

國立臺灣師範大學

化學系

實驗室的的安全和健康教育

毛光興

一、前言

在台灣，中等學校內有上百萬學生接受各種科學教學的實驗，實驗室內稍有疏忽，學生遭受傷害的事故，並非不可能發生，正像本省南北高速公路衆多急馳的車輛發生車禍事故之必不可免，有相同的道理。甚至大學生、研究所研究人員亦不能不注意實驗室內安全和健康教育問題。大學研究人員、工廠從業人員，對於實驗室安全和危險物質有更多的關連，有意或無意的疏忽造成個人或公衆的損害，對於社會造成的傷害，應該受到法律的限制，進步的社會必定受到重視。實驗室內安全問題非常廣泛，有關健康的危險事故極多而且關係到非常專門的知識，甚為複雜，並非本文所能全部詳細介紹，為了討論的便利，以分段敘述筆者所強調重視者的舉例。

二、中等學校科學實驗室安全的問題

依據我國高初中科學教材內容之要旨，著重實驗，其用意是希望學生由實驗與觀念連繫在一起，這是教材的一項進步，在改進科學教育並使其符合時代任務—科學紮根。第一個問題便要檢討實驗室的問題，目前各中等學校都有實驗室供給學生實驗，問題是要如何符合安全的目的。老師使用普通教室講台講桌做示範實驗，這是極好的事但是極不安全，因為教室畢竟是一般情形授課地方，並沒有安全的設置，一班學生五十餘人在教室內擁擠不堪，如果老師或學生示範實驗稍具危險徵兆，秩序便無法維持，前排學生極易受害。現在學校設置實驗室首要的就是安全問題，實驗室應該有足夠的安全空間，我覺得值得大家討論，十餘年之前台灣省教育廳曾邀請幾位教授

以及好幾位國內有名的建築師共同討論過實驗室建築問題，包括高度、通風、實驗檯、每個學生安全面積。大家主張每個學生應該有三平方公尺以上的平面空間，比較安全，我個人是主張每個學生應該有四平方公尺以上的平面空間，因為如此，實驗危險事故可以減少，即使發生便不致於傷害相鄰之學生。擁擠狹小，通風不良，陽光直接照射，沒有防火各項設備，沒有充分自來水供應，皆是不安全的實驗室。尤其注意者，在實驗室舉行教學觀摩表演，一定要注意實驗室的安全，不能允許過多的參觀者，以免發生危險。

三、易燃的液態物質管理問題

可以概括來說，大多數的實驗室皆儲存有高度易燃的液態化學危險品，超過實驗時需要使用的量，過多儲存之溶劑都是危險的。例如乙醚，

含甲醇之酒精、甲醇、丙酮及乙酸乙酯等，因為這些化學品近便有很多可以利用的資料注意保存事項，儲存的容器、儲存的房間、儲放的地點位置，皆和安全有關。然而更重要的是一個人不可過分輕視這個問題，千萬不可用火靠近易燃溶劑容器瓶口，更不可企圖直接用蠟或火漆類固封瓶塞，這是極危險的事，我知道有的老師或學生發生過這種錯誤，造成很嚴重的傷害。很小的失火雖然是只有幾毫升的溶劑突然發火也不可等閒視之，因為這是很容易發生在實驗室的危險，較大的失火，幾十公升或幾百公升溶劑一下之突然燃燒在實驗室裏發生的機會很少，但是也要注意避免。

實驗室內有時會發生意外事故，國外曾經有過這樣的故事，一次普通的實驗室防火演習，為了讓參觀的人看到由真正的溶劑瓶怎樣發火，結果除了被二硫化碳強烈的火焰所震驚之外，而且亦被發出的強烈有刺激窒息呼吸之氣體所震嚇。如果能夠使一位有數年救火經驗的消防隊員受驚駭，有甚麼機會信服一般的科學家甚麼樣的危險纔是畢生的境遇呢？這個用二硫化碳燃燒的意外事故使處理化學品得到一種觀念，而且亦促使我們評估實驗室內像這樣的火災危險。失火是常有的危險，而且會引導釋放出有毒的煙霧氣體，不但能以造成死亡而且對於失火位置處企圖使火焰熄滅造成加倍更大的困難，因此我們對於溶劑要做最好的保存，務使與化學藥品分開放置，因為實驗室失火常常會促使釋放出有毒的蒸汽或氣體。

四、有危險的化學藥品

實驗室有危險的化學藥品實在很多，難以盡述，像普通的強酸強鹼之類，最普通的例如硫酸處理不當，便能夠造成傷害。例如水加入濃硫酸即能造成嚴重的爆炸傷害。不論中學生或大學生

都會有意無意造成實驗室的危險，例如固態的鈉金屬平常是保存在煤油中，當實驗時用來取出使用小刀切割，萬一有學生將未使用的鈉丟棄在水槽中，便會造成驚擾的爆炸聲。也有頑皮的學生另有目的，企圖窃取大塊的鈉，包藏不好，因而使身上的口袋或書包發生燃燒。實驗製取氫氣是最危險的事皆能小心應付，但是仍然不能担保安全無事。硫磺、黃磷、赤磷一類易燃物，更須妥加保管，實驗時更需嚴加管理，否則易燃和助燃之物混合或加研磨，立刻爆炸。雖然實驗室用量不多，亦足可造成生命的傷害。筆者看見粗心大意的學生，在做普通化學實驗時，取用危險藥品時由於疏忽可能造成的危險，即加指正或斥責，間或有學生不服氣，一定加以說明原委，例如過氧化鈉，取用後不加瓶塞，由於吸收空氣中的水分產生熱量和氫氣，熱量逐漸達到燃燒溫度，可能在二十分鐘內就會達到爆炸燃燒的程度。實驗室內有危險的藥品，都必須依照規定存放，本文無法一一加以說明。

五、化學試劑構成的問題

化學試劑構成不同的問題，不嚴格的祇是限於實驗室內。有些化學試劑存留於麵包和奶油中，人們每天都啃麵包吃奶油，這些是由於過於密切而造成的輕視，然而有些是產生危險作用的。有一個特別問題，那就是有些化合物在實驗室已經使用許多年，迄至目前，過去的五年到十年尚沒有完成評估其有毒的危險度（toxic hazards）。眼前很好的一個例子便是苯，化學實驗室使用已經一百五十年，然而最近已經察知科學工作者吸入其蒸汽能以在人體中促成血液病（blood disorders），能染患白血球過多（leukemia）。因此在ICT實驗的工作者應該嚴格限制吸收及浸浴在苯蒸汽中的最低量，並且嚴格限制不得超過threshold hold limit value（TLV）規定

(註一註二註三)。在他們的實驗室中凡是能用甲苯取代苯的實驗，均改用甲苯，因為它的毒性較低之故。

在實驗室中使用的另外一個化學試劑，也有相同的年代，那便是氯仿 (chloroform)，因為氯仿曾被使用做麻醉劑，在數年前已知道它能促使肝臟受到損壞，醫生早已不予使用，可是在實驗室它仍是很重要的試劑。在一九七六年以後發表的報告，由動物實驗證明它亦能致癌 (註四)，現在已被普遍接受，在確實的實驗條件下，氯仿在動物組織內會造成腫瘤。大家對於進行有研究的工作人員，因為使用選擇的分量及濃度，實驗人員必定浸浴於氯仿蒸汽中是否會使人體產生癌症感到懷疑，以新的資料證據去評估在實驗室中許多情況下氯仿濃度會致癌的確實測量是必要的。這個調查報告顯示在意料不到的情況下，所發生的立即作用，科學家用白鼠做實驗，用氯仿殺死白鼠，找出科學工作人員不可接受的濃度，並追尋滿足實驗工作的要求，找出對實驗工作人員安全代用品，這最後使它變成二氧化碳。

另外一個有毒的試劑 Hexamethylphosphoric amide (簡寫為 HMPA)，化學製造者用顯明的標籤指明“致癌嫌疑劑” (carcinogen suspect agent)，經過 Harry spencer 的研究纔知道，HMPA 列在實驗致癌高層聯合會的紀錄內，必須被視為對人具有嚴重中毒危險性，甚至於在實驗室使用的分量亦是有毒的。製造商美國杜邦公司，規定在使用場所的空氣中最大的安全濃度 10^{-10} 分之五，超過安全量即易使科學工作人員致癌。

六、有機實驗室發生的問題

我特別喜歡使用有機化學實驗室提出問題，提出一些特定的說明，甚麼是我希望證明的普遍發生的問題，我選擇有機化學實驗室問題並不因

為我相信比其他方面科學含有更多的危險，而是因為它代表我和我的同事在這方面的背景以及在這方面較為熟悉。

在化學實驗室，帶有危險性的化學藥品實在有很大的變化，有一些是具有敏感作用的毒性化學品，有些是對皮膚具有高度刺激性，或者是使皮膚染患過敏症，有一些化學品是致癌的，有些化學藥品能以發出可燃的蒸汽。廣泛而言，化學品可區分為兩類，一類是屬於研究的——例如合成新的化學物，在化學製藥工業中，總企望出現新的藥物，另外一類可以說合成新藥成分使用的起始化學藥品。

新的化學品為科學家所關注者，直到化學家證明已經能夠製造，沒有一個途徑，任何人都能夠試驗其毒性或是其他的危險性質。實驗室內部或外界有何種規律控制這種情況呢？答案是否定的。或者說相當重要，這種情況必須管制嗎？可是每一位從事研究的化學家都知道，花費數日、數星期，甚至於數月的辛苦勞力，僅有幾百毫克的產品，每一粒晶體都予收集及愛護如同獲得珍寶。

研究工作是要打破新的理論根據，並要走出吾人現有知識的範疇，那是罕有迫切跳入未知範圍之舉，大多數的研究是細心算計化學家所具危險部分或是科學家領導的研究計劃，雖然是很小的一步問題，如果是超出現有知識的範圍時，需要最好的保護。有經驗的科學家能保護他經驗不足的屬下研究人員及學生。換言之，有創造能力的科學家是劇中的英雄 (prima-dorcnas)。

七、非化學藥品的危險性

吾人似乎有種印象，祇有化學藥品對學生或研究人員構成危險性，然而那是瞭解情況不充分所以致之的。在生物實驗室方面眼睛所不能見的

(下接 41 頁)

$$3.3480000 \leq \frac{x}{y} \leq 3.4424658$$

$$\begin{aligned} \text{因 } ar_2 + br_1 &= (1.256)(0.005) \\ &\quad + (0.37)(0.0005) \\ &= 0.006465 \\ &= 0.01^- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{ar_2 + br_1}{b^2} &= \frac{0.006465}{(0.37)^2} \\ &= 0.04722425 \\ &= 0.05^- \end{aligned}$$

$$\frac{r_1}{a} = \frac{0.0005}{1.256} = 0.00398089$$

$$\frac{r_2}{b} = \frac{0.005}{0.37} = 0.01351351$$

$$\begin{aligned} \frac{r_1}{a} + \frac{r_2}{b} &= 0.00398089 + 0.01351351 \\ &= 0.013911603 \\ &= 0.01^+ \end{aligned}$$

因 1.256 與 0.37 所取用的測量單位以 0.01 較大，所以求積與商所用的測量單位也是用 0.01，因此

$$(1.256) \cdot (0.37) = 0.46472 = 0.46^+$$

$$\frac{1.256}{0.37} = 3.3945945 = 3.39^+$$

所以 xy 與 $\frac{x}{y}$ 可分別表為

$$xy = 0.4647225 \pm 0.006465 \quad (\text{約})$$

$$\frac{x}{y} = 3.3952329 \pm 0.04722425 \quad (\text{約})$$

故 1.256 與 0.37 的積為 0.46，它的最大可能誤差為 0.01，近似相對誤差為 0.01

又 1.256 與 0.37 的商為 3.39，它的最大可能誤差為 0.05，近似相對誤差為 0.01。

(上接 18 頁)

危險並不見得少，生物學實驗室研究方面由微生物傳播感染的危險可能性亦是事實。在我們的生活科學範圍內有許多 X 射線儀器做為各種醫療和研究。X 射線真正是很危險的，在生物學及生物化學方面許多實驗包括使用放射性同位素，這也是很危險的，最近使用電子顯微鏡的情形非常普遍，在某種操作情況下電子顯微鏡轉變成 X 射線發生器。

現在美國有危險性生物學委員會 (Biological Hazards Committee) 負責評估新的生物學研究計劃危險性，這個委員會的主席用訓練檢查，然而他的研究興趣是細菌學。

八、結論

實驗室的安全應該受到最大的注意而不流於形式，對於科學教育確實是很重要的一件事，因為許多有危險的實驗室工作是不為人注意或被輕視，有些是專門知識不為外人所能知其祕密，實驗室安全知識範圍確實很廣，如何去審查評估實驗室危險性，希望對於危險加以防止減至最低可能。最好各單位定時常檢查各項安全設施，或者設立實驗室安全評估組織，不論有無確實效果，最低限度他具有科學教育的意義和價值。

參考文獻

- 1 Truhaut. R & Murray, R., Nat. Arch. Occup. Environ. Health, 1978, 41, 65
- 2 Thorpe, J.J. Hydrocarbon Processing, 1978, 57, 172
- 3 Harry spencer, Chemistry and Industry, 1979, No.3
4. Carcinogenesis bioassay report, Bethesda, Ma: National Cancer Institute, 1976