

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應
系統之安全性-以 TFT-LCD 廠為例



Use FMEA to assess the safety of silane supply system- take
TFT-LCD factory as an example

研究生：王嘉麟

指導教授：金大仁教授

中華民國九十五年十二月

運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應
系統之安全性-以 TFT-LCD 廠為例
Use FMEA to assess the safety of silane supply system- take
TFT-LCD factory as an example

研究生：王嘉麟

Student：Chia-Lin Wang

指導教授：金大仁

Advisor：Dr.Tai-Yan Kam

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程



A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk
Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Industrial Safety and Risk Management

December 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年十二月

運用失效模式與影響分析評估矽甲烷供應系統之安全性

-以 TFT-LCD 廠為例

學生：王嘉麟

指導教授：金大仁

國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士班

摘 要

TFT-LCD 產業是目前台灣重要的產業之一，此產業使用了各種具有燃燒性、爆炸性、毒性、...等高度反應性的危害物質，對人的安全與健康有嚴重的威脅性。本文之研究以矽甲烷供應系統之作業安全為研究對象，收集過去已知發生之事故與相關案例進行矽甲烷供應系統之危害分析，及辨識潛在之危害。運用失效模式與影響分析來進行事故潛在發生因子的辨識與分析發生風險，並比較與半導體廠之安全管理差異，藉由失誤樹之推演，可以瞭解 TFT-LCD 廠矽甲烷事故的起始因素，提出防範措施與安全管理建議。

關鍵詞：失效模式與影響分析、矽甲烷、失誤樹

Use FMEA to assess the safety of silane supply system
- take TFT-LCD factory as an example

Student : Chia-Lin Wang

Advisor : Dr.Tai-Yan Kam

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management
College of Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

TFT-LCD industry is the most important industry in Taiwan, this industry used various kinds of high responsive dangerous materials with ignition, explosion, and toxicity, etc... they have serious threat to people's safety and health. This paper is for the safety of silane supply system, collect the accident that had already known to happen in the past and relevant cases to set up the hazard factors. Using FMEA to survey the probability of fault and degrees of severity , and compare the safety management difference with the semiconductor , according to FMEA and FTA, we could propose the strategy to improve silane's accidents.

Key Words : FMEA 、 Silane 、 FTA

誌 謝

本篇論文得以完成，首先要感謝我的指導老師金大仁博士的費心教誨指導，心中之感激，更非筆管可以形容。另外也要感謝在研究所求學期間，主管江協理鴻銘的支持與協助，研究所內周有洸、陳炳宏、楊俊隆同學們的互相砥礪與扶持，最後感謝妻子怡如對我的關心、體貼與支持，以及兒子彥翔、彥凱的窩心，在在都是本論文得能順利完成的重要因素，

要感謝的人太多，願將這份成果與喜悅與所有關心我的人一起分享。



目 錄

中文摘要	iii
英文摘要	iv
誌謝	v
目錄	vi
表目錄	viii
圖目錄	ix
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 文獻回顧	4
1.3 本文研究目的及方法	8
第二章 製程危害分析	10
2.1 TFT-LCD 之製程簡介	10
2.2 氣瓶櫃設備(Gas Cabinet)介紹	13
2.3 事故災害案例分析	14
2.4 危害因子辨識	17
第三章 FMEA 及 FTA	19
3.1 FMEA 設計	21
3.2 失誤樹分析	22
第四章 問卷調查	26
第五章 研究結果	30
5.1 基本資料	30
5.1.1 產業分類方面	30
5.1.2 在工作職務方面	31
5.1.3 在工作年資方面	31
5.2 FMEA 分析	32
5.2.1 失誤機率	32
5.2.2 失誤嚴重性	34
5.2.3 光電業與半導體業之差異	34
5.2.4 TFT-LCD FMEA 分析結果	37

5.2.5	半導體業失效發生機率及嚴重度.....	45
5.3	FTA 分析.....	47
5.3.1	氣體供應系統失誤樹分析.....	47
5.3.2	機台系統失誤樹分析.....	48
5.3.3	除害設備系統失誤樹分析.....	48
5.3.4	矽甲烷供應系統失誤樹分析.....	49
5.3.5	半導體業矽甲烷供應系統失誤樹分析.....	53
5.4	預防措施分析.....	55
5.5	改善建議.....	60
第六章	結論與建議.....	65
參考文獻	67
附錄一	SiH ₄ 之 MSDS.....	69
附錄二	SiH ₄ 氣體安全管理調查表.....	78
自傳	88



表目錄

表 1.1	矽甲烷主要危害特性.....	2
表 1.2	矽甲烷列管之數量.....	7
表 2.1	日本半導體製程災害事故分析表.....	15
表 2.2	矽甲烷災害事故案例.....	16
表 2.3	危害因子辨識表.....	17
表 3.1	FMEA 與 FTA 特點.....	20
表 3.2	FMEA 分析表.....	21
表 3.3	失誤機率與改善後再發生頻率.....	22
表 3.4	失誤嚴重性.....	22
表 3.5	失誤樹的符號及名稱說明.....	23
表 4.1	氣體供應端 FMEA 分析表.....	26
表 4.2	機台端 FMEA 分析表.....	28
表 4.3	除害設備 FMEA 分析表.....	29
表 5.1	問卷回收統計表.....	30
表 5.2	光電業與半導體業之問卷回收統計表.....	31
表 5.3	工作職務統計.....	31
表 5.4	工作年資統計.....	32
表 5.5	氣體供應端危害因子之失誤機率及失誤嚴重性統計.....	32
表 5.6	光電業與半導體業分類統計.....	35
表 5.7	TFT-LCD FMEA 分析表.....	37
表 5.8	半導體業失效發生機率及嚴重度.....	45
表 5.9	各危害因子之改善後再發生頻率統計.....	55
表 5.10	受訪者建議增加之預防措施.....	59
表 5.11	矽甲烷供應系統失效改善建議.....	60

圖目錄

圖 1.1	各世代玻璃基板對照圖.....	1
圖 1.2	日本半導體廠事故(JSIA 統計 1988 至 1998)統計.....	3
圖 1.3	矽甲烷供應系統安全分析之架構.....	9
圖 2.1	TFT-LCD 結構示意圖.....	10
圖 2.2	Array 製造流程圖.....	11
圖 2.3	TFT-LCD 製造流程圖.....	12
圖 2.4	氣瓶櫃.....	13
圖 2.5	特殊氣體供應流程圖.....	14
圖 3.1	失誤樹圖形之結構.....	24
圖 3.2	SiH ₄ 事故 FTA.....	25
圖 5.1	光電業矽甲烷氣體供應之事故失誤樹.....	49
圖 5.2	光電業矽甲烷機台之事故失誤樹.....	50
圖 5.3	光電業矽甲烷除害設備之事故失誤樹.....	50
圖 5.4	氣體供應系統失效事件發生機率.....	51
圖 5.5	機台系統失效事件發生機率.....	51
圖 5.6	除害設備系統失效事件發生機率.....	52
圖 5.7	氣體供應系統失效事件發生機率.....	52
圖 5.8	半導體業氣體供應系統失效事件發生機率.....	53
圖 5.9	半導體業機台系統失效事件發生機率.....	53
圖 5.10	半導體業除害設備系統失效事件發生機率.....	54
圖 5.11	半導體業矽甲烷供應系統失效事件發生機率.....	54

第一章 緒論

1.1 前言

薄膜電晶體液晶顯示器（TFT-LCD）為平面顯示器的一種，近年來隨著社會變遷及產業改變，TFT-LCD產業成為台灣最蓬勃發展之高科技產業，從3代生產線發展至現今之5、6代生產線，投資金額也從約150~200億元增加到700~900億元，後續7、8代生產線的佈局使TFT-LCD產業繼半導體產業後形成另一個資本密集及技術密集產業。各世代玻璃基板如圖1.1所示：

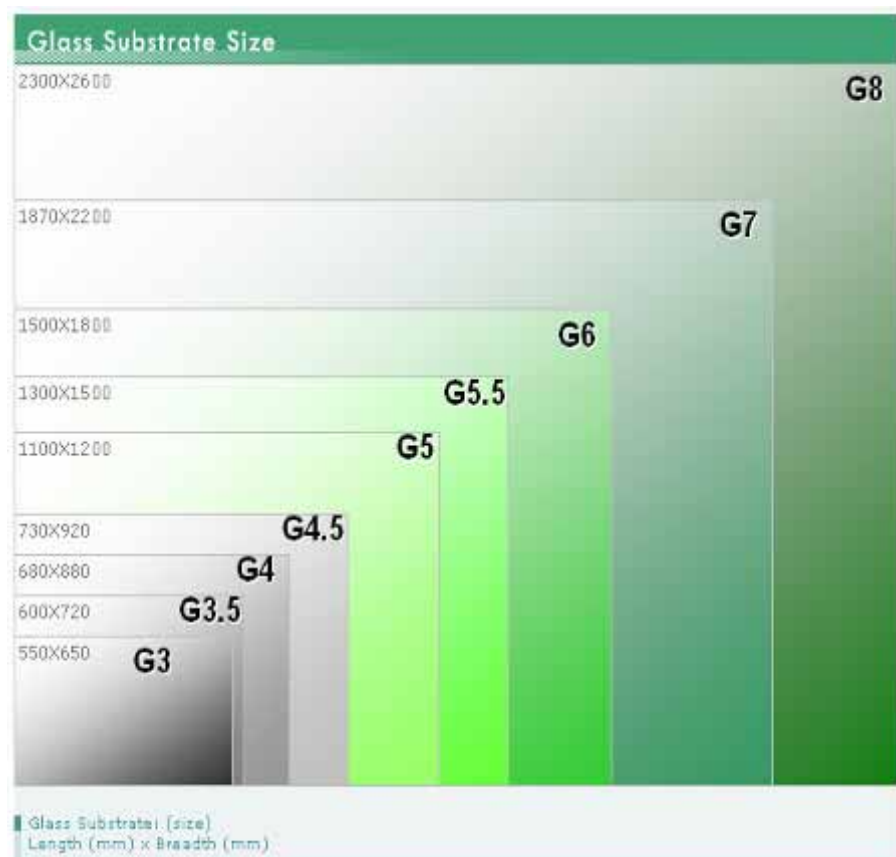


圖1.1 各世代玻璃基板對照圖

隨著科技的進步，工業製程的複雜性也相對提高，高危害性物質造成的危害程度與風險相對增加，任何機械設備的失效與人為操作的失誤，皆

可能引起危害物質洩漏、火災或爆炸，造成生命與財產的損失【1】。

TFT-LCD的製造流程中使用了各種具有燃燒性、爆炸性、毒性等高度反應性的危害物質，對人的安全與健康有嚴重的威脅性。製造所使用之氣體可分為兩類，其中一類為特殊氣體，具有高可燃性及毒性，如SiH₄、PH₃...等，矽甲烷為一無色、會與空氣反應、有窒息性影響。與空氣接觸會自燃，燃燒時會釋放出未結晶的二氧化矽濃煙。此氣體在空氣中會自燃且有潛在的劇烈燃燒危害。高溫或火燄時，若鋼瓶的釋壓裝置故障可能引起鋼瓶爆炸。若矽甲烷在高壓下釋放或是在高流速下，可能發生延遲性的爆炸。對人的安全與健康具有嚴重的威脅性，其危害特性如表1.1說明。詳細資料如附錄一：SiH₄之MSDS。由於TFT-LCD廠製造生產為全年無休不停運轉，一旦發生工安意外，將造成無法彌補的災害與傷害。

表1.1 矽甲烷主要危害特性

矽甲烷 Silane (SiH ₄)主要危害特性	
顏色	無色
氣味	窒息性味
爆炸範圍	1.4%~96%
自燃溫度	常溫
容許濃度	5 ppm
中毒症狀	刺激呼吸道、皮膚、眼睛、頭痛、咳嗽

TFT-LCD的製造在Array製造階段與半導體製程類似，但矽甲烷的使用量確是倍數於半導體製程的使用量，以半導體的事故為例：根據美國FM

(Factory Mutual)的災害統計，1977至1997年約20年共發生無塵室災害260件。在SEMATECH Silane Safety Improvement Project S71 final Report報告中指出，美國調查統計1981至1993年間的事故災害，這13年中有156件矽甲烷事件。在1989和1993之間，嚴重足夠導致財產損毀和生意中斷發生的事件約每年5.2次，且每次事件平均損失約86,000美元【2】。1996年日本半導體廠發生氣瓶櫃內矽甲烷爆炸，且統計JSIA1988~1998日本半導體廠事故【3】，在氣瓶櫃、排氣系統事故比例較高，如圖1.2所示。國內於1996~1997年發生三起電子公司重大火災【4】等均由特殊氣體所引發，雖然未造成人員受傷，但財產損失近數億至數百億元以上不等之額度，如再加上停工損失，則損失將更為可觀。而這些高危險性的化學物質是目前生產TFT-LCD製程的必需品，隨著尺寸不斷放大，化學物質使用量將與日俱增，當然也增加安全管理之風險。

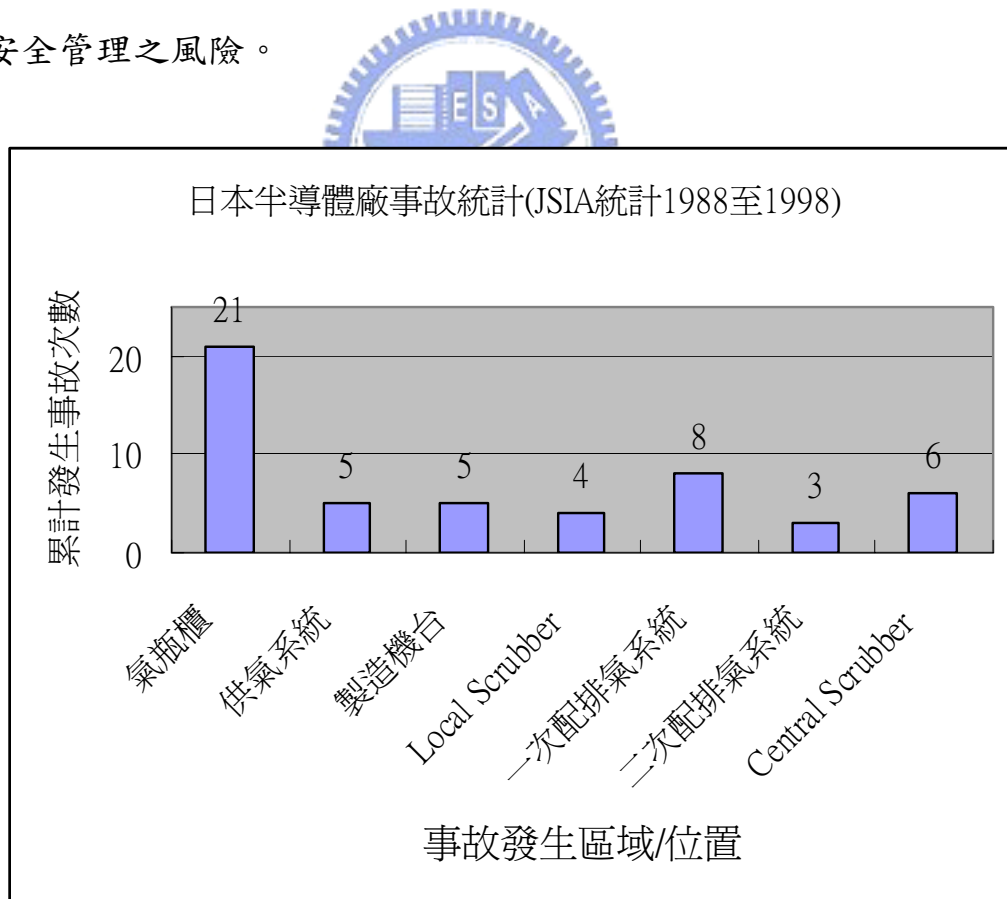


圖 1.2 日本半導體廠事故 (JSIA 統計 1988 至 1998) 統計

系統安全分析的方法種類繁多，其用途亦依其功能而有所不同，例如危害及可操作性分析（HAZOP）【5】【6】是由引導詞與製程參數的結合而產生有意義的製程偏離，但是並非所有的引導字都可應用於製程參數中，例如，當製程參數在溫度的考慮下，它的引導字只有「較高」或「較低」而其它的參數則使得偏離而變得沒有意義。基本的進行模式是由幾個不同背景的專業人員以一種創造性、系統性的方式相互交換意見，並將所得到的結果整合起來，這種方式比起每個人獨自工作的方式可以辨識出較多的問題。其分析為定性性質，缺乏計量化。分析以集會討論方式進行，時間需求較長。分析結果往往造成工程設計複雜化。也可能推衍出一些無意義後果之事件，如矽甲烷流動方向錯誤導致SiH₄流入N₂管線上混合，最後污染製程管路影響產品品質，無危害之顧慮。其不適用於複雜邏輯系統，因當事故發生時，會涉及多種不同系統的交互作用，因此不適用危害及可操作性分析。

本研究運用失效模式與影響分析(Failure Mode and Effects Analysis)【5】【6】來評估TFT-LCD廠矽甲烷供應系統之安全性，比較與半導體廠之安全管理差異，評估TFT-LCD廠可能潛在之危害及其影響，提出安全管理方式，供業界參考，以促進危害物質之作業安全。

1.2 文獻回顧

1. 過去之文獻資料可知FMEA已被成功地應用於軍用航空工業、一般工業及民生用品之製品設計或製程設計。FMEA技術的應用發展十分迅速。1950年代初，美國將FMEA用於一種戰鬥機作業系統的設計分析，到了1960年代，此技術應用在航太業之可靠度設計與安全風險評估【7】【8】【9】。1976年，美國國防部頒布了FMEA的軍用標準，但僅限於設計方面。1980年代中期，汽車工業開始應用FMEA以作為

可靠度保證與安全性評估。到了1988年，美國聯邦航空局發布諮詢通報要求所有航空系統的設計及分析都必須使用FMEA。1991年，ISO-9000推薦使用FMEA提升產品和過程的設計。1994年，FMEA又成為QS-9000的認證要求。

2. 潘南飛、張嘉倫、江宗霖運用FMEA進行橋樑上部結構施工之安全評估研究【10】，利用87~91年間之國內橋樑上部結構施工之相關災害類型，彙整設計出適用於橋樑上部結構施工安全評估之FMEA分析表，依據勞委會之災害統計資料，獲得橋樑上部結構的危害分析結果，有效地辨別出危害的嚴重性與不符合規定的失效原因，提供安全規劃者在規劃設計階段，能藉此檢查及更改設計，來避免或降低未來施工危害發生之依據。

3. 郭承璋以系統安全管理方法檢核台鐵站務系統之軌道運輸安全【11】，其根據國內外軌道運輸系統之安全管理機制，與風險危害評估方式，做整理與比較。並藉由焦點團體討論找出台鐵站務系統所有曾發生過的、以及有發生之可能的事故與危害事件來設計出問卷，並依FMECA方法，針對各危害因子進行事故失效模式、影響及嚴重度分析。最後由定性分析繪製出事故之錯誤樹與事件樹，提供台鐵未來降低行車事故風險改善方案之參考資料。

4. 林永芬「半導體廠及光電廠化學品供應系統安全基準」【12】，根據新竹科學園區各廠的廠務化學供應系統安全技術與SEMI安全基準，並參考NFPA 318、NFPA 30、FM Data Sheet 7-7、FM Data Sheet 7-29、SEMI S2-93、有機溶劑中毒預防規則、特定化學物質危害預防標準、危險物及有害物通識規則、...等等而訂定之安全基準。做為提供半導體廠及光電廠於使用化學品時預防災害之準則。

5. 陳俊勳、張承明，光電廠危害預防研究【13】，選擇十八家光電廠商作現況調查，以了解廠商規模、製程特性、安全衛生工作現況和所遭遇的問題，藉由調查找出其潛在危害及危害預防相關對策，根據上述資料，配合所蒐集的國內、外相關資料予以比較分析，並召集專家學者及光電廠相關人員座談會，建立光電業一般之安全衛生之危害預防手冊。
6. 事業單位製造、處置、使用危險物、有害物之數量達中央主管機關規定數量之工作場所，非經勞動檢查機構審查或檢查合格，事業單位不得使勞工在該場所作業。勞動檢查法第26條：「下列危險性工作場所，非經勞動檢查機構審查或檢查合格，事業單位不得使勞工在該場所作業【14】【15】：

(1)從事石油裂解之石化工業之工作場所。

(2)農藥製造工作場所。

(3)爆竹煙火工廠及火藥類製造工作場所。

(4)設置高壓氣體類壓力容器或蒸汽鍋爐，其壓力或容量達中央主管機關規定者之工作場所。

(5)製造、處置、使用危險物、有害物之數量達中央主管機關規定數量之工作場所。

(6)中央主管機關會商目的事業主管機關指定之營造工程之工作場所。

(7)其他中央主管機關指定之工作場所。

矽甲烷依法列管之數量如表 1.2 所示，並須經甲類危險性工作場所審查通過才可使勞工在該場所作業。

表1.2 矽甲烷列管之數量

危險物名稱			數量
中文	英文	化學式	(公斤)
矽甲烷	Silane	SiH ₄	五〇

依據我國危險性工作場所審查暨檢查辦法的規定【16】，危險性工作場所必需要實施安全評估，而其安全評估的法定方法主要有三種分別是危害及可操作性分析(Hazard and Operability Studies , HAZOP)，失誤樹分析 (Fault Tree Analysis , FTA)，失誤模式及影響分析。

7. 美國於1992 年增訂公布Occupational Safety and Health Act(OSHA ACT)將Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals 【17】納入該法案中，要求對於高危害製程實施安全管理，並應每五年更新一次。

製程安全管理內容包括：

- (1) 製程安全資料(Process Safety Information)、製程危害分析 (Process Hazard Analysis).
- (2) 操作程序書(Operating Procedures)
- (3) 訓練(Training)、承攬商(Contractors)
- (4) 開機前安全複審(Pre-Startup Safety Review)
- (5) 設備完整(Mechanical Integrity)
- (6) 動火許可制度(Hot Work Permit)
- (7) 設施或操作之變更管理(Management of Change)
- (8) 意外事故調查(Incident Investigation)
- (9) 緊急應變計畫及處置(Emergency Planning and Response)
- (10) 法規符合性查核(Compliance Audit)

1.3 本文研究目的及方法

失誤模式與影響分析是評估製程中可能失效、或不當操作的途徑及其影響的分析方法，目的在於鑑別單一設備和系統的失誤模式，以及對系統或工廠的潛在影響，方法是將製程設備做為分析主體，列出製程中的設備元件以及各元件的失誤模式，以失誤模式檢討設備失效或不當操作時可能引起的危害，再將危害加以定量分析，用以評估相對災害的防止對策，藉以提昇製程的安全性。FMEA也是一種防患於未然的可靠度管理技術，強調在系統失效之前先行探討潛在失效模式、失效原因，分析子系統對主系統失效之影響程度，使能在失效未發生前採取措施，避免失效發生或減低發生機率。

本研究依據過去光電業與半導體業發生之相關事故災害案例，運用FMEA之分析方法設計出一適用於矽甲烷供應系統安全評估之分析表，再利用FMEA分析表進行問卷資料蒐集分析。

藉由失誤樹分析(Fault Tree Analysis)之定性與定量的方式，對FMEA分析結果之特定的意外事件或系統失誤以樹狀圖形表示，由圖形中的數學與統計邏輯關係，描繪出意外事件中的人為錯誤與設備失效之組合，找出所有可能的危害因素，並以量化方式找出機率高的危害因素。

再由問卷調查統計結果列出TFT-LCD廠可能潛在之危害與其危害影響，及防範措施之建議，以提供系統在各個危害節點改善之道與最佳的防範措施。研究架構如圖1.3所示。

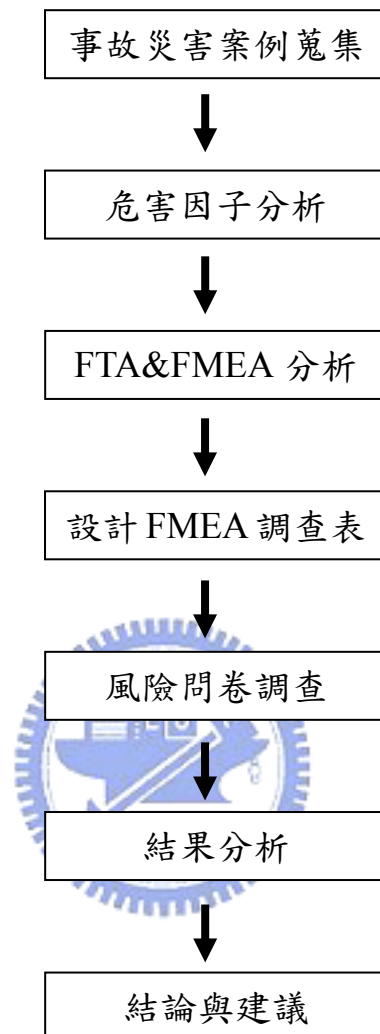


圖1.3 矽甲烷供應系統安全分析之架構

第二章 製程危害分析

2.1 TFT-LCD 之製程簡介

TFT-LCD面板為兩片玻璃基板中間夾著一層液晶，上層為彩色濾光片 (Color Filter)、下層為TFT基板(將電晶體製作在玻璃上)。當電流通過電晶體產生電場變化，造成液晶分子偏轉，藉以改變光線的偏極性，再利用偏光板決定畫素(Pixel)的明暗狀態。經彩色濾光片形成每個畫素(紅藍綠)三原色便構成了面板上的影像畫面。

TFT-LCD液晶顯示器，如圖2.1，製造程序可分為Array、Cell及Module 三製造階段。而Array製造階段，圖2.2，與一般半導體製程類似，但僅有5~6道光罩，主要分為濕製程(WET)、物理成膜(PVD)、化學成膜(CVD)、寫真(PHO)、乾蝕刻(DRY)、潔淨技術(CLN)、解析(ANA)與產品(PRO)等八項工程，分別依製程需求反覆進行成膜、寫真(黃光)與乾/濕蝕刻等製程之操作。但其危害風險等級較高。

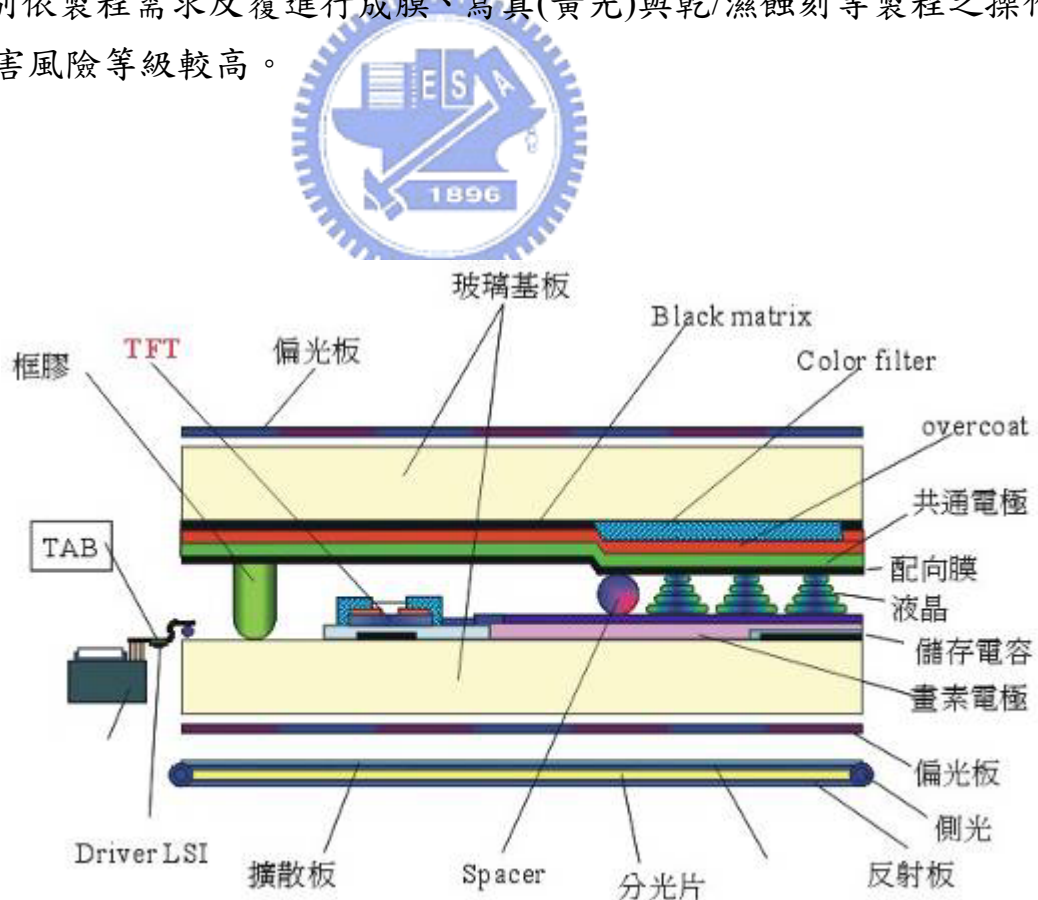


圖2.1 TFT-LCD結構示意圖

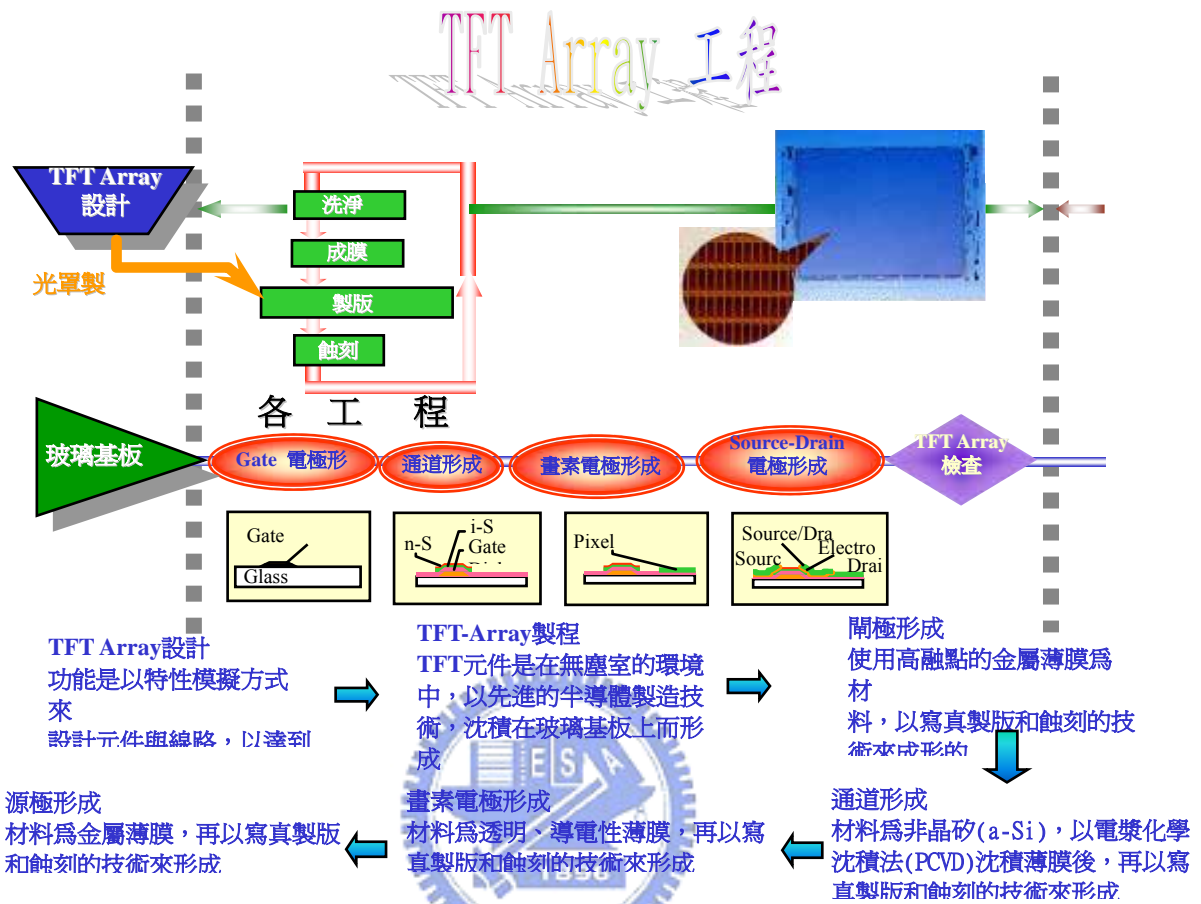
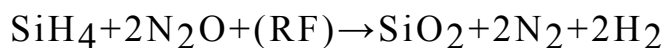
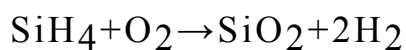
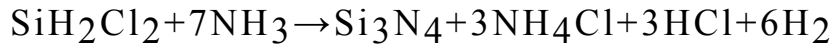
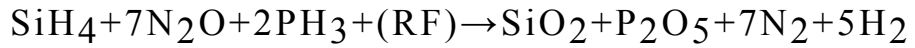
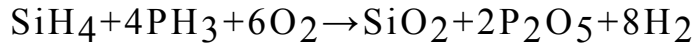


圖 2.2 Array 製造流程圖

首先將玻璃基板以濕製程洗淨、乾燥後，以物理氣相沈積儀進行金屬鉻之沈積，再利用寫真及濕製程形成主動區域之基礎圖樣；接著以化學氣相沈積儀分別鍍上氮化矽(SiN_x)、非結晶矽(α-Si)及高濃度五價非結晶矽(n+α-Si)膜，並以乾蝕刻製程形成閘極；隨後又以真空濺鍍機(sputter)鍍上氧化銦錫(ITO)膜並以乾蝕刻製程形成畫素電極；然後再以物理氣相沈積儀鍍上鋁/鉻金屬層，並以濕製程形成源極(source)與汲極(drain)，最後再以化學氣相沈積儀鍍上一層SiN_x作為保護層。其化學反應式如下：





TFT-LCD製造過程中，玻璃基板需經多次「清洗 → 薄膜 → 光阻塗佈 → 曝光 → 顯影 → 蝕刻 → 光阻剝離 → 洗淨」，(步驟與半導體製程中沉積 → 光罩 → 曝光 → 顯影 → 蝕刻須多次重複極為相似)，始完成陣列基板製造，所得之陣列基板再與彩色濾光片結合，進行後段面板組裝、裝填液晶、測試等步驟後，方完成TFT-LCD成品。如圖2.3。

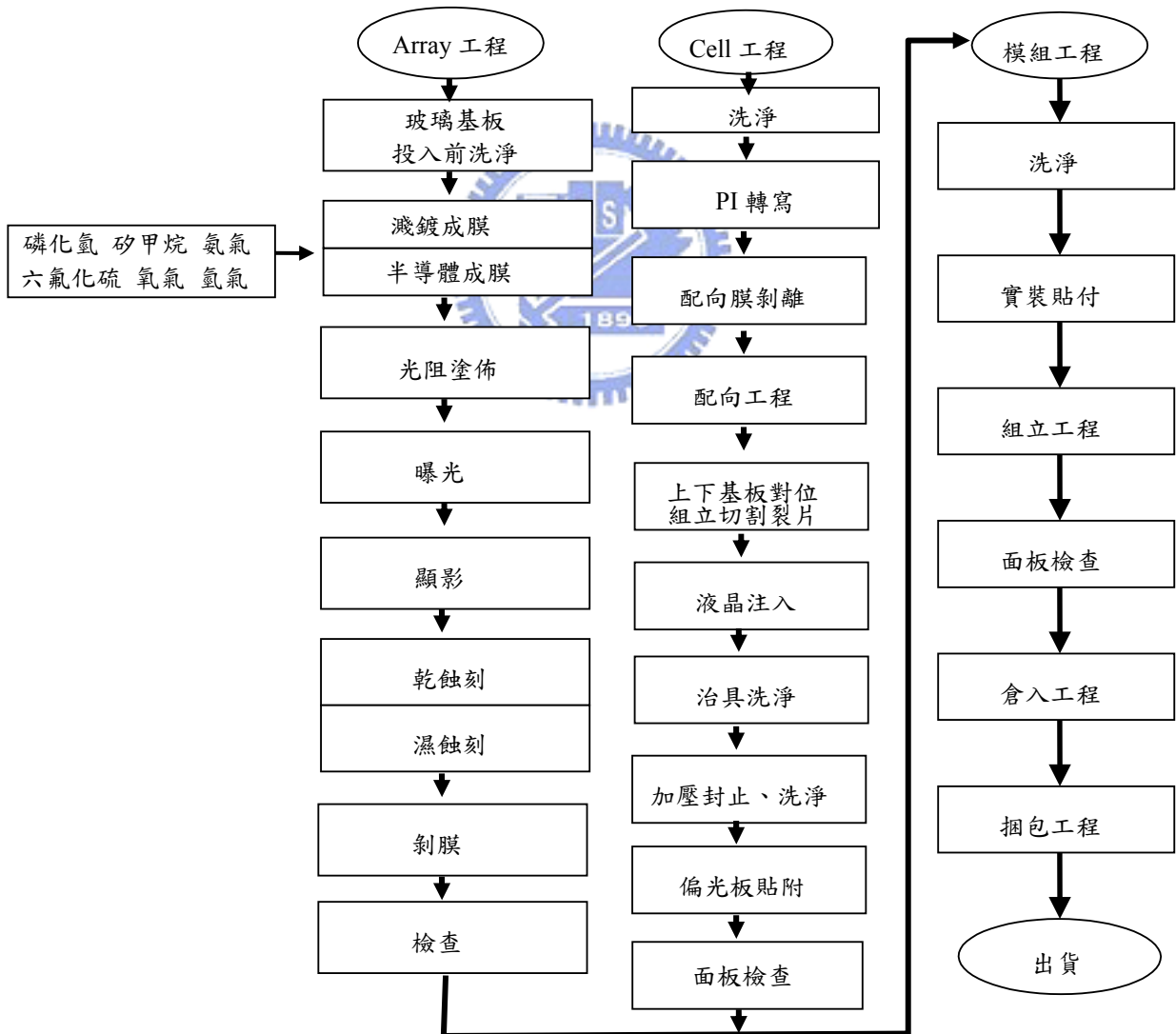


圖2.3 TFT-LCD製造流程圖

2.2 氣瓶櫃設備(Gas Cabinet)介紹

圖2.3 氣瓶櫃應提供五種重大功能：漏氣圍堵、火災防護、機械防護、使用控制及氣體隔離。其規範重點為：

- 1.不相容的氣體應置於不同氣瓶櫃。
- 2.自燃性、可燃性、腐蝕性及毒性物質，應放置於至少gauge 12(2.7mm)金屬氣瓶櫃內，氣瓶櫃有自動關閉功能及purge設備，啟動溫度74°C的灑水頭應安裝於氣瓶櫃內。
- 3.每一氣瓶櫃應有遙控啟動緊急停機開關；在氣體偵測器連動、停電十五秒以上、氣瓶櫃內無機械排風、火災偵測器連動、流量過大控制啟動、地震情況緊急關閉閥能被自動關閉；
- 4.SiH₄ 鋼瓶應安裝限制流量孔(RFO)。
- 5.設氣體偵測器。
- 6.適當排氣量。
- 7.易燃性、自燃性氣體之氣瓶櫃內電氣應具適當防爆性能。



圖2.4 氣瓶櫃

2.3 事故災害案例分析

光電產業與半導體產業隨著製造技術的進步，製造使用特殊氣體的數量及濃度等也隨之變化。特殊氣體是製造生產最大之風險因素，這在過去，現在也是相同的情形。特殊氣體具有可燃性與毒性，從供應端、機台設備端、及廢氣除害設備等過程如圖2.5所示。以半導體為例，表2.1 說明1991年日本半導體製程災害事故於氣體災害事故43件中，鋼瓶櫃之災害佔12件最高，CVD機台之災害佔10件為次。日本半導體工業意外以特殊材料與藥品所佔比例最高(60%)，機械與電機設備次之佔19.6%，氣體佔18.7%。氣體中以矽甲烷所引起之事故最多，佔20%【1】。

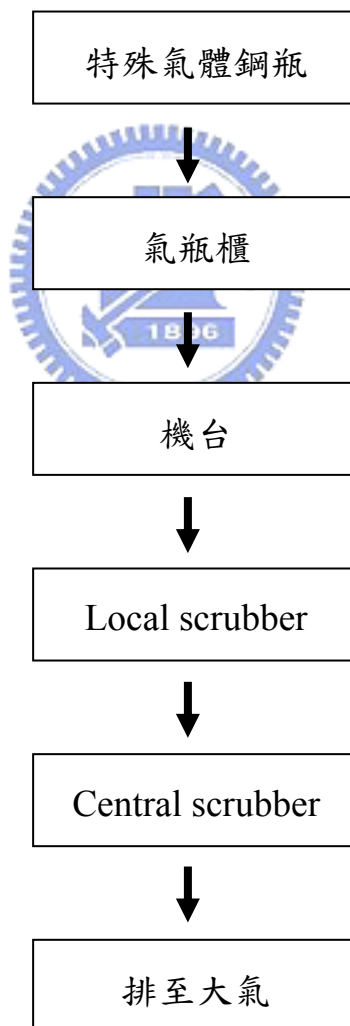


圖 2.5 特殊氣體供應流程圖

表 2.1 日本半導體製程災害事故分析表

化學物質	製程	災害事故												發生率%	
		磊晶	氧化	微影	蝕刻	清洗	不純物擴散	離子植入	CVD	加熱	搬運	鋼瓶櫃	其他		合計
酸、鹼		0	0	9	23	36	7	0	3	1	10	0	3	92	51
氣體		2	3	0	1	0	6	2	10	2	1	12	4	43	24
有機溶劑		0	0	3	2	11	0	0	0	0	0	0	2	18	10
其他		0	0	14	1	4	0	3	0	1	3	0	2	28	15
合計		2	3	26	27	51	13	5	13	4	14	12	11	181	100

資料來源：日本勞工部調查災害事例(1991)

若針對矽甲烷災害事故統計，根據文獻與事故案例資料可歸納如下：

1. 由矽甲烷廠務系統危害辨識與量化風險分析技術手冊【3】的分析，依據 SEMATECH 於 1995 年對矽甲烷事故統計的研究顯示，因矽甲烷氣體外洩所造成之意外事故佔 59%，其中發生在氣體供應系統中有 50%，而更換氣體鋼瓶所造成之災害約佔 23%。
2. 因多數廠商不願公開分享事故案例，針對可蒐集到之事故案例彙整如表 2.2，藉此再參考矽甲烷供應系統相關製程關鍵點，分析出可能之危害因子，以進行後續之 FMEA 分析。

表2.2 矽甲烷災害事故案例

項次	事故概要	危害影響	可能原因
1	更換矽甲烷氣體鋼瓶作業時，鋼瓶內之矽甲烷殘氣洩漏並著火	火災及人員灼傷	Purge不完全
2	在更換矽甲烷氣體鋼瓶作業時，把要更換的實瓶與空瓶誤認裝上，把實瓶的螺母轉鬆，噴出來的火焰導致了燒傷，也造成了火災	火災及人員灼傷	1.實瓶與空瓶掛牌不確實 2.未依SOP進行更換鋼瓶作業
3	新氣瓶更換後的測漏，氣密試驗都OK後，依標準程序將氣瓶主閥打開，閥全開了但一次壓仍為OK，絲毫無上昇跡象。為了拆下氣瓶，根據自動程序開始purge剩下之氣體，purge終了後準備拆下氣瓶接頭部時，隨著「碰！」的聲音，產生出火及冒煙現象	火災	1.墊片變形 2.墊片安裝不確實
4	更換矽甲烷氣體鋼瓶作業時，旋開pigtail時出現閃火現象，消防之Flame detector亦同步偵測到火焰灑，但未灑水	火災	1.氣動閥確實未能完全關閉 2.水源未開
5	CVD 機台之Pump連接至local scrubber伸縮接頭管路處閃火燃燒。	check valve之內 部球體燒燬， bellow受損	1.管路阻塞 2.材質不佳 3.反應氣體過量

2.4 危害因子辨識

依據事故案例及矽甲烷供應系統相關製程關鍵點，進行作業安全危害分析，以辨識出潛在之危害，再依據辨識出之危害來設計問卷。經資料彙集與檢討重大為危害，分氣體供應端、機台端、除害設備端三個區域來陳述，分析結果如表2.3說明。

表2.3 危害因子辨識表

區域	危害事件	危害因子
氣體供應端	遇不相容物，造成火災爆炸	鋼瓶更換錯誤
	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.鋼瓶搬運翻覆 2.鋼瓶搬運碰撞 3.拆錯使用中的氣瓶
	purge不完全，管線內仍含有SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.氮氣purge，手動閥誤關 2.氮氣purge，氣動閥故障 3.氮氣purge，氮氣供應不足 4.氮氣purge，調壓閥故障 5.氮氣purge，管件漏
	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	閥件之彈簧片老化 閥件鬆脫 鋼瓶連接器損壞 鋼瓶連接器未鎖緊 gasket材料品質不良 gasket安裝不良 gasket未更換
	管線洩漏，有火災爆炸之危害	調壓閥調整故障，開度過大 調壓閥設定錯誤
氣體供應	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、	Exhaust無作動 Exhaust排氣量不足

區域	危害事件	危害因子
端	人員傷害	Sprinkler無作動
機 台 端	Chamber和pumping之管線壓力過高，嚴重時，導致chamber壓力增高，破裂造成火災爆炸	Pumping Line之dry pump Shut Down
	廢氣無法帶走，壓力上升，有火災爆炸及人員傷害之危害	管線阻塞
	氣體外洩，有火災爆炸之危害	Bellow、check valve 燒毀 Pumping Line閥件鬆脫
除 害 設 備	排氣出口端燃燒	吸附桶飽和
	Processing Gas反應燃燒不完全，會燒壞出口管線，有火災及人員傷害之危害	流量設定錯誤
	管線堵塞導致pump瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及local scrubber回火	管線堵塞，pump故障 exhaust line阻塞
	高溫使connector 之O-ring變質或尾氣溫度過高，嚴重時可能造成外洩及火災爆炸	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大
	因系統為負壓狀態，導致空氣流入管線中與SiH ₄ 燃燒，有潛在造成回火之危害	O ₂ 測漏失效

第三章 FMEA 及 FTA

FMEA是一種辨識潛在的產品失誤模式的分析技術，目的在偵測可能導致意外或嚴重事件之失誤情況。FMEA具有詳細的格式，對設備清單內的每一設備／零組件一一分析，以故障模式出發，細究造成原因，探討其將導致的後果，賦予關鍵等級或嚴重等級，並由各資料庫查得發生的可能性，最後是提出改善意見或檢測建議。因此，FMEA通常可用在可靠度的分析。因為其注重於個別元件的失誤，因此通常也稱為“由下到上”的邏輯方法，作為安全分析的工具。對總體風險具有量化的能力，這可減少在安全分析時許多主觀因素。此法如應用於建廠初期，可輔助設計，建立高可靠度、高維護度、而且是安全的系統。

FMEA是評估製程中設備可能失效或不當操作之途徑及其影響之分析方法。分析人員可依據這些失誤之描述，作為改善系統設計之基礎資料。分析人員在進行FMEA時會對設備可能產生的失誤與其潛在的影響作一詳細的描述，如果不針對這些失誤進行改善或對其可能的影響進行預防，則系統雖然順利運轉，但這些潛在的失誤仍有可能會發生，進而造成財產損失或人員傷亡。

失誤模式及影響分析可由單一人員的執行，但其分析結果應由其他人員來審核，以確保分析的完整性。至於分析人員數目的多寡則取決於欲分析系統或工廠設備的大小規模及複雜度，不過，分析人員對於設備的功能、設備的失誤模式，以及這些失誤對系統或工廠的影響應有相當程度的瞭解。

FTA和FMEA一樣，亦首先發展於美國國防科技工業，導因於航空工業與國防工業屢生事故，美國空軍乃商請貝爾實驗室研究一套追尋事故前因後果的方法，在事故發生之前，能預先知道失誤所在及其發生的機率。1961年，H. A. Watson 以及 A. B. Mearns 研究出一種邏輯圖形的方法，以追溯

系統中所有可能導致不幸結果的失誤。

失誤樹分析【7】【18】是一種利用圖形邏輯運算閘來進行危害分析的一套危害分析系統，它的基本邏輯觀念就是由一個意外事件的結果作為起點，透過分析人員的思考及邏輯閘的運作一步一步去推導其發生事故的基本原因，然後算出其意外事件發生的機率，在基本的架構上失誤樹分析屬於一種演繹法。

在系統安全分析方法中，FMEA與FTA可相輔相成，兩者具有表3.1之特點。

表3.1 FMEA與FTA特點

特 點	FMEA	FTA
1.使用歸納法	◎	
2.使用演繹法	◎	◎
3.最適宜作單點故障分析	◎	
4.最適宜作多點故障分析		◎
5.可應用於設計階段	◎	◎
6.使用表格形式	◎	
7.使用邏輯樹圖形		◎
8.最適於分析高風險系統	◎	◎
9.可作為輔助性分析方法	◎	◎

表3.3 失誤機率與改善後再發生頻率

等級區分		預期發生頻率	發生機率(hr ⁻¹)
分級	說明		
5	很高	一年發生三次以上(含3次)。	3.42×10^{-4}
4	高	一年發生一次以上或二次以下。 (三年內發生一次以上，但一年不超過一次)	1.71×10^{-4}
3	中等	約一至五年發生一次。(五年發生一次以上，但五年不超過一次)	4.57×10^{-5}
2	很低	約五年發生一次。(五年不超過一次)	2.28×10^{-5}
1	幾乎不可能	不太可能發生。	1.00×10^{-6}

表3.4 失誤嚴重性

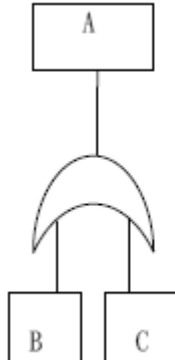
等級區分		財產損失	生產損失	人員傷亡或職業病
等級	嚴重度			
5	重大	在一千萬以上	停工一個月	一人死亡或三人嚴重受傷
4	高度	100萬到一千萬元之間	停工二週	二人以上之嚴重傷害
3	中度	10萬到100萬元間	停工一週	需要住院醫療之嚴重傷害
2	低度	1萬到10萬元之間	停工一天以下	需要醫療處理的傷害
1	輕微	小於1萬元或輕微受損，無明顯損失	短暫停工，無明顯損害	不需或僅需一般處理之傷害或疾病

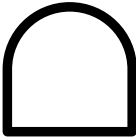
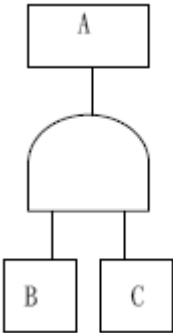
3.2 失誤樹分析

FTA是將不希望發生在系統或機器的事件設定為「頂層事件」，檢討造成頂層事件的要因，然後求出成為原因的各種「基本事件」的解析手法。亦即把頂層事件當做樹的頂點，針對複數要因繪製成如同樹枝一樣末端擴

大的圖。FTA分析使用某些術語與符號，皆代表特定的意義。這些符號及名稱說明如表3.5，其邏輯樹圖形如圖3.1所示。根據表2.3 危害因子辨識表可繪製出圖3.2之SiH4事故FTA。

表3.5 失誤樹的符號及名稱說明

符號	名稱	說明
	頂上事件	為失誤樹分析中位置在最上面的事件，這些事件通常為我們不希望發生的意外事故。
	次因失誤事件	長方形符號：代表一特定的事件，常常表示 AND gate 或 OR gate 的輸入或輸出，進一步的分析是可能的。用以描述某一狀況或事象的結果，是由另外的故障肇因由輸入事象經閘運算所得。
	基本失誤事件	圓形符號：代表系統中的某一基本元事件，無需加以進一步的分析，這些元件也許是人為失誤或機械設備故障或失去功能。 最小水準的基本事件。 可以單獨得到發生機率的事件。
	或閘 (OR gate)	某一事件係由多個不同原因所造成，而且只要其中一個或以上的原因出現即可導致該事件發生。  B, C 只要其中一個存在 A 就會成立，故 $A=B+C$ (聯集)。

符號	名稱	說明
	和閘 (AND gate)	<p>某一事件係由多個不同原因所造成，而這些原因必須同時出現才會導致該事件發生。</p>  <p>B, C 必須同時存在 A 才會成立，如果 B, C 其中一個不存在，A 就不成立，故 $A=BC$ (交集)。</p>

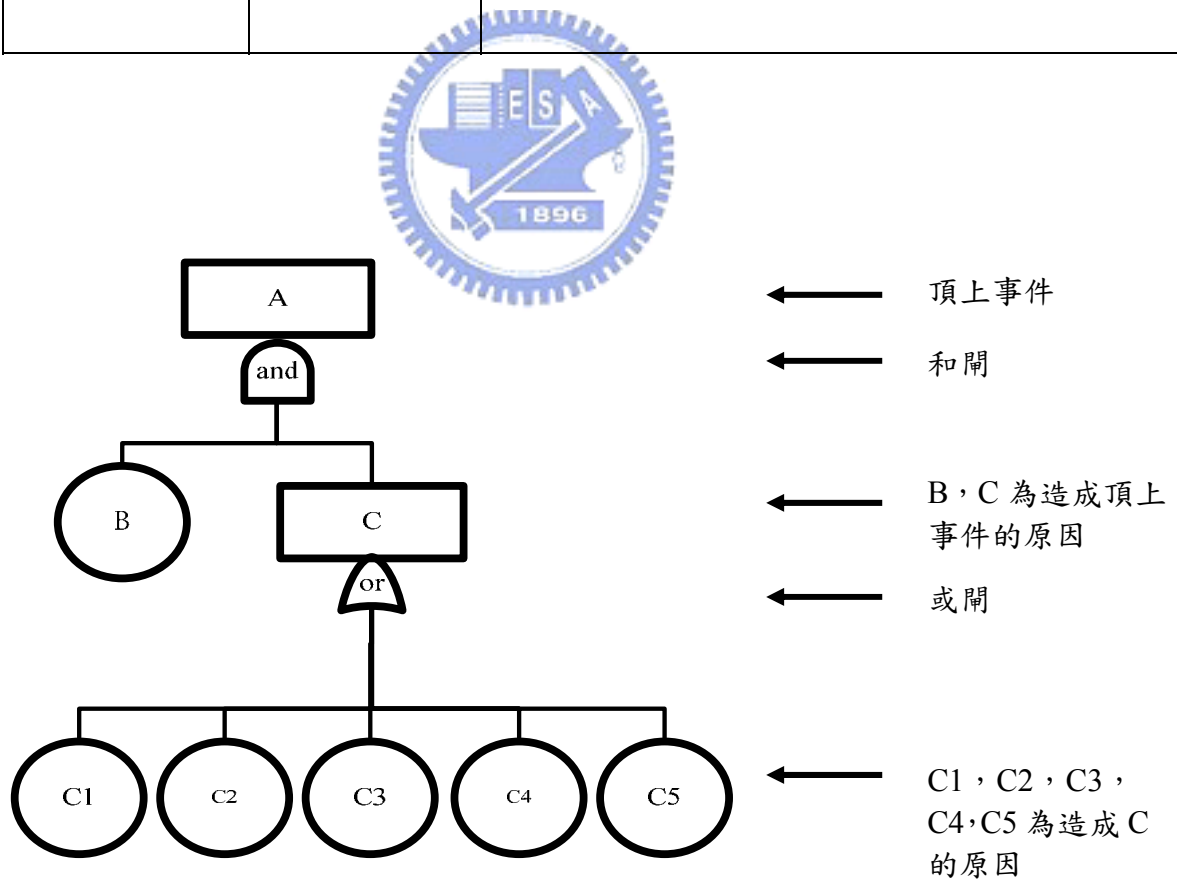


圖3.1 失誤樹圖形之結構

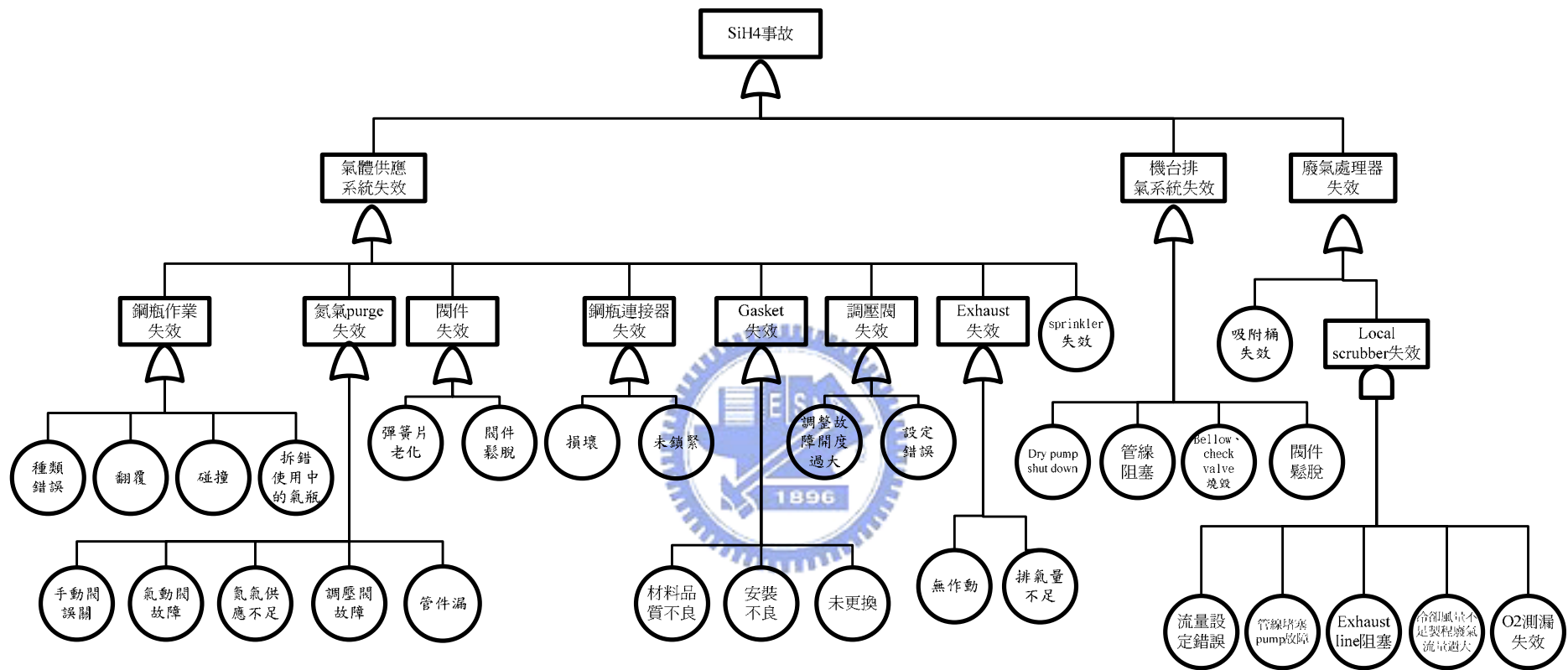


圖 3.2 之 SiH4 事故 FTA

第四章 問卷調查

依據表2.3 危害因子辨識表，結合表3.1 FMEA分析表，設計出SiH₄氣體安全管理調查表，如附錄二，並對光電產業與半導體產業進行問卷調查，希望藉由問卷調查蒐集這些危害因子之失誤機率、失誤嚴重程度以及此危害因子依據預防措施改善再發生失誤之機率。

本次問卷之目的在探討相關之管理機制是否能真正預防事故之發生，問卷共分四個部份：

1. 基本資料
2. 氣體供應端FMEA分析表：表4.1
3. 機台端FMEA分析表：表4.2
4. 除害設備FMEA分析表：表4.3

藉此四部份之問卷以瞭解矽甲烷供應系統之安全性，及光電廠與半導體廠之作業管理差異為何？再進一步依據預防措施進行改善以提升作業安全。

表4.1 氣體供應端FMEA分析表

項次	失效因子	失效模式	失效影響
A01	鋼瓶作業	種類錯誤	遇不相容物，造成火災爆炸
A02	鋼瓶作業	翻覆	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害
A03	鋼瓶作業	碰撞	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害

項次	失效因子	失效模式	失效影響
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害
A09	氮氣 purge	管件漏	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害
A10	閥件	彈簧片老化	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害
A11	閥件	閥件鬆脫	氣體外洩，有火災爆炸之危害
A12	鋼瓶連接器	損壞	氣體外洩,有人員傷亡及火災爆炸之危害
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊	氣體外洩,有人員傷亡及火災爆炸之危害
A14	gasket(襯墊)	材料品質不良	氣體外洩，有人員傷亡及火災

項次	失效因子	失效模式	失效影響
			爆炸之危害
A15	gasket(襯墊)	安裝不良	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害
A16	gasket(襯墊)	未更換	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害
A17	調壓閥	調整故障，開度過大	管線洩漏，有火災爆炸之危害
A18	調壓閥	設定錯誤	管線洩漏，有火災爆炸之危害
A19	Exhaust	無作動	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害
A20	Exhaust	排氣量不足	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害
A21	Sprinkler	無作動	無法將火燄撲滅造成火災爆炸、人員傷害

表4.2 機台端FMEA分析表

項次	失效因子	失效模式	失效影響
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	Chamber 和 pumping 之管線壓力過高，嚴重時，導致 chamber 壓力增高，破裂造成火災爆炸
B02	Pumping Line	管線阻塞	廢氣無法帶走，壓力上升，有火災爆炸及人員傷害之危害

項次	失效因子	失效模式	失效影響
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	氣體外洩，有火災爆炸之危害
B04	Pumping Line	閥件鬆脫	氣體外洩，有火災爆炸之危害

表4.3 除害設備FMEA分析表

項次	失效因子	失效模式	失效影響
C01	吸附桶	吸附桶飽和	排氣出口端燃燒
C02	local scrubber	流量設定錯誤	Processing Gas 反應燃燒不完全，會燒壞出口管線，有火災及人員傷害之危害
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障	管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大	高溫使 connector 之 O-ring 變質或尾氣溫度過高，嚴重時可能造成外洩及火災爆炸
C06	local scrubber	O2 測漏失效	因系統為負壓狀態，導致空氣流入管線中與 SiH ₄ 燃燒，有潛在造成回火之危害

第五章 研究結果

本研究主要是依據失效模式與影響分析(FMEA)進行矽甲烷供應系統相關危害之研究調查，將結果資料分基本資料、氣體供應端/機台端/除害設備及其發生失誤機率/失誤嚴重性/改善後再發生頻率之 FMEA 分析、及 FTA 等三個部份來陳述與討論，詳細研究結果說明如下：

5.1 基本資料

本研究共對 11 家企業以問卷方式進行調查，發出問卷數共 32 份，主要對象以光電業與半導體業為主。對調查結果分三個部份陳述：

5.1.1 產業分類方面

對 11 家企業發出 32 份問卷，有 9 家企業填答回覆，共回收問卷數 21 份，回收率為 65.6%。其中光電業 8 家企業問卷 23 份，有 6 家企業填答並回收 12 份，回收率 52.2%，未回應之企業經再連繫得知為表示不方便填答。半導體業 3 家企業問卷數 9 份，3 家企業皆填答回收 9 份，回收率 100%。結果如表 5.1 及表 5.2 所示：

表 5.1 問卷回收統計

行業別	光電業								半導體業			合計
	公司	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	S1	S2	
問卷數	4	3	3	3	3	3	1	3	3	2	4	32
回收數	3	3	0	3	0	1	1	1	3	2	4	21
回收率	75.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	33.3%	100.0%	33.3%	100.0%	100.0%	100.0%	65.6%

註：公司名稱以代碼表示

表 5.2 光電業與半導體業之問卷回收統計

行業別	光電業	半導體業	合計
問卷數	23	9	32
回收數	12	9	21
回收率	52.2%	100.0%	65.6%

5.1.2 在工作職務方面

問卷填答以環保工安人員、廠務人員及設備人員為主。如表 5.3 所示，環保工安人員 9 人及廠務人員 9 人居多，各佔 42.9%，其餘為設備人員 3 人佔 14.3%。因此三種職務之人員對矽甲烷供應系統較熟悉。



表 5.3 工作職務統計

行業別	光電業	半導體業	合計	百分比
環安	4	5	9	42.9%
廠務	8	1	9	42.9%
設備	0	3	3	14.3%

5.1.3 在工作年資方面

年資超過 1 年有 2 人(9.5 %)，超過 2 年有 3 人(14.3 %)，3 年以上~未滿 5 年有 4 人(19.0 %)，超過 5 年以上有 12 人(57.1 %)最多。合計超過 3 年以上共有 16 人(76.1 %)。統計後結果如表 5.4 所示：

表 5.4 工作年資統計

年資	超過 1 年	超過 2 年	3 年以上~未滿 5 年	5 年以上
光電業	0	1	3	8
半導體業	2	2	1	4
合計	2	3	4	12
百分比	9.5%	14.3%	19.0%	57.1%

5.2 FMEA 分析

矽甲烷供應系統於氣體供應端、機台端、除害設備等三區域之 FMEA 分析整理得各項危害因子對應其發生失誤機率、失誤嚴重性與改善後再發生頻率之統計。

5.2.1 失誤機率

在失誤機率評量上，從表 5.5 得知認同失誤機率在中等以上且超過 50% 以上只有「Pumping Line 管線阻塞」一項，認同失誤機率在 30% 以上有「鋼瓶作業翻覆」、「鋼瓶作業碰撞」、「鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶」、「Exhaust 無作動」及「Bellow/check valve 燒毀」等五項，表示現況矽甲烷供應系統之失能風險仍高。

表 5.5 氣體供應端危害因子之失誤機率及失誤嚴重性統計

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					嚴重性				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能	重大	高度	中度	低度	輕微
			5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
A01	鋼瓶作業	種類錯誤	0.0%	0.0%	4.8%	42.9%	52.4%	38.1%	23.8%	14.3%	4.8%	19.0%
A02	鋼瓶作業	翻覆	0.0%	0.0%	33.3%	47.6%	19.0%	33.3%	14.3%	9.5%	14.3%	28.6%

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					嚴重性				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能	重大	高度	中度	低度	輕微
			5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
A03	鋼瓶作業	碰撞	0.0%	4.8%	28.6%	42.9%	23.8%	28.6%	4.8%	28.6%	9.5%	28.6%
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	0.0%	4.8%	28.6%	47.6%	19.0%	47.6%	14.3%	4.8%	9.5%	23.8%
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	0.0%	0.0%	19.0%	42.9%	38.1%	23.8%	9.5%	4.8%	28.6%	33.3%
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	0.0%	0.0%	19.0%	71.4%	9.5%	23.8%	9.5%	4.8%	33.3%	28.6%
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	0.0%	0.0%	28.6%	38.1%	33.3%	23.8%	9.5%	0.0%	38.1%	28.6%
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	0.0%	0.0%	19.0%	57.1%	23.8%	23.8%	4.8%	4.8%	33.3%	33.3%
A09	氮氣 purge	管件漏	0.0%	0.0%	14.3%	47.6%	38.1%	28.6%	4.8%	4.8%	33.3%	28.6%
A10	閥件	彈簧片老化	0.0%	0.0%	23.8%	71.4%	4.8%	19.0%	14.3%	4.8%	38.1%	23.8%
A11	閥件	閥件鬆脫	0.0%	0.0%	19.0%	42.9%	38.1%	23.8%	14.3%	14.3%	28.6%	19.0%
A12	鋼瓶連接器	損壞	0.0%	0.0%	19.0%	47.6%	33.3%	28.6%	9.5%	0.0%	52.4%	9.5%
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊	0.0%	0.0%	19.0%	61.9%	19.0%	33.3%	9.5%	4.8%	33.3%	19.0%
A14	gasket(襯墊)	材料品質不良	0.0%	0.0%	23.8%	71.4%	4.8%	19.0%	23.8%	0.0%	42.9%	14.3%
A15	gasket(襯墊)	安裝不良	0.0%	0.0%	19.0%	66.7%	14.3%	23.8%	19.0%	4.8%	38.1%	14.3%
A16	gasket(襯墊)	未更換	0.0%	0.0%	14.3%	38.1%	47.6%	19.0%	19.0%	9.5%	28.6%	19.0%
A17	調壓閥	調整故障，開度過大	0.0%	0.0%	28.6%	52.4%	19.0%	19.0%	4.8%	4.8%	42.9%	28.6%
A18	調壓閥	設定錯誤	0.0%	0.0%	28.6%	38.1%	33.3%	19.0%	4.8%	9.5%	33.3%	33.3%
A19	Exhaust	無作動	0.0%	0.0%	38.1%	33.3%	28.6%	23.8%	9.5%	42.9%	4.8%	19.0%
A20	Exhaust	排氣量不足	0.0%	0.0%	19.0%	42.9%	38.1%	19.0%	4.8%	14.3%	42.9%	19.0%
A21	Sprinkler	無作動	0.0%	0.0%	23.8%	42.9%	33.3%	23.8%	19.0%	28.6%	14.3%	14.3%
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	0.0%	0.0%	23.8%	52.4%	23.8%	14.3%	19.0%	28.6%	23.8%	14.3%
B02	Pumping Line	管線阻塞	0.0%	14.3%	38.1%	38.1%	9.5%	14.3%	14.3%	28.6%	28.6%	14.3%
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	0.0%	0.0%	33.3%	47.6%	19.0%	14.3%	19.0%	14.3%	38.1%	14.3%
B04	Pumping Line	閥件鬆脫	0.0%	4.8%	23.8%	52.4%	19.0%	19.0%	9.5%	9.5%	38.1%	23.8%
C01	吸附桶	吸附桶飽和	0.0%	5.0%	20.0%	60.0%	15.0%	15.0%	0.0%	20.0%	30.0%	30.0%
C02	local scrubber	流量設定錯誤	0.0%	0.0%	19.0%	52.4%	28.6%	14.3%	4.8%	19.0%	42.9%	19.0%
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障	4.8%	0.0%	19.0%	61.9%	14.3%	14.3%	9.5%	28.6%	28.6%	19.0%
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	0.0%	0.0%	23.8%	38.1%	38.1%	14.3%	14.3%	28.6%	23.8%	19.0%
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過	0.0%	0.0%	14.3%	57.1%	28.6%	14.3%	9.5%	19.0%	28.6%	28.6%

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					嚴重性				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能	重大	高度	中度	低度	輕微
			5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
		大										
C06	local scrubber	02 測漏失效	0.0%	0.0%	14.3%	47.6%	38.1%	14.3%	9.5%	28.6%	19.0%	28.6%

5.2.2 失誤嚴重性

失誤嚴重性評量上，從表 5.5 統計數字可以得知超過 50%以上受訪者認為有財產損失超過 10 萬以上、生產損失超過停工一週以上、人員傷亡需要住院醫療之嚴重傷害的失效模式，包括有「鋼瓶作業種類錯誤」、「鋼瓶作業翻覆」、「鋼瓶作業碰撞」、「鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶」、「閥件鬆脫」、「Exhaust 無作動」、「Sprinkler 無作動」、「dry pump Shut Down」、「Pumping Line 管線阻塞」、「local scrubber 管線堵塞，pump 故障」、「local scrubber exhaust line 阻塞」、「local scrubber 02 測漏失效」等在中度以上之嚴重度共 12 項。顯示以上 12 項因子為矽甲烷供應系統危害之關鍵點。

5.2.3 光電業與半導體業之差異

從表 5.6 得出光電業與半導體業之差異，在失誤機率評量上，「鋼瓶作業翻覆」、「鋼瓶作業碰撞」、「gasket(襯墊)未更換」等三項失誤機率光電業高於半導體業，經訪問及查詢文獻得知在原物料使用量之需求光電業高於半導體業，相對人工操作更換頻率次數也較高。在嚴重性評量上，於「鋼瓶作業種類錯誤」、「鋼瓶作業碰撞」、「鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶」、「閥件鬆脫」、「鋼瓶連接器未鎖緊」、「gasket(襯墊)安裝不良」、「gasket(襯墊)未更換」、「Exhaust 無作動」、「Sprinkler 無作

動」、「dry pump Shut Down」、「Pumping Line 管線阻塞」、「Bellow、check valve 燒毀」、「local scrubber 管線堵塞，pump 故障」、「local scrubber exhaust line 阻塞」、「local scrubber O2 測漏失效」等 15 項光電業高於半導體業，主因為使用量與更換頻率皆高。

表 5.6 光電業與半導體業分類統計

項次	產業	失誤機率					嚴重性				
		很高 5	高 4	中等 3	很低 2	幾乎不 可能 1	重大 5	高度 4	中度 3	低度 2	輕微 1
A01	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	33.3%	33.3%	16.7%	0.0%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	11.1%	55.6%	33.3%	44.4%	11.1%	11.1%	11.1%	22.2%
A02	光電業	0.0%	0.0%	41.7%	41.7%	16.7%	16.7%	25.0%	8.3%	16.7%	33.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	22.2%	55.6%	22.2%	55.6%	0.0%	11.1%	11.1%	22.2%
A03	光電業	0.0%	8.3%	33.3%	41.7%	16.7%	16.7%	8.3%	41.7%	0.0%	33.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	22.2%	44.4%	33.3%	44.4%	0.0%	11.1%	22.2%	22.2%
A04	光電業	0.0%	8.3%	8.3%	66.7%	16.7%	50.0%	25.0%	0.0%	8.3%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	55.6%	22.2%	22.2%	44.4%	0.0%	11.1%	11.1%	33.3%
A05	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	58.3%	41.7%	16.7%	8.3%	8.3%	33.3%	33.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	22.2%	33.3%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
A06	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	16.7%	8.3%	8.3%	41.7%	25.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	33.3%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
A07	光電業	0.0%	0.0%	25.0%	33.3%	41.7%	16.7%	8.3%	0.0%	50.0%	25.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
A08	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	58.3%	33.3%	8.3%	8.3%	8.3%	41.7%	33.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	44.4%	0.0%	0.0%	22.2%	33.3%
A09	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	16.7%	8.3%	8.3%	41.7%	25.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	44.4%	0.0%	0.0%	22.2%	33.3%
A10	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	83.3%	8.3%	8.3%	16.7%	8.3%	50.0%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	55.6%	0.0%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
A11	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	25.0%	66.7%	16.7%	16.7%	25.0%	33.3%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
A12	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	50.0%	41.7%	25.0%	8.3%	0.0%	66.7%	0.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A13	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	66.7%	25.0%	33.3%	8.3%	8.3%	33.3%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%

項次	產業	失誤機率					嚴重性				
		很高	高	中等	很低	幾乎不可能	重大	高度	中度	低度	輕微
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
A14	光電業	0.0%	0.0%	16.7%	75.0%	8.3%	8.3%	33.3%	0.0%	50.0%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A15	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	75.0%	16.7%	16.7%	25.0%	8.3%	41.7%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A16	光電業	0.0%	0.0%	16.7%	41.7%	41.7%	8.3%	25.0%	16.7%	41.7%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	11.1%	33.3%	55.6%	33.3%	11.1%	0.0%	11.1%	33.3%
A17	光電業	0.0%	0.0%	16.7%	58.3%	25.0%	8.3%	0.0%	8.3%	50.0%	33.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	44.4%	11.1%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A18	光電業	0.0%	0.0%	25.0%	33.3%	41.7%	8.3%	0.0%	16.7%	33.3%	41.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A19	光電業	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	16.7%	8.3%	58.3%	8.3%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	33.3%	22.2%	33.3%	11.1%	22.2%	0.0%	33.3%
A20	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	41.7%	50.0%	8.3%	0.0%	25.0%	50.0%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
A21	光電業	0.0%	0.0%	8.3%	58.3%	33.3%	16.7%	25.0%	41.7%	16.7%	0.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	22.2%	33.3%	33.3%	11.1%	11.1%	11.1%	33.3%
B01	光電業	0.0%	0.0%	16.7%	66.7%	16.7%	0.0%	25.0%	41.7%	25.0%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	33.3%	11.1%	11.1%	22.2%	22.2%
B02	光電業	0.0%	25.0%	33.3%	33.3%	8.3%	0.0%	16.7%	50.0%	25.0%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	44.4%	11.1%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
B03	光電業	0.0%	0.0%	25.0%	50.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	41.7%	8.3%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	44.4%	11.1%	33.3%	11.1%	0.0%	33.3%	22.2%
B04	光電業	0.0%	8.3%	16.7%	58.3%	16.7%	8.3%	8.3%	16.7%	50.0%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	22.2%	33.3%
C01	光電業	0.0%	9.1%	9.1%	63.6%	18.2%	0.0%	0.0%	27.3%	54.5%	18.2%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	0.0%	11.1%	11.1%	44.4%
C02	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	58.3%	41.7%	0.0%	8.3%	16.7%	58.3%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	44.4%	44.4%	11.1%	33.3%	0.0%	22.2%	22.2%	22.2%
C03	光電業	8.3%	0.0%	8.3%	58.3%	25.0%	0.0%	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	33.3%	0.0%	11.1%	33.3%	22.2%
C04	光電業	0.0%	0.0%	16.7%	25.0%	58.3%	0.0%	25.0%	41.7%	16.7%	16.7%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	0.0%	11.1%	33.3%	22.2%
C05	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	58.3%	41.7%	0.0%	16.7%	25.0%	33.3%	25.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	0.0%	11.1%	22.2%	33.3%

項次	產業	失誤機率					嚴重性				
		很高	高	中等	很低	幾乎不可能	重大	高度	中度	低度	輕微
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
C06	光電業	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	16.7%	41.7%	16.7%	25.0%
	半導體業	0.0%	0.0%	33.3%	44.4%	22.2%	33.3%	0.0%	11.1%	22.2%	33.3%

5.2.4 TFT-LCD FMEA 分析結果

透過問卷蒐集可得各危害因子之主觀失效發生機率以及嚴重程度，藉由定性及定量分析，並針對各失效模式給予相關預防措施建議，即可得 TFT-LCD 失效模式、影響及嚴重度分析，其結果如表 5.7 所示。從表可知失效發生機率前五名分別為鋼瓶作業碰撞、Pumping Line 管線阻塞、Pumping Line 閥件鬆脫、吸附桶飽和、local scrubber 管線堵塞 pump 故障。失效嚴重度前五名分別為鋼瓶作業種類錯誤、鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶、鋼瓶連接器未鎖緊、Exhaust 無作動、Sprinkler 無作動。

表 5.7 TFT-LCD FMEA 分析表

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
A01	鋼瓶作業	種類錯誤	8.27×10^{-6}	3.67	遇不相容物，造成火災爆炸	1.不相容氣體分開儲存 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check 3.SiH4 鋼瓶的顏色與其他的顏色不同
A02	鋼瓶作業	翻覆	2.87×10^{-5}	2.75	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸	1.鋼瓶有防撞設備 2.搬運作業 SOP 3.搬運人員加強教育訓練

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
					之危害	
A03	鋼瓶作業	碰撞	3.92×10 ⁻⁵	2.75	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.鋼瓶有防撞設備 2.搬運作業 SOP 3.搬運人員加強教育訓練
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	3.34×10 ⁻⁵	3.83	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.設有安全鎖，關閉後才能更換 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	1.37×10 ⁻⁵	2.42	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	2.28×10 ⁻⁵	2.50	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
					在造成火災及人員傷亡之危害	
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	1.94×10 ⁻⁵	2.42	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	1.74×10 ⁻⁵	2.17	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源
A09	氮氣 purge	管件漏	1.19×10 ⁻⁵	2.50	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，	<ol style="list-style-type: none"> 1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
					於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	斷供應源
A10	閥件	彈簧片老化	2.29×10 ⁻⁵	2.50	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.進料檢驗程序 2.每日點檢 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)
A11	閥件	閥件鬆脫	1.02×10 ⁻⁵	3.00	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.使用扭力扳手 2.更換閥件後進行正壓測試 3.更換閥件後進行測漏
A12	鋼瓶連接器	損壞	1.56×10 ⁻⁵	2.92	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊	1.93×10 ⁻⁵	3.08	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler
A14	gasket (襯墊)	材料品質不良	2.48×10 ⁻⁵	2.83	氣體外洩，有人員傷亡及	1.進料檢驗程序 2.測漏 3.確實穿戴 PPE(個人防護

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
					火災爆炸之危害	具)
A15	gasket (襯墊)	安裝不良	2.11×10 ⁻⁵	3.00	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check
A16	gasket (襯墊)	未更換	1.75×10 ⁻⁵	2.83	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check
A17	調壓閥	調整故障，開度過大	2.12×10 ⁻⁵	2.00	管線洩漏，有火災爆炸之危害	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統
A18	調壓閥	設定錯誤	1.94×10 ⁻⁵	2.00	管線洩漏，有火災爆炸之危害	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統
A19	Exhaust	無作動	2.32×10 ⁻⁵	3.17	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害	1.設有低流量警報 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
A20	Exhaust	排氣量不足	1.38×10 ⁻⁵	2.33	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害	1.設有低流量警報 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統
A21	Sprinkler	無作動	1.74×10 ⁻⁵	3.42	無法將火燄撲滅造成火災爆炸、人員傷害	1.確認水源有供應 2.確認水壓正常 3.閥件開啟
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	2.30×10 ⁻⁵	2.83	Chamber 和 pumping 之管線壓力過高，嚴重時，導致 chamber 壓力增高，破裂造成火災爆炸	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 3.連鎖關閉
B02	Pumping Line	管線阻塞	6.57×10 ⁻⁵	2.75	廢氣無法帶走，壓力上升，有火災爆炸	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 3.連鎖關閉

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
					炸及人員傷害之危害	
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	2.31×10 ⁻⁵	2.67	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.不相容物減量 2.增加 N2 purge 量 3.提升 Oring 材質
B04	Pumping Line	閥件鬆脫	3.53×10 ⁻⁵	2.42	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.定期更換閥件 2.配件拆裝完會進行 He 測漏 3.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統
C01	吸附桶	吸附桶飽和	3.44×10 ⁻⁵	2.09	排氣出口端燃燒	1.排氣管為不燃材質 2.吸附桶有壽命監測器及高濃度警報 3.連鎖關斷氣瓶櫃
C02	local scrubber	流量設定錯誤	1.37×10 ⁻⁵	2.17	Processing Gas 反應燃燒不完全，會燒壞出口管線，有火災及人員傷害之危害	1.入口/出口管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置
C03	local scrubber	管線堵塞，	4.59×10 ⁻⁵	2.58	管線堵塞導致 pump 瞬	1.管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
		pump 故障			間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火	
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	1.39×10 ⁻⁵	2.75	管線堵塞導致 pump 間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.定期進行 exhaust Line 之 PM 3.連鎖關閉裝置
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大	1.37×10 ⁻⁵	2.33	高溫使 connector 之 O-ring 變質或尾氣溫度過高，嚴重時可能造成外洩及火災爆炸	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置
C06	local	O2 測	1.19×10 ⁻⁵	2.50	因系統為	1.定期進行 O2 Detector 校

項次	失效因子	失效模式	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	失效影響	建議預防措施
	scrubber	漏失效			負壓狀態，導致空氣流入管線中與SiH ₄ 燃燒，有潛在造成回火之危害	正 2.設有溫度偵測器 3.管線採用防火材質

5.2.5 半導體業失效發生機率及嚴重度

對於半導體業之失效發生機率及嚴重度，透過問卷蒐集分析可知各項危害因子之主觀失效發生機率以及嚴重程度，其結果如表 5.8 所示。從表可知失效發生機率前五名分別為鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶、閥件彈簧片老化、調壓閥調整故障開度過大、Pumping Line 管線阻塞、local scrubber 流量設定錯誤。失效嚴重度前五名分別為鋼瓶作業種類錯誤、鋼瓶作業翻覆、鋼瓶作業碰撞、鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶、Exhaust 無作動。

表 5.8 半導體業失效發生機率及嚴重度

項次	失效因子	失效模式	失效機率(hr ⁻¹)	嚴重度
A01	鋼瓶作業	種類錯誤	1.81×10 ⁻⁵	3.44
A02	鋼瓶作業	翻覆	2.30×10 ⁻⁵	3.56
A03	鋼瓶作業	碰撞	2.06×10 ⁻⁵	3.22
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	3.07×10 ⁻⁵	3.11
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	2.57×10 ⁻⁵	2.89
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	2.81×10 ⁻⁵	2.89

項次	失效因子	失效模式	失效機率(hr^{-1})	嚴重度
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	2.56×10^{-5}	2.89
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	2.80×10^{-5}	3.00
A09	氮氣 purge	管件漏	2.56×10^{-5}	3.00
A10	閥件	彈簧片老化	3.30×10^{-5}	2.89
A11	閥件	閥件鬆脫	3.04×10^{-5}	2.89
A12	鋼瓶連接器	損壞	2.56×10^{-5}	3.00
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊	2.80×10^{-5}	3.00
A14	gasket(襯墊)	材料品質不良	3.04×10^{-5}	3.00
A15	gasket(襯墊)	安裝不良	2.80×10^{-5}	3.00
A16	gasket(襯墊)	未更換	1.32×10^{-5}	2.67
A17	調壓閥	調整故障，開度過大	3.06×10^{-5}	3.00
A18	調壓閥	設定錯誤	2.56×10^{-5}	3.00
A19	Exhaust	無作動	2.81×10^{-5}	3.11
A20	Exhaust	排氣量不足	2.56×10^{-5}	3.00
A21	Sprinkler	無作動	2.57×10^{-5}	3.00
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	2.32×10^{-5}	3.11
B02	Pumping Line	管線阻塞	3.06×10^{-5}	3.00
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	3.06×10^{-5}	3.00
B04	Pumping Line	閥件鬆脫	2.56×10^{-5}	2.89
C01	吸附桶	吸附桶飽和	2.80×10^{-5}	2.67
C02	local scrubber	流量設定錯誤	3.06×10^{-5}	3.00
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障	3.04×10^{-5}	2.89
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	2.80×10^{-5}	2.89
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大	2.80×10^{-5}	2.78
C06	local scrubber	O2 測漏失效	2.56×10^{-5}	2.78

5.3 FTA 分析

藉由失誤樹分析可以探究 TFT-LCD 業矽甲烷供應系統作業意外事故發生的原因，並依據 FMEA 分析結果得出事故發生機率與嚴重度。我們可以瞭解受訪者中認同中等以上事故發生機率之百分比，及事故嚴重度在中度以上百分比之矽甲烷意外事故發生因子，如圖 5.1、圖 5.2、圖 5.3 所示。

5.3.1 氣體供應系統失誤樹分析

依據 TFT-LCD FMEA 分析結果繪製出氣體供應系統失誤樹，可清楚得知氣體供應端失誤主要原因為鋼瓶作業失效、氮氣 purge 失效、閥件失效、鋼瓶連接器失效、Gasket 失效、調壓閥失效、Exhaust 失效、Sprinkler 失效等，而此 8 項主要原因只要其中一個(或以上)的原因出現即能導致氣體供應系統失效事件發生，那麼它們之因果關係可以「或閘¹」來建立，如圖 5.1。

以布林變數表示氣體供應系統失效事件發生機率為

$$P(G) = P(G1)+P(G2)+P(G3)+P(G4)+P(G5)+P(G6)+P(G7)+P(G8) \quad (5-1)$$

$$P(G1) = P(A1)+P(A2)+P(A3)+P(A4) \quad (5-2)$$

$$P(G2) = P(A5)+P(A6)+P(A7)+P(A8)+P(A9) \quad (5-3)$$

$$P(G3) = P(A10)+P(A11) \quad (5-4)$$

$$P(G4) = P(A12)+P(A13) \quad (5-5)$$

$$P(G5) = P(A14)+P(A15)+P(A16) \quad (5-6)$$

$$P(G6) = P(A17)+P(A18) \quad (5-7)$$

$$P(G7) = P(A19)+P(A20) \quad (5-8)$$

$$P(G8) = P(A21) \quad (5-9)$$

以各失誤率分別代入公式，可得氣體供應系統失效事件發生機率為 4.21×10^{-4} ，如圖5.4。

5.3.2 機台系統失誤樹分析

依據TFT-LCD FMEA分析結果繪製出機台系統失誤樹，可清楚得知機台系統失誤主要因為Dry pump shut down、管線阻塞、(Bellow、check valve 燒毀)、閥件鬆脫等，而此4項主要原因只要其中一個(或以上)的原因出現即能導致機台系統失效事件發生，那麼它們之因果關係可以「或閘」來建立，如圖5.2。

以布林變數表示機台系統失效事件發生機率為

$$P(E) = P(B1)+P(B2)+P(B3)+P(B4) \quad (5-10)$$

以各失誤率分別代入公式，可得機台系統失效事件發生機率為 1.47×10^{-4} ，如圖5.5。



5.3.3 除害設備系統失誤樹分析

依據TFT-LCD FMEA分析結果繪製出除害設備系統失誤樹，可清楚得知除害設備失誤主要因為吸附桶飽和、Local scrubber失效等，而此2項主要原因必須同時出現才會導致除害設備系統失效事件發生，那麼它們之因果關係可用「且閘²」來建立，如圖5.3。

以布林變數表示除害設備系統失效事件發生機率為

$$P(L) = P(C1) \times P(L1) \quad (5-11)$$

$$P(L1) = P(C2)+P(C3)+P(C4)+P(C5)+P(C6) \quad (5-12)$$

$$P(L) = P(C1) \times (P(C2)+P(C3)+P(C4)+P(C5)+P(C6)) \quad (5-13)$$

以各失誤率分別代入公式，可得除害設備系統失效事件發生機率為 3.41×10^{-9} ，如圖5.6。

5.3.4 矽甲烷供應系統失誤樹分析

綜合TFT-LCD FMEA分析結果，矽甲烷供應系統失效主要原因為氣體供應系統失誤、機台系統失誤、及除害設備系統失誤等，而此3項主要原因只要其中一個(或以上)的原因出現即能導致矽甲烷供應系統失效事件發生，如圖3.2。

以布林變數表示矽甲烷供應系統失效事件發生機率為

$$P(S) = P(G) + P(E) + P(L) \quad (5-14)$$

以各失誤率分別代入公式，可得氣體供應系統失效事件發生機率為 5.68×10^{-4} ，如圖5.7。

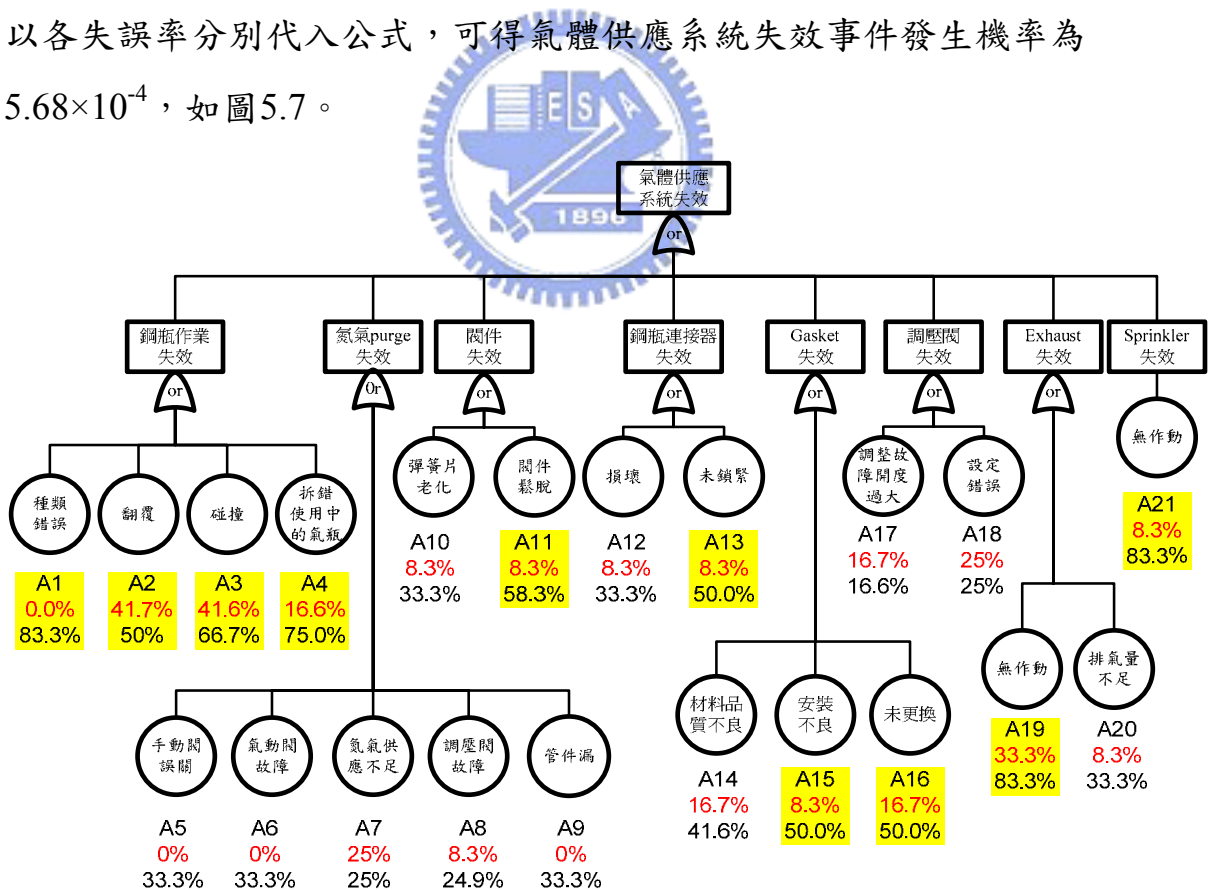


圖5.1 光電業矽甲烷氣體供應之事故失誤樹

- ¹ 原則：遇到或閘(OR gate)，則input 相加
- ² 原則：遇到且閘(AND gate)，則input 相乘

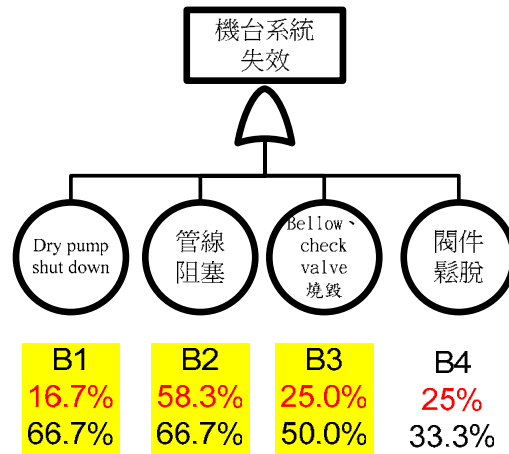


圖5.2 光電業矽甲烷機台之事故失誤樹

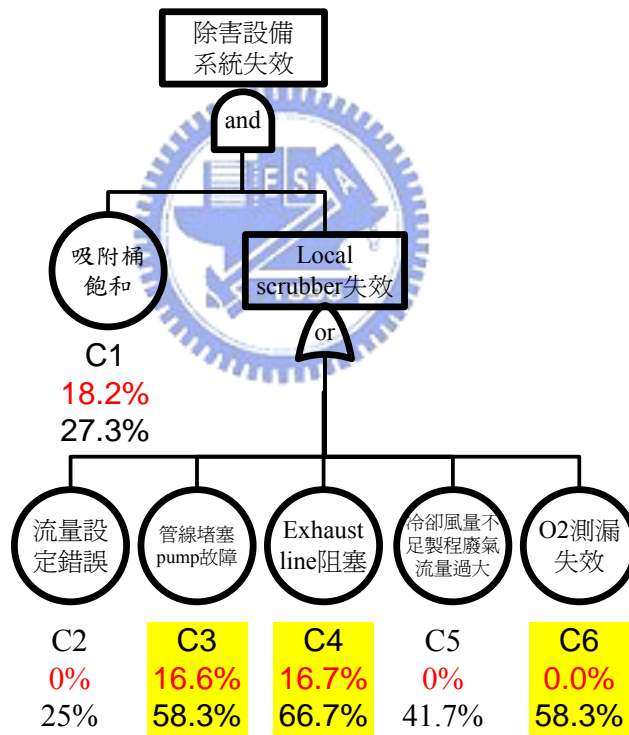


圖5.3 光電業矽甲烷除害設備之事故失誤樹

註：黃色標示表受訪者中認同光電業之失誤發生機率或嚴重性之百分比高於半導體業，紅字表受訪者中認同中等以上失誤機率之百分比，黑字表受訪者中認同中度以上嚴重性之百分比。

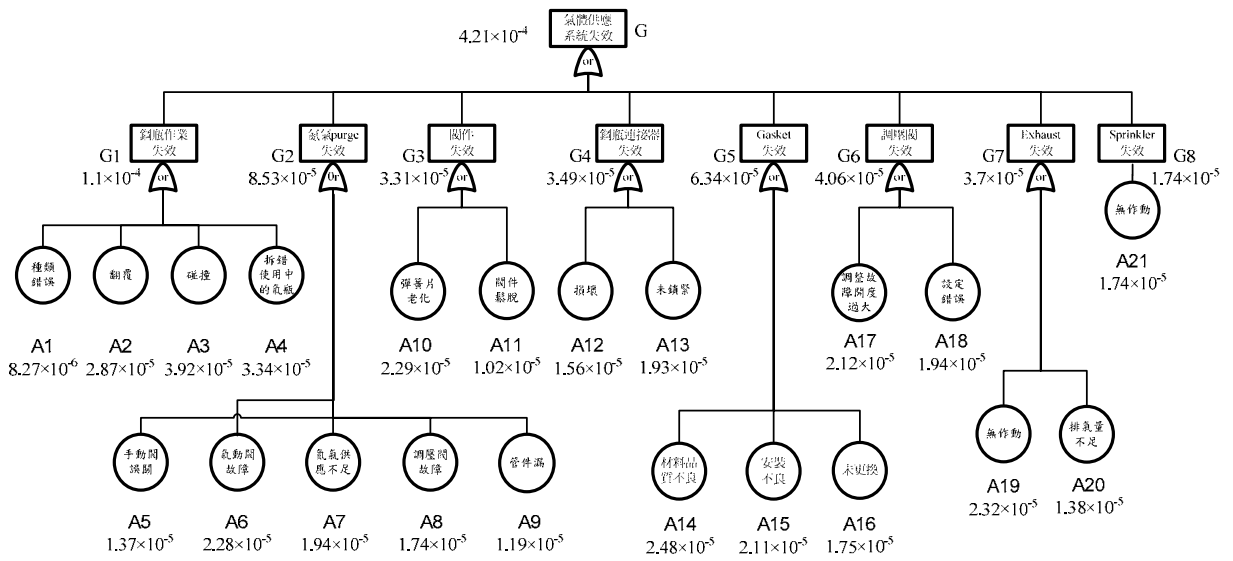


圖 5.4 氣體供應系統失效事件發生機率

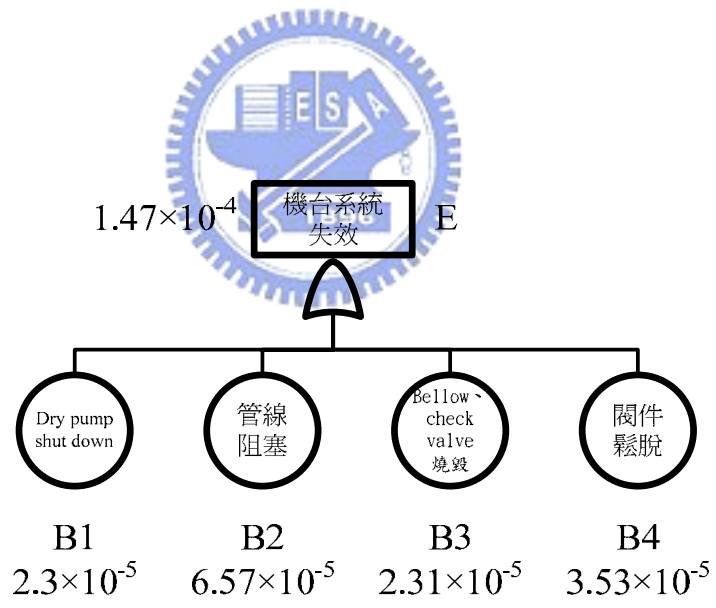


圖 5.5 機台系統失效事件發生機率

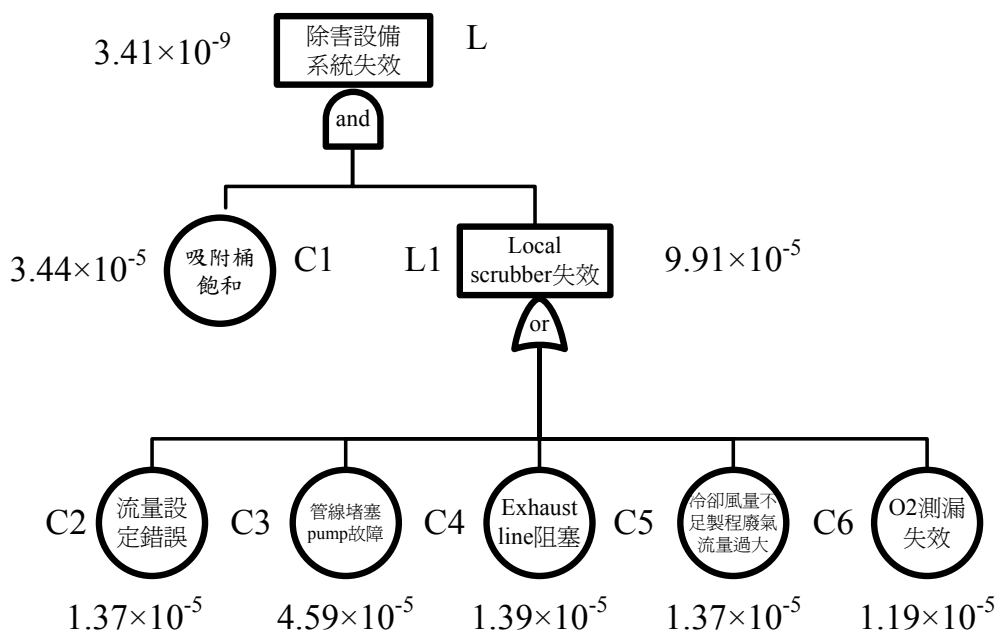


圖 5.6 除害設備系統失效事件發生機率

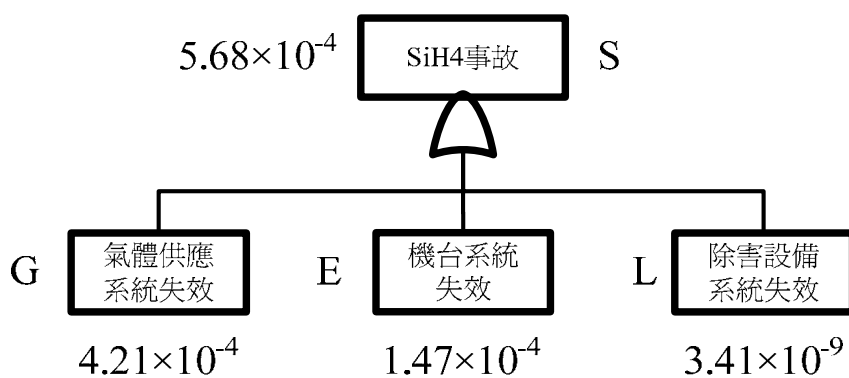


圖 5.7 矽甲烷供應系統失效事件發生機率

5.3.5 半導體業矽甲烷供應系統失誤樹分析

依據問卷結果，繪製出半導體業氣體供應系統、機台系統、與除害設備系統失誤樹分析圖，以布林變數得氣體供應系統失效事件發生機率為 5.50×10^{-4} ，如圖5.8。得機台系統失效事件發生機率為 1.10×10^{-4} ，如圖5.9。得除害設備系統失效事件發生機率為 3.39×10^{-9} ，如圖5.10。綜合結果得半導體業矽甲烷供應系統失效事件發生機率為 6.60×10^{-4} ，如圖5.11。

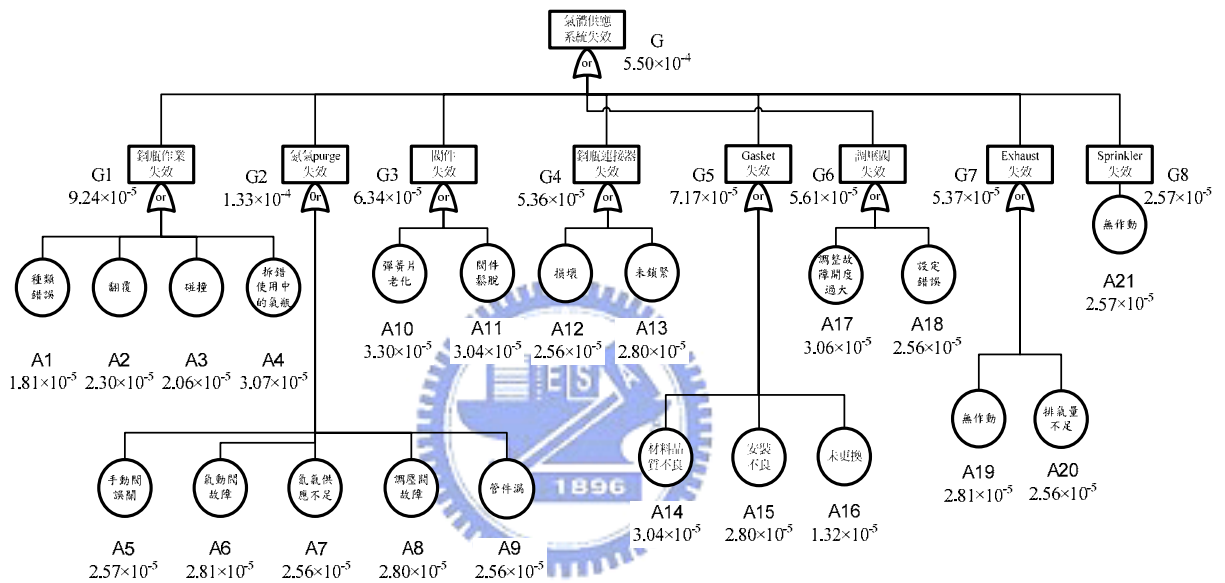


圖 5.8 半導體業氣體供應系統失效事件發生機率

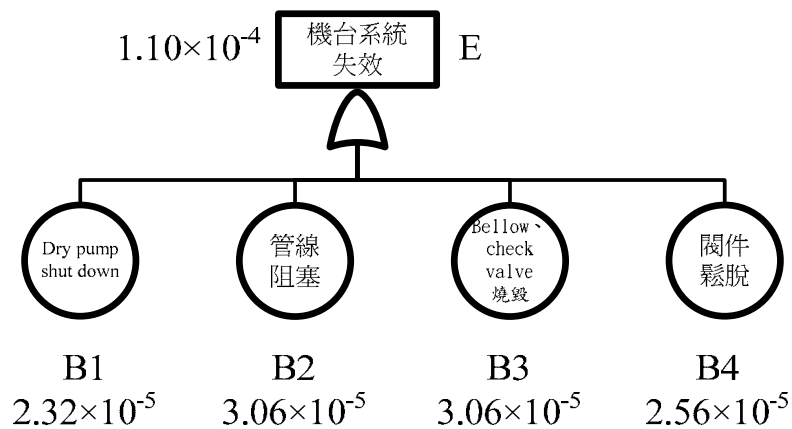


圖 5.9 半導體業機台系統失效事件發生機率

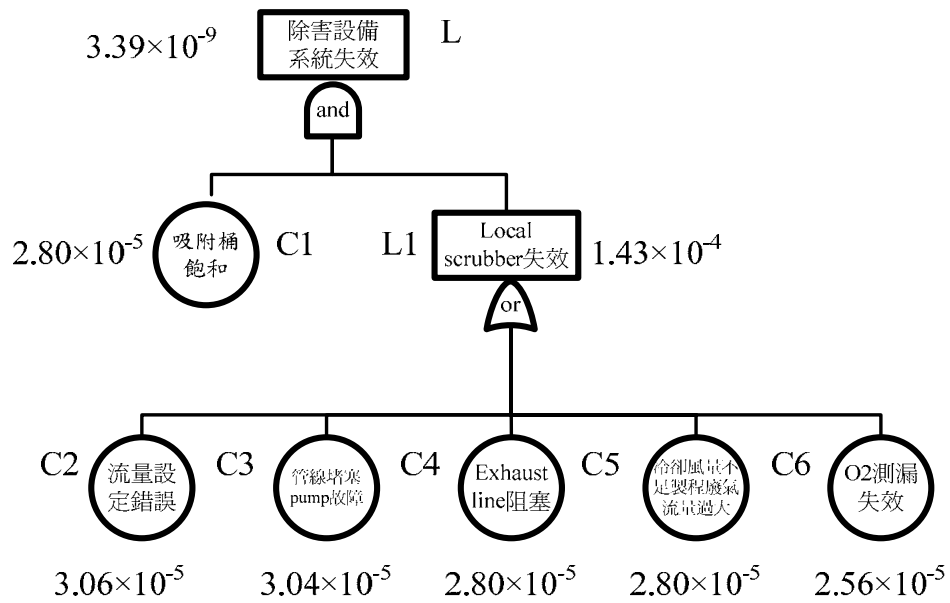


圖 5.10 半導體業除害設備系統失效事件發生機率

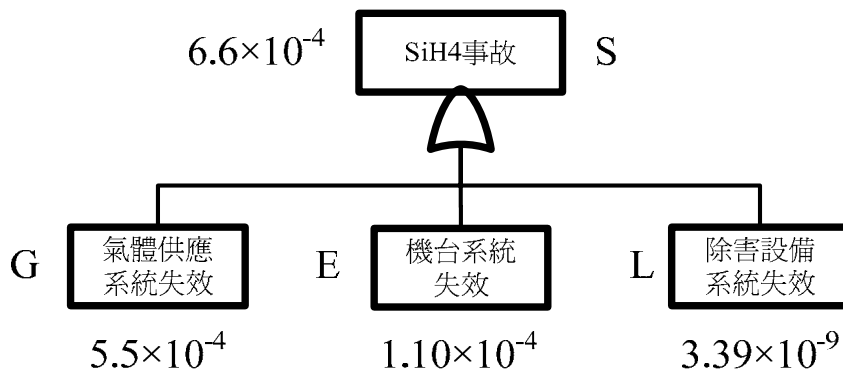


圖 5.11 半導體業矽甲烷供應系統失效事件發生機率

5.4 預防措施分析

在預防改善評量上，受訪者依據預防措施建議之選項，及其公司現況之作業標準程序，予以回應最佳化之管理建議。其中 78.5%受訪者認同表 5.9 之預防措施建議，67.9%認同依此建議事項進行作業管制，改善後再發生頻率幾乎不可能。另有受訪者建議增加表 5.10 所列之預防措施，以提高更加之安全保護。

表 5.9 各危害因子之改善後再發生機率統計

項次	建議預防措施	再發生機率 (hr ⁻¹)	再發生等級
A01	1.不相容氣體分開儲存 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check 3.SiH4 鋼瓶的顏色與其他的顏色不同	5.36×10 ⁻⁶	很低
A02	1.鋼瓶有防撞設備 2.搬運作業 SOP 3.搬運人員加強教育訓練	6.59×10 ⁻⁶	很低
A03	1.鋼瓶有防撞設備 2.搬運作業 SOP 3.搬運人員加強教育訓練	6.42×10 ⁻⁶	很低
A04	1.設有安全鎖，關閉後才能更換 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)	8.27×10 ⁻⁶	很低
A05	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源	3.18×10 ⁻⁶	很低
A06	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能

項次	建議預防措施	再發生機率 (hr ⁻¹)	再發生等級
	3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源		
A07	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A08	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A09	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有警報裝置，連鎖關斷供應源	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A10	1.進料檢驗程序 2.每日點檢 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)	6.45×10 ⁻⁶	很低
A11	1.使用扭力扳手 2.更換閥件後進行正壓測試 3.更換閥件後進行測漏	7.54×10 ⁻⁶	很低
A12	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A13	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler	3.42×10 ⁻⁶	很低
A14	1.進料檢驗程序 2.測漏 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)	8.27×10 ⁻⁶	很低
A15	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check	5.84×10 ⁻⁶	很低

項次	建議預防措施	再發生機率 (hr ⁻¹)	再發生等級
A16	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check	5.84×10 ⁻⁶	很低
A17	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統	3.73×10 ⁻⁶	很低
A18	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A19	1.設有低流量警報 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A20	1.設有低流量警報 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
A21	1.確認水源有供應 2.確認水壓正常 3.閥件開啟	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
B01	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 3.連鎖關閉	8.28×10 ⁻⁶	很低
B02	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 3.連鎖關閉	1.13×10 ⁻⁵	很低
B03	1.不相容物減量 2.增加 N2 purge 量	8.11×10 ⁻⁶	很低

項次	建議預防措施	再發生機率 (hr ⁻¹)	再發生等級
	3.提升 Oring 材質		
B04	1.定期更換閥件 2.配件拆裝完會進行 He 測漏 3.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統	6.21×10 ⁻⁶	很低
C01	1.排氣管為不燃材質 2.吸附桶有壽命監測器及高濃度警報 3.連鎖關斷氣瓶櫃	2.71×10 ⁻⁶	很低
C02	1.入口/出口管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
C03	1.管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置	3.42×10 ⁻⁶	很低
C04	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.定期進行 exhaust Line 之 PM 3.連鎖關閉裝置	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
C05	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能
C06	1.定期進行 O2 Detector 校正 2.設有溫度偵測器 3.管線採用防火材質	1×10 ⁻⁶	幾乎不可能

表 5.10 受訪者建議增加之預防措施

項次	失效因子	失效模式	預防措施建議
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	鋼瓶頸身塑膠套環辨識
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	設有流量警報裝置
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	設有流量警報裝置
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	設有流量警報裝置
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	設有流量警報裝置
A18	調壓閥	設定錯誤	auto-switch check 壓力狀態
A19	Exhaust	無作動	1.設有壓差警報 2.interlock 機台無法運作
A20	Exhaust	排氣量不足	設有壓差警報
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	pump 過高壓連鎖系統
B02	Pumping Line	管線阻塞	定期保養及清潔管路
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	1.更改 check valve 型式 2.定期更換 3.定期保養測漏
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障	1.設置緊急 purge N2 2.定期清潔管路
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	設置緊急 purge N2
C06	local scrubber	O2 測漏失效	定期氮氣測漏

5.5 改善建議

透過預防改善措施對這些關鍵點進行作業改善與預防，研究顯示確實可消除和控制危害因子，提供完善之安全保護。如表 5.11，可供業界參考。

表 5.11 矽甲烷供應系統失效改善建議

項次	失效因子	失效模式	失效影響	改善建議
A01	鋼瓶作業	種類錯誤	遇不相容物，造成火災爆炸	<ol style="list-style-type: none"> 1.不相容氣體分開儲存。 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check。 3.SiH₄ 鋼瓶的顏色與其他的顏色不同。
A02	鋼瓶作業	翻覆	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.鋼瓶設置防撞設備。 2.每次作業依 SOP 進行搬運作業。 3.定期實施搬運人員教育訓練。
A03	鋼瓶作業	碰撞	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.鋼瓶設置防撞設備。 2.每次作業依 SOP 進行搬運作業。 3.定期實施搬運人員教育訓練。
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.設有安全鎖，關閉後才能更換。 2.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check。 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)。 4.鋼瓶頸身塑膠套環辨識。
A05	氮氣 purge	手動閥誤關	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	<ol style="list-style-type: none"> 1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有流量警報裝置，連鎖

項次	失效因子	失效模式	失效影響	改善建議
				關斷供應源
A06	氮氣 purge	氣動閥故障	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有流量警報裝置，連鎖關斷供應源
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有流量警報裝置，連鎖關斷供應源
A08	氮氣 purge	調壓閥故障	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有流量警報裝置，連鎖關斷供應源
A09	氮氣 purge	管件漏	purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害	1.更換作業 SOP 2.落實每日點檢、出現異狀立即改正 3.設有流量警報裝置，連鎖關斷供應源
A10	閥件	彈簧片老化	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.進料檢驗程序 2.每日點檢 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)
A11	閥件	閥件鬆脫	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.使用扭力扳手 2.更換閥件後進行正壓測試 3.更換閥件後進行測漏
A12	鋼瓶連接器	損壞	氣體外洩,有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊	氣體外洩,有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.UV IR Detector 3.設有 sprinkler
A14	gasket(材料品	氣體外洩，有人員傷	1.進料檢驗程序

項次	失效因子	失效模式	失效影響	改善建議
	襯墊)	質不良	亡及火災爆炸之危害	2.測漏 3.確實穿戴 PPE(個人防護具)
A15	gasket(襯墊)	安裝不良	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check
A16	gasket(襯墊)	未更換	氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害	1.測漏 2.確實穿戴 PPE(個人防護具) 3.落實二人更換鋼瓶作業程序 double check
A17	調壓閥	調整故障，開度過大	管線洩漏，有火災爆炸之危害	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統
A18	調壓閥	設定錯誤	管線洩漏，有火災爆炸之危害	1.設有過流保護器 2.設置 gas detector 3.設有自動灑水系統 4.auto-switch check 壓力狀態
A19	Exhaust	無作動	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害	1.設有低流量警報 2.設有壓差警報 3.設置 gas detector 4.設有自動灑水系統 5.interlock 機台無法運作
A20	Exhaust	排氣量不足	無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害	1.設有低流量警報 2.設有壓差警報 3.設置 gas detector 4.設有自動灑水系統
A21	Sprinkler	無作動	無法將火燄撲滅造成火災爆炸、人員傷害	1.確認水源有供應 2.確認水壓正常 3.閥件開啟
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down	Chamber 和 pumping 之管線壓力過高，嚴重時，導致 chamber	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統

項次	失效因子	失效模式	失效影響	改善建議
			壓力增高，破裂造成火災爆炸	3.pump 過高壓連鎖系統
B02	Pumping Line	管線阻塞	廢氣無法帶走，壓力上升，有火災爆炸及人員傷害之危害	1.定期 check pump 之背壓 2.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 3.pump 過高壓連鎖系統 4.定期保養及清潔管路
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.不相容物減量 2.增加 N2 purge 量 3.提升 Oring 材質 4.更改 check valve 型式 5.定期更換 6.定期保養測漏
B04	Pumping Line	閥件鬆脫	氣體外洩，有火災爆炸之危害	1.定期更換閥件 2.配件拆裝完會進行 He 測漏 3.chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統
C01	吸附桶	吸附桶飽和	排氣出口端燃燒	1.排氣管為不燃材質 2.吸附桶有壽命監測器及高濃度警報 3.連鎖關斷氣瓶櫃
C02	local scrubber	流量設定錯誤	Processing Gas 反應燃燒不完全，會燒壞出口管線，有火災及人員傷害之危害	1.入口/出口管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障	管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火	1.管線採用防火材質 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置 4.設置緊急 purge N2 5.定期清潔管路
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞	管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.定期進行 exhaust Line 之 PM 3.連鎖關閉裝置

項次	失效因子	失效模式	失效影響	改善建議
				4.設置緊急 purge N2
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大	高溫使 connector 之 O-ring 變質或尾氣溫度過高，嚴重時可能造成外洩及火災爆炸	1.定期 check 管路系統之靜壓值 2.設有溫度偵測器 3.連鎖關閉裝置
C06	local scrubber	O2 測漏失效	因系統為負壓狀態，導致空氣流入管線中與 SiH4 燃燒，有潛在造成回火之危害	1.定期進行 O2 Detector 校正 2.設有溫度偵測器 3.管線採用防火材質 4.定期氬氣測漏



第六章 結論與建議

本文之研究運用FMEA技術，並結合FTA分析法，可得TFT-LCD廠矽甲烷供應系統之潛在失效因子、失效模式，及其失效機率與嚴重度，和對整個系統失效的影響，再決定整個系統哪裡需要改善，提出防範措施以消除和控制。綜合研究調查結果，可歸納下列結論與建議：

1. 台灣半導體工業發展已 30 多年，SEMI、NFPA、FM【19】【20】【21】等規範一直被其遵循並做為廠務各系統與製程機台安全之安全設計查核，以提供安全保護措施。相對其對於矽甲烷供應系統之設備元件安全具有高度之防範措施與安全管理機制。透過FMEA分析，研究結果得知半導體廠矽甲烷供應系統主觀之事故發生機率为 $6.60 \times 10^{-4}/\text{hr}$ ，低於 SEMATECH Silane Safety Improvement Project S71 final Report【2】中所調查統計之矽甲烷事故發生機率为 $1.37 \times 10^{-3}/\text{hr}$ 。而 TFT-LCD 產業於製程設計、建造、與操作，延伸半導體工業之技術與經驗，且同步將 SEMI、NFPA、FM 等規範納入廠內安全規範，本研究結果得出 TFT-LCD 廠矽甲烷供應系統主觀之事故發生機率为 $5.68 \times 10^{-4}/\text{hr}$ ，顯示 TFT-LCD 產業在矽甲烷供應系統之安全性更趨完善。
2. 運用 FMEA 及 FTA 危害分析方法，可分析出鋼瓶作業種類錯誤、鋼瓶作業翻覆、鋼瓶作業碰撞、鋼瓶作業拆錯使用中的氣瓶、氮氣 purge 手動閥誤關、閥件彈簧片老化、閥件鬆脫、鋼瓶連接器未鎖緊、gasket 材料品質不良、gasket 安裝不良、gasket 未更換、調壓閥調整故障開度過大、dry pump Shut Down、Pumping Line 管線阻塞、Bellow、check valve 燒毀、Pumping Line 閥件鬆脫、吸附桶飽和、local scrubber 管線堵塞 pump 故障等 18 項危害尚有安全疑慮，顯示 FMEA & FTA 可供分析工作環境內能造成傷害的不安全的機器設備及其影響，同時也能將不安全個人因素及環境因素納入分析考慮的範圍。

3. Hazop 分析必須藉助腦力激盪，其主要優點為可以刺激創造性，並且產生新的點子，這種創造性尚有賴於一個具有各種不同背景的小組成員彼此相互的經驗交流。分析時以集會討論方式進行，時間需求較長。分析結果往往可能造成工程設計複雜化，過分考慮安全因素。或是發生人員之配置不當，思考方式不當或欠周延，主觀意識太強的困擾。如能和定量之危害分析方法 FTA 並行，可提高危害分析之整體效果，增加可信度。同時也可化解設計小組成員之間因立場或觀點不同而產生的歧見，可參考研究。
4. 過去製程危害分析較偏重在機器設備，較少討論不安全個人因素，經由 FMEA 分析結果，人為不安全因素是導致事故災害發生的重要原因。可提供系統危害分析人員或工安人員參考，進而防範事故的發生
5. 由於 TFT-LCD 廠危害辨識與分析之過程繁複，無法掌握事故真正原因，往往是未能達成再發防止的主因。事故發生的單位，通常是較易即時掌握事故原因及證據的單位。如何創造並鼓勵員工主動報告及接受調查，以能防止再發並持續改進，是各公司應加考慮的事項。建議建立產業工安事故資料庫，以供後續研究者應用。

參考文獻

1. 張一岑，防火與防爆，初版，揚智文化事業股份有限公司，民國 88 年。
2. Terry Roigelstad(SEMATECH-MBP)，John Mosovsky，Jorge Valdes，C.P.Lichtenwalner(AT&T Bell)，1994.
3. 工業技術研究院環境與安全衛生技術發展中心「矽甲烷廠務系統危害辨識與量化風險分析技術手冊」，民國 93 年。
4. 工研院工安衛中心，「工業安全衛生技術之應用及市場調查報告-半導體製造業篇」，民國 87 年。
5. 黃清賢，危害分析與風險評估，再版，三民書局股份有限公司，民國 88 年。
6. 黃清賢，危害分析與風險評估操作手冊，初版，新文京開發出版有限公司，民國 92 年。
7. 小野寺勝重，實踐 FMEA 手法-提升產品或系統的可靠性、維護性、安全性，初版，財團法人中衛發展中心，民國 90 年。
8. 王世煌，工業安全風險評估，初版，揚智文化事業股份有限公司，民國 91 年。
9. 楊昌裔，系統安全設計與危害分析，初版，文京圖書有限公司，民國 89 年。
10. 潘南飛、張嘉倫、江宗霖，「運用失效模式與影響分析進行橋樑上部結構施工之安全評估」。
11. 郭承瑋，「以系統安全管理方法檢核我國軌道運輸之安全—以台鐵站務系統為例」，交通大學，碩士論文，民國 91 年。
12. 林永芬，半導體廠及光電廠化學品供應系統安全基準，行政院勞工安全衛生研究所，民國 88 年。
13. 陳俊勳、張承明，光電廠危害預防研究，初版，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，民國 91 年。
14. 行政院勞工委員會，勞動檢查法，2002。
15. 行政院勞工委員會，勞動檢查法施行細則，2002。
16. 行政院勞工委員會，危險性工作場所審查暨檢查辦法，2005。

17. OSHA 29 CFR part.1910,119 For process Hazard Analysis , 1992 。
18. 李乾銘，可靠度技術的執行與策略，初版，財團法人中衛發展中心，民國 91 年。
19. SEMI Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment, 2003.
20. NFPA318 : Standard for the Protection of cleanroom , 2003 。
21. Factory Mutual : Loss Prevention Data 7-7 : Semiconductor Fabrication,2003 。



附錄一

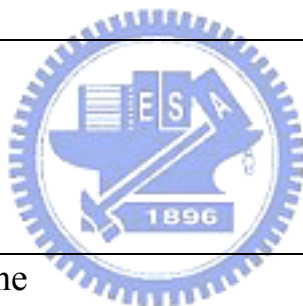
SiH₄物質安全資料表

一、物品與廠商資料

物品名稱：矽甲烷
物品編號：SFS0424024
製造商或供應商名稱、地址及電話： 三福氣體股份有限公司 台北市中山北路二段21號5樓 (02) 25214161
緊急聯絡電話/傳真電話： FAX：

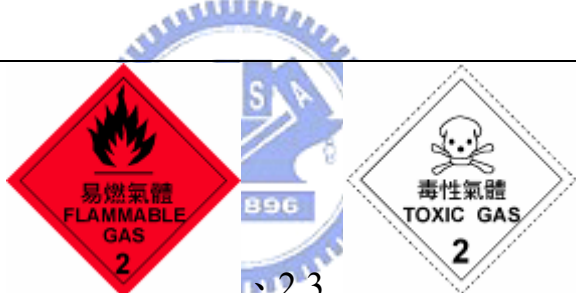
二、成分辨識資料

純物質：



中英文名稱：矽甲烷Silane
同義名稱：四氫化矽，Monosilane，Silicane，Silicon hydride，Silicontetrahydride
化學文摘社登記號碼(CAS No.)：7803-62-5
危害物質成分(成分百分比)：>99%

三、危害辨識資料

最重 要危 害效 應	健康危害效應： 吸入：吸入高濃度的矽甲烷會引起頭痛、頭昏、昏睡、刺激上呼吸道。矽甲烷會刺激黏膜和呼吸系統。高度曝露在矽甲烷會引起肺炎和肺水腫。 眼睛接觸：矽甲烷會刺激眼睛，矽甲烷會分解產生二氧化矽。眼睛接觸到微粒的二氧化矽會感到刺激。 皮膚接觸：矽甲烷會刺激皮膚，矽甲烷會分解產生二氧化矽。皮膚接觸到微粒的二氧化矽會感到刺激。
	環境影響：--
	物理性及化學性危害：--
	特殊危害：自燃性。
主要症狀：--	
	
物品危害分類：2.1、2.3	

四、急救措施

不同暴露途徑之急救方法：

吸入：施救前先做好自身的防護措施以確保自己的安全。如穿戴適當防護裝備，人員採"支援互助小組"方式進行救援。將患者移至新鮮空氣處，立即請人幫忙打電話求救，若意識不清將患者置於復甦姿勢，不可餵食，檢查呼吸維持呼吸道暢通，若呼吸停止由受過訓練之人員施以人工呼吸，若心跳停止立即施以心肺復甦術(CPR)，或給予100%氧氣，對患者保溫，令其舒適，並不時監控其呼吸與脈搏，立即送醫並告知醫療人員曾接觸此物質。

皮膚接觸：皮膚接觸：脫掉受污染衣服，用大量水清洗患部，繼續用水沖洗至少15分鐘，若患者被灼傷，則以冷水沖灼傷局部，保持其涼爽，若患者之顏面、頸部、頭部或胸部被灼傷，則需假設其呼吸道已灼傷，必須由合格醫師緊急救助，結束時用乾淨衣物覆蓋受傷部位，立即送醫。

眼睛接觸：使用溫水緩慢沖洗15分鐘，並不時撐開眼皮沖洗，隱形眼鏡必先除去或用水沖出來，用濕潤棉棒將眼睛任何可移除之異物移除，沖洗完畢用乾淨紗布覆蓋，並以紙膠布固定，立即送醫。

食入：--

最重要症狀及危害效應：--

對急救人員之防護：--

對醫師之提示：矽甲烷與空氣反應會產生二氧化矽，因此皮膚及眼睛必須加強清洗，以完全去除二氧化矽之殘留，如果需要供給氧氣，觀察是否有肺水腫初始症狀。灼傷部分則照一般狀況處理。

五、滅火措施

適用滅火劑：關閉瓶閥，使用水霧以降低燃燒產物的形成。不可使用海龍滅火器，儘量於遠距離以水霧冷卻火災區鋼瓶。

滅火時可能遭遇之特殊危害：自燃性氣體！此產品為無色，會與空氣反應的氣體。此氣體在與空氣接觸時會自燃，釋放出稠密的二氧化矽濃煙。若矽甲烷以高壓或高流速洩漏，可能發生延遲性的爆炸。矽甲烷洩漏時若沒有發生自燃，便要小心有極大危險將發生，亦不可靠近洩漏區。大部份的鋼瓶皆被設計可由瓶閥之破裂片釋放高壓氣體。如果破裂片失效，可能導致爆炸。

特殊滅火程序：疏散所有人員。唯一安全滅火方法是停止氣體流，故如果沒有風險關閉氣源。再依據著火物質進行滅火。使用水霧降低在空氣中燃燒產物的形成。針對矽甲烷的火災，水可能不是有效率的滅火劑。切勿將水柱直接噴向燃燒中的矽甲烷，因

其可能形成可點火或爆炸之混合物，而增加危險。不可使用海龍滅火器。若有可能止住洩漏。未關閉洩漏之氣源前，勿嘗試滅火，這將可以避免混合的可燃性氣體濃度累積或再點燃的可能性。若是微漏，又無法止漏，對人員有危險性不大，讓洩漏之火燄自行燒完畢。在適當的距離噴灑大量的水以冷卻附近的鋼瓶，及洩漏鋼瓶本身，直到火燄自行燒完。大火時，必須在遠距離以無人操作的灑水設備撲滅大火。滅火人員須戴安全眼鏡、空氣呼吸器SCBA、全身性的防護裝備，包括防火衣。如有需要，滅火後的設備可用肥皂及水清洗。

消防人員之特殊防護設備：消防人員須穿著個人防火衣，並攜帶正壓式SCBA。

六、洩漏處理方法

個人應注意事項：

疏散所有人員，隔離洩漏區。矽甲烷是自燃性氣體，與空氣接觸便會自行燃燒，並釋放出未結晶的二氧化矽。意外的洩漏必須由受過訓練的人員依應變計劃程序來處理。一般矽甲烷的洩漏會引起火災，若矽甲烷在高壓下釋放或高流速下，可能發生延遲性的爆炸。矽甲烷洩漏時若沒有發生自燃，便要小心有極大危險將發生，亦不可靠近排放區。如果可行，關閉洩漏源。隔離洩漏容器。若無法止漏，允許洩漏之鋼瓶於在安全地區任其釋放。若鋼瓶洩漏通知供應商。若是製程設備發生洩漏，關鋼瓶閥，安全地排放壓力，於維修前確定使用惰性氣體進行管線沖吹。濃度需低於0.14%，（矽甲烷爆炸下限的10%）人員方可進入。

環境注意事項：避免進入環境。

清理方法：可用肥皂及水清洗。

七、安全處置與儲存方法

處置：使用無火花手工具。不可嘗試修理、調整、修改矽甲烷鋼瓶容器。如

有故障或操作問題，立即聯繫供應商。儘量避免員工單獨操作矽甲烷氣體。所有的作業必須有監視系統監控，以確保緊急應變人員可以掌控洩漏事件地區。矽甲烷的分裝作業區必須有可燃性氣體濃度監控儀器，以確認有無洩漏。監控系統需搭配不斷電供應系統或緊急備用電源。必須有遠端的緊急遮斷閥，以關閉矽甲烷的洩漏源。可考慮使用雙套管、隔膜式閥、囊閥、逆止閥、逆火裝置及限流器(orifice)等。禁止在矽甲烷容器系統中使用packed valve，只可使用packless diaphragm or bellows-type。不要拖、拉、滾、踢鋼瓶，應使用適當鋼瓶專用手推車搬運鋼瓶。禁止嘗試利用瓶蓋來吊升鋼瓶。鋼瓶於使用中必須固定。加裝調壓閥來安全地使用鋼瓶內的氣體。使用逆止閥避免逆流進入鋼瓶。嚴禁煙火。不可對瓶身任何地方加熱。閥出口蓋有時可能累積小量的矽甲烷，故於開啟時需遠離並小心閥出口。當鋼瓶連接到製程時慢慢小心地打開鋼瓶閥。打開瓶閥若遇到任何困難，應停止操作並通知供應商。不可用工具(如板手、螺絲起子等)插進瓶蓋(CAP)二邊開孔內打開瓶蓋，因如此會損壞瓶閥造成洩漏，應使用可調式環狀鏈式板手(StrapWrench)來打開過緊的瓶蓋。確實使用灌氣容器、使用中、殘氣容器之標籤以分辨鋼瓶使用狀況。為避免空氣進入鋼瓶內請勿完全用盡氣體，用畢後請使用扭力板手將閥出品蓋(PLUG)鎖回去。所有的管線和周邊設備必須接地，電子設備必須是無火花式或使用防爆牆。特別注意：避免作業或儲存溫度低於-112°C，因為有可能將空氣吸回鋼瓶內，形成爆炸性混合氣。不可使矽甲烷與鹵重金屬或與自由鹵元素接觸，以免產生激烈反應。必須小心沖吹系統至不含鹵元素。作操作矽甲烷前必須先使用2至3倍的測試壓力作保壓洩漏測試，建議使用氦氣。

儲存：鋼瓶應存放於通風良好、安全且避免日曬雨淋之場所，儲存區溫度不能超過40°C，貯存區不可放置可燃物質、嚴禁煙火、並遠離人員進出繁雜地區和緊急出口。鋼瓶應直立存放並適當鎖緊閥出口蓋(PLUG)及閥保護蓋(CAP)，且瓶身應予固定，殘氣容器、灌氣容器應分開貯放，使用先進先出系統避免貯放過期，定時記錄庫存量。非使用時閥需緊閉，單一儲存區不可超過212Nm³(B規格，30支)的量。遠離熱、

發火源及不相容物如氧化物八公尺以上，或2公尺高、阻火速率至少2小時的防火牆(30公分厚之RC牆)，鋼瓶與牆之距離至少80公分。使用不產生火花且防爆、接地的通風系統與電器設備，避免成為發火源。定期檢查鋼瓶有無缺陷如破損或溢漏等。於適當處所張貼警示標誌。遵循易燃物及壓縮氣體的相關法規規定貯存與處理。儲存處所應裝設洩漏偵測與警報系統。

八、暴露預防措施

工程控制：提供自然或防爆的通風以維持濃度低於爆炸下限。監控工作區，裝置緊急遠端遮斷閥

控制參數：

八小時日時量平均容許濃度 (TWA)：5ppm

短時間時量平均容許濃度 (STEL)：10ppm

最高容許濃度：--

生物指標：--



個人防護設備：

呼吸防護：更換鋼瓶時可使用正壓，全罩式供氣呼吸器具，緊急洩漏時，高濃度時吸入會引起窒息，在爆炸範圍內禁止人員進入，緊急時使用自負式呼吸器(SCBA)。

手部防護：

眼睛防護：全罩面鏡(Goggles)、安全眼鏡。

皮膚及身體防護：皮手套。緊急狀況時穿防火手套及防火衣，洩漏時緊急處理時使用雙層手套。

衛生措施：

1.工作後儘速脫掉污染之衣物，洗淨後才可再穿戴或丟棄，且須告知洗衣人員污染物之危害性。2.工作場所嚴禁抽煙或飲食。
3.處理此物後，須徹底洗手。
4.維持作業場所清潔。
對急救人員之防護：--
對醫師之提示：--

九、物理及化學性質

物質狀態：壓縮氣體	形狀：--
顏色：無色	氣味：窒息性味
pH 值：--	沸點/沸點範圍：--
分解溫度：	閃火點： °F °C
自燃溫度：低於54°C (1300F)	測試方法： 開杯 閉杯
	爆炸界限：下限1.4%上限(UEL)96%
蒸氣壓：--	蒸氣密度：--
密度：0.084lb/ft ³ (1.342g/L)	溶解度：微溶於水

十、安定性及反應性

安定性：安定
特殊狀況下可能之危害反應：與空氣接觸會自燃。
應避免之狀況：鋼瓶應避免溫度超過40°C
應避免之物質：空氣、鹵化物、其它氧化物和濕氣。
危害分解物：：二氧化矽、氫氣。

十一、毒性資料

急毒性：LC50（測試動物、吸收途徑）：9600ppm/4H(鼠、吸入)

局部效應：對眼睛及呼吸道會刺激，但不是腐蝕性氣體，和水接觸後會形成矽酸(silicic acid)會腐蝕皮膚
致敏感性：--
慢毒性或長期毒性：至今無任何紀錄證明長期曝露此氣體有害健康。NPT, IARC, or OSHA Subpart Z 未列入致癌或潛在致癌物。
特殊效應：--

十二、生態資料

可能之環境影響/環境流佈：

水中毒性:美國運輸部(DOT 49CFR)未列入海洋污染物。

移動性:由於空氣中會自燃，在進入土壤前已著火。

生物累積性:不存在環境中，因它會自燃及與空氣接觸而分解。

勿釋放大量進入大氣中，此產品不包含於Class I或Class II破壞臭氧層物質。



十三、廢棄處置方法

廢棄處置方法：

未使用或殘存氣體:將容器回運供應商，不要嘗試去處理。

處置方式：以Scrubbing 焚化方式處理是最常用的方法，需符合法規要求。

十四、運送資料

國際運送規定：

INTERNATIONAL MARITIME DANGEROUS GOODS CODE LABEL :
Flammable gas

美國DOT SHIPPING LABEL: Flammable gas、HAZARD CLASS:2.1

DOT SHIPPING NAME: Silane, Compressed 禁止使用航空器運送。

聯合國編號：UN2203

國內運送規定：運送人員接受”危險物品運送人員專業訓練”。

特殊運送方法及注意事項：在通風良好的卡車上以直立固定的方式運送。不可用後行李箱運送。確認鋼瓶已關緊，閥蓋及瓶蓋已重新裝回並鎖緊。

十五、法規資料

適用法規：

1. 道路交通安全規則。

2. 危險物及有害物通識規則。

3. 高壓氣體勞工安全規則。

4. 空氣污染防制法。



十六、其他資料

參考文獻	三福氣體股份有限公司提供	
製表單位	名稱：	
	地址/電話：	
製表人	職稱：	姓名(簽章)：
製表日期		

各位先生、小姐你好：

本研究目的為促進 SiH₄ 氣體安全管理能力，因此設計此問卷作為瞭解現況的統計及找出最佳之管制機制，做為未來改善方針。所有提供的資料都會保密，冀望由你的協助，讓分析結果的建議可提升 SiH₄ 氣體安全管理的能力。

謝謝你的協助與參與，才使得資料能獲得完整的調查與評估。若你對本研究有興趣，問卷研究結論將提供貴公司參考。隨函附上回郵信封，敬請協助填答完成後，於 **95.08.18** 前回遞。最後，再一次謝謝您的幫忙。

祝你 健康 愉快

國立交通大學產業安全與防災碩士在職專班

研究生 王嘉麟 敬上
指導教授 金大仁教授

E-mail：

地址：

TEL：



壹、基本資料(本資料絕對保密)

1. 公司名稱：_____
2. 填寫人員姓名：_____ E-mail：_____
- 服務部門：1)環安 2)廠務 3)其他_____ 聯絡電話：_____
- 職稱：1)處長以上 2)經理 3)副理 4)組長 5)工程師 6)其他_____
3. 貴公司所屬產業：
1)光電業
2)半導體業
4. 在貴公司服務多久時間：1) 1 年 2) 2 年 3) 3~5 年 4) 5 年以上

貳、風險分析參考依據

1. 失誤機率與改善後再發生頻率：參考依據如下所示

等級區分		預期發生頻率
分級	說明	
5	很高	一年發生三次以上(含3次)。
4	高	一年發生一次以上或二次以下。 (三年內發生一次以上，但一年不超過一次)
3	中等	約一至五年發生一次(五年發生一次以上)。
2	很低	約五年發生一次。(五年不超過一次)
1	幾乎不可能	不太可能發生。

2. 嚴重性：參考依據如下所示(以嚴重度最高為代表)

等級區分		財產損失	生產損失	人員傷亡或職業病
等級	嚴重度			
5	重大	在一千萬以上	停工一個月以上	一人死亡或三人嚴重受傷
4	高度	100萬到一千萬元之間	停工二週以上，一個月以下	二人以上之嚴重傷害
3	中度	10萬到100萬元間	停工一週以上，二週以下	需要住院醫療之嚴重傷害
2	低度	1萬到10萬元之間	停工一天以上，一週以下	需要醫療處理的傷害
1	輕微	小於1萬元或輕微受損，無明顯損失	短暫停工，無明顯損害	不需或僅需一般處理之傷害或疾病

參、以下請根據貴公司目前之實際狀況給予評量，請你在最能代表您的意見之處打✓，及於其他()處填入相關意見。

表一 氣體供應端 FMEA 分析表

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
A01	鋼瓶作業	種類錯誤						遇不相容物，造成火災爆炸						<input type="checkbox"/> 1. 不相容氣體分開儲存 <input type="checkbox"/> 2. 落實二人更換鋼瓶作業程序 double check <input type="checkbox"/> 3. SiH4 鋼瓶的顏色與其他的顏色不同。 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A02	鋼瓶作業	翻覆						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 鋼瓶有防撞設備 <input type="checkbox"/> 2. 搬運作業 SOP <input type="checkbox"/> 3. 搬運人員加強教育訓練 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A03	鋼瓶作業	碰撞						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 鋼瓶有防撞設備 <input type="checkbox"/> 2. 搬運作業 SOP <input type="checkbox"/> 3. 搬運人員加強教育訓練 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A04	鋼瓶作業	拆錯使用中的氣瓶						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 設有安全鎖，關閉後才能更換 <input type="checkbox"/> 2. 落實二人更換鋼瓶作業程序 double check <input type="checkbox"/> 3. 確實穿戴 PPE(個人防護具) <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
A05	氮氣 purge	手動閥誤關						purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害						<input type="checkbox"/> 1. 更換作業 SOP <input type="checkbox"/> 2. 落實每日點檢、出現異狀立即改正 <input type="checkbox"/> 3. 設有警報裝置，連鎖關斷供應源 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A06	氮氣 purge	氣動閥故障						purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害						<input type="checkbox"/> 1. 更換作業 SOP <input type="checkbox"/> 2. 落實每日點檢、出現異狀立即改正 <input type="checkbox"/> 3. 設有警報裝置，連鎖關斷供應源 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A07	氮氣 purge	氮氣供應不足						purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害						<input type="checkbox"/> 1. 更換作業 SOP <input type="checkbox"/> 2. 落實每日點檢、出現異狀立即改正 <input type="checkbox"/> 3. 設有警報裝置，連鎖關斷供應源 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A08	氮氣 purge	調壓閥故障						purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害						<input type="checkbox"/> 1. 更換作業 SOP <input type="checkbox"/> 2. 落實每日點檢、出現異狀立即改正 <input type="checkbox"/> 3. 設有警報裝置，連鎖關斷供應源 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A09	氮氣 purge	管件漏						purge 不完全，管線內仍含有 SiH ₄ ，於拆換鋼瓶時有潛在造成火災及人員傷亡之危害						<input type="checkbox"/> 1. 更換作業 SOP <input type="checkbox"/> 2. 落實每日點檢、出現異狀立即改正 <input type="checkbox"/> 3. 設有警報裝置，連鎖關斷供應源 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
A10	閥件	彈簧片老化						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 進料檢驗程序 <input type="checkbox"/> 2. 每日點檢 <input type="checkbox"/> 3. 確實穿戴 PPE(個人防護具) <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A11	閥件	閥件鬆脫						氣體外洩，有火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 使用鉗力板手 <input type="checkbox"/> 2. 更換閥件後進行正壓測試 <input type="checkbox"/> 3. 更換閥件後進行測漏 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A12	鋼瓶連接器	損壞						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 測漏 <input type="checkbox"/> 2. UV IR Detector <input type="checkbox"/> 3. 設有 sprinkler <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A13	鋼瓶連接器	未鎖緊						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 測漏 <input type="checkbox"/> 2. UV IR Detector <input type="checkbox"/> 3. 設有 sprinkler <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A14	gasket(襯墊)	材料品質不良						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 進料檢驗程序 <input type="checkbox"/> 2. 測漏 <input type="checkbox"/> 3. 確實穿戴 PPE(個人防護具) <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
A15	gasket(襯墊)	安裝不良						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 測漏 <input type="checkbox"/> 2. 確實穿戴 PPE(個人防護具) <input type="checkbox"/> 3. 落實二人更換鋼瓶作業程序 double check <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A16	gasket(襯墊)	未更換						氣體外洩，有人員傷亡及火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 測漏 <input type="checkbox"/> 2. 確實穿戴 PPE(個人防護具) <input type="checkbox"/> 3. 落實二人更換鋼瓶作業程序 double check <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A17	調壓閥	調整故障，開度過大						管線洩漏，有火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 設有過流保護器 <input type="checkbox"/> 2. 設置 gas detector <input type="checkbox"/> 3. 設有自動灑水系統 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A18	調壓閥	設定錯誤						管線洩漏，有火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 設有過流保護器 <input type="checkbox"/> 2. 設置 gas detector <input type="checkbox"/> 3. 設有自動灑水系統 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
A19	Exhaust	無作動						無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害						<input type="checkbox"/> 1. 設有低流量警報 <input type="checkbox"/> 2. 設置 gas detector <input type="checkbox"/> 3. 設有自動灑水系統 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A20	Exhaust	排氣量不足						無法將洩漏氣體排出，造成蓄積，引起火災爆炸、人員傷害						<input type="checkbox"/> 1. 設有低流量警報 <input type="checkbox"/> 2. 設置 gas detector <input type="checkbox"/> 3. 設有自動灑水系統 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
A21	Sprinkler	無作動						無法將火燄撲滅造成火災爆炸、人員傷害						<input type="checkbox"/> 1. 確認水源有供應 <input type="checkbox"/> 2. 確認水壓正常 <input type="checkbox"/> 3. 閥件開啟 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

表二 機台端 FMEA 分析表

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
B01	Pumping Line	dry pump Shut Down						Chamber 和 pumping 之管線壓力過高，嚴重時，導致 chamber 壓力增高，破裂造成火災爆炸						<input type="checkbox"/> 1. 定期 check pump 之背壓 <input type="checkbox"/> 2. chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
B02	Pumping Line	管線阻塞						廢氣無法帶走，壓力上升，有火災爆炸及人員傷害之危害						<input type="checkbox"/> 1. 定期 check pump 之背壓 <input type="checkbox"/> 2. chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
B03	Pumping Line	Bellow、check valve 燒毀						氣體外洩，有火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 不相容物減量 <input type="checkbox"/> 2. 增加 N2 purge 量 <input type="checkbox"/> 3. 提升 Oring 材質 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
B04	Pumping Line	閥件鬆脫						氣體外洩，有火災爆炸之危害						<input type="checkbox"/> 1. 定期更換閥件 <input type="checkbox"/> 2. 配件拆裝完會進行 He 測漏 <input type="checkbox"/> 3. chamber 系統設有高壓警報及連鎖作動系統 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

表三 除害設備 FMEA 分析表

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
C01	吸附桶	吸附桶飽和						排氣出口端燃燒						<input type="checkbox"/> 1. 排氣管為不燃材質 <input type="checkbox"/> 2. 吸附桶有壽命監測器及高濃度警報 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關斷氣瓶櫃 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
C02	local scrubber	流量設定錯誤						Processing Gas 反應燃燒不完全，會燒壞出口管線，有火災及人員傷害之危害						<input type="checkbox"/> 1. 入口/出口管線採用防火材質 <input type="checkbox"/> 2. 設有溫度偵測器 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉裝置 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
C03	local scrubber	管線堵塞，pump 故障						管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火						<input type="checkbox"/> 1. 管線採用防火材質 <input type="checkbox"/> 2. 設有溫度偵測器 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉裝置 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
C04	local scrubber	exhaust line 阻塞						管線堵塞導致 pump 瞬間跳掉時，嚴重時會導致管線中氣體逆流及 local scrubber 回火						<input type="checkbox"/> 1. 定期 check 管路系統之靜壓值 <input type="checkbox"/> 2. 定期進行 exhaust Line 之 PM <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉裝置 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

項次	失效因子	失效模式	失誤機率					失效影響	嚴重性					預防措施(可複選)	改善後再發生頻率				
			很高	高	中等	很低	幾乎不可能		重大	高度	中度	低度	輕微		很高	高	中等	很低	幾乎不可能
			5	4	3	2	1		5	4	3	2	1		5	4	3	2	1
C05	local scrubber	冷卻風量不足，製程廢氣流量過大						高溫使 connector 之 O-ring 變質或尾氣溫度過高，嚴重時可能造成外洩及火災爆炸						<input type="checkbox"/> 1. 定期 check 管路系統之靜壓值 <input type="checkbox"/> 2. 設有溫度偵測器 <input type="checkbox"/> 3. 連鎖關閉裝置。 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					
C06	local scrubber	O2 測漏失效						因系統為負壓狀態，導致空氣流入管線中與 SiH4 燃燒，有潛造成回火之危害						<input type="checkbox"/> 1. 定期進行 O2 Detector 校正 <input type="checkbox"/> 2. 設有溫度偵測器 <input type="checkbox"/> 3. 管線採用防火材質 <input type="checkbox"/> 4. 以上皆是 <input type="checkbox"/> 5. 其他()					

問卷到此結束，辛苦你了！謝謝你的回答。

