

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.06.008

· 论 著 ·

探头位置对牙科全景设备质量控制检测结果的影响分析

赵文涛, 王海鹏, 李俊红, 季程晨, 赵瑄, 刘海宽

复旦大学放射医学研究所, 上海 200032

摘要: **目的** 定量研究检测设备探头位置变化对牙科全景摄影质量控制检测结果的影响, 为分析质量控制检测结果偏差的来源提供参考。**方法** 选取 8 种不同型号具有牙科全景摄影功能的 X 射线设备, 利用胶片分析法确定主射束中心轴在影像探测器上的位置, 通过辅助移动装置精确控制探头位置, 分别在射束中心位置、上下左右移动 1 cm 位置、上下左右移动 2 cm 位置测量管电压、辐射输出量和有用线束半值层。**结果** 在射束中心位置的管电压、辐射输出量和有用线束半值层测量结果数值最大, 偏离中心位置数值减小。不同型号的牙科全景设备对于探头位置的敏感性存在较大差异: 对于不敏感的设备, 探头位置偏差 2 cm 对管电压检测结果的影响小于 5.3 kV(5.8%); 而对于敏感的设备, 仅 2 mm 探头位置偏移所导致管电压的检测结果的偏差可达 5.4 kV(6.0%)。**结论** 探头位置可导致牙科全景摄影质量控制检测结果的偏差, 因此确定主射束中心轴在影像探测器上的位置进行探头的准确摆位对质量控制检测至关重要。

关键词: 探测器位置; 牙科全景摄影; 质量控制

中图分类号: R816.98 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2023)06-0643-05

Analysis of the influence of probe position on quality control test results of dental panoramic radiography equipment

ZHAO Wentao, WANG Haipeng, LI Junhong, JI Chengchen, ZHAO Xuan, LIU Haikuan

Institute of Radiation Medicine, Fudan University, Shanghai 200032 China

Abstract: **Objective** To quantitatively study the influence of changes in probe position on the quality control test results of dental panoramic radiography and to provide a reference for analyzing the sources of deviations in quality control test results. **Methods** Eight different models of dental panoramic X-ray machines were selected for this study. The film analysis method was used to determine the position of the central axis of the main beam on the image detector. The position of the probe was accurately controlled through an auxiliary moving device. The tube voltage, radiation output, and half-value layer of the useful beam were measured for positions at the center of the beam; 1 cm upward, downward, left, and right from the center of the beam; and 2 cm upward, downward, left, and right from the center of the beam. **Results** The tube voltage, radiation output, and half-value layer had a maximum value at the center of the beam, with a decrease in the value as the position deviated from the center. There were significant differences in the probe position sensitivity between different models of dental panoramic radiography equipment. A 2 cm deviation in the probe position resulted in an impact on the measured tube voltage of less than 5.3 kV (5.8%) for less sensitive equipment. A 2 mm deviation in the probe position resulted in an impact on the measured tube voltage of less than 5.4 kV (6.0%) for sensitive equipment. **Conclusion** The probe position can lead to deviation in the quality control test results of dental panoramic photography. Therefore, determining the position of the central axis of the main beam on the image detector for accurate positioning of the probe is crucial for quality control testing.

Keywords: Detector position; Dental panoramic radiography; Quality control

Corresponding author: LIU Haikuan, E-mail: liuhk@fudan.edu.cn

根据公开数据显示, 2021 年我国的口腔患者就诊人次约为 7.16 亿, 并随着人们对于口腔健康需求的增加口腔诊疗人次未来将继续增加。与此同时, 牙科 X 射线检查的频次也相应的不断增加。口腔全景

X 射线检查可以清晰、完整地显示上下颌骨全貌, 包括上下颌牙列情况、牙槽骨情况以及上颌窦腔、鼻窦、窦底情况和颞颌关节情况等, 因此具有帮助识别牙齿和牙周的问题、口腔癌等其他口腔问题, 并为治

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (项目编号: 12075064)

作者简介: 赵文涛 (1995—), 男, 河南郸城人, 助理实验师, 从事放射卫生防护检测与评价工作。E-mail: zcyking7028@163.com

通信作者: 刘海宽, E-mail: liuhk@fudan.edu.cn

疗方案的制定提供准确的基础信息等临床价值。从 1961 年首台商用模拟全景机应用于临床,到 1996 年数字化技术第一次应用于曲面体层成像,牙科 X 射线摄影在口腔诊断中越来越不可或缺^[1]。进入 21 世纪牙科全景摄影、口腔锥形束 CT 等牙科 X 射线诊断设备需求更是持续增长。开展牙科 X 射线诊断设备的质量控制检测,对于确保设备的影像诊断质量和保证临床诊断的准确度,使各口腔医疗机构更好的服务于广大牙病人群具有重要的意义^[2-4]。为了规范对牙科 X 射线设备进行质量控制检测行为,我国相继制定了相关的卫生行业标准。在贯彻执行相关国家标准的过程中发现,质量控制检测探头在全景功能影像接收器的不同位置,对于检测出的管电压、半值层和剂量均有较大影响。因此有必要对于不同型号的牙科 X 射线设备,深入研究质量控制检测探头的摆位对于管电压、半值层和辐射输出量检测结果的影响。因此本研究首先采用胶片法确定口腔全景 X 射线设备射线束的中心位置^[5-9],然后通过定位支架实现质量控制检测探头定量移动偏离中心位置,分别进行曝光来研究探头位置偏离对检出结果的影响。

1 材料与方法

1.1 研究材料 本研究选取 2021 年 1 月—2022 年 12 月上海 8 家开展口腔诊疗的医疗机构新装备的 8 台具有牙科口外 X 射线全景功能的设备,这 8 台牙科 X 射线设备包含了 8 种不同的型号,其中进口设备 4 个型号:分别是 PAPAYA 3D Plus 口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(GENORAY Co., Ltd.), ICT-R01-L 系列口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(登腾株式会社), Planmeca 3D 系列口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(Planmeca Oy, PHT-35LHS 型口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(VATECH Co., td); 国产设备 4 个型号:分别是 Bendent 3D-1020 口腔 X 射线数字化体层摄影设备(常州博恩中鼎医疗科技有限公司); SS-X9010DPro-3DE 口腔 X 射线数字化体层摄影设备(合肥美亚光电技术股份有限公司); APSARAS 3D 口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(康达洲际医疗器械有限公司); Smart 3D-X 口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(北京朗视仪器股份有限公司)。上述设备均为具有口腔锥形束 CT、口腔全景功能、头颅侧位的三合一功能或包含牙片机四合一功能,为了研究方便,将上述 8 种型号的 8 台牙科 X 射线设备随机以 A、B、C、D、E、F、G 和 H 进行编

号。在进行质量控制检测前,上述设备均进行了出厂前的质量控制检测和校准,并已取得国家或省级医疗器械注册许可证。

1.2 检测仪器 本实验研究采用了瑞典 Unfors Raysafe 公司生产的 X2 型多功能诊断 X 辐射剂量计进行设备口腔全景功能中 X 射线输出特性的质量控制检测。该仪器的常规摄影探测器 R/F 探头的管电压测量量程为 40~150 kV,测量半值层量程为 1~14 mmAl,剂量率响应量程为 1 nGy/s~500 mGy/s,测量时间为 0.001~999 s。该仪器使用前已经在上海市计量测试技术研究院进行校准,且校准证书的日期在有效范围内。另外,开展本研究还配置了一个探测器辅助移动装置,该装置可以根据设置精确移动探测器探头在接收器上的位置,如图 1。

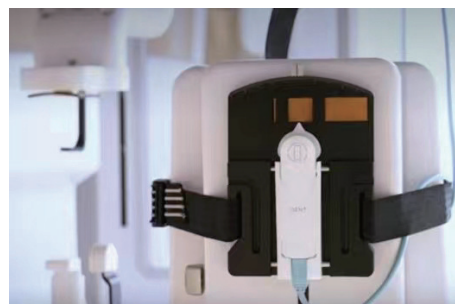


图 1 探头辅助移动装置摆位图

Figure 1 Positioning of the probe auxiliary moving device

1.3 检测项目 根据目前现行的国家卫生行业标准《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS 76—2020)等文件对于牙科 X 射线设备(含口内机和口外机)的技术要求,检测牙科口外 X 射线机全景功能在相同曝光条件下,探测器 R/F 探头在影像接收器不同位置时的管电压、输出量、有用线束半值层这 3 个反映 X 射线输出特性的指标,并分析探测器摆放位置对上述指标检测结果的影响^[10-15]。

1.4 研究方法 检测牙科口外 X 射线机全景功能时,可先利用胶片分析法在影像接收器上设置 2 张 2 cm × 15 cm 的免冲洗感光胶片,对胶片进行常规条件的照射,来确定主射束中心轴在影像探测器上的位置。然后将 X2 型多功能 X 射线诊断剂量计的探测器 R/F 探头置于辅助移动装置中,然后将该装置置于影像接收器上,并使得 R/F 探头有效测量点位于主射束中心轴上,探头表面与主射束中心轴垂直(设为 0 位),设置牙科 X 射线设备的曝光参数为临床常用参数进行曝光,并记录管电压、辐射输出量、半值层测量结果。然后以 1 cm 为间隔分别向左、右移动探头,保持曝光参数不变,重复上述测试实验;然后旋

转辅助移动装置采用上述方法,以 1 cm 为间隔分别向上向下移动探测器位置,重复上述实验。对于 1 cm 的移动间隔无法读出测量结果的设备,则将探头的每次移动间隔减小至 1 mm 进行移动测量。

2 结果

2.1 探测器摆位对管电压检测结果的影响 探测器 R/F 探头不同摆放位置的管电压检测结果详见表 1,从表中检测结果可以分析出,对于本研究涉及的所有牙科 X 射线设备, R/F 探头在 0 位时,管电压的检测

形。同时,对于不同型号的牙科 X 射线设备,管电压检测结果受探测器摆位的影响程度存在显著差异:对于有测量结果的 A、D、F、G、H 设备,运用 SPSS 软件进行分析,以位置变化引起的结果偏差为观测参数,采用单因素 k 水平方差分析,得出方差分析的统计量 $F = 37.359$,相伴概率 $P < 0.001$,具有统计学的意义;对于设备 G 和设备 H,管电压的检测

表 1 探头摆放位置不同时管电压检测结果 (kV)

Table 1 Test results of tube voltages at different probe positions

| 探头位置 | 设备A | 设备B | 设备C | 设备D | 设备E | 设备F | 设备G | 设备H |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0位 | 73.2 | 80.2 | 84.9 | 90.2 | 83.0 | 87.6 | 90.8 | 89.3 |
| 左移1 cm | 66.1 | / | / | 87.2 | 82.0 | 77.0 | 88.9 | 87.6 |
| 左移2 cm | 62.3 | / | / | 84.3 | / | 74.2 | 86.3 | 86.3 |
| 右移1 cm | 73.9 | / | / | 88.2 | 85.0 | 81.4 | 87.5 | 88.2 |
| 右移2 cm | 67.8 | / | / | 75.3 | 79.5 | 75.3 | 85.3 | 86.2 |
| 上移1 cm | 66.1 | 77.3 | / | 87.2 | 82.0 | 77.0 | 88.9 | 87.6 |
| 上移2 cm | 62.3 | 72.5 | / | 84.3 | / | 74.2 | 86.3 | 86.3 |
| 下移1 cm | 73.9 | 78.1 | / | 88.2 | 85.0 | 81.4 | 87.5 | 88.2 |
| 下移2 cm | 67.8 | 74.8 | / | 75.3 | 79.5 | 75.3 | 85.3 | 86.2 |

针对上述对探头摆放位置敏感的设备类型,减小 R/F 探头偏移距离,以 1 mm 为偏离间隔进行测试。结果发现,探头偏移 2 mm 导致管电压的检测

于 R/F 探头位置极其灵敏牙科口外 X 射线机,探头位置移动毫米量级,测量得出的管电压等数据就有较大差异。在进行该类设备质量控制检测时, R/F 探头的位置摆放至关重要。

表 2 探头摆放位置敏感设备的管电压检测结果 (kV)

Table 2 Test results of tube voltages of probe position-sensitive devices

| 探头位置 | 0位 | 左移1 mm | 左移2 mm | 右移1 mm | 右移2 mm | 上移1 mm | 上移2 mm | 下移1 mm | 下移2 mm |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 设备B | 80.2 | 79.2 | 78.0 | 79.3 | 77.9 | 78.3 | 77.5 | 78.0 | 77.2 |
| 设备C | 84.9 | 84.5 | 84.1 | 82.6 | 80.0 | 81.8 | 79.5 | 83.0 | 81.5 |

因此, R/F 探头摆放位置会对管电压的检测产生影响参考 WS 76—2020 中表 E.1 中对管电压指示的要求,当按照标准的方法将 R/F 探头有效测量点位于主射束中心轴并使探头表面与主射束中心轴垂直(即 0 位)时,上述所有类型的 8 台设备的检测结果符合标准限值的要求。但当 R/F 探头有效测量点偏

离 0 位的摆位位置,其检测结果要么无法获取,要么导致检测结果超出标准限值要求,引起严重的结果误判。

2.2 探测器摆位对输出剂量检测结果的影响 由表 3 检测结果可以分析出,对于所有设备, R/F 探头在 0 位时,辐射输出量检测结果均为最大值,当 R/F 探头向 0 位的上下左右 4 个方位移动时,其中的输出剂

量检测结果均呈现偏小的趋势。对于大部分设备越远离 0 位的位置,其输出剂量会变得越小,最小的仅为 0 位测量结果的 1/234。其中对于设备 A、设备

B、设备 E 和设备 F 的测量结果还呈现出左右方向移动引发的输出量结果偏差显著大于上下方向移动的结果。

表 3 探头位置不同时辐射输出量检测结果 (μGy)

Table 3 Test results of radiation output at different probe positions

| 探头位置 | 设备A | 设备B | 设备C | 设备D | 设备E | 设备F | 设备G | 设备H |
|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| 0 | 704 | 15480 | 1989 | 12370 | 11980 | 25090 | 1025 | 3258 |
| 左移1 cm | 225 | 231 | 1652 | 7320 | 2087 | 349 | 753 | 2547 |
| 左移2 cm | 74 | 66 | 1529 | 4370 | 67 | 168 | 387 | 1326 |
| 右移1 cm | 5394 | 269 | 1145 | 9710 | 8666 | 389 | 662 | 2857 |
| 右移2 cm | 177 | 100 | 956 | 5380 | 382 | 214 | 348 | 2013 |
| 上移1 cm | 6289 | 10370 | 945 | 7320 | 6951 | 18390 | 896 | 1956 |
| 上移2 cm | 1258 | 7062 | 456 | 4370 | 1429 | 12370 | 542 | 453 |
| 下移1 cm | 6289 | 11370 | 1458 | 9810 | 1458 | 19250 | 955 | 1853 |
| 下移2 cm | 1258 | 7453 | 1327 | 7210 | 955 | 15370 | 904 | 334 |

可见, R/F 探头对于偏离 0 位的摆位位置,会对辐射输出量的检测结果造成很大的改变,可以分析出,当 R/F 探头偏离 0 位时,由于其不在辐射束轴上,偏离位置越大, R/F 探头接收的剂量越小,会对整体检测结果造成影响。

2.3 探测器摆位对半值层检测结果的影响 由表 4 检测结果可以分析出,对于其中的所有设备, R/F 探头在 0 位时,半值层为最大值,当 R/F 探头向 0 位的上下左右 4 个方位移动时,其中的半值层检测结果均呈现偏小的趋势。

表 4 探头位置不同时半值层检测结果 (mmAl)

Table 4 Test results of half-value layer at different probe positions

| 探头位置 | 设备A | 设备B | 设备C | 设备D | 设备E | 设备F | 设备G | 设备H |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 4.00 | 3.99 | 3.45 | 4.26 | 4.65 | 3.83 | 5.34 | 3.94 |
| 左移1 cm | 3.23 | 3.57 | 3.37 | 3.84 | 4.28 | 2.44 | 4.72 | 3.52 |
| 左移2 cm | 3.21 | 3.11 | 3.31 | 3.57 | 3.81 | 2.21 | 3.95 | 3.34 |
| 右移1 cm | 3.22 | 3.59 | 3.52 | 3.89 | 4.55 | 2.81 | 4.72 | 3.60 |
| 右移2 cm | 3.19 | 3.05 | 3.61 | 3.27 | 3.85 | 2.51 | 3.95 | 3.37 |
| 上移1 cm | 3.25 | 3.78 | 3.28 | 3.45 | 4.36 | 3.55 | 4.71 | 3.50 |
| 上移2 cm | 2.84 | 3.67 | 2.58 | 3.24 | 3.84 | 3.43 | 4.36 | 3.24 |
| 下移1 cm | 3.25 | 3.84 | 3.45 | 3.92 | 3.95 | 3.63 | 4.75 | 3.48 |
| 下移2 cm | 2.84 | 3.60 | 2.48 | 3.82 | 3.72 | 3.60 | 4.68 | 3.15 |

参考 WS 76—2020 中表 E.1 中对半值层指标的要求,在 0 位的最佳摆位位置时,检测结果符合标准限值的要求。偏离 0 位的摆位位置,其检测结果可能会偏离标准限值,影响数据的客观真实性。

3 讨 论

在进行牙科全景摄影质量控制检测时,探头在影像接收器的摆位位置差异对于检测会有较大影响。当偏离射束中心轴摆位位置时,管电压数据会出现未

检出或检测数据与标称数据偏离较大情形,输出量和半值层在 0 位位置时检测结果最大,并呈现出探头偏移位置越大检测结果越小的趋势。由于不同探头位置下加载时间的检测结果基本不变,因此本文未对加载时间的测量结果进行展开讨论。

医用 X 射线设备质量控制检测规范(WS 76—2020)作为卫生行业强制性标准自 2021 年 5 月 1 日起实施,其中对于牙科 X 射线机设备质量控制的检测规范更加细致具体。在实际实践质控检测的过程

中,准确的确定探测器探头的位置,对于质量控制检测至关重要,直接关系到检测效果的准确性和有效性。在进行牙科全景摄影质量控制检测时,当发现管电压、输出量或半值层的检测结果明显偏小,应考虑到是否是由于探头摆放位置引发的,特别是对于探头摆放位置依赖性高的机型,应格外注意。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

作者贡献声明 赵文涛负责研究设计、数据分析、撰写论文;王海鹏、李俊红、季程晨、赵瑄负责数据收集及整理、表格制作;刘海宽负责论文修改和研究指导

参考文献

- [1] Hallikainen D. History of panoramic radiography[J]. *Acta Radiol*, 1996, 37 (3) : 441-445. DOI: 10.3109/02841859609177678.
- [2] 张庆. X射线成像技术在口腔临床中的应用[J]. *中国医疗设备*, 2019, 34 (11) : 161-164. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1633.2019.11.041.
Zhang Q. Application of X-ray imaging technology in oral clinic[J]. *Chin Med Devices*, 2019, 34 (11) : 161-164. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1633.2019.11.041.
- [3] 刘东华, 于勉. 口腔全景X射线摄影[J]. *现代物理知识*, 2006, 18 (6) : 44-45. DOI: 10.13405/j.cnki.xdwz.2006.06.016.
Liu DH, Yu M. Oral panoramic X-ray photography[J]. *Mod Phys*, 2006, 18 (6) : 44-45. DOI: 10.13405/j.cnki.xdwz.2006.06.016.
- [4] 王丽君. 全口牙数字化曲面体层X线摄影技术及其临床应用[J]. *天津医科大学学报*, 2002, 8 (3) : 385-386. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8147.2002.03.048.
Wang LJ. Digital curved tomography of full mouth teeth and its clinical application[J]. *J Tianjin Med Univ*, 2002, 8 (3) : 385-386. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8147.2002.03.048.
- [5] 杨乾, 杨勇, 杨建, 等. 全景牙科X射线机校准研究[J]. *中国测试*, 2015, 41 (3) : 22-25. DOI: 10.11857/j.issn.1674-5124.2015.03.005.
Yang Q, Yang Y, Yang J, et al. Research for calibration of dental panoramic X-ray imaging apparatus[J]. *China Meas Test*, 2015, 41 (3) : 22-25. DOI: 10.11857/j.issn.1674-5124.2015.03.005.
- [6] 王会丽. 口腔全景投射中的常见问题分析[J]. *当代医学*, 2011, 17 (20) : 145. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2011.20.106.
Wang HL. Analysis of common problems in oral panoramic projection[J]. *Contemp Med*, 2011, 17 (20) : 145. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2011.20.106.
- [7] 朱兴喜, 戚仕涛, 汪长岭, 等. 口腔全景摄像装置中心定位检测模具的研制与应用[J]. *中国医学装备*, 2014, 11 (4) : 44-46. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2014.04.014.
Zhu XX, Qi ST, Wang CL, et al. Development and application of centralized positioning mould for dental panoramic machine[J]. *Chin Med Devices*, 2014, 11 (4) : 44-46. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2014.04.014.
- [8] 时明. 医用曲面断层牙科X射线机校准方法研究[J]. *计量与测试技术*, 2015, 42 (12) : 57-58. DOI: 10.15988/j.cnki.1004-6941.2015.12.025.
Shi M. Study on calibration method of x-ray machine for medical surface tomography[J]. *Metrol Meas Tech*, 2015, 42 (12) : 57-58. DOI: 10.15988/j.cnki.1004-6941.2015.12.025.
- [9] 贺玉鑫, 唐智睿, 唐遥磊, 等. 基于线性模型的牙科曲面断层X射线定位方法[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31 (6) : 694-697. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.06.009.
He YX, Tang ZR, Tang YL, et al. A linear model-based dental panoramic tomography localization method[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 31 (6) : 694-697. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.06.009.
- [10] 黄喆, 李彬, 曹发明, 等. 江西医用诊断X射线设备质量控制现状调查分析[J]. *中国医疗器械信息*, 2023, 29 (3) : 13-16. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6586.2023.03.005.
Huang Z, Li B, Cao FM, et al. Investigation and analysis of the current quality control of medical diagnosis X-ray equipment in Jiangxi[J]. *China Med Device Inf*, 2023, 29 (3) : 13-16. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6586.2023.03.005.
- [11] 白鹏. 分析口腔X射线机影像质控检测[J]. *影像技术*, 2015, 27 (4) : 53-54,60. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0270.2015.04.25.
Bai P. Analysis of oral X-ray generator image quality control detection[J]. *Image Technol*, 2015, 27 (4) : 53-54,60. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0270.2015.04.25.
- [12] 石红梅, 赵思京, 魏祥, 等. 北京市东城区牙科X射线机性能及防护检测评价[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 30 (5) : 577-580. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.05.011.
Shi HM, Zhao SJ, Wei X, et al. Investigation on quality control and radiation protection of dental X-ray equipment in Beijing Dongcheng District[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 30 (5) : 577-580. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.05.011.
- [13] 国家药品监督管理局. 国家药品监督管理局关于发布口腔曲面体层X射线机注册技术审查指导原则的通告(2018年第9号)[EB/OL]. (2018-04-16)[2018-11-04]. <https://www.cmde.org.cn/flfg/zdyz/fbg/fbggy/20180905100400248.html>.
National Medical Products Administration. Notice of the national medical products administration on issuing the guidelines for technical review of registration of oral curved body x-ray generator (No. 9 in 2018)[EB/OL]. (2018-04-16)[2018-11-04]. <https://www.cmde.org.cn/flfg/zdyz/fbg/fbggy/20180905100400248.html>
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS 76—2020 医用X射线诊断设备质量控制检测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
National Health Commission of the People's Republic of China. WS 76 —202 Specification for testing of quality control in medical X-ray diagnostic equipment[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [15] Alahmad H, Alnafe M. Survey of quality control of panoramic X-ray machines in private dental clinics in Saudi Arabia[J]. *J Radiat Res Appl Sci*, 2023, 16 (2) : 100571.