

等 別：高考一級  
類 科：原子能  
科 目：核能安全研究  
考試時間：3小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、一根12英吋燃料棒的軸向功率分布如下：

$$q'' = q''_{\max} \times \sin(\pi z / 144)$$

其中， $z$  為軸向距離，單位為英吋 (in)

假設

- 最小偏離核沸騰比 (Departure from Nuclear Boiling Ratio, DNBR) 為 2.1，並發生在  $z = 100$  英吋之處
- 臨界熱通量 (Critical Heat Flux, CHF) 為  $1.08 \times 10^6$  Btu/hr-ft<sup>2</sup>
- 反應爐的熱通道因數 (Hot channel factor) 為 2.78
- 反應爐的全部熱傳面積為 48,000 ft<sup>2</sup>

求解下列的問題：

- (一)最大熱通量  $q''_{\max}$ 。(15分)
- (二)平均熱通量  $q''_{\text{avg}}$ 。(5分)
- (三)反應爐運轉功率。(5分)

二、請以簡圖方式說明沸騰曲線 (Boiling curve)，並指出核沸騰起始點 (Onset of nuclear Boiling, ONB)、臨界熱通量 (Critical Heat Flux, CHF) 與最低薄膜沸騰溫度 (Minimum film boiling temperature) 這三點以及其與核能安全的關係。(25分)

三、安全度評估 (Probabilistic Risk Analysis, PRA) 乃是核能安全評估 (Safety analysis) 的重要方法之一，而事件樹 (Event Tree) 與故障樹 (Fault Tree) 是 PRA 分析的基本工具。

- (一)以管路破口 (Pipe Break) 為例，繪出導致放射性物質外釋機率的事件樹。(15分)
- (二)以特殊安全設施 (Engineering Safety Feature, ESF) 為例，繪出導致其喪失電源機率的故障樹。(10分)

四、國際上一致認為深層地質處置是解決高放射性的用過燃料最可行的方法之一，而深層地質處置乃是利用多重障壁的設計理念，包含包封容器、緩衝材料、回填土以及處置母岩等，以有效地阻止放射性核種之外釋與遷移。其中，緩衝材料是作為阻隔放射性核種外釋的主要障壁，故其必須具備適當回脹潛能與回脹壓力、核種遷移遲滯能力、處置罐支撐、低水力傳導性、高熱傳導性、長期穩定性以及膠體過濾（Colloid Filtration）等特性。以適當回脹潛能與回脹壓力、低水力傳導性、高熱傳導性與具有膠體過濾這些特性，說明緩衝材料為何須具備上述特點之原因。（25分）