

化學藥品之危險性 與實驗室廢物之處置

私立中國文化大學 黎世源

前 言

化學教學之目的為培養具有科學素養之公民，而化學教育需要化學實驗來驗證，但是實驗室中的化學藥品時時刻刻潛伏著危及生命與健康的危機，而且近年來工業界各種廢物大量增加，故對於具有危險性的化學物質或廢物之認識與處置，實有其必要，故本文針對此而提出。

依照國內目前的實驗室設計看來，化學家們的確只關心系統（system）中所發生的一切，系統以外之環境（surroundings），並非化學家們所考慮之範圍。是以，實驗室所產生之廢物廢氣，不管其毒性如何，總是由下水道、抽氣裝置、垃圾桶等先輸送出去再說，以遠離所謂的系統。反正，有清道夫、垃圾車以及環境工程系之畢業生來處理，而且大氣真大，不管是實驗室、大工廠、汽車、垃圾焚化場等產生多少廢氣，最後總是無影無踪。然而，不幸吾等並非在實驗室之系統之內，吾等是在實驗室之環境裏。實驗室、工廠、汽車……等，所產生之廢物廢氣全部拋棄在其環境—吾等生存之系統中，換言之，我們生活在自己製造的垃圾堆中。

一、化學藥品之危險性

首先，我們要認識實驗室可能接觸的許多危險化學物品，這些物質可依照其危險性之種類及程

度而區分為：易燃性、爆炸性、腐蝕性、有毒性、致癌性以及放射性等物質。從事於化學實驗者應了解這些危險性後，先作心理準備，持以正確的工作態度，謹慎操作並知事後之安全處理，使危險性降低至最低限度。

I. 易燃性物質：

對於固體化學物質而言，乃指與水接觸即發火，及在空氣中之燃點在 40°C 以下者。此類物質有：黃磷、鈉、鉀、鋰等非金属及金屬，首先得了解燃點（ignition point）之意義。燃點即不必給予火焰或電氣火花等火種，只要把物質在空氣中或氧氣中加熱，就可發火或爆炸之最低溫度，此與閃燃點（flash point）不同。黃磷之燃點約為 60°C ，但在濕空氣之中 30°C 即可發火，並放出五氧化二磷之白煙，若吸入，因刺激喉嚨引起激烈咳嗽，黃磷本身性毒，跑進口中非常危險，燃燒的黃磷濺到皮膚所引起之火傷，非常痛苦且不易治癒。其通常貯存於密封的水中，使用時在水中切成小塊夾出使用。紅磷雖然危險性不如黃磷，但燃燒時亦放出五氧化二磷之白煙，故實驗室通風設備要好，或以水吸收除掉。

鈉、鉀及鋰皆為鹼金屬，與水作用將發生氫氣，此時的反應熱會引起發火或爆炸，其反應的激烈順序為鉀>鈉>鋰。鉀特別危險、鹼金屬通

常貯存於石油之中，需要使用時才以夾子夾出來，用濾紙吸掉石油，以刀片切成適當大小再使用。使用金屬鈉時，常可看到表面披以一層氧化物，要把它削掉，這種切屑一定要放回原來貯藏瓶中，不能隨意亂丟，否則會引起發火之危險。用來乾燥乙醚後之鈉也不要亂丟，往往沒有考慮到其危險性，以水沖洗瓶子時，易生危險，即使很舊的鈉渣也不可大意，必須拿到室外以酒精溶解後才倒掉。發火性固體物質另外尚有金屬氫化物，有機金屬化合物以及金屬氮化物，使用時均需特別小心。

對於液體化學物質，凡是閃燃點（flash point）在 30°C 以下者均要特別的小心，閃燃點是指把火源靠近可燃性液體之液面時，在液面上產生足夠濃度之蒸汽，其可以瞬間引火的最低溫度。若把溫度再提高，把火源再接近些，在液面上可以引起繼續燃燒之最低溫度，則稱為燃燒點（Combustion point）。閃燃點愈低，其危險性當然愈高。最常見者有乙醚、甲醇、乙醇、丙酮、石油醚、汽油、己烷、苯、甲苯、乙酸乙酯等，此類液體之蒸汽比空氣重，會在實驗台上或地面上以及排水溝中漫延。也可以由風傳播到遠處，在想不到的地方燃燒起來。若溫度升高，蒸汽壓則增加，危險性也變大。

II. 爆炸性物質：

即指受到熱或衝擊時，引起化學變化而放出高熱同時亦放出多量之氣體，以致壓力急劇上升之物質。在固體中有苦味酸、硝酸銨、高氯酸銨、過氧化物、硝基纖維素等。使用此類物質時用量不要多。

可燃性物質之蒸汽如與空氣的混合物著火時也會引起爆炸，酒精在常溫，其蒸汽壓就達到爆炸界限，其它如乙醚、丙酮、二硫化碳在 10°C 以下其飽和蒸汽已成爆炸氣體。尤其是純粹氣體如氫氣，其與氧氣（空氣）之混合物於著火之瞬

間起激烈爆炸，氫之分子量小，在氣體中擴散性最大，而且爆炸界限範圍相當大（ $4.0 \sim 75\%$ ）也是構成容易爆炸之原因。故要注意，在氫氣發生裝置或氫鋼瓶旁邊不要有火源，氫氣發生裝置之容積不要大，約 100ml 以下較安全；氫氣導管間插入防爆管，防爆管是在口徑 18mm 長 5cm 之玻璃管內裝入玻璃棉即可。至於加熱時，會激起分解的氧化劑，如高錳酸鉀、重鉻酸鉀、過氧化鈉、氯酸鉀及硝酸鹽等，使用時亦需小心引起爆炸。

III. 腐蝕性物質：

觸及皮膚或衣物有腐蝕作用者，如強酸、強鹼即是。酚是一種酸，其在室溫時為無色結晶，欲從瓶中取出時，要利用水鍋加溫使之溶解後再倒出來，其結晶小片或熔融液體觸及皮膚時會引起火傷一般之症狀，濃的水溶液也是一樣，碰到皮膚馬上以水洗掉。硝酸銀為無色結晶，其濃溶液亦具有腐蝕作用。至於氫氟酸，其非但可溶解金屬，亦可溶解玻璃、水晶等，碰到皮膚會引起發炎，很難治癒，並且會有滲透到內部之麻煩，故使用時一定要帶上手套及面罩。

IV. 有毒性物質：

乃指進入體內有中毒危險之物質，其吸進時之容許濃度在 50ppm 以下，又經口致死量為 30mg 以下者，稱為有毒物質。若吸進之容許濃度在 $50\text{ppm} \sim 200\text{ppm}$ ，經口致死量在 $30\text{mg} \sim 300\text{mg}$ 者，稱為有害物質，對身體有害之物質其毒性有下列幾種：

- (1) 粘膜障礙性（傷害氣管肺泡等）；如：酸的霧（mist）
- (2) 化學窒息性；有芳香族硝基化合物（如硝基苯等）、胺類（如苯胺等）。
- (3) 麻醉性；幾乎所有有機溶劑都有這種作用。
- (4) 神經障礙性；如二硫化碳、鹵化烴、甲醇等。

- (5)肝、腎障礙性；如四氯化碳、四氯乙烷等。
- (6)血液障礙性；如苯等。
- (7)循環機能障礙性；如硝化甘醇、硝化甘油
- (8)其它如硬組織障礙性；肺障礙性、發癌性等。

最常見的毒性物質有氰化合物、砷化合物及汞化合物。氰化合物中當推氰化鉀及氰化鈉之毒性最劇烈。砷，不管是單體或是化合物均為有毒物質。汞化合物，有昇汞、硝酸汞等毒性亦相當劇烈，此外，重鉻酸鹽毒性亦強。很多重金屬鹽類毒性較弱，但也是有害物質。如硫酸銅、硝酸銅、醋酸鉛…等都是，使用過之後，一定莫忘洗手。至於氣體有毒物質有二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮等，其中以一氧化碳為甚。經實驗指出，動物長期曝露於含比較高量之一氧化碳空氣下時，則其動脈管壁有硬化之現象，而且心臟肌肉呈衰退現象。另外，氰化合物或金屬硫化物，雖然不引起爆炸，但和強酸作用，則發生氰化氫或硫化氫等有毒氣體，所以不要和酸一起倒入排水槽之內，要將藥品分類，分開放，也就是防止藥瓶打破時，形成危險混合物之可能。

V. 致癌性物質：

儘管導致癌症之因素很多甚至於有些癌症病例的原因至今仍未明瞭，然而，不可否認的，一個從事化學實驗或化學生產工作的人，其經常接觸到的有機藥品當中，好些被稱為「致癌物質 (carcinogens)」，它們引起癌症的危險性實在遠超乎我們所能想像的，根據一九七〇年，C.E. Searle博士之分類，重要的有機致癌物質有下列幾項：

(1)多環芳香碳氫化合物

它常存於氧化不完全之混合有機產物之中，如：煤煙、煤渣、空氣污染等，此外，香煙和少數生的食物中也含有此等有機化合物。例如：benzapyrene，其致癌性在一九三〇至一九三二

年即被確認。可自煤渣中提煉出來。實驗室裏，多用於生物化學、組織學的研究工作，以及有關癌症的動物實驗上。

(2)芳香胺類及其它相關之致癌物

其中包括許多結構簡單，而且用途廣泛的芳香胺類，是使人們得膀胱癌之因素。例如：1,2-naphthyl-amine，它是英國工業界為害最大之生癌胺類。4-aminobiphenyl 對美國工業界亦有同樣之威脅。至於，benzidine 在實驗室中普遍地用以分析水、牛奶、金屬和硫醯鹽之測定，以及血的檢驗。另外，與致癌芳香胺相關的硝基化合物，也會在活體中被還原成取代脛胺 (substituted hydroxyamine)，所以這些硝基化合物也可能是致癌物質。雖然，它不若致癌胺類那麼引人注目，但有不少 nitrobiphenyls 也被列入劇烈致癌物之中。

(3)偶氮染料 (azo dyes)

其往往導致肝癌。例如：4-dimethylamino azo benzene (DMAB)，在實驗室中，若使用微量之DMAB 或其它同料之染料 (例如用作指示劑)，似乎不足以造成像致癌芳香胺那麼危險之結果。不過，當DMAB 中有3—甲基 (3-methyl) 之取代時，其致癌性便大為增加。

(4)生物烷化劑 (biological alkylating agents)

某些有機化合物可將其烷基引入蛋白質與核酸之活性大的位置，這些有機物中許多確可有效地抑制瘤之生長，對癌症患者之臨床治療極有其價值。但是在癌症研究工作上，被認定為radiomimetic agents者，也經常表現致癌性。烷基取代劑並不屬於最強之致癌物質，然而，在實驗室以及工業上它們都被大量地使用，所以對其致癌性或直接威脅人體健康之毒性，也應多加以提防

(5)N-亞硝基化合物

此類致癌物質包括了大部分的亞硝酸胺 (

nitrosamine)，通式： $RN(NO)R'$ 和小部分毒性較大的亞硝醯胺 (nitrosamide)，通式： $RN(NO)COR'$ ，它們的劇烈致癌性乃是由於 R 與 R' 上的取代正一烷基、異丙基、2°-丁基、乙烯基或者環己基，然 3°-丁基則否。例如： N -nitroso-piperidine； N -methyl- N -nitroso urea；dimethylnitrosamine，這類致癌藥物驚人之處乃在於它們可自原來投藥之部位轉移至有機體內其他許多部位而產生毒瘤，例如：肝、腎、膀胱、子宮、食道、胃、鼻腔、腦以及周圍神經系統等。

(6) 黃麴毒素 (aflatoxins)

由黃麴菌製造出來的複雜內酯，可導致肝癌，為目前所知諸致癌物中最強的一種毒素。例如：黃麴毒素 B_1 (aflatoxin B_1)，是故，做此類毒素之操作及實驗後均需格外小心。

VI. 放射性物質

近年來在醫學及分析實驗室裏利用放射性物質如：鈾、鈾、鈾及其它人工放射性元素或有機標識化合物做研究的機會比較多，這些物質不但本身具有毒性，若長期受其放射線的照射也對身體有害，須在特殊設備之內操作，避免直接吸入體內或接觸到身體。在實驗中，一定要穿上實驗衣，不要忘記帶上射線計量器 (film badge)，身邊攜帶 Survey meter 以備偵查之用。並嚴禁在實驗室內吸煙、飲食、化粧以防止放射線物質進入體內。至於實驗，儘量在 Hood 或 glove box 裏操作，若體內恐怕有污染時，則做尿液等徹底檢查。

二、實驗室廢物之處置

由上可了解一般在化學實驗或工廠中可能遇到的一些危險藥品 (hazardous chemicals)，至於實驗後或生產後排出之廢物之處理，可行的方法有四種：

(一) 沖淡 (dilution)

以水沖淡直至允許含量範圍之內，再經水槽流入陰溝內，例如，根據一九七五年的統計，每年需要 28×10^6 升或每天 17,000 加侖的水來沖淡 CN^- 的量，才可達到棄置的標準。但是最好能以離子交換來加強此類之處理，則更佳。酸、鹼藥品將之沖淡到安全限度內或將之中和再棄於陰溝內，至於金屬鹽類棄之於湖沼，需充分地沖淡。沖淡，乃是最普遍採用之處理方式。

(二) 焚化 (incineration)

藉高熱氧化使廢物分解，產生氣體或少量之固體，氣體可由煙囪排出在大氣中稀釋，固體可加以掩埋或傾入海中。目前，除了一些醫學機構及煉油廠之外，大多數實驗室或工廠並沒有焚化之設備，雖然有許多物質需要高溫，以除去鹵化物、磷化物、硫化物。通常對於少量之廢物溶劑可以焚化，大量則最好能加以回收，並且能請專家來處理具有危險性，且易燃之廢物，例如：過氧化物 (peroxide)。若是有機廢物液體，如 phenols, amines 及生癌物質，一定要焚毀，但是具有爆炸性之物質要在其不會爆炸之狀況下使其焚毀。

(三) 掩埋 (landfill)

將物質送至工業廢物垃圾場掩埋，但須其可以被接受，並經許可。若埋於實驗室附近土中，將會污染附近之水源。許多固體、沈澱物皆適於掩埋，但須經當地環境部門承辦人安排處理之後才可掩埋。

(四) 化學處理 (chemical treatment)

此法包括氧化、沈澱、分離、離子交換及生物處理。通常實驗室廢物都是少量的，可用化學方法使之改變成無害的或使有害物沈澱中和、沖淡。金屬鹽類有毒之元素是 Cd, Hg, As, Sb 使之沈澱再送去回收。汞可能是實驗室中最危險之元素，最理想的方法是將其回收。在溶液中之汞鹽

類可以硫化物沈澱之或加以碳酸鈉與鋅屑來製成汞齊回收，這些化合物與蒸汽皆具有高度之毒性，然而這些手續乃是為了避免汞之外流。對於鹼金屬之處理，可溶於工業酒精，再以大量的水沖淡流入陰溝中。至於氰化物可用 alkaline iron (II) sulfate 或 sodium chlorate (I) 溶液毀之。一般實驗室中產生具有爆炸性的化合物是 2,4,6-trinitrophenol, chloric (VII) acid 和 chlorate (VII) ions, trinitrophenol，若保持潮濕，則無危險，可將其毀去；若是乾燥的，將具有高度爆炸性，一定要專家才可以處理，且要遠離。chloric (VII) acid 和

chlorate (VII) 可用 hydrogen sulfate (VI) 或 iron (II) sulfate 溶液來還原再沖淡流走，但這些物質均不能與任何有機物接觸，包括布料、木材都會引起危險！

結語

最後，希望能作妥善的計劃實驗和計劃生產，儘量少用和少產生有毒之物質，並儘快處理有毒之廢物，不要貯存太久。在化學實驗室中，一定要保持嚴格的衛生，確定裝備都經過殺菌消毒或廢物焚化；將特別危險之物質鎖起來；並且實驗室或工廠經常保持良好的通風設備及安全應變的措施，更要有廢物回收或處理措施。 □

誰能獲勝

本社

甲、乙兩人正玩着一個遊戲：桌上有 n 粒棋子，兩人輪流自其中取去一部分，但規定不能不拿，也不能拿超過 m 粒，取走最後一粒者獲勝。若由甲先拿，你知道誰會獲勝嗎？

乍看起來，這個問題好像是一種無法確定的問題；事實上，如果你懂得玩這項遊戲的策略，你永遠可以勝券在握。讓我們說明如下：

若 n 是 $m+1$ 的倍數，那麼，後拿的人永遠可以獲勝。

若 n 不是 $m+1$ 的倍數，那麼，先拿的人永遠可以獲勝。

上面這兩個結論是很容易證明的。

若 $n = k(m+1)$ ，設第一人第一次取走 r_1 粒，那麼，第二人第一次應取走 $m+1-r_1$

粒，由於 r_1 是不大於 m 的正整數， $m+1-r_1$ 也必是不大於 m 的正整數。設第一人第二次取走 r_2 粒，則第二人第二次應取走 $m+1-r_2$ 粒。如此類推，當第二人第 a 次取棋子時，都可使剩下來的棋子數目為 $(k-a)(m+1)$ 。因此，當第二人取過第 k 次之後，就沒有棋子剩下，即第二人獲勝。

若 $n = k(m+1) + r$ 而且 $0 < r \leq m$ 時，則第一人第一次應取走 r 粒棋子，於是，剩下來的棋子數目是 $m+1$ 的倍數，仿照前段的推論，只要在每次取走棋子後剩下的數目是 $m+1$ 的倍數，則此人必可獲勝。因此，若 n 不是 $m+1$ 的倍數，則先拿者永遠可以獲勝。 □