

矽甲烷槽車供應系統安全性研究

Research on Silane Tank Car Supply System Security



矽甲烷槽車供應系統安全性研究 ILOSH103-S318

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

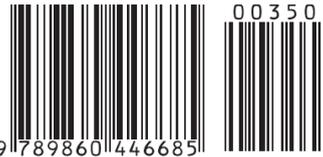
勞動部勞動及職業安全衛生研究所



INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

地址：新北市汐止區橫科路407巷99號
電話：(02) 26607600
傳真：(02) 26607732
網址：<http://www.ilosh.gov.tw>

ISBN 978-986-04-4668-5



9 789860 446685

GPN:1010400740

定價：新台幣350元

矽甲烷槽車供應系統安全性研究

Research on Silane Tank Car Supply System Security

矽甲烷槽車供應系統安全性研究

Research on Silane Tank Car Supply System Security

研究主持人：曹常成、謝明宏

計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

研究期間：中華民國 103 年 6 月至 103 年 12 月

本研究報告公開予各單位參考
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
中華民國 104 年 6 月

摘要

近年來，台灣在半導體及液晶面板業者積極投資擴建下，已成為全球主要生產製造地區，隨台灣薄膜太陽能電池陸續投產，對矽甲烷的需求也將呈倍數增加。依業者估計台灣及全球矽甲烷需求量在 2014 年分別為 1,100 公噸與 4,400 公噸，到 2017 年將成長為 1,400 公噸與 6,000 公噸，面對國內、外如此龐大之需求，目前國內矽甲烷之供應僅靠目前容積僅 45 公升氣體鋼瓶或 450 公升之 Y 鋼，已無法滿足中下游業者或未來國外客戶之需求了。再者由於矽甲烷為一自燃性與毒性氣體，其在鋼瓶拆或裝過程為矽甲烷氣體氣洩漏風險最高之作業，基此，為了降低矽甲烷鋼瓶在更換鋼瓶之洩漏風險及有效降低運輸之成本考量下，進一步比照歐、美、日與韓國等提供 ISO Module 或 Tube trailer 管式拖車(容積為 1,218-2,633 公升)給客戶成為不可避免之趨勢，隨著容積及供應模式改變，其衍生而至之大宗矽甲烷槽車供應系統安全性研究便為一不能忽視之重要課題了。

本案首先收集國內外矽甲烷事故案例並進行災因探討，共彙整出國內外 31 個矽甲烷事件案例，其中國內 14 件(含未揭露 11 件)、國外 17 件。接著對國內 22 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查，其中上游矽甲烷製造業 2 家、矽甲烷充填與供應業 6 家及末端使用業 14 家。在 22 家業者之意見回覆中，一致認為矽甲烷相關作業之更換鋼瓶作業，為最具潛在危險之部分。因此，未來個別矽甲烷相關業者宜強化更換鋼瓶作業之安全管理和監督。雖然開放大宗矽甲烷槽車運輸對業者不論在成本、人力之節省以及危害發生機率之降低等，都有明確之優勢與好處。但業者站在以企業整體風險考量，更擔心如此大量之矽甲烷(含使用中和備品)置放在地小、人稠且與居民過近條件下，一旦發生狀況，其後果衝擊是業者不敢想像。基此；高達 86%之業者認為在前述憂慮未能有效解決前，並不考慮採用大宗矽甲烷槽車取代現有者。

有鑑於矽甲烷之相關作業中更換鋼瓶作業，為最具潛在危險之部分，本研究也對

矽甲烷操作人為失誤進行分析，同時對矽甲烷供應系統進行風險評估，再依據研究成果、國際矽甲烷相關規範與國內相關法規，研訂矽甲烷及矽甲烷混合氣之儲存與處置規範、矽甲烷之槽車供應系統安全規範和編撰矽甲烷槽車供應系統緊急應變及注意事項。這些研究結果將可提供主管機關作為修訂現行法令與矽甲烷安全之重要參考依據，更期待此研究成果能有效協助提升矽甲烷產製與供應產業界損害防阻模式與風險管理，有效降低國內矽甲烷之工安事故，進而增進國際競爭力。

關鍵字: 矽甲烷，槽車供應系統，緊急應變。

Abstract

In recent years, under the investment and expansion effort of semiconductor and LCD panel industries in Taiwan, Taiwan has become a main production area and supplier in the global market. With the development of thin film solar cell, demands for silane are on the rise. Manufacturers estimate that, the demand for silane in the global market for 2014 was 4,400 tons, and will grow to 6,000 tons by 2017. In view of this enormous demand, presently used vessels of 45l cylinders and 450l tonners could no longer meet the demands of downstream users. If mass vessels like ISO Module or Tube trailers (content area 1,218-2,633 liter) of Europe, America, Japan and South Korea are used, it is imminent that new safety measures for mass silane tank car's supply system be developed for Taiwan.

In this research, we focus on the safety study of supply system of silane tank car. We collect silane related regulations and discuss silane related accidents worldwide. There were 14 major silane related incidents in Taiwan, including 11 undisclosed ones; plus 17 accidents in other countries. We survey 22 silane related operation companies, of which two are upstream, six mid-stream and 14 downstream (end users). According to the feedback data, most companies would not use mass silane tank car to replace the vessels they now used until the risk of mass silane leakage are well controlled, especially in storage and during transport.

To further explore risk information of mass silane supply system, we conduct human-based operational failure analysis, and process the risk assessment of mass silane supply system. Based on our study results, we formulate storage safety and handling regulations for silane and silane mixture, as well as safety regulations for tank car of mass silane supply system. We also edit emergency response and notice guidelines for mass silane tank car's supply system. We hope the results of this study will be of key reference for administrative departments to revise existing regulations and help to decrease the rate of industrial accidents.

Keywords: silane; supply system of tank car; emergency response

目錄

摘要.....	i
Abstract	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
第一節 矽甲烷使用現況.....	1
第二節 研究回顧.....	4
第二章 國內 16 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況調查.....	5
第一節 國外案例.....	5
第二節 國內案例.....	8
第三節、國內矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查.....	12
第三章 矽甲烷操作人為失誤分析.....	29
第一節 JSA 工作安全分析表.....	30
第四章 矽甲烷供應系統風險評估.....	43
第一節 危害與可操作性分析工作表.....	49
第二節 四氫化矽洩漏危害模擬與後果分析.....	102
第五章 矽甲烷及矽甲烷混合器之儲存與處置規範.....	108
第一節 目的(參考 SEMI S18).....	108

第二節 範圍(參考 CGA13、SEMI S18)	108
第三節 儲存及使用	110
第四節 鋼瓶系統規劃	121
第五節 大宗氣源系統規劃	123
第六節 管線及元件	126
第七節 氣體及火焰偵測	132
第八節 消防系統(依據 NFPA318、FM 7-91、G13)	135
第九節 通風系統	137
第十節 殘氣排氣及處理設備	142
第十一節 掃氣氣體系統	144
第十二節 電氣需求	147
第十三節 基本監控要求	149
第十四節 風險評估	150
第十五節 設備安全	150
第六章 矽甲烷槽車供應系統安全規範	153
第一節目的與範圍	153
第二節使用之專有名詞	153
第三節 室外儲存及使用	160
第四節 火焰偵測	170
第五節 消防設施	170
第六節 通風系統	172
第七節 尾氣處理系統	172
第八節 凈化氣體系統	174
第九節 電氣設施	175

第十節 風險評估.....	177
第十一節 容器與管線測試.....	177
第十二節 矽甲烷進氣系統無人操控建議事項.....	179
第七章 矽甲烷槽車供應系統緊急應變及注意事項.....	181
第一節 目的.....	182
第二節 適用範圍.....	182
第三節 應用限制.....	182
第四節 名詞解釋.....	182
第五節 注意事項.....	182
第六節 矽甲烷槽車供應系統緊急應變.....	190
第八章 結論與建議.....	205
第一節 相關問題探討.....	205
第二節 建議事項.....	207
致謝.....	208
參考文獻.....	209

圖目錄

圖 1 政府開放框架式槽車或管式拖車，上游是否支持	19
圖 2 政府開放框架式槽車或管式拖車，上游認為會不會造成經營之衝擊	19
圖 3 政府開放框架式槽車或管式拖車，中游是否支持	20
圖 4 政府開放框架式槽車或管式拖車，中游認為會不會造成經營之衝擊	21
圖 5 是否支持政府開放大宗矽甲烷以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼	22
圖 6 上中下游是否採用/支持槽車或管式拖車	23
圖 7 上中下游不採用/不支持槽車或管式拖車	25
圖 8 HAZOP 分析流程圖	44
圖 9 嚴重性辨識原則	47
圖 10 可能性的辨識原則	47
圖 11 供應系統管路儀表圖	48
圖 12 1,000PSI、破洞口徑 0.025M 之健康危害模擬圖	105
圖 13 1,000PSI、破洞口徑 0.025M 之擴散爆炸模擬圖	105
圖 14 1,000PSI、破洞口徑 0.025M 之噴射火焰模擬圖	107
圖 15 防止火焰侵入的支撐結構	118
圖 16 典型的終端用戶室外鋼瓶配置	119
圖 17 顯示典型的大宗源容器配置情況	120
圖 18 典型的矽烷控制面板	121
圖 19 典型的矽烷掃氣氣體面板	122
圖 20 典型的大宗系統製程流程圖	124
圖 21 惰性掃氣氣體流動示意圖	145
圖 22 室內場所示意	155

圖 23 矮牆示意圖 A	156
圖 24 矮牆示意圖 B.....	156
圖 25 矮牆示意圖 C.....	157
圖 26 室外示意圖	157
圖 27 顯示典型的大宗矽甲烷設施配置情形	163
圖 28 典型的大宗矽甲烷設施配置方式	164
圖 29 大宗矽甲烷設施短牆距離高度及配置說明	165
圖 30 典型的大宗矽甲烷系統設施	166
圖 31 典型的迫淨系統	174
圖 32 矽甲烷氣體洩漏應變流程圖	193
圖 33 矽甲烷氣體洩漏無火災應變流程圖	194
圖 34 矽甲烷起體洩漏爆炸應變流程圖	195
圖 35 矽甲烷氣體洩漏引發一般火災之應變流程圖	196
圖 36 矽甲烷洩漏引發大火之應變流程圖	197
圖 37 防災應變組織圖	198

表目錄

表 1 我國、大陸及全球矽甲烷需求量(單位:公噸).....	1
表 2 國外矽甲烷重大災害案例彙整表	6
表 3 國內有通報矽甲烷災害案例彙整表	9
表 4 國內未通報矽甲烷災害案例彙整表	10
表 5 矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查之廠家訪視規劃名冊.....	13
表 6 廠家回饋整理表.....	17
表 7 若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持(上游廠商).....	18
表 8 若政府開放框架式槽車或管式拖車，是否造成經營上之衝擊(上游廠商).....	19
表 9 若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持(中游廠商).....	20
表 10 若政府開放框架式槽車或管式拖車，是否造成經營上之衝擊(中游廠商).....	21
表 11 若開放大宗矽甲烷是否會以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼(下游廠商)	22
表 12 上中下游是否採用/支持槽車或管式拖車(採用原因).....	23
表 13 上中下游不採用/不支持槽車或管式拖車	24
表 14 JSA(氣瓶櫃鋼瓶更換)	30
表 15 JSA(Y-鋼更換).....	35
表 16 最初 HAZOP 分析引導字與意義.....	44
表 17 嚴重性等級	45
表 18 設備/設施之對應說明	45
表 19 可能性等級	46
表 20 風險等級	46
表 21 改善建議執行表	46
表 22 危害程度之判斷基準表	103

表 23 儲存或使用之鋼瓶源至室外暴露間之最小距離	114
表 24 室外儲存或使用之矽烷拖車、ISO 模組及大於 450L 容器的暴露距離	116
表 25 無監控操作下氣瓶櫃及 VMB 之最小通風容積流率	140
表 26 監控操作下，抽風箱體之最小通風容積流率	141
表 27 濃度超過 1.37%（容積比）之矽烷系統室內電氣設備	147
表 28 濃度超過 1.37%（容積比）之矽烷系統室外電氣設備	148
表 29 濃度超過 1.37%（容積比）矽烷系統之室內監控需求	149
表 30 濃度超過 1.37%（容積比）矽烷系統之室外監控需求	150
表 31 專有名詞之英文	153
表 32 儲存或使用內容積 450 公升以下之矽甲烷容器 與不同場所類型應隔離之距離	161
表 33 室外儲存或使用內容積超過 450 公升之矽甲烷容器 與不同場所應隔離之最小距離	162
表 34 濃度超過 1.37%（體積比）之矽甲烷系統室外電氣設備規範	176
表 35 濃度超過 1.37%（體積比）矽甲烷系統之室外監控需求	177
表 36 緊急應變程序表	199
表 37 事故廠內緊急連絡表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)	201
表 38 場內應變器材與急救設備一覽表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)	202
表 39 事故廠外緊急連絡表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)	203
表 40 緊急事故應變處理步驟	204

第一章 緒論

第一節 矽甲烷使用現況

近年來，我國在半導體、液晶面板業、太陽能光電及多晶矽產製者積極投資擴建下，已成為全球主要生產製造地區，對四氫化矽的需求也將不斷地增加。依據國內高科技產業預估，矽甲烷在 2014 年至 2017 間全球需求量如表 1 所示，其中台灣及全球矽甲烷需求量在 2014 年分別為 1,100 公噸與 4,400 公噸、2015 為 1,200 公噸與 4,800 公噸、2016 年為 1,500 公噸與 5,500 公噸，到 2017 年為 1,400 公噸與 6,000 公噸。面對國內與國際產業龐大之需求，國內矽甲烷從早期全部仰賴進口，到 2014 年四月除了原有亞東、聯華、三福和中普氣體公司從國外進口，再分裝成 45 公升氣體鋼瓶(Cylinder)或 450 公升之 Y 鋼(Tonner)供應給前述產業外，目前亦有多家公司直接生產矽甲烷如福聚太陽能(產能 8,000m³/y)、實聯特殊氣體材料(產能 600m³/y)、科冠能源科技(產能 6,000m³/y，目前甲類危險性工作場所審查中)，寶德能源科技公司(產能 6,000m³/y，興建中)，這些矽甲烷產製公司除了提供自我製程所需外，亦可以提供國內及國外之需求，此時我國便從矽甲烷進口國，一躍成為矽甲烷之出口國。

表 1 我國、大陸及全球矽甲烷需求量(單位:公噸)

年 國家	2014	2015	2016	2017
中華民國	1,100	1,200	1,400	1,500
大陸	1,200	1,400	1,600	1,800
全球	4,400	4,800	5,500	6,000

資料來源:科冠能源科技公司

然而，矽甲烷為一自燃性氣體，於常溫下與空氣接觸無須火源即可燃燒且擁有極低的燃燒下限(1.37%)，同時也是毒性氣體，對人體有窒息性影響。國內民國 100 年 9 月 16 日中部某光電大廠發生 Y 鋼矽甲烷氣體外洩事件，雖無人傷亡

但對其商譽則有重大衝擊。民國 94 年 11 月 23 日台南科學園區某家太陽能電池廠於更換第一生產區後方氣體室進行矽甲烷鋼瓶更換作業時，發生矽甲烷洩漏，接著爆炸引發大火，造成 1 死 17 傷。而與我國經濟模式相仿的日本至今就已發生過數起因矽甲烷生產製造及儲存處理意外所引起的事故，計有 1982 年宮崎縣 LSI 工廠矽甲烷排氣導管中起火燃燒、1990 年群馬縣半導體工廠火災事故及 1991 年大阪市大學實驗室外洩爆炸造成 2 人死亡等，根據日本官方統計，自 1988 至 1998 年日本國內半導體廠事故中，因氣體外洩所造成的意外事故中，有 59 % 是矽甲烷的洩漏所造成的，佔了絕大部份的比例。

因此不論由原先之各大氣體公司或近幾年所成立矽甲烷產製企業，面對國內、外如此龐大之需求，矽甲烷之供應僅靠目前容積僅 45 公升氣體鋼瓶或 450 公升之 Y 鋼，已無法滿足中下游業者或未來國外客戶之需求了。再者由於矽甲烷為一自燃性(燃點-50°C)與毒性氣體(PEL-TWA:5ppm)，其在鋼瓶拆或裝過程中為矽甲烷氣體氣洩漏風險最高之作業，基此；為了降低矽甲烷鋼瓶在更換鋼瓶之洩漏風險及有效降低運輸之成本考量下，進一步比照歐、每、日與韓國等提供 ISO Module 或 Tube trailer 管式拖車(1,218-2,633 公升)給客戶成為不可避免之趨勢。

當裝填矽甲烷容器體積由原先之 45 公升或 450 公升增大到 2,633 公升時，不論從生產、灌裝及儲存作業乃至輸送皆應嚴陣以對，如從生產工廠運輸至業者或至港口，在地小人稠之台灣，若有意外或緊急事故發生，如何避免火災爆炸危害，有效降低人員傷亡、財產損失、營運中斷及環境之衝擊等等，這使得大宗矽甲烷槽車供應系統安全性研究便為一不能忽視之重要課題了。

本研究即聚焦在探究大宗矽甲烷槽車供應系統安全性，首先會先進行針對國內 16 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查，同時收集國內外矽甲烷事故案例並進行災因探討，再據此研訂矽甲烷及矽甲烷混合氣之儲存與處置規範、矽甲烷之槽車供應系統安全規範和編撰矽甲烷槽車供應系統緊急應變及注意事項。這些研究結果將提供主管機關作為修訂現行法令與矽甲烷安全之重要參考依據更能協助提升矽甲烷產製與供應產業界損害防阻模式與風險管理，有效降低國內矽

甲烷之工安事故，進而增進國際競爭力。

第二節 研究回顧

近年來，台灣在半導體及液晶面板業者積極投資擴建下，已成為全球主要生產製造地區，隨台灣薄膜太陽能電池陸續投產，對矽甲烷的需求也將呈倍數增加。依業者估計在 2014 年至 2017 台灣及全球矽甲烷需求量在 2014 年分別為 1,100 公噸與 4,400 公噸到 2017 年為 1,400 公噸與 6,000 公噸，面對國內、外如此龐大之需求，目前國內矽甲烷之供應僅靠目前容積僅 45 公升氣體鋼瓶或 450 公升之 Y 鋼，已無法滿足中下游業者或未來國外客戶之需求了。再者由於矽甲烷為一自燃性與毒性氣體，其在鋼瓶拆或裝過程中為矽甲烷氣體氣洩漏風險最高之作業，基此；為了降低矽甲烷鋼瓶在更換鋼瓶之洩漏風險及有效降低運輸之成本考量下，進一步比照歐、美、日與韓國等提供 ISO Module 或 Tube trailer 管式拖車(1,218-2,633 公升)給客戶成為不可避免之趨勢，其衍生而至之大宗矽甲烷槽車供應系統安全性研究便為一不能忽視之重要課題了。

故本研究目的即是探究大宗矽甲烷槽車供應系統安全性，首先會先進行針對國內 16 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查，同時收集國內外矽甲烷事故案例並進行災因探討，再據此研訂矽甲烷及矽甲烷混合氣之儲存與處置規範、矽甲烷之槽車供應系統安全規範和編撰矽甲烷槽車供應系統緊急應變及注意事項。這些研究結果將提供主管機關作為修訂現行法令與矽甲烷安全之重要參考依據更能協助提升矽甲烷產製與供應產業界損害防阻模式與風險管理，有效降低國內矽甲烷之工安事故，進而增進國際競爭力。

第二章 國內 16 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況調查

唐太宗曾說「以史為鏡可以知興替，以銅為鏡可以整衣冠，以人為鏡可以之得失」。基此；藉由蒐集國內、外矽甲烷事故案例，並探究其災因，方能明瞭如何預防和避免同樣事件與類似事件之發生，更可以讓我們知道如何更安全與正確的面對與處理矽甲烷氣體，尤其是大中之矽甲烷供應系統。如民國 100 年中部科學園區某光電廠矽甲烷洩漏火災為例，該事件可能肇因於氣體供應商所提供的矽甲烷 Y 鋼，只裝設熱熔栓而未裝設破裂片，導致矽甲烷鋼瓶於高壓下(1,000Psig)經由熱熔栓洩漏並導致火災，此事件可讓矽甲烷之上游供氣者、中游之輸送業及下游之製造使用業者，都能正視矽甲烷鋼瓶熱熔栓和破裂片是否落實裝設議題。同樣的探究其他國內、外矽甲烷及槽車供應系統之案例，將更有助於本案在後續相關規範、緊急應變和注意事項撰寫時將其納入，以有效預防國內業者發生同樣類似之災害事件。

研究團隊除藉由國內外產物保險公司蒐集矽甲烷災害案例外，亦透過國內、外矽甲烷製造商、供應商及使用端業者彙整全球矽甲烷相關災害案例，結果如下：

第一節 國外案例

國際上矽甲烷之大量製造與使用迄今已近五十年，而隨著高科技產業有之蓬勃發展，矽甲烷之生產和使用量亦隨之提升，研究團隊蒐集與矽甲烷製造、運輸和使用之重大案例從 1970 年至 2012 年底止共計約 17 起，將依時間、地點、人員傷亡及災因分析等項目進行整理，彙整結果如下表 2 所示：

表 2 國外矽甲烷重大災害案例彙整表

時間	地點	人員傷亡	災因分析
1974 年	美國芝加哥市 Calumet 港	無人傷亡	四氯化矽(SiCl ₄)的儲槽槽體與連接管線間的防震軟管洩漏，洩漏量約 284,000 加侖(1,075m ³)，致產生大量的酸性霧滴逸散至周界大氣環境。
1976 年	德國	1 人死亡	德國一家公司矽甲烷排放到氣櫃中，並沒有馬上引燃，突然引爆，造成一名研究員死亡。
1988 年	美國新澤西州 Gollub 分析實驗室	3 人死亡 1 人重傷	44 公升被氧化亞氮(N ₂ O)污染的純矽甲烷氣體鋼瓶，在美國境內運送，抵達新澤西州 gollub 分析實驗室時，操作人員試著將鋼瓶內氣體排放時，矽甲烷氣體鋼瓶爆炸，造成三人死亡，一人重傷。
1989 年	日本	1 人死亡 3 人受傷	於更換供給矽甲烷氣體之鋼瓶時，發生矽甲烷氣體外洩，於氣瓶櫃內控制用儀表箱內發生爆炸，造成附近作業員 1 名死亡，1 名重傷、2 名輕傷。
1991 年	日本大阪大學基礎科技部門實驗室	2 人死亡 6 人受傷	矽甲烷及氧化亞氮(N ₂ O)產生了混合氣體，逆止閥內之 O 型環因氧化亞氮作用而劣化，逆止機能受損。氧化亞氮於逆止閥逆流，經由各氣體共通之沖除管路，流入矽甲烷容器。當時學生不知為何原因而關閉了閥件，沖除管路之混合氣體經壓縮後發熱並着火，火焰經配管逆流到容器內，突然在容器內爆炸，造成 2 名學生死亡，6 名輕傷。
1994 年	美國加州埃爾塞貢多	無人傷亡	國際整流器公司晶圓製造研發部實驗室設備技術人員正在更換 013 和 014 爐的矽甲烷氣體鋼瓶，當他聽到一個響亮的嘶嘶聲，在爆炸前他立即關閉爐門，該名員工沒有受傷，經調查顯示，該名員工未受更換氣體鋼瓶之訓練，沒有資格更換矽甲烷氣體鋼瓶。
1994 年	美國弗羅里達州	無人傷亡	三氯矽甲烷施車卸料傳送管斷裂，導致儲槽的三氯矽甲烷逆流洩漏，洩漏量 5,000 加侖。

1996 年	日本靜岡縣	1 人死亡	操作者更換鋼瓶時忘記將墊片(Washer)裝回，經過沖吹數分鐘後，氣瓶櫃突然爆炸，造成 1 人死亡。
1997 年	美國密西根州 Midland 市	無人傷亡	三氯矽甲烷高架管線腐蝕外洩，洩漏量共 5,000 磅。
1998 年	美國華盛頓州 Mors Lake 市	2 人死亡	製程管線破裂，造成四氯化矽與三氯矽甲烷混合物外洩，洩漏量約 34,000 磅，造成 2 人死亡。
1999 年	美國馬薩諸塞州	1 人受傷	Boc Edwards 公司一名員工在檢查矽甲烷鋼瓶時，將鋼瓶接頭上緊，鋼瓶氣體發生洩漏引發自燃現象，該名員工未配戴個人防護器具，雙手受到二度灼傷。
2003 年	美國	無人傷亡	矽甲烷洩漏發生在鋼瓶閥門出口連接的側漏孔處，因鐵氟龍墊片經過八天的使用變形，洩漏後自燃將近六小時，直到閥門被關閉，未造成人員傷亡
2005 年	日本三重縣	無人傷亡	工廠當時半導體用矽甲烷氣體處理設備正進行氫氣及矽甲烷混合氣體之排氣作業，該混合氣體急速排氣，然混合氣體滯留於裝置內，進而發生爆炸，無人傷亡。
2007 年	印度	1 人死亡	因新安裝的氣體系統的不當安裝，在啟動過程中，系統失去氫氣壓力而關閉矽甲烷的流動，操作人員在檢查氣櫃時，發生爆炸，該人員的頭被氣櫃的窗戶砍斷，氣櫃門推動人員的身體，再使磚牆破碎。
2009 年	中國湖南長沙	1 人受傷	湖南太陽能公司發生矽甲烷洩漏，洩漏發生在下午 2 點，一名技術人員正在更換矽甲烷鋼瓶時，人員操作錯誤，鋼瓶的軟管連接器衝出火焰，火焰打到 10 公斤的鋼瓶，馬上疏散技術員，鋼瓶爆裂約五分鐘後，吹毀了近千平方米三層樓房的窗戶，造成 1 人受傷。

2011 年	中國三水樂平鎮	無人傷亡	位於中國樂平鎮愛康公司二期工程車間發生矽烷洩漏據樂平鎮環運部門調查，起火時，該車間正處於設備調試階段，一氣瓶閥門發生了意外鬆動，少量可燃性氣體洩漏並自燃。事件發生後，企業緊急啟動消防安全應急系統，關閉氣瓶閥門，火勢情在消防車到達後得到了有效控制，十數名員工被疏散，沒有人員傷亡。
2012 年	韓國 OCI	1 人死亡,4 人受傷	包裹矽甲烷氣管道的保溫材料爆炸,造成 1 人死亡,4 人受傷。

第二節 國內案例

我國有關矽甲烷之使用與處理，在高科技產業發展三十逾年之過程中，經主管機關案例與國內高科技產業業者之蒐集中發現有12起矽甲烷災害案例，其中兩起為國內眾所周知重大矽甲烷災害事件，一起為外籍人士受傷，也有通報到主管機關，其他9起矽甲烷災害事件，皆由於其嚴重度未達我國重大職災標準，且在業者不願意消息曝光所可能衍生之後續問題保守思維下，事故業者並未通報勞安主管機關，而國內矽甲烷有通報案例及未通報案例分別如表3及表4所示；

一、 國內有通報矽甲烷災害案例

表 3 國內有通報矽甲烷災害案例彙整表

時間	地點	人員傷亡	案例描述
2005年11月 23日	茂迪 公司	1死17傷	起火位置為存放矽甲烷及氨氣等氣體之鋼瓶室，事故原因為勞工於鋼瓶室內進行鋼瓶置換時，因鋼瓶閥頭並未緊密固定，致使勞工在轉動開關閥頭時，閥頭隨之旋開，造成矽甲烷高速高壓洩漏，產生延遲爆炸，並釀成後續火災事故，估計造成 50 億元以上損失及 1 死 17 傷。
2010年10 月18日	聯相 光電	1人受傷 (外籍技 師)	疑似未完全氧化之自燃性物質(如矽甲烷)或可燃性氣體等包覆於粉體內，在清洗與用排氣導管清除程序中，因前述物質釋出產生之燃燒現象，導致機台維護人員伸入機台內之手部灼傷。
2011年09月 16日	友達 光電	無人傷亡	位於台中后里廠區，16日上午發生備用氣體鋼瓶化學氣體外洩意外，引發燃燒。消防局獲報趕往及時控制火勢，並未造成人員及生產線的損失。友達指稱，外洩的矽甲烷氣體遇空氣會燃燒，但不具毒性；並表示，因未波及生產廠房及辦公室，營運未受影響。

二、 國內未通報矽甲烷災害案例

由於災害發生並沒造成太大的損失與人員傷害，事故業者並未通報於主關機關，基於保密原下表並無法公開廠商名稱與發生時間。

表 4 國內未通報矽甲烷災害案例彙整表

事故狀況	發生位置	地點	傷害類型
SiH ₄ 氣瓶與壓力調節器連接處噴出氣體，著火燒傷。	調節器連接處	廠務	火災
更換 SiH ₄ 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，噴出的火焰導致了燒傷，也造成火災。	更換鋼瓶作業	廠務	火災 & 灼傷
更換 SiH ₄ 氣體剛作業時，因惰氣驅(Purge)不完全，導致在拆卸 SiH ₄ 鋼瓶內殘氣洩漏出發聲並著火。	更換鋼瓶作業	廠務	火災 & 灼傷
SiH ₄ 供應中氣瓶櫃，發生 Shut boy 動作，將 SiH ₄ 瓶頸開關鈕斷，SiH ₄ 洩漏而發生火災。	氣瓶櫃與 Shut boy	廠務/氣瓶櫃	火災
SiH ₄ 供應中氣瓶櫃，發生 Shut boy 動作，將 SiH ₄ 瓶頸開關鈕斷，SiH ₄ 洩漏而發生火災。	氣瓶櫃與 Shut boy	廠務/氣瓶櫃	火災
管路維修拆卸時，將 N ₂ 管線誤拆成 SiH ₄ 管線，導致洩漏自燃灼傷右手五指處(二度灼傷)。	管線拆卸維修	FAB/PECVD	火災 & 灼傷
成攬施工要進行 NF ₃ 配管工程，將 SiH ₄ 的 Valve Box 認為是 NF ₃ ，導致 SiH ₄ 洩漏著火。	Valve Box 管線	FAB/PECVD	火災
工程師於 PECVD 機台執行 SiN 成長工作時，發現 SiH ₄ /N ₂ 氣體已用完，由於該氣體剛更換，因此判定該氣體因是洩漏光，經工程師檢查氣體管路，發現 vent valve 已被打開，然而 vent valve 只有在更換氣瓶時才會打	SiH ₄ 氣瓶與機台銜接處	FAB/薄膜 PECVD	氣體洩漏

開，因此顯然是務動作導致氣體漏光。經調查發現有某位員工曾經使用該機台，而此員工使用時曾發現連接氣瓶與機台之閥門並未打開，由此推斷同人使用時，誤將 vent valve 當成連接氣瓶與機台之閥門，使得 vent valve 被打開，導致 SiH ₄ /N ₂ 被抽光。			
因廠務進行 SiH ₄ 氣體管線(Hook up) 測試，因管線鬆脫而造成異音，幸無人員受傷。	SiH ₄ 容器與配管連接處	廠務	人員驚慌
由 SiH ₄ 容器的配管，開始供給氣體時，配管接頭洩出 SiH ₄ 並著火(自燃)，經緊急處理維修後，通 N ₂ 作氣密測試。	SiH ₄ 容器與配管連接處	廠務	火災
疑似未完全氧化之自燃性物質(如矽甲烷)或可燃性氣體等包覆於粉體內，在清洗與用排氣導管清除程序中，因前述物質釋出產生之燃燒現象，導致機台維護人員伸入機台內之手部灼傷。	排氣導管	廠務	人員手部灼傷

由上述的案例中不難發現矽甲烷在更換作業是最危險的，亦即進氣系統是國內、外最容易發生工安事件之危害源了，亦顯示本研究案之重要性與迫切性了。而在案例中顯示除了系統異常、失效或設計不當引發之工安事件外，也有不少案例是人為因素所導致，因此；未來本研究將在進一步針對大宗矽甲烷之進氣系統之人為安全與系統安全進行探討，以有效協助國內矽甲烷上游生產製造端、中游充填供應端及下游使用端有效的預防和消弭矽甲烷進氣系統之危害發生，以提供一安全之工作環境於現場作業之勞工。

第三節、國內矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查

矽甲烷槽車供應系統安全性研究，應先了解國內大宗矽甲烷供應與使用業者之實際狀況，並對其在相關法規和規範之遵循及配合上有無困擾與窒礙難行之困境，以利後續相關規範研訂與現有法規之修正。本研究安執行迄今，採用電話與現場訪視方式分別和矽甲烷上游生產製造端、中游充填供應端及下游使用端共有 24 家廠商聯繫，初步獲得善意回應。研究團隊擬從中挑選 21 家廠商進行矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查，其中矽甲烷製造商(上游)有 2 家，矽甲烷供應商(中游)有 4-5 家，矽甲烷使用商(下游)至少選 9 家進行現況調查，以更充分掌握國內矽甲烷之大量供應模式及使用現況。

一、矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查之廠家廠家訪視規劃名冊

矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查之廠家廠家訪視規劃名冊如表 5 所示：

表 5 矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查之廠家訪視規劃名冊

矽甲烷製造商：(上游)			
1. M1		2. M2	
矽甲烷供應商：(中游)			
1. S1		2. S2	
3. S3		4. S4	
5. S5		6. S6	
矽甲烷使用商：(下游)			
1. P1	面板	2. P3	面板
3. P2	面板	4. P4	面板
5. PV1	太陽能	6. IC2	IC
7. PV2	太陽能	8. IC3	IC
9. PV3	太陽能	10. IC4	IC
11. PV4	太陽能	12. IC5	IC
13. LED1	LED	14. IC6	IC
15. PV5	太陽能	16. IC7	IC
17. PV6	太陽能	18. IC8	IC
19. PV7	太陽能		
20. IC9			IC
21. IC10			IC

二、矽甲烷之大量供應模式及使用現況調查之廠家訪查大綱

研究團隊為了進一步探究矽甲烷之大量供應模式及使用現況，初步研擬出調查問卷，整個問卷如下：

矽甲烷之大量供應模式及使用現況調查之廠家訪查大綱

公司基本資料：

1. 貴公司名稱：_____。(廠區名稱：_____)
2. 貴公司主要產品為：_____。
3. 貴公司地址為：_____
4. 貴公司目前員工人數為_____人。
5. 貴公司有無生產矽甲烷氣體，有 沒有，產量為_____噸/年。
最大儲存量_____m³，室內儲存_____m³，室外儲存_____m³。
6. 貴公司有無充填矽甲烷氣體，有 沒有，充填量為_____噸/年。充填來源為 ISO Module _____L， Tube trailer _____L，
其他 _____L。
7. 室內儲存_____L，室外儲存_____L。
最大充填量 45L(鋼瓶)_____瓶，450L(Tonner)_____瓶。
8. 貴公司有無使用矽甲烷氣體，有 沒有，使用量為_____噸/年。室內儲存_____L，室外儲存_____L。
最大儲存量 45L(鋼瓶)_____瓶，450L(Tonner)_____瓶。
9. 貴公司更換頻率：45L(鋼瓶)_____瓶/月，450L(Tonner)_____瓶/月。
10. 平均回收或拆卸_____瓶可發現有洩漏之跡象。

矽甲烷供應端

1. 貴公司矽甲烷氣體來源為：海外進口(進口國：_____)，國內採購(供應商為：_____)，自行生產。
2. 每次槽車之裝貨量為 45L_____ 瓶，450L_____ 瓶。
3. 貴公司平均出貨量為_____ kg/天。
4. 貨車每車_____ 仟元。鋼瓶(45L)每瓶_____ 仟元，Y 鋼(450L)每瓶_____ 仟元。
5. 請估算運費占矽甲烷之成本為_____ 仟元/kg。
6. 貴公司目前矽甲烷儲存量為 45L_____ 瓶，450L_____ 瓶。
7. 若政府開放框架式槽車或管式拖車，貴公司支不支持?
支持，不支持。
理由為:_____ 。
8. 若開放會不會造成經營上之衝擊? 會 不會
理由為: _____ 。

矽甲烷使用端

1. 貴公司矽甲烷氣體來源為：海外進口(進口國：_____)，國內採購(供應商為：_____)，自行生產。
2. 在貴公司之矽甲烷相關作業中，哪一種作業最具危險性
 更換鋼瓶作業 鋼瓶上下貨車
 矽甲烷充填作業裝 吹沖/保壓作業。
3. 每次更換鋼瓶(含吹沖、保壓測試)需多久_____ 小時。
4. 貴公司目前矽甲烷儲存量為 45L_____ 瓶，450L_____ 瓶。
5. 若開放大宗矽甲烷，貴公司是否會以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼
 採用，不採用。
 採用原因為：

- 可有效節省成本。
- 節省人力。
- 可提高產值。
- 提高作業安全性。
- 已規劃相關場地。
- 有足夠空間擺放。
- 目前供氣量無法滿足製程所需。
- 其他_____。

不採用之原因：

- 未規劃相關場地。
- 無足夠空間擺放。
- 目前供氣量已足夠。
- 還要申請危險性工作場所審查。
- 無法提高產值。
- 成本效益不大。
- 其他_____。

目前下甲烷相關法規面您有什麼建議？

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

三、各家意見回饋整理表

表 6 廠家回饋整理表

廠家代號	產品	支持(採用)/ 不支持(不採用)	理由	備註
1	太陽能	無意見		
2	IC	不採用	無足夠空間擺放。	
3	IC	不採用	未規劃相關場地、無足夠空間擺放、目前供氣量已足夠、還要申請危險性工作場所審查、廠區安全存量考量、廠區作業安全考量。	
4	太陽能	不採用	未規劃相關場地、無足夠空間擺放、目前供氣量已足夠。	
5	面板	不採用	危險性增加。	
6	IC	不採用	安全考量	
7	製造商	不支持	人口密集，槽車與鄰近建築物安全距離不足。	
8	供應商	無意見		順應客戶需求及市場需求。
9	製造商	支持	以 3 噸槽車而言，換算使用 125kg/支之 Y Tonner 其上下鋼瓶之風險比率是槽車之 24 倍	
10	太陽能	不採用	未規劃相關場地、意外發生時嚴重度過高。	
11	太陽能	不採用	未規劃相關場地。	
12	IC	不採用	成本效益不大。	
13	供應商	支持	減少客戶端使用的容器更換次數，與運輸次數、費用	
14	IC	不採用	未規劃相關場地、無足夠空間擺放。	
15	供應商	不支持	台灣地區對 SiH4 槽車的在客戶端發生狀況時目前沒有供應商或客戶端有正確有效的緊急應變能力計畫	

			與設備。	
16	IC	不採用	風險較高。	
17	供應商	支持(僅供參考)	可有效節省成本、節省人力、可提高產值提高作業安全性。	暫停供應
18	供應商	支持(僅供參考)	可有效節省成本、節省人力、可提高產值提高作業安全性。	暫停供應
19	LED	不採用	目前供氣量已足夠。	
20	LED	不採用	目前供氣量已足夠。	
21	供應商	不支持	會衝擊已建置的灌充能力，設備無法作為其他氣體灌充。國內除少數業者需用槽車外，大多數使用業者（晶圓廠，面版，太陽能及LED）無足夠場地放置槽車，且其使用量較少，鋼瓶及Y鋼可符合所需。若因貿然開放導至衝擊國內業者灌充作業及投資，而減緩甚至停止作業。需求業者其原物料供應鏈風險大增，潛在影響甚大。	

(一)矽甲烷製造商(上游)

Q1：若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持？

表 7 若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持(上游廠商)

公司	支持	不支持	原因
M1		V	人口密集，槽車與鄰近建築物全距離不足
M2	V		以 3 噸槽車而言，換算使用 125kg/支之 Y Tonner 其上下鋼瓶之風險比率是槽車之 24 倍

上游是否支持

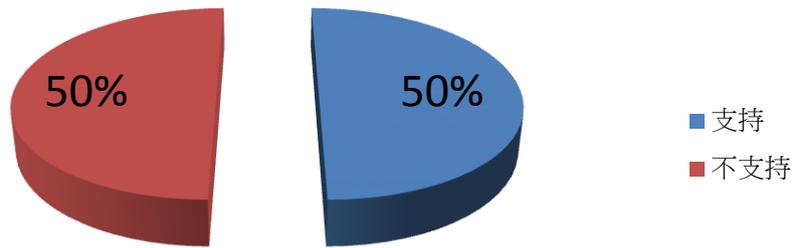


圖 1 政府開放框架式槽車或管式拖車，上游是否支持

Q2：若開放會不會造成經營上之衝擊？

表 8 若政府開放框架式槽車或管式拖車，是否造成經營上之衝擊(上游廠商)

公司	會	不會	原因
M1	V		槽車大容量成本降低，降低競爭門檻優勢。
M2		V	以本公司而言直接供貨至 user 端，不須經過氣體分裝廠，可以直接降低供貨價格，令運輸及保險費之降低亦較國外供貨商亦有競爭力。

上游認為會不會造成經營之衝擊

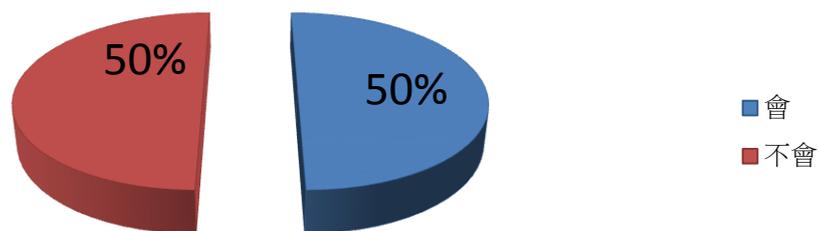


圖 2 政府開放框架式槽車或管式拖車，上游認為會不會造成經營之衝擊

(二)矽甲烷供應商(中游)

Q1：若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持？

表 9 若政府開放框架式槽車或管式拖車，支不支持(中游廠商)

公司	支持	不支持	無意見	原因
S1	V			減少客戶端使用的容器更換次數，與運輸次數、費用
S2	V			可有效節省成本、節省人力、可提高產值、提高作業安全性
S3		V		台灣地區對 SiH ₄ 槽車的在客戶端發生狀況時目前沒有供應商或客戶端有正確有效的緊急應變能力計畫與設備
S4		V		會衝擊已建置的灌充能力，設備無法作為其他氣體灌充。國內除少數業者需用槽車外，大多數使用業者(晶圓廠，面板，太陽能及 LED)無法足夠場地放置槽車，且其使用量較少，鋼瓶及 Y 鋼可符合需求。若因貿然開放導致衝擊國內業者灌充作業及投資，而減緩甚至停止作業。需求業者其原物料供應鏈風險大增，潛在影響甚大。
S5		V		成本效益不大
S6			V	順應客戶需求及市場需求

中游是否支持比例

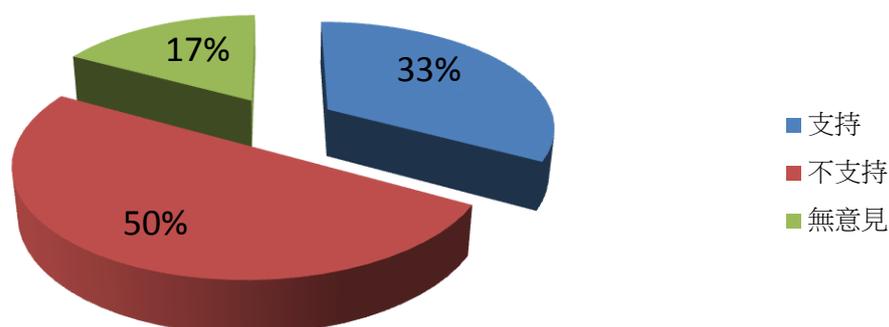


圖 3 政府開放框架式槽車或管式拖車，中游是否支持

Q2：若開放會不會造成經營上之衝擊？

表 10 若政府開放框架式槽車或管式拖車，是否造成經營上之衝擊(中游廠商)

公司	會	不會	無意見	原因
S1	V			原廠內分裝作業的需求降低，勢必影響人力需求。
S2			V	
S3	V			國產 SiH ₄ 更有成本空間打入客戶端市場，但相對提高風險難以計算，若因此發生火災意外，影響台灣科技業無法估計。
S4			V	
S5			V	
S6	V			造成經營上的衝擊是必然的，但需視市場狀況而判定是正面的衝擊或是負面的，仍很難界定。

中游認為會不會造成經營衝擊比例

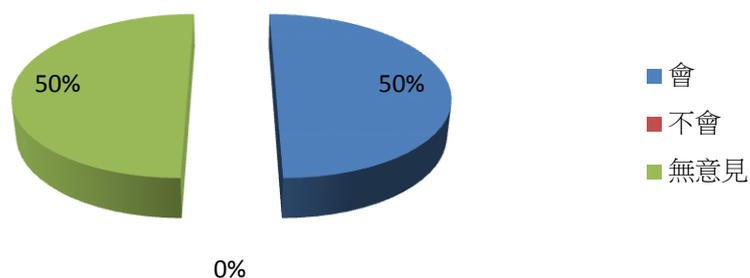


圖 4 政府開放框架式槽車或管式拖車，中游認為會不會造成經營之衝擊

(三) 矽甲烷使用商(下游)

Q1：若開放大宗矽甲烷是否會以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼？

表 11 若開放大宗矽甲烷是否會以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼(下游廠商)

公司	採用	不採用	無意見	原因
P1		✓		危險性增加。
P2	✓			可有效節省成本、節省人力。
IC1		✓		無需求。
IC2		✓		未規劃相關場地、無足夠空間擺放。
IC3		✓		未規劃相關場地、無足夠空間擺放、目前供氣量已足夠、還要申請危險性工作審查、廠區安全存量考量、廠區作業安全考量。
IC4		✓		安全考量。
IC5		✓		成本效益不大。
PV1		✓		未規劃相關場地、意外發生時嚴重度過高。
PV2		✓		未規劃相關場地。
PV3		✓		未規劃相關場地、無足夠空間擺放、目前供氣量已足夠。
PV4			✓	
LED1		✓		目前供氣量已足夠。
LED2		✓		目前供氣量已足夠。

下游是否支持之比例

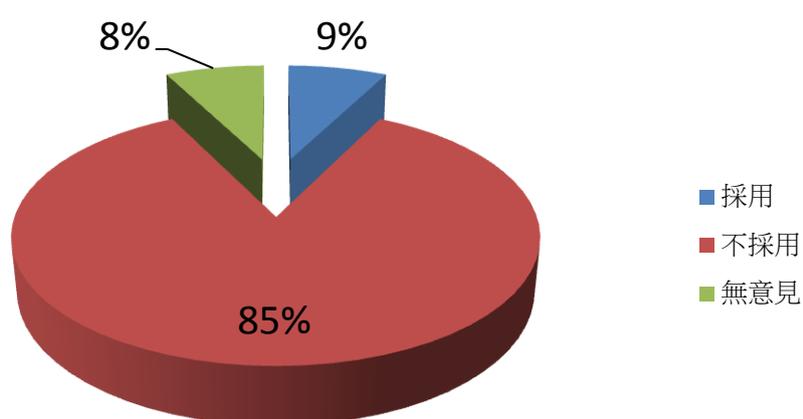


圖 5 是否支持政府開放大宗矽甲烷以 ISO 或管式拖車取代鋼瓶或 Y 鋼

(四)統整

是否採用/支持槽車或管式拖車？

採用之原因：

表 12 上中下游是否採用/支持槽車或管式拖車(採用原因)

以 3 噸槽車而言，換算使用 125/支之 Y Tonner 其上下鋼瓶之風險比率是槽車之 24 倍	12.50%
減少客戶端使用的容器更換次數，與運輸次數、費用	12.50%
可有效節省成本	25.00%
節省人力	25.00%
可提高產值	12.50%
提高作業安全性	12.50%

採用/支持之原因

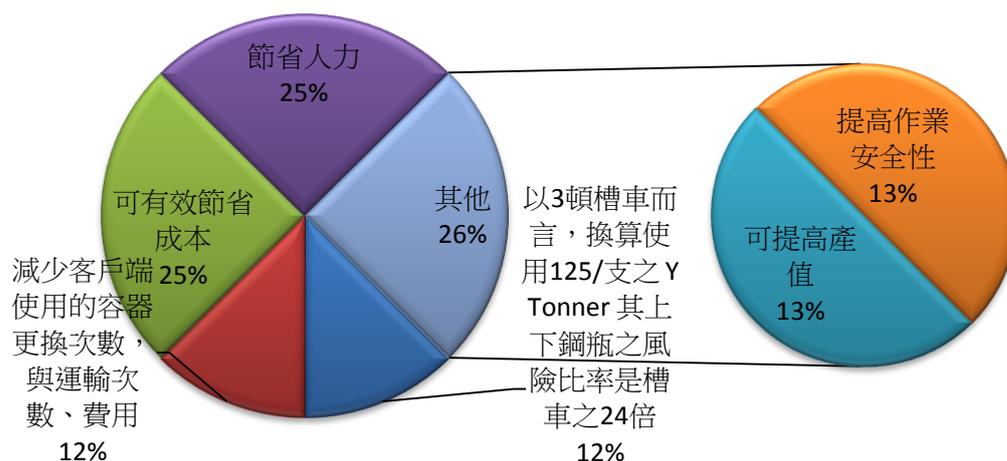


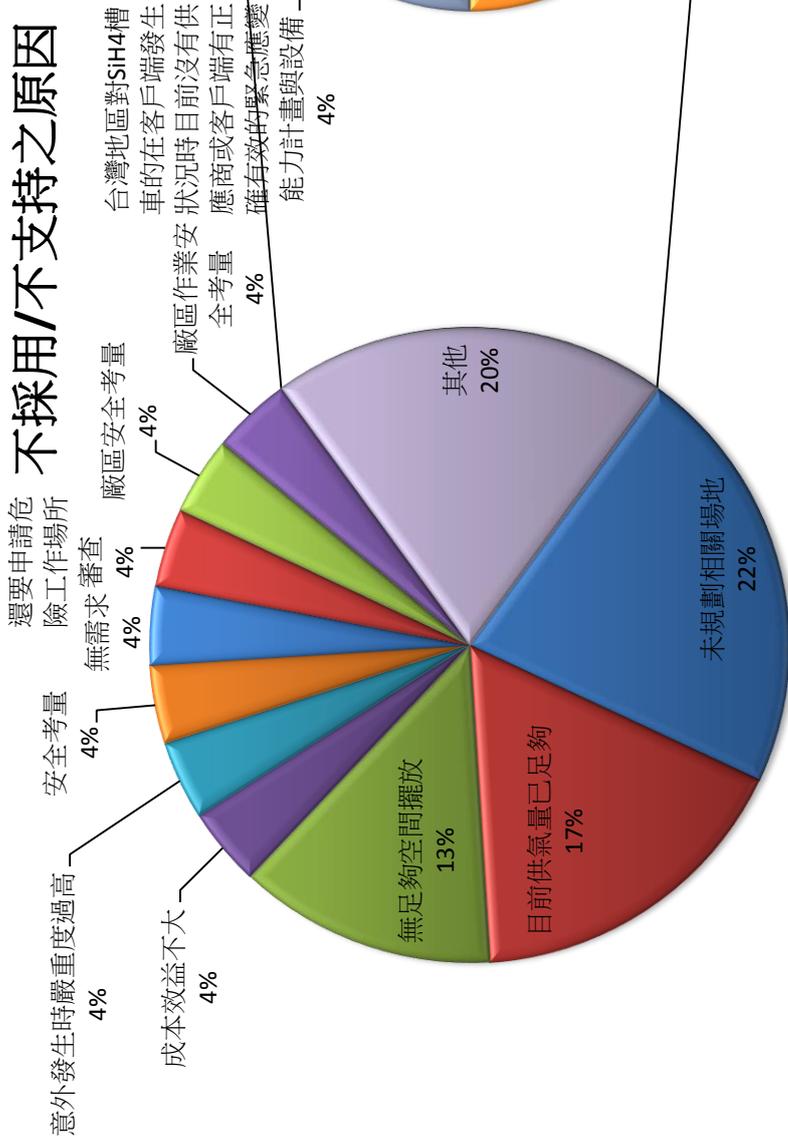
圖 6 上中下游是否採用/支持槽車或管式拖車

不採用之原因：

表 13 上中下游不採用/不支持槽車或管式拖車

未規劃相關場地	22%
目前供氣量已足夠	17%
無足夠空間擺放	13%
成本效益不大	4%
意外發生時嚴重度過高	4%
安全考量	4%
無需求	4%
還要申請危險工作場所審查	4%
廠區安全考量	4%
廠區作業安全考量	4%
危險性增加	4%
人口密集，槽車與鄰近建築物安全距離不足	4%
台灣地區對 SiH ₄ 槽車的在客戶端發生狀況時目前沒有供應商或客戶端有正確有效的緊急應變能力計畫與設備	4%
會衝擊已建置的灌充能力，設備無法作為其他氣體灌充。國內除少數業者需用槽車外，大多數使用業者(晶圓廠，面板，太陽能及 LED)無法足夠場地放置槽車，且其使用量較少，鋼瓶及 Y 鋼可符合需求。若因貿然開放導致衝擊國內業者灌充作業及投資，而減緩甚至停止作業。需求業者其原物料供應鏈風險大增，潛在影響甚大。	4%
成本效益不大	4%

不採用/不支持之原因



會衝擊已建置的灌充能力，設備無法作為其他氣體灌充。國內除少數業者需用槽車外，大多數使用業者(晶圓廠，面板，太陽能及LED)無法足夠場地放置槽車，且其使用量較少，鋼瓶及Y鋼可符合需求。若因貿然開放導致衝擊國內業者灌充作業及投資，而減緩甚至停止作業。需求業者其原物料供應鏈風險大增，潛在影響甚大。

圖 7 上中下游不採用/不支持槽車或管式拖車

經彙整業者之意見分析如下：

- 在 21 家業者之意見回覆中，不論是矽甲烷製造、供應或使用端，一致認為在之矽甲烷之相關作業中更換鋼瓶作業，為最具潛在危險之部分。因此未來個矽甲烷相關業者一再強化更換鋼瓶作業之安全管理和監督。
- 而在每次更換鋼瓶(含吹沖、保壓測試)需之時間則從 3-24 小時都有，且相關資訊亦藉由私下與製程與廠務端確認無誤。若以最常用單管體積為 1,218 至 2,633 公升槽車為例，槽車一般可放置 8 管，故總體積為 9,744 至 21,064 公升，若置換成 45 公升鋼瓶與 450 公升 Y 鋼，其前者替代倍數分別為 217 至 22 倍。若後者 468 至 47 倍。基此；若以單管 21,064 公升之矽甲烷槽車為例，其減少因更換鋼瓶所產生之危害次數從鋼瓶至 Y 鋼分別可降低 467 倍與 46 倍，而其減少更換鋼瓶(含吹衝)作業時間，以三小時為例可減少 5.75 天/人與 46 天/人之工時，若以 24 小時為例可減少 58.4 天/人與 467 天/人之工時，若以業者實際鋼瓶更換須兩人作業，則前述工時需再增加一倍，若再把吹衝氣體等成本納入考量，則以大宗矽甲烷槽車取代現有之鋼瓶與 Y 鋼應為業者所期盼與樂見之改變。
- 儘管從前述分析中用大宗矽甲烷槽車取代現有支鋼瓶和 Y 鋼有著多種利基，然在實際之現場訪視或問卷回饋中，僅 10%業者明確表示支持，70%業者表示石使法令開放大宗矽甲烷槽車，他們也不會採用，20%未明表示其態度，經整理，說明如下：

一、不採用之原因：

- (一)單價落差大，會衝擊已建置的灌充廠商之競爭能力。
- (二)現有矽甲烷灌充相關設備無法移作其他氣體使用，衍生後續之處理問題。
- (三)國內除少數業者外，使用端(如晶圓廠、LED、太陽能)並不須使使用到大宗矽甲烷槽車供應系統。
- (四)未規劃相關場地。

- (五)無足夠空間擺放。
- (六)目前供氣量已足夠。
- (七)還要申請危險性工作場所審查。
- (八)無法提高產值。
- (九)成本效益不大。(除國內兩大面板製造業外，大都因使用量不多，矽甲烷單價之降低所產生之成本效益有限。)
- (十)矽甲烷供應鏈中下游端，安全供應風險增加(如各廠之安全存量)、從市場規模、供應鏈風險(大量載滿矽甲烷之槽車)。

二、不採用之原因：

- (一)可有效節省成本。
- (二)節省人力。可提高產值。
- (三)提高作業安全性。
- (四)已規劃相關場地。有足夠空間擺放。
- (五)目前供氣量無法滿足製程所需。
- (六)能扶植國內矽甲烷產業之專業能力與競爭力。
- (七)可強化本體業這直接與使用端合作，共同開發先進製程所需之品質。

三、無意見之原因

- (一)現在已不供應矽甲烷，故開放與否尊重主管機關。
 - (二)不論開放與否，其都具有競爭性。
 - (三)依客戶需求配合辦理。
- 從 21 家業者的意見回饋中，不難發現業者都明確認知鋼瓶更換對其安全之威脅最大，且開放大宗矽甲烷槽車對業者不論在成本、人力之節省以及危害發生機率之降低等，都有明確之優勢卻有好處。但從其本身是否會引用大宗矽甲烷鋼瓶，業者大都以企業之整體風險考量。換言之；從矽甲烷之風險考量，除製造端與原先就引進 ISO module 或 trailer 在進行鋼瓶與 Y 鋼充填作業之業者，有針對大宗矽甲烷槽車所需之空間、安全距離、安全防護及緊急

應變措施等有事先進行規劃與設置外、其他皆未針對大宗矽甲烷知各相關安全防護與應變有足夠之軟硬體措施。尤其使用端更擔心如此大量之矽甲烷(含使用中和備品)置放在地小、人稠且與居民過近條件下，一旦發生狀況，其後果衝擊是業者不敢想像與貿然使用之重要因素。在以緊急應變為例，當災害發生時氣體供應商到需協助隻業者所需時間冗長(以中部科學園區為例，最近從台中港供應端、備完相關應變器材與人力，趕往現場至少需兩個小時)，而不論供應端或使用端對於大宗氣甲烷槽車於街道或高速高路運輸之風險，都一致認為目前國內相關主管機關與業者皆無及時之應變與處理專業和能力。由前述可知國內矽甲烷相業者在評估本議題時，已不適從獲利之觀點考量，轉以風險與工安面進行分析，可見業者之工安意識與文化進度與成熟度，都值得國人驕傲。

第三章 矽甲烷操作人為失誤分析

矽甲烷(SiH_4)氣瓶櫃在半導體產業中使用非常廣泛。在半導體產業發展的初期曾發生不少的事故。矽甲烷(SiH_4)氣瓶櫃意外事故常造成事業單位財產損失、環境污染、人員傷亡、爆炸及死亡等問題。而造成意外事故的主要因為人為失誤。傳統職業災害分析或事故調查方法，並無法找出人為失誤發生的原因。造成擬定矯正措施時，無法對症下藥，類似的失誤可能一再發生。

眾所周知員工是企業最寶貴之資產，員工若能正確與正常操作，不但能預防工安事件之發生，更能保障自己與企業之永續經營。因此在執行前述現場訪視上、中及下游各矽甲烷槽車供應系統作業時，將收集與探究前述作業操作人員失誤之種種潛在風險，並擬採 What-If 分析、檢核表分析(Checklist)及作業安全分析(JSA)擇一，對實際矽甲烷槽車供應系統作業時，操作人員可能引發之失誤進行分析與探討，為使探究結果更具務實性，在本階段執行過程中除將與合作業者密切聯繫外，若有必要，亦將再返回現場檢視分析結果之務實性和完整性。

本研究整理各家矽甲烷供氣系統中業界所使用的鋼瓶更換標準作業程序，氣瓶櫃與 Y-鋼各具有一份 SOP，透過問卷調查結果得知更換鋼瓶往往是最危險的操作步驟，利用所整理的 SOP 將每一個步驟作詳細的分析與探討，製作成 JSA 表格如下。

第一節 JSA 工作安全分析表

氣瓶櫃鋼瓶更換 SOP，如表 14。

表 14 JSA(氣瓶櫃鋼瓶更換)

作業流程	危害原因	防護措施	改善建議	備註
1.準備工具：				
• 扭力扳手	工具掉落砸傷操作人員	1.穿著安全鞋 2.扳手應放在工具箱裡		
• 墊片	無明顯危害			墊片可以減少 SiH_4 洩漏量，防止大量的擴散，以降低危害發生範圍
• 防火衣	無明顯危害			避免操作人員因高溫而產生燙傷、燒傷
• 防火手套	無明顯危害			避免操作人員因高溫而產生燙傷、燒傷
• 供氣式呼吸器	瓶內的填充物並非空氣	1.使用空氣壓縮機產生空氣 2.避免與 N_2 接頭連接，使用防呆接頭		
2.進入氣體區前檢查：				
• 進入氣體區前先由面板確認系統有無外洩情況	無明顯危害			設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工

					作人員
• 檢查鋼瓶狀況有無異常	無明顯危害				
3.鋼瓶換裝前的檢查：					
• 進入氣體區鋼瓶換裝至少應由兩人協助完成	無明顯危害				
• 打開氣瓶櫃視窗，檢查綠上氣體是否正正常供氣	無明顯危害				視窗可設計為防火防爆的玻璃
• 檢查鋼瓶之狀態，確認空鋼瓶邊	無明顯危害				先從表面看是否有受撞擊的痕跡，可再使用氣體偵測器進行更詳細的漏氣檢測，以防止發生作業危害
• 檢查欲更換鋼瓶的(空/實)瓶標籤	無明顯危害				標記人員應多次確認，已明確的標示鋼瓶狀態，分三種「滿、使用中、空」
4.確認各吹除 N ₂ 與保壓氣瓶的壓力值：					
• SiH ₄ 的吹除 N ₂ 壓力 > 100PSI	無明顯危害				設置壓力控制器和壓力警報器
• SiH ₄ 的保壓 N ₂ 壓力 > 1,400PSI	無明顯危害				設置壓力控制器和壓力警報器
5.更換前動作(控制面板作業)：					
• 氣瓶櫃系統登入	無明顯危害				登入錯誤就無法使用此系統，防止無相關人員使用
• 選擇左或右鋼瓶主要操控面	無明顯危害				

板							
<ul style="list-style-type: none"> 選擇 Cylinder Changeout 更換鋼瓶模式 	無明顯危害					選擇錯誤警報器會響	
<ul style="list-style-type: none"> 開始進行左或右側鋼瓶自動吹除 	無明顯危害						
<ul style="list-style-type: none"> 關閉左或右側鋼瓶的高壓氣體手動隔離閥，關閉後按下 Enter 鍵 	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人人員	
<ul style="list-style-type: none"> 確定進行吹除按下 continue 鍵，放棄則按 Abort 	無明顯危害						
<ul style="list-style-type: none"> 鋼瓶閥洩漏測試，please wait 	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人人員	
<ul style="list-style-type: none"> 吹除過程數分鐘 	無明顯危害						
<ul style="list-style-type: none"> 系統顯示(Replace the old cylinder with a new cylinder)時即可進行新鋼瓶更換，按下 Enter 	無明顯危害						
6.換下鋼瓶							
<ul style="list-style-type: none"> 穿戴正確安全防護具(矽甲烷防護具為防火手套、防護面罩、防火衣) 	無明顯危害					保護操作人員作業安全	

• 確認左或右側鋼瓶要更換	無明顯危害					
• 更換時確認鋼瓶閥以確實鎖緊	無明顯危害					使用氣體偵測器來檢測是否有氣體外洩
• 將空瓶標籤撕下，使顯示為空瓶	無明顯危害					標記人員應多次確認，已明確的標示鋼瓶狀態，分三種「滿、使用中、空」
• 以扭力扳手拆下接頭，並蓋上鋼瓶蓋鎖緊(此時有 N ₂ 流出)	未鎖緊可能會有 SiH ₄ 洩漏，而 SiH ₄ 本身為自然性氣體，如不小心洩漏可能會產生自燃或接觸到火源引起燃燒	1.使用氣體偵測器來檢測是否有氣體外洩 2.確實的穿著防護設備，以保護自身的安全				
7.實瓶安裝						
• 確實瓶名稱是否符合該氣瓶櫃種類	無明顯危害					
• 確認鋼瓶接頭型式與豬尾管接頭型式是否相符	無明顯危害					
• 小心移動鋼瓶到磅秤上	應避免在移動過程中，發生碰撞產生破裂洩漏	1.操作人員需要謹慎行事不可嬉戲 2.操作人員需經過訓練合格者方可為之				
• 除去鋼瓶蓋並將鋼瓶接頭對準豬尾管	無明顯危害					應避免接頭接錯
• 除去鋼瓶蓋，清潔鋼瓶出口與	無明顯危害					帶手套清潔可以防止手部不接觸

豬尾管(戴上手套)，並以手確認接口有 N ₂ 流出					到化學品
• 更換新墊片	無明顯危害				墊片需定期更換，否則會影響使用的效能
• 使用扭力板手鎖緊接頭	工具掉落砸傷操作人員		1.穿著安全鞋 2.扳手應放在工具箱裡		
8. 後吹除程序測漏					
• 面板選擇低壓測漏	無明顯危害				設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人人員
• 面板選擇高壓測漏	無明顯危害				設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人人員
• 測漏結束打開鋼瓶閥與高壓氣體手動隔離閥	無明顯危害				
• 面板選擇自動調整壓力至輸出壓力	無明顯危害				設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人人員，並且重新設定
• 完成鋼瓶更換程序，面板程序跳回主畫面	無明顯危害				
9. 鋼瓶剛換後檢查					
• 檢查鋼瓶與製程壓力讀值	無明顯危害				從壓力值來判斷製程是否正常

• 填寫鋼瓶更換記錄表	無明顯危害				清楚記錄更換時間，方便未來的查證，並且清楚砵甲烷的使用量或製造量
-------------	-------	--	--	--	----------------------------------

Y-鋼更換 SOP，如表 15。

表 15 JSA(Y-鋼更換)

作業流程	危害原因	防護措施	改善建議	備註
1. 工具：				
• 扭力扳手	工具掉落砸傷操作人員	1. 穿著安全鞋 2. 扳手應放在工具箱裡		
• He 測漏儀器	無明顯危害			可以用來偵測有無氣體的洩漏
• 墊片	無明顯危害			墊片可以減少 SiH4 洩漏量，防止大量的擴散，以降低危害發生範圍
2. 人員：				
• 合格更換鋼瓶作業人員至少 2 名	無明顯危害			操作人員需經過訓練合格者方可為之
3. 裝備：				
• 防火衣	無明顯危害			避免操作人員因高溫而產生燙傷、燒傷
• 防火手套	無明顯危害			避免操作人員因高溫而產生燙傷、燒傷

• 安全眼鏡	無明顯危害				避免操作人員操作時異物從眼睛進入，造成傷害
• 全罩護面鏡	無明顯危害				
• 供氣式呼吸器	1.瓶內的填充物並非空氣 2.接錯接頭造成人員窒息	1.使用空氣壓縮機產生空氣 2.避免與 N2 接頭連接，使用防呆接頭			
4.更換 SiH4 鋼瓶檢核表					
	無明顯危害				此檢查表可得出該公司對於其內部作業是否達到安全標準及可能發生之危害，並設立緊急應變措施
5.注意事項：					
• 更換 SiH ₄ 鋼瓶，需兩人夥同作業	無明顯危害				兩人搬運鋼瓶作業時可能會相撞，導致鋼瓶滑落受到撞擊產生洩漏或是操作人員的受傷，人員需謹慎行事不可嬉戲，並經過訓練合格者方可為之
• 鋼瓶更換前，應確認個人防護具是否穿著妥當	無明顯危害				確保操作人員的自身安全，應依照法規標準
• 確實填寫作業檢查表各要項	無明顯危害				緊密把關每個步驟以降低危害的發生
• 更換鋼瓶前，確認有無異常	無明顯危害				若發生異常情況，需立即知會相關主管處理

• 更換鋼瓶，需使用正確之扭力扳手	無明顯危害					
• 拆解鋼瓶接頭時，請用 N ₂ 吹管吹沖	無明顯危害				1.應把管線的氣體吹除乾淨，以免造成作業上的危險 2. N ₂ 氣體接頭應使用防呆設計	
6. 鋼瓶更換前確認：						
• 檢查鋼瓶或瓶身有無毀損或異常狀態	無明顯危害				避免填充時發生洩漏問題	
• 檢查 SiH ₄ 鋼瓶之閥口或閥體有無白色或黃色 SiO ₂ 粉末	無明顯危害				SiO ₂ 粉末會造成阻塞所以要清除，不然會影響製程	
• 確認已切換使用鋼瓶及備用 SiH ₄ 鋼瓶，等待更換鋼瓶端顯示 ready	無明顯危害					
• 知會緊急應變處理單位將更換 SiH ₄ 鋼瓶資訊，當鋼瓶處存場所(gas yard)區域若有偵測異常現象時立即告知	無明顯危害					
• 確認高壓保壓使用鋼瓶(10% He/N ₂)之壓力不得小於管路工作壓力	無明顯危害				設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人員	
• 確認系統吹除氣體鋼瓶閥已開啟，操作壓力介於	無明顯危害				設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工人員	

80-100PSI 問				作人員
<ul style="list-style-type: none"> • 確認鋼瓶頭閥上之管線已拔除 	無明顯危害			
<ul style="list-style-type: none"> • 請確認循環吹除之吹除次數 	無明顯危害			可由檢視次數來判斷運作是否正常
7.450 公升鋼瓶更換程序：				
<ul style="list-style-type: none"> • 進行欲更換的空鋼瓶端吹除程序 	無明顯危害			
<ul style="list-style-type: none"> • SIH4 更換鋼瓶者身分確認 	無明顯危害			如未經訓練核可之人員因不知廠內相關規定易造成危險，並且避免無相關人員操作
<ul style="list-style-type: none"> • 確認鋼瓶閥已關閉 	無明顯危害			
<ul style="list-style-type: none"> • 確認吹除排氣管功能是否正常，吹除管線排放次數 	無明顯危害			可由檢視次數來判斷運作是否正常
<ul style="list-style-type: none"> • 更換鋼瓶端管內製程氣體殘氣由低壓管路排放 	無明顯危害			低壓會產生負壓把管內的殘留氣體吹除，可以使用壓力計測量，如有錯誤面板也應有警示器提醒工作人員
<ul style="list-style-type: none"> • 高壓隔離閥測漏 	無明顯危害			1.使用氣體偵測器作漏氣檢查，避免發生洩漏的危害 2.設有壓力計、流量計、安全閥...等設備，並依其測量的數值作為觀察紀錄

<ul style="list-style-type: none"> 更換鋼瓶端管內製程氣體殘氣由高壓管路及低壓管路排放 	無明顯危害			使用高低壓得配合把管內的殘留氣體吹除和 SiO ₂ 粉末清除，可以使用壓力計測量、流量計的觀察，如有錯誤面板也應有警示器提醒工作人員
<ul style="list-style-type: none"> 鋼瓶頭閥測漏 	無明顯危害			
<ul style="list-style-type: none"> 壓力傳送器零點校正 	無明顯危害			避免使用的壓力器異常應定期的作維修校正
<ul style="list-style-type: none"> 配管預吹除程序數次 	無明顯錯誤			可由檢視次數是否正常，來了解是否符合標準規定
<ul style="list-style-type: none"> 完成系統設定之預吹除程序，系統會再提醒是否要進行再次的吹除程序，吹除程序如同預吹除程序 	無明顯危害			如無吹除乾淨，需再進行吹除作業
<ul style="list-style-type: none"> 更換鋼瓶前，系統要求登入鋼瓶資訊，條碼系統認證 	無明顯危害			如條碼錯誤就無法登入系統，防止無相關人員使用
<ul style="list-style-type: none"> 更換鋼瓶，確認自動保護是否內縮，並將手動鋼瓶閥氣源管移除 	無明顯危害			
<ul style="list-style-type: none"> 選擇鋼瓶供應方式 	無明顯危害			依廠商需求作選擇
<ul style="list-style-type: none"> 低壓保壓 	無明顯危害			設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工

						作人員
• 檢查高壓是否穩定	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 高壓保壓	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 鋼瓶頭閥手動 He 測漏儀測漏	如有 SiH ₄ 不小心洩漏可能會產生自然或接觸到火源引起燃燒			需要穿著正確的防護衣進行作業，保護自身的安全		
• 在二次測階段進行高壓保壓氣體排放	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 檢查低壓是否穩定	無明顯危害					設有 UV/IR、安全閥、灑水器，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 整體測漏	無明顯危害					設有氣體偵測器、壓力計、流量計、安全閥...等設備，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 管路後吹除程序數次	無明顯危害					可由檢視次數是否正常，來了解是否符合標準規定
• 高壓排放閥測漏	無明顯危害					設有氣體偵測器、壓力計、流量計、

						安全閥...等設備，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 壓力閥測漏	無明顯危害					設有氣體偵測器、壓力計、流量計、安全閥...等設備，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 吹除氣體隔離閥測漏	無明顯危害					設有氣體偵測器、壓力計、流量計、安全閥...等設備，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 完成測漏後，將管路抽至負壓狀態	無明顯危害					設有氣體偵測器、壓力計、流量計、安全閥...等設備，如無正常會有警報器響起，以警示工作人員
• 確定鋼瓶頭閥 unlock 掛牌已移除，且鋼瓶頭閥氣源管已插上	無明顯危害					
• 確認高壓隔離閥已開啟後，進行 SiH ₄ 掃氣(real gas flush)數次	無明顯危害					
8. 氣瓶更換後確認：						
• 確認二次側壓力是否在供應範圍內	無明顯危害					避免壓力不正確，造成管線沖開，引起洩漏，如有不正確應重新設定
• 知會緊急應變處理單位已完成鋼瓶更換程序	無明顯危害					

<ul style="list-style-type: none"> 填寫更換鋼瓶紀錄表 	無明顯危害			清楚記錄更換時間，方便未來的查證，並且清楚砵甲烷的使用量或製造量
<ul style="list-style-type: none"> 現場環境復原 	無明顯危害			環境清潔保持 6S 原則(整理、整頓、清掃、清潔、素養、安全)

第四章 矽甲烷供應系統風險評估

本案除對矽甲烷操作人員失誤分析，亦擬對矽甲烷供應系統進行風險評估，本階段工作擬先已初步危害分析篩選該系統之潛在危害，接著再以危害性可操作分析(HAZOP)，用來鑑認與評估矽甲烷供應系統之危害。而整個分析步驟簡述如下(危害性可操作分析(HAZOP)流程如圖 8 所示)：

- 一、用機台相對危害分析法對矽甲烷供應系統風險進行初步危害分析。
- 二、製程區段與研討節點之界定：首先會將製程內，具有明確界線的設備區段，如兩作業單元間之管線、反應器等，在此界線內檢討其製程參數之偏離，本案擬從鋼瓶端討論至VMB端止。
- 三、製程參數與偏離探討：先將與製程相關之物理或化學性質，如流量、溫度、壓力、濃度、pH值...等界定出，接著藉由引導字用來描述或量化表示設計目的的簡單字詞，協助引導和刺激腦力激盪的程序以辨識製程之潛在危害。
- 四、可能原因分析：工分析小組來評估每個製程區段內之可能引發原因，藉著有系統地將引導字應用至製程參數形成一群可能引發危害之原因如：高溫、高壓、低流量等，透過小組成員充分腦力激盪可鑑認出可能造成該節點危害或操作問題之偏離，並探討引發偏離的可能原因與發生的理由，如可能是硬體故障、人為失誤、不預期的製程狀況、外界失誤等等。
- 五、危害衝擊分析：整個危害分析小組將專業及有系統的探究，在沒有保護系統或既有保護系統失效情況下，偏離可能導致的結果，如火災、爆炸或毒物外洩將導致人員、設備、製程以及環境之衝擊。
- 六、現有防護措施：在了解製程偏離可能之引發原因與其可能產生之衝擊後，接著將檢視現有之工程或管理上之安全措施(其設計來防止偏離原因之發生或減輕偏離之後果)，探討其風險等級，並判斷是否能有效將危害風險控制到可接受之風險程度。
- 七、改善建議：若經前述步驟探討出之風險等級，並不能有效將危害風險控制到可接受之風險程度，則研究將針對製程特性與矽甲烷及矽甲烷混合氣之危害特性及火災爆炸特性等，在參考國際安全規範與相關之實務專業等，對於安

全設計修改、安全程序變更或進一步安全預防和防護措施之規劃與設置提出改善建議。以期有效將危害風險控制到可接受之風險程度。

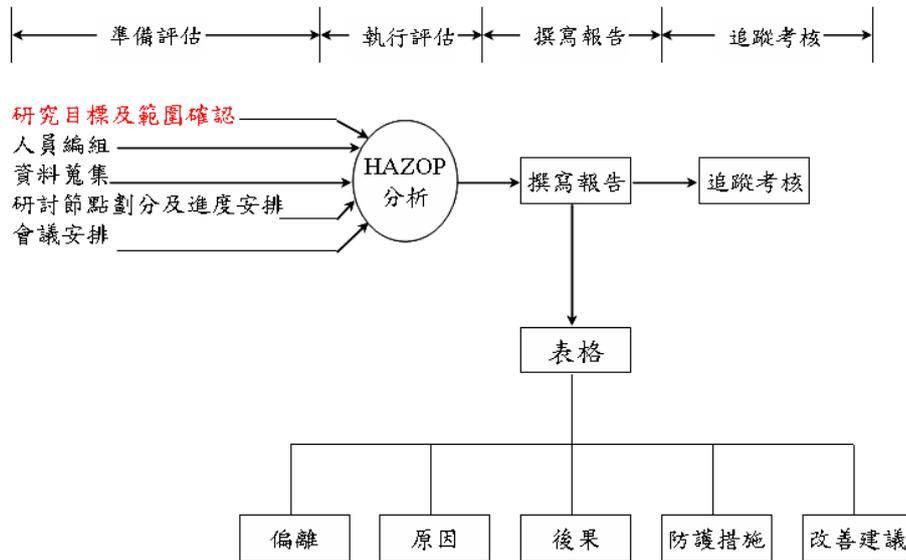


圖 8 HAZOP 分析流程圖

表 16 最初 HazOp 分析引導字與意義

引導字	意義
無(NO)	完全不具備設計目的
較少(Less)	定量的減少
較多(More)	定量的增加
只有部分(Part of)	定性的減少
不僅.....又(As well as)	定性的增加
相反的(Revers)	與設計目的邏輯上相反
除.....之外(Other than)	完全取代

表 17 嚴重性等級

嚴重性分類		人員 (Health/H)	財產(Fin/Ancial/F) (設備、設施/製程中斷)	環境(Environment/E) (洩漏)
1	重大	1 人以上死亡 (含)或三人以上 (含)離災及 NH ₃ 、Cl ₂ 氣體 外一人以上 (含)離災	系統或設施損失 /3,000 萬以上損失	化學物質洩漏，具有 立即或持續對環境或 大眾健康造成傷害
2	高度	永久失能	主要次系統損失或設施損 壞/300~3,000 萬損失	化學物質洩漏，具有 暫時性對環境或大眾 健康造成傷害
3	中度	醫療傷害或 暫時失能	主要次系統損失或設施損 壞/300~3,000 萬損失	化學物質洩漏，需對 外界說明事故調查報 告
4	低度	僅需一般性 治療	非重要設備或設施損壞 /30 萬以下損失	化學物質洩漏，僅需 例行性的清除，未執 行事故調查報告

表 18 設備/設施之對應說明

名稱	說明
系統或設施損失	Y-cylinder、氣瓶櫃、儲槽、機台、廢 氣處理設備、中央廢氣處理設備
主要次系統損失或設施損壞	Chamber、Pump、氣體管線、forline、 pumpline
次要次系統損失或設施損壞	Chamber PArts、MFC、閥(氣動閥、調 壓閥、手動閥、Throttle Valve、逆止 閥)、Heater、Meter、Gauge、RF 產生 器、Robot
非重要設備或設施損壞	Cassette、Wafer 等

表 19 可能性等級

可能性分類		預期發生頻率
A	經常的	每年超過 5 次
B	可能的	每年超過 1 次，但未超過 5 次
C	也許的	5 年內超過 1 次，但未超過一年 1 次
D	稀少的	10 年內超過 1 次，但 5 年內未超過 1 次
E	極不可能的	10 年內未超過 1 次

表 20 風險等級

風險評估矩陣	可能性					
		A	B	C	D	E
嚴重性	1	1	1	2	3	4
	2	1	2	3	4	4
	3	2	3	4	4	5
	4	3	4	4	5	5

1：重大、2：高度、3：中度、4：低度、5：輕度。

表 21 改善建議執行表

風險等級	改善建議
1	需立即改善
2	需限時改善
3-5	視需要改善 A. 違反法令規定即使風險 3-5 者，應立即改善 B. 違反如 SEMI、FM 等規範者，經內開會進行決議是否改善 C. 配合 risk v.s. cost 之評估且經內開會進行決議是否改善

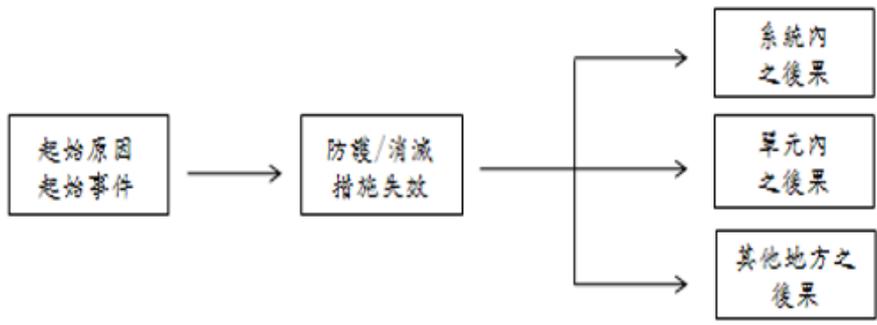


圖 9 嚴重性辨識原則

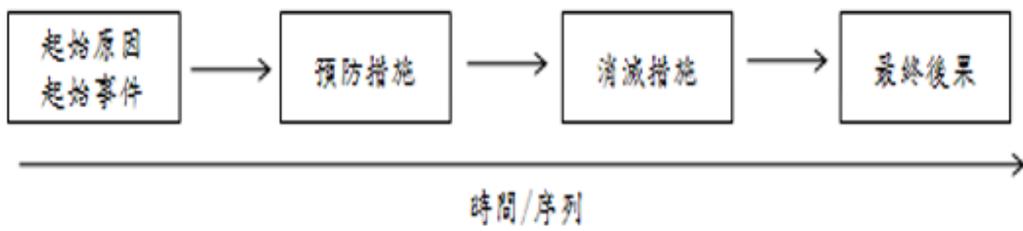


圖 10 可能性的辨識原則

供應系統管路儀表圖

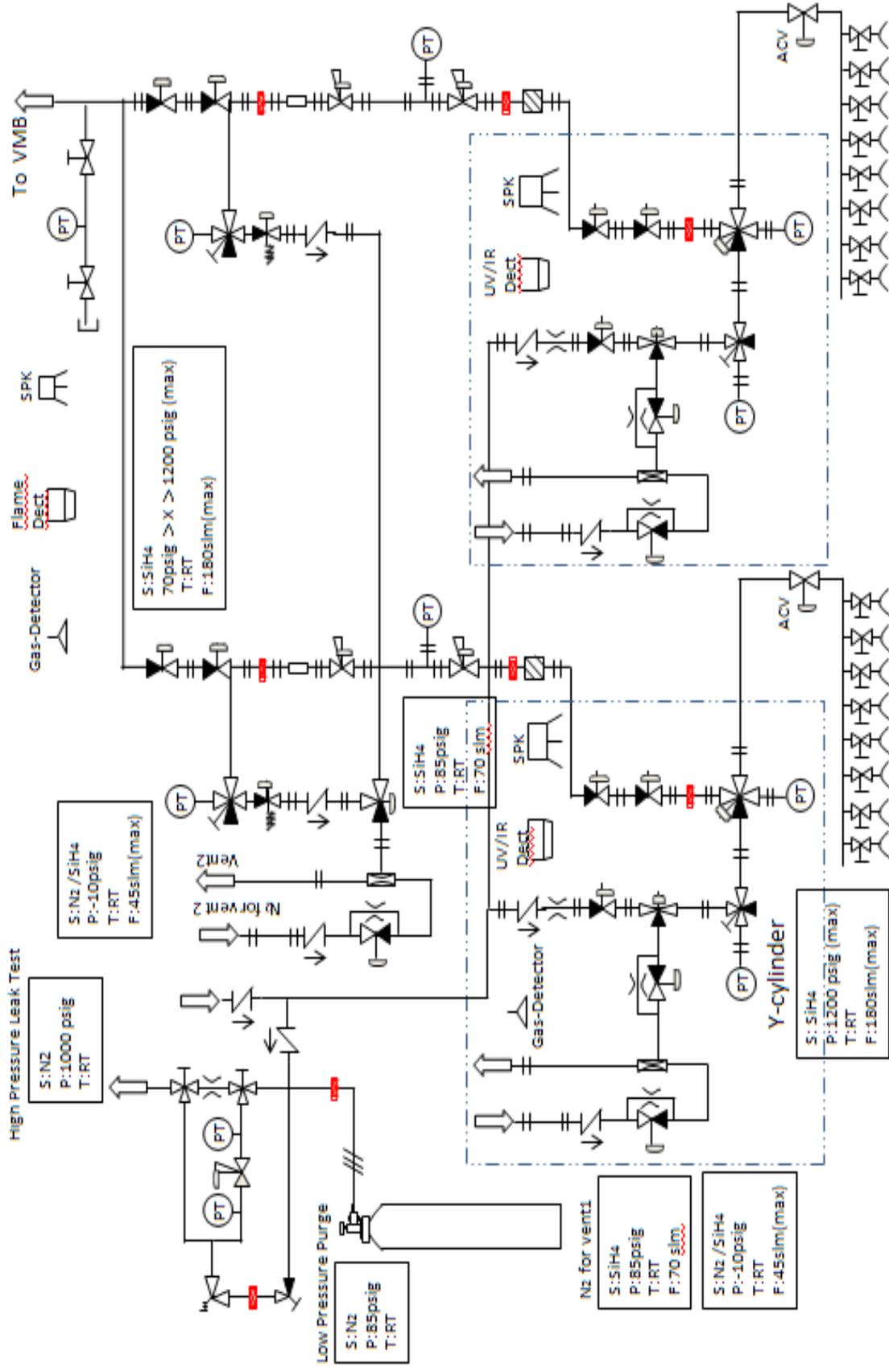


圖 11 供應系統管路儀表圖

第一節 危害與可操作性分析工作表

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：SiH₄ Y-cylinder 本體

管線/設備編號：提供相關 SiH₄ Y-cylinder 本體

設計目的：提供 SiH₄ 進行相關製造流程

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具為害原因之發現						
2.	低/無流量	於此節點無具為害原因之發現						
3.	流動方向錯誤	於此節點無具為害原因之發現						

			<p>A. 遇不相容物，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝危害。(主要為人員傷亡)</p>	<p>1-1. SiH₄ 接頭為 DISS632，且本區只有供應 SiH₄。 1-2. SiH₄ Y-cylinder 入廠時，品管部會前往檢查，並於檢查後於瓶上貼上合格標籤。 1-3. 廠商有提供 COA 檢測報告。 1-4. Y-cylinder 上有氣體種類之大型標示。 1-5. SiH₄ Y-cylinder 的顏色與其他 Y-cylinder 顏色不同。 A-1. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS(430 slm)，以降低為害之嚴重性。 A-2. Y-cylinder 出口設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。 A-3. BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。 A-4. BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。 A-5. BSGS 區設有 CCTV。 A-6. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，即送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。 A-7. Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。 A-8. Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000psig，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。 A-9. BSGS 區戶外區設有消防栓。 A-10. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p>	H1		
4. 錯誤組成	1. 原廠供應錯誤。						

5.	雜質	1.人員換 Y-cylinder 時，造成接頭汙染。	影響產品品質， 衍生財產損失。	<p>1-1.SiH₄ Y-cylinder 入廠時，品管部會前往檢查，並於檢查後於瓶上貼上合格標籤。</p> <p>1-2.廠商有提供 COA 檢測報告。</p> <p>1-3. 更換 Y-cylinder 前後都有進行 purge。</p> <p>A-1.更換 Y-cylinder 時，Pig-tail 管路線內有 N₂ 充吹。(保持正壓)</p> <p>A-2.管線上設有 Filter。</p>	F2			
----	----	----------------------------	--------------------	--	----	--	--	--

6.	錯誤物質	<p>1.原廠供應錯誤。</p> <p>2.更換錯 Y-cylinder。</p>	<p>A 遇不相容物，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊為害。(主要為人員傷亡)</p>	<p>1-1.SiH₄接頭為 DISS632，且本區只有提供 SiH₄。</p> <p>1-2.SiH₄ Y-cylinder 入廠時，品管部會前往檢查，並於檢查後於瓶上貼上合格標籤。</p> <p>1-3.廠商有提供 COA 檢測報告。</p> <p>1,2-4.Y-cylinder 上有氣體種類之大型標示。</p> <p>1,2-5.SiH₄ Y-cylinder 的顏色與其他 Y-cylinder 顏色不同。</p> <p>A-1. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調整後設有 EFS(430 slm)，以降低為害之嚴重性。</p> <p>A-2. Y-cylinder 出口設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-3.BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-4.BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-5.BSGS 區設有 CCTV。</p> <p>A-6.BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，即送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-7. Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-8. Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000psig，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-9.BSGS 區戶外區設有消防栓。</p> <p>A-10. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p>	H1	
----	------	---	--	--	----	--

7.	高壓	<p>1.原廠供應高壓。</p> <p>2.外界火災。</p>	<p>A.導致管線洩漏，導致火災爆炸造成財產損失、人員傷亡、及環境衝擊危害。(主要為財產損失)</p>	<p>1-1.SiH₄ Y-cylinder 入廠時，品管部會前往檢查，並於檢查後於瓶上貼上合格標籤。</p> <p>1-2.廠商有提供 COA 檢測報告。</p> <p>A-1.當 PT1 壓力高於 1,320 psig 時，系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-2.高壓段管線閥件耐壓 3,000 psig。</p> <p>A-3. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS(430slm)，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-4. Y-cylinder 出口處設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-5.BSGS 區電器防爆室齊耶無 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-6.BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-7.BSGS 區設有 CCTV。</p> <p>A-8.BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，即送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-9. Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39" 之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-10. Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000 psig，SiH₄ 會經由 0.39" 之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-11.BSGS 區戶外區設有消防栓。</p> <p>A-12. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p>	H1	
----	----	---------------------------------	---	--	----	--

8.	低壓	於此節點無具危害原因之發現		<p>A-1. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS(430slm) , 以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-2. Y-cylinder 出口處設有一組 gas detector, 當濃度高於 1TLV, GMS 系統會 warning, 訊號送至中控室, 人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-3. BSGS 區電器防爆室齊耶無 zone 2 防爆等級, 並有洩爆口。</p> <p>A-4. BSGS 區設有 UV-IR detector, 當感測火焰時訊號會送至中控室, 人員進行處理。</p> <p>A-5. BSGS 區設有 CCTV。</p> <p>A-6. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)酒精頭, 並配合水力壓降以啟動 pump, 即送出 alarm 訊號, 並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-7. Y-cylinder 設有熱熔栓, 當溫度高於 74°C, SiH₄ 會經由 0.39" 之排放口進行排放, 以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-8. Y-cylinder 設有破裂片, 當壓力高於 4,000 psig, SiH₄ 會經由 0.39" 之排放口進行排放, 以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-9. BSGS 區戶外區設有消防栓。</p> <p>A-10. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p>				
9.	高溫	<p>1.外界火災。</p> <p>2.陽光直射。</p>	<p>A.導致環境高溫, 造成 SiH₄ 外洩, 導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)</p>	F1				
10.	低溫	於此節點無具危害原因之發現						

11. 破裂/洩漏	<p>1.閥件老化鬆脫。</p> <p>2.外力撞擊。</p> <p>3.人員更換不當。</p> <p>4.地震。</p>	<p>A.導致環境高溫，造成 SiH₄ 外洩，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(住要為財產損失)</p>	<p>1-1.定期更換閥件。</p> <p>2-1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。</p> <p>3-1.設有操作 SOP</p> <p>A-1.系統與主結構結合以降低地震造成之危害。</p> <p>A-2.廠區內設有三架地震偵測儀，當兩點同時做動(80 gal)時，系統會警報並連鎖切斷供氣系統。</p> <p>A-3.Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS(430 slm)，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-4.Y-cylinder 出口處設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-5.BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-6.BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-7.BSGS 區設有 CCTV。</p> <p>A-8.BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力降壓以啟動 pump，及送出 alarm 訊號，並連鎖啟動消防系統。</p> <p>A-9.Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度低於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-10. Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000psig，SiH₄ 會經由 0.39"之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-11.BSGS 區戶外設有消防栓。</p> <p>A-12. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p>	F1	
-----------	---	---	--	----	--

12.	管線安裝/ 拆卸/切割/ 熔接	於此節點無具危害原因 之發現					
13.	停電	於此節點無具危害原因 之發現					
14.	其他	無其他具危害原因之發 現					

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：Y-cylinder 本體至 rack 管線(pig tail panel)

管線/設備編號：Y-cylinder 鋼瓶本體，ACV(auto guard)，PV，PT1，filter，PV，PV，Rack

設計目的：進行 Y-cylinder 更換及閥件更換之 vent/purge。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具危害原因之發現。						
2.	低/無流量	1.Filter 阻塞 2.氣動閥失效(N ₂ 失效)	導致機台停機，造成製程中斷，衍生財產損失。	<p>1. 定期更換 Filter。</p> <p>2. 手閥有掛牌標示。</p> <p>A-1 Y-cylinder 出口設有 PT1，當壓力低於 100 psig 時，系統會自動切換至備用之 Y-cylinder 進行 SiH₄ 氣體之供應。</p> <p>A-2 系統二次側設有 PT2(正常供應壓力：70 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，訊號會傳至中控室；當壓力低於 45 psig 時，系統會 alarm，訊號會傳至中控室；自動切換至備用之 Y-cylinder 進行 SiH₄ 氣體之供應。</p> <p>A-3 VMB 設有 PT(正常供應壓力：70 psig/調壓前；45 psig/調壓後)，值班人員定期進行檢視(45±5 psig)。</p>	F2			
3.	流動方向錯誤 1	1.人員或控制系統將 high pressure leak test 或 low pressure purge 之氣動閥誤開或內漏。	無法進行管線 low pressure purge，嚴重導致 SiH ₄ 經由 relief valve 及 vent line 進行排放，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊	<p>三組氣動閥同時失效之可能性低。</p> <p>A-1 送氣前會進行管線保壓測漏(1,000 psig N₂)以確認氣動閥之功能完整性。</p> <p>A-2 low pressure purge 管線上設有 VPT(normal：-14 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，人員進行處理。</p> <p>A-3 purge 管線上設有逆止閥，以避免流動方向錯誤。</p> <p>A-4 Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-5 pig tail panel 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會</p>	F2			

			損失)	<p>A-4 . pig tail panel 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-5. pig tail panel 各設有 sprinkler(68°C)酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，聯鎖將訊號送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。</p> <p>A-6 .BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-7 .BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-8. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，及送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-9 Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-10 Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000 psig，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-11 BSGS 區戶外區設有消防栓。</p> <p>A-12 Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防火牆。</p> <p>A-13BSGS 區設有一組 CCTV。</p>				
5.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。						
6.	雜質	於此節點無具危害原因之發現。						
7.	錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。						

8.	高壓	於此節點無具危害原因之發現。							
9.	低壓	1.Filter 阻塞 2.氣動閥失效(N ₂ 失效)	導致機台停機，造成製程中斷，衍生財產損失。						F2
10.	高溫	於此節點無具危害原因之發現。							
11	低溫	於此節點無具危害原因之發現。							
12	破裂/洩漏	1.閥件腐蝕/鬆脫 2.外力撞擊 3.Gasket 變形 4.人員更換不當 5.地震	A.造成 SiH ₄ 外洩，導致爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊為害。(主要為人員傷亡)						H1

3. 定期更換 Filter。
4. 手閥有掛牌標示。
- A-1 .Y-cylinder 出口設有 PT1，當壓力低於 100 psig 時，系統會自動切換至備用之 .Y-cylinder 進行 SiH₄ 氣體之供應。
- A-2 .系統二次側設有 PT2(正常供應壓力：70 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，訊號會傳至中控室；當壓力低於 45 psig 時，系統會 alarm，訊號會傳至中控室；自動切換至備用之 .Y-cylinder 進行 SiH₄ 氣體之供應。
- A-3 .VMB 設有 PT(正常供應壓力：70 psig/調壓前；45 psig/調壓後)，值班人員定期進行檢視(45±5 psig)。

- 1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。
- 2.設有操作 SOP。
- 3.更換 Y-cylinder 後會進行兩種正壓測試，第一種 SPT 壓力需在於 85psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 3psia/10min.)，第二種 SPT 壓力需在大於 1,000psig 且持續 30 分鐘(leak rate：小於 3psig/2min.)，以確認元件完整性。
- 4.更換 Y-cylinder 後會進行負/保壓測試，以 PT1 進行負壓測漏，壓力需在於 -10psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 5psia/10min.)，以測試 Y-cylinder 閥完整性。
- 5.Vent 管線上設有 PT2/VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當 PT1

13	<p>Y-cylinder 更換/管線 拆卸及安 裝</p>	<p>1.管內氣體未排放完全 2.切錯管線 3.管路迫淨不完全 4.管線標示錯誤 5.接錯管線</p>	<p>A.造成 SiH4 外洩，導致爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊為害。(主要為人員傷亡)</p>	<p>A-14BSGS 區設有一組 CCTV。 1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。 2.設有操作 SOP 及 JSA。 3.更換 Y-cylinder 後會進行兩種正壓測試，第一種 SPT 壓力需在於 85psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 3psia/10min.)，第二種 SPT 壓力需在大於 1,000psig 且持續 30 分鐘(leak rate：小於 3psig/2min.)，以確認元件完整性。 4.更換 Y-cylinder 後會進行負/保壓測試，以 PT1 進行負壓測漏，壓力需在於 -10psig 且持續 10 分鐘(leak rate:小於 5psia/10min.)，以測試 Y-cylinder 閥完整性。 5.Vent 管線上設有 PT2/VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當 PT1 壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 系統。 A-1 Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS (430"slm)，以降低危害之嚴重性。 A-2 .pig tail panel 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號傳至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。 A-3 .pig tail panel 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH4 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。 A-4 .pig tail panel 各設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，聯鎖將訊號送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。 A-5 .BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。 A-6.BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號送至中控室，人員進行處理。</p>	<p>H1</p>	

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：SiH₄ pig tail panel 至 VDP 管線(rack)

管線/設備編號：pig tail panel, heater, filter 1, REG 1, PT3, heater, REG 2, EFS, filter 2, PV, MV, MV, VDP/GIB/VMB

設計目的：經調壓閥一次調壓後為 70 psig 經 VDP/GIB/VMB 供應台至機台，淨壓力低於 100 psig 時自動切換至另一鋼瓶，溫度：Y-cylinder 至 pigtail 為室溫；第一/二調壓閥前加熱至 45 度。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	1.製程超用	A.因製程超用導致氣體管路低壓造成 CVD 機台當機致生產中斷，衍生財產損失。	A-1.系統設計容量(100% capacity)：一組(2 支 Y-cylinder)，製程最大需求量約 37 slm(orifice：0.02”)，Y-cylinder 經 EFS 限制之最大提供為 430 slm，因此系統不會因為製程機台超用或產能擴充造成機台因低流量而停機。	F2			
2.	低/無流量	1.Regulator 故障 2.Filter 阻塞 3.氣動閥失效(N2 失效) 4.手閥無關。	導致機台停機，造成製程中斷，衍生財產損失。	1.手閥有掛牌標示。 A-1.Y-cylinder 出口設有 PT1，當壓力低於 100 psig 時，系統會自動切換至備用之.Y-cylinder 進行 SiH ₄ 氣體之供應。 A-2.系統二次側設有 PT2(正常供應壓力：70 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，訊號會傳至中控室；當壓力低於 45 psig 時，系統會 alarm，訊號會傳至中控室；自動切換至備用之.Y-cylinder 進行 SiH ₄ 氣體之供應。 A-3.VMB 設有 PT(正常供應壓力：70 psig/調壓前；45 psig/調壓後)，值班人員定期進行檢視(45±5 psig)。	F2			

3.	<p>流動方向 錯誤</p>	<p>1.三組氣動閥件 同時失效誤開 2.人員操作錯誤</p>	<p>嚴重導致高壓 SiH₄經由 vent(低 壓管線)進行排 放,導致火災爆炸 造成人員傷亡、及 財產損失及環境 衝擊危害。(主要 為財產損失)</p>	<p>1.三組氣動閥同時失效誤開之失誤率低 A-1.Vent 管線上設有 PT2, 管線進行 vent 之前, 會進行管線負壓測漏, 當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時, 系統會 warning, 人員進行處理;當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時, 系統會 warning, 並連鎖 shut down 單邊系統。 A-2.vent 管線設有 CV, 可降低危害之風險。 A-3.Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02"), 以降低危害嚴重性。 A-4.rack 設有一組 gas detector, 當濃度高於 1TLV, GMS 系統會 warning, 訊號送至中控室, 人員搭配 CCTV 進行處理。 A-5.rack 設有 UV-IR detector, 當作動時系統會 alarm, 並連鎖 shut down SiH₄ 供應, 訊號送至中控室, 人員進行處理。 A-6.rack 設有 sprinkler(68°C)酒精頭, 配合消防系統水流及壓力監測, 連鎖將訊號送至中控室及消防監控系統, 人員進行處理。 A-7.BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級, 並有洩爆口。 A-8.BSGS 區設有 UV-IR detector, 當感測到火焰時訊號會送至中控室, 人員進行處理。 A-9.BSGS 區設有 sprinkler(68°C)酒精頭, 並配合水力壓降以啟動 pump, 及送出 alarm 訊號, 並連鎖啟動水霧消防系統。 A-10.BSGS 區戶外區設有消防栓。 A-11.Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。 A-12.rack 區設有一組 CCTV。</p>	F1		
4.	錯誤組成	於此節點無具為					

				送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。 A-10.BSGS 區戶外區設有消防栓。 A-11.Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。 A-12.rack 區設有一組 CCTV。				
8.	低壓	1.Regulator 故障 2.Filter 阻塞 3.氣動閥失效 4.手閥誤關	導致機台停機，造成製程中斷，衍生財產損失。	1.手閥有掛牌標示。 A-1.Y-cylinder 出口設有 PT1，當壓力低於 100 psig 時，系統會自動切換至備用 Y-cylinder 進行 SiH ₄ 氣體之供應。 A-2. 系統二次側設有 PT2(正常供應壓力:70 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，訊號會傳至中控室;當壓力高於 45 psig 時，系統會 alarm，訊號會傳至中控室;自動切換至備用之 Y-cylinder 進行 SiH ₄ 氣體之供應。 A-3.VMB 設有 PT(正常供應壓力:70 psig/調壓前;45 psig/調壓後)，值班人員定期進行檢視(45±5 psig)。	F2			
9.	高溫	1.thermal Couple 失效 2.加熱器故障 3.人員操作錯誤	A.造成設備毀損，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)	A-1.加熱器上設有溫度控制器(TICA)，JT 正常控制溫度約 45°C，當溫度超過 65°C 時，系統會 warning，並將訊號傳回至中控室，人員進行處理。當溫度過高超過 70°C 時，會連鎖停止加熱器加熱，系統會 alarm，並將訊息傳回中控室，人員進行處理。 A-2.加熱器上設有溫度顯示警報器(TIA)，當溫度超過 70°C，會連鎖停止加熱器加熱，系統會 alarm，並將訊號傳回至中控室，人員進行處理。 A-3.系統設有過電流保護(normal:low than 10A)，當電流高於 15A 時，會連鎖停止加熱器加熱，系統會 alarm，並將訊號傳回中控室，人員進行處理。 A-4 加熱器系統為手動復歸(manual reset)。	F1			

12	維修不當	<p>1.管內氣體未排放完全</p> <p>2.切錯管線</p> <p>3.管路洩淨不完全</p> <p>4.管路標示錯誤</p> <p>5.接錯管線</p>	<p>A.造成 SiH₄ 外洩, 導致爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊為害。(主要為人員傷亡)</p>	<p>1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。</p> <p>2.設有操作 SOP。</p> <p>3.更換 Y-cylinder 後會進行兩種正壓測試，第一種 SPT 壓力需在於 85psig 且持續 10 分鐘(leak rate:小於 3psia/10min.)，第二種 SPT 壓力需在於 1,000psig 且持續 30 分鐘(leak rate：小於 3psig/2min.)，以確認元件完整性。</p> <p>4.更換 Y-cylinder 後會進行負/保壓測試，以 PT1 進行負壓測漏，壓力需在於 -10psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 5psia/10min.)，以測試 Y-cylinder 閥完整性。</p> <p>5.Vent 管線上設有 PT2/VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當 PT1 壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 系統。</p> <p>A-1.Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調整後設有 EFS (430"slm)，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-2.rack 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號傳至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-3.rack 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-4 .rack 各設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，聯鎖將訊號送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。</p> <p>A-5 BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-6 BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-7 BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，及</p>	HI	
----	------	---	---	---	----	--

					送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。 A-8.BSGS 區戶外區設有消防栓。 A-9. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防火牆。 A-10.rack 區設有一組 CCTV。				
13	停電	1.人員操作錯誤。 2.廠務跳電。 3.台電瞬間壓降。	A-嚴重時造成系統損害。		1.配電盤均有上鎖及標示。 A-1.儀控系統設有 UPS，提供穩定供電。 A-2.氣體之氣動閥件皆為 N.C.，當停電時，立即關閉氣體供應。	F2			
14	其他	無其他具危害之發現。							

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：vent 1 管線

管線/設備編號：vent 1 管線

設計目的：進行 rack 閥件更換前後管線之 vent

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具危害原因之發現						
2.	低流量	於此節點無具危害原因之發現						
3.	高靜壓	於此節點無具危害原因之發現						
4.	低靜壓	1.vacuum generator 故障。 2.N ₂ (for vacuum generator)供應中斷。 3.人員操作錯誤。	A.無法進行管線 vent 造成製程中斷，衍生財產損失。	A-1.Vent 管線上設有 PT2，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理。當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F2			
5.	流動方向錯誤	1.三組氣動閥閥件同時失效誤開。 2.人員操作錯誤。	嚴重導致高壓 SiH ₄ 經由 vent(低壓管線)進行排放，導致火災爆炸。	1.兩組氣動閥同時失效誤開之失誤率低。 A-1.Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F1			

					<p>A-2. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02’’)，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-3. pig tail panel 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號傳至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-4. pig tail panel 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-5. pig tail panel 設有 sprinkler(68°C)酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，連鎖將訊息送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。</p> <p>A-6. BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-7. BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-8. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)酒精頭，並配合水力降壓以啟動 pump，即送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-9. Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-10. Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000 psig，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-11. BSGS 區戶外區設有消防栓</p> <p>A-12. Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p> <p>A-13. BSGS 區設有一組 CCTV。</p>				
		炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)							
6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現							
7.	雜質	於此節點無具危害原因							

8.	錯誤物質	之發現 於此節無具危害原因 之發現																	
9.	高溫	於此節無具危害原因 之發現																	
10	低溫	於此節無具危害原因 之發現																	
11	破裂/洩漏	1.閥件鬆脫 2.外力撞擊 3.Gasket 變形 4.人員更換不當 5.地震	A.造成管路損壞 及 N ₂ 外洩，導至 製程中斷，衍生 財產損失(N ₂ 外 洩於自然通風區 域，無缺氧危 害)。																
12	停電	1.人員操作錯誤。 2.廠務跳電。 3.台電瞬間壓降。																	
13	其他	無具危害原因之發現																	

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：N₂ for vent 1 管線

管線/設備編號：N₂ for vent 1 管線

設計目的：提供 N₂ 配合 vacuum generator 產生負壓以進行管線 vent。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1	高流量	於此節點無具危害原因之發現。						
2	低流量	於此節點無具危害原因之發現。						
3	高壓	1.調壓閥故障 2.人員操作錯誤	1.導致管線損壞，無法進行 vent，衍生財產損失。	A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。 A-2. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F2			
4	低壓	1.N ₂ 鋼瓶壓力不足 2.調壓閥故障 3.人員操作錯誤	無法進行管線 vent，造成製程中斷，衍生財產損失。	A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。 A-2. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F3			
5	逆流	1.氣動閥同時失效誤開 2.人員操作錯誤	導致 SiH ₄ 經由 vent 進行排放，	1.氣動閥同時失效誤開之失誤率低。 A-1. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，	F2			

			導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)	當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。 A-2. N2 管線設有 check valve，以有效降低流動方向錯誤之可能性。				
6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。						
7.	雜質	於此節點無具危害原因之發現。						
8.	錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。						
9.	高溫	於此節點無具危害原因之發現。						
10.	低溫	於此節點無具危害原因之發現。						
11.	破裂洩漏	1. 外力撞擊 2. 閥件老化鬆脫 3. 地震	A-造成管路損壞 (N ₂ 外洩於自然通風區域，無缺氧危害)，無法進行 cycle purge，衍生財產損失。	1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。 2.定期更換閥件。 A-1.系統與主結構結合以降低地震造成之危害。 A-2.廠區內設有三架地震偵測儀，當兩組地震儀同時高於 5 級(80 gal)時，系統會警報並連鎖切斷供氣系統。 A-3. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。	F3			

12.	維修不當	1.檢修時元件拆換不當	A-造成管路損壞。	1.廠方設有新人訓練、工程師定期訓練及承攬商管理辦法以避免人員造成之外力撞擊或閥件誤開。 A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。	F3			
13.	停電	1.人員操作錯誤 2.廠務跳電 3.台電瞬間壓降	A-嚴重時造成系統受損及製程中斷之財產損失。	1.配電盤均有上鎖並有供應機台編號之詳細標示。 A-1.儀控系統設有 UPS，提供穩定供電；其他系統設有緊急電，以維持系統運作。 A-2.氣體之氣動閥件皆為 N.C.，當停電時，立即關閉氣體供應。	F2			
14.	其他	無具危害原因之發現						

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：low pressure purge 管線

管線/設備編號：low pressure purge 管線

設計目的：進行 Y-cylinder 更換前後管線及閥件更換之 low pressure purge。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具危害原因之發現。						
2.	低流量	於此節點無具危害原因之發現。						
3.	高壓	1.調壓閥故障 2.人員操作錯誤	1.導致管線損壞	A-1. low pressure purge 管線設有 PG(正常壓力：85 psig)，人員定期巡檢。 A-2. low pressure purge 系統設有 PSI(正常壓力：85 psig)，當壓力高於 95 psig 時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。 A-3. low pressure purge 管線設有 relief valve。壓力高於 100 psig，壓力會經由 reliefvalve 進行釋放。	F3			
4.	低壓	1.N ₂ 鋼瓶壓力不足 2.調壓閥故障 3.人員操作錯誤	無法進行管線 low pressure purge，造成製程中斷，衍生財產損失	A-1. low pressure purge 管線設有 PG(正常壓力：85 psig)，人員定期巡檢。 A-2. low pressure purge 系統設有 PSI(正常壓力：85 psig)，當壓力低於 70 psig 時，系統會 warning，人員進行處理。	F3			

		<p>1.人員或控制系統將 low pressure purge 之氣動閥誤開或內漏。</p>	<p>無法進行管線 purge，嚴重導致 SiH₄ 經由 relief valve 及 vent line 進行排放，導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)</p>	<p>1.三組氣動閥同時失效之可能性低。 A-1 .送氣前會進行管線保壓測漏(1,000 psig N₂)以確認氣動閥之功能完整性。 A-2 . low pressure purge 管線上設有 VPT(normal : -14 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，人員進行處理。 A-3 . purge 管線上設有逆止閥，以避免流動方向錯誤。 A-4 . Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02”)，以降低危害之嚴重性。 A-5 .pig tail panel 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV，GMS 系統會 warning，訊號傳至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。 A-6 . pig tail panel 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。 A-7 . pig tail panel 各設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，聯鎖將訊號送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。 A-8 .BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。 A-9 .BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號送至中控室，人員進行處理。 A-10. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，及送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。 A-11 Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。 A-12 Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000 psig，SiH₄ 會經由 0.39”之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。 A-13 BSGS 區戶外區設有消防栓。 A-15BSGS 區設有一組 CCTV。</p>	F2		
5. 逆流							

6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。							
7.	雜質	於此節點無具危害原因之發現。							
8.	錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。							
9.	高溫	於此節點無具危害原因之發現。							
10.	低溫	於此節點無具危害原因之發現。							
11.	破裂/洩漏	<ul style="list-style-type: none"> 1.閥件鬆脫 2.外力撞擊 3.Gasket 變形 4.人員更換不當 5.地震 	<ul style="list-style-type: none"> A-造成管路損壞(N₂外洩於自然通風區域，無缺氧危害)。 	<ul style="list-style-type: none"> 1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。 2.設有操作 SOP。 3.更換閥件後會進行正壓/保壓測試，壓力需在於 85psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 3psia/10min.)，以確認元件完整性。 4.更換閥件後會進行負/保壓測試，壓力需在於-10psig 且持續 10 分鐘(leak rate：小於 5psia/10min.)，以確認閥件完整性。 A-1.系統與主結構結合以降低地震造成之危害。 A-2.廠區內(L1)設有三架地震偵測儀，當二點同時作動(80 gal)時，系統會警報並連鎖切斷供氣系統。 	F2				
12.	停電	<ul style="list-style-type: none"> 1.人員操作錯誤 2.廠務跳電 3.台電瞬間壓降 	A-嚴重時造成系統損害。	<ul style="list-style-type: none"> 1.配電盤均有上鎖及標示。 A-1.儀控系統設有 UPS，提供穩定供電。 A-2.氣體之氣動閥件皆為 N.C.，當停電時，立即關閉氣體供應。 	F2				
13.	其他	無具危害原因之發現							

製程/操作程序名稱：矽甲烷製程程序

研討節點描述：矽甲烷加壓

管線/設備編號：矽甲烷壓縮機(K-301A/B)、控制閥、破裂片、壓力錶、安全閥、控制閥

設計目的：矽甲烷昇壓

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高壓力	1. 壓縮機異常 2. 來源高壓	壓縮機破裂，氣體洩漏起火燃燒	1. 裝設破裂片及安全閥 PSV/305 2. 設有矽甲烷氣體偵測器 3. 有 UV-IR detector，當感測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之間 4. 緊急排放系統 5. 儀器定期維修校正 6. 定期設備自動檢查	A			
2.	低壓力	系統停車	無危害	不需要	N/A			
3.	高溫度	反應器異常	熱交換器或管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源起火燃燒或產生爆炸反應	1. 設有矽甲烷氣體偵測器 2. 有 UV-IR detector，當感測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之間 3. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 4. 儀器定期維修校正 5. 定期設備自動檢查	A			

					6.設定冷流量計及壓力計警報 7.壓縮機過熱保護裝置					
4.	低溫度	系統停車		無危害	不需要				N/A	
5.	高流量	1.壓縮機異常 2.來源高壓		壓縮機破裂，氣體洩漏起火燃燒	1.裝設破裂片及安全閥 PSV/305 2.設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器 3.緊急排氣系統 4.儀器定期維修校正 5.定期設備自動檢查				A	
6.	低流量	1.壓縮機故障停車 2.來源閥誤關		無危害	不需要				N/A	
7.	洩漏	法蘭洩漏		氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源起火燃燒或產生爆炸反應	1.裝設破裂片及安全閥 PSV/305 2.設有矽甲烷氣體偵測器 3.有 UV-IR detector，當感知到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥 4.緊急排放系統 5.儀器定期維修校正 6.定期設備自動檢查				A	

製程/操作程序名稱： 矽甲烷製程程序

研討節點描述：矽甲烷輸送管

管線/設備編號：控制閥、壓力計、壓力控制器、逆止閥、矽烷分離系、統控制閥

設計目的：輸送矽甲烷

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高壓力	1. 壓縮機出氣高壓 2. 手動閥誤關	管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源起火燃燒	1. 設有壓力控制器連鎖壓縮機 2. 設有矽甲烷氣體偵測器 3. 有 UV-IR detector，當感測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥 4. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 5. 高壓控制閥連鎖關閉	A			
2.	低壓力	系統停車	無危害		N/A			
3.	高溫度	外界火災	管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源起火燃燒	1. 設有壓力控制器連鎖壓縮機 2. 設有矽甲烷氣體偵測器 3. 有 UV-IR detector，當感測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥 4. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 5. 儀器定期維修校正 6. 定期設備自動檢查	A			
4.	低溫度	系統停車	無危害	不需要	N/A			
5.	高流量	1. 壓縮機出氣高壓	管線破裂，氣體	1. 設有壓力控制器連鎖壓縮機	A			

		2. 手動閥誤關	洩漏，人員吸入 中毒，遇火源起 或燃燒	2. 設有矽甲烷偵測器、UVIR 偵測器 3. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 4. 高壓控制閥連鎖關閉 5. 儀器定期維修校正 6. 定期設備自動檢查 7. 偵測器定期保養測試				
6.	低流量	1. 壓縮機跳電 2. 手動閥誤關	造成生產延 遲、產量減少	1. 設有壓力控制器連鎖壓縮機 2. 設有矽甲烷偵測器、UVIR 偵測器 3. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 4. 儀器定期維修校正 5. 定期設備自動檢查 6. 製作 SOP 確實執行	B			
7.	洩漏	法蘭洩漏	氣體洩漏，人員 吸入中毒，遇火 源起或燃燒	1. 設有壓力控制器連鎖壓縮機 2. 設有矽甲烷氣體偵測器 3. 有 UV-IR detector，當感測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥 4. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 5. 儀器定期維修校正 6. 定期設備自動檢查	A			
8.	真空	無此狀態	無危害	不需要	N/A			
9.	逆流	閥未關閉	物質逆流造成危 害	設置逆止閥	B			

製程/操作程序名稱：矽甲烷製程程序

研討節點描述：矽甲烷灌裝管線

管線/設備編號：矽甲烷灌裝管大小頭、控制閥、過濾器、質量流量控制器、壓力、逆止閥、安全閥控制閥

設計目的：供應灌裝矽甲烷

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	<ol style="list-style-type: none"> 1.人員操作異常 2.壓縮機異常 3.控制閥異常 4.流量計故障 	造成壓縮機過量	<ol style="list-style-type: none"> 1.由質量流量控制網滿監控流量 2.管線設有壓力控制器 3.流量過高會連鎖降低流量 4.管線設有安全閥 5.儀器定期維修校正 6.定期設備自動檢查 	C			
2.	低流量	<ol style="list-style-type: none"> 1.人員操作異常 2.壓縮機異常 3.控制閥異常 4.流量計故障 	無危害	N/A	N/			

3.	高壓力	<ol style="list-style-type: none"> 1.出口壓力高 2.人員操作異常 3.過濾器阻塞 	管線破裂氣體洩漏、人員吸入中毒、遇火源或自身起火燃燒	<ol style="list-style-type: none"> 1.由質量流量控制網滿監控流量 2.管線設有壓力控制器 3.流量過高會連鎖降低流量 4.管線設有安全閥 5.儀器定期維修校正 6.定期設備自動檢查 	A			
4.	低壓力	<ol style="list-style-type: none"> 1.人員操作異常 2.壓縮機異常 3.控制閥異常 4.流量計故障 5.過濾器故障 	無危害	N/A	N/A			
5.	高溫度	外部火災	管線受熱破裂，遇火源自身起火燃燒	<ol style="list-style-type: none"> 1.由質量流量控制網滿監控流量 2.管線設有壓力控制器 3.流量過高會連鎖降低流量 4.管線設有安全閥 5.儀器定期維修校正 6.定期設備自動檢查 	A			

6.	低溫度	系統停車	無危害	不需要	N/A		
7.	洩漏	法蘭洩漏	管線破裂氣體洩漏、人員吸入中毒、遇火源或自身起火燃燒	<p>1.設有氨氣及砒甲烷氣體偵測器</p> <p>2.有 UV-IR detector，當改測到訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥</p> <p>3.管線設有壓力控制器</p> <p>4.管線設有安全閥</p> <p>5.儀器定期維修校正</p> <p>6.定期設備自動檢查</p> <p>7.廠區內設有三架地震偵測儀，當二點同時(地震 5 級)作動時，系統會警報並連鎖切斷供氣系統</p> <p>8.強化作業人員安全衛生教育訓練</p>	A		

製程/操作程序名稱：矽甲烷製程程序

研討節點描述：矽甲烷連通管線

管線/設備編號：控制閥、逆止閥、矽甲烷成品槽真空泵浦 P-501、壓力計、壓力控制器

設計目的：矽甲烷均壓及儲存

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高壓力	1.來源高壓 2.閥誤關	熱交換器或管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源或自身起火燃燒。	1.設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器 2.劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 3.儀器定期維修校正 4.定期設備自動檢查	A			
2.	低壓力	系統停車	無危害	不需要	N/A			
3.	高流量	1.來源高流量 2.閥誤開	熱交換器或管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源或自身起火燃燒。	1.設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器 2.劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量 3.儀器定期維修校正 4.定期設備自動檢查	A			
4.	低流量	1.真空誤操作 2.閥誤關	無危害	不需要	N/A			

5.	高溫度	外部火源	火災使管線破裂，氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源或自身起火燃燒。	<p>1. 設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器</p> <p>2. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量</p> <p>3. 儀器定期維修校正</p> <p>4. 定期設備自動檢查</p>	A		
6.	低溫度	系統停車	無危害	不需要	N/A		
7.	洩漏	法蘭洩漏	氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源或自身起火燃燒。	<p>1. 設有矽甲烷氣體偵測器</p> <p>2. 有 UV-IR detector，當感知到有訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥</p> <p>3. 劃定明火作業管制區，明火作業前，作業區域先以手提偵測器偵測可燃性氣體含量</p> <p>4. 設有安全閥</p> <p>5. 儀器定期維修校正</p> <p>6. 定期設備自動檢查</p>	A		
8.	逆流	物質逆流造成危害	物質逆流造成危害	設置逆止閥	B		

製程/操作程序名稱：矽甲烷製程程序

研討節點描述：矽甲烷加壓

管線/設備編號：矽甲烷壓縮機、安全閥、排放煙窗、壓力控制器、溫度控制器、逆止閥、洩漏偵測器

設計目的：矽甲烷加壓製灌裝

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高壓力	1.來源高壓 2.壓縮機高壓	本體破裂、矽甲烷洩漏，遇火源或自身起火燃燒。	1.設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器 2.設有壓力控制器 3. 儀器定期維修校正 4. 定期設備自動檢查	A			
2.	低壓力	壓縮機故障	無危害	N/A	N/A			
3.	高溫度	1.外部高溫 2.冷卻水缺包	本體破裂、矽甲烷洩漏，遇火源或自身起火燃燒。	1.設有矽甲烷偵測器及 UVIR 偵測器 2.設有壓力控制器 3. 儀器定期維修校正 4. 定期設備自動檢查	A			
4.	低溫度	壓縮機故障未運作	無危害	N/A	N/A			
5.	洩漏	法蘭洩漏	氣體洩漏，人員吸入中毒，遇火源或自身起火燃燒。	1.設有矽甲烷偵測器 2.有 UV-IR detector，當感知到有訊號時，監控系統會 HH alarm，並連鎖關閉瓶頭閥，及所有 N.C. type 之閥 3.設有破裂片及安全閥 PSV I522 4.設有壓力計可隨時監控	A			

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：high pressure leak test 管線

管線/設備編號：high pressure leak test 管線

設計目的：進行 Y-cylinder 更換及閥件更換之 high pressure leak test。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具危害原因之發現。						
2.	低流量	於此節點無具危害原因之發現。						
3.	高壓	1.調壓閥故障 2.人員操作錯誤	1.導致管線損壞，衍生財產損失。	A-1. high pressure purge 系統設有 PT1，當壓力高於 1,100 psig 時，會聯鎖並連鎖 shut down 單邊系統。	F3			
4.	低壓	1.N ₂ 鋼瓶壓力不足 2.調壓閥故障 3.人員操作錯誤	無法進行管線 high pressure purge，造成製程中斷，衍生財產損失。	A-1. high pressure purge 管線設有 PT1，壓力低於 900 psig 時，會聯鎖停止 high pressure purge 的程序。	F3			
5.	逆流	1.人員或控制系統將 high pressure purge 之氣動閥誤開或內漏。	無法進行管線 high pressure leak test，嚴重導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危	1.三組氣動閥同時失效之可能性低。 A-1. 送氣前會進行管線保壓測漏(1,000 psig N ₂)以確認氣動閥之功能完整性。 A-2. low pressure purge 管線上設有 VPT(normal : -14 psig)，當壓力低於 50 psig 時，系統會 warning，人員進行處理。 A-3. purge 管線上設有逆止閥，以避免流動方向錯誤。	F2			

				<p>A-4. Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02’’)，以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-5. pig tail panel 設有一組 gas detector，當濃度高於 1 TLV，GMS 系統會 warning，訊號傳至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-6. pig tail panel 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號傳至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-7. pig tail panel 各設有 sprinkler(68°C)酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，連鎖將訊號送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。</p> <p>A-8. BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-9. BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-10. BSGS 區設有 sprinkler(68°C)酒精頭，並配合水力壓降以啟動 pump，及送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-11 Y-cylinder 設有熱熔栓，當溫度高於 74°C，SiH₄ 會經由 0.39’’之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-12 Y-cylinder 設有破裂片，當壓力高於 4,000 psig，SiH₄ 會經由 0.39’’之排放口進行排放，以降低 Y-cylinder 爆炸之風險。</p> <p>A-13 BSGS 區戶外區設有消防栓。</p> <p>A-14 Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防火牆。</p>			
6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。		害。(主要為財產損失)			
7.	雜質	於此節點無具危害原因之發現。					
8.	錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。					
9.	高溫	於此節點無具危害原因					

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：vent 2 管線

管線/設備編號：vent 2 管線

設計目的：進行 rack 閥件更換前後管線之 vent

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.	高流量	於此節點無具危害原因之發現						
2.	低流量	於此節點無具危害原因之發現						
3.	高靜壓	於此節點無具危害原因之發現						
4.	低靜壓	1. vacuum generator 故障。 2. N ₂ (for vacuum generator)供應中斷。 3. 人員操作錯誤。	A. 無法進行管線 vent 造成製程中斷，衍生財產損失。	A-1. Vent 管線上設有 PT2，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F3			
5.	流動方向錯誤	1. 三組氣動閥閥件同時失效誤開。 2. 人員操作錯誤。	嚴重導致高壓 SiH ₄ 經由 vent(低壓管線)進行排放，導致火災爆炸。	1. 三組氣動閥同時失效誤開之失誤率低。 A-1. Vent 管線上設有 PT2，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F1			

				<p>A-2.vent 管線設有 CV，可降低危害之風險。</p> <p>A-3.Y-cylinder 出口設有 orifice(0.02")及系統調壓後設有 EFS(430 slm)以降低危害之嚴重性。</p> <p>A-4.rack 設有一組 gas detector，當濃度高於 1TLV·GMS 系統會 warning，訊號送至中控室，人員搭配 CCTV 進行處理。</p> <p>A-5.rack 設有 UV-IR detector，當作動時系統會 alarm，並連鎖 shut down SiH₄ 供應，訊號送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-6.rack 設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，配合消防系統水流及壓力監測，連鎖將訊息送至中控室及消防監控系統，人員進行處理。</p> <p>A-7.BSGS 區電器防爆設計皆為 zone 2 防爆等級，並有洩爆口。</p> <p>A-8.BSGS 區設有 UV-IR detector，當感測到火焰時訊號會送至中控室，人員進行處理。</p> <p>A-9.BSGS 區設有 sprinkler(68°C)/酒精頭，並配合水力降壓以啟動 pump，即送出 alarm 訊號，並連鎖啟動水霧消防系統。</p> <p>A-10.BSGS 區戶外區設有消防栓</p> <p>A-11.Y-cylinder 與 Y-cylinder 之間設有防爆牆。</p> <p>A-12.rack 區設有一組 CCTV。</p>			
		炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)					
6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現					
7.	雜質	於此節點無具危害原因之發現					
8.	錯誤物質	於此節點無具危害原因					

製程/操作程序名稱：SiH₄ BSGS 供應系統

研討節點描述：N₂ for vent 2 管線

管線/設備編號：N₂ for vent 2 管線

設計目的：提供 N₂ 配合 vacuum generator 產生負壓以進行管線 vent。

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1	高流量	於此節點無具危害原因之發現。						
2	低流量	於此節點無具危害原因之發現。						
3	高壓	1.調壓閥故障 2.人員操作錯誤	1.導致管線損壞，無法進行 vent，衍生財產損失。	A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。 A-2. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F2			
4	低壓	1.N ₂ 鋼瓶壓力不足 2.調壓閥故障 3.人員操作錯誤	無法進行管線 vent，造成製程中斷，衍生財產損失。	A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。 A-2. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。	F3			
5	逆流	1.氣動閥同時失效誤開 2.人員操作錯誤	導致 SiH ₄ 經由 vent 進行排放，	1.氣動閥同時失效誤開之失誤率低。 A-1. Vent 管線上設有 VPT，管線進行 vent 之前，會進行管線負壓測漏，	F2			

				導致火災爆炸造成人員傷亡、及財產損失及環境衝擊危害。(主要為財產損失)	當管線壓力無法抽至-8 psig 以下時，系統會 warning，人員進行處理；當管線壓力無法抽至-6 psig 以下時，系統會 warning，並連鎖 shut down 單邊系統。 A-2. N2 管線設有 check valve，以有效降低流動方向錯誤之可能性。				
6.	錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。							
7.	雜質	於此節點無具危害原因之發現。							
8.	錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。							
9.	高溫	於此節點無具危害原因之發現。							
10.	低溫	於此節點無具危害原因之發現。							
11.	破裂/洩漏	1. 外力撞擊 2. 閥件老化鬆脫 3. 地震	A-造成管路損壞 (N ₂ 外洩於自然通風區域，無缺氧危害)，無法進行 cycle purge，衍生財產損失。	1.承攬員進行施工前需進行教育訓練。 2.定期更換閥件。 A-1.系統與主結構結合以降低地震造成之危害。 A-2.廠區內設有三架地震偵測儀，當兩組地震儀同時高於 5 級(80 gal)時，系統會警報並連鎖切斷供氣系統。 A-3. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。					F3

12.	維修不當	1.檢修時元件拆換不適當	A-造成管路損壞。	1.廠方設有新人訓練、工程師定期訓練及承攬商管理辦法以避免人員造成之外力撞擊或閥件誤開。 A-1. N ₂ 管線設有 PG(正常壓力 85 psig)，值班人員定期進行檢視。	F3			
13.	停電	1.人員操作錯誤 2.廠務跳電 3.台電瞬間壓降	A-嚴重時造成系統受損及製程中斷之財產損失。	1.配電盤均有上鎖並有供應機台編號之詳細標示。 A-1.儀控系統設有 UPS，提供穩定供電；其他系統設有緊急電，以維持系統運作。 A-2.氣體之氣動閥件皆為 N.C.，當停電時，立即關閉氣體供應。	F2			
14.	其他	無具危害原因之發現						

第二節 四氫化矽洩漏危害模擬與後果分析

本階段主要是進行四氫化矽洩漏危害模擬與後果分析，模擬所使用的軟體為美國環保署所推薦的 ALOHA，其中四氫化矽儲槽體積採用 2,633L(其為依據國際標準組織 ISO 模組或管式槽車的單管式鋼瓶最大內容積)，洩漏破裂口徑依據 CGA-13 資料中所述大宗四氫化矽鋼瓶壓力釋放閥(PRD)常用的口徑為探討依據本案將針對破裂口徑分別為 0.01m、0.013m、0.022m(此為最廣泛使用者)、0.025m，進行健康危害擴散、爆炸濃度擴散、爆壓衝擊危害及噴射火焰長度與熱輻射危害模擬與後果分析。由於本軟體目前只能最高壓力僅能模擬至 1,000psi 與實際產業所使用者(1,500psi -1,600psi)有些落差。基此；本案模擬壓力從 600psi 至 1,000psi，並依據不同之大小破裂孔徑探討噴射火焰長度、熱輻射危害範圍、爆炸波及範圍和健康危害範圍等危害衝擊模擬出，再藉由這些資訊分析與探討大宗四氫化矽供應製程危害預防與控制應注意之事項。而整個模擬條件與結果敘述如下：

洩漏狀況：

溫度：25°C ，鋼瓶壓力：600 psi~1,000 psi

破裂口徑：0.01m、0.013m、0.022m、0.025m

洩漏方向：水平

大氣條件：

溫度：25°C ，壓力：1 atm

相對濕度：95%

風速：1.5 m/s、3m/s、5m/s

地表條件：開放區域

本案各種危害程度之判斷基準如下表 22：

表 22 危害程度之判斷基準表

危害形式	能量強度	危害判定基準
熱輻射	4 kW/m ²	輕度危害，「安全距離」，僅可能導致皮膚起水泡(二級灼傷)；致死率為 0%
	12.5 kW/m ²	中度危害，為點燃燒木材、融化塑膠管所需之最低能量，若暴露超過 1 分鐘致死率為 1%。
	37.5 kW/m ²	重度危害，對製程設備足夠造成傷害。暴露時間 1 分鐘之致死率為 100%。
爆炸過壓	1.0 psi	窗戶玻璃破損，並對窗戶外框造成損害。
	3.5 psi	嚴重破壞，建築物的鋼骨結構扭曲並脫離地基。
	6 psi	房屋幾乎完全毀損。

討論：

本案因為軟體的限制，最高模擬壓力只能做到 1,000psi。基此，本案模擬壓力從 600psi、700psi、800psi、900psi 及 1,000psi，並依據不同之大小破裂孔徑探討噴射火焰長度、熱輻射危害範圍、爆炸波及範圍和健康危害範圍等危害衝擊模擬出。而這些結果對四氫化矽之預防與控制措施之規劃與設計又莫大之助益，將討論如下：

一、健康危害模擬：

在健康危害模擬中發現在 1,000psi、破口直徑為 1 英吋與風速為 1.5m/s 時擴散危害範圍最大，以四氫化矽最高容許濃度 20ppm(人員暴露在此濃度下雖不會至死，但卻會引發產生不可逆之生理病變)為例，在此條件下其危害距離可達 6.2 公里。而就連危害最小之 600psi、破口直徑為 3/8 英吋與風速為 1.5m/s 時擴散危害亦可達 2.4 公里。因此；不僅為危害到現場作業人員，在地小人稠知台灣，其更會波及附近之多家廠區人員之健康。因此若附近廠房有儲存或使用四氫化矽者亦應藉由當地之大氣資訊設置漏氣檢知系統，或與使用單位有緊密之危害訊息聯通系統，使意外發生時能，能將對周邊人員健康危害程度降至最低。此外；藉由 IDLH 與 TWA 濃度擴散之距離與範圍可協助業者規劃緊急救災過程中熱區、暖區與冷區劃分之依據。以圖 12、13 為例，其熱區半徑為 3.7km，暖區則為 5.0km，若在配合風向便可在平時將各種康危害情境與救災規劃準備好，當可在未來一旦有洩漏發生，能於第一時間做好最完善之疏散與救災作業。

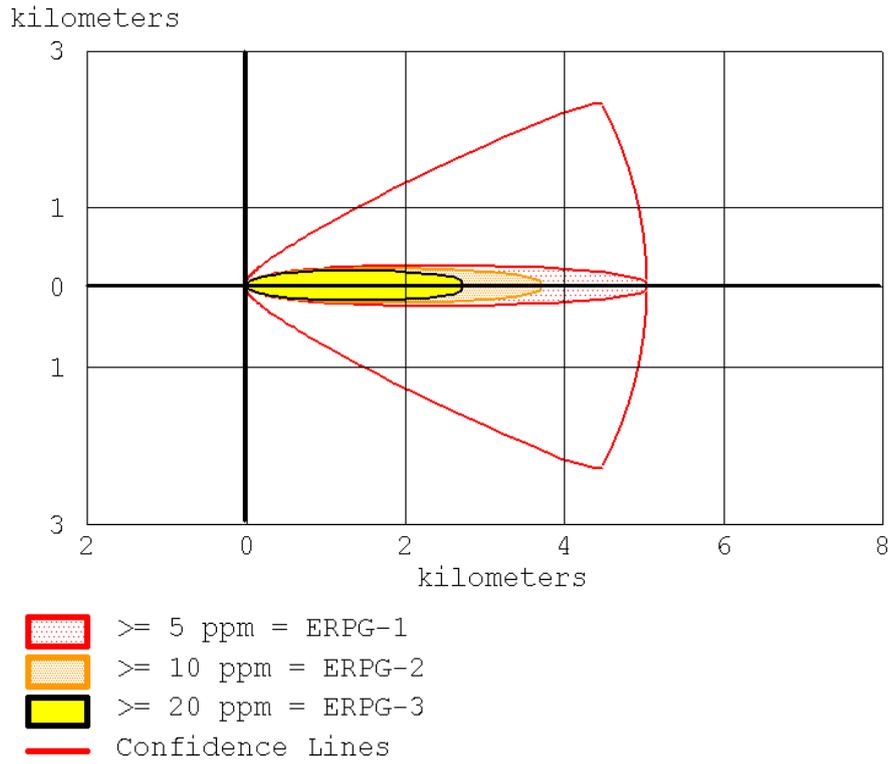


圖 12 1,000psi、破洞口徑 0.025m 之健康危害模擬圖

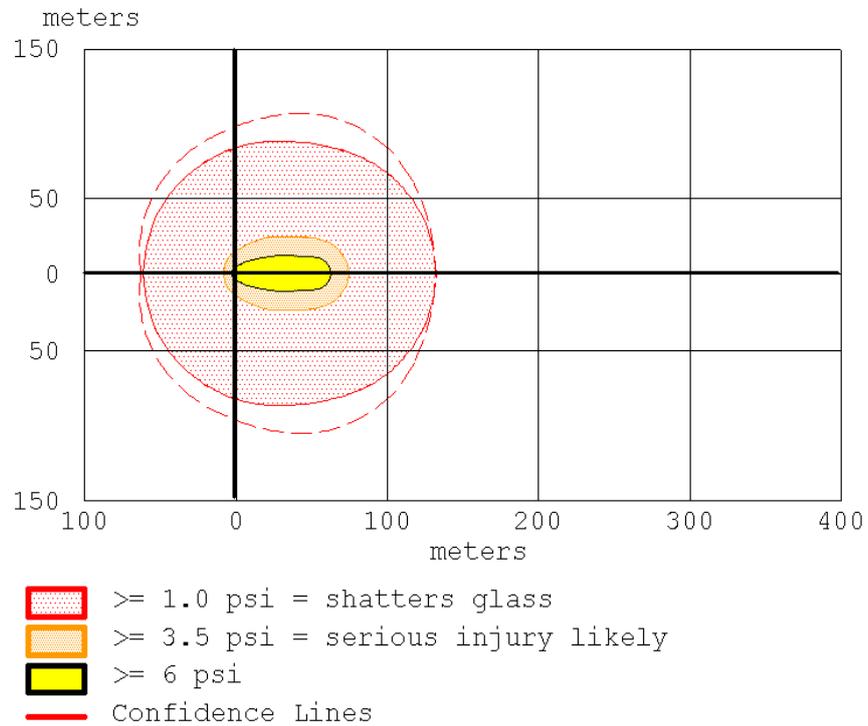


圖 13 1,000psi、破洞口徑 0.025m 之擴散爆炸模擬圖

二、爆炸危害衝擊模擬：

四氯化矽本身為自燃性物質，在一般情況下洩漏出來時便發生噴射火焰現象，但如當其濃度低於 4.5%時，並不具自燃性。即使洩漏濃度於 4.5%至 96%條件，雖具自燃性，但仍會有延遲引燃之現象而導致爆炸。在本情境模擬中，當壓力為 1,000psi、風速 1.5m/s、破裂口徑 0.025m 所引發之擴散爆炸危害最大，由圖 13 可看出會導致廠房全毀之爆壓 6psi 其波及半徑可達 69 公尺，造成非鋼骨結構體移位，一般建築物損毀過壓 3.5psi 其波及半徑可達 86 公尺。而在 166 公尺半徑範圍內，建築物之窗戶將會被爆炸波震碎(過壓為 1psi)。同樣的在風速 1.5m/s，將當壓力為 600psi、破裂口徑 0.01m 時，所引發之擴散爆炸危害如圖 13 所示，由圖中可看出會導致廠房全毀之爆壓 6psi 其波及半徑仍可達 39 公尺，造成非鋼骨結構體移位，一般建築物損毀過壓 3.5psi 其波及半徑可達 42 公尺，而爆壓為 1psi 之過壓，將造成 70 公尺半徑範圍內，建築物之窗戶將會被震碎之後果。這些衝擊除嚴重摧毀該工廠外，亦會波及到附近廠家，生命財產之損失，營業中斷與未來引發紛爭及求償更是難以估計的。基此規劃是當的防爆設施是必須的，尤其洩爆措施。然在規劃與設置洩爆設施時，需注意洩爆口設置位置需能將爆波導引至無害方向，同時亦應注意洩爆時反作用力對該區各項硬體措施之衝擊。

三、噴射火焰長度危害模擬：

由於四氯化矽為自燃性物質，且為高壓儲存，因此其一旦發生洩漏因自燃而產生噴射火焰危害便為最容易發生之情況了。在本情境模擬中，當壓力為 1,000psi、風速 1.5m/s、破裂口徑 0.025m 所引發之危害最大，由圖 14 可看出其噴射火焰長度為 10 公尺，導致設備全毀熱輻射值為 37.5 kW/m² 時，危害距離為 10 公尺。導致如木材等可燃性固體熱輻射值為 12.5 kW/m² 時，危害距離為 14 公尺，而可導致人元二級灼傷熱輻射值為 4 kW/m² 時，危害距離為 27 公尺。同樣的在風速 1.5m/s，將當壓力為 600psi、破裂口徑 0.01m 時，所引發之噴射火焰危害，由模擬結果可發現，其噴射火焰長度為 3 公尺，而各種熱輻射危害如 37.5 kW/m²、12.5 kW/m² 與 4 kW/m²，其危害皆 ALOHA 可模擬之低限值。從模擬結果不難看出，若能將 PRD 之口徑選擇為 3/8 英吋，其危害將可有效被控制，其與其他措施之安全距離為 3 公尺，若期間有防火牆阻隔，安全距離可縮小至 1.5 公尺，若再搭配灑水系統進行降溫其作業危害將可有效被控制住。

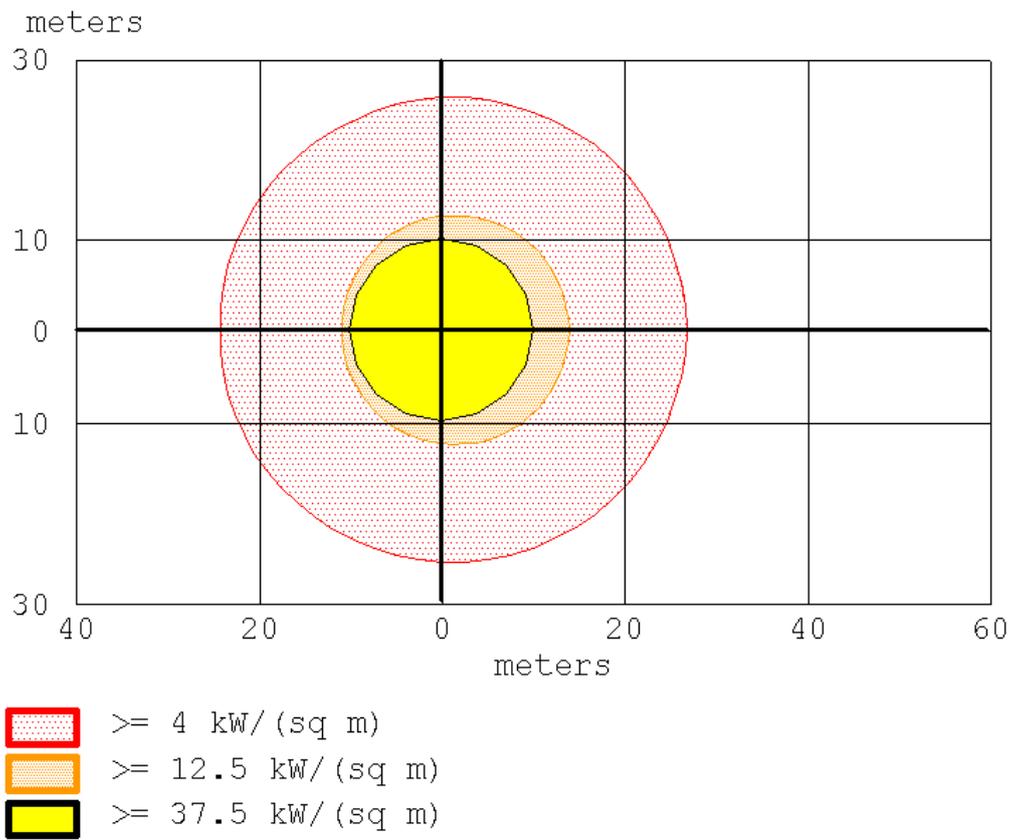


圖 14 1,000psi、破洞口徑 0.025m 之噴射火焰模擬圖

第五章 矽甲烷及矽甲烷混合器 之儲存與處置規範

第一節 目的(參考 SEMI S18)

本基準之目的係在設定純矽烷或大於 1.37%矽烷混合物氣體儲存及輸送時最低安全與衛生標準，並適用半導體(IC)、平面顯示器(FPD)或太陽能光電(PV)等相關的製造設備與設施。

第二節 範圍(參考 CGA13、SEMI S18)

- 一、本標準係在管理用於儲存、輸送純矽烷或大於 1.37%矽烷混合物(以下簡稱矽烷)之系統或供應源的安裝。選用 1.37%濃度的原因在於其係代表此物質在正常溫度及壓力下於空氣中可燃之下限(LFL)。
- 二、包含儲存、設備設計、管線與控制，以及矽烷儲存與密閉使用系統之製造安裝等指導方針。
- 三、提供與矽烷有關之操作程序及消防、氣體監測、通風與相關的安全防護等指導方針。
- 四、矽烷容器包括管式拖車、ISO 模組、含歧管連接之鋼瓶組以及單獨使用之鋼瓶。
- 五、內容一文件包括以下的章節：
 - (一)目的
 - (二)範圍
 - (三)室外儲存及使用
 - (四)鋼瓶系統規劃
 - (五)大宗氣源系統規劃

- (六)管線及元件
- (七)氣體及火焰偵測
- (八)消防
- (九)通風系統
- (十)殘氣排氣及處理設備
- (十一)掃氣氣體系統
- (十二)電氣
- (十三)基本監控要求
- (十四)風險評估
- (十五)設備安全

第三節 儲存及使用

一、適用性

除第 3 節之要求外，當情況適用時，矽烷的室外儲存及使用應符合第 4 至 13 節之要求。

二、一般

由於矽烷具有火災或爆炸的可能性，釋放矽烷即代表危險。釋放於封閉的空間內時，基於矽烷之立即或潛在點火或自燃的效應，若緊鄰於燃燒物質的大氣受熱或膨脹，即具有嚴重危險的可能性。大氣膨脹與經由點燃物質所傳遞的潛在震波可導致人員受傷，並損壞震源附近的建築物及設備。可將室外區域用作為消除或將這些效應減至最低的方式。

(一)位置

矽烷源及系統須放置於室外。雖可允許室內場所，但矽烷的儲存及使用仍應以室外為佳，以降低發生火災及爆炸時使用者及設施所承受的風險。將矽烷安裝於非封閉空間時，其周圍的環境可吸收無限量的熱量，且周圍環境可無限制地自由膨脹，而讓過高的壓力迅速衰減。

1.透空性

系統的位置應要能使系統開放至周圍的環境(請參閱室外定義)。

當侵入矽烷源的物品所在之位置與矽烷源的距離不小於侵入物品高度(22.5 度)兩倍時，系統必須要開放至周圍的環境。

2.減緩

不符合(1)要求的矽烷源及系統應具有針對侵入的減緩措施。應用減緩措施時，最大可容許侵入的距離須為不小於侵入物品的高度。此限制將造成侵入物品的高度與矽烷容器基座的角度不大於 45 度。在決定位置時，亦應將過壓及熱效應納入考量。請參閱附錄 C 及 D。

例如，假設有一設備項目位於離矽烷鋼瓶（在遮棚結構下）一側 10ft（3.0m）的高度。應用此規則，設備應位於距遮棚結構不低於 20ft（6.1m）的位置。若無法達成 20ft（6.1m）的距離，則在進一步讓侵入物品存在之前，應採取減緩的措施。可使用強制性空氣循環作為減緩方式。應透過不低於 150ft/min（0.8 m/s）的速率移動鋼瓶閥及閥接頭上方的空氣，以達成減緩效果。

3.天候保護

當控制裝置或未連接之儲存鋼瓶需有免受天候影響的保護時，應提供屋頂或遮棚。例外情況為大宗矽烷源，其不需遮蔽的屋頂。

4.上方屋頂結構的高度

若提供屋頂，其最低高度應不低於從周圍地板測量起 12ft（3.7m）。對於比空氣輕的混合物，則容許使用傾斜的屋頂並在頂端裝有通氣孔，以用於排放逸出的氣體。

(二)出口

室外儲存及使用區域應至少有兩個出口。例外情況為面積小於 200ft²（19m²），設備的配置應使出口通道無阻礙物。區內任一點距出口的最大距離不可超過 75ft（23m）。

1.硬體

除非是安全門所用的推壓式門鎖，否則圍籬區域的出口大門或門不可使用門鎖或加鎖。

(三)安全性

非核准人員不得進入儲存或使用區域。防止進入的屏障應可讓空氣在整個儲存或使用區域自由流通。

(四)車流量

儲存及使用系統的位置應可使運輸車輛進入以執行裝載及交換作業。儲存及使用區域應具備避免進出車輛損壞的防護裝備。

(五)消防通道

應根據當地法規提供消防通道。

(六)與不相容物質分離

儲存或使用的矽烷應以一段距離隔離或使用防火性隔間，以與不相容的物質隔離。

1.以距離隔離或以防火牆保護(比 NFPA 嚴格很多)

矽烷的儲存或使用應與不相容之物質距離至少 20ft (6.1m) 予以隔離，或以 2 小時防火牆與容器之底座距離至少 18in (46cm)。

2.防火牆的配置

使用防火牆隔離不相容物質時，該防火牆的配置不可阻礙氣流流至矽烷源使用區域。

3.物理危害之流體附近

矽烷儲存及使用的位置應使得室外、地上流體儲存容器或裝有物理危害流體系統所溢出或洩漏的流體，不會對儲存或使用區域造成暴露危害。可使用築堤、分流擋堤、依序排列或替換方式使洩漏的液體分散並離開矽烷儲存或使用區域。

4.固定容器

鋼瓶和移動式供應單位應加以固定，以避免移動。

5.其他要求

除前述條文外，室外運送系統應符合以下要求。相關細節請參閱適用的章節：

鋼瓶系統設計	參閱第 4 節
大宗氣源系統設計	參閱第 5 節
管線及元件	參閱第 6 節
氣體及火焰偵測	參閱第 7 節

消防	參閱第 8 節
通風系統	參閱第 9 節
殘氣排氣及處理設備	參閱第 10 節
掃氣氣體系統	參閱第 11 節
電氣	參閱第 12 節
基本監控要求	參閱第 13 節

三、暴露距離

(一)鋼瓶源及暴露間之距離

所儲存或使用的矽烷來源鋼瓶應以不低於表 23 標示之距離來隔離暴露危害。因輻射熱的距離會依儲存容積而改變，因此隔離距離可以變動。距離係根據可容許之熱輻射(火災而非爆炸)暴露而決定。

(二)防護牆壁

1.侵入

使用 2 小時防火性隔間或防火牆阻斷容器與暴露間的視線時，表 23 中的距離可縮短為 5ft (1.5m)。

2.穿孔及開口

防火性隔間或牆壁的穿孔及開口應依照當地建築法規的要求受到防護。穿孔及開口防火等級應不低於隔間或牆壁所要求的防火等級。

3.阻隔物

防火牆或防火短牆之型態應可自然通風，以防止蒸氣聚集。例外的情況為室外儲存區域內有閥已遮斷且未連接使用之鋼瓶。

(三)ISO 模組或拖車與暴露間之距離

儲存或使用的矽烷 ISO 模組或拖車與暴露間之最小距離不可低於表 23 所列之距離。表 24 不適用於限流節流口(RFO)下游的管線系統。

其他暴露如下：

- 1.在存有電源線安裝或可想見暴露於電氣的區域，矽烷之裝卸運送車輛應與上方的電線至少保有 25ft（8m）的距離。
- 2.大宗矽烷源上方區域應無阻隔物。

距離係根據因個別標註的尺寸容器其釋放矽烷潛在自燃造成過壓的可能性而定。過壓之部分則由標註之尺寸容器釋壓容器潛在釋放所決定。顯示的容器容積將根據個別容器的最大水容量而定，與是否有岐管連接無關。

表 23 儲存或使用之鋼瓶源至室外暴露間之最小距離

暴露類型	不同儲存容積或巢狀容器至暴露之最小距離 1)2)3)			
	鋼瓶 ⁴⁾ ≤ 600ft ³ (17m ³)ft(m)	鋼瓶 ⁵⁾ 601ft ³ – 2,500ft ³ (71m ³)ft(m)	鋼瓶 ⁵⁾ 2,501ft ³ – 10,000ft ³ (283m ³)ft(m)	450L 鋼瓶 ⁶⁾ ≤ 10,000ft ³ (283m ³)ft(m)
可在其上建設的公共集合、地產界線場所。	20 (6)	30 (9)	50 (15)	60 (18)
公共街道及人行道	20 (6)	30 (9)	50 (15)	60 (18)
非防火結構建築物 ⁷⁾	15 (5)	25 (8)	25 (8)	40 (12)
非防火結構建築物 ⁸⁾	20 (6)	25 (8)	25 (8)	40 (12)
具 2 小時防火額定之建築物及 25ft(8m)內無開口	5 (1.5)	5 (1.5)	5 (1.5)	5 (1.5)
具 4 小時防火額定之建築物及 25ft(8m)內無開口	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
可相容高壓氣體鋼瓶儲存或其他矽烷鋼瓶叢 ⁷⁾	9 (3)	9 (3)	12 (4)	30 (9)
可相容高壓氣體鋼瓶儲存或其他矽烷鋼瓶叢	20 (6)	20 (6)	20 (6)	40 (12)

8)				
不相容高壓氣體鋼瓶及物質	20 (6)	20 (6)	20 (6)	40 (12)
地面上易燃及／或易燃液體儲存 ⁷⁾				
(a) 0 – 1,000 加侖 (3,785L)	10 (3)	10 (3)	25 (8)	25 (8)
(b) 超過 1,000 加侖 (3,785L)	25 (8)	25 (8)	50 (15)	50 (15)
地面上易燃及／或易燃液體儲存 ⁸⁾				
(a) 0 – 1,000 加侖 (3,785L)	20 (6)	20 (6)	25 (8)	25 (8)
(b) 超過 1,000 加侖 (3,785L)	25 (8)	25 (8)	50 (15)	50 (15)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 距離係根據可容許之熱輻射暴露決定。 2. 根據 9 節提供防護牆時，可將規定距離降低為 5ft (1.5m)，或符合第 9 節時降低為 0ft。 3. 顯示之公升容積係參照鋼瓶之水容積。 4. 內部容積 1.8ft³ (50L) 或以下的儲存鋼瓶，或是如第 6 節規定之隔離中避免火焰侵入所使用之鋼瓶。 5. 僅為內部容積 1.8ft³ (50L) 或以下之儲存鋼瓶。 6. 內部容積大於 1.8ft³ (50L) 或未超過 16ft³ (450L) 之儲存或使用之鋼瓶。 7. 鋼瓶或纖維包覆鋁瓶所裝之矽烷，或裝有可相容氣體之鋼瓶或纖維包覆鋁瓶附近儲存的矽烷。 8. 裝於鋁瓶之矽烷，或在裝有可相容氣體之鋁瓶附近儲存的矽烷。 				

表 24 室外儲存或使用之矽烷拖車、ISO 模組及大於 450L 容器的暴露距離

暴露類型	最小暴露距離 ^{1) 2) 3) 4) 5) 6)}		
	>450L ⁵⁾ 鋼瓶，包括管式拖車或 ISO 模組 ¹⁾		
	<600 psig (4,140 kPa)ft(m)	>600 psig – 1,000 psig(6,900kPa)ft(m)	> 1,000 psig – 1,600 psig(11,030 kpa)ft(m)
公共集合場所	175 (53)	275 (84)	450 (137)
地產界線	110 (34)	180 (55)	300 (91)
現場建築物 ⁷⁾	110 (34)	180 (55)	300 (91)

1. 容器內之最大矽烷壓力。
2. 距離係根據因個別標註的尺寸容器其釋放矽烷潛在點火造成過壓的可能性而定。過壓之部分則由標註之尺寸容器釋壓容器潛在釋放所決定。顯示的容器容積會依個別容器之最大水容量而定，與是否有岐管連接無關。
3. 與建築物的距離可視建築物阻抗過壓的能力而降低。
4. 表中所示以外的壓力或容積距離應經過工程分析（須由核准單位核准）後決定。
5. 以公升表示的容積對照於規定容器之水容量。
6. 管式拖車或配備 PRD 之 ISO 模組具有排氣節流口直徑 ≤ 1.0”（25mm）。

四、矽烷輸送系統

(一)一般

建議在室外放置矽烷輸送系統，以防止矽烷釋放時矽烷聚集的可能性。雖然建議在室外位置，但基於場所或環境考量（例如矽烷混合物的其他成分具有毒性時），不一定可使用室外系統。

(二)系統操作

應根據第 7 節之要求，提供來源連接處或控制面板上偵測火災可能性之方法。所提供的方法其設計應可在改變來源容器後與啟動矽烷流時，將人員暴露降至最低。

(三)遮斷及來源隔離

應根據第 7 節之要求提供遮斷矽烷輸送系統的方法。

1.遠端位置、手作動遮斷

應至少提供一遠端位置與手作動遮斷控制。遮斷控制的距離與供應源及控制面板控制系統間應不小於 15ft (4.6m)。啟動遮斷控制應可立即停止位於來源的氣體流動，並將來源與輸送系統隔離。另外，遠端位置、手作動遮斷控制應位於各安全區域的出口。

2.自動遮斷

應提供自動遮斷系統，於偵測到火災時自動遮斷氣體流動，以符合第 7 節之要求。

(四)鋼瓶系統配置

裝有矽烷之個別鋼瓶應固定於鋼架上，並與其他矽烷鋼瓶隔離，以避免來自矽烷釋放的火焰侵入鄰近的鋼瓶或閥區域。應使用 1/4”(6mm)厚度的鋼板隔離，且鋼板應從鋼瓶閥中心線向下延伸至少 18”(460mm)、向上延伸至少 6”(150mm)，或是使用其他方法提供相同的隔離保護，如圖 15 所示。例外情況為，鋼瓶處於充填過程且在監控之下時，可不

需使用屏障隔離來防止火焰侵入。

圖 15 說明開放式鋼架使用鋼板作為鋼瓶隔離的範例。隔離鋼板的设计在於防止鋼瓶閥失效時火焰侵入鄰近的鋼瓶。

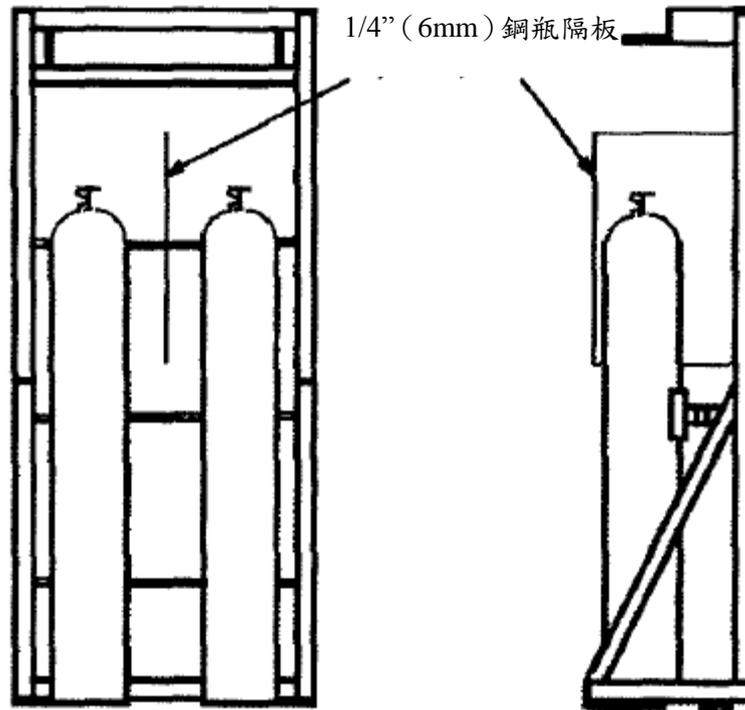


圖 15 防止火焰侵入的支撐結構

註：隔離鋼板的设计係在防止從閥來源的火焰侵入鄰近的鋼瓶。隔離鋼板應從閥的中心線向下延伸至少 18" (460mm)。圖 15 顯示本標準內文所說明的概念。圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。

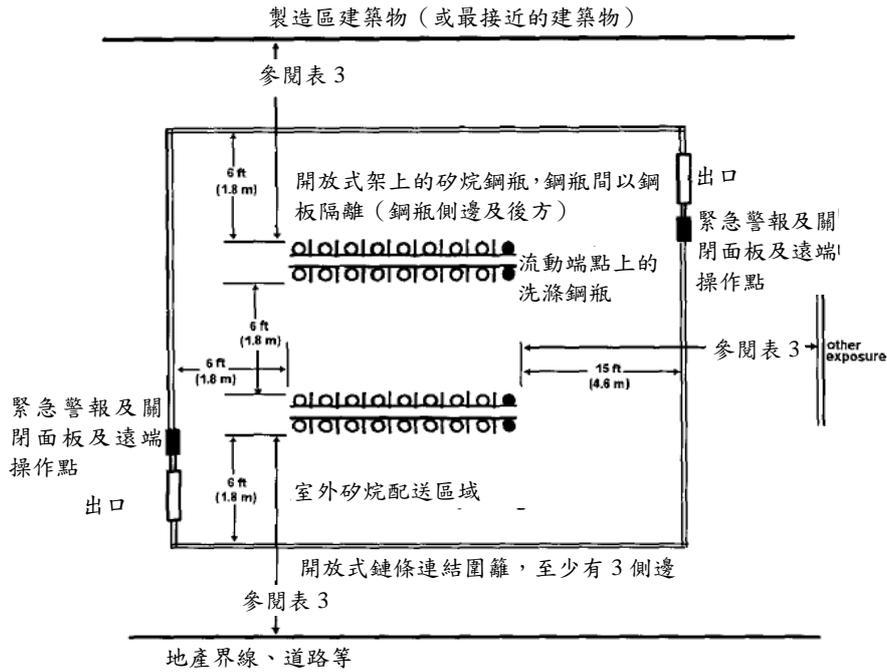


圖 16 典型的終端用戶室外鋼瓶配置

註：圖 16 顯示本標準內文所說明的概念。圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。

(五)大宗源系統配置

矽烷大宗源系統包括透過壓力控制及管線系統排放的矽烷大宗容器，如圖 17 所示。大宗源輸送系統應符合第 3 章及第 5 章之要求。

1.操作員控制

矽烷大宗氣體供應控制系統應包含一個或以上的控制面板，以及一個或以上的處理面板。

2.面板位置

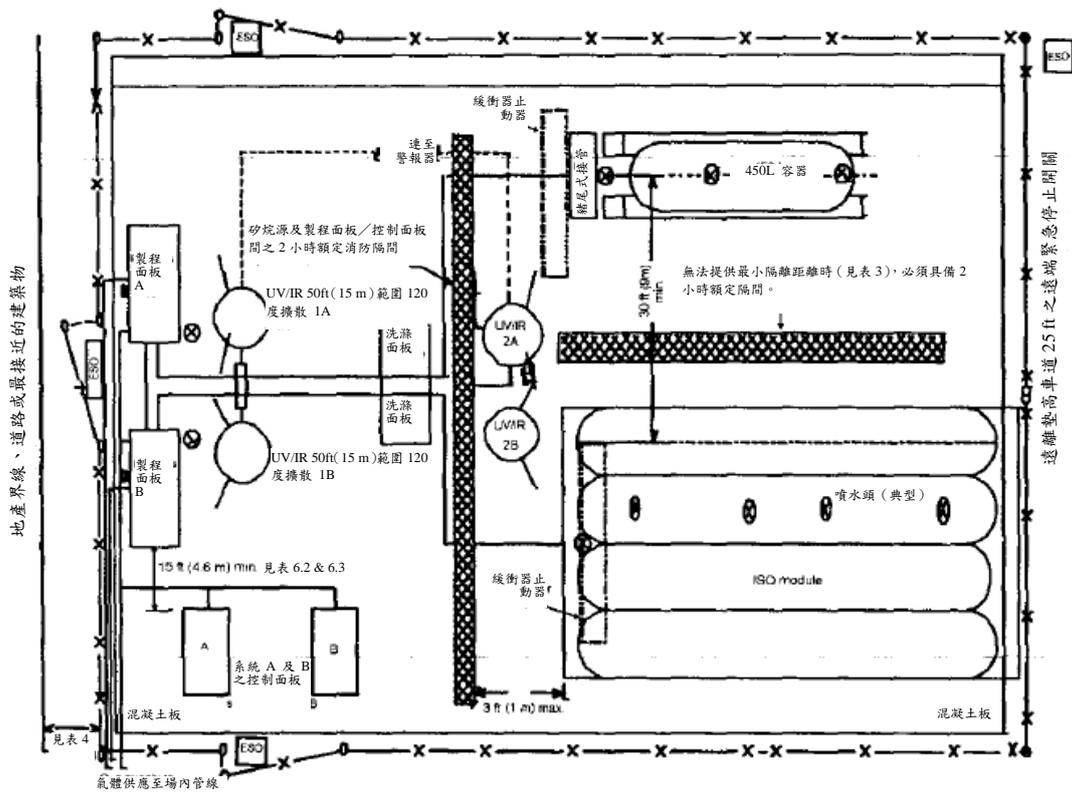


圖 17 顯示典型的大宗源容器配置情況

註：圖 17 顯示本標準內文所說明的概念。圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。

(1) 控制面板及大宗源之間的隔離

在矽烷大宗源容器及控制面板或處理面板之間應供有 2 小時額定之防火短牆。替代方式為供應容器與控制或處理面板之間提供 30ft (9m) 的隔離。

(2) 控制面板及處理面板間之隔離

控制面板的位置與處理面板間的距離應不小於 15ft (4.6m)。

(3) 控制面板及控制面板間的視野

控制面板安裝的位置應可見到處理面板（可能的洩漏點）而無視線阻礙。

第四節 鋼瓶系統規劃

一、室外安裝

(一)使用設備

室外鋼瓶安裝使用的設備應包含個別來源及掃氣氣體供應鋼瓶、控制面板、掃氣氣體面板及支撐結構。

(二)控制面板

應使用控制面板來調節從矽烷來源鋼瓶至 VMB 或使用點的氣體下游壓力。第 6 章將指定控制面板管線系統、RFO、緊急遮斷系統 (ESO) 閥及元件的一般要求。請參閱圖 18。

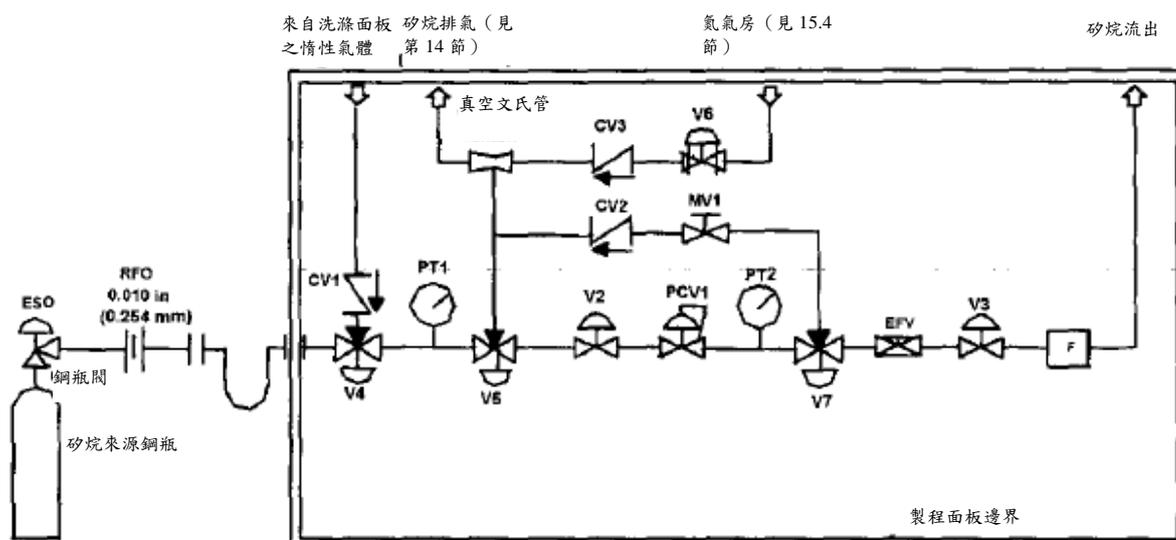


圖 18 典型的矽烷控制面板

註：緊急遮斷 (ESO) 閥可位在鋼瓶上或在連接鋼瓶上的豬尾式封閉接管上。圖 18 顯示本標準內文所說明的概念。圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。

1. 結構材料

控制面板元件應由與矽烷可相容的材料構成，且使用可將洩漏降至最低的元件及接頭組裝。

2.過流量控制

控制面板應根據第 6 節之要求提供過流量控制。

3.掃氣氣體面板

應提供掃氣氣體面板，作為控制供應惰性氣體至控制面板（用於各矽烷輸送系統上）的方式。掃氣氣體面板的設計應可防止製程氣體回流及掃氣氣體來源相互污染的可能性。控制面板的個別掃氣氣體面板（其用途為控制矽烷氣體）應僅用於矽烷輸送系統上。

矽烷系統應使用惰性氣體掃氣，且應確保在來源系統開放至製程上或是有時因更換矽烷或因維護目的而排放至大氣之前，在管線及控制系統內可完整掃氣矽烷的方法，如圖 19 所示。

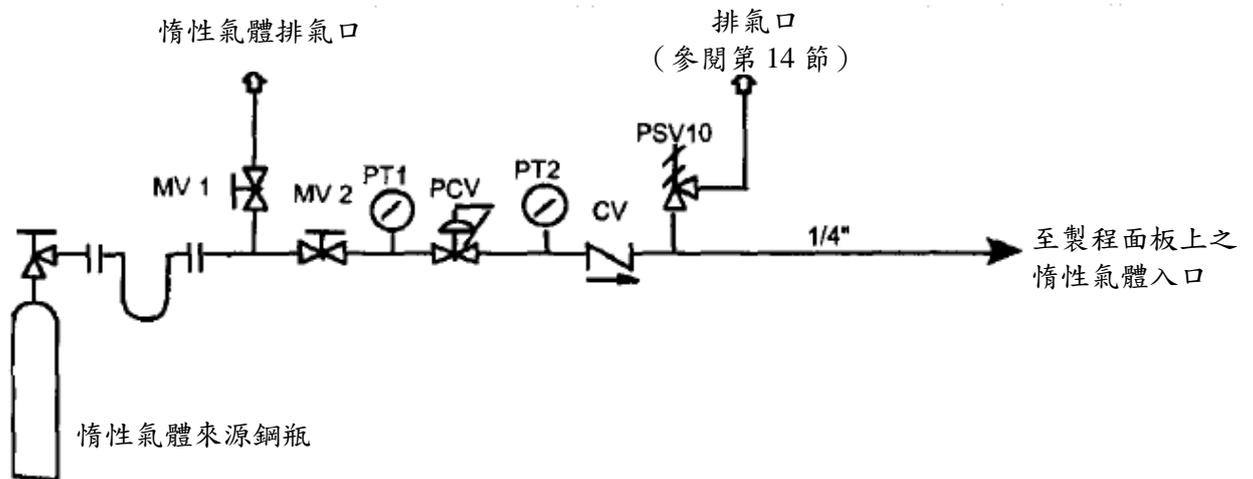


圖 19 典型的矽烷掃氣氣體面板

註：圖 19 顯示本標準內文所說明的概念。(圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。)

第五節 大宗氣源系統規劃

一、使用設備

安裝矽烷大宗氣源使用的設備包含矽烷大宗氣源及其監控系統，如圖 20 所示。矽烷來源包含 ISO 模組、管式拖車、鋼瓶組或個別容器（具總水容量大於 8.8ft³(250L)）。監控系統包括控制面板、掃氣氣體面板及控制面板。大宗矽烷來源系統可將矽烷分配至位於室內的使用點。通常會使用 VMB 來執行此物質之建築物內部的分配。圖 20 顯示典型的製程流程圖。大宗氣源系統使用的設備應符合第 3 節之要求。

二、室外安裝

室外輸送系統的位置應符合第 3 節之要求。

三、大宗容器

矽烷之大宗氣源容器應符合第 5 節及美國交通部（DOT）之規定。

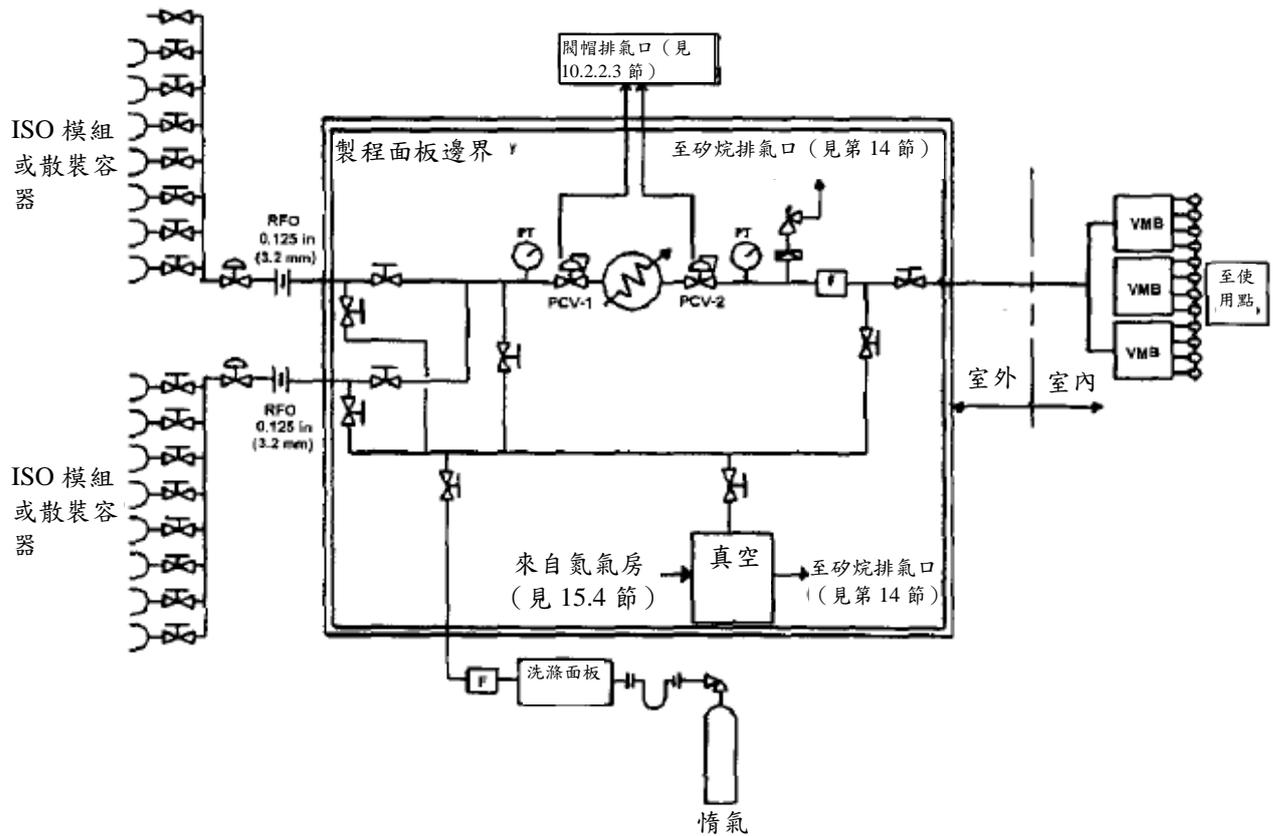


圖 20 典型的大宗系統製程流程圖

註：真空來源為真空泵系統或真空文氏管系統。圖 20 顯示本標準內文所說明的概念。(圖示本身僅為示意，不得以此作為設計文件的解釋或用於限制其他替代設計。)

(一)管式拖車及 ISO 模組

ISO 模組包含多個圓柱體型管，安裝於適合道路及海運使用的框架上。典型的管徑為 2ft (0.6m)，長度範圍為 20ft-40ft (6.1m-12.2m)。模組的輸送端一般均設有管線歧管，可將系統內的管子相互連接。包含在管式拖車或 ISO 模組內的各個管子應具有隔離閥，可隔離管線歧管的矽烷供應。

(二)450L 鋼瓶

450 公升之鋼瓶為個別鋼瓶內部具有水容量約 16 ft³ (450L)。鋼瓶應水平安裝並固定於台架上，以便由堆高機或適當的電動機器移動。典型的 450 公升鋼瓶在其一端裝有閥。

(三)鋼瓶組

鋼瓶組係指數個矽烷鋼瓶組裝於推車或滑車上。有些推車上裝有車輪及框架，因此可用手推動或以堆高機移動。較大的推車則無車輪，須依賴堆高機移動位置。個別鋼瓶的內部水容量範圍一般為 1.52ft³ 至 1.76ft³ (43L 至 50L)。

1.固定鋼瓶

個別鋼瓶應牢固地支撐於推車及框架組件上。

2.隔離閥

各個鋼瓶應設有隔離閥，可將鋼瓶與管線歧管隔離。隔離閥應連接至管線歧管，經由歧管將各鋼瓶相互連接至共同的出口閥及接頭上。

3.防止火焰侵入

鋼瓶間應以 1/4" (6mm) 厚鋼板相互隔離，或是設計以防止矽烷釋放的火焰侵入鄰近鋼瓶或閥的方式隔離。

(四)釋壓裝置

個別管或鋼瓶應根據 49CFR 173.301 (f) 部分及 CGA S-1.1 裝設釋壓裝置。當多個鋼瓶或管群組成一個架構或其他固定系統時，釋壓裝置的排放應導離該群組內的鄰近鋼瓶。

1.大宗氣源控制面板

矽烷之大宗氣源控制面板係用於調節來自於 VMB (通常安裝於使用物質的建築物內) 下游的矽烷大宗氣源儲存系統之壓力。控制面板一般為裝於台架 (skid) 或獨立框架的獨立模組。其包含隔離閥配置、壓力調節控制、過濾設備、過流量控制及其他遮斷控制。可使用製程加熱器, 以防止產生具高流量要求及可能存在的焦耳-湯姆遜冷卻效應之雙態流動。請參閱圖 20。

2.場所

矽烷大宗氣源控制面板應位於室外。

(五)配氣箱

VMB 用於大宗分配之應用上, 其具有多數單一來源的使用點。用於大宗氣源的典型 VMB 與室內安裝使用的 VMB 具有相同的設計。請參閱第 4 節。

1.場所

與大宗氣源系統一起使用的 VMB 可允許位於室內。

第六節 管線及元件

一、管線系統設計

管線系統應根據 ASME B31.3 之製程管線進行設計、建構、檢查、檢驗及測試。

(一)構造

用於矽烷服務的管線系統應為金屬結構。

(二)管線接頭

管線系統的連接應符合 ASME B31.3。管線系統相互連接時, 應使用焊接連接法組裝。例外的情況為:

1.維護時使用的連接容許面密封接頭。面密封使用的襯墊應為金屬結構。

未焊接的機器接頭數須保持在最低量，且其固定的方式將可防止因旋轉或震動力（特別在鋼瓶閥及連接豬尾式接管間）造成洩漏；及插入來源鋼瓶之鋼瓶閥螺紋接頭。

(三)二次圍堵

用於輸送矽烷或不具毒性或高毒性之矽烷混合物之管線，不需要管線系統之二次圍堵。提供二次圍堵或雙套管時，則應使用金屬結構，且根據系統之主要管線或管路故障下之系統設計，額定包含有最高之預期壓力。

提供二次圍堵時，不容許將空氣作為主要及次要管線或管路間之環狀空間的掃氣方式，因有其可能使空氣與矽烷發生反應而造成火災、爆炸，或導致雙套管環狀空間之阻塞。

(四)矽烷以外的氣體歧管

1.在供應來源處使用歧管

矽烷不可被輸送至其他製程氣體使用點上游歧管內。

2.在使用點使用歧管

在用戶廠務端第一個控制點下游的安全要求不在本標準範圍內（第2節）。在製程設備的內部安全防護達到正確的狀況之前，應防止物質與可反應的氣體接觸。使用歧管處理使用點製程設備的多種氣體應屬設備製造商及業主的責任。

3.排放氣體歧管

來自矽烷輸送系統或 VMB 之矽烷以及含矽烷與惰性的氣體，如氫氣之排放氣體，不可被輸送至用於傳輸其他製程氣體的歧管內。

(五)洩漏測試

在初始運作之前以及執行 ASME B31.3 所要求的適用檢查之後，應進行管線系統的洩漏測試，以確定管線接頭的緊密度。更換及維護過的管線系統應以測試新安裝之規定進行測試。

1.測試壓力

應決定測試所需之壓力，使系統可在預期使用但不低於 ASME B31.3 規定的情況下評估是否洩漏。

2.系統受測部分

新建構系統的壓力測試應包括從供應點處的來源閥開始的整個管線系統。容許系統某部分可單獨測試，但整個系統仍需依照 ASME 標準之要求進行壓力測試。各鋼瓶或容器更換之後，需進行來源接頭的壓力測試。

3.測試流體

氣動測試使用的測試氣體（若非空氣）必須為非易燃性及不具毒性之氣體。執行氣壓測試時通常是使用惰性氣體。不論使用何種測試氣體作為氣壓之供應來源，於完成測試後及系統充填矽烷前，皆須將管線系統內的殘餘空氣或其他氧化性氣體排除。

(六)識別

管線系統應作標記、貼（掛）上標籤，並依照 ASME A13.1 之要求提供識別方式。管線系統之識別方式如下：

管線系統使用之標記需包含內容名稱及流動箭頭的方向；

應於以下各處提供標記或標籤：

1.各個閥上

2.在牆壁、地板或穿透之天花板上

3.在各個方向改變處；及

至少每 20ft (6.1m) 處，或整個管線路徑上每個分段上。

二、元件

(一)閥

矽烷暴露於大氣時具有自燃的可能性，因此不可使用迫緊閥 (packed valve)。可使用波紋管封合式閥及膜片封合式閥來替代無迫緊設計。閥及含閥帽密封元件所選擇的類型其密封螺帽或接頭未使用工具時將無法從元件上鬆脫或拆下。閥的設計應使靠在止動器上的手動閥於把手轉動時不會鬆脫密封螺帽。自動作動閥應為失效安全或失效遮斷的設計，以防止閥致動器於能源損失時氣體意外流動。

(二)防止逆流

應供有防止矽烷回流及向後擴散至用於傳輸氣體而非矽烷的部分管線系統。

1.逆止閥

不可將逆止閥作為控制防止逆流的唯一方式。使用時，應將逆止閥作為備援保護方式。逆止閥應為彈簧反向支撐、正向遮斷的類型。

2.調節器

調節器應設有金屬膜片。

3.閥帽釋放排氣口

調節器閥帽應設有附排氣管線的閥帽釋放排氣口，或其定位可讓矽烷在膜片洩漏或破損時逸出至安全地區。亦應供有偵測調節器膜片破裂的方法。提供閥帽釋放排氣管線時，其尺寸不可限制來自閥帽釋放排氣口之氣體流動。請參閱第 10 節。

(三)ESO 系統

矽烷輸送系統應在每個使用點及在來源處提供 ESO 系統。ESO 閥所在的位置應清晰可見且易於接近。請參閱第 3 節。

1.遮斷來源

手動或自動具失效安全功能的 ESO 閥應安裝於鋼瓶或大宗氣源的供應管線上。

2.使用點遮斷

可於指定之 VMB 處使用遮斷氣體流動的遮斷系統，作為分配至多使用點系統之一種 ESO 的方式。

3.標記

ESO 閥及遮斷控制裝置應使用符號作為辨識。

(四)限流口 (RFO)

1.大宗氣源

每個閥出口上或大宗氣源系統使用的輸送歧管之閥出口上應設有 RFO。未使用歧管之大宗氣源的個別鋼瓶之閥出口使用的 RFO 其內部直徑不可超過 0.125” (3.175mm)。對於連接至歧管上的大宗氣源系統，歧管上的閥出口應設有限制，使其有效的節流口直徑不超過 0.125” (3.175mm)。例外情況為，裝設的大宗氣源係用於受監督的輸送作業。

(五)過流量控制

管線系統破裂時應供有遮斷矽烷的方式。可使用過流量閥、控制裝置或使用壓力及流量控制系統。亦容許使用流動開關，可啟動自動遮斷閥或自動正向遮斷裝置。

1.遮斷閥位置

遮斷裝置的位置應盡可能靠近矽烷的來源。

2.氣體排放

在系統設計內加入氣體排放系統，其設計應使氣體以受控制的方式排放。請參閱第 10 節

3.系統控制

過流量控制裝置或系統在過流量作動情況後應可手動復歸。

(六)過壓保護

輸送系統的設計壓力小於供應來源壓力情況下，以及因供應氣體量超過設計壓力供應量，應使用過壓釋放裝置來保護矽烷的輸送系統。考慮之壓力來源應包括（但不限於）環境影響、壓力起伏及突增、設備不當的操作及控制裝置失效等。

(七)靜態密封

除化學相容性外，用於保持壓力之襯墊、O 型環及密封圈元件應適用於系統的操作壓力及溫度。選取聚合體材質時，應考慮這些材質隨時間之機械拉伸或受熱行為的速率。因為這些性質將直接影響密封圈於受壓或熱循環下重複執行正向抑制的能力，針對此功用應採用薄的密封圈（1/32”[<0.795mm]或更小）。對於金屬襯墊、密封或 O 型環，若元件適用於系統之操作壓力及溫度，且其金屬結構與外殼、凸緣或其密封之閥本體比較時具有可相較之熱膨脹特性，則無厚度上的限制。

三、管線系統的支撐

(一)管線支撐方法

傳輸矽烷使用的管線應根據州及當地法規的要求加以支撐，且使用符合 ASME B31.3 之支架支撐。管線系統支撐之典型方法包括支撐結構，如纜線盤、管支架或框架系統。

1.最小的安裝高度

當管線須位於操作人員工作空間上方的支撐系統時，其位置高度應不小於 7ft (2.1m)。在車輛須進入的情況下，其高度應能容許車輛可流通的高度。

2.含其他物質之管線

其他製程氣體及化學管線可容許安裝於用以支撐矽烷管線系統之同一支架或框架系統上。

3.管線支撐的替換方法

經由封閉或密封的管溝或管橋所安裝的矽烷管線應根據 6.1.3 之要求，包含在雙套管線或管路系統內。應使用結構性防護或護欄保護管線進入或離開隧道或溝渠處，以防止碰撞危險。

第七節 氣體及火焰偵測

一、氣體監控

(一)室外場所

室外儲存或使用安裝不需進行氣體監控。

(二)室內場所

室內矽烷輸送系統應使用氣體監控系統，以監控是否有氣體洩漏。

(三)氣體感知器位置

1.排氣箱體及櫃子使用

提供氣體監控時，應在外殼排氣通風管上放置取樣點，用以保護機械連接。放置在外殼或櫃子排氣管道內的取樣點應位於從排氣管與外殼或櫃子連接處下游起不小於 5 個管道直徑的位置上。

2.無外殼區域

當使用氣體監控系統區域時，取樣點應在房間內或在矽烷輸送系統或來源所在位置的區域內。

(四)感測要求

1.排氣區內之監控

於排放區內提供氣體監控時，氣體監控系統應於濃度在 0.34%（25% 之 LFL）或以下時發出警告。

2.排氣區外之監控

於排放區外提供氣體監控時，氣體監控系統應於濃度在 5 ppm（TLV-TWA）或以下時發出警告。

(五)遮斷要求

1.外殼管道內之監視器

啟動氣體監控系統時，若偵測到濃度大於 0.34%（或 25% 之 LFL），則應遮斷來源或被監控之外殼內的氣體流動。

2.監控區域使用之監視器

區域監視器無需啟動自動遮斷系統。

(六)警報

氣體監控系統啟動應連動本系統之警報，並將信號移報至持續監控的位置，使負責單位能對警報狀況採取行動。

二、火焰偵測

(一)室外系統

當矽烷輸送系統位於室外時，核准作為矽烷使用之光學火焰偵測系統應在矽烷可能洩漏區（例如，鋼瓶支撐框架、ISO 模組及製程及掃氣氣體面板）進行火災偵測。室外使用的偵測器應核准作為室外使用，並經過測試，確保不會對光線、電弧焊接、人工照明或離散紫外光或紅外光源誤動作。

註：核准偵測器報告如為 FM3260 應為 2001 年後版本。

(二)室內系統

在使用矽烷輸送系統之房間或區域內，應提供光學火焰偵測系統。該火焰偵測系統應核准用於矽烷上。火焰偵測系統的位置在適當情況下須符合第 7 節。室內使用之光學火焰偵測器應測試，確保不會對光線、電弧焊接、人工照明或離散紫外光或紅外光源誤動作。

可替換的方式為：使用溫度開關直接置於個別氣體鋼瓶上方，用以替代光學火焰偵測系統。

1.氣瓶櫃外

應提供光學火焰偵測系統，以偵測輸送系統上可能洩漏點的火災。應對容器接頭、製程氣體與掃氣氣體面板以及其他使用無焊接接頭或連接的可能洩漏點提供覆蓋。

2.氣瓶櫃內

在氣瓶櫃內應提供光學火焰偵測系統，以偵測櫃內之火災。

3.VMB 內

在 VMB 內應提供光學火焰偵測系統，以偵測 VMB 內之火災。

(三)遮斷要求

當偵測到火焰時，矽烷輸送系統必須自動遮斷。當光學火焰偵測作動而遮斷輸送系統時，警報應移報至持續受監控之區域，使負責單位可針對警報狀況採取行動。

第八節 消防系統(依據 NFPA318、FM 7-91、G13)

一、一般

請勿試圖撲滅矽烷火焰。最佳的控制方法為遮斷氣體來源。若實際情況無法遮斷來源，則應讓火繼續燃燒直到容器內之矽烷耗盡，或於火焰減弱時，在不傷及人員的情況下遮斷來源。涉及矽烷火災的容器或相關的設備應予冷卻並隔離矽烷來源。矽烷火災不可使用海龍™滅火器或其系統滅火，因為海龍藥劑會與矽烷發生反應。此反應可能很劇烈。禁止使用設計用於消耗氧氣（如二氧化碳）的滅火藥劑。

二、室外系統

(一)水霧系統

應提供手作動之水霧滅火系統，以保護大宗矽烷輸送系統。若發生火災而無法遮斷來源，應要將矽烷之大宗氣源冷卻，否則容器破裂所持續洩漏的矽烷可造成爆炸。

1.人工啟動

自動水噴灑系統可以設計為人工啟動。

2.系統安裝 – 地震考量

系統應根據州及當地法規進行設計。系統的設計應具備防震能力。

3.設計密度

水霧系統應提供至少每分鐘每平方英尺 0.30 加侖的密度(gpm/ft^2) (每分鐘每平方米 12 公升 $[\text{lpm}/\text{m}^2]$) 至少達 2 小時，噴灑至外部容器表面包括矽烷鋼瓶、大宗容器及控制面板上。水應直接噴灑至容器外壁以及洩漏處可能擴散的位置以供冷卻，如閥及管線接頭處。

4. 結構材料

水霧系統管線應為金屬結構。管線系統使用的接頭應為螺紋或焊接接頭。含有彈性體密封圈之夾持型接頭不可用於矽烷大宗氣源安裝處 50ft (15m) 內的系統部分。

5. 自動遮斷

水霧須由 2001 年以後 FM3260 認證合格的光學型火焰感知器致動。建議有警報及連鎖功能避免誤動作擊發。啟動水霧系統時，應自動遮斷大宗氣源的氣體輸送。

6. 二次傷害

水霧擊發應不能對供氣管線或設備造成傷害。水霧相關管線及配件設計應考慮降低爆炸時對人員傷害。

(二) 結構保護

當室外安裝矽烷位於屋頂或遮棚結構下方且符合第 3 節之要求時，應提供自動滅火系統。系統之設計應不低於高度危害群組 2 之標準，並具最小 $2,500\text{ft}^2$ (232m^2) 之設計面積。請參閱 NFPA 13，噴灑系統之安裝。

(三) 消防栓

消防栓應位於離矽烷供應容器不大於 150ft (46m) 之處。

三、室內系統

(一)氣瓶櫃噴灑系統

氣瓶櫃內應供有撒水系統，該系統設有快速回應噴灑頭，其位置可讓來源鋼瓶冷卻但不會撲滅氣瓶櫃內之著火。應提供撒水系統；禁止使用其他替代滅火系統。

(二)區域噴灑系統

儲存或使用矽烷之室內房間或區域應有自動撒水系統保護。儲存室內的撒水系統設計應不低於高度危害群組 1 之標準，且具有最小 2,500ft² (232m²) 的設計面積。請參閱 NFPA 13。

第九節 通風系統

一、室外系統

(一)氣流動要求

室外儲存及使用無封閉空間之安裝可容許自然通風。請參閱第 9 節。例外情況為當區域為第 3 節所述之封閉情況時，應根據第 9 節之要求提供機械式通風。

(二)備間之間隔

系統的設計應容許設備之間無限制的自然通風，以防止矽烷釋放時氣體的累積。

二、室內系統

應在鋼瓶儲存或連接使用的地區提供連續機械抽風的通風系統。

(一)通風率

若矽烷在室內儲存或使用，且未放置氣瓶櫃或抽風箱體，則房間本身應以不小於地板面積每分鐘每平方英尺 1 立方英尺（300 lpm/m²）或每小時 6 次換氣（取其較大者）之抽風率進行強制通風。

應使用外部供應的空氣來取代機械抽風系統所排除之空氣。房間內相對於周圍空間應保持負壓狀態。

(二)未封閉室內安裝之系統氣流要求

位於氣瓶櫃外或抽風箱體外連接使用的容器應供有機械式通風系統，以稀釋從機械接頭可能的洩漏量。通風系統應導引空氣源，以不小於 150ft/min（0.8m/s）的速度通過無焊接之機械接頭。再循環之空氣不可用於強制性、誘發性或抽取空氣的來源，並導引通過機械接頭。系統設計應促進循環之氣流通過設備間隙，使矽烷釋放時不會在此堆積。

(三)通風之外殼、抽風箱體及氣瓶櫃之系統氣流要求

應使用抽風通風方式，以避免因矽烷洩漏而使其累積，且應限制矽烷之洩漏濃度不超過 25% 之 LFL。在大氣情況下之矽烷 LFL 訂為 1.37%（容積比）。使用 25% 之 FCL 可造成最大 0.34% 的濃度，因此可提供四比一之安全係數（4:1）。

1.決定最小的容積氣流

(1)未監控操作之標準矽烷容積流率

未監控操作之標準矽烷容積流率應以矽烷從管線系統排放至外殼內的最大流率來決定。流率應由排放管線內的 RFO（限流節流口）尺寸，或以鋼瓶關於矽烷最大來源壓力決定。對於低於公稱 100% 之矽烷濃度，標準之矽烷容積流量應根據存在於供應源之矽烷莫耳或容積分數決定。通過矽烷來源鋼瓶或管線系統處之無焊接接頭及連接之通風最小容積流率應不小於最大的矽烷容積流

率乘以 300 之值。就氣瓶櫃而言，最大的矽烷容積流率係以通過 RFP 之最大流量、入口之最大來源壓力及出口之 1 個大氣壓來決定。此係假設鋼瓶閥及輸送系統內第一壓力控制點間的連接管線或管路發生破裂。就 VMB 或其他外殼而言，必須決定進入外殼的最大矽烷流量。在進入外殼的管線內使用 RFO 可限制進入外殼的最大流量。

在存有矽烷混合物及其他自燃性氣體的情況下，決定標準矽烷容積流率時，應假設矽烷與其他自燃性元件之組合均全為矽烷。

(2)無監控操作下氣瓶櫃及外殼之最小容積空氣流率

表 25 顯示空氣最小容積流率與 RFO 尺寸，以及一般與氣瓶櫃及 VMB 一起使用之四個特定節流口的關聯。不論是否使用節流口，稀釋空氣的最小容積流率應不小於標準矽烷容積流率乘以 300 之值。

(3)受監控下輸送操作之標準矽烷容積流率

決定受監控輸送操作所使用之標準矽烷容積流率時，應假設在通過開口直徑 0.006”(0.15mm)之 RFO 的最大矽烷來源壓力下，由閥或接頭排放。應使用 RFO 之直徑決定理論上之洩漏 – 確認充填或處理中之鋼瓶並未裝設 RFO。關於典型之流動，請見表 26。

表 25 無監控操作下氣瓶櫃及 VMB 之最小通風容積流率

來源 壓力 (psig)	典型的氣瓶櫃 RFO 直徑 0.006”(0.15mm)		典型的氣瓶櫃 RFO 直徑 0.010”(0.25mm)		典型的氣瓶櫃 RFO 直徑 0.014”(0.36mm)		典型的氣瓶櫃 RFO 直徑 0.020”(0.51mm)	
	矽烷 流量 (scfm)	通風流量 (scfm)	矽烷 流量 (scfm)	通風流量 (scfm)	矽烷 流量 (scfm)	通風流量 (scfm)	矽烷 流量 (scfm)	通風流量 (scfm)
50	0.025	8	0.069	21	0.136	41	0.288	86
100	0.045	14	0.124	37	0.243	73	0.497	149
200	0.085	26	0.237	71	0.465	140	0.949	285
400	0.173	52	0.480	144				
600	0.275	83	0.755	227				
800	0.395	119	1.08	324				
1,000	0.555	167	1.51	453				
1200	0.724	217	1.97	591				
1,500	0.913	274	2.50	750				
1650	0.987	296	2.70	810				

註

1. 矽烷來源溫度為 75°F (24°C)。
2. RFO 下游壓力為 0 psig。
3. RFO 排放係數為 0.8。
4. 轉換每分鐘之標準立方英尺 (scfm) 為每分鐘標準公升 (slpm) 時，應乘以 28.32。
5. 轉換 psig 為 kPa 時，應乘以 6.895。

表 26 監控操作下，抽風箱體之最小通風容積流率

來源壓力(psig)	RFO 直徑 0.006”(0.15mm)	
	矽烷流量(scfm)	通風流量(scfm)
50	0.025	8
100	0.045	14
200	0.085	26
400	0.173	52
600	0.275	83
800	0.406	122
1,000	0.568	170
1200	0.711	213
1,500	0.852	256
1650	0.917	275

(4)監控輸送操作下抽風箱體之最小容積流率

表 26 顯示空氣之最小容積流率與 RFO 直徑及來源壓力之關聯。稀釋空氣之最小容積流率應不小於標準矽烷容積流率乘以 300 之值。

2.通風系統設計（迴流）

外殼內之通風設計應要消除可能洩漏地點之死角及迴流。

(四)通風監控

應監視氣瓶櫃、VMB、抽風箱體之抽風或房間通風抽風管，以偵測通風系統是否失效。

1.通風失效警報

通風系統失效時應啟動警報。啟動之警報應要能啟動系統警報，並將信號輸送至遠端之持續監控的位置。

2.隔離氣體供應

當氣體充填室內通風系統失效時，應可自動將矽烷供應源與充填岐管隔離。

第十節 殘氣排氣及處理設備

一、一般

矽烷之排氣及處理要求應限於從控制面板、VMB、本標準範圍內之管線或設備排氣的矽烷。

二、處置選項

與自燃性氣體相關之多數危險為火災或爆炸。緊急時或當系統清洗時，矽烷會釋放於大氣，選擇矽烷之處理方法時應分析這些危險。可使用多種處理方法來降低火災或爆炸的風險，且應同時符合環保要求。先以惰性氣體稀釋、再以開放空氣處置未與毒性氣體混合的矽烷是最簡單的方法。當系統清除殘餘物質時，可容許使用此方法來處置少量的矽烷。例如，更換鋼瓶前掃氣殘留在豬尾式接管內之物質可在良好稀釋情況下進行排氣，而不會危害到人員的安全。未使用稀釋法時，則可使用以下選項：熱氧化或射頻（RF）電漿處理、以苛性蘇打進行濕潤擦拭或是使用其他反應介質。

三、系統處理要求

(一)系統之處理設計應以使用為目的。其應設計為可與任何矽烷反應或稀釋至可容許之程度，且可排放出去而不會危及設備或人員。處理系統在操作及激化（upset）的情況下應具有處理矽烷流量及其預期混合物各種元件之能力。應分析處理系統內可能混有的不相容氣體，以確定該設計可防止會造成無法控制之火災、爆炸或有毒氣體釋放的非預期化學反應。可以惰性氣體作為防護矽烷與大氣中氧氣接觸的方法。

(二)系統處理能夠有效處理(包含：氧化、分解、吸附、稀釋)殘留排放氣源內氣體濃度至 25% LEL 以下。

(三)如果使用電熱式、燃燒式或乾式尾氣處理設備，需提出 SEMI S2 或 SEMI S26 報告。

四、直接排氣入排氣管內

矽烷不可導入排氣管內，其濃度在排氣管內可能產生火災或爆炸。因為矽烷本身的自燃、其他易燃物之點燃，或排氣管內不相容物質間的化學反應，可能會導致火災或爆炸。

當矽烷在空氣中之自燃效應為唯一的考量時，可容許釋放於管道系統內的最大容許濃度應不可大於 25% 的 LFL 或 0.34%。當排氣管可能含有其他氣體或蒸氣時，應供有排除其他氣體或蒸氣的處理系統，使排氣系統之排放可符合州及當地法規要求。

五、專用殘氣排氣

從控制面板排放矽烷之殘氣排氣管線應為矽烷專用管線。矽烷的殘氣排氣管線必須清洗，以清除進入矽烷排氣管線內的空氣。

(一)連續掃氣

殘氣排氣管線應以惰性氣體連續清洗，且使殘氣排氣管線之排放導入處理系統，以防止大氣氧進入殘氣排氣管線內。請參閱 8 節。殘氣排氣管線內的最小的掃氣速度應為 1ft/s (0.3m/s)。

(二)排氣管線的限制

排氣管線的設計應將限制裝置（包括彎管及類似接頭或排氣尺寸縮管等）的使用降至最低，以使壓降保持最小。當使用多口排氣管線

岐管、減音器或尾氣處理設備時，應分析這些裝置對排氣管線所造成之背壓。隔離閥不可安裝於排氣管線內掃氣管線接頭的下游處。

(三)殘氣排氣氣體供應

若殘氣排氣管線系統被持續排至大氣避免防止空氣回流，或是在殘氣排氣管線排放處產生背壓情況下，可容許使用來自非專用廠務系統之惰性氣體（如氮氣）供應。須有最小 1ft/s (0.3 m/s) 的掃氣氣體流速。

第十一節 掃氣氣體系統

一、輸送系統之掃氣

矽烷之輸送系統內含矽烷部分應以惰性氣體或其他氣體掃氣，以置換混入之空氣，或是置換其他預期在導入矽烷前，在使用情況下會產生反應之氣體，如圖 21 所示。禁止使用真空作為去除混入輸送系統內殘餘氣體之唯一方法。真空系統應與掃氣氣體一起使用，以去除系統內不要的大氣。系統之掃氣應以手動或自動方式進行。

二、專用掃氣來源

掃氣矽烷輸送系統管線及元件所使用之掃氣氣體，應由專用的惰性氣體供應源供應。當使用一種惰性掃氣氣體鋼瓶或供應時，應提供掃氣氣體岐管作為多矽烷系統的共同掃氣氣體來源。

(一)掃氣氣體來源之限制

不可使用廠務氣體作為矽烷輸送系統的掃氣用途，因其可能回流至場內氣體供應。

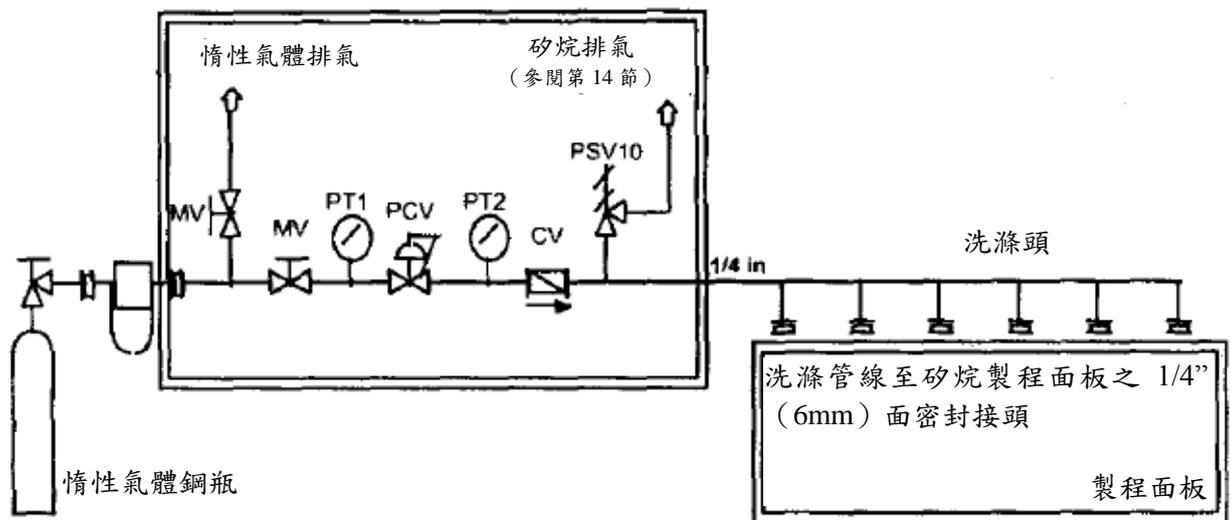


圖 21 惰性掃氣氣體流動示意圖

(二)控制

惰性氣體掃氣系統應供有專用的惰性氣體供應或來源、壓力調節器、過壓釋放裝置、逆止閥及低掃氣氣體壓力警報系統。

1.防逆止流

在掃氣氣體供應管線上應供有防逆止流裝置，以確保可能的矽烷回流不會污染專用的掃氣氣體來源。圖 21 中所示的逆止閥 (CV) 及釋壓閥 (PSV10) 於矽烷回流至掃氣氣體系統內時，可作為避免矽烷回流的安全防護使用。PSV 10 是避免 CV 過壓的備援裝置。可使用電子安全連鎖及工程控制防逆止流。例如掃氣氣體壓力若等於或低於矽烷來源壓力，即會自動隔離掃氣過程。

2.低壓警報

應提供低壓警報系統，以指示掃氣氣體供應來源發生低壓現象。低壓狀態指示應可啟動聲音及可見的系統警報。低壓值應由系統設計人員決定，且可以將部分系統功能連鎖關閉。掃氣氣體來源的主要目的係以來自系統的大氣氣體進行掃氣，而低壓則被認定為低於系統運

作所需的壓力。當掃氣氣體用於檢查系統洩漏時，最小的掃氣氣體壓力不可低於操作狀態下被檢查到洩漏之元件其暴露的最高壓力。

3. 氣動來源

操作掃氣系統所使用的氣動閥，其運作需有惰性氣體或乾淨高壓空氣(CDA)供應。雖然惰性氣體或乾淨高壓空氣供應中斷通常不會對矽烷系統的污染構成威脅，但過壓操作會有風險。氣動供應壓力應經過調壓，且須有過壓保護裝置，使系統以最低的工作壓力保護系統元件。

(三) 真空產生器掃氣氣體來源

當使用真空產生器或真空文式管產生矽烷系統洩除／掃氣週期所需的真空度時，應使用氬氣或其他惰性氣體，以產生真空所需的驅動力。真空文式管須有中壓(~ 100psig[690kPa])供應的高容積流率(~100lpm)，用以產生矽烷清洗系統所需的真空度。

1. 真空文式管系統使用之掃氣氣體來源

可使用設施或廠務氬氣，作為操作與矽烷排氣系統連接之真空文式管系統的一種方式。請參閱 10 節。

2. 在文式管供應處防逆止流

當使用廠務惰性氣體供應操作真空文式管系統時，應在惰性氣體導入真空文式管接頭處使用逆止閥及釋壓閥，以防止場內氣體供應系統產生回流。請見圖 21。

第十二節 電氣需求

一、一般

電氣系統及元件須符合國家電工法規（NEC）。雖然 NEC 500-2 節條文可允許在自燃性物質使用情況下使用未分類的電氣設備，但使用的設備應根據表 27 及 28 之要求予以分類。

表 27 濃度超過 1.37%（容積比）之矽烷系統室內電氣設備

室內安裝	分類	導管填塞	控制外殼之掃氣	不斷電系統 (UPS)
電氣箱與瓶櫃介面的情況	未分類	根據 NEC 501-5(b) 控制箱與氣瓶櫃連接使用的導管必須密封	電氣控制面板櫃須進行掃氣。可經由惰性氣體或新鮮空氣供應進行掃氣。	所需之電氣控制裝置（即氣體監控系統、火災偵測系統等）應供有 UPS 系統。 機械系統應供有緊急動力系統，以取代 UPS。
氣瓶櫃內	等級 I，第 2 組	根據 NEC 501-5(b) 控制箱與氣瓶櫃連接使用的導管必須密封		
電氣箱殼位於無焊接矽烷管線接頭 5ft(1.5m)內	等級 I，第 2 組 外殼 5ft(1.5m)內	導管電氣外殼側上的導管部分須密封	新鮮空氣供應之空氣進入的位置應防止未經反應的矽烷進入控制器內。	所需之控制應保持供電至電力故障或控制器遮斷。
周圍有其他危險氣體存在情況下	根據 NEC 500-2 節要求之其他氣體	導管電氣外殼側上的導管部分須密封。 若此區域的氣體需分類，則導管密封須符合 NEC 分類之要求	根據電氣分類，若需要額外掃氣。	

表 28 濃度超過 1.37%（容積比）之矽烷系統室外電氣設備

室外分類	分類	導管填塞	控制外殼之掃氣	不斷電系統 (UPS)
一般	連接點 5ft (1.5m)內為等級 I，第 2 組，其他應為未分類	可使用導管密封；但這些導管密封不一定發揮所預期的作用，因為矽烷可擴散至周圍的區域	當面板的位置與氣體分配系統的距離在 5ft(1.5m)連接點內時，電氣控制面板櫃須進行掃氣。掃氣過的外殼須符合 NFPA 496- 電氣設備之掃氣及壓力外殼標準之要求。	所需之電氣控制及火災偵測系統等應供有 UPS 系統。
周圍有其他危險氣體存在時	根據 NEC 500-2 節區域內之其他氣體可要求分類 若區域內之其他氣體須分類，則此區域應予分類。	若區域內之氣體需要電氣分類，則導管密封需符合 NEC 之要求		這些裝置須保持通電至電力故障或控制器遮斷。 機械系統應供有緊急動力系統，以取代 UPS

二、室內電氣系統

矽烷系統所在之室內區域的電氣設備應符合表 29 之要求。

三、室外電氣系統

矽烷系統所在之室外區域的電氣設備應符合表 30 之要求。大宗氣源應於連接至矽烷輸送系統前或於連接時接地。

第十三節 基本監控要求

一、室內要求

矽烷室內輸送系統之監控系統須符合表 29。

二、室外要求

矽烷室外輸送系統之監控系統須符合表 30。

表 29 濃度超過 1.37%（容積比）矽烷系統之室內監控需求

室內安裝	排氣監控	氣體監控 (參閱 7.1)	火焰偵測 (參閱 7.2)	緊急遮斷
氣瓶櫃	排氣故障時發出警報。 沒有排氣時遮斷氣源	氣瓶櫃內需要氣體監視器	氣瓶櫃內需光學火焰偵測器或溫度開關。	各出口外應供有緊急遮斷控制。
除雙套管線系統外，使用無焊接接頭的矽烷管線系統		氣體監視器啟動時遮斷氣源	火災偵測開啟時遮斷氣源。	
配氣箱 (VMB)		房間內需要區域監視器	需要光學火焰偵測系統，不建議使用溫度開關。 火災偵測開啟時須遮斷氣源。	
		VMB 內需要氣體監視器	VMB 內需要光學火焰偵測器或溫度開關。	
		氣體監視器啟動時遮斷岐管分支	火災偵測開始時須遮斷岐管分支	

表 30 濃度超過 1.37%（容積比）矽烷系統之室外監控需求

室外安裝	排氣監控	氣體監控 (參閱第 7 節)	火焰偵測 (參閱第 7 節)	緊急遮斷
一般	不需強制性通風	不需氣體監控	需火災偵測。 火災偵測開始時須遮斷氣源	在各出口處應供有 ESO 控制。遮斷控制與供應系統之距離應不小於 15ft(4.6m)。

第十四節 風險評估

- 一、如果矽烷儲存與使用在一層建築物以外建築物，必須進行風險評估。
- 二、如果未達安全距離要求但使用防爆、洩爆、通風等其他工程控制方法，必須進行風險評估。
- 三、使用電腦模擬軟體必須有火災爆炸模式，需先比對本基準安全距離，確認所謂可接受風險條件。
- 四、風險評估必須考慮爆炸及毒性擴散後果分析。

第十五節 設備安全

一、擴充界面設計

- (一)矽烷供應系統應該考慮未來擴充第二套氣源時，流速是否會超過自燃性氣體安全輸送速度(依 JSIA 建議為 6m/s)。

二、氣瓶櫃及氣瓶架安全要求

- (一)氣瓶櫃及氣瓶架金屬板厚度，必需厚於 12 gauge，門必需可自動關閉，自動閉鎖(self-latch)。兩瓶之間要加隔板厚 7mm，範圍從鋼瓶閥下方，上到氣瓶櫃(或架)上端。
- (二)每一氣瓶櫃最多放二瓶相容的製程氣體。

- (三)氣瓶櫃及氣瓶架必須核可之火燄感知器，如為 FM 合格品，須提出 2001 年以後 FM3260 核可報告。當火災發生時可以警報及自動連鎖供氣系統。
- (四)氣瓶櫃必須安裝負壓指示計，當壓力小於設定值，能夠自動連鎖供氣系統。
- (五)氣瓶櫃及氣瓶架必須安裝氣體感知器，當洩漏超過設定值時可以警報及自動連鎖供氣系統。
- (六)氣瓶櫃及氣瓶架必須安裝過流量閥，當過流量發生時，需能自動安全連鎖到供氣系統。過流閥選用及安裝位置必須考慮在臨界流體發生時不至失效。
- (七)氣瓶櫃及氣瓶架必須安裝界面，当地震超過 80 gal 或外部火災發生時，能夠自動連鎖供氣系統。
- (八)氣瓶櫃及氣瓶架必須冷卻用撒水頭。

三、配氣箱(VMB)安全要求

(一)位置與材質

- 1.配氣箱不可置於潔淨室及其回風區域，箱體會排氣系統及氣體偵測器。
- 2.處理可燃性氣體及液體使用金屬材質。

(二)局部排氣

- 1.配氣箱提供氣體感知器聯動氣動閥保持負壓及監控
- 2.經過配氣箱後管線則直接接至使用點，須有壓力及流量控制等功能。
- 3.配氣箱需具備差壓計以檢視排氣之正常與否。
- 4.配氣箱於製程氣體進口及各 stick 具氣動閥，各 stick 具壓力傳送器以傳出壓力訊號。

(三)控制

- 1.配氣箱之緊急停止需能於現場(EMO)及遠端控制。
- 2.所有至 VMB 之訊號及配氣箱內訊號需有因訊號異常之安全措施。當控制元件供氣異常或控制器異常時，氣動閥件需自動遮斷以停止供氣。
- 3.配氣箱有清洗(Purge)功能，並設緊急切斷閥。

第六章 矽甲烷槽車供應系統安全規範

第一節目的與範圍

本規範之目的係在於規範大宗純矽甲烷或矽甲烷含量大於1.37%矽甲烷氣態混合物（以下簡稱矽甲烷）儲存及供應時之安全與衛生設施最低規範。

大宗矽甲烷容器包含矽甲烷容器或相連容器（以下簡稱容器），其個別容器容量或相連容器總容量超過250公升者。容器種類包括3管式拖車、ISO模組、含歧管連接之集結容器以及單獨使用之容器。

本規範主要是在提供安全參考規範給矽甲烷使用者，使用者參考本規範時，仍應符合國家相關法規要求，至於其他相等效能之安全系統、方法或裝置應有相當技術文件之佐證。

本規範所謂之安全衛生設施不包含車輛運輸送安全、碼頭下貨安全及配氣箱下游之設備，且本規範僅適用於新建廠設計，既設廠可以作為安全強化參考。

第二節使用之專有名詞

一、為方便應用本規範，彙整英文縮寫解釋、專有名詞解釋，如表31所示，當需要查證或進

一步深入瞭解時，可參考國內外標準原文。

表 31 專有名詞之英文

中文	英文縮寫	英文原文
緊急遮斷	ESO	Emergency Shut Off
配氣箱	VMB	Valve Manifold Box
釋壓裝置	PRO	Pressure Relief Device
限流口	RFO	Restricted Flow Orifice

二、本規範使用之專有名詞，意義如下：

(一)鋼瓶 (Cylinder)

設計壓力超過276 千帕 (kPa) (或是每平方呎40 磅 (psia)) 的容器，具有圓形橫截面，內部的容量不超過450 公升。

(二)集結容器 (Cylinder pack)

將容器配置成一個群組，且將其固定在一個小群組內或以牽條或架台配置，彼此連接於共同歧管上。架台可置於滑板或輪子上，以方便移動。

(三)ISO模組 (ISO module)

符合國際標準組織 (ISO) 要求，且永久裝設於框架上的集束管式容器。每一個別管式容器的內容積為1,218 公升。ISO 模組的框架及其連結裝置組件須經由特殊設計，其大小可適合於貨櫃船上的多層模組運輸、特殊公路車架及鐵路貨櫃平板車設備。

(四)管式拖車 (Tube trailer)

卡車或半拖車，車上安裝許多管式容器，且以歧管連接於共同管線系統。單一管式容器的內容積範圍為1,218 公升~ 2,633 公升。

(五)爆燃 (Deflagration)

燃燒放熱反應，如可燃性粉塵或蒸氣會在空氣中極快速氧化及燃燒，其傳遞方式係以次音速 (subsonic) 傳向未燃燒物質區域，爆燃時具有爆炸及燃燒效應。

(六)爆轟 (Detonation)

或稱爆震，係為燃燒放熱反應並於反應物質內產生震波（**shock waves**）且持續反應。其傳遞方式係以超音速（**supersonic**）傳向未燃燒物質區域。

主要的傳播機制屬於動態壓縮反應現象，並會誘發物質的內能產生化學反應而導致爆轟產生，爆轟具有爆炸震波破壞效應。

(七)面密封接頭（**Face seal fitting**）

使用具有螺紋之接頭，其緊密性係由接觸座面（而非螺紋）提供，整體接頭包括有公及母接頭。

註：接觸座面在高純度氣體之應用上一般為金屬襯墊。

(八)防火填塞（**Fire barrier**）

具有垂直或水平防火時效之耐火性物質，在防火牆4開口處限制火災蔓延。

(九)防火隔間（**Fire partition**）

垂直的物質組件，專為限制火災蔓延而設計，包含防爆牆及短牆。

(十)室內場所（**Indoor**）

指具有頂蓋且三面以上有牆，或無頂蓋且四周有牆之場所，如圖22所示。

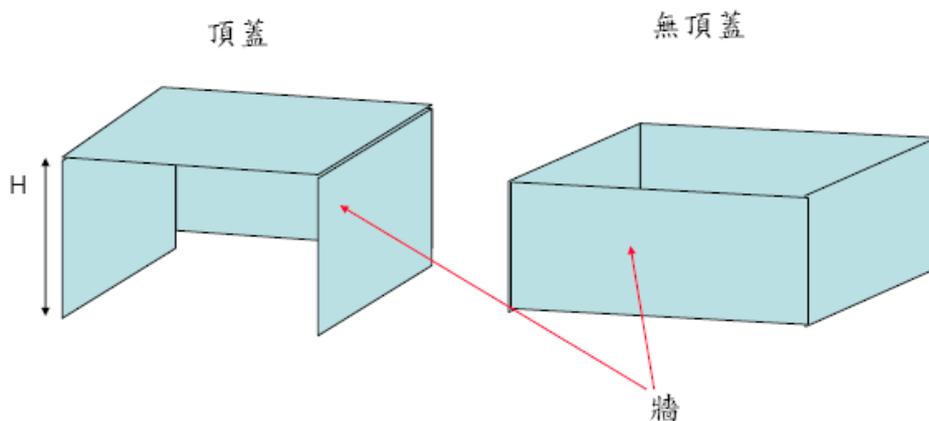


圖 22 室內場所示意

(十一)室外場所 (Outdoor)

如有一面防爆牆與製程區建築物緊貼，其他三面完全透空，亦得視為「室外」。各鋼瓶存放區之間、鋼瓶存放區與控制盤之間，得設供防止火災延燒之防爆矮牆或四周向外之防爆矮牆等，惟其高度應為在頂蓋距地面高度之二分之一以下，但短牆以不超過二面為限，如圖23、24、25、26所示。

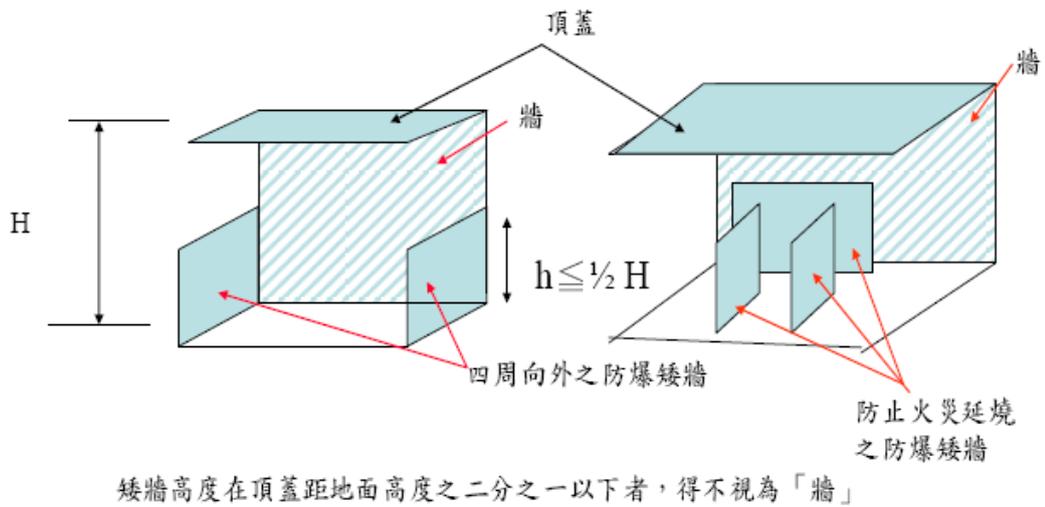


圖 23 矮牆示意圖 A

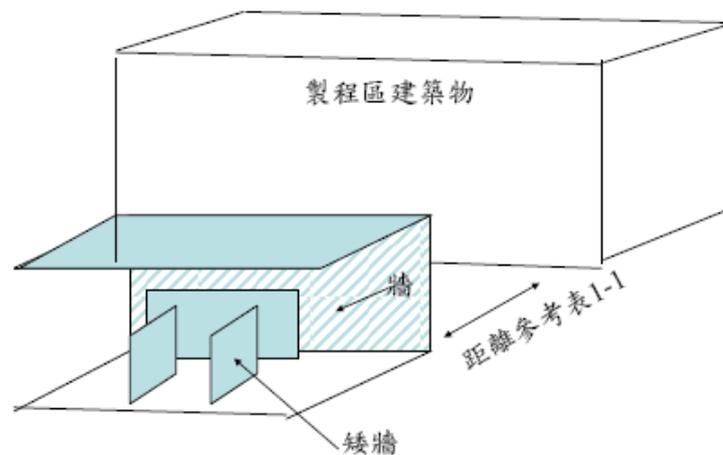


圖 24 矮牆示意圖 B

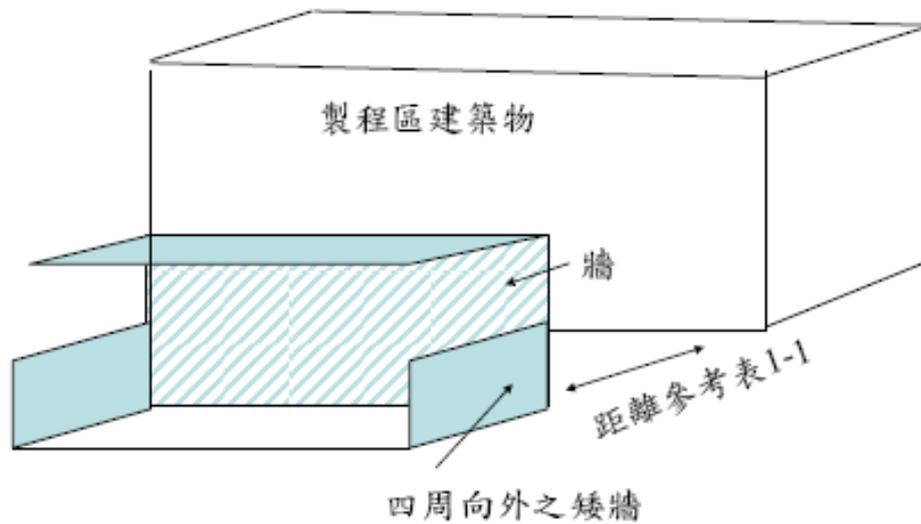


圖 25 矮牆示意圖 C

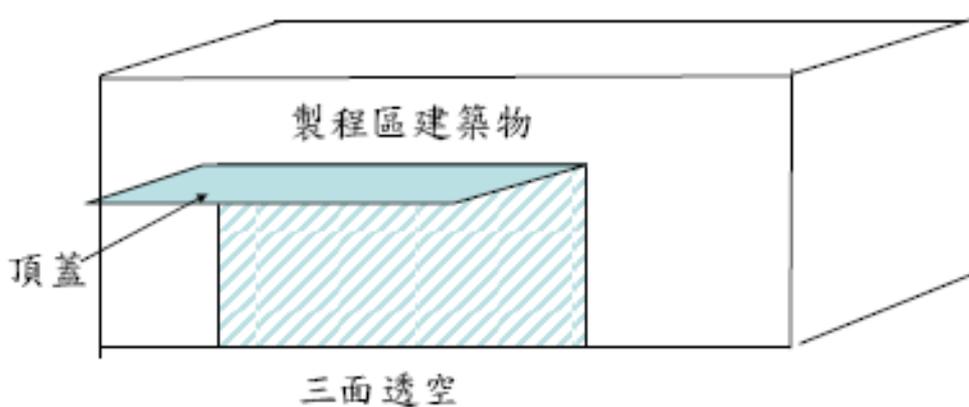


圖 26 室外示意圖

(十二)控制面板 (Control panel)

一種安裝控制裝置之設施，包含電氣元件之控制面板包括電源供應、可程式邏輯控制器，以及決定矽甲烷供應至管線系統相關過程參數所需之其他儀器控制面板。

(十三)製程面板 (Process panel)

一種製程控制面板，包含手動或自動操作的壓力調節設備、控制設備、控制閥、逆止閥、氣動控制及控制矽甲烷供應所連接之管線之控制裝置。

(十四) 迫淨面板 (Purge panel)

一種迫淨設施之控制面板，包含手動或自動操作的調壓設備或控制設備及所連接管線，將吹淨氣體供應至製程面板以去除大氣氣體及來自製程面板之矽甲烷。

(十五) 豬尾型接管 (Pig tail)

為可撓性之連接管，或作為高壓氣體來源連接至控制系統所用的管子。豬尾型接管含有接頭，可將控制閥出口一端與來源連接，另一端則連接至歧管或控制面板上。設置豬尾型接管之目的在於使用移動式容器時容許高度或位置上些微的變化，豬尾型接管應定期進行非破壞檢測或更換。

(十六) 釋壓裝置 (Pressure relief device)

以壓力及/或溫度作動之裝置，用於防止超過預設的

(十七) 迫淨 (Purging)

在管線系統或內有機械或電氣連接之密閉空間內導入惰性氣體，吹驅以除去內部原有氣體。

(十八) 框架系統 (Rack system)

未密閉的矽甲烷製程面板及吹淨面板，與矽甲烷鋼瓶一起裝設於框架結構上。用於空氣流通的開放空間，與具有排氣裝置之氣瓶櫃的侷限情況不同。

(十九) 矽甲烷供應系統 (Silane delivery system)

將矽甲烷從來源供應至與內部供輸及/或與此物質使用相關的管線系統連接之系統。組成矽甲烷供應系統的管線及元件包含容器接頭、處理控制面板及元件、吹淨氣體控制面板及元件、製程面板與吹淨控制面板間的管線；及控制面板的出口管線，至該管線在氣體進入建築物內之管

線系統之裝置，或使用配氣箱（VMB）作為供應各使用端時，至配氣箱出口點之裝置。

供應系統不包括矽甲烷容器、氣體處理設備或與矽甲烷裝置相關之輔助設備。

(二十)自動閥（Automatic valve）

可由氣壓或其他非手動方式的動力來源操作之閥。

(二十一)逆止閥（Check valve）

可提供單向流動之閥，該閥內部元件可防止逆向流動，逆止閥不被視為安全裝置。

(二十二)釋壓閥（Pressure relief valve）

可在壓力超過預設值時開啟之閥，亦稱為壓力安全閥。

(二十三)配氣箱（Valve manifold box, VMB）

一完全封閉但有排氣的密閉空間設施，內部有閥、接頭、壓力調節裝置、監視及流量控制系統。配氣箱以管線連接一個以上的機台或工作站。

第三節 室外儲存及使用

一、前言

矽甲烷於室外儲存及使用，其安全應符合本節與後續章節之相關部分的要求。

由於矽甲烷具有火災或爆炸的可能性，矽甲烷外洩即代表了危險。當外洩於密閉空間內時，基於矽甲烷有立即或延遲點火之特性，經由被點燃物質傳遞的震波可導致人員受傷，並損壞震源附近的建築物及設備，因此具有高的風險。於室外場所儲存及使用可做為降低爆炸效應方法之一。

二、室外場所

大宗矽甲烷設施須置於室外場所。

(一)屋頂或遮棚

供應區之控制裝置及儲存區需避免受天候影響時，應設置屋頂或遮棚，設置之屋頂或遮棚之最低高度從周圍地板測量起不得低於4公尺。混合物如比空氣輕，則容許使用傾斜的屋頂，惟應在頂端裝設通氣孔，以排放逸漏的氣體。矽甲烷儲存及使用場所不論有無屋頂或遮棚皆應設有符合規定之避雷設施防護。

(二)出入口及管制

因應人員緊急應變之必要，室外儲存及使用場所至少應有兩個出入口，設施的設置不得阻礙出入口。該場所內任一位置至緊急出口的最大距離不得超過23公尺。

儲存及使用場所應加管制，非被核准人員不得進入該場所。為達到管制目的所設置的管制設施應可讓空氣在整個儲存及使用場所自由流通。

(三)防爆牆之設置

因為土地空間不足，得使用防爆牆以隔離不相容物質或縮短表32及表33必要安全距離，但是防爆牆的設置不可妨礙空氣在矽甲烷儲存或供應場所之流通，以防止矽甲烷氣體積滯。

防爆牆高度至少須高於容器46公分，且防爆牆與容器間之距離至少應保持46公分。

防爆牆有貫穿及開口處時，貫穿及開口處應使用防火填塞。

(四)儲存或使用區應避免暴露危害

內容積450公升以下的矽甲烷容器與不同場所類型應保持表32之距離加以隔離。內容積超過450公升之矽甲烷容器則以不低於表33所列之距離來加以隔離。特別說明：表32與表33所稱之內容積不含連接歧管之內容積。

表 32 儲存或使用內容積 450 公升以下之矽甲烷容器
與不同場所類型應隔離之距離

[單位：公尺]

場所類型	不同儲存量與不同場所類型應隔離之 最小距離 ^{19、20}
	內容積 450L 以下容器 ²¹
公共集合場所	18
公共街道及人行道	18
非防火建築物	12
具 2 小時防火時效建築物且 8m 內無開口	1.5
具 4 小時防火時效建築物且 8m 內無開口	0
相容高壓氣體鋼瓶儲存或其他矽甲烷容 器儲存場 ²²	9
相容高壓氣體容器儲存或其他矽甲烷容 器儲存場 ²³	12
不相容高壓氣體鋼瓶及物質	12
地面上儲存易燃及／或易燃液體	
(1) 0-3785L (1000 加侖)	8
(2) 超過 3785L (1000 加侖)	15

表 33 室外儲存或使用內容積超過 450 公升之矽甲烷容器
與不同場所應隔離之最小距離

[單位：公尺]

場所類型 ²⁵	最小應隔離之距離 ^{26·27·28·29}		
	內容積>450L ³⁰ 容器，包括管式拖車及 ISO 模組 ³¹		
	壓力<4140 千帕 (kPa)	4140—6900 千帕 (kPa)	>11030 千帕 (kPa)
公共集合場所	53	84	137
地產界線	34	55	91
其他對象物 ³²	34	55	91

三、供應區配置

(一)緊急遮斷閥

應至少設有一個手動緊急遮斷閥。其位置在供應源及控制面板控制系統間。啟動緊急遮斷閥時應能立即停止氣源的氣體流動，並將來源與供應系統遮斷隔離。除此之外，防爆牆後方大於4.6公尺處應增設手動遮斷控制裝置。

(二)供應區配置範例一

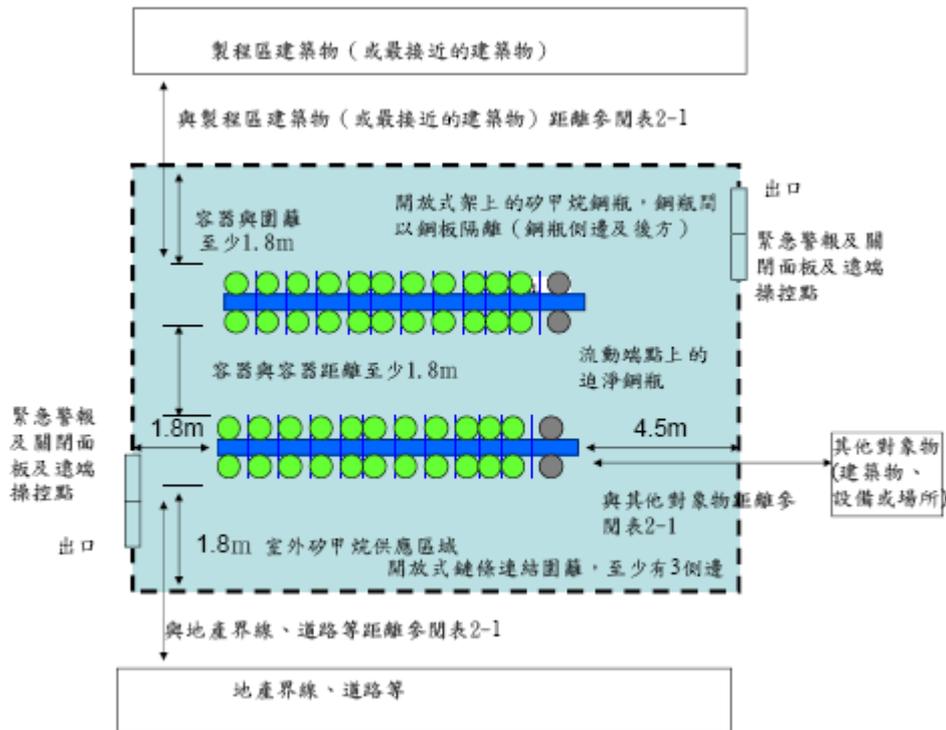


圖 27 顯示典型的大宗矽甲烷設施配置情形

裝有矽甲烷之各個容器應固定於容器架台上，並與其他矽甲烷容器或鋼瓶隔離，以避免萬一矽甲烷釋出著火時的火焰影響鄰近的容器或區域的安全。隔離鋼板厚度應在0.6公分（1/4英吋）以上，隔離鋼板應從容器閥中心線向下延伸至少46公分、向上延伸至少15公分以上，或是採取其他方法俾提供相同的隔離保護。

(三)供應區配置範例二

圖28所示為典型的大宗矽甲烷設施配置方式之一。在大宗矽甲烷容器及控制面板或製程面板之間應保持9公尺以上距離或具2小時防火效能短牆。尤其是控制面板與製程面板間需有4.6公尺以上之距離，否則控制面板必須使用密閉正壓防爆設計。

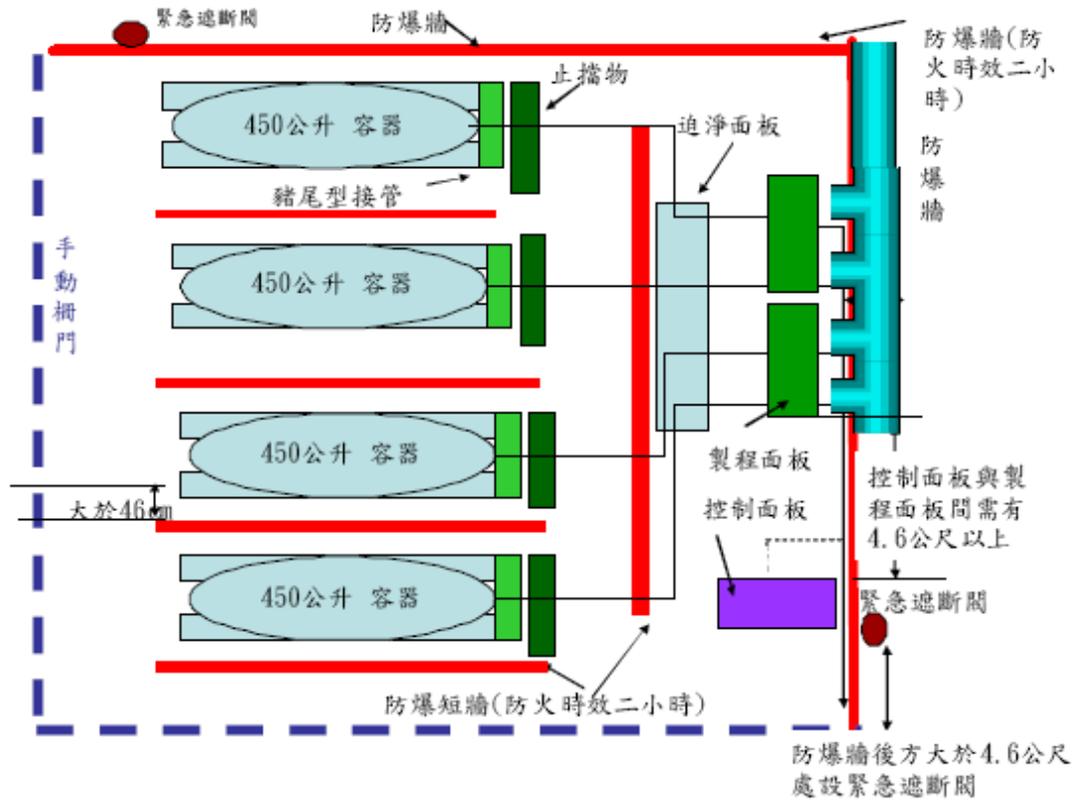


圖 28 典型的大宗矽甲烷設施配置方式

圖29大宗矽甲烷設施短牆距離高度及配置，係依爆炸之情境以電腦模擬出來之建議，模擬顯示除了氣體爆炸本身的壓力峯外，侷限的空間也會形成壓力峯，因此矽甲烷容器間之防爆牆與後方之圍牆不宜連結封閉。提供洩壓避免爆炸過壓力之蓄積，並且考量人員維修作業需要，應至少有1公尺以上之開口距離。與控制面板之區域建議為不同的區劃，或其間之防爆牆高度至少在4公尺以上以免爆震波跨越至控制面板區域。基於降低侷限性之考量，矽甲烷容器間之防爆牆高度建議在防爆牆幅寬（D）的3/4以下，以上防爆牆距離與高度之設計仍應考量矽甲烷釋出著火時火焰對鄰近容器或區域的影響。

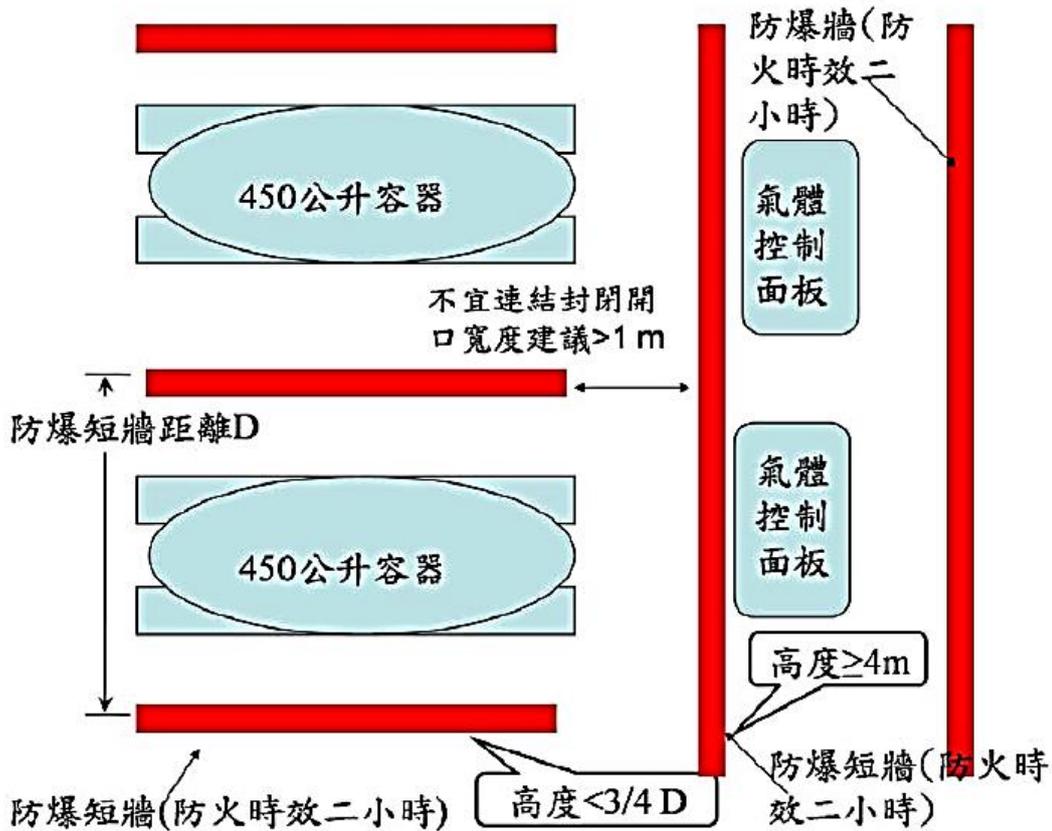


圖 29 大宗矽甲烷設施短牆距離高度及配置說明

四、流程設施

(一) 流程及相關設施

大宗矽甲烷的使用設施包含容器及其監控系統。矽甲烷容器則包含 ISO 模組、管式拖車、集結容器或個別容器（總容量大於250公升）。監控系統包括製程氣體面板、凈化氣體面板及控制面板。如圖30顯示典型的流程及製程，製程氣體面板係用於調節來自大宗矽甲烷供應氣源儲存系統進入下游VMB（通常安裝於使用矽甲烷物質的建築物內）的壓力。製程氣體控制面板一般係裝於台架（skid）或獨立框架上的獨立模組，它包含隔離閥、壓力控制調節、裝置過濾設備、過流量控制裝置及其他遮斷控制裝置。

部分設施說明如下：

1.加熱裝置

應用加熱裝置，以產生具高流量要求及防止可能存在的焦耳-湯姆遜冷卻效應，並維持二相流動。

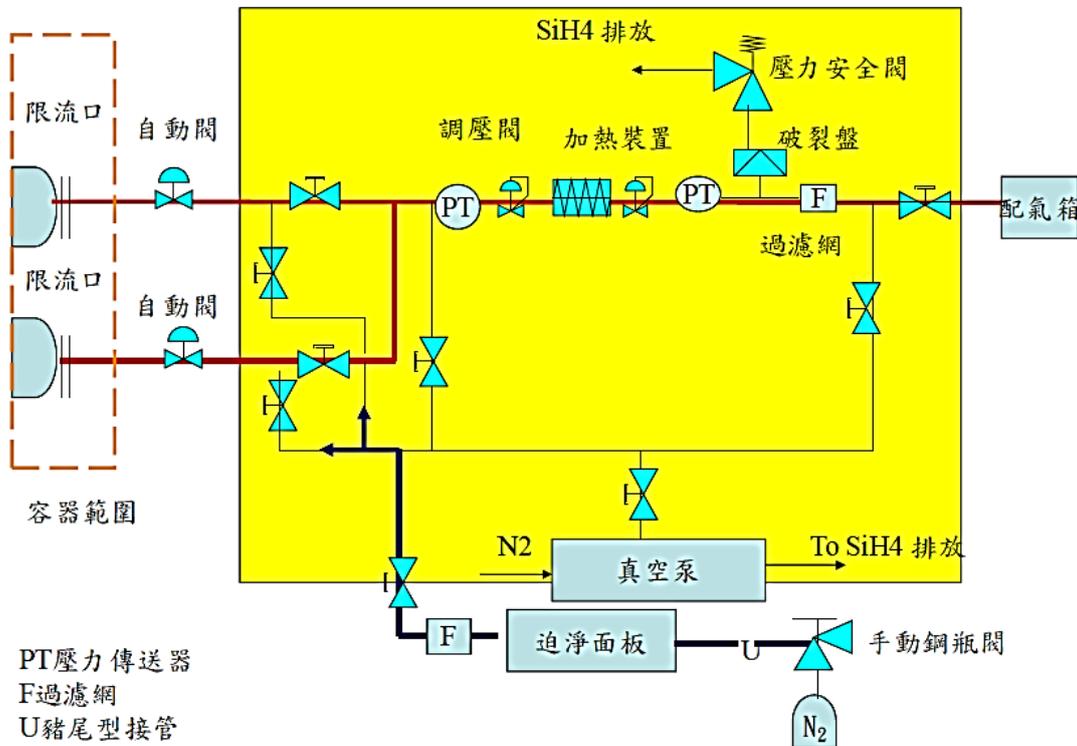


圖 30 典型的大宗矽甲烷系統設施

2.隔離閥

在空氣中矽甲烷具有自燃的可能性，因此不可使用迫緊式之閥（packed valve）。可使用昇降密封閥及膜片密封閥等無迫緊設計之閥來替代。使用密封螺帽或接頭時，需為未使用特殊工具時，無法將密封螺帽或接頭鬆脫或拆下；手動閥應為把手轉動時，密封螺帽之設計不會鬆脫，自動控制閥之要求應為失效也安全之設計，以防止停電時造成意外；各個容器應設有隔離閥（可能為自動或手動），可將容器與管線遮斷隔離。隔離閥應設置於各別分支管線上，經由分支管線或歧管將各別容器相互連接至共同的出口閥及接頭上。

3.釋壓裝置

供應系統的設計壓力小於供應氣源之壓力，或因供應氣體量超過設計壓力下之供應量時，應有過壓釋放裝置以保障矽甲烷供應系統的安全。應考慮之過壓來源應包括環境之影響、壓力起伏或突增、設備不當操作、控制裝置失效等，惟不應限定於此等。個別管群或容器應根據49CFR 173.301 (f) 部分、CGA S-1.1 及高壓氣體勞工安全規則第49條裝設釋壓裝置。當多個容器、鋼瓶或管群組成一個架台(框架)或以其他固定方式建構時，釋壓裝置的排放口應遠離該群組內的容器或鋼瓶。

4.調壓閥

調壓閥應為金屬膜片式，調壓閥閥帽應設有附排氣管線的閥帽釋放排氣口，其位置應可讓矽甲烷在膜片洩漏或破損時能逸散至安全處所，且應設有偵測調壓閥膜片破裂的方法，設置之閥帽釋放排氣管線，其大小不可限制由閥帽釋放至排氣口氣體流動。

5.逆止閥

應有逆止閥防止矽甲烷回流及逆向流動，不可將逆止閥作為控制防止回流的唯一作法。當使用逆止閥時，應有用備援保護裝置。逆止閥應為彈簧反向支撐 (spring-opposed)、正向遮斷 (positive shutoff) 的類型。

6.配氣箱

應使用金屬材質。大宗矽甲烷使用的配氣箱可裝置於室內。配氣箱內應裝設氣體檢知器以監控洩漏及設有連鎖關閉開關，並應裝置差壓計以檢視排氣之正常與否及具有連鎖關閉功能；管線至使用點間關斷裝置應裝置壓力指示器監控壓力或流量是否異常及可連鎖關閉；配氣箱則應設置緊急遮斷閥，且能於現場遙控關斷，及配有迫淨裝置。

7.緊急遮斷閥

矽甲烷供應系統應在每個使用點（point of use）及在容器處設置緊急遮斷閥，緊急遮斷閥應設置於顯明易見之處且易於操作。可為手動或自動式，惟具失效安全功能的緊急遮斷閥應安裝於氣源容器或其供應管線上，設置位置應儘可能靠近矽甲烷容器。除容器或供應管線上，配氣箱內亦應設置緊急遮斷閥以遮斷氣體流動至使用端，緊急遮斷閥應有清楚標示及顏色以為辨識。

8.限流口

容器或鋼瓶閥出口應設有限流口，限流口最大口徑應在0.125英寸（3.175mm）以下。

9.過流量控制（EFS）裝置

當管線破裂裝置或流量異常時，應有遮斷矽甲烷的過流量開關，過流量開關可使用過流量閥、壓力及/或流量控制裝置、流動開關（flowswitch），過流量控制裝置在過流量作動後應具有可手動復歸之功能。相關事業單位應有流量異常之設定值或如何判定管線系統有破裂之說明。

10.擴充界面

矽甲烷供應系統應該考慮未來擴充時，流量是否可能超過自燃性氣體之安全供應速度。

五、管線系統

(一)基本要求

管線系統應根據 ASME B31.3 設計、施作、檢查、檢驗及測試。矽甲烷管線應為金屬材質，相互連接時，應使用焊接連接法組裝，惟下列情況可例外：

- 1.維修時使用面密封接頭，面密封接頭使用之襯墊應為金屬材質，非焊接方式的機械接頭數須保持在最低數量，且其固定的方式應能防止因旋轉或震動力造成洩漏，特別在容器閥及連接容器之豬尾型接管間更應注意。
- 2.連接氣源容器之容器閥應使用螺紋接頭。
- 3.矽甲烷使用的管線應根據國內法規及 ASME B31.3 規定使用框架或架台支撐。管線系統支撐之典型方法包括，如纜線盤、管支架或框架系統等支撐結構。
- 4.當管線須設於作業人員工作上方空間的支撐結構時，支撐之高度應在 2.1 公尺以上，有車輛進出的情況，其高度應能容許車輛可安全進出的高度。
- 5.經封閉或密封的管溝或管橋安裝的矽甲烷管線應使用結構性防護或護欄，以確保管線進入或離開隧道或溝渠處，可防止碰撞危險。

(二)管線雙重防漏（如二重構造套管）

用於供應矽甲烷或不具毒性或高毒性之矽甲烷混合物之管線，管線系統需要有雙重防漏構造，設置雙重防漏或雙重管時，應使用金屬結構，且應根據系統之主要管線或管路故障時之系統設計，額定壓力應為最高之預期壓力。設置雙重防漏管時，不允許使用空氣作為內外管管線間之迫淨氣體，因其可能使空氣與矽甲烷發生反應而造成火災、爆炸，及導致雙重管間之環狀空間阻塞。

(三)管線標示

管線系統應作標示、貼（掛）上標籤，並依照ASME A13.1之要求提供辨識作為。管線系統之識別方式如下：

- 1.管線系統使用之標示應包含內容物名稱及流動方向。
- 2.應於下列處所設置標示或標籤。
 - (1)各個閥上。

- (2)在牆壁、地板或穿透之天花板上。
- (3)在各個方向改變處；及
- (4)至少每6.1 公尺（20 呎）處，或整個管線每個分段。

第四節 火焰偵測

一、洩漏偵測

室外儲存或供應區域應設置SiH₄ 氣體檢知器。檢知器偵測點宜設於非焊接接頭及可能洩漏位置。SiH₄ 氣體感知系統應於濃度在5ppm 或以下時能發出警報，且氣體檢知器無需連鎖啟動自動遮斷系統。

二、火焰偵測

應在矽甲烷可能洩漏區域如，框架系統、製程或迫淨或控制面板上、豬尾型接頭等位置設置，且應使用合格之火焰檢知器（Flame Detector），合格之火焰檢知器在一定距離內因對光線、電弧焊接、人工照明或紫外光、紅外線光源會有誤動作，因此使用者應避免或降低火焰檢知器誤動作，且應有適當的管理作法。當偵測到火焰時，光學火焰應連動遮斷供應系統，警報應移報至有人常駐之場所，使負責單位可針對警報狀況採取行動。

第五節 消防設施

一、消防基本概念

矽甲烷火災時，請勿試圖撲滅火焰，最佳的控制方法為遮斷氣體來源，若實際情況無法遮斷來源，則應讓火繼續燃燒直到容器內之矽甲烷耗盡，或於火焰減弱時，在不傷及人員的情況下遮斷來源。矽甲烷火災時，矽甲烷容器或相關的設備應予冷卻並隔離。

二、消防設備之選用

矽甲烷火災不可使用海龍滅火器或其系統滅火，因為海龍藥劑會與矽甲烷發生反應，設計用於降低氧氣的滅火藥劑如二氧化碳，亦禁止使用。應設置手動或自動之水霧系統，以保護大宗矽甲烷供應系統。若發生火災而無法遮斷來源，應設法將大宗矽甲烷容器冷卻，否則容器破裂持續洩漏的矽甲烷可造成爆炸，如為自動起動型式時，水霧系統應由合格的火焰檢知器起動，且火焰檢知器警報裝置與消防系統應連鎖，惟連鎖功能應能避免誤動作啟動。

三、水霧系統

(一)水霧系統應能提供至少每分鐘每平方公尺12公升 (lpm/m²) (每平方英尺每分鐘0.30加侖 (gpm/ft²)) 持續時間至少2小時之水霧。水霧噴頭佈點位置除符合NFPA13外，應能噴灑至矽甲烷容器、大宗矽甲烷容器等之容器外部表面、製程氣體控制面板、如閥及管線接頭處之洩漏處，應注意水霧之使用不能對供氣管線或設備造成傷害。

(二)水霧相關管線及配件設計應將降低爆炸時對人員的傷害納入考量。

(三)水霧系統管線應為金屬材質，管線系統使用的接頭應為螺紋或焊接接頭。

夾持型接頭 (clamped fitting) 不可用於大宗矽甲烷安裝處15公尺內的系統。

四、消防栓

消防栓設置位置離大宗矽甲烷系統應小於46公尺。

五、被動式 (passive) 消防

大宗矽甲烷設施彼此間及大宗矽甲烷設施與控制室間要有2小時防火效能的防爆牆隔離。

第六節 通風系統

系統的設計應使設備間能自然通風不受阻礙，以防止矽甲烷逸漏時氣體的積滯。原則上於室外儲存或使用之場所不需使用機械通風，但如設有短牆致有妨礙自然通風時，則應使用機械通風，其通風量可參考NFPA 318（0.31 m³/min.m² 或1 cfm/ft² 以上之通風量）或是參考ANSI/CGA G-13（300 lpm/m² 或6 ACH以上之通風量）等標準。

第七節 尾氣處理系統

矽甲烷緊急排放或當系統迫淨時，矽甲烷會釋出至大氣，選擇矽甲烷之處理方法時應分析這些危險，有多種處理方法來降低火災或爆炸的風險，惟仍應符合環保要求。可先以惰性氣體稀釋，再以開放空間之空氣處置未與毒性氣體混合的矽甲烷是最簡單的方法。當系統須清除殘留物質時，可容許使用處置少量的矽甲烷的方法，如，更換容器或鋼瓶前迫淨殘留在豬尾型接管（Pig Tail）內之物質，並在良好稀釋情況下以行排氣方式處理，而不會造成人員的安全。

一、尾氣處理系統性能

處理設備應設計當緊急排放或當系統迫淨時，可與所有矽甲烷反應或稀釋至可容許之程度，且可排放出去而不會危害設備或人員。

處理系統無論是以氧化、分解、吸附、稀釋等處理方式處理，應有效可處理殘留排放氣源內之氣體濃度至25%爆炸下限（LEL）以下。

二、尾氣處理系統安全

建議提出SEMI設備安全報告，以鑑認可能之潛在風險。

三、專用殘氣排氣管線

矽甲烷不可排入製程排氣風管內，因為其濃度可能會在排氣風管內產生火災或爆炸，此乃因矽甲烷本身自燃、或為其他易燃物點燃，或排氣風管內不相容物質間的化學反應等，可能會導致火災或爆炸。在設計專用排氣管時應該遵守下列要求：

(一)最高設計濃度

當使用矽甲烷專用殘氣排氣管線，且矽甲烷在空氣中之自燃效應為唯一的考量時，容許釋放於管道系統內的濃度為25%爆炸下限(LEL)。

(二)最小迫淨速度

矽甲烷之殘氣排氣管線應為矽甲烷專用管線且矽甲烷的殘氣排氣管線必須迫淨，以完全置換進入此排氣管線內的空氣，迫淨時以惰性氣體連續吹驅後導入處理系統，以防止大氣中的氧進入殘氣排氣管線內。殘氣排氣管線內的最小的迫淨速度應為每秒0.3公尺。

(三)最小排氣速度

使殘氣排氣管線系統內迫淨之氣體被持續排至大氣或可在殘氣排氣管線排放口可避免空氣回流，或不致產生背壓等情況下，可使用來自非專用中央供應系統之惰性氣體（如氮氣）供應，惟須有每秒0.3公尺的最低迫淨氣體流率。

(四)最小壓力損失

排氣管線的設計應將包括彎管、接頭、管徑漸縮漸擴等之壓損降低最小。當使用減音器、尾氣處理設備時，應分析這些裝置對排氣管線所造成之壓力降低量。應注意裝置之隔離閥不可置於排氣管線內迫淨管線接頭的下游位置。

第八節 迫淨氣體系統

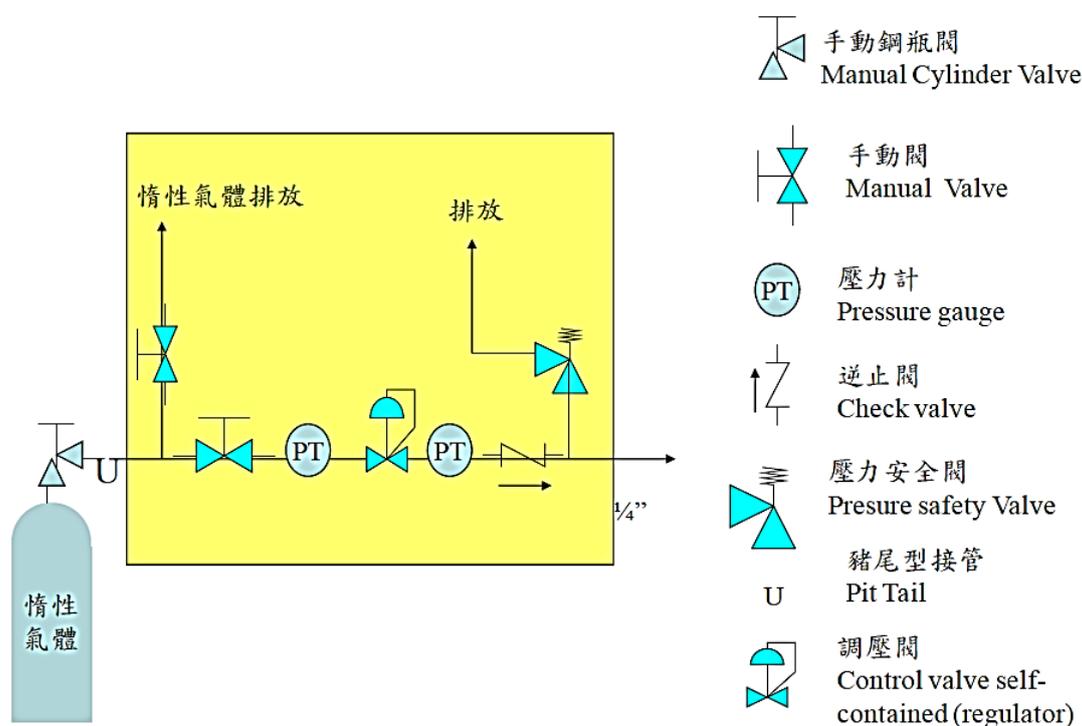


圖 31 典型的迫淨系統

矽甲烷之供應系統內矽甲烷流動部分應先以惰性氣體迫淨，以置換系統內混入之空氣，或置換在導入矽甲烷前或在使用情況下產生會與矽甲烷反應之氣體。禁止使用真空抽除作為去除可能供應系統內殘餘氣體之唯一方法，真空系統應與迫淨氣體一起併用，以去除系統內不必要的空氣。迫淨系統應以手動或自動方式控制，典型的迫淨系統如圖31所示，並說明如下：

一、專用的惰性氣體

迫淨矽甲烷供應系統管線及設備所使用之迫淨氣體，應由專用的惰性氣體供應源供應，不可使用中央供應之氣體作為迫淨用途，因管線內之氣體可能回流至中央供應氣體。惰性氣體之供應，可以使用獨立之惰性氣體供氣容器或鋼瓶組作為矽甲烷供應系統的迫淨氣源。

二、控制裝置

迫淨系統應裝設有調壓閥、過壓釋放裝置、逆止閥及低壓警報裝置：

(一)逆止閥

用以確保矽甲烷不會回流致污染專用的迫淨氣體來源。

(二)低壓警報裝置

用以指示迫淨氣體供應源發生低壓現象，指示低壓狀態應可啟動聽得見及看的見聲光警報。低壓設定值應由系統設計人員決定，且應將部分系統之功能連鎖關閉。

(三)氣動閥壓力

操作迫淨系統所使用的氣動閥，其動作需有惰性氣體供應。雖然惰性氣體供應中斷通常不會對矽甲烷系統造成污染，惟過壓操作則會產生風險。以氣源供應之壓力應經過調壓，且須有過壓保護裝置，使系統能以最低的作用壓力保護整個系統裝置。

(四)真空產生器

當使用真空產生器或可產生真空之文氏管產生矽甲烷系統迫淨所需的真空時，應使用氮氣或其他惰性氣體，以產生真空所需的驅動力。真空文氏管須有適壓(100psig[690kPa])供應的高體積流量率(100lpm)，以產生矽甲烷清洗系統所需的真空度。當使用專用的惰性氣體供應操作真空文氏管系統時，應在惰性氣體導入真空文氏管接頭處設置逆止閥及釋壓閥，以防止產生回流。

第九節 電氣設施

一、防爆電氣與危險區域劃分

供應及儲存區應參考CNS 3376-10 (或IEC60079-10) 爆炸性氣體環境用電機設備第10部：危險區域劃分進行危險區域劃分。電氣防爆分類必須符合CNS 3376-20 (或IEC60079-20) 要求及表34之要求。

表 34 濃度超過 1.37%（體積比）之矽甲烷系統室外電氣設備規範

室外分類	分類	導管填塞	控制箱體之迫淨	不斷電系統 (UPS)
一般	連接處 1.5 公尺內為等級 1，第 2 組，其他應為未分類	可使用導管填塞；但這些導管填塞不一定發揮所預期的作用，因為矽甲烷可擴散至周圍的區域	當電氣控制面板的位置與氣體供應系統連接處的距離在 1.5 公尺內時，電氣控制面板箱體須進行迫淨，迫淨過的箱體須符合 NFPA 496	所需之電氣控制及火災偵測系統等應有不斷電 (UPS) 系統。 電力故障或控制器遮斷時，所需之控制應維持供電。 機械系統應供有備用電力源，以取代 UPS
周圍有其他危險氣體存在時	根據 NEC 500-2 節區域內之其他氣體可要求分類 若區域內之其他氣體須分類，則此區域應予分類。	若區域內之氣體需要電氣分類，則導管密封需符合 NEC 之要求	電氣設備之迫淨及壓力外殼規範之要求。 與製程控制面板距離小於 4.6 公尺時，控制面板應符合密閉正壓防爆要求，當正壓不足時要有連鎖裝置。	

二、接地與避雷

(一) 避雷

設置矽甲烷系統之室外場所應設有避雷設施，避雷設計應符合 CNS12872 或其他規範規定（例如 NFPA-78 避雷規範），且應達 CNS12892 同等以上防護性能。

(二) 接地

為確保靜電預防與接地有效，必須將防靜電接地線與電源中性線，自接地電極後分開。

(三) 靜電接地

大宗矽甲烷設施應於連接至矽甲烷供應系統前或於連接時接地，室外直線供應管線每隔 100 公尺左右之處，應與主接地線或專設之接地電極相連接，地面或管溝鋪設之管線，應於管線兩端中之任一端、分歧處等及每間隔 200~300 公尺設置一處接地，且整體金屬管路網之接地電阻應在 10Ω 以下，管線連接管接續兩端管線之電阻應在 10Ω 以下。

三、監控要求

矽甲烷室外供應系統之監控系統須符合表35要求。

表 35 濃度超過 1.37%（體積比）矽甲烷系統之室外監控需求

室外安裝	排氣監控	氣體監控	火焰偵測	緊急遮斷
一般	不需強制性通風	不需氣體監控	需火災偵測。 偵測到火災時 開啟遮斷氣源。	在各出口處應 設置 ESOV 控 制。遮斷控制與 供應系統之距 離應大於 4.6 公 尺。

第十節 風險評估

任何規範不一定能完整涵蓋所有不同個案，在本規範未說明處或有下列情況時，建議聘請專家進行風險評估。

- 一、如果建築物之屋頂作為矽甲烷儲存與使用，建議進行風險評估。
- 二、如果與主建築物距離小於應保持之距離或隔離距離要求，但使用防爆牆等其他工程控制方法要縮短應隔離之距離時，建議進行風險評估。

風險評估內容必須考慮包括防爆牆位置、防爆牆高度、通風換氣、與鄰近建築物距離等因素加以評估，風險評估軟體模擬結果需先比對本規範應隔離之距離，確認其可接受的容許條件。

第十一節 容器與管線測試

大宗矽甲烷容器應符合國內相關法令或美國交通部（DOT）之規定。第一次供氣前供應商應該提出下列證明文件證明高壓氣體設備之材料，使用足以適應該氣體之種類、性狀、溫度及壓力等性質要求者。

- 一、容器構造符合之規範及其證明文件。

- 二、氣體管線應經以常用壓力一·五倍以上壓力實施之耐壓試驗及以常用壓力以上壓力實施之氣密試驗或經中央主管機關認定具有同等以上效力之試驗合格者。
- 三、氣體管線應具有以常用壓力二倍以上壓力加壓時，不致引起降伏變形之厚度或經中央主管機關認定具有同等以上強度者。
- 四、ASME B31.3 所要求管線系統的洩漏試驗，以確定管線接頭的氣密度。
更換及維護過的管線系統應再經試驗。容許管線系統某部分可單獨測試，但整個系統仍需依照ASME規範之要求進行耐壓試驗，鋼瓶或容器更換之後，需進行氣源接頭的壓力測試，執行氣密試驗時通常是使用惰性氣體，不論使用何種測試氣體作為氣壓之供應來源，於完成測試後及系統充填矽甲烷前，皆須將管線系統內的殘餘氣體迫淨排除。

第十二節 矽甲烷進氣系統無人操控建議事項

有鑑於矽甲烷進氣作業區，僅在更換鋼瓶時、平日ERT人員巡檢作業和異常狀況時，現場方有人員作業，平時矽甲烷儲存極盡氣作業區並無工作人員。若未來開放大宗矽甲烷使用不論是框架式管式槽車或管式拖車，其體積若以最常用單管體積為1,218至2,633公升槽車為例，槽車一般可放置8管，故總體機為9,744至21,064公升，若置換成45公升鋼瓶與450公升Y鋼，前者替代倍數分別為217至22倍，這將使大宗矽甲烷進氣作業區平時更不會有人員駐足。因此平時無人之情況下如何有效對此具高潛在危害之作業區進行安全監控、管制及應變則為未來大宗矽甲烷開放使用後必須嚴肅面對之課題。

若將現場無人操作工廠之安全監控與相關系統導入應可有效解決前述問題，但依照美國NASA對空氣分離廠事故調查結，對現場無人操作工廠在實施無雲或遠端操控之前提上所提之重點需注意事項，亦為矽甲烷進氣系統無人操控所需注意事項：

一、確保遠端控制室之功能運作正常

防制手段包含了(一)在硬體及電力方面從使用可靠度較高產品、定期維修，及增加備用系統，以降低功能失效之可能性；(二)在軟體方面，須在軟體密碼系統及操作權限上著手；(三)在外力環境及天然災害之防制上須有門禁，以及從天災導致遠端控制室局部失效或甚至遠端控制室的全面棄守來分析，進而研擬緊急應變對策；(四)最重要的是人為操作作業，可分為兩方面，一方面是遠端控制室產生局部失效的各種可能情況之人為操作，含電力、軟體、硬體...等；另一方面則是警報異常時，控制室人員搭配現場人員之緊急應變處置，應將各種情形建立相關SOP(各種情形亦包含了多個警報同時發生)，且相關SOP應經過實際演練及JSA挑戰。

二、強化遠端控制中心對現場之掌控

由氣體公會以及所蒐集丙審資料顯，工廠在遭遇到製程異常時可透過完整的跳俥設計達到工廠安全跳俥的目的，因此相關的監視與控制訊號必須能夠與現場連線，確保遠端操控中心人員能夠即時掌握現場狀況。

另外，為了確保工廠能夠在異常狀態下能夠正常跳俥，針對與安全相關的迴路必須提出相關安全性評估的佐證，包含：矽甲烷洩漏甲烷供氣與進氣系統連鎖跳俥迴路、冷卻灑水降溫系統啟動所造成的跳俥迴路以及火警發生連鎖跳俥迴路。除此之外、當遠端控制室之網路功能失效時，現場需能偵測到網路斷線而自動停俥，並且也必須提出相關安全性評估的佐證。

三、加裝現場無人操作工廠特殊設備以輔助遠端監控中心

現場平時無人操作區，應加裝相關裝置以輔助遠端操作之不足，例如：空間需阻隔及加裝門鎖以避免閒雜人等的入侵；加裝錄影裝置以確保遠端監控中心對於現場的了解；因為現場人力與人員配置的減少必須對於火災感測器、氣體洩漏感測器等設置應以更嚴格的標準考量，另外為了避免造成附近區域的視線影響，霧氣偵測的的設置也為必要裝置。

四、加強遠端監控中心與現場人員之聯繫與溝通

國內矽甲烷鋼瓶與 Y 鋼等產權皆是像氣體供應商所有，業者僅支付矽甲烷之使用量費有，一旦有意外事故使用端業者雖能盡數到場處理，然礙於鋼瓶之緊急處置與末端處理仍必須由供應廠商為之，基此對於供應廠商人員到場處理時間所造成的人力配置情況，以及後續所產生的緊急應變處理問題，未來都是需要釐清的必要問題。

第七章 矽甲烷槽車供應系統

緊急應變及注意事項

俗話說：「天有不測風雲，人有旦夕禍福」，尤其台灣地理環境位置特殊，不但處於地震帶、近年強降雨與颱風頻傳，去年全球最強之海燕颱風及橫掃台灣附近之菲律賓，而核四爭端可能引發之缺電與限電危機，再加上人員作業疏失或維護保養不當等等都可能引發緊急狀況。因此一件無法預知何時發生的突發事件，是無法完全避免的，此時就必須採取立即的行動或步驟來處理。當緊急事件發生時如何能立即或迅速動員可資利用的人力、物力與資源，以處理突如其來的緊急或意外事件。基此；面臨一個高壓(1,000-1,600psig)、大量且具自燃性和毒性之高度危害性氣體和混合氣，建構一個完整與有效的緊急應變便成為各公司必須嚴肅面對與編制之議題。

最近一起矽甲烷事故發生在2005年11月台南科學工業園區太陽能電池製造工廠的洩漏爆炸火災事故，造成1人死亡及新台幣約1億元的損失。

為了避免類似工安事故的發生，對於矽甲烷相關之儲存與使用，需依高壓氣體相關法規規定辦理，同時使用或儲存超過50公升以上者，也要進行甲類工作場所審查或檢查合格，始得作業。並依勞工安全衛生設施規則第185條之1之相關規定辦理。

為降低風險，火災危害始終是高科技廠在安全工作上的重要課題，必須建立應變系統，針對不同性質的災害情境（SceN/Ario）如火災、爆炸、毒性、洩漏、...等，訂定適用於廠內之應變計畫書。故此，本應變程序將對矽甲烷提供工廠做為應變及防災的參考，將火災損失降到最低，達到控制風險的目的。

第一節 目的

本緊急應變程序之目的，在於提供使用，設有大宗矽甲烷氣體設施的事業體，於氣體發生洩漏、火災爆炸時的緊急處置參考依據。期能透過適當的緊急應變，迅速控制災害事故的規模，降低人員的傷害與財產的損失。

第二節 適用範圍

本程序適用於包括內容積大於250公升以歧管連接之集結容器、集合容器之矽甲烷氣體容器，包括儲存、操作使用時發生的洩漏、火災爆炸時的緊急應變程序。

第三節 應用限制

本矽甲烷氣體應變程序，不包括大宗矽甲烷氣體於運送時相關事故的處置。

第四節 名詞解釋

一、小量洩漏：係指矽甲烷容器因為管路接合處密封不良等所造成的微小洩漏，該洩漏之後果（洩漏、火災）須以特殊偵測儀器或肉眼偵測，或該洩漏因限流無擴大之虞者稱之。

二、大量洩漏：係指矽甲烷容器發生大量非預期或難以控制之洩漏，如釋壓閥或安全閥動作、管路破裂、蓄積等；或其他非屬小量洩漏的洩漏情形。

第五節 注意事項

一、矽甲烷危害與特性

矽甲烷是無色的、可以自燃的壓縮氣體。大多數洩漏的矽甲烷接觸到空氣立刻就會點燃。燃燒時會釋放出未結晶的二氧化矽濃煙，空氣中濃度在1.37%體積百分比至96%體積百分比可自動反應起火。雖然矽甲烷具有自燃性，在高壓下釋放、洩漏或在高流率下，以及有阻礙物的撞擊（impingement）或是換氣不足，會造成蓄積，矽甲烷並不一定立即燃燒起火，惟可能發生延遲性的爆炸。一旦發生矽甲烷非預排放卻沒有發生自燃時，需小心其發生延遲性爆炸危險性的可能。

二、矽甲烷供應系統洩漏防範

容器洩漏通常發生在焊縫處（低壓氣瓶），或者在容器閥門處。材料的正確品質控制和檢查可降低了容器洩漏的機率。

每次容器灌裝時，要求壓縮氣體供應商檢查容器是否有可見的損傷。另外，氣體生產商必須確定容器的密封是徹底防漏的，在指定時間間隔內要進行容器內部檢查和耐壓、氣密試驗。這些檢查的目的是驗證容器處在完好狀態且在運輸過程中是安全的。有這些防範措施，在運輸、儲存和使用中，洩漏還是可能發生。最大的洩漏可能點是容器閥門。容器閥門上有四個特殊區域可能發生洩漏：

（一）閥螺接處（Valve Threads）

在閥門旋進容器的螺紋處可能發生洩漏，這些一般稱為“頸部漏孔”。

不能也不應該在現場修理這種洩漏，這樣做會違反非常重要的安全慣例：禁止在有壓力下修理設備。這種洩漏只能在氣體供應商的幫助下來處理。

（二）釋壓裝置（Pressure-Relief Device）

在釋壓裝置上有兩個位置可能發生洩漏—螺紋附近或通過減壓管線。再一次提醒，不能在現場修理釋壓裝置處的洩漏。試圖現場修理違背了兩非常重要的安全慣例：禁止帶壓下修理設備和禁止阻斷釋壓裝置，阻斷減壓裝置會危及容器的安全。來自減壓管線的洩漏可能會變得很嚴

重，所有人員必須馬上撤離，並且立刻聯繫氣體供應商，取得他們的幫助。

(三)閥桿 (Valve Stem)

洩漏可能沿著閥桿通過襯墊或瓣膜處發生。關閉閥門，從出口排出壓力可以停止這種洩漏，應該把這種洩漏報告給氣體供應商，這樣他們才能夠建議你那個特定的閥門設計是否允許透過調整襯墊來扭正問題，或者安排你安全正確的返還容器，切記不能在現場修理或調整瓣膜。

(四)閥門出口 (Valve Outlet)

由於閥座洩漏，洩漏可能在閥門出口處發生，多數情況下這種洩漏可以通過使用正確的閥門操作技術來修正或預防。當正確的關閉程序不能徹底阻止洩漏時，可以裝上閥門出口密封蓋來阻止洩漏。

當容器內的產品是氧化劑、惰性氣體、易燃壓縮氣體或這些氣體的混合物時，發生在閥門附近的洩漏一般非常小，而且正常情況下不會改變。但是當洩漏與腐蝕性產品有關時，由於腐蝕性物質侵蝕洩漏點，一般而言洩漏會惡化。

必須對任何正在以無法控制的方式排放到空氣中的危險物質採取正確的行動，以減少人員和設備的暴露危險，下列緊急情況應變程序儘管很粗略，在減少暴露於危險物質洩漏的危險方面是極端重要的。

在採取任何行動之前，你必須首先正確鑑別危險。由於大多數產品有不只一種危險，鑑別並不簡單。記住，美國交通部DOT的運輸分類不可能詳細說明特定產品的所有危險，問題的最終解決應該包括氣體供應商，沒有人比氣體供應商對產品和它的包裝更加瞭解，氣體供應商對產品和包裝有根本的責任，不能僅依靠法規解決問題。

三、緊急應變處理

(一)矽甲烷操作時之法規要求

矽甲烷操作時應依勞工安全衛生設施規則第185條之1之規定：雇主對於常溫下具有自燃性之四氫化矽（矽甲烷）之處理，除了依據高壓氣相關法規規定外，應依下列規定辦理：

- 1.氣體設備應具有氣密之構造及防止氣體洩漏之必要設施，並設置氣體洩漏檢知警報系統。
- 2.氣體容器之閥門應具有限制最大流率之流率限制孔（RFO）。
- 3.氣體儲存於室外安全處所，如必須於室內儲存者，應置於有效通風換氣之處所，使用時應置氣瓶櫃內。
- 4.未使用之氣體容器與供氣中之容器，應分隔放置。
- 5.提供必要之個人防護具，並使勞工確實使用。
- 6.避免使勞工單獨操作。
- 7.設置火災時，提供冷却用途之灑水設備。
- 8.保持逃生路線通。

(二)操作矽甲烷之基本需求

勞工於操作矽甲烷時應注意以下事項：

- 1.確保通風。
- 2.穿戴適當的個人防護裝備（PPE）。
- 3.設置偵測警報、檢知器，定期執行洩漏與檢查。
- 4.遵循標準作業程序（SOP）。
- 5.二人夥伴作業。
- 6.不可在現場修理或調整瓣膜。

容器更換操作，或任何要求開啟系統的操作，或存在有暴露於矽甲烷可能的地方，只能由穿戴適當的個人防護裝備的兩人小組來進行。最

少量的個人防護裝備，包括防焰面罩、防焰頭罩和安全眼鏡、皮手套或相當產品、用於上身保護的諾梅克斯（Nomax）或相當的保護裝置、或者含頭部保護的諾梅克斯工作服。

系統的任何部分的維護都要把系統當作加壓系統來進行，因此必須穿戴適當的個人防護裝備，每天應目視檢查矽甲烷供應系統，注意所有的機械裝置、閥帽、壓力表入口等，找出呈褐色/白色粉塵的輕微洩漏的痕跡，且應遵守安全工作許可程序，包括掛牌和上鎖程序，在正在運轉的系統的工作區域之間至少應有二個盲板和排放系統，避免高壓氣體自工作區域釋放造成危害。

(三)急救

如果吸入了矽甲烷，將患者轉移到有新鮮空氣處。如呼吸停止，進行人工呼吸。如果呼吸困難或微弱，供給氧氣並且呼叫醫生，提供醫生矽甲烷的物質安全資料表（Material safety data sheet, MSDS）。

暴露於高濃度的矽甲烷會導致延遲的肺水腫。因此，應該觀察個人是否有延遲的呼吸道損傷，如果發生肺水腫，進行適當的治療。在皮膚或眼睛接觸的情況下，應該用自來水沖洗患處15分鐘。如果刺激繼續存在，應該請教醫生，燃燒的矽甲烷導致的皮膚燒傷應像一般熱燒傷一樣處理。

(四)個人防護裝備

對於任何要求除去容器或鋼瓶保護帽、更換容器或暴露於正在運轉的矽甲烷設施的操作，至少應該使用的個人防護裝備是：

- 1.防焰面罩、防焰頭罩和安全眼鏡。
- 2.皮手套或等效的防火手部保護裝置。
- 3.帶有防火頭盔或等效的頭部保護裝置的防火全身保護裝置。
- 4.安全鞋。

對於需要緊急應變的狀態：

- 1.帶有防火頭盔或等效的頭部保護裝置的防火全身保護裝置。
- 2.正壓自攜式呼吸器（SCBA）
- 3.皮手套或等效的防火手部保護裝置。

(五)緊急時之處理原則

大宗矽甲烷之處理原則可參考北美洲緊急應變指南之處理原則116，相關資訊如下所示。

1.潛在的危害

(1)火災或爆炸

- A.極度易燃
- B.將易被熱、火花或明火引燃
- C.與空氣混合後將形成爆炸性混合物
- D.矽甲烷在空氣中將自行引燃
- E.受熱或陷於火場時，註記”P”的此類物質可能會產生爆炸性聚合反應
- F.蒸氣可擴散，遇引火源會產生回火現象
- G.容器受熱可能發生爆炸
- H.破裂的氣瓶或容器本體，存在有破片飛射之潛在危害

(2)健康

- A. 蒸氣會造成無預警的暈眩或窒息症狀
- B. 有些物質如果在高濃度下吸入具刺激性
- C. 接觸氣體或液化氣體會造成灼傷、嚴重傷害
- D. 著火會產生具有刺激性及/或毒性氣體

2.公眾安全

首先撥運送聯單上的緊急聯絡電話（運輸車輛和包裝上皆有緊急聯絡電話），如果找不到運送聯單或電話無人接聽時，再查其背面資訊，以尋求適當電話號碼。

(1)隔離洩漏或外洩區域周圍至少100公尺（330英呎）區域作為立即警戒措施。

(2)未經許可人員，使其離開。

(3)留置於上風處。

(4)遠離低窪地帶。

(5)防護衣

A.配戴正壓自攜式呼吸器（SCBA）。

B.戴有防火頭盔或等效的頭部保護裝置的防火全身保護防護裝置。

(6)疏散

A.大洩漏初期疏散下風處至少800公尺（1/2英哩）作為考量。

B.火災如果運載大宗氣體儲槽或容器之車輛已陷於火場時，其周圍1,600公尺（相當1哩）的地區應立即予以隔離；同樣，其周圍1,600公尺（相當1哩）斟酌為初期疏散區。

3.緊急應變

(1)火災除非外洩已被控制停止之外，氣體外洩火災不可滅火。

A.小火時以化學乾粉或二氧化碳滅火劑，控制火勢。

B.大火時

(A)以灑水或水霧，控制火勢。

(B)在不危及人員安全的情況下，將容器自火場中移離。

C.大宗氣體容器陷於火場中

(A)使用消防水帶控制架或砲塔，以大量的水冷卻容器，即使在火勢被撲滅後，仍應持續撒水冷卻。

(B)不可將水直接對洩漏源或安全組件噴灑；因為會發生結冰現象。

(C)因火災引起安全組件發生聲響或容器本體變色時，立即撤離現場。

(D)遠離捲入火場的貯槽。

(E)當巨大火勢（如原物料儲存區大火）時，使用消防水帶控制架或自動搖擺噴嘴灌救；如果此方式不可行，應撤離現場，在無安全監視下任其燃燒。

(2)氣體洩漏

A.排除所有引火源（在附近區域不可有吸煙、閃火、火花或火燄）。

B.使用所有的設備操作時，必須先接地以消除靜電。

C.在安全無風險的前提下，設法止漏。

D.不要接觸或穿越洩漏污染區。

E.不可直接用水噴灑外洩源。

F.如果可以的情況下，設法將容器有洩漏破損的孔處朝上，寧可以氣態形式逸散，而不要以液體形式逸散。

G.防止外洩物流入水道、下水道、地下室或侷限區域。

H.隔離區域至氣體驅散。

(3)急救聯絡119或緊急醫療服務。

A.將患者移至新鮮空氣處。

B.如果患者停止呼吸時立即施以人工呼吸。

C.若患者呼吸困難時，立即供應氧氣。

D.脫除並隔離污染之衣服及鞋襪。

E.保持患者溫暖及安靜。

F.應讓醫護人員知道患者所接觸之化學物質，並適時選用個人防護具以確保其自身的安全。

第六節 矽甲烷槽車供應系統緊急應變

緊急應變的目的，包括：

- 一、控制意外災害的規模，使它不會持續擴大。
- 二、將災害對人員、設施與環境可能的傷害降到最低。
- 三、維護工廠內員工生命與財產的安全。
- 四、維護社會大眾生命及財產之安全。
- 五、加速災後復原與復工。
- 六、累積經驗，改進安全措施。減少相同事故再發。

緊急應變計畫包括事故的之類型與定義（例如火災、爆炸等。應儘量能明確定義出事故災害的類型、定義、大小、通報對象、通報方式等）。透過風險評估與後果分析，可以清楚的界定事故得類型與可能規模，在定性方面，可以使用危害與可操作性分析與失誤樹分析方式，計算各失誤事故發生之頻率，進而以火災、爆炸以及擴散模擬軟體詳細執行定量之分析。若能考慮物質之火爆特性及毒性，製程之儲槽、運送管線及設備等配置，以及工廠周邊地形、人口、大氣穩定度、風向、風速、溫/濕度、地面高低粗糙度等條件，配合可信度較高之軟體進行評估，則可以計算繪製，估算洩漏、火災、爆炸之後果影響距離及其影響範圍，這將關係到疏散路線與避難地點，及周圍環境的處理方式。隨時準備以下相關資料，在事先知評估及事發之救災上，都有很大的幫助。

- 一、廠內風險評估與後果分析；
- 二、廠區附近風險評估與後果分析；
- 三、廠區位置圖及附近區域地形資料、周邊人口資料；
- 四、工廠內各設備管線資料；

以上資料，應配合工廠操作條件的改變定期更新。

(一)廠房配置圖

廠房配置圖應提供包含以下的相關資訊

- 1.廠房的南北座向，週邊道路
- 2.廠房、建築物及設備等之相對位置關係
- 3.化學品存放及使用之位置以及數量
- 4.消防搶救、應變資材等相關位置

(二)疏散路線圖

疏散路線圖應能夠提供包含以下的相關資訊

- 1.廠房的南北座向，週邊道路及鄰近工廠名稱。
- 2.疏散、集結位置

廠房配置圖及疏散路線圖可以依工廠之運作規模不同予以整併或按操作區劃（樓層）分別製作。

針對廠內災害事故歷史資料與廠內初步危害分析（PHA）、危害及可操作性分析（HAZOP）等所提出重大/可能發生危害情境（SceN/Arios），配合應變步驟的標準六大原則（HAZMAT）建置相關資訊，如表40所示，

依據實際應變的經驗與需求如下：

- 1.危害辨識（Hazard Identification）：災害發生的初期，最重要的是針對災害本身作正確的了解與辨識，確認災害的危險程度與嚴重性，初步的辨識可以透過事故歷史資料、化學品資料（MSDS）及廠區配置圖。
- 2.擬定行動方案（Action Plan）：完成初步的辨識步驟後，並提供現場應變的行動方案，其中包括災害應變標準作業程序（SOP）、行動建議與搶救安全考量、個人防護應變裝備器材選用、搶救裝備器材選用、消防防護系統、環境檢測器材、急救方案、廠內緊急通報程序、洩漏著火處理方案等。
- 3.區域管制（Zoning）：結合事故發生的化學物質物理化學、火災爆炸特性、洩漏量、洩漏濃度與天候、地形等外在條件，提供初期隔離距離及行動保護距離。
- 4.指揮組織（Management）：組織應變指揮系統，掌握整個宏觀的應變考量及應變組織指揮調度，提供廠內應變組織架構、執掌，廠內應變人員清單及任務編組等相關資料。
- 5.後勤支援（Assistance）：針對大型事故，建置必要的後勤人力與器材支援。人力的參與器材的投入對大型事故的處理與控制是非常重要的

資源。支援系統將涵蓋消防支援單位、區域醫療機構、聯防小組及支援廠商、承攬商資料及相關支援單位等。

- 6.善後處理（Termin/Ation）：可分為人員除污處理與現場災後處理。
首先要確保事故區域以可安全進入，且其清理工作須由受過訓練的專業人員負責。此外對於防護具選用、除污復原器材選用、廢棄物處理步驟及廢棄物處理等均應事先建置。

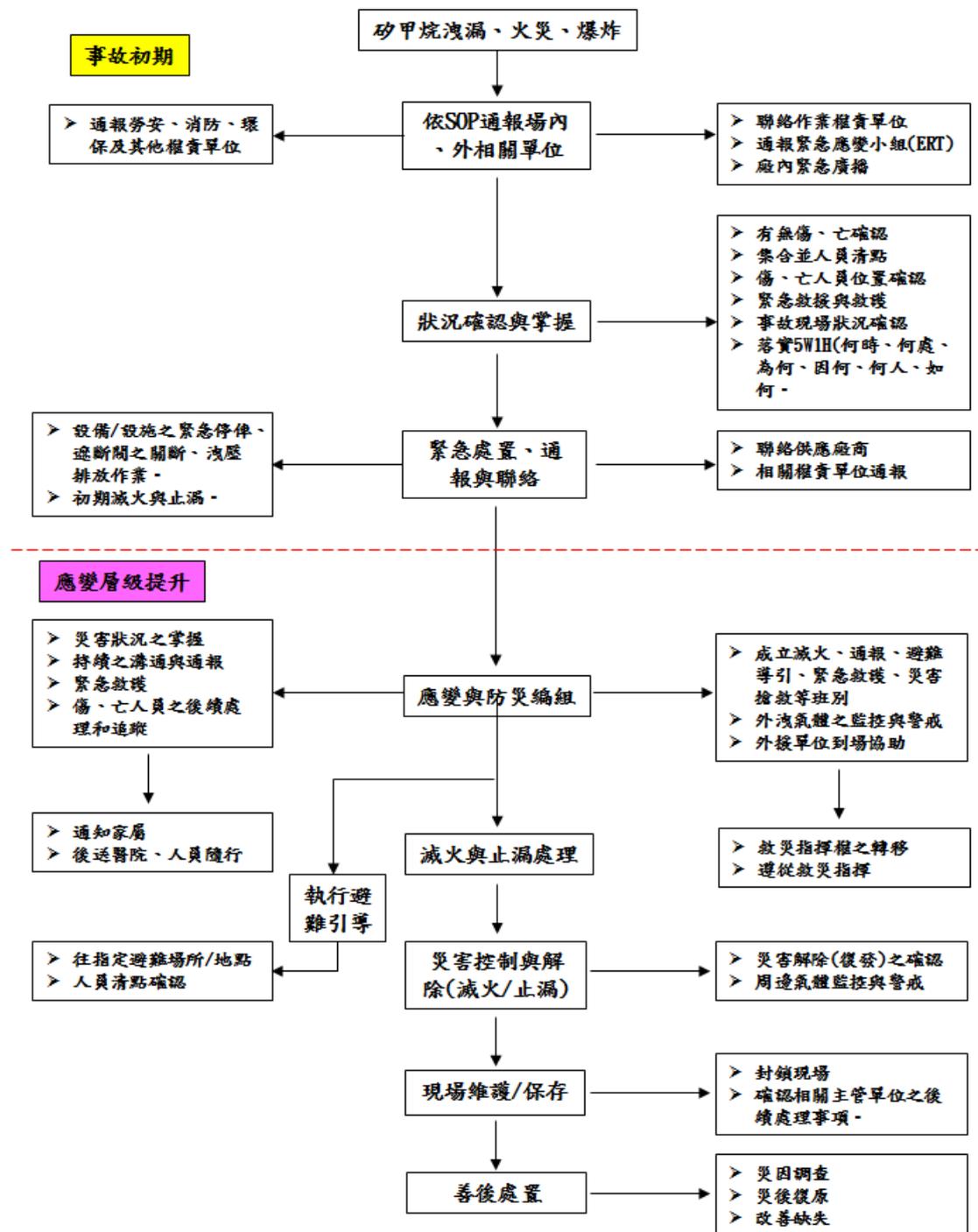


圖 32 矽甲烷氣體洩漏應變流程圖

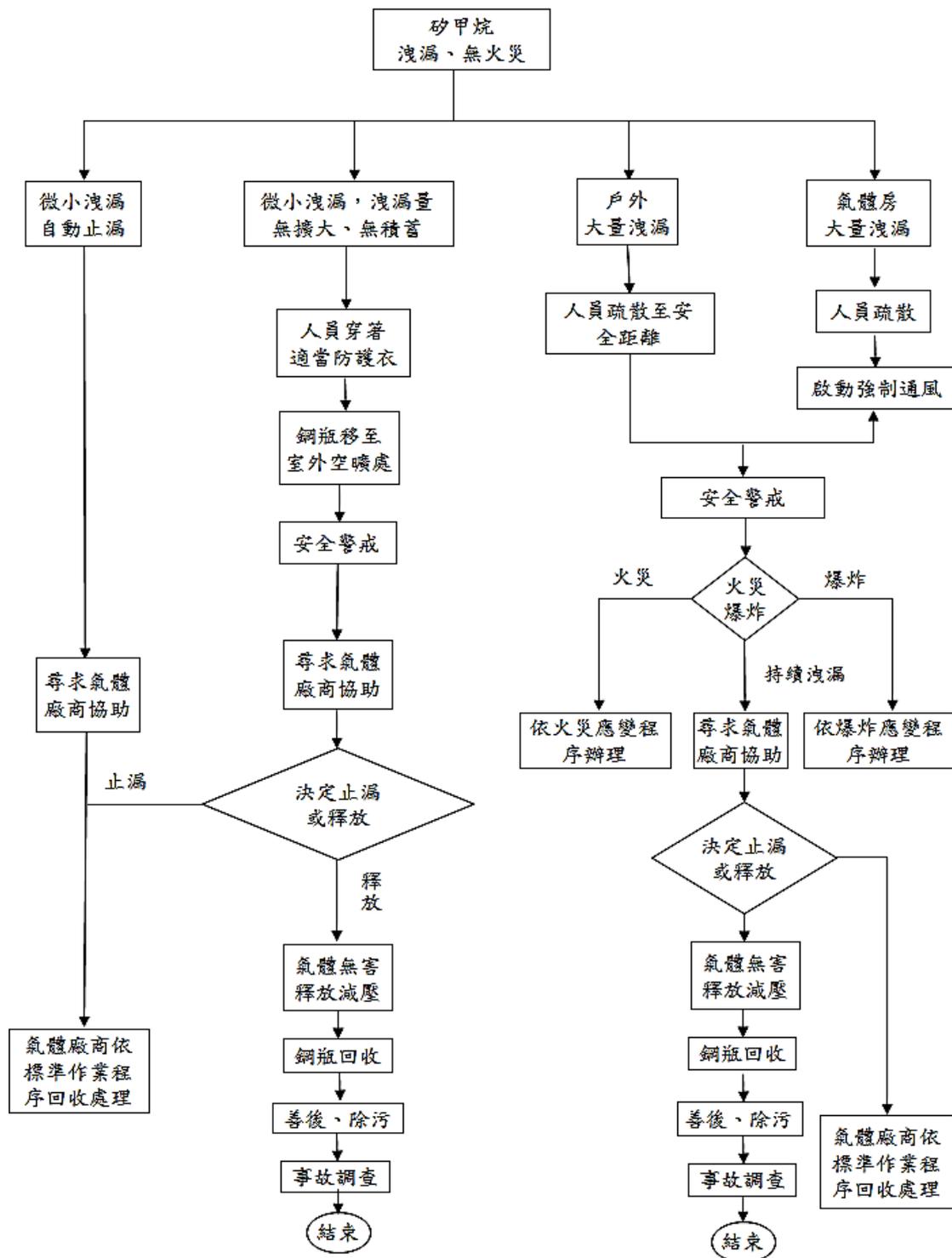


圖 33 矽甲烷氣體洩漏無火災應變流程圖

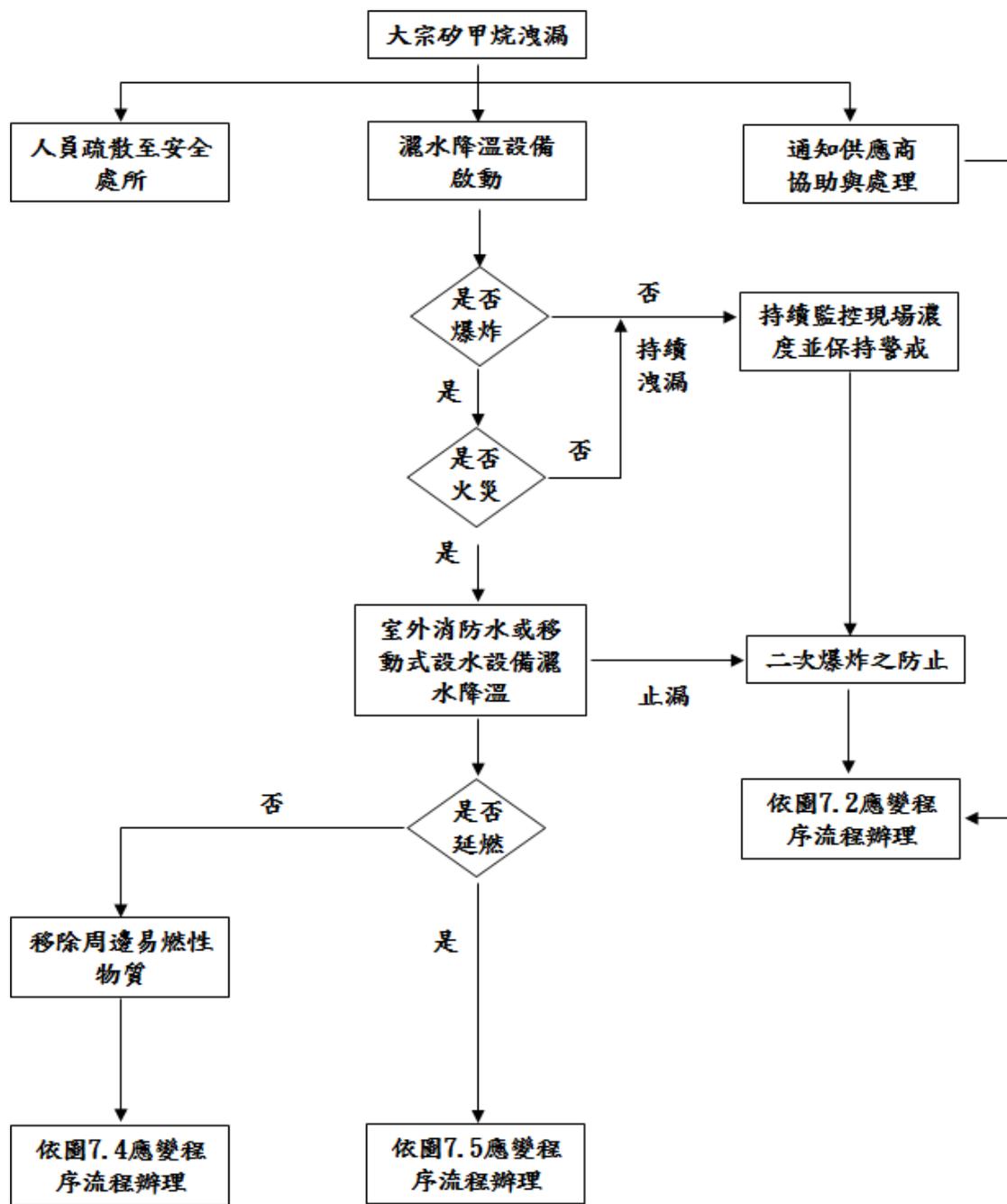


圖 34 矽甲烷起體洩漏爆炸應變流程圖

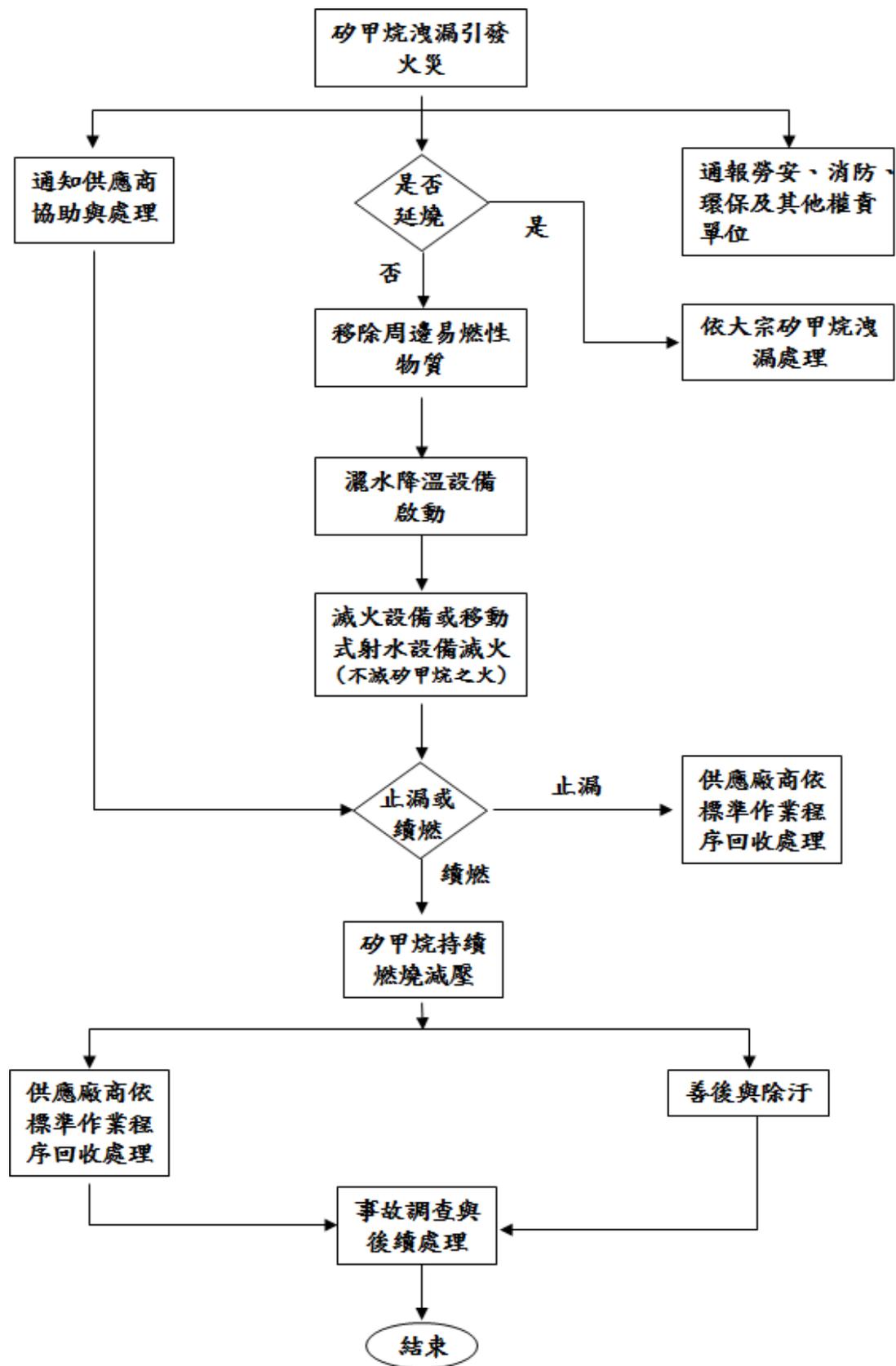


圖 35 矽甲烷氣體洩漏引發一般火災之應變流程圖

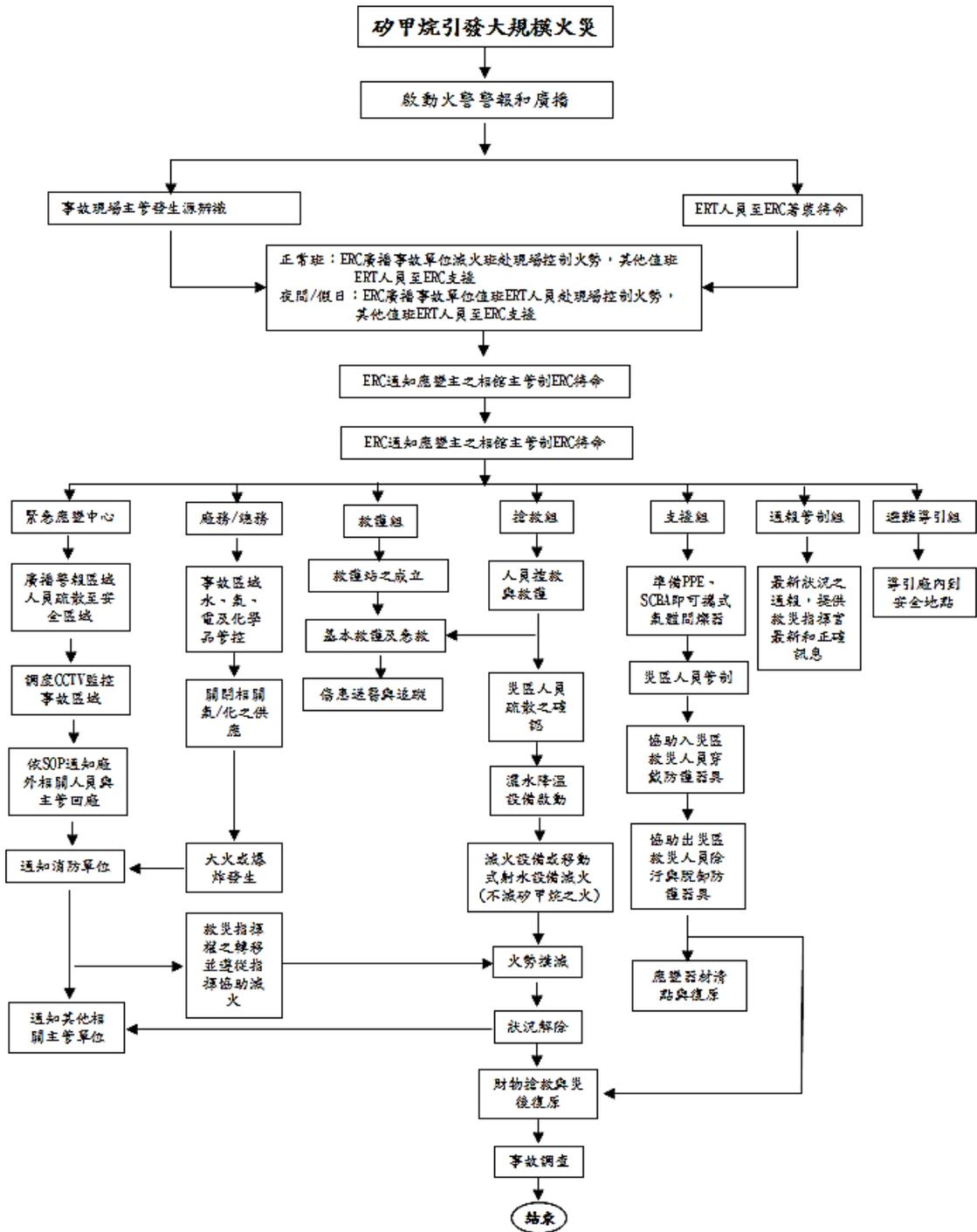
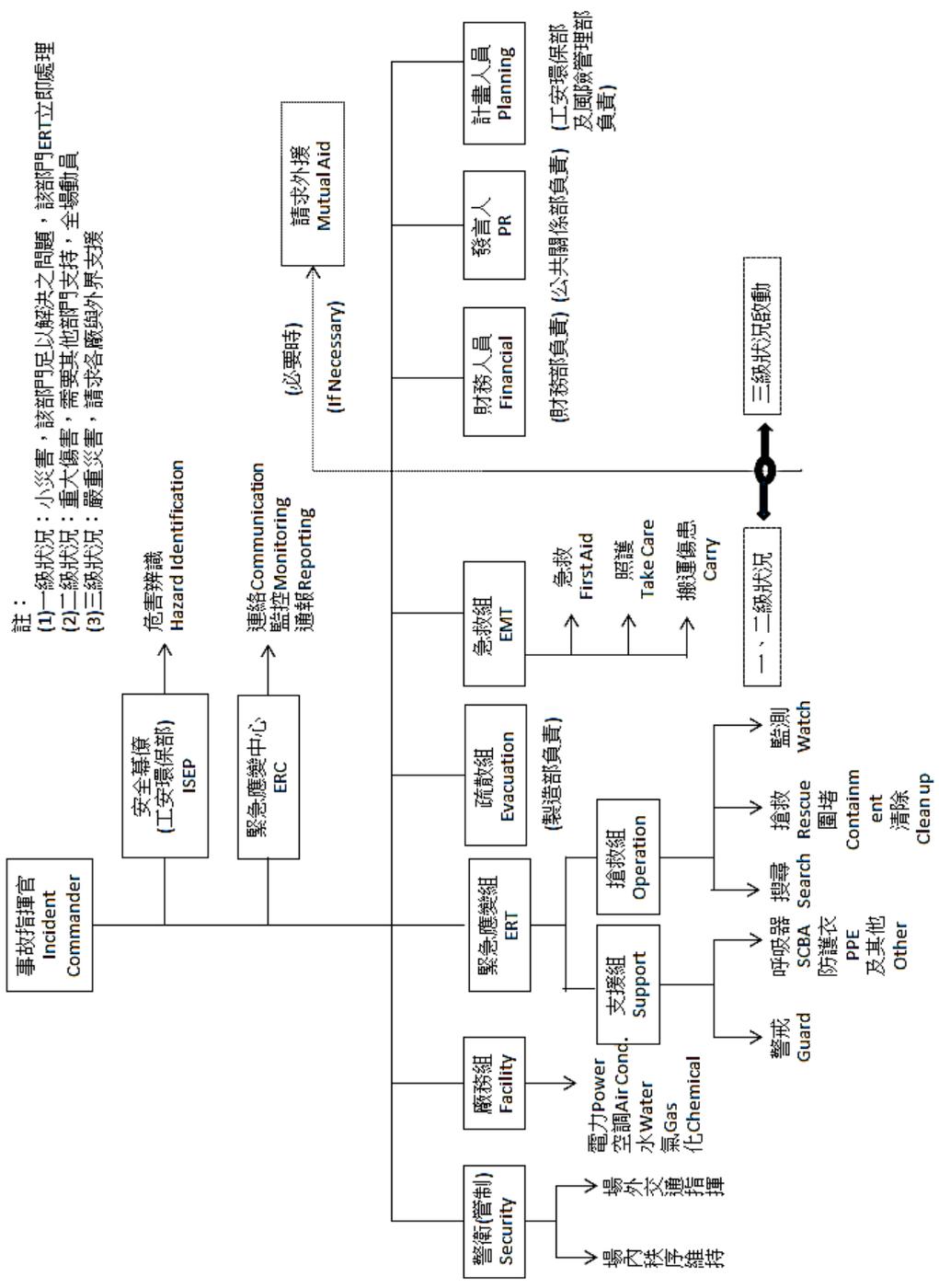


圖 36 砂甲烷洩漏引發大火之應變流程圖



註：
 (1)一級狀況：小災害，該部門足以解決之問題，該部門立即處理
 (2)二級狀況：重大災害，需要其他部門支持，全場動員
 (3)三級狀況：嚴重災害，請求各廠與外界支援

圖 37 防災應變組織圖

表 36 緊急應變程序表

應變程序	應變內容	作業單位	準備之器材
一、 事故發生，進行 事故通報	1.事故發生。 2.現場人員立即通報 (a) 自報姓名 (b) 事故時間、地點 (c) 事故狀況描述（含損傷情形與發展） (d) 請求支援內容 (e) 其他 3.廠內立即依事故通報表聯絡課長及相關人員並通知大門警衛室。	事故發生單位	廠內事故通報表 通報辭
二、 廠內動員（平時即應成立）緊急應變小組，進行應變事宜	1.進行廠內第一階段緊急應變。 2.召集廠內自衛消防編組成員。 3.區域指揮官進行災情評估與危害確認。 4.自衛消防編組進行災害處理應變程序。	現場指揮官 急救組 搶救組 疏散管制組 後勤支援組	告示牌 警示帶 防護衣 空氣呼吸器 進出管制牌 偵測器 醫療急救設備 止漏工具箱
三、 災情無法立即獲得制，請求外界支援	1.評估災情無法立即獲得控制，通報廠區進行第二階段緊急應變。 2.鄰廠通報與應變。		廠外緊急事故通報表
四、 外界支援進行第二階段緊急應變及聯合救災	1.消防局、環保局及衛生局接獲通知後馳赴現場支援。 2.事故現場狀況報告與指揮權轉移。 3.災區人車進入之管制。		

應變程序	應變內容	作業單位	準備之器材
五、 災害獲得控制	1.事故現場受到控制。 2.受傷人員已後送醫療。 3.救災人員確認無復發可能。 4.進行必要之事故再發防止作業。		
六、 環境檢測人員 及裝備污	1.以儀器偵測現場環境，確認氣體濃度在容許濃度值以下，無火災爆炸之虞。 2.救災人員管制區外待命並持續監視事故現場狀況。 3.狀況解除後進行人員及裝備的除污作業。 4.人員與器材清點回報。		救災人員 再發防止工具 (止漏、移置等)
七、 環境清理復原	1.事故工廠進行後續除污作業與環境復原。		除污人員 防護裝備 除污工具
八、 災因調查 災後檢討 提出檢討報告	1.邀請專家學者進行災因調查。 (1) 事故證據收集 (2) 各現象分析與解釋 (3) 鑑定災害原因 (4) 依規定格式提出報告 2.提出災害檢討及改善因應措施。 3.做成書面報告，必要時提報相關權責機關備查。		
九、 災後復原	1.事故現場設備復原 (1) 與事故相關安全設備之改修或增設 (2) 應變作為之補充與強化 2.確認內外部復工許可相關之申請		

事故緊急連絡對象

表 37 事故廠內緊急連絡表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)

	部門/組別			代理人	
	姓名	職稱	連絡電話	姓名	連絡電話
緊急應變總指揮官					
現場指揮官					
搶修班班長					
班員					
搶救班班長					
班員					
救護班班長					
班員					
支援班班長					
班員					
消防班班長					
班員					
連絡班					
環安人員					
警衛					

表 38 場內應變器材與急救設備一覽表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)

應變器材	數量	存放位置	備註
一、個人防護設備			
A 級防護衣			
B 級防護衣			
C 級防護衣			
防酸鹼防護衣			
防火服			
耐酸鹼手套、鞋、圍裙			
安全帽			
安全眼鏡			
正壓自攜式呼吸器			
空氣預備氣瓶			
二、搶救工具			
吸液棉			
化學洩漏液處理桶			
補漏工具			
酸鹼中和劑			
氣瓶洩漏搶救桶			
防爆照明燈具			
警告燈			
警示帶			

表 39 事故廠外緊急連絡表(請使用者依工廠實際狀況預先填寫)

種類	支援單位	連絡電話
消 防		
警 察 局		
環 保 局		
檢 查 所		
毒化災應變中心		
電 力		
瓦 斯		
自 來 水		
特殊氣體供應商		
協力廠商		
醫 療		
鄰近工廠		

表 40 緊急事故應變處理步驟

H (危害辨識)	A (行動方案)	Z (區域管制)	M (應變組織)	A (請求支援)	T (善後清除)
1.全廠配置資訊 2.化學品危害資訊 -儲存形式 -儲存體積 -儲存條件 -儲存量 -化學品儲存種類 -物理化學特性 -潛在危害 -物質安全資料表 (MSDS) -北美緊急應變指南 (N/AERG2008)	1.災害應變標準作業程序 (SOP) 2.廠內緊急通報程序 (含廠區主管與假日值班主管連絡途徑) 3.行動建議與搶救安全考量 4.個人防護應變裝備器材選用 5.搶救裝備器材選用 6.消防防護機制啟動 7.環境檢測器材 8.醫療救護器材及程序	1.初期隔離距離 2.行動保護距離	1.廠內應變組織架構 2.廠內應變組織執掌 3.廠內應變人員清單 4.人員訓練資料	1.相關主管機關 2.消防單位支援 3.區域醫療機構 4.聯防小組及支援廠商 5.承攬商資料庫建立 6.其他支援	1.防護具選用 2.除污復原器材選用 3.廢棄物處理步驟 4.廢棄物處理

第八章 結論與建議

本研究聚焦在探究大宗矽甲烷槽車供應系統安全性。本案首先收集國內外矽甲烷事故案例並進行災因探討，共彙整出國內外 31 個矽甲烷事件案例，其中國內 14 件(含未揭露 11 件)、國外 17 件。接著對國內 22 家矽甲烷之大量供應模式及使用現況進行調查，其中上游矽甲烷製造業 2 家、矽甲烷充填與供應業 6 家及末端使用業 14 家(含半導體、液晶面板、發光二極體及太陽能光電產業等)製程。在 22 家業者之意見回覆中，一致認為矽甲烷相關作業之更換鋼瓶作業，為最具潛在危險之部分。因此未來各矽甲烷相關業者宜強化更換鋼瓶作業之安全管理和監督。雖然開放大宗矽甲烷槽車運輸對業者不論在成本、人力之節省以及危害發生機率之降低等，都有明確之優勢和好處。但業者站在企業整體風險考量，使用端更擔心如此大量之矽甲烷(含使用中和備品)置放在地小、人稠且與居民過近條件下，一旦發生狀況，其後果衝擊是業者不敢想像與貿然使用之重要因素。基此；高達 86% 之業者認為在前述憂慮未能有效解決前，並不考慮採用大宗矽甲烷槽車取代現有者。

有鑑於矽甲烷之相關作業中更換鋼瓶作業，為最具潛在危險之部分，本研究也對矽甲烷操作人為失誤進行分析，同時對矽甲烷供應系統進行風險評估，再依據研究成果、國際矽甲烷相關規範與國內相關法規，研訂矽甲烷及矽甲烷混合氣之儲存與處置規範、矽甲烷之槽車供應系統安全規範和編撰矽甲烷槽車供應系統緊急應變及注意事項。這些研究結果將可提供主管機關作為修訂現行法令與矽甲烷安全之重要參考依據，更期待此研究成果能有效協助提升矽甲烷產製與供應產業界損害防阻模式與風險管理，有效降低國內矽甲烷之工安事故，進而增進國際競爭力。

第一節 相關問題探討

本案在研究過程中發現目前國內矽甲烷作業仍有許多問題有待產、官與學界之專家共同研究改善之道，相關問題結論如下：

一、儲存區普遍問題：

- (一)儲存區為開放式，雖然有屋頂遮蔽陽光，但遮蔽範圍、效果不足，鋼瓶整天日曬下來溫度一樣超過 40°C。更甚者有直接放置於露天儲存，也無加設遮蔽裝置，溫度必定高過 40°C，上述狀況無論是否為殘氣鋼瓶皆有危險之虞，並為法令所不允許之情事。
- (二)由於矽甲烷槽車因儲存量多且體積大，在地小人稠之台灣，其與周邊設施或建築物之安全距離是否足夠？萬一發生意外洩漏而引起火災爆炸，整個儲存區的矽甲烷將付之一炬，其可能波及之範圍亦必須正視與評估。
- (三)矽甲烷屬高壓氣體勞工安全規則之毒性氣體，根據規定，使用及消費之毒性氣體不能直接排出，必須要經由除害設備處理，但 Y 型鋼瓶、ISO 模組及拖車上均有壓力釋放安全裝置(PRD)，一但做動將直接洩放，現況無法導入除害設備內，如何兼顧二者之需求是值得考量的。

二、法規符合性問題

- (一)勞工安全衛生設施規則第 185 條之 1 只針對鋼瓶在室內儲存場所作規範，而相關主管單位建議及業者們對於大宗氣體的看法皆同意應設置於室外，但目前主管機關及法令並無規範，故應予以整合。又矽甲烷不是唯一的氣體原料，還會有其他類似狀況，希望對於室外場所的儲存能有明確的規範可遵循。
- (二)勞工安全衛生設施規則第 185-1 條第 3 款所稱「室內」及「室外」場所，採由屋頂及矮牆的高度來做為室外內之界定，但現場訪視時發現業者有刻意增加層頂高度來符合規定之現象，其防火安全效能是否足夠仍有疑慮？故建議應重新認定。
- (三)勞工安全衛生設施規則第 185-1 條之限流孔(RFO)，有實際執行之困難，在運送卸料時一定要安裝，但灌裝分裝時，建議由業者提供其他防止洩漏之安全管理做法或輔助措施來取代 RFO 的安裝。
- (四)國內容器檢查標準，對於大型高壓氣體有規範可循，但需正視拖車(進口前均在國外檢查合格)及管式鋼瓶等之檢驗與檢查基準之訂定，此部分規定建議由主管單位出面整合訂定之。

三、安全設計及設施之評估

- (一)目前安全距離的實際應用為將矽甲烷儲場所視為一隔絕之獨立區，除足

夠安全距離外另外防火牆和良好通風，消費端控制使用量等來進行安全管控。故有效隔離及安全距離有效縮短(如防火牆防火時效要求)，為台灣特殊地域性較可行之方式。

(二)安全裝置(PRD)的設置爭議，業者曾調查過亞洲其他國家除日本國內生產要求外，因 PRD 本身具有一定失誤率，反而會增加使用風險性，且在歐洲及美國已經在討論是否均裝設 PRD。如 ISO 模組的超長度於發生火災時，因局部加熱 RFO 未做動前就已爆炸了，無發揮功能(實際案例)。

四、大宗矽甲烷洩漏之緊急應變能力提升

在本案研究中，從業者意見回饋中，發現但業者大都以企業之整體風險考量矽甲烷槽車安全，使用端尤其更擔心如此大量之矽甲烷(含使用中和備品)不論在存放位置或在運送途中，在地小、人稠且與居民過近條件下，一旦發生狀況，其後果衝擊是業者不敢想像與貿然使用之重要因素，因此未來如何結合產、官、學之專業與力量，共同提升大宗矽甲烷洩漏之緊急應變能力，以利未來國內開放大宗矽甲烷槽車時，業者能在可接受之風險條件下，獲得在成本、人力之節省以及危害發生機率之降低等利基下，增強國內矽甲烷相關產業之國際競爭力。

第二節 建議事項

- 一、考量到公共安全的因素，矽甲烷儲存設置在地域狹小的台灣不同於廣大區域的歐美國家，有著安全距離的考量問題，因此應先針對安全距離及防護由學界進行相關分析評估，找出一個最好的接受風險答案(合理的安全距離規範)，如此有利於未來業界投資設立時參考依據。
- 二、目前法規僅針對可燃性氣體做安全界定，但業界卻使用到很多自燃性氣體，兩者特性皆不相同，防護處理措施亦不同，建議將自燃性氣體挪出來做單獨討論。
- 三、從製造端到消費端整個過程涉及到許多主管機關，如運輸(交通部)、安全(消防署)等，建議可以聯合半導體、光電等協會、公會一同與主管機關會談討論。

致謝

本研究計畫參與人員本所曹常成副組長、廖華群助理研究員，另包括中台科技大學謝明宏教授等人，僅此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] 美國國家防火協會(NFPA) , 318 規範—半導體生產設施的防火標準
- [2] 工廠互保聯盟(FM)7-7 規範-半導體生產設施
- [3] 勞工安全衛生設施規則
- [4] ANSI/CGA G-13-2006,-矽甲烷及矽甲烷混合氣體的儲存與處理
- [5] U.S.EPA and NOAA , ALOHA5.4.1 User's Manual,U.S.EPA and NOAA , 2007
- [6] CCPS,Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions,Flash Fires and BLEVEs,American Inst. Of Chemical Engineers,1994.
- [7] 行政院勞工委員會，危險物及有害物質通識規則技術交流研討會，中華民國年六月十一日發行。
- [8] 于樹偉、周更生主編，化學工業安全概論，高立圖書有限公司出版，中華民國，89 年 12 月。
- [9] 中華民國工業安全衛生協會，民國 94 年元月，工作場所風險管理研討會教材，台北：第一版。
- [10] 經濟部工業局，民國 89 年 12 月，“事業單位各級主管人員安全衛生管理實務手冊”，台北。
- [11] 行政院勞工委員會，民國 90 年 7 月，“我國與世界各國勞工安全衛生管理制度之比較研究”，90 年全國勞工安全衛生研討會論文集，頁 89。
- [12] 工業安全衛生月刊，民國 92 年 6 月，“工安與環保之監督量測研析與實務”，台北。
- [13] JSIA 與 ASME
- [14] 勞工安全衛生報研究報告「空氣分離廠遠端管理之可行性研究—冷箱氣氮製程」。
- [15] 國際半導體設備與材料產業協會(SEMI) , S18 規範-矽甲烷族氣體安全標準。
- [16] 工業安全衛生月刊，民國 91 年 2 月，“預知危險思考模式於危機管理之應用”，頁 28-44，台北。

- [17] 工業安全衛生月刊，民國 86 年 1 月，“火災爆炸危害控制與安全防護”，頁 19-31，台北。
- [18] 化工，民國 90 年 8 月，“化學工廠常見之工業火災爆炸類型”，頁 134-138，台北。
- [19] 環保資訊，民國 88 年 3 月，“工業爆炸及其預防措施”，頁 18-23，台北。
- [20] 經濟部工業局 <http://www.moeaidb.gov.tw>
- [21] 財團法人安全衛生技術中心 <http://www.sahtech.org>
- [22] 環保署 <http://www.epa.gov.tw/index.aspx>
- [23] 環保署 毒災應變諮詢中心 <http://www.eric.org.tw/index.aspx>
- [24] 林瑞玉，矽甲烷廠務系統危害辨識與量化風險分析技術手冊
- [25] 行政院勞工委員會 GHS 網站-矽甲烷物質安全資料表。
- [26] 徐啟銘，危險物運輸及裝卸安全現況調查與防止對策研究－可燃性液體，行政院勞委會 勞工安全衛生研究所IOSH92-S101。

國家圖書館出版品預行編目資料

矽甲烷槽車供應系統安全性研究 / 曹常成, 謝明宏著. -- 一版. --
新北市 : 勞動部勞研所, 民 104.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-04-4668-5(平裝)

1.工業安全 2.勞工安全

555.56 104005899

矽甲烷槽車供應系統安全性研究

著(編、譯)者: 曹常成、謝明宏

出版機關: 勞動部

勞動及職業安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

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

出版年月: 中華民國 104 年 6 月

版(刷)次: 一版一刷

定價: 350 元

展售處:

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話: 04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話: 02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為：
http://www.ilosh.gov.tw/wSite/np?ctNode=273&mp=11&idPath=226_270
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN: 3232622962

ISBN: 978-986-04-4668-5

