

出國報告（出國類別：開會）

執行核二廠用過核子燃料乾式貯存 設施採購契約之品質稽查

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：葉久萱核工師

派赴國家：美國

出國期間：101年12月10日至

101年12月16日

報告日期：102年2月5日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：執行核二廠用過核子燃料乾式貯存設施採購契約之品質稽查

頁數 8 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

葉久萱/台灣電力公司/核後端處/核工師/23657210-2281

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：101 年 12 月 10 日至 101 年 12 月 16 日 出國地區：美國

報告日期：102 年 2 月 5 日

分類號/目

關鍵詞：品保稽查、品質保證方案、設計管制

內容摘要：(二百至三百字)

本次稽查係執行「核二廠用過核燃料乾式貯存設施興建計畫」契約所規定之品保稽查工作。由本處人員(稽查時間 101.12.12~12.13)赴得標廠商 NAC 公司執行品保稽查，以確保本計畫能如期完成並維持採購契約品質且廠商能依據採購契約之品質要求執行影響品質之相關工作。本次稽查結果顯示 NAC 公司確能依據其品保手冊執行相關作業。

本次稽查結束後順道至 McGuire 核電廠了解其乾式貯存之現況，並討論乾式貯存設施運轉相關議題，汲取相關經驗以供未來國內推動乾式貯存設施參考。

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

摘 要

本次稽查係執行「核二廠用過核燃料乾式貯存設施興建計畫」契約所規定之品保稽查工作。由本處人員(稽查時間 101.12.12~12.13)赴得標廠商 NAC 公司執行品保稽查，以確保本計畫能如期完成並維持採購契約品質且廠商能依據採購契約之品質要求執行影響品質之相關工作。本次稽查結果顯示 NAC 公司確能依據其品保手冊執行相關作業。

本次稽查結束後順道至 McGuire 核電廠了解其乾式貯存之現況，並討論乾式貯存設施運轉相關議題，汲取相關經驗以供未來國內推動乾式貯存設施參考。

目錄

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、心得.....	3
肆、建議事項.....	8

壹、目的

本次稽查係執行「核二廠用過核燃料乾式貯存設施興建計畫」契約所規定之品保稽查工作。由本處人員赴得標廠商 NAC 公司執行品保稽查，以確保本計畫能如期完成並維持採購契約品質且廠商能依據採購契約之品質要求執行影響品質之相關工作。本次稽查結果顯示 NAC 公司確能依據其品保手冊執行相關作業。

核二廠用過核子燃料乾式貯存設施係採用美國 NAC 公司 MAGNASTOR 之設計，而美國 DUKE 電力公司所屬之 McGuire 核電廠乾式貯存設施也是採用美國 NAC 公司 MAGNASTOR 之設計，McGuire 核電廠乾式貯存設施預計於 2013 年中開始將用過核子燃料移至乾式貯存設施貯存，目前已完成試運轉之工作，故順道至 McGuire 核電廠乾式貯存設施觀摩，以了解乾式貯存之現況與汲取國外之經驗，並建立與電力公司之聯繫管道，以期有助於及時完成核二廠乾式貯存設施興建計畫。

貳、過程

一、至 NAC 公司進行稽查：

本次稽查係赴 NAC 公司美國亞特蘭大總部 (Atlanta Corporate Headquarters) 執行「核二廠用過核燃料乾式貯存設施興建計畫」品質稽查，係針對設計管制項目進行稽查。

所依據的文件共有下列幾項：

- (一) NAC 公司品保手冊 (Edition 2 ,Revision 7)
- (二) NAC 公司專案品保手冊及計畫 (630075-QAP-01, Rev.1)
- (三) NAC 公司設計管制品質程序書 (Quality Procedure)

在本次稽查期間接觸人員包括 NAC 公司品保經理 Roy W. Bass、資深副總 Craig K. Seaman、計畫工程師 Kenneth A. Hoedeman、系統操作經理 Gary T. Tjersland、計畫工程師 S.Alan Lin 及計畫經理 David C. Fan 等。

稽查方式係以觀察/審查各項相關作業及品質文件、紀錄方式進行。在稽查過程中，NAC 公司對相關疑點之澄清、所需之進一步佐證資料或涉及對其他部門業務之查證，相當配合且快速提供資料、說明及協助。

二、至 McGuire 電廠參訪：

McGuire 電廠內使用 NAC 公司 UMS 系統及 MAGNASTOR 系統乾式貯存設施，其中 UMS 系統共有 28 座，MAGNASTOR 系統則是有兩座已進行試運轉完成，其餘護箱均已施作完成，尚待今(102)年度進行用過核子燃料裝填。

本次至 McGuire 電廠參訪係由 Duke Energy 公司乾式貯存計畫經理 P.F. Bailey 負責接待，由 Bailey 先生為我們介紹 Duke Energy 所屬電廠及其乾式貯存設施運轉現況，並討論有關乾式貯存設施運轉相關議題。

參、心得

一、至 NAC 公司進行稽查：

NAC 公司為具有用過核燃料乾式貯存及搬運系統設計與建造實務經驗之專業廠商，同時也在用過核燃料營運管理策略及燃料循環領域有所涉獵。MAGNASTOR 系統係於 2009 年 2 月份獲得 NRC 核發之許可，且於 2010 年 7 月開始交運。每組 MAGNASTOR 系統可裝載沸水式反應器的燃料束共 87 束，目前已有超過 135 組 MAGNASTOR 系統已興建完成或預計興建，包括 Duke Energy 公司之 McGuire 與 Catawba 電廠以及 Zion Solutions 公司之 Zion 電廠。

NAC 公司於 101 年 9 月 10 日向本公司提出密封鋼筒之設計變更文件，故於本次稽查時除設計相關作業外，亦就設計變更了解 NAC 公司之內部作業程序。關於設計及設計變更相關作業之管制，NAC 公司已制訂 QP 3-1、QP 3-2、QP 3-3、QP 3-4、QP 3-5、QP 3-6、QP 3-7、QP 3-8 等品質程序書據以執行。

成套設計計算書依據 QP 3-2, Preparation and Checking of Design Calculations 程序書製作與核對。QP 3-2 中針對計算書的準備、核對、確認、修改及各項程序進行規範。

對設計之計算與分析作業則是需依據 QP 3-5, Computer Program Verification、QP 3-6, Identification and Control of Computer Program Errors 程序書辦理。QP 3-5 針對電腦程式的分類基準、驗證要求、修改及修正的文件及紀錄進行管制，QP 3-6 則是針對於 QP 3-5 中分類 1 及 2 的電腦程式發生錯誤進行紀錄。QP 3-8 為對應 10CFR72.48 乾式貯存系統設計變更程序書。

抽查核二廠 ISFSI 專案之成套設計計算書「Calculation Package : Kuosheng Source Term Generation, VCC Shielding and Site Boundary Dose Rate Analysis」，經 NAC 公司經理 Holger Pfeifer 核准，係由原設計者以外之人員審查及核准。此份計算書中所使用的程式亦遵循規定，列出 Computer Output Cover Sheet。

抽查上述計算書之其他設計文件，包括電腦設計輸出查證報告 (Computer Verification Report)、獨立審查紀錄 (Independent Design Verification Check Sheet) 等。確認使用已經核准之電腦程式 MCNP5，係屬於 Category 2，雖然之後有更更新的 MCNP5 版本，但並不影響此份設計書所使用的 MCNP5 Version 1.30，其相關文件仍保存良好。

QP 3-8 為對應 10CFR72.48 乾式貯存系統設計變更規定所設計的程序書，10CFR72 為美國核能主管機關 (NRC) 制定有關用過核子燃料乾式貯存設施執照申請之法規，其第 48 節在規範設計變更應遵循之規定。該程序書附錄 A 共計為 8 頁為執行 72.48 之作業程序，附錄 B 共計 7 頁，為一制式表單，係依據本文與附錄 A 之要求而建立，只要依表單逐項填寫，即可符合程序書之要求，完整而不會有所遺漏。NAC 公司向本公司提出之設計變更，在該公司內部業已依程序書完成評估與核定之作業。

本次稽查亦請 NAC 公司提出先前 NRC 稽查結果報告 (Docket No. 07201015, Inspection Report No. 2009201)，結果報告中顯示在 Management Controls、Design Controls、Fabrication Controls、Maintenance Controls 等方面，NAC 公司均無需要改進的事項。

二、至 McGuire 電廠參訪：

McGuire 電廠座落於北卡羅來納州，夏洛特市的西北方，位於人工湖 Lake Norman 附近。McGuire 電廠擁有兩座西屋公司所製造的壓水式反應

器，分別於 1981 年及 1984 年開始運轉，運轉功率為 1100MW。McGuire 電廠為 Duke Energy 公司興建並營運，在 2003 年時已通過 NRC 核准延長運轉年限為 60 年。

McGuire 核電廠所需之冷卻水取自 Lake Norman，Lake Norman 為人工湖，專門為了 McGuire 核電廠而興建，興建當時，附近居民人口稀少，現因人工湖而人口增加並以垂釣為休閒，居民對核電廠並無抗爭之紀錄。

Duke Energy 公司旗下除了 McGuire 電廠使用 NAC 公司所製造的乾式貯存系統外，Catawba 電廠亦使用 NAC 公司的 UMS 系統及 MAGNASTOR 系統。其中 UMS 系統有 24 座護箱，MAGNASTOR 系統亦預計於近期開始進行用過核子燃料裝填。

本次至 McGuire 電廠參訪前，已先由 NAC 公司參與 McGuire 電廠 MAGNASTOR 系統試運轉測試人員，針對試運轉的狀況作一簡單陳述，也了解到 NRC 亦參與試運轉程序並已核准。

Bailey 先生利用 Google Earth 介紹 McGuire 與 Catawba 核電廠之乾式貯存設施，並說明 911 事件後，無法提供照片。

因為 McGuire 電廠反應器廠房護箱吊車故障，原預計於 102 年初開使用過核子燃料之吊卸安裝將延至 102 年中才會開始，目前已交貨之密封鋼筒與混凝土護箱暫置於混凝土澆注場，澆注場位於保護區外，毋須辦理入廠手續，Bailey 先生安排我們至澆注場參觀。

MAGNASTOR 系統針對壓水式反應器燃料束，其最大容量為 37 束。McGuire 電廠 MAGNASTOR 系統中的密封鋼筒係由 Hitachi-Zosen 公司於日本進行製造、測試及檢驗；傳送護箱則是由 General Electric - Hitachi 公司於賓州進行製造；以上均是製造完成後才運送至 McGuire 電廠，之後才在電廠製造混凝土護箱。目前，製作好的密封鋼筒暫置於混凝土護箱內

並以雨遮保護。

McGuire 電廠於試運轉時之經驗回饋如下：

- (一) MAGNASTOR 系統於密封鋼筒封焊、抽真空乾燥、充氮氣的過程，需要封閉式冷卻水系統提供密封鋼筒外部表面之熱移除，為此在密封鋼筒與傳送護箱間隙之間的頂部與底部各設有圓形水封環，以確保冷卻水系統正常運作。
- (二) 水封環為橡膠製品，原理如腳踏車車胎，利用充氣使水封環膨脹，達到水封的目的。於第一次試運轉發現有漏水之情形，經查漏，係原設計之作業流程並未要求水封環持續一直充氣，導致不能密實而漏水，經持續一直充氣後解決此項問題。
- (三) 於第二次試運轉前之檢查，發現水封環有受力不均勻之現象，研究後，係因密封鋼筒於置入傳送護箱內並未置中，導致密封鋼筒與傳送護箱間隙不均勻，對水封環產生不同受力，經由製作中心環(center ring)，以確保密封鋼筒可以置中，而解決此項問題。
- (四) 於第二次試運轉時，發現仍有漏水之情形，經查漏，係水封環洩氣之作業流程錯誤，導致水封環受損，經修改作業流程，而解決此項問題。
- (五) 與 McGuire 核電廠同屬 Duke Energy 電力公司的 Catawba 核電廠亦採用 NAC 公司設計的 MAGNASTOR 系統，Catawba 核電廠汲取上述 McGuire 核電廠試運轉之經驗，執行了 4 次試運轉，均能達到預期水封之效果。
- (六) McGuire 核電廠於試運轉時，採取 2 班制，各 12 小時，重要的工作安排於日班執行，如有問題較容易取得支援。
- (七) McGuire 核電廠之密封鋼筒封焊作業，於護箱除污池內執行，並依

除污池之尺寸製作安全之工作架；本公司核二乾貯計畫，NAC 公司規劃於燃料廠房地板上執行封焊工作，惟考量高架作業與 ALARA 等因素，本公司堅持，如核二護箱除污池可以使用，應於護箱除污池執行封焊工作，驗證本公司之堅持是正確的。〔註：NAC 公司同意將於 102.5.6 前往核二廠進行除污池之量測與後續之評估。〕

參觀後，與 Bailey 先生討論其他有關乾式貯存設施運轉的議題，例如：用過核子燃料完整性檢驗方式、輻射監測、空浮濃度監測等，可以進一步了解到乾式貯存設施的營運方式。

Bailey 先生歡迎本公司派員至 McGuire 或 Catawba 核電廠實地觀摩用過核子燃料之正式運轉；惟考量 ALARA 原則，將安排本公司人員於會議室以視訊實習。

肆、建議事項

- 一、NAC 公司在核能工業具有超過 40 年經驗，包括設計、製造、申照、運轉等，已交運超過 300 個核燃料貯存及搬運系統，為具有用過核燃料乾式貯存及搬運系統設計與建造實務經驗之專業廠商。
- 二、本次稽查結果顯示 NAC 公司可以有效依據其品保手冊執行核二廠 ISFSI 專案影響品質的相關作業，確保符合合約之品質要求。
- 三、用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫之推動係為提供充足的用過核子燃料貯存容量，使核電廠得以持續運轉發電，故確保承商公司如期如質依本案採購契約執行至為重要，建議持續進行國內外廠商品質稽查。
- 四、乾式貯存設施於國外已有多年運轉經驗，惟我國目前尚未有設施開始運轉，在不久的將來，核一廠乾式貯存設施將開始運轉。為使乾式貯存設施運轉更加安全及完善，台電公司應積極與其他具有乾式貯存設施的電廠聯繫，以便於在各項議題上進行經驗交流。如此一來，相信不論是主管機關或是一般民眾都能對乾式貯存更加有信心。