

核四廠 HPCF 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，核能電廠所購置之安全相關設備或材料，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，書面證明中必須列出材料和設備所符合的有關要求，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製程中依據法規規範所執行之各種檢驗、測試等之明證外，在設備使用期間，並將提供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採購之設備安裝前或使用前，便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設備之製造品質能符合法規或相關規範等之要求，原能會於九十一年底起，即陸續抽查核四廠部分安全相關設備之品質文件，本（九十二）年三月十一日至十四日，配合龍門計畫第十次定期視察作業之進行，本會亦將安全相

關設備之品質文件抽查作業列為視察項目之一，本報告即針對此次視察有關高壓爐心灌水系統（HPCF）之組件，其經過及結果提出簡要說明，以做為未來管制作業之參考。

貳、高壓爐心灌水系統概述

核四廠高壓爐心灌水系統係屬於緊急爐心冷卻系統（ECCS）之一部分，在設計上，核四廠之緊急爐心冷卻系統共分為三區（第一區、第二區及第三區），彼此互相分隔，每區各包括一個高壓補水系統、自動洩壓系統及一個低壓補水系統，其中除第一區之高壓補水系統係採用以蒸汽驅動之爐心隔離冷卻系統(RCIC)外，第二區及第三區則均各配置一串馬達帶動之高壓爐心灌水系統(HPCF)作為其高壓補水系統，至於低壓補水系統部分，三區緊急爐心冷卻系統均各配置一串馬達帶動之低壓灌水系統（LPFL）。一旦反應爐發生假想之管路破口等狀況，導致爐水流失意外事故(LOCA)時，緊急爐心冷卻系統便會自動起動，其中高壓爐心灌水系統因為其系統設計之出口壓力較高，因此在反應爐壓力尚未降低之情況下，即可迅速由冷凝水儲存槽或抑壓池取水補入反應爐，隨後並配合自動洩壓裝置及低壓灌水系統補水維持爐心水位，確保爐心核燃料可以得到足夠之冷卻，避免核燃料過熱受損。

HPCF 系統共有二串功能相同獨立迴路，各隸屬於緊急爐心冷卻系統第二區及第三區，每一迴路之主要組件包括馬達帶動之高壓力水泵、管路、閥門及儀控設備等，其系統流程簡圖（以第二區為例）如

附圖一。

參、視察時間及人力

本次視察係配合龍門計劃第十次定期視察進行，於 92 年 3 月 11 日由牛科長及姜文騰技正進行查證。

肆、視察重點

核四廠 HPCF 系統係由核島區主承包商奇異公司負責提供，系統各設備組件則再依閥門、管路、泵等，由奇異公司分包由個別之設備製造廠家製造，依據核四廠初期安全分析報告，高壓爐心注水系統相關設備均屬耐震一級設備，至於安全等級部分則依設備個別之安全重要性分別歸類屬一級、二級或三級之設備。本次視察過程中，共計抽查一號機 HPCF 系統配置之二台泵、四個閥門及一個管節（抽查設備如附圖一所標示），該等設備製造廠家以及其安全等級、耐震等級相關資料分別如下：

一、一號機 HPCF 注水閥二只：

閥門編號分別為 1E22-MBV-004B、004C，由 HOPKINSONS 公司製造，閥門口徑為 8 吋，為安全等級及耐震均屬一級之閥門。

二、一號機 HPCF 至反應爐壓力容器（RPV）手動隔離閥二只：

閥門編號分別為 1E22-BV-006B、006C，由 HOPKINSONS 公司製造，閥門口徑為 8 吋，為安全等級及耐震均屬一級之閥門。

三、一號機 HPCF 泵二台：

泵編號分別為 1E22-P-0001B、0001C，為直立離心泵，進口管徑為 15 吋，出口管徑為 9 吋，由 WEIR PUMP 公司製造，該二台泵係屬於安全二級，而耐震等級則為一級之設備。

四、一號機 HPCF 管路管節：

管節編號 1E22-PSP-00017，管路直徑為 8 吋，由 B.F.SHAW 公司製造，該管節係屬於安全二級，而耐震等級為一級之管路組件。

由於此次抽查設備均屬均屬安全等級之機械設備，其所必須符合之法規要求，係以 ASME B & PV CODE SEC III NB（安全一級）、NC（安全二級）或 ND（安全三級）章節為主。

由於品質文件所包含文件種類眾多，基於時間因素，視察人員乃依據組件之重要性，針對下列之重點事項檢查相關之品質文件：

一、設備材質證明文件是否齊全，包括母材材質證明(CMTR)、產品品質證明(PQC)、鐸補材料材質證明等。

二、設備組件使用材料之材質分析及機械測試結果是否符合相關材料規範之要求，包括母材及鐸材等。

三、設備組件製造過程中及完成後是否依據 ASME 法規規定執行檢查及測試，包括目視檢查(VT)，非破壞檢測，包括滲透液檢驗(PT)、磁粉檢驗(MT)、照相檢驗(RT)，熱處理報告、功能測試報告、水壓試驗等。

四、設備組件製造過程或測試過程如發現不符合狀況時是否依規定提報 NCR，及是否進行評估及改正。

伍、視察結果

一、電動閥 1E22-MBV-004B、004C 及手動閥 1E22-BV-006 B、006C

由四只閥門之品質證明文件一一與 QRL(Quality Records List)查對，並查證各項品質文件測試報告是否符合相關法規要求，結果如下：

- (1) 閥體之材質為 SA532 LCB，經查驗各閥門閥體之材質證明，比對其材質證明 (CMTR) 化學成分分析結果及機械性質測試結果，確認均能符合 ASME SA532 LCB 材質規範要求。
- (2) 此四只閥門屬安全一級之閥門 (進口管路為 8 吋)，其閥體係以鑄造 (CASTING) 方式製造，故其閥體鑄件及鐸補 (REPAIR WELDS) 均應依 ASME B & PV CODE SEC III NB-2571 執行檢測，經查證閥體及鐸補之檢測紀錄，已包括射線檢測 (RT) 及磁粒檢測 (MT)，並經中級 (LEVEL II) 以上檢測師判定合格，相關作業符合法規之要求。
- (3) 閥體鐸補及加工過程所使用之鐸材及批號，以總表附於最後，惟並未附各批次鐸材之材質證明，應澄清是否需補入。
- (4) 有關水壓試驗於塗裝前執行一次，於塗裝後再執行一次，其測試結果符合要求，但 MBV-004B 及 004C 二只閥門其塗裝前

水壓測試壓力僅達到 3820psi，其後再測試時（判斷應為塗裝後再測試），測試壓力為 5225psi，二者差距相當大，經查法規（ANSI B16.43）對閥水壓測試要求壓力為工作壓力（Working Pressure）之 1.5 倍以上（且應為 25 psi 之倍數），依品質文件所附 DATA REPORT 中所列之該閥工作壓力為 3470psi（100 °F），水壓測試壓力應為 5225psi，故須再澄清塗裝前水壓測試是否符合程序書水壓試驗之要求，惟由於之後再測試時壓力已達水壓測試要求，故整體而言仍可符合法規要求。

- (5) 1E22-MBV-004B 閥門測試紀錄(QRP VOL 18/32 P.191 192)，顯示該閥曾有執行再測試，但文件上並未註明再測試之原因，而在最後一次測試報告之文件上亦蓋有不符編號 923 之戳記，但相關不符合文件並未附於文件內，無法得知是否與再測試有關，應加以澄清並將相關文件補入。

二、HPCF 泵 1E22-P-001B、001C

- (1) 經查閱 HPCF 泵各組件之材質證明，PUMP CASING（HEAT No.及 s/n 分別為 1758 A01、1910 A02、1910 A03 及 1964 A04）部分共有四件，在其材質證明首頁上所標示之 Material Specification/Grade 欄位為 ASME SA216 WCB 及 ASME class 2，製造方式為鑄造，但後續個別之 PUMP CASING 材質分析表單上卻列出其係 ASME class 3 材質，而查閱其後附之檢測記錄亦

是依據 class 3 鑄件要求僅執行磁粒檢測 (MT)，與 class 2 鑄件 (4 吋以上) 法規要求之 RT 或 UT 檢測不符。此項差異，經核安處駐龍門品保小組立即告知核安處，並與奇異公司聯繫要求澄清疑點，經奇異公司查證說明該組件並非泵之壓力邊界，故雖然 HPCF 泵整體係屬 ASME class 2，但 PUMP CASING 係 HPCF 泵內部組件，故係使用 class 3 材料，但奇異公司亦承認 PUMP CASING 材質證明首頁上所列之 CLASS 2 係誤植。奇異公司之說法，經要求施工處提供相關圖面討論結果，確認 HPCF 泵之設計在最外層尚有泵筒 (CANISTER，如附圖二)，而 PUMP CASING 係位於泵筒內部，因此確實非泵之壓力邊界，此外在其製造圖面亦將此組件列為與 ASME CODE 無關之組件。此案經與相關人員討論，確認奇異公司之說明可以接受，但品質文件存在之差異，台電公司仍應要求奇異公司等相關單位改正，以避免未來設備使用期間查閱品質文件時，再度造成混淆。

- (2) HPCF PUMP CASING 材質證明之化學成分分析結果及機械性質測試結果，確認均能符合 ASME SA216 WCB 材質規範要求。
- (3) 經查品質文件中，HPCF PUMP CANISTER 係 ASME CLASS 2 組件，其製程鐸道均已依規定執行 RT 檢測，
- (4) 另經查 HPCF 泵其他組件包括 Suction Guide、Inducer casing 及 Ring Section 等，亦均有材質證明首頁之 Material

Specification/Grade 與後附之各別組件材質證明不相符之情形，台電公司應要求奇異公司一併澄清

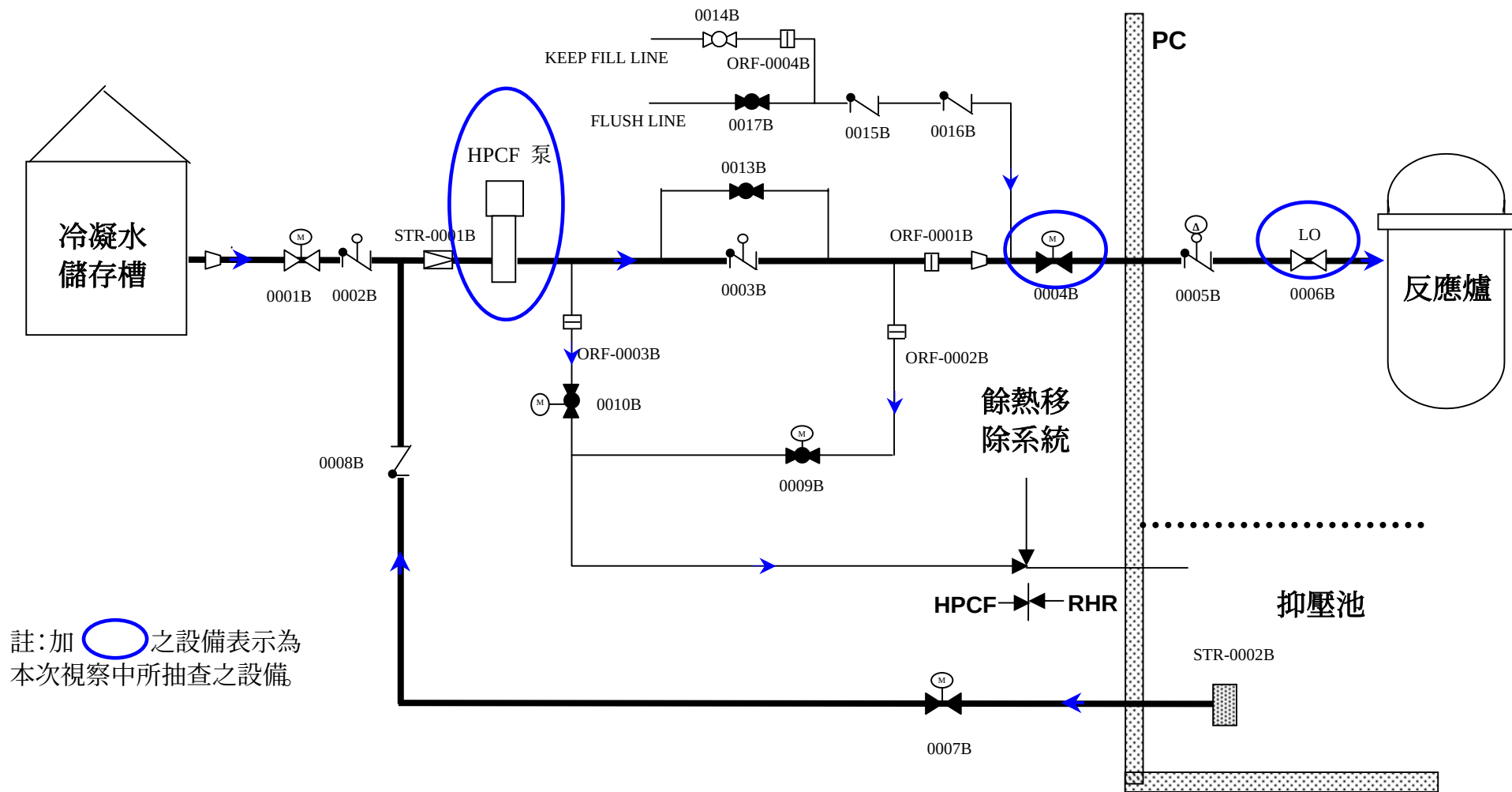
三、HPCF 管節 1E22-PSP-0017

- (1) 此管節為直徑 8”彎管，SCH 為 40，材質為 SA-312.TP316L。彎管管件依法規 ASME SEC. III NC-3642.1 規定，彎管後必須再量測管壁厚度，以證實符合規定，查證 QUALITY CONTROL BENDING REPORT，發現 BENDING 後已再執行管壁厚度量測，結果最薄處(T4A 0.258”)，能符合一般最薄要求(0.225”)。
- (2) 查證品質證明文件，於 3 月 14 日執行管節彎製時，發現有一 Picking 存在，已依規定開立 NCR(編號 409)，並依改正行動對該彎管進行評估分析，結果已證明母材不受影響，其對品質不符之處理，符合規定。

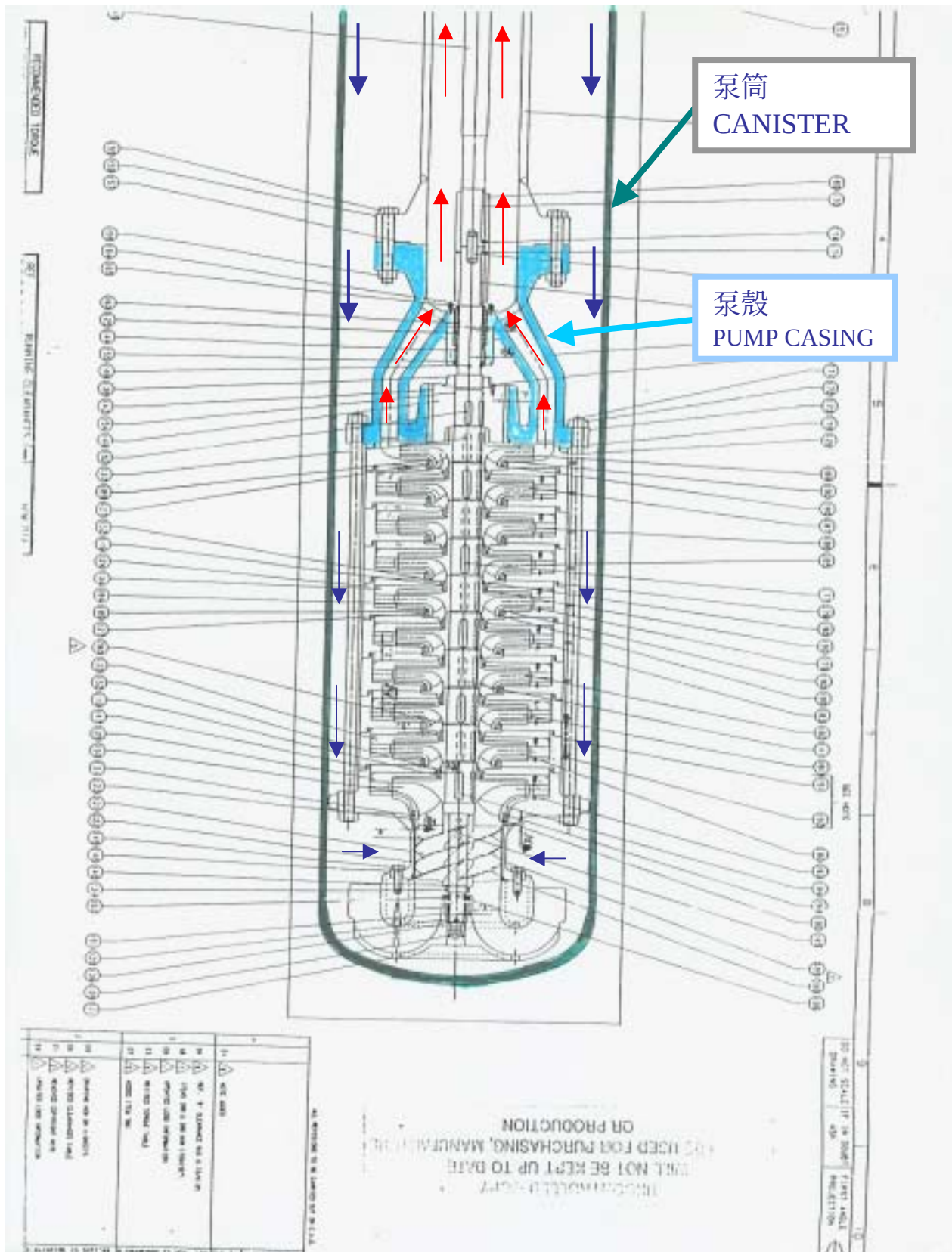
陸、視察結論與建議

- 一、本次視察係以設備製造階段之品質文件為主，依據所抽查設備之品質證明文件紀錄顯示，相關設備之材質、機械性能測試及非破壞檢測均能符合法規要求，而鐸補作業之檢測亦能符合法規規定。
- 二、閥門水壓測試記錄顯示亦能符合法規要求，惟對於有執行再測試時，其原因及相關文件並未於品質文件中有所交代，應補充說明或將相關文件附入。

- 三、針對鐸補或加工使用之鐸材，因每次修補加工使用不同批次之鐸材，品質文件中大部分均未將使用鐸材之材質證明(CMTR)附入，此部分應再補入，以確保品質文件之完整性。
- 四、有關 HPCF PUMP CASING 之材質證明前後之差異，雖經澄清係誤植，但基於確保文件之品質，台電公司仍應要求奇異公司更正，另其它組件(包括 Suction Guide...等)之材質等級問題亦請一併澄清。
- 五、現場查證 HPCF PUMP、電動閥 1E22-MBV-004B、004C 及手動閥 1E22-BV-006 B、006C 均儲存於室內倉庫，儲存儲存等級及環境均符合要求。
- 六、綜合上述查證結果，整體而言，所查證設備製造階段品質證明文件顯示除少數文件未齊全尚待補齊外，相關設備製造過程大抵均能依法規規定執行，設備品質應可符合規範要求。



圖一 高壓爐心灌水系統示意簡圖（系統編號 E22）



圖二 HPCF 泵殼與泵筒相對位置圖



現場視察 HPCF 泵儲存狀況



HPCF 泵 NAMEPLATE



電動閥 1E22-MBV-004B 儲存現況



手動閥 1E22-BV-006B 儲存現況