



FUSHE FANGHU PEIXUN JIAOCHENG

辐射防护

培训教程

辐射防护培训教程编委会 编



中国水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

辐射防护培训教程/辐射防护培训教程编委会 编. —北京:
中国文联出版社, 2004. 10
ISBN 7-5059-4216-6

I. 辐… II. 辐… III. 理论—作品集—中国—当代 IV. 247.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 105956 号

书 名	辐射防护培训教程
作 者	辐射防护培训教程编委会
出 版	中国文联出版社
发 行	中国文联出版社 发行部
地 址	北京农展馆南里 10 号(100026)
经 销	全国新华书店
责 编	李 烁
印 刷	山东旅科印务有限公司
开 本	850×1168 毫米 1/32
字 数	295 千字
印 张	11
版 次	2005 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
印 数	1—20000 册
书 号	ISBN 7-5059-4216-6/I·3286
定 价	28.00 元

如有印装质量问题 请与印刷厂调换

内 容 简 介

本书的内容以国内外最新发布的有关法律、法规和标准为依据,以作者和文献中介绍的实践经验为基础,着重实用性和可操作性。全书分为五篇、十九章,分别介绍了辐射防护基础知识、辐射防护的基本方法、辐射防护监督管理、医用辐射的防护和工业用辐射的防护等。

本书旨在为放射工作人员提供一部辐射防护知识通用培训教材,并可供辐射防护监督、检测人员和辐射应用单位的管理干部参考。

《辐射防护培训教程》编委会

编 审 张丹枫 韩增师

主 编 李全太 刘桂刚 张 翼

副主编 邓大平 李福生 耿 林 魏扬州 武 静

编 委 (以姓氏笔划为序)

于建华 于瑞广 马 驰 邓大平 王之林

王林超 田大勇 石少杰 宁尚义 冯宪勋

李全太 李明言 李福生 朱建国 成君方

许家昂 刘丰东 刘 伟 刘桂刚 孙作忠

孙培芝 宋 钢 何顺升 邱玉会 陈 跃

陈英民 武 静 杨 东 杨迎晓 杨娟娟

林治宁 张 沂 张 翼 张士成 张玉慧

张丹枫 姜兆刚 耿 林 顾法伟 韩良兵

韩增师 窦玉梅 樊树明 魏扬州

序 言

20 世纪被人们称为原子能时代,电离辐射在国民经济各个领域的应用,得到长足进展,特别是近年来,电离辐射在医学方面的应用发展迅速,例如 CT 诊断、加速器放射治疗和介入放射技术已在我省县级医院普及。

众所周知,电离辐射是一把“双刃剑”,用之不当,管理不善,忽视防护,不仅会伤及放射工作者,而且还会殃及接受放射诊断、放射治疗的众多患者和公众的健康以及环境的安全。因此,我国在有关的放射卫生防护法规中明确规定:对从事放射工作的人员必须经过健康检查、放射防护专业知识和相关法规知识培训合格,持有《放射工作人员证》,才有资格从事放射工作。

为确保放射工作者、患者和公众的健康与安全,促进放射医疗工作和其他辐射应用技术健康、全面、协调发展,我院放射医学研究所在全省卫生厅的支持下,会同省内外具有丰富实践经验的辐射防护专家编写了这本《辐射防护培训教程》,作为放射工作人员辐射防护知识和辐射防护法规知识培训的通用教材。希望从事放射工作的人员及有关管理干部认真学习与实践,贯彻执行辐射防护法规与标准,全面提升放射工作者和有关管理干部的安全文化素养及放射医疗质量,共同促进我国辐射技术的应用与发展。

本书的编写,是对当前辐射防护技术的总结,在不断征求广大读者意见和建议的基础上,希望作者随着核技术应用的日益广泛,不断总结经验,并进一步修改和提高。

山东省医学科学院院长

韩永祥

编者说明

随着国民经济的发展,电离辐射在医学、工业、农业等方面的应用日益广泛。但是,众所周知,电离辐射是一把“双刃剑”,不必要的射线照射会对人体产生一定的危害,用之不当,管理不善,忽视防护,不仅可伤及应用辐射的工作人员,还会殃及患者和公众的健康以及环境的安全。因此,我国颁布的辐射防护法规中,明确规定对从事放射性工作要执行卫生许可制度,必须具备相应的条件。其中,从事放射工作的人员必须经健康检查、放射防护专业知识和相关法规知识培训合格,持有《放射工作人员证》,方可从事放射性工作。

本书的编写以国内外最新颁布的有关法规和标准为主要依据,以作者和文献资料中介绍的实践经验为基础,着重实用性和可操作性,旨在为放射工作者及其相关的管理人员提供一本通用的放射防护专业知识培训教材。

本书的内容几乎涵盖了医用辐射和工业用辐射方面的防护技术与管理措施,分为五篇十九章加以阐述,有关国家辐射防护法规和标准中的相关内容融入在相应的章节之中。

本书是在张丹枫、赵兰才等研究员编著的《辐射防护技术与管理》一书的基础上编写而成,并得到国内辐射防护研究人员、卫生监督人员的热心支持与参与,在此一并表示诚挚的谢意!

由于时间仓促,加之编者水平所限,书中难免出现纰漏和错误,恳请读者不吝赐教。

编 者
2005 年 5 月

目 录

第一篇 辐射防护基础知识

第一章 辐射物理与剂量	1
第一节 放射性与电离辐射	1
一、放射性	1
二、电离辐射	8
第二节 常用辐射量和单位	10
一、照射量(exposure) X	11
二、比释动能(kerma) K	11
三、吸收剂量(absorbed dose) D	12
四、当量剂量(equivalent dose) $H_{T,R}$	12
五、有效剂量(effective dose) E	13
六、待积剂量(committed dose)	14
七、剂量当量(dose equivalent) H	15
八、个人剂量当量(personal dose equivalent) $H_p(d)$	16
九、周围剂量当量(ambient dose equivalent) $H^*(d)$	16
十、定向剂量当量(directional dose equivalent) $H'(d, \Omega)$	16
十一、集体剂量(collective dose)	16
第二章 辐射生物效应	17
第一节 确定性效应	17
一、阈剂量	17
二、外照射急性放射病	18
三、外照射亚急性放射病	18
四、外照射慢性放射病	19
五、内照射放射病	19
六、放射性甲状腺疾病	21
七、放射性白内障	21
八、外照射放射性骨损伤	23

第二节 随机性效应	23
一、致癌效应	24
二、遗传效应	27
第三节 胚胎和胎儿的效应	28
一、致死效应	28
二、致畸效应	28
三、致严重智力迟钝	29
四、致癌效应	29
第四节 皮肤效应	30
一、确定性效应	30
二、随机性效应	31
第五节 影响生物效应的因素	32
一、吸收剂量	32
二、剂量率	33
三、时间和空间的剂量分布	33
四、照射面积和部位	33
五、受照个体与组织细胞的放射敏感性	33
六、辐射种类与能量	34
第六节 辐射生物效应原理	34
一、电离和激发	34
二、直接作用与间接作用	35
三、基因突变和染色体畸变	35
四、细胞死亡和细胞变异	35

第二篇 辐射防护的基本方法

第三章 辐射防护体系	37
第一节 辐射源和照射方式与类型	37
一、辐射源	37
二、辐射源的特性	38
三、照射方式	39

四、照射类型	39
第二节 辐射防护体系	40
一、辐射防护的基本原则	40
二、辐射防护体系的应用	41
第四章 外照射防护	50
第一节 防护措施	50
一、时间防护	50
二、距离防护	51
三、屏蔽防护	52
四、控源防护	52
第二节 屏蔽材料	53
一、 α 、 γ 射线屏蔽材料	53
二、中子屏蔽材料	58
三、 β 射线屏蔽材料	61
四、屏蔽厚度的表示方法	63
五、对屏蔽厚度的要求	65
六、确定屏蔽厚度所需参数和资料	69
第五章 内照射防护	72
第一节 放射性核素进入人体内的途径	72
一、吸入	72
二、食入	72
三、通过皮肤粘膜或伤口	72
第二节 内照射的特点	72
一、持续性照射	73
二、选择性照射	73
三、生物半排期	73
第三节 开放型放射性工作防护的基本原则	75
一、优选核素与活度	75
二、内外照射防护兼顾	75
三、防护设施为主,个人防护为辅	75

第四节 开放型放射性工作场所分级	76
一、分级	76
二、防护要求	77
第五节 开放型放射性工作场所分区	79
一、分区原则	79
二、分区方法	79
第六节 放射性同位素实验室设计	80
第七节 防护设施	81
一、污染控制设备	81
二、防护屏障	83
三、操作工具	84
四、贮存设备	84
五、运输设备	85
第八节 个人防护	86
一、个人防护用品	86
二、个人卫生规章	88
第六章 放射性废物处理	90
第一节 城市放射性废物管理要点	90
第二节 放射性“三废”处理方法	90
一、放射性废气	90
二、放射性废水	92
三、放射性废物	95
第七章 放射性表面污染的清除	97
第一节 污染来源与类型	97
一、污染来源	97
二、污染类型	97
第二节 污染水平控制与去污基本原则	98
一、污染水平控制	98
二、去污基本原则	99
第二节 去污方法	99

一、去污率·····	99
二、机械物理去污法·····	100
三、化学去污法·····	100
四、体表去污·····	100
五、场所、设备去污·····	101
第八章 辐射监测·····	104
第一节 概述·····	104
一、监测类型·····	104
二、监测对象·····	104
三、质量保证·····	105
第二节 个人监测·····	106
一、外照射·····	106
二、内照射·····	108
第三节 工作场所监测·····	110
一、概述·····	110
二、场所监测主要项目·····	110
三、监测仪表的选择·····	111
四、外照射的监测方法·····	112
五、外照射监测的剂量估算与评价·····	113
第四节 表面污染监测·····	114
一、监测频率·····	114
二、监测方法·····	115
第五节 环境监测·····	117
一、概述·····	117
二、地表 γ 监测·····	118
三、环境样品(空气、水、土壤和生物)监测·····	120

第三篇 辐射防护监督管理

第九章 辐射防护法律体系·····	121
第一节 法律与法规·····	121

一、法律	121
二、相关法律简介	122
三、法规	123
第二节 标准	126
一、基本概念	126
二、标准的分级分类	127
三、卫生标准体系	128
四、国际辐射防护基本标准简介	128
五、我国辐射防护基本安全标准简介	130
六、我国现行放射卫生防护标准	132
第十章 放射卫生防护管理	136
第一节 管理机构与职责	136
一、放射卫生防护监督机构	136
二、自主管理机构	137
三、检测机构	138
第二节 卫生许可制度	139
一、申办卫生许可证的条件	139
二、申办卫生许可证的主要程序	140
第三节 自主管理	141
一、专人负责,规范管理	141
二、源的安全管理	141
三、运行安全管理	141
四、医疗照射管理	142
五、流通环节安全管理	142
六、废物管理	142
第四节 监督管理	142
一、监督权	142
二、监督管理内容	143
第五节 行政处罚	147
一、实施行政处罚的条件	147

二、实施行政处罚的基本程序	147
三、行政处罚类型	148
第六节 健康管理	149
一、放射工作人员证的管理	149
二、个人剂量管理	150
三、职业健康监护管理	151
第七节 放射事故管理	155
一、管理机构与分工	155
二、事故分级	156
三、事故性质与原因分布	157
四、事故在辐射应用领域的分布	157
五、事故处理	158

第四篇 医用辐射的防护

第十一章 医用 X 射线诊断的防护	161
第一节 放射诊断值得重视的防护问题	161
一、放射诊断的特点	161
二、防护现状	162
第二节 防护原则	163
一、X 射线检查正当化与最优化	163
二、X 射线工作者、受检者与其他有关人员防护兼顾	164
三、固有安全防护为主与个人防护为辅	164
四、合理降低个体受照剂量与全民检查频率	164
第三节 诊断 X 射线机的防护性能	164
第四节 防护设施	166
一、X 射线机房	167
二、辅助防护设施	169
第五节 X 射线工作者的防护	170
一、X 射线透视的卫生防护	170
二、X 射线摄影的卫生防护	170

第六节 X 射线检查的合理应用	171
一、正当化判断程序和最优照射计划的制定	171
二、严格控制各种健康查体中的常规胸部 X 射线检查	173
第七节 受检者和患者的防护	173
一、防护的必要性	173
二、降低受检者和患者受照剂量的技术措施	174
三、某些类型 X 射线检查的合理应用与防护	176
第八节 放射诊断的质量保证	181
一、基本概念	181
二、目的和预期目标	182
三、基本内容	182
四、检验类型与工具	184
五、组织	186
第十二章 医用 X 射线特殊诊疗的辐射防护	187
第一节 X 射线计算机断层摄影(CT)的防护	187
一、CT 检查辐射的特点	187
二、CT 机房的防护	188
三、CT 检查时的防护措施	189
四、CT 影像质量保证	190
第二节 泌尿生殖器官造影 X 射线的防护	192
一、手术特点	192
二、手术医生操作位的辐射水平	193
三、防护措施	193
第三节 骨科整骨与 APLD 的辐射防护	194
一、整骨用射线装量	194
二、床边整骨手术区辐射水平	194
三、床边整骨医生受照剂量	195
四、防护措施	196
第四节 体外震波碎石 X 射线的防护	197
一、体外震波治疗机房的防护	198

二、治疗机房内场所剂量	198
三、患者体表受照剂量	199
四、防护措施	199
第十三章 介入放射学辐射防护	201
第一节 介入放射学防护的重要性	201
一、介入放射学发展的需要	201
二、介入手术操作的特点	201
第二节 介入手术者受照剂量及其危害	202
一、受照剂量	202
二、身体状况	203
第三节 病人受照剂量及其危害	204
一、受照剂量	204
二、危害	204
第四节 防护措施	206
一、X 射线机房的防护	206
二、介入医生自主防护措施	207
三、附加屏蔽防护	208
第十四章 临床核医学的防护	212
第一节 核医学诊断的防护	212
一、辐射源	212
二、工作场所	212
三、活性操作的辐射防护	214
四、防护器具配置	216
五、放射性物质的贮存	221
六、放射性废物处理	222
七、辐射监测	226
八、对公众的防护	227
第二节 核医学治疗的防护	229
一、核医学治疗的常见病种与常用放射性核素	229
二、碘-131 治疗甲状腺疾病的防护	230

三、镅-90/钇-90 敷贴治疗皮肤病的防护	236
第十五章 放射治疗的防护	243
第一节 概述	243
一、辐射源与治疗设备	243
二、放射治疗的防护原则	243
三、放射治疗防护现状	244
第二节 医用治疗 X 射线机的防护	245
一、治疗 X 射线机的特点	245
二、对治疗 X 射线机的技术要求	246
第三节 医用电子加速器的防护	247
一、对加速器的技术要求	247
二、加速器产生的辐射	247
三、加速器治疗室设计	248
四、加速器治疗室屏蔽防护计算	250
五、X 刀的防护	260
第四节 钴-60 治疗机的防护	260
一、钴-60 治疗机的一般结构	260
二、对钴-60 治疗机的技术性能与安全防护要求	261
三、钴-60 治疗室设计	261
第五节 γ 刀的防护	265
一、结构与特点	265
二、 γ 刀治疗室结构与墙体屏蔽厚度	265
第六节 后装治疗的防护	267
一、后装机的组成与防护要求	268
二、后装机用辐射源	269
三、治疗室防护要求	269
四、近距离治疗的质量保护	270
第七节 放射治疗患者的防护	272

第五篇 工业用辐射的防护

第十六章 工业射线探伤的防护	275
第一节 辐射源与射线装置	275
第二节 X射线工业探伤的防护	276
一、射线装置的防护	276
二、固定式探伤的防护	277
第三节 γ 射线工业探伤的防护	283
一、辐射源与安全要求	283
二、探伤室的防护	283
第四节 移动式探伤的防护	287
一、自主综合防护措施	287
二、附加屏蔽防护装置	287
三、分区管理措施	287
第五节 射线探伤常见放射事故与管理措施	288
一、 γ 射线探伤放射事故	288
二、X射线探伤放射事故	289
三、自主管理措施	290
第十七章 γ 辐照加工装置的辐射防护	291
第一节 卫生许可与放射事故分析	291
一、辐照加工装置工程项目的审批	291
二、放射事故分析	291
第二节 安全防护措施	293
一、多重联锁防护系统	293
二、辐射防护与安全检测内容	294
三、辐射监测	295
四、放射性污染的控制	296
五、废物治理及有害气体的清除	296
六、防护安全管理	298
第十八章 工业用小型密封源和非密封源的辐射防护	300