



台灣電力公司

核一廠

用過核子燃料乾式貯存設施

運轉執照申請案

核一廠用過核子燃料乾式貯存

設施維護與監測計畫

中華民國 114 年 4 月

## 目 錄

1	前言 .....	1
2	乾式貯存設施維護作業 .....	2
2.1	混凝土護箱外加屏蔽及防水塗漆 .....	2
2.1.1	混凝土護箱外加屏蔽維護保養作業 .....	2
2.1.2	防水塗漆 .....	5
2.2	混凝土貯存基座結構完整性 .....	6
2.2.1	引用方法或原則 .....	6
2.2.2	接受標準 .....	6
2.2.3	異常處理措施 .....	6
2.2.4	維護保養紀錄保存 .....	7
2.3	傳送護箱、重要輔助設備及再取出設備之維護保養 .....	8
2.3.1	傳送護箱 .....	8
2.3.2	重要輔助設備及再取出設備 .....	11
2.4	監測設備維護與管理 .....	46
2.4.1	引用方法或原則 .....	48
2.4.2	接受標準 .....	48
2.4.3	異常處理措施 .....	48
2.4.4	維護保養紀錄保存 .....	49
3	乾式貯存設施監測作業 .....	50
3.1	混凝土護箱溫度監測 .....	50
3.1.1	引用方法或原則 .....	50
3.1.2	接受標準 .....	50
3.1.3	異常處理措施 .....	51
3.1.4	監測紀錄保存 .....	51
3.2	環境輻射監測 .....	52
3.2.1	引用方法或原則 .....	52
3.2.2	接受標準 .....	56
3.2.3	異常處理措施 .....	56

3.2.4	監測紀錄保存 .....	56
3.3	土石流監測及水位監測 .....	57
3.3.1	引用方法或原則 .....	57
3.3.2	接受標準 .....	57
3.3.3	異常處理措施 .....	57
3.3.4	監測紀錄保存 .....	57
3.4	邊坡穩定監測 .....	58
3.4.1	引用方法或原則 .....	58
3.4.2	接受標準 .....	59
3.4.3	異常處理措施 .....	61
3.4.4	監測紀錄保存 .....	61
3.5	混凝土基座穩定監測 .....	61
3.6	保安監測 .....	61
3.6.1	引用方法或原則 .....	62
3.6.2	接受標準 .....	62
3.6.3	異常處理措施 .....	62
3.6.4	監測紀錄保存 .....	62
3.7	貯存設施鋼材腐蝕劣化監測 .....	63
3.7.1	不銹鋼 .....	63
3.7.2	碳鋼 .....	65
附錄 A	核一廠程序書及環境輻射監測內容摘要 .....	A-1
附錄 B	乾式貯存設施密封鋼筒應力腐蝕劣化監測之研究發展 .....	B-1

## 圖目錄

圖 2.4-1 核一廠乾式貯存設施溫度即時監測系統畫面示意圖 .....	47
圖 2.4-2 溫度監測系統架構圖 .....	47
圖 3.2.1-1 乾式貯存設施運轉期間輻射監測站位置圖 .....	53
圖 3.2.1-2 核一廠廠區輻射監測站位置圖 .....	54
圖 3.2.1-3 (1) 核一廠環境輻射偵測取樣地點(熱發光劑量計).....	55
圖 3.2.1-3 (2) 核一廠環境輻射偵測取樣地點(環境輻射監測器).....	55
圖 3.4.1-1 自動化監測系統儀器配置圖 .....	59
圖 3.7.1-1 結構試片存放密封鋼筒位置 .....	63
圖 A-1 合理抑低作業流程 .....	A-5

## 表目錄

表 2.3.1-1 傳送護箱之維護保養週期及檢查項目 .....	9
表 2.3.1-2 傳送護箱維護保養項目及接受標準 .....	10
表 2.3.2.1-1 傳送護箱吊軌維護保養項目及接受標準 .....	13
表 2.3.2.2-1 自動銲接設備之維護保養週期及檢查項目 .....	14
表 2.3.2.2-2 自動銲接設備維護保養項目及接受標準 .....	14
表 2.3.2.3-1 排水真空乾燥系統之維護保養及檢查項目 .....	16
表 2.3.2.3-2 排水真空乾燥系統維護保養項目及接受標準 .....	17
表 2.3.2.4-1 氬氣測漏檢測系統維護保養週期表 .....	18
表 2.3.2.4-2 氬氣測漏檢測系統維護保養項目及接受標準 .....	19
表 2.3.2.5-1 懸浮氣墊維護保養週期表 .....	20
表 2.3.2.5-2 供氣動力組維護保養週期表 .....	21
表 2.3.2.5-3 液壓千斤頂組維護保養週期表 .....	21
表 2.3.2.5-4 空壓機一般性檢查項目及接受標準 .....	22
表 2.3.2.5-5 空壓機保養檢查項目及接受標準 .....	22
表 2.3.2.6-1 多軸油壓板車維護保養週期表 .....	25
表 2.3.2.6-2 多軸油壓板車維護保養週期表(車軸板架).....	26
表 2.3.2.6-3 多軸油壓板車維護保養週期表(低板).....	26
表 2.3.2.6-4 多軸油壓板車例行檢查項目及接受標準 .....	27
表 2.3.2.6-5 多軸油壓板車保養檢查項目及接受標準 .....	27
表 2.3.2.7-1 環狀間隙注水系統維護保養週期及檢查項目 .....	29
表 2.3.2.7-2 環狀間隙注水系統維護保養執行內容及接受標準 .....	30
表 2.3.2.8-1 五樓防震設施維護保養週期及檢查項目 .....	31
表 2.3.2.8-2 五樓防震設施維護保養執行內容及接受標準 .....	31
表 2.3.2.9-1 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養週期及檢查項目 .....	32
表 2.3.2.9-2 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養執行內容及接受標準 .....	33
表 2.3.2.10-1 密封鋼筒自翻轉裝置維護保養週期及檢查項目 .....	34
表 2.3.2.10-2 密封鋼筒自翻轉裝置維護保養執行內容及接受標準 .....	35
表 2.3.2.11-1 二樓防震架及 A 型吊架維護保養週期及檢查項目 .....	36

表 2.3.2.11-2 二樓防震架及 A 型吊架維護保養執行內容及接受標準 .....	37
表 2.3.2.12-1 傳送銜接器維護保養週期及檢查項目 .....	38
表 2.3.2.12-2 傳送銜接器維護保養執行內容及接受標準 .....	39
表 2.3.2.13-1 屏蔽門維護保養週期及檢查項目 .....	40
表 2.3.2.13-2 屏蔽門維護保養執行內容及接受標準 .....	41
表 2.3.2.14-1 J 型勾維護保養週期及檢查項目 .....	42
表 2.3.2.14-2 J 型勾維護保養執行內容及接受標準 .....	42
表 3.4.2-1 監測參考管理值 .....	60
表 3.4.2-2 監測參考管理值 .....	60
表 A-1 核一廠環境輻射偵測作業項目 .....	A-10

## 1 前言

台灣電力公司(以下簡稱本公司)為申請於第一核能發電廠(以下簡稱核一廠)設置用過核子燃料乾式貯存設施(以下簡稱本案)，特依據總統於 91 年 12 月公布施行之「放射性物料管理法」第十七條及「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」第三條、第四條之規定，提出台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施設置安全分析報告，並於 97 年 12 月 3 日取得核能安全委員(由行政院原子能委員會 112 年 9 月 27 日改制，以下簡稱核安會)核發之建造執照。

依據核安會核物料管制組(由放射性物料管理局 112 年 9 月 27 日改制，以下簡稱物管組)104 年 8 月 20 日物三字第 1040011676 函之說明一「為強化用過核子燃料乾式貯存設施的安全，請貴公司研提乾貯設施維護與監測計畫，併同運轉執照申請文件送審。」，以及 113 年 9 月 24 日召開之「核電廠乾式貯存設施管制討論會議」決議事項(三)，提出本公司「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施維護與監測計畫」(以下簡稱本計畫)。

本計畫書係參考「用過核子燃料乾式貯存設施維護與監測計畫導則」內容之格式要求，並依據本案之特性所撰寫。本計畫書係規範核一廠用過核子燃料乾式貯存設施營運期間主要安全功能之結構、系統與組件之維護保養與監測作業。

## 2 乾式貯存設施維護作業

本章說明核一廠用過核子燃料乾式貯存設施營運期間主要安全功能之結構、系統與組件之維護保養作業。本公司於每年二月底前，將提報前一年之維護作業結果報告，送主管機關備查。含括下列項目：

- 一、混凝土護箱外加屏蔽及防水塗漆
- 二、混凝土貯存基座結構完整性
- 三、傳送護箱、重要輔助設備及再取出設備之維護保養
- 四、邊坡地錨檢查、維護與管理
- 五、監測設備維護與管理

### 2.1 混凝土護箱外加屏蔽及防水塗漆

#### 2.1.1 混凝土護箱外加屏蔽維護保養作業

本設施使用之 INER-HPS 貯存系統，為因應核一廠之特定需求，特於混凝土護箱外加混凝土屏蔽，以符合廠界年劑量限值(小於 0.05 mSv/y)之特殊設計要求。

依據「意外事件應變計畫」第 6.9 節混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序一節所述，如發現混凝土護箱本體或外加屏蔽受損，且產生可能影響輻射屏蔽之瑕疵(深度小於 2.5 cm 之表面瑕疵，其寬度大於 2.5 cm；或深度大於 2.5 cm 之裂縫，其寬度大於 0.03 cm)時，應立即進行修(填)補作業；若受損嚴重無法修補時，則執行更換。

##### 2.1.1.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(一).3.(2)節「混凝土護箱及其外加屏蔽」，以及表 3.1.1-6 混凝土護箱設計參數，外加屏蔽混凝土材料為 Type II Portland Cement 卜作嵐材料(Pozzolanic Admixture)，密度至少為 2.24 g/cm<sup>3</sup> (140 lb/ft<sup>3</sup>)。

另依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第五章第二、(二)節「檢視混凝土護箱外加屏蔽外觀結構」，以及第五

章第六、(一)節「年度保養」之規定，每年目視檢查混凝土護箱外加屏蔽外觀，若發現依一般工程判斷可能影響輻射屏蔽的瑕疵，將進行補填或以裂縫探針監測。

混凝土護箱外加屏蔽外觀結構目視檢查則參考 ACI 201.1R，以目視檢查進行混凝土表面結構的現況識別與評估，以便及早發現瑕疵，並進行適當的維護或修復。具體修補方式選用需根據裂縫的寬度、深度、位置等特徵，評估其對結構性能的影響，採取適當的修復或補強方案。例如：深度小於 2.5 cm 可選用表面封閉法，以環氧樹脂或聚合物改性水泥漿進行表面塗抹；深度大於 2.5 cm 需判斷其裂縫特性與環境條件，選擇填縫法或灌漿法。

#### **2.1.1.2 接受標準**

- A. 深度小於 2.5 cm 之混凝土表面瑕疵，其寬度大於 2.5 cm，應進行填補。
- B. 深度大於 2.5 cm 之混凝土裂縫，其寬度大於 0.3 mm，應進行填補。

#### **2.1.1.3 異常處理措施**

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(五)節「設施各結構、系統與組件之品質分級」，混凝土護箱外加屏蔽品質分級為 C 級，屬失效時不會顯著降低系統功能之組件，當失效或喪失功能時不太可能對操作安全、燃料完整性或民眾健康與安全造成負面之影響。

若發現混凝土護箱外加屏蔽裂縫不符合本計畫第 2.1.1.2 節接受標準時，則進行填補，填補材料規格需符合本計畫第 2.1.1.1 節所述。填補方式須依據裂縫寬度、深度進行使用方法及材料選擇，參考設計圖說以一般工程採用標準與方法進行。

#### **2.1.1.4 維護保養紀錄保存**

混凝土護箱外加屏蔽相關維護保養紀錄之保存，除程序書另

有規定外，由主辦部門紙本留存。

## **2.1.2 防水塗漆**

### **2.1.2.1 引用方法或原則**

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(二).6.(2)節「混凝土護箱及其外加屏蔽」，混凝土表面塗有防水塗料(sealant)，為溶劑型水泥漆(油性水泥漆)(符合 CNS 標準)，具極佳耐候性、耐水及耐鹼性、高膜厚與極強的附著力，本身為高固成分能直接填補細微裂縫，可避免氯離子及硫酸根離子進入腐蝕鋼筋。並參考混凝土護箱外加屏蔽製造品質成套文件。

### **2.1.2.2 接受標準**

油漆類型需為混凝土用溶劑型水泥漆材料。

### **2.1.2.3 異常處理措施**

防水塗漆若有脫落，則進行補漆。

### **2.1.2.4 維護保養紀錄保存**

混凝土護箱外加屏蔽防水塗漆相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

## 2.2 混凝土貯存基座結構完整性

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第二、(二)節「施工計畫」，本設施貯存場採筏式基礎設計，混凝土基座板設計厚度為 90 cm，基礎級配碎石回填厚約 60 cm，達到混凝土地坪完成面高程為 24 m。

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第六章第二、(六).3 節「貯存場混凝土基座評估」及「貯存場基礎承载力、沉陷量及液化潛能評估報告」分析結果，本設施貯存場混凝土基座之結構設計及地層之承载力、沉陷量與液化潛能經評估後，實際分析筏式基礎平均荷重  $7.8 \text{ MT/m}^2$ ，若土壤承载力保守以  $40 \text{ MT/m}^2$  估算(土壤淨極限承载力約  $166.6 \text{ MT/m}^2$ ，容許承载力約  $57.2 \text{ MT/m}^2$ )，則具備 5.12 的安全係數；分析所得混凝土筏式基礎最大總沉陷量為 2.256 cm，也小於本案採用之最大沉陷量為 5 cm 的保守要求。基座承载力符合載重要求，筏式基礎沉陷量均在容許範圍內，且符合相關規範之要求。部份區域地表下 2.5 m 內之表土層具有液化潛能，故採用置換方式將表土層挖除後，以級配或良質土取代，並加以夯實強化，除可避免發生液化問題外，也可避免基座座落於疏鬆表土層所導致的沉陷問題。

綜上所述，混凝土貯存基座結構於壽命期內，可保持結構完整性。

### 2.2.1 引用方法或原則

依據安全分析報告第三章內容所述，貯存場混凝土基座主要材料為鋼筋混凝土，為維護混凝土基座結構的完整性，確保其耐久性與安全性，需根據裂縫的寬度、深度、位置等特徵，評估其對結構性能的影響，採取適當的修復或補強方案。

### 2.2.2 接受標準

目視檢查混凝土基座不可有明顯裂縫與結構異常。

### 2.2.3 異常處理措施

若發現裂縫或基座結構異常，應派專業人員進行檢測與紀錄及判斷結果，並依據建議修補方式採行之。

#### 2.2.4 維護保養紀錄保存

檢查、維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

## 2.3 傳送護箱、重要輔助設備及再取出設備之維護保養

### 2.3.1 傳送護箱

傳送護箱為用過核子燃料裝載，以及密封鋼筒與混凝土護箱間之傳送作業用容器，不作為長期貯存用。主要功能為：(1)提供密封鋼筒操作過程中之輻射屏蔽；(2)提供密封鋼筒與混凝土護箱之間的傳送功能；(3)提供持續水流流經與密封鋼筒外壁間之間隙，以及避免密封鋼筒外壁在池中受到污染。

傳送護箱之設計主要為吊舉及垂直定向操作，有 2 個吊耳軸。傳送護箱具多重障壁(鋼/鉛/NS-4-FR/鋼)設計，空筒重約 46.18 MT。其主要材料為碳鋼，表面有與燃料池水相容的塗裝；另其滑動屏蔽門有潤滑劑為不影響用過核子燃料池水池水質的潤滑油，為 NEVER SEEZ(Nuclear Grade) NG-165 為特殊純鎳製品。

#### 2.3.1.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第五章第六、(三)節，執行週期檢查及年度保養。每一次操作前，應由運轉人員目視檢查。運貯作業期間，傳送護箱應在不超過 12 個月的期間內，執行目視、尺寸量測及非破壞檢驗等年度保養，保養檢查項目同週期檢查項目，另外須對吊耳軸與內外箱體銲道、屏蔽門內軌道銲道等，執行液滲(PT)或磁粉(MT)檢測，接受準則須分別符合 ASME, III, NF, NF-5350 或 NF-5340 所述。

傳送護箱維護保養檢查項目與週期如表 2.3.1-1 所示。

表 2.3.1-1 傳送護箱之維護保養週期及檢查項目

項次	檢查項目	週期			
		二年	12個月	3個月	正式運貯作業使用前
1	傳送護箱本體檢查塗裝層有無鏽蝕毀損		✓	✓	✓
2	檢查吊耳軸及防護板有無損傷、變形或鏽蝕		✓	✓	✓
3	檢查注排水孔有無螺牙損傷、變形、鏽蝕、髒污或碎屑		✓	✓	✓
4	檢查保護環、保護環螺栓及保護環螺栓孔，有無螺牙損傷、變形、銹蝕、髒污或碎屑		✓	✓	✓
5	針對傳送護箱主要承重組件受力點及接合面執行年度檢測		✓		✓*
備註：*確認該項之年度檢查紀錄。					

### 2.3.1.2 接受標準

傳送護箱維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.1-2。每 3 個月及每次使用前目視檢查，及每 12 個月執行年度非破壞檢測(目視及液滲檢測)。

表 2.3.1-2 傳送護箱維護保養項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
傳送護箱本體檢查塗裝層有無鏽蝕毀損	每 3 個月、每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
檢查吊耳軸及防護板有無損傷、變形或鏽蝕	每 3 個月、每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
檢查注排水孔有無螺牙損傷、變形、鏽蝕、髒污或碎屑	每 3 個月、每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
檢查保護環、保護環螺栓及保護環螺栓孔，有無螺牙損傷、變形、銹蝕、髒污或碎屑	每 3 個月、每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
檢查外緣與底板銲道有無毀傷或裂隙	每 3 個月、每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
以下針對傳送護箱本體主要承重組件受力點及接合面： (a) 確認是否與圖說尺寸相符，有無異常變形	每 12 個月執行年度檢查 目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸確認，量測值並須記錄於檢測報告中。
(b) 吊耳軸表面與內外箱體銲道非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。
(c) 底部屏蔽門內外軌道與本體銲接之銲道非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。
(d) 底部屏蔽門軌道與屏蔽門接合面非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

### 2.3.1.3 異常處理措施

各物件表面塗層之修補，應依據核准工程圖規範及製造商施工說明執行。

### 2.3.1.4 維護保養紀錄保存

傳送護箱相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2 重要輔助設備及再取出設備

本系統之輔助設備用於密封鋼筒之燃料裝載、密封，以及反應器廠房內外傳送作業及再取出作業之反向操作；重要輔助設備包括有：

1. 傳送護箱吊軌
2. 自動銲接機
3. 真空乾燥系統(vacuum drying system, VDS)
4. 氬氣測漏系統(leakage test system ,LTS)
5. 懸浮氣墊與千斤頂系統
6. 多軸油壓板車
7. 環狀間隙注水系統
8. 五樓防震設施(含五樓工作平台)
9. 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具
10. 密封鋼筒自翻轉裝置
11. 二樓防震架及 A 型吊架
12. 銜接器
13. 屏蔽門
14. J 型勾
15. 上蓋銲道移除設備

### 2.3.2.1 傳送護箱吊軌

傳送護箱吊軌為銜接起重機(90 MT 廠房吊車)吊鉤與傳送護箱吊耳軸的吊具，其設計應符合 ANSI N14.6 及 NUREG-0612 法規要求，屬於品質分級(安全等級)B 級。使用前，先經組件裝配、功能測試、檢查與 3 倍負載的安全測試，並須有維護保養、每年檢查和檢查計畫之要求。90MT 廠房吊車經單一功能失效驗證 (single failure proof)，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。其吊軌之主要功能：將傳送護箱從 1 樓地面吊入 5 樓燃料池內，及於裝滿用過核燃料之密封鋼筒與傳送護箱後，吊入屏蔽上蓋置於密封鋼筒上緣內，再將傳送護箱吊出水池。

#### 2.3.2.1.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第五章第六、(四)節，執行週期檢查與年度保養，每一次使用前，須由運轉操作人員對吊軌及連結插銷，目視檢查有無損傷或變形。每三個月，須由維護人員或其他非運轉操作人員，目視檢查吊軌及連結插銷有無損傷或變形。運貯作業期間，傳送護箱吊軌應在不超過 12 個月的期限內，執行目視檢查並執行非破壞檢測項目。

非破壞檢測方法應依據 ASME V, Article 6 & 9 執行檢測，其接受標準則須符合 AWS D1.1、ASME, III, NF, NF-5350 所述，以及 ANSI N14.6 對維護之相關規定。

#### 2.3.2.1.2 接受標準

傳送護箱吊軌維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.2.1-1。每 3 個月及每次使用前目視檢查，及每 12 個月非破壞檢測(目視及液滲檢測)。

表 2.3.2.1-1 傳送護箱吊軌維護保養項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
目視檢查吊軌外觀、主要承重組件及連接插銷有無損傷、鏽蝕或變形	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
以下針對吊軌主要承重組件受力點及接合面：  (a) 確認是否與圖說尺寸相符，有無異常變形	每 12 個月執行年度檢查  目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸確認，量測值並須記錄於檢測報告中。
(b) 吊軌之兩側吊擔非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。
(c) 吊軌與廠房天車之連接插銷及插銷孔非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

註：非破壞檢查項目則於年度維護保養時進行。

#### 2.3.2.1.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件；各物件表面塗層之修補，應依據核准工程圖規範及製造商施工說明執行。

#### 2.3.2.1.4 維護保養紀錄保存

傳送護箱吊軌相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.2 自動鐸接機

自動鐸接設備包含自動鐸接機主機、自動鐸接機影像監視系統、自動鐸接機鐸頭及軌道、電纜及管線等組件。

密封鋼筒自動鐸接作業係依「核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋鐸接操作程序書(ISFSI-07-SOP-07007-08)」執行鐸接驗證能力，鐸接過程中利用非破壞檢測技術(目視與液滲)確認鐸接品質的優劣。

#### 2.3.2.2.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第五章第四節。自動鐸接設備維護保養週期表如表 2.3.2.2-1 所示。

表 2.3.2.2-1 自動鐸接設備之維護保養週期及檢查項目

項次	檢查項目	週期			
		每三年	12個月	1個月	正式運貯作業使用前
1	自動鐸接設備校正證明	✓			✓*
2	自動鐸接設備之外觀		✓		✓
3	確認氬氣瓶有足夠的鐸接使用量		✓		✓
4	自動鐸接設備的冷卻水箱		✓		✓
5	測試自動鐸接設備各項操作功能		✓		✓

備註：\*確認校驗紀錄。

#### 2.3.2.2.2 接受標準

自動鐸接設備維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.2.2-2。

表 2.3.2.2-2 自動鐸接設備維護保養項目及接受標準

自動鐸接設備功能測試項目	接受標準
檢查主機、電供系統、風扇、冷卻水馬達啟動	正常運作
測試鐸頭前進/後退(走一圈)	正常運作
鐸頭升起/下降(可降到底道)	正常運作

自動銲接設備功能測試項目	接受標準
擺弧機構橫向移動	正常運作
銲料前進/後退	正常運作
送線機構左/右旋轉調整(調到中間)	正常運作
送線機構升起/下降調整(調到中間)	正常運作
耳機麥克風、CCD、電腦螢幕、主機螢幕	正常運作
急停功能	正常運作
檢查 PURGE 功能-冷卻水、保護氣體	正常運作
執行試銲作業	正常運作

#### 2.3.2.2.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件。

#### 2.3.2.2.4 維護保養紀錄保存

自動銲接設備相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.3 排水真空乾燥系統(vacuum drying system, VDS)

排水真空乾燥系統(以下簡稱 VDS)及其組件(包含各型真空泵、冷凝器、真空壓力計、壓力計、自動排水器等)。

為確保用過核子燃料於密封鋼筒(以下簡稱 TSC)內處於一乾燥且充滿惰性氣體之要求，於完成屏蔽上蓋銲接及氣壓測漏後，以 VDS 系統先將密封鋼筒內之水份儘量排出，再利用真空泵以真空乾燥方式使筒內殘水蒸發後抽出以達到乾燥目的，之後對筒內填充高純度氮氣，用過核燃料遂處於一乾燥且充滿惰性氣體之環境中。

#### 2.3.2.3.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(三)節。

排水真空乾燥系統維護保養週期表如表 2.3.2.3-1 所示。

表 2.3.2.3-1 排水真空乾燥系統之維護保養及檢查項目

項次	檢查項目	週期			
		兩年	一年	半年	正式運貯作業使用前
1	真空壓力計 TTR 91(含 center one 控制器) 定期校驗		✓		✓*
2	各式壓力計定期校驗		✓		✓*
3	VDS 外觀維護保養		✓		✓
4	VDS 管閥件維護保養		✓		✓
5	管路法蘭面保養及 O 型環檢查		✓		✓
6	真空泵維護保養	✓			✓
備註：* 確認校驗紀錄。					

### 2.3.2.3.2 接受標準

排水真空乾燥系統維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.2.3-2。

表 2.3.2.3-2 排水真空乾燥系統維護保養項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
真空壓力計 TTR 91 (含 center one 控制器) 定期校驗	1.校正報告審查合格並簽章。 2.正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。
各式壓力計定期校驗	1.校正報告審查合格並簽章。 2.正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。
VDS 外觀維護保養	目視檢查，並確認自動排水器之測試排水管線無堵塞。
VDS 管閥件維護保養	目視檢查，並確認閥作動正常
管路法蘭面保養及 O 型環檢查	目視檢查法蘭面清潔無刮傷，並確認 O 型環更換
真空泵使用前檢查	目視檢查，真空泵真空油量位置與顏色正常
真空泵定期維護保養	出場維護保養報告審查合格並簽章

### 2.3.2.3.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件。SV100 B 真空泵及 D65 B 真空泵之故障排除資訊依據原廠操作手冊規定。

### 2.3.2.3.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.4 氦氣測漏系統(leakage test system ,LTS)

氦氣測漏系統及其組件(包含氦氣質譜儀、標準洩漏計、測漏用蓋板及真空泵等)。

為確保用過核燃料密封鋼筒之封鐸品質與密封效果符合要求，利用氦氣測漏儀檢測確認密封鋼筒之密封邊界完整，並應用非破壞檢測技術來確認相關操作程序之合適性。原則上設備維護，除氦氣測漏儀本體外觀及測漏系統管閥件維護保養目視檢查外，尚需對氦氣測漏儀本體進行每年定期校驗及定期維護(Burn-in)至少 4 小時之維護保養作業，以去除儀器設備本身內部之殘存氦氣與溼氣。真空泵為輔助抽真空之設備，需定期目視檢查真空油品顏色及油量，視需要進行真空油品補充與更換。

#### 2.3.2.4.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(三)節。

氦氣測漏檢測系統維護保養週期表如表 2.3.2.4-1 所示。

表 2.3.2.4-1 氦氣測漏檢測系統維護保養週期表

項次	檢查項目	週期			
		每年	半年	一個月	正式運貯作業使用前
1	氦氣測漏儀定期校驗	✓			✓*
2	標準洩漏計定期校驗	✓			✓*
3	氦氣測漏儀本體外觀 維護保養	✓			✓
4	氦氣測漏系統管閥件 維護保養	✓			✓
5	氦氣測漏儀定期維護 (Burn-in)		✓		✓
6	氦氣測漏儀功能測試	✓			✓
7	真空泵維護保養	✓			✓
8	測漏用蓋板及墊片維 護保養	✓			✓
備註：* 確認校驗紀錄。					

#### 2.3.2.4.2 接受標準

氮氣測漏檢測系統維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.2.4-2。

表 2.3.2.4-2 氮氣測漏檢測系統維護保養項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
氮氣測漏儀定期校驗	每年送校，正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。
標準洩漏計(TL-8)定期校驗	每年送校，正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。
氮氣測漏儀本體外觀維護保養	目視檢查，並確認測試口盲封或加蓋。
氮氣測漏系統管閥件維護保養	目視檢查，並確認管件開口處盲封或加蓋。
氮氣測漏儀定期維護(Burn-in)	至少 4 小時之維護保養作業。
氮氣測漏儀功能測試(儀器靈敏度)	實體操作，確認設備靈敏度可達 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 之要求。
真空泵維護保養	目視檢查。
測漏用蓋板及墊片維護保養	目視檢查。

#### 2.3.2.4.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，洽原設備廠商執行更換。

#### 2.3.2.4.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.5 懸浮氣墊與千斤頂系統

懸浮氣墊組包含空氣壓縮機，主要提供氣動力。懸浮氣墊使用於混凝土護箱於澆置場/貯存場之裝/卸車作業，以及於貯存場卸車後移動混凝土護箱至定位。

混凝土護箱下方之四個進氣口設計為可供液壓千斤頂系統安裝及抬升時使用。液壓千斤頂系統用於將混凝土護箱舉起(於澆置場/混凝土護箱載具之載貨板/貯存場)，以便於其下方安裝/移除懸浮氣墊組。

#### 2.3.2.5.1 引用方法或原則

依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第三章第一、(三)節。

懸浮氣墊與千斤頂系統維護保養週期表如表 2.3.2.5-1~2.3.2.5-3 所示。

表 2.3.2.5-1 懸浮氣墊維護保養週期表

項次	檢查項目	週期				
		每年	半年	三個月	一個月	正式運貯作業使用前
1	清理氣墊	✓	✓	✓	✓	✓
2	檢查磨損或損壞。 若有需要就上保護漆	✓	✓	✓		✓
3	檢查角座可能的損壞	✓	✓	✓		✓
4	檢查進氣口是否乾淨	✓	✓	✓		✓
5	替換氣墊的橡膠氣墊盤	視情況				視情況

表 2.3.2.5-2 供氣動力組維護保養週期表

項次	檢查項目	週期				
		每年或 每運轉 1000 小時	半年 或每 運轉 500 小時	初 次 運 轉 50 小 時	每 次 啟 動 前	正式運 貯作業 使用前
1.	一般性檢查項目	✓	✓	✓	✓	✓
2.	燃油系統	✓	✓	✓		✓
3.	空氣系統	✓	✓	✓		✓
4.	機油系統	✓	✓	✓		✓
5.	冷卻系統	✓	✓	✓		✓
6.	電氣系統	✓	✓	✓		✓
7.	輪胎/機械構造	✓	✓	✓		✓

表 2.3.2.5-3 液壓千斤頂組維護保養週期表

項次	檢查項目	週期			
		每年	半年	一個月	正式運 貯作業 使用前
1	各組件清潔及潤滑	✓	✓	✓	✓
2	液壓油檢查或更換	✓	✓		✓
3	所有連結組件之螺紋 (外螺紋或內螺紋) 清潔和潤滑	✓	✓		✓
4	千斤頂檢查	✓	✓		✓

### 2.3.2.5.2 接受標準

檢測項目/接受標準說明如下：

- A. 檢查系統接口是否清潔無異物。
- B. 檢查懸浮氣墊本體及相關連接管路是否鬆脫。
- C. 檢查供氣動力組發動機油油位是否在正常量位置。
- D. 檢查供氣動力組電瓶是否在正常電壓。
- E. 檢查供氣動力組冷卻液顏色及是否有雜質存在。

- F. 檢測供氣動力組冷却液 pH 值測定，若 pH 值低於 7 或高於 9.5，則需要更換冷却液。
- G. 檢測供氣動力組是否正常運作，及其氣缸壓力是否正常建立。
- H. 供氣動力組之安全相關機構作動是否正常運作。
- I. 檢測懸浮氣墊是否可正常動作。
- J. 檢查千斤頂組本體及相關連接管路是否鬆脫。
- K. 檢測千斤頂組是否正常運作。

空壓機維護保養項目及接受標準說明於表 2.3.2.5-4~2.3.2.5-5。

表 2.3.2.5-4 空壓機一般性檢查項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
發動機油位	油料量位於正常範圍。
冷凝水	排空。
壓縮機油位	油料量位於正常範圍。
冷却液液位	冷却液位於正常範圍。
空氣過濾器真空閥	排空。
燃油過濾器水	排空。
ABS 液箱排放	排空。

表 2.3.2.5-5 空壓機保養檢查項目及接受標準

項次	保養檢查項目	接受標準
<b>燃油系統</b>		
1	系統管路	目視檢查無洩漏
2	旋轉接頭	已鎖緊
3	電纜和快接頭	外觀良好並接妥
4	指示燈號	顯示正常
5	操控	作動正常
6	清潔度	目視檢查良好
7	活動組件潤滑	目視檢查均已適當潤滑
8	初級燃油過濾器(AC 過濾器)	每半年更換

項次	保養檢查項目	接受標準
9	燃油預過濾器	每半年更換
10	燃油過濾器	每半年更換
11	燃油箱卸壓裝置	清潔
<b>空氣系統</b>		
12	系統管路	目視檢查無洩漏
13	安全閥	作動正常
14	卸壓裝置	作動正常
15	壓縮機油	每年更換
16	壓縮機油過濾器	每年更換
17	空氣過濾器芯	每年更換
<b>柴油機系統</b>		
18	系統管路	目視檢查無洩漏
19	機油冷卻器	清潔
20	機油停止閥	清潔
21	發動機油	每年更換
22	發動機油過濾器	每年更換
23	發動機進口和出口閥	作動正常
24	機油清洗線路限流器	清潔
<b>冷卻系統</b>		
25	散熱器	清潔
26	冷熱自動調節器	清潔
27	風扇 V 型皮帶	無損傷並維持適當張力
28	外觀狀態	目視無異常
29	冷卻液	檢查，每五年或必要時更換
<b>電氣系統</b>		
30	電解液液位和電瓶接線端	液位正常；電瓶接妥
31	輪圈螺絲	無鬆脫
32	電纜線路	目視檢查連接及狀態良好
33	外觀狀態	目視無異常
34	停機開關	作動正常
<b>輪胎/機械構造</b>		
35	胎壓	符合手冊建議值
36	煞車	作動正常
37	插銷、牽引軸	潤滑
備註	相關維護保養應參考原廠手冊，由專業人員進行。	

#### **2.3.2.5.3 異常處理措施**

視需要更換合格零組件，洽原設備代理商進行更換。

#### **2.3.2.5.4 維護保養紀錄保存**

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.6 多軸油壓板車

多軸油壓板車為運送混凝土護箱之機具，主要將混凝土護箱(內含密封鋼筒)由反應器廠房運送至貯存場，品質分級屬於NQ級。多軸油壓板車具備22 cm厚之超低重型承板，承載能力達150 MT以上；為符合廠房內之作業空間限制，並增加載具接地面積以減少對地面之均佈應力，採用8軸共64輪之自走式多軸油壓板車取代傳統拖車頭曳引。藉由液壓平衡對路面之顛簸自動反饋，可確保所運載物件保持平穩狀態；具備自有動力源，各車軸可獨立轉向，移動靈活，並可視路況需要隨時調整承載平台高度，減少與地面距離或降坐於地面，確保所載運物件之安全穩定。

#### 2.3.2.6.1 引用方法或原則

多軸油壓板車維護保養週期表如表2.3.2.6-1所示。

表 2.3.2.6-1 多軸油壓板車維護保養週期表

項次	檢查項目	週期				
		操作 400hr/ 每年	操作 200hr/ 半年	操作 100hr/3 個月	操作 8hr/ 每次作 業	正式運貯 作業使用 前
<b>一般項目</b>						
1	外觀	✓	✓	✓	✓	✓
2	旋轉接頭	✓	✓			✓
3	電纜和快接頭	✓	✓		✓	✓
4	指示燈號	✓	✓		✓	✓
5	緊急轉向系統正常	✓	✓	✓	✓	✓
6	整體系統狀態正常	✓	✓	✓	✓	✓
<b>維護項目</b>						
7	液壓系統	✓	✓	✓	✓	✓
8	煞車系統	✓	✓	✓	✓	✓
9	電子系統	✓	✓	✓	✓	✓

表 2.3.2.6-2 多軸油壓板車維護保養週期表(車軸板架)

項次	檢查項目	週期				
		操作 400hr/ 每年	操作 200hr/ 半年	操作 100hr/3 個月	操作 8hr/ 每次作 業	正式運貯 作業使用 前
<b>一般項目</b>						
1	外觀	✓	✓	✓		✓
2	旋轉接頭	✓	✓			✓
3	電纜和快接頭	✓	✓	✓	✓	✓
4	燈號	✓	✓	✓	✓	✓
5	操控	✓	✓	✓	✓	✓
6	整體系統狀態正常	✓	✓	✓	✓	✓
<b>維護項目</b>						
7	液壓系統	✓	✓	✓	✓	✓
8	煞車系統	✓	✓	✓		✓
9	電子系統	✓	✓	✓		✓
10	輪組	✓	✓			✓
11	轉向系統	✓	✓	✓	✓	✓

表 2.3.2.6-3 多軸油壓板車維護保養週期表(低板)

項次	檢查項目	週期				
		操作 400hr/ 每年	操作 200hr/ 半年	操作 100hr/3 個月	操作 8hr/ 每次作 業	正式運貯 作業使用 前
<b>一般項目</b>						
1	外觀	✓	✓	✓		✓
2	旋轉接頭	✓	✓	✓		✓
3	電纜和快接頭	✓	✓	✓		✓
4	液壓管線(硬管)	✓	✓	✓		✓
5	液壓管線(軟管及接頭)	✓	✓			✓

### 2.3.2.6.2 接受標準

多軸油壓板車例行檢查項目及接受標準說明於表 2.3.2.6-4，多軸油壓板車保養檢查項目及接受標準說明於表 2.3.2.6-5。

表 2.3.2.6-4 多軸油壓板車例行檢查項目及接受標準

保養檢查項目	接受標準
油料量	油料量位於正常範圍。
水箱水量	目視檢視水位正常。
散熱器檢視	無垃圾及受損。
風扇/滑輪/皮帶檢視	無裂縫、刻痕、垃圾、過度磨損。
引擎及散熱器檢視	無洩漏。
液壓管線檢視	無洩漏。
液壓油量	油量位於油尺之正常標示範圍。
車體巡視	無遺失螺栓或生鏽。

表 2.3.2.6-5 多軸油壓板車保養檢查項目及接受標準

項次	保養檢查項目	接受標準
<b>一般項目</b>		
1	外觀	目視無明顯損傷變形
2	旋轉接頭	已鎖緊
3	電纜和快接頭	外觀良好並接妥
4	指示燈號	顯示正常
5	操控	作動正常
6	清潔度	目視檢查良好
7.	活動組件潤滑	目視檢查均已適當潤滑
<b>液壓系統</b>		
6	液壓油	不足時補充，並建議兩年宜更換一次
7	液壓管線/接頭	已接妥，並且無明顯劣化
8	安全閥及液壓儲液器	作動正常
<b>柴油引擎</b>		
9	燃料傳輸泵浦及過濾器	作動正常

10	油箱中的油面高度	位於正常範圍
11	相關單元組件	作動正常
12	水、氣、電元件	外觀檢視無異常，連接良好，作動正常
<b>煞車系統</b>		
13	氣壓管線/接頭	已接妥，並且無明顯劣化
14	煞車片	厚度足夠
15	各單元組件	作動正常
16	外觀狀態	目視無異常
<b>輪組</b>		
17	各單元組件	作動正常
18	輪圈螺絲	無鬆脫
19	胎壓	符合手冊建議值
20	外觀狀態	目視無異常
<b>轉向系統</b>		
21	各單元組件	作動正常
22	外觀狀態	目視無異常
<b>電氣系統</b>		
23	電纜和接頭	目視外觀正常並接妥
24	電瓶	充電狀態及連接良好，電壓正常
25	電池主開關:性能及狀態	作動正常
26	主開關箱:燈號測試	燈號正常
備註	相關維護保養應參考原廠手冊，由專業人員進行。	

### 2.3.2.6.3 異常處理措施

視需要更換原廠或合格零組件，並由專業人員進行。

### 2.3.2.6.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.7 傳送護箱環狀間隙注水系統

本系統提供傳送護箱與密封鋼筒間環狀間隙所需之乾淨除礦水或經過濾的池水，以保護密封鋼筒外表面不受燃料池水污染。環狀間隙設有"O-環"水封，配合傳送護箱進出水池時以及燃料裝填期間持續提供足夠壓力的水，使環狀間隙始終保持正壓狀態，使污染的池水無法滲入間隙中。傳送護箱環狀間隙注水系統由水管(軟)、控制閥、流量計、壓力錶等組成。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作用管路設施，壓力不高，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

#### 2.3.2.7.1 引用方法或原則

環狀間隙注水系統維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.7-1 所述：

表 2.3.2.7-1 環狀間隙注水系統維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	半 年	正式運貯作 業使用前
1	快速接頭功能		✓		✓
2	1吋鋼絲軟管		✓		✓
3	指針式壓力錶定期校正		✓		✓
4	O型環維護保養		✓		✓
5	轉子式流量計定期校正		✓		✓*
備註：*確認該項之校驗紀錄。					

### 2.3.2.7.2 接受標準

環狀間隙注水系統維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.7-2 所述：

表 2.3.2.7-2 環狀間隙注水系統維護保養執行內容及接受標準

執 行 內 容	接 受 標 準
1 吋鋼絲軟管及管接頭 O 型環維護保養	軟管及 O 型環無變形。
轉子流量計定期校驗	正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。
指針式壓力錶定期校驗	正式運貯作業前確認校驗有效期，並貼有校驗標籤。

### 2.3.2.7.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.7.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.8 五樓防震設施

本防震設備位於反應器廠房五樓地板，用於裝載作業時，在五樓護箱清洗區有一方形結構框住傳送護箱，方形結構再與地板拉環(五樓護箱清洗區已有的吊耳)相結合。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為靜態結構，重量不大，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。萬一發生地震，可以防止豎立的傳送護箱傾倒。

#### 2.3.2.8.1 引用方法或原則

五樓防震設施維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.8-1 所述：

表 2.3.2.8-1 五樓防震設施維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	一 年	半 年	正式運貯作 業使用前
1	五樓防震設施(含五樓工作平台)目視檢查設備有無損傷、鏽蝕或變形				✓

#### 2.3.2.8.2 接受標準

五樓防震設施維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.8-2 所述：

表 2.3.2.8-2 五樓防震設施維護保養執行內容及接受標準

執 行 內 容	接 受 標 準
依五樓防震設施(含五樓工作平台)檢查紀錄表逐項執行檢查並填寫紀錄表	檢查合格並記錄

#### 2.3.2.8.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

#### 2.3.2.8.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.9 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具

密封鋼筒吊掛系統為裝滿燃料束的密封鋼筒進入混凝土護箱作業時與起重機吊鈎銜接的六爪吊具和白色起吊環。其設計符合 ANSI N14.6 法規要求，操作工具則為銜接起重機吊鈎或執行密封鋼筒進入混凝土護箱作業的輔助工具，例如定位用推桿或拉繩等，屬於品質分級 NQ 級，為操作用工業標準吊具，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

#### 2.3.2.9.1 引用方法或原則

密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.9-1 所述：

表 2.3.2.9-1 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	3 個 月	正式運貯作 業使用前
1	目視檢查設備外觀及組件有無損傷、鏽蝕或變形。			✓	✓
2	目視檢查密封鋼筒可遙控脫鈎吊具控制器燈號是否正常。			✓	✓
3	目視檢查控制面板整潔。			✓	✓
4	設備操作測試功能正常		✓		✓
5	針對密封鋼筒可遙控脫鈎吊具主要承重組件受力點及接合面執行年度檢測		✓		✓*

備註：\* 確認該項之年度檢查紀錄。

#### 2.3.2.9.2 接受標準

密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.9-2 所述：

表 2.3.2.9-2 密封鋼筒可遙控脫鈎吊具維護保養執行內容及接受標準

執行內容	接受標準
<p>確認密封鋼筒可遙控脫鈎吊具及主要承重組件，目視檢查確認有無損傷、鏽蝕或永久變形之現象。</p> <p>(a) 吊具主體銲接連接面、連結插銷及其孔緣</p> <p>(b) 6 只吊勾、6 只連接插銷、54 只螺栓</p> <p>(c) 吊具吊勾與連接座內緣接觸面</p>	<p>每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。</p>
<p>確認密封鋼筒可遙控脫鈎吊具控制器燈號是否正常</p>	<p>每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。按下指示燈測試鈕確認所有燈號均亮，若有燈號未亮即表示故障。</p>
<p>保持控制面板整潔</p>	<p>每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。不可水洗，只需使用乾淨的布或擦拭紙即可。</p>
<p>設備操作測試功能正常</p>	<p>每 12 個月及每次使用前檢查確認。</p>
<p>以下針對密封鋼筒可遙控脫鈎吊具主要承重組件受力點及接合面：</p> <p>(a) 確認是否與圖說尺寸相符，有無異常變形</p>	<p>目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸確認，量測值並須記錄於檢測報告中。</p>
<p>(b) 吊勾、連接插銷及其孔緣、螺栓、主體銲接連結面、吊勾與密封鋼筒連接作接觸面非破壞檢測</p>	<p>目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。</p>

### 2.3.2.9.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.9.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.10 密封鋼筒自翻轉裝置

密封鋼筒自翻轉裝置與吊索(Slings)用來翻轉空的密封鋼筒，密封鋼筒自翻轉裝置為可將空的密封鋼筒由水平轉成垂直（或垂直轉成水平）置放的座架，使用於暫貯區域於反應器廠房天井之間的移運操作。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作用工業標準吊具，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

#### 2.3.2.10.1 引用方法或原則

密封鋼筒自翻轉裝置維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.10-1 所述：

表 2.3.2.10-1 密封鋼筒自翻轉裝置維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	3 個 月	正式運貯作 業使用前
1	目視檢查針對主要吊運受力之4只吊耳（或稱吊板）之外表面、吊耳鐸道及鐸道鄰接區域。			✓	✓
2	目視檢查設備外表是否有鏽蝕或塗層脫落等情形。			✓	✓
3	目視檢查翻轉底座、翻轉架、油壓缸、油壓管路、油壓泵浦、捲揚機構、電氣部分有無變形、鬆脫、破損等情形。			✓	✓
4	液滲檢測：主要吊運受力之4只吊耳，每只吊耳（或稱吊板）進行非破壞檢測。		✓		✓*
備註：*確認該項之年度檢查紀錄。					

### 2.3.2.10.2 接受標準

密封鋼筒自翻轉裝置維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.10-2

所述：

表 2.3.2.10-2 密封鋼筒自翻轉裝置維護保養執行內容及接受標準

執行內容	接受標準
確認密封鋼筒自翻轉裝置外觀或組件，目視檢查確認有無損傷、鏽蝕或永久變形之現象。	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
目視檢查翻轉底座、翻轉架、油壓缸、油壓管路、油壓泵浦、捲揚機構、電氣部分有無變形、鬆脫、破損等情形。	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
主要吊運受力之 4 只吊耳(或稱吊板)之外表面、吊耳鉸道及鉸道鄰接區域有無損傷、鏽蝕或永久變形之現象	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
針對密封鋼筒自翻轉裝置吊運受力之 4 只吊耳(或稱吊板)之外表面、吊耳鉸道及鉸道鄰接區域進行液滲檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

### 2.3.2.10.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.10.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.11 二樓防震架及 A 型吊架

本防震設備用於裝載作業時，萬一發生地震，可以防止豎立的傳送護箱滑動或傾倒。二樓防震架為 C 型箍設計，安裝於傳送護箱側面，在二樓用四支樑(圍著傳送護箱腰部)撐住設備出入天井(hatch)的樑側(開口框內)，其防震架專用吊架為 A 型吊架。

#### 2.3.2.11.1 引用方法或原則

二樓防震架及 A 型吊架維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.11-1 所述：

表 2.3.2.11-1 二樓防震架及 A 型吊架維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	3 個 月	正式運貯作 業使用前
1	目視檢查設備有無損傷、鏽蝕或變形。			✓	✓
2	目視檢查油壓缸各油管路接口。			✓	✓
3	目視檢查油箱內的液面在低油位線左右。			✓	✓
4	四只油壓缸功能測試。		✓	✓	✓
5	目視檢查油壓系統及馬達泵浦表面的整潔。			✓	✓
6	目視檢查馬達上方冷卻葉片是否異物。			✓	✓
7	液滲檢測：A型吊架主要吊運受力之6只吊耳，每只吊耳(或稱吊板)進行非破壞檢測。		✓		✓*
備註：* 確認該項之年度檢查紀錄。					

### 2.3.2.11.2 接受標準

二樓防震架及 A 型吊架維護保養執行內容及接受標準如下表所述：

表 2.3.2.11-2 二樓防震架及 A 型吊架維護保養執行內容及接受標準

執行內容	接受標準
二樓防震架及 A 型吊架本體，應檢查設備有無損傷、鏽蝕或永久變形。	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
確認油壓缸各油管路接口	每 3 個月及每次使用前，確認液壓油管路所有接口連接妥當，無洩漏及鬆脫情形。
確認油箱內的液面在低油位線左右，不可加滿。	每 3 個月及每次使用前，確保緊急程序時，另一組油泵系統油回流時不會造成另一油箱滿溢。
四只油壓缸功能測試	每 12 個月及每次使用前，確認電源使用 220V(單相)、遙控器操作正常、每組各二支油壓缸連通一起收放。
保持油壓系統的整潔與除塵，定期擦拭馬達泵浦表面	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
電馬達上方冷卻葉片是否有異物	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
應針對 A 型吊架以下檢測區域進行目視及液滲檢測：  (a) 上下共計 6 只吊耳，每只吊耳(或稱吊板)進行非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

### 2.3.2.11.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.11.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.12 傳送銜接器

傳送銜接器(含輔助油壓系統)，本設備作為傳送護箱底部屏蔽門的開關驅動系統，系統設備組件架設在傳送銜接器(adapter)上，用以開關屏蔽門，提供密封鋼筒由傳送護箱底部進入混凝土護箱內的控制孔道。功能測試於組裝傳送護箱的軌道與定位裝置時實施。輔助油壓系統由油壓動力組、油壓缸、控制閥及油壓軟管等組成。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作用工業標準動力單元，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。傳送作業前務須先行功能測試，並且確認定位。

#### 2.3.2.12.1 引用方法或原則

傳送銜接器維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.12-1 所述：

表 2.3.2.12-1 傳送銜接器維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	3 個 月	正式運貯作 業使用前
1	檢查有無毀傷、鏽蝕或塗層起泡剝落，並確認各組件安裝妥適。			✓	✓
2	檢查確認油壓缸伸縮正常			✓	✓
3	銜接器吊耳及銜接器與屏蔽門接合面內軌道執行液滲檢測		✓		✓*
備註：* 確認該項之年度檢查紀錄。					

### 2.3.2.12.2 接受標準

傳送銜接器維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.12-2 所述：

表 2.3.2.12-2 傳送銜接器維護保養執行內容及接受標準

執行內容	接受標準
檢查銜接器有無毀傷、銹蝕或塗層起 泡剝落，並確認各組件安裝妥適	每 3 個月及每次使用前目視檢查確 認。
檢查銜接器油壓缸之功能正常	每 12 個月及每次使用前目視檢查確 認。
檢查銜接器油壓缸油品是否足夠	每 3 個月及每次使用前目視檢查確 認。
保持馬達泵浦整潔及除塵	每 3 個月及每次使用前目視檢查確 認。
電馬達上方冷卻葉片是否有異物	每 3 個月及每次使用前目視檢查確 認。
以下針對銜接器主要承重組件受力點 及接合面：	每 12 個月執行年度檢查
(a) 確認是否與圖說尺寸相符， 有無異常變形	目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸確認， 量測值並須記錄於檢測報告中。
(b) 屏蔽門與銜接器接合面中間 兩側之內外銲道	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確 實記錄於檢測報告中。
(c) 銜接器 4 只吊耳外表面及銲 道非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須 確實記錄於檢測報告中。

註：非破壞檢查項目則於年度維護保養時進行。

### 2.3.2.12.3 異常處理措施

視需要更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.12.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦  
部門紙本留存。

### 2.3.2.13 屏蔽門

傳送護箱底部屏蔽門，本身無動力驅動系統，需依賴 2.3.2.13 節傳送銜接器，兩者搭配使用。本設備為乾貯系統主要承重組件之一，依據安全分析報告第五章第六節進行週期檢查與年度保養。

#### 2.3.2.13.1 引用方法或原則

屏蔽門維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.13-1 所述：

表 2.3.2.13-1 屏蔽門維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	12 個 月	半 年	正式運貯作 業使用前
1	針對傳送護箱屏蔽門執行目視、尺寸量測確認是否有損傷、鏽蝕或永久變形之現象		✓		✓
2	屏蔽門與屏蔽門、屏蔽門與門軌有無損傷、鏽蝕或塗層起泡剝落。		✓		✓
3	屏蔽門與屏蔽門(上下)、屏蔽門與門軌(兩側)接合面是否使用適當潤滑劑(NEVER SEEZ)		✓		✓
4	量測屏蔽門外觀尺寸，確認是否與設計圖說相符		✓		✓*
5	針對屏蔽門內軌道進行液滲檢測		✓		✓*
備註：* 確認該項之年度檢查紀錄。					

### 2.3.2.13.2 接受標準

屏蔽門維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.13-2 所述：

表 2.3.2.13-2 屏蔽門維護保養執行內容及接受標準

執行內容	接受標準
檢查傳送護箱屏蔽門與門軌有無毀傷、鏽蝕或塗層起泡剝落，並確認接合面有使用適當潤滑劑	每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
檢查屏蔽門鎖螺栓、擋板及螺栓孔，有無螺牙毀傷或鏽蝕變形	每 12 個月及每次使用前目視檢查確認。
以下針對屏蔽門主要承重組件受力點及接合面：  (a) 確認是否與圖說尺寸相符，有無異常變形	每 12 個月執行年度檢查  目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸確認，量測值並須記錄於檢測報告中。
(b) 屏蔽門與屏蔽門(上下)接合面非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。
(c) 屏蔽門與門軌(兩側)接合面非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

註：非破壞檢查項目則於年度維護保養時進行。

### 2.3.2.13.3 異常處理措施

視需要進行表面塗裝或更換合格零組件，依據設計圖說。

### 2.3.2.13.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.14 J 型勾

傳送護箱 J 型勾與吊耳軸緊密結合，需與 2.3.2.1 節傳送護箱吊軌搭配使用，用以進行傳送護箱裝載密封鋼筒於五樓作業區與天井間之傳送作業。本設備為乾貯系統主要承重組件之一，應執行週期檢查與年度保養。

#### 2.3.2.14.1 引用方法或原則

J 型勾維護保養週期及檢查項目如表 2.3.2.14-1 所述：

表 2.3.2.14-1 J 型勾維護保養週期及檢查項目

項次	保養檢查項目	週 期			
		兩 年	一 年	3 個 月	正式運貯作 業使用前
1	目視J型勾外觀及內側受力面。			✓	✓
2	目視J型勾與吊耳軸接合處。			✓	✓
3	目視設備外表若有鏽蝕或塗層脫落等情形，應進行除鏽或補漆。			✓	✓
4	J型勾內側受力面及J型勾與吊耳軸接合處進行液滲檢測。			✓	✓
5	對J型勾主要承重組件受力點及接合面執行年度檢測		✓		✓*

備註：\*確認該項之年度檢查紀錄。

#### 2.3.2.14.2 接受標準

J 型勾維護保養執行內容及接受標準如表 2.3.2.14-2 所述：

表 2.3.2.14-2 J 型勾維護保養執行內容及接受標準

保養檢查項目	接受標準
目視檢查 J 型勾及連接處有無損傷、鏽蝕或變形	每 3 個月及每次使用前目視檢查確認。
以下針對 J 型勾主要承重組件受力點及接合面：	每 12 個月執行年度檢查 目視檢測，尺寸量測與圖說尺寸

(a) 確認是否與圖說尺寸相符，有無異常變形	確認，量測值並須記錄於檢測報告中。
(b) J型勾內側受力面非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。
(c) J型勾與吊耳軸接合處非破壞檢測	目視及液滲檢測，檢測位置與結果須確實記錄於檢測報告中。

註：非破壞檢查項目則於年度維護保養時進行。

#### 2.3.2.14.3 異常處理措施

本項吊具製造時已通過負荷測試條件 300%之設計負荷(270 MT)，並維持 10 分鐘。全負載吊運之最大荷重約為 88.91 MT，且非連續不間斷執行作業，且定期進行維護保養、目視檢查與年度檢查，應無變形之疑慮。如有變形之情形，應依設計圖說重製替換。

#### 2.3.2.14.4 維護保養紀錄保存

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 2.3.2.15 上蓋鐸道移除設備

此項作業僅預期在將已裝載用過核子燃料之密封鋼筒運離貯存場進行最終處置時，才須由混凝土護箱再取出。其再取出之操作程序為鐸接作業之反項作業，所需設備如傳送護箱吊軌、上蓋鐸道移除設備、真空乾燥系統、環狀間隙注水系統、懸浮氣墊與千斤頂系統、多軸油壓板車等相關設備已敘明於本報告 2.3.2 節中。本項設備主要係用於鉋除結構上蓋與屏蔽上蓋封閉鐸道，裝置可分為四大組件，分別為 1.固定裝置 2.氣動馬達組件 3.圓環滑軌 4.刀座組件。

#### 2.3.2.15.1 引用方法或原則

1. 為防止鏽蝕，每次作業完成後須將設備、組件清潔，塗上防鏽劑，並置放於乾淨、乾燥之場所。
2. 檢查氣動馬達凝水是否確實清潔。
3. 確實使用潤滑劑或潤滑油來保養相關作動的部份。
4. 若轉動軸承有調整之需要，應由原廠專業技師進行。
5. 注意：切勿任意使用錘子敲擊機身。
6. 注意：吊掛圓環滑軌時切勿拆下固定銷。

#### 2.3.2.15.2 接受標準

1. 外觀目視檢查所有組件無變形、無異常。
2. 緩慢轉動圓環滑軌。透過檢查孔查看，確認所有軸承都在轉動。
3. 確認動力方向轉換齒輪機構及從動齒輪環各部位無變形、無異常。
4. 確認設備組件皆塗上防鏽劑。
5. 確認氣動馬達動作正常，無異音。
6. 確認所有元件作動部分皆完成保養、潤滑。

#### 2.3.2.15.3 異常處理措施

1. 緩慢轉動圓環滑軌，檢視轉動軸承是否正常運轉、是否所有

軸承同時轉動，若有異常情事，須請原廠技師進行軸承調整或軸承更換。

2. 檢視動力方向轉換齒輪機構及從動齒輪環是否正常作動，若有異常情事，須請原廠技師進行齒輪調整或齒輪更換。
3. 檢視氣動馬達是否正常，若有異常情事需進行氣動馬達之檢修或更換

#### **2.3.2.15.4 維護保養紀錄保存**

相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

## 2.4 監測設備維護與管理

### A. 邊坡地錨與攔落石網系統

#### 1. 地錨及地錨荷重計

- a. 下邊坡地錨 228 支，設有地錨荷重計 LC-01~LC-09 共 9 處
- b. 上邊坡地錨 330 支，設有地錨荷重計 LC-10~LC-26 共 17 處

#### 2. 攔落石網系統

### B. 溫度監測系統

本系統設置於監控中心，主要提供混凝土護箱之溫度監控(即時監測畫面如圖 2.4-1)，主要設備包括：警報器、記錄器、溫度感測器及 PLC 監測模組(架構如圖 2.4-2)、電源盤，以及連接到控制盤的信號接頭。

溫度感測器(RTD)量測範圍為 0~200 °C，安裝於每個 VCC 護箱每個出風口(共 4 個)；另於貯存場中間位置之護箱及貯存場外，各安裝 1 個溫度感測器，以測量環境溫度，並與 VCC 護箱出風口之溫度執行差異比較，若超過規定限值，將有警報示警。

### C. 環境輻射監測系統

環境輻射監控系統包含：

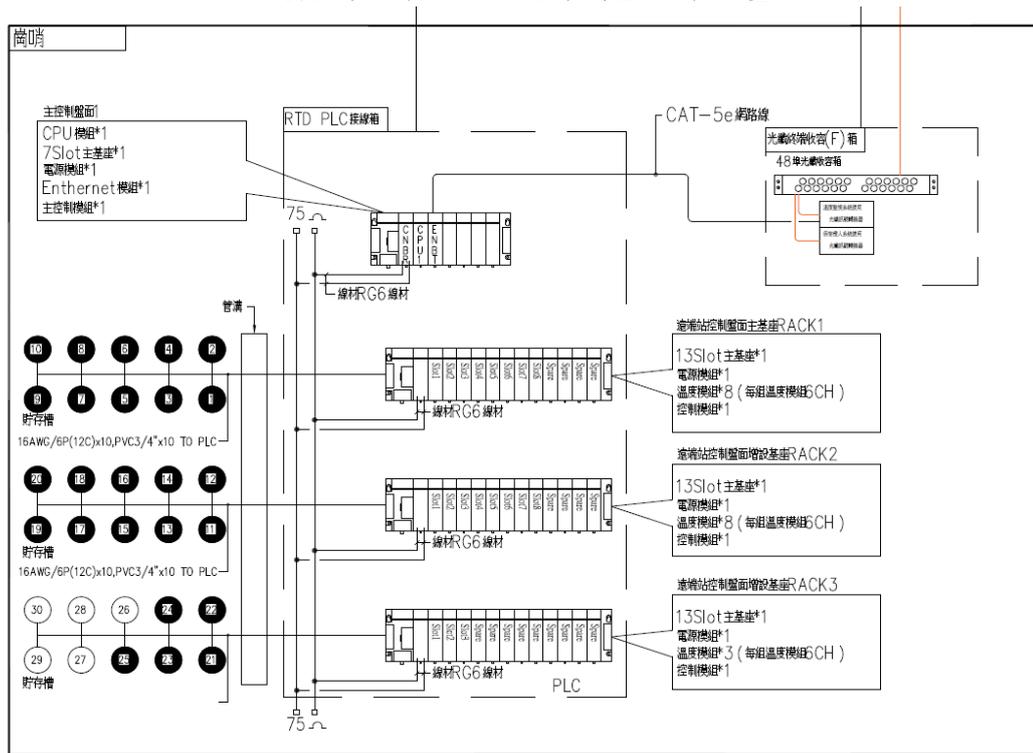
1. 直接輻射監測
  - a. 連續直接監測偵檢器(連續監測方式)
  - b. TLD 熱發光劑量計(每一季計讀一次)
2. 空氣放射性濃度(每週取樣分析一次)
3. 廠區內水樣(每月取樣分析一次)

### D. 保安監控系統

貯存場四周重要據點裝置屋外型全天候功能彩色攝影機組(含支架)閉路電視攝影機共 5 座，隨時監視進出之人員及車輛。內圍籬則裝設入侵警報偵測系統，其信號與畫面皆顯示於保安監控中心，以監視鄰近道路及圍籬狀況。



圖 2.4-1 核一廠乾式貯存設施溫度即時監測系統畫面示意圖



### 2.4.1 引用方法或原則

1. 為維持水保計畫中針對貯存場西側邊坡設置之加固格框地錨之穩定性，須執行定期地錨邊坡(含地錨荷重計)、攔落石網巡查作業。
2. 溫度感測器依電廠 D732.4 室外乾貯場溫度監視系統儀控設備維護程序書定期校正。
3. 本設施附屬於核一廠核子反應器設施內，有關環境輻射監測系統及保安監控系統，依據核一廠輻防計畫、D927 用過核子燃料乾式貯存設施輻射偵測作業程序書及環境輻射監測計畫，以及程序書「台電第一核能發電廠保安計畫」規定。

### 2.4.2 接受標準

1. 針對邊坡地錨以目視檢查格框地錨是否有混凝土裂縫、龜裂，周遭環境是否有表土剝落、湧水、植生枯損、樹木傾倒及排水阻塞等情形，並委由專業技師定期檢查地錨荷重計數據，進行整體邊坡穩定安全評估。
2. 每日抄寫攔落石網系統數值，確認數值有無異常。
3. 溫度感測器校正結果正常。
4. 環境輻射監測系統及保安監控系統符合核一廠輻防計畫、D927 用過核子燃料乾式貯存設施輻射偵測作業程序書及環境輻射監測計畫，以及程序書「台電第一核能發電廠保安計畫」規定。

### 2.4.3 異常處理措施

#### A. 邊坡地錨與攔落石網系統

1. 如經專業技師分析評估之邊坡穩定報告結果有異常，應於一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。若達警戒值時，專業技師需研判是否增加監測頻率或採取對應措施；若達行動值時，將進行密集觀測，專業技師需研判邊坡安全性，台電公司應召集相關單位檢討及研擬對策後採取應變措施。

## B. 環境輻射監測及保安監控系統

1. 視需要更換合格零組件。

## C. 溫度監測系統

1. 即時溫度監測燈號(如圖 2.4-1)如發生異常，依據 3.1.3 節處理。
2. 溫度監測系統之 PLC 控制模組(如圖 2.4-2)，任單一模組若標示”OK”處之燈號由綠燈轉為紅燈，則該模組先進行熱插拔。若熱插拔後該模組”OK”處之燈號仍持續紅燈，則將該模組之供電模組進行切電後再送電。上述步驟執行後若模組”OK”處之紅燈仍持續，則視需要更換合格零組件。

### 2.4.4 維護保養紀錄保存

監測設備相關維護保養紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 3 乾式貯存設施監測作業

本章說明核一廠用過核子燃料乾式貯存設施營運期間主要監測項目。本公司於每年二月底前，將提報前一年之監測作業結果報告，送主管機關備查。

- 一、 混凝土護箱溫度監測
- 二、 環境輻射監測
- 三、 土石流監測及水位監測
- 四、 邊坡穩定監測
- 五、 混凝土基座穩定性監測
- 六、 保安監測
- 七、 貯存設施鋼材腐蝕劣化監測
  - (一)不銹鋼
  - (二)碳鋼

#### 3.1 混凝土護箱溫度監測

##### 3.1.1 引用方法或原則

貯存設施營運期間應依據安全分析報告第五章第一節(三)節及運轉限制條件(LCO 3.1.6)，確認混凝土護箱散熱系統正常。核一廠用過核子燃料乾貯系統在建置後，不需做熱移除測試，乾貯系統於運轉中的熱移除能力，可藉由遠端監測的溫度量測設備來確認。乾貯系統於運轉中的熱移除能力主要藉由空氣的對流來達成，此對流係由貯存於密封鋼筒的用過核燃料的衰變熱來驅動，使混凝土護箱中的空氣因受熱向混凝土上方的排氣孔排出，而外界的冷空氣則由混凝土護箱下方的進氣孔進入，而產生對流循環，而將熱量排出。由於此冷卻方式為被動式，故不需做熱移除測試，但仍須有效的確保進氣與排氣孔的暢通，無異物堵塞之情形。

##### 3.1.2 接受標準

混凝土護箱通氣出口溫度監測器配有連續記錄器，每日仍應定時檢視監測數據至少一次，溫差需小於 36.6 °C(66 °F)。每月目視確認全

部共四個進氣口與排氣口之欄網未受障礙一次，確認各貯存護箱通氣孔道之通暢。

備註：

(1)有關於溫差接受標準之訂定補充說明如下，本計畫設施熱傳分析結果顯示(參考安全分析報告第 6.3.7.2 節)，正常貯存狀況下，當燃料熱負載為 14 kW 時，設施空氣通道進出口溫差為 34.3 °C，而設施組件溫度最小餘裕為 2.3 °C (混凝土護箱混凝土整體溫度餘裕)，所以本計畫採用空氣通道進出口溫差與組件溫度最小餘裕之和 36.6 °C (34.3 °C + 2.3 °C) 做為設施運轉溫度監控限值。

(2)有關溫度燈號之意義說明如下：

a.綠燈為「正常」：當貯存罐之四點平均溫度與場外溫度相差 30 °C 以內，表示正常。

b.黃燈為「警戒」：當貯存罐之四點平均溫度與場外溫度相差 30 °C 以上且低於 36.6°C 以下時，提前預警用，可進行現場確認，檢查是否有異物阻擋進出氣口，並持續監測警報記錄。

c.紅燈為「異常」：當貯存罐之四點平均溫度與場外溫度相差 36.6 °C 以上，需依據 3.1.3 節異常處理措施處理。

### 3.1.3 異常處理措施

如發現任何異狀，會立即派員至貯存場，確認各貯存護箱通氣孔道之通暢，並將詳細記錄巡視後之異常狀況、處置方式及結果。

萬一發生土石流或落石，且導致地面混凝土護箱被掩埋使進出氣口發生完全堵塞情況時，安全分析結果顯示可以有 85 小時的時間去處理這樣的異常狀況。惟為保守計，本公司將要求當遇到發生出氣口完全堵塞情況時，必須於 40 小時內處理此異常狀況。

如發生異常監測情形時，應於一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。

### 3.1.4 監測紀錄保存

混凝土護箱溫度監測紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦

部門紙本留存。

## 3.2 環境輻射監測

### 3.2.1 引用方法或原則

本貯存場之四周環境監測作業依照核一廠環境監測計畫，沿用核一廠現有的熱發光劑量計(TLD)、環境輻射監測器及連續空浮取樣器，全天候 24 h 監測該區域之直接輻射強度。核一廠環境輻射監測計畫相關之監測項目、監測結果評估方法、品質保證及品質管制等依台電公司相關規定辦理。另外，配合機動性定期環境偵測及混凝土護箱貯存作業等輻防管制，全盤掌握場址附近之輻射狀況，以確實掌握對場界周遭環境造成之影響。廠區各監測站位置如圖 3.2.1-1 與圖 3.2.1-2，環境輻射監測取樣地點則如圖 3.2.1-3 所示(佈點位置係引用自輻射防護計畫及環境輻射監測計畫，計畫更新時依最新版計畫執行)。

核能一廠用過核子燃料乾式貯存設施  
 施工期間環境輻射監測站位置圖



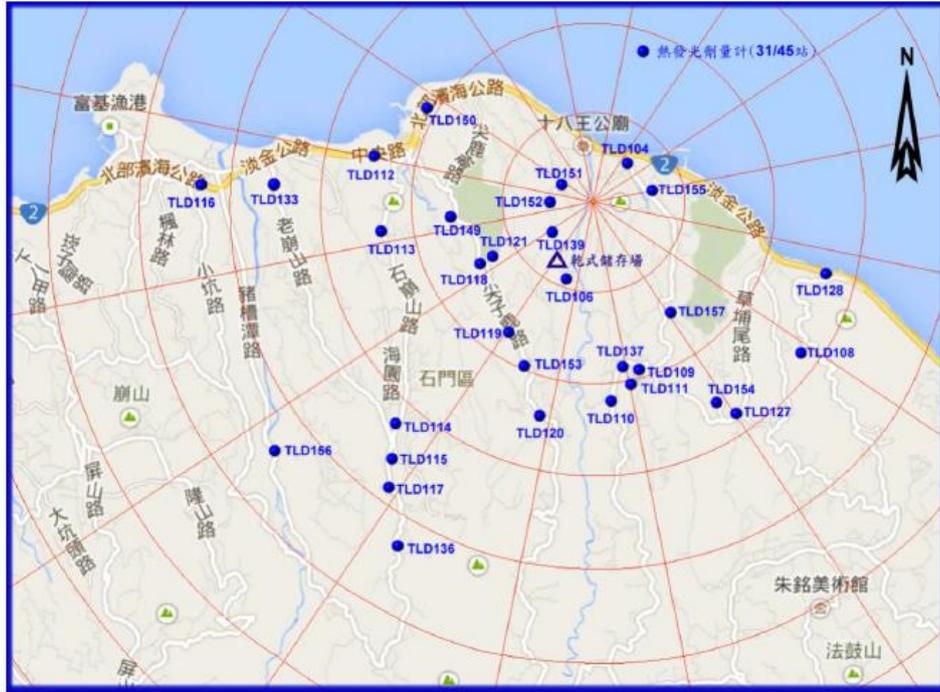
註:依據最新版(113年)核一廠輻射防護計畫

圖 3.2.1-1 乾式貯存設施運轉期間輻射監測站位置圖



註:依據最新版(113年)核一廠輻射防護計畫

圖 3.2.1-2 核一廠廠區輻射監測站位置圖



註:依據最新版(113年)核一廠環境輻射監測計畫

圖 3.2.1-3 (1) 核一廠環境輻射偵測取樣地點(熱發光劑量計)



註:依據最新版(113年)核一廠環境輻射監測計畫

圖 3.2.1-3 (2) 核一廠環境輻射偵測取樣地點(環境輻射監測器)

### 3.2.2 接受標準

此監測計畫，能有效監控乾式貯存作業射源項之特性，亦適用於乾式貯存對環境影響之監測。

- A. 當任何環境試樣之監測結果大於本公司放射試驗室監測儀器或設備系統之最小可測量(Minimum Detectable Amount)即予記錄之。
- B. 核能一廠例行環境輻射監測結果，按季及年彙總整理後，依核安會規定之報告格式製作成報告，定期陳報核安會。

### 3.2.3 異常處理措施

異常處理措施依核一廠程序書 D927 執行，通報作業依核一廠程序書 D113.1 進行。

如發生異常監測情形時，應於一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。

### 3.2.4 監測紀錄保存

環境輻射監測紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 3.3 土石流監測及水位監測

#### 3.3.1 引用方法或原則

根據農業部農村發展及水土保持署於 94 年 3 月全國現地調查後所公佈之資料，乾華溪上游有兩處土石流潛勢溪流，位於內阿裏磅地區附近。本開發案場址距離乾華溪上游土石流潛勢溪流之堆積停止段有 5 km 以上，因此，場址不受土石流潛勢溪流之威脅（詳如本開發案安全分析報告之「第二章/二、地質與地震/(一)地質/5. 土石流潛勢」章節內容）。另乾華溪在土石流潛勢溪流堆積段與進入核能一廠範圍內之間長度約 5 km 之渠道，其坡度約為 2°~3°之間，渠床甚緩，不足以提供土石大規模移動之動能，故本開發案場址並不會受到上游地區土石流災害之影響。惟依據安全分析報告第二章第一.(二).3 節，為考慮乾華溪上游不當土地利用對下游造成危害，除進行不定期的巡視，注意是否有河道阻塞淤積、坡地地表異常改變或異常坍塌等影響河道正常輸水之情事發生，本公司每年執行兩次衛星影像異變監測作業，以瞭解核一廠區及乾華溪上游地區四周地形及植被等之變化，並注意是否有因豪大雨產生之變異地等情形發生。另乾華溪設有水位標尺以進行水位監測作業，並使用監視器影像進行即時監測。

#### 3.3.2 接受標準

如發現衛星影像有異變將持續追蹤，確保植生覆蓋及無崩塌情形後，再行解除列管追蹤。

#### 3.3.3 異常處理措施

當發生豪大雨等水位上升之潛在危險因素時，即當中央氣象署三和/富貴角雨量站累積日降雨量達到通報值時，將依電廠程序通報地方主管機關處理。

如發生異常監測情形時，應於一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。

#### 3.3.4 監測紀錄保存

土石流及水位監測紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 3.4 邊坡穩定監測

邊坡安全監測是為了確保邊坡穩定性並預防潛在災害（如山崩、落石、土石流等）而進行的監測與評估工作。通過對邊坡的位移、變形、應力變化等監測值進行監測作業，達到可以及時採取適當措施的目的性。

為確保水土保持設施、基地挖填的穩定性，對邊坡擋土設施與土體的變位與支撐系統的應力變化狀況，本公司將依環評承諾及水保計畫要求設置「坡面穩定自動化監測系統」觀測，根據監測系統的觀測資料，作為中期貯存設施營運期間維持坡面穩定的依據，以確保鄰近設施的安全。

本案監測數據採網路傳輸。水位觀測井、沉陷計及伸縮桿、土中傾度管監測頻率為每小時一筆；樁體內傾度管監測頻率為每 12 小時 1 筆；地震儀監測頻率為每小時一筆，當達地震震度 4 級以上標準即啟動每 2 秒 1 筆之監測頻率。本公司已有設定自動化監測數據達到警戒值時以簡訊發送警報予核一廠相關人員。

#### 3.4.1 引用方法或原則

依據監測報告及「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施邊坡穩定自動化監測系統管理維護計畫」規定辦理。

坡面穩定監測系統包括：1.土中傾度管；2.伸縮桿、沉陷計；3.樁體內傾度管；4.水位觀測井；5.地錨荷重計。茲分述如下：

##### 1.土中傾度管

土中傾度管主要在監測邊坡土體的變形，及回填區土體的變位，以確保土體的穩定性。

##### 2.伸縮桿、沉陷計

伸縮桿、沉陷計主要在監測邊坡土體的變形，以確保邊坡土體的穩定性。

##### 3.樁體內傾度管

樁體內傾度管主要監測擋土排樁的變形，確定邊坡與護岸的穩定與安全。

#### 4. 水位觀測井

依據邊坡穩定分析，邊坡穩定的安全係數隨著邊坡土體內的地下水位上升而降低；另回填區的水壓變化，也影響回填區的穩定性。本公司將設置水位觀測井以觀測地下水位變化。

#### 5. 地錨荷重計

以格梁地錨為護坡工程，地錨的預力荷重，攸關邊坡穩定性。本公司將設置地錨荷重計以監測邊坡的穩定性。

基於研判邊坡面整體穩定性及地下水位之變化，監測系統之配置情形：

- (1) 貯存平台西側擋土牆後方埋設土中傾度管及水位觀測井。
- (2) 貯存平台東側擋土排樁裝設樁體內傾度管及水位觀測井。
- (3) 西側邊坡於坡頂南北側各裝設沉陷計及伸縮桿。
- (4) 貯存平台西側擋土排樁南側裝設地震儀。

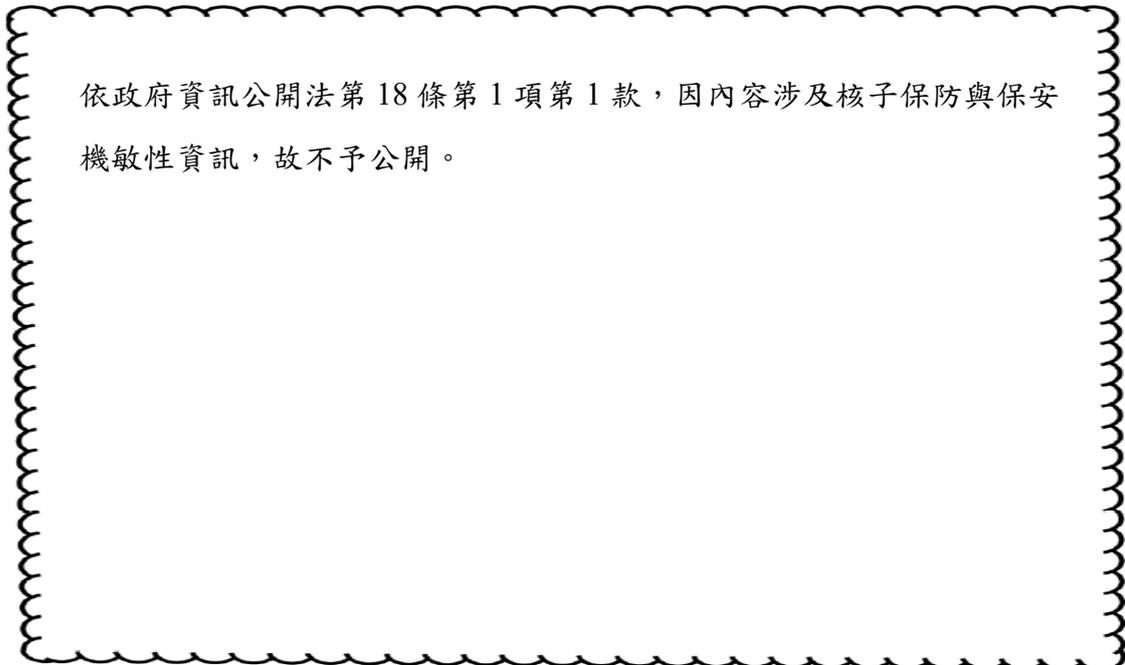


圖 3.4.1-1 自動化監測系統儀器配置圖

### 3.4.2 接受標準

依據監測報告，本案各監測項目建議之管理值詳如表 3.4.2-1 及表 3.4.2-2。

監測參考管理值僅供參考，實際以定期經專業技師分析評估之整體結果及建議為實際接受標準。定期(每二個月)提供自動化監測數據予專業技師進行趨勢分析判讀及研判監測範圍整體邊坡之穩定性。

表 3.4.2-1 監測參考管理值

監測項目	監測管理參考值			達警戒值時可能之補救措施
	預警值	警戒值	行動值	
土中傾度管	-	2mm/月 (有一定位移傾向)	> 10mm/月 (有一定位移傾向)	1.加強監測 2.水壓導排除 3.針對邊坡補強
樁體內傾度管	-	2mm/月 (有一定位移傾向)	> 10mm/月 (有一定位移傾向)	1.加強監測 2.水壓導排除 3.針對邊坡補強
水位觀測井	-	地表下-2.0m	地表下-0.5m	1.加強監測 2.加強排水並檢核安全係數
地錨荷重計	<(1.2 設計拉力) Type A(60tf) Type B(36tf)	±1.2 設計拉力	鋼鍵容許拉力	1.加強監測 2.水壓導排除 3.針對邊坡補強

註：

1. 監測管理參考值之來源為「坡地社區開發安全監測手冊」(廖洪鈞、廖瑞堂,2000)。
2. 達警戒值時，應立即管制人員進出，並進行密集觀測且應立即採取因應措施。
3. 達行動值時，應立即停工，並進行密集觀測且立即採取因應措施。
4. 監測參考管理值僅供參考，實際以定期經專業技師分析評估之整體結果及建議為實際接受標準。

表 3.4.2-2 監測參考管理值

監測項目	監測管理參考值		
	預警值	警戒值	行動值
沉陷計	-	8.0 mm	9.0 mm
伸縮計	-	8.0 mm	9.0 mm

### 3.4.3 異常處理措施

自動化監測系統即時讀取監測數據確保乾貯設施場址邊坡穩定之安全性，如果監測數據發生異常或超過管理值時，處理程序如下：

1. 儀器確認量測、檢查儀器是否正常(排除儀器誤差、突波及干擾因素)。
2. 必要時通知監測專業廠商至現場巡視測站設施是否異常。
3. 確認監測儀器故障時，通知監測專業廠商故障檢修。

如經專業技師分析評估之邊坡穩定報告結果有異常，應於一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。『若達警戒值時，專業技師需研判是否增加監測頻率或採取對應措施；若達行動值時，將進行密集觀測，專業技師需研判邊坡安全性，台電公司應召集相關單位檢討及研擬對策後採取應變措施。』

### 3.4.4 監測紀錄保存

邊坡穩定監測紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

## 3.5 混凝土基座穩定監測

依據核安會已核定之「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第六章第二、(六).3 節「貯存場混凝土基座評估」分析結果，本設施貯存場混凝土基座之結構設計及地層之承载力、沉陷量與液化潛能經評估後，承载力符合載重要求，筏式基礎沉陷量均在容許範圍內，且符合相關規範之要求。部份區域地表下 2.5 m 內之表土層具有液化潛能，故採用置換方式將表土層挖除後，以級配或良質土取代，並加以夯實強化，除可避免發生液化問題外，也可避免基座座落於疏鬆表土層所導致的沉陷問題。

綜上所述，混凝土貯存基座結構於壽命期內，可保持結構完整性及穩定性，無須額外監測作業。

## 3.6 保安監測

依政府資訊公開法第 18 條第 1 項第 1 款，因內容涉及核子保防與保安機敏性資訊，故不予公開。

### 3.7 貯存設施鋼材腐蝕劣化監測

#### 3.7.1 不銹鋼

密封鋼筒外殼為 304L 不鏽鋼所製成。304L 不鏽鋼密封鋼筒在沿海氣鹽腐蝕環境中，應力腐蝕與孔蝕為其可能的劣化機制。根據經驗判斷，304L 不銹鋼密封鋼筒應力腐蝕相對較孔蝕劣化嚴重。應力腐蝕所需應力來源為銲接殘留應力，故結構試片應保有 304L 不銹鋼密封鋼筒原始銲接後之殘留應力。

密封鋼筒的設計係符合美國機械工程師學會 ASME (American Society of Mechanical Engineers, ASME) B&PV Code 對材質的腐蝕速率之相關要求，可維持 50 年以上的壽命。在設施執照運轉期間，應無材料鏽蝕而致洩漏之虞。本公司基於保守考量，將依工程抽樣計畫，於乾式貯存設施營運期間由 25 組貯存護箱中選擇 6 組護箱（分別為 1、6、11、12、23、24 號貯存護箱，如圖 3.7.1-1 所示），於每個護箱的 4 個進氣口附近各置放 1 片同材料、同製程之監測試片，以模擬密封鋼筒外殼所處之環境進行監測。

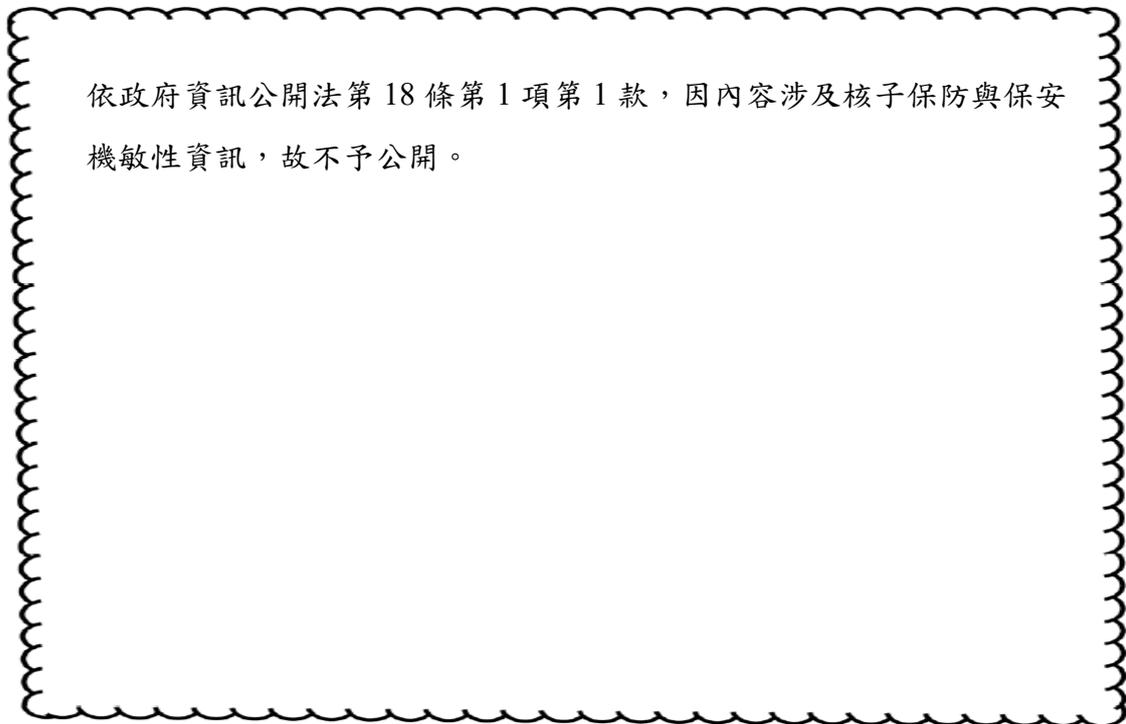


圖 3.7.1-1 結構試片存放密封鋼筒位置

#### **3.7.1.1 引用方法或原則**

依據「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」第五章設施運轉計畫之第六節設施各項系統及設備之維護保養，第2點規定辦理，須對不銹鋼材料進行設施維護與監測計畫。

#### **3.7.1.2 接受標準**

將於貯存1年、5年、10年、20年、30年及35年之後取出試片先行由具有目視檢測資格的人員進行目測，若無明顯腐蝕劣化現象，則可置回現場繼續監測；若目視已有腐蝕情形，則進行非破壞或破壞性檢測。

#### **3.7.1.3 異常處理措施**

研擬處理方案執行規劃，並提送主管機關(核安會)審查同意後執行，並於執行後一個月內提報異常監測處理報告，送主管機關備查。

#### **3.7.1.4 監測紀錄保存**

貯存設施鋼材監測紀錄之保存，除程序書另有規定外，由主辦部門紙本留存。

### 3.7.2 碳鋼

混凝土護箱主要材料為鋼筋混凝土及碳鋼組成，碳鋼(Carbon Steel)主要在混凝土護箱(Vertical Concrete Cask)中作為鋼材內襯使用，厚度達 2.5 吋，提供多重保護和安全功能，保護作業人員和公眾的安全。厚度達 2.5 吋的碳鋼內襯具有優越的機械強度，可以承受內部和外部的壓力和應力，確保混凝土護箱穩定性和安全性。依據安全分析報告第三章第一節(二).6.(2)中敘述，碳鋼材料於 50 年設計壽命期間應無腐蝕劣化而影響其完整性之問題。VCC 裝入已裝載燃料之 TSC 後，無法進行碳鋼內襯表面檢查，且碳鋼於壽命期限應無完整性疑慮，無須監測。

## 附錄 A 核一廠程序書及環境輻射監測內容摘要

摘錄與本章相關之核一廠輻射防護相關程序書及環境輻射監測內容。其內容包括輻射防護標準、進出管制程序、廠內輻射偵測與紀錄作業程序、放射性物質之管制程序、放射性物質運送管制程序、保健物理廠區環境計測室品質手冊、人員輻射曝露合理抑減作業程序、核一廠環境監測計畫等 8 項。

#### (一) 核一廠程序書

##### 1. 輻射防護標準

- (1) 個人劑量指個人所接受體外曝露與體內曝露所造成劑量之總和，不包括由天然輻射曝露及醫用曝露所產生的劑量。體外曝露與體內曝露合併計算之公式，依核安會公告之規定。
- (2) 合理抑低。
- (3) 職業曝露之法規劑量限制

工作人員職業曝露之年個人劑量限度如附表

附表 職業曝露之法規劑量限制

曝露部位	年劑量限值 (mSv)
1. 全身有效等效劑量	50
2. 眼球、水晶體之等效劑量	150
3. 其他個別器官或組織之等效劑量	500

每連續五年週期之工作人員職業曝露不得超過 100 mSv。

##### 2. 進出管制程序

人員防護及醫務監護部分，係依合約及核一廠輻射防護計畫執行。廠外人員及外包商之健康檢查及紀錄保存係由承攬機構負責執行；劑量監測由本公司評定，劑量紀錄由本公司及承攬機構分別保存。另依審查意見，補充說明廠外人員及外包商進廠之規定資料說明如下。

###### (1) 直接進入管制區執行任務之包商人員：

- A. 填寫輻射劑量徽章申請書。
- B. 填交歷史曝露記錄表。
- C. 繳交本公司從事游離輻射工作人員特殊體格與健康檢查紀錄表(持有

已認可之證明者免，且距最近一次體檢日起一年內有效。)

D. 「個人輻射劑量管制登記簿」。

E. 輻射防護訓練，並經考試合格。

F. 進(出)廠之全身計測，生化分析及面具測試(進廠)，由保健物理組視實際情況決定需求。

G. 審查在有效期限內之法定3小時以上輻防教育訓練紀錄。

(不進入管制區者得以工作環境監測代替個別人員偵測。)

(2) 本國承包商人員之劑量授權值須由各包商負責人指定之「輻防管理員」按各員工之劑量紀錄，直接簽註於「個人輻射劑量管制登記簿」，並經該承包商之輻防管理員核予劑量管理簽註章後生效，因此承包商須專設輻防管理員並填寫輻防員承諾書，負責該公司之人員劑量管理事宜。

(3) 凡年累積劑量達18 mSv者不得再進入管制區工作。超過15 mSv者，得限制其工作。若確有需要可申請增加，惟不可逾每年50 mSv及5年100 mSv限值。

(4) 進出皆須經由輻射管制站進出，不得經由其他途徑。

(5) 胸前均須佩戴個人TLD佩章、電子劑量計，兩者佩戴距離不得超過10 cm。

(6) 工作人員進入乾式貯存場工作前，須依核一廠程序書D906「輻射工作許可證作業程序」之RWP最低處理時限事先申請RWP，經保健物理組核准，工作性質如預計超過行政限值時(日，週)，須事先一併申請特別工作計劃輻射曝露限值申請書，並經廠長(或指定代理人)批准後始可作業。

(7) 各緊急門非緊急情況不得通行或開啟。

### 3. 廠內輻射偵測與紀錄作業程序

(1) 確切掌握廠區內各處之輻射與污染狀況，而予以有效之管制。

(2) 嚴格控制廠區內所有可能之輻射曝露與體內外污染，俾維護工作人員之健康及安全。

(3) 特定工作期間，據以規劃及執行有效之輻射防護工作。

### 4. 放射性物質之管制程序

- (1) 放射性物質儲存區須予以輻射管制，並懸貼輻射示警標誌，鑰匙應由專人保管。
- (2) 密封放射性物質容器表面應有明顯耐久之輻射警告標誌並附註有關核種、名稱、活度及必要之說明。
- (3) 交接後，負責保管人員應予妥善保管，且存放場所並應有完善之保全及屏蔽設施。
- (4) 每年定期執行輻射偵測，其結果應存檔備查及陳報。
- (5) 各類放射性廢棄物，如除污產生之放射性廢液、手套等，應依照規定加以分類，放射性廢液併入核子設施廢水處理系統排放。

#### 5. 放射性物質運送管制程序

本廠放射性物質在廠內之運送，得免適用放射性物質安全運送規則之規定，另訂定適當之執行及管制作業程序據以施行。相關要點如下：

- (1) 參與放射性物質運送人員應依規定接受相關訓練、人員劑量監測及劑量限制(執行廠內運送時，除包件外表黏貼警示標誌、駕駛(或操作人員)要接受危險物品運送專業訓練，於啟運前必要時作酒精測試，並作成紀錄備查。廠內行車時速不得超過 30 km)。
- (2) 放射性物質運送容器及工具，應依規定偵測及除污，以防止污染擴散。
- (3) 放射性物質運送作業過程中，應注意輻射安全，以保障工作人員及民眾之接受之曝露符合法令規定。
- (4) 放射性物質運達目的地搬至存放場所後，應即依規定劃定適當管制區域，並採取輻射示警措施。

#### 6. 保健物理廠區環境計測室品質手冊

- (1) 廠區監測區監測項目包括：直接輻射偵測、連續輻射監測、空氣活度監測、土壤之取樣分析及廠區內下水道排放口之水樣取樣分析，和以 TLD 度量累積直接輻射劑量等。另外，必要時應作特殊地點及增加頻次之直接輻射、空氣活度監測與取樣分析。
- (2) 陳報規定

7. 人員輻射曝露合理抑減作業程序

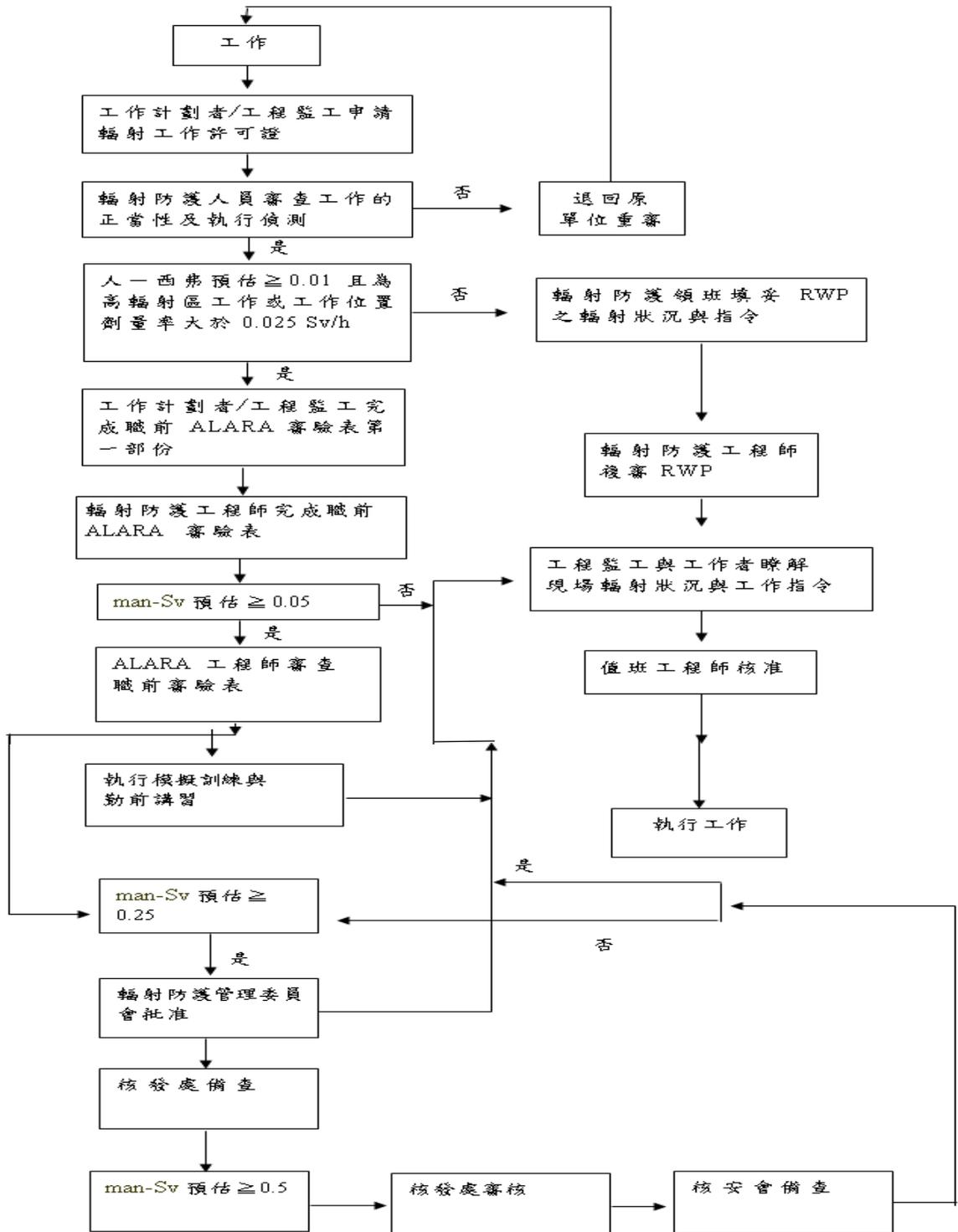


圖 A-1 合理抑低作業流程

## (二) 核一廠環境輻射監測計畫

摘錄核一廠環境輻射監測計畫之監測項目、監測結果評估方法、品質保證及品質管制等重點如下。

### 1. 監測項目

為評估由核能電廠對民眾所造成的體外輻射曝露，須實施環境直接輻射偵測。在核能一廠附近地區設置連續輻射監測器(continuous monitor)，以測得輻射曝露率。在重要地點設置二種以上的監測器，如輔以熱發光劑量計(TLD)，測其累積劑量值。在預測不會受核能電廠影響的地點，也須設置同類型的監測器，做為背景值，以便相互比較。設置連續性監測器的地點中，須設置一連續性氣象觀測裝置，以測量風向、風速、溫度、雨量等。相同類型監測器設置時距地面高度都一致。不同類型偵測器之計測數據亦需要相互比較，以避免儀器之誤差。表 7.A-1 所示為核一廠環境輻射監測項目、頻次及分析方法。至於(5 km 範圍內)取樣地點，詳如圖 7.2-3。

### 2. 連續性環境輻射偵測

- (1) 由連續性監測器測定之輻射曝露率，能對短時間的輻射變動執行監測，並能隨時與氣象觀測數據相對照，俾能即早發現異常並瞭解原因。
- (2) 偵檢器採用高敏感度之閃爍偵檢器或環境輻射監測器，或是兩者配合使用。
- (3) 利用遙測系統，將連續輻射偵測器和氣象觀測的偵測數據直接傳送至監視中心並連續紀錄。

### 3. 累積劑量之偵測

累積劑量之偵測有各種方法，以靈敏度和操作簡便的觀點而言，熱發光劑量計為最適當。

### 4. 環境試樣放射性分析

由核能電廠排放的放射性核種會擴散於環境中，其中一部分放射性核種經由各種途徑對人體造成輻射曝露，不論輻射曝露途徑對人體有無直接關係，均需採取環境試樣分析。此有助於瞭解放射性核種的分布和累積效應。環境試樣分析的對象為核能設施所排放出之放射性核種，同時亦應充分瞭解天然放射住核種的含量以供參考。

#### (1) 環境試樣的取樣

##### A. 試樣種類與地點的選擇

為採取具有代表性的試樣，應在固定地點採取同種類試樣。採取試樣的數量必須足夠分析及評估，並應考慮適當的保存期間。海產物試樣要依據排水口的距離、海流狀況、生態等做為取樣時考慮

的條件。不會受核能電廠影響的地點，亦須取樣分析以與上述所選擇地點的試樣分析數據相互比較。陸地上的試樣，要依據核能電廠的距離、風向，人口分布等因素設定。以下事項亦應考慮：

- a. 選擇試樣須考成重要的輻射曝露途徑，在陸地上宜注意核能電廠周圍土地利用的情形，並優先考慮產量高的農產品，如稻米、蔬菜等。在海洋方面宜選擇不易移棲的海產物，並考慮其漁獲量及消費的情況。
- b. 為迅速確實瞭解環境中放射性強度的變動，須採取有效的指標生物。
- c. 為減少分析試樣的次數，而又能得到廣泛且具代表性的結果，可選用混合試樣。採取混合試樣必須在固定時間、地點採取相同的樣品，混合後計測，則可得到較平均的結果。

#### B. 取樣頻次

- a. 為瞭解放射性核種在陸地土壤及岸沙、海底土等的累積效應，宜每半年或每季取樣一次。
- b. 以分析試樣來推算民眾的輻射曝露劑量。如農、畜、水產食品、陸地水等，原則上為每季取樣分析。季節性的食品及生物則在生產期或漁獲期取樣分析。
- c. 為瞭解受落塵的影響情形，宜設置大水盤每月作放射性落塵分析調查。並視需要採取雨水、空浮微粒等，俾能早期發現放射性落塵的影響。

### (2) 環境試樣放射性含量分析

#### A. 分析方法

環境試樣的放射性含量分析方法，有儀器分析法及放射化學分析法。通常以儀器分析法為主。環境試樣總活度測定的結果不能作為評估輻射曝露的依據，僅作為早期分析的參考。

#### B. 偵檢靈敏度

偵檢靈敏度依環境試樣分析的目的考量以下二點：

- a. 試樣種類如飲用水、食品等，其目的在評估民眾所受劑量，因此偵檢靈敏度要根據每年有效等效劑量限度作決定。
- b. 目的在瞭解環境中放射性核種的累積效應時，須先瞭解當地環境的特性，然後再考慮試樣及核種的特性，以及目前偵測技術的能力等條件。

### 5. 偵測結果的評估

#### (1) 劑量評估

由核能一廠環境輻射監測結果估算民眾劑量之方法，主要係依據核安會修訂之「環境輻射偵測規範」(附件四「體外及體內劑量評估方法」)評估。

現行核能電廠排放造成廠外民眾劑量評估之關鍵途徑仍經過實際調查，剔除不可能的輻射影響途徑（如農田灌溉、飲水或鮮奶飲用等），並以最近5年調查所得之當地居民生活飲食習慣為劑量評估參數，故評估所得之假設性群體劑量應仍具有當地居民的代表性，應已符合游離輻射防護安全標準有關評估關鍵群體劑量的規定，即對於廠外最大個人民眾評估方式採用假設性關鍵群體的保守性，以及相關之關鍵途徑與評估參數評估而得。

## (2) 綜合評估

關於偵測結果及其綜合評估的方法如下：

- A.推算的曝露劑量及評估的結果。
- B.放射性核種的累積情形。
- C.偵測結果與核能電廠運轉的狀況宜作適當的說明。

## 6. 品質保證及品質管制

品質管制係針對度量設備及過程所採取的措施，以管制度量結果能達到所要求的標準。環境輻射偵測試驗室的品質管制，應包含下列各項：

### (1) 校正射源的參考標準

校正射源應具備有可追溯至國家標準的證明文件。某些天然放射核種的標準,可用高純度化學藥品製備。例如總貝他計測所用之K-40的標準，可用試藥級氯化鉀製備。

### (2) 輻射度量系統的校驗

例行使用的輻射度量系統，應定期校驗背景計數率及系統之回應。校驗之結果應加記錄，並繪製於管制圖上。若度量值在管制值之外，即應調查並改正。

### (3) 品質管制試樣之分析

品質管制試樣之分析在確定偵測過程的精確度及準確度，包括試驗室內及試驗間之度量比較兩種。品質管制試樣分析佔分析作業量的比例，最少是5%，一般是10%。

#### A. 試驗室內之比較分析

應例行分析複製試樣(一般為雙重試樣)，此種複製試樣之製備應取自盡可能均勻的樣品，例如經過充分拌和或混合的液

體或固體。這些試樣可以是偵測計畫內試樣的複製品，參考試驗物質的複製品，或兩者都是。

#### B. 試驗室間之比較分析

應參加不同試驗室間之比較分析，互相檢討，這樣能發現各實驗室內無法發現的錯誤。

#### (4) 計算之核對

計算放射性物質濃度的作業程序，應經由不同人員核對過，使用計算機之計算，所有程式應予記錄並加證實。

表 A-1 核一廠環境輻射偵測作業項目

試樣別	試樣站數	取樣頻度	分析類別／頻度
直接輻射 熱發光劑量計 環境輻射監測器	45 7	季 連續	加馬劑量／季 加馬劑量／小時
空氣 空氣微粒 空氣碘 落塵	16 16 1	連續 連續 連續	總貝他、加馬能譜／週、加馬能譜／季、銻-89;90 放射性碘／週 加馬能譜／月
水樣 海水 飲水 河水 池水 地下水 定時雨水 定量雨水	9 7 2 5 2 2 2	季 季 季 季 季 月 月	加馬能譜、氫／月、銻-89；90 加馬能譜、氫／季、銻-89；90、放射性碘 加馬能譜、氫／季、銻-89；90 加馬能譜、氫／季、銻-89；90 加馬能譜、氫／季、銻-89；90 加馬能譜／月、氫／季、銻-89；90 加馬能譜、氫
生物 稻米 蔬菜 茶葉 果類 根菜 芋頭 莖菜 家禽 海菜(石花菜) 海生物(海魚) 指標生物(相思樹) 指標生物(海藻)	2 5 5 2 3 1 1 3 2 5 1 1	半年(收穫期) 半年(收穫期) 半年(收穫期) 年 年(收穫期) 年(收穫期) 年(收穫期) 半年 年 季 月 年	加馬能譜／半年、銻-89；90 放射性碘、加馬能譜／半年、銻-89；90 加馬能譜／半年、銻-89；90 加馬能譜／年、銻-89；90 加馬能譜／年、銻-89；90 加馬能譜／年、銻-89；90 加馬能譜／年、銻-89；90 加馬能譜／半年、銻-89；90 放射性碘、加馬能譜／年、銻-89；90 加馬能譜／季、銻-89；90 加馬能譜／月 放射性碘、加馬能譜／年、銻-89；90
土壤、岸砂試樣 岸砂 土壤 海底沉積物	9 15 4	季 半年 半年	加馬能譜／季 加馬能譜／半年 加馬能譜／半年

## 附錄 B 乾式貯存設施密封鋼筒應力腐蝕劣化監測之研究發展

## 目錄

一、計畫背景.....	B-3
二、計畫目標.....	B-4
三、計畫內容.....	B-5
(一)依據 EPRI 之材料特性評估標準，結合 NRC 之敏感性評估方法，建立評估方法之基礎.....	B-5
(二)導入 ASME Code Case N-860 標準，建立系統性檢測流程 .....	B-5
(三)建立檢測頻率調整機制與執行標準作業程序.....	B-6
(四)發展適合本土環境之非破壞性檢測技術應用方案.....	B-7
(五)提升國際合作與技術交流.....	B-7

# 乾式貯存設施密封鋼筒應力腐蝕劣化監測之研究發展

## 一、計畫背景

用過核子燃料退出反應爐後，會先暫時存放於核電廠的用過核燃料池中。由於長期發電運轉，用過核子燃料的數量逐漸增加，已趨近燃料池容量上限。**乾式貯存**因具備管理和運輸上的便利性，以及燃料再取出性良好等優點，已被國際核能業界普遍採用作為用過核子燃料的中期貯存設施。用過核子燃料會密封存放在乾式貯存設施的不銹鋼筒內，**不銹鋼筒具備障壁阻絕功能**，能確保放射性物質不會外洩污染環境。為推動用過核子燃料最終處置前的乾式貯存作業，台灣電力公司規劃執行相關研發計畫。

不銹鋼材料特性的影響因素眾多，包括**鋼筒表面溫度、銲接殘留應力、材料敏化與冷作加工**，以及**環境溫度、濕度、鹽份含量、風向和環境污染物**等。這些因素對於不銹鋼筒材料特性變化可能效應及影響程度，均有待實驗與模擬分析加以驗證及釐清。雖然美國針對現有乾貯設施的檢測結果，**尚未發現任何與環境因素引起材料特性變化相關的跡象**，但美國核管會（NRC）仍然重視此議題，並提出相關研究計畫。

國際間已針對乾式貯存密封鋼筒的材料特性變化進行多項研究。日本早期有多相關研究，近年則較少，而美國電力研究所（EPRI）則將研究重心轉向乾式貯存設施的檢查與維護技術建置。EPRI 持續開發各式可進入乾式貯存系統進行非破壞檢測或修復工作的小型機械載具，並精進非破壞性檢驗技術的應用，同時也進行現有乾式貯存設施的系統檢測，並蒐集相關檢測資料以精進未來作業。此外，美國核管會也參考 EPRI 的報告，制定了針對乾式貯存設施的材料特性的敏感性評估標準。

總結來說，雖然目前沒有發現明顯異常徵兆之跡象，但**環境因素、材料特性及銲接殘留應力**仍為不銹鋼密封鋼筒長期貯存期間可關注的安全係數，因

此有必要進行相關的監測研究。本計畫旨在建立密封鋼筒材料特性監測能力，以確保用過核子燃料乾式貯存系統的長期運轉安全。

## 二、計畫目標

本計畫旨在強化乾式貯存設施密封鋼筒之材料特性監測能力，確保用過核子燃料安全貯存。計畫推動方向概述如下：導入 ASME Code Case N-860 標準，建立系統性檢測流程，優化監測與檢測技術；延續參與國際研討會掌握最新研究發展趨勢，並追蹤 NRC 法規指南 RG 3.78 的更新進展。本計畫預期建立完整的密封鋼筒材料特性監測與管理機制，俾提升乾式貯存設施的安全性與可靠性，後續將每 3 年定期檢視本份報告之論述內容，以期能符合國內乾貯設施使用狀況及國際經驗回饋。

### 三、計畫內容

#### (一) 依據 EPRI 之材料特性評估標準，結合 NRC 之敏感性評估方法，建立評估方法之基礎

1. 參考 EPRI 報告：本計畫將參考 EPRI 報告 3002005371 中所提出的材料特性評估標準，該標準詳細說明了如何評估獨立用過核燃料貯存設施(ISFSI)和貯存筒對於環境因素的相對敏感性。
2. 參考 NRC 規範：本計畫將研究美國核管會(NRC)在其監管過程中如何運用 EPRI 的材料特性評估標準。NRC 採用 EPRI 標準來判斷 ISFSI 場址的環境因素敏感性。

#### (二) 導入 ASME Code Case N-860 標準，建立系統性檢測流程

1. 採用 ASME Code Case N-860：本計畫將導入 ASME Code Case N-860 《用過核燃料貯存與運輸圍阻系統之檢查要求與評估標準》。此標準提供了乾式貯存筒運轉期間檢查的具體規範，包括檢查的頻率、檢測的範圍、以及缺陷評估的標準。此規範主要針對材料特性維護的問題，是目前國際上針對乾式貯存系統運轉檢查的重要參考依據。
2. 建立系統性檢測流程：根據 ASME Code Case N-860 的要求，建立一套系統性的檢測流程。這包括：
  - (1) 初始檢查(Initial Inspection)：已新增密封鋼筒安全強化措施作業，並同時針對密封鋼筒銲道表面進行使用前檢查作業，完成初始檢查。
  - (2) 後續檢查(Subsequent Inspections)：依據材料特性初始檢查結果，針對有敏感性疑慮之密封鋼筒提出後續定期檢查之規劃，依目前初始檢查結果，並無執行後續檢查之必要。

備註：上述敏感性疑慮，係指依據材料評估標準（例如依據 NRC 規範）所列出的關鍵因素進行評估後，發現該貯存筒對於環境因素的相對敏感性，可能有較高機率易有材料異常徵兆的可能性。

- (3) 篩選檢查(Screening Examination)：使用 VT-3 目視檢查方法，對所有可接近的表面進行檢查，以識別任何潛在的材料特性變化跡象，目前無篩選檢查之必要。
  - (4) 詳細檢查(Supplemental Examination)：若篩選檢查發現異常，則進行詳細檢查，可能包括表面檢查或體積檢查，以確定異常的性質和程度，目前無詳細檢查之必要。
  - (5) 評估流程(Evaluation Method)：根據檢查結果，評估是否需要進行異常徵兆評估或修復措施，根據檢測結果對裂縫進行分類，並進行後續檢測間隔的調整，目前無執行評估流程之必要。
3. 檢測記錄與報告：所有檢測結果都需記錄在案，並生成檢測報告。報告中應詳細記錄檢查範圍、檢查方法、發現的缺陷、缺陷評估結果和後續處理建議。
  4. 人員資格：確保所有執行檢測的人員都具有足夠的資格，並符合 IWA-2300 的要求。

### (三) 建立檢測頻率調整機制與執行標準作業程序

1. 檢測頻率調整機制：根據 ASME Code Case N-860 的規定，以及 NRC 的相關導則，建立檢測頻率調整機制。此機制調整檢測頻率，根據如下：
  - (1) 根據 NRC 的指引，依本案特性檢測間隔可延長至 40 年。
  - (2) 初始檢測結果：若初始檢測發現材料特性變化跡象，則應增加後續檢測的頻率，目前無發現材料特性變化跡象，無增加檢測頻率之必要。
  - (3) 後續檢測結果：若後續檢測持續發現材料特性變化跡象，則應維持或增加檢測頻率。若檢測結果顯示材料特性狀況穩定或無顯著變化，則可適當降低檢測頻率，目前無執行後續檢查結果分析之必要。

2. 定期審查與更新：定期審查檢測頻率調整機制，並根據實際情況進行調整與更新，以確保其持續有效性。

#### (四) 發展適合本土環境之非破壞性檢測技術應用方案

1. 評估現有檢測技術：評估目前可用的非破壞性檢測(NDT)技術，包括目視檢查(VT)、超音波檢測(UT)、渦電流檢測(ECT)、以及其他新興的檢測技術，用於識別密封鋼筒表面的異常情況，例如表面狀態變化、異常徵兆或變形。
2. 新技術開發技術評估：為了在乾式貯存系統中進行檢查和維護，各機構正在開發可檢測貯存系統的小型機械載具。美國 EPRI 著重於發展搭載非破壞性檢驗技術的遙控載具，用於檢查密封鋼筒的完整性。此外，冷噴塗(Cold Spray)技術被視為一種潛在的修復技術，國際相關研究機構正在評估其應用於乾式貯存系統的可行性，並研擬規範指引如 AMSE Code Case N-927，未來會參考最新結果，進行技術評估。

#### (五) 提升國際合作與技術交流

1. 定期參與國際研討會：本計畫將每年定期參與國際上重要的乾式貯存相關研討會，包含：
  - (1) 延長貯存合作計畫(Extended Storage Collaboration Program, ESCP) 技術會議：由 EPRI 主導，為國際乾式貯存領域的重要交流平台。
  - (2) 用過核子燃料管理研討會(Used Fuel Management Conference, UFMC)：由美國核能研究所(NEI) 主辦，匯集全球核能專家，分享最新的用過核燃料管理技術和經驗。
  - (3) 放射性物質包裝與運輸國際研討會(Packaging and Transportation of Radioactive Material, PATRAM)技術會議：該會議由國際核材料管理學院(Institute of Nuclear Materials Management, INMM)、世界核運輸研究所(World Nuclear Transport Institute, WNTI)及美國能源部、美國核能管制委員會、美國運輸部等機構共同主辦，亦有國際原子能總署(IAEA)的支持。內容包括：放射性物質包裝與

運輸的安全、運輸安全觀點與全球安全趨勢、運輸系統概念與制度層面議題與法規框架與標準。

2. 重點關注議題：在參與研討會時，將重點關注以下議題並就關鍵資訊彙整：
  - (1) 材料特性研究與預防技術：包括最新的材料研究、表面處理技術、和檢測方法。
  - (2) 乾式貯存系統的老化管理：例如監測技術的發展、檢測頻率的調整、和修復技術的應用。
3. 全尺寸密封鋼筒測試模擬；預計於室內乾貯啟用後，藉由製造相同尺寸乾貯筒，以模擬密封鋼筒於營運期間之貯存狀態，並依據當時國際研究發展情況，制定適合本公司之監測準則，作為乾貯設施老化管理之依據。

持續追蹤美國核能管制委員會(NRC) 的法規指引(Regulatory Guide, RG) 3.78 的進度更新：該指引為用過核燃料乾式貯存設施的運轉檢查提供明確的指引方針，並認可 ASME Code Case N-860 的使用。它還提供了一個根據 ISFSI 廠址的材料特性敏感性評估來延長檢查間隔的替代方案。此法規指引著重於基於營運經驗的老化管理方法，並與國際安全標準一致。