

機械完整性 介紹和實務 技術研討會



OHSA 29 CFR 1910.119 機械完整性(MI)內容介紹

報告者：王振華 教授

信箱：cwang@nkust.edu.tw

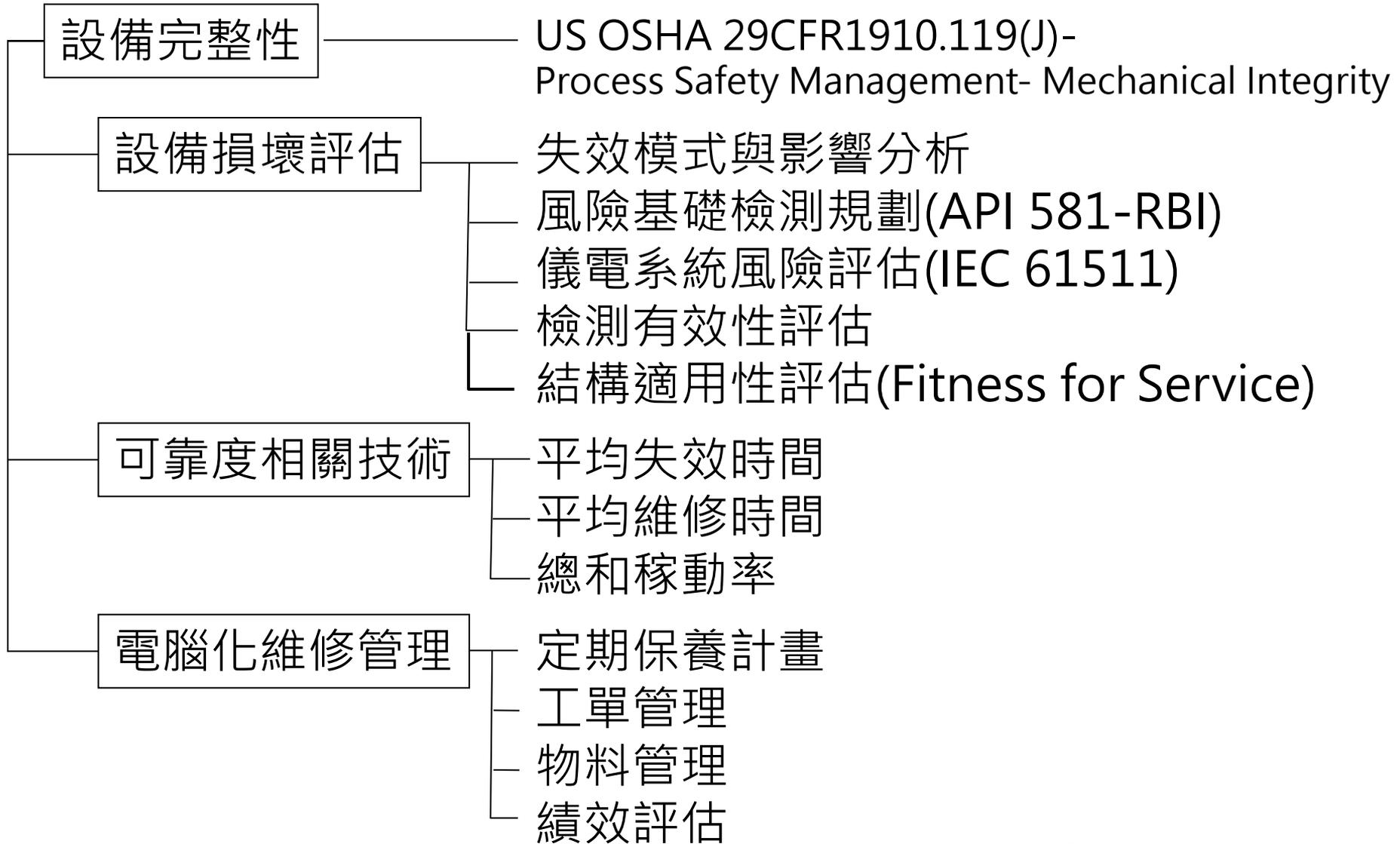
電話：07-6011000#32345

手機：0936335957

日期：2018/11/29



技術關聯



維基百科對壓力容器的定義

- A **pressure vessel** is a closed container designed to hold gases or liquids at a pressure substantially different from the ambient pressure.
- ...The **pressure differential** is **potentially dangerous** and many fatal accidents have occurred in the history of their development and operation. Consequently, **their design, manufacture, and operation** **are regulated** by engineering authorities backed up by laws.
- 在我國壓力容器又細分為第一種、第二種、高壓氣體特定設備、鍋爐等。

Mechanical Integrity
設備完整性



- Law:

- 危險性工作場所審查暨檢查辦法<=加入製程危害
- 危險性機械及設備安全檢查規則<=定期檢查
- 「*危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則*」 <=放寬檢查週期

- 設計建造規範:

- CNS 9788~10216



針對新建設備

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code

- EN 13445



前提: 如果建造品質完美，
製程穩定、內容物無腐蝕
環境條件穩定。

面對一個不理想的環境

- 「設計」在實現理念。著重結果。
- "Design is the human power to conceive, plan, and realize products that serve human beings in the accomplishment of any individual or collective purpose." --Dick Buchanan
- 當設備老了、受損了，不復當年勇了。這設備還能不能用、安全否、如何檢查？

新設備 → 依據ASME、JIS、CNS標準計算、評估
老設備 → ASME、JIS、CNS標準不完全適用

這些設計建造規範確保設備有一個好的開始。但工廠的MI管理則決定這個好的基礎可以維持多久？



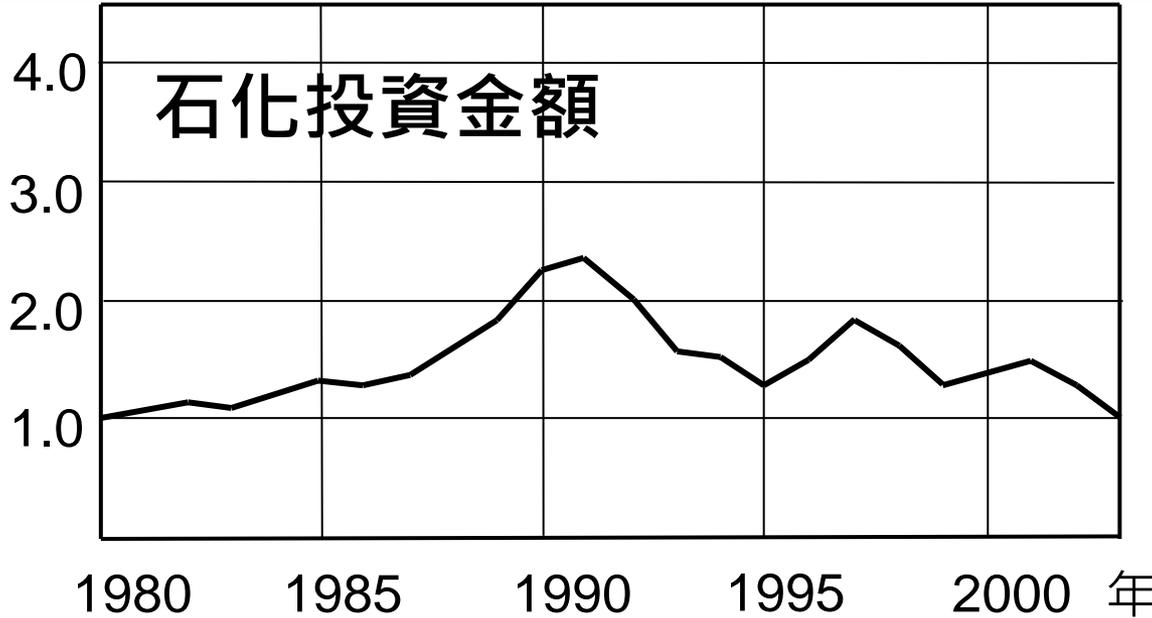
適用性評估技術



日本的經驗

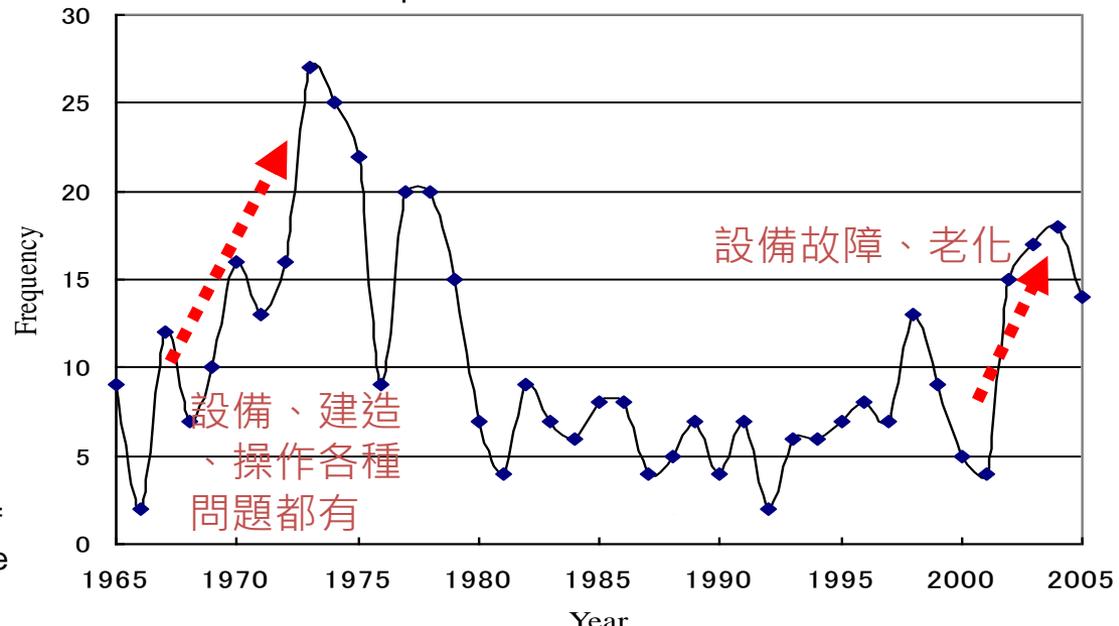
十億日圓

投資金額



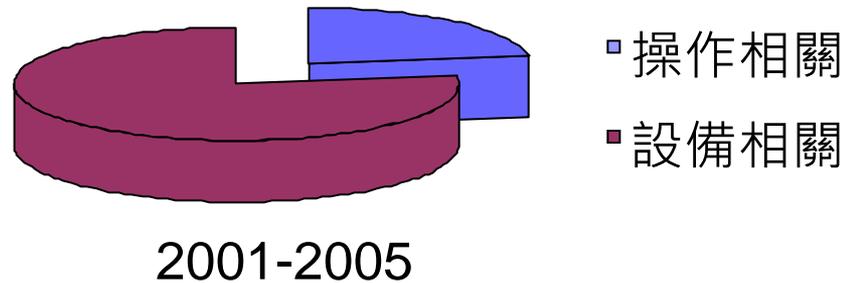
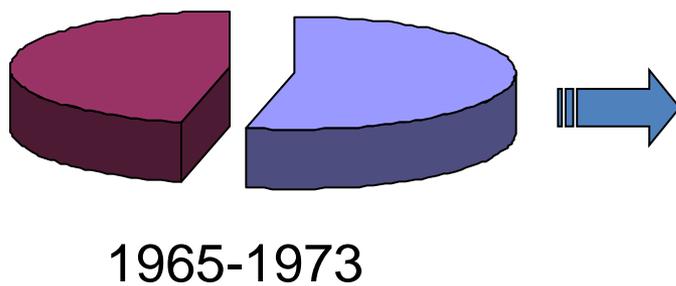
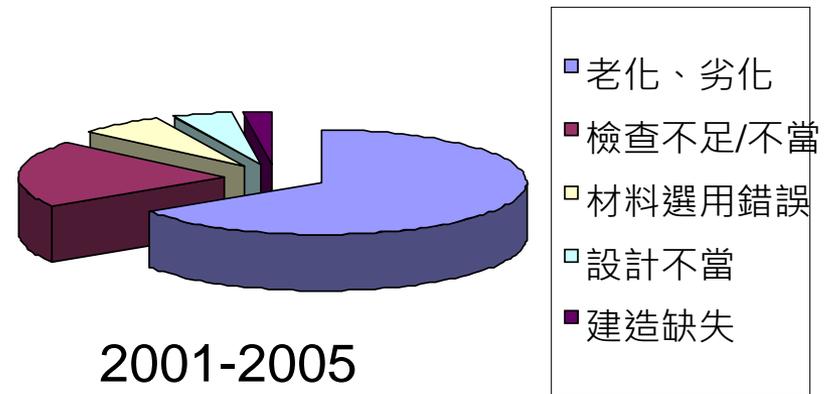
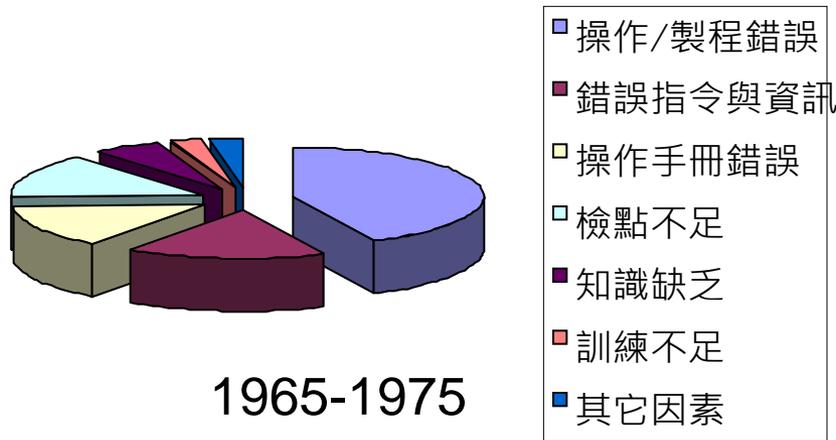
石化工業區
事故發生頻率

雖然有相近的趨勢，
但原因很不一樣



From: Eiji O'SHIMA, Safety Management of Deterioration Due to Aging of Plants, Proceedings of the 2006 International Symposium on Safety Science and Technology, Changsha, China

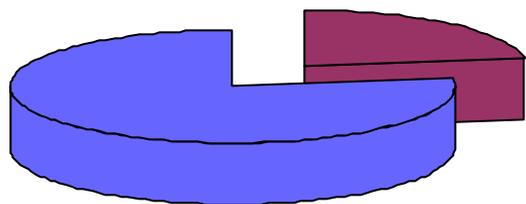
日本石化工業區事故原因分類



30年的差異 - 設備老了

一方面又發現，現在的材料、設計、建造、檢查技術/品質較過去強很多，實應檢討年限

One world, same nightmare



2001-2005

- 操作相關
- 設備相關



機械故障	41%
操作錯誤	20%
未知錯誤原因	18%
製程異常	8%
天然災害	6%
人為破壞	3%
設計錯誤	4%

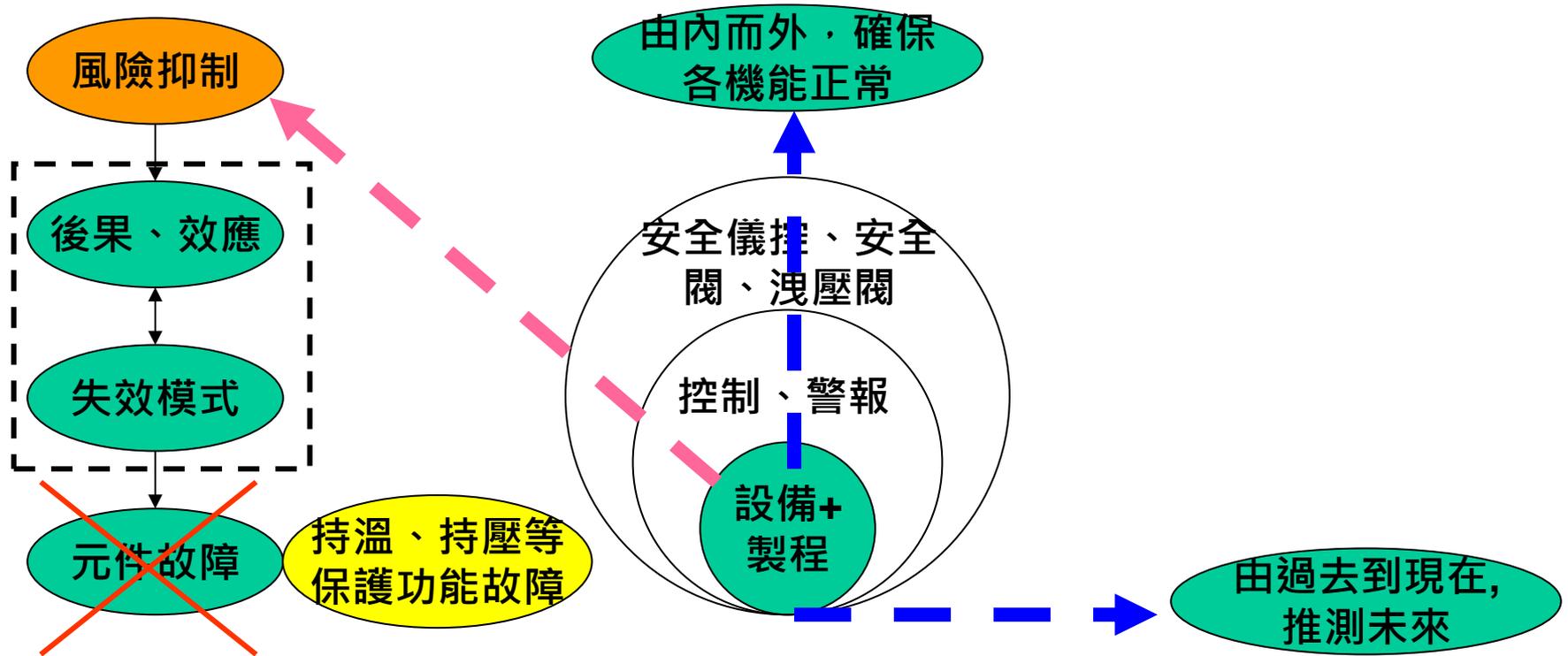
日本研究發現其石化業的事故比重，已開始轉向設備故障

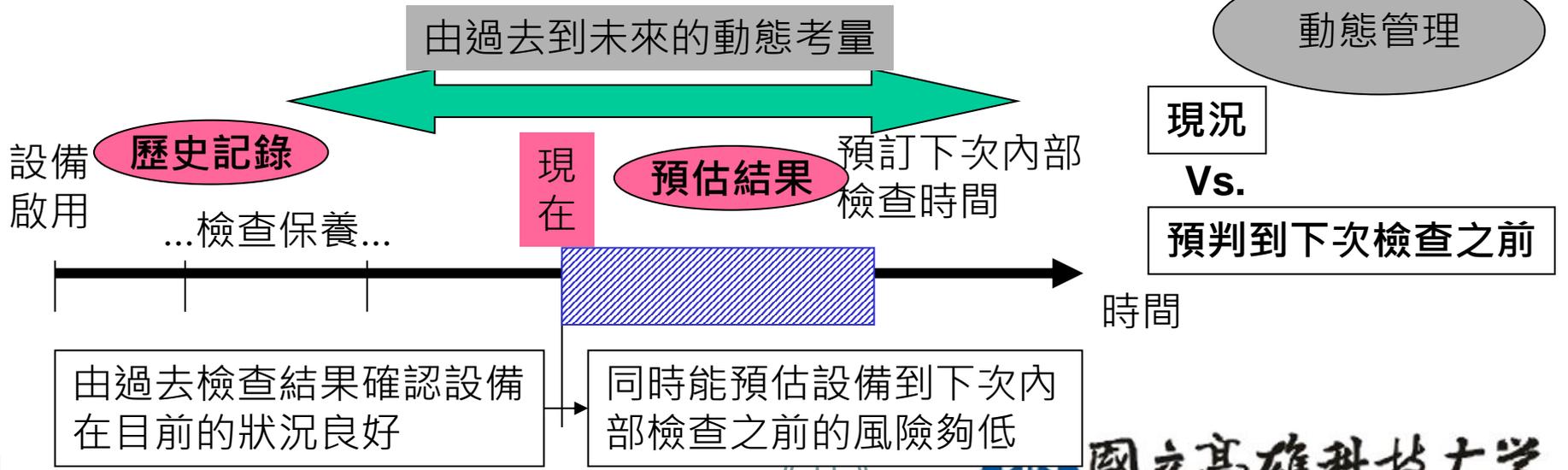
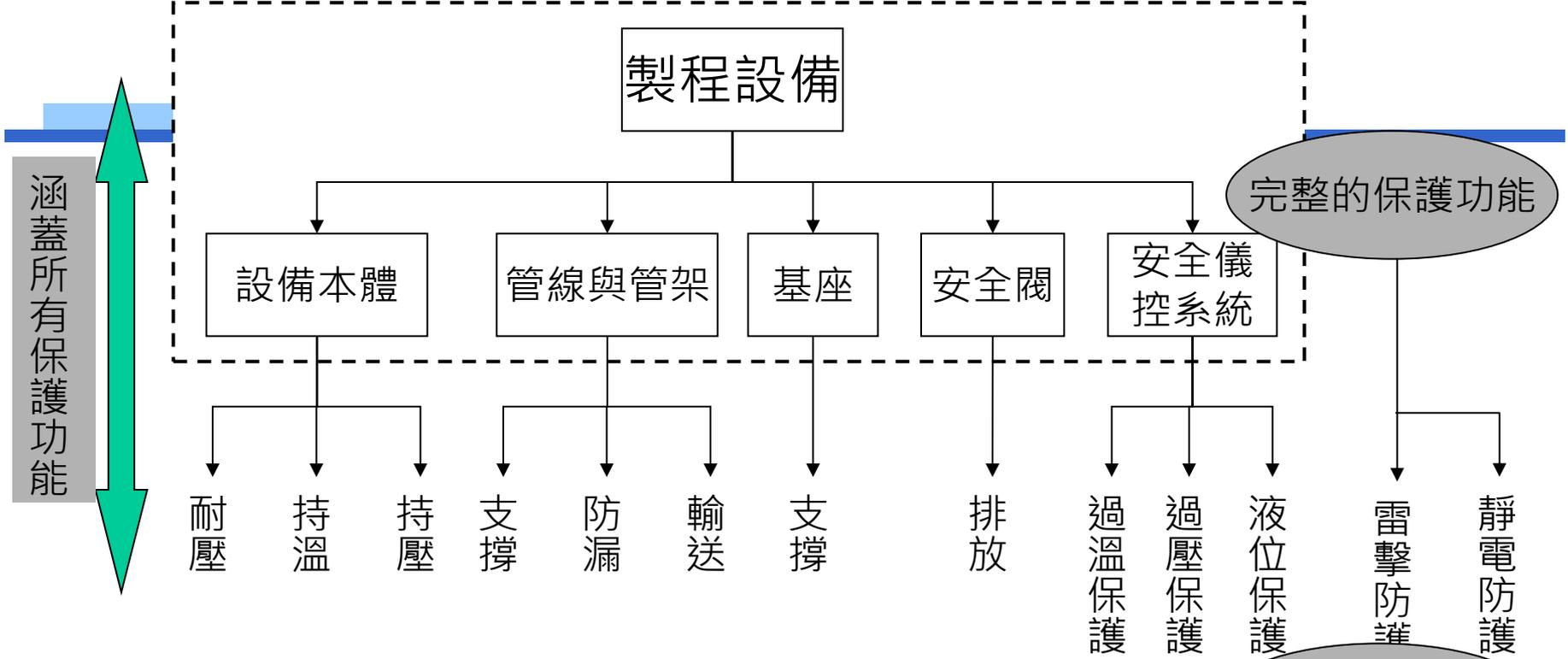
歐美研究機構對重大工安事故發生原因的檢討結果⇒設備故障佔一半

現今石化廠的重大課題之一是減緩設備老化、維持製程安全

要做那些事情?

--設備安全的思考邏輯





OSHA 29CFR1910.119(j) Mechanical Integrity

(1) Application. Paragraphs (2) through(6) of this section apply to the following process equipment:

- (i) Pressure vessels and storage tanks;
- (ii) Piping systems (including piping components such as valves);
- (iii) Relief and vent systems and devices;
- (iv) Emergency shutdown systems;
- (v) Controls (including monitoring devices and sensors, alarms, and interlocks)
- (vi) Pumps.

(2) Written procedures. The employer shall establish and implement written procedures to maintain the on-going integrity of process equipment.

(3) Training for process maintenance activities. The employer shall train each employee involved in maintaining the on-going integrity of process equipment in an overview of that process and its hazards and in the procedures applicable to the employee's job tasks to assure that the employee can perform the job tasks in a safe manner.

對象:壓力容器/儲槽等、管線系統、釋壓及排放裝置
緊急停俾系統、控制、泵浦

程序文件

製程維護作業的訓練

12



國立高雄科技大學

National Kaohsiung University of Science and Technology

OSHA 29CFR1910.119(j) Mechanical Integrity(續)

(4) Inspection and testing.

- (i) Inspections and tests shall be performed on process equipment.
- (ii) Inspection and testing procedures shall follow recognized and generally accepted good engineering practices.
- (iii) The frequency of inspections and tests of process equipment shall be consistent with applicable manufacturers' recommendations and good engineering practices, and more frequently if determined to be necessary by prior operating experience.
- (iv) The employer shall document each inspection and test that has been performed on process equipment. The documentation shall identify the date of the inspection or test, the name of the person who performed the inspection or test, the serial number or other identifier of the equipment on which the inspection or test was performed, a description of the inspection or test performed, and the results of the inspection or test.

檢查、測試

依循GAGEP

適切的週期/頻率

留下紀錄



OSHA 29CFR1910.119(j) Mechanical Integrity(續)

- (5) Equipment deficiencies. The employer shall correct deficiencies in equipment that are outside acceptable limits (defined by the process safety information in paragraph (d) of this section) before further use or in a safe and timely manner when necessary means are taken to assure safe operation.
- (6) Quality assurance.
- (i) In the construction of new plants and equipment, the employer shall assure that equipment as it is fabricated is suitable for the process application for which they will be used.
 - (ii) Appropriate checks and inspections shall be performed to assure that equipment is installed properly and consistent with design specifications and the manufacturer's instructions.
 - (iii) The employer shall assure that **maintenance materials, spare parts and equipment** are suitable for the process application for which they will be used.

設備異常

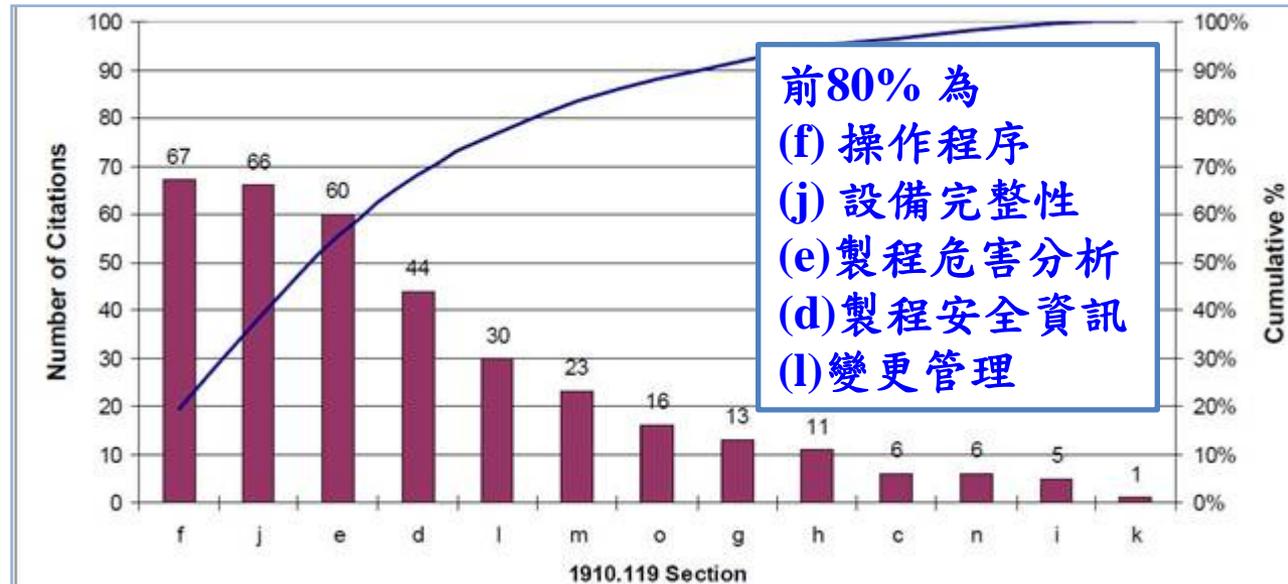
品保

穩定操作

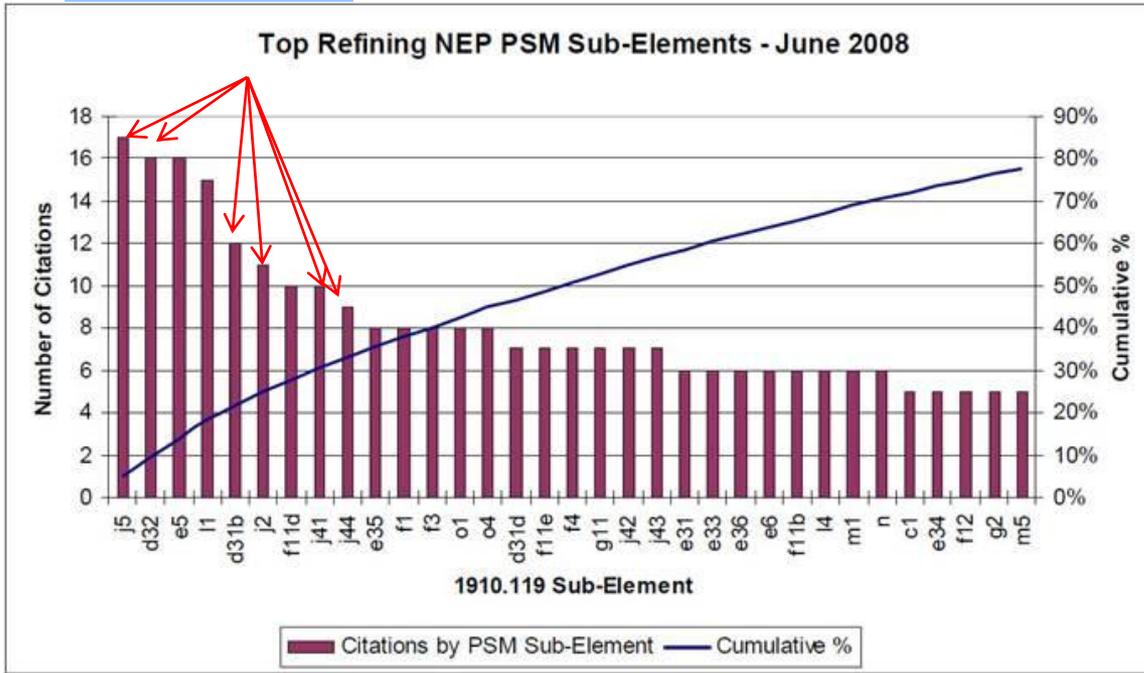


US OSHA從2007年起啟動一系列稽查

- 2007年美國OSHA啟動一個針對煉製產業的重點檢查計畫 (refinery NEP)←因為在此之前15年間，煉製產業在所有被US PSM法規規範到的產業中，為工安事故最嚴重的。
- 總計在第一年計畫中，OSHA對14家煉油廠總計開出了384件告發包括多項處罰。而令檢查團隊最擔憂的是主要的缺失都圍繞在重大潛在危害的辨識處置不佳、檢查/測試文件缺失、及設備異常狀況管控等都是與確保有效抑制潛在危害有關的機制。



US OSHA從2007年起啟動一系列稽查(續)



- 與MI有關的主要缺失包括：
1. 設備異常狀況的管理處置不佳
 2. 設備的檢查維護未依良好的工程標準與方法(RAGAGEP)
 3. P&ID圖面更新
 4. MI書面程序文件的完整
 5. 設備檢查與測試
 6. 設備檢測記錄與管理

j(5)	Equipment deficiencies	e(3)(v)	PHA - facility siting
d(3)(ii)	Equipment RAGAGEP	f(1)	Written operating procedures
e(5)	PHAs not promptly addressed	f(3)	Procedure review & certification
l(1)	Management of change procedures	o(1)	Compliance audit performance
d(3)(i)(B)	P&IDs	o(4)	Compliance audit response
j(2)	Written MI procedures	d(3)(i)(D)	Relief system design & design basis
f(1)(i)(D)	Procedures - emergency shutdown	f(1)(i)(E)	Procedures - emergency operations
j(4)(i)	Equipment inspection and testing	f(4)	Safe work practices
j(4)(iv)	Inspection & test documentation	g(1)(i)	Initial training

Ⓢ Data collected from this measure in 2004 and 2005 showed that more than 80% of all process safety incidents were related to either “**mechanical integrity system**” failures or “**operating procedure/training system**” failures .– 2005 Lubrizoil RC progress report

台灣版的MI現在是這樣...



法規起源

法規名稱	條號	內容
職業安全衛生法	第15條	<p>有下列情事之一之工作場所，事業單位應依中央主管機關規定之期限，定期實施製程安全評估，並製作製程安全評估報告及採取必要之預防措施；製程修改時，亦同：</p> <p>一、從事石油裂解之石化工業。</p> <p>二、從事製造、處置或使用危害性之化學品數量達中央主管機關規定量以上。</p> <p>前項製程安全評估報告，事業單位應報請勞動檢查機構備查。</p> <p>前二項危害性之化學品數量、製程安全評估方法、評估報告內容要項、報請備查之期限、項目、方式及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。</p>
		<p>102年7月30日</p>
製程安全評估定期實施辦法	第二條	<p>一、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。</p> <p>二、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有害物，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。</p>
	第四條	<p>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：</p> <p>一、製程安全資訊，如附表一。二、製程危害控制措施，如附表二。</p> <p>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。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。→製程安全評估要項</p>



法規與標準的演進



高危害化學製程安全管理法規
[Process safety management of highly hazardous chemicals, PSM]
(29CFR Part 1910.119)

API 510、570、653、571、574、581、579...
IEC 61508/61511

民間社團組織發展實務作法與
工程標準，以配合法令要求



1993年

勞動檢查法

1994年

危險性工作場所
審查暨檢查辦法

1995年

危險性機械及設
備安全檢查規則

2003年

危險性設備內部檢查延長期
限或替代檢查審查注意事項

2013年

職業安全
衛生法

2014年

石化及化學工廠製程安全
管理監督及檢查注意事項

2015年

製程安全評估
定期實施辦法

2015、2018年

危險性設備內部檢查延長期
限或替代檢查審查處理原則

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。
 - (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。
 - 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。

台灣版的MI曾經是這樣...

- 但其實講得反而比較詳細，值得參考

8.機械完整性

「石化及化學工廠製程安全管理監督及檢查注意事項」第八點

8.1 訂定設備檢查計畫，對製造、儲存或處置危險物或有害物之設備實施檢查：

- ① 計畫應明確劃分執行設備檢查人員之責任。
- ② 計畫應規定設備檢查週期。
- ③ 計畫應明確訂定設備檢查之方法、檢查部位、檢查頻率及檢查程序。
- ④ 計畫應規定設備檢查報告內容。

8.2 依據設備檢查計畫**實施外部檢查**：

- ① 針對所有設備之外部情況、保溫、油漆塗層、支撐及配件等，實施外部檢查，以鑑別設備是否有損傷、腐蝕、震動、洩漏或有組裝不當或修復不當之情況。
- ② 具高揮發性、可燃性、毒性、酸性、鹼性等流體之管線，應訂定檢查週期並進行外部檢查。
- ③ 對所有壓力容器每年至少進行外部檢查1次。

8.機械完整性

8.3 對所有壓力容器設備訂定**內部檢查程序**，並依據設備檢查計畫，實施內部檢查。

8.4 為確保設備操作安全，應**鑑別設備缺失**，並予以矯正：

- ① 每一項設備查核應由受過完整訓練之勞工執行，以鑑別出可能導致損害或失效之危害因子。
- ② 在建立設備檢查方法、檢查部位、檢查週期及預防保養措施時，應參考前項鑑別之結果。
- ③ 基於符合設備正常運轉狀態下，應建立設備缺失之可容忍**上下限管制值**。
- ④ 針對檢測之結果應納入**風險分析及管理**。

8.機械完整性

8.5 應訂定管線或設備厚度檢測標準作業程序:

- ① 厚度檢測部位之選定，應能反映管線或設備整體使用情形
- ② 厚度檢測部位之選定，應考慮局部腐蝕及沖蝕之問題。
- ③ 厚度檢測部位應清楚標示於設備或管路上及其檢查圖面或立體配管圖上，以確保下次檢測時檢測同一部位。
- ④ 應訂定厚度檢測週期。
- ⑤ 厚度檢測之結果應用於**預測設備或管線剩餘使用壽命**，並做為調整下次檢測週期之參考。

8.6 依據使用設備及管線規格、操作條件，建立最大容許操作壓力，並依據厚度檢測結果及腐蝕速率情況，**對超出容許限值之設備執行修復，以確保操作安全**。

8.7 應訂定設備檢測**週期、檢測方法或測試程序等及其調整修正之標準作業程序**。

8.機械完整性

8.8 應訂定設備**檢測查核表(Check list)**，並於設備或製程變更時配合檢討及修訂查核表內容。

8.9 對設備所有之檢測、測試及修復，應有**詳實之書面紀錄資料**，其內容至少應包含下列項目：

- ① 檢測日期。
- ② 執行檢測人員姓名。
- ③ 檢測設備或管線之編號。
- ④ 檢測或測試之過程。
- ⑤ 檢測之結果。
- ⑥ 對檢測結果之處理情形。
- ⑦ 設備之保養日期及保養作業內容。

8.10 應訂定設備檢測**發現缺失**處理之標準作業程序，並確認**經過安全評估後才能繼續操作**該設備。

8.11 對所有設備之檢測程序及報告，應**建立完整及即時更新的資料庫**，並使從事相關之作業勞工均能取得該資料庫之資訊。

8. 機械完整性

- 8.12 從事設備保養及檢測之勞工都已受過完整的**製程安全衛生教育訓練**，並知悉各製程之危害性。
- 8.13 應訂定製程**安全閥檢查或測試計畫**，由有受過專業訓練並具有安全閥保養相關經驗之人員確實執行及完整紀錄，對未符合規定者持續追蹤及改善。
- 8.14 對於**重要之安全設施**(試壓和排放系統、緊急遮斷和停車系統及線上監控、感知、連鎖系統)、關鍵性設備(如壓力容器、儲槽及轉動設備)、管線洩漏處理及防蝕(含保溫下腐蝕)等，應**訂定完整預防保養維修計畫**，並確實執行、完整紀錄、持續追蹤及改善。
- 8.15 設備之建造、組裝及保養，應訂定**品保計畫**，以確保
- ① 採用正確的材質及備品，並確認適用於製程。
 - ② 採用適當的製造及檢查程序。
 - ③ 依照相關法規及標準實施保養。
 - ④ 正確組裝及鎖固。
 - ⑤ 備品應妥善標示、檢查及存放

其他設備相關的法規

- 危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則

危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則(2018)

- 第三條 雇主申請延長替代檢查時，應依危險性機械及設備安全檢查規則規定，檢附下列申請資料：
 - (一) 生產流程圖說，如附件一。
 - (二) 構造檢查合格明細表、構造詳圖，如附件二。
 - (三) 自動控制系統圖及安全保護裝置，如附件三。
 - (四) 安全衛生管理狀況，如附件四。
 - (五) 自動檢查計畫暨執行紀錄，如附件五。
 - (六) 緊急應變處置計畫，如附件六。
 - (七) 檢查替代方案建議書，如附件七及附件八。

系統性延長替代要執行PSM

雇主對危險性機械及設備安全檢查規則第一百零九條第二項或第一百三十三條第二項規定之附屬鍋爐，擬併前項申請延長其內部檢查期限者，為確保附屬鍋爐在延長內部檢查期間，可繼續安全使用，前項申請資料之內容應包括附屬鍋爐，且鍋爐給水及水質應符合國家標準 CNS10231 有關離子交換水之規定，內部檢查期限最長得隨同延長為三年。

雇主依危險性機械及設備安全檢查規則第一百零九條第一項第三款或第一百三十三條第一項第四款規定，**對同一連續生產製程中無法分隔之系統設備**申請延長替代檢查時，除檢附第一項規定資料外，應依下列規定辦理：

- (一) 參照本部所定之**事業單位實施定期製程安全評估相關手冊及指引**，**對該等設備所屬製程實施製程安全評估，並檢附製程安全評估報告。**
- (二) 參照本部所定之職業安全衛生管理系統指引或依國際標準ISO45001，建置適合該事業單位之職業安全衛生管理系統，推動規劃、實施、檢查及改進 (PDCA) 管理循環，並取得中央主管機關認可之驗證。

危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則(2018)

- 第八條、對於已核定延長替代檢查之設備，於核定期限屆滿且再次提出申請前，雇主應依危險性機械及設備安全檢查規則之規定實施內部檢查，以確認內部安全狀況，但有下列情形之一者，不在此限：

- (一) 依規定免設人孔。
- (二) 構造上無法設置人孔、掃除孔或檢查孔。
- (三) 低溫或超低溫高壓氣體特定設備或高壓氣體容器。
- (四) 其他經勞動檢查機構核定實施內部檢查有困難，而以其他替代方式檢查。

設備內存觸媒、分子篩或其他特殊內容物，於申請延長替代檢查時，**未以風險基準檢查 (RBI) 評估結果設定開放檢查周期，如因內容物使用壽命尚未屆期，擬延長原核定期限者，得於內部檢查期限屆滿前，另檢具該設備最近五年內實施風險基準檢查評估結果，經美國石油學會 (API) 之授權檢查員 (AI) 簽認後，申請延長其核定期限，最長為五年。但其開放檢查周期合計最長不得超過十五年。**

設備使用原替代方案若欲申請繼續替代檢查時，要執行RBI，並應有過去幾年之檢測紀錄（最近五年）以做為RBI分析之基礎。

危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則(2018)

2015年危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則

附件八 危險性設備內部檢查延長期限設定原則

二、開放檢查周期可由**設備剩餘壽命評估的結果或腐蝕、劣化損傷防止**對策有效使用期間予以設定，但最長不得超過十年或剩餘壽命一半。但已實施風險基準檢查(RBI)評估，並經API之授權檢查員(AI)簽認者，得以評估結果設定開放檢查周期，最長不得超過十五年。

2018年危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則

附件八 危險性設備內部檢查延長期限設定原則

二、設備應實施**風險基準檢查(RBI)**，其開放檢查周期依設備剩餘壽命評估的結果或腐蝕、劣化損傷防止對策有效使用期間予以設定，最長不得超過十年或剩餘壽命一半。但設備內存觸媒、分子篩或其他特殊內容物，其風險基準檢查(RBI)報告，經美國石油學會(API)之授權檢查員(AI)簽認者，開放檢查周期最長不得超過十五年或剩餘壽命一半。

既有延長替代可藉由設備剩餘壽命評估的結果或腐蝕、劣化損傷擬定檢查週期→新法規定僅能採用**風險基準檢查(RBI)**擬定檢查週期。

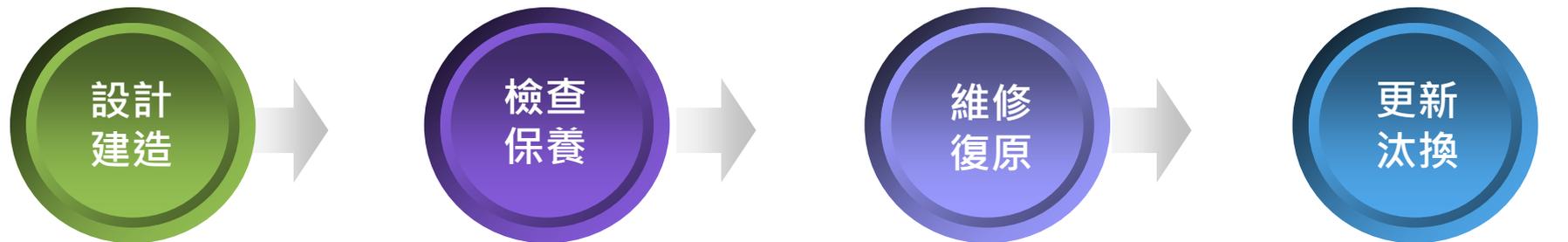


機械完整性指引



設備生命週期機械完整性概念

機械完整性(Mechanical Integrity, MI)主要目的為確保設備於操作年限內得以正常發揮預期功能，避免設備發生異常、故障或失去既有保護功能，導致高危害化學品災難性洩漏(Catastrophic release)。



- 確認設備設計建造符合最新工程標準
- 確認設備基本資料完整
- 蒐集相同設備及建造商提供的設備可靠度資訊

- 安排合適的檢查保養計畫，包含檢查週期、方法等，上述計畫要能確保設備至下次檢查前的安全狀態
- 建置設備檢查保養程序文件，確認所有執行檢查保養人員採用一致方式進行
- 安排訓練計畫，使檢查人員具備足夠技能

- 建置品保制度確定所用的材料、製造及檢查程序的正確性
- 設備維修紀錄妥善保存，藉以分析腐蝕率、失效率等數據，作為後續檢測計畫安排基礎
- 異常模式確認，紀錄該次維修的異常狀況

- 確認各項更新內容的合理性
- 設備損壞機制檢討，作為後續設備相關規劃基礎

機械完整性指引要項



機械完整性之目的與適用範圍

為確認機械完整性執行範圍與目標，指引中明確說明擬定MI指引之目的，並將執行範圍明確化。



機械完整性之目的與適用範圍



簡介與目的

機械完整性的目的是要能**確保設備於強度、密合性等功能之完整性**，完整性指代表功能的參數維持於可接受極限內。

可接受極限則訂於**製程安全資訊**中，當設備超出正常操作範圍，則為**異常(deficiency)**。



適用範圍

適用於具高危害化學品潛在災難性洩漏(Catastrophic release)製程單元之事業單位，其用於**製造、儲存、處理或運送高危害化學物質或其功能失效可能導致高危害化學品洩漏之相關設備**，建立機械完整性時之參考依據。

機械完整性之基本原則

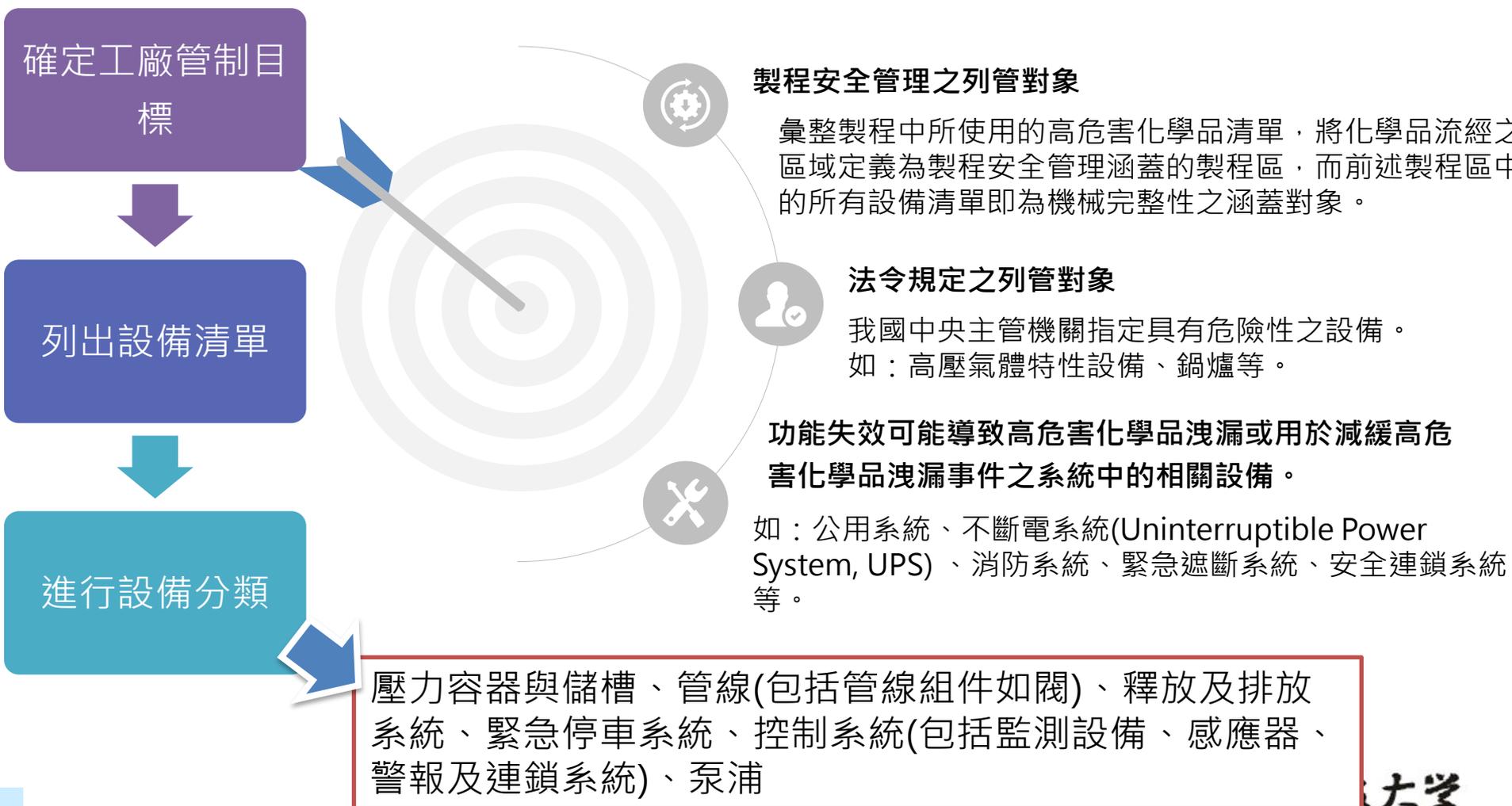
為協助機械完整性計畫之擬定與進行，於指引中將說明應有的基本原則。

- 機械完整性實施對象
- 機械完整性執行要求
- 機械完整性執行小組
- 設備相關資料蒐集
- 其他製程安全管理項目對機械完整性之影響



機械完整性實施對象

- 確認涵蓋的設備對象為機械完整性執行首要工作之一。



機械完整性執行要求



- 1. 建立與設備持續完整性相關的**書面程序**。

- 2. 針對維持設備持續完整性之員工，提供與其工作職責及製程危害相關之**訓練**。

- 3. 針對需執行機械完整性範圍之設備，擬定合適的**檢查、測試、保養及維修計畫**。

- 4. 針對需執行機械完整性範圍之設備，**識別可能存在之缺陷**與對應的處理方式。

- 5. 針對需執行機械完整性範圍之設備，建立其生命週期各階段之**品質保證計畫**，包含設計、採購、製造、驗收、儲存、安裝、維修、汰換及重新使用等階段。

機械完整性執行小組

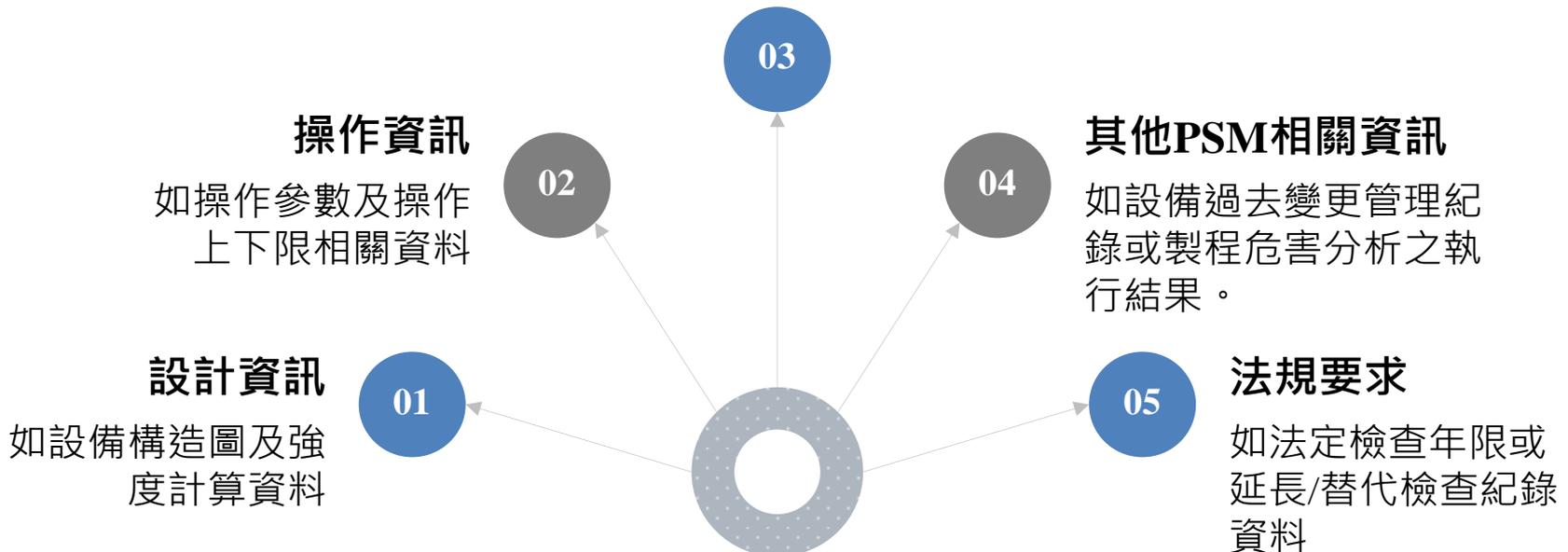


設備相關資料蒐集

- 於執行各類設備之機械完整計畫前，應先蒐集設備相關資料，以利於後續作業之進行，主要應蒐集資料包含：

檢查、測試、
維修歷史資訊

如檢查報告、維修履歷



其他PSM項目對機械完整性之影響-1

勞工參與

- 提供執行機械完整性小組成員之建置參考，並協助建立職責掌

製程安全資訊

- 提供設備安全操作界線相關資訊

製程危害控制措施

- 分析結果可作為選定機械完整性之涵蓋設備對象之基礎。

標準作業程序

- 提供製程操作相關作業紀錄，以作為機械完整性計畫擬定之參考。

教育訓練

- 教育訓練計畫之內容應包含持續機械完整性作業之相關人員。

承攬管理

- 承攬商之選擇應與機械完整性中對檢查、測試或維修計畫之人員要求符合。

啟動前安全檢查

- 設備啟動前之製造、安裝或採購之要求應符合機械完整性中之品保計畫。

動火許可

- 影響設備檢查、測試或維修方法之選用。如：焊接修補。

其他PSM項目對機械完整性之影響-2

變更管理

- 與設備相關之變更項目，應隨之更新機械完整性的相關內容，以避免機械完整性作業失真。如：材質變更應檢查是否影響設備腐蝕率，進而影響檢查計畫的擬定。

事故調查

- 與設備相關之事故調查記錄結果及建議事項應調整機械完整性計畫之進行。如：事故調查結果顯示設備缺陷導致事故發生，應重新檢討機械完整性中之設備缺陷鑑別結果。

緊急應變

- 緊急應變計畫中關鍵的設備、連鎖系統或緊急停俾系統應納入機械完整性的涵蓋範圍。

符合性稽核

- 符合性稽核結果應作為機械完整性計畫改善之基礎。

商業機密

- 商業機密公開範圍應包含機械完整性相關執行內容。



機械完整性之執行流程



執行流程



小組成員參考基本原則中機械完整性執行小組成員。**應考量設備種類，將對應部門成員納入小組成員中。**如：負責儀控設備檢查測試之儀電部門。

參考基本原則中機械完整性實施對象。

參考基本原則中設備相關資料蒐集，並可依設備種類將需蒐集資料進一步細分。（詳如下頁簡報說明）。

應依作業流程(四)之規畫內容，執行各項機械完整性相關作業。

所有作業流程(六)之執行結果應被記錄，包含所選用之方法、執行過程、執行結果等。並應**針對執行結果進行分析，如：腐蝕率分析等。**以**確認是否應調整作業規畫或採取後續的維修策略。**

當有異常之評估結果發生時，應**持續追蹤後續的維修或改善措施，**並確認是否需調整作業流程(四)中之機械完整性作業規劃。

設備細部資料蒐集

包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統

設備種類

資料性質	壓力容器與儲槽	管線系統(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	轉動設備(包含：泵浦及壓縮機等)
設計及建造相關資訊	設備構造圖、建造選用之標準、建造材質、強度資訊及選用厚度與腐蝕裕度等。	立體配管圖、建造選用之標準、建造材質、焊接處理原則、強度資訊及厚度資訊等。	建造選用之標準、釋壓及排放量計算資訊及建造資訊。	作動說明書、因果邏輯圖、建造材料及建造選用之標準。	作動說明書、因果邏輯圖、建造材料及建造選用之標準等。	建造選用之標準、建造材質、設計準則及構造資訊等。
操作資訊	內容物、正常操作參數、操作界線及製程操作參數偏離紀錄等。		內容物、設定參數及啟用紀錄等。	作動設定點相關資訊、功能說明及及啟用紀錄等。		內容物、所用之潤滑劑/油品等種類資訊、操作參數界線及操作偏離紀錄等。
檢查/測試/維修資訊	檢查、測試及保養計畫、檢查、測試及保養紀錄、維修與更換紀錄。					
其他資訊	原廠製造商手冊、PFD與P&ID	管線系統上相關組件之資訊、原廠製造商手冊、PFD與P&ID	PFD、P&ID	PHA報告、安全完整性等級(SIL)分析結果等。	PHA報告、安全完整性等級分析結果等。	原廠製造商手冊、PFD與P&ID。

四、規劃機械完整性執行內容

建置書面程序



書面程序為相關作業執行的標準依據，不論是由**工廠內部人員或委外交由承攬商**執行之機械完整性相關作業，均需建立書面程序。

檢查及測試計畫



針對可能影響製程安全之設備應實施**預防性的檢查保養策略**，以確保設備維持其正常功能。

異常狀況掌握



異常的定義指設備的操作參數超出**製程安全資訊**中所列的容許界限。了解設備異常才得以掌握設備狀況。

品質保證計畫



品質保證計畫用以確認設備使用了**正確的材料及其製造和檢查程序為適當的**。

A. 書面程序建置-1

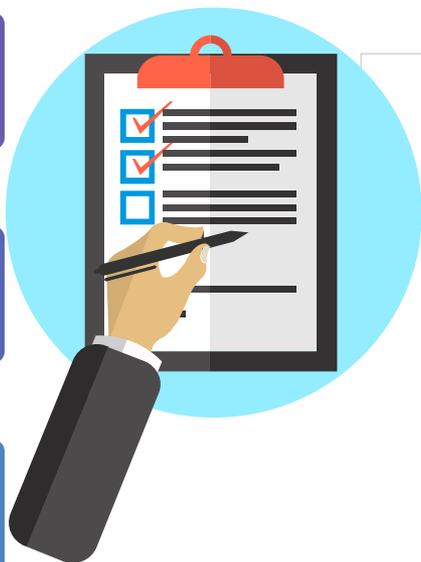
1. 確認應建立之書面程序

2. 書面程序之控管

3. 書面程序之取得

4. 書面程序之訓練

5. 書面程序更新與審查



1

機械完整性管理系統程序。針對執行內容、小組成員說明之程序文件。

2

設備巡查、檢查、保養、測試、非破壞性檢測執行及程序類工作。

3

品質保證相關書面程序。如：備品、倉儲管理等。

4

其他與機械完整性作業相關之書面程序。如CMMS執行程序。

A. 書面程序建置-2

1. 確認應建立之書面程序



2. 書面程序之控管



3. 書面程序之取得



4. 書面程序之訓練



5. 書面程序更新與審查

- 書面程序之控管

若工廠已有文件管理系統，建議應將建立之書面程序**納入文件管理系統**中。並得依文件之特定，對應至文件管理系統架構中的各階層。

- 書面程序之取得

為確保相關作業能依循書面程序之規定進行，所有協助機械完整性作業進行之員工應能取得相關書面程序。

- 書面程序之訓練

所有協助機械完整性作業進行之相關員工，應**接受書面程序內容之訓練**。針對新建立之書面程序，可**藉由訓練機會驗證程序內容是否符合實際作業狀況**。

- 書面程序更新與審查

應有**定期審查制度**，以確保現行書面程序仍符合最新的標準規範或法規要求。此外，當**變更管理**內容涉及新建設備、結構變化或其他可能改變機械完整性作業內容之狀況時，應同時更新書面程序。

機械完整性管理辦法

一階



檢查、測試及維修相關程序文件

二階



檢查方法指導文件，如超音波測厚工作指導書

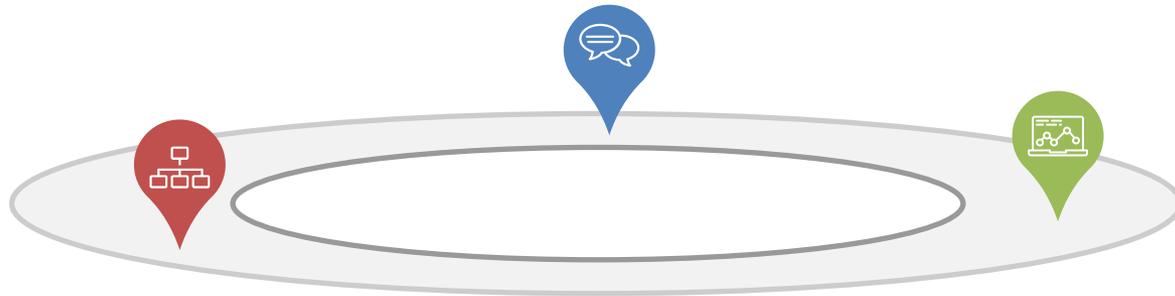
三階



相關文件表單，如測厚檢查紀錄表



B.擬定檢查及測試計畫---基本要求



機械完整性內**所有涵蓋設備**皆應有檢查與測試計畫。

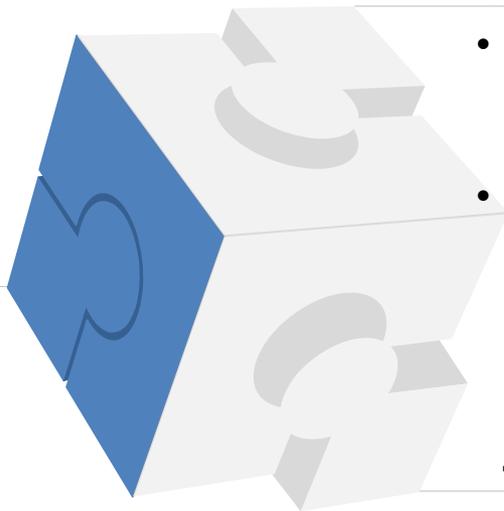
- 檢查與測試計畫及執行應遵循**公認及普遍被接受的良好工程實務作法(RAGAGEP)**。如：原廠製造商之建議、工程標準或手冊、文獻或廠內實務經驗等。
- 當不同準則間所建議之檢查頻率相佐時，應優先以**增加**檢查或測試頻率為制定基礎。

- 製程設備所檢查和測試**紀錄應完整被留存**。
- 紀錄中須詳實紀載**檢查或測試日期、被檢查設備編號或名稱、執行檢查或測試之人員姓名、檢查或測試方法、檢查或測試內容、問題描述及檢查結果**等。

B.擬定檢查及測試計畫---參考做法

1.設備分類

相同類型之設備通常具有類似的檢查及測試需求，藉由設備分類可縮短擬定檢查及測試作業之時間，並確保類似設備之檢查或測試計畫具有一致性。
如：往復式壓縮機。



2.設備分級

- 依設備潛在危害高低進行等級區分。目的在於妥善檢查及測試資源分配與策略制定。
- 原則上建議分為四級，並將其中一級或一/二級定義為關鍵設備，其次為第三級、第四級設備。關鍵性設備應加強檢查資源的投入

3.系統性分析手法

- A. 損壞機制鑑別與腐蝕環路建置
- B. 風險基準檢查(Risk Base Inspection, RBI)
- C. 失效模式與效應分析(Failure mode and effects analysis, FMEA)
- D. 以可靠度為中心之維修(Reliability Centered Maintenance, RCM)
- E. 安全儀控系統(Safety Instrument System, SIS)完整性評估

往復式壓縮機保養計畫制定範例

設備大類	部位	零件	檢查方式	維修方式		週期	週期
				PM	PDM	W/M/Y	W/M/Y
往復式壓縮機	汽缸組件	汽缸夾套	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	汽缸組件	整體	振動量測		V	1W	每週
往復式壓縮機	活塞組件	整體	振動量測		V	1W	每週
往復式壓縮機	活塞組件	全面	檢查	V		5Y	每五年
往復式壓縮機	氣封組件	氣封環	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	油封組件	油封環	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	閥組件	閥組	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	閥組件	閥座	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	閥組件	彈簧	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	閥組件	卸載器	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	潤滑油組件	潤滑油濾網	拆清	V		1Y	每年
往復式壓縮機	潤滑油組件	潤滑油冷卻器	檢查	V		1Y	每年
往復式壓縮機	潤滑油組件	潤滑油	更新	V		1Y	每年
往復式壓縮機	潤滑油組件	進口濾網	拆清	V		1Y	每年
往復式壓縮機	馬達	軸承	振動量測		V	1W	每週
往復式壓縮機	馬達	潤滑油脂	補充	V		2M	每二月

C.異常狀況掌握

作業內容

1. 建立**設備功能及操作狀況標準**。如：檢測厚度標準。

2. 主動蒐集設備異常狀況。可能之設備異常來源有**值班日誌、巡查表及檢查報告**等。

3. 發現設備異常，應有合適的處置方式。如：縮短檢測週期、更改操作條件、維修或採用**適用性評估 (Fitness For Service, FFS)**確認設備之堪用性。

4. 詳細記錄處置方式。建議藉由**電腦化維修管理軟體系統 (Computerized Maintenance Management System, CMMS)**作為設備於機械完整性作業中排定檢查、測試、保養及維修計畫/紀錄之工具。



D.品質保證計畫

基本要求

- 1.新建廠或有新建設備案件時，應確定設備選用正確的材料，並確保其被妥善安裝。
- 2.應執行適當的檢查及測試，確保設備安裝正確，並且符合設計規格和製造商的指示。
- 3.應確認機械完整性涵蓋設備所用之維修物料、備品皆符合製程要求。

設備全生命週期之品保計畫

設計

採購

製造

驗收

倉儲

安裝

使用

汰換

確定設備所採用之設計規範

確保所購買之設備或替代材料符合設計規範標準

藉由**現場勘查**等方式確認設備是否依設計規範及採購要求被妥善製作。如：材質鑑別 (PMI)

確認所取得之元件或設備符合設計與採購要求

確保元件、備品妥善保存，應有明確的標示及規劃，建立**倉儲管理程序**建議搭配**CMMS**管理領/退料

確認設備是否被錯誤安裝。建議可擬定**設備安裝項目查核表**或藉由**啟動前安全檢查**確定設備有無正確安裝

若需更換相關零組件、材質，須確定所用之材料符合設計要求，並且被妥善安裝

若將淘汰設備作為**備用品**或拆除內組件供其他設備所用，應確定其符合相關規範

五、人員訓練計畫擬定與執行

為確保所有執行機械完整性相關作業之員工**具備足夠技能**，以及機械完整性相關作業**有效被執行**。應對維修人員有教育**訓練要求及考評制度**。並擬定**訓練計畫**，以利控管應受訓人員的訓練週期、訓練課程及訓練狀況，教育訓練規劃內容應包含：

應有**維修團隊的組織與人員清冊**，且對應每一個員工之**工作職責掌資料**，以了解所有人之**專業或證照需求**。如：非破壞檢查人員證照。

年度訓練計畫與人員訓練紀錄應被有效**保存與紀錄**。

協助進行檢查、測試、保養及維修之**承攬商應與廠內員工有同樣之要求**，並依其所屬專業別進行訓練。

為使作業人員能了解製程中潛在的重大危害，所有廠內與承攬商維修人員於執行作業前，須接受**製程概述與危害概述之訓練**。

MI教育訓練規劃之內容



參考文獻

1. 勞動部，製程安全評估定期實施辦法；2014。
2. 勞動部職業安全衛生署，事業單位實施定期製程安全評估參考手冊；2016。
3. OSHA 29 CFR 1910.119; 1992.
4. OSHA CPL 2-2.45A-Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals-
-Compliance Guidelines and Enforcement Procedures; 1994.
5. AIChE /CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety; 2007.
6. **CCPS, Guidelines for Mechanical Integrity Systems; 2015**
7. CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety; 2013
8. AQ/T 3034，化工企業工藝安全管理實施導則；2010。
9. AQ/T 3012，石油化工企業安全管理體系實施導則；2008。
10. OECD, A Companion to the OECD Guiding Principles for Chemical Accident
Prevention, Preparedness and Response; 2005
11. Process Safety Management Program, Penn State; 2014
12. ILO, 防止重大工業事故公約；1990
13. 勞動部，危險性機械及設備安全檢查規則，2016

MI執行過程可參考之RAGAGEP-1

製程 設備 類別	參考規範、標準和文獻	
	文件編號	文件標題
壓力 容器 與儲 槽	API STD 510	Pressure vessel inspection code : Maintenance, inspection, rating and alteration
	API RP 572	Inspection of pressure vessels pressure tanks to 2521 reduce evaporation loss
	ASME Section VIII	Boiler and Pressure vessel Code, Pressure Vessels, Divisions 1 & 2
	ASME PCC-1	Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly
	ISO 16812	Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Shell-and-tube heat exchangers
	API RP 575	Inspection Practices for Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks
	API STD 620	Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks
	API 650	Welded Steel Tanks for Oil Storage
	API STD 653	Tank inspection, repair, alteration and reconstruction
API STD 2000	Venting atmospheric and low-pressure storage tanks : Non-refrigerated and refrigerated	

MI執行過程可參考之RAGAGEP-2

製程 設備 類別	參考規範、標準和文獻	
	文件編號	文件標題
管線 (包 括管 線組 件如 閥)	API STD 570	Piping inspection code : Inspection, repair, alteration and rerating of in-service piping systems
	API RP 574	Inspection of piping, tubing, valves and fittings
	API RP 583	Corrosion Under Insulation and Fireproofing
	API STD 526	Flanged steel safety-relief valves
	API STD 527	Seat tightness of pressure relief valves
	API RP 576	Inspection of pressure relieving devices
	API bulletin	Use of pressure-vacuum vent valves for atmospheric
	ANSI/ASME B31.3	B31.3 Process Piping

MI執行過程可參考之RAGAGEP-3

製程 設備 類別	參考規範、標準和文獻	
	文件編號	文件標題
釋放 及排 放系 統	API STD 510	Pressure vessel inspection code : Maintenance, inspection, rating and alteration
	API STD 520	Sizing, Selection, And Installation of Pressure-Relieving Devices
	API STD 521	Pressure-Relieving And Depressuring Systems
	API STD 526	Flanged Steel Pressure-relief Valves
	API STD 527	Seat Tightness of Pressure Relief Valves
	API RP 574	Inspection of piping, tubing, valves and fittings
	API RP 576	Inspection of Pressure-relieving Devices
	ASME Section IV	Rules for Construction of Heating Boilers
	ASME Section VIII	Boiler and Pressure vessel Code, Pressure Vessels, Divisions 1 & 2

MI執行過程可參考之RAGAGEP-4

製程設備類別	參考規範、標準和文獻	
	文件編號	文件標題
緊急停車系統	ISA 91.00.01	Identification of Emergency Shutdown Systems and Control that are Critical to Maintaining Safety in Process Industries
控制系統 (包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統)	API RP 551	Process Measurement Instrumentation
	API RP 552	Transmissions Systems
	API RP 554	Process Instrumentation and Control
	API RP 555	Process Analyzers
	IEC 61508	Functional safety of electrical/ electronic /programmable electronic safety-related
	IEC 61511	Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector
	ISA S84.01	Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries
	ISA S 84.00.02 Chap.1 – Chap.5	Safety Integrity Level (SIL) Verification of Safety Instrumented Functions.
	ASME CSD-1	Controls and Safety Devices for Automatically Fired Boilers



MI執行過程可參考之RAGAGEP-5

製程 設備 類別	參考規範、標準和文獻	
	文件編號	文件標題
泵浦	ANSI/ASME B73.1	Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process
	ANSI/ASME B73.2	Specifications for Vertical In-Line Centrifugal Pumps for Chemical Process
	ANSI/ASME B73.3	Specification for Sealless Horizontal End Suction Metallic Centrifugal Pumps for Chemical Process
	API STD 610	Centrifugal pumps for general refinery service
	API STD 617	Centrifugal Compressors for General Refinery Services
	API STD 618	Reciprocating Compressors for General Refinery Services
	API STD 629	Rotary-Type Positive Displacement Compressors for General Refinery Services
	API STD 674	Positive displacement pumps-reciprocating
	API STD 675	Positive displacement pumps-controlled volume
	API STD 676	Positive displacement pumps-rotary

MI做得好的表徵有什麼？

資料完整

預防性 > 矯正性

指標化管理

風險管控

缺陷評估

電腦化

變更管理

採用國際標準

建立資料庫

關聯性、整合性

可靠度、品保



國立高雄科技大學

National Kaohsiung University of Science and Technology



Q & A on MI

- 企業導入MI前應先由經營者表態，
- 表達決心與意志，並提供相關的技術規範指引。



設備完整性的精神

- Mechanical Integrity是一種狀態；使生產能安全進行的狀態。
- 由於我們對設備的檢視是間斷性的，所以我們除了必須把握好每一次間斷性的檢查外，更要確保這個安全的狀態可以維持到下一次檢查時。←動態 & 完整 & 有效性
- 安全無法衡量，所以改以衡量負面的不安全狀態。掌握並控制這個負面狀況的進展，即可以確保“安全”。←失效分析、風險評估
- 要完整、可呈現、可稽核←制度、計畫、紀錄

企業應制定公司的設備完整性實施辦法

第一章 總則

第一條 為確保設備之可靠性與安全，進而提昇公司之生產力，特制定本辦法。

第二條 設備完整性的意義，在確保工場主要保護系統機能的健全，即製程設備本身和安全儀控系統的健全並符合法規要求。要確實做到設備完整性，需涵蓋整個設備生命週期中的每一階段，其管理涵蓋設計建造管理、檢查修護管理、相關資訊管理、物料管理及品管稽核作業管理等。

第三條 名詞定義：

- 一、 壓力容器：泛指勞工安全衛生法第八條第一項之危險性設備，包括？爐、壓力容器、高壓氣體特定設備及高壓氣體容器。
- 二、 製程配管：泛指連結勞工安全衛生設施規第一九四條的化學設備之配管及閥件，供製程之化學物質流動的配管、閥件。
- 三、 泵：泛指泵、壓縮機等流體壓力升高之轉動機械。

第四條 適用範圍：凡本公司用以探勘、製造、處理、輸送、儲存之各種設備。

第五條 設備完整性方案涵蓋之對象包括：危險性機械與設備、儲槽、製程配管、釋壓及排放系統、緊急關斷系統、控制系統、泵等。

第六條 設備完整性計畫推動工作包括：

- 一、 各類工程標準之建立、檢討及管理。
- 二、 設備資料庫之建立。
- 三、 檢查及測試的需求與頻率。
- 四、 維修程序的建立。
- 五、 檢查、維修人員的訓練。
- 六、 測試結果可接受標準的建立。
- 七、 測試檢查結果之文件保存。
- 八、 收集並保存製造廠商對設備、儀器平均損壞週期之建議文件。



一、MI導入有沒有一套標準流程？



Mechanical Integrity

安全考量

設備故障之預防

作業設計
(Management Control)

設備風險
(Engineering Control)

- 工程標準
- 系統作業規劃
(如工單作業和預防保養系統)
- 人員職責/職掌
- 品保作業
- 可靠度工程
- 教育訓練
- 稽核系統
- 文件管制
(程序.說明.記錄)

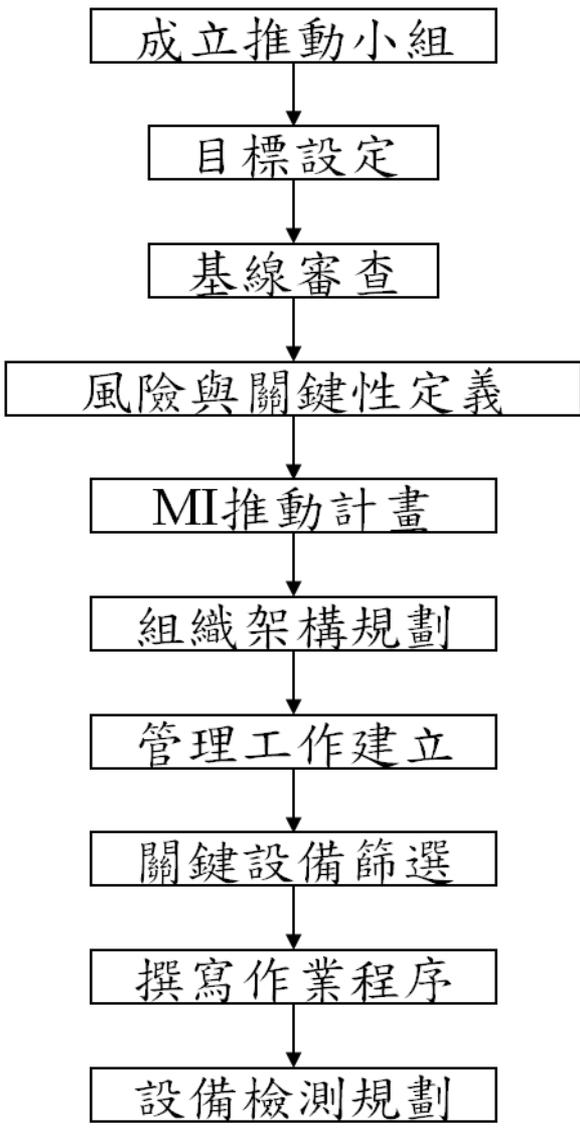
ISO-9000架構

- 失效可能性&故障損失
- 關鍵性鑑別
- 失效模式與影響分析
失效模式與故障根源分析
- 設備分析結論歸納
預防保養與定期檢點內容檢討
現有作業不足或不當處之改進建議
- 設備選用參考與承攬商評鑑依據
- 事故調查基礎與責任歸屬
- 安全工作注意事項
- 庫儲備品存量規劃
- ...

經濟效益考量

Risk-based Inspection
FMECA
Reliability & Maintainability

Reliability-Centered Maintenance(RCM)





二、MI導入需要收集那些資料？

2.1 MI導入需要收集那些資料？

2.2 是否需要成立推動小組？如何分工？

各委員須具備哪些專業常識？

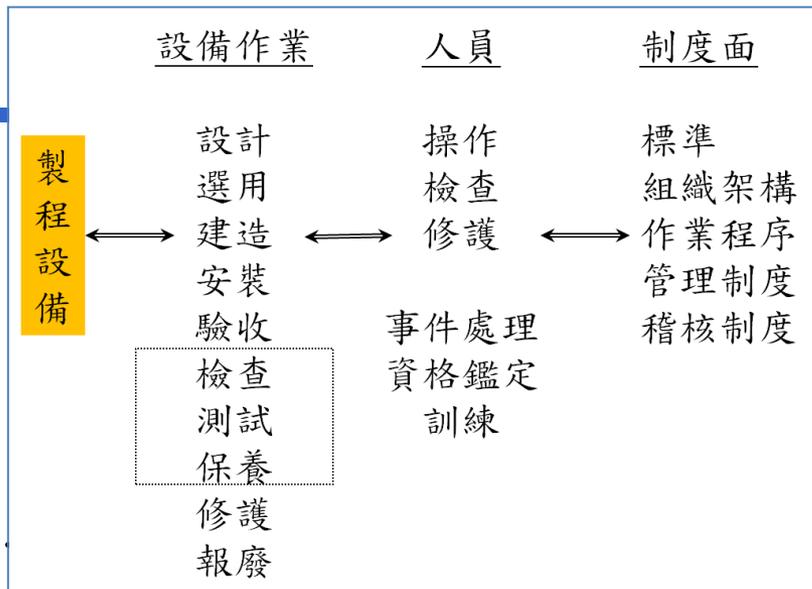


2.1 MI導入需要收集那些資料?

- 基本上，整個跟製造場所相關的設備面、制度面、及相關人員的資料，再加上與設備極度相關的製程條件資訊
- “導入”偏向制度建立，需要資料較少。“執行面”所需資料較多。
- 設備面:設備清單、設備基本資料含圖面(重點在知道是否完整資料)
- 設備維護面:預知/預防保計畫(ISO二、三階文件)、修護履歷
- 風險面:工廠中曾發生過的，影響生產/工安/環保/人員等的重大事故、已知各製程的潛在危害。以及各製程的危險特性&受影響的關鍵設備
- 制度面:各種設備維護相關程序文件。

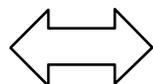
設備完整性實施步驟

1. 關鍵性設備鑑別 (定性-定量分析) => 設備分類分級
2. 設備相關制度配合
 - + 設計.選用.建造.安裝.檢測.維修
 - + 人員訓練
 - + 品保作業
 - + 稽核作業
3. 執行細節
 - + 依法規.標準.廠商建議.本廠作業程序.設備歷史
 - + 建立個別設備選用建造安裝規範
 - + 建立檢測計畫--量測點.量測方法量測頻率和量測基準值
 - + 建立維修保養程序

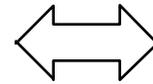


設備完整性制度內容

1. 政策
2. 本廠工程標準
3. 設備分級
4. 主要設備作業說明
 - + Pressure Vessels
 - + Piping
 - + Tanks
 - + Emergency Shutdown System
 - + Instrument and Control
 - + Rotating Machinery
5. 系統作業程序
 - 含設計.選用.安裝.檢測.修護
 - 含人員職責/職掌定義
6. 作業程序撰寫
7. 設備一覽



電腦作業系統
(Computerized Maintenance Management System)
- 工單作業(描述記錄 Planning&Scheduling)
- 訓練課程安排
- 庫儲與備品管理
- 會計作業



2.2 應該要成立推動小組

- 應成立一個任務編組，但要注意編組功能能否有效發揮。
- 總幹事基本上要為廠內有多年經驗的技術類主管。

小組位階：直屬廠長或經營階層

小組組織：總幹事 - 以操作主管或維修主管擔任為佳

負責人 - 資深人員，主要以計畫工作的規劃、執行，以及進度掌握為主

成員 - 操作、修護、設計、檢查、安環等專長

任務：1. 資料蒐集

2. 參與會議討論

3. 協調、溝通

4. 工作分配與進度掌握

三、小組各成員需要受過那些訓練(如HAZOP訓練.....等)?

3.1 人員該接受那些法規的訓練？

這些是nice to have，但非為必要。
相關法規是美國的，非為兩岸的法規。



小組成員應有失效分析的訓練

- 不論叫做危害分析或失效分析也罷，**MI**推動小組都應該決定採用一些合用的分析手法，用於：
 - 進行故障原因的推敲
 - 檢討現行廠內的各種維護保養作為是否具足
 - 改善工單內容代碼。其中設備的故障現象、生產影響、故障部位、失效模式等均有關
- 有什麼可用的方法：
 - 就維修管理角度，**FMEA**可能是最有用的。
 - 其他的方法也**OK**，但要注意用於分析設備時還是要注意能否切實地找出故障的因與果。



四、MI相關的檔案與資料有那些？ 是否等同於設備檔案？

4.1 設備完整性之定義為何？

4.2 MI包含那些範圍？

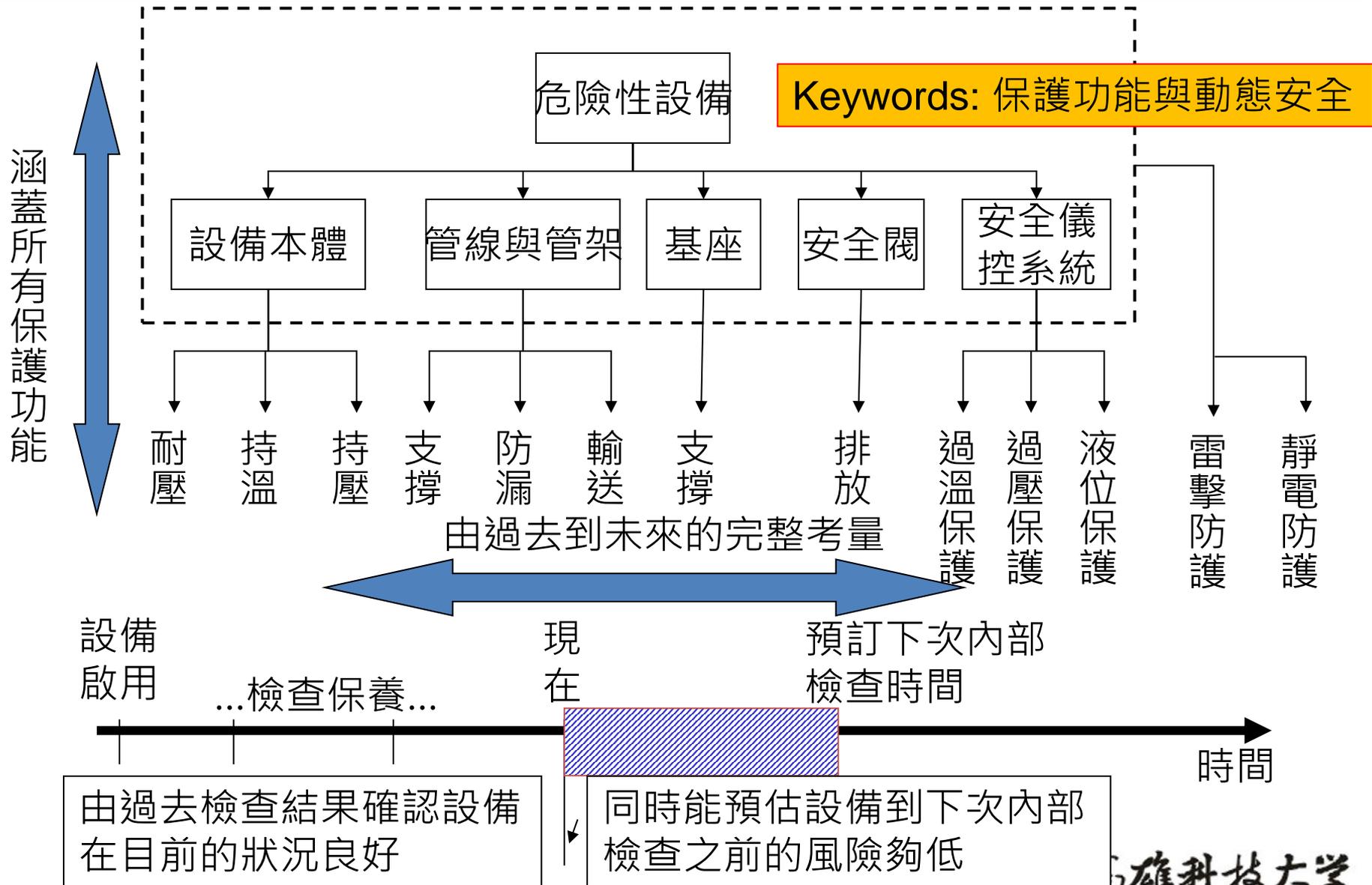
4.3 調查重點項目為何？如何蒐集(含無資料)建檔及管理執行？



4.1 設備完整性之定義

- 我們可以將設備完整性單純的定義為一個健康、正常的狀態，即在原設計條件要求內的狀態；也就是在生命週期中的安全地帶。
- 但安全無法衡量，只能觀察到異常，所以從風險抑制著手。
- MI可以是對單機、單一迴路、單元、整條產線，到整個廠。
- 所以我們為設備所有的作為都跟MI有關。

4.2 MI包含那些範圍?



4.3 調查重點項目為何?如何蒐集、建檔及管理執行?

- 一個最基本的作法，當然從對象著手，亦即建立列管設備清單，從壓力容器、泵浦/壓縮機、管線、其他安全關鍵設備、緊急排放裝置、安全儀控系統等蒐集起。
- 蒐集上列硬體的基本資料(含圖面)、操作/維護手冊、危害資訊等
- 以對像vs.方法建立預防保養計畫。如轉機要定期檢查/汰換潤滑油。既要有定期的檢查(含補充)，也要有定期的更換。
- 每一座重要設備要有其獨立的腐蝕劣化評估與檢查規劃。

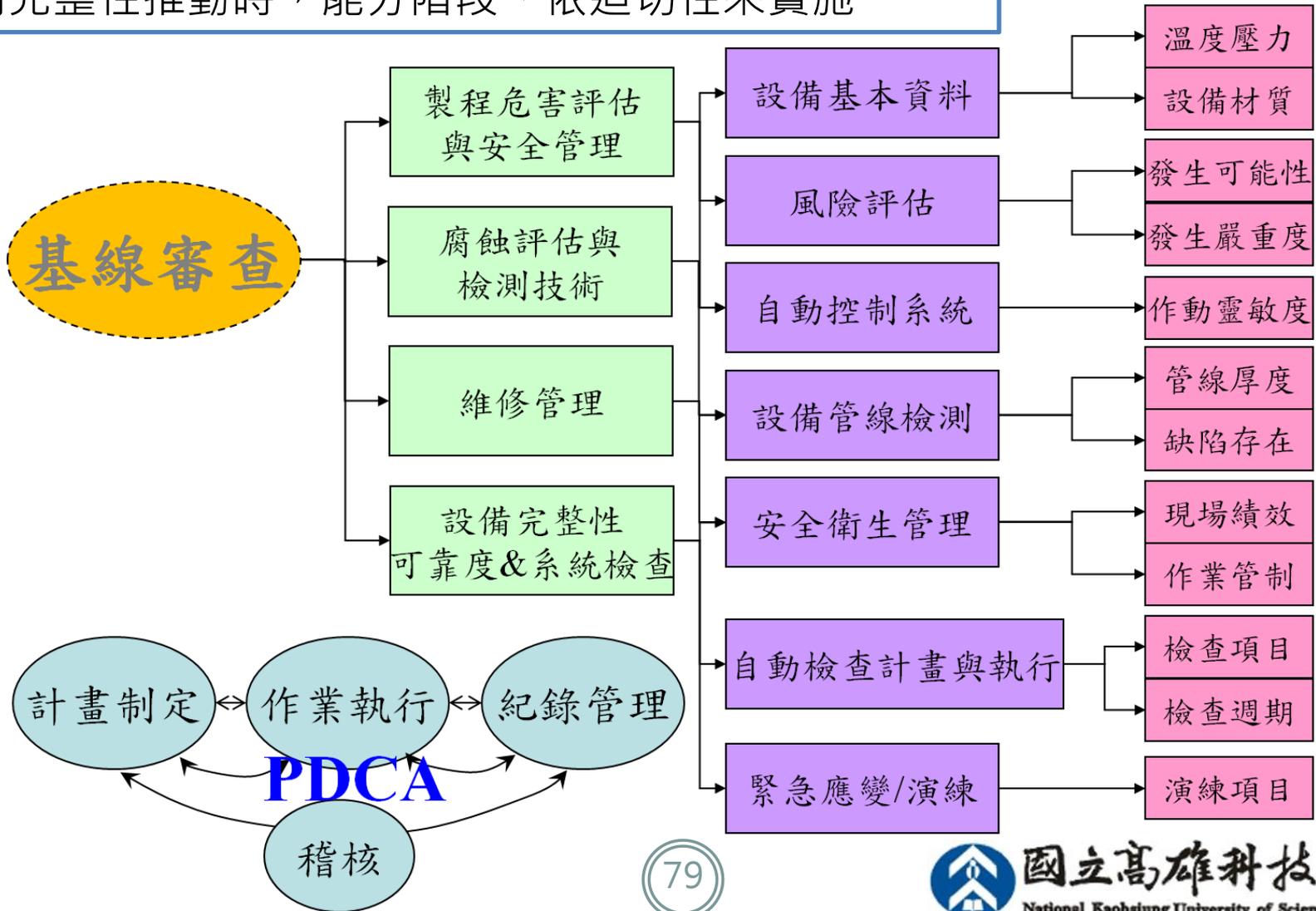
五、基線審查需準備那些資料？

- 5.1 將全廠所有設備基本資料重新建立(請建議提供基本資料收集方式或清單樣本)
- 5.2 基線審查需準備那些資料，如資料有缺如何執行
- 5.3 基線審查包含哪些項目？
- 5.4 基線審查依其制度面、實施面及所需記錄文件等所涵蓋項目有哪些、如何制訂？



基線審查目的

了解目前廠內設備完整性的狀況，找出弱點，以便在設備完整性推動時，能分階段、依迫切性來實施



基線審查

- 審查方向：
 - ✓ 制度面：
 - 是否為由上而下的設計與執行
 - 制度內容所涵蓋的項目是否完整
 - 規劃的工作是否完全考慮到設備的需求
 - ✓ 實施面：
 - 員工素質、訓練，以及與文件的相符性
 - 作業流程的設計、執行是否相符
 - 品保、稽核實施的確實性
 - 異常狀況的定義與處理
 - 記錄與文件管理：
 - 應有的記錄是否存在、是否詳實
 - 變更管理情況

系統評估

A. IDENTIFICATION OF MANAGEMENT SYSTEM(/64)	說 明
1. 維繫設備安全與功能所需的工作是否皆有標準作業程序，即是否有檢查、測試、品保、和定期保養計畫等書面作業程序文件？該等文件建立和維護的方法又是如何？	
2. 受檢設備的檢測方法和週期是如何訂定的？有無定期保養計畫？有無檢查判定基準？實施流程的規定為何？是否有配合保養工作制定安全規範？檢查記錄是否妥善管理？是否稽核與品質確認的機制？	
3. 檢測工作的執行人員選取、養成的條件為何？有無計畫保養項目總覽，詳列所有定期檢測與保養項目？是否依保養需求，建立保養人員的技術需求？負責保養員工的職責定義是否明確？是否對負責保養人員進行技術能力的鑑定？	
4. 是否有任何機制可供適時找出不正常運轉的設備？異常狀態偵測的機制為何？如何進行通報與處置？是知道設備的正常工作區間或設備設定的操作條件是否方便查詢？設備故障時會不會被視為異狀態？是否異常狀況或系統運轉狀況等資料的匯整，供管理階層了解設備狀況？年度預算中是否提現場或操作主管足夠的經費或自主權以建立充足和品質良好的零件備品？	

系統評估

- | | |
|---|--|
| <p>5. 在設備品質方面，如何確保所使用的設備或備用設備或零件的品質符合製程所需？有無這樣的機制？
是否存有設備規格與相關設計資訊？有無 Bill of Material？關鍵設備是否皆有備品？</p> | |
| <p>6. 設備安裝後是否有檢查與驗收？方法、程序為何？設備安裝的步驟為何？準備與安全措施為何？驗收程序為何？有無保固機制？如為承攬商提供的服務，是否提供工程保固？</p> | |
| <p>7. 工廠內對於維修人員是否針對轄區製程系統的概念、潛在危害和安全常識進行訓練？有無教育訓練計畫？是否依員工職責建立個人技能需求？是否有各轄區工作危險資訊？安全工作許可作業是否納入維修人員的教育訓練項目？</p> | |
| <p>8. 設備完整性作業中是否考量了所有製程關鍵設備？有無關鍵制程的定義？有無設備總覽？或有無關鍵性設備表列？有無定期或當有設計變更時進行關鍵設備的 review？</p> | |

系統評估

9. 下列工作項目在工作申請系統(work permit/order)中如何進行？負責的部門與人員為何？

- a. 填寫工作申請單
- b. 決定是否涉及變更管理(Management of Change)？
- c. 工作優先順序與排程(scheduling)
- d. 進行維修工作的先期準備工作(如停機、流體排放、或吹除)
- e. 帶領維修人員到工作場所
- f. 進行維修與安裝品質的確認
- g. 告知操作人員維修工作已完成
- h. 設備運轉上線

系統評估

<u>B. CONFIRMATION AND VERIFICATION ACTIVITIES</u> <u>(GENERAL)</u> (/36)	說 明
1. 1 審查作業程序文件，確認設備完整性包含下列設備： a. 壓力容器與儲槽 b. 管線系統 c. 緊急排放系統 d. 緊急停機系統 e. 安全相關的控制器 f. 轉動機械(如泵浦)	
2. 為了確保設備功能的完整，已完成或建立的作業程序文件有那些？ 應有的文件包括： 關鍵性設備應有其設計審查、確認、建造、安裝、驗收、操作、檢查測試、和修護等相關作業程序 系統方面的配合文件應有工單作業、採購、製程危害分析、承攬商管理、教育訓練、品保與稽核等作業程序	

系統評估

- | | |
|---|--|
| <p>3. 在製程危害方面，審閱文件記錄(如訓練記錄、會議記錄、危害評估表等)並訪談員工確認其了解：</p> <ul style="list-style-type: none">a. 製程概念與潛在危害b. 工作上所需的安全事項 | |
| <p>4. 在設備檢查部份，審閱記錄文件(如檢測計畫、檢查時程、和檢查記錄等)並訪談員工確認其了解：</p> <ul style="list-style-type: none">a. 檢測標準(如法規、標準、廠商建議和經驗法則)b. 實際檢測週期與採用之標準相符c. 檢查和測試記錄包含下列內容：<ul style="list-style-type: none">i. 檢測日期ii. 檢測人員姓名iii. 設備編號iv. 檢查或測試項目，或含其內容說明v. 檢查或測試結果 | |

系統評估

5. 審閱操作記錄資料，了解設備異常狀況是否有適當的處置？是否掌握時效？惟下列狀況則不屬異常狀況處置：

- a. 壓力容器操作條件變更
- b. 容器與管壁厚度與最低容許值的比較
- c. 記載設備異常的工作申請單(work order)

6. 審閱設備驗收資料(如材質認證、測試結果、壓力容器檢查報告、和現場查核清單等文件)並訪談人員(如技術員、工程師、庫房管理員等)確認下列設備驗收工作：

- a. 設備安裝過程所做的檢查結果與設計規範相符
- b. 查核設備建造品質確認流程、檢查、與測試文件
- c. 設備維修所需的零組件備品量是否恰當



六、怎樣訂定MI/RBI專案時程？ 如何設定目標？



- 以一個石化廠來說，如果人力足、資料齊全，加上全力執行的話，一年左右應可以完成。但實務上不是如此。
- 基線審查後，一年的時間專注在制度/架構，尤其是與設備分級管理相關的部份。
- 之後逐個製程做危害分析(HAZOP)、腐蝕劣化評估、RBI分析、檢測計畫制定、於電腦化修護系統上建立計畫工作。(這個部份也約需一年)
- 最後應做到可靠度評估。(二年以後)

MI目標設定

- **目的：**由公司政策、法規要求、公司特性等因素，制定設備完整性工作努力的方向與指標
- **作法：**
 - 訪談經營層級，了解公司的政策與對經費使用的態度
 - 蒐集工廠運作資料探討，如員工傷亡統計、重大事件統計、系統運作時間、維修成本 / 營運成本等
 - 討論歸納重大改善方向
 - 制定設備完整性政策
 - = > 例如: 建立危害資料庫，在未來五年內工安事故逐年遞減20%
- **相關工作：**
- 1. 風險與關鍵性定義

七、將所有具風險性設備備品統一管理，並建立庫存的儲控制度

7.1 如何訂定關鍵性設備之零件備品管理的機制與相關人員需安排哪些技術評鑑與訓練之計畫？



- 重點是界定哪些設備應設定備品
- 備品存控原則則可依一般的經濟訂購量原則(EOQ)。或依據歷來使用量，以移動平均法計算。
- 一般採購作業中對於物品的驗收，由於驗收人員多為採購或庫房人員，驗收時主要以一般規格為主，但技術規格則以相信廠商所附證明文件的作法。金屬/結構材料可以PMI之類的材質檢驗方法確認，其他則為**case by case**。重點就是要設法把關，避免非規格品透過備品採購的流程進入廠內。
- 至於問題中的“技術評鑑與訓練之計畫”，則是應進行項目。

八、關鍵性設備之定義為何?包含那些範圍?如何蒐集建檔及管理執行?

7.1 如何訂定關鍵性設備之零件備品管理的機制與相關人員需安排哪些技術評鑑與訓練之計畫?



- 關鍵性依設備功能特性不同，因此衡量的方法也不同。因此：
 - 固定設備/管線: 洩漏後果 ← Risk-Based Inspection
 - 轉動機械 & 其他設備: 故障後果 ← FMEA
 - 連鎖系統: 作動失效風險 ← SIS QRA
誤動作失效風險
- 應將設備等級標記在SAP的設備資料中。除最低等級設備外，各等級設備均應有對應的配套，如最關鍵設備應設有重要零備件的庫存，各級設備要有不同程度的定期檢查計畫等。

九、設備風險分析怎麼進行？

- 9.1 關鍵性設備怎樣去篩選才是正確？
- 9.2 由基本資料篩選出具風險性設備
- 9.3 風險與關鍵性定義是否有基準
- 9.4 關鍵性設備之風險評估定義為何？包含那些範圍？評分標準？如何蒐集建檔及管理執行？
- 9.5 風險分析之相關規範及造成工廠重大損失之界定為何？



9.1~9.3

- “有”比“正確”重要。先快速定出，之後再調整。甚至可以只分為二級(重要與其他)
- 分級 \leftarrow (對生產、安全、環保...)重要性 \leftarrow 衡量的方法 \leftarrow 不安全事件(即故障/事故/異常) \leftarrow 風險 \leftarrow 潛在事件
後果 \times 事件發生機率
- 所以要定義的是: a. 企業認定的重要事件別(如生產、安全、環保...); b. 後果等級; c. 機率等級。
- 分級篩選時最好依設備類別區分: 固定設備、轉機、管線、儀控系統
- 電力供應系統、控制系統、“安全”連鎖系統等應單獨考量

9.4~9.5

- 風險定義的方法：
 - 以重大工安事故預防為主 = > Risk = 事件嚴重性 × 發生機率
 - 以系統可用時間為主 = > Risk = System unavailability
 - 多層面考量 = >
 - 設備的風險 = $\max(\text{Risk}_{\text{生產}}, \text{Risk}_{\text{安全}}, \text{Risk}_{\text{環保}}, \text{Risk}_{\text{人員安全}})$
 - 以失效模式與影響(FMEA)討論設備關鍵性
- 相關規範-CCPS CPQRA、API 581-RBI、IEC-61511、

Risk analysis & ranking

	嚴重性 (Severity) 分類			
故障機率	Negligible/4	Safety Marginal/3	Critical/2	Catastrophic/1
Frequent/A	4A	3A	2A	1A
Probable/B	4B	3B	2B	1B
Occasional/ C	4C	3C	2C	1C
Remote/D	4D	3D	2D	1D



風險指數	風險可接受性	改善措施
1A, 1B, 1C, 2A, 2B 1D, 2C, 3A	(I) 不可接受 (II) 不被期待	實施強制性的改善，或控制措施 設法改善或控制
2D, 3B, 3C	(III) 可接受	適當警覺，需予以稽查
3D, 4A, 4B, 4C, 4D	(IV) 可接受	不需特別注意與稽查



十、腐蝕評估與非破壞檢查是否需
委外進行?多久要進行一次?



- 腐蝕評估基本上如同HAZOP，應在工廠啟用前完成評估，工廠再以其為基準，進行定期的檢測規劃，及相關配套方案。
- 腐蝕評估作業重新啟動時機為：操作條件改變、設備改變(大小、材質等)、腐蝕率超出預期、有重大故障發生等時機。
- 換個角度說。當有製程變更(含新建製程)、提案改善、異常通報、重大事故(或故障)檢討時，伴隨MOC進行。
- 腐蝕評估由於廠內無相關專業人員，故應委外。但最重要的是廠內平時要蒐集相關資料，且要有資深團隊配合進行。(ownership考量)

- 大修前應有一次詳細的目視檢查，掌握設備現況，蒐集檢修工作應增/刪項目；再依之安排非破壞檢查計畫，之後進行非破壞檢查。
- 委外與否，視集團與各廠狀況。以目前觀之，應考慮委外。但可考慮將主力放在目視檢查的包商，由其協助參與非破壞檢查規劃與委外規劃工作
- **NDT**執行時機除了法定檢查項目有固定周期外。其餘均為**condition based**，即初期依**good engineering practices**為參考，之後根據設備狀況進行調整。
- 各廠自備部份**NDT**儀器是必要的。但主力應以委外為主，由廠商自備儀器。但應要求在執行**NDT**之前要有完善的校驗程序與記錄。

- 定位與策略應先訂定好後，再展開來。
- 建議從集團角度，先進行PSM&MI基線審查。接著制定遊戲規則，如標準選用、風險原則、分級標準，並訂定MI guideline供各廠參考依循。
- 人力不足與設備資料不齊這兩個問題，似是各廠共通的難處，乃為須先克服的點。
- 各廠之間的資源必須共享
- Top down, rather than bottom up.
- Management control > Engineer(ing) control
- 我們應多花一點時間了解、解決基層執行困難之處

目的很重要，為了永續營運或應付勞檢的目的，會影響後續工作之展開

機械完整性
介紹和實務
技術研討會



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!

