

出國報告(出國類別：開會)

參加 WANO Equipment Reliability Working Group Meeting 報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：侯秉憲 核三廠機械組主辦反應器維護專員

派赴國家/地區：阿拉伯聯合大公國/阿布達比

出國期間：107年10月13日至107年10月19日

報告日期：107年11月15日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 WANO Equipment Reliability Working Group Meeting
報告

頁數 16 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

侯秉憲/台灣電力公司/核能三廠/主辦反應器維護專員/08-8893470-2411

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會 6 其他

出國期間：107 年 10 月 13 日至 107 年 10 月 19 日

派赴國家/地區：阿拉伯聯合大公國/阿布達比

報告日期：107 年 11 月 15 日

關鍵詞：Equipment Reliability、ERWG、Equipment Failure Analysis

內容摘要：(二百至三百字)

1. 本次的研討會為期三天，分為四大部分為 ERWG 等組織之運作現況更新、業界值得參考之 OE 簡介、專題分組討論及電廠參觀，透過研討會即時討論及經驗分享交流方式收穫良多。

2. 本次的研討會對於設備失效分析(Equipment Failure Analysis)、性能監視 (Performance Monitoring) 及 I-ERI(International Equipment Reliability Index)三個專題，以分組討論的方式來審查 ERWG 所發展的對應指引草案，藉由各成員之專業及現場經驗來指出草案之不適處，以期草案能更符合業界所需，並儘早發行供業界遵循，以提高核能工業之設備可靠度。

3. 本次研討會中和參與友廠相關維護人員有良好的互動，並分享設備可靠度之執行方式後，也了解世界各電廠對提升 ER 所做的各項努力。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網 (<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目 次

	(頁碼)
一、目 的	1
二、過 程	1
三、心 得	1
四、建 議	16

一、目的：

- (一) 核電廠設備種類繁多，為維持反應爐冷卻水壓力邊界的完整性、維持反應爐安全停機之能力及防止可能導致潛在廠外輻射暴露的事故能力，維護部門須利用各種維護計畫提高Q級、R級組件之可靠性。WANO 每年均定期會舉辦 ER 會議，該會議由電力事業人員(或稱”設備可靠性團隊”)的代表組成，透過有效實施業界優良典範、流程或其他工具來提高設備可靠度，協助電廠提高設備可靠性。
- (二) 參加此研討會以獲得 Equipment Reliability 之業界優良典範、指引或其他改善 ER 之工具，以提供電廠後續執行 ER 之參考。

二、過程：

- 107年10月13日~10月14日 往程(桃園—阿拉伯聯合大公國阿布達比)
- 10月15日~10月17日 參加WANO Equipment Reliability Working Group Meeting
- 10月18日~10月19日 返程(阿拉伯聯合大公國阿布達比—桃園)

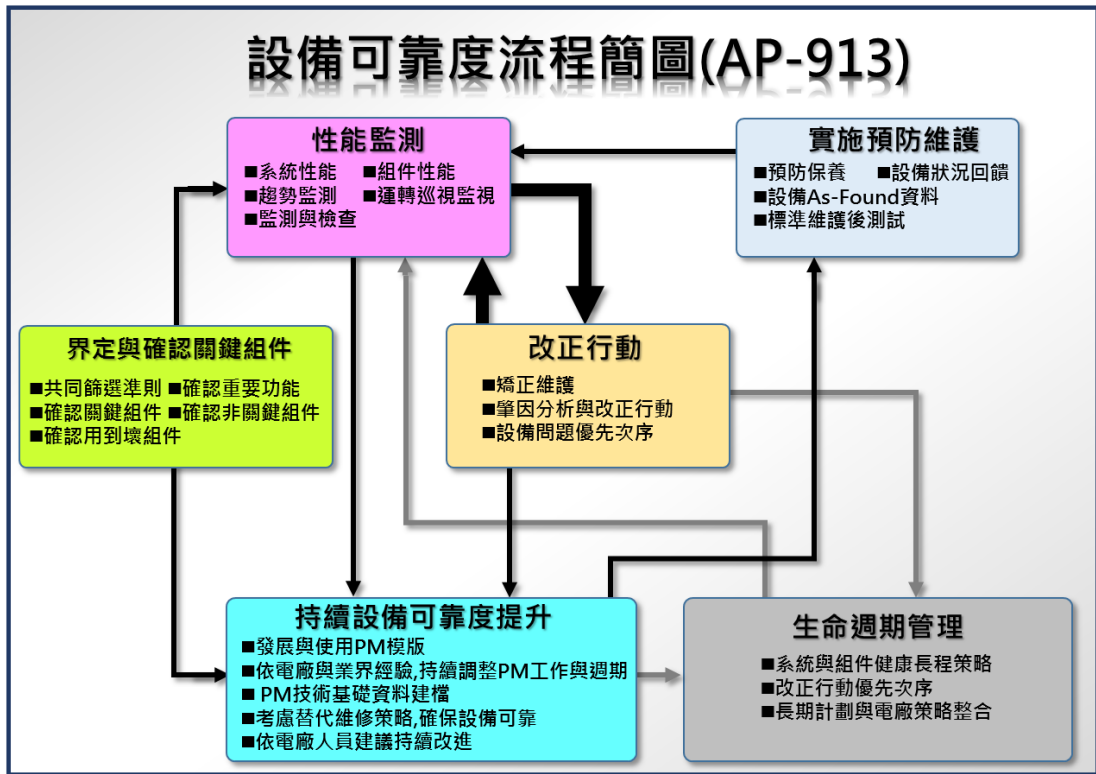
三、心得：

1.AP-913 設備可靠度處理程序指引(Equipment Reliability Process Description)為整合所有提升設備可靠度的機制，使電廠使用者可藉以評估重要設備，發展長程設備維護計畫，監測設備運轉狀況，依運轉維護經驗而彈性調整預防保養項目及週期，故訂有下列六項機制，而成為單一有效率及有效的程序(如圖一所示)：

- (1)PM Implementation(實施預防維護)—preventive maintenance 包括 periodic、predictive and planned maintenance
- (2)Corrective Action (改正行動)
- (3)Continuing Equipment Reliability Improvement (持續設備可靠度提升)
- (4)LCM(生命週期管理)—life-cycle management

(5) Scoping and Identification of Critical Components (界定與確認關鍵組件)

(6) Performance monitoring (性能監測)



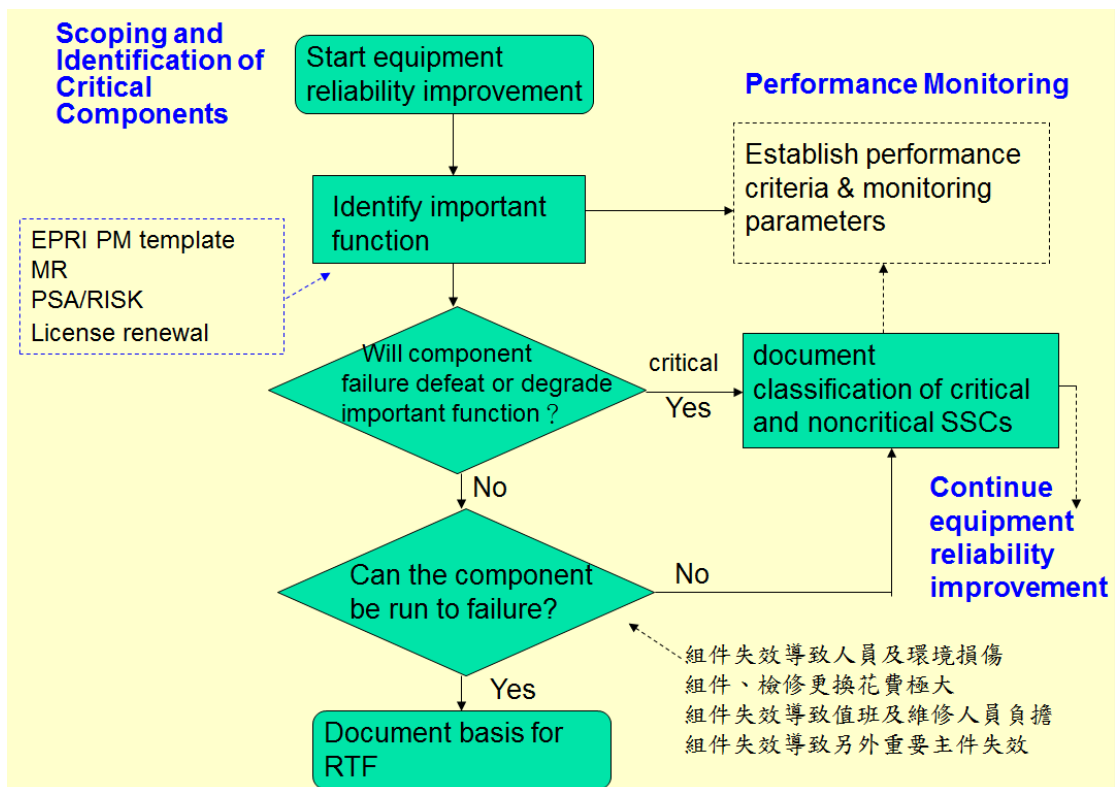
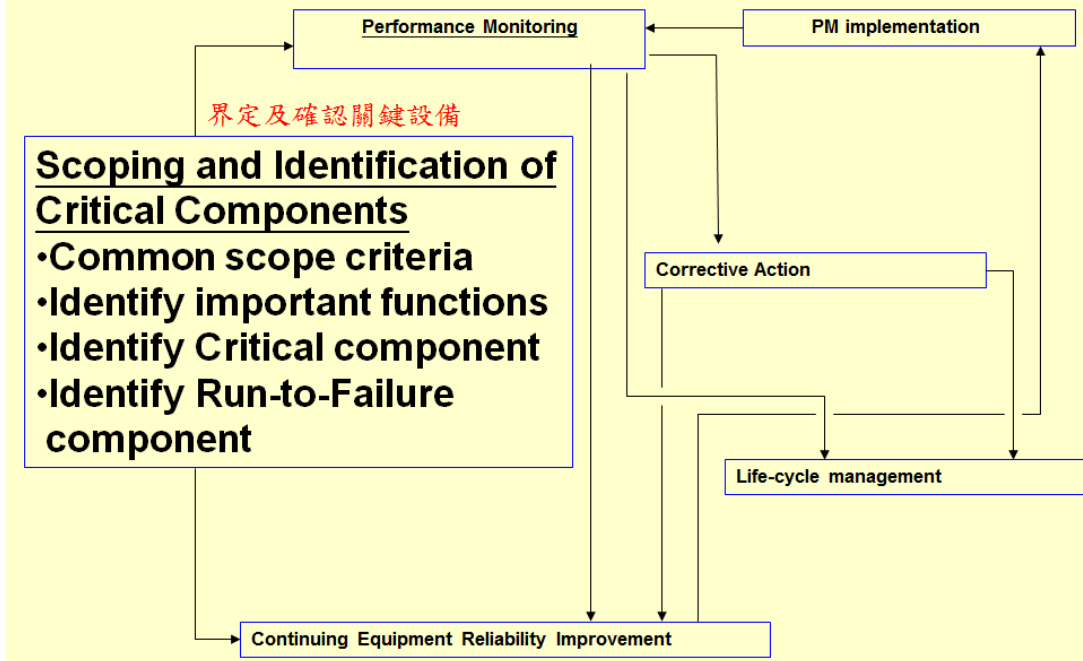
圖一 AP-913 架構

2. 設備可靠度執行流程說明

第一步驟: Scoping and Identification of Critical Components (界定與確認關鍵組件)，作業流程如圖二所示。

- (1) 找出元件的重要功能。
- (2) 評估該元件失效是否會導致重要功能喪失或降低?
- (3) 該元件一直轉到壞(run to failure)也無妨嗎?
- (4) 紀錄各關鍵及非關鍵 SSC 的分類。

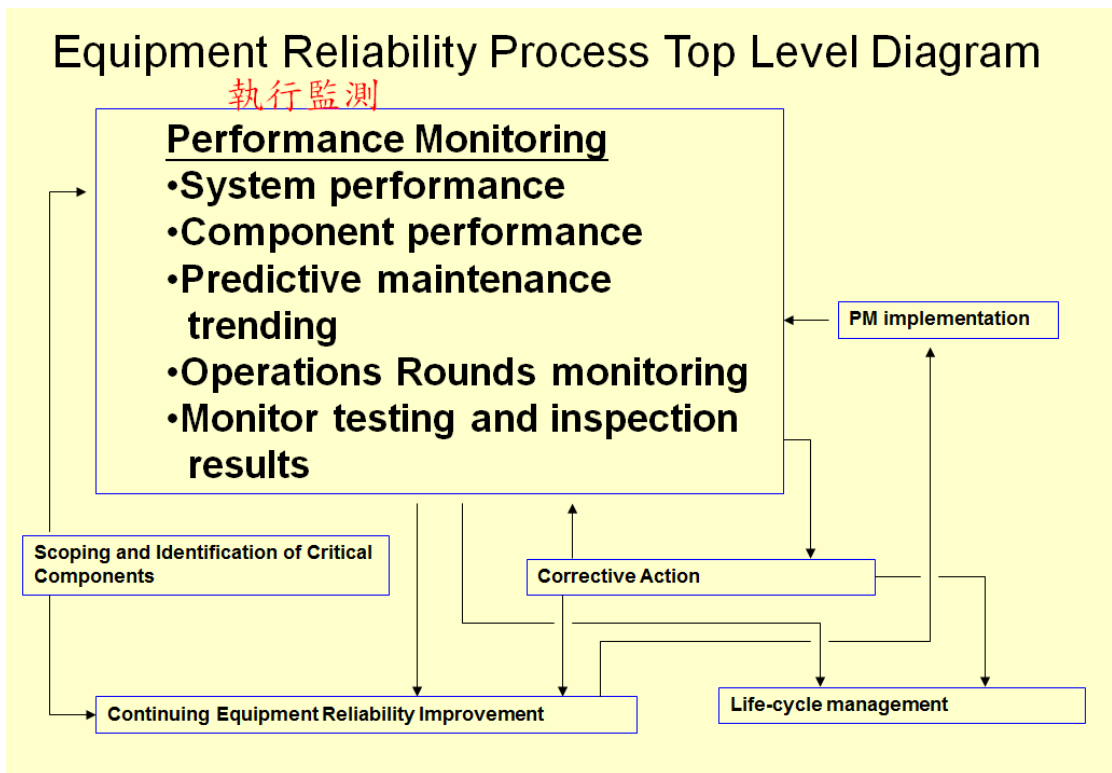
Equipment Reliability Process Top Level Diagram

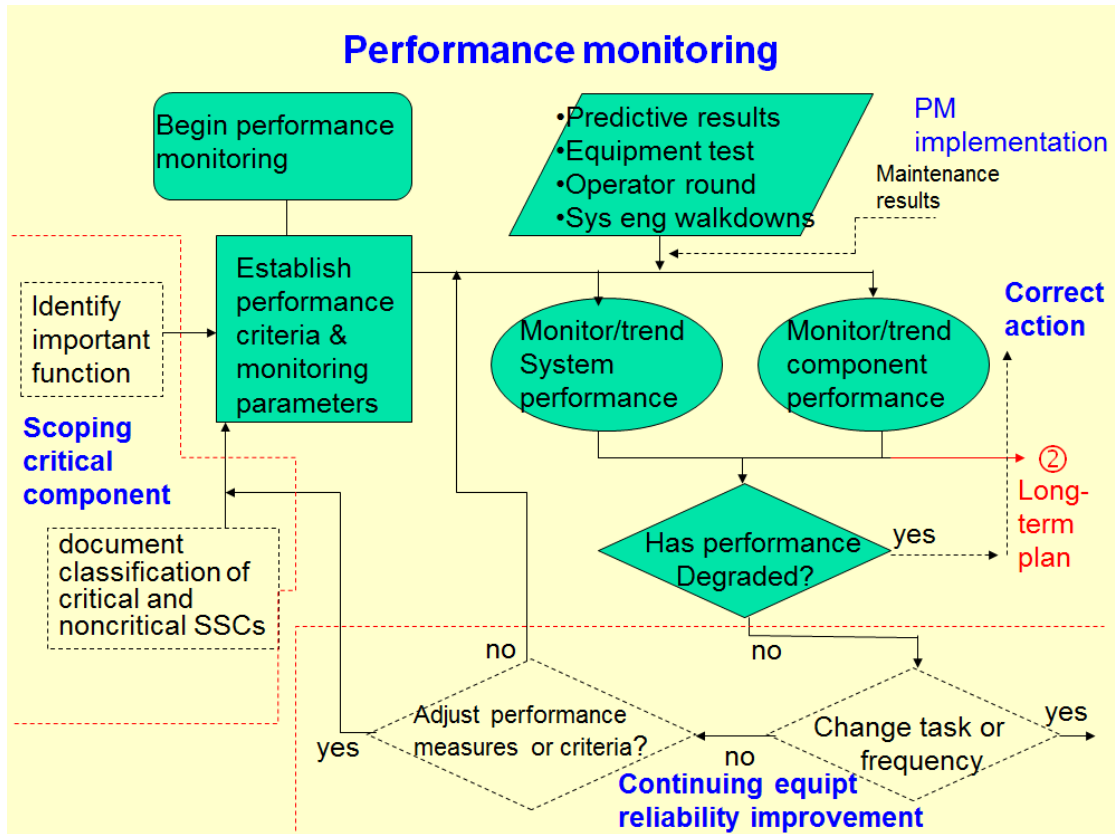


圖二

第二步驟:Performance monitoring(性能監測),作業流程如圖三所示。

- (1) 建立性能表現標準及監視參數。
- (2) 監視及趨勢追蹤系統/功能之性能表現。
- (3) 監視及趨勢追蹤元件之性能表現。
- (4) 性能表現劣化評估。



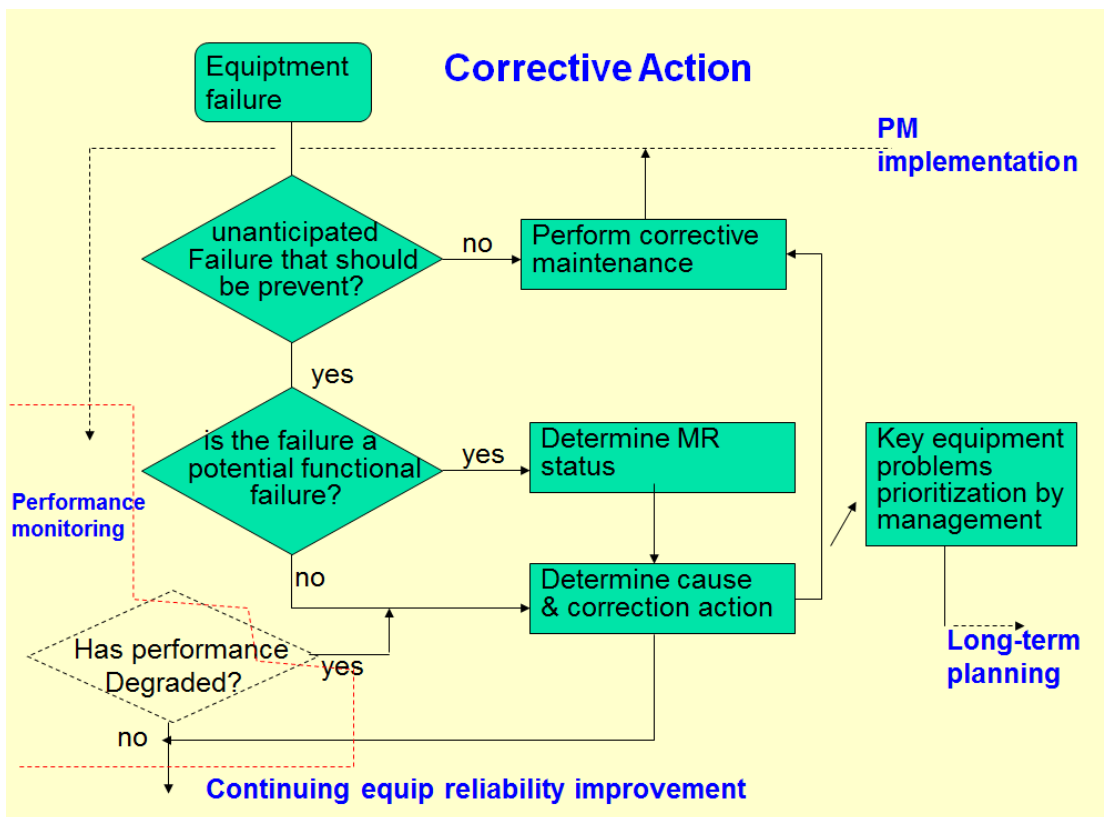
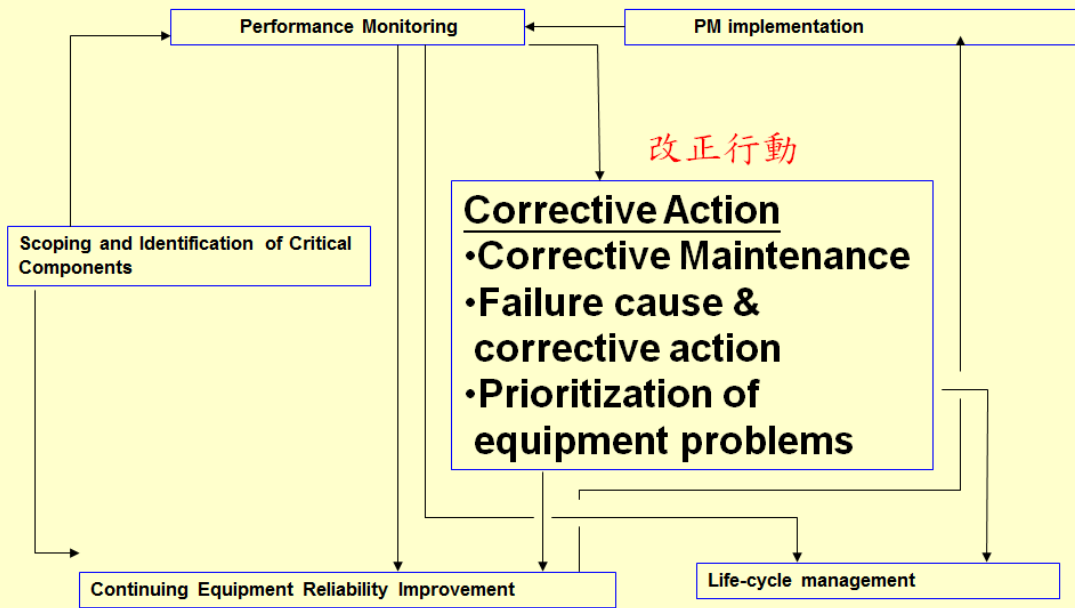


圖三

第三步驟:Corrective Action (改正行動)，作業流程如圖四所示。

- (1) 是否可以避免的不預期損壞或失效?
- (2) 執行 Corrective Maintenance。
- (3) 此元件失效是否潛在功能失效?
- (4) 決定 Maintenance Rule 狀態。
- (5) 決定原因及改正行動。
- (6) 管理階層建立關鍵設備優先次序。

Equipment Reliability Process Top Level Diagram

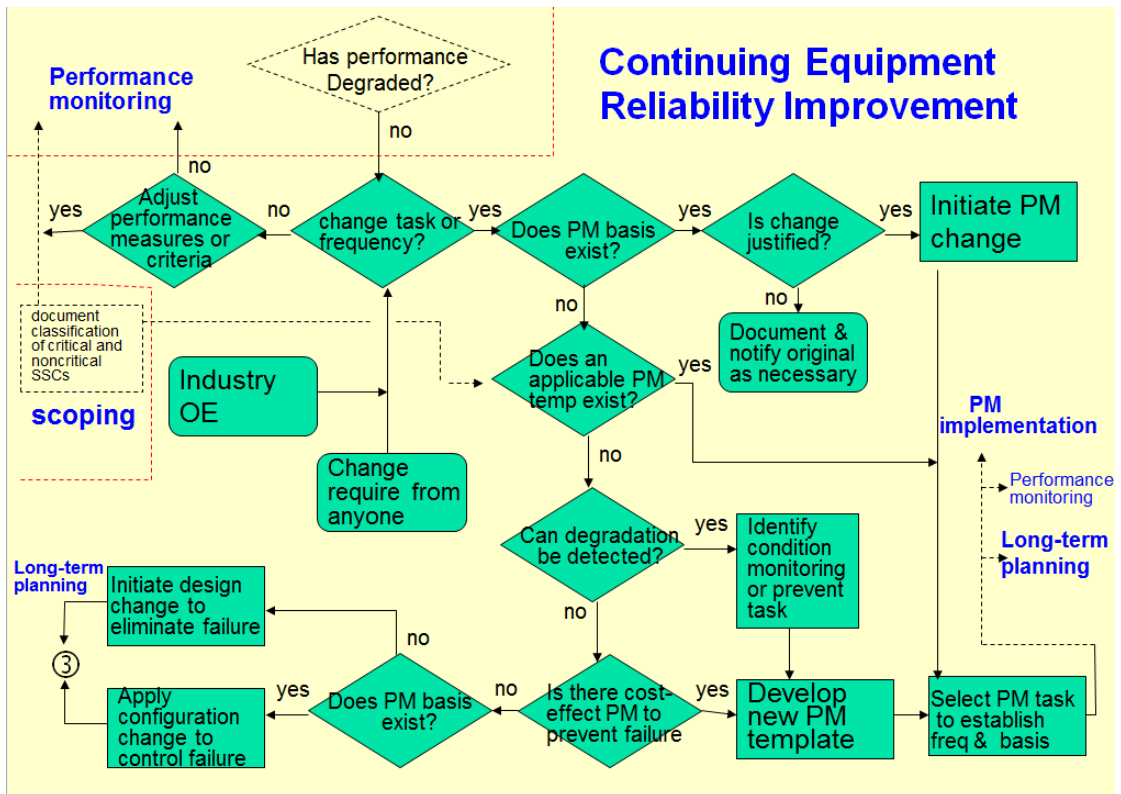
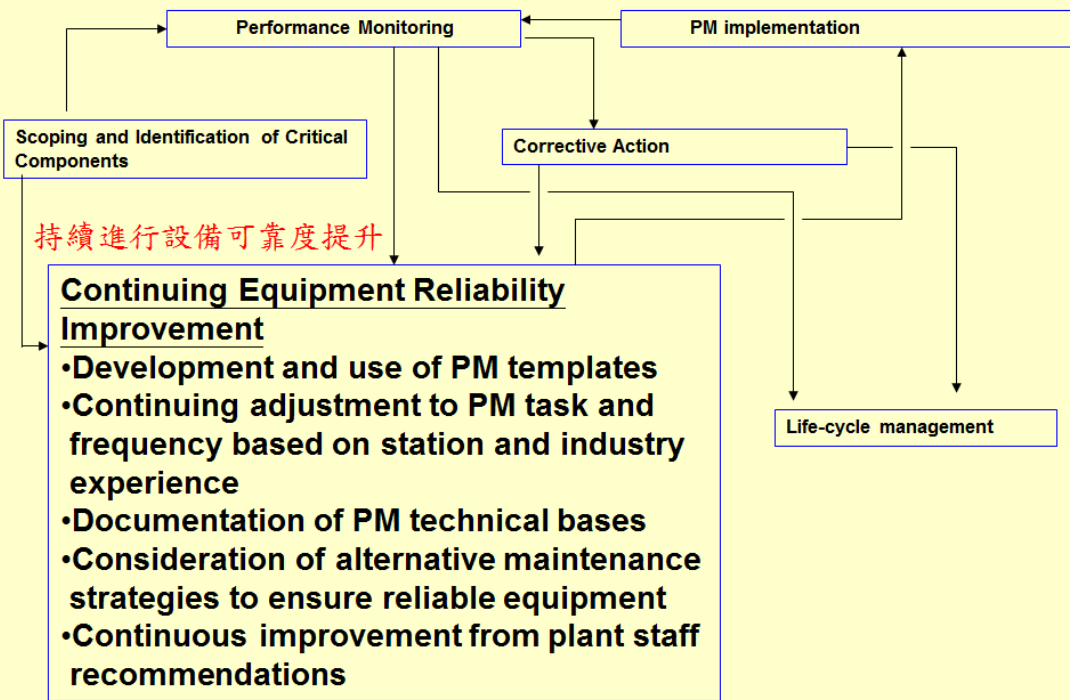


圖四

第四步驟:Continuing Equipment Reliability Improvement (持續設備可靠度提升), 作業流程如圖五所示。本步驟是電廠維護策略不可或缺的要素, 電廠設備可靠度改善程序應該質疑並持續的審視尋找更新的策略, 改進現有 PM 工作或依據電廠運轉經驗調整 PM 頻率。

- (1)要改善工作項目或頻率嗎?
- (2)要調整績效表現的量度方法或標準嗎?
- (3)PM 基礎存在嗎?
- (4)改變可以成立 (Justify)嗎 ?
- (5)啟動 PM 變更作業
- (6)有合用的 PM 樣板嗎?
- (7)元件設備劣化可被偵測到嗎?
- (8)指定 Condition Monitoring 或 Predictive Task
- (9)是否有代價合理的 planned 或 周期性的 PM 可以預防元件失效?
- (10) 發展新的 PM 樣版以因應主要失效模式
- (11) 選擇 PM 工作及其頻率紀錄其 Bases
- (12) 元件/設備失效是否能被控制 ?
- (13) 啟動設計變更以消除元件失效機會
- (14) 改變現況或策略以控制失效

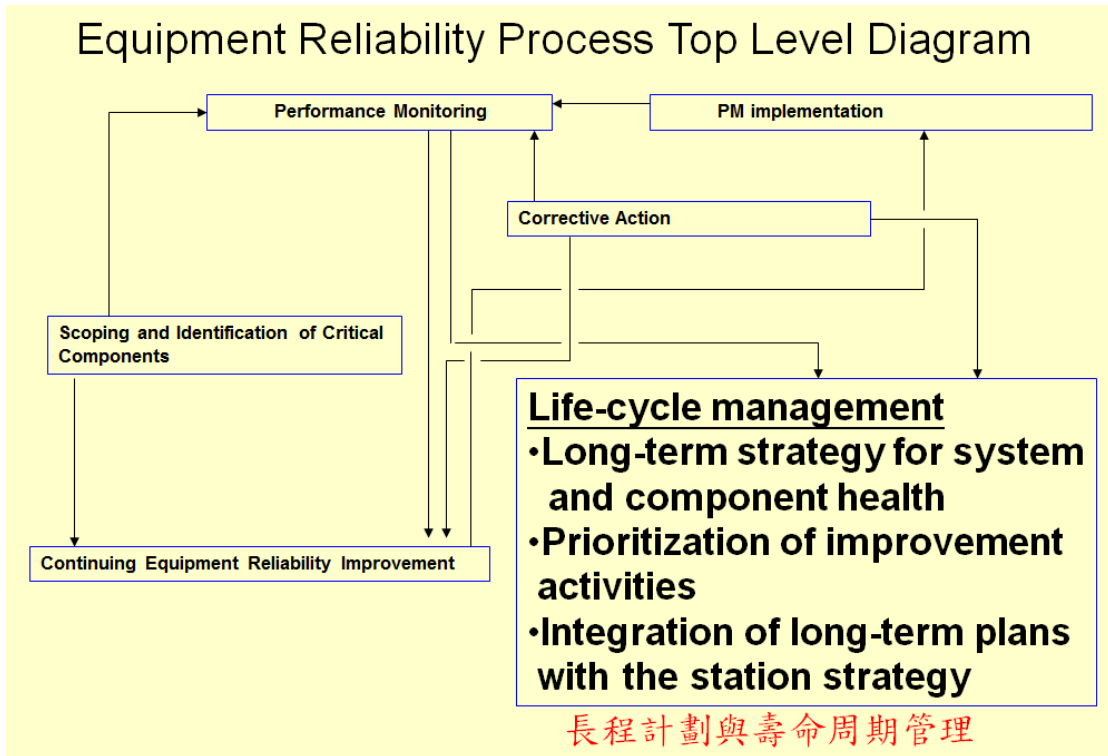
Equipment Reliability Process Top Level Diagram

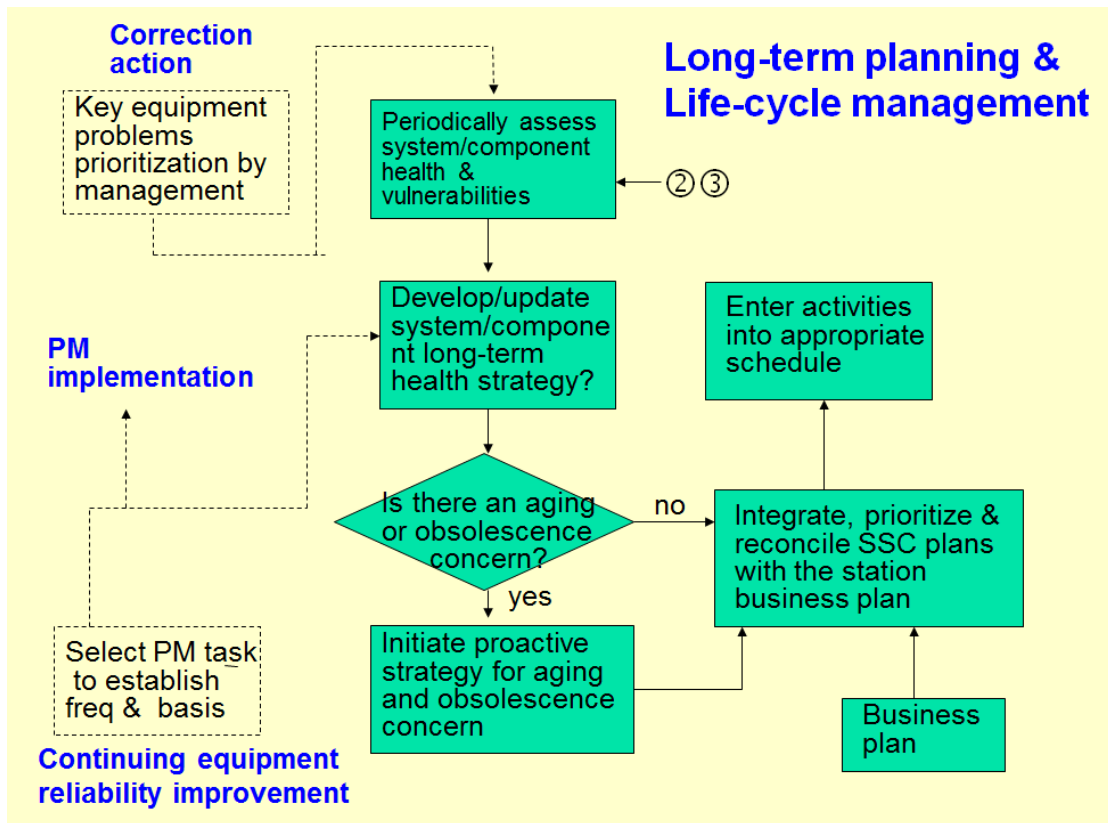


圖五

第五步驟:LCM—Life-Cycle Management (生命週期管理)，作業流程如圖六所示。

- (1)定期評估系統/元件狀況及可能問題
- (2)訂定/更新系統/元件長期維護策略
- (3)有老化或落伍(obsolescence)的顧慮嗎?
- (4)訂定策略積極處理老化及落伍問題
- (5)將電廠 business plan 與設備維修計畫整合並排定優先次序
- (6)將工作排入適當時程





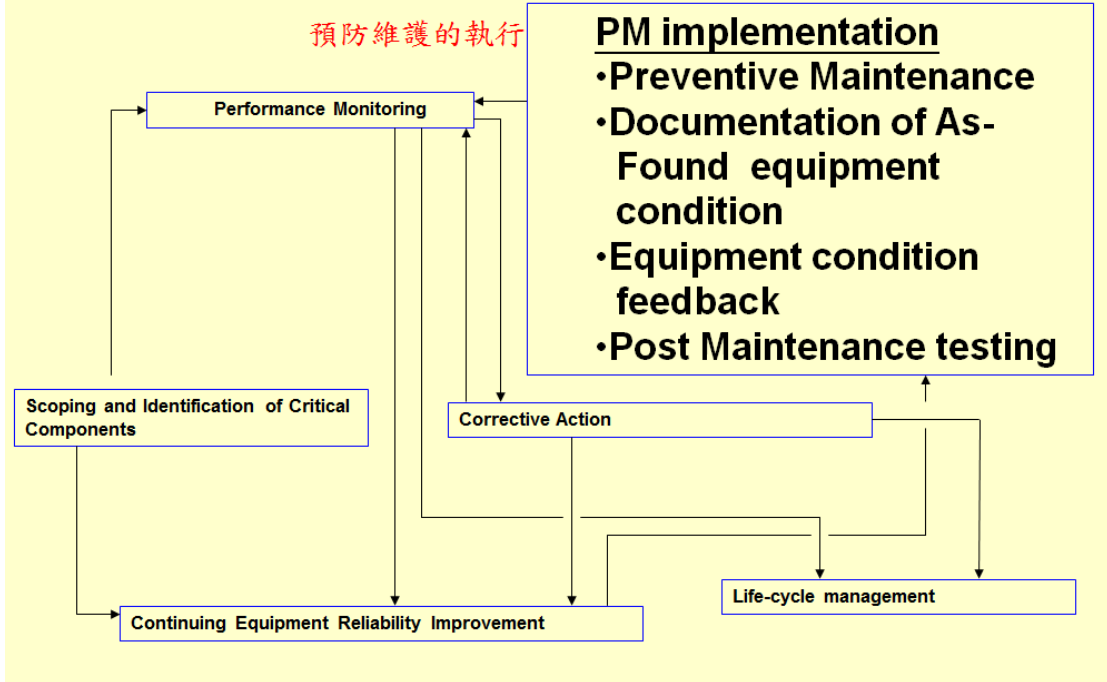
圖六

第六步驟:PM Implementation(實施預防維護)，包括 periodic、predictive

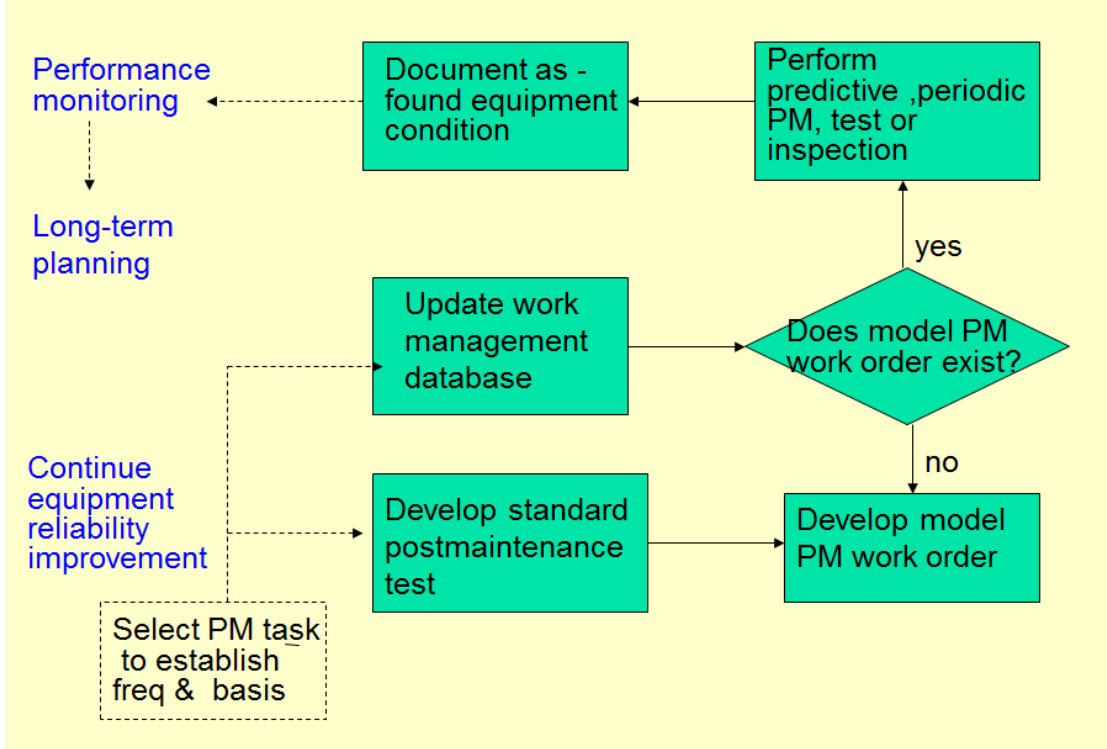
and planned maintenance，作業流程如圖七所示。

- (1)發展標準維護後測試(PMT)。
- (2)更新工作管理數據庫
- (3)有現成 model PM 嗎?
- (4)建立 model PM work order
- (5)執行定期維護,預測維護, 測試或檢查
- (6)紀錄 As-found Equipment Condition

Equipment Reliability Process Top Level Diagram



PM implementation



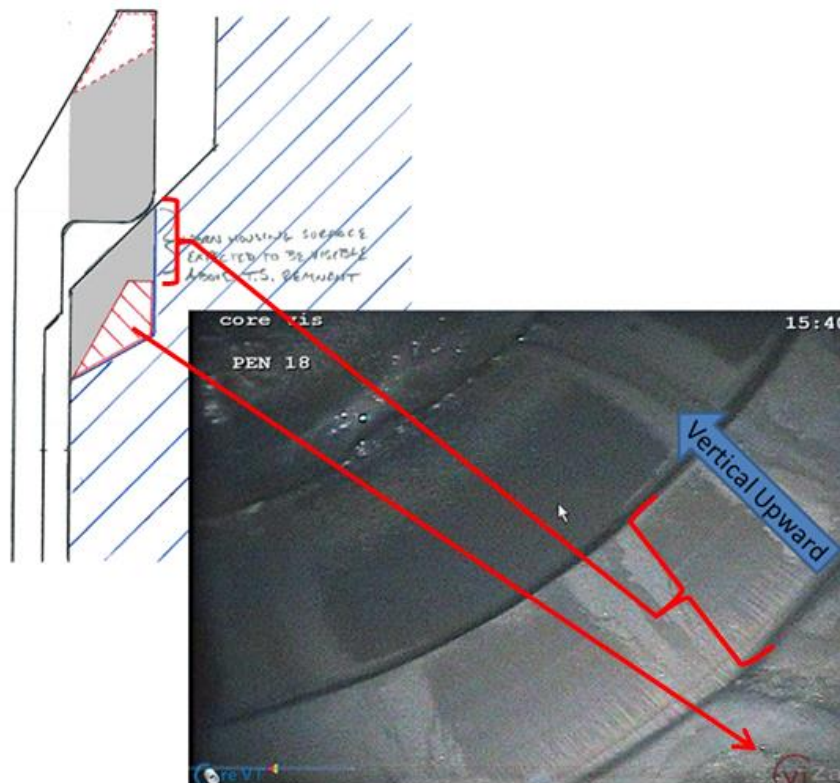
圖七

2. 業界 OE 的報告及應用

WANO 對世界各電廠發生過的運轉經驗(OE)設有專用網頁供會員搜尋參考，其案例包含有維護經驗、人因疏失及優良典範等。

A. 本次會中由 EDF 電廠派員簡報爐蓋熱套管磨損(Thermal Sleeve Wear)之案例，原先此 Thermal sleeve wear 的問題在西屋文件 TB-07-02 已(2015 年)有討論，並且於電廠的技訊結論是對核能安全無顯著影響。

B. 而於 2017 年法國 Belleville Unit 2 電廠在機組起機時執行 LPPT 發現控制棒抽插有問題，隨後發現其 Thermal sleeve flange 已磨損分開(Core Location H-8)掉落至上內部組件，並已和控制棒移動互相干涉，如圖八。



圖八

C. MRP 將 PWR CRDM Thermal Sleeve Wear 列入 NEI 03-08 的” Needed” 項目並要求：

- 超過 25 EFPY 的電廠，於收到 MRP 通知後的下一個大修，依照 NSAL 18-1 的建議事項執行 dimensional measurement and/or visual inspection outlined
- dimensional measurement and/or visual inspection outlined 要在 2019/1/1 前執行。

D. 西屋公司針對此 Thermal sleeve flange wear 的問題，有成立專屬 PWROG 團隊(PWROG-P16003-P)並參考團員之所屬電廠相關資料建立磨耗量之接受標準及再檢測週期。本廠將自#2 EOC-24 大修開始執行 Thermal sleeve wear 量測 (如圖九所示)，並建立本廠磨耗量之接受標準及再檢測週期，以供後續作業遵循。

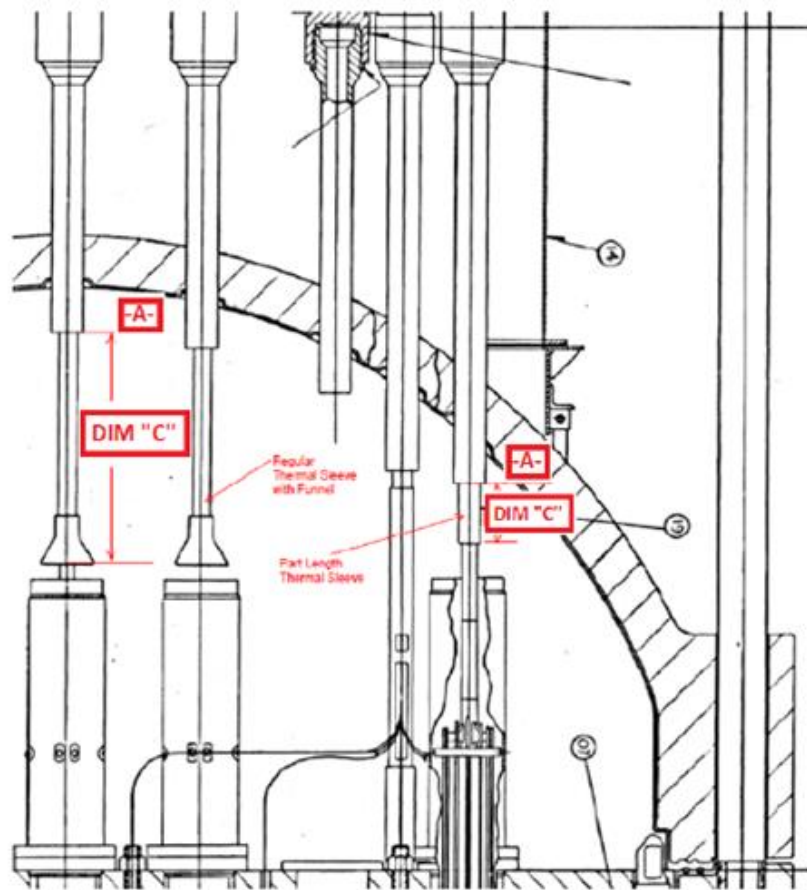


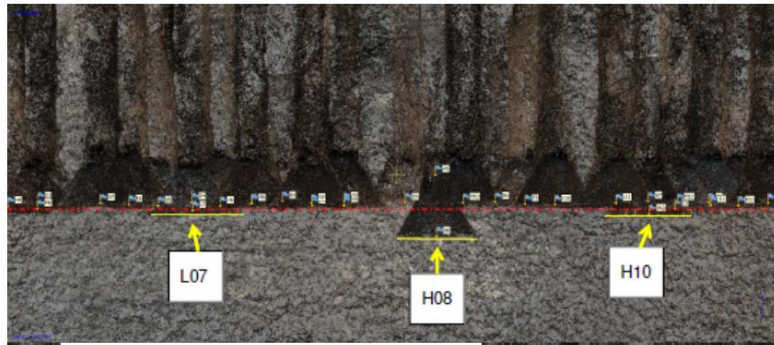
Figure 2-3 Recommended Measurement for Thermal Sleeve Flange Wear

圖九

E. 藉由雷射量測可測得 Thermal sleeve 磨耗量，並比對自己電廠磨耗量之接

受標準以評估其可繼續運轉之年限，如圖十所示。

Visual inspection or laser mesurement development to detect and size wears



Thermal sleeve subsidence (BEL 2) :

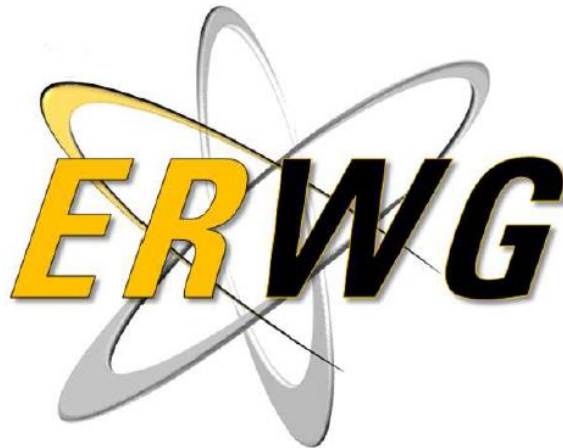
- H08 : 50 mm
- Others < 20 mm

圖十

3.此次的研討會對於設備失效分析(Equipment Failure Analysis) 、性能監視 (Performance Monitoring)及 I-ERI(International Equipment Reliability Index)三個專題，各以分組的方式來針對各主題做進一步的討論，個人本次為第一次參加 ERWG 研討會，因沒有前次參加之經驗，故選擇設備失效分析(Equipment Failure Analysis)小組。

A.本次設備失效分析(Equipment Failure Analysis)小組的目標及工作範圍為審查 ERWG 所編寫之改正行動及設備可靠度的介面(Corrective Actions & ER Interface)草案，如圖十一所示。經團隊審查後發現該草案之條文內容有一些需再修正處，其中包含條文內容選項不足、條文內容重疊需分開敘述、章節編碼錯誤、文件中查無對應附件等審查意見，故須將該些審查意見交回 ERWG 草案編寫人員，待完成審查意見後，於下次小組會議時再行討論。

Corrective Action & ER Interface



ER & CAP Interface Revision 03

May 2014

圖十一

B.藉由各成員之專業及現場經驗來指出草案之不適處，以期在正式版發行前可將不適當處做修正或調整，讓正式版發行後能更符合業界所需，並使使用者可順利引用及遵循各項指引，以提高核能工業之設備可靠度。

4. 參觀 Barakah 核電廠

A. Barakah 核電廠為具有 4 部 1400MW APR 機組之核電廠，目前仍在建造中，當 4 部機組建造完成後，總發電量為 5600MW，約可提供阿拉伯聯合大公國全國總用電需求的 20%。

B. 本次與會人員為 44 名，但通過電廠審核可參觀電廠的人員僅有 19 名。

四、建議：

1. ERWG 所舉辦的研討會為年度固定會議，每年均會於春季及秋季各舉辦一次，且會議內容均會有延續性，例如分組討論議題之審查意見，經修改後之再審查事宜；或前次會議討論決議要求於下次會議提供辦理情況說明者，因此資料之收集及轉交給後續參加者有其必要性，故建議總管理處業務承辦組可建立開會紀錄，供後續參加者查詢。
2. 設備可靠度(ER)之提昇，是全球核電業界追求的目標，故對安全相關之 Q/R1 等設備，需在設備的運轉參數(如:溫度、振動、壓力、流量等)之趨勢有些微異常時即可診斷出，就如同中國二千多年前的古代醫學理論所說「最高明的醫生治療還沒有發生的病」，而要達到這境界則要運用 AP-913 等指引所指導之手法，若能持續提升設備可靠度，將可大幅降低營運維護成本，亦可對往後之營運成本降低有相當大之助益。
3. 運轉經驗(OE)的通報及應用，對設備可靠度(ER)之提昇是有正面的幫助的，當電廠發生可供業界參考的 OE 時，可利用 WANO 所提供之格式編寫事件 OE，並傳送至專屬網頁供業界參考，電廠也可利用該網頁搜尋電廠需要的案例，並由他廠之經驗學習事件之處理經驗，以減少不必要的浪費，故運轉經驗(OE)的通報及應用應持續的執行。