

化學實驗與健康保護

姜宏哲 譯

國立臺灣師範大學化學研究所

一、人體與有害化學物質的接觸

皮膚包圍着人的整體，形成人體與外界的境界面。含於空氣中之有害物質極易附着於皮膚，有時土壤中或水中的有害化學物質亦會和人的上下肢體接觸。又眼結膜如同皮膚，也易受影響。空氣中存有少量的甲醛或氨，就會對眼睛產生刺激。

呼吸器是人體與外界空氣的接觸處，與皮膚同樣具有重要性。肺表面積很大，每日出入呼吸器的空氣量約為10立方米，因此其極易受到存於空氣中之有害物質的蒸氣或微粒狀物質的侵蝕。消化器則為人體與含有有害物質的飲食物之接觸處。因污染的手指接觸到飲食物也會影響它。有時進入呼吸器的有害物如鉛化合物微粒，會被氣管運回咽喉頭再被吞入消化器內。

有些有害化學物質在皮膚、粘膜、呼吸器、消化器等接觸面就會引起強烈的

作用，有些在接觸面幾乎看不出有任何作用，而在被吸收後才會發生重大的作用。前者稱為局部刺激，後者稱為吸收障礙。

二、局部刺激

對呼吸器會產生局部刺激的有甲醛、氨、氧化劑（尤其是臭氧）、二氧化硫、二氧化氮、氯、硫化氫、丙烯、醛等。呼吸器係指自外鼻孔為入口直至肺泡的空氣之通路。吸入的空氣在肺泡進行氣體交換後，經同一通路的反方向從外鼻孔呼出。含有芳香或惡臭的氣體與微粒被吸入後，溶於鼻腔之粘膜，刺激嗅覺細胞，經嗅神經傳入大腦，引起吾人的嗅覺。當吸氣經過鼻腔時會增加溫度及濕度。吸氣中的較粗大的微粒可被鼻粘膜表面的鼻毛濾去。但有的會直接刺激鼻粘膜引起發炎或過敏。

後鼻口的先端是咽頭，與消化管有共通的空間，由其先端的喉頭進入氣管再成

為呼吸器專屬的通路。氣管分成左右支氣管，進入肺部的支氣管再分成小支氣管，最後達於肺泡。氣管與支氣管的內面有無數的纖毛，如海邊的波浪般能往回運動。通過鼻毛的微粒狀異物碰到纖毛被送回喉頭部的氣管入口，終於變成痰被吐出或被吞入消化管內。

肺泡只需要氧氣，若吸入他物，就容易引起吸收障礙。又溶解性較低的微粒進入肺泡時刺激該組織，有可能引起肺泡組織的纖維化。

當皮膚受到有害化學物質的刺激，往往引起接觸性皮膚炎，對感受性較高的人，就會發生過敏性皮膚炎、色素沈着或濕疹等疾病。

三、吸收障礙

在呼吸器不發生刺激作用而在肺泡面被體內吸收後，才發生有害作用的物質有一氧化碳、氫化氰、苯等。一氧化碳在血液中，與紅血球的血色素結合，阻礙體內氧氣的運輸工作。氫化氰則妨害細胞內的呼吸，對生命活動產生重大的影響。苯與體內的脂肪組織具有親和性，急性的中毒現象是對中樞神經系統產生麻醉作用。慢性的中毒現象是引起骨髓的造血機能障礙。

被吸收到各臟器的有害化學物質，在組織內受代謝作用而變化，一般稱為解毒。有些化學物質經代謝後反而增加其毒性

。如苯在體內代謝後變成酚，其毒性則較苯為強。農藥的拍拉息昂（parathion）會變成拍拉歐氣孫（paraoxson），降低膽素酯酵素。甲醇轉變成甲醛，以阻礙氧化酵素的合成，作用於視神經以至失明。以上均屬有害代謝。但如酚的開環轉變成2,4-己二烯羧酸等的代謝是無害的，就是解毒作用。

不僅是呼吸器，從消化器亦能吸收有害化學物質，小腸對有害物質的吸收率，隨物質的不同有很大的差異。例如對甲基汞是100%，鉛是約10%，鎘是約5%。

又有些有害化學物質是自皮膚吸入的。用白兔作動物實驗，將其腳部置於苯中，不久在其呼出之氣體中含有苯。苯易溶於脂肪，像這種化學物質就容易由皮膚進入體內。

吸收障礙與局部刺激一樣，亦有急性及慢性的二種作用。此外有些特殊的作用，如懷孕中母體的吸收障礙所引起的胎兒之畸形，引起遺傳因子的突變或癌症等。

四、有害氣體及蒸氣

從前是因木炭或煤的不完全燃燒，現在是因煤氣或液體煤氣的洩漏或不完全燃燒等，所產生的一氧化碳中毒，總是不能絕跡。近來汽車排氣中之一氧化碳，形成最嚴重的大氣污染，是眾所矚目的。

工業性中毒所見的急性一氧化碳中毒

之病狀，輕者發生頭痛、目眩、噁心等，重者發生意識障礙、昏睡狀態、呼吸不規則、脈搏增加、血壓及體溫下降、基礎代謝降低等。因血色素與一氧化碳結合所生的一氧化碳血色素使血液呈鮮紅色，所以皮膚變成粉紅色。急性中毒後，有時還會留下神經或精神的症狀，如發顫等後遺症。

長期間暴露於微量的一氧化碳中，會感覺手脚異常、健忘、缺乏耐力等。有的報告更指出會使心臟病患，尤其是冠動脈硬化症惡化，影響中樞神經系統機能，降低對持續性聲音的時間之鑑別能力。

燃燒煤或石油，其中的雜質如硫磺，氧化後產生二氧化硫或硫的氧化物(SO_x)。在產業現象發生的二氧化硫中毒之症狀是，在空氣中的濃度為約 0.5~10ppm 時，感覺到惡臭、刺激感或不快感，引起咳嗽。而在 20~100ppm 下，咳嗽轉劇、呼吸困難，能忍受的時間約為 30 分~1 小時左右。更增加到 400~500ppm 時，在短時間內就招致生命的危險。但在尚未感覺到刺激臭的低濃度中，若暴露時間過長，亦發生慢性中毒。其症狀是牙齒酸痛、胃腸障礙、慢性支氣管炎、慢性咽喉炎、慢性結膜炎等。

硫的氧化物使大氣污染，其在低濃度就會引起健康障礙。根據報告指出，二氧化硫的日平均值或月平均值在 0.08ppm 以上時，感受性較強的學童之肺機能降低，尤其 3 日內的平均值為 0.05ppm 以上時

，死亡人數有增加的傾向。

大氣中的氮與氧在高溫下結合生成氮的氧化物(NO_x)。在汽車引擎內，在高溫下氮與氧結合生成一氧化氮，排出後與氧化合變成二氧化氮，此氣本身的毒性相當強，又因光化學反應會生成氧化劑，是一嚴重問題。

若暴露於較高濃度的二氧化氮中，則眼、鼻、咽喉受強烈刺激，引發咳嗽、咽喉疼痛、頭痛、目眩、噁心等症狀。有時會在恢復後數小時再發病，進入呼吸困難，成肺水腫狀態以致死亡。

由光化學反應而會產生氧化劑的有大家所矚目的烴，烴包括汽車燃料的氯化物或其不完全燃燒物如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷、庚烷、辛烷、甲苯、二甲苯等。

氮的氧化物及烴受紫外線照射，起光化學反應，會產生臭氧或其他刺激性較強的物質，它們的作用是刺激眼結膜、流淚、咽喉疼痛、咳嗽等，有時還會呈現呼吸困難、手脚麻痺、痙攣等症狀。

黃綠色而具有刺激臭的氯，有殺菌作用，可作自來水的消毒劑，但吸入此氣時，上呼吸道，眼睛受刺激，咳嗽厲害，以至呼吸困難。慢性症狀則多為支氣管炎或鼻炎。

暴露於高濃度的氨氣中，眼、鼻、咽喉粘膜受刺激而咳嗽。對呼吸器則引起肺水腫而呼吸困難。有時還會引起眼角膜混

濁，白內障等的視力障礙。

因硫化氫所引起的急性中毒有眼、鼻、咽喉部的粘膜之刺激、結膜炎、眼瞼炎、呼吸道的發炎等病狀。在高濃度下可能會引起頭痛、目眩、步行困難、肺水腫的呼吸困難等情況。更嚴重者陷入意識不明、發生痙攣、呼吸麻痺、以至死亡。

皮膚接觸到甲醛水溶液，會起硬化而造成龜裂或潰瘍現象。其蒸氣刺激眼睛使之流淚，吸入時刺激上呼吸道粘膜引起咳嗽。重症者可能會失去意識，休克以至死亡。

有機溶劑具有高度的揮發性及對油脂、顏料或塗料的溶解性。很多有機溶劑極易發生急性或慢性的中毒。其共同的症狀是疲勞倦怠感、輕微的興奮感、頭痛、目眩、噁心、動悸、食慾不振等。因溶劑的種類不同，有使神經系統引起強烈作用的，有引起肝臟障礙的，有對造血臟器發生影響的等等。對神經系統產生作用的有二硫化碳引起的精神障礙，正己烷引起的多發性神經炎，甲醇引起的視神經炎。對肝臟產生障礙者有四氯化碳及三氯化乙烯是衆所皆知的。影響造血臟器的有芳香烴，尤其由苯所引起的再生不良性貧血與白血病最受注目。

五、微粒狀物質

微粒狀物質除粉塵外尚包括煙霧等。

這些物質對人體的作用，視其在呼吸器尤其是肺泡面是否能溶解而定。溶解性較高的微粒，其成分自肺泡上皮被吸入血液內，而分佈到全身的臟器。但溶解性較低或完全不溶解的微粒狀物質，亦有可能刺激肺組織，引起肺的纖維症。結果肺部的彈性降低、支氣管變窄、遮住或擴張，以至呼吸作用發生困難。

由粉塵引起的過敏症，如花粉或家中灰塵所引起的過敏症，大都是氣喘病。

使大氣污染的浮游微粒狀物質，自古就有煤塵，是由燃燒煤所產生的。燃煤的時代雖然已過去，然而現今大氣污染問題更加嚴重，其中尚含有金屬化合物。

六、金屬化合物

人體中含有微量的金屬元素，如鐵、鋅等，在生理上擔任重要的任務，又如鉛、鎘則為因環境的污染而進入體內的。

但鐵分攝取過多也會中毒，至於人體所吸收的鐵量有過剩的、適量的、尚不足三範圍的階段。

鉛在人體內會阻礙色素部分及胞體紫質的生合成，以引起鉛中毒，主要症狀是貧血。此外尚有食慾不振、便秘、腹痛等消化器障礙或伸筋麻痺等症狀。

屬於有機的金屬化合物如四烷鉛在身體的作用，主要是引起中樞神經系統的障礙，即頭痛、噁心、目眩、神經過敏、倦

怠感等，重者呼吸困難，全身痙攣以至死亡。

由無機的汞化合物引起的中毒有疲勞感、記憶力減退、頭痛、口內炎、瀉肚、精神不安以及輕微的手抖等症狀，更有的影響腎臟、排出蛋白尿。而有機汞化合物所引起的中毒，大多數為中樞神經系統的障礙。如由甲基汞引起的視野狹窄的障礙、重聽、共同運動障礙等。

因鎘所生的急性中毒有胸疼、呼吸困難、支氣管炎、肺炎等，慢性中毒則有肺氣腫、腎障礙、蛋白尿等特殊的症狀。

吸入超量的鋅之煙塵時，會引起所謂金屬熱（鋅熱）的主要症狀，如發抖、發燒、噁心、頭痛等。

皮膚接觸到砷的化合物時，會發生皮膚炎或潰瘍。全身中毒時引起胃腸炎、腎炎、肝炎等，慢性中毒則發生腹痛、食慾不振等。

皮膚接觸到鉻酸或鉻酸鹽時亦會發生皮膚炎，尤其吸入三氧化鉻，會生肺癌是眾所矚目的。

七、有機磷與有機氯

殺蟲劑或農藥大多使用有機磷與有機氯化合物。如有機磷化合物的 parathion（農藥）具有劇毒，又有機氯化合物如 DDT、BHC 等不僅有毒性，且其毒性還能在土壤或動植物體內殘留蓄積。另用途

極廣的絕緣物質 PCB 亦是，該注意的有機氯化合物。這些都是安定性頗高的有機化合物，能長期間的殘留於環境中而不失其毒性。若進入人體中亦長期間的蓄積而顯出其毒性。

有機磷化合物的作用是使身體內的膽素酯酵素不活化，引起筋的不規則伸縮。parathion 中毒是其氧化物的 paraoxson 會降低人體內的膽素酯酵素之活性值。結果神經興奮的傳達物質—乙酰基膽素—蓄積於神經受容器周圍，對神經產生過剩的刺激。其症狀有呼吸困難、痙攣、長眠、目眩、噁心、嘔吐等，有時還會昏睡以至死亡。

至於有機氯化合物的中毒作用，有些部分現在仍尚未完全了解，但可確信對中樞神經系統是有影響的。

八、保護健康

以上已敘述有害化學物質的生理作用及其對人體的健康之影響。我們應該探討一些良好的防災對策。

第一、事先應詳細檢討，由於現在所要作的化學實驗，我們將會暴露於那些化學物質中，並且這些化學物質是否會變成氣體或微粒狀物質飛散於空氣中，以致被人體吸入，或變成液狀接觸到皮膚等問題。在化學實驗所使用的試藥有很多是其本身就是有害物質。直接使用於化學反應以

外的物質，如一些溶劑或由唧筒取出的氣體狀態之試藥，或在化學反應過程中，尤其經加熱所生的新物質之有無毒性，均需加以檢討。又對其他意外事故或爆炸而產生的大量污染的問題，亦需考慮。

第二、由以上的檢討結果，認為可能有機會暴露於有害物質時，則考慮如何改良實驗方法來避免它。如使用通風箱，注意實驗操作者的位置與姿勢等。有的實驗可以使用遠隔操作。

第三、考慮使用保護用具。凡是作化學實驗的人，很多都是穿白外衣，但有必要時應帶手套、口罩及其他保護用具。至於手套有各種厚薄不同者，要隨需要適當的選用。口罩亦有適合於粉塵或有害氣體之別，並隨有害氣體之種類細心分別選用最理想的。

第四、對實驗室整體的構造，尤其是通風裝置需特別加以檢討。作化學實驗時，對局部的排氣也很重要。同時要留心整間實驗室的換氣狀況。

第五、測定環境周圍的有害化學物質之存量，尤其是在空氣中的濃度。環境測定的器具及操作法有簡單至複雜的，種類頗多。雖然有些化學物質不適用簡單的測定器具，但很多場合下，可採用矽膠加反應藥的細玻璃管檢定法。

第六、時常觀察健康狀態。確定會暴露於有害化學物質時，雖然它不是災害性的暴露，但也要注意有無損害到身體。有

時只作了一次的實驗，因吸入某些有機溶劑，就會產生手脚無力，疲勞的感覺。若是要在某期間持續的做化學實驗時，就需注意觀察實驗者的精力、臉色、體重是否減輕等現象，以推斷有無異常狀況的發生。

第七、作定期的健康檢查，由暴露在有害物質中所引起的各種作用為考慮的因素，而作「特殊健康診斷」。

參考資料

小泉明，化學教育 27, 163 (1979)。