

第八章 生物性危害及控制對策

8.1 案例探討

8.1.1 農業人員的真菌感染

一、實例介紹

洋蔥作業人員眼睛感染是國內發生的案例。民國八十六年三月至五月陸續有五名屏東地區洋蔥採收工人因眼睛角膜潰瘍而住院，經檢驗在個案的眼睛內發現真菌是眼睛角膜潰瘍的病原菌，透過田野訪查的方式，在恆春半島進行個案搜尋，結果如表 8-1 所示，共發現十八名洋蔥作業人員在採收或運送洋蔥過程中眼睛遭異物侵入並發生眼疾，其中十一名失明，四名角膜移植。單是屏東車城鄉即有十名洋蔥採收作業人員與一名洋蔥運輸司機在處理洋蔥時眼睛感染。洋蔥作業人員聚集性的眼睛感染現象顯示著與其職業之可能相關性。洋蔥採收作業如圖 8-1。

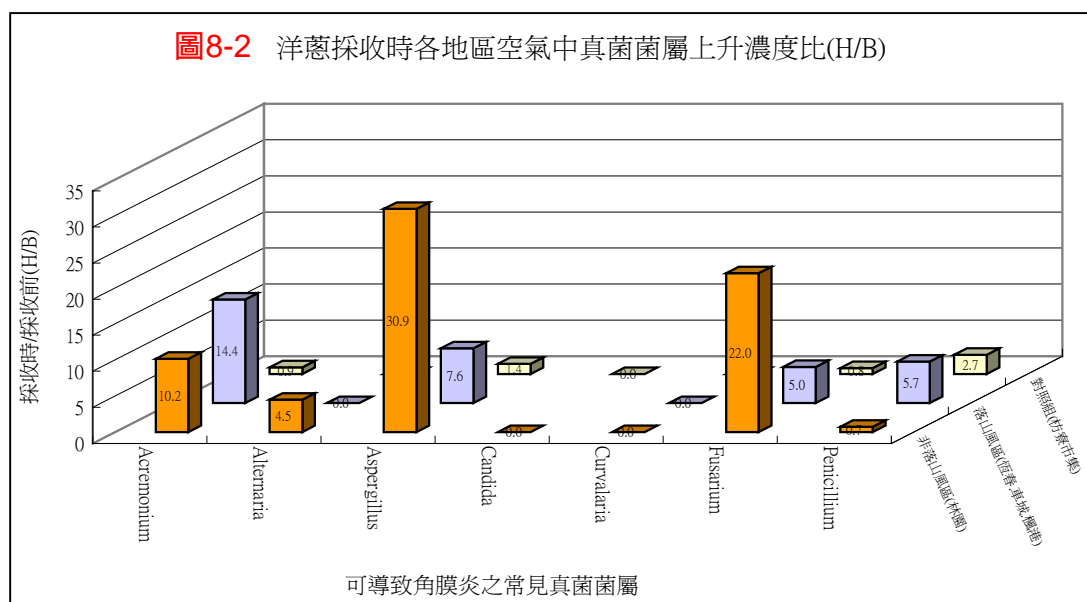
表 8-1 南部洋蔥作業人員眼角膜感染個案統計

時間 (年)	個案		過程	治療結果				地點			
	數目	工作		單眼 失明	角膜 移植	持續 治療	康復 出院	楓 港	恆 春	車 城	牡 丹
88	2	採收	蔥田工作蔥片或 外物侵入	1		1		1	1		
65.69	1	採收	蔥田工作蔥片或 外物侵入	1						1	
70.74	3	採收/蔥農	外物侵入	3						3	
	1	運輸	運送時蔥片侵入	1						1	
	2	採收		2						2	
75.79	1	採收	蔥田工作蔥片或 外物侵入	1							1
	1	採收/蔥農		1						1	
85.87	2	採收/蔥農		1	1					2	
86	4	採收	蔥田工作蔥片或 外物侵入		2		2	1	2	1	
	1	蔥農			1				1		
總計	18			11	4	1	2	2	4	11	1



圖 8-1 洋蔥採收作業

國外文獻顯示真菌引致之角膜炎半數以上與農業或耕作有關，且乾燥、多風的月份是真菌性角膜炎易發生的季節。屏東恆春半島（恆春、楓港、車城等地區）為本省主要洋蔥種植區，該地區氣候乾燥，其每年十月至次年四月為落山風季節，當地風速每秒可高達數十公尺，洋蔥採收時間（多在三月至五月間）多為落山風盛行季節，就其採收洋蔥時的當地氣候與已知真菌性角膜炎好發特性極為接近。



二、管理改善對策

當地洋蔥作業人員初始並不清楚係因真菌導致眼疾或失明，也未採取任何的眼部防護措施，致使眼睛感染案例時有所聞。因此，要能有效預防農作人員因真菌導致的職業性眼疾問題，必須加強教育宣導，同時也能提供並要求作業人員使用防護眼鏡。故自民國八十六年起，除在當地進行一系列調查以釐清發生原因外，衛生署、勞委會勞工安全衛生研究所以及高雄醫學大學也透過恆春基督教醫院與當地農會的協助，加強進行衛教宣導，使民眾對危害有正確的認知，並提供防護眼鏡，提醒當地民眾於落山風季節外出時，應予配戴，以減少眼睛外傷的發生。

此外，依據勞工安全衛生法規的要求，蔥農在僱用工人進行農作採收時，應提供受僱者具保護性與舒適性之防護眼鏡，並教導勞工確實使用；從事農作之工作者亦應於作業時配帶適當的護目鏡，以減少眼部受傷與真菌感染。工作後則應徹底清洗手臉，維持良好個人衛生習慣。萬一眼睛遭外物侵入，切勿以手揉眼，應立即前往具有眼科專業醫師之醫院就醫，並告知醫師職業性真菌感染的可能性，以避免延誤治療時程而導致失明。而在眼睛治療期間外出時，亦需配戴防護眼鏡以策安全。

8.1.2 生物科技產業人員的過敏性問題

一、實例介紹

生物科技是指利用生物體來製造產品，以增加人類生活品質與福祉的技術。其應用面包括了以微生物發酵製造醬油、啤酒、檸檬酸等食品，利用微生物生產抗生素來治療疾病，以及近年來利用基因工程、細胞融合與蛋白質工程技術開發新藥或疫苗等。由於生物技術的進步，應用層面也愈加廣泛，除了傳統的農業與

食品製造外，更拓展至醫藥開發、廢棄物處理等方向，成為二十一世紀企業發展的另一新潮流。

由於利用微生物於研發或製程中，如：準備生物培養液、在生物反應器中大量生產微生物、分離微生物或其產物、處理製程中所產生的廢棄物時，生物科技產業的工作人員可能暴露於使用的微生物或是微生物產生的產物（如：細菌內毒素、細菌外毒素、細菌與真菌酵素、抗生素或其他代謝物、真菌孢子等），導致工作人員出現感染、中毒或過敏的症狀。國外文獻顯示，自細菌與真菌中生產酵素的工作人員出現氣喘與似感冒之症狀，其血液中對生產使用的微生物-*Bacillus subtilis* -有抗體效價明顯上升且肺功能受損的情形。

除 *Bacillus subtilis* 外，1985 年 Topping MD et al. 亦曾報告一家以糖蜜 (molasses) 與 *Aspergillus niger* 發酵生產檸檬酸的生物科技工廠，因使用 *A. niger* 於其製程中，導致員工因暴露於空氣中 *A. niger* 的孢子與過敏原物質，致使發酵部門與回收部門的員工出現過敏及氣喘的症狀；研究認為發酵部門在注入與倒出菌種發酵培養液，以及回收部門以添加化學物合併水洗方式萃取檸檬酸時產生大量過敏懸浮物質，致使員工產生過敏症狀。

二、管理改善對策

從上述的案例中可以清楚的瞭解，將產生過敏原的製程予以密閉隔離、裝置局部排氣設備控制空氣中的過敏物質濃度、要求進入高危害風險製程區的工作人員必須使用呼吸防護具、實施教育訓練使員工明白健康風險與防護措施，是重要的控制與管理改善對策。在本案例中，即使工廠空氣中仍存在著某種程度的 *A. niger*，但適當的管理對策已可有效避免引發工作者職業性過敏症狀的出現，達到保護勞工健康的目的。另一方面，本案例也顯示定期的員工健康監測與環境暴露調查，以及對離職員工狀況的瞭解，是評估管理改善對策有效性的重要工具。

8.1.3 特殊針扎事故處理

針紮為醫療院所經常碰到的生物感染性危害，包括醫師、護理人員及環境清潔維護人員等均為易遭受污染性針器紮傷之高危險群，而其較常發生之傳播血液性疾病包括有 B 型肝炎、C 型肝炎與愛滋病等。較容易發生針紮事故之情況包括有在使用完針器後又將針頭蓋套回、針器使用完後未能立即處置（例如放入收集筒或單手回套等）、拔開針頭套或其他尖銳物品、稀釋或抽藥時、戳破針頭蓋時及清理物品時等。

因此，避免針扎事故發生之主要原則包括如下：

1. 處理針器等尖銳物品時應注意力集中。
2. 不回收之尖銳物及針器使用完後應立即丟棄於防刺且不滲漏之收集容器內，若針器有回套之必要時則應採單手回套方式。
3. 勿彎折使用過之針器。
4. 放置廢棄尖銳物或針器之收集筒應清楚標示，且最多承裝八分滿。
5. 尖銳物或針器不宜與其他廢棄物共同承裝於同一容器內。

若發生針紮事故的話，其緊急處理流程如下：

1. 立即將傷口血液擠出。
2. 以清水沖洗傷口並立即消毒。
3. 儘速通報單位主管及填具事故報告單。

4. 追查針頭使用病患與被紮傷者體內 B 型肝炎、C 型肝炎、愛滋病與梅毒的抗原與抗體情形；若傷者不具 B 型肝炎表面抗原或抗體時，應立即注射 B 型肝炎免疫球蛋白。
5. 治療處理及追蹤。
6. 追查原使用該針器病患之血液中帶原情形（如清潔人員遭收集筒中針器紮傷、洗衣人員在處理衣物時遭紮傷等）及採取適當處理方式。

8.1.4 醫療照護人員感染

結核菌的傳播主要是經由患者咳嗽或講話等動作，而導致使附著於患者口沫的結核菌懸浮於空氣中被其他人吸入；或是存在於病患吐出的痰液中，在乾燥後並懸浮空氣中再被其他人吸入。在 1950 年以前，因為缺乏有效的治療方法，結核桿菌所引起的肺部病變是人類公共衛生史上重要且普遍的疾病。而醫療照護人員因為直接照顧感染病患，與感染者有著密切接觸並且暴露在病患口沫分泌物環境下，而成為職業性結核病的高危險群。在 1950 年之後，由於使用抗生素可以有效治療結核病患，使得感染結核病的人口數顯著下降，醫護人員感染結核病的人數也得以隨著同步降低。然而最近二十年來，卻因為出現可抵抗多種治療藥物的結核桿菌菌株，使得治療與控制傳染上相形困難；再加上愛滋病在世界上的蔓延，一旦愛滋病人感染結核桿菌，將因為病人的免疫功能受到愛滋病毒的破壞而更容易成為結核桿菌的傳染源，造成他人的感染。醫護人員也可能在照護愛滋病患的同時，因吸入病患排出的結核桿菌而得病。

1. 肺結核

(1) 實例介紹

1992 年的一份國外文獻報告一件因為照護愛滋病患導致醫院員工感染肺結核的案例。該名愛滋病患住院時呈現發燒、咳嗽與體重減輕等症狀。住院時其胸部 X 光照相判定為正常，對於測試是否感染肺結核的結核菌素試驗也沒有反應；另外他的結核桿菌痰液抹片染色檢查與微生物培養亦均呈現陰性反應。雖然給予該名病患 trimethoprim.sulfamethoxazole 治療，然而該名病患的症狀並未有所改善。在住院 10 天後的檢查顯示其支氣管鏡檢亦無異狀，但支氣管組織切片卻發現了伺機性感染的原蟲 *Pneumocystis carinii*；灌洗並抽出病患氣管內的分泌物進行抹片檢查的結果仍為陰性，但將其進行微生物培養，卻在一個月後出現大量的 *Mycobacterium avium* complex (MAC)。雖然給予 zidovudine 與 pentamidine 藥物，該名病患仍持續咳嗽並發高燒，其骨髓培養最終亦出現了 MAC。

在入院後的第二十九天，該名病患被轉出至一家安寧醫院。當天病患的 X 光照相第一次在右肺出現了浸潤現象，而其結核桿菌痰液染色檢查呈現陽性反應，微生物培養亦出現了 MAC。在給予 isoniazid、rifampin、ethambutol、zidovudine 與 pentamidine 後顯著改善了咳嗽與發燒的問題，X 光片也證明緩解了肺炎症狀，病患也因此出院。出院後一個月再回院檢查 X 光仍正常，痰液抹片呈現陰性但痰液培養則出現了結核桿菌 *Mycobacterium tuberculosis* (MTB)。原先在第一家醫院所採檢的支氣管沖洗液樣本與在安寧醫院取得的痰液樣本，也在培養五個月後，在許多 MAC 菌落中出現了型態相當不一樣的特殊菌落，以 DNA 分析證實其為 MTB。

愛滋病患受到愛滋病毒的侵襲，肺部通常易遭到其他微生物的感染，包括了

一些伺機性的菌種以及可導致肺結核的菌株（如：MTB 與 MAC）。本例這名愛滋病患數次的檢驗結果顯示，事實上他同時感染 MTB、MAC 與 *Pneumocystis carinii*，但因為第一次結核桿菌的陽性報告延遲至該病患轉入另一家醫院後才出現（結核桿菌痰液染色檢查的陽性反應），而大量 MAC 菌落遮蔽了 MTB 的判讀，也導致診斷上的延誤。使得初始採取針對 *Pneumocystis carinii* 的治療方法無法改善事實上由結核桿菌所引起的症狀；這期間病患持續咳嗽，使得照護他的醫院員工也暴露在結核桿菌中。

除了上述案例外，國外的醫療院所也曾爆發多起醫護人員因感染抗藥性結核桿菌致死之案例，在一份文獻中顯示至少有 19 名醫護人員感染抗藥性結核桿菌，其中 8 名醫護人員因而死亡。國內歷年來在醫院中也陸續發生過醫護人員集體感染或個別感染結核桿菌的事件，且國內亦已分離出抗藥性的結核桿菌菌株。對於從事醫療行為的工作人員實應提高警覺，採行有效預防手段，以降低感染的風險。

(2)預防管理對策：

肺結核雖是古老的疾病，但由於其對乾燥環境有相當的抵抗力，並易產生突變與抗藥性，且受限於病患其他病症對診斷時效性與正確性的影響，致使早期診斷與治療並不容易；即使已對症下藥，又因病患長期服藥的配合上不易掌控，難以達到完全治癒的成效。也因為肺結核病患數量一直未有效控制，醫護人員必須具備防護肺結核的知識與作為，才能保障自己的健康。

預防肺結核的原則是，能早期確認感染病患，加以隔離並有效治療。目前結合 PCR 偵測 DNA 的技術可大幅加速結核病的診斷速度，再輔以其他診斷方法，已使結核病的診斷不需完全受限於需要長時間的微生物培養。醫院應建立快速有效的採檢與診斷流程，以期能早期確認感染病患。在隔離治療階段，病患所居住的隔離病房必須具有一定硬體的防護措施與行政管理，例如：負壓的空調系統、房內空氣每小時至少應換氣 6~12 次、雙層門的設計、使用高效率過濾濾材處理隔離病房排出的空氣、加裝紫外線滅菌設備等。在行政上則可考量暴露至傳染的機制並予以管理，以減少醫護人員遭傳染的機率。例如：就結核菌必須有被排出患者體外至外界環境，才可能造成醫護人員感染而言，可採取的對策包括對病患施予衛生教育，要求病患必須配戴口罩，咳嗽或打噴嚏時應掩住口鼻並使用手帕等方式，以減少結核菌的四處擴散。而為減少結核菌在環境中長期存活，前述紫外線殺菌設備即是一項可使用的工具，研究顯示 254nm 波長的紫外線因為能改變細菌 DNA 結構而具有殺菌效果。當病患出院後對於病患居住過的病房即可以紫外線進行殺菌工作。

另外，當必須與結核病患長期或密集接觸時（如：直接照護住院結核病患），或是必須對該類病患施予特殊治療或檢查時（如：支氣管鏡檢、抽痰、噴霧治療），醫護人員可能因此暴露在較高濃度的結核菌中。建議工作人員必須配戴通過我國或國際上認證合格，可預防肺結核的呼吸防護具，以大幅降低工作人員吸入結核桿菌的機會。

2.嚴重急性呼吸道症候群

(1)實例介紹：

自從 2002 年底中國大陸南方爆發嚴重急性呼吸道症候群（Severe acute respiratory syndrome, SARS）後，至 2003 年 6 月止半年內該疾病迅速蔓延至東南

亞及其他國家，造成香港、新加坡、加拿大及我國的嚴重衝擊。

由於在中國大陸、新加坡、香港等地爆發流行之初，人類對 SARS 的病原菌以及其傳播途徑一無所知；然即使在不清楚病原特性的狀況下，醫護人員仍需竭盡所能地持續治療病患。也就是因為在近距離接觸具有傳染性的病患，且缺乏充足的防護措施下，導致在 2003 年 3 月開始，香港威爾斯親王醫院出現數十名的醫護人員發生集體感染 SARS，新加坡的醫療照護人員也陸續發病。SARS 的流行不僅威脅醫護人員的生命安全，也嚴重衝擊了這些國家的醫療照護體系，並帶給社會民眾極度的恐慌。

在疫情不斷蔓延的同時，全球的科學家也正全力找出導致 SARS 的病原，2003 年 3 月 22 日美國疾病管制局從病患的檢體中觀察到 SARS 病原菌為一種冠狀病毒株。該年四月加拿大科學家成功解開了該病毒的基因序列，確定了此病毒為一種新型的冠狀病毒，與之前人類所瞭解的三個冠狀病毒群組在基因序列上有相當的差異性。為能更確定此病毒與 SARS 疾病的因果關係，荷蘭的研究人員將冠狀病毒純化後注射到獼猴體內，幾天後獼猴出現發高燒的症狀，肺部也遭受傷害，與人類感染 SARS 的臨床症狀非常類似；而研究人員也成功地在發病的獼猴肺部再次分離出冠狀病毒。根據柯霍氏法則，要確定特定病原菌導致某一疾病的發生時，必須要至少符合下列四項條件：(1) 在患者體內找到該病原菌，(2) 該病原菌可被分離並純化，(3) 將分離純化的病原菌注入實驗動物後可引起同一疾病，(4) 可自發病的動物體內再次分離出同一病原菌。在全球科學界的努力下，SARS 的病原菌已可確定為新型的冠狀病毒，我們稱之為 SARS.associated Coronaviruses (SARS.CoV) (如圖 8-2)。



圖 8-2 SARS (冠狀病毒)

根據流行病學的觀察，在傳播機制方面，SARS.CoV 主要透過病患的近距離飛沫傳播，以及直接或間接接觸病患或是遭病毒污染的物體而造成他人的傳染。這似乎也說明瞭 SARS 的家族性傳染與醫療院所內的聚集性傳染，尤其醫院的環境因素更明顯助長了它的有效率的傳播。此外，SARS.CoV 也可藉由糞便為媒介來散佈病毒，病毒於糞便中較強的存活特性以及香港陶大花園社區居民的集體感染即是一例。

在經歷 SARS 疫情之後重新回顧，可以清楚的看到這二十一世紀新興傳染病的出現對第一線醫療工作人員的重大衝擊，它不僅造成醫院工作人員因照護 SARS 病患而感染，甚至死亡，也導致醫護人員身心極大的壓力。最主要的壓力來自不知何時何處會暴露在這看不見的空氣傳播病原菌下，而醫院工作者卻仍必須繼續從事醫療照護相關工作，以及被隔離後擔心自己與家人被感染，還有社會大眾的

眼光。即使在疫情趨緩之後，許多曾感染 SARS 而今康復出院或是曾經照護 SARS 病患的醫療照護人員，開始出現失眠、情緒不穩、自殘甚至智力退化等所謂「創傷後症候群」的現象，顯現此種職業性生物危害對醫療從業人員身心的嚴重影響。許多科學家基於對呼吸道病毒的瞭解，認為 SARS 冠狀病毒有可能會在秋冬之際再次捲土重來侵襲人類。面對新興傳染病的挑戰，有必要以 SARS 為借鏡來建立預防管理對策，避免醫療從業人員發生職業性感染。

(2)預防管理對策：

瞭解病原菌主要存在的環境與其傳播途徑，是建立預防管理對策之核心議題。目前所知道的 SARS.CoV 係以動物及人體為其寄生對象，亦可存在於病患的排泄物或分泌物中並維持存活達數日之久。因此，迅速有效的確認感染病患並加以隔離，減少其與他人的頻繁接觸，以及謹慎處理隔離病患的排泄物與分泌物，是控制 SARS 感染擴散的重要手段。若能抑制 SARS 的擴散達到控制一個地區感染 SARS 的人數，就可以降低醫護人員接觸 SARS 病患的機率。

迅速有效的確認感染病患：根據世界衛生組織 2003 年 5 月 16 日視訊會議，以及我國衛生署發布之訊息，感染 SARS 患者在未發燒前是不會傳染給他人，發燒後 1~2 天亦不具有感染他人的能力。我國對 SARS 病患的定義上，疑似病例除須符合發燒 38°C 以上外，尚需出現咳嗽或呼吸困難的症狀，以及在症狀出現前 10 天具有暴露 SARS 的可能（包括：與 SARS 疑似或可能病例接觸、曾經到過或居住於最近有 SARS 地區性傳播的區域）；而 SARS 可能病例的定義更為嚴格，除必須具有疑似病例之發燒、呼吸症狀以及接觸暴露史外，尚必須被診斷為呼吸窘迫症候群（Respiratory Distress Syndrome）或是其 X 攝影判定為肺炎，或是經 SARS 冠狀病毒相關檢驗有一項或一項以上分析方法檢出陽性結果（SARS 病毒 PCR 二次確認陽性、酵素免疫分析法或免疫螢光分析法測定血清抗體陽轉，或病毒分離培養陽性）。

對於判定為疑似及可能病例的病患必須安排住院隔離，採取必要之檢體（痰、血液、血清、尿液）與 X 光攝影以供醫療判斷與治療所需。

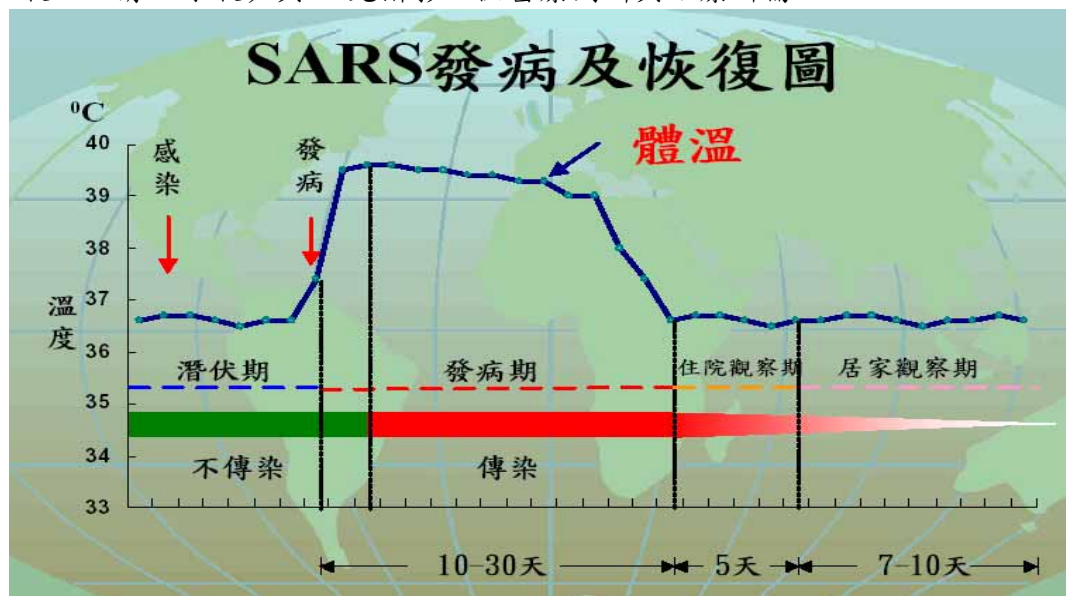


圖 8-3 SARS 發病及恢復圖（資料來源：衛生署 SARS 防治宣導資料，2003.6）

(3)病患隔離：

對於感染 SARS 的病患必須隔離在醫院專屬的病房中，其目的是要將病人移出其原本居住的社區，以降低散佈病毒給他人的機會，同時病患可在醫院內接受妥適的治療。

目前我國衛生署對於呼吸道傳染隔離病房的設置標準如表 8-2 所列，主要項目包括了：含有前室設計的獨立病房、病房內設有獨立空調以避免病原菌藉由空調系統污染其他區域造成交叉污染、空調系統中的排風管需加裝高效率濾網(HEPA)達到去除排氣中的病原菌的目的、維持病房內的負壓以侷限病原菌向外逸散的可能性、通風換氣量至少須達每小時 6 至 12 次、每一病房設有專用的盥洗室、前室內須有洗手設備、洗手設備需為腳踏式或自動感應式。

表 8-2 我國呼吸道傳染隔離病房設置標準

適用傳染病	白喉、流行性腦脊髓膜炎及開放性肺結核等
隔離設施標準	<ol style="list-style-type: none"> 1. 獨立病室(包括前室均為封閉式雙門) 2. 空調系統獨立設計，排風管應裝置高效率(HEPA)並定期維護，且排氣需高於建築物之循環氣層(air recirculation zone) 3. 負壓之通風系統(每小時換氣 6 至 12 次)。 4. 每一病房應設置專用盥洗室，前室應有洗手設備，並採用腳踏式或自動感應水龍頭開關。
安全裝置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高溫高壓蒸氣滅菌。 2. 紫外線燈。 3. 緊急供電設備。
操作需求	面罩(有呼吸保護裝置)及隔離衣。
廢棄物處理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 醫療事業廢水及污水處理及排放，應先經高溫滅菌，再以化學滅菌處理後，依水污染防治有關規定處理。 2. 醫療事業廢棄物之清理，應先經高溫滅菌，再依廢棄物清理法有關規定。
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高效率濾網(HEPA)可濾除 99.97% 直徑大於 0.3 微米的微粒子。 2. 如果限於經費或裝置困難等原因，可暫時不設高效濾網。 3. 高溫高壓蒸氣滅菌器，可於院內適當地點設置，但對於污染物品應有完善之包裝、輸送、消毒滅菌計劃。 4. 紫外線燈可為固定式或活動式。 5. 緊急供電系統得由全院之緊急供電設備提供電力至該病房即可。

(資料來源：「傳染病隔離治療醫院指定辦法」)

(4)院內感染管控

首先對有發燒症狀的病患進入醫院的動線需做好規劃與分隔，可以發燒篩檢站與急診處為疑似 SARS 病患的主要進入點，並由此開始進行病患與其接觸人員行動的管制。另外對於醫院內不同工作區域與工作性質的人員，則應設有人員動線的管制與進出必須遵守的除汙(decontamination)步驟，避免交叉感染。對於隔離病房進出人員亦須設限，以門禁與人員管理記錄進出狀況，並儘可能減少訪客。至於需進出病房的人員，則必須切實遵守為控制空氣、飛沫與接觸傳染所訂之管控規則。

8.2 生物性危害類型

基本上，生物性感染物質可藉由空氣(airborne)、接觸(contact)、媒介物(common vehicle)及病媒(vector)等方式傳播而在作業場所造成擴散感染，同時該感染性物質亦有可能經由工作人員之攜帶或接觸而間接感染至別的場所、其他人員或家人等。以下將針對各種傳染途徑及其可能造成之危害類別加以討論之。

一、經空氣傳播方式之生物性危害

經空氣傳播之感染性物質多屬懸浮微粒，有時稱為生物性氣膠，其來源十分廣泛，包括有細菌(bacteria)、病毒(virus)、黴菌(mold)、真菌(fungi)、放射菌(actinomycete)、藻類(algae)、微生物孢子(spores)、花粉(pollen)、恙蟲(mites)、原蟲(protozoa)、昆蟲(insects)及微生物產生之毒素(細菌內毒素為主)等。當顆粒粒徑介於 5~50 微米(μm)會沈積在鼻腔；小於 5 μm 時會先進入上呼吸道後再進入肺部；介於 3~5 μm 容易沈積在氣管及主支氣管；介於 2~3 μm 容易沈積在支氣管及肺泡區；介於 1~2 μm 容易沈積在末梢細支氣管；而小於 1 μm 則可深入肺泡內。研究顯示顆粒粒徑 3 μm 之喉部沈積比率為 0.08，支氣管沈積比率為 0.05，肺泡沈積比率為 0.5(Heyder, J. 等人, 1986)。

美國國家工業健康與安全協會(NIOSH)於 1984 年建議當室內生物氣膠中微生物濃度之檢測值超過 1,000 cfu/m³ (colony forming units)時，該環境之空氣品質即應注意及改善。美國政府工業衛生師協會(ACGIH)於 1986 年也強調若生物氣膠中測得之總菌落數超過 10,000 cfu/m³ 時，須立刻採取補救措施，且任何種類之真菌濃度若超過 500 cfu/m³ 時，即表示該環境可能有污染源。基本上，生物性氣膠感染之範圍較廣，通常經由呼吸道系統被吸入人體內而造成傳染性、過敏性或中毒之危害。

(一) 生物性氣膠之傳染性危害方面

生物性氣膠之傳染性危害方面，較常見者有以下幾種：

1. 嗜肺退伍軍協菌症：其為嗜肺退伍軍協菌(*Legionella pneumophila*)所感染，該菌為革蘭氏陰性菌。其症狀類似感冒，會引起龐第克熱(Pontiac fever)、咳嗽或喉嚨痛，嚴重則造成肺炎。
2. 肺結核：其為肺結核桿菌(*Mycobacterium tuberculosis*)所傳染，通常是經由較微細顆粒之飛沫(生物氣膠)被吸入呼吸道系統而感染。
3. 流行性感冒：流行性感冒病毒屬 RNA 病毒，較常見為 A 型及 B 型流行性感冒，通常亦是經由咳嗽及打噴嚏產生微細生物氣膠，經吸入呼吸道系統而感染。
4. 麻疹：麻疹病毒也屬於 RNA 病毒，感染症狀為發燒、食慾不振、咳嗽及鼻炎等，並於口腔可能會產生柯氏斑點(Koplik's spots)。
5. 組織胞漿病：係經由荚膜組織胞漿菌(*Histoplasma capsulatum*)而感染，其通常係經由產生之孢子懸浮於空氣中並經呼吸道而傳染，主要產生症狀為咳嗽、發燒、冷顫或嚴重造成肺炎等。
6. 囊球菌病：係經由新型囊球菌(*Cryptococcus neoformans*)所感染，主要症狀有頭痛、暈眩、易怒及性格改變等，或感染部位遭受新型囊球菌破壞或導致死亡。

(二) 生物性氣膠之過敏性危害方面

生物性氣膠之過敏性危害方面，較常見者有以下幾種：

1. 過敏性鼻炎(allergic rhinitis)：病狀混合鼻塞、鼻癢、及流鼻水及分泌物過多，常稱為乾草熱(hay fever)，會受季節性影響。若長期鼻塞，並眼睛有刺激感，則可能已受細菌感染至上呼吸道了。
2. 支氣管哮喘(Bronchial asthma)：其症狀為週期性、反覆性的支氣管收縮及分泌物過多，造成不同程度的呼吸急促或咳嗽，並且容易被細菌二次感染，衍生為支氣管炎。
3. 過敏性肺炎(Hypersensitivity pneumonitis, “allergic alveolitis”)：可能經青黴菌屬所感染(如 *Penicillium frequentans*)而引起肺炎，其症狀通常為發燒、畏寒、肌肉疼痛、四肢無力、激烈咳嗽等，若病情持續，將導致肺癆且呼吸功能失調。
4. 過敏性肺部麴菌病(allergic aspergillosis)：為麴菌屬(*Aspergillus*)所感染，會引起過敏性疾病。

(三) 生物性氣膠之中毒性危害方面

生物性氣膠之中毒性危害方面，較常見者有以下幾種：

1. 細菌內毒素(endotoxin)：主要來自革蘭氏陰性細菌所產生之內毒素，其為熱穩定性，無法以高壓滅菌方式破壞。細菌內毒素對人體健康之危害主要有發燒、白血球改變及呼吸道被壓迫等症狀。
2. 黴菌毒素(mycotoxin)：黴菌毒素主要為黴菌之二次代謝物，除造成中毒危害外，可能會導致癌症。其傳染途徑通常以經由媒介物而食入為多，較少經由空氣傳染者。

二、經接觸傳播方式之生物性危害

接觸感染主要是經由直接接觸、間接接觸及飛沫而傳染為多，其為作業場所最常見之感染途徑。直接接觸感染係指人員直接接觸到具感染性物質之病人、帶原者或其他傳染源(如動物等)而被感染，或有時是被具感染性物質之尖銳物所紮傷而感染；間接接觸感染是指人員間接接觸到由具感染性物質之病人、帶原者或其他傳染源(如動物等)所接觸過之物品或場所而被感染；飛沫感染通常是經由已致病人員之對談、咳嗽或打噴嚏等途徑而被感染，飛沫顆粒通常大於 $5\mu\text{m}$ ，傳播距離較短，約 $1\sim 2\text{m}$ 內。

經接觸感染可能發生之疾病有金黃色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)引起之皮膚炎或食物中毒等、各類鏈球菌(*Streptococcus*)引起之咽喉炎、綠膿桿菌(*Pseudomonas aeruginosa*)引起之泌尿道感染或肺炎等、B型肝炎病毒引起之B型肝炎、後天免疫缺失症候群病毒引起之愛滋病、炭疽桿菌(*Bacillus anthracis*)引起之炭疽病、布氏桿菌(*Brucella*)引起之布氏桿菌病、單純皰疹病毒(*herpes simplex virus*)引起之單純皰疹及可能經由動物感染之細螺旋體病及嚴重呼吸窘迫症候群 (Sever Acute Respiratory Distress Syndrome, SARS；或稱中國非典型肺炎)等。

三、經媒介物傳播方式之生物性危害

媒介物感染係指感染性物質沾染到無生命之物品上，經人員誤食或誤用後而造成感染。主要之感染媒介物包括食物、飲用水、飲料、藥物、營養品、接觸污

染物再觸摸口鼻等，而較常見之感染危害有金黃色葡萄球菌引起之食物中毒、李斯特氏菌(*Listeria sp.*)引起之腦膜炎及敗血症、A 型肝炎病毒(hepatitis A virus, HAV)引起之 A 型肝炎、志賀氏菌(*Shigella*)引起之痢疾、沙門桿菌(*Salmonella*)引起之傷寒及副傷寒、霍亂弧菌(*Vibrio cholera*)引起之霍亂、大腸桿菌(*Escherichia coli*)引起之下痢等，而經血液製品感染者如後天免疫缺失症候群病毒引起之愛滋病及 B、C、D 型肝炎等。

四、經病媒傳播方式之生物性危害

在作業環境以節肢動物為傳染媒介而發生之感染，而主要之感染病媒有蚊子、跳蚤、蝨子、恙蟲、疥蟲等。蚊子為媒介而感染之疾病主要有瘧疾、登革熱及腦炎等，跳蚤為媒介而感染之疾病主要有鼠疫及兔熱病等，蝨子為媒介而感染之疾病主要有落磯山症、斑疹傷寒及萊姆病等，恙蟲為媒介而感染之疾病主要有恙蟲病，疥蟲為媒介而感染之疾病主要有疥瘡。其他之感染病媒尚有蒼蠅、蟑螂、老鼠等。

8.3 生物性危害鑑定技術

8.3.1 微生物培養及顯微鏡觀測

由於微生物族群間在外觀、形狀、細胞壁、移動性等方面各有差異性，其對有機化學物質之反應有各有不同，傳統微生物鑑定技術即利用各菌種之不同特徵及分解反應等進行檢測分析，以達到微生物鑑定之目標。

傳統微生物鑑定工作較複雜，通常先將採取之樣本培養於培養基上，於培養基上長成之每一個單獨菌落(colony)被假設為一種純菌種，利用顯微鏡進行菌種各項特徵之觀察(如菌落之各種特徵及菌種之形狀特徵、移動性、鞭毛特徵、群聚成長特徵、革蘭氏反應等)，必要時利用電子顯微鏡進行確認後，再配合微生物相關文獻(如 *Bergey's Manual*、*The Prokaryotes* 等)之查核，以初步排除不可能之菌種類別。當確認為純菌種後即可進行各種鑑定工作，同時為保存已分離出之純菌種以備後續實驗之需，通常也會另外將其保存於培養液內。

有關病毒之鑑定方面則較為費時及費錢，然其為主要感染性物質之一，故其鑑定工作是必需的。病毒樣本在檢測前應先行培養，培養技術主要有動物接種、雞胚接種及組織培養等。動物接種技術係將病毒樣本接種於實驗動物上，再進行後續鑑定分析工作，在組織培養技術發明前此種方法是檢測病毒之一種傳統方法。雞胚接種技術較常用於某些病毒之分離，例如流行性感冒病毒及痘病毒等。組織培養技術則是將病毒培養於原宿主組織之細胞或培養於動物細胞經連續再培養之細胞。

8.4 生物性危害之控制

8.4.1 工程控制技術介紹

一、感染性物質之密閉與隔離

(一) 感染性物質之密閉

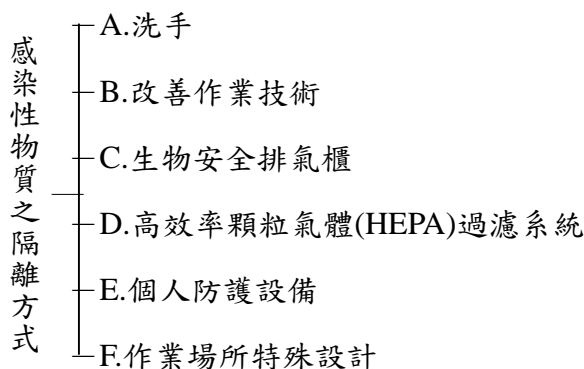
感染性物質之密閉是指避免感染性物質與作業人員有接觸的機會。作業場所內之感染性物質不可任意放置於容器外面，應隨時存放在堅固且不會洩漏的容器內，且應加蓋或瓶塞緊密之。容器類別通常為玻璃製或以塑膠製為更佳，容器外必須加貼明顯標示以利辨識。

針對實驗室或檢驗室等作業場所而言，在進行離心、攪拌等分析工作時，承裝感染性物質之容器必須確實加蓋緊密之，避免設備轉動時造成內容物濺出。有些可藉機械化或自動化之設施使作業項目完全處於密閉室內進行，避免作業人員與感染物質接觸。若為含感染性物質之流動液體，其收集方式應採密閉管路，以避免產生感染性生物氣膠而危害作業人員之安全。

(二) 感染性物質之隔離

感染性物質之隔離是指使作業人員不暴露到感染性物質或僅允許少數特定人員暴露，意即阻斷感染性物質之感染途徑。特別是含感染性物質之氣膠具有隱伏性及瀰漫性，若其存在於工作環境中，對作業人員及外界環境均可造成危害。若依據生物安全等級分類，感染性物質之隔離如下表：

生物安全等級分類	感染性物質之隔離要求
生物安全第一級	作業場所與主要通道間不需要特別分隔，作業場所屬開放空間的設計，也不需特別的隔離設備等。
生物安全第二級	應管制人員之進出，在進行會產生生物氣膠之作業時必須採用 1 級或 2 級生物安全排氣櫃，必要時得採用個人防護設備及消毒滅菌設備等。
生物安全第三級	所有作業應在第 1 級、第 2 級或第 3 級生物安全排氣櫃內進行，且作業人員應依狀況穿著適當之隔離防護衣，作業場所需與外部通道分隔且其入口門廊應設置自動雙層密封門及窗戶等設施。
生物安全第四級	除生物安全第三級之隔離要求外，所有作業應在第 3 級生物安全排氣櫃內進行，或是採用第 1 級或第 2 級生物安全排氣櫃且作業人員必須在穿戴具正壓之防護衣具下進行作業。



A. 洗手

- 防止感染性物質傳播最重要且最簡單的方法。
- 注意個人衛生及洗手習慣。
- 不可以將食物及飲料帶入作業場所食用。
- 在處理感染性物質時應配帶手套，並於作業完成脫除手套後應立即洗手。
- 使用肥皂或藥皂並以清水搓洗至少 15 秒。

B. 改善作業技術

- 離心作業前應注意離心管是否有裂痕，而完成離心作業在打開離心管之封蓋時，應避免液體濺出或發生煙霧危害；所有離心作業應在生物安全排氣櫃內進行。
- 在處理液態感染性物質時，嚴禁以嘴巴吸取；避免以吸管吸取之感染性物質掉落於工作臺上，萬一有掉落發生，則須立即以浸潤有消毒劑之紙巾覆蓋，並確實消毒滅菌之；使用過之拋棄式吸管應依感染性廢棄物之處理規定辦理。
- 建立隔離衣、手套及口罩穿著之步驟，其依序為洗手、穿隔離衣並繫好頸後帶子及腰帶、戴口罩及戴手套等，而其脫除程式則依序為解開腰帶、脫手套、洗手、脫口罩、解開頸後帶子、脫掉隔離衣並將污染部分包於內面及洗手等。
- 確實瞭解生物安全排氣櫃之使用時機、功能、方法及步驟，且使用前及工作完成後均應進行消毒作業。
- 由於低溫並不能完全停止感染性物質之活化，低溫處理感染性物質仍應留意，避免直接接觸具感染性物質之物品而被感染。

C. 生物安全排氣櫃及高效率顆粒氣體(HEPA)過濾系統

生物安全排氣櫃屬於一種局部排氣系統，可將作業場所工作區域內存在之感染性物質排出，使作業人員達到有效的隔離效果，同時常配合使用高效率顆粒氣體過濾系統，以避免感染性物質逸散至作業場所外之環境中。具生物活性感染物質（如病菌、病毒等）的作業或任何可能產生微粒子的步驟等，應儘可能於生物安全排氣櫃中進行。

D. 個人防護設備（如圖 8-4）

- 防護衣或隔離衣
 - (i) 通常在具傳染性之感染性物質存在之環境下穿著，其長度要求至少應能完全覆蓋工作服或長度超過膝蓋處，以避免遭受傳染。
 - (ii) 使用隔離衣之等級分類係依據作業場所之生物安全等級而決定。
- 手套
 - (i) 在接觸具有感染性物質時，使用正當之手套可有效隔絕感染性物質。
 - (ii) 作業完後宜脫掉手套並妥善處理，以避免污染門把、電梯按鈕、電話等公共用品。
- 安全眼鏡、眼罩或臉罩
 - (i) 防止感染性物質經由飛沫或空氣傳播，
 - (ii) 防止液體飛濺（例如具感染性物質之液體於混合攪動時濺出）。
- 呼吸防護具
 - (i) 口罩
 - (ii) 濾罐式防護具
 - (iii) 供氣式防護具：在高危害濃度或缺氧情況。

- 動力空氣濾清式：包括提供配戴者呼吸所需空氣的送風機組及淨化空氣之過濾器。香港及新加坡曾建議醫護人員在進行嚴重急性呼吸道症候群（SARS）病患之特殊治療時（如插管等）或與病人有近距離接觸，必須穿戴保護效果較佳之動力空氣濾清式呼吸防護具。
- 正壓全面式之自攜式空氣呼吸器：氣體經由輸氣管傳送至面罩內。

E. 作業場所之特殊設計

- 通風及排氣系統之設置是重要考量因素。
- 嚴禁非相關作業人員任意進出。
- 排氣系統應設有高效率顆粒氣體過濾系統。
- 配合採用負壓或正壓設計，以防止感染性物質擴散出或流入作業場所。
- 負壓設計應於入口處設置壓力計，隨時顯示內部壓力，並於壓力發生變化時自動啟動警報系統。例如，醫院負壓隔離病房（病房內為已感染之病患）之空氣中可能充滿病菌或病毒等感染性物質，故應採負壓設計，以避免感染性物質逸散至醫院內其他區域而引發院內感染問題。
- 正壓設計，如醫院開刀房內通常使內部氣壓大於外部氣壓，以避免外界可能存在之感染性物質流入開刀房內而增加病患感染之機率。



隔離衣



口罩



透明臉罩



手套



安全眼鏡



供氣式呼吸防護具

圖 8-4 各式個人防護設備

二、感染性物質之監測與警示

(一)感染性物質之監測

為監視作業環境中是否存在會對作業人員造成危害之特定感染性物質，以利及早改善，避免感染之擴大。其作業原則分別敘述如下：

A.作業環境感染性物質之監測

(A)作業環境空氣（氣膠）之監測

採樣方法常用者有平板曝露法、空氣菌落採樣機測定法、安德森微生物衝擊器、衝擊式採樣瓶、過濾法等。平板曝露法是較簡單之檢測方法，將數個培養基分別放置於作業場所內之不同處所，靜置約 30 分鐘後，進行培養及進一步分析與鑑定。空氣菌落採樣機測定法是將特定培養基置放於採樣機上，依預先設定之時間抽吸入定量之氣體後，再進行培養及進一步分析與鑑定。安德森微生物衝擊器能直接培養採集之樣本，提升微生物之存活率，然採樣面積有限，故高污染環境之採樣時間不宜太長。衝擊式採樣瓶係採用液態基質採集微生物，採集時間可較長。過濾法則在採集過程常會因水份容易失去而影響微生物之培養。

(B)作業環境環境物品之監測

物品採樣分析之方法係將已消毒之拭子以生理食鹽水沾濕，選定幾處作業環境中較容易受到感染之處所進行採樣（如門把、桌面、床邊扶手、設施扶手等），再將採樣後之拭子擦拭在培養基上，經培養後再依標準微生物實驗步驟進行分析。

(C)水質之監測

作業環境內之水質監測通常是以飲用水質為主，特別是飲水機。檢測方式是以乾淨無菌之容器採取適量水樣，並應使水流約 2~3 分鐘後再行採樣。水質監測項目通常為總菌量及腸內菌（coliform）量或糞便大腸桿菌（E. coli）量，必要時得再進一步對特別菌種進行監測。總菌量之測定法常用的有標準平板計數法及濾膜法等，而腸內菌量或糞便大腸桿菌量常用的測定法有多管發酵法及濾膜法等。

B.作業人員體外感染性物質之監測

作業人員體外感染性物質之監測通常以皮膚採樣為主。皮膚具酸性、缺少水份及抗菌因數等不適微生物生存之特性，然其仍為細菌孳生之主要處所。此種監測方法係將已消毒之拭子以生理食鹽水沾濕，在暴露之皮膚上滾動約 2 平方公分之面積，採樣之皮膚部位包括前臂、手掌、手指、腳部等。將採樣後之拭子以同樣滾動方式擦拭在培養基上，經培養後再依標準微生物實驗步驟進行分析。

(二)感染性危害之警示

任何與感染性物質相關之作業環境或物品等必須有感染性危害之警告標誌，並應清楚標示於可明顯辨認之位置。感染性危害警示之基本原則如下：

- A.除應貼有「感染性危害」或「生物性危害（biohazard）」之標誌外，每個具感染性危害之作業環境之門口均應提供安全資訊給訪客及技術服務人員，其內容應包含所有在本作業環境內使用的感染性物質。
- B.所有貯存有生物性危害物質的房間及實驗室亦均須以生物性感染性危害標識牌告示。
- C.所有儲備有生物性危害物質的實驗室及房間均需以標識牌註明「本區禁止飲食、抽煙及化妝」等警語。

以下分別為國內外常用之幾種感染性物質基本標誌及警示標誌。



圖 8-5 「感染性危害」或「生物性危害」(biohazard)之基本標誌示意圖



圖 8-6 感染性危害之警告標誌示意圖



圖 8-7 感染性危害管制區之標識牌示意圖



圖 8-8 感染性危害區僅授權人員允許進入之警示牌示意圖

三、通風設施之設置與尾氣排放

生物安全排氣櫃（biological safety cabinets；BSCs）屬局部排氣之一種，主要是設計來減少作業場所感染物質逸散至作業環境中之可能性，或將污染物質由作業環境中去除。雖然部分職業場所採用改善之微生物處理程式、各類滅菌技術及設備等作為初級隔離方法，例如防止氣膠產生之高速攪拌機、針頭密鎖注射器、安全離心蓋或密閉旋轉攪拌器等，然而若工作性質有牽涉到生物氣膠之作業時，生物安全排氣櫃仍是相當重要之隔離設施。

（一）生物安全排氣櫃

根據美國疾病安全管制局（CDC）及健康研究所（NIH）在生物安全排氣櫃之選定與設計方面，依感染危害之等級而分為三級，三種等級之生物安全排氣櫃分述如下：

1. 一級生物安全排氣櫃（圖 8-9）：

用以操作中低級風險的感染性物質（生物安全等級 1~3），只能防止人員及環境受到櫃內感染性物質之危害，並不能防止櫃外空氣污染櫃內的物品。未經過濾之室內空氣會流經過櫃內工作區域面，只要通過排氣櫃前面開口之最小氣體直線流速達 75fpm 以上的話，櫃內氣流應可提供作業人員足夠之防護。此種排氣櫃常用於有覆蓋之設備（如離心機）或可能會產生氣膠而流回室內之程式操作（如培養菌種之曝氣、組織均質化等）。

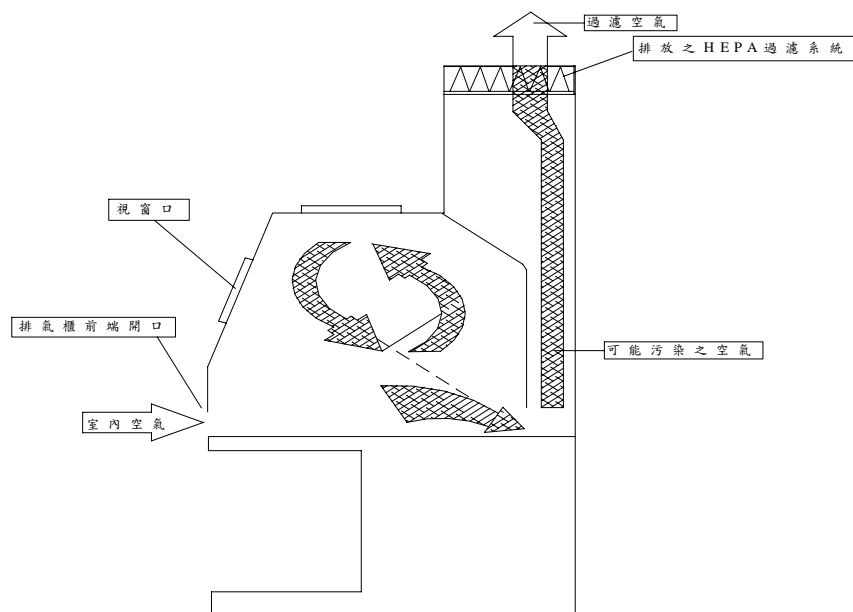


圖 8-9 一級生物安全排氣櫃

2. 二級生物安全排氣櫃（圖 8-10~圖 8-13）：

二級生物安全排氣櫃不僅可以防止人員、環境及櫃內物品互相污染，也能防止櫃內物品受到櫃外環境污染。此種排氣櫃是利用呈層流（laminar flow）移動的氣流提升空氣傳播污染物的補捉或去除及高效率顆粒氣體過濾系統之應用，以達到提供一個無塵粒的工作環境，避免作業人員受傳染性微生物之感染或防止櫃內物品受污染。此種排氣櫃適用於生物安全等級第 1~3 級之感染性物質或微生物，提供一個無菌之工作環境；可應用於細

胞培養增殖及非揮發性防腫瘤或化學療法藥品之調製等。

美國國家環境衛生科學院（NIEHS，1997）又將第二級生物安全排氣櫃又分為四類，即 A 型、B1 型、B2 型及 B3 型。各類型的主要差異包括排氣櫃最小進流氣體流速、排放及再循環氣體佔原有櫃內氣體的比例、排氣的方法及是否同時存在其他有毒化學物質及揮發性同位素等。

- A 型排氣櫃(圖 8-10)：較適用於具有低度至中度危害且需要生物安全等級 1~3 級隔離之生物性感染物質的作業場所。此種排氣櫃內之氣體由風車抽送，約 30% 氣體經一個高效率顆粒氣體過濾系統（HEPA）過濾後排出外界，而約 70% 經另一個 HEPA 過濾後再循環流回排氣櫃內之工作區域。由於氣體被再循環回到排氣櫃內，故該作業場所須無揮發性有毒化學物質及揮發性同位素（放射性物質）存在。

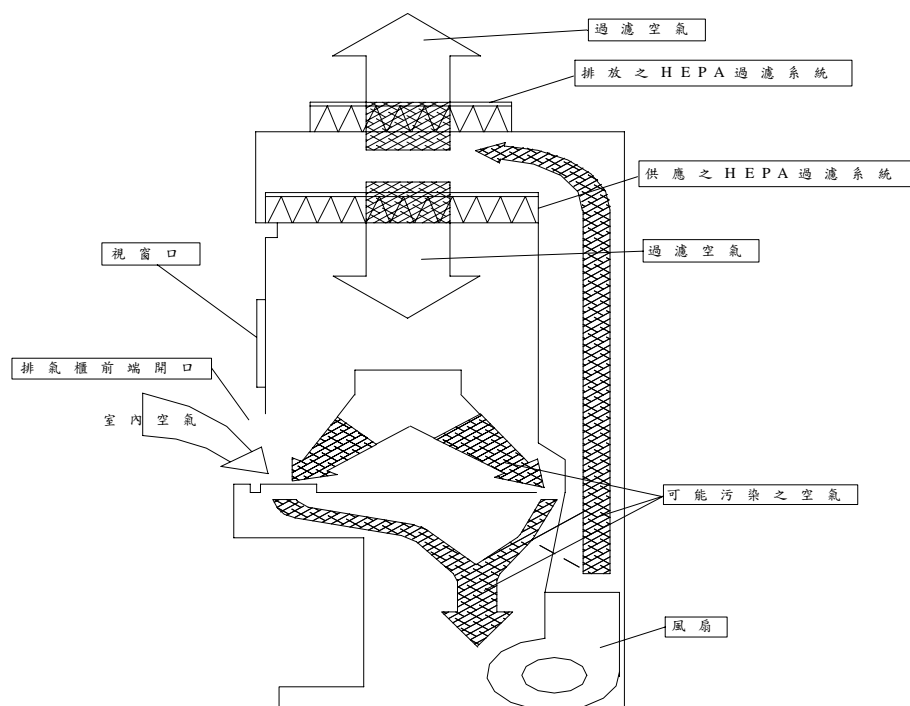


圖 8-10 二級. A 型生物安全排氣櫃

- B1 型排氣櫃(圖 8-11)：當作業場所含生物性感染物質及微量毒性化學物質與極微量同位素（放射性物質）時或含生物安全等級 2~3 級之生物性感染物質時，均應採用此類型之排氣櫃。此種排氣櫃通常維持進流氣體速度至少為 100fpm，污染氣體可先經一個 HEPA 過濾（選擇性設置）後，大部分氣體再經一個 HEPA 處理後抽至作業場所之排氣系統內或排至外界大氣，部分氣體經另一個 HEPA 處理後再循環至排氣櫃工作區內。

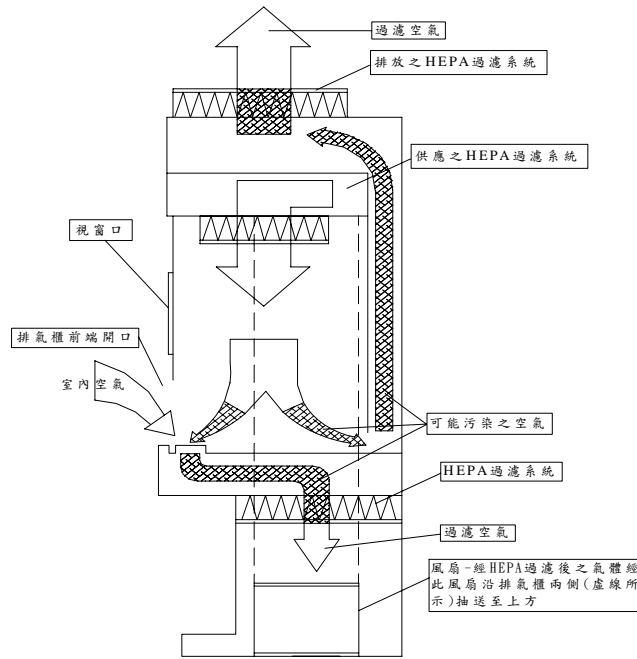


圖 8-11 二級. B1 型生物安全排氣櫃

- B2 型排氣櫃(圖 8-12)：本型排氣櫃適用於初級生物的及化學的隔離。當作業場所含生物性感染物質及微量毒性化學物質與極微量同位素或是含需要生物安全等級 1~3 級的作業場所時，應採用此類型之排氣櫃。風車將工作場所或外界之氣體由排氣櫃上方吸入，通過 HEPA 後再向下流入櫃內工作區域內；進流氣體速度至少為 100fpm，經 HEPA 過濾後之氣體全部抽至外界大氣中，本排氣櫃並無氣體之再循環功能。

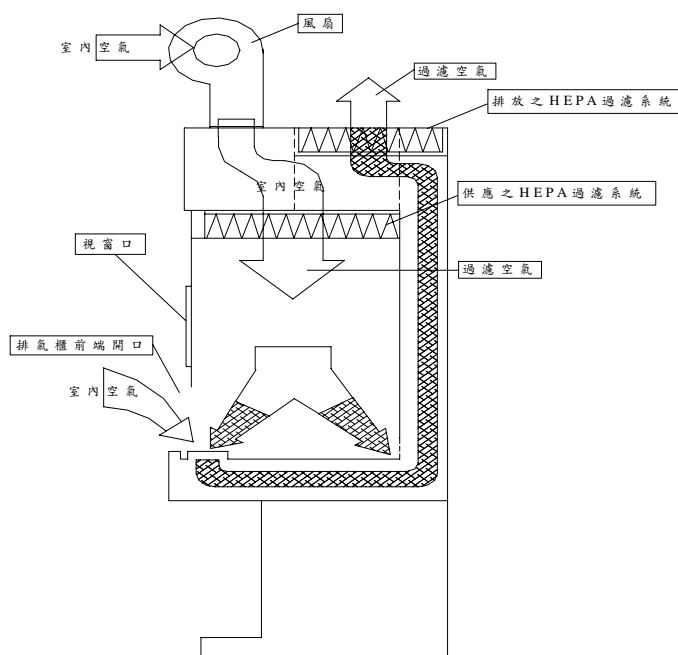


圖 8-12 二級. B2 型生物安全排氣櫃

- B3 型排氣櫃(圖 8-13)：此類型排氣櫃與 A 型相似，惟通常進流氣體速度至少為 100fpm，在經常充滿感染性物質之作業環境中，將櫃內氣體與 HEPA 過濾後之進流氣體混合，排出之氣體也先經一個 HEPA 過濾處理；排氣櫃內所有正壓氣體是被負壓氣體所包圍，故污染氣體之洩漏將會進入排氣櫃內而不會排出外界環境中。當作業場所含低度至中度危害之生物性感染性物質及微量毒性化學物質與極微量同位素時，較適合採用此類型之排氣櫃。

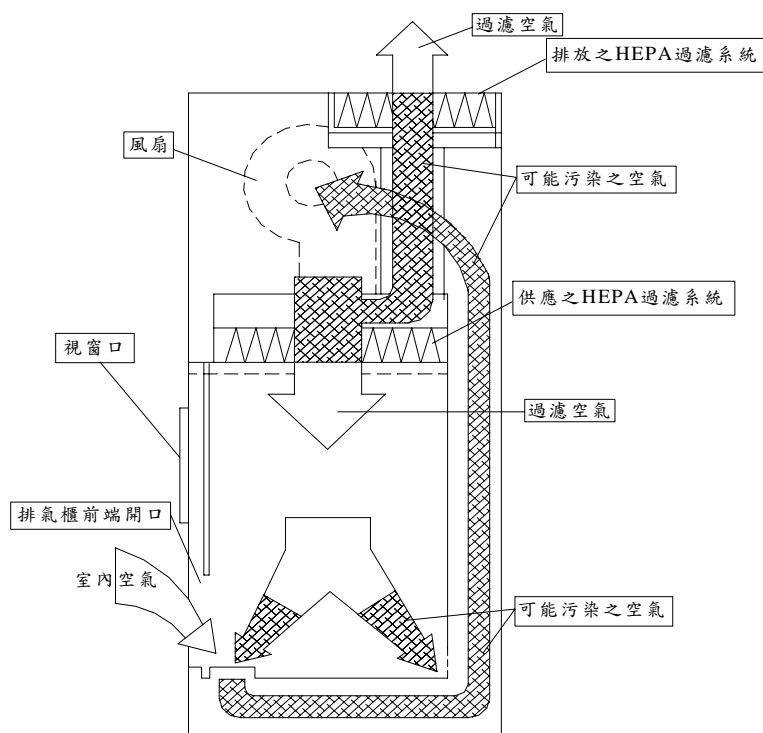


圖 8-13 二級. B3 型生物安全排氣櫃

3. 三級生物安全排氣櫃 (圖 8-14)：

為氣閉式構造且唯一能提供人員與櫃內物品完全物理性隔離的排氣櫃，也是目前能提供給操作人員、環境及櫃內物品最大防護的排氣櫃。氣體在抽出至外界環境前，先經過二層 HEPA 處理，或先經過一層 HEPA 及一個氣體焚化設施處理。專用 HEPA 設置於排氣櫃外部，以利排氣櫃內呈負壓狀況。本級排氣櫃是應用在操作高度風險的微生物時及要求高度傳染、危害性物質完全被阻隔在櫃內時，意即應用於生物安全等級第 4 級者。

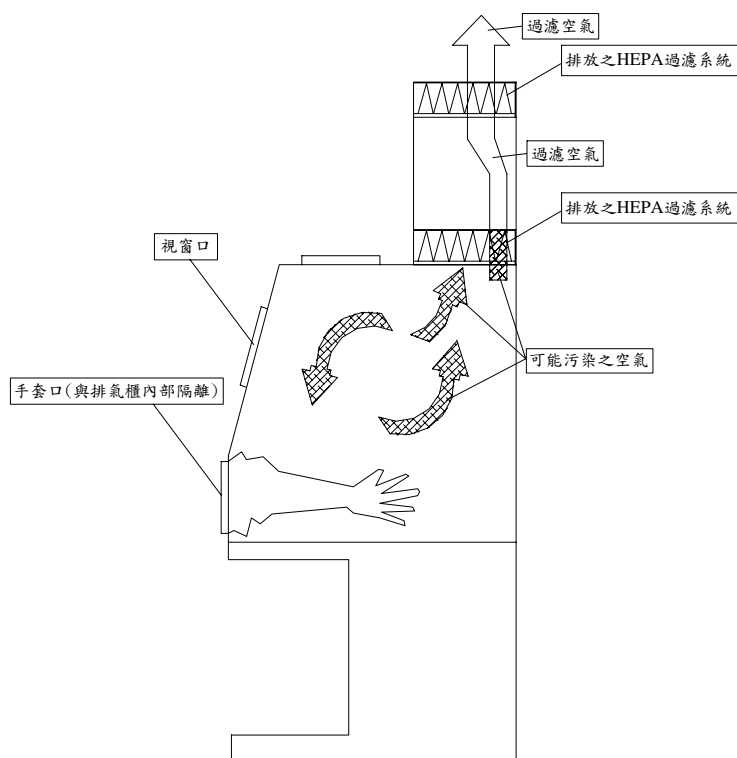


圖 8-14 三級生物安全排氣櫃

有關不同等級之生物安全排氣櫃所提供保護之相似性與差異性如表 8-3 所示，而表 8-4 為排氣櫃特性之比較（美國 CDC 及 NIH，1999）。

表 8-3 不同等級之生物安全排氣櫃所提供之保護（美國 CDC 及 NIH，1999）

生物安全等級	提供保護			生物安全排氣櫃
	人員	物品	環境	
第 1~3 級	有	無	有	一級
第 1~3 級	有	有	有	二級(A、B1、B2、B3)
第 4 級	有	有	有	三級(B1、B2)

(二) 高效率顆粒氣體 (HEPA) 過濾系統

生物安全排氣櫃經常是配合高效率顆粒氣體過濾系統之使用，利用物理性障礙設施以防止工作人員暴露於感染性物質中，並將污染氣體抽離作業人員，以降低作業時感染性物質可能造成之危害。高效率顆粒氣體過濾系統可有效的去除空氣中可能含有極微小的感染性物質，使得作業場所達到「無塵」之環境，其已被研究證實可很有效的去除 0.3 μ m 粒徑以上或以下之顆粒，而對粒徑 0.3 μ m 顆粒之去除率至少可達 99.97%。雖然高效率顆粒氣體過濾系統可有效的補捉顆粒及感染性物質，卻無法有效去除揮發性化學物質或氣體。

表 8-4 排氣櫃特性之比較(美國 CDC 及 NIH, 1999)

生物安全 排氣櫃等級	進流氣體 流速(fpm)	氣體流動型式	應用	
			非揮發性有毒化學 物質及放射性物質	揮發性有毒化學物 質及放射性物質
一級	75	由前方流入，經 HEPA 後排 至外界或經 HEPA 後排入 屋內	有	有 ¹
二級(A)	75	70%氣體經 HEPA 後再循環 流回排氣櫃工作區域內； 30%氣體經 HEPA 後再排回 工作場所內或排出外界	有(微量)	無
二級(B1)	100	氣體經一專用輸送導管及 經 HEPA 過濾後排出外界	有	有(微量) ²
二級(B2)	100	無再循環；全部氣體經輸送 導管及 HEPA 過濾後而排 出外界	有	有(微量)
二級(B3)	100	同二級(A)；感染性物質對 工作場所內呈負壓狀態，氣 體經輸送導管及 HEPA 過 濾後排出戶外	有	有(微量) ²
三級	N/A	經兩個串聯 HEPA 過濾後 排出戶外	有	有(少量)

註：1.排氣櫃內可能需要安裝一條特殊導管至戶外、一個線上活性碳過濾器及防爆馬達及其它電氣零件等。

2.化學物質濃度不應接近化合物較低之爆炸限值。

四、感染性物質之廢水處理與排放

含感染性物質之廢水來源很多，包括醫療院所、生技機構或研究檢驗單位等所排放之含廢檢體、廢血液及血清等之廢水、含有隔離病房病人或其他具傳染病病人排泄物之廢水及其清洗廢水、實驗動物籠舍或糞尿清洗之廢水、手術或解剖室產生之廢水、實驗或檢驗器具之清洗廢水等。

感染性物質之廢水應採用有明顯標示且不會滲漏之堅固容器來收集，收集管路應儘量採密閉式，減少感染性生物氣膠造成污染之機會，並在排放至污水下水道系統前必須先被妥善消毒、滅菌處理，而貯存容器於廢水排放後應以自來水清洗並加消毒劑消毒後再排入污水下水道。消毒方法較常用者有加氯消毒及臭氧消毒兩種，而經加氯消毒之感染性廢水最好能先停置至隔日後再排入下水道內。

加氯消毒：通常以液態氯或次氯酸鈉在水中形成之次氯酸 (HOCL) 及次氯酸根離子 (OCL⁻) 來達到消毒效果。次氯酸及次氯酸根離子被稱為自由有效氯 (free available chlorine)，其為有效之消毒劑。若採家用漂白水來消毒的話，其通常含有 5.25% 有效氯或 52,500ppm 之濃度，在加水稀釋 10 倍且消毒 30 分鐘後，應可有效達到消毒效果。

臭氧消毒：因臭氧具強氧化性，會使細胞壁碎裂（細胞裂解）而達到有效殺菌效果；臭氧同時也是有效之殺病毒劑，通常被認為是比氯較為有效之消毒方法，且臭氧同時具有除色及除臭之功能；然其缺點為消毒作用之不具持續性。

五、感染性物質之貯存、輸送及廢棄處理

(一) 感染性物質之貯存

含感染性物質之尖銳物品應貯存在不滲漏、堅固、防穿透且耐久的塑膠容器，該容器應具明顯顏色且有緊密封蓋。含感染性物質之流體應存放於不滲漏、堅固且耐久的容器中，該容器中應含有消毒水或其他化學消毒劑，且應於容器上明顯貼上感染性物質之標誌並加註「感染性物質」之警示標語。感染性物質之貯存溫度須依其特性而定，例如 37°C、4°C 或更低之溫度等。

(二) 感染性物質之輸送

感染性物質之輸送包括感染性物質之包裝及以空運、海運或路運之運送等，處理及運送時間愈短將有助於感染性物質之分離或然率，且運送過程儘量將其置放於低溫貯藏箱或貯藏櫃內。感染性物質之輸送應能確保公眾及作業人員在運送過程避免暴露到包裝內之感染性物質，故要達到適當之保護作用應注意事項主要有：

1. 確保包裝堅實牢固，並確認液態感染性物質不會溢出。
2. 確認包裝上有感染性物質之標示、特性說明及其它必要之警告標誌。
3. 確認包裝上有關感染性物質之特性說明，於緊急狀況發生時可提供必要之資訊。
4. 確認運送人員有足夠訓練，熟悉感染性物質特性及處理緊急狀況的能力。

因此，感染性物質在輸送前，安全之包裝工作及正確之標示是非常重要的，必須符合 UN 規定的包裝標準，包裝材料必須通過測試並符合我國環保署或 UN 包裝標準。若根據 UN 認可之感染性物質包裝及標示規定，感染性物質是採基本三層包裝設備（一些醫療檢體也是採三層包裝）(WHO, 1997)，概述如下（詳圖 8-17）：

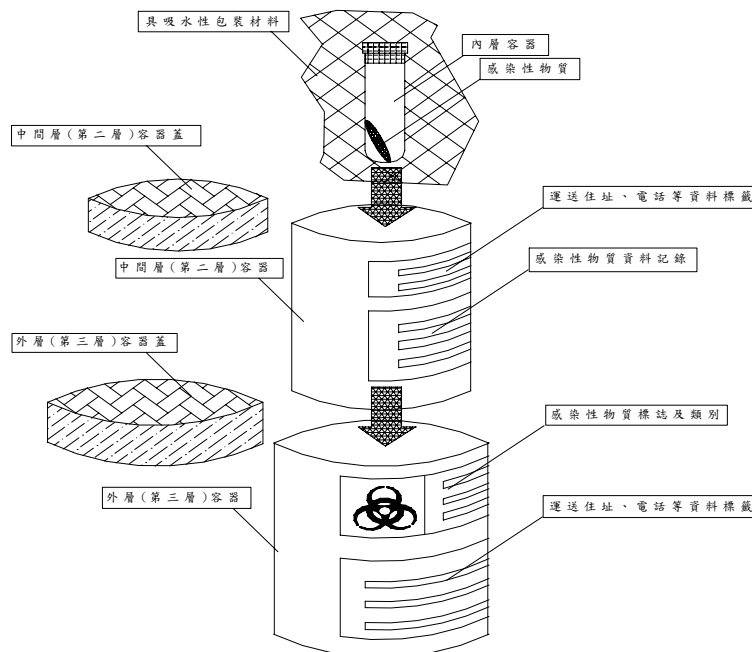


圖 8-15 感染性物質基本三層包裝設備示意圖

- (1) 內層容器 (primary receptacle)：本層為裝有感染性物質且具防水及防漏功能之容器，容器外面（與中間層間）再以吸水性材料填塞，以避免液體滲漏或萬一滲漏發生時吸附滲漏液用。
- (2) 中間層容器 (secondary packaging)：本層為具耐久、防水及防漏特性之容器，用以包覆及保護內層容器。本層容器內可同時承裝幾個分別均包覆有吸水性材料之內層容器，此時吸水性材料也具有減少內層容器相互撞擊之功能。本層容器外應標貼有關感染性物質之名稱及特性等相關資料，並最好也註明運送者及接收者之資料等。
- (3) 外層運送包裝 (outer packaging)：本層係保護中間層容器及內容物，以避免遭受物理性破壞及防水侵入，其外部應有「感染性物質」標誌及「感染性物質」(infectious substance) 標語（詳圖 8-7~8-10），若為醫療檢體則應貼上「感染性物質」之標誌及「醫療檢體」(clinical specimens)之標語（詳圖 8-18）。另外，外層亦應標示有遞送單位及接收單位之名稱、住址與電話、UN 規定之運送名稱（如影響人體或動物之感染性物質）、UN 之運送編號及貯存溫度等相關資料。



圖 8-16 「醫療檢體」(clinical specimens)標語示意圖

(三)感染性物質之廢棄處理

感染性廢棄物之定義乃指醫療院所、醫學研究單位及生物科技相關機構等，在其醫療診治、研究開發或製造生產等過程中所產生含有細菌、病毒、黴菌、寄生蟲等微生物之廢棄物。依據廢棄物清理法規定，有害事業廢棄物應與一般事業廢棄物分開貯存，同時亦不得與一般廢棄物或一般事業廢棄物合併清除及處理。產生事業廢棄物之事業單位，其廢棄物應自行或委託公、民營廢棄物清除、處理機構負責清除、處理之。

感染性廢棄物之廢棄處理應包括貯存、清除及處理等三部分，其中感染性廢棄物之貯存包括鑑定、分類包裝與標示及貯存，清除工作包括收集與運送，而處理則包括中間處理及最終處置。

1. 感染性廢棄物之鑑定

依據行政院環保署 88 年 1 月 13 日修正公告之「有害事業廢棄物認定標準」中所指的感染性事業廢棄物為：醫療機構、醫事檢驗所、醫學研究單位、生物科技機構及其它事業機構於醫療、檢驗、研究或製造過程中產生之廢棄物，其共分為下述 10 類：

- (1) 廢棄之感染性培養物、菌株及相關生物製品
- (2) 病理學廢棄物
- (3) 血液廢棄物

- (4) 廢棄之尖銳器具
- (5) 受污染之動物屍體、殘肢及用具
- (6) 手術或驗屍廢棄物
- (7) 實驗室廢棄物
- (8) 透析廢棄物
- (9) 隔離廢棄物
- (10) 其他經中央主管機關公告者

2. 感染性廢棄物之分類包裝與標示及貯存

參考「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第十一條內容，有關感染性事業廢棄物之分類包裝與標示及貯存方法如下：

- (1) 可燃性感染性廢棄物：應以紅色可燃容器密封貯存，並標示感染性事業廢棄物標誌。此類廢棄物之貯存規範為常溫下貯存者，以一日貯存時間為限，於攝氏五度以下冷藏者，以七日貯存時間為限。
- (2) 不可燃性感染性廢棄物：應以不易穿透之黃色容器密封貯存，並標示感染性事業廢棄物標誌。此類廢棄物在該法規中並無明文規定貯存時間，然一般仍以常溫下不超過十四日貯存時間為限。
- (3) 可燃性感染性廢棄物規定之貯存時間、溫度及感染性事業廢棄物標誌，應標示於容器明顯處。不可燃性感染性廢棄物採焚化法處理者，得依可燃性感染性廢棄物之規定貯存，但貯存容器應以不易穿透材質為限。

3. 感染性廢棄物之收集與運送

依據「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第二十二條規定，感染性廢棄物之收集與運送必須遵循以下幾項原則：

- (1) 以不同顏色容器貯存之廢棄物不得混合清除，但以黃色容器貯存之感染性事業廢棄物採焚化法處理者，不在此限。
- (2) 於運輸過程，不可壓縮及任意開啟。
- (3) 不可燃感染性廢棄物直接清除至最終處置場所前應先經滅菌處理。
- (4) 運輸途中應備有冷藏措施。

4. 感染性廢棄物之中間處理及最終處置

依據「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第二條，所謂處理係包括中間處理、最終處置及再利用。中間處理是指事業廢棄物在最終處置前，以物理、化學、生物、熱處理或其他處理方法，改變其物理、化學、生物特性或成分，達成分離、減積、去毒、固化或安定之行為。最終處置是指衛生掩埋、封閉掩埋、安定掩埋或海洋棄置事業廢棄物之行為。再利用是指事業機構產生之事業廢棄物自行販賣、轉讓或委託做為原料、材料、燃料、填土或其他經中央主管機關及目的事業主管機關認定之用途行為，並應符合本標準規定者。

感染性物質在廢棄前或由作業場所移除前必須先行滅菌消毒，滅菌消毒時間得視廢棄感染物質之類型、體積、含水量及貯存容器型式及高壓滅菌之溫度、壓力與負荷等而定。表 8-5 為美國環保署建議之感染性廢棄物滅菌消毒處理方法。

表 8-5 美國環保署建議之感染性廢棄物滅菌消毒處理方法

廢棄物種類	高壓滅菌	焚化	熱處理	化學消毒 ¹	其他
隔離廢棄物	✓	✓			
感染原培養物	✓	✓	✓	✓	
人血及產品	✓	✓		✓	✓ ²
病理廢棄物	✓ ³	✓			✓ ⁴
尖銳物	✓	✓			
感染的動物殘骸、肢體					
• 殘骸、肢體	✓ ³	✓			
• 墊具		✓			
透析廢棄物	✓	✓			✓ ⁵

註：1.最適合液體廢棄物；2.滅菌後可納入下水道系統；3.以埋葬取代；4.高壓滅菌後，應焚化或磨碎後沖洗至下水道系統；5.氣體滅菌。

依據「感染性事業廢棄物清除法」之規定，感染性廢棄物之中間處理方法通常採焚化法或滅菌法為主。

- 1.焚化法處理：除焚化設施應有堅固之基礎結構外，設施與廢棄物接觸之表面應採抗蝕及不透水材料構築；設施周圍應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施；焚化設施之燃燒室出口中心溫度應保持1000°C以上，燃燒氣體滯留時間要在1秒以上，燃燒效率要達99.9%以上。
- 2.滅菌法處理：滅菌法是指在一定時間內，以物理或化學原理將感染性廢棄物中微生物完全消滅之處理方法。根據衛生署90年4月26日公告「部分感染性醫療廢棄物滅菌處理標準及相關規定」，部分感染性醫療廢棄物滅菌處理標準係以枯草桿菌芽孢（*Bacillus subtilis* spores）或嗜熱桿菌芽孢（*Bacillus stearothermophilus* spores）作測試，其清除率（reduction rate）可達5 log₁₀（即99.999%）之滅菌效能。

8.4.2 行政管理

除了工程控制技術外，職場上生物感染性物質之危害控制尚須著重一般行政管理。針對可能具有感染性物質危害之職場而言，其一般行政性管理主要係指管理人員之建制及任務分配、教育訓練、作業環境與個人衛生管理、作業環境之安全管制及作業人員之健康檢查等。

一、管理人員之建制及任務分配

任何作業環境可能與感染性物質相關之機構或職場均應建立一套完善之健康與安全維護計畫，以避免對員工及公眾之健康與安全造成危害，同時能提升員工

對作業場所可能存在之感染性危害有所認知與瞭解，及確認能滿足相關法規之要求等。因此，作業環境可能與感染性物質相關之機構或職場均應有適當之生物安全維護之組織架構、安全政策、安全操作手冊及安全實施計畫等，而該機構或職場之高層主管應負責推動，建立感染管制委員會或感染控制小組等，並指派生物安全管理師或專業人員協助之。雖然如此，職場安全仍為全體員工之責任，並應定期委託專家或外部第三單位進行職場安全之稽核，以確保工作環境之安全及員工之健康。

作業場所之生物安全管理師或專業人員通常須具微生物專長或生物性感染專業技術，應代表機構高層主管負責確認職場安全之實施能符合所訂之政策與計畫，其主要責任至少包括如下：

1. 定期實施感染性物質與設備之安全審核及檢討內部防治與處理技術之狀況，並能提供最新之職場安全資訊。
2. 確認職場或作業場所內所有人員之健康與安全，確認在任何情況下所有工作之施行均依照政策規定與作業標準來執行。
3. 所有與感染性物質有關之研究或計畫均應提供安全規範，並隨時檢討違反安全政策之緣由。
4. 確認所有員工均已接受適當之教育訓練、已熟識工作環境中可能存在或產生之感染性物質及已有能力處理感染性物質，且須持續提供所有作業人員安全教育訓練。
5. 實施感染性物質之意外事件及潛在意外發生可能性之調查，並將結果或建議向機構高層主管及安全委員會呈報。
6. 提供職場可能感染員工之協助及疾病追蹤。
7. 確認感染性物質意外洩漏之處理程式。
8. 確認感染性廢棄物之正確處理作業。
9. 建立致病之感染性物質資料、運送與處置程式及通報程式等。
10. 查核職場所有作業規定及操作程式之安全性。
11. 建立緊急事故處理之組織架構及聯繫管道。

二、教育訓練

定期且持續之教育訓練對在具感染性危害之作業環境下之作業人員是相當重要的，而該作業單位之主管及生物安全管理師在此教育訓練工作上扮演著重要之角色。有效之生物安全教育訓練計畫必須考慮以下幾項重要因素：

1. 應確認教育訓練之工作項目及重要性，並擬定達成教育訓練工作之執行步驟。
2. 建立教育訓練之目標，即受訓者在完成教育訓練後能在工作上達到預期之行為及成果。
3. 規範教育訓練之內容與方法。
4. 應考慮受訓人員之個人學習差異性。
5. 應能提供受訓人員有機會練習與實際處理感染性危害之狀況。
6. 應對教育訓練成效進行評估，評估方式至少包括受訓人員對感染性物質及其處理與危害防範技術等之認知、受訓人員對感染性危害之實際處理反應等。

在具感染性危害之職場中，相關作業應由具有完整訓練之員工來擔任，所有作業人員必須持續接受專業之教育訓練，職前訓練或實習中之新進人員必須在有經驗及完整訓練之員工監督下進行相關作業。

三、作業環境與個人衛生管理

任何與感染性物質相關之作業環境內之工作面、家具表面與地板面等應採用容易清理且不易磨損或可耐酸鹼之材質，並於每日工作結束或告一段落時立即以適當之消毒劑或消毒清潔劑清理之。作業空間應足夠大，避免作業人員過於擁擠發生碰撞而造成感染性物質溢出或其他意外事件。作業環境應維持乾淨清潔，並儘可能加裝砂窗及砂門，以防止昆蟲、病媒之進入。任何使用完、已受污染、擬丟棄、欲送修或保養等之設備、儀器等均應事先完成消毒與滅菌工作。定期對作業環境之地面、工作桌面、家具面、手易接觸面（如門窗把手、樓梯或床邊扶手等）、空調系統及供水系統（如水塔）進行消毒清洗及監測。

所有作業人員均須有良好衛生安全習慣，工作服、手套、頭套等防護物品應依規定清洗、去汙、消毒或棄置，穿戴手套不宜接觸門窗之把手、水龍頭、電燈開關或其他一般人容易觸摸之位置。工作完畢後，應隨時清理消毒工作作面或設備儀器等。嚴禁於具感染性危害之作業環境內飲食、化妝、抽煙、嬉戲等，養成經常洗手之習慣，於結束工作離開作業場所前必須確實洗手，並除去防護衣及實驗衣等。所有感染性物質及其廢棄物之處理人員均須避免與該類物質直接或間接接觸，故必須養成穿著適當及正確之個人防護設備之習慣。作業環境應有一本生物安全操作手冊，該手冊應隨時更新，且所有作業人員必須確實遵循。所有作業人員應已完成必要之疫苗注射後，始可進入具感染性危害之作業環境。

四、作業環境之安全管制

通常具感染性危害之作業環境之生物安全規定多著重於一般性管理（如良好之工作習性、一般行政控管等）及工程控制技術（如適當之隔離設備、良好設計之設施等）。事實上，有關作業環境之安全管制（保全）亦相當重要，例如人員進出之管制、物品進出之管制等。作業環境之安全管理（safety management）與安全管制（security）是有相關但卻是不同的，前者是指利用一般性管理或工程控制方法以維護作業環境及人員之安全，避免遭受污染或感染；而後者則指對進出作業場所實施之管制措施，包括闖入、恐嚇行為及其它緊急事故等。實施作業環境之安全管制相當重要，特別針對會造成人體或動物嚴重或致命性之疾病者及屬於生物安全等級第3級與第4級之作業環境等均應具有適當之安全管制措施。基本上，該作業環境區之安全管制措施包括如下：

1. 對具有或潛在有感染性危害之場所實施進出管制：

具感染性危害之作業環境（如檢驗室、實驗室、細菌培養室及實驗動物飼養區等）應設置於樓層盡端、獨立成室及主建築物之下風處等，不宜與建築物公眾出入頻繁之區域夾混在一起且應隨時閉鎖。作業人員進出應使用刷卡鎖或其他類似裝置，並儘量能詳細登錄人員姓名、證件、辦理事宜、進出時間等（特別是訪客、維修工人等）。

2. 隨時掌握作業場所內之人員狀況：

作業人員均應配戴貼有本人照片、姓名及有效期限之識別證件，對不同生物安全等級之作業環境最好能採用不同顏色或符號之識別證件以利分別。訪客亦須配戴其他易辨識之識別證。對擬新聘用之人員應先進行背景查核。

3. 隨時掌握進出作業場所之物料：

所有包裹應先經 X 光檢查後始可進入作業場所；含有檢體、細菌或病毒之

包裹應於生物安全排氣櫃或其他安全隔離設施內開啟之；所有擬被帶出及運送之感染性物質均應先依照相關規定進行包裝及標示，確認運送過程包裝之堅固緊密性與安全性，並應避免以手攜帶具生物性感染物質之遞送方式；感染性廢棄物運離作業場所前應先消毒滅菌處理。任何儲存感染性物質之冰箱、冷凍庫、儲櫃或其他容器等應予上鎖，特別是針對那些放在作業人員較無法注意到處者。

4. 緊急事故應變計畫：

緊急事故應變計畫之擬定必須考慮到上述之進出管制措施可能使得緊急事故應變處理實施之不方便性，故擬定緊急事故應變計畫時，單位主管、安全管理人員、作業人員、安全管制人員及相關專家等均應能參與；而應變計畫之擬定必須多方面考量，包括火災、水災、地震、爆炸、炸彈威脅、電話恐嚇、感染性物質遺失或招竊、不明人士闖入等。作業場所之主管、安全管理及保全人員應建立一套完善之緊急事故聯繫架構，包括主管、作業人員、安全管理人員、保全人員、當地衛生主管單位及其它協力單位如環保單位、勞委會、消防隊、電力公司、水公司、瓦斯公司、電信公司、警察局、醫院等，及意外事故通報與調查之程式及方法。緊急事故發生時，必須通報協力單位有關感染性物質之類別及特性等，以利其採取適當且正確之處理方法。

習 題

- 1.請明暴露於生物物質可導致的三種健康危害，各舉一例，並分別敘述其危害特性與生物存活特性的關聯性。
- 2.請試舉三例說明生物性危害可能發生的職業環境。
- 3.請說明醫療照護人員面對呼吸道感染問題，所應建立的預防管理對策。
- 4.請說明發生在台灣南部洋蔥作業人員眼角膜感染事件的主要發生原因。
- 5.生物科技產業人員為何會出現職業性過敏？
- 6.試說明生物性作業環境測定的方法。

參考文獻

1. 張靜文 (1996 年)。工作環境空氣中存在的生物性危害。環保資訊季刊，15，37-45。
2. 張靜文 (1998 年)。醫護人員能免於肺結核感染嗎？。勞工安全衛生簡訊，32，2-3。
3. 張靜文 (1999 年)。南部地區洋蔥作業人員真菌暴露評估。計畫報告，IOSH88-H307，勞工安全衛生研究所。行政院勞工委員會。
4. 張靜文 (2000 年)。洋蔥作業人員眼角膜感染研究。計畫報告，IOSH89-H311，勞工安全衛生研究所。行政院勞工委員會。
5. 行政院勞工安全衛生研究所。<http://www.iosh.gov.tw/frame.htm>。
6. 衛生署疾病管制局 (2003)。我國嚴重急性呼吸道症候群 (SARS) 處置指引。
7. 衛生署 (2003)。傳染病隔離治療醫院指定辦法。
8. 莊侑哲 (1998 年)。工業衛生，高立圖書公司。
9. Pierce JR, Sims, SL., and Holman, GH., (1992) . Transmission of tuberculosis to hospital workers by a patient with AIDS. Chest; 101:581-2.
10. Maloney SA, Pearson ML, Gordon MT, et al.,(1995) . Efficacy of control measures in preventing nosocomial transmission of multi-drug resistant tuberculosis to patients and health care workers. Ann Intern Med.;122:90-95.
11. WHO, (2003) .Communicable Disease Surveillance & Response (CSR) on Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) <http://www.who.int/csr/sars/en/>
12. Kamps-Hoffmann, (2003) . SARS Reference -07/2003.
13. US CDC, (1994) . Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Facilities, October 28, 1994 / 43(RR13);1-132.
14. Hwang, Y.H., Chou, E.J., Chang, C.W., Chen, C.C., Ho, C.K., Chou, C.L., Lee, Z.Y. and Tseng, C.T., (2002) . Suspended Matters in Onion Farms and Their Potential Effect on Corneal Injury of the Harvesters, Arch. Environ. Health.,57(1):78-84.
15. Chang, C.W., Ho, C.K., Chen, Z.C., Hwang, Y.H., Chang, C.Y., Liu, S.T., Chen, M.J. and Chen, M.Y., (2002) . Fungi Genus and Concentration in the Air of Onion Fields and its Opportunistic Action Related to Mycotic Keratitis, Arch. Environ. Health., 57(4):349-354.
16. Biagnini, R.E., et al.,(1996) . “Hypersensitivity reactions and specific antibodies in

- workers exposed to industrial enzymes at a biotechnology plant,” *J. App. Toxicol.* 16(2):139-145.
17. Topping, M.D., et al., (1985). “Clinical and immunological reactions to *Aspergillus niger* among workers at a biotechnology plant,” *Brit. J. Ind. Medicine*, 42:312-318.
- Seaton A. and Wales D., (1994) .”Clinical reactions to *Aspergillus niger* in a biotechnology plant: an eight year follow up,” *Occup. Environ. Medicine*, 51.
18. Wald P. H. and Stave G. M. (1994); *Physical and Biological Hazards of The Workplace*. Van Nostrand Reinold