

# 《辐射安全与防护》教学大纲

## 一、课程简介

辐射安全与防护伴随着电离辐射、放射性物质、及核能的利用过程而产生和发展起来的应用科学。辐射防护不仅是原子能科学技术中的一个分支，也是研究人类免受或少受电离辐射危害的一门综合性学科。从国家发展战略到普通民众健康意识层次，辐射防护与安全越来越受到重视，同时辐射应用领域及辐射防护技术发展迅速，甚至辐射防护的法律法规及辐射防护文化都在完善和发展中。掌握辐射防护知识及相关的法律法规也有利于综合素质的提高和专业人才的培养。

《辐射防护与安全》介绍电离辐射原理及辐射的环境来源，分析辐射与物质的相互作用及生物学效应。系统介绍辐射应用领域、辐射对人体的危害及辐射防护标准。全面阐述  $\alpha$ 、 $\gamma$ 、 $\beta$  射线的防护原理和方法，解读核安全与辐射防护有关的法律、法规、标准、导则、技术文件。

## 二、教学目的与基本要求

通过教学，让学员理解电离辐射原理及辐射的环境来源，了解辐射与物质的相互作用。能熟练掌握辐射的生物学效应、辐射应用领域、辐射对人体的危害及辐射防护标准。了解辐射剂量的测量基础，把握  $\alpha$ 、 $\gamma$ 、 $\beta$  射线的特点，熟悉  $\alpha$ 、 $\gamma$ 、 $\beta$  的防护方法。通过培训，普及和提高学员辐射及辐射防护知识水平，使辐射相关工作人员进一步掌握了辐射防护的基本方法，明确电离辐射的防护原则、目的，掌握各种电离辐射的防护措施，以便在工作中懂得如何更好的保护自己、患者和公众少受电离辐射的照射，使受照剂量保持在可合理达到的水

平。熟悉国家现行辐射防护标准，提高对有关放射性物质法律法规知识的认识，增强辐射防护意识。

### 三、教学进度表

章次	题目	教学时数
第一章	原子核与放射性	2 学时
第二章	辐射来源	2 学时
第三章	射线与物质相互作用	3 学时
第四章	辐射剂量学基础	3 学时
第五章	电离辐射的生物效应	6 学时
第六章	辐射防护	6 学时
第七章	辐射防护法律法规	6 学时
总计		28 学时

### 四、考核方式和成绩评定办法

- 1、考核方式：网上测试与现场笔试结合
- 2、成绩评定：

学员通过网上视频学习，达到 20 学时的课时要求并通过单元测试，可以参加网上综合考试，成绩达到 60 分及以上为合格；

通过网上综合测试合格的学员，才有资格报名参加现场考试，现场考试满分 100 分，60 分及以上为合格。

网上测试及现场考试成绩均合格的学员，培训合格。

### 五、内容提要

#### 第一章 原子核与放射性（教学时数 2）

**教学目的：**通过对原子、原子核结构、原子核结合能的分析，掌握原子核反应概念及原子核反应规律；掌握不稳定核素及 $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变及 $\gamma$ 跃迁；掌握放射性衰变规律；了解人工放射源的生产及应用。介绍原子与原子核、原子能、放射性及其种类、放射性衰变规律、级联衰变与放射性平衡、核反应、核裂变与聚变、人工放射性的生长及其规律等。

**要求：**

- 1、 熟悉原子与原子核的基本特性，了解原子能。
- 2、 掌握放射性的种类，不同射线的特点。掌握放射性的衰变规律，并能够应用于实际的计算。
- 3、 熟悉级联衰变与放射性平衡的基本概念，了解放射性平衡对于环境放射性分析的意义。
- 4、 了解核反应的一般概念，了解核裂变与聚变及核能来源。
- 5、 掌握人工放射性生长的方法与规律。

**教学重点：**原子核结构、原子核反应规律、放射性现象、放射性衰变规律

**教学难点：**原子核反应规律、放射性衰变规律

**主要教学方法：**尽可能形象的方法讲解原子核结构、原子核反应规律及放射性衰变规律，充分利用多媒体、原子核物理学发展中的科学家及故事辅助理解教学内容。尽可能多采取课堂讲授和学生自学相结合、课内与课外相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**本章基本概念：**

原子、原子核结构、原子核结合能、原子核反应、 $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变及 $\gamma$ 跃迁、人工放射源、半衰期

### 本章思考题：

- 1、放射性现象有哪些？比较不同射线的穿透能力。
- 2、放射性衰变的规律是什么？能否用一般的物理、化学方法改变放射源的放射性？
- 3、放射源经历了几个半衰期，有人认为问题不大对吗？衡量放射源放射性强弱的指标是什么？
- 4、放射性活度与放射源所含数目的关系是什么？

## 第二章 辐射来源（教学时数 2）

**教学目的：**环境与辐射是与人类生存、生活密切相关的两个概念。本章简要介绍环境辐射的来源，天然辐射来源及其分类方法，主要的天然放射性核素，人工辐射的来源，产生人工辐射来源的主要的人类生产实践活动，辐射事故对环境辐射水平的影响，放射性物质在环境中的迁移等。

重点讨论环境中宇宙射线、宇生核素、原生核素等天然辐射源来源、水平与分布。简要介绍大气层核试验、核武器制造、核燃料循环等人为活动向环境释放的人工放射性核素的归一化释放量及总量。

### 教学要求：

- 1、了解天然辐射源来源及其分类方法
- 2、掌握地球上的主要天然放射性核素的种类，熟悉三个天然放射系。
- 3、了解人类活动对环境辐射的影响，及其对环境辐射监管的意义。
- 4、了解放射性物质在环境中的迁移及其特征。

**教学重点：**人类环境、环境辐射、宇宙辐射、宇生放射性核素、陆生天然放射性基本概况。

教学难点：陆生放射性核素的产生过程

主要教学方法：尽可能多采取课堂讲授和学生自学相结合、课内与课外相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

本章基本概念：人类环境、环境辐射、宇宙辐射、宇生放射性核素、陆生天然放射性、核武器制造、大气层核试验、核燃料循环

本章思考题：

1、图示电磁辐射的频段分布并在图上标出各段的名称。计算天然紫外辐射的能量边界。

2、银河辐射从生成到地面的历程、次级粒子和宇生核素的生成。影响银河宇宙射线向地球表面传播的主要因素有哪些？

3、天然放射系的特点、为什么现在地球上没有天然(4N + 1)系

4、陆生放射性在地圈中有何分布规律或特点？

### 第三章 射线与物质相互作用（教学时数 3）

**教学目的：**本章通过学习辐射与物质相互作用的过程与规律，掌握带电粒子在物质中的电离和激发，弹性散射、非弹性散射和韧致辐射及引起的物质化学反应；通过学习 $\gamma$ 、X射线与物质作用时的光电效应、康普顿效应和电子对效应。清楚射线与物质相互作用的机理及能量传递的一般规律，清楚射线的射程及物质对射线的阻止能力和规律，以利于理解辐射剂量、辐射屏蔽等基本问题。

介绍几种射线的主要来源： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线和中子与物质相互作用的基本规律、特点；在辐射防护中应注意的问题，以及针对不同的射线采取不同的防护方法和依据；

**要求：**

1、掌握 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 和中子与物质相互作用的规律（与入射粒子、

被作用靶物质的关系); 掌握 $\alpha$ 、 $\beta$ 与物质相互作用过程中异同之处; 辐射防护中带电粒子和 $\gamma$ 在与物质相互作用过程中的区别; 掌握中子与物质相互作用的几种主要形式和特点、常用的使中子减速的方法和依据。

2、熟悉 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 穿过吸收物质时的吸收曲线及所满足的规律; 熟悉光电效应、康普顿效应、电子对效应作用机制; 熟悉电离损失、辐射损失、散射、射程、路程、比电离等概念;

3、了解几种不同射线在穿过物质过程中穿透力的比较。对不同射线防护时需要注意的问题。

**教学重点:** 带电粒子在物质中的电离和激发, 弹性散射、非弹性散射和韧致辐射;  $\gamma$ 、X射线与物质作用时的光电效应、康普顿效应和电子对效应; 射线在物质中的射程。

**教学难点:** 带电粒子在物质中的电离和激发, 弹性散射、非弹性散射和韧致辐射;  $\gamma$ 、X射线与物质作用时的光电效应、康普顿效应和电子对效应。

#### **主要教学方法:**

以讲授为主学习射线与物质的主要现象和规律, 理论联系实际问题帮助理解辐射在物质中的作用规律。

本章基本概念: 电离和激发, 弹性散射、非弹性散射、韧致辐射; 光电效应、康普顿效应、电子对效应、射程

#### **本章思考题:**

1、说明 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线穿过物质时, 当吸收物质厚度的增加使射线强度减弱为 $I = I_0/2$ 时, (设它们的初始强度为 $I_0$ ), 所对应的吸收物质的厚度, 分别具有什么物理意义?

2、为什么常采用含氢物质使快中子减速?利用的是什么原理?

3、“ $\beta$ 射线在高原子序数物质中更易产生韧致辐射”，这种说法对吗?为什么?据此原理，说明在测量和防护日射线时应注意哪些问题。

4、在 $\gamma$ 射线的屏蔽和防护工作中，采用哪类物质效果更好?依据是什么?

5、比较相同能量的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 在物质中的穿透能力和电离本领的大小，穿透能力和电离本领之间有什么关系?

6、能量为 1MeV 的 $\alpha$ 、 $\beta$ 在空气和铝中的射程大致为多少?

7、衡量 $\gamma$ 射线的穿透能力时，有没有射程概念?为什么?

#### 第四章 辐射剂量学基础（教学时数 3）

**教学目的：**通过学习辐射场、辐射作用于物质时的能量传递及受照物内部变化的程度和规律，从而建立表述特定辐射的特征并能够加以测定的量。掌握辐射量和单位的基本概念，掌握辐射防护中的基本量，明确辐射剂量学基本量适用于辐射防护领域，以及广发应用于放射医学、放射生物学、辐射化学与辐射物理等领域。

**内容：**介绍电离辐射基本概念、物理量的定义与单位、电离辐射的生物学效应、辐射防护中的量与单位、辐射剂量监测原理与方法等。

**要求：**

1、掌握吸收剂量、吸收剂量率、照射量、照射量率、当量剂量、有效剂量这几个基本概念及单位，熟悉它们之间的关系。

2、熟悉辐射剂量学中的其它辐射量和单位，熟悉辐射的生物学效应。

3、了解辐射剂量监测原理与方法。

**教学重点：**辐射场的粒子注量及粒子注量率；辐射场的能量注量及能量注量率；吸收剂量及应用；比释动量及应用；照射量及应用；当量剂量；吸收剂量指数

**教学难点：**辐射场的粒子注量及粒子注量率；辐射场的能量注量及能量注量率；吸收剂量及应用；比释动量及应用

**主要教学方法：**以讲授为主，适当采取课堂讲授和学生自学相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**本章基本概念：**粒子注量、粒子注量率、能量注量、能量注量率、吸收剂量、比释动量、照射量。

**本章思考题：**

1、什么叫吸收剂量和照射量，它们的单位是什么？为什么伦琴不能作为吸收剂量单位？

2、什么叫比释动能，比释动能与吸收剂量有什么关系？

3、什么叫剂量当量？它的单位是什么？它与剂量当量指数有什么区别？

4、用仪器测得空气中某一点的照射率为 10 伦/小时，求空气中同一点的吸收剂量率？若 x 射线的能量为 0.06 兆电子伏，求小块骨组织和肌肉组织处于同一点所受的吸收剂量率和剂量当量率。

5、试计算吸收剂量为  $5 \times 10^{-2}$  毫戈的 X、 $\gamma$ 、 $\beta$  射线和快中子的剂量当量值。若体内某器官在 5 年内受  $^{239}\text{Pu}$  积聚而产生的吸收剂量为 25 毫戈，计算该器官受的剂量当量。

## 第五章 电离辐射的生物效应（教学时数 6）

**教学目的：**学习电离辐射所引起的各种生物效应，清楚辐射效应分为随机性效应和非随机性效应；清楚遗传效应及某些躯体效应（即

癌症)；清楚急性效应与晚期效应；清楚辐射损伤与辐射敏感性、剂量、剂量率、照射方式、机体的生理状态等的关系。

**教学重点：**辐射的随机性效应和非随机性效应；辐射的遗传效应及某些躯体效应；辐射急性效应与晚期效应；人体辐射防护的标准；ICRP 防护标准基本限值。

**教学难点：**辐射的随机性效应。

**主要教学方法：**以讲授为主，适当采取课堂讲授和学生自学相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**本章基本概念：**随机性效应、非随机性效应、辐射的遗传效应、躯体效应、急性效应、晚期效应、人体辐射防护的标准。

**本章思考题：**

1、为什么说核工业是一种安全记录较好的工业？试述对待电离辐射应有的正确态度。

2、何谓随机性效应和非随机性效应？

3、影响辐射损伤的因素有哪些？这些影响因素和辐射防护有何关系？

4、什么叫危险度？引用危险度的概念有何实际意义？

## 第六章 辐射防护（教学时数 6）

**教学目的：**掌握人体辐射防护的目的和辐射防护三原则。掌握内照射、外照射防护措施，掌握人体辐射防护的标准。掌握 ICRP 防护标准基本限值。掌握  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  射线及 X 射线的防护的一般方法。掌握职业人员、社会人员的防护措施和标准，外照射及其防护、内照射及其防护等。介绍《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》。介绍典

型的辐射事故，放射源保安导则，辐射安全目标与质量保证，辐射事故应急响应，辐射安全文化建设等。

教学要求：

- 1、了解辐射防护的目的与防护体系
- 2、掌握辐射防护标准的基本限值与导出限值。
- 3、熟悉辐射防护的基本原则和内、外照射的防护措施
- 4、了解内、外照射防护的定量计算方法
- 5、掌握职业照射控制、辐射防护要求、剂量限制、场所分区、

个人及场所监测；

- 6、医院系统学员，掌握“医疗照射的控制”及相关内容，
- 7、掌握公众照射控制及相关内容。
- 8、了解典型的辐射事故及其后果。
- 9、熟悉放射源保安导则及其对实际工作的指导。
- 10、了解辐射安全目标与质量保证措施。
- 11、掌握辐射事故应急的内涵、分级、报告制度、应急响应程序。
- 12、了解辐射安全文化建设的具体内容及其对辐射安全与防护的重要意义。

**教学重点：**辐射技术在工业生产、农业研究、医学诊断治疗方面的应用及防护。

**教学难点：**辐射技术应用原理及新进展。

**主要教学方法：**以讲授为主，适当采取课堂讲授和学生自学相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**本章基本概念：**辐射控制检测、食品辐照、辐射去污、辐射除害、辐射诱变育种、X 射线诊断、放射治疗、介入放射学

**本章思考题：**

- 1、工业中常用的辐射源有哪些？分别用于哪些领域？
- 2、列举说明电离辐射医学应用。
- 3、试述 $\beta$ 射线和 $\alpha$ 射线外照射危害的特点， $\beta$ 射线的防护为什么要考虑两层屏蔽？
- 4、高能重带电粒子的屏蔽防护有何特征？
- 5、试述辐射防护的目的及进行辐射防护的最基本的原则。
- 6、我国《放射防护规定》的主要内容及剂量控制的基本规定是什么？
- 7、近年来 ICRP 有关剂量限制制度方面有何新建议？与以往的建议相比有何不同？

## 第七章 辐射防护法律法规（教学时数 6）

**教学目的：**掌握核安全与辐射防护法律、法规、标准、导则、技术文件。

介绍《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规。

**要求：**

- 1、了解国内外的辐射安全监管机构及其职能。
- 2、了解《中华人民共和国放射性污染防治法》的基本精神与主要内容。掌握与核技术应用相关的放射性污染防治的相关条款。
- 3、了解《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的基本精

神与主要内容。掌握放射源及射线装置分类，许可和备案制度，废旧放射源的送贮及返回，生产使用放射源（同位素）场所及射线装置的退役；

4、了解《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的基本精神与主要内容。掌握分级发证、环评报告的分类管理、放射源进出口、转让、转移的审批及备案，许可证的变更、延续、注销及重新申领，许可证申领条件等。

**教学重点：**解读《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全许可管理办法》、《放射性废物安全管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871—2002）》。

**主要教学方法：**以讲授为主，适当采取课堂讲授和学生自学相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**教学难点：**辐射技术应用原理及新进展。

**主要教学方法：**以讲授为主，适当采取课堂讲授和学生自学相结合、讲授与讨论相结合的教学组织形式和方法。

**本章基本概念：**放射性同位素、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废旧放射源、辐射事故、放射性物品、放射性废物、转让、退役、伴有产生 X 射线的电器产品、放射性污染、核技术利用

**本章思考题：**

1、《中华人民共和国放射性污染防治法》立法意义、立法原则及目的？

- 2、放射源的分类原则、目的和标准。
- 3、射线装置的分类。
- 4、辐射事故的分级、类型及应急处理。
- 5、放射性废物的处理和贮存。
- 6、许可证的申请与颁发。
- 7、环境影响评价文件的编制。
- 8、许可证申领条件及许可证管理。
- 9、废源的处理。
- 10、辐射安全培训制度及意义。
- 11、个人剂量监测的档案管理。
- 12、辐射事故应急报告的编制。

## 六、参考文献

- [1] 辐射与环境，任天山，原子能出版社，2007年。
- [2] 辐射防护基础，李星洪，原子能出版社，1982年。
- [3] 电离辐射防护与安全基础，杨朝文，原子能出版社，2009年。
- [4] 辐射防护导论，方杰，原子能出版社，1991年。
- [5] 辐射安全与防护讲义(1)，戴本忠 杨先楚，云南大学物理与天文学院，2016年。
- [6] 辐射安全与防护讲义(2) (法律法规汇编)，戴本忠 杨先楚，云南大学物理与天文学院，2016年

执笔人：戴本忠 杨先楚

云南大学物理与天文学院

2016年10月15日