

过滤 X 参考辐射装置性能的非介入评价

薛永库 蔡反攻 杨国山 钱大可

(北京放射医学研究所, 北京, 100850)

报道了中能过滤 X 参考辐射装置的性能参数测量和评价方法。利用 VICTOREEN 非介入式诊断 X 射线质量保证仪器 NERO™6000B, 一次操作可测出 kV 及其平均、最大和有效值, 照射时间, 辐射的输出和波纹等重要参数以及 kV 和辐射波形。测量是从 X 射线束取样, 不需要拆卸装置, 故提高了工作效率和安全性。该方法也适用于过滤 X 参考辐射装置的质量保证。

关键词 过滤 X 参考辐射 质量保证 管电压 kV 波形 辐射波形

国际标准 ISO 4037 对用作刻度剂量(率)仪及其能量响应的过滤 X 参考辐射装置的管电压(高压)和稳定性等重要性能都有明确的标准和专门的测试方法规定。对于这类装置也应进行定期或维修后监测与评价。但其中有些参数的测试和监测, 在一般的实验室或因缺乏仪器设备或因操作技术复杂不易进行。例如, ISO 4037 要求管电压指示值的刻度, 最好利用刻度过的电阻串或利用测量最大光子能量的谱仪。

本文报告了利用非介入式诊断 X 射线质量保证仪器 NERO™6000B(以下简称 NERO), 在本所中能过滤 X 参考辐射装置上进行了有关性能的测量与评价方法研究。

1 过滤 X 参考辐射装置和测量仪器

1.1 过滤 X 参考辐射装置

本所过滤 X 参考辐射装置是利用国产 F34-1 深部 X 射线治疗机改装而成的。其主要性能是, 管电压调节范围为 60—200 kV, 管电流 2—20 mA, 高压电源为单相全波整流输出, 照射时间由气动快门控制。

1.2 测量仪器 NERO™6000B

NERO 由探测器、显示器、打印机及联接电缆组成, 其核心部分是由一对 CsI 光电二极管和一个电离室组成的探测器及用于分析测量数据的微处理器。X 射线通过不同厚度的过滤器到达二极管, 两个二极管的电流比用以计算管电压 kV^[1]。NERO 测量的量有 kV_p(管电压峰值)及其平均最大和有效值并给出 kV(管电压)波形, 照射时间, 输出量、辐射波形及波纹, 半值层及其它有关参数。用这种非介入仪器评价方法的优点是, 测量时不需要拆卸或介入过滤 X 参考辐射装置, 故不可能引起其损伤; 免除了用胶片暗盒法的处理时间和计算图表, 提高了测

收稿日期: 1993-10-20 收到修改稿日期: 1993-12-20

量效率;功能较多,可做统计分析等。

2 一般参数的测量

2.1 管电压、输出量和照射时间测量

利用本方法,只要通过一次(0.1~几秒)照射就能获得过滤 X 参考辐射装置的基本参数和 kV 及辐射波形图,并可对装置性能进行初步评价。表 1 为一次照射测量结果。表 1 中 U 、 T 、 C 、 AVG 、 MAX 、 EFF 、 K 和 RPL 分别为管电压、照射时间、管电流及管电压峰值平均值、最大值和有效值、输出量和辐射波纹。

表 1 测量结果
Table 1 Measured results

装置指示值			测量值					
U/kV	T/s	C/mA	AVG/kV	MAX/kV	EFF/kV	$K/mGy(mAs)^{-1}$	IT/s	RPL
120.0	3.00	10.0	123.0	124.3	120.7	0.15	3.04	0.864

该装置的管电压和照射时间的指示值(120 kV, 3.00 s)与测量值(120.7 kV, 3.04 s)相差 0.6% 和 1.3%。在 0.1 s 时间 kV 波形图上有 10 个波峰(高压电源为单相全波整流),其峰值的平均值和最大值为 123 kV($1 \pm 0.7\%$)和 124.3 kV。辐射输出量为 0.15 mGy/mAs。辐射波形峰数亦为 10 个,与 kV 波形是一致的。但辐射强度变化与管电压成指数关系,即

$$I(t) \propto C(t) \cdot U(t)^n$$

式中 n 与过滤厚度有关,在 NERO 过滤条件下值约在 5—9 内变化。因此,辐射波形较 kV 波形变化大。辐射波纹(在波形图上,各波形面积之和/各波形峰值均值高度下的面积)为 0.864,已超过三相全波高压发生器未加充电电容器的水平(0.7)。以上数据表明该装置工作是正常的。

2.2 过滤 X 参考辐射的重复性测量

为评价装置的重复性,在 130 kV, 3.00 s 和 5 mA 条件下进行了 10 次重复测量,结果列于表 2。所有项目的变异系数 CV(总体标准偏差 δ 除以平均值)都 < 1%,表明该装置重复性很好。

2.3 管电流对管电压和波形的影响

在高压输出指示值不变,管电流变化将影响管电压和波形。表 3 为实验结果。当管电流在 10—2 mA 之间变化,引起管电压增加率约为 1.9 kV/mA,其辐射输出波纹系数随管电流减小而增加。图 1(a)为 2 mA 时 kV 及辐射波形,其波纹系数最大,接近中频电源图 1(b)的情况。图 2 为管电压较低(45 kV)而管电流较大(9 mA)时的波形,因电压降比较大,辐射能谱变软而不能采用。

通常,管电流对管电压的影响,可通过自动补偿措施消除,但要对补偿水平进行检测。

表 2 重复性
Table 2 Repeatability

测量次数 N	AVG /kV	MAX /kV	EFF /kV	K /mGy(mAs) ⁻¹	RPL
1	129.8	132.6	130.3	0.1792	0.946
2	129.6	132.0	130.0	0.1769	0.945
3	129.9	132.0	130.6	0.1792	0.959
4	129.6	133.0	130.0	0.1756	0.950
5	129.4	132.6	129.8	0.1762	0.948
6	129.6	131.9	130.2	0.1743	0.946
7	129.9	130.3	130.2	0.1794	0.942
8	130.2	132.3	130.4	0.1777	0.958
9	129.6	131.8	130.0	0.1785	0.939
10	129.6	131.6	129.1	0.1757	0.965
Avg	129.7	132.2	130.0	0.1773	0.951
CV	0.0016	0.0033	0.0031	0.0097	0.0084

表 3 管电流对管电压和辐射波纹的影响
Table 3 Tube potential and radiation ripple influenced by tube current

指示值		测量值		
U/kV	C/mA	AVG/kV	EFF/kV	RPL
120	2.0	135.2	136.9	0.976
120	5.0	129.7	130.0	0.951
120	10.0	123.3	121.0	0.865

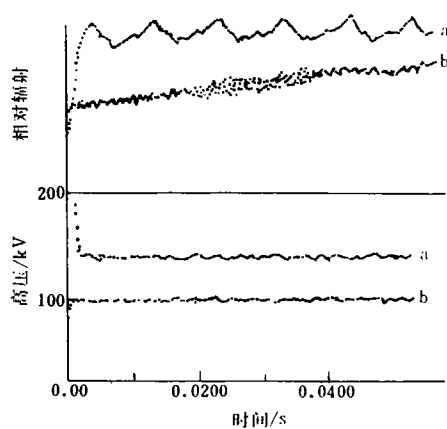


图 1 kV 及辐射波形图
Fig. 1 kV and radiation waveform
a—120 kV, 2 mA; b—中频机。

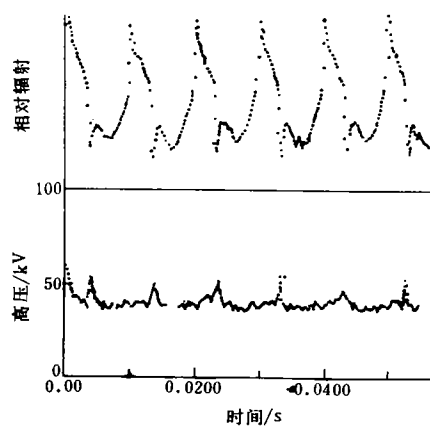


图 2 kV 和辐射波形图
Fig. 2 kV and radiation waveform
45 kV, 9 mA。

3 高压性能

3.1 高压波纹

由波形图中的高压数据和 ISO 4037 给的波纹定义

$$(U_{\max} - U_{\min}) / U_{\max} \times 100$$

计算出高压波纹为 6.14%，小于 ISO 4037 规定 $\leq 10\%$ 标准。

3.2 高压稳定性

按 ISO 4037 规定，在照射期间高压的平均值必须稳定在 $\pm 1\%$ 以内。在本装置上连续 10 min 的照射时间里进行 5 次高压测量，结果为：

$$\text{Avg} \pm \text{CV} = 130.14 \text{ kV} \pm 0.002$$

达到了标准要求。

3.3 高压指示值刻度

利用 NERO 刻度了本所装置 X 射线管电压的指示值，结果与 ISO 4037 中 4.3.3 推荐的方法程序在相同的运行条件下刻度结果相比在 2% 内符合(见图 3)。

4 装置工作状态的检查和故障分析

根据测量资料不仅可较全面评价装置性能，而且能从中分析存在的问题，查明原因。仔细观察以上的波形图，可见峰高有规律的高低交替变化，但不明显，这暗示两半波整流器件工作状态不尽相同。在装置调试中，曾出现过波形突然下降或断掉现象，经查是高压回路接触不良，放电打火所致。这些信息为设备维修提供了依据。

此外，我们还用 NERO 两次照射法测量半值层，速度很快。

综上所述，利用非介入方法评价过滤 X 参考辐射装置性能简单有效，适于质量保证。本所的过滤 X 参考辐射装置性能达到标准要求，运行稳定可靠。NERO 测量高压和输出量准确度分别为 3% (3 kV) 和 $\pm 15\%$ ，kV 量程 27—155 kV，但用于过滤 X 参考辐射装置参数高精度和高 kV 测量还有待提高。

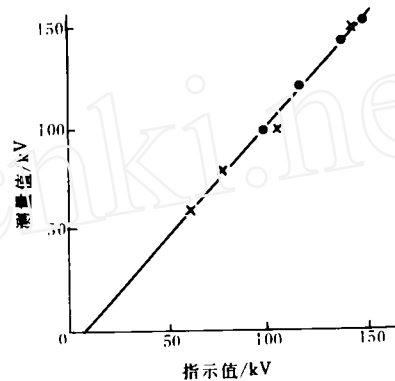


图3 高压示值刻度

Fig.3 Calibration of tube voltage

●—NERO; ×—ISO 4037。

参 考 文 献

- 1 Simon WE. Noninvasive Evaluation of a Diagnostic X-ray Machine Using the Victoreen Model 6000A NERO. The British Journal of Radiology, 1985, 18:96.

NONINVASIVE EVALUATION OF A FILTERED X-RAY REFERENCE RADIATION ASSEMBLY

XUE YONGKU CAI FANGONG YANG GUOSHAN QIAN DAKE

(*Institute of Radiation Medicine, Beijing, 100850*)

ABSTRACT

A method of assessing the performance of a filtered X-ray reference radiation assembly with energies over the range 60—200 kV is given. The measurements are taken by using of a noninvasive diagnostic X-ray quality assurance instrument NERO™ 6000B. Some important parameters such as instantaneous kilovolt peaks and its waveform, time-integrated effective kV, exposure time, exposure output, radiation waveform and radiation ripple can be acquired from X-ray beams just within one exposure, so the measurement is very effective and need not to disassemble facility. This method is also suitable for the quality assurance of filtered X-ray reference radiation equipments.

Key words Filtered X reference radiations Quality assurance Tube voltage kV waveform Radiation waveform