

局部排氣控制暨化學排氣櫃管理

陳春萬

勞工委員會勞工安全衛生研究所



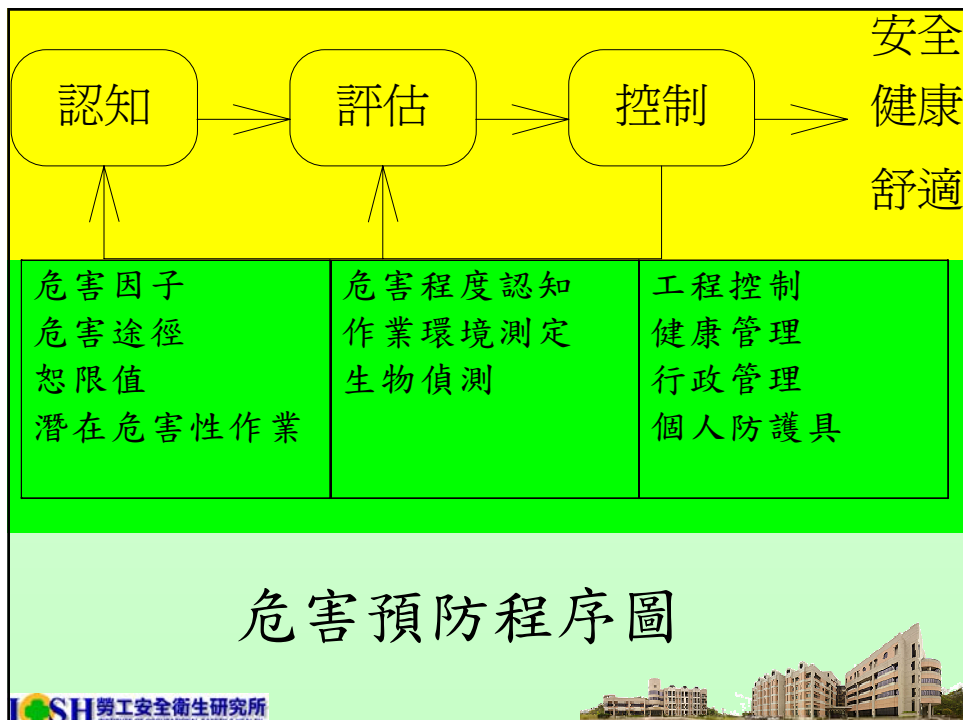
實驗室作業與產業製程差異

- ◆ 流程不固定: 與習知生產作業製程差異很大，作業分工不精細，臨時性、特殊性。
- ◆ 危害物少量而多樣: 物質可能較新，可能包含特殊物質，可能缺乏完整性質與毒性資料，。
- ◆ 逸散較無法評估: 可能特殊流程與特殊反應，可能產生非預期之反應、物質與能量。
- ◆ 一般實驗室接觸危害物時間較短、數量也可能較低，可能不會如產業界長時間高暴露於特定危害物。



實驗室作業可能危害因素

- 危害性不清楚(特殊物質，特殊反應，反應性安全性掌握少)高能量(高溫，高壓，高真空，高轉速)。
- 太靠近危害源(精密操作，近距離觀測紀錄，不易自動化)。
- 缺乏實際運作安全評估(臨時性實驗系統或特殊流程，可能有文獻或經驗性安全評估)。
- 控制防護措施不確實(未安裝，性能不確定，不知道使用，疏忽未使用)



寶石洗液濺滿身 老闆娘中毒亡

【聯合報／記者曾增勳、謝梅芬／連線報導】2010.11.15 02:58 am 【2010/11/15 聯合報】@ <http://udn.com/>

經營寶石生意的林姓婦人，誤信同業推薦「效果超好」洗滌液氫氟酸，用來洗滌寶石，她未戴手套，直接拿著抹布沾取未稀釋的氫氟酸擦拭，還濺到頸胸一身溼，幾小時後中毒身亡。

半個月前，林婦被放學的孫兒發現倒臥客廳昏迷，送醫不治，胸前皮膚、衣物、雙手都有黑色疑似燒焦、腐蝕痕跡，浴室留有剩下的氫氟酸，浴室瓷磚也有明顯褪色痕跡。檢警相驗，林婦因低血鈣、高血鉀中毒，懷疑可能不了解氫氟酸使用及防護，清洗過程中，身體、四肢接觸過多的氫氟酸，導致前胸、四肢嚴重灼傷，吸入過多氫氟酸煙霧中毒致命。

「從未聽過寶石要用酸來清洗。」高市金寶成銀樓負責人李明道說，寶石不太容易髒，戴久了失去光澤，頂多用洗潔劑洗一下，如有縫隙不易除垢，浸泡一晚，再用牙刷「刷一刷」，就會變得光亮。此外，民間也有用牙膏清洗。除非是專業想要去除寶石中的不佳成分，才需用酸洗。因此專業的寶石業者會用酸除去黑色成分。警方表示，寶石業者為增加寶石淨潔光亮度，常使用工業用的氫氟酸液，五十歲從事寶石的林姓婦人，為清洗水晶、寶石，聽信他人建議使用氫氟酸。家屬表示，家中從未購買類似洗滌液，不知道從何而來？可能是借來試用的。

案例：25%TMAH暴露

- 民國92年12月，南科一維修工程師意外暴露25%TMAH，造成29%全身體表面積灼傷，一小時內送醫即呈現到院前死亡，急救後需插管維持生命跡象，但仍於十天後不治死亡。據隨行廠護表示，該病患為加工廠外包工作人員，於廠內進行維修檢視時意外由頭上淋濺TMAH溶液，約15分鐘後發現時，已癱倒在地，呈現全身無力虛脫，口角大量分泌唾液，但仍能以言語表示遭受TMAH淋濺。
- 96年2月16日凌晨2：10，因氣壓輸送泵無法將大分裝置過濾之TMAH送至槽車，陳員請領班康員協處理，於是打開過濾器櫃之門察看，此時氣壓輸送泵出口端90°彎管前方接頭之螺帽裂隙噴出TMAH，二人均被噴濺。雖立即自行緊急沖淋，康員並請同事叫救護車，但終與陳員先後不支昏迷，同事分別對二人施行CPR2:30及2：45二部救護車分別將康員及陳員送往小港醫院和802醫院。據救護人員回報：二人到院前均呈心肺衰竭狀態(或稱到院前死亡)



男男口交 喉嚨長菜花

壹蘋果網路【邱俊吉、高麗玲／台北報導】2007/8/20

口交會使口腔黏膜感染人類乳突病毒（Human Papillomavirus, HPV），長出乳突瘤，一名已婚中年男子近兩周覺得喉嚨有異物，就醫發現會厭上方長瘤，化驗確認為感染HPV長出「菜花」，因感染位置很深，醫師懷疑是「男男口交」導致。

IOSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH

雷射燒菜花 醫師也中鏢

張離文／台北報導2004.02.19 中國時報

- 病人長「菜花」，醫生竟成受害者！最近有位皮膚科醫師為病人燒菜花，被汽化的菜花煙塵噴到臉（「彈」到臉），結果臉上長出菜花。無獨有偶，其他兩家醫學中心也有醫師因為吸入菜花煙塵，鼻子和咽喉長了菜花，成了始料未及的職業災害。
- 據了解，許多燒菜花有經驗的醫師都會全副武裝並戴上防護面具、N95口罩，使用抽吸煙塵器具。

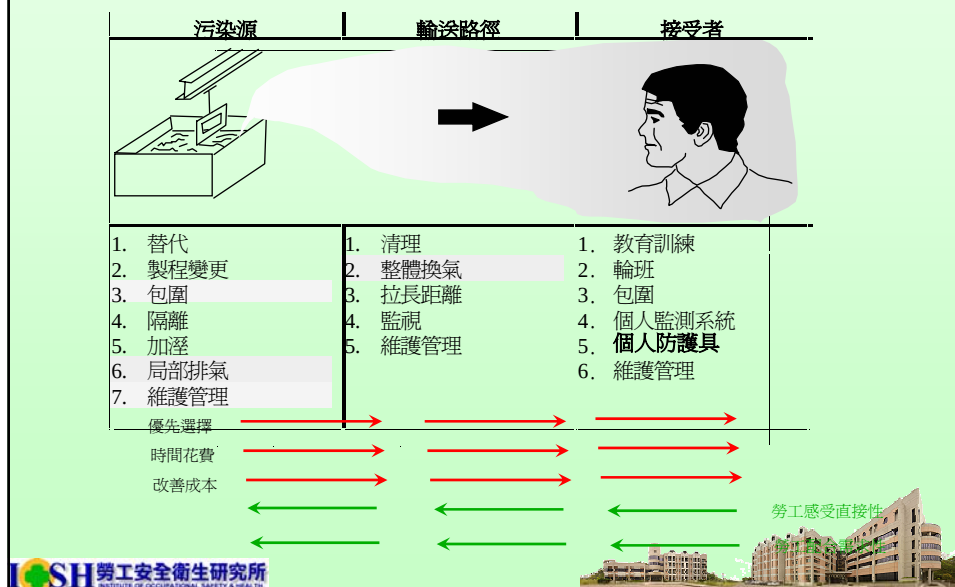
實驗室作業仍需控制防護

- 知識水準較高，安全衛生要求較高，較能遵守相關規定。
- 實驗室可能接觸危害物種類多、未知性高，風險不確定性高，可能需採取更適當措施。
- 實驗室作業程序雖較為複雜，適當規劃下，應該都是預期反應作業，只要規劃時一併考慮安全衛生問題，應該很容易採取適當控制防護措施，降低可能之暴露。
- 職業衛生規範原則，仍可提供實驗室危害認知、評估與控制參考。過去職業衛生規範一般針對大量且長期使用的化學製程所提出之建議措施，對於實驗室作業，必須適當調整。

IOSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



職業衛生危害物控制措施



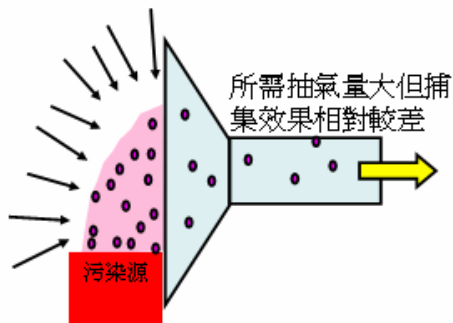
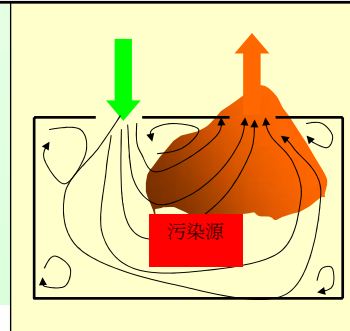
常見實驗室危害預防建議

- 若有數種化學品或方法都能達到實驗目的時，當選用較安全的化學品或方法。
- 實驗前要瞭解所使用化學品的危險、安全預防措施及緊急處理步驟。
- 進行任何實驗操作前，必須熟悉正確的操作步驟並了解操作中可能發生的危險及安全預防措施。
- 改變實驗的用量、反應試劑、步驟等都可能改變風險，增加危險，只有在對實驗有深入了解審慎許可下才可變更。

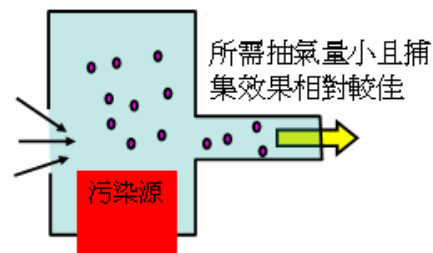


危害物範圍的控制概念： 稀釋、驅動與包圍

透過氣流導引降低危害物濃度
透過吸氣作用將危害物導引入排氣系統

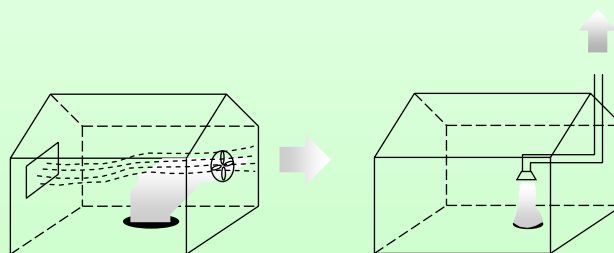


外裝式氣罩抽氣現象



包圍式氣罩抽氣現象

通風分類—整體換氣與局部排氣

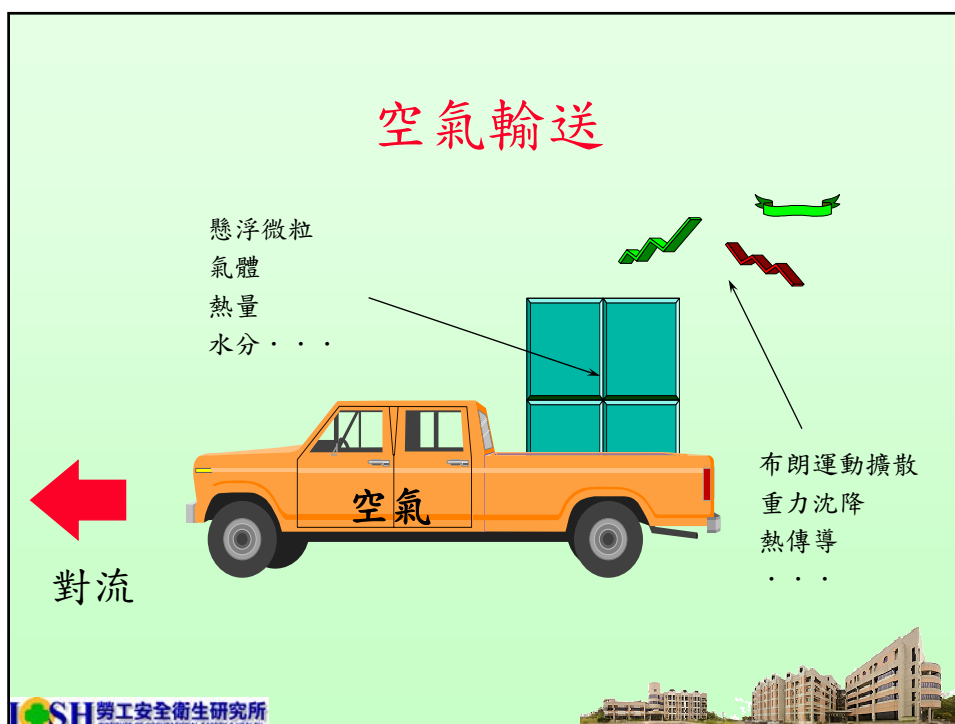


整體換氣

- 自然換氣
- 機械換氣

局部排氣





風在哪裡？

- 火焰上升
- 蒸汽上升
- 樹葉搖晃
- 戶外自然通風



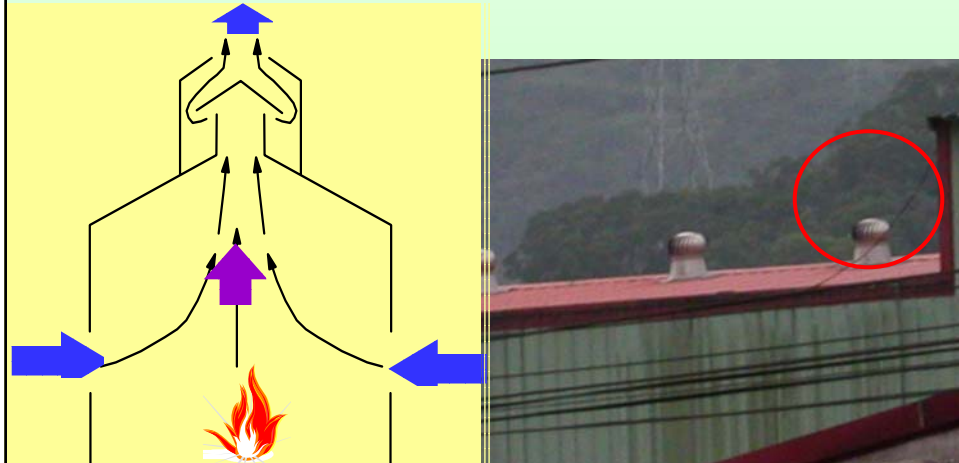
生活上通風案例--廁所 二高關西休息站



整體換氣動力--自然力

溫差(太子樓)

風力(屋頂渦流自然通)



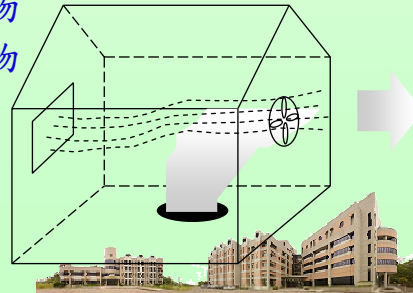
生活上通風案例

--煙囪 埔里廟宇及木柵焚化爐

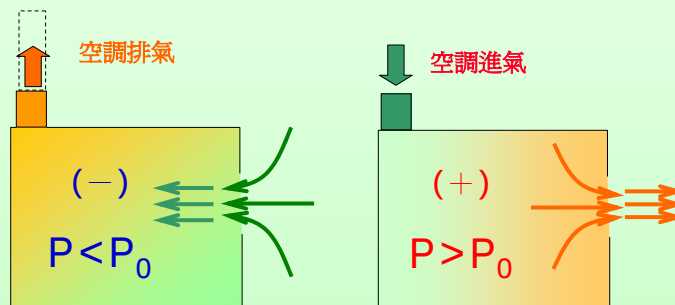


整體換氣設備功能

- 空調?冷氣?處理封閉的限定空間空氣之後過程，同時控制其溫度、濕度、潔淨、氣流、噪音及風量分配，使其符合空間使用者要求的設施。
- 提供新鮮空氣
- 溫濕壓力環境調節
- 稀釋已溢散之有害物與危險物
- 排除已溢散之有害物與危險物



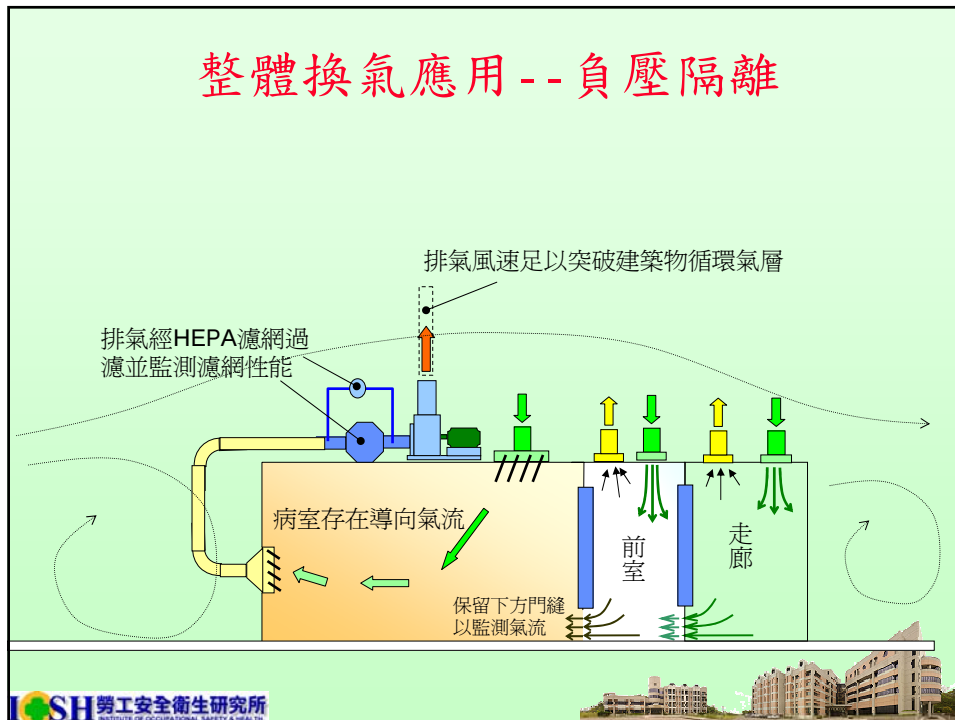
整體換氣應用(限制氣流?) 何謂負壓?何謂正壓?



P = 室內氣壓， P_0 = 室外氣壓，請注意氣體流經邊界時的運動軌跡。

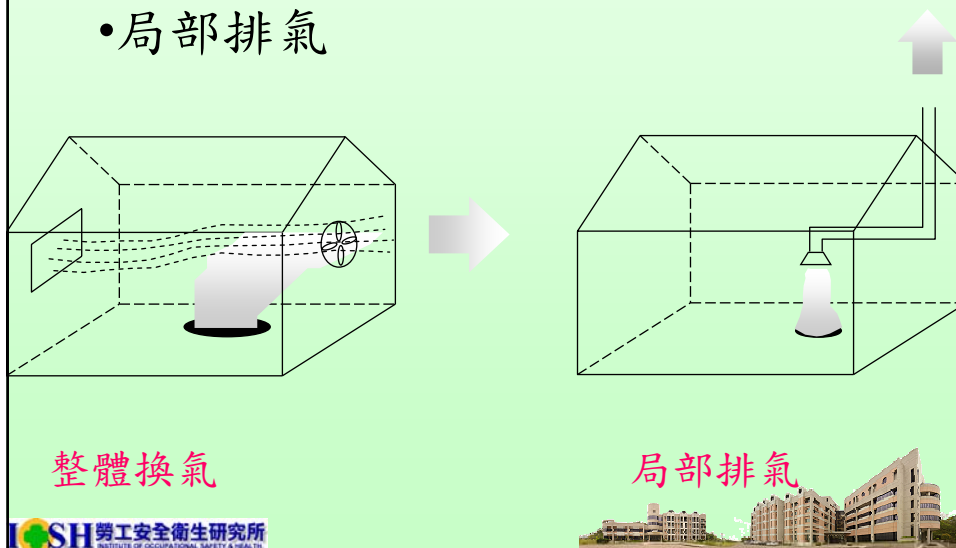


整體換氣應用--負壓隔離



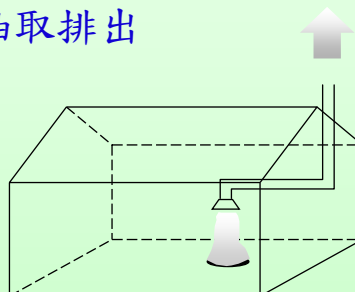
通風的類型

- 整體換氣
- 局部排氣



局部排氣

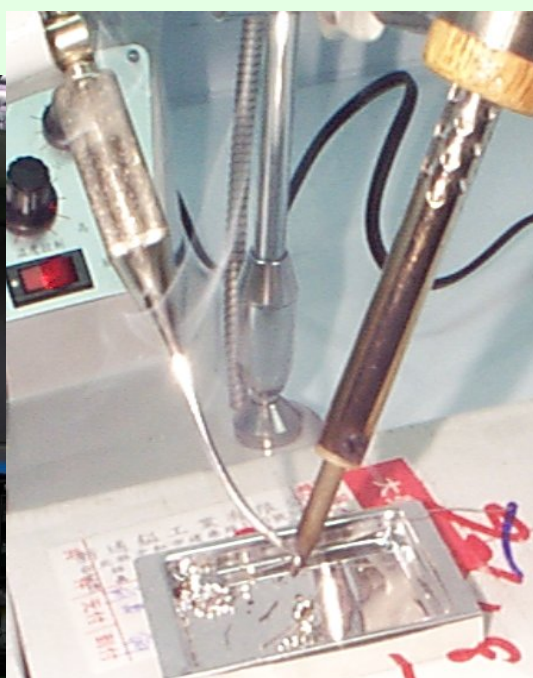
- 將污染物自污染源處抽取排出
- 保護效能較高
- 空氣需求量較小
- 效能較穩定
- 機構較複雜



局部排氣



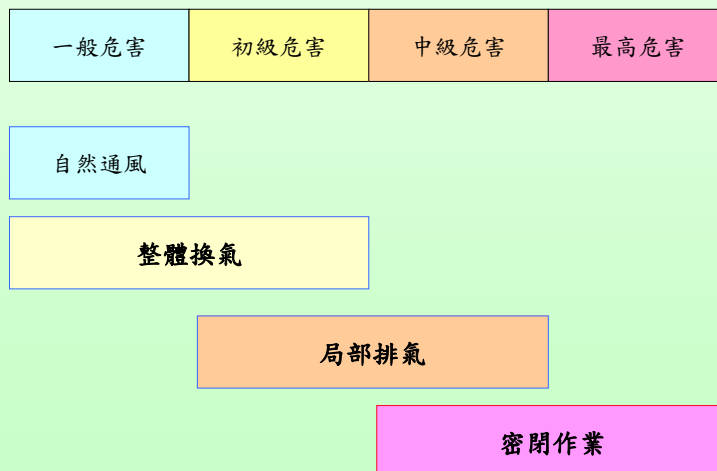
學校常見的危險物 --化學蒸汽，軟焊



通風案例 --實驗室



有害物依健康風險而採取不同控制措施



特定化學物質危害預防標準

中華民國九十七年七月三十一日行政院勞工委員會勞安 3 字第 0970145746 號令修正發布第 2 條條文

•第13條

•雇主使勞工處置、使用乙類物質(如二甲氧基聯苯胺、鉍)，將乙類物質投入容器、自容器取出或投入反應槽等之作業時，應於該作業場所設置可密閉各該物質之氣體、蒸氣或粉塵發生源之密閉設備或使用包圍型氣罩之局部排氣裝置。

第16條

雇主對散布有丙類第一種物質(如氯，硫化氫，HF，苯)或丙類第三種物質(如鉻酸，錳，鎘，汞)之氣體、蒸氣或粉塵之室內作業場所，應於各該發生源設置密閉設備或局部排氣裝置。但設置該項設備顯有困難或為臨時性作業者，不在此限。

依前項但書規定未設密閉設備或局部排氣裝置時，應設整體換氣裝置或將各該物質充分濕潤成泥狀或溶解於溶劑中者，不致於危害勞工健康之程度者。

第38條

雇主設置之密閉設備、局部排氣裝置或整體換氣裝置，應由專業人員妥為設計，並維持其性能。



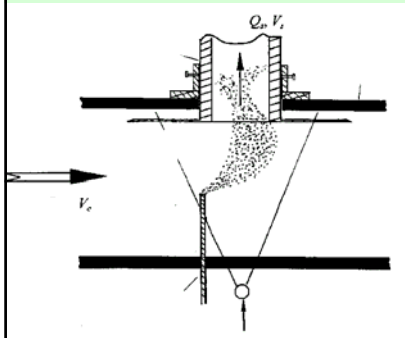
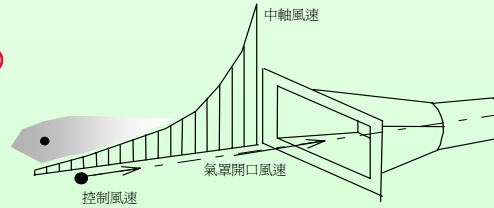
如何決定氣罩風量

- 達到控制風速要求
- 達到抑制濃度要求
- 作業人員個人採樣
- 煙霧測試或追蹤氣體
- 方法：
 - 測試（建議採用）
 - 圖表或經驗公式



通風系統之性能

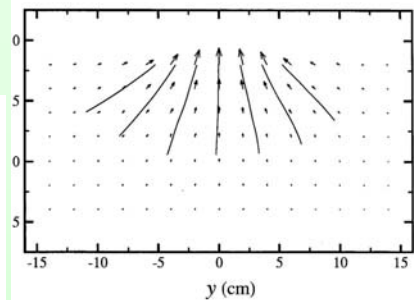
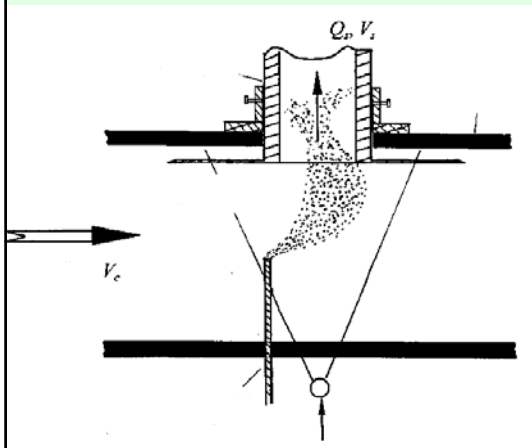
- 風速(控制風速有害物發生源距氣罩開口面最遠一點測得氣罩風速。)
- 測定點選定問題。
- 各種影響氣流因素。



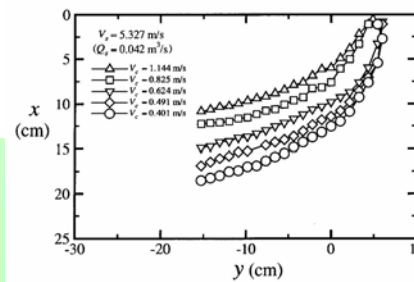
可視化。
濃度。
風速。



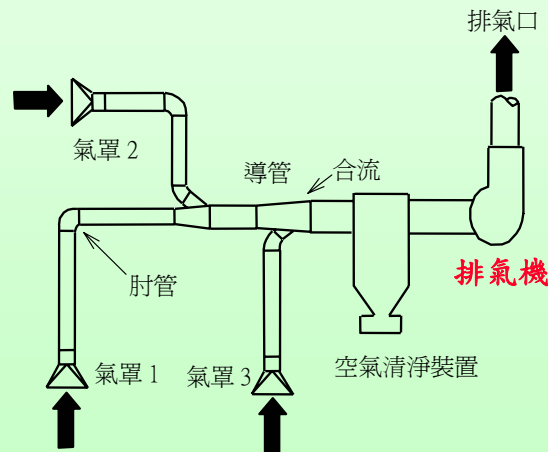
氣罩捕集區



無側風下氣罩捕集區
側風影響捕集區情形



典型局部排氣裝置



- ✓ 風速
- ✓ 風量
- ✓ 氣罩與管道尺寸
- ✓ 壓力差與排氣機需求



特定化學物質危害預防標準

中華民國97年7月31日行政院勞工委員會勞安 3 字第 0970145746 號令修正發布第 2 條條文

第17條 雇主依本標準規定設置之局部排氣裝置，依下列規定：

- 一、氣罩應置於每一氣體、蒸氣或粉塵發生源；如為外裝型或接受型之氣罩，則應接近各該發生源設置。
- 二、應儘量縮短導管長度、減少彎曲數目，且應於適當處所設置易於清掃之清潔口與測定孔。
- 三、設置有除塵裝置或廢氣處理裝置者，其排氣機應置於各該裝置之後。但所吸引之氣體、蒸氣或粉塵無爆炸之虞且不致腐蝕該排氣機者，不在此限。
- 四、排氣口應置於室外。
- 五、於製造或處置特定化學物質之作業時間內有效運轉，降低空氣中有害物濃度。
- 六、控制風速應符合左列規定，但氣罩外側測點之特定化學抑制濃度符合附表二之值時，不在此限。（已於民90年版修訂）

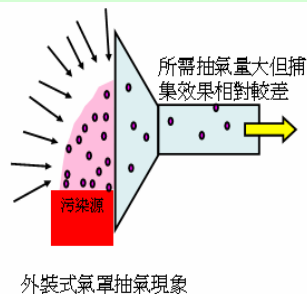
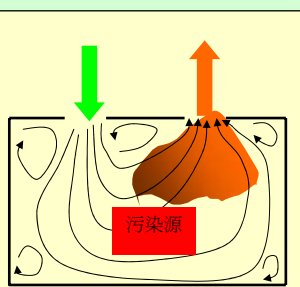


局部排氣裝置設置原則：

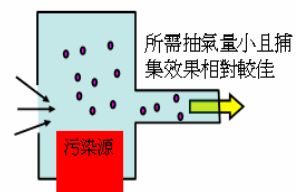
- 短導管（尤其是室內）
- 避免轉彎
- 排氣機位於空氣清淨裝置下游
- 抽氣全部排至室外
- 排氣機下游導管避免通過作業場所
- 導管內風速維持於一定值（搬運風速）以上



危害物範圍的控制概念：稀釋、驅動與包圍

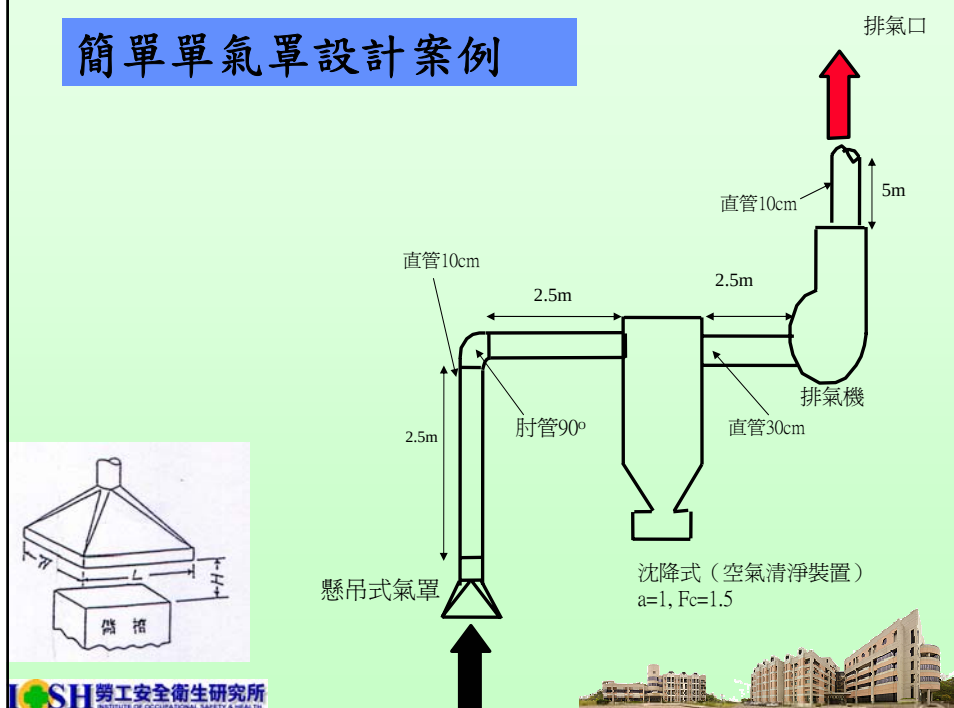


外裝式氣罩抽氣現象



包圍式氣罩抽氣現象

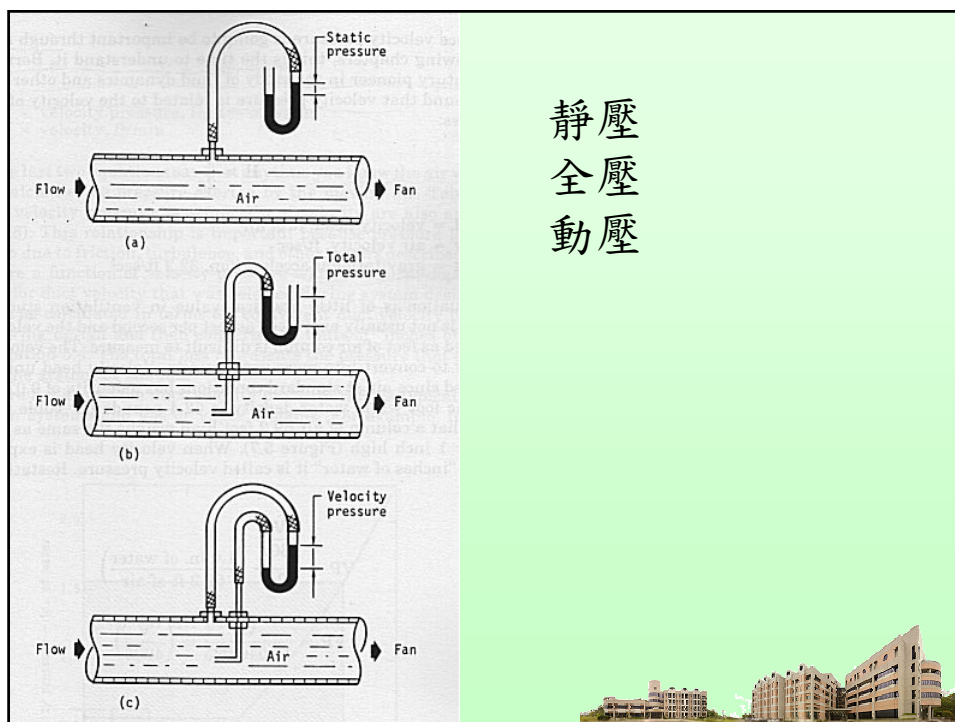
簡單單氣罩設計案例



氣罩壓力損失係數

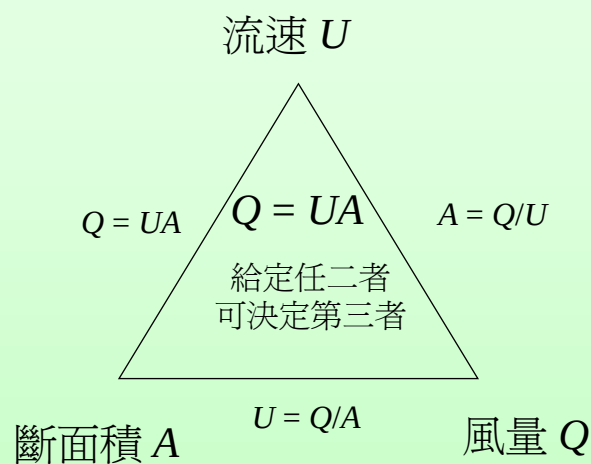
氣罩型式	敘述	氣罩壓力損失係數 C_{hood}	進入損失係數 C_{entry}
	以導管開口為氣罩	0.93	0.72
	以導管加凸緣之開口為氣罩	0.49	0.82
	鐘型開口	0.04	0.98
	崗亭式與直接連接導管	0.50	0.82
	崗亭式與圓滑入口	0.06-0.10	0.95-0.97

氣罩口阻抗特性	
氣罩流入係數 C_e	0.89
換算氣罩壓力損失係數 C_{hood} 或全壓損失係數 F_T	0.250
換算氣罩靜壓損失係數 F_S	1.25
氣罩工作特性	
周長（長0.5m，寬0.5m）	2
高度0.5m	0.5
風速0.3 m/s	0.3
氣罩風量要求(m^3/min)	25.20
氣罩風管直徑(cm)	10.00
計算氣罩風管截面積(m^2)	0.00785
計算氣罩風管搬運風速(m/s)	53.5
計算氣罩風管動壓(mmAq)	174.96



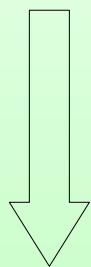
局部排氣導管設計基本要求

- 每一氣罩風量須高於需求值
- 每一導管風速須高於搬運風速
- 其他考慮因素：
 - 導管內物質濃度
 - 風速上限：靜電、管壁摩耗、物料損失

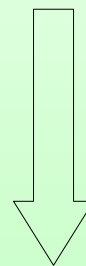


如何決定搬運風速

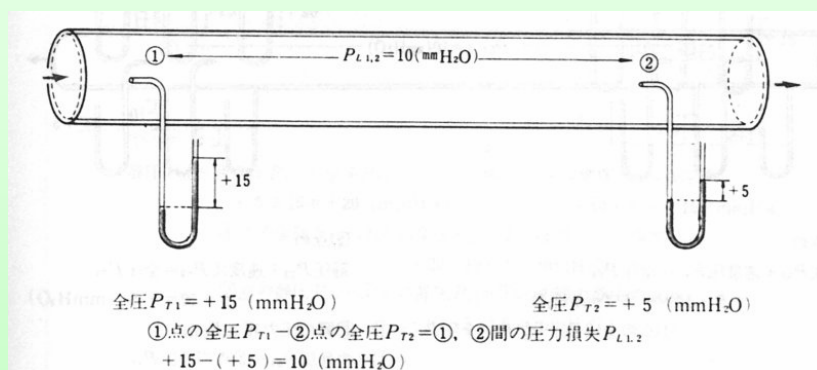
污 染 物	例	搬 運 風 速 (m/s)
蒸氣、氣體、煙塵	所有蒸氣氣體與煙塵。	任何風速均可 (以 5-6 m/s 較為經濟)
煙煙	鋅與氧化鋁煙煙。	7-10
非常微細的輕灰塵	棉紗、木粉、石粉。	10-12.5
乾粉塵與細粉	細橡皮塵、電木粉塵、棉塵、輕刮屑、肥皂粉塵、皮革刮下屑。	12.5-17.5
一般工業粉塵	重且濕的鋸木屑、研磨塵、乾磨光絨、毛黃麻塵 (振盪器廢渣)、咖啡豆、製鞋灰塵、花崗岩塵、矽粉、一般物料處理、初磚、黏土塵、石灰石塵、紡織工業中棉的打包與稱重時放出的粉塵。	17.5-20
重粉塵	金屬塵、噴砂灰塵、木塊、豬廢料等處理粉塵。	20-22.5
重或潮濕粉塵	鉛塵夾有小鑄塊、潮濕黏合粉塵、切管機切管時之石棉或塑膠塵、具黏性磨光絨、生石灰塵。	22.5 以上

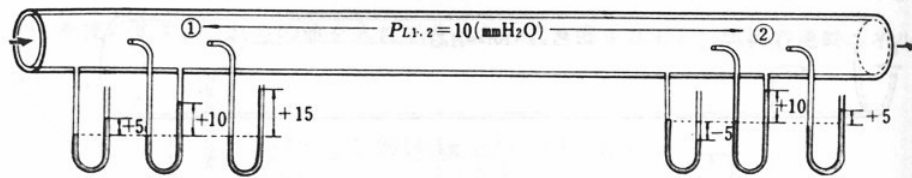


污染物
愈濕黏



搬運風速
愈大





①点の

静圧 P_{s1} + 速度圧 P_{v1} = 全圧 P_{T1}

$$+5 + 10 = +15 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$

①点の全圧 P_{T1} - ②点の全圧 P_{T2} = ①, ②間の圧力損失 $P_{L1,2}$

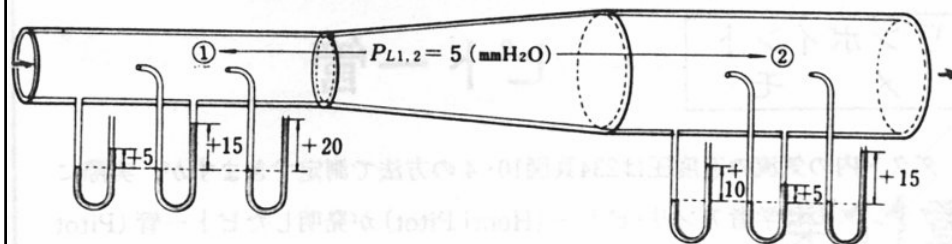
$$= \text{①点の静圧 } P_{s1} - \text{②点の静圧 } P_{s2}$$

$$+5 - (-5) = 10 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$

②点の

静圧 P_{s2} + 速度圧 P_{v2} = 全圧 P_{T2}

$$-5 + 10 = +5 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$



①点の

静圧 P_{s1} + 速度圧 P_{v1} = 全圧 P_{T1}

$$+5 + 15 = +20 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$

①点の全圧 P_{T1} - ②点の全圧 P_{T2} = ①, ②間の圧力損失 $P_{L1,2}$

$$+20 - 15 = 5 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$

②点の静圧 P_{s2} - ①点の静圧 P_{s1} = ①, ②間の静圧の回復

$$+10 - 5 = 5 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$

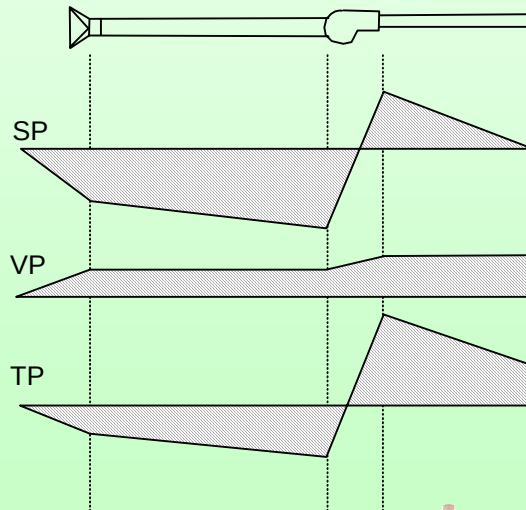
②点の

静圧 P_{s2} + 速度圧 P_{v2} = 全圧 P_{T2}

$$+10 + 5 = +15 \text{ (mmH}_2\text{O)}$$



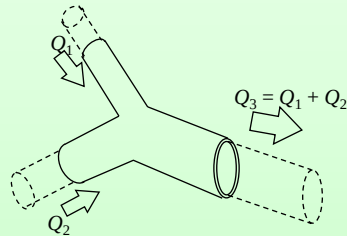
單氣罩系統壓力



九十度彎管段特性（四段式，R/D=2.5）			
彎管銜接的上游直管長度(m)	2.50		
彎管靜壓損失係數	0.22		
彎管銜接的下游直管長度(m)	2.50		
彎管銜接的下游直管直徑(cm)	10.00		
空氣清淨裝置特性			設計結果
空氣清淨機靜壓損失係數 F_c	1.5		
空氣清淨機靜壓損失特性指數 a	1		
上下游風管直徑(cm)	10.00		
清淨機下游長 (m)	2.5		
直管排氣道及出口特性			設計結果
直管出口直徑(cm)	10.00		
直管排氣道長度(m)	5.00		
出口截面積(m ²)	0.00785		
噴出風速(m/s)	53.5		
噴出動壓(mmAq)	175.0	排氣機靜壓 (mmAq)	1013.3
		排氣機全壓 (mmAq)	1013.3
		排氣機風量 (m ³ /min)	25.2

導管設計主要目的與步驟

- 決定各導管管徑
- 決定排氣機性能要求



依氣罩風量需求與搬運風速需求決定初算管徑
依壓力平衡原則重算各導管風量與流速
多氣罩系統調整管徑，使總風量需求降低



特定化學物質危害預防標準

中華民國九十七年七月三十一日行政院勞工委員會勞安 3 字第 0970145746 號令修正發布第 2 條條文

•第13條

•雇主使勞工處置、使用乙類物質(如二甲氧基聯苯胺、鉍)，將乙類物質投入容器、自容器取出或投入反應槽等之作業時，應於該作業場所設置可密閉各該物質之氣體、蒸氣或粉塵發生源之密閉設備或使用包圍型氣罩之局部排氣裝置。

第16條

雇主對散布有丙類第一種物質(如氯，硫化氫，HF，苯)或丙類第三種物質(如鉻酸，錳，鎘，汞)之氣體、蒸氣或粉塵之室內作業場所，應於各該發生源設置密閉設備或局部排氣裝置。但設置該項設備顯有困難或為臨時性作業者，不在此限。

依前項但書規定未設密閉設備或局部排氣裝置時，應設整體換氣裝置或將各該物質充分濕潤成泥狀或溶解於溶劑中者，不致於危害勞工健康之程度者。

第38條

雇主設置之密閉設備、局部排氣裝置或整體換氣裝置，應由專業人員妥為設計，並維持其性能。



通風裝置設置可能存在問題

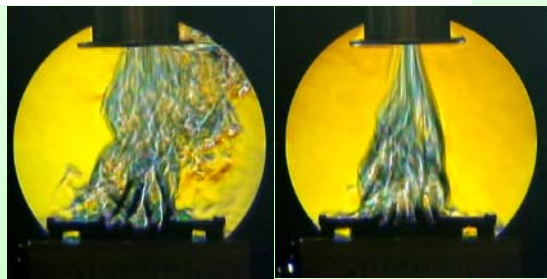
1. 缺少設計圖或性能驗收項目，未留存性能驗收報告書與操作手冊。
2. 事業單位無法確保所找的通風系統委託機構是否**有能力設計及施工**。無通風安全設備認證制度及合格檢測機構以供諮詢。
3. 事業單位無法確認目前通風系統對污染物的逸散或稀釋之**有效性**。
4. 驗收時未進行**性能驗收項目之測試**或性能驗收人員缺乏相關工作經驗。
5. 事業單位鮮少置備風速計、發煙管、壓力計等通風系統**量測設備**，且不知道合理數值為何。



通風系統性能評估方法

常用通風測定儀器

- 氣流觀察
 - 發煙管
 - 超音波水霧發煙器
 - 紋影攝影術
- 量測儀器
 - 風速計、風量計
(葉輪式、熱球式、熱線式)
 - 壓力檢測裝置
(壓力計、皮托管、多功能量測儀器)



左圖：排油煙機功率不足以排除燃燒廢氣；

右圖：排油煙機完全捕集燃燒廢氣。

使用紋影攝影術能「看到」
氣罩捕集效果



定期檢查

- 事業單位所有之機械、設備除需依法令規定設置安裝使用外，其使用經過一定期間後，對機械、設備使用後有無缺陷、故障或損毀，能否繼續使用，均應實施檢查，以確保其性能，此稱為定期檢查。
- 至於其檢查週期之長短，則依機械、設備之性質而異，法定之定期檢查包括了機械、車輛、設備之定期檢查。



通風裝置之檢查

- 根據「勞工安全衛生組織管理與自動檢查辦法」第40條(中華民國九十八年二月五日行政院勞工委員會(98)勞安 1 字第 0980145075 號令修正發布第 2-1、6 條條文)規定雇主對局部排氣裝置、空氣清淨裝置與吹吸型換氣裝置應每年實施下列檢查：
 - 氣罩、導管及排氣機之磨損、腐蝕、凹凸及其他損壞之狀況及程度。
 - 導管及排氣機之塵埃聚積狀況。
 - 排氣機之注油潤滑狀況。
 - 導管接觸部份之狀況。
 - 連接電動機與排氣機之皮帶之鬆弛狀況。
 - **吸氣及排氣之能力。**
 - 設置於排放導管上之採樣設施是否牢固、鏽蝕、損壞、崩塌或其他妨礙作業安全事項。
 - 其他保持性能之必要事項。



自動檢查之管理

- 定期檢查應就下列事項記錄，並保存三年：
 - 一、檢查年月日。
 - 二、檢查方法。
 - 三、檢查部分。
 - 四、檢查結果。
 - 五、實施檢查者之姓名。
 - 六、依檢查結果應採取改善措施之內容。
- 自動檢查，於發現有異常時，應立即檢修及採取必要措施。
- 自動檢查應指定具專業知能或操作資格之適當人員為之。



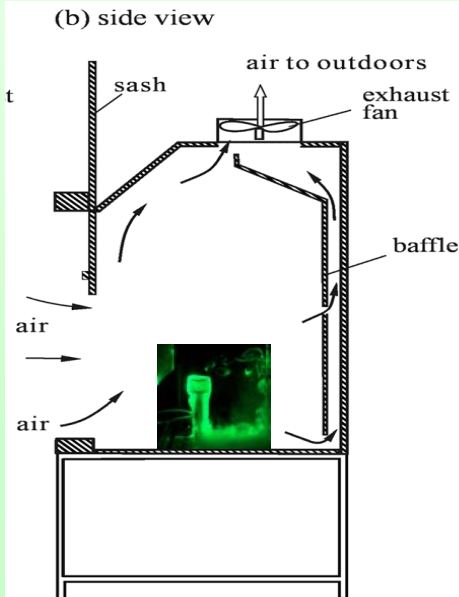
A222濾罐測試系統化學氣櫃自動檢查表

項次	檢查重點	檢查方法/標準	檢查結果	異常說明及建議事項
1	氣罩、導管及排氣機之磨損、腐蝕、凹凸及其他損壞之狀況及程度。	目視檢查整套系統不可有磨損、腐蝕、凹凸及其他損壞之狀況。	☐ 合格 ☐ 不合格	
2	導管及排氣機之塵埃聚積狀況。	目視檢查導管及排氣機不可累積灰塵。 氣罩進入導管處不可累積灰塵。	☐ 合格 ☐ 不合格	
3	排氣機之注油潤滑狀況。	旋轉軸按正常方向旋轉順暢，無異常振動及噪音(屋頂測試)。	☐ 合格 ☐ 不合格	
4	導管接觸部份之狀況。	目視檢查導管接觸部份不可有脫落或破損現象。	☐ 合格 ☐ 不合格	
5	連接電動機與排氣機之皮帶之鬆弛狀況。	以手檢查傳動皮帶凹陷程度<1.5cm, 外觀無鬆脫及磨耗	☐ 合格 ☐ 不合格	
6	吸氣及排氣之能力。	使用風速計量測表面風速>0.3 m/s以上，或使用煙霧可視化氣流正常(附照片)	☐ 合格 (風速---) ☐ 不合格	
7	設置於排放導管上之採樣設施是否牢固、鏽蝕、損壞、崩塌或其他妨礙作業安全事項。	目視檢查導管上之採樣設施必須牢固，不可有鏽蝕、損壞、崩塌現象。	☐ 合格 ☐ 不合格	
8	其他保持性能之必要事項。	詢問操作人員實驗並無異狀也沒聞味道。	☐ 合格 ☐ 不合格	
單位主管：		檢查者：	日期： 年 月 日	

化學氣櫃性能要求與問題

- 氣櫃設置的最終標的在於避免櫃內的有害物不致逸散至外界。
- 設計未達到最適當狀況，如抽氣量不足，抽氣槽縫位置不適當，補氣抽氣配置不當，開口表面風速分佈不均勻，開口邊緣設計不當等，實際操作下仍不免有有害物逸散狀況發生。
- 如何評估效能?可視化?

OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



排氣櫃的分類

A. Constant Air Volume (CAV)

I. Conventional

II. By pass

(a) By Pass

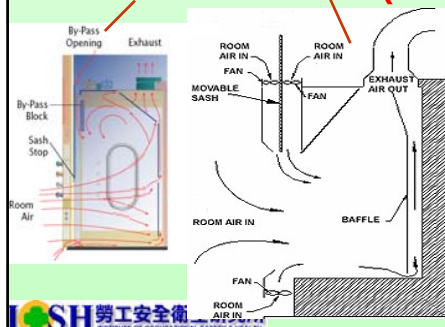
(b) High Performance

(c) Auxiliary-Air

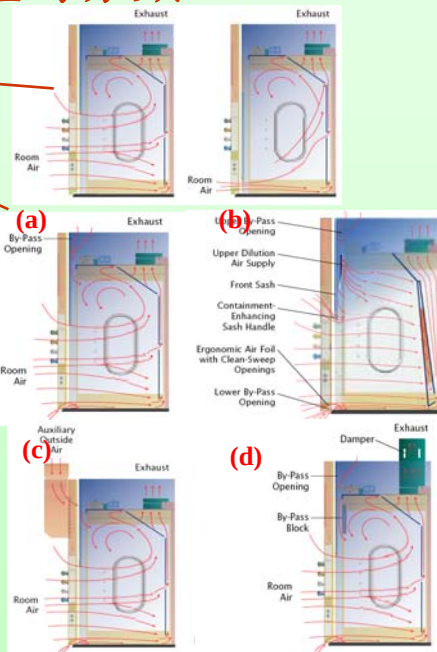
(d) Reduced Air Volume (RAV)

III. Blow at sash opening (Berkeley hood)

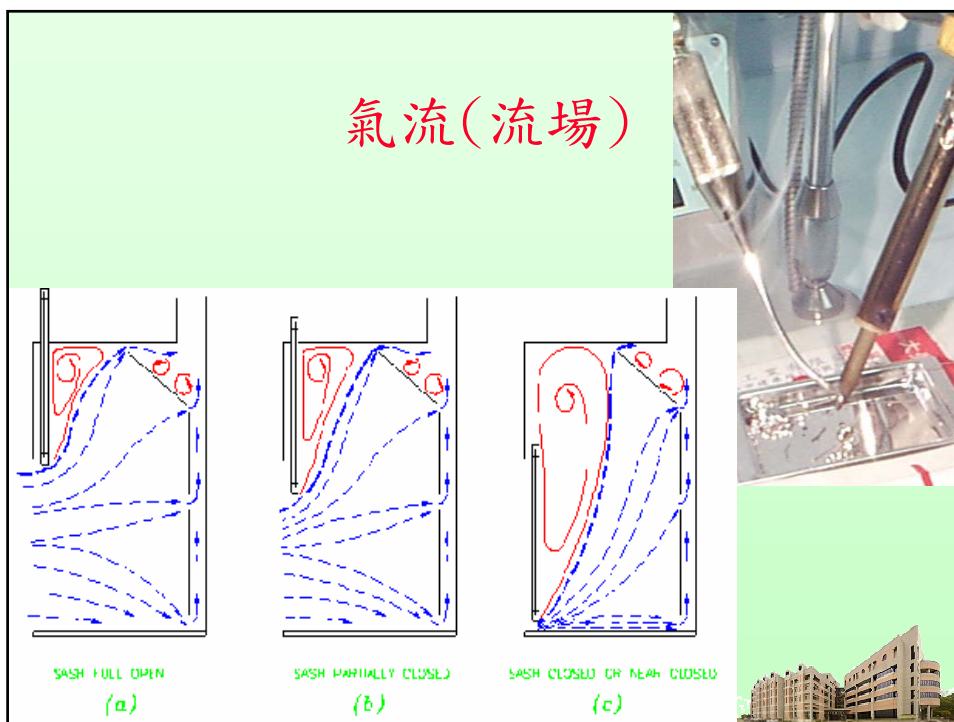
B. Variable Air Volume (VAV)



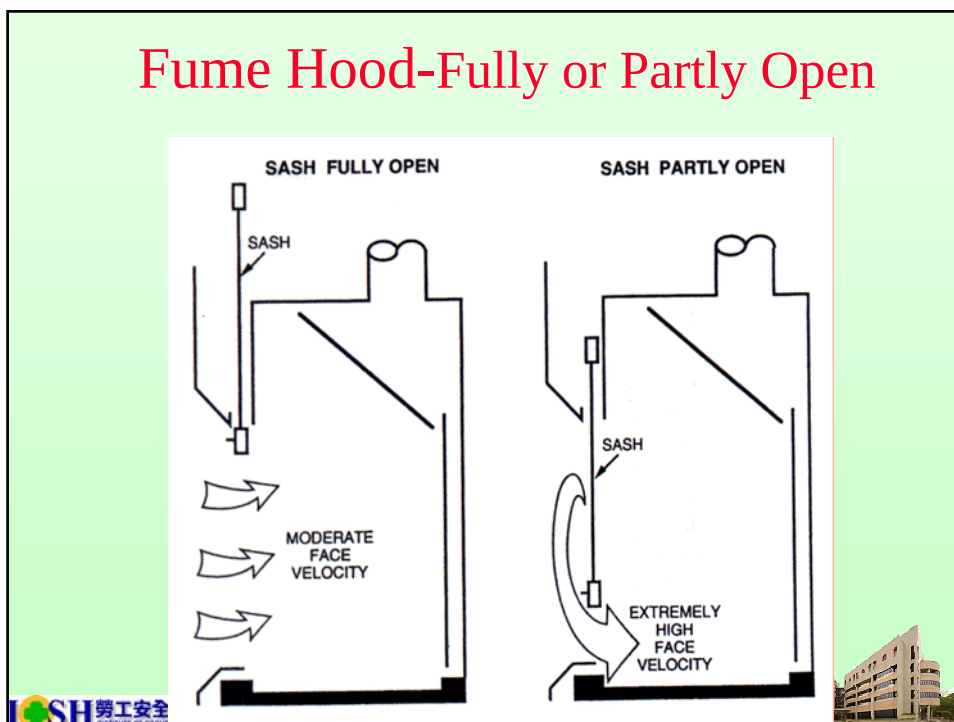
OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



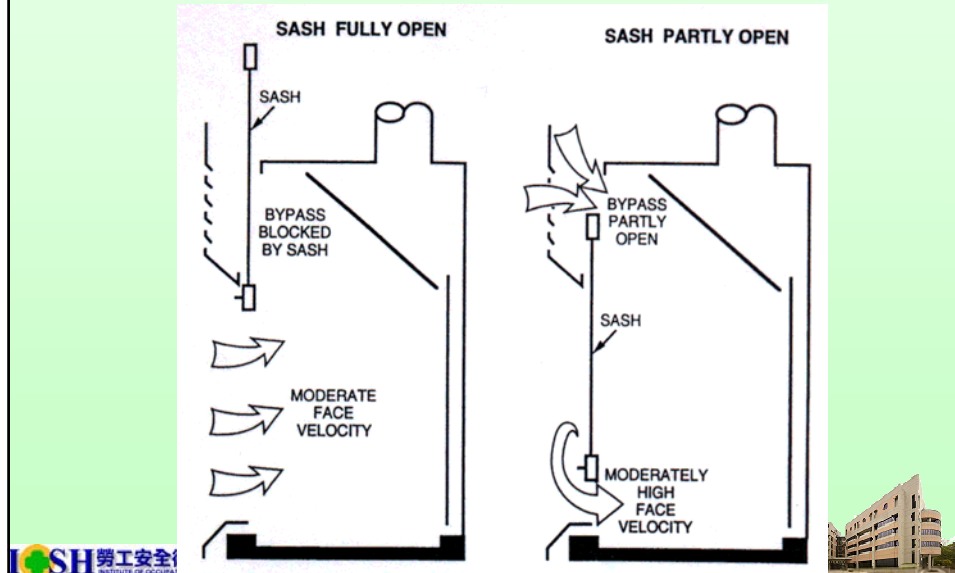
氣流(流場)



Fume Hood-Fully or Partly Open



Fume Hood-Bypass or Add-air



Fume Hood Performance Criteria -method of test(ASHRAE 110)

- Face velocity test.
- Flow visualization test.
- Large volume flow visualization
- Tracer gas test.
- Sash movement test.



表面風速問題-實測值

Location: HF Lab
HoodID: 2
Hood Height: 23 ½
Hood Length: 87

46	101	27
38	66	27
50	57	32

Average Face Velocity: 50 FPM

123 1 (±15)	150 5 (±16)	147 9 (±8)	123 19 (±23)
97 2 (±17)	120 8 (±19)	126 10 (±12)	127 14 (±10)
106 9 (±16)	95 7 (±30)	111 11 (±13)	132 15 (±17)
-39 4 (±40)	-5 8 (±60)	106 12 (±16)	123 16 (±13)
AVERAGE FACE VELOCITY = 109			



EH&S Laboratory Design Criteria (2000, Cornell university)

- ◆ All new hood installations should be designed to provide a full open face velocity of 100 f.p.m., +/- 20 f.p.m. over the lifetime of the system.
- ◆ All center points of a 3 x 3 grid at the face of a hood should have velocity readings within +/- 15 f.p.m. of each other.



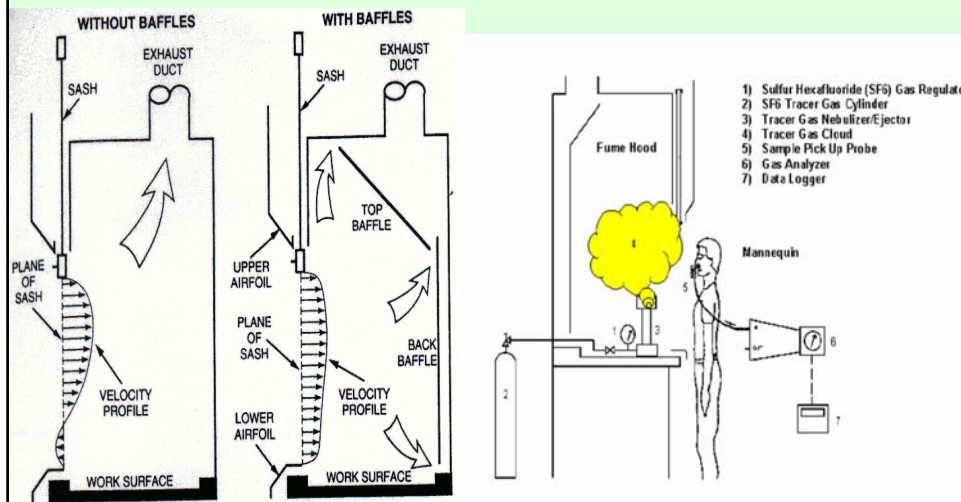
Fume Hood Performance :

- Face velocity (Size, Sash, Shape..)
- Fitting inside the fume hood
- Exhaust ports, back baffle, bypass or auxiliary air.
- Adjacency to traffic, supply air diffuser, windows and doors(size and location).
- Researcher's breathing zone



化學氣櫃表面風速問題

量測之風速為向氣罩內吹氣之風或是將危害物吹出之風？

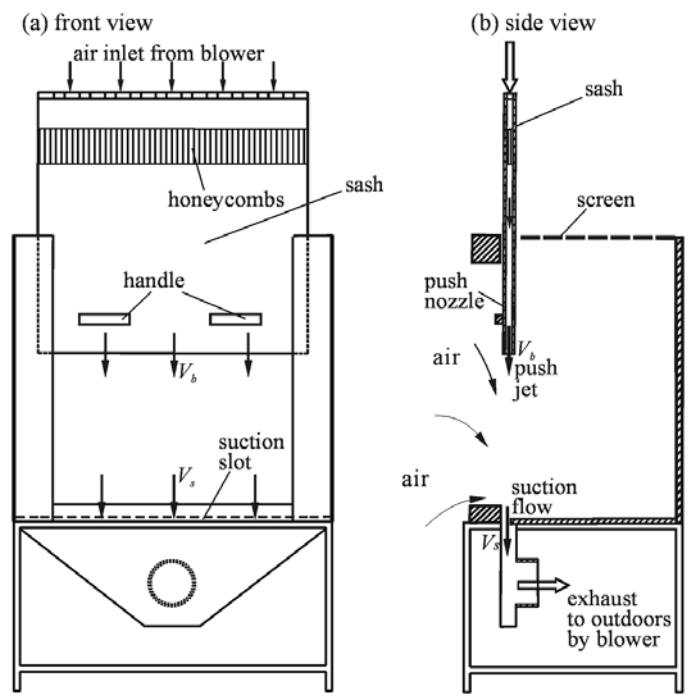


表面風速與濃度測定問題 實驗室模擬測試—利用風速量測與美國追蹤氣體方法比較				
	風量Q=每秒0.5立方米		風量Q=每秒0.3立方米	
	平均面風速(m/s)	1小時平均洩漏(ppm)	平均面風速(m/s)	1小時平均洩漏(ppm)
全開口	0.54	1.96	0.40	0.45
四分之三開口	0.83	0.35	0.66	0.25
二分之一開口	1.27	0.19	0.92	0.18
四分之一開口	2.55	0.31	1.98	0.32
 				

台灣地區大學化學相關系所化學氣櫃之效能評估 —應用美國化學氣櫃性能評估規範ANSI/ASHRAE 110追蹤氣體(人員呼吸帶)			
		5分鐘平均洩漏	
	平均面風速(m/s)	全開口(ppm)	二分之一開口(ppm)
A	0.32	0.39	0.06
B	0.33	0.03	0.00
C	0.44	1.94	2.60
D	0.76	0.06	0.20
E	0.44	8.35	0.46
F	0.46	0.79	0.41
G	0.45	2.55	0.07
H	0.56	0.67	0.01
I	0.29	62.3	48.5

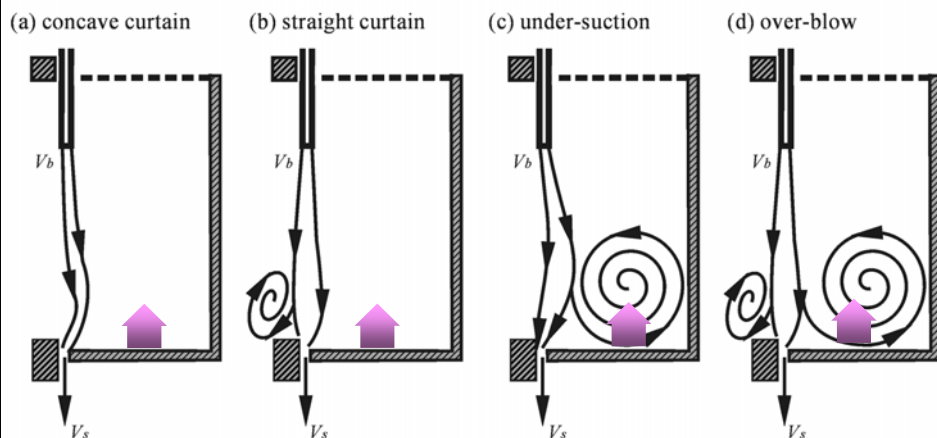
勞研所 創新開 發之氣 簾式氣 櫃平面 示意圖

OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



氣簾式氣櫃效能評估—流場模態示意圖

箭頭為氣流流動方向—吹氣與吸氣風速適當搭配下，可將氣櫃內外很好的區隔



OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH

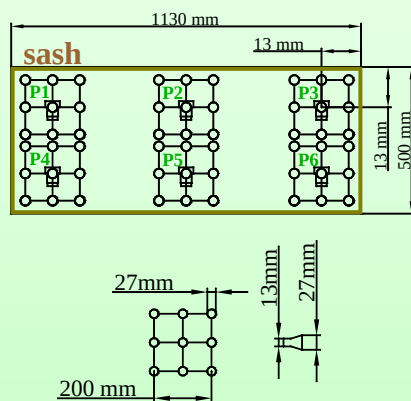
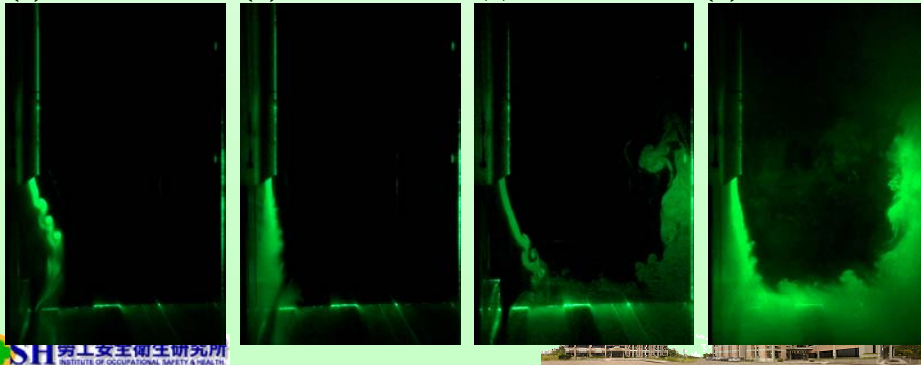


氣簾式氣櫃效能評估—流場可視化

中間對稱面的側視流場照片

雷射光頁在 $x = 0$ cm的平面上，氣門放煙，氣櫃天花板為一層網。
氣門開度 $H/H_{max} = 1/2$ ， $H_{max} = 60$ cm。 (a) $V_s = 12$ m/s, $V_b = 1$ m/s, (b) $V_s = 6$ m/s, $V_b = 4$ m/s, (c) $V_s = 1$ m/s, $V_b = 0.5$ m/s, (d) $V_s = 1$ m/s, $V_b = 3$ m/s。

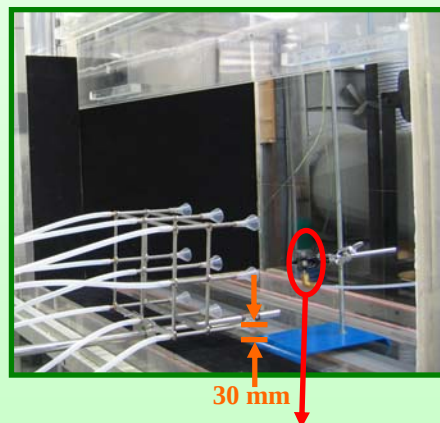
(a) concave curtain (b) straight curtain (c) under-suction (d) over-blow



$$Q_{total} = 14 \text{ L/min}$$

$$Q_{individual} = 1.56 \text{ L/min}$$

$$V_{individual} = 4.5 \text{ cm/s}$$



依照prEN14175-3測試方法
製造之 SF₆ Ejector



化學氣櫃效能評估—氣簾式與傳統氣櫃比較

—利用EN 14175-3追蹤氣體方式測定(開口面每個位置之洩露)

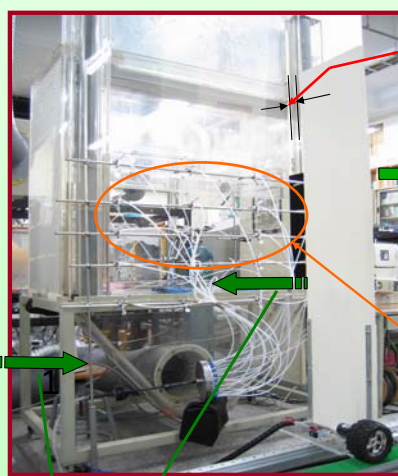
—傳統氣櫃在開口面下方會有洩漏

測試位置示意圖

氣簾式氣櫃 $H/H_{max} = 5/6$ $H_{max} = 60\text{ cm}$			sash	
6Grid Position	Mean Value (ppm)		P1	P2
	concave curtain $V_s\text{ (m/s)}=10$ $V_b\text{ (m/s)}=3$	under-suction $V_s\text{ (m/s)}=6$ $V_b\text{ (m/s)}=1$		
P1	0.001029	0.001194	P3	P6
P2	0.001061	0.000193		
P3	0.000547	0.001190		
P4	0.001536	0.000038		
P5	0.000652	0.000192		
P6	0.000115	0.002343		

*Conventional Hood (Taiwan)	
Grid Position	Mean Value (ppm)
P1	0.02
P2	0.07
P3	0.03
P4	23.96
P5	27.37
P6	30.53

(a) prEN 14175-3 Fume cupboards-Part3: Type test method Robustness of Containment



Distance = 40cm

Plate size:
(1.90±0.01) ×
(0.40±0.01) ×
(0.02±0.01) m

Moving velocity:
1.0 ± 0.01 m/s

20 sampling probes
& 9 SF₆ ejectors

Plat Moving Direction

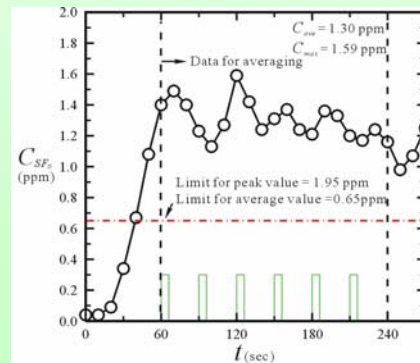
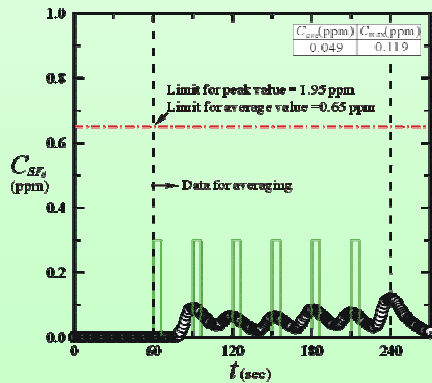


Robustness of Containment

$$Q_{total} = 0.4000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_s = 8 \text{ m/s}, V_b = 2 \text{ m/s}$$

***Conventional Hood (Taiwan)**



IOSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



The fume hood is often the primary control device for protecting laboratory workers when working with flammable and/or toxic chemicals.

正確使用

Before using a fume hood:

- Make sure that you understand how the hood works.
- You should be trained to use it properly.
- Know the hazards of the chemical you are working with; refer to the chemical's Material Safety Data Sheet if you are unsure.
- Ensure that the hood is on.
- Make sure that the sash is open to the proper operating level, which is usually indicated by arrows on the frame.
- Make sure that the air gauge indicates that the air flow is within the required range.



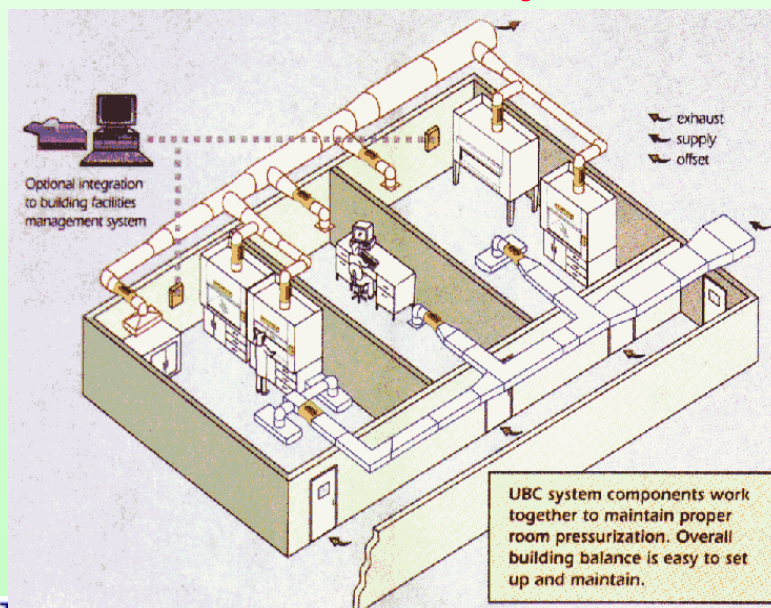


The fume hood is often the primary control device for protecting laboratory workers when working with flammable and/or toxic chemicals.

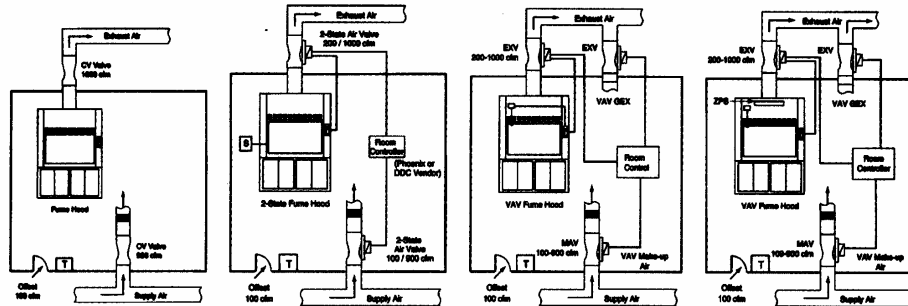
When using a fume hood:

- Never allow your head to enter the plane of the hood opening. For example, for vertical rising sashes, keep the sash below your face; for horizontal sliding sashes, keep the sash positioned in front of you and work around the side of the sash.
- Be sure that nothing blocks the airflow through the baffles or through the baffle exhaust slots.
- Elevate large equipment (e.g., a centrifuge) at least two inches off the base of the hood interior.
- Keep all materials inside the hood at least six inches from the sash opening. When not working in the hood, close the sash.
- Do not permanently store any chemicals inside the hood.
- Promptly report any hood that is not functioning properly to your supervisor. The sash should be closed and the hood “tagged” and taken out of service until repairs can be completed.
- When using extremely hazardous chemicals, understand your laboratory’s action plan in case an emergency, such as a power failure, occurs.

Fume Hood-Control System



Fume Hood-Comparing Control Approaches



◆ Constant Volume Control

◆ Two-stage Control

◆ Variable Air Volume Control

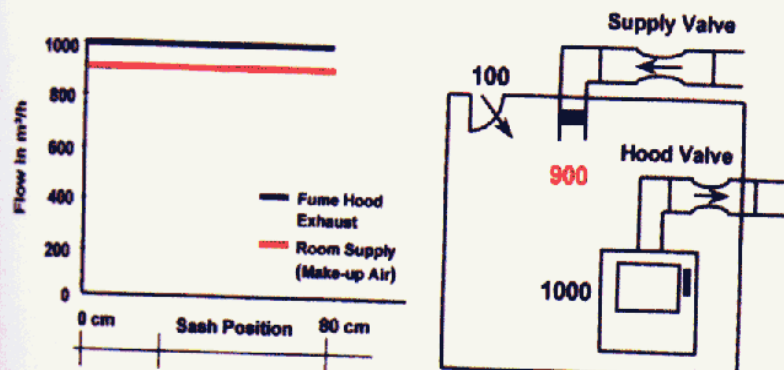
◆ Usage Based Control

OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



Fume Hood(一)

Conceptual CV Control System

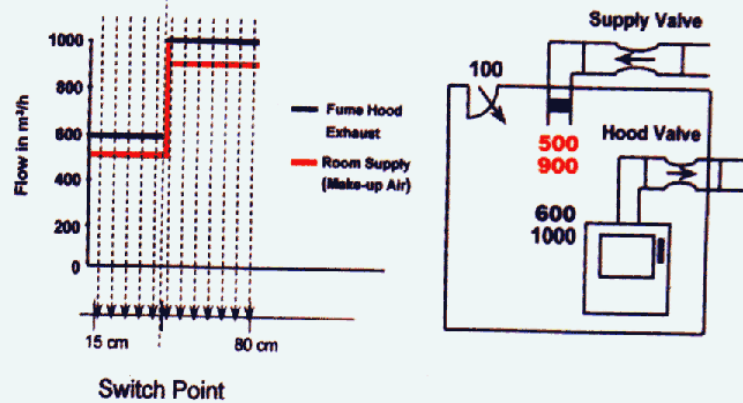


OSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



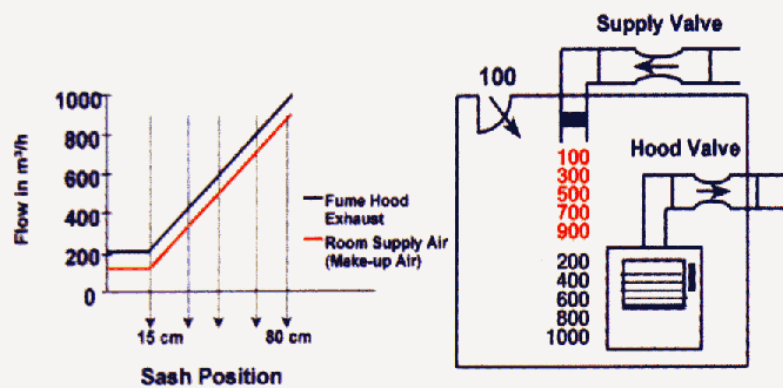
Fume Hood(二)

Conceptual 2-State Control System



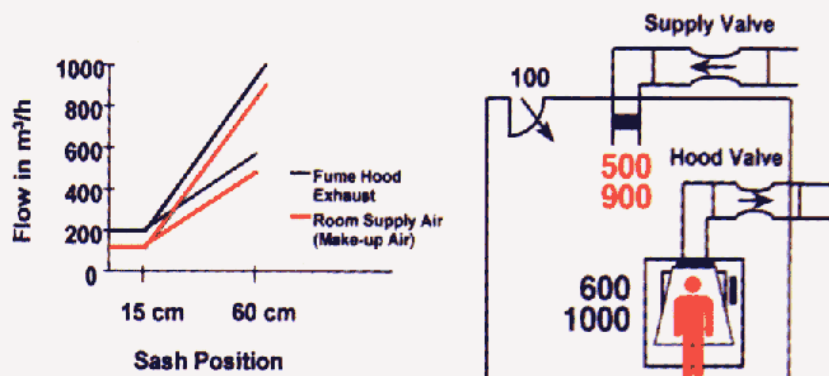
Fume Hood(三)

Conceptual VAV Control System



Fume Hood(四)

Usage Based Control



生物安全櫃效能評估

—NSF/ANSI 49及IOSH93-T-063「生物安全櫃操作安全技術手冊」

a. 人員保護測試(Personnel Protection Test)

—生物安全櫃內污染性氣膠逸散是否會逸散造成操作人員健康危害

b. 產品保護測試(Product Protection Test)

—生物安全櫃外污染性氣膠於氣櫃操作時是否會進入安全櫃內對產品造成污染

c. 交互感染測試(Cross-Contamination Test)

—生物安全櫃內各區域間是否有交互污染狀況之發生



生物安全櫃

- 避免暴露於處理微生物過程中所產生的噴濺或氣懸物質
- 依是否具有人員保護、產品保護、以及完全隔離等分為 I、II、III級

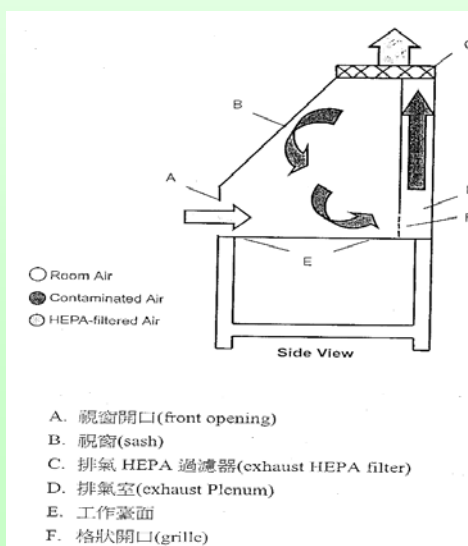
Class	Product	Personnel	Environment
I	—	+	+
II	+	+	+
III	+	+	+



BSC基本保護原理

- 物理性阻隔
 - 金屬或玻璃板
 - 固定式手套
- 空氣屏障：入口風速、下吹氣流
- 空氣過濾系統：HEPA
- 紫外線滅菌燈：波長、強度

I級生物安全櫃



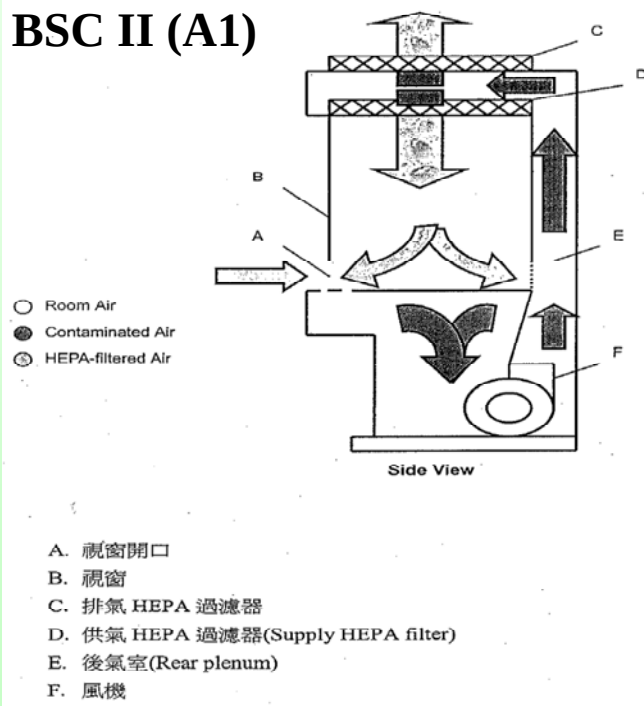
II級生物

安全櫃

分為Type A1、
A2/B3、B1、B2

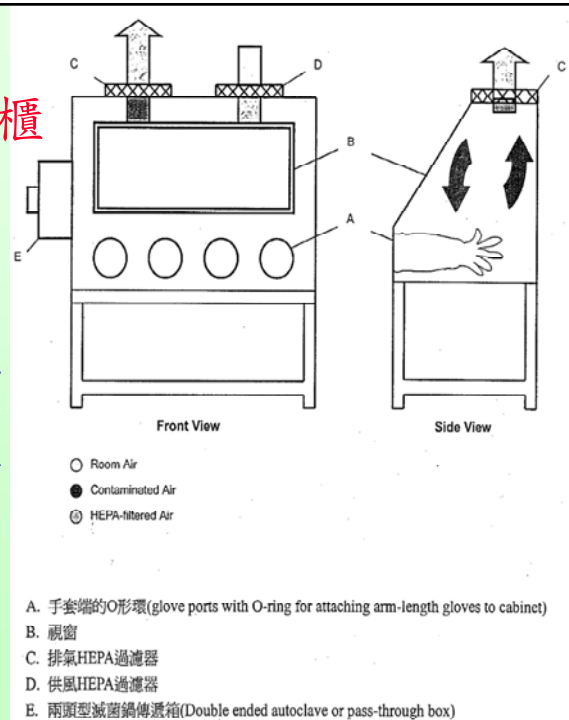
依排氣方式、循環
氣流與排出氣流比
例以及最小入口風
速

BSC II (A1)



III級生物安全櫃

- 完全氣密式
- 內在負壓
- 手套操作
- 高效率濾材雙層過濾
排出物
- 人員、外界環境與操
作物的最高保護
- 生物安全等級第三、
四級



生物安全櫃效能評估

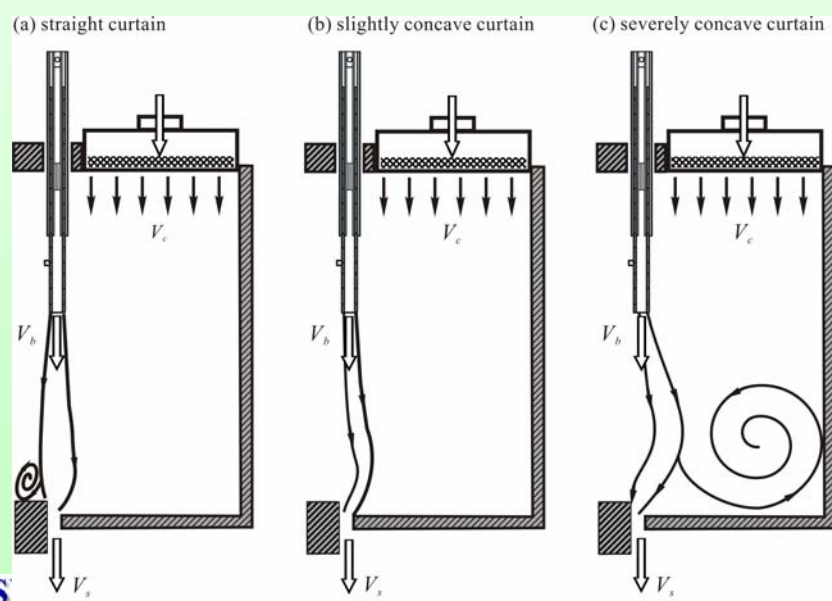
—安裝及定期煙霧測試，煙霧由氣櫃向外吹或向內吸？



IOSH 勞工安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH

勞研所開發之氣簾式生物安全櫃

流場模態示意圖



IOSH



生物安全櫃效能評估

人員保護測試(出廠時測試—微生物測試)

- ※陽性檢測培養皿採集菌落數>300CFU(右邊)
- ※AGI-30衝擊瓶採集菌落數：6組均未檢出
- ※狹縫式氣膠採樣器採集菌落數：2組均未檢出



實際測試系統配置圖

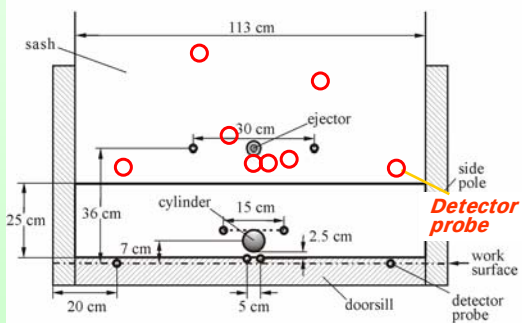
(安全櫃內部中間釋放生物氣膠，中間有6支AGI-30衝擊瓶，二邊有2組狹縫式氣膠採樣器，櫃內吸氣槽中間有陽性檢測培養皿)



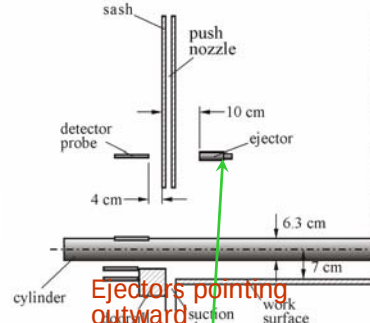
生物安全櫃效能評估

—人員保護測試(研究時利用追蹤氣體評估性能)

(a) front view

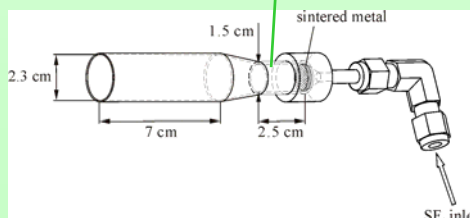


(b) side view



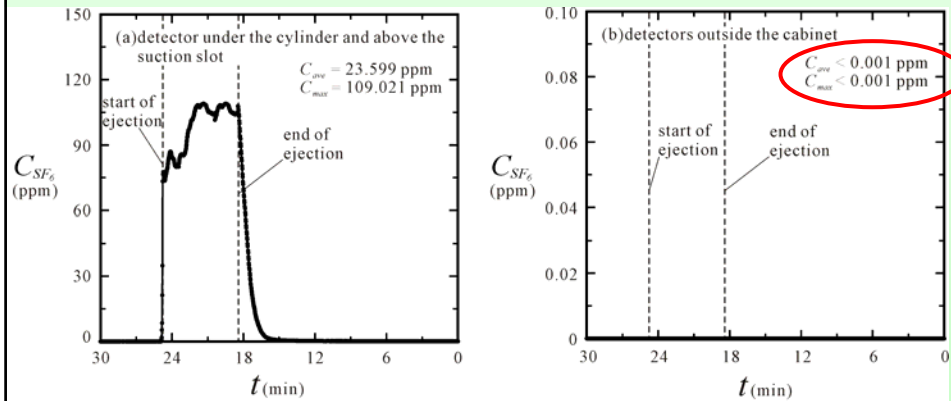
Tracer Gas

- Gas:
10% Sulfur Hexafluoride (SF_6)
& 90% N_2
- Release Velocity :
0.5 m/s



生物安全櫃效能評估結果

—人員保護測試(研究時利用追蹤氣體評估性能)



右圖為氣櫃下方對照組(陽性檢驗)，左邊為氣櫃外洩漏情形。

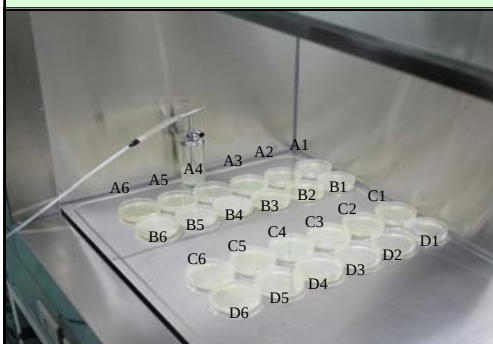
Slightly Concave Curtain

$H = 25$ cm, $V_h = 1$ m/s, $V_c = 0.32$ m/s, $V_e = 10$ m/s

生物安全櫃效能評估

—交互感染防護測試(出廠時測試—微生物測試)

※陽性檢測培養皿採集菌落數>300CFU
 ※左側及右側之C排和D排培養皿均未檢出



內部培養皿細菌培養檢出情形				
	A	B	C	D
1	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
3	1	ND	ND	ND
4	>300	>300	ND	ND
5	>300	>300	ND	ND
6	>300	>300	ND	ND

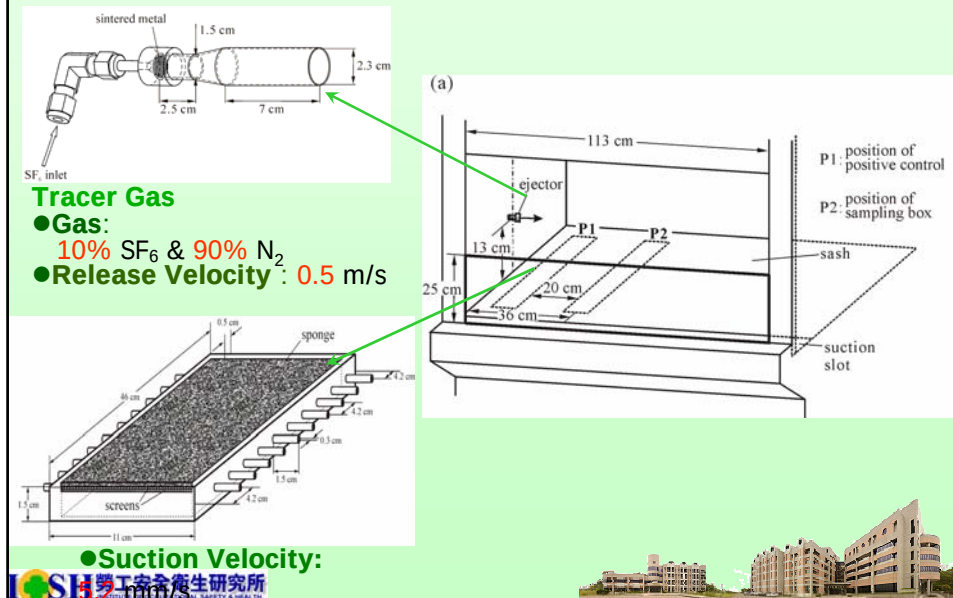
實際測試系統配置圖
 (安全櫃左側中間釋放生物氣膠，安全櫃操作)

國立臺灣大學醫學院附設醫院



生物安全櫃效能評估

—交互感染測試(研究時利用追蹤氣體評估性能)



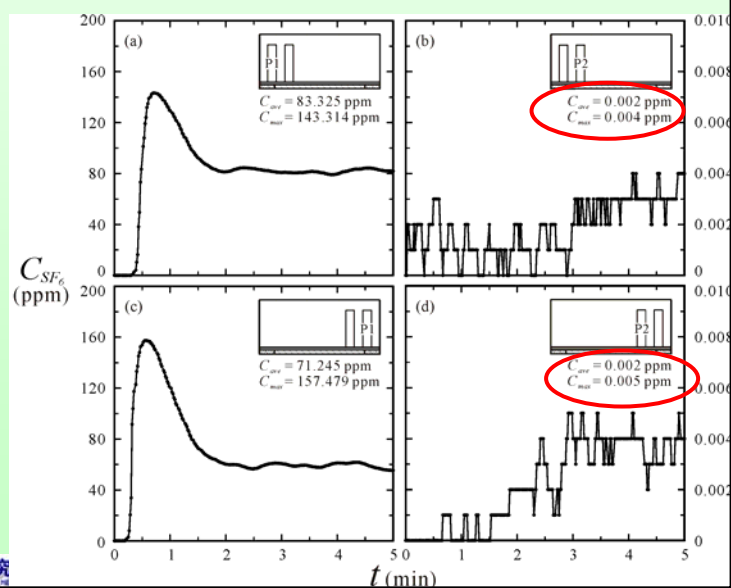
生物安全櫃效能評估結果

—交互感染測試(研究時利用追蹤氣體評估性能)

氣簾式生物安全櫃操作條件
Slightly Concave Curtain

$H = 25$ cm, $V_b = 1$ m/s, $V_c = 0.32$ m/s, $V_s = 10$ m/s

右邊或左邊追蹤氣體產生都不會逸散至附近區域



生物安全櫃效能評估結果

—交互感染測試(研究應用生物安全櫃來進行奈米微粒應用)



(p/c.c)	@	A	B	C	D	E	F
1	34	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	8141	0	0	0	0	0	0

奈米微粒測試系統配置圖
(安全櫃左側中間釋放奈
米微粒，安全櫃操作平台
每10公分見方，測試奈米
微粒濃度)

※@4為產生源正下方點
※第6列為靠近氣簾裝置

OSHA 職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH



**Engineering Controls and
Work Practices for All
HIV/HBV Laboratories**

Employers must ensure that:

- All activities involving OPIM are conducted in Biological Safety Cabinets (BSCs) or



**BSC
正確使用**

Employers should train workers to do the following before using the BSC

- Prepare a written checklist of materials necessary for a particular activity and place only necessary materials in the BSC before beginning work.
- Turn off any overhead room germicidal ultraviolet light (UV) and any BSC UV lights.
- **Confirm that the BSC is currently certified for use.**
- Confirm that the BSC is operating properly prior to beginning work by checking airflow gauges.
- Adjust the stool height so that armpits are level with the bottom of the view screen or sash.

**Engineering Controls and
Work Practices for All
HIV/HBV Laboratories**

Employers must ensure that:

- All activities involving OPIM are conducted in Biological Safety Cabinets (BSCs) or



**Employers should train workers to do the
following when working inside the BSC**

- Store extra supplies outside the BSC. Only materials and equipment needed for the immediate work should be placed in the BSC.
- Do not use equipment or store supplies inside the BSC that may disrupt the protective BSC airflow pattern.
- If large equipment must be placed inside the BSC, place it as far back in the BSC as practical.
- Move arms in and out of the cabinet slowly, perpendicular to the face opening, to limit disruption of the air curtain.
- Manipulation of materials inside the cabinet should be delayed for 1 minute after placing hands/arms inside the cabinet to allow the air to stabilize and to “air sweep” arms.

實驗室局部排氣設置考慮問題

- 實驗室通風系統設計不同於一般生產作業流程概念。生產作業流程固定，於危害物可能發生源安裝固定式氣罩，操作時一般同時操作，調整之狀況較少。
- 實驗室流程彈性，作業隨時改變，危害發生源不固定，較常採用設定好局部排氣系統，而依據需要開啟特定氣罩，將可能發生源安排於(有效)氣罩下。
- 狹小實驗空間安裝局部排氣應注意整體空間壓力平衡問題，特別是大樓室連接實驗空間。



Figure 5 Moveable capturing hood



Figure 6 Small booth

實驗室通風裝置使用建議

- 若非獨立局部排氣系統，非固定操作，氣罩間會互相影響，不同開啟與操作狀況下，各氣罩有效性能會不同，實驗室應掌握不同操作狀況下局部排氣有效操作條件，例如開啟1組氣罩時條件，2組氣罩時條件……，操作管理須更謹慎。
- 劃定外裝型氣罩不同操作狀況下有效範圍，提供實驗操作者參考。
- 實驗流程設計者必須對流程可能反應有清楚認知，掌握可能逸散物質與逸散程度，依此安排作業位置，將實驗過程逸散之危害物有效被吸入氣罩內。
- 實驗前先打開局部排氣系統，確認其運作，並且注意不可阻擋抽氣氣流方向，另應安排定期性能評估。



實驗室通風裝置使用討論

- 高逸散作業(如高溫、高壓、通氣、離心、反應產生氣體等)時，高風險作業最好能夠採用採取密閉設備或崗亭式局部排氣裝置。
- 實驗中加熱、洩壓、設備轉動、人員動作都會影響氣流，應採取適當措施儘可能降低影響氣罩週遭之氣流。
- 實驗室局部排氣系統設計設定有調整設施，可彈性操作，是否會變成控制不當？
- 多氣罩設計可降低設置成本，但氣罩間會互相影響，若有妥善設計且固定操作，相互影響可降低，是否只允許專業人員進行調整？不然操作只關心所使用氣罩，可能影響其他氣罩。



結語

- 實驗室危害物暴露可能不是大量且長期，但種類多、未知性高，風險不確定性高，需採取更適當措施。
- 設置通風裝置，應於作業時間內有效運轉，並降低空氣中有害物濃度，透過測定確認通風系統有效性。
- 設置通風裝置應由專業人員妥為設計，並維持其有效性能。應該依據設計圖，性能要求進行測試與維持。
- 通風裝置應每年實施檢查，包括吸氣及排氣之能力，其他保持性能之必要事項。
- 實驗規劃時應一併考慮安全衛生問題，將可能危害物發生源安排於(有效)氣罩下。高風險作業最好能夠採用採取密閉設備或崗亭式局部排氣裝置。

