



刑案現場之 粉塵危害與防護

陳冠廷/基隆市警察局鑑識課巡官

粉塵乃為物質極微小之粉末或塵粒，其直徑常以奈米(nm)或微米(μm)計，具體危害以粉塵爆炸為最大。粉塵爆炸事故現場可立見人員傷亡及財產損失之狀況，係屬十分嚴重的危害，麵粉工廠或化工廠、煤礦工地、煙火爆竹工廠等，均曾發過粉塵爆炸事故。而粉塵危害，諸如泥土粉塵或化學粉塵飄浮於空中，造成空氣品質不良及空氣汙染，影響人民健康，若吸入過多毒性化學粉塵可能致命。是故安全衛生管理人員對粉塵之管理不僅需預防粉塵爆炸，更應將所有粉塵危害納入管理範疇。刑事鑑識人員在勘察刑案現場或進行證物鑑定時，亦有可能暴露在大量粉塵中，其所造成的危害不可忽視。本文即針對粉塵對人體呼吸系統所造成之危害做初步探討。

粉塵之 健康危害

(一) 氣懸微粒之產生機制

微粒的來源種類眾多，包含自然現象、日常活動與工業生產活動等。自然現象如火山爆發、花粉等，日常活動如抽煙、打噴嚏、掃地所生之灰塵等，工業生產活動包含金屬鑄造、研磨、燃燒等皆是粉塵產生之來源。就工業生產活動而言，國內之鑄造業、水泥業、石材採礦、陶瓷磚窯業與石化加工業等為粉塵危害問題較嚴重之行業，在其相關產品製造過程中所產生之金屬氣懸微粒、大量結晶型游離二氧化矽粉塵均可能對人體健康造成影響。

(二) 氣懸微粒對人體健康之影響

呼吸系統為一連續通道，主要可分為上呼吸道與下呼吸道。上呼吸道包含鼻、鼻咽、鼻竇、咽和喉，主要功能有引導空氣至下呼吸道，保護下呼吸道免受外來異物入侵，以及將所吸入之空氣經過溫暖化、過濾及濕潤等。下呼吸道包含氣管、支氣管、細支氣管與肺泡，主要功能為引導空氣通過呼吸道內支氣管至肺泡，以行氣體交換作用。

懸浮微粒是造成人體呼吸系統健康危害的主要污染物之一，而人體對沉積於呼吸道內之粉塵也有相關清除機制。當粉塵沉積於鼻腔後方時，由於鼻腔內部表面覆有黏膜，黏膜上方之纖毛可前後擺動，當微粒沉積於黏膜層後部時，可藉由纖毛拍打而往喉部活動，並經由吞嚥動作進入腸道而隨糞便排出。而沉積於黏膜層前部之微粒，則被纖毛拍打至未覆蓋黏膜層處，隨後藉噴嚏等動作排出體外。當粉塵沉積於支氣管及肺泡時，則由分佈於支氣管週遭之淋巴結或巨噬細胞清除，並運送至腸胃道排出，但此清除機制相當緩慢。

呼吸道內之粉塵沉積於體內無法立即清

除時，則可能造成呼吸系統疾病。其危害程度常取決於三個要素：

1、粉塵的粒徑

不同粒徑之粉塵，依可到達人體呼吸道的部位可分為吸入性粉塵、胸腔性粉塵與呼吸性粉塵三類，所謂「吸入性粉塵」乃指能被人體口鼻所吸入之粉塵，而被人體鼻腔或口腔吸入後能到達氣管與支氣管區域之粉塵稱為「胸腔性粉塵」，而能穿過鼻腔、氣管與支氣管區域到達肺泡氣體交換區之粉塵稱為「呼吸性粉塵」。

2、粉塵的濃度

當工作場所中微粒的濃度越高，作業勞工可能暴露的劑量也越高，所產生的危害也較大。

3、粉塵的構造和化學組成

微粒之形狀可初步分為圓球型、不規則型及纖維狀等三種類型，由於纖維狀之微粒沉積於人體呼吸道清除較不易，所以停留於呼吸道時間越久，所造成的危害也較大。此外，若微粒由危害較大之物質所組成，其對人體所造成的影響也較大。

(三) 塵肺症

由粉塵所引起之症狀除了沉積於鼻腔區而對鼻腔造成刺激產生過敏與不舒服之感覺外，呼吸性粉塵可造成嚴重的「塵肺症」。矽肺症即是一種塵肺症，罹患者最初的症狀為肺部因纖維化而感到呼吸困難，且易併發結核病，最後導致死亡。長期受粉塵暴露的礦工業、鑄造業、石棉瓦業、水泥製造業、車輛摩擦材料(煞車來令、離合器墊片)、紡織業等製造業勞工，乃屬塵肺症或肺癌等呼吸道疾病的高危險群，不同行業別所誘發之職業病與其致病因子簡述如表一所示。

表一 各行業易發之職業病與其致病因子簡表

作業形態	職業病	致病因子
礦工、營造、噴砂、研磨、材料製造	塵肺症(矽肺症、石棉症等)	無機粉塵
紡織、農、林	棉屑沉著症、呼吸短促、胸悶	有機粉塵 (棉、麻、穀類)
電鍍、合金、製革、顏料	發炎、過敏、癌症、鼻中膈穿孔	鉻酸鹽
顏料、除草劑、金屬加工	支氣管炎、肺炎、癌症	砷
鎳加工、石化、電鍍	癌症	鎳
鉛管、焊接、金屬加工	運動機能失調、貧血、不孕	鉛
醫療保健、農、林、漁、牧、紡織	過敏、傳染病、呼吸道疾病	生物病原體

《資料來源：作業場所懸浮微粒的危害與控制》

刑事鑑識人員 所面臨之粉塵危害

刑事鑑識人員長期間暴露在暗藏危機的工作環境中，在防護設備不足之情形下，容易於採證過程中吸入大量重金屬粉塵、化學氣體等危害物質，因而在無形中將影響鑑識人員的身體健康。在此針對刑案現場勘察人員及實驗室鑑識人員所面臨之粉塵危害，作概括性之探討：

(一) 現場勘察人員

1、勘察刑案現場採證時產生之粉塵危害：

刑案現場勘察人員於採證時，常利用指紋粉末法（圖一及圖二）、氰丙烯酸酯法（三秒膠煙燻法）、碘燻法、物理顯現法等技術來顯現潛伏性指紋。以指紋粉末法為例，常見的碳粉、鋁粉、磁粉等指紋粉末顆粒均可能在採證過程中飄浮逸散於空氣中，因而若鑑識人員未穿戴口罩，在採證完畢後以濕紙巾擦拭鼻孔處，均可輕易發現黑色碳粉、銀



圖三 刑案現場勘察人員應穿戴適當之防護設備

白色鋁粉等微細顆粒附著，足見採證人員若未能作適當的防護，在通風設備不完善之空間中進行採證，許多粉末顆粒即可能會隨著呼吸系統而進入體內，進而沾染於呼吸道、氣管內壁及肺部中，日後勢必將造成身體之危害。因此，刑案現場勘察人員應穿戴適當之防護設備，如圖三所示。



圖一 顯現潛伏指紋用之粉末及毛刷



圖二 粉末法顯現之指紋

2、地下製毒工廠勘察採證時產生之粉塵危害：

國內常見之毒品製造工廠，可約略分為：(1)合成型，如以紅磷法將麻黃素製造成甲基安非他命；(2)製錠型，如一粒眠製錠工廠；(3)萃取型，如自感冒藥錠萃取麻黃素；(4)種植型，如大麻製造工廠等類型。而犯罪嫌疑人及製毒者為了規避司法人員查緝，常將相關化學藥劑、原料、器具等物品擺置於住宅區、倉庫等室內空間以利於製造毒品，如圖四及圖五所示。該等處所畢竟非等同於實驗室，因而通風及相關防護設備都明顯不足，空氣中勢必瀰漫著原料、化學試劑、成品、半成品等混雜微細粒子及毒性氣體。

一旦經司法人員破獲，若現場勘察人員未先以氣體檢測器監測現場是否充斥高濃度之毒性氣體物質，而貿然進入該侷限空間進行勘察採證，將可能在短時間內造成勘察人員產生暈眩、呼吸困難等危害；此外，於採證過程中若未能穿戴適當的防護衣物、手套、口罩，一旦皮膚不小心接觸不明之化學物質，將可能造成永久性的傷害；而由於相關證物之採證並非短時間內可完成，因此身處於該等侷限空間中，許多毒性物質可能隨著人體呼吸而進入體內，均可能在體內沉積而危害身體健康。



圖四 地下製毒工廠藏身住宅，布滿各種化學藥品和溶劑。



圖五 無防護設備之地下製毒工廠存放化學藥品和溶劑。

3、地下兵工廠勘察採證時產生之粉塵危害：

地下兵工廠之環境如同於地下製毒工廠，通風設備及相關防護設備均顯不足。而地下兵工廠中，於改造槍械、子彈之過程常會利用車床等機具磨製金屬，其所產生之金屬微粒將會充斥空氣中；此外，火藥之引用亦容易於裝填子彈時逸散於空氣。鑑識人員在勘察採證時，一旦該等微粒物質隨著呼吸系統進入體內，將不易隨著身體代謝而排出體外，反而會沉積於體內組織臟器，並造成永久性之身體危害。

4、火災現場勘察採證時產生之粉塵危害：

火災現場雖然火勢已由消防隊員撲滅，但空氣中仍將瀰漫著許多灰燼、未燃燒完全的粉塵顆粒、有毒物質等。在現場勘察人員進入現場搜尋跡證、找尋起火點的過程中，上述物質往往會隨著人體走動，以及相關物品的搜尋、翻動而重新逸散於空氣中，倘若相關人等未能穿戴合適的口罩，有毒的粉塵顆粒將會隨著呼吸系統而進入體內，造成體內之危害。圖六及圖七為火災現場之例



圖六 火災現場空氣中可能瀰漫有毒物質



圖七 火災現場之灰燼可形成懸浮粉塵

5、死亡案件勘察採證時產生之粉塵危害：

死亡案件的室內現場，有時死者在遭人發現之際已死亡多時，因屋內環境久未打掃，往往會沉積大量的灰塵，或因燒炭自殺案件，屋內空氣中勢必混雜碳灰等細微粉塵，如圖八。此外，屍體體表細胞於分解時所產生之毒性物質，以及死後隨之吸引而來之昆蟲及蠅類世代交替殘留之屍體、甲殼等，均可能隨著現場勘察人員的走動而使得上述細微顆粒重新逸散飄浮於空氣中。因而若鑑識人員未能穿戴口罩即在現場中進行勘察採證，許多粉塵顆粒將易隨著人體呼吸而進入體內造成危害。

屍體相驗解剖時，鑑識人員往往於指紋捺印、照相紀錄時會與屍體作近距離的接觸。而法醫解剖在進行顱骨切割時往往會逸散許多細微的頭骨顆粒於解剖室中，如圖九所示。倘若解剖室未能保持良好的通風，鑑識人員亦未做好完善的防護準備，均可能使許多有害的微細顆粒隨著人體呼吸而進入體內，勢必將造成慢性體內危害。



圖八 燒炭自殺之屋內空氣可能瀰漫碳灰等細微粉塵



圖九 法醫解剖進行顱骨切割時可逸散細微頭骨顆粒於室內空氣中

(二) 刑事實驗室人員

1、槍彈鑑識實驗室時產生之粉塵危害：

內政部警政署刑事警察局鑑識科物理組針對各單位所查獲之槍枝及子彈是否具殺傷力之檢測，即以「試射」為鑑驗項目之一。而在試射過程中所造成之有機及無機射擊殘跡(Gunshot residues,GSR)將充斥於試射實驗室，倘若鑑識人員未能穿戴良好之口罩，GSR與其他金屬粉塵就容易隨著人體呼吸而進入體內，而造成人體危害。

2、生物化學鑑識時產生之粉塵危害：

刑事警察局法醫室及鑑識科化學組、各縣市警察局刑事鑑識中心之DNA實驗室進行生化實驗鑑驗完證物後，往往會殘留有機溶劑，甚至於在實驗過程中因化學反應會釋出之有毒粉塵、酸液及粒狀物等危害物質，一旦該等廢棄物未能妥善保存及回收，且實驗室本身未能保持良好通風以及良好的防護措施，而使實驗室人員將之吸入口鼻中，勢必將造成相關人員身體之危害。



圖十 各種不同設計之呼吸防護具

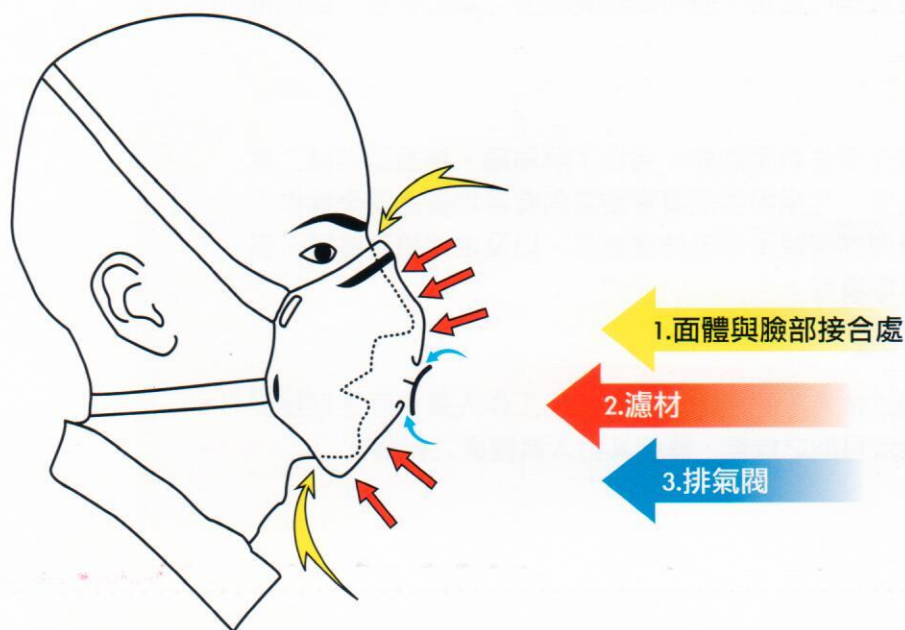
粉塵之防護

(一)個人防護

對於相關粉塵的防護，最直接的方式即是從事鑑識工作時穿戴口罩。拋棄式口罩是目前醫護人員最常用來防止由呼吸感染之病原的工具，而在鑑識工作實務上，亦會參考其使用之功效而選用適合的口罩種類，成為各單位定期購置的耗材之一。

而呼吸防護具所能夠提供之保護程度取決於防護具本身濾材之效率以及防護具面體與使用者臉部接觸之密合情形，效率差以及密合度不佳之口罩均無法提供有效的防護。圖十為各種不同設計之呼吸防護具。

圖十一顯示，除了口罩本身的設計可過濾部分粉塵外，個人的臉型搭配上不同形狀的口罩，與佩戴方式、習慣及各廠牌口罩接觸臉部之造型、及材質對密合度，粉塵能否順利過濾均有相當程度的影響。因此強烈建議，盡量挑選符合個人臉型之口罩，並於每次使用前，確實進行「密合度檢點」。根據文獻實驗結果也發現，知名廠牌並不能保證有較高的通過率，因此「密合度測試的執行」是拋棄式防塵口罩使用者能夠獲得有效防護的保障。



圖十一 與配戴者臉部之密合度是挑選呼吸防護具之重點

此外，簡易型（拋棄式）口罩用完即丟之原則需嚴格遵守。淨氣式呼吸防護口罩於使用後則應注意定期保持清潔，且於未使用時應將之置於密閉袋內以防污染，否則除了落塵堆積外，相關濾材亦可能會降低其過濾效果。

(二) 行政管理

1、定期環境監測

勞委會勞工安全衛生研究所目前已開發引進一套微粒肺部沈積模式，可根據作業場所懸浮微粒特性與受暴露者的呼吸狀況推估粉塵在呼吸系統口鼻部、上呼吸道與肺部各區域的沈積量，藉此方式，定期評估相關工作環境，如刑事實驗室之室內監測，將可提供實驗室人員的參考，進而得以改善相關作業環境。

2、教育訓練

相關人員需接受安全衛生教育訓練，包含了解粉塵、結晶型游離二氧化矽可能產生之健康危害；定期提供刑事實驗室內有毒物質之安全操作、標示及儲存之資訊；教導如何使用呼吸防護器具、以及定期檢查維護、保養與清潔呼吸防護器具等項目。

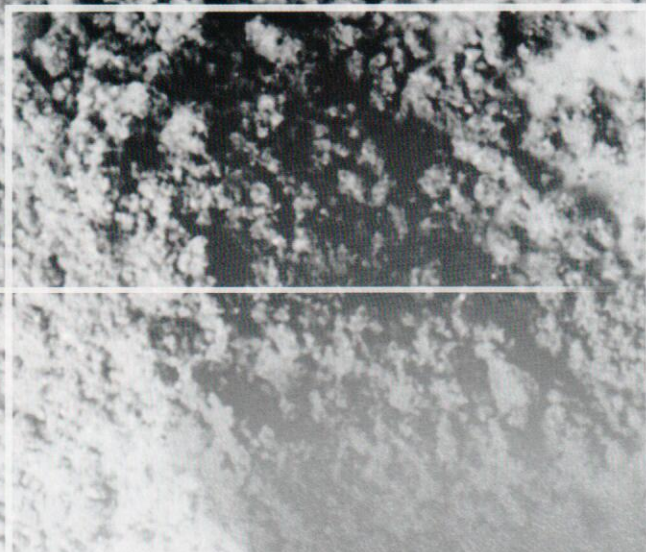
3、人員定期健康檢查

所有易因工作環境之故產生粉塵危害之行業，工作人員均應定期接受健康檢查，以便早期發現可能之危害，降低其對人員健康之影響。

結論

近年來隨著資訊的發達以及國人教育知識水準的提高，慢慢地已能體會到職業安全的重要性。身為刑事鑑識人員，所接觸的環境除了實驗室，更常因案件種類的不同而需接觸各種形形色色的刑案現場，因此，在認知不同的工作環境可能產生之粉塵危害後，必需立刻進行個人防護，配戴密合度佳之口罩，以避免人體吸入過多之粉塵，如此才能提高工作效能，並得以延長職業生涯。

而在面臨對身體有立即危害之毒性粉塵環境時，更應適時穿著防護衣物，如此一來，除可避免有毒化學物質直接接觸人體皮膚，毒性粉塵亦將隨防護衣之卸裝與丟棄而不會經由人體帶回辦公室造成二次危害；身處實驗室內處理檢體時，通風櫥或生物安全櫃的使用更可避免有毒粉塵及危害氣體飄散至辦公室內，進而降低實驗室的災害發生。諸多防護措施均係為保護自己與同事免於毒性化學物質以及粉塵所造成之傷害，吾人不可不慎。FACT



參考文獻

- [1] 蔡俊偉、郭蓬生，談刑事實驗室安全衛生管理，刑事科學第66期，民國98年3月。
- [2] 潘惟潮，粉塵、粉塵危害與粉塵爆炸之安全衛生管理，工業安全衛生月刊，(241)民國98年7月。
- [3] 湯大同、吳鴻鈞、歐新榮，生物危害場所之防護具探討，勞工安全衛生簡訊，(61)民國92年10月。
- [4] 李昌鈺、提姆西·龐巴、瑪琳琳·米勒，李俊億譯，犯罪現場-李昌鈺刑事鑑定指導手冊，城邦文事業股份有限公司，2003年。
- [5] 林洛秀、陳秋蓉、林宜長，陶瓷工人塵肺症個案調查及預防對策，中華職業醫學雜誌，11(1)：33-38，2004年。
- [6] 張家豪、楊淑晶、黃盛修、陳春萬，醫護人員佩帶拋棄式口罩之密合狀況調查，勞工安全衛生研究季刊，14(2)：133-139，民國95年6月。
- [7] 粉塵危害預防標準，民國92年12月31日行政院勞工委員會安三字第0920073288號令修正發布。
- [8] 刑事鑑識規範，民國95年9月29日內政部警政署警署刑鑑字第0950005178號函。