

华北电力大学 2025 年硕士生入学考试复试科目考试大纲

考试科目编号：0604

考试科目名称：核反应堆物理分析

一、考试的总体要求

了解中子与原子核相互作用的机理、中子截面和核反应率的定义；非增殖介质内中子扩散方程的解；中子的弹性散射过程、扩散-年龄近似；双群扩散理论、多群扩散理论；栅格的非均匀效应；核燃料中重同位素成分随时间的变化；核燃料的转换与循环；可燃毒物控制、化学补偿控制。掌握核裂变过程；单速中子扩散方程；无限均匀介质内中子的慢化能谱、均匀介质中的共振吸收；裂变产物中毒、反应性随时间的变化与燃耗深度；反应性温度系数；反应性控制的任务和方式。熟练掌握多普勒效应；扩散长度；均匀裸堆的单群扩散方程及其解、热中子反应堆的临界条件、各种几何形状的裸堆的几何曲率和中子通量密度分布、反应堆曲率和临界计算、有反射层反应堆的单群扩散理论及计算；单根中心控制棒价值的计算；点堆动态方程、反应堆周期。

二、考试的内容

1. 核反应堆的核物理基础：中子与原子核的相互作用，中子截面和核反应率，共振吸收（共振截面—单能级布勒特-魏格纳公式、多普勒效应），核裂变过程（裂变能量的释放、反应堆功率和中子通量密度的关系、裂变产物与裂变中子的发射），链式裂变反应。

2. 中子慢化和慢化能谱：中子的弹性散射过程（弹性散射时能

量的变化、弹性散射中子能量的分布、对数能降和平均对数能降增量、平均散射角余弦、慢化剂的选择、弹性慢化时间), 无限均匀介质内中子的慢化能谱(无限均匀介质内中子的慢化方程、在含氢介质内的慢化、在 $A > 1$ 的无限介质内的慢化), 均匀介质中的共振吸收(共振峰间距很大时的逃脱共振吸收几率、有效共振积分的近似计算、温度对共振吸收的影响), 热中子能谱和热中子平均截面。

3. 中子扩散理论: 单能中子扩散方程(斐克定律、单能扩散方程的建立、扩散方程的边界条件、斐克定律和扩散理论的适用范围), 非增殖介质内中子扩散方程的解, 扩散长度、化慢长度、动长度。

4. 均匀反应堆的临界理论: 均匀裸堆的单群理论(均匀裸堆的单群扩散方程及其解、热中子反应堆的临界条件、各种几何形状的裸堆的几何曲率和中子通量密度分布、反应堆曲率和临界计算任务、单群理论的修正), 有反射层反应堆的单群扩散理论(反射层的作用、一侧带有反射层的反应堆、反射层节省), 中子通量密度分布不均匀系数和中子通量密度分布展平的概念。

5. 分群扩散理论: 与能量相关的中子扩散方程和分群扩散理论(与能量相关的中子扩散方程、分群扩散理论及多群中子扩散方程、群常数的计算), 双群扩散理论(双群常数与双群方程、双群方程的解、双群临界方程及中子通量密度分布), 多群扩散方程的数值解法。

6. 栅格的非均匀效应与均匀化群常数的计算: 栅格的非均匀效应, 栅格的均匀化处理(栅格的均匀化, 堆芯的均匀化截面计算), 栅格的均匀化长度的计算(积分输运理论的基本方程、碰撞概率方程的

解及少数群常数的计算), 燃料组件内均匀化通量密度分布及少数常数的计算, 共振区群常数的计算, 栅格几何参数的选择。

7. 反应性随时间的变化: 核燃料中重同位素成分随时间的变化 (重同位素的燃耗链及裂变产物链、核燃料中重同位素的燃耗方程、燃耗方程的解) 裂变产物中毒 (氙-135 中毒、钐-149 中毒、其它裂变产物中毒) 反应性随时间的变化与燃耗深度, 核燃料的转换与增殖 (转换与增殖、几种动力堆的燃料循环、核燃料管理)

8. 温度效应和反应性控制: 反应性温度系数 (反应性温度系数及其对核反应堆稳定性的影响、燃料温度系数、慢化剂温度系数、其它反应性系数、温度系数的计算), 反应性控制的任务和方式 (反应性控制中所用的几个物理量、反应性控制的任务、反应性控制的方式), 控制棒控制 (控制棒作用和一般考虑、控制棒价值的计算控制棒插入深度对控制棒价值和功率分布的影响、控制棒间的干涉效应、控制棒插入不同深度对堆芯功率分布的影响), 可燃毒物控制 (可燃毒物的作用、可燃毒物的分布及其对反应性的影响、可燃毒物的计算), 化学补偿控制。

9. 核反应堆动力学: 缓发中子的作用, 点堆中子动力学, 阶跃扰动时的点堆模型动态方程的解, 反应堆周期 (反应堆周期、不同反应性引入时反应堆的响应特征), 点堆动态方程的数值解法。

三、考试的题型

考试题型主要包括: 填空题、简答题、分析题和计算题。