

# Quality Assurance and Maintenance of Domestic Medical High Energy Electron Linear Accelerator

Maoqun Zhang, Lemin He\*, Mei Xue

Taishan Medical University, Taian Shandong

Email: \*helemin@163.com

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: Sep. 10<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 17<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

**Objective:** To innovate the content and method of quality assurance and maintenance of domestic high-energy medical electron linear accelerator. **Method:** Conduct relevant assessment and monitoring experiments in accordance with international standards. **Results:** According to the experimental results, the performance indexes of domestic high-energy medical electron linear accelerators were improved, which ensured the safety, accuracy and effectiveness of radiotherapy.

## Keywords

High Energy, Medical Electron Linear Accelerator, Quality Assurance

---

# 国产医用高能电子直线加速器的质量 保证与维护

张茂群, 何乐民\*, 薛 美

泰山医学院, 山东 泰安

Email: \*helemin@163.com

收稿日期: 2018年8月21日; 录用日期: 2018年9月10日; 发布日期: 2018年9月17日

---

## 摘 要

**目的:** 创新研究国产高能医用电子直线加速器质量保证与维护的内容与方法。 **方法:** 按照国际标准进行

\*通讯作者。

相关评估监测实验。结果：根据实验结果，改进了国产高能医用电子直线加速器的各项性能指标，确保了放射治疗的安全性、准确性和有效性。

## 关键词

高能，医用电子直线加速器，质量保证

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 背景

医疗设备的质量保证是医疗安全实施的关键，特别是随着国产高能加速器的发展，急需制定准确完善的技术操作规范，健全医用加速器品质保障办法，从而降低设备故障并提高治疗安全度和精度[1]。

自上世纪 70 年代以来，国产医用电子直线加速器一直不断进步，在先进技术、稳定和可靠质量等方面都取得了令国人惊喜和骄傲的成绩[2]。特别是近年来，各大国产加速器设备发展迅速，并且推出了多款高能医用电子直线加速器。比如新华医疗的全数字化高能医用电子直线加速器可以产生多个 MV 级 X 射线和电子线，既能用 X 线施行深部肿瘤的放疗，也可利用电子线医治表浅的肿瘤。其主要特点有：

1) 具备高精度旋转机架和治疗床，精度达到亚 mm 级，机械运动响应时间也在 ms 级，并且全部实现数字化和实时控制；

2) 采纳最新模块控制，多轴同步动作，缩短了医治时间；

3) 具备 CBCT，获得高清图像的同时大大降低了辐射剂量；

4) 采用带能量开关的高能驻波管，效率更高，寿命更长，更稳定；

5) 集成 EPID，完成射野的验证和患者摆位；

6) 支持 3D-CRT、VMAT、SBRT 等新技术；

7) 装备高速 MLC，具备超大射野和超强的过中。

以上特点只有通过定期的质保和维护才能成为设备的亮点，才能保证治疗的高效和精准。

## 2. 依据

本项目在实验过程中主要参照 AAPM 相关报告标准[3]，对国产高能直线加速器的机械和性能要求进行定期质量保证。参照 AAPM 相关报告，对国产高能直线加速器的机械和性能要求的定期质量保证项目如表 1 所示。

## 3. 方法

1) 准直轴，旋转轴和十字准线的一致性检查

使机架准确处于零度位(应用水平仪)，将一张标准坐标纸平铺在床面上，打开辐射头光野成矩形，准确标记光野边界、对角线的交点位置和十字线的位置，然后将辐射头准直器旋转 180 度，再检查光野边界和十字准线位置的一致性[4]。

2) 机械等中心

通过类似的实验方法分别监测准直器旋转中心的实际运动，齿条旋转中心和治疗床的旋转中心。

**Table 1.** Regular quality assurance for mechanical and performance requirements of domestic high-energy linear accelerators**表 1.** 国产高能直线加速器的机械和性能要求的定期质量保证

监测周期	项目	误差指标
每日监测	X射线的稳定性	3%
	电子线的稳定性	3%
	激光灯	2 mm
	光距尺	2 mm
	门连锁功能	正常
	视听监视器功能	正常
	每周监测	X射线的稳定性
电子线的稳定性		2%
射野大小指示		2 mm
十字线的中心精度		2 mm (直径)
激光灯		2 mm
光距尺		2 mm
机头等中心旋转		2 mm (直径)
每月监测	治疗床位置指示	2 mm 或 1°
	机架、机头角度指示	1°
	机架等中心旋转	2 mm (直径)
	床等中心旋转	2 mm (直径)
	X射线中心轴剂量稳定性	2%
	电子线中心轴剂量稳定性	2 mm (治疗深度)
	X射线平坦度稳定性	3%
	电子线平坦度稳定性	3%
	X线、电子线的对称性	3%
	紧急开关功能	正常
	楔形板、电子线限光筒连锁功能	正常
	射线野与光野的一致性	2 mm 或一边的 1%
	楔形板装置	2 mm (2%)
	托盘和附件位置	2 mm
	楔形板和挡块插槽锁功能	正常
	光阑的对称性	2 mm
	射野灯亮度功能	正常
每年监测	X线、电子线剂量校准的稳定性	2%
	X射线射野输出因子稳定性	2%
	电子线限光筒输出因子稳定性	2%
	中心轴上参数的稳定性	2%
	离轴比的稳定性	2%

## Continued

所有治疗附件的透射因子	2%
楔形因子稳定性	2%
机器剂量监测电离室线性	1%
X 射线随机机架角度变化的稳定性	2%
电子线随机机架角度变化的稳定性	2%
离轴比随机机架角度变化的稳定性	2%
机头, 机架和床的等中心轴	2 mm (直径)
辐射等中心和机械等中心的一致性	2 mm (直径)
床面下垂	2 mm
床垂直移动	2 mm

## 3) 准直器, 机架和治疗床角度指示的准确性

同样, 使用水平仪分别测试准直器, 机架和治疗床角度指示的偏差并记录。

## 4) 治疗床精确度检查

该项目一般采用垂直方向运动的验证方法, 首先, 将一张标准坐标纸平铺在治疗床上, 然后转动加速器机架至准直器旋转轴垂直向下, 精确标注十字准线的位置于坐标纸上, 之后, 反复验证治疗床在垂直范围内移动时, 十字准线是否偏离标记位置。

治疗床的各方向水平运动也可用类似的方法验证, 同样将一张标准坐标纸平铺在治疗床面板上, 旋转加速器机架至准直器旋转轴与床面板在同一水平位置, 然后精确标记十字准线的位置, 反复验证治疗床在水平运动范围内移动时治疗床水平运动的精确度。

## 5) 灯光野大小及指示准确性

使机架准确处于零度位(应用水平仪), 贴一张坐标纸在床面板上, 将床面调至  $SSD = 100\text{ cm}$ , 查看光野大小为  $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 、 $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 、 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  和  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  时的偏离[5]。

## 6) X 线射野均整度及对称性测定

将准直器与机架均置于  $0^\circ$  位置, 设置好三维水箱, 使  $SSD = 100\text{ cm}$ , 电离室中心位于直线加速器等中心处, 光野设置为  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ , 扫描  $10\text{ cm}$  水深处轴向的 Profile (A-B,G-T) 方向, 计算其均整度及对称性。

## 7) 电子线射野均整度及对称性测定

准直器与机架均置于  $0^\circ$  位置, 设置好三维水箱, 使  $SSD = 100\text{ cm}$ , 电离室中心位于水面下最大吸收剂量各深度处, 采用  $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$  的限光筒, 照射野设置为  $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ , 扫描有效校准深度处轴向的 Profile (A-B,G-T) 方向, 计算其均整度及对称性。

## 8) 输出剂量精度测定

由于大气压力和温度变化均可影响加速器电离室对输出剂量的监控, 使电离室的剂量率出现偏差, 因而每周要进行一次剂量校正。其方法是将机架与准直器均置于  $0^\circ$  位置,  $SSD = 100\text{ cm}$ , 选用照射野  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ , 将电离室中心放在水中校准深度, 连续测量 3 次, 取吸收剂量的平均值与监测剂量仪预选吸收剂量值进行比较。其剂量仪的测量值与预选吸收剂量测量的误差应小于  $\pm 10\%$ 。若超出此范围, 应调整剂量参考值, 使其达到允许的误差之内。

## 4. 维护

定期维护和质量保证相辅相成, 也是加速器设备正常运行的重要保证。

### 1) 机房要保持清洁、干燥

医用高能电子直线加速器属于高精仪器,对周围环境要求很高。如果机房湿度较大、灰尘较多,则容易引起高压器件放电、甚至损坏。为了防止损坏,应在机房内保障机房内的温湿度要求,所以设备的机房一般要配置空调和除湿设备[6]。

### 2) 按照质量保证规程进行日检

对加速器的主要参数进行检查和确认是其工作状态检查的重点,这也是日检工作的第一步。只有工程师和物理师及时纠正参数,让机器正常工作,才能保证患者治疗的准确性和安全性。另外,对 SF<sub>6</sub> 空气压缩机、水冷机组和加速器晨检要严谨认真,及时发现和解决问题,细致做好每一项检查。因医用电子直线加速器内有很多大功率器件,产热较高,所以很多部件以及电器柜都安装有散热风扇。风扇的运转情况需要时刻注意,防止灰尘堆积引起加速器故障,因此必须要定期检查和保证空气流通状况。

为保证加速器的正常工作,它还包含了多种散热部件,并且有些部件会与散热器固定在一起,不过有时冷却效果并不好,因此基本所有的电器柜都装有散热风扇。所以为了保持空气顺畅流动,有必要定期打开电器柜并及时清理风扇等相关散热组件。

很多的医疗电子直线加速器故障修复发生在辐射头部分,并且其中多叶准直器的故障率较高。所以,首先要严格保证设备机房的清洁,并且要做好驱动部件的润滑、光学部件的清洁等工作,要求工作人员应每天清洁设备表面,每季度关键部位的内部,从而减少设备故障率。在设备故障检修完成后,所有部件都要回复到初始状态,从而使故障率下降,提升参数准确性。

### 3) 安全检查

本着安全的需要,对设备进行安全检查非常重要。如医用电子直线加速器防撞保护,控制台功能按钮,防护门连锁保护,应逐一检查指示灯和手动控制箱,对讲机,广播和监视器的防挤压保护。

### 4) 医用高能电子直线加速器的定期质保

根据有关国际标准和单位的实际情况,非常有必要制定客观,科学的标准。要定期进行质量保证检查,这样不但可以发现最有效的运行配置,同时也为及时修正参数提供理论依据。

## 5. 结语

目前,国产加速器的生产研发发展迅速,更应当做好质量保证和维护等相关保障工作,本文不但了解了国产高能医用电子直线加速器的状况特点,也系统分析总结了加速器质量保证的具体内容和方法,创新并完善了质量保证具体工作规范,也为精准医疗背景下的放射治疗精确安全执行提供了设备保障。

## 基金项目

国家级大学生创新创业计划项目(201710439067);山东省自然科学基金(ZR2014HM072);山东省高等学校科技计划项目(J13LL51);泰安市科技发展计划项目(20123061)。

## 参考文献

- [1] 于金明,李宝生,刘岩.肿瘤放射治疗新进展[M].北京:长征出版社,2004:205-207.
- [2] 胡逸民.肿瘤放射物理学[M].北京:原子能出版社,1999:612-635.
- [3] American Association of Physicists in Medicine (AAPM) (2001) Clinical Use of Electronic Portal Imaging: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 58. *Medical Physics*, **28**, 712-737. <https://doi.org/10.1118/1.1368128>

- [4] 邓小武. 放射治疗的物理质量控制与质量保证[J]. 中国肿瘤, 2008, 17(8): 661-665.
- [5] 高枫. 医用电子直线加速器的性能检测与质量保证[J]. 现代医药卫生, 2006, 22(6): 797-798.
- [6] 刘博. 加速器的保养和性能维护[J]. 医疗装备, 2010(5): 62.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)