



WHEN TRUST MATTERS

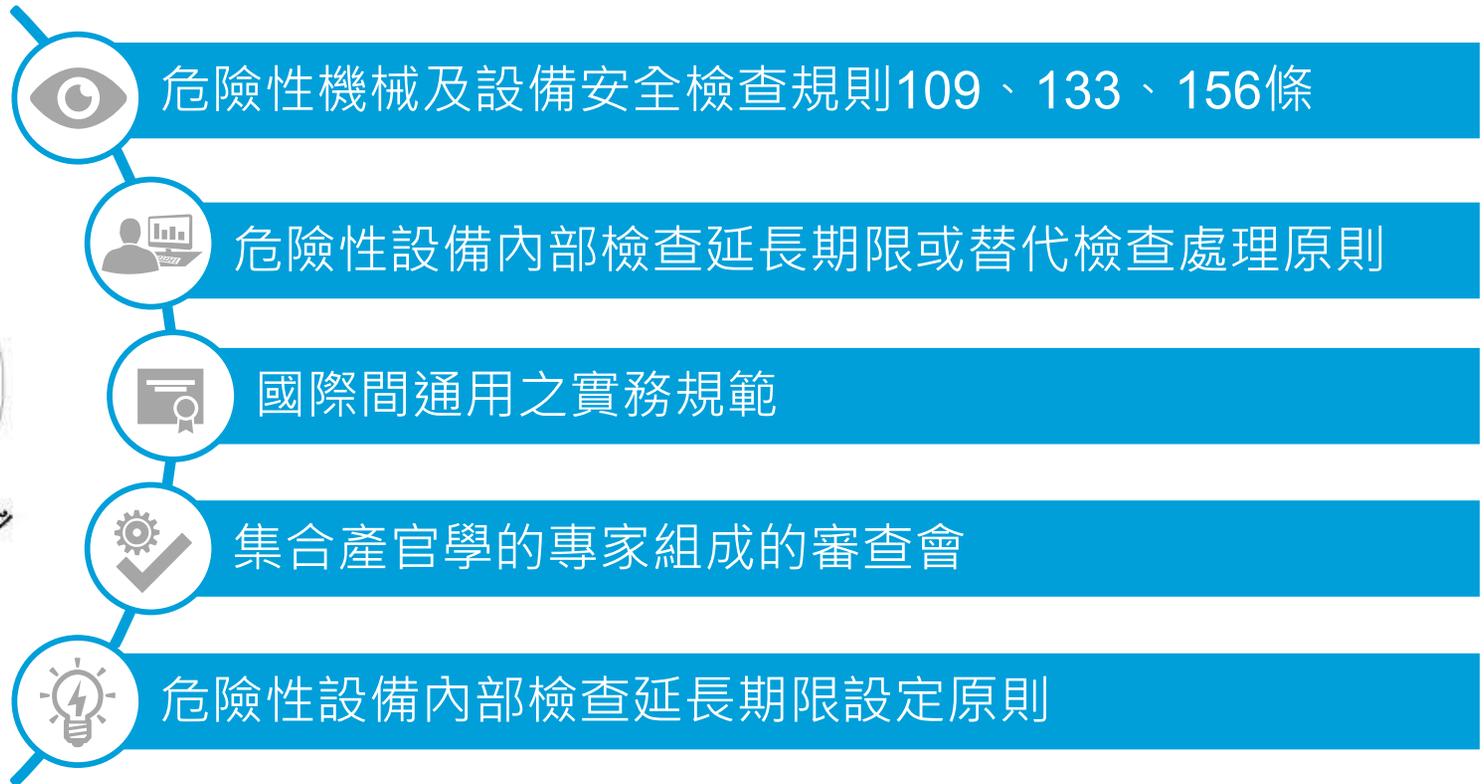
# RBI 應用於設備延替申請實務

SY-12-TC 量化RBI與資產完整性管理課程

Ken Chen

29 June 2023

# 設備延替申請準則



# 附件八 危險性設備內部檢查延長期限設定原則



[申請需要提出 **RBI** 分析報告]

- 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。



# 可預測剩餘壽命設備的開放檢查周期設定的程序

- 對於可預測剩餘壽命評估的設備，應對該設備運轉時可能發生的腐蝕、劣化損傷種類，分別進行剩餘壽命評估，藉以設定其開放檢查的周期。
- 惟對於實施剩餘壽命評估有困難的設備，可藉由腐蝕、劣化損傷防止對策，確認對防止設備損傷的有效性後，設定開放檢查的周期。
- 設備發生複合腐蝕、劣化損傷時，應選擇最嚴重的損傷部分作為設定開放檢查周期的基準。

計算  $C_R$

$$C_R = \Delta t / \Delta Y$$

1

- $\Delta t$ ：評估期間Y 內之材料厚度減少值(mm)
- $\Delta Y$ ：腐蝕率之評估期間(年)

計算殘餘壽命  $L_R$

$$L_R = \frac{t - t_a}{C_R}$$

2

- $L_R$ ：以最近實施開放檢查時為起點之剩餘壽命(年)。
- $t$ ：最近實施開放檢查時的厚度(mm)。
- $t_a$ ：設備在檢查位置的設計最小厚度(mm)。
- $C_R$ ：年腐蝕率(mm/年)。

計算開放周期 P

$$P = a \times L_R \leq 10 \text{年}$$

3

- $a = f_e \times f_c \times f_m$
- $f_e$ ：設備影響修正係數
- $f_c$ ：後果嚴重度修正係數
- **$f_m$ ：管理修正係數**

# 管理修正係數-製程安全篇



- 業者自行依據 API 581 附錄項目評分
- 國內有對映的法規辦法中的中文翻譯附件

Questions		Possible Score	Actual Score
1	Are material safety data sheets (MSDSs) available for all chemical or handled in each unit? 5 substances used	5	
	a. Is the maximum on-site inventory of each of these chemicals listed?	2	
	b. Is this information available to operations and maintenance personnel and any appropriate contract personnel in the unit? 2	2	
	c. Are the hazardous effects, if any, of inadvertent mixing of the various materials on site clearly stated in the standard operating procedures (SOPs) and emphasized in operator training programs?	2	
2	Are quality control procedures in place and practiced to ensure that all identified materials meet specifications when received and used? 10	10	
3	Is up-to-date written information readily available in the unit that:		
	a. summarizes the process chemistry?	3	
	b. lists the safe upper and lower limits for such items as temperatures, pressures, flows, and compositions?	3	
	c. states the safety-related consequences of deviations from these limits?	3	

危險性設備內部檢查延長期限或替代檢查處理原則修正規定, 附件八, 附表 3 -管理修正係數

# 分析對象的數據收集



## Operation/ Design data

以利研判腐蝕劣化機制

溫度、  
壓力、  
內容物(佔比)、  
材質、  
流速、  
注入物質等



## MI History

了解已存在的腐蝕劣  
化機制發展速率

MI 系統  
MOC 資訊  
大修記錄



## Corrosion Rate

腐蝕率計算是量化分  
析很重要的一環

NDT 歷史數據  
引用 API 581 數據



## Inventory

儲量計算直接影響  
失效後果的大小

長、寬、高  
直徑  
物流環路

The Long Term (LT) corrosion rate of an individual CML shall be calculated from the following formula:

$$\text{Corrosion rate (LT)} = \frac{t_{\text{initial}} - t_{\text{actual}}}{\text{time (years) between } t_{\text{initial}} \text{ and } t_{\text{actual}}}$$

The Short Term (ST) corrosion rate of an individual CML shall be calculated from the following formula:

$$\text{Corrosion rate (ST)} = \frac{t_{\text{initial}} - t_{\text{actual}}}{\text{time (years) between } t_{\text{previous}} \text{ and } t_{\text{actual}}}$$

## 腐蝕率計算：

- 腐蝕率為負值，增厚而非減薄
- 附件一、七、八的測厚數據及檢測位置不一
- 檢測人員資格
- 初始壁厚未知

# 數據資料正確性



操作數據為範圍值



無設計資訊



異常數據追蹤

- 當操作數據為範圍值時(範圍值較大時)，該取用最大值還是最小值、又或是平均值，要視潛在的腐蝕劣化機制而定。

# 腐蝕劣化機制研判

## 國際規範

- 數據收集
- API 581、API 571
- DNV RP G101

## 腐蝕環路

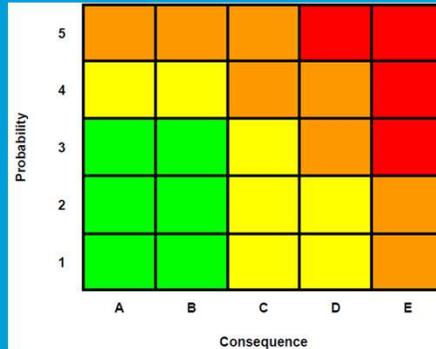
- 具有相同或是相似的製程條件 (溫度、壓力、內容物、材質、流速等)

## 相似製程

- 應用在老舊缺乏數據資料的製程量化分析(半定量分析)

# 風險矩陣的級矩合理性

## CUSTOMER CHALLENGE



是不是風險矩陣都一定要長這個樣子，可不可以使用非 5 X 5 的矩陣

為了有一致性的比較依據，所以採用 API 581 所提供的範例，但是 API 581 也提到可以依據實際的情況加以修訂。

Category	Probability Category <sup>a, b, c</sup>		Consequence Category <sup>d</sup>	
	Probability Range	DF Range	Category	Range (\$)
1	$P_f(t, I_E) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA_f^{th} \leq 10,000$
2	$3.06E-05 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$10,000 < CA_f^{th} \leq 100,000$
3	$3.06E-04 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$100,000 < CA_f^{th} \leq 1,000,000$
4	$3.06E-03 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1000$	D	$1,000,000 < CA_f^{th} \leq 10,000,000$
5	$P_f(t, I_E) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1000$	E	$CA_f^{th} > 10,000,000$

## DNV SOLUTION

- 失效後果的級矩，仍要依業者風險可承受程度而定。
- 失效可能性，依據 DNV 在台灣執行 RBI 的經驗，可以視對象工場操作時間，以及製程特性加以調整。

工場啟用年數	POF 等級 3 的上限值
5 年以下	100
5 ~ 15 年	200
15 年以上	300

## OUTCOME AND BENEFITS

- 調整 POF 數據並不影響實際的風險值
- 不僵化中高風險的迷思
- 符合 80-20 法則
- 有利於工場對於風險減緩的投入與管控

# 申請延長年數 vs 風險成長



跨越中高風險等級



期間以Re-RBI進行風險再  
確認



法規 vs 國際規範

# API 581 尚未支援的腐蝕劣化量化計算

API 581 針對會造成內容物洩漏到大氣的腐蝕劣化機制，且該腐蝕劣化機制的劣化發展速率可以被時間函數所規範。

## DNV 規範

DNV RP G101/G109  
DNV RP F101

## 採用其他分析 技術

FFS、有限元素分析

## 專家學者研究

採用專家學者所發表的分析技術

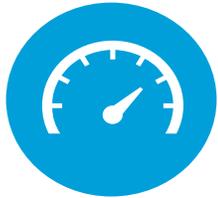
## 採用比較保守 的評估

以裂紋為例，8 年內一定要進行裂紋檢測作業

# RBI 再評估周期



配合大修周期



製程條件改變時



執行檢維修作業之後



超過 Risk Target 前

# QRA

- 當 API 581 所提供的 Level 1 失效後果評估結果不被接受時，可以考慮執行 Level 2 分析，也就是 QRA 分析。

# 台灣在關鍵設備量化風險分析的現況與挑戰

大修工作規畫  
By RBI  
VS  
By experience

風險排序  
Pareto principle  
VS  
Take care all risk

RBI 的能與不能  
Available DM  
methodology  
VS  
Non-leak failure

RBI 工作推展  
Contractor  
VS  
Department

RBI Evergreen  
Long term planning  
VS  
Case by case

# 大修工作規畫 By RBI vs By experience



[風險減緩效益]



- 大修工作前的規畫：
  - 1. 固定項目：
    - 保養類型工作：耗材更換、定時保養、清理清潔
    - 維修類型：損壞修護、備品更換
    - 檢查類型：停機才能執行的重要檢測項目
  - 2. 變動項目：
    - 克漏完修
    - 取代暫時性修護
    - 臨時安排的工作
    - **RBI 建議的檢測工作**
- 大修後的追蹤管理：
  - 1. **檢測數據回饋 RBI、MI 等管理系統**
  - 2. 修護結果確認

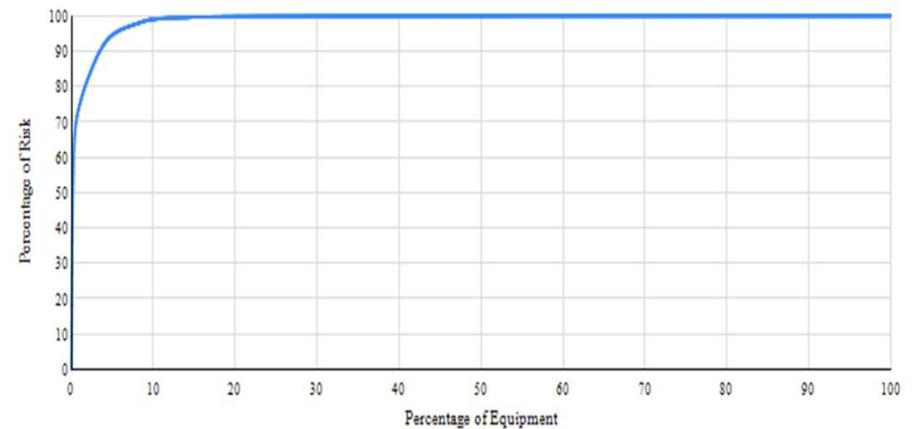
# 風險排序 Pareto principle vs Take care all risk

- 量化 RBI：設備/管線風險排序 (Top to Btm)
- 依風險等級，依序執行風險減緩
- 合理設定 Risk Target
- 80-20 法則，讓資源投入和風險減緩得到最佳平衡

## Executive Summary



Percentage of Equipment Vs Percentage of Risk



### Top 20% Risk Equipment

Equipment Name	Equipment Type	Process Unit	Risk (TWD/day)	Contribution	Driving Damage Mechanism(s)
T-1001	Tank	PU-001	2446870	9.08%	External Thinning
T-1002	Tank	PU-002	2446870	9.08%	External Thinning
6-P-10001-NG-H100	Pipe	PU-003	2446870	9.08%	Internal Thinning
T-1004	Tank	PU-001	2398550	8.90%	External Thinning
T-1005	Tank	PU-002	1157280	4.29%	External Thinning
2-P-12301-H2-P30	Pipe	PU-003	1118940	4.15%	Internal Thinning
T-1007	Tank	PU-002	951269	3.53%	External Thinning
T-1008	Tank	PU-002	682257	2.53%	External Thinning

ALARP : As Low As Reasonably Practicable

# RBI 的能與不能 Available DM methodology vs Non-leak failure

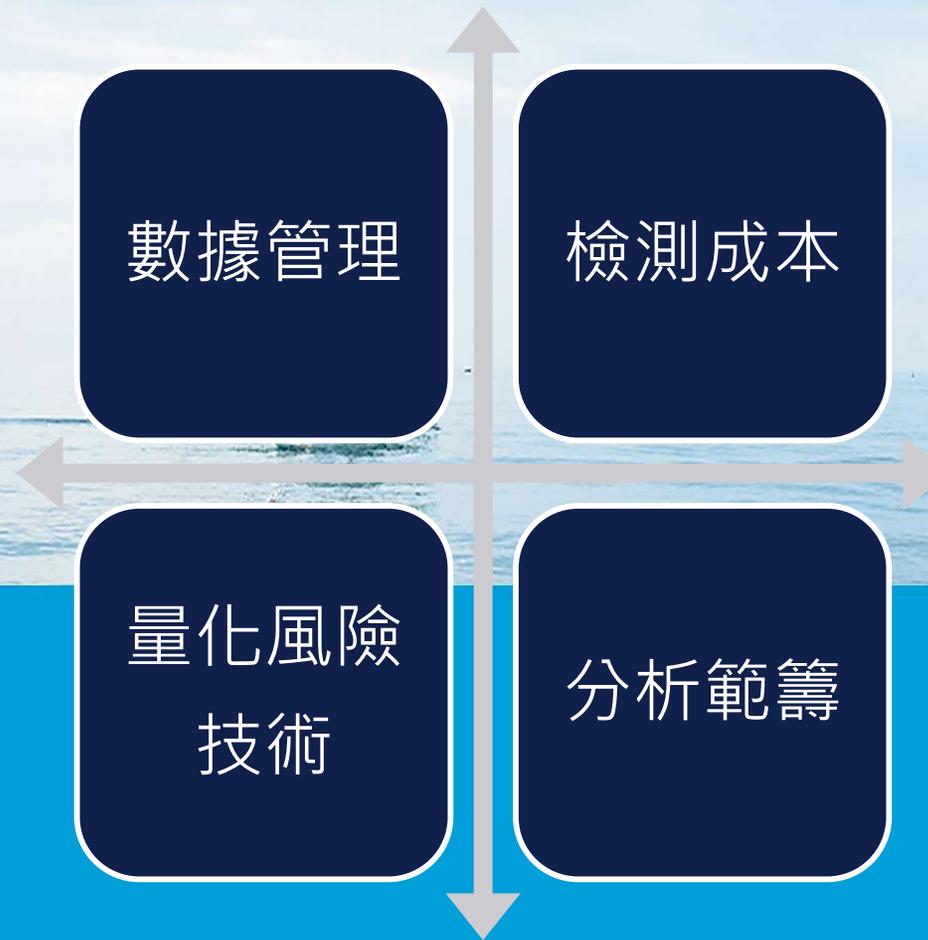
- API 581 主要支援能通用化成時間函數的數學模型來推估腐蝕劣化速率。
- 不會造成內容物洩漏到大氣的損傷，無法被客觀地量化
- API 571、API 579及其他規範補充 API 581 的不足

## □ API-581 所支援的劣化損壞因子計算 (PoF)



目前 API 581 最新版本是 2016年 第 3 版。

# RBI 工作推展 Contractor vs Department



長遠來看，由設備擁有者的相關部門來執行量化計算，以掌控設備風險是比較可行且更具效益的作法，但是要考慮現階段對於執行量化分析的前置作業是否完備。

# RBI Evergreen Long term planning vs Case by case



Case by case 的作法，比較難形成 PDCA 的循環，無法明顯定義出 RBI 量化風險分析的效益，以及實際的風險減緩的成效。

# 台灣在關鍵設備量化風險分析未來發展趨勢

定性風險分析  
Corrosion Circuit  
SME experience

半定量/定量風險分析  
Management score  
analysis  
Quantitative analysis  
(both API & Non-API)

定量風險分析  
API 581  
Single RBI analysis

量化風險分析的PDCA循環與  
管理  
Integrated solution  
Rolling Wave Planning /  
Progressive Elaboration

2008前

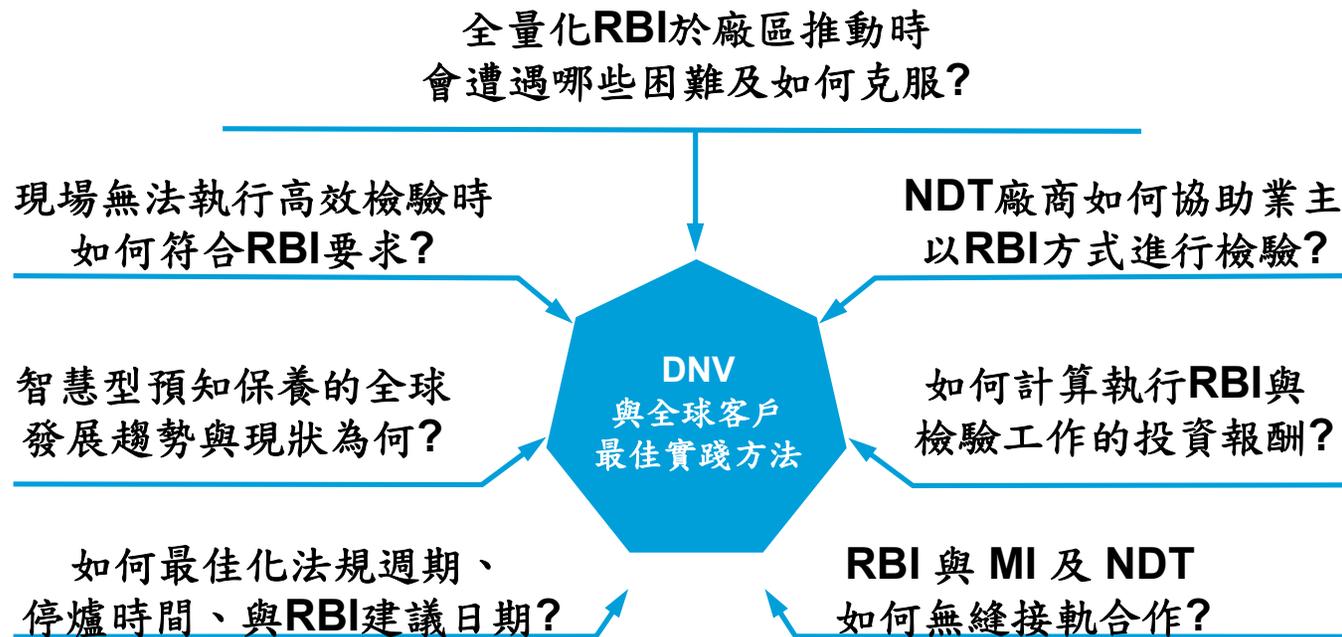
2016

現在

未來



# 您知道嗎？



WHEN TRUST MATTERS

# 感謝聆聽

Q & A

[ken.chen@dnv.com](mailto:ken.chen@dnv.com)

07-5367759 # 315

[www.dnv.com](http://www.dnv.com)



# TIPS & TRICKS - YOUR USER GUIDE

## TEXT STYLES

Use the **TAB**-key to jump through levels. Click **ENTER**, then **TAB** to switch from one level to the next level

To go back in levels use **SHIFT-TAB**

Alternatively, **Increase** and **Decrease** list level can be used



### Reset slide

Click the **Reset** menu to reset position, size and formatting of the slide placeholders to their default settings



## SLIDES & LAYOUTS

Click on the menu **New Slide** in the **Home** tab to insert a new slide



### Change layout

Click on the arrow next to **Layout** to view a dropdown menu of possible slide layouts



## PICTURES

On slides with pictureplaceholder, click on the icon and choose **Insert**



### Crop picture

1. Click **Crop** to change size or focus of the picture

2. If you want to scale the picture, hold **SHIFT**-key down while dragging the corners of the picture



**HINT:** If you delete the picture and insert a new one, the picture may lie in front of the text or graphic. If this happens, select the picture, right-click and choose **Send to Back**

## HEADER & FOOTER

Do this at the very end to apply the changes on all slides

Click on **Header and Footer** in the **Insert** tab (write the desired text, click date or page number from or to)

Click **Apply to All** or **Apply** if only used on one slide



## GRIDLINES

Click the **View** tab and set tick mark next to **Guides**

**HINT:** **Alt + F9** for quick view of guides

## COPY/PASTE CONTENT

When copying old content to your new presentation, 2 options are available:

1. **Best practice:** Create a slide in your new presentation and copy one piece of content at a time (e.g. copy all text from one textbox)

2. Or copy an entire slide into your new presentation and then choose a fitting layout.