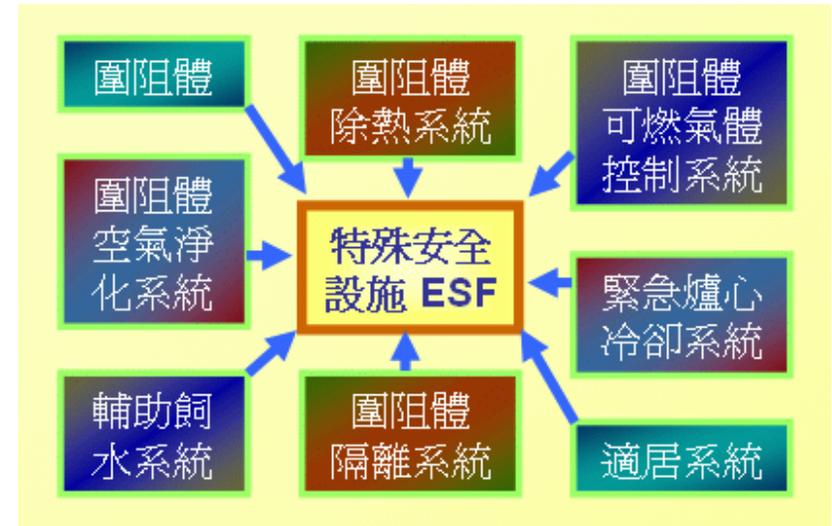


特殊安全設施

- 壹、系統功能
- 貳、特殊安全設施之設計基準
- 參、圍阻體
- 肆、圍阻體除熱系統
- 伍、圍阻體隔離系統

壹、系統功能



- A. **特殊安全設施** (Engineered Safety Feature, ESF) 係指系統或組在核能事故時防止爐心熔燬或防止輻射外洩，以保障公眾的健康與安全，以維持電廠本身的完整。
- B. **特殊安全設施由下列各系統分別擔任不同的功能：**
1. **圍阻體** (Containment)
圍阻體將所有自RCS洩出的輻射物質，包封在其建築架構內，以免外洩。
 2. **圍阻體除熱系統** (Containment Heat Removal System)
圍阻體內部因爐水流失事故 (LOCA) 或主蒸汽管破裂事故 (MSLB) 等而釋出的熱量，可由圍阻體噴灑系統 (Containment Spray, CS)，RHR系統，圍阻體passive熱沈及風扇冷卻器 (Fan Cooler) 來移除，以降低圍阻體之溫度與壓力，降低輻射外洩的機會，並將圍阻體空氣中的輻射物質吸收下來。
 3. **圍阻體空氣淨化系統** (Containment Air Purification and Clean up System)
本系統屬於圍阻體空調系統 (Containment HVAC) 的一部份，能將圍阻體空氣中所含輻射物質過濾淨化後，排至大氣。
 4. **圍阻體隔離系統** (Containment Isolation System)
由於圍阻體與輔助廠房及汽機廠房間之連通管路，有許多管路必須穿越圍阻體，一旦發生事故，必須將這些管路全部隔離，以防輻射物質外洩。本系統包括圍阻體隔離訊號 (Containment Isolation Signal, CIS) 控道，以及相關的管閥。
 5. **圍阻體可燃氣體控制系統** (Containment Combustible Gas Control System)
氫氣再結合器 (Hydrogen Recombiner) 及後備之氫氣排除系統 (Hydrogen Purge System) 能將圍阻體內之可燃氣體氫控制在4%之體積濃度以下，以免產生氫爆事故。
 6. **緊急爐心冷卻系統** (Emergency Core Cooling System, ECCS)
此系統在事故發生後，能提供大量的含硼冷卻水，以冷卻爐心，並增加停機餘裕。本系統又稱安全注水系統 (Safety Injection System)，包括高壓注水系統 (CCP)，低壓注水系統 (RHR)，以及蓄壓槽 (Accumulator)。
 7. **適居系統** (Habitability System)
控制室適居系統包括飛射物防護、輻射屏蔽、輻射偵檢、煙霧偵測、控制室過濾、空調、燈光及一般消防設施等，在正常及緊急情況下，都能使值班人員長期留駐於控制室內。
 8. **輔助飼水系統** (Auxiliary Feedwater System)
本系統於事故或起動、停機時，提供飼水，以便經由蒸汽產生器移除一次系統的熱量。
- C. **特殊安全設施係以下列事故設計：**
1. 爐水流失事故 (Loss of Coolant Accident, LOCA)

2. 蒸汽管路斷裂事故 (Steamline Rupture)。
3. 蒸汽產生器管束破裂事故 (Steam Generator Tube Rupture)
4. 燃料儲運事故 (Fuel Handling Accident)。

D. **特殊安全設施功能為：**

1. 保障燃料護套的完整。
2. 保障圍阻體的完整。
3. 將輻射物質外洩的程度限制在10CFR 100規定之下。

貳、特殊安全設施之設計基準

- A. **特殊安全設施之設計**，使其能夠在單一故障 (Single Failure) 的情況下，仍能完成其保護功能。所謂單一故障係指短期注水階段的單一主動元件故障(Active Failure)或長期再循環階段單一主動元件故障或單一被動元件故障 (Passive Failure) 而言。
- B. **為符合上項單一故障的基準**，所有主動元件均有雙重設計。凡是事故時必須開啟的閥類均為兩閥並聯排列，因此只要任一閥打開管路就可接通。凡是事故時必須關閉的閥類均為兩閥串聯排列，因此只要任一閥關閉，管路就封閉。重要的泵均有兩個以上並聯排列，任何一泵起動就可提供足夠的水量來冷卻爐心。
- C. **緊急爐心冷卻系統須符合下列最終設計標準：**
1. ESF須能使最高燃料護套之溫度不超過1200。
 2. ESF須能使最大護套全氧化度不超過未氧化前護套厚度17%。此處全氧化度 (Total Oxidation) 係指所有氧氣皆與燃料護套作用產生ZrO時，所有氧化燃料護套之厚度。
 3. ESF須能使燃料護套與水或蒸汽產生化學反應而釋出之最高氫氣產生量，不超過下面假設數值之1%。假設數值為倘若所有燃料護套 (包圍燃料丸的部份，其餘不計) 鋳金屬全部與水或蒸汽起反應。
 4. ESF須能使爐心保持其可冷卻結構 (Coolable Geometry)，而在事故後之變形不得嚴重至影響其冷卻能力。
 5. ECCS初期運作之後，仍能供長期冷卻 (Long Term Cooling)，使爐心溫度維持在可接受之低溫，在最長壽命的放射性物質仍留在爐心內，爐心衰變熱須能不斷的由ECCS移除。

參、圍阻體

- A. **圍阻體之功能**在控制LOCA後之輻射物質外洩，故圍阻體應完全包容所有的反應爐冷卻水系統 (RCS) 管路和組件。圍阻體亦作為正常及事故時之生物輻射屏蔽。圍阻體之設計及建造使其能承受LOCA及蒸汽管路斷裂事故，而不致危及大眾的安全。圍阻體可承受60psig之內部壓力，也就是發生計基準事故時所產生的最高壓力，而其洩漏在最初24小時內不超過其體積之0.1W/O，其後不超過0.5W/O。LOCA事故後之輻射外洩量不得超過10 CFR 100之規定。
- B. **圍阻體係一圓柱形建築**，上有半球形圓頂，中央有反應爐穴。圍阻體係以預力鋼筋混凝土構成，混凝土能承受巨大的壓縮力。為了使圍阻體能夠承受相當的內部壓力 (張力)，就採用加壓鋼纜，使圍阻體在事故最大壓力時，其淨負荷仍為壓縮力。
- C. **圍阻體的大小**由LOCA時之能量釋放量決定。圍阻體內層襯以鋼板。
- D. **圍阻體內部**反應爐及RCS各迴路均由預力鋼筋混凝土圍至超過蒸汽產生器管束的高度。這是為防止事故時飛射物或管路揮動現象，尤其是反應爐冷卻水泵 (RCP) 的飛輪造成RCS多重損壞，並避免損及圍阻體的完整。反應爐槽的上頭放有一塊厚重的水泥塊，以防發生射棒事故時，損及圍阻體或其他組件。
- E. **圍阻體穿越管道**包括設備通道、人員通道、燃料運送道，各種管路和電纜穿越器都是以鋼鐵製成，焊於圍阻體內襯鋼板，並以錨塊埋於水泥中。
1. 設備通道門之邊緣有兩封閉襯墊，並加以螺鎖以防洩漏。比反應爐槽O形封環小的設備都可通過此門。封閉襯墊與門緣間以N2加壓。
 2. 人員通道有兩個門，分設在通道兩端稱為雙層氣鎖門。每次僅能開啟一個門，此門關閉後才能再開另一個門。
 3. 燃料運送道在圍阻體和燃料廠房間。內管作為燃料運送通道，其圍阻體側以盲管蓋封閉。盲管蓋邊緣有雙封閉襯墊，以免洩漏。

4. 管路及電纜經穿越器通過圍阻體。流程管路上均有隔離閥，與管路及圍阻體內襯鋼板焊在一起。
 5. 圍阻體再循環集水池，其管路穿過地基至RHR及CS系統。管路外有襯管，兩者皆埋於地基水泥塊中。在集水池端，襯管與管路及集水池內襯鋼板焊在一起。管路延伸至圍阻體外，有一隔離閥，隔離閥完全封閉在一包封槽中，襯管一端就焊在此槽上。隔離閥下游的管路和包封槽以一伸縮接頭焊在一起。
- F. **圍阻體須能**將其內部空氣和外界環境完全隔離。運轉規範所規定之圍阻體完整性（Containment Integrity）如下：
1. 所有圍阻體穿越器之密封裝置必須可用。
 2. 事故發生時，所有穿越管必須以下列方式關閉。
 - a. 所有圍阻體自動隔離系統關閉。
 - b. 利用手動閥或盲管蓋關閉，或把電動閥置於關閉位置，且操作電（氣）源切斷。
 3. 設備通道必須關閉密封。
 4. 人員通道雙層氣鎖門至少須保持一層門關閉密封。
 5. 圍阻體洩漏率須在限定值內。

肆、圍阻體除熱系統

本系統包括圍阻體噴灑系統（CS）及風扇冷卻器（Fan Cooler）。

伍、圍阻體隔離系統（Containment Isolation System）

本系統包括穿透圍阻體之管閥以及動作線路等，於發生LOCA，蒸汽管路斷裂或圍阻體內燃料儲運事故時，將圍阻體隔離起來。

A. 設計基準

1. 本系統須能承受颱風、洪水、飛射物及地震，而不影響其功能。
2. 在發生LOCA後，本系統將所有非ESF系統運作所必須之穿越管路隔離，以防輻射物質外洩。
3. 在發生蒸汽管路斷裂事故時，本系統須能將圍阻體及蒸汽產生器隔離，以防一次系統溫降過速，且避免圍阻體過壓。
4. 在圍阻體內發生燃料儲運事故時，本系統須能將圍阻體與外大氣隔離，以防輻射外洩。

B. 系統組件

各管閥分屬各獨立系統，詳見各系統說明。

C. 系統運轉

1. **圍阻體隔離分為兩階段，A階段及B階段。**

A階段隔離將所有非ESF運轉所需管路隔離，但RCP之軸封及冷卻水除外，同時緊急柴油機，ECCS系統起動，控制室空調系統，亦轉至緊急狀態運轉。

B階段隔離訊號將A階段未隔離且不為ESF運作所需的管路隔離，如RCP軸封及冷卻水。B階段隔離同時產生CSAS，B階段隔離訊號亦可手動動作，其過程和CSAS完全相同。
2. **主蒸汽管隔離**

主蒸汽管隔離訊號關閉主蒸汽隔離閥（MSIV）及其旁通閥，以免RCS降溫過速。MSIV之設計可避免一個以上的蒸汽產生器過度蒸騰。當主蒸汽管在MSIV下游斷裂時，三個MSIV關閉即可將蒸騰現象完全停止。
3. **一旦偵測到高輻射劑量時**，圍阻體空氣淨化系統（Containment Air Purification System）之隔離閥自動關閉，以免輻射外洩。