

# 第五章 設施運轉計畫

## 目錄

一、作業程序 .....	5.1.1-1
(一) 吊卸裝填 .....	5.1.1-1
1. 欲裝填之用過核子燃料完整性檢測方法及判定標準 .....	5.1.1-1
2. 燃料束識別確認程序 .....	5.1.1-1
3. 裝備接收及準備 .....	5.1.1-1
4. 裝填燃料及查驗 .....	5.1.1-2
5. 安裝屏蔽上蓋 .....	5.1.1-2
6. 由燃料池移出傳送護箱 .....	5.1.1-2
7. 銲接屏蔽上蓋 .....	5.1.1-3
8. 排水、乾燥及充填氬氣 .....	5.1.1-3
9. 銲接排水與排氣接頭封口蓋(seal cap)及氬氣測漏 .....	5.1.1-4
10. 銲接結構上蓋並執行非破壞檢測 .....	5.1.1-4
(二) 運搬 .....	5.1.2-1
1. 傳送護箱與運搬輔助機具之檢查、裝載、除污、吊卸操作 .....	5.1.2-1
2. 維持熱移除能力及次臨界與輻射防護之措施 .....	5.1.2-2
3. 運搬規劃路線、地下埋設物種類及埋設深度 .....	5.1.2-3
4. 運搬方法 .....	5.1.2-4
5. 現有廠房樓板結構評估 .....	5.1.2-5
6. 反應器廠房內作業防傾倒措施 .....	5.1.2-6
7. 運搬吊卸作業 .....	5.1.2-7
8. 人員及車輛之污染管制措施 .....	5.1.2-7
(三) 接收及貯存 .....	5.1.3-1
1. 接收 .....	5.1.3-1
2. 貯存 .....	5.1.3-1
3. 再取出作業 .....	5.1.3-1
二、貯存期間之檢視作業 .....	5.2.1-1
三、作業流程 .....	5.3.1-1
四、輔助系統及設備之運轉 .....	5.4.1-1
五、公用系統及設備之運轉 .....	5.5.1-1
六、設施各項系統及設備之驗收測試與維護保養計畫 .....	5.6.1-1
七、申請運轉執照時，須檢附設施運轉程序書清單 .....	5.7.1-1
八、參考文獻 .....	5.8.1-1
附錄 5.A 本系統主要組件驗收測試計畫 .....	5.A-1

## 附圖目錄

圖 5.1.2-1 運搬規劃路線圖 .....	5.1.2-8
圖 5.1.2-2 一樓平面配置圖 .....	5.1.2-9
圖 5.1.2-3 五樓平面配置圖 .....	5.1.2-9
圖 5.1.2-4 燃料池剖面配筋圖 .....	5.1.2-10
圖 5.3.1-1 作業流程圖 .....	5.3.1-2

## 附表目錄

表 5.1.1-1 運轉限制條件(LCO 3.1.1) .....	5.1.1-5
表 5.1.1-2 運轉限制條件(LCO 3.1.2) .....	5.1.1-7
表 5.1.1-3 運轉限制條件(LCO 3.1.3) .....	5.1.1-8
表 5.1.1-4 運轉限制條件(LCO 3.1.4) .....	5.1.1-9
表 5.1.1-5 運轉限制條件(LCO 3.1.5) .....	5.1.1-10
表 5.1.2-1 鎖磅扭力值 .....	5.1.2-11
表 5.1.2-2 運轉限制條件(LCO 3.2.1) .....	5.1.2-12
表 5.1.2-3 運轉限制條件(LCO 3.2.2) .....	5.1.2-13
表 5.1.2-4 核一廠房內樓板活載重分析表 .....	5.1.2-15
表 5.1.2-5 核一廠房內樓板最大載重分析表 .....	5.1.2-16
表 5.1.2-6 核一廠房內樓板剪力檢核分析表 .....	5.1.2-17
表 5.1.3-1 運轉限制條件(LCO 3.1.6) .....	5.1.3-4

## 第五章 設施運轉計畫

### 一、作業程序

本節將敘述 INER-HPS 系統之運轉操作，內容依序包含吊卸裝填、運搬、接收及貯存等情境；未來試運轉作業前，將另行建立操作程序書，俾供實際操作者遵循。

#### (一) 吊卸裝填

以下依作業程序分別敘述吊卸裝填燃料至完成密封鋼筒密封銲接為止之各項步驟。

##### 1. 欲裝填之用過核子燃料完整性檢測方法及判定標準

用過核子燃料完整性，將依據 ISG-1 之定義，先依燃料運轉紀錄進行貯存燃料篩選，搭配其他檢驗方法如啜吸試驗，對乾式貯存前之燃料進行檢驗。本案將僅進行完整燃料之運貯作業，凡經相關檢測認定有破損或不完整之虞者，均暫不予以運貯。另為確保燃料完整性及各項檢測時程，原則上所有待運貯燃料規劃於開始運貯前，完成相關檢測。

##### 2. 燃料束識別確認程序

燃料裝填前，須先建立每一密封鋼筒(燃料提籃)之裝載表，詳列每個貯存位置裝載燃料束之識別編碼。實際裝填作業時，燃料池內須備妥充足之水下照明，並藉水下攝影機或其他工具，以監控作業進行，逐一驗證燃料束之識別編碼。裝填完畢後，再執行一次全部裝填燃料束識別編碼之目視檢查，確認實際裝填內容符合裝載表，詳實登錄並錄影存證。

##### 3. 裝備接收及準備

本系統主要組件之驗收測試計畫如附錄 5.A。裝填燃料前，應針對傳送護箱、密封鋼筒及相關輔助設備，進行下列接收及準備作業：

- (1) 傳送護箱接收、檢查、豎直、移入反應器廠房。

- (2) 密封鋼筒接收、水平移入反應器廠房、檢查、豎直。
- (3) 上蓋組、排水管等接收、移入反應器廠房、檢查、試組裝，並吊運至五樓預備位置。
- (4) 目前規劃在反應器廠房一樓將密封鋼筒裝入傳送護箱，整組吊運至五樓操作區。
- (5) 密封鋼筒灌水，在密封鋼筒外壁與傳送護箱內壁間之環狀間隙處裝設防止異物裝置(foreign material exclusion, FME)。
- (6) 傳送護箱裝設環狀間隙進水管。

#### 4. 裝填燃料及查驗

- (1) 將燃料池裝載區底部墊板安放定位，以防污染附著。
- (2) 將傳送護箱吊運至燃料池上方，淋溼外表。
- (3) 將傳送護箱緩慢下降至燃料池裝載區定位，同時將環狀間隙注入除礦水，並連續注入保持正壓，以避免燃料池池水污染密封鋼筒外壁與傳送護箱內壁。並將增設環狀間隙除礦水之輻射偵測設備，以驗證環狀間隙確無污染。
- (4) 逐一完成 56 束用過核子燃料之裝填、編號檢查與記錄。
- (5) 執行燃料裝填時，燃料池水溫度不得超過 41°C。

#### 5. 安裝屏蔽上蓋

安裝吊具，將屏蔽上蓋吊運安放在傳送護箱內之密封鋼筒上，並確認定位。

#### 6. 由燃料池移出傳送護箱

- (1) 將傳送護箱緩慢吊升，保持傳送護箱頂部在水面下，使用加壓除礦水沖洗傳送護箱表面，以防污染附著。
- (2) 將傳送護箱緩慢吊出水面，使用吸水幫浦吸除頂部積水。傳送護箱離開水池後，須於一定時間內完成至密封鋼筒開始排水之所有步驟(依裝填用過核子燃料總熱負載不同而異)，時間限制列於表 5.1.1-1。本計畫將此限制視為運轉限制條件(LCO)3.1.1(如表

5.1.1-1)第 1 項，若不符合運轉限制條件之時間限制，則須依運轉限制條件所述之採行措施，將密封鋼筒充填氬氣後進行冷卻，才可再行操作。

- (3) 吊升過程中，噴灑除礦水去污傳送護箱表面。
- (4) 傳送護箱完全脫離水面後，關閉環狀間隙供水，拆除水管。
- (5) 將傳送護箱吊至五樓操作區，定位，安裝工作架。
- (6) 進行傳送護箱外表除污。

## 7. 鐸接屏蔽上蓋

- (1) 安裝排水管及排氣管，排水約 260 L。
- (2) 架設自動鐸機與臨時屏蔽，對心定位。
- (3) 經排氣管取樣量測密封鋼筒內部氬含量，確認低於 2.4%，否則以真空泵排除，並全程檢測。
- (4) 執行底道(root pass)及表面(final pass)共兩道之鐸接程序，以及分別對底道及表面鐸道執行液滲非破壞檢測，檢測合格後拆除鐸機。
- (5) 執行氣壓測漏，壓力須達 35 psia 且維持 10 min 不降。

## 8. 排水、乾燥及充填氬氣

- (1) 使用水泵排水，或將密封鋼筒加壓排水，完成後拆除管線。
- (2) 安裝真空乾燥系統，排氣導至 HEPA 系統，進行真空乾燥。真空乾燥作業須在運轉限制條件 3.1.1(如表 5.1.1-1)第 2 項所定時限內完成，若不符合運轉限制條件之時間限制，則須依運轉限制條件所述之採行措施，將密封鋼筒充填氬氣後進行冷卻，才可再行操作。
- (3) 抽真空至壓力小於 10 torr(mm-Hg)時，執行真空壓力測試。依據運轉限制條件(LCO 3.1.2)，(如表 5.1.1-2)所定測試標準，系統須保持壓力小於 10 torr(mm-Hg)，維持 10 min。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5

torr(mm-Hg)，維持 10 min。

- (4) 繼續抽真空至壓力小於 3 torr(mm-Hg)，充填純度 99.9% 氦氣，依據運轉限制條件(LCO 3.1.3)，(如表 5.1.1-3)所定氦氣填充壓力標準，密封鋼筒須保持壓力 0 (+1, -0)psig；重複抽真空至壓力小於 3 torr(mm-Hg)及填充氦氣一次。
- (5) 填充氦氣後，須於運轉限制條件(LCO 3.1.4)，(如表 5.1.1-4)所定時限內，完成將密封鋼筒傳送至混凝土護箱。

#### **9. 銲接排水與排氣接頭封口蓋(seal cap)及氦氣測漏**

- (1) 安裝封口蓋，進行銲接與液滲等非破壞檢測，移開銲機等裝備。
- (2) 進行氦氣洩漏測試。密封鋼筒屏蔽上蓋銲道氦氣洩漏率，不得大於運轉限制條件(LCO 3.1.5)，(如表 5.1.1-5)規定之  $2 \times 10^{-7}$  cc/s 限值，測試儀器精度應達  $1 \times 10^{-7}$  cc/s。

#### **10. 銲接結構上蓋並執行非破壞檢測**

- (1) 架設自動銲機，對心定位。
- (2) 進行銲接與液滲非破壞檢測；合格後移開銲機等裝備。

表 5.1.1-1 運轉限制條件(LCO 3.1.1)

LCO 3.1.1	密封鋼筒抽真空時間限制		
	1. 自密封鋼筒吊出燃料池水面至開始執行密封鋼筒排水，時間不得超過超過下列限制：		
	總熱負載      時間限制(h) (L)(kW)		
	<table border="1"> <tr> <td><math>L \leq 4</math></td> <td>90</td> </tr> </table>	$L \leq 4$	90
$L \leq 4$	90		
	<table border="1"> <tr> <td><math>4 &lt; L \leq 7</math></td> <td>45</td> </tr> </table>	$4 < L \leq 7$	45
$4 < L \leq 7$	45		
	<table border="1"> <tr> <td><math>7 &lt; L \leq 14</math></td> <td>21</td> </tr> </table>	$7 < L \leq 14$	21
$7 < L \leq 14$	21		
	2. 自開始執行密封鋼筒排水至完成密封鋼筒抽真空乾燥測試及氬氣回填，時間不得超過下列限制：		
	總熱負載      時間限制(h) (L)(kW)		
	<table border="1"> <tr> <td><math>L \leq 4</math></td> <td>600</td> </tr> </table>	$L \leq 4$	600
$L \leq 4$	600		
	<table border="1"> <tr> <td><math>4 &lt; L \leq 7</math></td> <td>600</td> </tr> </table>	$4 < L \leq 7$	600
$4 < L \leq 7$	600		
	<table border="1"> <tr> <td><math>7 &lt; L \leq 14</math></td> <td>31</td> </tr> </table>	$7 < L \leq 14$	31
$7 < L \leq 14$	31		

(下頁續)

表 5.1.1-1 運轉限制條件(LCO 3.1.1)(續)

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每組 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A.不符合 LCO 之時間限制	A.1 對密封鋼筒進行氦氣填充	2 h
	<u>以及</u>	
	A.2.1.1 將傳送護箱連同已填充氦氣之密封鋼筒置入燃料池。	2 h
	<u>以及</u>	
	A.2.1.1 將傳送護箱與密封鋼筒留置於燃料池中至少 24 h。	26 h

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.1.1 監測自完成密封鋼筒排水作業至完成氦氣回填所花費的時間。	依必須符合之時間限制執行。
SR 3.1.1.2 監測自池中冷卻結束至完成氦氣回填所花費的時間。	依必須符合之時間限制執行。

註：燃料池冷卻於必要時可以藉由充水至傳送護箱與密封鋼筒間之環狀間隙循環冷卻取代，惟循環冷卻所需時間及冷卻後尚可作業時間應另行評估。

表 5.1.1-2 運轉限制條件(LCO 3.1.2)

LCO 3.1.2	密封鋼筒抽真空乾燥壓力	
	密封鋼筒抽真空乾燥達壓力不高於 10 mm Hg 後，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 min 壓力不高於 10 mm Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 min。	
適用：	裝填作業	
行動		
-----註-----		
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。		
-----		
狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒真空乾燥壓力	A.1 確使密封鋼筒抽真空乾燥壓力符合限值。	25 d
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 d
檢查要求		
	檢查	頻率
SR 3.1.2.1	驗證密封鋼筒真空乾燥壓力符合限值。	於運搬作業前

表 5.1.1-3 運轉限制條件(LCO 3.1.3)

LCO 3.1.3	密封鋼筒氬氣回填壓力 密封鋼筒之氬氣回填壓力應為 0 (+1, -0)psig。	
適用： 行動	裝載作業	
-----註-----		
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。		
-----		
狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合氬氣回填壓力	A.1 確使密封鋼筒氬氣回填壓力符合限值。	25 d
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 d
檢查要求		
檢查		頻率
SR 3.1.2.1 驗證密封鋼筒氬氣回填壓力符合限值。		於運搬作業前

表 5.1.1-4 運轉限制條件(LCO 3.1.4)

LCO 3.1.4	密封鋼筒於傳送護箱內最長留置時間限制 對已裝填燃料並回填氬氣而留置於傳送護箱內之密封鋼筒，在無冷卻之情況下，應實施下述時間限制。密封鋼筒之總熱負載低於下述限制者，僅受限於 600 h 總累積時間限制。				
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">總熱負載 <u>(L)(kW)</u></td> <td style="text-align: center;">時間限制 <u>(h)</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>7 &lt; L \leq 14</math></td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> </table>	總熱負載 <u>(L)(kW)</u>	時間限制 <u>(h)</u>	$7 < L \leq 14$	50
總熱負載 <u>(L)(kW)</u>	時間限制 <u>(h)</u>				
$7 < L \leq 14$	50				

適用： 裝填作業、傳送作業及卸載作業。

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. -----註----- 於狀態 A 所花費之時間須計入 600 h 總累積時間之一部分。 ----- 不符合時間限制	A.1.1 將傳送護箱連同裝於其中之密封鋼筒置入燃料池中。	2 h
	以及 A.1.2 將傳送護箱及密封鋼筒留置於燃料池中至少 24 h。	26 h
B. 不符合 600 h 總累積時間限制	B.1 將密封鋼筒裝載入混凝土護箱。	5 d
	或 B.2 由密封鋼筒中移除所有燃料束。	5 d

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.4.1 監測完成 LCO 3.1.4 所花費的時間。	依必須符合之時間限制執行。

表 5.1.1-5 運轉限制條件(LCO 3.1.5)

LCO 3.1.5	密封鋼筒氬氣洩漏率	
	檢驗密封鋼筒屏蔽上蓋至密封鋼筒殼體銲道，其氬氣洩漏率不得高於 $2 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{s}$ (氬氣)，氬氣洩漏測試之靈敏度為 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{s}$ (氬氣)。	
適用：	裝填作業	
行動		
-----註-----		
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。		
-----		
狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒氬氣洩漏率	A.1 確認密封鋼筒氬氣洩漏率符合限值。	25 d
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 d
檢查要求		
檢查		頻率
SR 3.1.5.1 驗證密封鋼筒氬氣洩漏率符合限值。		於運送作業前。

## (二) 運搬

以下將依作業程序分別敘述將已完成銲接密封之密封鋼筒由傳送護箱吊運至混凝土護箱，直至運搬至貯存場之各項步驟。

### 1. 傳送護箱與運搬輔助機具之檢查、裝載、除污、吊卸操作

- (1) 混凝土護箱座於多軸油壓板車上，在反應器廠房一樓定位，安裝並測試銜接器及屏蔽門液壓驅動設備。
- (2) 傳送護箱裝妥保護環及密封鋼筒連接座，鎖磅時依據表 5.1.2-1 所訂方式執行。
- (3) 將傳送護箱外表去污。拆除工作架，裝妥傳送護箱吊軌。
- (4) 將傳送護箱經由反應器廠房天井吊至混凝土護箱上定位，並在二樓天井附近加設傳送護箱支撐架；將屏蔽門接合，移除插銷。
- (5) 將傳送護箱吊軌卸下，放至備用位置；更換密封鋼筒吊具(目前規劃使用可遙控脫鉤密封鋼筒吊具)，使用吊車將吊具與密封鋼筒連接。
- (6) 略為吊起密封鋼筒約 1 cm 高，開啟傳送護箱屏蔽門，就每個屏蔽門上密封鋼筒座落區域，擦拭取樣計測輻射污染。
- (7) 若計測結果均符合運轉限制條件(LCO 3.2.1) (如表 5.1.2-2)之限值，則採用吊車之慢速降下密封鋼筒。
- (8) 將可遙控脫鉤密封鋼筒吊具與密封鋼筒連接座脫離，吊至五樓暫存區放置。關屏蔽門。
- (9) 取用傳送護箱吊軌，吊住傳送護箱，移開傳送護箱至五樓操作區定位。
- (10) 拆除可遙控脫鉤密封鋼筒吊具連接座。偵檢污染情形，密封鋼筒表面污染不得超過運轉限制條件(LCO 3.2.1) (如表 5.1.2-2)所定限值。若密封鋼筒表面污染不符合運轉限制條件(LCO 3.2.1) (如表 5.1.2-2)所定限值，則使用傳送護箱將密封鋼筒吊運至五樓操作區除污。
- (11) 安裝混凝土護箱屏蔽塞及屏蔽上蓋。

## 2. 維持熱移除能力及次臨界與輻射防護之措施

本系統設計具作業安全之特性，針對臨界安全，可確保燃料束在吊卸裝填、運搬及貯存作業時，都保持次臨界狀態，無須另行監測；而在各階段操作模式中，都能提供有效之熱移除能力，並依合理抑低原則，提供輻射防護措施。

- (1) 臨界安全，INER-HPS 系統之設計可確保燃料束在搬運、吊卸及貯存作業時，都保持次臨界狀態。
- (2) 衰變熱移除，INER-HPS 系統之設計納入燃料束在運搬及貯存作業期間之熱行為分析，分作業階段訂定適當之管制配合措施，以確保貯存之用過核子燃料不至受損。依據核一廠運轉經驗顯示，運轉期間(歲修期間除外)燃料池水溫未曾高於 41 °C，若逾 41 °C 亦可藉燃料池輔助冷卻系統降溫後，再進行 INER-HPS 系統裝填操作，故熱傳分析池水溫度採 41 °C，分析方法詳見第六章三節熱傳評估內容。管制配合措施如運轉限制條件及行政管制等，已在本章作業程序中敘述。
- (3) 輻射防護措施，本系統所採用降低職業曝露的基本設計考量與操作考量，詳見第三章一、(六)節輻射安全設計內容。實際執行吊卸裝填、運搬及貯存作業時所採措施，依作業場所不同分述如下。

### A. 反應器廠房

此作業區域平時都已屬輻射區，但基於輻安考量仍將於反應器廠房五樓燃料池附近建立臨時管制區域，並加以圍籬，人員進出需穿著防護衣物並執行污染管制以隔離放射性污染。執行本案作業時，將視需要在反應器廠房五樓訂定臨時管制範圍，並執行下列輻射管制措施：

- (a) 臨時管制區域四周加以圍籬，並懸掛標示牌。
- (b) 明顯地標示劑量率與污染值。
- (c) 對於高輻射區，將採取安裝臨時活動屏蔽或行政管制等因應措施(例如執行上蓋銲接時，在密封鋼筒頂部加裝臨時屏蔽以降低輻射；或進行人員管制)。

(d)工作人員穿著防護衣物(含手套、橡膠手套與鞋套)，並佩帶人員劑量佩章及電子劑量計等監測裝備。

#### B.貯存場

貯存場位於核一廠內，已採取實體圍籬等有效措施，能有效防止人員誤入或非法的侵入。此外，本案已規劃用過核子燃料貯存設施之配置，各混凝土護箱之間保持適當的間隔，便利工作人員執行例行偵測與維修保養。

### 3. 運搬規劃路線、地下埋設物種類及埋設深度

運搬規劃路線如圖 5.1.2-1 所示。地下埋設物種類及埋設深度，依據核一廠下列圖面分段敘述如後，並將於試運轉作業前適當時間，進行查勘加以確認並辦理必要之道路補強工作。

#### (1) 參考圖面

- A. 核一廠全廠區地下管線第六分區組合圖 FNPS-P-140, 第 4 版
- B. 核一廠全廠區地下管線第三分區組合圖 FNPS-P-137, 第 1 版
- C. 核一廠全廠區地下管線第四分區組合圖 FNPS-P-138, 第 1 版
- D. 火力發電工程處金山分處第一二部汽機間結構圖電纜管溝道及排水系統等工程竣工圖電纜管溝道平面及斷面圖 SPF-16-C883
- E. 火力發電工程處核能一廠第一二部機廠區排水系統平面 SPP-16-074
- F. 火力發電工程處金山分處第一二部汽機間結構圖電纜管溝道及排水系統等工程竣工圖電纜管溝道平面及斷面圖 SPF-16-C886
- G. 火力發電工程處金山分處進廠道路第二期工程竣工圖 SPF-16-C907

#### (2) 埋設物種類及埋設深度

- A. 反應器廠房周邊圍牆內道路
  - (a) 海水進水管，埋設深度約 8 m。

- (b) 電纜管溝，蓋板與路面平行，混凝土鋼筋結構厚度約 25 cm。
  - (c) 生水及消防管，埋設深度約 0.9 m。
  - (d) 排水管，埋設深度約 0.6 m。
- B. 反應器廠房外警衛室至乾華溪邊段運送道路
- (a) 導線管，埋設深度約 1.5 m。
  - (b) 消防管，埋設深度約 1.2 m。
  - (c) 電纜管道，埋設深度 3 m。
- C. 沿乾華溪至貯存場橋前運送道路
- (a) 電纜管道，埋設深度約 0.5 m。
  - (b) 油污廢水排水管，埋設深度約 0.4 m。
  - (c) 排水管，埋設深度約 0.6 m。

#### 4. 運搬方法

本程序描述使用多軸油壓板車，搭配氣墊系統及牽引夾車，作為將混凝土護箱從一樓密封鋼筒裝載區，移出反應器廠房，並送至貯存場之工具；詳細作業方法將明訂於相關操作程序書中。

混凝土護箱表面劑量率，必須經確認不超過運轉限制條件(LCO 3.2.2)，(如表 5.1.2-3)限制，此項偵檢須在運送之前執行。

- (1) 偵檢混凝土護箱表面劑量率，確認不超過運轉限制條件(LCO 3.2.2)，(如表 5.1.2-3)限值。
- (2) 使用多軸油壓板車，將混凝土護箱緩慢運送至貯存場定位；相鄰混凝土護箱之中心，距離將不小於 580 cm。
- (3) 出管制站前，應辦理混凝土護箱外表之污染偵檢，合格始可放行。
- (4) 運送全程由警衛及輻射防護人員隨行監控。
- (5) 將多軸油壓板車移動至貯存場的指定位置，並將底板降至地面。
- (6) 移除混凝土護箱之固定裝置。
- (7) 在混凝土護箱進氣孔安裝液壓千斤頂共四座。
- (8) 使用液壓千斤頂將混凝土護箱舉高約 10 cm(4 in)。
- (9) 將氣墊放在混凝土護箱之下，充氣。

- (10) 使用液壓千斤頂系統緩慢的將混凝土護箱降置懸浮氣墊上。移除四座液壓千斤頂。
- (11) 以牽引夾車控制方向，將混凝土護箱移送至貯存場之指定位置。
- (12) 在混凝土護箱進氣孔安裝液壓千斤頂共四座。
- (13) 使用液壓千斤頂將混凝土護箱舉高約 10 cm(4 in)。
- (14) 氣墊洩氣，移除氣墊及管線。
- (15) 使用液壓千斤頂系統緩慢的將混凝土護箱降置貯存場地地面。移除四座液壓千斤頂。

## 5. 現有廠房樓板結構評估

用過核子燃料乾式貯存的反應器廠房作業，主要在於廠房一樓及五樓，其廠房結構分述如下。

### 一樓平面配置

一樓分析評估之區域，依樓板結構不同厚度與尺寸，計分操作區、艙口蓋板區、雙道門 A 區及雙道門 B 區等四個區域討論。雙道門 A 區及雙道門 B 區之間並無實體隔間，係車輛進出廠房時為維持廠房負壓而設置之緩衝空間，由於結構不同，故將其分為兩區。詳細之平面配置如圖 5.1.2-2 所示。

### 五樓平面配置

五樓為全廠房開闢之操作區域，但本次分析評估為 5X-5Z 與 V-P 之操作運送區域，依樓板結構不同厚度與尺寸，計分操作區、燃料池裝載區等兩個區域。五樓平面配置如圖 5.1.2-3 所示。

### 評估結果

各區域之載重能力評估結果，列於表 5.1.2-4「核一廠房內樓板活載重分析表」，雙道門 A 區與 B 區之最大載重分析如表 5.1.2-5，樓板剪力檢核分析如表 5.1.2-6。

另在燃料池護箱裝載區樓板原設置有加強 RC 三角拱腰式結構增厚至 284 cm(9ft-4in)，此增厚區由護箱裝載區角落向外延伸 488 cm(16ft)，並加強配斜筋#11@6”雙層雙向(如圖 5.1.2-4)，依建廠結構計算書顯示，設計可承受護箱 4,173 MT(9200 kips) 之衝擊荷重，是引用核一廠 FSAR 15.4.5 節之描述 70 噸（指短噸，等於 63.6 MT）重之護箱，自 40.5 ft 的最大高度意外事故墜落效應。

但因傳送護箱係由核一廠廠房內具有單一失效防止功能之吊車進行吊運，依 NUREG-0612 無須考慮墜落之分析，故不須考量傳送護箱墜落之意外事故分析。故可將上述衝擊荷重模擬為此局部區域可承受之額外荷重。

又滿載時之傳送護箱重保守估計約 85 MT，此值遠小於上述模擬載重(4,173 MT)，故評估燃料池底符合載重需求。

綜合以上所述，因系統操作增加之活載重，除雙道門 A 區與 B 區，須以強度設計法考量，惟仍在最大允許載重內以外；其餘各區樓板之所有載重(含本計畫之外加載重)，皆在樓板原設計活載重之內，且樓板局部穿孔剪力亦在法規範圍內，符合規定，故可不必再對廠房結構之彎距、變位、力量傳遞路徑及可能之破壞機制等進行分析。

## 6. 反應器廠房內作業防傾倒措施

在反應器廠房內吊卸裝填及運搬作業期間，主要作業場所包含燃料池、五樓操作區及一樓密封鋼筒裝載區。以下分別敘述針對傳送護箱在此三作業場所之防傾倒措施。

### (1) 燃料池裝載區

適用操作期間：用過核子燃料裝填；此時密封鋼筒安置在傳送護箱內，傳送護箱座於燃料池裝載區定位。

防傾倒措施：燃料池內既有之防傾倒裝置。將評估燃料池防傾倒裝置之安全性，並於試運轉作業前提出。

### (2) 五樓操作區

適用操作期間：用過核子燃料裝填前準備、傳送護箱除污、密封鋼筒屏蔽上蓋銲接與檢驗、密封鋼筒排水乾燥與充填氦氣及密封鋼筒結構上蓋銲接與檢驗；此期間密封鋼筒安置在傳送護箱內，傳送護箱坐於五樓操作區定位。

防傾倒措施：評估將增設防傾倒裝置。其規劃設計將於試運轉作業前提出。

### (3) 一樓密封鋼筒裝載區

適用操作期間：密封鋼筒裝載；此期間開始時，已裝填用過核子燃料之密封鋼筒安置在傳送護箱內，傳送護箱座於混凝土護箱之上，混凝土護箱座於一樓密封鋼筒裝載區定位；作業期間密封鋼筒將由傳送護箱緩慢下降至混凝土護箱內。

防傾倒措施：初步評估將於二樓天井區域增設防傾倒裝置，並視需要於一樓對混凝土護箱進行固定措施。

## 7. 運搬吊卸作業

本系統主要裝備密封鋼筒、傳送護箱及混凝土護箱，其在吊運狀況下吊運組件之結構，皆經分析安全無虞，分析計算及結果請見第六章二、(六)節結構評估內容。各階段運搬吊卸作業，並將遵照核一廠相關規定或程序書執行。

## 8. 人員及車輛之污染管制措施

反應器廠房之地區管制，遵照核一廠輻射防護計畫第五編規定辦理。混凝土護箱運出反應器廠房前，須執行表面污染偵檢、表面劑量率偵檢及 1 m 處劑量率偵檢。裝載燃料後，將遵照核一廠放射性物質運輸管制程序書執行作業。

貯存場劃為輻射區其進出管制依核一廠 903 作業程序書執行。

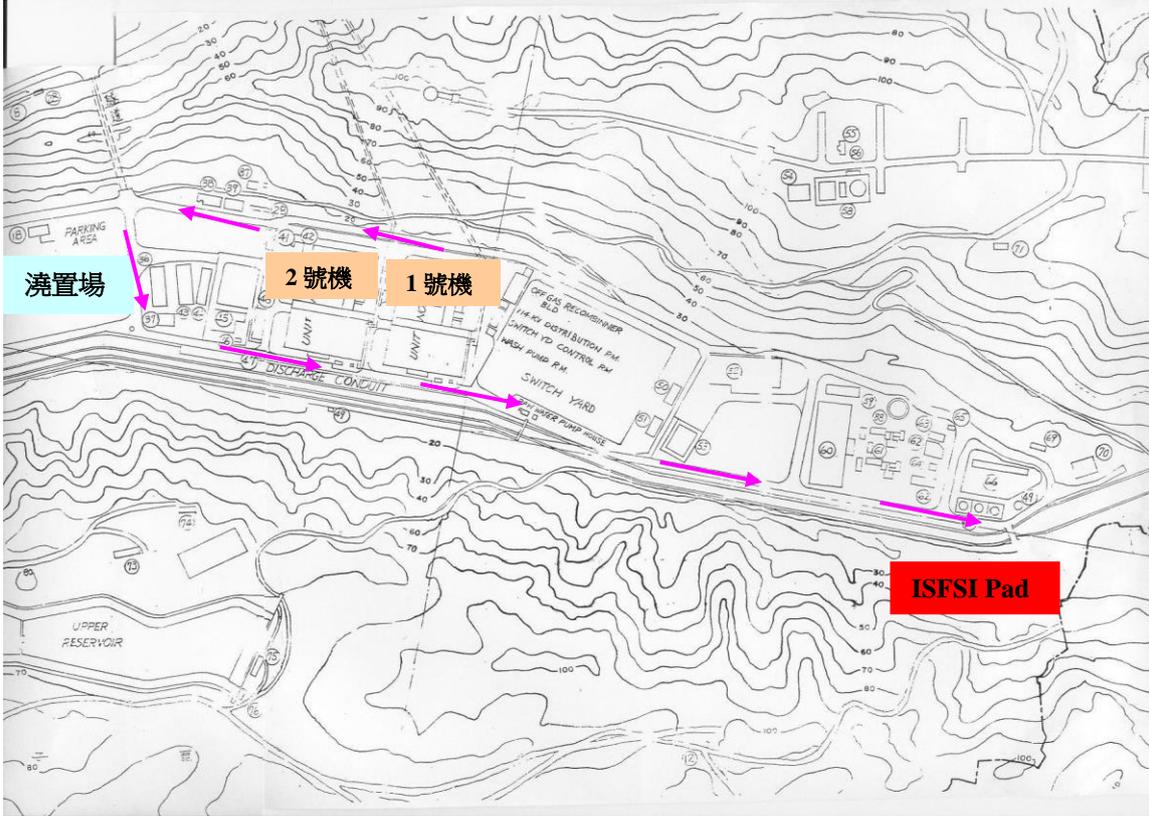


圖 5.1.2-1 運搬規劃路線圖

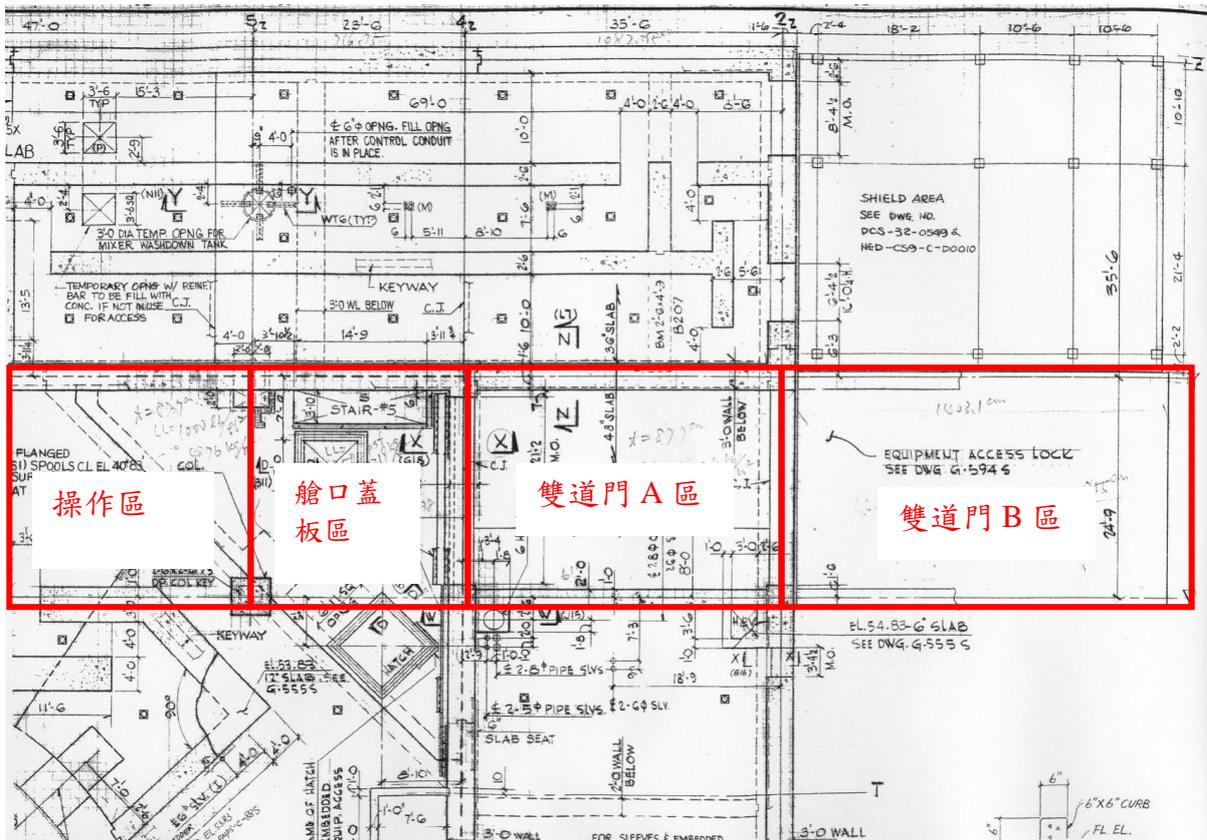


圖 5.1.2-2 一樓平面配置圖

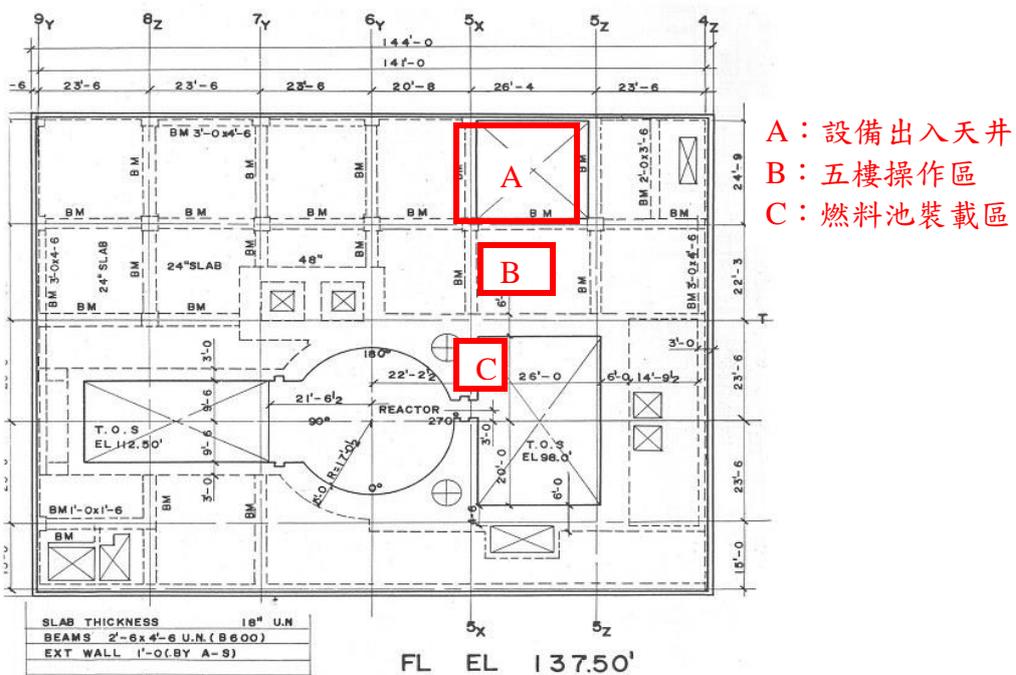


圖 5.1.2-3 五樓平面配置圖



表 5.1.2-1 鎖磅扭力值

固定物	鎖磅扭力值(呎-磅)	鎖磅順序
空密封鋼筒之吊環	230-260	無
密封鋼筒屏蔽上蓋吊環	230-260	無
密封鋼筒結構上蓋吊環 - 吊運結構上蓋 - 吊運已裝填燃料之密封鋼筒	230-260 800-880	無
可遙控脫鉤密封鋼筒吊具- 連接座吊環 - 連接座固定螺栓	100-110 800-880	無
密封鋼筒排水管	120-150 (Furon 金屬封環)或 110-120(EPDM 或 Viton 封環)	無
密封鋼筒結構上蓋塞 密封鋼筒屏蔽上蓋塞	手鎖緊 手鎖緊	無
傳送護箱吊耳軸蓋螺栓	145-165	無
傳送護箱銜接器螺栓	35-45	無
傳送護箱保護環吊環	100-110	無
傳送護箱保護環	135-145	0°-180°-270°-90° 各兩次
傳送護箱屏蔽門螺栓	手鎖緊	無
混凝土護箱上蓋吊環	35-45	無
混凝土護箱屏蔽塞環首螺栓	手鎖緊	無

表 5.1.2-2 運轉限制條件(LCO 3.2.1)

LCO 3.2.1 密封鋼筒表面污染  
 密封鋼筒外表面之鬆散污染應不超過：  
 a. 180 Bq/100 cm<sup>2</sup>，貝他及加馬射源；  
 b. 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>，阿伐射源。

適用： 裝填作業

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒表面 鬆散污染限制	A.1 使密封鋼筒表面鬆散污染 減低至限值內	於運搬作業前

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.2.1.1 透過直接或間接之方法，確使密封鋼筒外表面 之鬆散污染未超過限制	於運搬作業前。

表 5.1.2-3 運轉限制條件(LCO 3.2.2)

LCO 3.2.2	<p>混凝土護箱之平均表面劑量率</p> <p>每個混凝土護箱之平均表面劑量率應低於下述限制，除非符合採行措施 A.1 及 A.2。</p> <p>a. 0.5 mSv/h (中子及加馬)，於側表面(於混凝土表面)；</p> <p>b. 0.5 mSv/h (中子及加馬)，於上表面；</p> <p>c. 1 mSv/h (中子及加馬)，於進氣口與排氣口。</p> <p>適用： 貯存作業</p> <p>行動</p>
-----------	--

-----註-----

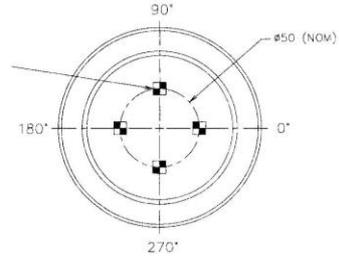
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合混凝土護箱平均表面劑量率限制	A.1 行政驗證裝填之燃料正確。	24 h
	<p>以及</p> <p>A.2 執行分析確認 ISFSI 場外輻射防護符合「游離輻射防護安全標準」及「放射性物料管理法施行細則」及廠界年劑量 0.05 mSv 之要求。</p>	7 d
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	30 d

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.2.2.1 驗證已裝載包含燃料束之密封鋼筒的混凝土護箱之平均表面劑量率未超過限制。劑量率應於下圖所標示之位置進行量測。	於貯存作業前。

於所示目標點進行劑量率之量測。



每個平面分別於八個目標點(0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315度)量測劑量率。分別在各個進氣口(排氣口)中央, 以及進氣口(排氣口)間取一點量測。

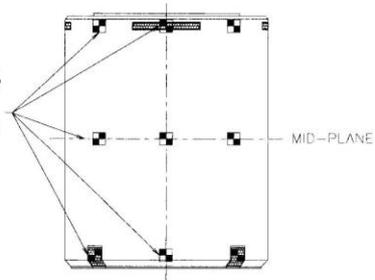


表 5.1.2-4 核一廠房內樓板活載重分析表

版編號	雙道門B區	雙道門A區	艙口蓋板區	1F操作區	5F除污區	燃料池底
短邊La=	755	755	638	716	678.6	792
長邊Lb=	1403	1,082.75	716	755	803	1,219
版面積 A (m <sup>2</sup> )	105.93	81.75	45.68	54.06	54.49	96.62
靜載重W <sub>DL</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	1,536	2,104.8	2,104.8	2,104.8	1,493.3	3,904.8
原設計WSD活載重W <sub>L1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	975.2	1,950.4	4,876	4,876	2,438	(註1)
P <sub>1</sub> =W <sub>L1</sub> *A (公噸)	103	159	223	264	133	1409.4 (註1)
假設裝修活載重W <sub>L4</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	100	500	500	500	500	—
P <sub>4</sub> =W <sub>L4</sub> *A(公噸)	11	41	23	27	27	976.3 (註2)
操作護箱重P <sub>5</sub> (公噸)	155	155	155	200	99	85
載重需求P <sub>R</sub> =P <sub>4</sub> +P <sub>5</sub> (公噸)	166	196	178	227	126	1061.3
是否在原設計載重範圍內	否	否	是	是	是	是

註1: 燃料池的容許燃料及設備靜載重(Dead Load)為13.524 MT/m<sup>2</sup>(2.77ksf)，大型模組貯存架區域的靜載重為21.639 MT/m<sup>2</sup>(4.432ksf) (依據益鼎公司83年4月「核一廠用過核燃料池貯存容量再次擴充工成可行性研究」期終報告書)。前者面積約57.7 m<sup>2</sup> (89436 in<sup>2</sup>= 480x312 x2/3-102x102)，後者面積約29.07 m<sup>2</sup> (45056 in<sup>2</sup>=480x312/3-152x 32)，兩區容許燃料及設備靜載重合計為1409.4MT。

註2: 燃料池中Fuel燃料一束317.5 kg(700 lbs)，一號機到2008年9月約有 2,660束，二號機到2009年9月有2,644束，以2,660束為基準考量計844.603 MT(1,862,000 lbs)；格架重約131.721 MT(290,390 lbs)。合計燃料與設備重976.324 MT。

表 5.1.2-5 核一廠房內樓板最大載重分析表

版編號	雙道門B區	雙道門A區
短邊La=	755	755
長邊Lb=	1,403	1,082.75
版面積 A (m <sup>2</sup> )	105.93	81.75
靜載重W <sub>DL</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	1,536	2,104.8
原設計WSD活載重W <sub>L1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	975.2	1,950.4
P <sub>1</sub> =W <sub>L1</sub> *A (公噸)	103	159
USD設計最大活載重W <sub>L2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	2,722	5,294
P <sub>2</sub> =W <sub>L2</sub> *A (公噸)	288	433
土壤承载力W <sub>L3</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	26,831	0
允許安全活載重W <sub>LL</sub> (kg/m <sup>2</sup> ) (註1) [=W <sub>L2</sub> +W <sub>L3</sub> ]	29,553	5,294
P <sub>L</sub> =W <sub>LL</sub> *A (公噸)	3,130	433
假設裝修活載重W <sub>L4</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	100	500
P <sub>4</sub> =W <sub>L4</sub> *A(公噸)	11	41
操作護箱重P <sub>5</sub> (公噸)	155	155
載重需求 P <sub>R</sub> =P <sub>4</sub> +P <sub>5</sub> (公噸)	166	196
是否在USD載重範圍內	是	是

註1: 此W<sub>LL</sub>載重係依現有配筋量以強度設計法(USD)反算樓板之安全活載重，而原設計之活載重W<sub>L1</sub>，係以工作應力法(WSD)計算所得。

表 5.1.2-6 核一廠房內樓板剪力檢核分析表

版編號	雙道門B區	雙道門A區	艙口蓋板區	1F操作區	5F除污區	燃料池底
雙向版短向承擔剪力係數	0.9247	0.8122	0.6107	0.5517	0.6649	0.6500
雙向版長向承擔剪力係數	0.0753	0.1878	0.3893	0.4483	0.3351	0.3500
短向承擔剪力 $V_{ua}$ (kg/m)	23,659	36,096	59,591	59,454	30,255	115,577
每米混凝土抗剪力 $V_u = \phi V_c$ (kg/m)	43,911	61,776	60,985	60,985	31,623	117,070
混凝土強度 $f_c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )=	280	280	280	280	280	280
鋼筋強度 $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )=	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200
操作護箱重 $P_5$ (kg)=	155,000	155,000	155,000	200,000	99,000	75,000
地板每米貫穿剪力 $V$ (kg/m)= $P_5$ /圓周	12,063	11,402	11,402	14,713	12,106	6,410
評估結果	符合	符合	符合	符合	符合	符合

### (三) 接收及貯存

#### 1. 接收

- (1) 混凝土護箱在貯存場基座定位後，安裝外加屏蔽。
- (2) 安裝通氣孔道攔網。
- (3) 安裝並連接溫度監測儀器，依據運轉限制條件(LCO 3.1.6)，(如表 5.1.3-1)，確認混凝土護箱散熱系統正常。混凝土護箱通風出口與周圍溫度溫差不得高於 36.6 °C (66 °F)。
- (4) 將混凝土護箱裝填資訊標誌在標示牌上。

#### 2. 貯存

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)。如發現任何異狀，應立即至貯存場，確認各貯存護箱通氣孔道之通暢，並應將巡視後之異常狀況、處置方式及結果記錄。

#### 3. 再取出作業

已裝填用過核子燃料之密封鋼筒，僅預期在將用過核子燃料運離貯存場進行再處理或最終處置時，才須由混凝土護箱再取出。另外，在極低微的機率下，若須開啟已封鐸的密封鋼筒，以取出其內貯存之用過核子燃料，亦須依照再取出作業程序執行。本程序描述將混凝土護箱送回反應器廠房密封鋼筒裝載區，將密封鋼筒置入傳送護箱，再將傳送護箱移至五樓操作區，打開密封鋼筒，移出用過核子燃料等作業之通則。移出用過核子燃料，須在燃料池進行，亦可採類似程序在其他適合之設施執行。

- (1) 移除混凝土護箱監控儀具、外加屏蔽及進出氣口之護網。
- (2) 依照五、(二)節運搬方法，反時序執行，將混凝土護箱送回反應器廠房密封鋼筒裝載區，將密封鋼筒送入傳送護箱，再將傳送護箱移至五樓操作區。
- (3) 拆除傳送護箱保護環。

- (4) 偵檢結構上蓋頂部輻射及污染程度。
- (5) 安裝鐸道切除機，視需要架設防止污染擴散帳篷。
- (6) 切除結構上蓋鐸道。
- (7) 偵檢後，移除帳篷，移開鐸道切除機。
- (8) 安裝三爪吊掛，將結構上蓋吊離。
- (9) 偵檢屏蔽上蓋頂部輻射及污染程序，必要時去污並使用臨時屏蔽。
- (10) 架設防止污染擴散帳篷，切除排水及排氣封口蓋鐸道。
- (11) 移除封口蓋，檢測接頭處有無外洩氣體及輻射強度。
- (12) 在排水接頭安裝氫氣管，在排氣接頭安裝排氣管溫度計、壓力計及排氣處理系統，排氣並連續偵檢排氣管之輻射強度。
- (13) 灌沖氫氣，最少沖刷 10 min，持續監測排氣溫度及輻射強度；停氫氣，拆除管線。注意排氣初溫可能高於 204 °C (399.2 °F) 以上。
- (14) 更換排水及排氣接頭密封環，或更換整組接頭。鎖磅時依據表 5.1.2-1 所訂方式執行。
- (15) 執行密封鋼筒灌水及冷卻作業，在排水接頭接上溫度高於 21 °C (69 °F) 之除礦水源，壓力不大於 25 (+10, -0) psig；在排氣接頭接上可耐高溫高壓附隔熱層之管線，導入燃料池中。緩慢注入乾淨水或過濾池水至 5 (+3, -0) gpm 流量。持續監測出口壓力，當出口壓力超過 45 psig 時停止注水；待出口壓力降回 35 psig 後再行注水。出口管線一開始會排出熱汽，繼之為熱水；若密封鋼筒內有破損燃料，則出口管線輻射劑量會急遽升高，應持續監測。
- (16) 持續監測出口水溫並記錄，待降至 93.3 °C (200 °F) 時，停止水流，拆除注水管。
- (17) 裝設吸水泵，吸出約 260 L 水；拆除水泵。
- (18) 安裝鐸道切除設備，架設防止污染擴散帳篷，人員視需要穿戴呼吸裝具，安裝臨時屏蔽。
- (19) 安裝氫氣濃度偵測儀，確認密封鋼筒內氫氣濃度低於 2.4 %。若濃度超過 2.4 %，則以真空泵排除。

- (20) 切除屏蔽上蓋鐸道，全程監測氫氣濃度。
- (21) 移開帳篷、鐸道切除設備、墊片及臨時屏蔽等，安裝屏蔽上蓋吊環及吊具，並加裝輔助索。
- (22) 安裝傳送護箱環狀間隙注水管線。
- (23) 將傳送護箱吊至燃料池上方，淋濕外表，充水至環狀間隙，同時緩慢下降至裝載區，移開傳送護箱吊軌。
- (24) 將屏蔽上蓋吊具掛在吊車吊鈎上，吊開屏蔽上蓋，吊升時保持垂直，確認排水管完全脫離傳送護箱。
- (25) 依需求執行目視檢查用過核子燃料或其他操作，此時亦可將用過核子燃料由密封鋼筒吊至燃料架貯放。
- (26) 空密封鋼筒依核一廠廢棄物處理相關規定辦理。

表 5.1.3-1 運轉限制條件(LCO 3.1.6)

LCO 3.1.6 混凝土護箱熱移除系統 混凝土護箱熱移除系統必須為正常。 適用： 裝填作業 行動		
-----註-----		
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。 -----		
狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合運轉限制條件	A.1 確保適當之熱移除，以預防溫度超越短期限值。	立即
	以及 A.2 驗證燃料裝填符合認可內容之要求。	7 d
	以及 A.3 恢復混凝土護箱熱移除系統至可用狀態。	25 d
B. 不符合採行措施 A.1、A.2、A.3 之完成時間	B.1 執行工程估算以確定混凝土護箱熱移除系統為正常。	5 d
	或 B.2 將 INER-HPS 系統置於安全之狀態下。	5 d
檢查要求		
檢查	頻率	
SR 3.1.6.1 確認 ISFSI 環境溫度及混凝土護箱排氣口平均氣溫之差異不高於 36.6 °C。	24 h	
或  目視確認全部共四個進氣口與排氣口之攔網未受障礙。	24 h	
SR 3.1.6.2 確認 ISFSI 環境溫度及排氣口平均氣溫之差異不高於 36.6 °C。	於貯存作業開始後 5~30 d 進行。	

## 二、貯存期間之檢視作業

貯存期間，主要藉目視檢視包含混凝土護箱之熱移除功能與混凝土護箱外觀結構，另並就貯存場進行輻射監測。

### (一) 檢視混凝土護箱之熱移除功能

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)。如發現任何異狀，應立即至貯存場，確認各貯存護箱通氣孔道之通暢，並應將巡視後之異常狀況、處置方式及結果記錄。

### (二) 檢視混凝土護箱外加屏蔽外觀結構

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。

### (三) 輻射監測

輻射監測方面，俟貯存場完成前，場址周邊將增設 2 台高壓游離腔(HPIC)偵檢器，連續監測背景輻射與貯存場對環境的影響。所用的儀器，必須與核一廠現有之 Reuter-Stokes RSS-120/121 型高壓游離腔相容，以利輸出訊號並加以處理。INER-HPS 系統係以鉚接方式密封，不會有放射性物質外釋，依規定不需要設置監測放射性空浮污染的空氣監測器。此外，場址四周亦準備增設環境 TLD 佈點，以監測貯存場對環境劑量的影響。

### 三、作業流程

全程作業之操作順序、重要步驟及相關系統設備之操作特性與限制條件，詳述於本章一節作業程序中，作業流程示如圖 5.3.1-1。

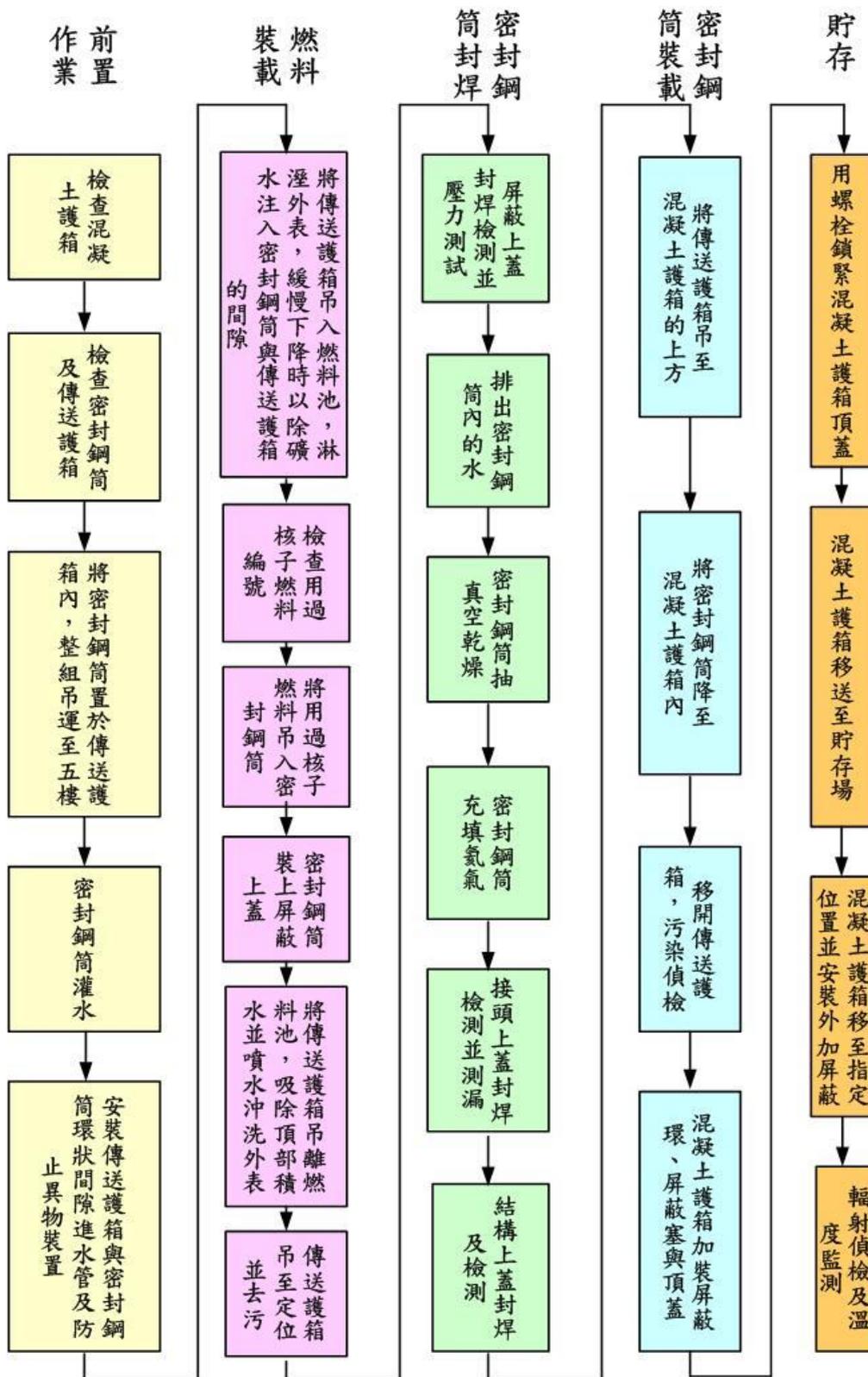


圖 5.3.1-1 作業流程圖

#### **四、輔助系統及設備之運轉**

輔助系統設備功能在配合密封鋼筒、傳送護箱及混凝土護箱等主要裝備，於反應器廠房內及貯存場，完成吊卸裝填、運搬及接收貯存等作業；主要輔助系統設備及功能略述於下。輔助系統設備操作方法，將配合相關作業詳述於程序書中。

##### **(一) 傳送護箱吊軌**

承吊傳送護箱的吊軌，須符合 ANSIN14.6 及 NUREG 0612 法規要求。依照 ANSIN14.6 要求，在運送到現場前，先經組裝、測試與檢查。並要有維護保養、每年檢查與檢查計畫之要求。吊軌應配合核一廠反應器廠房吊車(90 MT)與傳送護箱吊耳軸運作。

##### **(二) 遙控或自動銲接機**

用來執行密封鋼筒屏蔽上蓋及結構上蓋之銲接。

##### **(三) 現場銲接用屏蔽板**

銲接用屏蔽板為遙控或自動銲接機的基座，用來降低密封鋼筒屏蔽上蓋及結構上蓋銲接時的表面輻射劑量率。

##### **(四) 密封鋼筒排水與吹洩系統**

功能有二，分別為：在密封鋼筒屏蔽上蓋銲接前，先將密封鋼筒裡的水面抽至屏蔽上蓋以下(約抽水 260 L)；完成屏蔽上蓋銲接並通過壓力測試後，藉由本系統排除密封鋼筒內其餘水份。

##### **(五) 氫氣偵測系統**

功能為偵測密封鋼筒內氣體空間的氫氣濃度，確保屏蔽上蓋銲接作業安全，氫氣濃度若高於 2.4 %，則不可執行屏蔽上蓋的銲接。

#### **(六) 真空乾燥系統**

用來在密封鋼筒排水後，移除密封鋼筒內殘餘之水汽及其他氣體；由真空泵、軟管、控制閥等與密封鋼筒銜接組成，並有真空壓力表指示所有壓力範圍等。本系統亦可作為氦氣回填使用。

#### **(七) 氦氣測漏系統**

用來確認密封鋼筒屏蔽上蓋及排水與排氣封口蓋的銲道符合規範要求。

#### **(八) 密封鋼筒翻轉架與吊索**

功能為使密封鋼筒由水平轉成垂直安置的座架。

#### **(九) 密封鋼筒吊掛系統**

由兩組三爪吊索組成，用來吊運結構上蓋，或當密封鋼筒已銲接結構上蓋後，吊運整個密封鋼筒。

#### **(十) 氣壓測漏系統**

用來驗證密封鋼筒與屏蔽上蓋間封銲之品質，確認密封鋼筒沒有洩漏之虞；系統包含管路、壓力錶、卸壓閥及隔離閥等。氣源規劃使用氦氣。

#### **(十一) 輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力)**

傳送護箱底部屏蔽門的開關驅動系統，系統架設在銜接器上，藉 T 型連接器與屏蔽門接合，傳送作業前務須先行功能測試，並且確認定位。

#### **(十二) 傳送護箱環狀間隙充水系統**

提供傳送護箱與密封鋼筒間環狀間隙除礦水之管路系統，配合傳送護箱進出水池，本系統實施注水與排水。排水可直接排入燃料池。

**(十三) 多軸油壓板車**

在反應器廠房與貯存場間運搬混凝土護箱之用。

**(十四) 防震設備**

使用於裝載作業時，功能為萬一發生地震時，防止豎立的混凝土護箱滑動與傳送護箱傾倒。

**(十五) 雜項吊索與吊具附件**

各項操作過程所需之一般性吊索、吊具及工作平台等。

## 五、公用系統及設備之運轉

本節針對運貯作業及貯存場營運期間，各相關公用系統及設備之初步運轉規劃，分別說明如後：

### (一) 通訊

反應器廠房內於裝填操作期間，通訊將利用核一廠內既有通訊設施，並依照核一廠通訊作業規定使用。貯存場營運期間，警衛人員於巡視時，使用適當通訊工具與保安監控中心值班人員聯繫。

### (二) 電力

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，電力將利用核一廠內既有電力供應設備，並依照核一廠廠內公用電力使用規定辦理。貯存場電力主要供應施工期臨時需要、貯存場之照明、出氣口溫度偵測，以及環境監測系統、監視系統、各監控中心儀器及控制設施使用，電力將利用核一廠內既有電力供應設備，並依照核一廠廠內公用電力使用規定辦理。

### (三) 供水

在貯存場進行混凝土基座建造，或於核一廠澆置場進行混凝土護箱及其外加屏蔽灌造時，需要使用一般自來水，將依核一廠使用規定辦理。反應器廠房內於核子燃料吊卸裝填作業期間，須連續供應除礦水注入密封鋼筒外壁與傳送護箱內壁之環狀間隙，供應流量在 15 L/min 以下，若連續作業，每次約需時 20 h。傳送護箱吊運出水池面前，將使用加壓水（如除礦水）沖洗傳送護箱表面，供應流量在 30 L/min 左右，每次約需 4 h；另於每筒次傳送護箱吊運進出水池面時，其表面須以除礦水噴灑以降低表面污染。除礦水將由核一廠既有供應設施供應，並依核一廠規定辦理。貯存場營運期間無供水需求。

### (四) 供氣

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，壓縮空氣將使用核一廠既有供氣設施，使用時將依核一廠規定辦理；若廠內可供氣量不符使用時，將另備空氣壓縮設施。貯存場例行運轉期間，則無供氣之需求。

#### **(五) 照明**

反應器廠房內及燃料池內已有照明設施，若有特殊需要輔助照明區域，將另備燈具，燈具使用將依核一廠規定辦理。貯存場圍籬內設有照明設施。

#### **(六) 一般廢棄物處理**

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，產生的一般廢棄物，將依照核一廠一般廢棄物處理規定辦理。貯存場營運期間，並無一般放射性廢棄物產生，無需處理。

#### **(七) 通風與排氣**

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，將使用核一廠反應器廠既有通風與排氣設施，遇有特殊廢氣須排除時，將另備排風設施與導管引至既有通風與排氣進口附近，由既有設施排至廠外。貯存場為露天貯存設施，燃料貯存用的密封鋼筒外表，採用空氣對流的冷卻方式，沒有通風與排氣設備之需要。

#### **(八) 接地**

反應器廠房內之貯存燃料裝填及運送作業用電器設備皆有接地裝置，將聯結至核一廠反應器廠房既有之接地線路，接地之執行將依照核一廠電器接地規定辦理。貯存場於營運期間，除了電器設備會有適當的接地設施外，在貯存場高處將設有避雷裝置，避雷之接地設施將於混凝土基座施工時預埋接地線及預留導電接點。

## 六、設施各項系統及設備之驗收測試與維護保養計畫

本節將說明設施主要系統及設備的驗收測試與維護保養導則。本系統主要組件驗收測試計畫列如附錄 5.A。維護保養計畫包含週期檢查與年度保養，涵蓋的主要系統及設備有混凝土護箱、傳送護箱、銜接器、傳送護箱吊軌，以及輔助吊索與吊具組等；至於輔助系統如真空乾燥系統、氬氣測漏系統、加壓測試系統及運搬車輛等，將依照製造商提供之操作維護程序進行維護保養。

本貯存設施第一個貯存護箱之熱負載小於等於 4 kW，護箱搬運至貯存場後，開始執行護箱通氣出口與周圍溫度之監測，以建立本貯存系統熱移除能力資料庫數據。

### (一) 混凝土護箱

#### 1 週期檢查

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)。如發現任何異狀，應立即至貯存場，確認各貯存護箱通氣孔道之通暢，並應將巡視後之異常狀況、處置方式及結果記錄。

#### 2 年度保養

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。

### (二) 密封鋼筒

密封鋼筒裝填燃料並完成封鐸後，屬符合 ASME III, 1, NB 級壓力容器，且經符合 ANSIN14.5 規範洩漏測試合格，故不需週期檢查或年度保養。

### (三) 傳送護箱和銜接器

#### 1. 週期檢查

每一次操作前，應由運轉人員目視檢查下列項目：

##### (1) 傳送護箱本體

- A. 檢查塗裝層有無銹蝕毀損。
- B. 檢查吊耳及防護板有無損傷、變形或銹蝕。
- C. 檢查注排水孔有無螺牙毀傷、髒污或碎屑。
- D. 檢查保護環、保護環螺栓及保護環螺栓孔，有無螺牙毀傷、銹蝕變形、髒污或碎屑。
- E. 檢查傳送護箱外圓與底板銲道有無毀傷或裂隙。

##### (2) 傳送護箱屏蔽門

- A. 檢查門及門軌有無毀傷、銹蝕或塗層起泡剝落，並確認接合面有使用適當潤滑劑。
- B. 檢查門鎖螺栓、擋板及螺栓孔，有無螺牙毀傷或銹蝕變形。

##### (3) 銜接器

- A. 檢查有無毀傷、銹蝕或塗層起泡剝落，並確認各組件安裝妥適。
- B. 檢查確認油壓缸之功能正常。

#### 2. 年度保養

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；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。

傳送護箱若未連續服役，在重新使用前，應依年度保養要求執行檢查維護。

銜接器應依週期檢查項目執行年度保養，並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。

#### (四) 傳送護箱吊軌

##### 1. 週期檢查

- (1) 每一次使用前，須由運轉操作人員對吊軌及連接插銷，目視檢查有無損傷或變形。
- (2) 每三個月，須由維護人員或其他非運轉操作人員，目視檢查吊軌及連接插銷有無損傷或變形。

##### 2. 年度保養

運貯作業期間，傳送護箱吊軌應在不超過 12 個月的期間內，執行目視檢查，並另執行下列負重測試或非破壞檢測項目之一。傳送護箱若未連續服役，在重新使用前，若距離前次年度保養已超過一年，則應依年度保養要求執行檢查維護。

###### (1) 負重測試

對吊軌及連接插銷，施予 300 % (+5 %/-0 %) 設計載重之負重測試至少 10 min，負重須平均分布於兩支吊勾上。測試後須對所有主要承重組件如吊勾、連接插銷、強化主體及接合面等，目視檢查有無損傷或永久變形。

###### (2) 非破壞檢測

對所有主要承重組件如吊勾、連接插銷、強化主體及接合面等，目視檢查有無損傷或永久變形，尺寸量測值須與製造圖比對，並依據 ASME V, Article 6 執行液滲檢測，接受準則須符合 ASME, III, NF, NF-5350 所述。

## (五) 輔助吊索與吊具組(含吊耳)

### 1. 週期檢查

- (1) 每一次使用前，須由運轉操作人員目視檢查有無磨耗、變形或螺孔損傷。
- (2) 每三個月，須由維護人員或其他非運轉操作人員，目視檢查有無磨耗、斷線、變形或螺孔損傷。

### 2. 年度保養

服役前間，應由專門檢查人員依據 ASME/ANSI B30.9 「吊索」規範，每年執行檢查。若未連續服役，在重新使用前亦須執行同級保養檢查。

## 七、申請運轉執照時，須檢附設施運轉程序書清單

本章各節所述為一般性操作導則，針對實際作業所需，將另行建立運轉操作程序書，並向主管機關申請運轉執照，預定建立之程序書如下：

1. 核一廠乾式貯存系統：現場作業組織架構與行政作業管制程序書
2. 核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒前置作業程序書；
3. 核一廠乾式貯存系統：傳送護箱前置作業程序書；
4. 核一廠乾式貯存系統：燃料啜吸檢驗作業程序書；
5. 核一廠乾式貯存系統：反應器廠房內操作程序書；
6. 核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲接操作程序書；
7. 核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書；
8. 核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書；
9. 核一廠乾式貯存系統：混凝土護箱前置及運送作業程序書；
10. 核一廠乾式貯存系統：貯存場作業程序書；
11. 核一廠乾式貯存系統：再取出作業程序書；
12. 核一廠乾式貯存系統：異常作業程序書；
13. 核一廠乾式貯存系統：輔助設備操作手冊；
14. 核一廠乾式貯存系統：輻射防護作業程序書；
15. 核一廠乾式貯存系統：工安作業程序書。

前述各作業程序書將於試運轉前提出。

## 八、参考文献

1. NAC International, Inc., “Final Safety Analysis Report for the UMS Universal Storage System,” Rev. 5, October 2005.
2. NAC International, Inc., “UNIVERSAL MPC SYSTEM (UMS) Operating Manual For The NAC-UMS Storage System,” Rev. 2, July 2006.

## 附錄 5.A 本系統主要組件驗收測試計畫

本文主要說明INER-HPS系統主要組件--混凝土護箱、密封鋼筒及傳送護箱之驗收標準及維護計畫。本系統主要組件包含混凝土護箱內襯、底座及空氣進出口通道；密封鋼筒外殼(含底板)、提籃、屏蔽上蓋及結構上蓋；以及傳送護箱、銜接器、屏蔽門驅動系統等在工廠製造之組件。

混凝土護箱為鋼筋混凝土結構，內襯為結構鋼板，置於碳鋼底座上；內襯與底座間有空氣進口通道，連至混凝土護箱腔體中心。空氣以自然對流方式由空氣進口通道，流經密封鋼筒外表面，並由護箱頂部之空氣出口，將用過核子燃料所產生之衰變熱帶出。

混凝土護箱底座支撐座(pedestal)，主要提供密封鋼筒之支撐。護箱所需之鋼筋於工廠成型後，運送至護箱澆置場；內襯與底座分別製造完成後，運至澆置場組裝，開始執行混凝土護箱建造工程。首先，執行紮筋工作，隨後組裝外鋼模，再進行澆置。澆置完成之混凝土護箱，將利用垂直式護箱運送車、拖車或其他形式的運送機具搬運。

傳送護箱主要功能，為提供裝載燃料後之密封鋼筒從燃料池運送到混凝土護箱時之輻射防護。

### 1.1 驗收標準

混凝土護箱(包括內襯、底座)、密封鋼筒及傳送護箱，於驗收之前，應執行必要之測試(test)、檢測(examination)及檢查(inspection)，並確認確實符合本安全分析報告與設計圖之要求。

#### 1.1.1 目視檢查及非破壞檢測

前述組件於建/製造完成後之檢測及驗收標準，如下所述：

- 所有組件須執行目視檢查，以確認符合設計圖之要求。
- 密封鋼筒組件須執行組裝測試，以檢驗其配合性。其組件包含不銹鋼外殼、底板、提籃、孔蓋及蓋板等。
- 建造及次組件(subcomponents)材料，應執行目視檢查、尺寸驗證或材料認證等查核，以確認符合規範要求。

- 密封鋼筒及提籃組件銲接，應符合ASME Code, Section IX所規定之程序。
- 密封鋼筒及提籃組件銲接須執行目視檢查，檢查方法應依照ASME Code, Section V, Articles 1 and 9所規定之程序執行。
- 密封鋼筒外殼銲接件合格標準，係依據ASME Code, Section III, Subsection NB, Articles NB-4424, NB-4426, 及 NB-4427 與 Section VIII, Articles UW-35及UW-36。
- 提籃銲件、燃料方管合格標準，係依據ASME Code, Section III, Subsection NG, Article NG-5360。
- 密封鋼筒外殼與底板之銲接修理，應符合ASME Code, Section III, Subsection NB, Article NB-4450之要求；提籃銲件、燃料方管之銲接修理，應符合ASME Code, Section III, Subsection NG, Article NG-4450之要求，再檢測之合格標準與原標準同。
- 混凝土護箱鋼材銲接件目視檢查合格標準，應依據ASME Code, Section V, Articles 1 and 9或ANSI/AWS D1.1, Section 6.9，合格標準則依據ASME Code, Section VIII, Articles UW-35 and UW-36或ANSI/AWS D1.1之Table 6.1。
- 傳送護箱全部銲道表面都應執行目視檢測，檢測方法及合格標準應依據AWS D1.1之規定。
- 製造完成之組件應與竣工圖之內容一致。
- 所有組件應檢查其清潔性，須無油漬、污垢、溶劑、金屬碎屑或其他污染物質之殘留。
- 製造完成之組件，於裝運前應有適當之包裝。
- 銲接過程中，銲工應以目視方式檢視所有銲層或銲道，在外觀上不可有任何銲渣、雜質、裂紋、不可接受之孔隙或不完全熔合之現象存在。

#### 1.1.1.1 銲接之非破壞檢測

密封鋼筒(不含提籃)之設計、製造，係依據ASME Code, Section III, Subsection NB之規定；內部提籃元件之設計、製造，係依據ASME Code,

Section III, Subsection NG之規定；上述規定不適用於本計畫之處，則採替代方案進行，詳如本報告第三章表3.1.1-8。

密封鋼筒所有完成銲接之表面應執行液滲檢測，其方法依照ASME Code, Section V, Articles 1與6, 及Section III, Subsection NB, Article NB-5000, 合格標準應依照ASME Code, Section III, Subsection NB, Article NB-5350。

密封鋼筒外殼縱向與圓周方向之銲接，應執行放射線檢測，其方法依照ASME Code, Section V, Articles 1與2, 以及Section III, Subsection NB, Article NB-5000, 合格標準應依照ASME Code, Section III, Subsection NB, Article NB-5320。

密封鋼筒外殼及底板之銲接應執行超音波檢測，其方法依照ASME Code, Section V, Articles 1與5, 以及Section III, Subsection NB, Article NB-5000, 合格標準應依照ASME Code, Section III, Subsection NB, Article NB-5330。

屏蔽上蓋與密封鋼筒外殼，以及孔蓋與屏蔽上蓋之銲接，應於底道(root pass)及表面(final pass)銲道執行液滲檢測，其方法依照ASME Code, Section V, Article 6, 合格標準應依ASME Code, Section III, Subsection NB-5350。

混凝土護箱鋼材銲件，銲接完成之表面如應執行液滲檢測時，應依ASME Code, Section V, Articles 1與6之規定，驗收標準則應依照ANSI/AWS D1.1。

混凝土護箱鋼材銲件，銲接完成之表面如應執行磁粒檢測時，應依ASME Code, Section V, Articles 1與7之規定，驗收標準則應依照ANSI/AWS D1.1。

傳送護箱應執行液滲檢測之銲道表面，其檢測方法應依照ASME Sec. V, Article 6之規定，而合格標準則應依照ASME Sec. III, NF-5350。

傳送護箱應執行磁粉探傷檢測之銲道表面，其檢測方法應依照ASME Sec. V, Article 7之規定，而合格標準則應依照ASME Sec. III, NF-5340。

### 1.1.1.2 建造檢查

為確保建造品質，施工前之材料驗證、建造期間之試驗及尺寸檢驗等，皆須逐項檢查，茲分別概述如下：

#### 1.1.1.2.1 施工前之材料驗證

分別對混凝土材料及鋼筋進行材料驗證。

1. 混凝土試驗之執行應符合[ASTM C1077]規定，分別說明如下：

- (1) 水泥(cement)：應依[ASTM C150]或[CNS 61 R2001]進行物理與化學試驗。
- (2) 骨材(aggregate)：粗、細骨材依據 [ASTM C33]及[ASTM C637]規定試驗，業主認為必要時，應依業主指示進行[CNS 13618 A3354]及[CNS 13619 A3355]或[ASTM C227]、[ASTM C289]及[ASTM C586]等骨材驗質試驗。骨材膨脹性則依據[CNS 14446 M3208]或[ASTM D4792]進行試驗。
- (3) 拌合水及冰(mixing water and ice)：水中氯離子含量依據[ASTM D512]或[CNS 1237 A3050]之試驗或相當之實驗室試驗。
- (4) 摻料不須測試，但材料符合證明(CoC)應由製造商提供，各摻料均符合 ASTM 或 CNS 標準。
- (5) 卜作嵐摻料(Pozzolanic admixtures)：物理與化學性質試驗參考 [CNS 11271 R2182 ]、 [CNS 10896 A3207 ]或[ASTM C618]之規定。
- (6) 對於水淬爐石(ground granulated blast-furnace slag)之物理與化學性質試驗參考[CNS 11824 A2202 ]、[CNS 11890 A2204]或[ASTM C989]之規定。

2. 鋼筋：

鋼筋依據[ASTM A615]或[CNS 560]材料規定進行物理與化學試驗，除原廠所提出之檢驗試驗報告外，各尺度每批各1次。

### 1.1.1.2.2 建造期間之試驗

建造期間所有材料試驗及圓柱試體之試驗，應送往經業主審核同意，且通過中華民國實驗室認證體系（TAF）認證，並經工程會發文公告認可之試驗機構進行檢驗。各項試驗分別說明如下：

1. 試拌配比品管試驗：依據[ACI 211.1]或[CNS 12891]或建築技術規則等規定，考量設計及施工需求，同時試拌各種配比，並以混凝土28天圓柱試體之試驗結果為依據，以決定最佳配比。
2. 施工期間之混凝土試驗及檢查
  - (1) 強度試驗：混凝土圓柱試體應在卸料口取樣製作，並依照[CNS 1174 A3038]及[CNS 1231 A3044]或[ASTM C31]所規定之程序養護。每種混凝土澆置之取樣試驗則依據[CNS 1232 A3045]或[ASTM C39]，於規定之齡期作試驗。
  - (2) 坍度試驗：依照[CNS 1176 A3040]或[ASTM C143]進行，試體取樣應依[ASTM C172]規定。坍度之許可差參考[ASTM C94]
  - (3) 空氣含量試驗：空氣含量應小於 5 %，其試驗法則依據[ASTM C173]或[ASTM C231]或[CNS 787 R3023]或[CNS 9661 A3174]或[CNS 9662 A3175]及[CNS 11151 A3218]等規定。
  - (4) 拌合溫度：檢測時機為每天每 38 m<sup>3</sup>(50 yard<sup>3</sup>)每一拌合設計第一批次產製混凝土的試體進行，試驗法依據[ASTM C1064]。
  - (5) 單位重及拌和體積(unit weight and yield)：於每天每組圓柱試體，其試驗法則依據[ASTM C138]或[CNS 11151 A3218]之規定。
  - (6) 氯離子含量試驗：新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法依據[CNS 13465 A3343]或[ASTM C1218]規定。新拌混凝土中之水溶性氯離子含量，不得超過[CNS 3090 A2042 表

10]規定之限制。本工程混凝土中最大水溶性氯離子含量（依水溶法）不得超過  $0.3 \text{ kg/m}^3$ 。

#### 1.1.1.2.3 尺寸檢驗

1. 在澆置前確認尺寸及位置，以下為應確認並予以建檔之項目：
  - (1) 所有 VCC 埋置內襯組件必須依照設計圖。
  - (2) VCC 鋼筋位置須必須依照設計圖。
  - (3) VCC 頂部吊舉固定錨(top lift anchors)位置須依照設計圖。
  - (4) VCC 混凝土殼直徑在相對位置( $0^\circ/180^\circ$  及  $90^\circ/270^\circ$ )，分別於基礎以上 3 ft 處、中心線及頂部以下 2 ft 等三個不同高程處量測其尺寸。
2. 許可差(tolerance)鋼筋混凝土構造物尺度許可差規定如下：
  - (1) 普通構造物—請參考設計圖及[ACI 349]之規定。
  - (2) 柱、墩、牆、撐牆及類似構造物之基腳—請參考設計圖及[ACI 349]之規定。
  - (3) 鋼筋安放許可差—請參考設計圖及[ACI 349]之規定。
3. 鋼筋保護層厚度：保護層厚度即最外層鋼筋外面與混凝土表面間之淨距離，應按設計圖說之規定辦理，如設計圖說未規定時，可參照[ACI 349]之規定辦理。

### 1.1.2 結構及壓力測試

本節將分別就傳送護箱、混凝土護箱及密封鋼筒分別敘述其結構及壓力測試之要求。

#### 1.1.2.1 傳送護箱

傳送護箱之吊耳軸及底部屏蔽門之測試，均應符合ANSI N14.6規範之要求。負荷測試條件皆為承受300 %之設計負荷，並維持至少10 min。吊耳軸測試負荷為270 MT，且均勻作用於兩吊耳軸上；底部屏蔽門（含門軌與底板）之負荷測試為123 MT。

負載測試完成後，吊耳軸所有鉚道及承重表面(load bearing

surfaces)，應執行目視檢查，確認無擦傷、斷裂及變形等現象。吊耳軸及屏蔽門門軌可接近之鐸道，應執行液滲檢測或磁粉探傷檢測，其方法依照ASME Code Section V, Articles 1, 6 and/or 7，合格標準應依照ASME Code Section III, NF-5340 or NF-5350。任何檢查或檢測若有不符合合格標準時，應退件或再製後重新測試。

#### 1.1.2.2 混凝土護箱

混凝土護箱頂部有一組吊運組件，包含2個吊耳，吊運時將插銷(pin)插入吊耳中心圓孔，使用鋼索及吊具吊運裝，有密封鋼筒之混凝土護箱。吊耳之負荷測試條件，為承受150%之設計負荷加上10%動態載重因子，並維持至少10 min。吊耳垂直測試負荷為121,000 kg。

負荷測試完成後，吊耳所有承重表面應執行目視檢查，確認無擦傷、斷裂及變形等現象。承重表面應執行液滲檢測或磁粉探傷檢測，其方法依照ASME Code Section V, Articles 1, 6及/或7，合格標準應依照ASME Code Section III, NF-5350 或 NF-5340。任何檢查或檢測若有不符合合格標準時，應退件或再製後重新測試。

#### 1.1.2.3 密封鋼筒

用過核子燃料裝載完成後，密封鋼筒先排水約260 L，再執行屏蔽上蓋之封鐸。屏蔽上蓋封鐸時，應確認密封鋼筒內排水後之水位低於屏蔽上蓋底緣。屏蔽上蓋封鐸後，應執行密封鋼筒空氣加壓測漏，測試壓力須達35 psia且維持10 min不降。測試期間若有洩漏則判定不合格，洩漏處應執行註記並修復。

密封鋼筒另須依ASME Code, Section III, Class 1, Subsection NB, Article NB-6200之要求，於工廠內進行液壓測試。測試壓力須符合NB-6221之規定，使用設計壓力15 psig之1.25倍，即為19(+1,-0)psig；依NB-6223之規定，測試壓力至少須維持10 min，後續檢測作業則依據NB-6224之要求執行。

### 1.1.3 洩漏測試

前述9.1.2節屏蔽上蓋與密封鋼筒外殼之道，進行空氣加壓測漏測試後，須使用水泵或以加壓之方式，排除密封鋼筒內剩餘之水，並進行真空乾燥及充填氬氣至密封鋼筒壓力0 psig。屏蔽上蓋與鋼筒外殼之封銲及開口蓋板之封銲後，在鋼筒頂部安裝盲板，進行氬氣洩漏測試。氬氣洩漏率應符合ANSI N14.5規範規定之 $2 \times 10^{-7}$  cm<sup>3</sup>/s限值，測試儀器精度應達 $1 \times 10^{-7}$  cm<sup>3</sup>/s。若有不符合合格標準時，應修理並重新測試。

### 1.1.4 組件測試

本系統組件除本章所述之材料驗收(material receipt)、尺寸及組裝測試外，不需其他特殊測試。以下將就需進行測試之組件，並參考NAC UMS-FASR之資料分別敘述如下。

#### 1.1.4.1 閥門、爆破片(rupture disks)及管線裝置(fluid transport devices)

密封鋼筒和混凝土護箱無爆破片或管線等裝置，系統在運送或貯存時，閥門亦不為密封邊界。

屏蔽上蓋排水管及排氣管之快速接頭，為一般商用產品，在密封鋼筒封銲時，接頭以封口蓋蓋住並封銲，故密封鋼筒於貯存或運送時，無閥門或其他之配件。

#### 1.1.4.2 氣密墊

密封鋼筒和混凝土護箱無機械密封環或氣密墊等配件，密封邊界亦無機械密封環或氣密墊等配件。

#### 1.1.4.3 特定組合裝配需求

##### 1.1.4.3.1 燃料方管與提籃的組合

燃料方管應與其相關提籃的組件組合以確認其配合性。

##### 1.1.4.3.2 提籃的置入

提籃應會被放置於密封鋼筒的腔體內，所以在置入時應嚴格注意、檢查其與密封鋼筒及相關的排水、氣管線間無干涉存在，方可將頂蓋支撐環銲接至定位。

#### **1.1.4.3.3 頂蓋的置入**

屏蔽上蓋及結構上蓋應被試置於密封鋼筒內，以確認其間隙、裕度與相對高度是否適合。結構上蓋不得超出鋼筒外殼的頂部邊緣 4.57 mm(0.18 in)或低於鋼筒外殼的頂部邊緣 0.76 mm(0.030 in)。

#### **1.1.3.4 排水與排氣孔蓋安裝**

排水與排氣孔的孔蓋應安裝於屏蔽上蓋，以確認其間隙、裕度是否適合。相關管件應於此試驗中安裝於屏蔽上蓋測試。

#### **1.1.4.3.5 模擬燃料束拉力測試**

模擬燃料束於測試時應置入提籃中的每一個燃料方管，以確認燃料方管的間隙與真直度。模擬燃料束的正方形截面邊長(含公差)不能小於 144.8 mm(5.7 in)，長度則至少為 4,267.2 mm(14 ft)，而重量約 91 kg(200 lb)。模擬燃料束於試驗時的置入與拉出力量不可超過 22.7 kg(50 lb)。

#### **1.1.4.3.6 排水管組合件的插入**

排水管組合件應插入並鎖入屏蔽上蓋的排水孔中，以確認排水管與提籃間的配合性。

### **1.1.5 中子吸收板測試**

中子吸收板主要用於臨界之控制，其安置方式及尺寸應符合相關設計圖之要求。

中子吸收板是由 16.46 % B4C 及 83.54 % 鋁所組成，其<sup>10</sup>B含量需大於 0.011 g/cm<sup>2</sup>，中子吸收板原料須有認證之品質符合證書(CoC)或認證之材料測試報告(CMTR)，其成品須有認證的品質符合證書及相關之檢驗報告。檢驗項目至少應包含<sup>10</sup>B之單位面積密度與外觀尺寸。

#### **1.1.5.1 中子吸收板取樣方案**

中子吸收板採95/95統計信心水平法則取樣。此外，每片吸收板須執行目視測試及至少6組量測值之尺寸測試，符合測試之中子吸收板，始可使用。

#### 1.1.5.2 驗收標準

以濕化學法（wet chemistry）測試<sup>10</sup>B含量，其含量應大於0.011 g/cm<sup>2</sup>。若發生不符合時，應執行100 %取樣分析，以確認符合上述之接收標準。

#### 1.1.6 熱測試

本系統於建造階段不須執行熱接收測試(thermal acceptance testing)。混凝土護箱熱移除能力，應符合本報告第五章表5.1.3-1 運轉限制條件之規定。

#### 1.1.7 護箱標識

混凝土護箱之不鏽鋼銘牌及其樣式，應符合設計圖之規定。

#### 1.1.8 屏蔽測試

傳送護箱鉛屏蔽應符合ASTM B29,Chemical-Copper Grade, 99.9 %純度之規定。傳送護箱中子屏蔽材料之材質應為碳化硼含量0.6%以上之NS-4-FR(中子屏蔽材料、特殊製程、設備及人員係由美國NAC公司提供)，於澆注及安裝前，應注意所有澆注及安裝面之清潔。

傳送護箱加馬屏蔽安裝完成後，應以壓縮空氣噴吹其外表面清潔。組裝外殼板前，應將其內部表面之軋鋼鱗片(mill scale)予以清除。外殼板組裝完成後，於頂部應使用塑膠板及膠帶將加馬屏蔽與外殼板間之空間覆蓋，俾防止異物掉入。於澆注NS-4-FR中子屏蔽材料前，應使用燈光檢查，確認無異物掉入。

混凝土護箱及傳送護箱屏蔽製造完成後，各護箱表面會畫格線，並使用適當強度之測試用射源置入護箱，逐格檢驗護箱表面劑量率，完全符合標準才驗收。屏蔽測試方式係利用輻射強度衰減之原理，其接收標準為：

各護箱表面畫格線(50 cm × 50 cm)，使用適當強度之輻射源置入護箱內，逐格檢驗護箱外表面劑量率，將其與護箱材質相同、已知密度之標準試體所測得之劑量率比較，以推算護箱各量測點之密實度值。於經評估護箱表面1 m<sup>2</sup>平均密實度完全符合屏蔽密度設計(本報告表6.4.5-1)之要求後才驗收，詳細驗收程序將明訂於施工規範中。另制訂『輻射防護作業程序書』執行用過核子燃料吊卸裝填及運搬作業之輻射管制，且整個作業過程均執行輻射劑量監測，如有超過標準，將會加以臨時屏蔽保護工作人員。若護箱於裝填後發現局部高劑量而平均劑量仍合格時，應於貯存時在護箱上標註高劑量位置，以保護例行維護人員。

前兩個混凝土護箱完成核一廠用過核子燃料裝載後，進行護箱表面逐格之劑量率量測，以獲得護箱表面劑量率之平均量測值。