



# 化學材料製造廠設備完整性FMEA評估 暨防爆電氣設備施工維護規範管理

主辦單位：IDB 經濟部工業局

執行單位：+ 社團法人中華民國工業安全衛生協會

輔導廠商：李長榮化學工業股份有限公司小港廠



# 基本資料



工廠名稱	李長榮化學工業股份有限公司小港廠
縣市區別	高雄市小港區
所屬工業區	臨海工業區
員工人數	155
主要產品	合成橡膠
工作場所類型	丙
申請輔導項目	防火防爆、設備完整性



# 內容大綱



1

輔導緣起

2

輔導流程

3

防火防爆成果

4

設備完整性成果



# 1.輔導緣起



李長榮小港廠既有製程運轉達20年以上，且陸續還有新廠區更新、擴建的需求。

目前廠內主要運作之異戊二烯及環己烷，為易燃液體，為了防止所有可能的災難性洩漏導致火災、爆炸等重大危害威脅廠區的永續發展，且本公司致力於朝向優於法規以及與國際標準接軌來努力，期望透過專業團隊協助審查與檢視，使廠內防火防爆相關管理更臻完善。

此次輔導本廠基於製程安全管理持續改善的精神，選擇防火防爆以及設備完整性為此次輔導重點。



## 2.輔導流程 防火防爆

### 法源

▼ 職業安全衛生法第5條  
▼ 職業安全衛生設施規則第177條等

機械  
設備  
器具  
爆炸性  
發火性  
火災

易燃液體之蒸氣  
可燃性氣體  
爆燃性粉塵  
可燃性粉塵  
爆炸、火災



### 防火防爆

防爆危險區域  
規劃  
CNS3376-10

防爆電氣設備  
選用  
CNS3376-14

安裝維護  
CNS3376-14  
CNS3376-17



## 2.輔導流程 製程安全

### 法源

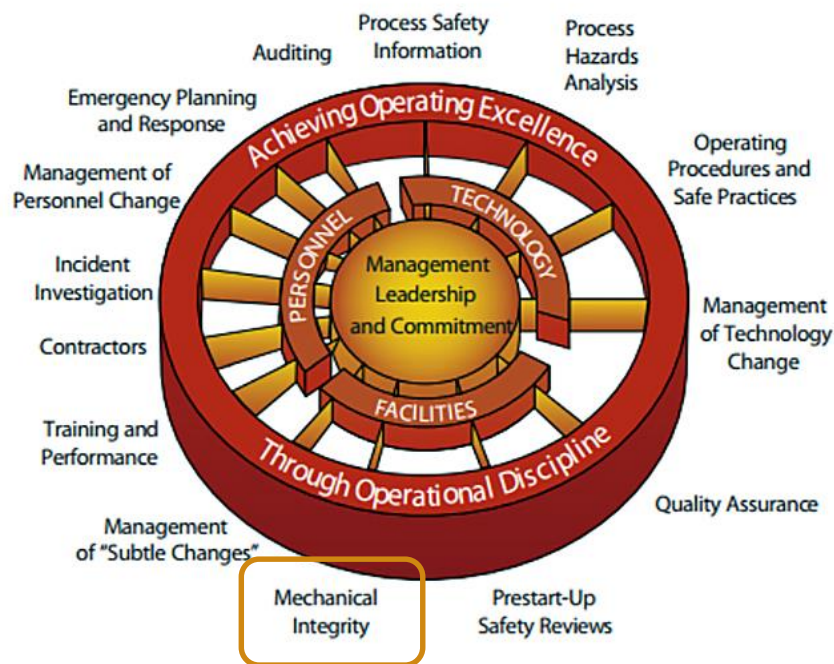
▼ 職業安全衛生法第15條  
▼ 製程安全評估定期實施辦法

- 一、製程安全資訊。
- 二、製程危害控制措施。

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：

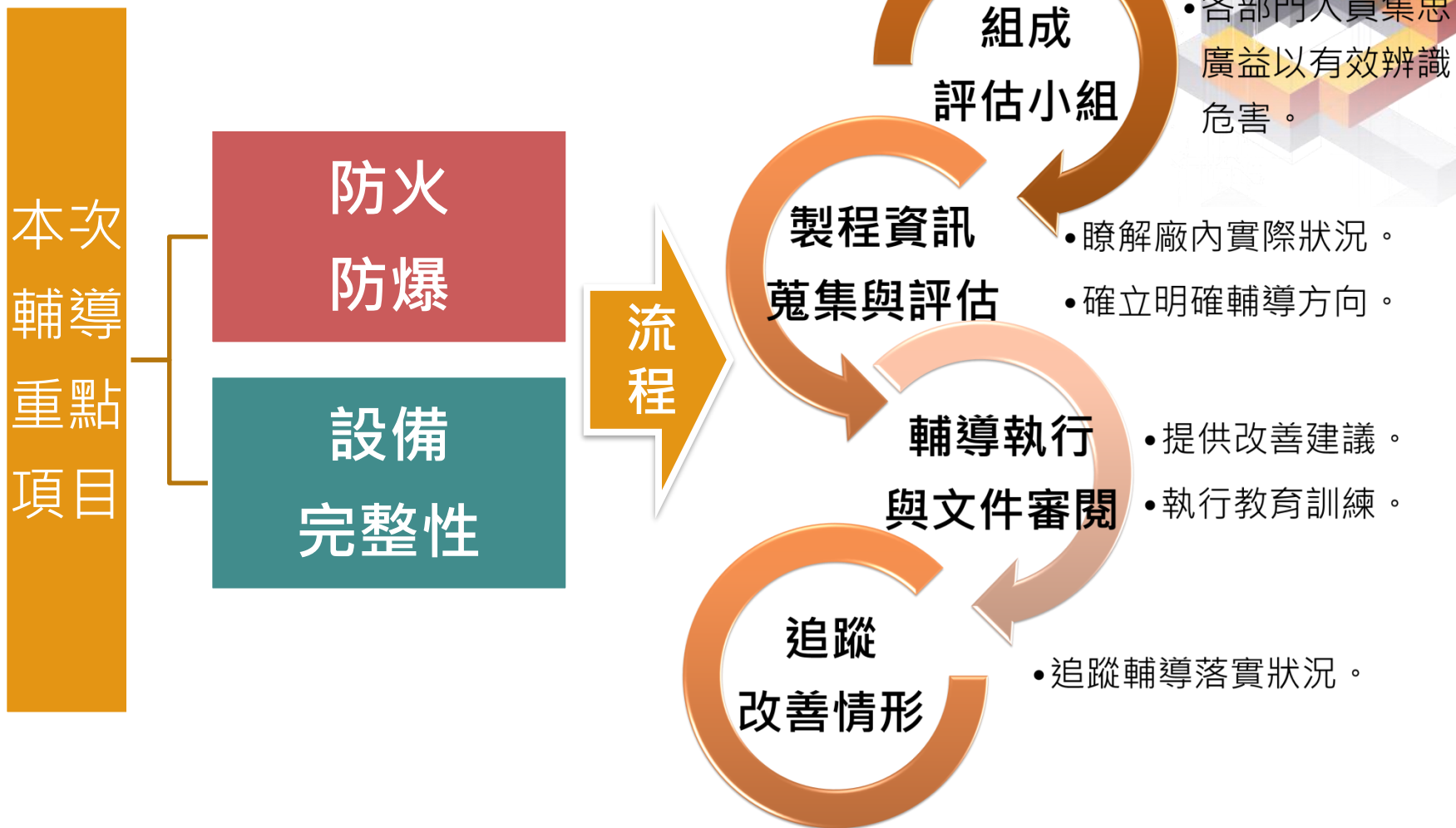
- 一、實施前項評估過程之必要文件及結果。
- 二、勞工參與。
- 三、標準作業程序。
- 四、教育訓練。
- 五、承攬管理。
- 六、啟動前安全檢查。
- 七、機械完整性。
- 八、動火許可。
- 九、變更管理。
- 十、事故調查。
- 十一、緊急應變。
- 十二、符合性稽核。
- 十三、商業機密。

## 美國OSHA





## 2.輔導流程





# 3.防火防爆成果



## 法規要求

- 以日本防爆電氣構造規格、歐洲IEC 60079 (CNS 3376)等相關要求為基礎
- 本次計畫主要建置防爆區施工規範
- 國內法規的相關標準為：
  - 職業安全衛生法第五條
  - 職業安全衛生設施規則第177條
  - 職業安全衛生設施規則第177條之1
  - 職業安全衛生設施規則第177條之2





# 3.防火防爆成果

## 法規要求



### ❖ 職業安全衛生法第五條

- 雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施使勞工免於發生職業災害。
- 機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。

### ❖ 職業安全衛生設施規則第177條

- 雇主對於作業場所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並依下列規定辦理：
  - 一、指定專人對於前述蒸氣、氣體之濃度，於作業前測定之。
  - 二、蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之三十以上時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他為點火源之虞之機具，並應加強通風。
  - 三、使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。
- 前項第三款所稱電氣機械、器具或設備，係指包括電動機、變壓器、連接裝置、開關、分電盤、配電盤等電流通之機械、器具或設備及非屬配線或移動電線之其他類似設備。



# 3.防火防爆成果



## 法規要求

### ❖ 職業安全衛生設施規則第177條之1

- 雇主對於有爆燃性粉塵存在，而有爆炸、火災之虞之場所，使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。

### ❖ 職業安全衛生設施規則第177條之2

- 雇主對於前二條所定應有防爆性能構造之電氣機械、器具、設備，於中央主管機關公告後新安裝或換裝者，應使用符合中央主管機關指定之國家標準、國際標準或團體標準規定之合格品。
- 前項合格品，指經中央主管機關認可公告之機構實施型式認證合格，並張貼認證合格標識者。





# 3.防火防爆成果 評估小組





# 3.防火防爆成果 現況掌握



防爆區域規劃圖面資料

易燃性物質清單及SDS

防爆電氣清單

現場基線審查

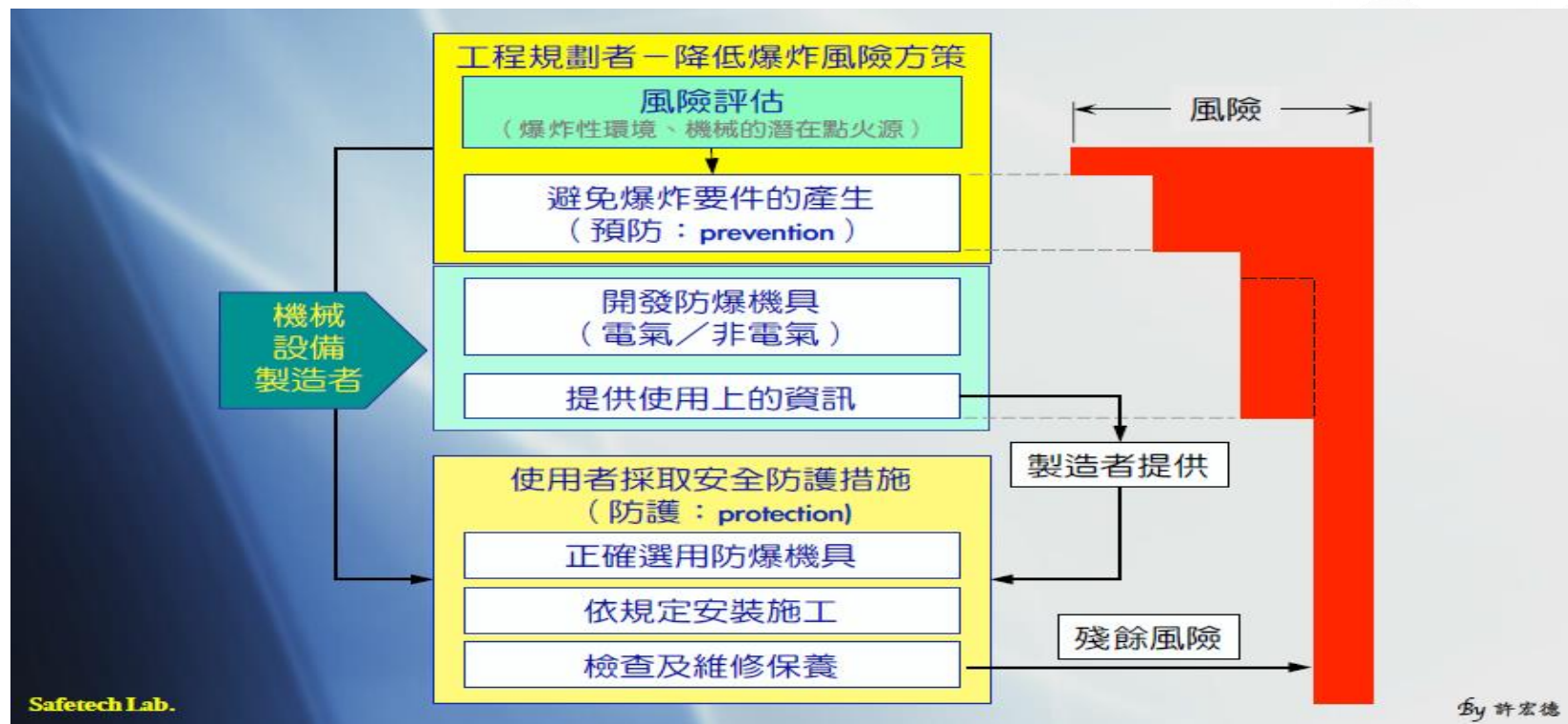


# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆區域規劃

### 爆炸預防的基本概念與原則





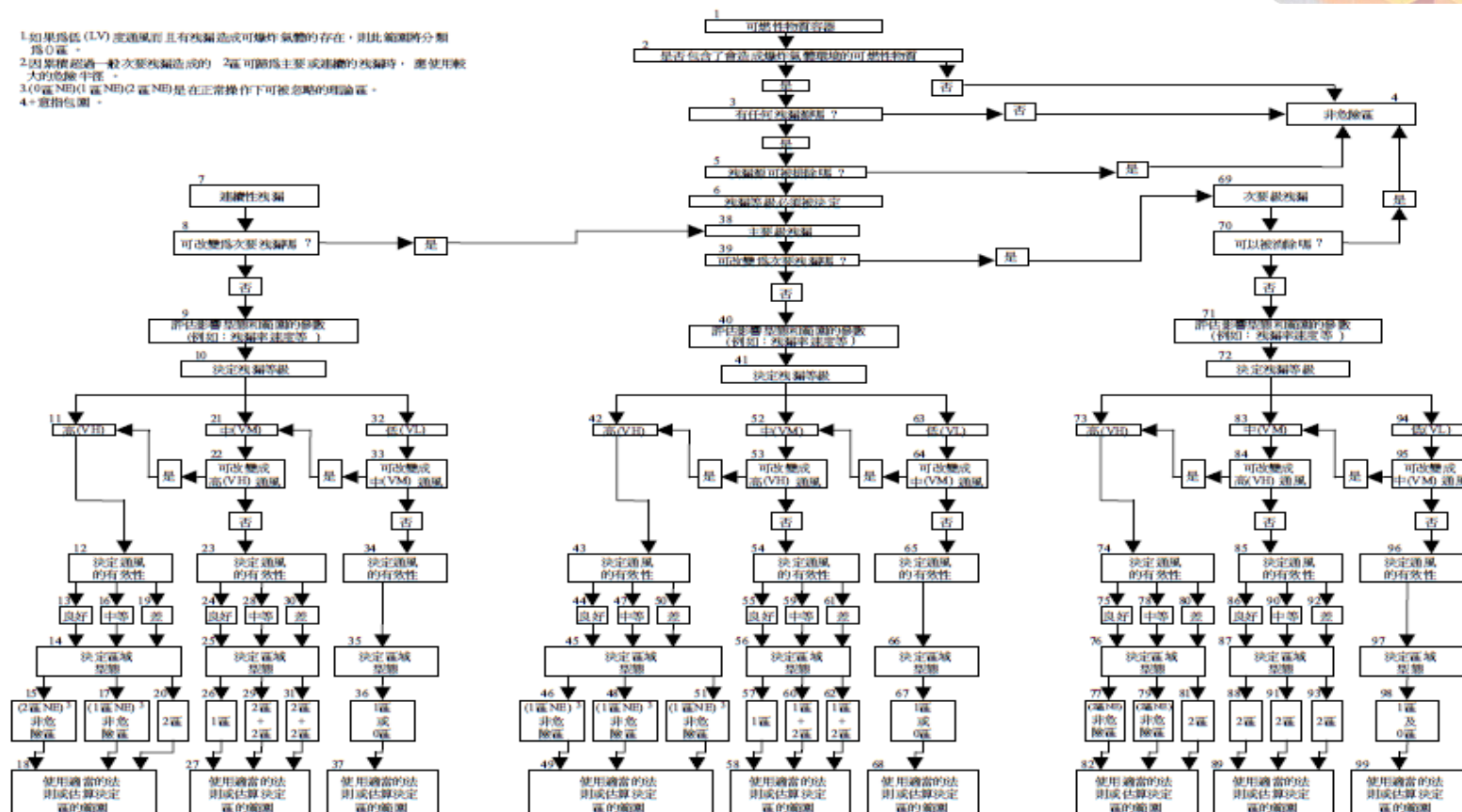
# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆區域規劃

### 防爆區域之劃分流程

- 1.如果為低(LV)度通風而且有些漏造成可燃性氣體的存在，則此範圍分類為0區。
- 2.如果僅超過一般次要殘漏造成的 2區可歸為主要或連續的殘漏時，應使用較大的危險分級。
- 3.(0區NE)(1區NE)(2區NE)是在正常操作下可被忽略的理論區。
- 4.= 意指包圍。



資料來源: CNS3376-10  
防火防爆與製程安全技術輔導

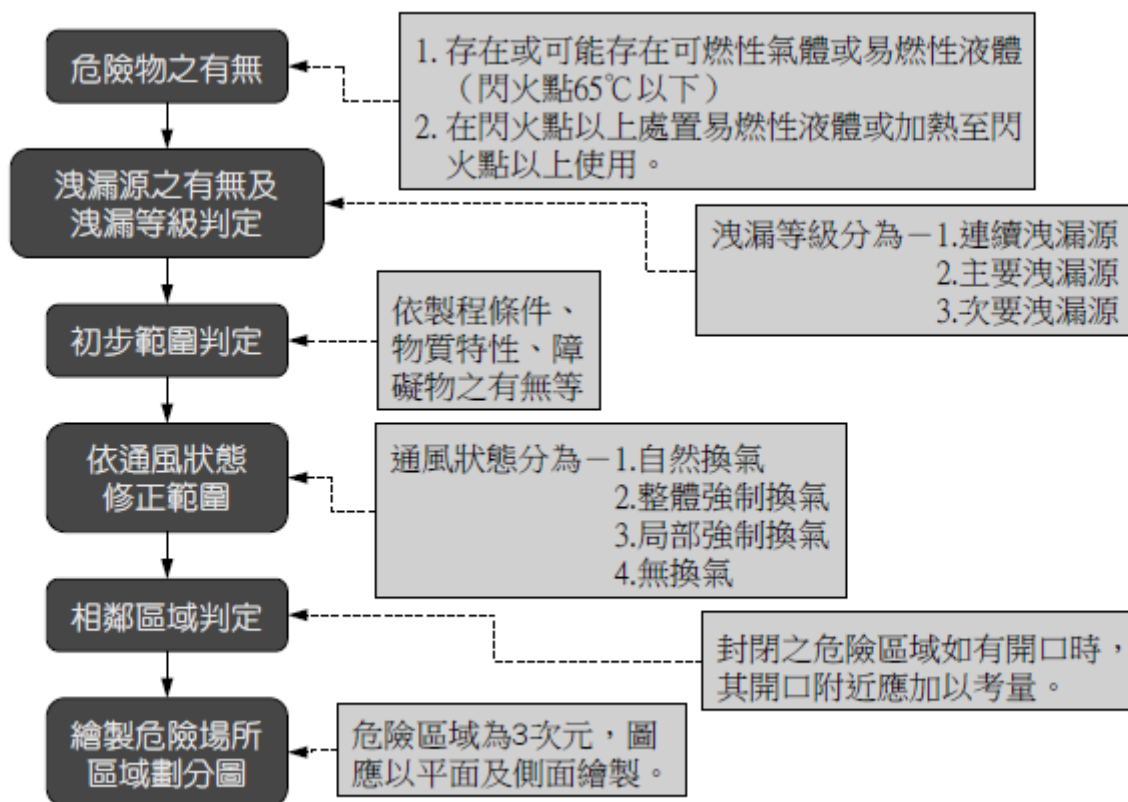


# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆區域規劃

### 防爆區域之劃分流程



Safetech Lab.

by 許宏德



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 易燃性物質清單

### 常見可燃性液體

名稱	化學式	閃火點 ℃	著火溫度 ℃	爆炸界限 Vol. %		蒸氣 密度	沸點 ℃	MESG (mm)	MIC (mA)	電氣設備防爆構造			
										日本 表示方式		IEC 表示方式	
				下限	上限					爆發 等級	發火 度	爆炸 等級	溫度 等級
汽油	$C_5H_{12} \sim C_9H_{20}$	-43	257.2	1.4	7.6	3~4	37.8~204.4			1	G3		
甲醇	$CH_3OH$	11	385	6.0	36	1.1	64.7	0.92	70	1	G1	IIA	T2
丁烷	$CH_3CH_2-CH_2CH_3$	-72	365	1.6	8.5	2.0	-0.5	0.98	80	1	G2	IIA	T2
丙酮	$CH_3COCH_3$	-20	465	2.1	13	2.0	56.3	1.01		1	G1	IIA	T1
苯	$C_6H_6$	-11	498	1.3	7.1	2.8	80.1	0.99		1	G1	IIA	T1



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 易燃性物質清單

### 常見爆炸性氣體

名稱	化學式	著火溫度 ℃	爆炸界限 Vol. %		蒸氣 密度	沸點 ℃	MESG (mm)	MIC (mA)	電氣設備防爆構造			
									日本表示 方式		IEC表示方式	
			下限	上限					爆發 等級	發火 度	爆炸 等級	溫度 等級
乙炔	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	305	2.5	100	0.9	-83.6	0.37	24	3	G2	IIC	(T2)
甲烷	$\text{CH}_4$	537	5.0	15.0	0.6	-161.5	1.14	85	1	G1	IIA	(T1)
丙烯	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$	455	2.0	11.1	1.5	-47.0	0.91		1	G2	IIA	(T1)
乙烯	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	425	2.7	36	1.0	-103.7	0.65	45	2	G2	IIB	(T2)
氫氣	$\text{H}_2$	500	4.0	75	0.1	-252.9	0.28	21	3	G1	IIC	(T1)

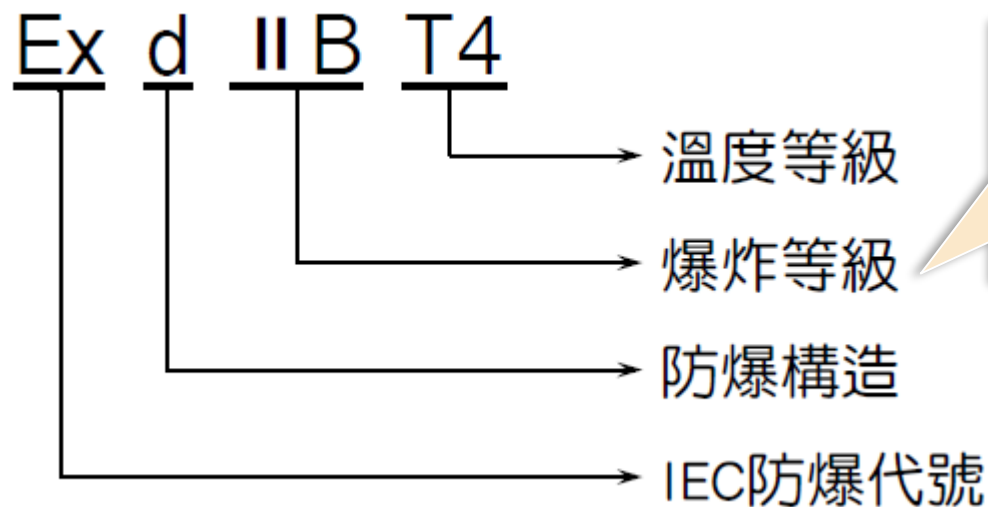


# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆電氣清單

### 防爆電氣符號



I：應用於沼氣之礦坑  
II：沼氣外爆炸性氣體環境  
III：沼氣外爆炸性粉塵  
ABC為不同火焰穿透能力

\*液體要先轉變成氣體才能燃燒



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆電氣清單

### 防爆電氣-溫度等級

發火溫度 (°C)	日本構造規格			美國(NEC)				歐洲(IEC)	
	發火度	機器的溫度 上升限度 (°C)	機器的溫度 上升值 (°C)	溫度等級		表面最高溫度		溫度 等級	表面最高 溫度(°C)
超過 450	G1	360	320	T1		450°C		T1	450以下
300~450	G2	240	200	T2		300°C		T2	300以下
				T2A	280°C	T2C	230°C		
				T2B	260°C	T2D	215°C		
200~300	G3	160	120	T3	200°C	T3B	165°C	T3	200以下
				T3A	180°C	T3C	160°C		
135~200	G4	110	70	T4	135°C	T4A	120°C	T4	135以下
100~135	G5	80	40	T5 100°C				T5	100以下
85~100	-	-	-	T6 85°C				T6	85以下

Safetech Lab.

By 許宏德



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆電氣清單

### 防爆電氣符號-防爆構造

將爆炸侷限於內部

耐壓防爆(Type d)    Ex d

抑制點火能力

本安防爆(Type i)    Ex ia, Ex ib

隔離點火源

內壓防爆(Type p)    Ex px, Ex py, Ex pz

油入防爆(Type o)    Ex o

模鑄防爆(Type m)    Ex ma, Ex mb

增加安全度

安全增防爆(Type e)    Ex e

簡易防爆(Type n)    Ex nA, Ex nR, Ex nC



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 防爆電氣清單

### 各類防爆設備適用場所

防爆構造	符號	適用危險場所等級		
		0 區	1 區	2 區
本質安全防爆	Ex ia	○	○	○
	Ex ib	×	○	○
	Ex ic	×	×	○
耐壓防爆	Ex d	×	○	○
內壓防爆	Ex px, py	×	○	○
	Ex pz	×	×	○
安全增防爆	Ex e	×	○	○
油入防爆	Ex o	×	○	○
模鑄防爆	Ex ma	○	○	○
	Ex mb	×	○	○
	Ex mc	×	×	○
n型（簡易）防爆	Ex nA, nC, nR	×	×	○



# 3.防火防爆成果



## 現況掌握 - 現場基線審查

輔導團隊掌握本廠基本資料後，進工廠去了解實際防火防爆執行狀況。



防火防爆與製程安全技術輔導



# 3.防火防爆成果

## 輔導成果

現況  
改善

- 輔導團隊進廠了解防爆區域內防爆電氣實際的運作情形，並針對發現的問題提供寶貴的建議，李長榮小港廠也根據輔導團隊提供的改善建議進行廠內現況的改善。

施工  
規範

- 防爆區域內的防爆電氣施工的發包、驗收需加強，輔導團隊提供「防爆電氣施工指引」，協助本廠建立廠內「**防爆區施工規範**」，以提升並要求承包商的施工品質，有效維護防爆電氣防爆性能之有效性。



### 輔導團隊

#### 防爆電氣設備施工指引

內容包含：

- 配線種類與選用
- 對電氣火花危險之考量
- 電氣保護
- 緊急斷路
- 電纜配線系統
- 電線管路配線系統

挑選廠內  
合適項目

### 李長榮小港

李長榮小港廠  
防爆區施工規範



# 3.防火防爆成果

## 輔導成果



### 教育 訓練

- 因員工世代交替，防爆電氣施工相關規範認知需再精進，如發包、驗收等，故以輔導團隊針對**製程**、**機械**、**儀電**、**工安**的種子人員提供教育訓練，以有效推廣防火防爆觀念於全廠。
- 教育訓練內容包括：「火災爆炸基礎」、「防爆區域劃分實務探討」、「防爆電氣原理與構造」以及「防爆電氣設備安裝與使用」，受訓人員反應相當良好。
- 後續規劃廠內再教育訓練課程落實全廠推動。





# 4.設備完整性成果



## 法規要求

- 以PSM MI相關要求為基礎
- 本次計畫主要發展廠內的失效模式與效應分析(FMEA)與腐蝕環路技術
- 製程安全評估定期實施辦法--附表八 機械完整性  
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。
  - 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。



# 4.設備完整性成果



## 現況掌握



### 製程基本認識

- 製程流程、維修保養作法、非破壞檢測規劃、圖面及管線/設備等資料確認。

### 資料蒐集

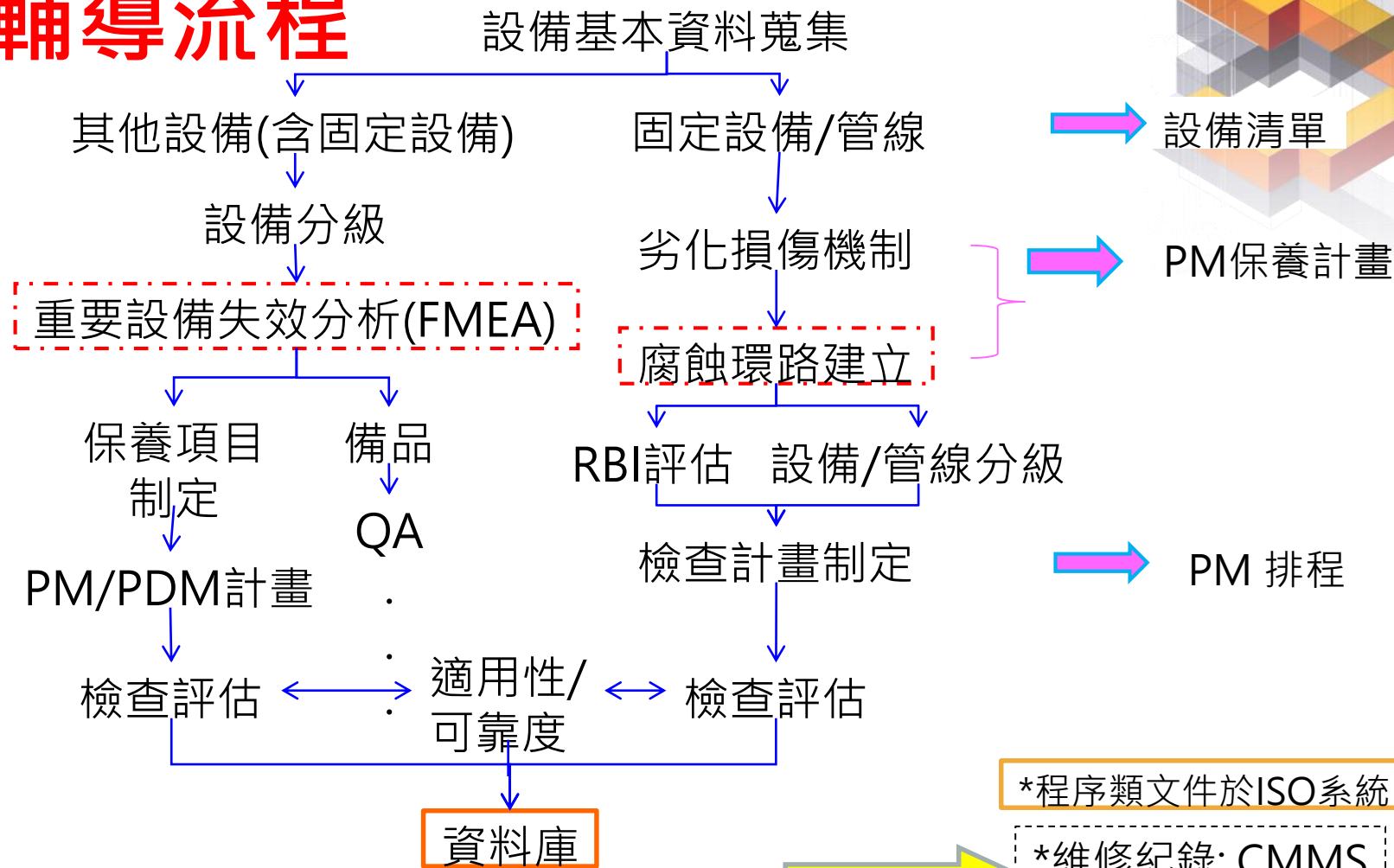
- 設備/管線清單、設備保養/定期檢查計劃、固定設備/管線非破壞檢查計畫、維修工單、設備構造圖、管線立體配管圖。



# 4.設備完整性成果



## 輔導流程



\*程序類文件於ISO系統

\*維修紀錄: CMMS

\*檢查數據--X

防火防爆與製程安全技術輔導



# 4.設備完整性成果

## 輔導流程



### 腐蝕環路(Corrosion Circuit)

腐蝕環路定義

腐蝕機制/損  
傷模式

設備  
/Isometric圖  
標示檢查位置

檢查計畫制定

### 失效模式與效應分析(FMEA)

FMEA節點  
劃分

設備/管線組  
件蒐集彙整

失效模式與  
效應分析

PM/PDM/C  
M規劃制定



# 4.設備完整性成果

## 評估小組-FMEA



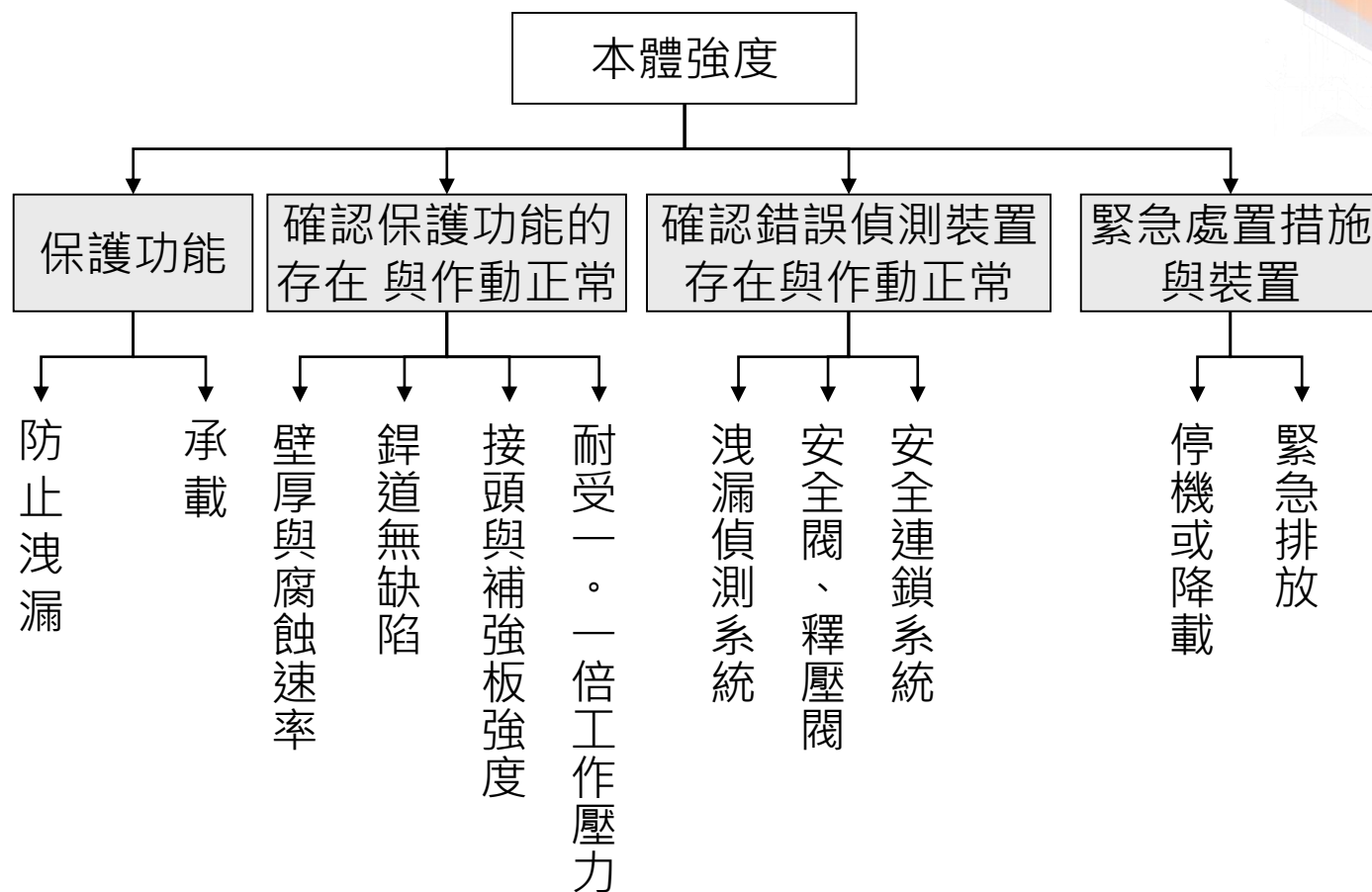


# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-FMEA

### FMEA 相關應用與設計





# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-FMEA

### FMEA Standards

- ❖ MIL-STD 1629 “Procedures for performing a failure mode and effect analysis”
- ❖ IEC 60812 “Procedures for failure mode and effect analysis (FMEA)”
- ❖ BS 5760-5 “Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA)”
- ❖ SAE ARP 5580 “Recommended failure modes and effects analysis (FMEA) practices for non-automobile applications”
- ❖ SAE J1739 “Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA)”
- ❖ SEMATECH (1992) “Failure Modes and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry”

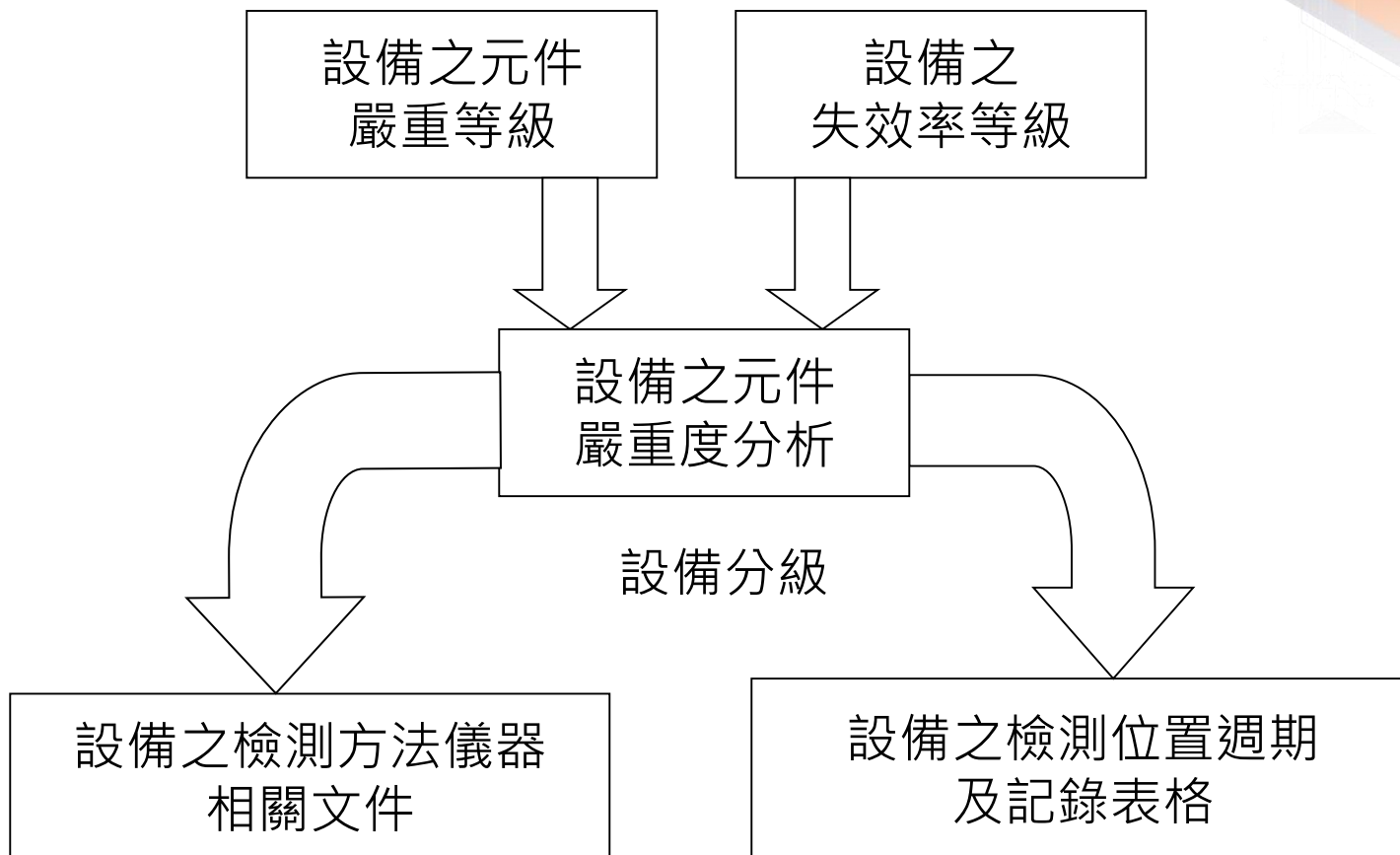


# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-FMEA

### 檢測規劃實例執行流程





# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-FMEA 機械類設備失效模式

	失效模式
塔、槽、氣液分罐 (Vessel, Drum, Knockout Pot)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·阻塞(Pluggage)</li> <li>·蛇管洩漏(Coil leak)</li> <li>·蛇管破裂(Coil rupture)</li> <li>·蛇管結垢(Coil fouled)</li> </ul>
反應器 (Reactor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·龜裂(Liner cracked)</li> <li>·蛇管洩漏(Coil leak)</li> <li>·蛇管破裂(Coil rupture)</li> <li>·蛇管結垢(Coil fouled)</li> </ul>
分離塔 (Separation Column)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·盤破裂(Tray rupture)</li> <li>·盤阻塞(Tray plugged)</li> <li>·盤掉落(Tray falls)</li> </ul>
洗滌塔 (Scrubber Column)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·盤破裂(Tray rupture)</li> <li>·盤阻塞(Tray plugged)</li> <li>·填充床塞(Packed bed plugged)</li> <li>·床支架倒塌(Bed support collapsed)</li> <li>·接觸面髒(Contacting surface fouled)</li> <li>·靜電板失效(Electrostatic plate fails off)</li> <li>·靜電板短路(Electrostatic plate shorted)</li> <li>·靜電板結垢(Electrostatic plate fouled)</li> </ul>
除霧器 (Demister)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·網阻塞(Mesh plugged)</li> <li>·網破洞(Hole in mesh)</li> </ul>

設備元件	失效模式
加熱器(僅製程側失效而非燃燒室) (Heater(Fired), Process Side Failure only, not Firebox Side)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·管漏(Tube leak)</li> <li>·管破裂(Tube rupture)</li> <li>·管阻塞(Tube plugged)</li> <li>·管結垢(Tube fouled)</li> <li>·火燄過長(Over-fired)</li> <li>·火燄過短(Under-fired)</li> </ul>
冷卻器(Cooler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·管漏(Tube leak)</li> <li>·管破裂(Tube rupture)</li> <li>·管阻塞(Tube plugged)</li> <li>·管結垢(Tube fouled)</li> </ul>
熱交換器 (Heat Exchanger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·般側洩外漏(Shell leak)</li> <li>·般側破裂(Shell rupture)</li> <li>·般側阻塞(Shell plugged)</li> <li>·管側洩漏(Tube leak)</li> <li>·管側破裂(Tube rupture)</li> <li>·管側阻塞(Tube plugged)</li> <li>·管側結垢(Tube fouled)</li> </ul>
接觸乾燥塔 (Contact Dryer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·乾燥劑阻塞(Desiccant plugged)</li> <li>·乾燥劑飽和(Desiccant saturated)</li> </ul>
泵浦 (Pump)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·外漏(External leak)</li> <li>·破裂(External rupture)</li> <li>·啟動失效(Fails to start)</li> <li>·運轉中故障(Fails off while running)</li> <li>·過早啟動(Started prematurely)</li> <li>·運轉時間太長(Operates too long)</li> <li>·退化運轉·如：太快、太慢等等 (Operates at degraded head/flow performance too fast, too slow, etc)</li> </ul>



# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-FMEA

輔導團隊提供FMEA分析系統

FMEA功能模組

建立設備失效模式與影響分析

首頁

失效模式與影響分析

建立失效模式與影響分析

查詢設備失效模式與影響...

批次匯入失效模式與影響...

Step-1

工廠\* 新增 更新

製程區\* 新增 更新

設備編號\*

設備名稱\*

李長樂小港廠

-- 請選擇 --

離心式泵浦

設備大類\* 更新

設備小類\*

設備型式\*

設備失效效率\*

轉動設備

泵浦

離心式泵

0

新增設備類別

Step-2

設備元/组件\* 新增 更新

可能失效模式\* 新增 更新

失效比率\*

可能影響

驅動裝置

無法依需求啟動

0.11

無

功能描述

Step-3

可能原因

可能影響詳述

安全防護/預防機制

建議改善事項

1.故障。

1.導致製程流體外洩，進而發生火災。

1.定期巡檢

新增

查詢

<input type="checkbox"/> 驅動裝置	馬達	-	0.69	未定期加油、失油、使用年...	操作不便	軸承損壞。	每日定期巡檢
<input type="checkbox"/> 軸承	1.軸承。2.內容物為環己烷...	外部洩漏-製程流體(環己烷、...	0	軸承損壞及軸封。	火災/爆炸事故	導致製程流體外洩，嚴重導...	每日定期巡檢
<input type="checkbox"/> 聯軸器-接被驅動裝置	1.聯軸器。2.內容物為環己...	外部洩漏-製程流體(環己烷、...	0	聯軸器對心不佳，導致振動...	生產線跳車	造成軸承及機械軸封損壞，...	對心有標準作...
<input type="checkbox"/> 軸承	1.軸承。	故障	0	油品品質不佳、潤滑油不足。	操作不便	潤滑效果不佳，造成軸承磨...	每日定期巡檢
<input type="checkbox"/> 軸承	1.軸承。	過熱	0	加油過多。	操作不便	導致過熱。	補油有標準作...
<input type="checkbox"/> 密封	1.機械軸封。2.內容物為環...	外部洩漏-製程流體(石油，天...	5.28	1.振動大。2.安裝時對心沒...	火災/爆炸事故	1.導致損壞及洩漏。2.導致...	1.每日定期巡...
<input type="checkbox"/> 葉輪	1.葉片。	振動大	0.11	磨損。	火災/爆炸事故	導致機械軸封損壞，導致洩...	有濾網保護。
<input type="checkbox"/> 葉輪	1.葉片。	故障	0.11	與casing產生摩擦。	火災/爆炸事故	導致機械軸封損壞，導致洩...	有濾網保護。
<input type="checkbox"/> 葉輪	1.葉片。	振動大	0.11	外部異物撞擊造成損傷	火災/爆炸事故	導致機械軸封損壞，導致洩...	有濾網保護。
<input type="checkbox"/> 葉輪	1.葉片。	結構缺陷(金屬損失(磨損，...	0	流體沖蝕、空蝕。	火災/爆炸事故	流體外洩。	大修時PT、日...



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-FMEA

### 李長榮小港廠FMEA資料蒐集



- ✓ 本次執行FMEA蒐集的廠內資料包含：
  - 方塊流程圖
  - A區Line List
  - 製程區段A的PFD
  - 機械設備清單
  - 機械 / 儀表設備相關工單
  - HAZOP評估結果
- ✓ 依據廠內各製程區段的製程特性差異，A區分為**3**個大節點。三個節點分別為：甲區、乙區及丙區。
- ✓ 大節點劃分完成後，進一步以個別設備為基礎，共建立**30**個小設備節點



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-FMEA

李長榮小港廠FMEA節點——以P-0001為例

- ✓ 列出所有欲執行FMEA的節點清單(本次共執行**30**座設備)  
後，蒐集清單中設備的構造圖、歷次的維修工單等資訊
- ✓ 辨識所有設備的進出口管線  
管線A——→P-0001——→管線B
- ✓ 辨識設備上的所有元件——以泵浦A為例
  - 馬達
  - 軸承
  - 聯軸器
  - 機殼
  - 軸封
  - 葉輪
  - 管線



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-FMEA

李長榮小港廠FMEA節點——以P-0001為例

設備編號	設備類別	設備型式	設備部位	功能描述	可能失敗模式	失敗比	可能原因	可能影響	安全防護/預防機制	
P-0001	泵浦(正位移)	正位移	1. 驅動裝置 2. 驅動裝置 3. 驅動裝置 4. 驅動裝置 5. 驅動裝置 6. 軸承 7. 聯軸器-接被驅動裝置 8. 軸承 9. 軸承 10. 油封 11. 膜片 12. 機殼 13. 管線 14. 齒輪箱	1. 化學物質B、化學物質A輸送 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 油封 11. 膜片 12. 13. 入口法蘭 14. 變速	1. 故障 2. 輸出錯誤 3. 其他因素 4. 過熱 5. 其他因素 6. 外部洩漏-製程液體(化學物質B、化學物質A) 7. 外部洩漏-製程液體(化學物質B、化學物質A) 8. 故障 9. 過熱 10. 1. 油封老化 10. 2. 軸心磨損 11. 膜片破裂 12. 結構缺陷(金屬損失(磨損,腐蝕、空蝕、沖蝕)) 13. 外部洩漏-製程液體(化學物質B、化學物質A) 14. 其他因素(潤滑不足)	1. 為達驅動故障 2. 相位接反。 3. 線圈、摩擦。 4. 超載造成為達溫度過高。 5. 未定期加油、失油、滑油油質劣化等。 6. 軸承損壞及軸封。 7. 聯軸器對心不佳,導致振動過大,損及軸承與軸封。 8. 油品品質不佳、潤滑油不足。 9. 加油過多。 10. 1. 材質老化 10. 2. 軸承磨損 11. 材質老化、壓力異常、液體有雜質 12. 材質腐蝕。 13. 墊片老化、螺栓施力不均勻。 14. 齒輪老化、油質劣化	1. 泵浦停止運轉。 2. 無輸出量。 3. 銅線絕緣熔融,產生火花燃燒;導致為達散熱風扇損壞。 4. 為達損壞,可能導致火災。 5. 軸承損壞。 6. 導致製程液體外洩,嚴重導致火災。 7. 造成軸承及機械軸封損壞,導致製程跳車。 8. 潤滑效果不佳,造成軸承磨耗,振動變大。 9. 導致過熱。 10. 1. 導致損壞及洩漏。 10. 2. 導致損壞及洩漏。 11. 無輸出量。 12. 液體外洩。 13. 密封不佳。 14. 齒輪崩牙,導致無法運轉。	1. PSSR。 2. PSSR。 3. 手持式紅外線測溫檢測,電流過載保護。 4. 電流過載保護。 5. 每日定期巡檢。 6. 線圈、軸承有六組溫度監測 7. 對心有標準作業程序。 8. 9. 補油有標準作業程序,補油量約超過溢珠一半。 10. 1. 定期預防保養。 10. 2. 定期預防保養。 11. 定期更換與濾網保護。 12. 定期預防保養。 13. VOC及外部目視檢查。 14. 電流過載保護。	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13.	



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-FMEA

### 李長榮小港廠FMEA-預防/預知保養計畫

- ✓ 依據FMEA評估結果提出建議的預防/預知保養計畫與改善建議
- ✓ P-0001為製程操作的核心，FMEA辨識出，其機械軸封的振動過大可能會導致損壞及洩漏，進而導致製程停車。→**增設線上振動量測**
- ✓ P-0002若損壞，可能導致內容物洩漏，進而發生火災爆炸意外。失效機制包含外部異物撞擊，因此場內目前設有濾網防護。→**建議新增定期檢查制度。**
- ✓ 管線管線C、管線D等辨識出管線焊道破漏。→**建議應每兩年進行液滲、超音波等非破壞檢測，已確定管線焊道缺陷狀況。**



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-FMEA

李長榮小港廠FMEA-預防/預知保養計畫

泵浦(P-0001)預知/預防保養計畫建議

設備大類	部位	零件	檢查方式	維修方式		週期
				PM	PDM	W/M/Y
離心式泵浦	馬達	軸承	振動量測		v	1W
離心式泵浦	馬達	潤滑油脂	補充	v		2M
離心式泵浦	聯軸器	齒輪聯軸器	檢查	v		1Y
離心式泵浦	軸承箱	軸承	振動量測		v	1W
離心式泵浦	軸承箱	潤滑油	更新	v		1Y
離心式泵浦	填料函	軸封沖洗液冷卻器	檢查	v		1Y



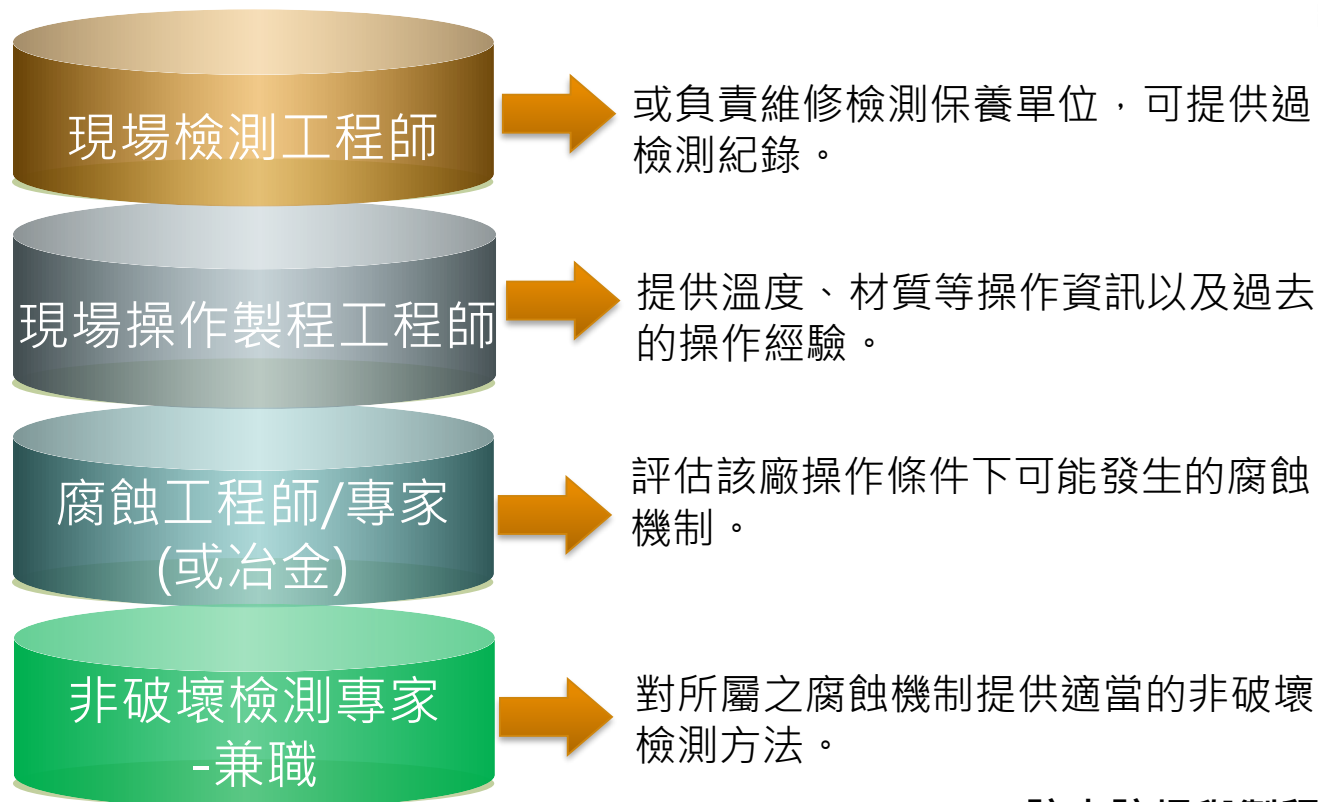
# 4.設備完整性成果



## 評估小組-腐蝕環路



- 腐蝕環路分析過程需仰賴這些核心成員的參與，現場的操作的了解及經驗、製程狀況和檢查的紀錄完整性，且整個評估過程應為透明才能使評估結果貼合現場狀況。





# 4.設備完整性成果

## 現況掌握-腐蝕環路



### 原始資料蒐集

#### 技術資料

- 設備/管線清單
- 設備單元平面圖
- 設備總圖/管線ISO圖
- 設備/管線塗層/油漆/保溫/管規技術要求

#### 製程資料

- 製程流程圖(PFD)
- 製程程序書(說明)
- 管線與儀表流程圖(P&ID)
- 化學成分分析報告(質能平衡表)
- 出/入口的介質流速、化學添加劑的注入點、注入量及頻率

#### 檢測/維修資料

- 檢測計畫
- 歷年檢測報告
- 維修/更換紀錄

#### 收存單位：

- 文件管理單位
- 品管單位(實驗室)
- 操作單位(現場單位)
- 機械修護單位(工安室)

基本資料蒐集  
與其正確性為  
腐蝕環路評估  
的一大要件



# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-腐蝕環路

### 腐蝕環路應用



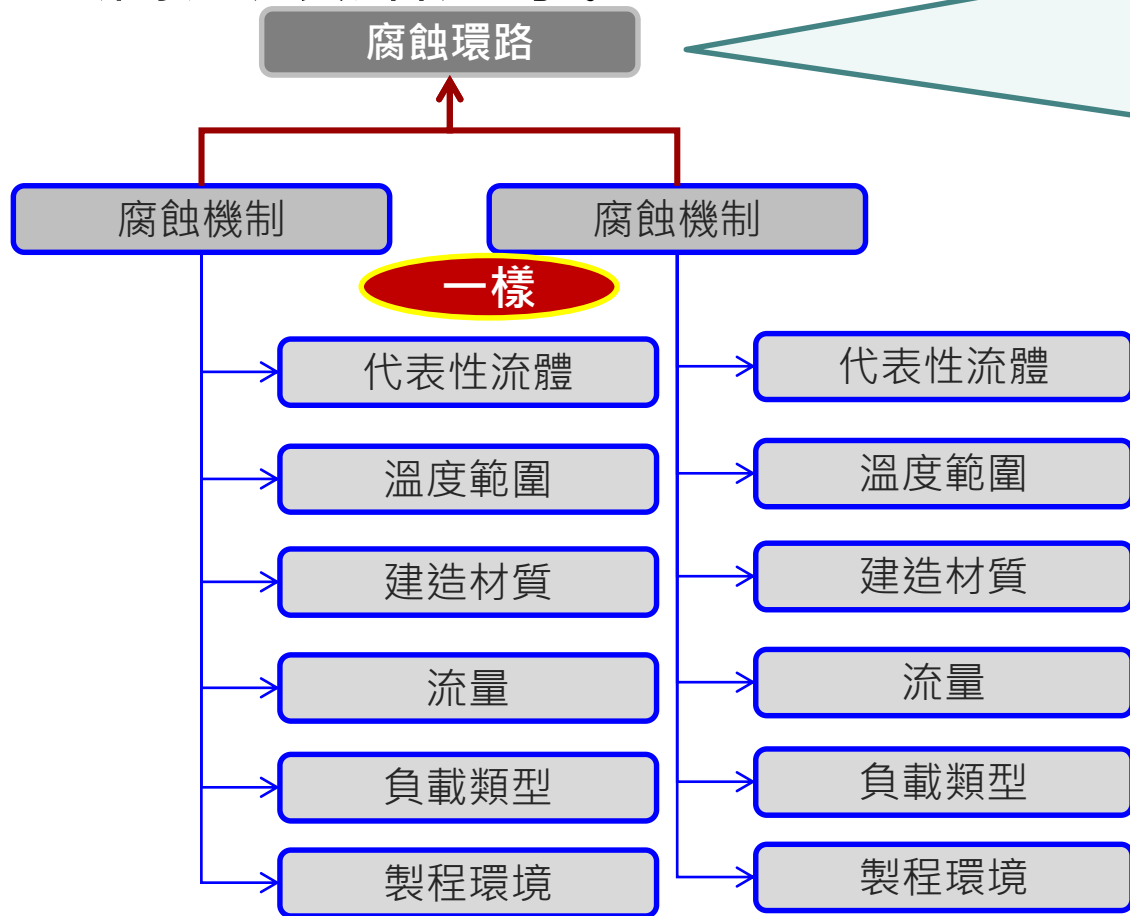


# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-腐蝕環路

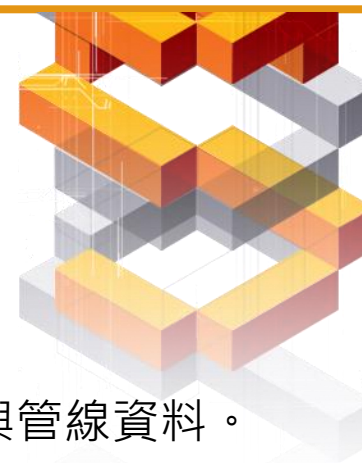
### 腐蝕環路定義



腐蝕迴路的規劃是依據設備元件的操作溫度、製程環境、內容物(包含其濃度、流速等)與設備元件的材質等特質定義出各部位潛在的腐蝕機制，並將具有相同的腐蝕機制與材質等群組定義出腐蝕迴路，並可針對相似的環路進行檢查上的管控。

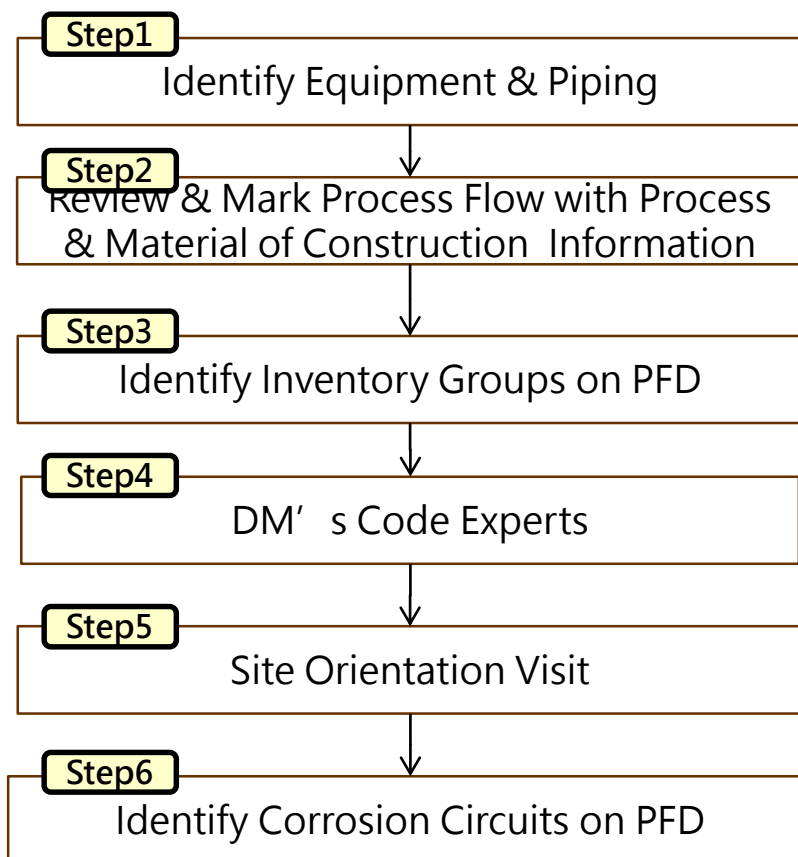


# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-腐蝕環路

### 腐蝕環路流程說明



1. 彙整/決定主要分析設備與管線資料。
2. 檢視並註記製程流體，包含製程條件與建造材質的相關資訊。
3. 於製程流程圖上辨識物流群組。
4. 決定腐蝕機制(利用相關腐蝕參考資訊或專家經驗等)。
5. 現場訪視可疑區塊。
6. 於製程流程圖(PFD)辨識腐蝕環路。



# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-腐蝕環路

### 環路清查與檢測建議

規劃腐蝕環路並建議檢測方案方式

建議檢查方法

製程區

廠區	腐蝕環路編號	環路名稱	設備/管線編號	材質	內容物	包覆 YES:V	操作條件		潛在腐蝕機制								損傷型態 損傷型態	檢查方法
							操作溫度 (度C)	操作壓力 (barg)	大氣腐蝕	大氣腐蝕 Pitting	CUI 減薄	CUI SCC	沖蝕	鍋爐水 腐蝕	熱疲勞	氯離子 應力腐蝕	壓力 變動疲勞	
EX	4	V-XXX 醋酸蒸發環路	8 "-**-0007- 1CC2(P)	304SS	丙烷		30	1.5	v									CUI減薄:VT(保溫外沉)、UT(保溫移除-厚度量測)、ET、導波UT、RT。
			...															
			...															
			...															
			...															

1. 決定製程主要損傷危害。
2. 損傷型態。
3. 建議檢查方法。



# 4.設備完整性成果



## 輔導流程-腐蝕環路

### 檢查/監測方法鑑定 (例)

ASME PCC-3 Table C-1 Inspection / Monitoring methods

	損害/缺陷			常見檢查方法，用來鑑定.....															
				表面					表面下				其他方法						
機制	形式	損傷機制	製造缺陷	目視檢查MT	滲滲檢查PT	螢光滲滲檢查FPT	磁粒檢查MT	濕式螢光磁粒WEMT	超音波測厚UT	超音波直束UTS	超音波剪力波UTSW	UTSWA 單點流速儀技術	超音波剪力波聲波式	射線檢查RT	渦電流檢查ET	音射定位檢查AE	尺寸量測	硬度測試	金相分析
包覆層下的腐蝕(CUI)	金屬損失	X		X					X	X									
腐蝕-疲勞	裂痕	X		X	X	X	X	X		X	X	X			X	X			
潛變	裂痕	X								X	X	X				X	X		X



## 4.設備完整性成果



### 輔導成果-腐蝕環路



李長榮小港廠腐蝕環路建置成果

- ✓腐蝕環路目前共建置**13**條環路，主要腐蝕機制包含：
- 磷酸腐蝕
  - 包覆層下腐蝕(CUI)-THIN
  - 包覆層下腐蝕(CUI)-SCC
  - 大氣腐蝕-CS及大氣腐蝕-SS等。



## 4.設備完整性成果



### 輔導成果-腐蝕環路



李長榮小港廠腐蝕環路建置成果

- 目前統整廠內可能腐蝕較為嚴重的區段，建議應搭配現場的檢測結果，以確定實際腐蝕情形並更新腐蝕率/敏度。腐蝕率較高的環路編號為4號及8號環路、敏度較高的環路為2、5、6、7、8、9、10、11、13號環路。



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-腐蝕環路

### 李長榮小港廠腐蝕環路-腐蝕率評估結果

腐蝕環路編號	腐蝕環路名稱	預測腐蝕率(mm/yr)/敏度
1	A	None
2	B	High
3	C	None
4	D	0.127
5	E	High
6	F	High
7	G	High
8	H	1.V-0001:CUI_SCC 2.E-0001 TS前:0.254 3.E-0001 TS後、有保溫:0.254 4.E-0001 TS後、無保溫:0.127
9	I	High
10	J	High
11	K	High
12	L	None
13	M	High



# 4.設備完整性成果



## 輔導成果-腐蝕環路

### 李長榮小港廠腐蝕環路-對應的設備/管線清單

- ✓ 目前已列出**13**條腐蝕環路對應的管線/設備清單，共有124個管線/設備。
- ✓ 建議應**優先執行檢測的管線/設備共95筆**，集中於5、7、8、9、10及11號環路

環路編號	設備/管線編號	PID圖號	Eqp From(僅管線需要填寫)	Eqp To(僅管線需要填寫)	設備/管線材料	內容物	包覆	腐蝕率/敏感度 (mm/yr)/none	操作條件	
							Y/N		操作溫度(度C)	操作壓力(kg/cm <sup>2</sup> G)
1	A	0001			304 SS	化學物質A	Y	High	甲	
2	B	0002	P-001	R-001	304 SS	化學物質B	Y	High	乙	
5	C	0003			304 SS	化學物質C	Y	High	丙	
5	D	0004			304 SS	化學物質D	Y	High	丁	
5	F	0005	P-0003	V-0001	304 SS	化學物質E	Y	High	戊	
5	G	0006	管線E	V-0002	304 SS	化學物質F	Y	High	己	
5	H	0007			304 SS	化學物質G	Y	High	庚	

此處為範例。  
共有95筆





# 謝謝指教