

核四廠備用硼液控制系統設備製造 品質證明文件查證報告

行政院原子能委員會
核能管制處

中華民國九十二年八月

核四廠備用硼液控制系統設備製造品質證明文件查證報告

壹、前言

依據核子反應器設施品質保證準則第十一條『採購材料 設備及服務之管制』規定，核能電廠所購置之設備或材料，製造合約商或分包商必須提出這些設備或材料符合採購要求的書面證明，書面證明應能充分確認所採購之材料及設備均符合適用之法規、標準及規範等要求，包括相關標準及法規規範等，此即所謂之『品質證明文件』，或簡稱為『品質文件』。品質文件除可提供設備材料製程中依據法規規範所執行之種種檢驗、測試等之明證外，在設備使用期間，並將提供易於追溯原始製造品質之作用。故根據前述之準則要求，這些書面品質文件必須在材料或設備安裝前或使用前送存核能電廠並妥善保存，以目前核四廠實務上之作法，材料設備交貨時，合約商或分包商即將隨貨提出品質證明文件，送交台電公司審查及接收。

自九十一年起，核四廠建廠各項作業陸續展開，所採購之設備亦大量交貨，其中亦包括相當數量之安全相關設備，有鑑於此類設備其品質與功能在安全上的重要性，為確認這些到貨安全相關設備之製造品質能符合法規或相關規範等之要求，本次視察即選定核四廠備用硼液系統作為此次品質文件抽查之標的，本報告係針對此次視察經過及結果提出簡要說明，以做為未來管制作業之參考。

貳、備用硼液系統概述

備用硼液控制系統(Standby Liquid Control System, SLC)為反應爐反應度的

後備控制設備，當正常使用的反應度控制設備失效時，可利用本系統將硼液注入反應爐內，使反應爐安全停機，維持冷爐次臨界狀態。SLC 系統具有兩組在電氣與機械上完全獨立分離之全流量迴路，該迴路透過高壓爐心灌水系統(High Pressure Core Flooder, HPCF) 之 B 迴路將硼液注入 RPV。SLC 系統主要由硼液儲存槽 (Storage Tank)、試驗槽 (Test Tank)、二台 100% 排量式泵 (Positive Displacement Pump)、二具馬達操作注入閥 (Motor Operater Valve) 及兩條獨立 100% 注硼液管路及閥門等組成(附圖一)。SLC 系統使用液態之五硼酸鈉溶液作為中子吸收劑，當反應爐無法停機或發生預期暫態未急停 (ATWS) 事故後，無法將反應爐功率降至 6% 以下時，SLC 系統可獨立注入硼液至反應爐，減緩核反應之速度以降低反應爐功率，進而達到安全停機之目的。

參、視察重點

SLC 系統由核島區主承包商奇異公司負責承包，系統中各設備組件例如：硼液儲存槽、測試槽、注入泵 (Injection Pump)、閥門及管路等，再分別由奇異公司之分包商製造廠家製造提供，依據核四廠初期安全分析報告，SLC 系統之相關設備及組件之安全等級、品質分類、品保等級及耐震等級等如附件一。整體而言，SLC 系統相關設備均屬於耐震一級設備，至於安全等級上除了測試槽、硼液儲存槽中之加熱器 (Heater) 及其相關溫度開關為非屬安全設備外，其餘均屬於安全級 (Class 1 或 Class 2) 之設備。本次視察乃依據組件之重要性，針對下列事項查證其相關之品質證明文件：

- (1) 設備之相關品質證明文件是否齊全，包括母材材料測試證明(CMTR)、產

品品質證明(PQC)、鐳補材料材質證明。

(2) 設備組件使用材料之材質分析及機械測試結果是否符合原設計相關規範要求，包括母材及鐳材。

本次視察在有限時間下，依據組件重要性共計抽查硼液儲存槽、測試槽、注入泵及四個閥門（2 個注入閥門及 2 個儲存槽出口閥門）等設備。該等設備之製造廠家及其相關資料分別詳述如下：

(一) 硼液儲存槽：

一號機硼液儲存槽編號為 1C41-TNK-001，二號機編號為 2C41-TNK-001，由 Joseph Oat 公司負責製造，屬安全等級二級及耐震一級之儲存槽；儲存槽之電熱器及相關溫度開關，則屬非安全等級之設備。

(二) 測試槽：

一號機測試槽編號為 1C41-TNK-002，二號機編號為 2C41-TNK-002，由中鼎工程公司負責製造，屬非安全等級之設備。

(三) 注入泵：

SLC 注入泵本次視察僅抽查一號機部份，其編號分別為 1C41-P-001A 及 1C41-P-001B 等二具，係由 David Brown Union 公司製造，屬於安全等級二級及耐震一級之設備。

(四) 閥門：

本次抽查一號機之注入閥門（Injection Valve）及儲存槽出口閥門（Discharge Valve），其編號為 1C41-MBV-005A、1C41-MBV-005B 及

1C41-MBV-001A、1C41-MBV-001B 等共四具。注入閥門由 Flowserve 公司製造，屬於安全等級一級及耐震一級之設備；另出口閥門係由 Velan 公司製造，屬於安全等級二級及耐震一級之設備。

肆、視察結果

(一) 硼液儲存槽部份：

1. 1C41-TNK-001 品質文件第 101 頁，鐸道編號 100 之 RT 檢驗紀錄，所有檢測底片之判讀結果均未勾選，請澄清（附件二）。
2. 1C41-TNK-001 執行 RT 檢驗之鐸道計有 13 條鐸道（包括 WN100、101、102、103、104、105、121、220、221、222、223、224、225），但 2C41-TNK-001 則僅執行 8 條鐸道（僅包括 WN101、121、220、221、222、223、224、225），二者之差異應加以澄清，部分鐸道依 ASME 規範要求應執行 RT 檢驗，但 2C41-TNK-001 品質文件中並未有文件記錄。
3. 依 ASME 規範要求包括 Bottom Joints 及 Bottom-to-Sidewall Joints 均需執行 Vacuum Box Test，但紀錄中顯示 Bottom Joint 並未執行。且該份紀錄未經 ANI 簽署，請澄清檢測人員資格是否可由 QC Inspector 取代，而不需要 ANI 簽署（附件三）。
4. 依 ASME，Nozzle-to-Sidewall Joints 及 Bottom Joints 均需執行 MT 或 PT，但 1C41-TNK-001 品質文件中並未附執行該項檢測之紀錄。

5. 2C41-TNK-001 以一紙紀錄涵蓋所有銲道執行 PT 之紀錄，其作法不妥，應提出個別銲道之檢測結果紀錄（附件四）。
6. 1C41-TNK-001 之水壓試驗（Standing Water Test）報告未經 ANI 簽署，但在 2C41-TNK-001 之水壓試驗報告，則 ANI 有簽署，宜澄清（附件五）。

（二）試驗槽部份：

1. 材質主要為 SA240-304L，經查其材質證明之化學成份、機械性能測試結果等均符合要求。
2. 銲材材質證明之化學成份經查證符合要求。
3. 圖面之 Design Data 顯示 Shell 部分之銲道需執行 RT 抽測，而 Head 部分之銲道需執行 100% 之 RT 檢測，惟查閱品質文件兩者均為抽測，台電公司應提供較細部之圖面及設計依據並說明 Head 之設計型式為何，以澄清 Head 與 Shell 間之銲道應屬何種銲道。
4. 水壓測試文件內容顯示其測試條件及結果符合設計要求。

（三）SLC 注入泵部份：

1. Fluid Cylinder 材質為 SA182 F304L，經核對品質文件所附材質證明之化學成分分析結果、機械性能測試結果，均符合 ASTM 材質規範之要求。
2. Discharge Valve 及 Cylinder Cover 材質為 SA240 F304L，經核對品質文件所附材質證明之化學成分分析結果、機械性能測試結果，均符合

ASTM 材質規範要求。

3. Discharge Valve Stud 及 Cylinder Stud 材質為 SA193 GR B7，經核對材質證明之化學成分分析結果及機械性能測試結果，均符合規範要求，依紀錄並已執行 100% 目視檢查，符合 ASME 規範對 Class 2 Stud 之檢測要求。
4. SLC 泵之 Motor 屬耐震一級、Class 1E 之設備，但在整個品質文件中並未附任何有關 Motor 相關之品質證明文件，台電公司應澄清該等文件是否納入品質文件 PACKAGE 中。
5. SLC 泵設計壓力為 10.8Mpa，水壓測試依所附測試記錄係以 16.2 Mpa 執行，此符合 ASME 規範之要求。

(四) 閥門部份：

A. SLC 注入閥門部份：閥門編號 1C41-MBV-005A、1C41-MBV-005B

1. 該二閥之閥體材質為 SA351 CF3M，經核對品質文件所附材質證明之化學成分、機械性能測試及熱處理，均符合 ASTM 規範對 SA351 CF3M 材料之要求。
2. 閥體鑄件在非破壞檢測上係執行目視檢查 (VT)，此符合 ASME Sec 對 Class 1 2 吋以下鑄件之檢測要求。
3. Disk 之材質為 A747 CB7CU-1，經核對材質證明之化學成分、機械性能測試，均符合 ASTM 規範要求。
4. 由材質、等級查閱 ANSI B16.34，該閥之工作壓力 (Cold Working

Pressure) 為 3600psi , 品質文件中水壓試驗資料顯示以 5400psi 執行, 此符合 ANSI B16.34 對水壓試驗壓力要求必須達 1.5 倍工作壓力之要求, Valve Disk Closure Test 壓力以 4000psi 執行, 亦符合 ANSI B16.34 對該項測試壓力必須高過 1.1 倍工作壓力之要求。

- B. 儲存槽出口閥門部份：閥門編號 1C41-MBV-001A、1C41-MBV-001B
1. 1C41-MBV-001A 品質文件中 NPV FORM, N-CERTIFICATION HOLDER 授權代表未簽署, 但 ANI 已簽署, 此應屬疏忽遺漏。
 2. 閥體材質為 SA351 CF3M , 經核對品質文件中所附材質證明之化學成分分析、機械性能測試及熱處理, 均符合規範要求, 而在閥體鑄件執行之 NDE 檢測包括 RT 及 UT 檢測, 此符合 ASME 規範對 Class 2 4 吋以上鑄件之檢測要求。
 3. 依品質文件記錄閥體在檢測後尚有進行修補作業, 依 ASME 規範規定 WELD REPAIRS 應執行 MT 或 PT 檢測, 但在品質文件中並未附檢測之紀錄文件。
 4. Bonnet Stud 及 Bonnet Nut 依 ASME 規範 NC 章節對 Class 2 Stud 或 Nut 應執行目視檢查, 但在品質文件中未附相關文件或檢查之紀錄。
 5. 品質文件 PACKAGE 第 30(32) 頁所附之 COMMERCIAL GRADE ITEMS DEDICATED FOR SAFETY RELATED USE , 台電公司應澄清該二閥門所使用之 Actuator 是否係商用級檢証品, 如是, 應澄清其使用過程是否依相關規定辦理 (附件六) 。

6. EQ 及 SQ 報告未附於 QRP 中，是否完成並經審查應再作澄清。

7. 水壓試驗 (Hydrostatic Test Report) 報告未經 ANI 簽署，台電公司應澄清是否需要 ANI 簽署 (附件七)？

伍、視察結論與建議

(一)本次視察係以設備製造階段之品質文件為主，依據抽查 SLC 儲存槽之品質證明文件紀錄顯示，非破壞檢測文件完整性不足，須補齊及澄清說明。

(二)就 SLC 測試槽之品質文件紀錄顯示，其本體材質成份、機械性能測試、水壓試驗及鍍材材質成份等經查證均符合要求。

(三)SLC 注入泵核對品質文件紀錄顯示，在材質化學成分、機械性能、非破壞檢測及水壓測試等，均符合相關規範之要求。惟該設備之 Motor 相關之品質證明文件未附於品質文件 PACKAGE 中，為確保品質文件之完整性，台電公司應要求廠家提供 Motor 品質文件，並審查後附入 QRP 中。

(四)SLC 注入閥門核對部分所使用材料之材質、化學分析、機械性能測試、非破壞檢測及水壓測試等，均能符合法規要求。

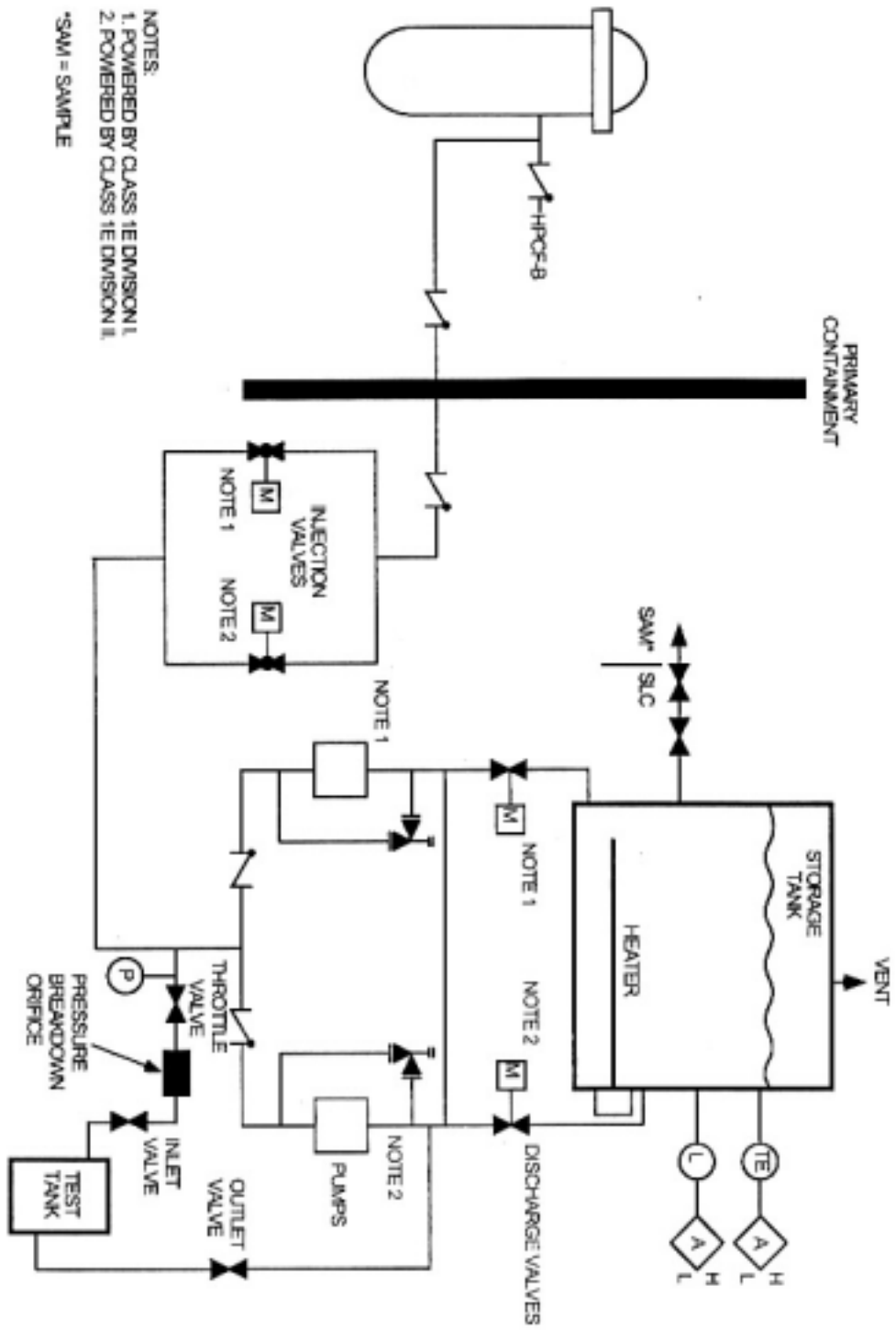
(五)核對 SLC 儲存槽出口閥門之閥體材質品質文件化學成分、機械性能及熱處理，均符合規範要求；其非破壞檢測文件完整性不足，須補齊及澄清說明。

(六)SLC 儲存槽出口閥門品質文件中有商用級檢証品之文件，台電公司應澄清是否有使用商用級檢証品及商用級檢証品適法性。

(七)綜合上述查證結果，由於 SLC 系統相關組件分散於各製造商承製，各公

司品質文件之完整性略有差異。所查證之品質證明文件顯示，雖然大部份文件尚能齊全，但仍有部份文件缺漏且與法規要求之差異有待澄清。未來台電公司應就品質文件完整性較不足之設備製造廠家，加強品質文件之控管及查核，以確保品質紀錄之完整。

(八)針對本次 SLC 系統設備製造品質證明文件查證結果，待澄清事項，以備忘錄（附件八）函請台電公司補充說明。



圖一、備用硼液系統 (SLC) 示意圖