

瓦里安 23EX 医用直线加速器故障分析总结及管理

李丽, 张艳, 蒋宇童, 徐飞

新疆生产建设兵团第四师医院, 新疆 伊宁 835000

DOI:10.61369/MRP.2025100029

摘要 : 目的: 探讨临床运行中的医用电子直线加速器的故障处理及管理, 为设备稳定运行及临床放疗工作安全开展提供参考。方法: 根据所使用的瓦里安 23EX 直线加速器运行 8 年以来的故障维修记录, 对其故障特点与发生频率进行回顾性统计和分析, 并制定以设备维护为核心的综合管理策略。结果: 在医用电子直线加速器临床运行过程中, 需加强直线加速器日常使用、维修、维护、保养等数据的记录和分析, 制定出相应的策略进行有效干预和管理, 保证医用直线加速器的正常运行。

关键词 : 医用电子直线加速器; 放射治疗; 故障维修; 管理策略

Summary and Management of Failure analysis of Varian 23EX Medical Linear Accelerator

Li Li, Zhang Yan, Jiang Yutong, Xu Fei

Fourth Division Hospital of Xinjiang Production and Construction Corps, Yining, Xinjiang 835000

Abstract : Objective: To investigate the fault handling and management of medical electron linear accelerators during clinical operation. It provides reference for the stable operation of equipment and the safe development of clinical radiotherapy. Methods: Based on the maintenance records of the Varian 23EX linear accelerator over an 8-year operational period, a retrospective statistical analysis was conducted on its failure characteristics and frequency, followed by the formulation of a comprehensive management strategy centered on equipment maintenance. Results: During clinical operation of medical electron linear accelerators, it is essential to enhance the recording and analysis of daily usage, repair, maintenance, and servicing data. Corresponding intervention and management methods should be established to ensure normal operation and safety of medical linear accelerators.

Keywords : medical electron linear accelerator; radiotherapy; fault maintenance; management strategy

前言

医用直线加速器是目前最常用的放射治疗设备^[1]。VARIAN 23-EX 医用直线加速器具有使用方便、自动化与智能化程度高等优点, 是国内许多大中型医院首选的放射治疗设备^[2]。作为医疗设备领域中技术含量最高的设备之一, 其结构复杂涉及到诸多学科和技术, 故障率比较高, 维修保养费用巨大, 因故障而停机对病人的治疗很大影响^[3], 故在日常使用中如何最大限度保证设备的完好待用性尤为关键。本文就 1 台瓦里安 23EX 医用电子直线加速器在临床运行 8 年的故障频率及特点, 对故障处理及管理策略进行探讨。

一、材料与方法

(一) 一般资料

本院安装的瓦里安 23EX 医用电子直线加速器于 2017 年 11 月 7 日起正式启用, 使用至今已近 8 年。根据 2017 年 11 月至 2025 年 9 月这 8 年期间的使用、质控、维护保养及故障维修记录, 总体使用情况良好, 工作日平均开机时间为 6h, 年开机率达 99% 以上。

(二) 方法

同时依据国家有关规定, 定期进行日检、周检、年检, 保证设备的各项性能参数符合国家标准和要求。

统计瓦里安 23EX 医用电子直线加速器临床运行 8 年间所有故障情况并进行分类, 将其分为 9 大类型故障, 分别为机械运动故障、准直器与多叶光栅系统故障、PV 影像系统故障、束流平坦度对称性及剂量故障、治疗软件及计划系统故障、光野故障、电

路故障、调制柜高压系统故障、冷却系统故障、其他类型故障，同时详细记录了每次故障发生的时间、原因及处理措施等，为日常使用过程中的故障排查、维护保养工作和备件储备提供可靠参考，基于此可为此设备量身定制以设备维护为核心的综合管理策略。

(三) 观察指标

1.故障类型、原因及处理。2.故障发生频次或频率。3.设备因故障停用或停机平均时间。

二、结果

(一) 故障类型、原因及处理。

瓦里安23EX医用电子直线加速器临床运行了8年，具体故障类型、原因及处理情况见表1。

表1 故障类型、原因及处理

序号	故障类型	故障具体原因及处理
1	机械运动	1. 次级准直器（铅门）偏平轴承生锈，更换；2. 机架运动到某些角度发生抖动无法到位，更换控制电位器；3. 滤波转盘读取开关损坏，更换；
2	准直器与多叶光栅系统故障	1. MLC马达故障，更换；2. 软膜电位器有异物，清洁；3. 铅门X1电位器传动装置故障，更换；4. 铅门X1电位器故障，更换；5. 编码条故障，更换；
3	PV影像系统故障	1. PV影像系统控制电路板故障，更换；2. PV板机械臂Hand位位置传感器故障，更换；3. PV板无法正常伸出，重启电源并校准；
4	束流平坦度对称性及剂量故障	1. 实际剂量率低于预期值或丢失，调试校准；2. 束流偏转监控电路板（SI板）故障，更换；3. 伺服板B20电路板故障，更换；
5	治疗软件及计划系统故障	1. 患者治疗计划传送失败或计划无法排程，清除网络缓冲数据或重启系统；2. “0”号固态硬盘损坏，更换并恢复数据；3. Treatment软件出错导致4DITC无法打开病人列表，清除垃圾文件重新加载软件；4. 服务器UPS故障，更换；5. 服务器磁盘阵列故障，更换并复写数据；
6	光野故障	1. 光野反光镜破损，更换；2. 镜膜损坏，更换；3. 光野灯泡损坏，更换；
7	电路故障	1. Vacion电源电路板损坏，更换；2. Vacion泵电机故障，更换；3. 调速管电容器故障，更换；4. 电子枪驱动板保险故障，更换；5. 电子枪灯丝电源板故障，更换；6. 电脑主机CPU风扇损坏，更换；7. 滤波转盘W13、W15电源线故障，更换；
8	调制柜高压系统故障	1. 高压柜X13继电器损坏，更换；2. 闸流管故障，更换；3. 闸流管底座损坏，更换；
9	冷却系统故障	1. 水冷机压缩机或风扇故障，更换；2. 水冷机温度传感器故障，更换；3. 水泵电磁阀卡住，重启；
10	其他类型故障	1. KEY开关模块损坏，更换；2. 操作控制键盘损坏，更换；3. 空压机气泵连接管损坏，更换；4. 空压机故障，更换；

(二) 故障发生频次及占比

瓦里安23EX医用电子直线加速器在临床运行8年期间，准直器与多叶光栅系统故障发生频次最多，达到107次，占比64.85%，其他故障占比均未超过10%，具体情况见表2。

表2 故障发生频率与占比

序号	故障类型	故障频次	占比（%）
1	机械运动	5	3.03%
2	准直器与多叶光栅系统故障	107	64.85%
3	PV影像系统故障	13	7.88%
4	束流平坦度对称性及剂量故障	4	2.42%
5	治疗软件及计划系统故障	10	6.06%
6	光野故障	3	1.82%
7	电路故障	7	4.24%
8	调制柜高压系统故障	3	1.82%
9	冷却系统故障	8	4.85%
10	其他类型故障	5	3.03%

(三) 设备因故障停用或停机平均时间

8年运行期间导致设备停用或停机平均时间最长的故障类型是电路故障，其次是治疗软件及计划系统故障，具体情况见表3。

序号	故障类型	设备因故障停用或停机平均时间/h
1	机械运动	3.2±2.94
2	准直器与多叶光栅系统故障	0.63±3.27
3	PV影像系统故障	1.14±5.14
4	束流平坦度对称性及剂量故障	3.625±2.81
5	治疗软件及计划系统故障	8.6±22.17
6	光野故障	2.83±1.03
7	电路故障	11.86±16.9
8	调制柜高压系统故障	2±0.82
9	冷却系统故障	3.56±4.85
10	其他类型故障	2.3±3.13

三、讨论

(一) 故障原因分析

1.机械运动故障 医用直线加速器的在运行过程中因外力导致机械部件磨损或破坏导致的故障为机械运动故障，常见为机架转动、前门运动等，其故障原因包括设备部件的磨损、老化、使用不当以及环境问题等，其故障发生频率通常与使用频率和程度息息相关。此类故障的判断和处理相对较为简单、快捷，一般根据设备连锁和报错就能迅速判断，更换对应的零部件和校准，即可得到有效解决。

2.准直器与多叶光栅系统故障 准直器与多叶光栅系统是临床运行中产生故障最为频繁的系统之一，主要包括 MLC 叶片马达故障、编码条磨损、电位器故障等，多为机械磨损所致，故其解决方案参照机械运动故障的解决方案。

3.PV 影像系统故障 设备机载的 PV 影像系统主要用于治疗时采集影像进行位置校准和影像引导，运行过程中易发生运动故障和通讯故障，往往需要重启电源并校准，同时定期维护保养。

4.束流平坦度对称性及剂量故障 主要包括平坦度对称性错误、低剂量率、丢失剂量率等，故障常见在束流监测控制系统部分，更换束流偏转监控电路板（SI板）和伺服板 B20 电路板后进行调试校准可排除故障。

5.治疗软件及计划系统故障 发生软件出错或数据传送失败，清除网络缓冲数据或重启系统和软件即可；硬件损坏包括固态硬盘、服务器 UPS、服务器磁盘阵列故障，更换并恢复数据即可。

6.光野故障 常见故障主要有光野反光镜破损、镜膜损坏、光野灯泡损坏等，都需要更换。

7.电路故障 主要有电路板、电机、电缆线以及保险等故障。

8.调制柜高压系统故障 常见故障有继电器和闸流管故障。

9.冷却系统故障 夏季因温度较高水冷机压缩机、风扇、温度传感器等易发生故障，同时增加水泵电磁阀卡滞频率。

10.其他类型故障 随着使用年限和频率增加，一些小部件或附属设备逐步出现故障，包括钥匙开关模块、操作控制键盘、空

压机损坏等。

（二）维修管理策略

1. 建立完善直线加速器维护保养管理制度 制定完善的维护保养制度和详细的维护保养计划，并严格按照计划执行。通过对直线加速器及其附属设备进行定期维护和保养，从而及时发现和解决潜在的问题，避免直线加速器因过度磨损或故障导致的停机，从而延长直线加速器的使用寿命。然而制定的管理制度在实际执行过程中往往存在执行力度不够的现象，这就要求在完善的管理制度的同时要加强对制度执行情况的监督与考核，确保制度得到有效执行。

2. 直线加速器的维护保养管理工作精细化 维护保养管理工作包括故障的诊断、维修保养计划的制定、备件的管理等，尤其需要加强预防性维护保养工作。将直线加速器进行“解剖”，分别监测不同部件或系统的运行状态，并个性化定制不同周期和方法的维护保养计划，通过定期检查、清洁、润滑和更换易损件以及数据分析等，及时发现直线加速器各个系统及其附属设备的潜在问题，从而提前进行维护和修复，易损备件提前备货，缩短直线加速器的停机时间，降低维修成本。

3. 提高维护保养人员的素质 维修维护人员的技术水平、工作经验对直线加速器的维修维护与质控有重要影响^[4]。为提高维修质量和效率，需要加强维护保养人员的培训，采用自学、进修、

授课、经验分享等多种方式，提高维修技术水平，综合提高维护保养人员素质。

4. 加强全员管理 直线加速器的日常维护保养至关重要，但在实际工作中，操作人员、质控人员与维护保养人员分工过于明确，缺少全员管理的理念，使得直线加速器的维修管理处于被动状态，致使维修保养人员对直线加速器的管理也只停留在事后维修上。这种使用和维修脱节的现象，导致直线加速器在使用过程中得不到及时的维护和保养。为改善这一现象，需加强所有参与人员的管理意识，即现场人员共同关注直线加速器的维护保养工作，加强合作，不断探索使用与维修一体化。

四、小结

医用电子直线加速器属于高精尖的大型医用设备，其原厂保修服务成本较大，且专业工程师到达现场需要一定时间。医院需培养专门的维修维护人员，出现问题第一时间进行处理和反馈，对医用电子直线加速器进行使用和质控过程的全流程管理，定期开展维护保养工作，从而有效减少停机时间，节约维修成本和时间成本，保证临床正常治疗。

参考文献

- [1] 罗锦胜, 林伟文. 瓦里安 Trilogy 医用直线加速器故障维修案例 [J]. 医疗装备, 2022, 35(19): 116-117.
- [2] 侯笑笑, 李军. VARIAN 23-EX 医用直线加速器灯丝电压异常故障维修一例 [J]. 医疗装备, 2022, 35(19): 121-122.
- [3] 姜瑞瑶. 直线加速器十年故障分析总结 [J]. 医疗设备信息, 2003, (11): 36-38.
- [4] 王建好, 刘晓兰. 直线加速器维修维护及质控研究 [J]. 中国设备工程, 2024, (16): 65-67.