

# 電路板廠務設施安全標準 製程排氣系統篇

## **PCB Facility Safety Standard -Exhaust System**

PCB-EHS-FS01

June, 2019

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  1 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

## 1.0 PURPOSE 目的

- 1.1 協助使用者規範製程排氣系統設計及施工廠商，以滿足最小安全需求。
- 1.2 協助使用者查核既有廠內製程排氣系統之潛在風險，作為工程改善之參考。

## 2.0 SCOPE 範圍

- 2.1 本標準主要依據印刷電路板製造產業之特性訂立，其他產業若有參考引用，請自行斟酌適用性。
- 2.2 本標準適用於廠內各類製程排氣系統，但消防排煙系統不在本標準適用範圍內。
- 2.3 本標準適用新建廠設計施工階段，既有廠房應針對不符合項目進行風險評估，並針對不可接受之風險實施改善。

## 3.0 RESPONSIBILITY 權責

NA

## 4.0 DEFINITION 名詞定義

- 4.1 不燃性風管材質：本風管材質於其受熱或燃燒後，皆無法點火、燃燒、助熱或釋放易燃蒸氣等，例如不鏽鋼、鍍鋅鐵等金屬材質。
- 4.2 耐燃性風管材質：本風管材質雖不符合 4.1 的要求，但經過下列至少一項標準測試後，能滿足該標準之相關要求：
  - 4.2.1 採用 ASTM E84 測試標準，該風管材質之火焰擴散指數（FSI）不超過 50 者。
  - 4.2.2 採用 FM4910 測試標準，該風管材質之火焰傳遞指數（FPI）不超過 6.0 者。
  - 4.2.3 採用 FM4922 測試標準，並通過該標準測試要求者。
  - 4.2.4 塑膠類風管材質採用 UL94 測試標準，並通過該標準 V-2 以上之要求。另針對風管安裝位置若燃燒後產生之顆粒或滴落物會有引燃下方可燃物之風險時，則應通過該標準 V-1 以上之要求。
- 4.3 易燃性風管材質：無法滿足 4.1 或 4.2 之風管材質。
- 4.4 可燃性風管材質：耐燃性風管材質及易燃性風管材質皆屬於可燃性風管材質的一種。
- 4.5 火焰擴散指數（Flame Spread Index, FSI）：依照 ASTM E84 之測試標準，在某一點火能量下，其所測量出受測材質的火焰擴散情形，並將測試結果推導出一特定指數。
- 4.6 火焰傳遞指數（Fire Propagation Index, FPI）：依照 FM4910 之測試標準，在某一點火能量下，其所測量出受測材質的火焰傳遞情形，並將測試結果推導出一特定指數。
- 4.7 煙霧發展指數（Smoke Developed Index, SDI）：依照 ASTM E84 之測試標準，在某一點火能量下，其所測量出受測材質的煙霧發展情形，並將測試結果推導出一特定指數。

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  2 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

- 4.8 煙霧危害指數（Smoke Damage Index，SDI）：依照 FM4910 之測試標準，在某一點火能量下，其所測量出受測材質的煙霧產生情形，並將測試結果推導出一特定指數。
- 4.9 防火閘門（Fire Damper）：可設置在風管內（不限於製程排氣系統風管），當火災時風管內氣體溫度達到設定點時會自動關閉，在額定防火時效內能阻火之閘門。
- 4.10 防火區劃：建築內防止火災蔓延至相鄰區域且耐火極限不低於規定要求的不燃性物體，包含防火屏障（Fire Barrier）及防火牆（Fire Wall）等。
- 4.11 爆炸下限（Lower Explosive Limit，LEL）：最低可燃性氣體濃度比，低於此濃度比時，有火源亦無火焰延燒發生。

## 5.0 REFERENCE 參考資料

- 5.1 ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, Association Advancing Occupational and Environmental Health, 29th Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2016.
- 5.2 ASTM E84 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, American Society for Testing and Materials, ASTM International, 2018.
- 5.3 FM Data Sheet 7-7/17-12 Semiconductor Fabrication Facilities, Factory Mutual Engineering and Research, 2014
- 5.4 FM Data Sheet 7-78 Industrial Exhaust Systems, Factory Mutual Engineering and Research, 2016-2017.
- 5.5 FM4910 Cleanroom Materials Flammability Test Protocol, Factory Mutual Engineering and Research, 2009.
- 5.6 FM4922 Fume Exhaust Ducts or Fume and Smoke Exhaust Ducts, Factory Mutual Engineering and Research, 2016.
- 5.7 NFPA91, Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Vapors, Gases, Mists, and Particulate Solids, National Fire Protection Association, 2015.
- 5.8 NFPA318, Standard for the Protection of Cleanrooms, National Fire Protection Association, 2018.
- 5.9 UL94 Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, Underwriters Laboratories Inc., 2013.

## 6.0 PRECAUTION 注意事項

本標準非強制性法令或規範，使用者應小心地參酌當地的現有法令，並多方諮詢以決定是否適用。

## 7.0 CONTENT 內容

### 7.1 一般性設計要求

- 7.1.1 負責製程排氣系統的設計者應具備工業通風及製程排氣系統之相關知識。

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  3 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

- 7.1.2 製程排氣系統各元件的規格包含氣罩、風管、排氣風機等應有適當的評估及計算，可滿足氣罩之捕集風速或控制風速及風管內搬運風速等要求。
- 7.1.3 每個氣罩或機台設備開口面的風速應設計能夠捕集或控制欲抽除之物質。
- 7.1.4 肘管或支管匯入主管的設置應盡量避免迴流的產生。
- 7.1.5 製程排氣系統的風管應保持負壓，但處理設備的下游或煙囪不再此限。
- 7.1.6 所有風管應設計為可提供足夠保持其內部清潔且避免造成殘餘物質蓄積或是引燃的尺寸，亦即風管內可達到適當的搬運風速。
- 7.1.7 使用者應提供設計者該系統的用途、可能搬運的化學物質種類、物理特性、化學特性及操作溫度等完整資訊。
- 7.1.8 不論設計者或使用者都應具備系統內搬運化學物質的物理特性、化學特性及其危害分類的相關知識。
- 7.1.9 針對非預期性臨時停止運轉會造成重大危害之製程排氣系統，應提供緊急電源並達到至少 50% 正常運轉之電力。且該系統必須要有一台備用排氣風機 (n+1) 之設計。
- 7.1.10 風管選用應優先採用圓形風管，除非建築空間受限才可使用矩形風管。
- 7.1.11 設計者應於系統設計時將風管厚度、風管洩漏率、風管內支撐、法蘭厚度及寬度、法蘭螺絲數量等納入設計範圍。
- 7.1.12 應在管路中的低點設置冷凝液體的排放管，且水平風管應至少有一定之斜率設計，以使凝結液體流入排放管中。
- 7.1.13 風管支撐的設計應能承受風管本身的重量加上風管內搬運物質的預期重量；如果在風管內部提供撒水器保護，則支撐應考慮能承載其作動後所積累之預期排水重量。
- 7.1.14 風管支撐應妥善設計並保持調整彈性，避免增加連結設備的額外荷重或使用連結設備作為支撐。
- 7.1.15 建築物結構與製程排氣系統的組成應獨立分開不得合併使用，整個排氣風管應為獨立設施，例如將管道間直接作為排氣管道是不允許的方法。
- 7.1.16 風管應設計清潔檢測口以提供日常清潔保養或採樣檢測作業所需。
- 7.1.17 清潔採樣口應設計在風管的頂部或側面，所需的開口或其他配件應予以密封、加襯墊或緊密安裝，防止風管內的搬運物質逸出。
- 7.1.18 應於適當之風管位置與一定間隔標示排氣系統種類及流動方向。
- 7.1.19 製程排氣系統修改前應妥善考慮各種情況及後果，包括重新設計系統後所能產生的效能。
- 7.1.20 如果沒有適當的變更設計，則不應將新增之分支管路匯入到現有系統中。
- 7.1.21 如果沒有提供維持設計風量的裝置，則不應任意斷開分支管路或清除系統中未使用的部分。

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  4 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

## 7.2 排氣分類與材質選用

- 7.2.1 任何製程排氣系統之風管應優先採用不燃性風管材質。
- 7.2.2 當製程排氣系統若搬運之物質對不燃性風管材質會有不相容問題例如腐蝕產生時，才可採用耐燃性風管材質。
- 7.2.3 既有製程排氣系統採用易燃性風管材質且經風險評估後有不可接受之風險時，其處理方式優先順序如下：
- (1) 應考慮優先更換為不燃性風管材質。
  - (2) 若有不相容問題時可採用耐燃性風管材質。
  - (3) 若無法更換時，應加裝風管內自動灑水系統。安裝風管內自動灑水系統有管徑上的限制，若管徑過小無法安裝灑水頭或安裝後的滅火效能不足時，則仍應更換為不燃性或耐燃性風管材質。
- 7.2.4 不相容性物質應分開排放至不同製程排氣系統，例如搬運的不同物質於風管內可能會發生反應導致放熱、火災或爆炸等危險時，就應該將其排放至不同系統。
- 7.2.5 同一系統如果要處理兩種以上的物質，其相容性應有經過文獻驗證或測試後方可同時排放於同一系統中。
- 7.2.6 所有製程排氣系統的其他元件，如氣罩、風門、風機等，其耐燃性應等於或優於風管之耐燃性。
- 7.2.7 無塵室內若使用非不燃性風管材質，則建議採用以下任一種耐燃性風管材質：
- (1) 風管材質經過 FM 4922 認證通過。
  - (2) 風管材質經過 FM4910 認證通過。
  - (3) 風管材質使用 ASTM E84 之方法測試後，火焰擴散指數不超過 25 且煙霧發展指數不超過 50。
- 7.2.8 應避免使用撓性風管，除非其所連接之設備或氣罩有經常移動之需求。使用撓性風管亦應採用不燃性材質，且應盡量裁減至適當的長度。

## 7.3 防火性設計要求

- 7.3.1 任何搬運可燃性物質的風管不可銜接可能會產生火焰、火花、或熱物質製程之排氣系統，例如研磨、焊接、烤箱等製程。
- 7.3.2 排氣風管穿越防火區劃時應安裝防火閘門，但風管材質本身的防火時效等於或優於被穿越防火區劃之防火時效時，則不需要加裝防火閘門。
- 7.3.3 如果防火閘門於火災作動後會導致更大的危害時，則不得安裝防火閘門，例如搬運的物質具有毒性並經風險評估顯示排氣功能停止後毒性危害會大於火災危害。



資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  5 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

- 7.3.4 風管穿越防火時效 2 小時或 2 小時以上的防火區劃時，在防火區劃兩側 3 公尺範圍內使用的包覆材料其防火時效應等於或高於防火區劃的防火時效，包覆範圍應包含風管支撐。
- 7.3.5 穿越防火區劃的排氣風管應使用防火時效等同防火區劃的防火填塞，將周圍空間密封來保護風管。
- 7.3.6 火災探測和報警系統不應連鎖關閉排氣風機，除非以下之情形：
- (1) 如果不關閉排氣風機可能會嚴重影響消防系統作動降低效能時；
  - (2) 評估顯示排氣風機在緊急時如不停止，其火災和燃燒產物的損壞風險會更高。
- 7.3.7 如風管有可能因摩擦產生靜電火花，則風管應有導電性或接地防護，又提供之接地電阻應小於  $1.0 \times 10^6$  歐姆。
- 7.3.8 風管內搬運的可燃性蒸氣、氣體或霧滴濃度不得超過爆炸下限濃度的 25%，除非系統的設計已有足夠的風險評估與控制措施，例如能夠有效降低易燃性物質濃度、活性或抑制其爆炸。
- 7.3.9 任何使用可燃性化學品的製程或工作站，均應提供有效的排氣風量來控制其濃度低於 LEL 的 25%。
- 7.3.10 如果搬運的可燃或易燃物質濃度大於 LEL 的 1% 時，則製程排氣系統內各裝置的旋轉元件應為非金屬材質，或其結構應使旋轉元件的移動或軸承不會因金屬零件摩擦或撞擊而產生火花。
- 7.3.11 針對製程排氣系統進行動火作業時，應確認風管內是否存在易燃殘留物或可燃蒸氣，避免火災發生。
- 7.3.12 無塵室內製程排氣系統不應使用二氧化碳系統保護，且風管內不應加設防火閘門。

## 7.4 排氣風機及處理設備

- 7.4.1 排氣風機與處理設備的安裝應考慮振動傳遞的問題，減少震動情形。
- 7.4.2 應提供旋轉元件和殼體、管道間的適當間隙，以避免可能導致火災的摩擦。
- 7.4.3 排氣風機與處理設備應設置在穩固的地基上或牢固地面的支座上
- 7.4.4 製程排氣系統若加裝逆止風門時，其應設置在處理設備下游端，即排放乾淨空氣的一側。
- 7.4.5 排氣風機應置於處理設備的下游端，即排放乾淨空氣的一側。
- 7.4.6 排氣風機應妥善的選用和安裝，以達到安全且有效搬運物質的目的。
- 7.4.7 排氣風機設置時應考慮後續進行檢查、潤滑、保養、清潔和維修的便利性。
- 7.4.8 使用皮帶傳動之排氣風機，應設計皮帶失速或發生滑動等異常狀況時，可連鎖安全裝置以關閉設備。

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  6 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

## 7.5 驗收與維護保養

- 7.5.1 製程排氣系統於施工後之驗收，應包含各項元件之設計尺寸、規格與圖面資料，並應依照設計值檢測驗收，驗收時可接受的差異範圍應於工程發包前即與承包廠商議定於採購規範內。
- 7.5.2 驗收檢測元件應包含氣罩、風管、處理設備、排氣機及煙囪等，驗收檢測數據依不同元件可包含尺寸、風速、風量、壓力、濃度或溫度等物理參數。
- 7.5.3 製程排氣系統應定期進行檢測與維護保養，以確保安全且有效的運轉條件。
- 7.5.4 驗收、檢測與維護保養應由訓練合格且能識別潛在危險的人員負責。
- 7.5.5 驗收、檢測與維護保養應建立書面資料，包含年度計劃與各類執行表單。
- 7.5.6 運轉後之檢測與維護保養之內容應包括製程排氣系統內所含各項元件與其他防護裝置，如氣罩、風管、處理設備、排氣機、監控裝置及風管內灑水裝置等。
- 7.5.7 運轉後之檢測數值應參考原始設計與驗收資料，各元件之檢測數值應各自訂定一可接受的差異範圍，若超過時則應予以改善，有嚴重缺失者應立即處理。
- 7.5.8 針對可能有高溫危害之製程排氣系統應定期以紅外線熱像儀量或其他同功能之檢測儀器檢測風管之溫度變化。
- 7.5.9 針對容易蓄積可燃物質之風管管段如銜接烤箱之二次配風管，應定期清潔或直接更換風管。
- 7.5.10 各項檢測結果與維護保養內容應記錄並保存至少 3 年。

## 7.6 排氣監測及控制

- 7.6.1 靠近設備端之二次側排氣風管應安裝可監測風管內靜壓值之壓力監測裝置。
- 7.6.2 應於壓力監測裝置上標註正常運轉位置，並使設備操作者於每日操作生產前確認靜壓值是否正常。
- 7.6.3 當風管內靜壓不足時，應盡速排除異常狀況。在異常排除前，應提供受影響製程區域之員工個人防護具，但針對危害性高之製程則應停止設備生產運轉。
- 7.6.4 應於風管內適當之位置安裝排氣監測裝置，包含處理設備、排氣機及煙囪，以確保風管內之靜壓、搬運風速、溫度等能保持正常運轉狀態。排氣監測裝置包含皮托管、壓差計、溫度感測器及濃度監測計等。
- 7.6.5 建議排氣監測裝置可加裝監測數據自動記錄系統，並設定警報界線，於異常時可發出警報提醒負責人員檢視改善。
- 7.6.6 最佳之排氣監測裝置可加裝自動控制系統，即排氣監控裝置，除可於異常時發出警報提醒人員注意外，並可自動控制排氣系統之操作參數，以避免人為的不正常操作，進而提高整體系統的安全性與可靠度。

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  7 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

## 7.7 風管內灑水系統

7.7.1 當排氣風管之截面積大於或等於  $516 \text{ cm}^2$  ( $80 \text{ in}^2$ ) 或其直徑大於或等於  $254 \text{ mm}$  ( $10 \text{ in}$ ) 且遇到下列情形時，應於風管內加裝自動灑水系統：

- (1) 易燃性風管材質。
- (2) 管內的可燃性物質含量足以導致嚴重火災，例如銜接烤箱之二次配風管。

7.7.2 風管內設置灑水頭之間隔建議如下：

- (1) 應選用比風管內溫度至少高  $27^\circ\text{C}$  ( $50^\circ\text{F}$ ) 的突出式灑水頭，且每個灑水頭設置間距在水平方向不應超過  $3.7 \text{ m}$  ( $12 \text{ ft}$ )、垂直方向不應超過  $7.4 \text{ m}$  ( $24 \text{ ft}$ )。又每個灑水頭在不超過  $30 \text{ m}$  ( $100 \text{ ft}$ ) 直線管長之等效投影面積上的出水量至少為  $75 \text{ L/min}$  ( $20 \text{ gpm}$ )，且應確保在  $30 \text{ m}$  ( $100 \text{ ft}$ ) 直線管長內的每個灑水頭可以同時有效地運作，這些灑水頭應包含垂直管段的第一顆灑水頭。
- (2) 如果在  $30 \text{ m}$  ( $100 \text{ ft}$ ) 直線管長內同時運作之灑水頭，其灑水密度可達  $20 \text{ mm/min}$  ( $0.50 \text{ gpm/ft}^2$ )，則水平方向之灑水頭設置間隔可提高到  $6.6 \text{ m}$  ( $20 \text{ ft}$ )。
- (3) 在水平管段設置之灑水裝置可同時選用上述(1)與(2)兩種方式。

7.7.3 當風管寬度或直徑大於  $3.7 \text{ m}$  ( $12 \text{ ft}$ ) 時，應在風管內以相同間隔之位置提供另一組灑水頭，若為圓形風管時，兩組灑水頭應定位在 2 點鐘和 10 點鐘位置。

7.7.4 含有分支管的製程排氣系統，無論管徑大小，應在每個分支管進入主管的匯入點前  $0.9 \text{ m}$  ( $3 \text{ ft}$ ) 內應設置一組灑水頭。又如果因為尺寸限制而無法安裝灑水頭時，可改在主管中分支管進入的位置設置灑水頭。

7.7.5 如果有多個製程排氣系統採用風管內自動灑水裝置且各排氣系統為獨立運轉操作時，則應使用控制閥讓各排氣系統之灑水裝置可獨立運作，且控制閥應為獨立的指示型控制閥。

7.7.6 應採用濕式灑水系統，除非灑水系統有結冰的疑慮時才可採用乾式灑水系統。

7.7.7 若風管內為腐蝕環境時，則裝置於風管內的灑水頭與配管配件等需採用抗腐蝕材質或被其所披覆，且其抗腐蝕性應經過相關標準如 FM 認證。

7.7.8 風管內設置灑水裝置時，應設置排水管線排水以避免風管內積水造成損壞。

7.7.9 灑水系統於斷電後應有保留電源和預備水量，確保系統持續灑水。



資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 電路板廠務設施安全標準： 製程排氣系統篇	頁數 PAGE:  8 OF 8	資料號碼 SPEC NO  PCB-EHS-FS01	版本 REV.  Final V1.0
---	------------------------	----------------------------------	---------------------------

## 8.0 APPENDIX 附錄

### 附錄一、風管內搬運風速設計建議值

搬運物質型態	製程排氣分類	搬運風速設計建議值
蒸汽、氣體、煙	一般排氣、熱排氣	5.0-10.0 m/s
煙燻、微粒	酸排氣、鹼排氣、有機排氣	10.0-15.0 m/s
粉塵	粉塵排氣(鑽孔機、成型機)	>15.0 m/s

### 附錄二、查核表之格式範例

項目	標準條文	查核方法	查核狀況	狀況說明
負責製程排氣系統的設計者應具備工業通風及製程排氣系統之相關知識	7.1.1	<input type="checkbox"/> 現場查核 <input type="checkbox"/> 文件審查	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 <input type="checkbox"/> 不適用	
靠近設備端之二次側排氣風管應安裝可監測風管內靜壓值之壓力監測裝置	7.6.1	<input type="checkbox"/> 現場查核 <input type="checkbox"/> 文件審查	<input type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 不符合 <input type="checkbox"/> 不適用	
說明：本規範僅提供查核表之格式讓使用者參考，使用者可依照不同場合及各自之需求製作完整之查核表，如工程驗收查核表、年度自動檢查查核表等。				