



粒子放疗束流性能多功能快速验证软件系统

谢泽欣 康宇杰 刘新国 陈卫强 李强 戴中颖

A Software System for Versatile Rapid Verification of Beam Performance in Particle Therapy

XIE Zexin, KANG Yujie, LIU Xinguo, CHEN Weiqiang, LI Qiang, DAI Zhongying

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.40.2022067>

引用格式:

谢泽欣, 康宇杰, 刘新国, 陈卫强, 李强, 戴中颖. 粒子放疗束流性能多功能快速验证软件系统[J]. *原子核物理评论*, 2023, 40(3):466–471. doi: 10.11804/NuclPhysRev.40.2022067

XIE Zexin, KANG Yujie, LIU Xinguo, CHEN Weiqiang, LI Qiang, DAI Zhongying. A Software System for Versatile Rapid Verification of Beam Performance in Particle Therapy[J]. *Nuclear Physics Review*, 2023, 40(3):466–471. doi: 10.11804/NuclPhysRev.40.2022067

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

碳离子束射程快速验证方法的蒙特卡罗模拟研究

Monte Carlo Study on the Method of Rapid Range Verification of Carbon Ion Beam

原子核物理评论. 2020, 37(4): 901–907 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019064>

不同薄膜材料对 α 束流性能影响的模拟研究

Simulation Study about the Effects of Different Film Materials on α Beam Properties

原子核物理评论. 2021, 38(2): 147–152 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.38.2021001>

100 MeV 质子束流品质诊断及剂量测量准确性评估方法研究

Study on Quality Diagnosis and Dose Measurement Accuracy Evaluation of 100 MeV Proton Beam

原子核物理评论. 2020, 37(4): 893–900 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2020029>

锥束CT成像质量影响因素研究

Study on the Factors Influencing the Quality of Cone-beam Computed Tomography

原子核物理评论. 2019, 36(2): 211–217 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.36.02.211>

带有质量分析系统的强流质子束低能传输线研究

Low Energy Beam Transport of High Current Proton Beam with Quality Analysis System

原子核物理评论. 2018, 35(1): 40–45 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.35.01.040>

基于加速器的多终端硼中子俘获治疗装置的束流整形组件设计

Design of Beam Shaping Assembly for an Accelerator-based Multi-terminal BNCT Facility

原子核物理评论. 2021, 38(1): 80–88 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.38.2020051>

文章编号: 1007-4627(2023)03-0466-06

粒子放疗束流性能多功能快速验证软件系统

谢泽欣¹, 康宇杰², 刘新国^{1,2}, 陈卫强^{1,2}, 李强^{1,2}, 戴中颖^{1,2,†}

(1. 莆田兰海核医学研究中心, 福建 莆田 351152;
2. 中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000)

摘要: 粒子治疗是先进的放射治疗手段, 而放射治疗质量保证 (Quality Assurance, QA) 则是保障粒子治疗安全和效率的重要技术环节。粒子放疗束流性能 QA 横向剖面上主要关注点在于辐照场均匀性、束斑位置、束斑大小等参数, 纵向上主要关注能量射程关系和剂量分布等参数。目前常用的测量方法只能适用单个项目测量或只能离线测量分析, 在效率和实时性上都存在局限性。针对粒子放疗治疗中束流性能验证技术, 面向平面荧光探测方法, 基于 C++ 编程语言, 采用 Qt5 界面开发框架和计算机视觉库 OpenCV 开发了一套兼顾横向束流参数和纵向射程(能量)验证的粒子束多功能质量验证分析软件系统, 并利用武威重离子医院碳离子治疗系统束流性能原始数据完成了软件算法测试和功能验证。本系统用于集成化的荧光探测系统, 可实现束流性能的模块化分析, 拓展了平面荧光测量技术的使用范畴, 有助于提高粒子放疗治疗中束流性能的验证效率。

关键词: 粒子放射治疗; 束流性能; 照射野; 射程; 束斑; 质量保证

中图分类号: R815.6

文献标志码: A

DOI: 10.11804/NuclPhysRev.40.2022067

0 前言

肿瘤放射治疗的根本目标在于给予肿瘤区域足够高且精确的剂量包裹, 同时保证周围正常组织和器官受到的照射量尽可能少^[1]。放射治疗能否顺利实施, 预期目标能否实现, 关键在于治疗过程的精心设计和准确执行, 而放射治疗 QA 为治疗过程的顺利实施提供了技术保障。QA 是经过周密计划而采取的一系列必要措施, 可以保证放射治疗的整个过程中的各个环节按国际标准准确安全地执行^[2]。

粒子治疗是先进的放射治疗手段^[3], 高传能线密度 (Linear Energy Transfer, LET) 粒子相比常规射线威力更大, 在出现照射偏差时造成的危害更大, 因此粒子 QA 更为重要。通常按照粒子放疗 QA 规程定期对粒子治疗加速器提供的粒子束流及照射野进行质量验证测量, 从而确保粒子治疗加速器提供的束流能够满足疾病治疗的要求, 保证粒子放射治疗能够被准确无误地实施。同时, 良好的放射治疗质量控制措施对提升粒子治疗加速器的效率, 增加每台粒子治疗加速器治疗通量的能力以造福更多患者均具有非常重要的意义。

重离子治疗是粒子治疗中的一种, 有两种不同的束

流配送方法。一种是日本 HIMAC 装置采用的被动式束流配送系统, 该装置采用摆动磁铁和散射体配合多叶准直器以及射程补偿器等形成照射野^[4]; 另一种是德国 GSI 装置采用的主动式束流配送系统, 该装置采用基于同步加速器的束流主动变能以及光栅磁扫描系统引导束流对肿瘤靶区各断层进行扫描照射^[5]。在武威重离子研究中心, 我国首台国产医用重离子加速器示范装置上安装了这两种束流配送系统, 其每日 QA 的重要环节是照射野参数验证、射程验证和笔形束参数验证。

笔形束的尺寸与分布是束流配送中剂量优化计算与点扫描射程射野调制的最基本参数。由笔形束扫描形成的照射野剖面的均整度和对称性是粒子辐照的基本条件。笔形束精确束流参数通常在治疗设备试运行时期通过平面剖面探测设备测量获得, 之后通过数学建模纳入治疗计划系统的机器配置参数表中。因此, 在预期的辐照过程中进行笔形束束流参数的测量并判断是否超出治疗计划束流模型参数范围, 有利于预测并验证临床治疗计划的准确性。

束流能量与射程的对应关系是一个识别和表征治疗设备稳定性的重要剂量学参数。束流性能质量控制流程中, 通常使用三维水箱测量系统精确测量深度剂量分布

收稿日期: 2022-06-02; 修改日期: 2022-07-08

基金项目: 科技创新创业人才项目 (2021CJW001)

作者简介: 谢泽欣 (1995-), 男, 福建莆田人, 本科, 从事图像处理、人工智能、建模算法研究; E-mail: xiezeking@qq.com

† 通信作者: 戴中颖, E-mail: daizhongying@impcas.ac.cn

曲线，获取束流射程；也可以使用线性电离室阵列或者其他探测器阵列同时快速测量粒子束的射程。

目前，中国科学院近代物理研究所基于楔形水等效模体研究了横向上剂量分布与纵向上射程之间的关系，建立了平面剖面探测系统快速测定粒子束射程的方法[6]。

本文针对粒子放射治疗中束流性能验证技术，拟开发一套兼顾平面束流参数和纵向射程(能量)验证的粒子束多功能质量验证分析软件系统；并利用武威重离子医院碳离子治疗系统束流性能原始数据进行软件算法测试和功能验证。

1 粒子束性能多功能分析系统

粒子束性能多功能分析系统主要功能为横向剖面射野分析、射程验证和束斑识别与分析。本系统采用模块化设计，在用户界面上以弹窗形式实现功能分划，使得整体界面整洁。系统支持的数据来源包括了放射显影胶片离线扫描图像和荧光探测器实时采集的图像数据等。

软件要配合荧光探测器光学探头进行实时分析，对软件处理运行速度要求比较高，因此系统整体采用高性能编程语言 C++ 进行开发，其中界面部分用 Qt5 实现，图像处理部分采用 OpenCV 计算机视觉库实现，其主要的流程如图 1 所示。

软件从本地获取图片生成预览图，可输入数值通过相应按钮实现对图像进行缩放、平移、旋转或复原操作。

软件的质量验证部分包括三个模块：横向剖面射野模块、射程验证模块、束斑分析模块。其中横向剖面射野模块用于横向射野验证，其可以显示横竖轴、左右对角线(其中左对角线为左上角和右下角的连线，右对角

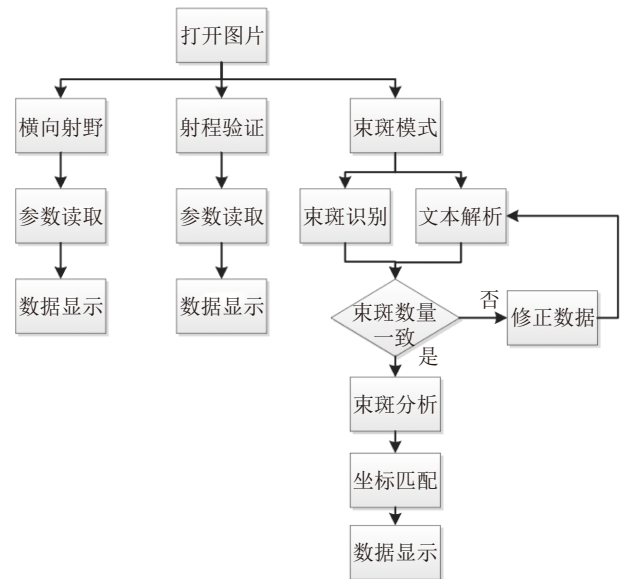


图 1 开发流程图

线为右上角和左下角的连线)及其各自 20%、50% 和 80% 基准剂量的对应位置、左右半影区域、均整区；同时计算显示出左右半影值、均整度、对称性、中心偏移量(CAX)、射野大小(FIELDSIZE)等参数；射程验证模块可获取双峰的中心和距离等参数；束斑分析模块通过图像识别技术获得图像中的束斑位置，通过对实测束斑位置和预期束斑坐标进行匹配计算，获得束斑的位置误差。

辅助功能包括可勾选显示感兴趣曲线，查看其各项参数；可勾选不同均整度计算协议；可修改距离修正参数和缩进参数调整均整区大小；可拖动滑动条，获取感兴趣的区域，可选择采点曲线并计算其的距离；可切换剂量模式和百分比模式等。

软件界面如图 2 所示。

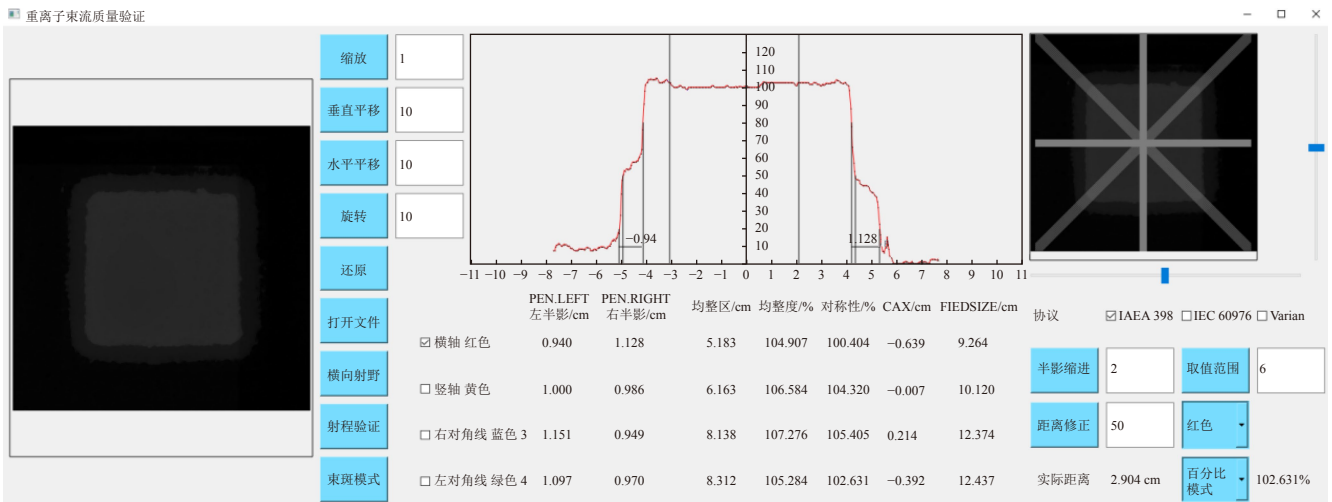


图 2 软件界面示意图(在线彩图)

1.1 横向射野

在被动式束流配送系统下，碳离子束辐照形成均匀射野。每个治疗头的最大标称辐射场的射野均整度和对称性必须每周测量一次。值得注意的是，均整度的定义在多个国际组织中存在差异，计算方法不同导致指数值差异明显。本文推荐遵循 IAEA TRS-398 号报告及国家标准 GB15213-2016 中的定义，使用百分剂量比值来表示射野均整度 [7]。本软件默认采用 IAEA TRS-398 协议，其实测均整度和对称性与验收测试确定的机器配置参数库中的标准值相比，误差应控制在 ±2%；绝对数值范围应在 104% 至 108% 之间。

由 CMOS 相机获得的碳离子束辐照图像，噪声的存在会使得图像不能准确反映射野的均匀性。为了降低噪声对分析结果的影响，本文采用灰度平均的算法作为感兴趣位置的灰度值。对于横轴、纵轴、左右对角线轴，均从轴上的感兴趣点向两侧垂直于该轴线的方向延伸指定宽度，获取整个延伸宽度内像素灰度值，再取其均值。通过灰度剂量校正系数修正为标称剂量，从而获取感兴趣的横向剂量分布曲线。

对于射野横向剂量分布曲线，以曲线中心为基准剂量 (100%)，半影区即指 80% 与 20% 基准剂量对应的横坐标之间的宽度，中心左侧半影区记为左半影-(PEN.LEFT)，中心右侧半影区记为右半影+(PEN.RIGHT)。均整区即左右 50% 基准剂量处对应的位置各自向中心缩进指定半影区宽度 (一般采用 1 倍半影宽度或者 2 倍半影宽度，本文采用 2 倍半影宽度) 后对应的区域。为了适应不同的使用习惯，均整度的计算采用了三种计算方法 (见表 1)。

表 1 本文中所述的均整度技术协议及公式汇总表

序号	协议名称	计算公式
1	IAEA TRS-398 [8]	D_{max}/D_{min}
2	IEC 60976 [9]	$(D_{max}-D_{min})/(D_{max}+D_{min})$
3	Varian [10]	$(D_{max}-D_{min})/2$

对称性的计算以曲线中心为基准，向左右取等长范围 (范围的长度为左右均整区宽度中较小值 N)。具体计算中，以曲线中心为对称轴在左右范围内对称取值并计算对称两点中的较大值和较小值的比值，最终得到 $N/2$ 大小的数据组；该数组中最大值即为横向曲线的对称性。中心偏移量 (CAX) 代表均整区中心偏移量，可以通过右均整区宽度减去左均整区宽度得到。射野大小 (FIELD SIZE) 为左右 50% 基准剂量对应位置之间的宽度。

1.2 射程验证

双楔板可将离子束纵向上的深度剂量分布转换成横向剖面上的剂量分布。双楔板有两种情况，分别为对楔板和背楔板。在获取原始图像数据后，射程验证模块可获取双峰间的距离，依照距离射程转换关系获取表征粒子束射程的参数 (见表 2)，公式中 Dis 参数表示双峰间距。

表 2 双峰能量模型及计算公式表

序号	模型名称	计算公式
1	对楔形	$11.301+0.448\ 26\times Dis$
2	背楔形	$158.278\ 3-0.450\ 77\times Dis$

1.3 束斑分析

笔形束扫描配送目标剂量的能力与扫描定位、束斑大小和剂量 (流强) 控制能力直接相关 [11]。粒子治疗设备必须在治疗头配置束流监测系统，在笔形束扫描治疗头时，其可作为笔形束剖面及位置监测系统使用，在辐照过程中持续测量笔形束的剂量剖面规格及笔形束位置分布，计算并验证束斑规格及位置的稳定性。在目前的临床实践中，验证笔形束配送系统稳定性的策略有两种。一种方法直接评估某个辐照模式下单个束斑的大小和位置；另一种方法通过测量扫描射野剂量分布的均匀性和剂量半影综合评估扫描点预期扫描及剂量叠加分布的符合性。

本文采用图像分割的方法直接测量束斑大小与位置的方法。因为束斑图像中的目标和背景差异较明显，我们先采用中值滤波过滤掉噪点，然后采用大津法进行二值化分割出束斑和背景 [12]。在束斑轮廓识别中，为筛选干扰数据获取正确的束斑轮廓，算法中认为轮廓面积大于 5 个像素点，且轮廓外接矩形的长宽比和宽长比不超过 5 的为束斑轮廓。我们将单个束斑轮廓内的全部像素值采用二维高斯拟合 (公式如下) [13]，求解出束斑中心的位置 (x_0, y_0) 。

$$f(x,y) = A \exp\left[-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right],$$

其中： A 是高斯分布的幅值； σ_x 和 σ_y 为 x 和 y 方向上的标准差； $f(x, y)$ 为灰度值， x 和 y 代表束斑像素坐标值；我们利用 OpenCV 提供的 cv::solve 函数来求解。并将这些位置信息与存放在系统路径下的预期位置信息根据距离最近原则自动匹配，计算出位置偏差并显示。

2 多功能分析算法验证

2.1 横向射野分析

本次计算使用的图像数据来源于荧光探测设备，并且图像没有经过处理。参考 IAEA TRS-398 协议，分别

在横轴、纵轴以及两条对角线方向上选取一定的分析范围，按照协议的算法在各个方向上分析均整度、对称性等参数。图像中各像素点的灰度值代表束流在该位置出沉积的剂量。首先，在各个方向上选取曲线中心作为基准，然后按照标准划分出左、右半影区和均整区，在均

整区按照协议给定的算法进行计算。

计算时选取距离修正参数为 50、半影缩进参数为 2 做相关分析，计算结果保留小数点后 3 位，如表 3 所列。得到的数据曲线未经过处理，可以真实反映实际的剂量分布情况，具体分析结果如下。

表 3 横向射野范例分析数据汇总表

参数	左半影/cm	右半影/cm	均整区/cm	均整度/%	对称性/%	CAX/cm	FieldSize/cm
横轴	0.940	1.128	5.183	104.907	100.404	-0.639	9.264
竖轴	1.000	0.986	6.163	106.584	104.320	-0.007	10.120
右对角线	1.151	0.949	8.138	107.276	105.405	0.214	12.374
左对角线	1.097	0.970	8.312	105.284	102.631	-3.920	12.437

2.2 射程验证

射程验证分为对楔板和背楔板两种方式。分析验证的图像来源于荧光探测设备配合对楔板和背楔板获取的图像，同样用图像上各像素点的灰度值表征物理吸收剂量。首先，在图像上选取分析范围，得到横向剂量分布曲线。然后在曲线中心左右两侧寻找最大值作为峰值，根据两个峰对应的位置和高度计算离子束射程。

图 3 是用对楔板获取的图像进行射程验证分析的举例，左上角为原始图像，横轴坐标单位为 cm，从剂量分布曲线上可以得出，双峰间的距离为 6.65 cm，双峰中心位置在 0.06 cm，根据对楔板的计算公式可以得出离子束射程是 14.28 cm。

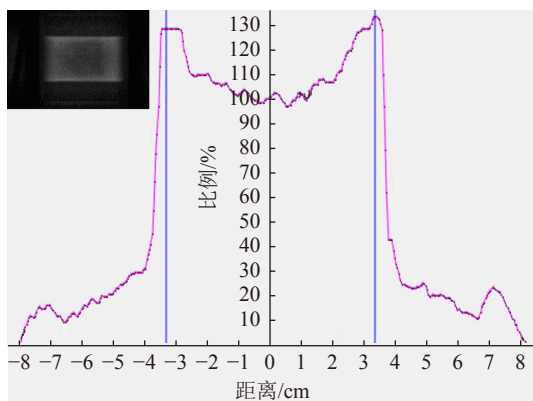


图 3 射程验证分析范例图(在线彩图)

2.3 束斑识别与分析

图 4 为主动式点扫描系统在辐射场中预计辐照的 25 个束斑图，图中的数字代表束斑编号。表 4 列出了在辐射场中预计辐照的 25 个束斑中心的预期坐标、经过二维高斯拟合得到的束斑中心坐标以及其在 xy 方向的误差，表中各束斑的编号与图 4 中各束斑的编号数字一一对应。从表 4 的数据分析得到，束斑 x 方向的平均尺寸是 24.99 mm，绝对误差在 0.18 mm 以内，y 方向的平

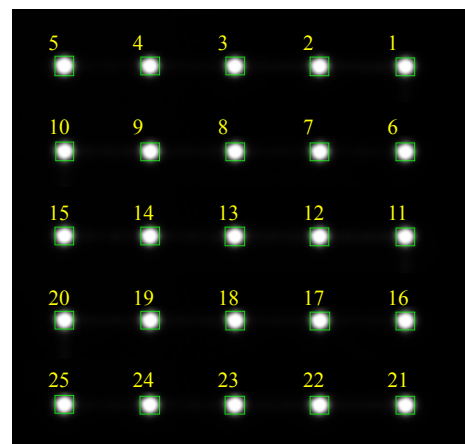


图 4 束斑模块分析结果示意图(在线彩图)

表 4 图 4 中各点的参数值及误差分析 单位: mm

序号	实际x坐标	实际y坐标	理论x坐标	理论y坐标	x方向绝对误差	y方向绝对误差
1	8.15	8.20	8.00	8.00	0.15	0.20
2	8.16	4.08	8.00	4.00	0.16	0.08
3	8.16	0.02	8.00	0.00	0.16	0.02
4	8.17	-4.05	8.00	-4.00	0.17	0.05
5	8.18	-8.16	8.00	-8.00	0.18	0.16
6	4.05	8.20	4.00	8.00	0.05	0.20
7	4.05	8.20	4.00	8.00	0.05	0.20
8	4.07	0.03	4.00	0.00	0.07	0.03
9	4.08	-4.03	4.00	-4.00	0.08	0.03
10	4.08	-8.14	4.00	-8.00	0.08	0.14
11	-0.01	8.20	0.00	8.00	0.01	0.20
12	0.00	4.08	0.00	4.00	0.00	0.08
13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
14	0.00	-4.05	0.00	-4.00	0.00	0.05
15	0.02	-8.15	0.00	-8.00	0.02	0.15
16	-4.04	8.20	-4.00	8.00	0.04	0.20
17	-4.04	4.10	-4.00	4.00	0.04	0.10
18	-4.03	0.03	-4.00	0.00	0.03	0.03
19	-4.03	-4.03	-4.00	-4.00	0.03	0.03
20	-4.02	-8.14	-4.00	-8.00	0.02	0.14
21	-8.10	8.20	-8.00	8.00	0.10	0.20
22	-8.09	4.08	-8.00	4.00	0.09	0.08
23	-8.09	0.02	-8.00	0.00	0.09	0.02
24	-8.08	-4.05	-8.00	-4.00	0.08	0.05
25	-8.07	-8.15	-8.00	-8.00	0.07	0.15

均尺寸是 23.03 mm, 绝对误差在 0.20 mm 以内。远离竖轴的束斑所需偏转电流越大, 因此离射野图像中心竖轴越远的束斑其位置误差越大, 符合数据获取时的实际情况。

3 结论

本文根据粒子放疗实际需求, 设计了粒子放疗束流性能多功能快速验证系统。利用武威重离子医院碳离子治疗系统束流性能原始数据完成了软件算法测试和功能验证。验证结果表明该方式可以很好地满足射野、射程和束斑等多参数的快速验证。测试结果表明, 系统运行稳定可靠, 计算准确、快捷, 提高了束流质量验证的效率, 可以减少调束人员的工作量。软件用于集成化的荧光探测系统, 扩展性高, 易维护, 可实现束流多参数的实时质量验证。

参考文献:

- [1] LI Yue. Research on Beam Delivery System and Treatment Planning of Heavy Ion Medical Machine Based on Monte Carlo Code[D]. Lanzhou: University of Chinese Academy of Sciences (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences), 2021. (in Chinese)
(李玥. 基于蒙特卡罗算法的医用重离子加速器束流配送系统和治疗计划的研究[D]. 兰州: 中国科学院大学(中国科学院近代物理研究所), 2021.)
- [2] ZHENG Renchuan. A Preliminary Study of a New High-resolution Detector Matrix Applied to Dose Verification in Intensity-modulated Radiotherapy[D]. Hengyang: University of South China, 2021. (in Chinese)
(郑人川. 一种新型高分辨率探测器矩阵应用于调强放疗剂量验证的初步研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2021.)
- [3] SUN Yuanchen. Radiation Therapy of Tumor Based on Metal-organic Framework PCN-224 Nanomaterials[D]. Wuhu: Anhui Engineering University, 2021. (in Chinese)
(孙远晨. 基于金属有机框架PCN-224材料的肿瘤放射治疗[D]. 芜湖: 安徽工程大学, 2021.)
- [4] MENG Qianqian. Monte Carlo Simulation of Dosimetry in Magnetic Resonance Guided Carbon-ion Radiotherapy[D]. Lanzhou: University of Chinese Academy of Sciences (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences), 2020. (in Chinese)
(孟乾乾. 磁共振引导碳离子放疗中剂量学的蒙特卡罗模拟研究[D]. 兰州: 中国科学院大学(中国科学院近代物理研究所), 2020.)
- [5] ZHANG Xiaofang. Monte Carlo Simulation of Secondary Particles Produced by Heavy Ions in Beam Modulation Equipment[D]. Lanzhou: University of Chinese Academy of Sciences (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences), 2020. (in Chinese)
(张小芳. 重离子在束流调制设备上产生次级粒子的蒙特卡罗模拟研究[D]. 兰州: 中国科学院大学(中国科学院近代物理研究所), 2020.)
- [6] CHE Yuhang, MENG Qianqian, ZHANG Xiaofang, et al. *Nuclear Physics Review*, 2020, 37(04): 901. (in Chinese)
(车宇航, 孟乾乾, 张小芳, 等. *原子核物理评论*, 2020, 37(04): 901.)
- [7] DONG Zhiwei, QIAO Youlin, LI Liandi, et al. *China Cancer*, 2002, 11(05): 4. (in Chinese)
(董志伟, 乔友林, 李连弟, 等. *中国肿瘤*, 2002, 11(05): 4.)
- [8] ZHANG Xi, ZHANG Shaogang, WANG Kun. *Metrology Science and Technology*, 2021, 65(11): 19. (in Chinese)
(张曦, 张绍刚, 王坤. *计量科学与技术*, 2021, 65(11): 19.)
- [9] ZHENG Chenglei. Research on Quality Control Evaluation of Radiotherapy Process[D]. Jinan: Shandong University, 2020. (in Chinese)
(郑成雷. 放疗流程质控评价的研究[D]. 济南: 山东大学, 2020.)
- [10] JIANG Mingyin. Usability Study of Radiotherapy Software Based on Multimodal Measurement[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2019. (in Chinese)
(江明尹. 基于多模态测量的放疗软件可用性研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.)
- [11] HU Yuying. Design and Implementation of Scanning Control System for Proton Nozzle[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2020. (in Chinese)
(胡玉莹. 质子治疗头扫描控制系统设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2020.)
- [12] QI Lina, ZHANG Bo, WANG Zhankai. *Radio Engineering*, 2006, 7: 25. (in Chinese)
(齐丽娜, 张博, 王战凯. *无线电工程*, 2006, 7: 25.)
- [13] WANG Kuan, ZHANG Wei, WU Hongcheng. *Nuclear Electronics and Detection Technology*, 2017, 37(03): 253. (in Chinese)
(王宽, 张玮, 吴宏城. *核电子学与探测技术*, 2017, 37(03): 253.)

A Software System for Versatile Rapid Verification of Beam Performance in Particle Therapy

XIE Zexin¹, KANG Yujie², LIU Xinguo^{1,2}, CHEN Weiqiang^{1,2}, LI Qiang^{1,2}, DAI Zhongying^{1,2,†}

(1. Putian Lanhai Nuclear Medicine Research Center, Putian 351152, Fujian, China;

2. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Particle therapy is an advanced radiotherapy modality and quality assurance(QA) is an important technical stage linked to the safety and efficacy of particle therapy. For the QA of beam performance in particle therapy, irradiation field uniformity, size and position of the beam spot, and so on are concerned in the lateral direction while the relation between energy and range, dose distribution, and so on in the longitudinal direction. At present, the methods usually used in QA measurements for particle therapy are applied in a manner of single item or off-line analysis, thereby leading to low efficiency and poor real-time performance. To aid the technique of beam performance verification in particle therapy, a software system dedicated to the method of planar fluorescence detection was developed, where C++ programming language, the interface development framework Qt5 and the computer vision library OpenCV were adopted. Lateral particle beam parameter and longitudinal range (energy) verification could be conducted with the software system, and the raw data of carbon-ion beam performance obtained in the Heavy Ion Medical Machine(HIMM) in Wuwei were employed to conduct the testing of software algorithms and functions. The successful testing demonstrated that the software system could be used in integrated fluorescence detection systems and was able to realize modular analyses of particle beam performance. Thus, the versatile software system developed in this work expands the use scope of the planar fluorescence detection technique and improves the verification efficiency of beam therapeutic performance in particle therapy significantly.

Key words: particle radiation therapy; beam performance; irradiation field; range; beam spot; quality assurance

Received date: 02 Jun. 2022; **Revised date:** 08 Jul. 2022

Foundation item: Technological Innovation And Entrepreneurial Talents(2021CJW001)

† **Corresponding author:** DAI Zhongying, E-mail: daizhongying@impcas.ac.cn