



機械完整性介紹和實務技術研討會

工廠MI建置和推動 實務經驗分享

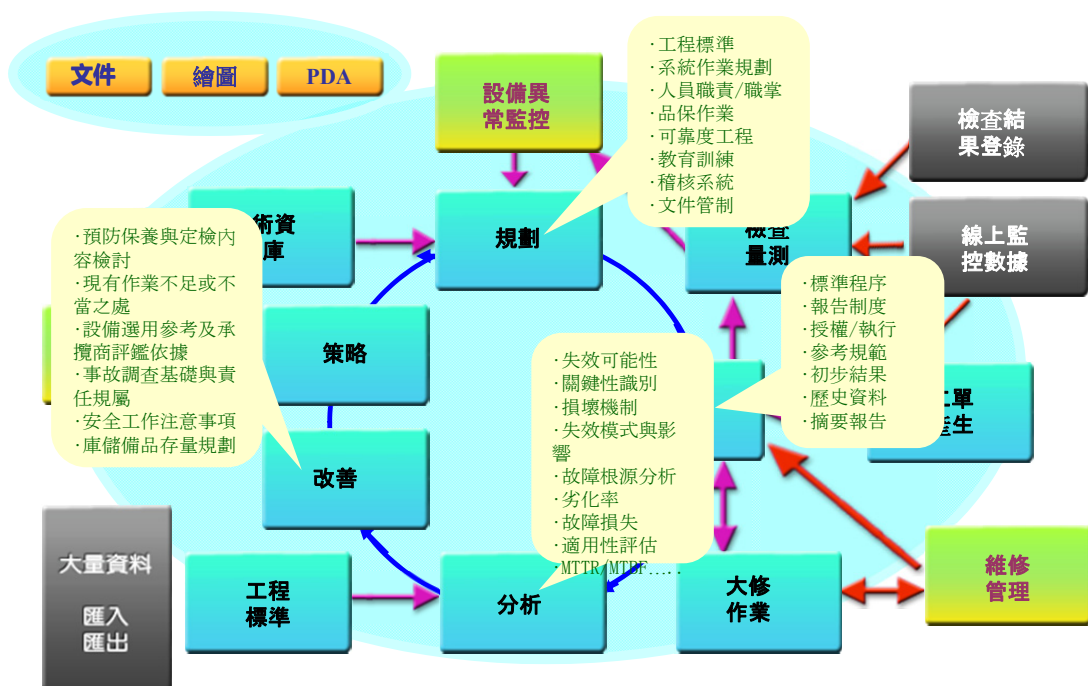
報告內容

- 1. 最新維護觀念演進：
RBM Strategy 風險基準維修策略
- 2. 實際案例應用：
某工場RBI執行成果報告
- 3. 實際案例應用：
某工場SIL執行成果報告
- 4. 實際案例應用：
某工場RCM執行成果報告
- 5. F工場推動MI的現況



前言

設備完整性管理實施



我們的完整性管理執行狀況

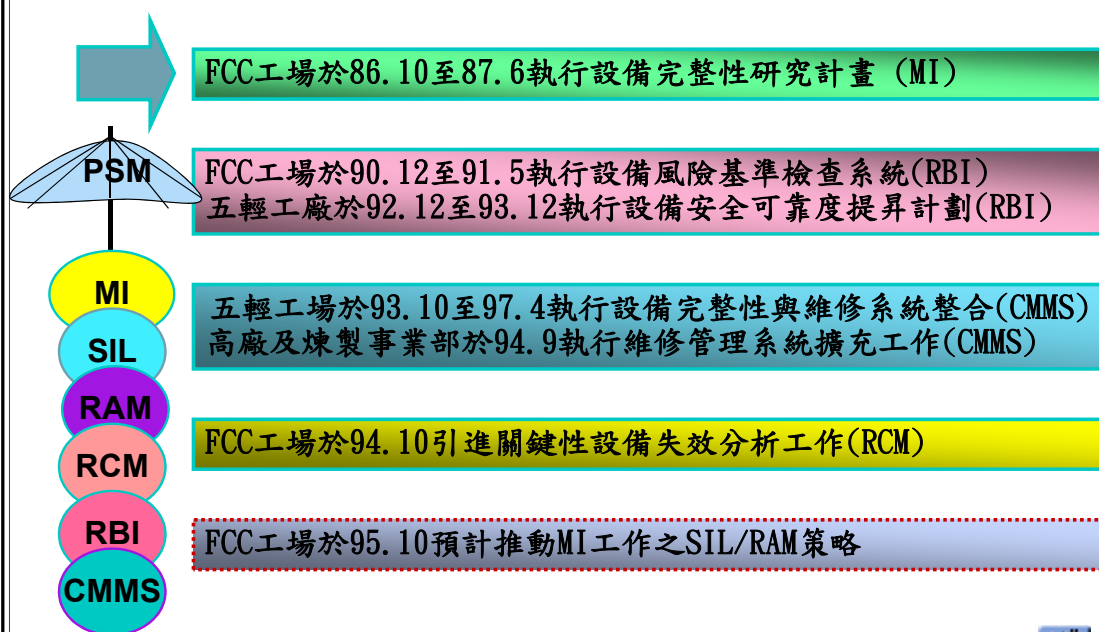
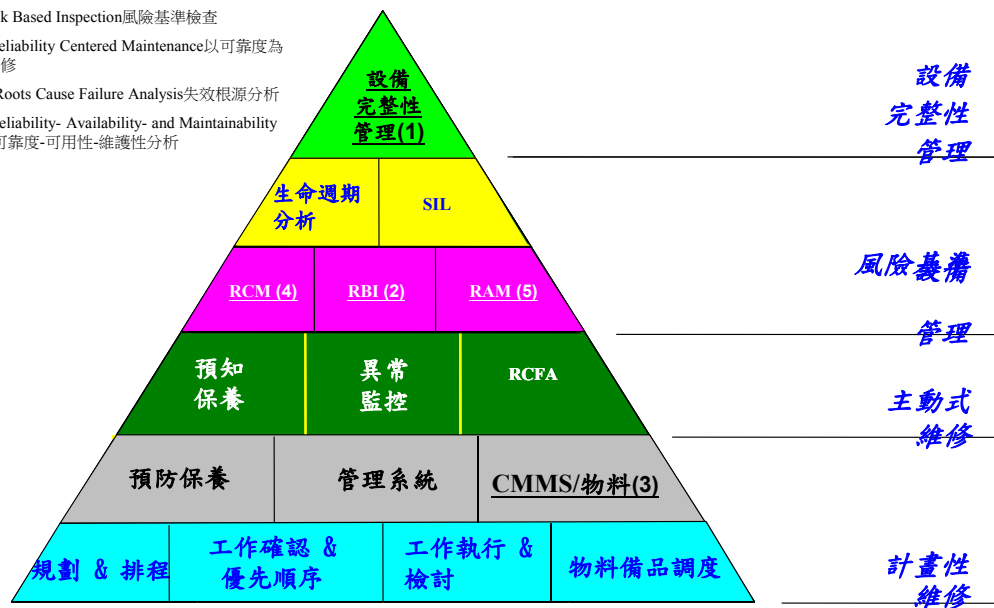
SIL : Safety Integrity Level安全完整性等級

RBI : Risk Based Inspection風險基準檢查

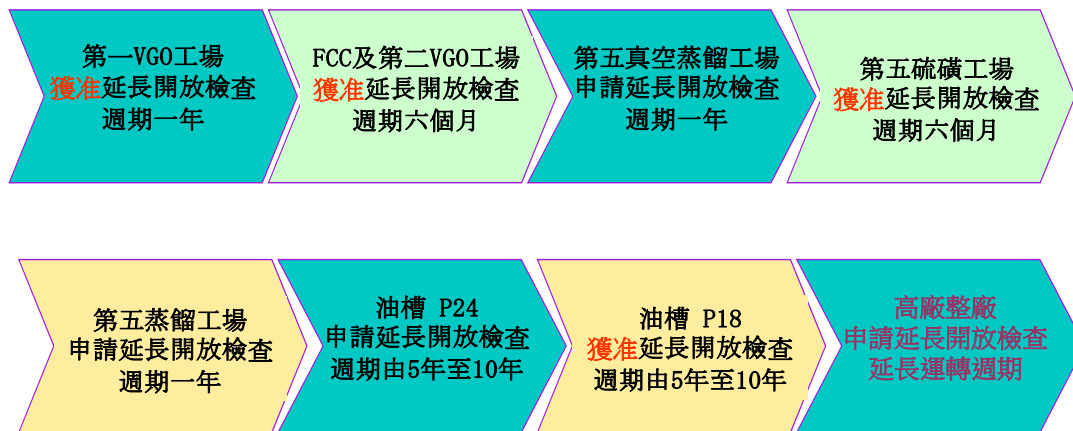
RCM : Reliability Centered Maintenance以可靠度為中心的維修

RCFA : Roots Cause Failure Analysis失效根源分析

RAM : Reliability- Availability- and Maintainability Analysis可靠度-可用性-維護性分析

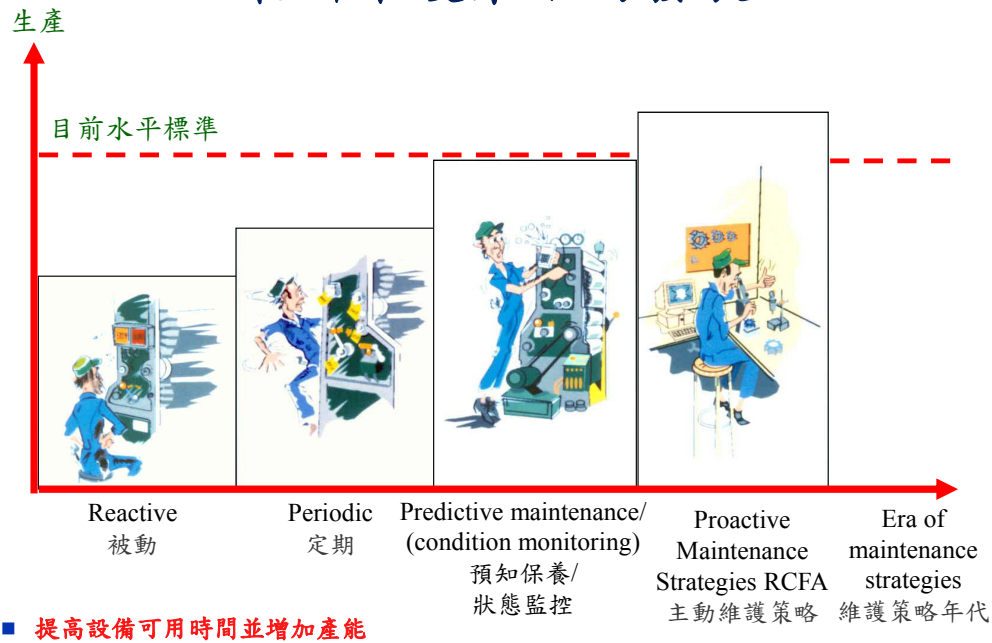


執行成果

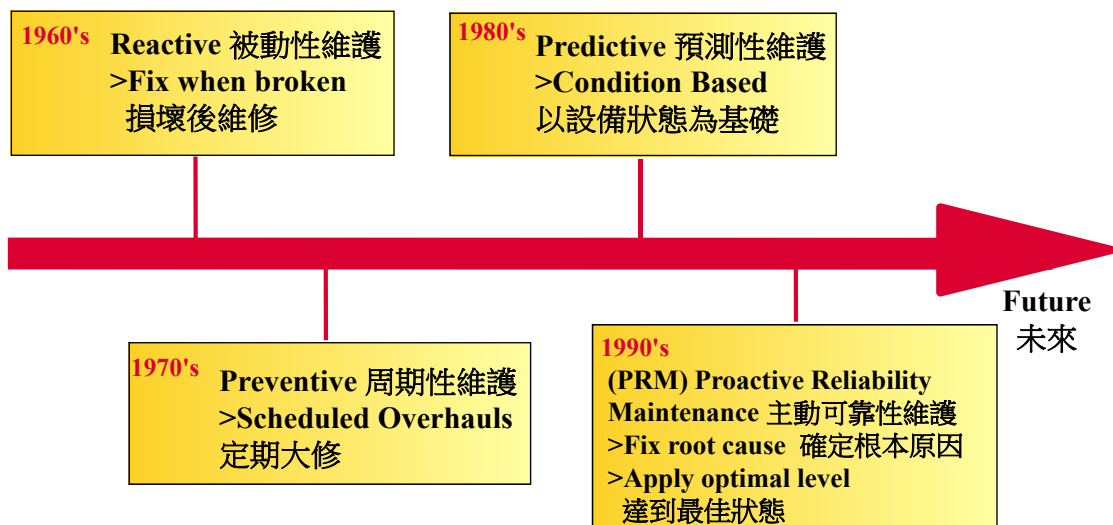


1. 最新維護觀念演進 & 以風險為基準的檢查及程序之核心技術

最新維護策略的發展



維護方法的演變



風險分析

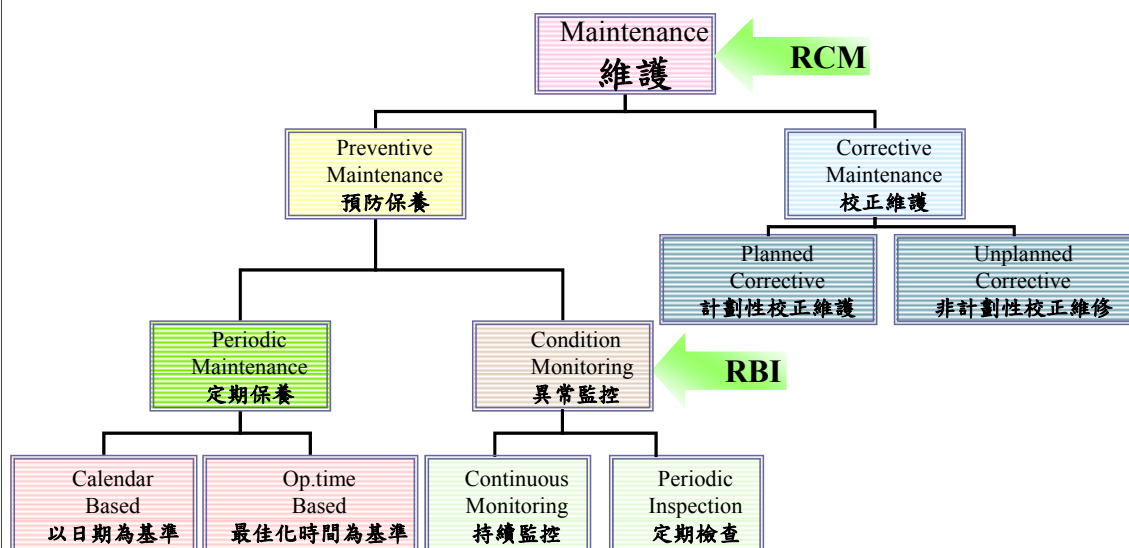
以風險為基準的維護策略



- Estimate the probability of the failure 估計失效機率
- Estimate the consequence of failure 估計失效後果
- Calculate risk 計算風險

維護策略

Maintenance Strategies and Management 維護策略和管理



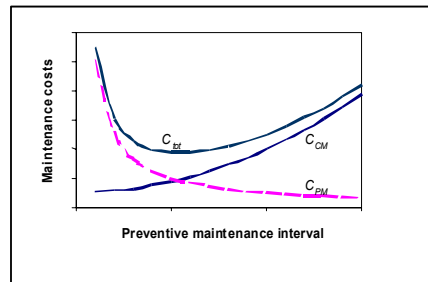
Slide 12

RBM Concept

- Safety:
 - Addresses safety consequences and risk for all equipment/systems
 - Protective devices maintained according to required reliability (IEC61508, API 581, SAE JA1011)
- Operability:
 - Uptime and failure analysis - input to Cost-optimisation
- Cost:
 - all maintenance actions will undergo a cost-benefit assessment (risk cost vs. maintenance cost)

5					
4					
3					
2					
1					
	A	B	C	D	E

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |



維修設檢工作整合及管理

```
graph TD
    subgraph Core [ ]
        direction TB
        AM[資產管理]
        PR[排程規劃]
        WO[工單管理]
        DS[派工狀況]
        SD[備品需求]
        MH[維修歷史]
        MC[維修成本]
        PI[績效指標]
        AM --> PR
        PR --> AM
        WO --> AM
        AM --> WO
        WO --> PR
        PR --> WO
        WO --> DS
        DS --> WO
        WO --> SD
        SD --> WO
        WO --> MH
        MH --> WO
        WO --> MC
        MC --> WO
        MH --> PI
        MC --> PI
        PI --> MH
        PI --> MC
    end

    ICS[儀控圖控系統] --> AM
    FID[文件/繪圖] --> WO
    CM[合約管理] --> DS
    DOP[大修排程] --> DS

    RBIR[SIL] --- RBIR
    RBIR --- RCM[RCM]
    RCM --- RCM
    RCM --- Strategy[檢查與維修策略]
    Strategy --- Strategy
    Strategy --- WO
    Strategy --- PI

    MS[物料系統] --> SD
    MS --> FS[財務系統]
    FS --> FS

    EID[設備檢測] --> AM
    EID --> PR
```

主要名詞定義

■風險基準檢查 (RBI, Risk Based Inspection)

以風險為基準的檢查計劃方法論。運用量化風險值高低來排定檢測計劃的優先次序，以及有效掌握高風險設備以進行可靠度較高的檢查，以避免大多數低風險設備過度檢查。主要針對固定設備及管線。

■以可靠度為中心的維修(RCM, Reliability Centered Maintenance)

評估出工場內較高風險關鍵設備的失效模式、失效機率及後果影響性，提出最佳化的維修策略，以降低工場因關鍵性設備失效產生的風險及非計畫性停爐的損失，從而提高工場操作的可靠度。主要針對轉動設備及生產功能失效的分析。

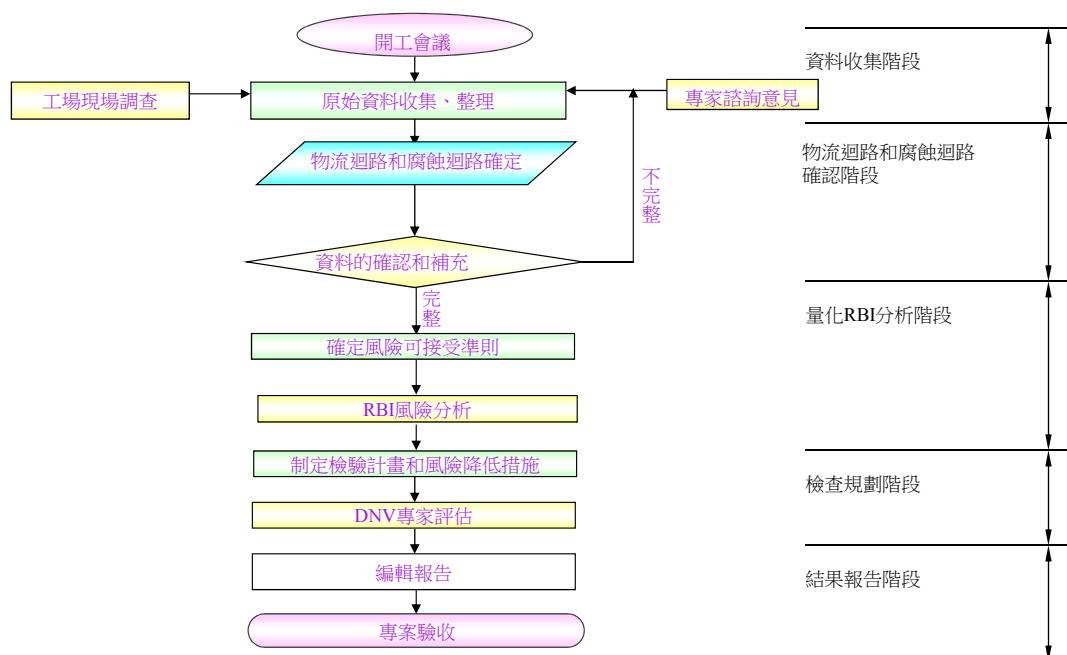
■安全完整性等級 (SIL, Safety Integrity Level)

確認與安全儀控系統相關的安全儀表功能的安全完整性要求等級(分等級1至等級4)。SIL等級的評估結果，可提供相關人員對安全儀表系統重要性的區分參考，並可作為最佳化測試規劃的主要依據，同時提高安全操作的可靠性。主要針對安全儀表系統、聯鎖裝置等設備的作動可靠度

2. 實際案例應用： 某工場 RBI 執行成果報告

■ 發展腐蝕環路和腐蝕手冊規劃及執行量化RBI

D公司RBI專案流程圖



RBI 案例研討：前五年檢查資料輸入收集情形

某工場

設備與管線基本資料收集更新狀況：

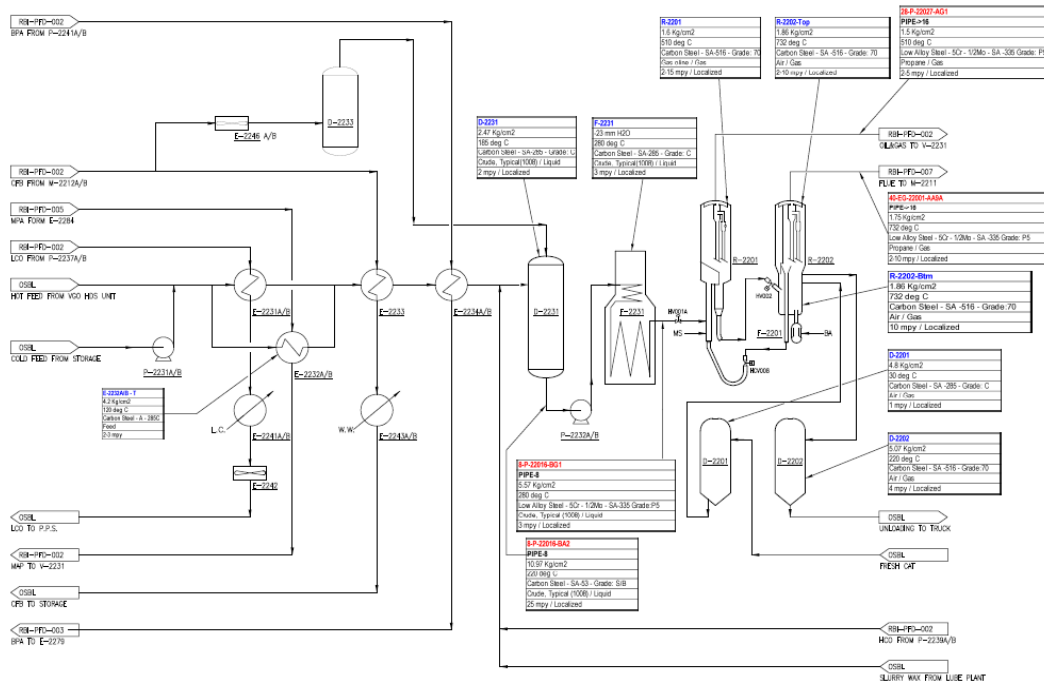
設備種類	數量	RBI分析部件
塔槽	14	28
換熱器	64	128
空冷器	13	39
加熱爐	1	1
反應器	4	6
壓力容器	54	57
管線	553	553
合計	705	812

某工場

94年至97年檢查記錄：

描述		97年	96年	95年	94年
設備	無腐蝕	79	42	77	55
	有腐蝕	34	18	27	1
	總數量	113	60	104	56
管線	無腐蝕	178	34	102	8
	有腐蝕	140	3	29	0
	總數量	318	37	131	8

圖檔繪製

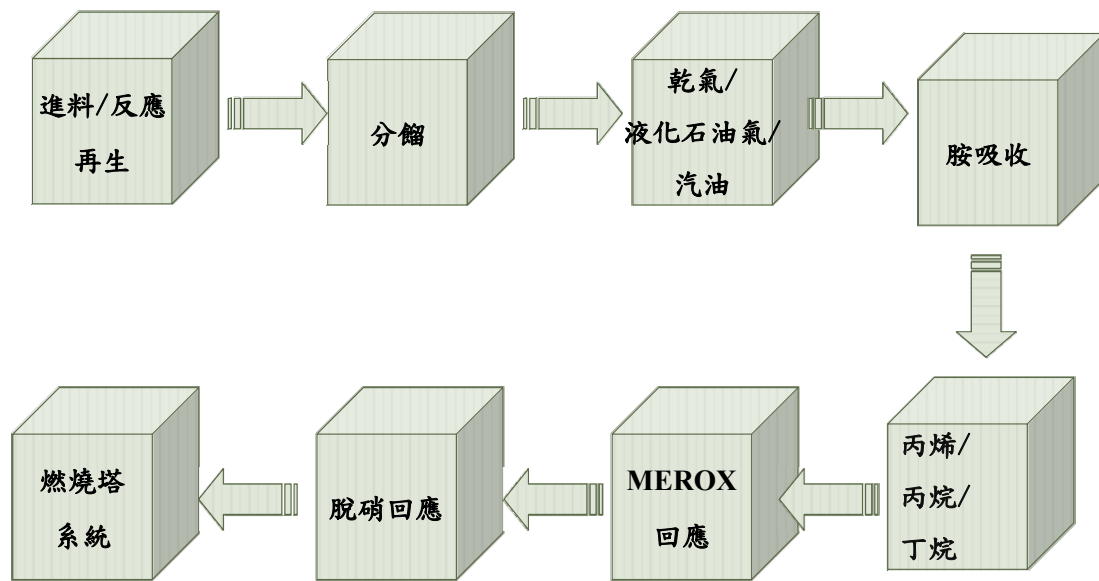


潛在的腐蝕機制特徵及分佈

- ✓ 高溫硫化物腐蝕
- ✓ 高溫氣體（氧化）腐蝕
- ✓ 胺腐蝕
- ✓ 酸水腐蝕
- ✓ 濕H₂S的腐蝕
- ✓ H₂S-HCN-H₂O腐蝕
- ✓ 催化劑引起的沖蝕和磨蝕
- ✓ 次硫酸或硫酸的“露點”腐蝕
- ✓ 外部損傷
- ✓ 硫化物應力腐蝕裂紋
- ✓ 氫致裂紋（HIC）氫起泡（HB）/ 應力導向氫致裂紋（SOHIC）
- ✓ 胺應力腐蝕裂紋
- ✓ 鹼性應力腐蝕

有13個潛在腐蝕機制及29個腐蝕環路

依據製程流程進行的腐蝕機制分析



腐蝕機制的範例-外部腐蝕

- ❑ 外部腐蝕：沒有保溫層的腐蝕&保溫材料下的層下腐蝕(CUI)
- ❑ CUI產生機理：保溫層與金屬表面間的空隙內積水產生
- ❑ 積水來源：雨水洩漏和濃縮、蒸氣伴熱管洩漏

CUI 發生於
-12°C~120°C

API-510
-4°C~120°C
(New, -12°C~175°C)

53°C~93°C
最嚴重

碳鋼&合金鋼 => 腐蝕減薄

奧氏田鐵不鏽鋼 => 應力裂紋(60°C~205°C)

工場中有保溫層設備及管線，應於上述溫度範圍內考慮CUI問題。

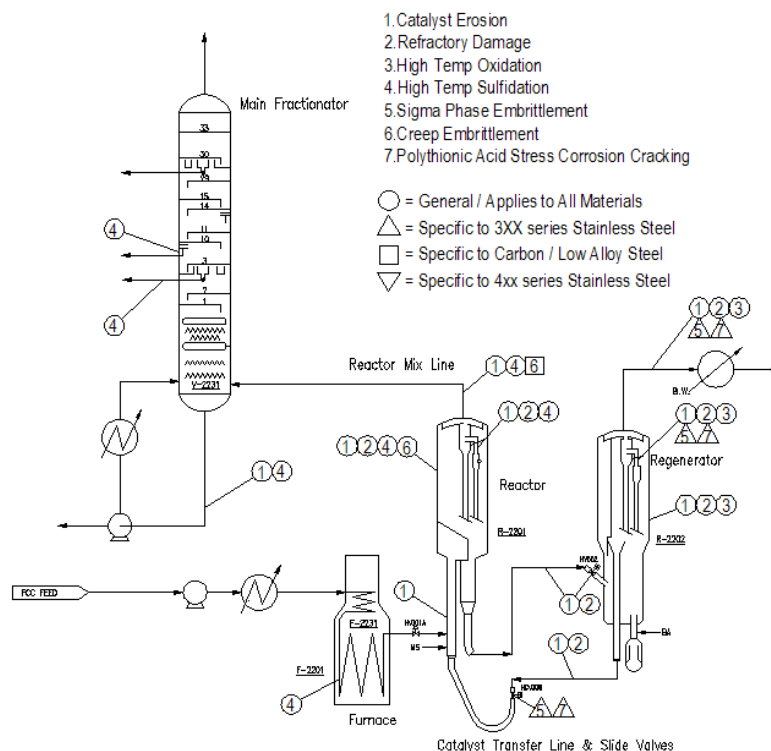
CUI: Corrosion under Insulation

高溫硫化物腐蝕

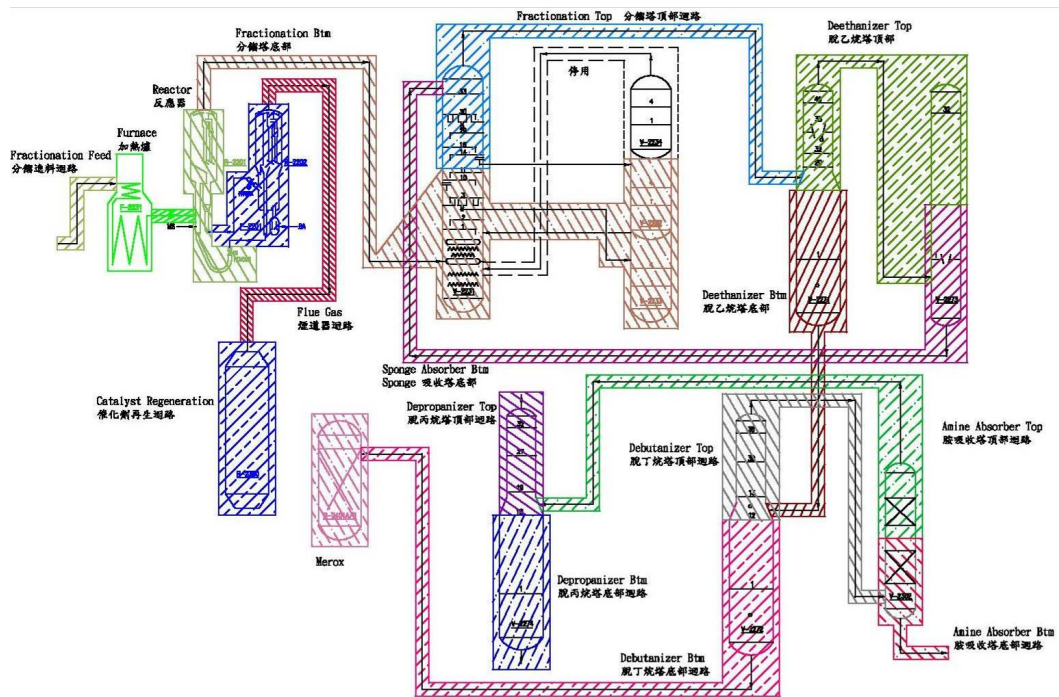
- ❑ 高溫硫化物腐蝕通常是一種在400F(204°C)溫度以上發生的均勻腐蝕形式。
- ❑ 腐蝕形式有時根據被加工的油伴隨著環烷酸腐蝕的發生。
- ❑ 含有5%、7%和9% Cr的合金能在高溫硫環境下提供足夠的可接受材料性能。相較下低合金如1-1/4和2-1/4Cr對碳鋼防腐性能提升不大，因此不能在此環境下有效使用。
- ❑ 在高硫等級和高溫下:可使用如12%Cr(410, 410S和405SS)的不鏽鋼和304SS, 316, 321 and 347。



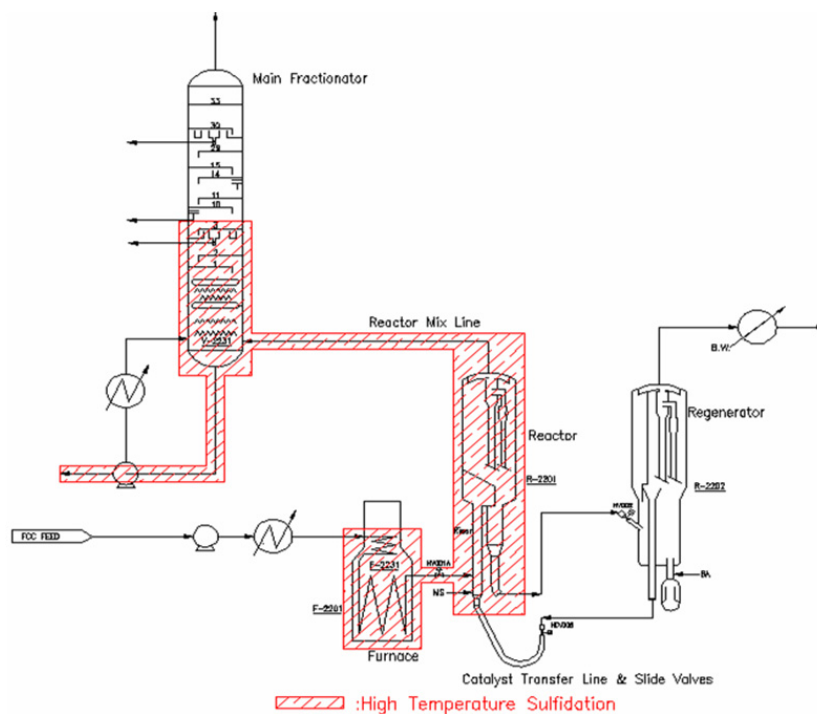
某工場熱區(Hot Section)-損壞機制圖示



Corrosion Map Schematic Drawing



高溫硫化區段



腐蝕迴路分析表 - 反應/再生腐蝕迴路

腐蝕迴路		Reactor
材料組成		Carbon Steel / Refractory
溫度範圍 °C	From	490
	To	
專家腐蝕率	mpy	2/15
減薄型態		Localized
製程簡述		反應器/再生器
備註		硫化氫、硫醇、硫醚、單質硫、硫化物
潛在腐蝕機率		High Temperature sulfidation / Erosion / Refractory Damage
主要設備及管線		R-2201
檢查建議		Combine with DNV ORBIT RBI results



腐蝕機制與預防保護對照表

項次	腐蝕機制	預防/保護措施
1	高溫硫化物腐蝕	◆ 加入鉻和鎳合金，增加抗高溫氧化能力。 ◆ 採用不鏽鋼材。 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT、PEC、Guide Wave。
2	高溫氧化腐蝕	◆ 含鉻的鋼材或不鏽鋼有較好的抗腐蝕性。 ◆ 避免耐火泥損壞。 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT、PEC。
3	濕式H ₂ S腐蝕	◆ 注入洗滌水以稀釋HCN濃度。 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT、PEC、UT Mapping。
4	H ₂ S-HCN-H ₂ O腐蝕	◆ 注入氨、水、防蝕劑，以減緩設備腐蝕。 ◆ 檢查方法：UT、RT、PEC、UT Mapping。

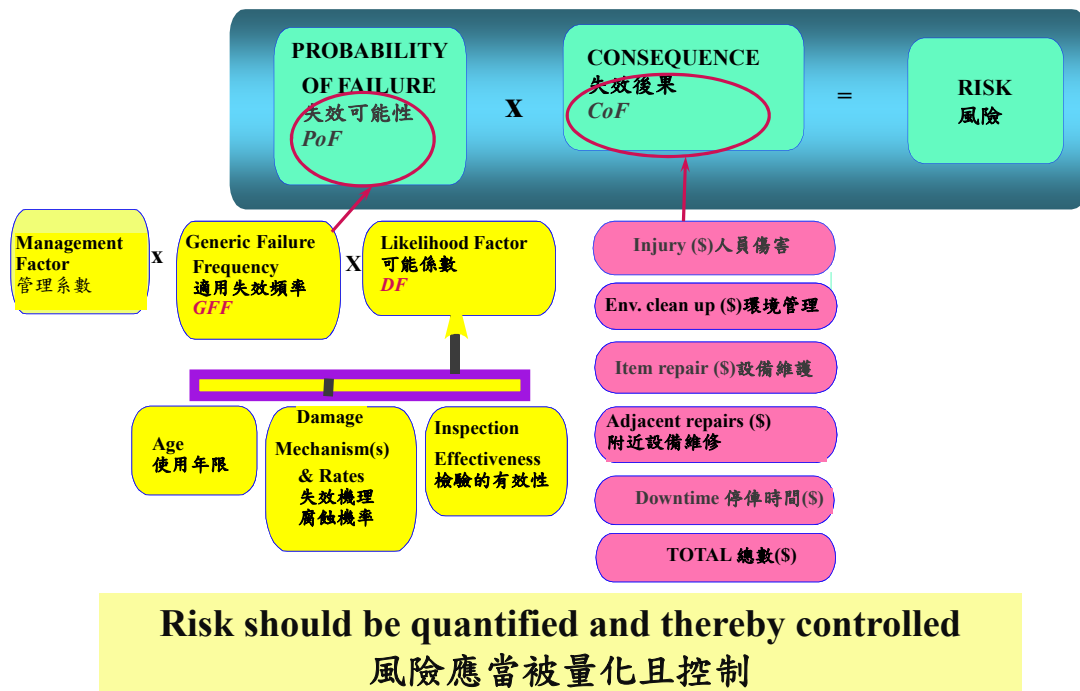
腐蝕機制與預防保護對照表

項次	腐蝕機制	預防/保護措施
5	沖蝕和磨蝕	◆ 採用高硬度合金或表面熱處理以增加抗蝕性及減少紊流的發生 ◆ 檢查方法：UT、RT。
6	外部腐蝕、CUI	◆ 加強保溫材料和油漆施工品質 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT、PEC、Guide Wave。
7	次硫酸或硫酸的“露點”腐蝕	◆ 保持設備、管線週遭環境相對濕度在50%以下。 ◆ 採用耐硫酸腐蝕的材質。 ◆ 採用合金內襯，以增加抗硫酸腐蝕能力。 ◆ 檢查方法：VT、UT、UT Mapping、RT。
8	硫化物應力腐蝕裂紋	◆ 焊後熱處理以降低殘留應力，並控制其熱影響區的硬度值在200HB以下。 ◆ 檢查方法：PT、UT、RT、TOFD、EMAT。

腐蝕機制與預防保護對照表

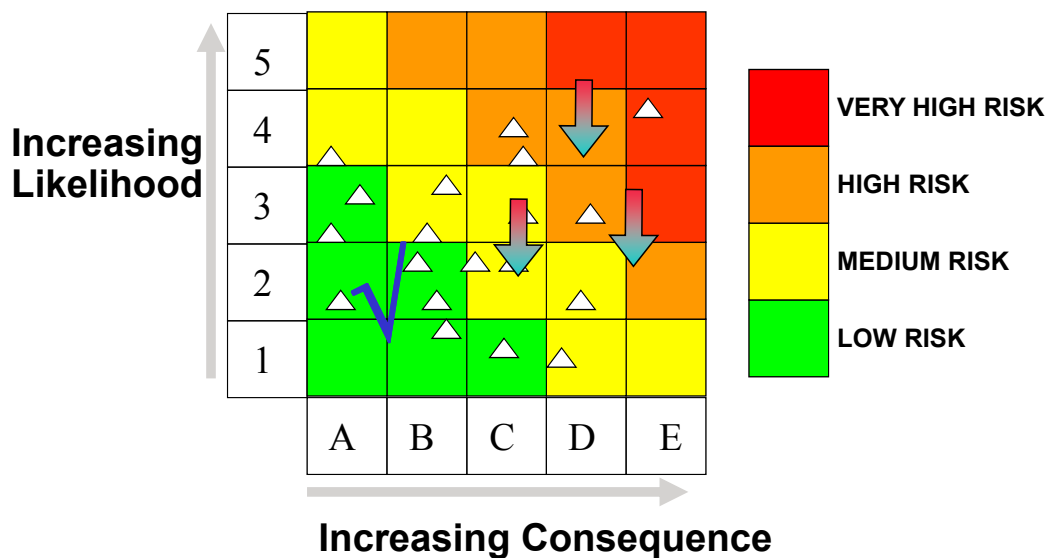
項次	腐蝕機制	預防/保護措施
9	氫致裂紋、氫起/泡應力導向氫致裂紋	◆ 銲接部位需銲後熱處理。 ◆ 焊後熱處理以降低殘留應力，並控制其熱影響區的硬度值在200HB以下。 ◆ 檢查方法：MT、UT、RT、TOFD。
10	酸水腐蝕	◆ 加入抗蝕劑與洗滌水以稀釋腐蝕物質。 ◆ 選擇抗蝕性較高的合金鋼。 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT。
11	胺腐蝕	◆ 避免液體流速過高而造成紊流。 ◆ 選擇適當材質如不銹鋼或加防蝕劑。 ◆ 檢查方法：VT、UT、RT。
12	氨應力腐蝕裂紋	◆ 銲接部位需銲後熱處理。 ◆ 檢查方法：PT、UT、RT、TOFD、EMAT。
13	鹼性應力腐蝕	◆ 焊後熱處理可有效降低裂紋(一般碳鋼可加熱至621°C)。 ◆ 檢查方法：PT、MT、UT、RT、TOFD、EMAT。

RBI 不僅考量失效可能性更需考量失效後果



Risk Based Inspection 風險基準檢查

Risk Reduction



RBI量化風險結果-檢查規劃

- 損壞可能性與損壞後果影響的5 X 5 的矩陣圖上顯示統計結果

原始2014年風險值 VS 最佳化檢查規劃後風險值

Future Status Before Inspection

Likelihood Cat. (Overall)	5	3	11	14	0	0	28
	4	33	67	98	35	4	237
	3	9	16	18	15	1	59
	2	15	29	47	28	0	119
	1	23	143	79	124	0	369
		A	B	C	D	E	
		Conseq. Cat. (Overall)					
		83	266	256	202	5	

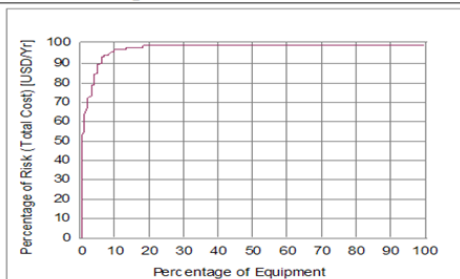
Future Status After Inspection (Final Appr.)

Likelihood Cat. (Overall)	5	0	0	0	0	0	0
	4	1	4	3	0	0	8
	3	44	88	128	49	4	313
	2	15	31	47	29	1	123
	1	23	142	78	124	0	367
		A	B	C	D	E	
		Conseq. Cat. (Overall)					
		83	265	256	202	5	

量化風險值Pareto曲線分析

- Pareto曲線指出2009 DNV 量化風險RBI分析結果，其中8%的中高風險以上之設備及管線項目約佔93%的單位風險。

Percentage of Equipment Vs Percentage of Risk



Top Risk Equipment

Unique ID	Eq. ID	Eq. Type	Eq. Name	Risk (Total Cost) [USD/Yr]	% Contrib.	Driving Factors
917	R-2202-Top	REACTOR	R2202 REGENERATOR	2,541,801	15.1%	
918	R-2202-Btm	REACTOR	R2202 REGENERATOR	2,123,484	12.6%	
915	R-2201-Top	REACTOR	R2201 REACTOR	1,216,781	7.2%	
916	R-2201-Btm	REACTOR	R2201 REACTOR	1,159,281	6.9%	
1255	V-2302-Btm	COLUMN/BTM	V2303 LPG ABSORBER	1,043,044	6.2%	
1055	E-2271-Tube	FINFAN	E2271 COMPRESSOR AIR FIN AFTERCOOLER	390,620	2.3%	
1256	3-P-23032-AA2	PIPE-4	PIPE	302,131	1.8%	
1263	D2309	DRUM	D2309 LPG/AMINE Separator	289,522	1.7%	
1262	D2308	DRUM	D2308 2nd Stage Caustic Settler	264,467	1.6%	
1264	D2309-BOOT	DRUM	D2309 LPG/AMINE Separator	246,673	1.5%	

某工場設備及管線量化RBI分析結果

- 透過API580 RBI 方法論，分析某工場設備與管線，評估其減薄、應力腐蝕、外部腐蝕...等因子，加以計算失效可能性與後果影響性，以評估出某工場的高風險設備與管線並規劃其檢查計畫。

Equipment Summary Sheet

Eqp. ID	R-2202-Top	Asset ID	
Eqp. Name	R2202 REGENERATOR		
Eqp. Type	REACTOR		
Production Unit	FCC		
Service Start Date	1978-06-01	Chemical	Gasoline (Gas)
Diameter [mm]	7110.0	Toxic Chemical	None (0%)
Length/Height [m]	10.7	Inventory Group[Kg]	7217.5(Calc)
Thickness [mm]	21.000	Op. Pres. [bar (g)]	1.6
PWHT [y/n]	N	Op. Temp. [C]	732.0
Insulated [y/n]	Y	Corrosion Rate [mm/Yr]	0.350(Thinning-Exp) 0.000(External Damage-Calc)
Material	Carbon Steel \ SA-516 \ Grade: 70		
Lining Type	Refractory (Corrosion or Erosion Protection) []		

Analysis Level Consequence-Lookup Likelihood-Detailed Dmg. Mech.	Current Status		Future Status Before Inspection		Future Status After Inspection (Final Appr.)	
	2009-02-12		2014-03-17		2014-03-17	
	Factor	Category	Factor	Category	Factor	Category
Thinning	12.6	3	641.3	4	2.6	2
SCC	0.0	1	0.0	1	5.2	2
External Damage	0.0	1	0.0	1	0.0	1
HTHA	0		0			0
Brittle Fracture		0				
Fatigue		0				
Likelihood	12.6	3	641.3	4	7.8	2
CoF (Total Cost) [USD]	132,505,57	E				
LoF [Events/Yr]		2.837E-03		1.444E-01		1.762E-03
Risk Rank (Overall)		4. HIGH		4. HIGH		3. MEDIUM HIGH
Risk (Total Cost) [USD/Yr]		375,972		19,139,792		233,446

中高風險以上管線-1/3

項次	管線編號	管線類型	經濟風險 (經濟損失)(USD)	整體風險等級
1	24-P-22044-AA2	PIPE->16	84920.18271	MEDIUM HIGH
2	3-P-23032-AA2	PIPE-4	302131.4004	MEDIUM HIGH
3	8-P-22082-AA2	PIPE-8	8590.316145	MEDIUM HIGH
4	8-P-22082A-AA2	PIPE-8	7950.189065	MEDIUM HIGH
5	8-P-22134-AA2	PIPE-8	6342.908972	MEDIUM HIGH
6	8-P-22136-AA2	PIPE-8	6905.809669	MEDIUM HIGH
7	8-P-22136B-AA2	PIPE-8	6905.809669	MEDIUM HIGH
8	8-P-22137A-AA2	PIPE-8	15487.35963	MEDIUM HIGH
9	18-P-22097-BA2	PIPE->16	37666.59067	MEDIUM HIGH
10	8-P-22100-AA2	PIPE-8	15380.22201	MEDIUM HIGH
11	8-P-22101-AA2	PIPE-8	6766.76467	MEDIUM HIGH
12	8-P-22109-AA2	PIPE-8	6413.681878	MEDIUM HIGH
13	8-P-22109A-AA2	PIPE-8	6413.681878	MEDIUM HIGH
14	10-P-23005-AA2	PIPE-10	37555.08765	MEDIUM HIGH
15	8-P-22137-AA2	PIPE-8	23847.86109	MEDIUM HIGH
16	4-P-23021-AA2	PIPE-4	213772.9966	MEDIUM HIGH

中高風險以上管線-2/3

項次	管線編號	管線類型	經濟風險 (經濟損失)(USD)	整體風險等級
17	4-P-23021A-AA2	PIPE-4	231787.3194	MEDIUM HIGH
18	4-P-23006A-AA2	PIPE-4	28618.10318	MEDIUM HIGH
19	18-P-22044-AA2	PIPE->16	79933.36035	MEDIUM HIGH
20	6-P-22065-AA2	PIPE-6	34001.86847	MEDIUM HIGH
21	4-P-22073A-AA2	PIPE-4	88518.38247	MEDIUM HIGH
22	3-P-22150-AA2	PIPE-4	153345.688	MEDIUM HIGH
23	4-P-22156-BA2	PIPE-4	84172.64405	MEDIUM HIGH
24	2-P-23033-BA2	PIPE-2	124001.387	MEDIUM HIGH
25	2-CL-23005-AA5	PIPE-2	117949.2075	MEDIUM HIGH
26	3-CL-23006-AA5	PIPE-4	108605.9032	MEDIUM HIGH
27	3-CL-23006A-AA5	PIPE-4	108605.9032	MEDIUM HIGH
28	3-CL-23006B-AA5	PIPE-4	108605.9032	MEDIUM HIGH
29	2-CL-23007-AA5	PIPE-2	111865.3859	MEDIUM HIGH
30	2-CL-23008A-AA5	PIPE-2	116092.4626	MEDIUM HIGH
31	2-CL-23008B-AA5	PIPE-2	111870.383	MEDIUM HIGH
32	4-P-22109B-AA2	PIPE-4	142039.2028	MEDIUM HIGH

中高風險以上管線-3/3

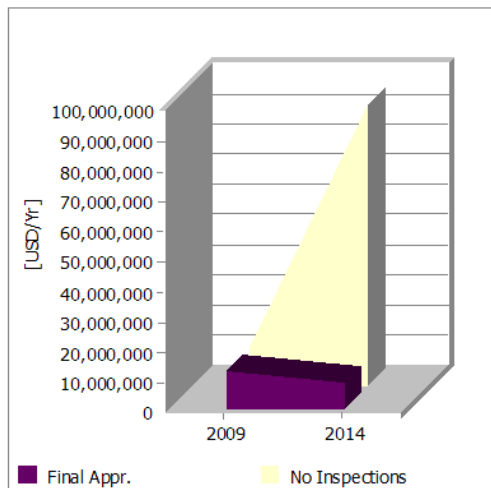
項次	管線編號	管線類型	經濟風險 (經濟損失)(USD)	整體風險等級
33	4-P-22110A-BA1	PIPE-4	167343.5157	MEDIUM HIGH
34	4-P-22110-BA1	PIPE-4	147623.8423	MEDIUM HIGH
35	4-P-22110C-BA1	PIPE-4	108742.2729	MEDIUM HIGH
36	4-P-22159-AA2	PIPE-4	147426.7448	MEDIUM HIGH
37	4-P-22159A-AA2	PIPE-4	147430.7855	MEDIUM HIGH
38	4-P-23022-AA5	PIPE-4	141001.7752	MEDIUM HIGH
39	4-P-23023-AA5	PIPE-4	149771.7923	MEDIUM HIGH
40	4-P-23023A-AA5	PIPE-4	133898.6063	MEDIUM HIGH
41	4-P-23024-AA5	PIPE-4	153484.7427	MEDIUM HIGH
42	4-P-23025-AA5	PIPE-4	153484.7427	MEDIUM HIGH
43	4-P-23025A-AA5	PIPE-4	158555.5046	MEDIUM HIGH
44	4-P-23027-AA2	PIPE-4	141001.7752	MEDIUM HIGH
45	4-P-23027A-AA2	PIPE-4	133669.7566	MEDIUM HIGH
46	4-P-23027B-AA2	PIPE-4	128925.7433	MEDIUM HIGH
47	4-SL-90002-SZ1	PIPE-4	25149.52615	MEDIUM HIGH
48	6-FG-23001A-AA2	PIPE-6	111345.8098	MEDIUM HIGH

預期的風險和風險的降低

- 預估於2014年末排定適當檢查前其風險值將達到93,710,313美元；
經最佳化檢測方法，預估風險值將會降低約90%至9,158,160美元。

Risk Over Time

Risk (Total Cost) [USD/Yr]



Risk Reduction

Risk (Total Cost) [USD/Yr]

Current	12,707,968
Future wo/Inspection	93,710,313
Future w/Inspection	9,158,160

Future Risk Reduction by

90%

Equipment Count

Rotating	0
Pipe	553
Furnace Tubes	1
Exchanger	167
Vessel	63
Column	28

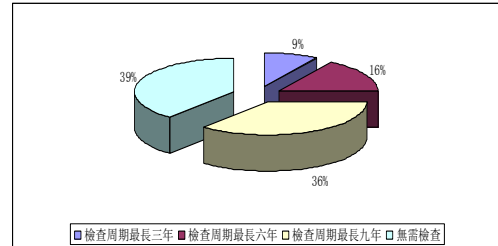
不同損壞模式與檢驗法適用性

檢驗技術	減薄	表層銜接處 發生破裂	次表面破裂	CUI	冶金改變	起泡現象
目視檢測 Visual Examination	1-3	2-3	X	1-2	X	1-3
超音波檢驗法(直束法) Ultrasonic Straight Beam	1-3	3-X	3-X	1-3	X	1-2
超音波檢驗法(剪力波) Ultrasonic Shear Wave	X	1-2	1-2	X	X	X
磁粉檢驗 Fluorescent Magnetic Particle	X	1-2	3-X	X	X	X
染色檢驗 Dye Penetrant	X	1-3	X	X	X	X
聲波放射檢驗 Acoustic Emission	X	1-3	1-3	X	X	3-X
渦電流檢驗 Eddy Current	1-2	1-2	1-2	X	X	X
磁漏檢驗 Flux Leakage	1-2	X	X	2-X	X	X
放射線檢驗 Radiography	1-3	3-X	3-X	1-3	X	X
尺寸量測檢驗 Dimensional Measurements	1-3	X	X	1	X	X
金相檢驗 Metallography	X	2-3	2-3	X	1-2	x
1=Highly effective	2=Moderately effective		3=Possibly effective		X=Not normally used	

某工場檢查週期規劃

- 依照風險評估結果及檢查歷史，將設備、管線區分成了低風險、中風險、中高風險以及高風險等四大類，所以本專案將檢查計劃分為四個檢查週期。

建議檢查週期	數量	百分比
檢查週期最長三年	73	8.99%
檢查週期最長六年	130	16.01%
檢查週期最長九年	293	36.08%
無需檢查	316	38.92%
總評估項	812	100.00%

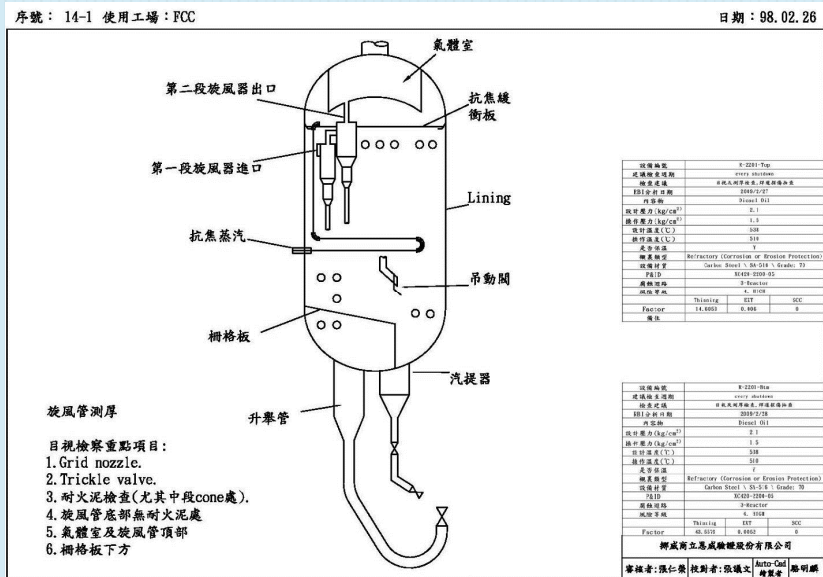


中高風險以上設備

項次	設備編號	設備類型	經濟風險 (經濟損失)(USD)	整體風險等級
1	D2273	DRUM	15568.61445	MEDIUM HIGH
2	D2308	DRUM	264466.6531	MEDIUM HIGH
3	D2309	DRUM	289522.4262	MEDIUM HIGH
4	D2309-BOOT	DRUM	246673.0119	MEDIUM HIGH
5	E-2278A-SS	EXCHANGER	11627.61062	MEDIUM HIGH
6	E-2278B-SS	EXCHANGER	11627.61062	MEDIUM HIGH
7	E-2278C-SS	EXCHANGER	11627.61062	MEDIUM HIGH
8	E-2278D-SS	EXCHANGER	11627.61062	MEDIUM HIGH
9	V-2231-Top	COLUMN TOP	4447.404195	MEDIUM HIGH
10	V-2271-Top	COLUMN TOP	108185.9246	MEDIUM HIGH
11	V-2273-Btm	COLUMN BTM	163627.0185	MEDIUM HIGH
12	V-2273-Top	COLUMN TOP	31862.11099	MEDIUM HIGH
13	V-2302-Btm	COLUMN BTM	1043043.965	MEDIUM HIGH
14	R-2201	REACTOR	272022.8184	HIGH
15	R-2202	REACTOR	375638.8328	HIGH

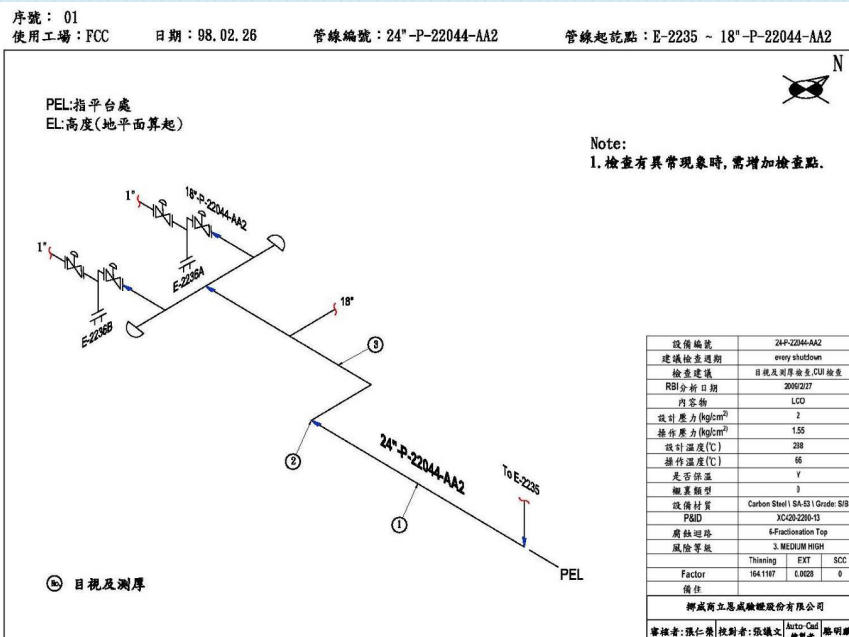
中高風險以上設備詳細檢查規劃

- 主要依據所有2009年RBI分析結果，對於中高風險(含)及高風險項之設備項執行詳細檢查規劃以及規畫管圖設備項明細表



中高風險以上管線詳細檢查規劃

- 對於中高風險(含)及高風險項之管線，參考現場實況並繪製ISO圖且標示檢查需求及相關參考資訊



RBI 執行結果結論與建議

- 將某工場的製程分類為：**進料/反應再生、分餾、乾氣/液化石油氣/汽油、胺吸收、丙烯/丙烷/丁烷、Merox反應、脫硝反應和燃燒塔系統**…等八大製程。
- 分別針對具可能發生腐蝕的設備、管線(合計705件)共分出**29項腐蝕迴路與13個主要的腐蝕機制**(依其操作條件與管線的材質、尺寸及腐蝕介質)。
- 這些數據對於下一階段執行量化RBI後，當**有效的掌握高風險設備及管線**。
- **腐蝕手冊**的資訊可提供**較高風險設備**執行適用性的**檢查方法**的選擇，可作為主要參考依據。

RBI 執行結果結論與建議

- 有效的掌握少數(**約8%**)較高風的設備及管線，其**風險貢獻約佔93%**，以及多數低風險設備，提供有效的風險管控的參考依據以及避免過度於低風險的檢測。
- **確實預知未來的風險分佈**的情況，並對現今及未來提出最佳化的檢查規劃以避免較大的可能失效風險。
- **風險值會隨時間增加而增加，唯有透過有效的檢查**，以及更新既有的腐蝕率才能更有效的掌握腐蝕趨勢及消除腐蝕率假設的誤差，以達到不斷的改善的目的。
- **RBI的重新分析和檢查規劃的重新定義，應最少在2次歲修後重新評估**，使分析結果更趨近現況，更能有效的掌控風險。

3. 實際案例應用： 某工場 SIL 執行成果報告

■ 安全儀控系統執行SIL(安全完整性等級)

名詞定義

- **EUC** (Equipment Under Control)

EUC(受保護的設備)，受安全儀表系統保護的用於製造、加工、輸送或其他用途的設備、機器、儀表以及裝置。

- **EUC風險**(EUC risk)

由EUC或由EUC與EUC控制系統相互作用而產生的風險。

- **安全儀表功能**(SIF，Safety Instrumented Function)

在連續操作模式下為達到功能性安全所必須的具有安全完整性等級的安全功能，也可稱為安全儀表保護功能或安全儀表控制功能。

- **安全完整性等級**(SIL，Safety Integrity Level)

為一離散的分級表示(從等級1至等級4)，用以明訂與安全儀表系統相關的安全儀表功能的安全完整性要求等級。SIL4具有最高安全系統完整性要求等級，而SIL1最低。

- **安全儀表系統**(SIS，Safety Instrumented System)

執行一個或多個安全儀表功能的儀表系統，該系統由感測器、邏輯控制單元、最終執行機構組成。

名詞定義

- **安全失效分率(SFF, Safe Failure Fraction)**

元件硬體安全失效率對總失效率的分率，安全失效率也包含可以檢測到的危險失效率。

- **硬體故障容忍度 (Hardware Fault Tolerance, HFT)**

一個硬體的功能單元在可以執行其所要求功能時所能容忍存在的硬體失誤數量。

- **安全完整性(Safety Integrity)**

可在規定的時段內及所有規定的條件下，成功執行所要求的安全儀表功能的安全儀表系統的平均機率。

- **保護層分析(LoPA, Layer of Protection Analysis)**

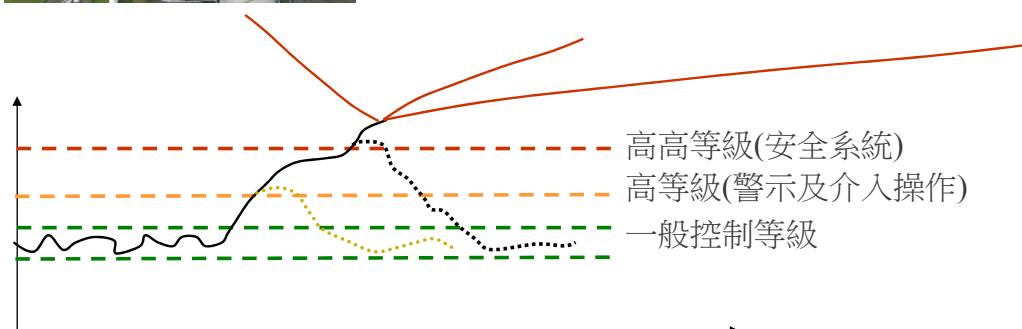
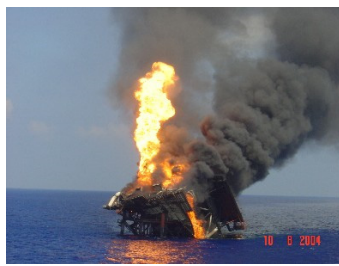
是一種特殊的事件樹分析形式，其目的是為了最佳化確定不期望事件的發生頻率，然後使用一個或更多的保護層防止事故發生。透過將結果風險頻率和可容忍風險頻率相比，最終可選擇一個合適的安全完整性等級。

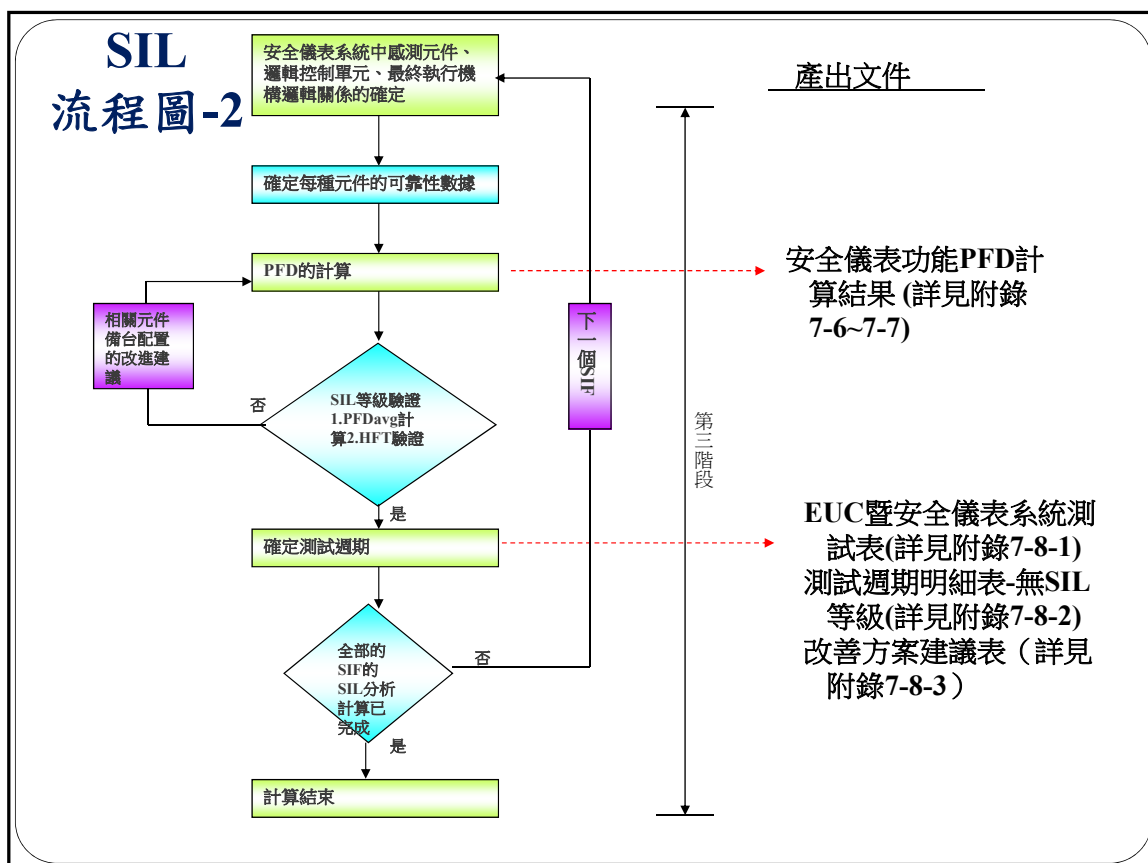
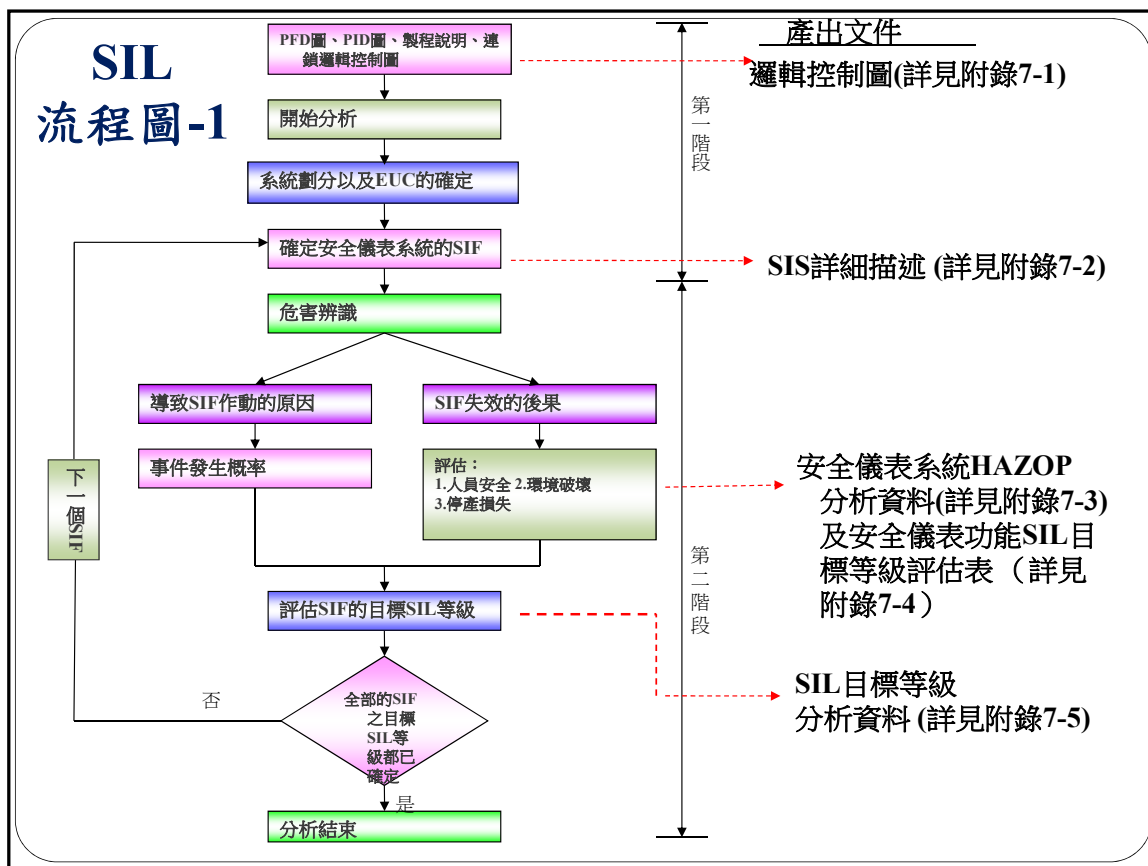
- **失效率(Failure Rate)**

失效率一般定義為單位時間失效的次數，通常以希臘字母 λ 代表，在一般資料庫中的失效率數據通常以每百萬小時的失效次數為單位。

風險隔離 (控制 X 安全)

- 控制與安全系統應用於不同範圍的操作參數





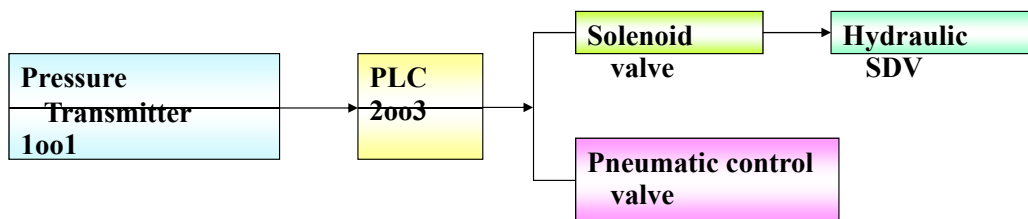
安全儀表系統和可靠性方塊圖



感測元件

邏輯控制單元

最終執行機構



Definition of Functional Boundaries to EUC (功能界限對EUC的定義)

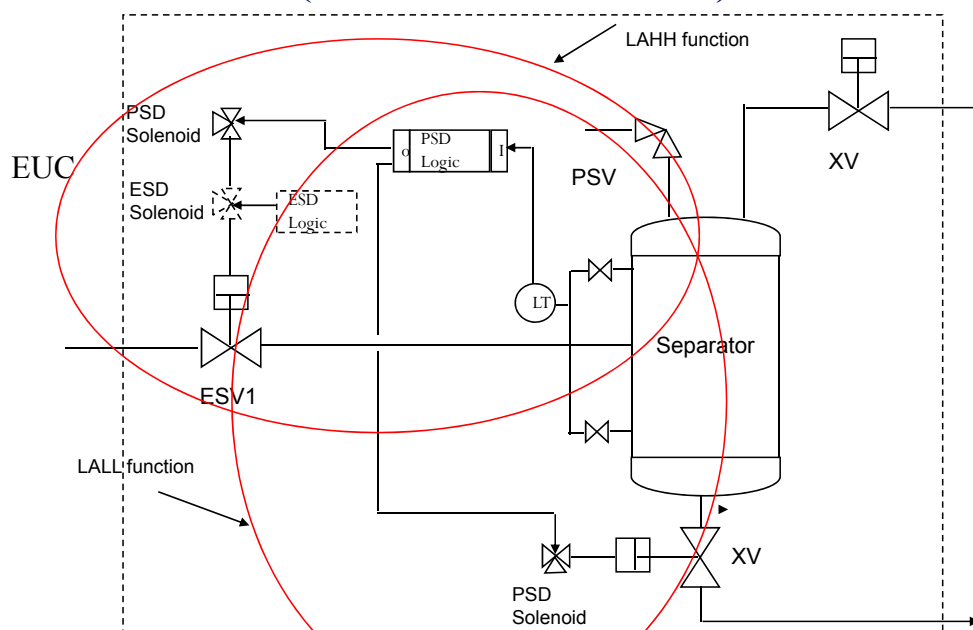


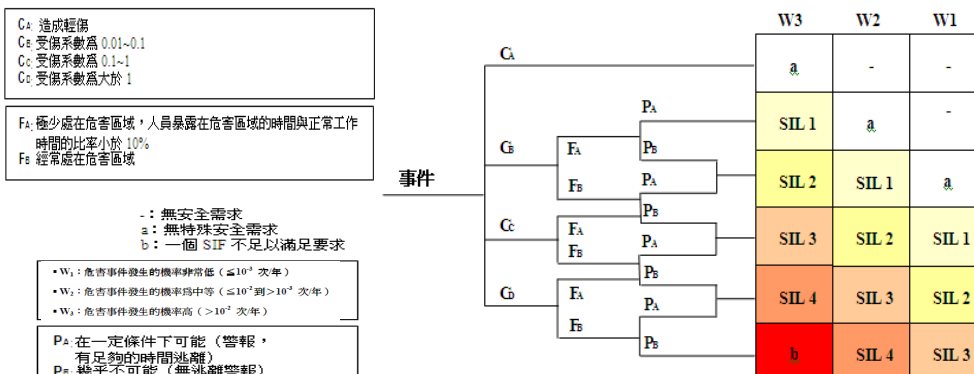
Figure 1

SIL 案例研討：某工場工作內容

■ 執行SIL分析(地點：某工場)

安全完整性等級 (SIL, Safety Integrity Level)

確認與安全儀控系統相關的安全儀表功能的安全完整性要求等級 (分等級1至等級4)。



SIL-PFD 與風險降低因子

• Shown as

$$RRF = \frac{1}{PFD}$$

Safety Integrity Level	Low Demand Regime	
	PFD	RRF
4	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	10.000 a 100.000
3	$\geq 10^{-4}$ a $< 10^{-3}$	1.000 a 10.000
2	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-2}$	100 a 1.000
1	$\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$	10 a 100

PFD (Probability of Failure on Demand) :反應失效機率，是指在特定時間間隔內，某一系統或部件針對要求指令不能正確地作出反應而失效的機率。

RRF(Risk Reduction Factor) :風險降低因子是表達風險降低程度的大小，是指初始風險(沒有安全系統)與剩餘風險(使用安全系統)的比值，此值為PFD的倒數。

HFT評估改善依據

- 依據IEC 61508-2若符合下列三項條件，則該元件可稱為“A類型”：
 - 所有組成元件之失效模式均有良好的定義
 - 在失效的條件下，所有元件的行為均可完全決定
 - 有足夠且可靠的失效數據

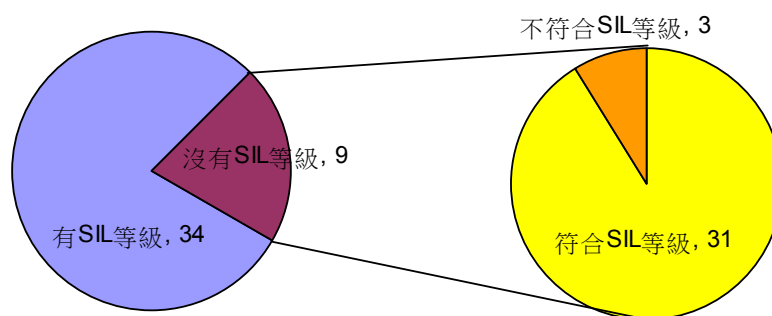
對不符合上述條件的元件則歸類為”B類型”

硬體安全完整性：A類型安全相關系統的結構限制

SFF	硬體故障容忍度 * 1		
	0	1	2
< 60%	SIL1	SIL2	SIL3
<u>60% - < 90%</u>	<u>SIL2</u>	<u>SIL3</u>	SIL4
90% - < 99%	SIL3	SIL4	SIL4
≥ 99%	SIL3	SIL4	SIL4

*1:硬體故障容忍度 N 表示如果有 N + 1 個故障時即會影響到安全功能
欲知本表更詳細的解釋，請參閱 IEC 61508-2 7.4.3.1.1 到 7.4.3.1.4

安全連鎖系統迴路統計



43個SIF

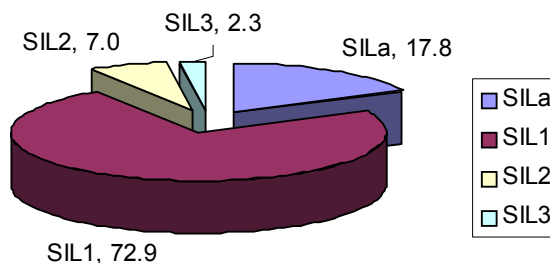
34個有SIL等級

每個SIF根據現有硬體計算出之PFD不符合其目標SIL等級

SIL分析結果－感測元件

-此分析結果乃是根據 SIL 方法論及執行HAZOP分析而來

SIL	數量	%
SILa	23	17.8
SIL1	94	72.9
SIL2	9	7.0
SIL3	3	2.3
SIL4	0	0.0
合計	129	100.0

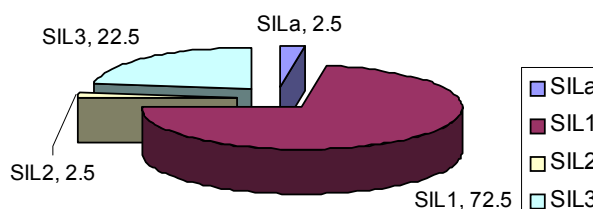


17.8%屬於過度保護; 72.9%屬於SIL1; 7.0%屬於SIL2; 2.3%屬於SIL3

SIL分析結果－最終執行機構

-此分析結果乃是根據DNV SIL方法論及執行HAZOP分析而來

SIL	數量	%
SILa	1	2.5
SIL1	29	72.5
SIL2	1	2.5
SIL3	9	22.5
SIL4	0	0.0
合計	40	100.0

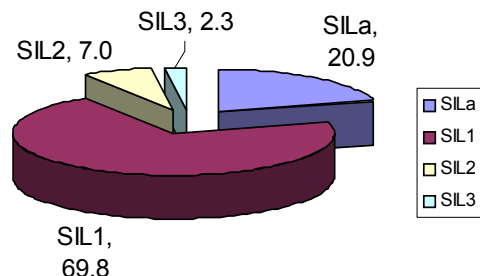


2.5%屬於過度保護; 72.5%屬於SIL1; 2.5%屬於SIL2; 22.5%屬於SIL3

SIL 分析結果 – 安全儀表功能(SIF)

-此分析結果乃是根據DNV SIL方法論及執行HAZOP分析而來

SIL	數量	%
SILa	9	20.9
SIL1	30	69.8
SIL2	3	7.0
SIL3	1	2.3
SIL4	0	0.0
合計	43	100.0



20.9%屬於過度保護；69.8%屬於SIL1；7.0%屬於SIL2；2.3%屬於SIL3

SIL分析結果統計

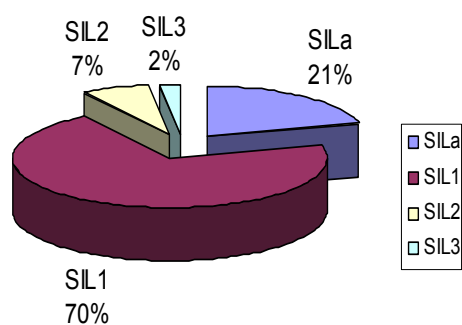
43個SIF及其相關的感測元件和最終執行機構之SIL如下：

SIL	安全儀表功能 (SIF)		感測元件		最終執行機構	
	數量	%	數量	%	數量	%
SILa	9	20.9	23	17.8	1	2.5
SIL1	30	69.8	94	72.9	29	72.5
SIL2	3	7.0	9	7.0	1	2.5
SIL3	1	2.3	3	2.3	9	22.5
SIL4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
合計	43	100.0	129	100.0	40	100.0

安全儀表功能(SIF)的共有43個，分別屬於11個受控設備(EUC)。

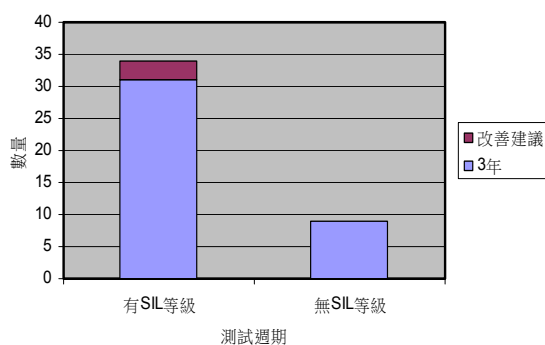
43個SIF符合要求SIL等級統計

SIL	數量	符合SIL	不符合SIL	改善方案
a	9	9	0	0
1	30	29	1	1
2	3	2	1	1
3	1	0	1	1
SIL a：無特殊安全需求				



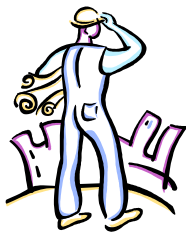
43個SIF測試週期統計表

測試週期	數量		百分比 (%)
	有SIL等級	無SIL等級	
3年	31	9	93.02
改善建議	3	0	6.98



Failure Rate 數據選用之依據

- 使用廠牌 Maker
- 使用型號 Model
- 使用形式 Type
- 使用環境 Service
 - Clean/ Severe
 - Close on trip or Open on trip
 - Full Stroke or Tight shutoff
 - Normal or PVST



Failure rate 參考資料來源

- D公司數據庫
- 元件廠家經驗數據
- SINTEF: Reliability Data for Safety Instrumented Systems, PDS Method Handbook, 2006 Edition,
- SINTEF: Reliability Prediction Method for Safety Instrumented Systems, PDS Method Handbook, 2006 Edition
- EXIDA : Safety Equipment Reliability Handbook, 2007 Edition
- OREDA: Offshore Reliability Data Handbook, 4th Ed(2002)



當PFD無法滿足需求的SIL時之解決方法

- 提升元件之SIL等級(選擇SFF較高的元件)
- 調整測試週期
- 調整元件之複聯需求
- 增設自診斷系統
- 增加SIS系統
- 增加LoPA (Layer of Protection Analysis)



EUC暨安全儀表系統週期測試表

EUC	C-2385									
SIF	PSL-23401									
Target SIL	1									
測定點										
最長測試週期(年)	3									
測試時間	____年____月____日				測試人員					

1.RBD

```

    graph LR
      A[Pressure switch  
1 oo 1] --> B[Relay  
1 oo 1]
      B --> C[Circuit breaker  
1 oo 1]
  
```

2.PFD計算資訊

監測元件Sensor Element										
TAG	MTTR	DC (D)	Logic	λ_{od}	λ_{ou}	λ_{sd}	β	SFF	MTTFS(h)	
PSL-23401	4	0	1 oo 1	0	1.29E-07	0	0.05	-	-	

最終執行機構Final Element										
TAG	MTTR	DC (D)	Logic	λ_{od}	λ_{ou}	λ_{sd}	β	SFF	MTTFS(h)	
circuit breaker of C-2385	4	0.25	1 oo 1	0	1.50E-07	0	0.02	-	-	

邏輯控制單元Logic Solver										
TAG	MTTR	DC (D)	Logic	λ_{od}	λ_{ou}	λ_{sd}	β	SFF	MTTFS(h)	
Relay	4	0	1 oo 1	0	2.70E-06	0	0.02	-	-	

備註：- 以現有的資料無法計算出該值。

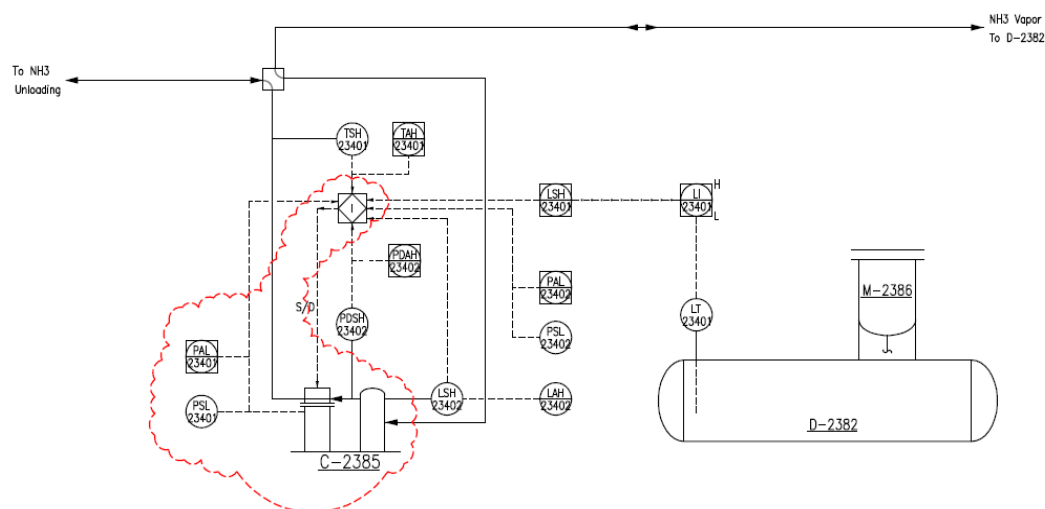
3.PFD Contribution

%	PFD	%
Sensor element	1.70E-03	14.71
Final element	1.97E-03	17.04
Logic Solver	7.89E-03	68.25
Total	1.16E-02	100.00

Sensor element, 14.71
 Final element, 17.04
 Logic Solver, 68.25

Legend:
 ■ Sensor element
 ■ Final element
 ■ Logic Solver

EUC暨安全儀表系統週期測試表



不符合PFD要求的SIF的改善建議

EUC02-Reactor - R-2201		
PFD不符合其目標SIL等級之SIF	改善方案	現場討論現況描述
TAL-006A, TAL-007A, TAL-008A	方案1：可將此SIF的最終執行機構，包含：HV-001A, HV-001B, HV-001C, HV-002, HV-008, PV-112B, PV-110, XV-102, FV-007A等9個閥改成可執行PVST的智慧型閥門（每週測試一次），並將其電磁閥改為智慧型回饋式，如此可將PFD降低至所需SIL等級。	與現場人員討論過後，基於安全上考量，現場人員希望能夠將此SIF內的9組最終執行機構改成能執行PVST的智慧型閥門。
	方案2：建議更換HV-001A/C、HV-002、HV-008、PV-112B、PV-110及FV-007等7組閥改成可執行PVST的閥門（每週測試一次），並將電磁閥改成智慧型回饋式。	除了與現場人員討論結果，還加上了PFD的輔助計算和multi-function觀念，HV-001B和XV-102並不會對安全造成疑慮，所以在PFD計算上不考慮。如此一來，即使只更換其它的7組最終執行機構，計算出來的PFD仍然符合目標SIL等級的要求。
	或方案3：將此SIF的最終執行機構（9組閥）的測試時間縮短為3個月亦可符合目標SIL等級的要求。	需考慮實務操作上的可行性。

不符合PFD要求的SIF的改善建議（續）

EUC04-Regenerator - R-2202		
PFD不符合其目標 SIL等級之SIF	改善方案	現場討論現況描述
LALL-004A/B/C	方案1：可將此SIF的最終執行機構，包含：HV-001A, HV-001B, HV-001C, HV-002, HV-008, PV-112B, PV-110, XV-102, FV-007A等9組閥改成可執行PVST的智慧型閥門（每週測試一次），並將其電磁閥改為智慧型回饋式，如此可將PFD降低至所需SIL等級。	與現場人員討論過後，基於安全上考量，現場人員希望能夠將此SIF內的9組最終執行機構改成能執行PVST的智慧型閥門。
	或方案2：建議更換HV-001A/C、HV-002、HV-008、PV-112B、PV-110及FV-007等7組閥改成可執行PVST的閥門（每週測試一次），並將電磁閥改成智慧型回饋式。	除了與現場人員討論結果，還加上了PFD的輔助計算和multi-function觀念，HV-001B和XV-102並不會對安全造成疑慮，所以在PFD計算上不考慮。如此一來，即使只更換其它的7組最終執行機構，計算出來的PFD仍然符合目標SIL等級的要求。
	或方案3：將此SIF的最終執行機構的測試時間縮短為一週，但感測元件及邏輯控制系統的測試週期維持在3年，如此作法亦可符合SIL等級的要求。	需考慮實務操作上的可行性。

不符合PFD要求的SIF的改善建議（續）

EUC04-Regenerator - R-2202		
PFD 不符合其目標 SIL 等級之 SIF	改善方案	現場討論現況描述
FAL-014A/B/C	方案1：建議將 HV-001A/C、HV-002、HV-008、PV-112B、PV-110 及 FV-007 等7 顆閥改成可執行 PVST 的閥門（每週測試一次），並將其電磁閥改成智慧型回饋式且 PFD 計算時不考慮 HV-001B 和 XV-102（因為此兩個閥斷閥不會對安全造成疑慮），其他包含 HV-003, HV-004, HV-005, HV-006, XV-001 和 XV002 等6 個閥組的測試時間則維持 3 年如此亦可符合要求的 SIL 等級。	除了與現場人員討論結果，還加上了 PFD 的輔助計算和 multi-function 觀念，HV-001B 和 XV-102 並不會對安全造成疑慮，所以在 PFD 計算上不考慮。如此一來，即使只更換其它的 7 組最終執行機構，計算出來的 PFD 仍然符合目標 SIL 等級的要求。
	或方案2：建議可將此 SIF 的最終執行機構，除了上述之 9 個閥門組（HV-001A, HV-001B, HV-001C, HV-002, HV-008, PV-112B, PV-110, XV-102, FV-007A），因為 HV-003 和 HV-004 對生產有較大影響，所以建議一併改成可執行 PVST 的智慧型閥門（每週測試一次），並將其電磁閥改為智慧型回饋式，如此可將 PFD 降低至所需 SIL 等級。	與現場人員討論過後，基於安全上考量，現場人員希望能夠將此 SIF 內的 9 組最終執行機構改成能執行 PVST 的智慧型閥門。且 HV-003 和 HV-004 對生產有較大影響，建議一併改成可執行 PVST 的智慧型閥門。
	或方案3：將此 SIF 的最終執行機構的測試時間縮短為 1.5 年，但感測元件及邏輯控制系統的測試週期維持在 3 年，雖然如此作法亦可符合 SIL 等級的要求。	需考慮實務操作上的可行性。

符合PFD之SIF的改善建議

EUC	SIF	改善建議	說明
C-2201	PSLL-006A/B/C	在控制室加裝監控系統讓操作人員在控制室中可確保其功能性完善及現場運作正常。	SOV-008A/B之可靠度直接影響C-2201操作，而C-2201的操作又牽涉到全廠安全，其可靠度影響較巨。經討論後建議在控制室加裝監控裝置，以提升其操作可靠度。
	BNC_SD		
	XE-22-009A/B/C		
	XT1-XT-11A/B/C		
	TSH-22-033A/B/C		
	SE-22-001A/B/C		
	SS-EXP A/B/C		
	SS-TUR A/B/C		

不符合HFT要求的SIF之改善建議

EUC	SIF	感測元件	邏輯控制機構	最終執行機構
R-2201	TAL-006A, TAL-007A, TAL-008A	X	X	◇
R-2202	LALL- 004A/B/C	X	X	O
O：建議更換且必需選用安全失效率介於90%~<99%之A類型元件 ◇：建議更換且必需選用安全失效率介於60%~<90%之A類型元件 X：建議不需更換				

SIL執行結果結論與建議

- 上述的表中，SIF、感測元件和最終執行機構三者的數目並不一樣，其差異主要是來自下列幾個因素
 - 不同的SIF，其最終執行機構是相同的
 - 單一SIF，其最終執行機構有一個以上
 - 依據不同的SIL，其感測元件和最終執行機構可能有複聯（Redundancy）的設置
- 有效的識別出20.9%屬於非SIL等級的安全儀表系統；應屬於過度保護的設施，亦有可能導致過多假信號停機的可能性。
- 某工場最高等級為SIL 3，約佔2.3%，為安全儀表系統LALL-004A/B/C; SIL等級為2約佔7.0%，安全儀表系統分別為TSH-23402A/B/C、TSH-23405A/B/C和TAL-006A/007A/008A，應再確認這些系統安全等級是否符合。

SIL執行結果結論與建議

- 具有安全完整性等級（SIL）的安全儀表系統，將於**第三階段期間，依據標準針對每一個SIF來進行PFD計算及HFT評估**，兩項要求需同時符合才能確定此SIF的確是達到所要求的安全完整性等級。
- **SIL等級的核驗，包含了硬體架構的確認（HFT）及迴路內所屬相關部件的失效率計算（PFD）**。將提供下一階段對安全儀表系統之測試週期及改善建議的主要參考依據。
- 對此SIL評估結果進行探討與分析，進而**決定出最佳測試週期及改善方針**，進而避免潛在風險的發生。

SIL執行結果結論與建議

- 有效掌握某工場所屬**安全聯鎖系統之重要分級**，為現場及檢修人員在提昇工場安全性及設備可靠度方面提供了更積極的方向。
- 有效指出**某工場18%**非屬SIL的SIF；亦即避免了因過度保護而誤動作導致工場非計劃性停俾的後果。
- 針對某工場**3**個SIF為符合法規IEC61508/61511等硬體或降低風險因子要求項，故提出有效的改善方案，以避免可能失誤的風險。
- 針對某工場，依據SIL評估的結果及現場經驗訂出**最佳化的測試建議**以**避免在低風險SIF上過度檢修**，或使**高風險項檢修不足**的情況產生。

4.

某工場 RCM執行成果報告

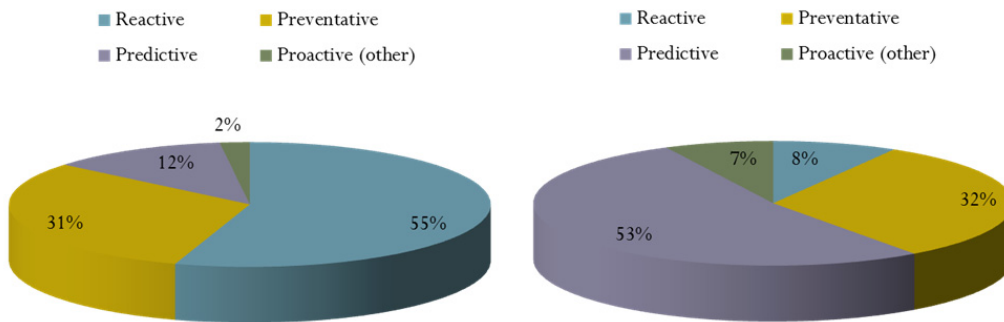
- 關鍵設備失效分析及設備操作週期執行RCM分析

RCM介紹

維護策略的狀態

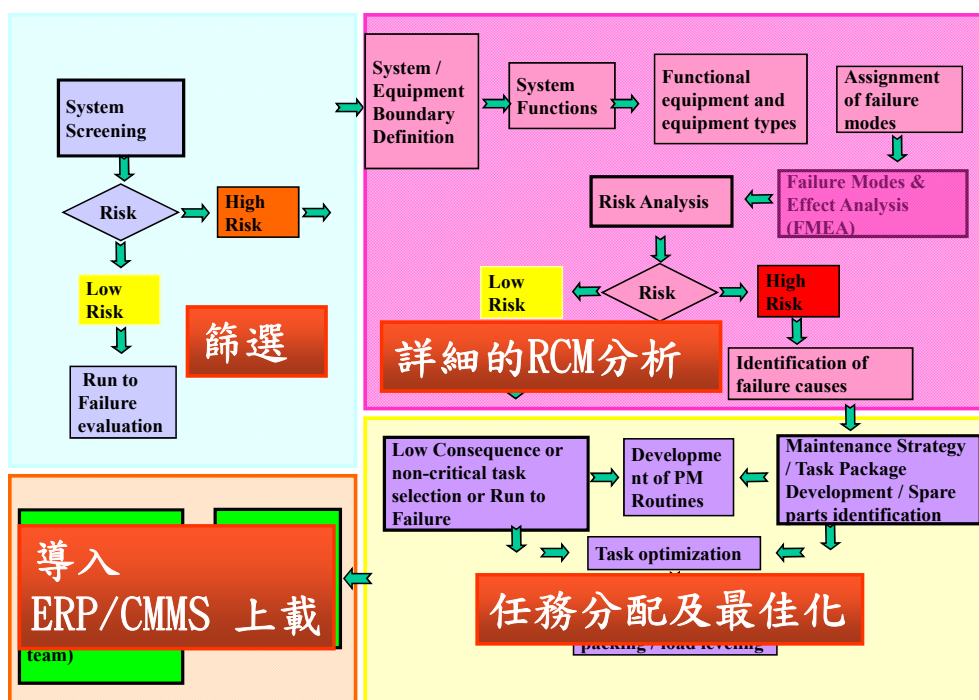
一般工廠將維護資源花費在不同維護方式的百分比

最佳化工廠將維護資源花費在不同維護方式的百分比



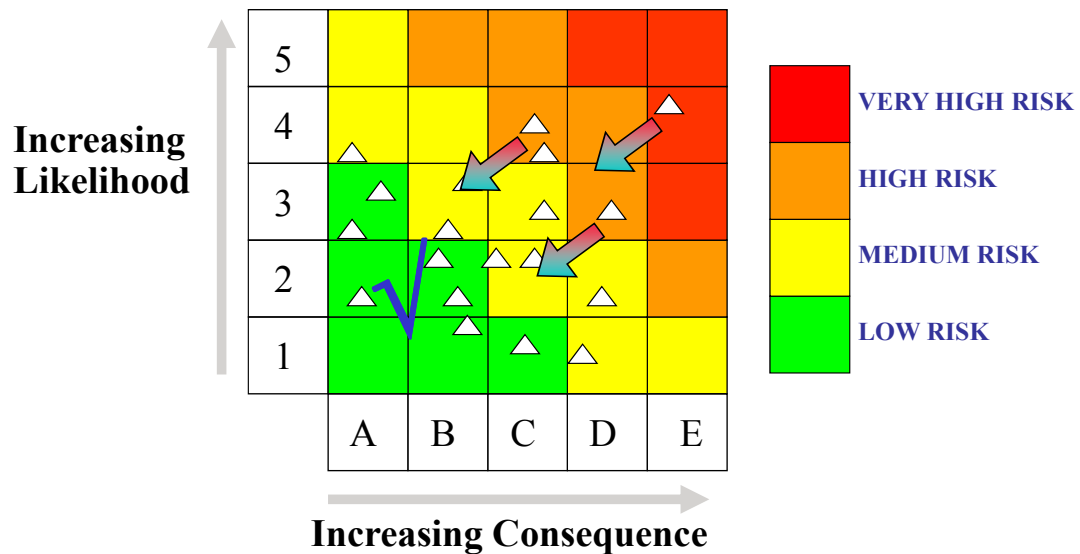
Source: The Society for Maintenance and Reliability Professionals in US, 2000
資料來源：美國維護與可靠度專業協會 2000

RCM 方法論



RCM 的目的

”透過有效的維修策略以提昇設備可靠度及降低高風險項失誤的風險”



RCM 方法論

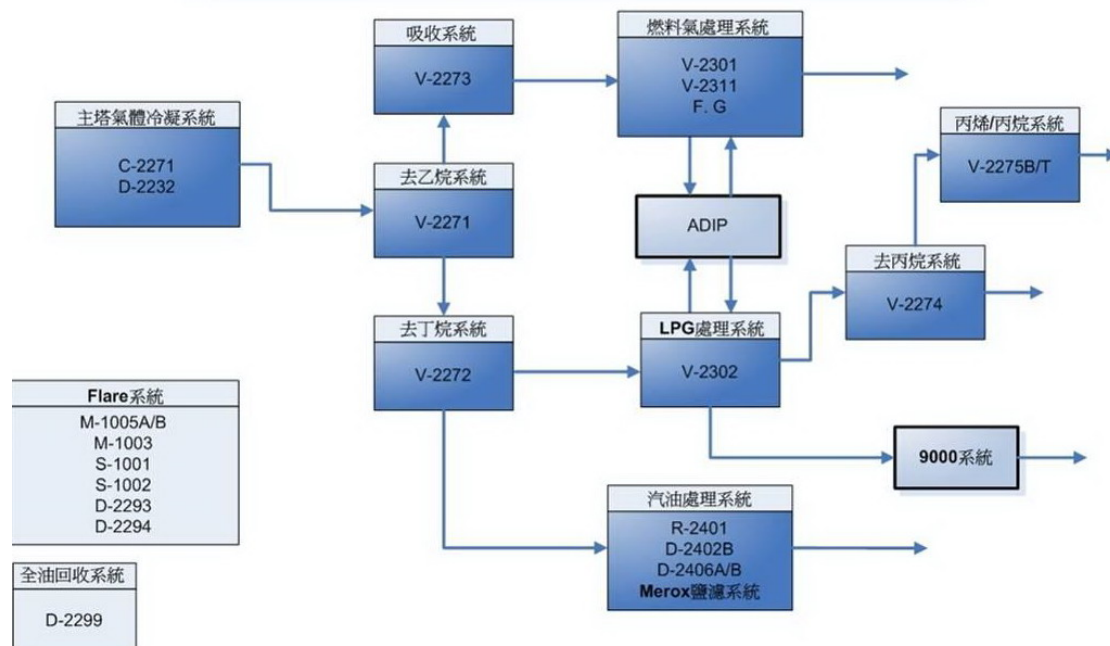
- 篩選方法論：定性分析
- 風險矩陣/接受標準
- 詳細RCM 量化分析---失效模式影響分析和風險分析
- 失效模式/失效影響/風險分析
- 詳細RCM分析---發展維修策略
- 工作最佳化

比較傳統 RCM 及 D公司RCM

Issue	Classical RCM	DNV Stream-line RCM
Consider	Maintenance strategy based on risk	Maintenance strategy based on risk
Analysis	FMEA & risk analysis, consider all tags & all failure modes	1. Screening analysis 2. Functional Failure Modes
Time Spent & Cost	100%	30%
Benefit	1. Improvement plant reliability 2. Decreasing unplanned shutdown 3. Teamwork & ownership results 4. Decreasing potential risk 5. Identify most of low risk items	Same

RCM 系統劃分

某工場分餾簡易BFD



RCM 篩選方法論

Screening 篩選

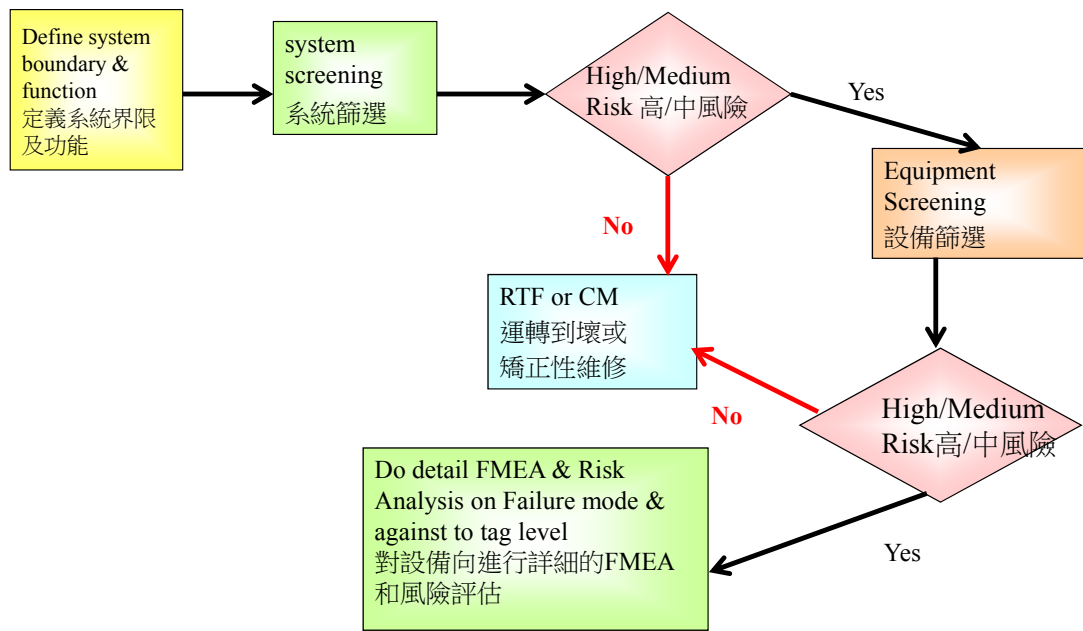
- 2x2 risk matrix is used to perform the analysis
(2*2 矩陣分析方法)
- PoF is assessed either as Low ($<10^{-5}$) (category 1) or High ($>10^{-5}$)(categories 2,3,4&5)
(須確定極低發生機率)
- CoF is assessed either as Low (category 1) or High (categories 2,3,4&5) for safety, environmental, economic and other impacts
(須確定極低發生影響性)



篩選風險矩陣

Probability of failure			Risk categories and screening actions	
5	$>10^{-5}$	High probability of failure	Medium Risk <i>Perform detailed RCM evaluation;</i> <i>Maintenance strategies should be considered to lower the probability; apply cost-benefit considerations.</i>	High Risk <i>Perform detailed RCM evaluation;</i> <i>Develop appropriate maintenance strategies to lower the probability; Identify items for consequence mitigation study;</i>
4				
3				
2				
1	$<10^{-5}$	Low probability of Failure or negligible	Low Risk <i>These systems are also included for detailed RCM evaluation; minimum surveillance with corrective maintenance as required</i>	<i>Perform detailed RCM evaluation;</i> <i>Consequence is high, hence maintenance strategies should be considered to ensure low probability; apply cost-benefit considerations; Identify items for consequence mitigation study</i>
Consequence of failure			A Low consequence of failure (acceptable)	B C D E High consequence of failure (unacceptable)

系統和設備篩選



D公司RCM 使用方法－篩選

The screenshot displays the ORBIT RCM software interface, specifically the '篩選分析' (Screening Analysis) window. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a main workspace. The workspace is divided into several sections:

- 篩選分析 (Screening Analysis):** This section contains a table with columns for '系統名稱' (System Name), '失效模式' (Failure Mode), '失效後果' (Failure Consequence), and '風險' (Risk). The table lists various systems and their associated failure modes and consequences.
- 風險評估 (Risk Assessment):** This section contains a table with columns for '系統名稱' (System Name), '失效模式' (Failure Mode), '失效後果' (Failure Consequence), and '風險' (Risk). The table lists various systems and their associated failure modes and consequences.
- 分析 (Analysis):** This section contains a table with columns for '系統名稱' (System Name), '失效模式' (Failure Mode), '失效後果' (Failure Consequence), and '風險' (Risk). The table lists various systems and their associated failure modes and consequences.

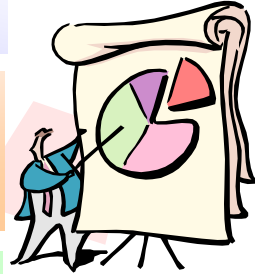
Red callouts highlight the '分析' (Analysis) and '風險評估' (Risk Assessment) sections, indicating the focus of the screening process.

RCM 篩選方法論的目的

藉由篩選的過程讓團隊了解 RCM 方法論，及工廠的操作特性。

藉由篩選的過程，將一部份可確保低風險之系統及設備篩出。

所有中及高風險之設備，將被安排執行詳細之失效模式及風險分析。



RCM 方法論

第二步：詳細的RCM分析 - 風險分析

■ 失效率

- ① 統計新或舊工廠的失效機率，可參考D公司的經驗資料庫
- ② 如果在目前的維修系統中能獲得失效歷史記錄，那麼就採用特定的失效率

■ 失效影響性

- ① 失效影響性評估考慮
 - 1.安全
 - 2.環境
 - 3.經濟（商業後果包含生產損失）
 - 4.維修成本

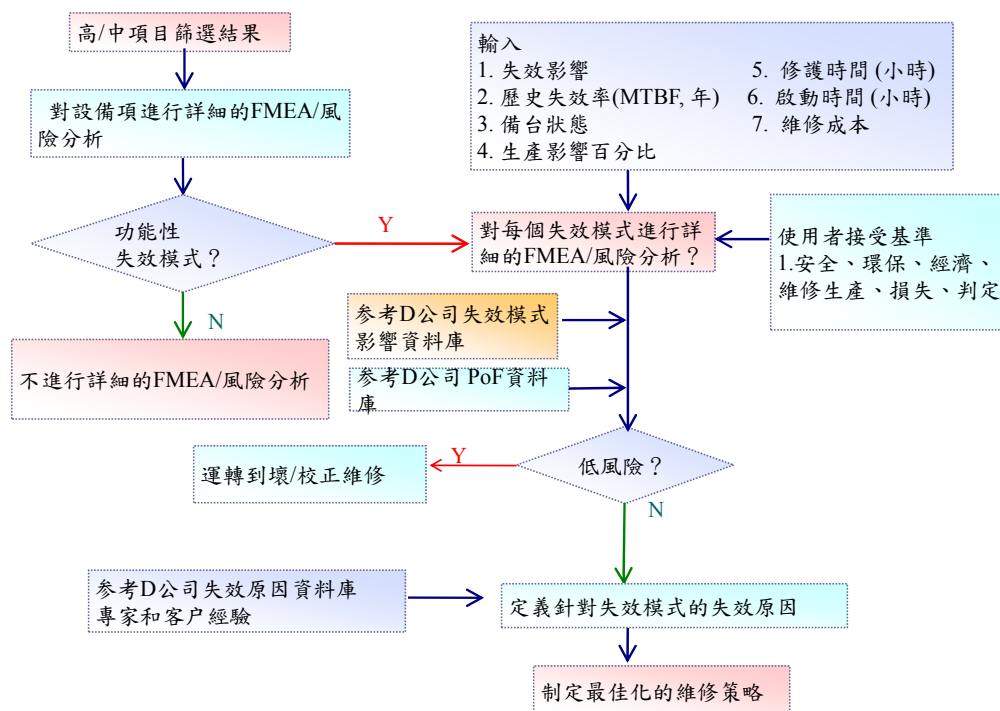


在進行FMEA及風險分析過程所考量的有：

1. 決定功能性失效模式
2. 失效影響
3. 歷史失效率(MTBF, 年)
4. 備台狀態
5. 生產影響百分比
6. 修護時間 (小時)
7. 啟動時間 (小時)
8. 維修成本



失效模式影響分析和風險分析過程



RCM 方法論

第二步：詳細的RCM分析 - 風險分析

◆ 關於失效率的量化分析

所需資料：

- ✿ 設備運轉狀態
- ✿ 每一失效模式的失效歷史記錄
- ✿ D公司資料庫 (超過 100 種設備類型的知識庫)



資料知識庫

MA-PU-CRFG-EL-OP00			
離心泵 - 電機驅動的使用滾動軸承的使用疊片聯軸器			
Failure Mode	失效模式	失效率- 10 ⁶ hours	失效原因
External leakage-Proces	製程介質外洩	50.58	機械密封損壞
External leakage-Proces	製程介質外洩	50.58	法蘭靜密封外洩
Breakdown	設備損壞	4.96	泵密封傳動套(Seal drive sleeve)抱死
Breakdown	設備損壞	4.96	泵軸承損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	聯軸器損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	電機軸承損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	電機定子燒毀
Fail to start on demand	不能正常起動	4.96	起動控制回路故障
Spurious stop	假信號停機	9.99	假電機定子超溫停機
Vibration	振動超標	4.96	機械摩擦
Vibration	振動超標	4.96	質量不平衡
Vibration	振動超標	4.96	基礎螺栓鬆動
Vibration	振動超標	4.96	對心不良
Vibration	振動超標	4.96	氣蝕
Low output	輸出低	2.5	泵反轉
Low output	輸出低	2.5	葉輪流道堵塞
Low output	輸出低	2.5	氣蝕

失效模式及後果/影響分析風險評估

ORBIT RCM - Final-ROC-RCM-01

[失效模式影響分析及風險評估]

文件(F)編輯(E)視圖(V)數據(D)分析(A)報告(R)工具(I)配置管理(M)窗口(W)說明(H)

🏠 📄 🖨️ 🔍 ⚙️ 🔄 🌐 📶

☰

主選單

資料登錄工作室

RCM路過

FMEA系統任務控制

失效模式傳喚產生(變分)用設計

新RCM任務控制

失效模式及效果影響分析風險評估

系統 [E-C3101-COMPRI] E-C3101 空氣壓縮機系統 工廠 [ROC重油製醇轉化處理工場] 記錄者 [] 審核 []
設備 [E-C3101-COMF] E-C3101 COMPRESSOR-SYS [1d] [1d2] [] 狀態 [] 日期 []

設備主要功能和界限
主要功能: [] 系統詳細資料: [62.D12.RC-459127.62.D13.62.D14.F-6661.D]
記錄: 149

組態風險評估

設備項號:	設備名稱	設備項類型	失效模式名稱	功能失效?	失效影響	失效頻數/次	失效頻率	工作數目	備用數目	失效概率	等級	安全	失效後果	周阻	環境	周阻	百分比	維修時間	到站
C-3101	C-3101	MA-CO-ASG	設備損壞	✓	影響工場停爐	1.67	0	1	0	0.01452	3	A	L	A	L	100	288		
C-3101	C-3101	MA-CO-ASG	不能正常起動	✓	造成工場關閉、大	22.46	0	1	0	0.17653	4	A	L	A	L	100	8	6	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASG	斷電停爐	✓	造成工場嚴重生產	39.1	2	1	0	0.39347	4	A	L	A	L	15	0		
C-3101	C-3101	MA-CO-ASG	發動器故障	✓	造成工場停爐、有能	3.14	2.5	1	0	0.32968	4	A	L	A	L	100	288		
CH-3101	CM-3101	EE-EG-SHS-G	設備損壞	✓	造成工場停爐、可	3.64	0	1	0	0.03193	3	A	L	A	L	100	338		
CH-3101	CM-3101	EE-EG-SHS-G	不能按要索起動	✓	無法正常開爐	2.28	5	1	0	0.18127	4	A	L	A	L	100	3		
CH-3101	CM-3101	EE-EG-SHS-G	發動器故障	✓	導致工場停爐	3.32	0	1	0	0.02698	3	A	L	A	L	100	24		
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO	設備損壞	✓	導致工場停爐	9.22	15	1	0	0.06449	3	A	L	A	L	100	240		
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO	發動器故障	✓	影響工場停爐	4.05	15	1	0	0.06449	3	A	L	A	L	100	288		
CX-3101	CX-3101	MA-ST-VSFO	設備損壞	✓	影響工場停爐、可	9.22	12	1	0	0.07996	3	A	L	A	L	100	288		
CX-3101	CX-3101	MA-ST-VSFO	效用介質外洩	✓	高溫可能導致火燒	11.15	0	1	0	0.09306	3	C	M	A	L	0	0		
CX-3101	CX-3101	MA-ST-VSFO	發動器故障	✓	造成工場停爐	4.05	1.5	1	0	0.04858	4	A	L	A	L	100	288		
D-3155	D-3155	ME-VE-STOL	密封介質外洩	✓	可見漏處理	2.87	0	1	0	0.02493	3	A	L	A	L	0	0		
D-3154	D-3154	ME-VE-STOL	密封介質外洩	✓	可見漏處理	2.87	0	1	0	0.02493	3	A	L	A	L	0	0		
E-3155	E-3155	ME-HB-STOL	內部洩漏	✓	蒸汽損失但不會影	1.83	0	1	0	0.01418	3	A	L	A	L	0	0		
HV1021	HV1021	CS-CO-F000	製程介質外洩	✓	高溫可能導致火燒	0.75	4	1	0	0.2212	4	C	M	A	L	0	0		
M-3101	M-3101	ME-VE-SH00	製程介質外洩	✓	高溫對安全有影響	2.87	0	1	0	0.02493	3	C	M	A	L	0	0		
M-3102	M-3102	ME-VE-SH00	製程介質外洩	✓	可見漏處理	2.87	0	1	0	0.02493	3	A	L	A	L	0	0		
P-3151A	P-3151A	MA-PU-CRFO	設備損壞	✓	導致C3101停止	4.96	0	1	1	0.00181	2	A	L	A	L	0	0		
P-3151A	P-3151A	MA-PU-CRFO	不能正常起動	✓	導致C3101停車	4.96	0	1	1	0.00181	2	A	L	A	L	100	4		
P-3151A	P-3151A	MA-PU-CRFO	發動器故障	✓	導致C3101停車	4.96	0	1	1	0.00181	2	A	L	A	L	0	0		
P-3151B	P-3151B	MA-PU-CRFO	設備損壞	✓	導致C3101停車	4.96	0	1	1	0.00318	2	A	L	A	L	0	0		
P-3151B	P-3151B	MA-PU-CRFO	不能正常起動	✓	導致C3101停車	3.97	0	1	1	0.00117	2	A	L	A	L	100	4		
P-3151B	P-3151B	MA-PU-CRFO	發動器故障	✓	導致C3101停車	4.96	0	1	1	0.00181	2	A	L	A	L	0	0		
P-3152A	P-3152A	MA-PU-CRFO	設備損壞	✓	導致C3101停車	4.96	0	1											

量化RCM 軟體
ORBIT-RCM(系統化&知識化&本土化的設計)

ORBIT RCM - Final-ROC-RCM-OI-1 [失效模式影響分析及風險評估]

文件(E) 編輯(E) 視圖(V) 數據(D) 分析(A) 報告(R) 工具(I) 配置 管理(M) 窗口(W) 說明(H)

< 菜單

- 資料登錄工作室
- RQM 維護
- FMEA及RBM任務編制
- 新RSM任務編制

失效模式及後果影響分析風險評估

系統:	C-3102-COMF C-3102空氣壓縮機系統	工廠:	ROC重油製程硫化處理工場	記錄名:		審核:	
設備:	E-E-3102-COMF E-E-3102-COMPRESSORSYS	Twr:		狀態:		日期:	
設備主要功能與界限 主要功能:				系統詳細資訊: 參考: 62.D12.G2.O11			

粗略風險評估 **記錄 # : 33**

設備項號 :	設備項名稱 :	設備類型 :	失效模式名稱 :	功能失效?	失敗影響 :	失效頻率(次/10E6小時) :	失效頻數(多少年發生一次) :	工作數目 :	備用數目 :	失效概率 :	等級 :	安全	失效後果 :	危險
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	停攔預警異常	☐		1.21		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	設備假故障	☒	停車時間長可能需要降載操作	1.67	15	1	0	0.06449	3	A	L	
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	輸出卡榫	☐		3.4		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	凝液外洩外洩	☐		1.24		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	效閉介質外洩	☐		4.92		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	不能正常起動	☐		25.87		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	不能正常停攔	☐		0.68		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	輸出面漏	☐		0.47		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	內取過滿	☐		3.21		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	輸出低	☒	不會導致停車	1.24	1	1	0.00012	1	A	L		
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	超溫	☐		0.47		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	假故障停攔	☐		23.38		0	0	0				
C-3102	C-3102	MA-CO-CSGO-TU-HHGS	振動超標	☒	停車時間長可能需要降載操作	2.84	0	1	1	0.0006	1	A	L	
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	設備假故障	☒	停車時間長可能需要降載操作	1.53	0	1	0	0.01331	3	A	L	
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	效閉介質外洩	☐		0.48		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	不能正常起動	☐		3.97		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	不能正常停攔	☐		0.52		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	輸出面漏	☐		5.89		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	異常雜訊	☐		0.49		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	超溫	☐		0.44		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	操作參數異常	☐		0.66		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	假故障停攔	☐		13.62		0	0	0				
DM-3102	DM-3102	EE-EIH-UHSO-PUI-OPRO	振動超標	☒	停車時間長可能需要降載操作	1.32	0	1	0	0.0115	3	A	L	
UV-1501	UV-1501	CS-CC-F000-00-ICAO	輸出卡榫	☐		0.68		0	0	0				
UV-1501	UV-1501	CS-CC-F000-00-ICAO	功能失效	☐		2.65		-	-	-				

資料管理模組

報告模組
(使用法選擇螢幕)

把設備項傳到FBM(T)
複製設備項(C)
輸出(E)
重新計算(NIG)
自動檢查類別(A)

失效影響備忘錄

ORBIT RCM - Final-ROC-RCM-01 [失效模式影響分析及風險評估]

文件(F) 編輯(E) 視圖(V) 數據(D) 分析(A) 報告(R) 工具(T) 配置 管理(M) 窗口(W) 說明(H)

資料登錄工作室 RCM路線 FMEA及RCM任務編制

失效模式及後果影響分析用統計 新RCM任務編制

失效模式及後果影響分析風險評估

系統: C-3101-CMPMR [C-3101 空氣壓縮機系統] 工廠: ROC重油製醇轉化處理工場 記錄者: 審核:

設備: E-C-3101-COMF [E-C-3101-COMPRESSOR-SYS] 狀態: 日期:

設備主要功能和界限
主要功能: 系統詳細資料: 參考: 62D12RC-459127;62D13.62D014-P-6661-D

粗略風險評估 記錄: 149

設備項次	設備項名稱	設備項類型	失效模式名稱	功能失效?	失效影響	失效頻率(次/10E04時)	失效頻度(多少年發生一次)	失效嚴重性	備註
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	機械裝置異常			1.11	0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	✓	影響工場停爐		0	1	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	輸出不穩				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	裂解介質外洩				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	效用介質外洩				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	不能正常啟動	✓	影響工場開爐，大多數屬人為安全問題		0	1	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	無法正常停爐				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	輸出異常				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	內部過熱				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	輸出低壓	✓	造成工場減產生產甚至停爐		2	1	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	超溫				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	假信號傳錯				0	0	
C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	移動結構		造成工場停爐，造成車禍事故重大危險		2.5	1	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	設備損壞	✓	造成工場停爐，可切斷操作但無法		0	1	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	介質外洩				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	不能按要求啟動	✓	無法正常開爐		5	1	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	不能同步				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	沒有電壓輸出				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	輸出低壓				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	操作參數異常				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	假信號傳錯				0	0	
CM-3101	CM-3101	EE-SGS-TD-ERBL	移動結構	✓	導致工場停爐	3.32	0	1	
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO-CC-CP00	傳輸線路異常			2.7	0	0	
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO-CC-CP00	設備損壞	✓	導致工場停爐	9.22	15	1	
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO-CC-CP00	輸出不穩			12.23	0	0	
CT-3101	CT-3101	MA-ST-VSFO-CC-CP00	假信號傳錯			12.23	0	0	

[取消] [OK]

FailureEffect
造成工場停爐，有能事後震動大的失效歷史，重點跟蹤設計

資料管理模組 報告模組 使用者清單設置

把設備項傳入到[RCM(T)] 複製設備項(C) 輸出(E) 重新計算 FMEA 自動檢查類別(A)

最大失效機率及最大失效後果

[illegible]

重新計算FMEA功能

ORBIT RCM - Final-ROC-RCM-01 - [失效模式影響分析及風險評估]

文件(F) 編輯(E) 視圖(V) 數據(D) 分析(A) 報告(B) 工具(I) 配置 管理(M) 窗口(W) 說明(H)

運單

資料登錄工作室

RCM精選

FMEA及RBM任務編制

失效模式及後果影響分析風險評估

新RBM任務編制

失效模式及後果影響分析風險評估

系統 [C3101-COMPR C3101 空氣壓縮機系統]

工廠 [ROC 重油脫離轉化處理工場]

記錄者 []

審核 []

設備 [EC-3101-COMF EC-3101-COMPRESSOR-SYS]

狀態 []

日期 []

設備主要功能及序號

主要功能: []

系統詳細資料: []

參考: [62-012.RC-459127.62-013.62-014.P-6661-0]

失效模式及後果影響分析風險評估

記錄: 149

工作項目	失效概率			安全			環境			百分比	維修時間	失效時間	生產損失	失效費用	失效效果	風險	後續成本			總體風險	備註
	備用項目	失效概率	等級	失效效果	風險	失效效果	風險	失效效果	風險								維修費用	失效效果	風險		
1	0	0	0							100	268	4	292	95625000 E	M	1200000 E	M	3	E	M	✓
1	0	0	0.01452 3	A	L	A	L			100	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.17853 4	A	L	A	L			100	6	4	10	5625000 D	M	10000 B	M	4	D	M	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.39347 4	A	L	A	L			15	0	1440	1440	82775000 E	H	0 A	L	4	E	H	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.32968 4	A	L	A	L			100	268	4	292	95625000 E	H	1200000 E	H	4	E	H	✓
1	0	0	0.03138 3	A	L	A	L			100	336	4	340	109125000 E	M	1200000 E	M	3	E	M	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.18127 4	A	L	A	L			100	3	0	3	1687500 B	M	60000 B	M	4	B	M	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.02866 3	A	L	A	L			100	24	4	28	15750000 E	M	200000 C	M	3	E	M	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓
1	0	0	0.06449 3	A	L	A	L			100	240	4	244	82125000 E	M	1200000 E	M	3	E	M	✓
0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0				✓

資料管理模組

報告模組

使用者清單覽覽

把設備項傳送到RBM(I)

複製設備項(I)

輸出(E)

重新計算 FMEA

自動檢查類別(S)

經濟成本風險矩陣 (安全,環保,維修)

PoF		Consequence 后果				
5	Happens several times per year per facility (> 0.5) 每年每个设施发生机率 (> 0.5)	M	M	M	H	H
4	Happens several times per year per operator (0.5-0.1) 每年每个设备人员发生机率 (0.5-0.1)	L	M	M	M	H
3	Has been experienced by most operators (0.1-0.01) 大多数设备人员经历过 (0.1-0.01)	L	L	M	M	M
2	Has occurred in oil & gas industry (0.01-0.001) 油气工业中发生过 (0.01-0.001)	L	L	L	M	M
1	Never heard of in oil & gas industry (< 0.001) 油气工业中没有发生过 (< 0.001)	L	L	L	L	M
PoF Cat 失效 概率 等级	Possibility of Failure per year (Probability) 每年失效 (概率)	Slight effect 轻微 影响	Minor effect 较轻 影响	Localised effect 局部 影响	Major effect 较大影响	Massive effect 重大影响
		≤ 2 hrs	2 - 4 hrs	4 - 8 hrs	8 - 24 hrs	≥ 24 hrs
	CoF Cat 失效后果	A	B	C	D	E

RCM FMEA及風險分析的目的

量化及確認每一設備下失效模式的風險值

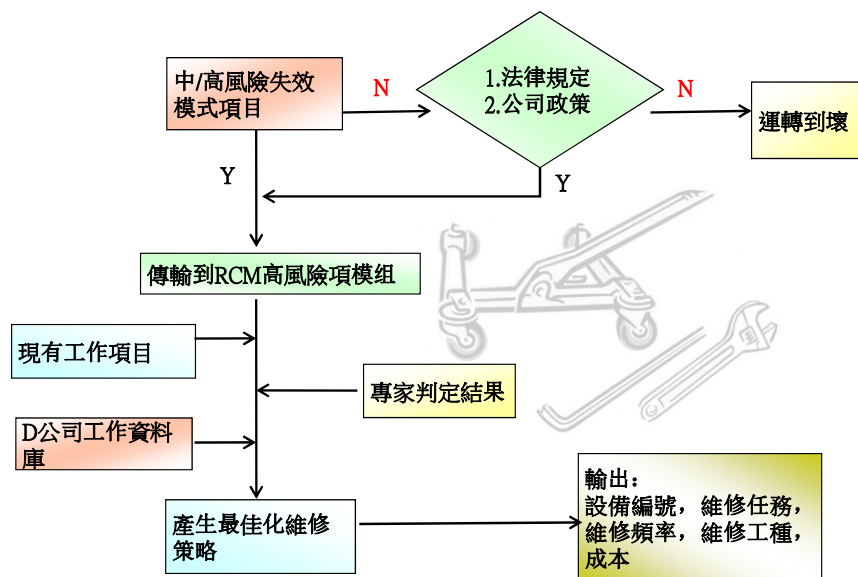
確認少部分高風險之失效模式及避免過度低風險項的維護分析

透過失效原因及失效源的分析，以避免較高風險失誤的影響，提高設備操作的可靠度

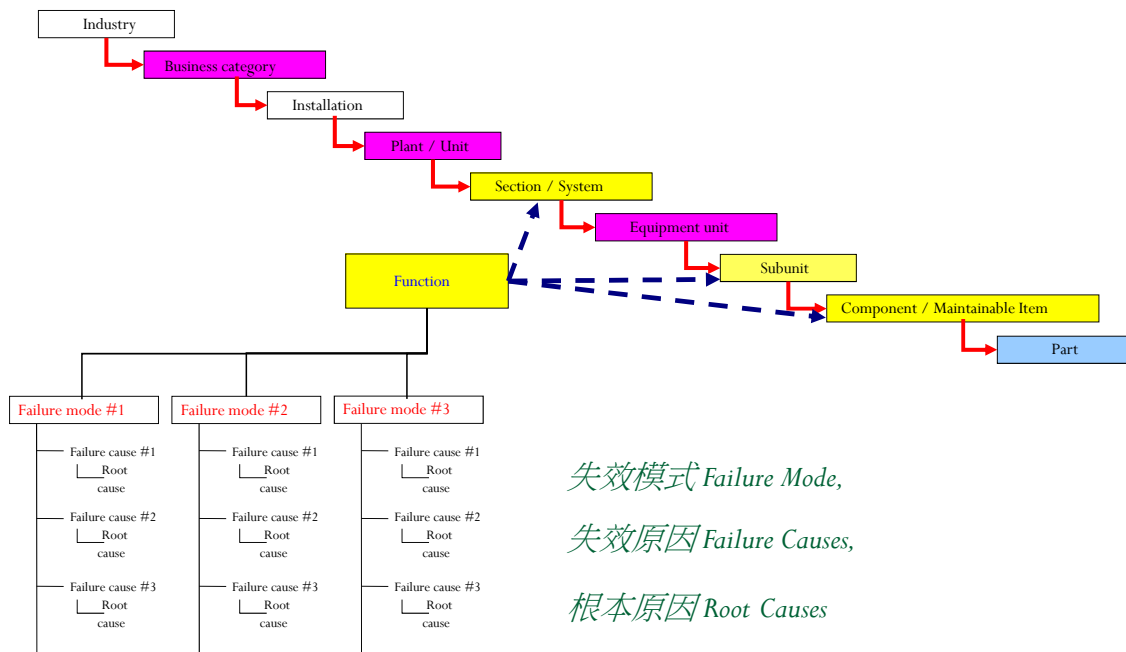
完整之設備失效知識庫，可傳承、可分享、更可提供設備失效分析的平台

維修策略制定過程

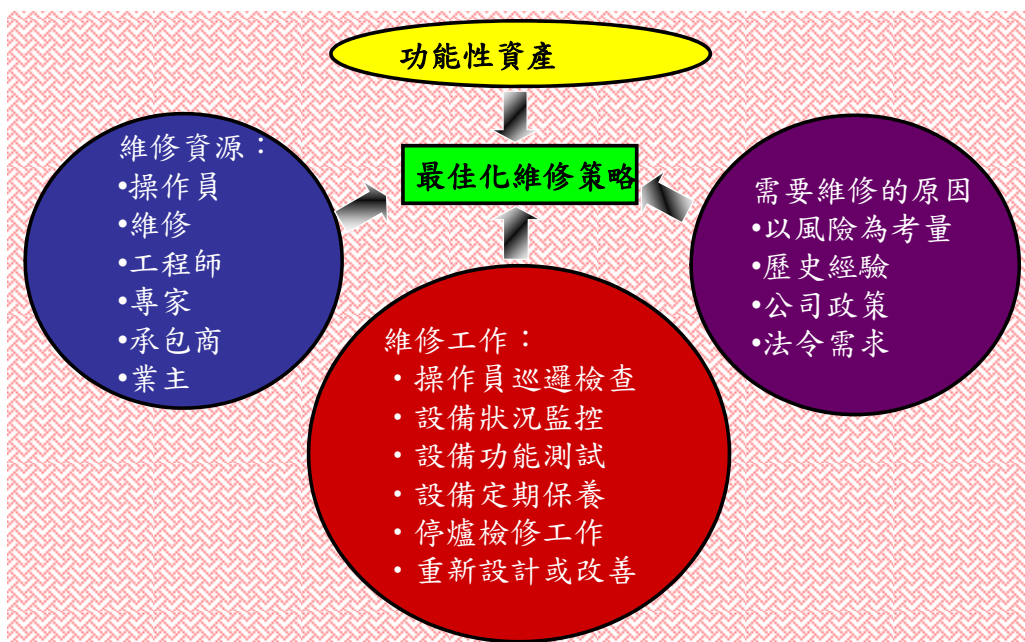
以RCM 制定維修策略來避免或緩和而非計畫性停俾的風險和過度的維護



分析層次架構



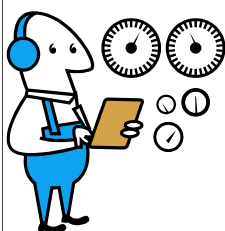
RCM 方法論- 任務分配原則



全球有超過100 個 RCM 實績經驗

Client	Year	Description of Work
CPC RFCC Unit, Taoyuan Refinery	2008	RCM study project for CPC Taoyuan Refinery RFCC plant, including RCM software training
CPC ROC Unit, Kaohsiung Dalin Refinery	2007	RCM Study Project for CPC ROC Unit, to prevent unplanned shutdown and increasing equipment reliability
CNOC RFCC Unit, Lanzhou	2006	RCM study project for CNOC Lan-zhou Refinery FRCC plant, including training and one RCM software
CPC FCC Unit, Kaohsiung	2006	RCM Study Project for CPC FCC Unit, to prevent unplanned shutdown and increasing equipment reliability
Vopak Terminals, Shanghai	2005	Maintenance plan development using RCM technique for all systems of the Vopak Terminal Storage facilities; development of philosophy, method and implementation as well as Root Cause Failure Analysis (RCFA) for selected high risk items; provision of RCM training.
PRSS/GDC, Putrajaya	2005	RCM Implementation for Maintenance plan development for Gas District Cooling plant for Putrajaya, Kuala Lumpur subsidiary of Petronas; provision of RCM training.
Maoming Refinery	2004	RCM Implementation for Maintenance plan development for ethylene cracking unit.

RCM 案例研討：某工場-設備統計



設備類型	設備數量
壓縮機(空壓機)	3
壓縮機組 (含發電機、膨脹機、透平機)	5
換熱器	75
空冷器	14
泵(馬達)	56
泵(透平)	14
容器及塔槽	56
反應器	1
聯鎖系統	66
往復斜板柱塞泵	8
控制閥	14
靜電集塵裝置	1
低風險設備(篩選結果)	211
總計	524



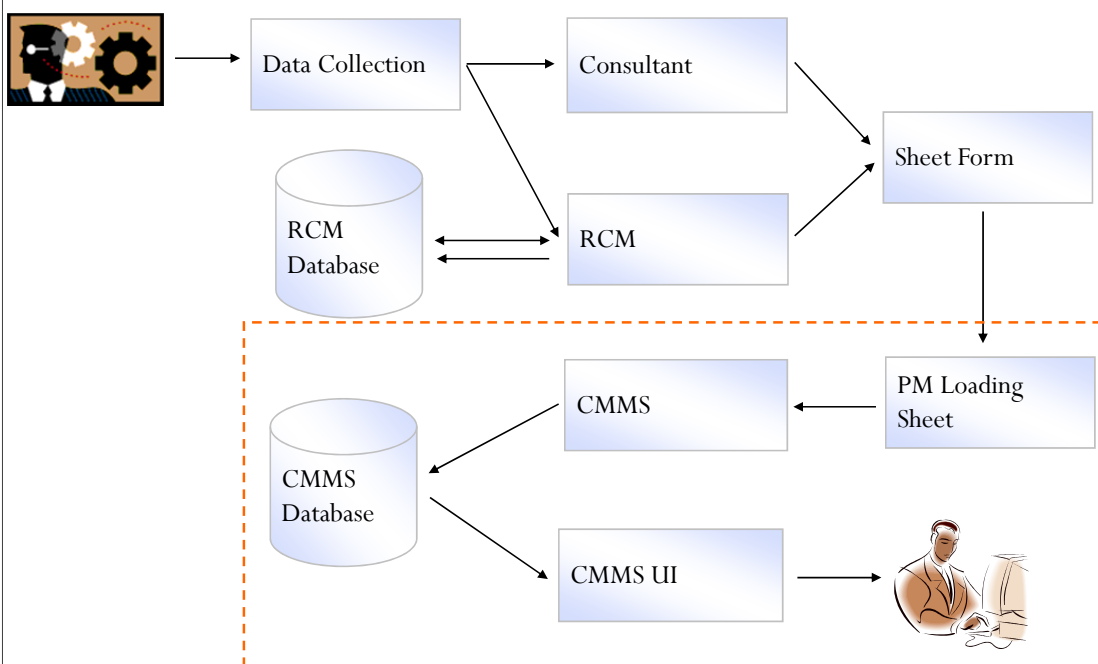
資料知識庫 (27 Tag Types used in plant)

MA-PU-CRFG-EL-OP00

離心泵 - 電機驅動的使用滾動軸承的使用疊片聯軸器

Failure Mode	失效模式	失效率- 10 ⁶ hours	失效原因
External leakage-Process	製程介質外洩	50.58	機械密封損壞
External leakage-Process	製程介質外洩	50.58	法蘭靜密封外洩
Breakdown	設備損壞	4.96	泵密封傳動套(Seal drive sleeve)抱死
Breakdown	設備損壞	4.96	泵軸承損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	聯軸器損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	電機軸承損壞
Breakdown	設備損壞	4.96	電機定子燒毀
Fail to start on demand	不能正常起動	4.96	起動控制回路故障
Spurious stop	假信號停機	9.99	假電機定子超溫停機
Vibration	振動超標	4.96	機械摩擦
Vibration	振動超標	4.96	質量不平衡
Vibration	振動超標	4.96	基礎螺栓鬆動
Vibration	振動超標	4.96	對心不良
Vibration	振動超標	4.96	氣蝕
Low output	輸出低	2.5	泵反轉
Low output	輸出低	2.5	葉輪流道堵塞
Low output	輸出低	2.5	氣蝕

CMMS與RCM介面程式設計架構圖



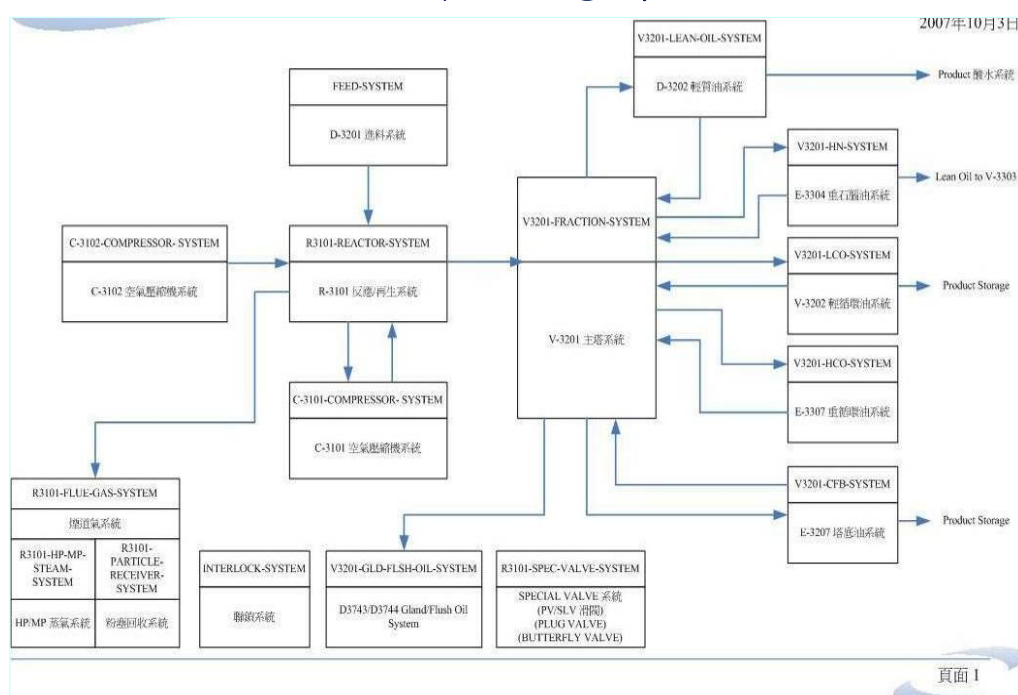
CMMS與RCM執行說明

- 經與現場討論的方式，確認資料的正確性。
- 現場與DNV設備對應/映射(Tag-Mapping)。
- RCM 結果加上D公司顧問團的專業知識，匯整出最佳維修策略Excel表單。
- 利用已匯出之 Excel表單，當成與CMMS介面程式存取資料的媒介。

設備對應統計表

	新增項目	設備資料需修改	停用設備	比對結果相同
數目	91	156	39	289

流程方塊圖



系統篩選結果

- FRCG、洗滌水系統及其他系統被篩出為低風險系統

	系統	百分比 %
高風險	15	57.7
中風險	8	30.8
低風險	3	11.5
合計	26	100



設備篩選結果

- 中高風險設備及7個低風險設備將進一步作FMEA和風險分析

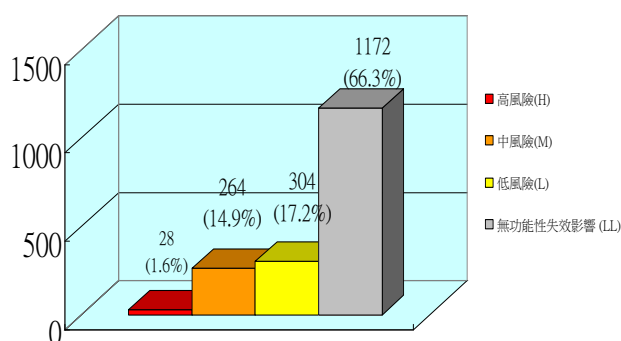
	設備	百分比%
高風險	140	26.7
中風險	166	31.7
低風險	218	41.6
合計	524	100

FMEA & RISK 分析

	數量	失效模式
系統	26	-
子系統	47	-
低風險設備	211	1172
FMEA 設備	313	596
總計	524	1768



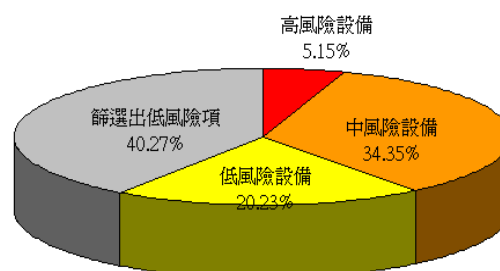
FMEA & RISK 失效模式風險分佈



失效模式風險	失效模式數量及百分比
高風險(H)	28(1.6%)
中風險(M)	264(14.9%)
低風險(L)	304(17.2%)
無功能性失效影響(LL)	1172(66.3%)
失效模式總計	1768(100%)

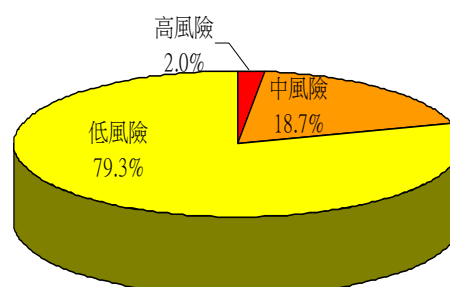
以失效模式為統計基礎的設備風險與數量

(某工場)設備風險	設備數量及百分比
高風險設備(H)	27(5.15%)
中風險設備(M)	180(34.35%)
低風險設備(L)	106(20.23%)
含篩選出的低風險設備(LL)	211(40.27%)
設備總計	524(100%)



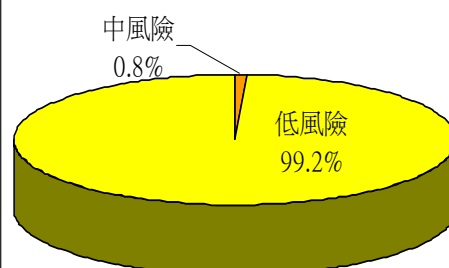
FMEA 安全風險分佈

	A	B	C	D	E
5	3	0	0	0	0
4	31	6	46	12	0
3	144	9	53	1	0
2	170	0	6	2	0
1	91	4	12	5	0
	439	19	117	20	0



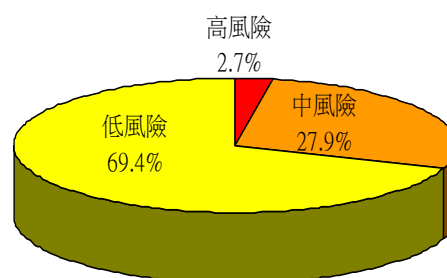
FMEA 環境風險分佈

	A	B	C	D	E
5	3	0	0	0	0
4	95	0	0	0	0
3	201	4	2	0	0
2	178	0	0	0	0
1	98	14	0	0	0
Total	575	18	2	0	0



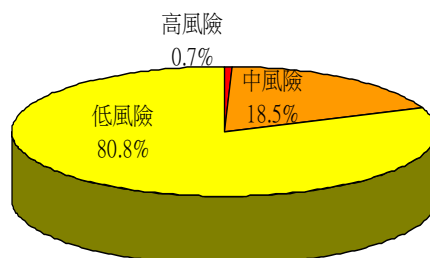
FMEA 經濟風險分佈

	A	B	C	D	E
5	3	0	0	0	0
4	71	1	2	5	16
3	112	15	6	11	63
2	134	0	1	36	7
1	36	15	16	13	32
	356	31	25	65	118



FMEA 維修風險分佈

	A	B	C	D	E
5	0	0	3	0	0
4	28	18	45	0	4
3	79	87	19	9	13
2	66	90	20	0	2
1	35	73	3	0	1
	208	268	90	9	20



FMEA風險分析

風險分析FMEA

工廠編號	ROC Unit	工廠名稱	ROC 重複試驗轉化處理工廠													
設備編號	失效模式	功能失效?	失效影響	工作數目	備用數目	失效數率	百分比	失效小時	失效費用	維修費用	安全	環境	生產損失	設備成本	失效數率等級	建議措施
子系統 E-ADIP-SYSTEM																
D-3401	熱程介質外洩		可克漏處理造成工安有影響	1	0	0.02483	0	0	0	0	C	A	A	A	3	M
D-3402	熱程介質外洩		可克漏處理造成工安有影響	1	0	0.02483	0	0	0	0	C	A	A	A	3	M
D-3403	熱程介質外洩		可克漏處理造成工安有影響	1	0	0.02483	0	0	0	0	C	A	A	A	3	M
D-3404	熱程介質外洩		可克漏處理造成工安有影響	1	0	0.02483	0	0	0	0	C	A	A	A	3	M
D-3405	熱程介質外洩		可克漏處理造成工安有影響	1	0	0.02483	0	0	0	0	C	A	A	A	3	M
E-3402	導熱不足			1	0	0.00681	0	0	0	0	A	A	A	A	2	L
E-3402	內部洩漏		密水漏六會造成出水汽操停可能導致瓦斯爆炸	1	0	0.01418	100	120	4725000	60000	A	A	E	B	3	M
E-3402	熱程介質外洩		有H2S外洩對工安有影響	1	0	0.03697	0	0	0	0	C	C	A	A	3	M
E-3403	熱程介質外洩		高壓外洩不影響	1	0	0.00898	0	0	0	0	A	A	A	A	2	L

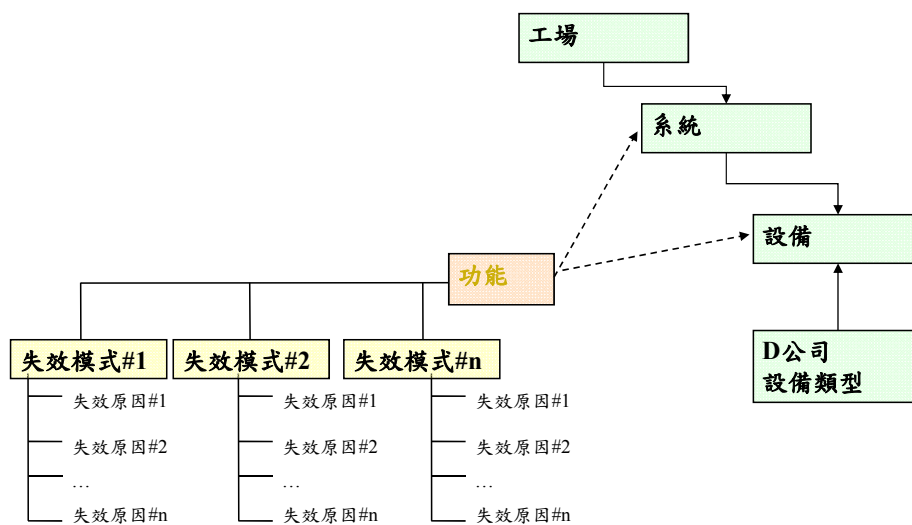
頁碼 1 of 70

高經濟風險影響項

高經濟(大於1000萬台幣)風險影響項												
工場編碼 ROC Plant							工場名稱 轉化處理工場					
基本資料				失效機率			失效後果-生產損失			經濟風險		
項次	設備項號	失效模式	失效影響性	工作數目	備用數目	失效概率	百分比	失效小時	失效費用	失效機率等級	經濟後果等級	經濟風險
子系統 E-CONVERT-INTERLOCK-SYSTEM												
1	E-3402	內部洩漏	若水漏大會跑到酸水汽提塔可能會導致停爐	1	0	0.01418	100	12	47250000	3	E	M
子系統 E-CONVERT-INTERLOCK-SYSTEM												
2	C-3301	製程介質外洩	大量洩漏會影響停爐及安全	1	0	0.0108	100	76	61875000	3	E	M
3	C-3301	振動超標	會影響跳車	1	0	0.02457	100	7	34875000	3	E	M
4	C-3301	輸出低	Wet Gas容易勝，濾網堵塞或進口量少會導致停爐	1	0	0.0108	100	24	61875000	3	E	M
5	C-3301	設備損壞	會影響停爐	1	0	0.01452	100	172	61875000	3	E	M
6	C-3301	內部洩漏	沒有失效歷史，但大量內漏可能會洩漏至油箱，壓縮機壓力無法建立	1	0	0.02773	100	172	61875000	3	E	M
7	CT-3301	設備損壞	影響停爐	1	0	0.07759	100	172	61875000	3	E	M
8	CT-3301	振動超標	因軸承損壞造成震動大會影響停爐	1	0	0.03486	100	76	34875000	3	E	M
9	CT-3301	內部洩漏	會影響停爐	1	0	0.01478	100	172	61875000	3	E	M
10	E-3301A	內部洩漏	會導致C-3301停爐且會污染水及工安問題	2	0	0.02815	100	144	54000000	3	E	M
11	E-3301B	內部洩漏	會導致C-3301停爐且會污染水及工安問題	2	0	0.02815	100	144	54000000	3	E	M

123項經濟影響性超過1,000萬台幣

RCM 失效原因之層次關係



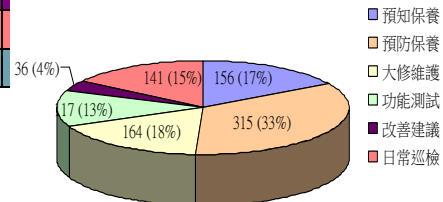
失效模式 (Failure Mode),

失效原因 (Failure Causes),

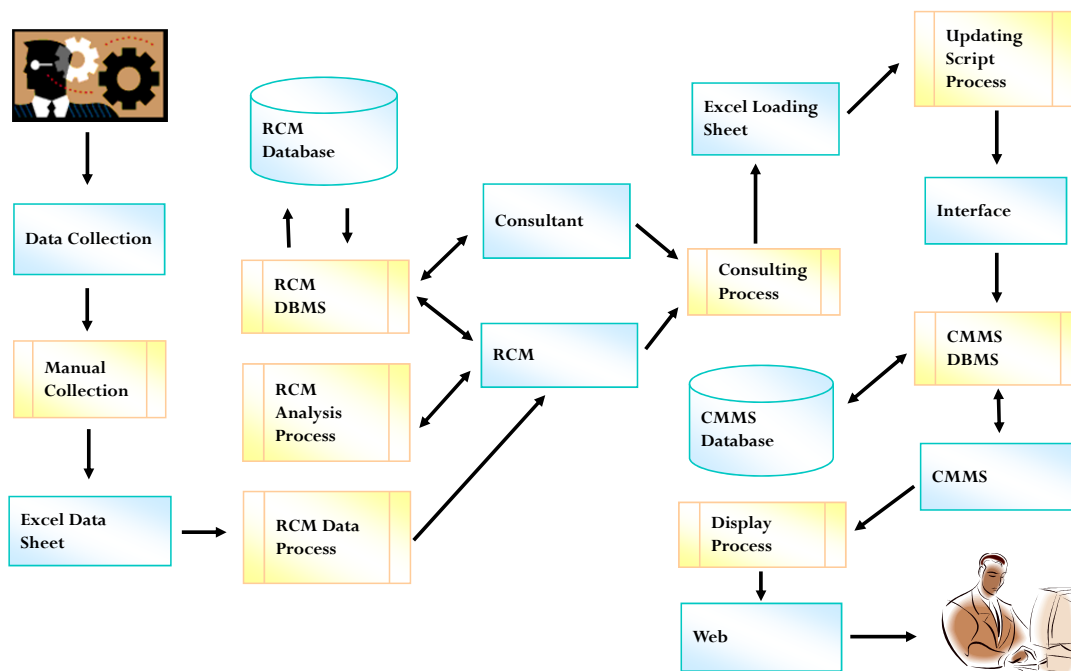
根本原因 (Root Causes)

維護策略

工作大項	數量	百分比
預知保養	156	17%
預防保養	315	34%
大修維護	164	18%
功能測試	117	13%
改善建議	36	4%
日常巡檢	141	15%
Total	929	



CMMS與RCM架構/運作流程圖



RCM to CMMS工作內容

系統	設備	名稱	設備類型	失效模式	可能失效原因	失效根源分析	工作最佳化	工作說明	工種安排	週期	單位	人力
EquipName	TagNo	TagDescription	TagType	Describe	CauseName	RootCause	TaskName	TaskDescription	work type	interval	unit	No. of perso
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	齒套磨損	潤滑油油質惡化	定期分析油質	定期分析潤滑油品質	重油裂解工場操作人員	6	month	1
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	安全閥磨損	設定壓力偏離	定期校正	安全閥定期校正	機械修理課人員	2	year	2
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	開車操作不平衡	進口管線堵塞	定期檢修	開車前所有進口管線堵塞檢查	機械修理課人員	2	year	2
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	氣封磨損	機械振動過大引起OR 具雜物所致	定期檢修	解體檢查氣封磨損情況	轉動機械課人員	6	year	2
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	氣封磨損	機械振動過大引起	定期檢修	依性能分析結果決定是否作汽封及乾氣密封的檢修	轉動機械課人員	2	year	2
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	入口可調導葉損壞	入口可調導葉因異物卡住並致損壞	定期檢修	大修時檢查葉片情況必要時作檢修	轉動機械課人員	6	year	2
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	軸承損壞	1 軸承因潤滑不良或缺油而燒毀	振動監測	應用振動狀態監測技術，以早期發現並防止磨損	轉動機械課人員	2	week	1
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	軸承損壞	2 軸承因潤滑不良或缺油而燒毀	運行維護	油位檢查並將油壓由過調致正常	重油裂解工場操作人員	1	day	1
E-C-3101-COMPRESSOR-SYSTEM	C-3101	C-3101	MA-CO-ASGO-GS-A000	設備損壞	軸承損壞	2 軸承因潤滑不良或缺油而燒毀	定期換油	定期更換機組潤滑油	重油裂解工場操作人員	2	year	2

RCM工作範圍外仍建議加入之維護策略項

項次	設備	名稱	設備類型	失效模式	失效模式	可能失效原因	失效根源分析	Task-Code	工作最佳化	工作說明	代號	工種安排	週期	單位	人力
1	FV-2011	FV-2011	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	現場儀器功能測試	6140	儀器課人員	2	year	2
2	FV-2011	FV-2011	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	迴路功能測試及接點點檢	6150	電子課人員	2	year	2
3	FV-2011	FV-2011	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門不動作	閥位回饋杆脫落	PM-Main	定期檢修	定期折修檢查或更換新品	6130	機械修理課人員	4	year	2
4	TV-2002	TV-2002	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	現場儀器功能測試	6140	儀器課人員	2	year	2
5	TV-2002	TV-2002	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	迴路功能測試及接點點檢	6150	電子課人員	2	year	2
6	TV-2002	TV-2002	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門不動作	閥位回饋杆脫落	PM-Main	定期檢修	定期折修檢查或更換新品	6130	機械修理課人員	4	year	2
7	LV-2003	LV-2003	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	現場儀器功能測試	6140	儀器課人員	2	year	2
8	LV-2003	LV-2003	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門來回開關不能穩定	DCS內該表的比例、積分、微分設置不當	FCT-Test	功能測試	迴路功能測試及接點點檢	6150	電子課人員	2	year	2
9	LV-2003	LV-2003	CS-CC-FO00-00-ICA0	Fail to close on demand	不能按要求關閉	閥門不動作	閥位回饋杆脫落	PM-Main	定期檢修	定期折修檢查或更換新品	6130	機械修理課人員	4	year	2

RCM技術改善建議項(未入CMMS自動工單)

項次	工作號	工作名稱	工作描述	系統	設備編號	失效模式	維修 頻率	頻率 單位	負責單位	總風 險值
13	Re-Design	技術改造	考慮兩組增家隔離閥給E-3313A/B/C/D	E-SPLITTER-SYSTEM	E-3313B	內部洩漏			轉化處理工場人員	M
14	Re-Design	技術改造	考慮兩組增家隔離閥給E-3313A/B/C/D	E-SPLITTER-SYSTEM	E-3313C	內部洩漏			轉化處理工場人員	M
15	Re-Design	技術改造	考慮兩組增家隔離閥給E-3313A/B/C/D	E-SPLITTER-SYSTEM	E-3313D	內部洩漏			轉化處理工場人員	M
16	Re-Design	技術改造	端板增加彈簧滑司	E-V3201-CFB-SYSTEM	E-3207A	傳熱不足	2	year	機械修理課人員	M
17	Re-Design	技術改造	端板增加彈簧滑司	E-V3201-CFB-SYSTEM	E-3207B	傳熱不足	2	year	機械修理課人員	M
18	Re-Design	技術改造	端板增加彈簧滑司	E-V3201-CFB-SYSTEM	E-3207C	傳熱不足	2	year	機械修理課人員	M
19	Re-Design	技術改造	考慮兩組增家隔離閥給E-3202 A/B/C/D	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202A	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H
20	Re-Design	技術改造	注意新管的採購品質	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202A	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H
21	Re-Design	技術改造	增加一備用管束給E-3202 A/B/C/D共用	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202B	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H
22	Re-Design	技術改造	注意新管的採購品質	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202B	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H
23	Re-Design	技術改造	考慮兩組增家隔離閥給E-3202 A/B/C/D	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202C	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H
24	Re-Design	技術改造	注意新管的採購品質	E-V3201-LEAN-OIL-SYSTEM	E-3202C	內部洩漏			重油裂解工場操作人員	H

結論- 某工場重大影響設備類型之差異分析

換熱器

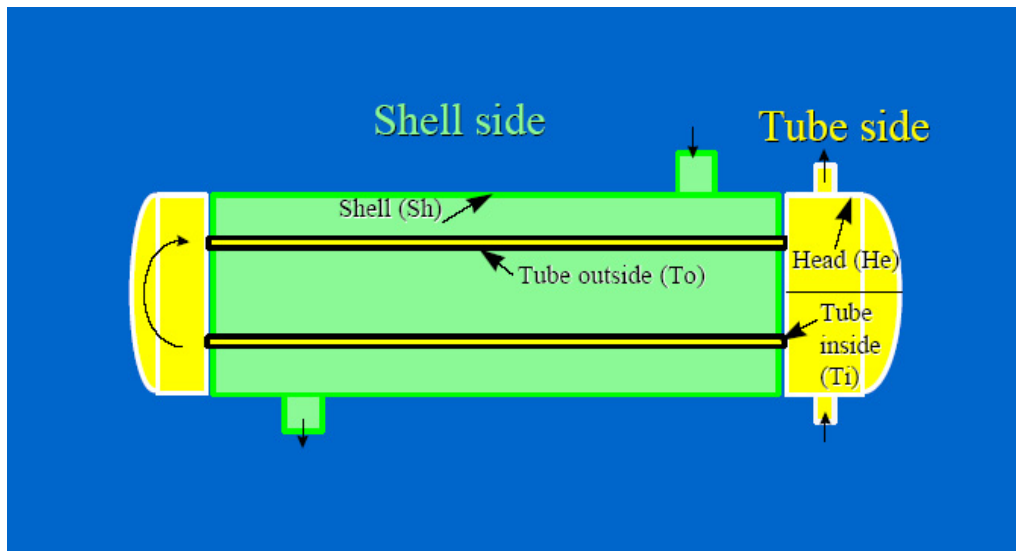
壓縮機

聯鎖系統

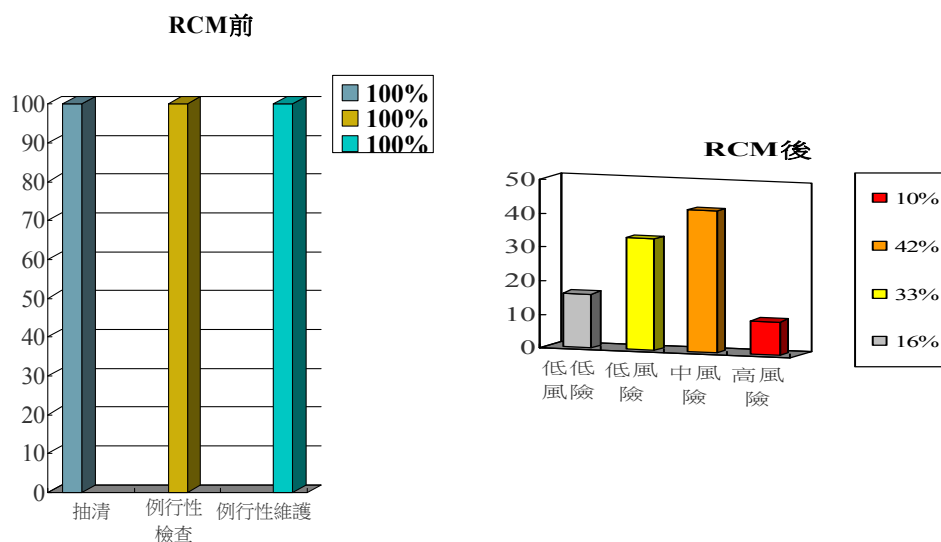
Special valve 以及 Pump 項目



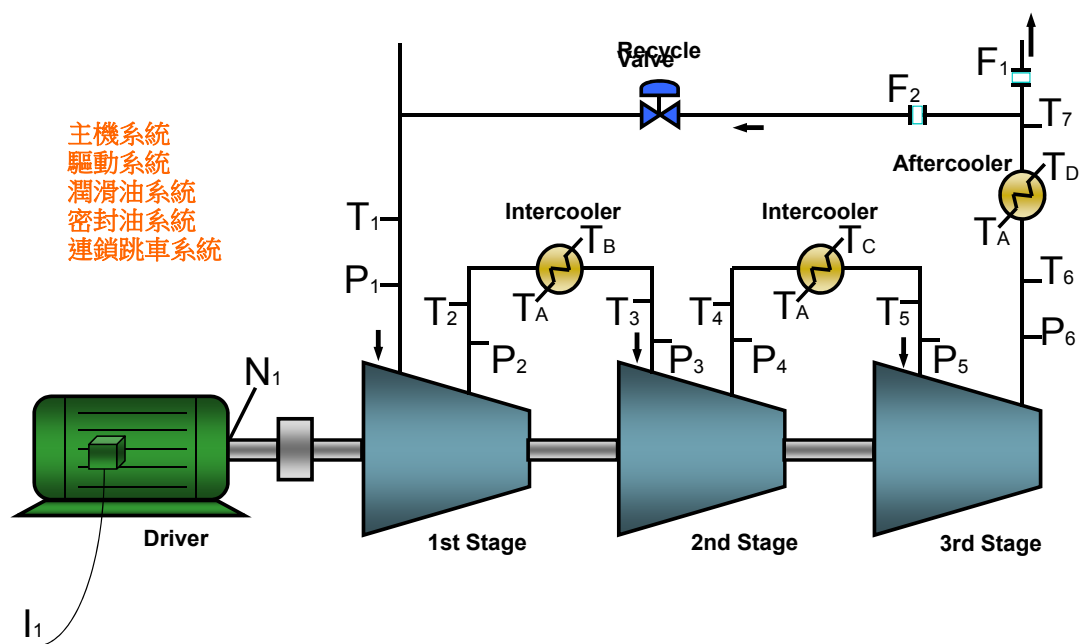
換熱器失效模式不僅有外漏？



換熱器RCM前後維護策略比較



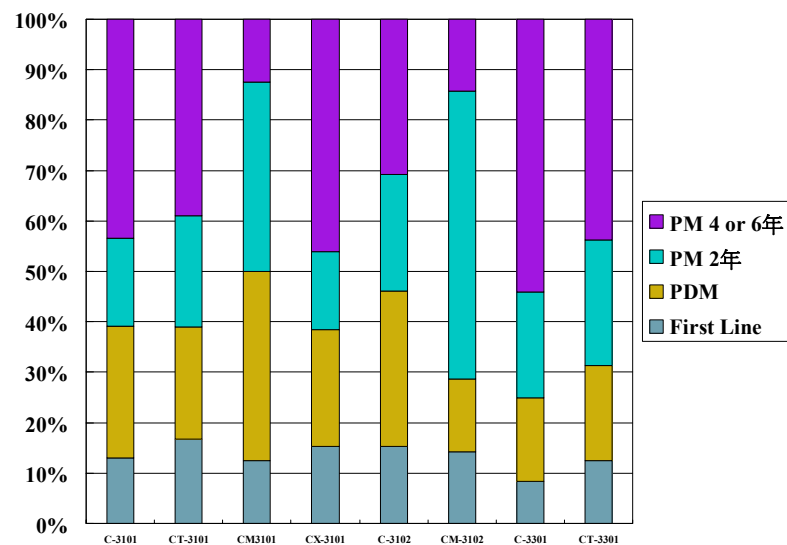
壓縮機不僅只是一台設備



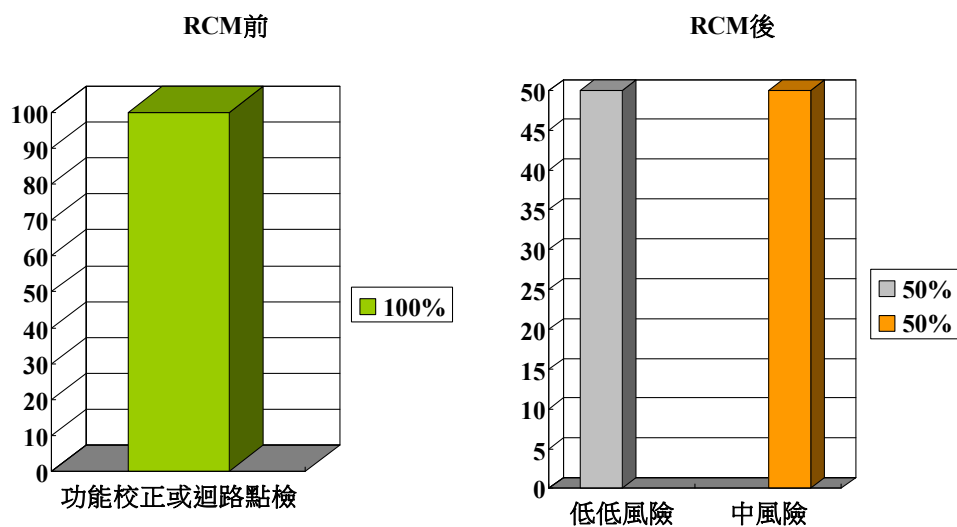
某工場壓縮機系統設備分布

	C-3101壓縮機系統	C-3102壓縮機系統	C-3301壓縮機系統
Compressor	1	1	1
Turbine	1	0	1
Expander	1	0	0
Pump	4	2	12
Cooler	5	2	13
Drum	8	1	8
Valve	7	3	2
Interlock	31	16	34
Others	2	2	4
Total	60	27	75

壓縮機主機系統維護策略分佈



聯鎖系統RCM前後維護策略比較



成本節省估算-範例1

E-3202 A/B/C/D (FRACTIONATOR OVHD TRIM COOLERS)

失效歷史：無 (19.1*2.1t*6100*1596pcs)

MTBF: 15年 POF: 0.234

失效風險: NDT 47,812,500

維修檢查？

1. 假設 15 年不維修，檢查

需承擔: NTD 47,812,500

2. 假設每2年作適度檢查及維修（共7次停俾）

檢查費: $50000 \times 7 = \text{NTD } 350,000$

加隔離閥: 250,000

當 47,250,000 比上 600,000 時是否要檢查維修？

→ 600,000

成本節省估算-範例2

C-3301, ZSHH-3305T, CT-3301-COMPRESSOR

AXIAL DISPLACEMENT TURBINE

失效歷史：無

MTBF: 60年(假設)

失效風險: NTD 61,875,000

維修檢查？

1. 假設 60 年不維修，檢查

需承擔: NTD 61,875,000

2. 假設每2年作適度檢查及維修（30次停俾）

校正費: $3000 \times 30 = \text{NTD } 90,000$

更換費-15years（4次）：

~~$50,000 \times 4 = \text{NTD } 200,000$~~

當 61,875,000 比上 290,000 時是否要維修檢查？

→ 290,000

RCM執行結果總結與建議

- ✓有效掌握高風險項設備**5.15%**，並識別出**123**項經濟影響性**超過1,000萬台幣**之失效模式。
- ✓28項高風險失效模式分佈於不同之27個設備，針對每一失效模式下可能發生之失效原因，及可能發生之失效根源分析，並得以制定最佳化的維護策略。
- ✓針對較高風險項，總共有**929項維修工作**，詳細的維護/維修策略描述及維修/維護任務包(共計**38種**)，依不同的工種，頻率以及工作方式來提升某工場設備操作的可靠度。
- ✓識別出**超過60.5%設備項之低風險設備**，避免過度維修的狀況。
- ✓**換熱器**的失效為影響某工場非計劃性停俾最大的來源；其次為**壓縮機系統、聯鎖跳俾系統**等。
- ✓給維修及操作人員維護預算，提供一決策依據。
- ✓加強RCM團隊參與人員對設備運行維修經驗交流，並實現資源共享的目的。

Thanks for Your Attention
感謝DNV公司資料提供

問題與討論