

# 美國核管會專家協助龍門電廠 1 號機試運轉測試視察報告

行政院原子能委員會 核能管制處

日期：101 年 12 月

# 目 錄

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 壹、前言 .....                   | 1  |
| 貳、視察經過 .....                 | 2  |
| 參、視察發現與討論.....               | 3  |
| 肆、結論與後續工作.....               | 4  |
| 伍、參考資料 .....                 | 5  |
| 附件                           |    |
| 現場視察照片 .....                 | 6  |
| 附件一 行程表與視察及討論項目 .....        | 9  |
| 附件二 NRC 專家所提技術問題及台電公司答覆..... | 10 |

## 壹、前言

依據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」第二條規定，核子反應器設施經營者應於初次裝填核子燃料前，提送終期安全分析報告、興建期間之檢查改善結果報告、系統功能試驗報告、運轉程序書清單、燃料裝填計畫及起動測試計畫等，並經原子能委員會（以下簡稱本會）審查同意，始得進行初次裝填核子燃料。

以上所述之「系統功能試驗報告」即為電廠各系統試運轉測試之結果報告，對於裝填燃料後機組是否能安全穩定運轉，至關重要。本會為確保龍門電廠在燃料裝填前確實、有效且安全地進行各項系統試運轉測試，於 98 年 3 月擬定「龍門電廠試運轉測試視察方案」，從測試程序書審閱、試運轉測試現場視察到測試結果報告審查，對各重要安全相關系統排定適當專長之視察員小組進行審查及視察。此外，本會也持續邀請國際核能管制機構專家協助本會進行視察，借重國外專家核能管制專業，以獨立、客觀的角度，整體觀察龍門電廠在試運轉測試之完整性與有效性。

目前本會與全世界核能機組最多且管制經驗最豐富的美國核管會（NRC）訂有核能合作協議，其中 AE-NR-JJ1 項目為龍門電廠試運轉及起動測試聯合視察協議。該協議之目的為在龍門電廠初始測試期間，藉由美方專家現場實際參與本會之龍門電廠管制視察作業及資訊交流，雙方分享管制經驗，除強化本會管制視察作業之完整性，亦有助於美方未來興建核電廠之管制。

101 年 8 月 17 至 22 日美國核管會新建電廠署（Office of New Reactors, NRO）機械工程專家 Yuken Wong 依據 AE-NR-JJ1 合作協議，至龍門電廠協助本會視察員視察 1 號機飼水系統馬達飼水泵（Motor Driven Reactor Feedwater Pump, MDRFP）運轉時之管路振動測試及機械類小型大修項目，並視察 2 號機汽機廠房設備吊架與緩衝器設計與

安裝。視察後與台電公司及本會分別開會討論視察心得及經驗交流，對於振動及動態效應測試提出相關技術問題，並對工安提出改善意見，對於本會之試運轉測試視察及龍門電廠之測試作業，均有相當助益。

## 貳、視察經過

核管會專家 Yuken Wong 之專長為機械結構力學，負責核管會新建電廠署之機械結構振動、膨脹與動態相關視察程序書及導則之制訂。由於龍門電廠正進行各項系統試運轉測試，其中機械類設備運轉時之管路膨脹、振動及動態影響測試，是系統試運轉測試的重要項目，影響系統運轉之穩定與安全，該類測試編有專用測試程序書執行（參見伍、參考資料(五)）。因龍門電廠是目前全球少數興建中且正進行此項試運轉測試之核能電廠，Yuken Wong 十分關注，並開列多項有興趣之系統，表示這些系統若進行管路膨脹、振動及動態影響測試，請本會協助安排以便前來現場觀察。最後依照工程進度排定於 101 年 8 月 17 至 22 日至龍門電廠觀察 1 號機飼水系統 (N22) 馬達飼水泵 (MDRFP) 之管路振動及動態影響測試。行程表與視察討論項目參見附件一。

第 1 天 (17 日) 於龍門電廠由台電公司向 Yuken Wong 進行共兩份簡報，並進行充分討論。簡報依序為：

1. 龍門電廠概況及 1 號機測試現況；
2. 燃料裝填前管路膨脹、振動及動態效應測試。

Yuken Wong 對於測試及支撐設計相關問題有所提問及討論，也簡要討論想看的測試及相關行程。隨後與本會視察員及電廠人員赴 1 號機汽機廠房 EL. 2500 MDRFP 房間查證電廠人員執行程序書 POTP-145.02 之 N22 系統管路之振動測試。

MDRFP 於早上 11:38 起動，將運轉 4 小時至 15:38，測試人員先

觀察起動後的管路振動測量。Yuken Wong 對現場測量選點及儀器裝置與測試人員有所討論。經抽查 N22 系統管路 06888-1N22LSA5020 之泵啟動管路振動值（最大值），發現軸向為 12.1mm/sec，徑向及垂直向則分別為 7.6mm/sec 及 2.6mm/sec，皆符合程序書所規範之接受標準 12.7mm/sec，振動量測儀器皆在校正有效範圍內，所採用之 Peak-Hold 儀器量測方式，亦符合 ASME OM-S/G-2007 Part 3 之 5.1.2.2 所述之 alternative 方式。下午再至現場觀察停機前後的管路振動測量，均符合規定。

20 日本會視察員及電廠人員與 Yuken Wong 至龍門電廠反應器廠房 7 樓觀察燃料臺車及反應爐，Yuken Wong 針對反應爐乾燥器與汽水分離器振動測試提出多項問題，與電廠人員討論。隨後至下乾井觀察設備，包含爐內泵（RIP）、微調控制棒驅動系統（FMCRD），然後至上乾井觀察主蒸汽隔離閥（MSIV）、安全釋壓閥（SRV）及飼水管路支架。下午觀察進行小型大修的餘熱移除系統 RHR-B 泵（更換 O-Ring 中）、1 號機反應器廠房 EL -8200 設備（包含 RCIC、HPCF、CRD HCU 等）。

21 日上午本會視察員及電廠人員陪同 Yuken Wong 至 2 號機汽機廠房觀察廠房設備吊架與緩衝器設計與安裝，下午與電廠人員進行工作會議，討論此次協助視察之心得與建議。22 日則至本會就管路振動測試、管制作業等與本會視察員進行交流。

### 參、視察發現與討論

由於 NRC 專家 Yuken Wong 到廠參觀時要求提供安全眼鏡護具，歷來 NRC 協同視察人員也有相同意見。電廠維護副廠長在會議中表示 WANO Peer Review 也有這項意見，但台電公司並無配戴安全眼鏡之習慣。副廠長表示先前已有決議但未確實執行，將開始在電廠推動

作業時配戴安全眼鏡，並擴及包商及外賓。

Yuken Wong 在電廠三天的視察期間，本於其專業對於飼水系統管路膨脹、振動及動態影響測試之觀察所見，除現場與電廠人員直接討論外，另提出 5 個待澄清問題，於回美國後以電子郵件寄至本會，由本會轉知電廠答覆。電廠於 9 月提供書面回答，再由本會轉寄給 Yuken Wong。相關問題及答覆，請參見附件二。

#### 肆、結論與後續工作

101 年 8 月 17 至 22 日美國核管會專家 Yuken Wong 至龍門工地，協助本會視察 1 號機飼水系統馬達飼水泵（MDRFP）運轉時之管路振動測試及機械類小型大修項目，並視察 2 號機汽機廠房設備吊架與緩衝器設計與安裝。視察後與台電公司及本會分別開會討論觀察心得，對於振動及動態效應測試提出相關技術問題，並對工安提出改善意見，增進本會對興建中核能電廠測試之視察技術。

本會一貫秉持「安全第一、品質至上」之目標，嚴格執行龍門電廠建廠期間測試安全及品質管制監督作業。邀請美國核管會專家執行試運轉測試聯合視察，即在於借重國外專家的專業及經驗，更為全面深入地檢驗，以確認燃料裝填前的系統試運轉測試作業有效完備，符合所有接受標準。在後續進行的試運轉測試，本會仍將持續邀請適當專業的國外核能管制專家，協助本會進行測試視察，以提升龍門電廠之測試品質與未來運轉安全。

## 伍、參考資料

- (一) 本會核管處 NRD-PCD-022 「龍門電廠試運轉測試視察工作手冊」
- (二) 本會核管處 NRD-IP-702 「核能電廠試運轉測試計畫視察程序書」
- (三) 本會核管處 NRD-IP-703 「核能電廠實施試運轉計畫視察程序書」
- (四) 本會核管處 NRD-IP-705 「核能電廠試運轉測試視察程序書(程序書審查/現場查證/結果評估)」
- (五) 龍門電廠試運轉測試程序書 POTP-145.01 「管路系統之膨脹、振動及動態影響測試(NI)」、POTP-145.02 「管路系統之膨脹、振動及動態影響測試(BOP)」。



在汽機廠房 MDRFP 房間前舉行測試前工具箱會議



NRC 專家與電廠測試人員討論測量儀器



NRC 專家與電廠測試人員討論管路支撐系統



本會視察員與電廠測試人員就程序書討論測量數據接受標準



管路振動測量偵測器安裝情形

## 行程表與視察及討論項目

| Aug 17, 2012 (Fri) |  |   |
|--------------------|--|---|
| 時間                 | 活動名稱   | 說明/地點                                     |
| 09:15              | Courtesy Visit Lungmen Plant General Manager Wang  | 廠長室                                       |
| 09:30              | English Presentation<br>1. Briefing on Lungmen Plant status & testing<br>2. Expansion, Vibrations and Dynamic Effects Test (Before Fuel Loading) | 行政大樓 213 會議室，由許主任主持。                      |
| 11:00              | Plant Tour   |   |
| 12:00              | Lunch Break  | 模中原能會駐廠辦公室，另安排模中 2 樓講師休息室作為 Mr. Wong 休息室。 |
| 14:00              | Observe on the vibration measurement of pipes of Feedwater System(POTP-145.02) *   | TB- EL. 2500 東南角 MDRFP                    |
| 16:15              | Depart for Taipei City   |   |

\*NRC 不得於現場拍照，僅得由陪同之 AEC 人員負責。照片攜出需經龍門電廠篩選同意。

8 月 20 及 21 日彈性安排觀察機械類小型大修及 2 號機汽機廠房設備吊架與緩衝器設計與安裝，最後與本會視察員及電廠管理階層分別舉行會議，討論視察發現及經驗交流。此部分以口頭溝通安排，沒有書面行程。

NRC 專家所提技術問題及台電公司答覆

| NRC COMMENTS |  | TPC RESPONSE  |
|--------------|--|---|
| 1            | Calculation for the 12.7 mm/s acceptance criteria for the turbine feedwater piping                             | <b>The 12.7mm/s is the criteria limit for piping system vibration visual test specified in the GE Spec. 31113-0A93-2004, “<i>Inside and Outside Containment Piping Systems (Nuclear island), Preoperational and Startup Testing, Test Specification.</i>” -- Simple velocity type devices shall be used where the allowable vibration velocity for both Steady State and Transient-State shall be <math>\leq 0.5\text{in/sec}</math> (12.7mm/s) Screening Vibration Velocity Value. Piping systems with peak velocities less than 0.50ips (12.7mm/s) are considered to be acceptable and require no further analysis.</b> |
| 2            | What is the vibration monitoring group for the turbine feedwater piping per ASME OM Part 3?                    | <b>According to FSAR 14.2.12.1.48 “<i>Expansion, Vibration and Dynamic Effects Test,</i>” it will be performed by use of the simple visual method. The vibration monitoring group 3 is considered to be applied for the turbine feedwater piping per ASME OM Part 3.</b>  |
| 3            | The recorded values of the turbine feedwater piping vibration (including the value before pump start)          | <b>Please find the attached data sheet.</b>   |
| 4            | What is the steam dryer inspection method (e.g., ASME Section XI VT1, VT3) after the first cycle of operation? | <b>The steam dryer inspection method should be VT3 per ASME Section XI table IWB-2500-1 Examination Category B-N-1.</b>   |
| 5            | Clarify whether the vibration meter is measuring average or root mean square (rms) values.                     | <b>The vibration meter is measuring root mean square (rms) values.</b>  |