

出國報告(出國類別：開會)

參加世界核能發電協會東京中心(WANO-  
TC) 舉辦之「運轉專業基礎工作坊」  
(WANO-TC Operator Fundamentals Workshop)

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王凱杰 核二廠運轉經理

陳冠宇 核三廠值班主任

派赴國家：日本

出國期間：113年3月20日至113年3月23日

報告日期：113年5月12日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加世界核能發電協會東京中心(WANO-TC) 舉辦之「運轉專業基礎工作坊」(WANO-TC Operator Fundamentals Workshop)

頁數 8 含附件：是 否

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

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

王凱杰/台灣電力公司/第二核能發電廠/運轉經理/02-24985990-2660

陳冠宇/台灣電力公司/第三核能發電廠/值班主任/08-8893470-2202

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：113 年 3 月 20 日至 113 年 3 月 23 日

派赴國家/地區：日本/東京

報告日期：113 年 5 月 12 日

關鍵詞：世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)、Operator Fundamentals、運轉員基本功、SOER2013-1、GL2016-2

內容摘要：（二百至三百字）

台電公司核二廠運轉組王凱杰經理及核三廠值班陳冠宇主任，奉派參加在世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之運轉專業基礎工作坊。

工作坊參加成員包括台灣、中國、日本、南韓、印度、巴基斯坦代表，另有 WANO 亞特蘭大中心(WANO-AC)、WANO 巴黎中心(WANO-PC)等專家與會，研討內容包括「核能業界運轉員基礎專業績效趨勢分析」、「WANO-TC 各會員針對運轉員基礎專業的應用與成果」等多項議題，議程期間共發表 16 篇簡報以及兩次小組討論。本次會議中，台電公司亦發表一篇簡報，主題是運轉員基礎專業在核三廠的應用與挑戰，並與 WANO-TC 各會員代表交流分享相關經驗，互相學習以精進運轉員基礎專業提升辦法。

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

一、 目的 .....	1
二、 出國行程 .....	1
三、 過程 .....	2
四、 心得與建議 .....	6

## 一、目的

- (一) 根據近年 WANO 的報告和分析顯示，需要採取行動解決運轉員的績效問題。由相關事件和同業評估資料持續指出許多長期未妥善處理的問題。WANO 2013 年第 1 份重大運轉經驗報告(Significant Operating Experience Report, SOER 2013-1)原本意圖解決這些問題，然而其建議並未能持續實行。本次工作坊的主要目標是由各會員提供多元化的經驗，涵蓋運轉員基礎專業及其案例實施。透過這種資訊共享，工作坊將發展關鍵的啟示與學習，供會員參考實施以支援績效提升，WANO 代表可以檢視成效並提出修正建議。
- (二) 藉由參加本次工作坊，可以了解 WANO-TC 各會員如何實踐運轉員基礎專業以及面臨的挑戰，並針對特定案例小組討論運轉員基礎專業的弱點與可能的改進作為，透過各會員電廠的務實做法分享及小組討論腦力激盪，各與會者皆能從中獲益，思考如何在自己的單位實踐最適當的做法，有助於改善運轉員的績效。

## 二、出國行程

- 113 年 03 月 20 日~03 月 20 日 行程（高雄/台北—日本東京）
- 03 月 21 日~03 月 22 日 參加世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之「運轉專業基礎工作坊」(WANO-TC Operator Fundamentals Workshop)
- 03 月 23 日~03 月 23 日 返程（日本東京—台北/高雄）

### 三、過程

(一) 工作坊一開始透過 WANO-TC 數據表示，近年(2019-2023)沒有顯著事故和值得注意的事故發生，且整體事件有下降趨勢。另外根據近年來核能運轉領域之相關待改善領域(Area of Improvement, AFI)，整理出來運轉基礎專業整體問題如下：

1. 模擬器演練中，在某些情況下，控制室運轉員未能以優先處理重要行動的方式進行。
  2. 有些時候，團隊獨立監督在正常機組運轉或模擬器演練複雜情境下都顯得無效。
  3. 模擬器演練中，由於團隊判斷錯誤、未能診斷電廠狀況、沒有適當監視的情況下，重要的行動要麼未完成，要麼延遲。
  4. 某些案例中，控制室運轉員在基礎專業某些領域展現出弱點，例如無法密切地監視和精準地控制。
  5. 值班主任在處理模擬器暫態時無法提供有效的指揮。
  6. 控制室團隊有時候無法將廠房狀況控制在所需範圍內。
  7. 值班團隊在模擬器演練中展現出的弱點如下，無法準確地了解電廠的狀況及提供具體的指令，無法有效的即時使用適當的程序書。
- 種種跡象顯示密切地監視和精準地控制是目前主要的基礎專業弱點，可能原因是沒有有效的主管觀察與教導、訓練、標準與期待的強調、標準衡量與自我評估。希望透過這兩天的經驗分享，縮短同業間績效上的認知差異，並透過同業的優良案例收集適合自己單位的金點子 (Golden Nuggets)。

(二) 各會員簡報分享

1. 中國秦山電廠：訓練方面，為強化運轉員技能水平及管理基礎技能，運轉部門成立「運轉團隊 (operator group)」強化模擬器演練，避免技能失誤。其中大修相關作業培訓，是針對重要操作與測試進行模擬演練，另成立考核小組對關鍵職位人員進行專案考核。持照人員進行一年兩輪(兩週)的模擬器複訓，其中也針對運轉員基礎專業進行強化改善並列入考核項目。對於運轉員訓練班模擬器訓練，則是安排值班主任參與其中，給予相關觀察指導，以提升機組掌控能力。每年安排人因疏失防範訓練，訓練透過線下理論結合經驗回饋方式進行，再利用線上考核。觀察指導方面，要求持照經理每月針對主控制室人員進行作業活動觀察與指導，也要針對模擬器複訓進行觀摩指導，同時有專人觀察指導持照經理的觀察指導報告，確保觀察指導符合規定，另外每季針對指導報告進行行為分析，制定糾正措施並組織科目學習。防止誤操作部分，對於重要設備按鈕安裝實體保護蓋、不同串使用顏色區別、高風險設備按鈕設有張貼指示提醒、利用分析軟體顯示各種重要參數趨勢，達限值時跳出提示語提醒運轉員判斷、重要或高風險測試工作皆有預先建立工具箱會議簡報檔，建立標準化掛卡資料庫，減少個人思考不周的情形發生。經驗回饋部分，每週進行廠內及廠外事件經驗回饋，提升整體技能水準。特別企劃部分，定期舉辦廠內與廠間競賽，內容包含人因防範技巧、操作員技能比武等。
2. 印度核能發電公司：作業觀察部分，由持照經理根據運轉員基礎專業對運轉操作人員進行自我評估，強調使用人因疏失防範工具，並定期評估觀察報告以提高績效，其觀察報告會在每日管理會議中提報，並在所有值班團隊分享學習成果，而現場操作人員也會接受高級官員作業觀察。訓練部分，建立訓練計畫以強化控制室團隊合

作，其中包含分別針對經理、主任、持照運轉員的定期培訓，也會確保團隊新舊成員良好搭配，同時還要確保具有不同工程背景、專業知識和潛力的人員得到最佳混和。

3. 日本九州電力公司：針對運轉員基礎專業製作小冊子方便隨身攜帶。加強針對密切地監視和精準地控制兩部分進行自我評估。另外撰寫現場操作員教材，包含各種巡視注意事項、和正常及異常操作程序，教材盡可能視覺化，並且引入認證測試系統，認證測試系統流程如下：指派崗位→完成在職訓練(指定清單)→能力認證考試(筆試及實踐)→經理面試，合格才授予現場巡視人員資格。進行持照運轉人員主導的模擬器自主培訓，訓練參與者設定自己的訓練項目和目標，原則上由同一班的資深運轉員擔任導師，利用正常工作以外的時間進行模擬器培訓，以提高年輕運轉員的熟練度和技術轉移，培訓期間可暫停模擬器並重複演練(RETRY)，直到達到目標。
4. 巴基斯坦核能公司：建立控制室有效團隊合作計畫，針對控制室日誌和模擬器課後討論採取開放式提問、團隊討論，每個運轉員每天各值皆須要到現場區域巡查。作業活動觀察與指導強調識別運轉員基本專業的弱動，並做後續追蹤改善。
5. 台灣電力公司：在作業觀察方面，規劃每兩年開辦運轉部門觀察與教導訓練課程，以運轉員基礎專業為主要課程內容，建立人員行為標準。待觀察與教導訓練課程執行完成，由運轉副廠長組織廠內評估團隊，針對運轉員基礎專業執行專案觀察活動，觀察結果送值班經理會議檢討追蹤。在訓練方面，模擬器訓練課程結束時，請值班經理就運轉員基礎專業及防誤手法分析檢討，並輸入

整體改正計畫(Corrective Action Program, CAP)系統追蹤改善，增加 CAP 系統內運轉人員行為習慣的樣本數，提升弱點分析或趨勢追蹤的有效性，另外講師彙整各團隊共同弱點或明顯差異，輸入 CAP 系統並在值班經理會議中共同討論如何改善，各班值班經理再將經驗回饋指導所屬團隊。最後是透過每兩年一次的自我評估，請友廠評估團隊以批判性的角度檢視改善成果

6. 韓國水電與核電公司(Korea Hydro and Nuclear Power Company, KHNP)：本次介紹韓國模擬器訓練方式，韓國將模擬器評分分成兩部分計算，70%關於運轉員基礎專業(個人分數)，30%關於非技術性技巧(Non-Technical Skills)(團隊分數)。KHNP 將運轉員基礎專業由 INPO(Institute of Nuclear Power Operations,核能運轉協會)定義內容修改成適用韓國電廠的定義內容，並依各項定義內容冠上不同 ID 編號。運轉員基礎專業中監視、控制、保守性、團隊作業這四大項會在模擬器演練中分成約 20 小項目來觀察並評分(表現優於標準+5、標準+0、小失誤被彌補且未造成問題-5、不符合標準造成暫態或問題-10，20 小項依四大項分類各別統計平均加權)，而知識這一項的評比會使用筆試來執行，而每套劇本中關鍵任務若未符合標準，則直接扣 5%分數。非技術性技巧(Non-Technical Skills)項目用來觀察團隊對於問題的診斷、決策、團隊合作與溝通聯繫，依表現由差到好分成 60、70、80、90、100 五種分數做為團隊分數。模擬器演練時，每個演練成員各別被觀察運轉員基礎專業，團隊則觀察非技術性技巧，每個人的總分為基礎專業(\*0.7)+非技術性技巧(\*0.3)。演練結束後，針對運轉員基礎專業與關鍵任務的結果來評估，符合下列兩種狀況則供案例分析、教導重點或訓練需求分析用途(1.符合評

價標準且優良典範、2.不符標準但造成安全結果，且能力分析後屬於優異行為)。另外也針對每個崗位的所有成員做專業基礎的後續追蹤，統計哪個領域及該領域哪一小項較多人不符合要求，並針對普遍性問題做後續加強改善。

(三) 議程期間，WANO 主辦方亦安排各方專家專題演講說明所屬業務，也穿插小組討論針對特定案例提供想法腦力激盪，最後另安排時間讓與會成員提出目前單位所遇到問題，大家共同探討可能的解決辦法。

#### 四、心得與建議

本次工作坊在運轉團隊績效觀察(Crew Performance Observation, CPO)的說明甚有收獲，說明如下：

CPO 分為兩大部份，包括觀察控制室平時的測試工作及控制室持照人員工作樣態，另一部份則由 CPO 團隊設定不同的情境、不同的事故或設備發生異常等之劇本，請訓練班同仁在模擬器演練，觀察成員的行為樣態，以掌握電廠運轉領域的弱點。亦驗證在壓力的情境下，值班經理及主任是否能領導整個團隊按部就班、有條不紊的將機組安全停機。測試過程，CPO 團隊也會事先調整模擬器設備儀表參數，或將設備的開關等置於錯誤的位置，來觀察運轉員能否發現並反應。

CPO 團隊對模擬器訓練的觀察重點包含了下列幾點：

1. 應事先訂定每次訓練課程中所需觀察的項目，並於演練後逐一檢討。
2. 觀察組同仁需對所觀察對象(每個崗位)提出觀察報告，內容著重於運轉員的行為缺點(比如防誤工具的使用，是持續都有使用，還是有時使用有時忽略；值班主任要求暫態時對參數的掌控回報，是否能持續關注回報、還是有某段時間這些水位壓力參數是沒有運轉員監視的；程序書的應用，是每次不同的警報出現都會拿出不同程序書來執行，還是有時拿

出來，有時又忽略…等等。)

3. 運轉基本功(對設備的知識、操作的順序、各設備的相互關聯性)可由課堂的課程或筆試、口試等來確認運轉員的專業知識是否充足。
4. 模擬器訓練後應有一份對應的訓練報告，供各班傳閱宣導交流借鏡，值班主管可依各報告內容，詢問或教導運轉員，讓每一位持照同仁在對應的暫態操作上都有一致的想法及做法。
5. 講師能否發現落差(同仁在知識上、操作上的落差)

依據這次 WANO WORK SHOP 對 CPO 的經驗回饋，核二廠調整並制定了新的績效目標「運轉情境管理模式」，對於 CPO 所關注的項目，例如模擬器演練，各班主管必需就運轉員操作行為的落差或知能的落差而提出改正行動；控制室主管持續對同仁的行為落差進而提出改正行動；講師對模擬器演練時發現的整體落差提出改正行動；主管現場教導過程，持續對被教導的同仁提出改正行動。運轉組收集整理相關資訊後，於每季值班經理聯繫會議檢討，錨定問題點，予以改善。如同周易乾卦九三爻辭所述「君子終日乾乾，夕惕若厲，无咎。」唯有建立高標準，努力奉行，而使每位運轉員都正面的朝向高標準邁進，才是守護核能安全最佳的方式。

參考其他會員國的做法並考量現有人力編制和資源，整理出來可能的精進建議如下。加強的對象分成三群，分別是現場操作員、運轉員訓練班學員、持照人員。現場操作員的部分，以現有各崗位巡視要點的基礎下，透過圖片及影片建立視覺化教材並開設對應崗位的必訓課程並加以考核，並安排持照人員定期現場陪同巡視和抽測巡視要點。另外也要篩選需要現場操作員立即或須盡快處理的操作，建立教材、安排課程訓練並定期演練考核。運轉員訓練班學員的部分，模擬器演練時邀請機組值班主任擔任助教，操演過程可提供貼近目前控制室的操作手法，使訓練與實務相結合，消弭模擬器與現實的差距。持照人員的部分，可引入模擬

器自主培訓計畫，參與者設定自己的訓練項目和目標(例如平時演練的缺失，或其他團隊值得學習的地方)，並由同一班的資深同仁擔任導師，利用正常工作以外的時間進行模擬器培訓，以提高年輕運轉員的熟練度和技術轉移。