

放射性廢棄物處理設施高級運轉員測驗命題範圍及重點

放射性廢棄物處理技術

綜合

1. 放射性廢棄物管理最好的方法為避免或減少廢棄物產生。
2. 放射性廢棄物之減量管理應以來源減廢為優先。
3. 提升燃料可靠度，可減少燃料棒護套破損或燃料棒表面的迷離鈾而釋出之放射性分裂產物，以減少放射性廢棄物的產生。
4. 現行台電之核能電廠因力行來源減廢及採用高減容固化技術使固化廢棄物桶大幅減少。
5. 放射性廢棄物產生的主要機制包括：分裂、活化或污染；低放射性廢棄物分為運轉廢棄物與除役廢棄物；運轉廢棄物依產生時的物理型態可分為氣態、液態與固態；現行台電核能電廠運轉廢棄物可分為固化廢棄物、脫水樹脂、可燃廢棄物、可壓廢棄物及不可燃不可壓廢棄物。
6. 現行台電之核能電廠放射性分裂產物之主要核種為鈾-137 及鋇-90。
7. 現行台電之核能電廠放射性活化產物之主要核種為鈷-60、鐵-59 及錳-54，壓水式核能電廠則多了一項鈷-58。
8. 放射性液體廢棄物處理系統設置之目的為收集、處理和儲存放射性廢液。
9. 低導電度廢液之處理原則為經過濾、除礦、儲存後，視取樣結果是否符合標準後，再決定送回系統或排放至大海。
10. 高導電度廢液處理原則為經濃縮處理後，凝結水送至低導電率廢液系統處理。
11. 清潔劑廢液之處理原則為先經吸附或過濾，再取樣確認符合排放標準後，將其後排放至大海。

12. 現行台電沸水式核能電廠回收水質要求之總有機碳值，非大修期間為 200ppb 以下；大修期間為 400ppb 以下。
13. 沸水式核能電廠飼水去除銹垢之主要原因為：
沸水式核能電廠凝結水銹垢之去除效率好壞會影響水質，若飼水中含有活化腐蝕產物會產生局部過熱及增加管線輻射劑量率，同時腐蝕產物沉積在燃料會使其熱傳效率降低，且容易造成燃料失效。
14. 防火、防震、收集溢流皆是放射性廢棄物處理設施設計應符合之規定。
15. 所謂安定化處理是指使放射性廢棄物達到物理狀態及化學性質均穩定之處理。
16. 核能電廠液體放射性廢棄物之分類及處理之原則如下：
(1) 低導電度廢液經過濾、除礦、儲存後，視取樣結果是否符合標準後，再決定送回系統或稀釋排放至大海。
(2) 高導電度廢液經濃縮處理後，凝結水送至低導電度廢液系統處理，而濃縮後之殘渣則送至固體廢棄物系統固化處理。
(3) 清潔劑廢液先經過濾，再取樣確認符合排放標準後，將其排放至大海。
17. 核能電廠固體放射性廢棄物之分類及處理之原則如下：
(1) 濕性固體放射性廢棄物
① 粉狀樹脂、槽底污泥、濃縮殘渣等廢棄物以固化方式處理。
② 粒狀樹脂脫水後以防水內襯廢棄物桶盛裝貯存。
(2) 乾性固體放射性廢棄物
① 可燃固體放射性廢棄物以焚化方式處理。
② 可壓固體放射性廢棄物以壓縮方式處理。
③ 不可燃不可壓固體放射性廢棄物裝桶貯存。
18. 現行台電之沸水式核能電廠回收水質要求如下：
廢水系統一般水質分析項目包括導電度、總有機碳濃度(TOC)、酸

鹼值(pH)、濁度、矽土(SiO₂)、放射性濃度等。標準值如下表

項 目	參 考 值	備 註
導電度(μ S/cm)	1.0	總有機碳值規定 1. 非大修期間 200 ppb。 2. 大修機組檢修期間暫定 400 ppb。 3. 導電度 $\geq 0.9 \mu$ S/cm 須分析氯離子、硫酸根、矽土。
氯離子(ppb)	20	
硫酸根(ppb)	20	
矽土(ppb)	50	
總有機碳(ppb)	200	
酸鹼值	6~8	
濁度(NTU)	1.0	
放射性濃度(Bq/M ³)	5.0E+6	

19.核能電廠液體放射性廢棄物處理系統之設計功能為：

- (1) 容納並處理停機、起動、運轉時所產生之廢水，不使電廠運轉或可用性受到限制。
- (2) 處理廢水，使大部份處理後廢水能回收到系統再利用。
- (3) 減低並控制排放廢水的放射性使不超過法規限制值。

20.固化後之放射性廢棄物其固化體品質不符合規定時之處理方式：

- (1) 將此批次固化桶暫貯於不合格固化桶區，未來可以高完整性容器盛裝送往最終處置設施處置。
- (2) 檢視固化流程或修正固化參數。

21.非固著性放射性污染之廢金屬之處理方式如下：

- (1) 以適當之除污方式將其放射性污染降至外釋限值，以 Co-60 為例，比活度應低於每公斤 100 貝克，依核准之外釋程序執行外釋。
- (2) 不易除污者，則貯存至比活度符合限值後外釋。

過濾除礦

- 22.過濾是將懸浮溶液流經一過濾介質，使固體與液體分離之操作。
- 23.混合樹脂除礦床之主要功能為去除廢液中可溶性雜質。
- 24.現行台電之沸水式核能電廠使用之預敷過濾器其預敷材料為粉狀樹脂。
- 25.離子交換樹脂中單位重量樹脂所含官能基總數決定樹脂的交換容量。
- 26.現行台電之核能電廠凝結水除礦器所使用者為陰陽離子交換樹脂混合床。
- 27.當廢液通過樹脂床一段時間後，樹脂床出口處理水中離子濃度突然增加很快，此點稱為貫穿點，表示需換樹脂或再生。
- 28.預敷過濾器為防止預敷層過於緊密影響使用壽命，通常會添加纖維素來延長其使用時間。
- 29.離子交換樹脂交換之步驟為：
 - (1) 離子由溶液擴散至樹脂表面。
 - (2) 離子由樹脂表面擴散至樹脂內交換位置。
 - (3) 交換反應。
 - (4) 交換反應所釋出離子擴散至樹脂表面。
 - (5) 交換反應所釋出離子由樹脂表面擴散至溶液中。
- 30.操作離子交換樹脂過濾系統應注意事項為：

離子交換系統的性能與樹脂化學性質及操作條件有密切之關係。

 - (1) 重要的離子交換樹脂性質包括：

交換容量、膨潤平衡、架接度、樹脂粒徑、離子選擇性、化學穩定性及物理穩定性等。
 - (2) 重要操作條件包括：

物種在進料溶液之化學及物理形式、溫度、pH 值、進料溶液流量及離子交換裝置大小等。
- 31.樹脂所含之官能基對樹脂之特性有以下之影響：

- (1) 單位重量樹脂所含官能基總數決定樹脂的交換容量。
- (2) 官能基的種類影響平衡與選擇性。

32.凝結水除礦器逆洗之目的為：

- (1) 將成團樹脂打散。
- (2) 去除粒狀污染物及被磨碎樹脂。
- (3) 清除空氣孔穴。
- (4) 重組樹脂床，使其均勻分布，避免流動廢液不均勻。

濃縮

- 33.現行台電核能電廠放射性廢液之蒸發器進料採用連續式，而濃縮液出料則採用批次式。
- 34.蒸發器運轉中發生之鹽析問題是指溶解性物質在蒸發器壁和加熱器表面結晶析出所造成。
- 35.蒸發器運轉中發生之結垢問題是指在蒸發器內進行不可逆化學反應之物質或溶解度隨溫度升高而降低之物質，在蒸發器壁尤其是加熱表面沉積和生長所造成。
- 36.蒸發器運轉中發生之積垢問題是指除鹽析與結垢之外因腐蝕及伴隨進料之固形物所形成之沉積，或因蒸氣冷凝而形成之沉積所造成。
- 37.蒸發器之霧沫現象係指廢液以微滴形式懸浮在蒸氣中，隨蒸氣帶出。
- 38.蒸發器之霧沫現象會使冷凝液的品質降低。
- 39.蒸發時應避免起泡沫現象發生，以免蒸發器內液位升高，減少了液氣分離的空間。
- 40.防止膠體、界面活性劑及微細固體等進入蒸發器內，可減少蒸發之起泡沫現象發生。
- 41.蒸發器之除污因子為核種在進料比活度與核種在餾出液比活度之比值。

42. 蒸發器運轉中常發生之問題如下：

蒸發器在運轉中常會發生鹽析、結垢、積垢及腐蝕等問題。

- (1) 鹽析是指溶解度隨溫度升高而增加之物質在蒸發器壁和加熱表面生長所造成。
- (2) 結垢是指在蒸發器內進行不可逆化學反應之物質或溶解度隨溫度升高而降低之物質，在蒸發器壁尤其是加熱表面沉積和生長所造成。
- (3) 積垢是指除鹽析與結垢之外因腐蝕及伴隨進料之固形物所形成之沉積，或因蒸氣冷凝而形成之沉積所造成。
- (4) 腐蝕為濃縮物中含有高濃度之鹽類造成蒸發器結構材料或管路腐蝕。

焚化

43. 焚化是可燃廢棄物減容有效方法之一。

44. 現行台電所採用之焚化爐皆為控制空氣式焚化爐。

45. 控制空氣式焚化爐之優點為廢氣或煙道氣所帶出的灰份較少。

46. 現行台電所採用之焚化爐皆採批次操作方式來焚化廢棄物。

47. 控制空氣式焚化爐主燃室之主要功能為有機廢棄物之裂解。

48. 控制空氣式焚化爐後燃室之主要功能為完全燃燒廢棄物。

49. 焚化設施之驟冷器可將廢氣快速冷卻降低戴奧辛之產生。

50. 為防制焚化爐戴奧辛的生成通常會以驟冷器將煙氣降至 200℃ 以下。

51. 焚化設施洗滌塔之目的為去除廢氣中硫及氮之氧化物，以符合環保法規。

52. 焚化爐所排放之白煙因含水氣對環境仍有一些影響且易引起民眾不良觀感，故於煙囪排放前均會先加熱以去除水氣。

53. 處理量 400 kg/hr 以下的焚化爐，戴奧辛法規排放標準值為 0.5 ng-TEQ/Nm³。

54.如何防制焚化爐戴奧辛的生成：

- (1) 去除廢棄物中金屬物及減少飛灰量。
- (2) 煙氣快速降溫。
- (3) 廢氣處理設備運轉溫度變化量小。

金屬熔融

55.污染廢金屬進入熔爐時需確定不含水或其他液體，以避免產生氫氣造成爆炸。

56.污染廢金屬熔融後可將鈷-60 及銫-137 核種分離，縮短未來經衰變後外釋的時間。

57.污染廢金屬熔融後，銫-137 會傳送至爐渣或粉塵中。

58.污染廢金屬熔融後，鈷-60 會殘留於鑄錠中。

59.污染廢金屬熔融所產生之二次廢棄物包括爐渣、粉塵、熔爐內襯材料及廢過濾器。

60.金屬熔融處理技術應用於放射性廢棄物廢金屬之主要效益為減容。

固化

61.核研所研發之壓水式反應器高減容固化系統所使用之固化劑有以下之特性：

- (1) 降低固化反應速率，使其有充足之混合時間。
- (2) 降低混合漿體的初期黏稠性。
- (3) 提高耐水性。

62.核研所研發之壓水式反應器高減容固化技術之特點為：

(1) 固化反應機制大異於水泥固化

廢棄物直接與固化劑反應形成固化體，而非以包埋方式進行固化。

硼酸鹽高度聚合後分子數目降低，因此固化劑用量大幅減

少。

- (2) 減容效率高。
- (3) 漿體硬化快速、無浮水。

漿體配製 1 小時即凝固並可搬移。

- (4) 製成之漿體流動性佳，固化體品質均勻。
- (5) 提高抗壓強度。
- (6) 發熱量低。

55 加侖固化體中心之最高發熱溫度可低於 100 °C。

63. 固化漿液裝桶後若無浮水，養生後將不會有自由水及鹽類結晶之問題發生。

64. 核研所研發之沸水式反應器高減容固化技術方法為：

「以廢棄物固化廢棄物」的策略。

- (1) 轉化硫酸鈉為安定之硫酸鋇，免除鈣礬石之產生，避免固化體龜裂。
- (2) 研發特用固化劑，將轉化副產物 NaOH 製備成可硬化性漿液。
- (3) 以可硬化漿液包埋固化粉狀廢離子交換樹脂漿體硬化快速。

65. 核研所研發之沸水式反應器高減容固化技術之特點為：

- (1) 高減容效果。
- (2) 解決鹽類析出問題。
- (3) 固化體密度高。
- (4) 固化體品質均勻。

66. 高分子聚合物固化之優缺點如下：

- (1) 優點
 - ① 容積效率高。
 - ② 固化體抗壓强度高。
 - ③ 核種滲濾指數高。
- (2) 缺點

- ①操作之善後處理較複雜。
- ②廢液固化體容易變形龜裂。
- ③固化劑材料遠比水泥價昂。
- ④高分子聚合物具可燃性
- ⑤固化體長期穩定性無法確認。

67. 柏油固化之優缺點如下：

(1) 優點

- ①混合效果佳，可獲得高容積效率，廢棄物荷載率可達 50 W% (重量百分比)。
- ②固化劑價廉，操作成本低。

(2) 缺點

- ①柏油具可燃性，日本曾發生嚴重火災，已經逐漸放棄不用。
- ②機械強度低，固化體易變形。
- ③柏油耐水性不佳，固化體品質差。
- ④耐輻射性不佳，尤其與樹脂共存時為然。
- ⑤會與氧化性物質如 NaNO_3 者產生反應。

68. 核研所研發之濕式氧化高效率固化法之特點如下：

(1) 可同時解決廢樹脂的減容與安定化問題。

- ①以雙氧水將廢樹脂的有機成份濕式氧化變為 CO_2 與 H_2O ，達到減容目的。
- ②殘渣為無機硫酸鹽，可銜接高效率固化系統予以固化，進一步減少廢棄物之體積。

(2) 配合條件最周全

- ①高效率固化系統已經建立。
- ②具極佳的操作彈性。
- ③本土技術，有利維修、運轉與功能精進。
- ④無 SO_x (硫氧化物)、 NO_x (氮氧化物) 與核種排放以及二次廢棄

物處理問題。

⑤投入與設置成本低，風險小。