

高等学校试用教材

放射卫生学

章 仲 侯 主编

魏 履 新 审校

内 容 简 介

全书共分十章,内容包括作用于人体的电离辐射、电离辐射防护标准、放射性物质在环境中的动态、外照射防护、内照射防护、放射性废物治理、辐射防护监测技术、核工业卫生防护、国民经济中应用电离辐射时的卫生防护和核武器及其防护。

本书是高等院校放射医学和放射卫生专业的试用教材,也可供从事放射生物、放射医学、辐射防护、环境保护、核医学等工作的科技人员和有关专业师生参考。

高等学校试用教材

放 射 卫 生 学

章仲侯 主编

魏履新 审校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

八九九二〇印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/16·印张33.75·字数810千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷

印数1—4500·统一书号: 15175·603

定价: 6.75元

前 言

放射卫生学是研究电离辐射对人体健康的影响,并研究确定卫生防护措施以防止电离辐射对人体危害的一门科学。它是预防医学的一个分支,是随着核能科学的发展而形成的一门边缘科学,是放射医学的组成部分。

本书是根据1978年放射医学教材会议关于编写一套放射医学教材的决定编写的。这套教材包括核辐射物理学、放射化学、放射毒理学、电离辐射剂量学、放射卫生学(以上由苏州医学院编写)和放射损伤学(由白求恩医科大学编写)六本书,作为高等院校放射医学的试用教材。本书是其中的一本,作为放射医学和放射卫生专业的试用教材。

全书共分十章。第一章为作用于人体的电离辐射,第二章介绍电离辐射防护标准,第三章简述放射性物质在环境中的动态,第四章为外照射防护,第五章为内照射防护,第六章为放射性废物治理,第七章简介辐射防护监测技术,第八章为核工业的卫生防护,第九章简介国民经济中应用电离辐射时的卫生防护,第十章为核武器及其防护。

本书由苏州医学院放射医学系章仲侯主编。编写过程中先起草编写大纲,后将其分送全国各地二十多个从事放射卫生或辐射防护的教学、科研单位和省、市卫生防疫站征求意见。本书是编者在苏州医学院放射卫生学多年教学和听取了上述单位意见的基础上编写的。参加本书编写的有章仲侯(第一、二章和五章)、宋妙发(第三章和六章)、李士骏(第四章)、冯定华(第七章)、姜德智(第八章)和余桂枝(第九和十章)。章仲侯对全部书稿进行了统稿工作,并对其他同志编写的部分书稿进行了改写和充实。

本书由预防医学中心工业卫生实验所魏履新先生审校。魏履新先生对本书的编写给予了热心的、具体的帮助,并悉心地多次审改了全部书稿。史元明先生对第四章的编写给予了具体指导,并对该内容进行了认真审阅。华北辐射防护研究所的有关同志对本书部分书稿提出了许多宝贵意见。白求恩医科大学、中国医学科学院放射医学研究所、中国人民解放军第二军医大学、山东省医学科学研究所、北京市卫生防疫站、江苏省卫生防疫站、上海市卫生防疫站、四川省工业卫生研究所等单位的有关同志对本书的编写大纲提出了很好的意见。这些意见对本书的完善起了重要作用。本书在编写过程中亦得到本系有关老师的帮助和支持。我们特此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

一九八三年十一月

目 录

第一章 作用于人体的电离辐射	(1)
第一节 天然辐射	(1)
一、天然本底照射	(1)
(一)外照射	(1)
1. 宇宙线	(1)
(1)初级宇宙线	(1)
(2)次级宇宙线	(3)
(3)宇宙线引起的组织剂量	(4)
2. 地球辐射	(5)
(1)天然放射性核素的来源	(5)
(2)室外照射	(5)
(3)室内照射	(11)
(4)地球辐射外照射致人体的组织剂量	(11)
(二)内照射	(13)
1. 宇生放射性核素	(13)
(1)氚	(14)
(2)铍-7	(14)
(3)碳-14	(15)
(4)钠-22	(15)
2. 原生放射性核素	(15)
(1)钾-40	(15)
(2)铷-87	(16)
(3)铀-238系	(16)
(4)钍-232系	(23)
(三)天然本底照射致人体的年有效剂量当量	(25)
二、工业技术发展变更的天然照射	(26)
(一)燃煤发电厂引起的照射	(26)
(二)地热能生产引起的照射	(28)
(三)开采磷酸盐岩引起的照射	(28)
(四)增加的室内照射	(29)
(五)增加的宇宙线照射	(30)
1. 飞机乘客	(30)

2. 宇航员	(31)
(六)小结	(32)
第二节 人工辐射	(33)
一、核爆炸	(33)
二、核能生产	(37)
三、医疗照射	(41)
四、其它人工辐射	(45)
(一)辐射发光产品	(45)
(二)电子和电气器件	(47)
(三)静电消除器	(47)
(四)烟雾探测器	(47)
(五)含铀或钍的制品	(48)
(六)作为废物处理的掺有放射性物质的制品	(48)
五、小结	(48)
主要参考文献	(49)
第二章 电离辐射防护标准	(50)
第一节 制定辐射防护标准的简史	(50)
第二节 国际放射防护委员会的新建议	(52)
一、采用国际单位制单位	(52)
二、辐射防护工作中常用的辐射量和一些基本概念	(54)
(一)放射性活度	(54)
(二)照射量	(54)
(三)吸收剂量	(55)
(四)剂量当量	(58)
(五)指数量	(59)
(六)危害	(59)
(七)集体剂量当量	(60)
(八)剂量当量负担	(60)
(九)待积剂量当量	(61)
(十)关键组	(61)
三、放射生物学方面的考虑	(61)
(一)效应的类型	(61)
(二)剂量与效应的关系	(63)
1. 非随机性效应与剂量的关系	(63)
2. 随机性效应与剂量的关系	(63)

(三)受到辐射危险的主要组织	(65)
(四)危险度	(67)
四、剂量限制制度	(68)
(一)辐射防护的目的	(68)
(二)剂量限制制度的基本原则	(68)
五、辐射防护标准	(72)
(一)基本限值	(72)
1. 剂量当量限值	(72)
2. 次级限值	(75)
(二)推定限值	(76)
(三)特准限值	(79)
(四)参考水平	(79)
六、有待进一步探讨的问题	(80)
第三节 我国放射防护规定	(81)
一、电离辐射的最大容许剂量当量和限制剂量当量	(82)
二、放射性物质的最大容许浓度和限制浓度	(83)
三、放射性物质污染表面的控制水平	(90)
主要参考文献	(92)
第三章 放射性物质在环境中的动态	(93)
第一节 放射性物质在大气中的动态	(93)
一、放射性气体和气溶胶在大气中的扩散	(93)
(一)影响大气扩散的因素	(93)
1. 风	(93)
2. 大气层的温度结构	(94)
3. 影响大气扩散的天气类型	(95)
(二)大气扩散的计算	(95)
1. 大气扩散理论	(95)
2. 空气中污染物浓度的计算	(96)
3. 烟云的抬升及有效烟囱高度	(97)
4. 建筑物及地形对烟云扩散的影响	(97)
5. 气溶胶的扩散	(98)
二、放射性气溶胶的地面沉积	(98)
(一)重力沉降	(98)
(二)干沉积	(98)
(三)降雨的冲洗沉积和凝雨沉积	(99)
(四)沉积颗粒的再悬浮	(99)

三、核爆炸裂变产物在大气中的动态	(99)
第二节 放射性物质在水体中的动态	(100)
一、决定放射性物质在水体中动态的因素	(100)
二、进入水体的放射性物质的混和及扩散	(101)
(一)海洋	(101)
(二)近海水域	(102)
(三)江河入海口	(102)
(四)河流	(103)
三、水底对水体放射性浓度的调节作用	(103)
(一)悬浮物的沉降	(103)
(二)底质对放射性核素的吸着	(104)
(三)底质引起的再污染	(104)
四、水生物对放射性物质的吸收	(104)
五、放射性物质引起水体污染状况的评价指标	(107)
第三节 放射性物质在土壤中的动态及其通过食物链向	
人体的转移	(108)
一、放射性物质在土壤中的吸着和迁移	(109)
(一)土壤的基本性质	(109)
(二)粘土矿物的阳离子交换作用	(109)
(三)放射性物质在土壤中的吸着和迁移	(110)
二、放射性物质在地表植物中的蓄积	(111)
(一)植物通过根部的摄取	(111)
(二)在植物叶部的沉积	(112)
三、放射性物质在动物体内的蓄积和排出	(112)
四、放射性物质通过食物链向人体的转移	(112)
(一)锶-90	(113)
(二)铯-137	(113)
(三)碘-131	(114)
第四节 放射性物质在地下水中的动态	(114)
一、放射性物质污染地下水的途径	(114)
(一)放射性物质直接进入地下水	(114)
(二)放射性物质由污染地面的渗入	(114)
(三)放射性物质由污染的地面水渗入	(114)
二、地下水在多孔含水层中的渗透运动	(115)
三、影响放射性物质在地下水中迁移的因素	(116)

(一)水文地质因素的影响	(116)
(二)放射性核素的衰变	(116)
(三)水中悬浮固体的影响	(116)
(四)地层岩石对放射性物质的吸着	(116)
(五)化学吸收作用	(117)
(六)有机物的作用	(117)
(七)生物吸收	(117)
四、自然条件下放射性物质随地下水的迁移	(117)
主要参考文献	(118)
第四章 外照射防护	(119)
第一节 辐射场的描述	(120)
第二节 电离辐射源	(123)
一、放射性核素	(123)
(一) γ 放射性核素	(124)
(二) β 放射性核素	(124)
(三)自发裂变核素	(124)
(四)放射性中子源	(125)
二、X射线机	(126)
三、粒子加速器	(127)
(一)粒子加速器的类型和应用	(127)
(二)加速器中的辐射源	(128)
(三)加速器产生的辐射发射率	(131)
1. 加速器产生的X射线的发射率	(131)
2. 加速器产生的中子产额	(133)
四、核裂变反应堆	(136)
第三节 电离辐射在屏蔽物质中的衰减和吸收	(139)
一、带电粒子在物质中的吸收	(139)
二、X或 γ 射线的衰减	(139)
(一)窄束、单能X或 γ 射线的衰减	(140)
(二)宽束X或 γ 射线的衰减	(142)
1. 单一均匀屏蔽材料的积累因子	(143)
2. 多层屏蔽的积累因子	(145)
3. 宽束X或 γ 射线的衰减倍数、透射比和透射系数	(146)
三、中子辐射的衰减	(150)
(一)中子辐射的衰减原理	(150)

(二)中子辐射的衰减规律	(151)
(三)计算宽束中子衰减的分出截面法	(152)
(四)宽束中子的透射曲线	(157)
四、屏蔽材料	(160)
(一)对辐射屏蔽材料的要求	(160)
(二)常用的屏蔽材料	(161)
第四节 屏障厚度的确定方法	(164)
一、确定屏障厚度时用到的一些参数	(164)
(一)概述	(164)
(二)屏蔽设计的最优化过程	(165)
(三)工作负荷	(168)
(四)居留因子	(169)
(五)束定向因子	(170)
二、屏蔽计算的基本方程	(170)
三、带电粒子的屏蔽计算	(171)
四、X或 γ 射线的屏蔽计算	(173)
(一)加速器X射线源和放射性 γ 辐射源的屏蔽计算	(173)
1. 初级X射线的屏蔽计算	(173)
2. 初级 γ 射线的屏蔽计算	(177)
3. 反射的X或 γ 射线的屏蔽计算	(178)
(二)医用X或 γ 辐射源装置的屏蔽计算	(181)
1. 初级防护屏障厚度的确定方法	(181)
2. 次级防护屏障厚度的确定方法	(184)
(三)韧致辐射的屏蔽计算	(188)
五、中子的屏蔽计算	(191)
(一)加速器中子源的屏蔽计算	(191)
1. 初级中子束的屏蔽计算	(191)
2. 反射中子的屏蔽计算	(193)
(二)放射性中子源和自发裂变中子源的屏蔽计算	(194)
1. 放射性中子源的屏蔽计算	(194)
2. 自发裂变中子源的屏蔽计算	(198)
六、反应堆屏蔽	(201)
主要参考文献	(201)
第五章 内照射防护	(203)
第一节 设计与建造开放型放射性工作单位的主要防护	
要求	(203)

一、开放型放射性工作单位的分类及其工作场所的分级和分区	(204)
(一)放射性核素的毒性分组	(204)
(二)开放型放射性工作单位的分类	(205)
(三)开放型放射性工作场所的分级	(206)
(四)开放型放射性工作场所的分区	(206)
二、设计与建造开放型放射性工作单位的主要防护要求	(207)
(一)开放型放射性工作单位的设置	(207)
(二)设计与建造开放型放射性工作场所的主要防护要求	(209)
1. 设计与建造甲级开放型放射性工作场所的主要防护要求	(209)
2. 设计与建造乙级开放型放射性工作场所的主要防护要求	(211)
3. 设计与建造丙级开放型放射性工作场所的主要防护要求	(211)
第二节 开放型放射性物质的操作、贮存和运输设备	(212)
一、直接观察设备	(212)
(一)操作器械	(212)
(二)组合操作设备	(213)
(三)近屏蔽	(213)
二、污染控制设备	(214)
(一)通风橱	(214)
(二)手套箱	(214)
三、屏障设备	(216)
(一)侧面操作屏	(216)
(二)铅砖屏	(216)
(三)移动屏	(217)
(四)手套箱屏	(217)
(五)通风橱用轻便屏	(218)
四、密封屏蔽设备	(218)
(一)屏蔽工作箱	(218)
(二)热室	(219)
五、水下设备	(220)
六、贮存设备	(221)
七、运输设备	(221)
第三节 个人防护和安全操作	(222)
一、个人防护用品	(222)
(一)棉布工作服	(223)
(二)合成纤维工作服	(223)

(三)薄膜工作服	(223)
(四)工作鞋	(223)
(五)手套	(224)
(六)口罩	(224)
(七)气衣和气盔	(224)
二、个人卫生措施	(225)
三、药物预防	(225)
四、安全操作规则	(226)
第四节 去除表面放射性污染	(227)
一、表面去污剂	(227)
(一)无机酸及其盐类	(228)
(二)有机酸及其盐类	(228)
(三)氧化剂	(228)
(四)碱性试剂	(228)
(五)络合剂	(228)
(六)表面活性剂	(228)
(七)有机溶剂	(229)
(八)吸附剂	(229)
二、评价去污效果的表示方法	(229)
三、皮肤表面去污	(230)
四、物体表面去污	(231)
(一)建筑材料和器械表面去污	(231)
(二)个人防护用品去污	(233)
第五节 辐射监测和医学监护	(233)
一、辐射监测	(233)
(一)职业性照射的监测	(234)
(二)其它照射的监测	(234)
1. 正常情况下的监测	(235)
2. 异常情况下的监测	(235)
二、医学监护	(235)
主要参考文献	(236)
第六章 放射性废物治理	(237)
第一节 概述	(237)
一、放射性废物的分类	(237)
二、放射性废物的来源	(237)

(一)铀矿开采	(237)
(二)水冶厂	(238)
(三)铀精制厂和元件加工厂	(238)
(四)气体扩散厂	(239)
(五)反应堆	(239)
(六)核燃料后处理厂	(239)
(七)放射性核素的应用	(240)
三、放射性废物的特点	(240)
四、放射性废物治理的基本原则	(241)
五、放射性废物处理的指标	(241)
第二节 放射性废水的治理	(241)
一、低放射性废水的处理	(241)
(一)凝聚沉淀	(241)
(二)离子交换	(243)
(三)电渗析和反渗透	(244)
(四)蒸发	(245)
(五)生物化学处理	(246)
(六)贮存衰变	(247)
二、低放射性废水的排放	(247)
(一)向水体排放	(247)
(二)向地表和浅层地层的排放	(248)
(三)深井排放	(248)
(四)零排放	(249)
三、中、高放射性废液的处理	(249)
(一)中、高放射性废液的临时贮存	(249)
(二)中、高放射性废液的固化处理	(249)
1. 水泥固化	(250)
2. 沥青固化	(250)
3. 罐内蒸发固化	(250)
4. 煅烧固化	(251)
5. 玻璃固化	(251)
第三节 气载放射性废物的治理	(252)
一、放射性粉尘和气溶胶的分离	(252)
(一)除尘	(252)
1. 降尘室	(252)
2. 旋风分离器	(252)

3. 泡沫除尘器.....	(253)
4. 多孔过滤器.....	(253)
(二)放射性气溶胶的过滤	(253)
二、放射性气体的处理	(254)
(一)活性炭吸附	(254)
(二)液体洗涤吸收	(255)
(三)低温蒸馏	(256)
(四)贮存衰变	(256)
三、气载放射性废物的排放	(256)
第四节 固体放射性废物的治理.....	(257)
一、固体放射性废物的处理	(257)
(一)焚烧.....	(257)
(二)废钢铁回炉	(257)
(三)表面去污	(258)
(四)湿固体脱水	(258)
二、固体放射性废物的处置	(258)
(一)低放射性固体废物的处置	(258)
(二)中、高放射性固体废物的处置	(258)
1. 地下临时埋藏.....	(258)
2. 海洋处置.....	(259)
3. 盐矿处置.....	(259)
主要参考文献.....	(259)
第七章 辐射防护监测技术.....	(260)
第一节 外照射个人剂量的监测.....	(260)
一、 β 、X、 γ 射线的个人剂量监测	(261)
(一)电离室个人剂量计	(261)
(二)胶片剂量计	(262)
(三)荧光玻璃剂量计	(265)
(四)热释光剂量计	(267)
二、中子的个人剂量监测	(270)
(一)中子的常规个人剂量监测.....	(270)
1. 核乳胶中子个人剂量计.....	(270)
2. 氟化锂反照中子个人剂量计.....	(271)
(二)超临界事故中子个人剂量监测	(273)
1. 由体内钠的活化测量估算中子剂量.....	(273)
2. 由人体毛发中感生的 ^{32}P 的测量估算快中子剂量	(275)

第二节 体内放射性核素的监测	(276)
一、尿和生物样品中放射性核素的测定	(276)
(一)尿中铀的测定	(276)
(二)尿中钍的测定	(277)
(三)尿中钷-239的测定	(277)
(四)尿中氡的测定	(278)
(五)尿中钋-210的测定	(278)
(六)尿和生物样品中铯-90的测定	(278)
1. EDTA-硫酸盐沉淀法	(279)
2. 发烟硝酸法	(279)
二、测量呼出氡估算体内钍的沉积量	(279)
三、全身计数器在体内放射性核素监测中的应用	(280)
(一)全身计数器的简介	(280)
(二)全身计数器的主要特性	(282)
(三)全身计数器的应用	(282)
第三节 放射性物质表面污染的监测	(283)
一、放射性表面污染的监测方法	(283)
(一)放射性表面污染的直接监测法	(283)
1. α 污染的监测	(284)
2. β 污染的监测	(284)
(二)放射性表面污染的间接监测法	(284)
二、常用放射性表面污染监测仪	(284)
第四节 放射性气溶胶的监测	(285)
一、放射性气溶胶的取样方法和设备	(286)
(一)过滤法	(286)
(二)撞击法	(288)
二、人工放射性气溶胶的测量方法	(289)
(一)衰变法	(290)
(二) α/β 比值法	(291)
(三)假符合法	(292)
(四)能量甄别法	(294)
三、氦、氡子体的测量	(295)
(一) α 潜能法测定氦、氡子体	(295)
(二)扩散法测定非结合态子体	(296)
第五节 放射性气体的监测	(296)

一、空气中氦、氡的测定	(297)
(一)静电计法和闪烁室法测定氦、氡浓度	(297)
(二)活性炭吸附浓集法测定大气中氦浓度	(299)
(三)双滤膜法测定空气中氦、氡浓度	(300)
二、空气中氡的测定	(302)
(一)电离室法	(302)
(二)硅胶吸附液体闪烁计数法	(303)
三、空气中碘-131的监测	(304)
(一)间断取样监测	(304)
(二)连续取样监测	(305)
第六节 水中放射性核素的监测	(306)
一、环境水中总 β 放射性的监测	(306)
(一)蒸发浓集法	(306)
(二)吸附共沉淀法	(306)
二、工业废水中总 β 放射性的监测	(307)
(一)周期性间断取样监测	(307)
(二)连续取样监测	(308)
三、水中 γ 放射性的监测	(308)
四、水中放射性核素的测定	(309)
(一)水中铯-137的测定	(309)
(二)水中钚-106的测定	(310)
(三)水中氡的测定	(310)
第七节 食品放射性污染的监测	(311)
一、取样和样品的预处理	(311)
(一)取样	(311)
(二)样品预处理	(311)
二、总放射性测定	(312)
(一)总 α 放射性测定	(312)
(二)总 β 放射性测定	(313)
三、几种放射性核素的测定	(314)
(一)钾-40的测定	(314)
(二)天然铀和钍的联合分光光度测定	(315)
第八节 低水平放射性测量	(315)
一、测量装置的优质因子和探测灵敏度	(316)
(一)优质因子	(316)

(二)探测灵敏度	(316)
二、本底的来源和降低本底的主要措施	(316)
三、低水平 α 放射性测量	(318)
(一) α 闪烁探测器	(318)
(二)固体径迹探测器	(318)
(三) α 半导体探测器	(318)
四、低水平 β 放射性测量	(319)
(一)流气式计数器	(319)
(二)薄塑料闪烁探测器	(319)
(三) β 半导体探测器	(319)
五、低水平 γ 放射性测量与分析	(320)
(一)单晶体低本底 NaI(Tl) γ 谱仪	(320)
(二)反符合屏蔽低本底NaI(Tl) γ 谱仪	(321)
主要参考文献	(322)
第八章 核工业卫生防护	(323)
第一节 概述	(323)
一、核工业及其发展概况	(323)
二、核燃料及其生产概况	(323)
三、核工业的基本特点及其卫生防护的基本任务	(325)
第二节 天然铀和浓缩铀生产过程中的卫生防护	(326)
一、生产过程简介	(326)
二、有害因素和防护措施	(332)
(一)氡及其子体的防护措施	(332)
(二)铀矿粉尘和防护措施	(337)
(三) γ 射线外照射和防护措施	(341)
(四) β 射线外照射和防护措施	(343)
(五)铀化合物气溶胶和防护措施	(344)
(六)浓缩铀的临界安全	(349)
第三节 钍-232和铀-233生产过程中的卫生防护	(350)
一、自然界的钍和钍的同位素	(350)
二、钍的应用	(350)
三、钍-232和铀-233的生产简介	(350)
(一)钍-232的生产简介	(350)
(二)铀-233的生产简介	(351)
四、钍-232和铀-233生产过程中的卫生防护措施	(351)

(一)钍-232生产过程中的防护措施	(351)
(二)铀-233生产过程中的防护措施	(352)
第四节 反应堆的卫生防护	(353)
一、反应堆简介	(353)
(一)反应堆的工作原理	(353)
(二)反应堆的用途	(354)
(三)反应堆的类型和基本构造	(355)
二、反应堆运行时的主要有害因素	(356)
(一)中子辐射	(356)
(二) γ 和 β 辐射	(356)
(三)放射性气体和放射性气溶胶	(356)
(四)表面放射性污染	(357)
三、反应堆工作人员的受照水平	(357)
四、反应堆的卫生防护措施	(357)
(一)厂址选择	(357)
(二)反应堆厂房设计和对设备的卫生防护要求	(360)
(三)工作人员的个人防护和个人剂量监测	(360)
(四)反应堆的预想事故和事故应急计划	(360)
第五节 辐照元件后处理过程中的卫生防护	(362)
一、主工艺流程简介	(363)
二、主要有害因素	(363)
(一)裂变产物	(363)
(二)钚同位素	(365)
(三)易燃易爆物质	(369)
三、职业性照射水平	(370)
四、卫生防护措施	(370)
(一)厂址选择总原则	(370)
(二)放射性三废处理	(370)
(三)厂房设计和对设备的卫生防护要求	(371)
(四)设备维修时的个人防护	(372)
第六节 氟及其卫生防护	(373)
一、氟的来源	(373)
二、氟的性质	(373)
三、氟的卫生防护措施	(374)
主要参考文献	(375)