

Development and utility of focal spot performance test device for medical diagnosis X-ray tube

LI Xiang-lin^{1*}, LI Jian-ping¹, QIN Dong-jing¹, LI Ze-hong¹,
YIN Zhi-jie¹, SONG Shao-juan², LI Yue-qing³

(1. Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Binzhou Medical University, Binzhou 256603, China; 2. Shandong Medical Imaging Research Institute, Jinan 250012, China;
3. School of Radiology, Taishan Medical College, Taian 271016, China)

[Abstract] **Objective** To develop a test device, and to evaluate the focal spot performance for medical diagnosis X-ray tube. **Methods** According to the needs of the latest IEC standard IEC60336:2005, a focal spot performance test device with locating the X-ray centerline of a focal spot was self-developed and was used to produce the focal spot slit images, focal spot pinhole images and focal spot star pattern images. The performance of focal spot was evaluated using the test device. **Results**

To use the test device, the quantitative adjusting position of X-ray focal spot centerline was achieved. The quantitative adjusting position were generally repeated 2—3 times, and the focal spot slit images, focal spot pinhole images and focal spot star pattern images for meeting requirements of the IEC standard IEC60336:2005 were acquired. **Conclusion** The test device for positioning the X-ray focal spot centerline has high accuracy and full-function, and is easy to operate and promote.

[Key words] X-ray tube; Focal spot performance; Test device; Development

医用诊断 X 线球管焦点性能检测装置的研制与应用

李祥林^{1*}, 李建平¹, 秦东京¹, 李泽洪¹, 殷志杰¹, 宋少娟², 李月卿³

(1. 滨州医学院附属医院放射科, 山东 滨州 256603; 2. 山东省医学影像学研究所, 山东 济南 250012; 3. 泰山医学院放射学院, 山东 泰安 271016)

[摘要] **目的** 研制一种医用诊断 X 线球管焦点性能检测装置(简称检测装置)。**方法** 根据国际 IEC60336:2005 标准要求, 自主研制具有 X 线焦点中心线定位及进行焦点狭缝照相、针孔照相和星卡照相的检测装置, 并对其进行焦点性能检测应用研究。**结果** 检测装置能对 X 线焦点中心线进行定量调节定位, 焦点中心线定位调节次数一般为 2~3 次, 并可获得国际 IEC60336:2005 标准要求的焦点狭缝像、针孔像和星卡像。**结论** 研制的检测装置焦点中心线定位精度高、功能全、操作简便、易于推广。

[关键词] X 线球管; 焦点性能; 检测装置; 研制

[中图分类号] R814 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2010)05-0943-04

在医用诊断 X 线摄影中, X 线焦点性能是影响成像质量的重要因素, 其性能测量是 X 线摄影质量控制和质量保证的重要内容^[1]。根据最新国际电工委员会标准 IEC60336:2005 和国内医药行业标准 YY/T 0063-2007^[2-3] 相关要求, 焦点性能测量主要有狭缝照相、针孔照相和星卡照相等 3 种测量法。

焦点中心线的精确定位是进行焦点性能测量的前提和难点。国外一般利用简易支架, 通过主观判断或利用简易调节装置来对准焦点的中心线, 然后将狭缝、针孔或星卡置于支架上进行焦点的性能测量^[4-5]; 国内多将星卡固定于 X 线管束光器的窗口上, 来进行焦点的性能检测, 测量精度均难以保证^[6-7]。

针对上述焦点中心线定位技术难题, 笔者自主研制出一种 X 线管焦点性能检测装置(专利号: ZL200710014184), 可用于焦点中心线的精确定位, 可作为狭缝、针孔和星卡的成像装置, 适用于焦点的性能检测, 并符合 IEC60336:2005 标准要求。

1 材料与方法

1.1 实验仪器 狭缝照相机[单缝, 缝宽(0.010±0.002)mm,

[基金项目] 山东省科学技术发展计划重点项目(2004GG2202137)、山东省自然科学基金(Q2006C01)。

[作者简介] 李祥林(1974—), 男, 山东禹城人, 硕士, 讲师。研究方向: 医学图像处理与像质评价。

[通讯作者] 李祥林, 滨州医学院附属医院放射科, 256603。

E-mail: xll163@163.com

[收稿日期] 2009-10-15 **[修回日期]** 2010-01-22

德国 PTW 公司], 针孔照相机 [针孔孔径 $(0.03 \pm 0.005) \text{ mm}$, 美国 FLUKE 公司], 星卡 (2° , 0.05 mm Pb , 美国 Nuclear associates 公司), 5 台计算机 X 线摄影 (computed radiography, CR) 系统, 分别为 AGFA ADC Compact CR 系统、FCR AC-3 CR 系统、GE Centricity CR 系统、Kodak DirectView CR800 系统、Konic REGIUS 350 CR 系统, 5 台数字 X 线摄影 (digital radiography, DR) 系统, 分别为 Philips DigitalDiagnost DR 系统、GE Revolution TMXR/d DR 系统、Siemens AXIOM Aristos FX DR 系统、Hologic DR1000C 系统、Kodak DirectView DR7500 系统。

1.2 检测装置的结构设计

主要组成部分结构设计: ①底座: 固定整个检测装置, 装有 4 个调节螺钉。②调节装置: 由滑轨结构组成, 包括滑轨座、滑板、纵向导轨和横向导轨。滑轨座与底座固定连接, 滑板与托盘、立柱固定连接, 纵向丝杠连接纵向调节旋钮, 横向丝杠连接横向调节旋钮。调节旋钮上等间隔分成 10 格, 每格的调节精度为 0.1 mm , 旋转一周为 1 mm , 纵向与横向调节范围均为 30 mm 。③立柱: 其上端固定带圆孔的载物体, 在载物台的表面镶嵌有水平泡。④多功能筒: 由有机玻璃制成, 长度 300 mm , 上面刻有标尺 (精度为 1 mm) 及 2 条相隔 90° 的标记线, 其与立柱载物台平面相交处的标尺读数表示从多功能筒上端到托盘平面的垂直距离, 调节范围为 $400 \sim 650 \text{ mm}$; 通过将多功能筒水平小角度旋

转, 可使狭缝长方向与焦点评价方向垂直, 角度标尺范围为 5° 。⑤“T”形与“十”形准直片: 两者均由有机玻璃片及镶嵌其上的细钨丝构成, 钨丝的形状分别为“T”形和“十”字形, 钨丝的直径为 0.139 mm , 长度为 10 mm 。(图 1)

1.3 检测装置的工作原理

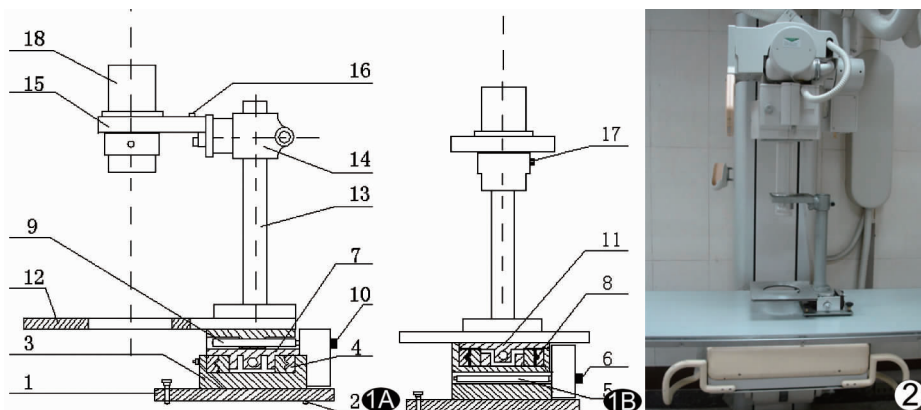


图 1 检测装置结构图 A. 检测装置正面观; B. 检测装置侧面观 (1: 底座; 2: 调节螺钉; 3: 滑轨座; 4: 纵向导轨; 5: 纵向丝杠; 6: 纵向调节旋钮; 7: 十字滑轨; 8: 横向导轨; 9: 横向丝杠; 10: 横向调节旋钮; 11: 滑板; 12: 底盘; 13: 立柱; 14: 支架; 15: 载物台; 16: 水平泡; 17: 紧固螺钉; 18: 多功能筒)

图 2 检测装置工作图 检测装置置于检测床上, 检测床下为 FPD, 多功能筒上为束光器

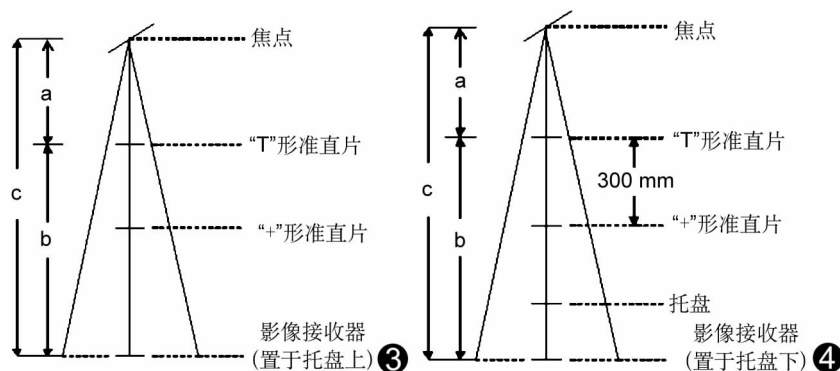


图 3、4 放大倍率计算示意图 图 3 为影像接收器 (如胶片或 IP) 置于托盘上, 图 4 为影像接收器置于托盘下 (如 FPD) (a: 焦点至“T”形准直片的距离; b: “T”形准直片至影像接收器的距离; c: 焦点至影像接收器的距离)

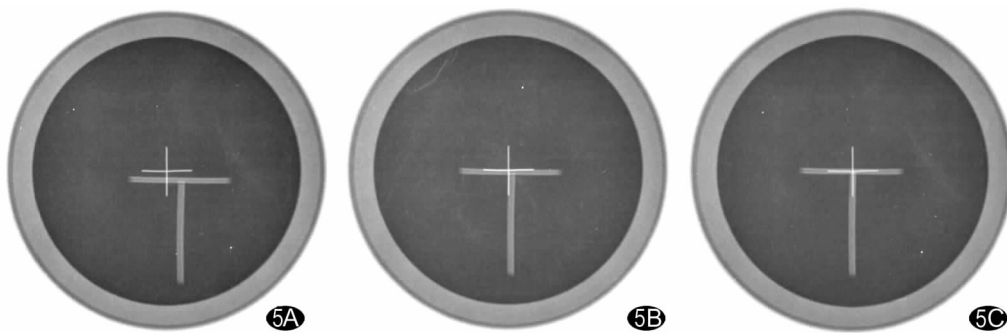


图 5 CR1 系统采集的焦点中心线对准定位像 根据焦点中心线初始定位像 (A), 按照 (↙) 方向第 1 次操作调节装置分别横向、纵向移动 2.0 mm , 1.5 mm (B), 使“T”形准直片中心向“十”形准直片中心移动, 根据图 5B 所示位置, 第 2 次操作调节装置分别横向、纵向移动 0.5 mm , 0.3 mm , 使“T”形准直片中心与“十”字形准直片中心重合 (C)

固定于多功能筒的上、下端, 进行 X 线摄影, 根据获得的影像中“T”形与“十”字形的位置, 通过调节装置的横向或纵向调节使“T”形与“十”形的影像重合, 达到焦点中心线的定位。根据摄影的几何学原理, 调节方向为“T”形中心向“十”字形中心方向移动, 使两者重合。

1.4 检测装置的应用

1.4.1 焦点中心线的对准定位 ①将检测装置置于 X 线管束光器下方,相应检查床或探测器的上面(图 2)。②调节 4 个调节螺钉,通过观察水平泡,使检测装置水平放置。③将 2 个准直片固定于多功能筒上,移动多功能筒至合适位置,调节 X 线管与检测装置,使束光器的“十”字中心线与“T”形准直片的中心线对准,且束光器的窗口靠近“T”形准直片,在以下步骤中,X 线管固定不动。④将 X 线影像接收器置于托盘相应位置,进行 X 线摄影(摄影条件为 40 kV,6 mAs),根据获得影像中“T”形与“十”字形的位置,通过微调调节装置使 2 个准直片在影像上重合,达到焦点中心线的对准定位。

1.4.2 放大倍率的确 由图 3、4 的几何关系变换可得: $a = \frac{b}{M_T - 1}$, b 为已知数; $a = \frac{300M_+}{M_T - M_+}$, $b = \frac{300M_+(M_T - 1)}{M_T - M_+}$, $b -$ (多功能筒读数)可计算出托盘至影像接收器的距离,其中 M_T 和 M_+ 分别为“T”形与“十”字形准直片处的放大倍率,通过在图像工作站上测量相应“T”形与“十”字形的物像尺寸后可计算出数值。最后可计算出 c 。结合上述计算出的 a 、 b 、 c 值,通过上下调节多功能筒,可确定满足焦点性能检测所需放大倍率时的新 a 、 b 值,从而确定放大倍率。

1.4.3 焦点像的采集 取下 2 个准直片,把狭缝相机、针孔相机或星卡固定于多功能筒的上端,进行焦点的性能成像;通过转动多功能筒进行焦点 2 个方向(长或宽)的成像。

1.5 检测装置的性能评价 按上述实验方法,分别在 5 台 CR 和 5 台 DR 上,应用成像板(imaging plate, IP)和平板探测器(flat panel detector, FPD)作为影像接收器,对检测装置的 X 线中心线的定位功能进行测试,并在图像工作站上以 DICOM 文件格式采集焦点的狭缝像、针孔像和星卡像。

2 结果

检测装置能对 X 线焦点中心线进行定量调节定位,焦点中心线定位调节次数一般为 2~3 次(表 1,图 5);调节定位时间,应用 IP 成像平均为 15 min,应用 FPD 成像平均为 10 min。可获得焦点性能测量要求的狭缝像、针孔像和星卡像(图 6)。

3 讨论

本检测装置的设计严格依据国际标准的准直要求,即狭缝光阑入射面的对称轴线到焦点基准轴线(中心线)的距离每

100 mm 在 0.2 mm 范围内,100 mm 指的是焦点到狭缝光阑入射面的距离。应用本检测装置进行焦点性能检测时,焦点到“T”形准直片的距离一般约为 300 mm,“T”形准直片到影像接收器的距离约为 600 mm,“T”形准直片的放大倍率约为 3.0,“T”形准直片钨丝直径为 0.139 mm,放大 3.0 倍后为 0.417 mm<0.6 mm(0.6 mm 指焦点到狭缝光阑入射面的距离为 300 mm 时,狭缝光阑入射面的对称轴线到焦点基准轴线的容许距离范围),且检测装置的调节移动精度为 0.1 mm,符合上述标准要求。

表 1 检测装置 X 线中心线定位调节测试表

成像设备	调节方向	调节距离(mm) (横向,纵向)	调节次数
CR1	↑	(2.5,1.8)	2
CR2	↑	(1.5,4.0)	3
CR3	↑	(0.5,2.5)	2
CR4	↑	(1.3,3.3)	2
CR5	↑	(3.4,2.7)	3
DR1	↑	(2.3,0.5)	2
DR2	↑	(2.3,0.3)	2
DR3	↑	(2.7,1.5)	2
DR4	↑	(3.0,1.6)	3
DR5	↑	(2.8,1.3)	2

检测装置的底盘、立柱及其上的载物台均固定,且保持平面平行,这保证了检测装置的物理稳定性。另外,在焦点性能检测过程中,X 线球管定位后保持不动,仅通过上下移动或水平转动多功能筒来确定焦点成像所需的放大倍率、矫正狭缝长方向与焦点评价方向垂直及焦点 2 个方向上的成像等,极大地减少了可变因素造成的测量误差。

根据 3 种焦点性能评价方法所使用检测仪器规格可制作出相应狭缝相机、针孔相机、星卡的接口座,置于多功能筒的上端,能实现焦点性能参数的全部检测。

国际标准规定使用胶片作为焦点性能成像的标准影像接收器,但也提出了应用 IP、FPD 进行焦点性能成像检测的可行性。随着 X 线摄影的数字化、无胶片化的发展趋势,近年来国外学者开始应用 IP、FPD 作为成像载体进行焦点性能测量的实验研究^[8-10],本检测装置在结构设计上已解决了这个

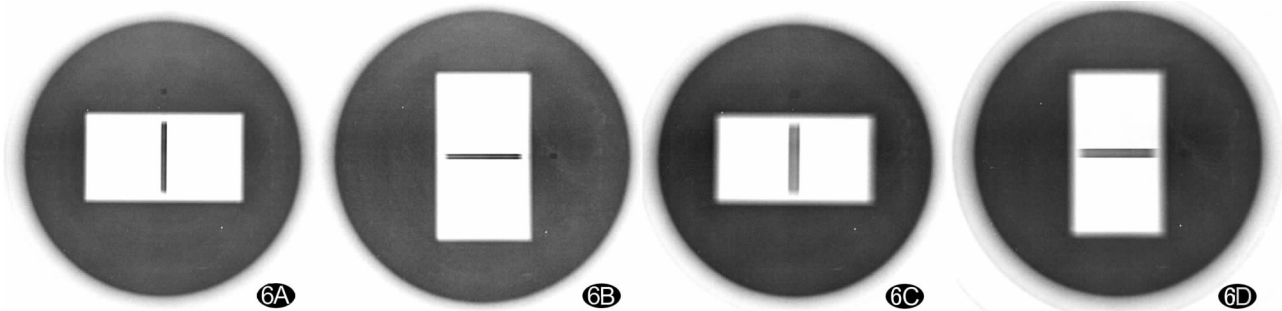


图 6 CR1 摄影系统采集的焦点的狭缝像 A. 为小焦点长; B. 小焦点宽; C. 大焦点长; D. 大焦点宽 大小焦点标称值分别为 1.2 mm, 0.6 mm。小焦点为垂直球管长轴采集的图像;大焦点为平行球管长轴采集的图像

问题,在焦点性能测量方面均可应用上述 3 种影像接收器,应用前景十分广阔(图 6)。

国际标准所规定的焦点检测范围是工作电压不高于 200 kV(包括 200 kV),焦点标称值在 0.1~3.0 mm 之间。目前适合该条件的 X 线成像设备包括模拟 X 线摄影、CR、DR,还适用于 X 线透视、胃肠、CT 等设备的焦点性能检测等。

综上所述,利用 2 个准直片,通过检测装置的调节系统,可快速、精确地对准焦点的中心线,焦点中心线定位调节次数一般为 2~3 次(表 1);另外,仅通过上下移动或水平转动多功能筒来确定焦点成像所需的放大倍率,放置准直片、狭缝相机、针孔相机、星卡及在焦点的 2 个方向上对狭缝成像,并可矫正狭缝长方向与焦点评价方向垂直。操作者使用本检测装置的熟练程度及使用不同的成像载体是影响检测效率的重要因素。

本研究结果表明,笔者所研制的检测装置焦点中心线定位精度高、功能全、操作简便,在医用诊断 X 线焦点性能检测、科研及教学等诸方面均具有良好的应用价值和推广价值。

[参考文献]

- [1] 李月卿. 医学影像成像理论. 北京:人民卫生出版社, 2003: 163-170.
- [2] Medical electrical equipment—X-ray tube assemblies for medical diagnosis—Characteristics of focal spots, IEC 60336. 2005:11-61.
- [3] 国家食品药品监督管理局. YY/T 0063-2007 医用电器设备医用诊断 X 线组件焦点特性. 北京:中国标准出版社, 2007:1-18.
- [4] 燕树林. 放射诊断影像质量管理. 杭州:浙江科学技术出版社, 2001:162-167.
- [5] Tuchyna T, Paix D. A CMOS image sensor method of focal spot size measurement. Australas Phys Eng Sci Med, 2004, 27(2):63-68.
- [6] 中华人民共和国卫生部. WS-T 189-1999 医用 X 射线诊断设备影像质量控制检测规范. 北京:中国标准出版社, 2000:5-6.
- [7] 金华勇. 医用 X 射线管的焦点测量中应注意的几个问题. 计量与测试技术, 2006, 33(7):32-33.
- [8] 唐建, 蒋力培, 邓双成, 等. 医用 X 线成像系统的数字化进展. 中国医学影像技术, 2005, 24(增刊):4-7.
- [9] Rong XJ, Krugh KT, Shepard SJ, et al. Measurement of focal spot size with slit camera using computed radiography and flat-panel based digital detectors. Med Phys, 2003, 30(7):1768-1775.
- [10] Abe S, Negishi T, Fukaya M, et al. Measurement of focal spot in X-ray tube using imaging plate. Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2004, 60(8):1132-1138.

《血液病 MRI 诊断》已出版

由黄仲奎教授主编的《血液病 MRI 诊断》于 2009 年 10 月在科学出版社出版发行,本书从临床实际出发,在简要介绍有关血液和造血细胞以及血液病有关临床诊疗基本知识的基础上,重点介绍正常与异常骨髓 MRI 以及常见血液病的 MRI 表现。全书共 7 章,大约包括 25 万字和 300 多幅图片。在对每个疾病的介绍中,均有临床基础知识、实验室检查(血象与骨髓象)、MRI 表现、其他影像学表现、诊断与鉴别诊断等方面内容。使读者在了解有关血液病基础与临床知识的同时,重点掌握血液病的 MRI 诊断技术及相关影像学技术,更好地指导临床日常诊疗。

当当网、卓越网、新华书店及医学专业店有销售。定价 68.00 元。

联系人 温晓萍

电话 010-64034601, 64019031

地址 北京市东黄城根北街 16 号 科学出版社

邮编 100717

(免邮寄费,请在汇款附言注明您购书的书名、册数、联系电话、是否要发票等)

