第三章 設施之設計基準

目錄

一、 設施之設計 3.1.1-1

(一) 貯存護箱設計 3.1.1-2

1. 可貯存用過核子燃料特性 3.1.1-2

2. 正常操作、異常狀況、意外事故及天然災害事件之設計基準 3.1.1-4

3. 主要安全功能結構、系統與組件之設計 3.1.1-5

4. 本設施使用之參考設計 3.1.1-13

5. 影響系統壽命的因素 3.1.1-13

(二) 構造安全設計 3.1.2-1

1. 建築設計 3.1.2-1

2. 土木設計 3.1.2-1

3. 結構設計 3.1.2-4

4. 防洪及排水之設計 3.1.2-11

5. 消防系統設計 3.1.2-14

6. 設施結構物耐熱性、耐久性、抗腐蝕性及抗磨損性等之設計 3.1.2-15

7. 其他有關設施本體結構安全之設計 3.1.2-17

(三) 輔助系統及設備之設計 3.1.3-1

1. 傳送護箱吊軛 3.1.3-1

2. 遙控或自動銲接機 3.1.3-1

3. 現場銲接用屏蔽板 3.1.3-1

4. 密封鋼筒排水與吹洩系統 3.1.3-1

5. 氫氣偵檢系統 3.1.3-2

6. 真空乾燥系統 3.1.3-2

7. 氦氣測漏系統 3.1.3-2

8. 密封鋼筒自翻轉裝置 3.1.3-2

9. 密封鋼筒吊掛系統 3.1.3-3

10. 氣壓測漏系統 3.1.3-3

11. 輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力) 3.1.3-3
12. 傳送護箱環狀間隙注水系統 3.1.3-4
13. 混凝土護箱運送車 3.1.3-4
14. 防震設備 3.1.3-4
15. 雜項吊索與吊具附件 3.1.3-5
16. 反應器廠房吊車 3.1.3-5
17. 懸浮氣墊組 3.1.3-5
(四) 公用系統及設備之設計 3.1.4-1
1. 通訊 3.1.4-1
2. 電力 3.1.4-1
3. 供水 3.1.4-1
4. 供氣 3.1.4-2
5. 照明 3.1.4-2
6. 一般廢棄物處理 3.1.4-2
7. 通風與排氣 3.1.4-3
8. 避雷及接地系統 3.1.4-3
9. 保安監視系統 3.1.4-4
10. 溫度偵測系統 3.1.4-5
11. 環境輻射監測 3.1.4-5
(五) 設施各結構、系統與組件之品質分級 3.1.5-1
1. A 類 3.1.5-1
2. B 類 3.1.5-1
3. C 類 3.1.5-2
4. NQ (Non-Quality)類 3.1.5-2
(六) 輻射安全設計 3.1.6-1
1. 安全限值 3.1.6-1
2. 輻射屏蔽設計 3.1.6-1
3. 職業曝露合理抑低 3.1.6-1
(七) 作業安全設計 3.1.7-1

1. 核臨界安全 3.1.7-1
2. 作業之安全設計 3.1.7-2
(八) 預防異常狀況或意外事故之設計 3.1.8-1
1.火災或爆炸 3.1.8-1
2.護箱材料老化監測與放射性氣體外釋 3.1.8-1
3.排水系統失效、入滲量異常增加或設施內積水 3.1.8-1
(九) 利於未來除役作業之設計 3.1.9-1
1. 混凝土護箱 3.1.9-1
2. 密封鋼筒 3.1.9-1
3. 混凝土基座 3.1.9-2
(十) 設計資料需附適當比例尺之詳細圖說 3.1.10-1
二、 設施之建造 3.2.1-1
(一) 施工特性 3.2.1-1
1. 法規、標準及規範 3.2.1-1
2. 施工階段 3.2.1-2
3. 施工範圍 3.2.1-4
(二) 施工計畫 3.2.2-1
1. 施工項目 3.2.2-1
2. 施工時程 3.2.2-4
3. 管理方法 3.2.2-4
三、參考文獻 3.3.1-1
附錄 3.A INER-HPS 系統之重要組件竣工圖 3.A-1

附圖目錄

圖 3.1.1-1 INER-HPS 系統設施燃料佈置圖 3.1.1-16
圖 3.2.1-1 貯存場混凝土基座假設工程及運送配置圖 3.2.1-5
圖 3.2.2-1 貯存設施之施工時程 3.2.2-4
圖 3.2.2-2 施工檢驗流程圖 3.2.2-5
圖 3.2.2-3 材料及文件送審流程圖 3.2.2-6
圖 3.2.2-4 緊急及意外事故通報流程圖 3.2.2-8

附表目錄

表 3.1.1-1 NAC-UMS 系統設計之可貯存 BWR 燃料束的燃料特性 3.1.1-17
表 3.1.1-2 設計基準燃料束規格 3.1.1-18
表 3.1.1-3 核一廠截至 87 年 4 月 30 日已退出之各類型燃料數 3.1.1-18
表 3.1.1-4 INER-HPS 系統主要設計基準及接受準則(1) 3.1.1-19
表 3.1.1-5 密封鋼筒及提籃設計參數 3.1.1-21
表 3.1.1-6 混凝土護箱設計參數 3.1.1-23
表 3.1.1-7 傳送護箱設計參數 3.1.1-25
表 3.1.1-8 密封鋼筒採用 ASME 替代方案一覽表 3.1.1-27
表 3.1.1-9 INER-HPS 系統與 NAC-UMS 系統設計差異比較表 3.1.1-30
表 3.1.1-10 NAC 公司 UMS 系統執照文件清單 3.1.1-33
表 3.1.2-1 貯存場混凝土基座設計參數 3.1.2-18
表 3.1.2-2 密封鋼筒各組件之結構設計分類及其應力接受準則 3.1.2-19
表 3.1.2-3 密封鋼筒之設計負載組合 3.1.2-20
表 3.1.2-4 混凝土護箱之設計載重 3.1.2-21
表 3.1.5-1 系統主要組件之品質分級 3.1.5-3
表 3.1.5-2 組件之品質分級 3.1.5-4
表 3.1.9-1 混凝土護箱活化活度統計-BWR 設計基準燃料(Bq/m^3) 3.1.9-3
表 3.1.9-2 密封鋼筒活化活度統計-BWR 設計基準燃料(Bq/m^3) 3.1.9-3
表 3.1.10-1 各主要組件、結構及系統竣工圖之圖目錄 3.1.10-1

第三章 設施之設計基準

本章敘述本公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施之設計及建造。第三章一節敘述設施設計，包括貯存護箱設計、構造安全設計、輔助系統及設備設計、公用系統及設備之設計、設施各結構系統與組件之分類、輻射安全設計、作業安全設計、預防異常狀況或意外事故之設計、利於未來除役作業之設計及設計資料圖說等；第三章二節則敘述設施之建造，包括施工特性與施工計畫。

一、 設施之設計

本設施係為了核一廠一、二號機用過核子燃料之地上乾式貯存而設計。本設施採用 INER-HPS 貯存系統，係源自美國 NAC 公司設計之 UMS®貯存系統，並考量核一廠特有之情況與限制，進行部份設計改善。主要的設計改善包括：(1)傳送護箱之減重，以符合現有廠房吊車之載重限制；(2)混凝土護箱外部另設置外加屏蔽，以符合核一廠內單一設施對廠界輻射劑量限值之要求；(3)改善輔助系統及傳送吊具，以符合核一廠特殊情況。

本系統主要由密封鋼筒、混凝土護箱及傳送護箱所構成，每個護箱可貯存 56 束 BWR 用過核子燃料。

(一) 貯存護箱設計

1. 可貯存用過核子燃料特性

表 3.1.1-1 為 NAC UMS 系統密封鋼筒可貯存之 BWR 燃料相關參數，包括各式 7x7, 8x8, 9x9 之燃料束，最大初始平均濃縮度為 4.8 wt%，每燃料束最大平均燃耗為 45,000 MWD/MTU，最小冷卻時間為 5 年，每燃料束最大衰變熱為 0.4107 kW；每個密封鋼筒可以貯存 56 組燃料束，密封鋼筒容許最大設計熱負載為 23 kW。上述資訊除了做為 INER-HPS 系統設計時之參考外，同時做為本報告第六章安全評估之程式使用驗證比較用。

針對本計畫本公司提出之待貯存核子燃料規格如表 3.1.1-2，表中各項燃料參數規格均可被表 3.1.1-1 所涵蓋。表 3.1.1-2 中燃料束最大初始平均濃縮度為 3.25 wt%，最大平均燃耗為 36,000 MWD/MTU，最小冷卻時間為 10 年，上述條件據以做為 INER-HPS 系統之設計基準。核一廠目前所擁有的核子燃料計有 GE8x8-1、GE8x8-2、GE9B、GE12、SPC8x8 與 ATRIUM^{TM}-10 共六種燃料型式，其中 GE8x8-1、GE8x8-2、GE12（只有 4 束）與 SPC8x8 已全數退出爐心，並存放於燃料池中；GE9B 截至 87 年 4 月 30 日，已退出 284 束至燃料池中。經盤查限期內已退出並分別貯存在一、二號機燃料池的用過核子燃料，型式與數量如表 3.1.1-3，計有 3,508 束，均符合上述條件。設計基準燃料經保守估算，每根燃料束之衰變熱均在 0.25 kW 以內，以每組護箱裝載 56 束燃料，每組護箱熱負載在 14 kW 以內(射源項計算實際採用 13.19 kW，已足以涵蓋本計畫所有設計基準燃料)。此熱負載及對應之輻射源項即為 INER-HP 系統之設計基準。

本計畫準備裝載 30 組護箱，總計 1,680 束燃料；經詳細檢視上述符合規格的 3,508 束燃料中，依先進先出及同一類型一併處理之原則，選擇 GE8x8-1, GE8x8-2，以及第八週期退出之部分 SPC8x8 三種燃料，為本計畫待貯存用過核子燃料，其相關參數亦可參考表 3.1.1-2。最大初始平均濃縮度為 3.25 wt%，最大燃耗度為 34,000 MWD/MTU，以及至少 21 年冷卻時間；根據調查符合上述條件者，扣除紀綠中 32 束受損燃料，核一廠一

號機計有 923 束，二號機 937 束，共有 1,860 束，較待運貯所需 1,680 束，仍有相當餘裕。

以 GE8x8-1、GE8x8-2 及第八週期退出之部分 SPC8x8 燃料束之基本資料，以保守方法估算每根燃料束至 2008 年 12 月 31 日之衰變熱計算。扣除紀錄中 32 束受損燃料後，屬於 A 類的完整燃料共 354 束、屬於 B 類的完整燃料共 518 束、屬於 C 類的完整燃料共 805 束。依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存護箱燃料束配置報告」，將各燃料束依衰變熱大小排序，並區分成 A、B、C 三大類如圖 3.1.1-1，每組護箱選取一定比例之類別並做適當佈局。實際運貯時將以完整裝載計畫(loading plan)及嚴格的行政管制，以確保每組裝載後之護箱熱負載低於 7 kW，以符合 ALARA 及操作安全的原則。

在設計貯存系統時均採保守假設，對於臨界、熱流和屏蔽評估，選用會讓反應度、衰變熱及射源強度最強的燃料束來進行分析；對於結構評估，則選用會讓整體重量最重和最長的燃料束來進行分析，關於各項評估所選用的燃料束參數，將在第六章各節分析項目內做進一步說明。被選定做為設計基準燃料的燃料束，其主要特性參數，例如：燃料體積重量、初始濃縮度、冷卻時間和燃耗(burnup)等，這些參數的實際值未必作為各分析項目之輸入值，而是以各分析項目最保守的情況，來決定相關參數的極限值，換言之，即採用極限涵蓋分析方法(bounding analysis method)。

2. 正常操作、異常狀況、意外事故及天然災害事件之設計基準

貯存系統之設計為保護密封鋼筒內之用過核子燃料，不論在正常、異常及意外狀況下均可避免放射性物質釋出，以符合相關法規規定。以下第(1)部份提供安全保護系統之設計準則，第(2)部份提供環境及天然災害事件之設計準則。

(1) 安全保護系統之設計基準

貯存系統主要包括密封鋼筒、混凝土護箱及傳送護箱，如第一章圖1.2-3，詳細之功能結構、系統組件及設計圖說參閱本章一、(一).3 及一、(十)節。貯存系統之結構、熱移除能力、輻射屏蔽、臨界及密封功能，在正常、異常及意外事故下均符合相關法規，其主要設計基準及接受準則詳列於表 3.1.1-4。至於三個主要組件之設計參數分別如表 3.1.1-5~7。

(2) 天然災害之設計基準

本系統必須針對核一廠廠址天然災害設計基準情況下，確保可以維持：次臨界狀態、燃料護套及密封鋼筒之密封完整、燃料可再取出，以及合理之輻射屏蔽。天然災害之設計基準根據 10 CFR72 和 10 CFR50，應考慮之狀況包括颱風及由颱風引起之投射物、洪水、地震、閃電、溫度及日照與負載組合等。主要天然災害設計基準及接受準則亦請參表 3.1.1-4。

3. 主要安全功能結構、系統與組件之設計

本設施主要結構物包括：(1)密封鋼筒(內含提籃)、(2)混凝土護箱及其外加屏蔽，以及(3)傳送護箱。以下就其安全功能之設計，分別說明之：

(1) 密封鋼筒(內含提籃)

A. 概述

密封鋼筒用於盛裝用過核子燃料，進行乾式貯存，其主要功能包括：

- 提供密閉包封，避免放射性物質外洩
- 提供盛裝燃料之結構支撐、餘熱移除及次臨界控制
- 提供充滿氦氣之環境，防止燃料護套劣化
- 提供頂部之輻射屏蔽

B. 密封鋼筒需求規劃

(A) 設計及運轉參數(Design and Operational Parameters)

密封鋼筒可容納 56 束鋯合金護套(Zircaloy clad)之 BWR 用過核子燃料束。用過核子燃料束之相關之燃料特性、類型、燃料束長度和寬度等，如本章一、(一)節所述。

a. 提籃置於密封鋼筒內，主要功能為提供燃料束之結構支撐、熱移除，以及次臨界之控制。

b. 密封鋼筒之設計係假設搬運時鋼筒內部具有緩和劑(水)，且不考慮燃耗之效應(burnup credit)，仍保證能維持在次臨界。

c. 密封鋼筒上蓋有雙重銲接密封。屏蔽上蓋置於提籃上端，於裝滿燃料後與密封鋼筒外殼銲接，提供做為第一層密封邊界。結構上蓋位於屏蔽上蓋上方，於排水、抽真空、充填氦氣測漏等

程序完成並將屏蔽上蓋之孔蓋封銲後，再與密封鋼筒銲接，提供作為第二層密封邊界。結構上蓋之吊環採兩組三爪之設計可支撐密封鋼筒及用過核子燃料的重量，並符合 ANSI N14.6 之要求，其每組主要承載吊運組件承受應力應低於其降伏強度(yield strength)之 1/3，且低於極限強度(ultimate strength)之 1/5；當無複置(redundant)吊運系統時，則需滿足 NUREG 0612 之要求，其承受應力應低於其降伏強度 1/6，且低於極限強度 1/10。結構上蓋及其與密封鋼筒銲接點之關鍵吊升負載(critical load lifting)，符合 ANSI N14.6 的要求。

d. 升降安全保護系統(a hoist safety system)應與傳送護箱配合使用，以防止密封鋼筒於卸入混凝土護箱操作過程中，密封鋼筒不慎被從傳送護箱中拉出。傳送護箱若不慎在密封鋼筒操作時經由吊環螺栓(eyebolts)吊起，傳送護箱之保護環(retaining ring)和密封鋼筒之吊環螺栓應有足夠的強度，足以支撐滿載之傳送護箱外加 10 %動態負載因子的重量。

e. 密封鋼筒裝填燃料後，屏蔽與結構上蓋應分別銲接(雙層銲接)。屏蔽上蓋封銲後，需先執行液滲檢測(PT)及壓力測試，再進行氦氣洩漏測試(helium leak test)。孔蓋銲接與結構上蓋銲接後，亦應執行液滲檢測。

f. .承載圓盤及導熱圓盤之材質分別為碳鋼及鋁合金，詳細資料請參考本章一、(一).2 節表 3.1.1-5 與一、(十)節工程設計圖之提籃結構敘述。

g. 碳鋼材質之承載圓盤須鍍有不易起化學反應之膜(例如符合 ASTM 規範 B733-SC3 之無電鍍鎳)，以防止燃料池水與碳鋼直接接觸。

h. 燃料管之設計應具有中子吸收劑，其設計基準應能符合

10CFR72.124, 10CFR72.236(c)，以及 NUREG-1536（Standard Review Plan for Dry Cask Storage Systems）第 6 章和 NUREG-1567（Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Facilities）第 8 章兩份標準審查計畫(SRP)之規範，即在所有正常、異常與事故情況下，有效中子增殖因子（k_{eff}）皆應小於 0.95。另使用之中子毒素濃度為 0.011 $g^{10}B/cm^2$。美國核管會(NRC)於 2020 年 4 月發布 NUREG-2215(乾式貯存系統和設施標準審查計畫)，作為後續使用乾式貯存系統和設施的審查指引，該文件合併原有的 NUREG-1536 與 NUREG-1567 兩份文件。本案申照時引用當時最新版本的 NUREG-1536 與 NUREG-1567 提出 INER-HPS 申請，並已獲主管單位核能安全委員會(原原子能委員會)審核通過之外。美國核管會在發布 NUREG-2215 時，並未註銷 NUREG-1536 與 NUREG-1567，所以 NUREG-1536 與 NUREG-1567 仍屬有效的規範。

i. 密封鋼筒包括提籃結構之設計壽命為 50 年。

(B) 遵循之法規及標準(Code and Standard Compliance)

a. 密封鋼筒(不含提籃)之設計、製造係依據 ASME B&PV Code, Section Ⅲ, Subsection NB 之規定。

b. 內部提籃元件之設計、製造係依據 ASME B＆PV Code, Section Ⅲ, Subsection NG 之規定。

c. 上述規定不適用於本計畫之處，則採替代方案進行，詳如表 3.1.1-8。

C. 佈置

(A) 反應器廠房

密封鋼筒在傳送護箱內於裝載燃料束時,安置於核一廠燃料池中之裝載區內；排水、抽真空、灌氦氣及屏蔽與結構上蓋銲接作業時，則安置於反應器廠房五樓地板之護箱清洗區；密封鋼筒進入混凝土護箱作業時，傳送護箱安置於反應器廠房設備天井(equipment hatch)下方一樓地板之混凝土護箱上。

(B) 貯存場

密封鋼筒進入混凝土護箱內貯放於貯存場的佈置，詳見本章一、(十)節工程設計圖及第一章圖 1.2-8 貯存場一般佈置圖。

(2) 混凝土護箱及其外加屏蔽

A. 概述

混凝土護箱用於裝載密封鋼筒進行乾式貯存，其主要功能包括：

- 提供裝載用過核子燃料密封鋼筒之結構保護
- 提供密封鋼筒之輻射屏蔽
- 提供密封鋼筒與外界環境之部分隔離
- 提供空氣流道使密封鋼筒得到必要之冷卻
- 外加屏蔽可提供額外屏蔽功能，以符合廠界劑量限值之規定

B. 混凝土護箱及其外加屏蔽需求規劃

(A) 設計及運轉參數

a. 混凝土護箱以垂直站立的方式貯放密封鋼筒，於貯存期間，無論在正常、異常及意外事故時，皆能提供結構之支撐、熱移除及輻射屏蔽之功能。

b. 混凝土護箱主要由鋼筋混凝土及碳鋼內襯所組成。混凝土密度至少為 2.24 g/cm^3 (140 lb/ft^3)。

c. 混凝土護箱及其外加屏蔽除鋼筋之外，所有碳鋼組件外表均應施以適當塗裝以防止腐蝕。

d. 密封鋼筒可藉由傳送護箱傳送進入混凝土護箱，或自混凝土護箱取出。

e. 混凝土護箱及其外加屏蔽可提供足夠的冷卻空氣對流，以保持混凝土和燃料護套於貯存期間，其溫度皆符合限值之規定。

f. 混凝土護箱及其外加屏蔽可提供足夠的屏蔽，以符合法規輻射劑量限值之規定。

g. 混凝土護箱空氣出口處裝設溫度感應器(熱電偶)，以監測空氣出口之溫度。

h. 混凝土護箱及其外加屏蔽之設計壽命為 50 年。

(B) 依循之法規及標準

a. 混凝土護箱及其外加屏蔽之設計依據 10 CFR72[(3)]之規定。

b. 混凝土護箱及其外加屏蔽之意外事故分析主要依據 ANSI/ANS 57.9[(4)]之規定。

c. 混凝土護箱內襯製造之銲接，主要依據 AWS D 1.1[(5)]規範之規定。

d. 混凝土護箱(包括鋼筋)之設計主要依據 ACI-349[(6)]之規定，材料可採 CNS 國家標準。

e. 混凝土外加屏蔽之製造主要依據 ACI-318[(7)]之規定，材料可採 CNS 國家標準。

C. 佈置

混凝土護箱於裝載密封鋼筒作業時,安置於反應器廠房內設備天井正下方之一樓地板上。混凝土護箱及其外加屏蔽在貯存場的佈置，請參見第一章圖 1.2-8 貯存場一般佈置圖。

(3) 傳送護箱

A. 概述

傳送護箱為一具有屏蔽之容器,用於盛裝密封鋼筒進行燃料裝載/卸載作業，其主要功能包括：

- 提供密封鋼筒操作過程中之輻射屏蔽
- 提供密封鋼筒與混凝土護箱之間的傳送功能
- 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水池中受到污染

B. 傳送護箱需求規劃

(A) 設計和運轉參數

a. 傳送護箱之主要構件包括內、外殼(inner, outer shells)、加馬鉛屏蔽、中子屏蔽、保護環、吊耳軸、頂板、底板、屏蔽門及門軌等，其材質包括低合金鋼(low alloy)、碳鋼及不鏽鋼，詳如表 3.1.1-7。對其中低合金鋼或碳鋼須符合於最低工作溫度時，其夏比(Charpy)衝擊試驗之最低衝擊吸收能應大於 2.08 m-kg(15 ft-lbs)的規定。

b. 傳送護箱之內外表面應施以適當塗裝,以防止腐蝕並利於除污作業。

c. 傳送護箱於製造或操作過程中所使用的潤滑劑,須與燃料池水相容。

d. 傳送護箱之頂端有一組保護環，以防止密封鋼筒意外吊出傳送護箱。

e. 傳送護箱有二只吊耳軸(trunnions)。吊耳軸於設計溫度下，其承受應力應低於其降伏強度之 1/6，且低於極限強度之 1/10。主要負載組件(包含護箱外殼、屏蔽門軌/板)承受應力亦應低於其降伏強度之 1/6，且低於極限強度之 1/10。

f. 保護環及其螺栓之設計應符合 ASME Code, Section III, Level C 之情況。

g. 傳送護箱至少應有 10 條相同大小並具標準接頭之穿過箱體的水管，其中至少有 2 條是在接近頂部位置穿出，8 條則經由底部穿出。密封鋼筒與傳送護箱之環狀間隙，增設水封環(O-ring)裝置，進水管提供至少 2~3 gpm 之除礦水進入密封鋼筒與傳送護箱間之環狀間隙。進水壓力保持比池水水壓高之壓力，此舉可使環狀間隙之水壓大於燃料池水壓，防止密封鋼筒外表面被池水污染。這些貫穿管的設計應儘可能減少輻射涔流(streaming)效應。

h. 傳送護箱於吊耳軸周邊有兩個固定的不銹鋼磨損板(stainless steel scuff plates)，以防止傳送護箱表面塗裝受損。磨損板之設計以不易污染及容易除污為原則。

(B) 依循之法規及標準

傳送護箱為主要負載組件，其設計、分析及測試，應分別滿足 ANSI N 14.6[8]及 NUREG 0612[9] (吊耳軸部分)，以及 AWS D1.1[5]及 ASME IX[10] (銲接部分)之規範要求。

C. 佈置

傳送護箱裝填空的密封鋼筒時，安置於反應器廠房設備天井正下方的一樓地板。從裝載燃料束至將裝滿燃料束的密封鋼筒傳送至混凝土護箱的作業時之佈置，請參見本章一、(十)節示意圖及第一章圖1.2-3。

4. 本設施使用之參考設計

本設施採用 INER-HPS 貯存系統，其源自美國 NAC 公司 UMS 系統中用於 Class 5 BWR 核子燃料之設計，經由國家原子能科技研究院(原核研所，以下簡稱國原院)依本公司核一廠特有需求，進行設計改善，發展出一套符合國內、外法規，安全可靠且達到國際標準的乾式貯存系統。INER-HPS 系統與 NAC UMS 系統設計差異比較，如表 3.1.1-9。

NAC 公司原經由 NRC 核准之原申請文件、證書、審查及核准文件之名稱及證號，列於表 3.1.1-10 中。

5. 影響系統壽命的因素

(1) 密封鋼筒

A. 腐蝕

製造密封鋼筒的材質，是使用經過抗腐蝕(包括本身和因其它材料劣化而引起)程序處理過的 304 不銹鋼和鋁，在輻射環境下均為穩定。於密封前，會抽真空然後回填惰性氣體氦氣，以確保密封鋼筒內部不會有任何會造成氧化的液體或氣體。

B. 結構疲乏

在執行乾貯作業時,每個密封鋼筒只有在封銲前會有短期的溫度梯度和壓力變化，一旦封銲密封完成，即不再會週期性地重複經歷同樣的溫度和壓力變化；因此，正常的操作程序並不構成結構疲乏的原因。而異常或假想的事故情況並不是經常發生，同樣不具週期性，故亦不會造成密封鋼筒結構疲乏。

C. 維持氦氣壓力

會依照相關程序書的規範,執行封銲作業和防漏檢驗,確保在整個設計壽命期間，密封鋼筒內的氦氣壓力維持不變，以維持密封鋼筒內部是不會造成材料氧化的環境。

D 燃料護套的允許溫度

在整個貯存期間，都要維持燃料護套的溫度低於允許溫度，以防止護套破損。在熱傳分析時，已相當保守地評估此允許溫度，而隨著貯存時間的增加，用過核子燃料的衰變熱會逐年遞減，密封鋼筒內部的氦氣，也有助於衰變熱的移除。

E. 中子吸收物 B-10 的衰減

由於所貯存用過核子燃料的中子通率相當低，在 50 年的設計壽命下，不會造成顯著的 B-10 衰減量。於臨界分析時，也依據法規要求保守地只取用 B-10 面密度的 75 %來進行分析。因此，在整個貯存期間，TSC 內都有足夠的 B-10 來維持其臨界安全。

F. 化學、電化學等反應

密封鋼筒只有在封銲前會與用過燃料池水、循環水和除污水有短時間的接觸，封銲後則是長時間置於惰性氣體中，因此，不會造成特殊的影響。

G. 材料測試

依據 ASM(American Society for Metals, 美國金屬協會)第 13 冊「腐蝕」報告「Corrosion of Stainless Steels」一節中(第 1352 頁)，對 304 不銹鋼材在沿海環境中腐蝕實驗之結果顯示，在海水環境 15 年下，其年平均腐蝕率小於 0.001 mils/y (約 0.025 μm/y)，故貯存 50 年應無平均腐蝕疑慮。而局部孔蝕累積深度為 1.1 mils (約 0.028 mm)，保守推估 50 年之局部孔蝕累積深度為 1.1×50/15= 3.7mils (0.094 mm)。一般而言 304L 耐腐蝕能力較 304 為佳，本案密封鋼筒採 5/8 in (15.9 mm)厚之 304L 不銹鋼材，上述保守估算之局部孔蝕累積深度不影響密封鋼筒結構完整性。

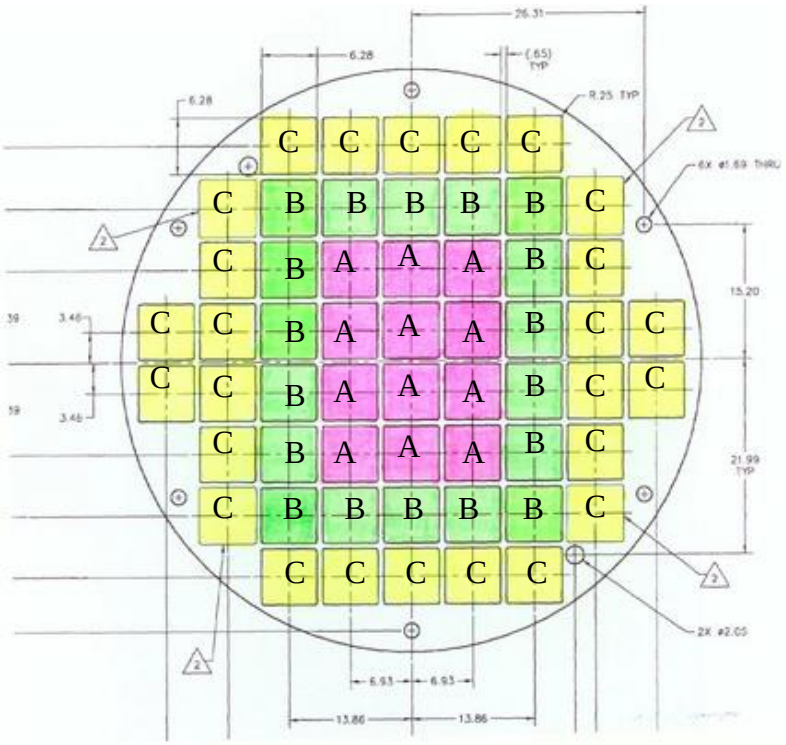
(2)混凝土護箱

A. 材料特性

使用碳鋼和第二型波特蘭水泥等材料,這些材料都是在核能工業使用多年，能在比乾式貯存更為嚴苛的輻射環境下使用相當時間。

B. 維護計畫

在整個貯存期間,系統本身與安全相關的各項功能都不需要額外的設備做監控，僅須注意天氣變化可能造成的影響和定期巡視通風口是否通暢。



A 為 A 區。共裝載 12 組燃料束。(0.1390 kW＜衰變熱≦0.1644 kW)

B 為 B 區。共裝載 18 組燃料束。(0.0980 kW＜衰變熱≦0.1390 kW)

C 為 C 區。共裝載 26 組燃料束。(衰變熱≦0.0980 kW)

圖 3.1.1-1 INER-HPS 系統設施燃料佈置圖

表 3.1.1-1 NAC-UMS 系統設計之可貯存 BWR 燃料束的燃料特性

燃料種類	7 x 7	7 x 7	8 x 8	8 x 8	8 x 8	9 x 9	9 x 9
燃料可裂蕊材	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2	UO_2
最高初始軸向面平均濃縮度[1]（wt% ^{235}U）	4.5	4.7	4.5	4.7	4.8	4.5	4.6
燃料棒數目	48	49	63/60	62	63	79/74	79
水棒數目	1	0	1/4	2	1	2/7	2
燃料束最大平均燃耗 (MWD/MTU)	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
最少冷卻時間（y）	5	5	5	5	5	5	5
最低初始軸向面平均濃縮度[2]（wt% ^{235}U）	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
護套材質	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy	Zircaloy
燃料束外盒（結構物）	燃料匣	燃料匣	燃料匣	燃料匣	燃料匣	燃料匣	燃料匣
最大燃料匣厚度（in）	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
單個燃料束最大重量[3]（kg）	318	318	318	318	318	318	318
單個燃料束最大衰變熱 （W）	410.7	410.7	410.7	410.7	410.7	410.7	410.7
燃料完整性	完整	完整	完整	完整	完整	完整	完整

1. 用於臨界評估
2. 用於屏蔽分析，計算燃料中子射源
3. 包括燃料匣的重量

表 3.1.1-2 設計基準燃料束規格

燃料棒	GE8x8[*1]	SPC8x8	GE9B8x8
外徑(cm)	1.25 (8x8-1) 1.23 (8x8-2)	1.23	1.23
護套內徑(cm)	1.08 (8x8-1) 1.06 (8x8-2)	1.05	1.06
護套材質	Zr-2	Zr-2	Zr-2
有效密度(g/cm^3)	10.32	10.26	10.45
燃料丸直徑(cm)	1.06 (8x8-1) 1.04 (8x8-2)	1.03	1.04
最大平均初始濃縮度(wt% ^{235}U)	3.25	3.25	3.25
燃料束			
燃料棒排列方式	8x8	8x8	8x8
燃料棒數目	63 or 62	62	60
有效燃料長度(cm)	370.8 (8x8-1) 381.0 (8x8-2)	381	381
燃料棒間距(cm)	1.626	1.628	1.626
水棒數目	1 or 2	2	1
水棒材質	Zr-2	Zr-2	Zr-2
外徑(cm)	1.25 (8x8-1) 1.50 (8x8-2)	1.229	3.404
內徑(cm)	1.08 (8x8-1) 1.35 (8x8-2)	1.052	3.200
燃料匣內距(cm)	13.41	13.41	13.41
燃料匣厚度(cm)	0.254	0.254	0.254
燃料匣材質	Zr-4	Zr-4	Zr-4

[*1]) 有兩種燃料即 GE8x8-1 與 GE8x8-2

表 3.1.1-3 核一廠截至 87 年 4 月 30 日已退出之各類型燃料數

統計至 87/4/30 退出總束數	GE8x8-1	GE8x8-2	SPC8x8	GE9B	合計
一號機	408	432	800	172	1,812
二號機	408	460	716	112	1,696
				總計	3,508

表 3.1.1-4 INER-HPS 系統主要設計基準及接受準則(1)

項目	設計基準	接受準則
一般性		
設計壽命	50 年	
貯存容量	30 混凝土護箱	
燃料束數目	1,680 束	
核子燃料		
1.衰變熱	14 kW	
2.冷卻時間	10 年 min.	
3.燃料初始平均濃縮度	3.25 wt% ^{235}U max.	
4.燃料燃耗	36,000 MWD/MTU max.	
結構設計		
最大重量(含載重)	傳送護箱：88.91 MT 混凝土護箱：147.2 MT 密封鋼筒：34.47 MT	
密封鋼筒最大可接受內壓	正常/異常：15 psig 意外：65 psig	
負載組合	參考本章一、(二)節	
熱傳設計		
燃料護套最高可接受溫度		正常及傳送：400 °C 異常及意外：570 °C
周圍溫度		正常：32 °C 異常：-40 °C，41.1 °C 意外：56.1 °C
混凝土最高可接受溫度		正常：65.5 °C (全體)； 93.3 °C (局部) 異常/意外： 176.7 °C (局部/表面)
回充氣體		氦(99.9 %)
輻防與屏蔽設計		
混凝土護箱側表面劑量率		<0.5 mSv/h (平均)
混凝土護箱頂蓋表面劑量率		<0.5 mSv/h (平均)
混凝土護箱空氣進出口表面劑量率		<1.0 mSv/h (平均)
廠界年劑量		<0.05 mSv

表 3.1.1-4 INER-HPS 系統主要設計基準及接受準則[(1)] (續)

項目	設計基準	接受準則
臨界設計		
最大初始平均 ^{235}U 濃縮度	≦4.5 wt%	
控制方法	中子毒物 B-10 ≧0.011 g/cm^2	
最高 k_{eff}		<0.95
密封設計		
最高洩漏率		2 x 10^{-7} cm^3/s (He)
天然災害		
颱風	最大風速 129.7 m/s	
	瞬間最大風速 161.0 m/s	
	最大風速半徑 45.7 m	
	風壓 0.21 kg/cm^2	
	壓降 0.14 kg/cm^2	
颱風投射物	汽車 1814.4 kg 56.4 m/s 鋼體 127 kg 56.4 m/s 鋼球 0.068 kg 56.4 m/s	
洪水	15.24 m 水深 4.57 m/s 速度	
地震	0.3 g (水平)	
覆冰雪	NA	
爆炸	爆炸對密封鋼筒產生之最大壓力 22 psig	
火災	801.7 °C 持續 8 min (50 gal 汽油燃燒)	
意外溫度	56.1 °C	
日照	頂部：800 cal/cm^2(24 小時平均) 側邊：400 cal/cm^2(24 小時平均)	

(1)參考文獻為國原院文件(編號 ISFSI-01-DES-05002-01)。

表 3.1.1-5 密封鋼筒及提籃設計參數

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (mm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
密封鋼筒	容量	56 束燃料束				ASME B&PV Code, Section III, NB
	外殼	空重(不含提籃及上蓋)		4.08	ASME SA-240, Type 304L 不銹鋼	
		總重(裝載後)註 [2]		34.47		
		高度	$4{,}835\ ^{+0}_{-6.4}$			
		直徑	1,703.3 ±3.0			
		厚度	$15.9\ ^{+1.8}_{-0.3}$			
		底部厚度	44.5			
	結構上蓋	直徑	1,652 ±0.5	1.36	ASME SA-240/SA182, Type 304L 不銹鋼	
		厚度	$76.2\ ^{+1.0}_{-0.5}$			
	屏蔽上蓋	直徑	1,664	3.18	ASME SA-240/SA182, Type 304 不銹鋼	
		厚度	$1{,}77.8\ ^{+1.0}_{-1.5}$			

表 3.1.1-5 密封鋼筒及提籃設計參數(續)

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (mm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
提籃	一般性	高度 直徑(頂部銲件)	4,519 1,664	7.98		ASME B&PV Code, Section III, NG and NUREG/CR-6322
	頂部銲件	外徑 高度	$1{,}664\ ^{+0}_{-0.5}$ 300		ASME SA-240, Type 304 不銹鋼	
	底部銲件	外徑 高度	$1{,}664\ ^{+0}_{-0.5}$ 127		ASME SA-240, Type 304 不銹鋼	
	承載圓盤	直徑 厚度	$1{,}666\ ^{+0}_{-0.5}$ 15.87		ASME SA-533, Type B Class 2 碳鋼	
	導熱圓盤	直徑 厚度	$1{,}657\ ^{+0}_{-0.5}$ 12.7		ASME SB209, Type 6061-T651 鋁合金	
	燃料管	內部尺寸	149.9 x 149.9		ASTM A240, Type 304 不銹鋼 Enclosing neutron absorber	Section III, NG
		內部尺寸(位於提籃4個對角 Over Size)	153.7 x 153.7		ASTM A240, Type 304 不銹鋼 Enclosing neutron absorber	
	間隔環	外徑	73		ASME SA312, Type 304 不銹鋼	Section III, NG
	繫桿	直徑	41		ASME SA479, Type 304 不銹鋼	Section III, NG

註 1：若未註明公差者，元件尺寸小於 152 mm，公差為±0.5 mm；尺寸在 152-457 mm，公差為±0.8 mm；尺寸大於 457 mm 時，公差為±1.5 mm。

註 2：裝載含提籃、燃料、屏蔽/結構上蓋，不含水。

表 3.1.1-6 混凝土護箱設計參數

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (cm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
混凝土護箱	一般性	空重 高度 外徑 內徑	 570.2 345.4 189.2 ±0.6	112.7		ANSI/ANS 57.9 設計採 ACI-349；製造用 ACI-318；材料可採 CNS 國家標準
	混凝土壁	厚度	71.9		Reinforced Concrete Type II Portland Cement 卜作嵐材料(Pozzolanic Admixture) Rebar ASTM A615, GR60,或 CNS 560 SD420(高拉力鋼筋 19 § 含以上) ASTM A615, GR40,或 CNS 560 SD280(普通拉力鋼筋 16 § 含以下)	
	內殼	外徑 厚度	201.9 6.4		ASTM A36 碳鋼	
	底座銲件	外徑 總高度	345.4 57.5		ASTM A36 碳鋼	
	頂部凸緣	直徑 厚度	257.6 ±0.8 5.1		ASTM A36 碳鋼	
	支撐環	內徑 厚度	176.5 7.6		ASTM A36 碳鋼	
	基板	直徑 厚度	171.5 5.1		ASTM A36 碳鋼	
	屏蔽塞	直徑	188		ASTM A36 碳鋼及混凝土	
		厚度	14.3			

表 3.1.1-6 混凝土護箱設計參數(續)

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (cm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
混凝土護箱	頂蓋	直徑 厚度	254 3.8		ASTM A36 Carbon Steel	
外加屏蔽	一般性	總重		82		設計採 ACI-349；製造採 ACI-318；材料可採 CNS 國家標準
	頂蓋	厚度 外徑	30 420.5		Reinforce Concrete Type II Portland Cement 卜作嵐材料(Pozzolanic Admixture) Rebar ASTM A615, GR60,或 CNS 560 SD420(高拉力鋼筋 19 § 含以上) ASTM A615, GR40,或 CNS 560 SD280(普通拉力鋼筋 16 § 含以下)	
	屏蔽環	厚度 外徑	35 420.5			
	方型底座	長度 寬度 高度	450 450 96.2			

註 1：若未註明公差者，元件尺寸小於 152 mm，公差為±0.5 mm；尺寸在 152-457 mm，公差為±0.8 mm；尺寸大於 457 mm 時，公差為±1.5 mm。

註 2：土木公差詳圖說。

表 3.1.1-7 傳送護箱設計參數

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (mm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
傳送護箱	一般性	全高 空重 全負載及 YOKE 之總重	5,130	 46.18 88.91		銲接：AWS D1.1 ASME SEC.IX
	外殼板	直徑 厚度	2,121±6.4 $32^{+4.1}_{-0.3}$		ASTM A588 Low Alloy Steel	
	內殼板	內徑 厚度	1,721±4.8 19		ASTM A588 Low Alloy Steel	
	保護環	直徑 厚度	1,913 19		ASTM A588 Low Alloy Steel	
	底板	厚度	$25^{+4.1}_{-0.3}$		ASTM A588 Low Alloy Steel	
	頂板	厚度	81		ASTM A588 Low Alloy Steel	

表 3.1.1-7 傳送護箱設計參數(續)

系統主要組件	項目	細項	尺寸 (mm) 註 [1]	重量(MT)	材料	依據法規
傳送護箱	屏蔽門	厚度	198 ±0.8		A350 LF2 and A588 Low Alloy Steel and NS-4-FR	ANSI N14.6 NUREG-0612
	門軌				A350 LF2 Low Alloy Steel	
	加馬屏蔽	厚度	80		ASTM B29, Chemical Copper Grade Lead	
	中子屏蔽	厚度	>66		NS-4-FR, Solid borated polymer 規格如下： Nominal Volume:2,102,305.9 cm^3 Wet Density:1.620 g/cm^3 Dry Density:1.632 g/cm^3 Hydrogen Content:6 wt% B4C Content:0.61 wt% min	
	吊耳軸	直徑	254±0.8		ASTM A350 LF2 Low Alloy Steel	ANSI N14.6 & NUREG-0612
銜接器	基板	厚度	51	3.2	ASTM A36 碳鋼	
	定位環				ASTM A36/A105 碳鋼	

註 1：若未註明公差者，元件尺寸小於 152 mm，公差為±0.5 mm；尺寸在 152-457 mm，公差為±0.8 mm；尺寸大於 457 mm 時，公差為±1.5 mm。

表 3.1.1-8 密封鋼筒採用 ASME 替代方案一覽表

組件	適用之 ASME 章節／條文	ASME 要求	不適用之說明及替代方案	註解
密封鋼筒	NB-1100	組件要求 ASME 法規核章 (Stamping)。	密封鋼筒之製造將儘可能按 NB 規定進行，但組件不需核章。故 ASME 設計規範、設計報告、過壓保護報告，亦不需要。	同 NAC 作法
密封鋼筒	NB-2500	壓力邊界若有瑕疵時，修復後應以 magnetic particle 或 dye penetrant 方式檢查；若修復深度大於 3/8 in(0.95 公分)或截面厚度的 1/10 時，則應以 radiography 檢查。	援引 ASME Code Case N-595-4 相關規範，密封鋼筒裝載燃料後，封銲銲道二側 1/2 in 範圍內材料之銲接修補作業，其非破壞檢驗方式可以選用漸進式 PT (Progressive Penetrant Testing)，執行方式為材料銲接修補後，每一銲層(weld layer)及其最後銲道表面都必須執行 PT 檢驗，且每一銲層填料深度必須小於等於 1/4 in (≦1/4”)。	同 NAC 作法
密封鋼筒之屏蔽上蓋與結構上蓋	NB-4243	Category C (NB-3352.3 之 flat head to main shell)接合應使用全滲透銲。	屏蔽上蓋，結構上蓋與鋼筒外殼之銲接並「非」全滲透銲，係在現場分別封銲，並以漸進式 PT、氣壓測漏、氦氣測漏等方法檢測，以達到雙重密封之效果。	同 NAC 作法
密封鋼筒之結構上蓋	NB-4421	需移除 backing ring。	結構上蓋與鋼筒外殼銲接後，backing ring 將不移除，此環有助於 groove 銲接之完整，其對密封鋼筒之設計功能無重大影響，分析時亦未考慮此。	同 NAC 作法

表 3.1.1-8 密封鋼筒採用 ASME 替代方案一覽表(續)

組件	適用之 ASME 章節／條文	ASME 要求	不適用之說明及替代方案	註解
密封鋼筒之屏蔽上蓋及孔蓋銲接	NB-5230	應以放射性檢測(RT)或超音波檢測(UT)進行檢測。	依 ASME Code Section III, NB-5350 及 Section V, Article 6 之規定屏蔽上蓋銲道根部及最終表面；孔蓋單層銲接表面將使用液滲檢測。	同 NAC 作法
密封鋼筒之結構上蓋銲接	NB-5230	應以 RT 或 UT 進行檢測。	結構上蓋與鋼筒外殼之密封銲接於裝載現場執行,並以漸進式 PT (Progressive Penetrant Testing)檢查。將至少檢查 root、每 3/8 in(0.95 公分)銲層、最終銲層。未檢測到之最大缺陷尺寸(flaw size)都須證實比 ASME Code, Section XI 所定義之臨界缺陷尺寸(critical flaw size)來的小。	同 NAC 作法
密封鋼筒之殼體及屏蔽上蓋	NB-6111	所有完成密封之壓力邊界應進行壓力測試。	密封鋼筒於各階段封銲後將執行下列測試：(1)屏蔽上蓋銲接時，各銲接層進行 PT 檢測；(2)屏蔽上蓋銲接後，進行氣壓測漏；(3)孔蓋銲接時，各銲接層進行 PT 檢測；(4)孔蓋銲接後，進行氦氣測漏；(5)結構上蓋銲接時各銲接層進行 PT 檢測。	同 NAC 作法
密封鋼筒之殼體	NB-7000	殼體(Shell)應有過壓保護。	無過壓保護。按密封鋼筒之功能係將放射性物質於正常、異常，意外狀況下完整留存於其內，依設計準則，在所有燃料棒護套破損及最高的意外溫度下，密封鋼筒仍可承受其所產生之最高壓力。	同 NAC 作法

表 3.1.1-8 密封鋼筒採用 ASME 替代方案一覽表(續)

組件	適用之 ASME 章節／條文	ASME 要求	不適用之說明及替代方案	註解
密封鋼筒之殼體	NB-8000	依 NCA-8000 而要求之標誌牌，Code Stamping 及相關報告。	本貯存系統依 10 CFR 72 要求標示，組件不需 stamp，ASME 相關報告亦無需要。	同 NAC 作法
密封鋼筒之提籃	NB-2000 NG-2000	材料由 ASME 核可廠家提供。	材料依 NB-2000 與 NG-2000 規定由合格廠家提供並附 CMTR 及 C of C。	同 NAC 作法
密封鋼筒之提籃	NG-8000	依 NCA-8000 而要求之標誌牌，Code Stamping 及相關報告。	此系統依 10 CFR 72 要求設計製造，組件不需 stamp，ASME 相關報告亦無需要。	同 NAC 作法

表 3.1.1-9 INER-HPS 系統與 NAC-UMS 系統設計差異比較表

設計項目	INER-HPS	NAC-UMS
密封鋼筒(內含提籃)		
密封鋼筒容量	56 束燃料束	一致
熱負載/護箱	14 kW	23 kW
冷卻時間	最少 10 年.	最少 5 年
燃料初始平均濃縮度	3.25 wt% ^{235}U max.	4.8 wt% ^{235}U max
燃料燃耗	36,000 MWD/MTU max.	45,000 MWD/MTU max.
內部長	4,536 mm (178.6 in)	一致
內徑	1,671 mm (65.8 in)	一致
燃料間格開口	150 mm (5.9 in)方孔(標準型) 154 mm(6.05 in)方孔(較大型)	一致 一致
總長	4,835 mm (190.35 in)	一致
外徑	1,703 mm (67.1 in)	一致
外殼厚度	16 mm (0.6 in)	一致
外殼材料	304L 不銹鋼	一致
中子吸收材料	BORAL(硼鋁合金板)	一致
結構上蓋厚度	76 mm (3 in), 304L 不銹鋼	一致
屏蔽上蓋厚度	178 mm (7 in), 304 不銹鋼	一致
承載圓盤厚度	16 mm (5/8 in), SA533 碳鋼	一致
導熱圓盤厚度	13 mm (1/2 in), 鋁合金 6061 T651	一致

表 3.1.1-9 INER-HPS 系統與 NAC-UMS 系統設計差異比較表(續)

設計項目	INER-HPS	NAC-UMS
混凝土護箱及其外加屏蔽		
混凝土護箱總長(高度)	570.2 cm (224.5 in)	574.0 cm (226 in)
外徑	345.4 cm (136 in)	一致
內襯厚度	6.4 cm (2.5 in), A36 碳鋼	一致
混凝土厚度	71.9 cm (28.3 in)	一致
外加屏蔽厚度	35.0 cm (13.8 in)	無
傳送護箱		
重量(空重)	46,180 kg	54,749 kg
高度	5,128 mm (201.9 in)	5,159 mm (203.1 in)
外徑	2,121 mm (83.5 in)	2,167 mm (85.3 in)
內徑	1,721 mm (70.2 in)	一致
中子屏蔽厚度	70 mm (2.8 in), NS4FR	一致
加馬屏蔽厚度(鉛)	80 mm (3.1in), 鉛	102 mm (4 in), 鉛
外殼厚度	32 mm (1.3 in), ASTM 588 低合金鋼	一致
吊耳軸	2 個	4 個
貯存場混凝土基座		
筏型基座本體	需能承載 30 組混凝土護箱及其外加屏蔽和運送機具等重量(約 7,950 MT)	未涵蓋
輻射劑量		
廠界年劑量	0.05 mSv	0.25 mSv
傳送護箱（密封鋼筒含屏蔽上蓋和結構上蓋）頂端表面平均劑量率	＜3.0 mSv/h	＜3.0 mSv/h
傳送護箱（密封鋼筒含屏蔽上蓋和結構上蓋）側壁表面平均劑量率	＜4.0 mSv/h	＜3.0 mSv/h

表 3.1.1-9 INER-HPS 系統與 NAC-UMS 系統設計差異比較表(續)

設計項目	INER-HPS	NAC-UMS
自然環境		
周圍溫度	32 ℃	24.4 ℃
地震	0.3 g	0.26 g
其他		
廠房吊車	90 MT	99.8 MT

表 3.1.1-10 NAC 公司 UMS 系統執照文件清單

項次	文件名稱	NRC 證書證號	修訂/版次 (Amendment/Revision)	日期	NAC 文件編碼	備註
1	Certificate of Compliance for Spent Fuel Storage Casks	1015	4	2005.10.11	72-1015	
2	Final Safety Analysis Report (FSAR)	1015	5	2005.10.11	72-1015	
3.	Safety Evaluation Report (SER)	1015		2004.3.22	72-1015	
4	Request for Additional Information (RAI)	1015		2005.5.5	72-1015	

(二) 構造安全設計

1. 建築設計

本設施無任何建築物。

2. 土木設計

本設施之土木部分應包括基座、周圍道路、橋樑、圍籬、雙重門等。整地與橋樑，詳見水土保持計畫，周圍道路將設計符合 HS-20。混凝土基座與場址設施設計基準詳如下：

(1) 概述

貯存場混凝土基座爲一筏式基座，用於放置裝載用過核子燃料之混凝土護箱進行乾式貯存，其主要功能包括：

- 提供混凝土護箱及外加屏蔽足夠之放置空間與承載能力
- 其上面提供乾式貯存必要之公用設施與門禁措施
- 其上面提供運貯作業所需之活動空間

(2) 貯存場混凝土基座與場址設施

其需求規劃如下：

A. 設計及運轉參數

相關設計參數請參考表 3.1.2-1，詳細說明如下：

(A) 貯存場面積至少可容納 30 個混凝土護箱及其外加屏蔽。

(B) 混凝土基座能承載上述全部混凝土護箱、外加屏蔽及運送機具之總重量。每個混凝土護箱不含外加屏蔽之設計重量約 150 MT；外加屏蔽重約 80 MT；每個護箱含外加屏蔽重合計約 230 MT。貯存場以 30 個護箱設計，總計 30 個混凝土護箱重約 6,900 MT，貯存

場規劃總面積約為 2,876 m^2(長 86 m × 寬 35 m)，其中南向 16 m 寬道路與貯存場筏式基座間設伸縮縫，結構不連續，故貯存場筏基以實際承載筏基面積約 2,200 m^2(長 70 m × 寬 35 m)，厚 0.9 m，體積約 1,980 m^3，重約 4,554 MT，操作車輛及設備約 70 MT，總計 11,524 MT，基座土壤平均載重約 5.24 MT/m^2。

(C) 貯存場周圍要有雙層的圍籬及必要的獨立門禁措施。

(D) 貯存場長約 86 m，寬約 35 m。

(E) 貯存場混凝土基座於貯存期間，無論在正常、異常及假想意外事故時，皆能提供承載如上(B)項之總重量的能力。

(F) 貯存場區道路寬要有供混凝土護箱運送機具進出及迴轉之考量。

(G) 混凝土護箱與貯存場周圍附近山坡擋土牆之距離至少 10 m 以上。

(H) 貯存場區要有供混凝土護箱運送機具暫留及簡易維修區域之規劃。

(I) 混凝土基座周圍要有排水(雨水)之考量。

(J) 貯存場要有照明、監視預警及消防系統，環境輻射監測及安全警戒之設置，並應將各種信號連線至適當地點。

(K) 混凝土基座之設計壽命為 50 年。

(L) 貯存場區內，整地高程約 22.5 m，其上原則回填約 60 cm 厚之碎石級配及約 90 cm 厚之筏式基座，完成面高程約 24 m。

(M) 預計土壤總壓密沉陷量(含即時沉陷及歷時壓密沉陷)，以不超過 5 cm 為原則進行基座設計。

B. 依循之法規與標準

(A) 中華民國建築法規。

(B) 中華民國建築技術規則(94 年版)。

(C) ACI 318 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete.", 2005。

(D) ACI 349 and ACI 349R, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures." 2001.

(3) 佈置

貯存場混凝土基座之佈置位於核一廠西南方，乾華溪西側，其佈置參見第一章圖 1.2-8 之貯存場一般佈置圖。

3. 結構設計

貯存設施結構在各種負載的不同組合與天然災害的情況下，均能滿足設計準則，詳細分析見第六章二及六節，以下簡述貯存設施的耐震設計、防洪設計、抗颱設計、服役狀況分類、設計負載與負載組合。

(1) 耐震設計

用過核子燃料乾式貯存設施必須能承受設計壽限內之地震衝擊，核一廠地震設計基準的自由地表最大水平加速度為 0.3 g，符合 10 CFR72.103 中所述表面水平加速度至少為 0.25 g 之規定；垂直加速度依照 ASCE (American Society of Civil Engineers, 美國土木工程師協會) 4 之規定，為 2/3 倍之水平加速度。因為乾式貯存場為一獨立結構物，在考量土壤-結構互制作用後，應評估貯存護箱及外加屏蔽是否因地震造成滑動或傾倒。

地震對於貯存設施(滿載用過核子燃料的密封鋼筒與混凝土護箱及外加屏蔽)的影響，分為靜態與動態的分析。在靜態設計分析中，假設有一 0.5 g 水平加速度的地震力作用於貯存設施，在混凝土護箱金屬底座與混凝土基座間的摩擦係數為 0.4。

至於動態設計分析，則先進行土壤結構互制(SSI)效應評估，以獲取地震加速度時間歷程，以了解貯存場址之原地震加速度設計值(0.3 g)，是否會因為貯存場設施的設置，造成地震加速度的放大效應；同時也獲取地震加速度的時間歷程；依據 ASCE 4 法規對地震分析的時間要求，地震時程應具有至少 20 秒以上的有效評估時間，然為保守評估起見，採用一保守之 0.5 g 地震加速度與 40 秒的時間歷程以進行評估，分析中亦保守考慮較低的摩擦係數 0.2，以增加貯存設施的可能滑動量，並且考慮靜/動摩擦係數具有相同數值。

傳送護箱在燃料池裝載區、五樓操作區及一樓操作區之防震評估與分析，後二者將於試運轉許可申請前提出。至於前者傳送護箱於燃料池裝載區

之分析，將建立有限元件分析模式計算燃料裝載區之現有結構物因地震造成的影響。

A. 使用參數

貯存設施中密封鋼筒與混凝土護箱的設計與分析的使用參數，由核一廠廠址之設計基準地震(DBE)加速度決定。

B. 地震分析

地震對於貯存設施的分析描述於第六章六、(三).8 節中。該節中評估混凝土護箱因地震滑動的假想事故。

(2) 防洪設計

依據核一廠建廠前之安全分析報告，由於乾華溪缺乏長期的雨量及流量紀錄，因此使用基隆、台北、淡水等測站 30 年的紀錄，計算出乾華溪 10,000 年重現週期之一小時最大可能降雨量（PMP）為 297 mm，並以此 PMP 推算其最大可能洪峰流量(PMF)為 764.6 m^3/sec；並考量漲潮、海浪、海嘯等效應，進行可能造成本設施淹水情形之評估。結果顯示，由於本貯存場設計高程(+24 m)較一、二號機高出 5 m 以上，而原評估上述情況皆不致造成一、二號機組淹水，故合理研判本貯存設施不會有洪水發生。但基於設計保守度之考量，本設施仍沿用 NAC UMS 系統之假設，進行假想性洪水侵襲之安全評估，其內容詳如下述。

A. 洪水評估

於第六章六、(三).9 節中對於本設施遭受以 4.57 m/s (15 ft/s)的水流速度與 15.24 m (50 ft)深之洪水侵襲時的狀況，進行評估。結果顯示在此狀況下，本設施不會因洪水而漂浮，也不會被洪水沖倒或在混凝土基座上滑動。考量外加屏蔽之影響後，亦獲得相同的評估結果，整體貯存設施包含密封鋼筒、混凝土護箱與外加屏蔽，也不會因洪水而傾倒或滑動；15.24 m 深度之洪水水壓，也不會對密封鋼筒造成明顯的影響。

B. 設計負載的計算

貯存場址是否會發生洪水事件，取決於場址位置、周圍環境情況、自然或人為等因素。貯存場址中的洪水可能來源有：(1)異常大雨造成河水溢流；(2)地震造成輸水管破損或河流潰堤；(3)颱風造成海水倒灌；(4)地震或火山爆發引起海嘯。對貯存場址而言，因場址事先已經過嚴謹的環境評估(請參考第二章三節水文)，就過去之環境調查資料，上述各因素造成洪水發生可能性是微乎其微的，而即使發生也不致造成嚴重影響。

對於本設施防洪的評估，其主要目的是決定本設施於假想的最大洪水水流量與最大的洪水深度時，不會滑動或傾倒，並且密封鋼筒的材料不會出現降伏現象。在上述 A 節洪水評估中，整體貯存設施包含密封鋼筒、混凝土護箱與外加屏蔽皆不會因洪水而傾倒或滑動，此評估詳述於第六章六、(三).9 節。

洪水作用於混凝土護箱的力量大小，是洪水速度與作用面積的函數。動態水壓力分析，是經由柏努力方程式(Bernoulli’s equation)計算獲得。對於水流的最大作用力分析，則採用不可能造成混凝土護箱傾倒的最大作用力。

C. 洪水的防範

混凝土本身已有足夠的安全餘裕來防止混凝土護箱因假想洪水的衝擊而變形，所以對於混凝土護箱而言，沒有特定防洪措施的必要。

(3) 抗颱設計

依據「環境差異分析報告」、「環境影響說明書」，以及中央氣象署近十年颱風期間基隆測站所測得之最大風速為 45.7 m/s、淡水測站所測得之最大風速為 37.9 m/s。上述值遠低於核一廠 FSAR 之設計要求值：最大風速 60 m/s。另 NAC UMS 系統所採用之設計值為最大風速 129.7 m/s。基於設計保守度之考量，本設施沿用 NAC UMS 系統之設計值，進行相關評估，故評估結果可保守涵蓋核一廠之設計要求與實際狀況。

A. 設計基準

有關颱風風力負載設計係參考 RG 1.76[(11)]，Region 1 與 NUREG-0800[(12)], Section 3.5.1.4 之定義，沿用 NAC UMS 系統之設計基準，詳如表 3.1.1-4。

B. 結構受力的決定

颱風對於混凝土護箱的作用力，取決於風面壓力與混凝土護箱迎風面積的乘積。風力與颱風投射物對混凝土護箱所形成的負載分析，詳載於第六章六、(三).11 節中，該節中所考慮的颱風投射物撞擊之設計基準，定義於 NUREG-0800, Section 3.5.1.4,Paragraph 4, Subsection III 中，共有以下三項分析：

(a) 大質量：1816.0 kg，56.4 m/s，撞擊面積 1.86 m^2。

(b) 直徑 8 in 剛性體：126.8 kg，56.4 m/s。

(c) 1 in 實心球：0.068 kg，56.4 m/s。

評估結果顯示，以上各項颱風投射物所可能造成的最大傷害，爲使混凝土護箱表面有不同程度的損壞，但不致危及內層混凝土甚或密封鋼

筒，詳細分析見第六章六、(三).11 節。按本分析尚未納入外加屏蔽之影響，若納入評估預期將有更高安全餘裕。

(4) 服役狀況分類

以服役狀況(Service Levels)來分類，依 ASME Code NCA-2142.4 之定義，核能組件分為 A、B、C、D 四種等級設計，服役狀況 A 對應於正常狀態，服役狀況 B 及 C 對應於異常狀態，服役狀況 D 對應於意外情況。應力密度(Stress intensities)係由壓力、溫度、機械負載組合而成，並將其值與 ASME 規範之允許值作一比較。此法規允許值如表 3.1.2-2。又在密封鋼筒內外各組件，因其負載及密封等條件之不同，須適用不同之法規條件，可參考 ASME Code Div. 1, Sec. III, Sub. NB、NG 等規範。

(5) 設計重量

各組件之設計重量如表 3.1.1-5－7 所示。

(6) 負載組合

A. 密封鋼筒及提籃之負載組合

密封鋼筒設計依據 ASME Code, Section III, Subsection NB, Class 1 Components。提籃設計依據 ASME Code, Section III, Subsection NG, Core Support Structures。提籃結構挫屈(buckling)計算依據 NUREG/CR-6322。對正常、異常及意外情況下之負載組合，如表 3.1.2-3 所示。服役狀況(service levels limits) A 對應於正常狀態，服役狀況 B 及 C 對應於異常狀態，服役狀況 D 對應於意外情況。

B. 混凝土護箱之載重組合

負載組合定義於 ANSI/ANS 57.9，各項組合如表 3.1.2-4 所示，鋼內襯作為模板及屏蔽使用。

C. 傳送護箱之設計強度

傳送護箱是一特殊的吊重設備，其吊耳軸(lifting trunnions)及支撐之設計與製造，必須符合 ANSI N14.6 及 NUREG-0612，且結構須符合 ANSI/ANS 57.9 之規定，此標準為：

傳送護箱之負載埋置組件使用鐵金屬(ferrous metal)時，須滿足 ANSI N14.6,第 4.2.6 節中韌性(toughness)之需求。

負載組合為 D+H，D 為靜重，H 為操作負載(handling load)，假設 H=0.10D，故視靜重(apparent dead load) D*=1.1D。

吊耳的分析，依據 NUREG-0612, RG 3.61 及 ASME Code，可分為三區討論：(a)吊耳軸，(b)吊耳軸與組件界面，視為 Region A，(c)其餘組件，視為 Region B。

4. 防洪及排水之設計

(1) 現有河川集水區雨量評估

以下資料係取自「環境影響說明書」各章節及安全分析報告第二章。

A. 廠址附近河流

核一廠址附近之河流，請參考第二章三、(一)節之說明。而乾華溪流經核一廠廠界內，流域面積約 9.5 km^2，長約 8 km，其上游為核一廠主要水源，核一廠生水池位於乾華溪山側之分水嶺上。本計畫場址即位於乾華溪之西側谷地，配置如第一章圖 1.2-8 所示。

B. 日常降雨量

核一廠區降雨量以 12 月至 4 月之東北季風雨，6 月之梅雨及 7、8 月之颱風為主，全年各月份平均降雨量以 10 月之 701.75 mm 為最多，以 7 月之 174.42 mm 最少。依據核一廠 2019 年至 2024 年來之統計資料，並比較環境差異分析內容對照表中淡水及基隆地區，近十年來單日最大降水量，單日最大降雨量為 2024 年 10 月 4 日之 613.5 mm 為最大。再者，2008~2024 年核一廠場址強降雨紀錄，最嚴重水災發生於 2017 年 6 月 2 日，時雨量每小時 90 mm，24 小時累積雨量高達 635 mm；此次六二水災造成乾華溪暴漲，惟本乾貯設施並未受溪水暴漲影響造成設施有淹水情形。

C. 河川流量

相關數據請參考第二章三、(一).2 節之內容，取其中年平均流量 2.2 m^3/s，最大瞬時流量 86 m^3/s，最大日流量 25 m^3/s，為設計參考之依據。

D. 洪流量

相關數據請參考第二章三、(一).3 節之內容，當採用重現期距 100 年為標準時，其洪流量為 247.99 cms、洪水深度為 3.87 m，其對應之流速為 5.79 m/s；且於凹岸地形處考慮超高問題，經計算後得超高為 1.24 m。乾華溪本段洪水位最高之斷面，渠底高程為 16.49 m，堤岸高程為 EL. 24.00 m，發生 100

年洪水時，洪水位距堤頂仍有 2.40 m，不會有溢堤發生；另乾華新橋將於此斷面設置，其橋底高程為 EL. 22.69 m，洪水位距離橋底有 1.09 m，亦符合公路排水設計規範(2001)中，普通河川最小梁底淨空為 1.00 m 之規定；而最大容許流速之限制，根據水土保持術規範第八十五條，混凝土或混凝土砌塊石之最大容許流速為 6.1 m/s，本段之設計流速在此一限制內，且現有護岸後方設置將護岸排樁，更可增加護岸穩定性。

(2) 地下水

A. 場址地層特性

本設施設計之基座面高程為+24 m，而場區現有地表高程約自 22 m 至 25 m 不等。故施工期間將進行部份開挖與回填夯實，而地下水位高程介於 18~22 m 之間，整地後之高程(約 22.5 m)較地下水位為高，上覆約 0.6 m 碎石級配，再設厚約 0.9 m 之筏基，筏基完成面高程約 24 m。施工期間地下水不會高於開挖面，且地質透水性高，故不會產生砂湧等情形，不影響工地施工。另本計畫不需抽取地下水，但於設計時將會考量地下水對承載力之影響。

土壤詳細性質，請參考第二章第二節。

B. 地層透水性

場址區內土層與岩層之透水性偏高，其透水係數分別為 $1.06x10^{-3}$ 及 $1.33x10^{-3}$ cm/s。

C. 地下水位

場址平地部份之地下水位高程介於 18~22 m，南邊近山側之地下水位較高，北邊近乾華溪側之水位較低；山地部份之地下水位高程介於 23~35 m，計畫場址範圍區內之水力坡降約 6 %~28.5 %。地下水流向係順著地形坡度自西向東流。

(3) 場址改建後防洪及排水設計

A. 排水設計

本設施貯存場長約 86 m，寬約 35 m，預估開挖影響高程約在 24 m 等高線，在挖填方互補後，地表高程預計將由最低處海拔 22 m 墊高至 24 m。因土壤具有高滲透性、低膠著力特性，預期需加強邊坡抗沖刷能力，故靠東側乾華溪一側興建排樁。又新設橋樑高程為 24 m，不會因洪水而淹沒橋面，且靠貯存場一側興建排樁，可保護護岸不被沖刷；靠北、西兩側，在山腰道路旁作微形樁，在山腳下場址旁，地下施打排樁，地上興建高約 3 m 之擋土牆，以避免土層滑動。並於擋土牆內外側設置排水溝，分別將山坡地之降雨逕流及場址內部之地表水排至乾華溪。擋土牆內混凝土筏基上及道路上之地表水逕流，將排放於四周新設置之明溝，由於場區內土層及岩層之透水性偏高，因此除局部需求外，不另設排水暗管排入乾華溪為原則進行設計。

B. 防洪設計

相關數據請參考第二章三、(一).3 節與第二章二、(三)節之內容，依據核一廠建廠時期資料所推算出最大可能洪流量(PMF)及最大可能海嘯(PMT)，均不可能危及電廠安全。而 PMF 及 PMT 的發生機率，根據 ANSI/ANS 2.12 所述，均為每年 10^{-5}~10^{-4}。乾華溪自流經核一廠起已整治為人工河道，其最大設計洪峰量可達 764 m^3/s，暴潮時仍低於一、二號機 7.9～8.5 m，因此，乾華溪不會有洪汎之虞。而本場址設計高程為+24 m，比核一廠一、二號機設計高程 19 m 還要高出 5 m 以上，亦不受乾華溪之影響，故可不必考慮洪水與海嘯侵襲。然而在本分析中，仍然考量貯存設施遭受以 4.57 m/s (15 ft/s)的水流速度與 15.24 m (50 ft)深之洪水侵襲時的狀況。此假設涵蓋核一廠可能之最大天然災害。

本計畫規劃將位於基地內現有山溝改道整修為坡面截水溝，並依地勢導入乾華溪排放，基地內之地表逕流則利用基地四周設置之重力排水溝收集後，與坡面截水溝匯流排放乾華溪。

5. 消防系統設計

本貯存設施位於核一廠內西側緊鄰邊坡灌木林，周邊環境原有大型柴油貯槽已拆除，已受到核一廠嚴密之監控及行政管理，故火災發生之可能性極低。貯存場設施為不可燃之混凝土護箱，設施內因無可燃物及易爆裂物之陳設，又本設施所採用材料，皆為不可燃材料，依消防法第六條本設施非為所列管之場所，依法免設消防設備。

貯存場將增設五只手提式滅火器。至於鄰近貯存場設施之可能引火源，例如灌木林等，則以核一廠目前之防火設計及消防設備來防範。另貯存場各設施於完成後將納入核一廠消防工作之系統操作規範中。（請參閱核一廠程序書 D100、D300、D500、D700 系列）。未來若核一廠除役時，應依據相關法規建置本設施之消防系統。

6. 設施結構物耐熱性、耐久性、抗腐蝕性及抗磨損性等之設計

(1) 密封鋼筒(內含提籃)

提籃主要材料為不銹鋼 304，導熱圓盤材料為鋁合金，在加工之後表面自然形成氧化鋁的保護膜，承載圓盤材料為低合金碳鋼，表面經無電鍍鎳處理，在氦氣環境中，其耐久性及抗腐蝕性均良好。

密封鋼筒外殼材料採用不銹鋼 304L。不銹鋼 304L 具有極佳的耐熱性、耐久性及抗腐蝕性，使用在核能組件非常普遍。在正常運轉條件下，密封鋼筒表面最高溫度約 86 ºC(詳見第六章三節)，不銹鋼 304L 不致有耐熱問題。針對不銹鋼 304L 銲道熱影響區之耐久性與抗腐蝕性，在混凝土護箱進氣口設有密封鋼筒外殼材料的環境測試試片，可作長期之監測。密封鋼筒與提籃為靜態貯放的設施，沒有磨損之問題。有關材料耐腐蝕劣化監測請見參考文獻 1，環境測試試片目前規劃置於進氣口內，詳細規劃內容請參閱核一廠用過核子燃料乾式貯存設施維護與監測計畫。

(2) 混凝土護箱及其外加屏蔽

混凝土護箱及其外加屏蔽主要材料為鋼筋混凝土，少部分為金屬結構如碳鋼內襯與金屬鑲邊(角)；混凝土護箱最高溫度於正常狀態下小於 93 ºC，於異常狀態下則小於 149 ºC，均符合法規容許值。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。金屬防銹塗料：擬採用 PPG 97-695/97-697P (Green)、PPG UC59571 (Gray)，或同等級以上，油漆施工依照 SSPC 油漆施工程序。另依據參考文獻 2 結果推估顯示，內襯鋼板於 50 年設計壽命期間曝露於較自然環境惡劣之含氯化鈉水氣環境中，其最大可能腐蝕深度約為原厚度之 1～2 %，最大孔蝕深度約為 4～5 %左右。由上述保守

推估可知，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。混凝土護箱及其外加屏蔽均為靜態貯放的設施，沒有磨損問題。

(3) 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。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核燃料水池水質的潤滑油，擬採 NEVER SEEZ(Nuclear Grade) NG-165 為特殊純鎳製品。正常使用溫度不會高於密封鋼筒表面溫度(86 ^{o}C)，傳送護箱內有中子與加馬屏蔽，材料為非金屬與鉛，雖不耐高溫，但在 86 ^{o}C 以下不會有問題。而傳送護箱依使用維修保養計畫加以檢查、保養及測試，以維持其傳送作業之功能。

(4) 貯存場混凝土基座與場址設施

貯存場混凝土基座主要材料為鋼筋混凝土，座落其上除混凝土護箱外，尚有圍籬、照明燈具、門禁措施(電動門)等。這些設施大部分為金屬，於露天情況，具有良好耐熱性。另設施組件均可更換，將依使用維修計畫加以檢查、維修或更換。金屬表面有耐候型油漆，可抵抗腐蝕；另除了電動門轉動機件外，沒有磨損的問題。各附屬設備亦可視其狀況，適時進行維修。

7. 其他有關設施本體結構安全之設計

無。

表 3.1.2-1 貯存場混凝土基座設計參數

系統主要組件	項目	細項	數量單位	材料	依據法規
貯存場基座	貯存量	護箱數	30 個	RC	—
	尺寸	長	70 m	—	—
		寬	35 m	—	
	型式	筏基	厚 0.9 m	RC	ACI-318 及我國建技規則
	沉陷	總壓密沉陷	上限 5 cm	—	—
	結構混凝土	水泥型號	—	Type II	ACI-318、ACI-349、ASTM、CNS 及我國建技規則
		抗壓強度	280 kg/cm^2	—	
		摻料	—	添加抗裂纖維及卜作嵐材料 (Pozzolanic Admixture)	
	打底混凝土	水泥型號	—	Type I	我國建技規則
		抗壓強度	140 kg/cm^2	—	
	鋼筋	抗拉強度	2,800 kg/cm^2	ASTM A615, GR40,或 CNS 560 SD280(普通拉力鋼筋 16 § 含以下)	ACI-349 及我國建技規則
		抗拉強度	4,200 kg/cm^2	ASTM A615, GR60,或 CNS 560 SD420(高拉力鋼筋 19 § 含以上)	
	承載力	護箱總重	6,900 MT	—	—
		操作車輛及設備重	70 MT	—	—
	完成面高程		EL. 24 m	—	核一廠水保計畫書
	地震力	自由地表水平加速度	0.3 g	—	核一廠地震反應譜
		筏基表面水平加速度	0.5 g	—	—

表 3.1.2-2 密封鋼筒各組件之結構設計分類及其應力接受準則

	組件		**接受準則**
1	正常狀態 密封鋼筒: 提籃: 吊舉設施:	服役狀況 A ASME Section III, Subsection NB ASME Section III, Subsection NG ANSI N14.6 及 NUREG 0612	 $P_m \leq S_m$ $P_L + P_b \leq 1.5\ S_m$ $P_L + P_b + Q \leq 3S_m$ 複置負載路徑:組合剪力成最大張應力 $\leq S_u/5$ and $S_y/3$
2	異常狀態 密封鋼筒:	服役狀況 B ASME Section III, Subsection NB	 $P_m < 1.1\ S_m$ 及 $P_L + P_b < 1.65\ S_m$
3	異常狀態 密封鋼筒: 提籃:	服役狀況 C ASME Section III, Subsection NB ASME Section III, Subsection NG 註: Subsection NB 容許服役狀況 C 保守應用於燃料提籃	Subsection NB 準則: $P_m < 1.2\ S_m$ 或 S_y(取大值)及 $P_L + P_b < 1.8\ S_m$ 或 $1.5\ S_y$(取小值)
4	意外事故 密封鋼筒: 提籃:	服役狀況 D ASME Section III, Subsection NB ASME Section III, Subsection NG	 $P_m \leq 2.4\ S_m$ 或 $0.7\ S_u$(取大值)及 $P_L + P_b \leq 3.6\ S_m$ 或 $1.05\ S_u$(取小值)
5	燃料提籃挫曲		NUREG/CR-6322 [3]
	符號: S_m = 材料容許應力強度 S_u = 材料極限強度 S_y = 材料降伏強度		 P_L = 主要局部薄膜應力 P_m = 主要薄膜應力 P_b = 主要彎曲應力

表 3.1.2-3 密封鋼筒之設計負載組合

負載		正常			異常					意外					
ASME 服役狀況		A			B		C			D					
負載組合		1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
自重	密封鋼筒含燃料	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
溫差	在混凝土護箱 32 °C 環境	X		X			X			X	X	X	X	X	
	在傳送護箱 30 °C 環境		X		X		X								X
	在混凝土護箱 -40°C or 41.1°C 環境				X				X						
內壓	正常	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		
	異常				X	X									
	意外													X	X
操作負載	正常		X	X	X										
	異常						X	X	X						
墜落/撞擊	意外									X					
地震	意外										X				
水災	意外											X			
颱風	意外												X		

負載組合參考 NUREG-1536 與 NUREG-0800

表 3.1.2-4 混凝土護箱之設計載重

負載組合	狀況	靜負載	活負載	風	溫差	地震	颱風投射	墜落/撞擊	水災
1	正常	1.4D	1.7L						
2	正常	1.05D	1.275L		$1.275T_o$				
3	正常	1.05D	1.275L	1.275W	$1.275T_o$				
4	異常與意外	D	L		T_a				
5	意外	D	L		T_o	E_{ss}			
6	意外	D	L		T_o			A	
7	意外	D	L		T_o				F
8	意外	D	L		T_o		W_t		

負載組合參考 ANSI/ANS-57.9 及 ACI 349

D = Dead Load
L = Live Load
W = Wind W_t
T_o = Normal Temperature
F = Flood
T_a = Off- Normal/Accident Temperature
E_{ss} = Design Basis Earthquake
W_t = Typhoon/Typhoon Missile
A = Drop/Impact

(三) 輔助系統及設備之設計

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；主要包括有傳送護箱吊軛、自動銲接機、現場銲接用臨時屏蔽板、密封鋼筒排水與吹卸系統、氫氣偵檢系統、真空乾燥系統(vacuum drying system, VDS)、氦氣測漏系統(leakage test system ,LTS)、密封鋼筒自翻轉裝置、密封鋼筒吊索與操作工具、壓力測試系統、輔助油壓系統、傳送護箱環狀間隙注水系統、混凝土護箱運送車、防震設備、雜項吊索與吊具附件，以及懸浮氣墊組等，由於輔助系統設備均用於運轉操作。以下將分別說明。

1. 傳送護箱吊軛

傳送護箱吊軛為銜接吊車吊鈎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，並具有維護保養計畫。

2. 遙控或自動銲接機

用於執行密封鋼筒在裝載燃料完成後之屏蔽上蓋與結構上蓋之密封銲接作業，本設備為商業產品。本設備屬於品質分級為 NQ 級，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

3. 現場銲接用屏蔽板

屏蔽板為上述自動銲接機定位的基座並兼有輔助屏蔽功能,可減少密封鋼筒現場銲接時的人員輻射劑量。其外徑小於密封鋼筒內徑，避開上蓋與/密封鋼筒外殼銲道與排水/通氣孔蓋。本設備屬於品質分級 NQ 級，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

4. 密封鋼筒排水與吹洩系統

密封鋼筒排水與吹卸系統提供密封鋼筒在裝載燃料完成後,屏蔽上蓋銲接前的排水功能，主要設備包括抽水泵、抽水管路與流量計及排水量筒等，本系統除了可以在屏蔽上蓋銲接前將密封鋼筒內的水位排水至屏蔽上

蓋之下緣(排水約 70 gal)，亦做為密封鋼筒真空乾燥前的全面排水作業。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

5. 氫氣偵檢系統

本系統是由電化學電池式氫氣偵測器與管件所構成。其功能為於密封鋼筒與屏蔽上蓋封銲之根部銲接作業時，即時偵測密封鋼內之氫氣濃度並以氬氣沖流方式降低氫氣濃度，以避免濃度過高而發生爆炸。

本系統用於密封鋼筒與屏蔽上蓋封銲作業，可偵測密封鋼筒內之氫氣濃度並持續進行氬氣沖流，確定氫氣濃度低於 2.4%才進銲接作業。銲接作業時，則做即時偵測。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作用工業儀器，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

6. 真空乾燥系統

本系統是由真空幫浦、管件、壓力計及閥所組成。其功能在於真空乾燥作業時排出密封鋼筒內的殘存水氣及鋼筒內之氣體。同時其亦可於真空乾燥作業完成後回填氦氣，以使用過核子燃料處於一充滿氦氣之密閉環境中。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作管路，壓力不高，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

7. 氦氣測漏系統

本系統是由質譜式氦氣測漏儀、分流閥、真空幫浦、閥、管件、真空計及屏蔽上蓋輔助系統所組成。其功能在於偵測封銲後密封鋼筒內回填之氦氣洩漏率，以真空包覆法來辨認密封鋼筒外殼與屏蔽上蓋間封銲之氣密性。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作管路，壓力不高，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

8. 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。

9. 密封鋼筒吊掛系統

密封鋼筒吊掛系統爲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，另一套兩組(每組各 3 條吊索)吊索組成的吊具則用於吊運結構上蓋。其設計符合 ANSI N14.6 法規要求，組裝完成(共 6 條吊索)須經 3 倍負載的安全測試，屬於品質分級(安全等級)B 級。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。

10. 氣壓測漏系統

壓力測試系統用於密封鋼筒屏蔽上蓋封銲之後(穿孔蓋封銲前)，銜接密封鋼筒排水口與排氣口，以執行氣壓測漏(測試標準為 35 psia，維持 10 分鐘壓力不降)，確認密封鋼筒屏蔽上蓋封銲之密封性。本系統由氣體管路、控制閥、氣壓源(高壓氣瓶或廠房高壓氣源)壓力錶及卸壓閥等組成。本系統設備屬於品質分級 NQ 級，為操作管路，壓力不高，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

11. 輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力)

本系統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。

12. 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。

13. 混凝土護箱運送車

混凝土護箱運送車為從反應器廠房外將混凝土護箱(內含密封鋼筒)傳送到貯存場之機具。混凝土護箱運送採用多軸油壓板車為從反應器廠房內(天井下方)到貯存場之間的已裝載燃料的混凝土護箱的運送設備，也是混凝土護箱從暫貯區到反應器廠房內(天井下方)之運送設備。本系統之設備屬於品質分級 NQ 級，使用於反應器廠房外既有道路上，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

14. 防震設備

防震設備分別位於反應器廠房一、二樓與五樓地板及燃料池裝載區，用於裝載作業時，萬一發生地震，可以防止豎立的混凝土護箱滑動與傳送護箱傾倒。

(1) 防震設備在一樓地板必要時給予錨定(拉住地板用)或撐住牆(柱)腳的 C 形箍子結構以固定混凝土護箱。

(2) 在二樓則用四支樑(圍著傳送護箱腰部)撐住設備出入天井(hatch)的樑側(開口框內)。

(3) 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。

(4) 燃料束裝載區內利用既有框架(cask constraint)結構作防震。

15. 雜項吊索與吊具附件

例如製造組合與搬運過程各主要之吊索、吊具及工作平台等。上述設備都屬於品質分級 NQ 級，為臨時操作用具，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

16. 反應器廠房吊車

反應器廠房吊車為傳送護箱吊運的主要輔助設備之一，吊運作業包括傳送護箱於燃料池、護箱清洗區，以及反應器廠房一樓與五樓間之吊卸。

反應器廠房吊車符合 NUREG-0554 對具有防止單一失效功能之吊車的安全要求，包括橋型桁樑與吊運車的行走驅動及剎車系統在喪失電源的情況下，仍具有自動剎車及可人工移動的功能。而在最重要的捲揚系統部份，其安全裝置包括：(1) 双重捲揚驅動裝置；(2) 過速保護裝置；(3) 三重剎車裝置（喪失電源情況下，仍能懸吊荷重與放下荷重）；(4) 雙重荷重路徑（双重穿索系統及四條鋼索）；(5) 斷索偵測裝置與過負荷預防裝置；(6) 過捲預防裝置。過捲預防裝置包括齒輪式極限開關、重桿式極限開關、秤梢、壓力開關、上組塊極限開關及液壓緩衝器(吸收過捲能量)等層層措施，以避免發生上下組塊碰撞(two blocking)或荷重卡阻(load hangup)情況。

17. 懸浮氣墊組

懸浮氣墊組包含懸浮氣墊塊、供氣動力組、油壓千斤頂及牽引機(或堆高機)，混凝土護箱以油壓千斤頂頂起後再懸浮塞入氣墊塊，用牽引機(或堆高車)拉/推動，從多軸油壓板車上移至貯存場基座的特定位置。本系統之設備屬於品質分級 NQ 級，本系統設備屬於品質分級 NQ 級，使用於反應器廠房外，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

(四) 公用系統及設備之設計

以下將針對運貯作業及貯存場例行運轉期間，各項公用系統或設備之規劃分項說明。

1. 通訊

燃料裝載操作期間，反應器廠房內之通訊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。貯存場例行運轉期間，警衛人員於巡視時，以適當之通訊工具與保安監控中心值班人員聯繫。

2. 電力

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，電力係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。貯存場貯存例行運轉期間，利用核一廠現有電力系統，供應貯存場之照明、電動門、出氣口溫度偵測及環境監測系統、監視系統，以及各監控中心儀器與控制設施。電力利用核一廠內既有設施，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。其設計主要依據中華民國國家標準(CNS)、建築技術規則、台灣電力公司營業規則、美國國家電機法規(NEC)、美國電子電機工程師協會(IEEE)、國際電工委員會(IEC)、屋外供電線路裝置規則及屋內線路裝置規則。電力之使用分為以下兩種：其一般電力由核一廠壹貯庫引 3Φ3W 480V40AT，轉成 220V 系統供貯存場設備使用、容量 30KVA。保安監視電力由核一廠監控中心既設保安電源盤(既有 UPS 不斷電設備)，引 3Φ4W 110V/190V 20AT，提供保安監視電力、容量 1KVA。

3. 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製造時，需要使用一般自來水，依核一廠使用規定辦理。而反應器廠房內於燃料束裝載作業期間，須連續供應除礦水以注入於密封鋼筒外壁與傳送護箱內壁之環狀間隙，增加循環水系統與水封環，供應量應在 15 L/min 以下，時間每次約 20 h。另於每筒次傳送護箱吊運進出水池面

時，其表面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。貯存場貯存例行運轉期間，除了消防用水，無其他供水需求。供水利用核一廠內既有設施，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

4. 供氣

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，公用壓縮空氣係使用核一廠既有供氣設施，使用時依核一廠規定辦理；若有超過廠內供氣且不符使用時，將另備壓縮空氣設備。貯存場於貯存例行運轉期間，則無供氣之需求。供氣利用核一廠內既有設施，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

5. 照明

反應器廠房內及燃料池內已有照明設備，若有特殊需要，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備，其設計主要依據包括 CNS、美國材料試驗協會（ASTM）、美國州公路及運輸協會（AASHTO）、建築技術規則建築設計施工編、經濟部(1986)「路燈設計規定」、交通部(1980)「交通工程手冊」第七章道路照明及內政部營建署(2002)「市區道路工程規劃及設計規範之研究」第十九章 市區道路照明設計。。照明利用核一廠內既有設施，不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。設計照度要求：E=100 lux (依建築技術規則建築設計施工編 116-3 條規定) 照明路寬：W=35 公尺、 照明路長：L=70 公尺，採半遮蔽型、高壓鈉氣燈、8 公尺高燈桿(含基座)。

6. 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，依照核一廠一般廢棄物處理規定辦理。貯存場於例行運轉期間，並無一般廢棄物生成。

7. 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,採用自然空氣對流的冷卻方式,沒有強制式通風與排氣設備之需求。通風與排氣利用核一廠內既有設施,不會對反應器廠房既有設施之安全造成影響。

8. 避雷及接地系統

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,並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,在貯存場高處設有避雷裝置,避雷之接地設施已於混凝土基座施工時預埋接地線及預留導電接點。

本系統設計主要依據 NF C 17-102 法國電避雷針國家標準、建築技術規則建築設備編、中華民國國家標準(CNS)、美國國家電機法規(NEC)、美國電子電機工程師協會(IEEE)、國際電工委員會(IEC)、屋外供電線路裝置規則及屋內線路裝置規則。設計說明如下:

避雷系統設計,主要用放電式避雷針其保護半徑 R≧110m 以上,架於燈桿上。

接地系統設計,為電力接地與避雷接地,依一般之設計,其值如下:

接地電阻值 R<10Ω。

每支接地棒間距>2.5m。

各個接地極間距>5m。

接地線採用 BCW(1” ϕ)。

兩個接地端子箱(材質為不銹鋼,外箱厚度 2mm)。

9. 保安監視系統

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。

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。

10. 溫度偵測系統

溫度偵測系統之設備包括：警報器、記錄器、儀器、電源盤，以及聯接到控制盤的信號接頭，置於監測中心；一套個人電腦系統(包括必要軟體)，以便記錄溫度用。採用 3 線式 RTD 溫度感測器(0~200℃)，安裝於每個護箱出風口(4 個)，另於貯存場之護箱中間及貯存場外，各安裝 1 個 RTD，以測量環境溫度，以作為比對。

11. 環境輻射監測

本系統包括所有連接至控制盤的所需設備、儀器、電源盤、控制盤及信號接頭(含電纜、電線及線圈)等裝備，安裝於壹貯庫。在工作場所不同階段如運轉、維護、除污、檢查、測試及貯存，提供乾式貯存設施所有必要的環境輻射監測系統。

本系統在貯存場周邊新增設之 14 個 TLD 測站(1F01~1F14)，與現有運送路徑儀沿途之 5 個 TLD 測站(本廠場區現有 106、107、108、109、115)，及因應環評委員建議增設之主警衛室、乾華隧道兩固定站(新設 116、117)，另外在運送過程中再設置兩處臨時 TLD 測站。總計營運期間 TLD

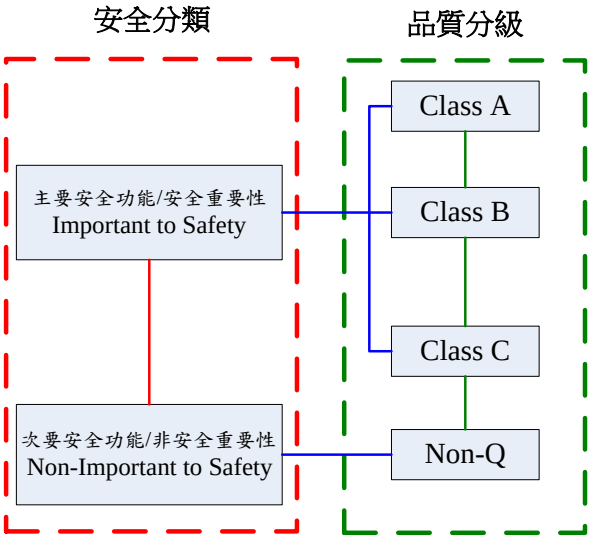
共 21 站，運送期間再增 2 站共 23 站。貯存場四周新增設 9 個 TLD 佈點支架，其 TLD 的安裝、更換及計讀則由台電核一廠負責。本廠場區所使用 TLD 為 TLD-900 $CaSO_4$:Dy。

另乾式貯存場附近新增 HPIC(游離腔偵測器)兩站，又本公司在西南民宅附近亦設置現有環測站 HPIC 一站，合計三站。

(五) 設施各結構、系統與組件之品質分級

本節針對貯存系統各組件以功能及公共安全為標準進行品質分級。依據 NUREG/CR-6407，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，如表 3.1.5-1 所示。細部各組件之品質分級如表 3.1.5-2 所示，係依據 NUREG/CR-6407 之規定來判斷結構之品質分級。

若以安全分類來區分，則設備可分為主要安全功能/安全重要性(important to safety)與次要安全功能/非安全重要性(non-important to safety)等兩類。而安全分類與品質分級之對應為：主要安全功能/安全重要性對應品質分級之 A、B、C 三項，次要安全功能/非安全重要性則對應品質分級之 NQ。



- 品質分級各類設備之定義如下：

1. A 類

屬安全運轉之關鍵組件，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。

2. B 類

屬對安全運轉有重大影響之組件，當失效或喪失功能時會間接對操作安全、燃料完整性或民眾健康與安全造成負面之影響。

3. C 類

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。

4. NQ (Non-Quality)類

屬對安全運轉無影響之組件，當失效或喪失功能時亦不致對操作安全、燃料完整性或民眾健康與安全造成負面之影響。

表 3.1.5-1 系統主要組件之品質分級

組件	品質等級分類	註解
密封鋼筒	A	密封邊界
密封鋼筒-屏蔽上蓋	B	輻射屏蔽與氣密(非結構安全相關)
密封鋼筒-結構上蓋	A	密封鋼筒結構保護(結構安全相關)
密封鋼筒-提籃組件	A	燃料束貯存位置固定，並有中子吸收體
混凝土護箱- 襯墊，屏蔽塞	B	密封鋼筒結構保護，輻射屏蔽與混凝土支撐
混凝土護箱-鋼筋混凝土	B	密封鋼筒結構保護，輻射屏蔽
傳送護箱-本體包含屏蔽門	B	輻射屏蔽，重物吊升設施
混凝土護箱外加屏蔽	C	輻射屏蔽

表 3.1.5-2 組件之品質分級 (續)

圖號	圖 名	件號	組件名稱	功能	品質等級
TSC/FB-002	密封鋼筒外殼組件	1	外殼(Shell)	結構/密封	A
		2	底板(Bottom)	結構/密封	A
		3	定位塊(Location Lug)	操作	C
TSC/FB-003	排水管組件	1	快速接頭(Nipple)	操作	C
		2	水管(Tube)	操作	C
		3	密封墊(Seal)	操作	C
TSC/FB-004	密封鋼筒零件詳圖	3	頂蓋支撐環(Lid Support Ring)	結構	B
		5	孔蓋(Cover)	操作/密封	B
		7	背襯環(Spacer Ring)	結構	C
TSC/FB-005	結構上蓋及鍵詳圖	6	結構上蓋(Structural Lid)	結構	A
		8	鍵(Key)	操作	C
TSC/FB-006	屏蔽上蓋組件	1	屏蔽上蓋(Shield Lid)	屏蔽/密封	B
		2	快速接頭(Nipple)	操作	C
		3	密封墊(Seal)	操作	C
TSC/FB-007(1/2)	提籃組件	4	排水套管(Drain Tube Sleeve)	操作	C
		16	墊圈(Flat Washer)	操作	C
TSC/FB-007-001	提籃底部銲件組件	1	底板(Plate)	結構	A
		2	基腳(Pad)	結構	A
		3	支撐板(Support)	結構	A
TSC/FB-007-002	提籃頂部銲件組件	1	底板(Plate)	結構	A
		2	環(Ring)	結構	A
		3~5	支撐板(Support)	結構	A
		6	阻隔板(Baffle)	結構	A
TSC/FB-007-003	提籃承載圓盤詳圖	3	承載圓盤(Support Disk)	結構	A
TSC/FB-007-004	提籃零件詳圖	6	間隔環(Spacer)	結構	A
		8	上螺帽(Top Nut)	結構	A
		9	繫桿(Tie Rod)	結構	A
		14	上間隔環(Top Spacer)	結構	A

表 3.1.5-2 組件之品質分級 (續)

圖號	圖 名	件號	組件名稱	功能	品質等級
		15	分隔間隔環(Split Spacer)	結構	A
TSC/FB-007-005(1/2)	燃料方管組件	1	方管(Tubing)	操作	B
		2	中子吸收板(Neutron Absorber)	臨界	A
		3	(中子吸收板)蒙皮(Cladding)	操作	B
		4	凸緣(Flange)	操作	B
TSC/FB-007-006(1/2)	大燃料方管組件	1	方管(Tubing)	操作	B
		2	中子吸收板(Neutron Absorber)	臨界	A
		3	(中子吸收板)蒙皮(Cladding)	操作	B
		4	凸緣(Flange)	操作	B
TSC/FB-007-007	提籃導熱圓盤詳圖	17	導熱圓盤(Heat Transfer Disk)	熱傳	A
TSC/FB-008	密封鋼筒墊片	1~5	墊片(Shim)	操作	C
TSC/FB-009	密封鋼筒間隔墊片	1~6	間隔墊片(Spacer Shim)	操作	C
TFR/A-001(1/3)~(3/3) TFR/A-001-001~005	傳送護箱總圖及零件圖	1	底板(Bottom Plate)	結構	B
		2	內殼板(Inner Shell)	結構	B
		3	外殼板(Outer Shell)	結構	B
		4	吊耳軸(Trunnion)	結構	B
		5	吊耳軸蓋(Trunnion Cap)	操作	B
		6	中子屏蔽(Neutron Shield)	屏蔽	B
		7	頂板(Top Plate)	結構	B
		8	門軌(Door Rail)	操作	B
		11	保護環(Retaining Ring)	操作	B
		12	支撐板(Support Plate)	操作	B
		13	塗裝(Coating)	操作	C
		17,18	底板 A, B (Bottom Plate A, B)	屏蔽	B
		19~23	中子屏蔽邊板(NS Boundary)	結構	B
		24, 25	中子屏蔽蓋板 A, B (NS Cover Plate A, B)	操作	B

表 3.1.5-2 組件之品質分級 (續)

圖號	圖 名	件號	組件名稱	功能	品質等級
		27	加馬屏蔽磚(Gamma Shield Brick)	屏蔽	B
		29	保護環螺栓(Retaining Ring Bolt)	操作	B
		30	連接頭(Connector)	操作	C
		31	屏蔽環(Shielding Ring)	屏蔽	B
		32	進出水管線銲板(Fill/Drain Line Plate)	操作	C
		33	進出水管(Fill/Drain Line Pipe)	操作	C
		40	六角承窩頭螺栓	操作	C
		44	吊耳軸蓋六角螺栓	操作	B
		48	支撐塊	操作	B
		49	TFR 防倒用吊耳	操作	B
TFR/A-002(1/1) TFR/A-002-001~003	銜接器次總圖及零件圖	1	基板(Base Plate)	操作	C
		2	定位環(Locating Ring)	操作	C
		3,4	門軌(Door Rail)	操作	C
		5	側邊屏蔽(Side Shield)	操作	C
		6	油壓缸支撐(Support)	操作	C
		7	吊耳(Life Lug)	操作	C
		8	門油壓缸(Door Cylinder)	操作	C
		10	油壓缸螺絲帽(Cylinder Nut)	操作	C
		12	連接頭本體(Connector Body)	操作	C
		15	連接頭本體螺栓(Connector Body Bolt)	操作	C
		17	油壓缸螺栓(Cylinder Bolt)	操作	C
VCC-001	混凝土護箱總圖	7	蓋板螺栓(Lid Bolt)	操作	B
VCC-001-001	混凝土護箱底座銲件次總圖	1	阻板銲件(Baffle)	熱傳	B
		2	屏蔽板(Shield Plate)	操作	B
		3	屏蔽環(Shield Ring)	屏蔽	B
		4	底板(Bottom)	結構	B

表 3.1.5-2 組件之品質分級 (續)

圖號	圖 名	件號	組件名稱	功能	品質等級
		5~6	進氣口(4 組) (Inlet)	熱傳	B
		7	立管(Stand)	結構	B
		8	基板(Base Plate)	結構	B
		9	Nelson 錨釘(Nelson Stud)	結構	B
		10	實心棒(Rod)	屏蔽	B
		11	蓋板(Cover)	操作	C
		13	邊板（Side Plate）	結構	B
VCC-001-002	混凝土護箱 結構銲件	1	內殼(Shell)	屏蔽/結構	B
		2	頂部凸緣(Top Flange)	結構	B
		3	支撐環(Support Ring)	結構	C
VCC-001-003	混凝土護箱 排氣口銲件	1~7	排氣口銲件(4 組) (Outlet Weldment)	熱傳	B
VCC-001-004	混凝土護箱 屏蔽塞	1	屏蔽塞(Shield Plug)	屏蔽	B
		2	中子屏蔽蓋板(Neutron Shield Cover)	屏蔽結構	B
		3	中子屏蔽(Neutron Shield)	屏蔽	B
		4	中子屏蔽保護環(Retaining Ring)	屏蔽結構	B
VCC-001-005	混凝土護箱 頂蓋	1	頂蓋(Lid)	結構/操作	B
VCC-001-006	混凝土護箱 吊耳組合	1	吊耳(Lift Lug)	結構	B
		2	吊耳螺栓(Lug Screw)	結構	B
		3	固定錨(Lift Anchor)	結構	B
VCC-001-007(1/2)	混凝土護箱混凝土鋼筋	1~11	鋼筋 #6(19) (Reinforcing Bar)	結構	B
		12	混凝土殼層(Concrete Shell)	屏蔽/結構	B
VCC-001-008-001	混凝土護箱 外加屏蔽屏蔽底座	2	鋼筋 #6(19) (Reinforcing Bar)	結構	B
		3	混凝土殼層(Concrete Shell)	屏蔽/結構	B

表 3.1.5-2 組件之品質分級 (續)

圖號	圖 名	件號	組件名稱	功能	品質等級
VCC-001-008-001-001	混凝土護箱 外加屏蔽固定錨	1-11	固定錨(Lift Anchor)	結構	B
VCC-001-008-002	混凝土護箱 外加屏蔽中屏蔽環	2	鋼筋 #6(19) (Reinforcing Bar)	結構	B
		3	混凝土殼層(Concrete Shell)	屏蔽/結構	B
		4	填充塊	操作	B
VCC-001-008-003	混凝土護箱 外加屏蔽上屏蔽環	2	鋼筋 #6(19) (Reinforcing Bar)	結構	B
		3	混凝土殼層(Concrete Shell)	屏蔽/結構	B
		4	排氣導管（Out Conduit）	熱傳	B
		5	填充塊	操作	B
VCC-001-008-004	混凝土護箱 外加屏蔽屏蔽蓋	2	鋼筋 #6(19) (Reinforcing Bar)	結構	B
		3	混凝土殼層(Concrete Shell)	屏蔽/結構	B

(六) 輻射安全設計

1. 安全限值

本貯存場址位於核一廠內，系統與作業之設計主要以對廠界最近處西南民家所造成的個人總有效劑量低於 0.05 mSv 為設計準則。此外，若發生意外事件時，距離廠界最近處任一位置的民眾，其全身所接受的有效劑量不可超過 50 mSv。

依輻防法第十條第一項規定與輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則之要求，及輻射工作場所之設施、輻射作業特性及實際輻射曝露程度，將核一廠財產界線內視為輻射狀況需經常處於監督下之地區，劃歸為監測區，並採取必要之輻射監測。而監測區內之輻射工作場所為管制區，管制區內採取管制措施並再加以劃分，以規範輻射作業、管制人員和物品進出，及防止放射性污染擴散；各區域之輻射限值及地區管制劃分標準詳如第七章表 7.1-1。

2. 輻射屏蔽設計

本系統屏蔽設計的目的，是使系統在容納符合熱負載限值的用過核子燃料束輻射源的情形下，其劑量率低於安全限值、符合廠界劑量，並合理抑低操作人員接受劑量。爲達此目的，貯存系統輻射屏蔽結構體之材料、組成、比重、厚度及幾何空間位置等資料，詳如第六章四、(五)節。

3. 職業曝露合理抑低

本節敘述貯存系統之裝載、傳送和貯存期間，為防護工作人員和民眾免受放射性污染和降低輻射曝露，所採用的設計和操作考量。

本系統作業地區之輻射防護規劃，係沿用核一廠既有已奉核安會核准之輻射防護計畫執行，故執行貯存作業時應只需進行有限的監測，便可減少職業曝露，且符合合理抑低考量。採行之設計或措施如下：

(1) 輻射管制區與監測區之劃分及輻射防護與監測設備之設置

A. 反應器廠房

執行燃料運貯作業時，將視需要將反應器廠房五樓臨時建立示警區域，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，以利執行吊卸、裝填、除污、排水、乾燥、充灌氦氣、封銲、檢測、測漏等作業。

反應器廠房五樓已設有若干組固定式加馬輻射偵檢器，其具警報功能，並且在停電時由緊急電源供電。另外，依作業需求設置活動式輻射監測儀器及空浮監測儀，並具顯示功能。

B. 貯存場

貯存場位於核一廠廠區內，但遠離一般廠內工作人員，已規劃設置圍籬並執行進出管制及地區管制等措施，能有效防止工作人員誤入或非法的侵入。

密封鋼筒可提供長期之密封。而混凝土護箱運往貯存場之前，均先執行表面之擦拭檢測，證實無污染；故在長期貯存期間應無放射性物質外釋。因此，貯存場不需要設置通風排放系統。

至於輻射監測設備方面，貯存場周邊已增設 2 台環境輻射監測器(HPIC)偵檢器，連續監測貯存設施對環境的輻射影響。在電力中斷時，將由緊急電源供電。所採用的儀器，皆能與核一廠現有之 Reuter-Stokes RSS-120/121 型環境輻射監測器相容，以利輸出訊號並加以處理。此外，場址四周亦增設環境 TLD 佈點，以監測貯存場對環境劑量的影響。

(2) 吊卸、裝填、運搬、貯存等作業區職業曝露合理抑低之設計

A. 反應器廠房

(A) 地區管制

反應器廠房內之吊卸、傳送與封銲等作業，依現有輻防規定與措施實施輻射管制及合理抑低原則執行。

(B) 通風排放系統

反應器廠房五樓已設有通風排氣系統，送風口在廠房北側，抽風口在廠房南側，其設計能在正常運轉與燃料吊裝作業時維持工作區域空氣品質，以保護工作人員。此外，燃料池四周(溢流口高度以上)設有通風口，所排放的氣體經空氣濾器過濾後排放。

(C) 其他

人員與工具的除污可利用核一廠燃料池周邊現有的除污作業所需的氣源、水源及電源。此外，也可藉由核一廠現有的設備與規定，來執行工作人員輻防與合理抑低訓練。

B. 貯存場

貯存場位於核一廠內，已採取圍籬等有效措施，能有效防止工作人員誤入或非法的侵入。此外，規劃貯存場之配置，各混凝土護箱之間保持適當的間隔與距離，使得工作人員執行例行偵測與維修保養時所接受的劑量在合理範圍內。

(七) 作業安全設計

以下將針對系統與作業安全設計提出一般設計準則，這些準則之驗證與實踐將反應於各項安全分析與系統設計章節中。

1. 核臨界安全

(1) 功能要求

於相關章節(如第六章一節)提供設計特性及分析驗證，使燃料束在搬運、吊卸及貯存作業時，都保持次臨界狀態。

(2) 設計要求

A.傳送護箱與貯存設施之設計，在所有正常、異常與事故狀態下，有效中子增殖因子(k_{eff})都要小於 0.95。

B.核臨界安全分析應包括以水當貯存燃料束緩和劑之情況。

(3) 規範及標準

貯存設施之核臨界安全應符合 10CFR72.124 及 72.236(C)[3]之規定。

2. 作業之安全設計

以下將依作業特性，就燃料束之吊裝、傳送護箱之運送與處理、混凝土護箱之貯存、安全防護，以及輻射防護等階段工作，分別敘述各階段工作安全設計之要求與法規依據

(1) 燃料束之吊裝

A. 功能要求

應提供初步除污、密封、觀察、檢驗及編號等功能；對燃料束衰變熱量低於設計最高值進行確認；對燃料束燃耗高於設計最低值進行確認；提供必要的輻射防護；確保燃料束吊裝時不致受損。

B. 設計要求

(A) 燃料束的吊卸設備，應有下列安全設計原則：

- 燃料束之吊卸裝置應設計為可穩固銜接，並應具有防止脫離的功能。此外，應易於除污、檢驗、維護、裝卸及貯存。
- 燃料吊車應有限制開關與連鎖，並應有精確的定位功能。
- 應提供足夠照明，以利判定燃料束及護箱之編號。
- 所有與燃料束接觸的表面應避免有尖銳的觸角、斜面及銲接殘渣，以防止燃料受損。
- 燃料吊車之設計應能承受所有的設計負載，故障時應不致造成燃料束之墜落。

(B) 提籃之燃料束套管之設計應方便燃料束之插入或移出。

(C) 須有足夠之屏蔽以保護操作人員。

(D) 吊運時，對每一燃料束之編號應予以確認。

(E) 正常、異常及意外狀況下，均不致造成分裂產物外釋。

(F) 燃料束裝置位置應有足夠的內部空間，可使預定貯存的燃料在稍有扭曲狀態下仍可插入或移出。

(G) 相關設備應依工業標準及勞工安全衛生法之規定設計，並依相關規定辦理測試、檢驗及維護。

(H) 依合理抑低原則，進行維護、更換或修理失效之吊卸設備。

C. 法規及標準

燃料束吊卸區設備及使用之物件，應依工業規範及標準設計。

(2) 傳送護箱之傳送與處理

A. 功能要求

提供傳送護箱傳送所需之設備;提供傳送護箱所有作業的觀察功能；提供工作架讓工作人員接近直立的傳送護箱頂端；提供處理上蓋、重工具、螺栓旋緊器之設備；提供取樣等作業空間。

B. 設計要求

(A) 傳送護箱及其支持系統之設計，應能承受所有的設計負載。

(B) 傳送護箱結構的設計，必須提供設備搬移、便於維護及除污的準備或安排。

(C) 為使工作人員使用平台以到達傳送護箱之頂部，應有出入所需的足夠空間。

(D) 為了安全運送傳送護箱，應執行對參數(如傳送護箱表面輻射及密封完整性)的檢驗與偵測。

(E) 提供密封鋼筒內氣體取樣分析之能力。

(F) 傳送護箱準備區須事先加以規劃。

C. 規範及標準

(A) 傳送護箱傳送與處理之相關設備應依據商業規範及標準進行設計。

(B) 傳送護箱吊卸區所採購使用之物料應符合工業標準。

(3) 混凝土護箱之貯存

A. 功能要求

對所有混凝土護箱提供定期檢查的功能及溫度監測功能;對移動作業提供輻射防護措施；提供輻射監測裝置；提供適當的貯存區基礎結構；提供足夠的排熱功能以限制燃料護套溫度。

B. 設計要求

(A) 貯存系統之設計應能承受所有的設計負載。

(B) 貯存區使用之材料應考慮輻射、熱劣化效應對使用壽命之影響。

(C) 混凝土護箱之設計，應對預期的貯存環境及設計壽命提供適當的腐蝕餘裕。

(D) 每一貯存位置應由特別的、永久的及可見的號碼辨識。

(E) 可能污染的貯存系統表面的設計，應能防止污染物之累積。

(4) 安全防護

A. 功能要求

提供貯存設施內安全屏障、進出管制設施、闖入偵測設備、監控設備、以及安全照明；並提供對設施外之通訊設備。

B. 設計要求

(A) 操作區與各監控中心間，應提供通訊系統。

(B) 提供雙重及分向的對外通訊設施，並依緊急應變計畫與地方或地區的主管機關相連接。

(C) 貯存設施之保安設計應與核一廠廠區現有保安系統配合。

(D) 應提供適當之照明設備，其亮度應符合 CNS 標準。

(5) 輻射防護

A. 功能要求

限制工作人員劑量至合理抑低的程序,並依設計基準限制對一般民眾所接受的年劑量。

B. 設計要求

(A) 運轉、維護與檢驗作業，應依照合理抑低的原則予以設計、製造、裝設、屏蔽。

(B) 設施的設計,應儘可能減少須在輻射區執行工作所需的時間。

(C) 設計屏蔽時，應避免引起局部高輻射區。

(D) 設施之設計應提供密封、通風系統。

(八) 預防異常狀況或意外事故之設計

本節說明設施依場址、結構體或作業特性所需加強預防異常狀況或意外事故之設計，考慮的項目包括有火災、爆炸、護箱材料老化監測與放射性氣體外釋、排水系統失效、入滲量異常增加或設施內積水等。以下分別說明之：

1.火災或爆炸

(1) 混凝土護箱運送車油箱之油料量不得超過 50 gal。

(2) 雙重圍籬防止外人進入貯存場破壞或引爆。

2.護箱材料老化監測與放射性氣體外釋

(1) 貯存期間在外加屏蔽進氣道內設置有密封鋼筒材料監測試片，可定期取出檢驗，以了解密封鋼筒外表材料有無劣化現象。該材料監測試片以每 5 組護箱為單位設置 1 組材料監測試片，每組試片各 4 片，分別設置在外加屏蔽的 4 個進氣孔不銹鋼網板的內側。

(2) 貯存場四周增設兩部環境輻射監測器，並與核一廠廠區輻射監測系統連線，以監視萬一之放射性氣體外釋。

3.排水系統失效、入滲量異常增加或設施內積水

(1) 貯存場混凝土基座四周排水溝之設計均依地勢佈置，讓雨水循排水系統匯集後，再排入乾華溪。

(2) 混凝土基座為一平滑地板，雨水將隨其本身重力流入四周排水溝。

(3) 混凝土護箱進氣口離地面有 33 cm，雨水不會淹入混凝土護箱內。

(九) 利於未來除役作業之設計

乾式貯存系統的最初設計，已排除在貯存期間發生污染外洩的情形，故貯存區基座、圍籬及各項輔助公用設施，並無除污需求，除役時可經偵測達一定活度或比活度限值以下時，進行外釋或再利用。系統的主要貯存組件為混凝土護箱和密封鋼筒，以下分別描述其利於未來除役之考量：

1. 混凝土護箱

貯存期間，混凝土護箱對密封鋼筒內所裝載用過核子燃料，提供了生物屏蔽及安全防護功能，因不會與污染物件接觸，故混凝土預期不致遭受污染。混凝土護箱在裝載作業時，可能與其他物件接觸的部份為頂部、內襯與底板，在正常運作情況下不會受到污染，即便遭受污染，因該部份均為碳鋼材質且表面平滑，故應可有效除污。

貯存期間，混凝土護箱之碳鋼內襯、混凝土、支撐板、鋼筋可能受中子活化，但由於用過核子燃料中子通率非常低，預期組件受活化的量非常少。NAC 曾以 BWR 設計基準燃料計算而得各組件之活度，詳如表 3.1.9-1，惟本設施實際裝載燃料發出之中子射源強度，至少為 NAC BWR 設計基準燃料之十分之一以下；未來除役時此類組件，可依據核安會 93 年 12 月 29 日公佈之「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」之規定外釋。

未來執行除役時，須先將密封鋼筒運走，混凝土護箱則可再利用，或予解體而以一般廢棄物處理或回收為路基填料再利用；金屬鋼材組件可切段，以減少體積，並依上述辦法之規定外釋，幾乎不產生放射性廢棄物。

2. 密封鋼筒

密封鋼筒之設計與製造規範嚴謹，符合廢棄物永久處置包件要求。密封鋼筒和結構上蓋之材質為 Type 304L 不鏽鋼結構，且表面並不油漆或鍍上保護物質，故可直接處置。未來除役時，假設需將密封鋼筒內裝之用過核子燃料再取出，則密封鋼筒之結構上蓋及屏蔽上蓋銲道須予以切除，並在適當之燃料池或乾式卸載設施如熱室內，將用過核子燃料取出；密封

鋼筒內部可能存有殘渣(crud)污染物，因密封鋼筒設計已考慮不易污染及最易除污為原則，且由於中子通率相當地低，受活化量應甚少。NAC 曾以 BWR 設計基準燃料計算而得各組件活度，詳如表 3.1.9-2，惟本設施實際裝載燃料發出之中子射源強度,至少為 NAC BWR 設計基準燃料之十分之一以下；燃料取出後，提籃可吊出密封鋼筒，進行分解除污，產生之廢棄物量亦非常低，可以併同核電廠除役產生之廢棄物統一處理。

3. 混凝土基座

混凝土基座提供混凝土護箱貯存期間之堆置，由於混凝土護箱內之密封鋼筒不會有洩漏，故混凝土基座預期不致遭受污染。若萬一發生洩漏污染，也是以氣體排放方式釋出，且排放也以上方出氣口為主；故混凝土基座即便遭受污染，因其表面平滑，屆時只要依一般除污方法(如抹布及適當藥劑)即可達到除污之目的。

貯存期間，混凝土護箱之密封鋼筒內用過核子燃料仍會發射中子，但由於其中子通率非常低，並再經過混凝土護箱之屏蔽與外加屏蔽，到達混凝土基座之中子將更低，預期其受活化的量幾乎可忽略。未來執行除役時，混凝土基座可再利用，或予解體而以一般廢棄物處理或回收為路基填料再利用。

表 3.1.9-1 混凝土護箱活化活度統計-BWR 設計基準燃料(Bq/m^3)

同位素[1]	混凝土槽體	內襯	屏蔽塞	頂蓋	蓋板	底座	基座板
^{14}C	--	--	1.30E03	--	--	--	--
^{45}Ca	2.93E05	--	--	--	--	--	--
^{54}Mn	2.86E03	3.96E09	7.29E07	8.84E06	5.07E04	2.61E09	8.88E08
^{55}Fe	1.45E06	7.77E10	1.20E10	3.07E09	7.70E05	4.18E06	1.30E10
^{60}Co	1.23E05	2.19E07	4.07E06	7.70E05	3.09E05	1.58E07	4.92E06
^{63}Ni	--	--	--	--	4.03E08	--	--
Total	1.95E06	8.21E10	1.21E10	3.10E09	4.14E08	4.48E10	1.40E10

1. 50 年活化，1 週冷卻。

表 3.1.9-2 密封鋼筒活化活度統計-BWR 設計基準燃料(Bq/m^3)

同位素[1]	筒壁	屏蔽上蓋	結構上蓋	底部
^{54}Mn	5.66E06	1.81E06	2.41E05	4.66E06
^{55}Fe	5.14E07	4.66E04	2.06E07	6.22E07
^{60}Co	2.04E07	1.86E07	8.21E06	2.49E07
^{59}Ni	2.30E04	2.07E04	9.18E03	2.76E04
^{63}Ni	2.70E10	2.44E10	1.08E10	3.25E10
Total	2.77E10	2.50E10	1.11E10	3.33E10

1. 50 年活化，1 週冷卻。

(十) 設計資料需附適當比例尺之詳細圖說

本計畫各主要組件、結構及系統竣工圖目錄如表 3.1.10-1，各設計圖如附錄 3.A 所示。

表 3.1.10-1 各主要組件、結構及系統竣工圖之圖目錄

No.	圖　　號	圖　名
1	TSC/FB-001(1/3)	密封鋼筒總圖
2	TSC/FB-001(2/3)	密封鋼筒總圖
3	TSC/FB-001(3/3)	密封鋼筒總圖
4	TSC/FB-002	密封鋼筒外殼組件
5	TSC/FB-005	結構上蓋及鍵詳圖
6	TSC/FB-006	屏蔽上蓋組件
7	TSC/FB-007-(1/2)	提籃組件
8	TSC/FB-007-001	提籃底部銲件組件
9	TSC/FB-007-002	提籃頂部銲件組件
10	TSC/FB-007-003	提籃承載圓盤詳圖
11	TSC/FB-007-005(1/2)	燃料方管組件
12	TSC/FB-007-006(1/2)	大燃料方管組件
13	TSC/FB-007-006(2/2)	大燃料方管零件詳圖
14	TSC/FB-007-007	提籃導熱圓盤詳圖
15	VCC-001	混凝土護箱總圖
16	VCC-001-004	混凝土護箱屏蔽塞
17	VCC-001-005	混凝土護箱頂蓋
18	VCC-001-006	混凝土護箱護箱吊耳組合
19	VCC-001-007(1/2)	混凝土護箱混凝土鋼筋
20	VCC-001-008(1/2)	混凝土護箱外加屏蔽
21	VCC-001-008-007	混凝土護箱外加屏蔽安全鉛封
22	TFR/A-001(1/3)	傳送護箱總圖
23	TFR/A-001(2/3)	傳送護箱總圖
24	TFR/A-001(3/3)	傳送護箱總圖
25	TFR/A-002(1/1)	銜接器次總圖

二、 設施之建造

本節將就貯存設施之施工特性及施工計畫分別敘述。

(一) 施工特性

以下說明本案施工及完成狀況概要，包括所遵循之法規、標準及規範、施工階段及施工範圍等。

1. 法規、標準及規範

ACI 318 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete.", 2005。

ACI 349 and ACI 349R, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures." 2001.

ACI 施工相關規範

中華民國國家標準(CNS)

“建築法”，民國 93 年 1 月 20 日。

“中華民國建築技術規則”，93 年 12 月 14 日內政部台內營字第 0930087306 號，民國 94 年元月，民國 94 年 7 月 1 日施行。

“建築物耐震設計規範及解說”，93 年 12 月 14 日內政部台內營字第 0930088288 號，民國 94 年 3 月，民國 94 年 7 月 1 日施行。

“結構混凝土設計規範”，內政部 91.6.27 台內營字第 0910084633 號令修訂，民國 92 年 1 月 1 日生效。

“結構混凝土施工規範”，內政部 91.7.8 台內營字第 0910084735 號令修訂，民國 92 年 1 月 1 日生效。

“鋼構造建築物鋼結構設計技術規範”，民國 90 年元月修訂。

“基礎工程施工規範與解說”，民國 87 年 11 月初版。

“建築物基礎構造設計規範”， 民國 90 年。

“水土保持法”，92 年 12 月 17 日華總一字第 09200235601 號，民國 83 年 5 月 27 日發行，民國 92 年 12 月 17 日修訂。

“水土保持技術規範”，92 年 8 月 15 日農委會農授水保字第 09200235601 號，民國 85 年 8 月 6 日發行，民國 92 年 8 月 15 日修訂。

“公共工程施工品質管理作業要點”，行政院公共工程委員會工程管字第09300303790號函修正，民國93年7月30日。

勞動檢查法，民國91年5月。

勞動檢查法施行細則，民國91年12月。

危險性機械及設備安全檢查規則，民國90年12月。

起重升降機具安全規則，民國85年4月。

內政部勞工安全衛生設施規則

中華民國消防法、消防法施行細則、及各類場所消防安全設備設置標準

“勞工安全衛生法”，民國91年6月12日。

“勞工安全衛生法施行細則”，民國91年4月25日

台電公司混凝土施工規範(土施-01)

台電公司鋼結構施工規範(土施-03)

台電公司建築工程規範

本工程施工說明書

2. 施工階段

在現場整地之前，已先確認附近道路與橋樑符合施工期間之施工車輛之載重量，並針對須強化之地方(如下有較脆弱之地下管線)，先行加固完成，方進行後續現場施工。

本案正式施工時，計畫分為假設工程及貯存場施工二個階段。

(1) 假設工程

假設工程包含圍籬設施、工務所搭設、臨時廁所、臨時水電、洗車設施、廢棄物管理等多項。

混凝土基座施工區佈置如圖3.2.1-1所示。

(2) 貯存場施工

A. 構築東側乾華溪旁之擋土排樁及西側擋土排樁與擋土牆

設置排樁及擋土牆等設施，佈置如第一章圖 1.2-8 所示。在設計施工東側護岸排樁工程時，並在回填區設置地下不織布盲管導引排水，將基座下水壓藉由排樁間之導水管排入乾華溪。

B. 整地

包括山坡穩定及貯存場之清理及植物掘除、回填、夯實及環境美化等。

C. 設置排水渠道

包括擋土排樁外之區外排水系統;另擋土排樁內之貯存場區則因考量地表逕流之雨量，故沿擋土排樁內側設置排水明溝，將不妨礙混凝土護箱之操作貯存。包括貯存場一般佈置如第一章圖 1.2-8 內之排水系統。

D. 貯存場地基座施工

貯存場場址範圍內提供作為承載混凝土護箱的筏式基座面積約 2,200 m^2，厚約 0.9 m，基座下方舖設碎石級配，筏式基座完成面高程約 24 m，供混凝土護箱露天存放。

E. 相關機電、儀控及給排水等工程施工

相關適當照明設備及水電設施。詳如第一章圖 1.2-8 所示。

F. 橋樑施工及道路修繕

包括跨乾華溪至貯存場之橋樑施工及至貯存場之道路修繕。

G. 圍籬施工

貯存場設置有雙重圍籬，外圍籬高 1.5 m，內圍籬高 2.5 m，兩層圍籬間設置寬約 6.1 m，並設置人員巡邏道路。

3. 施工範圍

本工程範圍包括混凝土護箱之設計製造、實際承載貯存護箱之筏式基座、進場道路以及配合工程施工所需之相關土木、建築、機電、儀控、消防及給排水等工作。詳細配置如第一章圖 1.2-8，剖面如第一章圖 1.2-9 所示。因貯存場位於乾華溪西岸，在廠址施工期間僅有預拌車及施工機具沿乾華溪東岸道路進出，貯存場混凝土基座為筏式基座，不為樁式基座，故不會有振動及噪音，對所在核子反應器設施既有結構、系統、組件及整體運轉安全不產生影響。另在試運轉階段，因會使用大型運輸車輛及機具，將會衝擊傳送道路及運轉廠房，此部分已提出專案評估報告。

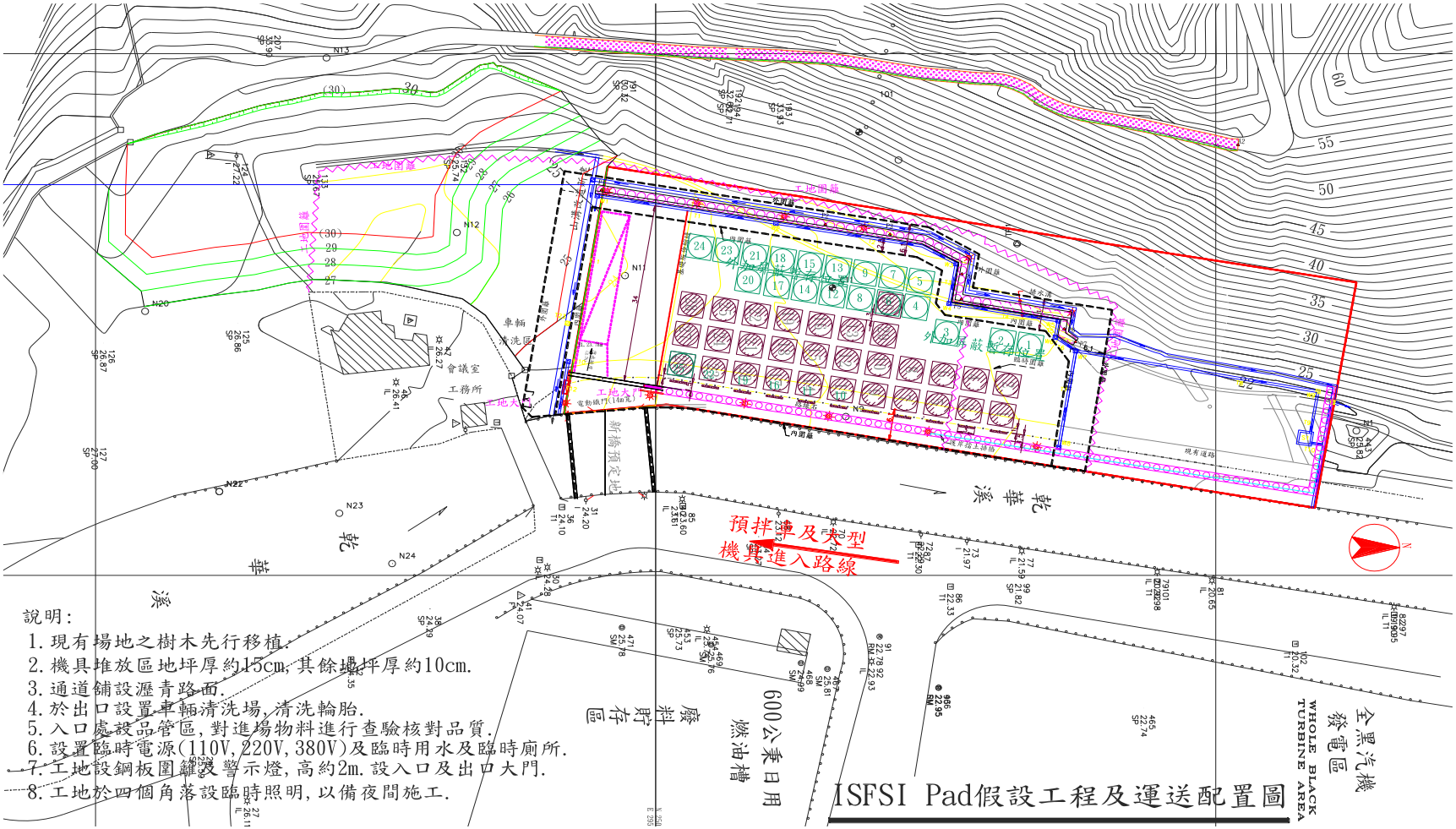


圖 3.2.1-1 貯存場混凝土基座假設工程及運送配置圖

(二) 施工計畫

本節僅就貯存設施之建造施工計畫，包括主要施工項目、時程及管理方法等，提出概要說明。詳細內容已說明於運貯相關施工計畫書中。

1. 施工項目

針對主要施工部份之大致工作項目做一概述。

(1) 貯存場混凝土基座施工

本工程於整地工程完成後施作，整地工程時先將表土樹根區深度挖除，進行挖填方整地，預估挖除表土層深度達設計開挖線約 2.5 m 後，以碎石級配分層回填夯實至筏基底部，高程約 23.1 m，其上施做 90 cm 厚之筏式基礎。

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。貯存場規劃總面積約為 2,876 m^2(長 86 m × 寬 34.5 m，已扣除西北側內縮面積)，其中南向 16 m 寬道路與貯存場筏式基礎間設伸縮縫，結構不連續，故實際貯存護箱之承載筏式基礎面積約 2,200 m^2(長 70 m x 寬 34.5 m，已扣除西北側內縮面積)，基座厚 0.9 m。進場道路長約 35 m，寬 16 m，RC 厚約 0.6m

(2) 裝修規劃

完成貯存場混凝土基座施作後，在貯存場周邊設置圍籬及電動鐵門、聯絡道路、雨水排水系統、照明設施、停車空間等。

A. 設置雙層永久圍籬及電動鐵門

Pad 四周設有雙重之圍籬，內圍籬高 2.5 m(總長約 234 m)，外圍籬高 1.5 m(總長約 200 m)，內外圍籬間距依據法規 10CFR 73.51 之規定，至少須 20 呎(6.1 m)，以達到淨空隔離之目的。南側內外圍籬間距因須配合水保 DSA 滯洪沉砂池之設計，其間距增為 7.35 m。

圍籬四周有全天候巡視道路，東側緊鄰乾華溪，並新建新乾華橋(約 14 m 寬)，內設電動大門(高 2.5 m)，外設手動推開大門(高 1.5 m)，進行管制作業；北側為回填區與 DSB 滯洪沉砂池；西側為山坡地，並設有基樁及至少 3 m 高之擋土牆；南側將 PAD 開挖之廢土回填至

高程 EL.33 m，以作為與西南民家間之屏蔽，內外圍籬間有水保設計之 DSA 滯洪沉砂池，如此配置形成周圍之屏障。

B. 聯絡道路

貯存區內車行道路寬 6.1~16 m 不等；另為考量內外圍籬間人員之巡邏，於北側靠近崗哨之外圍籬，設置 3m 寬之管制門。場區道路經測試符合操作迴轉空間。

C. 雨水排水系統

於擋土牆外有排放山坡地雨水逕流至乾華溪之排水溝；擋土牆內貯存場區內雨水逕流之設置重力式排水溝，先導流入二座滯洪沉砂池後，再分別排放至乾華溪。

D.停車空間

於橋樑與貯存場間寬約 16 m 之道路上，規劃有大型車輛之停車空間，以利操作車輛之臨時停車，並且不防礙車輛行進使用。

E. 新建橋樑及新建道路施工

包括橫跨乾華溪至貯存場之新建橋樑及至貯存場之新建道路施工。

F. 運送道路補強

由一、二號機廠房至貯存場間運送路徑上之現有道路，已進行載重評估，並採取適當之補強措施，可保護地下管線及坡崁。

(3) 機電工程

包括警衛亭設施(含電力)、貯存場照明、避雷接地、貯存箱溫度監控、保安(1 監視系統.2 侵入警報系統.)、輻防、通信、電動拉門等。

A. 警衛亭設施

警衛亭設施--提供照明開關、分離式冷氣、排風扇等。警衛亭內設置電力分電盤供應 220V 及 110V 電力,供應貯存場照明及電動門及監控、保安、幅防等用電。分電盤電力來源，由一號倉庫 2F 電力室供應 480V 電壓。貯存場保安設備用電由核一廠監控中心既設保安電

源盤增設一 NFB(1P20A)送至貯存場警衛亭供給貯存場內保安設備監視系統使用。

B. 照明設施

於 PAD 四周設置 16 支 8 公尺高之燈桿，燈桿間距最長為 18.4 公尺，其亮度最小照度為 130 lux，符合法規建築技術規則(建築設計施工編)第 116-3 條採用車道出入口規定之 100 lux 空間最小照度規定。

C. 避雷接地

貯存場內設置一支放電式避雷針，裝置於西北角 8M 高燈柱上，其其避雷接地網系統下方附近。另警衛亭附近設置一設備接地網。

D. 貯存場溫度監控

貯存場內之貯存箱設置溫度偵測器，其各信號傳輸至警衛亭內之 PLC 監視盤，再傳輸至廠區內之壹貯庫及廢料液體監控室。

E. 保安設備

保安設備包含以下項目:

1. 監視系統:

貯存場設置 5 支全天候彩色攝影機其影像信號經警衛亭內 24 芯光纖模組箱，信號再傳輸至壹貯庫內新設監控主機櫃。

2. 侵入警報系統:

貯存場圍籬上設置不鏽鋼壓力感知器及紅外線偵測器其偵測信號警衛亭內 24 芯光纖模組箱，信號再傳輸至新設監控主機櫃。

F. 環境輻射監測系統

設置游離腔偵檢器支架裝置,信號傳輸至警衛亭光纖總收箱.游離腔偵檢系統監視主機設置在一號儲庫。另貯存場內設置 TLD 佈點支架 14 組。

G. 通信

採用既有廠用 PHS 無線系統。

2. 施工時程

貯存設施之施工時程如下圖，計畫施工時程如第一章附錄 1.C 所示。

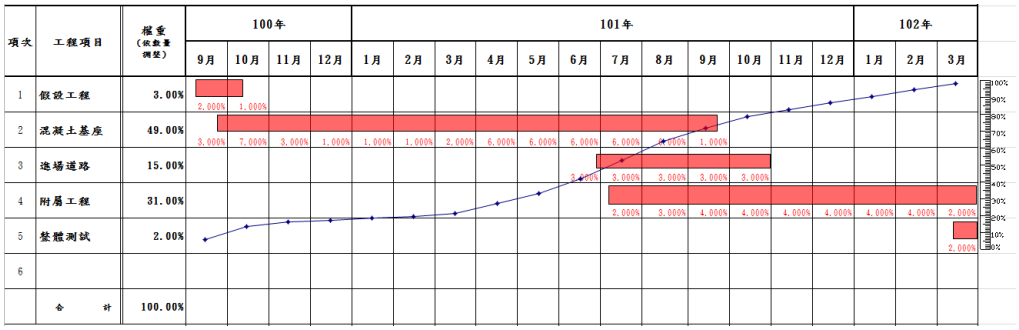


圖 3.2.2-1 貯存設施之施工時程

3. 管理方法

(1) 本工程主要組織架構

本計畫施工、安裝/吊運及貯存等階段之組織架構，詳如第四章圖 4.1-1 及表 4.1-1~4.1-3 所示。

(2) 工程採購及審查程序

承包商依政府採購法及第十章第三、(四)及(七)節之規定，進行採購作業。

(3) 品質管理標準訂定實施

依工作項目及設計圖說及規範要項,訂定施工品質管理標準。針對施工前、施工中後等階段，分別就設計圖說及規範列出細項，將管理項目、管理標準、權責劃分及管理方法等加以書面化俾利施工及品管人員對各項作業之品質要求及權責瞭解。施工品質管理標準表中包括管理項目、管理標準、管理方法及不符合標準之處理方法等，作為品管工作之依據，使工程能確實依工程契約、設計圖說及規範要求施作，以確保工程品質。

(4) 施工品質管制送審作業流程

有關施工檢驗流程與材料及文件送審流程如圖 3.2.2-2 及圖 3.2.2-3 所示，並依第十章各節之規定辦理。

依第十章各節之規定辦理。

施工檢驗流程圖

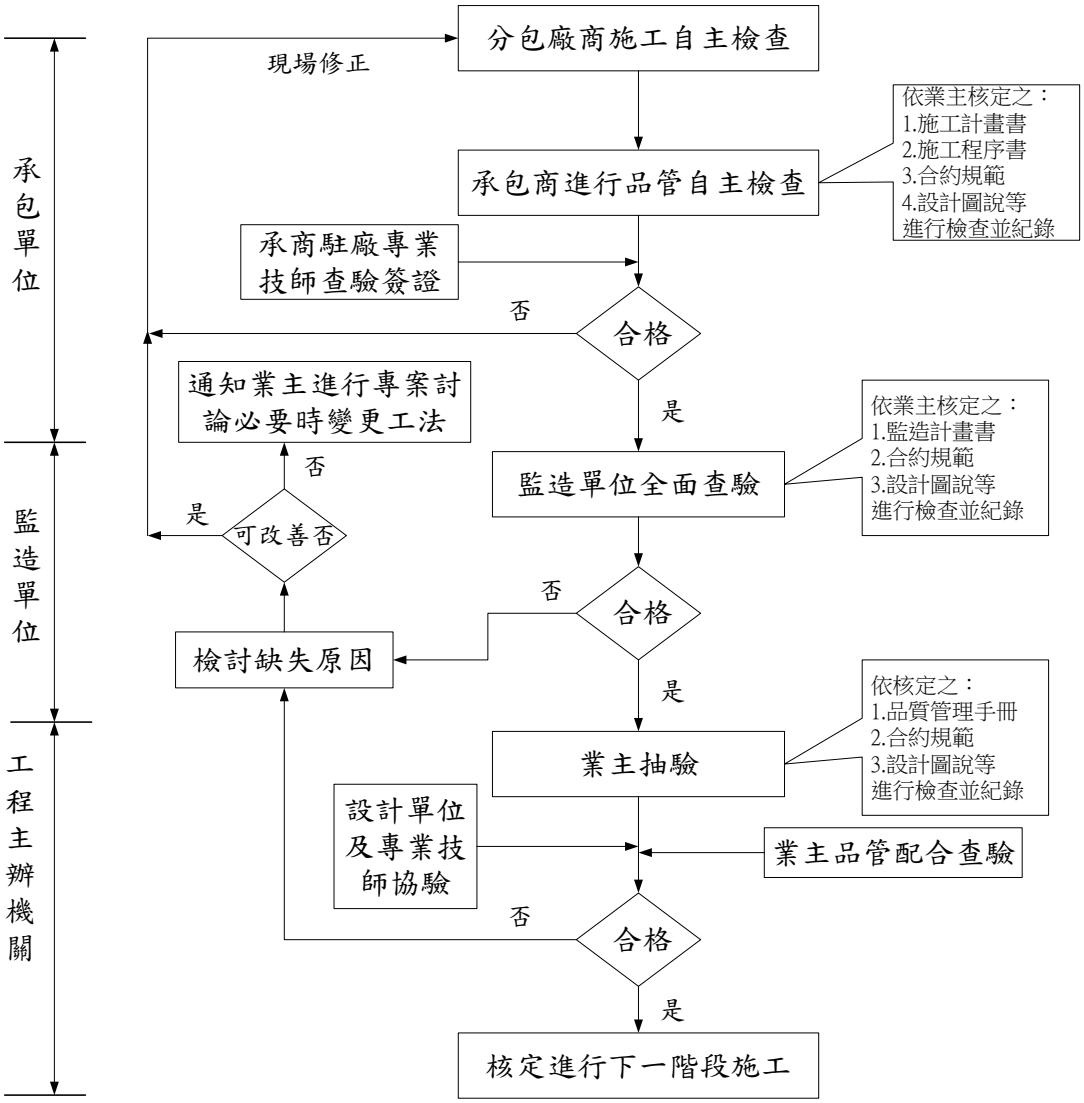


圖 3.2.2-2 施工檢驗流程圖

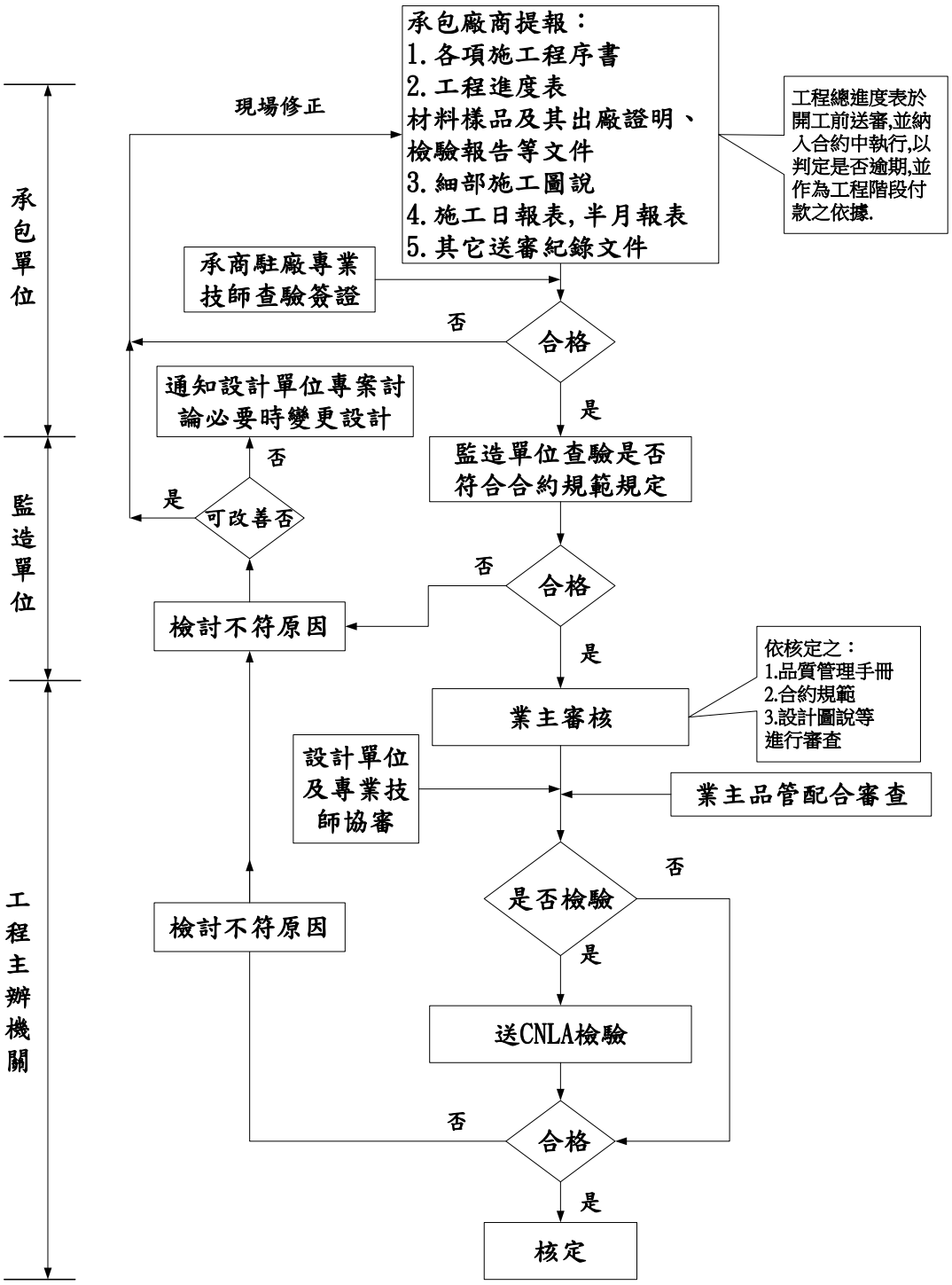


圖 3.2.2-3 材料及文件送審流程圖

(5) 交通維護、工地安全與環境管理

主要工作範圍摘述如下，詳細內容呈現於相關施工計畫書中。

A. 工地內外環境整理及清潔之維護。

B. 垃圾管道之設置維護及垃圾分類處理清運。

C. 安全圍籬之設置維修及門禁警衛管理。

D. 臨時水電、空調照明之設置及清理。

E. 臨時廁所之設置及清理。

F. 施工人員之管理。

G. 工區管道、開口樓梯等之安全欄杆圍封設置及維修。

H. 工區動火管理。

I. 安全標誌、燈號、警告標語、消防器材之設置維修。

J. 鷹架之定期檢驗。

K. 防颱、防火、防盜、防潮之相關工作及其他未列入安全措施。

(6) 災害處理應變計畫

應變流程摘錄如圖 3.2.2-4 所示，詳細內容呈現於相關施工計畫書及意外事件應變計畫書中。

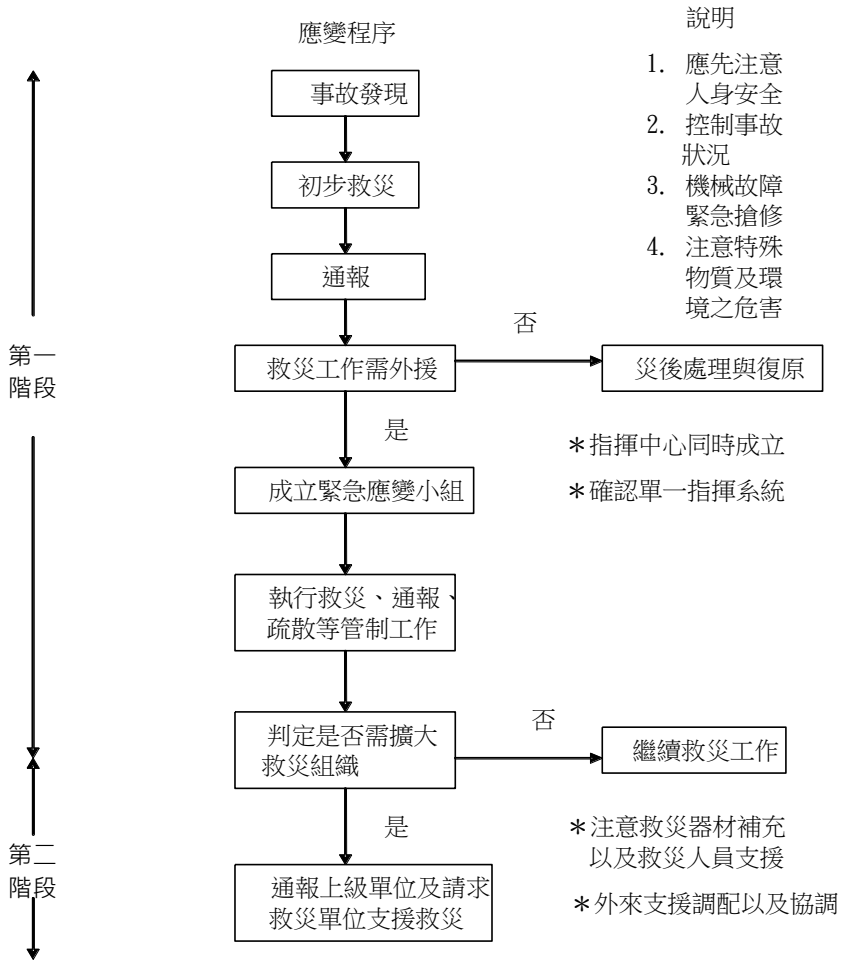


圖 3.2.2-4 緊急及意外事故通報流程圖

三、參考文獻

1.楊明宗，郭榮卿，”乾式貯存筒材料腐蝕劣化監測計畫建議書”，95.2.13。

2.楊明宗，郭榮卿，”用過核燃料乾式貯存混凝土護箱 A36 低碳鋼內襯墊大氣腐蝕行為評估”，94.12.26。

3. 10 CFR 72, "Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste.”, 2005/1/1

4. ANSI/ANS 57.9, "Design Criteria for an Independent Spent Fuel Storage Installation (Dry Storage Type).", 2000/06/07

5. ANSI/AWS D1.1, “Structural Welding Code – Steel,” 2004 Edition.

6. ACI 349 and ACI 349R, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures and Commentary.", 2001

7. ACI 318 and ACI 318R, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete.", 2005

8. ANSI N14.6," American National Standard for Special Lifting Device for Shipping Containers Weighing 10,000 lbs or More for Nuclear Materials.", 1993

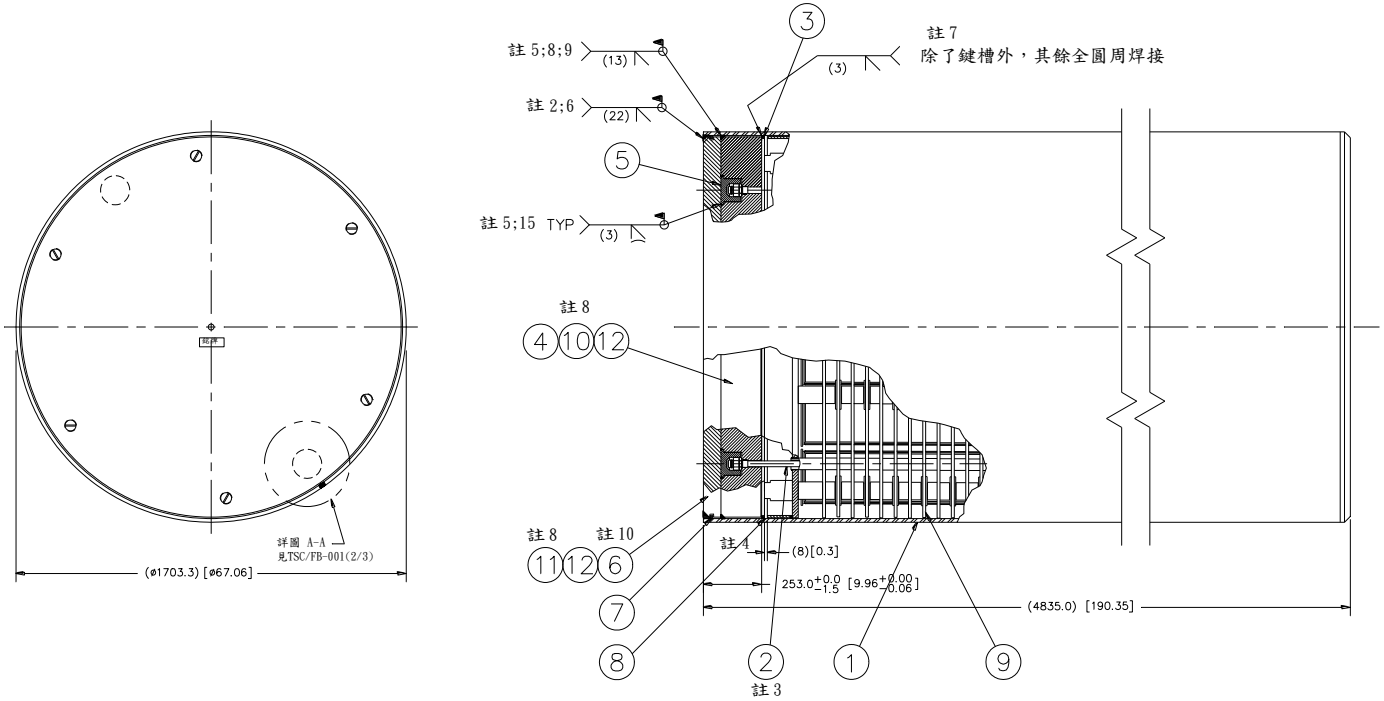
9. NUREG 0612, "Control of Heavy Loads at Nuclear Power Plants.", 1980/07

10. ASME Section IX, "Welding and Brazing Qualifications.", 2004

11. U.S. NRC Regulatory Guide 1.76, "Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants," April 1974.

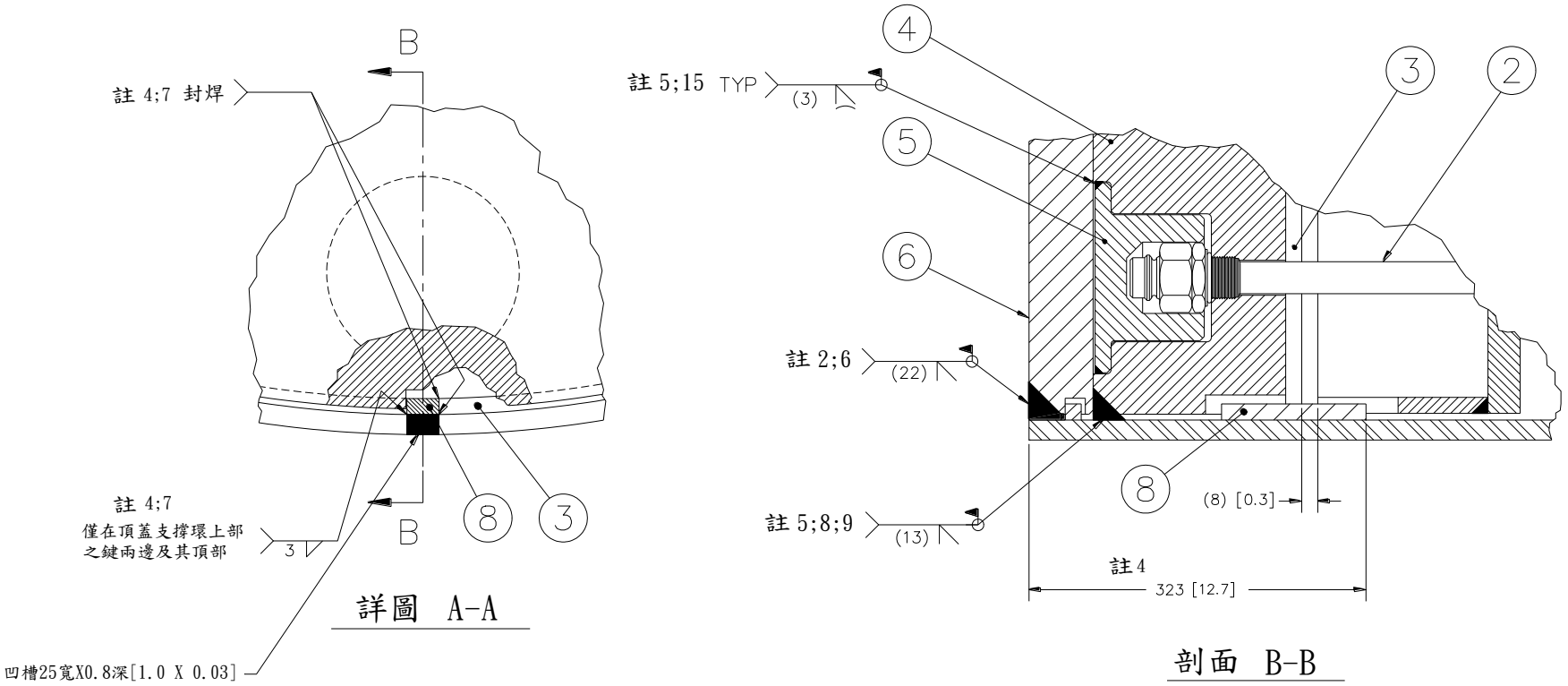
12. NUREG 0800," Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, LWR Edition.", 2005/08/24

附錄 3.A　INER-HPS 系統之重要組件竣工圖



12	2	暗筍銷	ST. STL. COML 1" DIA x 1" LONG		NQ
11	6	結構上蓋塞	ASTM A276 304 ST. STL. 2" DIA BAR	TSC/FB-004	NQ
10	3	屏蔽上蓋塞	ASTM A276 304 ST. STL. 1" DIA BAR	TSC/FB-004	NQ
9	1	提籃組件	詳見提籃次總圖	TSC/FB-007	A
8	1	鍵	ASTM A240/A276 304 ST. STL. 1/2" PLATE/BAR	TSC/FB-005	C
7	1	背襯環	ASTM A479/A240 304 ST. STL. BAR/PLATE 1/2" X 1/2" SQ	TSC/FB-004	C
6	1	結構上蓋	ASME SA240/SA182 304L ST. STL. PLATE/FORGING	TSC/FB-005	A
5	2	孔 蓋	ASTM A479 304 ST. STL BAR	TSC/FB-004	B
4	1	屏蔽上蓋組件	ASTM A240/A182 304 ST. STL. PLATE/FORGING	TSC/FB-006	B
3	1	頂蓋支撐環	ASTM A479/A240 304 ST. STL. BAR/PLATE 1/2" X 1/2" SQ	TSC/FB-004	B
2	1	排水管組件	ASTM A249/A213 304 ST. STL. 1" OD X 0.035" WALL TUBE	TSC/FB-003	C
1	1	外殼組件	ASME SA240 304L ST. STL. 5/8" PLATE	TSC/FB-002	A
件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質

TSC/FB-001(1/3) 密封鋼筒總圖

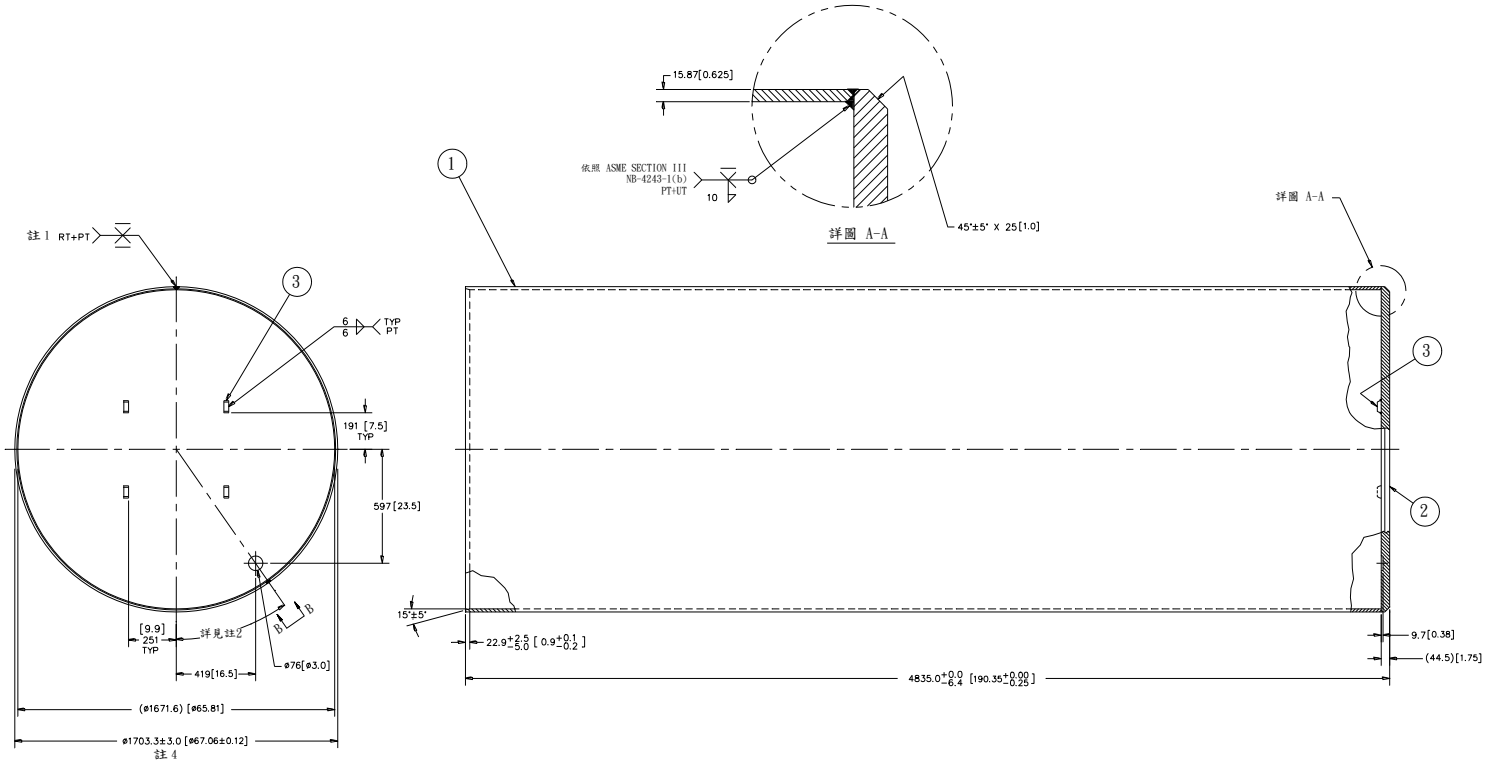


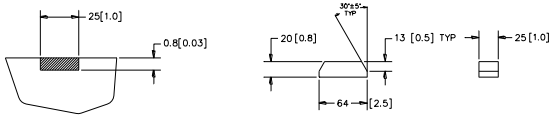
TSC/FB-001(2/3) 密封鋼筒總圖

註:

1. 圖面顯示為組立完成後的狀態，焊接符號僅供參考，實際組立順序請參照相關程序書。
2. 結構上蓋與外殼焊接時，除根部及最終表面做液滲檢測(PT)外，每隔9.53mm(3/8")焊道厚度亦做PT。檢測應依照ASME SECTION V ARTICLE 6，合格標準應依照ASME SECTION III ARTICLE NB-5350。
3. 使用之潤滑劑要與用過核燃料池相容的潤滑劑(例如NEOLUBE)，EPDM和VITON(或同級品)為可供選擇的密封墊材料，接頭要用合適的扳手鎖緊，扭力值依商品規格。
4. 安裝提籃(件號9)之後，如圖所示，在提籃頂部開槽上放入定位鍵(件號8)，並將定位鍵點焊在外殼(件號1)的側邊上；放上頂蓋支撐環（件號3)，如圖所示，焊在外殼及定位鍵上，最後配合定位鍵安裝屏蔽上蓋(件號4)。
5. 焊根與最終表面均使用PT，若為單層焊接只須進行一次PT。檢測應依照 ASME SECTION V ARTICLE 6，合格標準應依照ASME SECTION III ARTICLE NB-5350。
6. 如有需要，在結構上蓋（件號6）與外殼(件號1)焊接時，可用適當尺寸及厚度之墊片(圖面TSC/FB-008，件號1~5)調整其間隙。
7. 焊道表面需作 PT。檢測應依照ASME SEC.V Article 6，合格標準應依照ASME SEC.III Article NB-5350。
8. 屏蔽上蓋焊接後安裝屏蔽上蓋塞(件號10)及暗筍銷(件號12)，焊接結構上蓋後安裝結構上蓋塞(件號11)及暗筍銷(件號12)，以上安裝要使其與上蓋表面齊平，如有需要可以現場整修。
9. 如有需要，在屏蔽上蓋（件號4）與外殼(件號1)焊接時，可用墊片（圖面TSC/FB-008，件號1~5）調整其間隙。
10. 如有需要，可用間隔墊片(圖面TSC/FB-009）調整結構上蓋的堆疊高度，以確保上蓋的頂端與密封鋼筒頂部齊高。
11. 依業主指定之位置將銘牌四個角落分別以填角點焊於結構上蓋，點焊長度至少6.4mm(1/4")，填角點焊的尺寸相當於銘牌的厚度。
12. 在工廠時即須執行屏蔽上蓋與結構上蓋的配合度檢查，結構上蓋可以超出鋼筒外殼的頂部邊緣4.6mm(0.18")以內，或低於鋼筒外殼的頂部邊緣0.8mm(0.030")以內。
13. 結構上蓋與背襯環之安裝，視需要可做現場局部整修。
14. 如有需要可在結構上蓋溝槽內背襯環下方插入適當尺寸及厚度之墊片(圖面TSC/FB-008，件號1~5)，以確保背襯環緊密靠著溝槽頂部，做為焊道底部的支撐。
15. 焊道表面不可突出屏蔽上蓋(件號4)的頂部。
16. 結構上蓋焊接時，其焊道表面可以超出鋼筒外殼頂端3.2mm(1/8")，只要焊道表面不高於結構上蓋表面即可。
17. 工廠製造期間應檢查屏蔽上蓋(件號4）與外殼(件號1）之配合度。外殼最小內徑應大於屏蔽上蓋直徑0.25mm(0.01")。如有需要，外殼要重新滾捲。
18. 屏蔽上蓋焊道之最後一道(pass)跨鋪(wash up)外殼之內表面，應確保焊道之焊冠不致阻礙到結構上蓋之安裝。焊道焊冠之尺寸不得超過2.8mm(0.110")，且跨鋪到外殼內表面的部份不得超過5.6mm(0.220")。焊道之外形應以GO/NO GO量規來度量，此一GO/NO GO量規之規格應以結構上蓋與外殼內徑相配合之最惡劣狀況之外形尺寸為基準。

TSC/FB-001(3/3) 密封鋼筒總圖





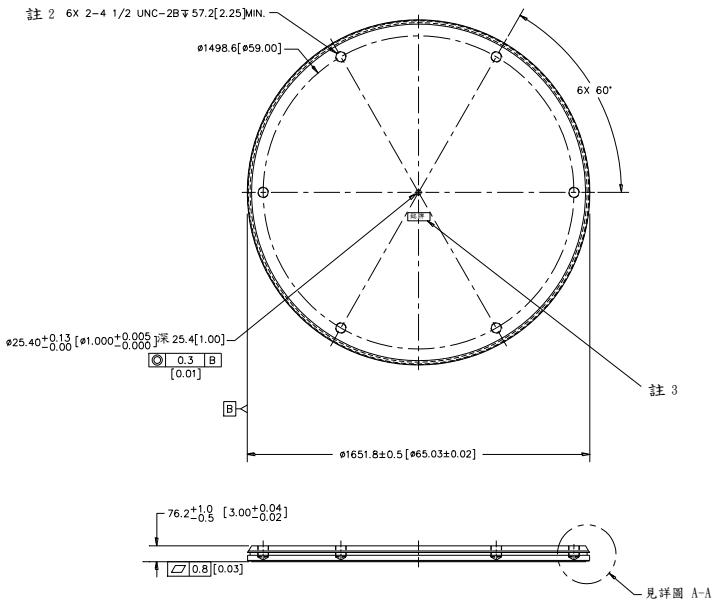
註：

1. 軸向與周向焊接，焊接數量位置可隨意，但相鄰焊道要錯開。
2. 角度為40°±5°。凹槽的寬深為25寬X0.8深[1.0 X 0.03]，並塗滿黃色耐候漆。
3. 全部的焊接程序及檢定應符合ASME SECTION IX。PT應依照ASME SECTION V,ARTICLE 6檢測,合格標準應依照ASME SECTION III,ARTICLE NB-5350。RT應依照ASME AECTION V,ARTICLE 2檢測，合格標準應依照ASME SECTION III,ARTICLE NB-5320。UT應依照ASME SECTION V,ARTICLE 5檢測，合格標準應依照ASME SECTION III, ARTICLE NB-5330。
4. 外殼直徑的局部區域公差為+5.3/-6.1[+0.21/-0.24]，局部區域指的是平點、凸塊等。在零件與外殼之間的介面不應該有任何干擾存在。

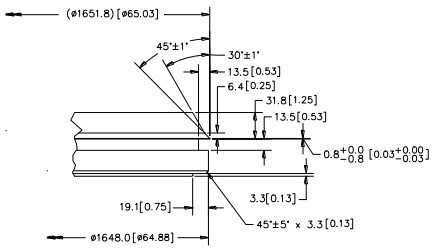
⚠	防水漆更改為耐候漆			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
3	4	定位塊	ASTM A240/A276 304 ST.STL. PLATE/BAR		C
2	1	底 板	ASME SA240 304L ST.STL. 1 3/4" PLATE		A
1	1	外 殼	ASME SA240 304L ST.STL. 5/8" PLATE		A

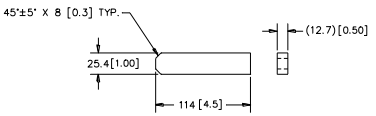
TSC/FB-002 密封鋼筒外殼組件



註1 ⑥ 結構上蓋



詳圖 A-A



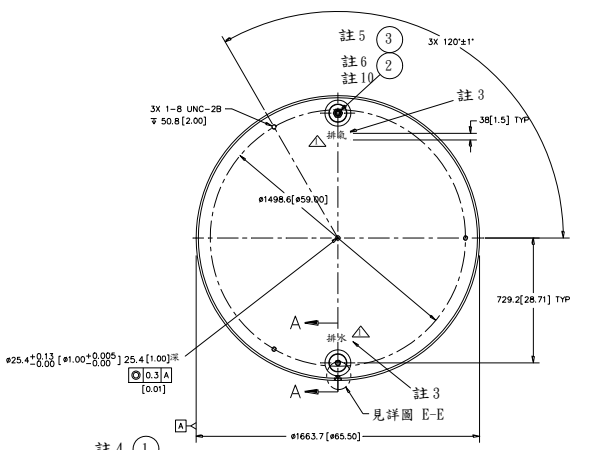
⑧ 鍵

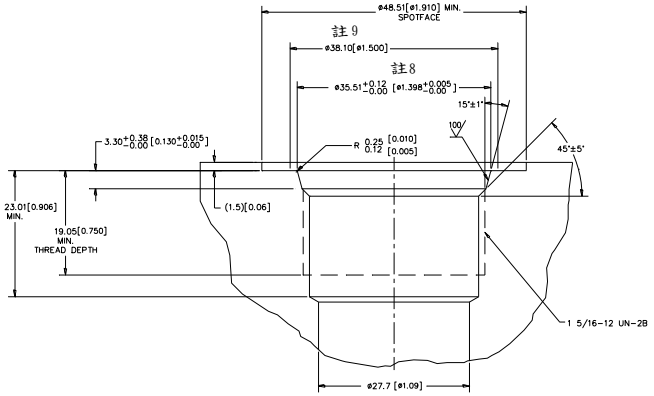
註:
1. 若結構上蓋使用SA182 鍛造材料，此材料必須擁有等於或高於SA240板材的降伏與極限強度。
2. 螺栓孔底部材料厚度至少要有3.18[0.125"]的厚度。
⚠ 3. 銘牌字體高度為12.7[0.5"]，規格、內容及排列方式依照業主指定。

⚠	修改文字敘述			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

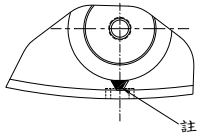
件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
8	1	鍵	ASTM A240/A276 304 ST.STL. 1/2" PLATE/BAR		C
6	1	結構上蓋	ASME SA240/SA182 304L ST.STL. PLATE/FORGING		A

TSC/FB-005 結構上蓋及鍵詳圖

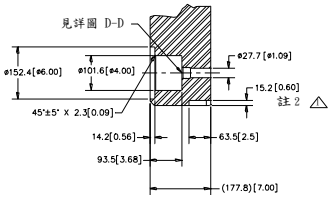




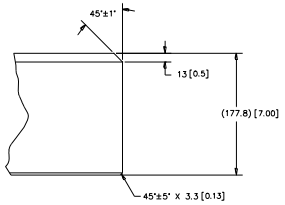
註 7 詳圖 D-D



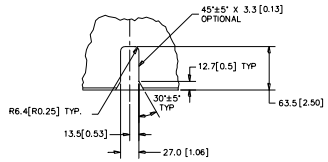
詳圖 E-E



剖面 A-A



詳圖 B-B



註 2 詳圖 C-C

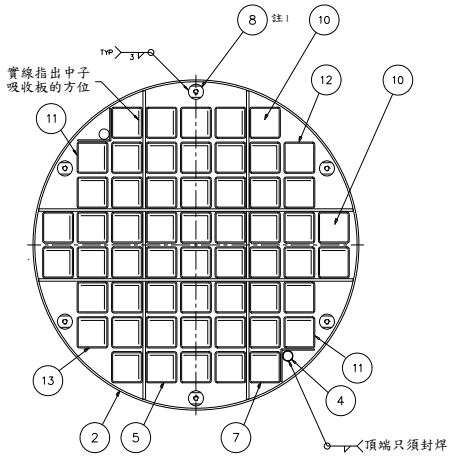
註:

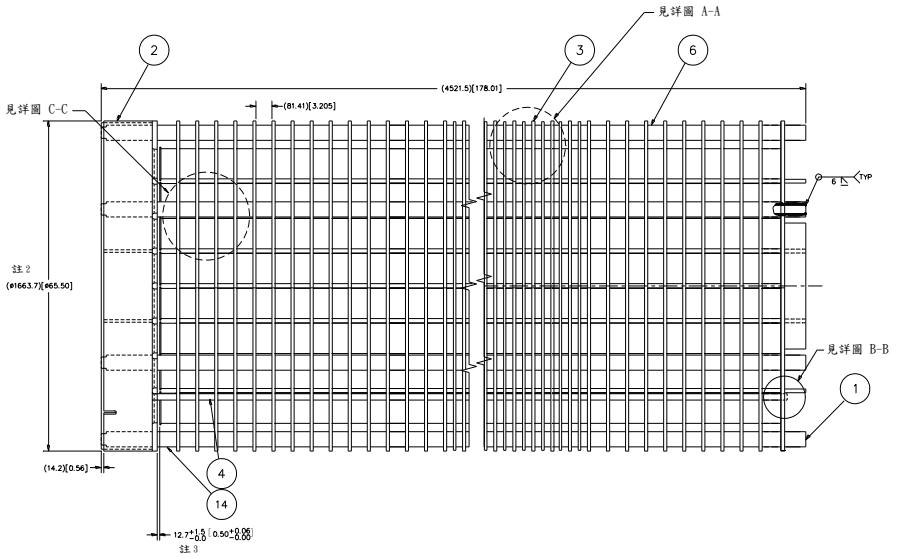
1. ⚠ 三角刻槽之邊長及深度為12.7[0.5"] x 0.76[0.03"]深，其不能侵佔到焊接斜面，並填滿紅色耐候漆。
2. 插槽(Key slot)的位置只有一個。
3. ⚠ 金屬刻字的深度大約0.76[0.03"]，填滿紅色耐候漆。
4. 若屏蔽上蓋使用SA182 鍛造材料，此材料必須擁有等於或高於 SA240 板材的降伏與極限強度。
5. 密封墊(件號3)，另外兩種可供選擇的密封墊為"VITON" PARKER 3-916V0884-75與"EPDM" PARKER 3-916E0893-80。
6. 快速接頭(件號2)，亦可以用SNAP-TITE #SVHN16-16EMV取代。
7. 加工完成的錐形沉孔(counterbore)應該沒有縱向及螺旋狀的刀具痕跡，可允許的環狀刀具痕跡須低於100 micro-inches。
8. 直徑35.51[1.398"]的中心線應該與螺紋節圖直徑(P.D.)的中心線，同心度在0.13[0.005"] F.I.R(FULL INDICATOR READOUT)範圍內。
9. 當量測直徑38.10[1.500"]這個尺寸時，其涵蓋的表面應該垂直於螺紋節圖直徑(P.D.)的中心線0.25[0.010"] F.I.R.範圍內。
10. 使用之潤滑劑要與用過核燃料池相容的潤滑劑(例如NEOLUBE)。

⚠	更改註3、排水、排氣、耐候漆			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
3	1	密封墊	ST. STL. COML FURON #10061-16-1-0		C
2	1	快速接頭	ST. STL. COML SNAP-TITE #SVHN 16-16EM		C
1	1	屏蔽上蓋	ASTM A240/A182 304 ST. STL. PLATE/FORGING		B

TSC/FB-006 屏蔽上蓋組件





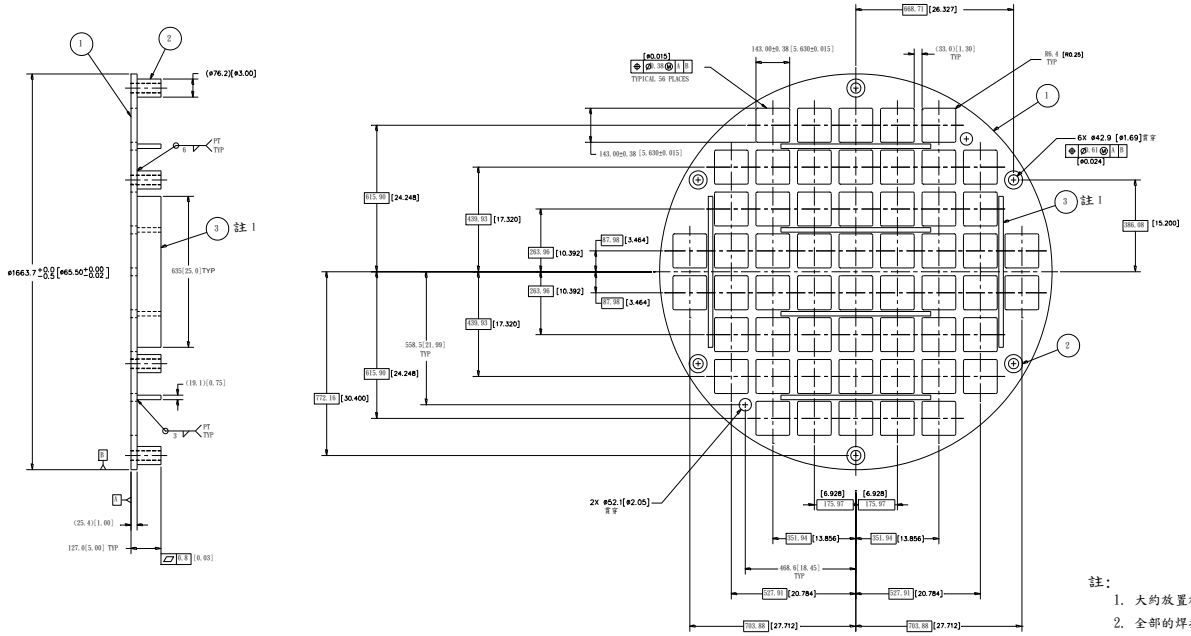
註：

1. 使用之潤滑劑要與用過核燃料池相容的潤滑劑(例如Neolube)，在焊接以前鎖緊螺帽至50±10 ft-lbs
2. 最後的組立期間，提籃要很容易的放入密封鋼筒中。
3. 這個尺寸可藉由調整上間隔環(top spacer)的長度來保持。

件號	件數	名　稱	材料及規格	圖號	品質
17	17	導熱圓盤	ASME SB209 6061-T651 AL. 1/2" PLATE	TSC/FB-007-007	A
16	204	墊 圈	COML ANSI B.18.22.1 ST. STL. 2 1/2" TYPE A PLAIN WASHER		C
15	204	分隔間隔環	ASME SA312 304 ST.STL. 2 1/2"PIPE XXS	TSC/FB-007-004	A
14	6	上間隔環	ASME SA312 304 ST.STL. 2 1/2"PIPE XXS	TSC/FB-007-004	A
13	1	大燃料方管(兩面BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.及BORAL	TSC/FB-007-006	B
12	1	大燃料方管(沒有BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.	TSC/FB-007-006	B
11	2	大燃料方管(單面BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.及BORAL	TSC/FB-007-006	B
10	2	燃料方管(沒有BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.	TSC/FB-007-005	B
9	6	繫桿	ASME SA479 304 ST.STL. 1 5/8" DIA BAR	TSC/FB-007-004	A
8	6	上螺帽	ASME SA479 304 ST.STL. 3 DIA BAR	TSC/FB-007-004	A
7	9	燃料方管(單面BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.及BORAL	TSC/FB-007-005	B
6	144	間隔環	ASME SA312 304 ST.STL. 2 1/2"PIPE XXS	TSC/FB-007-004	A
5	41	燃料方管(兩面BORAL)	ASTM A240 304 ST.STL.及BORAL	TSC/FB-007-005	B
4	1	排水管套	ASTM A249/A213 304 ST. STL 2.0" DIA TUBE WITH 0.035" WALL		C
3	41	承載圓盤	ASME SA353 TY B CL2 CARBON STEEL 5/8" PLATE	TSC/FB-007-003	A
2	1	頂部焊件	ASME SA240 304 ST.STL. 1" PLATE	TSC/FB-007-002	A
1	1	底部焊件	ASME SA240 304 ST.STL. 1" PLATE	TSC/FB-007-001	A

⚠	名稱修改			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

TSC/FB-007(1/2) 提籃組件



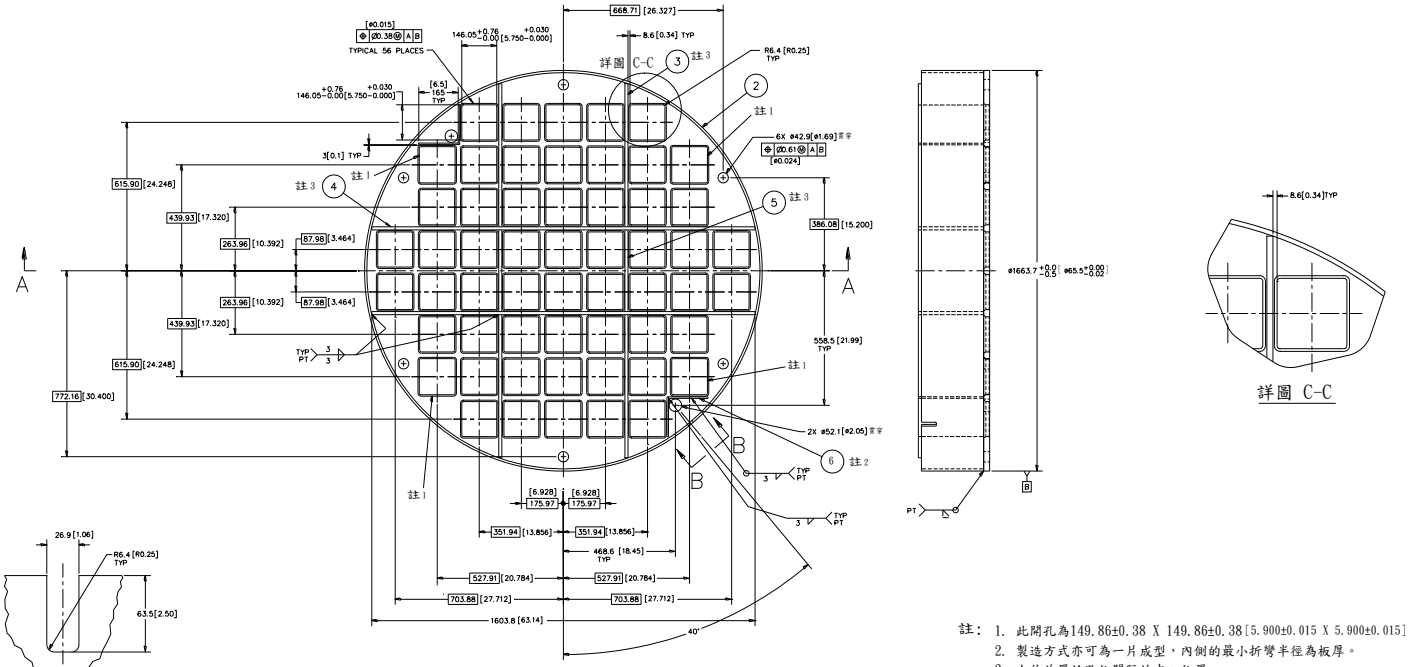
註：

1. 大約放置於孔位間隔的中心位置。
2. 全部的焊接程序及檢定應符合ASME SECTION IX。
3. PT應依照ASME SECTION V,ARTICLE 6檢測,合格標準應依照ASME SECTION III,ARTICLE NG-5350。

更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定
1	基座更改為基腳			

件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
3	6	支 撐 板	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. 3/4" PLATE/BAR		A
2	6	基 腳	ASME SA479 304 ST. STL. 3" DIA BAR		A
1	1	底 板	ASME SA240 304 ST. STL 1" PLATE		A

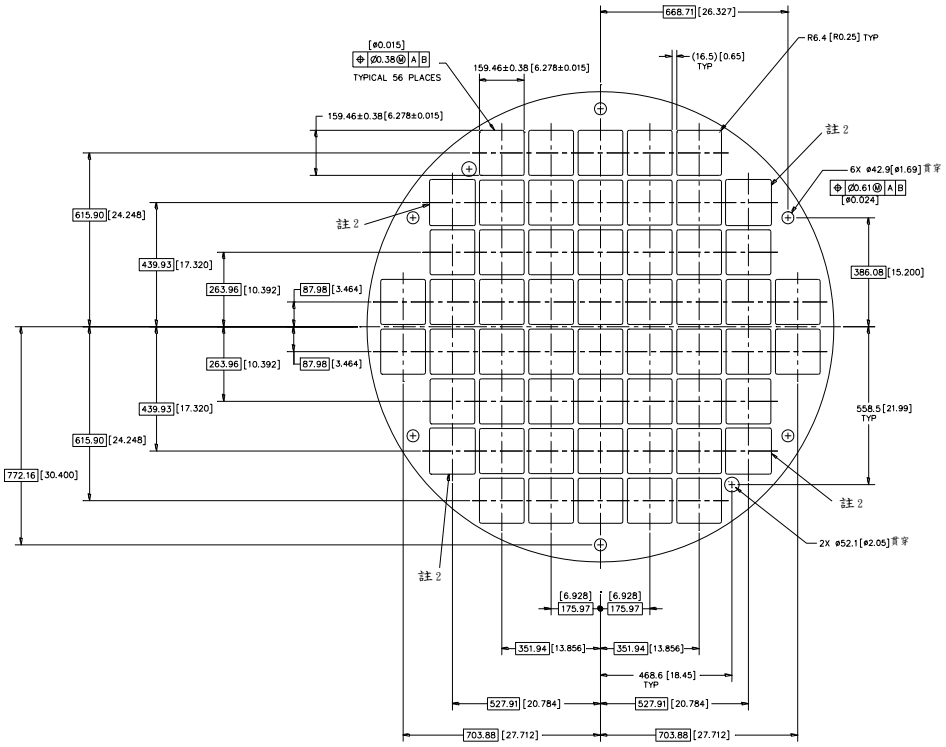
TSC/FB-007-001 提籃底部銲件組件

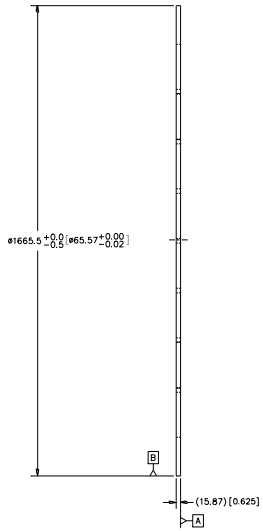


註：
1. 此開孔為149.86±0.38 X 149.86±0.38[5.900±0.015 X 5.900±0.015]
2. 製造方式亦可為一片成型，內側的最小折彎半徑為板厚。
3. 大約放置於孔位間隔的中心位置。
4. 全部的焊接程序及檢定應符合ASME SECTION IX。
5. PT應依照ASME SECTION V,ARTICLE 6檢測,合格標準應依照ASME SECTION III,ARTICLE NG-5350。

件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
6	4	阻 隔 板	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. 1/4" PLATE/BAR		A
5	2	支 撐 板	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. 1/2" PLATE/BAR		A
4	2	支 撐 板	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. 1/2" PLATE/BAR		A
3	4	支 撐 板	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. 1/2" PLATE/BAR		A
2	1	環	ASME SA240/SA479 304 ST. STL. PLATE/BAR		A
1	1	底 板	ASME SA240 304 ST. STL.1" PLATE		A

TSC/FB-007-002 提籃頂部銲件組件



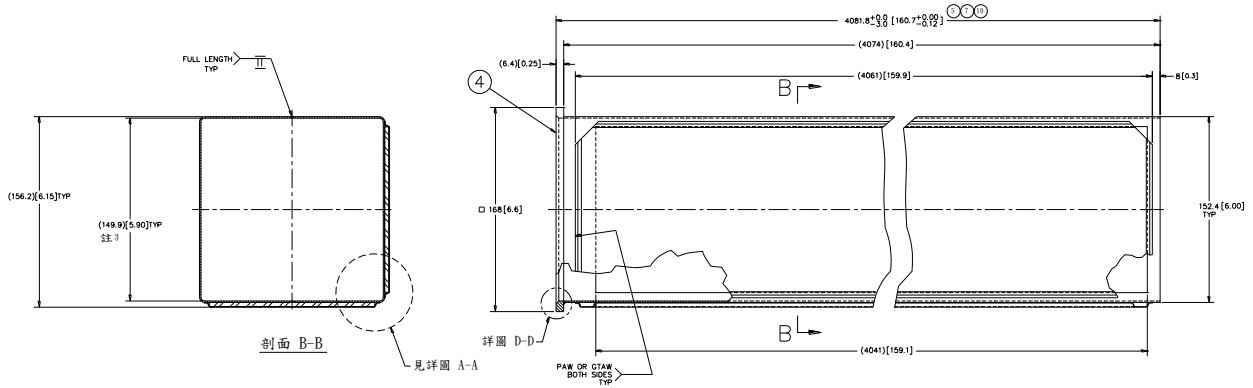


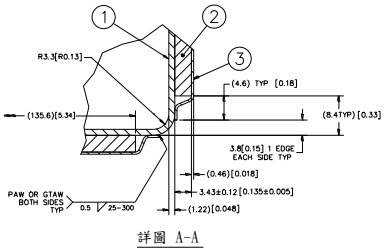
註：

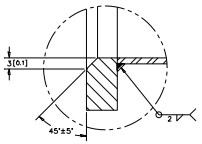
1. 無電解鎳鍍層(ELECTROLESS NICKEL PLATED)依據ASTM B733-97, SC3 TYPE V, CLASS 1規範。
2. 此開孔為 163.27±0.38 X 163.27±0.38 ◦[6.428±0.015 X 6.428±0.015]

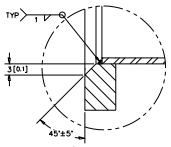
3	41	承載圓盤	ASME SA533 TY B CL2 CARBON STEEL 5/8" PLATE		A
件號	件數	名　稱	材料及規格	圖號	品質

TSC/FB-007-003 提籃承載圓盤詳圖





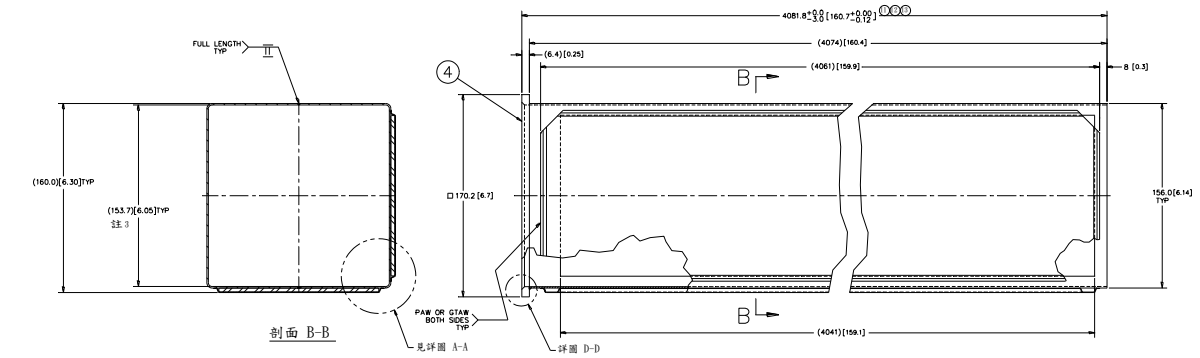


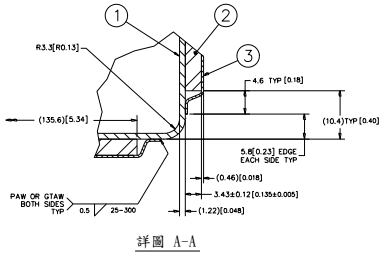


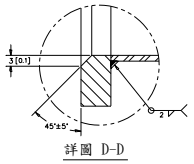
註：
1. 中子吸收板最小的面積密度(areal density)為0.011 g/cm^2 ^{10}B。(核研所提供)
2. 全部的焊接程序及檢定應符合ASME SECTION IX。
3. 通道內側的量測依據製造規範。
4. 目視檢測(VT)應依照ASME SECTION V,ARTICLE 9,合格標準應依照 ASME SECTION III,NG-5360。
5. 此張圖的數量為一件燃料方管的數量。

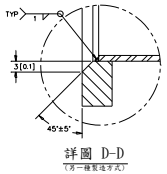
組件件號	組件件號	組件件號	件號	件數	名稱	材料及規格	圖號	品質
1	1	1	4		凸緣	ASTM A240 304 ST.STL 1/4" PLATE		B
	1	2	3		(中子吸收板)蒙皮	ASTM A240 304 ST.STL 26 GA SHEET	TSC/FB-007-005(1/2)	B
	1	2	2		中子吸收板	BORAL SEE NOTE 1 0.135" SHEET	TSC/FB-007-005(1/2)	A
1	1	1	1		方管	ASTM A240 304 ST.STL 18 GA SHEET		B
10	7	5						

TSC/FB-007-005(1/2) 燃料方管組件







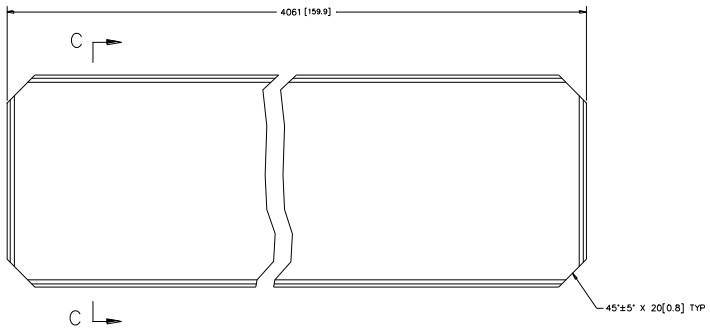


註：
1. 中子吸收板最小的面積密度(areal density)為0.011 g/cm^2 ^{10}B。(核研所提供)
2. 全部的焊接程序及檢定應符合ASME SECTION IX。
3. 通道內側的量測依據製造規範。
4. 目視檢測(VT)應依照ASME SECTION V,ARTICLE 9,合格標準應依照 ASME SECTION III,NG-5360。
5. 此張圖的數量為一件燃料方管的數量。

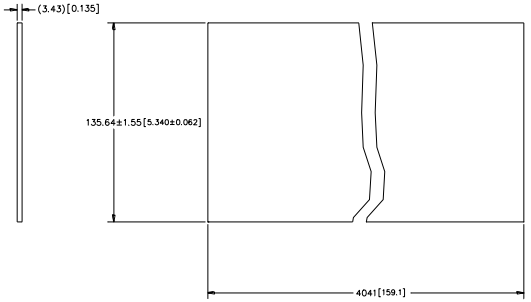
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定
⚠	圖名修改			

組件件數	組件件數	組件件數	件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質
1	1	1	4		凸 緣	ASTM A240 304 ST.STL 1/4" PLATE		B
	1	2	3		(中子吸收板)蓋皮	ASTM A240 304 ST.STL 26 GA SHEET	TSC/FB-007-006(2/2)	B
	1	2	2		中子吸收板	BORAL SEE NOTE 1 0.135" SHEET	TSC/FB-007-006(2/2)	A
1	1	1	1		方 管	ASTM A240 304 ST.STL 18 GA SHEET		B
12	11	13	件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質

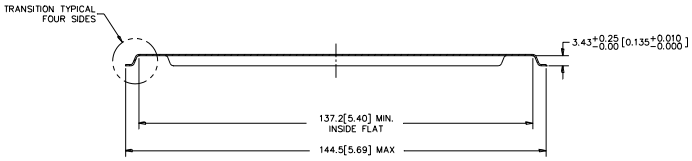
TSC/FB-007-006(1/2) 大燃料方管組件



③(中子吸收板)蒙皮



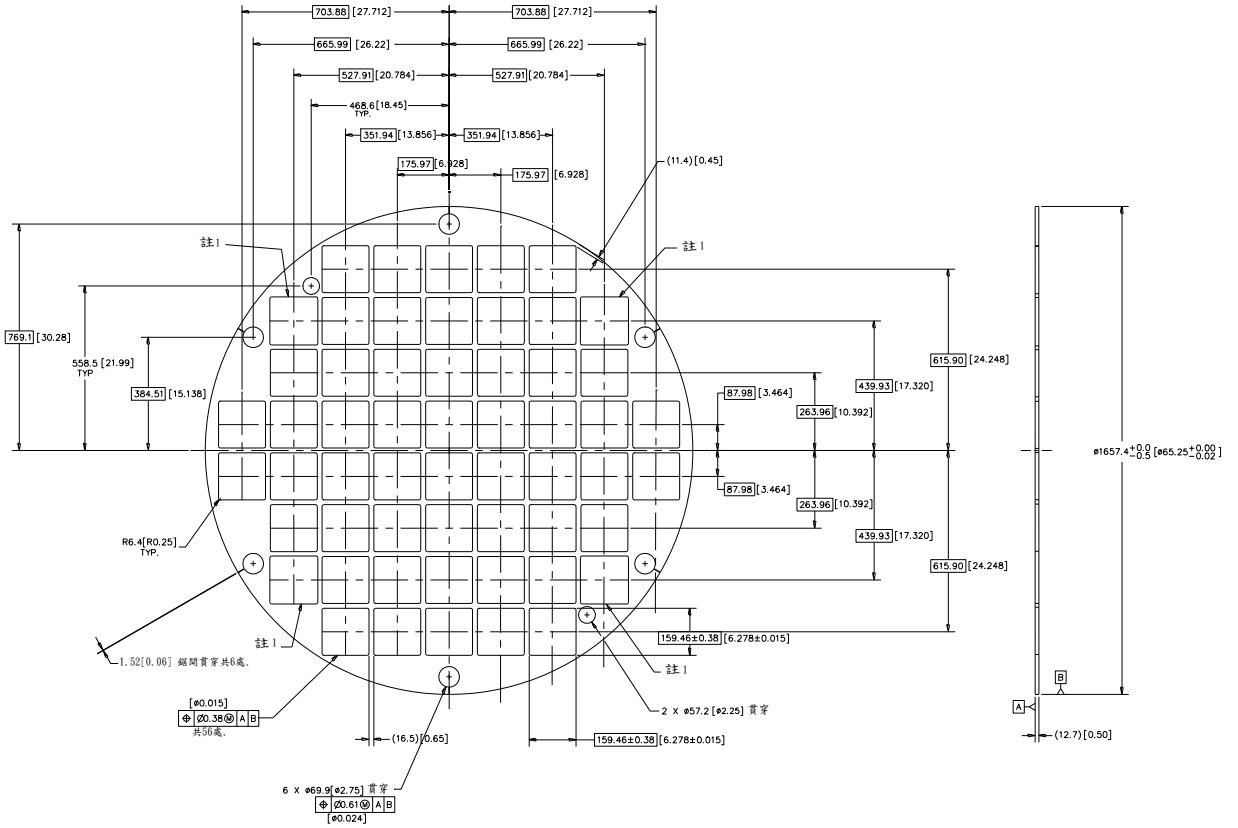
②中子吸收板



剖面 C-C
(ROTATED 90°)

⚠	圖名修改			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

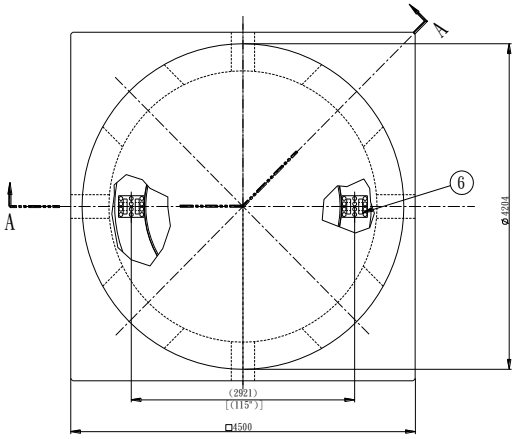
TSC/FB-007-006(2/2) 大燃料方管零件詳圖

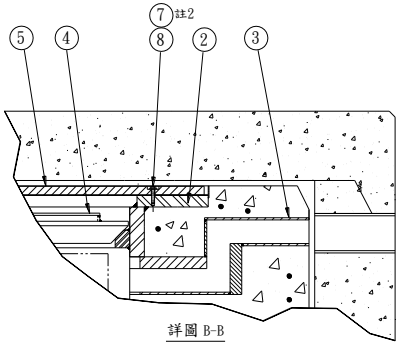


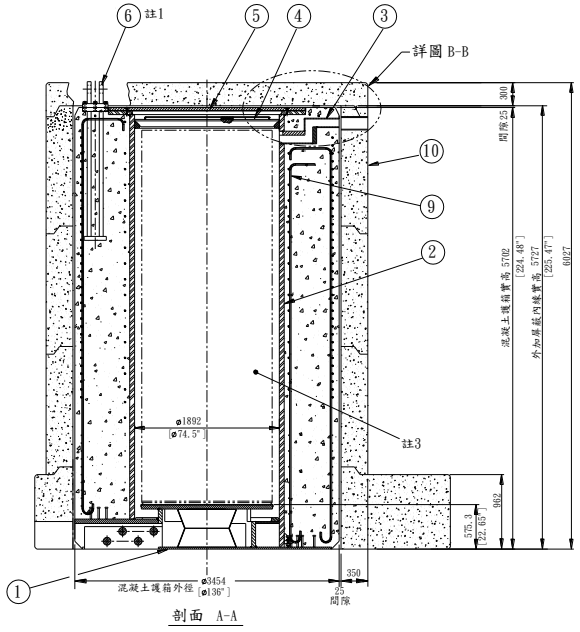
註：
1. 此開孔為163.27±0.38 X 163.27±0.38 [6.428±0.015 X 6.428±0.015]
2. 方形孔加工的工法應用水刀切割。

件號	件數	名　稱	材料及規格	圖號	品質
17	17	導 熱 圓 盤	ASME SB209 6061-T651 AL. 1/2" PLATE		A

TSC/FB-007-007 提籃導熱圓盤詳圖







剖面 A-A

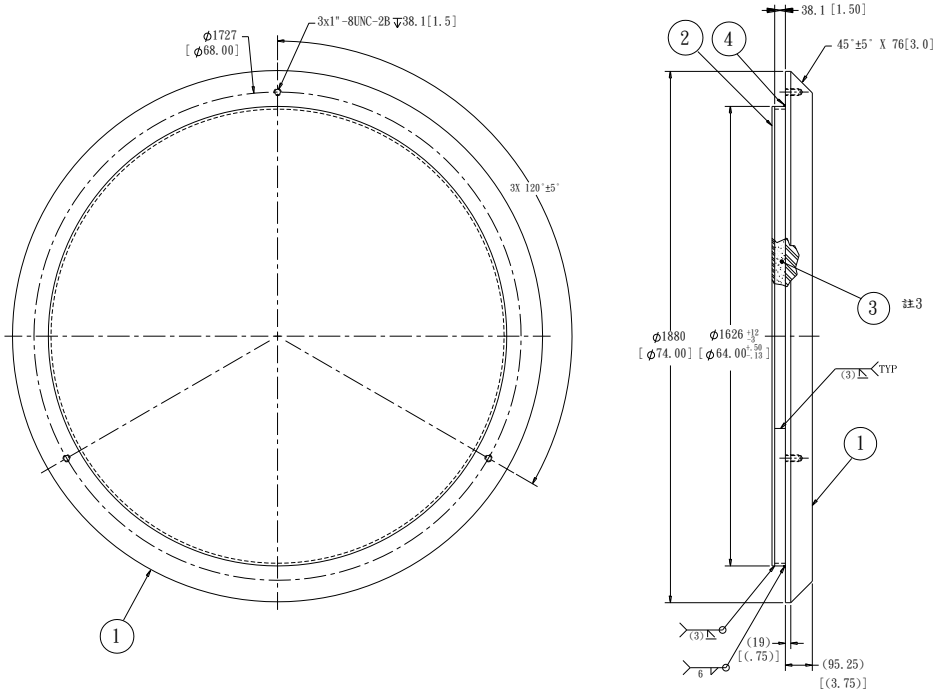
註：1.混凝土護箱上之吊耳組件於安裝外加屏蔽前拆除.
2.鑽ø2直徑一孔,貫穿螺栓頭之中央,從一邊平坦中央到對側平坦中央.
3.本組件為密封鋼筒,請參考圖號TSC/FB-001

	件號	件數	名稱	材料及規格	圖號	品質
△	10	1	外加屏蔽	碳鋼 ASTM A615/A615M 混凝土	VCC-001-008	—
	9	1	鋼筋混凝土	碳鋼 ASTM A615/A615M 混凝土	VCC-001-007	—
	8	6	墊圈	不銹鋼 市售品 1/2"		NQ
註2	7	6	蓋板螺栓	1/2"-13 UNC-2A X 2-1/2" 長 六角頭 不銹鋼 市售品		B
註1	6	2	護箱吊耳組合	碳鋼 ASTM A537 CL2	VCC-001-006	—
	5	1	頂蓋	碳鋼 ASTM A36 1 ½" 鋼板	VCC-001-005	—
△	4	1	屏蔽塞	碳鋼 ASTM A36 3 ½" 鋼板 無收縮水泥砂漿	VCC-001-004	—
	3	4	排氣口銲件	碳鋼 ASTM A36 2" 鋼板	VCC-001-003	—
	2	1	結構銲件	碳鋼 ASTM A36 2 ½" 鋼板	VCC-001-002	—
△	1	1	底座銲件	碳鋼 ASTM A36 2" 鋼板	VCC-001-001	—

A

更改次數	更改內容	日期	簽名	審定
△	進氣口輔助屏蔽改為活動式,安全銷封依IAEA意見修改			
△	件號 4 中子封質更改為無收縮水泥砂漿	96.3.9	藍振發	李定一

VCC-001 混凝土護箱總圖



重量:2,264 Kg

(碳鋼重量:2,114 Kg，無收縮水泥砂漿重量:150 Kg)

件號	件數	名　稱	材料及規格	圖號	品質
4	1	中子屏蔽保護環	碳鋼 ASTM A36 3/8"板/條		B
註2 3	依實際需求	中子屏蔽	無收縮水泥砂漿 加入單層雙向鋼絲網(4ϕ 網目50*50mm)		B
2	1	中子屏蔽蓋板	碳鋼 ASTM A36 3/8" 板		B
1	1	屏蔽塞	碳鋼 ASTM A36 3 3/4" 鋼板		B

註:

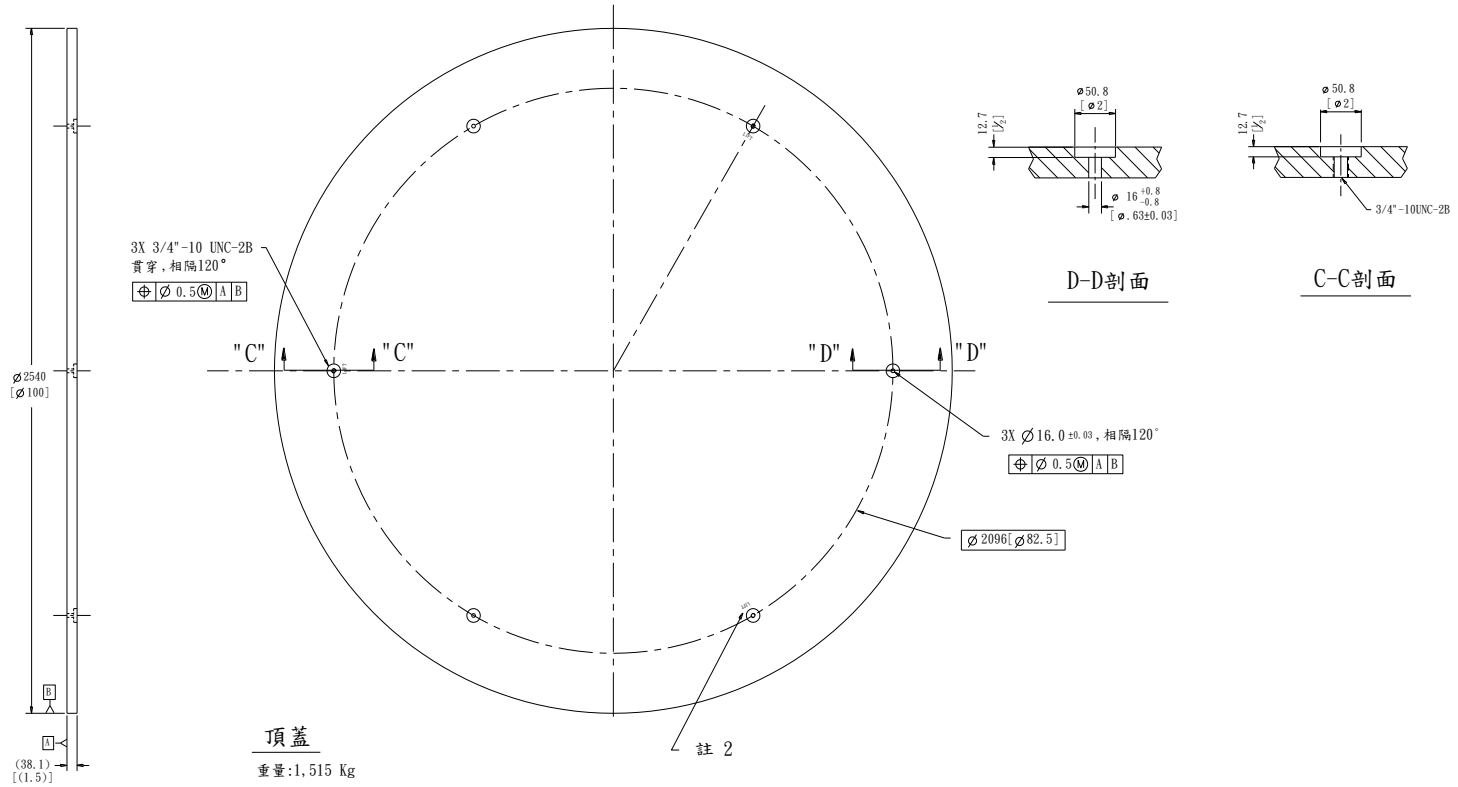
⚠ 1.鋼材所有表面之清潔依照SSPC-SP1.噴砂除銹依照 SSPC-SP6.
底漆使用KEELER & LONG KOLOR-POXY PRIMER NO.3200,
面漆使用ACRYTHANE ENAMEL Y-1-SERIES,並依該製造商使用說明書塗裝(或Carboline Acrylic系列或同等級以上).

⚠ 2.中子屏蔽使用無收縮水泥砂漿,其5cm立方試體之28天齡期抗壓強度(Fc')大於4000psi,
砂漿密度至少 1.9 g/cm^3，砂漿內加入單層雙向鋼絲網(D=4 mm,網目50*50 mm).
點銲鋼絲網可在下方墊以固定厚度(約15 mm)尺寸之砂漿墊塊，以確保鋼絲網之保護層厚度。

3.澆置完成後,砂漿表面進行整體粉平.

⚠	註1加註同等級廠商註2文字修正			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

VCC-001-004 混凝土護箱屏蔽塞



頂蓋

重量:1,515 Kg

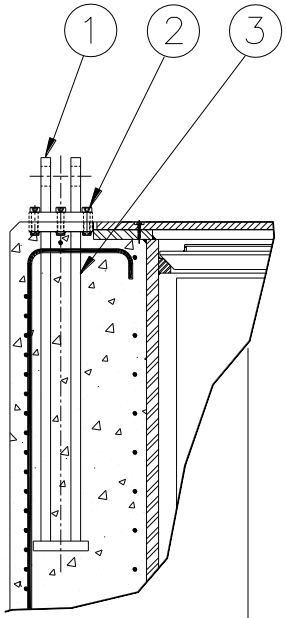
註:

⚠ 1. 所有表面之清潔依照 SSPC-SP1.噴砂除銹依照 SSPC-SP6.
底漆使用 KEELER & LONG KOLOR-POXY PRIMER NO.3200,
面漆使用 ACRYTHANE ENAMEL Y-1-SERIES,並依該製造商使用說明書塗裝(或Carboline Acrylic系列或同等級以上).
2. 在三處吊掛螺絲孔位置鋼印戳記"LIFT"10高x0.76深.
3. 允許使用耐天候且顯著對比顏色之油漆於蓋板上漆上混凝土護箱(VCC)之號碼

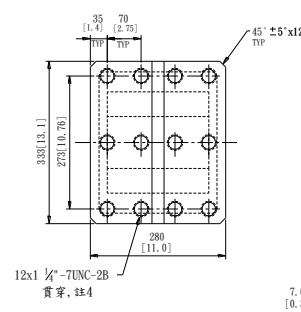
件號	件數	名　稱	材料及規格	圖號	品質
1	1	頂蓋	碳鋼 ASTM A36 1 ½" 鋼板		B

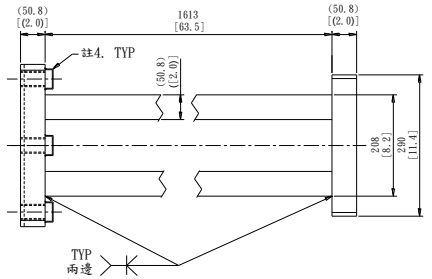
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定
⚠	註1加註同等級廠商			

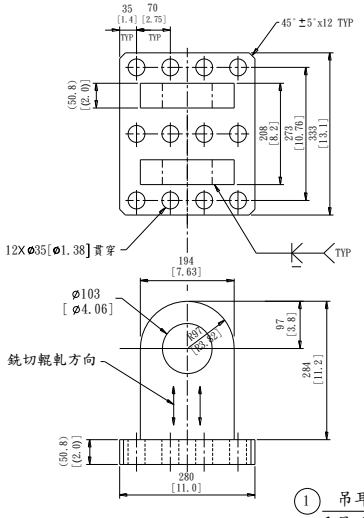
VCC-001-005 混凝土護箱頂蓋



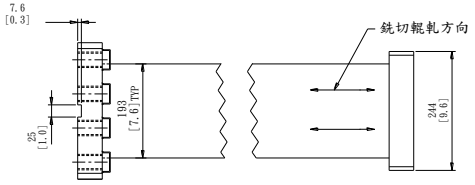
吊耳組合



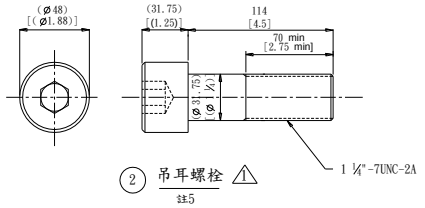




① 吊耳
重量:68 Kg



③ 固定錨
重量:313 Kg



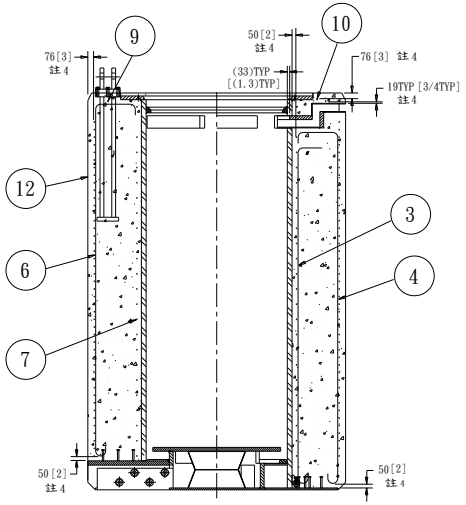
② 吊耳螺栓 ⚠1
註5

註:
1. 所有銲接程序和證照悉遵照 AWS D1.1或ASME SEC. IX.
2. 所有銲道目視(VT)檢查.
⚠1 3. 負載試驗和負載試驗後之非破壞檢查全部完成後,
件號①和件號③曝露在混凝土外之全部表面之清潔依照SSPC-SP1,噴砂除銹依照SSPC-SP6,
其底漆使用KEELER & LONG KOLOR-POXY PRIMER NO.3200,
面漆使用ACRYTHANE ENAMEL Y-1-SERIES,並依該製造商使用說明書塗裝(或Carboline Acrylic系列或同等級以上).
⚠1 4. 混凝土灌漿前,底部加管帽(至少16mm長X 1 ¼"ID),作為預留螺栓伸出之空間.
5. 螺栓須作鍍鉻處理.
6. 本組合件須遵照製造規範施工及測試.

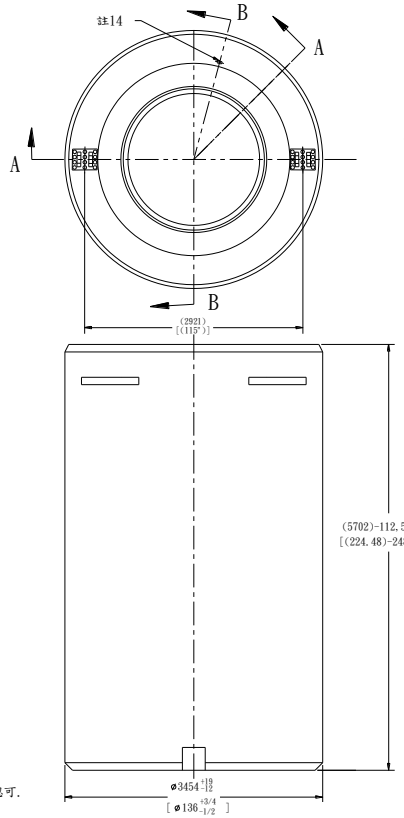
3	2	固定錨	ASTM A537 CL2		B
2	24	吊耳螺栓	ASTM A537 CL2		B
1	2	吊耳	ASTM A537 CL2		B
件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質

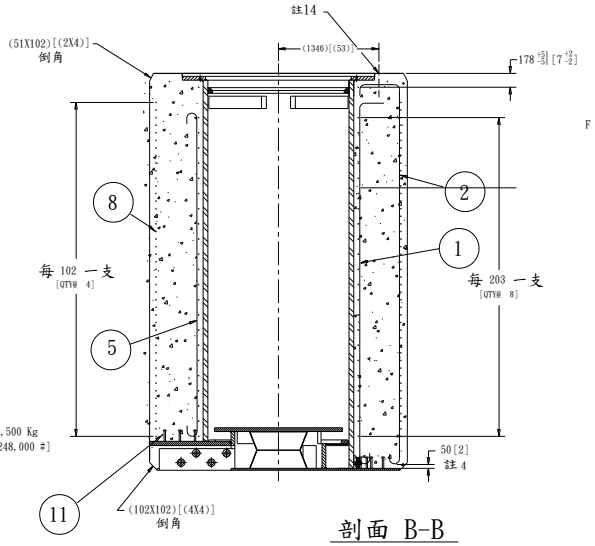
⚠1	註3加註同等級廠商 註4文字修改及吊耳螺栓加長			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

VCC-001-006 混凝土護箱護箱吊耳組合



剖面 A-A





剖面 B-B

C

C

註6						
	12	依實際需要	混凝土殼層	混凝土 TYPE 2 PORTLAND CEMENT		B
	11	4	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	10	4	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	9	1	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	8	49	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	7	25	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	6	12	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	5	8	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	4	28	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	3	20	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	2	16	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
	1	8	鋼筋 #6(19)	碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-007-001	B
件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質	

註:

⚠ 1. 鋼筋混凝土構造應照ACI 318/318R之標準施作.鋼筋和混凝土配置之公差應依照 ACI 117-90 標準.

⚠ 2. 所有鋼筋條於現場剪切.彎曲.置放或綁箍之間隙調整均應由核研所監造工程司認可.

3. 所有鋼筋以冷作施行彎曲,除非另有詳圖,所有彎鉤皆為標準品.

4. 從混凝土曝露外表至鋼筋須有76mm厚之混凝土覆蓋.護箱內襯套至鋼筋須有50mm厚之混凝土覆蓋. 其他非曝露之表面與鋼筋之間為19mm 厚之混凝土覆蓋.除非另有說明公差依照ACI 117-90

⚠ 5. 所有搭接處之鋼筋至少須重疊 840mm.相鄰箍環鋼筋之重疊段與垂直方向之位置須交錯.

⚠ 6. 混凝土使用TYPE Ⅱ 波特蘭水泥,其28天齡期抗壓強度(Fc')為280 kg/cm^2(4000psi), 粒料骨材最大為38mm,混凝土密度至少2.24 g/cm^3(140pcf).

7. 在施工時,可用數段之箍環取代完整之箍環.

⚠ 8. 垂直之鋼筋應置放於水平鋼筋之內側.

9. 圖號VCC-001-002結構銲件之件號2,其頂部凸緣上之吊升孔在混凝土灌完後,以水泥漿填上.

10. 圖號VCC-001-002結構銲件之件號2,從頂部角鐵邊至護箱外緣,混凝土須作排水坡度(約1/100).

11. 牢靠固定排氣口銲件,避免澆灌混凝土時向上移位或澆灌混凝土之前在作鋼筋結構工作時之向下移位.

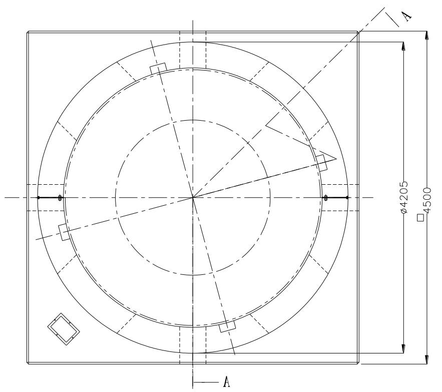
12. 有關混凝護箱號碼可成形於混凝土本體上.成形號碼約300X300 但深度不可超過10mm.

⚠13. 使用認可之可噴塗式水泥漆噴塗於混凝土護箱外表面.

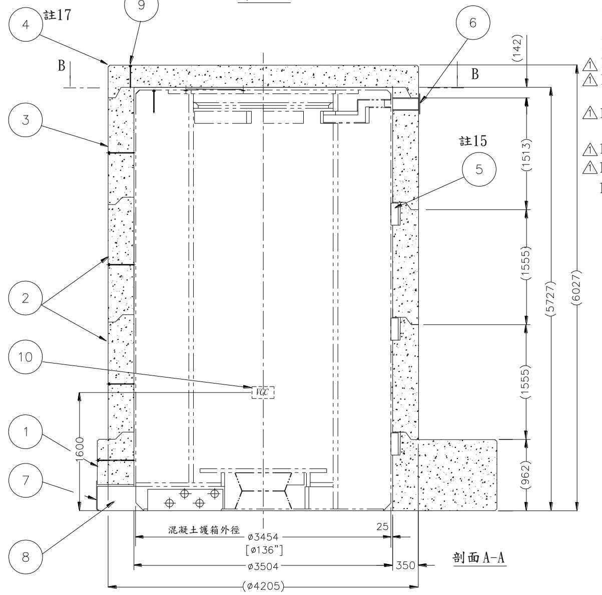
⚠14. 安全鉛封預埋施工詳見VCC-001-008-007

⚠	註1,2,5,6,8,13修改文字敘述及加註14			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

VCC-001-007(1/2) 混凝土護箱混凝土鋼筋



剖面B-B



剖面A-A

註：⚠ 1.鋼筋混凝土構造應照 ACI 318/318R 之標準施作.鋼筋和混凝土配置之公差應依照ACI 117-90 標準.
設計依據我國94年實施之建築技術規則及92年生效之結構混凝土設計規範.

2.所有鋼筋係於現場剪切.彎曲.置放或綁箍之間隙調整均應由核研所工程師認可.

3.所有鋼筋以冷作施行彎曲,除非另有詳圖,所有彎鉤皆為標準品.

4. 從鋼筋至混凝土曝露外表至少須有50mm厚之混凝土覆蓋.其他非暴露之表面與鋼筋之間除非另有規定外,至少須有19mm厚之混凝土覆蓋.公差除另有規定外,一般依照ACI 117-90規定施做.

⚠ 5. 混凝土使用 TYPEⅡ 波特蘭水泥,並符合中國國家標準CNS61-R2001之規定.
粒料骨材最大為38mm,混凝土密度至少 2.24 g/cm^3(140pcf).

6. 材料強度:A.混凝土28天時之抗壓強度：
一般:fc'≧280 kg/cm^2 (4000 psi)
B.鋼筋規定降伏強度：
#5以下(含#5)fy=2800 kg/cm^2(40000 psi)
#6以上(含#6)fy=4200 kg/cm^2(60000 psi)

7.鋼筋除6∮為圓鋼筋外其它均為竹節鋼筋，鋼筋須符合中國國家標準CNS 560-A2006,之規定，但實際降伏強度根據製造廠試驗值不超過fy+1260KG/CM^2,根據再試驗值不得超過fy+1470KG/CM^2且其極限受拉強度不得小於其根據製造廠試驗之實際降伏強度之1.25倍。

⚠ 8.本工程之施工要求須符合上述建築技術規則內有關耐震設計之特別規定。

⚠ 9.設計圖樣與標準圖樣有不同之處時以設計圖樣為準或依監造工程司指示為準。

10.所有非結構R.C斷面之尺寸，如與建築圖不符時須請示建築師後再行施工。

11.澆灌混凝土前，須將鋼筋錨錠螺栓及其它附件等埋設物位置正確固定。

12.除特別註明外,所有鋼筋之搭接不得採用瓦斯壓接或銲接。

⚠13.本案廠商須提供混凝土含氯量檢測合格證明及鋼筋無輻射污染證明。

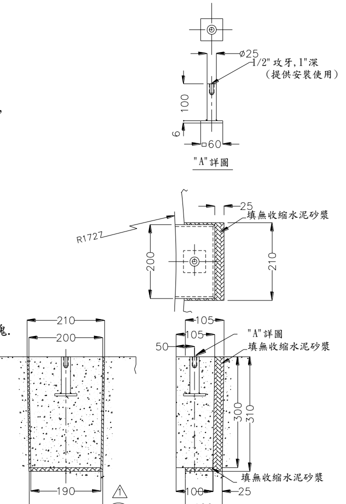
⚠14.在施工期間,可用數段之箍環取代完整之箍環，搭接處之鋼筋至少須重疊840 mm，相鄰箍環鋼筋之重疊段與垂直方向之位置須交錯。

⚠15.⑤間隔塊本体表面及混凝土護箱相關位置皆需噴塗油性水泥漆,以利後續取出間隔塊.並於⑤間隔塊緊靠混凝土護箱後,將間隙填滿不收縮混凝土。

⚠16.使用審查核可之可噴塗式水泥漆噴塗於VCC及AOS之混凝土外表面。

⚠17.安全鉛封IAEA人員製作完成後,件號 ④ 屏蔽蓋才予以封蓋。

18.外加屏蔽總重量約81.2公噸。

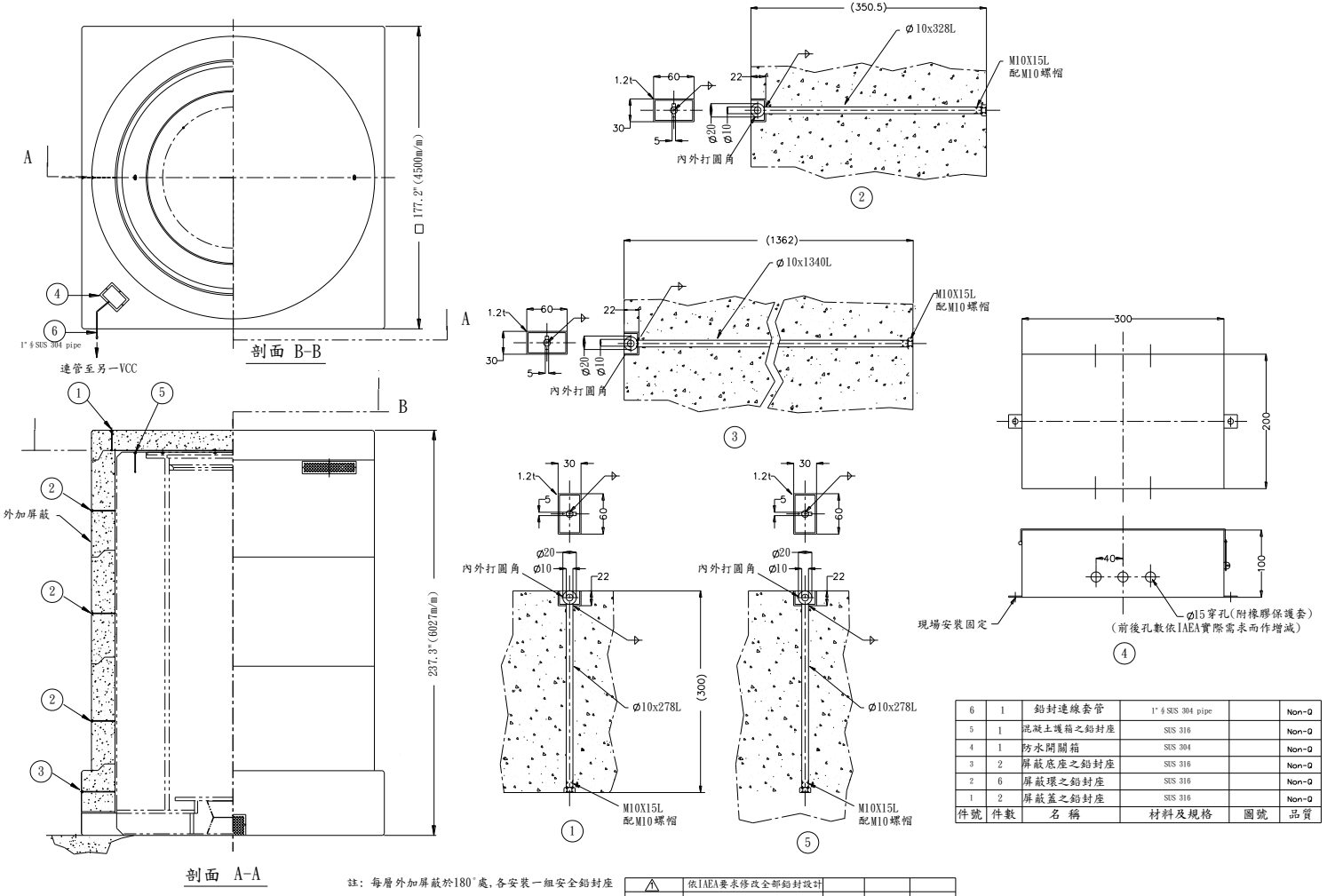


⚠ ⑤ 間隔塊

	件號	件數	名稱	材料及規格	圖號	品質
	10	1	銘牌	ASTM A240 304 不銹鋼	VCC-001-008-008	
⚠註17	9	1	安全鉛封		VCC-001-008-007	
	8	4	進口導管	ASTM A240 304 不銹鋼	VCC-001-008-006	
	7	4	進口護網	ASTM A240 304 不銹鋼	VCC-001-008-005	
	6	4	出口護網	ASTM A240 304 不銹鋼	VCC-001-008-005	
⚠註15	5	16	間隔塊	混凝土 304 不銹鋼		NQ
	4	1	屏蔽蓋	混凝土 碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-008-004	
	3	1	上屏蔽環	混凝土 碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-008-003	
	2	2	中屏蔽環	混凝土 碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-008-002	
	1	1	屏蔽底座	混凝土 碳鋼 ASTM A615/A615M	VCC-001-008-001	

更改次數	更改內容	日期	簽名	審定
⚠1	修改註1,5,8,9,13,14,16,17文字及安全鉛封 件號5間隔塊補無收縮水泥砂漿說明			

VCC-001-008(1/2) 混凝土護箱外加屏蔽

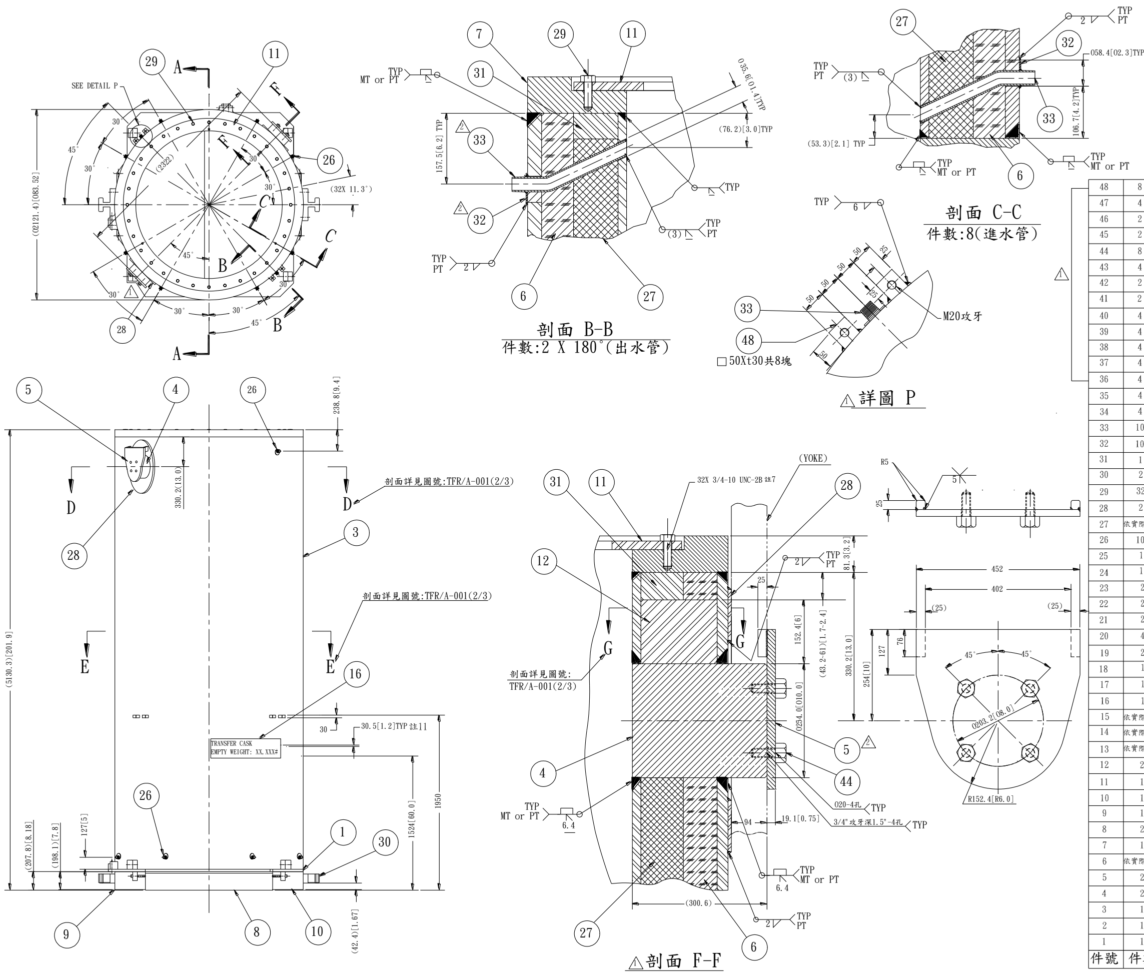


6	1	鉛封連線套管	1"ϕSUS 304 pipe		Non-Q
5	1	混凝土護箱之鉛封座	SUS 316		Non-Q
4	1	防水開關箱	SUS 304		Non-Q
3	2	屏蔽底座之鉛封座	SUS 316		Non-Q
2	6	屏蔽環之鉛封座	SUS 316		Non-Q
1	2	屏蔽蓋之鉛封座	SUS 316		Non-Q
件號	件數	名 稱	材料及規格	圖號	品質

註：每層外加屏蔽於180°處，各安裝一組安全鉛封座

⚠	依IAEA要求修改全部鉛封設計			
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

VCC-001-008-007 混凝土護箱外加屏蔽安全鉛封

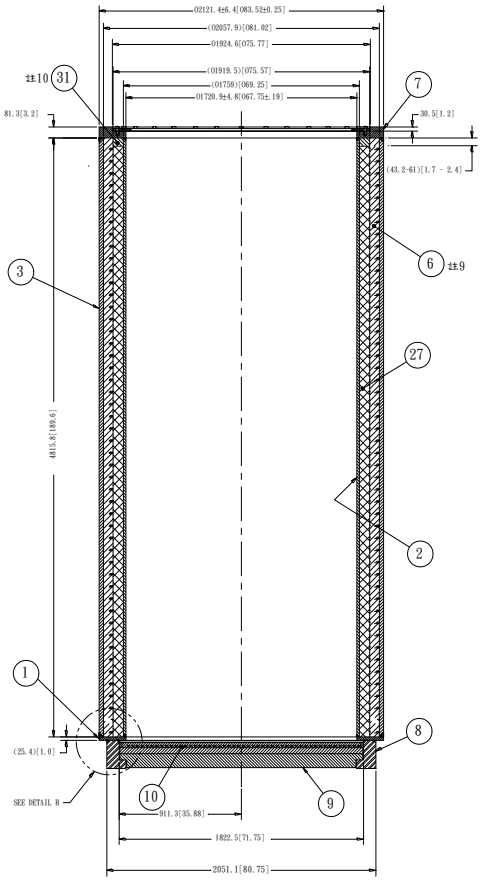


件號	件數	名稱	材料及規格	圖號	品質
48	8	支撐塊	△2 ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-001(1/3)	NQ
47	4	固定銷	△2 ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-001-005	NQ
46	2	支撐盒	△2 ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-001-005	NQ
45	2	池壁保護塊	POM(聚縮醛)	TFR/A-001-005	NQ
44	8	吊耳軸蓋六角螺栓	3/4-10 UNC-2A 2.0" LG. ASTM A193 GR. B6 Stainless Steel	TFR/A-001(1/3)	B
43	4	角鋼	Stainless Steel	TFR/A-001-004	NQ
42	2	防漏墊片	t6 NEOPRENE	TFR/A-001-004	NQ
41	2	膨脹O形環組	NEOPRENE and Stainless Steel	TFR/A-001-004	NQ
40	4	六角承窩頭螺栓	3/4-10 UNC-2A 4.0" LG. ASTM A193 GR. B6 Stainless Steel	TFR/A-001-003	C
39	4	調整六角承窩頭螺栓	3/4-10 UNC-2A (長度現配) ASTM A193 GR. B6 Stainless Steel	TFR/A-001-002	NQ
38	4	固定六角承窩頭螺栓	3/4-10 UNC-2A 4.0" LG. ASTM A193 GR. B6 Stainless Steel	TFR/A-001-002	NQ
37	4	活動支撐板	PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-002	NQ
36	4	固定塊	PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-002	NQ
35	4	門固定機構(組件) △2		TFR/A-001-002	
34	4	暗筍銷	Dia. 5/8" x 2 "LG. Stainless steel	TFR/A-001(1/3)	NQ
33	10	進出水管	1" SCH 40 PIPE ASTM A312 304 ST. STL.	TFR/A-001-003	C
32	10	進出水管線焊板	11 GAUGE SHEET ASTM A240 304 ST. STL.	TFR/A-001-003	C
31	1	屏蔽環	PLATE ASTM A36/A105/A516 GR.70	TFR/A-001(2/3)	B
30	2	連接頭	4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-003	C
29	32	保護環螺栓	3/4-10 UNC-2A 2.0" LG. ASTM A193 GR. B6 Stainless steel		B
28	2	耐磨板	ASTM A240 304 ST. STL.	TFR/A-001-003	NQ
27	依實際需求	加馬屏蔽磚	CHEMICAL COPPER GRADE ASTM B29 LEAD (Pb)	TFR/A-001-003	B
26	10	進出水管線(組件) △2		TFR/A-001-003	
25	1	中子屏蔽蓋板B	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
24	1	中子屏蔽蓋板A	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
23	2	中子屏蔽邊板	1.5" X 2.25" RECT. BAR ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
22	2	中子屏蔽邊板	1.5" X 2.25" RECT. BAR ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
21	2	中子屏蔽邊板	1.5" X 2.25" RECT. BAR ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
20	4	中子屏蔽邊板	1.5" X 2.25" RECT. BAR ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
19	2	中子屏蔽邊板	1" X 2.25" RECT. BAR ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B △1
18	1	底板 B	PLATE A350 LF2 Class 2. LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B
17	1	底板 A	PLATE A350 LF2 Class 2. LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-004	B
16	1	名牌	11-16 GAUGE SHEET Stainless Steel COML		NQ
15	依實際需求	油漆	註11 COML		NQ
14	依實際需求	鉛絨	註8 Pb COML		NQ
13	依實際需求	塗裝	註4 COML		C
12	2	支撐板	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001(1/3)	B
11	1	保護環	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-003	B
10	1	屏蔽門B(組件) △2		TFR/A-001-004	
9	1	屏蔽門A(組件) △2		TFR/A-001-004	
8	2	門軌	BAR A350 LF2 Class 2. LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-003	B
7	1	頂 板	ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-001	B
6	依實際需求	中子屏蔽	SOLID SYNTHETIC POLYMER NS-4-FR		B
5	2	吊耳軸蓋	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001(1/3)	B
4	2	吊耳軸	Ø10"ROUND BAR A350 LF2 Class 2. LOW ALLOY STEEL		B
3	1	外殼板	1.25" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL		B
2	1	內殼板	3/4" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL		B
1	1	底 板	1" PLATE ASTM A588 GR. A or B LOW ALLOY STEEL	TFR/A-001-001	B

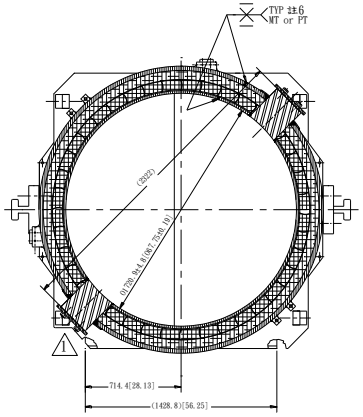
(△1 bracket: items 36–48)

更改次數	更改內容	日期	簽名	審定
△2	件號5加YOKE固定塊,件號26更改為件號32及33標示,件號46~48材質更改為改為ASTM A36,件號9、10、26以及35標示為組件			
△1	件號1形狀更改,件號19至25品質分類更改為B,增加剖面F-F及詳圖P,增加件號36至48	96.03.05	張添昌	李定一

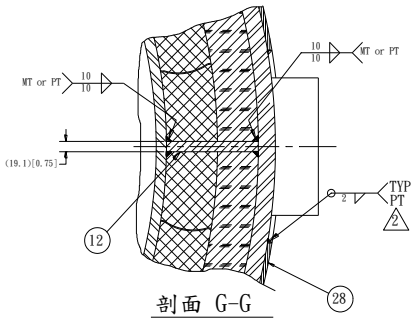
TFR/A-001(1/3) 傳送護箱總圖



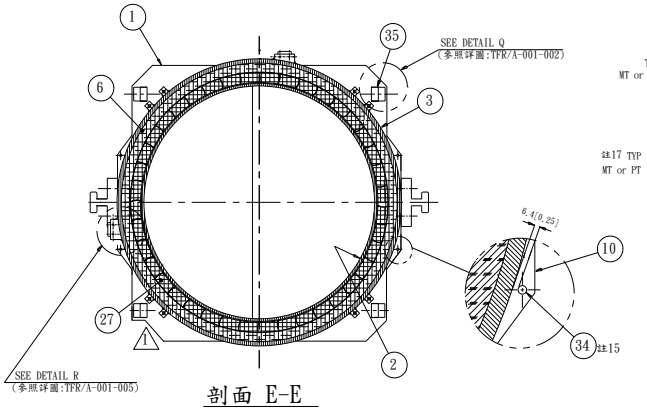
剖面 A-A



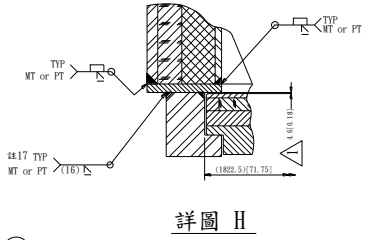
剖面 D-D



剖面 G-G



剖面 E-E



詳圖 H

2	件號28之銲道加註PT檢測			
1	件號1形狀更改,加註間隙尺寸	96.03.05	張添昌	李定一
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

TFR/A-001(2/3) 傳送護箱總圖

註:

1. 所有焊接程序與品質要求應依據"AWS D1.1"或"ASME Section IX"之規定 。

△1 2. 所有焊道應執行目視檢測(VT),VT檢驗方法及合格標準應依據AWS D1.1之規定 負荷測試之前後,以MT或PT執行可檢測之受力焊道。MT檢測方法應依據ASME Sec.V,Article 7,合格標準則依據ASME Sec. Ⅲ,NF-5340 。PT檢測方法應依據ASME Sec. V,Article 6,合格標準則應依據ASME Sec.Ⅲ,NF-5350 。

△1 3. 兩吊耳軸(件號4)應同軸,其同軸度應為2.5mm(0.10英吋)以內 。

△1 4. 依據SSPC-SP 1規範清除所有表面上油污,噴砂除銹則應依據SSPC-SP 10。使用Carboline 890 或Keeler & Long E-Series 或同級品之環氧樹脂漆作表面塗裝,且應依據製造廠商所提供之使用說明書 。

△2△1 5. 門軌與屏蔽門間之接合面應塗敷可用於燃料池之潤滑劑(如NEVER SEEZ或同級品) 。

△1 6. 在內及外殼板之縱向及周向焊道,其位置與焊道數目可自行決定,然而縱向焊道應錯開 。

7. 與保護環(件號11)相配合的鑽孔位置,其攻牙規格為3/4"-10UNC-2B,深度為38.1mm(1.5英吋) 。

8. 使用商用規範的鉛絨,儘可能的將吊耳軸與加馬屏蔽磚間之空隙填滿 。

9. 中子屏蔽頂端允許的最大空隙為6.4mm(1/4英吋) 。

10. 加工屏蔽環(件號31)內徑使其能與護箱內殼板作滑動配合,並使屏蔽環須與內殼板頂部齊平及點焊 加工屏蔽環外徑至1919.5mm(75.57英吋),於頂板與內殼板焊接時,屏蔽環可做為背襯環 。

△2△1 11. 名牌上壓印或刻上50.8mm(2.0英吋)高,深度約為0.76mm(0.03英吋)的字體,如圖上所示,之後塗上黑色的耐候漆.而傳送護箱之實際重量應在製造時標示在XX.XXX#的位置,然後將此名牌封焊至外殼板上 。(其格式內容應依業主招標規範修正) 。

12. 件號27為加馬屏蔽之最小參考尺寸,製造者可加大其尺寸或採用灌鉛方式(應配合使用鋼模).若採用灌鉛方式,進出水管及吊耳軸之穿孔,應於灌鉛後,再實施穿孔加工。若採用最小屏蔽磚方式,切割一列(40塊)鉛磚,將切割完底部平坦的那一列置於最下層;而上端平坦的那一列則置於最上層 。

△1 13. 將門軌與屏蔽門接觸面之前後邊緣應研磨出3.2mm(1/8")x 30~45度之倒角 。

△1 14. 在屏蔽門尺寸為58.4mm x 50.8mm(2.3英吋 x 2英吋)之肩部位置的前後邊緣研磨出3.2mm(1/8") x 30~45度的倒角 。

15. 當屏蔽門置中且完全閉合時,先使暗筒銷與傳送護箱之底板及外殼板接觸,再與其外部邊緣保持至少6.4mm(1/4英吋)之距離,將暗筒銷位置予以鑽孔,之後再將暗筒銷壓合(壓合深度為25.4mm)至件號20中 暗筒銷(件號34)點焊至屏蔽門(件號9與10)上 。

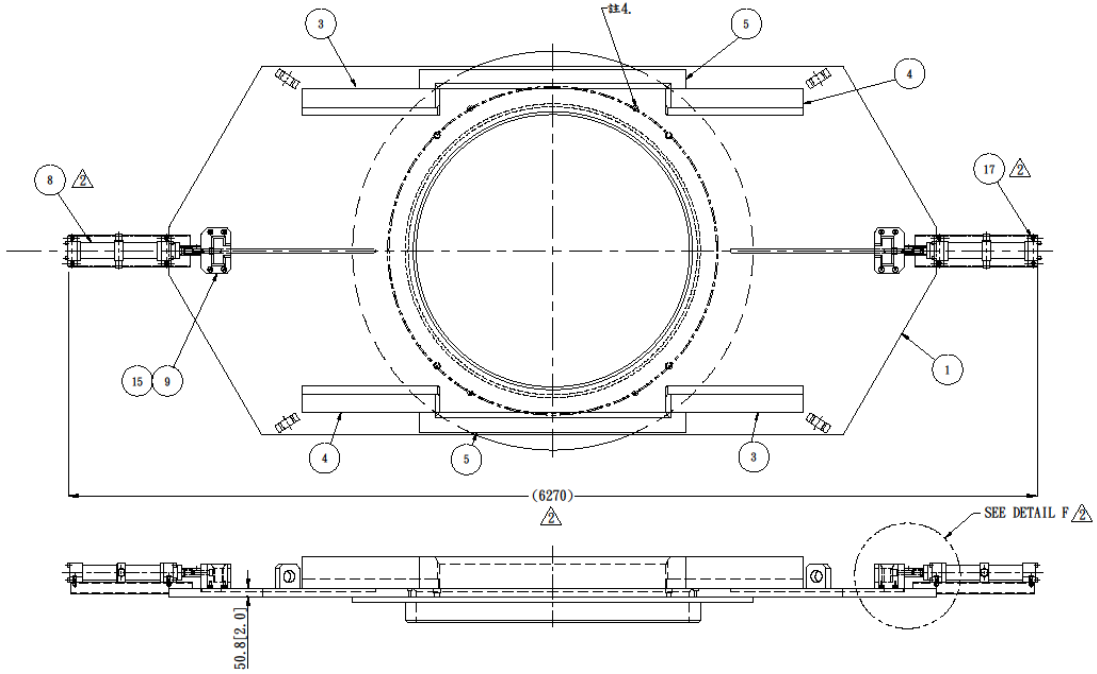
△2 16. 在內及外殼板(件號2,3)接近縱向,周向焊道及其與頂板(件號7)及底板(件號1)焊道之附近區域板厚最小值允許比法規(ASTM A6)規定最低值還小0.4mm(0.015英吋),但在接近吊耳軸焊道之附近區域板厚則依據法規要求 。

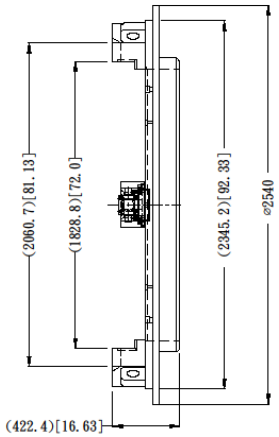
△1 17. 門軌(件號8)應封焊至底板(件號1)上 。

△2 18. 承製廠商應要求ASTM A350 LF2 Class 2之材料供應商提供Charpy V-Notch衝擊測試之合格報告 。

△2	註5.11.16.18文字敘述更改			
△1	註2-6.11.13.14.17文字敘述更改	96.03.05	張添昌	李定一
更改次數	更 改 內 容	日期	簽名	審定

TFR/A-001(3/3) 傳送護箱總圖

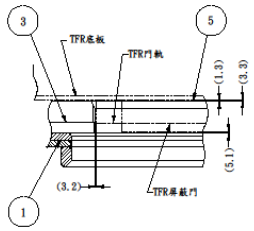




件號	件數	名稱	材料及規格	圖號	品質
22	2	鎖緊螺帽	ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-002-003	NQ
21	2	油壓缸聯接頭	ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-002-003	NQ
20	1	中間環	ASTM A36 CARBON STEEL	TFR/A-002-003	NQ
19	依實際需求	調整螺絲	ALLOY STEEL SIZE AND LENGTH BY FIELD COML	TFR/A-002-003	NQ
18	依實際需求	油壓缸止塊	2" DIA. SCH 40 PIPE (LENGTH BY FIELD) CARBON STEEL COML	TFR/A-002-003	NQ
17	8	油壓缸螺栓	M16X50.8長或 5/8-11 UNC X 2" HEX HD BOLT CARBON STEEL COML		C
16	依實際需求	油 漆	註3 COML		NQ
15	2	連接頭本體螺栓	1-14 UNS-3A X 3 1/2" SHCS CARBON STEEL		C
14	8	耐磨墊塊固定螺栓	1/2-13UNC-3A X 1 SHCS CARBON STEEL COML	TFR/A-002-002	NQ
13	8	耐磨墊塊	1.25" DIA BAR BEARING BRONZE COML	TFR/A-002-002	NQ
12	2	連接頭本體	PLATE/BAR ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-002	C
11	1	銜接器鉀件(組件)		TFR/A-002-001	
10	8	油壓缸螺絲帽	M16或 (5/8-11 UNC HEX NUT) CARBON STEEL COML		C
9	2	連接頭組合(組件)		TFR/A-002-002	
8	2	門油壓缸	140-H HC10-LA 或同級品 90X2第-1016-K STEEL COML		C
7	4	吊 耳	2" PLATE ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-002	C
6	2	油壓缸支撐	200X75X16X75L方管 8"x3" RECT. TUBE W/ 1/4" THICKNESS ASTM A500 GR. B CARBON STEEL		C
5	2	側邊屏蔽	PLATE/BAR ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-002	C
4	2	門 軌	PLATE/BAR ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-002	C
3	2	門 軌	PLATE/BAR ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-002	C
2	1	定位環	PLATE/BAR ASTM A36/A105 CARBON STEEL	TFR/A-002-003	C
1	1	基 板	2" PLATE ASTM A36 CARBON STEEL		C

註:

1. 所有銲接程序與品質要求應依據AWS D1.1或ASME Section IX之規定。
2. 所有廠內銲接之銲道應施行MT或PT檢測，以確認銲接品質。MT檢測方法應依據ASME Sec.V, Article 7,而合格標準則依據ASME Sec.Ⅲ,NF-5340。PT檢測方法應依據ASME Sec.V, Article 6,而合格標準則應依據ASME Sec.Ⅲ,NF-5350。
3. 依據SSPC-SP 1規範清除所有表面上油污,噴砂除銹則應依循SSPC-SP 6。使用Carboline 890或Keeler & Long E-Series 或同級品之環氧樹脂漆作表面塗裝,且應依據製造廠商所提供之使用說明書。
4. 魚眼孔直徑為15.2mm(0.6英吋)X31.8mm(1.25英吋),可安裝混凝土護箱與傳送護箱之連接裝置。
5. 為了達到傳送護箱屏蔽門之功能與配合性，應對件號1的上部表面進行適當的研磨。配合性的主要要求:當傳送護箱與銜接器接合時，傳送護箱之門軌與件號3及件號4之間隙應在 6.4mm (0.25英吋)以內。其次要之配合性要求:於傳送護箱與銜接器接合時,傳送護箱屏蔽門與基板(件號1)間應至少有1.6mm(1/16英吋)的間隙。



銜接器與TFR屏蔽門銜接詳圖

TFR/A-002(1/1) 銜接器次總圖