

第七章 壓力容器事故預防與處置

壹、前言

爲求瞭解災害發生的原因，必須由災害事例中詳細分析其事故原因，尋求改善對策，使操作人員在從事第一種壓力容器設備之相關作業時，能事先依照事業單位訂定之標準作業程序，採取妥善的預防措施，並參考勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法之規定，實施第一種壓力容器設備自動檢查，如此以多重的安全管理方式，提升勞工之安全意識，使事業單位能在安全與效率的環境下，企業經營得以持續發展。

貳、第一種壓力容器之事故

一、事故原因

第一種壓力容器，在使用中有因種種原因致引起破損或破裂事故。此等事故原因，可舉例者如下：

1.設計不良

- ①選用不適當材料。
- ②過度之彈性塑或性變形。
- ③潛變(Creep)。
- ④彈性不安定。
- ⑤塑性不安定。
- ⑥應力集中。
- ⑦疲勞。
- ⑧脆性破壞。



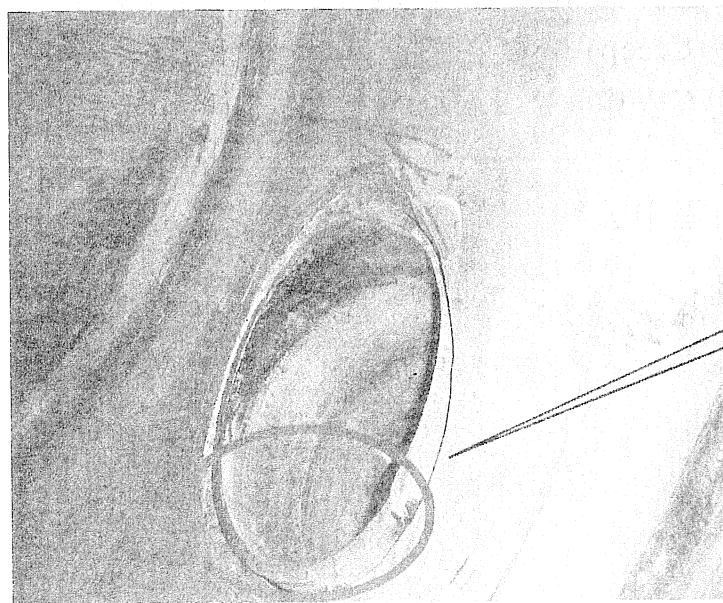
設計不良(疲勞)

2.製作上之缺陷

- ①製作不良或拙劣。
- ②熔接不良。

3.建設工程不良

- ①粗暴搬運。
- ②建設工事之
- ③安裝位置不適當。



裝配不良

4.其他

- ①腐蝕。
- ②錯誤運轉。
- ③不充分之保養。
- ④安全裝置之裝置不足。

二、事故之種類

1. 破裂

第一種壓力容器中，內部置有飽和液中，如在連接部等有缺陷，致在連接部噴出大量蒸氣時，其壓力則產生瞬間急降。結果，因氣化之際之容積膨脹(飽和水時，在一大氣壓、100°C時約為1700倍)致生機械性破壞，而使容器破裂。此則所謂破裂。因此，破裂亦可解釋為在飽和液存在下引起之物理現象。密蓋有蓋板之容器，在使用中有蓋板突然飛動，同時亦使內容物飛散於四周之慮。此與破裂為不同之現象，但亦因蓋板、高溫熱媒、內容物之飛散引起極大危險。

2. 膨出

胴、端板等承受有內壓之部分，如無法承受壓力時，則向外側膨脹突出之現象稱膨出。如繼續進行膨出則構成裂隙等之破損導致破裂。

3. 壓潰

如夾套(jacket)之內胴等承受外壓部分，如生局部性變形時，繼續擴展則導致向內側壓扁，稱此謂壓潰。在染色器等胴板較薄之容器，因內部形成真空，亦曾有因外邊大氣壓致生壓潰之例。

4. 裂痕(crack)

在第一種壓力容器本體之耐壓部分極易生裂隙。易生成裂隙之部分，有下列各處：

- ①焊接部及其附近。
- ②支撐及由支架支撐之部分或以螺栓旋鎖之部分。
- ③切口部分。
- ④噴嘴(管台)之安裝部分等應力易集中之部分。

參、壓力容器可能形成之異常、事故

在第一種壓力容器，於其使用中或停用中均可發生腐蝕，因使用致管之安裝部分發生鬆卸，發生洩漏等。由此，如徐徐進行，則構成破裂或造成事故。

一、腐蝕

1. 乾蝕

稱無水溶液狀態下生成之腐蝕謂乾蝕。金屬之高溫氣體腐蝕係化學裝置乾蝕中之一難題，有氧化、硫化、氮化、浸碳、鹵化及氫腐蝕等。在200℃以下之溫度，雖不成問題，但較此為高時，則隨著其溫度之增加而次第顯著地增進腐蝕。

- (a) 氧化：高溫氣體之腐蝕中最常見者為氧化。金屬可因空氣、氧氣、水蒸氣、二氧化碳等產生高溫氧化。尤以水蒸氣在高溫時為一強烈之氧化劑，對於鐵之腐蝕速度遠較氧氣為大。
- (b) 硫化：金屬之硫化經常發生在含有硫、硫化氫等之環境中，其侵蝕金屬之程度較氧化為高。亦有因生成低融點之硫化物而致生粒界腐蝕。
- (c) 氮化：在空氣中含有多量之氮氣，但在空氣中因氧化易生在先，故氮化並非一問題。一般之金屬大致在400℃以上溫度發生氮化，尤在還原性環境中則易發生作用。高溫高壓之氣分解為氮與氫，此氮可生激烈之氮化。
- (d) 浸碳：金屬與一氧化碳、碳化氫、有機物等高溫氣體接觸發生浸碳。浸碳亦與氯化相同，在還原性環境中較為顯著，而不易在氧化性環境中生成。耐熱合金開始發生浸碳現象之溫度，一般均在500℃以上。浸碳部分則呈脆化，在高濃度下浸碳，則降低其融點。
- (e) 鹵素及鹵化合物：鹵素在高溫下可強烈侵蝕金屬。鹵族中最常見者為氯，金屬可被高溫之氯侵蝕。氯中含有水蒸氣時，雖在露點以上之溫度亦可增高其腐蝕性。乾燥狀態之鹽酸亦顯示與氯相似之作用。氟與氟化氫之腐蝕性遠較氯為高。溴與碘之高溫腐蝕，可認其與氯相同。

- (f) 氫：氫極易侵入金屬中，形成氫脆化或氫腐蝕之脆化現象。氫脆化為不隨化學反應，而擴散於金屬中之氫為原因之脆化現象。氫腐蝕為隨有化學反應之金屬中所含之氮化物、碳化物、硫化物等被氫還原，此際所生之高壓氣體使金屬內部產生間隙而生成者。

2. 濕蝕

在含有水分下產生之腐蝕現象稱濕蝕。其反應屬電化性反應，而易在淡水、海水及酸性、中性、鹼性之各種鹽液引起金屬腐蝕等，範圍頗為廣泛。濕蝕有下列數種：

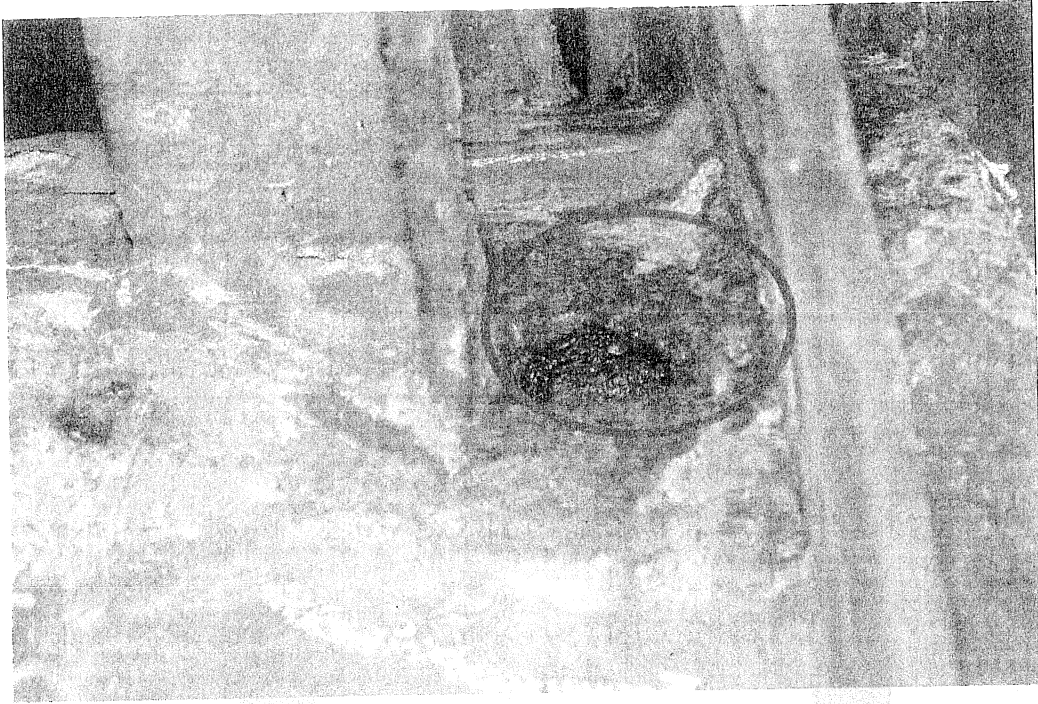
- (a) 異種金屬接觸引起之腐蝕：存有水分存在時，在電解質溶液下因異種金屬接觸，由某種電池作用引起腐蝕。
- (b) 材料成分、組織之不均勻引起之腐蝕：二材料之各部分化學成分組織不均一時，又如合金之具有二種以上之相，因電極電位差而形成局部電池作用引起腐蝕。
- (c) 金屬材料之表面狀態下之不均引起之腐蝕：因材料表面存有傷痕或龜裂等小缺陷引起之腐蝕。
- (d) 應力不均引起之腐蝕：因應力分布之不均，在該部分產生電極電位變化引起腐蝕。
- (e) 腐蝕液側條件之不均引起之腐蝕：腐蝕液之溶解成分濃度不均勻、溶存之氧濃度不均勻，局部性加熱生成之濃度分布不均等而生電極電位差，因此生成之腐蝕。

3. 腐蝕之形態

腐蝕因金屬材料之性質、狀態及腐蝕液條件之雙方相對性關係而有不同之增進方式。

- (a) 全面腐蝕：為金屬材料之表面全體同樣受侵蝕者。易見於均質材料之腐蝕。因全面受腐蝕，故亦較難判別。如加硫器等，極易急速減少板厚，故應注意。
- (b) 局部腐蝕：在局部生成侵蝕，有在腐蝕面生成小孔或凹入之成點蝕(Pitting)與侵蝕成小溝狀之成溝蝕(grooving)二種。此由於金屬材料側、腐蝕液側之條件之局部性不均一，異種材料之接觸等所引起。
- (c) 侵蝕(Erosion)：此係材料表面因物理性力使一部分受脫離等損傷之現象。易生侵蝕者，為與高速流體接觸之場所。尤其流體變換流向

之處所因有各種力之作用，故亦易生成侵蝕。在第一種壓力容器中，以噴嘴之安裝部分最易發生侵蝕。曾有在鉛、黃銅製復水管中，因受貝殼阻塞，擾亂其流向而加速侵蝕之例。



腐蝕

二、洩漏

1. 管安裝部分之洩漏

在熱交換器等，因熱變化生成之膨脹、收縮，致在擴管安裝部分發生鬆卸致洩漏內容物。又實施檢修時，如祇作該管之擴管時，因其應力使其鄰接管之擴管部鬆卸，而生洩漏。因此，實施擴管時，其周圍之管亦應一併實施。

2. 墊圈之洩漏

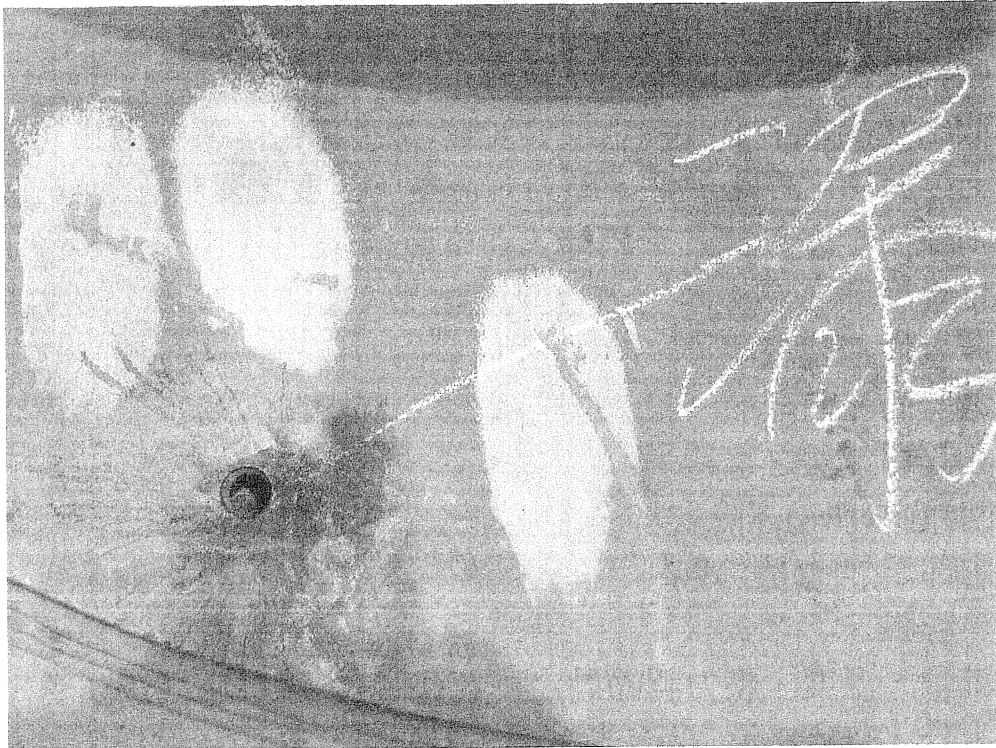
蒸氣管圈內遮斷板之墊圈(Gasket)之接觸面常因墊圈之損耗致使加熱用蒸氣發生短絡。發生短路時，其接觸面則受損傷，該墊圈則不能使用，跟著必須實施大修，故該墊圈應定期更換。

3. 蓋板安裝部之洩漏

自清掃孔或檢查孔之蓋板安裝部分之洩漏，除起因於蓋板之不良安裝、墊圈之裝置不良外，有孔部分之板之過薄，使得孔入四周之板之應力或

受熱之影響變形，或蓋板與孔穴四周之胴板之疊合面不整時，均會發生洩漏，且亦不易阻止其洩漏。此際，應修理該項缺陷，切勿採取加緊鎖緊蓋板以防洩漏之手段。通常，洩漏均潛伏有下列各種原因，故認有洩漏時，應確實探查其原因，採取適切措施。

- ① 工作不當(管穴之修整不良等)。
- ② 設計、構造不良(孔穴之補強不良、蓋板與孔穴之尺寸不符、膨脹、伸縮等之影響)。
- ③ 操作不當(墊圈之不適當、接觸面之加工修飾或整備不良，鎖緊方式不良等)。
- ④ 安裝之誤差(勉強在接頭上加力)。



孔穴之補強不良(洩漏)

三、運轉保養上之問題

化學設備有關之第一種壓力容器，其內容物均屬引火、爆炸性等危險物，在運轉中有因某種原因造成異常或誤操作致生事故，此與其他設施之祇予停止運轉則可防止其事故迥異。方可因此造成爆炸、火災等極度之危險，在

此狀況下應能確切判斷運轉操作之異常原因，迅速採取必要措施。

設施之連續運轉長期化之今日，確已減少起動與停止之運轉操作，此亦使不易判斷異常，故在平時就應加強教育訓練。

運轉中之異常現象，可以溫度、壓力、流量、液位之變化為徵兆，故應監視此等現象。

除設備以外之操作原因之異常，列述如下：

1. 外部原因引起者

- ①冷卻水之不足。
- ②電力條件之變動。
- ③蒸氣不足。
- ④計裝空氣。
- ⑤氮及補助設備之不足。
- ⑥原料之供應不足、成分變動。
- ⑦取出物品之不足。
- ⑧上述諸項之停止供應、壓力、流量、溫度之變動。

2. 內部原因引起者

- ①化學反應之異常。
- ②揮發性液體之增加。
- ③過熱而發生蒸氣。
- ④非凝縮氣體之蓄積。
- ⑤回流(Reflex)下降。
- ⑥內部爆炸。
- ⑦熱膨脹。
- ⑧流量、溫度、壓力調節計之不正確。
- ⑨水分、空氣之混入。
- ⑩錯誤操作。

肆、壓力容器事故及災害案例

一、脫蠟爐門受蒸汽壓力撞開被擊死亡災害

(一) 行業種類：鋼鐵鑄造業

(二) 災害類型：被撞

(三) 媒介物：壓力容器

(四) 罹災情形：死亡男泰勞一人，二十三歲，工作經歷：一年四個月

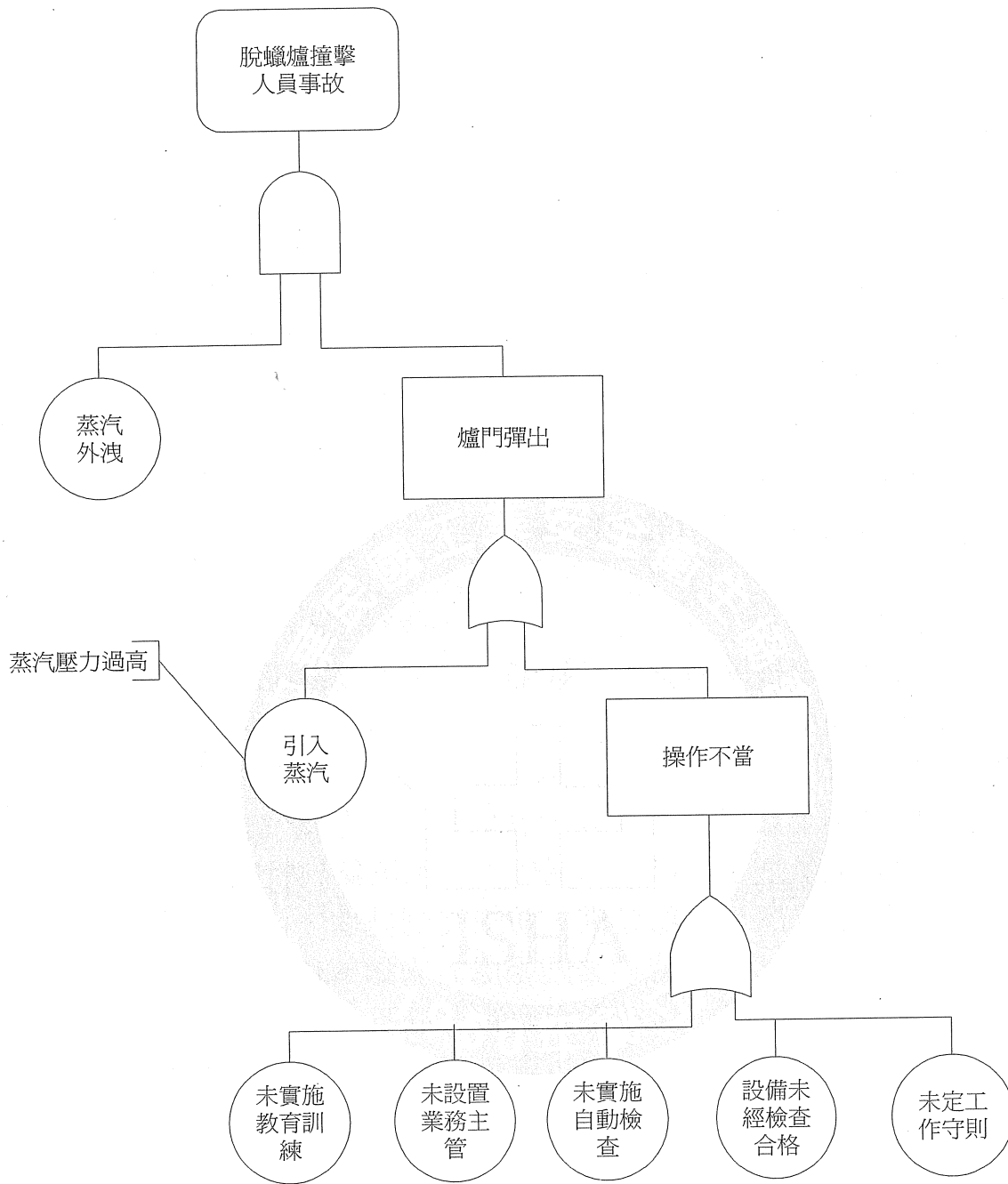
(五) 災害發生經過：

八十四年六月三十日上午八時二十分許，某市某鋼鐵公司第二廠勞工搬入脫蠟爐內欲將蠟溶解回收使用，不久發出巨響、煙霧瀰漫，在正常脫蠟中應關閉的脫蠟爐門撞開，甲倒在浸漿室門旁鐵架下方，經送某市醫院時，醫師認已無生命象徵，急救無效死亡。

該脫蠟爐係利用一座小型貫流式鍋爐之火蒸汽將蠟箱內之蠟溶解回收，脫蠟爐內側直徑約69cm，爐身長約135cm，平常操作壓力約在6~7kg/cm²之間，使用的爐內有水蒸汽、水及蠟混合物存在，屬第一種壓力容器。

(六) 災害發生原因：

1. 依據屏東地檢署相驗書記載：罹災者死亡原因為胸部損傷合併心包膜出血及血胸死亡。
2. 該脫蠟爐之使用方法為：將蠟箱放入爐內，將鎖緊把手扳緊，使縮入門內之齒形凸緣張開嵌入脫蠟爐胴身內脂槽溝內，再套上門扣，然後扳動進氣把手，以引進鍋爐內之水蒸氣到脫蠟爐內。
3. 檢視附近房屋及內部設備，並未受到破壞，齒形凸緣亦完好無損，門扣未損壞，而當時鎖緊凸緣處於未鎖緊位置，僅將門扣扣上而未鎖緊齒形凸緣時，只需不大大的力量即可將脫蠟爐門打開。
4. 罹災者可能未依正常程序扳緊鎖緊把手，致脫蠟爐門內之齒形凸緣未嵌入脫蠟爐身之槽溝內僅扣上門扣即引入鍋爐內水蒸汽，造成水蒸汽壓力撞開脫蠟爐門被撞擊死亡。
5. 屬危險性機械、設備之脫蠟爐未經檢查合格。
6. 脫蠟爐操作人員未經訓練合格。
7. 未設置勞工安全衛生業務主管，實施自動檢查。
8. 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。
9. 未訂定安全衛生工作守則，供勞工遵循。



二、進入反應槽內從事維修工作發生缺氧窒息死亡災害

(一) 行業種類：合成樹脂及塑膠製造業

(二) 災害類型：與有害物之接觸

(三) 媒介物：特殊環境

(四) 災情形：死亡男一人 五十一歲，工作經歷：二十一年

(五) 災害發生經過：

84年7月5日上午，高雄縣某聚脂公司高雄廠生產組課長甲會同機械課領班乙等到編號 R-3401反應槽從事清除反應槽出口管線堵塞工作，先由乙等勞工拆卸洩料閥及人孔，至11時30分許，機械課人員先行離開後，甲於檢視現場後返回控制室午餐，約於中午12時45分許，到現場欲將反應槽恢復原狀時，發現乙躺在該編號R-3401反應槽內，經組長丙銜接空氣管置入反應槽內通風後，佩戴空氣呼吸器進入槽內搶救並送南梓健仁醫院急救無效死亡。

該編號R-3401反應槽槽體設有直徑600mm之人孔，其位於第一層樓板之人孔已開啓，反應槽底部原料出口編號LV-3401之閥已拆卸，地面上堆積大量塑膠粉。

(六) 災害發生原因：

1. 依據高雄地檢署相驗書記載:罹災者死亡原因爲工作中意外窒息死亡。
2. 該編號R-3401反應槽頂端壓力記錄顯示；84年7月5日0時至10時止，分別以高壓氮氣實施8次置換槽內部殘存之乙烯、丙烯及氫氣等氣體後及經關閉氮氣後，7月5日10時反應槽內壓力降至常壓。
3. 該反應槽以氮氣置換內部含乙烯、丙烯及氫氣等可燃性氣體後，未導入新鮮空氣予以適當通風，致槽內蓄積氮氣形成缺氧空氣，罹災者吸入該缺氧空氣窒息死亡。
4. 勞工從事缺氧危險作業時，未於事先測定該作業場所空氣中氧氣含量。
5. 勞工於儲存或曾儲存有氮氣之反應槽內部作業時，未派遣具有預防缺氧知識之合格人員從事監督作業。

三、進入熱交換胴體內實施內部檢查發生缺氧致死災害

(一) 行業種類：石油煉製業

(二) 災害類型：與有害物之接觸

(三) 媒介物：壓力容器

(四) 罹災情形：死亡男一人，工作經歷:二十年五個月

(五) 災害發生經過：

八十三年十一月二十六日下午一時三十分許，中國石油公司某煉油總廠代行檢查員甲到該廠重油脫硫工場編號E1004A熱交換器實地年度歲修定期檢查，攜帶工作袋爬入該器胴體內，勞工乙站在該容器槽口前之踏板，等候甲所報檢查數據，約經五分鐘，乙探視胴體內側發現甲肩部斜倚胴體內側，經喊叫無反應，乃立即爬入該胴體內將其拖出該容器槽口求救，由同事協助送某醫學中心急救無效死亡。

該熱交換器胴體內側底部離地面高約445cm，於八十三年十一月一日起停爐檢修，十二日以氮氣驅逐內部之氫氣及輕質油氣，十八日將西端管末蓋板全都拆除，再以鹼液中和胴體內部。編號E1004A及E1004B兩熱交換之輕質油氣管路於A1油氣入口前約八公尺遠切開連通大氣，其B1油氣管路出口用盲板隔離，氫氣管路A2入口閥完全關閉，氫氣管路B2出口通大氣之距離約8m遠。

(六) 災害發生原因：

1. 依據當地地檢署相驗書記載：罹災者死亡原因在鑑定中。
2. 罹災者於進入熱交換器前，未實施氧氣、硫化氫濃度之檢測，作業現場亦未置備通風換氣設備以供置換胴體內部之空氣。
3. 檢查機構於八十三年十一月二十八日上午十一時，在熱交換器胴體內部距開口側約4m處測定硫化氫濃度為0.01~0.1ppm之間，氧氣濃度為21.3~21.4%之間，胴體外側之硫化氫濃度為0.0~0.1ppm之間。
4. 罹災者於進入熱交換器胴體內部實施檢查前，未實施氧氣、硫化氫濃度之檢測，亦未設通風換氣設備以供給胴體內部之空氣，因狹小空間的胴體內部缺氧致窒息死亡。

四、鍋爐蒸氣過量進入染色鍋增大內部壓力發生爆炸災害

(一) 行業種類：印染整理業

(二) 災害類型：爆炸

(三) 媒介物：壓力容器

(四) 罹災情形：受傷男35歲，工作經歷：當日

重傷女39歲，工作經歷：1個月

輕傷男24歲，工作經歷：1年3個月

(五) 災害發生經過：

86年3月3日早上，其企業社操作員甲先到廠內將鍋爐燃燒到產生蒸氣 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，甲再操作染色鍋，待四合染色鍋都啓用後轉由乙及丙操作，當日甲尚未吃午飯讓他們兩個先吃，他們吃完回到現場，操作員甲說一、三、四號染色機已染色完成，且都已將染液洩光，我們各負責一個，乙負責一號機，操作員甲三號機，四號機由丙負責，大家剛到鍋旁，二號機即發生破裂，操作員甲在三號機旁右腳受傷，丙在四號機旁，乙在一號機旁，事故發生後乙及丙被送至彰化基督教醫院燙傷中心治療，甲被送至北斗卓綜合醫院治療。

發生災害係第二號染色鍋，其胴身長約 1750mm 、胴內徑約 1580mm 、胴厚 4.5mm 、端板厚 5.77mm 、蓋板厚 6mm ，蓋板嵌入齒共二十齒每齒尺寸 $(18\text{n}\times 15\text{t}\times 100\text{w})$ ，經計算其強度最高使用壓力為 $4.27\text{kg}/\text{cm}^2$ 。災害之第二號染色鍋當日使用溫度為 130°C ，壓力約 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ ，其作業係將待染之紗放入染色鍋內之桿上，將配好之染液直接倒入鍋內，再將蓋板關上，再打開蒸氣閥送蒸氣入鍋內之加熱管，加熱至 130°C 時，完成染色，再關閉蒸氣閥(皆用人工操作)，然後將鍋內染液排出再打開蓋板取出已染完成之紗。

(六) 災害原因分析：

本災害發生原因可能為：災害當日鍋爐供氣壓力為五公斤/平方公分，供給四座染色鍋使用(編號：一、二、三、四號)後，因一、三、四號染色鍋染色完成其蒸氣不再進入，致全部蒸氣進入二號染色機(發生事故之染色機)之蒸氣熱交換管，致管內壓力增大導致一支U型加熱管脫落，故來自鍋爐之蒸氣全部經蒸氣管直接進入染色鍋內部，使染色鍋內部壓力突然增大，內部壓力增大在尚未達安全閥設定壓力 $4.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 前，因染色鍋蓋板外環之嵌齒使用年久且開啓頻繁，致生疲勞應力，無法承受內部之蒸氣壓致變形，進而嵌齒斷裂致蓋板飛出，染色鍋內蒸氣及染液噴出，潑及乙及丙，致兩人灼傷而甲右腳授金屬受傷。本次災害可能原因分析如下：

- 1.直接原因：被染色鍋爆炸其內部高溫蒸氣及熱水噴出燙傷勞工甲等三人。
- 2.間接原因：
 - 1.不安全狀況'染色鍋未經檢查機構檢查合格即行使用。
 - 2.不安全動作：無。
- 3.基本原因：
 - 1.未設置勞工安全衛生業務主管。

- 2.未辦理勞工安全衛生教育訓練。
- 3.未訂定安全衛生工作守則。
- 4.未訂定自動檢查計劃實施自動檢查。
- 5.染色鍋操作人員未接受危險性設備操作人員訓練。

五、打開二重鍋噴出高溫茶液體遭燙傷死亡災害

- (一) 行業種類：雜項食品製造業
- (二) 災害類型：與高溫之接觸
- (三) 媒介物：壓力容器(二重鍋)
- (四) 罹災情形：死亡男1人，41歲
工作經歷：6個月

(五) 災害發生經過：

85年5月8日，台中市西屯區台中工業區某工業公司二廠副廠長甲分配勞工乙操作二重鍋設備，並教導其操作方法及準備天鶴茶原料，於下午1時開始甲、乙二人一起操作，至下午2時許，甲離開該處約經5分鐘後回來看到乙將二重鍋蓋子蓋上，即告知不可蓋上及水蒸氣壓力應維持在 $0.2 \sim 0.3 \text{kg/cm}^2$ 後再離開，下午2時30分許，甲在辦公室聽到叫聲看到現場水蒸氣瀰漫，立即回到現場看到技師丙將乙拖到控制盤邊，乃以濕毯子包裹乙送台中榮民總醫院急救，當晚轉送台北市立和平醫院救治，至85年5月24日再轉台大醫院治療，延至6月25日下午4時50分死亡。

該二重鍋外徑140cm、高288cm、外層有一夾套，夾套內蒸氣用以加溫二重鍋之原料，二重鍋頂部有一內徑48cm、外徑64cm之進出料孔，孔蓋係利用壓縮空氣之氣壓缸作動，使料孔蓋開閉及固定。

(六) 災害發生原因：

1. 依據台中地檢署相驗書記載：罹災者死亡原因為全身95%，2~3度燙傷致死。
2. 罹災者被分配操作二重鍋，因初次操作該設備，對操作程序、方法不熟，於操作時將二重鍋鍋蓋蓋上蒸煮一段時間後，鍋內已產生蒸氣壓力，此時罹災者將鍋蓋打開，因二重鍋內外壓力差造成鍋內高溫天鶴茶液噴出，遭燙傷死亡。
3. 二重鍋未經檢查合格即予使用。

4. 二重鍋操作人員未受危險設備操作人員訓練。
5. 未設置勞工安全衛生業務主管，實施自動檢查。
6. 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。
7. 未訂定安全衛生工作守則，供勞工遵循。

六、於反應器內投料時發生爆炸被灼傷災害

(一) 行業種類：人造纖維製造業

(二) 災害類型：爆炸

(三) 媒介物：壓力容器

(四) 罹災情形：15% 灼傷男1人，20%灼傷男二人，35%灼傷1人，計4人輕傷

(五) 災害發生經過：

85年10月4日上午9時許，台南縣新市鄉某紡織公司生產二部聚合課編號R-510醇解槽反應器內投入1696公斤聚對苯二甲酸乙二酯(Polyethylene terephthalate)塊狀固體物料，並加入933公升液體乙二醇，在溫度235°C下反應至上午11時30分醇解完成反應，即由電腦操作員甲將反應完成之物料移送至編號R-520槽儲放，並於上午11時50分移送完成，中午12時5分通知現場人員準備再投料，12時45分，代組長乙等4人再到該編號R-510反應器欲進行投料作業，先將該反應器之蓋子螺栓鬆開取下蓋子，將聚對苯二甲酸乙二酯固體物料投入反應器內，於12時50分發生爆炸，編號R-510反應器內著火燃燒，致從事投料作業之勞工乙等4人被火灼傷，送永康奇美醫院急救治療。

(六) 災害發生原因：

1. 投料之聚對苯二甲酸乙二酯係對苯二甲酸和乙二醇之聚合物，於融絲製程中所產生不合規定之廢絲及硬塊。
2. R-510反應器高4.6m、內徑2.25m，投料口內徑55cm，於該反應器內有聚對苯二甲酸乙二酯和乙二醇反應完成之生成物未完全移出該反應器而留存於反應器底部，乙二醇之閃點111°C，沸點198°C，自燃點398°C，爆炸界限3.2~15.3%。
3. 由於未將留存於編號R-510反應器內之乙二醇完全排出該反應器外，致勞工乙等四人欲重新投料而打開反應器蓋子時，因外界氧氣進

入且反應器內溫度約220℃已達乙二醇閃火點(110℃)造成爆燃遭灼傷。

4. R-510反應器為第一種壓力容器，未經檢查合格。
5. 未訂定安全衛生工作守則，供勞工遵循。

七、殺菌蓋板與胴身密合處有蒸氣洩漏現象從事蓋板鎖緊時，發生殺菌鍋爆炸致死災害

(一) 行業種類：食用菌菇類栽培業

(二) 災害類型：爆炸

(三) 媒介物：壓力容器

(四) 罹災情形：死亡男27歲

(五) 災害發生經過：

87年3月6日上午8時50分許，甲養菌場員工賴○義於場內，當時距離爆炸地點約三十米左右，看到殺菌鍋漏氣，罹災者過去鐵棍要把殺菌鍋鎖緊，然後殺菌鍋就爆炸了，然後跑到外面叫老闆謝○宗先生來處理。

(六) 災害原因分析：

本災害發生原因推測可能為：災害當日上午殺菌鍋之操作員黃正宗將欲殺菌之物品放入殺菌鍋內，蓋板關好僅將部份螺栓鎖好後，即以蒸氣殺菌，上午8時38分許其溫度時間自動記錄器記錄為122.9℃，殺菌過程中，操作員黃○宗看到該殺菌蓋板與胴身密合處有蒸氣洩漏現象，拿鐵棍要把殺菌鍋蓋板鎖緊，可能因當時殺菌鍋內蒸氣壓力，大於當時鎖上之部份螺栓所能負荷之強度及胴身所能負荷之強度導致殺菌鍋爆炸，使得操作員黃○宗當場死亡。本次災害可能原因分析如下：

1. 直接原因：被殺菌鍋爆炸致死。

2. 間接原因：

(1) 不安全狀況：

a. 殺菌鍋胴體設計強度不足，且二隻螺栓插銷被更換過，導致鎖螺栓強度不足。

b. 殺菌鍋未經檢查機構檢查合格即行使用。

(2). 不安全動作：殺菌鍋之22支鎖螺栓未完全鎖好即予殺菌。

3. 基本原因：

- (1)未設置勞工安全衛生業務主管。
- (2)未辦理勞工安全衛生教育訓練。
- (3)未訂定安全衛生工作守則。
- (4)未訂定自動檢查計畫實施自動檢查。
- (5)殺菌鍋操作人員未接受危險性設備操作人員訓練。

八、從事紡織製造其染色鍋爆炸致勞工一人死亡職業災害

(一) 行業種類：紡織製造業

(二) 災害類型：爆炸

(三) 災害媒介物：蒸汽染色鍋

(四) 罹災情形：1人死亡

(五) 災害發生經過：

據該公司業務主管吳○○說：『大約在今天(89年9月21日)中午12時40分許，染色鍋開始進汽升溫，預定升溫至130℃，本人開啓供汽閥後即離開現場到別處，約下午1時15分許聽到染色房爆炸聲，趕到現場，罹災者陳○○已被爆炸開之染色鍋蓋撞擊當場致死』。

(六) 災害原因分析：

1. 直接原因：鍋蓋飛出，撞擊致死。
2. 間接原因：不安全動作：罹難者不當開啓鍋蓋，使啮合齒未完全啮合，造成染色鍋內部餘壓將染色鍋蓋掀起，拉斷染色鍋與鍋蓋連接處，而將鍋蓋彈飛出去。
3. 基本原因：
 - (1) 未對勞工施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育訓練。
 - (2) 未訂定安全衛生工作守則。
 - (3) 第一種壓力容器之操作人員，未經中央主管機關認可之訓練或經技能檢定合格。

九、從事廢棄物處理之反應槽發生爆炸災害

(一) 行業種類：廢棄物處理業

(二) 災害種類：爆炸

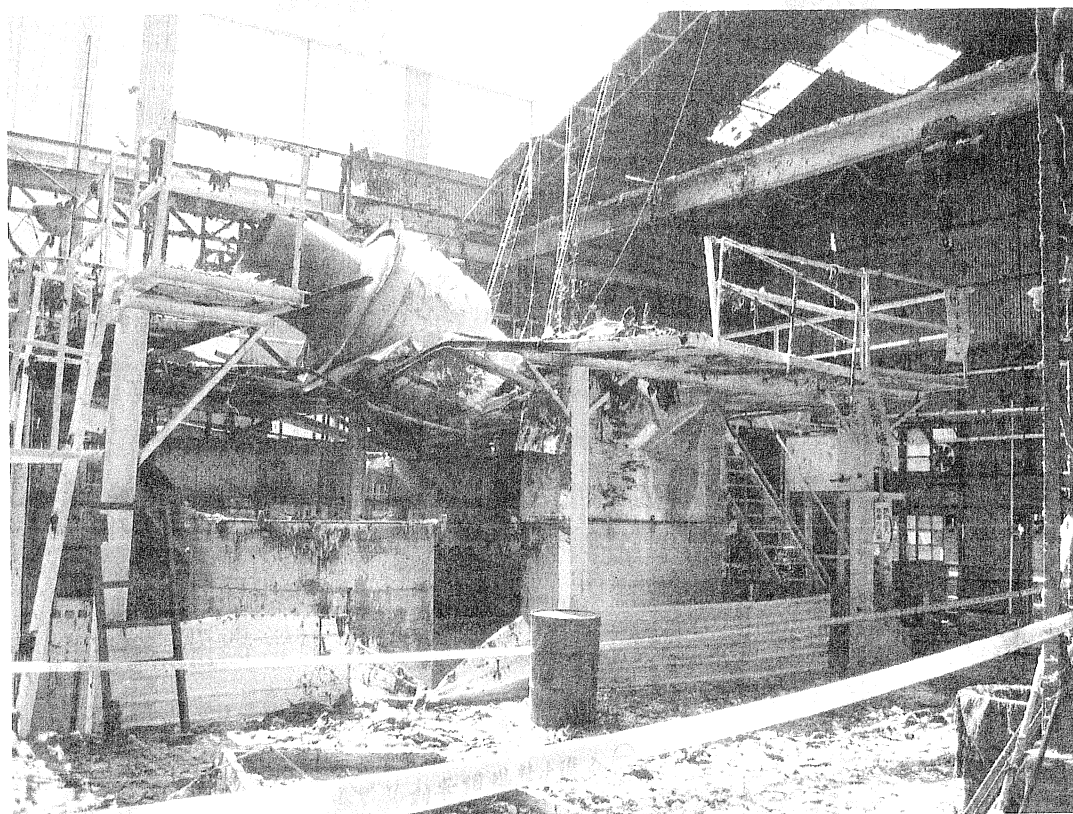
(三) 媒介物：引火性物質

(四) 罹災情形：波及在場4人，經緊急送醫處理，幸無大礙

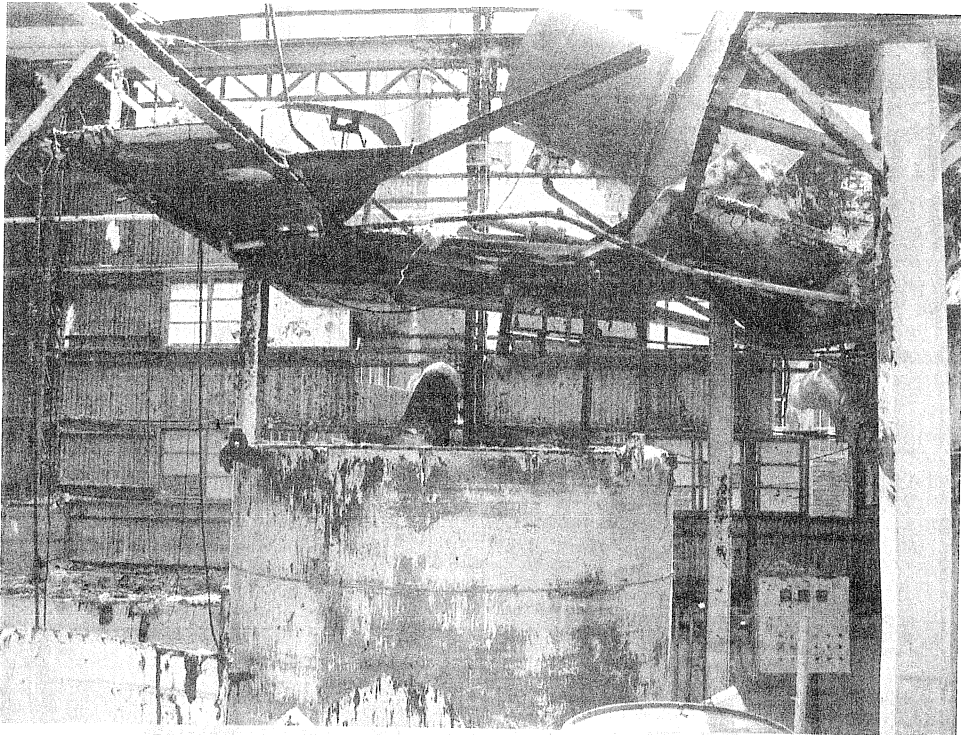
(五) 災害發生經過：

民國九十三年八月間，位於高雄縣○○工業區內之○○有限公司，所屬之立式圓筒型反應槽於試運轉約三小時左右，忽然發生爆炸，據現場人員敘述，爆炸發生時，槽體與所扣接之燃燒爐脫離上衝，槽體下部並有火焰噴出，並於撞毀廠房屋頂後，掉落在廠房二樓樓板上，而槽體下端板整個脫落於槽體下胴體旁(爆炸後現場狀況如照片一～五)。

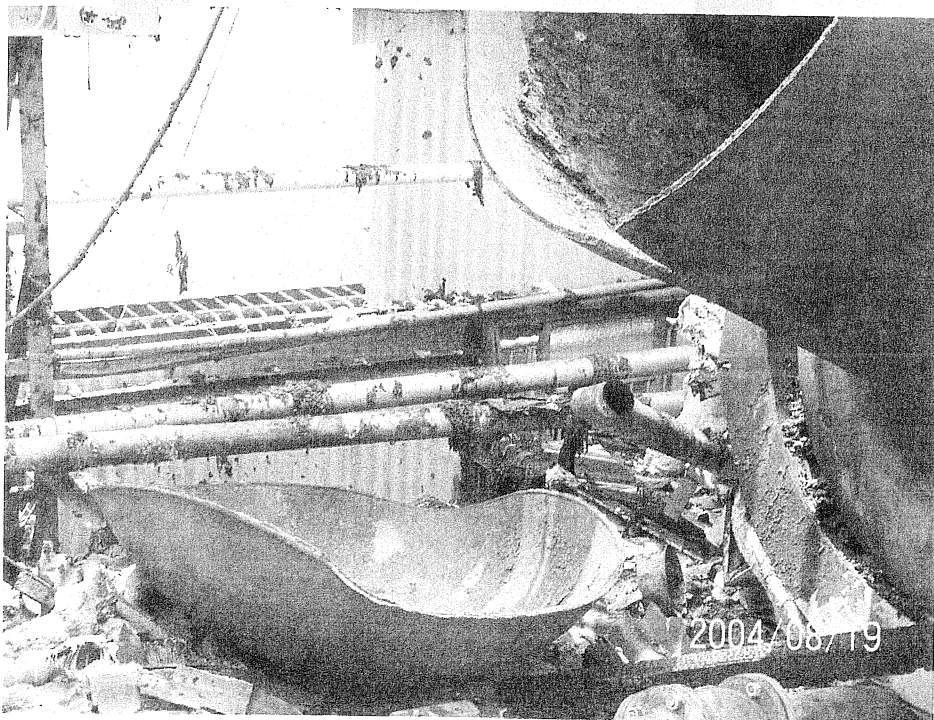
該反應槽係將廢棄之塑化製品(如寶特瓶、PE罐等)與廢機油、溶劑等一起加入槽內，而於槽體外部直接以火焰加熱，使槽體內部升溫進而使內容物融化，並蒸發出所需之油氣後，再經過冷凝系統將油氣冷凝回收。依據工廠人員說法，爆炸發生時之操作壓力為 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 、操作溫度為 $300\sim 350^\circ\text{C}$ 。



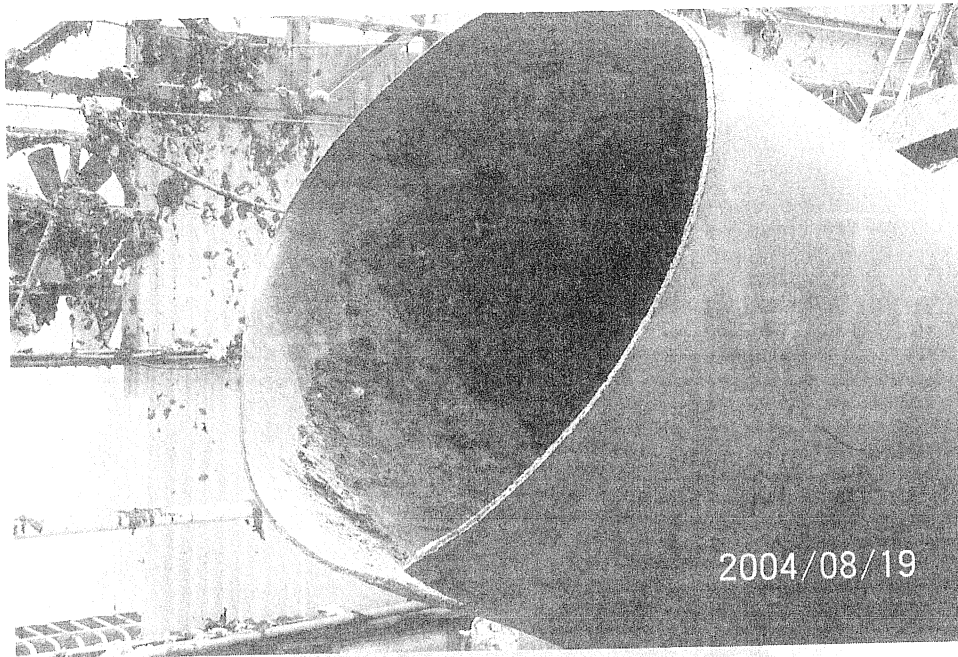
照片一 爆炸後外觀



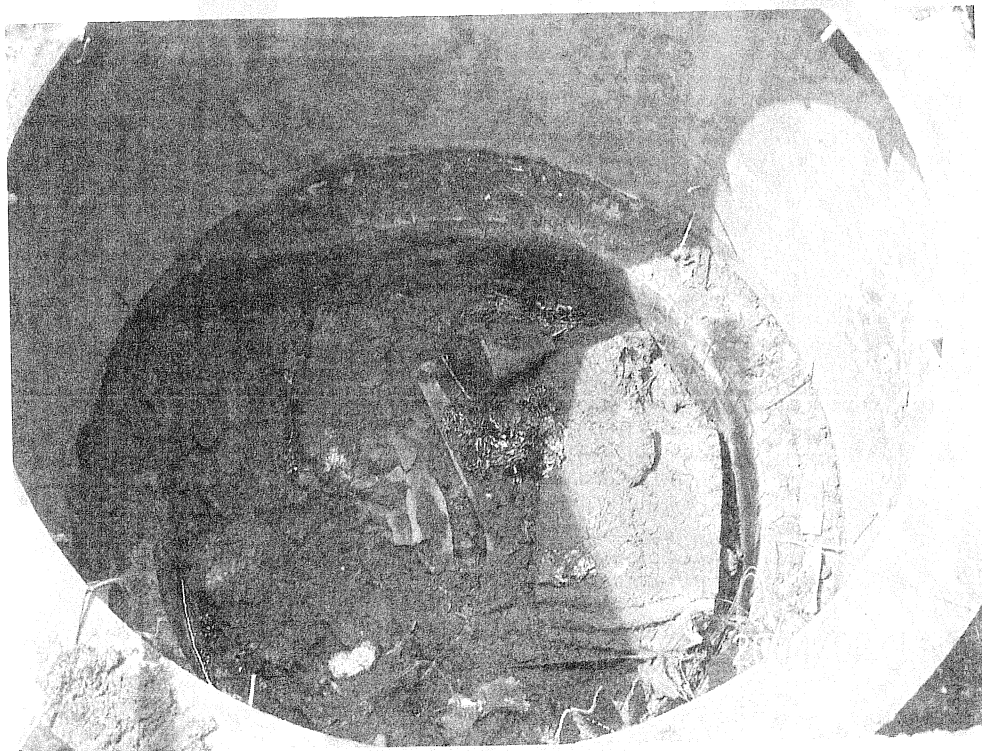
照片二 爆炸後外觀



照片三 下端板脫離，周向銲道破壞面平整，
可能非屬超壓之延性破壞。



照片四 下胴體縱向銲道破壞面平整，現場人員所看到之槽體下部火焰，懷疑是此處裂痕使內容物與火焰接觸所造成。



照片五 槽體衝離後燃燒爐內部情形

(六) 災害原因分析：

1. 設計條件不符合實際操作條件所需
2. 使用溫度超過設計溫度
3. 超溫使用影響材料之應力強度
4. 焊道存有瑕疵
5. 焊道存有腐蝕及敏化之現象
6. 焊道之脆性破壞

本裂解爐破壞之主要因素可能是因為設計、製作不良產生熱裂、氣孔、敏化等現象，亦可能操作不當使溫度過高，而發生熱脆、敏化及內容物反應後產生如Cl、S、P、Si等元素之入侵而加速造成。

十、遭熱水燙傷之職災例

(一) 事故發生經過：

5/30夜10:30，某石化廠值班主管李君進行廢碱液回收作業(由片碱槽排至廢碱槽)，因原設3”排放管(碳鋼材質)阻塞，故配接1/2”臨時管(PP材質)替代使用。完成回收後，為避免臨時管阻塞及廢碱槽內廢碱液結晶，以蒸氣冷凝水經臨時管注入廢碱槽。約10:40時，因臨時管受稍高之水溫而稍微軟化且管內結晶稍微阻塞導致冷凝水壓力上升，突然破裂，李君走避不及，致左手臂外側遭熱水燙傷，立即以大量冷水沖洗並浸泡，再塗上藥膏，並於下班後由同事載送至嘉義基督教醫院急診，經診視後為2度燒燙傷，辦理住院治療，該員後於6/5出院。

(二) 直接原因：PP管破裂，熱水噴出致該員燙傷。

(三) 間接原因：

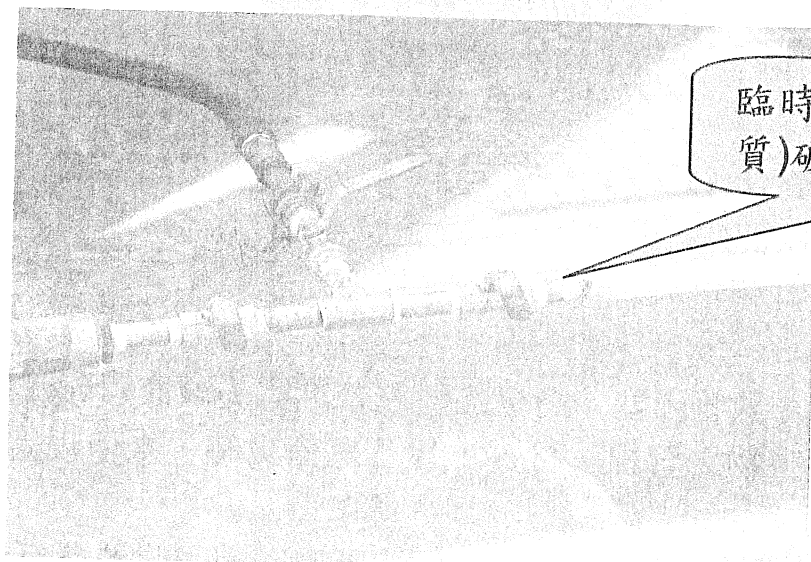
1. 不安全動作(行爲)：人員安全意識不足。
2. 不安全狀況(設備、環境)：選用不適當之臨時管，PP材質不耐壓力及溫度，且管徑只有1/2”，容易造成阻塞。

(四) 基本原因：

1. 片碱槽排放管阻塞，而接臨時配管進行廢碱液回收作業。
2. 輸送危害物之管線，材質、尺寸等變更時，未依規定進行變更審查及管制。
3. 未明確訂定「片碱槽排放廢碱液至廢碱槽回收標準作業程序」。

(五)改善對策：

1. 增修訂「片鹼槽排放廢鹼液至廢鹼槽回收標準作業程序」，內容應包括：
 - (1) 如何避免排放管阻塞
 - (2) 排放管阻塞相關處理程序
 - (3) 臨時管選用原則。
2. 針對上述作業程序，加強相關人員教育訓練。
3. 檢討鹼槽排放廢鹼之異常處理對策，以防止阻塞時可能發生之安全問題。



十一、科威特煉油廠氣爆事件之職業災害

(一) 事故發生經過：

科威特最大的煉油廠（日產原油四十四萬桶），於89年6月25日清晨發生氣爆意外；共造成5人死亡、40餘人受傷、財物損失近四百萬美金，爆炸現場盡是斷垣殘壁（如附圖）。

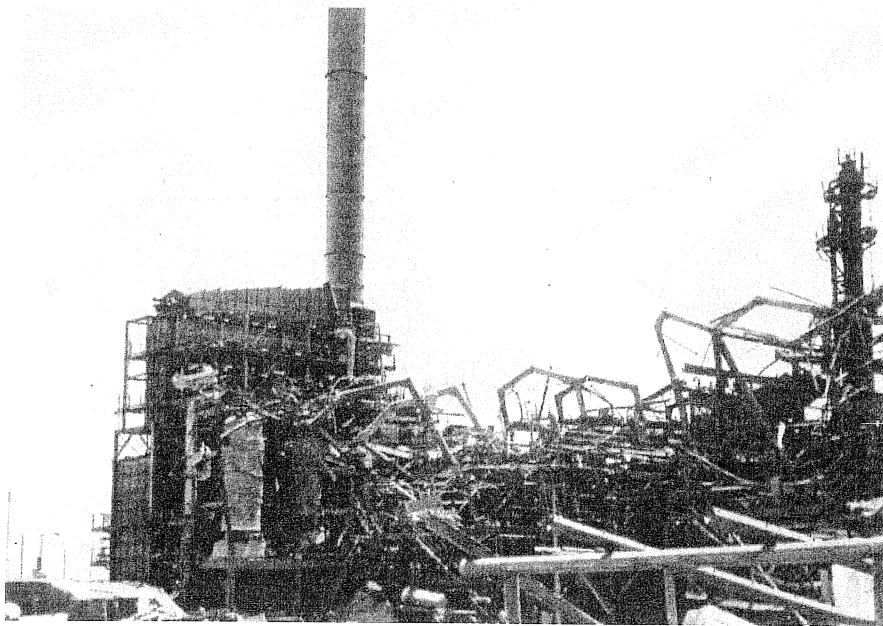
(二) 事故發生原因：根據調查，液化石油氣管線焊接切斷錯誤，產生火花所造成，此乃人為疏失。

(三) 原因分析：

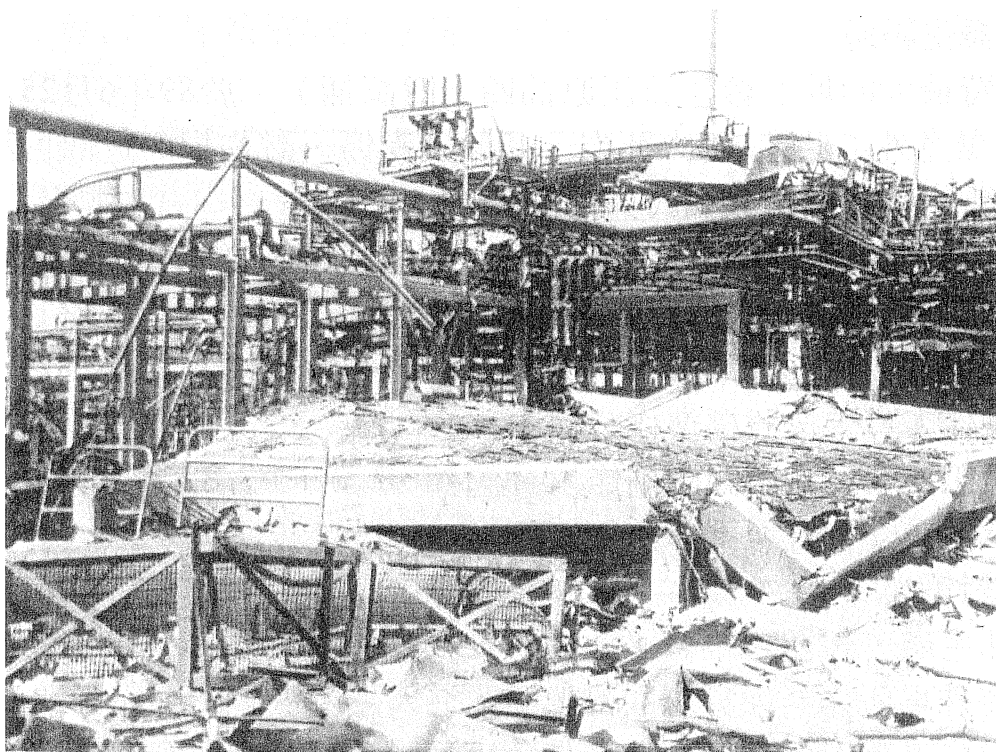
1. 操作人員未按照標準作業程序。
2. 員工安全意識與觀念不佳。
3. 承攬商安全管理不善。

(四) 改善對策：

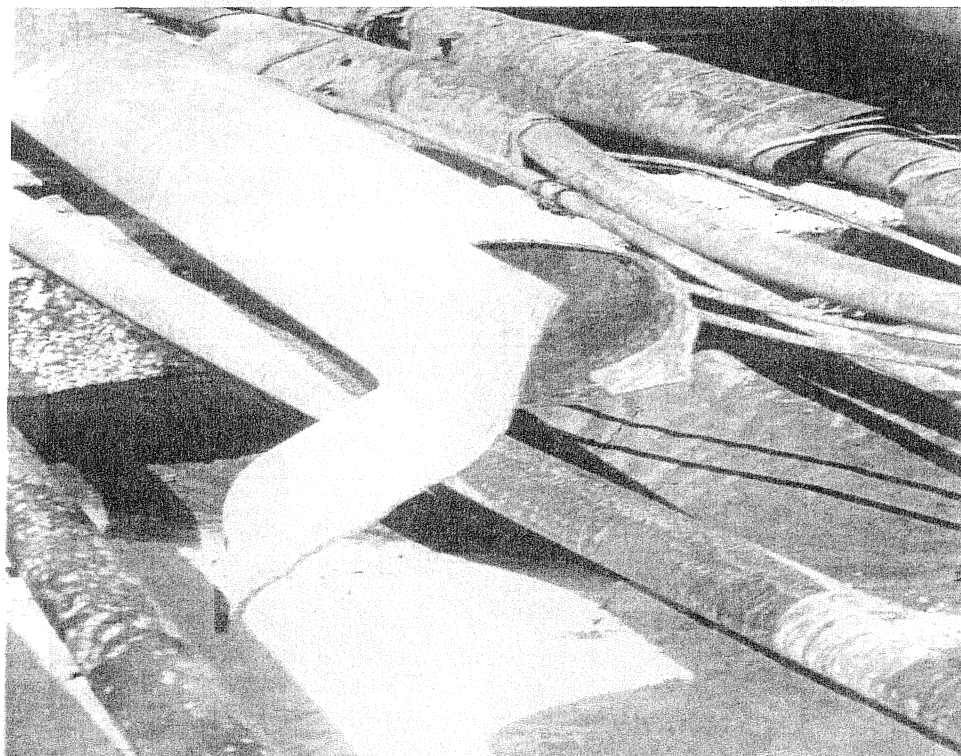
1. 凡生產、製造、維修必須有標準操作程序，主管應教導操作人員，特殊場所作業人員應取得證照，進入生產線之前應充分準備。
2. 加強工安環保教育訓練（如危害通識教育、急救訓練、通報滅火等訓練），叮嚀再叮嚀，使操作人員有充分的工作技能及安全意識。
3. 應訂定承攬商入廠施工管理作業細則，並配合各項環保及工安政策之落實實施，以預防各種可能之災害。



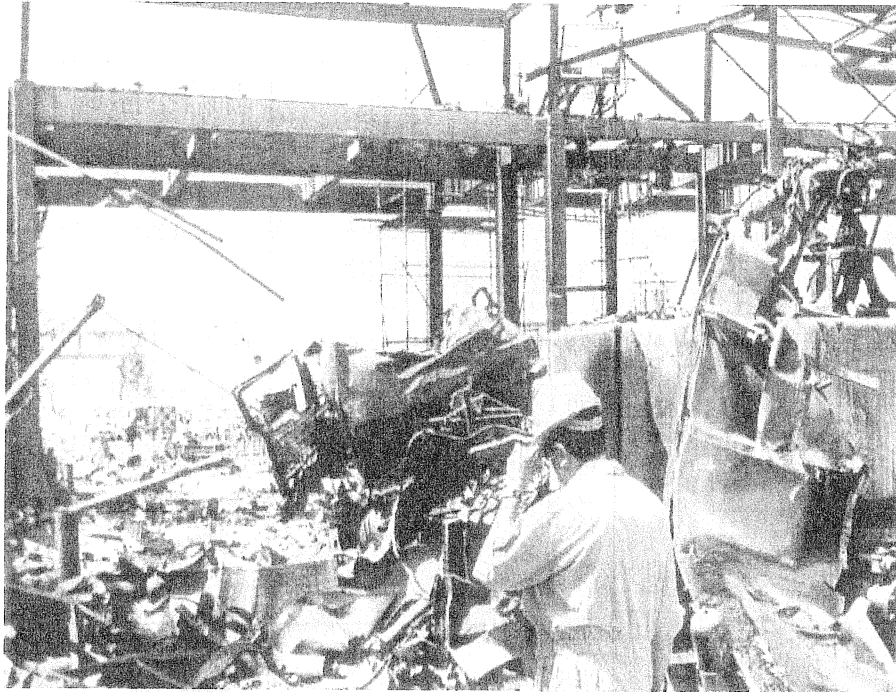
爆炸後現場圖



爆炸後現場圖



爆炸現場圖



爆炸現場圖

伍、災害原因統合分析

由上述的災害實例可以知道，災害事故很少是由單一的原因而引起，通常都是由幾個原因搭配在一起而造成的。發生事故的直接原因如下表：

表6.1 事故直接原因之分類

大分類	中分類	小分類	細目
人的原因	運轉操作上之 缺失	誤操作	閥誤操作 不注意運轉 因誤判斷之運轉 操作順序錯誤 進入危險處所
	管理體制之缺 失	不安全行爲	修理運轉中之機器 危險物處置上之不 注意未穿著防護具

大分類	中分類	小分類	細目
物的原因	設計不良	檢修保養不徹底 不實行 不遵守運轉基準 管理不良 監督不良 設計時未能考慮到 之設計不良	聯絡不徹底 其他管理不良 Know How 不足 對安全方面考量不充分，其 他設計錯誤
	施工不良	材質不良 施工不良 腐蝕劣化 機器配管阻塞	停料 停電 蒸汽停止 空氣壓力降低 其他
	保養不良	機器之故障 其他保養不良 原料供應系統	
不可抗力	來自外部的變動	著火源，引火源	

陸、災害防止對策

爲防止類似上述的災害實例發生統合發生災害事之防止對策採取下列必要措施：

1. 雇主對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備(第一種壓力容器之染色鍋、二重鍋、殺菌鍋及脫蠟爐等)，非經檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用；其使用超過規定期間者，非經再檢查合格，不得繼續使用。
2. 第一種壓力容器操作人員，雇主應僱用經中央主管機關認可之訓練或經技能檢定之合格人員充任之。

3. 雇主應對其設備及其作業依事業之規模、性質，實施安全衛生管理；並應依中央主管機關之規定，設置勞工安全衛生人員(勞工安全衛生作業主管)訂定自動檢查計畫，對使用之設備及其作業實施自動檢查。
4. 雇主對新僱勞工從事工作或在職勞工於變更工作前應對勞工施以從事工作及以防災變所必要之安全衛生教育、訓練，並將災害實例列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。
5. 雇主應依勞工安全衛生法及有關規定，會同勞工代表訂定適合其需要之安全衛生工作守則，報經檢查機構備查後公告實施。
6. 應實施勞工體格檢查及一般定期健康檢查。(勞工安全衛生法第 12 條第 1 項)
7. 使勞工從事反應槽內部之作業時，應設置適當之機械通風設施。
8. 使勞工從事缺氧危險作業時，應予適當換氣，以保持該作業場所空氣中氧氣含量在 18% 以上。
9. 使勞工從事缺氧危險作業時，應於開始作業前測定各該作業場所空氣中氧氣含量。
10. 使勞工於儲存或曾儲存有氮氣之反應槽內部作業時，應派遣具有預防缺氧知識之合格人員從事監督作業。
11. 對於勞工從事缺氧危險作業時，應使該勞工就其作業有關事項實施檢點。
12. 對於勞工初次操作壓力容器設備時，應於事前確實教導操作程序、方法，並指派熟練人員在旁指導經確認能依規定安全操作，方可使其獨立作業。
13. 對於反應器內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或氣體之濃度於作業前測定，蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限之 30%以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之機具，並應加強通風。
14. 安全裝置等之防護設備應有連鎖裝置、災害擴大防止裝置等。
15. 爲了對應全部停電，有 20 分鐘可由電瓶電源支援的計測裝備用電源，因電瓶故障而全部停止。此高度儀表控制化的工廠，雖將資訊集中於標示盤上，但緊急廣播設備、警報、指示都沒有，須要暗中摸索以作緊急停止。

16. 應具運轉及保養之基準、指針或作業標準。
17. 運轉操作應依操作標準程序實施。
18. 應訂定定期檢查及保養辦法。
19. 完善安全管及緊急防災理體制。
20. 在開始準備作業中，須將各配管閥予以檢查一遍並設定妥當)

