

外照射治疗辐射源检定规程中 *f* 值

黄丽华, 邱雪英, 黄玉龙

中图分类号: R144.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2003)03-161-02

【摘要】目的 在现场进行不同类型的外照射治疗机检测时,减少工作程序,提高工作效率。方法 在检定检测前,根据 JJG589-2001 规程中有关资料,把辖区内相关外照射辐射源所对应的 R-cGy 转换因子(*f* 值)计算出来,连同测量中所需要的参数列成表格,供检定测量时使用。结果 不同辐射源的 *f* 值变化见正文表 1~表 4。结论 现场检测使用方便快捷,减少多次计算误差,可及时为用户提供检测结果。

【关键词】 外照射治疗; 辐射源; *f* 值

外照射治疗辐射源检定规程(JJG589-2001)和旧的检定规程(JJG589-89、JJG592-1989、JG604-1990、JJG774-1992)相比较,前者 R-cGy 转换因子设为 *f*,其值随辐射质、测量电离室的材料和尺寸等诸多因素的改变而改变。后者 R-cGy 转换因子 *F* 随辐射质确定而确定。

不同类型外照射治疗机,在现场检定检测时,再求其所对应的 *f* 值,这样既麻烦又费时。如在检测前,根据 JJG589-2001 规程中有关资料,把辖区内相关外照射辐射源检定检测所需要的 *f* 值求出来,连同测量时所需要的参数列成表格,供检定测量时使用,在实践工作会显得很很方便,为此,求出下述 *f* 值。

1 *f* 值计算方法

*f* 值是依据射线辐射质及其百分深度量表、用户监测剂量仪的电离室、“JJG589-2001”检定规程中提供参数的各种各样图表等资料来计算,具体方法阐述如下:

1.1 对医用加速器 X 射线源或  $\gamma$  源及电子束辐射源设:

$$f = \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1-g} \cdot K_{at} \cdot K_m \cdot S_{W-air} \cdot Pu \quad (1)$$

式中:  $\frac{W}{e}$ : 在空气中形成每对离子(其电荷为一个电子的电荷),所消耗的平均能量,  $\frac{W}{e} = 33.97\text{J/C}$ ; *g*: X 辐射产生的次级电子消耗于韧致辐射的能量占其初级能量总和的份额; *K<sub>at</sub>*: 校准电离室时,电离室室壁及平衡帽对校准辐射(一般为  $^{60}\text{Co}$  的  $\gamma$  射线)的吸收和散射的修正; *K<sub>m</sub>*: 电离室室壁及平衡帽的材料对校准辐射空气等效不充分而引起的修正; *S<sub>W-air</sub>*: 校准深度水对空气的平均阻止本领比; *Pu*: 扰动修正因子。

1.1.1 医用加速器 X 或  $\gamma$  辐射源 *f* 值的计算 设医用加速器 X 射线辐射源能量 *E<sub>0</sub>* = 6 MeV, SSD = 100 cm, 照射野为 10 cm × 10 cm, *D<sub>(0)</sub>* 为参考点吸收剂量, *P<sub>DD20</sub>*、*P<sub>DD10</sub>* 分别是水下 20 cm 和 10 cm 处百分深度量,则  $D_{20}/D_{10} = D_{(0)}P_{DD20}/D_{(0)}P_{DD10} = P_{DD20}/P_{DD10}$ ,查该治疗机(6 MeV)百分深度量表 *P<sub>DD20</sub>* = 38.5、*P<sub>DD10</sub>* = 67.6 故  $D_{20}/D_{10} = P_{DD20}/P_{DD10} = 0.570$ ,其倒数代入下式:  $TPR_{10}^{20} = 2.189 - 1.308(D_{10}/D_{20}) + 0.249(D_{10}/D_{20})^2 = 0.661$ 。

因为吸收剂量比  $D_{20}/D_{10}$  即为组织模体比,  $TPR_{10}^{20}$  是指描述辐射质的两个量,它们之间的关系为:  $TPR_{10}^{20} = 2.189 - 1.308(D_{10}/D_{20}) + 0.249(D_{10}/D_{20})^2$  (注: JJG589-2001 提供)。把  $D_{20}/D_{10} = 0.570$  的倒数(  $D_{10}/D_{20}$  )代入上式,计算结果:  $TPR_{10}^{20} = 0.661$ ,查(JJG589-2001)表 5 可求得 *S<sub>W-air</sub>* = 1.122;监测是用卫生部工业卫生实验所研制 RT101 剂量仪(检定规程中列的为 RT101 型、实际型号为 RT100 型),它是圆柱形石墨电

离室,查(JJG589-2001)图 A1,可求得 *Pu* = 0.994;由于  $1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$ ,  $1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$ ,则  $1\text{C} = 3.876 \times 10^3 \text{R} \cdot \text{kg} \cdot 1\text{J} = 1\text{Gy} \cdot \text{kg}$ , 把其值代入下式:  $\frac{W}{e} = 33.97\text{J/C} = 0.876(\text{cGy} \cdot \text{R}^{-1})$ ;查(JJG589-2001)表 A2 可知,RT101 电离室的 *K<sub>at</sub>* = *K<sub>m</sub>* = 0.990;对于中低能 X 射线, *g* = 0 上述求得所有参数值代入(1)式,计算结果 *f* = 0.957。可以此类推,求出不同辐射值 X 射线或  $\gamma$  辐射源的 *f* 值,其结果与其他有关参数列于表 1。

表 1 不同辐射值 X 射线或  $\gamma$  辐射源的 *f* 值

X 射线能量(MeV)	检定照射条件	有效测点水深(cm)	<i>P<sub>D</sub></i> (eff) (%)	<i>f</i> 值 (cGy·R <sup>-1</sup> )
4	SSD=100(cm)	5.19	62.3	0.961
6	照射野 10×10(cm) <sup>2</sup>	5.19	66.9	0.957
8		5.19	70.4	0.953
10	10.19	72.6	0.945	
4	SSD=80(cm)	5.19	81.5	0.962
	照射野 10×10(cm) <sup>2</sup>	5.19	83.9	0.960
6	SSD=100(cm)			
	照射野 25(cm) <sup>2</sup>	10.19	7.53	0.947
15	照射野 100(cm) <sup>2</sup>	10.19	76.4	0.939
	照射野 200~400(cm) <sup>2</sup>	10.19	76.9	0.936
20		10.19	79.9	0.936
22	SSD=100(cm)	10.19	81.4	0.926
	照射野在 25(cm) <sup>2</sup> 以上			
24		10.19	82.9	0.926
31		10.19	87.4	0.910
$^{60}\text{Co}$	SSD=80(cm)			
	照射野 10×10(cm) <sup>2</sup>	5.19	77.9	0.966

1.1.2 医用加速器电子束辐射源 *f* 值的计算 计算电子束的 *f* 值要比 X 射线辐射源 *f* 值简单得多,以水模体表面平均能量  $\bar{E}_e = 8\text{MeV}$  的电子束为例说明如下。因为电子束  $\bar{E}_e = 8\text{MeV}$ ,参考点水深为 1(cm),查 JJG589-2001 表 A6 得 *S<sub>W-air</sub>* = 1.031。 $\bar{E}_e = 8\text{MeV}$  相应的实际射程 *R<sub>p</sub>* = 4.02(cm),校准水深 *d* = 1 cm,代入下式  $\bar{E}_e = \bar{E}_0(1 - \frac{d}{R_p}) = 6\text{MeV}$ ,又因为 RT101 圆柱形电离室空腔内半径为 3.15 mm,查 JJG589-2001 表 A7,用内插法,可求得 *Pu* = 0.967,其他  $\frac{W}{e}$ 、*g*、*K<sub>at</sub>*、*K<sub>m</sub>* 等参数和医用 X 射线辐射源完全相同,把各参数代入(1)式,求得 *f* = 0.856,其他能量电子束 *f* 值,可以此类推求出,并和其他有关参数列于表 2。

1.2 对 X 射线(100~300 kV)辐射源设

$$f = \frac{W}{e} \cdot (\frac{\bar{P}_{en}}{P})_{W-air} \cdot Pu \quad (2)$$

式中:  $\frac{W}{e}$ 、*Pu* 的物理意义与(1)相同;  $(\frac{\bar{P}_{en}}{P})_{W-air}$ —水与

作者单位: 广西壮族自治区疾病预防控制中心, 广西 南宁 530021  
作者简介: 黄丽华(1970~),女,广西南宁人,主管医师,从事放射卫生技术工作。

空气的质能吸收系数之比的平均值。  
(100~300) kV X 射线辐射源  $f$  值的计算  
表 2 电子束辐射源的  $f$  值

$\overline{E}_0$ (MeV)	$\overline{E}_2$ (MeV)	有效测点水深 (cm)	$R_{30}^0$ (cm)	$f$ 值 (cGy·R <sup>-1</sup> )
6	4	1.16	2.5	0.871
8	6	1.16	3.4	0.856
10	6	2.16	4.3	0.860
12	8	2.16	5.1	0.851
14	10	2.16	6.0	0.845
16	12	2.16	6.8	0.843
18	14	2.16	7.8	0.834
20	14	3.16	8.6	0.825

在此能量段 X 线辐射源  $f$  值求法也比较简单, 只要根据辖区内通常使用治疗照射条件求出其所对应的辐射质 ( $HVL/mmCu$ ), 实测其辐射质为更好, 又依据校准点与有效测点相同, 均为水下 5 cm, 设某辐射质为 0.55 mmCu, 测可查 JJG589—2001 表 A4、A5, 可分别求得相应水对空气质能吸收系数比  $(\frac{\mu_{en}}{\rho})_{W \cdot air} = 1.046$  和电离室扰动修正因子  $P_u = 1.028$ , 把  $(\frac{\mu_{en}}{\rho})_{W \cdot air}$ 、 $P_u$ 、 $\frac{W}{e}$  代入(2)式, 则  $f = 0.94$ , 以此类推, 可求得不同 X 射线辐射质  $f$  值, 并和有关参数列于表 3。同时还推算了相同辐射质不同照射野  $f$  值的变化, 其结果列于表 4。

2 结论

综合上述结果可以得出结论:①使用 RT101 剂量仪的用  
表 3 (100~300)kV X 线辐射源的  $f$  值

高压 (kV)	滤过板 (mm)	辐射质 (mmCu)	检定用 照射筒(cm)	测点 水深(cm)	$P_{DD}$ (eff) (%)	$f$ 值 (cGy·R <sup>-1</sup> )
120	2Al	0.12	8×10×30	5	37.2	0.92
140	4Al	0.21	8×10×30	5	52.5	0.93
160	0.25 Cu	0.55	8×10×40	5	53.9	0.94
180	0.5 Cu	0.90	8×10×40	5	56.4	0.95

表 4 相同辐射质不同照射野  $f$  值的变化  
照射野(cm)<sup>2</sup> 4×4 6×6 8×8 10×10 15×15 20×20

X 射线辐射质(MeV)	6	8	10
0.963	0.960	0.960	0.957
0.957	0.955	0.954	0.953
0.955	0.954	0.954	0.954
0.954	0.952	0.949	0.946
0.952	0.946	0.946	0.938

户或用其他型号剂量仪, 其电离室材料和尺寸完全与 RT101 相同者, 均可直接使用表中给出的  $f$  值和其他参数。②由表 1 和表 4 可知, 前者辐射质相同, SSD 不同,  $f$  值变化可略去不计, 而后者辐射质相同, 照射野不同, 则  $f$  值随照射野增加而减少。当照射野由 4 cm×4 cm 增至 20 cm×20 cm,  $f$  值减少超过 1%。③  $D_W(ef) = MK_{pt}N_f f = M \cdot Cf$  式中  $Cf = K_{pt}N_x \cdot f$ , 参考点吸收剂量  $D_W(0) = D_W(ef)/P_{DD}(ef)$ , 求法和旧规程完全相同, 但  $f$  必须是相应辐射质和照射条件的值, 这对确保治疗剂量精确具有重要意义。

(收稿日期 2002—08—07)  
(修回日期 2002—10—30)

【工作报告】

加强质量管理 提高辐射检测水平

范瑶华, 王宏涛, 岳保荣

中图分类号: R148 文献标识码: D

随着科学技术的迅猛发展, 特别是在我国加入 WTO 后, 对于为社会提供公正数据的对外技术服务领域, 其检测水平的科学性、先进性及公正性显得尤为重要。为此, 以申请计量认证评审为契机, 全面加强检测工作的质量管理, 贯彻质量第一的方针, 使我所的检测能力和管理水平有了很大的提高, 同时申请的 40 项检测项目于 2002 年初获中国认证认可监督管理委员会批准。

我所是一个国家级辐射防护与核安全医学专业机构, 主要开展放射性及其相关的检测工作和科研工作。检测和评价工作是由高素质的技术人员, 利用先进的仪器设备和测试手段, 依据国家有关法律、法规、标准和技术规范为准则进行的。为了确保检测出证工作准确、科学、公正, 我所依照计量认证考核评审要求并结合本所具体情况, 从组织机构、仪器设备、检测工作范围、检测人员的技术水平及工作能力、检测环境和管理制度等六个方面入手, 全面开展了检测工作的质量管理。具体措施为:①组织机构: 成立了由所长、副所长分别担任技术负责人和质量保证负责人负责领导, 质量管理办公室负责日常管理, 检测实验室技术主管和各项目组负责人具体实施的质量管理组织机构。②检测设备: 对所有用于检测工作的计量仪器设备均按国家要求进行定期检定合格, 并能溯源到国家基准; 对非计量器具编制了具体的检测程序以保证仪器设备的正常运行, 对检测使用的所有仪器设备统一编号, 并能体现在检测报告中。③检测工作范围: 针对不同的检测项目编制了相应的检测程序文件, 以保证不同的检测人员完成相同检测项目时, 结果的一致性。④人员: 对检测人员及管理人员定期进行法律、法规、标准、技术规范等内容的培训及放射防护、专业技术

等方面知识的培训, 不断提高人员的技术水平及管理水平, 加强法制观念, 并实行考试合格持证上岗制度。⑤检测环境: 对检测实验室的设施和环境条件进行了全面改善以保证检测工作顺利开展, 确保检测结果的有效性和准确性。⑥管理制度: 编制了我所的《质量管理手册》。该手册全面详细地制定了本所各部门、各类人员的岗位责任制; 制定了检测仪器设备、检测工作质量、原始记录及数据处理、检测报告等多方面的质量控制管理规定, 并制定了“检测工作管理制度”等 14 项管理制度。为本所检测人员提供了一套完整的检测工作规范和工作制度。

我所通过申请国家计量认证项目考核评审过程, 组织全所检测人员及相关管理人员认真学习贯彻《质量管理手册》的内容, 由质量管理办公室负责组织, 对本所申请计量认证的每一个项目进行逐级把关、逐项验收, 以确保检测质量。对没有达到考核标准要求的项目限期整改, 对整改后仍未达标的项目取消申请资格。

通过全面开展检测工作质量管理, 使我所的检测工作和检测工作的管理水平上了一个新的台阶。目前我所的对外检测工作都必须严格执行本所《质量管理手册》的规定程序和格式, 按委托的要求项目检测, 统一标准和检测方法, 以检测数据为唯一依据, 出具的检测结果不受来自行政的、经济的和其他方面的干预, 保证为委托方提供相同质量的服务。

通过加强检测工作质量管理, 我所申请的计量认证项目包括“药效、毒理学实验; 辐射剂量测量; 放射诊断、治疗设备检测; 放射性测定; 临床检验; 辐射防护材料防护性能测定及电子顺磁共振谱分析”等七部分 40 项, 全部通过了国家考核并获计量认证批准, 使我所今后更能很好的发挥国家级检测机构的检测水平, 拓宽检测领域, 高质量的为社会提供科学的公正数据。

(收稿日期: 2003—03—02)