

医科达 Infinity 直线加速器多叶光栅原理及常见故障分析

王帮才, 魏世祥, 郑安梅, 武博, 陈延俊

甘肃省肿瘤医院 (甘肃兰州 730050)

[关键词] 加速器, 多叶光栅, 反光镜, 螺母

[中图分类号] R197.39 [文献标识码] B [文章编号] 1002-2376 (2023) 15-0103-02

医科达 Infinity 直线加速器是一款用于治疗肿瘤疾病的高端医疗设备。目前, 临床已将带有多叶准直器 (multi-leaf collimator, MLC) 的直线加速器用于肿瘤患者的调强放射治疗, 以满足不同形状肿瘤生物特性的设计并保护正常组织, 同时获得治疗计划设计需要的照射野。在此过程中, MLC 频繁运动会加剧相关组件磨损, 提高 MLC 故障率, 严重影响临床治疗。我院 Infinity 直线加速器已投入使用 3 年, 现将 MLC 运行中出现的常见故障及维修方法介绍如下, 为同行提供参考。

1 基本原理

我院引进的瑞典医科达 Infinity 直线加速器, 其治疗机头采用 Agility 系统, 具有高精度束流系统。采用独有的红宝石光学系统进行实时位置检测, 每片 MLC 具有不同的反光点, 通过小机头内野灯照射 MLC 反光点, 75% 被反射光线到达聚酯薄膜镜, 再二次反射到专用的 CCD 摄像头; CCD 采集图像信息后, 通过摄像头控制板、MLC 电源分配板、电缆将图像信号传输至加速器控制柜, 控制系统即可检测 MLC 叶片位置^[1]。原理如图 1 所示。

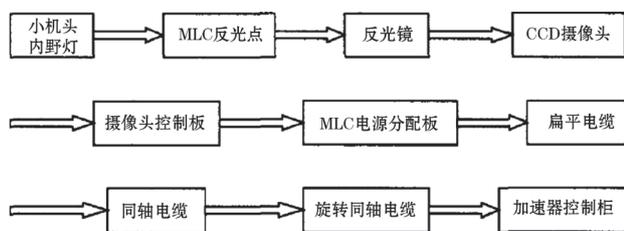


图 1 MLC 光学系统基本原理

2 故障一

2.1 故障现象

临床出束治疗时, MLC 图像框出现红点“眨眼”, 治疗中断; 连锁栏报错叶片丢失, 且 Leaf pair 19 闪烁, 提示需要重置 MLC。机器反复复位, 故障依旧存在。

2.2 故障分析与处理

错误信息提示第 19 对 MLC 出现叶片丢失, 显示屏上出现一闪一闪的红点, 基本判定为其未脱落。MLC 形如刀状, 由马达驱动丝杆、丝杆转动带螺母的叶片, 正常治疗时 Leaf 出现红点闪烁, 可能是小机头内野灯亮度未达到运行需求^[2], 反光镜面有灰尘, 导致 CCD 摄像头对光的捕捉不敏感而出现报错, MLC 复位后无法恢复。首先, 进入 Service 模式, 在 MLC 控制窗口驱动 Leaf pair 19 向 In 或 Out 方向运动, 发现运动速度均匀, 排除 MLC 电机故障。其次, 向 In 方向驱动 Leaf Y2-19, 到达中间位置附近时, 其反光点稍微变暗^[3], 表明亮度无法通过, 反光点或反光镜有遮挡物, 导致信号无法正常接收 (MLC 图像框出现红点), 检查发现内野灯 LED 电压的设定值偏低, 通过机器编号 (2540) 调节内野灯电压亮度^[4], 通过键盘更改 Actual 值, 发现内野灯电压由 13 V 逐渐增加至 18 V 时红点消除。最后, 驱动 MLC, 观察反光点亮度, 无明显变化, 保存加速器校准, 进行循环测试, MLC 未出现报错, 故障排除。

3 故障二

3.1 故障现象

机器报错 (参考反光点丢失), 机器无法工作, 重启复位, 故障依旧存在。

3.2 故障分析与处理

重启复位故障无法排除, 说明软件正常, 参考反光点丢失可考虑 CCD 摄像头故障, 接收信号受阻, 或聚酯薄膜镜太脏、镜片破碎, 使反光点宽度变小甚至消失。首先, 进入维修模式, 驱动 MLC, 可正常运行, 排除马达故障, 推测聚酯薄膜到达二次反射镜出现问题, CCD 未接收到信号。其次, 检查 MLC 反光宽度^[5], 调出 Leaf 显示服务页面, Part-192 调出 Actual Refl Width, 发现 Leaf Y1-37 值为 14, 偏低, Leaf Y1-33、Leaf Y1-44 Leaf Y1-

收稿日期: 2022-12-11

48 的实际反射宽度值均为 0，需要拆查反光系统组件（拆除光学系统前，将 Wedge 停放在 In 位置，以保护电离室）；轻微向前压下大卡扣，取出光学系统，发现反射镜完好；检查反光点，并用无毛布棉签蘸工业用无水乙醇进行擦除，再清理光学系统，拆下摄像机头前方的二次折射镜片，用无毛布清理双面镜片。最后，安装光学系统并优化光学系统软件，使用一键自动校准程序，Leaf 37-18、Leaf Y1-33、Leaf 44 的值为 18，Leaf Y1-48 的值为 17，Actual Refl Width 反射值为 16~21，均处于正常范围内。再次进行测试，故障排除。

4 故障三

4.1 故障现象

设备运行报错 MLC 到达位置不准确，Leaf 36 和 Leaf 37 运动停止，复位后无法恢复。

4.2 故障分析与处理

在一定时间内，MLC 的某个叶片未到达指定位置，需从马达、丝杆及运行轨道等方面考虑。首先，检查马达和马达线缆，拆除小机头外壳可见 MLC 组件，用专用工具拆下 MLC 马达，用手转动（可放耳边听声音）未出现卡顿与噪声，转动匀速，马达接线也正常，说明故障依旧存在，排除马达故障^[6]。其次，考虑丝杆问题，驱动丝杆时要么阻力大、要么空转，但相邻两个丝杆同时报错的可能性较小；拆下马达后用小一字螺丝刀手动转丝杆，先往 In 方向检查阻力，发现转动顺畅，再向 Out 方向转动螺丝刀，转动过程中发现有轻微卡顿，多次测试后确认有卡顿；拆出丝杆检查，丝纹清晰未出现磨损，未发现变形和脏物，手动转动顺畅，排除丝杆问题；排查丝杆过程中，MLC 一般都会转动至前后 Leaf Limit，运行过程中如果轨道有问题，会直接影响叶片运行。最后，拆下 MLC 组件（图 2）检查轨道，手电筒照亮发现有小黑物。Infinity 的螺母为塑料模块，使用的上下丝杆大小不同，拆下发现模块有缺损，破碎片卡住了 Leaf 36、Leaf 37 丝杆，导致运动时有卡顿，清理轨道后更换新的螺母（检查更换需用 AST 设备配套的专用工具^[7]），选择叶片序号，移动指定叶片的螺母，测试数据 VD、CH36 和 CH37，值均在标准范围内（测试时螺母不动，只能听到马达转动的声音）。安装后驱动测试 MLC，运行正常，位置到达准确，故障排除^[8]。

5 总结

日常工作中 MLC 的故障率为 80% 左右。出现故障后，应通过可靠的分析方法，方便、快捷地查找故障隐患。如灰尘影响反光明亮度，单个多叶光



图 2 MLC 组件

栅出现闪烁无法通过，可能为内野灯泡电压值偏低；十字叉丝膜具有防尘作用，反光镜灰尘会影响反射度，清理 MLC 反光点时尽可能使用无纺布，避免清理后毛线掉落影响判断；聚酯薄膜反光镜保养清理前最好有备用件，辐射越久，反光镜膜片越脆弱，为避免洗涤剂与膜片发生化学反应并划伤膜片，通常用注射器吸入蒸馏水后点滴清除表面灰尘；透光镜需正反面清洁，注意蒸馏水不宜太多，以免影响其他元件。必要时更换新件，做到定期保养，且保养有记录。

[参考文献]

- [1] 魏天安, 高艺芬, 陈大朝. 医科达 Synergy 直线加速器光学系统故障分析与维修 [J]. 中国医学装备, 2017, 14(1): 125-126.
- [2] 陈建平, 张富利. 医科达 Precise 医用直线加速器多叶准直器 (MLC) 维修 2 例 [J]. 医疗卫生装备, 2009, 30(9): 123.
- [3] 刘建强, 郭猛, 周宏伟, 等. 医科达加速器 MLC 光学系统故障维修 [J]. 医疗卫生装备, 2007, 28(7): 88-88.
- [4] 魏党, 梁文杰. 一种医科达 Synergy 加速器 MLC 摄像头故障的检测方法 [J]. 医疗装备, 2015(11): 24-24, 25.
- [5] 吴皓楠, 胡彧. 医科达 Synergy 直线加速器多叶准直器工作原理和故障分析 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35(1): 163-165, 177.
- [6] 罗宇. 医科达 Synergy 医用直线加速器多叶光栅故障及检修 [J]. 医疗装备, 2019, 32(13): 127-128.
- [7] 陈晓, 刘旭红, 赵永军, 等. 医科达 Versa HD 直线加速器 MLC 系统的故障分析与检修 [J]. 中国医疗器械信息, 2020, 26(16): 171-173.
- [8] 袁博. 医科达直线加速器运行中多叶准直器的常见故障分析 [J]. 医疗装备, 2017, 30(18): 56.