

3

FUSHE
FANGHU
SHOUCE

辐射防护手册

第三分册
辐射安全

原子能出版社

辐射防护手册

第三分册

辐 射 安 全

主 编	李德平	潘自强		
编 写 者	龙尚翼	范深根	龚德荫	王生德
	宋书绶	吴毅	王维善	顾俊仁
	袁良本	郑庆云	罗国桢	王鹤滨
	潘自强			
审 校 者	李德平	潘自强	龙尚翼	任镜暄
	范深根	刘慧芳	吴靖民	朱家龙
	史元明	阮克强	张志康	华旦
	刘元忠	袁良本	汪佳明	张哲
	李宏全	吴德强	王亦兵	沈铁军
责任编辑	张文浩			

原 子 能 出 版 社

内 容 简 介

本书是针对辐射和放射性同位素应用及核企业中的辐射安全问题而编写的，是计划陆续出版的较完整的辐射防护手册中的第三分册。本书包括辐射防护原则、使用密封源和开放源的安全、X射线和粒子加速器的防护、各类核企业（包括铀矿开采、矿石加工、铀加工、核电厂和反应堆、乏燃料后处理和放射性同位素生产）的辐射防护、放射性物质的安全运输、核临界安全、辐射事故及其处理、放射性操作设备的辐射防护要求、个人防护用具和表面放射性污染的去除。本书的特点是取材广泛，内容丰富而精练，能为读者提供较系统的辐射安全知识和有关数据。书后附常见溶剂安全性能表及一些有害物质在车间空气中的最高容许浓度。

本书可供各类电离辐射和放射性同位素应用单位和核企业中的安全防护人员、运行人员、设计及维修人员使用，也可供环境保护和卫生部门的有关专业人员和大专院校有关专业的师生参考。

辐射防护手册（第三分册）

辐 射 安 全

主编 李德平 潘自强

原子能出版社出版

（北京2108信箱）

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经营

☆

开本 787×1092 1/16 ·印张 39 ·字数 970 千字

1990年3月北京第一版·1990年3月北京第一次印刷

印数1—2000

ISBN 7-5022-0163-7

TL·66 定价：23.80元

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》、《剂量估算与评价》及《辐射危害与医学监督》等分册。

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、辐射危险源、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的面很宽，本书主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，对放射性物质在环境中运动规律等问题未作深入的讨论。辐射的广义含意包括微波等，但本书不涉及这些问题。

参加本分册编写和审校工作的均为从事该工作多年、较有经验的同志。全书由龙尚翼统稿，李德平、潘自强订稿。

在编写过程中，张洪猷、姚志平、吴浩林、劳力、周清儒、李健和沈铁军等同志参加了部分工作，还有许多同志提供了有用的资料。对他们的帮助，谨此表示由衷的感谢。

由于与辐射防护相关的学科很多，材料的组织比较困难，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，敬请读者指正。

李德平 潘自强

目 录

第1章 辐射防护原则和纲要	
1.1 引言	1
1.2 辐射防护的原则	1
1.2.1 辐射防护三原则	1
1.2.2 辐射防护最优化	1
1.2.2.1 辐射防护最优化概念	2
1.2.2.2 最优化的过程	2
1.2.2.3 影响最优化的因素	2
1.2.2.4 最优化的方法	2
1.2.2.5 最优化原则的执行	2
1.3 辐射防护纲要	3
1.3.1 辐射安全组织	3
1.3.2 辐射安全教育	4
1.3.2.1 领导的职责	4
1.3.2.2 制定辐射安全教育计划的要求	4
1.3.2.3 辐射安全教育计划的设计	4
1.3.2.4 辐射安全教育的内容	4
1.3.3 设施的设计	5
1.3.3.1 设施辐射防护设计的最优化	5
1.3.3.2 设施设计中应注意的一些问题	5
1.3.4 职业照射的控制	6
1.3.4.1 剂量控制纲要	6
1.3.4.2 监督纲要	7
1.3.5 公众剂量的控制	7
1.3.5.1 排放和环境管理标准的确定	7
1.3.5.2 处置设施的监察	8
1.3.5.3 流出物监测	8
1.3.5.4 环境监测	8
1.3.6 应急计划	8
参考文献	8
第2章 使用密封源的安全	
2.1 密封源	9
2.1.1 α 放射源	9
2.1.2 β 放射源	10
2.1.3 低能光子源	10
2.1.4 γ 放射源	11
2.1.5 中子源	13
2.2 密封源的分级	14

2.3	密封源的检验	17
2.3.1	放射性方法	17
2.3.1.1	湿擦法	17
2.3.1.2	干擦法	17
2.3.1.3	浸泡法	17
2.3.1.4	煮沸浸泡法	17
2.3.1.5	射气固体吸收法 (^{226}Ra 源用)	17
2.3.1.6	射气液体闪烁法 (^{226}Ra 源用)	17
2.3.2	非放射性方法	18
2.3.2.1	真空鼓泡法	18
2.3.2.2	热液体鼓泡法	18
2.3.2.3	加压鼓泡法	18
2.3.2.4	氦质谱法	18
2.3.2.5	氦加压法	18
2.3.2.6	压水增重法	18
2.4	密封源的选用	19
2.5	密封源的防护	19
2.5.1	密封源的防护特点	20
2.5.2	α 放射源的防护	20
2.5.3	β 放射源的防护	21
2.5.3.1	β 剂量估算	22
2.5.3.2	β 辐射的屏蔽	22
2.5.3.3	韧致辐射	24
2.5.3.4	注意事项	25
2.5.4	低能光子源的防护	26
2.5.5	γ 放射源的防护	26
2.5.5.1	控制区和监督区	26
2.5.5.2	γ 剂量估算	27
2.5.5.3	γ 辐射的屏蔽	29
2.5.5.4	辐射剂量监测	31
2.5.5.5	安全保护系统	31
2.5.5.6	源的保管、贮存和运输	33
2.5.6	中子源的防护	33
2.5.6.1	中子剂量估算	33
2.5.6.2	中子源的屏蔽	34
2.5.6.3	注意事项	36
2.6	典型应用时的防护	36
2.6.1	放射性静电消除器	36
2.6.1.1	辐射特性	36
2.6.1.2	污染的预防	37
2.6.2	放射性厚度计、物位计、密度计	38
2.6.2.1	设计	38

2.6.2.2	安装和维修	39
2.6.3	γ射线照相(探伤)机	39
2.6.3.1	设计、制造要求	39
2.6.3.2	现场防护	40
2.6.4	放射性测井仪	41
2.6.4.1	测井用放射源	41
2.6.4.2	测井人员的防护	41
2.6.5	表浅治疗、间质治疗及腔内治疗	42
2.6.5.1	近距治疗用放射源	42
2.6.5.2	敷贴器的安全使用	42
2.6.5.3	后装源技术	43
2.6.5.4	注意事项	43
2.6.6	γ射线远距治疗	44
2.6.6.1	治疗机	44
2.6.6.2	治疗室	45
2.6.6.3	照射	45
2.6.6.4	剂量监测	46
2.6.6.5	维修	46
2.6.7	钴 ⁶⁰ 和铯 ¹³⁷	46
2.6.7.1	屏蔽措施	46
2.6.7.2	辐射水平的估算	47
2.6.7.3	其它安全措施	48
2.6.8	γ辐照室	49
2.6.8.1	外照射的防护	49
2.6.8.2	水污染的预防	50
2.6.8.3	臭氧等有害气体的清除	51
2.6.8.4	耐辐照问题	53
2.6.8.5	选址	53
	参考文献	55
第3章 X射线的防护		
3.1	X线源	58
3.1.1	X线的产生	58
3.1.2	X线机	60
3.1.3	其它X线源	61
3.2	X线防护的基本原则	61
3.2.1	屏蔽一切无用的X线,减小有用线束的宽度	61
3.2.2	限制管头组装体的X线泄漏	61
3.2.3	减少散射线的照射	61
3.2.4	进行适当屏蔽	62
3.3	医疗放射诊断X线防护	64
3.3.1	慎重使用放射诊断,做到放射诊断正当化	64
3.3.2	尽可能减少照射剂量,实现辐射防护最优化	67

3.3.2.1	提高记录和显示系统的灵敏度	67
3.3.2.2	提高X线的透过系数	68
3.3.2.3	尽量减小照射野面积	69
3.3.2.4	采用新型材料,减少不必要的衰减	71
3.3.2.5	减少透视时间,控制受检者照射剂量	71
3.3.2.6	远离照射野	72
3.3.2.7	进行必要的屏蔽	72
3.3.2.8	保证放射摄影质量减少重拍比例	75
3.3.3	实现放射诊断最优化的重要保证措施	75
3.3.3.1	从防护的观点出发选择和维护X线机及有关设备	75
3.3.3.2	医院放射科的建筑物结构与辐射防护	77
3.3.3.3	制订和执行严格的防护规程	78
3.3.3.4	进行严格的剂量监测	79
3.4	放射治疗X线的防护	79
3.4.1	工作人员的防护	80
3.4.1.1	深部X线治疗室的屏蔽	80
3.4.1.2	安全联锁装置	84
3.4.2	患者的防护	84
3.4.2.1	慎重判断放射治疗的必要性	84
3.4.2.2	做好照射计划,避开敏感、关键的正常组织	84
3.4.2.3	加强剂量监测	84
3.5	工业探伤X线的防护	84
3.5.1	注意探伤工作场所的安全防护设施和安全操作规程	84
3.5.2	加强防护训练	85
3.6	X线分析仪器的防护	85
3.7	其它X线源的防护	86
3.7.1	电子束加工工艺及电子显微镜的X线防护	86
3.7.2	电视机、显象管、电影放映飞点管的X线防护	88
3.7.3	发射管、调制管、灯塔管、磁控管、高压整流二极管等高电压、大功率电子管的X线防护	88
3.8	X线防护的监督和监测	89
3.8.1	X线防护监督和监测的基本要求	89
3.8.2	X线监测仪器及方法	89
3.8.2.1	剂量计的能量响应	89
3.8.2.2	剂量计的方向性	91
3.8.2.3	剂量计的时间特性	91
3.8.2.4	剂量计的抗电磁场干扰特性	91
参考文献		91
第4章	粒子加速器的辐射防护	
4.1	粒子加速器的特性	93
4.1.1	粒子加速器的基本原理	93
4.1.2	粒子加速器的主要组成部分	93

4.1.3	粒子加速器的种类	93
4.1.4	加速器辐射源的特点	94
4.1.5	加速器的辐射源	95
4.1.5.1	带电粒子	95
4.1.5.2	贯穿辐射	96
4.1.5.3	感生放射性	98
4.1.5.4	其他辐射来源	100
4.2	加速器的建筑物和辐射屏蔽	100
4.2.1	加速器建筑物的考虑	100
4.2.2	辐射屏蔽	101
4.2.2.1	屏蔽设计原则	101
4.2.2.2	屏蔽材料的选择	101
4.2.2.3	屏蔽计算	102
4.2.2.4	一些特殊的屏蔽问题	103
4.3	辐射安全系统	107
4.3.1	联锁装置	107
4.3.2	警告装置	109
4.3.3	辐射监测装置	110
4.3.4	观察系统	110
4.4	加速器辐射防护的主要问题	111
4.4.1	感生放射性的防护	111
4.4.1.1	概述	111
4.4.1.2	加速器结构材料的感生放射性	111
4.4.1.3	气载放射性	115
4.4.1.4	冷却水的感生放射性	115
4.4.1.5	放射性物质的操作和贮存	117
4.4.2	氙的危害和防护	118
4.4.2.1	氙的危害	118
4.4.2.2	氙的释放	118
4.4.2.3	氙的防护	119
4.4.3	医用加速器上对病人的防护	120
4.4.3.1	保证治疗部位接受适宜的剂量	120
4.4.3.2	减小有用射线束内杂散辐射的照射	121
4.4.3.3	减小有用射线束外的辐射的照射	121
4.4.4	一些典型的加速器上的辐射防护	121
4.4.4.1	高压型加速器	121
4.4.4.1.1	电子加速器	121
4.4.4.1.2	离子加速器	122
4.4.4.2	电子直线加速器	124
4.4.4.3	回旋加速器	125
4.4.4.4	电子感应加速器	126
4.5	辐射监测	127

4.5.1 辐射监测要求	127
4.5.1.1 个人剂量监测	127
4.5.1.2 区域监测	127
4.5.1.3 表面污染监测	128
4.5.1.4 气载放射性的监测	128
4.5.1.5 液态流出物的监测	128
4.5.2 选择和使用监测仪时应注意的问题	128
4.6 非辐射危害和安全考虑	130
4.6.1 臭氧	130
4.6.2 微波	131
4.6.3 窒息性气体	131
4.6.4 其他	131
4.7 加速器的安全运行	132
参考文献	133
第5章 使用开放源的安全	
5.1 操作开放源的主要危害因素	135
5.1.1 外照射	135
5.1.2 表面污染	135
5.1.2.1 外照射危害	138
5.1.2.2 食入危害	138
5.1.2.3 皮肤渗透危害	138
5.1.2.4 转变成空气污染危害	138
5.1.3 工作场所空气污染	139
5.1.4 外环境污染	139
5.2 安全操作的基本原则	140
5.3 地址选择和工作场所要求	140
5.3.1 放射性核素毒性分组	141
5.3.2 工作场所分级	143
5.3.3 工作单位的地址选择	144
5.3.4 工作场所的分区布置	145
5.3.4.1 分区	145
5.3.4.2 各级工作场所的分区要求	145
5.3.4.3 各区的布局	145
5.3.5 工作场所的建筑要求	146
5.3.5.1 一般要求	146
5.3.5.2 丙级工作场所附加要求	146
5.3.5.3 乙级工作场所附加要求	146
5.3.5.4 甲级工作场所附加要求	146
5.3.6 通风	147
5.3.7 液体和固体废物的处置	147
5.3.7.1 液体废物	147
5.3.7.2 固体废物	148

5.3.8	密闭操作系统	148
5.3.8.1	热室	148
5.3.8.2	手套箱	149
5.3.8.3	通风柜	150
5.4	辐射防护监测	151
5.4.1	个人剂量监测	151
5.4.1.1	外照射个人剂量监测	151
5.4.1.2	内照射监测	151
5.4.2	工作场所监测	152
5.4.2.1	辐射场监测	152
5.4.2.2	表面污染监测	153
5.4.2.3	空气污染监测	153
5.4.3	外环境监测	154
5.5	辐射防护管理	154
5.5.1	豁免范围	154
5.5.2	建立健全辐射防护规章制度	155
5.5.3	教育与训练	156
5.5.4	贮存和运输	157
5.5.4.1	贮存	157
5.5.4.2	运输	157
5.5.5	个人卫生防护	157
5.5.5.1	个人防护用品	157
5.5.5.2	其它防护措施	158
5.6	实际应用中的辐射防护举例	158
5.6.1	钟表工业	158
5.6.1.1	使用情况	158
5.6.1.2	辐射危害状况	159
5.6.1.3	辐射防护措施	160
5.6.2	医学应用	160
5.6.2.1	平面布置举例	160
5.6.2.2	操作时的防护	163
5.6.2.3	对患者的管理	163
5.6.2.4	“三废”管理	166
5.6.2.5	辐射防护监测	167
	参考文献	168
第6章 铀矿开采和矿石加工中的辐射防护		
6.1	铀矿石的开采和加工	170
6.1.1	铀矿开采	170
6.1.2	铀矿石加工	170
6.2	铀矿石开采和加工中的辐射有害因素	172
6.2.1	γ 辐射和 β 辐射	173
6.2.1.1	γ 辐射	173
6.2.1.2	β 辐射	175
6.2.2	表面放射性污染	175

6.2.3 氦和氦子体	176
6.2.3.1 氦	176
6.2.3.2 氦子体	181
6.2.3.3 氦子体对人体的危害	186
6.2.4 长寿命放射性气溶胶	188
6.3 铀矿山、水冶厂三废排放对环境的影响	188
6.3.1 三废排放量	188
6.3.2 三废中的有害物质	190
6.3.3 三废对环境的影响	190
6.4 铀矿开采和矿石加工过程中的辐射防护措施	191
6.4.1 一般防护原则和防尘降氦措施	191
6.4.2 特殊防氦、除氦方法	192
6.4.2.1 防氦方法	192
6.4.2.2 矿井除氦方法	194
6.4.2.3 矿井氦子体排除方法	195
6.4.3 铀矿通风风量计算	197
6.4.3.1 风量计算原则	197
6.4.3.2 氦析出率的测定	197
6.4.3.3 氦析出量的计算	199
6.4.3.4 铀矿通风风量计算方法	201
6.4.4 铀水冶厂排氦通风	208
6.4.4.1 局部通风	208
6.4.4.2 全面换气	209
6.4.5 辐射监测	209
6.4.6 三废处置要求	211
6.4.6.1 固体废物的处置要求	211
6.4.6.2 液体废物的处置要求	211
附表 I 氦衰变表	212
附表 II 氦的积累表	213
附表 III 钍射气衰变和积累表 $T = 54.5s$	215
附表 IV 取样结束后滤纸上氦子体的蜕变数据表	216
参考文献	219
第 7 章 铀加工过程中的辐射防护	
7.1 铀加工的主要工艺过程	220
7.1.1 浓缩铀的生产	220
7.1.2 六氟化铀的生产和还原	222
7.1.3 铀冶金及燃料元件制造	223
7.2 铀加工过程中的危害因素和污染水平	225
7.2.1 六氟化铀、铀子体、堆后料和浓缩铀的主要特性	225
7.2.1.1 六氟化铀的特性	225
7.2.1.2 铀及铀子体的辐射特性	226

7.2.1.3	堆后料的辐射特性	226
7.2.1.4	浓缩铀的辐射特性	226
7.2.2	浓缩铀和铀转换生产过程中的危害因素和污染水平	230
7.2.2.1	气载污染	230
7.2.2.2	β 、 γ 外照射	231
7.2.3	铀冶金及元件制造过程中的辐射危害因素和污染水平	233
7.2.3.1	铀尘及铀屑	233
7.2.3.2	外照射	235
7.2.3.3	铀-233冶金和加工过程中的辐射危害因素	239
7.2.4	铀加工厂的其它危害因素	240
7.3	三废排放对环境的影响	240
7.4	铀加工过程中的辐射防护措施	243
7.4.1	密闭和通风	243
7.4.2	工作场所和人员的防护	244
7.4.3	事故的预防和处理	245
7.4.4	辐射剂量监测	246
7.4.5	三废处置要求	246
参考文献		247
第8章 核电厂及反应堆的辐射防护		
8.1	核电厂概述	248
8.1.1	核电厂发展概况	248
8.1.2	压水堆核电厂	248
8.1.3	沸水堆核电厂	251
8.1.4	核电厂的辐射防护限值	255
8.1.4.1	工作人员的剂量限值	255
8.1.4.2	在正常运行下广大居民的剂量限值	256
8.1.4.3	排放限值	257
8.1.4.4	事故情况下广大居民的剂量限值	257
8.2	核电厂的辐射源	258
8.2.1	堆本体	258
8.2.1.1	正常运行时	258
8.2.1.2	停堆时	260
8.2.1.3	事故时	260
8.2.2	冷却剂系统	262
8.2.2.1	主冷却回路	262
8.2.2.2	辅助回路	266
8.2.3	乏燃料的储存和运输	267
8.2.4	废物处理系统	267
8.3	核电厂的辐射危害	269
8.3.1	正常运行时的职业照射	269
8.3.1.1	核电厂内的辐射水平	269
8.3.1.2	核电厂的职业照射	273

8.3.2	正常运行时对环境辐射影响	276
8.3.2.1	核电厂的排出物	276
8.3.2.2	周围居民的集体剂量当量负担	279
8.3.3	事故情况下的辐射危险	280
8.3.3.1	核电站的辐射事故	280
8.3.3.2	反应堆事故风险评估	283
8.3.3.3	核电厂辐射危险与其他事故危险的比较	285
8.3.3.4	核电厂事故实例	286
8.4	降低核电厂工作人员职业照射的防护措施	287
8.4.1	分区管理	287
8.4.1.1	不同国家对区域的划分	287
8.4.1.2	分区管理	289
8.4.2	屏蔽	290
8.4.2.1	反应堆屏蔽的特点	290
8.4.2.2	压水堆核电厂的屏蔽	290
8.4.3	通风	291
8.4.3.1	通风设计的一般原则	291
8.4.3.2	压水堆核电厂的通风	292
8.4.4	系统设计和设备布置	292
8.4.5	设备要求	293
8.4.6	降低辐射源活度的措施	294
8.4.6.1	材料选择	294
8.4.6.2	控制冷却剂的 pH	295
8.4.6.3	过滤	295
8.4.6.4	去污	295
8.4.7	操作器械和操作方法的改进	296
8.4.8	计划、组织与训练	296
8.5	降低周围居民受照的防护措施	297
8.5.1	厂址选择	297
8.5.1.1	影响核电厂安全的外部事件(包括自然事件和人为事件)	297
8.5.1.2	影响放射性物质迁移的厂址特性和环境特性	298
8.5.1.3	人口分布及社会资源利用情况	299
8.5.2	防止放射性物质释放的多重屏障设计	299
8.5.3	三废处理	300
8.5.3.1	气体废物	300
8.5.3.2	液体废物	301
8.5.3.3	固体废物	303
8.5.4	事故安全设施	303
8.5.4.1	应急堆芯冷却系统	303
8.5.4.2	安全壳喷淋系统	304
8.5.4.3	安全壳隔离系统	305
8.5.5	应急防护行动	305

8.5.5.1	应急防护措施	305
8.5.5.2	应急行动开始时间	306
8.5.5.3	应急行动实施范围	307
8.6	核电厂的辐射监测	308
8.6.1	工作场所 γ 辐射监测	308
8.6.2	防止放射性物质外逸的监测	309
8.6.2.1	燃料包壳破损监测	309
8.6.2.2	一回路承压边界泄漏监测	309
8.6.2.3	安全壳泄漏监测	311
8.6.3	排出物监测	311
8.6.4	环境监测	312
8.6.5	应急监测	313
8.6.5.1	核电厂运行的监测	314
8.6.5.2	应急检测队	314
8.7	其他反应堆厂房的辐射防护	315
8.7.1	研究用反应堆的辐射防护	315
8.7.1.1	在堆上进行基础科学研究时的辐射防护要求	315
8.7.1.2	辐照同位素过程中的辐射防护	316
8.7.1.3	考验燃料元件时的辐射防护	317
8.7.2	核供热堆的辐射安全要求	317
参考文献		319
第9章 乏燃料处理及放射性核素生产中的辐射防护		
9.1	概述	322
9.1.1	乏燃料处理	322
9.1.2	放射性核素生产	324
9.2	后处理厂及放射性核素生产厂的辐射源	325
9.2.1	乏燃料的辐射特性	325
9.2.1.1	乏燃料放射性核素的组成	325
9.2.1.2	裂变产物的辐射特性	327
9.2.1.3	重核素的辐射特性	334
9.2.2	后处理厂辐射源的分布	335
9.2.3	放射性核素生产厂的辐射源	335
9.2.3.1	反应堆生产的放射性核素	335
9.2.3.2	加速器生产的放射性核素	336
9.3	主要生产过程中的辐射危害因素	336
9.3.1	乏燃料处理过程中的辐射危害	336
9.3.1.1	乏燃料的运输	336
9.3.1.2	首端处理	337
9.3.1.3	化学分离和净化	339
9.3.1.4	铀、钚的最终纯化和转化	341
9.3.1.5	三废处理	342
9.3.1.6	设备去污及检修	344

9.3.2 放射性核素生产过程中的辐射危害	346
9.3.2.1 外照射	346
9.3.2.2 空气污染	347
9.3.2.3 表面污染	352
9.4 三废排放对环境的影响	352
9.4.1 正常运行时的环境影响	352
9.4.2 事故情况下的辐射危险	352
9.5 辐射防护措施	355
9.5.1 降低工作人员职业照射的防护措施	356
9.5.1.1 厂房布置和分区	357
9.5.1.2 屏蔽	360
9.5.1.3 密闭和通风	360
9.5.1.4 设备、材料选择	361
9.5.1.5 事故预防及维修	362
9.5.2 环境保护措施	363
9.5.3 辐射剂量监测	364
参考文献	365
第10章 放射性物质运输	
10.1 运输中的危害因素及原则性对策	368
10.1.1 运输中的主要危害因素	368
10.1.2 原则性对策	368
10.2 货物安全运输法规简介	369
10.2.1 放射性物质分类	370
10.2.1.1 低比活度放射性物质 (LSA)	370
10.2.1.2 表面污染物体 (SCO)	371
10.2.1.3 裂变物质	371
10.2.1.4 特殊形式的放射性物质	372
10.2.1.5 其他形式放射性物质	372
10.2.2 包装类型和货包分级	372
10.2.2.1 A_1 和 A_2 值的确定	372
10.2.2.2 运输指数的确定	382
10.2.2.3 货包和包装的分类	383
10.2.2.4 货包分级	384
10.2.3 货包表面放射性物质污染限值	385
10.2.4 豁免 (免检) 货包规定	386
10.2.5 邮寄货包规定	387
10.2.6 低比活度放射性物质和表面污染物体的运输	387
10.2.7 标记、标志和标牌	388
10.2.7.1 标记	388
10.2.7.2 标志	391
10.2.7.3 标牌	391
10.3 货包和包装的设计要求	391

10.3.1	设计总要求	391
10.3.2	对工业型货包的附加要求	392
10.3.3	对A型货包的附加要求	392
10.3.4	对B型货包的附加要求	393
10.3.5	放射性物质和包装的试验内容	395
10.3.5.1	对LAS-III物质的试验	395
10.3.5.2	对特殊形式放射性物质的试验	395
10.3.5.3	对A型包装的试验	396
10.3.5.4	对B型包装的试验	396
10.3.6	试验设备	397
10.4	货包的装载要求	397
10.4.1	一般要求	397
10.4.2	货包与人员或未感光胶片间的隔离距离	398
10.4.3	铁路运输时的附加要求	399
10.4.4	公路运输时的附加要求	399
10.4.5	海轮运输时的附加要求	400
10.4.6	航空运输时的附加要求	400
10.4.7	邮寄运输时的附加要求	400
10.5	安全管理制度	400
10.5.1	运输的申报和批准	401
10.5.2	运输容器的合格审批	402
10.5.3	安全检查	402
10.5.3.1	运输前的检查	402
10.5.3.2	运输途中的检查	402
10.5.3.3	到站和中转站检查	403
10.5.4	事故管理	403
10.5.5	其它	404
参考文献		406
第11章 核临界安全		
11.1	实施核临界控制的原则	407
11.2	核临界安全措施	407
11.2.1	行政管理措施	407
11.2.2	工程技术措施	408
11.3	几种常用核临界控制方式的特点	408
11.4	^{235}U 和 ^{239}Pu 次临界限额	409
11.4.1	单体限额	409
11.4.1.1	^{235}U 、 ^{239}Pu 的单参数限额	409
11.4.1.2	^{235}U 、 ^{239}Pu 次临界单体限额与浓度的关系	411
11.4.1.3	^{235}U 次临界限额与 ^{235}U 浓缩度的关系	417
11.4.1.4	$^{235}\text{U}-\text{H}_2\text{O}-\text{C}$ 混合物限额	419