

第一章緒論

1.1 前言

由於政府目前對於科技產業的支持，且提出二兆雙星之論點，其中 TFT-LCD 為其中之一，加上目前 TFT-LCD 一直擴產，由於產能一直相對的增加，而使 TFT-LCD 之關鍵零組件偏光板產能陸續增加，某光電廠為全台最大及世界第二大之偏光膜專業製造廠商，所佔比例為全球 22% 之多，所供應之偏光膜使用範圍廣泛，平面顯示器以普遍應用於 PC(筆記型電腦及液晶顯示器)及非 PC 領域(攜帶通訊產品類、家電影音 產品類及產業性用途產品類)。小至我們手上所攜帶的電子錶、行動電話、電子計算機、PDA、筆記型電腦、桌上型液晶顯示器、數位相機、攜帶型 DVD、大到工業用之自動化控制面板、測量儀器、公共用查詢系統等均使用各種不同等級之偏光板有 TN、STN、TFT-LCD 等，其存在地位有舉足輕重之地位，由於民國 93 年該光電廠發生火警，雖災害損失不大，但造成停止生產，相對的造成所有 TN、STN、TFT-LCD 產能受衝擊，亦使整個 LCD 產業受影響甚至影響整個經濟面。

1.2 文獻回顧

1.2.1 有機溶劑易燃化學品火災案例介紹

1. 行業種類：光電業

A. 起火地點：某光電一樓有機溶劑作業區 B. 作業類別：有機溶劑壓力桶清潔作業(使用有機溶劑清洗作業)

C. 災害類型：火災

D. 媒介物：不銹鋼引管(氣動泵浦)

E. 災害發生經過：

93 年某光電一樓有機溶劑作業區起火，某部門某員欲引 EAC(乙酸乙酯)至壓力桶，在將壓力桶以導線接地後，即以氣動泵浦抽引隔旁 53 加侖鐵桶裝之 EAC(乙酸乙酯)至壓力桶，至壓力桶約一半容量後，將氣動泵浦關閉，並將不銹鋼引管(氣動泵浦)抽出，於抽出時意外產生靜電造成火災。

2. 災害影響：造成二員受傷，且影響偏光板產出，停工二週

3. 災害原因分析：

A. 直接原因：意外液體流動時意外產生靜電，而引燃有機溶劑

桶開口處易燃性蒸氣及液體。

B. 間接原因：疑因 EAC 桶開口處散發有足量之易燃性蒸氣。

C. 基本原因：作業同仁對工作環境之危害因素預知能力不足。

(2) 行業種類：塑膠製造業 [1]

1. 起火地點：廢液槽

2. 作業類別：使用塑膠管抽除廢液槽產生靜電火花發生爆炸災害

3. 災害類型：爆炸

4. 媒介物：引火性物質

5. 災害發生經過：

某廢棄物處理公司承攬高雄縣仁武鄉某塑膠工業公司氟氯碳廠廢液儲槽內殘渣清除工程，八十五年二月二日下午一時十五分許，勞工甲、乙二人到工地從事廢液儲槽內容物之抽除工作，甲在廢液槽題操作三吋口徑之聚乙烯塑膠管線抽取該槽內之廢液到槽車乙在槽車旁配合操作槽車，不久發生爆炸，由廠方人進行滅火並將甲、乙二人送長庚醫院急救無效死亡，該圓筒形廢液槽高約一〇、九二公尺，直徑約七、七公尺，內容積約五百立方公尺，槽題人孔徑二十吋，發生爆炸後，槽體飛落於距槽基座約四十公尺處，部分槽體鋼板留在原基座上。

6. 災害影響：死亡男二人，四十一歲，工作經歷：三年九個月。三十九歲，工作經歷：三年十一個月 7. 災害發生原因：

A. 依據高雄地檢署相驗書記載：罹災者甲死亡原因為工作中爆炸“腦損傷致死，乙死亡原因則為爆炸造成燒灼傷百分之百二至三度致死。

B. 該儲槽於八十二年元月開始儲存氟氯碳廠製程中殘留廢液，迄至八十三年十二月份停止製程中廢液進料，其內容物約六〇噸，廢液中含有氯乙烯、四氯乙烷、四氯乙烯等甲火性。

C. 發生爆炸後，該儲槽外部未有燃燒現象，惟儲槽內壁有燃燒痕跡，研判係由儲槽內部爆炸後隨即儲槽人之廢液燃噴洒至地面波及地面上之槽車。

D. 發生爆炸時罹災者在槽題操作三吋口徑之聚乙烯塑膠管線，抽取槽內之廢液，如抽取口未放入液位以下時，會抽到液位上方之引火性液體之蒸氣，致聚乙烯塑膠管線產生靜電引起爆炸，使罹災者在槽題被炸腦損傷致死，乙則在地面槽車旁被燒傷致死。

E. 未設置勞工安全衛生管理人員，實施自動檢查。

F. 對勞工未實施安全衛生教育訓練，勞工安全衛生知識不足。

G. 未訂定安全衛生工作守則，供勞工遵循。

8. 防止災害對策：

為防止類似災害發生，有採取下列措施之必要。

A. 對顧作業場所有引火性液體之蒸氣或可燃性氣體滯留而有爆炸、火災之虞者，應指定專人對前述蒸氣、氣體之濃度於作業前測定，其濃度達爆炸下限值之百分之三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，使止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。

B. 應設置勞工安全衛生管理人員，對使用之設備及其作業實施自動檢查。

C. 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將本案列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。

D. 應訂定適合需要之安全衛生工作守則，報經檢查機構備查後，公告實施。

1.2.2 國內相關靜電防治法令、標準與檢討[4]

(1) 勞工安全衛生設施規則

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：

- a. 注、卸收危險物於液槽車、儲槽、油桶等之設備。
- b. 收存危險物之液槽車、儲槽、油桶等設備。
- c. 塗敷含有引火性液體之塗料、粘接劑等之設備。
- d. 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。
- e. 易燃粉狀固體輸送、篩分之設備。
- f. 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。

第二百五十二條：『雇主對於有發生靜電致傷害勞工之虞之工作機械及其附屬物件，應就其發生靜電之部份施行接地，使用除電劑、或裝設無引火源之除電裝置等適當設備。』

(2)高壓氣體勞工安全規則

第九十二條：『對於高壓氣體之製造，於其生成、混合、加壓、減壓或灌裝之過程，應依照下列規定：

五、灌裝可燃性氣體時，應採取除卻該設備可能產生靜電之措施。』

第九十三條：『從事液化石油氣之灌裝應依下列規定：

七、灌裝高壓氣體時，應採取除卻該設備可能產生靜電之措施。』

第一百六十六條：『可燃性氣體之消費設備，應採取除卻設備可能產生靜電之措施。』

(3)爆竹煙火製造業安全衛生設施標準

第二十二條：『作業區各工作場所之傳動機械及其他足以產生靜電之設施，均應裝設接地線，其接地電阻以不超過 10 歐姆為準。』

(4)船舶清艙解體勞工安全規則

第二十八條：『六、禁止穿著或攜帶易產生靜電之衣服、履物或其他工具、器具。』

(5)中國國家標準

CNS 8878：防止靜電皮革製工作鞋及安全鞋

適用範圍：本標準適用於處理可燃性物質(固體、氣體、蒸氣、液體、粉塵等)、薄膜、各種塗裝機、電子零件等作業場所中，因作業人員帶靜電引起爆炸、火災、電擊等事故，或其他造成阻礙生產之原因所使用之防靜電用皮革製安全、工作鞋以下簡稱「靜電鞋」。

CNS 8312：織物及針織物帶電性檢驗法

適用範圍：本標準規定織物及針織物帶電性之檢驗法。

CNS 3364：穀倉火災與爆炸防止標準

11.4 靜電(Static Electricity)應以接地方式(Bonding or Grounding)以消除之。

CNS 2502：塑膠工業防止塵爆規章

1.2.3 易燃液體定義

液體由 NFPA 分為兩種，定義如下：

(1) 易燃液體 (flammable liquid) [8]：

閃火點低於 100° F (37.8°C) 且蒸氣壓在 100° F 時不超過 40 psi，即 I 級液體，I 級液體又可分為：

- a. IA 級：閃火點低於 73° F (22.8°C) 且其沸點低於 100° F。
- b. IB 級：閃火點低於 73° F 且沸點等於或高於 100° F。
- c. IC 級：閃火點等於或高於 73° F，並低於 100° F。

(2) 可燃液體 (combustible liquid) [8]：

閃火點等於或高於 100° F 並低於 200° F，分級如下：

- a. II 級：閃火點等於或高於 100° F (37.8°C)，並低於 140° F (60°C)。

b. IIIA 級：閃火點等於或高於 140° F (60°C) ，並低於 200° F (93.4°C) 。

c. IIIB：閃火點等於或高於 200° F (93.4°C) 。

1.2.4 閃火點定義

(1)液體之閃火點為能夠導致液體瞬間發火之最低溫度。一些蒸氣雖低於閃火點，但由於壓力過大而導致燃燒之危害。

(2)大部份共同使用之設備（用來決定閃火點）為 Tag Closed 測試器 用來測試低於 200° F 閃火點之液體，以及在 100° F 低於 45 SUS 之黏度（ASTM D-56）[9]。

(3)Pensky-Martens Closed Flash Tester 用來測試約 200° F 閃火點之液體，以及大於 45 SUS 之黏度（ASTM D-93）[9]。

(4)以“閉杯”為測試方法，如 Setaflash Closed Tester 用來測試渦輪燃料（ASTM D-3243）以及塗料、亮漆、油漆等等，閃火點介於 32° F ~230° F 之間（ASTM D-3278）[13]。

(5)Cleveland 開杯測試器一般使用在原油產物，除了汽油在開杯時，閃火點低於 175° F (79°C)（ASTM D-92）[10]。

(6)另一種類型為 Tag 開杯儀器（ASTM D-1310），通常使用在低閃火點液體，以及於槽體運輸使用時作測試[11]。

(7)於開杯狀態之閃火點，代表在同樣物質（液體）當中高於閉杯狀態之閃火點（通常高於 10%~20%）。當閃火點數據出現時，通常被認為是最初之“開杯”[12]。

1.3 研究動機與目的

由於現在國內只有一家全製程偏光板廠，而其面板廠卻有多家，現已有很多不管國內面板廠或國外偏光板，陸續紛紛於台灣設廠，未來台灣偏光廠要符合自己需求，將會有三至四間偏光板廠成立，而偏光板廠所使用之有機溶劑非常多，屆時溶劑作業區之靜電防範將成為非常重要的課題，也可能成為影響經濟發展的主因。此研究主要為選

擇風險分析之方法，並選出 HAZOP 風險分析之方法，分析出有機溶劑作業區之調膠室如何降低風險，並提出多項改善方法及方式可供各廠建廠及改善之參考。

1.4 預期成果

以危害與可操作分析(HAZOP)之風險分析方法，來評估其調膠室各製程節點之風險等級，再用以所挑選的改善方法將其風險等級降至可以接受之範圍，以降低靜電火災發生之機率。



第二章 一般靜電原理與理論

2.1 靜電產生原理

2.1.1 靜電的產生

在一般未帶電的原子中，帶負電的電子與帶正電的質子數量相同。不過，電子可能因某些特定的狀況，例如：機械、熱、或化學等因素而離開原子，造成正負離子的產生。在固體金屬導體中只有自由電子可以移動，而在氣體及液體中不管是電子或離子皆可以移動。主要來自於兩種不同物質的接觸及分離而產生靜電，當兩種物質接觸時，電子會從一邊移動至另一邊，當兩物質分離時，電子離開的一邊便帶正電，而接收電子的一邊帶負電，也許移動之電子只佔所有電子數目的數十萬分之一，但卻足以形成很大的靜電。如果兩個物質皆是良導體，則在尚未完全分離前移動的電子便會跑回原來的物質，因此兩個良導體的接觸與分離並不容易產生靜電，亦即兩個物質至少需有一為非導體方可以產生靜電。至於帶正、負電之物質則依物質種類而定，根據物質磨擦後產生正負電所排成之順序稱為磨擦帶電系列 (Triboelectric Series)，在表 2-1 中空氣為最高位，依序往下排，鐵氟龍為最低位。根據此表，當兩種物質磨擦時，位在表 2-1 中較上位者會帶正電，位在較下位者帶負電[2]。

表 2-1 磨擦帶電系列物質[2]

| | | |
|-------|------|-------|
| (帶正電) | 鋁 | 金、鉑 |
| 空氣 | 紙 | 硫磺 |
| 人的手 | 木棉 | 人造絲 |
| 石綿 | 鋼 | 聚酯 |
| 兔毛 | 木 | 明膠 |
| 玻璃 | 琥珀 | PU |
| 雲母 | 蠟 | 聚乙烯 |
| 尼龍 | 硬質橡膠 | 聚氯乙炔 |
| 毛皮 | 銅、鎳 | 矽 |
| 鉛 | 錫、銀 | 鐵弗龍 |
| 綢 | | (帶負電) |

2.2 靜電產生型式種類[5]

2.2.1 固體摩擦與剝離時產生靜電

塑膠、橡膠及化纖類都是絕緣電阻高的物質，很容易因磨擦與剝離而產生靜電，其靜電電位可能高達數 kV。事實上對地絕緣之導體一樣會儲存電荷，因此對於任何固體的磨擦與剝離皆應注意靜電的產生。圖 2-1 為固體接觸與分離產生靜電的示意圖。例如：皮帶、布、或紙張與驅動滑輪的接觸與剝離即會造成靜電荷的累積，其靜電之大小與驅動速度有關，速度越快靜電荷的累積速度亦愈快。人體在地毯上走動亦是接觸與分離的動作，靜電荷因此會在人體上累積。

2.2.2 粉體粒子碰撞產生靜電

在管子內高速流動與管壁碰撞的粉體粒子，將會產生非常高之靜電，在輸送帶、升降機、鼓風設備中時亦很容易產生靜電，例如塑膠粉末、化學粉末、金屬粉末、煤碳粉塵、穀物及其粉塵、食品粉末等在製造過程中的輸送皆會產生靜電。此外，塵埃、煙霧、水氣、雪、冰結晶體等與飛機在空中或地面的撞擊摩擦也會在飛機上累積靜電。

2.2.3 液體流動產生靜電

石油及其他絕緣性液體在輸送管中流動時，因液體與管壁反覆的發生接觸與分離過程而產生靜電，此時液體及管壁分別帶有不同極性之電荷。如液體的絕緣很高時，液體中之電荷會隨液體而流動，由於電荷的流動即為電流，此種電流稱為「流動電流(Streaming Current)」，此種靜電造成的災害為在有機溶劑及易燃化學品作業區最為常見的一種災害。

2.2.4 高壓氣體噴出時帶靜電

單純氣體由噴嘴噴出時並不太會帶靜電，但當氣體中含有固體粒子或露狀液體時就會帶靜電，例如：石化工業中高壓原料氣體洩漏，氮氣、液化石油氣由儲氣統噴出時多會帶有靜電，尤其是帶有碳粒時曾發生放電著火現象。

2.2.5 水或水汽噴射時帶靜電

水在噴出時如成為霧狀或水汽狀時就很容易帶靜電，例如以噴水沖洗儲油庫或油罐車時，帶靜電的水滴及水蒸汽會形成電荷雲，此電荷雲可能與油庫或油罐車發生放電現象，亦相當危險。

2.2.6 感應產生靜電

事實上只要帶有靜電荷即會在周圍產生靜電場，物體出現在靜電場內就會出現靜電感應現象，尤其應注意與大地絕緣的良導體因感應出現靜電時，需注意由感應靜電所造成的火花放電災害。例如：帶電之雲塊便會在大地、地上物、甚至飛行中之飛機感應出靜電，另外被搬運的物體如帶有電荷，則搬運車輛亦會感應出靜電。圖 2-2 說明靜電感應現象，帶電荷的物體會在臨近的物體上造成電荷的分離，靠近帶電荷物體會出現與該電荷不同極性之感應電荷。

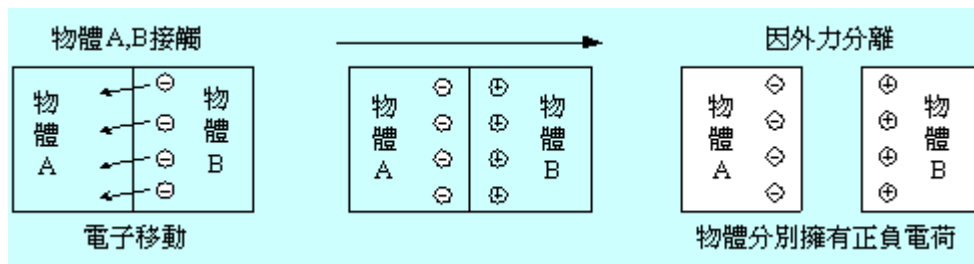


圖 2-1 固體接觸與分離產生靜電示意圖

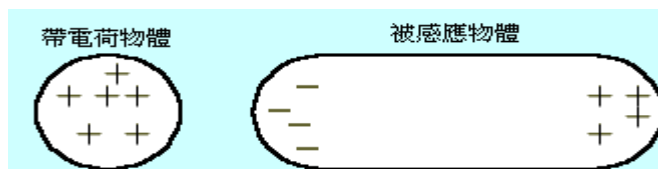


圖 2-2 靜電感應現象

當物體帶有靜電時，不同物體間便會產生作用力，相異的極性會產生吸引，相同極性會產生排斥力，因為靜電之作用力很小，只對較輕的物體產生作用。靜電的另一現象為放電現象，靜電的放電會由產生電暈放電開始，接著由電暈放電發展至為線條電暈，最後成為火花放電。圖 2-3 為由電暈放電發展至火花放電之情形。放電現象屬於絕緣破壞，只要帶電體所形成的電場強度達到絕緣破壞之程度就會發生放電現象。放電時會產生炸裂聲及發光，事實上炸裂聲及發光皆是能

量消耗的現象，儲存在帶靜電物體上之能量會因此而得到洩放。因靜電而儲存在物體的能量可以下式表示

$$E = \frac{1}{2}CV^2$$

其中 E 代表能量，單位為焦耳。



圖 2-3 電暈放電發展至火花放電之過程

2.3 靜電之防制項目說明

2.3.1 靜電感應(Electrostatic Induction)

一帶電荷物體在一鄰近物體上造成之電荷分離現象。

2.3.2 靜電接地(Static Grounding)

為導引物體中之電荷至大地以避免電荷累積所實施之接地。

2.3.3 靜電放電(Electrostatic Discharge)

因帶電荷物體所形成的電場使附近的氣體電離所產生的放電現象。

2.3.4 游離化(Ionization)

空氣分子在電場中出現電子離開分子造成正電荷分子與負電荷電子同時存在之現象。

2.3.5 最小點火能量(Minimum Ignition Energy)

能造成可燃物質起火燃燒、爆炸之最小靜電放電能量。

2.3.6 靜電消除器(Electrostatic Neutralizer)

產生游離空氣以中和物質中電荷或提供一路徑引導電荷至大地之設備，其靜電消除器應用在無塵室之工作桌、檢測機台、半導體設施等，因其靜電產生會造成品質之不良等，應用在有機溶劑作業區較為少見。

2.4 靜電造成的危害[6]

目前工業界所使用之絕緣材料品質越來越好，且為獲得較好的工作環境，通常皆有裝設空調設備，使濕度維持在較低的水準，這對絕緣電阻的維持有正面的效益，但卻會造成靜電不易消除的現象。隨著工業的發展，使用易燃物的場所越來越多，易燃物如遇到靜電放電現象所產生的危害通常是很嚴重的。此外，半導體裝置幾乎已使用於各個領域，由於半導體元件很容易受到靜電的影響，其結果除會對元件本身造成損壞外，亦可能因半導體裝置的誤動作造成財產及人員的傷害，因此靜電的危害範圍隨著工業的發展亦隨之擴大，表 2-2 為靜電災害成因分類。

靜電可能造成 (1)靜電電擊(2)火災及爆炸(3)產品品質不佳(4)絕緣設備破壞等影響，在此論文中主要討論有機溶劑、易燃化學品火災及爆炸之危害。

2.4.1 靜電電擊

累積在人體之電荷透過接地導體放電，或外界物體上之電荷透過人體對大地放電皆會產生放電電流，此電流之電流密度到達某一程度會使人有觸電之感覺，通常靜電電擊不致於造成重大傷害，但可能因觸電感導致由高處墜落、撞擊移動中設備、心臟休克、或誤操作設備造成二次災害。人員電擊主要發生在造紙、塑膠、紡織及印刷業等。

表 2-2 靜電災害成因分類[15]

| | | |
|-----------|----------|-------------|
| 造成災害的帶電物體 | 易產生靜電的製程 | 易因靜電著火的易燃物質 |
|-----------|----------|-------------|

| | | |
|---------|----------------|----------|
| 固定的機器裝置 | 輸送、粉體傳送、 | 液體、蒸氣 |
| 移動的機器裝置 | 捲送 | 瓦斯 |
| 粉液狀原料 | 乾燥、包裝、人員 換裝 | 飄浮粉體 |
| 加工物品 | 填灌、過濾、粉碎 | 溶劑與粉體混合物 |
| 人體 | 研磨、洗淨、印刷 | |
| 工作服 | 塗刷、噴漆 | |
| | 混合攪拌、揉搓 | |

2.4.2 產生火災及爆炸

靜電放電所產生之火花可能引起易燃氣體、液體或粉塵之起火燃燒爆炸，發生火災及爆炸對勞工安全危害極大，必須全力避免其發生。靜電放電導致火災及爆炸之發生需要有 4 個條件同時符合如下：

- (1) 產生靜電荷。
- (2) 儲存電荷使電位升高。
- (3) 足夠的點火能量儲存。
- (4) 在易燃之環境中發生火花放電。

雖然電荷能量累積至一定程度後皆會出現放電現象，但即使有放電現象，如所釋放出來的能量沒有達到物質著火時所需之最低能量，依然不會發生火災或爆炸，表 2-3 列出一些氣體及粉塵發生爆炸所需最小能量做為例子。另一方面，即使儲存之能量已足夠，但如沒有發生放電現象亦不會出現爆炸現象。此外，易燃氣體與空氣亦需在一定之混合比之內才會發生爆炸，亦即太高或太低之氣體混合比皆不易因微小之火花引燃爆炸，此種範圍，即是所稱的爆炸範圍，例如氫氣與空氣會發生爆炸之混合比上下限分別為 4% 及 75.6%，這上下限的範圍

即是爆炸範圍，不同的氣體混合有不同的混合比上下限。靜電引起之火災爆炸主要發生在有機溶劑作業、易燃性物質等作業，若現場有機濃度含量位於爆炸範圍內，又產生達到物質著火之最小放電能量，此災害將一發不可收拾。

2.4.3 產品品質不佳

靜電的作用力及放電兩種現象皆可能對產品造成影響，靜電作用力會使帶電體吸引粉塵微粒或其他雜質，以及兩帶電體間互相吸引或排斥，造成製程上的困擾而影響生產。靜電作用力會因吸引粉塵微粒使油墨印刷品質不佳，紙品及紡織品糾捲不清甚至扯破，以及因吸引雜質而污染成品。至於靜電的放電現象所產生的放電電流會造成半導體元件的破壞或誤動作，所產生的電磁波會干擾精密設備，甚至所產生的放電光芒亦可能造成影響。

表 2-3 氣體及粉塵發生爆炸所需要之最小能量[14]

| 揮發性物質 | 最小點火能量(mJ) | 粉塵物質 | 最小點火能量(mJ) |
|-------|-------------|------|------------|
| 航空汽油 | 0.2 | 鋁 | 50-280 |
| 乙烯 | 0.07-0.08 | 黑火藥 | 320 |
| 氫 | 0.011-0.017 | 巧克力粉 | 100 |
| 甲烷 | 0.28-0.39 | 軟木粉塵 | 35-45 |
| 丙烷 | 0.16-0.25 | 肥皂粉 | 60-960 |

2.4.4 絕緣設備破壞

絕緣輸送管所傳送之液體或電氣絕緣材料所支持之固體在累積電荷後，對地電壓亦會逐漸升高，當電壓到達一定程度後即可能穿透絕緣體進行放電，使絕緣材料發生針孔現象，而引發進一步的災害。

2.5 常見的靜電災害對策[6]

要產生靜電爆炸災害需要符合數項條件，因此可針對這些條件進行避免靜電災害發生的對策。通常在現場設備確定後，要避免靜電的

產生並不容易，因這可能需更改製程甚至設備。因此常見的靜電災害對策為：

2.5.1 消除電荷方法

利用方法將電荷疏通至大地或使正負電荷中和以避免電荷的持續累積，當靜電電壓無法達到放電電壓時，靜電災害即不會發生。較常使用的消除電荷方法有：

- a. 接地與連接(Grounding and Bonding)
- b. 濕度控制及增加導電性(Humidity Control and Conductivity Increment)
- c. 靜電消除器(Electrostatic Neutralizer)
- d. 導電性地板(Conductive Floor)
- e. 靜電鞋及靜電腳輪(Anti-static Footwear and Caster)

2.5.2 防止尖端放電

帶電荷物體的外表周圍如有突出尖端，則這些尖端較容易產生電暈放電，尤其當尖端部份之半徑在10mm以下時，放電的危險性即較高，因此最好減少易帶靜電物體之尖端，以降低放電的機率。

2.5.3 改善易燃及易爆環境

只要沒有易燃及易爆之環境，即使發生靜電放電現象，其危害也不會太大。要避免易燃及易爆環境之出現，對於易燃物之處理、工作流程、工廠設置、建築物構造、通風及氣流等皆需考量，在第四章中有進一步的探討。

第三章 風險分析研究方法

工業之高度發展，促使工業製程技術與規模日益更新與擴大，對於因儀器或裝置失常、人為操作錯誤、設計或管理失當等原因所造成的工業災變，其危害性亦隨之增大。例如印度 Bhopal 事件對生命財產所造成的傷害與損失令舉世震驚，民眾對大型工業之安全亦因疑慮而產生抗拒。

近年來，由於國內環境保護及勞工權益的意識高漲，民眾對於工業污染的容忍度亦隨之下降，因此工廠與社區糾紛不斷，亦唯有有效的製程安全控制及工廠安全衛生管理，才能徹底解決這種因工業發展所帶來的負面影響。近年來聯合國環境安全呼聲高漲，世界勞工組織亦揭櫫安全衛生應為開發國家的共同政策，安全技術與安全產品已是最新潮流，因此，工業界在安全、衛生與環保方面的投入與成效將是一項重要的指標，不久的將來，安全、衛生與環保計畫如執行不足，將可能會被視為規避該項必須的成本，而被視同不平等的貿易競爭，這些都是我國現階段致力於產業升級、貿易國際化、及增進勞工福祉之際所必須正視的問題。

1992 年美國 OSHA 公告施行「高危害性化學物質製程安全管理」法案，我國行政院勞工委員會亦於八十二年二月三日公佈施行「勞動檢查法」，其中第二十六條規定危險性工作場所須經審查或檢查合格方可使勞工在該場所作業。有關審查或檢查事項之「危險性工作場所審查暨檢查辦法」已於八十三年五月二日發佈，並於八十八年六月三十日依台八十八勞檢三字第〇〇二八三八二號令第二次修正，自八十九年六月三十日施行，因此事業單位應及早因應。

3.1 風險評估方法之選擇

目前常用之風險評估的方法有三種，危害可操作分析、故障樹分析、失誤模式與影響分析，以下將探討其三種方式優缺點，並選擇最適合調膠室的方法來進行風險分析。

3.1.1 故障樹分析

故障樹(fault trees)技術由於對於繁複系統具有多層面的分析，所以獲得人們相當的重視。這種技術是由貝爾電話實驗的華特森開發出

來，用以分析飛彈發射管制系統，其後又經該實驗室研究小組加以改進。其後故障樹技術由赫索領導在波音航空公司加以實施。1965年在西雅圖華盛頓大學舉行的安全研討會議中曾提出樹篇有關故障樹分析論文，這可算是一個轉捩點。此後經不少專家的努力，使此種技術得有更大的進步。

故障樹分析的一般程序及步驟：

- (1) 確定系統中不希望發生的事件，亦即所謂最終事件(top event)。
- (2) 通盤了解整個系統及其預定用途。
- (3) 找出導致系統故障的原因，並確定高階層的操作事件。另外在進行故障事件分析中，更要確定低階層事件相互關係所產生的影響。
- (4) 完成 1 至 3 步驟後，會出各輸入故障事件關係的故障樹圖。所有事件必須為明確的基本事件，而故障情形也必須相互獨立。

為求解最終事件的計量值，必須對於基本事件的故障機率、不可用度、故障率、修復率等有關數據先予擬定，同時還要確保故障樹不得有重複部分。對於故障樹分析嚴密而有系統的工作步驟，應具備下列各項：

1. 全系統的確定：

在故障樹分析中對於全系統的確定工作非常困難，通常一個系統是以功能佈置圖來表示，圖中說明各組件間功能關係。在繪製故障樹時最重要的是先建立整個系統的範圍，同時仍必須注意此項範圍不可與實物的範圍有所混淆。故障樹中最重要的一向範圍就中不良事件，這也就是系統的主要故障。同時為了使別人對於故障樹能充分了解，必須將全系統及故障樹所有假設情況逐項列明。

2. 故障樹的繪製：

故障樹繪製的主要目的，就是以圖形表示系統故障的原因，另外一可藉此圖形正確的看出系統缺點的所在。此種圖形亦可作為視覺的工具，用以溝通與協助達成設計因素的互換與系統的充實。通常分

析這在進行繪製系統故障樹以前應對系統能有全盤的了解。為提高故障樹的功能，分析檔案中應包括有關係統的說明。

3.故障樹的計量分析：

故障樹的計量分析主要是有關最終事件的可靠度數據，例如故障機率、故障率或修復率。首先要核計組件的參數，其次再算要徑，最後為最終事件。對於故障樹的計量分析，一般所使用的方法有以下兩種：

a. 蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo simulation method)：

蒙地卡羅模擬法是利用電算機進行故障樹的模擬。一般故障樹模擬常是模擬數千年或數百萬年工作紀錄的資料。

b. 數值分析法(analytical solution approach)：接進行計量分析所採用的分析法。

故障樹分析，所得結果不易核校很容易出錯而不知，且此法通常對於系統中組件只考慮妥善與故障兩種狀態，對於可能部分故障(partial failure)的組件應用困難。如包括多種共因故障在內，求解將極為不易。適用於統計實驗機率之場所，較不適用於製造工廠等場所，故失誤樹不適合用於調膠室內。

3.1.2 失誤模式與影響分析

FMEA 是一種辨識潛在的產品失誤模式的分析技術，目的在偵測可能導致意外或嚴重事件之失誤情況。FMEA 注重於單一失誤事件如何造成設計問題（如危害）。通常是將系統拆開成元件，並有系統地評估個別的潛在失誤或失誤影響。

FMEA 可以運用於整個系統、元件或次元件的設計。因為這方法通常是決定設計那裡需要改善最好的方法。因此，FMEA 通常可用在可靠度的分析。因為其注重於個別元件的失誤，因此通常也稱為“由下到上”的邏輯方法。

在工程師不確定可能會發生什麼問題，或小問題如何會變成大問題時，FMEA 是一個理想的分析方法。此技術可幫助決定特定潛在的問題應有多少的優先次序。當失誤間的相互作用不複雜，或當系統與硬體的問題發生非人為因素的機會較高時，FMEA 是強而有力的方法。作為安全分析的工具，FMEA 對總體風險具有量化的能力，這可減少在安全分析時許多主觀因素。

進行定量 FMEA 須要好的機率數據，而這些數據通常卻不存在或不易獲得。但一旦少了這些數據，分析品質或利用價值可能就大為降低。FMEA 一般不查看系統的連接與互動關係，或者多元 (multiple-element) 的失誤。最後，一個定量的 FMEA 的設計通常要到設計階段晚期才能達到成熟的地步。FMEA 對單一失誤有效，然而對失誤模式間的相互關係卻很難掌握。在適當的運用下，FMEA 可提供完整的失誤及結果辨識的方法。

FMEA 有著最大的缺點就是無法包括人為失誤，因為許多意外牽涉到人為失誤，而這個限制是相當關鍵。而尤於有機溶劑作業區及調膠室皆 24 小時人員操作，故 FMEA 不適合用於有機溶劑作業區之風險分析。

3.1.3 危害及可操作性分析

危害與可操作性分析其主要是將系統分為一系列的節點，並將系統的設計基線作為參數(這些參數可以是流量、溫度、壓力、液位、濃度、容量、人員操作、使用工具等)，再將偏離設計基線的狀況用引導語(如高、低、無、反向、錯誤等)來表示，從而推論出導致這些偏離狀態的原因，可能引起的影響，系統內的保護裝置或措施是否足夠，進而訂定改善措施或行動，以達到保障人員與設備安全的目的。進行危害與可操作性分析時首先需決定節點，通常是將系統內對特定適用的參數及其產生的影響相類似的一部份劃分為同一節點，如在儲存區內可以將一個儲槽，其連結的幫浦和連結的管線，當做一個節點。必須注意的是在進行分析時若發現同一節點可能導致不同的影響時，應將該節點的分析範圍再確定，不可混淆或模糊。

HAZOP 於 1960 年代，英國 ICI 公司為解決除草劑製造過程中的危害，而開始發展一套使用引導字為軸心的分析方法，以檢視設計的安全性以及危害的因果關係。此項發展一直持續到 1970 年代初期，而創

造出定性危害分析的新技術－危害與可操作性分析法（Hazard and Operability Studies，簡稱HAZOP），其後歷經ICI公司和英國化學工業協會（CIA）之大力推廣，此分析法逐漸由歐陸傳播至北美、日本及沙烏地阿拉伯等國家。

綜合上述三項項風險評估方法中其危害與可操作性分析是最適合用於調膠室且較為詳細的風險分析方法，可應用在定性和定量的分析，並且非常適合用於化學工廠、科技廠有使用化學品及有機溶劑工廠，其定性定量非常明確，且不完全是一個機率及可靠度的方法，超過所預期之風險則應立即改善使其風險降低至可接受等級。

分析方法選擇結果：

- 危害及可操作性分析
- 故障樹分析
- 失誤模式與影響分析

3.2 初步危害分析

通常在執行危害與可操作性分析之前會先以初步危害分析評估一個製程系統，是否具高度危害，若具高度危害，再使用更詳細的危害與可操作性分析方法，在本論文使用所有化工廠與電子工廠最常使用之製程設備相對危害等級分析方法，做為初步危害分析方法，評估之後再以危害與可操作性分析做為風險之評估。

製程設備相對危害等級分析乃是考量因製程設備化學物質外洩所造成之危害性大小的評估方法。此方法參照工研院環安中心所參考陶氏化學公司，所發展之化學曝露指數[3]之方法，尤於其法較適用於其無塵室內之半導體製程機台，故在此將結合個人光電廠之經驗，進行部份修正，以適合套用在有機溶劑作業區，以供日後分析者進行有機溶劑作業區之初步危害分析之評估準則及注意項目。

本方法考慮了五種因子，包括：物質本質危害(物質火災爆炸本質危害)、蒸氣量、通風系統、製程危害、人員/設備財產曝露。可利用其自製表格表 3-1 製程相對危害等級分析空白表作為分析之工具。參照其空白表、評估其初步危害分析之程序如下：

- (1)選擇一個具有潛在火災、爆炸危害之製程，在此選擇了有機溶劑之調膠製程中之甲苯及乙酸乙酯二項主要化合物，其使用之量佔調膠室之化學品之前二名，佔所有化學品80%以上，上其所需評估之基本資料如下表3-4調膠室化學品基本資料表所示。

- (2)辨識出該機台所使用之化學物質危害性最高之物質作為評估火災爆炸危害之物質。
- (3)根據火災爆炸危害指數所考慮之五項危害因子，分別評估每一項因子之危害等級。
- (4)辨識出該機台所使用之化學物質中易燃性最高之物質(甲苯、乙酸乙酯)作為評估火災爆炸危害之物質。
- (5)根據火災爆炸危害指數所考慮之五項危害因子分別評估每一項因子之危害等級。
- (6)將評估所得之五項危害等級數相乘，即可得到火災爆炸危害指數。
- (7)根據表3-2可將火災爆炸危害指數轉換為火災爆炸危害等級。
- (8)火災爆炸危害等級即為其製程設備相對危害等級為設備相對危害等級。
- (9)根據表3-3可將製程設備相對危害等級對應出此製程之危害程度。

以下將說明火災爆炸危害指數的決定方法。

表 3-1 製程相對危害等級分析空白表

| | |
|--------------------|--------|
| 廠房： | 評估人員： |
| 模組： | 可燃性物質： |
| 設備： | 火災爆炸危害 |
| 1. 物質火災爆炸本質危害(0-4) | |
| 2. 蒸氣量(1-4) | |
| 3. 通風系統(1-3) | |
| 4. 製程危害(1-4) | |
| 5. 設備財產曝露(1-3) | |
| 火災爆炸危害指數 | |
| 火災爆炸危害等級(0-4) | |
| 機台相對危害等級(0-5) | |
| 機台危害程度 | |
| 改善建議/補充說明： | |

表 3-2 原始火災爆炸危害等級表

| 火災爆炸危害指數範圍 | 火災爆炸危害等級 |
|------------|----------|
| 0-10 | 0 |
| 11-35 | 1 |
| 36-60 | 2 |
| 61-80 | 3 |
| 大於 80 | 4 |

其由於調膠室為大量儲存之有機溶劑場所，危險性較高，故調整其點數向下修正，其 100 點修正為 80 點，訂定較嚴格之範圍以供爾後風初步危害分析之依據，如上表所示。

表 3-3 設備危害程度表

| 機台相對危害等級範圍 | 危害程度 |
|------------|------|
| 0-1 | 低度 |
| 2-3 | 中度 |
| 4 | 高度 |

3.2.1 火災爆炸危害指數

(1) 物質火災爆炸本質危害

取物質之危害等級中的易燃性質為其因子值，其數值範圍為 0~4，數值愈大代表危害性愈高。表、為調膠室化學品甲苯、乙酸乙酯之基本資料表，再依此資料表按照表 5-5 決定其易燃質值。

表 3-4 調膠室化學品基本資料表

| | 甲苯 | 乙酸乙酯 |
|-----|---------|---------------|
| 英文名 | Toluene | Ethyl acetate |
| 閃火點 | 4°C | -4°C |
| 沸點 | 110.6°C | 77°C |

表 3-5 易燃性質分析表

| | |
|---|---|
| 4 | 1. 易燃性氣體。 2. 自燃性物質。 3. 閃火點 < 22.8°C 且沸點 < 37.8°C (100°F) 之物質。 |
| 3 | 1. 閃火點 < 22.8°C 且沸點 ≥ 37.8°C (100°F) 之液體。 2. 閃火點 ≥ 22.8°C (73°F) 且沸點 < 37.8°C (100°F) 之液體。 |
| 2 | 37.8°C (100°F) < 閃火點 < 93.4°C |

| | |
|---|--------------------------|
| | (200°F)之液體。 |
| 1 | 閃火點 > 93.4°C (200°F)之液體。 |
| 0 | 非可燃性。 |

(2)蒸氣量

其內容設計如下說明所示：

若物質火災爆炸本質危害考量反應性，則蒸氣量取其最大洩漏量。

選擇物質在可能之最壞狀況20分鐘內會以氣態洩漏或蒸發的最大量，由於其調膠之空檔時間為20分鐘，故取其20分鐘當做最大量之洩漏或蒸發之基準。選擇可能之壓力、溫度、機械故障、失控反應、污染或人為失誤的最壞狀況，但不要任意假設100%的內含物在20分鐘內會洩漏完並完全蒸發。危害因子依下列範圍來指定其等級數：

依下列範圍來指定其等級數：

等級4—大於5kg，其有機溶劑洩漏5公斤時，其現場之濃度已達到爆炸之界限，極易遇火源而造成火災。

等級3—1~5kg

等級2—100g~999g

等級1—小於100g



(3)通風系統

洩漏物質之擴散直接受到通風系統的影響，若通風狀況良好，則調膠室內之有機溶劑之濃度會明顯降低，較不易產生著火源。危害因子依下列範圍來指定其等級數：

表3-6通風系統級數分類表

| | |
|-------|---|
| 等級2 | 一般室內作業場所，如化學品庫房、化學作業區等，室之所以等級高，仍是因為其危害較為嚴重。 |
| 等級1.5 | 氣流可從側面之回風系統排出，因此洩漏的物質易被稀釋且不易滯留。 |
| 等級1 | 室外作業或洩漏的物質易被稀釋且不易滯留。 |

(4)製程危害

內容要求如下說明所示：

- 系統之壓力超過1 kg/cm² (絕對大氣壓)，因子值取2，因為其有壓力狀況下有有機溶劑之揮發速率變快一倍以上且濃度亦較高。
- 若物質在100°C以下為熱不安定或可能具有熱不安定性，或與一般物質如空氣、水或其他可能之污染物等接觸會起反應或有不相容性會增加其蒸氣產生，則因子值取2。

c. 若物質於製程設備為液態且有加熱裝置，則因子值取2，因為其加熱裝置若失控則極可能成為其火源或使蒸氣快速。

若有上述a. b. c之兩種因子存在，因子值取3；若有上述三種因子存在，因子值取4；若上述因子均不存在，則因子值取1。

(5)人員/設備財產曝露

內容要求如下說明所示：

為考量所評估的單元或設備發生洩漏時，附近人員曝露的可能。危害因子依下列範圍來指定其等級數：

等級3—一天24小時皆有作業人員、維修人員或其他相關人員工作。

等級2—有部分作業人員在內工作，且維修人員須執行維護保養工作。

等級1—化學品庫房內作業人員需更換化學品，有一些例行性操作。

3.2 初步危害分析結果

本次針對10間調膠室進行初步危害分析，由於其使用之化學品皆為相同，甲苯及乙酸乙酯使用量皆超過全部使用量之80%，其在甲苯評估方面在五項因子評估結果如下：(1)物質火災爆炸本質危害：甲苯閃火點為4°C遠小於22.8°C，故此項點數評為4點(2)蒸氣量：由於現場使用皆為180公升桶，其儲存量大，故其蒸氣洩漏或不慎洩漏則會大於10 kg以上，故此項點數評為4點(3)通風系統：調膠室位於一般室內通風系統，故其點數評為2點，(4)製程危害：其製程中其壓力儲槽內之壓力約為1.5 kg/cm²大於1 kg/cm²另外其於製程設備為液態且有加熱裝置，綜合以上二種情形，故將其點數評為3點，(5)調膠室為全天24小時工作，故將其點數評為3點。將其五項之點數相乘所得之點數為288點，大於100點，如表3-7所示，故此作業區屬於高度危害之區域。

在乙酸乙酯部份，評估方面在五項因子評估結果如下：(1)物質火災爆炸本質危害：乙酸乙酯閃火點為-4°C遠小於22.8°C，故此項點數評為4點(2)蒸氣量：由於現場使用皆為180公升桶，其儲存量大，故其蒸氣洩漏或不慎洩漏則會介於1-10 kg以上，故此項點數評為3點(3)通風系統：調膠室位於一般室內通風系統，故其點數評為2點，(4)製程危害：其製程中其壓力儲槽內之壓力約為2kg/cm²大於1.75kg/cm²另外其於製程設備為液態且有加熱裝置，綜合以上二種情形，故將其點數評為3點，(5)調膠室為全天24小時工作，故將其點數評為3點。將其五項之點數相乘所得之點數為216點，大於100點，如表3-8所示，故此作業區屬於高度危害之區域。

綜合以上二項化學品所使用之調膠室初步危害評估結果，其點數皆大於100點，屬於高度之危險場所，建議進行較為詳細的分析方法危害與可操作性分析(HAZOP)。再經由危害與可操作性分析(HAZOP)之較高危害風險之項目，於調膠室加以改善，以期能將其火災風險降至可接受之風險。

表 3-7 製程相對危害等級結果分析表-甲苯

| | |
|---|----------|
| 廠房:一廠 | 評估人員:陳致平 |
| 模組:塗佈區 | 可燃性物質:甲苯 |
| 設備:調膠機台 | 火災爆炸危害 |
| 1. 物質火災爆炸本質危害(0-4) | 4 |
| 2. 蒸氣量(1-4) | 4 |
| 3. 通風系統(1-3) | 2 |
| 4. 製程危害(1-4) | 3 |
| 5. 設備財產曝露(1-3) | 3 |
| 火災爆炸危害指數 | 288 |
| 火災爆炸危害等級(0-4) | 4 |
| 機台相對危害等級(0-5) | 4 |
| 機台危害程度 | 高度危害 |
| <p>改善建議/補充說明:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議進行較為詳細的分析方法危害與可操作性分析。 2. 再經由危害與可操作性分析之較高危害風險之項目，於調膠室加以改善，以期能將其火災風險降至可接受之風險。 | |

表 3-8 製程相對危害等級結果分析表-乙酸乙酯

| | |
|---|------------|
| 廠房:一廠 | 評估人員:陳致平 |
| 模組:塗佈區 | 可燃性物質:乙酸乙酯 |
| 設備:調膠機台 | 火災爆炸危害 |
| 1. 物質火災爆炸本質危害(0-4) | 4 |
| 2. 蒸氣量(1-4) | 3 |
| 3. 通風系統(1-3) | 2 |
| 4. 製程危害(1-4) | 3 |
| 5. 設備財產曝露(1-3) | 3 |
| 火災爆炸危害指數 | 216 |
| 火災爆炸危害等級(0-4) | 4 |
| 機台相對危害等級(0-5) | 4 |
| 機台危害程度 | 高度危害 |
| <p>改善建議/補充說明:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議進行較為詳細的分析方法危害與可操作性分析。 2. 再經由危害與可操作性分析之較高危害風險之項目，於調膠室加以改善，以期能將其火災風險降至可接受之風險。 | |

3.4 危害與可操作分析

危害與可操作分析法的評估之程序如下：

- (1) 在公司內選擇一個具有潛在火災、爆炸危害之高危害的製程，在前面初步危害評估已確認其調膠室為高危害製程。
- (2) 繪製此調膠作業區之詳細流程圖，如圖 3-1 所示，包含人員操作、原物料桶、電子磅秤、空桶填裝、填加之化學品及方式、攪拌電動馬達、氣動泵浦、混合桶、儲存桶槽、關閉閥、逆止閥、加熱裝置、流量計等相關節點。
- (3) 此次選定調膠室做為 HAZOP 之製程設備，故將整個設計圖分為二個節點，一為人員載送原物料(a)至填加硬化劑及其他化學品之攪拌設備(g)，另一節點為自攪拌設備(g)至送至塗頭區塗佈至膠膜上(j)，如圖 3-1 所示。
- (4) 依照危害與可操作分析引導語，依照公司內的調膠室製程特性，找出適用此製程之製程偏離引導字共 19 項，如表 3-9 適用調膠室之製程偏離引導字。
- (5) 設計圖之每一個節點依照其製程偏離引導字，執行詳細的危害與可操作分析(HAZOP)。
- (6) 將其製程偏離引導字與節點結合，並設針適合調膠室使用之危害與可操作性分析工作表，如表 3-9 所示。
- (7) 再按照適合調膠室的表 3-10 後果嚴重度評估點數表，將環境衝擊、人員傷亡、財物損失、生產損失四個點數相乘，所得總數，依照表 3-11 嚴重度點數對照表，對照出嚴重程度，
- (8) 另外對照適合調膠室的表 3-12 後果可能性評估點數表，對照出其後果可能生之點數。
- (9) 將其嚴重程度與後果可能生對照之點數，依照表 3-13 風險分級表，判定其改善標準，如下說明所示：

- a 級-不能接受，應儘速改善，以使風險等級降至 c 級或 c 級以下。
- b 級-不宜接受，合理期限前改善，以使風險等級降至 c 級以下。
- c 級-條件接受，存在適當之程序、控制與安全防護。
- d 級-現況接受，無須採取任何措施。
- e: 無明顯危害，無須採取任何措施。

表 3-9 選出適用調膠室之製程偏離引導字

| 項目 | 製程偏離引導字 |
|----|------------|
| 1 | 人員操作錯誤 |
| 2 | 手工具錯誤 |
| 3 | 泵浦高流量 |
| 4 | 管線高壓 |
| 5 | 管線低壓 |
| 6 | 高溫 |
| 7 | 低溫 |
| 8 | 高液位 |
| 9 | 閥件錯誤 |
| 10 | 現場環境高濃度 |
| 11 | 破裂/洩漏 |
| 12 | 設備未接地 |
| 13 | 管線未接地 |
| 14 | 液位計失效 |
| 15 | 取樣液外洩 |
| 16 | 供藥管線高流量 |
| 17 | 排氣系統低/無流量 |
| 18 | 流動方向錯誤 |
| 19 | 環境設備人員使用錯誤 |

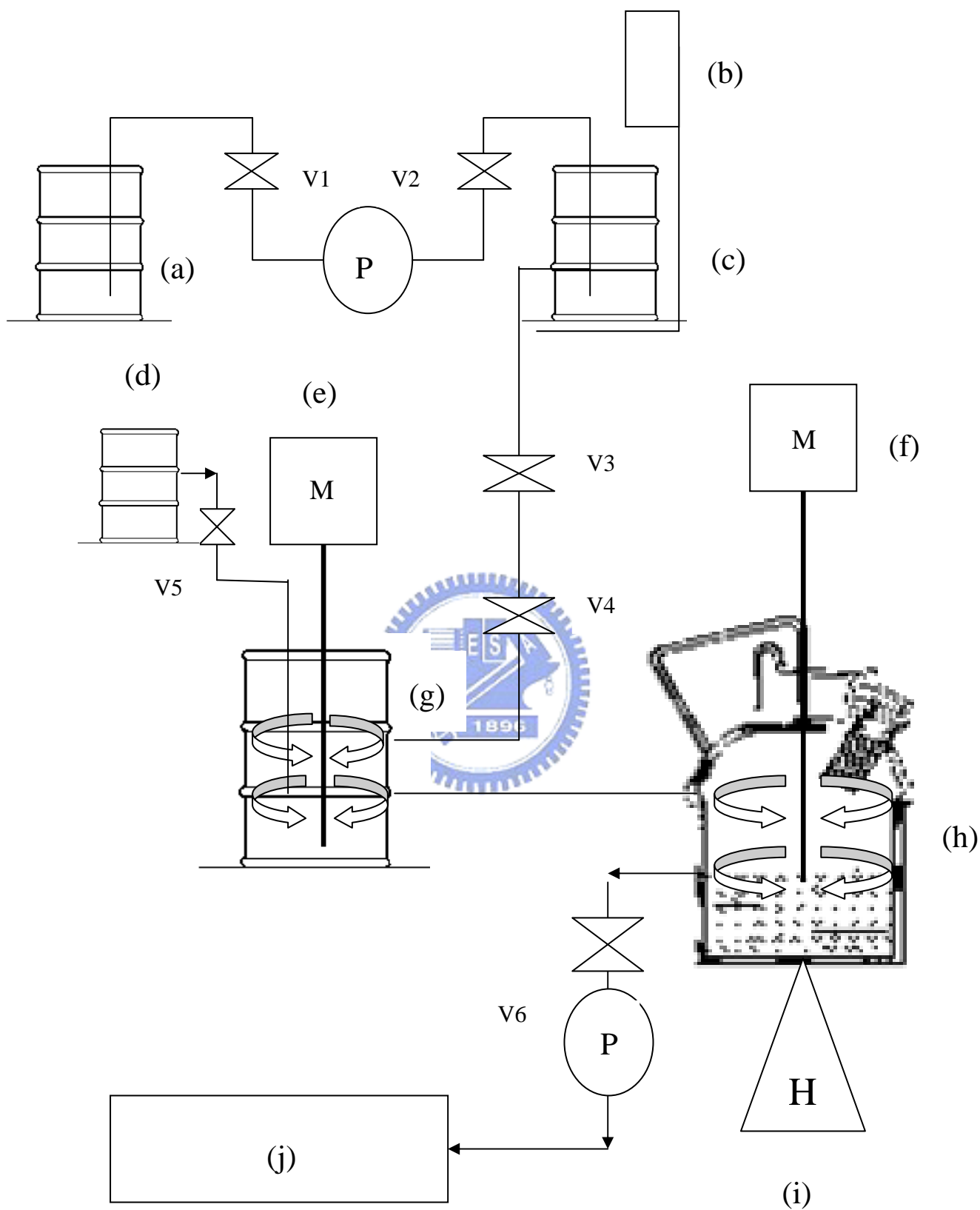


圖 3-1 調膠室製程設備設計圖

表 3-10 適用調膠室之後果嚴重度評估點數表

| 環境衝擊 | 點數 | 人員傷亡 | 點數 | 財物損失 | 點數 | 生產損失 | 點數 |
|----------|----|--------|----|-------------|----|-------|----|
| 及於整個廠區 | 5 | 一死亡或三傷 | 5 | 100 萬元以上 | 5 | 停工五天 | 5 |
| 及於廠區某一區域 | 4 | 永久失能 | 4 | 50-100 萬元以上 | 4 | 停工三天 | 4 |
| 及於整個調膠室 | 3 | 暫時失能 | 3 | 10-50 萬元以上 | 3 | 停工一天 | 3 |
| 及於該設備附近 | 2 | 醫療傷害 | 2 | 10 萬元以下 | 2 | 短暫停機 | 2 |
| 無明顯危害 | 1 | 無明顯危害 | 1 | 無明顯危害 | 1 | 無明顯危害 | 1 |

修正上表之項目為及於廠外部份改為及於整個廠內，尤於其調膠室為廠內之一區域，要及於廠外機率非常低，故變更，於財物損失部份，因為其調膠室之設備購置費用不高並不像半導體機台設備金額龐大，皆不超過一百萬元，故修正 500 萬元為 100 萬元，各點數之財物損失也往下修正。於生產損失部份，若發生小火災其停工時間不同於無塵室內之機台之停機時間，調膠室可非常短暫馬上恢復生產，故將其停工二週改為五天，其餘點數也向下修正。

表 3-11 適用調膠室之後果嚴重度點數對照表

| 評估點數範圍 | 嚴重度 |
|---------|-----|
| 200-625 | A |
| 81-199 | B |
| 30-80 | C |
| 5-29 | D |
| 0-4 | E |

表 3-12 後果可能性評估點數

| 評估點數 | 後果可能性 |
|------|--|
| 1 | 經常的，相似工場操作中，一年一次或數次 |
| 2 | 可能的，相似工場操作中，約一年至三年發生一次，或三家相似工場一年至少發生一次以上 |
| 3 | 也許的，相似工場操作中，約四年至五年以上發生一次，或五家相似工場一年發生一次以上 |
| 4 | 稀少的，相似工場操作中，約六年至十年以上發生一次，或百家相似工場一年發生一次以上 |
| 5 | 極少的，不大可能發生 |

由於國內其他公司新興尚未有調膠室之製程災害案例出現，但以化工廠之機率則相當高，故設計出此表。

表 3-13 風險分級表

| 後果嚴重性 | 後果可能性 | | | | |
|-------|-------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | a | a | b | c | d |
| B | a | b | c | d | d |
| C | c | c | d | d | d |
| D | d | d | d | d | d |
| E | e | e | e | e | e |

表 3-14 危害與可操作性分析工作表(1)

| 製程名稱:調膠前製程 | | | | | | | | |
|--|--------|---|---|---|-----|-----|------|--|
| 研討節點描述: 調膠管路(a)-(g) | | | | | | | | |
| 所含管線與設備編號:人員操作、原物料桶、逆止閥、氣動泵浦、開閉閥、混合桶、電子磅秤、流量計、關閉閥、攪拌器馬達、其他化學品物料(硬化劑)、關閉閥 | | | | | | | | |
| 設計目的: 供應塗膠室之黏著膠 | | | | | | | | |
| 項目 | 製程偏離 | 可能原因 | 可能後果 | 防護措施 | 嚴重性 | 可能性 | 風險等級 | 改善建議 |
| 1 | 人員操作錯誤 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 操作時使用電子產品。 2. 儲存區膠桶未接地。 3. 操作設備時未接地。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 產生靜電火花,造成有機溶劑因其火源形成火災。 2. 影響生產。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 教育訓練人員小心操作,訂立標準作業程序 SOP。 2. 有火警探測器。 | A | 2 | a | <ol style="list-style-type: none"> 1. 於操作區張貼禁止使用電子產品等警告標語。 2. 強制接地,其接地與泵浦連動,未接地時無法啟動泵浦以防呆。 3. 建議加裝自動滅火設備。 |
| 2 | 手工具錯誤 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 未使用防爆型手工具。 2. 使用手工具不慎撞擊。 3. 手電筒為非防爆 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 手工具撞擊造成火花,引燃有機溶劑造成火災。 2. 手電筒電路走火,形成引燃有機溶劑之火源。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 教育訓練人員小心操作,訂立訂立標準作業程序 SOP。 2. 有火警探測器。 | A | 2 | a | <ol style="list-style-type: none"> 1. 一律評估使用防爆型手工具例如鉗子、板手、老虎鉗、鏢絲起子。 |

| | | | | | | | | |
|---|-------|----------------------|--|------------------------------------|---|---|---|----------------------------------|
| | | 型手電筒。 | 3. 影響生產。 | | | | | 2. 建議使用防爆型手電筒。 3. 建議加裝自動滅火設備。 |
| 3 | 泵浦高流量 | 1. 泵浦供應異常高流量。 | 1. 泵浦供應過多，洩漏出來，造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 使用泵浦時，人員會在現場檢查，已訂立訂立標準作業程序 SOP。 | D | 1 | d | 1. 建議加裝液位偵測器，若供給過多時可以即時的停止泵浦運作。 |
| 4 | 管線高壓 | 1. 管線阻塞，壓力過大而管路破裂洩漏。 | 1. 管路洩漏，造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 定期保養管路並定期使用藥劑清洗管路。 | D | 2 | d | 無 |
| 5 | 管線低壓 | 無重大發現 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 高溫 | 此段節點未有加熱系統 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 低溫 | 無重大發現 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 高液位 | 1. 人員不慎造成高液位化學品洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 人員會於現場檢查液位高度，已訂立訂立標準作業程序 SOP。 | D | 2 | d | 1. 建議加裝超音波超音波液位偵測器， |
| 9 | 閥件錯誤 | 1. 閥件動作錯誤，造成高液位化學品洩 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 | 1. 人員會於現場檢查液位高度，已訂立訂立標準作業程 | D | 1 | d | 1. 建議加裝超音波液位偵測器， |

| | | | | | | | | |
|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 漏。 | 2. 影響生產 | 序 SOP。 | | | | |
| 10 | 現場環境高濃度 | 1. 有機溶劑洩漏揮發。 2. 現場加熱器過熱造成有機溶劑蒸發。 3. 調膠時攪拌過度造成高濃度。 | 1. 使用周界有機溶劑濃度曝露於爆炸及燃燒範圍，一有火源即造成火災。 2. 人員曝露於高濃度之環境影響人員健康。 | 1. 人員一察覺到濃度過高即檢查相關管路及設備有無洩漏並訂立標準作業程序 SOP。 | A | 2 | a | 1. 現場之調膠室及儲膠區設置有機濃度偵測器，一有濃度超過標準即發出警報。 |
| 11 | 破裂/洩漏 | 1. 其桶槽、液位計損壞時造成洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 液位計定期檢查。 2. 定期檢查並訂立標準作業程序 SOP。 | D | 1 | d | 無 |
| 12 | 設備未接地 | 1. 接地設備故障例：銅牌、接地箱、線路、靜電夾。 2. 人員疏失未接地。 | 1. 產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 1. 訂立標準作業程序 SOP，使用時一定要使用接地並檢查。 | A | 2 | a | 1. 定期檢查及量測接地設施、銅牌、接地箱電阻、線路及靜電夾是否正常運作。 2. 設立防呆機制，若未接地即發出警報。 |
| 13 | 管線未接地 | 1. 接地設備故障例：銅牌、接地箱、跨接線路。 2. 人員疏失未接地。 | 1. 有機溶劑流動帶電產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 1. 訂立標準作業程序 SOP，使用時一定要使用接地並檢查。 | A | 2 | a | 1. 定期檢查及量測接地設施、銅牌、接地箱、跨接線路是否正常運作。 |

| | | | | | | | | |
|----|------------|---|--|-----------------------------|---|---|---|--|
| | | | | | | | | 2. 設立防呆機制，若該接地而未接地即發出警報。 |
| 14 | 液位計失效 | 1. 液位計故障造成洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 定期檢查液位計。 | D | 2 | d | 無 |
| 15 | 取樣液外洩 | 1. 取樣時造成原物料外洩。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 宣導人員取樣時小心，並訂立標準作業程序 SOP。 | E | 2 | e | 無 |
| 16 | 供藥管線高流量 | 1. 管路及閥件控制異常高流量造成原物料外洩。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 定期檢查管路及閥件。 | D | 2 | d | 無 |
| 17 | 排氣系統低/無流量 | 1. 排氣系統或閥門故障而造成低/無流量排氣。 | 1. 使周界有機溶劑濃度曝露於爆炸及燃燒範圍，一有火源即造成火災。 2. 人員曝露於高濃度之環境影響人員健康。 | 1. 定期檢查排氣系統及閥件。 | A | 2 | a | 1. 加裝低/無流量排氣系統警報裝置。 |
| 18 | 流動方向錯誤 | 1. 輸送化學藥劑流向錯誤。 2. 管路卸接錯誤。 | 1. 造成浪費原物料及影響生產。 | 無 | D | 2 | d | 無 |
| 19 | 環境設備人員使用錯誤 | 1. 人員未穿著抗靜電絕緣鞋。 2. 調膠室地板未鋪設抗靜電地板。 3. 未使用防爆型燈具、開關等防爆 | 1. 產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 無 | A | 2 | a | 1. 人員未穿著抗靜電絕緣鞋。 2. 調膠室地板鋪設抗靜電地板。 3. 全面使用防爆型設備。 |

| | | | | | | | | |
|--|--|---------------------|--|--|--|--|--|---|
| | | 型之物品。 4. 人員進出複雜。 | | | | | | 4. 於所以出入口 設置警報設備人 員出入及門未關 即發出警報。 |
|--|--|---------------------|--|--|--|--|--|---|

表 3-15 危害與可操作性分析工作表(2)

| 製程名稱:調膠後製程 研討節點描述: 調膠管路(g)-(j) 所含管線與設備編號:逆止閥、氣動泵浦、儲存桶、電子磅秤、液位計、攪拌器馬達、加熱器、逆止閥、氣動泵浦、塗膠室 設計目的: 供應塗膠室生產線之黏著膠 | | | | | | | | |
|---|--------|--------------------------------|--|------------------------------------|-----|-----|------|---------------------------------|
| 項目 | 製程偏離 | 可能原因 | 可能後果 | 防護措施 | 嚴重性 | 可能性 | 風險等級 | 改善建議 |
| 1 | 人員操作錯誤 | 1. 人員閥件開閉錯誤造成洩漏。 2. 溫度設定錯誤。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 教育訓練人員小心操作， 訂立標準作業程序 SOP。 | D | 1 | d | 無 |
| 2 | 手工具錯誤 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 泵浦高流量 | 1. 泵浦供應異常高流量。 | 1. 泵浦供應過多，洩漏出來，造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 使用泵浦時，人員會在現場檢查，已訂立訂立標準作業程序 SOP。 | D | 1 | d | 1. 建議加裝液位偵測器，若供給過多時可以即時的停止泵浦運作。 |
| 4 | 管線高壓 | 1. 管線阻塞，壓力過大而管路破裂洩漏。 | 1. 管路洩漏，造成環境之污染及浪費原物料。 | 1. 定期保養管路並定期使用藥劑清洗管路。 | D | 2 | d | 無 |

| | | | | | | | | |
|----|---------|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------|
| | | | 2. 影響生產 | | | | | |
| 5 | 管線低壓 | 無重大發現 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 高溫 | 1. 加熱器控制失效 2. 加熱器控制錯誤 | 1. 產生高溫引燃有機溶劑形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 1. 定期檢查加熱器溫度控制及校正。 2. 設有過溫保護保險絲 | A | 3 | b | 1. 加裝過溫警報，人員可以馬上處理。 |
| 7 | 低溫 | 1. 加熱器控制失效 2. 加熱器控制錯誤 | 1. 影響品質及生產。 | 1. 定期檢查加熱器溫度控制及校正。 | - | - | - | 無 |
| 8 | 高液位 | 1. 人員不慎造成高液位化學品洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 人員會於現場檢查液位高度，已訂立訂立標準作業程序 SOP。 | D | 2 | d | 1. 建議加裝超音波超音波液位偵測器，液位至 High 時即發出警報。 |
| 9 | 閥件錯誤 | 1. 閥件動作錯誤，造成高液位化學品洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 人員會於現場檢查液位高度及閥件作動狀況，已訂立訂立標準作業程序 SOP。 | D | 2 | d | 1. 建議加裝超音波液位偵測器，液位過高即發出警報， |
| 10 | 現場環境高濃度 | 1. 有機溶劑洩漏揮發。 2. 現場加熱器過熱造成有機溶劑蒸發。 3. 調膠時攪拌過度造成高濃度。 | 1. 使用周界有機溶劑濃度暴露於爆炸及燃燒範圍，一有火源即造成火災。 2. 人員曝露於高濃度之環境影響人員健康。 | 1. 人員一察覺到濃度過高即檢查相關管路及設備有無洩漏並訂立標準作業程序 SOP。 | A | 2 | a | 1. 現場之調膠室及儲膠區設置有機濃度偵測器，一有濃度超過標準即發出警報。 |
| 11 | 破裂/洩漏 | 1. 其桶槽、液位計、管線損壞時造成 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 | 1. 液位計及桶槽定期檢查。 2. 定期檢查並訂立標準作業 | D | 2 | d | 無 |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|--|--------------------------------|---|---|---|---|
| | | 洩漏。 | 2. 影響生產 | 程序 SOP。 | | | | |
| 12 | 設備未接地 | 1. 接地設備故障例：接地箱、線路、閥件跨接。 2. 人員疏失未接地。 | 1. 產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 1. 訂立標準作業程序 SOP，使用時一定要使用接地並檢查。 | A | 2 | a | 1. 定期檢查及量測接地設施、銅牌、接地箱電阻、線路及靜電夾是否正常運作。 2. 設立防呆機制，若未接地即發出警報。 |
| 13 | 管線未接地 | 1. 接地設備故障例：銅牌、接地箱、跨接線路。 2. 人員疏失未接地。 | 1. 有機溶劑流動帶電產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 1. 訂立標準作業程序 SOP，使用時一定要使用接地並檢查。 | A | 2 | a | 1. 定期檢查及量測接地設施、銅牌、接地箱、跨接線路是否正常運作。 2. 設立防呆機制，若該接地而未接地即發出警報。 |
| 14 | 液位計失效 | 1. 液位計故障造成滿溢洩漏。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 定期檢查液位計。 | D | 2 | d | 無 |
| 15 | 取樣液外洩 | 1. 取樣時造成原物料外洩。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 宣導人員取樣時小心，並訂立標準作業程序 SOP。 | E | 2 | e | 無 |

| | | | | | | | | |
|----|------------|--|--|-----------------|---|---|---|---|
| 16 | 供藥管線高流量 | 1. 管路及閥件控制異常高流量造成原物料外洩。 | 1. 造成環境之污染及浪費原物料。 2. 影響生產 | 1. 定期檢查管路及閥件。 | D | 2 | d | 無 |
| 17 | 排氣系統低/無流量 | 1. 排氣系統或閥門故障而造成低/無流量排氣。 | 1. 使周界有機溶劑濃度曝露於爆炸及燃燒範圍，一有火源即造成火災。 2. 人員曝露於高濃度之環境影響人員健康。 | 1. 定期檢查排氣系統及閥件。 | A | 3 | b | 1. 加裝低/無流量排氣系統警報裝置。 |
| 18 | 流動方向錯誤 | 1. 輸送化學藥劑流向錯誤。 2. 管路卸接錯誤。 | 1. 造成浪費原物料及影響生產。 | 無 | D | 2 | d | 無 |
| 19 | 環境設備人員使用錯誤 | 1. 人員未穿著抗靜電絕緣鞋。 2. 儲膠室地板未鋪設抗靜電地板。 3. 未使用防爆型燈具、開關等防爆型之物品。 4. 人員進出複雜。 | 1. 產生靜電火花形成有機溶劑火災。 2. 影響生產。 | 無 | A | 2 | a | 1. 人員未穿著抗靜電絕緣鞋。 2. 調膠室地板鋪設抗靜電地板。 3. 全面使用防爆型設備。 4. 於所以出入口設置警報設備人員出入及門未關即發出警報。 |

3.4 危害與可操作分析 HAZOP 分析結論與建議

此次之危害與可操作分析 HAZOP 分析計畫主要針對高危害場所調膠室做細部分析，在調膠製程設備中，先前準備工作如分析前的設計、規劃及紀錄之整理，須先安排妥當，而在真正開始進行分析時，對於各項裝置、各項操作設備、管線、電路需先熟悉清楚，並搭配各調膠室有效的排程，實屬不易。

在第一節點調膠管路設備(a)-(g)中，其設計用途為調膠室之前製程，主要將每桶之膠調配為製程所需之黏著膠調配完成進行儲存，以批次儲存方式儲存至儲膠區處理。評估結果如表 3-14 所示，在此節點選出了 19 個製程偏離引導字，人員操作錯誤、手工具錯誤、泵浦高流量、管線高壓、管線低壓、高溫、低溫、高液位、閥件錯誤、現場環境高濃度、破裂/洩漏、設備未接地、管線未接地、液位計失效、取樣液外洩、供藥管線高流量、排氣系統低/無流量、流動方向錯誤、環境設備人員使用錯誤，其中有 7 種製程偏離後果嚴重度評分為 375 分，介於 200-625 分，嚴重度為 A，而其後果可能性為可能的，相似工場操作中，約一年至三年發生一次，故後果可能性評為 2，綜合以上嚴重度 A 及後果可能性 2，對照表 3-13 所得之風險分級表之結果為 a，a 級為不能接受之風險，應儘速改善，以使風險等級降至 c 級或 c 級以下。其中有 8 種製程偏離後果嚴重度評分為 16 分，介於 5-29 分之間，嚴重度為 D，其後果可能性為經常或可能的，相似工場操作中，約一年發生一次或數次至三年發生一次，故後果可能性評為 1 或 2，綜合以上嚴重度 D，後果可能性為 1 或 2，其風險等級 d，d 級為現況接受，無須採取任何措施，而其中有 1 種風險等級評為 e，與 d 一樣無須採取任何措施。

在第二節點調膠管路設備(g)-(j) 其設計用途為調膠室之後段製程，主要將每桶之膠調配為製程所需之黏著膠進行儲存並配送至塗膠室加以塗佈。評估結果如表 3-15 所示，在此節點一樣選出了 19 個製程偏離引導字，人員操作錯誤、手工具錯誤、泵浦高流量、管線高壓、管線低壓、高溫、低溫、高液位、閥件錯誤、現場環境高濃度、破裂/洩漏、設備未接地、管線未接地、液位計失效、取樣液外洩、供藥管線高流量、排氣系統低/無流量、流動方向錯誤、環境設備人員使用錯誤，其中有 6 種製程偏離後果嚴重度評分為 250 分，介於 200-625 分，嚴重度為 A，而其後果可能性為可能的，相似工場操作

中，約一年至三年發生一次，故後果可能性評為 2，綜合以上嚴重度 A 及後果可能性 2，對照表 3-13 所得之風險分級表之結果為 a，a 級為不能接受之風險，應儘速改善，以使風險等級降至 c 級或 c 級以下。其中有 9 種製程偏離後果嚴重度評分為 8 分，介於 5-29 分之間，嚴重度為 D，其後果可能性為經常或可能的，相似工場操作中，約一年發生一次或數次至三年發生一次，故後果可能性評為 1 或 2，綜合以上嚴重度 D，後果可能性為 1 或 2，其風險等級 d，d 級為現況接受，無須採取任何措施，而其中有 1 種風險等級評為 e，與 d 一樣無須採取任何措施。

故此調膠製程供應設備，其風險等級相當的高，有 30%以上製程偏離皆位於 a 等之高風險需改善部份為人員操作錯誤、手工具錯誤、現場環境高濃度、設備未接地、管線未接地、排氣系統低/無流量、環境設備人員使用錯誤等，第四章節則針對較高風險等級各點進行改善。



第四章 調膠室改善技術與靜電量測

4.1 靜電量測儀器

4.1.1 Trek Model 542 靜電量測儀



圖 4-1 Trek Model 542 靜電量測儀

原理:Trek Model 542 靜電量測儀是以一個充了靜電荷的表面，靠近“接地面”時其間就會產生靜電場，而由其電場強度與靜電荷數量，雙方的距離及其它幾何因素所決定，經由此電場強度，即可精確的測出充電表面的靜電位。

規格：

- (1)顯示器 Display 4 行，每行 20 字元之 LCD 螢幕，可同時顯示靜電壓值、最大正電壓及最小負電壓之保持數值。
- (2)量測範圍 Measurement range
Model 542-2 : 0 ~ ±20 KV
- (3)精度 Accuracy 5% of Reading, ±0.2% of Full scale
- (4)感測器與待測表面之距離 The probe to surface separation distance Model 542-2 : 30 ~ 60mm
- (5)感測器型式 Sensor type vibrating reed probe
- (6)信號輸出 Outputs

Relay Output

RS-232 serial port (optional)

4~20 mA (optional)

4.1.2 Exia II CT 本質安全防爆型



圖 4-2 Exia II CT 本質安全防爆型

- (1)非接觸式測量。輸入阻抗 $>10^{16}\Omega$ 。輸入電容 $<1\text{PF}$ 。
- (2)測量範圍： $\pm 100\text{V} \sim \pm 50\text{KV}$ 。(測量範圍可以擴展)。
- (3)測量誤差： $< \pm 20\%$ 。*
- (4)顯示：3 1/2 位元液晶顯示，顯示範圍： $\pm 0.1\text{kV} \sim \pm 199.9\text{kV}$ 。極性顯示
超量程顯示，電池欠壓顯示。
- (5)有讀數保持功能。
- (6)使用環境：溫度 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度小於 80%。
- (7)電源：6F22 型 9V 積層電池一節，功耗小於 15mW。一節電池一般可使用一年。
- (8)儀錶尺寸及質量：120mm \times 70mm \times 32 mm，約 0.2kg(包括電池)。

4.2 使用本質防爆型設備

4.2.1 防爆型開關



圖 4-3 防爆型開關

4.2.2 防爆型日光電



圖 4-4 防爆型日光電

4.2.3 防爆型出口標示及避難方向指示燈



圖 4-5 防爆型出口標示及避難方向指示燈

4.2.4 防爆型緊急照明燈



圖 4-6 防爆型緊急照明燈

4.2.5 防爆型廣播喇叭



圖 4-7 防爆型廣播喇叭

4.2.6 防爆型火警探測器



圖 4-8 防爆型火警探測器

4.2.7 防爆型手電筒



圖 4-9 防爆型手電筒

4.2.8 防爆型電子秤



圖 4-10 防爆型電子秤

表 4-1 各種本質防爆型設備改善前後靜電值比較表

| | 變更防爆器具前(V) | 變更防爆器具後(V) |
|--------------|------------|------------|
| 防爆型開關 | 1000 | 200 |
| 防爆型日光燈 | 500 | 100 |
| 出口標示及避難方向指示燈 | 650 | 150 |
| 緊急照明燈 | 850 | 300 |
| 廣播喇叭 | 1500 | 500 |
| 火警探測器 | 200 | 50 |
| 防爆型手電筒 | 500 | 100 |
| 防爆型電子秤 | 1200 | 350 |

改善前後靜電值比較圖

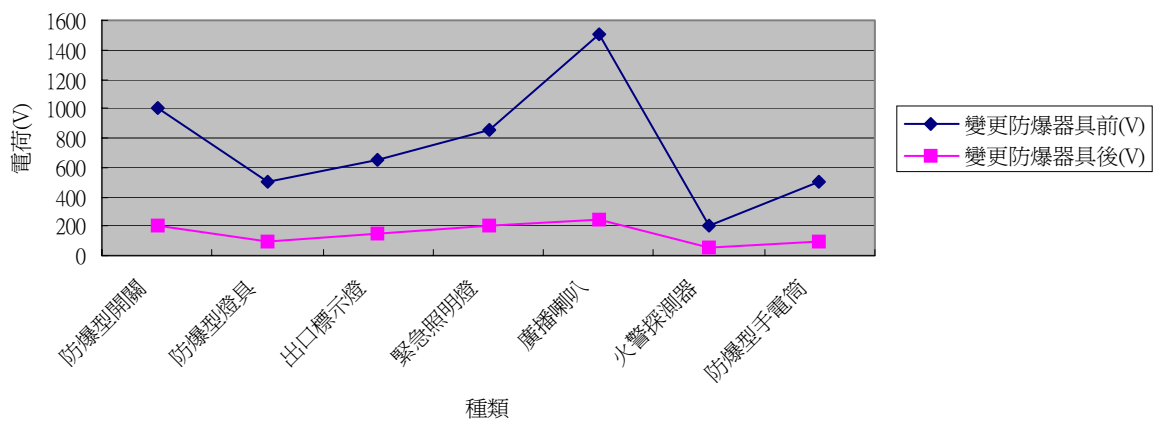


圖 4-11 各設備改善前後靜電值比較圖

由上圖可明顯看出，調膠室更換成本質防爆型之電力設備，可明顯的降低其表面所累積之電荷，防爆開關由 1000 V 降至 200 V，衰減了 80 %，其防爆型日光燈由 500 V 降至 100 V，衰減了 80 %，出口標示及避難方向指示燈由 650 V 降至 150 V，衰減了 77 %，緊急照明燈由 850 V 降至 300 V，衰減了 65 %，廣播喇叭由 1500 V 降至 500V，衰減了 67 %，火警探測器由 200 V 降至 50 V，衰減了 75%，防爆型手電筒由 500 V 降至 100 V，衰減了 80 %，防爆型電子秤由 1200 V 降至 350 V，衰減了 71 %，雖然防爆型之電器大約為一般型價格之 3-10 倍，但其電荷皆衰退百分之六十以上，甚至到達八十，可以大大的降低其火災風險等級。

4.3 手工具

圖 4-12 為非防爆型之手工具，當使用時不慎敲擊或撞擊桶身或其他設備時，將有可能會形成火花而造成災害，圖 4-13 為防爆型之手工具，可有效防治火花的產生並降低其火災風險。



圖 4-12 非防爆型手工具



圖 4-13 防爆型手工具

4.4 偵測器

4.4.1 環境濃度偵測器



圖 4-14 現場之有機溶劑濃度偵測器



圖 4-15 有機溶劑濃度偵測器控制箱

如圖 4-15 為有機溶劑濃度偵測器，規劃於每一間調膠室，並於溶劑揮發之點佈設，例如攪拌槽及加熱槽，當現場濃度位於其爆炸下限之二分之一時，其設備即會發出警報，若到達四分之三時，即立即連動設備停止運作，例如：甲苯之爆炸下限為 1.2 %，在其現場濃度 0.6 %即發出警報，在 0.9 %即連動設備停止運作，如此一來，可大為降低火災爆炸之風險等級，並保障人員之安全。

4.4.2 AIR 接頭接地啟動泵浦偵測器



圖 4-16 AIR 接頭接地啟動泵浦偵測器



圖 4-17 AIR 接頭接地啟動泵浦控制箱

此輸送接頭接地偵測器，規劃於每一氣動泵浦接頭，在每一次要經由管路進行有機溶劑傳輸時之安全裝置，如上圖所示，其快速接頭在連接另一條管線時，為了確保接地，特別於旁邊接了一條接地線，於接上接頭時，如圖 4-16 所示經

過控制箱如圖 4-17 可看得到接地狀況左方之有數值即有接地完成，確認後即由控制箱啟動泵浦進行有機溶劑傳輸，此法可降低其因管線流體流動所產生之靜電，亦可降低其火災之風險。

4.4.3 出入口偵測器



圖 4-18 出入口偵測器

此出入口偵測器，最主要是做為門禁管制，若門未關閉，則為嚴重影響調膠室內之通風與濕度變化，若內部之濕度降低會使調膠室內之靜電產生之機率增加，故裝設此裝置，此管制為門開 10 秒後未關閉即會啟動警報。

4.5 接地

4.5.1 接地銅牌



圖 4-19 接地銅牌