

N C R P 5 6 号 报 告

来自消费品及其它辐射源的 辐射照射

— 美国国家辐射防护与测量审议会的建议

218
63
-1

原 子 能 出 版 社

NCRP 56号报告

来自消费品及其它辐射 源的辐射照射

——美国国家辐射防护与测量审议会的建议

曹金盛

王 懿

译

叶常壹

程冠生

校

原子能出版社

Radiation Exposure From Consumer
Products and Miscellaneous Sources

Recommendations of the
National Council on Radiation
Protection and Measurements

NCRP Report No. 56

Issued November 1, 1977

来自消费品及其它辐射源的辐射照射

——美国国家辐射防护与测量审议会的建议

曹金盛 王 懿 译

叶常青 程冠生 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京市顺义县牛栏山一中印刷厂印刷

(北京市顺义县牛栏山一中)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售



开本787×1092 1/32·印张2.875·字数67 千字

1986年9 月北京第一版·1986年9月北京第一次印刷

印数1 — 1200·统一书号: 15175·676

定价: 0.65元

内 容 简 介

在使用一些含放射性物质的消费品以及其它辐射源时，居民可能受到这些电离辐射源的照射。本书为美国辐射防护与测量审议会对此问题的一份调查和评价报告。这些辐射源分为三类。第一类为电子产品，如电视机、电子显微镜和机场行李检查系统等。第二类为放射性物质，包括加工的，例如校正源、静电消除器、烟雾探测器等，以及天然的，例如烟草、建材、燃料、玻璃和陶瓷制品等。第三类为其它辐射源，如高压真空电子装置、受污染的原材料和空运的放射性物质等。

该报告发表于1977年，其中对居民平均剂量的估算是针对美国社会上使用这些辐射源的情况而言；但本书涉及的各种辐射源的测试结果，对核技术应用日益发展的我国目前情况，仍有重要的参考价值。本书系通俗性技术报告，适合于放射卫生防护部门的管理人员和专业工作者以及大、中学学生阅读。对一些关心此问题的其他人员和居民，此书也是一本有参考价值的读物。

序 言

美国国家辐射防护与测量审议会(NCRP)*已经开始一项计划,旨在调查和评价所有各种可能使居民受到照射的电离辐射源。将按天然本底照射、职业性照射等几个大类进行辐射剂量的估算。尽可能用便于把不同种类的辐射源及照射进行比较的数量和单位来给出估算结果。

本报告为此计划所安排的一系列报告中的第二份,它涉及消费品及其它辐射源对居民辐射剂量的估算。报告中提到的消费品所产生的电离辐射,在大多数情况下与设计此消费品的实际用途无关。属于此类消费品及其它辐射源包括有:电视机、高压整流器和控制电路、静电消除器、放射性发光装置、假牙、电子显微镜、机场行李扫描器、烟雾探测器、用核爆炸激励方法生产的天然气以及易燃矿物燃料。本报告介绍了哪些消费品可能是电离辐射源,并在多数情况下提供了居民成员受上述每一种辐射源照射的定量资料。

此报告是由本审议会所属的“关于消费品所致电离辐射的第28科学委员会”编写的。在编写本报告期间,参加此科学委员会工作的有:

主席 Dade W. Moeller

成员 John A. Auxier

Robert L. Butenhoff

*1964年改名为国家辐射防护与测量审议会(缩写仍为NCRP)。——译者注

John C. Villforth
Richard N. Walz
Edward F. Wilson

顾问 Kenneth Baker

美国国家辐射防护与测量审议会的工作人员Gerald Cohen和Thomas Fearon 对本科学委员会的工作给予了帮助。

本审议会对科学委员会的委员和顾问为编写本报告所花费的时间和所作出的努力表示感谢。

美国国家辐射防护与测量

审议会主席Warren K. Sinclair

1977年8月15日于马里兰州贝塞斯达

目 录

序言	1
1. 引 言	1
2. 电子 产 品	2
2.1 不希望有的副产品X射线	2
2.1.1 电视机	2
2.1.2 冷阴极气体放电管	7
2.1.3 电子显微镜	13
2.2 有意产生的 X 射线	15
2.2.1 机场检查系统	15
2.2.2 人员扫描系统	21
2.2.3 鞋型选配用荧光镜	23
3. 放射 性 物 质	23
3.1 加过工的放射性物质	23
3.1.1 放射性发光制品	23
3.1.2 校正源	29
3.1.3 静电消除器	30
3.1.4 火花隙辐照器	31
3.1.5 气体与气溶胶探测器 (“烟雾探测器”)	32
3.1.6 含钍的个人剂量计	33
3.1.7 身 份 证	35
3.2 天然放射性物质	35
3.2.1 烟草 制 品	35
3.2.2 建 筑 材 料	36

3.2.3	道路修筑材料.....	39
3.2.4	燃料	39
3.2.5	玻璃与陶瓷制品	48
3.2.6	钍制品	53
4.	其它辐射源	55
4.1	高电压真空电子装置	55
4.2	受污染的原材料	59
4.3	含放射性的剩余物资的处理	61
4.4	空运的放射性物质	63
5.	结 语	65
	参考文献	73

1. 引言

近几十年来，美国居民从市场上购得的消费品的种类与数量有了巨大的增加。其中有许多消费品含有一些异常的物质，其性质和特点并不为一般的居民所了解（Abelson, 1973）。发射电离辐射便是这种性质之一。在很多情况下，这种电离辐射往往与这种消费品的用途无关。属于此类的消费品和其它辐射源包括有：电视机、高压整流器和控制电路、静电消除器、放射性发光装置、电子显微镜、机场行李扫描器、烟雾探测器、用核爆炸激励方法生产的天然气以及易燃矿物燃料等。

1968年通过的“辐射控制保健安全法”提出了电视机辐射的特殊问题。1972年的“消费品安全法”表明联邦政府已承认消费品的安全是个普遍问题。由于人们对消费品的安全问题的关注，尤其是需要查明消费品的辐射使居民受到的照射量，因此在1972年“美国国家辐射防护与测量审议会”成立了第28科学委员会，负责评价消费品及其它辐射源所致的辐射照射量。

这个委员会的主要任务是，查明可能成为电离辐射源的消费品以及提供每种这样的消费品对居民成员引起的关于典型剂量当量范围的定量资料。在可能的情况下，在作出关于某种产生电离辐射的消费品是否可以用不对居民产生照射且能达到同样目的的某种其它方法来代替的决定时，还要求该委

员会提供情报予以协助，本报告正是此种努力的结果。

本报告引用的资料，主要来自公开发表的科技文献。在公开发表的资料不能说明问题的情况下，本委员会则利用未发表的但被认为是可信的资料。然而，由于这些资料只有一定程度的可靠性，所以本报告包括的部分资料也只有一定程度的可靠性。

2. 电子产品

2.1 不希望有的副产品X射线

2.1.1 电视机

1955年国际放射防护委员会(ICRP)建议，在家用电视机的任何可接近的表面上，所发射的X射线不应超过 2.1mR/h (ICRP, 1955)①，在这以后，一直沿用了这一控制电视机X射线照射量的非法定标准。在1960年，国际放射防护委员会(ICRP, 1960)和美国国家辐射防护与测量审议会(NCRP, 1960)都建议把上述标准降低，提出在正常使用条件下距离电视机表面5cm的任何易接近的部位，每

①1955年以前，电视机厂是根据美国标准协会1946年的有关规定生产的。

该规定提出，能产生不希望有X射线的任何电子管，其表面X射线的限值为

12.5mR/h 。

10cm²上的平均X射线不得超过0.5mR/h。这一修改主要是根据Braestrup和Mooney (1959) 的研究工作提出的。

截至1967年, 在美国彩色电视机的销售量约为1500万台, 而且这一数字正以每年约450万台的速度增长, 而彩色电视机制造厂商的自发努力尚不足以使X射线照射量率控制在推荐的标准之下, 遂使这种情况成为公众关注的问题, 也成为国会听证会的一项议题。黑白电视机不包括在内, 因为它们的阴极射线管 (CRT) 加速电压和电流较低。然而, 彩色电视机的阴极射线管需要较高的阳极电压, 其管电流约比黑白电视机大5倍。此外, 许多电路含有稳定用的电压调整管。这种电视机含有多达3个独立的X射线源——显像管、分流调整管和真空整流器。

1967年5月, 一家大的彩色电视机制造厂宣布, 要将9万台大荧光屏电视机收回并加以改装, 以便能遵守“美国国家辐射防护与测量审议会”推荐的0.5mR/h的标准限值。在这一行动的影响下, 在佛罗里达州对其它彩色电视机进行了一次现场调查 (NCRH, 1968a)。在被检查的149台彩色电视机中, 有23台超过推荐的0.5mR/h限值, 其中2台超过100mR/h。对超过标准的电视机, 制造厂商都采取了措施来解决这一问题。1967—1968年在美国首都华盛顿, 对家庭使用的1124台彩色电视机作了一次调查, 发现76%的电视机没有释出可测出的X射线, 而6%的电视机其照射量率超过美国国家辐射防护与测量审议会的推荐值 (NCRH, 1968b)。以后, Becker (1970, 1971) 在纽约, Das Gupta 和 Fujimoto (1970) 在加拿大, 以及波多黎各共和国卫生部 (CPRDH, 1971) 所作的调查均得到类似的结果。

将电视机的高压从26—34kV (电压范围超过规范)降低至18—25kV (正常范围), 可使电视机过高的X射线发射量减少0.1mR/h。虽然在工厂里电视机的电压被调到可接受的水平, 但后来维修人员为了提高图象质量, 常常将电压提高。

在美国, 国会通过了“1968年辐射控制保健安全法”(PL90-602, 1968), 授权予食品和药物管理局主要负责实施。电视机的性能标准于1970年正式通过, 并借“辐射控制保健安全法”加以实施。规定照射率限值为0.5mR/h, 并用美国国家辐射防护与测量审议会(1960)推荐的仪器进行测量。设计3种新的测量方式(详见性能标准), 以便保证即使在最差的使用条件下电视机的照射量率也不超过规定的限值。为了达到此要求, 正如性能标准中规定的, 在正常使用条件下, 在距离5cm处的照射量率通常远远小于0.5mR/h。

在1968或1969年, 居民受到电视机X射线的照射或许达到了最高峰, 而在1956年首批彩色电视机问世时, 照射量实际上是零(EIA, 1971)。Braestrup和Mooney (1959)曾作过估计, 按照在5cm处0.5mR/h的容许水平, 在正常观看条件下, 平均性腺吸收剂量率可达4.3—17.2mrad/a。Neill等(1971)和电子工业协会X射线特别委员会(EIA, 1971)都对首都华盛顿1967—1968年调查的资料(NCRH, 1968a; NCRH, 1968b)进行了分析。Neill等估计, 对于在5cm处照射量率为0.043mR/h的电视机和电视观众的一般情况来说, 男性平均性腺吸收剂量率估计为0.7—1.5mrad/a, 女性平均性腺吸收剂量率为0.2

—0.4mrad/a, 此范围与Braestrup和Mooney (1959) 早先的估计值大体一致。在华盛顿调查中(NCRH, 1968a; NCRH, 1968b), 有人估计, 电视观众中有1%的人数, 其性腺吸收剂量比平均值高60倍。电子工业协会X射线特别委员会(EIA, 1971)对于相同资料作了更为详尽的分析之后, 得出美国居民1968年初使用电视机而受到的遗传上有意义的平均年剂量当量为0.5mrem。然而必须承认, 所有有意义的照射量(即比平均值高60倍的量), 只发生在少数家庭中, 并且只是使用彩色电视机的家庭。

自1968—1969年以来, 从彩色电视机发射的X射线量已明显减低。以上列举的晚些时候的调查中, 显示了这种趋势, 例如在Becker的第二次调查(1971)中, 超过非法定标准的较老的彩色电视机, 其数目有明显下降的趋势。该次调查中, 凡是由经工厂训练的维修人员维修的老式彩色电视机, 凡是在性能标准生效日之后生产的彩色电视机, 没有一台X射线照射量率超过0.1mR/h。

美国一些电视机制造厂商, 从1968和1969年开始, 制定了培训和(或)情报计划, 以便保证对检修的彩色电视机的高压进行测定并尽可能调低。在美国, 薄壁显象管、分流调整管和高压整流管已停止生产。目前, 后两种管子采用较厚的屏蔽。较新的彩色电视机已进行广泛的改进或重新设计。对检修时需要调节的部件已作了重新设计, 使之在按需要调节后能符合规定, 或将其永久固定, 或取消。分流调整管不再使用。采用电压“降低”电路, 或“限制器”电路, 是常见的设计上的特点②。许多电路是全固体线路, 因此高压整流

②这种电路可防止操作者或维修人员将电压调高到超过规定的最大值。

管可以取消。然而，偶而仍有报告谈到，有人要求电视机制造厂商把在测试条件下电压超过性能标准规定限值的电视机退回工厂（如BRH，1975）。

1970年之前生产的老彩色电视机的数量正在减少，但它们仍是目前居民受到电视机X射线照射危害的部分来源。这些电视机预计还有5—8年的使用寿命。如果最近由经过训练的维修人员进行检修，可能已换上了改进后的组件，例如更换声名狼藉的分流调整管。对高压作了适当调节后，老的彩色电视机将不再对居民辐射剂量有显著贡献。但是，一些新的调查，例如Becker（1971）所作的那些调查，表明有10%的老彩色电视机，即使在对高压作了适当调节后，产生的辐射量仍超过推荐的水平。新型电视机也可能是居民的X射线照射源，这点已在放射保健局不断采取的检查中得到证实。放射安全问题需要工厂和政府当局继续保持警惕。

近来出现的一种新情况也应引起重视。自1973年以来，美国的一些主要电视机制造厂商和一些外国厂商，在销售显象管电压更高的彩色电视机。为了使这些电视机保持在安全限度以内和符合联邦政府的标准，就需要改进电路设计和采用改进的显象管。自1973年以来美国厂商生产的彩色显象管，以及最近由外国厂商生产的彩色显象管，采用了辐射减弱性能较好的玻璃。但由于电子有效能量较高，它的穿透本领增加了，所以定期重新评价实际的辐射水平，并与联邦政府规定的性能标准作比较，将是必要的。通过审阅报告、访问工厂和在美国政府实验室内进行测试等手段，正在对所有电视机是否符合要求实行继续不断的监督。

假如5000万男观众平均年性腺吸收剂量当量为1.5mr-

em, 5000万女观众平均年性腺吸收剂量当量为4mrem, 那末这种辐射源对全体居民平均年性腺剂量当量的贡献值, 估计为0.5mrem。

2.1.2 冷阴极气体放电管

气体放电装置的首次应用是在十九世纪后半期。那时的物理科学家观察了各种放电现象, 试图研究物质的结构和性质。今天, 这些气体放电管的主要用途, 是在教学单位中用于物理现象的教学示范。

美国物理教师协会认为, 在中学应用产生辐射的装置可能会涉及到健康问题, 因此于1961年向美国国家辐射防护与测量审议会提出要求, 希望能得到适合他们情况的放射防护资料。在美国国家辐射防护与测量审议会对理科教师进行询问调查并获得了基本的资料之后, 放射保健局于1962年对4所中学使用的这种装置作了物理调查。由美国国家辐射防护与测量审议会指定的一个科学委员会, 对这些资料进行了评价, 并得出如下结论: 可能有问题, 需要进一步考察。在进行这样的考察以后, 美国国家辐射防护与测量审议会于1966年公布了第32号报告, 题为“教学单位中的放射防护”(NCRP, 1966)。在该报告中, 美国国家辐射防护与测量审议会提出了18岁或18岁以下学生的最大容许剂量的建议。该报告指出, 一般来说气体放电管是潜在的X射线源, 在这方面特别提到冷阴极X射线管。然而该报告没有特别指出哪种气体放电管在使用过程中可能伴随产生X射线。

X射线管可粗略地分为两类, 即充气管和真空管。(或热阴极电子射线管)。在充气管内, 由于阳离子轰击, 电子

从冷阴极表面释放出来。这些阳离子是由管内所含的气体原子电离产生的。在热阴极电子射线管内，高度真空，轰击电子通过热发射从加热的灯丝上释放出来 (Coolidge and Charlton, 1945)。

目前，美国一些科学器材商行销售的冷阴极气体放电X射线管，是所谓“Muller”型管。图1是用一个感应线圈作为电压源的 Muller 型冷阴极气体放电X射线管的等照射量率图 (Properzio, et al., 1970)。虽然可以用各种不同的高压电源作为这些装置的动力，但感应线圈是最普遍的一种。

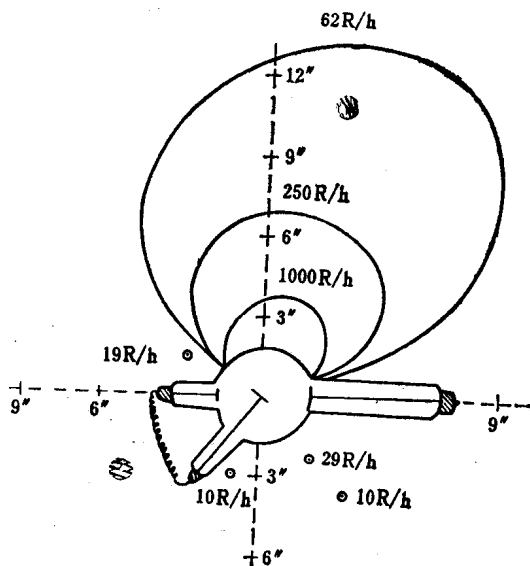


图1 用小感应线圈的
Muller型冷阴极气体放电管产
生的X射线等照射量率图(根据Properzio等, 1970)

表1是一个例子，列出了不同高压电源的两种冷阴极管所测到的照射量率。前面提到的图1，说明了这些管子照射量率的各向异性特点。Properzio等的研究(1970)得到与此相仿的照射量率，并得出如下结论：

(1) 冷阴极气体放电管的X射线输出量是不相同的。在同样的使用条件下，管与管之间的X射线输出量可各不相同，即使是同一个管子，这一天与那一天也会不同。而且在某一段使用期间内，X射线的产生率也可能不同。

(2) 管内的气体压力是控制X射线产生的因素之一。

(3) 管子结构对于X射线输出量起重要的作用。X射线的产生率是靶物质的函数。此外，管壁的厚度和组成成分对观测到的照射量率起着重要作用。

(4) 管子的X射线输出量，明显取决于电源电压和电流以及电压的极性。

(5) 一个管子是否会产生X射线，产生多长时间，或多少量，诸如此类问题是不可能预测的。即使是相同的两个管子，都以正确的方式使用，一个可能产生X射线，另一个可能不产生。因此，不能把使用正确与否作为判定该管是否会X射线的依据。

既然气体放电管是否会产生X射线是不能预测的，因此不能把那些产生X射线的管子与不产生X射线的管子加以区分。要事先预测某一管子逐天的性能，也是不可能的。只能说：一般说来，在有电子源、靶、足够高的电压，和管内气体压力在适当范围内的条件下，将会产生X射线。在Properzio等(1970)的研究中所使用的任何教学示范用管子，都在这些条件下使用，结果都能产生X射线。产生的辐射量和辐