

由全球石化工廠災例探討其危害 分析與防災策略

黃古彬 | 高雄市政府消防局科長

樓振宇 | 高雄市政府消防局股長

摘要

自工業革命以來，社會環境迅速變遷，新興行業驟增，其中「石化業」更是民生基礎的工業，現今社會人人仰賴石化業甚鉅，其重要性不可言喻。基本上，石化工廠在原料儲存、製程設備等都可能產生危害因子，包括腐蝕、氣體外洩等問題，往往會產生火災、爆炸、中毒和缺氧等事故。更由於石化工廠大多是長年不斷運轉，且在無法隨時停機、定期檢修的情況下，其本身所隱藏的風險程度自然較其它行業高出許多。倘若廠內、外發生災害，通常難以對石化危險物質直接進行滅火，隨著大量高度危害性的化學物質迅速外洩擴散，容易衍生許多災後問題，除了直接造成人命傷亡及財物損失之外，更嚴重衝擊大自然環境和農漁產業生態，若未能有效阻斷這些有害物質的擴大汙染，恐將會透過食物鏈如水產、青菜、旱作物及飲用水等效應，間接造成國人健康的二度危害。因此，如何做好石化工廠之災害預防與管理，自然成為台灣石化業者最重要的安全議題。

關鍵詞：石化工廠、危害分析、防災策略

A Case Study on Hazardous Analysis and Disaster Prevention Strategy through Worldwide Petrochemical Factories Accidents

Ku-Bin Huang | Chief of Fire Bureau of Kaohsiung City Government
Chen-Yu Lou | Head of Fire Bureau of Kaohsiung City Government

Abstract

Ever since the Industrial Revolution began, the society has changed rapidly and emerging industries started to boom; among which, the “Petrochemical Industry” is the most important, for it is the basis of commodity industry and everyone could hardly live without that. Basically, various hazardous factors of petrochemical factories might result from material storages and production facilities, including corrosion, gas leakage, etc., through which, incidents of fire, explosion, poisoning, or suffocation would arise. Moreover, continuous operation without shutting down for routine maintenance will have higher chance of hazardous risks. Once an accident took place, inside or outside the factory, it's usually tough to extinguish fire directly toward the hazardous petrochemicals, which might cause enormous diffusion leakage of harmful chemicals. This often comes with various post-disaster problems, not only in serious casualties and financial damages directly, but also in impact on ecosystem, as well as environments for agriculture and aquaculture. Moreover, without an efficient blocking-up to the expanded harmful pollution, the indirect secondary threat to national health might be triggered via affected food chain, involved in the polluted aquatic products, vegetables, dry crops, potable water, etc. Therefore, it's one of the most significant industrial safety issues for Taiwan Petrochemical Industry to know how to prevent and manage the related disasters.

壹、石化產業簡介與高雄市發展現況

石化產業是指以石油（Petroleum）或天然氣（Natural gas）為原料，製造化學品的產業，其製成品稱為石油化學品（Petrochemicals）。依照中華民國行業標準分類（CIC），石化產業的範圍包括「石化基本工業」及「石化附屬工業」，其中「石化基本工業」屬石化工業的上游和中游廠商，範圍涵蓋石化原料業、化學原料業、人造纖維業、合成樹脂及塑膠業等。而「石化附屬工業」則屬於石化下游廠商，包括油漆業、清潔用品業、紡織業、針織業、橡膠製品業等。石化產業發展至今，約有 95%以上的有機化學品來自石油化學產業。

全球石化產業自二次世界大戰後開始發展，大約已歷經 70 年的輝煌歲月，並醞釀出所謂的第二次工業革命，其產業必須由上、中、下游 3 個階段構成了一貫作業體系。上游自原油和天然氣出發，首先生產烯烴、芳香烴等基本原料，提供中游產製多種單體和聚合物等中間原料。這些中間原料供給下游加工業，經過一次及多次加工，得到可以直接使用的最終產品並廣泛應用於衣、食、住、行、育、樂各個領域。石化品類別可區分為大宗或通用化學品和精密化學品兩類，前者包括大家所熟悉的塑膠、合成橡膠、合成纖維等，後者是各類特用及高性能的高單價產品（如圖 1）。

我國石化產業自 1960 年代在政府政策扶持、民間投入及經濟高度發展下，很快具備主要石化原料自給自足，上下游工業整合發展態勢，除扮演我國經濟發展的重要支柱外，更提供關鍵材料，支援電子、光電產業、紡織產業、汽車工業、建築材料等我國強項產業之發展茁壯之必要條件，2012 年台灣石化工業已達到全球八大規模，乙烯產能達 400 萬公噸，產值新台幣 1.79 兆元，加上下游應用產業，整體化學產業產值達新台幣 4.4 兆元，占台灣總體製造業近 31%，出口值占製造業總出口約 25%，就業人口占製造業人口 17%，是我國相當重要的產業。

高雄石化產業的發軔可以追溯至日治時期，早在 1940 年日本海軍就在高雄後勁設置煉油廠，光復之後發展成為楠梓煉油廠，並且在 1968 年正式啟動第一輕油裂解廠（如圖 2、3），以中油為核心，快速發展出上下游完整的石化產業鏈，經過了五十餘年的發展，大高雄地區有三輕、四輕、五輕，中油的左營、大林煉油廠，還有大社、林園等石化工業區，其中大社工業區面積 109 公頃共設廠 11

家，從業人員約 2,472 人，年產值約 720 億元；以及鄰近林園煉油廠的林園工業區，共設廠 27 家，面積達 403 公頃，從業人員約 4,395 人，年產值約 2,323 億元。

103 年 7 月 31 日深夜在高雄市發生慘痛的氣爆事件，造成生命與財產的嚴重損失，而災後短期內首要任務就是要確實落實管線的安檢及維護；未來則是需要考慮管線與工廠位置的重置，例如將行經市區的管線移往海邊、港口等。不過，管線須耗費時間重配置，並非短期內可以完成。中長期而言，目前高雄港外海填海造陸闢「油品石化中心」，應可適度解決目前石化業所面臨的困境。根據其規劃，油品石化中心總面積約 300 公頃，其中 250 公頃歸中油使用，其餘 50 公頃則由包括李長榮化工等九家石化業者共享，預計 2019 年正式開始營運。未來一旦油品石化中心開始運作，石化業卸貨、生產可以集中於此區，解決石化管線行經高雄市區的問題，可避開人口稠密區，紓解公安壓力。此外，中油高雄煉油廠近期也將面臨關廠壓力，其儲運設施未來也可移往油品石化中心，可做為台灣石化業未來發展的主要基地。

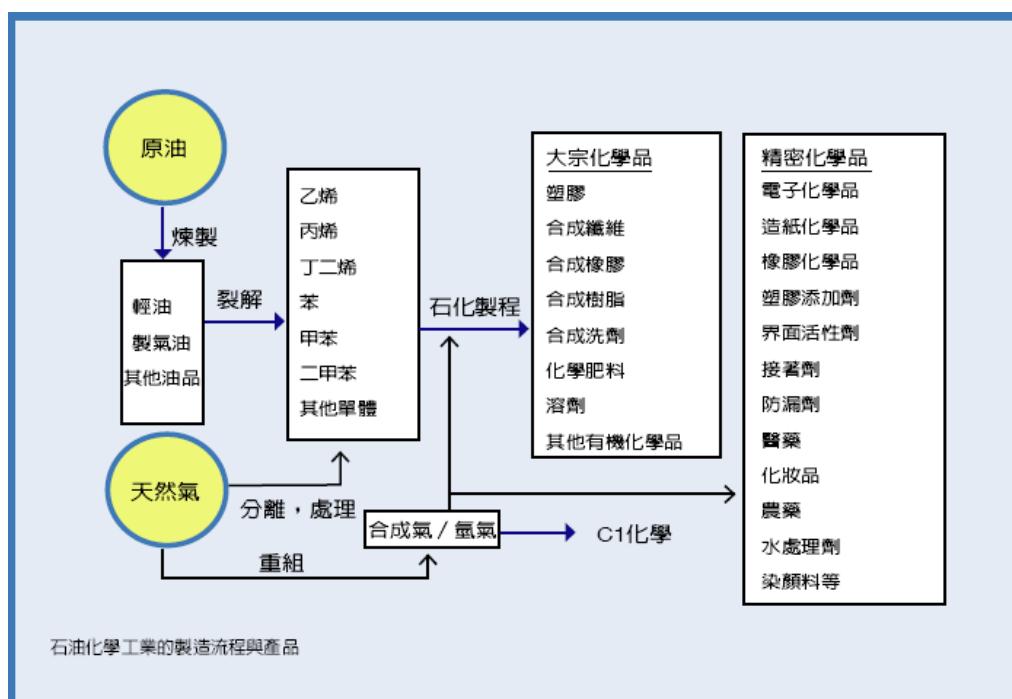


圖 1 石油化學工業的製造流程與產品（資料來源：台灣區石化公會）



圖 2 建立於民國 57 年的台灣第一座
輕油裂解廠



圖 3 台灣第一座聚乙烯工場(台聚公司)

貳、台灣石化工廠特質與潛在危險性

由於石化工業具有上下游高度的整合性，經濟規模龐大，因此具有多項特色，被稱為三多工業，就是投資資本多、專業技術多、密集勞力多。因此，無論是建廠用地的取得，或是環境保護的評估與水源供應的匱乏等，均成為限制國內石化工業的發展因素，台灣石化工廠特質與潛在危險性說明如下：

一、大部分集中在所謂的石化工業區內，只要事故發生控制不當，即會互相影響：

例如仁大工業區、林園工業區、大社工業區、頭份工業區及麥寮石化專區等，各工廠位置集中，甚至管線設備相接，因此工廠的事故極可能危及其它工廠，或整個工業區。

二、臨近住家，未設置適當安全區隔、綠帶以維持社區民眾安全或減低疑慮：

除工業區之工廠外，中油桃園廠、高雄廠、奇美公司仁德廠亦均臨近人口密集之城、鎮，由於寸土寸金，不只是對平時之污染排放無拒絕的權利，當發生事故時亦可能成為第一個無辜受害者。

三、設廠時間大都超過十年，甚至二十年以上，設備未實施汰舊換新，致大小事故時有所聞：

長時間高壓使用、低溫使用，與化學物質接觸的設備，難免因高溫、低溫、腐蝕、材質劣化、金屬疲勞、減厚、磨損、龜裂等因素而無法維持其設置時應有

之強度、功能，加上台灣海島型多濕、多鹽份之特殊氣候條件，致不同程度之洩漏事故時有發生。

四、各工廠、各設備甚至整個石油化工業區之整體性安全評估之重要性仍被忽視，致一些盲點、缺失仍存在：

由於各裝置設備內容物質之特性不同，必要配合控制、儀錶或安全裝置，措施各異，加上工廠管理制度不同，廠內主要危害存在位置在哪？如何避免其發生？發生機率及結果是否可以接受或彌補等預防工作少有注意，大都是等到事故發生後再做亡羊補牢的工作。

五、設備之維護保養制度未建立，自動檢查基準欠缺，檢點流於形式及應付：

設備能用、堪用、可用等均未確認，設備運轉或管線使用中如何實施檢查、檢點、防蝕、防漏、防震、防剪力作用等，哪些位置應加強檢查，如何判定檢查結果是否符合需要或規定等都未確立，更有遷就使用者或上級主管，而造成檢查缺陷和可信賴度減低情形存在。

六、各掃門前雪，致平時的聯繫及緊急狀況的相互支援仍未臻理想：

不只對本身的危害物質特性、危險設備了解不足，隔鄰工廠到底用了哪些危險物質、有毒物質？該如何處理？警示警報裝置訊號為何？發生事故時如何通報？如何保護自身的勞工、設備或及時疏散？可使用之減災設施、防護裝備、逃生設備或可支援設備等均一無所知，更缺乏風雨同舟，休戚與共之精神。

參、全球石油化工廠災例探討

本文彙整近幾年來，國內外石油化工廠災害（火災或爆炸）案例，就其死傷狀況、事件描述及突顯的問題加以整理探討，分別如表 1 及表 2 所示，並分析危害因素作為防災策略之因應。

表 1 國內石化工廠災害案例彙整表

日期	工廠名稱	死傷情形與財務損失狀況	事件描述及突顯的問題
95 年 5 月 17 日	南投有郁實業公司	燒毀面積約 2000 餘坪	<p>事件描述： 現場燒毀面積約 2000 餘坪，廠房內部儲存大量二甲苯及三氯化磷有害物質，屬於可燃性液體，燃燒會產生有毒物質，火勢相當猛烈。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用火管理不當。 2. 業主防災意識薄弱。
95 年 10 月 31 日	新竹供油中心 S-15 燃料油槽	1 人遭 40% 灼傷面積之燒傷	<p>事件描述： 塗裝用溶劑受高溫產生二甲苯蒸氣與照明用電線、環氧樹脂熱裂解所產生可燃性氣體遇高溫則起火燃燒。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 侷限空間作業未執行連續環境測定。 2. 侷限空間作業有 1 具非防爆機具。 3. 防蝕塗料作業，使用高揮發性且易燃之二甲苯。 4. 油槽施工時雖已打開多處通風口，但送風機僅 1 具，其通風量無法送達各處。
96 年 9 月 17 日	高雄縣燕巢鄉元良化工廠	1 人死亡	<p>事件描述： 槽車進行精製樹脂液進料過程，槽車內氣體逸散至槽車周圍，遇火源產生氣爆。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 灌裝時，現場應避免有任何火源。 2. 作業人員未具有高度的安全意識，未依灌裝標準作業來操作。
98 年 3 月 2 日	麥寮六輕輕油裂解一廠	1 人死亡	<p>事件描述：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氢氣壓縮機卸載閥之氫氣側及儀表空氣側之 O 型環無法密合，致氫氣壓縮機汽缸內之氫氣沿著儀表空氣管線進入控制面盤內蓄積。 2. 控制面盤內蓄積氫氣，且濃度達爆炸上下限範圍內，經電氣火花引致爆炸。 <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 對氫氣壓縮機設備之壓縮裝置、控制裝置、正壓系統及卸載閥等附屬設備，未每二年定期實施自動檢查。 2. 業主防災意識薄弱。
98 年 6 月 8 日	中油公司橋頭供油中心	1 人受傷	<p>事件描述： 承攬商工人進行甲苯儲槽工事，不慎引火。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承攬商工人未遵守安全工作 SOP 進行工事。 2. 業主防災意識薄弱。
98 年 6 月 22 日	彰濱南寶化學公司	1 人受傷	<p>事件描述： 發生氣爆的化學品為有機過氧化物，BIBP(二-叔丁基過氧化異丙苯)，氣爆點為生產架橋劑之廠房。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 廠內操作人員對突發緊急事件處理不熟練。 2. 未加強安全管理與製程運作教育。 3. 業主防災意識薄弱。

日期	工廠名稱	死傷情形與財務損失狀況	事件描述及突顯的問題
98年 9月21日	桃園縣觀音工業區雙慶化工廠	1人死亡，6人受傷，財務損失約300萬元。60幾坪的鐵皮廠房屋頂被炸翻，鐵皮飛散四處，廠房被炸得形同廢墟。	<p>事件描述： 外勞以堆高機移動過氯酸鹽、過碳酸鈉等過氧化物至爆炸點，因搬動磨擦使過氧化物蓄熱及不穩定，致自行加速分解產生氯氣與放熱等，造成溫度上升引爆。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 工人未遵守安全工作SOP進行搬運工事。 2. 作業人員未具有高度的安全意識。
98年 11月18日	雲林麥寮台塑六輕工業區南亞公司	13人受傷留院觀察，光氣為具毒性和腐蝕性的化學物質，雲林縣環保局表示依違反毒管法，勒令停工、並罰鍰100-500萬。	<p>事件描述： 雲林麥寮台塑六輕工業區南亞公司光氣密閉室內之光氣混合器法蘭（開放閥）破裂，致溶媒鄰二氯苯伴隨光氣洩漏。事故發生後，廠方立即啟動蒸氣幕、水霧及鹼洗系統，經動力抽氣至洗滌塔及鹼洗塔後排出，數分鐘內完成止漏及地面液體的清理。不久傳出下風處的鹼廠內包商9名工人吸入氣體，緊急送往彰化二林彰基醫院。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 未落實設備檢查及風險評估。 2. 應加強安全管理與製程運作教育。
99年 1月8日	彰濱南寶化學公司	無人傷亡	<p>事件描述： 廠內氧化反應塔底部氧化反應製程異常，純氧使內容物降低最小發火能量，洩出氣體與共存物摩擦產生靜電，發生火災。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 未落實設備檢查及風險評估。 2. 每日要求作業人員確實依SOP操作，避免反應塔製程異常，造成燃燒爆炸。 3. 安全文化、安全管理不良。
99年 6月11日	欣晃科技股份有限公司	2人死亡，5人受傷，燃燒面積約750坪，財務損失約2500萬	<p>事件描述： 現場為化工廠，燃燒物質為「異丙醇」、「二甲苯」、「聯氨」等化學物品。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 業主防災意識薄弱。 2. 作業人員未具有高度的安全意識。 3. 安全文化、安全管理不良。
103年 7月31日	李長榮化學工業股份有限公司	32人死亡（含消防、義消人員7人），約334人受傷，炸壞道路約達6公里。	<p>事件描述： 中油廠外延伸油管逕自移轉予李長榮化工輸送「丙烯」原料使用，惟管線缺乏維修保養產生腐蝕，致「丙烯」大量外洩，釀成氣爆災害。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 管線監管不落實且欠缺檢測維護，業主防災意識薄弱。 2. 作業時發現管線壓力下降，流量異常後，未立即採取必要且正確之措施，操時人員未具有高度的安全意識。

資料來源：本研究整理。

表 2 國國外石化工廠災害案例彙整表

日期	工廠名稱	死傷情形與財務損失狀況	事件描述及突顯的問題
1974/6/1	英國尼龍原料工廠	28 人死亡，36 人受傷，廠外 53 人受傷，輕傷約數百人，1821 座房屋及 167 間商店、工廠損壞。	<p>事件描述： 反應器在操作中發現有洩漏，為了繼續生產，化學工程師們自行評估安裝了一段臨時管線，當時又找不到適合管徑的不鏽鋼管連接，卻用庫存另一管徑不同之不鏽鋼管代用，2 個月後管徑無法承受最高流量與操作壓力，高溫高壓的環己烷在短短 50 秒內，外洩了 30~50 公噸，爆炸性混合氣體壟罩了整個廠房。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 忽略了製程修改時變更管理的重要性，為了生產時效，使用臨時管線代替，而管線結構及缺乏強力支撐等弱點未被考量；業主為了省事省錢卻付出更大代價。 2. 未建立完善的維修保養與稽核制度。 3. 控制室應為具有防爆結構的建築物。 4. 廠區配置應保持適當的距離。 5. 危險化學物品應作周詳的儲運管理。
1984/11/19	墨西哥石油公司	500 人死亡，4000 人受傷，失蹤者約 900 人，31000 人無家可歸。	<p>事件描述： 連接球型儲槽與臥式儲槽的 8 吋管線破裂，漏出液化石油氣面積約 150x200 平方公尺，高約 2 公尺的蒸氣雲，擴散到地面廢棄燃燒塔而引燃大火。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 業主防災意識薄弱。 2. 設備和管線系統管理及壓力控制不當。 3. 未設置可燃性氣體偵測警報系統，無法及早偵知漏氣。 4. 工作人員對液化石油氣可能發生「沸騰狀態的液體蒸氣蒸發膨脹爆炸」(簡稱 BLEVE) 危險認知不足，應變不夠。 5. 高危險廠區緊急應變計畫與演習亦應將鄰近居民包括在內，須疏散避難才能有條不紊的行動。
1984/12/3	印度波帕市美國永備公司(Union Carbide Company)	附近居民數千人死亡，近 20 萬人受害，很多民眾失明、皮膚潰爛、肺部呼吸道灼傷、神經系統遭到損傷。	<p>事件描述： 清洗管線工人意外將水注入存有 50 餘公秉的異氰酸甲酯(簡稱 MIC) 不鏽鋼地下儲槽，槽內發生激烈放熱反應，使槽內溫度急速上升沸騰，造成儲槽內壓力增高，衝開安全釋壓閥，由洗滌塔 33 公尺高的煙囪排放至大氣中。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 業主防災意識薄弱。 2. 任何決策均應以安全為首要的考量，為節省成本而忽略安全產生意外，付出的代價將遠超出原先想要節省的成本。 3. 盡量不使用安全上有顧慮之有毒物質而改以無毒或低毒性物質來替代。 4. 勿囤積庫存量，製程應採多少原料生產多少的生產管理政策。 5. 訂定各項作業的標準作業程序書 (SOP)、督導員工確實遵行。 6. 各項備用設備應隨時保持在可用狀態，平日即應強化維修、保養、檢查等作業。
2004/8/19	美國加州安大略環氧乙烷工廠	4 人受傷及 6000 平方英尺設備損壞。	<p>事件描述： 環氧乙烷消毒工廠發生爆炸事故，造成 4 名工人受傷及 6000 平方英尺設備損毀，鄰近的公司被迫撤離數個小時及工廠運作中斷 9 個月</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 廠內操作人員對突發緊急事件處理不熟練。 2. 未加強安全管理與製程運作教育。

日期	工廠名稱	死傷情形與財務損失狀況	事件描述及突顯的問題
2005/3/23	美國德州 Texas City 煉油廠	15 人死亡，180 人受傷。	<p>事件描述： 分離塔排放出高可燃性的輕質油料，引發火警及爆炸。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 錯誤顯示及失效的儀控設備給操作人員錯誤的訊息。 開爐程序不合時宜，導致操作人員依據錯誤的經驗操作。 製程安全的問題未獲重視。 安全文化、安全管理不良。 通大氣的排放槽煙囪遲未改為安全的喇叭形（Flare）系統。 該廠對於安全政策及程序上要求紙上作業，不合規定照樣簽名。 欠缺通報與學習的文化，未鼓勵員工反映安全上的問題，有的擔心被資遣，未能從大小事件中學習經驗。
2005/6/24	美國密蘇里州聖路易市 (St.Louis)Praxair 氣體鋼瓶分裝場	社區居民 1 人因吸入有毒煙霧氣喘復發死亡，分裝場嚴重燒燬。	<p>事件描述： 鋼瓶內殘餘之丙烯液體，因容器外壁受熱，致使液體形成氣體，瓶內壓力升高超出安全範圍，造成安全閥作動跳開，釋出丙烯氣體，與空氣混合後達爆炸範圍而靜電引燃。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 業主防災意識薄弱。 分裝場內鋼瓶儲放場所未設置消防安全設備。 丙烯鋼瓶之安全閥設定壓力偏低，容易跳脫。 分裝場之儲放區未做有效之防火區隔，鄰近鋼瓶遇火加溫，造成連鎖反應，致鋼瓶爆裂飛射。
2005/11/13	吉林石化公司雙苯場	5 人死亡，1 人失蹤，超過 60 人輕重傷，4 萬人緊急撤離。	<p>事件描述： 硝基苯精餾塔 T-102 管道循環不順暢有堵塞情形，現場人員未能清通而進行停爐時，一時疏忽未將上游應關閉的閥門及時關閉，致進料系統長時間溫度過高引起爆裂，使硝基苯儲槽及附屬設備相繼爆炸。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 未做好安全偵測、指示、控制、警報等安全管理措施。 停爐作業之重要檢點項目-「關閉閥門」被遺忘。 員工安全技能訓練不足，不能妥善清理設備堵塞和停爐作業。 事故發生隱瞞事實而延誤外界援助，使事件擴大。
2006/4/16	日本千葉縣 Cosmo 公司煉油廠	沒有造成人員傷亡，也沒有導致石油製品外洩和有毒化學氣體產生。	<p>事件描述： 第一氫氣製造裝置內之氣液分離槽的隔板裂開，其內部之流體--氫氣發生洩漏、滯留、爆炸及引起火災。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 應加強各項作業的標準作業程序書 (SOP)、督導員工確實遵行。 各項設備應隨時保持在可用狀態，平日即應強化維修、保養、檢查等作業。
2006/6/5	美國密西西比州 Partridge-Raleigh 公司	3 人死亡，焊接工 1 人重傷。	<p>事件描述： 承攬商進行儲槽新設管線焊接工作，欲將 2 個儲槽與第 3 個儲槽相接，焊接火花引燃自鄰槽未盲封管線溢散出的可燃性蒸氣，導致兩個儲槽發生爆炸。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 焊接前及作業中，未使用氣體偵測儀量測可燃性氣體濃度。 動火作業前未將距離 4 英尺旁之鄰槽開口管線加帽蓋或進行盲封隔離等。 四座儲槽內部連通，有些槽內仍有可燃性氣體及原油，卻未先移除與清理，工作環境不安全。 將梯子橫置二儲槽作為焊接者的臨時工作平台，並由維修人員站在槽頂協助穩定橫梯，不符高處作業之安全程序。

日期	工廠名稱	死傷情形與財務損失狀況	事件描述及突顯的問題
2008/6/3	中國石化集團茂名石化分公司	無人傷亡	<p>事件描述： 乙烯廠主要電源遭受雷擊，外線路與多套裝置同時瞬間斷電，致火炬管網壓力急升，超過裂解爐出口管線的設計壓力，高溫裂解氣噴出著火。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 未考量火炬管網憋壓的數據。 2. 未核算出火炬排放能力。 3. 提高並定期檢查全廠電網可靠性的問題。
2009/10/23	波多黎各-海灣石油公司經營的 Caribbean Petroleum Corp	造成附近民房及經過的車輛玻璃破裂，計有兩人受傷、1000 多人疏散。	<p>事件描述： 港口油輪卸油至汽油槽時油槽發生溢流，且未被偵測到，致汽油蒸氣溢散達直徑 2,000 呎，因西北側的蒸氣雲碰撞到火源，導致火災爆炸。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 監控油槽液位之電腦化系統未操作使用。 2. 操作人員係利用油槽外壁的機械式液位計量測液位，控制室內的人員未查覺發生溢油情形。 3. 製程安全的問題未獲重視。
2010/1/7	中石油蘭州石化公司石油化工廠	6 人死亡，1 人輕傷，5 人重傷，財物損失至少 5000 萬人民幣。	<p>事件描述： 蘭州石油化工廠 316 罐區裝有輕烴(液化氣)儲罐，因閥門處洩漏，噴出可燃性氣體產生靜電，引發爆炸著火，瞬間引爆周圍 5 個儲罐。</p> <p>突顯的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 未加強安全管理與製程運作教育。 2. 各項設備應隨時保持在可用狀態，平日即應強化維修、保養、檢查等作業。

資料來源：本研究整理。

石化產業為民生基礎工業，其重要性不言可喻，然而不論在國內、外石化工廠之災害事故仍層出不窮，尤其是重大爆炸與火災事件，常因延燒擴大至無法安全搶救災害及快速撲滅火勢的原因各式各樣，從上述國內、外石化工廠火災災例案件檢視發現，有些造成人員、廠區重大傷亡之情形，亦有因應變處置得宜或安全管理發揮機制使得傷亡、損失降至最低之案例。

肆、石化工廠災害危害因素分析

不同生產性質、不同設備及操作條件的石化工廠，其本身所具有之潛在危害性各異，除了造成黑煙、污水、酸雨、廢氣外洩等污染源，使農作物遭受損害，影響收成並污染生態鏈，致當地居民的身體長期暴露於高度危害之外；更令人重視的是石化工廠製程上大都以管線輸送大量的易燃易爆性、腐蝕性及有毒物質，這些物質的危險特性也讓災害的發生無法預期與掌握，台灣地區地狹人稠，工業

區與民眾住家太過接近，一旦石化工廠的管線、設備發生火災、洩漏，甚至爆炸等事故，經濟的損失將難以估計，更引爆出嚴重的環保問題及工安抗議事件，而石化工廠導致火災、爆炸的因素可歸納如下：

一、機器設備故障：

部分石化工廠設備老舊，工廠可能因為經驗成本考量，或是因為生產進度考量，工廠未能立即更新汰換，卻仍然勉強使用，而造成管線、設備於操作中發生故障，使製程中的危險物洩漏因而發生災害。

二、人為操作疏失：

石化工廠於開、停爐程序中，或是因為公用設備出問題時（如電力中斷..等），通常需要操作人員作一些特殊處理，若在處理程序中如有操作失誤，則災害往往隨之而來，過去石化工廠也曾經發生員工在正常操作的採樣程序中，因個人疏忽使製程危險物大量洩漏而發生災害。

三、非例行非生產作業疏失：

石化製程因為生產作業的需要，對於關鍵性設備往往會設計兩套相同的設備，以方便在生產中，萬一其中一套設備故障則可以不必停爐檢修，而採用正常生產情形下的活線檢修，此時需要維修的這套設備往往需要採取很嚴謹的維修作業程序，只要在這維修的程序中有一步驟執行錯誤就非常容易產生災害。

四、腐蝕洩漏的問題：

石化工廠在製程中會以管線輸送大量的易燃性、腐蝕性及有毒性物質，基於烈日、雨淋、地震、風力等天然環境因素，或管線本身長久輸送腐蝕性物質，導致管線腐蝕破裂問題發生，石化管線產生腐蝕問題往往與輸送物質的純度、管線附屬材料抗蝕特性、操作溫度、壓力、大氣環境因素及異常操作有密切關係，最根本的預防方法即是採用耐蝕性材料，並注意日常檢測維護。

五、鍋爐爆炸的產生：

「鍋爐」是石化工廠常見的製程設備，往往會因為內部產生水垢導致液面計、壓力計、給水內管或安全閥等洞孔堵塞，最後因壓力過大而引起爆炸，或由於爐管外壁附著煤煙、灰渣堆積等因素，造成鍋爐的熱量損失、浪費燃料，所以必須定期清洗鍋爐內外部及檢測。否則不僅是設備失效，故障停工降低產能，更

會導致洩漏大量危險化學品，演變成重大的災害意外事故。

六、原料和產品都是易燃易爆物品：

石化工業製作之原料和產品其燃點都很低，係屬於易燃易爆的製品，稍有不慎都可能會變成災害的引火點，且火勢將迅速蔓延擴大，造成嚴重損失。

七、生產過程中都需要加溫加壓：

在製造的過程中，許多步驟都需要加溫加壓，有的甚至是高溫高壓狀態，萬一有油氣外洩，就可能會發生燃燒爆炸。

八、石油及其產品為電的不良導體：

在生產、輸送或儲存過程中，油品因噴射、衝擊和沉降等原因有可能產生靜電，而靜電火花極可能導致油氣燃燒爆炸。

伍、災害預防策略

截至目前，石化工廠引發的災害事故，絕大多數仍為洩漏導致火災爆炸，不僅造成龐大的財物損失，更嚴重威脅工廠作業人員及附近民眾生命安全。因此，石化工業者均應妥慎因應，預防重於治療，在安全管理上對於災害的控管應該是從預防的角度去思考讓災害不要發生，在預防及管理建議上應涵蓋下列事項：

一、落實設備安全管理與員工安全文化

石化工廠在設計階段就應該把安全的理念與要求納入設計規範中，考量不同生產性質、不同設備及操作條件，其所具有的潛在危險性各異，再配合員工完整落實的教育訓導，安全行為觀念之建立，謹將災害預防的方向列出如下：

（一）良好的廠區使用規劃：

國內大部分石化工廠皆集中在工業區內，應依工廠特性，與民眾居住、公用設施保持安全距離；另廠區內部儲存區、製程區、行政區、儀控室等場域，甚至管線走向、維修空間、救災及避難疏散動線等，均應適當規劃配置，即使災害發生時，亦侷限在區域內且不互相影響。

（二）設計應有周詳考慮

石化管線長時高低壓、高低溫且與化學物質接觸，因此管線材質、零件要求、加工裝設、環境因素及安全係數等均需考量。製程所須的主動式（如自動監控系

統) 及被動式(如緊急洩壓閥)安全設計，必要的消防設備、控制設備、警報裝置、自動偵測警示裝置、安全裝置、緊急控制系統、連鎖安全系統等均應納入檢討範圍或客製設計為專用設備以求周詳。

(三) 製程設備的裝置、施工品質應嚴密控管

由於各裝置設備內容之特性不同，所應配合控制設備或安全裝置措施各異，故首重各項必要之氣密試驗、水壓試驗及非破壞性檢測等，用以確保設備品質、料件更換、購置及使用程序，皆應符合法令規範。

(四) 良好的檢驗及自動檢查機制

對於設備的可用、堪用及損壞應予確認，並記錄其預計更換時間，另視危害程度增加檢查頻率，所有的構件應保持原先裝設時之功能。此外、檢查時機、方法、項目、儀器依設備、對象的不同來制定檢查規範與期程，並以兩組以上檢核人員交叉比對檢查為宜。

(五) 員工安全教育訓練及提升自主管理與應變能力

有關員工之教育訓練須嚴謹要求，新進員工對於危險物品之操作及運搬，應經過職前訓練、解說，最好是採取模擬操作機器的模擬器，待受訓合格後再予任用。此外，應訂定員工完整的訓練計畫、定期的複訓計畫、緊急事件處理計畫並依情境實際演練，提升應變處理效能。而經濟部工業局及所屬工業區管理機構應主動協助及監督各石化工廠整體性自主安全管理事項、改善措施及對策。

二、強化建置主動消防設備與被動式阻火設施

在災害預防方面、人為的疏失預防可經由安全教育及管理著手，機械設備異常或製程失誤則可由基本設計防範，將可能造成火災與爆炸的因素消除。至於災害發生的控制及減低則必須提升工廠防護能力，建議應用主動式消防設備，如以水、滅火劑、惰性氣體及消防警報系統，以達「早期偵知、初期滅火」之目的，並搭配被動式阻火設施，如防火披覆(Fireproofing)，藉以加強場所設備、構造、材料之安全，防範石化工廠瞬間大量燃燒能量，致破壞鋼結構之承載力，進而造成管線內物質外洩擴大災情。而業者亦有責任及義務，將滅火設備及阻火設施的適用標準主動提高，除增加工廠安全性，確保永續經營外，也善盡保護社會的責任。

三、完善區域聯防體系工作與組織

當體系內任何一家工廠發生事故時，其它工廠能在第一時間前往支援展開自救，有組織有計劃且提供即時的救災協助，將救災所需之各種緊急應變器材、設備及人力做最佳運用，因此平日就應有效整合並組織周邊搶救人力、資源，建立相關聯防應變機制：

（一）預防整備機制：

須包含危害來源分析、應變資源調查以及緊急醫療資源、氣象資源建置、風險評估推動、工廠自主改善等工作，另應指派專人管理資源集結場所，在救災時正確調度分配資源，掌握區域內有效資訊與資源。

（二）事故通報機制：

除對消防救災單位、環保單位以及勞檢單位通報外，另再建立周邊工廠與區域聯防組織內工廠之輻射水平通報機制，以及對工業區服務中心、區管處、工業局等之垂直通報機制，最後再增加專家諮詢或緊急應變支援專家群，即時發揮訊息傳遞功能。

（三）訓練演練機制：

辦理工業安全衛生專業技術課程教學、沙盤推演、有（無）預警測試、實兵演練以及成果觀摩評鑑等，提升教育訓導品質與成效。

（四）應變支援機制：

工廠與工廠間簽訂自願性之相互支援協定或加入災害防救自願組織，同時運用網路提供即時應變資源之支援，協助消防單位救災，或輔助各救災單位並提供救災能量。

四、石化管線宜由中央訂定專法管理

基於石化管線專供石化業者作為輸送產品原料使用而不具公用及與民生有關之性質，其與自來水管線、電力纜線、電信纜線、瓦斯管線及石油管線已有專法明文賦予其得埋設於市區道路之法源依據，且具有公用民生性質者不同，倘中央政府考量其確有埋設於道路之必要性及正當性，而擬制定或修正相關法律而賦予其得埋設於道路之法源基礎者，則其管制規範應較其他管線管理法規更為嚴格，以確保民眾之居住及通行安全。

五、防救災機制建立

建議經濟部於高雄市各工業區成立專責專業石化災害緊急應變隊，以專責專業緊急應變人員處理高污染及危險性之石化意外事故危害，以確保市民生命財產安全，而消防機關則配合人命救助、火災搶救等作業。此外，石化業者依事故危害管理機制所建立之聯防組織，於接獲消防機關通報時，亦應立即派處理小組前往協助、處理。

參考文獻 |

- [1] 鄭杰 (2014), 不要石化業？台灣還沒有本錢，經濟日報，8月5日，A4版。
- [2] 台灣石化產業的重整與再生，中時電子報，2014年8月5日，取自：
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20140805000050-260202>
- [3] 經濟部工業局林園工業區服務中心網頁，取自：<http://www.moeaidb.gov.tw/iphw/linyuan/intro.pdf>
- [4] 經濟部工業局仁大工業區服務中心網頁，取自：<http://www.moeaidb.gov.tw/iphw/renda/intro.pdf>
- [5] 經濟部石化產業高值化推動辦公室網頁，取自：<http://www.pipo.org.tw/about/intro#.VI6B0f0cSIE>
- [6] 財團法人中技社 (2013)，石化產業國際化與高值化專題報告，台北。
- [7] 行政院 (2012)，石化產業高值化推動方案核定本。
- [8] 謝俊雄 (2011)，石化工業對台灣經濟奇蹟的貢獻，科學發展，第457期，第71-75頁。
- [9] 林進基 (2008)，從石化專案檢查看石化工廠安全衛生的改進，消防與防災科技雜誌，第37期，第36-39頁。
- [10] 陳詠詩 (2006)，石化業防災安全管理，消防與防災科技雜誌，第23期，第34-37頁。
- [11] 鄭宗敏，陳家磐 (2006)，應用區域聯防管理降低石化廠災害之風險，消防與防災科技雜誌，第23期，第46-51頁。
- [12] 徐國祥 (2009)，如何作好石化廠房之災害管理與維護，消防與防災科技雜誌，第41期，第10-12頁。
- [13] 應松年 (1998)，消防法實務全集，中國法制出版社，北京。
- [14] 俞清雲、陳星佑 (2009)，全國毒化災應變事故論文集。
- [15] 尤浚達 (2007)，石化產業回顧與展望，工會總會服務網，取自：
<http://www.cnfi.org.tw/kmportal/front/bin/ptdetail.phtml?Part=magazine9603-444-10>
- [16] 黃信嘉 (2012)，石化工業廠房火災防範對策之研究，碩士論文，吳鳳科技大學消防學系，嘉義。

