

生活安全必备

放射性常识 和安全防护方法你知多少

缪正强 李忠良 编著

- 什么是核辐射？
 - 究竟哪里有核辐射？
 - 核辐射是什么样的？
 - 核辐射有什么用途？
 - 公众应该如何防止核辐射危害以保持健康生活？
-



国防工业出版社
National Defense Industry Press

生活安全必备

放射性常识 和安全防护方法你知多少

缪正强 李忠良 编著

- 什么是核辐射?
- 究竟哪里有核辐射?
- 核辐射是什么样的?
- 核辐射有什么用途?
- 公众应该如何防止核辐射危害以保持健康生活?



国防工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

放射性常识和安全防护方法你知多少 / 缪正强, 李忠良编著. —北京: 国防工业出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-118-07683-7

I. ①放... II. ①缪... ②李... III. ①放射性 - 普及读物 ②辐射防护 - 普及读物 IV. ①TL7 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 234608 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 5 字数 134 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 19.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

序

几星期前的一天,我正在家中的客厅里。电视新闻正报道日本大地震后,东京电力公司和日本政府正在设法抢修几个发生故障的核电机组,放射性泄漏仍然没有被有效控制。

“咚! 咚咚!”门外传来的敲门声有些迟疑和犹豫不决。“咚! 咚! 咚咚!”,几秒后,敲门声再次响起,敲门人似乎下定了决心。通过观察孔我看到一个40来岁的陌生男子,肩上的包里鼓鼓囊囊塞满了东西。

我打开房门,问他的来意。陌生访客说道:“我想问一下您家里是不是需要买点盐?”我还没有回答,他就急忙补充道:“我卖的是正规生产的食盐,价钱跟超市一样。”

这些年,偶尔也会有上门推销的小商贩造访,他们大都手里拿着各种新奇产品,口若悬河。可像这样上门推销碘盐的,还是头一次遇到。这让人感到很好奇,再次仔细端详这位陌生访客,似乎在哪里见过,一时想不起来。

我忽然想到点什么,就邀请这个局促的推销员进到客厅里谈话。我说:“你是在附近做生意的么? 我感觉像是在哪里见过你。”推销员说:“我是做小本买卖的,前不久刚在社区菜市场租个小摊位,卖调料。也许您在那里见过我。”我接着问道:“你改上门推销了么? 上门推销碘盐似乎不容易赚钱啊。”推销员一脸无奈地说:“前几天,电视上说日本发生了核爆炸,核辐射要飘到我们中国。有人说只有吃碘盐才能防辐射,而且海水也沾上核辐射,海里产的食盐不能吃了,碘盐会很紧缺。大家很担心,也不知道该怎么办。就去抢购碘盐,商店碘盐都卖空了。我好不容易多花好多钱设法买了几百斤,以为能赚点,谁知道这几天碘盐很快上架了,

还是原来的价钱。我买的盐看来要砸在手里了,只好上门推销,谁知道,许多人家里都买了许多碘盐,也在发愁吃不完。”

早前也曾听到过新闻里说:“为了防辐射,某地民众抢购碘盐。”没想到这样的恐慌情绪这么快就蔓延到了身边。前天参加一个培训班,为油田从事放射性测井的工作人员作辐射防护方面的报告,我跟学员们开玩笑说:“现在街头巷尾都在热议福岛核事故,路边的修鞋匠都在跟客人谈如何防辐射。也许过不了多久,我们这些专门从事核安全的就都要失业了。”

又问了几个问题,让他留下几袋碘盐,我送走了那位运气不佳的小贩。可这件事情引起了我的持续思考。

福岛核事故发生后,从各国政府、新闻媒体,到普通民众,都非常关注。各种官方和非官方的消息满天飞,新闻媒体夸张的标题,专家口中离奇的术语,让民众无所适从,也很难做出合乎理性的判断。出于关心安全的本能,人们“宁可信其有,也不信其无”。一旦谣言误传起来,就会通过发达的网络媒体和口耳相传,迅速蔓延,最终引发恐慌和抢盐风潮。远在几千千米之外的福岛核事故引发中国民众抢盐风潮似乎不是孤立现象,早前某县也发生了辐照用钴源引起的一起普通事故(按行业内标准或许算不上事故)而引发几万人逃离该县的事件,究其原因,二者有很大相似之处。

面对可能的威胁而采取必要措施,这是人们在正常安全需求下的合理的思维模式,不应苛责。政府和企业应担负起责任。关注民众对辐射的忧虑,及时地发布正确信息,压缩谣言的存在空间。对于民众而言,多一点对辐射知识的了解,才能对消息进行甄别并正确判断,正所谓谣言止于智者。

“叮铃!叮铃!”电话铃声响起。我拿起听筒,电话那头传来某地核协会会长的声音。简单的寒暄后,进入了正题。“我的电话快打爆了,许多人打来电话咨询核与辐射安全的事情,看来有必要多开展一些这方面的知识普及了。我用邮件发给你一个宣讲计划,邀请你作一系列报告,并针对大家对核辐射的困惑进行解答。”

我打开邮箱,看了看核协会宣讲计划,时间上能安排开,报告题目大都跟以前为放射性岗位人员进行的培训题目相似。邮件同时要求报告“让大家能听懂”。略加思考后,我回复邮件接受了核协会的请求。

以后的几周时间,我一直忙着到各个地方,与社区群众、职工、学生,甚至医院里的医生护士一起讨论核与辐射安全有关的问题。

今天,我终于能有时间,打开笔记本,重新梳理了历年辐射防护工作中的讨论以及辐射防护培训中收集到的各类问题和最近的福岛核事故发生后大家的关注焦点问题。希望写一点东西,整理成册,供大家参考。在这个册子里,我想在不失科学性的前提下,尽量以易于理解的方式,介绍一下什么是核辐射,究竟哪里有核辐射,核辐射是什么样的,核辐射有什么用途,公众又该如何防止核辐射危害以保持健康生活等几方面的知识。

同时,对于如何理性看待核能和核辐射的利用,我也想提一点自己的看法,为大家提供一点参考建议。

缪正强

2011年7月

前 言

二十几年前苏联切尔诺贝利的放射性烟云曾让人们谈“核”色变,而最近的日本福岛核电站因地震引起一系列事故并最终导致放射性物质外泄的事件更是让人们揪紧了心。“放射性”、“核辐射”、“核爆炸”、“碘盐”等词汇也一度成了大家茶余饭后必不可少的话题。

但是面对网络、新闻媒体以及教科书上大量专业的、非专业的有关于核辐射的信息,人们往往无所适从,不知道该了解哪些,相信哪些,这样就可能因为理解上的误差带来谣言。前一段时间国内的“抢盐”风潮就是最好的例证,而事件的原因就是有人谣传日本的核泄漏会扩散到中国,而且称碘盐能防辐射。这种没有科学性的谣传给公众的生活带来了很多麻烦,同时也不利于社会的稳定。

因此,为了提高人们对放射性及安全防护方法的认识,使人们理性科学地看待核辐射,避免出现不必要的核恐慌,本书在不失科学性的前提下,尽量以易于理解的方式向人们介绍有关核能、核辐射利用以及核安全防护的科普常识,主要内容有以下几个部分:

(1) 什么是核辐射? 一方面,大家对什么是核辐射往往了解不多,另一方面许多人都听过第二次世界大战时美国人投在日本广岛和长崎爆炸的两颗原子弹的神秘的巨大威力和切尔诺贝利核事故的糟糕后果。这无疑大大增加核辐射和放射性的神秘性和恐怖性。只有当大家了解放射性这种自然现象,并以此为基础了解更多关于核辐射的知识以后,对核辐射的非理性的恐慌也就会逐渐消减。因此,这应作为首先要介绍的内容。当然,与放射性相关的诸如核材料、放射性的度量方法等,也会同时提及。

(2) 究竟哪里有核辐射? 核辐射是什么样的? 人们担心核辐

射对健康影响的同时,似乎忽略了我们生活的环境中,包括天空、空气、土壤中,甚至我们身体里,无处不在的核辐射。不仅如此,为了改善生活和提高生产效率,人们还用人工方法,制造出许多种含放射性的制品。为了治疗或者诊断疾病,医生们甚至会把放射性制品注射到患者身体内。

(3) 核辐射有什么用处? 实际上,除了广泛存在的天然核辐射,由于生产生活的需要,人们制造了数量众多的核设施、辐射装置和放射性材料。它们究竟有哪些用途,有什么样的安全保障,可能发生怎样的安全危害呢? 对此有所了解,才能真正有助于加强自身安全。

(4) 如何防止核辐射危害,保持健康生活? 在发生如福岛核事故及类似的放射性污染的时候,公众该如何接收信息,如何甄别,并做出理性的判断,保证健康和正常的生活秩序。借用安全提示里的这样一句话,就是“不让可能接触到的核辐射伤害自己,不让可能接触到的核辐射伤害别人,不被别人可能接触到的核辐射伤害自己”。

(5) 最后,对于如何理性看待核能和核辐射的利用,提出了一些看法,为大家提供一点参考建议。

本书共7章,其中第2、5、6章由缪正强编写,第1、3、4、7章由李忠良编写,附录由缪正强、李忠良、张强共同整理,并由缪正强完成全书的修改和统稿工作。

乔登江院士、袁建新研究员在本书的编写过程中提出了宝贵的意见,袁建新研究员审阅了全书。本书在编写过程中得到了西北核技术研究所各级领导及第九研究室全体人员的指导与帮助,在此致以衷心的感谢!

由于编著者水平有限,难免有疏漏和不当之处,敬请广大读者朋友批评指正。

编著者

2011年7月

目 录

1 什么是放射性	1
1.1 原子组成的世界	1
1.2 核性质之一:从元素到同位素	4
1.3 核性质之二:同位素	6
1.4 核性质之三:稳定的和不稳定的原子核	7
1.5 核性质之四:不稳定的原子核	8
1.6 核性质之五:原子核大小、质量和电荷	9
1.7 核性质之六:原子核	11
1.8 核性质之七:原子和原子核	11
1.9 核衰变	12
1.10 放射性与核辐射	13
1.11 常见的核辐射	13
1.12 核辐射的穿透本领	14
1.13 放射性的量	16
1.14 放射性活度	18
2 放射性物质的存在及影响	20
2.1 无所不在的核辐射	20
2.2 放射性分两大类	20
2.3 天然放射性:宇宙射线和宇生放射性	21
2.4 天然放射性:原生放射性	22
2.5 天然放射性	23

2.6	天然放射衰变系	24
2.7	天然放射性的应用	25
2.8	天然放射性的影响	25
2.9	人工放射性的应用	26
2.10	人工放射性的影响	27
3	核辐射跟物质的相互作用	29
3.1	核辐射为什么会跟物质发生相互作用	30
3.2	核辐射进入“介质”后	31
3.3	核辐射在介质中的“碰撞”	32
3.4	X 光子、 γ 光子在介质中的碰撞	33
3.5	β 粒子在介质中的碰撞	34
3.6	α 粒子在介质中的碰撞	35
3.7	中子在介质中的碰撞	35
3.8	常见核辐射的比较	36
3.9	探测核辐射	37
3.10	核辐射探测器	37
3.11	核辐射探测仪的选用	38
3.12	核辐射探测仪举例	39
3.13	辐射探测器的读数	41
3.14	原子核能发生衰变,也能发生核反应	42
3.15	多种多样的“核反应”	43
3.16	聚变反应	43
3.17	裂变反应	44
3.18	中子引发的核反应	46
3.19	质子、 α 粒子引发的核反应	46
3.20	β 射线和 γ 射线也能引发核反应	47
3.21	核反应回顾	47

3.22	裂变反应	48
3.23	聚变反应	48
3.24	放射源有关的反应	48
4	放射性的应用	50
4.1	“核”为我们提供了电力	50
4.2	“核”在石油行业的应用	51
4.3	“核”在化工领域的应用	52
4.4	“核”在食品工业的应用	52
4.5	“核”在环保领域的应用	53
4.6	“核”在电子工业的应用	53
4.7	“核”在公共安全领域的应用	53
4.8	“核”在航空航天领域的应用	54
4.9	“核”在其他工业领域的应用	54
4.10	“核”在农业领域中的应用	55
4.11	“核”在医学上的应用	55
4.12	“核”在生物领域的应用	56
4.13	“核”的军事应用	56
4.14	“核安全”和“辐射安全”的挑战	57
5	核的危害是可防可控的	59
5.1	核辐射的危害是可防可控的	59
5.2	“核”辐射对人体有危害	59
5.3	对“核”的危害的认识	60
5.4	防危害、限风险	61
5.5	核辐射通过能量转移损伤人体	61
5.6	核辐射的标志	62
5.7	什么是“剂量”	62
5.8	对“剂量”的修正	63

5.9	“剂量”有单位吗	63
5.10	另一个相似的“剂量”	64
5.11	“剂量”可以累积	64
5.12	“剂量率”是什么	65
5.13	“剂量”带来的“危害”	65
5.14	“剂量”带来的“风险”	66
5.15	“剂量”危害的特点	66
5.16	辐射对重要器官危害更大	67
5.17	进入微观世界里看辐射危害	67
5.18	从“细胞损伤”到“健康危害”	69
5.19	辐射的确切危害:“确定性效应”	69
5.20	辐射危害的确定性效应和阈值	69
5.21	辐射的可能危害:“随机性效应”	70
5.22	辐射的可能危害:致癌作用	70
5.23	健康危害的图形化说明	71
5.24	外照射和内照射	72
5.25	用管理手段,把“核辐射”关起来	72
5.26	增加“屏蔽”,减少辐射剂量	73
5.27	中子的屏蔽	74
5.28	增大“距离”,降低“核辐射”	74
5.29	缩小“时间窗”,减少“剂量”积累	75
5.30	进行辐射防护,保护人员环境	75
5.31	辐射防护,合理可行尽量低	76
5.32	核电厂工作人员的辐射防护	76
5.33	研究人员的辐射防护	77
5.34	医院的辐射防护	78
5.35	石油测井行业的辐射防护	79

5.36	射线探伤人员辐射防护	79
5.37	辐照企业人员的辐射防护	80
5.38	居民日常生活中可能接受的辐射	80
5.39	减少天然辐射的方法	81
5.40	医学照射及防护	81
5.41	核电厂周围居民的辐射	82
6	核能的利用和挑战	83
6.1	“核裂变”和“核聚变”可以释放核能	83
6.2	核能来自质量亏损	83
6.3	核衰变与质量亏损	84
6.4	核能有多巨大	84
6.5	核反应堆	84
6.6	裂变能最终都转化成了热	85
6.7	核反应堆实现了“自持裂变”	85
6.8	核反应堆里的自持裂变是“可控”的	86
6.9	核电厂的反应堆就是个大锅炉	86
6.10	各种类型的反应堆	87
6.11	核反应堆组成	88
6.12	核电厂的其他设备	89
6.13	核电厂的数据	89
6.14	核电厂的“纵深防御”	90
6.15	防止放射性泄漏	91
6.16	核电厂选在“安全的地方”建造	92
6.17	核电厂的“黄金人”	93
6.18	核电厂对“设备”质量的要求	93
6.19	通向核安全之路	94
6.20	核电厂对环境的实际影响	94

6.21	运行核电厂的致癌风险	95
6.22	核电厂给环境带来风险	95
6.23	核电厂的巨大收益	96
6.24	公众对核安全的担心	96
6.25	我国核电发展	97
6.26	核电厂的“安全挑战”	98
6.27	核安全技术进步	100
6.28	只有“相对安全”,没有“绝对安全”	101
7	核事故及应对	102
7.1	什么是“核事故”	102
7.2	“核事故”不是“核爆炸”	102
7.3	核事故的特点	103
7.4	核事故的危害	104
7.5	国际核事件分级	105
7.6	历史上严重核事故之一:美国三里岛核事故	107
7.7	历史上严重核事故之二:苏联切尔诺贝利核事故	108
7.8	历史上严重核事故之三:日本福岛核电站事故	109
7.9	其他较严重的核事故	111
7.10	历史上两起典型的辐照事件(事故)	111
7.11	发生核事故的可能性	112
7.12	核事故演变过程	113
7.13	严重核事故释放的放射性	114
7.14	核事故都有应急预案	114
7.15	核事故影响范围广,却不是无限的	114
7.16	听从“官方指示”行动是应对核事故的最佳途径	115
7.17	哪些信息来源是“官方”的	116
7.18	核事故发生后,“官方”会采取什么行动	116

7.19	核事故应急主要方法是“避开放射性”	117
7.20	核事故发生时“不要惊慌”	118
7.21	“核事故”的早期预防是关键	119
7.22	核事故中期要采取“综合防护措施”	119
7.23	核事故恢复期的“进一步防护措施”	120
7.24	核事故应急时“碘防护”是重要的	120
7.25	服用“碘片”的误区	121
7.26	国家能够保证“碘片”及时、充足供应	122
7.27	核事故可能在一定范围污染食物和饮水	122
7.28	公众可以自己监测放射性吗	123
7.29	核事故直接造成公众死亡非常罕见	124
7.30	核事故中“钚”的毒性问题	124
7.31	核事故对环境的影响是可恢复的	125
7.32	新闻媒体在核事故中扮演的角色	126
7.33	核事故中专家的责任	127
7.34	日本应对福岛核事故的成功之处	127
7.35	福岛核事故后,国内公众对核安全普遍担忧	128
附录 常见术语、物理量和单位		129
F.1	术语	129
F.2	物理量及单位	136
F.3	部分化学元素的数据表	137
F.4	部分放射性核素数据	140
参考文献		143

1

什么是放射性

1.1 原子组成的世界

大地、蓝天、空气、江河、山川、花草树木、飞禽走兽，这是我们生活的环境，一个多姿多彩的世界。

在一个化学家的眼里，还有另一幅景象，一切都由化学元素和化学分子组成。泥土是氧、硅、金属的化合物以及碳、氢、氮等的化合物组成的复杂的混合物。空气则由两个氧原子结合成的氧分子和有二个氮原子组成的氮分子按照 21:79 的比例混合而成的，当然还混杂着二氧化碳以及水蒸气。

在一个物理学家看来，比头发丝还要细小几十万倍的化学分子也被拆解成了一个一个不同的原子。当物理学家用更高倍的放大镜观察原子的时候，发现原子更细小的结构——它有致密的原子核，在原子核的外面是一些高速旋转的电子。而原子核带着若干正的电荷，绕着它旋转的电子则带着等量的负电荷，正负电荷抵消后，整个原子看起来似乎不带任何电荷。

物理学家的发现解决了困扰了化学家很长时间的一个问题——到底是什么决定了一个原子是这种元素而不是那种元素？一个原子的原子核带多少正电荷，它的原子核外就有多少个电子负电荷（1 个电子带 1 单位负电荷）。所包含的电子数（或者正电荷数）相同的原子就是一种“元素”。化学家们给各种元素起了不同的名字，并用不同的符号表示。比如，供人类呼吸的氧气，它的组成元素是氧元素，化学符号是 O。地球上最常见也最宝贵的水，

是由氢元素和氧元素共同组成的水分子组成的。氢元素的化学符号是 H, 1 个水分子包含了 2 个氢原子和 1 个氧原子, 它的分子就可以写成 H_2O 。在自然界里, 化学家发现了九十几种元素。氢元素原子的电荷只包含 1 个电子, 而很重的铀元素原子有 92 个电子。不同元素的原子相互化合、混合, 不断变化、演进, 形成世界万物不同的形态。

历史上, 原子内部的结构问题让许多物理学家们困惑了几十年。原子是电中性的, 这一事实很早就被科学家们确认了, 所以当组成原子的电子被发现后, 科学家们立刻想到, 原子内部必须有相同数量的正电荷来抵消电子的负电荷。那么, 原子内部的这些正电荷和负电荷是怎么排布的呢? 早期科学家们认为, 考虑到电荷同性相斥, 单一的正电荷和负电荷不可能集中在一起的, 唯一合理的假设就是, 认为原子内部的电子和正电荷分散交错排布, 形成像苹果布丁那样的结构。然而, 1911 年, 著名法国科学家卢瑟福做了一次名叫“ α 粒子散射”的实验。 α 粒子是当时已知的比较重的粒子。实验开始前, 卢瑟福和其他科学家一样认为, 当 α 粒子以几万千米每秒的速度撞向另一个原子时, 如果原子结构真得像个苹果布丁, 那么 α 粒子只会受到原子很小一部分质量的阻挡, 飞行方向也只会发生很小的偏转, 如同很沉的铅球滚动时碰到一只乒乓球, 铅球并不会因此改变方向。但实验结果令人大吃一惊, 卢瑟福发现有相当数量的 α 粒子飞行方向偏转得很厉害, 甚至有些 α 粒子像撞到墙上的乒乓球一样, 反弹了回来。

实验结果是确切无误的。但这个结果大大超出了之前的预期。肯定有什么地方出了问题, 可问题出在哪里呢? 卢瑟福以科学家的敏锐和创新精神, 大胆否定了此前一直被科学界普遍接受的“原子结构的苹果布丁模型”。卢瑟福认为, 要让 α 粒子飞行方向发生如此严重的偏转, 唯一合理的解释就是 α 粒子碰撞到的东西比它更重。于是, 卢瑟福提出了原子结构的新模型“原子的核式模型”。在“原子的核式模型”里, 原子的正电荷和质量都集中在原子内部一个很小但却很重的核里——原子核, 原子的电子受