

行政院原子能委員會

106年第二次壓水式反應器運轉人員

執照測驗

第一階段基本原理筆試試題

姓名：_____

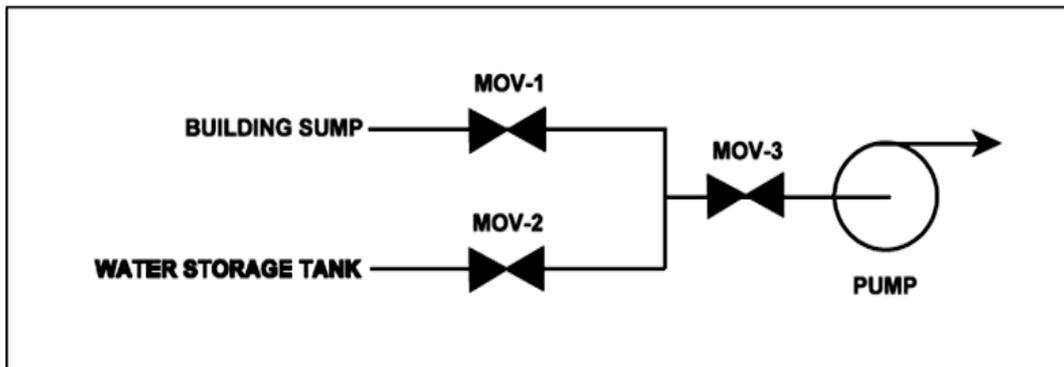
(本試卷計有選擇題 50 題，每題 2 分，共 100 分)

106 年 11 月 3 日 (星期五) 上午九時至十二時

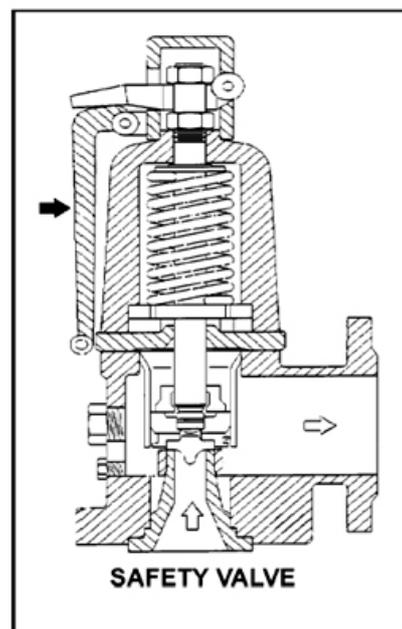
106 年第二次壓水式反應器運轉人員執照測驗

第一階段基本原理筆試試題

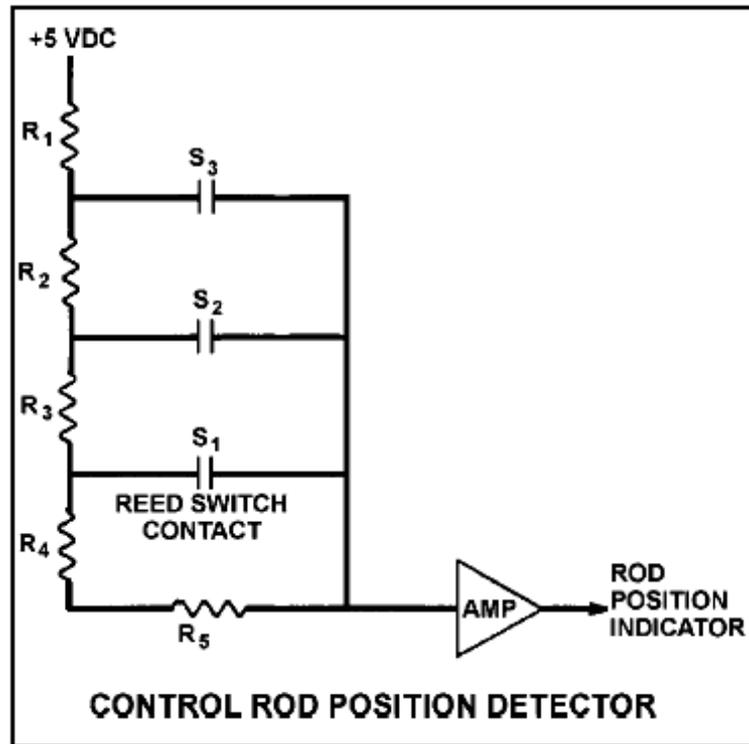
1. 請參照下圖之中，具備兩個進水管的供水泵，所有馬達操作閥(MOV)目前都是關閉的。下列哪一項 MOV 的連鎖設計，允許泵從廠房集水坑或蓄水槽抽水，而不會讓兩者互通？
 - A. 除非 MOV-3 是全關的，否則 MOV-1 與 MOV-2 都不能打開。
 - B. 除非至少有一個 MOV 是全關的，否則沒有任何一個 MOV 可以打開。
 - C. 除非至少有兩個 MOV 是全關的，否則沒有任何一個 MOV 可以打開。
 - D. 除非 MOV-1(MOV-2)是全關的，否則 MOV-2(MOV-1)不能打開。



2. 請參照右下圖的典型安全閥。實心箭頭所指的組件是運轉員在必要時以手動方式……
 - A. 用扳手打開安全閥。
 - B. 彈開(pop open)安全閥。
 - C. 塞住(gag shut)安全閥。
 - D. 確認安全閥的位置。



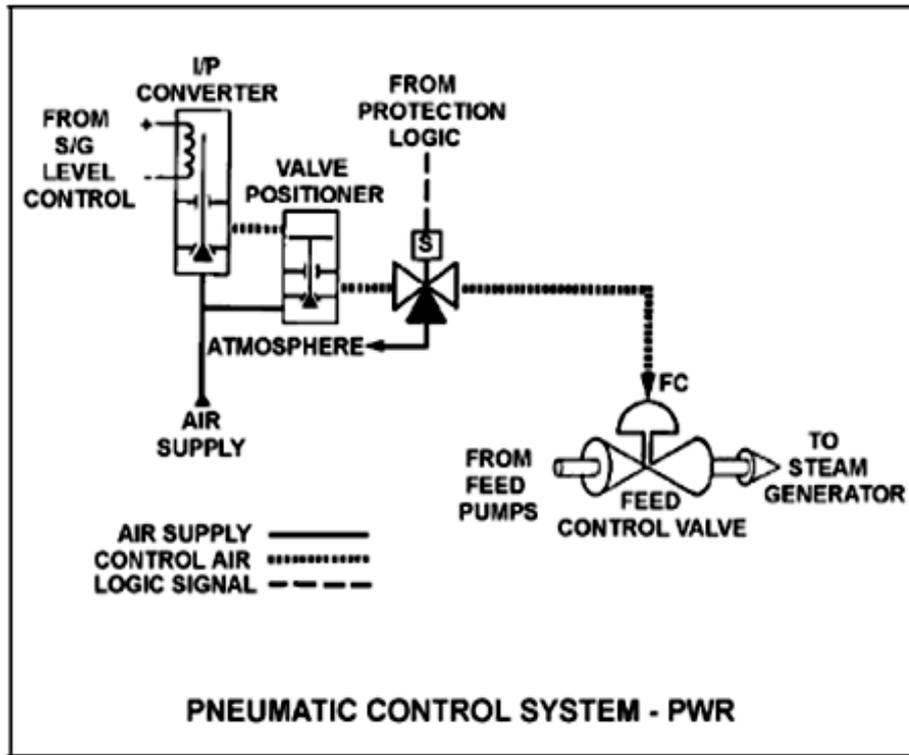
3. 一冷卻水系統使用具差壓流量計的水平文氏管，提供水流的流量指示。水以 70°F 、 120 psig 及 20 ft/sec 進出文氏管。文氏管頸部流速為 45 ft/sec 。假設水為不可壓縮，且文氏管無不可回復之水頭損失。請問水在文氏管頸部的大約壓力為何？（已知 $g_c = 32.17\text{ ft/sec}^2$ ）
- A. 109 psig
 - B. 98 psig
 - C. 86 psig
 - D. 71 psig
4. 次冷水流經下列各裝置。請問何者將產生高於入口壓的出口壓？
- A. 漸縮噴嘴
 - B. 漸擴噴嘴
 - C. 限流孔
 - D. 限流器
5. 膜片壓力計運用薄膜_____來量測壓力。
- A. 轉動
 - B. 軸偏移
 - C. 圓周改變
 - D. 直徑改變
6. 請參照下面的控制棒位置感測電路簡圖。
控制棒延伸桿(或驅動桿)上的磁極(垂直安裝於控制棒驅動套管(control rod drive housing))，依序關閉各個磁簧開關。固定供應 $+5\text{V}$ 直流電壓，至電阻 $R1$ 處的電阻電路輸入端。
控制棒開始時完全插入，此時所有磁簧開關接觸點開啟；當控制棒開始抽出，直到磁簧開關接點 $S1$ 關閉。與開始時電流相比較，在控制棒抽出後，流經電阻 $R5$ 的電流將會_____，而此電阻電路流向放大器的輸出電流將會_____。
- A. 降低；升高
 - B. 降低；降低
 - C. 升高；升高
 - D. 升高；降低



7. 一個氣動隔離閥，需要在其引動器膜片表面，施加 3,400 lbf 的力量，才能克服彈簧壓力打開。這個引動器的膜片直徑為 6 英吋。如果控制這個閥門引動器的起始壓力為 200 psig，大約要降低至多少壓力，閥門才會開始關閉？
- A. 90 psig
 B. 120 psig
 C. 150 psig
 D. 180 psig
8. 當緊急柴油發電機(D/G)為連接緊急匯流排的**唯一**電力來源時，柴油發電機的調速器，直接感應柴油發電機的_____，再調整柴油發電機的燃料流量，讓柴油發電機的_____維持相對穩定。
- A. 電壓；電壓
 B. 電壓；頻率
 C. 轉速；電壓
 D. 轉速；頻率
9. 請參照下圖的氣動控制系統。
 蒸汽產生器(S/G)的水位升高，造成蒸汽產生器水位控制訊號減弱，供應至飼水控制閥引動器的控制氣壓亦下降。如果水位控制訊號故障偏高(fail high)，閥門定位器的控制氣壓將_____，導致蒸汽產生器的水

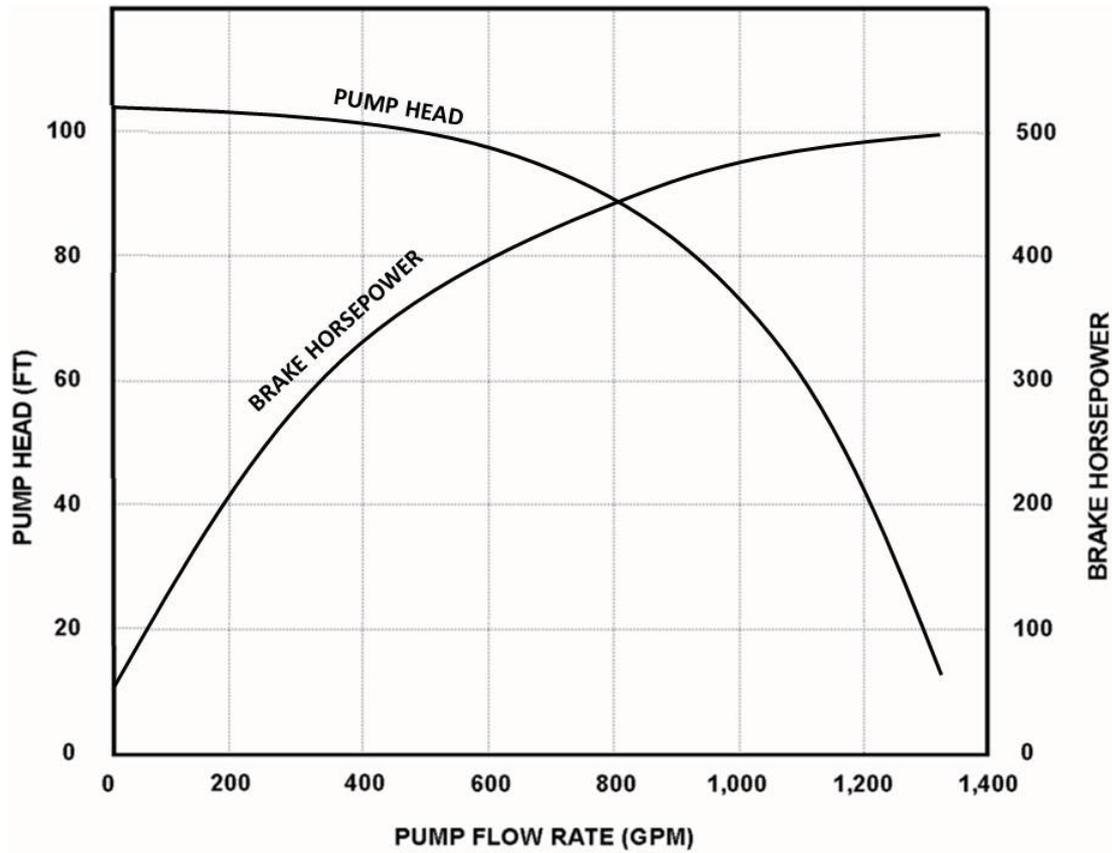
位_____。

- A. 增加；增加
- B. 增加；降低
- C. 降低；增加
- D. 降低；降低



10. 一理想(無滑移)之往複式正排量泵，為維持在 2,200 psig 之反應爐冷卻水系統提供補給水，此泵之出口閥目前節流至 80%開度。若此閥後來全開，則泵流量將會_____，而泵水頭將會_____。
- A. 增加；減小
 - B. 維持不變；減小
 - C. 增加；維持不變
 - D. 維持不變；維持不變
11. 一正排量泵正抽送液體至在 100 psig 下運轉的系統，假設泵轉速固定且無泵滑移，同時泵背壓維持在正常泵運轉限制內。系統壓力若增至 200 psig，則泵水頭將會_____，而泵流量將會_____。
- A. 增加；維持不變
 - B. 增加；減小
 - C. 維持不變；維持不變
 - D. 維持不變；減小

12. 一離心泵運轉在最大設計流量下，透過兩隻並聯閥門傳送水。閥「A」開度為 50%，閥「B」開度為 25%。若兩閥全開，下列何者狀況會發生？
- A. 泵立即在關斷水頭下運轉。
 - B. 泵的可用淨正吸水頭將會增加。
 - C. 泵的所需淨正吸水頭將會減少。
 - D. 泵立即在過流(runout)狀況下運轉。
13. 一變速離心消防泵在一開放儲水槽取水，同時經由 4 吋直徑的消防水管，由位於泵上方 50 呎之噴嘴注水。下列何者會導致泵在關斷水頭下操作？
- A. 消防水管以 6 吋直徑之消防水管取代。
 - B. 消防水管以 2 吋直徑之消防水管取代。
 - C. 泵轉速增加直到在泵吸入口形成蒸汽而阻止泵內之水流流動。
 - D. 泵轉速減少直到泵排放壓力不足以讓水流動。
14. 靜止之冷卻水系統，其馬達驅動離心泵在啟動時發生故障。假設泵馬達斷路器(breaker)並沒有跳脫，若故障是因葉輪轉軸鎖死，則將會觀察到下列何項現象？
- A. 低於正常運轉電流，系統流量為零。
 - B. 低於正常運轉電流，流量為正常系統流量的一部份。
 - C. 啟動電流峰值時間過長，系統流量為零。
 - D. 啟動電流峰值時間過長，流量為正常系統流量的一部份。
15. 參考一離心式冷卻水泵之泵性能曲線如下圖。該離心泵利用單轉速交流感應馬達驅動，泵流量率由出口節流閥控制。泵初始條件如下：
- 馬達電流 = 10 安培
 - 泵流量率 = 200 gpm
- 若出口節流閥開啟使泵流量率增加至 600 gpm，則馬達電流之近似值約為多少？
- A. 15 安培
 - B. 20 安培
 - C. 30 安培
 - D. 大於 40 安培



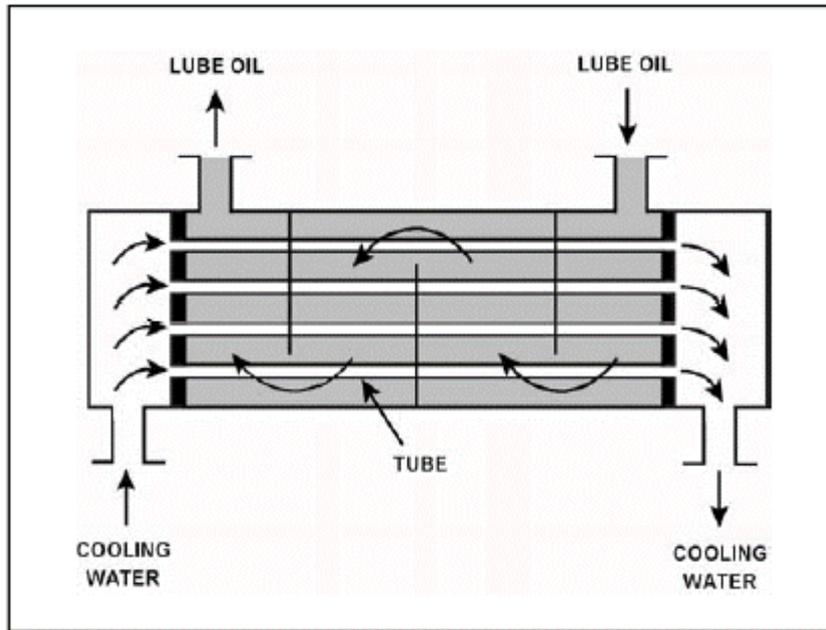
16. 請參照下圖的運轉中潤滑油熱交換器。

已知下列初始參數：

- 冷卻水進口溫度 (T_{cw-in}) = 75°F
- 冷卻水出口溫度 (T_{cw-out}) = 110°F
- 潤滑油進口溫度 (T_{oil-in}) = 175°F
- 潤滑油出口溫度 ($T_{oil-out}$) = 140°F

若於運轉使用數週後有空氣進入熱交換器，導致有些熱交換管未被水覆蓋，結果使 T_{cw-out} 降低到 105°F。假設進口溫度、流量及兩種流體的比熱維持不變。下列何者為潤滑油流出熱交換器時的大約溫度 ($T_{oil-out}$)？

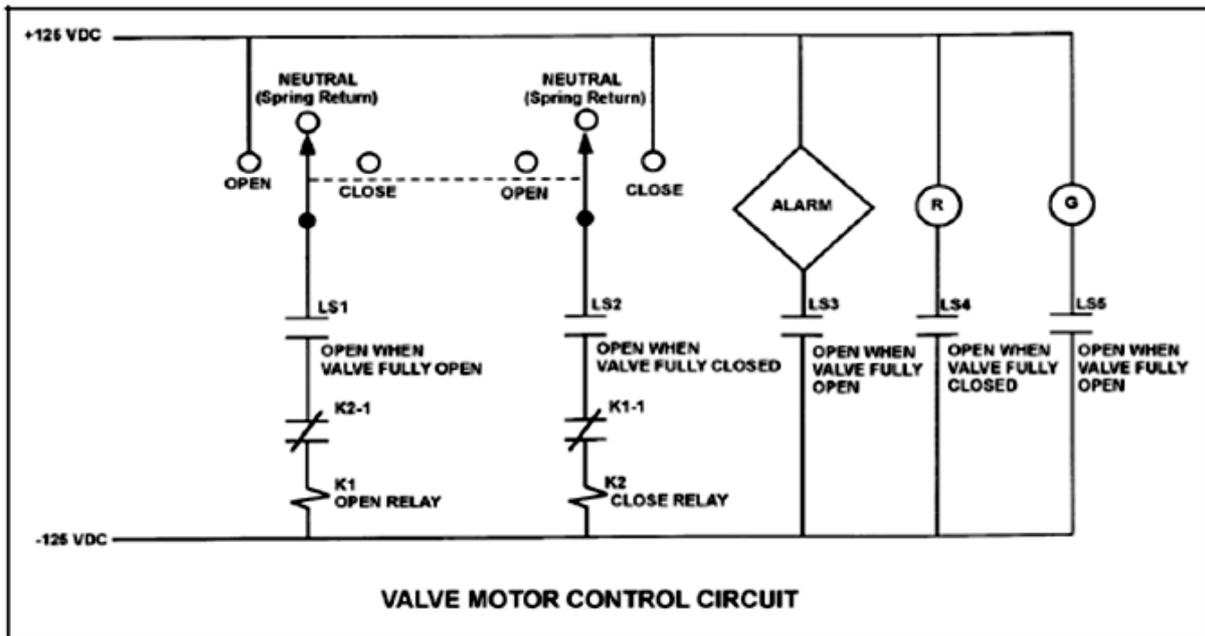
- A. 145°F
- B. 150°F
- C. 155°F
- D. 160°F



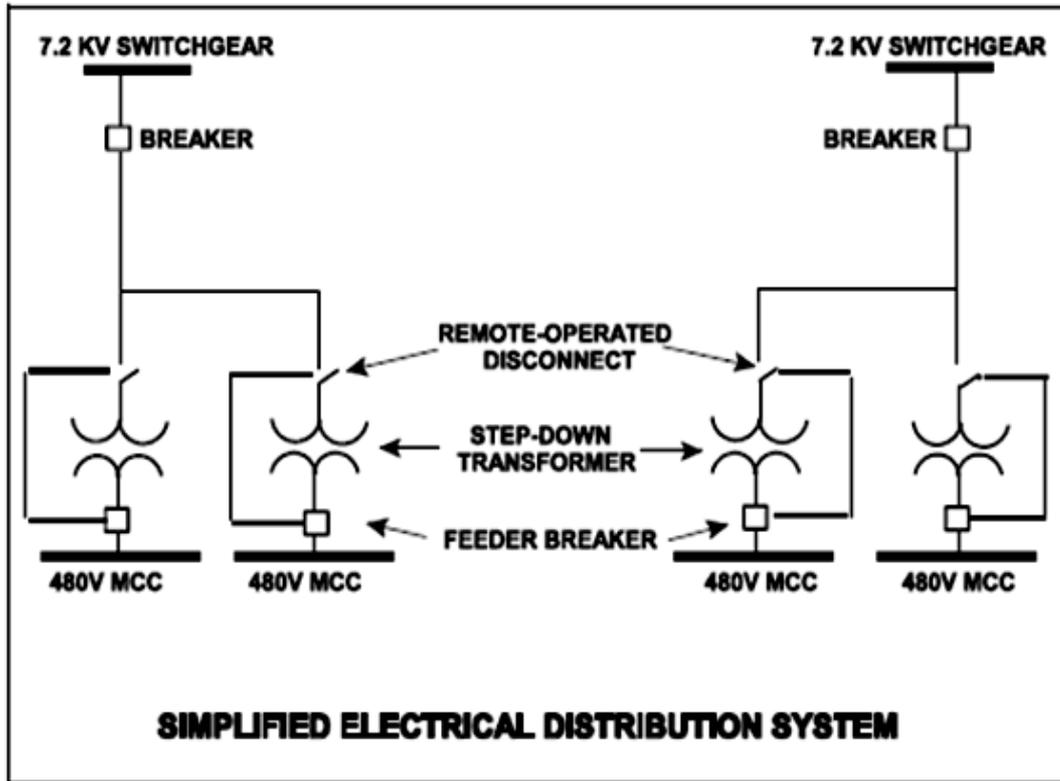
17. 當空氣滲入導致主冷凝器中的不凝結氣體增加時，核能電廠正以 100% 功率運轉。下列何者將因空氣漏入而降低？
- 凝結水溫度。
 - 主冷凝器中的壓力。
 - 凝結水泵的進口壓力。
 - 冷凝器冷卻水的出口溫度。
18. 凝結水除礦器的離子交換效率，利用下列何者算出？
- 除礦器出口導電度於一段時間內的變化。
 - 除礦器出口 pH 值於一段時間內的變化。
 - 除礦器進口與出口導電度。
 - 除礦器進口與出口 pH 值。
19. 除礦器樹脂床的運轉時間增加，則通過樹脂床的差壓會……
- 因樹脂處消耗而增加。
 - 因懸浮固體堵住而增加。
 - 因樹脂逐漸分解而降低。
 - 因樹脂處腐蝕而降低。
20. 請參照下圖的閥門馬達控制線路，該閥目前全關，行程時間為 10 秒。(請注意：在圖中，不論閥門位置為何，極限開關(LS)的接點均顯示為開啟狀態，但電驛接點依照控制線路圖的標準習慣標示。) 一運轉員將控制開關轉向「開」位置 5 秒，然後放開開關。一分鐘

後，此運轉員將此控制開關轉向「關」5秒，然後放開開關。下列何者描述了緊接在控制開關第二次被釋放之後，閥位的狀況？

- A. 大約全開。
- B. 大約全關。
- C. 大約 50%開度。
- D. 無額外資料下，無法決定。



21. 當一典型之 4160 volt 斷路器搖至「測試」位置時，控制電源_____，而斷路器與負載_____。
- A. 提供給斷路器；連接
 - B. 提供給斷路器；隔離
 - C. 從斷路器移除；連接
 - D. 從斷路器移除；隔離
22. 請參照下面的配電系統簡圖。
- 每個降壓變壓器的高壓端，均有一遙控隔離開關，當變壓器維修時，能維持其他變壓器正常運轉。每個隔離開關的控制線路，都與相應的 MCC 饋電斷路器位置連鎖操作。下列何者描述了連鎖操作的目的是？
- A. 預防隔離開關損壞。
 - B. 預防變壓器損壞。
 - C. 預防饋電斷路器損壞。
 - D. 預防 480V 馬達控制中心(MCC)損壞。



23. 比較同一分裂生成的遲延中子和瞬發中子時，遲延中子較可能.....(假設兩個中子都停留在反應器爐心。)
- 引起 U-238 分裂。
 - 引起 U-235 分裂。
 - 進入鄰近的燃料元件。
 - 在爐心經歷共振吸收。
24. 由於核能電廠發生故障，必須將反應器功率從 100% 迅速降至 90%。電廠人員視需要趕緊插入控制棒以急降功率(downpower transient)。反應器冷卻水系統的硼濃度沒有改變。如果初始停機餘裕為 3.5% $\Delta K/K$ ，下列何者為降低功率時的停機餘裕？(忽略爐心分裂產物反應度的變化)
- 僅是功率欠缺一項，就導致停機餘裕小於 3.5% $\Delta K/K$ 。
 - 僅是插入控制棒，就導致停機餘裕大於 3.5% $\Delta K/K$ 。
 - 插入控制棒與功率欠缺的合併效應，導致停機餘裕小於 3.5% $\Delta K/K$ 。
 - 無論插入控制棒與功率欠缺的反應度效應為何，停機餘裕都等於 3.5% $\Delta K/K$ 。
25. 除了反應器爐心處於不同壽命階段外，反應器 A 與 B 完全相同。反應器 A 的有效遲延中子分率(β_{eff})為 0.0068，反應器 B 的有效遲延中子分

率為 0.0056。兩反應器目前處於次臨界穩定狀態，其中子通量位階穩定於源階(source range)。

已知：

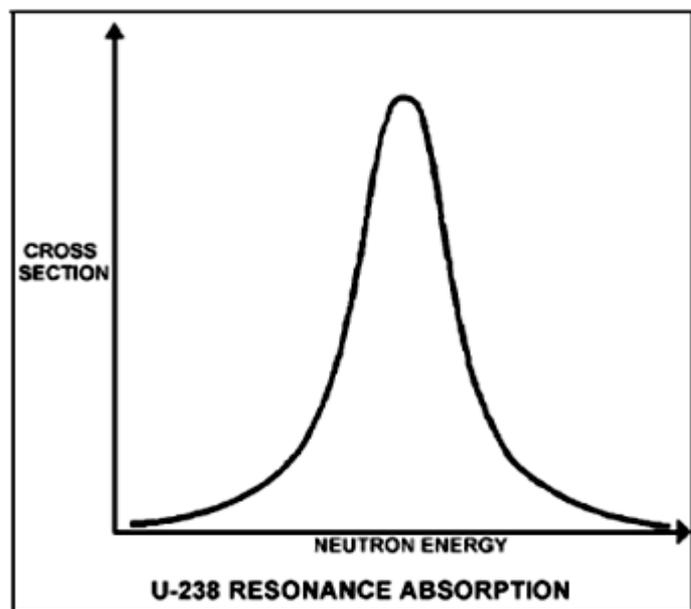
- 反應器 A $K_{eff} = 0.998$
- 反應器 B $K_{eff} = 0.999$

若將正反應度 $0.003 \Delta K/K$ 突然加入兩反應器，請比較兩者的穩定啟動率(SUR)，下列何者正確？(僅考慮反應器在功率低於加熱起始點時的反應)

- A. 反應器 A 的穩定 SUR 將較高，因為其有效遲延中子分率較大。
- B. 反應器 B 的穩定 SUR 將較高，因為其爐心的正反應度較高。
- C. 反應器 A 與 B 的穩定 SUR 相同，因為兩反應器仍維持在次臨界。
- D. 反應器 A 與 B 的穩定 SUR 相同，因為兩反應器獲得等量的正反應度。

26. 一部核子反應器以 80% 功率穩態運轉，在 U-238 共振尖峰下，其微觀吸收截面(microscopic cross section)與中子能量的關係曲線如下圖所示。若反應器功率降低至 60%，則曲線高度將_____，而曲線下的面積將_____。

- A. 增加；增加
- B. 增加；維持不變
- C. 減少；減少
- D. 減少；維持不變



27. 在一部運轉中的核子反應器內，下列何者具有最小的熱中子微觀吸收截面(microscopic absorption cross section)？

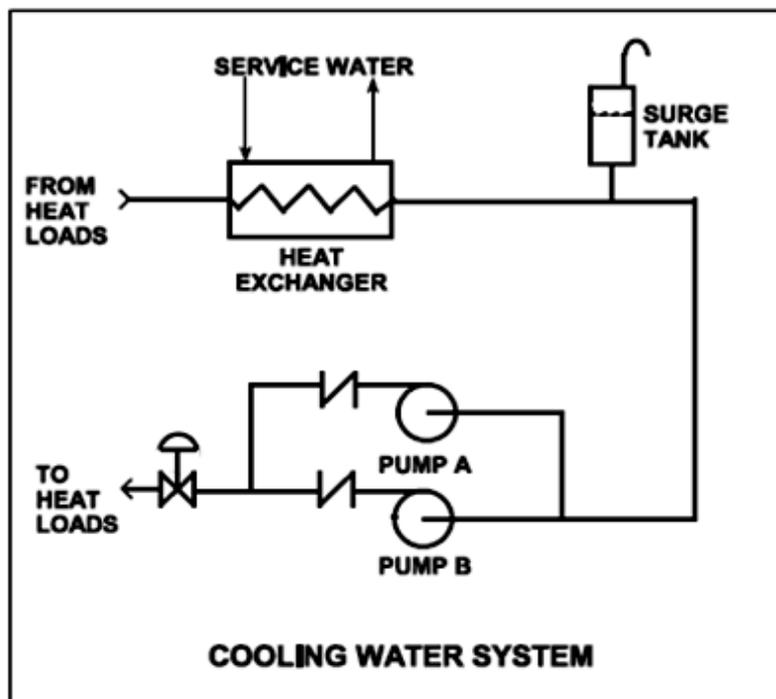
- A. U-235
- B. U-238
- C. Sm-149
- D. Xe-135

28. 一部核子反應器以 100% 功率運轉三週，所有控制棒在剛完成更換燃料大修後完全抽出。下列何者說明了大部分功率都在爐心下半部產生的原因？
- A. 爐心下半部所裝的燃料含有較濃的 U-235。
 - B. 反應器冷卻水所含的硼在爐心上半部加入較大的負反應度(more negative reactivity)。
 - C. 爐心上半部的 Xe-135 濃度較高。
 - D. 緩和劑溫度係數在爐心上半部加入較大的負反應度(more negative reactivity)。
29. 重疊控制棒組的目的之一為.....
- A. 確保足夠的停機餘裕。
 - B. 提供較為均勻的微分控制棒本領。
 - C. 得以抑制(dampen)氙毒引發的通率振盪。
 - D. 確保不超出控制棒插入限值。
30. 一部核子反應器以額定功率運轉兩週，如今迅速降至 50% 功率。Xe-135 將於_____小時達到新平衡狀態。
- A. 8 至 10
 - B. 20 至 25
 - C. 30 至 35
 - D. 40 至 50
31. 核能電廠起初以 100% 平衡功率運轉，並處於燃料週期中期。運轉員在減少主發電機負載量的同時，於 30 分鐘內加入硼酸至 RCS。此段時間結束時，反應器功率為 70%，反應器冷卻水平均溫度為 575°F，控制棒仍然完全抽出且為手動控制。
- 已知：
- 運轉員加入的總反應度 = $-3.3 \times 10^{-3} \Delta K/K$
 - 總功率係數 = $-1.1 \times 10^{-4} \Delta K/K/\% \text{ power}$
- 假設不再加入硼酸至 RCS，運轉員亦無採取其他行動，請問再過 60 分鐘後的反應器冷卻水溫度為多少？
- A. 575°F 並達到穩定。
 - B. 低於 575°F 並持續增加。
 - C. 低於 575°F 並持續降低。
 - D. 低於 575°F 並達到穩定。

32. 若將反應器功率從 80% 增至 100%，請比較在接近爐心壽命初期(BOL)時的增加速率，以及接近爐心壽命末期(EOL)時的增加速率，下列何者正確？
- A. 爐心壽命末期時較慢，因為最高反應器冷卻水硼酸稀釋率較小。
 - B. 爐心壽命末期時較慢，因為控制棒本領較小。
 - C. 爐心壽命初期時較慢，因為最高反應器冷卻水硼酸稀釋率較小。
 - D. 爐心壽命初期時較慢，因為控制棒本領較小。
33. 核能電廠於接近爐心壽命末期以 100% 功率運轉，主汽機於此時急停。如果反應器沒有立刻急停，下列何者將率先發生而改變反應器功率？
- A. 都卜勒係數加入正反應度，將造成反應器功率先增加。
 - B. 緩和劑溫度係數加入正反應度，將造成反應器功率先增加。
 - C. 都卜勒係數加入負反應度，將造成反應器功率先降低。
 - D. 緩和劑溫度係數加入負反應度，將造成反應器功率先降低。
34. 一部進行起動的核子反應器處於次臨界。下列那項條件將導致臨界控制棒位低於預估臨界棒位？
- A. 發生故障，導致控制棒抽出速度快於正常速度。
 - B. 發生故障，導致控制棒抽出速度慢於正常速度。
 - C. 將反應器(於 100% 平衡功率條件下急停)的起動時間，從急停後 3 小時延後至 5 小時。
 - D. 反應器冷卻水系統硼濃度意外遭到稀釋。
35. 一部核子反應器於加熱起始點(POAH)達到臨界，在爐心加入少量負反應度。若在約 5 分鐘後，加入等量的正反應度，反應器功率將.....
- A. 增加並穩定在 POAH。
 - B. 迅速穩定在 POAH 下方的功率。
 - C. 以 -80 秒的週期持續降低，直至達到停機平衡中子量為止。
 - D. 以未知週期持續降低，直至達到停機平衡中子量為止。
36. 核能電廠以 100% 穩態功率運轉六個月後，以 50% 額定功率運轉 1 小時。請問目前有多少比例的額定熱功率源自反應器的衰變熱？
- A. 1% 至 2%
 - B. 3% 至 5%
 - C. 6% 至 8%
 - D. 9% 至 11%

37. 一儲水槽通氣至大氣。該水槽位於海平面高度，內含 180°F 的水 800,000 加侖。水槽底部的壓力計讀數為 5.1 psig。請問水槽水位約為多少？
- A. 9 呎
 - B. 12 呎
 - C. 15 呎
 - D. 18 呎
38. 焓 1,195 Btu/lbm、蒸汽乾度 99% 的水-蒸汽混合物，其溫度約為多少？
- A. 440°F
 - B. 470°F
 - C. 500°F
 - D. 以上皆非
39. 核能電廠已經以全功率運轉六個月，運轉中的電廠於此時發生持續之全黑(sustained station blackout)，導致反應器急停，反應器冷卻水強制循環完全喪失。沒有方法能注入反應器冷卻水。反應器冷卻水系統(RCS)藉由調壓槽釋壓閥的運作，得以維持約 2,100 psia 的壓力。反應器急停後五分鐘的狀況如下：
- RCS 壓力：2,100 psia
 - 爐心出口熱電偶(Core exit thermocouple/CET)溫度：550°F
- 假設幾小時後發生爐心裸露，下列何者說明了往後的 CET 溫度指示值反應？
- A. CET 指示值將穩定在 550°F 左右，直到爐心開始裸露為止；接著，CET 指示值將變得不穩定。
 - B. CET 指示值將穩定在 550°F 左右，直到爐心開始裸露為止；接著，CET 指示值將增加至 643°F 左右，在此處變得不穩定。
 - C. CET 指示值將穩定增加至 643°F 左右，然後穩定；接著，CET 指示值將隨著爐心開始裸露而繼續增加，直到變得不穩定為止。
 - D. CET 指示值將持續增加，直到變得不穩定為止。
40. 主冷凝器在 22 吋汞柱真空下運轉，冷凝水出口溫度為 120°F，則冷凝水壓抑(condensate depression)約為幾度？
- A. 9°F
 - B. 21°F
 - C. 33°F
 - D. 45°F

41. 核能電廠以 85%反應器功率運轉，此時隔離高壓飼水加熱器的抽汽。經過此暫態後，運轉員將反應器功率恢復至 85%以穩定電廠。相較於暫態前的狀況，目前的發電量(MWe).....
- A. 較高，因為蒸汽流量增加而導致汽機以較高速度運轉。
 - B. 較低，因為蒸汽流量減少而導致汽機以較低速度運轉。
 - C. 較高，因為電廠熱效能增加。
 - D. 較低，因為電廠熱效能減少。
42. 反應器冷卻水系統(RCS)的熱端溫度為 566°F，少量漏水造成 RCS 壓力逐漸降低。下列哪項壓力範圍，涵蓋了熱端首度發生雙相流時的壓力？
- A. 1050 至 1100 psig
 - B. 1101 至 1150 psig
 - C. 1151 至 1200 psig
 - D. 1201 至 1250 psig
43. 請參照下圖的冷卻水系統，其中只有泵 A 在運轉，泵出口閥目前開啟 50%。若泵 A 發生孔蝕，下列何者將減少或消除泵 A 的孔蝕現象？
- A. 啟動泵 B。
 - B. 將出口閥位置調整至 75%開度。
 - C. 將緩衝槽(surge tank)水位降低 2 呎。
 - D. 增加熱交換器的冷卻水(service water)流量 10%。



44. 核能電廠以穩態功率運轉時，主冷凝器的參數如下：
- 主冷凝器壓力：0.95 psia
 - 冷卻水進口溫度：65°F
 - 冷卻水出口溫度：89°F
- 若後續因冷凝器的滲入空氣增加，導致主冷凝器的整體熱傳係數降低30%。主冷凝器熱傳率和冷卻水溫度若不變，改變後的主冷凝器壓力約為多少？
- A. 0.97 psia
 - B. 1.27 psia
 - C. 2.17 psia
 - D. 3.07 psia
45. 假設在每次反應器停機冷卻運轉中，反應器冷卻水系統(RCS)熱端都能維持 30°F 次冷餘裕。下列那項動作能使反應爐頂部維持最大的次冷餘裕？
- A. 利用一部蒸汽產生器，以 25°F/Hr 的自然循環冷卻 RCS。
 - B. 所有反應器冷卻水泵均運轉下，以 25°F/Hr 的速度冷卻 RCS。
 - C. 利用所有蒸汽產生器，以 100°F/Hr 的自然循環冷卻 RCS。
 - D. 一個反應器冷卻水泵運轉下，以 100°F/Hr 的速度冷卻 RCS。
46. 一部核子反應器以 100%功率運轉。下列何者將增加反應器冷卻水形成汽泡的可能性？
- A. 燃料護套表面的刮痕或孔洞。
 - B. 燃料護套的次表面空泡缺陷(subsurface void defect)。
 - C. 增加通過燃料棒的冷卻水流速。
 - D. 溶解於冷卻水中的惰性化學物質。
47. 反應器冷卻水系統經由蒸汽產生器(S/G)大氣蒸汽釋壓閥(手動操作)，開始進行自然循環冷卻。如果自然循環因高處產生空泡而中斷，將發生什麼狀況？(假設飼水流量、釋壓閥位及衰變熱大小維持不變)
- A. S/G 水位與壓力都增加。
 - B. S/G 水位增加、壓力降低。
 - C. S/G 水位降低、壓力增加。
 - D. S/G 水位與壓力都降低。
48. 一部核子反應器停機，並以自然循環冷卻爐心。產生衰變熱等於 1.0% 額定熱功率。穩定自然循環質量流率為 800 gpm。若產生衰變熱降至 0.5%額定熱功率，穩定自然循環流率約為多少？

- A. 400 gpm
- B. 565 gpm
- C. 635 gpm
- D. 696 gpm

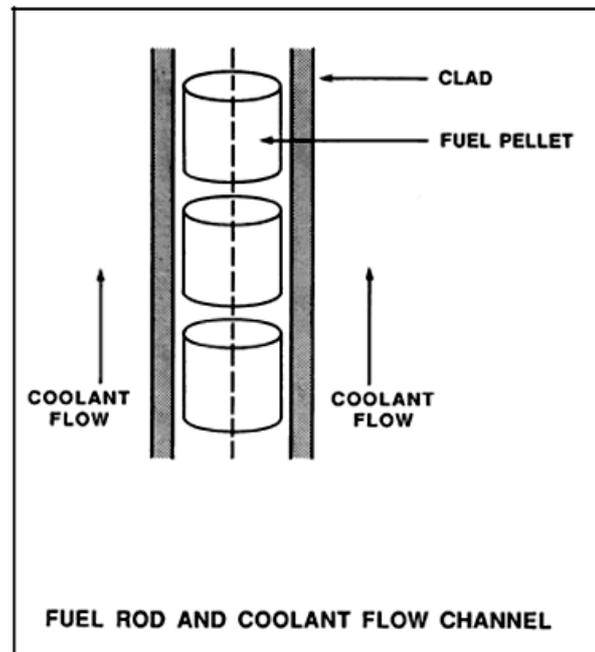
49. 請參照右下圖中，處於爐心壽命初期的燃料棒與冷卻水流通道。

已知下列初始爐心參數：

- 反應器功率 = 80%
- $T_{\text{coolant}} = 590^{\circ}\text{F}$
- $T_{\text{fuel centerline}} = 2,750^{\circ}\text{F}$

在爐心壽命末期時，若燃料對冷卻水之總熱傳導係數因燃料護套積垢而減少 5%，則燃料中央溫度將是下列何者？(假設反應器功率與 T_{coolant} 維持不變)

- A. $2,660^{\circ}\text{F}$
- B. $2,760^{\circ}\text{F}$
- C. $2,860^{\circ}\text{F}$
- D. $2,960^{\circ}\text{F}$



50. 兩部相同的核子反應器於過去十年間持續運轉。反應器 A 平均功率容量因數為 50%，共經歷了 40 次加熱/冷卻週期；反應器 B 平均功率容量因數為 60%，共經歷了 30 次加熱/冷卻週期。請問哪部反應器具有最低的反應爐無延性轉換溫度？

- A. 反應器 A，因為平均功率容量因數較低。
- B. 反應器 A，因為加熱/冷卻週期次數較多。
- C. 反應器 B，因為平均功率容量因數較高。
- D. 反應器 B，因為加熱/冷卻週期次數較少。

解答:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D	B	A	B	B	A	B	D	A	B	A	D	D	C	B	A	D	C	B	B	B	A	B	D	B
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
B	B	D	B	D	C	A	D	D	B	B	B	C	C	C	D	C	D	B	B	A	B	C	C	A