

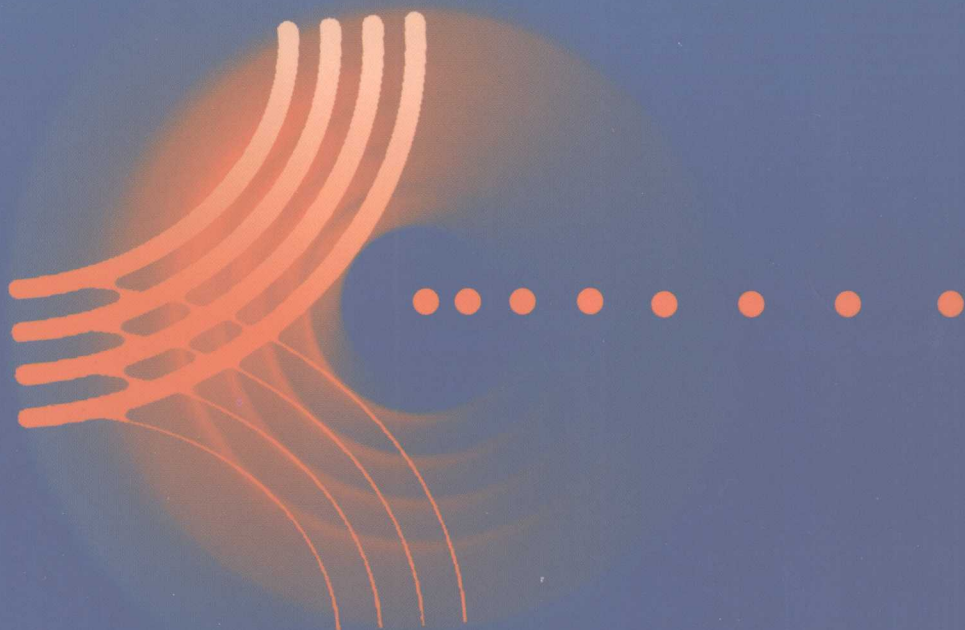
9

计量检测人员培训教材

电离辐射计量

国家质量监督检验检疫总局计量司 组编

北京市计量检测科学研究院 编写



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

电离辐射计量. 第9分册/国家质量监督检验检疫总局计量司组编; 北京市计量检测科学研究院编写. —北京: 中国计量出版社, 2008. 9

计量检测人员培训教材

ISBN 978-7-5026-2779-9

I. 电… II. ①国…②北… III. 电离辐射—计量 IV. TB98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 195478 号

内 容 提 要

本书系《计量检测人员培训教材》第9分册, 主要介绍了电离辐射计量基础知识、放射性剂量、放射性活度和中子测量, 并专门介绍了医用多排螺旋 CT-X 辐射源剂量指数、立体定向外科治疗辐射源计量参数以及近距离治疗放射治疗剂量的测量和计算。

本书可作为电离辐射计量检测人员的培训教材, 亦可供大专院校相关专业的师生以及辐射防护监督人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16开本 印张 17.25 字数 399千字

2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

*

印数 1 2 000 定价 (平装): 44.00 元

总 序

计量是关于测量的科学，是实现单位统一、量值准确可靠的活动。通过计量获得的测量结果是人们认识自然、利用自然和改造自然的重要信息工具。实际上，计量已渗透到各行各业，成为支持经济社会有序运行和可持续发展的必要条件，也是推动科技创新、提高综合国力、实现国民经济又好又快发展的重要手段。

21 世纪头 20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期。对计量工作而言，既有难得的发展机遇，也面临着巨大的挑战和考验。科学技术的迅猛发展，对作为技术创新基础的检测技术和计量保证能力产生了巨大的需求；经济结构的战略性调整和技术创新能力的明显增强，对现有的计量基标准和量值传递、量值溯源体系提出了一系列新的要求。目前，计量检测工作的内容和运作方式发生了较大的变化，计量仪器、测量手段、检测技术有了很大进步，出现了很多新型的、多参数的、多功能的测量设备和仪器；国家计量检定规程和国家计量技术规范有许多进行了修订；计量检测人员新老交替，国家对从事计量检定、校准、检验、测试等计量技术工作的专业技术人员已实行注册计量师制度。

为了加强计量专业技术人员的培训，提高计量专业技术人员素质，推动注册计量师制度的实施，我们组织有关专家编写了《计量检测人员培训教材》。这套教材涵盖了长度、热工、力学、电磁、电子学、时间频率、光学、电离辐射、声学、化学等十大计量，并介绍了计量管理和计量技术基础知识，内容丰富，知识新颖。我相信，《计量检测人员培训教材》的编撰和出版，对提高计量专业技术人员的素质，推动注册计量师制度的实施，必将起到积极的作用。

国家质量监督检验检疫总局副局长



2007 年 4 月

《计量检测人员培训教材》编审委员会

主 任：宣 湘

副 主 任：刘新民 宋 伟 马纯良

委 员：（按姓氏笔画排序）

马凤鸣	马肃林	于 靖	王建平	王顺安
邓媛芳	刘国普	艾明泽	邵 力	陈 红
陆志方	陆祖良	张益群	周伦彬	钟新明
郭洪涛	黄 涛	程新选	蔡新泉	薛润秋

第 9 分册《电离辐射计量》编委会

主 任：张宝珠

副 主 任：郭洪涛

委 员：（按姓氏笔画排序）

李 宁 张 莹 陈建新 唐方东

计量检测人员培训教材

- | | |
|---------|----------|
| 第 1 分册 | 《计量管理基础》 |
| 第 2 分册 | 《计量技术基础》 |
| 第 3 分册 | 《长度计量》 |
| 第 4 分册 | 《温度计量》 |
| 第 5 分册 | 《力学计量》 |
| 第 6 分册 | 《电磁计量》 |
| 第 7 分册 | 《无线电计量》 |
| 第 8 分册 | 《光学计量》 |
| 第 9 分册 | 《电离辐射计量》 |
| 第 10 分册 | 《声学计量》 |
| 第 11 分册 | 《时间频率计量》 |
| 第 12 分册 | 《化学计量》 |

前 言

电离辐射计量是研究电离辐射计量单位和测量的一门科学，也是电离辐射与物质相互作用应用到各个领域的充分体现。其内容涉及核物理、辐射防护、生物医学、计量学、环境工程学和临床医学等领域。近几十年来，随着科学技术的发展，特别是计算机技术的应用，电离辐射的量和单位发生了变化，测量仪器和方法也发生了很大变化。尤其在医学领域，利用电离辐射原理测量非辐射量仪器和设备如医用治疗辐射源、医用诊断辐射源等的更新换代速度加快，从医用辐射三大分支学科（X射线诊断、核医学、放射肿瘤学）的蓬勃发展，到影像医学的形成，以及介入放射学的崛起，无疑都是人类的福音。同时，随着测量手段的不断改进，计量器具的科技含量和技术性能不断提高，相应的检定规程、标准和国际建议也在不断地修订和完善。因此，电离辐射计量赋予的内涵有了新的诠释，对专业的工作人员的要求也不断提高。为此，我们根据多年的工作实践经验和相关法规、标准的要求，编写了《电离辐射计量》。

本书共分四章。第一章重点讲述电离辐射的基本概念、专业分类、常用的名词和术语及应用范围；第二章按剂量大小顺序重点讲述辐射加工水平、辐射治疗水平、辐射诊断水平、辐射防护和环境水平，同时，对本专业常用的两类剂量仪表——治疗水平剂量仪和诊断水平剂量仪进行了详细的阐述；第三章介绍用不同的探测器和不同的测量方法对放射性活度进行测量，同时，对放射性活度计， α 、 β 和 γ 表面污染仪， γ 放射免疫计数器进行重点阐述；第四章对中子物理性质、中子源、中子测量进行重点阐述。为了适应飞速发展的科学技术，特别是临床医学的应用，书中专门介绍了医用多排螺旋CT-X辐射源剂量指数、立体定向外科治疗辐射源计量参数以及近距离治疗放射治疗剂量的测量和计算，使本书增加了实用性和可读性。

本书内容力求深入浅出、简明扼要，对从事电离辐射计量的工作人员、大专院校相关专业的师生、辐射防护监督人员具有指导意义和实用价值。

本分册由六位多年从事电离辐射计量工作、有丰富实践经验的技术人

员、专家编写，并经张宝珠和郭洪涛两位专家认真审核。第一章由郭洪涛编写；第二章第一节至第三节和第六节由郭洪涛编写，第四节由张莹编写，第五节由陈建新编写；第三章第一节和第二节由郭洪涛编写，第三节由唐方东编写；第四章由李宁编写。本书在编写过程中，得到了北京市计量检测科学研究院、上海市计量测试技术研究院有关单位和计量出版社的大力支持，同时，得到彭永伦、李婧和李晓虹等同志的帮助，在此谨表谢意。

由于编者水平和编写时间所限，书中难免存在不足和差错，敬请广大读者和有关专家指正。

编者

2007年12月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 发展历史	(1)
一、X射线的发现	(1)
二、放射性发现	(2)
三、常用的辐射量和单位	(2)
第二节 专业分类	(4)
第三节 常用的名词和术语	(5)
一、一般名词和辐射量	(5)
二、测量仪器和探测器	(12)
三、计量方法、计量器具特性参数和其他名词	(16)
四、医学计量器具特性参数和术语	(20)
第四节 应用范围	(24)
一、工业方面	(24)
二、医疗方面	(25)
三、辐射安全防护和环境监测方面	(33)
四、安全检查方面	(35)
五、其他领域	(37)
第二章 放射性剂量	(39)
第一节 电离辐射基础	(39)
一、辐射	(39)
二、原子的结构与不稳定的原子核	(41)
三、核素、同位素、同质异能素	(43)
四、核衰变与衰变方式	(43)
五、核衰变规律	(45)
六、电离辐射特性	(46)
第二节 辐射加工水平	(46)
一、辐射加工用的辐射源	(47)
二、辐射加工中的剂量测量	(50)
三、剂量测量方法及传递系统	(51)
四、辐射加工中剂量分布	(66)

第三节 辐射治疗水平	(67)
一、剂量学有关物理量和单位	(67)
二、剂量学常用的原理	(68)
三、放射治疗的分类	(71)
四、放射治疗剂量的计算	(72)
第四节 辐射诊断水平	(100)
一、医用诊断 X 射线 CT 辐射源	(101)
二、医用磁共振成像辐射源	(109)
第五节 辐射防护和环境水平	(121)
一、辐射防护用 X、 γ 辐射剂量当量(率)仪和监测仪	(122)
二、X、 γ 辐射个人报警仪	(125)
三、直读式 X、 γ 辐射个人剂量当量(率)监测仪	(129)
四、环境监测用 X、 γ 空气比释功能(吸收剂量)率仪	(133)
五、个人与环境监测用 X、 γ 辐射热释光剂量测量(装置)系统	(137)
第六节 治疗水平剂量仪和诊断水平剂量仪	(140)
一、治疗水平剂量仪(计)	(140)
二、诊断水平剂量仪(计)	(145)

第三章 放射性活度

第一节 概述	(151)
一、原子核与放射性衰变	(151)
二、放射性活度	(152)
三、射线与物质的相互作用	(152)
四、探测器的分类	(153)
第二节 放射性核素测量方法	(157)
一、绝对测量方法	(158)
二、相对测量方法	(196)
第三节 放射性活度所涉及的计量器具的检定	(216)
一、放射性活度计	(216)
二、 α 、 β 和 γ 表面污染仪	(218)
三、 γ 放射免疫计数器	(220)
四、低本底 α 、 β 测量仪	(222)

第四章 中子测量

第一节 概述	(236)
一、中子的物理性质	(236)

二、中子的能量	(236)
三、中子与物质的相互作用	(237)
第二节 中子源	(238)
一、分类和特点	(238)
二、有关中子的描述	(240)
第三节 中子的测量	(242)
一、中子源强度的测量	(242)
二、中子注量的测量	(244)
三、中子能谱的测量	(245)
四、中子截面的测量	(247)
五、中子剂量的测量	(248)
第四节 中子计量仪表的检定与测量	(250)
一、参考中子源	(250)
二、仪表的检定与检测	(251)
参考文献	(263)

第一章

基础知识

第一节 发展历史

电离辐射计量专业领域是建立在近代物理学基础上的。从 19 世纪末伦琴发现了 X 射线、贝可勒尔发现放射性、居里夫妇发现镭元素以来，物理学的研究就逐步进入原子内部的原子核，走进了微观世界，深刻地改变了人类对自然界的认识。由此产生了计量 X、 γ 射线剂量的单位——照射量、空气比释动能、吸收剂量，计量放射性单位——活度，以及计量放射性防护单位——剂量当量。

一、X 射线的发现

1895 年，德国物理学家、维尔茨堡大学兼慕尼黑物理研究所所长伦琴(1845~1923 年)发现了 X 射线。在当年 11 月 8 日，伦琴在实验室的暗室内接通用黑纸密封严实的克鲁斯管(阴极射线管)时，看到附近一块涂有氰酸亚铂钡的纸板发出了浅绿色的荧光。电源断开后，荧光消失；电源接通，荧光又出现。严谨的伦琴在随后的 6 周内，连续做了大量的实验，发现新射线来自被阴极射线轰击的管壁上，并非阴极射线(电子束)本身。这种新射线能轻易穿透纸、布和木头，也能穿透金属。伦琴把自己的手放在这种射线和感光底片之间，射线穿透肌肉能在底片上留下手指骨骼的清晰图像。这张神奇的图片震惊了全世界，同年 12 月 28 日，伦琴以题目为《一种新射线(初步通信)》的论文公布了他的发现和研究成果。他将这种新射线称作 X 射线，意思是指未知的射线，后人也称作伦琴射线。由于发

现了 X 射线, 1901 年伦琴荣获了世界上首次颁发的诺贝尔物理学奖。

后人通过科学研究认识到, X 射线是高能电子打在金属靶上, 急速停止时发出的韧致辐射, 是一种频率很高、波长极短的电磁波。

二、放射性发现

1986 年 1 月 21 日, 法国物理学家贝可勒尔(1852~1908 年)用一种受日光照射后发出磷光的硫酸双氧铀钾化合物, 在太阳底下照射用黑纸包好的感光底片。他设想, 阳光不能穿过黑纸, 不会使感光底片感光, 但太阳光的紫外线会激发磷光物质产生磷光辐射, 如果磷光能产生 X 射线就能透过黑纸使感光片感光。这似乎证实贝可勒尔的假设是对的。2 月 26 日巴黎是个阴雨天, 阳光照射实验无法进行, 于是他把包好的底片和铀化合物放在一起锁在抽屉里。3 月 1 日, 他打开抽屉取出底片冲洗后发现, 底片上有很黑的斑痕, 形状和铀化合物外形一致, 这显然不是太阳光、荧光或 X 射线造成的; 磷光物质铀化合物未受阳光中紫外线照射, 不会发出磷光, 当然也不会激发 X 射线。这一现象推翻了原来的假设, 贝可勒尔认为铀化合物中还存在着一种新的自发发射的射线, 他称之为“不可见辐射”。经过连续实验, 终于证实这是铀元素自身发出的射线, 后来称作“放射性”的射线。为此, 贝可勒尔于 1903 年获得诺贝尔物理学奖。

三、常用的辐射量和单位

“剂量”一词本是医学上的专用术语, 它表示用药物治疗疾病或确定药物毒性时需要掌握的用药量。它与电离辐射的量本是两个不同的概念。自从发现了 X 射线及镭治疗疾病以及防护的需要, 迫切要求对 X 或 γ 射线的量建立一个统一的量度单位。1937 年在芝加哥召开的 ICRU 会议确定: X 射线的“量”或剂量的国际单位称作“伦琴”, 用“R”表示。

这次会议把以伦琴为单位的 X 射线的量称作剂量。以后, 人们把剂量作为 X 或 γ 射线的量沿用下来, 并扩展到 α 、 β 及中子等电离辐射。这便是辐射剂量学中这一概念的由来。

从 1962 年以来, 所谓“剂量”实际上指的是吸收剂量。

早期伦琴定义为: 在 1 伦琴 X 射线照射下, 0.001 293g 空气(标准状况下, 1cm³ 空气的质量)中释放出次级电子, 在空气中共产生电量各为 1 静电单位的正离子和负离子。

但是, 后来科学家发现用“伦琴”表示照射量和吸收剂量是不合适的。伦琴不能作为剂量的量度单位, 主要是因为当 X 或 γ 射线与物质相互作用时, 伦琴单位的定义不能正确反映被照射物质实际吸收辐射能量的客观规律。能量相同光子与物质相互作用时, 物质种类不同, 其相应的质能吸收系数也不同。所以, 1 伦琴 X 或 γ 射线的照射量被空气和组织吸收能量不同。

伦琴定义为“1cm³ 空气中产生的电离电荷为 1 静电单位”是不正确的, 在 1 伦琴 X 或 γ 射线的照射下, 在给定体积的空气中产生的电离电荷没有固定的数值, 它将随该处所达到的电子平衡的程度而变化。另外, 辐射剂量概念中不再包含照射量。

照射量(X)定义为: X 或 γ 辐射在质量为 dm 的空气中释放出来的全部电子(正电子和

负电子)被空气阻止时,在空气中产生一种符号的离子的总电荷(dQ)的绝对值除以 dm :

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (1-1)$$

注:此量不包括该质量中释放出来的次级电子发射的韧致辐射被吸收后产生的电离。

单位名称:库[仑]每千克,符号:C/kg。

照射量与伦琴的换算关系为: $1R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$ 。

照射量是表示 X 或 γ 射线在空气中产生电离大小的物理量。

照射量定义可用另一种方式表示:

$$X = \Psi \frac{\mu_{en}}{\rho} \frac{e}{\bar{W}} = K_a \frac{e}{\bar{W}} \quad (1-2)$$

式中: K_a ——光子在空气中的比释动能;

Ψ ——光子的能注量;

μ_{en}/ρ ——光子在空气中的质能吸收系数;

e ——电子的电荷;

$\bar{W}$ ——在空气中形成一对离子所消耗的平均电离能。

式(1-2)是对单能 X 或 γ 射线而言,空气中某点的照射量与同一点的能注量 Ψ 的关系。

如果式(1-2)中均用 SI 单位,如 μ_{en}/ρ : $m^2 \cdot kg^{-1}$, e : $e = 1.602 \times 10^{-19} C$, $\bar{W}$: $\bar{W} = 33.85 eV = 5.423 \times 10^{-18} J$, Ψ : $J \cdot m^{-2}$, 则照射量的单位为 $C \cdot kg^{-1}$ 。

当光子能量不是单能的,具有谱分布时,照射量应由式(1-2)对光子能谱积分求出:

$$X = \int_0^E \Psi_E \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_E \frac{e}{\bar{W}} dE \quad (1-3)$$

式中: Ψ_E ——能量为 E 的光子的能注量;

$\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_E$ ——能量为 E 的光子在空气中的质能吸收系数。

按照“伦琴”的定义,有以下的表述:

1 静电单位 = $0.333 \times 10^{-9} C$

1 伦琴 = 1 静电单位电量 / $0.001293g$

$= 0.333 \times 10^{-9} C / 1.293 \times 10^{-6} kg$

$= 2.58 \times 10^{-4} C/kg$

测量自由空气中 X 或 γ 射线照射量的空腔电离室,就是根据这个值来刻度的。在辐射防护上需要知道,受 1 伦琴 X 或 γ 射线照射时,每千克干燥空气吸收射线的能量。因为

1 电子电量 = 4.803×10^{-10} 静电单位

空气中产生一对离子所需的平均电离能: $\bar{W} = 33.97 eV$, $1 eV = 1.60 \times 10^{-19} J$, 则

$$R = \frac{\text{一个静电单位电量}}{0.001293g} \quad (1-4)$$

① 1 静电单位相当于 2.083×10^9 离子对的电荷;

② 1 个电子的电量等于 4.803×10^{-10} 静电单位;

③ 形成一对离子所消耗的平均能量 $\bar{W} = 33.97 eV$;

$$\textcircled{4} 1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-12} \text{erg} (1\text{erg} = 10^{-7} \text{J});$$

$$\textcircled{5} 1\text{rad} = 100\text{erg/g};$$

$$\textcircled{6} 1\text{Gy} = 100\text{rad}。$$

经过单位换算可得

$$\begin{aligned} R &\Rightarrow \frac{2.083 \times 10^9 \times 33.95 \times 1.6 \times 10^{-12} \text{erg}}{0.001293\text{g}} \\ &\Rightarrow 87.6\text{erg/g} \\ &\Rightarrow 0.876\text{rad} \\ &\Rightarrow 8.76 \times 10^{-3} \text{Gy} \end{aligned}$$

吸收剂量(D)定义为:任何电离辐射,授予质量为 dm 的物质的平均能量 $d\bar{\epsilon}$ 除以 dm :

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} \quad (1-5)$$

式中: $\bar{\epsilon}$ ——平均能量, SI 单位是焦耳;

D ——吸收剂量, SI 单位为焦耳每千克(J/kg), 单位的专门名称为戈 [瑞], 符号 Gy。

$$1 \text{ 戈} = 1 \text{ 焦耳/千克} \quad (1\text{Gy} = 1\text{J/kg})$$

$$1 \text{ 戈} = 10^3 \text{ 毫戈} (\text{mGy}) = 10^6 \text{ 微戈} (\mu\text{Gy})$$

吸收剂量对于各种类型的辐射,任何介质,内照射和外照射都适用。

照射量与吸收剂量的关系为:在电子平衡条件下,1伦琴 X 或 γ 射线传递给 1kg 干燥空气中次级电子的总能量为 $8.76 \times 10^{-3} \text{J}$, 因此,在空气中同样条件下,照射量与吸收剂量的关系为

$$D_a = 8.76 \times 10^{-3} X \quad (1-6)$$

式中: D_a ——空气中同一点处吸收剂量, Gy;

X ——空气中同一点 X 或 γ 射线照射量, R。

由式(1-6)可得

$$\begin{aligned} D_m &= 8.76 \times 10^{-3} \frac{(\mu_{\text{en}}/\rho)_m}{(\mu_{\text{en}}/\rho)_a} X \\ &= fX \end{aligned} \quad (1-7)$$

其中:

$$f = 8.76 \times 10^{-3} \frac{(\mu_{\text{en}}/\rho)_m}{(\mu_{\text{en}}/\rho)_a} \quad (1-8)$$

式中: D_m ——处于空气中同一点所求的组织(或物质)中的吸收剂量, Gy;

f ——转换系数, Gy/R。

第二节 专业分类

电离辐射计量专业的分类有很多种,有的按应用范围分类,有的按测量原理分类,还有的按射线大小和剂量的高低分类。目前,我国计量部门所涉及的电离辐射专业通常包括辐射剂量、放射性活度和中子剂量,而它们又可以细分为若干个项目。按照《电离辐射专

业计量检测人员考试大纲》的要求和项目的划分，电离辐射专业学科的分类见表 1-1。

表 1-1 电离辐射计量专业学科分类一览表

放 射 性 剂 量	放 射 性 活 度	中 子 剂 量
1 辐射加工水平 2 辐射工业水平 3 辐射治疗水平 4 辐射诊断水平 5 辐射防护水平 6 辐射环境水平 7 放射医学(医用治疗和诊断辐射源)	1 放射性活度测量 2 放射性核素测量 3 环境放射性测量 4 核医学(医用治疗和诊断辐射源)	1 中子源的注量和剂量的测量 2 中子射线的辐射防护

我们各省、市、自治区计量部门从事电离辐射专业的检测人员所接触最多的学科是放射性剂量和放射医学，而且，这方面的检定规程比较多。如医用 X 射线（CT）辐射源、医用 X 射线辐射源、医用加速器治疗辐射源、辐射剂量计、辐射防护仪等都是强检的计量器具，量大面广。因此，本辅导教材的讲述重点放在放射性剂量和放射医学。

第三节 常用的名词和术语

一、一般名词和辐射量

(1) 靶 target

经反应堆或加速器辐照而产生某些特定放射性核素的原料。广义上也包括靶材料及相关装置。

(2) 靶核 target nucleus

受粒子轰击而与其起某些核反应的核。

(3) 伴随（生）辐射 concomitant radiation

伴随待测辐射出现的辐射。

(4) 比释动能 K kerma K

dE_{tr} 除以 dm 而得的商，即

$$K = dE_{tr}/dm$$

式中： dE_{tr} ——不带电电离粒子在质量为 dm 的某一物质内释放出来的全部带电电离粒子的初始动能的总和。

单位： $J \cdot kg^{-1}$ ，其名称为戈瑞，符号为 Gy。

(5) 比释动能率 $\dot{K}$ kerma rate $\dot{K}$

dK 除以 dt 而得的商，即

$$\dot{K} = dK/dt$$

式中： dK —— dt 时间间隔内比释动能的增量。

(6) [源] 表面发射率 surface emission rate

放射源在 2π 球面度内的发射率。

(7) 表面污染控制水平 control level of surface contamination

为控制人的体表、衣物、器械及场所表面的放射性污染而规定的限值。

(8) 参考辐射 reference radiation

为校准辐射测量仪表以及确定其能量响应而规定的一系列具有不同能量不同发射率和其他特征的辐射。

(9) 场所监测 area monitoring

为获得与工作人员的工作环境及其所从事的操作有关的辐射水平的数据而进行的辐射监测。

(10) 超热中子 epithermal neutrons

动能大于热运动动能的中子。

注：此名词常常仅指能量刚超过热能（即可与化学键能相比）的能量范围内的中子。

(11) 电离辐射 ionizing radiation

由能够产生电离的带电粒子和(或)不带电粒子组成的辐射。电离可由初级过程产生，也可由次级过程产生。

(12) 定向剂量当量 $H'(d, \Omega)$ directional dose equivalent

辐射场（见 3.22）中某一点处定向剂量当量 $H'(d, \Omega)$ 是相应的扩展场在 ICRU 球体内指定方向 Ω 的半径上深度 d 处产生的剂量当量。

注：对弱贯穿辐射，推荐的深度为 0.07mm。

(13) 发射率 emission rate

一个给定的放射源，在单位时间内发射出的给定类型和能量的粒子数。

(14) 反散射 back-scattering

粒子或辐射被物质散射时，相对于它们入射方向的角度大于 90° 的散射。

(15) 放射性活度 activity

在一确定时刻，某一特定能态的一定量的放射性核素的活度 A 是 dN 除以 dt 所得的商，其中 dN 是时间间隔 dt 内该能态上自发核跃迁数的期望值，即

$$A = dN/dt$$

单位名称为贝可[勒尔]，符号为 Bq， $1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$ 。

(16) 放射性平衡 radioactive equilibrium

某一衰变链中，各放射性核素的活度均按该链前驱核素的平均寿命随时间作指数衰减的状态。

注：

1 这种放射性平衡只有在有前驱核素的平均寿命比该衰变链中其他任何一代子体核素的平均寿命长时才是可能的。

2 如果前驱核素的寿命很长，以致在考察期间前驱核素总体上的变化可以忽略，那么所有核素的放射性活度将几乎相等。这种平衡称为长期平衡。否则，就称为短期平衡。

(17) 放射性气溶胶 radioactive aerosol

含有放射性核素的固体或液体微粒在空气或其他气体中形成的分散系。

(18) 放射性污染 radioactive contamination

是指由于人类活动造成物料、人体、场所、环境介质表面或者内部出现超过国家标准的放射性物质或者射线。

(19) 放射源 radioactive source

用作电离辐射源的放射性物质。

(20) 放射治疗 radiotherapy

医学中利用电离辐射的照射,对肿瘤及其他疾病进行治疗或控制的一种技术。

(21) 分支比 branching ratio

两种(或两种以上)特定方式的衰变的分支份额的比。

(22) 辐射场 radiation field

辐射传播所通过的区域。

(23) 辐射防护 radiation protection

研究保护人类及其生活环境免受或少受辐射损害的应用性学科。这里所说的辐射,从广义上说,既包括电离辐射也包括非电离辐射,后者如微波、激光和紫外线等;从狭义上说,则仅包括电离辐射,此时亦称放射防护。

(24) 辐射化学产额 $G(X)$ radiation chemical yield $G(X)$

$n(X)$ 除以 $\bar{\epsilon}$ 而得的商,即

$$G(X) = n(X) / \bar{\epsilon}$$

式中: $n(X)$ ——由于授予物质平均能量 $\bar{\epsilon}$ 而使第一指定实体 X 中生成、破坏或变化的物质的平均量。

单位: $\text{mol} \cdot \text{J}^{-1}$ 。

(25) 辐射加工 radiation processing

用电离辐射作用于物质,使其品质或性能得以改善的一种技术。

(26) 辐射源 radiation source

能发射电离辐射的装置或物质。

(27) 个人监测 personal monitoring

为获得工作人员个人所接受的辐射水平而进行的辐射监测,常用工作人员个人配带的装置和通过对体内或排泄物中放射性核素的测量进行监测。

(28) 个人剂量当量 personal dose equivalent

人体某一指定点下面适当的深度 d 处的软组织内的剂量当量。

注:个人剂量当量既适用于强贯穿辐射,也适用于弱贯穿辐射。对强贯穿辐射,推荐深度 $d = 10\text{mm}$;对弱贯穿辐射,推荐深度 $d = 0.07\text{mm}$ 。

(29) 共振能 resonance energy

正好可以激活复合核中某一能级的入射粒子的动能(以实验室系表示)。

(30) 环境监测 environmental monitoring

在操作放射性物质或辐射源的设施边界外面进行的辐射监测。

(31) 剂量当量 H dose equivalent H

组织中被研究的某一点处 D 和 Q 的乘积,即

$$H = DQ$$

式中: D ——吸收剂量;