

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

擔任世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)在中國大陸福清核電站 4 號機
起動前同業評估活動之離廠代表

頁數 9 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）2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林德福/台灣電力公司專業總工程師/（02）2366-6564

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他：洽公

出國期間：自 106 年 04 月 25 日至 106 年 04 月 28 日

出國地區：中國大陸

報告日期：106 年 05 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：世界核能運轉協會-東京中心(WANO-TC)，起動前同業評估

(Pre-Startup Peer Review, PSUR)，離廠代表(ER, Exit Representative)

內容摘要：(二百至三百字)

世界核能發電協會東京中心(World Association of Nuclear Operations- Tokyo Centre，簡稱 WANO-TC)於 2017 年 4 月 17~ 4 月 28 日執行中國大陸「中核集團」(CNNC)所屬福建福清核電站起動前同業評估(Pre-Startup Peer Review，PSUR)，本人係於 2017 年 4 月 25~ 4 月 28 日，擔任 WANO 東京中心在此評估活動之「離廠代表」(ER, Exit Representative)。本次評估團隊之成員共計 17 員來自 6 個國家，8 個評估領域。評估活動

最後一週須有 WANO 派往的「離廠代表」，對評估團的結論做一確認，並於最後一天的總結會議，對受評電廠的高階主管報告重要評估結果，以示慎重。「離廠代表」通常由 WANO 區域中心(台電及大陸中核集團均屬東京中心)的理事(GOVERNOR)或其代理人代表出席，除顯示重視程度外，並可藉由各電力公司核能高階主管的參與，達到彼此觀摩學習的目的。

本人代表 WANO 擔任本次的同業評估的「離廠代表」，除圓滿達成「離廠代表」的任務外，並藉由拜會福建福清核電站高層，建立雙方進一步交流，收穫甚豐。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 次

	頁數
壹、出國目的.....	4
貳、出國行程.....	4
參、工作內容.....	4
肆、心得與建議.....	8

壹、出國目的：

世界核能發電協會東京中心(World Association of Nuclear Operations- Tokyo Centre, 簡稱 WANO-TC)於 2017 年 4 月 17~ 4 月 28 日執行中國大陸「中核集團」(CNNC)所屬福建福清核電站起動前同業評估(Pre-Startup Peer Review, PSUR), 本人係於 2017 年 4 月 25~ 4 月 28 日, 擔任 WANO 東京中心在此評估活動之「離廠代表」(ER, Exit Representative)。本次評估團隊之成員共計 17 員來自 6 個國家, 8 個評估領域。評估活動最後一週須有 WANO 派往的「離廠代表」, 對評估團的結論做一確認, 並於最後一天的總結會議, 對受評電廠的高階主管報告重要評估結果, 以示慎重。「離廠代表」通常由 WANO 區域中心(台電及大陸中核集團均屬東京中心)的理事(GOVERNOR)或其代理人代表出席, 除顯示重視程度外, 並可藉由各電力公司核能高階主管的參與, 達到彼此觀摩學習的目的。

核能同業評估目的在於追求卓越, 提升核能營運安全, 同業評估期間所有資訊於團隊中採公開分享共同討論, 但對外需遵守保密條款, 不得討論電廠評估的相關資訊。

貳、出國行程：

106 年 04 月 25 日 ~ 106 年 04 月 25 日 行程 (台北 → 福建福州 → 福建福清)
106 年 04 月 26 日 ~ 106 年 04 月 28 日 福清核能電廠評估作業
106 年 04 月 28 日 ~ 106 年 04 月 28 日 返程 (福建福清 → 福建福州 → 台北)

參、工作內容：

一. 中國大陸核能發電與福建福清核電站簡介：

目前台電公司因應政府新修訂之電業法明定核能發電設備應於中華民國一百十四年以前, 全部停止運轉, 我們核能發電事業部將面臨新的變局與挑戰。本人除執行離廠代表任務外, 就近了解對岸中國大陸及離我們台灣本島最近的福建省的核電發展現況：

(一). 中國大陸目前有 36 座機組運轉中, 21 座機組興建中, 40 座機組已規劃(planned), 92 座機組評估中(proposed)。目前裝置容量為 32.6 GWe, 預計在 2020/21 年時裝置

容量達58GWe，2030年達150GWe。

1. 其發展主要因為降低因燃煤發電造成的霾害汙染，增加核電比例，其次為調整能源需求和能源結構，最後為以投資數額巨大核電站，帶動地方經濟效益。
 2. 其發展策略是先引進西方國家核電技術，再採取「規模化、標準化、國際化」戰略，進而改良提升為自主且自給設計、建造的核電廠，最終目的在於推動「中國核電走出去」，走向國際化。
- (二). 中國大陸目前三大核電公司，均屬國有企業，分別為中國核工業集團公司(中核集團，CNNC, China National Nuclear Corporation)、中國廣核集團(中廣核，CGN, China General Nuclear Power Group)及國家電力投資集團公司(國電投，SPIC, State Power Investment Corporation)。
- (三). 中國大陸未來的核技術走向，目前第三代機型AP1000和CAP1400作為唯一出口的第三代機型；同時也正開發之自主第三代ACC1000(華龍一號)，作為國內和出口用途，其優勢是建造成本比前者便宜。
- (四). 中國大陸放射性廢棄物處置現況
1. 對於高階放射性廢棄物，目前大亞灣核電廠用過燃料水池已經飽和，並開始將用過核燃料轉運至嶺澳核電廠處理。田灣核電廠也面臨類似問題，用過核燃料後處理廠與高放射性廢棄物處置場的建設刻不容緩。秦山核電廠正在建造用過核燃料乾式貯存設施。中國大陸中央政府在其第十三個五年規劃中，預訂2020年完成高放射性廢棄物處置地下實驗室的建造建設。
 2. 對於中低階放射廢棄物，目前有廣東的北龍處置場，另一為甘肅的西北處置場，都只接收該省自產的廢棄物。秦山核電廠中低放固體廢棄物暫存庫已面臨滿載的「大限」，尚待華東中低放廢棄物處置場選址確定。
- (五). 福建省是繼廣東省後，擁有核電廠址最多的省份。除了福清核電站外，還擁有其他2個核電站。它們分別位於寧德和漳州(規劃中)。「核安無國界」，離中台灣最近的福清核電廠164公里。
- (六). 福建福清核電站是中國核工業集團公司(CNNC)下屬成員單位，於2006年分別由中國核能電力股份有限公司、華電福新能源股份有限公司和福建省投資開發集團有限責任公司以51%控股、39%和10%參股共同出資組建。
1. 福清核電項目規劃建設6台百萬千瓦級壓水堆核電機組，1-4號機組採用二代改進型成熟技術，5-6號機組採用達到三代核電安全標準的“華龍一號”技術路線。6台機組全部建成後年發電總量可達450億度左右，有利於福建省優化能源結構。
 2. 福清核電廠址位於福建省福州市所轄福清市三山鎮西南前薛村岐尾山前沿，北、南、西三面環海，東北與陸地相連。廠址距離福州市71km，距福清市32km。

3. 福清核電站目前員工約1713人，平均年齡29歲。福清1號機、2號機及3號機已分別於2014年11月22日、2015年10月16日及2016年10月24日達成商業運轉。福清4號機預定首次燃料裝填於2017年6月9日、首次臨界於2017年8月7日、首次併網於2017年9月5日及機組商轉於2017年11月19日。

二. 評估活動過程：

- (一). 4月26日參與團隊例行會議：了解評估團對過去一週的工作進度，並參訪福清核電站4號機機組廠房。參加評估團隊會議了解並指導「待改進事項」發展現況。
- (二). 4月27日審閱團員所完成的「觀察報告」及「待改進事項」，並為總結會議(Summary meeting)講詞做準備，及參與各評估領域總結報告之預演。
- (三). 拜會該公司繆總經理、侯及林副總經理、宋副總工程師了解該公司管理並相互交流。
- (四). 4月28日參加總結會議。

三. 評估活動內容

(一). 評估團作業

1. 本次評估團隊之成員共計17員，評估領域涵蓋8項，組織管理organization and administration (OA)、運轉 operations (OP)、維護 maintenance (MA)、工程設計 engineering (EN)、輻射防護 radiological protection (RP)、運轉經驗 operating experience (OE)、重大經驗回饋報告審查(SOER)、控制室人員操作行為觀察 (CPO)。團隊成員來自7個國家，人數計為：

- (1) Team leader領隊：張繼聖先生
 - (2) OA 組織效能： 1位
 - (3) OP運轉： 3位
 - (4) MA維護： 2位
 - (5) ES 工程支援： 1位
 - (6) RP輻射防護： 1位
 - (7) SOER 重大經驗回饋報告審查：1位
 - (8) OE 運轉經驗：1位
 - (9) CPO控制室人員操作行為觀察：4位
 - (10) Team coordinator團隊聯絡人：1位
 - (11) Exit Representative總結代表：林專業總工程師(台電公司受東京中心委派)
2. 本評估團領隊為國際經驗豐富、做事周嚴、講求效率且自本公司退休後，受聘至WANO-TC(東京中心)擔任高級主管的張繼聖先生，團員為來自台灣(除本人外，尚有擔任「維護」的駐東京中心廖學志君、李清河君(退休後受聘WANO-TC)，及擔任「運轉」評估員的核二廠劉明君、擔任「輻射防護」評估員的策劃室行玉樹君)、美國、日本、巴基斯坦、韓國及大陸，

共17人。另有9位專業英翻中譯員，及安排10位對口人員(Counterpart)，提供資料與後勤支援頗費心思，顯示其對本次活動的重視。

- 3.團員行前即須閱讀電廠提供之資料，及各類WANO的評估指引。進駐現場後，先進行一天的講習，以確保評估品質。評估作業包括現場巡視、作業觀察、人員訪談等，並須撰寫觀察報告(Observation report)、待改進事項(AFI)。
- 4.本次活動不評估強項(Strength)，係由於對一個尚未起動的機組而言，要從中發現具高績效水平的作業行為或活動言之過早，所以Strengths不在PSUR的評估項目內。
- 5.過程中，團員須隨時與領隊討論，領隊則與離廠代表做結論內容的討論，每日亦須辦理團隊會議，解決各項問題。領隊與離廠代表除須檢視各領域的報告，及聽取預演練習外，並須每日向電廠主管說明進度。
- 6.最後一天早上的總結會議由領隊主持，每一個領域相關評估員各自報告其結論(包括待改進事項、顯著運轉經驗(SOER)的審查結果及核安文化評估結果)，次由領隊作簡要之評估總結，再由本人報告重要結論，最後由福清核電站繆總經理作總結回應。
- 7.離廠會議有「中核集團」(CNNC)下屬掌管「福建福清核電站」的繆總經理、林副總經理與福清核電站的重要幹部共同與會，此為WANO的要求，表示重視此次評估結果。
- 8.離廠前本評估團領隊提交電廠的，除一份總結報告外，並另有相當詳細的觀察報告，後者純供受評方參考，不納入正式報告中，而正式總結報告亦須待WANO-TC審閱及修訂後才會發行，發行後原初稿均須銷毀。

依照WANO規章，除「強項」未來會公佈於WANO網站供大家學習，屬公開資訊外，其餘資料因係屬核能業界自行以高標準精進的內容，有別於管制單位的安全基準，故現階段並不允許對外公佈，所有 WANO會員均應遵守。

(二).福清核電站巡訪

由該公司林副總經理（督導#4機組及核電站安全品質）陪同參訪#4:

1. 三道保安管制，常規區之汽輪發電機廠房寬敞、汽機頭儀控設備外部設有保護箱，僅2台海水泵取自乾淨的福清灣海水。
2. 主控制室：全面數位化，共有四大區塊的數位監控盤，後排直長/副直長之數位畫面僅作監視，前排RO/ARO則受副直長指揮而可操控；此數位化系統由英維斯提供，該系統曾停歇3.5小時而靠硬接線穩定機組之經驗。#3/4 機組緊連著中間一道門僅由直長授權始得出入。因福建電力需求及電網限制而降載運轉，其電網電壓為500KV，頻率50Hz。
3. 輔助廠房：設有人員進入清潔管制區，廠務管理極佳，無一點灰塵；馬達Space

Heater on 有鮮明指示燈、小型BKR 採抽屜式、電纜槽/線整齊且不同串有顏色別、銘牌小但字多、空間已充分考量運轉維護性。

(三). 本人於總結會議 致詞：

1. 我個人被WANO邀請為福清#4 PSUR擔任ER任務，也是第一次來到福清，感到非常高興。
2. 以WANOER身份，首先感謝領隊張繼聖先生的帶領及隊員的辛苦付出，更感謝福清核電公司的領導及對口代表的支持與配合，使得這次的PSUR順利完成。
3. 本PSUR提出的AFI，係雙方高度共識下為提升核能安全的待改進項目，建議福清核電公司立即採取行動，能具體有效地改善。若有需要WANO或其他電力公司協助，亦請不用客氣地提出。
4. 個人拜會幾位高層領導，了解其等具有熱忱、謙虛、接納外界意見以提升水平的態度，另則藉由現場訪查，看到井然有序、士氣高昂的作業及達到高標的廠務管理（House Keeping），另則吸取#1--3機之硬體、軟體經驗。個人以近40年的核能從業經驗，深信福清#4 很快地可以Fuel Loading且核能安全是可確保。
5. 最後以台灣電力公司的立場，基於同文、同種、同文化而無語言隔閡下，一共有六位參與這次PSUR，相信在AFI外還有很多很多的實質交流，盼此實質交流在未來能有機會再實踐！

肆、心得與建議

- 一. 福清核電站屬中國核能電力股份有限公司，中國核工業集團公司(簡稱中核集團)為其控股股東，該核電站 1713 人，平均年齡 29 歲。另協力廠商約 650 人，其中屬中核集團有中核檢修有限公司、中核深圳凱利集團有限公司(簡稱凱利公司)、中國輻射防護研究院、河北中核石輻科技有限責任公司...等約佔 63%，中國大陸核電業雖屬國家企業，但在廠網分工、主輔分業的原則下:
 - (一). 福清核電站並無基載發電的優勢，所以在假日尤其是長假期間，工作人員神經緊繃，因為考量用電需求及其他水火力也要供電，獨立的調度配售中心會要求核電廠降載。
 - (二). 協力廠商雖同屬一家控股公司中核集團，但績效自理盈虧自負，所以承包維修或輻防包廠商除了面對集團內各子公司的競爭壓力也要接受集團外包商的挑戰，因此顯示出其戰戰兢兢的工作態度。
 - (三). 從上所見，中國大陸企業為了去除員工吃大鍋飯心態，而喪失對外競爭力，其親兄弟明算帳，績效掛帥的實踐確實令人印象深刻。

- 二. 福清核電站目前3部機運轉，4號機預計年底前商轉，另技術自主在建的華龍一、二號機。一號機預計2020年商轉，現場工程巨大繁忙而井然有序，該廠自2014年起，每年一部機起動，每年有機組大修。藉由觀察士氣高昂的作業及達到高標的廠務管理（House Keeping），另則吸取#1--3 機之硬體、軟體經驗。深信福清#4 機組可以如期如質 Fuel Loading 且核能安全是可確保。
- 三. 目前核能界的同業評估頻次增加，包括電廠由6年改4年一次、增加總公司評估 (CPR, Corporate Peer Review)及中國大陸新建機組年增，各中心對參與評估人員需求也增加，建議公司積極參與以善盡會員義務，並擴大員工視野，積極鼓勵員工參加同業評估標準訓練及實境演練，尤其是語言能力的提升。
- 四. 本人在總結會議最後以台灣電力公司的立場，基於同文、同種、同文化而無語言隔閡下，一共有六位參與這次 PSUR，相信在 AFI 外還有很多很多的實質交流，盼此實質交流在未來能有機會再實踐！