

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告

作業環境通風系統評估技術開發

Developing Technologies for Assessing the
Effectiveness of a Local Exhaust Ventilation
System

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告

作業環境通風系統評估技術開發

Developing Technologies for Assessing the Effectiveness of a Local Exhaust Ventilation System

研究主持人：蔡朋枝、林文海

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

計畫研究單位：成功大學環境醫學研究所

本研究報告僅供參考用不代表本所意見
非經本所書面同意不得對外發表

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 97 年 3 月

摘要

本研究收集國外資料，並融合現行國內法規，擬定局部排氣裝置有效性之評估技術。本計畫依所蒐集之全部資料分析後，決定參考國外六種局部排氣裝置之有效性系統，針對局部排氣裝置設置前、設置後及性能維護等三方面建立本評估系統。本研究所完成之設置前、設置後與性能維護分別包含 12、4 和 4 大項有效性評估內容，及 19、9 和 9 項細部評估內容，並對每一細項擬定評估基準。前述評估系統初步完成後進行專家座談會，再依專家建議進行修正，及 20 家事業單位（十家高科技產業、十家傳統產業）現場訪視。結果顯示，本系統可適用於事業單位局部排氣裝置之有效性評估。本研究亦發現高科技廠商之局部排氣裝置管理狀況，較傳統產業廠商良好，但兩者均仍有很大改善空間。對於局部排氣裝置設置前方面，其共通問題為：(1) 局部排氣裝置設計者與監造人員均未受過訓練或非合格人員，(2) 大部分於設計前未蒐集人員操作模式及可能暴露途徑等資料，(3) 設計時未考量局部排氣系統平衡方面問題。相對於高科技產業，傳統產業則又存在：(1) 缺乏設計原則之概念，(2) 未考量機台與排氣裝置間連鎖設計，及(3) 未留存設計報告書等問題。對於局部排氣裝置設置後方面，高科技產業並未發現顯著問題，但傳統產業卻存在：(1) 性能驗收人員缺乏相關工作經驗，(2) 未進行性能驗收項目之測試，及(3) 未留存性能驗收報告書與操作手冊。在性能維護方面其共通問題為：未考量系統更改時性能維護計畫之因應策略。相對於高科技產業，傳統產業則又存在：(1) 缺乏完善之性能維護計畫，(2) 未建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法，(3) 未定期實施檢查，(4) 未保存檢查記錄，及(5) 管理人員未經訓練等問題。本研究亦完成「工業通風裝置性能有效性評估技術手冊」，以供事業單位參考，對於事業單位未來局部排氣裝置之設置及其性能維護應有所助益。

關鍵詞：局部排氣、有效性評估、評估制度、評估技術

Abstract

This study collect reference materials from various agencies, and take the related regulation promulgated in Taiwan into account for establishing techniques and systems for assessing the effectiveness of a local exhaust ventilation (LEV) system. After analyzing all collected data, the development of techniques and systems was mainly based on six currently available reference materials. The developed evaluating system can be divided into three stages, including pre-installation, post installation, and maintenance stages. For each of the designated stage, its content can be divided into three parts, including system structure (12, 4, and 4, for the pre-installation, post installation, and maintenance stages respectively), detailed contents (19, 9. and 9, respectively), and detailed guidelines (19, 9, and 9, respectively). The preliminarily developed system and technology was first amended based on the reviewing comments obtained from expert of this field, then modified based on opinions obtained from 20 enterprises (including 10 high-tech and 10 conventional industries) during the field surveys. The results indicated that the developed system is adequate for assessing the effectiveness of a LEV system. Field survey reveals that better management is done by the high-tech than that of the traditional industries for the LEV system. However, both types of industries require further improvement in the future. For pre-installation stage, problems commonly found in the two types of industries include: (1) personnel for the LEV design are not qualified or trained, (2) no work practicing and exposure data have been collected and taken into account for LEV design, and (3) the equilibrium of airflow rates in the LEV has not been considered during the design stage. In addition, other problems can also be found in the conventional industry, including: (1) no criteria has been identified prior to LEV design, (2) the interlock between the LEV and process has never been considered, and (3) no LEV design report has been established. For the post-installation stage, no significant problem can be found in the high-tech industries, but problems can still be found in conventional industries, including: (1) personnel for testing the effectiveness of the LEV are lacking of related experience, (2) the effectiveness of an installed LEV has never been tested, and (3) no testing reported has been kept in the industry. For maintenance stage, the only problem found in the two types of industries is: no guidelines of maintenance program has been provided if the processes or operations have been changed. In addition, other problems can also be found in the conventional industry,

including: (1) no maintenance program has been provided, (2) no maintenance method for each unit of LEV has been provided, and (3) no periodical examination has been for the LEV, (4) no record-keeping, and (5) personnel for operating LEV system has never been trained. The present study also established a manual for assessing the effectiveness of a LEV system for the industries. The system and technology developed from the present study is believed will be helpful for industries to install effective local exhaust ventilation systems for reducing workers' exposures in the future.

Key Words: Local exhaust ventilation system (LEV), LEV Effectiveness, LEV evaluation system, LEV assessing techniques

目錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 計畫概述.....	2
第一節 前言.....	2
第二節 目的.....	4
第三節 工作項目.....	4
第二章 研究方法與步驟.....	5
第三章 資料收集與整理.....	6
第一節 資料來源.....	6
第二節 局部排氣裝置設置前有效性評估資料彙整.....	7
第三節 局部排氣裝置設置後有效性評估資料彙整.....	20
第四節 局部排氣裝置性能維護與評估資料彙整.....	27
第五節 各國局部排氣裝置有效性資料彙整與比較.....	32
第四章 擬訂有效性及性能維護評估技術.....	37
第一節 局部排氣裝置有效性評估架構.....	37
第二節 局部排氣裝置有效性評估表.....	38
第五章 現場驗證結果與工業通風裝置性能有效性評估技術手冊之擬定.....	49
第一節 事業單位行業別.....	49
第二節 設置前有效性評估表驗證結果.....	49
第三節 設置後有效性評估表驗證結果.....	54
第四節 性能維護與評估表驗證結果.....	57
第五節 工業通風裝置性能有效性評估技術手冊之擬定.....	60
詳細「工業通風裝置性能有效性評估技術手冊」如附錄六。.....	60
第六章 結論與建議.....	61

誌謝.....	63
參考文獻.....	64
附錄一 專家座談會建議.....	66
附錄二：捕集風速之建議範圍.....	68
附錄三：導管搬運風速建議範圍.....	69
附錄四：空氣清淨裝置使用之建議.....	70
附錄五：性能維護之參考時程與內容.....	74
附錄六 工業通風裝置性能有效性評估技術手冊.....	76

圖目錄

圖 1 研究架構.....	5
圖 2 設置前有效性評估架構圖.....	37
圖 3 設置後有效性評估架構圖.....	38
圖 4 局部排氣裝置性能維護與評估架構.....	38
圖 6 設置後各評估項目合格數.....	54
圖 7 性能維護與評估項目合格數.....	57

表目錄

表 1 各國局部排氣裝置有效性資料彙整	33
表 2 局部排氣裝置設置前有效性評估表	39
表 3 局部排氣裝置設置後有效性評估表	43
表 4 局部排氣裝置性能維護與評估表	46
表 5 設置前有效性評估結果	51
表 6 設置後有效性評估結果	55
表 7 性能維護與評估表驗證結果	58

第一章 計畫概述

第一節 前言

工業通風的目的，簡單而言就是排除作業環境中對人體或產品有害的物質，以維護人員之健康、提高其工作效率及確保製程之穩定。工業通風之型式主要可分為整體換氣（稀釋通風）與局部排氣兩種。整體換氣主要功能在於將新鮮外氣導入至作業場所，以稀釋作業場所內有害物濃度，並藉空氣的流動將有害物排出室外。局部排氣一般使用於污染發生源固定且產生量大之作業環境。其方法係於空氣污染物發生源或接近發生源位置將污染物捕集排除，以減低作業人員呼吸帶內污染物之濃度。雖然現代工業技術已盡可能做到生產自動化的程度，唯當製程無法採用完全密閉或無人化作業，則局部排氣裝置扮演著降低勞工暴露及排除有害物質的重要角色。

目前國外與國內對通風系統研究，都僅止於系統對通風中某一單元或操作參數之技術研究。例如發展數值模式以估計通風系統的捕集效率之研究[1]；局部排氣裝置對於反應器清潔過程時所產生奈米微粒之控制[2]；局部排氣裝置風速、擾流與熱狀態對於勞工暴露影響之研究[3]；通風系統設計時嵌入功能維護設施對其後續操作效率之影響[4]；方形氣罩不同長寬比(aspect ratio)對於側風(cross draft)之影響[5]；凸緣對側風中氣罩有效捕集範圍之影響[6]；凸緣大小對側風中外裝型(exterior)氣罩氣流型態之影響[7]。唯對通風系統作全面性研究（從設計、測試到維護），以探討通風系統有效性之技術與管理制度則有待加強。

就目前法令規範而言，國內勞工安全衛生相關法規中，並沒有僅適用於規範工業通風裝置之獨立法規。相對的，有關工業通風的要求則分別訂定於相關之規則、辦法或標準等子法中，其中包括勞工安全衛生設施規則[8]、有機溶劑中毒預防規則[9]、鉛中毒預防規則[10]、四烷基鉛中毒預防規則[11]、粉塵危害預防標準[12]、特定化學物質危害預防標準[13]、勞工安全衛

生組織管理及自動檢查辦法[14]等。前述法規之內容均止於要求設置通風系統必須將現場濃度降至容許濃度以下，至於如何確認通風系統有效則並未規範，另針對設置前功能確認與設置後功能維護等的相關事項，亦僅止於原則性規範。

至於國外之法令規定方面，例如美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration; OSHA)對一般作業場所，亦未特別規定局部排氣之捕集風速及風量，並亦僅要求局部排氣裝置，需足以把污染物在到達勞工作業呼吸區前，降到容許濃度之下，及要求業者根據現場之作業型態及環境提供適當有效之局部排氣裝置。至於在有效性的驗證方面，OSHA 則係以根據 ANSI/AIHA Z9.2[15]加以驗證。而英國衛生安全執行署(Health and Safety Executive; HSE)針對一般作業場所，亦未對局部排氣之捕集風速及風量予以直接規範，但在有效性驗證方面，則對局部排氣裝置則訂有維護、檢查與測試專書(HSG 54)[16]。

理論上，工業通風裝置之設置流程包含未運轉前之設計、設置後之施工、及施工後之驗證（驗收）三階段與運轉後的維護保養。因此，為確保工業通風裝置之能有效性，則必須有正確的設計、正確的施工、正確的驗收以及確實的維護保養。為了瞭解國內事業單位目前工業通風設置之概況，勞工安全衛生研究所於 96 年度委託安全衛生技術中心針對事業單位現行通風管理制度進行訪查，訪查對象主要為化工傳統產業 [17]。訪查結果指出目前事業單位在執行上有以下重大問題：

1. 對現行法規控制風速取消，業者大多不清楚；
2. 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，致無法有效地了解目前通風設備的性能狀況；
3. 有置備風速計量測設備的業者，其量測的位置均在氣罩口及風管內，但並不知道合理數值為何，才能有效將有害物移除；
4. 事業單位對通風系統的性能有效性，主要著重於在環保法規的污染排放，煙囪排放風速及濃度檢測，無法確認目前通風系統對污染物的逸散或稀釋之有效性；

5. 事業單位對現行通風系統並無建立專責設計與維護管理的人員；
6. 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，亦無通風安全設備認證制度及合格檢測機構以供諮詢。

行政院勞工委員會亦曾於民國 96 年委託工業技術研究院能源與環境研究所，執行工業通風效能驗證中心設置規劃[18]。其相關建議中提及國內目前缺乏通風系統管理與通風系統規劃執行之相關能量，並且亦提及在管理技術、法令規範及專業人力都有待加強。

第二節 目的

本計畫之目的在於收集國外資料，並融合現行國內法規，以擬定適合用於評估局部排氣裝置有效性之評估技術與管理制度。所擬定之內容，將透過 20 家事業單位之現場驗證，以確保其可行性。

第三節 工作項目

1. 收集先進國家之工業通風裝置有效性之評估技術與管理制度等相關資料。
2. 擬定適用於國內法規之工業通風裝置有效性之評估技術與管理制度。
3. 收集先進國家對工業通風裝置性能維護之評估技術與管理制度等資料。
4. 結合國內安全衛生法規，建立工業通風裝置性能維護之評估技術與管理制度。
5. 針對國內高科技工業（10 家）與傳統產業（10 家）探討所建立之評估技術與管理制度之合適性並據以修正之。
6. 提出工業通風裝置性能有效性評估技術指引草案。

第二章 研究方法與步驟

本研究所建立其有效性與性能維護評估技術僅適用於傳統產業及高科技產業之局部排氣裝置。所研發技術亦不適用於特定氣罩（如生物安全櫃、化學排氣櫃、危險化學品儲存或配送室等）之評估。

本研究先針對局部排氣設置前之設計，及設置後之驗收與性能維護等內容之有效性，參酌先進國家資料，以制訂符合國內事業單位需求之性能評估技術與制度。本研究再選取十家傳統工業區、及十家高科技工業區，針對所建立之評估技術與管理制度之合適性加以測試，並據以修正之。整體研究架構如圖 1 所示。

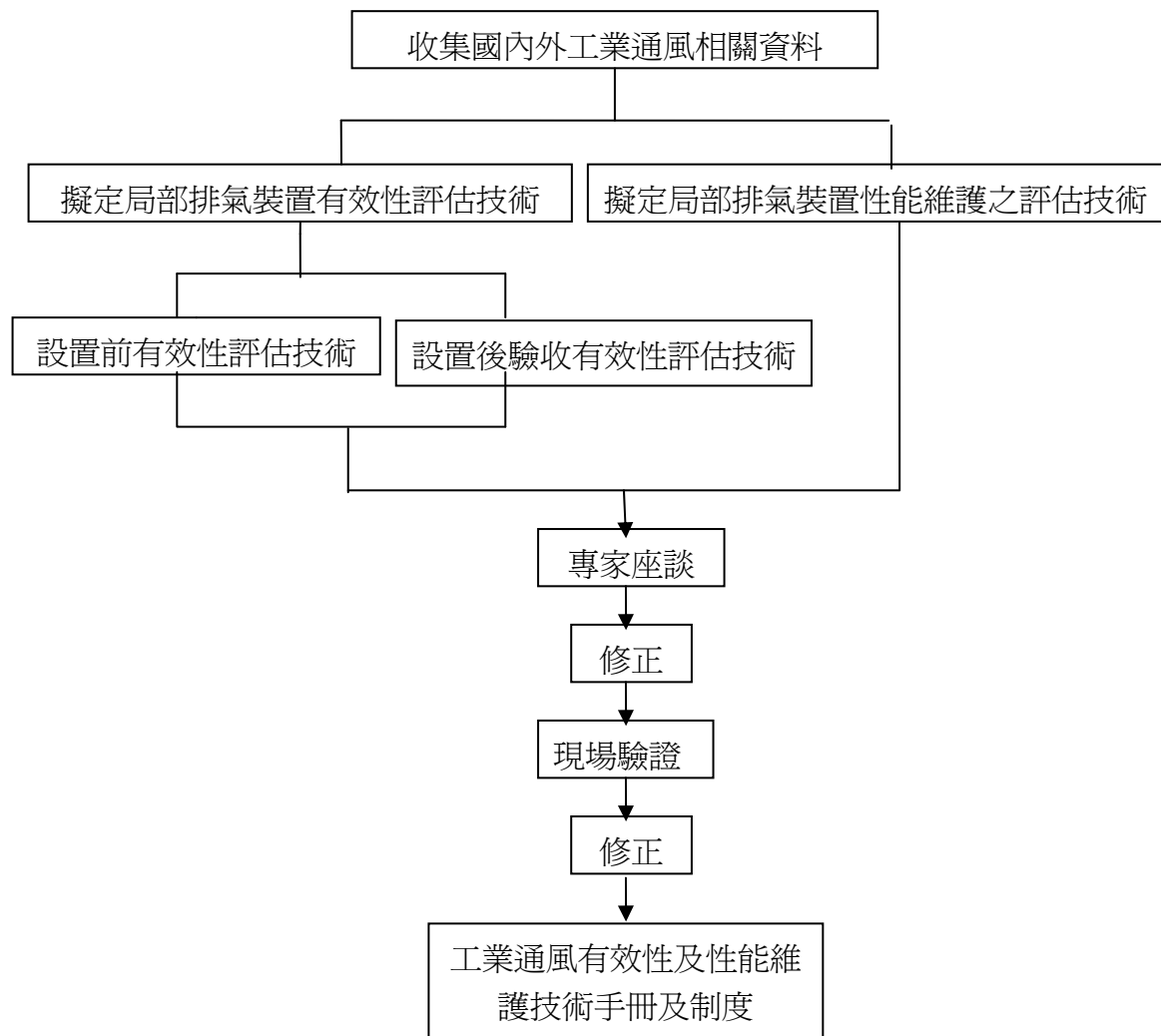


圖 1 研究架構

第三章 資料收集與整理

第一節 資料來源

本研究蒐集國外相關文獻及規定，主要包括以下十單位所發表之資料，包括：

1. 美國政府工業衛生師協會(ACGIH; American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (<http://www.acgih.org/>)。
2. 美國職業安全衛生署(OSHA; Occupational Safety and Health Administration) (<http://www.osha.gov/>)
3. 美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH; National Institute for occupational Safety and health) (<http://www.cdc.gov/>)
4. 美國工業衛生協會 (AIHA; American Industrial Hygiene Association) (<http://www.aiha.org/>)
5. 美國冷凍空調協會(ASHRAE; American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (<http://www.ashrae.org/>)
6. 英國衛生安全執行部(HSE; Health & Safety Executive) (<http://www.hse.gov.uk/>)
7. 日本厚生勞動省(Ministry of Health, Labour and Welfare) (<http://www.mhlw.go.jp/>)
8. 新加坡人力資源部職業安全衛生處 (Occupation Safety & Health Division, Ministry of Manpower, in collaboration with the Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore.) (<http://www.mom.gov.sg/publish/momportal/en/home.html>)
9. 美國國家防火保護協會 (NFPA; National Fire Protection Association) (<http://www.nfpa.org/index.asp>)
10. 國際半導體設備材料產業協會(SEMI; Semiconductor Equipment and Materials International)(<http://www.semi.org/>)

經收集彙整分析後，由於下列 6 種資料較為完整，乃用以擬定本研究所需之技術與制度。這些資料包括：

1. AIHA 2006 年出版之 Fundamentals Governing the Design and Operation of Local

- Exhaust Ventilation Systems. (ANSI/AIHA Z9.2)
2. HSE 2004 年出版之 Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation.(HSG 54)
 3. 新加坡人力資源部職業安全衛生處 2003 年出版之 Design, Operation and Maintenance of Local Exhaust Ventilation Systems.[19]
 4. 日本厚生勞動省之局部排氣裝置資料[20-24]
 5. SEMI 2000 年出版之 Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment. (SEMI S2-0200)[25]
 6. SEMI 1993 年出版之 Safety Guideline for Ventilation. (SEMI S6-93) [26]

為符合本研究目的之需求，本研究以局部排氣裝置設置前之有效性評估、局部排氣裝置設置後有效性評估、及局部排氣裝置性能維護與評估等三項技術進行彙整。

第二節 局部排氣裝置設置前有效性評估資料彙整

(一) 設計與安裝人員之規範

A. 我國

- (a) 雇主設置局部排氣裝置應由專業人員妥為設計。

B. AIHA

- (a) 局部排氣裝置之設計，必須由受過訓練或有工作經驗的合格人員執行之。設計者必須受過流體機械、局部排氣及工業管線設計等訓練。(4.1)
- (b) 執行局部排氣導管設計必須經適當的訓練與教育，其內容應包括機械或工業衛生相關訓練。(8.1)

C. HSE

- (a) 局部排氣裝置之設計必須由受過訓練或有工作經驗的合格人員執行之。

D. 新加坡

- (a) 局部排氣裝置之設計，必須由受過訓練或有工作經驗的合格人員執行之。(1.a)

- (b) 使用新材料建造及安裝排氣系統時，必須由固定及熟練的人員執行之。
(3.f)

(二) 設計基礎資料之蒐集

A. AIHA

- (a) 設計局部排氣裝置前至少必須蒐集有下列基本資料：(4.2)

I. 逸散源的行爲狀態 (behavior) 與特徵(characteristics)

- (1). 逸散源的位置或可能逸散來源
- (2). 決定造成暴露之逸散源
- (3). 每一個逸散源對暴露的貢獻度
- (4). 其他因素的特性描述 (如：化學組成、溫度、逸散速率、逸散方向、初始逸散速度 (Initial emission velocity)、逸散狀態、每一次逸散的時間間隔，物質安全資料表(MSDS)、恕限值(TLV)、可立即對生命及健康造成危險之濃度(IDLH)、爆炸下限(LEL)和其他)

II. 作業場所中空氣的行爲狀態 (behavior)

- (1). 空氣於作業場所中的移動狀態 (如：方向、速度)
- (2). 空氣的特性描述 (如：空氣溫度、可能存在的混合物，流體補給或迴流狀態、每小時空氣的置換量(air change)、風速和風向、氣候與季節所造成的影響)

III. 勞工與逸散源的相關性(interaction)

- (1). 勞工行爲與污染物來源及污染物氣體的相互影響
- (2). 勞工工作特性 (如：工作位置、工作熟練度、勞工所接受的教育與訓練)

- (b) 製造商或提供者對於先行製造完成的氣罩必須提供下列資訊給設計者或使用者：(7.12)

- (1). 進流係數(C_e ; coefficient of entry) 或操作氣罩情形下可能造成損失的因素
- (2). 可以達最理想操作情形的實際體積流率
- (3). 適當體積流率的所需氣罩靜壓

- (4). 氣罩測試方法描述與測試結果
 - (5). 其他物理性因素（如：控制閥位置(damper position)、狹縫寬(slot width)）
- (c) 設計與建造排氣氣罩時必須考慮下列因素並將其文件化(7.2)
- (1). 污染源及逸散物受慣性與動力的影響情形
 - (2). 氣體與蒸氣的比重所造成的影響
 - (3). 人體站在氣罩旁對氣罩能力造成之影響
 - (4). 鄰近氣罩之勞工與設備於
 - (5). 捕集及控制風速
 - (6). 氣罩附近的氣流流動情形
 - (7). 勞工所接受之工作訓練
 - (8). 污染物的熱狀態
 - (9). 污染物的毒性與危害特性
- (d) 選擇最佳排氣機前必須先決定下列資料。(10.1)
- (1). 氣體流率
 - (2). 排氣機總壓與靜壓
 - (3). 氣體濕度、溫度及密度
 - (4). 氣膠或蒸氣之負荷
 - (5). 排氣機的形式及大小
 - (6). 導管進出口的平面配置圖
 - (7). 輪軸樣式、結構及材料
 - (8). 馬達大小、形式、驅動線路
 - (9). 排氣機等級
 - (10). 是否需以彈性導管連結排氣機
 - (11). 噪音及噪音要求
 - (12). 托架與震動絕緣體之需求
 - (13). 天氣及雨的防護措施
 - (14). 煙道需求(stack requirements), 排氣機位置

以上資料為選擇適當大小及型式的排氣機，及完善控制逸散源、有效操作、勞工保護、建造及操作花費、維護及測試之參考。

B. SEMI

- (a) 設備之通風排氣其操作參數及測試方法均需文件化：這些資料包括導管風速 (duct velocity)、體積流率(volume flowrate)、捕集風速(capture velocity)、表面風速(face velocity)、氣罩入口損失係數 F_h 或 k 、進流係數 (C_e , coefficient of entry)、氣罩之靜壓 S_{Ph} 、風管與設備連接處的直徑，及氣罩或風管的測量位置。(s2-22.3)
- (b) 當開立排氣系統設備的規格給使用者的時候，設備供應商應提供清楚且精確的資訊，其中包含：測量點、在測量點的風管尺寸、排氣量、空氣密度、氣流溫度、測量點的靜壓、測量時製程設備的物理狀況、峰值、正常、和特殊排氣要求、預期的設備環境狀況，規格的穩定性和容許誤差要求，用於（和建議的）測量的儀器和常規、整個設備排氣系統的設計資訊（包括建造的材料）、及排氣系統的相關要素等。(s6-8.3)

(三) 設計基準之選擇

I. 氣罩(Hood)

A. 我國

- (a) 氣罩宜設置於每一有害物發生源，如採外裝型氣罩者，應儘量接近發生源。

B. AIHA

- (a) 排氣氣罩必須經選擇並設計，以達到控制化學物及微粒之目的。(7.1)
- (b) 氣罩形式選取必須由氣罩所需之能力(performance)來決定。(7.7)

氣罩形式必須符合製程需求、污染源、區域的氣體流動和勞工作業需求。舉例來說，懸吊式 (canopy) 氣罩通常使用來接收熱上升氣柱(air plumes)，包圍式(enclosure)氣罩使用在控制高危害操作製程。

- (c) 氣罩設計與設置必須確保氣流均勻進入氣罩。(7.8)

氣流盡可能平均分散進入氣罩，並確保可有效控制逸散源。狹縫(slot)型與箱型(plenum)氣罩通常是使用來穩定分散氣流。電鍍槽必須有足夠的氣罩長度達所需捕捉風速。檔板(baffles)及凸緣(flanges)具有提高掌握流體特性之能力(airflow patterns)。

- (d) 包圍式氣罩必須要將逸散源盡可能包圍於氣罩內，而外裝型氣罩必須盡可能接近污染源。(7.9)

一個好的包圍型氣罩需有下列優點：可以減少流量需求、增加控制的能力或氣罩面速度、減少花費、增進捕捉污染物的能力。部分的包圍型氣罩可以加裝檔板和凸緣。檔板可以將橫風(cross drafts)之影響降到最低，凸緣可以增加氣罩的捕集效率，兩者均為設計時之重要考量。

- (e) 氣罩和連結裝置(connecting equipment)在設計時，應考量避免其操作發生火災與爆炸。(7.10)

設計局部排氣裝置之排氣流率下，需掌控可能性的爆炸性氣體、蒸氣或氣體，避免混合性爆炸產物。如果污染物每單位排氣體積已知，則必須將污染物的濃度稀釋至低於爆炸下限(LEL; lower explosive limit)或最小可能爆炸濃度(MEC; minimum explosible concentration)。

C. 新加坡

- (a) 包圍型氣罩必須盡可能包圍逸散源，亦可使用檔板及凸緣增加氣罩的表現能力。(2.b)
- (b) 外裝型(exterior)氣罩或捕集(capture)氣罩必須盡可能接近逸散源。(2.c)
- (c) 排氣氣罩之設計及位置選取必須使勞工呼吸帶遠離污染物。(2.d)
- (d) 排氣氣罩不得接近擾流處。(2.e)
- (e) 排氣氣罩之設計及操作需確保氣流進入氣罩後可以保持穩定，以達到穩定控制逸散源之目的。(2.f)
- (f) 氣罩設計必須考慮捕集及控制風速，氣罩靜壓、並且要求體積流率達系統最佳表現之需求。(2.g)
- (g) 選取適當控制及捕集風速，使流體均勻進入氣罩。(2.h)
- (h) 當氣流的溫度及腐蝕性問題不嚴重時，可以使用鍍鋅金屬來建造氣罩。對於溫度高達 480 度或 480 度以上的高溫，可以分別使用黑鐵(black iron)及不鏽鋼(stainless steel)。對於腐蝕性氣體及蒸氣，必須使用抗腐蝕金屬或聚氯乙烯(PVC)或其他塑膠及塗料。(2.0, 2.p)
- (i) 當氣罩失效時會導致操作人員暴露污染物質。氣罩表現即時監測系統，如使用靜壓開關(static pressure tap)以提供操作人員相關訊息。(2.q)

II. 導管(Duct)

A. 我國

- (a) 應儘量縮短導管長度、減少彎曲數目。

B. AIHA

- (a) 導管系統必須估計其靜壓損失。(8.2)

靜壓與系統表現、操作、測試和維護有直接的關連。設計者必須在建造前估計正常靜壓損失。

- (b) 使用認可及適當的設計方法與程序去設計導管系統。(8.3)

一個平衡的設計可以提供有效的局部排氣裝置。在使用檔板平衡系統(damper-balanced)與風箱(plenum)系統設計時必須經由工程師、工業衛生師、建築師和其他有相關專長之專家設計之。

- (c) 導管材料必須與欲排除之污染物相容。(8.4)

使用者必須考慮混合微粒可能的靜電力問題，例如：塑膠導管使用金屬支撐架支撐，在輸送含金屬物質微粒時，會有靜電荷問題。

- (d) 圓形導管應具使用在局部排氣裝置的排氣機之上游處。(8.6)

圓形導管具避免乾微粒的沉積、便宜及不易倒塌之優點。

- (e) 局部排氣裝置中主導管與次導管不得使用調節器或氣閘，除非有特別的目的，如用於完全關閉氣流或平衡氣流之用途。(12.7)。

- (f) 建造材料必須符合製程及欲排除污染物之要求。(12.3)

導管材料可能使用金屬、塑膠、陶、瓷、纖維、混凝土或其他物質，此類物質必須能使導管內部光滑、具抗腐蝕性。導管亦可塗抗腐蝕或抗磨損的物質，以增加抗腐蝕及抗磨損的能力。

對於腐蝕性氣體、蒸氣或粉塵，導管、氣罩及空氣清淨機均必須鍍上合適的抗腐蝕物質。

C. 新加坡

- (a) 減少歧導管的氣流阻抗(airflow resistance)。(3.a)

- (b) 減少導管長度，若必須使用長導管時就要改用小直徑導管。減少不必要

的彎管及 T 型管。(3.b)

- (c) 導管必須位於方便檢查、清潔及修復的地方，且需避免設於易受外來的傷害的地方。(3.d)
- (d) 導管對系統所造成的重量必須予以支撐。(3.f)
- (e) 導管內部必須平滑並無阻礙物，特別是位於接縫、肘管及彎曲處。(3.g)
- (f) 通常須使用圓形導管來建造通風系統。如須使用方形導管，則導管應盡可能方正。(3.h)
- (g) 除腐蝕性蒸氣或其他會造成金屬失效的因素，導管必須使用鍍鋅材質。鍍鋅材料並不適合用於超過 200 度以上的溫度。(3.i)
- (h) 對於腐蝕性物質，導管可以使用抗腐蝕金屬、聚氯乙烯、及他塑膠或塗料進行建造。(3.j)
- (i) 實際圓形導管的金屬厚度必須隨著導管的直徑、污染物濃度、研磨性污染物、靜壓、及堅固性而改變。(3.k)
- (j) 主導管之分支其角度不得超過 45 度，最好在 30 度或小於 30 度。(3.n)
- (k) 導管設計必須考慮震動(vibration)及擴展性(expansion)。應使用彈性導管與排氣機、空氣清淨設備連結。(3.s)

III. 空氣清淨設備(Air cleaning equipment)

A. AIHA

- (a) 空氣清淨設備之選取必須考慮排除之氣體污染物。(9.2)

因為每種污染物有不同性質，不同的氣體污染物需要不同的空氣清淨設備。每種污染物均必須研究更有效的清淨方法。

B. 新加坡

- (a) 空氣清淨設備必須與局部排氣裝置之其他元件相容。(4.a)
- (b) 設計及選擇空氣清淨設備時，必須考慮火災與爆炸之可能性。(4.b)
- (c) 逸散速率及空氣清淨設備的阻抗，必須盡可能保持穩定。(4.c)

- (d) 空氣清淨設備之選取必須依空氣/氣流的特性，及污染物性質和量來決定。(4.d)

IV. 排氣機(Fan)

A. 我國

- (a) 設置有除塵裝置或廢氣處理裝置，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。

B. AIHA

- (a) 排氣排氣機最好位於室外，通常在屋頂。一個好的排氣機之屋頂閣樓(penthouse)可以避免排氣機受到天氣的影響。(10.1)

- (b) 排氣機的選擇必須考慮到長時間污染物對排氣機及排氣機輪軸之影響。(10.5)

可能之影響包括腐蝕、物質的累積或衝擊傷害。如果有腐蝕或傷害發生，可以在排氣機結構中以特殊內襯或金屬來做防護。

- (c) 排氣系統為收集粉塵及腐蝕蒸氣，其排氣機必須置於空氣清淨設備乾淨空氣之後。(10.6)

此方式可以將腐蝕及傷害降到最低，並且確保排氣系統可以連續提供必要之排氣能力。排氣機設如果無法依此原則設計，則必須定期維護、清潔、修復或置換排氣機。

- (d) 如果氣流中攜帶爆炸性蒸氣、氣體或粉塵，必須符合 NFPA 和當地防火規章之規範。(10.8)

為了防止火災或爆炸，排氣機輪軸及蓋子需使用不可燃材料，馬達外亦不可置放可燃物並需做防火認證以確保安全。

- (e) 排氣機的電閘開關與電力阻斷器，必須位於看得到排氣機的地方。(10.11)

此考量可以幫助排氣機在安裝、維護及修復時關閉電源。一般而言，安裝之距離需遠排氣機五十英尺以內。

- (f) 如果氣體可能洩漏的話，排氣機排氣導管不得朝向工作區域。(10.12)

通常要求排氣排氣機需置於建築物外部。

C. 新加坡

- (a) 選擇排氣機時，必須先決定系統靜壓損失。(3.p)
- (b) 排氣系統的排氣機必須提供正確排氣體積流率，必須考慮整體系統抗阻，包括氣罩、歧導管、主導管、肘管、歧導管與主導管連接處之壓力損失。(5.a)
- (c) 排氣排氣機必須位於空氣清淨設備的下游處，以保護腐蝕性蒸氣及氣體對排氣機所可能造成傷害。(5.c)
- (d) 排氣機應置位於室外，通常是屋頂。選擇排氣機的位置考量噪音衍生的問題。(5.d)
- (e) 排氣機的選擇時，必須考慮到污染物長時間對排氣機及排氣機輪軸的影響。(5.f)
- (f) 採用彈性套管或繩子可以用來固定排氣機進出口導管，其主要目的為將震動降到最低。(5.g)
- (g) 當使用排氣系統控制爆炸性氣體、蒸氣或可燃性粉塵，排氣機葉片及罩子(casting)必須使用不會產生火花的材質。(5.k)

V. 煙囪(Stack)

A. 我國

- (a) 雇主設置局部排氣裝置之排氣口，應設置於室外。

B. AIHA

- (a) 煙囪位置選取及設計應符合如下規定：(8.8,8.9)
 - 排氣氣體必須避免再進入(re-entrainment)作業場所中
 - 煙囪鄰近之勞工不得因此而暴露到有害排氣污染物

再進入的情形通常發生在進氣口(intake)與排氣口(exhaust)位於同側之情形。大部分的再進入氣體流率是可變的，取決於、風速風向、溫度、進氣口與排氣口相對位置位置和煙囪高度。

煙囪距離進氣口至少 55 英尺遠、比鄰近的進氣口或屋頂高十英尺以上。煙囪氣流的離開煙囪速度至少達 3000 ft/min，以盡量避免污染物回流

(backdrafting)。原則並不保證可以完全避免“再進入”，每一煙囪都須視實際情形做設計並建造。煙囪測試時，大氣擴散模式是可將用之工具。

有些區域的局部排氣設備需要建築圍欄，並且有最低煙囪高限制。此時為避免“再進入”的情形發生。可採用以下原則：

- 不要將氣體進氣口與排氣口設在同一區域
- 盡可能分離進氣口與排氣口
- 使用“吹噴式(blow)”煙囪使氣體能高速離開（3000 fpm）

C. 新加坡

- (a) 排氣煙囪必須垂直，且有足夠高度及風速，以避免再進入（re-entry）工作區。(6.a)
- (b) 煙囪出口不建議使用天氣蓋板（weather cap）。(6.b)
- (c) 如果煙囪高 15 公尺，局部排氣裝置的煙囪出口，則必須與進氣口有足夠距離（建議三公尺）。(6.c)

F. 其他

A. AIHA

- (a) 局部排氣裝置的排氣體積流率與設備大小選擇，必須要能將污染物稀釋（dilute）到可接受的濃度。(4.6)

設計者必須決定局部排氣裝置用途，並使用適當預測公式決定不同系統操作時，相似空氣污染物的濃度。必須適當建立“限制規定”(limits)且將之文件化。舉例來說，“導管內必須將濃度稀釋到 IDLH 的一半以下”或“正常操作情形或最糟的意外發生時，應將濃度降爆炸下限(LEL)的百分之十以下”。

- (b) 在排氣機選擇前及建造、或安裝前必須先估計局部排氣裝置靜壓損失。(4.7)

流率、能量耗損、過濾效率、花費與系統表現都與靜壓有關。沒有任何一個系統可以在未初估靜壓損失情形下達到適合的設計及操作之目的。

- (c) 利用適當結構與化學複合材料建造局部排氣裝置。(4.8)

舉例來說，酸性物質適合使用玻璃纖維、溶劑性蒸氣適合使用鍍鋅鐵管，或者是足夠的厚度使設備壽命延長。局部排氣裝置的建造必須考慮最大污染濃度，化學物質與導管內氣流合適性，及導管的材質之相容性。

(d) 局部排氣裝置必須設有監測系統表現(performance)之功能設備。(4.9)

監測系統表現的設備可以是類比(analog)或數位(digital)的流體監測器(flow monitors)、煙霧偵測器(smoke detectors)、氣體偵測器(gas detectors)，或其他必要及可能設備(equipment)和程序(procedure)。因氣罩之氣體流率通常為影響局部排氣裝置花費的最大因素，且氣罩靜壓與氣體流率亦有直接關係，因此局部排氣裝置可為了氣罩表現，而在導管內裝置必要的靜壓開關 (static pressure taps)。

(e) 局部排氣裝置必須有備用裝置，以確保持續保護勞工之功能。(4.10)

局部排氣裝置失效時，會造成勞工暴露到危害物質，因此備用裝置有其必要性，諸如預備的軸排氣機、備用電力等等。設計者必須決定所需的備用設備數目及大小。

(f) 局部排氣裝置設計必須考慮工廠平面配置與結構。(5.1)

(1) 製程位置

製程使用單一局部排氣裝置時，必須將製程與系統安排在一起，如果情況允許，必須達下列要求：

- 最短的導管距離與最少的彎肘管數
- 氣罩依不同使用適當的氣流比率(proportioning)

非穩定的製程或設備操作頻率不固時，必須使用多個排氣系統。

(2) 設備位置

當製程設備必須裝上局部排氣裝置，需妥適安排排氣導管的位置以便使：

- 起重機、電梯和卡車的自由操作
- 方便檢查、清潔和導管修復
- 提供導管最大的保護，避免外部的損害

(3) 將危害與非危害製程分開操作

盡可能將存在有害物與未存在者分開。工廠的大多數製程都可能造成

危害的空氣污染物，因此將無害製程獨立分開是比較理想的設計。

(4) 空氣清淨裝置的位置

設計時應該確認清淨空氣裝置的位置，以達到以下目的：

- 進行維護、移除收集之物質、或修復空氣清淨裝置時之安全
- 在簡單移除粉塵或其他收集物質時，而不會造成麻煩、健康危害的問題

如果空氣清淨機處理爆炸性、易燃性氣體或污染物，應該安置於室外或獨立設置，並且裝置釋壓閥(**pressure relief panels**)與安全圍籬(**safety barriers**)。並需將系統污染物濃度降低至 10%氣體與蒸氣的爆炸下限、20%的粉塵爆炸下限濃度。另亦需裝置適當的安全控制裝置以預防操作失誤。

(g) 設計與建造局部排氣時，須考慮清潔與排水問題(**draining**)。(5.3)

(h) 當工具、製程或設備產生之各種煙塵、粉塵或蒸氣會造成健康、爆炸危害或腐蝕破壞時，必須藉由不同局部排氣裝置排除。(5.4)

舉例來說，半導體廠很普遍地將空氣含有酸性/腐蝕和溶劑蒸氣提供分開設置局部排氣裝置；實驗室需將酸性物質與氰化物分開。

前述情形適用於當煙塵、粉塵或蒸氣達足夠濃度會造成健康、爆炸危害或腐蝕破壞時，或當腐蝕性氣體會造成導管破壞、或排氣機和空氣清淨機失效時。

(i) 當排氣設備失效時會導致氣體污染物濃度高於 IDLH 時，此時排氣與供氣設備必須和製程控制器連鎖。使當製程啟動時，必會同時啟動排氣及供氣設備。若排氣及供氣設備無法啟動時，不得進行製程亦無法運作。(12.10)

B. HSE

(a) 設計時必須做安裝前的評估。評估具兩個主要目的，包括 a、顯示系統運作時有控制危害物的能力 b、決定合適之操作標準。

C. 新加坡

(a) 局部排氣裝置的設計，必須參考目前最新的局部排氣裝置之規範或要求。(8.b)

D. SEMI

(a) 設置之通風排氣目的是為了防止在以下情形之對化學品的暴露。(s2-22.1)

做為主要(第一)選擇之控制措施：用於正常操作下。化學品因擴散而造成勞工暴露危害並無法避免時。

做為補充控制措施：因間歇性行爲（如清潔艙體等），化學品之暴露危險無法以其他方法控制時，則需在機台設計將通風納入考量，此時所需最小通風基準由供應商提供之。

做為第二道控制措施：用於氣體或揮發性化學液體洩漏，確保在其他方法均無效的情況下，仍能有效控制。

- (b) 設備之通風排氣需經合理的設計及評估，以保障其在正常操作、最差情形、維修，及其他設備失誤情形下之安全與效率。前述設計與評估所採取之設計方法，需為目前已確知之方法(recognize method)。(s2-22.2)
- (c) 設備提供者應提供有效率的內部排氣系統設備，並與使用者通風排氣系統相連結。設備提供者所提供之排氣系統必須附有排氣系統的詳細設計規格。並且必須是工廠可以接受的原則。(s6-1)
- (d) 使用有害性物質(HPM, hazardous production materials)機台的排氣設備，因當其失效時即可能造成的危害，故均應使用連鎖設計，並建議使用流量或靜壓偵測設備以偵測之。當測值小於設定值，偵測設備需發出操作員的可視及可聽範圍內之聲光警報，此時機台可處於安全的 stand-by 模式，為需再經適當的安全評估方可回復正常操作。排氣連鎖設備以及警報應可利用方式手動重新設置，需可以識別本身的有效狀態。(s2-22.4)
- (e) 機台設備及設備元件之通風排氣設施應該有良好的設計準則，以保證化學品被有效捕集，和獲得最佳之排氣效能。(s2-22.5)
- (f) 對使用危害物質的設備之密閉式局部排氣裝置，需建立特定的功能要求，如果可能造成使人員暴露於危害物質時，在開口的部位需使平均的表面風速足以捕集暴露之有危害性質。(s6-8.1)
- (g) 設計排氣系統時應參考物質安全資料表，考慮危害物質的化學特性（密度、蒸氣壓、沸點、可燃性等），及其在排氣系統之內的物理狀態（固態、液態或氣態）等。(s6-8.2)

（四）設計報告書、操作手冊及其審核

A. AIHA

- (a) 局部排氣裝置的設計書與詳細說明書，必須在建造及安裝前經由工業衛生師及其他適合的專家審查。(4.3)

前述審查可以確保設備功能性與可靠性。每位專家必須依自己專業能力進行審查。工業衛生師審查目的為確保逸散物得到適當的控制；防火專家則為控制爆炸與煙霧；安全工程師則為確保操作安全。

審查的內容包括：氣罩定位、勞工作業之相容性、氣體體積流率、系統靜壓、搬運風速、排氣機壓力、煙囪高與位置、火災防護、導管和空氣清淨機爆炸可能等等。

- (b) 局部排氣裝置的設計及安裝均需通過通風有效性之鑑定單位之鑑定。(4.5)
- (c) 使用者可利用通風有效性之鑑定方法去設計、安裝及建造可接受的排氣系統。(12.1)

通風有效性之鑑定是對新的、或再造的局部排氣裝置，在建造開始前對其有效性進行辨識、說明及驗證，並將其文件化。此可以確保該通風設施之合適性及符合法規、標準及其他相關之設計注意事項。

- (d) 必須提供有效說明書，說明當監測器指出氣流、污染物或其他監測測量表現已經改變時，使用人員應該如何應對。(7.5)
- (e) 局部排氣裝置的部分設備(特別是氣罩、空氣清淨裝置及氣體驅動裝置)必須依據製造商的操作指南進行操作。(13.2)
- (f) 作業場所使用的局部排氣裝置，必須有合適的操作方法、安裝說明及操作程序說明。(13.3)

B. 新加坡

- (a) 測試與操作局部排氣裝置，必須符合目前最新的局部排氣裝置之規範或要求。(8.b)

第三節 局部排氣裝置設置後有效性評估資料彙整

(一) 評估人員之規範

A. AIHA

- (a) 執行局部排氣裝置操作與測試人員，必須為受過訓練、或有工作經驗的合格人員。設備操作者必須知道系統的功能，而且還需了解如何決定適當系統表現。測試人員必須測試通風系統平衡。(4.1)
- (b) 氣罩使用者應該接受訓練，使其明瞭讀取與解釋監測系統輸出之訊息。(7.5)
- (c) 測試人員在進行測試及平衡前，必須先經過訓練或取得合格工作能力證明。(14.8)

測試由具有調整及測試證書 (TAB; testing adjusting and balancing) 的專家、訓練過的工程人員、或工業衛生師來執行。但有 TAB 認證執照的人員並不代表其有能力可以決定該系統是否是以有效控制危害。

B. HSE

- (a) 測試人員必須有能力勝任其職責，並且可解釋測試結果。測試目的是用了解局部排氣裝置是否是以控制有害物質。為了考慮測試正確性，人員執行測試時必須瞭解：
 - (1). 局部排氣裝置的設備單元及功能
 - (2). 如何由視察辨認設備單元的損害
 - (3). 測試儀器的使用及目的
 - (4). 各設備單元的表現標準
 - (5). 如何由量測的結果瞭解局部排氣裝置之執行是否完善
 - (6). 如何核對及紀錄資訊
 - (7). 如何安全的操作與有害物有關的局部排氣裝置設備。

C. 新加坡

- (a) 執行局部排氣裝置之測試人員，必須為受過訓練或有工作經驗的合格者。(1.a)

(二) 操作及測試基準資料蒐集

A. AIHA

- (a) 氣罩之操作與測試必須考慮下列因素並將其文件化：

- (1). 形狀與建築材料
 - (2). 控制逸散物和氣味逸散所需的氣體流率
 - (3). 氣罩、狹縫及導管進口損失的因素，和進口損失係數 C_e 。
 - (4). 速度（包括面速度、控制速度、捕捉速度、狹縫與風箱(plenum)速度、導管搬運速度）
- (b) 操作排氣氣罩必須考慮下列因素並將其文件化(7.2)
- (1). 污染源及逸散物受慣性與動力的影響
 - (2). 氣體與蒸氣的比重影響
 - (3). 人體站在氣罩旁對氣罩能力所造成的影響，及自身氣流進入氣罩所造成的影響
 - (4). 位於氣罩鄰近之位置之勞工與設備之分不情形
 - (5). 捕集及控制風速
 - (6). 氣罩鄰近的氣流流動
 - (7). 勞工工作內容與方式
 - (8). 污染物的熱狀態
 - (9). 污染物的毒性與危害特性

B. 新加坡

(a) 操作及測試局部排氣裝置所需資訊，包括：

- (1). 氣罩：任何時間可能使用最大數、設置的位置、氣罩的靜壓、表面風速
- (2). 導管：尺寸、搬運風速、氣體體積流率
- (3). 過濾收集裝置：規格、體積流率、進出口靜壓
- (4). 排氣機及氣流驅動器：規格、體積流率、進口靜壓、排氣機葉片旋轉方向

(三) 評估之規範

I. 一般原則

A. 我國

- (a) 需降低空氣中有害物濃度，至勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準以下。

B. AIHA

- (a) 排氣氣罩在操作時需達到控制化學物及微粒的逸散之目的。(7.1)

沒有任一氣罩在所有時間下均可以達百分百的控制目的。爲了確保操作時可以提供足夠能力保護勞工，使用者需決定控制標準，並且將其文件化，如：工作場所的逸散污染濃度不得超過美國工業安全衛生師協會（ACGIH）所訂定的恕限值（TLV）或臭味的恕限值。

- (b) 需提供偵測氣罩表現能力的裝置或測試程序，俾使人員操作時利用即時偵測裝置而得到充分的資訊。而系統表現監測器的報告或輸出應該清楚且易理解。(7.5)

前述之目的爲：1、確保系統超時使用也可以保持氣罩之表現，2、確保氣罩之氣流體積流率維持在安全範圍內，3、爲勞工提供確保工作安全方法手段。

關於即時監測系統，建議考慮使用可以量化的可靠裝置。例如：清淨機和氣罩旁可以加裝靜壓開關(static pressure tap)，排氣機設轉速監測器(fan rpm monitor)，或馬達安培監測器(motor amperage monitor)。

- (c) 每天例行作業運作時，需測試排氣氣罩以確保污染物捕集、控制符合使用者的要求。(7.6)
- (d) 經由空氣清淨機處理後的排出物和收集的物質必須依照當地規範控制、運輸及棄置，不得會對勞工造成危害健康影響。

收集的物質必須以安全及容易的形式進行棄置或再回收。有時候一個或兩個以上的收集器必須做特殊處理。

- (e) 排氣機之操作需與特性曲線上所選擇系統最佳操作點（SOP; system operation point）一致。(10.3)

當系統靜壓與原設計不同時，選擇排氣機特性曲線上最佳操作點，可以幫助其維持合理的排氣體積。

- (f) 使用者必須選擇測試方法及測試儀器，以確認通風裝置是否符合原設定之功能準則（performance criteria）。(14.2)
- (g) 使用者必須根據局部排氣裝置之狀態決定定期測試及監控的時程表。(14.4)
- (h) 使用者必須建立氣罩捕集、接收及維持污染物的詳細功能準則。(14.5)

(i) 使用者可以利用定性測試，以確保氣罩捕集和污染物的功能。(14.6)

C. HSE

- (a) 對系統進行徹底的檢查及測試，定期審查系統的表現，觀察設備功能是否正確並有效。
- (b) 測試程序之合適性，必須由設備的種類及所處理之污染物來決定。測試及檢查目的為使系統有良好運作及功能，以符合系統表現準則，並達到完全控制逸散源之目的。
- (c) 一般檢查及測試可以視察法進行測試，局部排氣裝置視察的項目需包括：
 - 系統外在各元件，如氣罩、狹縫、岡亭(booth)、包圍式(enclosure)設備、導管、導管配件、排氣機、濾袋及煙囪完整的檢查，包括損傷、磨損和撕裂的情形。
 - 如有使用濕式洗滌塔，需查核其水流及耗能之情形。
 - 以釋放煙流(smoke)觀察評估氣罩控制能力。

D. 日本

- (a) 污染物濃度在到達勞工作業呼吸區前，需降到法規的容許濃度之下。
- (b) 對特殊之作業，例如石棉、鉛、粉塵及有機溶劑場所作業時，則需要使用密閉之局部排氣裝置。

E. 新加坡

- (a) 當污染物為凝結性蒸氣時，必須考慮導管的溫度預防凝結。(3.m)
- (b) 空氣清淨設備收集之污染物，必須經由適當控制及處置，避免人員接觸到有害物質。(4.f)

F. SEMI

- (a) 設備之通風排氣需有合理的設計及評估方法，以保障其正常操作下、最差情形、維修，及其他設備失誤情形下之安全與效率。所用之測試方法需為目前已確知之方法(recognize method)。(s2-22.2)

II. 特別規定

A. AIHA

- (a) 導管需有足夠之搬運風速，以避免乾氣膠的沉積。當導管需輸送霧滴、黏性物質或凝結物質時，則導管應具可被清洗之功能。(8.5)

為使氣體包含的乾微粒可以在足夠快的速度下通過。搬運風速為 3000~5000 ft/min(15~25 m/s)。導管清潔包含：排水設備(drain)、傾斜導管排水設備、清潔開口(cleanout opening)、水霧清潔系統(water spray cleaning systems)、真空清潔系統(vacuum cleaning system)等。

對一般微粒而言導管設計之搬運風速為 1200~3000 ft/min。理論上，在此速度下蒸氣與氣體均可被排除。

- (b) 對於局部排氣裝置的每一元件，使用者都必須建立其功能標準及操作準則。(14.1)

在局部排氣裝置安裝後，必須進行測試以確保其表現符合原設計及操作準則(operating criteria)，通常操作準則的建立需在安裝前或通風有效性鑑定的時。當確認局部排氣裝置是否良好時，可以參考功能表現準則（如流率必須 1000 scfm、氣罩靜壓必須 0.75 英吋 w.g.）。主要的局部排氣裝置元件如氣罩、排氣工具(exhausted tool)、空氣清淨機及排氣機都必須進行測試。功能準則必須包含氣罩靜壓，最小氣體體積流率，最小、平均、最大氣罩面速度，可視污染物(visual containment)，捕集風速，狹縫風速，導管搬運風速，通過清淨機時的壓降，排氣機全壓等。

B. HSE

- (a) 測量設備功能的方法，最常見者為測量每個氣罩及包圍式設備的靜壓，逸散源及包圍式設備的表面風速，導管氣流速度及能量損耗。

C. 新加坡

- (a) 導管搬運速度必須足以避免乾氣膠的沉積。(3.1)
- (b) 每個局部排氣裝置必須徹底的檢查及測試。起始測試(initial test)需包括體積流率、排氣機靜壓、風速、及決定通過空氣清淨設備的壓降。起始測試是為提供未來定期測試的基準，並且避免局部排氣裝置機能失效。(9.a)

D. SEMI

- (a) 需提供設備通風之測試方法，以供公司內部及第三團體在使用測試時之參考。

氣罩形式	合適之測試方法	典型設計及測試排氣設備之參數	參考文獻
Wet Station	主要方法：蒸氣視察法(vapor visualization)，氣體採樣(air sampling) 補充方法：捕集風速(capture velocity)量測、狹縫速度(slot velocity)量測、追蹤氣體法(tracer gas)、氣體採樣	非熱製程所需捕集風速 0.28-0.50 m/s(55-100 fpm) 熱製程所需捕集風速 0.36-0.76 m/s(70-150 fpm)	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Gas Cylinder Cabinets	主要方法：面速度(face velocity)量測、追蹤氣體法 補充方法、蒸氣視察法	面速度需為 1.0-1.3 m/s(200-250 fpm)	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Equipment Gas Panel Enclosure	主要方法：追蹤氣體法、靜壓量測(static pressure) 補充方法：蒸氣視察法	每分鐘 4-5 氣體交換單位(4-5 air changes/min) 靜壓範圍為 -1.3 到 -2.5 mm(-0.05 到-0.1 in)水柱高	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Diffusion Furnace Scavenger	主要方法：面速度量測 補充方法：追蹤氣體法、氣體採樣	面速度需為 0.50-0.76 m/s(100-150 fpm) 注意：不得使用熱線式風速計	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Chemical Dispensing Cabinets	主要方法：靜壓量測 補充方法：蒸氣視察法、安全位置之氣體採樣、於可以精確計算逸散速率的地方進行追蹤氣體法	靜壓範圍為 -1.3 到 -2.5 mm(-0.05 到-0.1 in)水柱高 每分鐘 2-3 氣體交換單位	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Parts-Cleaning Hoods	主要方法：面速度量測 補充方法：追蹤氣體法、氣體採樣	面速度需為 0.40-0.64 m/s(80-125 fpm)	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15 ASHRAE standard 110

Pump and Equipment Exhaust Lines	主要方法：靜壓量測 補充方法：追蹤氣體法	靜壓範圍為-6 到-25 mm(-0.25 到-1.0 in)水柱高	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Glove Boxes	主要方法：靜壓量測、追蹤氣體法 補充方法：蒸氣視察法、空氣監測(air monitoring)	本指引出版時參考文獻無一致參考參數	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Drying/ Bake/ Test Chamber Ovens	主要方法：靜壓量測、追蹤氣體法 補充方法：蒸氣視察法、空氣監測	靜壓範圍為 -1.3 到 -2.5 mm(-0.05 到-0.1 in)水柱高	ACGIH Industrial Ventilation Manual SEMI F15
Spin-Coater(cup only)	主要方法：蒸氣視察法、velometry 補充方法：氣體採樣	見 SEMI S2 之 23.5.1-3 的部分	ACGIH Industrial Ventilation Manual
Supplemental Exhaust	主要方法：捕集風速、蒸氣視察法、氣體採樣	捕集風速需為 0.50-0.76 m/s(100-150 fpm)	ACGIH Industrial Ventilation Manual

第四節 局部排氣裝置性能維護與評估資料彙整

(一) 性能維護人員之規範

A. 我國

(a) 雇主設置之局部排氣裝置，應由專業人員妥為設計維持其有效性能。

B. AIHA

(a) 執行局部排氣裝置之維護人員，必須受過訓練或有工作經驗的合格人員。維護人員則必須維護系統功能，並保持該系統操作安全。(4.1)

(b) 局部排氣裝置維護人員的責任為充分了解局部排氣裝置適當的操作方

法、及安裝，當系統發生故障時需有能力排除之。(13.7, 13.8)

C. HSE

- (a) 維護人員必須有能力勝任其職責，其目的在於是使局部排氣裝置能有效控制有害物質。

D. 新加坡

- (a) 執行局部排氣裝置之維護人員必須為受過訓練、或有工作經驗的合格人員。(1.a)
- (b) 執行局部排氣裝置維護人員必須具教導適當的操作程序之功能。(8.a)

(二) 性能維護計畫（含變更設計）

A. 我國

- (a) 應於適當處所設置易於清掃之清潔口與測定孔。
- (b) 保存每月檢點局部排氣裝置一次以上之紀錄。
- (c) 雇主對局部排氣裝置於拆卸、改裝或修理時，應實施重點檢查。

B. AIHA

- (a) 使用者必須建立安全操作和維護(O&M; operating and maintenance)的程序、及安裝適當的防護物，已確保排氣機的安全使用、操作與維護。(10.4)
- (b) 使用者必須建立管理計畫，以確保局部排氣裝置的功能。(11.1)

沒有任何局部排氣裝置可以不管理即能達到完善的設計、操作或維護。維護計畫包含以下：

- (1). 確認或指派認真負責的人員
- (2). 持續紀錄
- (3). 定期更新維護和說明書
- (4). 發展緊急應變計畫
- (5). 強化勞工訓練
- (6). 定期測試和提供監控
- (7). 提供氣罩使用認可之機制(mechanism)

(8). 使用的原則、標準操作程序及勞工的操作方式

(c) 使用者必須建立及執行局部排氣裝置的運作計畫。(11.2)

(1). 檔板、門及包圍型排氣設備或氣罩均必須位於正確位置

(2). 當排氣系統啟動時，必須確保氣罩或包圍型排氣設備均在堪用狀態下

(3). 只有經認可材料才能建造氣罩及包圍型排氣設備

(4). 勞工需受到訓練

(5). 勞工不得將自己身體置於包圍型排氣設備及氣罩

(6). 勞工必須對局部排氣裝置有適當練習，才能確保安全有效率的操作系統

(d) 使用者必須發展局部排氣系統的維護計畫。(11.3)

(e) 使用者必須建立及維護局部排氣裝置的測試及監測計畫，俾使局部排氣裝置妥善控制危害物。(11.4)

舉例來說，測試和監測的目的為確保開關位置及連接的正確位置。一般而言，自動防火開關不得在包圍型排氣設備及氣罩使用，除非法規有另外規定。必須保留適當測試記錄和監測計畫。保留的紀錄必須包括規劃時程、說明書、測試及平衡報告、監測結果、系統使用記錄、訓練時程、操作及維護(O&M)紀錄、及修復記錄。

(f) 對現存的局部排氣裝置不得任意增加額外導管，除非（1）增加後與原本設計要求一樣，或經人員測試系統功能亦得到認可，（2）對現存的局部排氣裝置修改後，不會使系統表現能力下降。(12.9)

(g) 當局部排氣系統的平面圖、設計圖及說明書有改變時，必須時時保存有最新版本。當每一人員對局部排氣裝置進行測試、維護及重新設計時，則必須使用最新版的設計圖及說明書。(13.12)

(h) 在建造及改變系統後，局部排氣裝置在啟動時必須進行測試，以確保系統符合原建立的功能準則。(14.3)

C. HSE

(a) 局部排氣裝置至少每 14 個月要進行檢查及測試一次。但有些製程則可能有最小限制檢查頻率之限制。

製程	頻率
製程有噴砂作業或伴隨金屬鑄造	一個月
麻纖維成衣工廠	一個月
非濕式製程，有使用機械動力對金屬產品（非黃金、鉑、銻）進行磨碎、磨損精鍊等動作，每星期長達 12 小時以上	六個月
製程使用非鐵金屬鑄造會產生粉塵、煙煙	六個月

(b) 保存測試細節，並且保留五年以上。

D. 日本

(a) 檢查記錄要保存三年，內容包括：檢查年月日、檢查方法、檢查場所、檢查結果、檢查人員姓名、若有損壞則要包括修補的內容。

E. 新加坡

(a) 對於現存的系統不得增加其導管或氣罩，除非增加後其表現與原來設計相同，或經專業人員執行評估後方可改變設計。(3.x)

(b) 維護及再設計局部排氣裝置時，都必須參考最新的局部排氣裝置功能或要求。(8.b)

(c) 每六個月必須進行外觀檢察。(9.c)

(d) 每十二個月需定期實施測試（包括靜壓及氣體流率的測量）(9.d)

(三) 性能維護方法之規範

A. 我國

(a) 雇主設置之局部排氣裝置，應於作業時間內有效運轉。

B. AIHA

(a) 局部排氣裝置必須保持乾淨，並遠離火源、煙霧及會導致爆炸的物質，並且在工作時有良好維護。(4.11)

(b) 排氣氣罩必須定期維護，以達到控制化學物及微粒逸散之目的。(7.1)

(c) 排氣機葉片必須定期清潔。(10.5)

(d) 提供檢查排氣機輪軸，而不需移動連結導管的安全方法。(10.7)

排氣機重新啓動前須關閉進入口及清潔門。排氣機的安全維護人員必須使用 lock-out/ tagout 程序表。

當排氣機輪軸可移除的時候，代表可以直接從蓋子裡移除，而不需移除好幾個傳送帶或導管的凸緣。

(e) 排氣機通常會加裝金屬線網篩，而網篩口大小需能防止鳥或齧齒目動物進入即可。(10.9)

通常使用網篩是不被允許的，但是如果有必要使用時，則不能妨礙氣流進入，而且網篩必須定期修復及清潔。另亦須留意氣流通過網篩時會造成系統靜壓的損失。

(e) 在維護之後必須確定排氣機的輪軸是否依照安裝時旋轉在正確方向。並在遮蔽物上標記排氣機葉片正確之旋轉方向。(10.10)

(f) 導管必須定期維護及修復，並且防護外來傷害。(12.6)

(g) 當排氣系統功能不足時，必須提供勞工替代的保護，例如口罩。(13.4)

C. HSE

(a) 定期視察及查核局部排氣裝置目的為辨認可能存在的問題，以便在局部排氣裝置表現損壞前進行修正、更改。定期視察及查核內容必須包括：

- 如有危害物逸散的可能性，便要確保局部排氣裝置可持續運作。
- 觀察氣罩（岡亭）的表現能力，運作或損害與否。
- 觀察控制系統失效時可能發生的情形，例如：注意是否有不尋常的粉塵沈降，或發散出強烈的氣味。
- 對次要工作，如清空濾袋，亦應查核檢視。

(b) 系統失效就必須關閉，並且提供合適的呼吸防護具。

D. 日本

(a) 石綿、鉛、粉塵及有機溶劑作業場所，均要求局部排氣裝置設置後要進行自主檢查。

(b) 局部排氣裝置有可能會失效，必須提供作業勞工之適當呼吸防護具，以免

局部排氣裝置失效時人員受到有害物暴露。

(c) 呼吸防護具之數量要比勞工人數多，且要常常清潔保持效能。

E. 新加坡

(a) 依系統需求建立安全的操作程序，且需維護製程。(8.d)

(b) 持續保持維護記錄。(9.h)

第五節 各國局部排氣裝置有效性資料彙整與比較

表一就所蒐集六種局部排氣裝置有效性資料依局部排氣裝置設置前（8 大項、24 細項）、設置後（3 大項、7 細項）及性能維護資料（3 大項、9 細項）三方面進行彙整及比較。理論上，各系統均有其優缺點，但經分析可發現 AIHA 及新加坡之評估系統內容，無論就裝置前（細項內容中已訂有規定者分別為 19/24 及 17/24）、裝置後（細項內容中已訂有規定者分別為 6/7 與 4/7）及性能維護（細項內容中已訂有規定者分別為 9/9 及 6/9）均較其他四種資料完整（表一）。故本研究所規劃之內容將以 AIHA 及新加坡內容不足處再參考其他單位資料，以加強其完整性。

表 1 各國局部排氣裝置有效性資料彙整

一、 局部 排氣 設置 前 有 效 性 評 估	驗證內容		單位					
			我國	AIHA	HSE	日本	新加坡	SEMI
	1.1 設計與安裝人員之規範	1.1.1 執行局部排氣裝置設計者必須為受過訓練或有工作經驗的專業合格人員。	○	○	○	X	○	X
	1.2 設計前基準資料蒐集	1.2.1 設備製造商或提供者需提供設計系統時基本資訊（如：排氣量、建造的材料、風管與設備連接處的直徑）給設計者或使用者	X	○	X	X	X	○
		1.2.2 既有設備之通風排氣其操作參數：導管風速、體積流率、氣罩之靜壓等	X	○	X	X	X	○
		1.2.3 收集事業單位運作時資訊： 1、污染源的狀態：逸散源的位置、可能逸散來源、化學組成等 2、作業場所中空氣的行為狀態：空氣的流向流速、空氣溫度等 3、勞工與逸散源的相關性	X	○	X	X	X	X
	1.3 氣罩設計基準	1.3.1 外裝型氣罩或捕集氣罩必須盡可能接近逸散源	○	○	X	X	○	X
		1.3.2 氣罩設計與設置必須確保氣流均勻進入氣罩	X	○	X	X	○	X
		1.3.3 氣罩形式必須符合製程需求，並達到控制化學物及微粒的逸散之目的	X	○	X	X	○	X
		1.3.4 氣罩可使用檔板及凸緣增加氣罩的表現能力。	X	○	X	X	○	X
		1.3.5 對於腐蝕性氣體及蒸氣，氣罩材質必須使用抗腐蝕金屬、聚氯乙烯（PVC）或其他塑膠材質及塗料。	X	X	X	X	○	X
	1.4 導管設計基準	1.4.1 減少導管的氣流阻抗，縮短導管長度、減少彎曲數目。導管內部必須平滑並無阻礙物，特別是位於接縫、肘管及彎曲	○	○	X	X	○	X

	處。						
	1.4.2 應使用圓形導管來建造通風系統。如須使用方形導管，導管應盡可能方正。	X	○	X	X	○	X
	1.4.3 進入主導管之分支其角度不得超過 45 度最好在 30 度或小於 30 度。	X	X	X	X	○	○
	1.4.4 導管材料必須考慮製程需求並與排除污染物相容。對於腐蝕性物質，導管可以使用抗腐蝕金屬、聚氯乙烯、及他塑膠材質或塗料進行建造。	X	○	X	X	○	X
1.5 空氣清淨設備設計基準	1.5.1 空氣清淨設備之選取必須依空氣/氣流的特性，及污染物性質和量來決定	X	○	X	X	○	X
1.6 排氣機設計基準	1.6.1 設置有除塵裝置或廢氣處理裝置，其排氣機應置於各該裝置之後	○	○	X	X	○	X
	1.6.2 建議排氣排氣機應位於室外，通常是屋頂。	X	○	X	X	○	X
	1.6.3 排氣機的選擇必須考慮到污染物長時間對排氣機及排氣機輪軸之影響。如果有腐蝕或傷害發生，可以在排氣機結構提供特殊內襯或金屬來做防護。	X	○	X	X	○	X
	1.6.4 排氣系統的排氣排氣機必須符合正確排氣體積流率。必須考慮系統抗阻，包括經過氣罩、分支導管、主導管、肘管、分支導管主導管連接處之壓力損失。	X	X	X	X	○	X
1.7 排氣口設計基準	1.7.1 局部排氣裝置之排氣口，應設置於室外。	○	○	X	X	○	X
	排氣煙囪必須垂直且有足夠高度，及排出風速避免再進入（re-entry）工作區。	X	○	X	X	○	X
1.8 整體系統設	1.8.1 考量所有使用有害性物質機台的排氣設備當其失效時可能	X	○	X	X	X	○

	計基準	造成的危害，均應該使用連鎖設計，最好使用流量或靜壓偵測設備。						
		1.8.2 當工具、製程或設備產生不同煙塵、粉塵或蒸氣會造成健康、爆炸危害或腐蝕破壞時，必須藉由不同局部排氣裝置排除。	X	○	X	X	X	X
		1.8.3 所有設計方法需為目前已確知之方法(recognize method)	X	X	X	X	X	○
		1.8.4 局部排氣裝置設計必須考慮工廠平面圖與結構：製程位置、設備位置	○	X	X	X	X	X
二、	2.1 評估人員之規範	2.1.1 執行局部排氣裝置操作與測試人員必須為受過訓練或有工作經驗的專業人員。	X	○	○	X	○	X
局部	2.2 評估之一般原則	2.2.1 降低空氣中有害物濃度，至勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準以下	○	○	X	○	○	X
排氣		2.2.2 提供偵測氣罩的裝置或測試程序，俾使人員操作時利用即時偵測裝置而得到充分的資訊。	X	○	X	X	X	X
設置		2.2.3 設備之通風排氣需有合理的設計及評估方法，以保障其正常操作下、最差情形、維修，及其他設備失誤情形下之安全與效率。所用之測試方法需為目前已確知之方法(recognize method)。	X	X	X	X	X	○
後有		2.2.4 使用者可利用定性測試確保氣罩捕集的能力。	X	○	○	X	X	○
效	2.3 評估之特別規定	2.3.1 導管需有足夠之搬運速度以避免乾氣膠的沉積。	X	○	X	X	○	X
性		2.3.2 測量設備表現的方法包括靜壓，表面的氣流速度，導管氣流速度及流量	X	○	○	X	○	○
評估								
三	3.1 性能維護人	3.1.1 局部排氣裝置維護人員，必須為受過訓練或有工作經驗的	○	○	○	X	○	X

、 局 部 排 氣 裝 置 性 能 維 護 與 評 估	員之規範	合格人員。維護人員則必須維護系統功能並保持系統操作安全。							
	3.2 性能維護計畫(含變更設計)	3.2.1 定期進行測試、檢查與維護，並保存每次檢點資料	o	o	o	o	o	o	X
		3.2.2 現存的局部排氣裝置不得增加額外導管或變更設計，除非（1）增加後與原本設計功能一致，或經人員測試後系統功能亦可得到認可時，（2）對現存的局部排氣裝置修改後不會使系統功能下降。	X	o	X	X	o	o	X
		3.2.3 維護及再設計局部排氣裝置時，都必須參考目前為止最新的局部排氣裝置規劃或要求。	X	o	X	X	o	o	X
		3.2.4 使用者必須建立局部排氣裝置的維護及監測計畫	X	o	X	X	o	o	X
		3.2.5 使用者必須建立管理計畫，確保局部排氣裝置之完善操作與功能。	X	o	X	X	X	X	X
	3.3 性能維護方法之規範	3.3.1 利用視察及查核局部排氣裝置表現準則之方法辨認可能的問題，以便在局部排氣裝置表現損壞前進行修正、更改。	X	o	X	X	o	o	X
		3.3.2 在維護之後必須確定排氣機的輪軸是依照安裝時旋轉之正確方向。必須在遮蔽物上標記排氣機正確之旋轉方向。	X	o	X	X	X	X	X
		3.3.3 導管必須受到維護及修復，並且防護外來傷害。	X	o	o	X	X	X	X

o表參考資料內已有類似或相同之規範

X 表參考資料無此規範

第四章 擬訂有效性及性能維護評估技術

第一節 局部排氣裝置有效性評估架構

本研究整理各國資料及彙整國內專家意見後，將裝置前有效性評估技術、裝置後有效性評估技術、與性能維護評估技術架構分別擬訂如圖 2、圖 3 及圖 4 所示。圖 2 為設置前有效性評估技術架構，主要分為三個部分，包含：設計、審查、與設置及安裝。其中設計部分又包括設計人員規範、資料蒐集、設計基準，及設計報告書等四項。審查則在於規範審查設計報告書，而裝置及安裝則著眼於監工人員之規範。圖 3 為擬定之設置後有效性評估技術架構，分為兩個部分討論，包含性能驗收及操作。其中性能驗收部分又可區分為性能驗收人員規範、性能驗收方法、性能驗收報告書等三項，而操作部分則為操作手冊之要求。圖 4 為擬定之性能維護與評估架構，包含管理人員之規範、性能維護方法與計畫及系統更改時之性能維護等三部分。

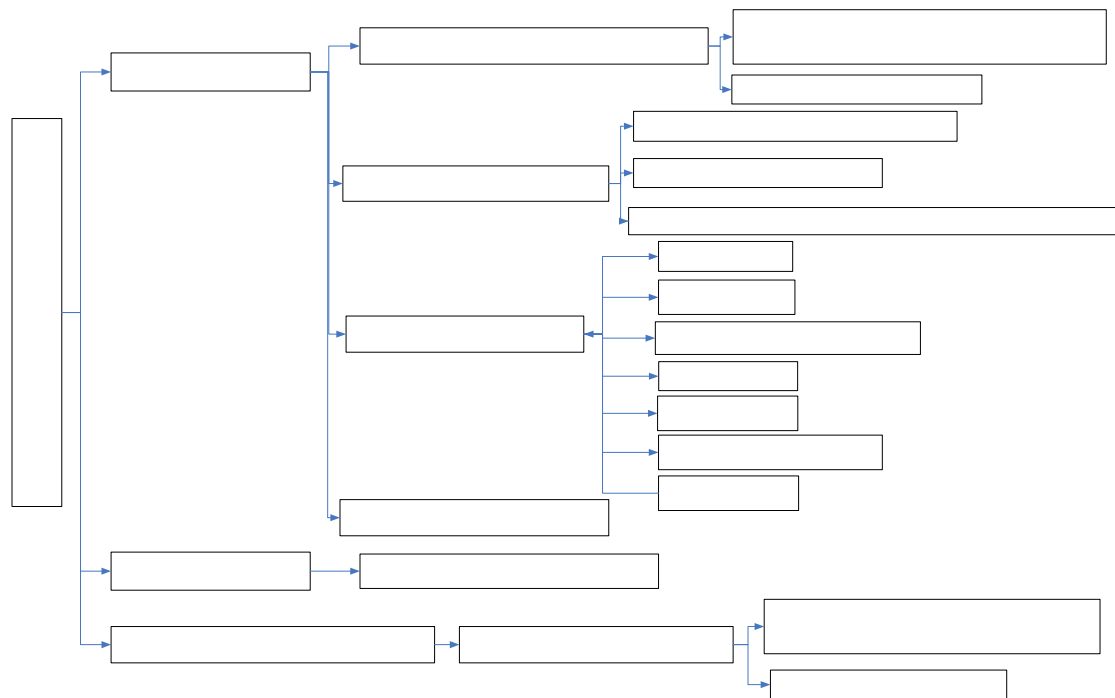


圖 2 設置前有效性評估架構圖

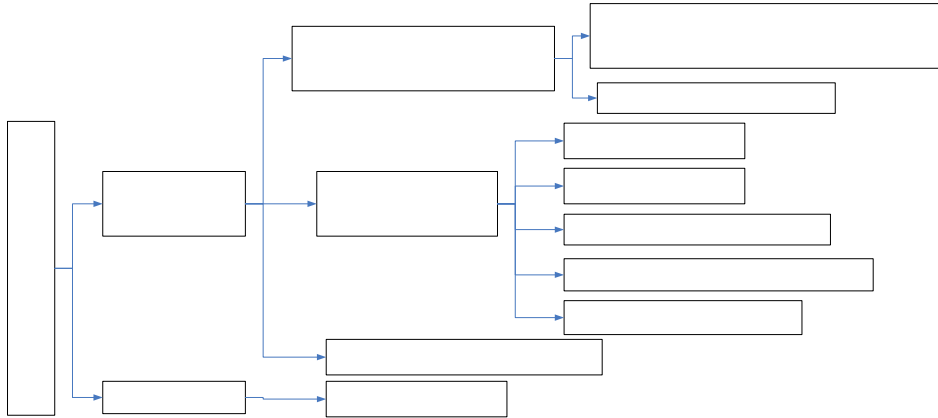


圖 3 設置後有效性評估架構圖

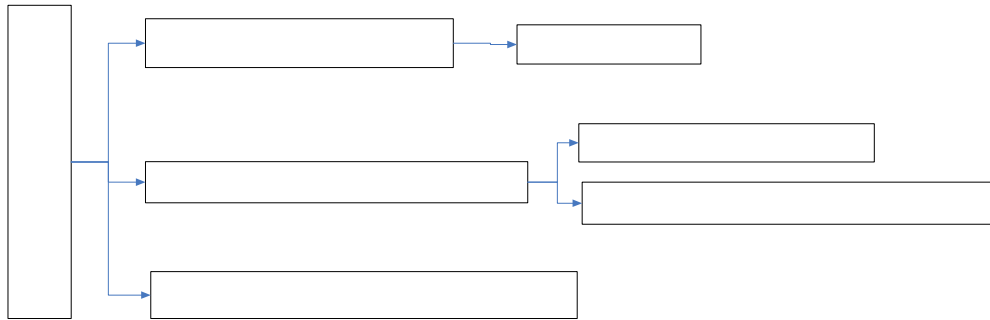


圖 4 局部排氣裝置性能維護與評估架構

第二節 局部排氣裝置有效性評估表

本研究依前述第一節架構擬定評估技術，所擬定之表格內容包含大項評估內容、細項評估內容與其評估基準。評估基準部分如與國內法規相關者，則以符合我國規定為原則。初步擬定完後之表格，經北、中、南三區專家座談會後，彙整專家意見及建議進行修正。詳細專家座談會意見如附錄一所示。完成之表格分述如下：

一、局部排氣裝置設置前有效性評估表

本研究將設置前評估內容區分為 12 大項，19 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（表 2）。

設置後有效性評估

1、性能驗收

2、操作

表 2 局部排氣裝置設置前有效性評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是	否	備註
1.1 設計人員規範	1.1.1 局部排氣裝置設計人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1 Singapore：p.6，scope (b)
	1.1.2 局部排氣裝置設計人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1
1.2 資料收集	1.2.1 場所佈置之資料	需有製程流程圖（PFD）、管線與儀器圖（P&ID）、設備清單、化學物清單等資料			內容： ANSI Z9.2：p.7，5.1 ACGIH：p.2-6，2.9.1
	1.2.2 欲捕集化學物質的物化特性之資料	至少需有物質安全資料表			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.2 ACGIH：p.2-6，2.9.1 SEMI S6：p.2，8.2
					基準： ANSI Z9.2：p.7，4.2 部分參考資料
1.2.3 人員操作及暴露途徑之資料	需有人員操作模式及可能暴露途徑等資料			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.2	

1.3.1 氣罩設計基準	需考慮捕集風速或表面風速等與氣罩設計之相關基準	捕集風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄二		內容： ACGIH：p.6-7，6.4.3 ANSI Z9.2：p.21，7.11 Singapore：p.7，(g)
				基準： ACGIH：p.6-8，TABLE 6-1
	建造材料需考量符合製程要求。	對於溫度高達 480 度或 480 度以上的高溫，可以分別使用黑鐵 (black iron) 及不銹鋼。對於腐蝕性氣體及蒸氣，必須使用抗腐蝕金屬或聚氯乙烯 (PVC) 或其他塑膠及塗料。		內容： ANSI Z9.2：p.31，12.3 Singapore：p.7，(p)
				基準： Singapore：p.7，(p)
1.3.2 導管設計基準	需考慮導管搬運風速	導管搬運風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄三		內容： ACGIH：p.5-10，5.3.5
				基準： ACGIH：p.5-11，TABLE5-1
	建造材料需考量符合製程要求。	如為腐蝕性污染物，導管應塗或漆上抗腐蝕或抗磨損的物質，以增加抗腐蝕及抗磨損的能力。		內容： ANSI Z9.2：p.31，12.3 Singapore：p.8，(j)
				基準： ANSI Z9.2：p.31，12.3
1.3.3 空氣清淨裝置設計基準	空氣清淨裝置之選取應符合污染物需求	如附錄四建議或具有相等效力的空氣清淨裝置。		內容： ANSI Z9.2：p.25，9.2

				<p>Singapore : p.10 , (d) ACGIH : p.8-2 , 8.2</p> <p>基準： ACGIH : p.8-26 , table 8-3</p>
1.3.4 排氣機設計 基準	避免排氣機受到污染物之傷害	排氣機必須位於空氣清淨裝置的下風處，保護腐蝕性蒸氣及氣體對排氣機造成的傷害。		<p>內容： ANSI Z9.2 : p.28 , 10.6 Singapore : p.11 , (c)</p> <p>基準： Singapore : p.11 , (c)</p>
1.3.5 排氣煙囪設計 基準	避免排出污染物回流 (recirculation)	避免進氣口(intake)與排氣口(exhaust)同時存在，建議煙囪距離進氣口至少 16.7 m 遠、比鄰近的進氣口或屋頂高 3 m 以上，及讓污染物離開排氣煙囪的速度達至少 15 m/s		<p>內容： ANSI Z9.2 : p.23 , 8.8 Singapore : p.12 , (a) ACGIH : p.5-22 , 5.12</p> <p>基準： ANSI Z9.2 : p.23 , 8.8</p>
1.3.6 系統平衡	使用認可及適當的設計方法與程序去設計平衡系統。	通常使用設計平衡法與風門調節平衡法。		<p>內容： ANSI Z9.2 : p.22 , 8.3</p> <p>基準： ANSI Z9.2 : p.22 , 8.3</p>
1.3.7 其他	使用有害性物質機台的排氣設備均應該使用連鎖設計	審查設計規劃或操作手冊		<p>內容： SEMI S2 : p.25 , 22.4</p>

1.4 設計報告書	作業場所必須有局部排氣裝置設計報告書	設計報告書必須有各元件之基本資料，且需有設計的性能(performance)準則，系統配置圖、壓力分佈圖、元件基本資料，測定孔位置分佈圖		內容： ANSI Z9.2：p.8，4.4 SEMI S6：p.6，8.3.13
2.1 審查設計報告書	局部排氣裝置的設計、安裝建造必須通過通風有效性之鑑定單位認可接受。	審查證明文件		內容： ANSI Z9.2：p.30，12.1 ANSI Z9.2：p.8，4.3 ANSI Z9.2：p.8，4.5
3.1 監造人員規範	3.1.1 局部排氣裝置監造人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格		內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1 Singapore：p.6，scope (b)
	3.1.2 局部排氣裝置監造人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料		內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1

二、局部排氣裝置設置後有效性評估表

本研究將設置前評估內容區分為 4 大項，9 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（表 3）。

表 3 局部排氣裝置設置後有效性評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是	否	備註
1.1 性能驗收人員	1.1.1 人員進行測試及平衡必須經過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格 需與設計團隊不同之人員			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1 HSG 54：p.5，13 Singapore：p.6，scope (b)
	1.2.1 執行局部排氣裝置測試人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1
1.2 性能驗收方法	1.2.1 以視察法進行系統外在各元件完整的檢查	包含氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機外在損傷和撕裂等情形。			內容： HSG54：p.12，34 Singapore：p.16，(c)
					基準： Singapore：p.16，(c)
	1.2.2 使用煙流觀察氣罩性能	使用發煙管或同等量測方法進行氣罩性能之評估			內容： ANSI Z9.2：p.34，14.2 HSG：p.12，34 ACGIH：p.3-25，3.5.9 SEMI S6：p.4，8.3.7.7

				基準： ACGIH：p.3-25，3.5.9
	1.2.3 捕集風速之量測	氣罩捕集污染物進入之最低風速為系統有效性指標，見附錄二之建議範圍。		內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 Singapore：p.18 HSG 54：p.15，47 ACGIH：p.3-15，3.3.6 SEMI S6：p.3，8.3.3.1
				基準： ACGIH：p.6-8，table 6-1
	1.2.4 導管搬運速度之量測	避免微粒於導管中沈積，見附錄三導管搬運速度之建議範圍。		內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 HSG 54：p.13，35 Singapore：p.20 ACGIH：p.3-9，3.3 SEMI S6：p.3，8.3.3.1
				基準： ACGIH：p.5-12，table5-11
	1.2.5 應進行氣罩靜壓與流量量測	所測得靜壓其範圍應為設計書設定基準之上下 20%範圍內		內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 HSG 54：p.15，46、47 Singapore：p.16、p.17

				ACGIH : p.3-3 , 3.1.2 SEMI S6 : p.3 , 8.3.3.1
				基準 : ACGIH : p.5-16 , 5.7.2
1.3 性能驗收報告書	需有性能驗收報告書	需包含測試方法與性能驗收報告內容		
2.1 操作手冊	應有參考之操作手冊	內容需有完整之標準操作程序(SOP)		內容 : SEMI S6 : p.1 , 2.2

三、局部排氣裝置性能維護與評估表

本研究將性能維護與評估內容區分為 4 大項，9 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（表 4）。

表 4 局部排氣裝置性能維護與評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是	否	備註
1、管理人員	1.1 管理人員應為受過訓練的人員。	需經在職教育訓練			內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1 Singapore：p.6，scope (b)
2.1 訂定維護時程表	局部排氣裝置、空氣清淨裝置應定期實施檢查	氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機建議維護時程如附錄五			內容： ANSI Z9.2：p.34，14.4 ACGIH：p.5-17，5.8 日本：粉じん障害防止規則第 17 条、有機溶劑中毒予防規則第 20 条、石棉障害予防規則第 22 条、鉛中毒予防規則第 35 条 基準： ACGIH：p.5-19~ p.5-26 擷取部分重點檢查
	應保存檢查紀錄	檢查紀錄要保存三年，內容包括：檢查年月日、檢查方法、檢查場所、檢查結果、檢查人員姓名、若有損壞則要包括修補的內容。			內容： ANSI Z9.2：p.33，13.11 Singapore：p.16，(h) HSG 54：p.17

				<p>ACGIH : p.5-17 , 5.8</p> <p>日本 : 粉じん障害防止規則第 18 条、有機溶剤中毒予防規則第 21 条、石棉障害予防規則第 23 条、鉛中毒予防規則第 36 条</p>
				<p>基準 :</p> <p>日本 : 粉じん障害防止規則第 18 条、有機溶剤中毒予防規則第 21 条、石棉障害予防規則第 23 条、鉛中毒予防規則第 36 条</p>
2.2 建立所需維護內容與方法	建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法	區分為氣罩、導管、空氣清淨裝置與排氣機如附錄五		<p>內容 :</p> <p>ACGIH : p.5-17 , 5.7.4</p> <p>ANSI Z9.2 : p.34 , 14.4</p> <p>Singapore's : p.15 , (g)</p>
	建立使用的原則、標準操作程序及勞工的練習，並定期舉行勞工訓練	建立各操作單元之使用原則及使用方法，且於勞工就職每兩年進行六小時在職安全衛生教育訓練。		<p>基準 :</p> <p>ACGIH : p.5-19~ p.5-25</p> <p>擷取部分重點檢查</p>
3、系統更改	在改變系統後，局部排氣	改變後，必須於運作前重新進行測		<p>內容 :</p> <p>ANSI Z9.2 : p.34 , 14.1</p> <p>HSG 54 : p.7 , 17</p> <p>Singapore : p.15 , (d)</p>

時之性能維護	裝置必須進行測試確保系統符合建立的表現準則。	試平衡確保系統符合系統表現準則。			ANSI Z9.2 : p.34 , 14.3 Singapore : p.16 , (b)
					基準： ANSI Z9.2 : p.34 , 14.3
	設計報告書必須保持最新版本。	如系統改變時，設計報告書必須保持最新版本。當每一人員對局部排氣裝置進行測試、維護及重新設計時必須使用最新的設計圖及說明書。			內容： ANSI Z9.2 : p.33 , 13.12
					基準： ANSI Z9.2 : p.33 , 13.12

第五章 現場驗證結果與工業通風裝置性能有效性評估技術手冊之擬定

第一節 事業單位行業別

本研究依前述設計之評估系統，分別對十家傳統產業及十家高科技產業（合計二十家）實施現場驗證。傳統產業包括有電鍍業兩家、樹脂業四家、塗料業三家、及鑄造業一家；而高科技產業則包括電子業及光電業各五家。

第二節 設置前有效性評估表驗證結果

設置前有效性驗證項目之合格情形整理如圖 5 與表 5。本研究發現在 19 細項中，其各單一細項有 50%以上符合要求者，傳統產業與高科技產業分別有 4 項與 11 項；而各單一細項小於 10%符合者，傳統產業與高科技產業則分別有 8 項與 6 項。由上述結果可知傳統產業設置前之有效性，遠較高科技產業為差。但從高科技產業在 19 個細項中，仍有 6 個細項其合格率少於 10%，可知其仍存在許多待改善之空間。就調查結果而言，可發現局部排氣裝置設置前之有效性主要問題為：

1. 局部排氣裝置設計者與監造人員大部分具有相關工作經驗，但均未受過訓練（即非工業安全、或工業衛生等相關科系畢業）或非合格人員（即非具工業衛生、或工業安全等與工業通風有關之技師資格）。
2. 於設計前資料之收集方面，事業單位均備有場所佈置資料（如製程流程圖（PFD）、管線與儀器圖（P&ID）、設備清單、化學物清單等資料），及物質安全資料表，但卻未蒐集人員操作模式及可能暴露途徑等資料。
3. 大部分事業單設計時均未將排氣煙囪納入考量。相較於高科技產業，傳統產業對各局部排氣元件尚缺乏一般基本設計原則概念（如：氣罩與導管需考量之其內容風速與建造材料之材質，空氣清淨裝置之選取需考量污染物之合適性，要將排氣機置於空氣清淨裝置之下游處）。

4. 事業單位均未考量採取適當設計方法（如設計平衡法或風門調節法），以平衡局部排氣系統之流率。
5. 相較於高科技產業，傳統產業均未使用機台與排氣裝置間之連鎖設計。
6. 相較於高科技產業保有完整之局部排氣裝置設計資料，傳統產業均未留存設計報告書。
7. 局部排氣裝置設計、安裝及建造，均未經通風有效性之鑑定單位之鑑定。

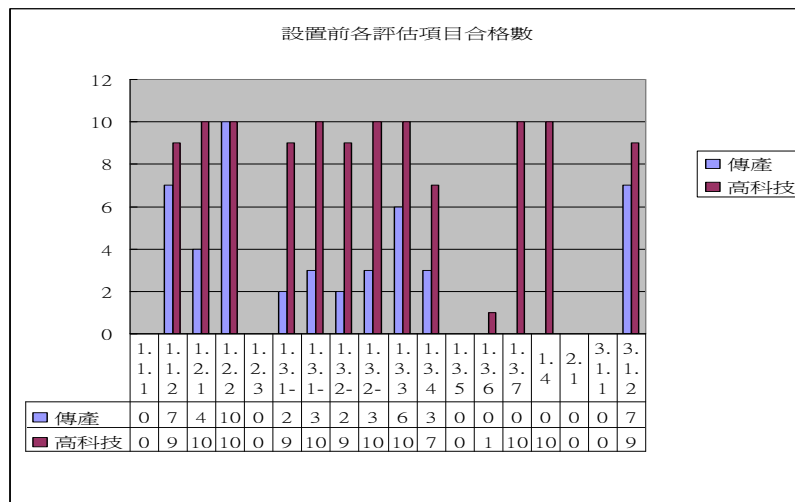


圖 5 設置前各評估項目合格數

表 5 設置前有效性評估結果

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是			否			不清楚		
			傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計
1.1 設計人員規範	1.1.1 局部排氣裝置設計人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格	0	0	0	7	1	8	3	9	12
	1.1.2 局部排氣裝置設計人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	7	9	16	1	0	1	2	1	3
1.2 資料收集	1.2.1 場所佈置之資料	需有製程流程圖（PFD）、管線與儀器圖（P&ID）、設備清單、化學物清單等資料	4	10	14	6	0	6	0	0	0
	1.2.2 欲捕集化學物質的物化特性之資料	至少需有物質安全資料表	10	10	20	0	0	0	0	0	0
	1.2.3 人員操作及暴露途徑之資料	需有人員操作模式及可能暴露途徑等資料	0	0	0	10	10	20	0	0	0
1.3.1 氣罩設計基準	需考慮捕集風速或表面風速等與氣罩設計之相關基準	捕集風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄二	2	9	11	3	0	3	5	1	6

	建造材料需考量符合製程要求。	對於溫度高達 480 度或 480 度以上的高溫，可以分別使用黑鐵 (black iron) 及不銹鋼。對於腐蝕性氣體及蒸氣，必須使用抗腐蝕金屬或聚氯乙烯 (PVC) 或其他塑膠及塗料。	3	10	13	7	0	7	0	0	0
1.3.2 導管設計基準	需考慮導管搬運風速	導管搬運風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄四	2	9	11	3	0	3	5	1	6
	建造材料需考量符合製程要求。	如為腐蝕性污染物，導管應塗或漆上抗腐蝕或抗磨損的物質，以增加抗腐蝕及抗磨損的能力。	3	10	13	7	0	7	0	0	0
1.3.3 空氣清淨裝置設計基準	空氣清淨裝置之選取應符合污染物需求	如附錄五建議或具有相等效力的空氣清淨裝置。	6	10	16	2	0	2	2	0	2
1.3.4 排氣機設計基準	避免排氣機受到污染物之傷害	排氣機必須位於空氣清淨裝置的下風處，保護腐蝕性蒸氣及氣體對排氣機造成的傷害。	3	7	10	7	3	10	0	0	0
1.3.5 排氣煙囪設計基準	避免排出污染物回流 (recirculation)	避免進氣口 (intake) 與排氣口 (exhaust) 同時存在，建議煙囪距離進氣口至少 16.7 m 遠、比鄰近的進氣口或屋頂高 3 m 以上，及讓污染物離開排氣煙囪的速度達至少 15 m/s	0	0	0	9	2	11	1	8	9
1.3.6 系統平衡	使用認可及適當的設計方法與	通常使用設計平衡法與風門調節平衡法。	0	1	1	10	0	10	0	9	9

	程序去設計平衡系統。											
1.3.7 其他	使用有害性物質機台的排氣設備均應該使用連鎖設計	審查設計規劃或操作手冊	0	10	10	9	0	9	1	0	1	
1.4 設計報告書	作業場所必須有局部排氣裝置設計報告書	設計報告書必須有各元件之基本資料，且需有設計的性能(performance)準則，系統配置圖、壓力分佈圖、元件基本資料，測定孔位置分佈圖	0	10	10	10	0	10	0	0	0	
2.1 審查設計報告書	局部排氣裝置的設計、安裝建造必須通過通風有效性之鑑定單位認可接受。	審查證明文件	0	0	0	10	10	20	0	0	0	
3.1 監造人員規範	3.1.1 局部排氣裝置監造人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格	0	0	0	7	1	8	3	9	12	
	3.1.2 局部排氣裝置監造人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	7	9	16	1	0	1	2	1	3	

第三節 設置後有效性評估表驗證結果

設置後有效性驗證項目合格情形整理如圖 6 與表 6。本研究發現在 9 細項中，其各單一細項有 50%以上符合要求者，傳統產業與高科技產業分別有 0 項及 8 項；而各單一細項小於 10%符合者傳統產業與高科技產業分別有 9 項與 1 項。由上述結果顯示傳統產業較不重視局部排氣裝置設置後之有效性，就調查結果而言，可發現局部排氣裝置設置後之有效性主要問題包括：

1. 較多高科技產業性能驗收人員，比傳統產業具有相關工作經驗，但兩者均未受過適當之訓練（即非工業安全或工業衛生等相關科系畢業），或非合格人員（即非具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格）。
2. 相對於高科技產業對局部排氣裝置有完整之驗收項目，傳統產業大抵未進行局部排氣裝置之性能驗收（如視察法、煙流測試、捕集風速量測與導管搬運風速量測等）。
3. 高科技產業具有性能驗收報告書與操作手冊，而傳統產業皆未留存。

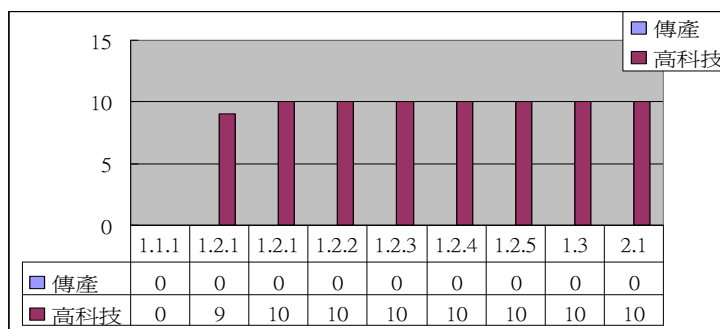


圖 6 設置後各評估項目合格數

表 6 設置後有效性評估結果

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是			否			不清楚		
			傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計
1.1 性能驗收人員	1.1.1 人員進行測試及平衡必須經過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格 需與設計團隊不同之人員	0	0	0	10	1	11	0	9	9
	1.2.1 執行局部排氣裝置測試人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	0	9	9	10	0	10	0	1	1
1.2 性能驗收方法	1.2.1 以視察法進行系統外在各元件完整的檢查	包含氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機外在損傷和撕裂等情形。	0	10	10	10	0	10	0	0	0
	1.2.2 使用煙流觀察氣罩性能	使用發煙管或同等量測方法進行氣罩性能之評估	0	10	10	10	0	10	0	0	0

	1.2.3 捕集風速之量測	氣罩捕集污染物進入之最低風速為系統有效性指標，見附錄二之建議範圍。	0	10	10	10	0	10	0	0	0
	1.2.4 導管搬運速度之量測	避免微粒於導管中沈積，見附錄四導管搬運速度之建議範圍。	0	10	10	10	0	10	0	0	0
	1.2.5 應進行氣罩靜壓與流量量測	所測得靜壓其範圍應為設計書設定基準之上下 20%範圍內	0	10	10	10	0	10	0	0	0
1.3 性能驗收報告書	需有性能驗收報告書	需包含測試方法與性能驗收報告內容	0	10	10	10	0	10	0	0	0
2.1 操作手冊	應有參考之操作手冊	內容需有完整之標準操作程序(SOP)	0	10	10	10	0	10	0	0	0

第四節 性能維護與評估表驗證結果

性能維護驗證項目合格數整理如圖 7 與表 7。本研究發現在 7 細項中，其各單一細項有 50%以上符合要求者，傳統產業與高科技產業分別有 0 項及 5 項；而各單一細項小於 10%符合者，傳統產業與高科技產業分別有 3 項與 2 項。由上述結果可發現，高科技產業比傳統產業注重局部排氣裝置之性能維護。且就調查結果而言，可發現局部排氣裝置性能維護與評估之有效性主要問題包括：

1. 相對於高科技產業，傳統局部排氣產業之性能維護管理人員均未經在職教育訓練。
2. 傳統產業較高科技產業，缺乏完善之性能維護計畫，（包括建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法），未定期實施檢查，且未保存檢查記錄。
3. 事業單位均未考量系統更改時，性能維護計畫之因應策略。

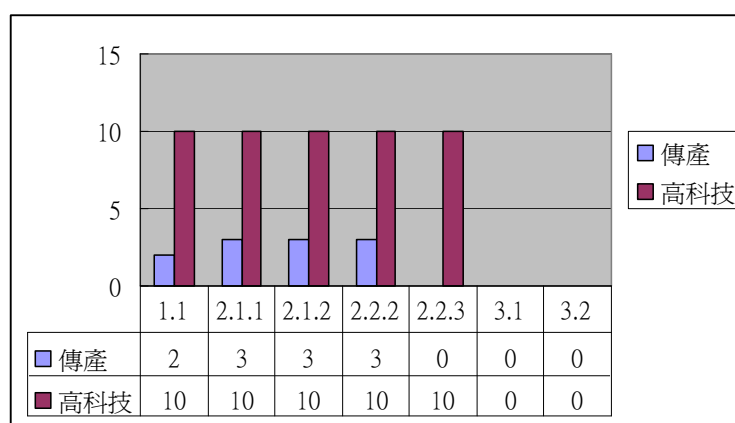


圖 7 性能維護與評估項目合格數

表 7 性能維護與評估表驗證結果

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	是			否			不清楚		
			傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計	傳產	高科技	合計
1.1、管理人員	管理人員應為受過訓練的人員。	需經在職教育訓練	2	10	12	8	0	8	0	0	0
2.1 訂定維護時程表	2.1.1 局部排氣裝置、空氣清淨裝置應定期實施檢查	氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機建議維護時程如附錄六	3	10	13	7	0	7	0	0	0
	2.1.2 應保存檢查紀錄	檢查紀錄要保存三年，內容包括：檢查年月日、檢查方法、檢查場所、檢查結果、檢查人員姓名、若有損壞則要包括修補的內容。	3	10	13	7	0	0	0	0	0
2.2 建立所需維護內容與方法	2.2.1 建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法	區分為氣罩、導管、空氣清淨裝置與排氣機如附錄六	3	10	13	7	0	7	0	0	0
	2.2.2 建立使用的原則、標準操作程序及勞工的練習，並定期舉行勞工訓練	建立各操作單元之使用原則及使用方法，且於勞工就職每兩年進行六小時在職安全衛生教育訓練。	0	10	10	10	0	10	0	0	0

3、系統更改時之性能維護	3.1 在改變系統後，局部排氣裝置必須進行測試確保系統符合建立的表現準則。	改變後，必須於運作前重新進行測試平衡確保系統符合系統表現準則。	0	0	0	10	10	20	0	0	0
	3.2 設計報告書必須保持最新版本。	如系統改變時，設計報告書必須保持最新版本。當每一人員對局部排氣裝置進行測試、維護及重新設計時必須使用最新的設計圖及說明書。	0	0	0	10	10	20	0	0	0

第五節 工業通風裝置性能有效性評估技術手冊之擬定

本工業通風裝置性能有效性評估技術手冊擬定之目的，為希望事業單位於設置局部排氣裝置時，能有一足以依循之參考準則，以達到正確設計、正確施工、正確驗收及正確維護。

本手冊主要分為三大部分：一、設置前有效性評估技術，二、設置後有效性評估技術，及三、性能維護與評估，主要內容分述如下：

一、局部排氣裝置設置前有效性評估

局部排氣裝置設置前之有效性分為設計、審查、與裝置等三階段討論。其中設計部分可再細分為四大項評估內容：設計人員的資格、設計前資料的收集、局部排氣裝置五大基本元件（氣罩、導管、空氣清淨裝置、排氣機與排氣煙囪）設計基準，及設計報告書等。審查則主要著眼於規範審查設計報告書。裝置則著眼於監工人員之規範。

二、局部排氣裝置設置後有效性評估

主要對局部排氣裝置於設置後，如何進行性能驗收以確認其效能。其內容包含了驗收人員的資格、性能驗收的方法（視察法、煙流測試、捕集風速之量測、導管搬運速度之量測、及氣罩靜壓與流量量測）、性能驗收報告書、與操作手冊等。

三、局部排氣裝置性能維護與評估

性能維護與評估內容包含管理人員要求、性能維護方法之內容與時程、及系統改變時之性能維護等。

詳細「工業通風裝置性能有效性評估技術手冊」如附錄六。

第六章 結論與建議

本研究收集先進國家關於局部排氣設計管理之相關資料，衡酌國內規定，針對局部排氣裝置設置前、設置後及性能維護等三方面研擬評估系統。其中設置前評估內容可區分為 12 大項與 19 細項，設置後與性能維護內容均區分為 4 大項與 9 細項，各細項亦完成擬定其評估基準。

於專家座談會確認評估系統之適用性後，本研究調查 20 家事業單位，探討其局部排氣裝置管理概況。結果發現高科技廠商管理狀況較傳統產業廠商良好，但仍有很大改善空間。對於局部排氣裝置設置前方面，其共通問題為：(1) 雖然局部排氣裝置設計者與監造人員大部分具有相關工作經驗，但均未受過訓練或非合格人員、(2) 雖然大部分於設計前均備有場所佈置資料，及物質安全資料表等，但缺少人員操作模式及可能暴露途徑等資料、(3) 未採用適當設計方法（如設計平衡法或風門調節法），以平衡局部排氣裝置之空氣流率。另外相對於高科技產業，傳統產業則又存在(1) 缺乏設計原則之概念、(2) 未考量機台與排氣裝置間連鎖設計、及(3) 未留存設計報告書等問題。對於局部排氣裝置設置後方面，高科技產業並未發現顯著問題，但傳統產業卻存在(1) 性能驗收人員缺乏相關工作經驗、(2) 未進行性能驗收項目之測試（如視察法、煙流測試、捕集風速量測、與導管搬運風速量測等），及(3) 未留存性能驗收報告書與操作手冊。在性能維護方面，其共通問題均未考量系統更改時相對應之性能維護計畫。相對於高科技產業，傳統產業則又存在(1) 缺乏完善之性能維護計畫，(2) 未建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法，(3) 未定期實施檢查，(4) 未保存檢查記錄，及(5) 管理人員未經訓練等問題。

本研究主要建議如下：

1. 現行法令之規定「雇主設置局部排氣裝置應由專業人員妥為設計，並維持其有效性能」下，明定相關人員之資格，以協助事業單位於設計或委外設計、監造時，可據以尋找具有能力之合格廠商。
2. 各廠商在實施局部排氣設計時，需蒐集人員操作模式及可能暴露途徑等資料，並納入設計時之考量。

3. 局部排氣需採用適當設計方法，以平衡局部排氣裝置各單元及氣罩之空氣流率。
4. 對於高危險之有害物質作業，其機台與局部排氣裝置需使用連鎖設計。
5. 局部排氣設計報告書、與性能驗收報告書應妥善留存。
6. 局部排氣裝置應擬定完善之性能維護計畫，並建立各局部排氣裝置各單元之維護內容與方法，且需定期檢查。
7. 事業單位於設計或委外設計局部排氣裝置時，可參考「工業通風裝置性能有效性評估技術手冊」，以要求設計廠商給予詳細之規劃設計、與性能維護計畫。

誌謝

本研究計畫參與人員為國立成功大學環境醫學研究所蔡朋枝教授、中國醫藥大學職業安全與衛生學系暨研究所林文海副教授、賴彥宏同學及本所勞工衛生組陳春萬研究員等，研究進行過程中，承蒙勞工委員會南區勞動檢查所蔡建成檢查員的協助與指導，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] Madsen U, Breum NO, Nielsen PV. A Numerical and Experimental-Study of Local Exhaust Capture Efficiency. *Ann Occup Hyg* 1993; 37: 593-605.
- [2] Methner MM. Engineering case reports. Effectiveness of local exhaust ventilation (LEV) in controlling engineered nanomaterial emissions during reactor cleanout operations. *J Occup Environ Hyg* 2008; 5: 63-9.
- [3] Li J, Yavuz I, Celik I, Guffey S. Predicting worker exposure--the effect of ventilation velocity, free-stream turbulence and thermal condition. *J Occup Environ Hyg* 2007; 4: 864-74.
- [4] Estill CF, Watkins DS, Hall RM, O'Brien DM, Shulman SA. The impact of maintenance and design for ventilation systems. *Appl Occup Environ Hyg* 2002; 17: 344-51.
- [5] Huang RF, Sir SY, Chen YK, Yeh WY, Chen CW, Chen CC. Capture envelopes of rectangular hoods in cross drafts. *AIHAJ* 2001; 62: 563-72.
- [6] Huang RF, Chen JL, Chen YK, Chen CC, Yeh WY, Chen CW. The capture envelope of a flanged circular hood in cross drafts. *AIHAJ* 2001; 62: 199-207.
- [7] Huang RF, Liu GS, Chen YK, Yeh WY, Chen CW, Chen CC.. Effects of flange size on dividing streamlines of exterior hoods in cross drafts. *J Occup Environ Hyg* 2004; 1: 283-8.
- [8] 行政院勞工委員會，勞工安全衛生設施規則，中華民國九十六年。
- [9] 行政院勞工委員會，有機溶劑中毒預防規則，中華民國九十二年。
- [10] 行政院勞工委員會，鉛中毒預防規則，中華民國九十一年。
- [11] 行政院勞工委員會，四烷基鉛中毒預防規則，中華民國八十七年。
- [12] 行政院勞工委員會，粉塵危害預防標準，中華民國九十二年。
- [13] 行政院勞工委員會，特定化學物質危害預防標準，中華民國九十年。
- [14] 行政院勞工委員會，勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法，中華民國九十七年。
- [15] American Industrial Hygiene Association. *Fundamentals Governing the Design and Operation of Local Exhaust Ventilation Systems*. 2006.
- [16] Health and Safety Executive. *Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation*. 2004.

- [17] 財團法人安全衛生技術中心，通風系統確效方法資料收集整理結案報告，中華民國九十六年十二月。
- [18] 行政院勞工委員會，全國性職業衛生危害預防、監視先驅計畫分項報告-工業通風效能驗證中心設置規劃，民國九十七年。
- [19] Occupation Safety & Health Division, Ministry of Manpower in collaboration with the Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore. Design, Operation and Maintenance of Local Exhaust Ventilation Systems. 2003.
- [20] 日本厚生勞動省，勞動安全衛生法規，中華民國九十六年。
- [21] 日本厚生勞動省，粉塵障害防止規則，中華民國九十五年。
- [22] 日本厚生勞動省，有機溶劑中毒預防規則，中華民國九十五年。
- [23] 日本厚生勞動省，石棉障害予防規則，中華民國九十五年。
- [24] 日本厚生勞動省，鉛中毒預防規則，中華民國九十五年。
- [25] Semiconductor Equipment and Materials International. Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment. 2002.
- [26] Semiconductor Equipment and Materials International. Safety Guideline for Ventilation. 1993.

附錄一 專家座談會建議

一、北區

1. 考慮於驗收部分加入現場勞工暴露濃度之規範
2. 自動檢查（性能維護）部分，應給予建議自動檢查時應有設計圖與場所配置圖，以利全面性自動檢查。
3. 性能驗收部分，是否考慮以捕集效率來增加驗收時效能之有效性。可以以釋放器將釋放氣體由氣罩進入，進而觀察系統之捕集效率。
4. 半導體廠之通風設備可以參考今年發行之 SEMI S6，作了全新的改版。
5. 如要簡化整個內容，建議可以以驗收之角度去觀察。但會有另一問題，變成如果驗收確認系統失效時，要從設計時重來。
6. 於裝置前有效性評估部分應將設計與設備分開討論，設計歸設計，設備歸設備。
7. 審查應可分為兩種，一種為現場審查，另一為報告書審查。且於審查時至少先看設計圖。
8. 審查部分應至少要看設計圖來評估，審查應給業主壓力，當其不合格時應由業主與其設計人員負責。

二、中區

1. “參、性能維護與評估”的部分應增加類似三年一次性能評估測試之規定。
2. 應增加類似作業環境測定的方式，定期實施性能評估機制，如一年一次，可利用代檢機構等。
3. “捕捉風速”在現行法規內皆已刪除，在驗證規則中，是否仍要放入？是否會遭遇其他問題？
4. 裝置前前局排驗證主要專注在非生物性粉塵，感染性氣膠類，應註明不包括在目前規劃。
5. 執行單位是否召開”使用單位”座談會，以瞭解此評估機制之務實性。
6. 建議本案之實施應以總排氣量加以限制，即在某一排放量以上之個案才適用，小排氣量之局部排氣裝置先不考慮以減少衝擊，並以總排氣量加以管制。
7. 設計報告書是否應考量各事業單位不同工作條件而定個別格式。
8. 於南部座談會所修改的驗收，應變為性能驗收，因”驗收”一詞比較像一般事業單位之採購程序。

三、南區

1. 工業通風範圍較廣，包含了整體換氣及局部排氣等等，應與期初報告時一樣界定範圍。整體換氣、密閉儲槽、生物性氣櫃與化學性氣櫃，皆不在討論範圍內，僅探討局部排氣裝置。
2. 名詞應統一，如營建、空氣清淨裝置與排氣機，名詞應與法令規定名詞同。
3. 1.1.1 基準建議應改為：訓練部分-符合主管機關認可之學分。合格部分-符

合主管機關認可之技師。

4. 1.2.1 基準部分建議加入製程流程圖 (PFD)、管線與儀器圖 (P&ID)、設備清單、化學物清單。
5. 1.2.2 建議改為”欲捕集化學物質的物化特性”，若講逸散物其內容包含太複雜。
6. 1.2.3 原製造商基本元件之資料，不應位於設計基準之資料收集部分。
7. 1.3.1 於專有名詞後加註原英文名，如黑鐵 (black iron)。
8. 1.3.2 導管設計原則增加搬運風速的考量，因為導管管徑大小與長度與搬運風速相關。
9. 1.3.2 原導管設計基準中”使用認可及適當的設計方法與程序去設計導管系統”，其屬系統平衡部分，建議移到後部。
10. 1.3.2 若要考量導管減少阻抗有太多需要考量部分，包含彎管等，建議刪除此項。
11. 1.3.3 於空氣清淨裝置部分增加”或其他具有相等等效之空氣清淨裝置”。表 1.3 部分皆屬於粒狀污染物之空氣清淨裝置的參考，應增加氣狀污染物所使用之空氣清淨裝置附表。
12. 應將 SEMI 有之驗證內容放入備註裡。
13. 1.3.6 應將半導體廠去掉，因為使用有害性物質之機台本來就該使用連鎖設計。當系統不運作或氣罩失效時，就應停止製程之運作。
14. 1.4 設計報告書部分內容應增加更多相關內容，如系統配置圖、壓力分佈圖、元件基本資料、測定孔位置分佈圖等。
15. 於 2.1 基準部分加入審查證明文件。
16. 3.1.1 監工部分改為監造。
17. 測試部分改為驗收，並於驗收人員部分之基準加上”人員需與設計團隊不同之人員”
18. 並將有效性評估的測試法統整一起，變為驗收方法。
19. 增加一評估內容為應有驗收報告書，驗收報告書需含測試方法與驗收報告內容。
20. 操作的部分操作人員可與性能維護人員一起探討並歸為管理人員，且將基準改為”需經在職教育訓練”。
21. 另外於操作部分增加操作手冊，基準為應有完整之標準操作程序(SOP)。

附錄二：捕集風速之建議範圍

污染物散佈(dispersion)情形	現場應用實例	建議之捕集風速範圍
以無速度釋放進入靜止氣流中	自槽中蒸發、脫脂等	50-100 fpm (0.25- 0.5 m/s)
以低速釋放進入慢速氣流中	噴漆岡亭、間歇式容器填充、低速傳送帶傳送、焊接、電鍍、酸洗	100-200 fpm (0.5- 1.0 m/s)
快速釋放且進入高速氣流中	淺噴漆岡亭、裝桶、輸送帶裝卸、破碎	200-500 fpm (1.0- 2.5 m/s)
高初速釋放且進入極高速氣流中	研磨、噴漆打光、轉磨	500-2000 fpm (2.5- 10.0 m/s)

附註：

以上情形都有捕集風速範圍，如何選擇適當的上下限值可以參考下列的因素來決定

範圍之下限：

- 1、室內氣流速度較小或易捕集
- 2、污染物為低毒性或具厭惡性
- 3、間歇性，低產率
- 4、大氣罩-大量空氣的流動

範圍之上限：

- 1、室內空氣為擾流
- 2、污染物含有高毒性
- 3、高產率
- 4、小氣罩-只用在局部控制

附錄三：導管搬運風速建議範圍

污染物	現場應用實例	建議設計風速範圍
蒸氣、氣體、煙	所有蒸氣氣體及煙	任何風速(經濟運作風速常為 1000-2000 fpm (5- 10 m/s))
煙	焊接	2000-2500 fpm (10- 12.5 m/s)
非常細微的輕灰塵	棉紗、木粉、石粉	2500-3000 fpm (12.5- 15 m/s)
乾粉塵及粉末	細橡皮塵、電木塵、黃麻絨絮、棉塵、刨屑、肥皂粉塵、皮革屑	3000-4000 fpm (15- 20 m/s)
一般工業粉塵	研磨粉塵、輕皮屑(乾)、木麻屑(震盪殘渣)、咖啡豆、製鞋粉塵、花崗石粉塵、矽粉、一般物料處理、切磚屑、黏土塵、鑄造屑(一般)、石灰粉塵、紡織工業包裝與秤重之石綿塵	3500-4000 fpm (17.5- 20 m/s)
重粉塵	生灰塵(重且濕)、金屬車工、鑄造轉磨裝桶及搖出粉塵、噴砂灰塵、木塊、豬廢料、黃銅銼屑、鑄鐵鑽孔粉塵、鉛粉塵	4000-4500 fpm (20- 22.5 m/s)
重或潮濕	鉛塵夾有小切塊、潮濕的水泥粉塵、切管機作業時之石綿、黏磨光絨、生石灰粉塵	4500 fpm 以上 (22.5 m/s 以上)

附錄四：空氣清淨裝置使用之建議

一、 使用於粒狀污染物

製程	濃度	粒徑大小	離 心 式 集 塵 器	濕 式 洗 塵 器	織 物 過 濾 集 塵 器	低 電 壓 靜 電 集 塵 器	高 電 壓 靜 電 集 塵 器
陶瓷製程							
a.原物料處理	Light	Fine	S	O	O	N	N
b.鑄件清理	Light	Fine- medium	S	S	O	N	N
c.耐火磚裁切	Heavy	Coarse	N	S	O	N	N
d.塗釉製程	Moderate	Medium	N	O	O	N	N
化學製程							
a.原物料處理	Light- moderate	Fine- medium	S	O	O	N	N
b.碾磨製程	Moderate- heavy	Fine- coarse	O	S	O	N	N
c.氣體輸送	Very heavy	Fine- coarse	O	S	O	N	N
d. 烘烤器、 窯、冷卻器	Heavy	Mid-coarse	O	O	O	N	N
煤、採礦和電力廠							
a.原物料處理	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
b.燃料通風	Light	Fine	S	S	O	N	N
c.除塵	Heavy	Medium- coarse	S	O	O	N	N
d.乾燥	Moderate	Fine	N	O	O	N	N
飛灰							
a. 燃煤 - 鏈狀 爐床	Light	Fine	S	S	O	N	O
b. 燃煤-鍋爐	Moderate	Fine- coarse	S	S	O	N	O
c. 燃煤-噴霧	Moderate	Fine	S	S	O	N	O
d. 木材燃燒	Varies	Coarse	S	S	O	N	S
鑄造廠							

a.落砂	Light-moderate	Fine	N	O	O	N	O
b.砂處理	Moderate	Fine-medium	N	O	O	N	N
c.滾磨機	Heavy	Medium-coarse	N	S	O	N	N
d.研磨清潔	Moderate-heavy	Fine-medium	N	S	O	N	N
穀倉							
a.穀物處理	Light	Medium	O	S	O	N	N
b.穀物乾燥	Light	Coarse	S	S	O	N	N
c.穀類粉塵	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
d.飼料研磨	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
金屬熔融							
a.鼓風爐煉鋼	Heavy	Varied	N	O	S	N	S
b.平爐煉鋼	Moderate	Fine-coarse	N	O	S	N	S
c.電熔煉鋼	Light	Fine	N	S	O	N	S
d.熔鐵爐	Moderate	Varied	N	O	O	N	
e.非鐵反應爐	Varied	Fine	N	S	O	N	N
f.非鐵融化鍋	Light	Fine	N	S	O	N	N
金屬採礦與石頭製品							
a.原物料處理	Moderate	Fine-medium	N	O	O	N	N
b.以爐烘乾	Moderate	Medium-coarse	O	O	O	N	O
c.石頭乾燥	Moderate	Fine-medium	N	S	S	N	S
d.水泥窯烤	Heavy	Fine-medium	N	N	O	N	S
e.水泥研磨	Moderate	Fine	N	N	O	N	N
f.水泥爐渣冷卻	Moderate	Coarse	O	N	O	N	N
金屬加工							
a.製品研磨、鋼刷研磨	Light	Coarse	O	O	O	N	N
b.拋光	Light	Varied	S	O	O	N	N
c.工具房	Light	Fine	S	S	S	N	N

d.澆鑄鐵	Moderate	Varied	O	O	O	N	N
製藥與食品生產							
a.混合、研磨、打包	Light	Medium	O	O	O	N	N
塑膠業							
a.原物料處理			O	S	O	N	N
b.塑膠修整	Light-moderate	Varied	S	S	O	N	N
c.塑膠成形	Light	Fine	N	S	N	O	N
橡膠業							
a.混合	Moderate	Fine	S	O	S	N	N
b.滑石除塵	Moderate	Medium	S	S	O	N	N
d.研磨	Moderate	Coarse	O	O	O	N	N
木材業							
以機器裁切木材	Moderate	Varied	O	S	O	N	N
以砂紙磨木材	Moderate	Fine	S	S	O	N	N
廢棄物運送	Heavy	Varied	O	S	S	N	N
<p>1、Light = 小於 2 gr/ft³ ; Moderate = 2 到 5 gr/ft³ ; Heavy = 5 gr/ft³ 以上</p> <p>2、Fine : 50%粉塵之氣動粒徑小於 5μm ; Medium ; 50%粉塵之氣動粒徑介於 5 到 15μm ; Coarse : 50%粉塵之氣動粒徑超過 15μm</p> <p>3、O = 較常使用 ; S = 較少使用 ; N = 從不使用</p>							

二、 使用於氣狀污染物

形式	適用對象	適用濃度	去除效率%	壓損 mmH ₂ O	購置成本	操作成本	耐用性
填充塔	無機氣體 (HCl, HF, SO ₂ , Cl ₂)	ppm ~ %	90~99	100~300	中	中	差
吸附塔	有機蒸氣， 臭味	ppb ~ %	95~99 ⁺	50~150	高	中	普通
焚化	有機蒸氣， 臭味	ppb ~ %	90~99	5	低	極高	佳

觸媒轉換	有機蒸氣， 臭味	ppb ~ %	90~99	50~150	中	高	差
------	-------------	---------	-------	--------	---	---	---

蝕程度								
檢查滑輪帶的鬆緊度，並觀察是否需要替換						✓		
潤滑								
潤滑排氣機軸承（依照製造商建議）								✓
馬達								
檢查並清潔馬達外部表面					✓			
排氣機傳送帶								
檢查傳送帶磨損的程度					✓			
1、D=每天 W=每星期 BW=每兩星期 M=每月 Q=一季 SA=半年 A=每年 WR=需要時								

工業通風裝置性能有效性評估 技術手冊

壹、前言

工業通風之目的，簡單而言就是排除作業環境中對人體或產品有害的物質，以維護人員之健康、提高其工作效率、及確保製程之穩定。工業通風之型式主要可分為整體換氣（稀釋通風）與局部排氣兩種。整體換氣主要功能在於將新鮮外氣導入至作業場所，以稀釋作業場所內有害物濃度，並藉空氣的流動將有害物排出室外。局部排氣一般使用於污染發生源固定且產生量大之作業環境。其方法係於空氣污染物發生源或接近發生源位置將污染物捕集排除。雖然現代工業技術已盡可能做到生產自動化的程度，唯當製程無法採用完全密閉或無人化作業，則局部排氣裝置扮演著降低勞工暴露及排除有害物質的重要角色。

就目前法令規範而言，國內勞工安全衛生相關法規中，並未針對工業通風裝置訂定獨立之子法規。相對的，有關工業通風的要求則分別訂定於各規則、辦法或標準等子法中，其中包括勞工安全衛生設施規則[1]、有機溶劑中毒預防規則[2]、鉛中毒預防規則[3]、四烷基鉛中毒預防規則[4]、粉塵危害預防標準[5]、特定化學物質危害預防標準[6]、勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法等[7]。在前述法令中均規定設置通風系統必須將現場濃度降至容許濃度以下，至於如何確認通風系統有效與否則並未明文規範，至於針對設置與維護等的相關事項亦僅止於原則性規範。

理論上工業通風裝置之設置流程包含未運轉前之設計、施工、驗證（驗收）三階段，與運轉後的維護保養。因此為使工業通風裝置能有效的運轉，則必須有正確的設計、正確的施工、正確的驗收以及確

實的維護保養。行政勞工委員會曾於民國 96 年委託工業技術研究院能源與環境研究所，執行工業通風效能驗證中心設置規劃[8]。該規劃中亦提及國內目前缺乏通風系統管理與通風系統規劃執行之相關能量，並且亦提及在管理技術、法令規範、及專業人力都有待加強。因此建議如要改善工業通風現況，法規、技術、及制度三方面都需更新規劃。而本手冊主要著眼於工業通風性能評估技術，並針對功能設計基準、驗收基準與功能維護基準提出探討，以期達到正確的設計、正確的施工、正確的驗收以及確實的維護保養之目的。

為解決基準設定之問題，本手冊參考資料主要如下：

1. AIHA 2006 年出版之 Fundamentals Governing the Design and Operation of Local Exhaust Ventilation Systems. (ANSI/AIHA Z9.2)[9]
2. HSE 2004 年出版之 Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation.(HSG 54)[10]
3. 新加坡人力資源部職業安全衛生處 2003 年出版之 Design, Operation and Maintenance of Local Exhaust Ventilation Systems.[11]
4. 日本厚生勞動省之局部排氣裝置資料[12-16]
5. SEMI 2000 年出版之 Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment. (SEMI S2-0200)[17]
6. SEMI 1993 年出版之 Safety Guideline for Ventilation. (SEMI S6-93) [18]

本手冊彙整以上資料以擬定適合國內局部排氣裝置有效性評估系統，並經專家座談會以確認其系統之正確性及適用性。最後本系統亦另經過 20 家事業單位現場訪談驗證，已確認其可行性。

貳、使用說明

本章節之主要目的為手冊內容簡要摘錄，期事業單位或其他使用者能對此手冊有初步瞭解。本技術手冊之適用範圍僅限於事業單位常使用之局部排氣裝置並不適用於特定用途氣罩（如生物安全櫃、化學排氣櫃、危險化學品儲存或配送室等）。

本手冊擬定之評估系統主要分為三大部分：一、設置前有效性評估技術，二、設置後有效性評估技術，及三、性能維護與評估，內容分述如下：

一、局部排氣裝置設置前有效性評估

本手冊將局部排氣裝置設置前之有效性分為設計、審查與設置等三階段討論。其中設計部分又細分為四大項評估內容：設計人員的資格、設計前資料的收集、局部排氣裝置五大基本元件（氣罩、導管、空氣清淨裝置、排氣機與排氣煙函）設計基準，及設計報告書。

二、局部排氣裝置設置後有效性評估

主要對局部排氣裝置設置後，如何進行性能驗收以確認其效能，其內容包含了驗收人員的資格、性能驗收的方法（視察法、煙流測試、捕集風速之量測、導管搬運速度之量測、及氣罩靜壓與流量量測）、性能驗收報告書、與操作手冊。

三、局部排氣裝置性能維護與評估

性能維護與評估內容則包含管理人員要求、性能維護方法內容與時程及系統改變時之性能維護。

事業單位可以依此系統之建議進行新局部排氣裝置之設置，如對已設置之局部排氣裝置可以直接進行裝置之評估與驗證。

參、工業通風裝置性能有效性評估技術手冊內容

本手冊評估系統主要分為四個單元，包含大項評估內容、細項評估內容、評估基準及參考之標準或規範，而事業單位可依照評估基準判斷評估內容是否合格。

3.1 局部排氣裝置設置前有效性評估

本手冊將設置前評估內容區分為 12 大項，19 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（如表 一）。

表一、局部排氣裝置設置前有效性評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	參考之標準或規範
1.1 設計人員規範	1.1.1 局部排氣裝置設計人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格	內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1 Singapore：p.6，scope (b)
	1.1.2 局部排氣裝置設計人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1
1.2 資料收集	1.2.1 場所佈置之資料	需有製程流程圖（PFD）、管線與儀器圖（P&ID）、設備清單、化學物清單等資料	內容： ANSI Z9.2：p.7，5.1 ACGIH：p.2-6，2.9.1
	1.2.2 欲捕集化學物質的物化特	至少需有物質安全資料表	內容：

	性之資料		ANSI Z9.2 : p.7 , 4.2 ACGIH : p.2-6 , 2.9.1 SEMI S6 : p.2 , 8.2
			基準： ANSI Z9.2 : p.7 , 4.2 部分參考資料
	1.2.3 人員操作及暴露途徑之資料	需有人員操作模式及可能暴露途徑等資料	內容： ANSI Z9.2 : p.7 , 4.2
1.3.1 氣罩設計基準	需考慮捕集風速或表面風速等與氣罩設計之相關基準	捕集風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄一	內容： ACGIH : p.6-7 , 6.4.3 ANSI Z9.2 : p.21 , 7.11 Singapore : p.7 , (g)
			基準： ACGIH : p.6-8 , TABLE 6-1
	建造材料需考量符合製程要求。	對於溫度高達 480 度或 480 度以上的高溫，可以分別使用黑鐵 (black iron) 及不銹鋼。對於腐蝕性氣體及蒸氣，必須使用抗腐蝕金屬或聚氯乙烯 (PVC) 或其他塑膠及塗料。	內容： ANSI Z9.2 : p.31 , 12.3 Singapore : p.7 , (p)
			基準： Singapore : p.7 , (p)

1.3.2 導管設計基準	需考慮導管搬運風速	導管搬運風速範圍可以參考 ACGIH 之建議如附錄二	內容： ACGIH：p.5-10，5.3.5
			基準： ACGIH：p.5-11，TABLE 5-1
	建造材料需考量符合製程要求。	如為腐蝕性污染物，導管應塗或漆上抗腐蝕或抗磨損的物質，以增加抗腐蝕及抗磨損的能力。	內容： ANSI Z9.2：p.31，12.3 Singapore：p.8，(j)
			基準： ANSI Z9.2：p.31，12.3
1.3.3 空氣清淨裝置設計基準	空氣清淨裝置之選取應符合污染物需求	如附錄三建議或具有相等效力的空氣清淨裝置。	內容： ANSI Z9.2：p.25，9.2 Singapore：p.10，(d) ACGIH：p.8-2，8.2
			基準： ACGIH：p.8-26，table 8-3
1.3.4 排氣機設計基準	避免排氣機受到污染物之傷害	排氣機必須位於空氣清淨裝置的下風處，保護腐蝕性蒸氣及氣體對排氣機造成的傷害。	內容： ANSI Z9.2：p.28，10.6 Singapore：p.11，(c)
			基準：

			Singapore : p.11 , (c)
1.3.5 排氣煙囪設計基準	避免排出污染物回流 (recirculation)	避免進氣口(intake)與排氣口(exhaust)同時存在，建議煙囪距離進氣口至少 16.7 m 遠、比鄰近的進氣口或屋頂高 3 m 以上，及讓污染物離開排氣煙囪的速度達至少 15 m/s	內容： ANSI Z9.2 : p.23 , 8.8 Singapore : p.12 , (a) ACGIH : p.5-22 , 5.12
			基準： ANSI Z9.2 : p.23 , 8.8
1.3.6 系統平衡	使用認可及適當的設計方法與程序去設計平衡系統。	通常使用設計平衡法與風門調節平衡法。	內容： ANSI Z9.2 : p.22 , 8.3
			基準： ANSI Z9.2 : p.22 , 8.3
1.3.7 其他	使用有害性物質機台的排氣設備均應該使用連鎖設計	審查設計規劃或操作手冊	內容： SEMI S2 : p.25 , 22.4
1.4 設計報告書	作業場所必須有局部排氣裝置設計報告書	設計報告書必須有各元件之基本資料，且需有設計的性能(performance)準則，系統配置圖、壓力分佈圖、元件基本資料，測定孔位置分佈圖	內容： ANSI Z9.2 : p.8 , 4.4 SEMI S6 : p.6 , 8.3.13
2.1 審查設計報告書	局部排氣裝置的設計、安裝建造必須通過通風有效性之鑑定	審查證明文件	內容： ANSI Z9.2 : p.30 , 12.1

	單位認可接受。		ANSI Z9.2 : p.8 , 4.3 ANSI Z9.2 : p.8 , 4.5
3.1 監造人員規範	3.1.1 局部排氣裝置監造人員須為受過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格	內容： ANSI Z9.2 : p.7 , 4.1 Singapore : p.6 , scope (b)
	3.1.2 局部排氣裝置監造人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	內容： ANSI Z9.2 : p.7 , 4.1

3.2 局部排氣裝置設置後有效性評估

本手冊將設置前評估內容區分為 4 大項，9 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（表 二）。

表二、局部排氣裝置設置後有效性評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	參考之標準或規範
1.1 性能驗收人員	1.1.1 人員進行測試及平衡必須經過訓練的合格人員。	受過訓練：工業安全或工業衛生等相關科系畢業 合格人員：具工業衛生或工業安全等與工業通風有關之技師資格 人員需與設計團隊不同之人員	內容： ANSI Z9.2 : p.7 , 4.1 HSG 54 : p.5 , 13 Singapore : p.6 , scope (b)

	1.2.1 執行局部排氣裝置測試人員須為有工作經驗的人員。	需提出有關工作經驗之證明資料	內容： ANSI Z9.2：p.7，4.1
1.2 性能驗收方法	1.2.1 以視察法進行系統外在各元件完整的檢查	包含氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機外在損傷和撕裂等情形。	內容： HSG54：p.12，34 Singapore：p.16，(c)
			基準： Singapore：p.16，(c)
	1.2.2 使用煙流觀察氣罩性能	使用發煙管或同等量測方法進行氣罩性能之評估	內容： ANSI Z9.2：p.34，14.2 HSG：p.12，34 ACGIH：p.3-25，3.5.9 SEMI S6：p.4，8.3.7.7
			基準： ACGIH：p.3-25，3.5.9
	1.2.3 捕集風速之量測	氣罩捕集污染物進入之最低風速為系統有效性指標，見附錄一之建議範圍。	內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 Singapore：p.18 HSG 54：p.15，47 ACGIH：p.3-15，3.3.6 SEMI S6：p.3，8.3.3.1

			基準： ACGIH：p.6-8，table 6-1
	1.2.4 導管搬運速度之量測	避免微粒於導管中沈積，見附錄二導管搬運速度之建議範圍。	內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 HSG 54：p.13，35 Singapore：p.20 ACGIH：p.3-9，3.3 SEMI S6：p.3，8.3.3.1
			基準： ACGIH：p.5-12，table 5-11
	1.2.5 應進行氣罩靜壓與流量量測	所測得靜壓其範圍應為設計書設定基準之上下 20%範圍內	內容： ANSI Z9.2：p.34，14.1 HSG 54：p.15，46、47 Singapore：p.16、p.17 ACGIH：p.3-3，3.1.2 SEMI S6：p.3，8.3.3.1
			基準： ACGIH：p.5-16，5.7.2
1.3 性能驗收報告書	需有性能驗收報告書	需包含測試方法與性能驗收報告內容	

2.1 操作手冊	應有參考之操作手冊	內容需有完整之標準操作程序(SOP)	內容： SEMI S6：p.1，2.2
----------	-----------	--------------------	------------------------

3.3 局部排氣裝置性能維護與評估

本研究將性能維護與評估內容區分為 4 大項，9 細項，各細項亦完成擬定其評估基準，並於備註中列出其出處（如表 三）。

表三、局部排氣裝置性能維護與評估表

大項評估內容	細項評估內容	評估基準	參考之標準或規範
1、管理人員	1.1 管理人員應為受過訓練的人員。	需經在職教育訓練	內容：ANSI Z9.2：p.7，4.1 Singapore：p.6，scope (b)
2.1 訂定維護時程表	局部排氣裝置、空氣清淨裝置應定期實施檢查	氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機建議維護時程如附錄四	內容：ANSI Z9.2：p.34，14.4 ACGIH：p.5-17，5.8 日本：粉じん障害防止規則第 17 条、有機溶剤中毒予防規則第 20 条、石棉障害予防規則第 22 条、鉛中毒予防規則第 35 条 基準：ACGIH：p.5-19~ p.5-26 擷取部分重點檢查
	應保存檢查紀錄	檢查紀錄要保存三年，內容包括：	內容：ANSI Z9.2：p.33，13.11

		檢查年月日、檢查方法、檢查場所、檢查結果、檢查人員姓名、若有損壞則要包括修補的內容。	<p>Singapore : p.16 , (h) HSG 54 : p.17 ACGIH : p.5-17 , 5.8 日本：粉じん障害防止規則第 18 条、有機溶剤中毒予防規則第 21 条、石棉障害予防規則第 23 条、鉛中毒予防規則第 36 条</p>
			<p>基準：日本：粉じん障害防止規則第 18 条、有機溶剤中毒予防規則第 21 条、石棉障害予防規則第 23 条、鉛中毒予防規則第 36 条</p>
2.2 建立所需維護內容與方法	建立局部排氣裝置各單元之維護內容與方法	區分為氣罩、導管、空氣清淨裝置與排氣機如附錄四	<p>內容：ACGIH : p.5-17 , 5.7.4 ANSI Z9.2 : p.34 , 14.4 Singapore's : p.15 , (g)</p>
	建立使用的原則、標準操作程序及勞工的練習，並定期舉行勞工訓練	建立各操作單元之使用原則及使用方法，且於勞工就職每兩年進行六小時在職安全衛生教育訓練。	<p>內容：ANSI Z9.2 : p.34 , 14.1 HSG 54 : p.7 , 17 Singapore : p.15 , (d)</p>
3、系統更改	在改變系統後，局部排氣	改變後，必須於運作前重新進行測	<p>內容：ANSI Z9.2 : p.34 , 14.3</p>

時之性能維護	裝置必須進行測試確保系統符合建立的表現準則。	試平衡確保系統符合系統表現準則。	Singapore : p.16 , (b)
			基準 : ANSI Z9.2 : p.34 , 14.3
	設計報告書必須保持最新版本。	如系統改變時，設計報告書必須保持最新版本。當每一人員對局部排氣裝置進行測試、維護及重新設計時必須使用最新的設計圖及說明書。	內容 : ANSI Z9.2 : p.33 , 13.12
			基準 : ANSI Z9.2 : p.33 , 13.12

肆、結語

本手冊所擬定之評估系統，並非涵蓋局部排氣裝置於設置、驗收及維護時之所有考量。但對於勞工暴露防止之考量上，本手冊評估要點可視為最低參考要求，亦即局部排氣裝置至少達本手冊之要求，方足以對勞工之暴露危害防止提供基本保障。

本手冊於進行 20 家事業單位現場訪視時發現，事業單位並不清楚局部排氣裝置所需考量內容為何，因此本手冊希望對事業單位未來在設置局部排氣裝置能提供一足以依循之準則，以達到正確設計、正確施工、正確驗收、及正確維護之目的。而對於已設置之局部排氣裝置，本手冊亦希望能提供事業單位正確功能驗收，以及正確維護保養之相關訊息。事業單位於委外設計局部排氣裝置時，亦可以參考局部排氣裝置規格基準等之相關文件，並與委外設計廠商討論，進一步達到設置有效局部排氣裝置之目的。

附錄

附錄一：捕集風速之建議範圍

污染物散佈(dispersion)情形	現場應用實例	建議之捕集風速範圍
以無速度釋放進入靜止氣流中	自槽中蒸發、脫脂等	50-100 fpm (0.25- 0.5 m/s)
以低速釋放進入慢速氣流中	噴漆岡亭、間歇式容器填充、低速傳送帶傳送、焊接、電鍍、酸洗	100-200 fpm (0.5- 1.0 m/s)
快速釋放且進入高速氣流中	淺噴漆岡亭、裝桶、輸送帶裝卸、破碎	200-500 fpm (1.0- 2.5 m/s)
高初速釋放且進入極高速氣流中	研磨、噴漆打光、轉磨	500-2000 fpm (2.5- 10.0 m/s)

附註：

以上情形都有捕集風速範圍，如何選擇適當的上下限值可以參考下列的因素來決定

範圍之下限：1、室內氣流速度較小或易捕集
2、污染物為低毒性或具厭惡性
3、間歇性，低產率
4、大氣罩-大量空氣的流動

範圍之上限：1、室內空氣為擾流
2、污染物含有高毒性
3、高產率
4、小氣罩-只用在局部控制

附錄二：導管搬運風速建議範圍

污染物	現場應用實例	建議設計風速範圍
蒸氣、氣體、煙	所有蒸氣氣體及煙	任何風速(經濟運作風速常為 1000-2000 fpm (5- 10 m/s))
燻煙	焊接	2000-2500 fpm (10- 12.5 m/s)
非常細微的輕灰塵	棉紗、木粉、石粉	2500-3000 fpm (12.5- 15 m/s)
乾粉塵及粉末	細橡皮塵、電木塵、黃麻絨絮、棉塵、刨屑、肥皂粉塵、皮革屑	3000-4000 fpm (15- 20 m/s)
一般工業粉塵	研磨粉塵、輕皮屑(乾)、木麻屑(震盪殘渣)、咖啡豆、製鞋粉塵、花岡石粉塵、矽粉、一般物料處理、切磚屑、黏土塵、鑄造屑(一般)、石灰粉塵、紡織工業包裝與秤重之石綿塵	3500-4000 fpm (17.5- 20 m/s)
重粉塵	生灰塵(重且濕)、金屬車工、鑄造轉磨裝桶及搖出粉塵、噴砂灰塵、木塊、豬廢料、黃銅銼屑、鑄鐵鑽孔粉塵、鉛粉塵	4000-4500 fpm (20- 22.5 m/s)
重或潮濕	鉛塵夾有小切塊、潮濕的水泥粉塵、切管機作業時之石綿、黏磨光絨、生石灰粉塵	4500 fpm 以上 (22.5 m/s 以上)

附錄三：空氣清淨裝置使用之建議

三、 使用於粒狀污染物

製程	濃度	粒徑大小	離心式集塵器	濕式洗塵器	織物過濾集塵器	低電壓靜電集塵器	高電壓靜電集塵器
陶瓷製程							
a.原物料處理	Light	Fine	S	O	O	N	N
b.鑄件清理	Light	Fine-medium	S	S	O	N	N
c.耐火磚裁切	Heavy	Coarse	N	S	O	N	N
d.塗釉製程	Moderate	Medium	N	O	O	N	N
化學製程							
a.原物料處理	Light-moderate	Fine-medium	S	O	O	N	N
b.碾磨製程	Moderate-heavy	Fine-coarse	O	S	O	N	N
c.氣體輸送	Very heavy	Fine-coarse	O	S	O	N	N
d.烘烤器、窯、冷卻器	Heavy	Mid-coarse	O	O	O	N	N
煤、採礦和電力廠							
a.原物料處理	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
b.燃料通風	Light	Fine	S	S	O	N	N
c.除塵	Heavy	Medium-coarse	S	O	O	N	N
d.乾燥	Moderate	Fine	N	O	O	N	N
飛灰							

a. 燃煤-鏈狀爐床	Light	Fine	S	S	O	N	O
b. 燃煤-鍋爐	Moderate	Fine-coarse	S	S	O	N	O
c. 燃煤-噴霧	Moderate	Fine	S	S	O	N	O
d. 木材燃燒	Varies	Coarse	S	S	O	N	S
鑄造廠							
a. 落砂	Light-moderate	Fine	N	O	O	N	O
b. 砂處理	Moderate	Fine-medium	N	O	O	N	N
c. 滾磨機	Heavy	Medium-coarse	N	S	O	N	N
d. 研磨清潔	Moderate-heavy	Fine-medium	N	S	O	N	N
穀倉							
a. 穀物處理	Light	Medium	O	S	O	N	N
b. 穀物乾燥	Light	Coarse	S	S	O	N	N
c. 穀類粉塵	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
d. 飼料研磨	Moderate	Medium	O	S	O	N	N
金屬熔融							
a. 鼓風爐煉鋼	Heavy	Varied	N	O	S	N	S
b. 平爐煉鋼	Moderate	Fine-coarse	N	O	S	N	S
c. 電熔煉鋼	Light	Fine	N	S	O	N	S
d. 熔鐵爐	Moderate	Varied	N	O	O	N	
e. 非鐵反應爐	Varied	Fine	N	S	O	N	N
f. 非鐵融化鍋	Light	Fine	N	S	O	N	N

金屬採礦與石頭製品							
a.原物料處理	Moderate	Fine-medium	N	O	O	N	N
b.以爐烘乾	Moderate	Medium-coarse	O	O	O	N	O
c.石頭乾燥	Moderate	Fine-medium	N	S	S	N	S
d.水泥窯烤	Heavy	Fine-medium	N	N	O	N	S
e.水泥研磨	Moderate	Fine	N	N	O	N	N
f.水泥爐渣冷卻	Moderate	Coarse	O	N	O	N	N
金屬加工							
a.製品研磨、鋼刷研磨	Light	Coarse	O	O	O	N	N
b.拋光	Light	Varied	S	O	O	N	N
c.工具房	Light	Fine	S	S	S	N	N
d.澆鑄鐵	Moderate	Varied	O	O	O	N	N
製藥與食品生產							
a.混合、研磨、打包	Light	Medium	O	O	O	N	N
塑膠業							
a.原物料處理			O	S	O	N	N
b.塑膠修整	Light-moderate	Varied	S	S	O	N	N
c.塑膠成形	Light	Fine	N	S	N	O	N
橡膠業							
a.混合	Moderate	Fine	S	O	S	N	N
b.滑石除塵	Moderate	Medium	S	S	O	N	N
d.研磨	Moderate	Coarse	O	O	O	N	N

木材業							
以機器裁切木材	Moderate	Varied	O	S	O	N	N
以砂紙磨木材	Moderate	Fine	S	S	O	N	N
廢棄物運送	Heavy	Varied	O	S	S	N	N
1、Light = 小於 2 gr/ft ³ ； Moderate = 2 到 5 gr/ft ³ ； Heavy = 5 gr/ft ³ 以上 2、Fine：50%粉塵之氣動粒徑小於 5μm； Medium：50%粉塵之氣動粒徑介於 5 到 15μm； Coarse：50%粉塵之氣動粒徑超過 15μm 3、O = 較常使用； S = 較少使用； N = 從不使用							

四、 使用於氣狀污染物

形式	適用對象	適用濃度	去除效率%	壓損 mmH ₂ O	購置成本	操作成本	耐用性
填充塔	無機氣體 (HCl, HF, SO ₂ , Cl ₂)	ppm ~ %	90~99	100~300	中	中	差
吸附塔	有機蒸氣，臭味	ppb ~ %	95~99 ⁺	50~150	高	中	普通
焚化	有機蒸氣，臭味	ppb ~ %	90~99	5	低	極高	佳
觸媒轉換	有機蒸氣，臭味	ppb ~ %	90~99	50~150	中	高	差

附錄四：性能維護之參考時程與內容

一、排氣氣罩維護內容及時程								
維護時程	D	W	BW	M	Q	SA	A	WR
視察								
氣罩								
檢查各氣罩所受傷害，侵蝕及磨蝕情形				✓	✓			
檢查氣罩阻塞情形				✓	✓			
檢查狹縫是否有碎片阻塞		✓		✓				
氣室								
評估孔是否阻塞		✓						
於氣流被干擾前清除碎片		✓		✓				
量測								
檢查記錄氣罩靜壓並確保合適操作範圍	✓	✓						
量測氣罩捕集風速				✓	✓	✓		
二、導管維護內容與時程								
維護時程	D	W	BW	M	Q	SA	A	WR
視察								
導管損傷程度	✓							
觀察是否有污染物洩漏	✓							
靜壓和流量（速度）								
檢查並記錄各預定測量點之靜壓			✓	✓				
檢查並記錄各預定測量點之流量			✓					
檢查並記錄排氣機進口速度				✓	✓			
三、空氣清淨裝置維護內容與時程								
維護時程	D	W	BW	M	Q	SA	A	WR
更換空氣清淨裝置								✓
四、排氣機維護內容與時程								
維護時程	D	W	BW	M	Q	SA	A	WR
視察								
檢查排氣機輪軸磨損及傷害程度				✓	✓			

檢查排氣機輪軸震動是否正常且轉動方向是否正確					✓		✓	
檢查排氣機遮蔽物所受物理性傷害及腐蝕程度							✓	
檢查滑輪帶的鬆緊度，並觀察是否需要替換						✓		
潤滑								
潤滑排氣機軸承（依照製造商建議）								✓
馬達								
檢查並清潔馬達外部表面					✓			
排氣機傳送帶								
檢查傳送帶磨損的程度					✓			
1、D=每天 W=每星期 BW=每兩星期 M=每月 Q=一季 SA=半年 A=每年 WR=需要時								

參考文獻

- [1] 行政院勞工委員會，勞工安全衛生設施規則，中華民國九十六年。
- [2] 行政院勞工委員會，有機溶劑中毒預防規則，中華民國九十二年。
- [3] 行政院勞工委員會，鉛中毒預防規則，中華民國九十一年。
- [4] 行政院勞工委員會，四烷基鉛中毒預防規則，中華民國八十七年。
- [5] 行政院勞工委員會，粉塵危害預防標準，中華民國九十二年。
- [6] 行政院勞工委員會，特定化學物質危害預防標準，中華民國九十年。
- [7] 行政院勞工委員會，勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法，中華民國九十七年。
- [8] 行政院勞工委員會，全國性職業衛生危害預防、監視先驅計畫分項報告-工業通風效能驗證中心設置規劃，民國九十七年。
- [9] Fundamentals Governing the Design and Operation of Local Exhaust Ventilation Systems. American Industrial Hygiene Association 2006.
- [10] Health and Safety Executive. Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation. 2004.
- [11] Occupation Safety & Health Division, Ministry of Manpower in collaboration with the Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore. Design, Operation and Maintenance of Local Exhaust Ventilation Systems. 2003.
- [12] 日本厚生勞動省，勞動安全衛生法規，中華民國九十六年。
- [13] 日本厚生勞動省，粉塵障害防止規則，中華民國九十五年。
- [14] 日本厚生勞動省，有機溶劑中毒預防規則，中華民國九十五年。
- [15] 日本厚生勞動省，石棉障害予防規則，中華民國九十五年。
- [16] 日本厚生勞動省，鉛中毒預防規則，中華民國九十五年。
- [17] Semiconductor Equipment and Materials International. Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment. 2002.
- [18] Semiconductor Equipment and Materials International. Safety Guideline for Ventilation. 1993.

作業環境通風系統評估技術開發

著（編、譯）者：蔡朋枝、林文海

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 98 年 3 月

版（刷）次：初版一刷

定價：300 元

展售處：

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話：02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為 <http://www.iosh.gov.tw/>。
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

GPN: 1009800690