

电离室剂量计校准系统中监测仪的稳定性监测

骆日佑 彭继伟 辜英杰 尤日生 温智群

(中国广州分析测试中心, 广州 510070)

摘要 以XF-II型医用诊断X射线剂量仪为治疗水平电离室剂量计校准系统中的监测仪器, 对此监测仪器进行了两年多的监测、观察及线性回归分析处理, 得监测值的线性相关系数 $r > 0.999\ 999$, 标准偏差 s 为 $(2.0 \sim 10.0) \times 10^{-4} \text{ R/m in}$ ($1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$); 标准值与监测值的比值平均为0.522 4, 比值的单次测量相对标准偏差 s_r 为0.67%。这表明以XF-II型医用诊断X射线剂量仪作为监测仪是稳定可靠的。

关键词 电离室剂量计 校准 监测仪 稳定性

中图法分类号 TL 816.1 TL 811.1

在恶性肿瘤放射治疗中, 如何使肿瘤靶区得到最佳剂量和剂量分布, 且尽量减少对其周围正常组织的损伤, 这是关系到放射治疗的质量和水平问题^[1]。为达到此目的, 凡放疗单位必须具备治疗水平电离室剂量计。对于剂量计检测的剂量值是否准确可靠, 则需将剂量计送往法定的剂量计量检定机构进行校准, 给出校准因子 N 。作为法定的剂量计量检定机构来说, 检测高能光子(4~35 MeV)和高能电子束(4~35 MeV)及 γ 射线的电离室剂量计, 只要有治疗水平的 ^{60}Co γ 射线源即可。而对于检测中能X射线(60~250 keV)的电离室剂量计, 则须有监测仪器。因此, 监测仪的长期稳定性就显得格外重要。如何衡量监测仪的稳定性, 主要从其监测结果来判断。这首先要有一个由标准仪器予以检测的标准值, 该标准仪器必须送国家级剂量计量检定机构进行校准; 其次, 还需要监测仪大量的长期间断性监测结果, 通过观察每一次进行线性回归分析处理的结果及其与标准值的比值变化来衡量监测仪的稳定性。本工作拟就此进行研究。

1 实验材料

1.1 主要仪器

NE2560 NPL 次级标准X射线照射量计(文中简称Fanner2560标准照射量计), 其电离室为2561型, 指型, 0.6 mL, 由U.K.Nuclear Enterprises Ltd制造。XF-II型医用诊断X射线剂量仪(文中简称XF-II监测仪), 由成都和平仪表厂制造; 其电离室为圆板型, $\varnothing 62 \text{ mm}$, 60 mL, 由广东省辐射剂量检定站制造。

骆日佑: 男, 60岁, 副研究员, 核技术专业

收稿日期: 1999-03-05 修改稿收到日期: 1999-06-21

1.2 放射源

⁹⁰Sr 参考源 ($T_{1/2} = 28.6$ a), 由 U.K. Nuclear Enterprises Ltd 制造; ⁶⁰Co 治疗源 ($T_{1/2} = 5.27$ a), 由中国同位素公司提供。

2 实验方法

2.1 测量方法

在空气介质及能绝对重复固定位置的孔架中进行测量。对于 Famer2560 标准照射量计的稳定性, 用 ⁹⁰Sr 参考源进行检测; 对于 XF-II 监测仪的稳定性, 用 ⁶⁰Co 治疗水平源进行检测; 对于 ⁶⁰Co 治疗水平源的活度(强度)标准值, 用 Famer2560 标准照射量计进行检测。前述三种测量都是以 5 个不同的时间为自变量 x , 而相对应测得的 5 个不同的照射量为因变量 y 。

2.2 数据处理

将前述得到的 x, y 代入线性方程 $y = ax + b$ 中, 进行线性回归分析处理^[2], 得照射量率 $\bar{X} = a$ (R/m in, 1 R = 2.58×10^{-4} C/kg, 1 R/m in = 4.3×10^{-5} A/kg); \bar{X} 的标准偏差 $s = a \cdot \sqrt{(1 - r^2)/r^2(n - 2)}$, 其中 r 是线性相关系数, a 是线性斜率, b 是线性截距, n 是测量的次数。

同时, 用算术平均统计方法处理每次 \bar{X} , 得 $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$, 单次测量的相对标准偏差 $s_r = \frac{1}{y}$ ·

$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$, 其中 y_i, \bar{y} 分别为 \bar{X} 值单次测量值及其平均值, n 是测量次数。

3 结果与讨论

3.1 Famer2560 标准照射量计的校准因子 N

Famer2560 标准照射量计经国家级辐射剂量计量检定机构检测的 ⁶⁰Co γ 射线校准因子 N 列于表 1。由表 1 可知, 1990~1993 年 \bar{N} 为 1.053, s_r 为 0.55%; 1995~1996 年 \bar{N} 为 1.007, s_r 为 0.28%。此 Famer2560 标准照射量计的 ⁶⁰Co γ 校准因子 N 几年来的变化小于 1.0%, 说明其准确可靠。

表 1 Famer2560 标准照射量计的校准因子 N ($\times 1 R$)

校准日期 (年-月-日)	N/R	N 扩展不确定度($k=2$)/%	\bar{N}/R	s_r /%	检定机构
1990-04-29	1.060	2.5			中国计量科学研究院
1991-09-05	1.052	2.5	1.053	0.55	中国计量科学研究院
1992-05-30	1.046	2.5			上海计量科学研究所
1993-06-03	1.052	2.5			中国计量科学研究院
1995-10-12 ¹⁾	1.005	2.5	1.007	0.28	中国计量科学研究院
1996-12-27	1.009	2.5			中国计量科学研究院

注: 1) 此 Famer2560 标准照射量计于 1995 年经中国计量科学研究院修理过

3.2 Famer2560 标准照射量计的稳定性

用⁹⁰Sr 参考源对 Famer2560 标准照射量计进行检测, 结果列于表 2。表 2 结果表明, Famer2560 标准照射量计多年来稳定性优良。

表 2 Famer2560 标准照射量计的稳定性检测

检定日期 (年-月-日)	线性相关系数 r	$10^4 s/R \cdot m \cdot in^{-1}$	\bar{X} 归一值 ¹⁾ / $R \cdot m \cdot in^{-1}$	$\dot{X}/R \cdot m \cdot in^{-1}$	$s_r/\%$
1989-11-08	0.999 999 3	5.0	18.6443		
1990-08-13	0.999 999 4	5.0	18.6153		
1991-05-10	0.999 999 8	3.0	18.7463		
1992-02-17	0.999 999 0	7.0	18.5042		
1993-08-17	0.999 999 1	6.0	18.2822	18.5094	0.81
1994-02-02	0.999 999 0	6.0	18.5402		
1995-10-04	0.999 999 1	6.0	18.5148		
1996-12-27	0.999 999 2	6.0	18.3363		
1997-92-24	0.999 999 2	6.0	18.4013		

注: 1) 即归一到同一时间的剂量率测量值, 20, 101.3 kPa

3.3 Famer2560 标准照射量计检测的标准值

在⁶⁰Co γ 治疗水平源 ($T_{1/2} = 5.27$ a)、双激光对位条件下, 于 1996 年 6 月 14 日用 Famer2560 标准照射量计检测的标准值列于表 3。表 3 数据说明此 Famer2560 标准照射量计检测的标准值准确可靠。

表 3 Famer2560 标准照射量计测得⁶⁰Co γ 治疗水平源的标准值

测量时间/s	X/R	线性回归分析处理结果			
		r	$a/R \cdot s^{-1}$	b/R	$\bar{X}^{1)}/R \cdot m \cdot in^{-1}$
26.52	18.298				
45.80	31.600				
76.90	53.198	0.999 999 3	0.691 943	-0.056 892	42.975 5
95.48	66.014				
124.36	85.974				

注: 1) 20, 101.3 kPa

3.4 治疗水平电离室剂量计校准系统中 XF-II 监测仪的稳定性

在⁶⁰Co γ 治疗水平源、空气介质中, 将 XF-II 监测仪的电离室插入能绝对重复固定的位置内。以表 3 的 \bar{X} 作标准值, 用线性回归分析处理 XF-II 监测仪的监测数据, 结果列于表 4。表 4 数据表明, 以 XF-II 型医用诊断 X 射线剂量仪为治疗水平电离室剂量计校准系统中的监测仪器稳定、准确、可靠。

表 4 XF-II 监测仪的稳定性监测结果

检定日期 (年-月-日)	r	\bar{X} 归一值 ¹⁾ / $R \cdot m \cdot in^{-1}$	$10^4 s/R \cdot m \cdot in^{-1}$	比值 ²⁾		$s_r/\%$
				单次值	平均值	
1996-06-14	0.999 999 3	82.190 0	8.0	0.522 9		
1996-06-25	0.999 999 5	82.735 9	7.0	0.519 4		
1997-03-14	0.999 999 9	83.068 1	3.0	0.517 4	0.552 4	0.67
1997-10-07	0.999 998 7	81.553 1	10.0	0.527 0		
1998-07-22	0.999 999 9	82.163 7	2.0	0.523 0		
1998-09-03	0.999 999 5	81.876 8	5.0	0.524 4		

注: 1) 即归一到同一时间的剂量率测量值, 20, 101.3 kPa; 2) 比值 = 标准值/监测值

4 结 论

本工作使用的 Famer2560 标准照射量计,几年来经国家级检定机构检定(校准)后,其校准因子 N 的变化小于 1.0%。同时,多年来对其进行的稳定性检测,得线性相关系数 $r > 0.999999$,且标准偏差 s 在 $3.0 \times 10^{-4} \sim 7.0 \times 10^{-4} \text{ R} \cdot \text{m} \cdot \text{in}^{-1}$, 单次测量的相对标准偏差 s_r 为 0.81%,说明用 Famer2560 标准照射量计检测的结果准确可靠。以其检测的结果作为标准值与 XF-II 监测仪的监测值进行比较得比值,及将 XF-II 监测仪的监测值进行线性回归分析处理,如此来衡量 XF-II 监测仪的稳定性完全可信。

参 考 文 献

- 1 骆日佑,彭继伟,辜英杰,等. F34-I 型深部 X 射线治疗机固定照射野间照射量率的比值测定. 分析测试学报, 1997, 16(6): 67.
- 2 骆日佑,温祝堂,李宇,等. 广东省级吸收剂量标准(^{60}Co γ 射线)硫酸亚铁剂量计的研究. 同位素, 1995, 8(4): 204.

MONITOR FOR THE STABILITY OF AN IONIZATION CHAMBER USED AS A MONITOR INSTRUMENT IN THE CALIBRATION SYSTEM

Luo Riyou Peng Jiwei Gu Yingjie You Risheng Wen Zhiqu
(Chinese National Analytical Center, Guangzhou, Guangzhou 510070)

Abstract By using a XF-II type clinical diagnosis x-ray dosimeter (a circular plate ionization chamber) as a monitor instrument in the calibration system with the standard ionization chamber of therapeutic level, the ratio of monitor value-to-standard value is observed for more than 2 years. After treatment the monitoring value with linear regression analysis, the linear correlation coefficient is better than 0.999999 with standard deviations s fallen into $(2.0 \sim 10.0) \times 10^{-4} \text{ R/m in}$ ($1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$) respectively. The mean value of ratio for monitor value-to-standard value is 0.5224 with a relative standard deviation $s_r = 0.67\%$ (for a single determination). The results indicate that it is stable and reliable by using the XF-II type clinical diagnosis X-ray dosimeter as a monitor instrument.

Key words ionization chamber-dosimeter calibration monitor instrument stability