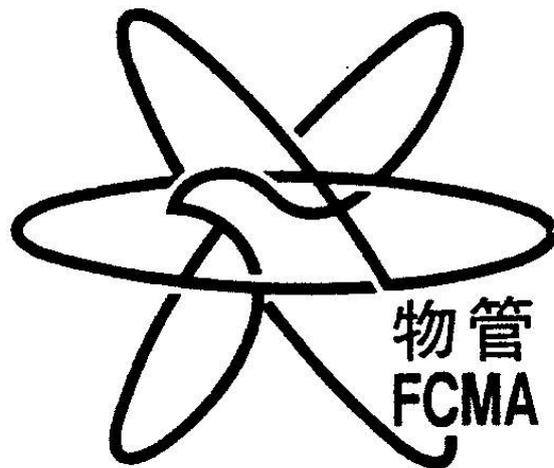


---

核一廠乾式貯存密封鋼筒製造  
九十八年第一次檢查報告

(98年2月)



行政院原子能委員會放射性物料管理局

核一廠乾式貯存密封鋼筒製造檢查  
九十八年第一次檢查報告

目 次

一、 檢查目的	2
二、 檢查依據與檢查計畫	2
三、 檢查結果	3
四、 結語	12

## 一、檢查目的

台電公司為解決核一廠用過核子燃料池的貯存空間不足之問題，經公開招標，委請承包商核能研究所執行核一廠用過核子燃料乾式貯存興建計畫。核研所依據合約將乾式貯存設施組件，委託製造商俊鼎機械廠股份有限公司(以下簡稱俊鼎公司)製造25只密封鋼筒。

為確認密封鋼筒之製造品質，經參考製造之時程規劃，擬訂本次檢查重點並組成檢查小組，執行本次專案檢查之作業。

## 二、檢查依據與檢查計畫

### (一)參考文件

本次檢查作業係參考下列文件執行：

- 1.放射性物料管理法及其施行細則
- 2.核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告
- 3.台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫（三版）
- 4.核子反應器設施品質保證準則
- 5.密封鋼筒製造相關程序書
- 6.核一廠乾式貯存密封鋼筒製造檢查導則

### (二)檢查計畫

為確保台電公司對於製造作業的品保措施管制得宜，物管局於98年2月16日至17日為期二天，執行本次檢查作業。

- 1.目的：確保台電公司對核一廠乾式貯存密封鋼筒的製造實施適當的品保措施，製造作業符合相關法令規定，製成品合乎品

質要求。

## 2.檢查重點：

- (1)密封鋼筒材料採購查核
- (2)密封鋼筒尺寸查核
- (3)現場觀察 2 只密封鋼筒之驗收作業

3.檢查小組成員：鄭武昆組長、劉志添技正、陳文泉技正

## 4.受檢單位參與人員

- (1)台電公司：楊志雄課長、李平仁課長、吳宗宇課長、許江林稽查
- (2)核研所：楊慶威科長、彭正球廠長、李晟弘副研究員、呂晉霆助理工程師
- (3)俊鼎公司：黃同鈇(總經理)、陳榮廷(副總經理)、林文靖(品保組長)、陳俊宇(專案品管工程師)、許哲偉(專案製造工程師)、楊建欽(品管組長)、林忠志(專案經理)

## 三、檢查結果

本次檢查主要針對俊鼎公司進行核一廠乾式貯存設施密封鋼筒製造作業與本案的品質保證方案執行現況，以及相關製造及品質文件進行檢查，檢查發現與結果如下：

### (一)品質保證方案

台電公司為推動核一廠用過核子燃料乾式貯存計畫，94 年 8 月提出「核一廠用過核子燃料乾式貯存興建專案品質保證計畫(三版)」，於 95 年 6 月經原能會審查通過核備在案。

俊鼎公司於 95 年 12 月取得核一廠乾式貯存設施密封鋼筒

製造標案後，即依規定建立符合乾貯專案品保計畫的品質保證方案。俊鼎公司於 94 年取得 ISO-9001 的品保認證，符合可靠性及一般性工程之要求。為進一步符合核能品保要求，俊鼎公司於 95 年開始施作一只測試用密封鋼筒，藉以建立其製作之品質措施，並通過美國機械工程學會(ASME)的認證，取得 ASME 核能品級 N 認證的標章，授權證號 N-3254(有效期限為 2010 年 12 月 7 日)。

為確保密封鋼筒的製造能符合品質要求，台電公司核能安全處於 97 年 12 月 1 日至 5 日對俊鼎公司執行品保稽查作業。由該次品保稽查結果，台電公司認為俊鼎公司對密封鋼筒製造的品質管理，可依照其品質手冊、專案品質管理計畫及密封鋼筒製造規範書等有效地進行。

## (二)密封鋼筒材料採購查核

台電公司用過核子燃料乾式貯存系統各組件以功能及公共安全為標準，參考 NUREG/CR-6407 進行品質分級，每一系統主要組件依其安全重要性，將其品質分級為 A, B, C 類或 NQ。A 類材料或組件係屬安全運轉之關鍵結構，當失效或喪失功能時會直接對操作安全、燃料完整性或民眾健康與安全造成負面之影響。因此，物管局 98 年第一季檢查重點為密封鋼筒製造廠商對 A 類之材料採購規範、採購文件、收料檢查及材料確認等品質紀錄文件之查核，以及執行現場作業巡察有無落實對材料、零件組件及半成品之標示與管制，以防止誤用有缺陷或不適當之器材等項目，亦抽查第 2 只密封鋼筒外殼與底部鐸道之鐸材進行可追溯性(material tracking)查核，以評估台電公司對「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫(三版)」之執行成效。

本次檢查期間分別抽選密封鋼筒外殼組件、承載圓盤、導熱圓盤及鍍材等 A 類材料之採購訂單及服務使用前之審查與核准作業，檢查結果分述如下：

#### 1.編號 TSC-02 鋼筒外殼組件

查核 TSC-02 鋼筒外殼組件之收料檢查表 (RIR-C1020-02) 就其記載項目之材料名稱 (SA-240-304L)、材料鑑別號碼 (E76562)、材證號碼 (MTR: 3270/3208; CMTR: 1020-CMTR-003~005, 007~008) 等之內容，並逐一核對製造傳票 (shop traveler) 上登錄之材料名稱、爐號及收料檢查紀錄等，以確認採購訂單 (07P1020-M8011)、材料試驗認證報告 (CMTR) 或材料試驗報告 (MTR) 是否均能符合密封鋼筒材料採購規範 (P1020-ESU-20, rev.0)、鋼筒外殼組件之要求，並判斷是否與核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告之材料設計一致。同時，經由收料檢查表及製造傳票之審查與核准程序，確認台電公司與俊鼎公司對於材料、設備驗收之管制，符合「台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫 (三版)」第 7.2.1 節之品保作業要求。

#### 2.編號 TSC-01 承載圓盤

查核 TSC-01 承載圓盤之收料檢查表 (RIR-C1020-05)，就其記載項目之材料名稱 (Plate SA 533-B CL2, 0.625" x 1702 x 11913 x 13 pcs)、爐號 (39283/730817001)、材證號碼 (MTR: 508447; CMTR: 1020-CMTR-010~022) 等之內容，逐一核對製造傳票 (1020-USM-10) 上登錄之材料名稱、爐號及收料檢查紀錄等，以確認採購訂單 (07P1020-F0001)、材料試驗認證報告 (CMTR) 或材料試驗報告

(MTR)符合密封鋼筒材料採購規範(P1020-ESU-03, rev.0)中有關承載圓盤之規定。本項材料之 CMTR 認證內容包括化學成分分析、機械性質測試及超音波檢驗報告，查核結果超音波檢驗報告(UE-1020-080802-01~05, UE-1020-080801~08)符合 ASME NB-2530 規定，係以直束探頭檢驗材料性質，檢驗報告亦由具非破壞檢測合格人員審核並簽章。

### 3.編號 TSC-01 導熱圓盤

查核 TSC-01 導熱圓盤之收料檢查表 (RIR-C1020-08) 就其記載項目材料名稱 (Plate SB-209, 6061-T651)、爐號 (K22059)、材證號碼 (MTR: 0080164375; CMTR: 1020-CMTR-025) 等內容，逐一核對製造傳票(01-TSC-25)上登錄之材料名稱、爐號及收料檢查紀錄表編號等，以確認採購訂單 (07P1020-M8004)、材料試驗認證報告(CMTR)或材料試驗報告(MTR)等符合密封鋼筒材料採購規範 (P1020- ESU-17, rev.0) 中導熱圓盤之材料規範。本項材料之 CMTR 認證內容包括化學成分分析、機械性質測試及超音波檢驗報告等。查核結果超音波檢驗報告符合 NB-2530 之規定，係以直束探頭檢驗材料性質，檢驗報告亦由合格之 NDT 人員審核並簽章。上述材料接收管制作業亦符合用過核子燃料乾式貯存密封鋼筒材料接收及貯存作業程序書 (1020-91DA-201-1, 08/17/07) 之作業要求。

### 4.查證鐳材之可追溯性

檢查期間抽查 TSC-02 殼體底部鐳道位置之鐳條材料 (SFA-5.9 ER308L) 執行可追溯性查核，經查核俊鼎公司鐳條收料檢查表 (RINC-C1020-13)、鐳材領用單 (07C1020-41)、密封

鋼筒製造傳票（01TSC-03）及鐸道管制表（WCR-TSC-02-06）等品質記錄文件，確認俊鼎公司對材料之提領或退回已依據「材料、零件及組件之標識管制作業程序書」規定辦理，並建立完整之紀錄表，以追溯證實該料件，同時亦符合「台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫（三版）」第 8 章之品保作業要求。

依據「材料接收及貯存作業程序書(1020-91DA-201-1)」要求，鐸材供應商(天泰鐸材工業股份有限公司)須出具 CMTR 與品質符合證書（COC）。惟鐸材供應商之 N 授權證書已逾期(有效期限 2005 年 6 月)，無法依 ASME NCA-3420 之規定簽發 CMTR。抽查發現天泰公司分別於 2007 年 12 月 9 日及 2009 年 1 月 14 日所開具已逾有效期限之 CMTR(4T96-04 及 4T96-0401)。此品質紀錄文件與「台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫（三版）」第 7 章 採購材料、設備和服務之管制要求不一致。

### (三)密封鋼筒尺寸之查核

密封鋼筒的製造作業中很多程序皆須進行尺寸檢查，以確保製造成品的製造容允度能符合要求。

檢查期間抽選第一組密封鋼筒的製造品質文件，包括無電鍍鍍(傳票號碼 01TSC-15)、燃料方管組件(01TSC-20)、導熱圓盤(01TSC-25)、密封鋼筒上蓋組件(01TSC-24d)、鋼筒外殼組件(01TSC-02)、承載圓盤(01TSC-14)、鋼筒最後組裝(01TSC-27)等 7 項作業或材料的品質紀錄之文件，查核相關紀錄是否符合法規、安全分析報告或相關程序書的要求。

依據紀錄文件查核結果，密封鋼筒承製廠商在品質紀錄文

件的填寫清楚，易於回溯追蹤製造過程中的相關文件。上述七項抽查的紀錄，並未發現俊鼎公司相關製程的尺寸檢查有不符合相關程序書要求的情形。但紀錄內容仍存在一些瑕疵，在檢查過程中經詢問台電公司、核研所及俊鼎公司人員後已獲澄清或承諾改進，相關抽查說明如下：

## 1. 無電鍍鎳作業部分之尺寸檢查

- (1)依據「用過核燃料乾式貯存密封鋼筒無電鍍鎳程序書(編號：1020-91WI-511)」4.3.7 要求每一套承載圓盤於第一批電鍍時，需於不同位置置放 7 試片，以確認各位置之度膜均勻。另依據 4.4.2 鍍層厚度依據 ASTM B-733-97 9.3.4 的方法執行不得小於  $25\ \mu\text{m}$ 。經查量測紀錄(NPP-01TSC-15-4)發現，該 7 試片鍍膜厚度則在  $31\text{-}34\ \mu\text{m}$  之間，而第一只鋼筒 41 片承載圓盤的鍍膜多在  $25\text{-}30\ \mu\text{m}$  之間(佔 34 片)，且有兩片承載圓盤鍍膜為  $25.5$  與  $26\ \mu\text{m}$ ，非常接近接受標準( $25\ \mu\text{m}$ )。經台電公司說明 7 試片的鍍膜厚度量測係用於調整電鍍藥劑之濃度，控制執行無電鍍鎳作業時鍍膜厚度均可維持接受標準以上。而針對 2 片承載圓盤鍍膜厚度接近接收標準部分，台電公司已要求俊鼎公司檢討調整無電鍍鎳的作業厚度，比  $25\ \mu\text{m}$  接收標準高出 10%，因此後續的鍍膜皆能順利達到標準。
- (2)無電鍍鎳鍍膜量測工具為 MC-99 分厘卡，經查其紀錄表之精度為  $0.01\text{mm}$ ，但實際量測皆達小數點第三位。俊鼎公司人員澄清為文件誤植，並已提出修正。

## 2. 燃料方管部份之尺寸檢查

經查閱燃料方管組件製造傳票(01TSC-20)，其作業步驟第

1、2、5、6 項作業皆未執行，而僅將其畫線刪除。經俊鼎公司說明燃料方管實際製造時並沒有點銲作業，因此製造傳票相關步驟皆未執行。為維持傳票的正確性，供現場作業人員依循，已要求修正相關製造傳票之作業程序。

#### (四)銲接人員與作業品質紀錄抽查

檢查小組抽查 2008 年第 2 只密封鋼筒外殼與底板於外側銲接之製造傳票 01-TSC-03 及領取 07C1020-45 銲材，依照 S8-115-1 之銲接程序，銲材爐號有 TU-YU242747 及 7081301K，由李進雄先生(銲工編號 W47)以 TSC-02 設備執行銲接。

銲工資格查核發現李進雄先生於 1993 年 1 月 12 日取得 FCWA 及 GMAW 資格，有電銲工及銲接操作之檢定紀錄 (WOR)，其編號為 W47，查核 Qualified Welder List OWL-010108-01 文件顯示李進雄先生電銲工有效期更新至 2009 年 3 月 30 日止。

#### (五)現場巡察

檢查小組於檢查期間巡察物料接收與貯放情形，然檢查當日並未進行密封鋼筒相關製造作業。巡察主要目的係為評估台電公司依據「台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫（三版）」執行材料、零件組件及半成品之標示及管制成效，以防止誤用有缺陷或不適當之器材。檢查發現如下，皆已在檢查後會議中提出，並經台電公司、核研所及俊鼎公司提出說明。

1. 材料分區標示不清，待驗或完成驗收之材料、加工完成組件、加工中組件及未加工組件混合置放未加以區隔，應改善不符

- 合材料之標識及分區管制作業。
2. 已製造完成之第 2 只密封鋼筒屏蔽上蓋週緣發現有一經外力撞擊的凹痕，應開立改正通知單。
  3. 組裝完成之密封鋼筒出貨包裝前之清潔應符合 ASME NQA-1, Subpart 2.1 Class C 規定；運送作業應符合 ASME NQA-1, Subpart 2.2 Level D 規定進行，要求台電公司確實管制燃料方管內之清潔度及運輸作業。
  4. 已製造完成的第一只密封鋼筒組件僅以 2 個木架支撐承載，建議增加支撐點。台電公司現場已要求承包商增加足夠的支撐支架。
  5. 本次抽查的多項製造傳票紀錄中，關於材料清潔的部分，有些傳票有做紀錄(承載圓盤、外殼組件等)，有些則未做紀錄(導熱圓盤)。經俊鼎公司說明組件為最終成品，不再進行加工作業時其清潔作業才會記錄，製造過程的組件清潔則不做紀錄。

#### (六)第 2 只密封鋼筒驗收測試作業觀察

本次檢查期間，核研所正執行第 1 與 2 只密封鋼筒的部分現場驗收作業，現場觀察模擬燃料(dummy fuel)的置入與拉出密封鋼筒測試試驗、屏蔽上蓋組合測試、排水管組合試驗及結構上蓋的組合測試等 4 項重點驗收測試作業。

##### 1. 模擬燃料的置入密封鋼筒與拉出測試

密封鋼筒提籃製作完成後，燃料方管須與其相關提籃的組件組合以確認其配合性，提籃置入豎立之密封鋼筒內，以模擬燃料束置入提籃中的燃料方管內，藉由吊裝天車吊勾安裝之電子

秤，量測置入與拉出之阻力。依據「用過核燃料乾式貯存密封鋼筒模擬燃料尺規測試程序書」(1020-TSC-003)，模擬燃料束之置入與拉出阻力不可超過 22.7 公斤(50 磅)。

此次置入密封鋼筒與拉出測試，選擇第 2 只密封鋼筒於編號第 1、2、3、42、43、48、52 號燃料方管孔，以 327 公斤重的模擬燃料(模擬燃料束之尺寸與重量)進行測試，結果置入阻力的電子秤讀皆在 1.8-5.4 公斤範圍，拉出的拉力讀值為 1.8-8.0 公斤範圍，皆符合程序書之規定。由於發現模擬燃料束置入試驗報告無標示模擬燃料束之重量，已要求台電公司改善。

## 2. 屏蔽上蓋組合測試

密封鋼筒組件完成模擬燃料置入與拉出的組合試驗後，隨即進行屏蔽上蓋的組合測試。依據「用過核燃料乾式貯存密封鋼筒組合試驗程序書」(1020-TSC-001)，屏蔽上蓋置入鋼筒內應確認其間隙、裕度與相對高度是否合適。現場作業量測量測 8 個方位點(各相差 45 度)結果，屏蔽上蓋距鋼筒外殼頂部邊緣距離為 73.5mm-74mm 之間。

## 3. 排水管組合試驗

依據「用過核燃料乾式貯存密封鋼筒組合試驗程序書」(1020-TSC-001)，當屏蔽上蓋置入鋼筒後，即可進行排水管組合試驗，以確認排水管組件經適當切割、排水管組件能順利插入並鎖入屏蔽上蓋之排水孔中、確認排水管與提籃間的配合性。而排水孔蓋與排氣孔蓋安裝於屏蔽上蓋後，確認其間隙、裕度合適，兩者頂部不可高於屏蔽上蓋頂部。

經現場作業觀察，排水管組合試驗人員熟悉作業流程，作

業結果可以符合程序書要求，排水孔蓋與排氣孔蓋安裝後頂部皆未高於屏蔽上蓋頂部。

#### 4.結構上蓋組合測試

依據「用過核燃料乾式貯存密封鋼筒組合試驗程序書」(1020-TSC -001)，結構上蓋的組合時，應確認結構上蓋頂部不得超出鋼筒外殼頂部邊緣 4.6mm，或低於鋼筒外殼頂部邊緣 0.8mm。

現場組合測試過程順利，工作人員對組合程序熟悉。結構上蓋經置放定位後，量測結構上蓋距鋼筒外殼頂部邊緣之距離，各量測 8 個方位點(各相差 45 度)。量測結果結構上蓋高出鋼筒外殼頂部邊緣距離為 3mm-4mm，量測結果符合程序書之規定。

檢查小組觀察尺寸量測作業時發現量測以 0.5mm 刻度的鋼尺進行量測，而接受範圍在於-0.8mm-4.6mm，現場量測精度器具精度較量測紀錄值低。俊鼎公司承諾將採精度更高的量測工具進行量測。

## 四、結語

- (一)用過核子燃料乾式貯存密封鋼筒除了製造商必須建立核能品保制度外，其製造應符合 ASME 規範的要求。經檢查發現，俊鼎公司已藉由測試用密封鋼筒，藉以建立其製作之品質措施，並通過美國機械工程學會(ASME)的認證，並經核研所評估認為符合乾貯專案品保計畫之要求。
- (二)俊鼎公司密封鋼筒製造的品質紀錄文件管理得宜，易於回溯追蹤製造過程中的相關文件。經抽查 7 項密封鋼筒的尺寸檢

查紀錄，並未發現重大缺失。

- (三)有關密封鋼筒採購文件查核結果，TSC-02 鋼筒外殼組件、TSC-01 承載圓盤、導熱圓盤及銲接材料等 A 級材料，均符合台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告之設計材料與密封鋼筒製造材料採購規範之指定材料性質。
- (四)抽查 TSC-02 殼體底部銲道位置之銲條材料（SFA-5.9 ER308L）之收料檢驗、提領、使用或退回等，係依據「材料、零件及組件之標識管制作業程序書」規定辦理，並已建立完整之紀錄表，可容易追溯證實該料件。
- (五)銲材供應廠商所出具之 CMTR 與「台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫（三版）」第 7 章採購材料、設備和服務之管制要求不一致，應提出說明，並建立具簽署 CMTR 之作業流程。

注意改進事項結案辦理情形：

本項注意改進事項物管局於 98 年 3 月 3 日物三字第 0980000463 號函要求台電公司改善，台電公司於 98 年 4 月 10 日電核安字第 09804064681 號函申請 FCMA-98-SF-001 (R0) 結案，經審查後，物管局於 98 年 4 月 10 日物三字第 0980008721 號函同意 FCMA-98-SF-001 (R0) 結案。

- (六)第 2 只密封鋼筒之屏蔽上蓋週緣有一經外力撞擊之凹痕，應評估其影響及具體可行之改善方案，必要時應進行肇因分析，採取適當行動，以防範再發生。

注意改進事項結案辦理情形：

本項注意改進事項物管局於 98 年 3 月 3 日物三字第

0980000463 號函要求台電公司改善，台電公司於 98 年 4 月 9 日電核安字第 09804064001 號函申請 FCMA-98-SF-002 (R0) 結案，經審查後，物管局於 98 年 4 月 10 日物三字 0980008721 號函同意 FCMA-98-SF-002 (R0) 結案。

(七)現場觀察結果顯示俊鼎公司人員對於本局執行檢查之配合度高，另密封鋼筒組件之模擬燃料置入與拉出的組合試驗、屏蔽上蓋與結構上蓋的組合測試作業熟悉，現場抽樣量測結果也都能符合程序書要求。