

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

化學液槽車灌裝風險及最佳化對策研究
- 以半導體廠例

Liquid Chemical Lorry Loading/Unloading Risk Analysis
and Optimized Safety Control – Semiconductor Fab
Application

研究生：溫明謙

指導教授：張翼教授

中華民國 101 年 7 月

化學液槽車灌裝風險及最佳化對策研究
－ 以半導體廠例

Liquid Chemical Lorry Loading/Unloading Risk
Analysis and Optimized Safety Control
－ Semiconductor Fab Application

研究生: 溫明謙 Student : Ming-Chien Wen

指導教授: 張翼 Advisor : Dr. Edward Chang

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Industrial Safety and Risk Management

July 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 101 年 7 月

化學液槽車灌裝風險及最佳化對策研究 - 以半導體廠例

學生：溫明謙

指導教授：張 翼博士

國立交通大學工學院產業安全與防災學程

摘 要

在半導體晶圓製造的過程中須使用大量的化學品，以滿足半導體廠生產不中斷的特性。因此，半導體廠必須利用化學品槽車，以灌裝方式來補充製程所需化學品及清運相關廢液。而化學液槽車作業流程作業中，因其具有危害且量大的特性，一旦有大量化學品洩漏或充填錯誤發生，將造成人員安全問題或作業環境汙染，甚至可能導致生產中斷及環保問題。

本論文研究主要是以半導體廠化學液槽車灌裝進行安全風險評估，其範圍包含化學品原物料槽車入廠灌充及廢液回收裝填作業，透過實地的作業觀察進行工作安全分析及風險評估，了解半導體廠槽車作業的灌裝安全風險及現有控制。同時收集近 10 年內之半導體廠發生的槽車填充安全意外案例，根據分析的結果，提供有效的安全預防措施建議，透過實務的改善經驗，提供其他業界參考，期能改善化學液槽車灌裝作業安全，進而發展出最佳化之化學液槽車灌裝作業安全對策。

研究結果顯示：化學液槽車作業步驟主要為：槽車進廠、定位、管路銜接、填充加藥、管路脫離及離廠等作業流程。在槽車的進出廠及定位危害已被有效控制，但在管路銜接、填充加藥過程、管路脫離等作業則仍須改善，以降低相關偶發之工安意外事件。改善措施包含針對加藥管路銜接及脫離步驟可能造成之人員墜落預防、管路銜接錯誤

再增設 fail-safe 設施控制、進行作業區 hot-zone 之管制、加強人員防護具(PPE)保護、及改善管路脫離前之殘液/殘氣排除效能，以避免脫離加藥管路作業時的殘液洩漏風險。研究結果同時顯示 70%的實際槽車作業安全意外案例，係發生在廢液的槽車灌裝作業。因此，半導體廠應更加特別注意有關廢液回收槽車之安全要求及管理。

關鍵字：化學品、槽車、灌裝安全



Liquid Chemical Lorry Loading/Unloading Risk Analysis and Optimized Safety Control – Semiconductor Fab Application

Student : Ming Chien Wen

Advisor : Dr. Edward Chang

Degree program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

For semiconductor wafer continuous production process, all Fabs need a great volume, and reliable, uninterrupted chemical supply system. Therefore, Semiconductor plants have to use liquid chemical lorry for the production line and also to ship away big volume of waste liquid chemical. And during liquid chemical loading/unloading, because of the hazard and volume, in case of spill or incorrect loading/unloading to mix incompatible chemicals, the consequences could be serious human health/safety impact, environmental pollution, or even production interruption.

This study majorly focus on site observation and risk analysis of semiconductor plant liquid chemical lorry loading/unloading operation, which covers raw chemical lorry unloading into tank and waste chemical unloading into lorry. With site observation and risk analysis, we understand the lorry operation risk and existing control measures and we collected abnormal events over the past 10 years related to lorry loading/unloading operation, and carried out an analysis to come up with an effective prevention recommendation, and through practical improvement experience, we can share with other industries/plants; hopefully, we can improve all chemical lorry loading/unloading operation and ensure lorry related operation accuracy and safety.

The main stages of the chemical lorry operation is lorry driving in, parking/positioning, piping connecting, unloading/loading, piping disconnecting, lorry driving out. At the stages of lorry driving in and parking/positioning of which risks are effectively controlled, however, piping disconnecting, loading/unloading, and piping disconnecting stages need to be improved to minimize the risks or abnormal events. The improvement includes; operator's fall prevention during piping disconnecting/connecting; adding fail safe mechanism to prevent incorrect piping connecting; the control of the hot zone; PPE enhancement; and the effective purge of chemical liquid/vapor residue prior to piping disconnecting to minimize the chemical spill risks. The study also shows that about 70% of lorry related events were occurred during liquid waste chemical lorry loading/unloading. So we should pay more attention to waste chemical lorry safety management.

Key words: chemical, lorry, loading/unloading safety

化學液槽車灌裝風險及最佳化對策研究---以半導體廠例

研究生：溫明謙

指導教授：張翼 博士

誌謝

本論文得以順利完成，承蒙張翼博士於研究期間之殷切指導，並不時花費時間於觀念及架構的提醒，才得以有今日的成果；並感謝題目審查及口試期間中，張立老師、潘扶民老師所提供之寶貴的意見與建議，使得本論文的涵蓋性更為完整。謹此致上內心的崇敬，感謝教授們悉心指引，永銘於心。

能在一流的公司服務多年後，再重回到一流學府交通大學當學生，基本上是一件辛苦但非常幸運的事。工作的全心投入與在職專心研習，事實上是彼此糾纏而苦樂參半的。但在交大在職專班的研習期間，得以讓多年的實務經驗獲得學理的印證，工作與研習上的相得益彰卻是令人雀悅的。

感謝的人很多，首先要感謝的是教授老師及公司長官的體諒，謝謝您的支持與協助。

感謝家人的支持、鼓勵及諒解，感謝老婆大人，照顧好家庭，讓我可以工作與課業上盡情揮灑。

最後謹以此文獻給支持我的長官及志同道合的公司同事，沒有你們的鼓勵與支持，就沒有本篇論文的發表。

Regards,

溫明謙 謹誌

交通大學產業安全與防災研究所

中華民國一百零一年七月

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
一、 緒論.....	1
1.1 研究動機及緣起.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究方法與架構.....	2
二、 文獻回顧.....	4
2.1 化學品槽車的安全風險.....	4
2.2 半導體製程簡介.....	9
2.3 半導體化學品使用簡介.....	11
2.4 槽車化學品危害特性.....	13
2.5 化學品供應及廢液收集說明.....	15
2.6 化學品槽車灌裝作業安全規定.....	16
2.7 半導體化學品槽車灌裝作業安全規定.....	18
2.8 化學液槽車灌裝作業型式及風險評估.....	19
2.9 危害鑑別與風險評估方法.....	24
三、 研究方法.....	33
3.1 風險評估方法.....	33
四、 研究結果與討論.....	37
4.1 槽車作業安全事件案例調查結果與分析.....	37
4.2 槽車作業流程說明.....	38
4.3 槽車風險評估結果.....	38
4.4 控制措施之研究.....	49
4.5 半導體槽車灌裝作業改善實務.....	51
4.6 控制措施後之風險評估結果.....	54

4.7 槽車灌裝作業最佳化對策研究	56
五、 研究結論.....	58
六、 結語與未來方向.....	61
參考文獻.....	62
附錄一	64
附錄二	68
附錄三.....	77
附錄四.....	83



表目錄

表 1：2010~2011 大陸地區化工廠槽車事故案例.....	5
表 2：2005~2009 大陸地區化工廠槽車事故案例.....	6
表 3：2004 大陸地區化工廠槽車事故案例.....	7
表 4：常見半導體使用之化學品.....	12
表 5：常見半導體填充之化學品.....	12
表 6：化學品之危害特性.....	14
表 7：化學品原液槽車裝卸型式.....	21
表 8：化學品廢液槽車灌充型式.....	22
表 9：CEFIC/ECTA 槽車作業指引注意事項.....	23
表10：可能性之分級基準.....	34
表11：嚴重性之分級基準.....	35
表12：風險等級.....	35
表13：槽車安全意外事件之原因分類及發生件數.....	38
表14：槽車進出廠風險評估.....	41
表15：槽車定位風險評估.....	42
表16：槽車填充加藥管路銜接風險評估結果.....	43
表17-1：槽車進行填充加藥風險評估結果.....	45
表17-2：槽車進行填充加藥風險評估結果.....	46
表18：槽車進行脫離加藥管路風險評估結果.....	47
表19：槽車作業風險及改善.....	50
表20：控制措施後之風險評估.....	55
表21：槽車作業安全最佳化對策摘要.....	57
表22：半導體廠化學液槽車灌裝作業安全指引.....	60

圖目錄

圖1：研究方法與架構流程.....	2
圖2：協明化工災害現場(1).....	7
圖3：協明化工災害現場(2).....	8
圖4：2002~2012半導體廠槽車作業安全事件發生件數.....	9
圖5：晶圓製造流程.....	10
圖6：每月槽車進行化學品充填作業.....	13
圖7：化學品灌充作業示意圖.....	15
圖8：半導體機台相對危害等級分析之流程圖.....	26
圖9：工作安全分析的程序.....	32
圖10：風險評估流程.....	33
圖11：安全意外事件案例調查結果.....	37
圖12：原物料化學品灌裝作業觀察.....	39
圖13：化學品廢液灌裝作業觀察.....	40
圖14：槽車墜落改善.....	51
圖15：槽車加藥填充口改善.....	52
圖16：槽車填充支撐及保壓設計改善.....	52
圖17：槽車滿載測試改善.....	53
圖18：個人防護用具提升改善.....	53
圖19：作業區域圍籬管制改善.....	54

一、緒論

1.1 研究動機及緣起

隨著科技的進步及經濟的發展，人們對科技產品的依賴日益增加，半導體產業也因此孕育而生。眾所皆知，台灣的半導體產業已躍升成為全球主要的積體電路(IC)生產國，蓬勃發展之下其產值非常可觀，除新竹科學園區外，中科及南科亦有多家廠商投入半導體製程。由於高科技產品已成為現代人不可或缺的生活必需品，半導體工廠的重要性及其生產安全同時也倍受大家的重視。

半導體電子產品的製程中包括薄膜沈積、氧化、微影、蝕刻、擴散及離子植入...等基本製程，在生產過程中，須使用到大量的化學品來滿足製程的需求。由於半導體通常具有生產不中斷之特性，必須持續供應化學品以維持生產。因此，較大型的半導體廠區在進行廠區規劃時，會針對大量使用的原物料設置填裝設施，以補充化學品不間斷地供應製程所需，而其運輸車輛則以槽車為主。

而通常供應半導體製程之化學品具有可燃性、毒性、氧化、腐蝕性等高危險性質，一旦在灌裝作業時因為設備的設計不良、作業人員的操作疏忽、系統故障而造成化學品反應或洩漏，所引發的後果不僅是龐大財務的損失，更可能造成人員的傷亡及環境的汙染。由於槽車作業的操作安全仍具有相當大的危害性，因此在半導體化學品供應管理上，絕對不可輕忽化學品槽車灌裝相關的可能安全風險。

1.2 研究目的

本研究係以國內某半導體廠發生之化學品槽車充填異常事件為例，蒐集 2002 年至 2012 年期間之異常事件紀錄報告作為研究樣本，並針對槽車灌裝作業進行風險評估。將蒐集到之資料進行資料整理及分類，分析異常事件之發生原因，並透過實務面的改善，降低人員及設備之損失，並藉以有效避免化學液槽車在灌裝作業時的

異常發生。

1.3 研究範圍

本次研究之主要範圍係半導體廠內化學液槽車灌裝作業安全，包含原物料槽車入廠填充及廢液回收裝卸作業安全，透過實地的作業觀察及進行作業風險評估，以了解槽車作業的填充安全風險及改善槽車填充安全。

1.4 研究方法與架構

本研究的研究流程如下圖所示，主要為風險預防，旨在預防液態化學品槽車灌裝作業可能產生之危害，減少人為疏失，來達到填充裝卸作業零失誤，降低職災風險，提高企業獲利穩定性及建構安全無虞的作業環境。



圖 1: 研究方法與架構流程

風險評估係針對作業程序中之潛在危害做出定性與定量之分析，藉此判斷各種潛在危害之風險評估，依據作業觀察整合並找出關鍵步驟然後對關鍵步驟進行一系列的危害鑑別，確認現有的防護措施及風險的可能性及嚴重度，並藉以找出必須持續風險控制項目。

因此本論文研究特別著重在：

1. 依作業操作程序，將槽車進廠作業流程分類為：進廠/定位/銜接/填充/脫離/離廠。
2. 依據每一個作業流程執行作業觀察。
3. 專家組織進行工作安全分析。
4. 依照硬體措施、軟體措施及個人防護整理出現有防護措施。
5. 依勞委會風險分級基準，界定各風險項目之嚴重度/可能性/風險等級。
6. 針對中/高風險，提出新的降低風險應採取之措施。
7. 以量表評估控制後預估風險。
8. 研究現有及新增安全防護對策。
9. 整合成最佳化安全對策及作業指引。

二、文獻回顧

2.1 化學品槽車的安全風險

化學之職業災害時有所聞，而意外災害發生原因大多與管理不善有關[1]，而化學品的管理是一門極為複雜的工作，過去因化學品而產生的意外包括有化學反應失控、洩露、火災與爆炸等[2][3]，甚至有時造成相當可觀的財物損失。

一般國內化學品槽車作業風險的文獻大都屬於公路運輸為主，如郭氏等人[4]曾以問卷調查方式研究台灣中部地區化學品運輸司機共 68 位，探究運輸業界在安全脆弱性分析 (Security Vulnerability Analysis, SVA) 之推動情況，研究結果顯示交通意外及洩漏為主要的事務型態，運送危害物質又以易燃性物質佔最大宗。張氏等人[5]針對運載化學品之公路槽車利用美國 ALOHA 及 ARCHIE 兩套模擬軟體進行事故後果模擬，用來事先模擬各項事故情境所可能造成之危害後果及規模，以作為事先規劃緊急應變措施之依據。

除公路運輸外，國內較少有槽車灌裝安全意外事故之案例文獻可供參考，而收集國外槽車事故，主要以化工廠廠區內槽車事故為主，如近年來大陸地區發生 9 起槽車安全意外事故(表 1~表 3)，除死傷人數達三百多人外，更造成環境污染之問題。

國內槽車化學品安全事故，若無發生重大的災害或財物損失，較少有新聞報導，一般較難收集相關文獻(詳見附錄一)。民國七十九年台北樹林某公司因槽車駕駛本身疏忽，於充填液化石油氣完成後，未卸下分裝用管線，即開車駛離分裝區域，管線隨即拉扯斷裂，液化石油氣因而外洩，引起爆炸，造成兩人死亡，十四人受傷，財物損失約一億八百萬元[6]。民國八十七年高雄林園某興業公司充填員未注意車尾分裝管路未拆卸，將車移動離開填氣平台，導致加氣管線拉斷，液化石油氣因而外洩，引起爆炸，造成多人傷亡[6]。

表 1：2010~2011 大陸地區化工廠槽車事故案例

日期	事故描述
2011/09/12	12 日下午 5 時，河北省滄縣的化工廠內一輛灌車發生三氧化硫洩漏。據瞭解，一輛給滄縣建新化工廠運輸三氧化硫的灌車卸車後，在吹掃殘留的三氧化硫過程中發生洩漏。事件發生後，展開事故處理工作，立即啟動突發事件應急預案，採取堵漏、疏散人員、現場管制等措施，到 8 點半，洩漏成功封堵。
2011/06/14	6 月 14 日凌晨 2 時 44 分，九江湖口縣金砂灣工業園一化工廠突發大火，一輛裝有二硫化碳槽灌車發生洩漏起火，危及附近二硫化碳儲灌，情況緊急，一旦發生爆炸，後果不堪設想，將導致重大人員傷亡和周邊化工廠安全。經九江消防官兵及時排險，成功處置危險。
2010/07/28	南京市一間化工廠 28 日發生爆炸意外，目前已知死者增至 12 人，另外 300 多人送醫急救，其中有 40 多人重傷。爆炸是由該座化工廠管道煤氣發生，也有報導指出，爆炸原因可能是現場一輛裝有液化氣的槽灌車爆炸，引發附近的化工管道爆炸。當局也收到報告，指出有一條化工原料管道(乙炔氫)被施工挖斷，才會引發爆炸。
2010/07/26	7 月 26 日下午，位于蚌埠市塗山路的一家化工廠的生產區發生一起爆炸事故，造成至少 2 名工人受傷。經消防官兵緊急處置，險情被及時排除。16 時 30 分，現場依然瀰漫著股股黃色濃煙。一輛槽車灌體和車身已經分離，灌體炸落在一邊，槽車頭部已經嚴重變形，車體也被炸得支離破碎，數十米範圍內的水泥路面被炸裂，附近部分管道也被炸斷。
2010/04/13	13 日凌晨 1 時 30 分許，在江西武寧縣一化工廠內，一輛裝有 15 噸二硫化碳的槽灌車發生洩漏，隨後引發大火，經消防官兵 5 個小時奮力撲救，終於撲滅大火，但槽灌車被燒成“空殼”，所幸未造成人員傷亡。

表 2：2005~2009 大陸地區化工廠槽車事故案例

日期	事故描述
2009/12/07	一輛運載 10 餘噸三聚氟氫的大貨車於廠區內突然發生洩漏。經荊州消防官兵兩個多小時的處置，事故未造成人員傷亡，但該段附近國道被緊急封閉兩個多小時。
2009/11/16	11 月 16 日早上 8 時 30 分左右，浙江台州市臨海水洋化工區內發生酸性氣體槽灌車於卸料時發生洩漏爆炸事故，事故發生後，當地消防部門及時趕到現場進行緊急搶險，目前事故已經基本得到控制。
2009/10/22	長沙市一家顏料化工廠內的一輛油灌車發生爆炸，造成一人死亡、一人受傷，但未造成其他環境污染。
2009/09/02	山東臨沂縣發在下午四時許裝載化學物品的灌車，漆面固化劑卸料過程中引發爆炸。造成 7 人當場死亡，11 人經搶救無效死亡，10 名受傷人員均傷勢較輕。
2007/02/24	24 日上午 11 時許，北京市大興區的一家化工廠，一名工人在乙酸乙酯槽灌車上工作時輸料管發生爆炸，火苗點燃了灌裏的原料，“蘑菇雲”狀的濃煙躡起幾十米高。該輸料工人左手和頭部被燒傷後，從灌跳下時骨折，目前正在醫院接受治療。
2005/07/02	2 日 1 時 30 分左右，位於盤錦市大窪縣的一家化工廠發生有毒液體洩漏事件，有兩人吸入有毒氣體後窒息死亡，另外 3 名（兩男一女）中毒者正在醫院接受治療。 事故是在 2 日凌晨工廠準備將廠內生產的三甲胺液體注入到一台大型壓力容器灌車時發生的，當時連接大灌車和儲存三甲胺裝置的接頭意外脫落，汽化的三甲胺突然外溢。兩名該廠鍋爐房的男性工人跑到氣體擴散區域，吸入三甲胺氣體，導致窒息死亡。
2005/07/01	滿載 32 噸環氧丙烷的槽車在蚌埠市一家化工廠內發生爆炸燃燒後，經蚌埠市消防官兵連續兩夜的移槽處理，目前槽車內殘餘的近 20 噸環氧丙烷已得到安全處置。

表 3：2004 大陸地區化工廠槽車事故案例

日期	事故描述
2004/10/26	位於上海市閔行區的上海露蕾化工廠發生甲醛洩漏事故，導致 1 名操作工人當場死亡。初步調查顯示，這家工廠屬於無證違規生產，事故直接原因是員工操作不當。當時，一輛裝滿甲醛的貨車正在卸貨。一名操作工人為了查看甲醛是否已經裝入盛料灌，爬上了灌頂。當他在頂上打開開關時，一股氣浪從灌中沖出，將工人掀翻在地。
2004/8/17	8 月 17 日下午，一輛裝有 20 噸二硫化碳的槽灌車在永嘉縣化工廠內發生洩漏，隨後爆炸起火。經消防部門緊急搶險，終於化險為夷，未造成人員傷亡。

民國九十年，福國化工爆炸事故[7]，該意外共造成一百二十二
人傷亡，波及周遭四十餘家廠商，損失估計約數億元。民國九十三年
台南某公司液態氧氣槽管線爆裂，液態氧氣外溢。同年，新竹某
公司進行重金屬補集劑灌裝過程，發生不明酸性氣體外洩，造成多
人嗆傷。在中壢亦有某封裝廠因原物料充填錯誤，造成財物損失約
7 百多萬[6]。

民國九十九年十二月桃園新屋鄉協明化學工廠槽車正在進行灌
裝作業[8]，要將二十噸化學槽車內的硝酸，灌入工廠內約一百噸的
化學槽體內，疑似外勞引導錯誤，司機誤將硝酸誤灌入甲酸槽體
內，由於硝酸與甲酸混在一起會產生激烈氧化反應，瞬間產生高
壓，槽體因承受不了壓力引
爆，致使高十五公尺、重五
噸的槽體彈飛到田裡。槽車
司機因近距離靠近化學物
質，左小腿三度灼傷，臉部
灼傷，雙眼霧化、變色，另
一名引導的外勞眼、臉被灼
傷。



圖 2：協明化工災害現場(1)



圖 3：協明化工災害現場(2)

化學品的填充作業可能產生的意外包括有化學反應失控、洩漏、火災與爆炸等，除了造成財物損失外，更可能危及操作人員的生命安全。而化學品在執行填充作業時，一般均有標準作業程序及注意事項，如加拿大的石化產品協會在槽車司機作業規範中[9]，為了避免槽車司機發生充填錯誤，在其充填規範特別要求槽車司機注意充填前先確認充填物與儲槽標示是否一致，然而雖已有標準作業程序仍有可能因人為錯誤而發生意外事故。

一般工安意外災害資訊，除非造成重大的災害或財物損失重大的意外傷害事件，不然新聞媒體並不會特別報導，因此在資訊的取得上較為困難。例如中壢某半導體廠曾發生原物料裝卸錯誤，而在民國九十三年新竹某一半導體廠中曾發生氯化鈣錯誤加藥進入助凝劑桶槽之事件，從事件發生至系統復歸處理時間超過 30 小時，造成該廠晶背研磨(Backside Grinding, BG)廢水處理系統異常，BG 膠羽形成不良，進而影響放流水質，以上由於未造成人員傷亡，因此未見諸報章雜誌上或出現在文獻中。

本研究特別收集國內某半導體廠發生之化學品槽車灌裝異常安全事件，由圖 4 所示：在 2002 年至 2012 年期間共發生 21 件，顯示化學品槽車灌裝作業安全仍有改善空間。（詳見附錄二）

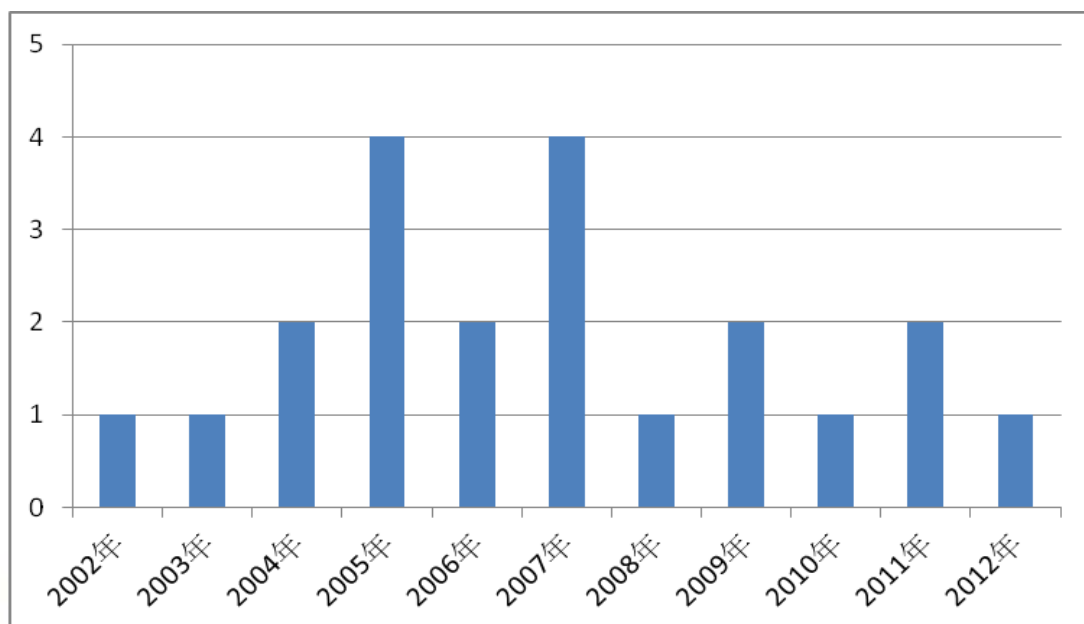


圖 4：2002~2012 半導體廠槽車作業安全事件發生件數

2.2 半導體製程簡介

IC 的製程就如同人類建造高樓一樣，一層一層慢慢的搭建起來。首先在晶片上鍍上一層薄膜，然後在黃光區曝出需要的圖形，接著再到蝕刻區將圖案刻薄膜上，如此即結束一層的製程。而後再不斷的重覆以上的動作，直到全部的圖形都堆疊在晶片上為止。通常一般的 IC 製程須要經過 15-20 層才能完成。

一般積體電路之製造過程[10][11]，主要是將固定雜質矽晶圓的表面氧化，產生一墊層二氧化矽後，依電路設計的要求，製作所需要之光罩，進行反覆的黃光曝光顯影，乾溼蝕刻，擴散及氧化，薄膜沉積及金屬濺鍍，表面清潔處理，離子植入等不同的模組製造過程，經由一系列製造流程及規格監控後，才完成矽晶圓，其理論製程如圖 5 所示。

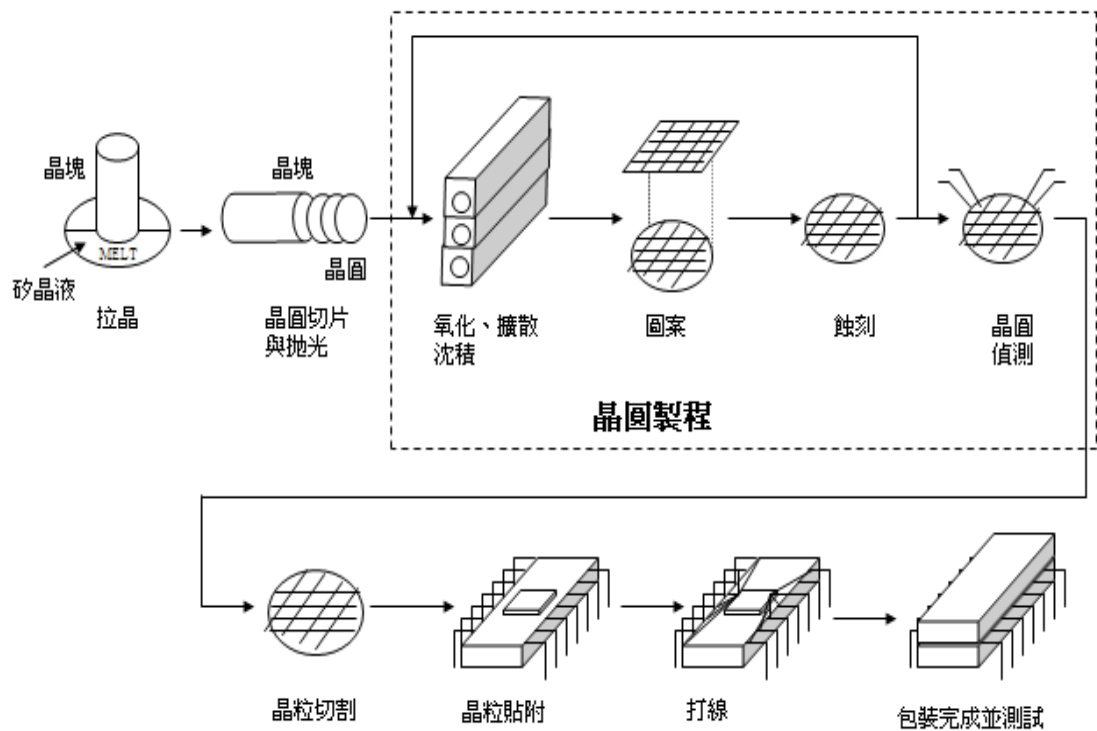


圖 5：晶圓製造流程

積體電路之製程主要以晶圓為基本材料，經表面氧化膜的形成和感光劑的塗佈後，結合光罩進行曝光、顯影，使晶圓上形成各類型之電路，再經蝕刻、光阻液之去除及不純物之添加後，進行金屬蒸發，使各元件的線路及電極得以形成，最後進行晶圓之測試。通常一個半導體廠可分為四大區，各主要作業程序之原理及功能簡述如下：

2.2.1 黃光

在於利用照相顯微縮小的技術，定義出每一層次所須要的電路圖，因為採用感光劑易曝光，必須在黃色燈光照明區域內工作，所以叫做「黃光區」。

2.2.2 蝕刻

蝕刻製程是將電路佈局移轉到晶片上之關鍵步驟，包括蝕刻及蝕刻後清洗兩部份，經過黃光定義出我們所需要的電路圖，把不要的部份去除掉，此去除的步驟就稱之為蝕刻，因為它好像雕刻，一刀一刀的削去不必要的木屑，完成作品，期間又利用酸液來腐蝕的，所以叫做「蝕刻區」。

2.2.3 擴散

製造過程都在高溫中進行，又稱為「高溫區」，利用高溫給予物質能量而產生運動，因為機台大都為一根根的爐管，所以也有人稱為「爐管區」。

2.2.4 薄膜

本區機器操作時，機器中都需要抽成真空，所以又稱之為真空區，真空區的機器多用來作沈積暨離子植入，也就是在 Wafer 上覆蓋一層薄薄的薄膜，所以稱之為「薄膜區」。

2.3 半導體化學品使用簡介

而在半導體製程中須使用相當多的化學品(表 4)來滿足製程的需求，如蝕刻後晶圓表面處理，須要使用硫酸(H_2SO_4)、過氧化氫(H_2O_2)、磷酸(H_3PO_4)、硝酸(HNO_3)、氟化氫(HF)的清洗，再以超純水洗滌至最後以異丙醇(IPA)除水乾燥，由於半導體具有生產不中斷之特性，製程需求的化學品必須持續供應以維持生產。

以一座月產量 10 萬片之 8 吋晶圓廠為例，其大量使用之化學品如表 5 所示，其每年顯影劑之用量就高達 1000 噸之多。而為了持續供應化學品，每月槽車進行化學品充填作業約有大於 100 車次之多(圖 6)。因此，化學品的充填灌裝為廠區必要的作業活動，頻繁的灌裝作業所可能引發之工安問題，應被所有半導體廠予以高度重視。

表 4：常見半導體使用之化學品

製程	方法	主要使用的化學品
黃光	Positive	Ortho-diazoketone、Polymethacrylate、Polyfluoroalkylmethacrylate、NaOH、KOH、Ethylene Glycol、IPA、Ethanolamine
	Negative	Isoprene、Ethyl Acrylate、Xylene、n-Butyl、Acetone、IPA
蝕刻	溼式	H ₂ SO ₄ 、H ₂ O ₂ 、H ₃ PO ₄ 、HNO ₃ 、HF、HCl
	乾式	Cl ₂ 、HBr、CF ₄ 、SF ₆ 、CHF ₃ 、F ₂ 、CCl ₄ 、H ₂ 、BCl ₃ 、Freons
氧化	-	Trichloroethane、Trichloroethylene
沈積	-	SiH ₄ 、SiCl ₄ 、NH ₃ 、N ₂ O、WF ₆ 、AsH ₃ 、PH ₃ 、B ₂ H ₆
薄膜	-	AsH ₃ 、PH ₃ 、PF ₅ 、BF ₃ 、B ₂ H ₆
其他	清潔	H ₂ O、IPA、Methanol、Acetone、H ₂ O ₂ 、H ₂ SO ₄ 、1,1,1-Trichloroethane、C ₂ F ₆ 、NF ₃ 、HCl

表 5：常見半導體填充之化學品

化學品名稱	年用量(tons)
硫酸(H ₂ SO ₄)	>500
雙氧水(H ₂ O ₂)	>500
氨水(NH ₄ OH)	>400
異丙醇(IPA)	>400
顯影劑(Developer)	>1000
稀釋劑(Thinner)	>400

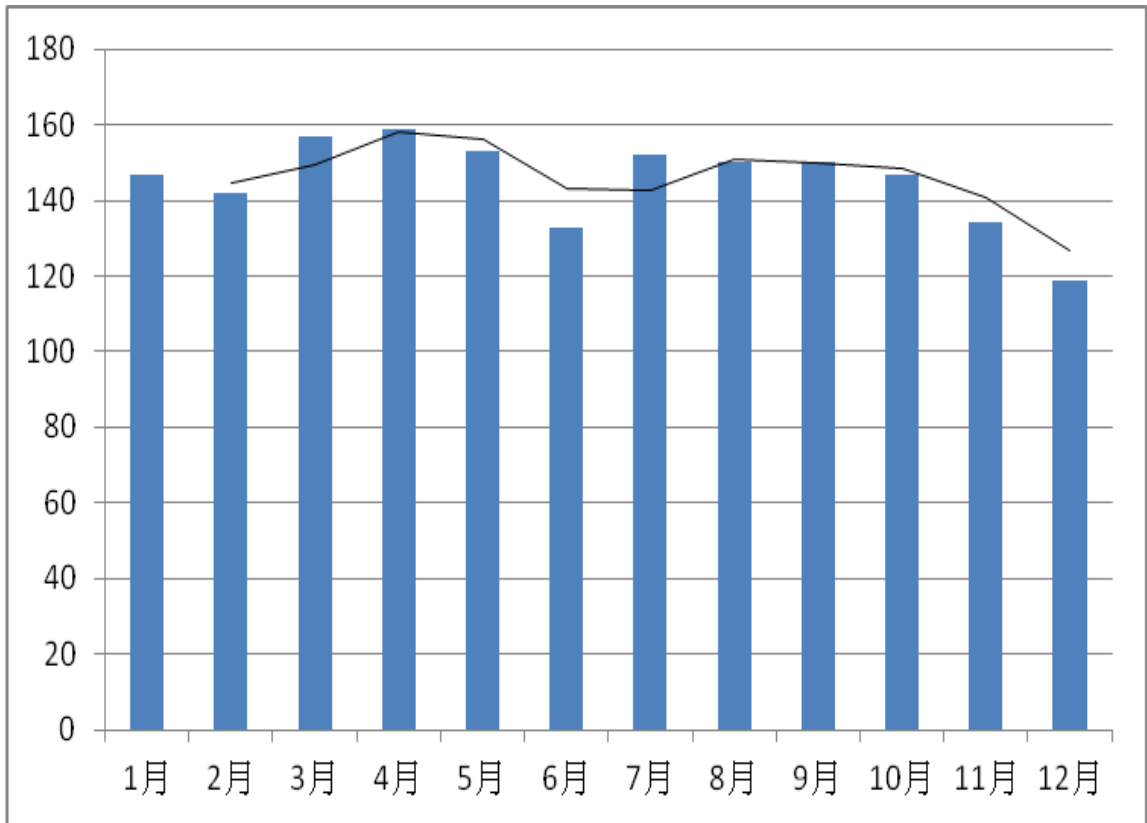


圖 6：每月槽車進行化學品充填作業車次

2.4 槽車化學品危害特性

由於化學物質大多具有毒性、腐蝕性、爆炸性、可燃性等物理、化學特性，可能因為設備的設計不良或作業人員的操作疏忽，引發工安問題。

如硫酸(Sulfuric acid, H_2SO_4)：硫酸是一種屬強酸的化學液體，應用於晶片潔淨製程或去除晶片表面的光阻層。過氧化氫(Hydrogen peroxide, H_2O_2)：過氧化氫是一種強烈的氧化劑與漂白劑，經常與硫酸(Sulfuric acid) 一起應用，去除已經曝光的光阻層。異丙醇(Isopropyl alcohol)：異丙醇是一種化學溶劑，應用於半導體沖洗和乾燥製程，屬易燃性物質。

表 6 為某半導體廠原物料及廢液之化學品危害特性，由表可見，皆具有高度之危害特性。(詳見附錄三)

表 6：化學品之危害特性

化學品名稱	危害圖示	危害警告訊息	警示語
硫酸		可能腐蝕金屬，吞食可能有害，吸入致命，造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷，造成嚴重眼睛損傷。	危險
雙氧水		可能引起燃燒或爆炸，強氧化劑，吞食有害，造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷，造成嚴重眼睛損傷，長期或重複暴露可能對器官造成傷害。	危險
氨水		吸入有毒，造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷，造成嚴重眼睛損傷，對水生生物毒性非常大。	危險
異丙醇		高度易燃液體和蒸氣，吞食可能有害，造成輕微皮膚刺激，造成眼睛刺激。	危險
稀釋劑		易燃液體和蒸氣，吞食有害，皮膚接觸有害，吸入有害，造成皮膚刺激，造成眼睛刺激，可能造成皮膚過敏，如果吞食並進入呼吸道可能有害。	危險
顯影液		可能腐蝕金屬，皮膚接觸有毒，造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷，造成嚴重眼睛損傷。	危險

2.5 化學品供應及廢液收集說明

一般半導體業的化學品供應主要以化學品槽車入廠填充進行供應或是由貨車進行桶裝化學品的運送，經由廠務的供應系統輸送至無塵室供製程機台使用[12]，製程結束後所產生的可回收廢液。

如廢溶劑或是可再利用的廢酸經由收集系統進行回收，最後再以槽車進行清運，作為後續再利用之處理，其供應的流程如圖 7 所示。

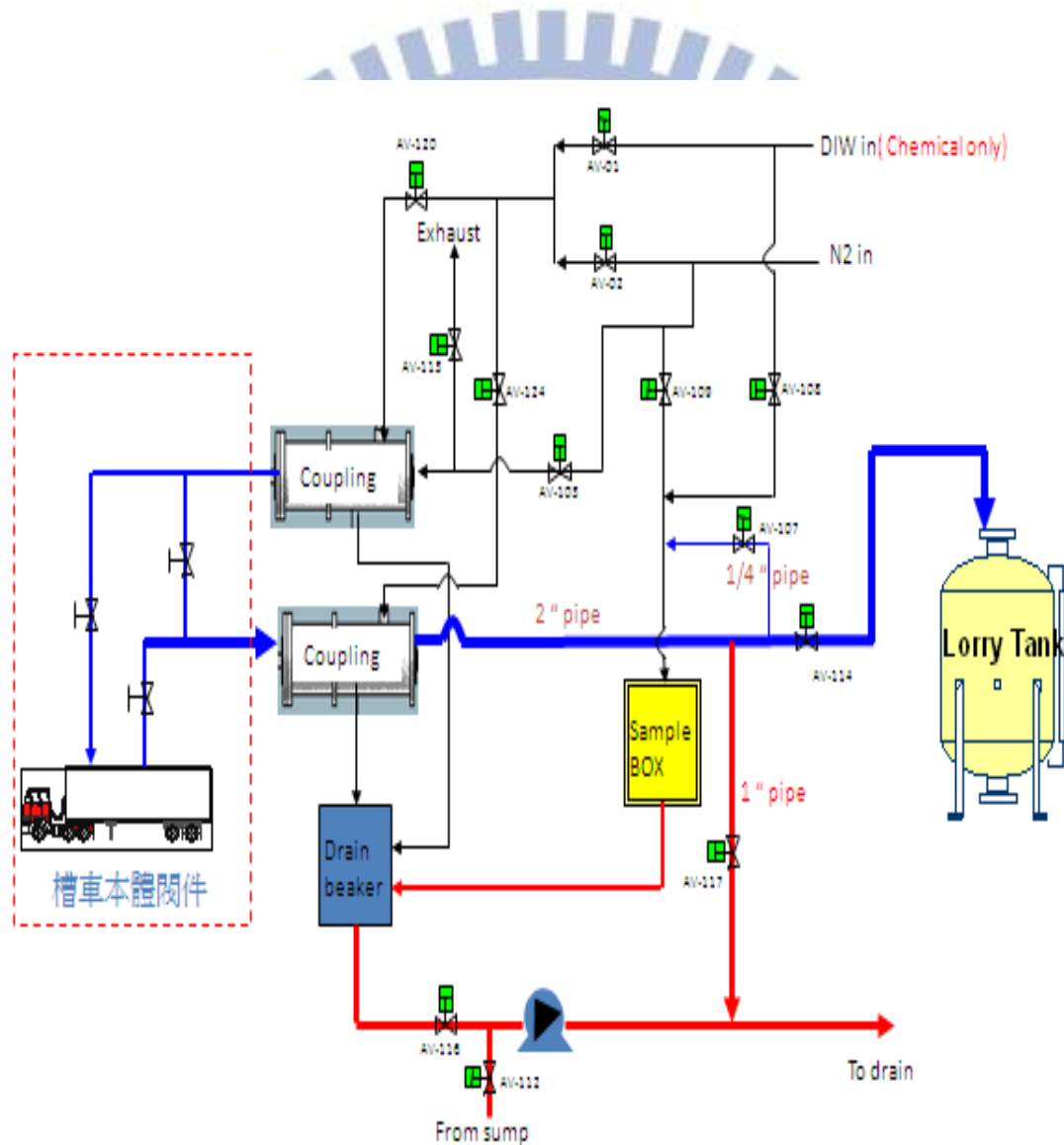


圖 7：化學品灌充作業示意圖

2.6 化學品槽車灌裝作業安全規定

一般化學品灌裝法規主要是依據道路交通安全規則及勞工安全衛生設施規則，其簡述如下：

依道路交通安全規則第八十四條[13]，車輛裝載危險物品應遵守下列事項：

1. 廠商貨主運送危險物品，應備具危險物品道路運送計畫書及物質安全資料表向起運地或車籍所在地公路監理機關申請核發臨時通行證，該臨時通行證應隨車攜帶之，其交由貨運業者運輸者，應會同申請，並責令駕駛人依規定之運輸路線及時間行駛。
2. 車頭及車尾應懸掛布質三角紅旗之危險標識，每邊不得少於三十公分。
3. 裝載危險物品車輛之左、右兩側及後方應懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌，其內容及應列要項如附件八。危險物品標誌及標示牌應以反光材料製作，運輸過程中並應不致產生變形、磨損、褪色及剝落等現象而能辨識清楚。
4. 裝載危險物品罐槽車之罐槽體，應依主管機關規定檢驗合格，並隨車攜帶有效之檢驗（查）合格證明書。
5. 運送危險物品之駕駛人或隨車護送人員應經專業訓練，並隨車攜帶有效之訓練證明書。
6. 裝載危險物品車輛應隨車攜帶未逾時效之滅火器，攜帶之數量比照第三十九條第一項第十二款有關大貨車攜帶滅火器之規定。
7. 應依危險物品之性質，隨車攜帶適當之個人防護裝備。
8. 裝載危險物品應隨車攜帶所裝載危險物品之物質安全資料表，其格式及填載應依行政院勞工委員會訂定之危險物及有害物通識規則之規定且隨車不得攜帶非所裝載危險物品之物質安全資料表。
9. 行駛中罐槽體之管口、人孔及封蓋，以及裝載容器之管口及封蓋應密封、鎖緊。
10. 裝載之危險物品，應以嚴密堅固之容器裝置，且依危險物品之特性，採直立或平放，並應網紮穩妥，不得使其發生移動。

11. 危險物品不得與不相容之其他危險物品或貨物同車裝運；裝載爆炸物，不得同時裝載爆管、雷管等引爆物。
12. 危險物品運送途中，遇惡劣天候時，應停放適當地點，不得繼續行駛。
13. 裝卸時，除應依照危險物品之特性採取必要之安全措施外，並應小心謹慎，不得撞擊、磨擦或用力拋放。
14. 裝載危險物品，應注意溫度、濕度、氣壓、通風等，以免引起危險。
15. 裝載危險物品車輛停駛時，應停放於空曠陰涼場所，與其他車輛隔離，禁止非作業人員接近。並嚴禁在橋樑、隧道、火場一百公尺範圍內停車。
16. 裝載危險物品如發現外洩、滲漏或發生變化，應即停車妥善處理，如發生事故或災變並應迅即通知貨主及警察機關派遣人員與器材至事故災變現場處理，以及通報相關主管機關。並於車輛前後端各三十公尺至一百公尺處豎立車輛故障標誌。
17. 行經高速公路時，應行駛外側車道，並禁止變換車道。

依勞工安全衛生設施規則[14]：

收集有關化學品填充作業法令規範如下：

第一百七十五條雇主對於下列設備有因靜電引起爆炸或火災之虞者，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之虞之除電裝置或其他去除靜電之裝置：

1. 灌注、卸收危險物於液槽車、儲槽、油桶等之設備。
2. 收存危險物之液槽車、儲槽、油桶等設備。
3. 塗敷含有引火性液體之塗料、粘接劑等之設備。
4. 以乾燥設備中，從事加熱乾燥危險物或會生其他危險物之乾燥物及其附屬設備。
5. 易燃粉狀固體輸送、篩分等之設備。
6. 其他有因靜電引起爆炸、火災之虞之化學設備或其附屬設備。

第一百七十八條 雇主使用軟管以動力從事輸送硫酸、硝酸、鹽酸、醋酸、苛性鈉溶液、甲酚、氯磺酸、氫氧化鈉溶液等對皮膚有腐蝕性之液體時，對該輸送設備，應依下列規定：

1. 於操作該設備之人員易見之場所設置壓力表，及於其易於操作之位置安裝動力遮斷裝置。
2. 該軟管及連接用具應具耐腐蝕性、耐熱性及耐寒性。
3. 該軟管應經水壓試驗確定其安全耐壓力，並標示於該軟管，且使用時不得超過該壓力。
4. 為防止軟管內部承受異常壓力，應於輸壓設備安裝回流閥等超壓防止裝置。
5. 軟管與軟管或軟管與其他管線之接頭，應以連結用具確實連接。
6. 以錶壓力每平方公分二公斤以上之壓力輸送時，前款之連結用具應使用旋緊連接或以鉤式結合等方式，並具有不致脫落之構造。
7. 指定輸送操作人員操作輸送設備，並監視該設備及其儀表。
8. 該連結用具有損傷、鬆脫、腐蝕等缺陷，致腐蝕性液體有飛濺或漏洩之虞時，應即更換。
9. 輸送腐蝕性物質管線，應標示該物質之名稱、輸送方向及閥之開閉狀態。

2.7 半導體化學品槽車灌裝作業安全規定

在半導體廠中，由於槽車充填作業為每日所必須進行之作業，包含原物料及廢液之回收作業，因此在充填作業已有相關安全規範，如以下相關之作業檢點項目：

1. 車子是否熄火手剎車是否拉起。
2. 槽車是否有標示裝載化學品名稱及聯絡電話。
3. 槽車司機是否有訓練合格證明書。
4. 公共危險物品運送槽車有無檢查合格證
5. 槽車上有無準備裝載化學品之 MSDS。

6. 現場是否以三角錐跟連桿圍護並加註警告標示。
7. 易燃性液體灌充應使槽車接地。
8. 前後輪胎是否以輪擋固定。
9. 灌充人員個人防護裝備著裝完畢且正確。
10. 灌充管線是否外觀良好無破損。
11. 易燃性液體灌充應準備手提滅火器並放置於容易取得的處所。
12. 灌充人員應於灌充區附近待命。
13. 灌充後檢灌充管是否已卸離灌充口並收拾固定。
14. 如有化學滴落/洩漏應以清水沖洗。
15. 灌充區之整理整頓是否完成。

2.8 化學液槽車灌裝作業型式及風險評估[15][16]

參考 CEFIC-歐洲化學工業協會及 ECTA-歐洲化學運輸協會所制定之公路運輸類化學液槽車填裝作業風險及預防對策指引，依槽車作業型式不同，其可能發生的危害亦不同。

一般來說可將化學液槽車依其作業目的分為灌充作業及裝卸作業，而依槽車功能設計則可分為槽頂灌裝型式及槽底灌裝型式。依照 CEFIC/ECTA 所訂之槽車作業分類可分為化學品原液裝卸八種類型及廢液灌裝七種類型(如表 7 及表 8 所示)，且由這些槽車型式設計的不同，其作業危害注意事項也相對不同。(如表 9 所示)

國內半導體廠常用之槽車型式主要可分為兩大類，一是廢液回收時所使用的槽頂灌入式槽車，另一為原液灌充所使用之槽底注入式槽車。槽底灌裝式槽車，主要是負責將原物料新液灌充至半導體廠內之化學儲槽。另外，槽頂灌裝式槽車則是將廢液從半導體廠內的儲槽卸裝至槽車再送至公司外部回收處理。

參照 CEFIC/ECTA 所訂之槽車作業指引，依照槽車型式設計須特別注意下列風險項目：

1. 槽頂灌裝式設計具有之危害如下：(廢液)

- (1) 槽體過壓。
- (2) 管路過壓。
- (3) 殘液洩漏。
- (4) 填充過量。
- (5) 槽車管件洩漏。
- (6) 槽車槽體洩漏。
- (7) 銜接管路洩漏。
- (8) 槽內不相容物質反應等危害風險。

2. 槽底灌裝型式具有之危害如下：(原液)

- (1) 槽體過壓。
- (2) 管路過壓。
- (3) 槽車槽體洩漏。
- (4) 銜接管路洩漏。
- (5) 槽車槽體滑動。
- (6) 槽體底部管路洩漏。
- (7) 灌充後殘氣洩漏等危害。



表 7：化學品原液槽車裝卸型式

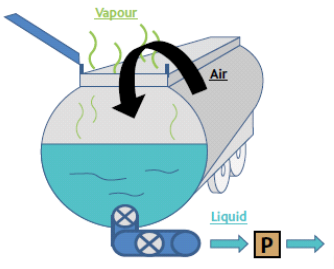
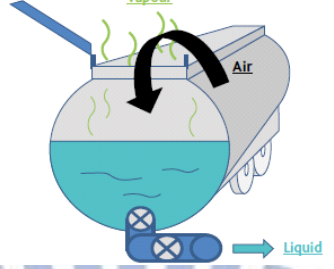
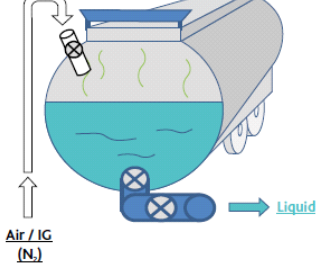
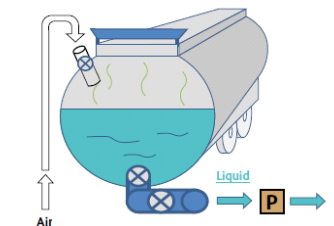
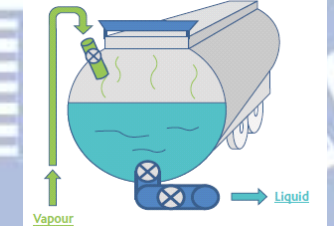
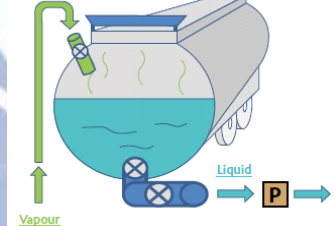
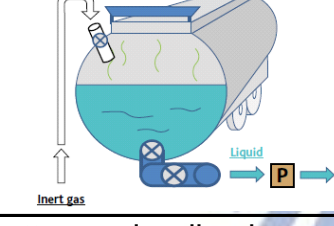
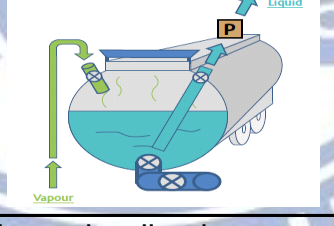

化學品原液槽車裝卸型式		
型式1	型式2	型式3
		
Bottom unloading by pump with open manhole	Bottom unloading by gravity with open manhole	Bottom unloading by compressed air or inert gas
型式4	型式5	型式6
		
Bottom unloading by pump with closed manhole and with intake	Bottom unloading by gravity with closed manhole and with vapour	Bottom unloading by pump with closed manhole and with vapour
型式7	型式8	
		
Bottom unloading by pump with closed manhole and with inert	Top unloading by pump with closed manhole and with vapour return	型式3 為半導體業常用原液槽車型式

表 8：化學品廢液槽車灌充型式

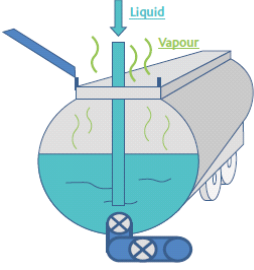
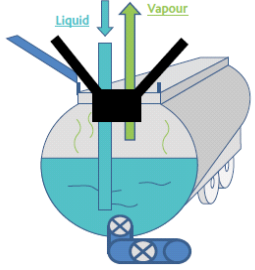
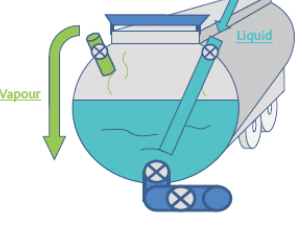
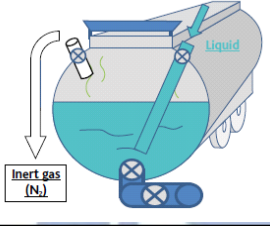
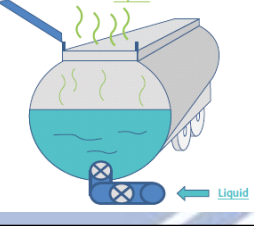
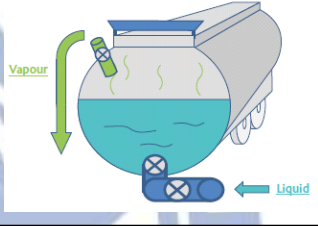

化學品廢液槽車灌充型式		
型式1	型式2	型式3
		
Top loading through open manhole	Top loading through dome with cone and with vapour recovery	Top loading with dip tube and with vapour recovery
型式4	型式5	型式6
		
Top loading with dip tube and with inert gas blanketing	Bottom loading with open manhole	Bottom loading with closed manhole and with vapour recovery
型式7		
Bottom loading with closed manhole and with blanketing	型式 3 為半導體業常用廢液槽車型式	

表 9：CEFIC/ECTA 槽車作業指引注意事項

相關注意事項	廢液槽車型式							原液槽車型式							
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8
Carry out pre-loading test on tightness	V	V	V	V	V	V	V								
Use vapour lines with appropriate diameter			V	V		V	V					V	V		V
Use compressed air or N2 lines with appropriate diameter										V	V			V	
Use personal respiratory protection device	V	V			V			V	V						
Safety devices, if present, not to be used for coping with pressure variations during loading/unloading operations (only fit for coping with temperature variations during transport)			V	V		V	V			V	V	V	V	V	V
Bottom valve to be opened as last operation for products with high melting point								V	V	V	V	V	V	V	
Ensure that maximum vapour/air/ N2 pressure does not exceed working pressure of tank			V	V		V	V			V	V	V	V	V	V
Release pressure after discharge or loading			V	V		V	V			V	V	V	V	V	V
Use dry couplings			V	V		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

2.9 危害鑑別與風險評估方法

依職業安全衛生管理系統—規範(Occupational Health and Safety Management Systems-Specification, OHSAS 18001:1999)[17]第 4.3.1 節，危害鑑別、風險評估及風險控制之規劃中之要求標準為組織應建立並維持適當的程序以持續鑑別危害、評估風險及實施必要的控制方式。

完整的危害鑑別、風險評估，可參考美國 OSHA 製程安全管理(PSM)法規[18] 29CFR Part1910.119(e)節中對於製程危害分析(Process Hazard Analysis, PHA)的要求：製程危害分析應評估辨識危害、工程及管理控制措施、工程及管理控制失效之後果或影響、設備設施配置、人因工程考量以及對人員安全與健康之可能影響的評估。

風險評估模式以製程或作業特性為主要選擇依據，如為連續製程、管線系統、自動控制系統，則採用工作場所導向式模式；如為批式製程、裝配作業、維修作業.....等則採用作業步驟導向式模式。

1. 工作場所導向式模式：可分為四個階段評估，以決定風險程度，判斷是否要進入後續階段的評估。

(1) 判斷是否為法定之危險性工作場所或高潛在危害場

所，如危險性工作場所之製程安全評估，要求先實施初步危害分析(Preliminary Hazard Analysis)以分析發掘工作場所重大潛在危害，再針對重大潛在危害選擇下列任一方法實施安全評估：

a. 檢核表(Checklist)。

b. 如果-結果分析(What-If)。

c. 危害及可操作性分析(Hazard and Operability Studies, HazOp)。

d. 失誤模式與影響分析(Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)。

e. 故障樹分析(Fault Tree Analysis, FTA)。

2. 高科技之半導體、光電製程則可參考 SEMI S2-0200 設備安全標準，不符合其標準者需進一步評估，而符合及不適用者則不需要進一步評估。

(1) 初步危害分析，分析發掘重大潛在危害之區域或次系統。

(2) 針對重大危害區域或次系統，進行詳細風險評估。

(3) 針對關鍵性的事件或有特殊考慮須量化風險的事件，執行更專業性的失誤樹分析(Fault Tree Analysis)。

3. 作業步驟導向式模式：

(1) 列出職務清冊，進行各職務的作業盤點。

(2) 進行工作安全分析(Job Safety Analysis, JSA)。

(3) 作業步驟導向式的評估模式亦分為兩階段，在完成初步 JSA 後即可進行風險排序，再依據事業單位的政策、目標、人力資源等因素決定關鍵性的作業，即某一風險等級數以上的作業。

(4) 針對這些作業，檢討其作業步驟，並進行關鍵性作業步驟分析。

2.9.1 半導體機台相對危害等級分析方法

工研院曾參考陶氏(DOW)化學公司所發展之化學曝露指數(CEI) [19]，針對半導體製程、機台及廠務特性加以研究修正後，藉由一種可相互比較和量化的方式，表達成為簡單、經驗式的等級，發展為半導體機台相對危害等級分析方法，其流程如圖 8 所示，目的在於提供一種快速而簡便的定量評估方法來計算各機台之相對風險，藉此可作為風險排序的依據。



圖 8：半導體機台相對危害等級分析之流程圖

2.9.2 設備危害分析與風險評估

設備危害分析與風險評估的觀念在國際半導體設備與材料協會(Semiconductor Equipment and Material International, SEMI)[20] 2000 年修訂的半導體製造設備安全標準 SEMI S2-0200 中特別加以強調。

其基本觀念說明中指出 SEMI S2-0200 高度依賴危害分析與風險評估以決定系統設計已將危害消除或採取了適當的危害控制。而危害分析是要以系統化的方法辨識出系統中存在的典型危害，例如：化學危害、電氣危害、輻射危害、機械危害等，而這些危害可能會在以下狀況下發生，如：正常操作條件下、維修時、單點故障(Single point failure)時等等。至於 SEMI S2-0200 所引述的風險評估方法則為 SEMI S10-96[21]，其評估的兩項因子為傷害或災害的嚴重性(Severity)與傷害或災害的或然率(Likelihood)，及此兩項因子結合後的風險矩陣(Risk Matrix)。

2.9.3 檢查表分析

事前規劃出危害分析的檢核項目或檢核因子，以供檢查人員依循，因此檢核表本身即可說是此分析的指導原則，評估人員只需逐條檢討，解釋製程是否符合。

檢查表之優缺點

沒有任何一種危害分析的方法是十全十美的，能夠又好用，又有效率，且能夠達到工廠各個操作階段評估的目的。

檢核表分析的優點：

- (1)適用範圍廣泛。
- (2)分析方法簡單。
- (3)使用時快速容易。
- (4)分析成本較低。
- (5)可用來做為操作之訓練依據。

檢核表分析的限制：

- (1)如何發展出一個好的檢核表。
- (2)檢核表的品質會受到撰寫人經驗及專業知識的影響。
- (3)在設備設計的階段較難運用檢核表。
- (4)無法進行事故模擬、事故頻率分析或嚴重度排序。
- (5)不適合用來做為事故調查之依據。

2.9.4 如果...會如何(What-if)分析法

What-if 腦力激盪是一種完全以經驗為導向的危害分析方法，由評估小組成員對各自的專長提出許多"如果...怎樣...會怎樣?"(What-if)的問題來挑戰製程或系統的設計或操作方式，以發掘潛在性的問題，因此 What-if 有以下的特性：

1. 非結構性的腦力激盪。
2. 需由小組來完成，由小組成員交換彼此間的專業經驗。
3. 可應用於大部份的設計或操作，特別是在設計初期或規劃階段，製程／系統尚未完成清晰的定義時，其他分析方法使用上有困難。
4. 小組成員的專業經驗將會嚴重的影響分析結果；

所以 What-if 分析對於考慮因素將採開放式的問答，優點是可以激發提出更多被忽略的潛在性危害，但缺點是難於引導與規範危害分析的進行品質，尤其是對於較欠缺經驗的人員來說更是如此。

2.9.5 危害與可操作性分析(HAZOP)

因為檢核表分析與 What-if 分析各有其優缺點，因此又發展危害與可操作性分析(HAZOP) 及失誤模式與影響分析(FMEA)，調合前述兩種方法的極端特性，它賦予評估小組中的成員或個人相當的空間，可以腦力激盪來發掘潛在危害，但也採用系統化的引導原則來控制評估的過程，將因事前的預設，或完全由評估人員作專業判斷的盲點減至最低。

危害與可操作性(HazOp)分析技術是 1961 年由 ICI 化學公司

所發展出來的評估方法，基本的進行模式是由幾個不同背景的專業人員以一種創造性、系統性的方式相互交換意見，並將所得到的結果整合起來，這種方式比起每個人獨自工作的方式可以辨識出較多的問題。儘管 HazOp 技術原來是設計用來評估新的設計或技術，但它亦可應用於工廠規劃和操作的任何階段。

HazOp 技術的本質是利用一系列的會議來檢視製程設計圖樣和操作程序，在會議中，一個包括各種學科背景成員的小組，運用指定的方式，有系統地來評估各種偏離正常設計值的偏差及其嚴重性，ICI 公司本來定義 HazOp 分析技術必須由一個各學科背景的人所組成的小組來執行。因此，若危害分析僅由一個人利用 HazOp 原則來完成，則此研討不能稱作 HazOp 分析。所以 HazOp 分析技巧與其他危害評估方法是有區別的，因為其他的方法可由單獨一人來執行，而 HazOp 分析必須由一個小組利用特殊的技巧來完成。

HazOp 分析必須藉助腦力激盪，其主要優點為可以刺激創造性，並且產生新的點子，這種創造性導因於一個具有各種不同背景的小組成員彼此相互的經驗交流。所以，這個分析需要所有參與者自由地發表看法，但應避免批評其他人，否則將會使創造性被壓制。在檢視危害情況時，這種具有創造性的方式，加上利用有系統的或結構化的方式將可使整個研討進行的更徹底而不致有所疏漏。

2.9.6 失誤模式與影響分析

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

失誤模式旨在描述設備的失誤情況（如：全開、關閉、啟動、

停止運轉、洩漏等等），而失誤模式的影響則由系統對設備失誤的回應狀況來決定，因此，人為操作上的錯誤通常不直接由失誤模式與影響分析技術來檢討，不過，因人為錯誤所導致誤操作之結果通常是一設備的失誤模式。在進行失誤模式與影響分析時，應先蒐集下列數據和資料：

1. 設備清單或管線和設備儀器圖(P&ID)。
2. 設備功能和失誤(故障)模式之相關資訊。
3. 系統或工廠功能及回應設備失誤之相關資訊。

失誤模式與影響分析所用的引導原則是將半導體製程中設備元件事先列出，如：開關閥、可調式閥、流量控制器、真空泵浦（包括：迴轉式泵浦、路茲泵浦渦輪分子式泵浦、低溫泵浦）、壓力偵測器(包括：波登測壓計、熱電偶測壓計、電容式測壓計、離子偵測計)...等等，再將各設備元件的失誤模式(Failure Mode)一一列出，如閥的失誤模式：故障打開(Fails Open)、故障關閉(Fails Closed)、外部洩漏(Leaks externally)、內部洩漏(Leaks internally)等，評估時對照P&ID 逐一分析各元件，並逐一以失誤模式來檢討在這種失誤模式下的可能後果或危害，同時亦辨識出其安全防護，並判斷是否足夠。同理可以此法再分析訊號傳送器和控制器，而其失誤模式則為：錯誤高訊號輸出(False High Output)、錯誤低訊號輸出(False Low Output)、無訊號(No Signal Change)等。

2.9.7 故障樹分析

故障樹分析 (Fault Tree Analysis, FTA 或謂失效樹分析、失誤樹分析) 技術起源於 1961 年，美國貝爾實驗室為美國空軍評估義勇兵飛彈之射控系統安全議題，所提出的系統安全分析技術。該分析技術應用至工業設施、設備、裝置等系統的安全分析，可推定造成系統某種有安全顧慮的故障的成因及其機率。分析結果以定量方式指出重要性較高的構成因素，可作為系統安全改善的參考或依據，以增進工業設施、設備、裝置等工業安全，減少人員的傷亡與財物的損失。

2.9.8 工作安全分析(Job Safety Analysis, JSA)

工作安全分析是「工作分析」與「預知危險」的結合。工作安全分析是主管人員藉觀察屬下工作步驟，分析作業實況，以發掘作業場所之潛在危險與危害，而事先提出防範災害發生的安全作業方法。工作安全分析方法包含五種：1.觀察法，2.面談法，3.問卷法，4.測驗法，5.綜合法

工作安全分析的程序包含以下四項(圖 9)：

1. 決定要分析的工作名稱。
2. 將工作分成幾個步驟。
3. 發掘潛在的危險及可能的危害。
4. 決定安全的工作方法。

工作安全分析應考慮及注意的事項可分為五類：

人的方面：不安全的主體是人，客體才是環境或設備。人的知識、經驗、意願、身體狀況、精神狀況、家庭狀況、人際關係等，都是造成人為失誤的主要因素。

方法方面：作業程序中的工作程序、步驟、工作方法等，都是影響工作安全的重要因素。

機械方面：作業中所需使用的機械、設備、器具與工具等有無安全防護裝置，是否為本質安全，有無保養維護或定期檢查等都需加以考量。

材料方面：作業中所需使用的物料、材料，都應在工作安全分析表上列明，以便於在作業前可以檢查是否齊全，有無缺陷。

環境方面：作業場所之空間情形、安全狀況、空氣、濕度、噪音、照明條件、安全標示、危險有害物標示等，都是影響作業安全關鍵因素。

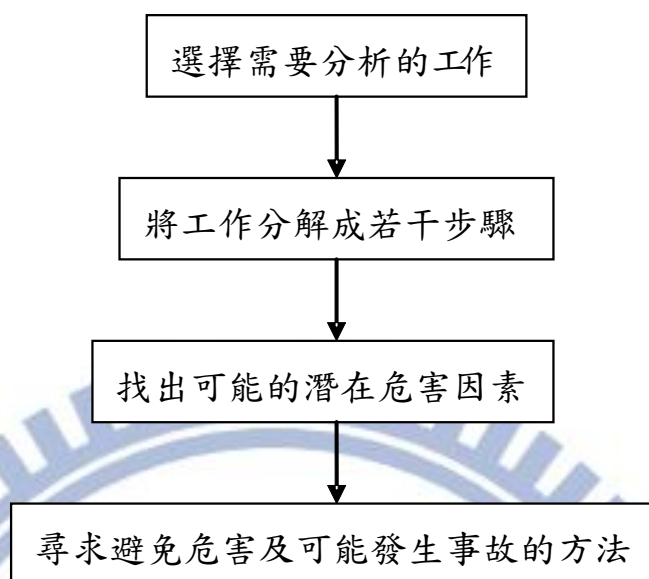


圖 9：工作安全分析的程序

風險評估方法有很多[22][23][24][25][26][27][28]，對某些情況而言，可採用單一評估方法來涵蓋所有作業或活動，但有些情況則須因不同的工作區域或工作性質等因素而採用不同的評估方法。

例如自動化生產製程可能須用危害與可操作性分析、故障樹分析等製程安全評估方法來辨識控制系統失效可能引起之危害及風險，但對生產設備之維護保養或人為操作之製程及活動等選用工作安全分析方法可能較為合適。

由於本研究主要探討化學槽車各項作業操作程序安全風險，依槽車進廠作業流程，評估進廠/定位/銜接/填充加藥/脫離/離廠之風險等級及後續控制對策；因此選用較適合之工作安全分析方法。

三、研究方法

3.1 風險評估方法

事業須執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制之相關管理計畫，以符合安全衛生法規要求，因此在高科技產業中均有安全衛生部門進行相關風險評估，除了建置完整的勞工安全衛生管理計畫，並希望有效控制危害及風險，同時提昇安全衛生管理績效，進而達到永續經營之目的。本研究主要參考行政院勞工委員會風險評估技術指引進行槽車作業風險評估[29]，其評估作業流程及說明如圖 10 所示。

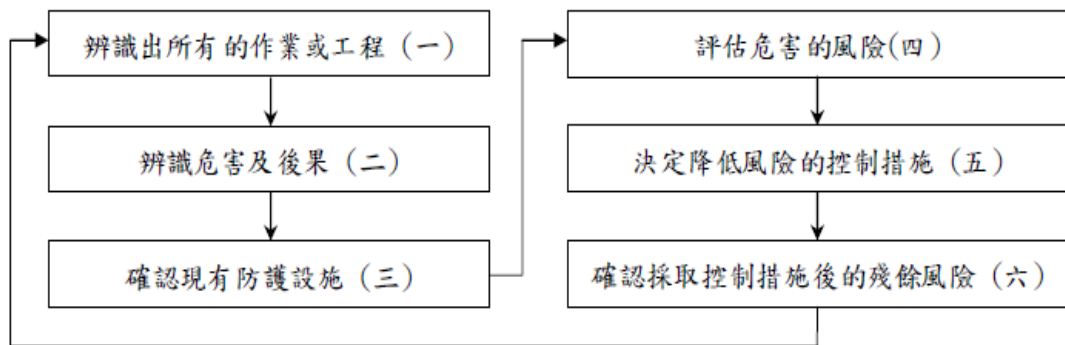


圖 10：風險評估流程

3.1.1 辨識出所有的作業或工程

風險評估的整體過程及目的是要辨識和瞭解槽車灌裝作業的作業活動過程中可能出現的危害，並確保這些危害對人員的風險已受到評估及處理，並控制在可接受的程度。因此為達此目的，在執行風險評估之前，須進行槽車灌裝作業之作業觀察。

3.1.2 辨識危害及後果

本研究參考風險評估技術指引之「標準版」風險評估表進行槽車灌裝作業之風險評估(附件四)，內容包含：

1. 作業條件清查：在於作為辨識危害及後果、評估其風險的依據。
2. 辨識危害的類型及其後果：辨識危害的類型及其後果包含作業

條件、危害類型及危害可能造成後果之情境描述。

3. 現有防護措施: 現有防護設施係指目前為預防或降低危害發生之可能性, 或減輕其後果嚴重度所設置或採取的相關設備及措施, 包含工程控制、管理控制及個人防護具等。
4. 評估風險: 風險為後果發生之可能性與嚴重度的組合:
 - (1) 可能性: 依表 10 分級基準, 判定在現有防護設施防護下, 仍會發生該後果的可能性。
 - (2) 嚴重度: 依表 11 分級基準, 判定該後果嚴重度之等級。
 - (3) 風險等級: 依表表 2 風險矩陣, 判定該風險之等級, 例如後果之可能性為“P2”、嚴重度“S2”, 其風險等級則為“3”。
5. 降低風險所採取之控制措施: 依據風險評估結果, 決定必須採取的風險降低設施:
6. 控制後預估風險: 係預估實施降低風險之改善設施後的殘餘風險。

表 10: 可能性之分級基準

等級		預期危害事件發生之可能性	防護設施之完整性及有效性
P4	極可能	每年 1 次 (含) 以上; 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 5 次以上	未設置必要的防護設施, 或所設置之防護設施並無法發揮其功能
P3	較有可能	每 1-10 年 1 次; 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 2 至 5 次以上	僅設置部分必要的防護設施, 或對已設置之防護設施, 未定期維護保養或監督查核
P2	有可能	每 10-100 年 1 次; 在製程、活動或服務之生命週期內可能會發生 1 次	已設置必要的防護設施, 且有定期維護保養或監督查核使其維持在可用狀態
P1	不太可能	低於 100 年 1 次; 在製程、活動或服務之生命週期內不太會發	除已設置必要的防護設施外, 另增設其他防護設施, 且有定期維護保養或監督查核, 以維持其應有的功能

表 11：嚴重性之分級基準

等級		人員傷亡	危害影響範圍
S4	重大	造成一人以上死亡、三人以上受傷、或是暴露於無法復原之職業病或致癌的環境中	大量危害物質洩漏；危害影響範圍擴及廠外，對環境及公眾健康有立即及持續衝擊
S3	高度	造成永久失能或可復原之職業病的災害	中量危害物質洩漏；危害影響範圍除廠內外，對環境及公眾健康有暫時性衝擊
S2	中度	須外送就醫，且造成工時損失之災害	少量危害物質洩漏；危害影響限於工廠局部區域
S1	輕度	輕度傷害： 僅須急救處理，或外送就醫，但未造成工時損失之災害	微量危害物質洩漏；危害影響限於局部設備附近，或無明顯危害

表 12：風險等級

		可能性等級			
		P4	P3	P2	P1
嚴重度等級	S4	5	4	4	3
	S3	4	4	3	3
	S2	4	3	3	2
	S1	3	3	2	1
5—重大風險	須立即採取風險降低設施，在風險降低前不應開始或繼續作業。				
4—高度風險	須在一定期限內採取風險控制設施，在風險降低前不可開始作業，可能需要相當多的資源以降低風險，若現行作業具高度風險，須儘速進行風險降低設施				
3—中度風險	須致力於風險的降低，例如：基於成本或財務等考量，宜逐步採取風險降低設施、以逐步降低中度風險之比例對於嚴重度為重大或非常重大之中度風險，宜進一步評估發生的可能性，作為改善控制設施的基礎				
2—低度風險	暫時無須採取風險降低設施，但須確保現有防護設施之有效性。				
1—輕度風險	不須採取風險降低設施，但須確保現有防護設施之有效性。				

風險評估係針對作業程序中之潛在危害做出定性與定量之分析，藉此判斷各種潛在危害之風險評估，依據作業觀察整合並找出關鍵步驟然後對關鍵步驟進行一系列的危害鑑別，確認現有的防護措施及風險的可能性及嚴重度，並藉以找出下一階段之須持續風險控制項目。

本研究選定行政院勞委會風險評估技術指引來進行槽車作業風險再評估，其主要考量是經過參考過去相關文獻之較佳選擇，主要原因係其為勞工安全主管管理機關正式推動之風險評估指引，且其他文獻參考並未有別針對半導體工廠之作業安全風險評估的標準，且依勞委會風險評估技術指引再配合專家組織，已足以有效的將半導體工廠化學液槽車損失風險評估就嚴重度、可能性及風險等級做一完整之安全風險再評估。

藉由廠內專家組織的作業觀察及作業風險分析，重新檢視已存在且有效的現況防護設施及仍須改善項目，半導體廠更清楚過往已有的有效安全控制方式，因此能找出新的關鍵改善項目，並提出新的作業安全改善，以更進一步提升化學液槽車之作業安全。

四、研究結果與討論

4.1 槽車作業安全事件案例調查結果與分析

收集調查過去 10 年相關半導體廠的化學液槽車作業意外事件，仍可見許多安全意外事件，或可稱之為安全異常事件，因其尚未造成職災或財損影響，故媒體並無相關報導，但由實際案例收集中可發現化學液槽車的作業仍必須加以改善，以避免小型安全意外事件之間斷發生，甚至亦有可能失控而造成類似傳產業的重大工安事故發生。

在過去 10 年之中，半導體廠之槽車灌裝作業中，共有 21 次(圖 11)在槽車灌充過程造成安全意外事件，其中 6 件為原物料填充，15 件為廢液回收填充，亦即 70% 的實際相關安全意外案例，係發生在廢液的槽車填充作業，顯見廢液槽車作業遠較於原物料槽車 (30%)，容易發生安全意外或作業異常事件。

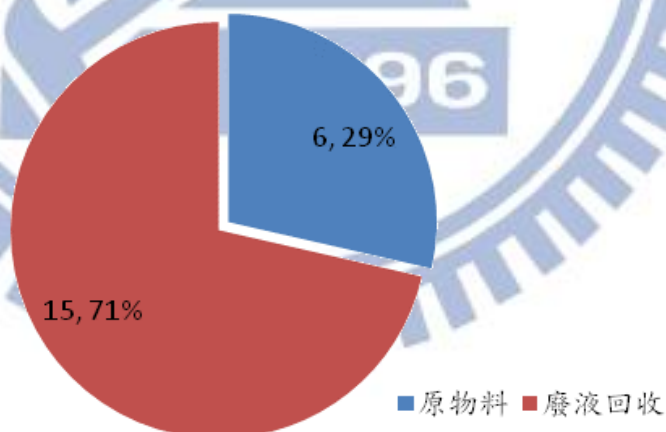


圖 11：安全意外事件案例調查結果

探究其發生之原因分類：以槽車作業時管路脫離所發生的意外

事件最多，其發生件數高達 7 件，其次為槽車硬體及設備故障所造成，再者為人員紀律問題，而灌裝過程中因管路破裂所造成的安全事件也有 3 件之多。(表 13)

表 13：槽車安全意外事件之原因分類及發生件數

原因分類	發生件數
灌充管路脫離	7
槽車硬體/設備故障	6
人員紀律	5
灌充管路破裂	3

4.2 槽車作業流程說明

進行槽車灌裝之作業觀察，由觀察結果顯示：化學液槽車作業步驟主要可分為槽車入廠、定位、管路銜接、加藥填充、管路脫離及離廠等步驟，其化學品原液及廢液作業流程如圖 12 及圖 13 所示：

4.3 槽車風險評估結果

依槽車作業觀察結果及發生案例分析並參考風險評估技術指引進行槽車作業安全及風險評估，其評估完成結果如下：

4.3.1 槽車進出廠及定位風險評估

在配合專家組織的現場作業觀察及過往 10 年意外事件分析，可發現其較少發生在槽車進出廠及定位作業步驟，顯見槽車進出廠及定位安全已受到重視且現有的安全管控已具成效，此階段經風險評估危害為低度風險，詳見表 14 及表 15。

4.3.2 槽車加藥管路銜接風險評估結果

加藥管路銜接作業時，人員會於槽車車頂作業，可能產生人員墜落之職災問題，因此車頂作業墜落危害具有中度風險。另若有接錯進料管線發生，可能導致化學品污染而影響生產中斷，或甚至於

造成火災爆炸之重大事故，此作業危害具有高度風險，詳見表 16。



圖 12：原物料化學品灌裝作業觀察



槽車定位



圍籬管制



安置輪檔



槽車接地



管路銜接



灌裝作業



現場監視



管路脫離

圖 13：化學品廢液灌裝作業觀察

表 14：槽車進出廠風險評估

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
化學槽車進/出廠	1.衝撞行人造成人員受傷	0.槽車入廠預約及進廠車號確認 1.危險物品運送人員專業訓練證明 2.廠區交通引導及行車限速規定 3.槽車人員作業標準及教育訓練 4.廠區緊急應變計畫 5.廠區作業區消防系統 6.槽車隨車手提式滅火器	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	2.衝撞設備造成化學品洩漏		原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S1	P1	1
	3.槽車行進時，碰撞另一台槽車或管線，導致化學物質洩漏		原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2

表 15：槽車定位風險評估

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之情境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
化學槽車定位	1.槽車滑動造成人員撞/壓傷	0.槽車停入作業區 1.熄火/拉手煞車/前後輪擋固定 2.拖車頭脫離作業現場(原物料) 3.圍籬管制 4.手提式滅火器作業區防護	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	2.槽車滑動，碰撞另一台槽車或管線，導致化學物質洩漏	5.槽車接地接線完成 前作業流程控制 --廠區緊急應變計畫 --廠區作業區消防系統	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2

表 16：槽車加藥管路銜接風險評估結果

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
加藥管路銜接	1.人員於槽車車頂作業時，因施力不當或重心不穩而墜落	0.銜接前品名/液位/填充量確認 1.作業前槽車外觀檢點 2.填充人員防護具:全身+半面式 3.車頂作業人員防護具:安全帽 4.槽車四周加設圍籬 5.管路 N2 保壓程序 6.獨立公母接頭(原物料 only) 7.獨立灌充口(部分共用) 8.填充盤上鎖管理 9.配置緊急沖淋器供緊急使用 10.作業區禁止動火 前作業流程控制 --廠區緊急應變計畫 --廠區作業區消防系統	原物料	S3	P1	3
			廢液回收	S3	P1	3
	2.管路殘餘化學品，人員接觸受傷		原物料	S1	P1	1
			廢液回收	S1	P1	1
	3.管路殘餘化學品，污染環境		原物料	S1	P1	1
			廢液回收	S1	P1	1
	4.人員接錯進料管線，導致化學品受到污染，影響生產		原物料	S2	P2	3
			廢液回收	S2	P1	2
	5.人員接錯進料管線，導致化學物質品發生火災爆炸...等劇烈反應		原物料	S4	P2	4
			廢液回收	S4	P2	4

4.3.3 槽車進行化學填充加藥風險評估

由過往案例發現，管路鬆脫或破損造成人員受傷及環境污染之頻率較高，此加藥填充作業前期之化學品管路洩漏危害為中度風險，而在化學品灌充後期因現有防護措施及過往發生頻率較低，加藥作業後期相關危害則列為低度風險，詳見表 17-1 及表 17-2。

進行化學品加藥前須特別注意銜接錯認風險為不可接受風險，應加強 fail-safety 風險預防設施，特別要注意的是，在加藥管路銜接作業流程中，若發生接錯管路將導致化學品污染或化學品劇烈反應甚至有火災爆炸之潛在可能，此風險危害具職災、財損及生產中斷之可能，若此危害發生在半導體廠，其損失將難以估計。而在作業觀察中可發現目前並沒有一絕對安全機制足以有效防範或防呆設計，此一風險之現有防護設施仍只依靠人員之確認，因此必須特別針對此高度風險提出有效防範措施。

目前各半導體廠針對接錯管理安全防護略有不同，普遍來說；較為重視在原物料車之防呆設計，有關廢液回收槽車部份則相對不足，但兩者均仍須提出更佳之改善辦法以達到 fail-safe 絕對安全要求!!

4.3.4 槽車化學品加藥管路脫離風險評估

管路殘留化學品未排空之危害判定為中度風險，主要是因為廢液排空系統設計效能不足，造成過往廢液洩漏頻率較高，同時加藥管路脫離作業時，人員會於槽車車頂作業，可能產生人員墜落之職災問題，因此車頂作業墜落危害具有中度風險(表 18)。

加藥管路銜接及脫離管路應再增加墜落危害注意及防範，由加藥管路銜接及脫離加藥管路步驟的風險評估結果可發現，人員於槽車頂作業時仍有人員墜落之安全風險，作業觀察亦發現其槽車作業人員在作業時須攀爬上二公尺以上之槽車車頂以執行管路排氣

表 17-1：槽車進行填充加藥風險評估結果

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之情境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
進行化學品加藥	1.接頭鬆脫，化學品洩漏，人員受傷	0.管路銜接作業完成並啟動加藥 1.灌充中安全檢點 2.人員防護卸裝後離開灌充區 3.填充或排出量控制-防止填充過量 前作業流程控制 --熄火/拉手煞車/前後輪擋固定 --拖車頭脫離作業現場(原物料) --管路 N2 保壓 --槽車四周加設圍籬 --配置緊急沖淋器供緊急使用 --作業區禁止動火 --廠區緊急應變計畫 --廠區作業區消防系統	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	2.接頭鬆脫，化學品洩漏，污染環境		原物料	S2	P3	3
			廢液回收	S2	P3	3
	3. 設備或管路破損，化學品洩漏，人員受傷		原物料	S2	P2	3
			廢液回收	S2	P1	2
	4. 設備或管路破損，化學品洩漏，污染環境		原物料	S2	P2	3
			廢液回收	S2	P3	3
	5.開動槽車拉斷管路，化學品洩漏，人員受傷		原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	6.開動槽車拉斷管路，化學品洩漏，污染環境		原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2

表 17-2 槽車進行填充加藥風險評估結果

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
進行化學品加藥	7.未置放輪檔，槽車滑動，拉斷管路，化學品洩漏，人員受傷	0.管路銜接作業完成並啟動加藥 1.灌充中安全檢點 2.人員防護卸裝後離開灌充區 3.填充或排出量控制-防止填充過量	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	8.未置放輪檔，槽車滑動，拉斷管路，化學品洩漏，污染環境	前作業流程控制 --熄火/拉手煞車/前後輪擋固定 --拖車頭脫離作業現場(原物料) --管路 N2 保壓	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	9.管線閥件故障，壓力過大管路爆裂，化學品洩漏，人員受傷	--槽車四周加設圍籬 --配置緊急沖淋器供緊急使用 --作業區禁止動火 --廠區緊急應變計畫	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	10.管線閥件故障，壓力過大管路爆裂，化學品洩漏，污染環境	--廠區作業區消防系統	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P1	2
	11.加藥過量溢出，人員受傷		原物料	S1	P1	1
			廢液回收	S1	P1	1
	12.加藥過量溢出，污染環境		原物料	S1	P1	1
			廢液回收	S1	P1	1

表 18：槽車進行脫離加藥管路風險評估結果

1.作業/流程名稱	2.危害辨識及後果(危害可能造成後果之境描述)	3.現有防護設施	原物料	4.評估風險		
			廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級
脫離加藥管路	1 管路殘餘的化學品未排空，化學品洩漏，人員受傷	0.填充完成，灌充設備停止運轉 1.執行洩壓及管路殘酸清除程序 2.脫離管路人員防護具:全身+半面式 3.車頂作業人員防護具:安全帽 前作業流程控制 --廠區緊急應變計畫 --廠區作業區消防系統 --槽車四周加設圍籬 --作業區禁止動火	原物料	S2	P1	2
			廢液回收	S2	P2	3
	2 管路殘餘的化學品未排空，化學品洩漏，污染環境		原物料	S1	P1	1
			廢液回收	S1	P3	3
	3.人員於槽車車頂作業時，因施力不當或重心不穩而墜落		原物料	S3	P1	3
			廢液回收	S3	P1	3

或在填充前後拿取銜接軟管，由於作業區域相關之平台及護欄設計不足，且人員並未佩帶安全帶或無安全索可供人員固定，因而此項中度風險仍須有進一步的改善，以避免槽車作業人員在廠內共同作業時，發生職災或人員永久失能傷害。

由化學品加藥作業流程之風險評估結果，可發現此作業相關步驟被判定的風險嚴重度均較其他作業步驟為高；主要是因為在此流程作業的化學物質均已因填充設備加壓而使化學品同時具有物理性及化學性危害性。較常發現管路接頭鬆脫或管路設備破損，而讓被加壓的化學液體洩漏甚至噴濺，因此為求保障作業人員的生命安全，必須特別加強作業場所的 hot zone 區域管制，禁止任何人員未穿著防護具進入作業管制區域，並加強管路/設備/接頭等化學液輸送硬體設施之保壓測試，以防止化學液洩漏而造成人員傷害。

由作業觀察時另發現因作業區域環境限制，大部分的作業區域管制範圍均不足夠，且對加壓設備管路接頭之防漏預防或保壓檢查仍不完整。上述的作業區域安全管制不佳及持壓管路耐壓檢查之不完善，對於作業人員及作業區域外的人員安全均是一項不可忽視的潛在風險，必須加以妥善改善及防範。

在脫離加藥管路時，人員防護具加強及殘液/殘氣排除仍須進一步改善。在脫離加藥管路步驟的風險評估中，非常令人納悶的是在此作業流程時，加藥及排出廢液流程事實上均已完全停止運轉，但由過去的工安意外案例紀錄，仍常見作業人員在此作業步驟因接觸化學品而導致人員受傷，或因殘液流出而污染現場環境。

作業觀察中可發現，其主要原因係因在加藥作業完成後，目前填充設備係以氮氣進行清除設備或管路內殘餘化學液，但由於此清除管路功能無法有效去除管路內的殘液，而致使作業人員在脫離加藥管路步驟時仍有接觸化學危害風險。

所幸；各半導體廠均已經注意到此步驟的潛在危害，並已加強人員在拆卸加藥管路的人員防護具，以避免化學品接觸危害。但仍應再加強頭部以上的全罩式保護，以預防加藥管路內氮氣殘壓蓄積，或防範殘液以噴濺方式在拆除加藥管路時洩漏，更完整的加強人員個人防護用具(PPE)保護及確保殘液及殘氣完全排除是此步驟之必要改善項目。

4.4 控制措施之研究

由初步風險評估顯示在槽車填充中作業中的管路銜接/加藥及脫離管路等關鍵作業流程時仍具有中/高等級風險，且經專家組織討論後認為這些均必須列為不可接受風險。以下為進一步降低風險所新增的控制措施，並企圖將所有槽車作業風險降至低度以下。經專家組織討論後，將中度風險以上列為不可接受，須執行控制措施以改善下列作業流程(表 19)，直至所有危害均降至低度以下。

表 19 槽車作業風險及改善

作業風險 VS 改善	工程改善	管理控制	人員防護
<p>管路銜接</p>	<p>1.灌充口防呆設計 ---獨立灌充口 ---獨立上鎖 ---專屬子母接頭 ---Bar code</p>	<p>1.槽車四周加設圍籬並人員管制 2M 外 2.管路銜接後以 N2 保壓測試</p>	<p>1.填充人員佩帶全身+全面式防護用具 (例:C 級 +PAPR) 2.車頂作業人員須有安全護欄或使用防墜安全帶</p>
<p>加藥作業</p>	<p>1.管路灌充管路支架固定</p>	<p>1.禁止人員進入 hot zone (作業區外再延伸 2 公尺)</p>	<p>1.人員再進入 hot zone 需著 C 級 +PAPR</p>
<p>管路脫離</p>	<p>1.確認洩壓完後之無殘液/氣監測裝置(評估中)</p>	<p>1.槽車四周加設圍籬並人員管制 2M 外</p>	<p>1.拆管人員佩帶全身+全面式防護用具 (例:C 級 +PAPR) 2.車頂作業人員須有安全護欄或使用防墜安全帶</p>

4.5 半導體槽車灌裝作業改善實務

4.5.1 墜落風險改善(圖 14)：

人員於槽車車頂作業，要求槽車頂部人員須佩帶安全帶/安全帽及設置安全欄杆，以避免墜落意外發生。



圖 14：槽車墜落改善

4.5.2 接錯進料管線改善：

為避免人員接錯管線，導致化學品受到污染，影響生產人員或發生火災爆炸。因此設置 Bar code 系統，在相關條碼確認後，化學品灌充口盤面始得開啟，且獨立灌出口，加單獨上鎖管理，以避免填充錯誤。

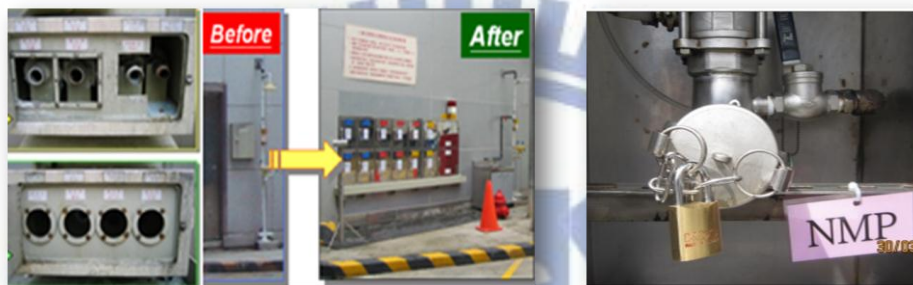


圖 15：槽車填充口改善

4.5.3 接頭鬆脫改善(圖 16)：

加強填充管路支撐，以避免槽車作業時因壓力震動，造成轉接頭的固定套環鬆脫，而導致化學品由鬆脫處洩漏。因而必須設置氮氣保壓系統，並確認填充前管路已進行保壓測漏測試。

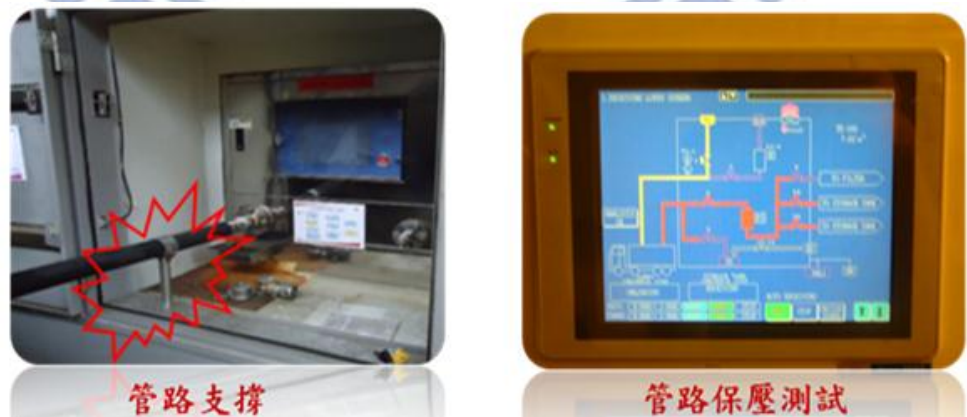


圖 16 槽車填充支撐及保壓設計

4.5.4 設備或管路破損改善(圖 17)：

入廠須確認主管機關規定之檢驗合格證明書，每年須進行滿載測試，確認槽體相關閥件無異常。



每年以超過80%容量進行槽體測試
並張貼滿載測試合格證

圖 17：槽車滿載測試

4.5.5 設備/管路破損/殘液...等接觸，造成人員受傷之改善(圖 18)：

加強槽車填充作業安全，提升作業人員面部防護，防護具由半面罩加強為全罩式防護，以及嚴格執行化學品加藥作業人員區域安全管制，禁止非必要人員進入填充作業區域且任何人員進入 Hot zone 需佩帶防護用具(圖 19)。



圖18：個人防護用具提升改善



圖19：作業區域圍籬管制

4.6 控制措施後之風險評估結果

除本身既有之控制措施外，在經上述相關改善控制措施，除加錯料仍在中度風險以上，其餘作業活動均已降低至低度風險以下，其風險評估結果如表 20 示。

表 20：控制措施後之風險評估

作業/流程名稱	危害辨識及後果(危害可能造成後果之情境描述)	原物料	評估風險			控制後預估風險		
		廢液回收	嚴重度	可能性	風險等級	嚴重度	可能性	風險等級
加藥管路銜接	1. 人員於槽車車頂作業時，因施力不當或重心不穩而墜落	原物料	S3	P1	3	S2	P1	2
		廢液回收	S3	P1	3	S2	P1	2
	4. 人員接錯進料管線，導致化學品受到污染，影響生產	原物料	S2	P2	3	S2	P1	2
		廢液回收	S2	P1	2	-	-	-
	5. 人員接錯進料管線，導致化學物質發生火災爆炸...等劇烈反應	原物料	S4	P2	4	S4	P1	3
		廢液回收	S4	P2	4	S4	P1	3
進行化學品加藥	2. 接頭鬆脫，化學品洩漏，污染環境	原物料	S2	P3	3	S2	P1	2
		廢液回收	S2	P3	3	S2	P1	2
	3. 設備或管路破損，化學品洩漏，人員受傷	原物料	S2	P2	3	S2	P1	2
		廢液回收	S2	P1	2	-	-	-
	4. 設備或管路破損，化學品洩漏，污染環境	原物料	S2	P2	3	S2	P1	2
		廢液回收	S2	P3	3	S2	P1	2
脫離加藥管路	1 管路殘餘的化學品未排空，化學品洩漏，人員受傷	原物料	S2	P1	2	-	-	-
		廢液回收	S2	P2	3	S2	P1	2
	2 管路殘餘的化學品未排空，化學品洩漏，污染環境	原物料	S1	P1	1	-	-	-
		廢液回收	S1	P3	3	S1	P2	2
	3. 人員於槽車車頂作業時，因施力不當或重心不穩而墜落	原物料	S3	P1	3	S2	P1	2
		廢液回收	S3	P1	3	S2	P1	2

4.7 槽車灌裝作業最佳化對策研究

結合風險評估與專家系統的改善建議，在槽車進廠、定位、管路銜接、填充加藥、管路脫離及出廠等相關步驟，必須以工程控制、管理控制及人員防護加強措施再降低作業風險。經整合相關之既有及新增所有控制措施後，摘要成槽車灌裝作業之最佳化風險防範對策(見表 21)，依控制別分述如下：

4.7.1 工程控制對策

灌裝之填充口須有防呆設計，避免管路加藥錯誤，發生化學反應甚至於產生火災爆炸之意外事故，另外管路須有保壓及洩壓設計，避免化學品洩漏影響環境/人員安全，同時管路須有支撐固定，避免加藥震動造成管路鬆脫。

4.7.2 管理控制對策

槽車司機及灌裝槽體均須具有合格證明，入廠須有管制，作業人員須執行作業檢查，同時須確認灌裝內容及數量，且管路脫離前須執行洩壓清除程序，避免殘壓及殘酸造成人員受傷。

另外槽車入廠須進行交通引導並遵守限速規定，槽車亦須進行接地，避免因靜電引起火災爆炸，槽車車頭須脫離並有輪檔固定，避免槽車移位拉扯灌裝管路，作業周圍環境嚴禁動火作業。

4.7.3 人員防護對策

在灌裝作業時須進行作業區圍籬管制，人員進行銜接/脫離加藥管路須佩帶完整之防護用具，同時於槽車車頂作業須落實防墜措施。

表 21: 槽車灌裝作業安全最佳化對策摘要

控制項目	內容	進廠	定位	管路銜接	加藥	管路脫離	出廠
工程控制	灌充口防呆設計:---獨立灌充口/獨立上鎖/專屬子母接頭/Bar code系統			V			
	管路銜接後製程壓力測試			V			
	確認洩壓完後之無殘液/氣監測功能(need improve)					V	
	管路管路須設置支架固定			V	V	V	
	廠區作業區消防系統及槽車隨車手提式滅火器	V	V	V	V	V	V
	配置緊急沖淋器供緊急使用	V	V	V	V	V	V
管理控制	槽車司機須有危險物品運送人員專業訓練證明	V					
	槽車入廠須進行預約及進廠車號確認	V					
	灌裝槽體須有合格證明書	V					
	作業前槽車進行外觀檢點	V					
	管路銜接前品名/液位/填充量確認		V				
	填充或排出量控制-防止填充過量					V	
	管路脫離前執行洩壓及管路殘酸清除程序						V
管理控制	廠區交通引導	V					V
	行車限速規定	V					V
	灌充前中後安全檢點(槽車熄火/拉手煞車/前後輪擋固)		V	V	V	V	
	槽車定位後須完成接地		V	V	V	V	
	拖車頭脫離		V	V	V	V	
	作業區禁止動火		V	V	V	V	
	廠區緊急應變計畫	V	V	V	V	V	V
	槽車灌裝人員須有作業標準及教育訓練	V	V	V	V	V	V
人員防護	人員防護卸裝後須離開灌充作業區 (hot zone)				V		
	禁止人員進入hot zone (作業區外再延伸2公尺)				V		
	灌裝人員接管及拆管佩帶全身+全面式防護用具 (例:C級+PAPR)			V		V	
	車頂作業人員須有安全護欄或使用防墜安全帶			V		V	
	人員再進入hot zone須著佩帶全身+全面式防護用具 (例:C級+PAPR)			V	V	V	
	槽車四周加設圍籬並人員管制2M外		V	V	V	V	

五、研究結論

- 5.1 傳統產業陸續發生重大職災及財產損失，顯見槽車灌裝風險值得工安管理人員加以重視，以避免類似事故發生。相對於半導體在過去並沒有任何職災或財產損失案例，此現象應可說明半導體在化學槽車的安全管控相較傳統產業嚴謹或有效，其較佳的設計安全作業安全要求，甚至人員教育訓練應可提供非半導體產業參考，以有效避免化學液槽車填充作業意外事件發生。
- 5.2 化學液槽車灌裝意外事件頻傳，顯見半導體業仍須進一步改善，過去 10 年相關半導體廠的化學液槽車作業，仍可見許多安全意外事件。因此槽車作業仍須加以改善，以避免安全意外事件之間斷發生，甚至亦有可能因失控而造成類似傳產業的重大工安事故發生。
- 5.3 槽車灌裝作業的進出廠及定位危害已被有效控制，但在管路銜接/加藥/管路脫離等作業則仍須改善，以降低相關偶發之不安全事故。由案例分析中可發現，70%的實際相關意外異常案例，係發生在廢液的槽車填充作業，因此，必須特別加強廢液槽車之作業安全要求及日常管理。
- 5.4 由加藥管路銜接及脫離步驟的風險評估結果，可發現人員於槽車頂作業時，仍有作業人員墜落之安全風險。此項中度風險必須有進一步的改善控制，以避免槽車作業人員在廠內共同作業時，發生職災或人員永久失能傷害。
- 5.5 加藥管路銜接後，在繼續進行化學品加藥輸送起動前，須特別注意管路銜接錯誤之危害為不可接受風險，應再設法增加 fail-safe 設施控制。若發生接錯管路將導致化學品污染，或化學品劇烈反應，甚至有火災爆炸之潛在可能，但目前並沒有一絕對安全機制足以有效防範或提供防呆功能，此一高度風險應立

即加以改善。

- 5.6 為防範化學品加藥作業流程之管路/設備洩漏危害，應特別加強作業安全區域管制，並定期檢查管路及設備之防洩漏測試，以防止持壓狀態的化學液產生噴濺危害。
- 5.7 化學品加藥輸送起動後，此時化學物質均已因填充設備加壓，而使化學品同時具有物理性及化學性危害。此時若發生管路接頭鬆脫或管路設備破損，被加壓的化學液體容易大量洩漏甚至噴濺，因此為保障作業人員的生命安全，應嚴格禁止任何人員未穿著防護具進入 hot zone 作業區域。
- 5.8 須進一步改善人員防護具及殘液/殘氣排除功能，以避免脫離加藥管路作業時的殘液洩漏風險，目前填充設備均以氮氣來進行殘餘化學液清除。但此作業方式目前並無法有效去除設備或管路內的殘液，必須要有更佳之硬體設施改善。而可立即改善的防範是再提升作業人員個人防護用具 (PPE)，以加強人員頭部及面部之防護，且 PPE 保護必須包含管路銜接/拆卸及任何進入 Hot zone 作業。
- 5.9 本論文最終整合之[半導體廠化學液槽車灌裝作業安全指引](表 22)，為此論文之最大成就。經由槽車之實際案例分析、槽車工作安全分析、實務改善經驗所完成之風險評估及安全控制措施，應可完整提供所有半導體廠及相關產業參考，如能落實執行，必能有效避免廠內槽車作業之安全意外事故。

表 22：半導體廠化學液槽車灌裝作業安全指引

槽車灌充作業程序	最佳化槽車灌裝安全對策/作業要求	槽車灌充作業程序	最佳化槽車灌裝安全對策/作業要求	
化學槽車進廠	1.槽車入廠比對確認:車號、合格證	化學槽車加藥	1.填充加藥啟動後安全檢查	
	2.人員入廠資格確認:危險物品運送人員專業訓練證明		2.保持作業區內人員全身/全面式/呼吸保護	
	3.行車安全:行車限速及行進動線引導		3.禁止人員進入hot zoon	
	4.作業區清空/準備槽車進入		4.確認填充或排出量控制-防止填充過量	
	5.備妥緊急應變計畫		5.全程作業安全監視:全程專人在旁	
化學槽車定位	1.停車定位確認:熄火/手煞車/輪檔/車頭脫離(原物料)	化學槽車脫離	1.確認加藥停止及殘液清除步驟完成	
	2.作業區域安全管制確認:架設圍籬		2.確認洩壓程序完成:無殘壓	
	3.槽車接地靜防護設置		3.確認作業人員防護具完整	
	4.槽車消防防護設置:手提滅火器定位		4.禁止非作業人員進入作業區:hot zoon管制	
	5.作業區人員防護設施檢查:緊急沖淋器		5.高架作業安全防護確認:防墜設施、安全帽、安全帶	
化學槽車銜接	1.槽車灌裝文件審查:填裝物內容與填充口比對		化學槽車離廠	6.管路脫離及接頭除污
	2.灌充物槽車點檢:品名/液位/填充量檢查			7.作業後環境安全確認
	3.槽車到廠前填充記錄檢查:專車專用	1.行車安全:行車限速及行進動線引導		
	4.高架作業安全防護:防墜設施/安全帽/安全帶			
	5.作業人員防護具確認:全身/全面式/呼吸保護			
	6.管路銜接及灌充口確認(獨立鎖/專屬接頭/Bar code)			
	7.排氣管路銜接檢查			
	8.灌裝接頭及管路支架固定檢查	此份槽車灌裝作業安全指引主要是提供半導體廠落實執行作業安全控制，以 降低槽車作業風險，並期能作為其他產業之參考		
	9.銜接管路N2保壓測試(最大運轉壓力)			
	10.填充輸送設備壓力設定檢查			
	11.槽車閘門開關位置檢查			
	12.填充加藥啟動前兩人安全確認			

六、 結語與未來方向

- 6.1 本研究最大成果是藉由外部意外事故的收集，提醒半導體重視化學液槽車灌裝作業的危害風險，由半導體廠內的安全意外事件斷續發生，也驗證不安全的狀況仍持續隱藏在每日頻繁的化學液槽車作業中。
- 6.2 本文整合之最佳化的半導體槽車灌裝作業安全對策，若能落實執行必可有效控制及降低槽車作業風險，並作為其他業界參考，以保障槽車灌裝作業安全。
- 6.3 論文整理半年期間，所提出之最佳化灌裝作業對策，經實際執行運用於半導體廠，未再發生任何槽車灌裝安全意外事件，已初步驗證所提出之最佳化半導體槽車灌裝作業安全對策為有效。
- 6.4 此次研究並未針對槽車本身硬體設計安全進行著墨，後續可列為研究對象以持續降低槽車作業風險。

參考文獻

- [1] 邱松嵐等，化學製品業安全衛生自主管理實務手冊，初版，台北，著者發行，民國九十二年。
- [2] 于樹偉，周更生，化學工業安全概論，新科技書局，台北，民國九十年。
- [3] 賴瑩穎，爆炸災害風險管理之研究-以儲槽爆炸為例，碩士論文，台南，民國九十五年。
- [4] 郭金鷹、李文亮、洪肇嘉、李旻謙、周芸，化學品運輸安全脆弱性分析，台中，民國一百年。
- [5] 張承明、歐新榮，公路槽車洩漏、火災及爆炸事故模擬研究，勞工安全衛生研究季刊，民國九十五年。
- [6] 鍾欣儀，主動式化學品充填防呆安全系統之研發，碩士論文，中壢，民國九十五年。
- [7] 高振山、陳范倫、胡冠華，福國化工事故檢討分析，工研院環安中心，民國九十年。
- [8] <http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/headline/20101231/33077234>
- [9] Canadian Petroleum Products Institute - Province of Quebec , 「Truck-to-Truck Transfer Procedures, 2001 March.
- [10] 莊達人，VLSI 製造技術，高立圖書有限公司，台北，民國九十七年。
- [11] 李世鴻，積體電路製程技術，五南圖書有限公司，台北，民國八十七年。
- [12] 李豐良、黃冠霖，半導體製程之化學品供應系統 SOP 規劃探討，第四屆(產業管理創新研討會，修平技術學院，台中，民國九十年。
- [13] 道路交通安全規則
- [14] 勞工安全衛生設施規則
- [15] Andrew Baird, et al. Guidance on risks and precautions for bulk liquid loadin unloading, Cefic and ECTA, 2009.
- [16] Johan Bakker, et al. Behaviour Based Safety - Safe Loading and Unloading of Road Freight Vehicles, Cefic and ECTA, 2004.

- [17] BSI, Occupational Health and Safety Management Systems Specification (OHSAS 18001), 1999.
- [18] 29CFR Part1910.119 Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals, US Government, 1992.
- [19] Dow, Chemical Exposure Index Guide, First ed., The Dow Chemical Company, 1986.
- [20] SEMI S2-93A & SEMI S2-0200 Semiconductor Manufacturing Equipment Safety Guidelines, SEMI International.
- [21] SEMI S10-96 Risk Assessment Guidelines, SEMI International.
- [22] 賴瑞蒞，風險可接受度探討，碩士論文，中壢，民國一百年。
- [23] 陳薇雅，某 TFT-LCD 廠異常事故分析之研究，碩士論文，中壢，民國九十四年。
- [24] 李豐良，黃冠霖，半導體製程前端安全品質探討研究，中華民國品質學會第 42 屆年會暨第 12 屆全國品質管理研討會
- [25] 李豐良、黃冠霖，高科技產業前端原料供應風險探討，風險管理與決策研究學術研討會，桃園，民國九十五年。
- [26] 王世煌，半導體製程風險評估，中國化學工程學會會刊，民國九十年。
- [27] 黃清賢，危害分析與風險評估，三民書局，台北，民國八十九年。
- [28] 葉宇光，事件樹於職業安全風險評估應用研究，碩士論文，中壢，民國九十八年。
- [29] 行政院勞工委員會，風險評估技術指引，民國九十九年。

附錄一

非半導體廠槽車灌裝安全意外事故

一、 非半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(一)

災害簡述：1990年8月4日台北某樹林槽車駕駛因本身疏忽，於充填液化石油氣完成後，未卸下分裝用管線，即開車駛離分裝區域，管線隨即拉扯斷裂，液化石油氣因而外洩，引起爆炸，造成兩人死亡，十四人受傷，財物損失約1億8百萬元。

二、 非半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(二)

災害簡述：1993年6月4日新竹縣湖口鄉某工廠進行重金屬補集劑灌裝過程，發生不明酸性氣體外洩，因人為疏失導致次氯酸鈉與酸反應造成疑似氯氣外洩造成19名人員受傷。



事故現場照片

三、 非半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(三)

災害簡述：1998年2月27日 高雄縣林園鄉北誼興業液化石油氣灌裝廠，因油灌車未卸下輸氣管即開動車子，輸氣管金屬接環拖地產生火花，致使油灌車發生爆炸，造成4死44傷。



事故現場照片

四、 非半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(四)

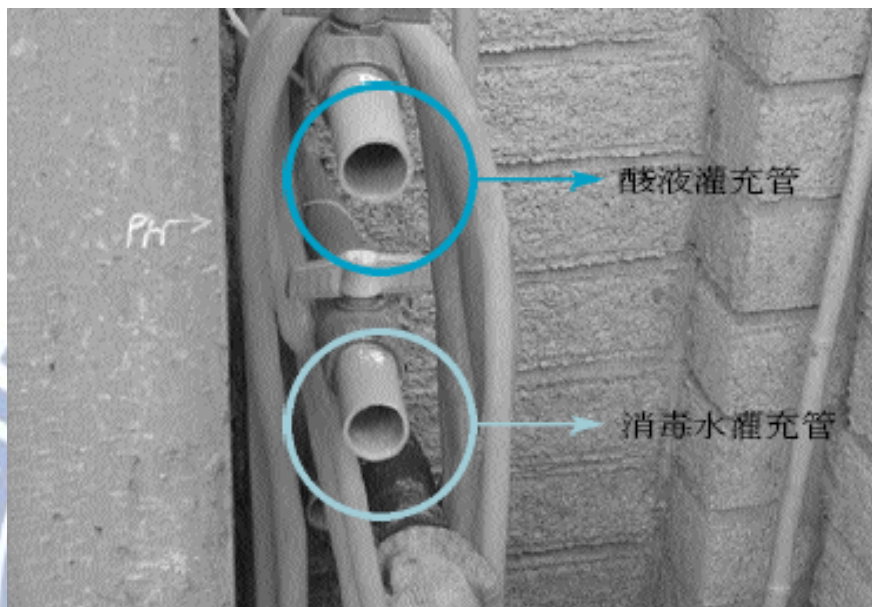
災害簡述：2004年5月27日液態氧氣槽管線爆裂，液態氧氣外溢，造成八人輕重傷。



事故現場照片

五、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(五)

災害簡述：2002年7月12日某化學公司進行游泳池次氯酸鈉（消毒水）灌裝過程中，誤將消毒水打入酸槽中，導致次氯酸鈉與酸起化學反應，產生低濃度的氯氣，游泳客在吸入氯氣後身體不適送醫，18人送醫。



事故現場照片

六、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(六)

災害簡述：2004年中壩某封裝廠原物料充填錯誤，財物損失約7百多萬。

七、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(七)

災害簡述：2010.12.30 桃園新屋鄉協明化學工廠，滿車的硝酸化學物質灌入甲酸槽體內，產生猛烈氣爆，槽體被彈飛到300公尺，人員2人重傷，損失100萬元。



事故現場照片

附錄二

半導體廠槽車灌裝安全意外事故

一、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(一)

災害簡述：2002 年槽車抽廢液(ACT-690)時，管路接頭處破裂發生洩漏，造成環境污染。

二、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(二)

災害簡述：2003 年廢硫酸灌充槽車管路洩漏，造成環境污染。



事故現場照片

三、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(三)

災害簡述：2004 年氯化鈣槽車錯誤加藥進入 PAC(多元氯化鋁)桶槽，中斷廢水處理系統。

四、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(四)

災害簡述：2004 年廢光阻液(PR)抽取過程中由槽車上溢出廢光阻液，由於槽車司機容量通報不正確，導致廢光阻液(PR)。抽取過程中由槽車上溢出(通報 1.7T 容量，抽 0.4T 就發生溢流)，污染環境。

五、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(五)

災害簡述：2005 年氨水槽車灌充口接頭洩漏，造成污染環境。



事故現場照片

六、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(六)

災害簡述：2005 年氯化鈣槽車管路垫片損壞造成洩漏，污染環境。

七、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(七)

災害簡述：2005 年氫氧化鈉槽車灌充口之接頭牙口處有鬆動，造成液鹼洩漏(面積約 3 平方公尺)洩漏，污染環境。



事故現場照片

八、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(八)

災害簡述：2005 年化學品灌充區，化學槽車輸送管路破裂，導致廢硫酸外漏，污染環境。



事故現場照片

九、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(九)

災害簡述：2006 年廢硫酸回收槽車充填完排氣閥未關，槽車啟動搖晃廢硫酸從排氣閥微量滲出，污染環境。



事故現場照片

十、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十)

災害簡述：2006 年廢光阻液槽車管路接頭異常而導致滲漏，污染環境。



事故現場照片

十一、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十一)

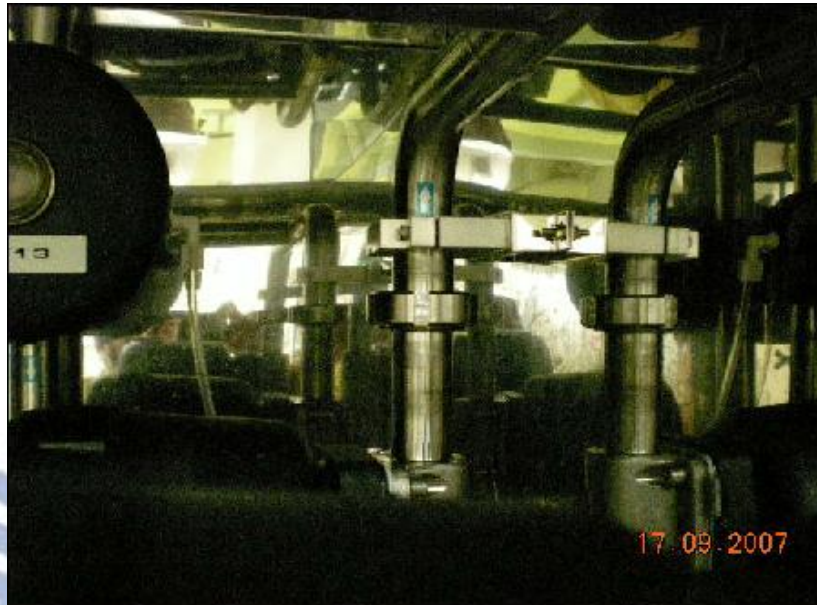
災害簡述：2007 年槽車抽取 IPA 廢液時因壓力震動，轉接頭的固定套環鬆脫，廢 IPA 由鬆脫處洩漏至下方凹槽處與 Lorry Room 室內，污染環境。



事故現場照片

十二、半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十二)

災害簡述：2007 年廢稀釋液 Pump 出口閥端有滴漏，造成環境污染。



事故現場照片

十三、半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十三)

災害簡述：2007 年廢稀釋液槽車管路破裂發生洩漏，污染環境。



事故現場照片

十四、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十四)

災害簡述：2007 年槽車卸料區槽車接頭磨損，造成硫酸從牆面噴出，污染環境。



事故現場照片

十五、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十五)

災害簡述：2008 年槽車灌充作業人員傾倒廢硫酸至槽車內時，被濺起的液體噴及右臉頰，造成人員受傷。



事故現場照片

十六、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十六)

災害簡述：2009 年廢硫酸銅槽車底部法蘭處滴漏硫酸銅廢液，污染環境。



事故現場照片

十七、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十七)

災害簡述：2009 年硫酸廢液槽車廢液抽畢後離線，抽取管路內之 殘液回流至防漏盤溢滿漏出，污染環境。



事故現場照片

十八、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十八)

災害簡述：2010 年槽車灌充未完成洩壓程序，被殘酸噴濺，造成人員受傷。



事故現場照片

十九、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(十九)

災害簡述：2011 年廢硫酸清運作業，槽車上方管路異常鬆脫，造成廢硫酸外溢，污染環境。



事故現場照片

二十、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(二十)

災害簡述：2011 年鹽酸槽車底部 Pump Inlet 端 Flange 處有鹽酸滴漏，污染環境。



事故現場照片

二十一、 半導體廠槽車灌裝安全意外事故案例(二十一)

災害簡述：2012 Buffer tan 內部腐蝕造成硫酸噴濺，造成人員受傷。



事故現場照片

附錄三

半導體化學液危害說明- H₂SO₄

物質名稱	H ₂ SO ₄ , LORRY
警示語	危險
危害警告 訊息	可能腐蝕金屬吞食可能有害吸入致命造成嚴重皮膚灼傷 和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷
危害防範 措施	呼吸防護: 遇到蒸氣/霧氣產生時須保護呼吸道。酸性無 機物, 如二氧化硫、氯化氫的氣體/蒸氣濾氣器, 自背式 呼吸器手部防護: 防化學物質保護手套。眼睛防護: 與臉 部密合之安全護目鏡及面罩。當有產品飛濺危險存在時 需著面罩、安全眼鏡/面罩身體防護: 抗酸劑化學防護衣 (依據 EN 14605), 耐化學品的防護靴、安全鞋、圍裙、 整套防護衣、安全帽。
危害性	金屬腐蝕物第 1 級
	急毒性物質: 吞食第 5 級
	急毒性物質: 吸入第 1 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 1A 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級

半導體化學液危害說明 – H₂O₂

物質名稱	H ₂ O ₂ , LORRY
警示語	危險
危害警告 訊息	可能引起燃燒或爆炸；強氧化劑吞食有害造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷長期或重複暴露可能對器官造成傷害
危害防範 措施	若與眼睛接觸，立刻以大量的水洗滌後洽詢醫療如遇意外或覺得不適，立即洽詢醫療緊蓋容器、置於通風良好的地方
危害性	氧化性液體第 1 級
	急毒性物質：吞食第 4 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 1A 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級
	器官系統毒性物質－重複暴露第 2 級

半導體化學液危害說明- NH₄OH

物質名稱	NH ₄ OH, LORRY
警示語	危險
危害警告 訊息	吸入有毒造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷對水生生物毒性非常大
危害防範 措施	危害防範措施 (預防): 只能在室外或通風良好的環境使用。穿戴防護手套和眼睛防護具/臉部防護具。不要吸入粉塵/煙煙/ 氣體/霧滴/蒸氣/噴霧。 避免排放至環境中。處置後徹底清洗雙手。
危害性	急毒性物質：吸入第 3 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 1A 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級
	水環境之危害物質急性第 1 級

半導體化學液危害說明-IPA

物質名稱	IPA,CH ₃ CHOHCH ₃ , LORRY
警示語	危險
危害警告 訊息	高度易燃液體和蒸氣吞食可能有害造成輕微皮膚刺激造成眼睛刺激
危害防範 措施	容器和承受設備接地/連接 遠離火源，例如熱源/火花/明火—禁止抽菸。保持容器密閉。採取防止靜電放電的措施。使用防爆的電氣/通風/照明/設備。只能使用不產生火花的工具。處置後徹底清洗雙手。著用防護手套和眼睛防護具/臉部防護具。
危害性	易燃液體第 2 級
	急毒性物質：吞食第 5 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 3 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2A 級

半導體化學液危害說明-稀釋劑

物質名稱	THINNER, LORRY,
警示語	警告
危害警告 訊息	易燃液體和蒸氣吞食有害皮膚接觸有害吸入有害造成皮膚刺激造成眼睛刺激可能造成皮膚過敏如果吞食並進入呼吸道可能有害。
危害防範 措施	置於通風良好的地方遠離引燃品-禁止抽煙穿戴適當的防護器具和衣物避免長期曝露。
危害性	易燃液體第 3 級
	急毒性物質：吞食第 4 級
	急毒性物質：皮膚第 4 級
	急毒性物質：吸入第 4 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 2 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 2A 級
	皮膚過敏物質第 1 級
吸入性危害物質第 2 級	

半導體化學液危害說明—顯影劑

物質名稱	DEVELOPER, LORRY
警示語	危險
危害警告 訊息	可能腐蝕金屬皮膚接觸有毒造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷
危害防範 措施	只能在原容器中存放不要吸入粉塵或霧滴處置後徹底清洗著用防護手套和眼睛防護具/臉部防護具
危害性	金屬腐蝕物第 1 級
	急毒性物質：皮膚第 3 級
	腐蝕/刺激皮膚物質第 1A 級
	嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級

附錄四 槽車灌裝作業之風險評估

1. 作業/流程名稱	2. 危害辨識及後果(危害可能造成後果之情境描述)	3. 現有防護設施	4. 評估風險			5. 降低風險所採取之控制措施	6. 控制後預估風險		
			嚴重度	可能性	風險等級		嚴重度	可能性	風險等級