



核辐射与核污染

——公众防护与应对

主 编 周美娟 万成松 丁振华



人民卫生出版社

核辐射与核污染

——公众防护与应对

主 编 周美娟 万成松 丁振华

编 者 (以姓氏笔画为序)

丁振华 万成松 刘 明 周美娟

郑 莉 耿继武 莫素芳

全国教育科学“十一五”规划 2008 年度教育部重点课题
“我国应急型公共卫生创新人才培养的研究”(课题批准
号:DIA080104)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

核辐射与核污染——公众防护与应对/周美娟等
主编. —北京:人民卫生出版社,2012.3

ISBN 978-7-117-15441-3

I. ①核… II. ①周… III. ①辐射防护-普及读物
IV. ①TL7-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 010591 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有,侵权必究!

核辐射与核污染——公众防护与应对

主 编:周美娟 万成松 丁振华
出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)
地 址:北京市朝阳区潘家园南里 19 号
邮 编:100021
E-mail: pmph@pmph.com
购书热线:010-67605754 010-65264830
010-59787586 010-59787592
印 刷:中国农业出版社印刷厂
经 销:新华书店
开 本:850×1168 1/32 印张:4
字 数:103 千字
版 次:2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号:ISBN 978-7-117-15441-3/R·15442
定 价:15.00 元
打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

1954 年,前苏联建成世界上第一座石墨沸水堆核电站,并投入运行,开启了人类和平利用核能的新纪元。目前,全世界共有 442 台在运行的核电机组,装机容量超过 3.8 亿千瓦,发电量占全世界发电总量的 17%,另还有 65 座在建核电机组。我国的核能发展也十分迅速,1991 年我国秦山一期核电机组并网发电以来,已有浙江秦山、广东大亚湾和岭澳核电站等 11 个核电机组投入运行,总装机容量已达到 1080 万千瓦。我国《核电中长期发展规划》提出,到 2020 年,核电装机容量达到 4000 万千瓦,我国核电还有很大的发展空间。

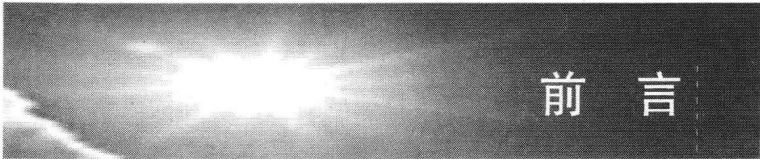
核电发展的历史已经证明核电是清洁、安全的能源,发生事故的的概率极低。但由于一些不可抗拒的原因及人为失误等,发生严重事故的可能性还是存在的。1979 年美国宾夕法尼亚州的三里岛核电站事故、1986 年前苏联的切尔诺贝利核电站事故和 2011 年因地震引发海啸导致的日本福岛核电站泄漏事故提醒我们,在发展和利用核能的同时,应加强核事故应急体系和应急机制建设,增强民众核辐射防护意识,提高社会应急处理水平。

在 2011 年初日本福岛发生核电站泄漏事故后,南方医科大学(原第一军医大学)周美娟副教授、万成松教授和丁振华教授以高度的社会责任感,第一时间组织编写了《核辐射与核污染——公众防护与应对》一书。该书结合编者的教学和科研的实践,以老百姓可接受的科普形式,通俗易懂地介绍核辐射的概念和核电的合理利用等基本知识,重点阐述了核电站工作原理、

监管和安全措施,并举例介绍发生核或放射突发事件后,老百姓可采取什么措施,怎样进行个人防护,采用什么药物预防和治疗等。该书紧扣社会需求,针对老百姓最关心的问题,立意明确,观点鲜明,论述有据,注重科学性与实用性,浅显易懂,可操作性强,对老百姓认识核辐射有很大的指导价值,是一本进行核辐射医学防护知识普及的书籍。

编 者

2011 年 12 月



前言

辐射包括存在于自然环境中的天然辐射和人工方法产生的人工辐射,它被广泛应用于工业、农业及医学等领域。人类其实是生活在一个充满辐射的环境中。由于辐射必须通过专业仪器来检测,不能直接被我们的人体所感知,因此民众对辐射的认知水平相对较低。

存在于普通大众身边的辐射有哪些?辐射在工、农业及医学领域有哪些应用?普通大众在接触这些辐射时该如何防护?辐射和核技术应用的安全性及其对环境和健康有哪些影响?万一发生核与辐射异常事件时,普通民众应该如何自我保护?2011年3月,在发生日本福岛核电站事故后,哄抢碘盐现象折射出目前公众对于这些问题的认识还不够充分,因此出版一本适合普通大众的电离辐射普及读本,让人们更多地认识辐射和了解辐射是十分必要的。

本书作者多年从事放射生物学和放射卫生学的教学与科研工作。本书融理论知识、专业知识和科普知识于一体,在参考国内外相关学者的著作的基础上,告诉普通民众如何应对核或放射突发事件。全书采用问答的形式,力求深入浅出、简明扼要,提高了通俗性和可读性。

全书共分为3部分。第一部分介绍辐射的基本知识,包括 α 射线、 β 射线、X射线、 γ 射线、辐射、电磁辐射、电离辐射等概念,概述了身边的放射性物质及其影响,重点阐述了电离辐射在工业、农业和医学等方面的应用与辐射剂量限值;第二部分介绍了核电站及其安全性,重点阐述了核聚变和核裂变的特点、原理

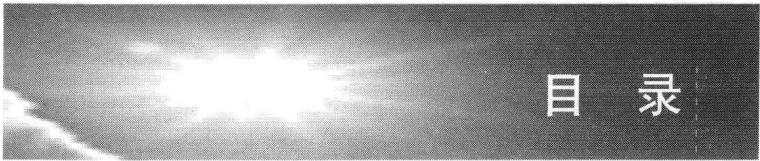
及核能的利用、监管和安全措施;第三部分介绍了核或放射突发事件及其应对,以前苏联切尔诺贝利、美国三哩岛、日本福岛三大核电站事故为例,介绍发生核或放射突发事件的级别、危害、应急响应程序、危害评估、处置措施、救护、民众心理和后期影响等。

本书旨在给普通民众提供一本实用的应对核辐射及其防护的科普读本,使公众在日常工作和生活中能够科学地对待所接触到的放射性核素和放射线,在发生核或放射突发事件时能够临危不乱,提高自身的防范意识和应对能力。也可供从事核辐射医学防护专业的科技工作者、管理人员和公共卫生与预防医学专业人员参考。

本书由多位作者参与编写,时间紧、任务重,加之作者水平有限,错漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月于广州



目 录

第一部分 辐射基本知识

1. 什么是原子,原子的组成和结构是怎么样的	1
2. 什么是中子	2
3. 什么是放射性,放射现象是如何被发现的	3
4. 什么是辐射、电磁辐射和电离辐射	4
5. 什么是 α 射线	5
6. 什么是 β 射线	5
7. 什么是 γ 射线	6
8. 什么是 X 射线,它是如何被发现的	6
9. 居里夫人和放射性镭	7
10. 几个重要的放射性核素	9
11. 辐射源及其类型	11
12. 什么是放射源	12
13. 我们周围的放射性及其来源有哪些	12
14. 电离辐射在农业方面的应用有哪些	15
15. 电离辐射在工业领域的应用有哪些	17
16. 电离辐射在医学中的应用	19
17. 我国现行的电离辐射的警告标志和标志是什么	21
18. 国际上新的电离辐射警示标志是什么	22
19. 常用的辐射量及其单位有哪些	23
20. 透视、拍片和做 CT 检查对人体的照射剂量有多大	24
21. PET 检查的原理是什么、受检者的受照剂量为多少	25
22. 人体遭受过量照射的效应——确定性效应和	

随机性效应	26
23. 什么是电离辐射的躯体效应	26
24. 什么是电离辐射的遗传效应	27
25. 影响电离辐射生物学效应的因素有哪些	28
26. 身体遭受全身外照射后会发生哪些疾病	29
27. 皮肤放射损伤	29
28. 内照射放射损伤	30
29. 是内照射损伤还是外照射损伤的远期效应严重	31
30. 辐射致癌吗	32
31. 怀孕期间受到射线照射的后果	33
32. 儿童接受医疗照射的后果及其注意事项	33
33. 对于外照射的主要防护方法	34
34. 对于内照射的主要防护方法	35
35. 我国对从业人员的职业受照射剂量限值是如何规定的	35
36. 我国对公众所受剂量是如何规定的	36
37. 对陪同、慰问或探视人员剂量限值的规定及其防护时的注意事项	36

第二部分 核电站及其安全性

38. 什么是核能,核能来自于哪儿	39
39. 核裂变发现简史	41
40. 核聚变是如何被发现的	43
41. 核聚变和核裂变哪个更具有优势	44
42. 什么核能已经实现了和平利用,为什么	45
43. 核能是怎么崛起的	48
44. 核能具有哪些经济与战略优势	50
45. 什么是核反应堆,核裂变反应堆的发展过程怎样	52
46. 核反应堆的用途有哪些,最主要的用途是什么	54
47. 核电站的工作原理、特点是什么,寿命多长,哪一	

座核电站是我国第一座自主建设的核电站	56
48. 核电厂或火力发电厂有什么区别	60
49. 哪些地方适合建压水堆核电站,对地理环境的 要求有哪些	62
50. 压水堆反应堆的辐射来源有哪些	64
51. 国家为核电站的防护做了哪些工作	65
52. 核电站的纵深防御原则	66
53. 防止放射性物质外泄的四道屏障是什么	67
54. 压水堆核电站从设计上采取了哪些安全措施	68
55. 核电厂从管理上采取了哪些安全措施	69
56. 反应堆是如何监测的	70
57. 核电厂会不会像核武器一样爆炸	70
58. 什么是核燃料和乏燃料,核燃料是怎么循环的	71
59. 核电厂的三废来自哪儿,其管理原则是什么	73
60. 核电厂放射性废液、废气和固体废物如何处理	74
61. 怎样知道核电厂对环境的放射性影响	76
62. 全世界核电站有多少座,我国已经建成和在建 的核电站有多少	77
63. 人类历史上比较大的核电站事故有哪些	79
64. 我国压水堆核电站会不会发生像切尔诺贝利 核电站事故那样的事故	81
65. 核电站事故造成的健康危害是什么	82
66. 核电站事故一定会对公众造成危害吗	83
67. 日本福岛核电站事故的放射性物质对中国的 影响有多大	85
68. 万一发生核电站事故怎么办	85
69. 在发生核电站事故时,居民应该怎么办	87
70. 核电站事故时,用什么药物预防,抢购碘盐正 确与否	88
71. 如果恐怖分子以核电站作为目标,会怎么样	89

72. 我国关于核电站管理的法规、条例有哪些	89
------------------------------	----

第三部分 核或放射突发事件及其应对

73. 什么是核或放射突发事件	91
74. 什么是核突发事件	91
75. 什么是放射突发事件	92
76. 什么是核恐怖袭击事件	93
77. 核或放射突发事件具有什么特点	94
78. 切尔诺贝利核电站事故的危害	94
79. 美国三哩岛核电站事故的危害	95
80. 日本福岛核电站事故的危害	96
81. 山西忻州放射源丢失事故的危害	98
82. 核或放射突发事件的严重性是如何分级的	98
83. 我国的核应急组织体系及其基本职能和我国 核事故应急准备与响应的指导方针	99
84. 我国核事故的医学应急组织架构	101
85. 核或放射突发事件的防范对策主要有哪些	101
86. 核或放射突发事件的应急准备包括哪些主要内容	102
87. 核或放射突发事件的应急响应程序主要有哪些	102
88. 我国处置核或放射突发事件的基本力量	103
89. 核或放射突发事件现场处置的基本措施	104
90. 核或放射突发事件时公众遭受辐射照射的途径 和现场对公众进行辐射防护的主要措施	105
91. 核或放射突发事件时早期、中期和晚期的主要 防护措施	107
92. 核或放射突发事件的分级医疗救治和处理原则	108
93. 人体受到放射性沾染后应该如何处理	108
94. 食物和饮水受到放射性核素污染还可以继续 食/饮用吗	109
95. 核或放射突发事件时的心理和精神障碍问题	110

96. 核或放射突发事件时心理应激损伤的特点	110
97. 核或放射突发事件时心理应激损伤的表现	111
98. 影响核或放射突发事件时心理损伤效应的 主要因素	112
99. 核或放射突发事件时心理损伤效应的预防	113
100. 核或放射突发事件时心理损伤效应的治疗	113
参考文献	115



第一部分

辐射基本知识

1

1 什么是原子,原子的组成和结构是怎么样的

原子是构成自然界各种元素的基本单位。从近代物理的观点看,原子只不过是物质结构的一个层次,这个层次介于分子和原子核之间。

原子由原子核和核外轨道电子(又称束缚电子或绕行电子)组成。原子的直径仅为 10^{-10} 米,体积非常微小,一亿个原子直线排列在一起仅有1厘米大小。位于原子中心的是原子核,其直径又比原子小很多,如果将原子比成一个普通的室内篮球场的话,原子核仅为悬浮于其中的一个乒乓球。原子核由微小的质子和中子组成。质子带正电,故原子核带正电荷;轨道电子带负电荷,两者所带电荷相等,符号相反,因此,原子本身呈中性。轨道电子按一定的轨道绕原子核高速运动,当原子吸收外来能量,使轨道电子脱离原子核的吸引而自由运动时,原子便失去电子而显电性,成为离子。该离子和所失去的电子称为离子对。原子构成、核子和电子的尺寸见图1-1。

原子的质量非常微小,例如氢原子的质量仅为 1.67356×10^{-27} 千克,且99%以上的质量集中在原子核上,如果一个氢原子连着一个氢原子这样排列,绕地球赤道一圈,其质量总和仅为

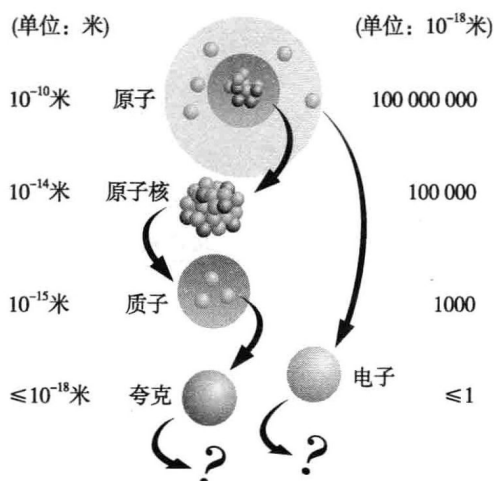


图 1-1 原子结构和核子与原子的尺寸

0.66 微克。

2 什么是中子

早在 1920 年,卢瑟福就曾经推测原子核内还有一个原子质量数为 1 而电荷数为 0 的粒子,但这一主张并没有引起人们的注意。直到 1930 年,波特等人用 α 粒子轰击铍和硼等轻元素时,发现了一种不带电荷而穿透力很强的射线,当时认为可能是 γ 射线,但是接下来的实验发现,事实并非如此,甚至一些实验现象根据当时的科学知识也无法解释。1932 年,查德威克经过更深入的分析 and 研究,认为用 α 粒子轰击铍、硼等轻原子核产生的是一种质量与质子相近、但不带电荷的粒子,这就是中子,也就是卢瑟福 10 年前预言的那种粒子。在老师卢瑟福的建议下,查德威克将该粒子命名为中子。

中子是一种呈电中性的基本粒子。中子和质子都是组成原子的基本要素,因此它和质子统称为核子。中子虽然是一个中性粒子,但是实验证明中子具有磁矩,说明中子不是一个简单的

粒子。现在的科学已经证明中子是由更小的粒子即夸克组成的。更有趣的是,有些科学家还证明,中子并不是完全的电中性,只是一般的实验探测不到中子的电荷存在,事实上中子具有 $(-1.9 \pm 3.7) \times 10^{-18} e$ 的电荷(e 为电子的电荷)。

3 什么是放射性,放射现象是如何被发现的

放射性是指某些核素的原子核能够自发地发生变化并放射出射线的特性。这种变化称为放射性衰变。自然界中天然存在的放射性的核素叫天然放射性核素。

1896 年,法国物理学家贝可勒尔(图 1-2)在研究铀盐的实验中,首先发现了铀原子核的天然放射性,并于同年 2 月 24 日在法国科学院宣布了他的这一重要发现。在进一步的研究中,他发现铀盐所放出的这种射线能使空气电离,也可以穿透黑纸使照相底片感光。他还发现,外界压强和温度等因素的变化不会对实验产生任何影响。天然放射性的发现,使人们对物质的微观结构有了更新的认识,并由此打开了原子核物理学的大门。

1898 年,居里夫妇又发现了放射性更强的钋和镭。由于天然放射性这一划时代的发现,居里夫妇和贝可勒尔共同获得了 1903 年诺贝尔物理学奖。此后,居里夫妇继续研究了镭在化学和医学上的应用,并于 1902 年分离出高纯度的金属镭,由此,居里夫人又获得了 1911 年诺贝尔化学奖。在贝可勒尔和居里夫妇等人研究的基础上,后来人们又陆续发现了许多其他的放射性核素。这些发现,有力地推动了放射性现象



图 1-2 法国物理学家
贝可勒尔

的理论研究和实际应用。

放射性衰变按照衰变过程中所发射的粒子而命名,如衰变过程释放出的是 α 粒子就称为 α 衰变。常见的核衰变类型有 α 、 β 和 γ 衰变。另外,不论是发生了上述的哪一种核衰变,其衰变过程都遵从电荷数守恒、质量数守恒和能量守恒定律。

4 什么是辐射、电磁辐射和电离辐射

辐射是指能量向四周放射的现象。根据辐射是否有质量,可将其分为电磁辐射和粒子辐射。根据辐射能否使物质分子电离,可将辐射分为电离辐射和非电离辐射。例如 α 射线属于粒子辐射、电离辐射;X射线属于电磁辐射、电离辐射。

电场和磁场的交互变化产生的电磁波向空中发射或汇聚的现象叫电磁辐射。人类生存的地球本身就是一个大磁场,它表面的热辐射和雷电都可以产生电磁辐射,太阳及其他星球也从外层空间源源不断地产生电磁辐射,甚至我们人类使用的家用电器等都会发出强度不同的电磁辐射。不同的电磁辐射的波长不一样,其波谱见图1-3。

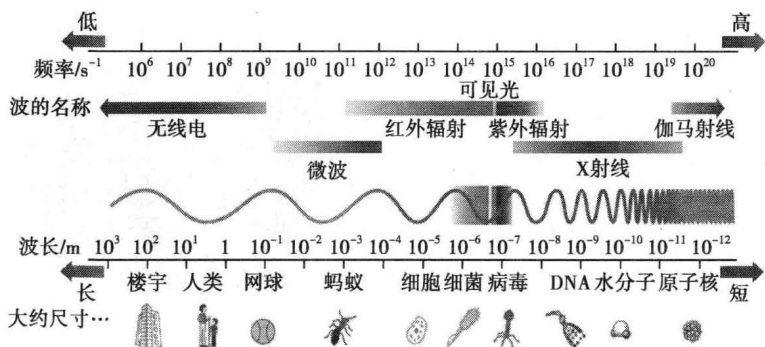


图 1-3 电磁波的波谱

电离辐射是指那些与物质分子发生反应时能使物质分子发生电离的辐射的总称,比如 α 射线、 β 射线、质子流、X射线、 γ

射线等。

什么是 α 射线

α 射线,其本质是由两个质子和两个中子组成的氦原子核,因为有两个质子,所以带两个单位的正电荷。简单地说, α 射线就是有一定运动速度的,带两个正电荷的粒子流,其动能一般为 4~9 兆电子伏特(MeV)。

与其他射线相比, α 粒子的质量相对较大,又因其带正电荷,所以它运行的时候很容易和其他原子发生作用而迅速消耗自己的能量。当其能量降低为 0 时, α 粒子就会消失在物质中。一般来说, α 粒子在空气中只能穿行 1~2 厘米,在人体中只能穿行数十微米。换句话说,一张普通的纸或者健康皮肤的表皮就完全能挡住 α 粒子。因此,环境中的 α 粒子,除非是直接贴在皮肤表面,一般情况很难对人体造成损伤。但如果进入到人体内,那么 α 粒子会把它所有的能量都沉积于人体内,并对人体产生损伤。

什么是 β 射线

β 射线,其本质是高速运动的电子流,包括正、负电子流两种类型,正电子流叫正 β 射线,负电子流叫负 β 射线。

与 α 射线相比, β 射线的质量较小(一个电子的质量仅为质子质量的 1/1840),电荷数也少,加之飞行速度快,甚至可以达到光速的 99%,所以其在物质中穿行的距离比 α 远很多。例如,1 兆电子伏特的 β 射线能够在组织中穿行 4.8 厘米,中等能量的 β 射线在空气中的穿行距离可达数米。

因为 β 射线有较远的穿行距离,所以它不仅像 α 射线那样通过各种方式如消化道、呼吸道或皮肤黏膜进入到人体内,在体内发出射线造成内照射损伤,又可以直接在体外发出射线,作用于人体从而引起外照射损伤。