

2019產安計畫宣導會

廠房製程排氣系統安全 與風管材質測試標準

黃建平

April 17, 2019

講者簡介

黃建平 博士

擔任

- ◆ 中華民國工業安全衛生協會
 - 安全與環保技術服務處 處長
 - 新竹服務處 處長
- ◆ 交通大學兼任助理教授
- ◆ 台灣能源技術服務產業發展 理事
- ◆ 台灣電路板協會 工安環保委員會
顧問
- ◆ 交通大學 校友總會 候補理事

學歷：交通大學機械工程 博士

專長：工業通風、廠務節能、消防煙控、IAQ

證照：

勞員乙級(100-3)

安師甲級(101-1)

衛師甲級(102-3)

ISO 9000主任稽核員

ISO 14064主任稽核員

OSHAS 18000主任稽核



課程大綱

1. 前言
2. 排氣系統設計程序/安全設計
3. FM認證(FM4910/FM4922)
4. PCB產業標準-製程排氣系統



<http://www.fmglobal.com/>

<http://global.ihs.com/>

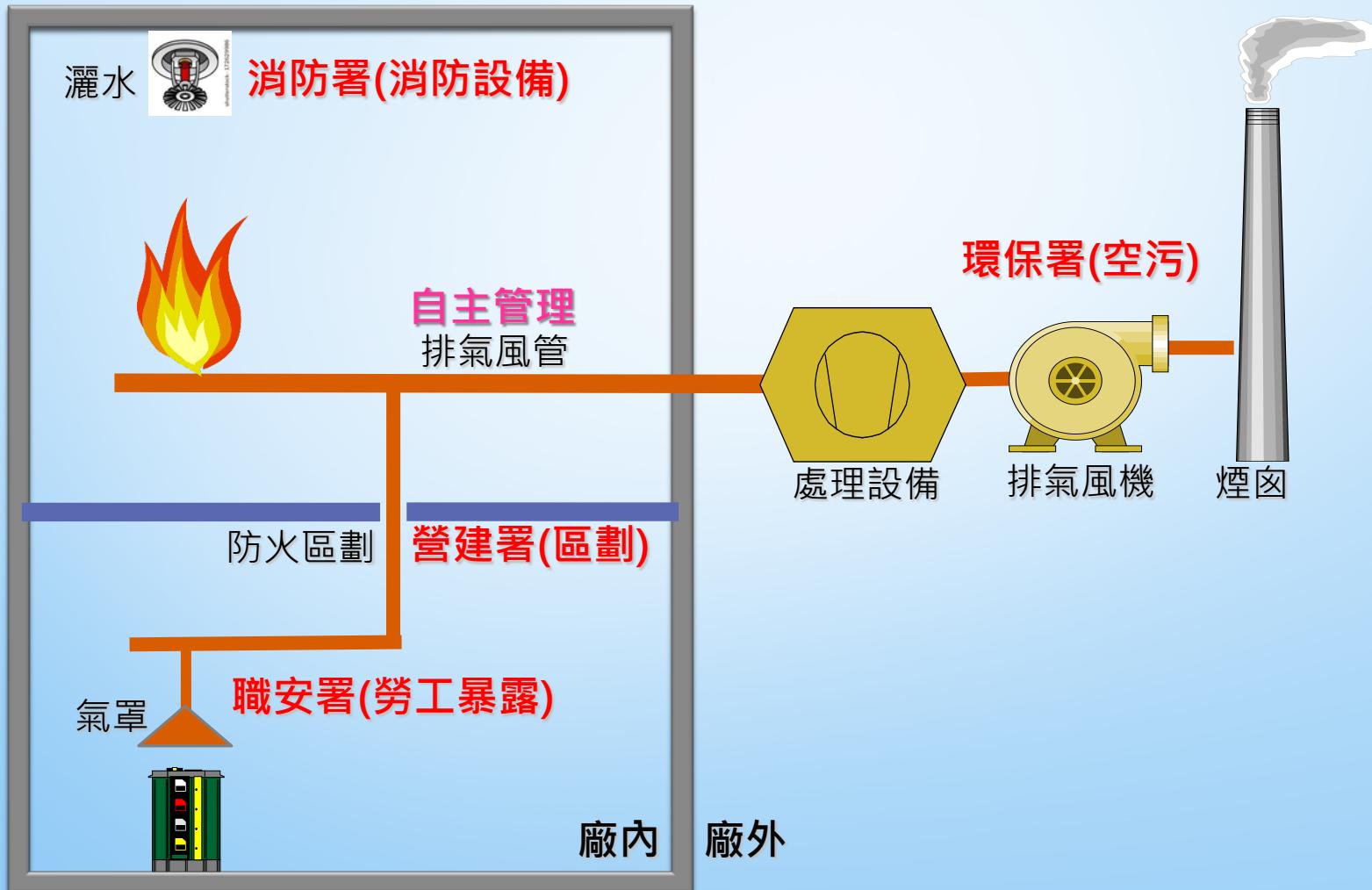


前言

2018.04.28

敬鵬平鎮廠火災事件

製程排氣系統國內相關法規



國際標準/法令(美國)

NFPA 91 Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Vapors, Gases, Mists, and Particulate Solids (2015)

第4、9章明確說明製程排氣系統之設計、建造、不/耐燃材質、設備裝置、防火設置、測試及維護。

Chapter 4 Design and Construction (摘錄第4章)

4.2.9 Fire dampers shall be permitted to be installed in exhaust systems in the following situations:

- (1) Where ducts pass through fire barrier
- (2) Where a collection system installed on the end of the system is protected with an automatic extinguishing system
- (3) Where the duct system is protected with an automatic extinguishing system
- (4) Where ducts have been listed with interrupters
- (5) Where necessary to facilitate the control of smoke pursuant to the applicable NFPA standards

4.2.11 Exhaust ducts shall not pass through fire walls, as defined by NFPA221.



美國消防協會

國際標準/法令(日本)

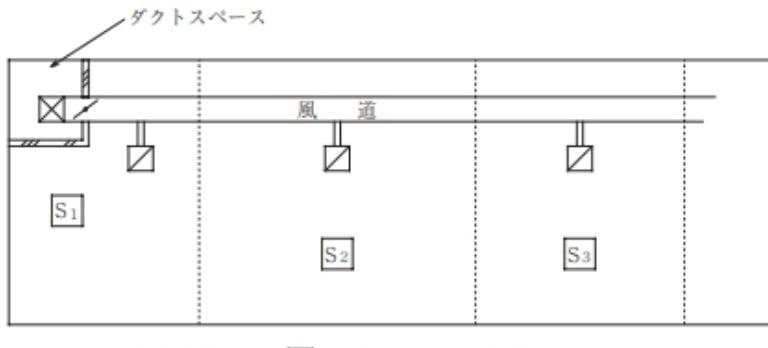
建基令第112條(建築基準法施行令)

第2 or 3章 消防同意審査基準(摘錄神戸市、札幌市)

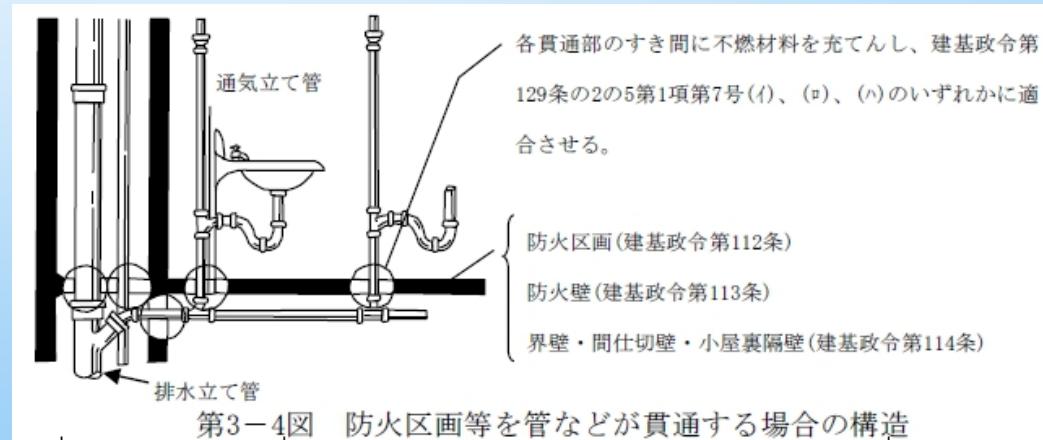
第3 or 9節 防火區劃

5. 風道及び防火ダンパー(換気、冷暖房の風道)

防火閥應盡可能安裝在防火隔層的牆壁或地板的穿透部位。如果不可避免地要安裝在穿透部分的附近，穿透部分和防火閥之間的管道應該是厚度為1.5mm或更厚的鐵板，或者應該用鐵網砂漿或其他不可燃材料塗覆。



第9-5図



第3-4図 防火区画等を管などが貫通する場合の構造

高科技廠事故案例

	華邦電子 股份有限公司	聯瑞積體電路 股份有限公司*	天下電子 股份有限公司
發生時間	1996.10.14	1997.10.3	1997.11.11
人員傷亡	無	無	1人受傷
損失金額	60億元以上	120億元以上	30億元以上
起火原因	機臺起火蔓延	廢氣未妥善處理，廢氣排放管起火延燒	蝕刻槽多種溶劑起化學反應起燃，引燃上方管線向外延燒

※備註：聯瑞公司大火保險公司理賠101億元，居亞洲之冠。

高科技廠現有作法

- 因高科技廠房火災損失金額極大(財產及營業損失)，業者相對重視廠內安全管理，多優於國內法令規定。
- 因投保金額高，需透過國外再保機制，轉嫁分擔風險。保險公司要求排氣風管使用FM認證合格材質或不燃性材質，提升保險公司承保意願與降低保險費之效用。

FM4922
2016.08

Fume Exhaust Ducts or Fume
and Smoke Exhaust Ducts

測試排氣、排氣及排煙管道暴露於火中時防火性能和之後的排煙能力

FM4910
2009.09

Cleanroom Materials
Flammability Test Protocol

評估無塵室各組件限制火蔓延和煙塵損害能力

PCB產業自主安全標準(TPCA)

1 st Stage	2016	2017	2018	2019	2020	2 nd Stage
個別設備標準(C類)	完成高風險設備標準訂定及驗證制度					1.其他設備 2.標準修訂
烤箱	輔	標		驗		
電鍍		輔	標	驗		
驗證程序			標			
其他關鍵設備				輔 + 訓	標 + 驗	
通用設備標準(A類)	完成標準訂定與推廣訓練					1.實施驗證 2.擴大訓練
標準制定			標			
推廣(訓練及輔導)				訓 + 輔	訓 + 輔	
廠務設施標準	完成關鍵設施標準訂定					1.其他設施 2.驗證制度
製程排氣系統			標 + 輔	訓 + 輔	訓 + 輔	
化學品儲存與供應			標 + 輔	訓 + 輔	訓 + 輔	
其他關鍵系統				標	訓 + 輔	
備註: 「輔」代表「輔導」、「訓」代表「訓練」、「標」代表「標準」、「驗」代表「驗證」						

廠務設施安全標準-製程排氣系統篇

資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard : Exhaust System 印刷電路板廠務設施安全標準 製程排氣系統篇	頁數 PAGE: 1 OF 9	資料號碼 SPEC NO PCB-EHS-FS01	版本 REV. Draft 3.0
--	--------------------	------------------------------	----------------------

安全標準章節：

- 1.0-PURPOSE 目的
- 2.0-SCOPE 範圍
- 3.0-RESPONSIBILITY 權責
- 4.0-DEFINITION 名詞定義
- 5.0-REFERENCE 參考資料
- 6.0-PRECAUTION 注意事項
- 7.0-CONTENT 安全標準內容 »
- 8.0-APPENDIX 附錄

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。

3.0 RESPONSIBILITY 權責

NA

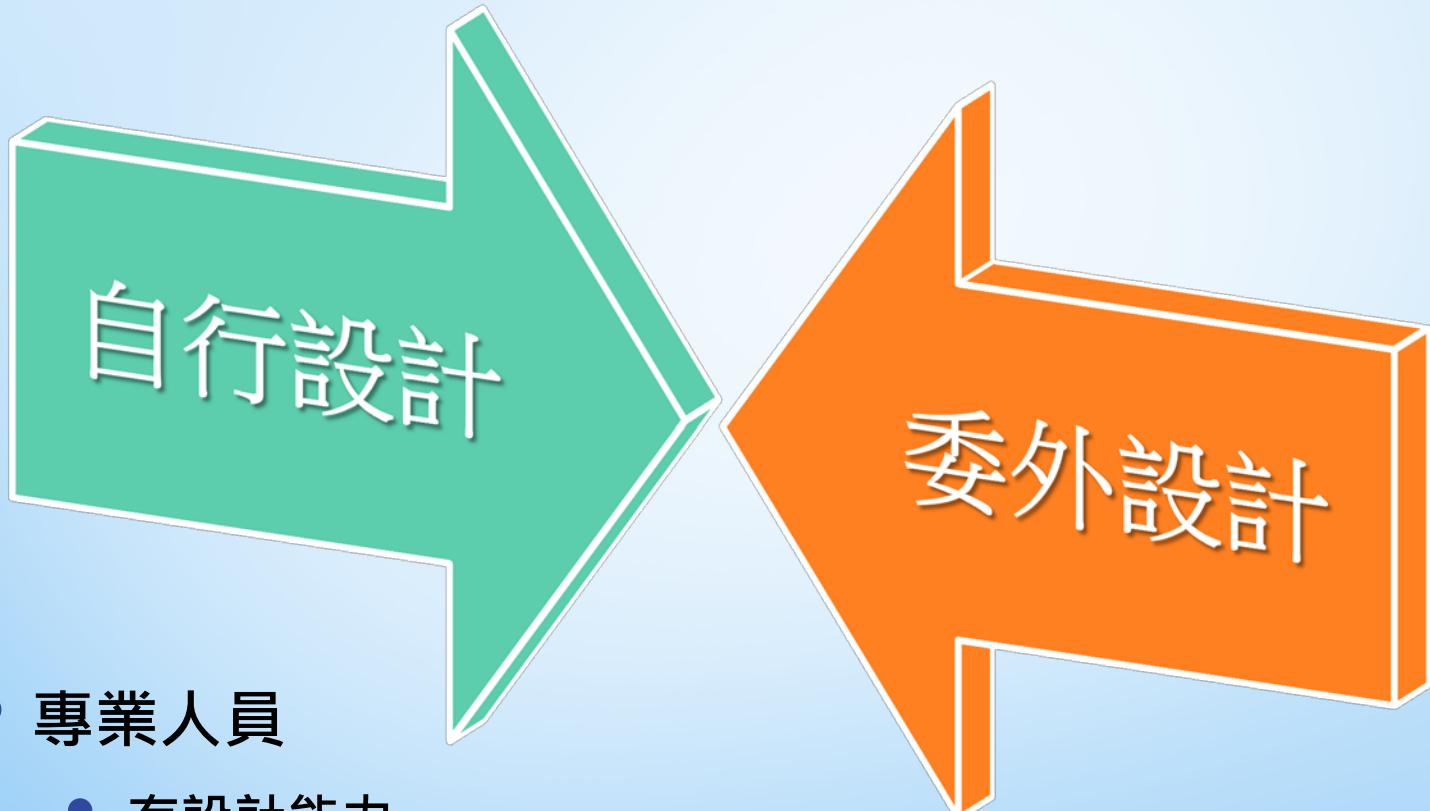
- 7.1 一般性設計要求
- 7.2 排氣分類與材質選用
- 7.3 防火性設計要求
- 7.4 排氣風機及處理設備
- 7.5 運轉及維護保養
- 7.6 排氣監測與控制
- 7.7 風管內灑水系統

排氣系統設計程序/安全設計

通風裝置的一生



通風裝置設計



- 專業人員
 - 有設計能力
 - 有實務經驗

- 負責人員
 - 有基本判斷能力

通風裝置設計

- 讓廠商在發包時可以據此來要求與確認承包商的設計與設置通風裝置的專業能力
- 避免非專業的承包商採用錯誤的設計概念進而導致裝置設置完成後，無法發揮有效的換氣效果
- 如果資料不齊全的話，即要求承包商補齊，若無法提供，則需更換有專業設計能力的包商。

- ◆ 整體換氣裝置設計圖(平面圖)
- ◆ 風量設計的依據(法令規定)
- ◆ 風機規格
- ◆ 氣流路徑規劃

- ◆ 局部排氣裝置設計圖
- ◆ 氣罩規格
- ◆ 導管規格
- ◆ 排氣機規格
- ◆ 空氣清淨裝置設計規格及圖面
- ◆ 風量設計壓力平衡計算書

排氣系統設計程序

● 資料收集

- 風量及靜壓需求、使用化學品、機台位置等

● 製程排氣分類

● 排氣風管材質選用

● 風管配置圖(Layout)

● 風管內搬運風速選用

● 風管管徑選用與風速確認

● 排氣系統壓損計算

● 處理設備選用

● 排氣風機選用

Q↓

安全性

P↓

$\eta \uparrow$



排氣系統設計與分析
技術手冊
(含管路計算軟體)

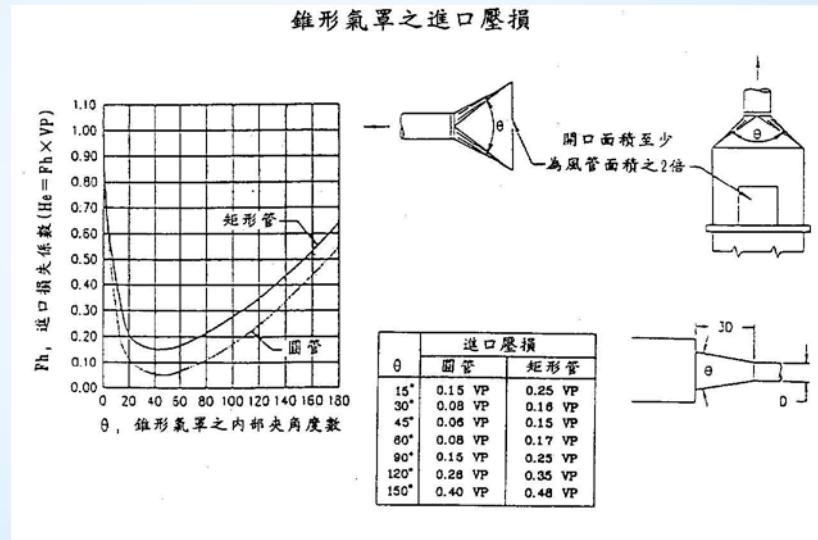
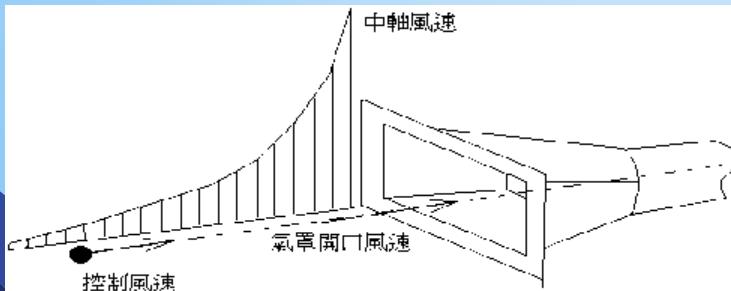
撰寫人：黃達平

工研院技術研究組
環境與安全衛生技術組及中心

中華民國 92 年 8 月

資料收集

- 製程設備的了解
- 氣罩形式
 - Type
 - 依據ACGIH
 - 經驗
 - 決定風量



表五. 一般控制風速之範圍

污染物之發生條件	例	控制風速 (m/s)
於極靜之大氣中，實際上近於無速度狀態下發散時	自液面發生之氣體、蒸氣、煙等	0.25~0.5
於較靜之大氣中以較緩之速度發散時。	崗亭式氣罩內之吹噴塗飾作業，間斷性容器儲裝作業，低速輸送帶，熔接作業、鍍金作業、酸洗作業	0.5~1.0
在氣體流動較高之作業場所，飛散較活躍時。	於室內隅角處使用小型崗亭式氣罩從事吹噴塗飾作業、裝桶作業、輸送帶之落卸口、破碎機。	1.0~2.5
在氣體流動極速之作業場所，以高初速度飛散時	研磨作業、鼓風作業、搗塞作業。	2.5~10.0

Facility Table

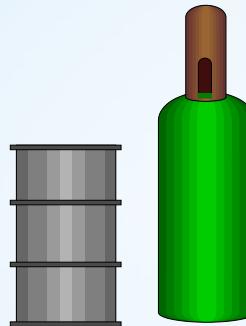
Index	Mach-Fun	Mach-ID	Exhaust						Bulk Gas	Chemical	Special Gas	
			F	Exh. Duct	Pre.	Flow	Duct	Material			Type	Flow
6	Ultrasoric Cleaner (ETCH)	EPCN010-050	5	GE		500/400	8"	PP	N2			
19	Part Clean-Oven (ETCH)	EOVE010-040	5	GE		116	5"	SUS	N2			
26	Part Clean-sand blaster (ETCH)	ESBE010	5	SE-G		30	6"	G/S				
125	Backside Poly Etch	EBPO010-050	3	SE-G	0.0035	882	250	PP	N2	HNO3/HF,HF,DHF		
			2	SE-G		412	160	PP				
			2	SE-G		412	160	PP				
			2	SE-G		412	160	PP				
			3	GE	0.002	560	104	SUS304				
136	Metal Etch	EMET01Z-07Z	3	GE		400	6"	SUS304	N2,Ar,O2,He		BCl3	200
			2	SE		5	50	SUS305			Cl2	400
			2	SE	0.03	5	40	SUS306			SF6	400
			2	SE	0.03	5	40	SUS307			CF4	200
			2	SE	0.03	5	40	SUS308			CHF3	40
			2	SE	0.03	5	40	SUS309				
			2	SE	0.03	30	40	SUS310				
			2	SE	0.03	30	40	SS				
			2	GE			4"					

Safety Consideration

- Chemical & Special Gas

- Flammable, Combustible
- Toxic
- Corrosion

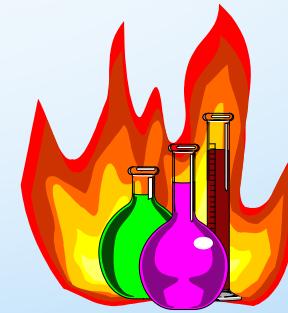
SDS, FM7-7/17-12, ASTM...



- Compatibility

- C/SG & C/SG
- C/SG & Duct Material

Facility Table, FM7-7/17-12, SEMI S4-92...



- Fire Protection

- Monitoring System (Pressure, Temperature, Concentration)
- Suppression System (Automatic Sprinkler System)

NFPA318, FM7-7/17-12, FM4922/4910...



不相容物質排氣系統必須分離

- 腐蝕或一般洗滌排氣(Ak, Ac)
 - 酸與溶劑(solvent)排氣系統要獨立(沒有法規要求)
- 碳氫類溶劑(即VOC)
 - 通常以每年排放噸數為單位減量至可接受程度
- 毒性排氣處理(T)
 - 焚燒或中和以降至1/2IDLH程度
- 一般排氣或熱排氣(G)
- 易爆性或易燃性氣/汽體(F)
 - 焚燒或中和以降至25LEL; 25%LFL程度
- 其他:含NH₃廢氣;含NO_x廢氣;含O₃廢氣

不相容物質資料表

29	Hydrocarbons, Aliphatic,Saturated	飽和碳氫化合物(脂肪族)		H F								
30	Peroxides and Hydroperoxides,Organic	有機過氧化物及水合過氧化物	H G	H E		H F	H G		H GT	H F E	H F GT	
31	Phenols and Cresols	酚及甲酚類	H	H F						H G		
32	Organophosphates,Phosphothioates,Phosphodithioates	有機磷酸鹽類	H GT	H GT						U		
33	Sulfides, Inorganic	無機硫化物	GT GF	H F GT	GT		H			E		
34	Epoxides	環氧化物	H P	H P	H P	H P	U		H P	H P		
101	Combustible and Flammable Materials,Miscellaneous	可燃及易燃物	H G	H F GT								
102	Explosives	爆炸物	H E	H E	H E					H E		
103	Polymerizable Compounds	可聚合物	P H	P H	P H					P H		
104	Oxidizing Agents,Strong	強氧化物	H GT		H GT	H F	H F	H F GT	H F GT	H E	H F GT	
105	Reducing Agents,Strong	強還原物	H GF	H F GT	H GF	H GF F	H GF F	H GF F	GF H	H GF	H G	
106	Water and Mixtures Containing Water	水及含水混合物	H	H						G		
107	Water Reactive Substances	遇水起反應物質	107									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9

排氣分類與材質選用

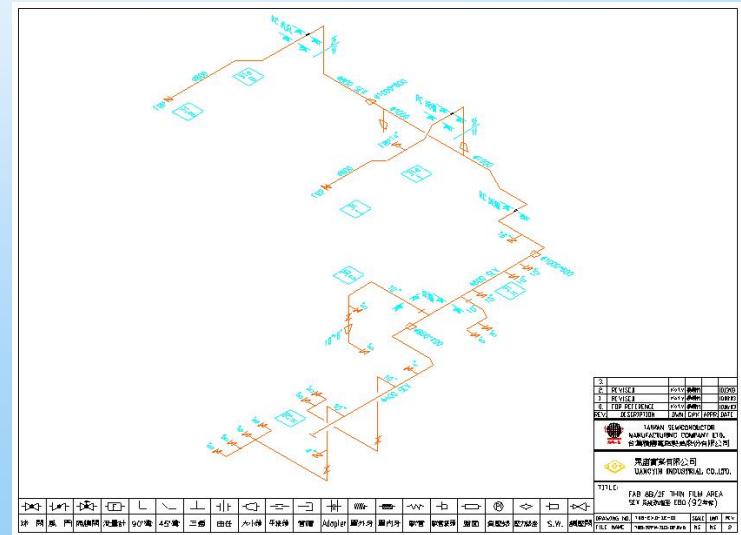
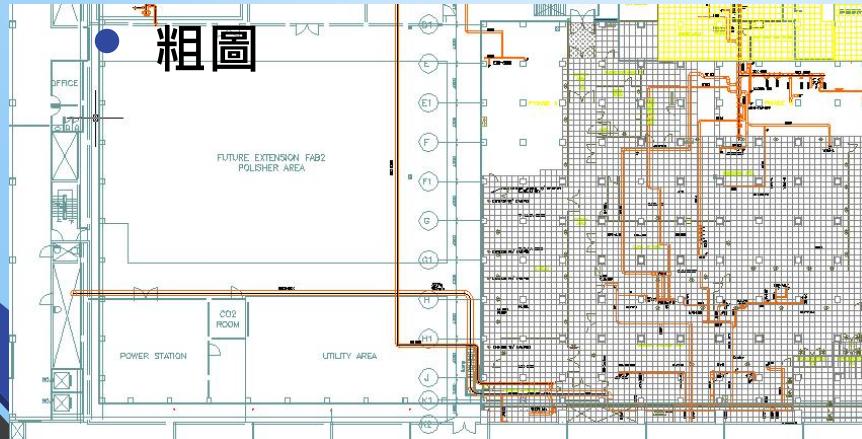
風管分類	代號	一次配管 (Main、Sub-Main)	二次配管 (Hook-up)
Toxic/Acid Exhaust、 Scrubbed Exhaust	T/A、SE、SEX	FM Approved	SUS304
			PPs
			FM Approved
Ammonia Exhaust、 Alkali Exhaust	AE、AEX、ALE、 ALK	FM Approved	PPs
			FM Approved
			鍍鋅螺旋管
Solvent Exhaust、 VOC Exhaust	SLE、SOX、VE、 VEX	SUS304	SUS304
			鍍鋅螺旋管
General Exhaust、Heat Exhaust	GE、GEX、HE、HEX	鍍鋅螺旋管	SUS304
			鍍鋅螺旋管
Pyrophoric Exhaust、 Flammable Exhaust	PE、PEX、FE、FEX	SUS304	SUS304
			鍍鋅螺旋管

風管材質

- **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。
- **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：
 - 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。
 - 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。
 - 採用FM4922測試標準，並通過該標準測試要求者。
 - 塑膠類風管材質採用UL94測試標準，並通過該標準之對應項目測試要求者。
- **易燃性**風管材質：無法滿足4.1或4.2之風管材質。
- **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。

管路走向配置(Layout)

- 配合現場狀況
 - 管道間, 機台位置等
 - 空間管理(Space manage)
 - 建廠時期
 - 供水系統、廢水系統、電力系統、氣體供應系統、化學供應系統、廢液系統、消防系統、空調系統
 - 單線圖



導管

配管大原則為低壓損、減少不必要的阻力

- 使用圓管(結構強；較佔空間)
- 採用大管徑(需考慮搬運速度)
- 支管須斜插匯入主管(迴流造成粉塵累積)
- 避免使用橈性管(防火材質，壓損極大)
- 彎管採用較大的迴轉半徑($R/D \geq 1.5$)
- 盡量採用直管(彎管易有迴流)
- 採用較短的距離



搬運風速

資料來源: ACGIH

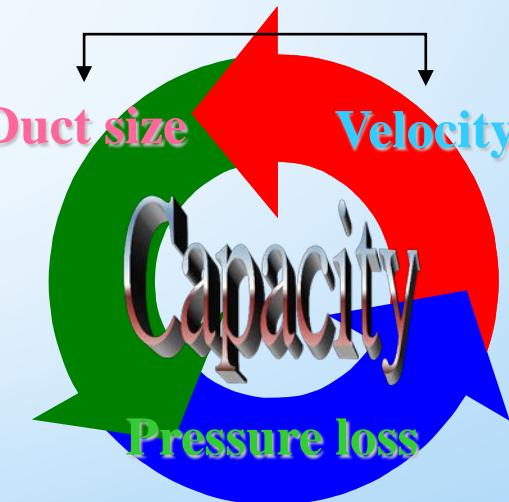
污染物種類	實際污染物例	設計風速
蒸汽、氣體、煙	所有蒸汽氣體及煙	1000-1200fpm (5.0-6.0m/s)
煙霧	鋅和氧化鋁煙霧	1400-2000fpm (7.0-10.0m/s)
非常微細的輕灰塵	棉紗、木粉、石粉	2000-2500fpm (10.0-12.5m/s)
乾塵、粉	細橡皮塵、電木塑粉塵、黃麻纖、棉塵、刮下削（輕的）、肥皂粉塵、皮革刮下削	2000-2500fpm (10.0-12.5m/s)
一般工業塵	鋸木削（重而濕的）、研磨塵、咖啡豆、製鞋灰塵、花崗石塵、砂粉、一般物料處理、切磚、黏土塵、鑄造、石灰石塵、石綿打包與秤重時所放出之粉塵	3500-4000fpm (17.5-20.0m/s)
重粉塵	鑄造鼓轉筒及搖動器塵、噴砂灰塵、木塊與豬廄料等處理粉塵、鉛塵	4000-4500fpm (20.0-22.5m/s)
重或潮濕粉塵	鉛塵夾有小切塊、潮濕黏合料塵、切管機切管時之石綿或塑膠塵、生石灰塵	>4500fpm



管徑選用與速度查核

Sys.	No.	Main			Sub-Main			Shaft
		mm	CMH	m/s	mm	CMH	m/s	
SOX	SOX1	650	13,500	11.30				1F
	SOX2	1400	70,000	12.63				2F
	SOX3	1400	70,000	12.63				2F
	SOX4	1000	30,000	10.61				4F
	SOX5	550	10,000	11.69				1F
	SOX6	1100	41,100	12.01	600	11,100	10.91	3F
					1000	30,000	10.61	4F
	SOX7	1000	30,000	10.61				2F
								G-H/1

Check Table



Design Flow Rate → Choose Velocity → Choose Duct Size
→ Choose Duct Size → Check Velocity

設計

運轉

管徑與搬運速度

速度	管徑	優點	缺點
風速大	管徑小	<ul style="list-style-type: none"> ■ 不易造成沉積堵塞 ■ 材料成本較低 ■ 佔用空間較小 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 壓損大，運轉成本較高 ■ 易產生摩擦靜電，需做好接地 ■ 蠶動與噪音較大
風速小	管徑大	<ul style="list-style-type: none"> ■ 壓損小，運轉成本較低 ■ 蠶動與噪音較小 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 有粉塵時易造成沉積堵塞 ■ 初設成本較高 ■ 佔用較多的空間

(附註：針對相同排氣量下的比較)

FM認證(FM4910/FM4922)

FM 認證種類

- Fire Protection
 - Automatic sprinklers
 - Fire hose and nozzles...
- Electrical Equipment
 - Audible and visible notification appliances
 - Emergency voice/alarm communication systems...
- Building Materials
 - Air handling, systems components
 - Clean room materials...

The screenshot shows the FM Approvals website's "Approval Standards" page. At the top, there's a navigation bar with links like "Approval Guide", "RoofNav", "Approval Standards" (which is highlighted with a yellow box), and "Customer Portal". Below the navigation is a main content area with a heading "APPROVAL STANDARDS". It contains text about the development of over 200 approval standards, mentioning specific standards like ANSI/FM 60079-29-2, Edition 2, Explosive Atmospheres – Part 29-2: Gas Detectors and Associated Apparatus for Intrinsically Safe Use and 60079-29-4, Explosive Atmospheres – Part 29-4: Gas Detectors – Performance Requirements of Open Path Detectors for Flammable Gases. There are also sections for "DOWNLOAD" (with fields for First Name, Last Name, Email Address, Organization, Job Function, and a checkbox for privacy policy) and "Lunch type" (radio buttons for HTML, PDF, or Text). On the right side, there are icons for Approved Product News, Product Alerts, Standards Updates, and Trade Shows / Seminars.

FM APPROVED Web.: 填寫資料即可下載
<https://www.fmapprovals.com/approval-standards>

FM 認證標準

#	Title	Issued (Month/Yr)
1011,12	Deluge Systems and Preaction Systems	11/73
1020	Automatic Water Control Valves	01/76
1021	Dry Pipe Valves	11/73
1031	Quick Opening Devices (Accelerators, Exhausters) for Dry Pipe Valve	5/77
1032	Air Pressure Maintenance Device	8/70
1041	Alarm Check Valves	7/70
1042	Waterflow Alarm Indicators (Vane Type)	7/70
1045	Waterflow Detector Check Valves	2/76
4910	Clean Room Materials Flammability Test Protocol	9/97
4911	Wafer Carriers for Use in Clean Rooms	12/02
4922	Fume Exhaust Ducts or Fume and Smoke Exhaust Ducts	4/01
4924	Pipe Insulation	3/73
4970	Fire Protection of Steel Framing Members for High Hazard Occupancies	1/80

FM 認證標章



FM APPROVED mark: authorized by FM Approvals as a certification mark for **any product that has been FM Approved.**

There is no minimum size requirement for the mark, but it must be large enough to be readily identifiable.

The mark should be produced in black on a light background, or in reverse on a dark background.



Plastic Used in Cleanroom

PLASTIC	USE IN CLEAN ROOMS
Polypropylene (PP)	Wet benches, ductwork , wafer boxes, process equipment enclosures, wall panels
Fire Retardant Polypropylene (FRPP)	Wet benches, process equipment enclosures
Polyvinylchloride (PVC)	Wet benches, ductwork , process piping, process equipment enclosures
Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	Process piping, chemical baths
Polyether ether ketone (PEEK)	Wafer carriers
Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)	Ductwork , scrubbers, wall panels
Polycarbonate (PC)	Mini-environment enclosures, valve manifold boxes, wafer boxes
Polymethylmethacrylate (PMMA)	Mini-environment enclosures, valve manifold boxes
Polyethylene (PE)	Process piping, process equipment enclosures, wafer boxes
Perfluoroalkoxy (PFA)	Process piping, chemical baths
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	Wet benches, coating on stainless steel ductwork
Polyphenylene Oxide (PPO)	Exhaust ducts
Polyoxymethylene, or Delrin (POM)	Not used in clean rooms except for fire protection fine water spray nozzles

From FM7-7/17-12 Table 8. (1997)

FM4910 & FM4922

❖ FM4922 for Exhaust Ducts

Horizontal Duct Fire Test

- 15 minutes, Velocity = 3.0m/s
- 火焰不可擴散到距離管路入口火源處7.0公尺外的內管
- 距離火源7.0公尺的內管測試點溫度必須不超過538°C

Horizontal/Vertical Combination Duct Fire Test

- 另外須符合外管的火焰只可侷限在垂直管段而不可擴散到水平管段

Smoke Removal Test

- 10 minutes, Velocity = 10.0m/s
- 管路必須保持完整且沒有煙從火源開口或管路外表散出

Small Scale Quality Control Tests (Include ASTM E-84)

- Flame Spread \leq 25
- Smoke Density \leq 50

❖ FM4910 for Tool Material

Fire Propagation Index (FPI) \leq 6.0

Smoke Damage Index (SDI) \leq 0.4

FM4910

Clean Room Materials Flammability Test Protocol

Indices

	Limit	Uncertain results	Ranges	Rounded
FPI	6	6 ~ 7	2 ~ 36	whole number (1.0, 2.0)
SDI	0.40	0.40 ~ 0.50	0.06 ~ 4.10	tenth (0.1, 0.2)

Note:

- FPI: $[(m/s^{1/2})/(kW/m)^{2/3}]$
- SDI: $[(m/s^{1/2})/(kW/m)^{2/3}][g/g]$

Various Material

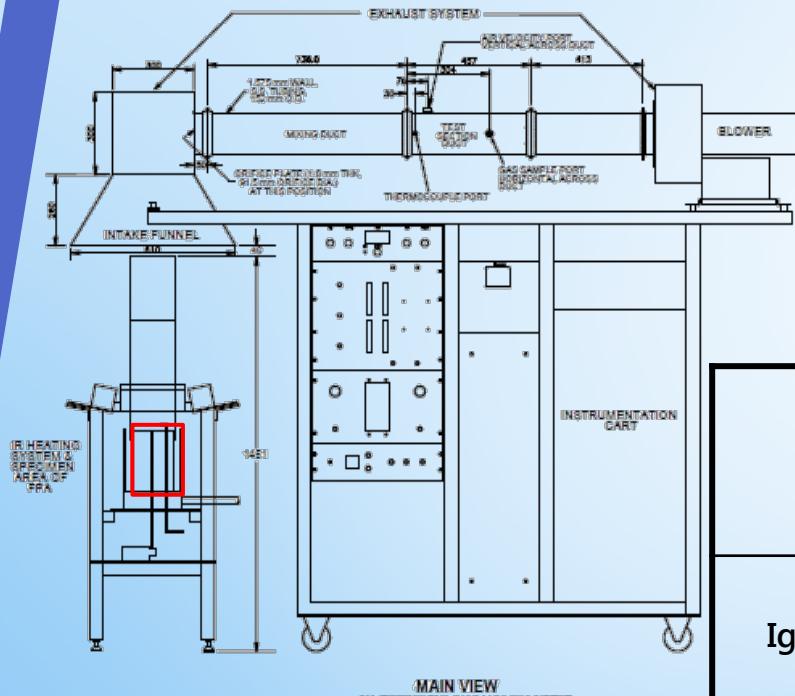
MATERIAL	FPI	SDI	CDI
ABS (5)	8	0.84	0.48
PS	34	5.58	2.00
POM	15	0.03	0.90
PMMA (2,3)	20	0.44	1.20
Wood	14	0.21	0.84
PVC/PVC cable (4)	36	4.10	43.20
PE/PVC CABLE (4)	28	3.80	33.60
PP (1,2,6,7)	30	1.77	1.80
FRPP (1.2)	30	10.98	54.00
PE (2,6)	29	1.74	1.74
PVC (1,2,4,5,7)	16	1.58	19.20

MATERIAL	FPI	SDI	CDI
PVDF (5)	6	0.08	1.74
PEEK (5,6)	4	0.36	0.24
PPO (7)	9	1.60	1.26
PE/25 Chlorine	15	1.73	2.00
PE/36 Chlorine	11	1.53	16.50
PE/48 Chlorine	8	1.07	15.20
Rigid PVC (1,2,5)	7	0.69	12.60
PTFE (5)	4	0.01	1.68
Silicone/PVC	17	2.02	1.02
Polyester-70 fiberglass (3,7)	13	0.91	0.78
Epoxy-65 fiberglass (3,7)	11	0.62	0.77

- 1 – Wet Benches
- 2 – Other Processing Tools
- 3 – Wall and Floor Panels
- 4 – Electrical Power Cables

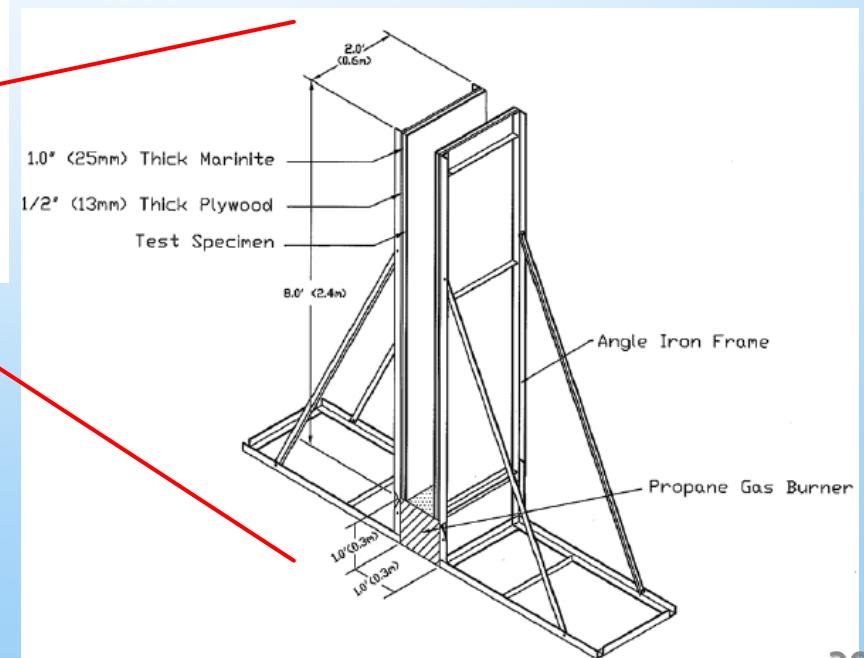
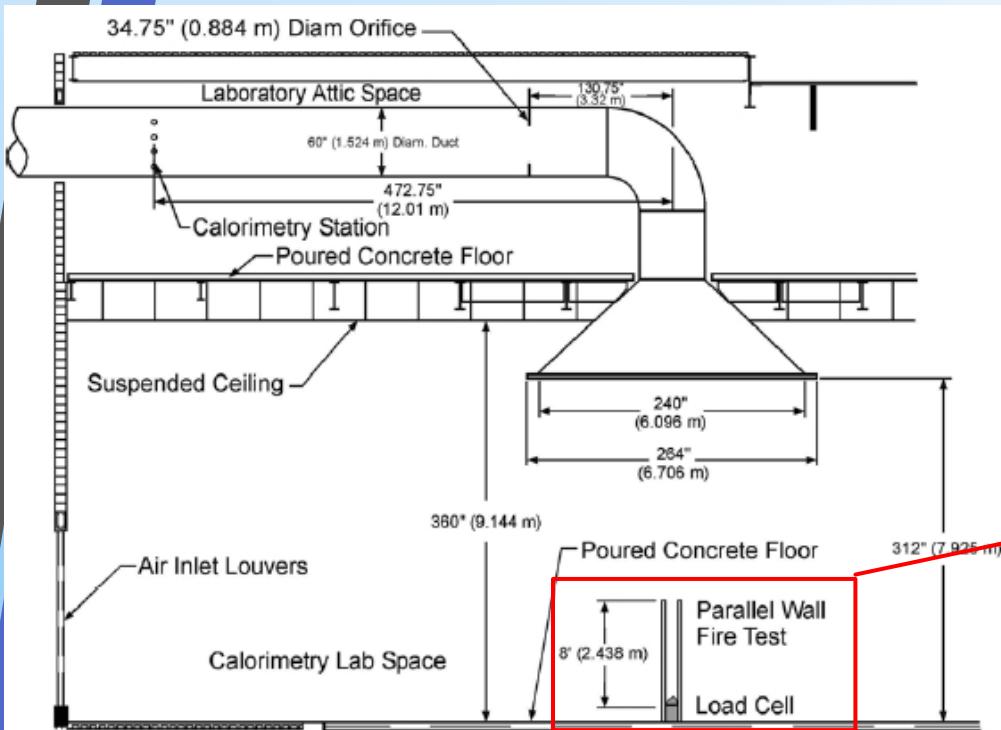
- 5 – Piping, Valves, Tanks
- 6 – Wafer Boxes
- 7 – Exhaust Ducts

Small Scale Test



Test	Sample (L*W*t,mm)	Coated	Quartz Tube	Heat Source
Ignition	100*100*6~25	Surface:石墨粉或黑漆	No	Pilot Flame
Combustion	100*100*6~25	No	Yes	50kW/m ²
Fire Propagation	300*100*6~25 (L≤100 I.Z.)	Sides: 13mm Ceramic Paper	Yes	50kW/m ²

Large Scale Test



Large-scale Test



TRP from Ignition Test

- Thermally Thick Material Relationship at Higher External Heat Flux Values

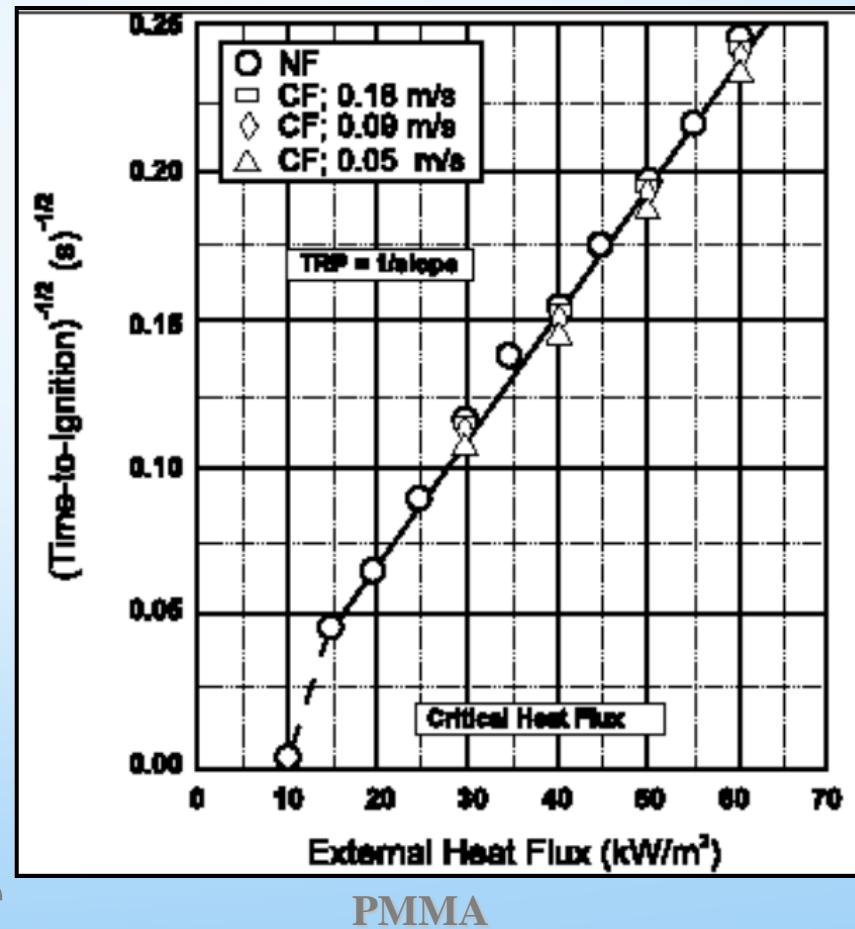
- $$\sqrt{\frac{1}{t_{ig}}} = \frac{4}{\pi} \frac{\dot{q}_e''}{TRP_{thick}}$$

- Thermally Thin Material Relationship at Lower External Heat Flux Values

- $$\frac{1}{t_{ig}} = \frac{\dot{q}_e''}{TRP_{thin}}$$

- TRP value $\geq 450 \text{ kW}\cdot\text{s}^{1/2}/\text{m}^2$

- For no fire propagation beyond the ignition zone ($FPI \leq 6$)

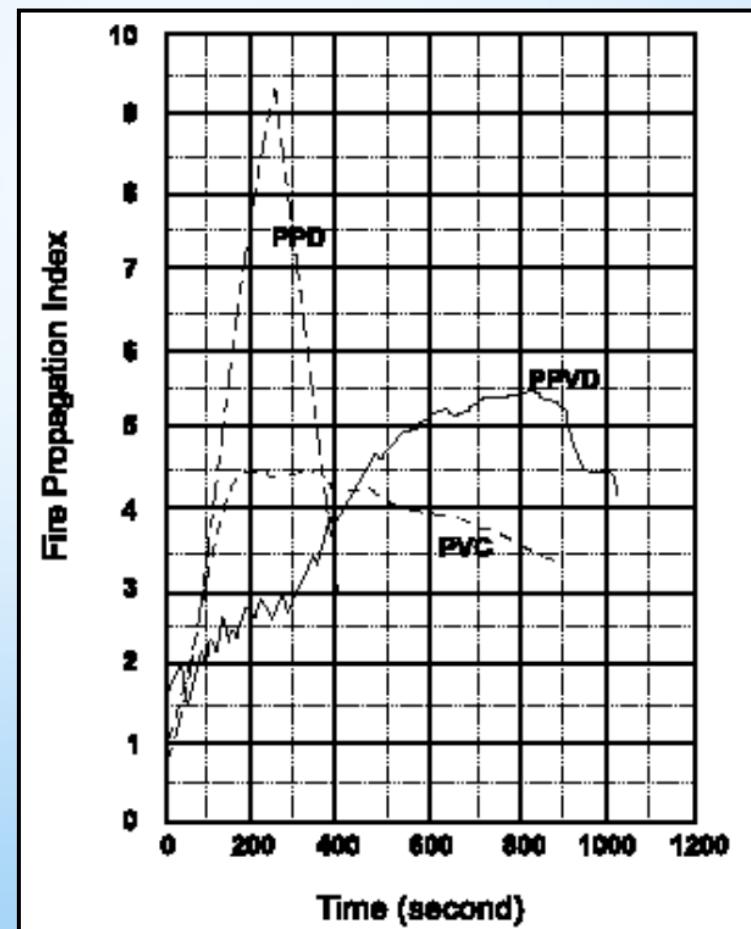


FPI from Fire Propagation Test

- Function of time

- $$FPI = 750 \frac{(\dot{Q}_{ch} / w)^{1/3}}{TRP}$$

- \dot{Q}_{ch} is the chemical heat release rate per unit width or circumference (kW/m)



Definition

- Average Corrosion Index (ACI)
 - $ACI = C_C \times Y_C$
- Critical Heat Flux (CHF)
 - Minimum heat flux (no ignition)
- Fire Propagation Index (FPI)
 - $FPI = \text{heat flux} / \text{Response}$
- Ignition Zone
 - Area of the surface of a material heated by an outside source resulting in ignition.

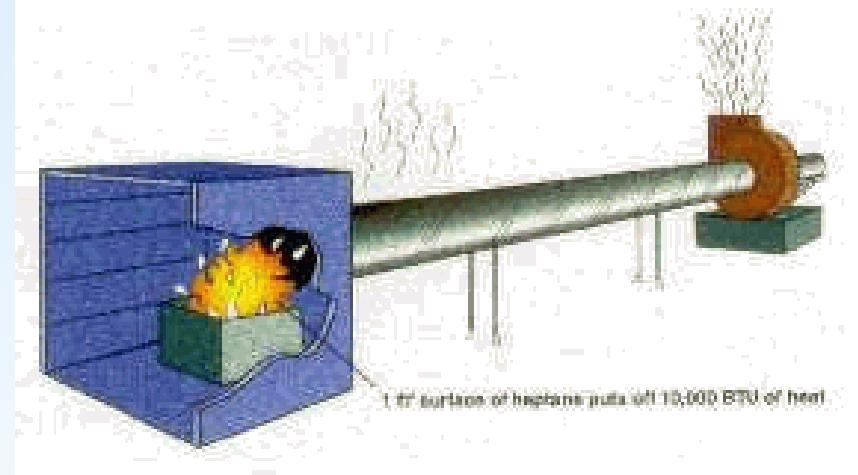
Definition (Cont.)

- PHRR
 - Peak heat release rate
- Smoke Damage Index (SDI)
 - $SDI = Y_S \times FPI$
- Smoke Yield (Y_S)
 - $Y_S = \text{total mass of smoke released} / \text{total mass of material vaporized}$
- Specific Corrosion Constant (C_C)
 - Average corrosion rate per unit concentration of the corrosive products of combustion.
- Thermal Response Parameter (TRP)
 - Indicator of the ignition resistance of a material.

FM4910 Listed Materials

- Compression Polymers Corp. - CP7-D FRPP Sheet
- Compression Polymers Corp. - Flametec CPVC
- Compression Polymers Corp. - Halar 901LC
- Compression Polymers Corp. - Cleanroom PVC-C
- Empire Plastics - Boltaron™ 4225 White CPVC
- HPG International, Inc. - Brigade?/sup> CPVC
- Mitsubishi Plastics, Inc. - Hishi Plate 101-FM-CA
- Mitsubishi Plastics, Inc. - Hishi Plate 101-FM-HC Sheet
- Simona AG, Simona?PVC-C Rod (10-100mm diameter)
- Simona AG, Simona?PVC-C Sheet
- Takiron FM Plate FMEH 4305 (C-PVC)
- Takiron FM Plate FMET 4315 (PVC) ...

(Updated: Feb-2003)



FM4922

Fume Exhaust Ducts or Fume and Smoke Exhaust Ducts

Introduction

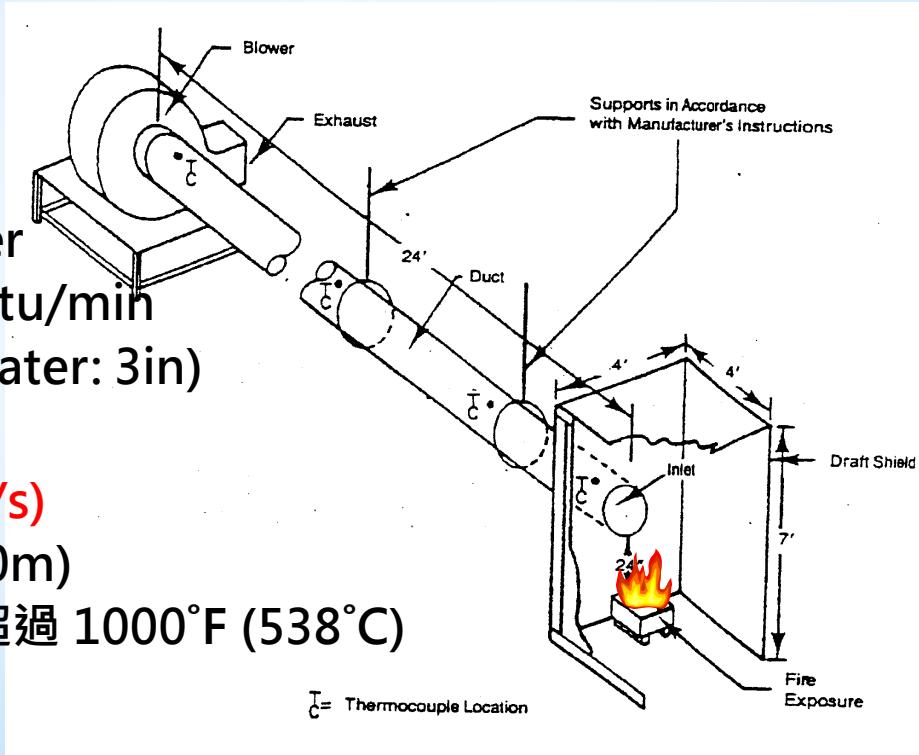
- Purpose
 - Duct used in exhausting
 - noncombustible chemical fumes
 - corrosive vapors
 - smoke in fire situations
- No Portion of the duct or joint material fall, drip or melt
- Requirements
 - Diameter 12~60in (305~1524mm)
 - Vertical sections shall not exceed 15ft (4.6m)
 - Internal sprinkler protection shall be required

Performance Requirements

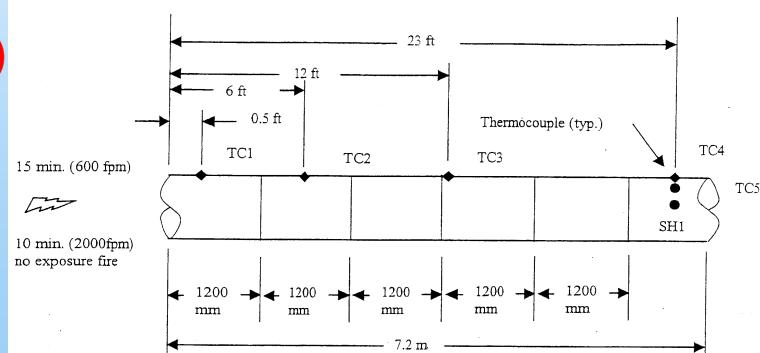
- Fume Exhaust Ducts
 - Horizontal Duct Fire Test
 - Horizontal/Vertical Duct Combination Fire Test
 - Vertical Duct Fire Test
- Fume and Smoke Exhaust Ducts
 - Horizontal Duct Fire Test
 - Horizontal/Vertical Duct Combination Fire Test
 - Test for Smoke Removal Ability (Horizontal Duct)
 - Vertical Duct Fire Test
- Small Scale Quality Control Tests
- Clean Room Materials

Horizontal Duct Fire Test

- 實驗配置
 - Report Appendix C
 - 24ft length, 12in diameter
 - 庚烷(1ft*1ft*8in) 10,000Btu/min
(pan: 8in, heptane: 4in, water: 3in)



- 火焰測試要求
 - 15 minutes, 600fpm (3m/s)
 - 火焰擴散不可超過 23ft (7.0m)
 - 23ft (7.0m)內管溫度不可超過 1000°F (538°C)
 - 結構保持完整
- 排煙測試要求
 - 10 minutes, 2000fpm (10m/s)
 - 結構保持完整
 - 煙不會從火源端與管壁溢散
(例外: 通過FM4910認證)



PP Fire (FM)



Horizontal/Vertical Combination Duct Fire Test

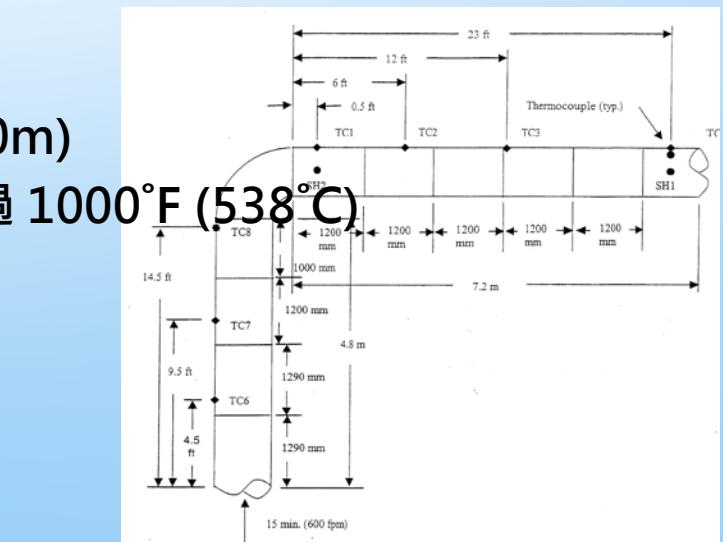
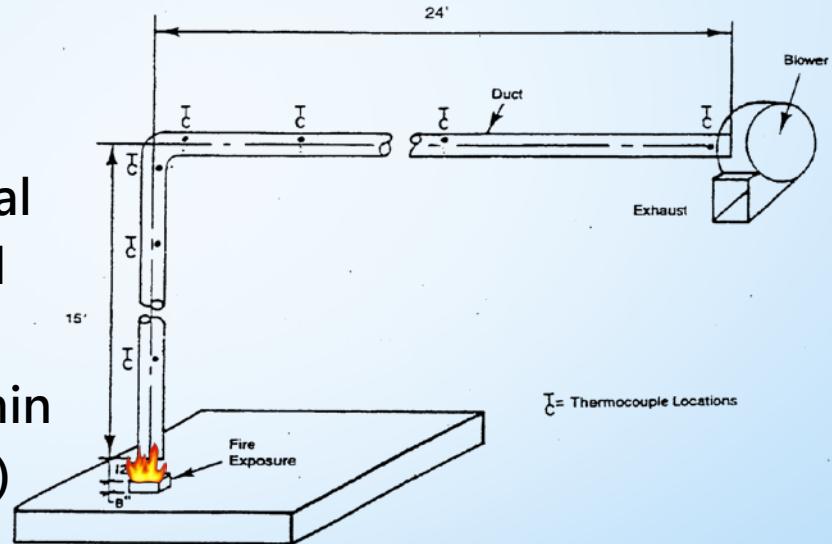
- 實驗配置

- Report Appendix D
- 24ft(7.3m) length of horizontal
- 15.7ft(4.6m) length of vertical
- 12in(305mm) diameter
- 庚烷(1ft*1ft*8in) 10,000Btu/min

(pan: 8in, heptane: 4in, water: 3in)

- 火焰測試要求

- 15 minutes, 600fpm (3m/s)
- 火焰擴散不可超過水平管 23ft (7.0m)
- 水平管出口前1ft內管溫度不可超過 1000°F (538°C)
- 管道外部的火焰應限制在垂直管段
- 結構保持完整



Vertical Duct Fire Test

- 要求
 - Vertical runs of ducts exceed 15ft (4.6m)
- 實驗配置
 - 尚無配置圖與認證製造商
 - Field-assembled joints every 5ft (1.5m)
 - 12in diameter
 - 庚烷(1ft*1ft*8in) 10,000Btu/min
- 火焰測試要求
 - 15 minutes, 600fpm (3m/s)
 - 內管火焰不可擴散到管頂 10ft (3.1m)
 - 外管火焰不可擴散到管頂 5ft (1.6m)
 - 管頂 1ft (0.3m)內管溫度不可超過 1000°F (538°C)
 - 結構保持完整
 - 煙不會從火源端與管壁溢散 (例外: 通過FM4910認證)

Test Report Item

1. Introduction
 - Standard
2. Description
 - Duct Type and Construction
3. Examinations and Tests
 - Horizontal Duct Fire Test
 - Horizontal/Vertical Combination Duct Fire Test
 - Small Scale Quality Control Tests
4. Marking
 - Manufacturer's name and address
 - Product trade name
 - Approval Mark of FM Approvals
 - Wording that it is Approved as a fume and/or smoke exhaust duct

Test Report Item (Cont.)

5. Remarks

- 符合SMACNA Round Industrial Duct Construction Standards

6. Facilities and Procedures Audits

- Coating manufacturer
- Coating Grinder
- Duct manufacturer
- Coating Applicator

7. Manufacturer's Responsibilities

8. Documentation

9. Conclusions

• Appendices

Test Result

- Horizontal Duct Test

<u>Time(min:sec)</u>	<u>Observations</u>
-1:00	Ambient air temp., 600 ft/min (3 m/sec) air velocity
0:00	Test begins – fuel source ignited
2:25	Sustained ignition of the interior coating
3:20	Coating flowing/dripping down duct wall at inlet
5:00	Duct exterior glowing orange to 2 ft (610 mm)
7:30	Coating consumed to 1 ft (305 mm)
14:00	Duct exterior discolored (bronze) to 4 ft (1.2 m)
15:00	Fuel source extinguished; air velocity increase to 2000 ft/min. (10 m/sec); no fire in duct
25:00	Test terminated

- Maximum temperature: 702°F (372°C)

Test Result (Cont.)

- Horizontal/Vertical Combination Duct Test

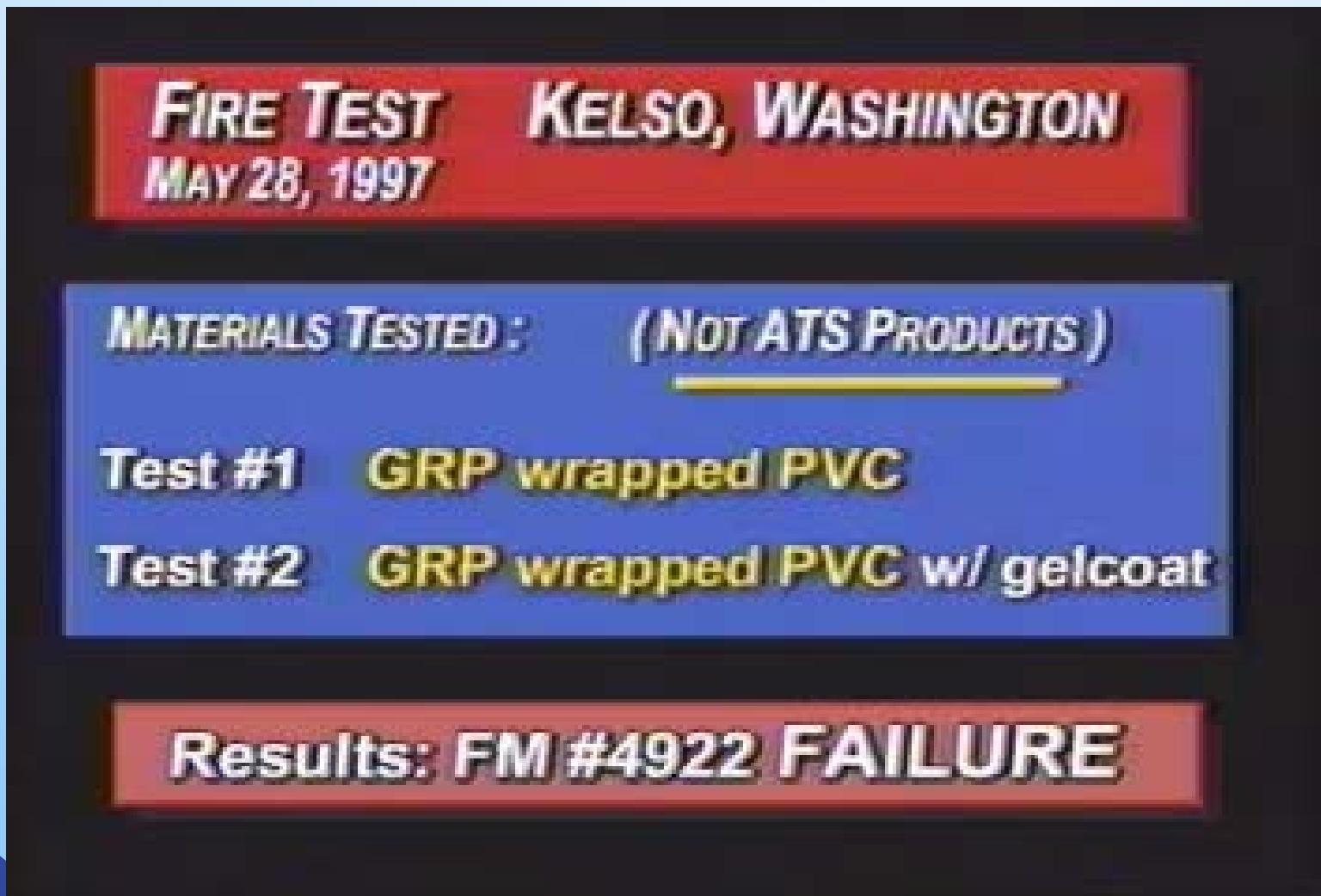
<u>Time(min:sec)</u>	<u>Observations</u>
-1:00	Ambient air temp., 600 ft/min (3 m/sec) air velocity.
0:00	Test begins – fuel source ignited
2:05	Droplets of coating falling from duct into fuel source
3:40	Duct exterior red to 2 1/2 ft (762 mm)
4:15	Falling droplets ceased
5:40	Duct exterior red-purple to 4 ft (1.2 m)
7:40	Duct exterior red to 4 1/2 ft (1.3 m)
9:10	Flame flicker inside horizontal section at 6 in. (150 mm) downstream of outlet from elbow
15:00	Test terminated

- Maximum temperature: 745°F (396°C)

Test Result (Cont.)

- Quality Control Tests
 - 50 kW-scale FM Approvals Flammability Apparatus Test
 - CHF 45 kW/m²
 - TRP 254 kW/m²s^{-1/2}
 - CHRR 61 kW/m²
 - ASTM E-84 surface burning and smoke developing characteristics
 - ECTFE coated, 1.2 mm thick, Type 316 stainless steel.
 - Flame Spread 10 (<25 ?)
 - Smoke Density 10 (<50 ?)

Test Video



FM4922 Listed

- Fume and/or Smoke Exhaust Duct Systems for Use in Cleanrooms
 - Allied Supreme Corporation, Taipei, Taiwan (TEFPASS®)
 - ATS Products Inc, CA 94801 (Mark VII, Mark VIII and ATS 4910CR)
 - Aerotech Chemical Transfer System Co Ltd, Taoyuan Taiwan (A-TECH Duct)
 - Chern Dar Enterprise Co, Ltd, Taipei County, Taiwan (CRD Ductwork)
 - Composites USA Inc, MD 21901 (Model Dual Guard 1000/2000)
 - Edlon, A unit of Robins and Myers UK Ltd, Scotland, UK (Guardian Coated Duct SC2001/5001 FM/FMC)
 - Eurox Co Ltd, Taipei Taiwan ROC (Model *Super Mark VIII*)
 - Further Materials Inc, Taoyuan Taiwan (Model *Super Mark VIII*)
 - Hueng Luei Co, Ltd, Taipei, Taiwan, ROC (HL ECTFE Coated SUS Duct)
 - LBF Industrietechnik GmbH Postfach, Germany (DUCoAT Rohrsystem)
 - Shea Technology, NV 89509 (Model *Super Mark VIII*)
 - Sicore SA, France (GAINES INOX Type 304L Revêtues Intérieur Halar)
 - SPUNSTRAND Inc, WA 98057 (Model Super Mark VIII)
 - Tan Hou Co Ltd, Taipei Taiwan (TH ECTFE Coated SUS Duct)
 - Woo Jin Installation Co, Ltd, Seoul, Korea (SEMI-CON DUCT)

PCB產業標準-製程排氣系統

1. 緣起與目的



台灣PCB產業面對中、日、韓不斷競爭之下目前仍以31.3%的市占率領先，穩居在龍頭地位，代表本產業位居我國經濟發展上極為重要的一環。但本產業因為製程上的需求，使用了多樣且多量的化學品，導致勞工意外與火災事故不斷。

2018年發生重大火災，造成8人死亡，釀災主要原因與製程排氣管線延燒有重大關聯。回顧歷年產業的火災，大部分均與**製程排氣風管材質的延燒特性**有關。

因此，如何建立**製程排氣有效且可行的安全規範**，乃成為本產業迫切需要的工作。



- 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。
- 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。
- 提升產業安全，促進產業信心，建構正面社會形象

2. 規範架構

PCB Facility Safety Standard: Exhaust System

印刷電路板業廠務設施安全標準：製程排氣系統篇



資料名稱 TITLE: PCB Facility Safety Standard: Exhaust System 印刷電路板業廠務設施安全標準： 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. Draft 3.0
--	--------------------	-------------------------------	----------------------

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此標準適用範圍內。

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、助燃或釋放易燃蒸氣等，例如不鏽鋼、鍍鋅鐵管等金屬材質。

3.內容說明



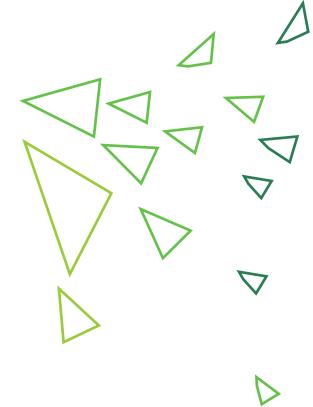
1.0目的

- 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權責 NA



※備註：
排煙系統已有國內法令規範，故不另贅述

3.內容說明

4.0 DEFINITION

名詞定義

提供耐燃指數說明
及特定名詞解釋

4.0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。

※備註：

ASTM E84 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials-建築材料表面燃燒特性的標準試驗方法，用於測定建築材料的火焰擴散速率(同時測定煙霧濃度)

FM4910 Cleanroom Materials Flammability Test Protocol-潔淨室材料可燃性測試方案，評估無塵室各組件限制火蔓延和煙塵損害能力

FM4922 Fume Exhaust Ducts or Fume and Smoke Exhaust Ducts-排氣管道或排氣排煙管道測試標準，測試排氣、排氣及排煙管道暴露於火中時防火性能和之後的排煙能力

UL94 Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances-塑膠材料可燃性測試標準，測試塑膠材料的燃燒情形，提供材質的阻燃性分類。

3.內容說明

4.0

DEFINITION

名詞定義

4.0名詞定義

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。

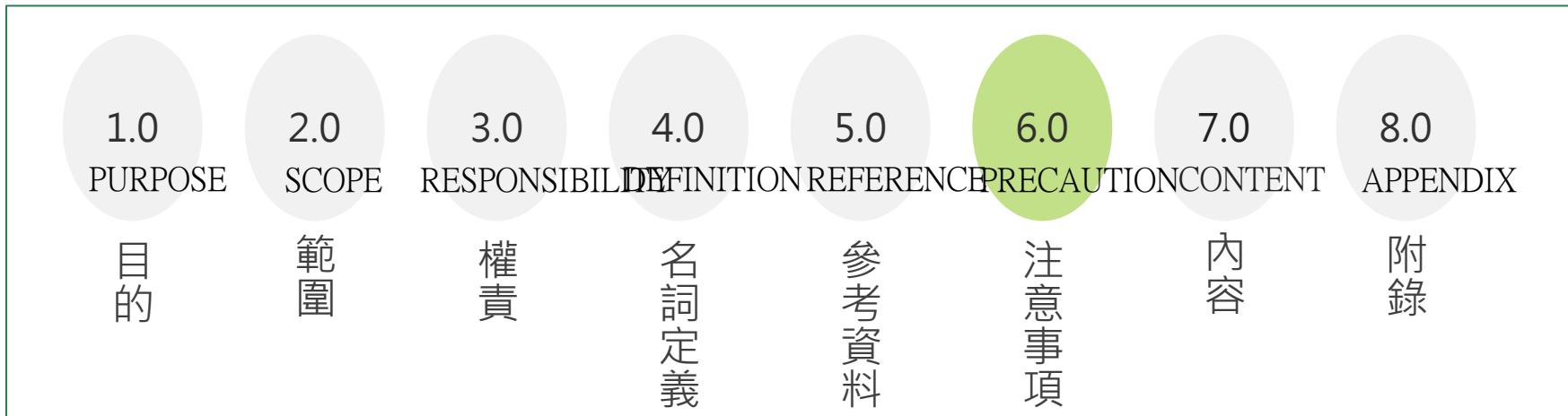
4.8 煙霧危害指數（Somke Damage Index，SDI）：依照FM4910之測試標準，在某一點火能量下，其所測量出受測材質的煙霧產生情形，並將測試結果推導出一特定指數。

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。

3.內容說明



6.0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。

3.內容說明

7.0
CONTENT
內容

7.1 一般性設計要求

7.2 排氣分類與材質選用

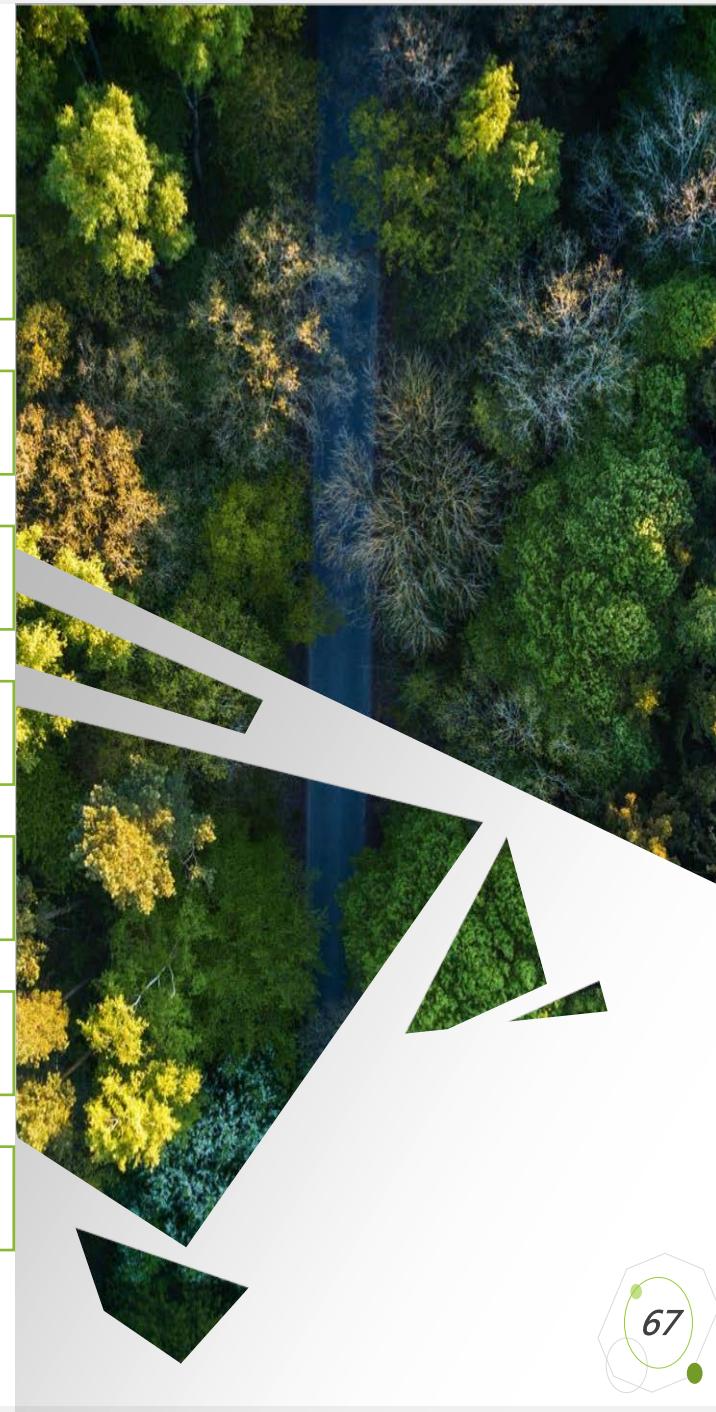
7.3 防火性設計要求

7.4 排氣風機及處理設備

7.5 運轉及維護保養

7.6 排氣監測與控制

7.7 風管內灑水系統



3.內容說明

7.0
CONTENT

內容

7.1 一般性設計要求

章節重點

1. 知識背景的要求：涵蓋工程計算能力、化學品使用評估等相關知識之要求
2. 基本製程排氣觀念提醒：管線類型、風量計算、回流產生問題、管線結構、乘載能力基本設計觀念。

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**。

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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.1 一般性設計要求

內容

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，防止風管內的搬運動質逸出。

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**。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.2 排氣分類與材質選用

內容

章節重點

1. **排氣材質**：不燃及耐燃材質的風管選用要求與建議
2. **材質的不相容性注意**：材質選用上與搬運物質的不相容性考量建議。

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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.2 排氣分類與材質選用

內容

7.2.6 所有製程排氣系統的其他元件，如氣罩，風門、風機、處理設備等，若使用易燃性材質且有造成火災延燒之風險時，應有適當的防護措施。

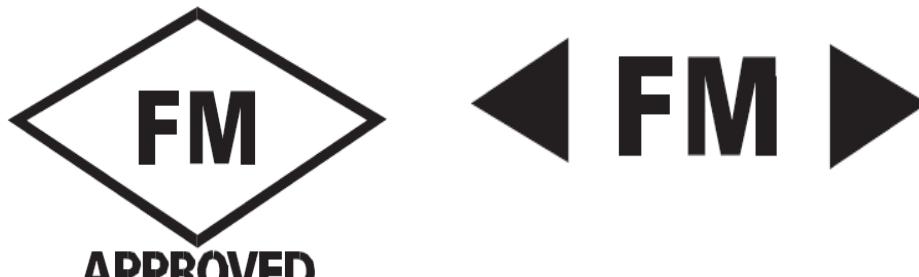
7.2.7 無塵室內若使用非不燃性風管材質，則建議採用以下任一種耐燃性風管材質：

(1)風管材質經過FM4922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。



標示在銘牌、說明書、包裝等

灌模、澆注成形

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.3 防火性設計要求

內容

章節重點

穿越區劃的防護要求：防火閘門、防火包覆等火源阻隔要求。

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。

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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.3 防火性設計要求

內容

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，又所提供之接地電阻應小於 1.0×10^6 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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.4 排氣風機及處理設備

內容

章節重點

排氣風機及處理設備元件的物理性安全及設計要求。

- 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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.5 運轉及維護保養

內容

章節重點

排氣系統驗收及維護保養應注意重點。

- 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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.6 排氣監測與控制

內容

章節重點

排氣系統監控系統設置重點，包含設置位置、監控項目等建議。

- 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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

7.7 風管內灑水系統

內容

章節重點

特殊情況下應於風館內加裝灑水系統，以達到火災發生時可有效控制火勢之目的。依照 FM7-78部分內容，提供適合國內產業的安裝建議。

7.7.1 當排氣風管之截面積大於或等於 516 cm^2 (80 in^2) 或其直徑大於或等於 254 mm (10 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 $27\text{ }^\circ\text{C}$ ($50\text{ }^\circ\text{F}$) 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 m (12 ft)、垂直方向不應超過 7.4 m (24 ft)。又每個灑水頭在不超過 30 m (100 ft) 直線管長之等效投影面積上的出水量至少為 75 L/min (20 gpm)，且應確保在 30 m (100 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 m (100 ft) 直線管長內同時運作之灑水頭，其灑水密度可達 20 mm/min (0.50 gpm/ ft^2)，則水平方向之灑水頭設置間隔可提高到 6.6 m (20 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。

3.內容說明

7.0
CONTENT

內容

7.7 風管內灑水系統

7.7.3 當風管寬度或直徑大於3.7 m (12 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 m (3 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 F M 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。



圖片來源：<http://www.easyflexusa.com>



圖片來源：<http://www.easyflexusa.com>

3.內容說明



3.內容說明

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。

4. 參考資料



NFPA

NFPA91

NFPA318



FM

FM4922

FM4910

FM7-78

FM7-7 17/12

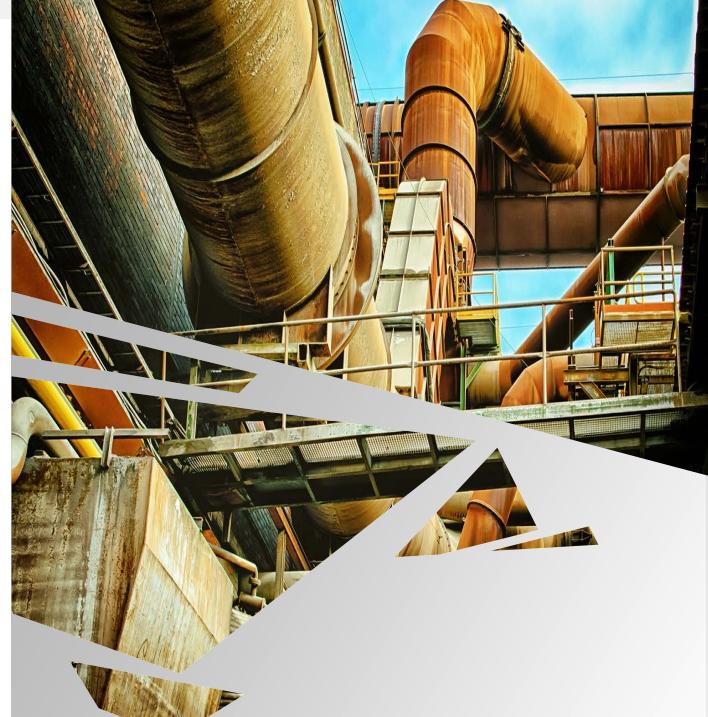


其他

ASTM E84

UL94

ACGIH相關文獻



DETAIL :

- ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design
- ASTM E84 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials
- FM Data Sheet 7-7/17-12 Semiconductor Fabrication Facilities
- FM Data Sheet 7-78 Industrial Exhaust Systems
- FM4910 Cleanroom Materials Flammability Test Protocol
- FM4922 Fume Exhaust Ducts or Fume and Smoke Exhaust Ducts
- NFPA91, Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Vapors, Gases, Mists, and Particulate Solids
- NFPA318, Standard for the Protection of Cleanrooms
- UL94 Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances



意見交換

規範內容討論

黃建平
中華民國工業安全衛生協會
安全與環保技術服務處處長
02-27069896
ping@mail.isha.org.tw

Ping ~

「雖非一蹴可幾，
但有努力就會有收穫。」

敬請指教...

James Cameron ~

只要盡全力，即使失敗，還是會比停留原地走得更遠！

Hillary Clinton ~

Do your best and leave others' judgements as background music!