

煉油石化業製程安全事故分析及探討

學生：朱蓓蓓

指導教授：陳俊勳

國立交通大學工學院產業安全與防災學程

摘 要

煉油石化業在本質上為高風險之產業，稍一不慎極易產生火災爆炸事故，對企業本身及社會大眾造成重大影響。因而煉油石化產業非常重視安全衛生，先進國家推行的製程安全管理均具備事故調查的要求，利用事故調查資料提供管理回饋機制，作為重要的工安先期指標，是改善製程設計及安全操作有效的方法。

近期研究顯示大部份事故情境及原因相似且重複，顯見業界並未善用事故經驗學習到教訓，導致事故重複發生。對於發生頻率低但後果嚴重之煉油石化業事故特性，事故資料庫統計分析將更形重要。目前國際上已有許多化學事故資料庫之建立，國內現有勞動部「職業災害統計月報表」係依職業災害事故之特性編列，不敷製程產業如煉油石化業之需求。導致相關事故致災關鍵資訊未能深入探討並儲存於事故資料庫中，不僅無法累積失敗學習經驗，並錯失與同業間寶貴之經驗傳承及分享機會。

本研究參考文獻及實務經驗，架構一套符合煉油石化產業特性之製程安全事故資料庫共計 28 欄位，藉以強化現有資料庫之完整性及實用價值。依此分類重新審視國內某大型煉油石化公司近 12 年 20 件製程安全事故，以頻率分析法統計事故特性，發現事故最常在正常操作狀態下，但人員心態較易產生浮動之午休、換班/下班期間發生；並應特別重視油料泵送過程，由於管路系統或泵浦/壓縮機損壞或未正常運轉下，導致高濃度氫氣之燃料油/循環氣等內容物洩漏，造成自燃火災之可能事故情境，事業單位可參考作為事故預防之方向。

20 件案例採用預設邏輯樹模式，架構事故情境及剖析事故導因，藉由全方位事故導因表鑑別，各列舉關鍵及次要導因共計 60 項，以「四象限分析法」進行統計分析。本研究發現，設備因素為製程安全事故優先應重視之事故導因，包括現場人員設備操作、檢查及維修等直接執行層面，操作期間預知保養等間接管理層面，及技術設計和建構等基本源頭管控層面等，具有顯著之事故發生頻率及重要性，與歐盟 MARS 石化事故資料庫具有相同事故導因趨勢，值得事業單位借鏡及作為防範對策之參考。

關鍵字：意外事故調查，關鍵導因，次要導因，事故資料庫，煉油石化業

Statistical analysis of process safety accidents in oil refining and petrochemical industry

Student : Bei-Bei Chu

Advisor : Chiun-Hsun Chen

Degree program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

Crude oil refining processes or refineries are classified as high risk operations because of their potential for major accidents such as fire and explosions. Hence incident investigation has been an integral part of process safety management regulations. It is a regulatory requirement for petrochemical and refining companies to conduct thorough accident investigation after an unfortunate event to identify the root causes and to take corrective actions to prevent the same and similar accidents from happening again.

However, recent accidents occurred in Taiwan involving the petrochemical and refining processes revealed the unfortunate fact that the lessons learned mentality or practices is nonexistent. This is primarily due to the fact that Occupational Safety and Health Act of the Ministry of Labor do not specifically differentiate occupational injuries from chemical process or manufacturing process related accidents. Secondly, the mandatory requirement on major accident reporting or the monthly occupational injury report requires no information on the root causes or main contributors of incidents or accidents.

This study is aimed to design an accident database suitable for the refining industry. This is accomplished by referencing major accident databases of the United States, Japan, the European Union and 20 process-related accident reports compiled by a domestic petroleum company. Information gathered from these accidents is further classified into 60 major causal factors and minor causal factors. These factors are further analyzed by using British Petroleum's Comprehensive List of Causes and classified as direct causes, indirect causes and root causes. The Four Quadrant Analysis technique is utilized to identify the major causal factor contributor of the 20 accidents is equipment related such as design, maintenance management such as preventive maintenance, inspection and testing, and operation. The findings are similar to those of the European Union Major Accident Reporting System.

The frequency analysis reveals the fact that most of the accidents occurred during lunch break, or shift change. The modes of operations involved in these accidents were pumping, normal operations. Piping and pressurizing systems were the most common equipment encountered in the accidents. And the most frequently occurred accident was fire.

It is hoped that the major causal factors and minor causal factors contributing to the accidents of the domestic petroleum company can alleviate the consequences of limited compilation, analysis, dissemination and utilization of accident information within and between companies.

Keywords: Accident investigation, major causal factors, minor causal factors, accident database, Oil refining and petrochemical industry.



誌 謝

二年的在職進修晃眼間過去了。很多朋友乃至家人對我的再次讀書覺得不可思議，確實依我的年齡，已有的學經歷，學位對我而言無法再給我增添任何世俗有形的光采，但在我心中知道，這是我對自己近二十年工安生涯的一個交代，我希望經驗與學術結合，我期盼論文成果提供給公司一個工安改善的方向，如有可能我更期待喚起國內煉油石化產業因而重視製程安全事故資料庫之建置，真正從事故學習到經驗教訓，避免事故重複發生。

在此段求學期間要感謝許多幫助過我的師長及同學們。首先感謝指導教授陳俊勳院長，於百忙之中悉心指導，並提供許多石化業寶貴資料供學生參考，使學生心生感恩。此外要特別感謝于樹偉教授，雖不是我的指導老師，仍願意以他豐富的學養給予學生許多精闢建議，老師嚴謹的治學態度也使學生學習良多。同時感謝陳建忠教授審閱論文，提出許多寶貴的意見及指正，進而協助本論文趨於完善。

感謝安全教育與研究學會蔡永銘秘書長，長久以來不斷提攜學生並帶領學生在工安殿堂成長，以及所有在工安路上對學生鼓勵與指導的師長朋友們，我永遠銘謝在心。感謝 101 年產安組所有同班同學，在與你們的互動中，不僅年輕了我的心，也使我深受啟發；更感謝同學靖仁，在學期間多虧有你，使我免除許多舟車之苦。

最後感謝父母親多年的培育之恩，及嘉宏、兒子偉騰的支持與鼓勵，你們永遠是我後面的支柱與力量，使我勇敢向前。在論文結束之際，接獲公司指示我將離開工安領域換一新跑道，因此特別感恩這段求學期間留給我的種種回憶，雖有苦惱但也有歡笑，豐富了我的人生，也為我的工安生涯暫時劃上一個美好的休止符。

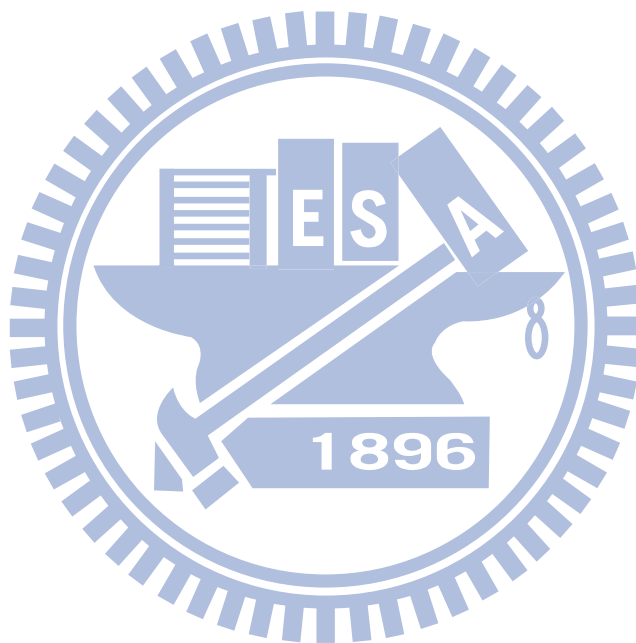
朱蓓蓓 謹誌於交大產安組
2013 年 7 月

煉油石化業製程安全事故分析及探討

目 錄

中文摘要	.....	I
英文摘要	.....	II
誌謝	.....	IV
目錄	.....	V
表目錄	.....	VII
圖目錄	.....	IX
一、	緒論.....	1
1.1	研究動機與目的.....	1
1.2	研究範圍與限制.....	3
1.3	名詞定義.....	3
1.4	研究流程.....	5
二、	文獻探討.....	6
2.1	化學及煉油石化產業事故資料庫及事故概況.....	6
2.2	事故導因分析.....	12
三、	研究方法與流程.....	21
3.1	文獻回顧方法.....	21
3.2	事故導因分析方法.....	21
3.3	事故特性及導因統計分析方法.....	26
四、	煉油石化業事故資料分類、編碼、彙整及建檔.....	28
4.1	架構事故資料庫之分類與編碼.....	28
4.2	彙整及建檔資料庫.....	35
五、	製程安全事故特性與導因分析.....	38
5.1	事故特性分析.....	38
5.2	事故導因分析.....	45
六、	結論與建議.....	55
6.1	結論.....	55
6.2	討論與建議.....	56

參考文獻	.....	59
附錄一	全方位事故導因表.....	61



表目錄

表 1 國際主要之化學事故資料庫.....	6
表 2 歐盟 MARS 資料庫統計分析結果.....	9
表 3 CSB 資料庫統計分析結果.....	11
表 4 全方位事故導因表(CLC)	16
表 5 OGP 事故導因表.....	17
表 6 Ji, C., Zhang, H. 等人事故基本原因表.....	18
表 7 Kidam, K., Hurme, M. 事故貢獻因素表.....	19
表 8 事故導因分析表.....	22
表 9 某「油氣洩漏火災」導因分析表.....	26
表 10 事故單位分類及編碼	28
表 11 事故類型分類及編碼	29
表 12 影響層面分類及編碼	29
表 13 傷亡對象分類及編碼	30
表 14 作業類別分類及編碼.....	30
表 15 操作狀態分類及編碼	31
表 16 涉及之設備分類及編碼	31
表 17 點火源分類及編碼.....	33
表 18 直接原因大項分類及編碼	34
表 19 間接原因大項分類及編碼	35
表 20 基本原因分類及編碼.....	35
表 21 煉油石化業製程安全事故資料庫格式及欄位.....	35
表 22 資料庫輸入之建檔內容	36
表 23 事故年份統計表.....	38
表 24 事故月份統計表.....	39
表 25 事故時間統計表.....	39
表 26 事故單位統計表.....	40

表 27 事故類型統計表.....	40
表 28 影響層面統計表.....	41
表 29 傷亡對象及死傷人數統計表.....	42
表 30 作業類別統計表.....	42
表 31 操作狀態統計表.....	43
表 32 涉及之設備統計表.....	43
表 33 涉及之化學品統計表.....	44
表 34 點火源統計表.....	45
表 35 直接原因發生頻率及主要貢獻度分析表.....	46
表 36 間接原因發生頻率及主要貢獻度分析表.....	49
表 37 基本原因發生頻率及主要貢獻度分析表.....	52



圖目錄

圖 1 FKD 資料庫事故貢獻因素分析圖.....	10
圖 2 RMP 資料庫事故導因分析圖.....	11
圖 3 美國化學製程安全中心預設邏輯樹模式.....	14
圖 4 導因分析架構	22
圖 5 由顯性因子對應至直接原因分析圖	23
圖 6 由直接原因對應至間接原因分析圖.....	24
圖 7 由間接原因對應至基本原因分析圖.....	25
圖 8 直接原因四象限分析圖.....	47
圖 9 間接原因四象限分析圖.....	51
圖 10 基本原因四象限分析圖.....	53

