潤濕表面。這對於測量液體體積的玻璃器皿來說尤其重要。油脂或潤滑脂等污染物可阻止玻璃均勻濕潤，改變了玻璃容器壁上殘留的液體體積，從而影響輸送的液體量。使用後的玻璃容器，應儘快清潔。如果沒有立即清潔，可能讓殘留物永久吸附在其表面，而無法清除。如果無法立即徹底清洗用過的玻璃器皿，則應將玻璃器皿浸泡在水中。大多數新的玻璃器皿表面呈輕微的鹼性。對於精密化學測試，新的玻璃器皿應在稀釋的酸性水溶液中浸泡數小時（鹽酸或硝酸的 1% 溶液），然後再進行常規清洗。建議使用木製或塑膠手柄的刷子，它們比較不會劃傷或磨損玻璃器皿的表面，而導致破裂。

清潔劑清潔基礎知識

宜使用為實驗室玻璃器皿設計的洗滌劑，如 Liquinox®、Alconox®、Lux®、Tide® 或 Fab®。Liquinox® 是一種濃縮、非離子性、與零殘留的洗滌劑，可用於手動清洗或超聲波清洗。Alconox® 含有磷酸鹽。Liquinox® 是液體濃縮液不含磷酸鹽，其潤濕、乳化和分散清潔的關鍵成分是表面活性 sodium dodecylbenzene sulfonate。尚有許多其他品牌之清潔劑，可查閱網路資訊。若使用家用的碗盤洗滌劑，要注意是否會有殘留，應用自來水洗滌後再用蒸餾水反覆沖洗，然後用去離子水進行最終沖洗，避免硬水或其他雜質殘留。

清洗水溶性化學品溶液如氯化鈉或蔗糖溶液等，可用去離子水沖洗 3 至 4 次，然後將玻璃器皿收起來，如有需要，再用水性清潔劑清洗。

不溶性溶液如有機液體或常用溶劑如己烷或氯仿等，可用乙醇或丙酮沖洗 2 至 3 次，再用去離子水沖洗 3 至 4 次，然後將玻璃器皿收起來。

使用過稀釋的酸或鹼，或弱酸弱鹼性溶液的玻璃器皿，可依一般的情形沖洗。在某些情況下，需要使用其他溶劑進行初始沖洗。例如清洗使用過高濃度 HCl 或 H₂SO₄ 溶液的玻璃器皿，或使用過鹼性溶液如 KOH 的玻璃器皿，需在排氣櫃或排氣罩下，將黏附在玻璃容器內的強酸或強鹼，先用自來水仔細沖洗後，再用碳酸氫鈉溶液中和，最後用自來水與去離子水沖洗。

用於有機化學的玻璃器皿，要先用適當的有機溶劑沖洗玻璃器皿，再用乙醇洗滌有機溶劑，最後用水清洗將乙醇清除，再用去離子水沖洗。如果玻璃器皿、移液吸管（pipette）和容量瓶（volumetric flask）

需要洗潔精擦洗，請使用溫洗潔精水浸泡一會或過夜，再用刷子擦洗，然後用自來水徹底沖洗，最後用去離子水沖洗數次，確保玻璃器皿被洗淨。

經清洗後的器皿，可讓其自然晾乾，避免用一般紙巾擦拭器皿，以免有纖維殘留在器皿內。如有需要，可用 Kimwipes 精密科學擦拭紙擦拭。

實驗室清潔劑使用及管理

實驗室清潔劑必須使用正確的方法管理，特別是大量儲存使用時，需特別注意，如沒有必要請勿大量儲存保留，建議清潔劑以小批量進行使用，以策安全。

◆ 法規管理

實驗器材清潔劑，一般為鹼性液體或固體，對皮膚有腐蝕性或刺激性。危害圖式如下：

危害圖示



誤食則會造成身體傷害，所以使用前務必詳閱安全資料表，操作人員須受「危害性化學品標示及通識規則」相關危害通識訓練。實驗器材

清潔劑藥品標示須符合「危害性化學品標示及通識規則」，使用時要依說明書指示稀釋配置使用，稀釋容器外則以廢棄物標示內容物及危害特性。

◆ 風險管理

由於實驗器材清潔劑種類很多，實驗器材及沾汙藥品種類不同，一般將汙染器材入置清潔液槽時，要注意化學相容性。一般酸性物質、鹼腐蝕金屬器材不宜放入鹼性清潔液槽，避免發熱或腐蝕。清潔液槽宜加蓋，防止化學異味逸散，另外鹼性物質對玻璃器材也有侵蝕作用，不宜長期浸泡。若不慎打翻，可用吸收棉處理。

◆ 操作注意事項

一般同鹼性物質管理：

- 操作時，個人務必穿戴實驗衣、長手套及安全眼鏡，若接觸皮膚或眼睛，可用水清洗數分鐘。
- 可儲存於 PE 塑膠材質或有抗腐蝕襯裏的耐腐蝕不鏽鋼容器中。
- 放置器材與沾汙物，務必先評估化學相容性。
- 使用後廢液，務必以化學廢液委託處理，不可傾倒到水槽或水溝。

第六節 其他實驗室用之清潔配方 注意事項

本章節討論其他實驗室用之清潔配方的注意事項¹，清潔配方包括鉻酸^{2,3}、食人魚溶液⁴、氫氧化鈉—酒精溶液⁵。

鉻酸

溶液中的六價鉻被認為是一種人類致癌物質，除非無法找到替代方案，建議盡量避免使用此類清潔方案，可用非鉻系氧化性清潔液取代²。鉻酸溶液（Chromic acid cleaning solution）是濃硫酸和二鉻酸鉀（potassium dichromate）、鉻酸（chromerge®）或三氧化鉻（chromium trioxide）的混合溶液。它能氧化大多數的殘留物，並腐蝕了玻璃表面的一層非常薄的表層，留下乾淨玻璃表面。由於鉻酸溶液具有強烈的腐蝕作用，庫存時玻璃容器應存放在塑膠盛盤中，以免帶來外洩風險。

◆ 風險管理

鉻酸溶液是一種強氧化劑，可與還原劑發生劇烈反應並爆炸。通常與硫酸混合使用，稱為“清潔溶液”(cleaning solution)。與丙酮、醇類、鹼金屬（鈉、鉀）、氨、砷、二甲基甲醯胺、硫化氫、磷、過氧甲酸、吡啶、硒、硫和許多其他化學品發生危險反應。在鉻酸清洗液中添加氯化物或鹵素，可產生氯化鉻。氯化鉻是一種產生劇毒和揮發性致癌物。為避免因揮發性鉻氯化物的形成而產生危險，鉻酸清洗液需在化學煙罩內進行使用。因為鉻金屬為重金屬污染物，用過的鉻酸清洗溶

液，經中和後也不能沖入衛生下水道。必須格外小心，以確保鉻酸溶液得到正確處置。此外切勿在封閉容器中使用鉻酸清潔溶液，鉻酸溶液可將有機物氧化而產生二氧化碳，使瓶內內部產生正壓力而爆炸。[Bryson, W. R., Chem. Brit., 1975, 11, p. 377].

◆ 運作注意事項

一般同酸性物質管理，六價鉻為潛在致癌風險物質：鉻酸清洗溶液使用量應小於 100 mL。所有工作都應在通風櫥中完成。並應佩戴丁腈橡膠手套（nitrile rubber gloves）、實驗衣和護目鏡。使用過的鉻酸清洗溶液應進行去活處理：將溶液緩慢地添加到水容器中，做 1:1 稀釋。通過添加硫酸（3 M）或碳酸鈉，將其調整為 pH = 1。攪拌時，緩緩加入固體硫代硫酸鈉（solid sodium thiosulfate），溶液變成渾濁和藍色。



用碳酸鈉中和溶液，在將混合物放置 1 周，待藍灰色絮凝沉澱物完全沉澱，直到大部分上液變清。倒出澄清上液以重金屬廢液清運處理。允許餘液蒸發或用 Celite 過濾，得固體殘留物再用熱水清洗其中的硫酸鈉後乾燥、包裝、標記，最後以重金屬固態廢棄物清運處理。

食人魚溶液

食人魚溶液也稱皮蘭哈（Piranha）洗液，或食人魚蝕刻液，是硫酸（H₂SO₄）、水和過氧化氫（H₂O₂）的混合物液，常用於清除微電子半導體基材中的有機殘留物。由於食人魚溶液是一種強氧化劑，它會去除大多數有機物，並且也會使大多數基材表面（添加 OH 組）經解，

使基材表面具有高親水性（水相容）。與鉻酸溶液不同，食人魚溶液沒有重金屬離子污染的困擾。食人魚溶液有時可用於玻璃器皿的清潔上，特別是用在清潔燒結玻璃濾板中的孔洞，甚為方便。儘管這溶液方便好用，但鑑於它的危險，不應該經常使用。

食人魚溶液的組份有許多不同的配方（混合比），都稱為食人魚溶液。典型的食人魚溶液是 3 份濃硫酸配合 1 份 30% 過氧化氫溶液調製而成；但也有其他可使用的協定比如 4:1 甚至 7:1 混合。另一種相關的混合物，有時稱為「鹼性食人魚溶液」，是由氨水與過氧化氫以 3:1 混合而成。

◆ 風險管理

食人魚溶液的製備時要額外小心注意。它是極強的氧化劑，同時也具有很強的腐蝕性。在與食人魚溶液接觸之前，材料的表面必須合理清潔，不可含任何有機溶劑。食人魚溶液通過溶解有機污染物進行清潔，大量污染物會導致劇烈冒泡和氣體釋放，過劇烈時可能導致爆炸噴濺。運作時往往需要加熱，當食人魚溶液在加熱使用時，不可無人看管，由於過氧化氫的自分解，食人魚溶液應新鮮製備，不宜儲存，因食人魚溶液會漸漸分解產生氣體與壓力，因此不可保存在封閉的容器中。

◆ 運作注意事項

調配時安全事項

- 個人防護：長丁腈橡膠（nitrile）手套、實驗防護衣、抗酸圍裙、化學護目鏡、面罩。
- 食人魚溶液的製備時要額外小心注意。製備時，應緩慢地將過氧化氫添加到硫酸中，切勿反向添加。

- 將硫酸與過氧化氫混合時，會放出大量熱能。如果快速將過氧化氫添加到硫酸中，會引起沸騰與過氧化氫的分解，釋放出大量的腐蝕性煙霧。即使小心緩慢的製造，有時所產生的熱量也能使溶液溫度超過 100℃。
- 在使用前，必須允許其合理冷卻穩定化後再使用。溫度的突然升高也會導致極酸性溶液劇烈沸騰。
- 使用濃度超過 50% 的過氧化氫製成的溶液可能會導致爆炸風險。一旦混合物穩定下來，可以進一步加熱以維持其反應性。
- 加熱後（通常冒泡）的食人魚溶液能有效的將有機化合物從基材上清除氧化或氧化大多數金屬表面。清潔通常需要大約 10 至 40 分鐘。
- 食人魚溶液在去活及酸鹼中和前，能與許多類化學廢液（固）會發生劇烈反應，因此去活前及中和前不能與廢液（固）混和，特別是有機廢液如丙酮、乙醇等，必須將其留在明確有標記的容器中。

移除時安全事項

- 使用後應先讓溶液冷卻，讓氧氣消散。
- 清潔玻璃器皿時，讓玻璃器皿浸泡在食人魚溶液一個晚上，食人魚溶液會慢慢降解。
- 有些研究機構會將用過的食人魚溶液，存放在有洩氣功能的容器中，以危險廢棄物處理，讓有執照的公司移除。
- 若嘗試與高濃度鹼基直接進行中和，反而會導致快速分解，從而釋放純氧，有個案因中和時發生爆炸而受傷。
- 但處理少量的食人魚溶液時，在使用完畢後，先讓食人魚溶液冷卻、置放一天讓其分解，隨後將食人魚溶液慢慢地滴進

冰凍水溶液中稀釋後，再慢慢與冰凍的稀釋鹼性水溶液進行中和。

- 文獻上的建議步驟：如果可能的話，將用完後的食人魚溶液進行中和。將 5 倍於食人魚溶液的冰塊（例如：使用 500 克冰作為 100 mL 食人魚溶液處理用）放入足夠大的容器中（以能容納冰、食人魚和中和溶液為準），加入食人魚溶液，再加入中和溶液，進行中和處理。

外洩時安全事項

- 用酸性中和劑吸附移除，在達中和前（pH 值 6 至 8）不可接觸有機物及易燃物。如有接觸皮膚，先移除受污染的衣物，如需要可用剪刀將受污染的衣物剪除。以免清洗時污染面積擴大，將過量的酸用紗布吸走，用水或敵腐靈沖洗後送醫。

■ 氫氧化鈉—酒精溶液安全使用注意事項

氫氧化鈉—酒精溶液能有效清潔玻璃，但會對玻璃產生腐蝕作用，有多種配方，典型配方例子如下：氫氧化鈉（60 g）、去離子水（60 mL）、乙醇（500 mL）的混合液，其他如氫氧化鉀、異丙醇等替代化學品使用配方亦有所聞。

◆ 風險管理

氫氧化鈉—酒精溶液為強鹼性易燃液體，極具腐蝕性，對眼睛傷害風險高。清洗玻璃器皿時將其浸泡在氫氧化鈉—酒精溶液中 30 分鐘，然後清洗。溶液通常有一定體積，因此運作時要特別小心。浸泡玻璃器

皿要在排風櫃中進行，附近不可有高溫器具如加熱板，烘箱或火焰的使用。

◆ 運作注意事項

一般同鹼性物質及易燃物質管理注意事項相同：

- 操作時，需個穿戴人防護：丁腈橡膠長手套、實驗防護衣、抗腐蝕圍裙、化學護目鏡。
- 短時間使用，可用玻璃器皿儲存。
- 使用後廢液，務必以化學廢液委託處理，不可傾倒到水槽或水溝。
- 微量外洩使可用紙巾吸附，用碳酸氫鈉水溶液處理以降低其腐蝕性後，放入固態廢物桶中委託處理，不可丟進一般垃圾桶中。
- 在排風櫃外洩，用鹼性中和劑吸附移除，
- 如有皮膚接觸，先移除受污染的衣物，如有需要，可用剪刀將受污染的衣物剪除。以免清洗時污染面積擴大，用水或敵腐靈⁶沖洗乾淨後送醫。

參考資料：

- (1) Suggestions for Cleaning Glassware, application note, Corning. https://www.corning.com/catalog/clis/documents/application-notes/CLS_AN_112_CleaningGlassware.pdf
- (2) Richard E. Krause, Preparation of chromic acid cleaning solution, J. Chem. Educ. 1965, 42, 8, 426; Bryson, W. R., Chem. Brit., 1975, 11, p. 377.
- (3) M. Stahr, W. Hyde, and L. Sigler, Oxidizing Acid Baths—without Chromate Hazards, Analytical Chemistry 1982, 54 (14), 1456 A
- (4) Piranha Solutions-Background and Overview of Hazards, by Illinois Division of research safety at <https://drs.illinois.edu/Page/SafetyLibrary/PiranhaSolutions>
- (5) Alcohol hydroxide cleaner, by University of California, Irvine at <https://www.inrf.uci.edu/wordpress/wp-content/uploads/sop-wet-alcohol-hydroxide-cleaner.pdf>
- (6) 有關敵腐靈適用性，參閱勞動力健康報（Work and Health）2017 年第十三期『甲酚知多少？北榮職業傷病防治中心介紹』- 職業傷病管理服務中心 - 勞動部職業安全衛生署。適用範圍與使用方法，參閱供應商 <https://www.citex.tw/product-detail-699497.html> 的敵腐靈使用法則說明

第七節 玻璃儀器操作及安全事項

玻璃儀器的高透明度，低活性與高耐腐蝕性，能讓實驗員生能直接觀察反應進行，又不影響化學反應相關現象，因此在大專院校與國高中實驗室，普遍使用。本節內容摘錄整理自參考資料 1 與 2，讓大家回顧有關玻璃儀器操作與安全事項。

國高中常用的實驗玻璃儀器工具包括簡易蒸餾管、冷凝管、溫度計、三角瓶、樣品瓶、量筒、培養皿、U 形管、長玻管、針筒、滴管、顯微玻片等。因玻璃脆弱易碎，破口尖銳而且鋒利，一不小心，人員與學生容易遭到割傷，凡因遭玻璃割傷刺傷，傷口不易止血，如果重要的血管部位遭到割傷，後果非常嚴重，使用時千萬要小心謹慎。

大專院校用的玻璃儀器價格昂貴，結構複雜且操作程序較為繁鎖，常見有由多口磨砂瓶、冷凝管、磨砂接頭等組裝而成的反應設置如分餾、昇華等裝置，或為隔絕空氣而設計的如施倫克管線與燒瓶（Schlenk-line and flask）等。這些玻璃器皿往往是為特定目的而設計，它們只應用於該目的，臨時替換使用可能因規格不配，導致事故和傷害。玻璃儀器經常在壓力變化的環境中使用，並設有許多閥門開關，以控制各類氣體與反應試劑的進出，操作程序繁複且容易出錯，需小心留意，稍一不慎，因系統內累積的壓力失控而導致意外災害。

玻璃的特性

有些玻璃儀器專門用在高熱或高壓的環境操作，需耐高熱或高壓之玻璃材質配合，如高溫管式爐的工作溫度可達 700 — 1000℃，若使用

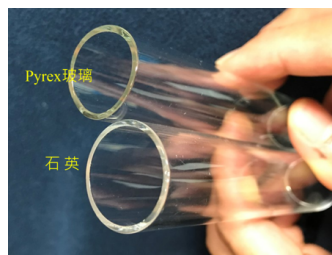
材料規格有誤，在高溫的環境下玻璃儀器可能軟化而發生意外。此外，進行高壓反應時、應有專用的耐高壓反應管、絕不可使用一般材質厚度的玻璃管進行反應。

在化學實驗中常有加熱、冷卻或混合化合物的需求，所以實驗室中所使用之玻璃器皿，必須較一般玻璃具有更高的硬度、耐熱性與耐化學腐蝕能力。下面試就一些材質進行探討：

- ◆ **硼矽酸鹽玻璃：**相較於以二氧化矽（ SiO_2 ）及氧化鈉（ Na_2O ）為主的鈉玻璃，加入氧化硼（ B_2O_3 ）後的硼矽酸鹽玻璃（borosilicate）的熱膨脹係數僅有 $3.3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ，是原本的 1/3，較適合實驗使用。
- ◆ **石英玻璃：**石英玻璃是由純天然石英如水晶或石英砂等熔化後製造而成。線膨脹係數是一般玻璃的 1/10-1/20，擁有良好的抗熱震性、透光度及透明度，使用溫度可高達 1100 — 1200℃。
- ◆ **PYREX/VYCOR 玻璃：**常見實驗室玻璃材質如 PYREX-7740 / VYCOR-7913 的化學組成與物理特性：相較之下，VYCOR 比 PYREX 耐熱，膨脹係數較低，適合化學分析或高溫管爐使用。VYCOR 較為耐鹼，PYREX 較為耐酸。
- ◆ **鈉玻璃：**顏色較為偏綠，因鈉玻璃的特性較弱，不適合用作玻璃器材供實驗使用。

玻璃器材上不一定有材質標記，這時有要特別注意，使用前最好能確認玻璃器材的材質，詢問實驗室中有經驗的人士以確保安全。有些時

候可以憑經驗判別，例如玻璃器材的傾斜面顏色可分辨出玻璃的材質，如石英中不含其他元素之離子，通常不帶顏色，看起來較白（下管），而 pyrex 較黃（上管）（圖二十一）。



圖二十一 經由玻璃傾斜面的顏色比較可分辨出玻璃的材質

表六 兩種市售玻璃的化學成分

玻璃組成	PYREX 料號 7740 概略百分比	VYCOR 料號 7913 概略百分比
SiO ₂	80.6	96.4
B ₂ O ₃	13.0	3.0
Na ₂ O	4.0	0
Al ₂ O ₃	2.3	0.5
其它微量物	0.1	0.1

表七 兩種常見玻璃的熱物理性質

	PYREX 代碼 7740 玻璃	VYCOR 代碼 7913 玻璃
0-300 °C 熱膨脹係數	32.5×10^{-7} cm/cm/ °C	7.5×10^{-7} cm/cm/ °C
退火點	560 °C	1020 °C
最小應變點	510 °C	890 °C
軟化點	821 °C	1530 °C

本文簡單比對並表列兩種常見玻璃材料的組成規格（表六）和熱物理性質（表七）作為參考，這兩種玻璃均屬於硼矽玻璃系列，從表中可按實驗需要來判定所需的玻璃材質。VYCOR 玻璃幾乎是 96.5% 的二氧化矽，趨近於石英，因此相較於 PYREX 玻璃更為耐熱，膨脹係數則更低。其所含的其他元素少，更適合化學分析使用。這兩類玻璃的耐化學性質好，其中 VYCOR 玻璃的耐鹼性較佳，而 PYREX 玻璃則較為耐酸。

玻璃儀器爆裂破損危害

使用和處理玻璃儀器設備時，應遵守所有安全規定，以避免傷害事故的發生。使用玻璃器皿時務必小心。拿取燒杯和瓶子時，請勿只單手提拿其瓶子頂部或燒杯邊緣，應雙手抓持側面和底部以支持其重量，若只拿取上緣，瓶子或燒瓶的頸部和燒杯的上緣可能會因重力作用破裂而造成危險。使用多頸燒瓶時要特別小心，這是因為多頸燒瓶的瓶頸經繁複燒結，易有缺陷。切勿用實驗室使用的容器如燒杯等飲食，那可能會造成個人健康風險。固定玻璃器皿時，應避免過度用力擰緊夾具，以免在夾緊玻璃器皿時發生破損。夾具應有彈性保護層以防止金屬直接對玻璃接觸與施力。使用大於 500 毫升的容器時，其頸部夾具不能用作唯一的重力支撐。

下列為幾項最重要的基本規則：

（一）檢查

使用前應檢查所有玻璃器皿是否有裂縫和污染，移除破裂的器皿，並清潔受污染的玻璃器皿。

(二) 廢棄處置

碎玻璃應收集在專門容器中，容器外應標明「廢棄碎玻璃」。

(三) 加熱和冷卻玻璃器皿

加熱、冷卻或急速溫度變化時，應使硼矽酸鹽（例如 Pyrex）玻璃器皿較為合適。

(四) 玻璃器皿加蓋

除進行封管實驗（使用能承受高壓的玻璃）外，應避免化學反應在密閉系統中進行，以避免因過壓而爆裂。為避免與空氣接觸所設計的密閉實驗裝置必須設有洩壓裝置，例如出口連接安全出泡器 (safety bubbler)。高溫壓滅菌時，保持塞子鬆動。

(五) 標籤容器

所有容器都應貼上標籤，以清楚地標明其內容。這包括玻璃和塑料試劑瓶和試管。

(六) 戴安全眼鏡

在實驗室中應始終佩戴安全眼鏡，以防止玻璃器皿破損造成眼睛損傷。

玻璃儀器在使用時有可能破裂，或因內部壓力而爆裂。因此玻璃儀器使用前應注意以下事項：

- 要配戴安全護目鏡，與穿實驗衣保護身體。並確定緊急洗眼器與安全淋浴站的位置與動線。

- 玻璃材質是否符合實驗需求（反應溫度、壓力、酸鹼性），且應盡量避免使用大型的玻璃器皿。
- 確定所選擇玻璃器皿與化學試劑相容，例如氫氟酸、熱磷酸、強鹼會侵蝕玻璃，切勿使用玻璃進行這類反應。
- 有破口的玻璃器皿容易碎裂，操作人可能會被割傷。
- 使用安全防護罩、網或塗層防止碎玻璃飛擊。
- 熱量將導致揮發性化學品膨脹。應預留膨脹空間，空間不足會導致爆炸。強酸如硫酸與混合會導致放熱，熱量會破壞容器的底部。切勿在量筒、試管內混合水與硫酸或氫氧化鈉（鉀），可能因放熱導致噴濺。

經常檢查玻璃器皿是否損壞，有裂痕之玻璃儀器決不可繼續使用，即使是小裂縫、碎屑或劃痕也會影響玻璃的強度。玻璃容器並不因裂痕生成而立即碎裂，容器有時看來沒有異樣，如（圖二十二）左邊的三角燒瓶上有一道裂痕，但三角燒瓶看來完好。有時因裂痕非常細小而不易被察覺發現而引發意外。經撞擊可能會產生星狀裂痕，星狀裂痕可以是非常細微，需經仔細檢查才能發現，星狀裂痕放大時，可能會看到像牛眼狀的破損點。任何裂痕的存在，都會使玻璃變得脆弱，特別是溫度變化、壓力改變、或有荷載重時，會突然破裂。在磨砂接口處，磨砂接口是兩個玻璃器皿的接合點，往往是承擔應力之處。接口會因破損而導致接合強度降低，承受應力時便容易破裂，裂痕會延伸至器皿本體也可能破裂，非常危險。若發現有破損便應予報銷，不可繼續使用。玻璃燒瓶或器具，經化學品腐蝕，或機械刮傷，會使瓶身弱化。若有腐蝕痕跡，應予報銷，不可繼續使用。處理熱燙或冰冷玻璃器皿時，請戴上隔熱手套。不要將熱玻璃器皿放在冷或濕的工作檯上，也不要將冷玻璃器皿放在高溫表面上，它可能會隨著溫度的變化而破裂。雖然 PYREX 和 VYCOR 材質之產品，原則上可以承受較為極端的溫

度變化，但是用時仍務必小心謹慎。從超低溫冰箱（- 70 至 - 150 ℃）中取出玻璃器皿時，尤其是瓶子，要格外小心，應防範因熱衝擊和裂開。為獲得最佳回溫效果，請先用冷水沖洗整瓶，直至內容物開始融化，切勿將瓶子從冰箱拿出後直接放入溫水浴中。

應避免對玻璃系統施加高壓。相對外壓，真空系統會有約一大氣壓的壓差，不要對一般薄壁玻璃器皿施加壓力或承受真空壓差。減壓系統如減壓過濾設備，不可有裂痕或破損，否則應予報廢。



圖二十二 左邊的三角燒瓶未清洗乾淨；中間的多頸圓底瓶經化學品腐蝕；右邊的有一道裂痕

不要將超厚壁的玻璃器皿加熱，這種玻璃的耐熱性較低，是為用在有高機械強度需要如真空下工作使用時而設計。厚壁的玻璃器皿不應用火如本生燈或其他熱源如電熱板等直接加熱，瓶子內外會因溫差而產生膨脹差異引起破裂。建議使用浸入式加熱器緩緩加熱。即使是使用膨脹係數極低的矽酸鹽玻璃時，也應盡可能緩慢地將玻璃器皿加熱和冷卻。硼矽酸鹽玻璃的工作溫度最高為 500℃，但即使在 150℃ 以上工作時，也必須採用特殊的預防措施。請勿常常將玻璃器皿加熱至 420℃ 以上。這會引起玻璃器皿中的應力，最終導致玻璃器皿破裂。

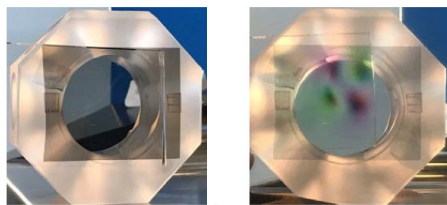
使用前應先確認瓶子是否清理乾淨，若瓶子有殘存化學物質未確切清

除，化學物質可能會引發不可預期的反應。反應過劇的話，可能會導致內含物被彈出，因此絕對禁止在毫無防護下直接在瓶子開口上方觀察內部變化。

玻璃儀器使用中的注意事項

本節是要提醒大家注意，玻璃儀器使用時應留意的事項，包括溫度、玻璃膨脹係數、壓力、硬物衝擊等條件與適用方法。容量玻璃器皿的精度取決於校準時的精度，容量玻璃器皿的校準通常是在 20 ℃ 下進行，因此這類玻璃器皿應在大約此溫度下使用。在測量之前，應先讓冷藏的液體回到室溫。切勿將容積測量的空玻璃器皿直接加熱，這種玻璃器皿應在不高於 80 ℃ 至 90 ℃ 的溫度下乾燥。

- 監控反應溫度、壓力、攪拌子力度，確保沒有過熱、壓力過大、攪拌力度過大打碎瓶子。使用大型攪拌棒在薄壁的容量瓶內高速混合溶液應特別小心，攪拌棒應鎖穩，如果攪拌棒在攪拌的同時脫落，則易使容器破碎。
- 時常注意當反應進行中會否有反應瓶破裂現像或試劑外洩。
- 避免快速升溫或降溫，因為反應溶劑與玻璃的膨脹係數差異較大，快速變溫會導致接觸面應力過大而造成玻璃破裂。
- 隨時佩帶安全護目鏡，以防止玻璃器皿破損時造成眼睛傷害。
- 有應力存在的玻璃容易會自發爆裂或輕微外力產生破裂。玻璃應力處可由兩片平行之偏光片進行檢查得知，有應力存在的地方即會因為光偏折度差異產生雙折射紅綠色斑現象。若無應力則無雙折射現象發生（圖二十三）。

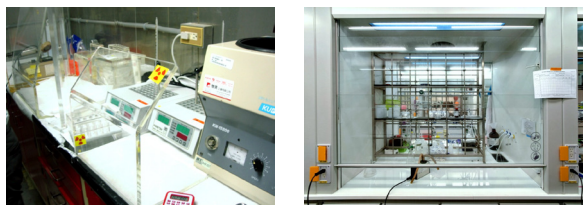


圖二十三 左邊為無應力存在的玻璃；右邊為有應力存在的玻璃

防災對策及建議事項

破碎或斷裂的玻璃甚為尖銳，能對身體造成嚴重的刺割傷害，如長玻璃管，NMR 管等容易被扭斷破裂割傷身體。旋轉栓塞時應用雙手操作，以免扭斷。斷裂的玻璃儀器，需經修復再使用或予以報銷。挑選恰當大小的玻璃器皿進行實驗，大型玻璃儀器可能會因載量過重，操作時發生危險。使用冷凝管時，應特別注意管體的狀況，以免在反應進行中因管身破裂，冷凝水進入反應器中引發意外。

使用玻璃儀器作反應時，常因意外壓力變化產生爆裂。飛濺的玻璃碎片與化學品往往造成傷害。當反應進行時，應將玻璃櫃門拉下，若反應的潛在風險較高時，可以增加強化壓克力防護罩加強保護，以降低風險（圖二十四）。



圖二十四 將玻璃櫃門拉下，或增加強化壓克力防護罩，可降低風險

玻璃儀器防護方法

玻璃儀器防護的方法有許多種，例如加裝防護網、防爆膜、配戴個人護目鏡，實驗衣等。使用有內外壓差的儀器系統時，應在外部包覆防護網（如（圖二十五）右圖中迴旋濃縮器冷凝管有防護網包覆保護），以降低器皿破裂時的玻璃飛濺傷害。左圖的迴旋濃縮器冷凝管則沒有配置防護包覆。



圖二十五 左邊迴旋濃縮器冷凝管並沒有防護網包覆

當磨砂接頭玻璃被粘牢，在拆開卡住的磨砂接頭時應小心注意，否則會造成玻璃破損及人員受傷。切記不可使用蠻力，先清空反應瓶中的化學品再進行拆裝。如為密閉容器，瓶中的化學品無法清空時，建議報請專業廠商以廢棄化學品移除。

一般避免磨砂接頭牢牢卡住的防護法如下：在組合設備時塗抹足夠量的潤滑脂（grease）、或使用鐵氟龍製的薄膜套、或使用帶螺旋帽的磨砂接頭等。當卡住時，可嘗試運用適當溶劑或潤滑油，以溶解卡在接頭間縫隙中的化學物質；或使用超音波震盪器（Sonicator）將卡住接頭震開；或將外層玻璃加熱使其膨脹並與內層脫離；或使用特製拆除工具；或報請玻璃廠商拆開。

玻璃儀器清潔與保養

可使用 25 — 30℃ 的溫水清潔劑浸泡 30 分鐘後，再用軟性刷子清洗，但要選擇適當的刷子，避免刮傷玻璃表面，搭配清潔劑浸泡，刷洗反應瓶，晾乾並分類收納。如需要使用酸液或鹼液清洗玻璃器皿，請注意玻璃容器內不可有化學品殘留；並且留意酸液或鹼液使用上相關的安全事項。清洗槽不宜過載。玻璃器皿不要放在水槽邊緣。水槽底宜放置軟墊，有助於降低破損和受傷的風險。避免划傷或磨損玻璃。

清潔多孔燒結玻璃（Fritted Glassware）時要注意其抗熱性與化學耐受性較 PYREX 玻璃差。燒結玻璃為多孔性玻璃，不能抵抗過度溫度變化，或直接接觸火焰，也不適合放置在酸性或鹼性溶液中浸泡過久。燒結玻璃器皿主要用於低壓過濾，使用後應即刻清洗。建議清洗方法如後：先用刷子或擦拭紙刮除殘存物，再用溶劑清洗可溶解的殘留物適當溶劑搭配抽氣過濾潤洗後，再以丙酮潤洗以清除殘留的溶劑，最後再用水潤。將潤洗過的燒結玻璃器皿浸泡在適當的清洗液中，如硫酸 + Nochromix、硫酸 + 過硫酸銨，或先用蒸餾水搭配抽氣過濾系統徹底潤洗後，再用稀氫氧化銨潤洗，最後再用蒸餾水潤洗並以丙酮潤洗移除大部分水後，再晾乾並收納，應避免不必要的加熱烘乾。較詳細的清潔方法，可參閱文獻記載。¹

玻璃廢棄物處理

廢棄碎玻璃處置：廢棄碎玻璃應先清理乾淨後，一起收集在堅固而不易刺穿的箱子或桶子中暫存。避免因收集桶太滿而讓玻璃突出收集桶外，突出的廢玻璃尤其危險（圖二十六）。收集後直接整桶以固態廢棄物移除。盡量不要轉倒到別的容器中，轉倒時飛揚的碎玻璃會帶來危險。



圖二十六 廢棄碎玻璃應先清理乾淨，收集在堅固而不易刺穿的載具中暫存，上圖的玻璃收集太滿，廢玻璃已突出桶外會有刺割傷風險。

參考資料：

- (1) Care and Safe Handling of Laboratory Glassware, Corning Company. https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma-Aldrich/General_Information/1/glass_care_safe_handling.pdf
- (2) 蔡蘊明『玻璃器皿的安全處理原則』，中國化學會化—學實驗室環境安全教材—實驗室玻璃儀器編譯。

玻璃儀器發生過的意外案例

攪拌器爆裂導致人員受傷

研究人員進行塑膠粒子攪拌磨碎的實驗，將塑膠粒子與水盛裝於體積為 200 mL 之玻璃研磨杯研磨，因磨擦生熱產生水蒸氣壓，在移送發燙的玻璃杯至水槽降溫途中，該研磨杯於水槽中爆裂（圖二十七），研究人員右手前臂被飛濺出的碎玻璃劃傷而大量出血，需送醫院進行動脈縫合與微創手術。



圖二十七 左邊為使用的攪拌器；中間為爆裂的研磨杯；右邊為現場水槽

水銀溫度計爆裂

學生在進行減壓蒸餾時，水銀溫度計突然爆裂（圖二十八），水銀漏進蒸餾器中而引起噴濺，部份水銀因此被噴進收集瓶中，幸好水銀並無外洩。爆裂原因不明，但建議在使用水銀溫度計前應檢查是否有裂痕。



圖二十八 蒸餾時爆裂的水銀溫度計，水銀球因爆裂而掉落圓底瓶中

觀測窗玻璃破裂

學生於操作混凝土中性化試驗時，在將混凝土試體放入混凝土試驗腔體後，封閉腔體並將腔體抽真空，再通入二氧化碳（理論設定總壓應小於 2 大氣壓），當時未注意到二氧化碳填充是否超過設定壓力，但其後觀測窗玻璃破裂飛濺（圖二十九），割傷學生下顎及右手臂，需送往醫院縫合。



圖二十九 左邊為現場爆裂銅瓶；右邊為現場爆裂的觀測窗玻璃

■ 高低溫差熱脹冷縮產生壓力

學生將化學單體儲存瓶置入液態氮中保存，可能因氣密閥與玻璃並未緊密接觸而使上方空氣擴散至儲存瓶內冷凝，回溫時空氣膨脹未洩壓，單體儲存瓶因壓力過大，致使瓶身破裂，學生左手及胸口有數處被玻璃劃傷流血，左手及衣服有被有機溶劑或化學品濺濕，立刻送至醫院縫合。類似的案例也曾在 104 年發生，當學生進行實驗而將玻璃瓶從低溫（77K）換至室溫時，由於升溫操作過急，玻璃熱脹冷縮瞬間炸裂，碎片擦過右手指和左手上臂，導致流血。



■ 玻璃突然破裂

學生進行實驗時將燒杯進行秤重後，在移動燒杯的過程中，整個燒杯底部斷裂，左腳膝蓋割傷，立刻通知救護車送醫急診縫合。又另有助教在準備教學用的寄生蟲瓶罐時，玻璃瓶罐突然爆裂，左手被玻璃割傷。

在第三到第五例中，玻璃因溫度或壓力變化，熱脹冷縮而產生應力。除應注意玻璃之材質是否能應付溫度或壓力變化外，也應注意玻璃是否有老化現象，玻璃儀器應定期更換。對有壓力變化的系統，應有防爆保護，以免在實驗過程中因玻璃爆裂而受傷。所使用之玻璃容器，體積不宜過大，亦應注意其荷載量，不宜過載，實驗時要穿上能保護身體的衣服，及實驗衣，降低被割傷的機率。

教學實驗中可能要將玻璃管推過軟木塞、橡皮塞子、橡皮管，或移液管連接到橡膠吸球時，玻璃管或玻璃棒或移液器因破裂而經常發生意外。處理玻璃棒、管或移液器時，請注意下幾點：確定孔的大小是否合適，切勿將玻璃強行插入；預先潤滑孔洞和管子，水、肥皂水、甘油等均是常見潤滑劑，但不建議使用油或油脂。操作是戴上防割手套，用毛巾握住玻璃材料，將玻璃材料靠近插入點，再輕輕地將玻璃器材慢慢擰入。

參考資料：

- (1) 蔡蘊明『玻璃器皿的安全處理原則』，中國化學會化—學實驗室環境安全教材—實驗室玻璃儀器編譯。
- (2) 梁文傑、邱靜雯、林弘萍『實驗室玻璃儀器』，中國化學會化—學實驗室環境安全教材—實驗室玻璃儀器

第八節 化學品標示規定

據國際勞工組織（ILO）統計，化學品危害造成勞工職業傷病者約佔 60%，我國列管的危害性化學品約 19,000 種，為保障危害性化學品工作者安全，勞動部自 105 年 1 月 1 日起與國際接軌，全面實施「化學品全球分類與標示調和制度（GHS）」，為我國推動化學品管理重要之里程碑；凡製造、輸入、供應商或雇主，對於具有危害性之化學品，均應依規定標示成分、警告訊息及防範措施，提供化學品安全資訊，並推動化學品安全管理及教育訓練勞工使用安全，以保障勞工安全與健康。實驗室中化學品使用量體雖然較少，但為有效管理與安全運作化學品，依據法規，所有危害性或非危害性化學品，均應分類及放置於適當空間後清楚標示，這是實驗室物料管理的最基本原則。化學品標示是提升實驗室人員對化學品認知的第一步。

危害性化學品：是指下列危險物或有害物。

- 危險物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有物理性危害者。
- 有害物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有健康危害者。

GHS 標示：符合全球調和制度（Globally Harmonized System）的標示方法。下列物品不適用「危害性化學品標示及通識規則」，但有可能仍需要依相關法規標示：

- 有害事業廢棄物。
- 菸草或菸草製品。
- 食品、飲料、藥物、化粧品。
- 製成品（見下述）。

- 非工業用途之一般民生消費商品。
- 滅火器。
- 在反應槽或製程中正進行化學反應之中間產物。
- 其他經中央主管機關指定者。

製成品：指在製造過程中，已形成特定形狀之物品或依特定設計之物品，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物質。例如鎳幣，內含危害物質鎳，但已形成特定形狀，正常使用狀況下並不會釋出鎳，故鎳幣為符合「危害性化學品標示及通識規則」所定義之製成品，不需製作標示。

化學品暴露評估：指在化學實驗室以定性、半定量或定量之方法，評量或估算勞工暴露於化學品之健康危害情形。

一般管理法規

- 職業安全衛生法第 6 條：為防止工作場所因未標示或標示不清造成危害，雇主對下列可能危害事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施如機械、設備、電、熱、高壓氣體、危害化學品、輻射、高溫、低溫、超音波、噪音、振動、廢棄物、動物、植物或微生物等都應標示。
- 「職業安全衛生法」第 10 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，提供前項化學品給與事業

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。而化學品之範圍、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，則可參考「危害性化學品標示及通識規則」。

實驗室中化學品的標籤或標示管理

實驗室中化學品的標籤或標示管理，大致可分源頭輸入管理與運作管理。

(1) 源頭輸入管理，實驗室可要求供應商遵守提供標籤(圖三十)：

- 「危害性化學品標示及通識規則」第 11 條：製造者、輸入者或供應者提供危害性化學品給與事業單位或自營作業前，應於容器上予標示。
- 前項標示，準用第 5 條至第 9 條之規定，也就是 GHS 標示規定。對裝有危害性化學品之容器，應標示要項：(1) 危害圖示。(2) 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、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。容器之容積在一百毫升以下者，得僅標示名稱、危害圖示及警示語。



有二種以上危害圖式時，應全部排列出，其排列以辨識清楚為原則，視容器情況得有不同排列方式。

危害圖式、警示語、危害警告訊息依危害性化學品標示及通識規則 附表一之規定。

圖三十 GHS 標示格式及原則及標示範例

(2) 運作管理，必須由實驗室人員進行管理

實驗室會因實驗需求，對於化學品進行分裝、秤量、比例混合、取樣及半成品儲存等。這些分裝都適用「危害性化學品標示及通識規則」標示的化學品，但因此而依法規進行危害標示相當困難且不切實際。在此建議可行方案供參考：

對於同系列實驗，以不同比例混合或實驗中取樣之化學品，可以將化學品分類，並規劃各類化學品存放區域，可將相似物質放置同一盛盤(圖三十一)，並在盛盤外部張貼危害標示，或是將化學品儲存櫃分層存放相似物質，並將危害標示張貼於化學品儲存櫃，唯毒化物不可分裝，倒出後應立即使用。



圖三十一 規劃各類化學品存放區域，並在盛盤外部張貼危害標示

但依「危害性化學品標示及通識規則」第 8 條，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：

- 外部容器已標示，僅供內襯且不再取出之內部容器。
- 內部容器已標示，由外部可見到標示之外部容器。
- 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。
- 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，意即非他人共用或接觸所及，但對於實驗室常用的滴瓶，仍然需要標示。
- 自行依比例混合之化學品標示原則，除了自行標示比例外，一般危害資訊與圖示以較高危害者代表。

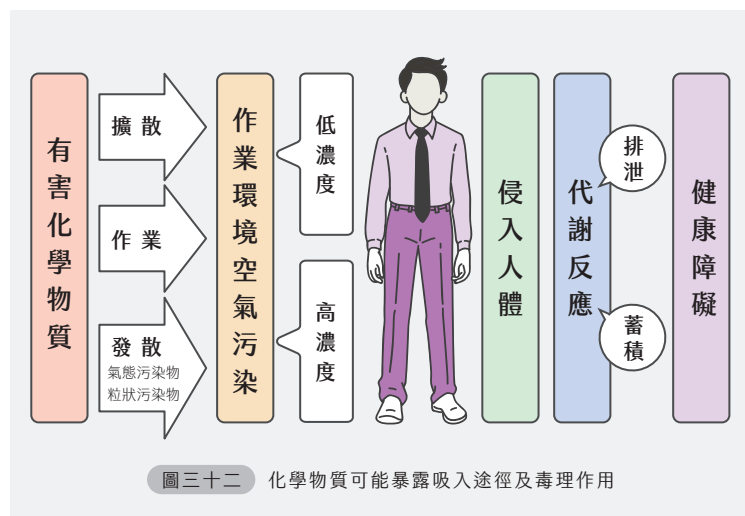
風險管理

為避免實驗室人員暴露於危害性化學品的風險，化學品除要依規定標示清楚外，還要依「職業安全衛生法」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。其適用化學品有：特定化學物質危害預防標準、有機溶劑中毒預防規則、四烷基鉛中毒預防規則、鉛中毒預防規則及粉塵危害預防標準之相關化學品。由於化學品評估及分級管理實務相當複雜且專業，建議要找專業人員或具有安衛管理證照者協助辦理。實驗室人員對於具健康危害之化學物質，必須要非常小心，針對可能暴露途徑進行風險管理，避免健康危害。



化學物質可能暴露吸入途徑及毒理作用

化學品標示是避免化學品暴露危害的第一步，透過教育訓練與工作守則的確實要求，才能讓實驗室化學危害風險降至最低，常見化學物質可能暴露吸入途徑及毒理作用（圖三十二），分述如下：



- 吸入是實驗室最常見且最難預防的化學品暴露途徑。有害物質之氣體、蒸氣、煙塵或粉塵，從呼吸道進入肺部，經血液或淋巴液傳送到其他器官造成不同中毒現象。
- 實驗室最常見的暴露途徑，主要是吸入，其次為皮膚接觸。皮膚接觸有毒物質之反應有可能被皮膚有效防阻、因作用產生刺激及腐蝕或嚴重者穿過皮膚，與組織之蛋白結合而產生

過敏物質進入血液分送各器官。而連續接觸可能滲入皮膚甚至體內引起過敏或疾病，如產生脫水或脫脂作用，使皮膚乾裂而感染細菌或受污染；另一方面刺激皮膚，表皮起泡或紅腫。

- 眼睛接觸，嚴重性可能造成刺激、傷害或失明。暴露霧滴、蒸氣、氣體可能造成慢性或急性傷害，有時因由眼睛吸收過量亦會引起組織中毒，如碘蒸氣、氫氟酸。
- 食入，主要由不潔的手或污染的食物，經由口腔進入，在胃腸被吸收造成中毒。另經吸入固體遭呼吸道纖毛運動排出，嚥下進入胃腸吸收。食入並非有害物質暴露途徑中危害最大者。此乃因不易吸收進入血液、胃內之酸性作用、腸之鹼性胰液作用、飲食之稀釋、胃液和胰液將毒物水解、腸道之選擇性吸收及使毒物變為不溶解性物及肝之代謝作用使之變性、變質、解毒。



第九節 化學品庫存清單之建立（採購）與維護

依據美國化學會化學文摘社物質登記系統顯示，目前已超過 1.98 億種化學物質登錄，每日新增的化學物質可能超過 1 萬 5 千種¹。國內勞動部（原行政院勞工委員會）於 98 年陳報行政院核定實施跨部會「國家化學物質登錄管理與資訊應用機制推動方案」建立化學物質清單，目前該清單彙整計超過 10 萬種化學物質，其中近 2 萬種具有 GHS 危害。此外，根據最近統計，有 350,000 種化合物或混合物已登錄在生產使用中。² 如何有效管理化學物質，建構健康永續環境為行政院 107 年核定之「國家化學物質管理政策綱領」願景。國內化學物質由各部會依職掌及法令分工管理，並建置各自資訊系統，彼此間多所重複造成管理困擾。因此希望彙整實驗室被各部會列管運作之化學物質的申報或報備欄位需求，定義化學品庫存清單內容，以確實掌握化學物質即時的流布。

法規管理

化學物質相關法規眾多，且法規隨時間經常有所改變，很難一一列出討論與更新，大家可以到「全國法規資料庫」³ 搜尋相關關鍵詞如「化學」、「化學品」、「毒性」、「有害」、「溶劑」、「衛生」、

「作業」、「運作」等，檢查是否有法規變更或新法規的出現。下面所列是常見與化學相關的法規：

- 職業安全衛生法
- 危害性化學品標示及通識規則
- 新化學物質登記管理辦法
- 管制性化學品之指定及運作許可管理辦法
- 優先管理化學品之指定及運作許可管理辦法
- 危害性化學品評估及分級管理辦法
- 勞工作業場所容許暴露標準
- 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
- 毒性及關注化學物質管理法
- 先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法
- 管制藥品管理條例
- 公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法
- 毒性及關注化學物質標示與安全資料表管理辦法
- 毒品危害防制條例

風險管理

為防制化學物質危害人體健康或汙染環境，掌握化學物質各項資料，衛福部、勞動部、經濟部、內政部、環保署等各部會依其職掌權責，制定許多管理辦法與罰則，若稍有不慎恐造成環境與安全衛生之虞外，還可能涉法，必須妥善做好化學物質的管理。除法律問題外，對許多研究實驗室來說，化學物質清單之維護管理並非一件容易的事，以下是一些有關化學物質清單維護管理的經驗，供大家參考：

- 化學物質清單是並不應該只是庫存清單，在開始採購時便應記錄。開始採購時便應下載有關化學品的物性及安全資料。大部份資料可從安全資料表（SDS）得到，應登載並標明採購中，因台灣的化學品的運送大多沒有單一收發程序，紀錄中應包括化學品名稱，供應商資料與預計到貨日，以利追蹤是否收達。
- 應仔細閱讀安全資料表（SDS），在到貨前應有預先準備，包括儲存空間與安全措施等。
- 收到化學品後，應第一時間將紀錄變更為到貨，並確認其存放地點，並依 SDS 的指示管理，並在化學品瓶上寫上採購日期。
- 一般而言，最新進貨量 + 原存量 = 總存量，便是實驗室的最大運作量。要注意此數量代表風險，應盡可能將化學品總量降低。
- 被消耗的化學品應立即在庫存清單上進行減量，並登錄使用日期，拖延會因忘記而使紀錄失真。
- 用完化學品應在庫存清單上立即歸零。

運作注意事項

因應各部會的管理規則，往往可以利用各部會所提供的平台協助，但各平台並不相通，帶來困擾，建議各實驗室，應有統一的平台，統計並控管各實驗室的化學品使用狀態。其中各實驗室可使用「教育部化學品管理與申報系統」作為實驗室的管理工具。以下是各部會的資訊系統平台的資訊。各部會的資訊系統平台統計如表八。各部會資訊系統平台登錄資料內容如表九。依據各部會資訊系統平台登錄資料內容，分別依廠商資料、化學物質、運作行為、運作量、流向與其他項目，化學物質申報或報備欄位需求內容整理如表十。

化學物質申報或報備，廠商資料可以由登錄系統即自動帶入，化學物質鍵入 CAS No. 應可自動產生中文名稱、英文名稱、分子量、危害分類與標示，實驗室只需要紀錄物質濃度、狀態、成分含量，運作行為由下拉式選單勾選，實驗室依運作行為紀錄運作量、上下游廠商資料，最大運作總量、年平均運作量、最大運作量可以由個別運作量計算，由系統自動計算帶入。因此實驗室需要紀錄與維護的資料，包括：CAS No.、濃度、物質狀態、成分含量、運作量與上下游廠商。

其他

化學品必須由採購端開始管理，如果採購來源無法掌控或採購清單只註明化學品一批，則實驗室化學品無法有效的管理。目前運作量的單位以重量單位為主，但是實驗室實驗常以體積進行量測，如何能符合勾稽查核又能配合實務操作，需要由源頭供應商的包裝標示、實驗室操作方式與政府查核標準三方共同協商。化學品清單的維護

127

非常重要，如果清單無法反映現況，不僅可能違法受罰，當災害發生時，也可能延誤搶救或使得災害影響範圍擴大，所以實驗室應該落實日常的紀錄或定期盤點，以確保清單的正確性。

表八 部會化學品相關資訊系統平台

部會	列管分類	資訊系統平台
衛福部	食品添加物	食品資訊系統入口網 https://www.fda.gov.tw/tc/fdadobook/index.html
	管制藥品	管制藥品管理資訊系統 https://cdmis.fda.gov.tw
勞動部	危害物質	化學品報備與許可平台 https://prochem.osha.gov.tw/content/info/Index.aspx
經濟部	先驅化學物質	先驅化學品工業原料資訊網 https://www.prechem.org.tw/News/xNews.aspx
內政部	公共危險物品	消防安全檢查列管系統 http://fps.nfa.gov.tw/nfa/ （須申請 E 政府帳號）
環保署	毒性化學物質	毒性化學物質登記申報系統平台 https://flora2.epa.gov.tw/MainSite/Lin/index.aspx
	新化學物質	化學物質登錄平台 2.0 https://tscachemreg.epa.gov.tw/Epareg/content/masterpage/index.aspx
	既有化學物質	

表九 部會資訊系統平台登錄資料內容

部會	資訊系統平台	登錄內容
衛福部	食品資訊系統入口網	學校名稱、食材、製造商、供應商
	管制藥品管理資訊系統	機構名稱、地址、登記證字號、電話、藥品名稱、成分含量、許可證字號、管制級別、製造商、單位（粒、支、片、公撮、公克等）、收支原因（購買、受讓、退藥、盈餘、減損查獲、調劑、零售、研究、試驗、退貨、轉讓、銷燬、減損、耗損等）、收入數量、收入藥品批號、支出數量、備註（醫藥教育研究試驗機構研究使用管制藥品，應於備註欄登載研究試驗計畫名稱及其核准文號、使用者姓名）、上期結餘數量、本期總收入數量、本期總支出數量、本期結存數量
勞動部	化學品報備與許可平台	運作者基本資料（運作者登記資料、運作場所資料、聯絡人資料）、優先管理化學品運作資料（化學品辨識資訊、危害成分／成分百分比、物理狀態、運作行為與用途說明、最大運作總量、年平均運作量、最大運作量、暴露工作者人數）、管制性化學品運作資料（化學品辨識資訊、危害成分辨識、實際運作資料（物理狀態、運作用途說明、運作行為及數量、暴露工作者人數、暴露工作者平均暴露時數、化學品直接來源與流向）、暴露控制措施）
經濟部	先驅化學品工業原料資訊網	先驅化學品工業原料名稱、申報單位基本資料（廠商名稱、統一編號、地址、運作項目（輸出入、生產、銷售、使用、貯存）、聯絡人、電話、傳真）、本期流向紀錄（期初數量（使用數量、貯存量）、製造紀錄、輸入／購入紀錄、輸出／販賣紀錄）

內政部	消防安全檢查列管系統	場所基本資料（場所名稱、行業別、樓地板面積、實際用途、應設防火管理人、應設共同防火管理人、應使用防焰物品、應辦理檢修、應設保安監督人、應設爆竹煙火監督人等）、「管理權人／現場負責人資料」、「建築物資料」、「防焰物品資料」、「消防安全設備資料」、「防火管理資料（包括防火管理人、消防防護計畫及自衛消防編組訓練等資料）」、「保安監督管理資料」、「公共危險物品種類及數量」、「高壓氣體種類及數量」、「爆竹煙火監督／倉庫管理資料」及「搶救器材裝備資料」等細部資料 危險物品之申報內容包括申報單位基本資料，危險物品之範圍、化學文摘社號碼、聯合國編號、中英文名稱、分子式、數量、用途、放置方式及放置位置
環保署	毒性化學物質登記申報系統 平台－教育部化學品管理與申報系統	運作人管編、運作場所管編、負責人、填表人、毒性化學物質、物質狀態、申報證件、申報濃度、上月結餘量、計量單位、運作申報紀錄（日期、運作行為（製造、使用、輸入、輸出、賣出、買入、減少（撥出）、增加（撥入）、廢棄、轉入、轉出、特殊情形（減少）、特殊情形（增加））、重量、結餘量、來源或去向廠商名稱、來源或去向廠商證件號碼、運送聯單號碼）
	化學物質登錄平台 2.0	登記人和物質基本辨識資訊（CAS No.）、物質製造（製造量／輸入量）用途和暴露資訊、危害分類與標示、安全使用資訊、物理與化學特性資訊、毒理資訊、危害評估資訊、暴露評估資訊

表十 化學物質申報或報備欄位需求

分類	資料內容
廠商資料	統一編號、公司登記號碼、工廠登記號碼、管制編號、公司／工廠名稱、行業別、證件號碼
化學物質	CAS No.（化學文摘社號碼）、中文名稱、英文名稱、分子量、濃度、物質狀態、成分含量
運作行為	購買、受讓、退藥、盈餘、減損查獲、調劑、零售、研究、試驗、退貨、轉讓、銷燬、減損、耗損、生產、銷售、使用、貯存、製造、輸入、輸出、賣出、買入、減少（撥出）、增加（撥入）、廢棄、轉入、轉出、特殊情形（減少）、特殊情形（增加）
運作量	製造量、輸入量、輸出量、販賣量、買入量、運送量、使用量、貯存量、轉入量、轉出量、廢棄量、單位
流向	上下游廠商資料
其他	最大運作總量、年平均運作量、最大運作量、暴露工作者人數、暴露工作者平均暴露時數、化學品直接來源與流向、暴露控制措施、運送聯單號碼、用途和暴露資訊、危害分類與標示、安全使用資訊、物理與化學特性資訊、毒理資訊、危害評估資訊、暴露評估資訊

參考資料：

- (1) 美國化學會化學文摘網頁：<https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>
- (2) Wang, Z.; Walker, G. W.; Muir, D. C. G.; Nagatani-Yoshida, K. Environ. Sci. Technol. 2020, 54(5), 2575-2584
- (3) <https://law.moj.gov.tw/Law/LawSearchResult.aspx?ty=ONEBAR&kw=%e4%bd%9c%e6%a5%ad&sSearch=>

第十節 實驗設施保養汰換規劃

雖然各機構單位或有不同的設施維修和保養規定，但實驗室主持人應有責任確保實驗室中的設施能正常運作，以保障工作人員的安全。實驗室設施不單是指實驗器材，還包括通道門窗、緊急救災器具如沖眼器與緊急淋浴、電氣系統、照明系統、管道系統、空氣處理系統和排氣通風系統等報修與維護。

相關法規

- ◆ 依職業安全衛生法第 6 條：雇主對所列事項應有符合規定之必要安全衛生設備及措施。
- ◆ 依第 23 條規定：應實施安全衛生管理及自動檢查。各設備包括機械、電氣設備、鍋爐、高壓氣體設備、化學設備、局部排氣裝置、空氣清淨裝置等，依「職業安全衛生管理辦法」規定，定期實施檢查，在這裡不再複述。沖眼器與緊急淋浴、排氣通風系統故障為嚴重事件，需立即維修。排氣通風系統在完成維修前請勿繼續使用，儀器設備需接上安全地線，以防漏電。
- ◆ 依第 26 條規定：維修施工前要與承包單位或承包商開會，討論施工與危害因素，提出危害防治方法，並保留經雙方簽署之會議紀錄內容與告知項目。

各種危害包括墜落、滾落、感電、崩（倒）塌、物料掉落、跌倒、衝撞、被撞、夾、捲、切、割、擦傷、火災、爆炸、缺氧、交通事故、中毒、溺水、物體破裂、粉塵危害、異常氣壓、與高低溫之接觸、與有害物之接觸、踩踏失足，或因個別實驗室的特殊危害等。維修施工前應開會討論相關危害，及應有的危害防止計畫與措施。

- ◆ 依第 18 條：工作場所有立即發生危險之虞時，雇主或工作場所負責人應即令停止作業，並使勞工退避至安全場所。

實驗室設備維護

實驗設備是相對昂貴的物品。建議訂定設備日常維護計畫，有助於延長設備的使用壽命，降低實驗室不必要的財務負擔與風險。但超過使用年限或故障的設備，應有汰換計畫。實驗室設備維護準則、校準及維修方案，應包括以下組成部分：

- ◆ 預防性維修方案，應依製造商建議定期進行性能檢查。
- ◆ 建立設備維護清冊，其中註明序列號、識別號碼和安置的具體地點。
- ◆ 必須建立機制，對新設備進行檢查，以確保設備的安全、驗證與校準。
- ◆ 保存所有檢查、維修的紀錄於設備維護清冊中。

排氣通風系統維護

排氣通風系統保養工作，宜由專業廠商進行定期檢驗及清洗，與更換過濾設備。無論排風櫃是否設有自動警報系統，工作人員需定期做例行性檢查，以確保其功能正常工作。須測試項目包括：流量、風速、聲音、洩漏、各樣控制裝置、窗框、擋板、管道、光線等，或櫃體結構如腐蝕等任何問題。

排風櫃窗框的吊掛鋼絲是否有運作不順，如有鏽蝕外觀，或部分破損斷裂等，應立即更換。在進行維修前，要將排風櫃中物品清空，以免維修時發生意外，曾經發生維修時火舌沿排氣管道進入實驗室，引燃釀災的意外事例。

電器設備維護

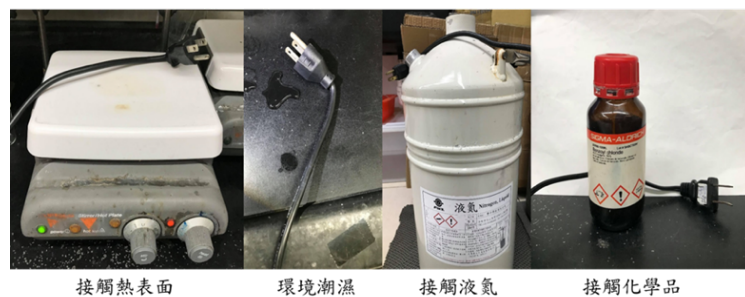
實驗室擁有各種電器設備，包括攪拌器、震盪器、真空幫浦、馬達、搖床、幫浦、加熱板、加熱器、電源、烘箱和電泳、冰箱設備、天秤、各式燈源、精密儀器等。這些電氣設備，若未依規定安裝，或維護不良，都可能引起火災或觸電。不良的電器若產生火花，可能引燃各種可燃的化學試劑或紙張，從而引發火災。實驗室應訂有電器使用維護的標準作業流程，工作人員應遵循這些基本準則，達到保護自己，免受電力危害。這些準則包括保持對實驗室設備狀況的認識、實驗室設備的

正確使用和安全工作實踐流程標準。（圖三十三）為常見電源線不當使用情形。唯只有合格的電氣技術人員才能安裝、檢查、拆卸或修理電氣設備。

電氣設備一般注意事項

- ◆ 瞭解配電盤和開關的位置，以便在緊急情況下快速關閉電源。
- ◆ 配電盤周圍留下至少 90 公分的緊急空間，切勿堆放雜物。
- ◆ 提前推估斷電時可能引發的後果，並預先訂定標準的緊急應變程序，與採取的一些步驟。例如斷電時，化學氣體會否從排風櫃散逸到實驗室內等問題。
- ◆ 定期檢查實驗室電氣設備，確保其狀況良好。如果設備狀況不佳，則維修中應將設備拆下，由合格的維修人員更換或修理設備。
- ◆ 電源插座應確認已經接地，且使用安全接地的三爪插頭。
- ◆ 不允許使用多插頭插座的延長線及適配器。
- ◆ 如發現電器外觀有因過熱變形焦黑，老化龜裂，或鏽蝕，應立即維修更換。
- ◆ 自行組裝的設備，亦應有定期清理保修計畫，實驗室中的灰塵與腐蝕性化學氣體，常導致儀器損壞及短路。各組裝單元的單據，使用說明等亦應保留。
- ◆ 定期維修後應留有單據或紀錄，以利日後追蹤。
- ◆ 若遇到臨時斷電，應立即把所有使用中的電器開關撥至關閉狀態，以免恢復供電時引起意外。

電源線不當使用示意圖：



圖三十三 電源線不當使用示意圖

電源線檢查注意事項

- ◆ 確保電源線沒有磨損或電線外露。電線外部為保護層，內部電線外的包覆為絕緣層。當保護層破損時，便應更換。
- ◆ 小心放置電源線，避開潮濕環境與水源。
- ◆ 避免與化學品接觸，腐蝕性物質和溶劑會降低電線絕緣性能。常有電器因腐蝕或鏽蝕而引發火災的例子。
- ◆ 不要讓電線晃動，因晃動的電線容易導致設備被拉倒、墜落或被電線絆倒。
- ◆ 不要讓電線接觸熱表面，以防止絕緣熔化短路引發火災。
- ◆ 不要讓電線接觸及低溫物質如液氮，以防保護層與絕緣層硬化碎裂。
- ◆ 請勿用電源線提起電氣設備或用力拉扯電源線，以防止損壞。
- ◆ 行動電源常用於實驗室。這些設備常貯存極高電能，必須謹慎使用，否則會釀成災害。

- ◆ 切勿使外露連接器（如鱷魚夾）連接到電源上。電源線必須具有安全接地插頭（3 個插腳），並正確絕緣。
- ◆ 實驗室延長線請勿供永久使用，如有需要因請技術人員安裝固定的電源插座。
- ◆ 有電力突波保護器（UL）的延長線，只適用在個人電腦及相關器件上。

電力迴路的維護檢查注意事項

- ◆ 電氣設備應避免潮濕環境（以及您自己使用電氣設備時）遠離水源及化學品。
- ◆ 避免將高電流負載的電器，連接在相同的電力迴路上，以防止電路過載。過載可能導致導線過熱和電弧。這可能會導致觸電傷害或火災。
- ◆ 長期高電流負載雖沒過載，但會加速電力系統老化，導致災害。
- ◆ 電器應有保險絲和斷路器，可防止電線和其他電氣部件過熱。過載保護的設置，對於可能長時間使用的設備如攪拌器、烘乾爐、真空泵、可調制變壓器（Variacs）等能帶來保護。
- ◆ 接地故障漏電斷路器（GFCIs）的使用：如果檢測到接地故障，或當 GFCI 插座或便攜式 GFCIs 用於靠近水槽或潮濕的位置時而有漏電，接地故障漏電斷路器（GFCIs）會斷開電流，能保護使用者免受電擊。

電力和易燃材料

- ◆ 許多電氣設備會產生火花，引燃易燃品。排風櫃內使用的設備，其供電插座應設置於排風櫃外。許多家用電器（如加熱板、吸塵器和電鑽頭等）不符合此要求，切勿在週邊有易燃品或可燃品時使用。在過去許多案例中，除濕機引發火災案例頻繁，實驗室應盡量減少使用。如果需要冷藏或冷凍，易燃材料只能存放防爆設計的冰櫃中。這些冰櫃內部應沒有加裝電燈和開關等火花源，或應使用防爆型開關及燈具，避免產生火花源引發危險。
- ◆ 請勿將加熱帶（heat tape）或加熱包（heating mantle）直接插入 110 伏特插座，需要經由可調制變壓器（Variac）配合使用。否則可能會過熱而導致火災危險。
- ◆ 避免用乾燥爐去乾燥有機物，有機蒸汽可能會積聚在烘箱內或散逸到實驗室中。有些化合物在乾燥後會發生爆炸，應多注意。

加熱板與烘箱

- ◆ 加熱板與烘箱等加熱設備，因實驗需求，可能會長時間使用，實驗人員也不見得一定能隨時看管，在過去許多類似意外中，均與溫控失靈，導致儀器溫度無預警上升，發生過熱燃燒。因此除平常檢查外，應訂定更換年限，老舊的加熱設備應予以替換。



參考資料

- (1) 職業安全衛生法第二章安全衛生設施第 6 條 1 之二「防止電、熱或其他能引起之危害」
- (2) 職業安全衛生管理辦法第 30 條，第 31 條與第 31—1 條有關高低壓用電設備檢查之要求
- (3) 職業安全衛生法施行細則第三章安全衛生管理第 31 條與第 41 條機械、設備及器具之管理、維護與檢查
- (4) 職業安全衛生設施規則第十章電器危害之防止
- (5) 職業安全衛生教育訓練規則第 17 條之一，有關「一般安全衛生訓練」之要求
- (6) Electrical Safety in the Laboratory, University of Iowa. <https://ehs.research.uiowa.edu/electrical-safety-laboratory>
- (7) Fume Hood Maintenance Procedure, University of Northern Colorado. <https://www.unco.edu/facilities/pdf/ehs/Fume-Hood-Maintenance-Procedure-2012.pdf>

第十一節 緊急應變設備保養與管理注意事項

緊急事件發生時，常沒有充分的時間來決定誰應負責做什麼事、如何做、何處可得到外界支援器材設備等相關事宜，若無法在短時間內採取有效的控制措施，會導致災害擴大至無法控制的嚴重後果。因此，平時針對可能發生之緊急狀況，運用單位自有之資源及周邊支援體系與政府公設應變資源體系，研訂相關緊急應變計畫，置備相關緊急應變設備與器材，並實施必要訓練，使相關人員熟練應變應有之知識及技能，方可能在不同階段之緊急狀況下，有效處理災害應變措施，以降低損失。

緊急應變（Emergency Response）

指因應實驗室發生之事件，由第一線研究人員或特定組織所立即採取之行動方案或措施。¹

緊急應變設備

範圍則包含因應緊急應變發生，所需要之應變器材、偵測、警報設備及相關緊急救護通報系統。下列為實驗室可能發生的意外緊急狀況：

緊急事件

下列為實驗室可能發生的意外緊急狀況：

- ◆ 氣體外洩：如毒性氣體（氯氣、磷化氫、氟氣等）、惰性氣體（氮氣等）、易燃氣體（液化石油氣、氫氣等）等之洩漏。
- ◆ 液體外洩：如易燃液體（甲醇、異丙醇等有機溶劑）、光阻液、顯影液、腐蝕性液體（鹽酸、硫酸、氫氧化鈉等強酸鹼）、毒性液體等之洩漏。
- ◆ 火警或爆炸：如電氣短路、易燃氣體外洩、不相容廢液相混引燃火災等。
- ◆ 異味：不明氣體或液體外洩。
- ◆ 天災：地震、颱風或水災。
- ◆ 人員受傷：機械性、化學性或物理性等傷害。
- ◆ 其他運作場所之緊急事故。

危害辨識

單位或實驗室對日常作業性質，應依危害辨識及風險控制結果，確認緊急狀況下須採取的應變措施，以控制潛在風險與殘餘風險，作為規劃緊急應變計畫之依據。緊急應變計畫¹之內容，應包含各級人員之角色與分工、應變組織之架構與權責、通報、現場搶救、醫療救援、消防、人員疏散及災區再進入等措施和步驟。當各級人員能充份理解相互角色分工後，始能在緊急時在能發揮互補作用。在規劃緊急應變處理措

施時應將可能導致二次災害之因素納入考量，且須提供應變處理人員適當之個人防護裝備。單位至少應規劃二條疏散路線及二處集合地點，且應定期檢查以保持通暢可用。單位在規劃緊急應變計畫時，應將利害相關者之需求納入考量，包含主管機關、緊急支援機構、鄰廠或社區民眾等。

防止災害的擴大之相關法規

意外事故並不一定侷限在災害現場，若事故範圍擴大，可能會影響社會運作。為防止事故擴大，有賴於全體人員同心協力完成，更亟需知曉災害現場的作業人員協助，配合環安衛與消防人員以搶救與支援；平時應加強演練，以免臨時手忙腳亂或調度失誤而致災害擴大。若不幸事故發生時必須能夠臨危不亂按既定程序迅速處置，得以即時消滅災害，才不致擴大以減少人員傷亡或財務損失。實驗場所的意外事件，要靠完善的操作流程管理及緊急應變計畫來防止災害的擴大，如逃生計畫、防火區隔、安全壓力閥、消防設施等。相關作業規範要求製作相關緊急應變計畫或程序，規範摘錄法令如下：

- ◆ 空氣污染防治法第 33 條：公私場所之固定污染源因突發事故，大量排放空氣污染物時，負責人應立即採取緊急應變措施，並至遲於一小時內通報直轄市、縣（市）主管機關。
- ◆ 水污染防治法第 27 條：事業或污水下水道系統排放廢（污）水，有嚴重危害人體健康、農漁業生產或飲用水水源之虞時，負責人應立即採取緊急應變措施，並於三小時內通知當地主管機關。

- ◆ 毒性及關注化學物質管理法第 35 條：第一類至第三類毒性化學物質及經中央主管機關指定公告具有危害性之關注化學物質，其相關運作人應檢送完整危害預防及應變計畫，報請直轄市、縣（市）主管機關備查，並依該危害預防及應變計畫內容實施。
- ◆ 毒性及關注化學物質管理法第 39 條：第一類至第三類毒性化學物質及經中央主管機關指定公告具有危害性之關注化學物質，其運作過程中，應維持其防止排放或洩漏設施之正常操作，並備有應變器材及偵測與警報設備。
- ◆ 感染性生物材料管理辦法第 26 條，生物實驗室設置單位應確保感染性生物材料無洩漏造成感染之虞，並督導實驗室、保存場所建立緊急應變計畫，包括：

- 緊急應變小組及任務。
- 意外事件類型、危害等級鑑定及風險評估。
- 意外事件之警示、處理及通報機制。
- 緊急應變物資庫存管理。
- 緊急醫療救護程序。
- 應變人員之安全防護措施。
- 緊急應變疏散程序及其他因應措施。
- 危害區域清潔、消毒、整治、與單位內其他專責人員之協調、善後處理措施及調查報告。
- 每年應依前款應變計畫辦理演習，每三年應有一次實地演習。

運作注意事項與緊急應變設備

防災系統：包含消防系統、偵煙系統、廣播系統、門禁系統、閉路監視系統、氣體偵測系統、漏液偵測系統等。防災系統在保養管理上，可透過委託外部專業公司或人員定期維護、保養與校正，以保證其可靠性。偵測與警報設備日常管理如下：

- 製作洩漏偵檢器材一覽表。
- 紀錄偵測器與警報設備檢查、維護及保養之項目。
- 檢討偵測及警報設備具備構造及功能是否符合作業環境需求。
- 警報值設定須符合法規要求。
- 緊急應變器材：包含自攜式空氣呼吸器、消防衣套組、各式化學災害防護衣、手提氣體偵測器、洩漏處理工具、緊急救護器材等。

緊急應變器材方面，單位應依危害辨識的結果與可能的緊急狀況，置備所需之應變器材，且應決定定期緊急應變演練計畫的項目、災害規模及添購應變器材。應變器材保養管理如下：

- 要訂定緊急應變器材檢查、維護、保養等管理程序。
- 製作緊急應變器材檢查表。
- 安全資料表（SDS）是應變器材中最常被忽略的項目，可於購買化學物質時，要求廠商提供，並放置在安全與容易取得的地方，提供應變人員現場查詢。

其他必要應變器材

- 個人防護具：須特別注意手套、防護衣的材質、防毒面具濾毒罐等。在防護污染物種類與等級上是否符合實驗室的需要。需定期檢查防護具的狀況與保存期限，如有破損或過期須立即更換。防護具需準備足夠的數量。
- 緊急洗眼、沖淋裝置：水壓、水量及持續沖洗時間均應足夠，且需定期測試確保水質清潔。人員需熟悉其所在位置與使用方法。總開關不可關閉。裝置上不可吊掛衣物，周圍不可放置雜物。附近如有電源插座，應加裝保護蓋。需定期測試，確認功能正常。應設有汙水收集設施。
- 滅火器具：如滅火器、滅火毯、室內消防栓。滅火器之設置，對撲滅初期火災最為重要。場域需備有配置圖供消防人員查核。配置圖中應清楚標示滅火器、與室內消防栓之位置。定期檢查滅火器、消防栓與演練以熟悉操作要領，並按時更換（淘汰）過期滅火器。
- 急救箱：應定期更換急救藥品、救護器材。急救箱應放置於容易取得處並加以標示，位置應與化學品有所區隔，以免污染。選擇適合自己實驗室需求的應急藥品，使用 HF 的實驗室，應備有葡萄糖鈣軟膏或六氟靈。使用有腐蝕性藥品之實

驗室，應備有敵腐靈。箱內不要擺放不需要的藥品。藥品消耗後須立刻補齊。並注意保存期限與定期更換急救藥品。

- 偵測器材：器材種類有毒性氣體偵測器、可燃性氣體偵測器、火警探測器、熱像儀等。緊急應變用的偵測器材應為手提，可移動的款式。應注意其發出警報濃度（響應濃度）是否符合緊急應變的需要。並應定期校正，即使未使用，也應定期充電或更換電池。實驗室人員應熟悉其操作方式。
- 避難器具：種類包含安全門、緩降機、逃生指示燈等，安全門應常保關閉，不可上鎖。緩降機的緩降繩應放置於固定架附近。各種器材應定期保養與檢查。相關人員是否熟悉器具的使用方式。
- 廣播、通訊器材：可透過定期應變演練訓練時，進行測試，盡可能做到無廣播與通訊死角。
- 緊急照明系統、防爆手電筒：應定期檢查及更換電池。
- 洩漏濺灑處理工材：吸收棉、阻流索。防止洩漏器材等。存有大量溶劑的實驗室，應針對溶劑的特性預先準備足夠數量的化學溶劑吸收劑、吸收棉或其他吸收器材，與盛裝容器。



參考資料

- (1) 行政院勞動部職業安全衛生署：緊急應變措施技術指引，104 年 12 月 14 日

第五章

實驗室作業安全管理

- ◆ 第一節 實驗室設計
- ◆ 第二節 動線管理
- ◆ 第三節 化學品進出與儲存
- ◆ 第四節 化學品儲存運作時硬體需求與管理
- ◆ 第五節 環安衛相關緊急應變硬體需求與管理



第一節 實驗室設計

規畫一個符合公共安全、勞工安全、公共衛生及環境保護等各類法規及需求的化學實驗室，確實是很複雜的事，一方面需顧及化學實驗的專業需求，另一方面需要相關單位配合所有的行政工作。首先須與建築師及水電總工程師討論全部的各项設計及水電配置，完成設計圖，再由實驗設備包商施工，才能大功告成。本節編委曾在化學期刊第 72 期談論規劃化學館的經驗談，在這裡就實驗室設計再一次整理討論。¹依使用目的區分，化學實驗室可分成教學用、研究用及一般用三大類。教學用化學實驗室可分成普通化學、有機化學、分析化學、物理化學、化學生物學及儀器分析等。研究用化學實驗室可分為合成化學（有機化學及無機化學）及非合成化學（物理化學及儀器分析）。一般用化學實驗室是供給業務單位進行常規式、例行性的化學實驗之用。所有實驗室均需具備完善的基礎設施，諸如供水及排水、供電及地線、安全及避難等。

基礎設施

- ◆ **供水：**化學實驗室的用水量非常大，而且產生的廢水亦須收集處理，所以對此須用心規畫。高密度聚乙烯 (HDPE) 水管是必要的材質，它耐酸、鹼及有機溶劑，且因不可熱熔接管，必須使用「O 環」及螺帽把管線接起來，萬一漏水或堵塞，可以自行一段一段取下，或換 O 環或打通再接回去，好處極多，絕不可用聚氯乙烯 (PVC) 管。供水線有三種：自來水、冷卻水、去離子水。其中自來水不必贅言，

如有可能，則另外要求一個冷卻水循環使用系統，則可大量節約用水。在大樓地基就設有獨立水槽，將水用馬達抽到屋頂的獨立水塔及散熱系統，再分配流到各實驗室，為了循環使用，在出水口下配有回水口，將冷凝器的出水管接上回水口，打開上、下開關此時即可使用。另一個去離子水系統是在頂樓設立大型離子交換樹脂處理器及水槽，以高密度聚乙烯管配送到實驗室，大學部每個實驗室一個出水口，研究實驗室則為每一層樓設一取水口。

- ◆ **排水：**排水線有四條：雨水、生活廢水、冷卻水、實驗室廢水。雨水及生活廢水如一般建築規畫，冷卻水如前段的敘述，回收供循環使用。實驗廢水應收集到廢液桶中有專業公司清運，但在器具清洗時，仍會產生輕度污染的廢水，因此實驗室廢水應自成獨立系統，用高密度聚乙烯管收集排放到集水槽，再送進由專業的工程師負責建立的全自動化廢水處理工廠。
- ◆ **供電及地線：**化學實驗室的用電量非常大，超乎建築師及電機工程師想像，必須要求先至實際運作的實驗室調查用電量，再行規畫設計。配電箱置於實驗室大門外，除總開關外，其下另對室內的每個實驗桌配置一個分閥開關，方便維修及緊急處置。要求建築師及電機工程師負責確認實驗室的地線效能，以供接地線之用。若有精密儀器需用專用線，不受雜訊干擾，則另置特別地線，以供使用。
- ◆ **安全及避難：**化學實驗室是一個特別注意安全的工作場所，應有雙逃生通道，不可有逃生死角，當然要考慮通風良好，也要顧慮到快速的疏散能力，以避開危險。在這些考量下，實驗室至少要有兩個

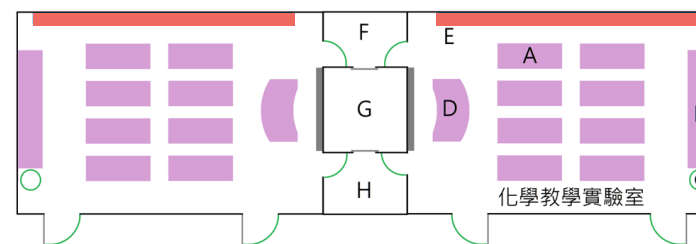
向外開的大門，使用耐火材質，門鎖採用外鎖內扣方式，以利緊急狀況使用。於建築設計時，盡可能的在大樓的四個角落均設四個樓梯，極易記住和辨認，方便避難。在通道之要衝地點，利用電訊線路，可設置緊急呼救按鈕，直接通報至學校機關的 24 小時保安中心。個人保護裝置有洗眼器、淋浴器、滅火毯及滅火器等，都是實驗室的必須配備，亦應設置於大門寬敞之處，以供不時之需。

- ◆ **藥品及廢棄物儲存櫃：**藥品儲存櫃之設置，除了一般藥品櫃外，另外必須區分強酸櫃、強鹼櫃、有機溶劑櫃、毒性物質櫃等，並建議放置各底層。所有藥品櫃均須接通至排風管，維持全天排氣。廢棄物儲存櫃必須另設空間，暫時性的貯存小量分類回收之廢棄物及廢液。

化學教學實驗室

化學教學實驗室可分成普通化學、有機化學、分析化學、物理化學及儀器分析。少數學校另設有生物化學實驗室及材料化學實驗室。因人數眾多且為初學，此類實驗室需要較大空間、通道寬敞，每間以 50 坪為原則，亦另可隔開三個小間，供做助教（技術員）辦公、藥品器材庫房及儀器房等用，如果許可併連則可共同此等空間，舉例如（圖三十四）所示。

教學用化學實驗室以可以容納 32 組學生為宜。（圖三十四）右：



圖三十四 化學教學實驗室

- A 為 8 個標準大小的實驗桌，每個實驗桌可供 4 組學生使用。有機化學實驗室必須加裝雙邊各有 2 門的通風櫥，普通化學及分析化學實驗室可加裝無門上罩式通風櫥，物理化學及儀器分析實驗室則加裝萬向抽氣罩。
- B 為公共使用的通風櫥，可供置放公用化學品。
- C 為洗眼器、淋浴器、滅火毯、滅火器及其他必要安全設施。
- D 為黑板、銀幕或電視顯示器與實驗示範區。
- E 為靠邊儲物櫃，靠窗者為 90 公分高，靠牆者可為 180 公分高，必須設有 32 格無門式置物櫃，供學生放置所攜個人物品，以免放在實驗桌旁引致危險事故。
- F 為助教或技術員辦公室。
- G 為藥品、玻璃儀器及器材庫房，必須有抽氣管接通至通風櫥抽氣系統。
- H 為小型儀器室，放置天平、pH 計、GC 等公用儀器。

若為物理化學及儀器分析實驗室，使用化學品較少，且可能有一些儀器較為精密需要隔離，則可將 G、H 改為儀器室，仍有不足時，B 區的通風櫥亦可改為置放分析儀器區。

化學研究實驗室

化學研究的內容範圍寬廣，其實驗室設計亦無法規格化，但是有一些原則可以規範，供做參考。

- ◆ 化學研究實驗室風險較高，應是一個特別注意安全的工作場所，需有雙逃生通道，不可有逃生死角。應配有充足的滅火器具，化學濺漏處理配備，與急救用品。
- ◆ 必須要有一個獨立的空間，供研究人員在操作之餘暇，做為閱讀、休息、飲食之用，以符合職安衛要求。為避免化學污染，此空間嚴禁攜入藥品、實驗衣、手套等用品。
- ◆ 設置的實驗桌，可採用新型的 C 形鋼架懸掛式桌面、櫥櫃及抽屜，具有易於拆裝的特性，方便彈性調整實驗室的空間。
- ◆ 合成化學實驗室（有機化學及無機化學）應以裝備全罩式通風櫥為主，另配以少數開敞桌面，供一般操作時使用。
- ◆ 非合成化學實驗室則反之，可以裝備萬向抽氣罩為主，供大多數操作時使用。另裝備足量之全罩式通風櫥，供操作有毒物質時使用。
- ◆ 實驗室的空間大小雖沒有規定限制，但宜盡量寬敞。下列敘述可供參考：若用一個小研究題目為計量單位，則以兩個執行人（如博班生及碩班生）擁有 6~7 坪為宜，若同題目另有協作人員（如專題生），則可在同一空間般共同操作使用。

一般用化學實驗室

一般用化學實驗室是指供給公家機構、公司企業、財團法人及其他業務單位，進行常規式、例行性的化學實驗之用，諸如產品檢驗、原料檢驗、製程控制、品管品保等。因工作較為單純及例常，可以參考前述教學用或研究用實驗室的概念，綜合設計出適用的實驗室。基本上不宜過大，可採用新型的輕鋁架落地窗門的方式，進行內部隔間，以收明亮開敞之功，並具功能效率之便。

樓館中實驗室配置

化學實驗室是一個特別的場所，其場所實在更像一個工廠，大量的水電需求及大量的通風櫥設置，必須考慮這些配置所須的水平與垂直管線空間，也就是規畫出實驗室配置。原則上，教學用的在低樓層，研究實驗室在高樓層，其中物化、分析、生化等在較低樓層，有機及無機合成等在高樓層。通風櫥多往高樓層放，可節約樓層使用面積，節約電力，減少污染。依此設計出實驗室位置圖，並預留出垂直的管道間，供風管及水、電配線用。另需要預留水平的管道空間，可以開放式懸掛於天花板，或用輕鋼架的方式隔成，從不同位置拉出管線匯流到垂直管道間，所有的配水、排水、配電、排風等線路，均循此空間走遍全樓，方便維修。化學品或廢液不宜存放在地下室或超高樓層，除火災時灌救困難外，地下室也面臨淹水使污染外溢的威脅。

參考資料

- (1) 王文竹 「規劃化學館的經驗談」化學第 72 卷第一期 1—3 頁

第二節 動線管理

化學實驗室是一個特別注重安全的工作場所，動線之設計及管理，均以安全為最重要考量，實驗室空間安排，決定了工作人員動線，其間是否有衝突，而引起安全疑慮，實驗室設計是重要的一環。例如實驗建築物的設計，以「一」、「工」、「口」字形為宜。其形式簡單，易於行動及辨識方向。在大樓的四個角落，各設一個樓梯，極易辨認，有助於緊急時使用。

實驗建築物內的實驗室應與外完全隔離，當意外發生時，可以將污染或火災封閉在實驗室內。實驗室內的環境，有以下的考量：

- ◆ 實驗室應有內外之分，外區為靠近對外走廊端，實驗區最好設在內區，人員辦公區在外區，靠近對外走廊處，從實驗室辦公桌到外部走廊通道，不需要穿過實驗區危險的區域；人員辦公區設在新鮮空氣補風區，為氣流上風區。
- ◆ 人員辦公區與實驗區應有隔間區隔，人員辦公區最好能有防火玻璃窗，人員透過玻璃窗可看見實驗室內情形與動態。
- ◆ 實驗室內的通路應能雙向逃生，盡量沒有逃生死角。人員辦公區亦然。實驗室內實驗桌間的通道，以兩人並行無礙之寬度為宜，至少 1 米寬。但若有運作危險性較高的化學品之需求的實驗室，建議通道寬度 1.5 米寬為宜，以減少碰撞發生。
- ◆ 人員辦公區與實驗區之間，最好有洗手槽與實驗衣間，讓工作人員能有安全區域，在進入實驗室前能更換或穿帶個人防護，或在離開前卸裝與洗手。

- ◆ 個人保護裝置包括洗眼器、淋浴器、護目鏡、手套、簡易護理醫藥材料、滅火毯及滅火器等，都是實驗室的必須配備，亦應設置於大門附近寬敞之處，以供不時之需。
- ◆ 避免在實驗區進口處運作危險性化學品，通風櫥應遠離實驗區進出口。另有滅火器分佈在實驗區各角落，以供不時之需。
- ◆ 藥品與廢液儲存櫃盡量放在較內部，遠離人員走動頻繁的通道。若有大型落地的儀器、機械或設備，宜加設區隔裝置。如無法裝設，必須於地面畫出紅色線條的危險區及黃色線條的警戒區。
- ◆ 實驗區可有門直接與走廊通道連接以利緊急撤離，或化學品與廢棄物之搬運，門應向逃生方向開啟，但平常人員應經由人員辦公區進出，以利管制，非實驗室人員止步。
- ◆ 任何時間，實驗室的通道均需保持暢通。必要時，可於適當處的地面上，畫出明顯的箭頭符號，標誌出緊急疏散方向。
- ◆ 在人員辦公區與實驗區之間的出口處，與在實驗區直接與外通連通出口處設置緊急全區斷電按鈕，在意外緊急撤離時可進行緊急全區斷電。如有裝置緊急排煙系統，亦可在出口處設置啟動鈕。
- ◆ 實驗區在意外發生時，有極高風險，配電盤最好設在實驗區外，以利安全操作。

參考資料

- (1) Laboratory Standard & Design Guidelines - Stanford EH&S <https://ehs.stanford.edu/manual/laboratory-standard-design-guidelines>
- (2) Yale University — Guidelines for Safe Laboratory Design <https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/laboratory-design-guidelines.pdf>
- (3) Department of Facilities Services, The University of North Carolina at Chapel Hill — Laboratory Design Guidelines. <https://facilities.unc.edu/resources/design-guidelines/laboratory/>

第三節 化學品進出與儲存

化學品採購

實驗室藥品採購應由具經驗之人員擔任，購買前應與實驗室負責人商討欲購買之藥品用途及相關資訊，確認後再進行採購，並應於採購時要求原藥品出售廠商或台灣代理商提供藥品之安全資料表 (SDS)，以及協約合格廠商之日後空瓶回收規劃；訂購之藥品送達簽收後，立即按照相容性特質分類固定位置存放，於化學品清單上增列所購買之藥品，並將送貨單與 SDS 歸檔，放置於固定位置。若為主管機關指定之化學物質（如毒性及關注化學物質、管制性化學品等）之採購，則依照學校之規定流程，先跟負責單位（例如職業安全衛生管理單位）申請，並按流程完成所有程序後再購買。

化學品儲存

化學品之儲運管理，首重安全，除基本之安全設施，如緊急應變器材櫃、沖淋設備及消防設施外，同時應考慮防止天然災害或意外發生時可能產生之危害，例如地震發生時傾倒。實驗室化學品應依藥品本身危害分類分別予以存放，不同類別藥品的混合存放，需考慮彼此之「不相容性」並依照國家標準 CNS15030 分類之規定予以分類（各危害性依 CNS 15030-1 至 CNS 15030-26 標準分類及標示辦理），分類後，同類物質可再以字母順序規畫存放，藥品儲存櫃具有門、開關與

抽氣裝置最佳，如無，至少須有欄杆以防止因地震等因素墜落，並保持空間氣流暢通，材質上亦應具防火結構。

儲存櫃之材質

- ◆ 一般藥品儲存櫃：櫃體及門為內外雙層之阻燃結構，櫃體外層為不燃材料，頂板附抽氣口、門下端具通風孔供進氣為佳，否則至少門上下端均有通風孔，供櫃內換氣，除防火結構，材質以耐潮濕為佳。¹
- ◆ 強酸、強鹼儲存櫃：儲存強酸、強鹼等化學物質之櫃體及門為內外雙層之阻燃結構，櫃體內襯須為耐酸鹼之 PP 材質，櫃體頂板應具抽氣口，櫃體或門的下端具通風孔以供進氣。
- ◆ 有機溶劑儲存櫃：櫃體及門為內外雙層防火結構，內外側板與背板使用不銹鋼材質，頂板及背板宜具排、進氣口且具防靜電接地裝置。木質材料具可燃性質所以不適合用於藥品儲存，且材質容易吸附藥品，若吸附不相容物質亦可能造成災害，而一般鐵製儲櫃不耐腐蝕，亦不適合用於藥品或溶劑之儲存。（詳細討論見後面章節）

化學品分區儲存注意事項

- ◆ 存放易燃 / 可燃性液體（含易燃 / 可燃廢液），若大量存放，存放區應具備防火門及防火牆、滅火噴灑系統及抗靜電處理地板，儲存

區內的燈、通風設施及插座等均須為防爆型材質，若為單獨房間室內照明開關應置於室外；為了防範火災發生時產生之危害，火災發生時，該區倉儲系統必須能啟動防火門自動關閉之措施，安裝煙霧偵測器並依照所儲存之藥品性質安裝滅火噴灑系統，除灑水系統之外，泡沫滅火設備之泡沫放出口、放射量、配管、試壓、流水檢知裝置、啟動裝置、開放閥、泡沫原液儲存量、濃度及泡沫原液槽設置可參照法規「各類場所消防安全設備設置標準」之相關規範設置。

- ◆ 易燃性固體存放區除上述防火設施，可增加消防砂做為防火器材。
- ◆ 氧化性化學品存放區亦必須具備上述防災設施，為預防爆炸，此區必須嚴格與易燃性物質儲存區區隔。
- ◆ 腐蝕性物質儲存區除應有消防設施，還必須有防漏及緊急處理設備如吸液棉等。
- ◆ 毒性及關注化學物質之存放區設施必須符合法規規範，除獨立之存放空間，儲存櫃必須上鎖，而且藥品須有盛盤裝盛，藥品存放區旁亦必須存放即期之 SDS。²（詳細內容參閱：（1）毒性及關注化學物質管理法；（2）列管關注化學物質及其運作管理事項；（3）列管毒性化學物質及其運作管理事項行，及政院環保署毒物及化學物質局『首頁／業務專區』與各化合物安全資料表（SDS）上所列的洩漏處理方法；暴露預防措施；安全處置與儲存方法；滅火措施；分類儲存）
- ◆ 一般藥品存放架，設計訴求以抗震防掉落為主。
- ◆ 存放藥品之冰箱不得存放食物，並標示警語。
- ◆ 排氣櫃非儲存藥品之空間，藥品使用完畢後應立即歸位，不應雜亂間置於排氣櫃中，排氣櫃下方不能存放易燃性藥品。
- ◆ 任何化學品容器外均須有完整之中文標示，標示內容須依照「危害性化學品標示及通識規則」內容載明。
- ◆ 藥品儲存櫃外明顯處須有儲存之化學品清單。

廢棄化學品之分類及處理

實驗後之廢棄化學品應依藥品本身危害分類分別以暗色瓶盛裝後予以存放，不同類別廢棄藥品的混合存放，亦需考慮彼此之「不相容性」，廢液桶除按照規定分類外，必須將其置於大於其廢液容積之盛盤內，妥善收置並安排清運，細節可參考第四章第四節「實驗室廢棄物存放管理（含廢液處理）」。

化學品清單

實驗室應依照藥品屬性建立藥品清單如一般化學品清單及危害性化學品清單，購置之藥品送達後，除妥善放置儲存藥品，應立即將藥品加入藥品清單（可參考教育部提供之範本），主管機關指定之化學物質（如毒性及關注化學物質、管制性化學品等）須依照法規登載使用量與按時申報，一般化學品則須定期盤點，詳實登載。

安全資料表 (SDS)

隨購置化學品送達之 SDS 須妥善收集，並將危害性化學品之安全資料表置於工作場所固定、明顯且易取得之位置，以利後續查詢相關資訊時容易取得；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。

參考文獻

- (1) A. H. Kshash, A storage cabinet design for research chemicals for developing nations, *J. Chem. Health Saf.* **2019**, 26(4-5), 29-32.
- (2) 化學；80 卷 1 期 (2022 / 03 / 01)，P111 - 125【實驗室化學安全專欄】危害化學品使用及管理：化學品特性探討與衛生管理概略 <https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?DocID=P20160122002-202203-202204140003-202204140003-111-125>
- (3) 教育部化學管理與申報系統 <https://chem.moe.edu.tw/broad.aspx>

第四節 化學品儲存運作時硬體需求與管理

實驗室的實驗操作區是使用化學品進行研究的區域，雖有風險，但因化學品量體較少，容易控制。相反地，化學品儲存區平常的風險較低，但因存量較大，一旦發生意外，或火災蔓延，其帶來的災害甚大，因此需要適當的儲存策略與裝備，以盡量減少因意外事故，特別是將具有不相容性的化學品混合而所帶來的危害。台灣位於地震帶，更應小心注意。由於每一種化學品可能具有多種化學屬性，要訂定適當的儲存策略，可能甚為複雜。有關化學儲存的詳細說明，應參閱化學品的安全資料表或容器標示獲得。

化學品儲存的一般安全管理原則

為防止不相容化學品的意外混合，首先要理解化學品的化學性質。必須保存所有化學品的庫存清單。庫存資料表必須包括完整的化學品名稱、儲存位置和相關危險（例如腐蝕性或易燃性），化學品上需要有GHS規定標示資料。庫存資料必須每年更新，並由執行更新的人簽名。全年購買的化學品一旦進入工作區域，必須加註入庫存資料中。保留安全資料表中的應變處理資料，以便進行緊急應變。狀態不佳，或外觀或瓶身有異常者，應盡快以過期藥品方式，請專業人員清除，切勿與廢液任意混合清運。

消防署六類公共危險物

消防署針對會引發火災的物品，分為六類公共危險物為

第一類：氧化性固體

第二類：易燃固體

第三類：發火性液體、發火性固體及禁水性物質

第四類：易燃液體

第五類：自反應物質及有機過氧化物

第六類：氧化性液體

化學反應特性進行分類

此外使用人應依據化學反應特性進行分類，包括可燃性物質、酸性物質、鹼性物質、腐蝕性物質、氧化性物質、還原性物質、毒性物質等、爆炸性物質等。

化學品儲存管理注意事項

- ◆ 常見可燃性溶劑包括：易燃液體，可燃液體，含鹵有機液體如丙酮，乙酸乙酯，甲苯，乙醚，二氯甲烷，乙醇等。醋酸應分類為可燃液體。
- ◆ 常見無機酸（又稱礦物酸）包括：硝酸、硫酸、鹽酸和過氯酸等，其中硝酸、硫酸和過氯酸具有氧化性。

- ◆ 常見鹼性物質包括：氫氧化鉀，氫氧化鈉，氫氧化鈣，氫氧化銨，氫氧化四甲基銨，有機胺類等化學品儲存一般規則。
- ◆ 危險化學品，特別是液體化學品，應存放在防化學腐蝕的承盤中。市面供應的承盤，有不鏽鋼或塑膠材質。承盤邊沿需有一定的高度，防止化學品瓶滑落。
- ◆ 廢液承盤的體積最少應為廢液桶容積的 1.1 倍以上，以免因廢液桶破裂外漏引起污染。避免混合不相容的廢液。當將不相容的廢液倒入廢液桶時，可能會發生劇烈反應，導致嚴重的實驗室事故。實驗後的廢棄化學品，需先行去活，方能倒入廢液桶中，或請專業公司移除。（其他請參閱第四章第四節）
- ◆ 除正在使用的化學品外，不必要的化學品應移離檯面或通風櫥中，放回儲存櫃中。
- ◆ 避免將有害化學物質儲存在眼睛高度以上的高處。
- ◆ 重型容器應儲存在高度較低的儲存櫃中，方便攜提運送。
- ◆ 不可將化學品置放在地板上。特別是玻璃瓶裝的液態化學品，化學容器可能被撞倒導致破裂外溢。
- ◆ 將儲存的化學品數量限制在最低要求。
- ◆ 避免化學品暴露在高溫或陽光直射下，這可能導致儲存容器的變質以及化學品的分解。

化學品櫃內安置防護

美國國家消防協會（National Fire Protection Association, NFPA）

2017 年資料指出，美國每 63 秒就接獲一起建築火災報告。實驗室中化學品大至上分為：（1）溶劑與（2）試劑兩類，其他如腐蝕性物質、殺蟲劑和其他危險材料。使用防火安全櫃儲存（如圖三十五），較能保護您的人員和設施免受潛在火災，防火安全櫃應經過設計，可安全地儲存易燃品、溶劑和化學試劑。

- ◆ 溶劑：反應活性較低，但量體大，通常具可燃性，部分為易燃性，使用量大，流動性高，購買較為頻繁，發生火災時對實驗場所威脅大。
- ◆ 試劑：反應活性較高，種類多，但用量較少，購買使用後常有試劑剩餘，存放在實驗室中，在管理上較為複雜，大部分的有機試劑具可燃性，若分類儲存不當，因打翻混合反應而發生意外災害，甚至引發火災，某大學曾因化學壁櫥倒下，化學品混合引發火災的案例，實驗室遭焚毀。

防火安全儲存櫃的關鍵功能

- ◆ 讓危險化學品有系統的安放，相互保持隔離。
- ◆ 確保發生火災時，化學品不會瞬間被波及，爭取安全疏散時間。
- ◆ 設計與材質符合國家消防法規。
- ◆ 讓化學品存放在實驗室的安全性提高，使用更方便（如圖三十六）。
- ◆ 櫃體應有鎖定機制，提高保全的安全性，以及因地震使化學品翻落的風險。

防火安全櫃硬體需求

防火安全櫃設計標準

美國防火安全櫃按照 FM Global 的 FM 6050 和 / 或保險商實驗室的 UL 1275 標準設計，加拿大國家消防法應符合 ULC/ORD-C1275，歐洲則以 EN 14470-1 標準。根據美國 FM 和 UL/ULC 標準，如果鋼板安全櫃在發生火災時，能保護儲存的化學品約 10 分鐘，則被認為是可以接受的水準。歐洲標準 EN 14470-1 的防火安全櫃，在火災條件下可保護揮發性儲存物 30 至 90 分鐘（視型號而定）。如能滿足這標準，則可以使人員有更多的時間撤離，進入大樓救援和進行滅火，增加疏散時間，可以拯救生命和保護財產。

防火安全櫃容量標準

如果需要儲存易燃液體，以美國規範為例，其設計櫃體總液體容量應不超過 120 加侖（1 加侖 = 3.79 公升）。儲存、使用或處理超過 10 加侖以上易燃或可燃液體的實驗室，需要設置易燃液體儲存櫃。將待用的易燃或可燃液體儲存在儲存櫃中。並應標記「易燃 - 遠離火源」。當易燃或可燃液體擁有多種危險特性時，實驗室設計應滿足每種危害的儲存規範。例如，醋酸是一種腐蝕性和易燃性物質。因此，如果與其他易燃材料一起存放在易燃櫃中，則必須通過單獨的屏障（例如二次密封）進行隔離。不相容的材料不得存放在同一防火安全櫃內。易燃液體不得儲存於逃生門旁、樓梯附近或妨礙疏散的位置。不可使用

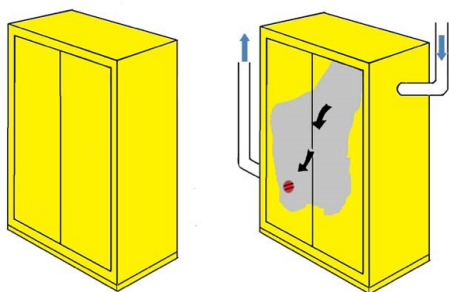
壁櫃作為易燃 / 可燃液體儲存櫃，實驗室必須確保易燃液體儲存櫃不位於明火或其他點火源，或高溫爐附近。

防火安全櫃一般規格

- ◆ 全部雙層防火鋼板構造，包括門、頂部、底部和側面，兩層鋼板之間相隔有 3.8 厘米（1.5 英吋）的隔熱層。
- ◆ 厚度大於 1.2 mm 的優質鋼板經過點焊接。
- ◆ 三點聯動式門鎖，櫃門能 180 度啟閉。
- ◆ 底部門檻至少為 2 英寸（5 厘米）高防漏液槽，防止易燃液體意外外溢。
- ◆ 應有專業規範的警示標籤。
- ◆ 完全密封，或裝設有防火閘門裝置的雙透氣孔，確保較完整的交換氣體過程。一般易燃液體儲存櫃，除需控制惡臭氣味或有害揮發性化學品外，通風並非一定需要。
- ◆ 防溢漏式層板。
- ◆ 儲存櫃內外都有防止化學腐蝕的噴漆塗層。
- ◆ 嚴格按照 OSHA 規範，櫃身設有靜電接地傳導連線。



化學實驗室基礎安全管理



圖三十五 防火安全櫃（1）完全密封型，或（2）裝設有防火閘門裝置的雙透氣孔型。如有特殊排氣需求，請與工程廠商討論。



圖三十六 一般化學品存放安置與防護裝置，門應為藥品清單，以供查閱。

耐酸鹼型儲酸櫃一般規格

儲存酸鹼型儲酸櫃具有耐強酸、強鹼與抗腐蝕的特性。承載強度需能適用於實驗室中存放危險藥品。備有安全門鎖，加強藥品存放之安全管控，可依實驗室需求訂製排風設備。

防爆實驗室冰箱

用於儲存易燃液體（包括乙醇）的冰箱和冰櫃必須為防爆實驗室冰箱，此等冰箱依安全要求進行設計、建造和批准，內部沒有火源，確保實驗室的絕對安全。家用冰箱 / 冰櫃以及經過改裝以去除火花源的裝置均不可接受。

高壓氣瓶鋼瓶儲存櫃

高壓氣體如氧氣、氮氣、氫氣、氬氣，或其他專用氣體，均被廣泛被應用在實驗研究室。運作者應依法規條文運作。

- ◆ 民國 111 年 09 月 14 日高壓氣體勞工安全規則。
- ◆ 民國 111 年 08 月 12 日職業安全衛生設施規則第 105 至 113 條，高壓氣體設備及容器有關章節。

國內此類氣體鋼瓶的氣體壓力一般為 150 kg/cm^2 。但除了鋼瓶外，還有鋁瓶，不鏽鋼瓶，錳鋼瓶及鉻鉬鋼瓶等，但在本文中均通稱鋼瓶。這些鋼瓶均為無縫金屬瓶，能承受高壓，但在撞擊破損時，或受高溫影響，均可能爆裂。高壓氣體鋼瓶的不當和不專業儲存，可能導致事故擴大、在火災事故中爆炸。尤其是易燃壓縮氣如滿載的高壓氫氣鋼瓶或高壓乙炔一氧氣鋼瓶組，據芬蘭實驗研究顯示，在火災試驗情境下，高壓氫氣鋼瓶約在 6 分多鐘後發生爆炸，而高壓乙炔一氧氣鋼瓶組約在 8 分多鐘後發生爆毀。因此在火災時，高壓氣體鋼瓶會快速成為危險源，為確保安全，高壓氣瓶應妥善、安全地存放在耐火安全專用高壓氣體鋼瓶儲存櫃中。

高壓氣體鋼瓶的儲存原則

實驗室最好有高壓氣體鋼瓶儲存區，儲存區應位於一個保護良好、通風良好、乾燥的位置，不受外部熱源，如火焰衝擊、強烈輻射熱、電弧或高溫蒸汽管路等威脅。在美國，高壓氣體鋼瓶與高度易燃的材料保持至少 20 英尺 (6 公尺)。此外應依職業安全衛生設施規則第 108 條儲存，部分重點摘錄如下：

- ◆ 貯存場所應有適當之警戒標示，禁止煙火接近。
- ◆ 貯存周圍二公尺內不得放置有煙火及著火性、引火性物品。
- ◆ 盛裝容器和空容器應分區放置。
- ◆ 可燃性氣體、有毒性氣體及氧氣之鋼瓶，應分開貯存。
- ◆ 應安穩置放並加固定及裝妥護蓋。
- ◆ 容器應保持在攝氏四十度以下。

使用高壓氣體鋼瓶儲存櫃，可確保室內和室外使用的安全，市面有提供符合歐洲 EN 14470-2 標準認證，及符合 TRGS 510 和 EN 16121/16122、GS 認證所有要求的高壓氣體鋼瓶櫃。防火高壓氣體鋼瓶櫃有耐火安全 30 分鐘和耐火安全 90 分鐘的防火規格，可用於存儲易燃或有毒氣體。這些高壓瓶櫃能提供安全儲存之用。

毒性高壓氣體之儲存與使用

應依職業安全衛生設施規則 110 至 111 條規定辦理。

毒性高壓氣體之儲存：

- ◆ 貯存處要置備吸收劑、中和劑，與充分及適用之防毒面罩或呼吸用防護具。
- ◆ 具有腐蝕性之毒性氣體，應充分換氣，保持通風良好。
- ◆ 不得在腐蝕化學品或煙囪附近貯藏。
- ◆ 預防異物之混入。

毒性高壓氣體之使用：

- ◆ 非對該氣體有實地瞭解之人員，不准進入。
- ◆ 工作場所空氣中之毒性氣體濃度不得超過容許濃度。
- ◆ 工作場所製備充分及適用之防護具。
- ◆ 使用毒性氣體之場所，應保持通風良好。

使用高壓氣體鋼瓶的排風要求

依美國工程指引建議，實驗室設使用易燃，有毒和劇毒壓縮氣瓶時，應使用連接到排氣系統的防爆排風瓶櫃或獨立通風的儲氣室（鋼門，內部灑水），與周圍區域保持負壓下工作。操作通風櫥平均面風速至少為 200 fpm（ ~ 1 m/s），通風櫥任何部分面風速至少 150 fpm（ ~ 0.75 m/s）每個高壓氣體鋼瓶櫃最多容納 3 個氣體鋼瓶，氣量為 1 磅以下的小型鋼瓶，高壓氣體鋼瓶櫃則最多可以儲存 100 個氣體鋼瓶。

參考資料

- (1) 2016 THE UNIVERSITY of NORTH CAROLINA at CHAPEL HILL UNC Laboratory Design Guidelines
<https://facilities.unc.edu/files/2016/03/Laboratory-Design-Guidelines.pdf>
- (2) 圖三十六摘自 wikipedia 附圖 Chemical cabinet with chemicals arranged in alphabetical order
https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_storage#/media/File:Chemical_cabinet3.JPG

第五節 環安衛相關緊急應變硬體需求與管理

「職業安全衛生法」在 102 年 7 月 3 日經總統府令公布，使用「職業安全衛生法」一詞替代過去的「勞工安全衛生法」，該法第 4 條明訂「本法適用於各業」。而教育訓練服務業屬於第二類具中度風險之事業，包括大專院校、高級中學、高級職業學校等之實驗室、試驗室、實習工場或試驗工場，凡僱用勞工人數達 300 以上應設置一級管理單位，並至少設甲種職業安全衛生業務主管及職業安全衛生管理員各一人，500 人以上者則設甲種職業安全衛生業務主管、職業安全（衛生）管理師及職業安全衛生管理員各一人以上。依規定學校應聘認適當數量的職安衛管理人員，對學校無疑更是沉重的負擔。

因此，現階段爰「學校衛生法」第 1 條「本法未規定者，適用其他有關法律之規定。」規範校園中一般教學場所，而特殊實驗場所如實驗室等具中度風險之事業，則依「職業安全衛生法」規範。

另外場所，則依「學校衛生法」第 25 條明訂「學校應訂定計畫，每學期定期實施建築設備安全及環境衛生檢查；並應隨時維護教學與運動遊戲器材設備，開學前應徹底檢修。」在學校衛生法施行細則中也規範如訂定維護教學及運動遊戲器材設備時使用安全管理規定、辦理健康促進及建立健康生活行為、學生健康管理制、傳染病監控措施等。

實驗室常見緊急應變軟、硬體作法如後，(1) 硬體：如走廊緊急沖淋

(眼) 器、化學應變器材、消防探測器、實驗室化學通風櫥、通風排氣設備等，(2) 軟體：建立相關行政措施如緊急通報流程、通聯方法等管理手段。

實驗室的危害與預防

認知危害

可分為化學性危害、物理性危害、生物性危害、人因工程危害（表十一）。

化學性危害：包括氣狀物（氣體、蒸氣）、粒狀物（煙塵、霧滴、粉塵）等。

- ◆ 氣體外洩，如毒性氣體（氯氣、磷化氫、氟氣等）、惰性氣體（氮氣等）、易燃氣體（液化石油氣、氫氣等）等之洩漏。
- ◆ 液體外洩，如易燃液體（甲醇、異丙醇等有機溶劑）、光阻液、顯影液、腐蝕性液體（鹽酸、硫酸、氫氧化鈉等強酸鹼）、毒性液體等之洩漏。
- ◆ 火警或爆炸，如易燃氣體、廢液，PVC、PP 容器或管線等。

物理性危害：包括高低溫、噪音、振動、異常壓力、游離輻射、電力中斷等。

生物性危害：細菌、病毒傳染等。

人因工程危害：機械擺設高低、不當姿勢操作、勞力蓄積等。

廢棄物危害：實驗室廢氣、廢液、廢容器及感染性針頭等有害事業廢棄物。

表十一 實驗室危害種類之可能發生源

危害種類	發 生 源
化學性危害	危險物、有害物、毒性化學物質等
物理性危害	機械、電氣設備、游離輻射、高壓 氣體、高低溫、噪音、照明等
生物性危害	細菌、病毒、黴菌、血液、血清、活體組織、排泄物等
人因危害	不符合人因工程設計之儀器或機械設備或不適當的工作方式
廢棄物危害	實驗室廢氣、廢液、廢容器及感染性針頭等有害事業廢棄物

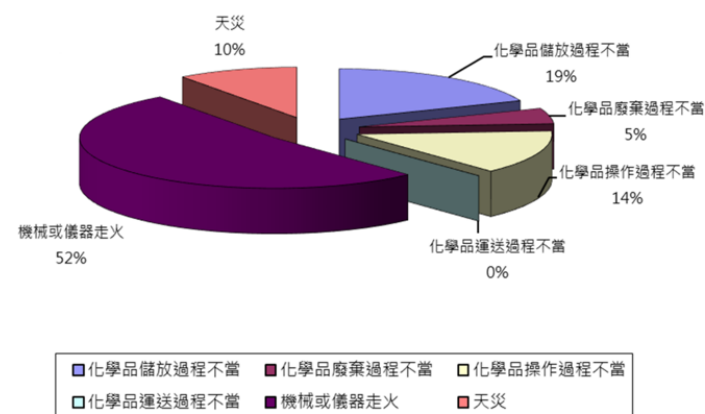
評估危害

- ◆ 實施作業環境測定（化學、物理、生物等），測定環境可能危害，包括機具、儀器等。
- ◆ 分析實驗操作程序，特別是新實驗或過去曾發生災害的實驗，評估可能危害。
- ◆ 分析實驗中所有化學、生物及輻射等危害物質。
- ◆ 針對環境、設備、操作流程及物質，綜整可能危害並排序，並對較大危害預擬控制方法。

管制危害

- ◆ 工程管理：包括以低危害物料替代高危害物料、修改製程、密閉製程、隔離製程、加濕作業、局部排氣、整體換氣，以減少工作人員與有害物接觸。
- ◆ 健康管理：包括職前、在職及特殊危害作業之健康檢查與健康分級管理。
- ◆ 行政管理：縮短工作時間、調換或輪換工作場所等。

以下列舉一些實驗室常發生的危害與預防，並彙整實驗室危害的可能發生源如表十一及案例分析（如圖三十七），提供各單位預先規劃職安衛管理規章及安全衛生工作守則之參考。



圖三十七 國內實驗室案例中之火災發生源分析

■ 規劃及應變緊急事故

本小節說明（如圖三十八），單位可參考勞動部職業安全衛生署「緊急應變措施技術指引」之基本原則及建議性作法，依不同實驗屬性的工作環境或作業危害進行【辨識】、【評估】及【控制】，以【建立】、【實施】及【維持】符合『職業安全衛生管理系統』相關之規範要求的「緊急應變措施管理計畫」。實務上，實驗室毒化災教育訓練可配合消防隊做一通盤的教育訓練，以培養危急救災時的外部支援默契。

（一）檢視應變能力及評估可用資源

- ◆ 應變清單：種類、數量、擺放位置、定期檢查
- ◆ 是否有應變人力、最近醫療能力
- ◆ 人員疏散計畫、平時演練
- ◆ 通報及通信系統
- ◆ 警報系統（員工及鄰近地區）、支援協定
- ◆ 除汙能力（本身或外部支援）
- ◆ 安全偵測裝置（如：有害氣體或可燃性氣體）、氣象監測裝置
- ◆ 緊急供電系統
- ◆ 緊急應變計畫定期演練與評估機制

（二）事業單位應於適當地點設置緊急應變指揮中心

- ◆ 設定指揮中心，地點建議最好遠離事件地點之上風處

（三）緊急事件發生時，透過既定的流程及平時演練可增加應變能力

- ◆ 制定合宜的應變程序
- ◆ 明確標示通報（聯）如何運作及何處可取得

（四）研訂緊急應變計畫書

- ◆ 明確場所或地點、危害性物質及其存量，可能發生的地點，以及事件之本質特性
- ◆ 明確界定應變組織各階層人員的職掌。指揮作業系統，包含指揮權移轉
- ◆ 明確訂定緊急狀況之處理方法，包含：通報、人員搶救、疏散及集合、降低後果、及防止災害持續擴展（如滅火、阻漏、倒塌物搬離等）、請求支援、災區再進入、復原等
- ◆ 明確規範必要的教育訓練及應變演練之執行
- ◆ 明確規範對外發布給政府機構、鄰近事業單位及社區民眾、媒體等有關緊急狀況 訊息之權責及機制
- ◆ 應有稽核及定期管理審查的機制
- ◆ 緊急應變計畫內容應包括內文、位置圖、平面圖、作業流程圖、安全資料表、設備安全資料、應變器材、支援及緊急聯絡資料等

圖三十八 規劃及應變緊急事故的工作說明

■ 檢視應變能力及評估可用資源

- ◆ 檢視並評估應變器材之種類及數量是否足夠，是否備有清單，擺放之位置是否適當，與是否有定期檢查計畫。
- ◆ 在可能發生緊急事故的地區是否有安置或指派足夠受過訓練的應變作業人員。
- ◆ 事業單位是否有足夠的醫療救護能力；是否已和地區的醫院訂有支援服務協定。
- ◆ 是否備有員工疏散計畫；員工是否受過疏散訓練及演練。
- ◆ 對內及對外有什麼通報及通信作業系統。

- ◆ 警報系統的警報訊號是否對員工及社區民眾等進行告知及溝通。
- ◆ 是否與鄰近學校、工廠訂有相互支援協定，檢視並評估彼此支援的資源。
- ◆ 檢視並評估本身是否有除污能力。是否與外部除污專業廠商訂有支援合約。
- ◆ 在必要場所是否有安裝有害氣體或可燃性氣體洩漏的偵測裝置。
- ◆ 是否裝置氣象監視儀器如風向儀及風速計等。
- ◆ 是否有足夠的緊急供電系統。
- ◆ 緊急應變計畫是否有定期演練與評估的機制。

事業單位應依評估結果，置備各類緊急應變所需類型及數量之應變器材，如滅火器、滅火砂、滅火毯、滅吸防護具、濃煙逃生袋、呼吸防護具、化學防護衣、通訊器材、緊急發電機及照明器材、急救及醫療器材、消防衣、毒性化學物質解毒劑、化學吸附劑、緊急沖眼器及淋浴等，除各實驗室自行配置外，系館大樓應常規配置。實驗室自行配置工具為意外發生時應急處理，而且系館大樓應常規配置為後續支援需求，應定期進行維護保養，確保其隨時可發揮功效。於緊急狀況時，人員可迅速、安全且正確使用應變器材。事業單位應依評估結果，聯繫可提供緊急應變支援之外界相關機構及單位，如醫療機構、消防單位、應變器材供應單位及鄰近事業單位等，並建立相關資訊，包含單位名稱、聯絡方式及可提供資源等，必要時可簽訂相互支援協定，且此等資訊應隨時保持在最新狀態。

設置緊急應變指揮中心

事業單位應於適當地點設置緊急應變指揮中心，並置備應變所需之器材及資訊等，作為指揮官與應變小組提供整體指揮之處所。

設置緊急應變指揮人員與分工

緊急事件發生時，常沒有充分的時間來決定誰應負責做什麼事、如何做、何處可得到外界支援如緊急通報流程、通聯方法等相關事宜。透過制定既定的流程及平時演練可增加應變能力。

研訂緊急應變計畫書

計畫書是事故發生前對災害的模擬推估，至少需包含下列要素：

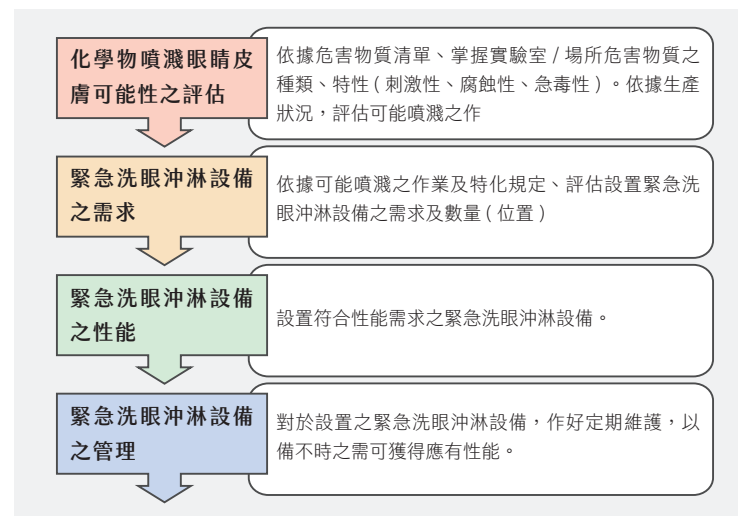
- ◆ 明確場所或地點。
- ◆ 明確危害性物質及其存量。
- ◆ 明確可能發生危害事件的地點，以及可能發生意外緊急事件之本質特性。
- ◆ 明確界定應變組織各階層人員的職掌。
- ◆ 明確訂定指揮作業系統，包含指揮權移轉等。
- ◆ 明確訂定緊急狀況之處理方法，包含：通報、人員搶救、疏散及集合、降低後果及防止災害持續擴展（如滅火、阻漏、倒塌物搬離等）、請求支援、災區再進入、復原等。

- ◆ 明確規範必要的教育訓練及應變演練之執行。
- ◆ 明確規範對外發布給政府機構、鄰近事業單位及社區民眾、媒體等有關緊急狀況訊息之權責及機制。
- ◆ 應有稽核及定期管理審查的機制。如有必要，在規劃緊急應變計畫時，應將利害相關者之需求納入考量，或將其納入緊急應變範圍之內。
- ◆ 緊急應變計畫內容應包括：
 - 計畫書本文。
 - 相關位置地圖。
 - 現場平面圖。
 - 作業流程圖。
 - 安全資料表及設備相關安全資料。
 - 應變器材清單。
 - 緊急支援機構或單位之名單及聯絡方式。

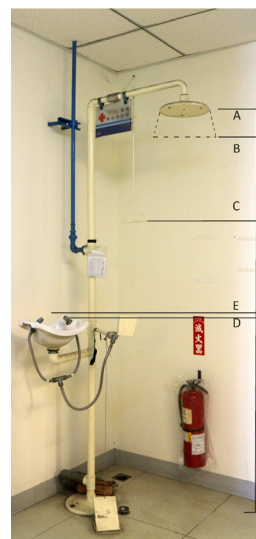
緊急應變硬體介紹

緊急沖淋（眼）器

緊急洗眼沖淋設備之設置，目的在能第一時間處理被化學物質噴濺之意外，降低化學物質對於眼睛、皮膚可能造成之傷害，特別是腐蝕性化學物質之噴濺意外。而於【特定化學物質危害預防標準】中，有明確之設置要求，緊急沖眼沖淋設備設置評估架構（如圖三十九）。



圖三十九 緊急洗眼沖淋設備設置評估架構



就「緊急洗眼沖淋設備設置指引」的學理、工業衛生概念及臺灣地區建議概況等資料所提出之設置規範，可提供事業單位設置該設備之參考。「緊急沖淋設備」可參考美國的 ANSI Z 358.1，其尺寸乃以美國為考量，因此引進國內使用時，值得進一步討論。但由於無法獲得最原始的尺寸考慮資料，因此提供（表十二、圖四十）資料以供參考。

圖四十 緊急用洗眼及沖淋複合設備高度示意圖

表十二 緊急用沖淋設備高度建議方案

位置	說明	計測位置	美國 ANSI Z 358.1 資料	美國計測資料	勞工計測資料	建議方案 (一)	建議方案 (二)
	沖淋水幕寬度	肩寬	20"(50.8cm)	19.6" (49.8cm)	49.5cm (男性 95%)	50cm	50cm
B	沖淋水幕高度	肩高	60"(152.4cm)	59" (149.9cm)	146.7cm (男性 95%)	145 cm	150cm
A	沖淋噴頭高度	肩高	84"(213.4cm)	角度 =45 時增加 24"(61.0cm)		205cm	210cm
A	沖淋噴頭範圍	肩高	82"(208.3cm) -96"(243.8cm)	角度範圍 30 至 50(82"-96") (208.3cm-243.8cm)		200cm-235cm	205cm-240cm
C	啟動開關高度	手握拳中心處	69"(175.3cm)	無握拳中心高度資料，以指尖高度估計：女性 5% 為 73" (185.4cm)	握拳中心高度：女性 5% 為 170.7cm 指尖高度：女性 5% 為 180.7cm	170cm	170cm
D	洗眼噴頭高度	未知	43"(109.2cm)	由於並無相關計測位置資料，因此建議引用美國 ANSI 資料。		110cm	110cm
E	洗眼噴頭範圍	未知	33"-45" (83.8cm-114.3cm)	由於並無相關計測位置資料，因此建議引用美國 ANSI 資料。		85cm-115cm	85cm-115cm

化學洩漏處理車

常見的化學洩漏處理車緊急應變器材：包括吸液棉、防堵工具、個人防護具（防護衣、鞋、手套、防毒面具）等（如圖四十一）。



圖四十一 市售化學洩漏處理車（雙開式）

依場所經費準備的可能內容物為：吸液棉（片狀、枕狀、條狀）補漏劑、補漏封帶、廢棄物處理袋、半面式防毒面具、防酸鹼手套、護目鏡，詳細可參照本指南「個人防護基礎」之章節內容。

消防探測器

局限型與分佈型探測器：探測器偵測方式可分為局限一處防護（例如：差動式局限型探測器、定溫式局限型探測器）或是整個面積防護火災的探測器（例如：光電式分離型探測器、差動式空氣管式探測器）

- ◆ 防水型與非防水型探測器：防水型的探測器一定採用定溫型探測器或是火焰型探測器，但設置防水型的探測器一般都設置在室外，所以火焰型探測器並不適宜設置在室外以免會產生誤報情形。

- ◆ 防爆型與非防爆型探測器：一般所謂的防爆型探測器，並不是探測器在發生爆炸情形下依然能保持正常的運作，而是探測器本身動作時所產的電流火花可以不致於外漏於探測器外面，具有防止引起場所的可燃性氣體或粉塵發生爆炸。
- ◆ 耐酸鹼型與普通型探測器：探測器本身具有可以耐酸鹼性能，防止探測器本身銹蝕即稱為可耐酸鹼型探測器。
- ◆ 再用型與非再用型探測器：探測器動作後就不能使用，必須換新的探測器即是非再用型探測器（探測器只能使用一次，一般是指補償式探測器）。
- ◆ 蓄積型與非蓄積型探測器：探測器本身具有蓄積功能（所謂蓄積功能是指探測器動作後維持 10~20sec 才將信號傳至受信總機，如果在蓄積時間內探測器停止動作時，信號將不會傳至受信總機）稱之蓄積型探測器。
- ◆ 多動作點型與單一動作點型探測器：探測器的動作有兩個以上稱多動作點探測器（例如：多信號探測器、熱複合探測器、補償式探測器等）。
- ◆ 多信號型與單一信號型探測器：探測器動作後的信號具有兩種以上分別傳至受信總機稱為多信號型探測器；單一信號探測器，就是只能傳一種信號給受信總機（例如：煙熱複合式探測器、補償式探測器、定溫型探測器等）。

常見的消防探測器分類如表十三，一般來說半開放式走廊常用定溫探測器，室內及地下室走道及機房較以偵煙探測器、差動探測器為主，

使得消防系統呈現較佳的保護效果，學校依消防法第二類工作場所每年需委託專業技師進行年度消防檢查申報作業。

表十三 常見消防探測器分類

探測器名稱	外觀照片
偵煙探測器	
差動探測器	
定溫探測器	

場所通風與排氣

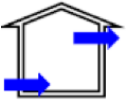
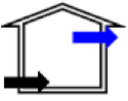
目的在提供新鮮空氣，利用空氣流動控制作業環境。稀釋排除有害物、危險物，防止火災爆炸，調節濕度與溫度，維持作業場所之舒適。

◆ 整體換氣

自然換氣：利用風壓及建築物室內外溫度差的壓力進行換氣，這方式會因自然條件的變化，所以非常不穩定。換氣是由給排氣組合，藍色線表機械換氣，黑色線表自然換氣，分類如下表十四所示。

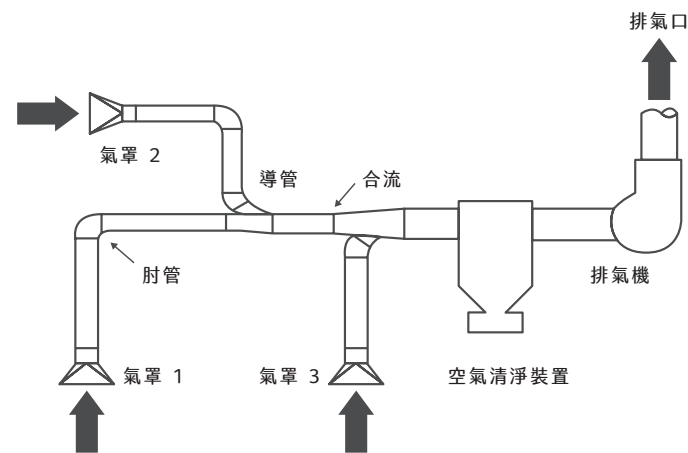
- **機械換氣：**利用送風機，換氣扇等的機械力量來進行室內空氣的換氣，可經由設計做有計劃的換氣。
- **適用場合：**為有害物毒性較小、有害物產生速率較小的工作場所、發生源均勻廣泛、發生源遠離作業人員呼吸帶。
- **注意事項：**應有足夠之換氣量、有害物濃度小於容許濃度、危險濃度小於 0.3LEL（爆炸下限值）、排氣機、送風機或導管開口應接近發生源、勞工呼吸帶勿暴露於排氣流線中、換氣均勻、設備有效運轉、高毒性高汙染場所與其他場所隔離等。依換氣或送風對象的目的不同，方式與換氣量也不一樣，所以選擇適合的換氣計劃是必要的。

表十四 給排氣組合示意圖

換氣的種類	狀態	換氣的特點	換氣注意事項
第一種換氣 (給排氣型) 機械給氣 機械排氣		藉由改變供氣送風機與排風機的風量平衡、可以任意調節室內的壓力平衡、任意設定與鄰接的其他空間之相關關係。	- 給氣口與排氣口的位置關係、風量的設定均可以任意設定、按理想來設計 - 系統設計可讓供給氣流的溫溼度接近室內環境。 - 配合條件變化，可任意設定供排氣量。
第二種換氣 (給排氣型) 機械給氣 自然排氣		將室內加壓、因此能防止鄰接的其他空間的灰塵等流入。	- 排氣口的位置形狀能夠隨意設定。 - 可調整供氣的溫溼度、進行塵埃處理。 - 對供氣、排氣口的位置關係設計很重要。
第三種換氣 (給排氣型) 自然給氣 機械排氣		將室內局部進行排氣、使整體室內變成負壓、因此能夠防止空氣汙染擴大。	- 能針對局部的汙染發生源做局部的排除。 - 設定供氣口的方式、可以不產生氣流就進行換氣。

◆ 局部排氣氣罩

一般構造包括氣罩、吸氣導管、空氣清淨裝置、排氣機、排氣導管、排氣口等，藉由氣罩吸引汙染物並予以捕集（如圖四十二、圖四十三）。



圖四十二 局部排氣裝置概要



圖四十三 氣罩示意圖

局部排氣氣罩注意事項：

- 氣罩應設於每一發生源並接近發生源，如外裝型氣罩應接近發生源，必要時氣罩可加裝凸緣（儘可能使用包圍型氣罩）。
- 縮短導管長度、減少彎曲數目。
- 空氣清淨裝置（除塵裝置或廢棄處理裝置）應置於排氣機之前。但無爆炸之虞、不致腐蝕排氣機者除外。
- 排氣口應置於室外，且入氣口須遠離排氣口。
- 於適當位置設置清潔口與測定孔。
- 作業時間內有效運轉以降低作業環境中有害物之濃度至勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準以下。須具足夠氣罩之控制風速（ V_c ）及導管內（截面積平均風速）搬運速度。

◆ 實驗室通風櫥

依職業安全衛生管理辦法第 40 條，局部排氣裝置、空氣清淨裝置及吹吸型換氣裝置應每年依下列規定自動（定期）實施檢查至少一次，測試方法：Flow visualization test（可視化煙霧測試）或 Face velocity test（面速度測試）。重點檢查於開始使用、拆卸、修理、改裝時檢查，常見的化學通風櫥（如圖四十四）：

- 氣罩、導管及排氣機之磨損、腐蝕、凹凸及其他損害之狀況及程度。
- 導管或排氣機之塵埃聚積狀況。
- 排氣機之注油潤滑狀況。
- 導管接觸部分之狀況。

- 連接電動機與排氣機之皮帶之鬆弛狀況。
- 吸氣及排氣之能力。
- 於排放導管上之採樣設施是否牢固、鏽蝕、損壞、崩塌或其他妨礙作業安全事項。
- 其他保持性能之必要事項。



圖四十四 化學通風櫥

新購時注意事項：

- 一般以背靠背擺放兩台之通風櫥的方式排氣安全程度較兩面全開之機型為佳。
- 通風櫥應設置一緊急應變鈕，當藥品打翻或有大量揮發性物質產生時，1 秒內即時提高風機轉速，瞬間將污染源抽出。
- 通風櫥內不應設置插座，易產生火花造成爆炸。
- 通風櫥之玻璃應採用安全玻璃。
- 採購時之契約訂定應包含通風櫥測試（至少包含控制風速及煙霧測試）。

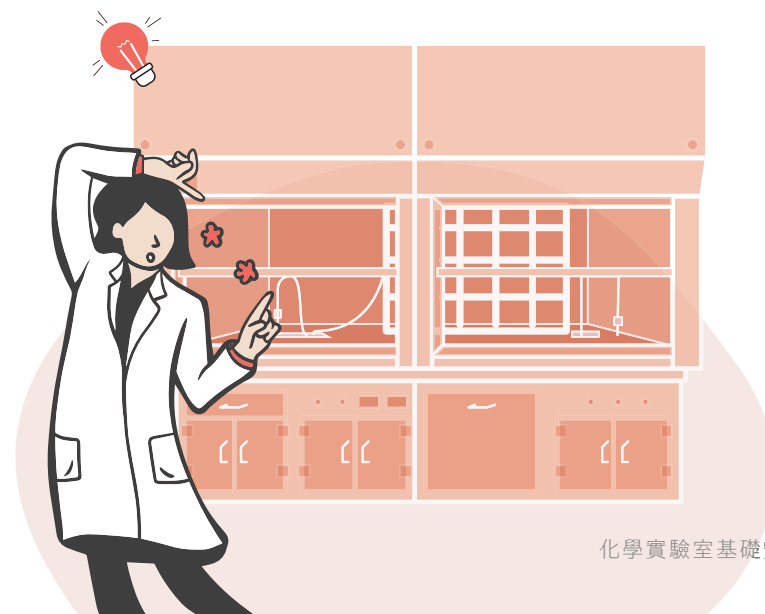
- 購買化學通風櫥時，應考慮實驗室整體換氣率（換氣次數至少 8 次（ACH））。
- 設置之位置應避開出入口及門窗。

使用時注意事項：

- 於通風櫥中存在揮發性之化學品，離開實驗室或未操作實驗時，應將風機電源打開，並將拉門拉到最低，維持待機狀態仍有最高風速，以保持櫥內之物品無法散逸至櫥外。
- 通風櫥內不使用延長線，以避免產生火花造成爆炸。
- 實驗室應依照各化學通風櫥之使用狀況，訂定標準操作流程，並張貼於櫥體上方。
- 櫥體上應以中英文標示風機及照明之開關。
- 於化學通風櫥操作實驗時，應儘量將拉門拉低，並緩慢移動。
- 存放廢液之臨時廢液桶，應加蓋並定期清除。
- 操作特定毒性化學品，應配戴具濾毒罐之防毒面具，並定期更換濾毒罐。
- 進入實驗室應依實驗需求配戴個人防護具（包含：安全眼鏡或面罩、實驗衣、手套、口罩等）。
- 單位之管理人員應建立後端風機資料，並定期（至少 1 年 1 次）進行自我檢查確認風機運轉正常，及管線無破損與連接無誤。

建置化學實驗室：

- 化學實驗室應設置至少一座具有通風功能之藥品櫃，以存放具揮發性之備用藥品。
- 廢液量較大之實驗室，因廢液儲存時揮發性之氣體持續產生，而一般大樓之空調設計皆未對外換氣，易造成室內空氣品質造成污染。建議應設置一具通風功能之儲存櫃。
- 使用揮發性化學品之儀器之上方應設置一局部排氣裝置（抽氣罩最有效之部分為罩子籠罩區，建議之控制風速為 0.8m/s 以上），以減少污染源之散逸。



硬體設備自主檢查規定

依教育部學校實驗室一般注意事項及安全指引之實驗室管理自動檢查表檢點表（職業安全衛生管理辦法第四章自動檢查，第 19、31、33、38、39、40、41、49、69、72 條），包含檢查項目及頻率。平時作好硬體設備檢查，並配合法規進行人員疏散演練，可降低災害發生的機率。

法規管理

職業安全衛生法（108.05.15）

1. 管理單位、管理人員

- (1) 第二類事業勞工人數在三百人以上者，應設直接隸屬雇主之一級管理單位。
- (2) 第二類事業之事業單位勞工人數在三百人以上者，所置管理人員應至少一人為專職。

2. 雇主應提供實驗室有符合規定之必要安全衛生設備

雇主應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。

- (1) 防止機械、設備或器具等引起之危害。
 - (2) 防止爆炸性或發火性等物質引起之危害。
 - (3) 防止電、熱或其他之能引起之危害。
 - (4) 防止有墜落、物體飛落或崩塌等之虞之作業場所引起之危害。
 - (5) 防止高壓氣體引起之危害。
 - (6) 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。
 - (7) 防止輻射、高溫、低溫、超音波、噪音、振動或異常氣壓等引起之危害。
 - (8) 防止監視儀表或精密作業等引起之危害。
 - (9) 防止廢氣、廢液或殘渣等廢棄物引起之危害。
 - (10) 防止水患或火災等引起之危害。
 - (11) 防止動物、植物或微生物等引起之危害。
 - (12) 防止通道、地板或階梯等引起之危害。
 - (13) 防止未採取充足通風、採光、照明、保溫或防濕等引起之危害。
3. 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。並依其健康危害、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。
 4. 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。
 5. 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。

6. 雇主於僱用勞工時，應施行體格檢查；對在職勞工應施行下列健康檢查。

- (1) 一般健康檢查。
- (2) 從事特別危害健康作業者之特殊健康檢查。
- (3) 經中央主管機關指定為特定對象及特定項目之健康檢查。

職業安全衛生管理辦法

修正日期：民國 111 年 01 月 05 日

1. 雇主應依其事業單位之規模、性質，訂定職業安全衛生管理計畫。
2. 應依事業單位之潛在風險，訂定緊急狀況預防、準備及應變之計畫，並定期實施演練。
3. 引進或修改製程、作業程序、材料及設備前，應評估其職業災害之風險，並採取適當之預防措施。前項變更，雇主應使勞工充分知悉並接受相關教育訓練。
4. 營繕工程之規劃、設計、施工及監造等交付承攬或委託者，其契約內容應有防止職業災害之具體規範，並列為履約要件。
5. 雇主對局部排氣裝置、空氣清淨裝置及吹吸型換氣裝置應每年依下列規定定期實施檢查一次。

職業安全衛生法施行細則（109.02.27）

1. 雇主在合理可行範圍明知或可得而知勞工所從事之工作，有致其生命、身體及健康受危害之虞，並可採取必要之預防設備或措施者。
2. 具有危害性之化學品，指下列之危險物或有害物：
 - (1) 危險物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有物理性危害者。
 - (2) 有害物：符合國家標準 CNS15030 分類，具有健康危害者。
3. 危害性化學品之清單，指記載化學品名稱、製造商或供應商基本資料、使用及貯存量等項目之清冊或表單。

職業安全衛生設施規則（109.03.02）

1. 雇主對於作業場所所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依規定辦理：
 - (1) 指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。
 - (2) 蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。
 - (3) 使用之電氣機械、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。
 - (4) 前項第三款所稱電氣機械、器具或設備，係指包括電動機、變壓器、連接裝置、開關、分電盤、配電盤等電流通過之機械、器具或設備及非屬配線或移動電線之其他類似設備。

執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、採購管理、承攬管理、變更管理與緊急應變措施等職業安全衛生事項為雇主之必要責任。

參考資料

- (1) 論各級學校適用「職業安全衛生法」，國立中正大學勞工關係學系，王安祥教授
- (2) 教育部，學校實驗室一般注意事項及安全指引，108 年 4 月
- (3) 勞動部職業安全衛生署，緊急應變措施技術指引，104 年 12 月 14 日
- (4) 實驗室常見的意外事故與安全衛生注意事項，中山醫學大學劉宏信教授
- (5) 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，「緊急洗眼及沖淋設備」高度，105 年 05 月 08 日
- (6) 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，緊急洗眼沖淋設備設置指引，92 年 6 月
- (7) 內政部，各類場所消防安全設備設置標準，107 年 10 月 17 日
- (8) 中央研究院環安衛通訊電子報，2011 年試刊第 1 期
- (9) 實驗室通風換氣及生物安全櫃，職業安全衛生系賴全裕教授
- (10) 一般場所空調 / 換氣工程規畫相關技術之研究，廖秋源
- (11) 實驗室安全管理實務，環境資源研究管理中心林高弘博士

附錄一：化學品管理之相關法規一覽表（第一章、第四章）

主管機關	法規名稱
勞動部	1. 職業安全衛生法
	2. 職業安全衛生法施行細則
	3. 職業安全衛生管理辦法
	4. 職業安全衛生設施規則
	5. 缺氧症預防規則
	6. 特定化學物質危害預防標準
	7. 有機溶劑中毒預防規則
	8. 粉塵危害預防標準
	9. 鉛中毒預防規則
	10. 四烷基鉛中毒預防規則
	11. 勞工作業環境監測實施辦法
	12. 勞工作業場所容許暴露標準
	13. 危害性化學品標示及通識規則
	14. 危害性化學品評估及分級管理辦法
	15. 管制性化學品之指定及運作許可管理辦法
	16. 優先管理化學品之指定及運作管理辦法
	17. 新化學物質登記管理辦法
	18. 高壓氣體勞工安全規則
	19. 妊娠與分娩後女性及未滿十八歲勞工禁止從事危險性或有害性工作認定標準
	20. 勞工健康保護規則
	21. 職業安全衛生教育訓練規則
環保署	1. 毒性化學物質管理法
	2. 毒性化學物質運作及釋放量紀錄管理辦法
	3. 新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法
	4. 第四類毒性化學物質核可管理辦法
	5. 毒性化學物質標示及安全資料表管理辦法

環保署	6. 學術機構運作毒性化學物質管理辦法
	7. 毒性化學物質許可登記核可管理辦法
	8. 毒性化學物質危害預防及應變計畫作業辦法
	9. 毒性化學物質運送管理辦法
	10. 毒性化學物質專業技術管理人員設置及管理辦法
	11. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法
經濟部	12. 毒性化學物質事故調查處理報告作業準則
	先驅化學品工業原料之種類及申報檢查辦法
內政部	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
原委會	輻射安全訓練
	1. 游離輻射防護法或其施行細則
	2. 放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法
	3. 空浮放射性物質之呼吸防護技術規範



附錄二：常用化學廢固、液分類代碼（第四章第四節）

種類	廢棄物代碼	內容	廢棄物特性
含鹵素有機廢液	C-0149	溶劑含有脂肪族鹵素類化合物，如氯仿、氯化甲烷、二氯甲烷、四氯化碳、甲基碘等；或含芳香族鹵素類化合物，如氯苯、苯甲氯等。	易燃
不含鹵素有機廢液	C-0301	廢液閃火點小於 60℃ 及不含鹵素之混合廢液，如醚類、烷類、酮類、酯類、醇類、苯類、二甲苯、乙腈混合廢液、福馬林混合廢液。	易燃
汞及其化合物	C-0101	廢體溫計和廢血壓計	溶出毒性
含重金屬	C-0119	廢液含有任一類重金屬（如鐵、鈷、銅、錳、鎘、鉛、鎘、鎘、鉍、鈦、鎢、錫、鋁、鎂、鎳、鋅、銀等）。	溶出毒性
強鹼 (PH > 12.5)	C-0201	廢液含有強鹼（如氫氧化鈉）	腐蝕性
強酸 (PH < 2.0)	C-0202	廢液含有強酸（如硫酸）	腐蝕性
其他腐蝕性廢液	C-0299	如醋酸、氨水、冰醋酸、醋酸銀、醋酸鈾等。	腐蝕性
固體廢棄物於常溫常壓可因摩擦、吸水或自發性化學反應而起火燃燒引起危害者。	C-0302		易燃
其他易燃事業廢棄物	C-0399	無法分類之易燃性事業廢棄物混合物	易燃
1-4 類毒性化學物質廢棄物	B-0399	盛裝毒性化學物質之空瓶	毒性物質



1. 不可將藥品對眼睛
2. 拿藥品時應戴手套
3. 有傾倒的藥品應立即收拾乾淨
4. 頭髮要綁好，不可使頭髮飄散
5. 不可將藥品朝向面部
6. 加熱實驗，人不可以離開，避免發生危險
7. 不可貪圖方便一次拿過多藥品
8. 不可在實驗室飲食
9. 勿攀爬桌子

1. 做實驗要將頭髮紮好
2. 應配戴護目鏡等保護措施
3. 須穿實驗衣，並穿可將腳保護起來的長褲與鞋子

實驗室自身安全防護警示圖

化學實驗室基礎安全管理

出版機關：社團法人中國化學會

發行人：李芳全

撰稿人：

王文竹 江明錫 林弘萍 邱秀貞 邱靜雯 梁文傑 黃國棟 蔡蘊明 劉載春 繆慧娟

協助審閱人員：(按姓氏筆劃排列)

王文竹 甘魯生 江明錫 吳耀庭 李政憲 周德綱 易光輝 林弘萍 林柏亨 林嘉和
邱秀貞 邱靜雯 侯明宏 凌永健 高佳麟 張芳瑀 梁文傑 陳秀慧 陳香惠 陳榮傑
陳繼添 傅傳博 游進陽 黃立心 黃俊誠 黃國棟 黃敬德 黃瑞賢 楊定亞 趙奕姝
劉玉嬌 劉冠妙 劉載春 蔡蘊明 鄭政峯 賴政國 賴重光 龍鳳娣 繆慧娟 顏慶堂

發行單位：社團法人中國化學會

地址：11529 台北市南港區研究院路二段 128 號

化學所 A409

電話：(02)55728573~5

製作單位：化學安全小組

總編輯：化學與環境委員會

美術編輯：腦袋開花設計有限公司

出版年月：2023 年 1 月 版

刷次：初版第 1 刷



國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

化學實驗室基礎安全管理/王文竹, 江明錫, 林弘萍, 邱秀貞, 邱靜雯, 梁文傑, 黃國棟, 蔡蘊明, 劉載春, 繆慧娟撰稿. -- 初版. -- 臺北市：社團法人中國化學會, 2023. 01
面：公分
ISBN 978-957-97982-3-5(平裝)

1. CST: 化學實驗室 2. CST: 安全設備

347.01

112000326

免責聲明：歡迎使用本會製作之《實驗室化學安全指南》，本會已力求製作內容之準確性及完整性，但內容如有遺漏或錯誤，本會將不承擔任何賠償責任。指南內容更新時，不另行通知。對使用本指南內容而引致任何損害所造成的損失，包括但不限於利潤、商譽、使用、資料損失或其他無形損失，本會不承擔任何直接、間接、附帶、特別、衍生性或懲罰性賠償。