

# 110 放射性廢棄物處理設施高級運轉員

## 放射性廢棄物營運管理測驗題庫

### 申論題：

1. 放射性廢棄物處理中核種分離/去除及組成改變技術主要應用於廢液處理，處理後的水絕大部分循環再利用。請寫出國內各核電廠廢液處理方式？

答：

#### 一、核一廠：

1. 其採用預數式過濾器及深床除礦器來處理，處理後的水循環再利用。地面洩水與化學廢液則採用蒸發濃縮方式處理，冷凝液再經與深床除礦器處理，濃縮液與污泥、粉末廢樹脂等則採用水泥固化。
2. 洗滌廢水以過濾方式處理。

#### 二、核二廠：

1. 其與地面洩水合併處理，依導電度而定，低導電度廢液採用預數式過濾器及深床除礦器來處理，處理後的水循環再利用。高導電度廢液與化學廢液採用蒸發濃縮方式處理，冷凝液再經與深床除礦器處理濃縮液與污泥、粉末廢樹脂等則採用水泥固化。
2. 洗滌廢水以過濾方式處理。

#### 三、核三廠：

其低總溶解固體(Low TDS)廢液利用吸收床及混合樹脂床處理，處理後的水循環再利用；高總溶解固體(High TDS)廢液利用蒸發處理，冷凝液送至低總溶解固體廢液處理系統，濃縮液以高效率固化系統固化。

#### 四、核研所放射性廢水採用蒸發濃縮方式處理，冷凝液再經離子交換床處理，濃縮液採用水泥固化。

2. 為何會核能電廠產生放射性廢棄物，放射性腐蝕產物行為與廢棄物產生關係為何？試描述之。

答：

核能電廠所使用高溫高壓水會對構成反應器系統的金屬材料產生侵蝕與腐蝕的作用。自金屬材料釋出之腐蝕產物，隨著冷卻水進入反應器的爐心。腐蝕產物有可能與爐心內的中子作用，使成為放射性物質，這些放射性物質又被稱為活化產物。為維持良好水質，放射性腐蝕產物必須利用淨化系統予以移除。淨化系統所過濾出的殘渣，所使用的樹脂及用來清洗淨化系統的廢水即成為低放射性廢棄物。放射性腐蝕產物在隨著冷卻水在反應器系統內

移動的過程中，有可能沈積於設備或零組件的表面，造成設備零組件的污染。這些沈積於設備或零組件表面的放射性腐蝕產物亦會污染電廠維修人員的衣物、手套及工具。電廠維修更換的零組件，受污染的衣物、手套、工具等即成為低放射性廢棄物。

4. 核能設施會產生那些放射性廢棄物。

答：

國內低放射性廢棄物來源包括：

- (1)核能電廠在維護、除污作業或運轉過程中所產生受放射性物質污染的廢樹脂、濃縮液、衣物、手套、工具、及廢棄的零組件、設備、或是淨化水所產生的殘渣。
- (2)核能電廠運轉壽命終了時，各項廢棄核設施及其拆除過程中所產生的低放射性廢棄物。
- (3)醫療院所、農業、工業及學術研究單位使用放射性同位素過程所產生的廢棄物與不再使用之放射性同位素等。

核能電廠除產生低放射性廢棄物外，亦會產生用過核子燃料。核子燃料使用一段時間而降低效率時，這些核子燃料必須替換，而從核反應器退出之核子燃料，即稱為「用過核子燃料」。當其剛從反應器退出時，具有很高的放射性及衰變熱，必須先貯存於廠內的用過核子燃料池中冷卻，待其放射性及熱量衰減，再進行後續貯存。

5. 說明國際原子能總署對放射性廢棄物管理揭示九大原則？

答：

(1) 人類健康防護原則

確保人類健康在可接受的水準。放射性廢棄物管理造成人員的輻射劑量，應符合國家輻射防護標準，輻射劑量可接受水準通常考量 ICRP 或 IAEA 的建議值，再考量放射性廢棄物管理之正當性、最適化與劑量限值而作調整。

(2) 環境保護原則

維護環境在可接受的水準。放射性廢棄物外釋至環境的量應儘可能少，「濃縮與圍阻」原則上較「稀釋與排放」為佳，放射性核種若符合排放標準，可排放至空氣、水、土壤中，放射性廢棄物處置應儘可能降低對天然資源之未來利用所造成的負面效應；應考量非輻射環境影響，其環境保護水準至少應與其它工業活動一致；應考量人類以外物種可能接受輻射曝露的影響。

(3) 超越國境防護原則

超越國境限制下，確保人類健康與環境，應以相同之可接受水準，確保境外人類健康與維護環境；應與鄰國簽署協定，

交換放射性廢棄物跨國境排放及放射性核種遷移等相關資訊，放射性廢棄物之進出口，接收國應具備充分的管理及技術能力，並設置安全管制機關，以確保符合國際安全標準。

(4) 後代子孫保護原則

後代子孫之輻射影響，不可高於現今可接受的水準，合理保證後代子孫輻射影響不會高於現今可接受的水準，長期輻射曝露，應考量不準度。

(5) 後代子孫無負擔原則

不可附加給後代子孫不當的財務負擔。倫理考量：享受核電這一代人，應有責任解決產生放射性廢棄物問題；應開發相關技術，興建及運轉設施，提供放射性廢棄物管理基金，並對廢棄物管理作充分的規畫與管控，處置時程與科技及社會經濟因素有關，例如技術實用性、民眾接受度、場址開發及貯存期間放射活度及熱量的衰減等因素，應儘可能不依賴長期監管或後代子孫採取必要的安全活動，建立並妥善保存處置場放射性廢棄物基本資料。

(6) 健全國家法規體系原則

須有適當的國家法規體系，明確規範責任所在與獨立的管制功能，管制須獨立於運轉之外。管制機關除訂定法規外，亦須制定國家廢棄物管理政策。

(7) 廢棄物減量原則

廢棄物產生量應儘可能減少，在設計、運轉及除役期間，應採取適當的措施，儘可能減少廢棄物體積與活度。

(8) 廢棄物管理各階段間妥適安排原則

廢棄物產生與管理各階段間之相互關係必須考量並妥適安排。通常廢棄物管理包括前處理、處理、固化包裝(conditioning)、貯存及處置各階段，各階段彼此關聯，任一階段之管理，應充分考量與以後各階段(尤其是處置階段)之關聯性，兼顧安全與效率間的平衡。

(9) 設施安全原則

各種廢棄物設施在使用期間須確保其安全。在選址、設計、建造、運轉、除役(或處置場封閉)期間須確保設施安全，預防意外事件及意外事故發生後限制其後果。選址階段須考量影響設施安全的場址特性，須考量場址受設施開發之影響；在設計、建造、運轉、除役(或處置場封閉)期間，須確保人類健康在可接受的水準；須評估設施安全及其對環境之影響以建立適當的品質保證、人員資格取得及訓練制度。

6. 放射性廢棄物之定義與分類標準為何？

答：

一、放射性廢棄物之定義：

我國「放射性物料管理法」第 4 條對放射性廢棄物之定義係指具有放射性、或受放射性物質污染之廢棄物，包括準備作最終處置之用過核子燃料。「放射性物料管理法施行細則」第 4 條進一步將放射性廢棄物歸類為「高放射性廢棄物」、及「低放射性廢棄物」兩大類。高放射性廢棄物指準備作最終處置之用過核子燃料、或其經再處理所產生之萃取殘餘物。而低放射性廢棄物指前述之外之放射性廢棄物。由於尚不考慮用過核子燃料之再處理，高放射性廢棄物僅包括用過核子燃料。

二、分類標準：

低放射性廢棄物根據其處置之目的，更進一步地加以分類。

- (1) 對最終處置來說，低放射性廢棄物可根據放射性核種的濃度限值歸類為 A 類、B 類、C 類，及超 C 類，其定義訂於低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則。
- (2) 一定活度或比活度以下之放射性廢棄物，其活度對民眾健康及環境幾無影響，我國亦參考 IAEA 及核能先進國家相關作法，訂定「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」。
- (3) 低放射性廢棄物活度經過衰減降低至符合外釋條件後，可向原能會提送外釋計畫申請外釋，根據「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」規定，放射性廢棄物可外釋之先決條件之一為輻射劑量評估之結果必須符合一年內所造成個人之有效劑量不超過 0.01 毫西弗、集體劑量不超過 1 人西弗之要求，或所申請外釋的放射性廢棄物依核種不同，其活度或比活度必須符合前述辦法限值。原能會則審查外釋申請者所提送之輻射劑量評估報告及外釋計畫，經核准後始得外釋。(國家報告書)

7. 試說明低放射性廢棄物如何運送？

答：

- (1) 低放射性廢棄物經過適當的包裝後，一樣可以經由空運、海運或陸運的方式進行運送，只是相較於一般物品的運送，低放射性廢棄物因為具有放射性、屬於危險物品，它的運送作業應注意及要求事項相對就複雜許多。
- (2) 依照「放射性廢棄物運作許可辦法」規定，運送作業前，運送廢棄物的數量及特性、運送路線、運送造成民眾輻射劑量及發生意外狀況的應變相關事情都要先規劃好，並經過原能會審查通過；正式出發前須再確認運送車輛四周的輻射劑量

跟車輛狀況，運送過程中還要有監督運送人員跟緊急應變裝備隨時跟著，相關事項都要符合「放射性物質安全運送規則」的要求，以確保低放射性廢棄物運送作業安全。

8. 國際上低放廢棄物處置做法有哪些？

答：

- 一、依據國際原子能總署各類放射性廢棄物之處置深度概念建議，基於核種半化期長短與活度大小，放射性廢棄物分類可採用近地表處置、深地質處置以及介於兩深度間之中等深度處置方式。
- 二、除了處置深度之考量外，針對低放射性廢棄物處置方式的選擇，亦須配合當地自然、社會、環境與廢棄物特性等進行通盤考量，所以各國採取的作法不盡相同。
- 三、目前已興建運轉之低放射性廢棄物最終處置的型式可略分為地面處置窖式與坑道處置型式，地面處置窖式如日本、法國、西班牙等；坑道處置型式則是將廢棄物放置於相對較深的岩層中，其型式可為坑道型態或豎坑型態，如瑞典、芬蘭、韓國等。雖然各國的處置設施設計雖因其所在環境條件而有所差異，但都以建構「多重障壁」系統為設計原則。

9. 試說明我國中期貯存設施安全管制為何？

答：

集中貯存設施本質上就是貯存設施，因此在管制要求上，與現行的貯存設施的安全標準並無不同。

- (1) 依據放射性物料管理法第 17 條第 1 項規定，放射性廢棄物貯存設施之興建，應向主管機關提出申請，經審查符合安全規定，發給建造執照後，始得為之。「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」及「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」，可有效管制貯存設施安全。
- (2) 「集中式放射性廢棄物貯存設施場址規範」，可供做為集中貯存設施選址作業之客觀標準，該規範涵蓋活動斷層、山崩、火山、水文、土壤液化、海嘯、人為活動與自然作用影響等設施場址應考量之項目，以選定符合地質安全、環境科學評估基本條件之場址。

10. 簡述說明我國低放射性廢棄物處置安全規定？

答：

- 一、依據「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」規定，低放射性廢棄物最終處置設施場址，不得位活動斷

層或地質條件足以影響處置設施安全之地區；地球化學條件不利於有效抑制放射性核種污染擴散，並足以影響處置設施安全之地區；地表或地下水文條件足以影響處置設施安全之地區；高人口密度之地區；其他依法不得開發之地區。我國法規規定低放射性廢棄物最終處置設施對一般人所造成之個人年有效劑量，不得超過 0.25 毫西弗，為一般民眾年劑量限值的 1/4。

二、管制作為方面，涵蓋法制作業與設施各階段之管制，在公開透明且安全無虞的條件下逐步展開，確保低放射性廢棄物最終處置之安全。對於低放射性廢棄物最終處置設施的安全管制，依法分為建造執照與運轉執照兩階段的審核制度，並在興建、試運轉及運轉期間，由主管機關檢查。

11. 簡述我國超 C 類放射性廢棄物的來源與管理？

答：

一、來源：

超 C 類廢棄物來源包括部分的爐心探測金屬元件、除役拆廠時的反應爐壓力容器，另極少量可能來自因爐水淨化所產生的廢離子交換樹脂，因吸附破損燃料雜質所致。超 C 類廢棄物是屬於低放射性廢棄物的範疇，與一般低射性廢棄物的差異，僅是含一定量的長半衰期核種。因此在處理及貯存的要求與一般低放射性廢棄物並無差異。

二、管理：

依據「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」進行管制，且均符合國際原子能總署的放射性廢棄物貯存安全導則規定。「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」已明定超 C 類廢棄物非經主管機關核准，不得於低放射性廢棄物最終處置設施進行處置。但在放射性廢棄物的貯存方面，則採國際原子能總署的貯存安全導則要求，可確保所有放射性廢棄物的貯存安全。核反應器設施所產生的超 C 類廢棄物均列管追蹤，可確保其最終處置作業的安全。

12. 放射性廢棄物運送管制措施為何。

答：

依現行作業規定，放射性廢棄物之運送，應先提報運送計畫，經原能會審查核准。各核能設施預定執行運送作業前，應備妥交運文件送原能會備查；運送作業期間主管機關派員執行現場檢查，以確認作業符合運送計畫之承諾與安全。(物管局網站)

13. 用過核子燃料乾式貯存的來源及管理策略為何。

答：

## 一、來源：

核子燃料使用一段時間而降低效率時，這些核子燃料必須更換，而從核反應器退出之核子燃料，即稱為「用過核子燃料」。當其剛從反應器退出時，具有很高的放射性及熱量，必須先貯存於廠內的用過核子燃料池中冷卻，待其放射性及熱量衰減後，再進行後續貯存。

## 二、管理策略：

由於用過核子燃料可經再處理回收鈾與鈾等有用資源，而僅含百分之三的高放射性廢棄物，因此是否將其視為廢棄物而直接處置，依各國的國情與社會環境，而有不同的選擇。我國現行的管理策略為「近程採廠內水池貯存、中程以廠內乾式貯存、長程推動最終處置」。

### 14. 說明我國乾式貯存的安全管制作法？

答：

#### (1) 建構完整之法規體系：

為確保安全，保障公眾健康及維護環境生態品質，建構整體的管制法規，包括放射性物料管理法及其施行細則、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、申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則、核子保防作業辦法等。此外，參考美國聯邦法規 10 CFR 及美國核管會相關審查規範及技術導則，作為安全管制的依據，形成綿密的法規體系。

#### (2) 建造與運轉兩階段審查制度：

用過核子燃料乾式貯存設施設置案，主管機關於受理申請案後，即分別展開安全分析報告的審查作業與聽證作業。設施建造完成並經試運轉成功後，申請單位依規定應提出試運轉報告、運轉技術規範、最新版安全分析報告及意外事故應變計畫等文件，經主管機關審查合格發給運轉執照後，始得進行貯存作業。貯存期間主管機關亦將派員檢查，以強化營運品質及安全。

#### (3) 嚴格的安全條件：

為確保乾式貯存設施之安全，引進核能先進國家認可並具有運轉實績的產品，乾式貯存設施的設計，其輻射劑量限值為 0.05 毫西弗，是一般人年劑量限度的 1/20。貯存設施將設置兩道圍籬，以防止人為入侵破壞。另外乾式貯存護箱的設計，必須能確保將放射性物質侷限在貯存鋼筒內，維持次臨界狀態，並於任何狀態下可安全再取出用過核子燃料。

#### (4) 安全管制措施公開透明：

未來乾式貯存設施營運期間，將乾式貯存設施之輻射劑量及溫度監測資訊，連結至主管機關核安監管中心，並公開於網站。

15. 依據核電廠除役計畫，除役工作可分為哪四階段？各階段工作重點為何？

答：

- (1) 過渡階段：

主要是待核燃料的輻射與熱能消退 5 至 10 年後，再進行下一階段的拆除工作，如此可降低除役工作人員所受之輻射曝露及劑量，確保輻射安全。依據核一廠除役計畫，規劃過渡階段約為 8 年，其主要之作業為停機作業、除役系統與設備水電氣源切斷與隔離作業、停機後現場輻射特性調查作業、系統除污及洩水、拆除工程規劃、興建用過核子燃料乾貯設施及除役所需之新建設施等。

- (2) 拆廠階段：

主要是開始移出核燃料並拆除廠內相關設備與建物，依照國際經驗，一般費時約 10 至 15 年。依據核一廠除役計畫，規劃拆廠階段約為 12 年，其主要之作業為將用過核子燃料移至乾式貯存設施、汽機廠房大型組件拆除、反應器壓力槽及其內部組件拆除、反應器冷卻系統管路拆除、用過核子燃料池拆除、一次圍阻體拆除、其他輻射污染系統及設備的拆除、反應器廠房除污等。

- (3) 最終偵測階段：

主要為待機組拆除後，進行廠址環境的最終輻射偵測，確認土壤是否需要進行整治復原。依據核一廠除役計畫，台電公司規劃最終偵測階段約為 3 年，且除役後之廠址輻射劑量將以符合非限制性使用標準為目標進行除役。依據「核子反應器設施管制法」及其施行細則之規定，非限制性使用者對一般人造成之年有效等效劑量不得超過 0.25 毫西弗(mSv)之限值。相較於台灣每年天然背景輻射劑量約 1.6 毫西弗(mSv)而言，非限制性使用的輻射劑量目標值可確保除役後廠址的輻射安全。在此階段，除進行廠址最終狀態偵測外，亦有其他作業目標如聯合結構廠房、汽機廠房、廢氣廠房、修配大樓、新修配大樓等建物拆除。

- (4) 復原階段：

規劃約需 2 年，其主要作業目標為進行土地復原與景觀工作，即執行覆土作業，以達地面之平整及景觀美化之效。