

湖北省医用加速器的放射防护

谢 华, 杨 磊

中图分类号: R815.6 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2005)04-0277-02

【摘要】 目的 调查评价湖北省医用加速器的放射防护情况。方法 按国家相关标准对湖北省在用的 35 台医用加速器进行检测评价。结果 医用加速器机房的屏蔽防护均能达到要求, 加速器的卫生防护总体合格率为 74%, 主要不合格项目为辐射野内均整度和不对称性, 经过维修调试后, 能达到国家标准的要求。结论 对医用加速器的防护设施应坚持进行预防性监督, 对加速器的卫生防护应进行定期的稳定性检测和状态检测。

【关键词】 医用加速器; 放射防护; 检测

医用加速器在对病人进行治疗的同时, 也有可能对病人、放射治疗工作人员以及加速器治疗场所周围的公众带来放射性伤害, 或是形成不良的社会影响。可能的来源包括加速器本身的防护性能, 加速器本身的漏射线对病人的额外伤害, 加速器有效射野内射线的不均匀导致对正常组织的伤害和对病灶治疗剂量的不足等; 加速器治疗场所的防护效果不足而造成工作人员的职业性伤害(放射性职业病), 或是造成邻近居民、治疗场所附近人员的放射性损伤或放射性有害影响; 甚至因有关防护措施的不当造成不良的社会影响。现对湖北省在用的医用加速器工作进行放射防护评价。

1 仪器与方法

- 1.1 对象 湖北省在用的医用加速器。因军队系统的医用加速器不属地方管辖, 不在调查和检测的范围内。
- 1.2 仪器 放射工作场所及周围环境防护检测仪器为 451P 加压电离室巡测仪, 加速器的防护检测仪器为 Farmer2570A 剂量仪, FJ-342G1 型中子雷姆剂量仪, 以及配套使用的标准水箱(30 cm×30 cm×30 cm)、温度计、气压表等。
- 1.3 方法 按照国家规定指标^[1,2]的方法进行检测和评价。

2 结果

- 2.1 基本情况 湖北省目前在用加速器 35 台, 其中 25MV 和 18MV 各 1 台 15MV 有 13 台, 10MV 有 4 台, 6MV 有 14 台, 另有 4MV 共 2 台。10MV 及以上的加速器均有不同能量档的电子线和 X 射线, 因为在加速器的实际工作条件下, 能够防护 15MV 的 X 射线的混凝土屏蔽体, 防护对应的 25MeV 的电子束绰绰有余, 所以从防护的角度看, 对加速器的防护重点在于 X 射线, 为表达方便, 文中均以加速器最高能量的 X 射线分类。
- 2.2 放射工作场所及周围环境防护测试结果 测试时, 均采用最高能量的 X 射线, 对应最高剂量率, 以及最大辐射野。各地的放射性本底有所差异, 室内的本底还与相应的建筑材料及空间有关, 比当地室外的本底略高一些。所测加速器工作场所及周围环境的放射本底空气吸收剂量率多在 0.05~0.15 $\mu\text{Cy/h}$ 之间, 为方便比较, 测试结果均不扣除本底, 并按对应本底的倍数分类表达。对我省的 35 台医用加速器工作场所及周围环境辐射水平测试结果见表 1。

表 1 加速器工作场所及周围环境防护测试结果			
测试点	2 倍本底以下	2~5 倍本底	5 倍本底以上
控制室	35	0	0
防护门	21	9	5
主防护墙	30	4	1
副防护墙	35	0	0
顶部	12	29	4

所测的各加速器工作场和周围环境的辐射水平均能达到国家标准的防护要求。总体上看, 防护门和加速器机房顶部的辐射量比其他部位的要高一些。

2.3 加速器卫生防护检测结果 按医用电子加速器卫生防护标准的要求, 加速器卫生防护检测项目较多, 其中辐射野内有用线束的对称性和均整度 2 项指标的检测结果见表 2。表中, 以加速器最大 X 射线能量进行分类, 分别统计。

表 2 加速器辐射野内均整度和不对称性测试结果				
测试指标	10MV 及以下(台)		10MV 及以上(台)	
	合格	不合格	合格	不合格
均整度	16	5	13	2
不对称性	14	7	14	2

其他指标均能达到要求。部分与均整度和不对称性指标相关联的指标, 在均整度和不对称性调试达到标准要求后, 相应的也能达到要求。

3 讨论

- 3.1 加速器机房的屏蔽达到防护要求 湖北省在用的这些医用加速器工作的放射防护设施的设计均经过了放射卫生审查, 并经检测合格, 通过验收后方才投入使用。同时, 经过多年的放射防护宣传, 医院也意识到了放射防护的重要性, 特别是对放射治疗工作人员以及周围人群的防护, 甚至不符合防护原则、不切实际提出了达到本底的要求。
- 从检测结果看, 机房大部分部位的实际防护效果都很好, 特别是控制室, 基本达到了本底水平。当然, 加速器机房各部位的辐射水平并不相同, 比如顶部, 其辐射水平比其他部位要高一些, 但因为多数加速器机房为单层建筑, 顶部属无人区域, 将其辐射水平降至控制室的水平是不必要的, 这也是最优化的要求, 达到了设计中计划的要求。建设项目的预防性监督保证了防护设施的能有效地发挥作用, 保证了射线对工作人员以及公众不致受到射线的危害。
- 3.2 加速器运行中的卫生防护状况不容乐观 加速器机房在建成后, 一般情况下其防护效果不会产生很明显的变化, 与机房的卫生防护不同, 加速器作为一种精密的产品, 其卫生防护状况经常因机械性能或电子性能的变化而变化, 这些变化如果不及及时进行相应调整, 就会造成卫生防护不合格。
- 在检测中发现加速器的卫生防护总体合格率为 74%, 主要不合格指标为辐射野内均整度和不对称性。这 2 个指标与患者的防护情况和治疗效果有关, 使得被照射部位所接受的剂量不均匀, 有的部分剂量偏高, 有的偏低, 或者实际照射点与计划的靶点发生偏离, 总之, 可能使实际照射结果不符合照射计划的要求, 影响放射治疗质量, 或使不应照射的部分受到了照射, 使患者受到不必要的多余照射, 达不到预期目标。检测结果表明, 加速器的卫生防护状况不容乐观。
- 3.3 医院应加强加速器的稳定性检测 医院作为加速器的应用单位, 有责任采取必要的措施保证其防护质量, 确保工作人员、公众和患者的健康权益, 国家有关防护法规也作出了相应

作者单位: 华中科技大学同济医学院, 湖北 武汉 430030
作者简介: 谢华(1970~), 男, 湖北潜江人, 副主任医师, 在读硕士, 从事放射卫生防护与管理工作。

电子束辐照装置迷路出口处的防护剂量计算

张 力¹, 高林峰¹, 吴水龙¹, 丁玄峰²

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2005)04-0278-02

【摘要】目的 对某电子束辐照装置屏蔽室迷路出口处防护设计的有效性进行验证。方法 通过屏蔽室迷路出口处所受辐照路径分析, 计算电子束辐照装置对其的剂量率贡献值。结果 辐照屏蔽室迷路出口处的辐射剂量率值仅为 $0.12 \mu\text{Sv/h}$ 。结论 电子束辐照装置防护设计合理, 能够确保放射工作人员和公众的健康与安全。

【关键词】电子束; 辐照装置; 剂量; 防护

根据《中华人民共和国职业病防治法》^[1] 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[2] 中规定的要求, 必须对建设项目进行职业病危害(放射防护)预评价和控制效果评价, 以确保放射工作人员和公众的健康与安全。

在辐照装置的建设项目放射防护预评价中, 屏蔽室迷路出口处的剂量估算非常复杂。我们以电子束辐照装置为例, 介绍一种较为简单可行的屏蔽室迷路出口处的剂量计算方法。

1 电子束辐照装置基本情况

该电子束辐照装置采用的是电子加速器。射线种类: 加速电子; 束流能量: $(10.0 \pm 0.3) \text{MeV}$; 剂量率: 距靶面 1 m 位置处的 X 射线最大参考剂量率值为 $8.4 \times 10^9 \mu\text{Sv/h}$; 扫描范围: 距窗口 25 cm 处为 40~80 cm(可连续调节)。电子加速器安装在屏蔽室内, 人员只能通过屏蔽室迷路才能进入其内部。屏蔽室由上下两层构成, 上层安装加速器和高压设备, 产生的高能电子束通过加速器的薄窗引入下层进行辐照灭菌, 并在物品传送带下设置了贮水池用于吸收穿透被照物品的高能电子束。由于高能电子束中的电子流有其限定的射程, 这个射程是电子初能量和吸收物质二者的函数。而当高速电子在轰击重金属靶面时会产生 X 射线并发射出来, 同时电子的最大射程与所产生 X 射线的射程相比非常有限, 因此在计算电子加速器的屏蔽要求时, 只需对产生的 X 射线进行考虑。屏蔽室的墙体及顶部均采用密度为 2.35 g/cm^3 的普通混凝土浇注而成, 其内径为 $10\,000 \text{ mm} \times 8\,600 \text{ mm}$ (不含迷路面积), 面积为 86 m^2 , 从图 1 中可以看出, 其主防护墙厚度设计为 3 m, 次级防护墙根据屏蔽室的迷路长度、剂量分布等不同情况设计为从 0.5~2.8 m 不等的厚度混凝土墙体(详见图 1)。

由图 1 可知, 屏蔽室迷路出口处距射源中心距离为

作者单位: 1 上海市疾病预防控制中心, 上海 200336

2 复旦大学物理系 2002 级本科学士

作者简介: 张力(1977~), 男, 上海人, 主管技师, 主要从事放射卫生工作。

规定, 并要求医院定期进行稳定性检测。事实上, 从事医用加速器工作的医院虽然按要求配备了检测设备, 但实际应用中, 或是很少利用, 或是进行了检测, 但未能定期对必要的检测项目进行检测。

从检测结果看, 101MV 以上的加速器的卫生防护情况要好一些, 可能的原因包括两个方面, 一方面是这类加速器本身和配套设备的质量较好, 相应技术指标较稳定; 另一方面, 装备这类加速器的医院技术实力和设备实力相对较强, 配有水平较高的技术人员和较先进的检测手段, 日常进行了合理的使用和检测。医院加强加速器的稳定性检测, 能及时发现加速器有关卫生防护性能的问题或趋向, 从而及时解决可能存在的问题, 更好地为患者服务。

3.4 日常监督和定期监测很重要 实际工作中, 以 1 年为周期进行监测, 检测中发现加速器卫生防护有关指标不合格后, 医院联系有关单位或自行组织人员进行维修调试后, 达到了标准的要求。监管部门组织的日常监督监测工作起到了重要的

11.97 m, 混凝土屏蔽厚度约为 3.39 m。

2 屏蔽室迷路出口处辐射剂量分析

2.1 屏蔽室迷路出口处辐射剂量的贡献来源 在实际应用中屏蔽室迷路出口处为人员接触较为频繁的地点, 而从图 1 中可以得出此处的剂量是由透射线与散射线共同作用所带来的。透射线剂量应考虑电子束辐照装置产生的 X 射线直接穿过屏蔽物对其产生的透射照射。同时由于高能电子束与被辐照物发生碰撞, 其产生的射线会在迷道内多次散射至屏蔽室迷路出口处, 因此迷道中散射线对辐照室入口处的剂量估算采用分步计算的方式, 并做出了相应的图解分析(见图 2)。

由图 2 可知, 电子束辐照装置所产生的散射线对屏蔽室迷路出口处(E)的辐照路径共有三条(分别为 1A-1B-C-D-E, 2A-2B-C-D-E, 3A-3B-C-D-E), 因此估算散射线对 E 点的剂量贡献值为三者之和。

2.2 计算公式 ① 透射线计算公式

$$D = D_0 \left(\frac{1}{10} \right)^n \quad (1)$$

$$\frac{D}{D_0} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \quad (2)$$

式中: D : 某参考点处剂量($\mu\text{Sv/h}$); D_0 : 初始剂量($\mu\text{Sv/h}$); n : 屏蔽体厚度与某一能量的 X 射线 1/10 屏蔽厚度的比值; R_0 : 初始剂量点与辐射源之间的距离(m); R : 计算点与辐射源之间的距离(m)。

② 散射线计算公式^[3]

$$D_J = D_0 \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3^{-1} (A_1 \times A_2 \times \dots \times A_J) / (d_i \times d_1 \times d_2 \times \dots \times d_r)^2 \quad (3)$$

式中: D_J : 某参考点处剂量($\mu\text{Sv/h}$); D_0 : 初始剂量($\mu\text{Sv/h}$); α_1 : 第一次反射系数; α_2 : 第二次反射系数; A_i : 反散射线的截面积; d_i : 射线从射源到第一次反射面的距离; J : 到 J 位置处的反射次数。

作用。

现行的法规标准中, 要求了放射治疗装置的防护性能和与照射质量有关的技术指标应达到相关标准的要求, 但均未明确规定检测的周期要求。包括新施行的大型医用设备配置与使用管理办法, 也仅仅要求: “大型医用设备必须达到计(剂)量准确, 安全防护、性能指标合格后方可使用。”未考虑到医用设备在使用过程中有关性能发生变化的可能性, 仅对投入使用的状态提出了要求, 未对使用过程中的性能提出要求。有关部门应制订相应的规定, 除了明确加速器在使用过程中的质量要求外, 还应明确要求医院进行稳定性检测和状态检测, 并采取相应措施进行监督管理, 保障广大人民的健康权益。

参考文献:

[1] GBZ126-2002 医用电子加速器卫生防护标准[S].

[2] GB15213-94, 医用电子加速器性能和试验方法[S].

(收稿日期: 2005-04-11)