

國立交通大學

工學院產業安全與防災研究所

碩士論文

二硫化碳製程危害評估與風險管理

**Hazard Assessment and Risk Management for the
Manufacturing Process of carbon disulfide**



研究生：吳士珍
指導教授：陳俊瑜 教授
蔡春進 教授

中華民國 九十五年 七月

二硫化碳製程危害評估與風險管理
**Hazard Assessment and Risk Management for the
Manufacturing Process of carbon disulfide**

研究生：吳士珍 Student : Shih-Jane Wu
指導教授：陳俊瑜 Advisor : Dr.Chun-Yu Chen
 蔡春進 Dr.Chuen-Jinn Tsai

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩 士 論 文



A Thesis
Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk
Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in
Industrial Safety and Risk Management
July 2006
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十五年 七月

二硫化碳製程危害評估與風險管理

學生：吳士珍

指導教授：陳俊瑜

蔡春進

國立交通大學產業安全與防災研究所

摘要

二硫化碳是無色、有毒、高度揮發性而且易燃的化合物液體，在工業上大量用於嫘縈棉、嫘縈絲、玻璃紙、及四氯化碳之製程，它具有毒性、易燃、易爆、等三大特性，在製程上如有操作或管理不當，極易產生中毒、著火、爆炸之危害。為防止意外事故的發生，有必要透過危害評估方法探討其危害性，並採取製程安全管理以降低危害。

本研究以某工業區一家生產二硫化碳工廠內危害風險較高的二硫化碳儲槽為對象，使用 ALOHA 後果分析軟體，模擬二硫化碳儲槽發生破洩時的最嚴重災害情境(worst-case scenario)及其他可能發生情境(alternative-release scenario)之危害影響範圍。

由 ALOHA 模擬毒性氣體外洩「最嚴重災害情境」結果，二硫化碳毒性氣體危害影響範圍已超出廠外周界，因此當二硫化碳洩漏時應儘速對影響範圍居民緊急疏散或引導儘量留在室內，避免外出活動，並將窗戶及空調設備關閉，直到濃度降低到安全濃度才可解除警報。由 ALOHA 模擬火災熱輻射、蒸汽雲爆炸之「最嚴重災害情境」及「其他可能災害情境」的結果發現，對廠外居民不會造成危害，但對廠內會造成危害，故當火災發生時，除應將廠內人員撤退至安全距離，並針對火災應有效控制，以避免引起爆炸。

除了需透過「最嚴重災害情境」及「其他可能災害情境」之危害評估外，工廠應重視製程安全管理的工作，並且應訂定緊急應變計畫書，模擬工廠可能發生情況，定期實施緊急應變演習，讓員工在處理意外事故時，能夠從容迅速完成，才能有效減少危害發生。

關鍵字：二硫化碳、ALOHA、後果分析

Hazard Assessment and Risk Management for the Manufacturing Process of carbon disulfide

Student : Shih-Jane Wu

Advisor : Dr.Chun-Yu Chen

Dr.Chuen-Jinn Tsai

Institute of Industrial Safety and Risk Management

National Chiao Tung University

Abstract

Carbon disulfide (CS₂), a colorless, toxic, highly volatile and flammable liquid chemical compound; which are used extensively in the manufacturing of viscose rayon fibers, cellophane, and carbon tetrachloride. It has the characteristics of toxicity, flammability and explosiveness. If the process is operated and managed improperly, it is extremely likely that poisoning, fire and explosion will occur. In order to prevent the incident from occurring, we need to perform the hazard assessment to find out the potential risks and exercise the process safety management to reduce the risks.

In this research we chose the storage tank of a carbon disulfide factory in an industrial zone as the target of study. ALOHA consequence analysis software was used to simulate worst-case scenario and alternative-release scenario from the breaking tank to understand the affected area and the magnitude of the risks.

The results indicate that the affected area of the toxic carbon disulfide will go beyond the periphery of the factory. When carbon disulfide is released, the factory director must evacuate residents near the factory as quickly as possible, or persuade them to stay indoor and avoid outdoor activities. The windows should not be opened and the air conditioners must be turned on until the CS₂ concentration falls below the safety threshold. The study also shows that the neighbors are not exposed to the risks of thermal radiation and vapor cloud explosion, while these accidents pose risks to the personnel in the factory.

Therefore when the storage tank catches fire, we should evacuate workers to the safe areas immediately and control the fire effectively to avoid explosion.

In addition to the hazard assessments of the worst-case scenario and the alternative-release scenario, the factory must take the process safety management seriously and establish the emergency response plan to simulate the scenarios that might have happened. Emergency response drill must be scheduled regularly so that worker can handle the incidents rapidly and effectively to reduce the hazards.

Keywords : Carbon disulfide 、 ALOHA 、 Consequence analysis



誌 謝

由於工作忙碌，論文拖到第五年學程最後一年，如今論文終於完成，心中如釋重負。首先要感謝指導老師陳俊瑜教授、蔡春進教授諄諄教誨與細心指導使我獲益良多，也因為老師對我不斷的鞭策，才能夠順利將論文交出。另外感謝口試委員洪益夫教授、簡弘民博士對論文的指正，使內容更加充實。

在論文研究當初，曾數度造訪工業技術研究院能環所，並得到王世煌組長、何大成研究員、許介寅副研究員暨同班同學郭今玄副研究員的協助，提供我論文研究的資料，在此特表深至謝忱。在學期間從宜蘭到新竹路途遙遠，還好在下課時間，有黃再枝同學、李昆峰同學給我搭車之便，讓我節省不少寶貴時間，真是感激不盡。

最後要感謝同事美員幫忙打字，以及家人全力相挺，兒子明聰、女兒佳穎協助上網收集論文相關資料及幫忙打字校稿，吾妻淑芬是我精神上最大的支柱，在我碰到挫折時不斷地鼓勵我，使我無後顧之憂，最後得以順利畢業，在此願以此份榮耀與家人共同分享。

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	-----	viii
第一章 緒論	-----	1
1.1 研究動機	-----	1
1.2 研究目的	-----	5
第二章 文獻探討	-----	6
2.1 工業災害相關法規	-----	6
2.2 二硫化碳製程描述	-----	10
2.3 二硫化碳物質安全資料	-----	13
2.3.1 二硫化碳之物理化學特性	-----	13
2.3.2 二硫化碳之毒性	-----	20
2.3.3 二硫化碳防災設備	-----	23
2.3.4 二硫化碳製造上及使用時應注意事項	-----	25
2.3.5 二硫化碳國內相關法規之規範	-----	27
2.3.6 二硫化碳國外相關法規之規範	-----	29
2.4 安全評估方法	-----	32
2.4.1 檢核表(Check List)	-----	32
2.4.2 如果—會怎樣(What-if)	-----	32
2.4.3 危害與可操作性分析(HazOp)	-----	33
2.4.4 失誤樹分析(FTA)	-----	35
2.4.5 失誤模式與影響分析(FMEA)	-----	38
第三章 研究方法	-----	39

3.1	研究內容	39
3.1.1	災害後果分析	39
3.2.2	ALOHA 應用模式系統介紹	41
3.2	研究架構	43
3.2.1	最嚴重災害情境	43
3.3.2	其他可能發生情境	43
3.3.3	ALOHA 執行儲槽外洩操作步驟	47
第四章	結果與討論	50
4.1	最嚴重災害情境	50
4.1.1	毒性氣體外洩	50
4.1.2	火災熱輻射	56
4.1.3	蒸汽雲爆炸	58
4.2	其他可能發生情境	60
4.2.1	毒性氣體外洩	60
4.2.2	火災熱輻射	62
4.2.3	蒸汽雲爆炸	67
第五章	結論與建議	68
5.1	結論	68
5.2	建議	69
參考文獻		71
附錄一	二硫化碳國內相關法關	75
附錄二	二硫化碳儲槽危害與可操作性分析(HazOp)	85
附錄三	ALOHA 操作步驟	95
附錄四	最嚴重事件模擬(worst-case scenario)摘要	107
附錄五	其他可能發生情境(alternative-release scenario)摘要	124
自傳		161



表 目 錄

表 1.1	國外化學災害回顧 -----	3
表 1.2	國內化學災害回顧 -----	3
表 1.3	二硫化碳化學災害-----	4
表 2.1	各國預防重大工業災害相關法規-----	10
表 2.2	二硫化碳之物理及化學特性-----	14
表 2.3	空氣中二硫化碳暴露濃度對人體之作用與影響-----	23
表 2.4	毒性物質引用之濃度指標-----	32
表 2.5	爆炸過壓之影響-----	18
表 2.6	熱輻射之影響 -----	19
表 2.7	二硫化碳法規之規範-----	27
表 2.8	建立失誤樹所使用符號與名詞-----	34
表 3.1	ALOHA 之「最嚴重事件模擬」及「其他可能發生情境」 之使用條件-----	44
表 4.1	毒性氣體外洩「最嚴重意外情境」ALOHA 模擬結果-----	50
表 4.2	Scenario 9 洩漏點下風處不同距離室內室外濃度-----	53
表 4.3	火災熱輻射「最嚴重意外情境」ALOHA 分析之影響範圍-----	56
表 4.4	爆壓「最嚴重意外情境」ALOHA 分析之影響範圍-----	58
表 4.5	毒性氣體外洩「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍-----	60
表 4.6	火災輻射熱「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍-----	62
表 4.7	Scenario 18 洩漏點下風處不同距離室之熱輻射-----	64
表 4.8	爆壓「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍-----	67

圖 目 錄

圖 2.1	二硫化碳流程圖 -----	10
圖 2.2	二硫化碳中毒急救流程圖 -----	22
圖 2.3	Hazop 分析的技巧概念-----	34
圖 2.4	失誤樹分析示範圖 -----	37
圖 3.1	意外排放後果分析流程-----	40
圖 3.2	意外排放後果分析流程-----	41
圖 3.3	最嚴重災害情境模擬架構圖-----	45
圖 3.4	其他可能發生情境模擬架構圖-----	46
圖 4.1	毒性氣體--破孔尺寸與洩漏量關係圖 -----	51
圖 4.2	CS ₂ 氣體之破孔尺寸與影響範圍關係圖-----	51
圖 4.3	毒性氣體威脅區域-----	52
圖 4.4	下風 500 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化-----	53
圖 4.5	下風 1000 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化-----	54
圖 4.6	下風處 1500 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化-----	54
圖 4.7	下風 2000 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化-----	55
圖 4.8	火災熱輻射威脅區域-----	57
圖 4.9	爆壓--破孔尺寸與爆壓影響範圍關係圖-----	58
圖 4.10	蒸汽雲爆炸爆壓威脅區域-----	59
圖 4.11	二硫化碳槽車洩漏--風速與洩漏量關係圖-----	61
圖 4.12	二硫化碳槽車洩漏--風速與影響範圍關係圖-----	61
圖 4.13	火災熱輻射威脅區域-----	63
圖 4.14	輻射熱與距離關係圖-----	64
圖 4.15	下風處 10 公尺處輻射熱之時間變化-----	65
圖 4.16	下風處 20 公尺處輻射熱之時間變化-----	65
圖 4.17	下風處 30 公尺處輻射熱之時間變化-----	66
圖 4.18	下風處 40 公尺處輻射熱之時間變化-----	66

第一章 緒論

1.1、研究動機：

化學工業在我國之經濟發展過程中，扮演一個相當重要之角色，化學工業的發展與成長，與現代人類生活有著密不可分的關係。然而人們在享受化學工業所帶來的繁榮經濟及充裕物質的同時，卻往往忽略了意外事件發生時所必須付出的龐大社會成本，層出不窮的化災事件不斷地發生，卻往往被人們所遺忘，直到重大災害出現才再喚起人們的覺醒。化學工業生產過程中會使用很多化學物質，這些化學性物質往往有易燃、易爆、及有毒特性，假如生產設備儀器失效、人為操作錯誤、製程設計不良、或管理上之缺陷，都可能造成工業災害，輕者僅財物損失，嚴重者會發生火災、爆炸、毒氣外洩等重大災害。在國外即使是最先進的國家亦不可避免發生重大化學災害(如附表 1)，造成了無數生命財產損失與環境污染，這些災害的發生震驚了世人，並促使各國政府相繼制定工業安全衛生相關法令，也引發工業界對於化工製造安全管理的加強。

回顧國內近幾年發生重大火災、爆炸案，如七十九年鉍光公司液化瓦斯爆炸、八十五年永興化工公司過氧化丁酮爆炸、八十七年北誼興業公司液化瓦斯爆炸案、九十年福國化工公司失控反應爆炸(如附表 2)，均對勞工安全及公共安全造成無可彌補之傷害。為此行政院勞工委員特訂頒「降低火災、爆炸職業災害中程策略(九十一至九十三年度)」計劃，以輔導具高火災、爆炸風險之事業單位建立安全風險評估制度，並據以協助進行製程改善、防爆電氣設備之設置及防止火災爆炸技術之轉移，降低各單位火災、爆炸風險等級，進而達到保護勞工安全、防止職業災害發生〔1〕。

二硫化碳(Carbon disulfide 以下簡稱 CS₂)在工業上廣泛的被使用，主要用途有嫘縈棉、嫘縈絲、玻璃紙、四氯化碳、可塑劑、界面活性劑、殺蟲劑、溶劑、染料等〔2〕，其中以嫘縈棉、嫘縈絲、玻璃紙之使用量最大。二硫化碳具有易燃、易爆、毒性等三大特性，在製程上如有操作或管理不當，極易產生著火燃燒、爆炸、及中毒之危害。二硫化碳因發火溫度低，普通的燈泡表面或與高溫蒸汽之接觸即可著火，過去在二硫化碳工廠由於設備之操作疏忽、或管理不當，所引起之火災、爆炸、中毒事件，時有所聞(如附表 3)。為防止意外事故的發生，有必要透過危害評估、與風險管理加以探討其危害性，並採取製程安全管理。


二硫化碳是環保署列管之毒性化學物質、消防署列管之公共危險物質、暨勞委會列管指定須做危險性工作場所審查檢查之危害物質。居於法令規定，二硫化碳之製造、使用、處置，須做到：1.避免列管化學物質意外排放及意外排放之消滅、應變、防堵。2.列管化學物質，有效預防火災、爆炸發生。3.列管化學物質和相關製程安全及風險管理。

表 1.1 國外化學災害回顧〔3〕

時 間	發 生 經 過	結 果 與 損 失
1974 年 6 月	英國 Flixborough 鎮，有一家尼龍原料工廠發生環己烷外洩爆炸。	廠內 28 人死亡、36 人受傷，廠外 53 人受傷，財產損失美金兩億三仟兩佰萬元。
1976 年 7 月	意大利 Seveso 鎮，有一家化學工廠—反應器失控，導致兩公斤四氯二苯戴奧辛外洩。	污染面積達 25 平方公里，廠外 5000 人就醫。
1984 年 11 月	墨西哥首都墨西哥市液化石油氣貯槽管線外洩引起爆炸。	500 人死亡、2500 人受傷，財產損失美金二仟萬元。
1984 年 12 月	印度 Bhopal，有一家農藥工廠發生異氰酸甲脂 (MIC) 外洩。	2000 人立即死亡、4000 人陸續死於中毒、17,000 人受傷，損失及賠償金額美金四億七仟萬元。

表 1.2 國內化學災害回顧〔3〕

時 間	發 生 經 過	結 果 與 損 失
79 年 4 月	台中縣外埔鄉鉍光公司液化瓦斯爆炸。	造成廠內 40 死、29 傷(公司全毀)。
85 年 10 月	桃園縣蘆竹鄉永興塗料公司過氧化丁酮儲存室爆炸	造成 10 死、47 傷(波及附近 6 家工廠全毀)
87 年 2 月	高雄縣林園鄉北誼興業公司液化瓦斯爆炸。	造成 4 死、44 傷。
90 年 5 月	新竹縣湖口工業區福國化工公司水性壓克力樹脂製程蒸汽雲爆炸。	造成廠內 1 死、112 傷公司全毀、波及附近 46 家工廠損失數億元。

表 1.3 二硫化碳化學災害

種類	發生經過
火災	某二硫化碳工場實施維修保養，在槽內清理出來之污泥堆放在地面，因污泥含有二硫化碳產生揮發氣體與附近之火源接觸，引起火災，並使作業中的勞工發生灼傷。〔4〕
爆炸	某二硫化碳工場因精製二硫化碳的鍋底發生龜裂，致使洩漏二硫化碳並變成二硫化碳蒸汽，而與附近的火源引火且引燃至鍋內引起爆炸。〔4〕
中毒	81 年某人纖製造工廠，疑似有勞工發生二硫化碳中毒，經勞委會勞工研究所進行調查研究，及全面之作業環境測定，暴露勞工之生物偵測以及健康危害評估，發現有 10 位勞工確定為末梢神經病變。〔5〕
外洩	93 年 3 月 20 日大陸京滬高速公路發生一起載運二硫化碳的卡車，發生二硫化碳外洩，經消防隊等相關單位全力搶救沒有造成人員傷亡，但駛使京滬高速公路中斷 14 小時。



1.2、研究目的：

CS₂ 雖然是屬於高度易易燃、易爆、毒性高危險之物質，但是透過危害評估、與風險管理有效建立一套製程安全管理，可將危害風險降至最低，並針對殘餘風險建立完善的緊急應變制度，進一步控制危害。

本研究目的包括如下：

1. 利用製程危害分析技術，以製程之二硫化碳儲槽為研究對象，探討可能產生之危害與導致之後果。
2. 利用後果分析模擬可能產生之危害，並將之量化研判是否會造成太高風險。
3. 建立主動式安全和程序安全制度，如可信賴度儀器之使用、對員工適當的教導、嚴格的操作訓練、和良好的維修保養計劃、變更管理制度之建立與執行。
- 4 針對最壞的情境，建立緊急應變計畫。



第二章 文獻探討

2.1 工業災害法規規範：〔6〕〔7〕〔8〕

在工業革命以後由於工業蓬勃發展，人們的生活逐漸改善，給世界帶來富裕和繁榮，相對的也造成安全、衛生、環境、生態、能源、及其他資源的危機。業界對工業重大災害的覺醒，起於 1974 年 6 月 1 日發生於英國傅立克斯鎮(Flixborough ,England)的尼龍原料工廠環己烷外洩發生爆炸。此事件成爲一般民眾對工業災害漠視到嚴重關切的分水嶺，自此以後無論政府或工業界本身，相繼採取一些管制措施。各國政府之法令管制情形，從歐洲先進諸國，再及於美國最後略述國內法規，各國預防重大工業災害相關法規如附表 4。



2.1.1 英國

1974 年英國傅立克斯鎮(Flixborough ,England)人纖工廠環己烷爆炸事件，震驚整個英國，大幅改變政府與化學工業界對於安全的態度，一夕之間工業安全變成產官學界最重視的課題，英國政府召集專家學者、及工業代表成立一個「嚴重災害顧問委員會」(Advising Committee on Major Hazard 簡稱 ACMH)，並全面檢討重大工業危害。這個委員會並列出了鑑定、認知、去除/降低危害機率、評估等四個控制危害原則。

2.1.2 歐洲共同市場國家

1976 年 7 月 10 日義大利薩維梭鎮(Seveso)艾克梅沙(Icmesa)化學工廠發生四氯二苯戴奧辛劇毒物質外洩，造成附近居民 250 人受傷，受污染面積達 25 平方公里。有鑑於災害之深廣，歐洲共同體之成員國家於 1982 年集合於

義大利 Seveso 鎮，討論石化工廠發生重大危害控制問題。會後發出第一道命令，即 Directive 82/501/EEC，規定歐洲經濟共同體(European Economic Community)各國石化工廠涉及使用危險物質之製程，必需採取必要的防範措施，以避免發生重大危害、傷害工人民眾、和環境。這類石化工廠必需訓練員工、將危害通知政府及廠外民眾、釐訂緊急應變計畫、繳交一份安全評估報告。各國有關當局必需提交一份該國危害分析、風險評估的報告書給歐洲共同市體委員會。

2.1.3 荷蘭

荷蘭是執行 Directive 82/501/EEC 訓令最透澈的國家，在荷蘭重大危害分屬中央政府兩個部門管轄：

1. 涉及廠外一般大眾安全者，規範在公害法(Nuisance Act)之內，由住宅規畫與環境衛生部(Ministry of Housing, Planning and Environmental Hygiene)負責，立法在防範或減少大眾遭受重大危害。在公害法(Nuisance Act)之內的重大危害規章，規定事業業單位必需提出一份廠外安全報告，該報告包括工業活動的內容和量化風險分析，量化風險分析需包含廠外個人風險(IR)、與社會風險(SR)。
2. 涉及廠內員工安全、衛生者規範在勞工情況法(Labor Condition Act)之內，由社會事務部(Ministry of Social Affairs)負責，此法並未訂定執照制度，它訂定保障員工安全衛生的內部社會政策。

2.1.4 美國

1984年12月3日在印度波帕市(Bhopal, India)一家美國所屬製造農藥化學工廠，發生異氰酸甲酯(MIC)外洩，造成二千八百多人死亡、二萬多人受

傷，促使美國熱烈討論該事件，並由美國勞工部職業安全衛生署(OSHA)於1986年提出高危害化學性製程安全管理(PSM)法案草案，高危險化學品製程安全管理「29 CFR 1910.119 法案」，並於1992年8月26日生效。在此法案明列：1.適用範圍 2.製程工廠必需報備的資料 3.涉及危險品之員工知的權利與訓練 4.製程危害分析 5.變更設備與程序之管理 6. 事故調查 7.緊急應變計畫 8.法令執行等大項。

另美國聯邦政府環境保護署(EPA)在1996年公佈風險管理計畫法(40 CFR Part 68 Risk Management Program Rule, RMP)，此法規被認為是OSHA PSM 法規的延續，進一步要求相關事業單位須執行量化風險評估。RMP 法案適用的工業包括液氨、冷凍工廠、煉油廠及石化工廠、水處理設施及其他使用危害物的工業。



2.1.4 日本

於1976年依據「勞動安全衛生法」第八十八條新設工廠之規定，公告施行「化學工廠安全評估指針」，要求特定工業於新建廠或修改大部份既有設施之事業單位應於申請時提出評估報告。

2.1.5 中華民國

行政院勞委會於1994年頒布「危險性工作場所審查暨檢查辦法」〔9〕，規定從事石油產品裂解反應，以製造石化基本原料之工作場所、或製造、處置、使用危險物、有害物達規定數量之工作場所，皆屬於「甲類工作場所」，其非經審查或檢查合格，不得使勞工在該工作場所作業；而且要求該場所申請審查檢查時，所提出之製程安全評估報告書內容中，必須針對重大潛在危害實施安全評估，其評估方法須包括下列之一之安全評估方法：

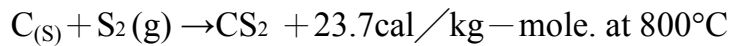
1. 檢核表(Check list)
2. 如果—結果分析(What if)。
3. 危害及可操作分析(Hazard and Operability Studies--簡稱 Hazop)。
4. 故障樹分析(Fault Tree Analysis—簡稱 FTA)。
5. 失誤模式與影響分析(Failure Modes and Effects Analysis—簡稱 FMEA)。

表 2.1 各國預防重大工業災害相關法規

國 別	法 規	公 佈 時 間	主 要 內 容
英國	工業重大事故危害規章	1984 年	針對危害物之運作達某一特定數量者，需提出危害通報及實施危害調查、評估及危害控制。
歐盟	嚴重工業災害控制訓令 (82/501/EEC)	1982 年	規定歐盟各國使用危害物之製程，需採取安全防範措施，避免發生重大危害。
美國	高危害性化學品製程全 管理	1992 年	所有使用 1 萬磅以上易燃性及有害性化學工廠，需完成製程安全評估。
美國	風險管理計畫	1996 年	針對運作所列管之化學物質，其量達到所規定之界限值時，必須提出風險管理計畫並向美國環保署登錄及呈報州政府與地方主管機關
日本	化學工廠安全評估指南	1976 年	對於特定工業新建或修改大部份既有設施，應於申請時提出安全評估報告。
中華民國	危險性工作場所審查暨 檢查辦法	1994 年	對於指定之危險性工作場所須於指定期限內檢附製程安全評估報告向當地檢查機構申請審查及檢查。

2.2 二硫化碳製程描述 [10]

製造二硫化碳所使用原料：純炭(C)及硫磺(S)，製程中的主要產品為二硫化碳(CS₂)。主反應如下：



由反應速率 K 和溫度之間的關係，可得知反應溫度約在 710~810°C 最佳，所生成之 CS₂ 濃度最高。

副反應為：



副反應之所以產生是由純炭中含有水份及揮發物(碳氫化合物)，所產生之 H₂S、CO₂ 氣體用氫氧化鈉吸收，生成副產品 Na₂S。

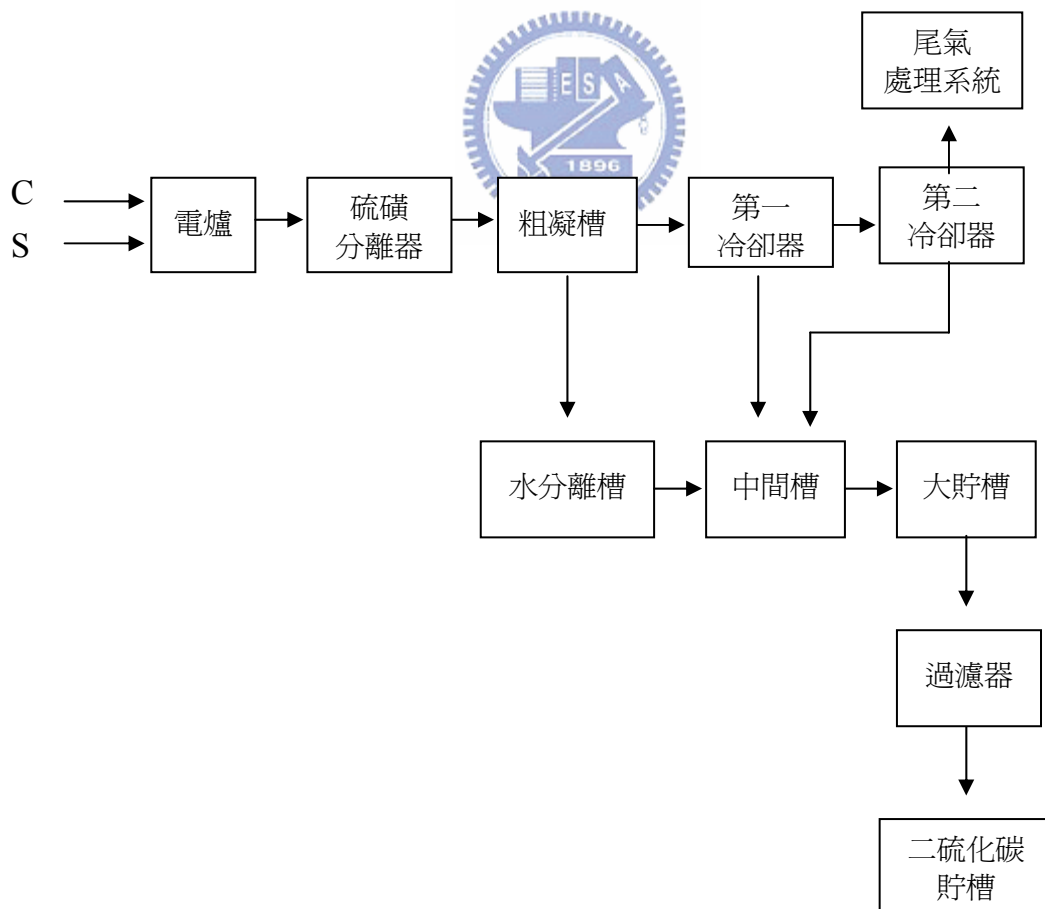


圖 2.1 二硫化碳製程圖

CS₂ 單元製程可分為：1 電爐、硫磺分離器區、2 粗凝槽、水分離槽區、3 中間槽、大貯槽區、4 冷卻器、尾氣洗滌塔區、5 儲槽區等五大部份，

2.2.1 電爐、硫磺分離器區

木條經純炭場炭化成純炭後，利用吊車加入電爐內使用。外購液硫入廠後，置於貯槽內再用泵浦至硫磺計量槽，再以加硫機加入電爐內使用。以上述純炭、液硫當做原料，共同加入電爐內，利用通電的石墨電極產生熱源，使原料反應生成應生成 CS₂ 氣體。氣體再藉由氣道通入硫磺分離器，利用硫磺分離器內冷卻水管降溫，將大部份的硫磺氣體在此冷凝分離。

2.2.2 粗凝槽、水分離槽

來自硫磺分離器之 CS₂ 氣體進入粗凝槽，粗凝槽內設有十幾只噴嘴持續噴灑冷卻水(溫度約控制在 21°C)，將大部份氣體冷凝成粗 CS₂ 液體，未冷凝下來之氣體再導入冷卻器冷卻，而冷凝下之液體和冷卻水共同流入水分離槽中，由於 CS₂ 液體與水不互溶且比重較大，CS₂ 液體會沈至下層，故在水分離器將部份水分離，水溢流至循環水槽。

2.2.3 中間槽、大貯槽區

經水分離槽分離部份水後之 CS₂ 液體，流入中間槽內暫存，於中間槽設有液位計可計算產量以判斷生產狀況。中間槽內之粗 CS₂ 上層亦覆有水可防氣體逸散，上層之水不斷溢流至循環水槽。中間槽下方設有防溢凹槽內有水，可降低中間槽破漏時產生之危害。

每日兩次，將中間槽內之粗 CS₂ 利用位差流入大貯槽內，大貯槽內上層之水再利用泵浦回中間槽以補充失去之水位。

大貯槽計有兩種功能，一為暫存粗 CS₂ 液體、另一當做壓送槽，利用泵浦泵水加壓將粗 CS₂ 液體送至儲槽區存放。大貯槽置於充滿水之防溢凹槽內，可降低破漏時產生之危害。

2.2.4 冷卻器、尾氣洗滌塔區

粗凝槽未凝氣體進入第一冷卻器將氣體冷凝，再進入第二冷卻器再一次將氣體冷凝，最後進入二段尾氣洗滌塔洗滌後導入煙囪排放。冷卻器冷凝下之 CS₂ 流入中間槽內，

2.2.5 儲槽區

為使 CS₂ 液體安全存放，全部儲槽均置放於水面下。儲槽分為二：一區置放粗 CS₂，一區置放精 CS₂ 成品。

大貯槽壓送來之 CS₂ 導入粗儲槽內，而粗儲槽上層之水在流回壓送水槽補充壓送水。



使用過慮水壓送粗儲槽內之粗二硫化碳至精餾系統，經製成精二硫化碳，再送入精二硫化碳儲槽存放。利用泵浦泵軟水加壓精二硫化碳儲槽，送成品供製程使用。

2.3 二硫化碳物質安全資料：

2.3.1 二硫化碳之物理及化學特性：〔11〕

二硫化碳揮發性大，極易著火，因發火溫度極低，因此普通的燈泡表面、或高溫蒸汽管接觸即著火。二硫化碳蒸汽與空氣混合，即於 1.3% ~ 50% Vol 廣泛形成爆炸性混合氣體，如遇有火源、或靜電，即可產生爆炸。因二硫化碳的爆炸危險溫度範圍為 $-30^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，因此將二硫化碳儲藏於密閉容器中時，雖然在 20°C 以下，但若接近火源亦會引起爆炸。

二硫化碳蒸汽比重較空氣為重，因其蒸汽不易揮散容易在低窪滯流，形成爆炸性混合氣體。並蒸汽亦可由相當遠的發火源，逆火引起爆炸所以在二硫化碳工作場所火源的管制特別重要。二硫化碳為非導電性，在流動、過濾、滴下時，會帶有靜電，則有可能因靜電火花引起爆炸、火災。

二硫化碳是環保署列管之第一類毒性化學物質、消防署列管第四類之公共危險物質，物品危險屬於第 3 類易燃液體及第 6 類毒性物質，經暴露後，將立即危害人體健康或對生物生命產生危害。二硫化碳是透明無色的液體，工業級的二硫化碳含有不純的硫化氫，具淡黃色及臭味。二硫化碳之嗅覺濃度為 0.1 至 0.2 ppm。二硫化碳之物理及化學特性如附表 2.2，二硫化碳不同容許濃度對人體影響如附表 2.3。

化學災害發生主要原因有氣體外洩、火災及爆炸。氣體洩漏方面，隨著濃度高低、暴露時間長短及洩漏物質的毒性特性之影響導致健康損傷及危害生命。毒性氣體擴散所引用的濃度指標判定，如表 2.4 所示，國外常作為指標的包括有 ERPGs、SPEGL、及 EEGLs 等三種。如美國 EPA 所用之風險管理方案要求以 ERPG-2 為影響範圍之終點濃度(Endpoint)，而國內常用 IDLH、與 TLV 為參考標準。由於 IDLH 值是指暴露於毒性氣體下 30 分鐘不

會有生命危險之傷害為標準，因此美國 EPA 建議以十分之一的 IDLH 值作為影響範圍參考濃度，若洩漏值無 IDLH，則可使用半致死濃度(Medium Lethal Concentration，LC50)或半致死劑量(Medium Lethal Dose，LD50)為參考標準〔12〕。

易燃物質洩漏，依美國EPA所用之風險管理方案要求〔13〕，氣雲爆炸(vapour cloud explosion)--終點限值(Endpoint)為超壓1psi，爆炸過壓之影響如表2.5，爆炸中心位於外洩源與LFL濃度之中點。熱輻射/暴露時間--池火(pool fire)、噴射火焰(jet fire)與火球(BLEVE)之熱輻射終點限值(Endpoint)為 5kW/m^2 ，暴露時間為40秒，熱輻射之影響如表2.6。



表 2.2 二硫化碳之物理及化學特性

英文名稱	Carbon disulfide
化學式	CS ₂
分子量	76.13
外觀	無色或微黃色液體
氣味	有強烈不快氣味
沸點	46.3°C
發火溫度	100°C
熔點	-11.8°C
閃火點	-30°C 測試方法：閉杯
爆炸界限	1.3 % ~ 50 %
蒸汽壓	360 mmHg (25°C)
蒸汽密度	2.64
比重	1.263 (水=1)
水中溶解度	0.22g/100mL
危害性分類	易燃性液體、毒性物質

表 2.3 空氣中二硫化碳暴露濃度對人體之作用與影響

暴露指標	暴露濃度(PPM)	內 容
ERPG-1	1	人員暴露在此濃度下一小時內，不會有明顯的不適感的濃度值。
ERPG-2	50	人員暴露在此濃度下一小時內，身體不會造成不可恢復性傷害的濃度值。
ERPG-3	500	人員暴露此濃度下一小時內會造成不可恢復性傷害、包括死亡的濃度值。
TWA	10	勞工每天工作八小時，大部份勞工重複暴露此濃度下，不致有不良之反應。
STEL	15	勞工連續暴露在此濃度下任何十五分鐘，不致有下列之情形： 1.不可忍受之刺激。 2.慢性或不可逆之組織病變。 3.麻醉昏暈作用，意外事故增加之傾向或工作效率之降低。
IDLH	500	在有毒氣體 30 分暴露下，尚有逃跑能力，且不會對生命造成威脅或對身體器官造成無法恢復之傷害(針對毒氣而言)。

表 2.4 毒性物質引用之濃度指標〔12〕

代稱	指標全名	制定單位	說明
ERPG	Emergency response planning guidelines for air contaminants	美國工業衛生協會 (AIHA)	AIHA 將 ERPG 值分為三級, ERPG-3 的定義是人員暴露此濃度下一小時內會造成不可恢復性傷害、包括死亡的濃度值; ERPG-2 的定義是人員暴露在此濃度下一小時內會造成可恢復性傷害的濃度值; ERPG-1 的定義是人員暴露在此濃度下一小時內不會有明顯的不適感。
IDLH	Immediately danger to life or health levels	美國職業安全衛生研究所 (NIOSH)	對於一般及工業氣體之量測, 暴露於毒性氣體下 30 分鐘不會有生命危險之傷害為標準。
TLVs & STELs	Threshold limit values and short-term exposure limits	美國政府職業衛生師會議 (ACGIH)	TLVs & STELs 分別為作業環境人員持續暴露 8 小時及 15 分鐘之許可濃度。(為建議值, 不具有法定效力)
PELs	Permissible exposure limits	美國職業安全衛生署 (OSHA)	PELs 與 TLVs 類似, 為勞工一天工作 8 小時之許可暴露濃度。(具有法定效力)
LC50 & LD50	Median lethal Concentration Median lethal dose		稱為半致死劑量、半致死濃度: 對試驗動物施以一定之劑量、濃度, 會有 50% 的動物死亡之劑量、濃度。

表 2.5 爆炸過壓之影響〔14〕

壓 力		損 害
(psig)	(barg)	
0.02	0.00138	惱人的噪音(137db 低頻 10-15Hz)
0.1	0.00689	處在扭曲變形狀況下的小型窗戶玻璃破裂
0.15	0.01034	典型的玻璃破裂壓力
0.3	0.02068	“安全距離”(在此值外有 95%的或然率不會有嚴重的損害)；射出的投射極限；造成天花板部份的損壞；10%的窗戶玻璃破損
1.0	0.06894	房舍部份的損壞，造成無法居住
2	0.1379	房屋的屋頂及牆壁部份崩塌
2.4~12.2	0.1656~ 0.8411	1~99%人員中耳破裂
2.5	0.1726	50%的房屋磚造結構破壞
3	0.2068	工業建築物內重機具(3000 磅)蒙受少許的損壞；建築物的鋼骨結構扭曲並脫離地基
3~4	0.2068~ 0.2758	無鋼骨結構、自然鋼鐵板外框之建築物完全破壞；石油儲槽破裂
5~7	0.3447~ 0.4826	房屋幾乎完成損壞
7	0.4826	裝載之鐵路火車翻倒
15.5~29.0	1.0686~ 1.9994	1~99%人員死亡

表 2.6 熱輻射之影響〔14〕

輻射強度 (Kw/m ²)	觀察到的影響
37.5	對程序設備足夠造成損害。曝露時間 1 分鐘之致死率為 100%。
25.0	在無限期地長時期曝露下足以點燃木材的最低能量。
15.8	操作員無法從事作業並籍遮蔽物隔離熱輻射(例如設備後側)之區域內的熱強度。
12.5	起始點燃木材(piloted)、熔化塑膠管所需之最低能量。曝露時間 1 分鐘之致死率為 1%。
9.5	8 秒後到達疼痛極限；20 秒後造成二度灼傷。
4.0	如果在 20 秒內無法到達遮蔽物遮蔽，對人員足以造成疼痛感；然而可能導致皮膚起泡(二度灼傷)。致死率為 0%。
1.6	長時間曝露將不會造成不舒適感。

2.3.2 二硫化碳之毒性：

一、急毒性：

吸入：

1. 最可能的途徑，暴露於 500 到 1000 ppm 可能導致嚴重的情緒及人格失常，包括激動、困惑、不可控制的生氣、惡夢、失眠、精神異常、自殺，暴露於 4800 ppm 30 分鐘會昏睡且可能致命。

皮膚：

1. 會經由皮膚吸收，症狀如吸入途徑所引起。會溶解皮膚油脂、可能造成鱗狀皮膚。濺到皮膚可能導致起水泡。靠近神經處吸收可能造成神經損傷。

眼睛：

1. 濺到眼睛會立即導致嚴重刺激。高濃度蒸氣可能會刺激眼睛。

食入：

1. 小量食入可能導致嘔吐、痢疾及頭痛，大量食入可能導致痙攣和昏睡。亦曾被報導過若食入如 1g 的量會致命。

LD50(測試動物、暴露途徑)：2780 mg/kg(小鼠，吞食)

LC50(測試動物、暴露途徑)：25000 mg/m³/2H(大鼠，吸入)

二、慢毒性或長期毒性：

1. 長期暴露會造成中樞及末梢神經、心血管、腸胃、內分泌和眼睛的疾病。
2. 中樞神經系統：最初會不穩定、興奮及喪失個性，發展為憂鬱、焦慮、偏執狂，有時會自殺，症狀如惡夢、冷淡及頭痛，繼續暴露可能成類似帕金森氏疾。
3. 末梢神經系統：可能會麻痺或耳鳴、肌肉虛弱、肌肉痛、末端喪失感覺。



4. 心血管影響：類似因年老而動脈硬化，發生於頭及腎的動脈，並增高心臟冠狀動脈疾病。
5. 腸胃影響：增高腸胃疾病和肝及膽汁導管官能障礙。
6. 眼睛：結構和功能改變及眼睛血管損壞。特殊效應：2 gm / Kg（懷孕 6—15 天雌鼠，吞食）造成胚胎中毒。

三、中毒急救方式

二硫化碳中毒之搶救者須完整穿戴個人防護裝備，方可進入災區救人。而二硫化碳中毒之急救最重要是將患者迅速搬離現場至通風處，檢查患者之中毒症狀，判斷出中毒路徑給予適當之救護，二硫化碳中毒急救流程圖如圖 2.2 。



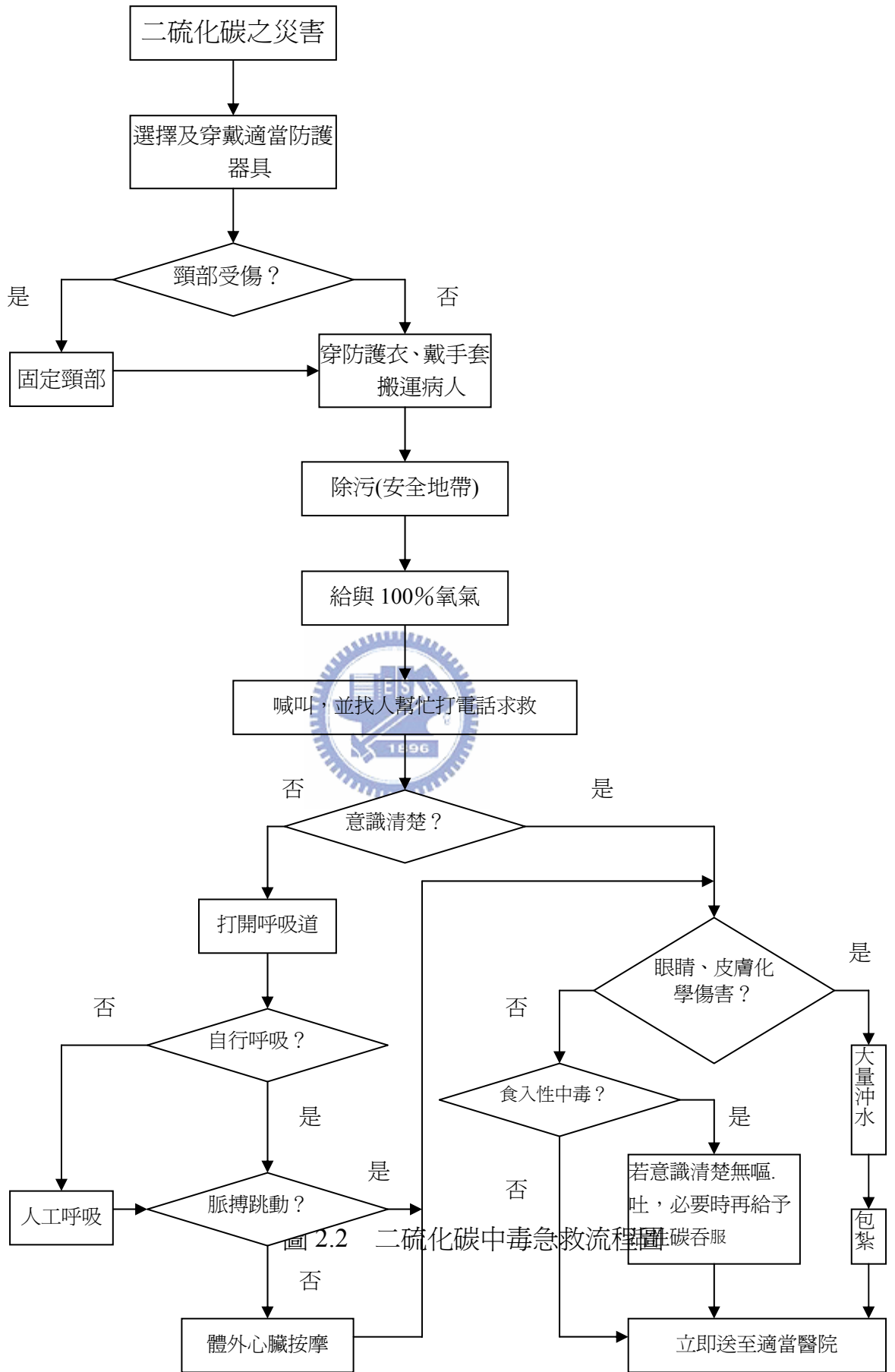


圖 2.2 二硫化碳中毒急救流程圖

2.3.3 二硫化碳防災設備

一、個人防護設備

眼睛防護:化學安全護目鏡、護面罩，操作時不可戴隱型眼鏡。

呼吸防護: 10 ppm 以下：有機蒸氣濾罐式呼吸防護具或自攜式呼吸防護具。

25 ppm 以下：定流量式供氣式呼吸防護具或動力式有機蒸氣濾罐的空氣淨化式呼吸防護具。

50 ppm 以下：有機蒸氣濾罐全面型化學濾罐式呼吸防護具或有機蒸氣濾罐動力型緊密貼合面罩的空氣淨化式呼吸防護具或有機蒸氣濾毒罐或有機蒸氣濾罐動力型。

500 ppm 以下：正壓式供氣式呼吸防護具。

500 ppm 以上：正壓式全面型自攜式呼吸防護具（ SCBA）
氣密式連身型內背式防護衣（A 級）

手部防護: 防滲手套，材質以聚乙烯醇為佳。

皮膚及身體防護: 連身式防護衣、工作靴。

二、火災處理設備及器材

適用滅火劑:化學乾粉、二氧化碳、惰性氣體、水霧、酒精型泡沫。

特殊滅火程序: 1.利用水霧、化學乾粉、二氧化碳滅火劑滅火。

2.安全許可下，將容器移離火場。

3.不要用高壓水柱趨散洩漏物。

4.利用水霧冷卻容器。

5.遠離貯槽兩端。

6.貯槽安全排氣閥已響起或因著火而變色時立即徹離。

消防人員之特殊裝備: 配戴全身式化學防護衣及空氣呼吸器(必要時外加抗閃火鋁質被覆外套)。

三、洩漏處理設備及器材

個人注意事項: 1.在污染區尚未完全清理乾淨前,限制人員接該區。

- 2.確使清理工作是由受過訓練的人員負責。
- 3.穿戴適當的個人防護裝備。

環境注意事項: 1.對該區域進行通風換氣。

- 2.撲滅或移開所有發火源。
- 3.報告政府安全衛生與環保相關單位。

清理方法: 1.清理時不要碰觸外洩物。

- 2.避免外洩物進入下水道、水溝或狹隘的空間內。
- 3.在安全許可的情形下,設法阻止或減少溢漏。
- 4.少量溢漏時:用不會和外洩物反應的泥土、沙或吸收物質圍堵外洩物,再用氣密式防爆型幫浦或真空裝置裝外洩液體置於加蓋並標示的適當容器內密閉,再用吸收劑將殘餘的外洩液吸除並置於容器內,用水沖洗溢漏區域。
- 5.所有裝備都需接地以防靜電引燃。

2.3.4 二硫化碳製造及使用時應注意事項：

一、製造及使用注意事項：

- 1.因二硫化碳蒸汽比空氣重 2.64 倍，故多半都在地面上漂流而聚積在相當距離的低窪處，因此其蒸汽漂流情形依環境形狀而定，相當複雜，不易察覺在何處已形成爆炸性混合氣體，所以在處理二硫化碳的場所及其附近，都應嚴密管制火源，且應設置十分完善的通風設施。
- 2.二硫化碳為非導電性，在流動時會帶電，因此其設備裝置等都應施予接地措施，以防止靜電的聚積。
- 3.處理、製造、使用二硫化碳作業場所的一切電氣設備，都必備為防爆設備。
- 4.衝擊火花有使二硫化碳蒸汽著火之慮，故在作業場所不得穿有鐵釘的鞋子，維修工具亦需要使用無火花工具。
- 5.二硫化碳的處理場所，其牆壁及地板都應採用耐火構造，且須要在易退避的位置上設置二個以上之進出口，而其大門則應向外開。
- 6.使用二硫化碳為原料或溶劑工廠，都應使用全套的密閉裝置，一方面其蒸汽的發散，同時注意由剩留或逆流空氣所生成的爆炸性混合氣體。
- 7.二硫化碳有關設備之清掃，整修及檢修事前要充分清洗其內部，確定無二硫化碳蒸汽之危險後，才能進行作業。

二、儲存注意事項：

- 1.儲存二硫化碳的場所，應遠離火源及其他危險場所，並使儲存場所保持良好的通風，且注意溫度、遮光等，同時最好放置於耐火構造的建築物中或以不燃性材料隔間。
- 2.玻璃瓶等易打破的容器都應放平，以免搖動或於地震時傾倒或跌落。
- 3.瓶、罐及桶等容器上的栓蓋都應蓋緊，以免二硫化碳蒸汽洩漏。

4. 放置或儲存二硫化碳的場所，其一切電器設備都應採取防爆措施。
5. 不得將易燃或易著火的物料放置在儲存二硫化碳場所附近。
6. 容器或儲槽中應保留充分空間，以備二硫化碳因受熱膨脹時作緩衝用。
7. 儲槽上應裝設通氣孔，接地裝置及有避雷裝置，且必需以水覆蓋二硫化碳表面。
8. 二硫化碳儲存場所，應嚴禁非作業人員進入。

三、搬運時注意事項：〔15〕〔16〕

1. 應確實遵守事業單位所訂之各類危險品灌裝、卸收之「安全作業標準」從事作業。
2. 二硫化碳裝卸料作業時，應將車輛置放於指定地點，引擎熄火，拉緊手剎車，人員下車並將鑰匙交給收料人員，並於車輛前後置放擋輪。
3. 應接妥消除靜電用接地線。
4. 裝卸二硫化碳的工作，都應儘量在白天進行，作業時並應派人在現場擔任監督工作。
5. 裝卸二硫化碳作業人員不得擅自離開並隨時注意裝卸作業情形。如遇特殊情況，須緊急停止作業，待處理妥善後方可繼續。
6. 裝卸二硫化碳中不可進行修理工作。
7. 裝卸二硫化碳中如遇有雷電應即停止作業。
8. 不得在裝卸二硫化碳的場所及其附近抽煙，且應在明顯的地方有「嚴禁煙火」標示。
9. 裝卸二硫化碳的場所及其附近都應視同危險場所，而對其一切電氣設備都應採取防爆措施。
10. 二硫化碳之裝載，應防範其碰撞、墜落、翻倒、破損等情事。

11. 為避免日光直射，其搬運容器都須用遮光性材料加以覆蓋。
12. 載運二硫化碳時要置備滅火器，隨車攜帶防毒面罩等個人防護具及預防災害之緊急措施必要之吸收藥劑及工具。
13. 以車輛搬運二硫化碳時，應依有關規定在車輛之左、右兩側及後方懸掛或黏貼危險物品標誌及標示牌。

2.3.5 二硫化碳國內相關法規：

針對二硫化碳法規之規範共有：有機溶劑中毒預防規則、危險物有害物通識規則、公共危險物品安全管理辦法、毒性化學物質管理辦法、危險性工作場所之審查與檢查辦法(如附表 2.7)。

表 2.7 二硫化碳法規之規範

項次	法規名稱	規範重點內容
1	有機溶劑中毒預防規則	二硫化碳為第一種有機溶劑，對其製造、使用、管理及危害控制加以嚴格規範，防止中毒危害。
2	危險物有害物通識規則	危害物標示 建立物質安全資料表 實施危害通識計畫 建立危害通識計畫 製作危害物質清單
3	公共危險物品安全管理辦法	製造、儲存或處理達管制量三十倍以上之場所，應擬訂消防防災計畫，有效預防災害發生。
4	毒性化學物質管理辦法	為列管第 89 號毒性化學物質，運作場所需標示，應完成偵測及警報設備之設置並建立緊急應變計畫書。
5	危險性工作場所之審查與檢查辦法	製造、處置、使用達 5,000 公斤以上之危險性工作場所，應經勞動檢查機構事前審查或檢查合格。

有機溶劑中毒預防規則如下說明，危險物有害物通識規則、公共危險物品安全管理辦法、毒性化學物質管理辦法、危險性工作場所之審查與檢查辦法

說明如附錄一。

一、有機溶劑中毒預防規則

二硫化碳為工業界使用甚廣之溶劑，然及具有強烈的神經毒性極易造成勞工健康上的危害。我國有機溶劑中毒預防規則將之納入第一種有機溶劑，對其製造、使用、管理及危害控制加以嚴格規範，其管制重點如下：〔17〕

〔18〕〔19〕〔20〕

- 1.應每週檢點作業場所有關通風設備運轉狀況、勞工作業情形、空氣流動效果及有機溶劑或其混存物使用情形等，並記錄之。
- 2.預防勞工有機溶劑中毒之必要注意事項應通告全體有關之勞工。
- 3.設置之局部排氣裝置及吹吸型換氣裝置，每年應依規定項目實施自動檢查一次以上，並依規定記錄及保存三年；發現異常時，應即採取必要措施。
- 4.設置之局部排氣裝置、吹吸型換氣裝置，於開始使用、拆卸、改裝或修理時，應依規定項目實施重點檢查，發現異常時，應即加以整修，並依規定記錄及保存三年。
- 5.應將有機溶劑對人體之影響、處置有機溶劑及其混存物應注意事項暨發生有機溶劑中毒事故時之緊急措施公告於作業場所顯明之處，使作業勞工週知。
- 6.應於作業場所顯明之處以明顯標示分別標明有機溶劑作業使用之溶劑為第一種、第二種、第三種有機溶劑。
- 7.裝有危害物質之容器應依危險物及有害物通識規則之規定標示。
- 8.應於每一班次指定現場主管擔任有機溶劑作業管理員從事監督作業。
- 9.僱用勞工於儲槽之內部從事作業，應依規定採取各項必要之危害預防措施。

- 10.指定之室內有機溶劑作業場所，應每六個月定期測定有機溶劑濃度一次以上，並依規定記錄及保存三年。
- 11.從事特別危害健康作業之勞工應於其受僱、或變更其作業時及定期檢查期限一年內實施指定項目之特殊體格檢查、特殊健康檢查及實施健康管理。
- 12.應置備與作業勞工人數相同數量以上之必要防護具，並使勞工於必要時佩戴。

2.3.6 二硫化碳國外相關法規

一、美國「高危害性製程安全管理法規」(Process Safety of Highly Hazardous Chemicals,簡稱 PSM)

美國職業安全衛生署於 1992 年制定了「高危害性製程安全管理法規」(29 CFR 1910,119 Process Safety of Highly Hazardous Chemicals,簡稱 PSM) PSM 法規〔21〕針對運作量達一萬磅以上之易燃物及達限量的危險物之工廠，必須實施製程安全管理，亦即工廠有二硫化碳運作量達一萬磅以上時，必須實施製程安全管理。PSM 法規最特別的地方在安全管理計畫是基於製程的操作特性，因此應依操作特性建立製程安全資訊，利用製程安全資訊執行製程危害分析，再運用危害分析的結果加強人員訓練，設計管理及各項操作管理。這套 PSM 系統可稱目前最完整之安全管理系統，應可為我國之借鏡，PSM 實施標準總共分爲下列十四個項目：

- 1.員工參與(employee participation)
- 2.製程安全資訊(Process information)
- 3.製程危害分析(Process hazard analysis)
- 4.操作程序 (operation procedure)

- 5.訓練(training)
- 6.承攬管理(contract management)
- 7.開俚前安全檢查(pestart-up safety review)
- 8.機械設備完整性(mechanical integrity)
- 9.動火許可(hot work)
- 10.變更管理(management of change)
- 11.事故調查(incident investigation)
- 12.緊急應變計畫(emergency planning)
- 13.稽核(audit)
- 14.商業機密(trade secrets)

二、美國「風險管理計畫」(Risk Management Program, 簡稱 RMP)

1996 年美國環保署提出「風險管理計畫」(Risk Management Program, 簡稱 RMP)〔13〕針對運作所列管之化學物質，其量達到所規定之恕限值時，必須提出風險管理計畫並向美國環保署登錄及呈報州政府與地方主管機關，作為政府機關與民眾了解該物質運作所應採取之預防與因應措施之參考資料，提高員工與一般民眾之安全保障。RMP 列管之工廠所應提供之風險管理計畫須包括下列三要素：

- 危害評估(Hazard Assessment)
- 預防計畫(Prevention Program)
- 緊急應變計畫(Emergency Response Program)

危害評估之目的為評估意外洩放所造成人員健康與環境影響的嚴重性，並記錄歷年來所發生之意外洩放事故。危害評估包括二個不同的部份：

廠外後果分析(off-site consequence analysis)與五年意外事故紀錄
(five-year accident history)，其目的是要充分了解工廠到底有那些危害、
何處最易受到衝擊、可能發生那些意外與其可能後果，並了解過去到底
曾發生那些意外事故。



2.4 安全評估方法〔22〕〔23〕〔24〕

我國目前法規所規定之危害分析方法有：檢核表、如果—會怎麼樣、危害及可操作性分析、故障樹分析、失誤模式與影響分析，說明如下：

2.4.1 檢核表(Check List)

檢核表係以結構化的檢查項目及問卷回答方式，事前規劃出危害分析查項目或檢核因子，以供檢查人員依循，可由個人或小組來完成，亦可非常容易的由沒有經驗的人員來執行。因此檢核表本身即可說是此分析方式的指導原則，評估人員只需逐條檢討，解釋製程是否符合。例如評估製程物質的儲存危害的檢查表項目如下：

- 製程物質如何儲存？



易燃物或有毒物質的儲存溫度是否高於沸點？

是否使用冷凍儲存槽來降低物料的儲存壓力？

具爆炸潛在性的粉塵是否儲存於大的儲存室？

大量的易燃物或有毒物質是否儲存於室內？

是否需添加抑制劑？

檢核表其優點是容易引導與規範危害分析的進行，但缺點是限制了評估人員去激發和探討其他的潛在性危害。

2.4.2 如果—會怎麼樣(What-if)

What-if 腦力激盪法是一種完全以經驗為導向的危害分析方法，由評估小組成員以各自的專長提出許多「如果.....會怎樣？」(what-if)的問題來挑

戰製程或系統的設計或操作方式，以發掘潛在性的問題，因此 what-if 有以下的特性：

- 1.非結構性的腦力激盪。
- 2.需由小組來完成，由小組成員交換彼此間的專業經驗。
- 3.可應用於大部份的設計或操作，特別是在設計初期或規劃階段，製程/系統尚未完成清晰的定義時，其他分析方法使用上有困難。
- 4.小組成員的專業經驗將會嚴重影響分析結果。

所以 what-if 分析對於考慮因素將採開放式的問答，優點是可以激發提出更多被忽略的潛在性危害，但缺點是難於引導與規範危害分析的進行品質，尤其是對於較欠缺經驗的人員來說更是如此。

2.4.3 危害與可操作性分析(HazOp) [25] [26]

危害及可操作性分析 (Hazard and Operability Study, HazOp)，是一種簡單但具有結構性的危害鑑定方法，其使用富於創造性、系統性的方式來找出製程的危害及操作上的問題，並謀求改善。HazOp 分析技巧是由幾個不同背景且受過專業訓練的成員(HazOp 小組)，利用一系列的會議大家互相交換意見，激發想像力，使用腦力激盪，運用指定的方式，有系統的針對製程或操作上的特定點找出具有危害之偏離，或偏離的原因及後果，並提出具體改善對策。這些偏離是由一組已建立的引導字，和參數的組成，使用引導字是要確保所有與製程有關之偏離均被評估而不會遺漏。

HazOp 主要適用於石化工廠、化學工廠、核能電廠、半導體工廠，對新工廠之設計、或舊廠的擴建及製程的改善等危害問題的分析都可使用，HazOp 亦可適用於全廠或工廠某一部份單元設備，特別用於管線、機器設

備或相關設施。

HazOp 實施的程序包括 HazOp 分析前的準備、實施製程 HazOp 分析、分析結果報告。圖 2.3 以圖例來說明 HazOp 分析技巧的概念。

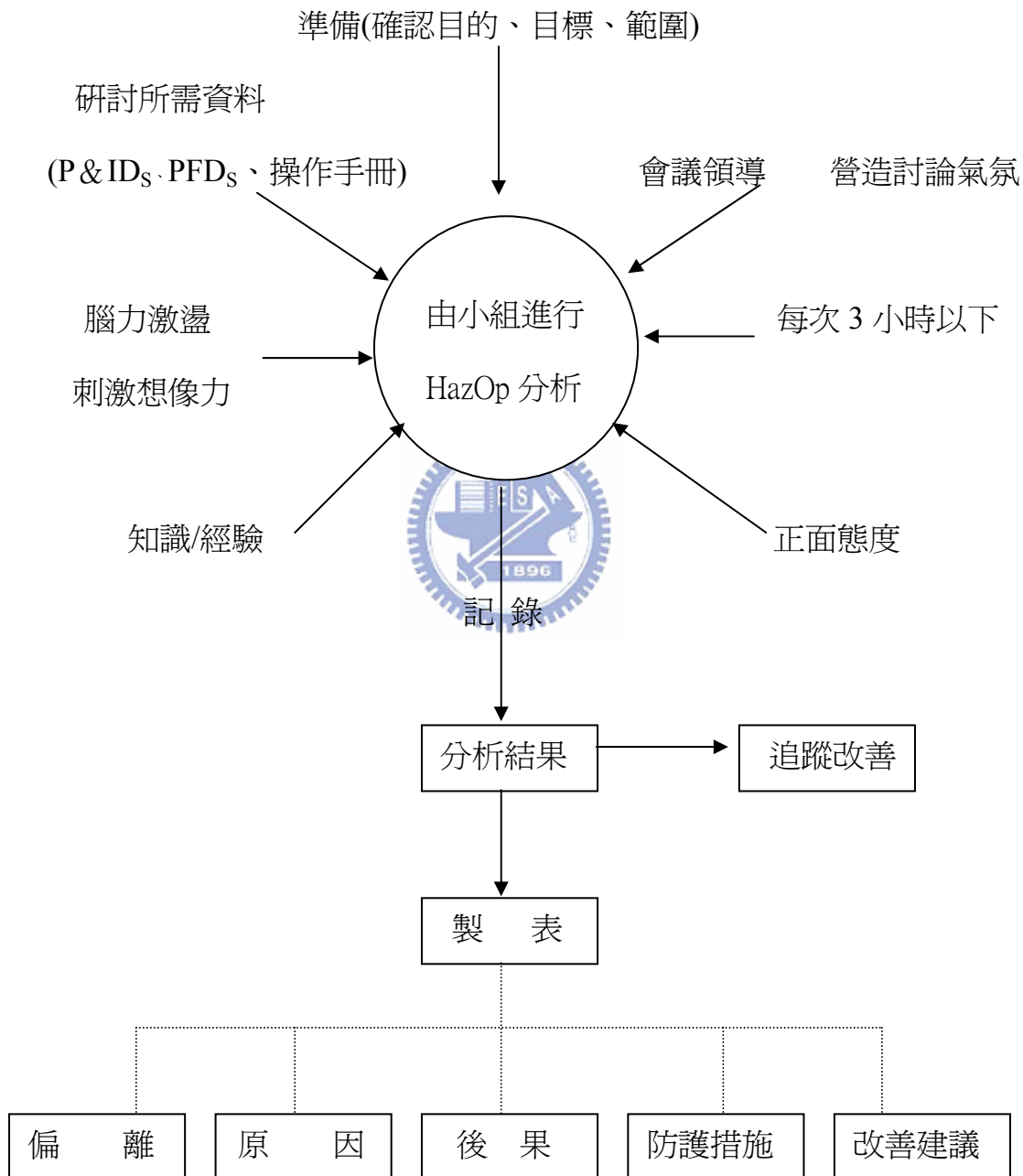


圖 2.3 HazOp 分析的技巧概念〔27〕

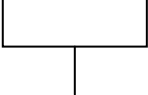
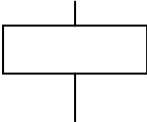
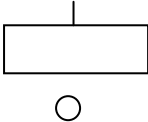
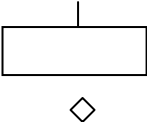
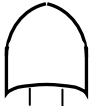
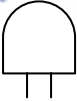
2.4.4 失誤樹分析(FTA)〔28〕

失誤樹分析(Fault Tree Analysis,FTA)為一種將各種不欲發生之故障情況(如：製程偏離、反應失控)，以推理及圖解，逐次分析的方法。其應用對象主要在系統安全分析時欲評估其可靠度的系統或次系統，具有下列功效：

- 1.它強迫分析者應用推理的方法，努力地思考可能造成故障的原因。
- 2.它提供明確的圖示方法，以使設計者以外的人，亦可很容易地明瞭導致系統故障的各種途徑。
- 3.它指出了系統較脆弱的環節。
- 4.它提供了評估系統改善策略的工具。

這種方法採取「逆向思考」方式以正本清源，分析者由終極事件開始，反向逐步分析可能引起事件的原因，一直到基本事件(原因)找到為止。分析結果是一個完整失誤普及足以引發意外(終極)事件的失誤組合清單。如果單元設備或人為失誤機率數據齊全時，亦可將意外發生的機率求出，以作為安全管理的依據建立失誤樹所使用符號與名詞如表 2.7，失誤樹分析示範如圖 2.4。

表 2.8 建立失誤樹時所使用符號與名詞〔28〕

<p>頂端事件 (TOP EVENT)</p>  <p>指重大危害或嚴重事件，如火災、爆炸、外洩、塔槽破損等，是失誤樹分析中邏輯演繹推論的起始。</p>	<p>中間事件 (INTERMEDIATE EVENT)</p>  <p>失誤樹分析中邏輯演繹過程中的任一事件。</p>
<p>基本事件 (BASIC EVENT)</p>  <p>失誤樹分析中邏輯演繹的末端，通常是設備或元件故障，或人為失誤。</p>	<p>未發展事件 (UNDEVELOPED EVENT)</p>  <p>失誤樹分析中因系統邊界或分析範圍之限制，未繼續分析下去之事件；或總括指人為失誤，而不再深究人為失誤的原因。</p>
<p>“或”邏輯閘 (OR GATE)</p>  <p>失誤樹分析中兩個或兩個以上原因其中之一發生，就會導致某一中間事件或頂端事件發生。</p>	<p>“且”邏輯閘 (AND GATE)</p>  <p>失誤樹分析中兩個或兩個以上原因同時發生，才會導致某一中間事件或頂端事件發生。</p>

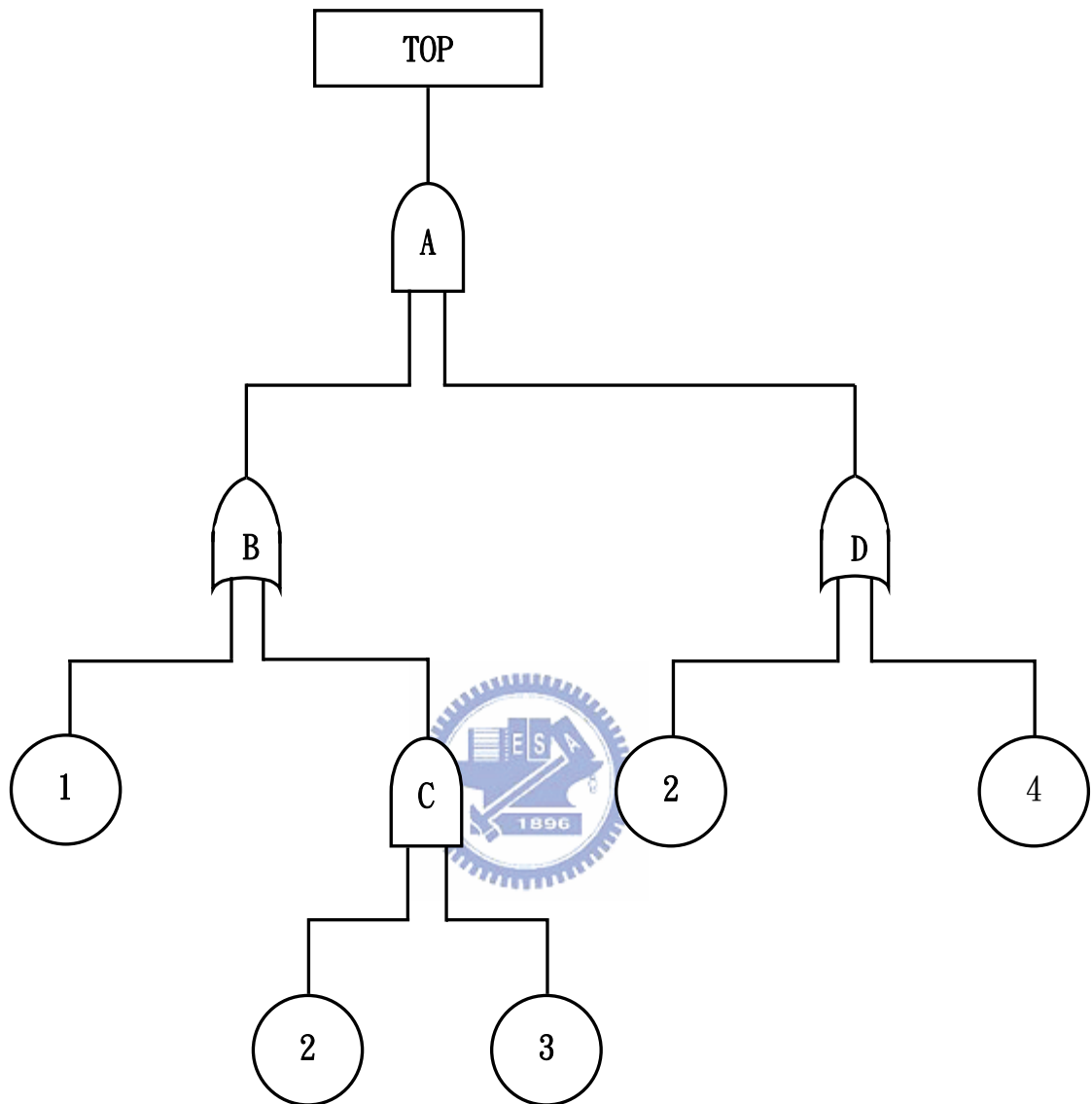


圖 2.4 失誤樹分析示範圖〔28〕

2.4.5 失誤模式與影響分析(FMEA) [29]

失誤模式與影響分析(Failure Modes and Effects Analysis,FMEA)是評估製中設備可能失效或不當操作之途徑及其影響的分析方法。分析人員可依據這些故障之描述，作為改善系統設計的基礎資料。分析人員在進行 FMEA 時會對設備可能產生的失誤與其潛在的影響作一詳細的描述，如果不針對這些失誤進行改善或對其可能的影響進行預防，則系統雖然順利運轉，但這些潛在的失誤仍有可能發生，進而造成財產損失或人員傷亡。

失誤模式旨在描述設備的失誤情況(如：全開、關閉、啓動、停止運轉、洩漏等等)，而失誤模式的影響則由系統對設備失誤的回應狀況來決定，因此，人為操作上的錯誤通常不直接由失誤模式與影響分析技術來檢討，不過，因人為錯誤所導致誤操作上之結果通常是一設備的失誤模式。至於要無遺漏地列出會導致事故發生之設備失誤的結合模式，失誤模式與影響分析並不是一個很有效的分析技術，因為 FMEA 是以設備元件的失誤模式來引導危害分析之進行，不似 HazOp 是利用製程偏離(process deviation)來進行危害分析，故 HazOp 所探討的空間較 FMEA 來得大，除了設備元件故障外，更廣及於人為失誤、材料劣化、上下游製程單元之影響、公用系統失常、操作程序設計不當等。

第三章 研究方法

3.1 研究內容：

本研究以某工業區一家二硫化碳工場生產製程為對象，由生產製程源頭，從木條進料到成品(二硫化碳)送到儲槽貯存為止，中間經過製程區包括 1.電爐、硫磺分離區 2.粗凝槽、水分離槽區 3.中間槽、大貯槽區 4.冷卻器、尾氣洗滌塔區 5.二硫化碳儲槽區。

在製程過程中，因有成品及半成品之二硫化碳，假如生產設備儀器失效、設備老化、腐蝕洩漏、或人為操作錯誤、製程設計不良或管理上缺陷都可能發生二硫化碳火災、爆炸、毒氣外洩之重大危害，尤其在二硫化碳儲槽區因貯存大量二硫化碳，為危害最高之地點，因此針對二硫化碳儲槽，使用 HazOp 安全評估方法，分析結果發現二硫化碳儲槽腐蝕破洞為危害風險等級最高項目(如附錄二)，建議實施模擬後果分析。

本研究以「美國風險管理方案」為主軸並使用 ALOHA 軟體模式分析，依照「美國風險評估計畫」之廠外後果分析概念，分析最嚴重情境、及其他可能情境之影響範圍。

3.1.1 災害後果分析

毒性化學物質災害後果分析主要在辨識所有參數之影響，及其導致的不同事件後果，因此由洩放源模式及擴散模式依據環境特性、外洩物質模擬擴散行為後，需將不同危害事件之毒性、熱輻射曝露危害及爆炸過壓對人員或設備之影響，轉換成相同危害指標的效應模式。本研究的意外洩漏與排放的後果分析流程如圖 3.1 所示。毒性化學物質對人員曝露健康危害及其可能

引發的火災爆炸危害是同等重要的，這些效應模式將提供以廠內、社區爲主的危害影響範圍，以作爲風險評估的基礎及防護系統設計之參考。

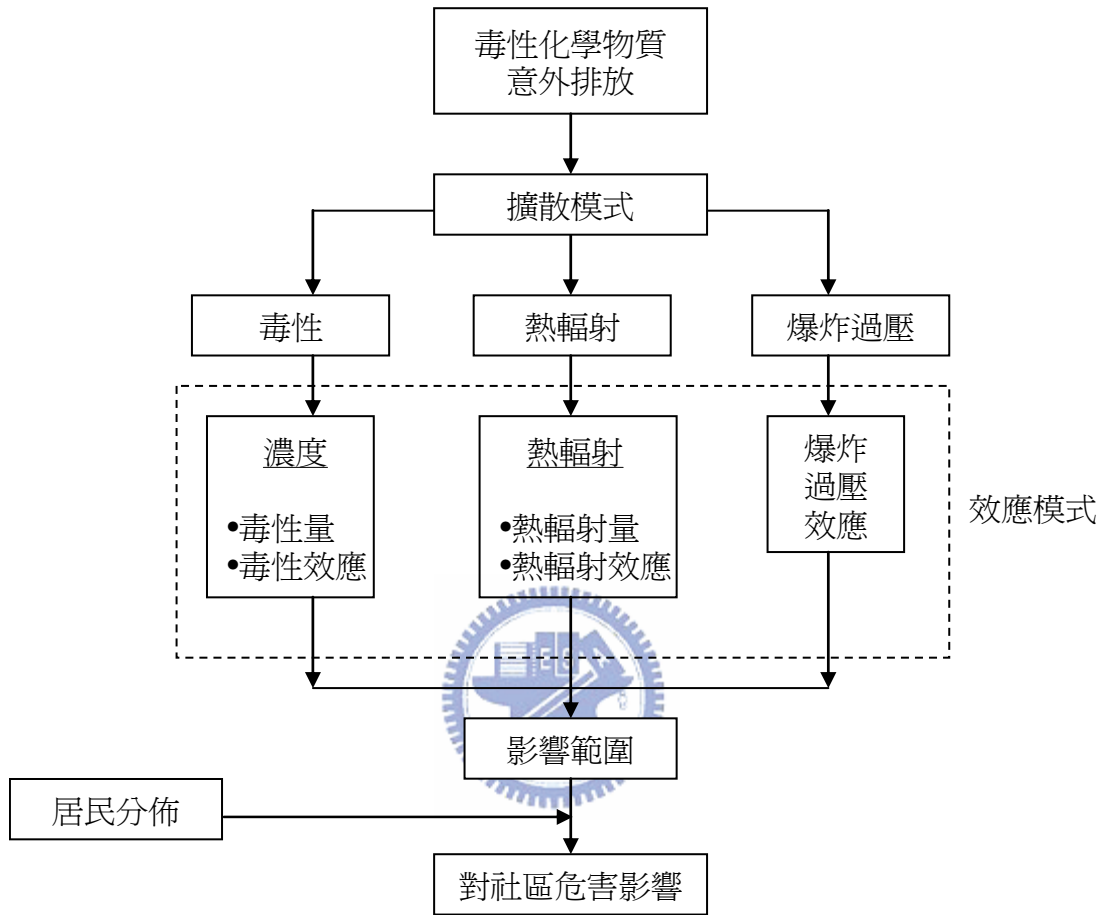


圖 3.1 意外排放後果分析流程〔30〕

後果分析方法之建立，採用 ALOHA 軟體爲主，進行特定目標之效應分析與相互比較。ALOHA 系統可模擬氣象條件，以便估算較精確之意外排放速率。對 1.液態物質之洩漏蒸發模式；2.二相狀態如低溫冷凍液體及液化氣體洩漏模擬；3.氣態物質洩漏釋放率爲主要擴散模擬分析對象，每一洩漏源狀況依孔洞、管線、洩放閥外洩、立即外洩等，分別進行模擬，最後依擴散行爲，分別以連續、瞬間、液池蒸發、高處洩放等估算範圍。意外排放後果分析模式運算流程圖如圖 3.2 所示。

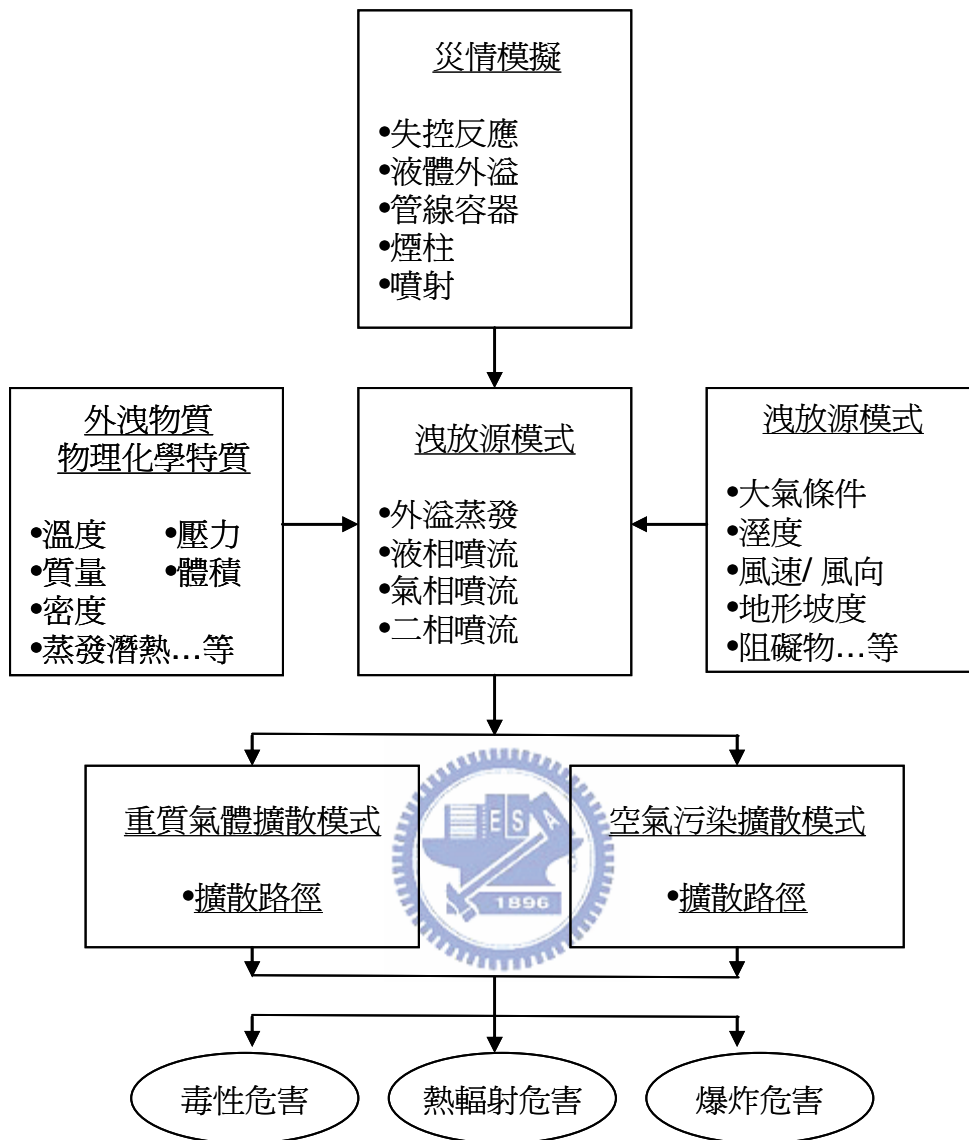


圖 3.2 意外排放後果分析模式運算流程〔30〕

3.1.2 ALOHA 應用模式系統簡介〔31〕

ALOHA(Areal Locations of Hazardous Atmospheres)為美國環保署(U.S Environmental Prevention Agency)與美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)共同發展的後果分析電腦軟體，其電腦程式設計特別是針對化學物質洩漏時，人員回應之使用與提供緊急應變計畫和訓練之用。ALOHA操作模式包括毒性氣體擴散、火災、爆

炸，等三種項目，本研究使用版本為 5.4 版，出版日期 2006 年 2 月(在 5.4 版之前的軟體僅能提供毒性化學物質洩漏擴散危害模式)。本研究使用之 5.4 版軟體由美國環保署網站(www.epa.gov/ceppo/comeo/aloha.htm)下載而得。

ALOHA 操作方便迅速，在一個小型電腦上即可執行。ALOHA 內建化學物質資料庫供使用者選擇，資料庫內大概有 1000 種物理特性相同的化學物質，在操作 ALOHA 之前，必須收集相關資料，以利於分析工作之進行。使用 ALOHA 執行之基本步驟：

- 1.化學物質洩漏之城市、日期、時間。
- 2.從 ALOHA 內建化學物質資料庫中選擇相關化學物質。
- 3.發生地點氣象資料。
- 4.欲分析化學物質之洩漏情形。
- 5.從執行 ALOHA 結果，可以得到一個或多個受危害之區域，包括毒性、易燃性、熱輻射、超壓損害—可能超過對人員及財產構成威脅之關心濃度限值(Levels of Concern,LOCs)。
- 6.ALOHA 使用紅色、橘色、黃色三種顏色顯示危害區域，紅色危害區域代表最嚴重危害、橘色危害區代表中度危害、黃色危害區代表輕度危害。
- 7.若利用 MARPLOT 與電子地圖結合，在地圖中可顯示影響範圍。亦可使用定點危險(Threat at Point)可以得到附近環境敏感地區包括學校、醫院是否遭受危害，如有危害需立即被疏散。

軟體限制包括在低風速、多變風向、非常穩定大氣條件及濃度不均勻情境下，模擬的結果會不具可靠性。低風速可被接受的限制為量測高度 10m 處其風速達 1m/s 以上。同時不能預測釋放 1 小時後的距離，估算釋放距離不得超過 10 公里為標準。

3.2 研究架構：

以後果分析軟體 ALOHA 模式，模擬二硫化碳儲槽發生破洩最嚴重災害情境及其他可能發生情境，ALOHA 模擬條件如表 13、模擬情境如圖 3.1、圖 3.2。

3.2.1、最嚴重災害情境：〔32〕〔33〕〔34〕

氣象條件，風速/大氣穩定度(Wind Speed/Atmospheric Stability)考量惡劣情境之洩漏時，採用分析之風速為 1.5m/sec、大氣穩定度為 F 級，大氣溫度/濕度(Ambient Temperature/Humidity) 考慮最惡劣洩漏情境時，採用模擬工業區當地附近氣象站之近三年的氣象資料中之平均濕度為 79%與最高之每日最高溫度(highest daily max. temperature)34.7°C〔35〕。

以某工業區二硫化碳製造工場的二硫化碳儲槽洩漏作模擬，以毒性氣體外洩、火災、蒸汽雲爆炸三種模式，進行廠外後果分析。二硫化碳儲槽規格有 15 噸、30 噸、50 噸三種，因受到不明原因損害，各產生 1 吋、2 吋、4 吋三種不同尺寸之破洞。

3.2.2、其他可能發生情境：

氣象條件，風速/大氣穩定度(Wind Speed/Atmospheric Stability)分為三種：1. 風速 3 米/秒、大氣穩定度 D、2. 風速 5 米/秒、大氣穩定度 D
3. 風速 7 米/秒、大氣穩定度 D〔35〕。

大氣溫度/濕度(Ambient Temperature/Humidity)：氣溫為 25°C、濕度為 50%。洩漏條件，以 24 噸二硫化碳卸料槽車碰撞，模擬發生 1 吋、2 吋、4 吋破裂孔徑，產生毒性氣體外洩、火災、蒸汽雲爆炸三種模式，進行廠外後果分析。

(註：風速/大氣穩定度依據美國環保署廠外後果分析風險管理計畫指引)

表 3.1 ALOHA 之「最嚴重事件模擬」及「其他可能發生情境」之使用條件

ALOHA—worst-case scenario (wcs) 最嚴重事件模擬	ALOHA—alternative-release scenario (ars) 其他可能發生情境
<p>一.大氣資訊：</p> <p>風速：1.5 公尺/秒 大氣穩定度：F 風速量測高度：10 公尺 雲覆蓋率：0 氣溫：34.7°C，溼度 79%，使用過去工廠 3 年紀錄，最高之每日最高溫度及平均溼度 地表粗糙度：都市</p> <p>二.發生源</p> <p>1.二硫化碳臥式儲槽： 15 噸：直徑 2 公尺 × 長 4 公尺 30 噸：直徑 2.5 公尺 × 長 5 公尺 50 噸：直徑 2.8 公尺 × 長 8 公尺 破裂孔徑各為 1 吋、2 吋、4 吋，破裂高度在儲槽一半高度之處</p> <p>2.依破孔之尺寸、高度及 ALOHA 限制洩漏時間 1 小時，可得知每分鐘釋放率及釋放總量。</p> <p>3.儲槽內部溫度：依室外溫度</p> <p>4.地面形式：水泥</p> <p>5.地面溫度：依室外溫度</p> <p>三.模擬三個可能危害情境</p> <p>1.毒性蒸汽雲區域 2.蒸汽雲燃燒熱危害區域 3.蒸汽雲爆炸爆壓危害區域</p> <p>四.危害區域</p> <p>1. 毒性蒸汽 紅色：××公尺 (500 ppm=ERPG-3) 橘色：××公尺 (50 ppm=ERPG-2) 黃色：××公尺 (1 ppm=ERPG-1)</p> <p>2.熱輻射 紅色：××公尺 (10.0 kW/(sq m) = 60 秒內可能致命) 橘色：××公尺 (5.0 kW/(sq m) = 60 秒內二度灼傷) 黃色：××公尺 (2.0 kW/(sq m) = 60 秒內皮膚疼痛)</p> <p>3.爆壓 紅色：××公尺 (8psi = 房屋被催毀) 橘色：××公尺 (3.5psi = 嚴重受傷) 黃色：××公尺 (1psi = 玻璃破碎)</p>	<p>一.大氣資訊：</p> <p>1. 風速：3 公尺/秒、大氣穩定度：B 2. 風速：5 公尺/秒、大氣穩定度：D 3. 風速：7 公尺/秒、大氣穩定度：D 量測高度：10 公尺雲覆蓋率：50 氣溫：25°C，溼度 50%， 地表粗糙度：都市</p> <p>二.發生源</p> <p>1.二硫化碳槽車： 24 噸：直徑 2.5 公尺 × 長 5 公尺，發生碰撞，模擬發生 1 吋、2 吋、4 吋破裂孔徑，破孔高度在儲槽一半高度之處</p> <p>2.依破孔之尺寸、高度，及 ALOHA 限制洩漏時間 1 小時，可得知每分鐘釋放率及釋放總量。</p> <p>3.儲槽內部溫度：依室外溫度</p> <p>4.地面形式：水泥</p> <p>5.地面溫度：依室外溫度</p> <p>三.模擬三個可能危害情境</p> <p>1.毒性蒸汽雲區域 2.蒸汽雲燃燒輻射熱危害區域 3.蒸汽雲爆炸爆壓危害區域</p> <p>四.危害區域</p> <p>1. 毒性蒸汽 紅色：××公尺 (500 ppm=ERPG-3) 橘色：××公尺 (50 ppm=ERPG-2) 黃色：××公尺 (1 ppm=ERPG-1)</p> <p>2.熱輻射 紅色：××公尺 (10.0 kW/(sq m) = 60 秒內可能致命) 橘色：××公尺 (5.0 kW/(sq m) = 60 秒內二度灼傷) 黃色：××公尺 (2.0 kW/(sq m) = 60 秒內皮膚疼痛)</p> <p>3.爆壓 紅色：××公尺 (8psi = 房屋被催毀) 橘色：××公尺 (3.5psi = 嚴重受傷) 黃色：××公尺 (1psi = 玻璃破碎)</p>

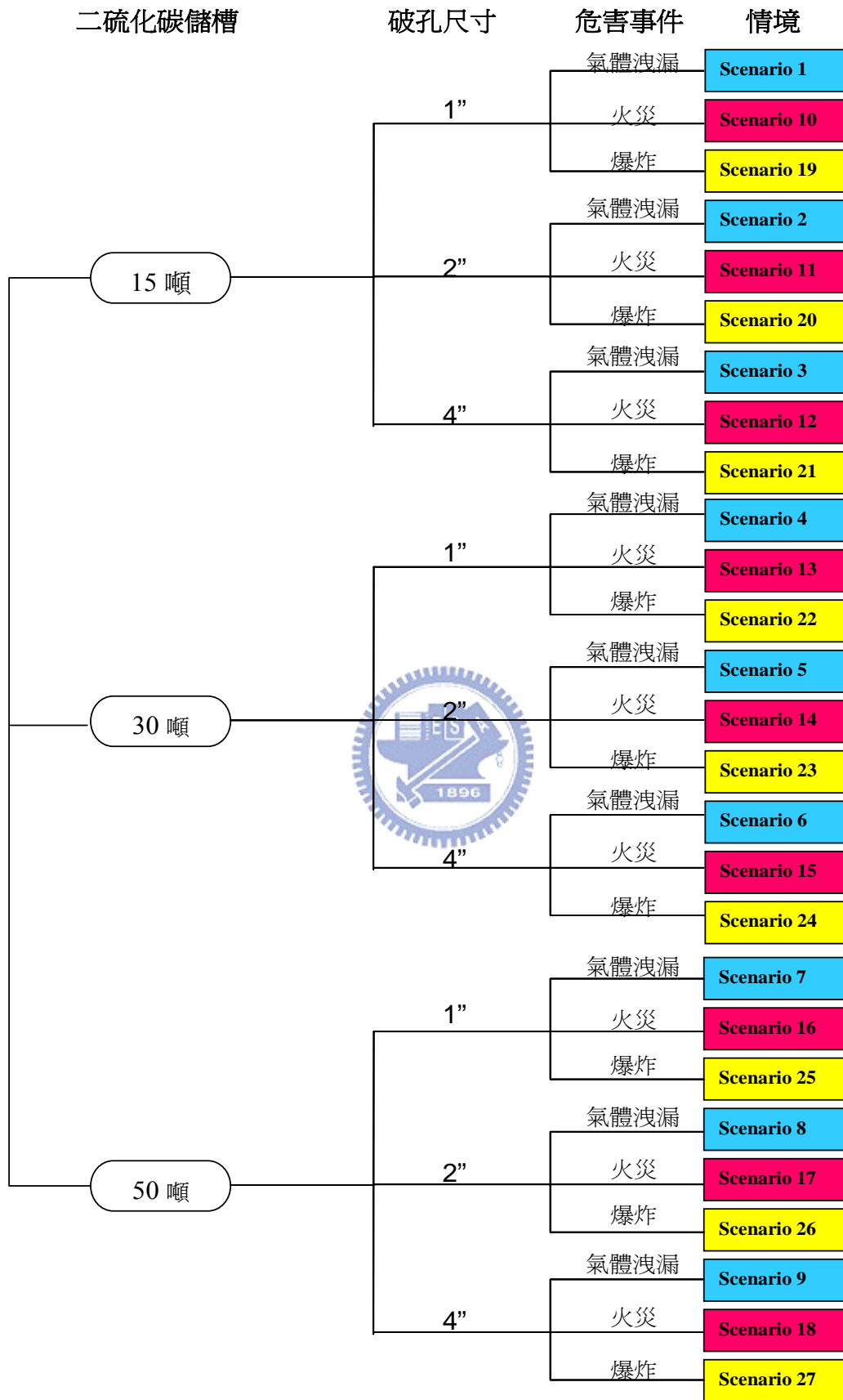


圖 3.3 最嚴重災害情境模擬架構圖

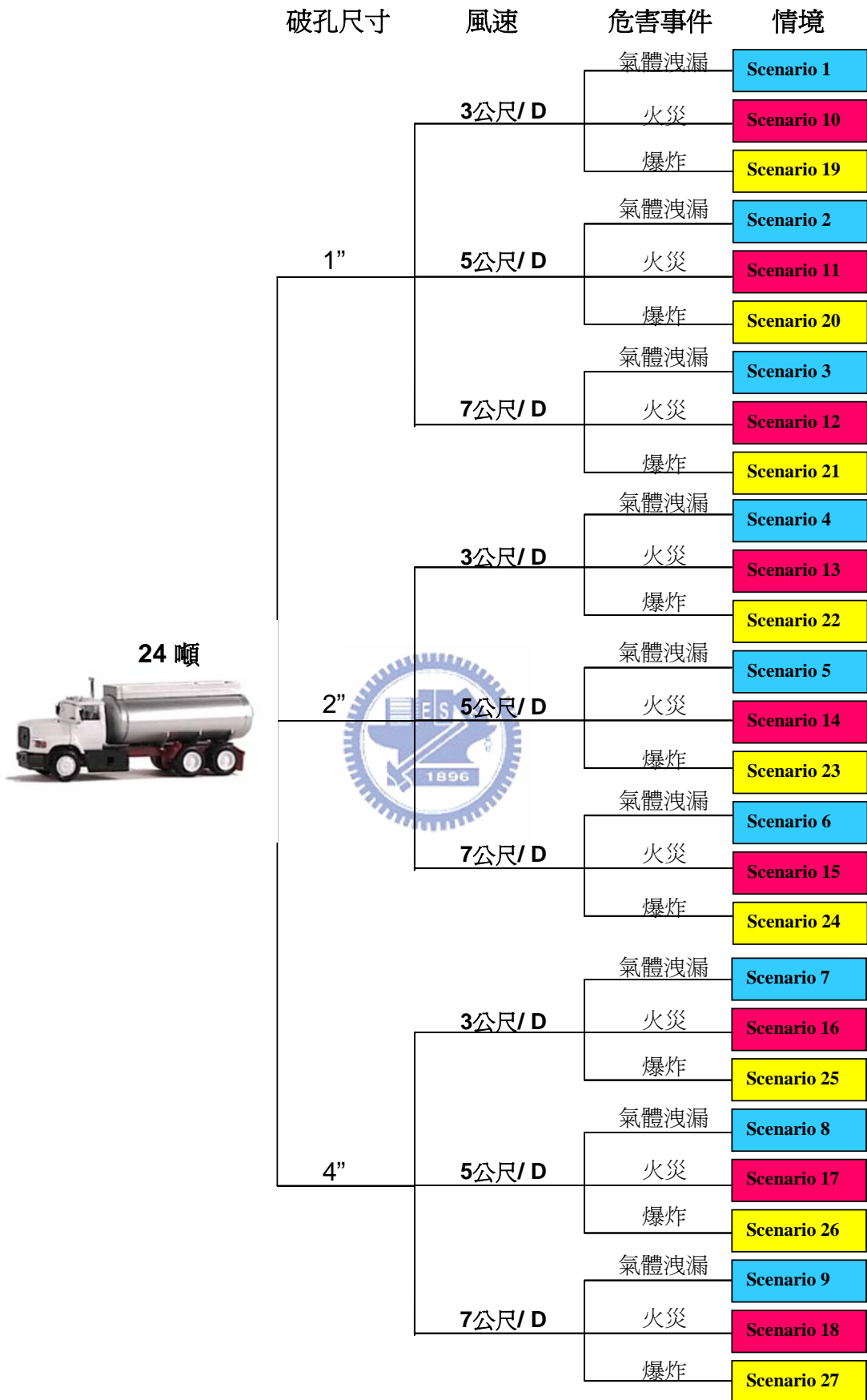


圖 3.4 其他可能發生情境模擬架構圖

3.2.3、ALOHA 執行儲槽外洩操作步驟：(操作畫面如附錄三)

1.進入 ALOHA 操作畫面。

2.確認 ALOHA 使用條件之限制。

非常低風速、多變風向、非常穩定大氣條件及濃度不均勻情境下，模擬會受到限制，模擬的結果會不具可靠性。

3.地點選擇

可從位置資訊(Location information)畫面選擇地點，或從增加欄位內輸入地點名稱。

4.建物型態及建物周圍環境

建物包括關閉辦公室、單層建築物、雙層建築物；建物周圍環境包括有遮蔽物包圍(如樹木、灌木--等)、無遮蔽物包圍。

5.選擇使用化學物質

從內鍵約 1000 種化學物質，選擇使用化學物質。



6.大氣背景資料 1

選擇風速、風向、地表粗糙度、雲覆蓋率。

7.大氣背景資料 2

選擇氣溫、大氣穩定度(A、B、C、D、E、F)、是否逆轉、濕度。

大氣穩定度：A 極不穩定、B 不穩定、C 稍微不穩定、D 中性、
E 穩定、F 極穩定。

8.槽體形式、尺寸

選擇槽體形式，有橫式儲槽、立式儲槽、球型槽；輸入直徑、長度可得體積。

9.化學物質狀態、貯存溫度

化學物質狀態有液態或氣態；輸入化學物質貯存溫度。

10.物質容量與貯存容積(佔貯槽%)

輸入物質在槽內之容量，即可得到貯存容積及物質容積佔貯槽容積%。

11.選擇儲槽失誤模式 A.槽體破洩，化學物質沒燃燒而形成蒸發液池。

B.槽體破洩，化學物質燃燒而形成池火。

C.BLEVE(液體沸騰蒸氣膨脹爆炸)。

12.破洞形狀(圓形、矩形)、尺寸

破洞形狀圓形之直徑、矩形之長寬。

13.破洩位置離底部之高度

輸入數字，即可從槽體看出破洩高度。

14.洩漏地面形態、溫度

混凝土、沙質乾燥土壤、沙質潮濕土壤、水體。



15.選擇危害分析第一種情境

A：毒性蒸汽雲區域、B：可燃性蒸汽雲區域、C：爆炸性蒸汽雲區域。

16. 毒性氣體 LOC(關心濃度限值)

紅色區域：ERPG3、橘色區域：ERPG2、黃色區域：ERPG1。

17. 毒性氣體危害區域

以紅色、橘色、黃色，含蓋區域顯示危害區域。

18. 選擇危害分析第二種情境---化學物質洩漏燃燒而且形成池火

19.輻射熱 LOC(關心濃度限值)

紅色區域：ERPG3、橘色區域：ERPG2、黃色區域：ERPG1。

20. 輻射熱危害區域

以紅色、橘色、黃色，含蓋區域顯示危害區域。

21. 選擇危害分析第三種情境---蒸汽雲爆炸

22. 蒸汽雲點燃形式

選擇火花或爆炸點燃。

23. 爆壓 LOC(關心濃度限值)

紅色區域：ERPG3、橘色區域：ERPG2、黃色區域：ERPG1。

24. 爆壓危害區域

以紅色、橘色、黃色，含蓋區域顯示危害區域。



第四章 結果與討論

4.1 最嚴重災害情境：

使用後果分析軟體 ALOHA 模式，模擬二硫化碳儲槽發生破洩，產生毒性氣體外洩、火災、蒸汽雲爆炸三種模式，進行廠外後果分析。二硫化碳儲槽規格有 15 噸、30 噸、50 噸三種，因受到不明原因損害，各產生 1 吋、2 吋、4 吋三種不同尺寸之破洞，破孔在儲槽高度中間處；氣象條件：風速為 1.5m/sec、大氣穩定度為 F 級，大氣溫度 34.7°C、濕度為 79%。模擬 27 種不同之情境，包括毒性氣體外洩 9 種、火災熱輻射 9 種、蒸汽雲爆炸 9 種。(摘要如附錄四)



4.1.1 毒性氣體外洩：

表 4.1 毒性氣體外洩「最嚴重意外情境」ALOHA 模擬結果

情境	貯槽容量 (噸)	破洩孔徑 (吋)	洩漏時間 (小時)	洩漏量 (公斤)	影響範圍 (公尺)
Scenario 1	15	1	1	1099	557
Scenario 2	15	2	1	4194	1100
Scenario 3	15	4	1	5889	1500
Scenario 4	30	1	1	1099	557
Scenario 5	30	2	1	4318	1100
Scenario 6	30	4	1	12066	1900
Scenario 7	50	1	1	1099	557
Scenario 8	50	2	1	4318	1100
Scenario 9	50	4	1	13859	1900

由表 4.1 結果發現：

- 1、由同樣規格儲槽破孔尺寸愈大，其洩漏量愈大，影響範圍也愈遠，而成

正比關係。如同樣 50 噸儲槽，破破孔尺寸分別為 1 吋、2 吋、4 吋，其洩漏量分別為 1099 公斤、4318 公斤、13859 公斤，二硫化碳濃度終點限值(Endpoint)50ppm 影響範圍從 557 公尺、1100 公尺、增加至 1900 公尺，其關係圖如圖 4.1、圖 4.2 所示。

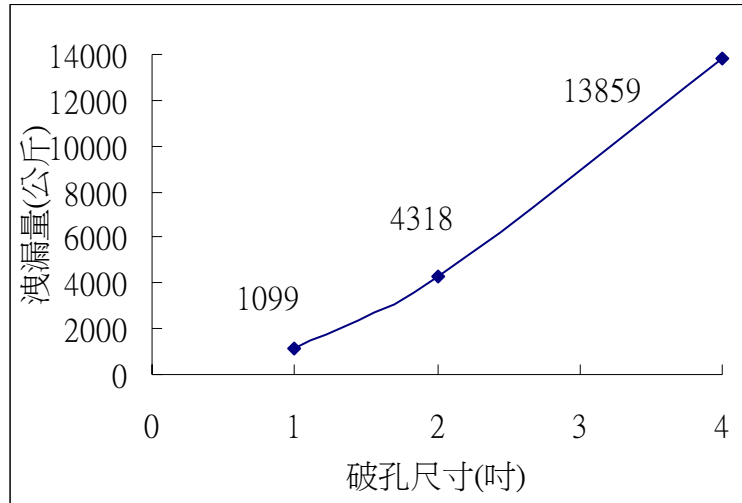


圖 4.1 毒性氣體--破孔尺寸與洩漏量關係圖

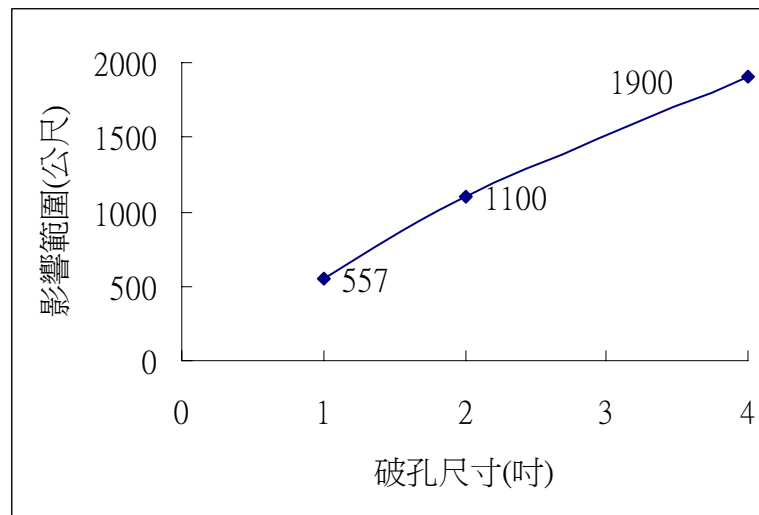


圖 4.2 CS₂ 氣體之破孔尺寸與影響範圍關係圖

2、三種不同規格儲槽，同樣破孔尺寸為 1 吋、2 吋、4 吋，但其相對影響範圍變化不大，如三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 1 吋時，二硫化碳濃

度終點限值(Endpoint)50ppm，影響範圍同樣為 557 公尺，三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 2 吋時，影響範圍同樣為 1100 公尺，三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 4 吋時，影響範圍稍微變化，分別為 1500 公尺、1900 公尺、1900 公尺。

- 3、針對情境 9(Scenario 9) 50 噸儲槽破破孔尺寸為 4 吋，持續洩漏一小時，以 ALOHA 模擬毒性氣體洩漏，受威脅區域範圍如下圖。

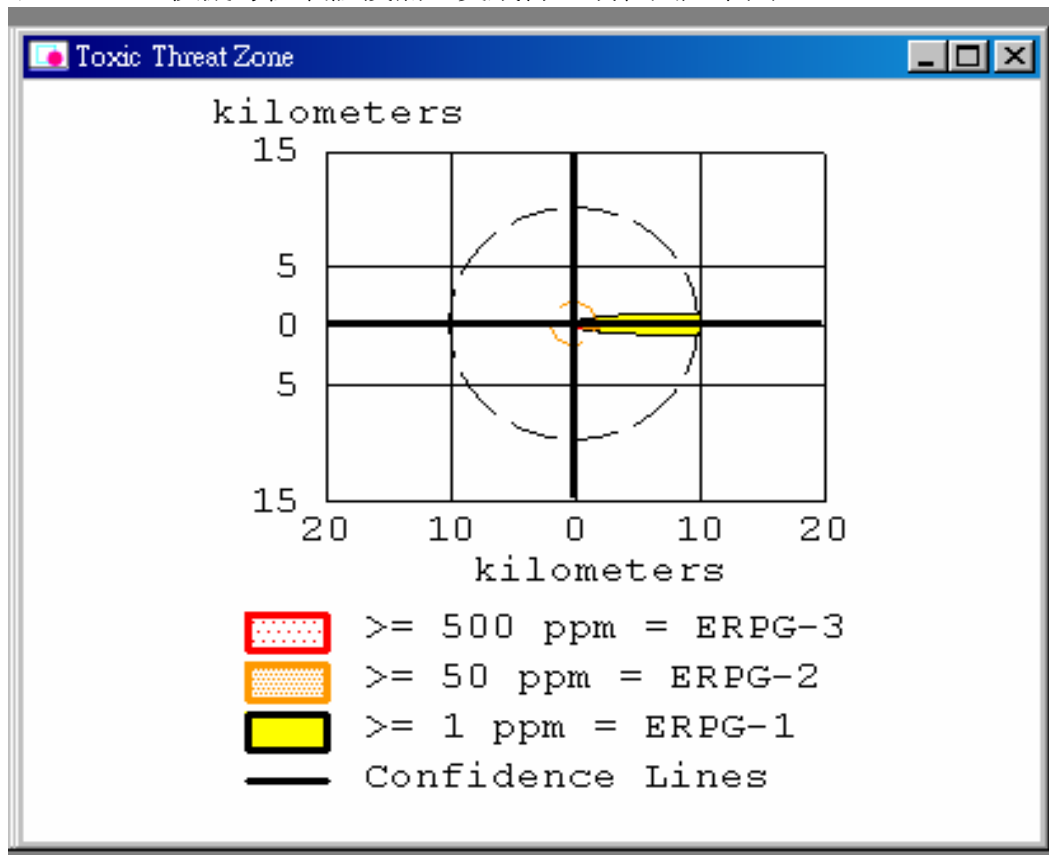


圖 4.3 毒性氣體威脅區域

- 1.嚴重危害區域(紅色)：545 公尺 (500ppm=EPG-3)
- 2.中度危害區域(橘色)：1900 公尺 (50ppm=EPG-2)，危害最遠距離。
- 3.輕度危害區域(黃色)：超過 10 公里 (1ppm=EPG-1)

(ALOHA 模擬毒性氣體洩漏影響區域最遠以 10 公里為限)

4、針對情境 9(Scenario 9) 50 噸儲槽破孔尺寸為 4 吋，破孔高度在 1.4 公尺(在儲槽高度中間處)持續洩漏一小時，以 ALOHA 模擬下風處不同距離毒性氣體洩漏，室內室外濃度。

表 4.2 Scenario 9 洩漏點下風處不同距離室內室外濃度

洩漏點下風處 (公尺)	場 所	室內濃度 (ppm)	室外濃度 (ppm)	備 註 (室外÷室內)
500	廠內	124	555	4.8 倍
1000	住宅區	23.3	152	6.5 倍
1500	學校	6.09	64	10.5 倍
2000	醫院	1.39	23.8	17.1 倍

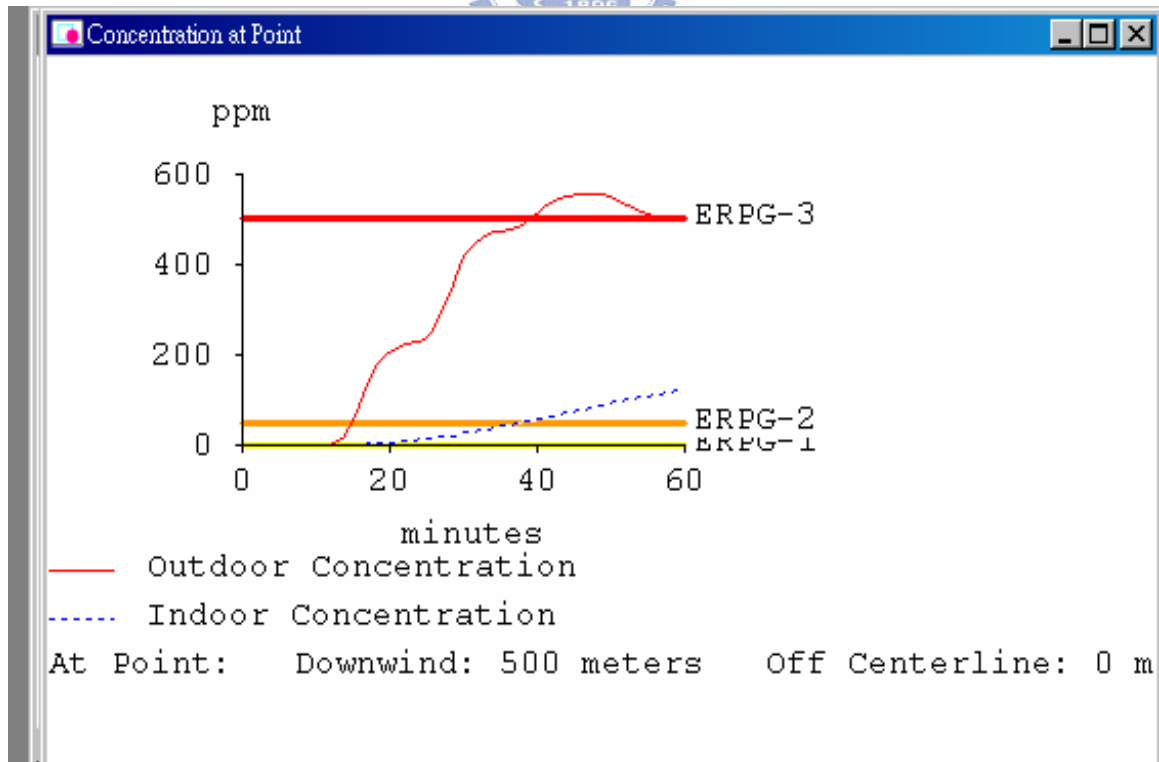


圖 4.4 下風 500 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化

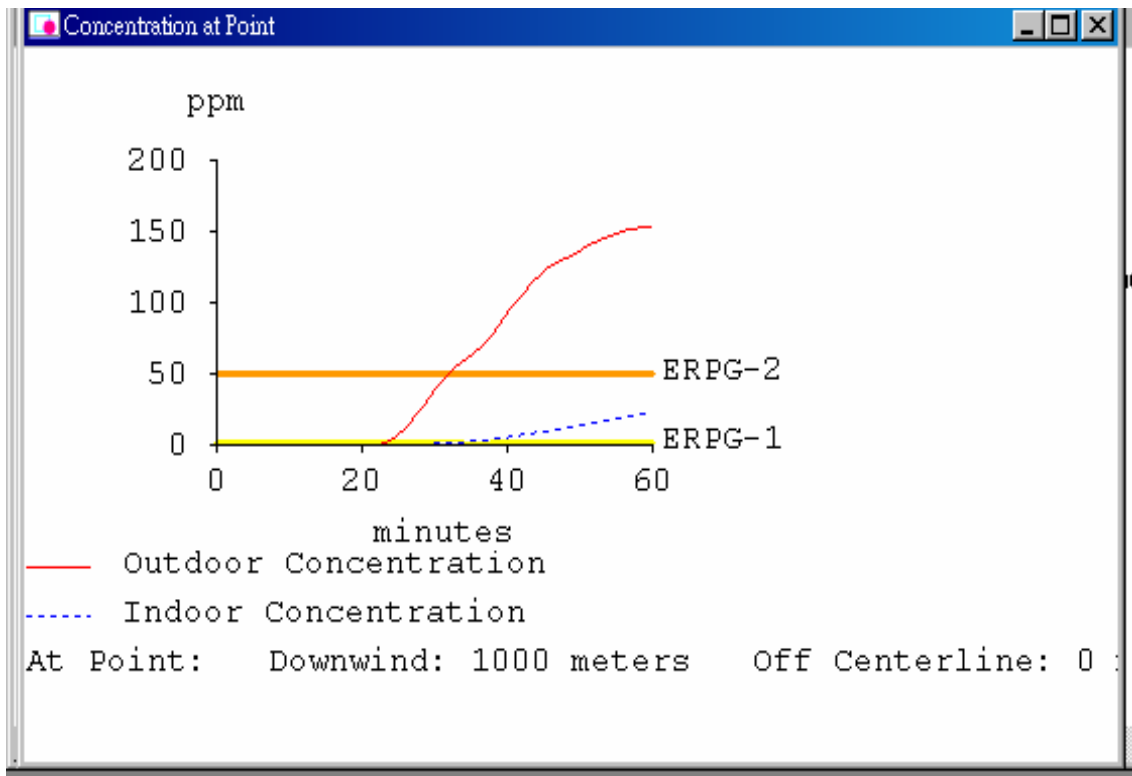


圖 4.5 下風 1000 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化

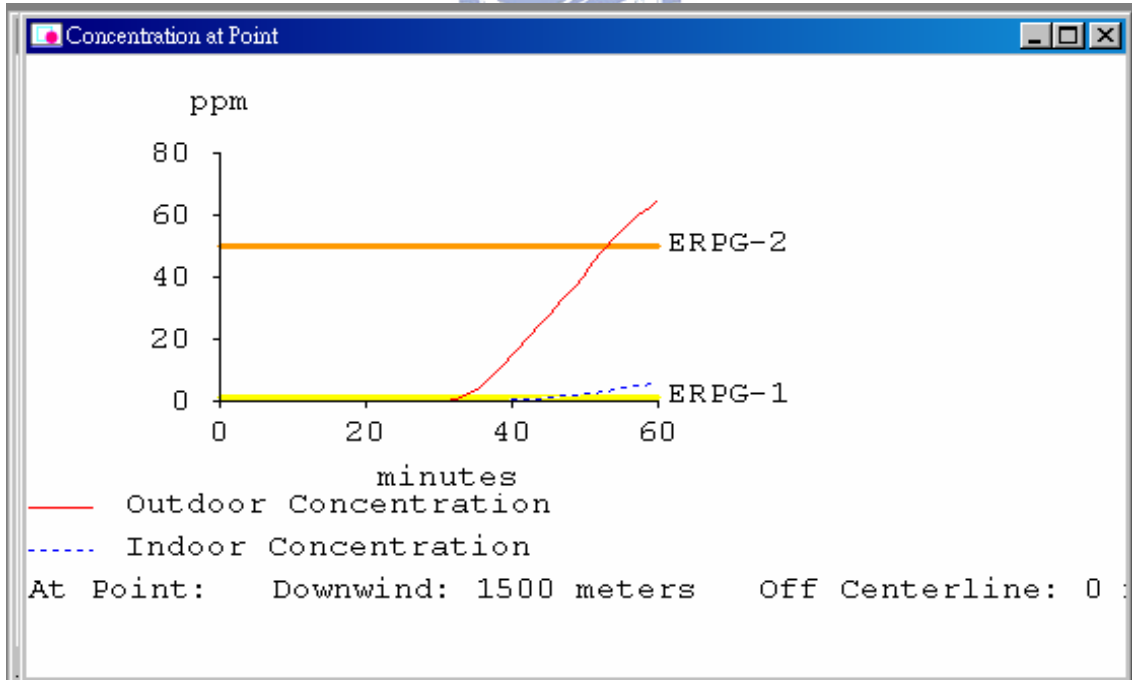


圖 4.6 下風處 1500 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化

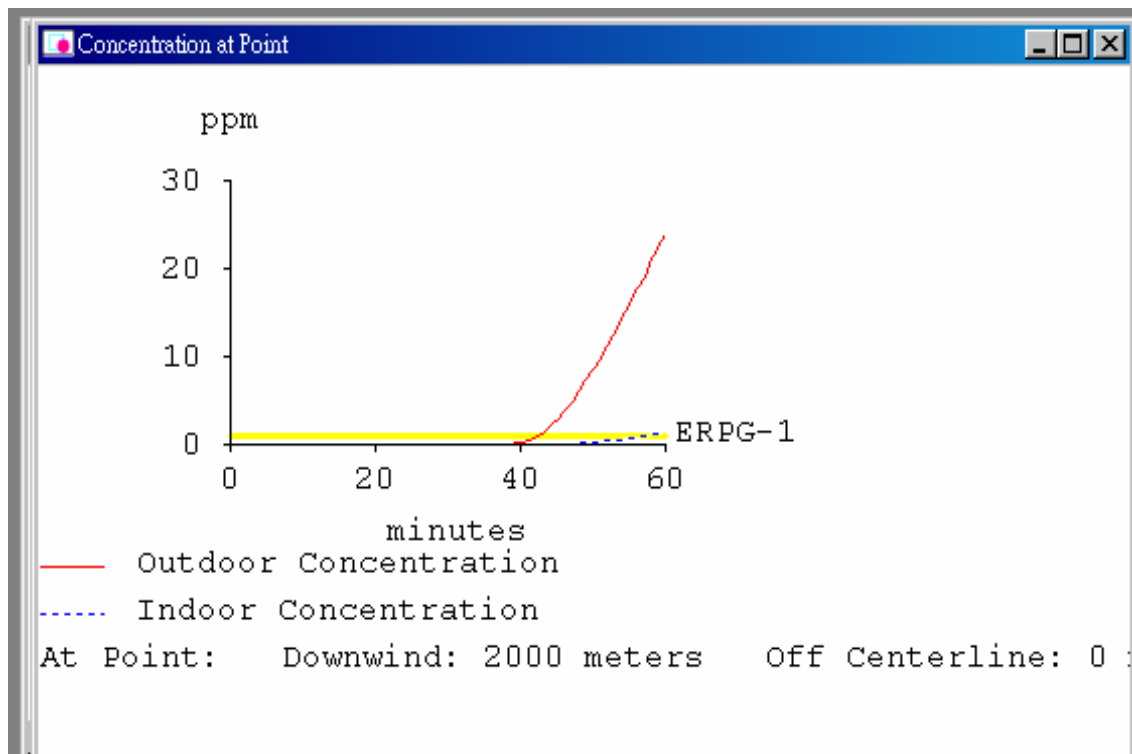


圖 4.7 下風 2000 公尺處室內、室外二硫化碳濃度變化

由定點(500 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2000 公尺)濃度模擬得知：

- 1、當二硫化碳洩漏時，其下風愈遠，濃度愈低，故當洩漏發生時，應儘速對影響範圍居民緊急疏散。
- 2、又室外濃度比室內濃度多出好幾倍，對於影響範圍居民應儘量在室內，避免外出活動為宜，並將窗戶及空調設備關閉，直到濃度降低到才可解除警報。

4.1.2 火災熱輻射：

表 4.3 火災熱輻射「最嚴重意外情境」ALOHA 分析之影響範圍

情境	貯槽容量 (噸)	破洩尺寸 (吋)	燃燒時間 (小時)	燃燒量 (公斤)	影響範圍 (公尺)
Scenario 10	15	1	1	1690	<10
Scenario 11	15	2	1	5811	<10
Scenario 12	15	4	1	5899	19
Scenario 13	30	1	1	1690	<10
Scenario 14	30	2	1	6762	<10
Scenario 15	30	4	1	12066	19
Scenario 16	50	1	1	1690	<10
Scenario 17	50	2	1	6772	<10
Scenario 18	50	4	1	14817	21

由表 4.3 結果發現：

- 1、由同樣規格儲槽破孔尺寸愈大，其洩漏量愈大，熱輻射影響範圍也愈遠，而成正比關係，如同樣 50 噸儲槽，破孔尺寸分別為 1 吋、2 吋、4 吋，其洩漏量分別為 1690 公斤、6772 公斤、14817 公斤，二硫化碳熱輻射終點限值 5.0 kW/(sq m) 影響範圍從 <10 公尺、<10 公尺、增加至 21 公尺。(影響範圍 10 公尺以內 ALOHA 模式無法量測)。
- 2、三種不同規格儲槽，同樣破孔尺寸為 1 吋、2 吋、4 吋，但其相對影響範圍變化不大，如三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 1 吋時，二硫化碳熱輻射終點限值 5.0 kW/(sq m)，影響範圍同樣為 <10 公尺，三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 2 吋時，影響範圍同樣為 <10 公尺，三種不同規格儲槽同樣破孔尺寸為 4 吋時，影響範圍稍微變化，分別為 19 公尺、19 公尺、21 公尺。
- 3、針對情境 18(Scenario 18) 50 噸儲槽破孔尺寸為 4 吋，持續燃燒一小時，以 ALOHA 模擬火災熱輻射，受威脅區域範圍如下圖。

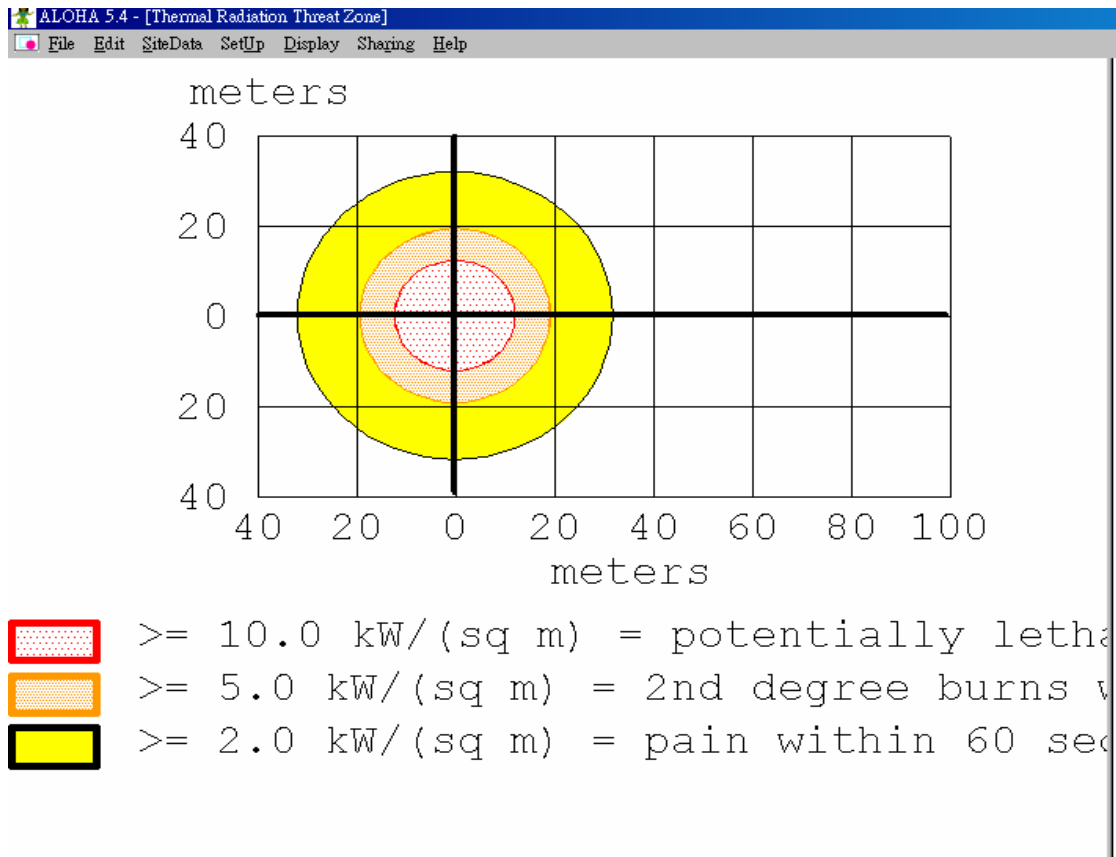


圖 4.8 火災熱輻射威脅區域

- 1.嚴重危害區域(紅色)：12 公尺 ($10.0 \text{ kW}/\text{m}^2$)=EPG-3)
 - 2.中度危害區域(橘色)：19 公尺 ($5.0 \text{ kW}/\text{m}^2$)=EPG-2)，危害最遠距離。
 - 3.輕度危害區域(黃色)：32 公尺($2.0\text{kW}/\text{m}^2$)=EPG-1)
- 4.、火災熱輻射影響範圍最多 32 公尺，僅對廠內會影響，熱輻射不會對廠外受到影響，不必對廠外居民疏散。但是廠內人員避免火災熱輻射危害應退到 19公尺(危害最遠距離)之外，甚至應退到 32公尺沒有熱輻射之地點。
- 5.、對於第一線滅火人員應退到 12 公尺熱輻射嚴重危害區域之外，滅火時並應穿著防熱輻射消防衣。

4.1.3 蒸汽雲爆炸：

表 4.4 爆壓「最嚴重意外情境」ALOHA 分析之影響範圍

情境	貯槽容量 (噸)	破洩孔徑 (吋)	洩漏時間 (小時)	洩漏量 (公斤)	影響範圍 (公尺)
Scenario 19	15	1	1	1099	42
Scenario 20	15	2	1	4194	79
Scenario 21	15	4	1	5889	107
Scenario 22	30	1	1	1099	42
Scenario 23	30	2	1	4318	84
Scenario 24	30	4	1	12066	136
Scenario 25	50	1	1	1099	42
Scenario 26	50	2	1	4318	84
Scenario 27	50	4	1	13859	144

由表 4.4 結果發現：

- 1、 由同樣規格儲槽破孔尺寸愈大，其洩漏量愈大，爆壓影響範圍也愈遠，而成正比關係，如同樣 50 噸儲槽，破破孔尺寸分別為 1 吋、2 吋、4 吋，其洩漏量分別為 1099 公斤、4318 公斤、13859 公斤，火災爆炸爆壓終點限值(1.psi)影響範圍從 42 公尺、84 公尺、增加至 144 公尺。

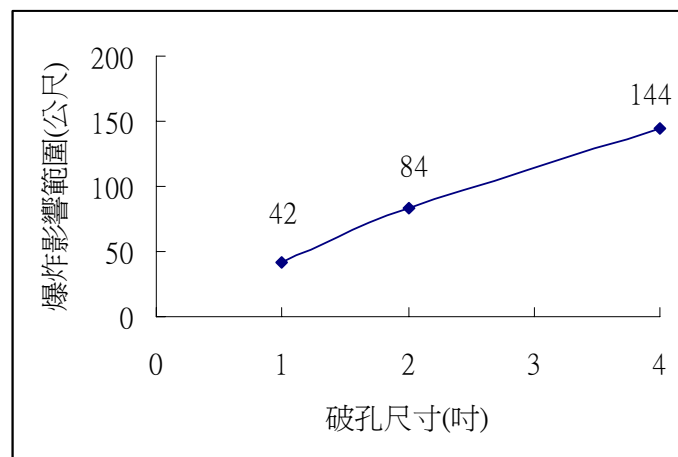


圖 4.9 爆壓--破孔尺寸與爆壓影響範圍關係圖

3、針對情境 27(Scenario 27) 50 噸儲槽破孔尺寸為 4 吋，持續洩漏一小時，以 ALOHA 模擬火災爆炸爆壓，受威脅區域範圍如下圖。

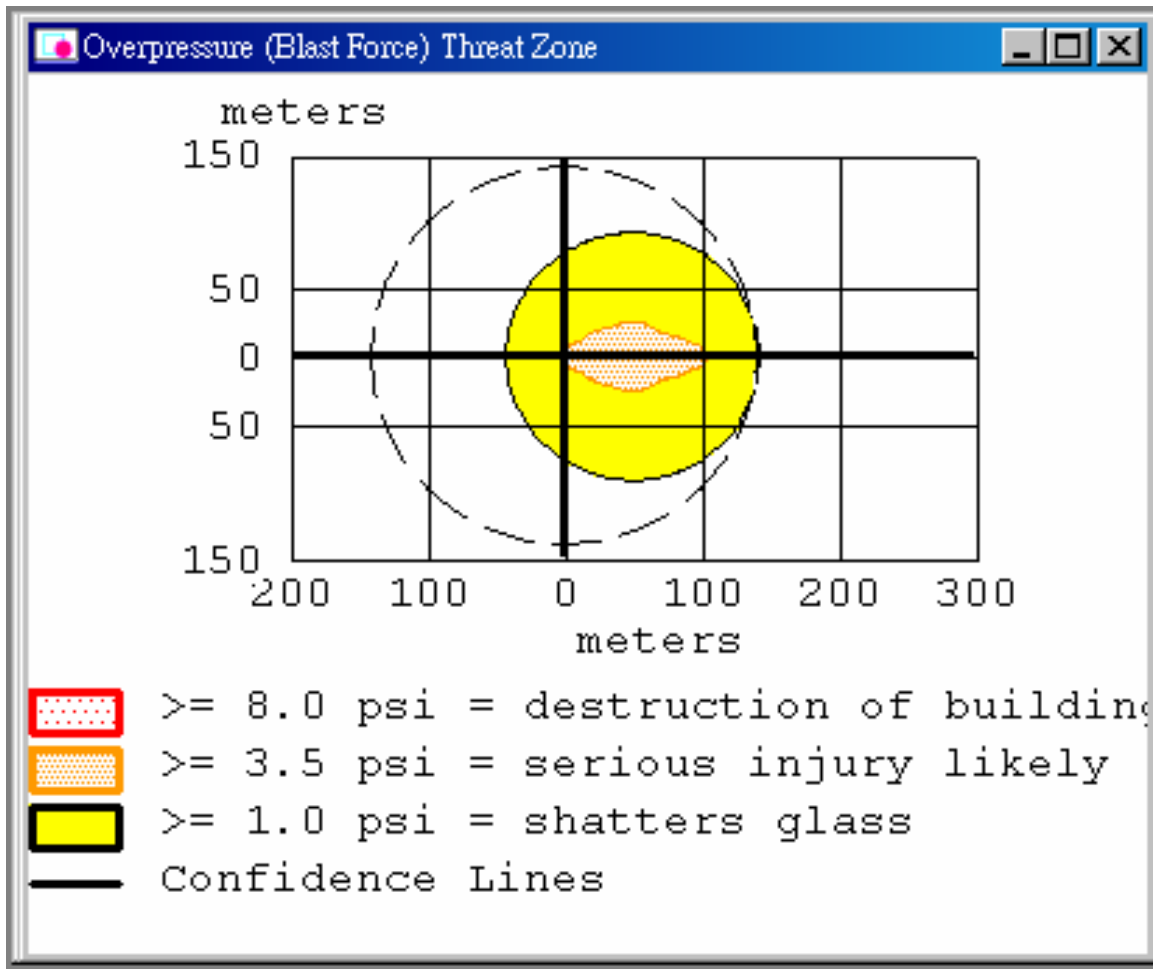


圖 4.10 蒸汽雲爆炸爆壓威脅區域

- 1.嚴重危害區域(紅色)：不會形成。
- 2.中度危害區域(橘色)：106 公尺 (3.5psi=EPG-2)，終點極限距離。
- 3.輕度危害區域(黃色)：144 公尺(1.0psi=EPG-1)
- 4.爆壓在 1psi 時，其影響範圍在 144 公尺以內，不會影響到廠外，但對廠內會造成中度及輕度危害，故當火災發生時，除應將廠內人員撤退至安全距離，並針對火災有效控制，避免引起爆炸發生。
- 5.爆壓在 3.5psi 時，其影響範圍在 106 公尺，爆壓在 1psi 時，其影響範圍在 144 公尺，故距離愈遠，爆壓危害愈小。

4.2 其他可能發生情境：

使用後果分析軟體 ALOHA 模式，以 24 噸二硫化碳卸料槽車碰撞，模擬發生 1 吋、2 吋、4 吋破裂孔徑，破孔在儲槽高度中間處，產生毒性氣體外洩、火災、蒸汽雲爆炸三種模式，進行廠外後果分析。氣象條件，風速/大氣穩定度分爲三種：

1. 風速：3 米/秒、大氣穩定度：D、
2. 風速：5 米/秒、大氣穩定度：D
3. 風速：7 米/秒、大氣穩定度：D 。

大氣溫度/濕度：1.氣溫爲 25°C、濕度爲 50%。

模擬 27 種不同之情境，包括毒性氣體外洩 9 種、火災熱輻射 9 種、蒸汽雲爆炸 9 種。(摘要如附錄五)

4.2.1 毒性氣體外洩：

表 4.5 毒性氣體外洩「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍

情境	貯槽容量 (噸)	破洩尺寸 (吋)	風速 (米) 穩定度	洩漏時間 (分鐘)	洩漏量 (公斤)	影響範圍 (公尺)
Scenario 1	24	1	3 米、D	60 分	1194	365
Scenario 2	24	1	5 米、D	60 分	1322	169
Scenario 3	24	1	7 米、D	60 分	1378	143
Scenario 4	24	2	3 米、D	60 分	4630	698
Scenario 5	24	2	5 米、D	60 分	5173	337
Scenario 6	24	2	7 米、D	60 分	5396	286
Scenario 7	24	4	3 米、D	38 分	6387	1000
Scenario 8	24	4	5 米、D	31 分	6387	962
Scenario 9	24	4	7 米、D	29 分	6387	464

由表 4.5 結果發現：

1、同樣破洩尺寸、同樣洩漏時間，但風速逐漸增加時，其洩漏量亦會逐漸

增加，但影響範圍會漸增減少。

如破洩尺寸為 1 吋時，同樣洩漏 60 分鐘，風速穩定度改變為 3 米/D、5 米/D、7 米/D，其洩漏量由 1194 公斤、1322 公斤、1378 公斤，影響範圍由 365 公尺、169 公尺、143 公尺，其關係圖如下：

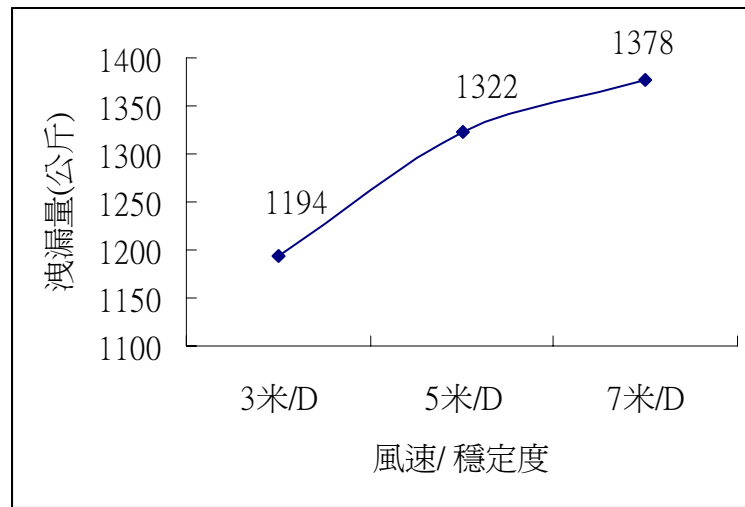


圖 4.11 二硫化碳槽車洩漏--風速與洩漏量關係圖

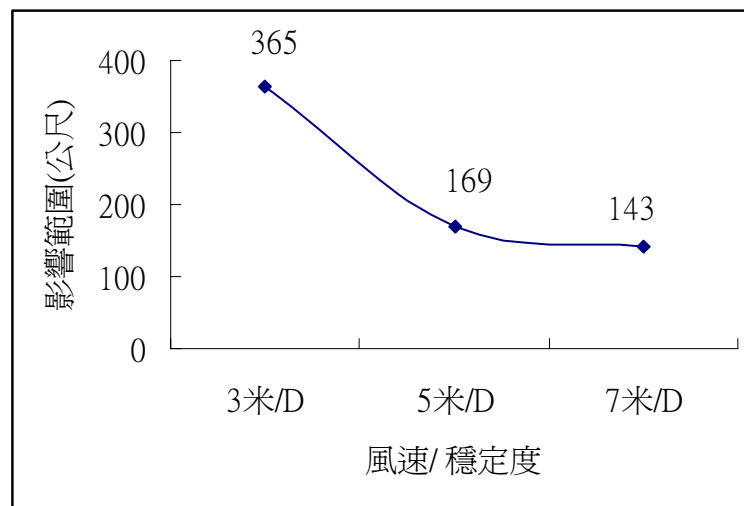


圖 4.12 二硫化碳槽車洩漏--風速與影響範圍關係圖

4.2.2 火災熱輻射：

表 4.6 火災輻射熱「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍

情境	貯槽 容量 (噸)	破洩 尺寸(吋)	風速(米) 穩定度	燃燒 時間 分鐘	燃燒量 (公斤)	影響 範圍 (公尺)
Scenario 10	24	1	3 米、D	60 分	1698	<10
Scenario 11	24	1	5 米、D	60 分	1698	<10
Scenario 12	24	1	7 米、D	60 分	1698	<10
Scenario 13	24	2	3 米、D	60 分	6293	11
Scenario 14	24	2	5 米、D	60 分	6293	14
Scenario 15	24	2	7 米、D	60 分	6293	15
Scenario 16	24	4	3 米、D	22 分	6387	20
Scenario 17	24	4	5 米、D	22 分	6387	25
Scenario 18	24	4	7 米、D	22 分	6387	27

由表 4.6 結果發現：

- 1、以同樣風速穩定度、破孔尺寸愈大，其洩漏量愈大，熱輻射影響範圍也愈遠，而成正比關係，如同樣風速為 3 米、穩定度為 C，破孔尺寸分別為 1 吋、2 吋、4 吋，其洩漏量分別為 1698 公斤、6293 公斤、6387 公斤。其影響範圍分別為 <10 公尺、11 公尺、20 公尺。
- 2、以 24 噸槽車，破孔尺寸同樣為 1 吋，在不同風速下，其洩漏同樣為 1698 公斤，熱輻射影響範圍同樣為 <10 公尺。破孔尺寸同樣為 2 吋，在不同風速下，其洩漏同樣為 6293 公斤，熱輻射影響範圍為 11 公尺、14 公尺、15 公尺。破孔尺寸同樣為 4 吋，在不同風速下，其洩漏同樣為 6387 公斤，熱輻射影響範圍為 20 公尺、25 公尺、27 公尺。
- 3、針對情境 18(Scenario 18) 24 噸槽車破破孔尺寸為 4 吋，持續洩漏一小時，以 ALOHA 模擬熱輻射，受威脅區域範圍如下圖。

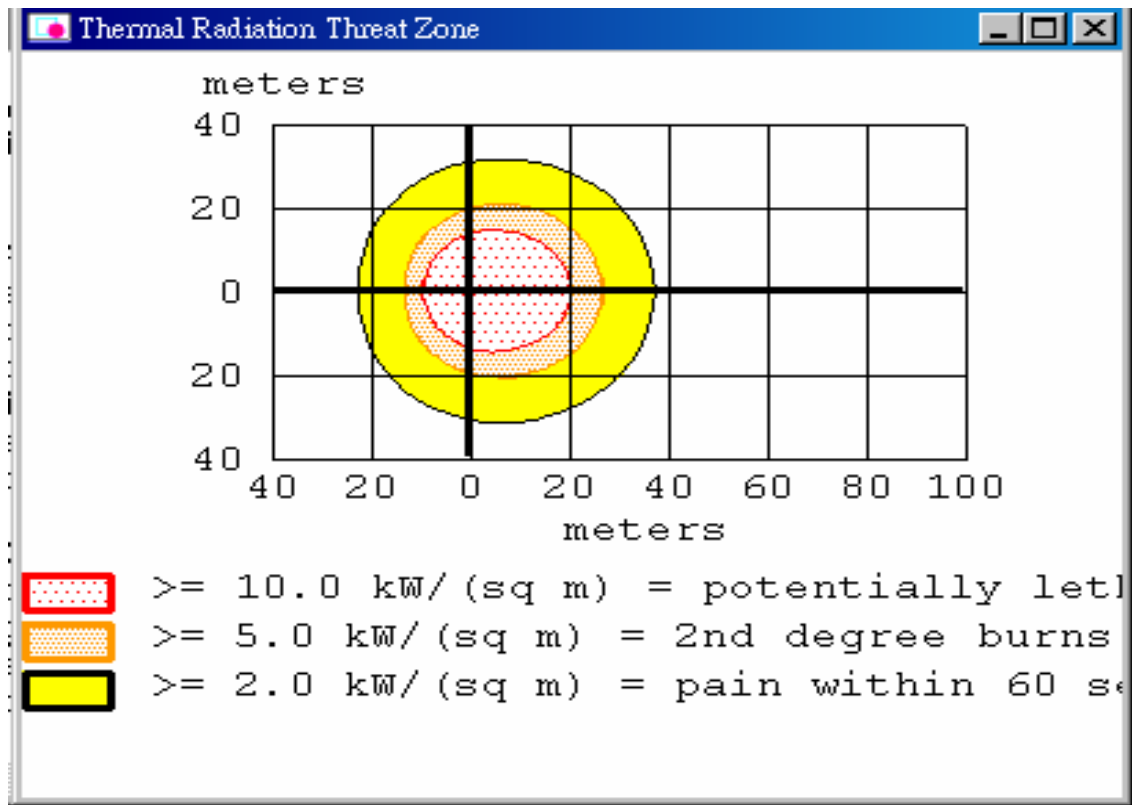


圖 4.13 火災熱輻射威脅區域

- 1、嚴重危害區域(紅色)：21 公尺 (10.0 kW/m^2)=EPG-3)
- 2、中度危害區域(橘色)：27 公尺 (5.0 kW/m^2)=EPG-2)，終點極限距離。
- 3、輕度危害區域(黃色)：37 公尺(2.0 kW/m^2)=EPG-1)
- 4、火災熱輻射影響範圍最多 37 公尺，僅對廠內會影響，熱輻射不會對廠外受到影響，不必對廠外居民疏散。但是廠內人員避免火災熱輻射危害應退到 27 公尺(終點極限距離)之外，甚至應退到 37 公尺沒有熱輻射之地點。
- 5、針對情境 18(Scenario 18) 24 噸槽車破孔尺寸為 4 吋，池火燃燒持續 22 分鐘，以 ALOHA 模擬下風處不同距離熱輻射。

表 4.7 Scenario 18 洩漏點下風處不同距離室之熱輻射

洩漏點下風處 (公尺)	燃燒率 (公斤/分)	燃燒時間 (分)	燃燒量 (公斤)	輻射熱 (kw/m ²)
10	463	22	6387	25.7
20	463	22	6387	10.5
30	463	22	6387	3.72
40	463	22	6387	1.66

量洩漏總共 6387 公斤，其燃燒率每分鐘 463 公斤，持續燃燒 22 分鐘，總共燃燒量 6387 公斤，在不同下風處所感受輻射熱完全不同，在 10 公尺、20 公尺、30 公尺、40 公尺不同距離，其輻射熱分別為 25.7 kw/m²、10.5 kw/m²、3.72 kw/m²、1.66 kw/m²，輻射熱與距離成反比，其關係如下圖表示：



圖 4.14 輻射熱與距離關係圖

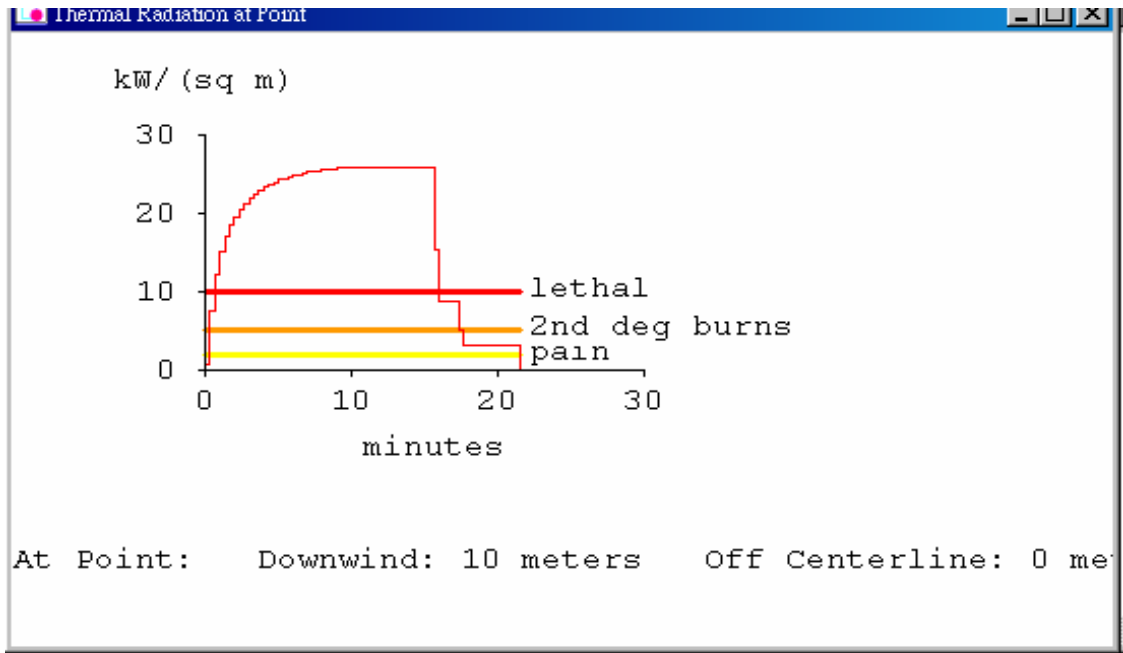


圖 4.15 下風處 10 公尺處輻射熱之時間變化

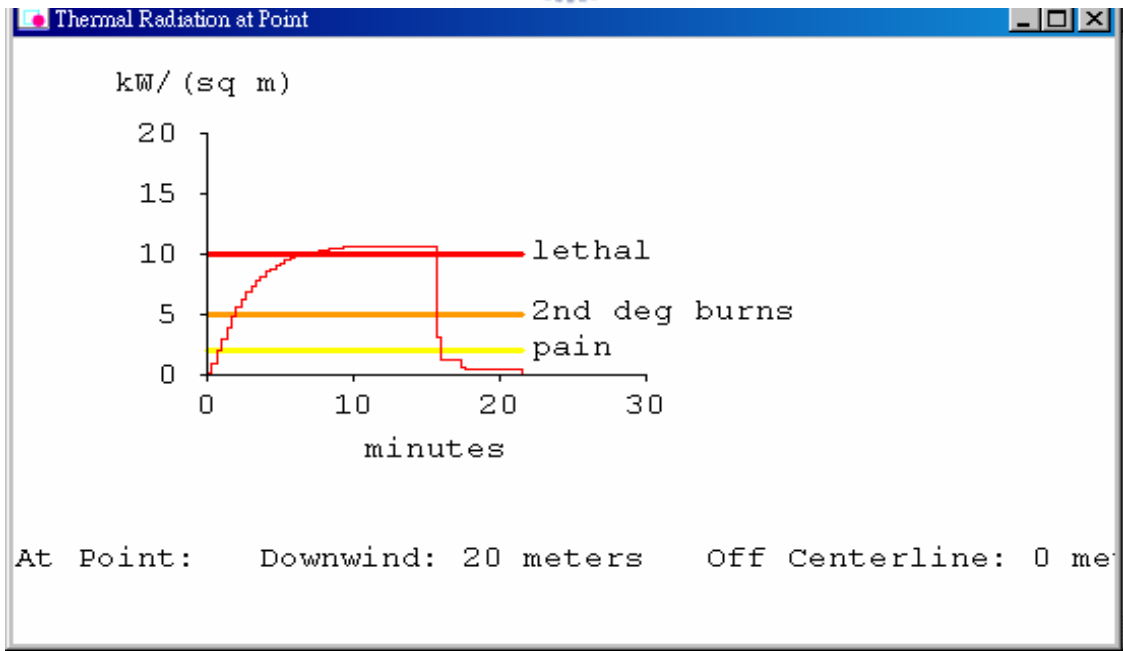


圖 4.16 下風處 20 公尺處輻射熱之時間變化

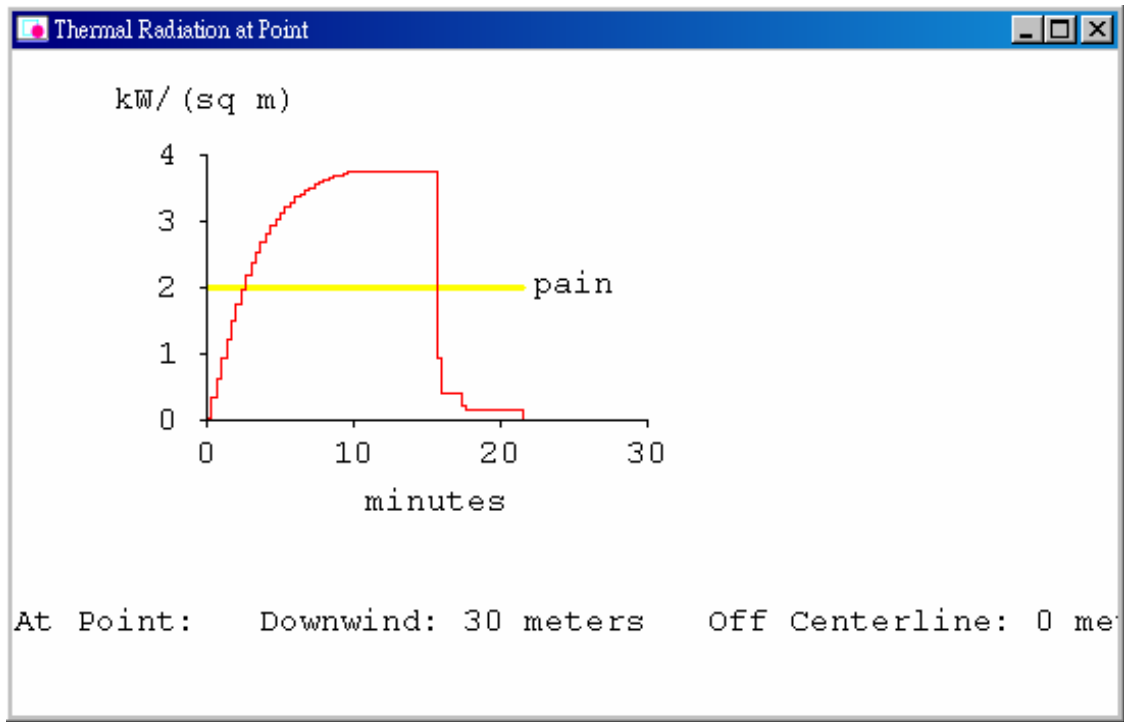


圖 4.17 下風處 30 公尺處輻射熱之時間變化

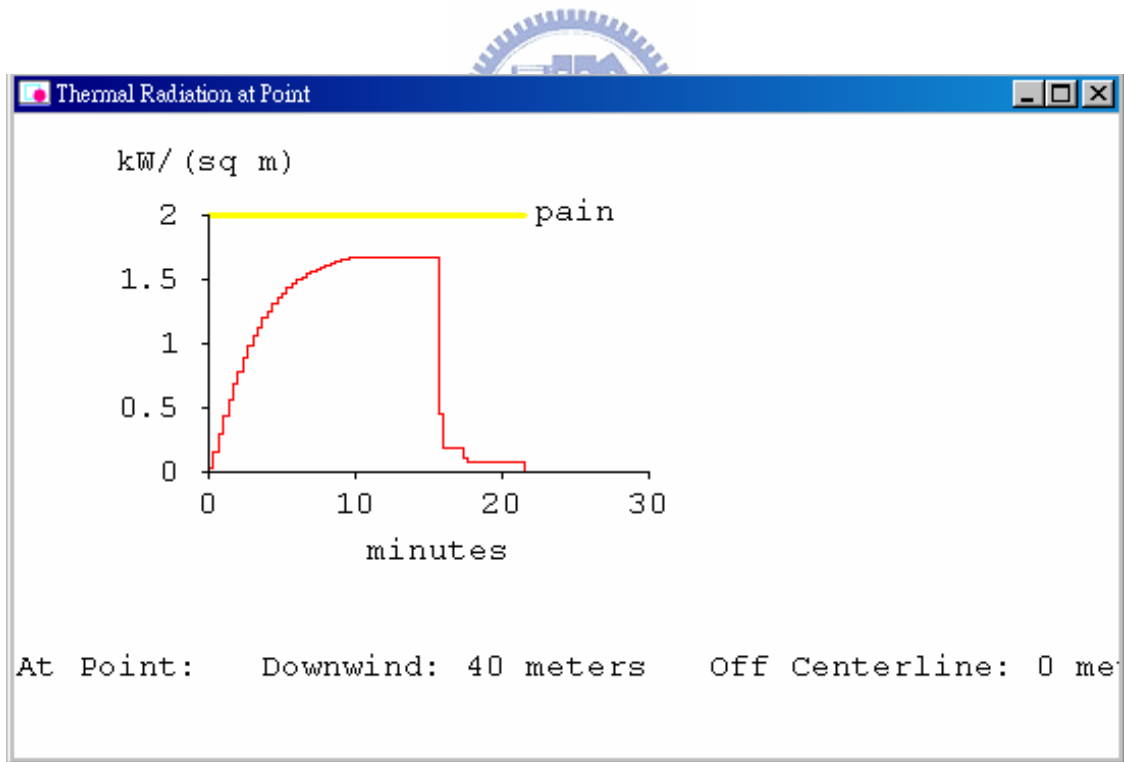


圖 4.18 下風處 40 公尺處輻射熱之時間變化

4.2.3 蒸汽雲爆炸：

表 4.8 爆壓「其他可能情境」ALOHA 分析之影響範圍

情 境	貯槽 容量 (噸)	破洩 尺寸 (吋)	風速 (米/秒) 穩定度	燃燒 時間 (小時)	燃燒量 (公斤)	影響 範圍 (公尺)
Scenario19	24	1	3 米、D	60 分	1202	17
Scenario20	24	1	5 米、D	60 分	1322	—
Scenario21	24	1	7 米、D	60 分	1378	—
Scenario22	24	2	3 米、D	60 分	4784	33
Scenario23	24	2	5 米、D	60 分	5173	—
Scenario24	24	2	7 米、D	60 分	5396	—
Scenario25	24	4	3 米、D	36 分	6387	49
Scenario26	24	4	5 米、D	31 分	6387	39
Scenario27	24	4	7 米、D	29 分	6387	—

由表 4.8 結果發現：

- Scenario20(情境 20)、Scenario21(情境 21)、Scenario23(情境 23)、Scenario24(情境 24)、Scenario27(情境 27) 由於風速較大，蒸汽雲在任何時間都在爆炸下限以下，故不會產生爆炸，因此也沒有爆壓危害。
- 如以同樣破洩尺寸，在不同風速下，在較低之風速，蒸汽雲比較容易在爆炸界形成，故風速愈小時危害愈大，風速愈大時危害愈小。

第五章 結論與建議

本研究以二硫化碳製程為對象，模擬二硫化碳儲槽發生破洩，最嚴重災害情境及其他可能發生情境，使用後果分析軟體 ALOHA 模擬，以毒性氣體外洩、火災、蒸汽雲爆炸三種模式，進行廠外後果分析，根據模擬結果提出結論與建議：

5.1 結論：

- 一、由 ALOHA 模擬同樣規格儲槽破孔尺寸愈大，其洩漏量愈大，毒性氣體、火災熱危害、爆壓危害愈大，影響範圍也愈遠，而成正比關係。
- 二、同樣規格儲槽破孔尺寸相同，其洩漏量相同，當其距離愈遠時，不管是毒性氣體、熱危害、爆壓，影響也愈小，而成反比關係。
- 三、一般而言，風速愈大愈能增加空氣稀釋之速度，因此毒性氣體危害及爆炸危害，會隨風速增加而降低，但是熱輻射會隨風速提升而增加；反之在相同之大氣穩定度下，風速愈小會增加毒性氣體及爆炸危害，而降低熱輻射危害。
- 四、由 ALOHA 模擬毒性氣體外洩「最嚴重災害情境」結果，其二硫化碳濃度終點限值(Endpoint)50ppm，影響範圍為下風 1900 公尺，已超出廠外周界，當二硫化碳洩漏時，其下風愈遠，濃度愈低，故當洩漏發生時，應儘速對下風影響範圍居民緊急疏散。
又室外濃度比室內濃度多出好幾倍，對於影響範圍居民應儘量在室內並緊閉門窗及關閉空調設備，避免外出活動為宜，直到濃度降低到才可解除警報。

五、由 ALOHA 模擬火災熱輻射、蒸汽雲爆炸之「最嚴重災害情境」及「其他可能災害情境」結果，其危害最遠影響範圍均不會超出廠外，對廠外居民不會造成危害，但對廠內會造成中度及輕度危害，故當火災發生時，除應將廠內人員撤退至安全距離，並針對火災有效控制，避免引起爆炸發生。

六、藉由後果分析可評估毒性氣體濃度擴散、輻射熱、爆壓最嚴重的後果情形及危害影響範圍，可提供廠內執行風險管理計畫之參考。

5.2 建議：

一、國外重大危害物質管制之法規已經走向化學物質災害後果分析

(consequence analysis)與量化風險評估(Quantitative Risk Assessment, QRA)

之趨勢，反觀國內相關法規並未有後果分析規定，所以每當較嚴重化學災害發生時(如新竹福國化工爆炸案、桃園永興化工爆炸案)，其後果與嚴重往往超乎想像，如福國化工爆炸事故，在危害範圍內，廠房全毀又波及廠外，其嚴重性也點出了危害化學物質運作場所，工廠應進行風險管理的急迫性。因此我們在因應國際間的發展趨勢之時，及降低國內化學災害，主管機關應就此主題多作思考、提早因應，儘早制訂後果分析之相關法規〔36〕〔37〕。

二、經濟部工業局正推動工業區區域聯防工作，透過網路平台已建構工業區內各工廠相關危害物質之資訊，包括物質名稱、數量、存放地點、緊急應變器材、廠內應變組織、通報單位電話等，但目前並沒有後果分析模擬資訊，是唯一美中不足之處，於發生事故後工廠如果有後果分析模擬

在緊急應變措施能夠提供很大幫助，及降低危害，故建請經濟部工業局能再補強後果分析模擬資訊。

另針對工業區區域聯防，應透過平時之聯合應變演習訓練，增進應變能力，整合工廠間之資源，大家互相支援，將災害降至最低。

三、化學災害之預防主要再於源頭，工廠或事業單位應重視製程安全管理，包括製程危害分析、製訂標準操作程序、實施員工安全訓練、加強承攬管理、開俾前安全檢查、機械設備完整性、動火許可申請、變更管理、事故調查、緊急應變計畫、稽核等。

在緊急應變計畫方面，工廠應訂定緊急應變計畫書，模擬工廠可能發生情況，定期實施緊急應變演習，讓員工在處理意外事故時，能夠從容迅速完成，以減少危害發生。



參考文獻

- 〔1〕行政院勞工委員會北區勞動檢查所，「易發生火災、爆炸高風險事業單位企業診斷計畫」，93年11月。
- 〔2〕中華民國壓力容器協會，「危險物及有害物要覽」。
- 〔3〕高振山，「化學工業安全之檢討」，工業安全科技。
- 〔4〕陳義融，「二硫化碳(carbon disulfide)」，工業科技第47期，67年1月。
- 〔5〕石東生、吳麗珠、郭錦堂、黃錦章，「國內某人造纖維製造工廠疑似二硫化碳中毒職業病案例調查研究」，勞工安全衛生研究季刊第五卷第二期，86年6月。
- 〔6〕黃清賢，「危害分析與風險評估」，三民書局，89年3月。
- 〔7〕張一岑，「化工製程安全管理」，揚智文化，1997年9月。
- 〔8〕于樹偉、周更生，「化學工業安全概論」，高立圖書股份有限公司，92年1月。
- 〔9〕行政院勞工委員會，「危險性工作場所審查暨檢查辦法」，83年。
- 〔10〕台灣化學纖維公司龍德廠，「危險性工作場所審查資料」，93年4月。
- 〔11〕台灣化學纖維公司龍德廠，「二硫化碳物質安全資料表」，92年。
- 〔12〕林怡澍，「以不同模式及美國風險管理計畫評估台灣中部地區氯氣運作廠後果分析研究」，碩士論文，93年6月。
- 〔13〕蔡嘉一，「美國風險管理方案分析」，工業污染防治期刊，第89期，2004年1月。
- 〔14〕工研院環安中心，「化學品洩漏後果分析」，94年11月28日。
- 〔15〕中華民國工業安全衛生協會，「危險物品運送專業人員訓練教材」，

92年8月。

- 〔16〕交通部，「道路交通安全規則」，93年8月。
- 〔17〕行政院勞工委員會，「有機溶劑中毒預防規則」，92年12月。
- 〔18〕行政院勞工委員會，「勞工作業環境測定實施辦法」，91年10月。
- 〔19〕行政院勞工委員會，「勞工健康保護規則」，91年11月。
- 〔20〕行政院勞工委員會，「勞工安全衛生組織管理與自動檢查辦法」，91年12月。
- 〔21〕周肇揚，「實用化學製程安全管理」，高立圖書公司，83年11月。
- 〔22〕王世煌，「工業安全風險評估」，揚智文化，2002年9月。
- 〔23〕楊昌裔，「系統安全設計與危害分析」，文京圖書有限公司，89年8月。
- 〔24〕黃清賢，「危害分析與風險評估操作手冊」，文京開發出版公司，92年9月。
- 〔25〕吳士珍、陳俊瑜，「危害及可操作性分析(HazOp)在化工業之應用」，化工期刊，第48卷第4期，2001年。
- 〔26〕Harris R.Greenberg and Joseph J.Gramer, 「Risk Assessment And Risk Management for the chemical process industry, 」 Van Nostrand Reinhold, New York,1991年。
- 〔27〕工業技術研究院，「危險性工作場所審查暨檢查辦法評估方法訓練教材」，(第三階段)，83年3月。
- 〔28〕工業技術研究院，「危險性工作場所審查暨檢查辦法評估方法訓練教材」，(第四階段)，83年5月。
- 〔29〕經濟部工業局，「風險評估技術手冊」，90年12月。



- 〔 30 〕何大成、劉佳霖，「化學物質意外洩漏排放擴散模擬與風險評估技術介紹」，工研院環安中心。
- 〔 31 〕U.S Environmental Protection Agency、National Oceanic and Atmospheric Administration，「Areal Locations of Hazardous Atmospheres USER'S Manual.」February，2006 年。
- 〔 32 〕林羿含、張銘坤、林珈均，「石化廠之典型毒性化學物質洩漏擴散後果模擬之研究」。
- 〔 33 〕黃舒平、張銘坤、林珈均，「LPG 灌裝場槽車外洩之火災爆炸後果模擬」。
- 〔 34 〕易逸波、姚玉思、曾健璋，「後果模擬暨風險分析技術於高壓液化球槽安全性評估之應用」，工安科技季刊。
- 〔 35 〕Risk Management Programs guidance for offsite Consequence Analysis ,US EPA,1999 。
- 〔 36 〕陳范倫、許介寅、何大成，「美國化學品風險管理計畫(RMP)介紹」。
- 〔 37 〕陳范倫、何大成、余榮彬，「建構與整合我國化學災害預警與通報系統」。
- 〔 38 〕行政院勞工委員會，「危險物及有害物通識規則」，88 年 6 月。
- 〔 39 〕行政院消防署，「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」，93 年。
- 〔 40 〕行政院環保署，「毒性化學物質管理辦法」，75 年 11 月。
- 〔 41 〕行政院環保署，「毒性化學物質管理法施行細則」，87 年 4 月。
- 〔 42 〕黃鵠容，「化工安全與衛生」，全華科技圖書股份有限公司，87 年 8 月。

〔43〕行政院勞工委員會，「勞動檢查法」，91年5月。

〔44〕行政院勞工委員會，「勞動檢查法施行細則」，91年11月。



附錄一 二硫化碳國內相關法關

一、危險物有害物通識規則〔38〕

隨著科技的發展，化學物質的製造、處置與使用愈為複雜，危險增加，缺乏充分認知，可能因操作不當而導致火災、爆炸或毒性化學物質洩危害人體健康等化學災害。職業災害預防之首要工作為『認知危害』，危害通識制度之建立，以加強事業單位對化學物質危害的認知，建立化學物質管理系統，達到預防化學災害之目的。

危害通識的二個基本工作為標示及物質安全資料表，要做好這二個基本工作，並達到使勞工認知，從而遵守安全衛生操作程序，預防職業災害發生，應有配合措施，包括危害通識計劃，危害物質清單及勞工安全衛生教育訓練。



(一).標示

盛裝危害物質之容器，如袋、筒、瓶、箱、罐、桶、反應器、儲槽、管路應予以標示。標示內容包括二個部份，即圖示與內容，內容又包括名稱、主要成分、危險警告訊息、危害防範措施、製造商及供應商之名稱、地址及電話。二硫化碳危害通識標示如圖 5。

(二).物質安全資料表

簡稱 MSDS，提供化學物質安全衛生與環境保護詳細資訊。物質安全資料表有關規定，包括十六大項：

- 1.物品與廠商資料
- 2.成分辨識資料

- 3.危害辨識資料
- 4.急救措施
- 5.滅火措施
- 6.洩漏處理方法
- 7.安全處置與儲存方式
- 8.暴露預防措施
- 9.物理及化學性質
- 10.安全性及反應性
- 11.毒性資料
- 12.生態資料
- 13.廢棄處理方法
- 14.運送資料
- 15.法規資料
- 16.其他資料



(三).危害通識計劃

僱主為推行危害物質之通識制度，應訂定危害通識計劃及製作危害物質清單以便管理。危害通識制度所涉範圍及層面極為廣泛複雜，舉凡原物料採購及管理、製程操作及管理、產品販售、廠內維修員工異動、承攬作業、訪客等均應涵括，故應有一完整有系統之計劃，以為危害通識制度推動之依據。危害通識計劃應涵蓋危害物質清單、物質安全資料表、標示、危害通識教育訓練、危害通識計劃之擬定、執行、追蹤及檢討與修正等項目。

(四).危害物質清單

事業單位為掌握其製造、處置與使用危害物質之來源、使用場所、數量、使用人員貯存場所、存量、使用情形等資訊，設計符合自己需要之格式，亦可參考通識教育訓練。

(五).危害通識教育訓練

所有危害物質之製造、處置與使用勞工，應接受三小時以上危害通識教育訓練，使其認知標示，瞭解物質安全資料表之內容，俾採安全衛生對策，預防職業災害之發生，訓練課程項目如下：

- 1.危險物及有害物之通識計畫
- 2.危險物及有害物之標示內容及意義
- 3.危險物及有害物之特性
- 4.危險物及有害物對人體健康之危害
- 5.危險物及有害物之使用、存放及棄置等安全操作程序
- 6.緊急應變程序
- 7.物質安全資料表之存放、取得方式





名稱：二硫化碳

主要成分：二硫化碳

危害警告訊息：
1.高度易燃
2.刺激眼睛、皮膚、呼吸系統
3.長期吸入有害

危害防範措施：
1.置於陰涼且通風良好處，緊蓋容器
2.遠離火源，容器接地
3.佩戴護目鏡、手套、口罩

製造商或供應商：
1.名稱：
2.地址：
3.電話：

※更詳細的資料，請參考物質安全資料表

二硫化碳危害通識標示圖

二、公共危險物品安全管理辦法〔39〕

依「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」第四十七第一項規定，製造、儲存或處理六類物品達管制量三十倍以上之場所，應由管理權人選任管理或監督層次以上之幹部為保安監督人，擬訂消防防災計畫，報請當地消防機關核定，並依該計畫執行六類物品保安監督相關業務，以有效預防災害發生及遂行災時自救工作。

(一).公共危險物品之範圍及分類如下：

第一類：氧化性固體。

第二類：可燃性固體。

第三類：自燃物質及禁水性物質。

第四類：易燃性液體。(二硫化碳屬於第四類)

第五類：爆炸性物質。

第六類：氧化性液體。



(二).公共危險物品「消防防災計畫」應包括下列事項：

1.目的與適用範圍

2.管理權人及保安監督人之業務及職責

3.場所安全管理對策

- 危險物品搬運安全
- 危險物品製程安全
- 危險物品處理作業
- 危險物品儲存安全
- 危險性機械及設備之運轉及操作要領
- 危險物品安全維護設施外觀檢查及性能檢查
- 危險物品製造、儲存、處理場所用火、用電之監督管理

4.廠區消防安全設備及其他設施檢查與維修

- 5.施工安全對策
- 6.員工危險物品安全管理教育訓練
- 7.自衛消防運作對策
 - 自衛消防編組
 - 夜間、假日之運作編組
 - 緊急通報聯絡步驟
 - 非正常狀況緊急停機應變措施
- 8.洩漏、爆炸等意外事故之應變措施
- 9.震災預防措施
 - 地震時之緊急應變措施
 - 地震後之安全措施
- 10.紀錄之製作及保存
- 11.其他防災必要事項



三、毒性化學物質管理辦法〔40〕〔41〕〔42〕

目前行政院環保署已公告之毒性化學物質共有 109 種，二硫化碳為 No.89 號列管指定毒性化學物質，毒性化學物質管理辦法重點如下：

- 1.為預防毒化物在運作或運送時因意外漏洩而造成危害，其運作負責人應依規定實施運作場所標示、容器與包裝標示及附說明書。
- 2.設置偵測、警報設備(包括其測試、檢查及保養維護)並建立緊急應變系統。
- 3.設置專業技術管理人員。
- 4.製作運作記錄並定期申報。
- 5.運送毒化物時報備聯單、運送工具標示及攜帶物質安全資料表。

四、危險性工作場所之審查與檢查〔43〕〔44〕

依「勞動檢查法」第二十六條規定：「下列危險性工作場所，非經勞動檢查機構審查或檢查合格，事業單位不得使勞工在該場所作業。

- 1.從事石油裂解之石化工業之工作場所。
- 2.農藥製造工作場所。
- 3.爆竹煙火工廠及火藥類製造工作場所。
- 4.設置高壓氣類壓力容器或蒸汽鍋爐，其壓力或容量達中央主管機關規定者之工作場所。
- 5.製造、處置、使用危險物、有害物之數量達中央主管機關規定數量之工作場所。
- 6.中央主管機關會商目的事實主管機關指定之營造工程之工作場所。
- 7.其他經中央主管機關指定之工作場所。

前項工作場所應審查或檢查之事項，由中央主管機關定之。

行政院勞工委員會乃依上述規定，於民國 83 年 5 月 2 日首次訂定發佈「危險性工作場所審查暨檢查辦法」，並於民國 91 年 7 月 10 日第三次修正施行至今。本辦法引用「勞動檢查法施行細則」對以上各危險性工作場所之定義，將之歸納為甲、乙、丙、丁四類場所，並且明定各類工作場所申請審查或檢查所需準備之資料及事項。

(一).危險性工作場所之分類及審查與檢查申請期限

危險性工作場所分類

工作場所類別	適用範圍	申請期限	申請類別
甲類工作場所	係指從事石油產品之裂解反應，以製造石化基本原料之工作場所或製造、處置、使用危險物、有害物之數量達本法施行細則附表一及附表二規定數量者。	作業三十日前	審查
乙類工作場所	係指使用異氰酸甲酯、氯化氫、氨、甲醛、過氧化氫或 吡，從事農藥原體合成之工作場所或利用氰酸鹽類、過氯酸鹽類、硝酸鹽類、硫、硫化物、磷化物，木炭粉、金屬粉末及其他原料製作爆竹煙火類物品之爆竹煙火工廠或從事以化學物質製造爆炸性物品之火藥類製造工作場所。	作業四十五日	審查及檢查
丙類工作場所	係指蒸汽鍋爐之傳熱面積在五百平方公尺以上，或高壓氣體類壓力容器一日之冷凍能力在一百五十公噸以上或處理能力符合下列規定之一者： 一千立方公尺以上之氧氣、有毒性及可燃性高壓氣體。 五千立方公尺以上之前款以外之高壓氣體。	作業四十五日	審查及檢查
丁類工作場所	中央主管機關指定之營造工程	作業三十日前	審查

註：二硫化碳製造、處置、使用量達 5000 公斤以上，為甲類工作場所。

(二).甲類工作場所審查

事業單位向幾檢查機關申請審查甲類工作場所，應填具申請書並檢附下列資料各三份：

安全衛生管理基本資料。

製程安全評估報告書。

製程修改安全計劃。

緊急應變計劃。

稽核管理制度。

2.前列資料事業單位應依作業實際需要，於事前由下列人員組成評估小組實施評估。

工作場所負責人。

曾受國內外製程安全評估訓練合格之人員(以下簡稱製程安全評估人員)。

勞工安全衛生人員。

工作場所作業主管。

熟悉該場所作業之勞工。

3.事業單位因尚未設置「製程安全評估人員」，或認為有必要時，應以在國內完成製程安全評估人員訓練下列執業技師為「製程安全評估人員」：

工業安全技師及下列之一之技師：

化學工程技師。

工礦衛生技師。

機械工程技師。

電機工程技師。

技術顧問機構僱用之前列技師。

以上人員同時具有兩種資格者，得為同一人。

4.實施評估之過程及結果應予記錄。

5.檢查機構對上述審查申請，認為有必要時得前往該工作場所實施檢查，並將檢查結果以書面通知事業單位。



6.事業單位對經檢查合格之甲類工作場所，應於製程修改時或每五年依前述規定檢附之資料實施重新評估，為必要之更新並記錄之。



附錄二 二硫化碳儲槽危害與可操作分析(HazOp)

危害與可操作性分析 (Hazard and Operability Study, HazOp)，是一種簡單但具有結構性的危害鑑定方法，其使用富於創造性、系統性的方式來找出製程的危害及操作上的問題，並謀求改善。HazOp 分析技巧是由幾個不同背景且受過專業訓練的成員(HazOp 小組)，利用一系列的會議大家互相交換意見，激發想像力，使用腦力激盪，運用指定的方式，有系統的針對製程或操作上的特定點找出具有危害之偏離，或偏離的原因及後果，並提出具體改善對策。這些偏離是由一組已建立的引導字，和參數的組成，使用引導字是要確保所有與製程有關之偏離均被評估而不會遺漏，其實施情形如：。

一、成立 HazOp 分析小組

HazOp 分析小組應由不同專業背景的成員組成，主要成員包括一名小組長、一名技術秘書、及其他對製程設計、製程操作、儀器操作、工業安全熟悉等人員組成，其理想人數 5 至 7 人，分析人員說明如下：

(一)小組長(Team leader)：須具有 HazOp 分析經驗的資深工程師。

(二)系統工程師：須對工廠之設計、操作程序相當瞭解。

(三)製程工程師：須對製程之標準操作步驟相當瞭解。

(四)儀控工程師：須對儀錶及控制系統相當瞭解。

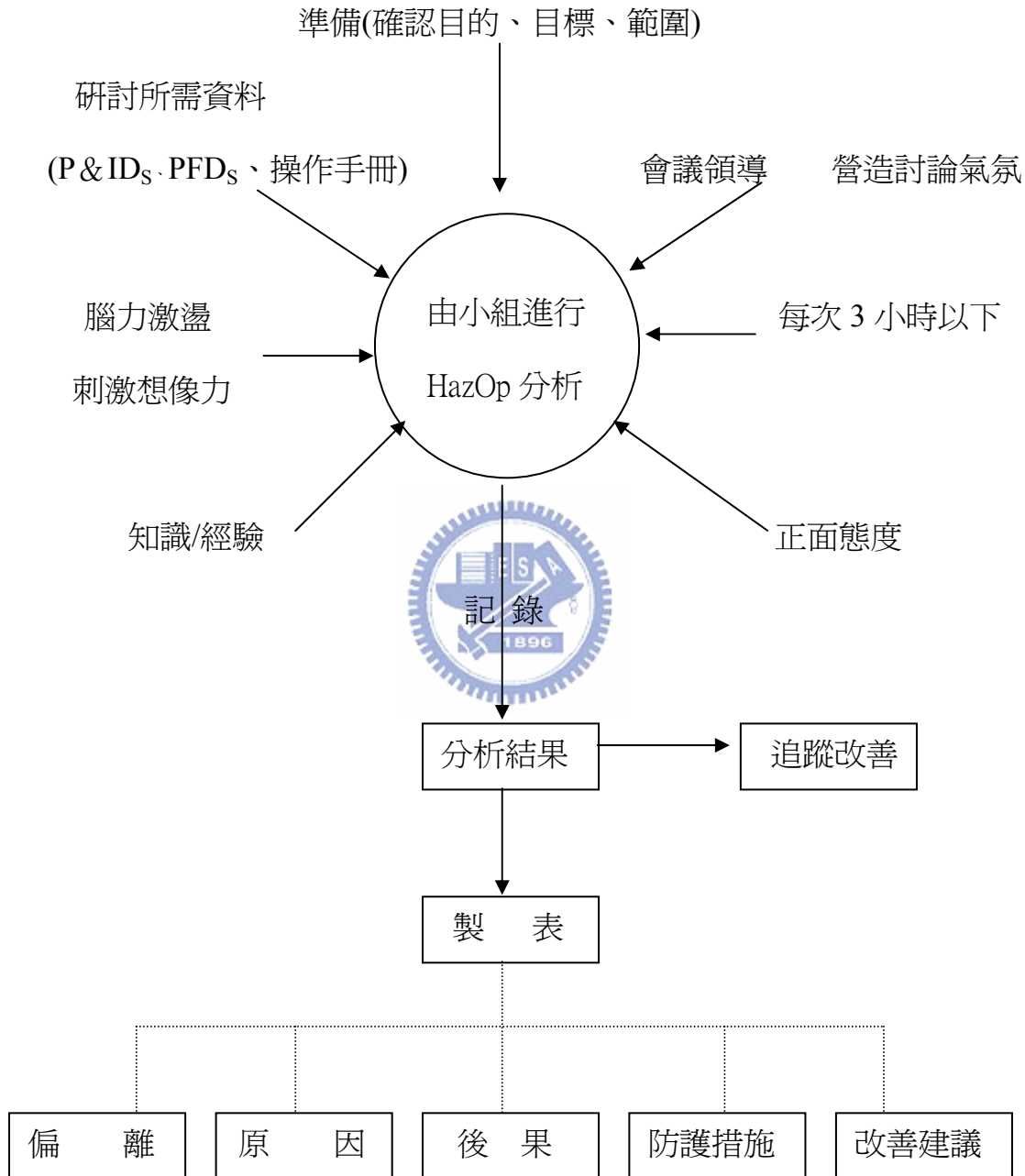
(五)安全工程師：須對安全標準、法規、消防相當瞭解。

(六)、技術秘書(Team recoder)：熟悉整個生產製程，負責做正確完整之會議錄。

(七)、其他專業人員如工業衛生人員、環保工程師、化學工程師、機電工程師等。分析小組成員中，並非每一個人均須全程參與分析工作，部份人員如機電、環保、工業衛生等為顧問性質，僅需要時參與即可。

二、HazOp 實施的程序

包括(一). HazOp 分析前的準備、(二).實施製程 HazOp 分析、(三)分析結果報告。以下圖例來說明 HazOp 分析技巧的概念。



三、HazOp 使用的引導字和參數

爲了對製程設備或操作程序，在偏離正常操作條件(設計目的)之情況，能有統一且標準的描述方式，在 HazOp 分析法中訂定了一套標準用字來指示製程設備或操作程序之偏差情況。這套標準用字稱爲引導字(Guide word)，說明如下：

HazOp 引導字之意義說明

引導字(Guide word)	意 義 說 明
無(none, no, not)	用來描述與原設計目的完全相反之偏差情形。
較少(less)	用來描述低於原設計目的之偏差情形。
較多(more)	用來描述超過原設計目的之偏差情形。
部份的(part of)	僅達成原設計目的之部份要求。
而且(as well as)	不僅有原設計目的存在，兼有其他情況同時發生。
相反的(reverse)	用來描述與原設計目的相反之偏差情形。
其他(other than)	並沒有達成原設計目的，反且出現其他狀況。

HazOp 分析製程參數

流量	壓力	溫度	液位
時間	成份	PH 值	速度
頻率	黏度	電壓	混合
加成	分離	反應	其他

HazOp 分析是使用每個引導字和相關的製程參數相互合併，並應用至所檢討之製程節點上，以下為一利用引導字和製程參數創造出來的偏離例子：

<u>引導字(Guide word)</u>		<u>參數(Parameter)</u>		<u>偏離(Deviation)</u>
無(none, no, not)	+	流量	=	無流量
較少(less)	+	溫度	=	低溫度
較多(more)	+	壓力	=	高壓力
部份的(part of)	+	液位	=	低界面
而且(as well as)	+	一相	=	兩相
其他(other than)	+	操作	=	維修

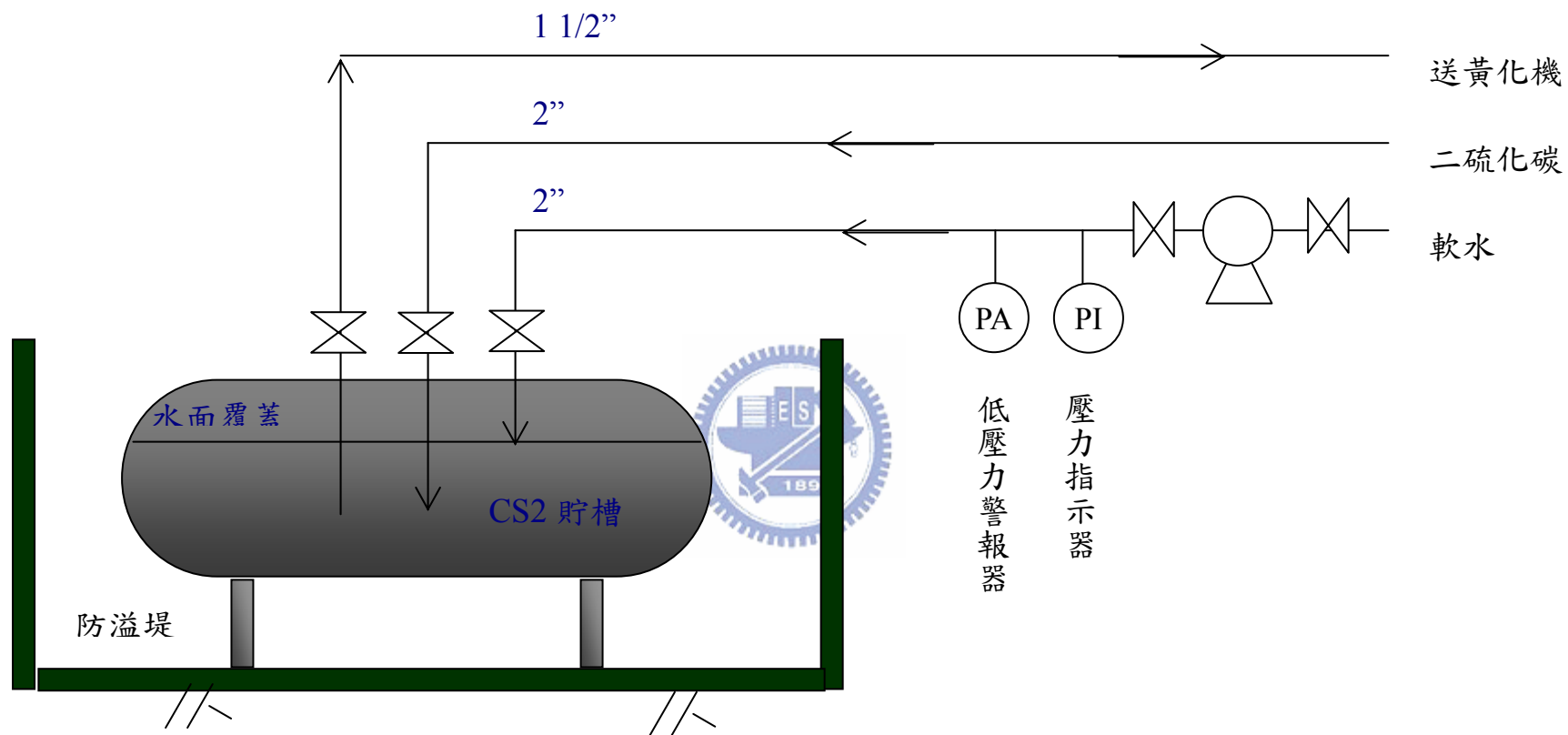
引導字/製程參數組合偏離之矩陣圖

引導字 參數	無	較少	較多	部份的	而且	相反的	其他
流量	無流量	低流量	高流量			逆流	
壓力	無壓力	低壓力	高壓力			真空	
溫度		低溫	高溫				
液位	無液位	低液位	高液位	低界面			
反應	無反應	低反應	高反應	不完全反應	副反應	逆反應	其他反應
時間		時間太短	時間太長				
其他							

四、進行二硫化碳儲槽 HazOp 分析

為使 CS₂ 液體安全存放，二硫化碳儲槽上層以水覆蓋並有防溢堤防止 CS₂ 液體溢流，可降低儲槽破漏時產生之危害。二硫化碳儲槽有兩種功能，一為存放 CS₂ 液體另一當做壓送槽使用，利用泵浦加壓軟水將 CS₂ 液體送至黃化機製程區使用，軟水管路設有壓力指示器、及低壓力警報器，以確保正常壓力。二硫化碳儲 P & ID 圖和 HazOp 分析如下說明：





二硫化碳儲槽 P&ID 圖

危害與可操作性分析 (I)

製程名稱：二硫化碳製程

管線或設備描述：二硫化碳儲槽

所含管線與設備編號：

圖號：

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.1	高液位	1.供黃化機泵故障、停電 2.供黃化機泵進出口閥故障、堵塞、破裂 3.壓送水管路洩漏、破裂或堵塞 4. CS ₂ 出口管路洩漏破裂、或堵塞 5.軟水來源中斷或不足 6. CS ₂ 儲槽出口過濾器堵塞	1.二硫化碳管路破裂，CS ₂ 溢流地面造成溢散及水災之安全顧慮 2.容易造成 CS ₂ 溢流入廢水池，引起溢散，及增廢水處理場之負荷 3.溢散性氣體造成作業環境之污染，及人員吸入之危害	1.供黃化機泵有備用台 2.壓送水管路有低壓力警報器 3.黃化機有流量指示器，可察覺 CS ₂ 來源異常 4.有備份過濾水以確保軟水之中斷或不足 5.定期實施 CS ₂ 槽出口過濾器清理	C	3	4	

危害與可操作性分析（II）

項目	製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議
1.2	低液位	二硫化碳進入管低/ 無流量	將大量水份帶入二 硫化碳管路內影響 黃化機製程	每班定時檢測 CS ₂ 液位，遇有異常立 即處理	E	3	5	
1.3	高壓力	不會發生	無影響		E	5	5	
1.4	低壓力	不會發生	無影響		E	5	5	
1.5	高溫度	不會發生	無影響		E	5	5	
1.6	低溫度	不會發生	無影響		E	5	5	
1.7	槽壁破洞	槽壁劣化腐蝕	槽壁破洞 CS ₂ 流入防 溢堤或水溝，造成溢 散污染作業環境，及 有發生火災爆炸之 安全顧慮	儲槽每半年測厚一 次	A	4	3	1.針對嚴重腐 蝕之儲槽，逐 槽更新 2.擬訂緊急應 變計畫 3.模擬實施後 果分析

五、風險等級與風險控制

嚴重性等級

嚴重性等級	人員傷亡	財產/設備損失	生產損失	環境衝擊
A	一人死亡或三人嚴重受傷	新台幣 1000 萬以上	停工一個月	影響擴及廠外
B	嚴重受傷(截肢、嚴重骨折、職業性癌症、二級燙傷)	新台幣 500~1000 萬	停工二週	影響限於廠內
C	中度傷害(輕微骨折、嚴重扭傷、一級燙傷、割傷、輕微腦震盪、暫時失聽、皮膚病)	新台幣 100~500 萬	停工一週	影響限於工廠局部區域
D	輕度傷害(表皮受傷、輕微割傷、暫時性過敏、病痛或不適)	新台幣 10~100 萬	停工一天以下	局部設備附近
E	無明顯危害	輕微受損，無明顯損失	短暫停工，無明顯損失	無明顯危害

可能性等級

可能性等級	預期發生的頻率
1	經常的，一年發生五次以上
2	可能的，一年發生一次或五次以下
3	也許的，約一至十年發生一次，或十家相似工作場所一年至少發生一次以上
4	稀少的，約十至百年發生一次，或百家相似工作場所一年至少發生一次以上
5	極少的，不太可能發生的

風險矩陣

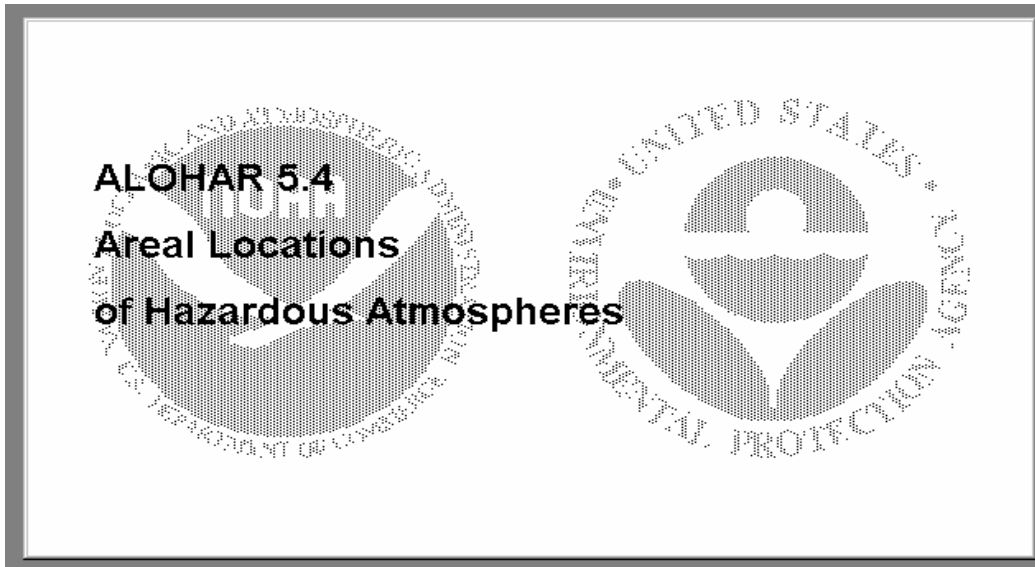
風險等級		可能性等級				
		1	2	3	4	5
嚴重等級	A	1	1	2	3	4
	B	1	2	3	4	5
	C	2	3	4	4	5
	D	3	4	4	4	5
	E	4	5	5	5	5

風險等級

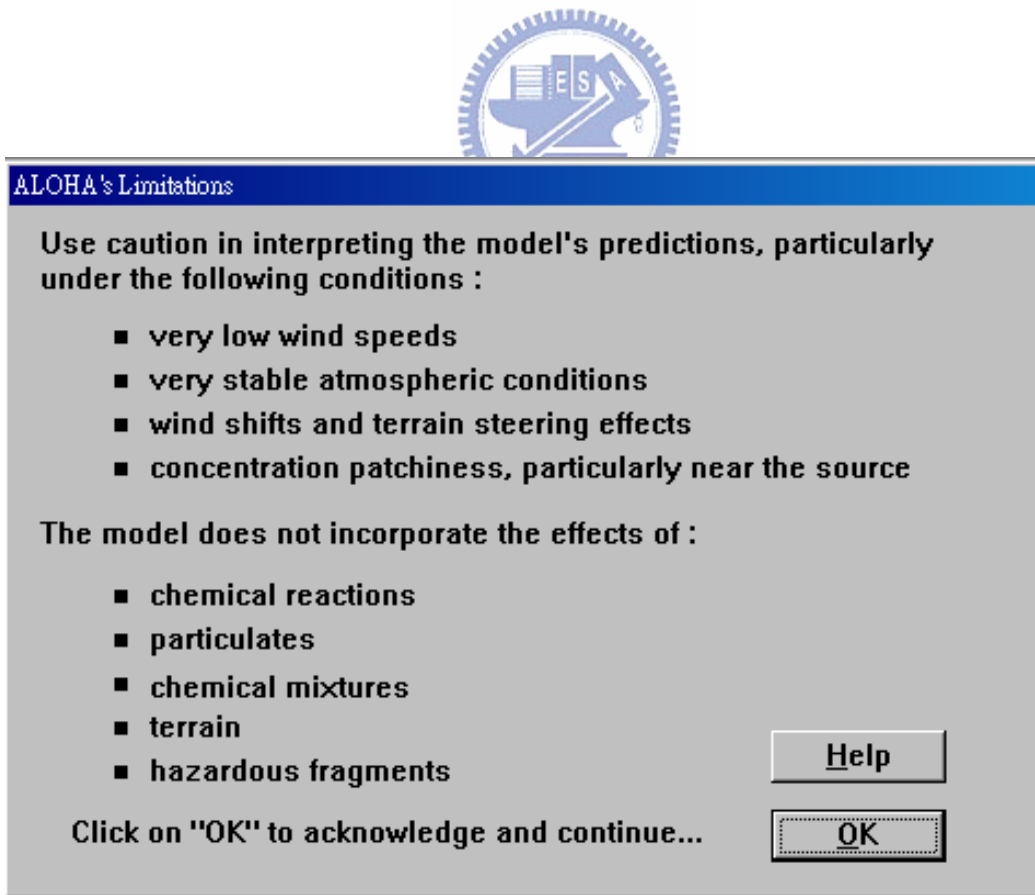
風險等級	風險控制規劃	備註
1-嚴重	在風險降低前，不能開始或繼續作業，若任何不計成本的改善措施仍無法降低風險時，必須立即禁止作業。	不可接受風險，應將其風險降至 4 或 5
2-高度	在風險降低前，不宜開始作業，可能需要投入必要的資源以降低風險，若現行作業具高度風險，應儘速進行風險降低措施。	
3-中度	應盡力降低風險，而預防的成本須詳加衡量，在一定時程內，應執行風險降低的措施。 當中度風險可能導致嚴重後果時，應進一步更精確評估事故發生的可能性，以作為改善控制方案的基礎。	
4-低度	不需額外控制措施，但在不增加成本條件下，應考慮增加更符合成本效益的解決方案或改善方法，須定期查核以確保控制措施之持續性。	可接受風險
5-輕度	不須任何控制亦不須保留紀錄。	

註：以上風險評估之嚴重性、可能性與風險等級係參考行政院勞工委員會北區勞動檢查所於 91 年 7 月編訂之「工業氣體製程危害鑑別—風險評估及控制技術」。

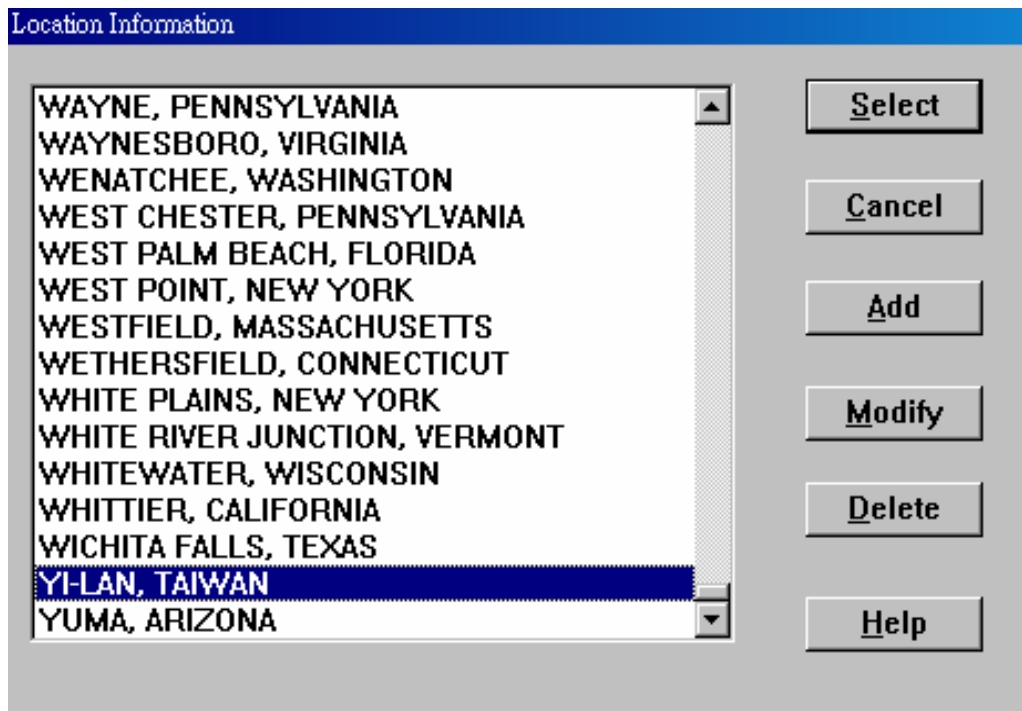
附錄三 ALOHA 操作步驟



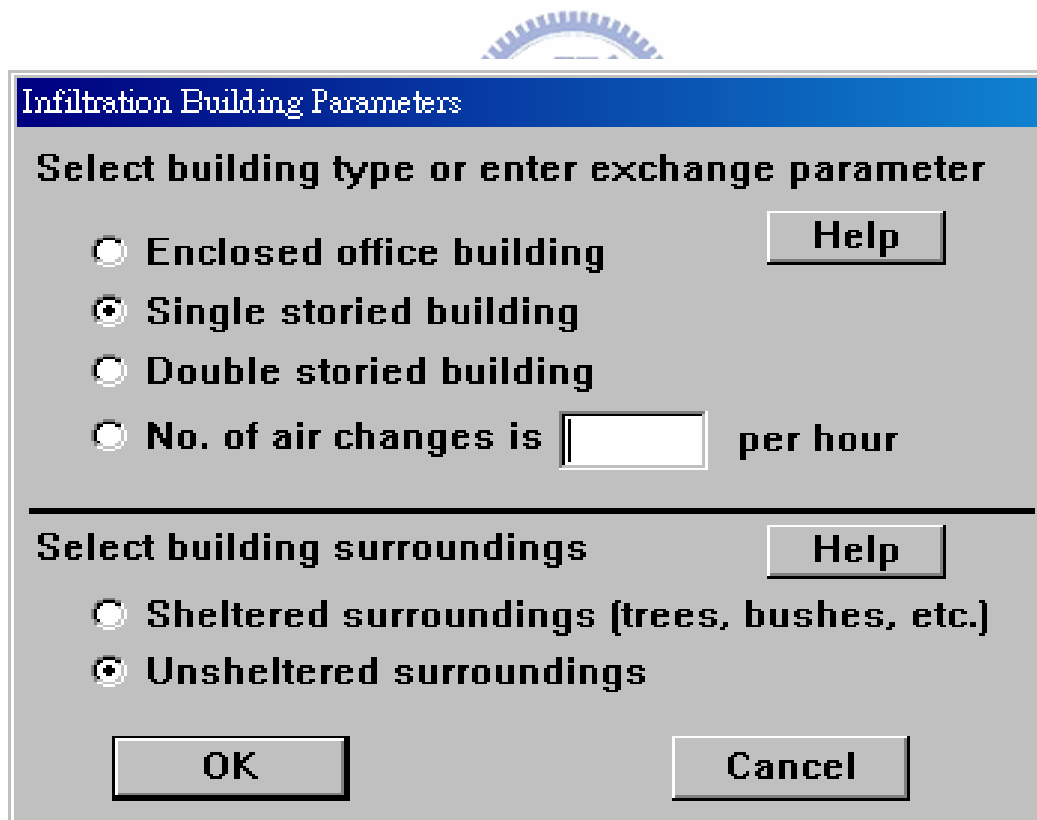
1. 進入 ALOHA 操作畫面



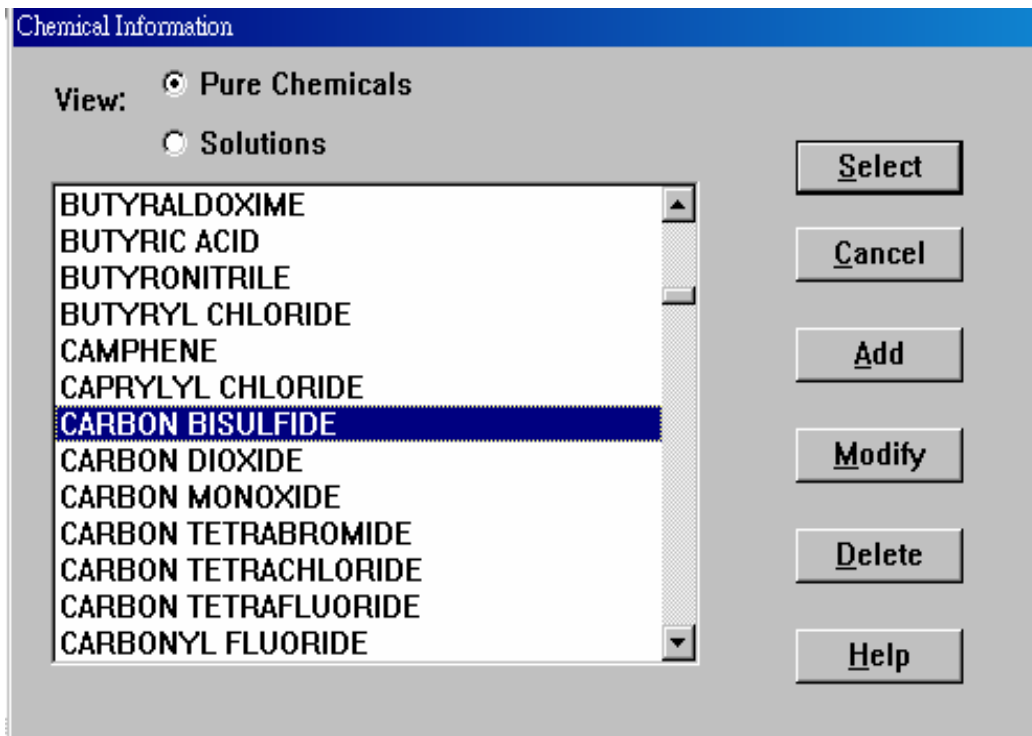
2. 確認 ALOHA 使用條件之限制



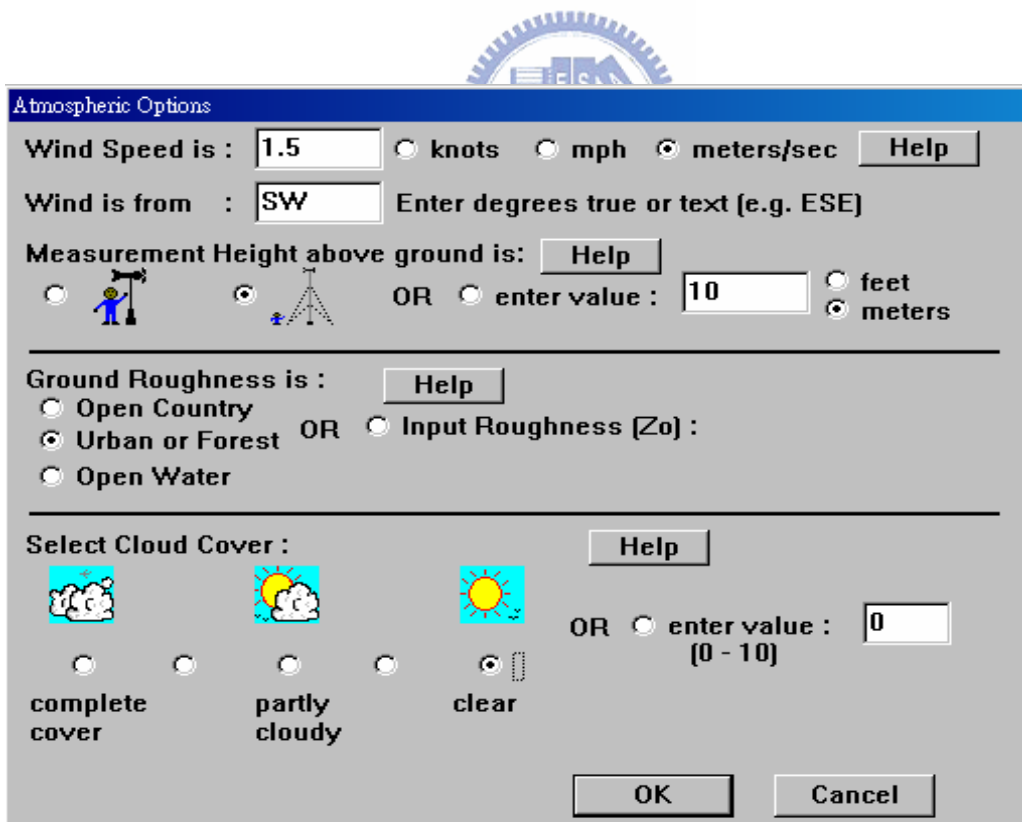
3.地點選擇



4.附近建物型態及建物周圍環境



5. 選擇使用化學物質



6. 大氣背景資料(風速、風向、地表粗糙度、雲覆蓋率)

Atmospheric Options 2


Air Temperature is : Degrees F C


Stability Class is : A B C D E F


Inversion Height Options are :

No Inversion Inversion Present, Height is : feet meters

Select Humidity :

 wet

 medium

 dry

OR enter value : %
(0 - 100)

7. 大氣背景資料(氣溫、大氣穩定度、逆轉、濕度)

Tank Size and Orientation

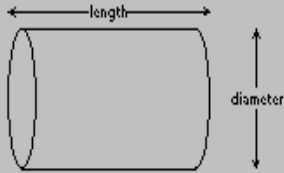
Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder

Vertical cylinder

Sphere

Enter two of three values:



diameter feet meters

length

volume liters cu meters

8. 槽體形式、尺寸

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical: Help

Tank contains liquid
 Tank contains gas only
 Unknown

Enter the temperature within the tank: Help

Chemical stored at ambient temperature
 Chemical stored at degrees F C

9. 化學物質狀態、貯存溫度



Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is: pounds
 tons(2,000 lbs)
 kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

gallons
 cubic feet
 liters
 cubic meters

The liquid volume is:

% full by volume

10. 物質容量與貯存容積(佔貯槽%)

Type of Tank Failure

Scenario:
Tank containing an unpressurized flammable liquid.

Type of Tank Failure:

- Leaking tank, chemical is not burning and forms an evaporating puddle
- Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire
- BLEVE, tank explodes and chemical burns in a fireball

Potential hazards from flammable chemical which is not burning as it leaks from tank:

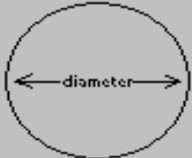
- Downwind toxic effects
- Vapor cloud flash fire
- Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

OK Cancel Help

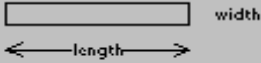
11. 選擇儲槽失誤模式—槽體破洩，化學物質沒燃燒而形成蒸發液池

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting



Circular opening



Rectangular opening

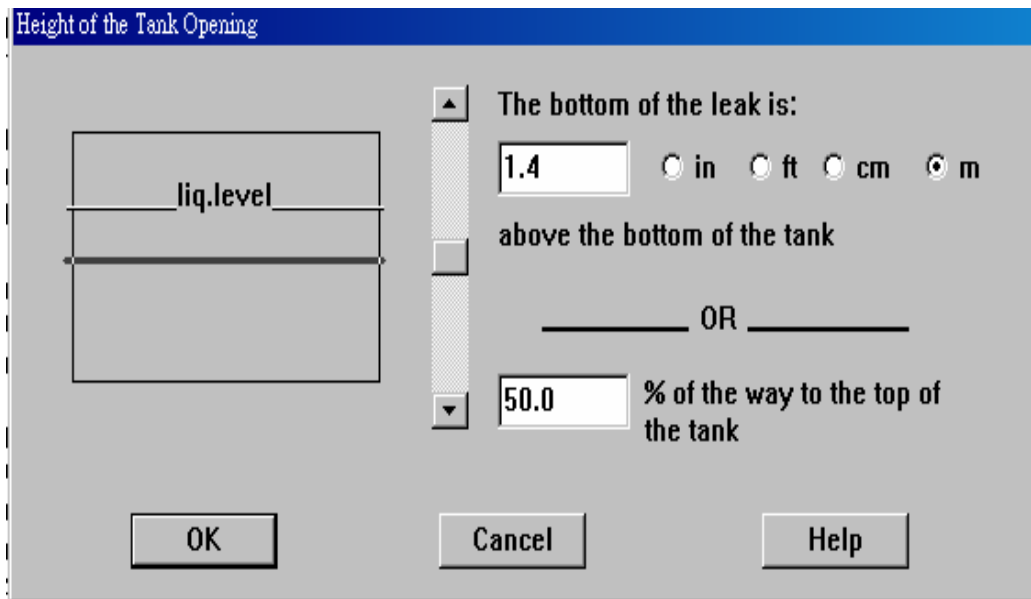
Opening diameter: inches
 feet
 centimeters
 meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?

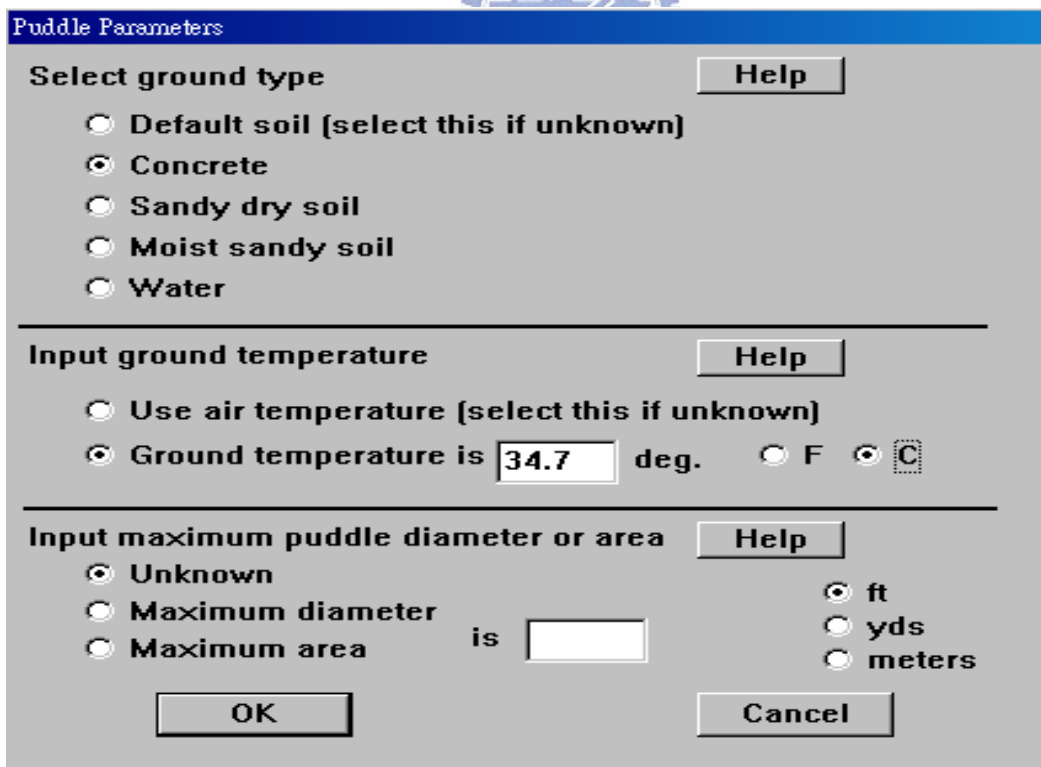
Hole Short pipe/valve

OK Cancel Help

12. 破洞形狀(圓形、矩形)、尺寸



13. 破洩位置離底部之高度



14. 洩漏地面形態、溫度

Hazard To Analyze

Scenario:
Flammable chemical escaping from tank.
Chemical is NOT on fire.

Choose Hazard to Analyze:

Toxic Area of Vapor Cloud

Flammable Area of Vapor Cloud

Blast Area of Vapor Cloud Explosion

OK Cancel Help

15. 選擇危害分析第一種情境---毒性蒸汽雲區域

Toxic Level of Concern

Select Toxic Level of Concern:

Red Threat Zone
LOC: ERPG-3: 500 ppm

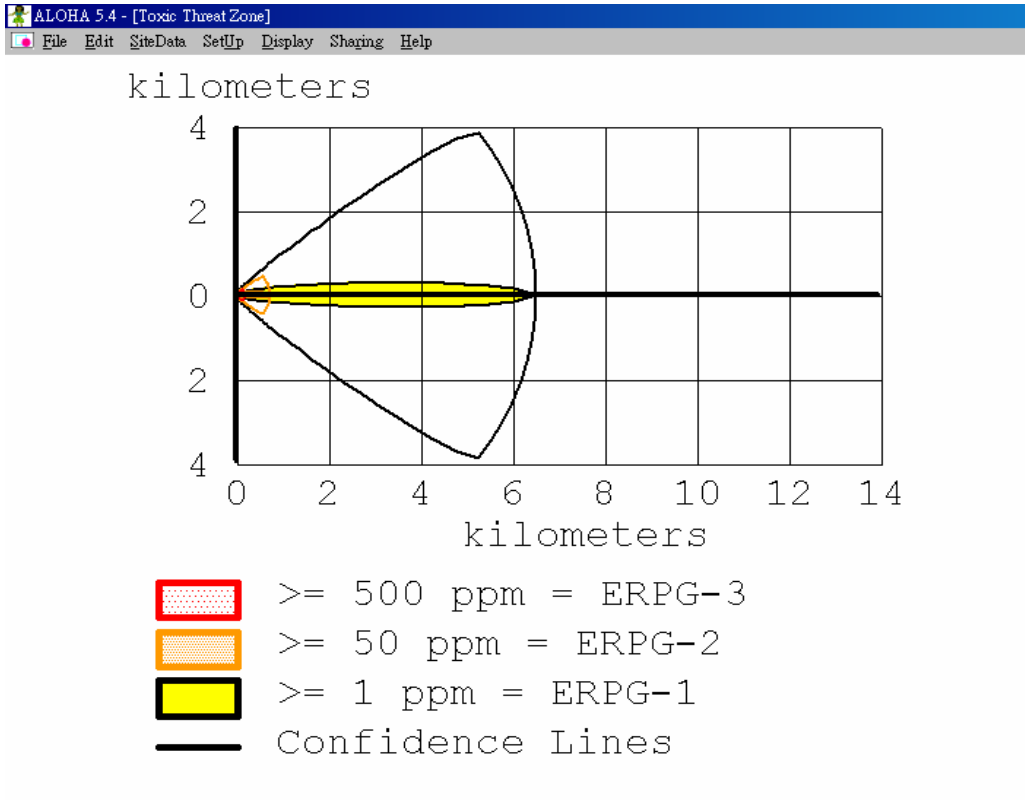
Orange Threat Zone
LOC: ERPG-2: 50 ppm

Yellow Threat Zone
LOC: ERPG-1: 1 ppm

Show confidence lines:
 only for longest threat zone
 for each threat zone

OK Cancel Help

16. 毒性氣體 LOC(Lever of Concern)



17. 毒性氣體危害區域



Type of Tank Failure

Scenario:
Tank containing an unpressurized flammable liquid.

Type of Tank Failure:

Leaking tank, chemical is not burning and forms an evaporating puddle
 Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire
 BLEVE, tank explodes and chemical burns in a fireball

Potential hazards from chemical which is burning as it leaks from tank:

- Thermal radiation from pool fire
- BLEVE
(if heat raises the internal tank temperature and causes the tank to fail)
- Downwind toxic effects of fire byproducts
(cannot be modeled by ALOHA)

OK Cancel Help

18. 選擇危害分析第二種情境---化學物質洩漏燃燒而且形成池火

Thermal Radiation Level of Concern

Select Thermal Radiation Level of Concern:

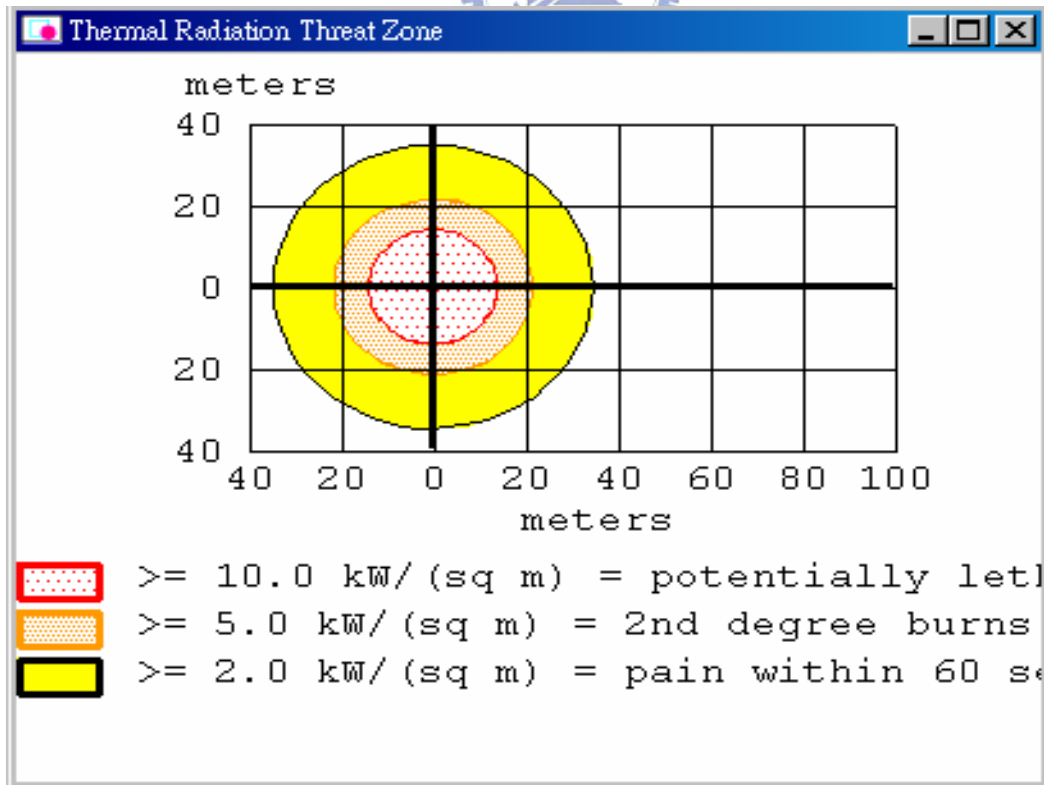
Red Threat Zone
 LOC: 10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec

Orange Threat Zone
 LOC: 5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec

Yellow Threat Zone
 LOC: 2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec

OK Cancel Help

19. 輻射熱 LOC(Lever of Concern)



20. 輻射熱危害區域

Hazard To Analyze

Scenario:
Flammable chemical escaping from tank.
Chemical is NOT on fire.

Choose Hazard to Analyze:


Toxic Area of Vapor Cloud

Flammable Area of Vapor Cloud

Blast Area of Vapor Cloud Explosion

OK Cancel Help

21. 選擇危害分析第三種情境---蒸汽雲爆炸



Vapor Cloud Explosion Parameters

Time of vapor cloud ignition: Help

unknown (show composite threat zone from all possible ignition times)

known, ignition time is :

Type of vapor cloud ignition: Help

ignited by spark or flame

ignited by detonation

Level of congestion : Help
in the flammable part of the vapor cloud)

congested, difficult to walk through (e.g. pipe rack, dense forest)

uncongested, easy to walk through (e.g. residential neighborhood)

OK Cancel

22. 蒸汽雲點燃形式

Overpressure Level of Concern

Select Overpressure Level of Concern:

Red Threat Zone
 LOC: 8.0 psi = destruction of buildings

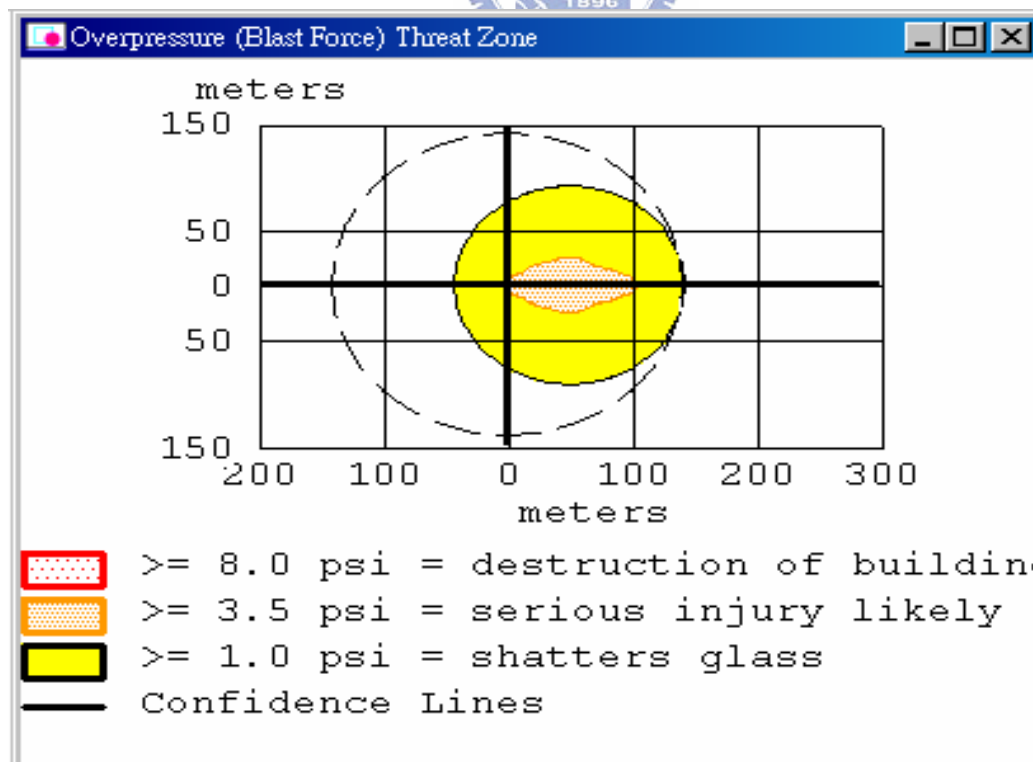
Orange Threat Zone
 LOC: 3.5 psi = serious injury likely

Yellow Threat Zone
 LOC: 1.0 psi = shatters glass

Show confidence lines:
 only for longest threat zone
 for each threat zone

OK Cancel Help

23. 爆壓 LOC (Level of Concern)



24. 爆壓危害區域

附錄四 最嚴重事件模擬(worst-case scenario)摘要
Scenario 1-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 139 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 557 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 6.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 2-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 88.8 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,194 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 22 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 284 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.1 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 3-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 162 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,889 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 396 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.5 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 4-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 140 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 557 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 6.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 5-wcs

ITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)

Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol

ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm

IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm

Ambient Boiling Point: 46.1° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm

Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest

Cloud Cover: 0 tenths

Air Temperature: 34.7° C

Stability Class: F

No Inversion Height

Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 2.5 meters

Tank Length: 5 meters

Tank Volume: 24.5 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Temperature: 34.7° C

Chemical Mass in Tank: 30 tons

Tank is 89% full

Circular Opening Diameter: 2 inches

Opening is 1.25 meters from tank bottom

Ground Type: Concrete

Ground Temperature: equal to ambient

Max Puddle Diameter: Unknown

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 95.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 4,318 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

The puddle spread to a diameter of 24 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 295 meters --- (500 ppm = ERPG-3)

Orange: 1.1 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)

Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 6-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 260 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 12,066 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 37 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 516 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.9 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 7-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 140 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 557 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 6.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 8-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 95.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,318 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 24 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 295 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.1 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 9-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
Time: June 11, 2006 2108 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.18 atm
Ambient Saturation Concentration: 177,667 ppm or 17.8%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° F
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.4 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete Ground Temperature: 34.7° C
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 304 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 14,774 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 38 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 528 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1.9 kilometers --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: greater than 10 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 10-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 7 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.4 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,690 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 11-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 11 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 5,811 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 16 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 12-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1042 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 17 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 462 kilograms/min
Total Amount Burned: 5,889 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 15.9 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 12 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 19 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 31 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 13-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 7 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.4 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,690 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 14-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 11 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,762 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 16 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 15-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 17 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 470 kilograms/min
Total Amount Burned: 12,066 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 16.1 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 12 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 19 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 32 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 16-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 7 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.4 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,690 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 17-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 11 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,762 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.0 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 16 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 18-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 17 meters Burn Duration: 44 minutes
Max Burn Rate: 470 kilograms/min
Total Amount Burned: 14,817 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 16.1 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 12 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 19 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 32 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 19-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 26 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 42 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 20-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 88.8 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,194 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 22 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 52 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 79 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 21-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 0923 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 12.6 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 15 tons Tank is 88% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.00 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 162 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,889 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 76 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 107 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 22-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 26 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 42 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 23-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 95.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,318 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 24 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 61 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 84 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 24-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 30 tons Tank is 89% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 260 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 12,066 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 37 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 100 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 136 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 25-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 24.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,099 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 11.6 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 26 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 42 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 26-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 95.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,318 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 24 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 61 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 84 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 27-wcs

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: May 31, 2006 1130 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.67 atm
Ambient Saturation Concentration: 677,092 ppm or 67.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 1.5 meters/second from SW at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 34.7° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 79%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 8 meters
Tank Volume: 49.3 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34.7° C
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.40 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 287 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 13,859 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 39 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 106 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 144 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

附錄五 其他可能發生情境(alternative-release scenario)摘要

Scenario 1-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1130 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 25.7 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,194 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 10.7 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red :81 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 365 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 3.2kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 2-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1312 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C
Stability Class: D (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 27.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,322 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 9.5 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 45 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
Orange: 169 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 1.3 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 3-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1324 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 27.5 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,378 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.9 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 36 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
Orange: 143 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 1.1 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 4-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1332 hours ST (using computer's clock)


CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14
g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:



Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 96.4 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,630 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 21 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 156 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 698 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 6.3kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 5-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1338 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14
g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 104 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,173 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 18.5 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 88 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 337 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 2.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 6-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1347 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14
g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 107 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,396 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 17.4 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 71 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 286 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 2.4 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 7-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1353 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 38 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 203 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 232 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 1 kilometer --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 8.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 8-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1641 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14
g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 31 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 245 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 26 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 221 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 962 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 7.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 9-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1706 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14
g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 29 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 270 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 25 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 120 meters --- (500 ppm = ERPG-3)
Orange: 464 meters --- (50 ppm = ERPG-2)
Yellow: 4.2 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)

Scenario 10-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.41 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2155 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C
Stability Class: D (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 6 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.6 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,698 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.1 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 10 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 11-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2206 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 6 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.6 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,698 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.1 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 11 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 12-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2210 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 5 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 29.6 kilograms/min
Total Amount Burned: 1,698 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.1 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 11 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 13-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2214 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class:D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 10 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,293 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 11 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 18 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 14-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2222 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 9 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,293 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 14 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 20 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 15-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2226 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 9 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 118 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,293 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 11 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 15 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 20 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 16-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2229 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 16 meters Burn Duration: 22 minutes
Max Burn Rate: 463 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 16.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 13 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 20 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 33 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 17-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2241 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 15 meters Burn Duration: 22 minutes
Max Burn Rate: 463 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 16.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 18 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 25 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 37 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 18-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 2244 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 473,678 ppm or 47.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Max Puddle Diameter: Unknown
Max Flame Length: 14 meters Burn Duration: 22 minutes
Max Burn Rate: 463 kilograms/min
Total Amount Burned: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 16.2 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire
Red : 21 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 27 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 37 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Scenario 19-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1130 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 25.9 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,202 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 10.7 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 17 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 20-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1312 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C
Stability Class: D (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 27.1 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,322 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 9.5 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Gaussian
No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

Scenario 21-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1324 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 27.5 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,378 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 8.9 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Gaussian
No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

Scenario 22-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1332 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 99.2 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 4,784 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 20 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 17 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 33 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 23-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1338 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 104 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,173 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 18.5 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Gaussian
No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

Scenario 24-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1347 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 107 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 5,396 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 17.4 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Gaussian
No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

Scenario 25-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.42 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1353 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 36 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 210 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 28 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 49 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 26-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1641 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 31 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 245 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 26 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 19 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 39 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Scenario 27-ars

SITE DATA:

Location: YI-LAN, TAIWAN
Building Air Exchanges Per Hour: 0.82 (unsheltered single storied)
Time: June 15, 2006 1755 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CARBON BISULFIDE Molecular Weight: 76.14 g/mol
ERPG-1: 1 ppm ERPG-2: 50 ppm ERPG-3: 500 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 500000 ppm
Ambient Boiling Point: 46.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.47 atm
Ambient Saturation Concentration: 472,122 ppm or 47.2%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 24.5 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 24 tons Tank is 70% full
Circular Opening Diameter: 4 inches
Opening is 1.25 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: 29 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 267 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,387 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 25 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: congested
Model Run: Gaussian
No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

自 傳

我於民國四十年八月一日出生在一個淳樸的小鎮-----宜蘭縣羅東鎮，我有一子、一女，女兒已研究所畢業，兒子在研究所就讀，太太掌管家務，為人親切，廣結善緣，是我工作上最得力的助手。

我於七歲進入羅東成功國小就讀，小時候家境清寒，到了國小四年級爲了彌補家用，就開始過著半工半讀的生活，利用早晚沒上學的時間到街上叫賣花生，這樣的生活養成了我刻苦耐勞的精神，直到國小畢業考上初中，才結束了我半工半讀的生活。

上了初中，由於功課壓力較大，我也不再半工半讀，我個性平易近人，在班上與同學相處極爲融洽。在學校課業成績雖沒有名列前茅，但總是有很好的成績，不用父母親操心，在運動方面，桌球、排球是我的最愛。初中畢業後我考上宜蘭高中、及明志工專，居於家庭經濟因素考量，我選擇了明志工專就讀，明志工專是台塑企業董事長王永慶先生所創辦，學校的特色是半工半讀，每位學生每年必須到工廠實習，使每位學生都能從基層做起，「勤勞樸實」是學校的校訓，我在學校所學的科系是「工業管理」，畢業後接受二年的預官服役，我就進入了台灣化學纖維公司服務。

我於 64 年 5 月進入台灣化學纖維公司彰化廠工作擔任人事管理一職，由於工作興趣不符，我於 68 年申請調到台灣化學纖維公司龍德廠工作，並於 70 年擔任安全衛生管理一職一直到現在，在廠裡我負責督導全廠安全衛生管理工作，在我擔任安全衛生管理工作 25 年中，爲了工作要我參加了無數的工安講習和工安訓練，並取得二十多項工安證照。

本廠辦理工安工作績效卓著，歷年來已成爲宜蘭縣內工安環保模範工廠，並曾多次接受主管機關指定辦理工安觀摩並深受好評，本廠推動工安環

保工作一向不遺餘力，由於工安環保工作的踏實，歷年來曾接受勞工委員會、行政院環保署之頒獎，本人對於工安知識有強烈求知慾，在工作之餘我喜歡閱讀工安方面書籍，很榮幸在 80 年參加專門職業及技術人員「工業安全技師」高考及格，這是對我專業知識的肯定。本廠為宜蘭縣勞委會北區勞動檢查所指定安全衛生輔導站，常接受縣內中企業申請安全衛生輔導，而受肯定與讚揚。

從事工安工作是一項很有意義的工作，對一個企業來講工安工作是無比的重要，為了吸取更多的工安知識，我在九十年考上交通大學「產業安全與防災碩士專班」，在校我學到很多產業安全與防災知識，如今總算順利畢業，我將把在校所學知識與我工安工作實務經驗，融會貫通運用到公司甚至貢獻給社會，防止職業災害發生，保障勞工安全與健康，是我追求人生之目標。

