

出國報告 (出國類別：工作)

阿拉伯聯合大公國巴拉卡核能電廠 大修管路銲道超音波檢測工作

服務機關：台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：李紹喜-核能工程監、
陳俊宇-核能工程監、
史亞晟-檢驗員

派赴國家：阿拉伯聯合大公國

出國期間：自民國 114 年 6 月 30 日至 114 年 8 月 3 日

報告日期：民國 114 年 9 月 1 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：阿拉伯聯合大公國巴拉卡核能電廠大修管路銲道
超音波檢測工作。

頁數 6 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話
台灣電力公司//蔡晏筑 02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話
李紹喜/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(08)8893470 分機 3650
陳俊宇/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(02)26383501 分機 3673
史亞晟/台灣電力公司/核能發電處/檢驗員/(02)24985990 分機 2479

出國類別：☐1 考察 ☐2 進修 ☐3 研究 ☐4 實習 ☒5 工作

出國期間：自 114 年 6 月 30 日至 114 年 8 月 3 日

出國地區：阿拉伯聯合大公國巴拉卡核能電廠

報告日期：114 年 9 月 1 日

分類號/目關鍵詞：核能電廠大修管路銲道超音波檢測

內容摘要：(二百至三百字)

因應 INETEC 公司依合作意向書所提之技術服務請求，由本公司支援其於阿拉伯聯合大公國巴拉卡核能電廠 #4 機第一次大修期間之管路銲道檢測工作。依據 ASME(美國機械工程師協會)營運期間檢測 (ISI) 相關規範之要求與業界慣行，執行超音波檢測之人員須通過 EPRI(電力科學研究院) PDI(Performance Demonstration Initiative,性能演示計畫)能力驗證並取得合格證照，方得進行一、二級管路銲道之檢測。本公司已依資格選派 3 名人員，於民國 114 年 6 月 30 日至 8 月 3 日赴當地執行任務。此次檢測範圍合計 463 項，其中 181 項為由具 EPRI PDI 資格人員執行之超音波檢測；其餘目視、磁粒與液滲檢測則由 INETEC 公司具專業證照之技術人員辦理。

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

目錄

一、 目的與過程	1
二、 工作前準備	1
三、 進廠前準備	2
四、 大修檢測.....	3
五、 心得與建議	5

一、目的與過程

核能部門為因應能源政策積極對外尋求服務的機會，於 106 年 10 月 11 日與 INETEC 公司簽署合作意向書。本次 INETEC 公司函請本公司派員支援該公司承攬巴拉卡核能電廠 4 號機第一次大修期間管路銲道超音波檢測工作。本公司多年來均選派核能電廠超音波檢測人員前往參加能力驗證資格考試，迄今有多人取得超音波 PDI (PERFORMANCE DEMONSTRATION INITIATIVE) 檢測能力驗證資格。本次經簽辦請示主管核准後與 INETEC 辦理簽約，選派具備超音波 PDI 檢測能力驗證資格 3 人參與本次工作。

核能電廠營運期間檢測法規須遵循美國機械工程師協會 (ASME) 鍋爐和壓力容器規範第十一部要求。其中 ASME Code 2019 Section XI Appendix VIII 超音波檢測能力驗證規定要求，針對管路銲道、壓力容器和螺栓使用超音波檢測，檢測人員皆須通過相關之能力驗證資格考試。本次工作人員資格要求須持有管路銲道 Supplement 2 – Qualification Requirements For Wrought Austenitic Piping Welds 和 Supplement 3 – Qualification Requirements For Ferritic Piping Welds 相關證照。超音波能力驗證資格驗證可分為傳統式超音波(Conventional Ultrasonic testing)和相位陣列式超音波(Phased Array Ultrasonic Testing)。現場依照 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)精神和現場輻射劑量高低，採取合理措施來減少從業人員的輻射暴露。因此在高劑量區域位置，使用相位陣列式超音波(Phased Array Ultrasonic Testing)檢測來取代傳統式超音波可大幅縮短檢測時間，有效減少輻射暴露。

二、工作前準備

此次為今年度第 1 次支援 INETEC 公司，承攬巴拉卡核能電廠第 4 部機組之第 1 次停機大修管路銲道超音波檢測工作，由於超音波檢測技術，可使用傳統超音波或相位陣列超音波檢測技術，因此更新 3 人之專業證照和工作經驗部份給核電廠審核。

(一) 專業證照

依本次合約提供 3 位支援人員執行工作項目 PDI 證照，包括個人傳統式超音波(Conventional Ultrasonic testing)和相位陣列式超音波(Phased Array Ultrasonic Testing)。

(二) 工作經驗

依本次合約提供 3 位支援人員，核能電廠工作相關工作經驗須滿足相關法規要求，並更新到最新日期。

三、進廠前準備

(一) 台北至杜拜

李君與史君依原定出國排程於 114 年 6 月 30 日，從台灣飛往阿拉伯聯合大公國，搭乘阿聯酋航空直飛杜拜。晚間 23:40 從桃園機場起飛，飛行約 9 小時 30 分鐘飛行，並於 114 年 7 月 1 日當地時間早上 5 點 20 分抵達杜拜國際機場；陳君亦依預定出國排程於 114 年 7 月 3 日，從台灣飛往阿拉伯聯合大公國搭乘 INETEC 公司安排之阿聯酋航空直飛杜拜。晚間 23:40 從桃園機場起飛，飛行約 9 小時 30 分鐘飛行，並於 114 年 7 月 4 日當地時間早上 5 點 20 分抵達杜拜國際機場。本次使用 INETEC 公司提前協助工作人員申請的工作簽證，進海關採用自動辨別系統，快速便捷。

到達機場出關後，隨即搭上專車由杜拜機場直接上 E11 高速公路至電廠，路程約 395 公里需時約 4 小時。

(二) 進廠尿檢&酒精測試：

約中午時分抵達電廠換進廠證，因該電廠地屬偏僻，方圓 60 公里均無人居住，故食宿均在廠區內。本次先在宿舍區完成網路線上進廠前訓練，包括輻防、資安、門禁、高架作業、異物入侵、密閉空間作業等工安要求、緊急計畫等線上課程與線上考試，通過後登入完訓紀錄證明；並由 INETEC 公司安排赴指定地點執行尿檢和酒精測試。待測試結果出來符合要求後，可領到另一張管制區工作人員通行證。

(三) 輻射區工作人員進廠前訓練-網路線上與實體課程:

完成網路線上進廠前訓練，仍需配合電廠安排指定地點及訓練時間，參加實體課程教育訓練，完成訓練有效期限為一年，本次參加 3 項實體課程(非線上課程)。
課程 1: English Pre-Screening(英文能力預評核) 評核到達巴拉卡核電廠支援人員英語閱讀能力，未通過者無法進廠支援大修工作；課程 2:Continued Behavior Observation Program (持續行為觀察，CBOP)，課程中宣達巴拉卡核電廠實踐與落實十項核安文化的課程，讓核安文化落實在工作行為當中；課程 3: Working at Height(高空作業)，

課程前有筆試確認是否熟悉高架預防作為與落實防墜保護作為，若不通過會再次排時間補考，如仍未通過者無法進廠支援大修工作。實體課程內容中均要與學員一同分組，扮演和討論工作中遇到問題，適當解決遭遇困難和回復講師的問題後才能通過課程考核。

(四) 巴拉卡核能電廠輻射區工作人員進廠前-全身計測:

完成尿檢和酒精測試屬零檢出合格出爐，才能順利領到管制區工作人員通行證，完成執行全身計測才能領取輻射劑量佩章。完成上述進廠前作業，才能進管制區工作區執行工作前準備；工作前完成配戴個人防護器具、缺氧量測器、輻射警報器與輻射劑量佩章，並完成電腦管制登入，方可進入緊要區執行大修期間管路銲道超音波檢測工作。

四、大修檢測

(一) 檢測項目

1. 本次作業為 巴拉卡核能電廠 4 號機第一次大修，管路銲道超音波檢測範圍合計 181 個檢測項目。依據 ASME(美國機械工程師協會) 與 EPRI(美國電力研究院) 驗證程序，所有超音波檢測須由通過 PDI(性能演示計畫)資格驗證之人員執行；其餘如目視、磁粒粉及液滲檢測，則由 INETEC 公司具備專業證照之人員負責。
2. 本次檢測所使用儀器與器材包括：
 - 符合 PDI 認證之超音波檢測儀器；
 - 各類尺寸之圓形及方形探頭、不同角度楔塊（45°、60°、70°）、零度探頭；
 - 探頭纜線、耦合劑、IIW TYPE 參考規塊及各式校準規塊。
 - 所有設備均具備年度校正證明，符合可追溯性（traceability）要求。

(二) 現場超音波檢測

1. Work Page(工作清單):
同一管線鄰近位置之待檢測銲道，會統一編列於 Work Page。內容涵蓋搭架、拆除保溫、表面處理、PT(滲液滲透檢測)、UT(超聲波檢測)、保溫回裝、現場恢復、QC(品質控制)查驗及 ANII(Authorized Nuclear In-Service Inspector,授權核能檢查員)見證等所需人力與工時，並附有 PSI 檢測報告與 ISO 圖等基本資料。領班接獲工單後召集檢測人員，提供上述資料，並於工前會議（Pre-job meeting）進行風險確認與分工，檢測人員完成簽到。
2. 檢測前作業:
檢測人員依待測銲道之材質、外徑及厚度，依據程序書選擇合適的探頭尺寸、頻率與校準規塊，進行儀器校準。完成後由高檢師查核，確認校準紀錄表內容正確，包括超音波儀器序號、探頭序號、頻率、增益等參數。

3. 檢測作業流程

- 出發前，領班確認人員配戴防護具及攜帶檢測文件；依廠方要求，需配備含氧機。
- 抵達主管制站，依程序完成佩章及 ADR（Alarm Dose Rate monitor）登記，輸入 RWP（輻射工作許可）編號後進入管制區。
- 進入圍阻體污染區時，需穿著電廠提供之白色不織布防護衣及一次性橡膠手套、鞋套。
- 抵達現場後，檢測人員確認銲道編號與位置，領班則於低輻射區待命，並於檢測完成後隨同人員離開。
- 檢測過程中，QC 人員會不定期查核，ANII 則依計畫進行見證。

(三) 電廠管理措施

1. 廠內接駁專車: 廠方於保護區內提供專車接駁。因需經過兩次安檢，每次往返主管制區至緊要區約需 40 分鐘，再轉乘小巴士前往承攬商工作區。此因素需納入 daily schedule，以避免影響檢測進度。
2. 輻射防護:
 - 防護衣物：廠方提供一次性白色不織布防護衣物，及薄型高韌性橡膠手套、鞋套。
 - 劑量監測：人員均配戴 ADR，並於出入管制站時登記與量測，確保符合 ALARA 原則。
 - 污染控管：進入管制區前，所有儀器均須登記並量測；離開時需再經污染檢測，確認無污染後方可攜出。因廠方未提供工具專用污染袋，檢測人員需自行準備，並於離開前接受保健物理人員協助除汙。

五、心得與建議

(一) 對外策略：

建議與 ENEC(European Norms Electrical Certification,歐洲標準電氣認證)機構建立「結盟／人才互換／程序互認」架構，先以 MoU(合作備忘錄)試點啟動；內容涵蓋：人員短期互派、檢測程序交互見證、偏離處置與資訊通報管道。

(二) 對內策略：

以 PDI 程序為核心，搭配非破壞檢測訓練之模組化課程與演練場域（含程序解讀、設備校正、缺陷體製作與成像比對），建立可複製的人力供給鏈，滿足後續內部 ISI(在役檢查)/PSI(服役前檢查)檢測需求。

(三) 材料與檢測要求判定：

就 APR-1400（Advanced Power Reactor 1400）＋內貼不鏽鋼的碳鋼高能管之情境，不宜硬性要求 BWR-IGSCC 專用證照；NEI(美國核能協會)03-08 將指引分為 Mandatory（必須）/Needed（需要）/Good Practice（良好實務），其中 Needed 屬可替代等級，惟偏離須依程序完成文件化評估與核可，並在特定情境下進行對外通報／通知。