

# 申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告 導則

1. 中華民國94年10月28日行政院原子能委員會會物字第 0940034854 號令訂定發布全文4點；並自即日生效
2. 中華民國100年11月24日行政院原子能委員會會物字第 1000018323 號令修正發布附錄第三章第一項及第五章第八項；並自即日生效
3. 中華民國108年1月18日行政院原子能委員會會物字第 10800005641 號令修正發布；並自即日生效

## 壹、依據

本導則依據行政院原子能委員會「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」第三條、第四條及「放射性物料管理法施行細則」第二十六條、第二十八條規定，申請放射性廢棄物貯存設施建造執照、運轉執照或換發運轉執照者，應撰擬或更新安全分析報告。

## 貳、目的

本導則旨在提供經營者申請用過核子燃料乾式貯存設施（以下簡稱設施）建造執照、運轉執照或換發運轉執照，編撰安全分析報告（以下簡稱報告）之依循。依本導則所建議之格式內容撰寫者，將有助於資料準備之完整性，並縮短審核所需之時間。

## 參、報告內容概要

詳如附錄。

## 肆、修訂

本導則如有未盡事宜者，得視需要修訂之。

## 伍、實施日期

本導則自發文日實施。

# 附錄

## 用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告內容概要

### 第一章 綜合概述

#### 一、概論

##### (一) 緣由及目的

說明申請設置此設施之必要性與目的，規劃貯存用過核子燃料的來源、類型、冷卻期、數量及貯存護箱的數量，貯存護箱的原始核准國家、型號與名稱。

##### (二) 專有名詞

使用政府機關所頒訂之專有名詞，若非常用或自行編譯之專有名詞，需明確定義並加註原文，以利對照。使用專有名詞的英文縮寫者，應於報告內文第一次出現時定義並加註英文全文。

##### (三) 引用之法規、工業標準及技術規範

1. 撰寫報告時所採用之各種資料，其調查、分析及評估之方法，凡於現行法規中有規定者，需從其規定。
2. 詳列撰寫報告時所引用的國內外法規、工業標準及技術規範，並註明其名稱、公(發)布單位、日期及版次。

##### (四) 參考文獻

引用法規、工業標準及技術規範以外之其他參考文獻，依內容性質歸類整理，並詳列文獻出處。

#### 二、設施綜合概述

##### (一) 位置

描述設施所在之地點，並以適當比例之地圖說明。

##### (二) 貯存系統概述及使用限制條件

描述該系統之貯存護箱及吊卸運搬機具設備等。說明貯存護箱可裝填用過核子燃料之類別、數量、特性、設施所能貯存用過核子

燃料最大容量、貯存護箱吊昇高度限制、表面最大劑量率限值、貯存護箱之頂部空氣出口或表面溫度限值及護箱內有效中子增殖因數之最大限值等。

### (三) 使用年限

說明設施之設計使用年限及其作業時程規劃。

### (四) 作業程序

簡述用過核子燃料吊卸裝填、運搬、接收、貯存及再取出等作業程序，並檢附重要之操作流程圖。

### (五) 設施配置

敘述設施配置，包括設施基座、地上建築物、貯存護箱排列方式及保安系統等，並使用適當之比例尺繪製設施平面配置圖，標示比例尺、方位、區域名稱及設備名稱，並提供必要的工程圖或數位立體模型與資料庫等。

## 第二章 場址之特性描述

設施得引用原核子反應器設施之資料，並註明文件名稱及編號；設施安全設計與安全評估所需之必要資料，需於相關章節內檢附。

### 一、地形與地貌

提供一適當比例尺之地形圖、航照與遙測影像，清楚標明設施所有場界範圍與附近重要地理特徵，包括道路、河川、鄉鎮、山脈、湖泊及海岸線等。

### 二、地質及地震

提供並說明區域地質圖、場址地質圖、地質剖面圖及斷層分布圖，並說明地層分布與岩層位態、斷層分布與特性、場址地層分布與地質特性、火山分布與特性、地震分析與特性，以及坡地災害分佈與特性等。

### 三、水文

提供並說明場址所在地區地表水文、地下水文、附近居民飲用水

源、海岸環境特性及海嘯等水文特性資料。

#### 四、氣象

提供並說明場址所在地區三年以上之氣溫、平均相對溼度、降雨量及強度、風速、風向、降雨日數、空氣品質、颱風與氣壓等氣象資料。

#### 五、周圍人口、交通及臨近設施概況

提供並說明場址附近近十年之人口組成、分布狀況、生活型態變化及交通；並說明關鍵群體所在地點、生活或活動特性等人文資料。

#### 六、其他足以影響設施設計與建造之場址特性因素。

#### 七、場址特性參數佐證文件

場址特性調查結果，應說明設施設計基準與評估所需之場址特性參數，並檢附明確充分之佐證資料及相關專業技師簽證文件。

### 第三章 設施之設計基準

#### 一、設施之設計

##### (一) 貯存護箱設計

1. 用過核子燃料特性：包括燃料長度、寬度、重量、型號與鈾重量、燃料初始濃縮度、燃耗、冷卻時間、衰變熱、燃料完整性、有效堆疊密度、護套材料與厚度、燃料丸直徑、燃料棒之陣列型式及數目、水棒及非燃料組件等，並應建置燃料特性資料庫。
2. 貯存護箱在正常運作、異常狀況、意外事故及自然災害事件下之設計基準：應充分考量設施之場址條件、結構體及作業特性，並能維持結構、熱傳、屏蔽、次臨界及密封功能，且符合相關法規、工業標準及技術規範之要求。
3. 受損用過核子燃料之貯存設計：受損或無法正常吊運之燃料，須裝載於金屬內罐，金屬內罐設計能有效包封燃料顆粒或碎片，滿足排水、真空乾燥、氬氣回填操作需求，並符合再取出需求。

4. 高燃耗燃料之貯存設計：應考量氧化層或氫化鋯導致燃料護套管壁機械強度降低，評估並說明其對燃料護套完整性的影響。
5. 貯存護箱設計應採經原廠國家核能安全主管機關核准者，並檢附原廠家向該國核能安全主管機關提出申請、審查及核准文件影本，並表列說明因應國內場址特性之各項設計變更。
6. 貯存護箱涉及重要安全操作(critical to safe operation)之結構、系統與組件設計變更者，或貯存超過原核准用過核子燃料條件者，應檢附原設計廠家向該國核能安全主管機關提出申請、審查及核准文件影本。

## (二) 構造安全設計

1. 建築設計：說明設施及地上建築物主要結構物、使用需求規劃及其配置。
2. 土木設計：說明設施及地上建築物主要結構物之工程材質與設計標準。
3. 結構設計：說明設施及地上建築物主要結構物之耐震設計、防颱設計、結構分類、設計荷重及載重組合等。
4. 防洪及防水之設計：說明設施防洪之排水系統、防洪水及海嘯灌入、防雨水及地下水滲入、邊坡坍方之監測及防治，以及護岸工程等之設計或措施。設施應採重現期距兩百年頻率洪水位，並合理考量出水高，以及採必要的防洪設計或相關措施。
5. 消防系統設計：說明設施內消防系統設計，有特殊之防火、防爆或除熱等設計者，亦需一併說明。
6. 設施結構物耐熱性、耐久性、抗腐蝕及耐磨損等之設計。
7. 其他有關設施本體結構安全之設計。

## (三) 輔助系統及設備之設計

1. 說明貯存護箱吊卸傳送系統、真空乾燥及惰性氣體充填、放射性廢棄物處理系統及抗腐蝕等設計或相關措施。設施位於核能電廠場址內者，並需評估其對所在核子反應器設施既有之結

構、系統、組件及整體運轉安全之影響，如經評估有潛在影響者，需提出具體之運轉、維護或行政管制加強措施。

2. 說明設施再取出單元之設計，應充分考量設施場址、結構體及作業等特性，並符合適用之相關法規、工業標準及技術規範。

#### (四) 公用系統及設備之設計

說明通訊、電力、供水、供氣、照明、一般廢棄物處理、通風及排氣等系統之設計。設施位於核能電廠場址內者，並需評估其對核子反應器設施既有之結構、系統、組件及運轉安全之影響，必要時應提出具體的運轉、維護或作業管制措施。

#### (五) 設施各結構、系統及組件之分類

就設施內所有結構、系統與組件項目，依其影響用過核子燃料、貯存系統及環境安全等重要性，區分為「主要安全功能」及「次要安全功能」之結構、系統與組件等兩類。主要安全功能之結構、系統與組件，需於品質保證計畫有關章節中詳述之。

#### (六) 輻射安全設計

1. 安全限值：說明設施內外各區域或作業之輻射劑量率及年劑量限值。

2. 輻射屏蔽設計：說明貯存系統與設施輻射屏蔽結構體之材料、組成、比重、厚度、形狀、尺寸與位置等有關設計資料。

3. 職業曝露合理抑低：說明設施正常運轉期間，合理抑低工作人員輻射劑量所採行之設計或措施，至少需包括下列各項：

(1) 輻射管制區及監測區之劃分，含輻射防護及監測設備之設置。

(2) 用過核子燃料吊卸裝填、運搬、接收、貯存及管制站等作業區職業曝露合理抑低之設計。

#### (七) 作業安全設計

1. 說明用過核子燃料之吊卸裝填、運搬、接收、貯存及再取出等作業設計或相關措施，以及其適用法規、工業標準及技術規

範。各項作業在正常運作、異常狀況、意外事故及自然災害事件下，應能維持結構、熱傳、屏蔽、次臨界及密封功能。受損用過核子燃料亦併同貯存者，其作業設計應分別敘明。

2. 說明設施配置圖並描述各重要作業區域之安全設計，包括該作業區之照明設備、通風排氣系統、監視系統、吊卸運搬機具設備等，並說明適用法規、工業標準及技術規範之有關規定。

3. 說明及評估在正常運作、異常狀況、意外事故及自然災害事件下，各項相關作業對所在核子反應器設施既有結構、系統、組件及運轉安全之影響，並提出具體之運轉、維護或作業管制措施。

#### (八) 異常狀況、意外事故及自然災害之預防及應變設計

說明用過核子燃料之吊卸裝填、運搬、接收、貯存及再取出作業，就設施場址、結構體及作業特性，在異常狀況、意外事故及自然災害事件下所採取預防之設計或相關措施。

(九) 利於未來除役作業之設計。就主要安全功能之結構、系統與組件項目，說明有利於未來除污及除役作業之設計。

(十) 設計資料需附適當比例尺之詳細圖說，細部設計或分析資料得列報告附冊備查。

## 二、設施之建造

### (一) 施工特性

說明施工規劃概要，包括所適用之法規、工業標準及技術規範、施工階段及施工範圍等。

### (二) 施工計畫

說明施工項目、時程及管理方法等，設施位於核子反應器設施場址者，應考量施工期間對核子反應器設施既有結構、系統、組件及運轉安全之影響，並提出對應施工管理措施。

## 三、設計基準之檢核分析及評估佐證文件

設施各項設計基準應以「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理

規則」及其他有關法規、工業標準及技術規範進行符合性檢核分析，並檢附明確充分之佐證資料、相關專業技師簽證文件或經第三方公正機關(構)平行驗證資料，以確認符合安全要求。

#### 第四章 設施之行政管理、作業管理及人員訓練計畫

##### 一、行政管理

- (一) 說明設施建造、試運轉、運轉及除役等各階段作業之組織架構、編組、功能、責任與權限等，包括與承包商及承製廠商間之分工。
- (二) 說明人員編制、權責及資格，包括編制員額、職稱、每一運轉班次人數。各級主管人員之權責與資格，管理、監督及輻射防護人員之權責與資格等。

##### 二、作業管理

###### (一) 作業程序

說明設施各階段作業程序，包括設備製造、維護保養、輻防、工安及品保等作業程序。

###### (二) 審核與稽查

說明設施各階段作業程序之審核與稽查，包括作業程序變更之審查，審核與稽查文件之管理等。

##### 三、人員訓練計畫

說明設施各階段之訓練計畫，至少需包括訓練課程內容、時程及授課人員資格，以及訓練成效評估或資格檢定等。

- (一) 設施及貯存系統之設計。
- (二) 核工原理、輻射防護(含合理抑低)及輻射度量。
- (三) 貯存護箱之驗收要求，包含中子吸收材料之品質保證認證。
- (四) 起重機與索具操作要求。
- (五) 裝填前準備作業，包括燃料與貯存護箱之檢查及測試，與裝填作業。



- (六) 密封作業，包括銲接、洩漏測試、排水、真空乾燥及氬氣充填等。
- (七) 運搬輔助機具之操作、接收貯存及監測作業。
- (八) 設施之保安與通訊系統。
- (九) 異常狀況與意外事故之應變及改正措施。
- (十) 其他特殊作業項目。

## 第五章 設施運轉計畫

本章內容至少需包括下列各項，於申請設施建造執照時，需說明初步規劃；申請運轉執照時，需詳細說明之。

### 一、運轉作業程序

#### (一) 吊卸裝填

說明欲裝填之用過核子燃料完整性檢測方法及判定標準，裝填前後之燃料束識別確認程序；貯存護箱入池前檢查作業、入出池吊卸操作程序、貯存護箱真空乾燥、充填氬氣及密封銲接之作業程序、氬氣濃度監控與排除、測試程序及接受標準。

#### (二) 運搬

說明貯存護箱與運搬輔助機具之檢查、裝載、除污及吊卸操作等程序，以及執行上述作業時維持熱移除能力、次臨界與輻射防護之措施。說明運搬規劃路線、地下埋設物種類、埋設深度，以及運搬方法、人員及車輛之污染管制措施等。

#### (三) 接收及貯存

說明貯存護箱接收、貯存及再取出作業規劃。

#### (四) 作業流程

以流程圖標示操作順序及控制方法，重要步驟需說明預防事故之措施，並註明相關系統及設備之操作特性與限制條件。

### 二、貯存檢視作業

說明設施輻射劑量監測、貯存護箱溫度與密封監測及例行檢視作業

之規劃。

三、輔助系統及設備之運轉。

四、公用系統及設備之運轉。

五、設施各項系統及設備之維護保養。

六、設施材料評估及接受測試

說明貯存護箱及與安全有關重要組件之材料選擇、特性及其適用的法規、工業標準或材料證明文件；並說明各項有關非破壞性檢測，以及結構、壓力、洩漏、材料測試等測試結果及合格標準。

第六章 設施之安全評估，含預期之意外事故評估

說明用過核子燃料吊卸裝填、運搬、接收及貯存等作業，在正常運作、異常狀況、意外事故及自然災害事件下，均能確保安全。評估項目至少需包括下列各項，相關計算書需留存備查，並經第三方公正機關(構)平行驗證，評估結果與設計基準及法規限值，需經經營者自行檢核，並確認其保守性。

一、臨界安全評估

分析設施在正常運作時，用過核子燃料之吊卸裝填、運搬、接收及貯存等作業均能維持次臨界狀態，至少需說明下列項目：

(一) 臨界設計準則。

(二) 用過核子燃料特性。

(三) 臨界計算。

(四) 臨界基準驗證。

二、結構評估

結構、系統與組件區分以下五類，依序說明結構設計特性、設計準則與工業標準、材料性質及結構計算分析等內容。

(一) 具密封性者。

(二) 鋼筋混凝土結構。

- (三) 地上建築物。
- (四) 其他主要安全功能者。
- (五) 次要安全功能者。

### 三、熱傳評估

為確認衰變熱移除系統能可靠運轉，需證明主要安全功能之結構、系統與組件及燃料護套之溫度，在正常運作時，均能符合限值。報告中需說明下列項目：

- (一) 衰變熱移除系統。
- (二) 材料溫度限值與熱傳性質。
- (三) 熱傳負載及周遭環境狀況。
- (四) 分析方式、模型及計算。

### 四、輻射屏蔽評估

確認貯存護箱、運送與設施之屏蔽設計能提供適當之輻射防護，屏蔽功能需能確保工作人員及民眾之輻射劑量符合法規限值。報告中至少需說明下列項目：

- (一) 輻射源種類與性質。
- (二) 貯存護箱及運送作業屏蔽。
- (三) 屏蔽組成及細節。
- (四) 屏蔽計算分析。
- (五) 輻射劑量評估。

### 五、密封安全評估

說明貯存系統之密封作業與密封分析，報告中至少需說明下列項目：

- (一) 密封系統與作業說明。
- (二) 密封分析。
- (三) 密封監測。

(四) 避免用過核子燃料劣化之評估。

## 六、異常狀況、意外事故及自然災害事件之安全評估

經營者需就設施操作環境條件與貯存系統特性，預測用過核子燃料運轉可能發生之異常狀況、意外事故及自然災害事件並辦理相關安全分析，所有事件分析結果需符合結構、次臨界、密封、輻射劑量法規限值等安全設計要求，密封系統仍能維持結構完整，無放射性物質洩漏之虞。

### (一) 異常狀況之安全評估

說明每一項異常狀況之可能發生原因、評估方法、結果影響分析、主要輻射曝露途徑及情節、工作人員及設施外民眾所接受之輻射劑量評估、及改正措施等。

### (二) 意外事故及自然災害事件之安全評估

說明每一意外事故及自然災害事件之發生原因、評估方法、結果影響分析、設備或系統防護措施、主要輻射曝露途徑及情節、工作人員及設施外民眾所接受之輻射劑量評估等。

### (三) 超越設計基準事故分析

應就場址、設施及作業特性，合理地進行超越設計基準事故分析並提出說明，其分析結果仍應維持貯存護箱完整性。

## 第七章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫

如設施係附屬於核子反應器設施內時，得引用原核子反應器設施之相關計畫。但需依設施之特性，詳細說明引用之方法及原則。

### 一、輻射防護作業計畫：

依設施之輻射特性，參考「游離輻射防護法施行細則」相關規定撰寫輻射防護作業計畫，內容需包括輻射防護管理組織與權責、人員防護、醫務監護、地區管制、輻射源管制、放射性廢棄物處理、意外事故處理、合理抑低措施、輻射偵測紀錄保存及其他主管機關指定事項等。

### 二、環境輻射監測計畫：

應依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」規定撰寫環境輻射監測計畫。

## 第八章 消防防護計畫

如設施係附屬於核子反應器設施內時，得引用原核子反應器設施之相關計畫。但需依設施之特性，詳細說明引用之方法及原則。

- 一、消防工作之組織及行政管理。
- 二、火災災害分析及影響評估。
- 三、防火設計及措施。
- 四、火警偵測及消防能力評估。
- 五、相關單位之消防及救護支援。
- 六、防火及消防有關設備之維護及管理。
- 七、防火及消防有關之人員訓練。

## 第九章 保安計畫與核子保防計畫

如設施係附屬於核子反應器設施內時，得引用原核子反應器設施之相關計畫。但需依設施之特性，詳細說明引用之方法及原則。

- 一、保安計畫內容至少需包括下列各項：
  - (一) 保安工作之組織、管理及訓練。
  - (二) 保安區域之劃定及管制。
  - (三) 周界實體阻隔物、入侵偵測及警報監視系統。
  - (四) 保安通訊設施及與警察機關協調支援事項。
  - (五) 保安系統測試、維護及各項紀錄保存。
  - (六) 其他經主管機關公告之事項。

申請運轉執照時，需說明有關門禁管制及進出人員查核措施，包括人員酒精及毒品防治篩檢方案，以及警衛之部署與運用、保安事件應變、防範內部破壞措施及保安系統整體效能評估等事項。

- 二、核子保防計畫至少需包括下列內容：

- (一) 國際原子能總署之料帳管理要求。
- (二) 貯存量及其明細：說明用過核子燃料中鈾、鈾-235及鈾-238之重量及總重。
- (三) 識別與貯放位置：說明每一用過核子燃料元件之識別，包括燃料元件型式、序號、批次、流水號及置放位置等相關紀錄。
- (四) 變動記錄：用過核子燃料之異動原因及其紀錄。
- (五) 其他經主管機關指定者。

## 第十章 品質保證計畫

為確保貯存系統與設施之設計、建造及運轉品質，申請建造執照時需提出建造及設計品質保證計畫，申請運轉執照時需提出營運品質保證計畫，其內容需包括：

- 一、品保政策與組織。
- 二、品質保證方案。
- 三、設計管制。
- 四、採購文件管制。
- 五、工作說明書、作業程序書及圖面。
- 六、文件管制。
- 七、採購材料、設備及服務之管制。
- 八、材料、零件及組件之標示與管制。
- 九、特殊製程管制。
- 十、檢驗。
- 十一、試驗管制。
- 十二、量測及試驗設備管制。
- 十三、裝卸、貯存及運輸。
- 十四、檢驗、試驗及運轉狀況之管制。
- 十五、不符合材料、零件或組件之管制。

十六、改正行動。

十七、品質保證紀錄。

十八、稽查。

#### 第十一章 除役初步規劃

說明設施未來之除役構想，包括除役時機、除役目標、放射性廢棄物處理、財務規劃、及預定未來提出除役計畫書之日期等內容。除役初步規劃應進行貯存護箱廠外運送可行性評估並提出說明，評估報告留存備查，經要求者應提報備查。本設施設計已考量有利於未來除役作業之事項，需一併說明。