



社團法人台灣安全研究與教育學會
Taiwan Safety Council

美國CSB事故調查個案研討會

製程風險評估事故案例

林佩蓉 2015.6.25



- ▶ 於2004年4月23日台塑公司位於伊利波里斯，伊利諾州中央的一個小鎮，發生爆炸
- ▶ 5名工人死亡，3人嚴重受傷，當局從該地區疏散了約150名居民
- ▶ 事件對附近社區產生嚴重的經濟後果，因為這個工廠沒有重建
- ▶ 這個工廠僱用139員工生產PVC
- ▶ PVC用來做出許多不同的產品，包括信用卡, 塑膠管, 服裝, 壁板和地板
- ▶ 博登化學於1965年建造這個廠，台塑於2002年，在事故發生前兩年前廠購買了這個廠
- ▶ CSB調查這一事件，並發布了一份報告，包括調查結果和建議

發生經過的電腦模擬

- ▶ CSB採用物證，少數倖存的文件和倖存者的證詞，重建這起意外
- ▶ 影片播放電腦模擬

製程介紹

- ▶ 台塑製造使用24個反應器, 來製造聚氯乙烯或PVC
- ▶ 反應器佈置成四組
- ▶ 每個反應器內含有數千英鎊有毒的氯乙烯在熱和壓力條件下反應形成 PVC
- ▶ 一位操作員由從上層的面板控制的生產過程
- ▶ 當程序完成，第二個操作員會走下樓
- ▶ 打開反應器的閥門輸出產品
- ▶ 輸出完成後，工人走回上層，然後用高壓水衝擊波清理反應器內部
- ▶ 然後工人走到下層，打開反應器底部閥門以及排水閥，廢水排放到地板上流到排放口

致命的錯誤 1

- ▶ 事故當晚，一位操作員開始用水槍清洗306反應器
- ▶ 然後，他走下樓去，去排放他清洗的反應器，但他犯了一個嚴重的錯誤
- ▶ CSB結論，他在樓梯的底部不是左轉去306反應器，而是右轉去不同的反應器群組，然後走向310反應器
- ▶ 但310反應器不是在清洗程序中，它是在生產PVC的加壓加熱週期中
- ▶ 操作員切換打開反應器底部閥與排水閥，反應器底閥仍舊關閉，聯鎖系統阻斷驅動器的空氣動力，這是個安全保護設計，防止當反應器在壓力下時被意外釋放

致命的錯誤 2

- ▶ 操作員不是去檢查閥門為何不會打開，而是決定旁路聯鎖保護系統
- ▶ 他切斷原有的空氣供應，然後拿取一個只有在緊急情況下使用的連續供氣軟管，他連結軟管接到閥門，閥門立刻打開
- ▶ 高度易燃的聚氯乙烯混合物開始突然衝出到在地板，產生隆隆的噪音，目擊者聽起來像一個噴氣發動機

洩漏後的緊急處理

- ▶ 工人聞到氯乙烯，蒸汽觸發報警，值班主管衝向反應器，他見到反應器底部地板滿布氯乙烯，並已經開始在上層形成霧狀混合物
- ▶ 主管相信他可以阻止洩漏，他跑到上層告訴操作員打開一個釋壓閥來釋放反應器內的壓力
- ▶ 然後主管和一名操作員試圖經由內梯到下層去，但被強烈的氯乙烯蒸汽給阻擋下來
- ▶ 操作員仍留在上層，主管則經由外梯往下層走
- ▶ 就在此時氯乙烯猛烈點燃並爆炸
- ▶ 目擊者稱有三或四個額外的爆炸

後果

- ▶ 四位工人立即死亡
- ▶ 兩個在反應器頂部的工作的操作員，與兩位在下層的操作員，包括一位顯然打開了反應器底閥的操作員
- ▶ 第五操作員嚴重燒傷，兩個星期後死亡
- ▶ 另外在外部樓梯的兩名工人和主管受到重傷
- ▶ 爆炸的威力摧毀了大部分工廠，包括實驗室與安全工程辦公室，它炸毀反應器廠房屋頂，毀掉牆壁，損壞的金屬框架和管線，舉起了工廠在上層的鋼筋混凝土地板

原因探討

- ▶ 這次爆炸發生在一名工人打開一個充滿易燃物質的壓力反應器的一個閥門
- ▶ 單純地指責悲劇的發生只是人為失誤可能很容易，然而，常常有的情況是有更深層的原因
- ▶ CSB的調查顯示，更好的操作實務和設備設計可以減少人為失誤的機會與如此災難性的後果

小組討論

- ▶ 你看到什麼問題？
 - ▶ 技術
 - ▶ 系統
 - ▶ 人員
 - ▶ 文化
- ▶ 你想如何建議改善？

CSB 的發現與建議

▶ 影片播放

CSB 發現 1

- ▶ 盡量減少人為錯誤一種方式是安裝額外的鎖或其他裝置，以防止當反應器在壓力下時，重要閥門被打開
- ▶ 唯一的安全聯鎖太容易被旁路
- ▶ 只要通過簡單的連接懸掛在附近的緊急空氣軟管

CSB 發現 2

- ▶ 雖然反應器明確編號，但他們被分成類似四個群組
- ▶ 增加了操作員可能會去操作錯誤的反應器的機會
- ▶ 沒有壓力表，指示計或警示燈告知在下層的操作員反應器是否正在製造氯乙烯
- ▶ 操作員沒有無線電或內線，所以他們無法與在上層控制盤面的操作員迅速聯繫，確認反應器的狀態

CSB 發現 3

- ▶ 伊利波里斯工廠之前的所有者博登化學，在1992年進行一個製程危害分析，其中指出，反應器底部閥門的連鎖十分容易被濫用，建議額外的安全防護，但從來沒有被採取
- ▶ 在1999年，另一個危害分析再次識別出，如果有人開啟在製造程序中的反應器底閥將有嚴重後果，但分析中不正確地總結現有的安全連鎖足以防止嚴重事故發生

CSB 發現 4

- ▶ 企業需要進行徹底調查虛驚事件，來發現所有潛在的安全弱點
- ▶ 台塑之前已經歷多起反應器事故，將這些事故放在一起，原本可以指出人為失誤可能會造成的災難性後果
- ▶ 在2003年，在路易斯安那州的巴頓魯日PVC廠，一位操作員打開錯誤的反應器底閥，釋放出8000磅氯乙烯到大氣中
- ▶ 2000年2月在伊利波里斯工廠，一個操作員旁路反應器底閥連鎖保護導致另一起嚴重的氯乙烯外洩到大氣的意外事件
- ▶ 他們大多承認，需要額外的控制，但行動不夠迅速來落實改善
- ▶ 兩個月後發生爆炸

CSB 建議 1: 重新審查在美國所有設施的設計與操作

- ▶ CSB 敦促台塑公司確保化學品製程的設計可以將人為失誤所造成的後果減到最低

CSB 建議 2：改善安全連鎖系統的控制

- ▶ 更徹底的評估高風險的危害
- ▶ 考慮虛驚事故所有可能的後果並改善

CSB 建議 3 :定期演習緊急行動，包括即刻疏散

- ▶ 當化學物質發生像如此大量洩漏時，員工需要盡快撤離，企業需要訓練並和要員工本能地撤離
- ▶ 在這種情況下，留在上層的操作員妄圖減緩釋放，與另一個在區域內的操作員在爆炸中死亡，如果立即撤離他們的生命將得以挽救

結論

- ▶ 這起事故的發生，是因為所涉及的公司沒有足夠仔細地檢視人為失誤可能造成的潛在的災難性後果
- ▶ 人會犯錯誤，這就是為什麼設計系統要將這種可能性納入考慮是如此重要



社團法人台灣安全研究與教育學會
Taiwan Safety Council

Q&A