

等 別：高考二級
類 科：核子工程
科 目：核能系統研究
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)請以黑色鋼筆或原子筆在申論試卷上作答。

(四)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、採用壓水式反應器 (Pressurized Water Reactor, PWR) 的核能電廠，系統的構成包括：反應器壓力槽 (Reactor Pressure Vessel)，冷凝器熱井 (Condenser Hot Well)，冷端管 (Cold Leg)，主飼水泵 (Main Feedwater Pump)，反應器冷卻水泵 (Reactor Coolant Pump, RCP)，蒸汽產生器 (Steam Generator)，冷凝器 (Condenser)，汽機 (Turbine)，調壓槽 (Pressurizer)，控制棒 (Control Rod)，開放式飼水加熱器 (Open Feedwater Heater)，汲水管 (Suction Leg)，一次側釋壓閥 (Primary Side Pressure Relief Valve)，二次側釋壓閥 (Secondary Side Pressure Relief Valve)，主蒸汽管路 (Main Steam Lines)，主蒸汽管路隔離閥 (Main Steam Line Isolation Valves, MSIVs)，熱端管 (Hot Leg)，冷凝水泵 (Condensate Pump)，爐心 (Core)。請以方塊圖或其他示意方式代表以上的設備，將前述所有設備連結為壓水式反應器核電廠簡圖。輕水式反應器核電廠都有圍阻體防止放射性物質於事故中，外釋到外界環境，請將圍阻體的相關位置標示在您的圖示中，即那些設備在圍阻體內，那些設備在圍阻體外。(20分)(壓水式反應器有數個迴路，只畫一個迴路即可)
- 二、核電廠運轉一段時間後，要定期停機維護與更換燃料。更換燃料時，爐心要置入鈾-235，使爐心具有足夠的反應度，即所謂的反應度餘裕 (Excess Reactivity)，在燃料週期結束前，爐心仍能全功率運轉。反應度餘裕是指反應器在冷停機狀態下，將所有控制材料自爐心移除時，爐心的反應度。(每小題 10 分，共 20 分)
- (一)請問計算爐心所需之反應度餘裕時，須考慮那些物理現象對反應度的影響。
- (二)反應器穩態運轉時，反應度必須為零，也就是說反應度餘裕必須被置入爐心的中子吸收材料的負反應度抵銷，請問輕水式反應器採用那些方法將中子吸收材料置入爐心？並比較各種方法的利弊。

- 三、原子核分裂時會產生分裂產物，某些分裂產物會強烈的吸收中子，影響爐心的反應度，其中影響最大的是 Xe-135，其衰變常數為 0.0753/hr。Xe-135 的來源包括直接分裂產生與分裂產物 I-135 的衰變，衰變常數為 0.1035/hr。請分別寫出穩態運轉計算 Xe-135 與 I-135 濃度的微分方程式。(6分) 停機後計算 Xe-135 與 I-135 濃度的微分方程式。(2分) 請定性畫出反應器停機一段時間後啟動與停機後，Xe-135 濃度隨時間的變化。(6分) 如果在高濃度 Xe-135 的狀況下，啟動反應爐，會有何不利的因素？(6分)

方程式使用的符號：

Xe：Xe-135 濃度；I：I-135 濃度； λ_{Xe} ：Xe-135 衰變常數；
 λ_I ：I-135 衰變常數； ν_I ：I-135 分裂產生比例 (fission yield)；
 ν_{Xe} ：Xe-135 分裂產生比例 (fission yield)； ψ ：中子通量；
 Σ_f ：巨觀分裂反應截面； σ_{Xe} ：Xe 微觀中子吸收截面；t：時間

- 四、核電廠運轉事故處理的依據有緊急操作程序書 (Emergency Operating Procedures, EOP)、嚴重事故處理導則 (Severe Accident Management Guidelines, SAMG)、與斷然處置措施 (Ultimate Response Guidance, URG)。請說明這三份文件主要的目的與適用的狀況。(10分)
- 五、北韓擁有核武器，媒體經常會猜測北韓是否恢復核設施的運轉，所指核設施應為核子反應器，你認為該反應器是何類型？(3分) 從燃料核反應截面的特性，說明為何你認為的反應器類型適合生產製造原子彈所需的鈾元素。(7分)
- 六、核分裂動力反應器要達到自守性安全 (Inherent Safe) 必須滿足那兩個條件？(3分) 目前大量使用的第三代核反應器是否能達到自守性安全？如果可以，請詳細說明是如何達到的；如果不行，問題出在那裡？(4分) 所謂的三代+核反應器可以做到自守性安全，又是如何做到的？(3分)
- 七、(一)說明核都普勒效應 (Nuclear Doppler Effect)。(4分)
(二)由反應度回饋 (Reactivity Feedback) 的角度說明其對電廠安全運轉的重要性。(6分)