

国际辐射单位与测量委员会第 34 号报告

脉冲辐射 剂量学



中国计量出版社

R144.1

439

脉冲辐射剂量学

国际辐射单位与测量委员会第34号报告

唐鄂生 雷传衡 译

陈常茂 校

中国计量出版社

内 容 提 要

本书主要对直线加速器、电子回旋加速器、同步加速器或场发射脉冲发生器等辐射剂量的测量所遇到的一些特殊问题给予指导。它针对不同特点,分别讨论了电离室、化学剂量计、量热计和固体剂量计对脉冲辐射的测量方法。

本书可供从事加速器束流测量、辐射防护、放射医学、放射生物学及工业辐照应用等工作的广大科技人员参考,也可供大专院校有关师生参考。

The Dosimetry of Pulsed Radiation
ICRU REPORT 34
International Commission on Radiation
Units and Measurements
1982.8.

脉 冲 辐 射 剂 量 学
国际辐射单位与测量委员会第 34 号报告

唐鄂生 雷传衡 译
陈常茂 校

—*—
中国计量出版社出版
北京和平里11区7号
河北省三河县中赵甫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

—*—
开本 787×1092/32 印张 3.75 字数 75 千字
1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷
印数 1—5000 定价 0.97 元
统一书号 15210·533

ISBN 7-5026-0004-3/TB·5

前 言

ICRU 的活动范围

国际辐射单位与测量委员会 (ICRU) 自 1925 年成立以来, 它的主要任务一直是在下列几方面提出国际上可接受的建议:

- (1) 辐射与放射性的量和单位;
- (2) 在临床放射学与放射生物学中适于测量和应用这些量的方法;
- (3) 在应用这些方法时, 为确保报道的一致性所需要的物理数据。

对于放射防护领域, 本委员会也研究并提出类似型式的建议。在这一方面, 本委员会的工作是与国际放射防护委员会 (ICRP) 紧密合作进行的。

方 针

ICRU 致力于搜集、评价与辐射测量和剂量学问题有关的最新数据和资料, 并推荐最能被接受的数值和技术供当前使用。

本委员会的建议经常不断地进行复查, 以适应辐射应用的迅速推广。

ICRU 认为, 为建立和保存国家基准而制订详尽的技术程序属于各国国家机构的职责。然而, 本委员会极力主张各国尽可能与国际推荐的辐射量和单位的基本概念保持一致。

本委员会认为其职责在于建立一套应用范围最为广泛的量和单位。有时会发生这样的情况，即某一个现存问题的权宜之解似乎可予推荐。然而一般说来，本委员会认为，从长远观点看权宜之计是不可取的；本委员会力图将其决定建立在所期望的长远利益的基础上。

ICRU 征求并欢迎对其建议和报告提出建设性评论和意见，并均可转达到委员会主席。

目前的计划

本委员会已将其感兴趣的工作范围分成十二个技术领域，并指定一位或几位委员负责鉴别各领域内适于委员会新的活动的有可能性的题目。对每一技术领域组成一个顾问团体，就该技术领域内是否须要提出本委员会的建议，以及对某一经过鉴别的需要提出针对性的方法，向委员会提出意见。每一领域由发起人和顾问定期复查，然后由本委员会就这些小组对新报告的建议加以审查并规定其次序。

这些技术领域为：

辐射治疗

诊断放射学

核医学

放射生物学

放射性

辐射物理——X 射线、 γ 射线及电子

辐射物理——中子和重粒子

辐射防护

辐射化学

临界数据

理论方面

量和单位

ICRU 报告的实际准备是由本委员会各报告委员会进行的。由本委员会的一位或几位委员作为每个报告委员会的发起人，并与本委员会保持紧密联系。目前正在工作的报告委员会有关于如下方面的：

高剂量下的绝对剂量学和相对剂量学

化学剂量学； C_A 与 C_E

中子和临床剂量学

计算机在放射治疗中的应用

计算机层析照相的定义和术语

用于插入疗法的源周围吸收剂量分布的确定

腔内和插入疗法报道用的剂量规范

高能电子束剂量学

等效材料和组织的模拟物

人体中低水平放射性的测量

微剂量学

影屏-胶片系统的调制传递函数

剂量当量指数的实际测定

诊断放射学设备的质量保证

外射束治疗设备的质量保证

闪烁照相机的规范和质量保证；阻止本领

ICRU 报告

1962 年，本委员会认识到三年一期的报告范围太广泛，而在某种情况下由于过于专门化，对单行本的发行很难作出判断，于是着手出版系列报告，每期涉及的专题范围有限。这种系列是从下列六篇报告发行开始的：

ICRU 报告 10., 辐射量和单位

ICRU 报告 10_b, 辐照的物理特性

ICRU 报告 10_c, 放射性

ICRU 报告 10_d, 临床剂量学

ICRU 报告 10_e, 放射性生物剂量学

ICRU 报告 10_f, 评价放射学设备和材料的方法。

这些报告就象本委员会以前的许多报告一样, 由美国政府印刷局以美国国家标准局手册的方式出版。

1967 年, 本委员会决定, 今后由 ICRU 正式提出的建议将由委员会自行出版。本报告就是按此方针由 ICRU 出版的。除 ICRU 报告 10_a、10_d 和 10_e 外, 第“10”系列中的其他报告仍继续有效。由于后来没有专门拟订取代它们的新报告, 在其内容基本上不能适用之前, 这些报告将保持有效性。然而, 今后 ICRU 的所有报告将由本委员会自行出版。目前可得到的 ICRU 报告请参阅本书第100页。

ICRU 与其他组织的关系

本委员会除与国际放射防护委员会有密切关系外, 还与对辐射量、单位及测量等问题有兴趣的其他组织建立了联系。自 1955 年以来, ICRU 已经与世界卫生组织 (WHO) 建立了正式关系, 从而在辐射单位和测量方面, 世界卫生组织指望从本委员会这里得到最主要的指导, 而世界卫生组织在世界范围内协助传播本委员会的建议。1960 年, ICRU 取得了国际原子能机构的咨询地位。本委员会与联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 有正式的关系, 从而联合国原子辐射效应科学委员会邀请本委员会的代表作为观察员参加会议。本委员会还和国际标准化组织 (ISO) 非正式地交换会议通知书, 并与国际标准化组织两个技术委员会有正式联系。本委员会还与下列组织有书信往来并交换最终报

告。

国际法制计量局

Bureau International de Metrologie Legale

国际计量局

Bureau International des Poids et Mesures

欧洲共同体委员会

Commission of the European Communities

国际医学科学组织理事会

Council for International Organizations of Medical
Sciences

食品与农业组织

Food and Agriculture Organization

国际科学协会理事会

International Council of Scientific Unions

国际电工委员会

International Electrotechnical Commission

国际劳工局

International Labor Office

国际放射防护协会

International Radiation Protection Association

国际理论物理与应用物理协会

International Union of Pure and Applied Physics

联合国教科文组织

United Nations Educational, Scientific and Cultural
Organization

本委员会已经体验到与上述各组织的关系是富有成效的，并且对本委员会的计划有很大的益处。与这些国际组织的关系并不影响本委员会与国际放射学学会的基本关系。

工 作 经 费

在本委员会成立的初期，基本上是在志愿的基础上进行工作的，由参与者所在组织担负旅差和工作费用（最初只受国际放射学学会资助）。考虑到继续在这种不确定的基础上进行工作不切实际，就从各种来源寻找工作经费。

已经从下列组织取得财政资助：

阿格法-格维尔特股份公司

Agfa-Gevaert, N. V.

英美烟草公司制烟厂

B. A. T. Cigaretten Fabriken GMBH

中央电业局

Central Electricity Generating Board

欧洲共同体委员会

Commission of the European Communities

国际医学科学组织理事会

Council for International Organizations of Medical
Sciences

丹麦科学基金会

Danish Scientific Fund

荷兰辐射诊断学会

Dutch Society for Radiodiagnostics

柯达公司

Eastman Kodak Company

杜邦戴纳摩尔公司

E. I. duPont de Nemours and Company

福特基金会

Ford Foundation

富士摄影公司
 Fuji Photo Company
 通用电气公司
 General Electric Company
 日立医学公司
 Hitachi Medic
 国际原子能机构
 International Atomic Energy Agency
 国际辐射防护协会
 International Radiation Protection Association
 国际放射学协会
 International Society of Radiology
 意大利放射学协会
 Italian Radiological Association
 日本射线机械工业协会
 Japan Industries Association of Radiation Apparatus
 约翰和奥古斯塔·帕尔逊基金会
 John och Augusta Perssons stiftelse
 小西-六摄影公司
 Konishi-Roku Photo Company
 美国卫生、教育、福利部国立癌症研究所
 National Cancer Institute of the U.S. Department
 of Health and Human Services
 菲利普公司灯泡制造厂
 N.V. Philips Gloeilampenfabrieken
 菲利普医学联合公司
 Philips Medical Systems, Incorporated
 皮克公司

Picker Corporation

潘尼 X 射线公司

Pyne X-Ray Corporation

北美放射学会

Radiological Society of North America

洛克菲勒基金会

Rockefeller Foundation

西玛苏公司

Shimadzu Corporation

西门子公司

Siemens Aktiengesellschaft

核医学学会

Society of Nuclear Medicine

丹麦医学研究理事会

Statens laegevidenskabelige Forskningsrad

东芝公司

Toshiba Corporation

联合国

United Nations

美国食品和药物管理放射保健局

**U.S. Bureau of Radiological Health of the Food and
Drug Administration**

世界卫生组织

World Health Organization

施乐公司

Xerox Corporation

除了这些组织提供经济上的直接资助外，还有许多组织对本委员会的计划给予间接支援。支援形式很多，其中包括

下列几种资助：(1)各成员参加本委员会活动的时间，(2)出席本委员会会议的旅差费，(3)会议设施及服务工作。

鉴于支援本委员会计划的所有组织提供了慷慨的资助，使本委员会的工作得以进行，对此深表感谢。

国际辐射单位与测量委员会

主席：H.O.Wyckoff

美国华盛顿哥伦比亚特区

1982年7月15日

目 录

前言	(1)
1 引言	(1)
1.1 范围	(1)
1.2 目的	(1)
1.3 剂量、剂量率及剂量计	(2)
1.4 脉冲辐射	(2)
1.5 定义脉冲辐射的时间参量	(3)
1.5.1 电离剂量学中的时间参量	(4)
1.5.2 化学剂量学中的时间参量	(5)
1.5.3 脉冲的时间结构	(5)
1.5.4 吸收剂量率的分类	(6)
1.5.5 瞬时脉冲	(7)
1.6 脉冲的监测	(7)
1.7 高 LET 的脉冲辐射	(8)
2 电离剂量学	(10)
2.1 布喇格-戈瑞 (Bragg-Gray) 理论与离子复合	(10)
2.2 在恒定的收集电压下一般复合的计算	(11)
2.2.1 理论假设	(11)
2.2.2 平行板电离室中的收集效率	(12)
2.2.3 收集效率与实测的电荷密度之间的函数关系	(15)
2.2.4 空间电荷的屏蔽效应	(15)
2.2.5 圆柱形或球形电离室	(16)
2.2.6 估价收集效率的“两点法”	(19)
2.2.7 “扫描束”辐照技术中的收集效率	(22)
2.2.8 重叠脉冲的效应	(24)

2.3 自由电子的收集	(25)
2.3.1 平行板几何形状	(26)
2.3.2 圆柱形几何形状	(26)
2.4 电容器型电离室	(27)
2.4.1 小脉冲串的收集效率	(27)
2.4.2 单个大脉冲的收集效率	(28)
2.4.3 两点饱和检验的不适用性	(28)
2.5 真空电离室 (SEMIRAD)	(29)
2.6 单粒子探测器的应用	(30)
2.7 脉冲辐射电离室的设计	(30)
2.7.1 用于每脉冲 0.01 Gy 的设计实例	(31)
3 化学剂量学	(33)
3.1 短脉冲辐照期间和辐照后的反应	(33)
3.2 辐射化学的产额 $G(X)$	(35)
3.3 弗里克 (Fricke) 剂量计	(36)
3.4 适用于每一脉冲具有大吸收剂量的系统	(39)
3.5 利用自由基或其他瞬态产物的光吸收剂量学	(40)
3.5.1 测量方法	(41)
3.5.2 对脉冲宽度的修正	(42)
3.5.3 系统响应时间的修正	(44)
3.6 实用的自由基剂量学系统	(46)
3.6.1 硫代氰酸盐剂量计	(46)
3.6.2 水合电子剂量计	(48)
3.6.3 靛亚铁酸盐剂量计	(49)
3.6.4 弗里克剂量计	(50)
4 脉冲辐射的量热剂量学	(52)
4.1 优越性	(52)
4.2 局限性	(52)
4.3 本节的范围	(53)
4.4 量热计	(53)
4.4.1 吸收介质的温升	(53)

4.4.2	传感器的温升	(55)
4.4.3	传感器的平衡时间	(56)
4.4.4	透射监测器	(61)
4.5	实际的量热计系统	(63)
4.5.1	绝热量热学	(63)
4.5.2	气体样品的剂量学	(64)
4.5.3	电导率变化的量热学	(64)
4.5.4	全息照相量热学	(65)
4.5.5	水模体中吸收剂量的分布	(65)
4.5.6	量热学中的热损	(66)
4.5.7	放射生物学中的量热学	(67)
4.5.8	单个脉冲监测器	(68)
5	固体剂量学系统	(71)
5.1	优越性和局限性	(71)
5.2	剂量计的种类	(72)
5.3	积分式剂量计	(72)
5.3.1	系统的选择	(73)
5.4	可以重复读出的系统	(74)
5.4.1	光吸收	(74)
5.4.2	发光系统	(77)
5.5	只允许单次读出的系统	(78)
5.6	指示吸收剂量率的系统	(79)
5.6.1	半导体器件	(79)
5.6.2	在外加电压下工作的半导体	(80)
5.6.3	在没有外加电场下工作的半导体	(81)
5.7	检验系统响应的线性	(82)
6	总结	(83)
6.1	电离剂量学	(83)
6.2	化学剂量学	(83)
6.3	量热剂量学	(84)
6.4	固体系统	(84)

附录	(85)
离子的迁移率和复合系数: μ 值	(85)
参考文献	(87)
ICRU 报告	(100)

1 引 言

1.1 范 围

产生短脉冲辐射的辐射源目前已广泛应用，看来随着这种短脉冲辐射剂量测量而来的特殊方法需要有某种指导。直线加速器，电子感应加速器，同步加速器或场致发射脉冲发生器的脉冲输出在 10^{-9} — 10^{-6} s 范围内，其间距至少几毫秒。带有场致发射阴极的电容器放电加速器通常产生单个的或频率极低的大脉冲，其持续时间远小于 $1\mu\text{s}$ 。

如果采取某些必要的措施并选用适当的校准系数，则测量恒电位 X 射线源或 γ 射线源的连续辐射所用的大多数剂量学方法也可用于脉冲辐射测量。这样，电离室、化学剂量计、量热计或固体剂量计方法均可使用，仅视具体情况而定。这四种方法将分别加以研究。在本报告中，认为大部分基本的物理和化学知识是不成问题的，因而把注意力集中于每种方法对脉冲辐射的响应特性上。

1.2 目 的

本报告旨在对从事脉冲辐射测量的人们所遇到的特殊问题指出最方便和准确的方法，并不希望取代与此专题有关的教科书或科学专著。因此，经常给出未加详细证明的规律，但指出可以找到出处的参考文献。不同方法的准确度必然取决于为之实现所用到的大量专门知识，然而本报告的目的是，在每一种特定方法最适用的场合对任何必要的注意事项