



製程安全危害辨識 及風險管控措施

115年09月18日

主講人：許曉鋒

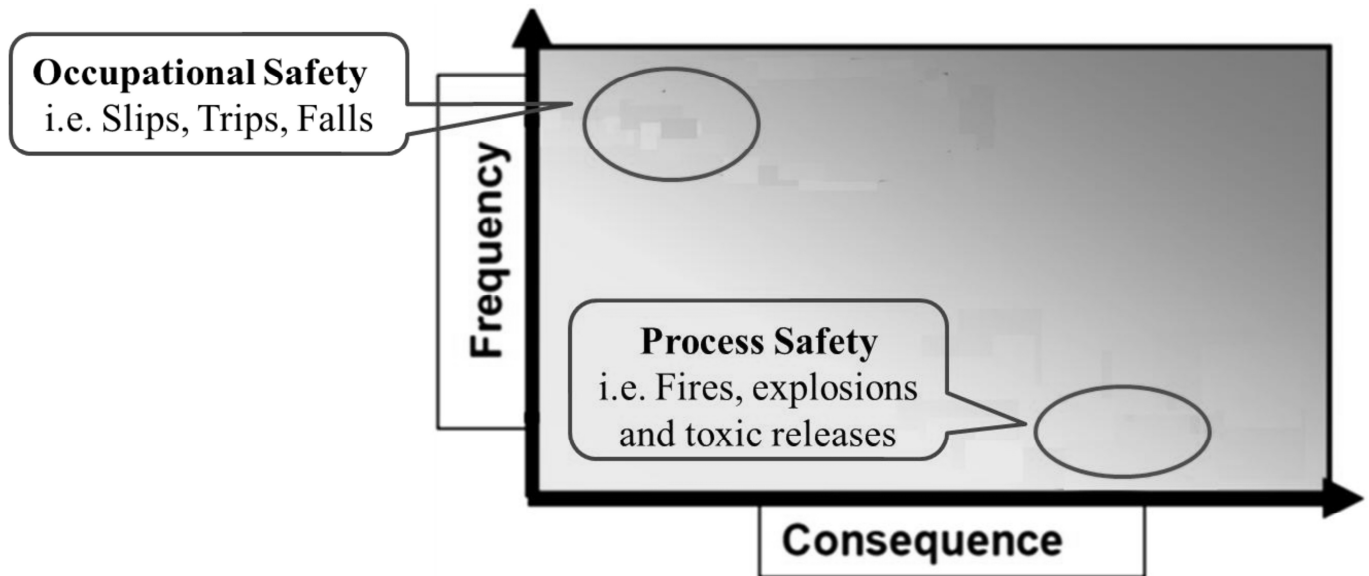
資料參考

- 勞動部職安署網站與相關宣導資料
- 各地勞動檢查機構網站與相關宣導資料
- 經濟部產業發展署相關宣導資料
- 中華民國工業安全衛生協會
- 高科大設備可靠度中心
- 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

1. 前言
2. 製程安全危害辨識及風險管控措施(以石化業為例)
3. 澎湖常見作業危害與安全防範作為
4. 結語

1. 前言

製程安全 vs. 職業安全



4

2018.04.26 美國某煉油廠大火事件概述

原因概述：

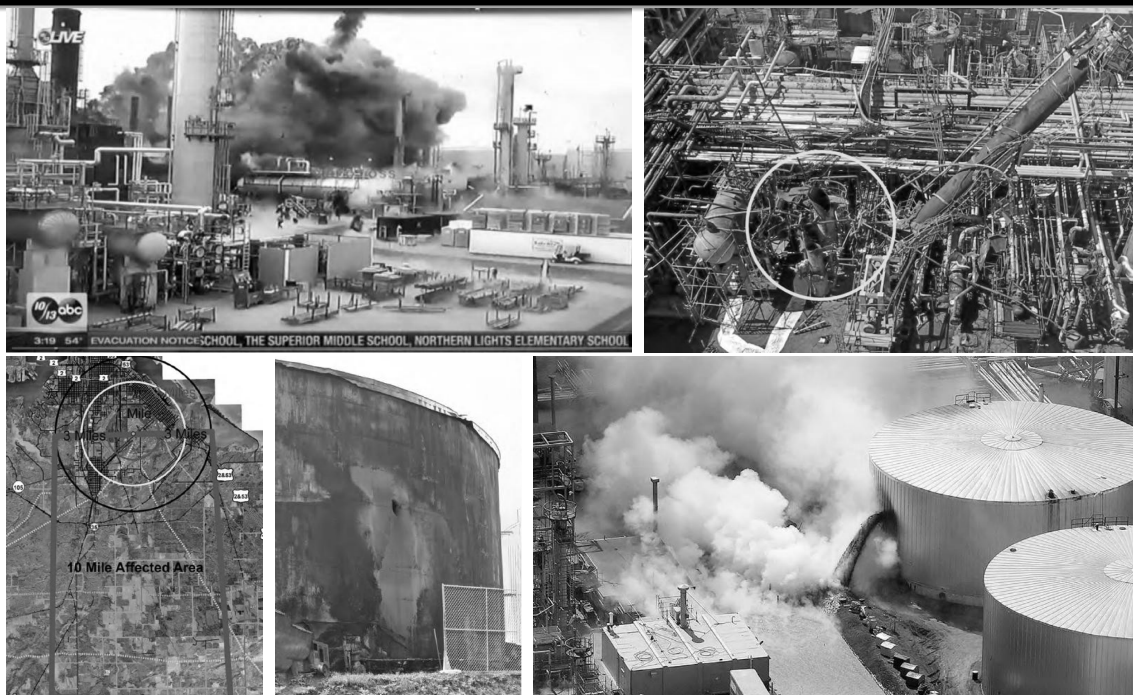
2018.4.26 約10點，威斯康辛州蘇必利爾(Superior)一家煉油廠FCCU煤裂再生系統，可能由於再生器之空氣進入反應器與下游碳氫化合物混和，且FCCU內存有硫化鐵，引發自燃反應，而爆炸起火。再生裝置設備於爆炸後，殘骸碎片飛至約200英尺(61公尺)外，並擊穿約儲存有50,000桶瀝青之儲槽，破洞使得大量瀝青外洩並引發大火。煉油廠周圍3英里(5公里)半徑及向南延伸10英里 (16公里)矩形範圍內全部撤離。

CSB調查正在進行中，對此事故原因進行分析並提供幾種建議方案，最終報告將於調查結束時發布。



5

2018.04.26 美國某煉油廠大火事件概述



6

111.10.27 中油大林廠#3RDS (第三重油加氫脫硫工場)火災事故

中油大林廠第三重油脫硫工場昨天深夜發生火警，傳出爆炸聲驚動小港大林蒲居民，火勢在1小時後控制，今（28日）晨3時8分才完全滅火。環保局將依空汙法32條開罰500萬，另勞工局已勒令停工改善，同時將依法開出至少30萬的罰鍰。



資料來源：人間福報

7

事故摘要

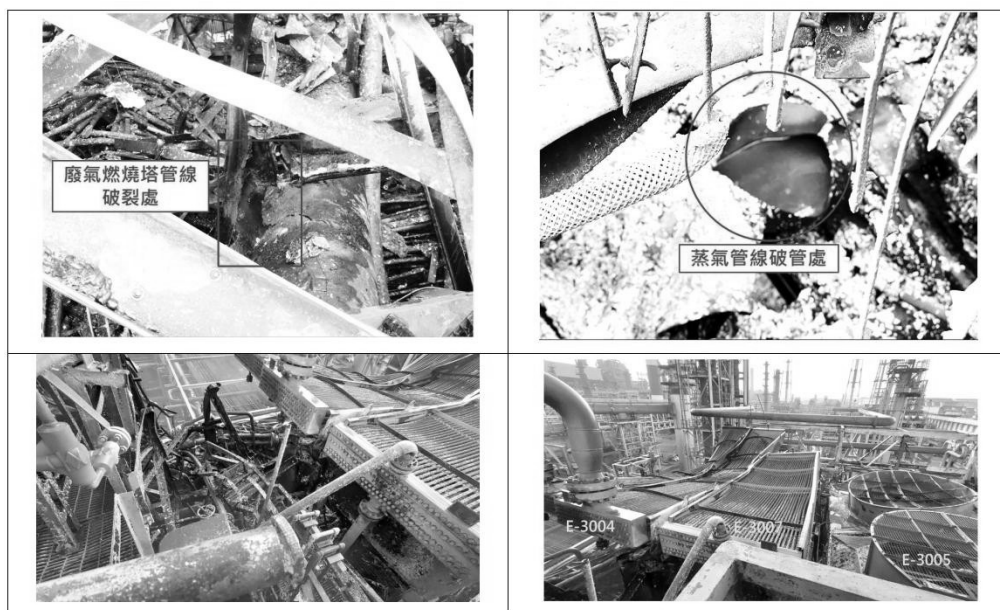
111 年 10 月 27 日系統建壓查漏程序中，氫氣持續排放至廢氣燃燒(Flare)系統，疑似通往廢氣燃燒塔管線洩漏，22:29 造成氣爆著火；操作人員依緊急停爐標準作業程序(SOP)由緊急排放閥(MOV0040 及 HV0034)釋壓，氣體往廢氣燃燒塔管線排放，造成火勢持續延燒。操作人員依標準作業程序(SOP)緊急停爐，製程系統隔離。

111 年 10 月 28 日事故後到現場初步事故調查，發現 Flare 管線破裂，研判為事故主因。上方第一空氣冷卻器(下稱 E3004)、高溫低壓分離槽蒸氣/碳氫化合物分離槽進料換熱器(E3006)、高溫低壓分離槽蒸氣空氣冷卻器(E3007)及第二空氣冷卻器(E3005)遭波及，設備受損。檢視另一處破口為中壓蒸汽管線，經判斷此管線破裂非本事故主因。

資料來源：地球公民基金會-大林廠#3RDS 事故調查相關報告

8

事故摘要



資料來源：地球公民基金會-大林廠#3RDS 事故調查相關報告

9

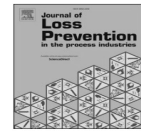
2019.04.07 台塑 AR0-3 事件LPG管線破裂引發氣爆



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp



Process safety management lessons learned from a fire and explosion accident caused by a liquefied petroleum gas leak in an aromatics reforming unit in Taiwan



Fig. 1. Photograph of the accident scene.



Fig. 2. Leakage point of the LPG pipeline at 9:42.

Source : Journal of Loss Prevention in the Process Industries 83 (2023) 105058

10

2019.04.07 台塑 AR0-3 事件調查報告

台化公司芳香烴三廠於107年10月後於事故管線小量注水，以期解決管線遭氯化銨沉積阻塞，惟該管線內部腐蝕嚴重，故僅約半年即造成管線腐蝕、LPG洩漏，致引發氣爆火災。

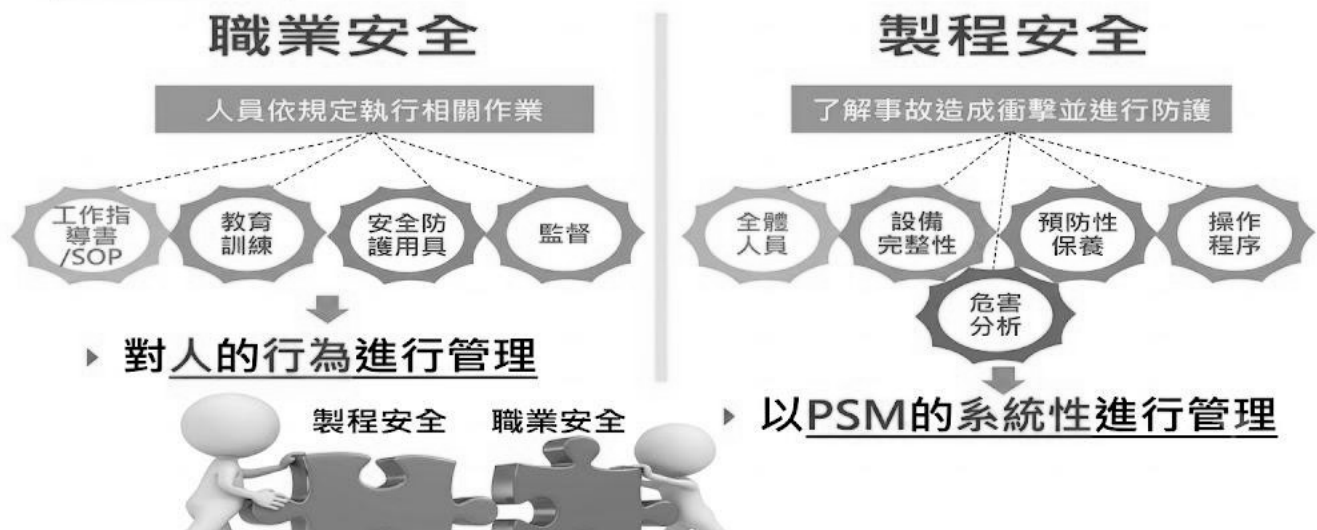
備註：本事故管線設置於離地面23.6公尺，且無巡檢平台足以靠近檢視，管線內部腐蝕難以經由外觀目視檢查得知，本事件後勞動部訂定「高處管線檢查指引」...

資料來源：20190407 台塑 AR0-3 事件-監察院調查報告20200410

11

(製程產業)安全管理 = 職安+製安

職業安全與製程安全並重



資料來源:職安署-我國製程安全管理推動

2.製程安全危害辨識及風險管控措施(以石化業為例)

用品

日用品

泡棉 (沙發、寢具等)

球鞋

檯燈

運動器材

電視機外殼 已內裝版

手提箱

洗衣粉

編織袋 聚丙烯

內衣

聚丙烯

環氧丙烷

合成橡膠

四氫鎢份

共軛合體

聚苯乙烯

環己烷

烷基苯

塗料

聚胺基甲酸酯

領帶

純對苯三甲酸酯

芳香煙

油墨、顏料

破黑

塔底油

裂解汽油

液化瓦斯

聚酯纖維 (達克龍)

乙二醇

唱片 共軛合體

涼鞋

醋酸乙酯

醋酸 乙醛

低密度聚乙烯

高密度聚乙烯

聚氯乙烷樹脂

汽油罐

玩偶

皮包

包裝袋

徹底改變人類生活
轉換成各式產品應用
透過石化工業
地底原油

產發署

14

```

graph TD
    A[原油] --> B[煉油廠]
    B --> C[輕油  
(石油腦)]
    B --> D[汽油]
    B --> E[柴油]
    B --> F[航空  
燃油]
    B --> G[燃料油]
    B --> H[硫磺]
    C --> I[基本原料]
    C --> J[化學原材料  
(石油化工原料  
+ 基本化學材料)]
    I --> K[乙烯]
    I --> L[丙烯]
    I --> M[丁二烯]
    I --> N[苯]
    I --> O[甲苯]
    I --> P[二甲苯]
    J --> Q[異丙醇  
(半導體溶劑)]
    I --> R[塑膠原料]
    I --> S[合成橡膠原料]
    I --> T[肥料及氮化物]
    I --> U[人造纖維業]
    R --> V[口置原料、  
風機原料]
    S --> W[丁苯橡膠  
(可做鞋底)]
    T --> X[氮肥、鉀肥]
    U --> Y[耐隆纖維、  
用作衣料]
  
```

總產值約1.16兆元

石油及煤製品

產值：11,617億元
廠家數：190家
員工數：1.18萬人

產業高值化

能源產業

輕油裂解廠

石化產業

總產值約1.69兆元

基本原料

- 乙烯
- 丙烯
- 丁二烯
- 苯
- 甲苯
- 二甲苯

化學原材料
(石油化工原料 + 基本化學材料)

如：異丙醇
(半導體溶劑)

產值：11,599億元
廠家數：495家
員工數：3.27萬人

塑膠原料

如：口置原料、
風機原料

產值：5,806億元
廠家數：324家
員工數：2.25萬人

合成橡膠原料

如：丁苯橡膠
(可做鞋底)

產值：593億元
廠家數：23家
員工數：0.21萬人

肥料及氮化物

如：氮肥、鉀肥

產值：222億元
廠家數：256家
員工數：0.25萬人

人造纖維業

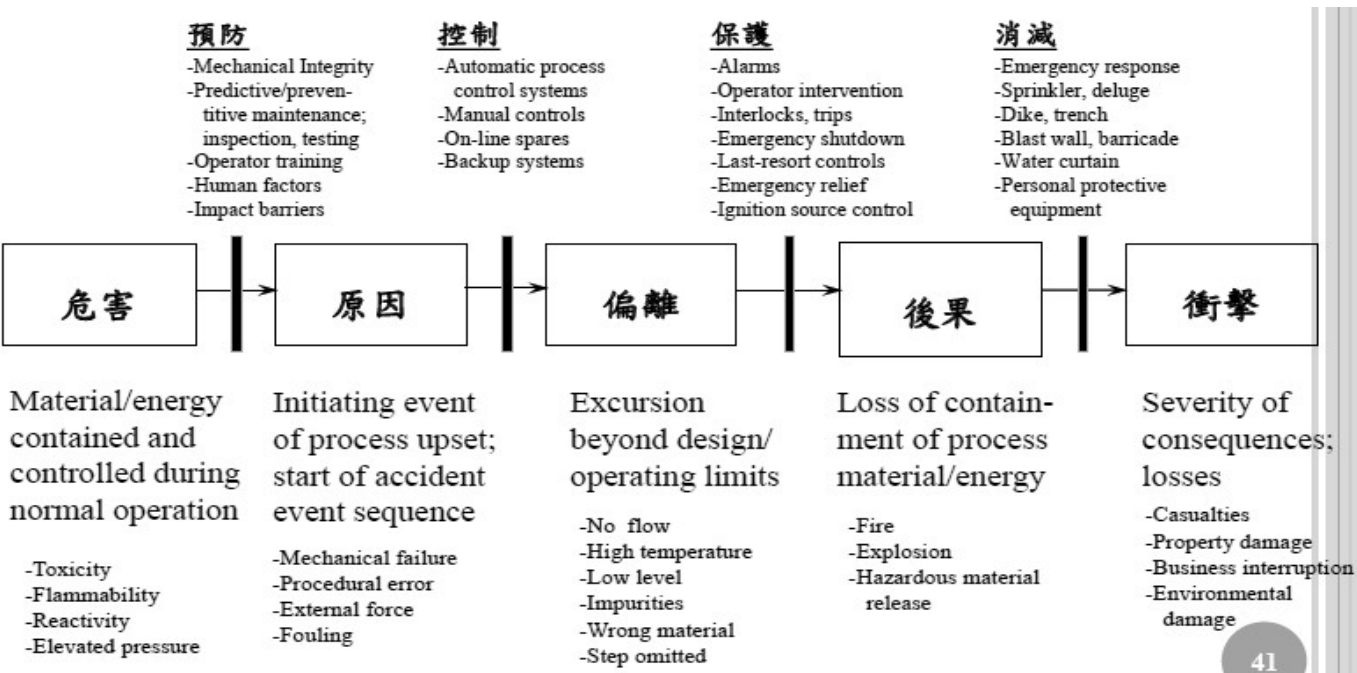
如：耐隆纖維、
用作衣料

產值：669億元
廠家數：41家
員工數：1.04萬人

合成原料生產廠

15

化工製程危害與事故_事故演變與處置



資料來源：高科大廖宏章教授

製程安全管理概念

Bhopal(波帕)事件

農藥廠有毒氣體外洩「2千人當場死亡」居民37年後仍飽受疾病纏身

2021/02/05 17:31

字級：字

0:00 / 3:40



資料來源:東森新聞

18

1984年12月3日凌晨，印度的博帕爾市美國聯合碳化物設於博帕爾貧民區附近的一所農藥廠發生異氰酸甲酯(MIC)洩漏事件。

官方公布瞬間死亡人數為2,259人，當地政府確認和氣體洩漏有關的死亡人數為3,787人。還有大約8,000人在接下來的兩個星期中喪命，另外大約8,000人因為氣體洩漏而死亡。根據一份2006年的官方文件顯示，這次洩漏共造成558,125人受傷，包括38,478人暫時局部殘疾，以及大約39,000人嚴重和永久殘疾。

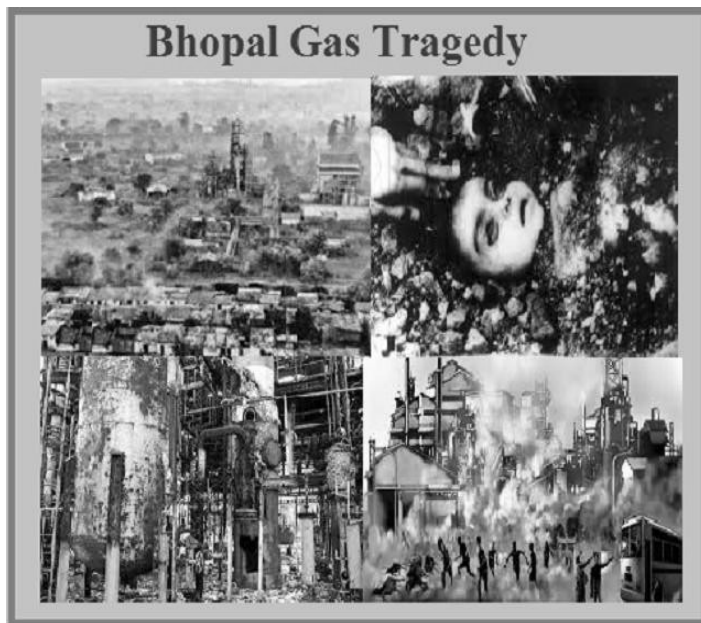
Bhopal(波帕)事件-物質特性

MIC(異氰酸甲酯)又稱甲基異氰酸酯，是光氣(Phosgene)與甲胺(Methylamine)作用後所合成的化學品，多用於製造農藥(例如:可作為加保利Carbaryl的製造前驅物)。

特性為揮發性高、易燃，與酸、鹼與各種有機化學物質起劇烈反應，且和水反應會放出大量的熱而沸騰；屬於一種相當活潑不穩定且具有毒性的化學物質。

19

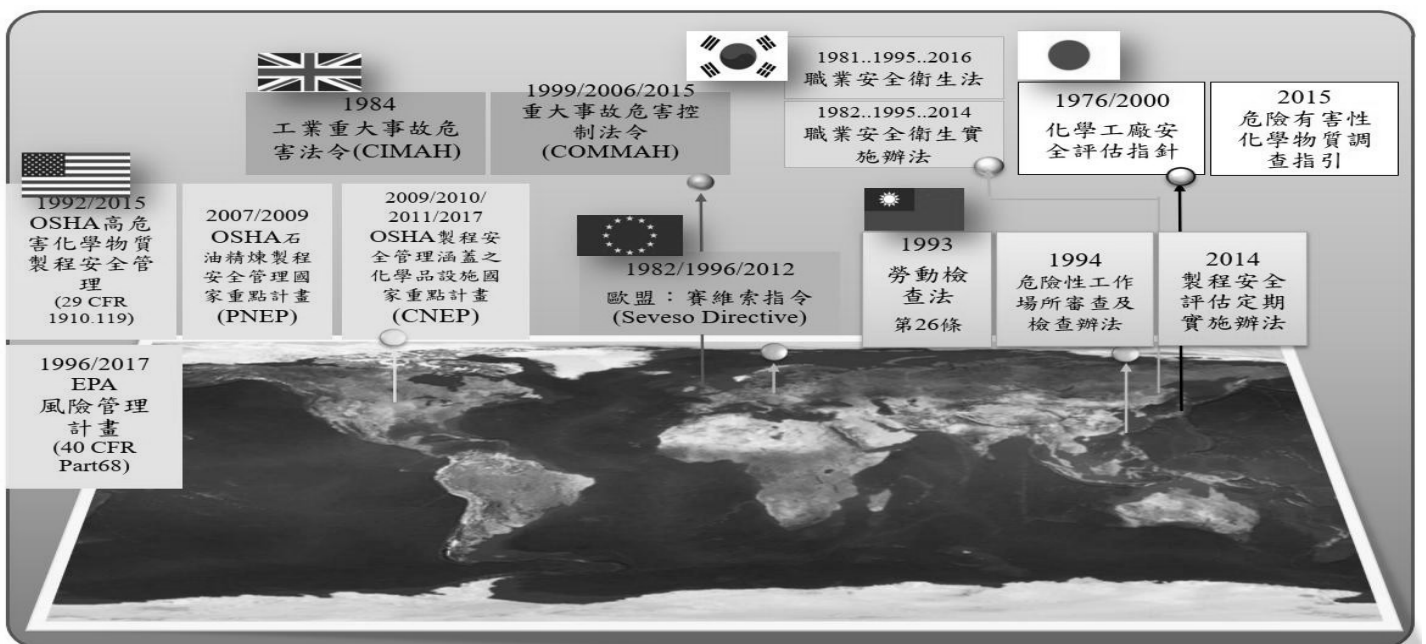
Bhopal(波帕)事件-發生經過



1984年12月3日0：56，廠內的異氰酸酯儲氣罐發生放熱反應，溫度升至200℃，但冷卻系統、回收洗滌塔、燃燒塔及水霧系統等先後失靈，巨大的壓強導致儲存罐閥門被沖開。異氰酸酯氣體散布。

20

各國PSM相關法規與發展趨勢



資料來源:職安署-我國製程安全管理推動

21

美國-PSM法規

美國-PSM(Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals, 高危害化學物質製程安全管理法)

1992年12月24日， OSHA歸結出PSM法規29 CFR part 1910.119，並規定適用於包括處理任何超出管制量上限的130種有毒物或反應性的化學品; 或處理10,000磅(4,535.9公斤)或更多數量的易燃性液體和氣體的製程。

雇主須依聯邦法規29CFR 1910.1200(l)(1)至1910.1200(l)(12)提供必要的製程資訊等商業機密給予員工及其代表，以儘快的完成製程危害分析及其他要項。

易燃性液體：閃火點小於100°F(37.8°C)

易燃性氣體：68°F(20°C)、1大氣壓下，LFL在13%以下或燃燒範圍在12%以內

22

PSM –OSHA 29 CFR 1910.119



宗旨：防止高危害性化學品災難性洩漏所引起的嚴重後果

23

我國-PSM法規



我國相關法規有：『勞動檢查法』(民國82年發布)第26條、根據該法制訂之『危險性工作場所審查及檢查辦法』(民國83年發布)，以及『職業安全衛生法』(民國103年12月31日發布)第十五條、根據該條第三項規定訂定之『製程安全評估定期實施辦法』，該辦法第2條規定適用於下列工作場所：

1. 勞動檢查法第二十六條第一項第一款所定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。
2. 勞動檢查法第二十六條第一項第五款所定製造、處置或使用危險物及害物，達勞動檢查法施行細則附表一及附表二規定數量之工作場所。

我國-PSM相關法規與規定

一、勞動檢查法

二、職業安全衛生法

三、危險性工作場所審查及檢查辦法

四、製程安全評估定期實施辦法

製程安全評估定期實施辦法 第3條

本辦法所稱製程安全評估，指利用結構化、系統化方式，辨識、分析前條工作場所潛在危害，而採取必要預防措施之評估。

本辦法所稱製程修改，指前條工作場所既有安全防護措施未能控制新潛在危害之製程化學品、技術、設備、操作程序或規模之變更。

26

製程安全評估定期實施辦法 第6條

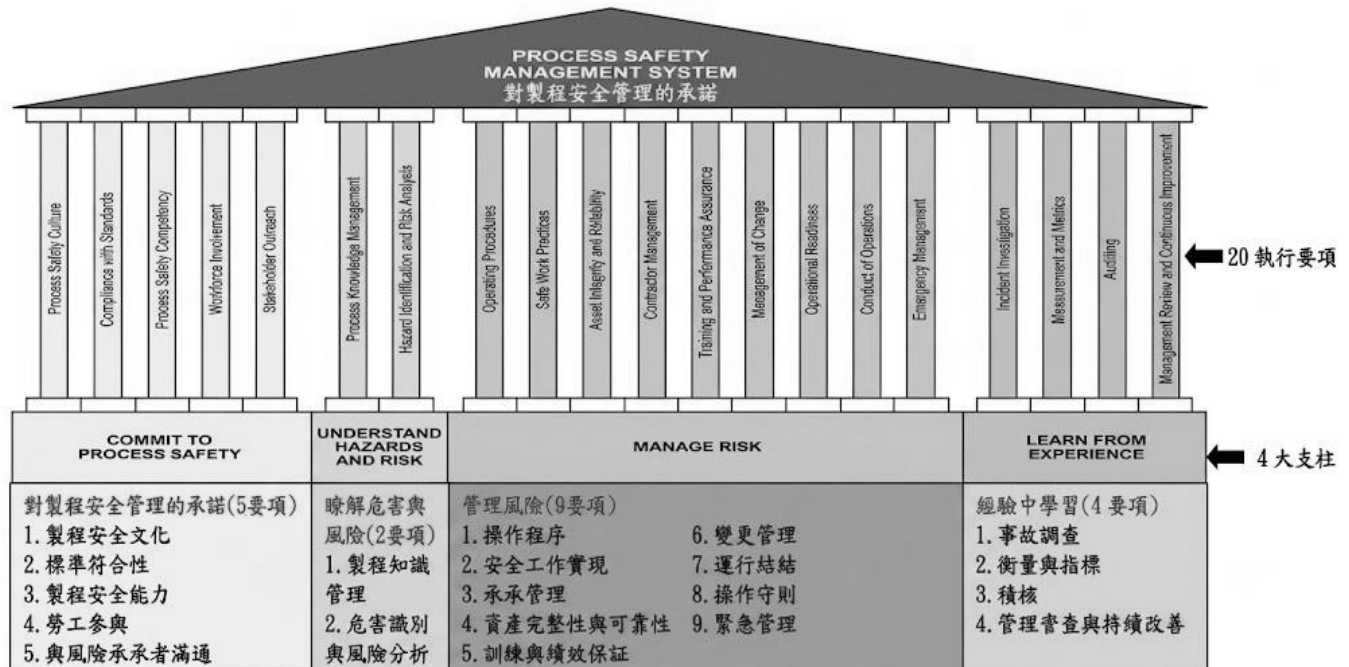
第四條所定每5年應實施製程安全評估，其期間分別依下列各款所定之日起算：

- 一、依本辦法規定完成製程安全評估，並報經勞動檢查機構備查之日。
- 二、於本辦法施行前，依危險性工作場所審查及檢查辦法審查合格，取得審查合格之日。
- 三、於本辦法施行前，依危險性工作場所審查及檢查辦法規定，完成製程安全重新評估之日。

※ 製程安全評估定期實施辦法施行日期為104.01.01

27

RBPS (Risky Based Process Safety)-CCPS



美國加州政府(Cal/OSHA)-煉油廠製程安全管理法

2017 年 10 月加州州政府頒布煉油廠的製程安全管理(Process Safety Management for Petroleum Refineries)要求州內的 15 家煉油廠，針對既有和新增的機械、化學、物理或其他製程，其會導致設施或物質劣化者，須執行損害機制審查，並要求盡可能的採用本質安全措施來消除危害，將原本的 14 要項，調整為 21 要項，2017年生效。

美國華盛頓州 (DOSH)-高風險化學品製程安全管理安全標準

與加州職業安全與健康管理局 (Cal/OSHA) 的煉油廠 PSM 法規類似，2024年12月正式生效施行；WAC 296-67 規範 Part B (296-67-300至296-67-387)相較於一般通用標準 Part A，專門針對煉油廠的高風險特性引入了更嚴格且具前瞻性的目標導向安全管理要求。

主要新增與強化項目：

1. 製程安全文化評估 (Process Safety Culture Assessment, PSCA)
2. 損害機制審查 (Damage Mechanism Review, DMR)
3. 危害控制層級分析 (Hierarchy of Hazard Controls Analysis, HCA)
4. ...

30

製程安全評估定期實施辦法 第4條



第二條之工作場所，事業單位應每五年就下列事項，實施製程安全評估：

- 一、製程安全資訊，如附表一。
- 二、製程危害控制措施，如附表二。

實施前項評估之過程及結果，應予記錄，並製作製程安全評估報告及採取必要之預防措施，評估報告內容應包括下列各項：

- 一、實施前項評估過程之必要文件及結果。
- 二、勞工參與，如附表三。
- 三、標準作業程序，如附表四。
- 四、教育訓練，如附表五。
- 五、承攬管理，如附表六。

31

製程安全評估定期實施辦法 第4條(續)



六、啟動前安全檢查，如附表七。

七、機械完整性，如附表八。

八、動火許可，如附表九。

九、變更管理，如附表十。

十、事故調查，如附表十一。

十一、緊急應變，如附表十二。

十二、符合性稽核，如附表十三。

十三、商業機密，如附表十四。

前二項有關製程安全評估之規定，於製程修改時，亦適用之。

32

製程安全資訊(PSI)



一、高度危險化學品之危害資訊：

- (一)毒性資訊。
- (二)容許暴露濃度。
- (三)物理數據。
- (四)反應性數據。
- (五)腐蝕性數據。
- (六)熱及化學安定性數據。
- (七)可能發生不慎與其他物質混合危害後果。

二、製程技術相關資訊

- (一)方塊流程圖或簡化製程流程圖。
- (二)製程化學反應資料。
- (三)預期最大存量。
- (四)溫度、壓力、流量或組成等之安全上、下限。
- (五)製程偏移後果評估，包括可能影響勞工安全及健康事項。

三、製程設備相關資訊

- (一)建造材料。
- (二)管線與儀錶圖(P&ID's)。
- (三)防爆區域劃分。
- (四)釋壓系統設計及設計依據。
- (五)通風系統設計。
- (六)使用之設計規範及標準。
- (七)質能平衡資料。
- (八)安全系統如安全連鎖、偵測或抑制系統。
- (九)製程設備之設計、製造及操作符合相關法令規定之證明文件。

33

PSI之潛在來源參考-1

製程安全資訊	潛在來源
高度危險化學品之危害資訊： 1. 毒性資訊 2. 容許暴露濃度 3. 物理數據 4. 反應性數據 5. 腐蝕性數據 6. 熱及化學安定性數據 7. 可能發生不慎與其他物質混合危害後果	☐ 化學品之安全資料表 ☐ 勞工作業場所容許暴露標準 ☐ 化學品運送接收單等文件 ☐ 研究開發部門之研究報告、實驗紀錄等文件 ☐ 工作安全分析或製程安全評估紀錄 ☐ 化學反應性工作表(Chemical reactivity worksheet, CRW)

資料來源：小型企業製程安全管理實施指引(職安署)108.07

34

PSI之潛在來源參考-2

製程安全資訊	潛在來源
製程技術相關資訊： 1. 方塊流程圖(BFD)或簡化製程流程圖(PFD) 2. 製程化學反應資料 3. 預期最大存量 4. 溫度、壓力、流量或組成等之安全上、下限 5. 製程偏移後果評估，包含可能影響勞工安全及健康事項	☐ 操作手冊或製程操作訓練教材 ☐ 研究開發部門之研究報告、實驗紀錄等文件 ☐ 可從工廠耐壓槽或儲槽等設備之庫存量工程文件、PFD 中載述之庫存量、操作文件(如日誌或實驗室庫存紀錄)等資料中取得 ☐ 管線儀表圖 P&IDs ☐ 工作安全分析或製程安全評估紀錄

資料來源：小型企業製程安全管理實施指引(職安署)108.07

35

製程流程圖(PFD)-1

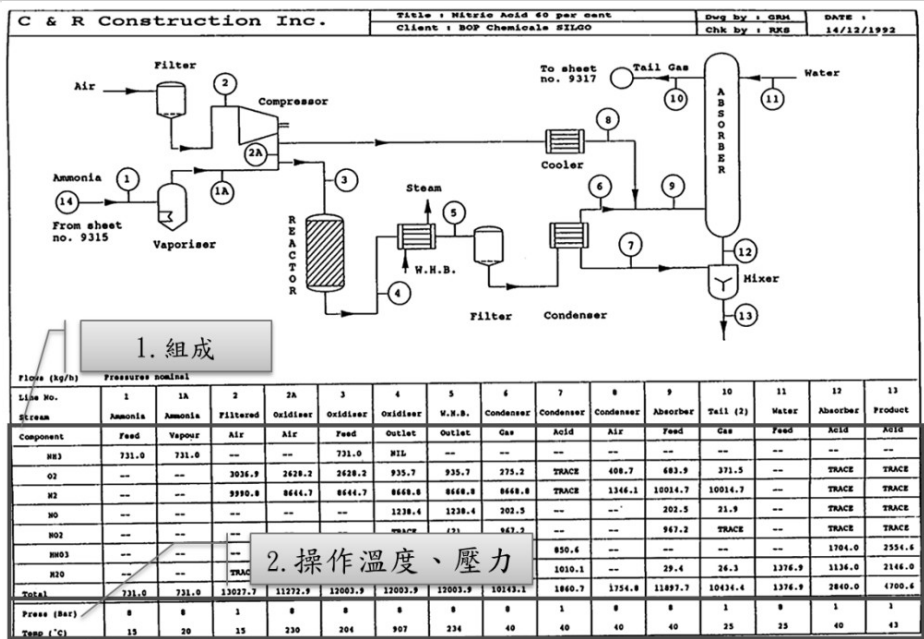


圖 13 基礎設計 PFD 圖 (範例)

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

36

製程流程圖(PFD)-2

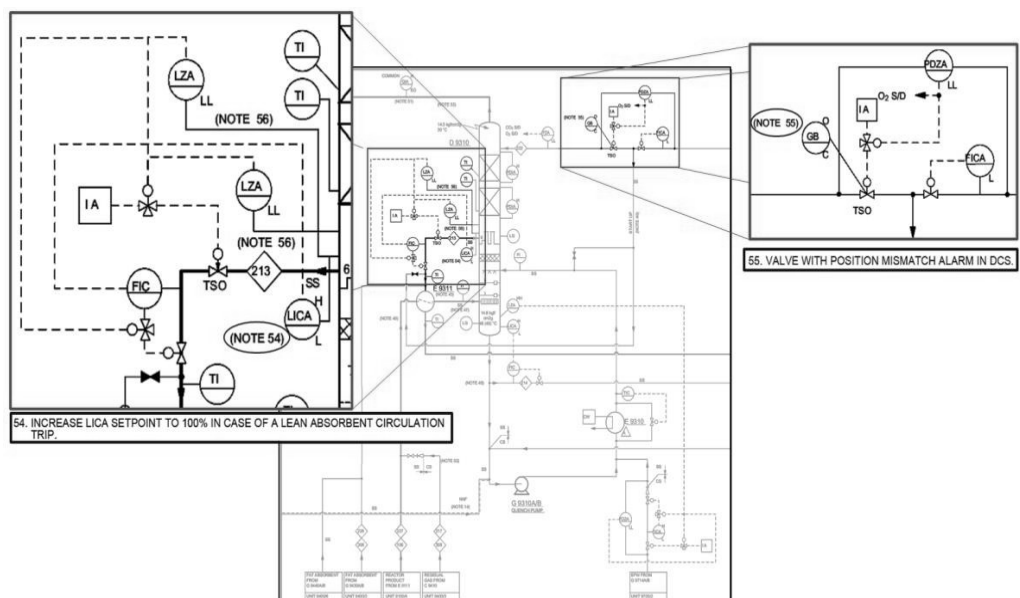


圖 14 細部設計 PFD 圖 (範例)

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

37

管線儀表圖(P&IDs)-1

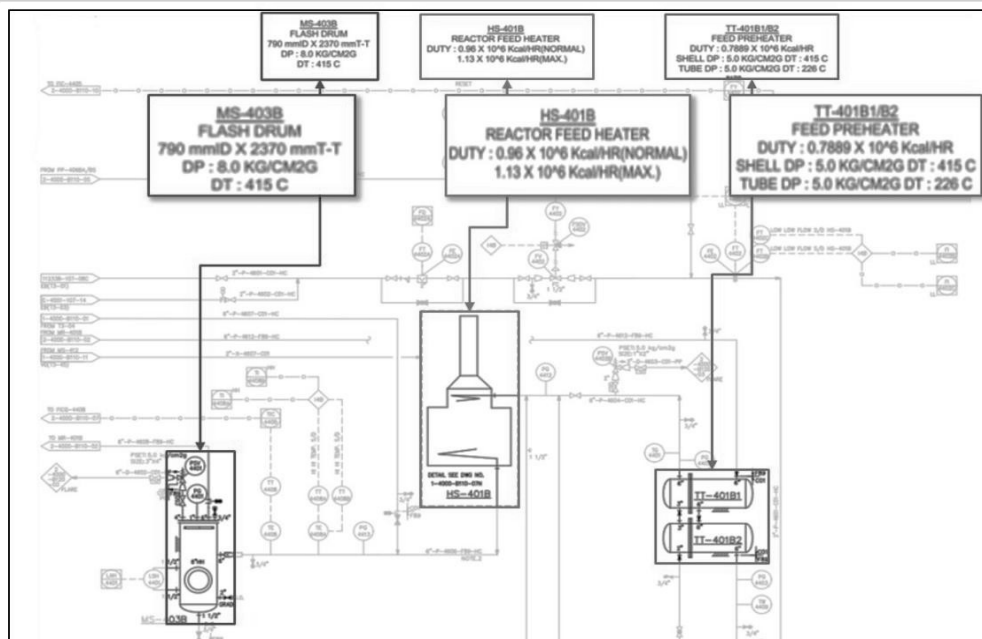


圖 15 某廠之 P&ID 圖-設備資訊 (範例)

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

38

管線儀表圖(P&IDs)-2

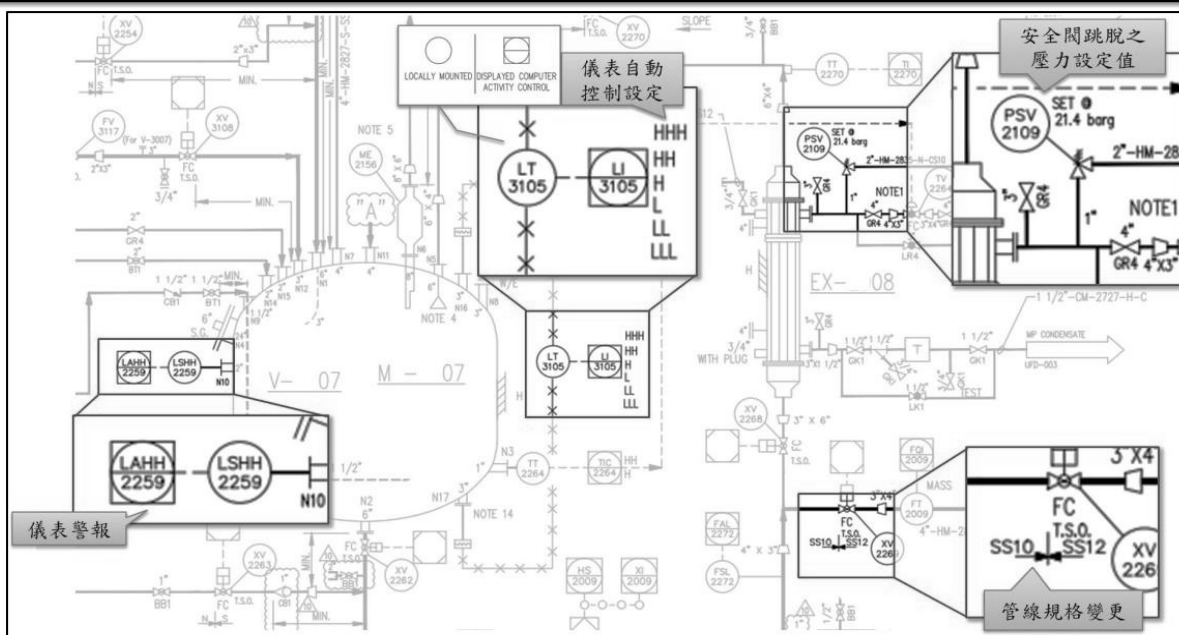


圖 16 某廠之 P&ID 圖-管線與儀錶資訊 (範例)

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

39

管線代號/規格 (範例)

LINE NUMBERING		管徑	
LINE SIZE		流體資訊	
SERVICE		管線流水號	
LINE NUMBER		包覆資訊	
INSULATION		管線規格	
PIPE SPECIFICATION			
X"-XX-XXXX-X-XXXX			
PIPING SERVICES		INSULATION SERVICE	
AI	INSTRUMENT AIR	H	HEAT CONSERVATION
AU	UTILITY AIR	L	COLD SERVICE & ACOUSTIC INSULATED
IN	NITROGEN	N	NO INSULATION
NH	HIGH PRESSURE NITROGEN	P	PERSONNEL PROTECTION
NM	MED. PRESSURE NITROGEN	S	INSULATION AND STEAM TRACE
NL	LOW PRESSURE NITROGEN		
NW	95% N2+5% HYDROCARBONS		
SL	LOW PRESSURE STEAM		
SM	MED. PRESSURE STEAM		
CL	LOW PRESSURE COND.		
CM	MED. PRESSURE COND.		
WC	COOLING TOWER WATER SUPPLY		
WH	COOLING TOWER WATER RETURN		
WD	MEG, POTABLE WATER (SOFT WATER)		
WP	PROCESS WATER (SOFT WATER), DI WATER		
WI	INDUSTRIAL WATER		
WU	ULTRA PURE WATER		
X	ACETIC ACID / SULPHURIC ACID		
XO	POTASSIUM HYDROXIDE		
HO	SEAL OIL		
HM	HYDROCARBONS		
FO	FUEL OIL		
		PIPE SPECIFICATION	
		PIPE SPEC	PIPE MATERIAL
		CLASS	SERVICE
		CS10	CARBON STEEL / BRONZE
		CS11	CARBON STEEL
		CS12	CARBON STEEL
		CS13	CARBON STEEL / BRONZE
		CS14	CARBON STEEL
		CS15	CARBON STEEL
		CS16	CARBON STEEL
		CS17	GALV. STEEL
		SS10	316 L SS
		SS10A	316 L SS
		SS11	316 L SS
		SS12	316 L SS
		SS15	SS TUBING
		150	CTW, UTILITY STATION
		150	30# STM
		300	110 & 220# STM
		150	150# N2, UTIL. AIR
		300	WATER FOR SEC. CIRCUIT
		150	PROCESS WASTE, FO
		300	300# N2
		150	INSTR. AIR, POT. WATER
		150	LOW PRESS PROCESS
		150	ACETIC ACID
		300	300# PROCESS
		600	600# PROCESS
			MECH. SEAL BARRIER FLUIDS

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

40

PSI之潛在來源參考-3

製程安全資訊	潛在來源
製程設備相關資訊： 1. 建造材料 2. 管線儀表圖 (P&IDs) 3. 釋壓系統設計及設計依據 4. 通風系統設計 5. 使用之設計規範及標準 6. 防爆區域劃分 7. 質能平衡資料 8. 安全系統如安全連鎖、偵測或抑制系統 9. 製程設備之設計、製造及操作符合相關法令規定之證明文件	☐ 操作手冊 ☐ 管線儀表圖 P&IDs ☐ 設備製造商或供應商提供之設備製造圖、設備規格明細、設備操作或維修保養手冊等文件 ☐ 設備設計書、檢測報告及合格證等文件

資料來源：小型企業製程安全管理實施指引(職安署)108.07

41

釋壓系統設計及設計依據-安全閥

		(PROCUREMENT SPEC.)		RF-2 擴建工程 PROJECT	
PETROCHEMICAL CORP.		PRESSURE RELIEF VALVE		SHEET NO. 15 OF 19	
Individual Specification		Requirement		JOB NO. 安全閥編號 001P010	
1	Item No.	27	PSV-821651C	28	PSV-821661A
2	P&ID No.	82-D71D		82-D71E	
3	Service	P-82-1583-B210L-6"		P-82-1611-B210L-6"	
4	Conv., Balanced Bellows, Pilot Op.	CONVENTIONAL		CONVENTIONAL	
5	Safety or Relief	SAFETY RELIEF		SAFETY RELIEF	
6	Bonnet Type	CLOSE		CLOSE	
7	Full or Semi-Nozzle	FULL		FULL	
8	Size (Inlet x Outlet)	*, 3/4" X 1"		*, 3" X 4"	
9	Connection Rating (ANSI)	300#RF X 150#RF		300#RF X 150#RF	
10	Body Material #	304 S.S.		304 S.S.	
11	Bonnet Material #	304 S.S.		304 S.S.	
12	Disc Material	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.
13	Resilient Seat Seal Material	---		---	
14	Guide Material	316 S.S.		316 S.S.	
15	Rings Material	316 S.S.		316 S.S.	
16	Spring Material	ALLOY STEEL		ALLOY STEEL	
17	Bellows Material	---		---	
18	Packing Material (Non-Asbestos)	*		*	
19	Screwed or Bolted Cap #	SCREWED		SCREWED	
20	Plain or Packed Lever #	---		---	
21	Test Gag & Plug #	YES		YES	
22	Code Basis	---		ASME SECTION VIII	
23	Fire or Other Basis	THERMAL EXPANSION		ENTRANCE OF VOLATILE MAT'L	
24	Calculation Area	*		1.342 SQ IN	
25	Selected Area	Orifice Designation	*	1.838 SQ IN	K
26	UV Stamp Required			YES	
Service Condition		選用的面積			

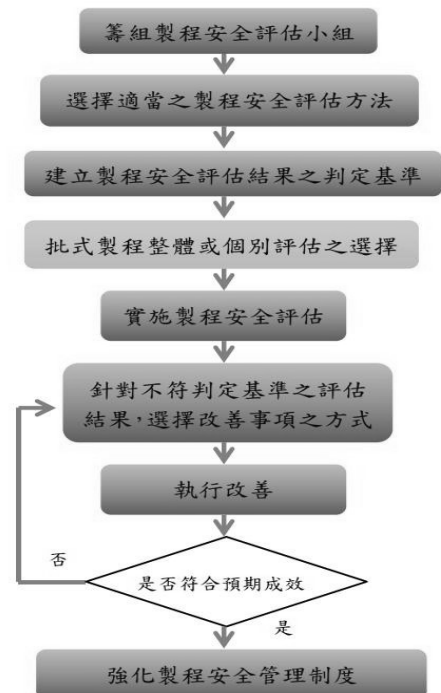
參考來源：勞安所_危害
及可操作性分析定期評
估實務參考手冊

42

辨識、評估製程潛在危害，並採取必要之安全控制措施

事業單位可依製程特性及複雜度等因素，選擇適當方法執行製程安全評估，以辨識製程危害，說明如下：

1. 簡易或多屬人為操作之製程(如氨冷卻系統或用水處理設施等)，得使用如果-結果分析(What-If Analysis)、檢核表(Checklist)等方法。
2. 連續或較複雜之製程，建議使用危害及可操作性分析(Hazard and Operability Study, HAZOP)或失誤模式及影響分析(Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)等系統化分析方法。



資料來源：小型企業製程安全管理實施指引(職安署)108.07

43

製程安全評估定期實施辦法 第5條



前條所定製程安全評估，應使用下列一種以上之安全評估方法，以評估及確認製程危害：

- 一、如果-結果分析。
- 二、檢核表。
- 三、如果-結果分析 / 檢核表。
- 四、危害及可操作性分析。
- 五、失誤模式及影響分析。
- 六、故障樹分析。
- 七、其他經中央主管機關認可具有同等功能之安全評估方法。

44

製程各階段危害評估方法

製程階段 評估方法	製程 研發	基本 設計	試驗 工廠	細部 設計	建廠 階段	試車 階段	正常 運轉	擴廠 或修改	停廠 卸除
如果-結果分析	●	●							●
檢核表		●	●		●	●	●		●
危害及可操作性分析			●	●		●	●	●	
失誤模式與影響分析				●		●	●	●	
故障樹分析				●			●	●	

資料來源:職安署-製程安全管理程序參考手冊111.02

45

危害及可操作性分析(HAZOP)分析邏輯(1/2)



HAZOP分析邏輯，介於演繹法和歸納法兩者之間

HAZOP分析方法起源自西元1960年代，英國帝國化學工業 (ICI) 將其做為「關鍵檢查」的技術

HAZOP分析方法考量到製程安全事故並非「原因」產生後立即發生事故，而是經過「製程偏離」的過程演變而來，利用已知的「製程參數」及「引導詞」組成「製程偏離」作為出發點，以探討事故原因及可能後果



資料來源：工安協會-111年石化產業溝通平台交流與共識會議 (HAZOP分析手法簡介)

46

危害及可操作性分析(HAZOP)分析邏輯(2/2)

HAZOP = HAZ (Hazard, 危害) + OP (Operability, 可操作性)

種類



Process
(製程)



Procedure
(程序)



Batch Reaction
(程序)

簡介

Process HAZOP 為現今最常使用的HAZOP分析方式，系統性方式更完整的找出製程上的潛在重大事故危害 (Major Accident Hazard, MAH)



偏離
(Deviations)



製程參數
(Parameter)



引導詞
(Guide words)

47

參考來源：CCPS危害評估程序指引 & 工安協會-111年石化產業溝通平台交流與共識會議 (HAZOP分析手法簡介)

HAZOP 分析常見引導詞與意義

引導詞	意義
無、不	完全不具設計目的/功能； 沒有部分的設計目的/功能實現。
較少	定量的減少。
較多	定量的增加。
僅部分	只實現了部分設計目的/功能；定性的減少。
不僅...又...	額外的動作；定性的增加。
相反	與設計目的邏輯相反。
除...之外	發生另一項活動或存在異常情況；完全取代。
其他地方/位置/來源	適用於流量、傳輸、來源或目的地不同時。

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

48

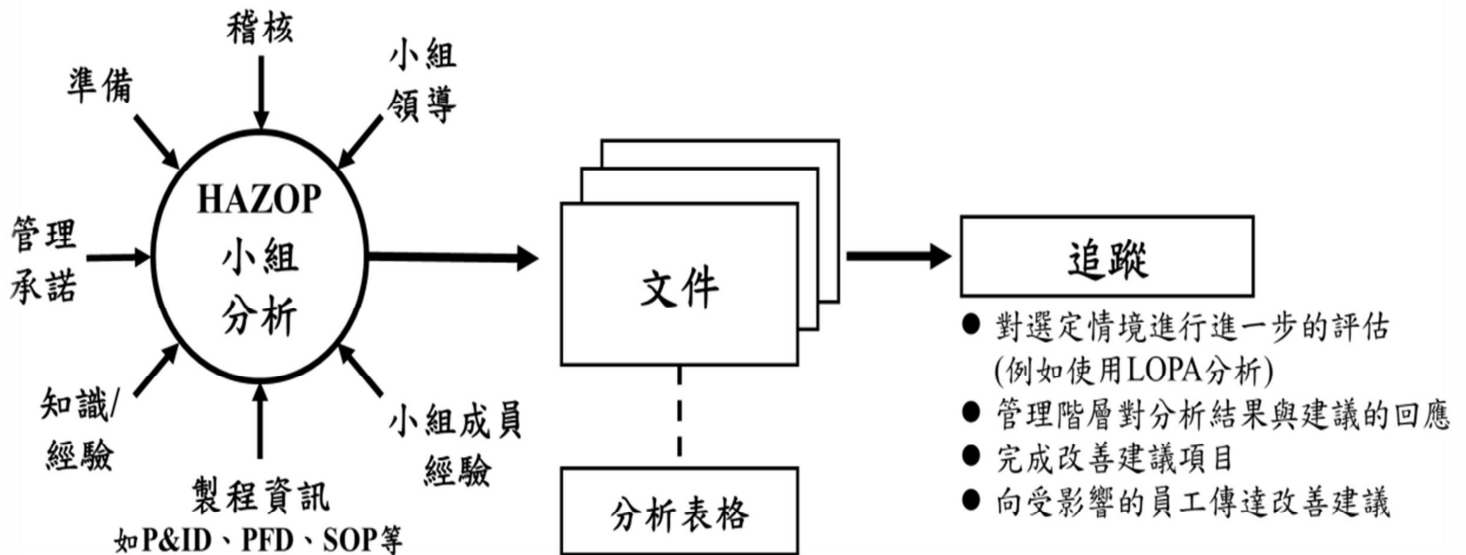
HAZOP 分析常見之偏離

	較多	較少	無	相反	僅部分	不僅...又	除...之外
流量	高流量	低流量	無流量	逆流	--	--	--
壓力	高壓	低壓	真空	--	--	--	--
溫度	高溫	低溫	--	--	--	--	--
液位	高液位	低液位	無液位	--	--	--	--
成份	--	--	--	--	組成錯誤	雜質	錯誤物質
反應	高反應	低反應	無反應	--	--	副反應	錯誤反應
時間	時間太長	時間太短	動作未執行				

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

49

HAZOP 分析流程



參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

50

實施製程安全評估之注意事項

事業單位實施製程安全評估時，應至少確認下列事項：

1. 製程所有潛在危害均被提出討論。
2. 化學品曾引起外洩、火災、爆炸、具高潛在後果嚴重度或高風險之虛驚事件等，均被提出討論。
3. 考量製程偏離原因及現有控制措施(含工程控制及管理控制)失效情況下，可能發生危害情境及可能導致最終、最壞且合理後果，包含火災、爆炸、危害性化學品外洩及影響人員安全健康等事項。
4. 對發掘之製程危害應分別確認是否已採取適當且可靠之控制措施，包含可降低製程偏離原因及其情境之發生可能性、消滅後果嚴重度之工程控制、管理控制及個人防護具等。
5. 考量設備、設施設置地點可能潛在問題，即製程危害位置與現場工作人員位置(即人員被指定工作的地點)間之空間關係。
6. 考量人為因素可能引起之製程危害，包含人為失誤及影響人員表現之人因工程等問題。

51



實施製程安全評估之改善方式

針對製程安全評估發掘之潛在危害，建議應依下列方法依序改善製程安全，並記錄每個改善事項之處理方式及結果：

1. 消除。
2. 取代。
3. 工程控制。
4. 管理控制。
5. 個人防護具。

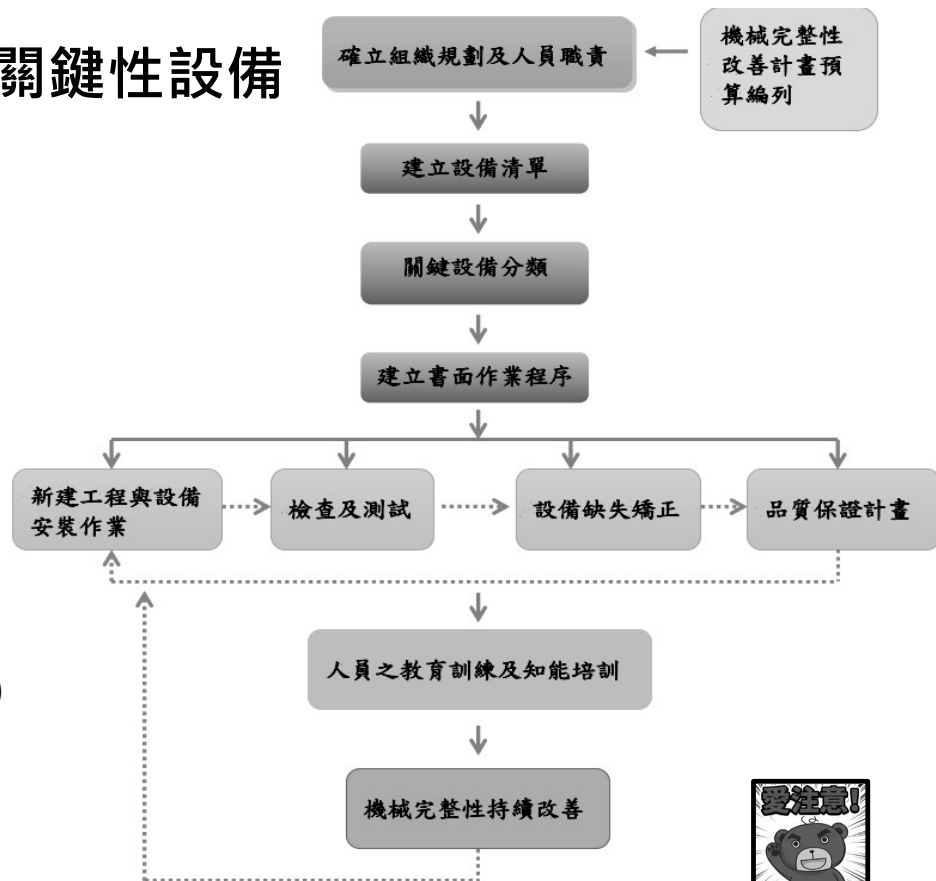
52

訂定MI，辨識製程關鍵性設備

機械設備清單及規格明細，
應至少包含下列設備：

1. 壓力容器與儲槽
2. 管線(包括管線組件如閥)
3. 釋放及排放系統
4. 緊急停車系統
5. 控制系統(包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統)
6. 泵浦

53



機械完整性(Mechanical Integrity, MI)

對壓力容器與儲槽、管線(包括管線組件如閥)、釋放及排放系統、緊急停車系統、控制系統(包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統)、泵浦等製程設備執行下列事項，以確保製程設備程序完整性：

一、建立並執行書面程序。

二、針對維持設備持續完整性之勞工，提供製程概要與危害認知及適用於勞工作業相關程序之訓練。

54

機械完整性(Mechanical Integrity, MI)

三、檢查及測試：

(一)製程設備須**實施檢查及測試**。

(二)檢查與測試程序、頻率須**符合相關法令及工程規範**。

(三)依照製程設備操作與維修保養經驗，**定期檢討**檢查及測試頻率。

(四)應有**詳實之書面紀錄資料**，內容至少載明檢查或測試日期、執行檢查或測試人員姓名、檢查或測試製程設備編號或其他識別方式、檢查或測試方式說明、檢查或測試結果等。

55

檢查及測試頻率

雇主訂定機械設備檢查、測試及保養之項目、作法及頻率時，應至少考量下列事項：

- (1) 法規及工程規範之要求。
- (2) 原始設備製造商提供之維修保養手冊或外部機構提供之文件。
- (3) 製程設備操作與維修保養之經驗。
- (4) 檢查與測試結果紀錄。
- (5) 製程事故或設備異常之統計分析結果。

機械完整性(Mechanical Integrity, MI)

四、未對超出製程操作或設備規範界限實施矯正前，不得繼續設備之操作。

五、對設備之建造、組裝，應訂定品質保證計畫，以確保下列事項：

- (一)採用正確之材質及備品，並確認適用於製程。
- (二)執行適當之檢點及檢查，以確保設備之正確安裝，並符合原設計規格。
- (三)確認維修材料、零組件及設備符合未來製程應用之需要。

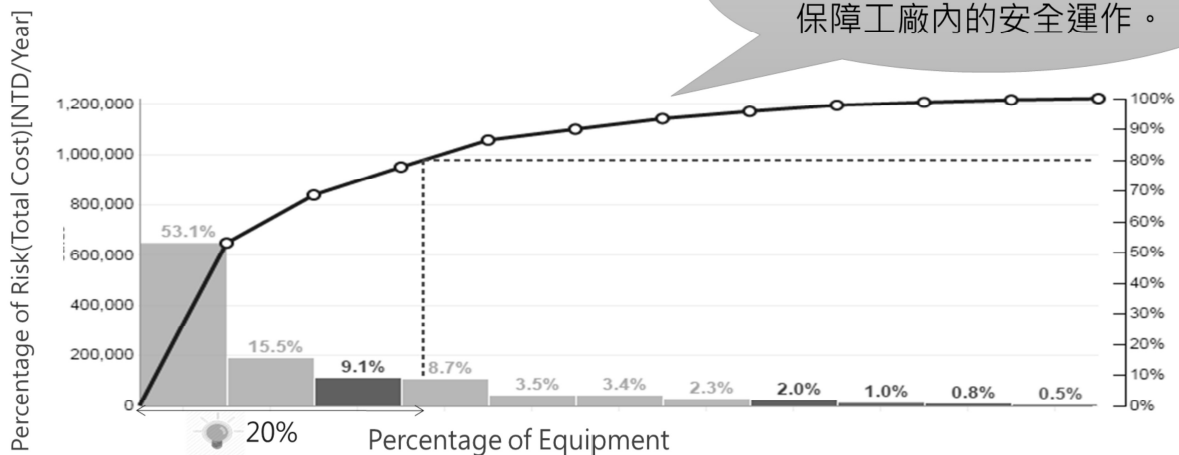


齊頭式管理!?

58

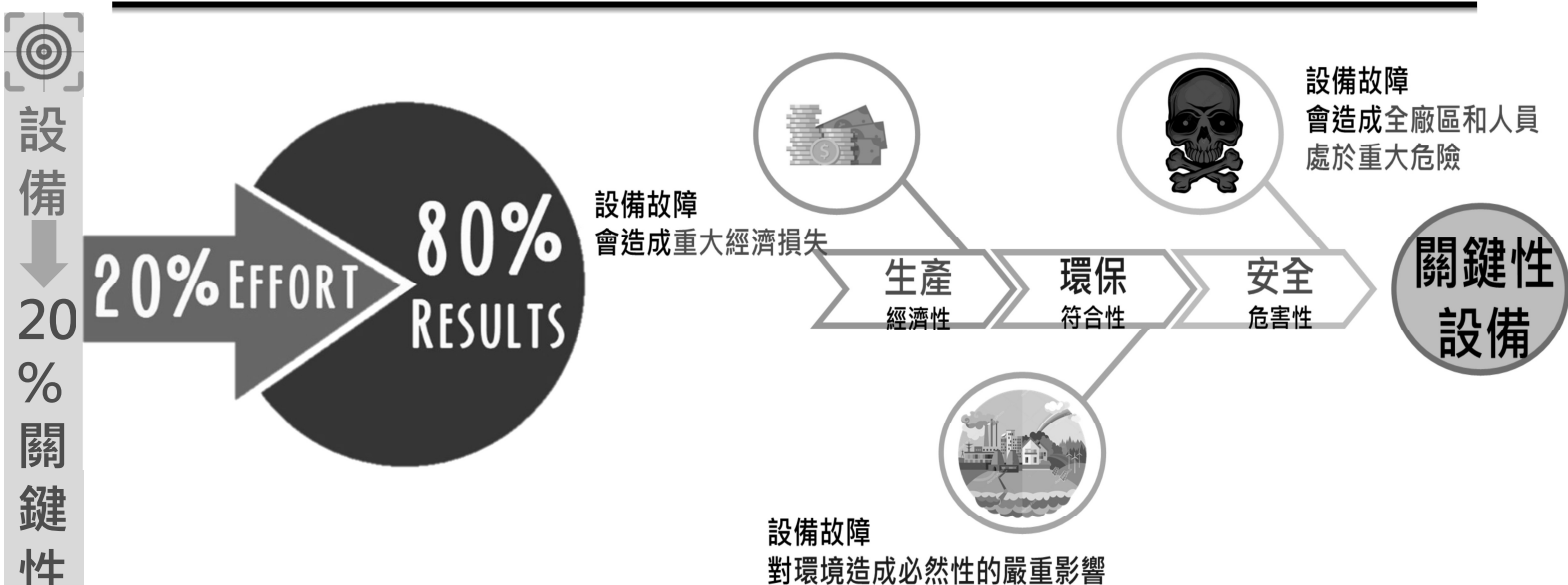
CE-風險概念

80%風險損失來自於20%的關鍵設備



59

CE-類型



依Pareto principle可知：

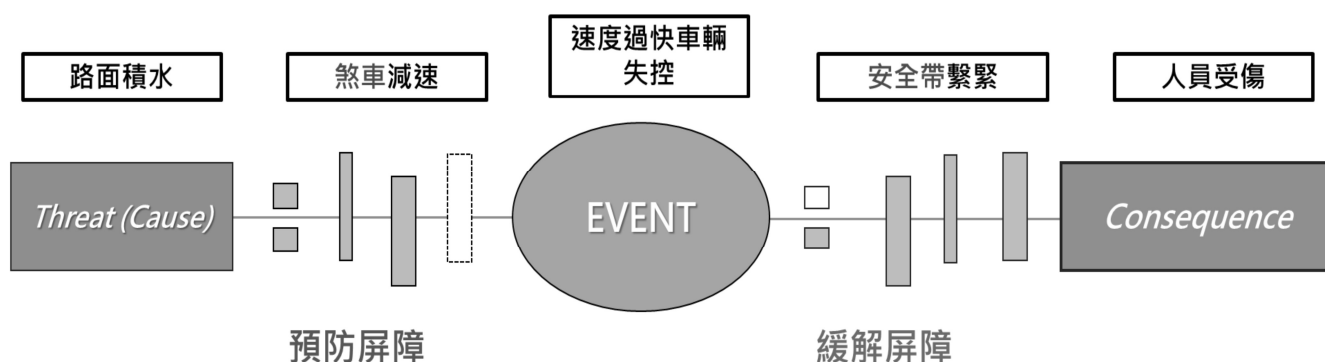
80%的風險損失來自20%的關鍵性設備(Critical Equipment, CE)

60

SCE(安全關鍵性設備)-概念

滿足下列任一條件者：

- 如果失效或故障可能導致重大危害事故。
- 能夠預防重大危害事故的發生或緩解事故後果升級擴大。



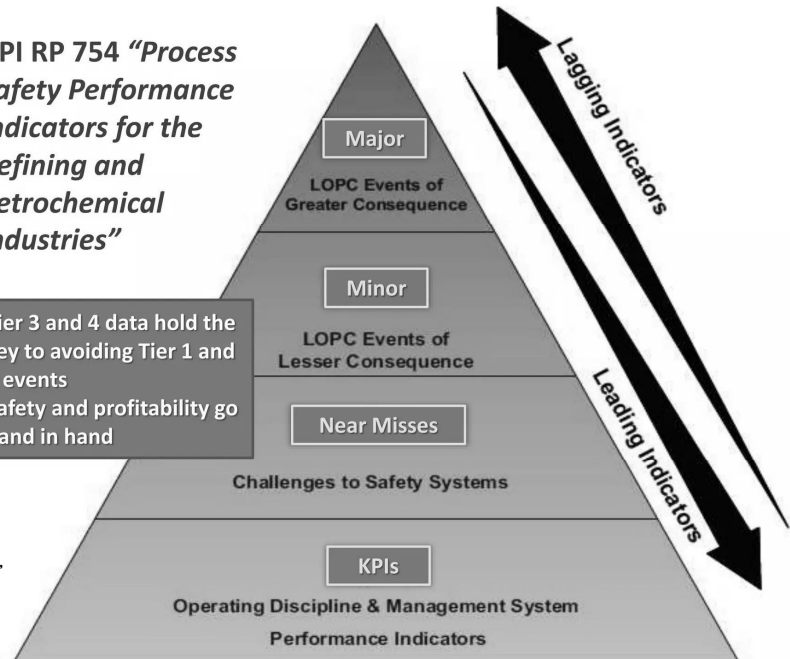
61

什麼是MAH(Major Accident Hazard)

美國CCPS建議可利用API-754之第1層(Process Safety Incident)與第2層(Process Safety Event)來定義MAH

API RP 754 "Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries"

- Tier 3 and 4 data hold the key to avoiding Tier 1 and 2 events
- Safety and profitability go hand in hand



(API-754:煉製及石化業之製程安全績效指標 · Process Safety Performance Indicators for the Refining & Petrochemical Industries)

62

API-754 MAH的嚴重度定義

Severity Points	Consequence Categories				
	Safety/Human Health ^a	Direct Cost from Fire or Explosion	Material Release Within Any 1-Hr Period ^b	Community Impact	Off-Site Environmental Impact ^{a, c}
1 point	• Injury requiring treatment beyond first aid to an employee, contractor, or subcontractor. (Meets the definition of a US OSHA recordable injury.)	• Resulting in \$100,000 ≤ Direct Cost Damage < \$1,000,000.	• Release volume 1x ≤ Tier 1 TQ < 3x outside of secondary containment.	• Officially declared shelter-in-place or public protective measures (e.g., road closure) for < 3 hours, or • Officially declared evacuation < 3 hours.	• Resulting in \$100,000 ≤ Acute Environmental Impact < \$1,000,000.
3 points	• Days Away From Work injury to an employee, contractor, or subcontractor, or • Injury requiring treatment beyond first aid to a third party.	• Resulting in \$1,000,000 ≤ Direct Cost Damage < \$10,000,000.	• Release volume 3x ≤ Tier 1 TQ < 9x outside of secondary containment.	• Officially declared shelter-in-place or public protective measures (e.g., road closure) for > 3 hours, or • Officially declared evacuation > 3 hours < 24 hours.	• Resulting in \$1,000,000 ≤ Acute Environmental Cost < \$10,000,000, or • Small-scale injury or death of aquatic or land-based wildlife.
9 points	• A fatality of an employee, contractor, or subcontractor, or • A hospital admission of a third party.	• Resulting in \$10,000,000 ≤ Direct Cost Damage < \$100,000,000.	• Release volume 9x ≤ Tier 1 TQ < 27x outside of secondary containment.	• Officially declared evacuation > 24 hours < 48 hours.	• Resulting in \$10,000,000 ≤ Acute Environmental Cost < \$100,000,000, or • Medium-scale injury or death of aquatic or land-based wildlife.
27 points	• Multiple fatalities of employees, contractors, or subcontractors, or • Multiple hospital admission of third parties, or • A fatality of a third party.	• Resulting in ≥ \$100,000,000 of direct cost damages.	• Release volume ≥ 27x Tier 1 TQ outside of secondary containment.	• Officially declared evacuation > 48 hours.	• Resulting in ≥ \$100,000,000 of Acute Environmental Costs, or • Large-scale injury or death of aquatic or land-based wildlife.

Tier-2

Tier-1

63

SCE篩選流程

1. 資料收集(如製程資料、設備清單、製程危害分析)
2. 執行SCE篩選
3. 建置SCE清單

關鍵性的判斷：

1. 基於後果影響程度(層面)
2. 基於風險評估
3. 其他考量(如財損、環保...等)

SCE分類

1. 建議使用危害與可操作性分析(HazOp)、失誤模式與影響分析(FMEA)、安全完整性等級(SIL)、基於風險之檢查(RBI)、以可靠性為中心之維護(RCM)等方法，依設備破損、故障或操作失控等對製程、財產、環境、安全之影響程度，**將工廠所有設備單元區分為關鍵性設備與非關鍵性設備。**
2. 針對關鍵性設備訂定高頻率、高精度之檢查、維修保養計畫，以預防非預期性故障及洩漏發生，對於非關鍵性設備，則可降低檢查及維修保養頻率，以節省維修成本與工作負擔。
3. 對於關鍵性設備**除實施定期檢查及測試外，亦可考量以其他方式(如振動偵測警報等裝置)**偵測該設備可能或已經發生之異常狀況，並採取適當之矯正措施。

關鍵性設備篩選分析工具(職安署)

方法一、規定性原則判定方法

1. Q1. 所有容納危害物質的設備和洩放裝置，均應納入SCE。
2. Q2. 緊急停機(以下簡稱ESD)系統僅限於可以手動、遠程啟動關斷裝置而將製程隔離者，此類緊急停機系統通常藉由設在控制室的開關來啟動。
3. 其餘設備按照以下原則進行篩選：
 - Q3. 所有用於偵測洩漏發生或減輕洩漏影響的系統（例如，區域碳氫化合物偵測器、噴淋系統、防液堤區）。
 - Q4. 任何會直接導致洩漏的製程偏離，此偏離的偵測設備（例如，有些容器之高高壓警報裝置配有排放至大氣之釋壓閥），且該偵測裝置故障時並無警訊者，都要列為SCE。
 - Q5. 若製程偏離會導致另一製程偏離的產生（如容器中高溫警報或高液位警報器，這些偏離可導致高壓），如果在發生洩漏前，最後的偏離可被偵測到(即上例中提到的高壓)，則該裝置(高溫警報)不必納入SCE。
 - Q6. 當沒有用於偵測洩漏前的最後一個製程偏離的裝置時，那麼偵測形成原因的設備就要列入SCE清單（例如，防止壓縮機故障或單密封泵密封失效的安全防護措施）。

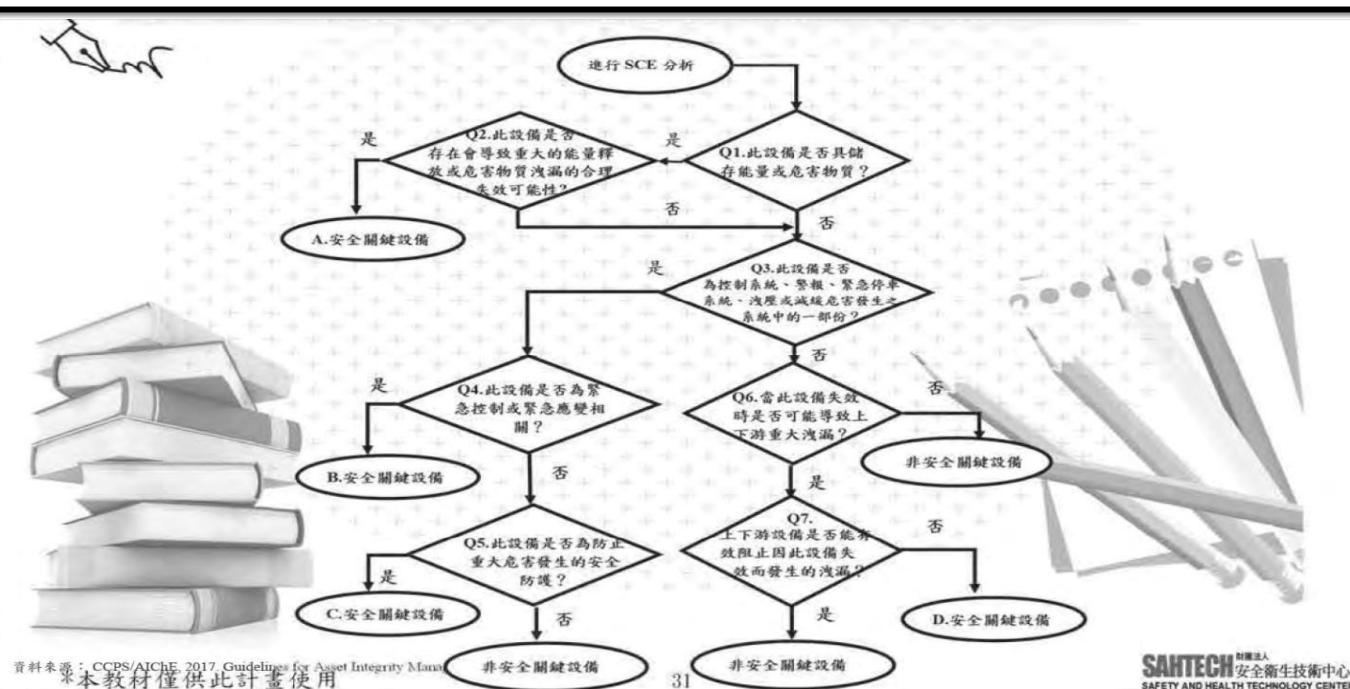
*本教材僅供此計畫使用

30

SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER
SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER

資料來源：113年度「工廠安全關鍵性設備篩選實務」教育訓練教材(職安署 製程安全管理資訊應用與交流網站)

方法二、風險性原則判定方法



資料來源：113年度「工廠安全關鍵性設備篩選實務」教育訓練教材(職安署 製程安全管理資訊應用與交流網站)

關鍵性設備篩選分析工具



<https://psm.osha.gov.tw/hwripsm/login.action>

事業單位功能模組

- 事業單位資料清單
- 案件清單查詢
- 設備清單明細表(管理者)
- 案件到期清單查詢
- 案件定期評估提醒通知
- 高風險化學品提報清單
- 規定性安全關鍵性設備篩選分析表
- 風險安全關鍵性設備篩選分析表

1. 規定性安全關鍵性設備篩選分析表
2. 風險安全關鍵性設備篩選分析表

資料來源：115年度「機械完整性」實務訓練教材(職安署 製程安全管理及火災爆炸預防輔導計畫)

線上工具_規定性安全關鍵性設備篩選分析表

Q5.若製程偏離會導致另一製程偏離的產生，如果在發生洩漏前，最後的偏離可被偵測到，則最後的偏離之偵測裝置即納入SCE，但若其他偵測及控制裝置可有效預防洩漏發生也應視為SCE。	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不適用	執行過程說明：
Q6.當沒有洩漏前預防最後一個製程偏離的偵測裝置時，那麼形成原因的設備或其偵測裝置就要列入SCE清單	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不適用	執行過程說明：
安全關鍵性判斷結果		☐ 關鍵性 ☐ 非關鍵性

備註：

- 1.問項須根據規定性判定篩選原則依序檢核，任一問項判定為「是」則屬於安全關鍵性設備。
- 2.「執行過程說明」欄位上之說明僅供參考，事業單位應依實際執行狀況予以說明。

匯出word

匯出odt

*本教材僅供此計畫使用

96

SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER
SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER

資料來源：115年度「機械完整性」實務訓練教材(職安署 製程安全管理及火災爆炸預防輔導計畫)

70

線上工具_風險安全關鍵性設備篩選分析表

Q6.當此設備失效時是否可能導致上下游重大洩漏？	☐ 是 ☐ 否	執行過程說明： 	備註說明： 1.如果【是】則進行Q7問項流程。 2.如果【否】則為非安全關鍵性設備，Q7為【不適用】。
Q7.上下游設備是否能够有效阻止因此設備失效而發生的洩漏？	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不適用	執行過程說明： 	備註說明： 1.如果【是】則為非安全關鍵性設備。 2.如果【否】則為安全關鍵性設備。
安全關鍵性判斷結果		☐ 關鍵性 ☐ 非關鍵性 ☐ 不適用	

備註：

- 1.問項須基於風險安全關鍵性設備篩選分析流程依序檢核。
- 2.「執行過程說明」欄位上之說明僅供參考，事業單位應依實際執行狀況予以說明。

匯出word

匯出odt

教材僅供此計畫使用

99

SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER
SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER

資料來源：115年度「機械完整性」實務訓練教材(職安署 製程安全管理及火災爆炸預防輔導計畫)

71

安全關鍵任務(SCM)與製程安全績效指標(PSPI)



對於 SCE 所建立的 SCM 是否可以達成預定的性能，企業宜建立長期的 SCM 查核管理機制（亦即建立一種指標），來了解目前 SCM 的內容是否適當，且是否為廠內所落實。

由於建立此類指標的目的是避免廠內發生 MAH 的意外事故，故此類指標常被稱為製程安全績效指標(Process Safety Performance Index, PSPI)。

PSPI 通常又區分為：

1. 領先指標與落後指標，領先指標係反應廠內推動 SCM 的落實程度。
2. 落後指標通常反應在既有 SCM 制度下其對應的 SCE 仍發生失效情形，亦即與目前 SCM 內容的合適性有關。

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

72

某廠安全閥與緊急遮斷閥類型的 SCE 之 SCM 內容

對於建立的關鍵性設備清單，宜再逐一確認其維修保養計畫的項目、有效性與執行頻率等，由於此類維修保養計畫涉及安全關鍵設備，故常被稱為安全關鍵任務 (Safety Critical Mission, SCM)。

SCM	SCE	參考 SOP/ 指引	執行頻率	驗收規範	矯正措施
安全閥 性能測試	PSV-002 PSV-801 PSV-806	CNS9969、 自動檢查 指引	1次/1.5年	ASME BPVC Sec. VIII, div.1、 API 520	測試未通過 者更換備品
緊急關斷閥 性能測試	HV-113 HV-007	自動檢查 指引	1次/1.5年	測試合格	關斷失效者 開立工單安 排更換

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

73

某廠對 SCE 所建立之 PSPI 內容

MAH 情境	關鍵元件	領先 A 指標	領先 B 指標
壓縮機系統 (高壓)	安全閥PSV-002 安全閥PSV-801 安全閥PSV-806	測試頻率 (目標：1 次/1.5 年) 拆解前性能測試通過率 (目標：100%)	跳脫異常次數 (目標：0 次/ 年)
	緊急關斷閥 HV-113	關斷閥測試頻率 (目標：1 次/0.5 年)	測試關斷失效次數
			(目標：0 次/ 年)
	壓力指示器 PI-390 H Alarm，人員確認後停壓縮機 C-102； PI-087 HH Alarm，人員確認後停壓縮機 C-102； PIC-275 HH alarm，人員確認後停壓縮機 C-102	儀錶校正頻率 (目標：1 次/0.5 年)	正常運轉警報異常次數 (目標：0 次/ 年)

74

參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

防範MAH發生的管理流程



1. 執行風險評估：如HAZOP
2. 找出高風險災害：引發MAH情境(災難性洩漏)或風險
3. 建置關鍵性設備(SCE)清單：影響MAH情境發生所對應的SCE
4. 確認安全關鍵任務(SCM)：維修保養計畫的項目、有效性與執行頻率
5. 制定製程安全指標(PSPI)：可做為長期SCM的查核管理機制，了解目前SCM內容是否適當，與落實情況

75

製程安全管理-國內相關法令與規定

製程安全評估定期實施辦法 第10條

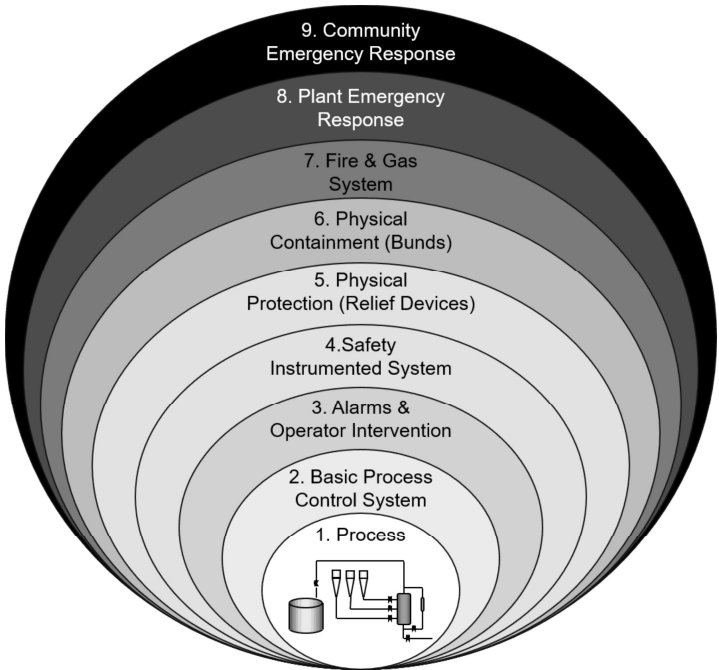
事業單位有工作場所發生下列情事之一者，應檢討並修正其製程安全評估報告後，留存備查：

- 一、本法第三十七條第二項規定之職業災害。
- 二、火災、爆炸、有害氣體洩漏。
- 三、其他認有製程風險之情形。

勞動檢查機構得請事業單位就評估報告內容提出說明，必要時，並得邀請專家學者提出建議。

石化產業製程安全管理與實務分享

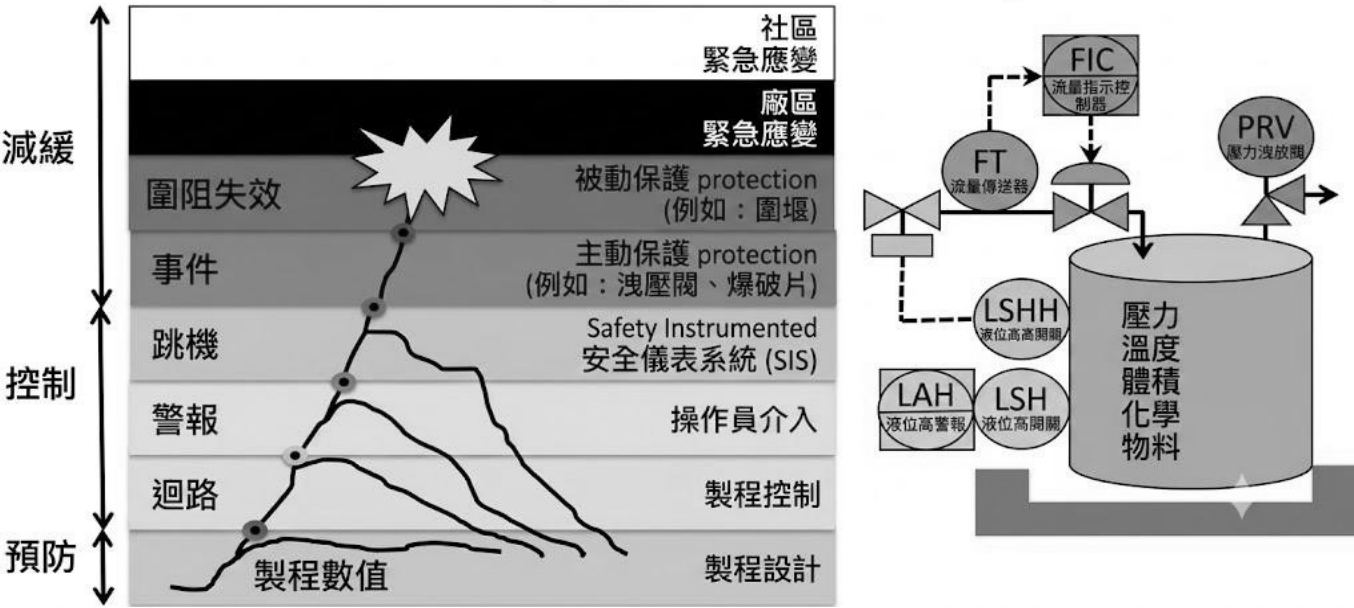
Onion theory



78

化工製程的操作異常與保護

保護層級 (Layers of Protection)



79

MAH與保護屏障鑑別

MAH & Barrier ①②③

① 製程危害分析



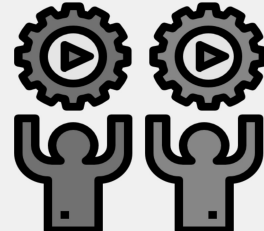
製程特性與危害性進行分析評估

② 重大事故危害MAH



可能造成人員、環境與生產重大事故

③ 保護屏障確認

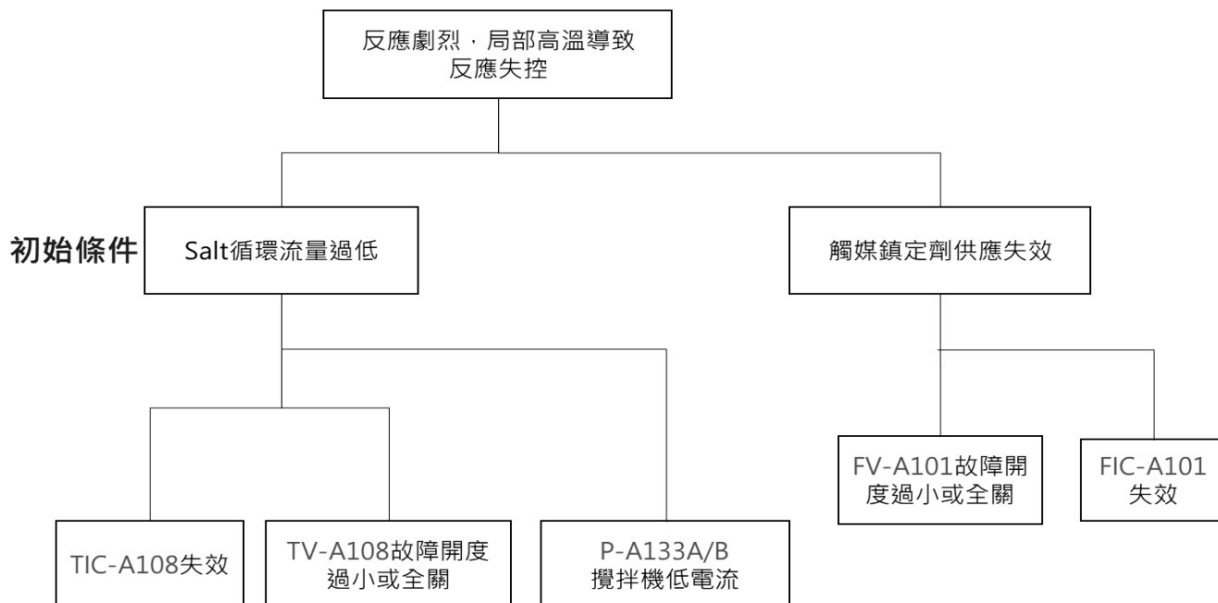


設計、預防與削減等屏障有效性

經由製程危害分析(如HAZOP、Bow-tie...等)，辨別出可能會引發的MAH，並確認本質設計、預防/保護與削減/復原等各階段保護屏障

某廠 A1 製程 MAH 情境之原因分析

A1製程MAH初始條件說明(反應劇烈，局部高溫導致反應失控)



參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

A1 製程 MAH 情境下有關連鎖跳俾類型的獨立保護層分析

安全儀錶功能名稱	安全儀錶功能說明		安全儀錶功能設計架構	
反應器入口管線高溫連鎖 I-14	Causes: 靜態混和器出口到反應器入口高溫TAHH-A103 (200°C)	Effects: 關斷丁烷進料XV-A102A、FV-A103；打開XV-A102B與關斷空氣入料XV-A101 (延遲40秒關75%，再125秒關25%)	Sensor: TAHH-A103	Final Element: XV-A102A、XV-A102B、FV-A103、XV-A101
反應器循環冷卻鹽高溫連鎖 I-18	Causes: 反應器循環冷卻鹽高溫TAH-A104A ~ D(460°C) (3oo4)		Sensor: TAH-A104A ~ D	
反應器出口高溫連鎖 I-16	Causes: 反應器出口高溫TAH-A132 (460°C)		Sensor: TAH-A132	
反應器循環冷卻鹽攪拌機跳停連鎖 I-20 I-21	Causes: 反應器循環冷卻鹽攪拌機低電流跳停 IALl-A103、IALl-A104 (1oo2)		Sensor: IALl-A103、IALl-A104	

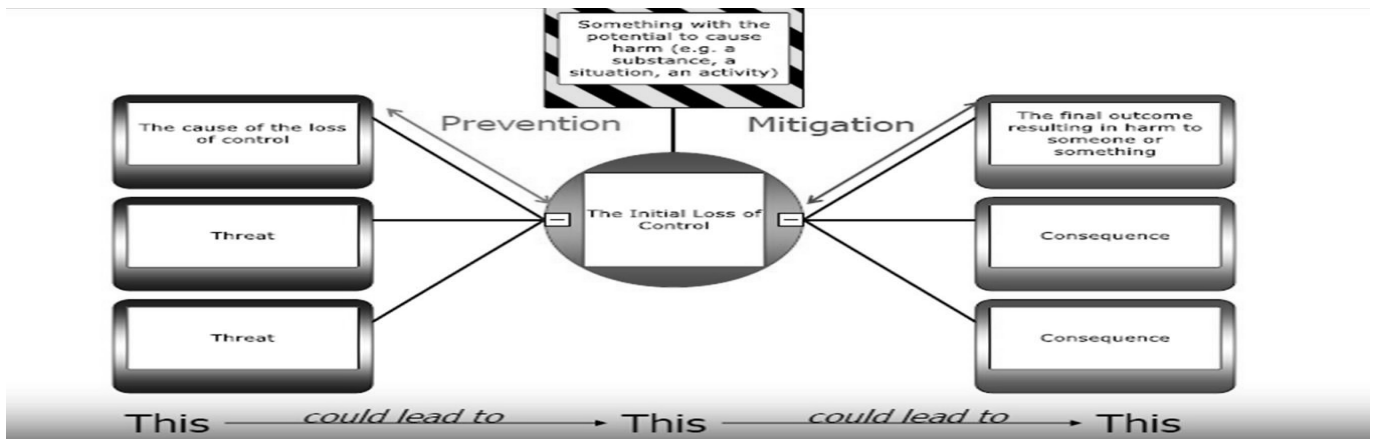
參考來源：勞安所_危害及可操作性分析定期評估實務參考手冊

何謂Bow-Tie?



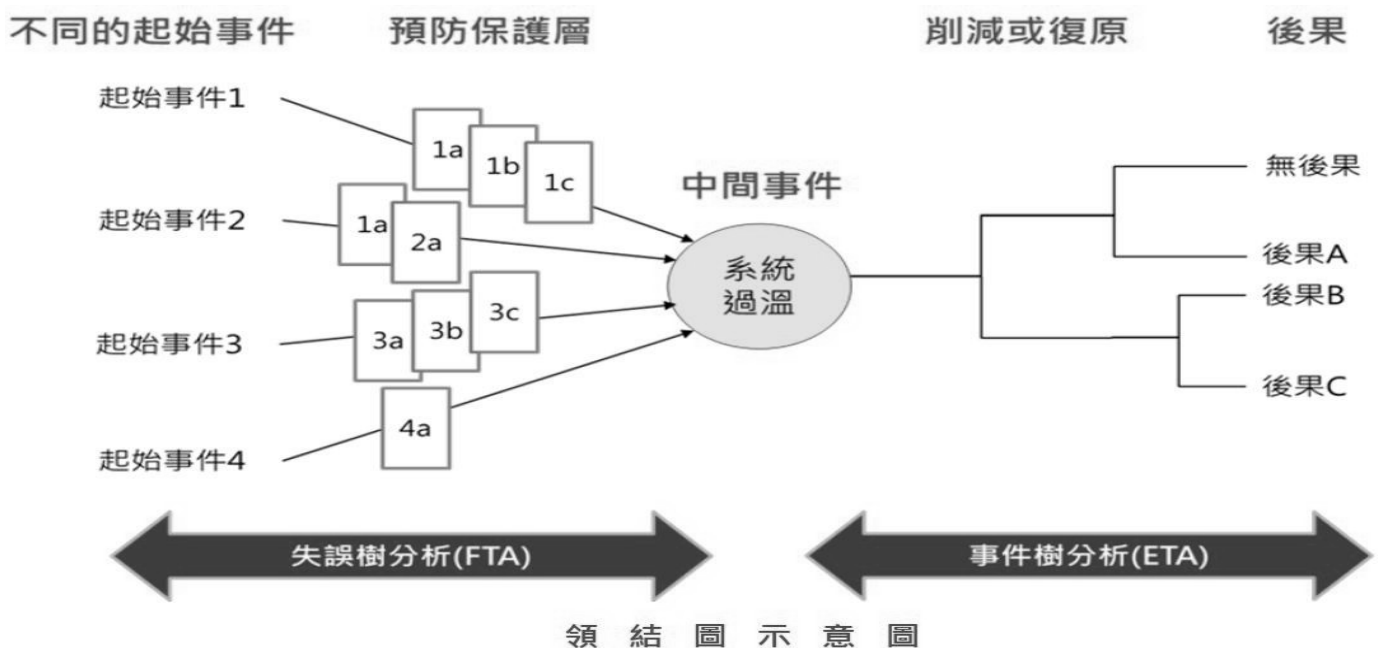
Bow-tie analysis(領結/蝴蝶結分析,BTA)

領結/蝴蝶結分析法 (Bow-tie Analysis, 簡稱BTA) 是指用繪製蝴蝶結圖的方式來表示事故 (頂事件)、事故發生的原因、導致事故的途徑、事故的後果以及預防事故發生的措施之間的關係, 來進行風險分析方法。



84

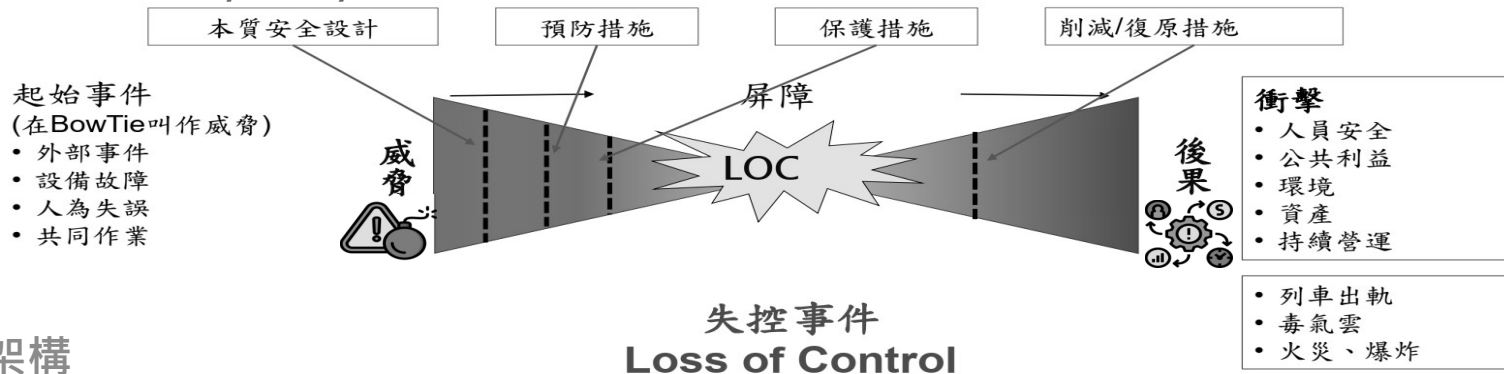
FTA & ETA



85

Bow-tie的概念

從原因/屏障/事件演變到後果的全貌



架構

圖示



Bow-tie的執行

資料準備

- PFD & Stream table
- P&ID
- Equipment Data Sheet(如:塔槽、Drum、換熱器、泵....)
- Instrument Data Sheet(如:控制閥、安全閥、關斷閥.....)
- Plot Plan
- DCS畫面
- 安全連鎖系統因果矩陣(Cause & Effect Matrix)
- 建廠時HazOp全部節點之彙整資料



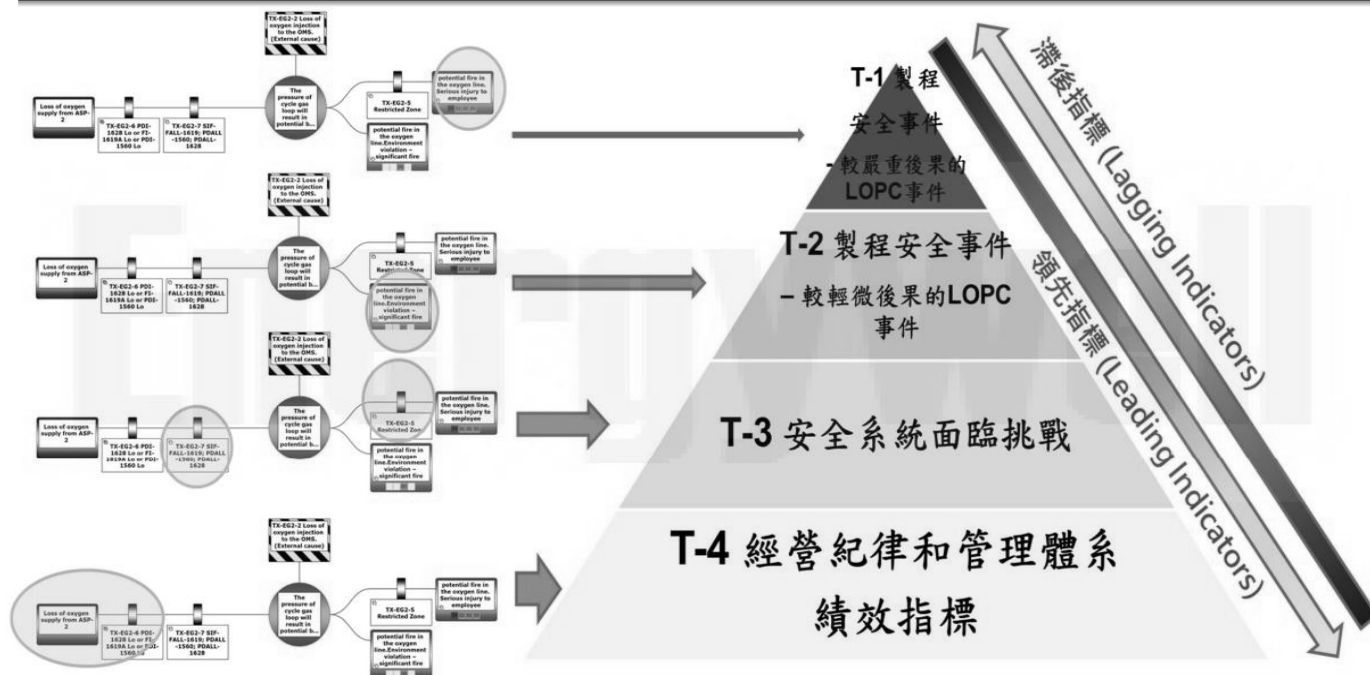
建置評估小組與共同討論



使用工具-Bowtie(領結分析軟體)



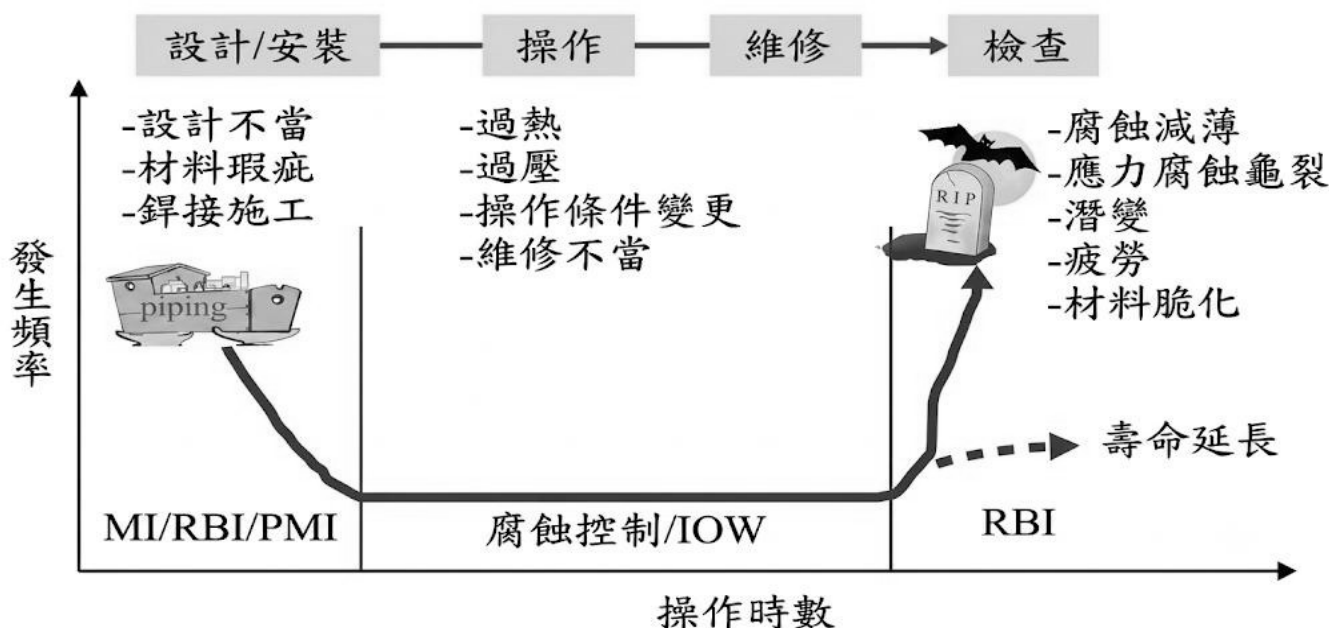
BTA與PSPI(製程安全績效指標)



資料來源:游輝祥博士(英能)-從危害控制分析談重大危害事件管理 (高市勞檢處)

以靜態設備為例

管線生命週期



參考資料：材料世界網

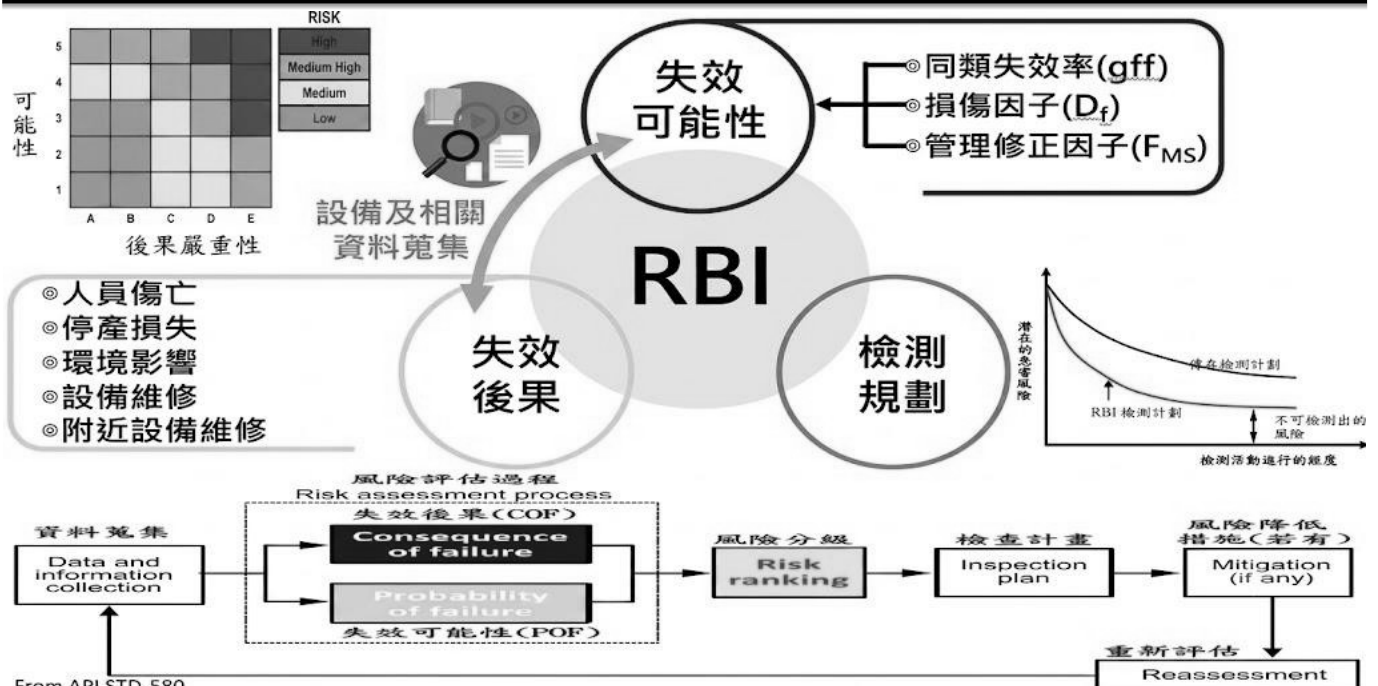
90

RBI-基本概念

- 所有的設備都有可能存在製造缺陷，雖然大部份的缺陷對設備而言是無害的，但仍有些缺陷可能導致洩漏或災害損失。
- 引用以風險為基準的檢查 (Risk Base Inspection, RBI)，即可指引我們經濟有效地找出危害性缺陷的正確方向。
- RBI是採納風險因素至檢查及保養決策的技術，結合損傷機率與影響後果，以建立設備風險等級的優先次序。透過個別設備的檢查規劃，以及高風險投注高資源，低風險投注低資源的方式，使檢查及保養資源妥善分配。

91

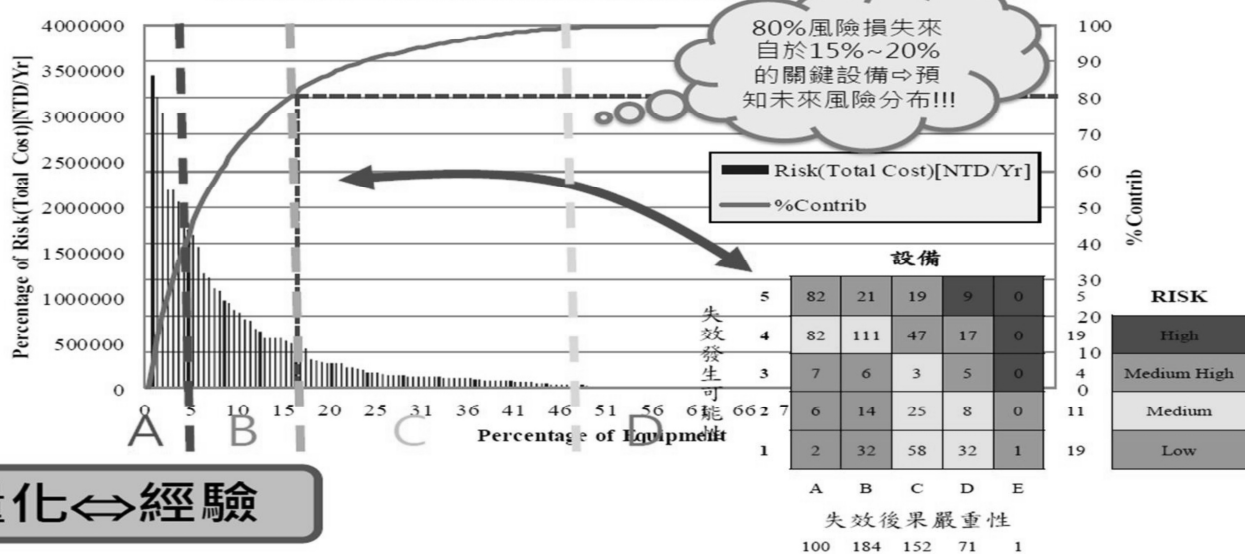
RBI-整體概念



92

RBI-pareto principle(80/20)

RBI分析的目: 1.客觀、量化地找出高風險設備 vs. 定性、主觀的判定
2.後續對高風險設備嘗試調整檢查頻率、檢查比率、調降負載等手法以降低關鍵設備的風險



量化⇔經驗

參考資料：高科大可靠度中心

93

RBI-應用

進行風險評估

- 所有被評估設備皆可了解其風險等級

安排風險減緩方法

- 除檢測外其他的降低風險方法(如：維修、更換或提升安全防護措施)

排定檢測計畫

- 合適檢測方法(如目視、超音波等)
- 檢測比例(如應檢測的百分比)
- 檢測/檢查時間



了解設備風險變化

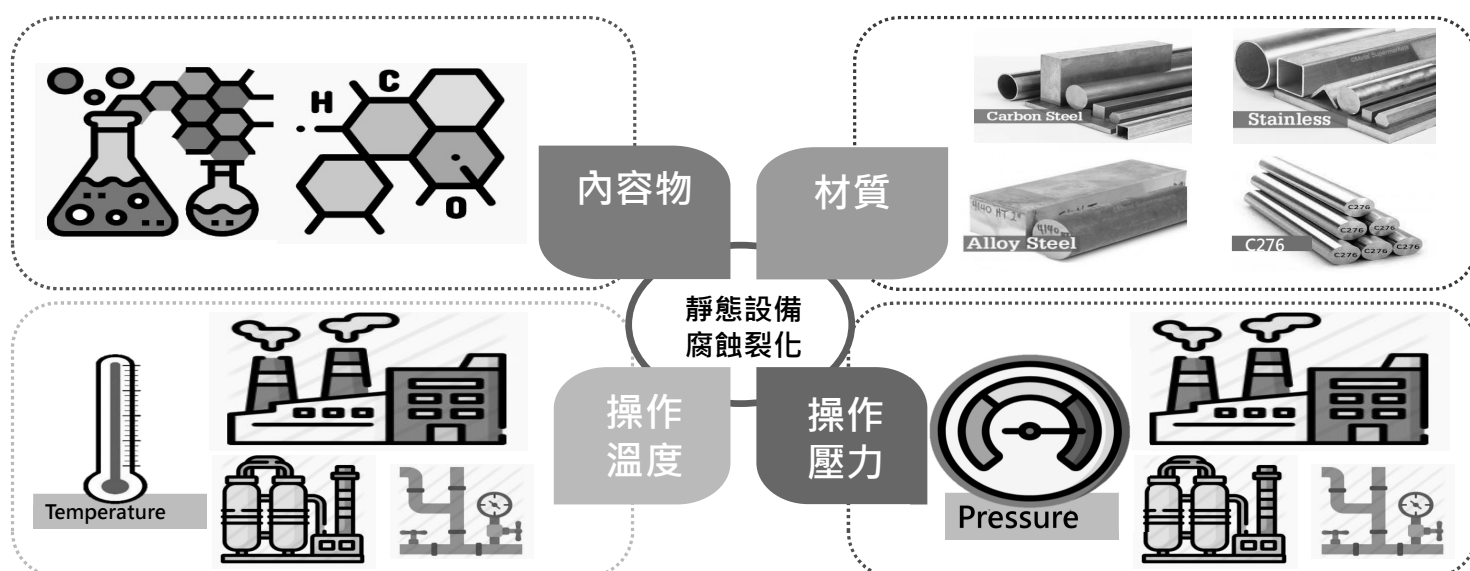
- 檢測計畫或其它風險減輕措施實行後，設備的風險變化

清楚風險驅動因素

- 導致風險明顯趨升的原因
(如:外部環境變更等)

94

RBI-腐蝕環路



腐蝕環路：將具有相同的腐蝕機制與材質等，建立群組

95

石化產業 智慧化應用

石化產業智慧化應用層面

- 人員管理
- 製程管理
- 設備管理

以下資料參考來源：石化/化學既設工廠智慧安全技術指引-2024 版(經濟部產業發展署)

石化產業智慧化應用層面-人員管理

解決面向	可導入技術	成熟度/說明
工作場域安全管理困難	電子圍籬	透過影像辨識之電子圍籬技術，可辨識人員是否進入管制區域、區域內是否有危險。屬於成熟技術
	確認個人防護具(PPE)使用	單純確認人員身上是否有防護具屬成熟技術；確認防護具的正確使用則有待發展
	辨識標準作業程序	視使用情境而定

□ 影像辨識槽車作業



AI偵測料管連接狀態，拔除狀態才予以放行(綠燈)

□ 影像辨識個人防護具



98

石化產業智慧化應用層面-人員管理

解決面向	可導入技術	成熟度/說明
人員位置與狀態不易掌握	人員定位	定位技術已為發展成熟之技術，但若加入偵測生理狀態的穿戴裝置則要視現場作業需求（如是否具防爆性能）
	人員跨區警示	定位裝置屬於發展成熟之技術
知識傳承與人員訓練效率低	延展實境技術XR	現場模型之建立技術層面較高，屬於發展中技術。在硬體技術層面，此牽涉到裝置防爆性能、續航力、以及網路傳輸等問題，國內較少相關技術產品，屬發展中技術

□ 巴斯夫公司(BASF) 應用MR(混合實境)技術進行教育訓練範例圖



99

石化產業智慧化應用層面-人員管理

解決面向	可導入技術	成熟度/說明
緊急應變能量不足	救災無人載具	救災無人載具因使用環境嚴苛，且因性能要求使得其造價較高，加上火災事故發生機率低等緣故，較少業者購置，多屬政府消防主管機關所有

□ 日本消防廳消防大學-消防無人載具系統Scrum Force示意圖



100

石化產業智慧化應用層面-人員管理2

解決面向	可導入技術	技術成熟性
巡檢耗費人力	智慧巡檢系統	此類影像辨識技術(利用防爆手機、防爆平板等進行巡檢時，裝置上之鏡頭可自動判讀與記錄，可有效提升巡檢速度並降低錯誤機率。)及巡檢結果之記錄與分析已屬成熟技術
巡檢時間較長	無人載具	自主行走之無人載具（如機器狗等）是一大考驗，是為目前技術應突破之重點，甚至待開發之重點技術

□ 三菱化學株式會社工廠設備巡檢 □ 三菱重工自動巡檢無人載具



101

石化產業智慧化應用層面-製程管理

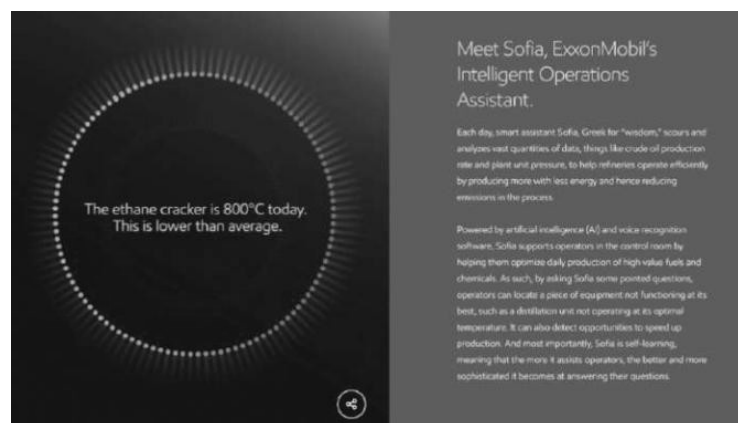
解決面向	可導入技術	備註
製程最佳化與異常檢測困難	製程參數最佳化	
	人工智慧助理	
	數位孿生 (Digital Twin)	
缺乏即時監控與診斷	數位孿生 (Digital Twin)	

102

石化產業智慧化應用層面-製程管理

□ 艾克森美孚石油公司人工智慧助理Sofia示意圖

□ 殼牌公司數位孿生示意圖



103

石化產業智慧化應用層面-製程管理

解決面向	可導入技術	備註
化學物質洩漏	影像辨識氣體洩漏	

□ 氣體洩漏AI辨識圖



□ Honeywell GCI系統偵測示意圖



104

氣體洩漏影像自動辨識技術 工廠管線抓漏的好幫手

大多數工業用管線甚長，且閥件數量龐大，目前尚無法進行長期、高效率的監測；現下普遍的監測方式，就是以紅外線熱影像或單點抽氣式機器掃描，輔以人工巡查，檢測管線是否洩露出易燃、易爆或是有毒氣體。

氣體洩漏影像自動辨識技術的優勢，在於「影像穩定」與「影像強化演算法」兩大技術，能改善人工辨識率不足問題，強化微小氣體可視性與移動辨識之穩定性，即使是每小時洩漏1公克的微小氣體洩漏，也能看得出來。搭配「機器學習動態影像分析辨識演算法」，強化偵測靈敏度。



當「氣體洩漏影像自動辨識技術」結合無人機，不僅彌補傳統人工偵測辨識率不足的問題，也大幅降低管線洩漏引發災禍的頻率。

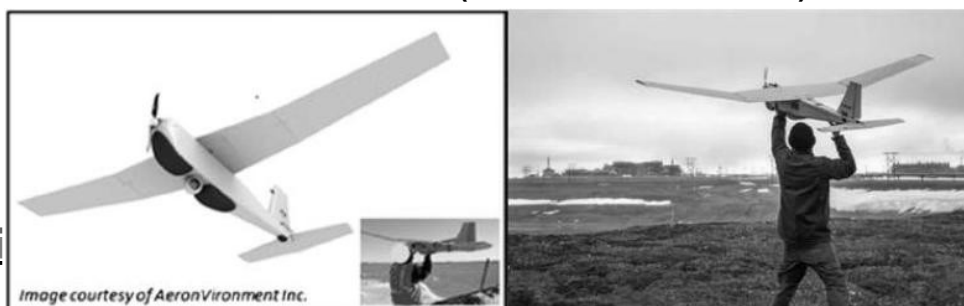
資料來源：工研院

105

石化產業智慧化應用層面-設備管理

解決面向	可導入技術	備註
缺乏設備性能與狀態監測	設備狀態預警	
缺乏失效模式與故障部位診斷	故障診斷及預測	
設備與管線腐蝕預測	腐蝕診斷及預測	
腐蝕診斷及預測	巡檢無人載具	

□ Puma™ AE型無人飛行載具(應用於普拉德霍灣油田)



106

石化產業智慧化應用_基礎技術

技術項目	應用範例
數據管理平台	人員管理、化學品管理、設備管理、環保管理等
人員定位系統	當人員有異常狀況時，系統可自動發出警告
電子圍籬	危險管制區域（如局限空間、吊掛作業等）、禁止進入區域（如危險性工作場所、製程區等）等
基礎影像辨識	防護具管制、區域環境監視等
智慧巡檢	日常例行巡檢、設備管線巡檢等
氣體偵測	廠區周界監測、重點製程區域監控
設備、管線狀態監測	監測高風險管線（含地下管線）或關鍵設備

107

石化產業智慧化應用_進階技術

技術項目	應用範例
延 展 實 境 XR (AR/VR/MR)	用於製程現場遠端支援或人員教育訓練
進階影像辨識	確認防護具穿戴或使用正確性、辨識人員操作等
無人載具	於高空或危險區域，對設備和管線進行自動巡檢、維護或救災
設備、管線故障診斷及預測	進行設備與管線管理並藉此安排維修保養工作
工廠智慧助理	工廠資料庫管理回答問題或分析工廠日誌與操作數據
戰情室、製程調整與模擬試驗	製程操作、產能提升
數位學生 108	戰情室、製程調整與模擬試驗

3. 澎湖常見作業危害 與安全防範作為



食品加工業



常見危害類型

- 滑倒
- 切割夾捲
- 燒燙傷
- 物體飛落(飛落物擊中)
- 噪音
- 感電
- 火災爆炸
- 缺氧
- 吸入有害性氣體
- 肌肉骨骼傷害

115.09.02 捲夾事故案例

新北市板橋區一間家庭式食品工廠，一名70歲陳姓女員工從事絞肉代工，今上午作業時疑似操作不慎，**整支右手被捲入機具，嚴重變形，同時大量出血。**

消防人員使用破壞機具助其脫困，但經CPR仍無法令其恢復呼吸心跳，送往亞東醫院急救，**最終傷重不治。**

勞檢處指出...現場攪拌機未設置安全護圍，造成陳女手臂遭捲入後受困，加上該機械也未設置緊急動力遮斷裝置，導致憾事發生。



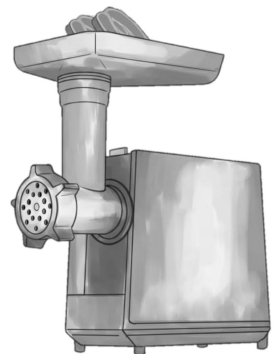
資料來源：自由時報

112

以切割夾捲事故為例

情境：屠體肉品成品切割、原料攪拌、輸送帶輸送等作業，過程中可能會發生遭利刃切割、遭攪拌機或絞肉機捲入、遭輸送帶轉軸捲入等危害。

對策：轉軸、傳動軸、利刃切割機具等應裝設護罩，絞肉機使用具有頸深構造設備，並使用壓棒將肉品推入；切割作業配戴防切割手套等。



資料來源：食品加工廠安全衛生注意事項 (職安署 中小企業安全衛生資訊網)

113

職業安全衛生設施規則 第57條【修改】

雇主對於機械、設備及其相關配件之掃除、上油、檢查、修理或調整有導致危害勞工之虞者，應採取下列措施

一、停止相關機械運轉及送料。

二、上鎖及設置標示等措施，防止誤操作該機械、設備及其相關配件之起動等裝置或誤送料。

三、設置防止落下物導致危害勞工之安全設備及措施。

※ 預計116年1月1日施行

職業安全衛生設施規則 第57條【修改】-續

雇主進行前項作業前，應依作業場所狀況與機械、設備及其相關配件等，訂定危害防止計畫，使作業勞工周知，並依計畫從事作業；其內容應包括下列事項：

一、作業危害之辨識、評估及控制措施。

二、作業方法及安全管制作法。

三、作業許可程序。

四、作業安全檢點方法。

※ 預計116年1月1日施行

職業安全衛生設施規則 第57條【修改】-續

第一項機械、設備及其相關配件停止運轉或拆修時，有彈簧等彈性元件、液壓、氣壓或真空蓄能等殘壓引起之危險者，雇主應採釋壓、關斷或阻隔等適當設備或措施。

第一項工作必須在運轉狀態下施行者，雇主應於危險之部分設置護罩、護圍等安全設施或使用不致危及勞工身體之足夠長度之作業用具。對連續送料生產機組等，其部分單元停機有困難，且危險部分無法設置護罩或護圍者，雇主應設置具有安全機能設計之裝置，或採取必要安全措施及書面確認作業方式之安全性，並指派現場主管在場監督。

※ 預計116年1月1日施行

常見危害類型

- 落海（溺水/失蹤）
- 切割夾捲
- 滑倒、跌倒與墜落
- 物體飛落
- 局限空間中毒與缺氧
- 感電
- 火災爆炸
- 肌肉骨骼傷害
- 極端溫度(高、低溫)

118

114.11.15從事漁船出海作業發生溺斃致死災害

漁船於 114 年 11 月 15 日 20 時 40 分許，航行於北緯 25 度 32 分，東經 122 度 03 分 距彭佳嶼南方 6 浬海域，車葉突然絞網無法航行，船長即打空檔，輪機長及 2 名外籍船員至船艙察看，突然一陣大浪來襲，罹災者不慎掉入海裡，罹災者當時未穿救生衣，當時無法靠人力將罹災者拉至船上，後來用吊桿將罹災者撈上船，惟已無生命跡象。



資料來源：職安署

119

114.11.15從事漁船出海作業發生溺斃致死災害

(一) 直接原因：

罹災者不慎掉入海裡，因未穿救生衣造成溺水窒息而死亡。

(二) 間接原因：

本案屬海難，依海上交通主管機關鑑定結果，勞工作業有落水之虞，未使勞工穿著救生衣。

(三) 基本原因：

1. 未置職業安全衛生業務主管。
2. 未訂定職業安全衛生管理計畫，亦未有執行紀錄。
3. 未訂定自動檢查計畫。
4. 未使勞工接受一般安全衛生教育訓練。
5. 未訂定職業安全衛生工作守則。

資料來源：職安署

120

114.2.11 漁船作業外籍勞工發生被夾-被捲致死災害

114年2月11日20時許，船長林○○及印尼籍勞工等3人因漁獲甚少，於返回港口附近海域途中，罹災者操作絞機進行漁網收網作業，操作絞機過程中罹災者雨衣及衣服不慎遭絞機捲入後，罹災者身體捲曲在絞機上方，頭部在下方、腳部懸空，船上其他漁工關掉絞機控制拉桿後往醫院接受急救治療不治死亡。



資料來源：職安署

121

114.2.11 漁船作業外籍勞工發生被夾-被捲致死災害

(一) 直接原因：

罹災者操作絞機進行漁網收網作業於，雨衣及衣服遭絞繩器捲入後，致罹災者頭部及多重器官創傷死亡。

(二) 間接原因：

本案屬海難，依海上交通主管機關鑑定結果。

(三) 基本原因：

本案屬海難，依海上交通主管機關鑑定結果。

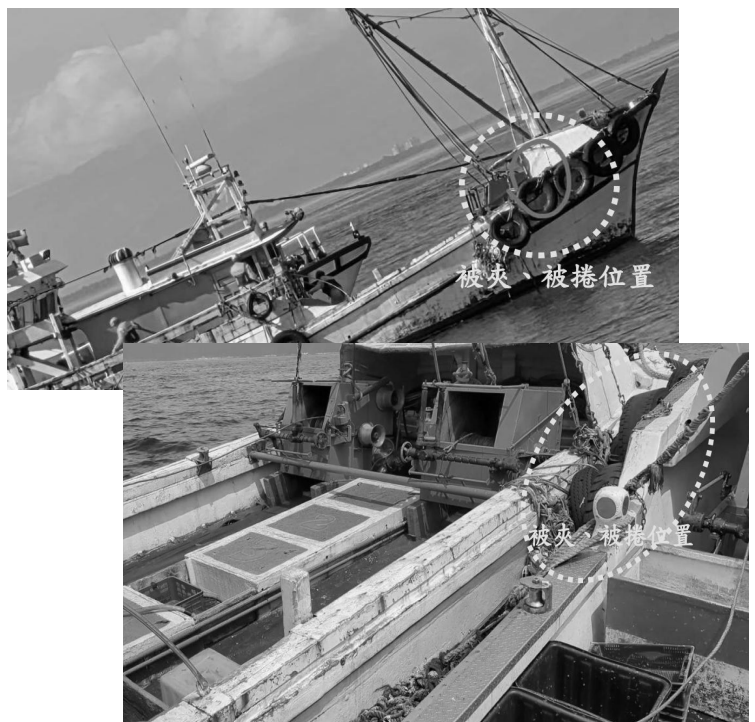
防災對策：

雇主對於勞工操作或接近運轉中之原動機、動力傳動裝置、動力滾捲裝置，或動力運轉之機械，勞工之頭髮或衣服有被捲入危險之虞時，應使勞工確實著用適當之衣帽。

資料來源：職安署

114.10.11從事漁船出海作業發生被夾-被捲致死災害

漁盛○○號與志成○○號為雙拖網漁船合併作業，漁盛○○號為主船，志成○○號為副船，114年10月11日8時50分許，兩船船艙合併時，罹災者於漁盛○○號船艙輪胎旁綁繩索，剛好兩艘船相撞，罹災者掉到志成○○號漁船上，被漁盛○○號船艙輪胎夾到，...，於114年10月11日11時11分許不治死亡。



資料來源：職安署

114.10.11從事漁船出海作業發生被夾-被捲致死災害

(一) 直接原因：

罹災者於宜蘭縣頭城鎮龜山島西南方海域於漁盛○○號漁船上執行和另一艘志成○○號漁船兩船船艙綁繩索合併作業時，遭到兩船船艙夾擊或碰撞，致罹災者大量出血死亡。

(二) 間接原因：

本案屬海難，依海上交通主管機關鑑定結果。

(三) 基本原因：

1. 未置職業安全衛生業務主管。
2. 未訂定職業安全衛生管理計畫，亦未以安全衛生管理執行紀錄或文件代替職業安全衛生管理計畫。
3. 未訂定自動檢查計畫。
4. 未使勞工接受一般安全衛生教育訓練。
5. 未訂定職業安全衛生工作守則。

資料來源：職安署

熱危害作業



114.06.11台中工人中暑！工頭喊下班卻見「口吐白沫亡」

台中市北區某工地今（11）日下午發生一起死亡悲劇，一名47歲的林姓臨時工15時疑似天氣太熱中暑，工頭見狀叫林男先休息，只是17時要下班時，林男卻在地下二樓大力喘氣且口吐白沫，並失去呼吸心跳，...無奈經搶命，林男於18時27分回天



126

熱危害致死案之相關判決

二、論罪科刑：

(一)核被告廖本信所為，是犯刑法第276條過失致人於死罪。

(二)以行為人之責任為基礎，審酌被告有公共危險、違反公司法等前科紀錄，有臺灣高等法院被告前案紀錄表在卷可憑。被告疏未注意防範熱疾病，導致被害人姜季良死亡，侵害被害人生命法益，造成被害人及其家屬鉅大、不可回復之損害，所為實應非難。惟念及被告坦承犯行，被告與被害人家屬姜東志(下稱被害人家屬)和解成立...

中華民國刑法第276條

因過失致人於死者，處5年以下有期徒刑、拘役或50萬元以下罰金

資料來源：屏東地方法院112年度簡字第678號簡易判決

127

熱危害致死案之相關判決

犯罪事實

一、廖本信為信太科技有限公司之負責人，承攬志鴻能源工程有限公司之臺灣先進屋頂太陽能板組裝工程，並擔任該工程現場監工領班。...依廖本信之智識、經驗及能力，亦無不能注意之情事，詎其竟疏於注意，使勞工於夏季期間從事戶外作業，未對新進勞工採取適當之熱適應措施，以增加其生理機能調適能力；亦未依據當日高氣溫調整作業時間，避免於當日最高溫情形下從事戶外工作；未有一般體格檢查資料據以實施健康管理及適當安排工作；未留意姜季良作業前及作業中之健康狀況；未實施勞工熱疾病預防相關教育宣導；未建立緊急醫療、通報及應變處理機制，導致姜季良於同日13時50分許，於工作中中暑，體溫遽升，續發中樞衰竭致死。

資料來源：屏東地方法院112年度簡字第678號簡易判決

128

常見熱疾病

熱衰竭

頭暈、頭痛
臉色蒼白

身體溫度正常
或微幅升高(低於40°C)

皮膚濕冷
姿勢性低血壓

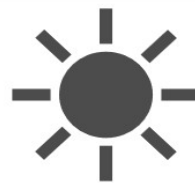
熱中暑

意識模糊不清

體溫超過40°C

皮膚乾燥發紅

熱暈厥



- 體溫與平時相同
- 頭暈



- 長時間站立或從坐姿或臥姿起立會產生輕度頭痛

處置原則

- 將人員移動至陰涼處
- 鬆開衣物並移除外衣
- 加強人員自身散熱
- 意識清醒者給予飲水
- 儘速送醫處理

其他熱疾病:熱水腫、熱痙攣、熱疹...等

129

112.06.01 高氣溫戶外作業勞工熱危害預防指引

附表五、常見熱疾病種類及處置原則表

熱疾病種類：

熱中暑、熱衰竭、熱暈厥、熱水腫、熱痙攣、熱疹、橫紋肌溶解症(新增)

熱疾病種類	成因	常見症狀	處置原則
橫紋肌溶解症(Rhabdomyolysis)	因遭受過度熱暴露以及體能耗竭，骨骼肌(橫紋肌)發生快速分解、破裂、與肌肉死亡。當肌肉組織死亡時，電解質與蛋白質進入血流，可引起心律不整、痙攣與腎臟損傷。	■ 肌肉痙攣與疼痛 ■ 尿液呈異常暗色(茶或可樂的顏色) ■ 虛弱 ■ 無力活動	■ 立刻停止活動 ■ 使人員補充水分 ■ 立即就近接受醫療照護 ■ 就醫時說明勞工熱暴露及症狀，以利針對橫紋肌溶解症進行血液檢查(肌氨酸激酶; creatinekinase)。

130

職業安全衛生設施規則§324-6

雇主使勞工從事戶外作業，為防範環境引起之熱疾病，應視天候狀況採取下列危害預防措施：

- 一、降低作業場所之溫度。
- 二、提供陰涼之休息場所。
- 三、提供適當之飲料或食鹽水。
- 四、調整作業時間。
- 五、增加作業場所巡視之頻率。
- 六、實施健康管理及適當安排工作。
- 七、採取勞工熱適應相關措施。
- 八、留意勞工作業前及作業中之健康狀況。
- 九、實施勞工熱疾病預防相關教育宣導。
- 十、建立緊急醫療、通報及應變處理機制。

(降溫陰涼水，巡健康時間，緊教適)

對應高氣溫指引附表三(114.06版)

(一)勞工作業管理

尚有提到

- 4.提供適當工作服裝
- 8.使用個人防護器具或用品

(二)勞工健康管理

尚有提到

- 2.實施勞工個人自主健康管理

(三)熱危害預防安全衛生教育訓練

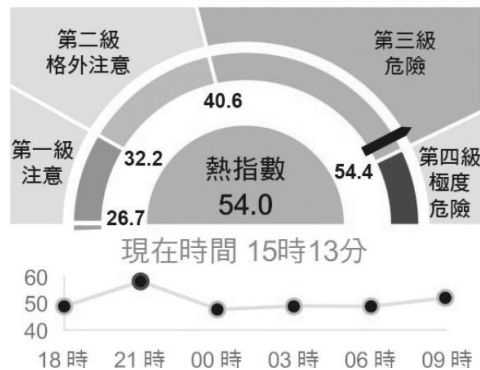
(四)緊急醫療、通報及應變處理機制

131

戶外作業熱危害預防



首頁 \ 熱危害風險等級查詢計算



戶外作業熱危害風險達特定等級(第4級)措施

雇主使勞工從事戶外作業，其熱危害風險等級達表三熱指數對照表第4級以上者，應依下列規定辦理。但勞工作業時間短暫或現場設置確有困難，且已採取第324-6條所定熱危害預防措施者，不在此限：

一、於作業場所設置遮陽設施，並提供風扇、水霧或其他具降低作業環境溫度效果之設備。



二、於鄰近作業場所設置遮陽及具有冷氣、風扇或自然通風良好等具降溫效果之休息場所，並提供充足飲水或適當飲料。



1 + 2 + 3

溫度 (°C)	43.3	42.2	41.1	40.0	38.9	37.8	36.7	35.6	34.4	33.3	32.2	31.1	30.0	28.9	27.8	26.7	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
相對濕度 (%)	57.8	54.4	51.1	47.8	44.4	41.1	37.8	34.4	31.1	27.8	24.4	21.1	17.8	14.4	11.1	7.8	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
第一級	54.4	51.1	47.8	44.4	41.1	37.8	34.4	31.1	27.8	24.4	21.1	17.8	14.4	11.1	7.8	4.4	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
第二級	51.1	47.8	44.4	41.1	37.8	34.4	31.1	27.8	24.4	21.1	17.8	14.4	11.1	7.8	4.4	1.1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
第三級	47.8	44.4	41.1	37.8	34.4	31.1	27.8	24.4	21.1	17.8	14.4	11.1	7.8	4.4	1.1	-2.2	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
第四級	44.4	41.1	37.8	34.4	31.1	27.8	24.4	21.1	17.8	14.4	11.1	7.8	4.4	1.1	-2.2	-5.5	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

高氣溫指引所提的使用個人防護器具或用品

於實施勞工作業管理或現場設置降溫設備確有困難，無法有效降低勞工承受之熱壓力時，再考量選用適當之個人防護器具或用品，包含抗 UV 袖套、頭巾、寬簷帽、濕衣物、冰背心、具水冷循環式(圖 8)或配有風扇之背心(圖 9)等。但均應考量防護器具或用品造成之額外熱壓力影響。



圖 8 水冷循環式背心



圖 9 配有風扇之背心

高氣溫作業檢核表

- ❑ 是否備有體溫及血壓（含心跳速率）量測裝置等能於必要時檢查勞工身體狀況？
- ❑ 是否於作業前及作業期間確認勞工之健康狀況？

公司 高氣溫戶外作業熱危害預防勞工健康管理狀況紀錄表

年 月 日

[illegible]

備註

有以下情形時，可能顯示勞工具有熱危害風險，需即採取必要之危害預防及管理措施：(參考臺灣省 高氣溫戶外作業熱危害預防手冊)

1. 當未熱適應者體溫超過 38°C 或已熱適應者體溫超過 38.5°C 時。
2. 勞工持續數分鐘之心跳速率 (次/分鐘) 超過 180 減去勞工年齡之數值 (180-年齡) 時。勞工在停止體力負荷作業 1 分鐘後之心跳速率高於 120 (次/分鐘) 時。

附表四、高氣溫作業熱危害防範措施檢核表

檢核項目	檢核結果
(一)勞工作業管理	
■ 當指派勞工於高氣溫環境進行戶外作業前，是否確定其已完成熱適應？	☐ 是 ☐ 否
■ 是否進行定期巡視作業？	☐ 是 ☐ 否
■ 不論是否有熱相關疾病症狀，勞工是否有定期補充水分及電解質？	☐ 是 ☐ 否
■ 勞工是否於中午期間適當進食？	☐ 是 ☐ 否
■ 是否設置遮陽設施或空調設施可讓勞工休息或必要時作為恢復區使用？	☐ 是 ☐ 否
■ 作業現場或鄰近處是否備有足夠清涼飲用水或含電解質飲料？	☐ 是 ☐ 否
■ 勞工工作服與帽子（或頭盔）是否具備透氣性及排汗性？	☐ 是 ☐ 否
■ 勞工於高氣溫環境進行戶外作業時，是否有定時休息、減少連續作業時間或調整作業時間？	☐ 是 ☐ 否
是否已提醒告知勞工下列事項：	☐ 是 ☐ 否
■ 經常補充水分及電解質（鹽分）	☐ 是 ☐ 否
■ 在遮陽處休息	☐ 是 ☐ 否
■ 及早通報熱疾病症狀	☐ 是 ☐ 否
(二)勞工健康管理	
■ 是否依據健康檢查結果及醫師建議，調整勞工工作地點與輪班作業？	☐ 是 ☐ 否
■ 是否指導勞工日常自主健康管理？	☐ 是 ☐ 否
■ 是否備有體溫及血壓（含心跳速率）量測裝置等能於必要時檢查勞工身體狀況？	☐ 是 ☐ 否
■ 是否於作業前及作業期間確認勞工之健康狀況？	☐ 是 ☐ 否

5. 增加耐受性-健康管理篇

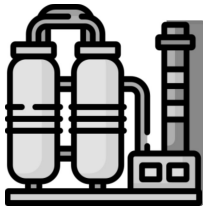
□ 採取勞工熱適應相關措施

若正常作業時間為8小時，建議熱暴露時間規劃如下：

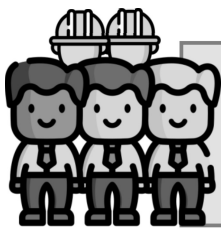
高氣溫 戶外作業	建議熱暴露時間規劃				
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
有經驗	4小時 (50%)	4.5小時 (60%)	6小時 (80%)	8小時 (正常工作)	
無經驗	1.5小時 (20%)	3小時 (40%)	4.5小時 (60%)	6小時 (80%)	8小時 (正常工作)

4. 結語

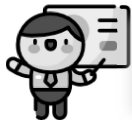
您覺得哪一個較好管理..!!)



PSM : Process Safety Management



PSM : Process Staff Management



PSM拼圖絕對不能缺少人為因素的探討，因為人為疏失是製程安全是
件常見的導因。

引述 安技中心于樹偉董事長(製程安全職能管理系統簡報)

Q & A