

主題視察報告

龍門計畫碳鋼管節噴砂除銹工程查證

報告人：李建智

行政院原子會委員會 核能管制處

2006 年 8 月 17 日

目錄

一、前言	3
二、施工作業規範	3
(一)管內噴砂除銹	3
(二)管內防銹處理	4
(三)管節外部除銹補漆	5
(四)管節開口封蓋	5
(五)管節吊搬堆疊	6
(六)噴砂環保要求	6
三、視察發現	6
(一)ECW 彎管噴砂穿孔事件之未落實執行規定	6
(二)噴砂後管壁厚度量測之未落實執行規定	7
(三)噴砂後管內表面潔度檢驗之未落實執行規定	8
(四)彎管管節管壁厚度量測作業之瑕疵	8
(五)噴砂工程環保作業之未落實執行規定	9
四、施工處承諾改善事項	9
五、結論與建議	11
六、附件及附圖	13

附件一：GE/B&V 公司有關噴砂之 CIR 文件

附件二：日本 IHI 公司有關之直管管壁厚量測文件

附件三：美國 B. F. Shaw 公司有關之彎管管厚量測文件

附件四：日本 IHI 公司有關之彎管管厚量測文件

附圖一：噴砂前之管節照片

附圖二：噴砂後之管節內壁照片

附圖三：噴砂後管節端口與氣化前之除銹粉照片

附圖四：管節噴砂除銹後之開口封蓋照片

附圖五：ECW 彎管噴砂穿孔事件照片

附圖六：噴砂噴頭照片

附圖七：噴砂處理實況照片

一、前言

核四工程因先前之停工及其他因素，致工程延宕，而設備則仍依合約源源不斷的運送至工地，故倉儲大量不足，許多設備多暫置於戶外，尤其是管路管節幾全放置戶外。因長期堆置戶外，管節難免有生銹現象，其中更以碳鋼管節生銹情形較為嚴重；因此，台電公司龍門施工處才有本項工程之發包，執行碳鋼管路之管節噴砂除銹作業。

本項噴砂除銹工程範圍，包括龍門施工處露天儲存場內堆置之碳鋼管節內部銹蝕度檢查、管節內部噴砂除銹、外部除銹補漆、防銹處理、管節開口封蓋及管節吊搬/堆置疊等作業。龍門施工處露天儲存場內堆置而需執行本項噴砂工程之預製管節概估約有 2114 支，台電公司本工程案合約數量之噴砂除銹管節內壁面積約 6148.8m^2 ，而本次之執行完成實際數量則約為 6217.11m^2 。

因該項工程作業攸關以後核四廠之管路品質，本會視察員乃針對其整體作業作較深入之查證，並彙整為本項主題視察報告。

二、施工作業規定

(一)管內噴砂除銹

1. 本工程之除銹須依美國結構鋼件協會 SSPC-SP10 (1985) 規範之規定採噴砂用金鋼砂 (grid) 進行噴砂處理，並以 SSPC-SP10 (1985) 或 SIS Sa2 $\frac{1}{2}$ 為管節內部銹蝕度及噴砂處

理程度之驗收檢驗標準。

2. 噴砂處理前應先將管內乾燥劑（參附圖一：噴砂前之管節照片）油漬或雜物等清除乾淨，管法蘭面則需予適當保護，以免噴砂時傷及法蘭面之環紋。
3. 噴砂處理完成後，應量測管壁厚度並記錄於檢驗表上。並以超音波測厚儀器量測之。
4. 於噴砂處理完成後，防銹處理前，應檢查管節內部，確認已無任何砂粉異物，表面清潔已符合 SSPC-SP10 等規範之標準，始可進行後續之防銹處理（參附圖二：噴砂後之管節內壁照片）。

(二)管內防銹處理

1. 承包商於管節噴砂處理後須儘速會同施工處人員檢查，並於 4 小時內進行防銹處理。於霧季相對溼度達 80%以上時不得從事噴砂防銹處理。
2. 承包商若未能於噴砂後 4 小時內進行防銹處理，則必須於防銹處理前檢查管節內部，若有生銹產生則必須再做適當之噴砂處理。
3. 本項噴砂工程管節之防銹，須以氣化式防銹粉（Vapor Corrosion Inhibitor）作防銹處理（參附圖三：噴砂後管節端口

與氯化前之除銹粉照片)，並在施工處人員檢查下，依原廠規定使用之。

4. 法蘭面除銹完成後，須塗抹一層黃油防銹。
5. 管節作防銹處理，並經檢驗合格後，須儘速依規定程序作管節開口封蓋（參附圖四：管節噴砂除銹後之開口封蓋照片）。

(三)管節外部除銹補漆

1. 承包商於防銹處理後須儘速會同施工處人員檢查，並於 4 小時內，以手工方式進行補漆作業，管節編號若經油漆遮蔽，則須以白色油漆筆補標註。
2. 法蘭面須先噴除銹劑後，再以手動除銹。不可以噴砂除銹，且不可傷及法蘭面之環紋。

(四)管節開口封蓋

1. 管節開口封蓋須以寬度至少 60mm 以上（法蘭邊緣：膠帶寬度至少 100mm）可耐長時間儲存於室外之膠帶妥為密封，且每層膠帶須重疊 $\frac{1}{2}$ 以上。
2. 管帽或端口保護木板若有遺失、破損或管帽口徑太大不合者，須更換新品。管帽封蓋前須於管子端口增加一層氯化性防銹膜。
3. 必須以白色油漆筆於兩端管帽上標註管節編號。

(五)管節吊搬及堆疊

1. 承包商於吊搬管節時不得使用鋼索，需使用麻索或纖維索或其他經施工處核可之吊具，以防管節表面刮損。
2. 於吊搬時須注意不可使之從高處落下或碰撞，以免變形。
3. 工程施工期間須以帆布或適當方式覆蓋，因應保護吊搬或堆疊作業致暴露於外之管節，以免管節遭受雨淋。
4. 管節之堆置不可直接置放於地面，必須以枕木墊高離地面至少 20 公分，管節與管節之間必須以枕木隔開，以避免直接碰觸而造成油漆脫落，且管口須儘量避免朝上，以免內部積水。
5. 碳鋼管節與不銹鋼管節應分開放置，二者亦不得堆置一起。

(六)噴砂環保要求

噴砂除銹工程施工中必須採取有效措施，避免因施工造成環境污染，並須避免施工中或堆置一旁管節遭受雨淋。

三、視察發現

(一) ECW 彎管噴砂穿孔事件之未落實執行規定

查證 ECW Class III 管節 1P25-PSP-0273(管徑 3 吋)噴砂除銹工作致彎管穿孔事件（參附圖五：ECW 彎管噴砂穿孔事件照片）之品質作業文件，發現其未落實執行如下規定：

1. 根據施工處噴砂除銹「工程規範」第 2.4.3 節規定：“乙方於噴砂處理前應先將管內乾燥劑、油漬或雜物等清除乾淨”；而施工處有關該作業並未依本項規定，先將管內乾燥劑清除乾淨。
2. 根據施工處「龍門(核四)計畫第一、二號機碳鋼管節噴砂補漆工程

- 噴砂補漆工程作業程序」第 4.C.b 節規定：“使用萬象噴頭機具（參附圖六：噴砂噴頭照片），以利管節內部噴砂”；而施工處有關該作業並未依本項規定，卻逕予使用直吹式噴頭。

3. 根據「核子反應器設施品質保證準則」第十一條第一項規定：“經營者應建立措施以確保由經營者直接採購或經由合約商及分包商採購之材料、設備及服務均能符合採購文件之規定。”而施工處於驗收時未能查驗該管節尺寸不符規定，直至執行其噴砂工作致穿孔事件發生後之改善措施時，才查覺該尺寸不符 ISO NO. M4012 Rev.1 之內容。

(二)噴砂後管壁厚度量測未落實執行規定

1. 根據施工處噴砂除銹「工程規範」第 2.4.5 節規定：“噴砂處理完成後，應量測管壁厚度並記錄於檢驗表上。”而施工處卻於實際作業時逕予更改，僅指示承包商執行部分抽測(據施工處主辦課表示，目前累積執行量測管壁厚度之管節，約只占全部噴砂後管節之 10%左右)。
2. 根據施工處「雜項工作檢驗表 - 龍門(核四)計畫第一、二號機碳鋼管節補漆工程」之檢驗項次第 5 項規定：噴砂完成後管壁厚度量測，係列為“停留檢驗點(H)”；其依施工處「檢驗辦法作業程序書 (LMP-QLD-003)」規定：遇停留檢驗點“必須暫停作業，經檢驗或檢測合格後始能施行下一步作業，”。即原則上，所有管節噴砂完成後均應執行其管壁厚度量測；而施工處並未依停留檢驗點作業等規定，落實執行本項噴砂完成後之管壁厚度量測工作。
3. 依 GE/B&V 公司之 2005 年 1 月 28 日 CIR 等文件顯示（參附件一），GE 與 B&V 公司及施工處等均一致同意，須量測確認噴砂處理後之管壁厚度；惟施工處並未依該原先已確認之程序落實執行，僅指示承包商執行部分之管壁厚度抽測。
4. 依前項 CIR 文件亦顯示：“施工處之該噴砂作業，於管節長度超過 3 公尺者，承包商須量測其中間點之管厚”；惟施工處卻亦未依該 CIR 澄清確認事項執行，僅指示承包商執行直管之二端附近管壁厚度抽測（依日本 IHI 公司原子力事業部品質管理部 Data Drill Vendor Information 文件（參附件二），亦顯示直管之中點管厚必須量測）

(三)噴砂後管內表面潔度檢驗未落實執行規定

根據施工處噴砂除銹「工程規範」第 2.1.1 節規定：“本工程之管節內部銹蝕度及噴砂處理程度之驗收檢驗以美國結構鋼件協會 SSPC-SP10 (1985) 或 SIS SA2^{1/2} 為標準。”又，根據施工處「雜項工作檢驗表 - 龍門(核四)計畫第一、二號機碳鋼管節補漆工程」之檢驗項次第 1 項規定：噴砂後碳鋼管節內表面潔度檢驗，係列為“停留檢驗點 (H)”；即原則上，所有管節噴砂完成後均應執行其內表面潔度檢驗。然而，施工處對於雙彎管及三通管等有目測死角之管節，均仍只執行部分抽測，即僅部分抽樣以內視鏡檢驗該等管節內壁之目測死角段銹蝕度及噴砂處理程度；實不符施工處「檢驗辦法作業程序書 (LMP-QLD-003)」之規定與「SSPC - SP - 10 或 SIS SA^{1/2} 規範」之精神。

(四)彎管管節管厚度量測作業之瑕疵

施工處有關彎管管節，噴砂除銹後之管節厚度量測作業，雖無正式之規範要求其應量測位置及量測點之個數，但經查證相關技術文件，仍發現有如下瑕疵：

1. 經查核四工程相關管節之品質文件 (Quality Record Package, QRP), 發現美國 B. F. Shaw 公司之安全等級彎管管節出廠品質文件，除了兩端口管厚外，並有要求其彎管中心點往兩邊切線方向之管壁厚度量測 (參附件三)。而

台電公司龍門施工處則要求噴砂後之彎管僅量測彎曲中心點及兩端端口處之管厚。

2. 又發現日本 IHI 公司則更是要求除了如 美國 B. F. Shaw 之量測點外，還須於中心點與切線方向點之二點間加測管厚（參附件四）。

3. 經本會視察員提出有關文件後，施工處承諾將比照美國 B. F. Shaw 公司文件顯示之作法，增加執行彎管之中心點往兩邊切線方向處之管厚度量測（即採上述附件一之作法）。（當然，若彎管管節之直管部分超過 3 公尺者，其仍需依直管管厚度量測之規定，對應增加直管部分之管壁厚度量測。）

(五)噴砂工程環保作業未落實執行規定

抽驗施工處噴砂處理現場，發現於噴砂處理當時砂塵飛揚（參附圖七：噴砂處理實況照片），似未落實環保作業規定；另，發現台北縣環保局於今（2006）年 6 月 30 日稽查施工處噴砂作業現場，亦認為該工程噴砂作業不符環保要求，當時即曾針對該工程承包商開出一紙新台幣 10 萬元之罰單。

四、施工處承諾改善事項

(一)於本會視察後，台電公司龍門施工處已承諾今後噴砂除銹後之管節，將回歸規定全面作厚度量測（不再只是抽測而已），

且彎管則除原先兩端端口處及彎管處中心點之量測點處外，將增加其中心點往兩邊切線方向之二個量測點；直管則除兩端端口外，將增加管節中心量測位置，且長度每增加 3 公尺即增加一量測點（每量測點須測 0° 、 30° 、 180° 及 270° 四處之管厚）。以前已完成噴砂除銹之管節，則亦將依上述規定補測管壁厚度（預定於民國 95 年 10 月 31 日前完成補測）。

(二)有關噴砂除銹後之管節，施工處承諾其管內壁表面清潔度之檢查將執行全面檢驗；且對彎管及雙彎管等，將要求工程承包商於自主檢查時，須以內視鏡作噴砂後之內壁表面潔度檢驗（而不再以本身經驗作判斷，執行選擇性之內視鏡檢查）。

(三)施工處為因應 ECW 彎管噴砂處理破孔事件，亦已具體承諾，將要求噴砂工程承包商須依要噴砂處理之管節大小不同，而更換適當之噴砂頭以進行作業；噴砂壓力設定不得超過 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，且 4" 以下管節須降低噴砂壓力。

(四)ECW Class III 管節噴砂除銹作業未依規定，致彎管穿孔事件，龍門施工處已開立不符合報告 - 編號 492（Non-Conformance Report, NCR-492）；該彎管事後發現尺寸不合者，亦已施工處開立 NCR-496 處理中。

(五)有關現場噴砂作業未落實環保規定者，目前該噴砂工程之承

包商聖乾公司因與台電公司龍門施工處之施作量已達成，並已停止施作；施工處承諾將於目前之噴砂現場建立一密閉式廠房（施工處預計於民國 96 年元月建造完成），以後並將新增加一紙開口合約（Open Contract）（施工處預定於民國 95 年 10 月完成招標），於管節吊入安裝現場前針對生銹管節（含以前噴砂過而再發現生銹者），進行後續之管節噴砂除銹工作。

五、結論與建議

查證台電公司龍門施工處之碳鋼管節噴砂除銹工程之執行結果，發現其缺失概可分為六類：(1)驗收作業不確實，(2)噴砂作業之噴頭未依規定選用，(3)噴砂前未取出管節內部之乾燥劑，(4)噴砂後之管壁厚度量測未落實執行，(5)噴砂後之管節內壁表面潔度未落實檢驗，(6) 噴砂作業未落實環保規定（均詳如前述之本報告第三項 - 視察發現）。本會除已當場對台電公司龍門施工處提出糾正，要求施工處立即改善外，並於 7 月 13 日以會核字第 0950019835 號書函，發出 AN-LM-95-010 之注意改善進事項，針對未落實工程作業規定之事項正式書面要求台電公司改善。其中，如噴砂後之管壁厚度量測，本就應屬理所當然須執行事項；因噴砂處理後管壁必然多多少少會變薄，豈可不依據相關技術文件規定執行關鍵點處之管壁厚度量測確認？

否則，不但與核電廠運轉後之為了預防碳鋼管腐/沖蝕致管壁變薄而破管，必須執行有關之管路管厚定期量測之要求及邏輯相左，且亦將為以後之核四廠運轉品質帶來困擾。尤其是彎管處等，常為應力集中點，也是噴砂處理時最大受力之可能作用點，該點管壁厚度更是必須量測；因此，本會即根據相關技術文件，要求龍門施工處全面補測。又，噴砂後管壁除銹情形不予檢查，也是說不過去；不檢驗噴砂後之除銹情形，如何確認其除銹結果，該作法實不甚合理。故，本會亦於當場即要求龍門施工處必須執行該檢驗。其他發現之缺失，則多屬已有作業規定，而施工處並未依規定落實執行者；這也顯示台電公司龍門施工處之核安文化似未生根，其可能也是以後影響核四工程品質之關鍵所在。然而，經由本會視察員與現場工作人員之討論及發現缺失後之要求改善，台電公司龍門施工處當場即允諾改善，並已提出因應改善措施（詳如前述之本報告第四項 - 施工處承諾改善事項）。

目前，龍門施工處之管節噴砂除銹工程已暫時停止施作，而施工處亦已承諾將依規定補執行遺漏未作之管節壁厚量測等，並預定於今（2006）年 10 月新增一紙開口契約，執行後續之生銹碳鋼管節噴砂工程。本會除將於台電公司對本會 AN-LM-95-010 注意改進事項回覆時，嚴格審查其提出之改善計畫是否符合施工處先前之承諾事項外，並將於以後之噴砂除銹工程執行時，再執行不定期抽查，以驗證其落

實情形，務必於台電公司確實改善後，始准有關之注意改進事項結案，俾確保核四工程品質。

六、附件及附圖

附件一：GE/B&V 公司有關噴砂之 CIR 文件

附件二：日本 IHI 公司有關之直管管厚度量測文件

附件三：美國 B. F. Shaw 公司有關之彎管管厚度量測文件

附件四：日本 IHI 公司有關之彎管管厚度量測文件

附圖一：噴砂前之管節照片

附圖二：噴砂後之管節內壁照片

附圖三：噴砂後管節端口與氯化前之除銹粉照片

附圖四：管節噴砂除銹後之開口封蓋照片

附圖五：ECW 彎管噴砂穿孔事件照片

附圖六：噴砂噴頭照片

附圖七：噴砂處理實況照片