

# 辐 射 防 护 手 册

## 第 二 分 册

# 辐射防护监测技术

主 编 李德平 潘自强

编 写 者 李德平 潘自强 韩奎初 张延生  
肇恒元 董柳灿 夏益华 姜德熙  
朱天成 乔 付 刘书田 岳清宇  
赵亚民 李宏全 黄子瀚 程祺钧  
徐秉森 廖湘珍 赵 敏 余耀仙  
李云龙

审 校 者 董柳灿 史元明 刘桂林 吴学超  
沈子威 刘玉英 杨基芳 任镜暄  
龙尚翼 汪佳明 胡逢全 陈 霓  
夏登桂

责 任 编 辑 张文浩

原 子 能 出 版 社

## 内 容 简 介

《辐射防护监测技术》是《辐射防护手册》的第二分册。书中结合我国辐射防护工作的实际经验，系统地介绍了各种辐射防护监测技术，较为深入地阐述了放射性样品测量中经常遇到的数理统计和计数统计学问题，此外，还介绍了辐射防护监测仪表性能及刻度技术等。本书共分九章：绪言、个人剂量监测技术、环境和流出物监测、工作场所监测、空气和水中放射性浓度的监测、放射性样品的测量、各介质中放射性核素的放化分析、辐射防护监测仪表性能及刻度、常用数理统计与计数统计学。本书收集了对辐射防护工作有实用价值的大量图表资料，可供有关人员在实际工作中查用。书中的物理量以SI单位表示。

本书可供从事辐射防护、环境保护、放射医学和放射生物学等领域工作的专业人员以及大专院校有关专业的师生参考。

辐 射 防 护 手 册

第 二 分 册

**辐射防护监测技术**

主 编 李 德 平 潘 自 强

原 子 能 出 版 社 出 版

(北京2108信箱)

国 防 科 工 委 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 总 店 科 技 发 行 所 发 行 · 新 华 书 店 经 售

☆

开 本 787×1092 1/16 · 印 张 31.25 · 字 数 752千 字

1988年 月 北 京 第 一 版 · 1988年 月 北 京 第 一 次 印 刷

印 数 1—2600 册

统 一 书 号：15175·819 定 价：9.80元

ISBN7-5022-0061-4/TL·19

## 前 言

《辐射防护手册》是为适应我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等领域内应用的蓬勃发展，满足从事辐射防护工作的广大科技人员的实际需要，由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写的。

《辐射防护手册》全书分《辐射源与屏蔽》、《辐射防护监测技术》、《辐射安全》、《剂量估算》、《放射性三废处理与处置》及《辐射危害与医学防护》等六个分册。

在手册的编写过程中，我们力图较完整地反映辐射防护领域内各方面的内容，并避免不必要的重复。在取材上，除必要的理论阐述外，尽量选择实用价值较大的数据，图表，公式和方法等资料，以便于从事辐射防护工作的科技人员在实际工作中直接查阅和应用。对所引用的资料，尽可能做了必要的核对，并选取最新的资料。

辐射防护是一门综合性的边缘学科，它与许多学科存在交叉领域，在有些领域内其界限也很难严格区分，这就对取材造成了某些不确定性。辐射防护和核安全有许多交叉的地方，本书主要讨论了核安全的基本原则、规章制度、辐射源、屏蔽和临界安全等，对核安全分析未作专门论述。辐射防护包括对工作人员和公众的防护，但考虑到环境保护涉及面很宽，本书主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量估算和三废治理等，对放射性物质在环境中运动规律等问题未作深入的讨论。辐射的广义含义包含微波等，但本书不涉及这些问题。

由于与辐射防护相关的学科很多，要把各方面的人员组织起来编写一部手册，确有不少困难，再者编写这种大型手册也缺乏经验，因此手册中难免有不妥之处，敬望读者指正。

李德平 潘自强

# 目 录

第1章 绪 言 .....	( 1 )
第2章 个人剂量监测技术 .....	( 2 )
2.1 外照射个人剂量监测技术 .....	( 2 )
2.1.1 概 述 .....	( 2 )
2.1.1.1 监测的作用 .....	( 2 )
2.1.1.2 监测计划的制定 .....	( 2 )
1 监测范围和监测周期 .....	( 2 )
2 对剂量计的基本要求 .....	( 2 )
3 剂量计佩戴的位置 .....	( 2 )
4 剂量计的选择和类型 .....	( 2 )
5 中子监测 .....	( 3 )
6 使用个人剂量计进行操作监测 .....	( 3 )
7 事故照射的特殊监测 .....	( 3 )
2.1.1.3 个人剂量计的刻度 .....	( 4 )
2.1.1.4 监测结果的解释 .....	( 4 )
2.1.1.5 外照射个人剂量监测中值得注意的几个问题 .....	( 5 )
2.1.2 胶片个人剂量计 .....	( 6 )
2.1.2.1 辐射照相的基本过程 .....	( 6 )
1 胶片 .....	( 6 )
2 潜象的形成 .....	( 6 )
3 化学处理 .....	( 6 )
2.1.2.2 胶片对辐射的响应 .....	( 7 )
1 胶片的特性曲线 .....	( 7 )
2 胶片对 X、 $\gamma$ 射线的能量响应 .....	( 7 )
3 胶片对 $\beta$ 辐射的响应 .....	( 10 )
4 胶片对中子的响应 .....	( 10 )
5 混合场胶片剂量计 .....	( 11 )
2.1.2.3 误差来源和减小的方法 .....	( 12 )
1 胶片的均匀性和灵敏度 .....	( 12 )
2 潜象衰退和灰雾增长 .....	( 12 )
3 处理技术和密度测量 .....	( 14 )
2.1.3 辐射光致荧光玻璃个人剂量计 .....	( 14 )
2.1.3.1 辐射光致荧光 (RPL) 的基本过程 .....	( 14 )
1 辐射的吸收 .....	( 14 )

2	荧光谱	( 14 )
3	动力学过程	( 14 )
2.1.3.2	2.1.3.2 荧光玻璃对辐射的响应	( 15 )
1	对特定能量辐射的响应	( 15 )
2	照射量率效应	( 15 )
3	玻璃对X、 $\gamma$ 射线的能量响应	( 15 )
4	玻璃对 $\beta$ 辐射的响应	( 18 )
5	荧光玻璃对中子的响应	( 19 )
2.1.3.3	2.1.3.3 玻璃剂量计的实际应用	( 20 )
1	荧光玻璃的清洗	( 20 )
2	参考玻璃和样品盒的清洗	( 20 )
3	高温退火	( 20 )
4	玻璃灵敏度的分选	( 20 )
5	测量时间的选择	( 20 )
6	荧光玻璃的避光要求	( 21 )
7	玻璃的化学效应和机械损伤	( 21 )
8	荧光玻璃的编号和测量	( 21 )
2.1.4	2.1.4 热释光个人剂量计 (TLD)	( 21 )
2.1.4.1	2.1.4.1 热释光的发光机理	( 21 )
1	发光曲线	( 21 )
2	热释光响应的超线性和敏化	( 22 )
3	热释光的衰退和退火	( 22 )
2.1.4.2	2.1.4.2 热释光材料和元件	( 22 )
1	氟化锂 (LiF)	( 22 )
2	硫酸钙 (CaSO <sub>4</sub> )	( 29 )
3	氟化钙 (CaF <sub>2</sub> )	( 31 )
4	硼酸锂 (Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> )	( 33 )
5	氧化铍 (BeO)	( 35 )
6	硅酸镁 (Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Tb)	( 35 )
2.1.4.3	2.1.4.3 剂量计和热释光测量仪	( 36 )
2.1.4.4	2.1.4.4 实际应用中值得注意的问题	( 39 )
1	元件的操作	( 39 )
2	灵敏度的变化	( 39 )
3	LiF元件的退火	( 40 )
4	数据丢失和再测量	( 40 )
5	反照率剂量计测中子的问题	( 40 )
6	热释光剂量计的编号	( 40 )
2.1.5	2.1.5 核乳胶快中子个人剂量计	( 41 )
2.1.5.1	2.1.5.1 方法简述	( 41 )
2.1.5.2	2.1.5.2 灵敏度	( 41 )
2.1.5.3	2.1.5.3 潜象衰退	( 42 )
2.1.5.4	2.1.5.4 能量响应	( 44 )

2.1.5.5	核乳胶对 $\gamma$ 辐射的敏感程度	( 45 )
2.1.5.6	角响应	( 46 )
2.1.6	固体径迹中子个人剂量计	( 46 )
2.1.6.1	方法简述	( 46 )
2.1.6.2	径迹观测方法	( 47 )
2.1.6.3	探测材料的蚀刻特性	( 47 )
2.1.6.4	灵敏度	( 47 )
2.1.6.5	固体径迹中子剂量计其他性能	( 48 )
1	能量响应	( 48 )
2	角响应	( 49 )
3	径迹衰退	( 49 )
4	其他效应	( 50 )
2.1.7	袖珍照射量计	( 50 )
2.1.7.1	工作原理	( 50 )
2.1.7.2	性能要求	( 51 )
2.1.7.3	使用时应注意的问题	( 51 )
2.2	内照射个人剂量监测技术	( 51 )
2.2.1	生物检验	( 52 )
2.2.1.1	监测计划要点	( 52 )
2.2.1.2	取样要求	( 53 )
2.2.1.3	呼出射气的测量	( 54 )
2.2.1.4	几种估算方法的简要原理	( 54 )
2.2.2	体外直接测量	( 55 )
2.2.2.1	全身计数器	( 55 )
1	基本组成与种类	( 55 )
2	全身计数器的主要技术指标	( 57 )
3	全身计数器的刻度	( 58 )
4	探测灵敏度的估算	( 58 )
5	解谱	( 59 )
6	使用中应注意的几个问题	( 60 )
2.2.2.2	肺部计数器	( 60 )
1	探测器	( 61 )
2	刻度	( 63 )
3	使用时应注意的问题	( 65 )
2.2.2.3	甲状腺计数器(器官计数器)	( 65 )
2.2.2.4	伤口探测器	( 66 )
2.2.2.5	估计摄入量或待积剂量当量方法	( 69 )
2.3	核事故个人剂量测量方法	( 73 )

2.3.1 超临界事故个人剂量的测量 .....	( 74 )
2.3.1.1 个人中子剂量的测量 .....	( 74 )
1 佩带式的个人中子 剂量计 .....	( 74 )
2 超临界事故固体径迹中子剂量计 .....	( 85 )
3 硅二极管快中子剂量计 .....	( 88 )
4 利用生物样品的活化估算人体中子剂量 .....	( 90 )
2.3.1.2 个人 $\gamma$ 剂量测量 .....	( 96 )
1 个人剂量计超限无法读出剂量 .....	( 96 )
2 利用现场和随身物件估算 $\gamma$ 剂量 .....	( 97 )
2.3.1.3 用外周血淋巴细胞染色体畸变估算一次超量照射的吸收剂量 .....	( 97 )
1 辐射诱发的染色体畸变 .....	( 97 )
2 染色体畸变率与受照剂量之间的关系 .....	( 97 )
3 淋巴细胞染色体畸变作为“生物剂量计”的应用 .....	( 99 )
2.3.2 一般核事故个人剂量测量方法 .....	( 103 )
参考文献 .....	( 103 )
第3章 环境监测和流出物监测 .....	( 110 )
3.1 环境监测 .....	( 110 )
3.1.1 环境监测的目的 .....	( 110 )
3.1.2 环境监测方案的设计 .....	( 111 )
3.1.2.1 影响监测方案的因素 .....	( 111 )
3.1.2.2 运行前的调查 .....	( 111 )
3.1.2.3 运行时的监测 .....	( 112 )
3.1.2.4 应急事故的监测 .....	( 113 )
3.1.3 环境监测方法 .....	( 113 )
3.1.3.1 监测的一般原则 .....	( 113 )
1 有计划释放 .....	( 113 )
2 无计划释放 .....	( 114 )
3.1.3.2 就地监测 .....	( 115 )
1 $\gamma$ 辐射照射量或剂量的监测 .....	( 115 )
2 就地 $\gamma$ 谱仪 .....	( 122 )
3 环境中子剂量的测量 .....	( 127 )
3.1.3.3 实验室监测 .....	( 127 )
1 样品的收集和制备 .....	( 128 )
2 物理测量 .....	( 133 )
3.2 流出物监测 .....	( 145 )
3.2.1 流出物监测的目的 .....	( 145 )
3.2.2 监测方案的设计 .....	( 146 )
3.2.2.1 流出物监测的一般原则 .....	( 146 )

3.2.2.2	气载流出物的监测 .....	(146)
3.2.2.3	液态流出物的监测 .....	(148)
3.2.2.4	在制定监测方案时值得注意的问题 .....	(148)
3.2.3	流出物监测的取样和测量技术 .....	(148)
3.2.3.1	取样技术 .....	(149)
1	取样点设置 .....	(149)
2	取样类型 .....	(149)
3	取样方法和技术 .....	(149)
3.2.3.2	测量技术 .....	(155)
1	就地测量 .....	(155)
2	实验室测量 .....	(156)
3.3	环境监测质量保证 .....	(156)
3.3.1	环境监测质量保证的目的和一般原则 .....	(156)
3.3.2	环境监测不确定度的来源 .....	(157)
3.3.3	环境监测质量保证的内容 .....	(157)
3.3.3.1	组织结构、管理和执行人员的职责 .....	(158)
3.3.3.2	工作人员资格的说明 .....	(158)
3.3.3.3	操作程序和指南 .....	(158)
3.3.3.4	记录 .....	(158)
3.3.3.5	取样(包括样品的包装、运输和贮存)中的质量控制 .....	(158)
3.3.3.6	放化分析实验室的质量控制 .....	(159)
1	放射性核素参考标准 .....	(159)
2	放射性测量系统的性能检验 .....	(159)
3	质量控制样品的分析 .....	(160)
4	计算检验 .....	(161)
3.3.3.7	流出物连续监测系统的质量控制 .....	(161)
3.3.3.8	复审、分析和数据报告 .....	(161)
3.3.3.9	审查 .....	(161)
3.3.4	环境监测质量保证的利益和组织 .....	(162)
参考文献	.....	(163)
第4章	工作场所的辐射监测 .....	(167)
4.1	工作场所辐射监测的意义和分类 .....	(167)
4.2	工作场所外照射的监测 .....	(169)
4.2.1	监测方案的确定 .....	(169)
4.2.2	工作场所外照射监测方法和监测结果的解释 .....	(170)
4.2.2.1	工作场所 $\gamma$ 、X外照射的监测 .....	(170)
4.2.2.2	工作场所 $\beta$ 外照射的监测 .....	(173)
4.2.2.3	工作场所中子辐射的监测 .....	(175)
4.2.2.4	工作场所报警系统的建立 .....	(177)

4.2.2.5	监测结果的解释 .....	( 178 )
4.3	工作场所空气污染的监测 .....	( 179 )
4.3.1	监测目的和监测方案的制定 .....	( 179 )
4.3.2	工作场所空气污染监测方法的选择和对测量结果的解释 .....	( 180 )
4.3.2.1	监测方法的选择 .....	( 180 )
4.3.2.2	对测量结果的解释 .....	( 181 )
4.4	工作场所放射性表面沾污的监测 .....	( 183 )
4.4.1	监测的意义和目的 .....	( 183 )
4.4.2	放射性表面沾污的控制标准 .....	( 184 )
4.4.2.1	国家标准有关放射性物质表面污染的规定 .....	( 184 )
4.4.2.2	推定限值 .....	( 184 )
4.4.2.3	参考水平和管理限值 .....	( 187 )
4.4.3	现场放射性表面沾污的监测方法 .....	( 187 )
4.4.3.1	直接监测法 .....	( 187 )
1	$\beta$ 放射性表面沾污的直接监测 .....	( 187 )
2	$\alpha$ 放射性表面沾污的直接监测法 .....	( 191 )
4.4.3.2	间接监测法 .....	( 194 )
1	擦拭法 .....	( 194 )
2	表面置样检查法 .....	( 195 )
4.4.3.3	低能 $\beta$ 核素表面沾污的监测 .....	( 196 )
4.4.3.4	表面沾污的其它监测方法 .....	( 198 )
4.4.4	监测方法的选择和对测量结果的评价 .....	( 199 )
	参考文献 .....	( 200 )
第5章	空气和水中放射性的监测 .....	( 201 )
5.1	放射性气体监测 .....	( 201 )
5.1.1	综述 .....	( 201 )
5.1.1.1	放射性气体的定义 .....	( 201 )
5.1.1.2	放射性气体监测分类及特点 .....	( 201 )
1	工作场所监测 .....	( 201 )
2	排放监测 .....	( 202 )
3	环境监测 .....	( 202 )
5.1.2	放射性惰性气体监测 .....	( 202 )
5.1.2.1	取样方法 .....	( 202 )
1	活性炭吸附法 .....	( 202 )
2	液体CO <sub>2</sub> 吸收法 .....	( 204 )
3	渗透膜扩散法 .....	( 204 )
4	低温分馏法 .....	( 205 )
5.1.2.2	测量方法 .....	( 205 )
1	流气式电离室 .....	( 206 )
2	正比计数器 .....	( 207 )

3	流气式闪烁计数器 .....	(207)
4	液体闪烁计数器 .....	(209)
5	$\gamma$ 谱仪 .....	(209)
5.1.3	氡的监测 .....	(209)
5.1.3.1	取样方法 .....	(209)
1	冷冻法 .....	(209)
2	干燥法 .....	(210)
3	鼓泡法 .....	(210)
4	催化燃烧法 .....	(211)
5.1.3.2	测量方法 .....	(212)
1	电离室 .....	(212)
2	正比计数器 .....	(213)
3	闪烁计数器 .....	(213)
5.1.4	气态放射性碘的监测 .....	(213)
5.1.4.1	取样方法 .....	(213)
1	元素碘 .....	(213)
2	有机碘 .....	(213)
3	全碘取样 .....	(215)
5.1.4.2	测量方法 .....	(215)
1	$^{131}\text{I}$ 测量 .....	(215)
2	$^{129}\text{I}$ 和 $^{128}\text{I}$ 的测量 .....	(215)
5.1.5	空气中汞的监测 .....	(218)
5.1.5.1	取样方法 .....	(218)
1	金属汞蒸气 .....	(218)
2	甲基汞 .....	(218)
3	全汞取样器 .....	(219)
5.1.5.2	测量方法 .....	(219)
5.1.6	空气中 $^{14}\text{C}$ 监测 .....	(219)
5.1.6.1	取样方法 .....	(219)
1	$\text{CsOH}$ 鼓泡取样法 .....	(219)
2	$\text{KOH}$ 取样 .....	(219)
3	氢氧化季铵盐吸收法 .....	(220)
4	乙醇胺吸收法 .....	(220)
5.1.6.2	测量方法 .....	(220)
5.1.7	其他放射性气体的监测 .....	(221)
5.1.8	放射性气体监测中的刻度问题 .....	(221)
5.1.8.1	确定 $K_{\text{测}}$ .....	(221)
1	已知气体源浓度 .....	(221)
2	与已刻度的仪器串接 .....	(222)

3	固体点源 .....	( 222 )
5.1.8.2	确定 $K_{取}$ .....	( 223 )
5.2	放射性气溶胶的监测 .....	( 223 )
5.2.1	放射性气溶胶取样 .....	( 224 )
5.2.1.1	取样方法 .....	( 224 )
1	过滤法 .....	( 224 )
2	静电收集法 .....	( 224 )
3	撞击取样法 .....	( 224 )
4	向心取样器和旋风取样器 .....	( 225 )
5.2.1.2	取样材料和设备 .....	( 225 )
5.2.1.3	取样方式和应注意的问题 .....	( 228 )
5.2.2	放射性气溶胶浓度的监测方法 .....	( 228 )
5.2.2.1	衰变法 .....	( 229 )
5.2.2.2	$\alpha$ - $\beta$ 比值法 .....	( 230 )
5.2.2.3	$\alpha$ - $\beta$ 假符合法 .....	( 231 )
5.2.2.4	能量甄别法 .....	( 232 )
5.2.3	放射性气溶胶粒度分布的测定 .....	( 235 )
5.3	氦及氡子体监测 .....	( 236 )
5.3.1	氦浓度监测 .....	( 236 )
5.3.1.1	几种探测器测氦的基本原理 .....	( 236 )
1	闪烁室 .....	( 236 )
2	电离室 .....	( 237 )
5.3.1.2	大气氦监测 .....	( 239 )
1	活性炭吸附法 .....	( 239 )
2	活性炭低温吸附法 .....	( 239 )
3	双滤膜法测氦和氡 .....	( 240 )
5.3.1.3	井下氦监测 .....	( 242 )
1	闪烁室法 .....	( 242 )
2	电离室法 .....	( 243 )
3	双滤膜法测氦和氡 .....	( 243 )
4	活性炭滤纸法测氦和氡 .....	( 243 )
5.3.1.4	水中氦监测 .....	( 245 )
5.3.2	氡子体浓度监测 .....	( 245 )
5.3.2.1	用滤膜取样时滤膜上子体放射性的一般表达式 .....	( 246 )
1	任一放射性衰变系列 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow$ 的表达式 .....	( 246 )
2	氡子体衰变系列的表达式 .....	( 246 )
3	氡子体衰变系列的表达式 .....	( 247 )
5.3.2.2	氡子体测量方法 .....	( 247 )
1	三次计数法测单个氡子体浓度 .....	( 247 )
2	一次计数法测氡子体 $\alpha$ 潜能浓度 .....	( 250 )

3	能量甄别法 .....	( 252 )
4	未结合态氡子体的测量 .....	( 253 )
5.3.2.3	氡子体测量方法 .....	( 254 )
1	氡子体 $\alpha$ 潜能浓度的测量 .....	( 254 )
2	氡子体浓度的测量 .....	( 255 )
5.3.3	氡子体累积暴露量监测 .....	( 256 )
5.3.3.1	氡子体个人累积暴露量计 .....	( 257 )
1	使用热释光元件的累积暴露量计 .....	( 257 )
2	使用半导体探测器的累积暴露量计 .....	( 258 )
3	使用固体径迹探测器的累积暴露量计 .....	( 260 )
5.3.3.2	氡和氡子体场所累积监测器 .....	( 261 )
1	热释光型监测器 .....	( 261 )
2	半导体型监测器 .....	( 263 )
3	ZnS(Ag) 闪烁体型监测器 .....	( 263 )
5.4	水中放射性的监测 .....	( 264 )
5.4.1	就地监测 .....	( 264 )
5.4.1.1	浸入式计数管 .....	( 264 )
5.4.1.2	大面积正比计数器 .....	( 265 )
5.4.1.3	闪烁计数器 .....	( 267 )
5.4.1.4	契伦科夫计数器 .....	( 269 )
5.4.2	取样监测 .....	( 271 )
5.4.2.1	取样 .....	( 271 )
5.4.2.2	样品浓缩和制样 .....	( 272 )
1	采样浓缩 .....	( 272 )
2	连续浓缩 .....	( 273 )
5.4.2.3	放射性测量 .....	( 273 )
1	浓缩样品的测量 .....	( 273 )
2	用液体闪烁计数法直接测量 .....	( 274 )
5.4.3	仪器刻度 .....	( 276 )
参考文献	.....	( 277 )
第6章	放射性样品的测量 .....	( 281 )
6.1	基本概念 .....	( 281 )
6.1.1	辐射探测的过程 .....	( 281 )
6.1.2	绝对测量 .....	( 281 )
6.1.3	相对测量 .....	( 282 )
6.2	几何因子 .....	( 284 )
6.2.1	几种典型的计数条件的几何因子 .....	( 285 )
6.2.1.1	矩形窗 .....	( 285 )
6.2.1.2	圆柱形计数管 .....	( 285 )

6.2.1.3	圆窗	( 285 )
6.3	$\alpha$ 测量	( 290 )
6.3.1	$\infty$ 窗口, 吸收与自吸收校正	( 290 )
6.3.2	有限窗口及有限射程下的几何因子	( 291 )
6.3.3	散射改正	( 293 )
6.3.4	$\alpha$ 脉冲谱与 $\alpha$ 坪曲线	( 294 )
6.3.4.1	剩余射程谱	( 294 )
6.3.4.2	坪曲线及偏压曲线	( 295 )
6.3.5	$\alpha$ 电流电离室	( 296 )
6.3.5.1	薄源的电离电流 ( $\alpha$ 粒子全部停止在电离室气体内)	( 296 )
6.3.5.2	平面饱和和厚源的电离电流 (单位面积)	( 296 )
6.3.5.3	$\alpha$ 电离电压及电流的统计涨落	( 296 )
6.3.6	液体闪烁方法	( 297 )
6.4	$\beta$ 计数	( 297 )
6.4.1	物质对 $\beta$ 射线的吸收与散射	( 298 )
6.4.2	窗及壁的有效吸收厚度	( 300 )
6.4.3	衬底反散射	( 302 )
6.4.4	自吸收自散射校正	( 303 )
6.4.5	甄别阈对计数效率的影响	( 304 )
6.4.6	液体闪烁技术	( 305 )
6.4.7	符合及反符合技术	( 308 )
6.5	$\gamma$ 计数及测量	( 311 )
6.5.1	G-M计数管的效率	( 311 )
6.5.2	闪烁计数器的效率	( 314 )
6.5.3	半导体探测器	( 325 )
6.5.4	反康技术	( 327 )
6.5.5	井型 $\gamma$ 探测器	( 328 )
6.6	X射线计数	( 328 )
6.7	核素分析及鉴别方法	( 331 )
6.7.1	半衰期分析	( 332 )
6.7.2	$\alpha$ 射程法与 $\alpha$ 能谱法	( 332 )
6.7.3	纯 $\beta$ 核素的鉴别	( 333 )
6.7.4	$\gamma$ 谱方法	( 334 )
6.7.5	峰面积参数计算	( 335 )
	参考文献	( 339 )
第7章	各介质中放射性核素的放化分析	( 341 )
7.1	概述	( 341 )
7.1.1	辐射防护中放化分析的作用	( 341 )
7.1.2	辐射防护中放化分析的特点	( 341 )

7.1.3	放化分析的一般程序 .....	( 342 )
7.1.3.1	样品预处理 .....	( 342 )
1	固态样品预处理 .....	( 342 )
2	液态样品预处理 .....	( 343 )
7.1.3.2	放化分离 .....	( 344 )
7.1.3.3	制源 .....	( 344 )
1	$\gamma$ 辐射体核素 .....	( 345 )
2	$\beta$ 辐射核素 .....	( 345 )
3	$\alpha$ 核素 .....	( 345 )
7.1.4	放化分析中应该注意的问题 .....	( 345 )
7.1.4.1	严防污染 .....	( 345 )
7.1.4.2	载体的使用 .....	( 345 )
7.1.4.3	回收率的确定 .....	( 346 )
7.2	各种核素的放化分析 .....	( 346 )
7.2.1	氚的测定 .....	( 346 )
7.2.1.1	环境水样中氚的测定 .....	( 347 )
7.2.2	$^{59}\text{Fe}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{65}\text{Zn}$ 的放化测定 .....	( 349 )
7.2.2.1	水样中 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 的测定 .....	( 349 )
7.2.3	$^{90}\text{Sr}$ 的放化测定 .....	( 350 )
7.2.3.1	硫酸盐沉淀法测定 $^{90}\text{Sr}$ .....	( 351 )
7.2.3.2	萃取色层法测定 $^{90}\text{Sr}$ .....	( 353 )
7.2.3.3	离子交换法测定 $^{90}\text{Sr}$ .....	( 355 )
7.2.3.4	磷酸三丁酯萃取法测定 $^{90}\text{Sr}$ .....	( 358 )
7.2.4	$^{106}\text{Ru}$ 的测定 .....	( 358 )
7.2.4.1	环境水中 $^{106}\text{Ru}$ 的测定 .....	( 359 )
7.2.4.2	水中 $^{106}\text{Ru}$ 的蒸馏测定 .....	( 361 )
7.2.4.3	尿中 $^{106}\text{Ru}$ 的测定 .....	( 361 )
7.2.5	$^{131}\text{I}$ 和 $^{125}\text{I}$ 的放化测定 .....	( 362 )
7.2.5.1	植物样品中 $^{131}\text{I}$ 和 $^{125}\text{I}$ 的测定 .....	( 363 )
7.2.5.2	环境水样品中 $^{131}\text{I}$ 和 $^{125}\text{I}$ 的测定 .....	( 364 )
7.2.6	$^{137}\text{Cs}$ 的测定 .....	( 365 )
7.2.6.1	磷钼酸铵法测定铯 .....	( 365 )
7.2.6.2	尿中 $^{137}\text{Cs}$ 的测定 .....	( 367 )
7.2.7	$^{147}\text{Pm}$ 的放化测定 .....	( 368 )
7.2.7.1	环境水和食品灰样中 $^{147}\text{Pm}$ 的测定 .....	( 368 )

7.2.8	$^{210}\text{Po}$ 的放化测定	(371)
7.2.8.1	尿、头发、空气和水样中 $^{210}\text{Po}$ 的测定	(371)
7.2.8.2	挥发法测定土壤中 $^{210}\text{Po}$	(372)
7.2.9	$^{226}\text{Ra}$ 的放化测定	(373)
7.2.9.1	射气法测定环境水中的 $^{226}\text{Ra}$	(373)
7.2.10	钍的测定	(374)
7.2.10.1	土壤中微量钍的测定	(375)
7.2.10.2	水中天然钍的测定	(376)
7.2.10.3	尿中钍的测定	(377)
7.2.11	$^{237}\text{Np}$ 的放化测定	(377)
7.2.11.1	尿中 $^{237}\text{Np}$ 的测定	(378)
7.2.11.2	水样中 $^{237}\text{Np}$ 的测定	(379)
7.2.12	铀的测定	(380)
7.2.12.1	空气、水、尿和生物样品中铀的荧光法测定	(380)
7.2.12.2	排放废水中铀的分光光度法测定	(382)
7.2.12.3	水中微量铀的测定	(382)
7.2.12.4	水中铀的激光-液体荧光法测定	(383)
7.2.13	钚的放化分析	(384)
7.2.13.1	尿中钚的测定	(384)
7.2.13.2	土壤、空气、水和尿中钚的测定	(385)
7.2.13.3	食品中 $^{239}\text{Pu}$ 的测定	(386)
7.2.13.4	动物组织中 $^{239}\text{Pu}$ 的测定	(387)
7.2.14	$^{241}\text{Am}$ 和 $^{242}\text{Cm}$ 的放化测定	(388)
7.2.14.1	尿、空气和土壤中 $\text{Am}$ 、 $\text{Cm}$ 的测定	(388)
7.2.15	总 $\beta$ 放射性的测定	(391)
7.2.15.1	水、尿、生物样品和土壤中总 $\beta$ 放射性的测定	(391)
7.2.15.2	海水中总 $\beta$ 放射性的测定	(392)
7.2.16	总 $\alpha$ 放射性的测定	(392)
7.2.16.1	食品中总 $\alpha$ 放射性的测定	(392)
7.2.16.2	尿中总 $\alpha$ 放射性的测定	(393)
	参考文献	(393)
第8章	辐射防护监测仪表性能及刻度	(397)
8.1	防护仪表的性能简介	(397)
8.1.1	防护仪表的分类	(397)
8.1.2	防护仪表的性能简介	(397)
8.1.3	防护仪表的发展趋势	(410)

8.2 仪表刻度 .....	( 411 )
8.2.1 刻度标准 .....	( 411 )
8.2.2 次级标准计量实验室 .....	( 411 )
8.2.2.1 辐射源 .....	( 414 )
1 $\alpha$ 辐射刻度源 .....	( 414 )
2 $\beta$ 辐射刻度源 .....	( 414 )
3 X、 $\gamma$ 辐射刻度源 .....	( 415 )
4 中子辐射刻度源 .....	( 419 )
8.2.2.2 刻度设备 .....	( 422 )
1 标准仪器 .....	( 422 )
2 刻度机械装置 .....	( 422 )
3 其他刻度设备 .....	( 422 )
8.2.2.3 刻度场所 .....	( 422 )
8.2.2.4 刻度的管理与实践 .....	( 424 )
8.2.3 刻度方法与程序 .....	( 425 )
8.2.3.1 标准仪器法 .....	( 425 )
8.2.3.2 标准源法 .....	( 426 )
8.2.4 刻度的不确定度 .....	( 428 )
8.2.4.1 刻度的误差来源与要求 .....	( 428 )
8.2.4.2 刻度因子的不确定度 .....	( 429 )
8.2.5 刻度周期 .....	( 431 )
8.2.6 刻度记录 .....	( 431 )
8.3 仪表性能的评价 .....	( 432 )
8.3.1 刻度实例 .....	( 432 )
8.3.2 评价实例 .....	( 432 )
附录8.1 关于 $\alpha$ 表面污染监测仪的探测效率的确定 .....	( 435 )
附录8.2 推荐的刻度标准 .....	( 437 )
参考文献 .....	( 437 )
第9章 常用数理统计与计数统计学 .....	( 439 )
9.1 测量值误差处理中的数理统计 .....	( 439 )
9.1.1 测量值的误差 .....	( 439 )
9.1.2 随机量分布律及描述分布的参数 .....	( 439 )
9.1.3 几种常见的分布律 .....	( 441 )
9.1.3.1 零么分布 (离散型) .....	( 441 )
9.1.3.2 矩形分布 (连续型) .....	( 441 )
9.1.3.3 二项式分布 (离散型) .....	( 441 )
9.1.3.4 泊松分布 (离散型) .....	( 441 )
9.1.3.5 正态分布 .....	( 442 )
9.1.3.6 对数正态分布 .....	( 446 )

9.1.4	对所测量的量的估计 .....	(446)
9.1.4.1	直接测量的量的估计 .....	(446)
9.1.4.2	间接测量的量的估计 .....	(449)
9.1.5	统计检验的应用 .....	(451)
9.1.5.1	统计检验方法 .....	(451)
9.1.5.2	几种常用的显著性检验 .....	(458)
9.1.5.3	对分布函数形状的 $\chi^2$ 检验 ( $\chi^2$ 非参数检验或称拟合程度的 $\chi^2$ 检验) .....	(458)
9.1.5.4	质量控制图及异常数据的判别 .....	(459)
9.1.6	值得注意的几个问题 .....	(461)
9.1.6.1	关于数值计算的几点提示 .....	(461)
9.1.6.2	关于系统误差的说明及报数据的方式 .....	(462)
9.2	计数统计学 .....	(463)
9.2.1	计数统计涨落 .....	(463)
9.2.2	几种常用测量方案的计数统计涨落 .....	(467)
9.2.2.1	定时法测量计数率 .....	(467)
9.2.2.2	定数计时法 .....	(468)
9.2.2.3	弱放射性测样及低比活度测样的测量 .....	(468)
9.2.2.4	两计数率之比值的测量 .....	(469)
9.2.2.5	内标法 .....	(470)
9.2.3	探测低活度能力的几种表示方法 .....	(471)
9.2.4	计数率表的统计涨落 .....	(475)
9.2.5	几种不服从泊松分布的情况 .....	(475)
9.2.5.1	死时间改正过大 .....	(475)
9.2.5.2	服从二项式分布 .....	(475)
9.2.5.3	级联分布 .....	(476)
9.3	死时间校正 .....	(477)
9.3.1	校正公式 .....	(477)
9.3.1.1	两类死时间 .....	(477)
9.3.1.2	多道脉冲幅度分析器的死时间及活时间计数法 .....	(477)
9.3.1.3	定标电路中的计数损失 .....	(477)
9.3.1.4	计数率表中的计数损失 .....	(479)
9.3.1.5	串联死时间 .....	(479)
9.3.2	计数统计涨落 .....	(480)
9.3.3	死时间的测定 .....	(481)
9.3.3.1	双源法 .....	(481)
9.3.3.2	双源比值法 .....	(482)
9.3.3.3	衰变源法 .....	(482)
	参考文献 .....	(483)