

高級運轉員及運轉員測驗範圍命題重點

1. 核能設施在選址、設計、建造、服役和運轉後，除役是設施的最後階段。
2. 核能電廠除役是一個複雜的過程，涉及設備與結構的除污、拆卸和拆除及所產生廢棄物的管理；同時要考量操作人員和公眾的健康和安全及環境的保護。
3. 核能電廠除役的最終目的，是該廠址為非限制性使用或限制性使用。
4. 核能設施除役策略，國際原子能總署(IAEA)認為應考量下列因素：國家政策；廢棄物途徑的可用性；職業、公眾和環境安全；技術資源；經費考量，包括資金的可運用性；技術性要求；設施結構是否惡化；與其他現場作業的相互關係。
5. 核反應器除役策略的規劃和執行，需要中子活化的知識、污染程度及除污技術，這些都是運轉過程所引起且在停機後仍存在。
6. 活化：正常運轉的反應器，放射性存量的主要組成是壓力容器及其周圍建築材料被活化，也是除役放射性廢棄物的重要來源。
7. 活化的範圍與程度：基於結構物幾何形狀、材料成分和運轉歷史的理論計算及測量與採樣分析的驗證。
8. 反應器停機和用過燃料退出後，核反應器的殘留放射性核種存量分為兩類：(a)中子活化物質、(b)污染物質。
9. 反應器壓力容器及爐心內部組件(金屬)是被中子活化最多的部分。
10. 壓力容器周圍的生物屏蔽及圍阻體(混凝土與鋼筋)是需要關心的活化組件。
11. 除役廢棄物污染的來源：
 - (1) 主循環管路腐蝕，經爐心被中子活化，成為腐蝕產物。
 - (2) 被照射過核燃料護套產生裂口，擴散出分裂產物及鈾系元素。
 - (3) 主循環迴路的洩漏。

- (4) 放射性廢液和廢棄物的處理和貯存、維護及更新作業。
 - (5) 用過核燃料退出作業。
 - (6) 工作事故。
 - (7) 空浮污染物還可能導致放射性物質沉積在牆壁上、天花板上和通風系統中。
12. 核反應器正常運轉或非計畫事件，發生管路腐蝕和侵蝕活化產物，造成系統、組件、設備或廠房的污染。
 13. 污染物可能是分裂產物和銅系元素、活化產物及其子核種衰變產物。
 14. 在除役過程中，除污被用於降低輻射，藉移除設施內沉積物、氧化膜和粉塵中含有的部分分裂產物和活化產物，以減少除役人員和民眾的輻射曝露。
 15. 為了獲得良好的除污係數，須考慮各種參數包括：反應器類型；核電廠的運轉歷史；材料類型：鋼、鋁合金、混凝土等；表面類型：粗糙、多孔、塗層等；污染類型：氧化物、污垢、污泥、鬆散等；污染的成分：活化產物、分裂產物、銅系元素等；待清理的外表面或內表面；所要求的除污係數；擬除污組件的目的地：處置、再利用等；組件類型：管道、罐槽等。
 16. 金屬除污方式，浸泡法、噴砂除污、雷射除污法等。
 17. 中子活化活度的計算：需要了解整個系統中子通量的空間分佈和能量分佈；根據反應器的照射歷史和隨後的衰變時間，以獲得單位重量母核種的活度；根據組件材料中母核種元素的「已知」濃度及組件的質量，計算組件的活度。
 18. 污染是由於多種現象而發生的，例如從燃料的分裂產物或核燃料物質之洩漏、從鈾附著在燃料製造過程中表面的分裂產物之外釋、結構材料中金屬之溶解、結構材料的活化、或與液體接觸的結構材料表面的沉積或剝離等現象。

19. 污染擴散到整個系統，包括設備和管道。如果含有放射性物質的液體或氣體發生洩漏，這些物質可能會粘附及沉積在建築結構的表面上並引起表面污染。
20. 系統與液體接觸的內表面上放射性物質造成的污染程度，因設施的運轉歷史、燃料條件和其他因素而異。
21. 為減少拆除工人的曝露及減少放射性廢棄物，除污是一種有效的方法。除污可分為系統除污和拆卸後除污，這取決於工作使用的時間。
22. 除役物體可能是不同材料和形狀，且可能具有不同形式的污染。基於不同的原理，也可能需要多種的除污技術。
23. 除污時選擇最佳技術，應考量除污的目的、被除污物體的特性和使用每種技術的成本效益。
24. 系統除污也是在運轉期間使用的一種方法，但它用於在拆除工作之前的除役，將供應去污溶液進入管路形成單一迴路，去移除附著在系統內表面的污染物，例如反應器冷卻系統。
25. 系統除污將顯著降低管路周圍的劑量率，有助於降低工人的曝露。代表性技術包括使用還原溶解的 LOMI (low-oxidation-state metal-ion) 方法和使用氧化－還原溶解的 CORD (Chemical Oxidation Reduction Decontamination) 方法。
26. 系統除污：由於氧化膜對表面層的影響或系統內部的流動條件，有效性可能會有所不同。另一個缺點是在管路和系統的其他部分填充除污溶液會產生大量的二次廢棄物，需要對除污溶液進行處理和二次廢棄物的處置。
27. 國際原子能總署(IAEA)認為除役規劃、作業和授權終止期間之一般安全要求，如下：
 - (1) 除役中安全與保護的最佳化：除役期間的曝露應視為規劃曝露情境，除役期間的相關基本安全標準要求必須適用。
 - (2) 除役中分級方法：在決定任何特殊設施的範圍和詳細程度時，必須將分級方法應用於除役的所有方面，並與除役可能產生的輻射風險的大小相一致。

- (3) 除役的安全評估：對所有計畫除役的設施和所有正在除役的設施，都必須進行安全評估。
- (4) 政府的除役責任：政府應建立法律和管制框架，除役的所有方面應在該框架內，包括所產生的放射性廢棄物的管理，都可以得到安全的規劃和實施。該框架應包括明確的責任分配、獨立管制功能的規定及除役財務保證方面的要求。
- (5) 管制機關的除役責任：管制機關應管制除役的所有方面，從最初除役規劃到除役作業的完成和除役授權的終止。管制機關必須建立除役的安全要求，包括放射性廢棄物的管理要求、相關的規範和導則、並執行相關檢查。
- (6) 持照人的除役責任：持照人應依照除役授權之法律要求及管制框架，擬定除役計畫並開展除役作業。持照人應對除役期間的安全、輻射防護和環境保護有全面負責。
- (7) 除役整合管理系統：持照人應確保該綜合管理系統涵蓋除役的所有方面。
- (8) 選擇除役策略：持照人應選擇除役策略，並作為除役計畫的基礎。該除役策略應與國家放射性廢物管理政策相一致。
- (9) 除役的財務：應在國家法規訂定有關除役財務規定的責任。這些規定必須包括建立機制，以提供充足的財政資源並確保在必要時提供這些資源，以確保安全除役。
- (10) 除役計畫：持照人必須根據管制機關的要求，擬定除役計畫並在設施的整個期限內執行該計畫，確保可安全完成除役，符合規定的最終除役狀態。
- (11) 最終除役計畫：在進行除役作業之前，應擬訂最終除役計畫，並提交管制機關核准。
- (12) 除役作業的實施：持照人應依照法規實施最終除役計畫，包括放射性廢棄物的管理。
- (13) 除役緊急應變安排：須建立具有危害的除役緊急應變安排，且須即時向管制機關報告對安全具有重要意義的事件。

- (14) 除役中的放射性廢棄物管理：應對除役中的所有廢棄物進行放射性廢棄物管理。
- (15) 除役作業完成及授權終止：除役作業完成後，持照人應證明已滿足最終除役計畫中規定的最終狀態標準及其他管制要求。管制機構必須核實是否符合最終狀態標準，並應當決定終止除役授權。