

CSNS白光中子源 束斑测量

袁昕宇 李强 樊瑞睿
2025年7月24日

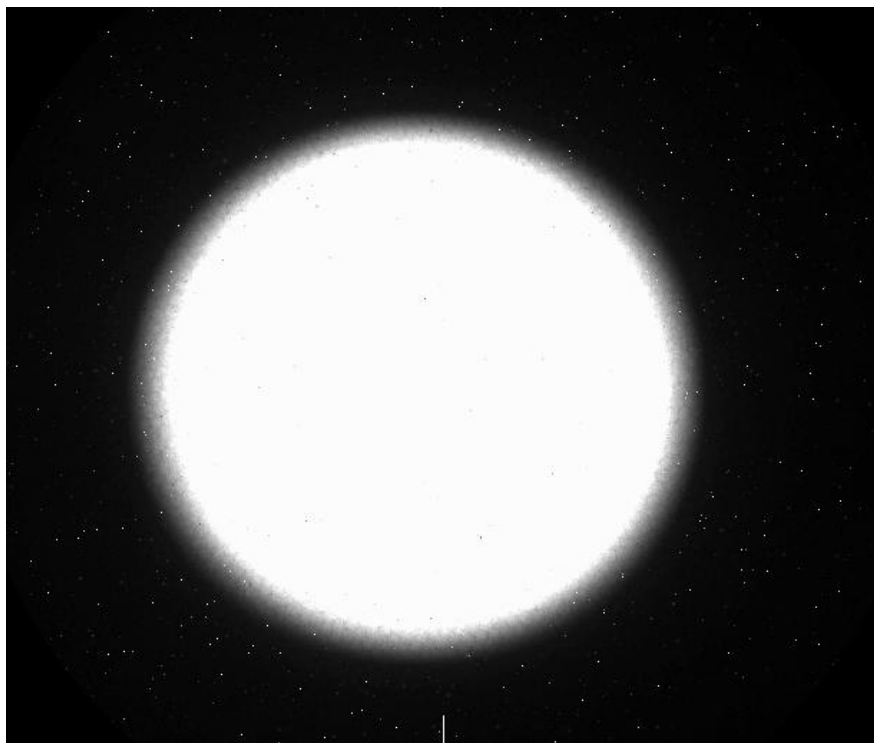
2025年CSNS反角白光中子实验装置用户研讨会 安徽六安

目录

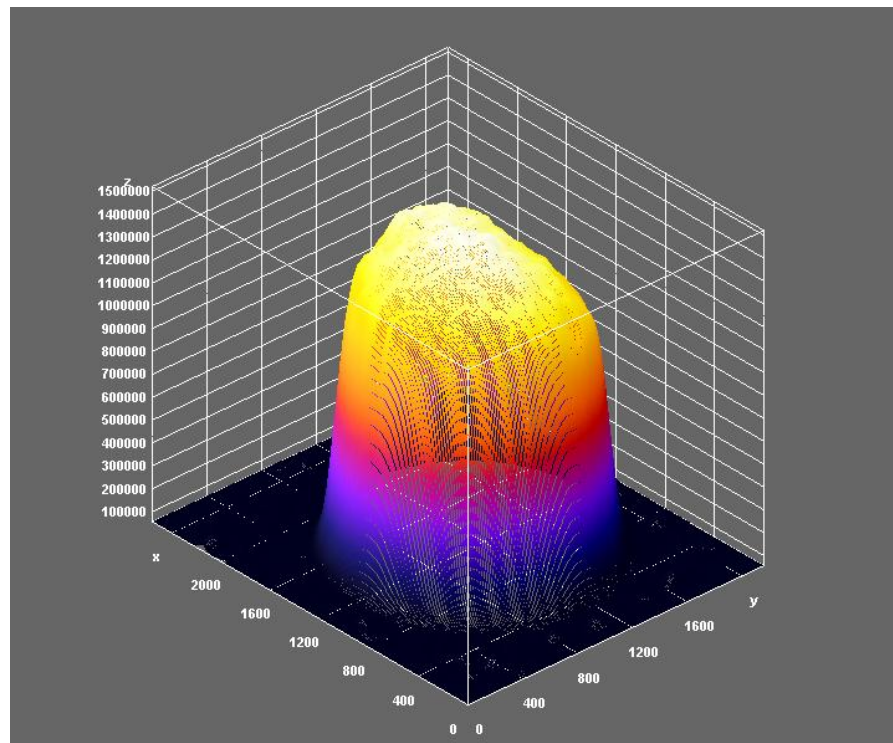
- 一、实验背景
- 二、束斑测量实验
- 三、实验结果
- 四、总结

实验背景

束斑分布作为中子束流的重要特征之一，其反映了中子束流的品质。测量束斑可以为开展核数据测量实验提供重要数据参考，例如束斑轮廓决定了实验靶大小、束晕为本底分析提供重要信息，因此需要对其进行定量测量。



中子束斑图像



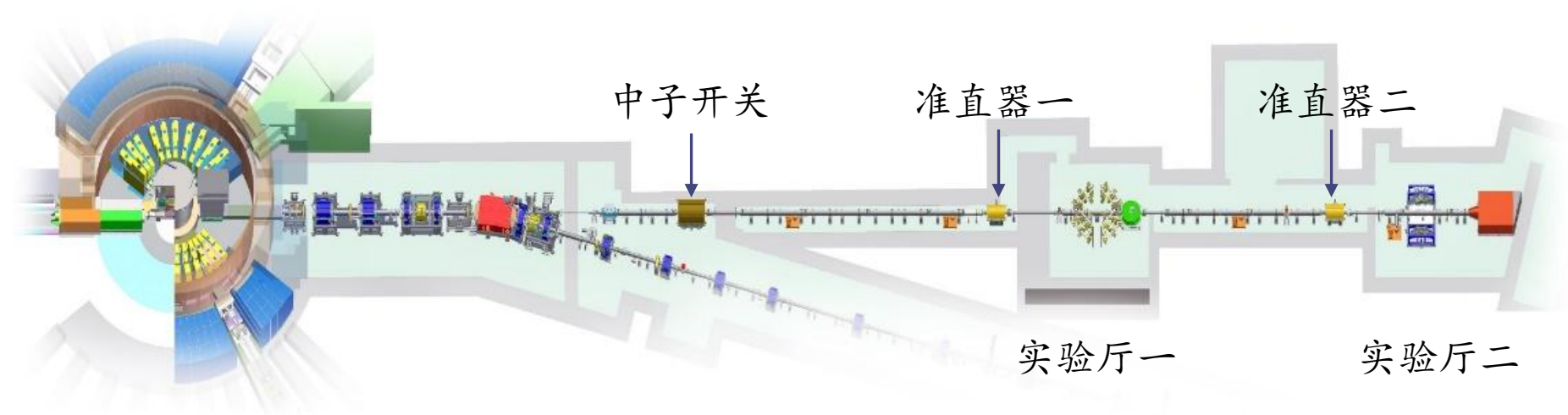
束斑3D图像

目录

- 一、实验背景
- 二、束斑测量实验
- 三、实验结果
- 四、总结

束斑测量实验——白光束线

中子开关	Φ 3 mm	Φ 12 mm	Φ 50 mm	78mm×62mm
准直器一	Φ 15mm	Φ 50 mm	76mm×76mm	
准直器二	Φ 40mm	Φ 58 mm	90mm ×90mm	



白光束线布局^[1]

两实验厅可以通过每个实验厅前的准直器配合中子开关调节，以中子开关-准直器一-准直器二的组合模式得到不同的束斑。

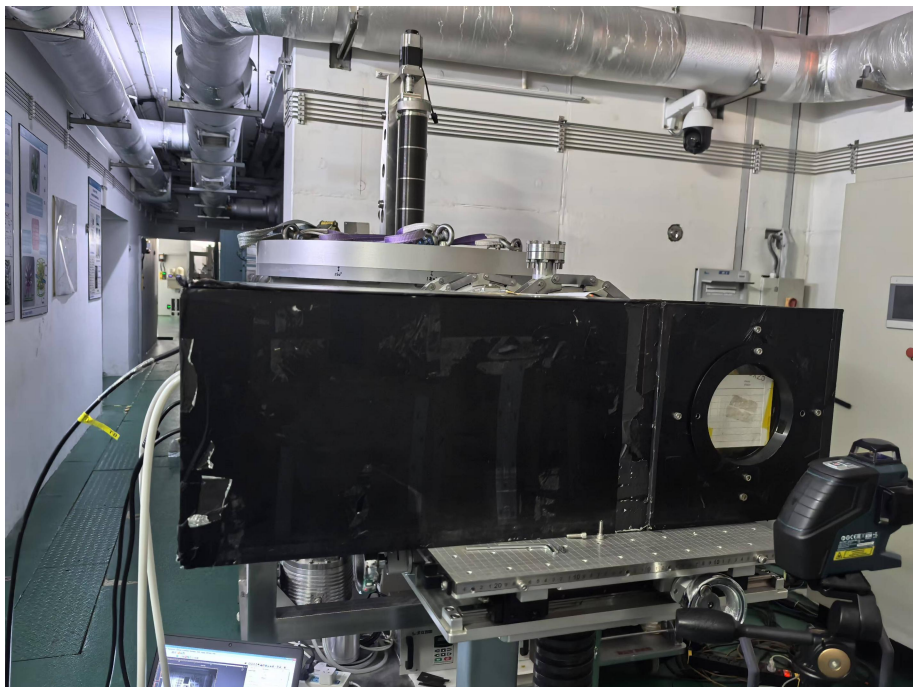
[1]唐靖宇,安琪,白怀勇,等.中国第一台高性能白光中子源——CSNS反角白光中子源及其应用[J].原子能科学技术,2019,53(10):2012-2022.

束斑测量实验——实验装置

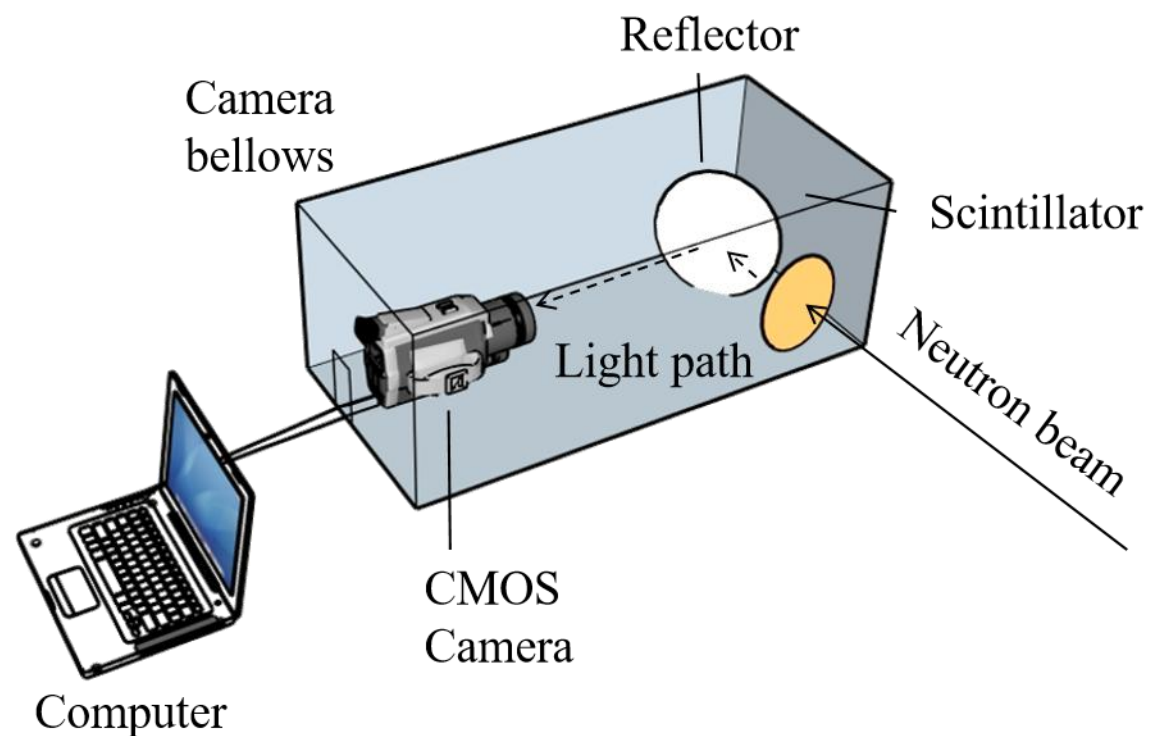
在实验厅一中的实验点：56米。

在实验厅二中的实验点：77.23米。

本次实验的所有束斑测量时间均为1小时。



实验装置外观

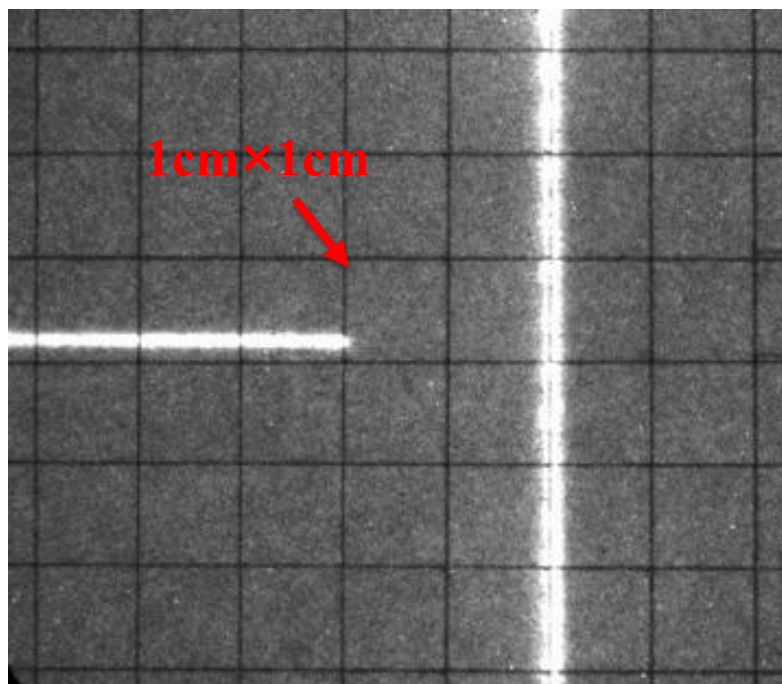


实验装置内部布局

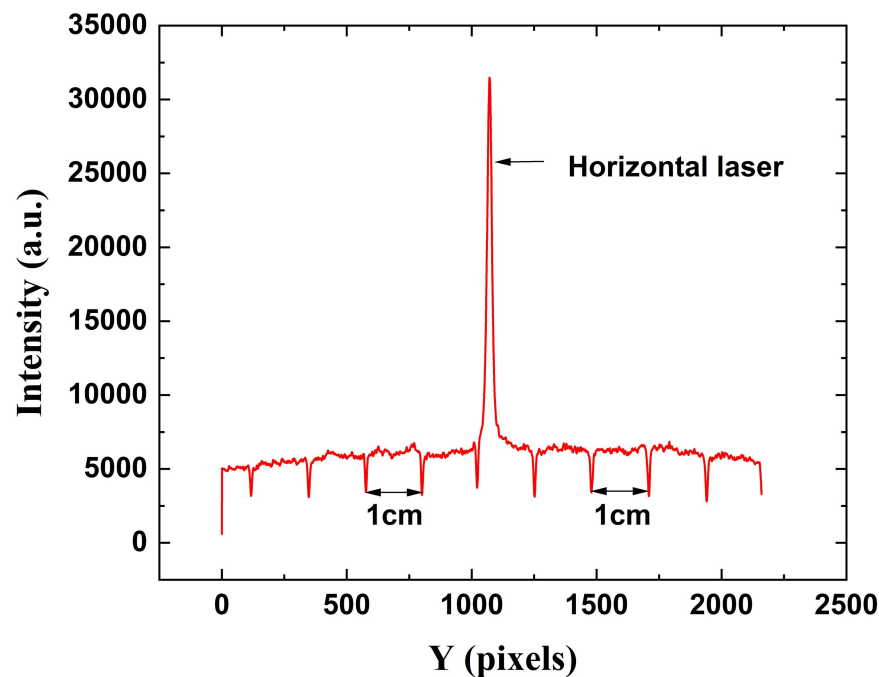
束斑测量实验——定位

实验开始前，使用实验厅中激光对实验装置进行空间绝对位置的定位。定位主要是给出中子束流的空间位置，确保闪烁屏对准束流。激光经过专业的准直校准，其交点即中子束线装置几何中心点位置。

另外，通过计算定位图像不同位置处的像素尺寸的差异，判断反射镜与相机摆放位置是否得当。



激光定位



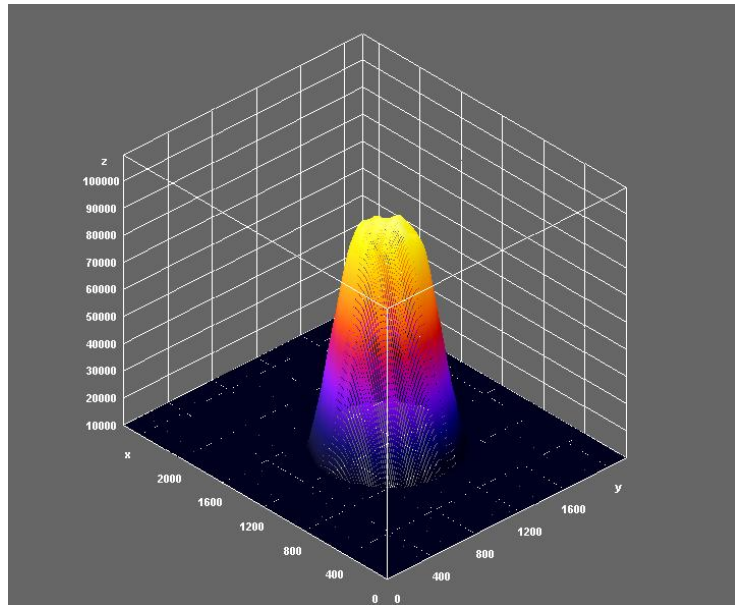
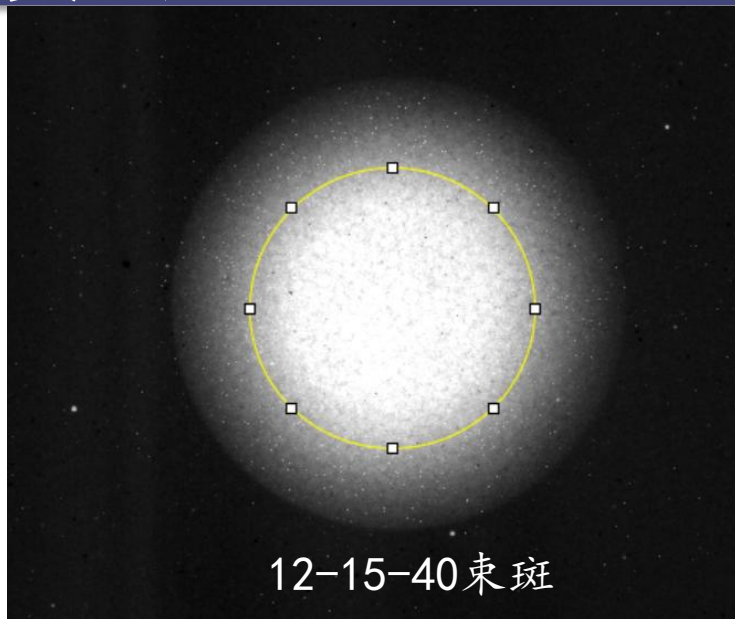
像素尺寸

像素在水平方向的实际尺寸为：44.4um/pixel，在竖直方向的实际尺寸为：43.8um/pixel，二者的差别在误差范围内。

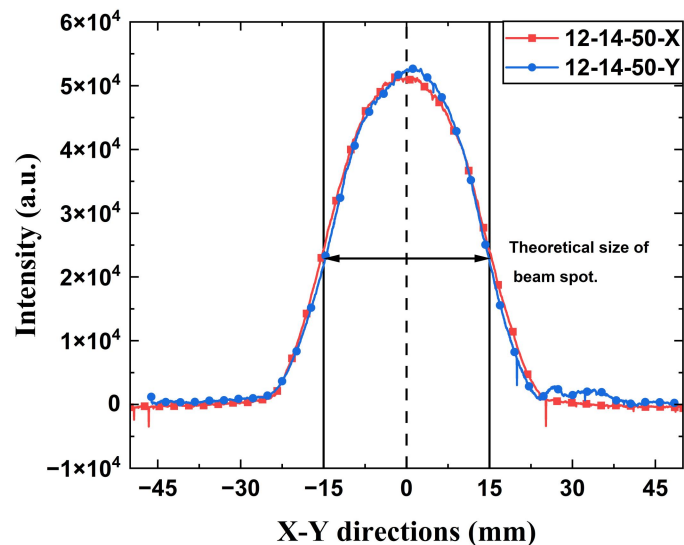
目录

- 一、实验背景
- 二、束斑测量实验
- 三、实验结果分析
- 四、总结

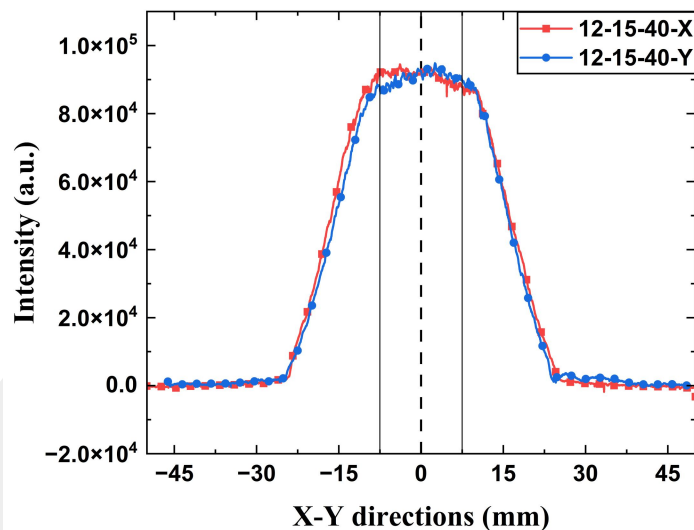
实验厅二——12-15-40束斑



束斑3D图像



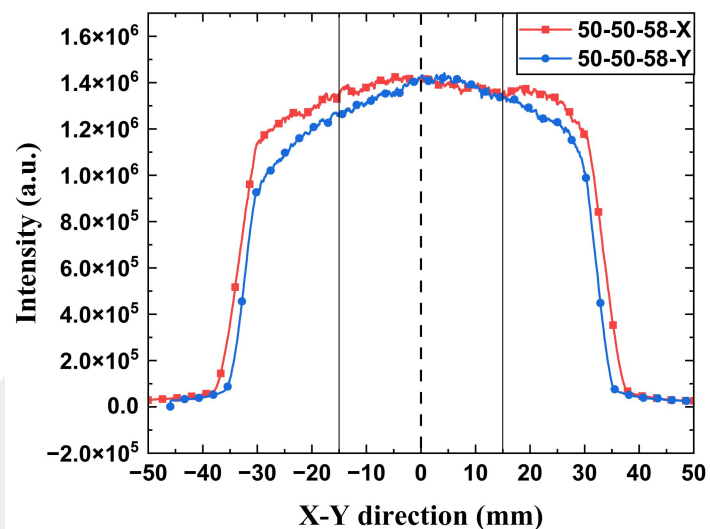
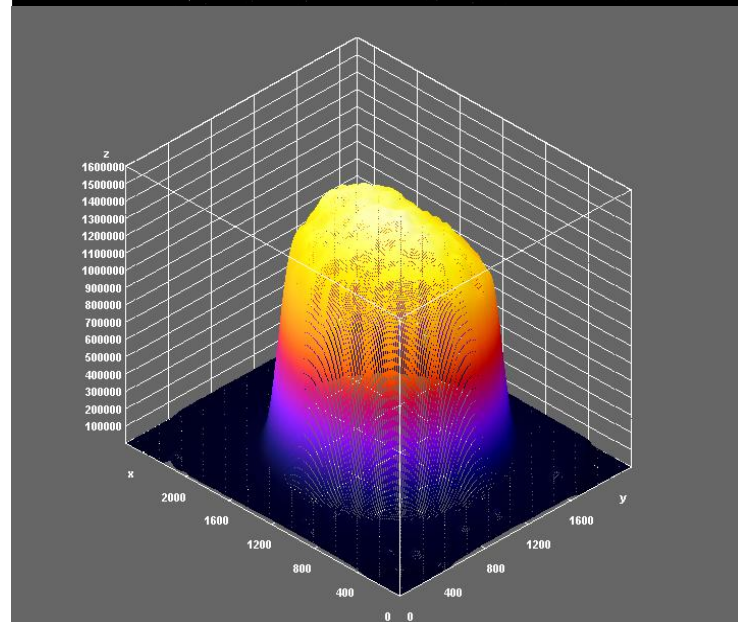
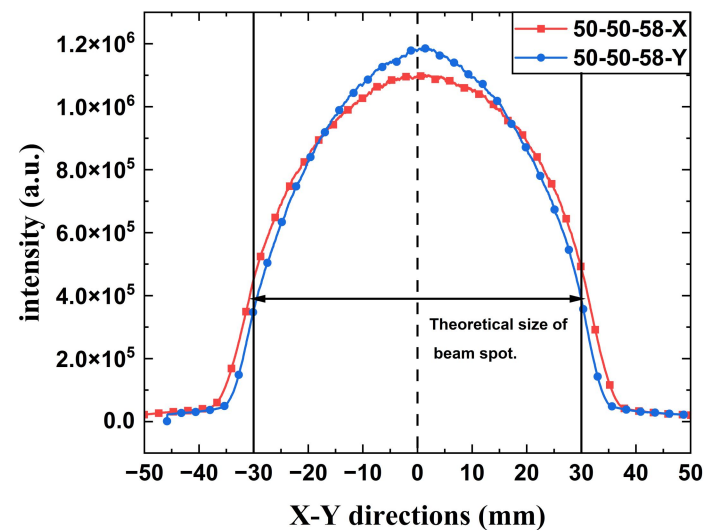
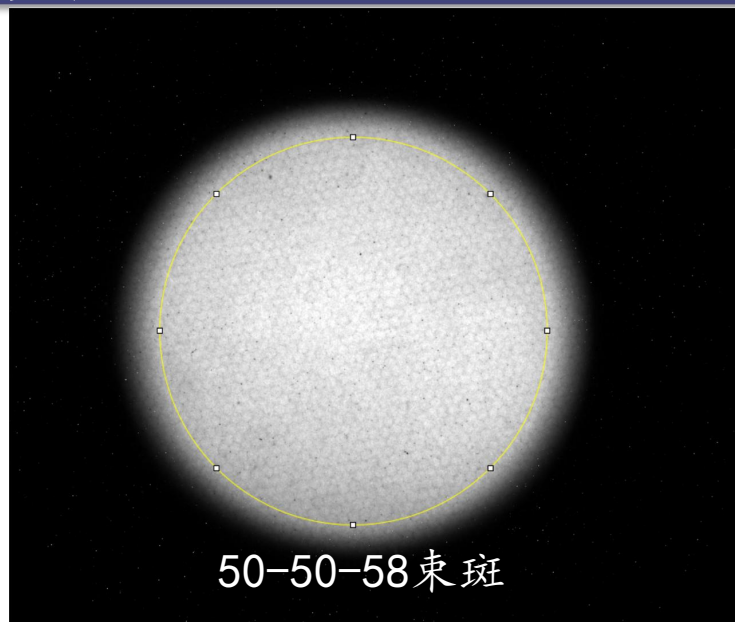
束斑投影



束斑剖面

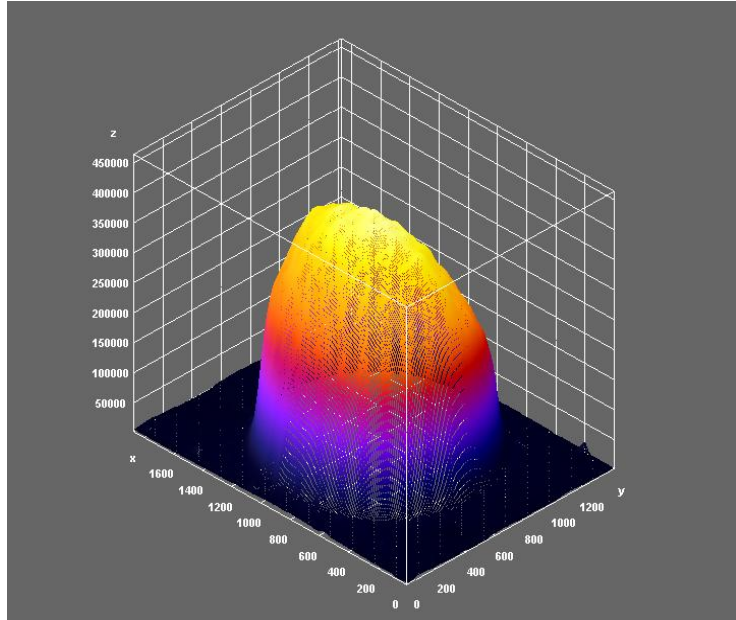
12-15-40组合被定义为标准 $\Phi 30\text{mm}$ 束斑，是根据Fluka模拟给出的厅二束斑尺寸。根据束斑的投影，该束斑呈圆形，底宽为48mm，实验结果大于模拟值。将30mm直径之外的区域(束斑图像黄色圆框以外)视为束晕，束晕发光亮度占比为35.17%。束斑中心区域(束斑中心 $\Phi 15\text{mm}$)的平整度为93%。

实验厅二——50-50-58束斑

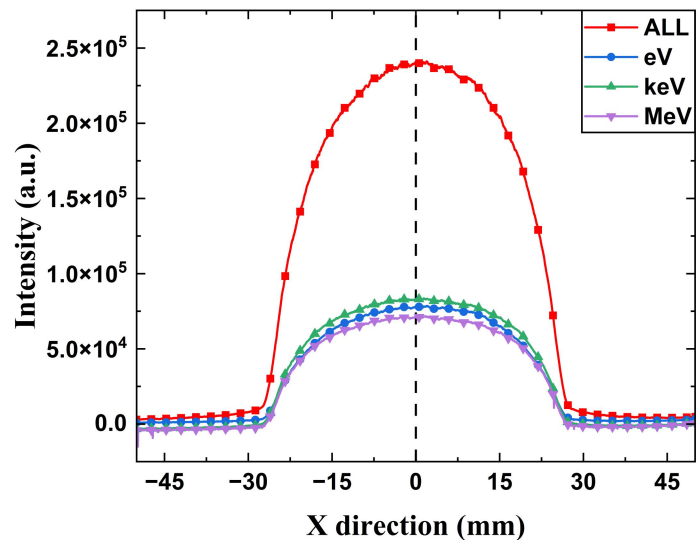


50-50-58组合被定义为标准 $\Phi 60\text{mm}$ 束斑，是由Fluka模拟给出的厅二束斑尺寸。根据束斑投影，该束斑呈椭圆形，长轴74mm，为水平方向；短轴70mm，为竖直方向。实验结果大于模拟值。将60mm直径之外的区域(束斑图像黄色圆框以外)视为束晕，束斑的束晕发光亮度占比为17.45%。束斑中心区域 $\Phi 30\text{mm}$ 的平整度为85.6%。

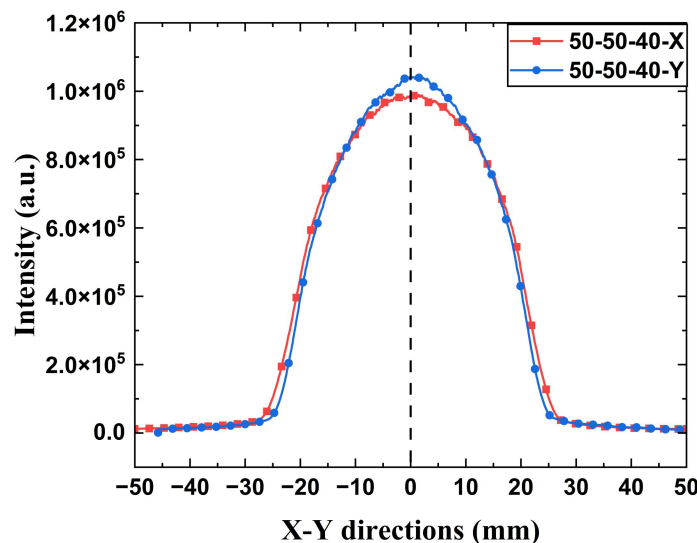
不同能区中子束斑



束斑3D图像



不同能区束斑投影

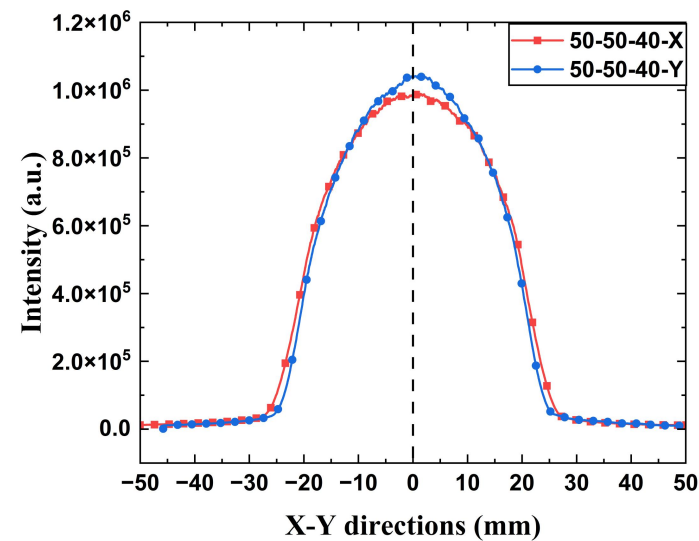
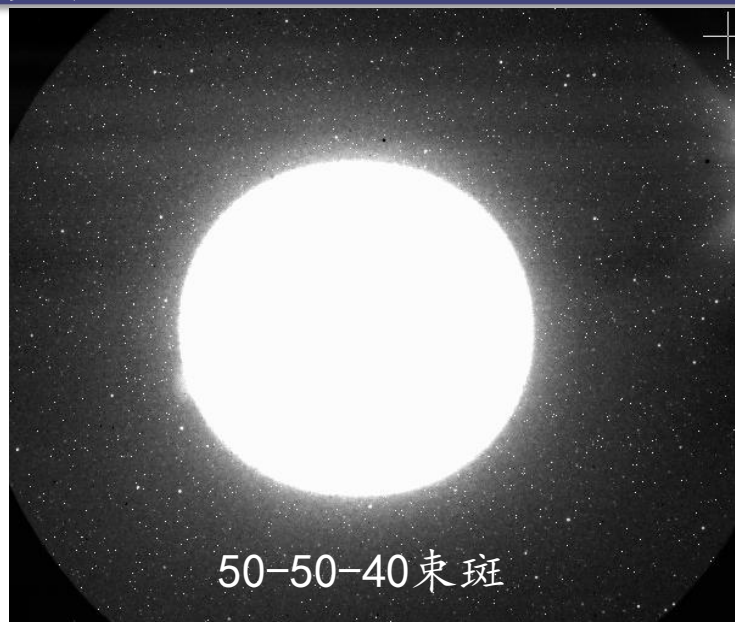


50-15-40束斑投影

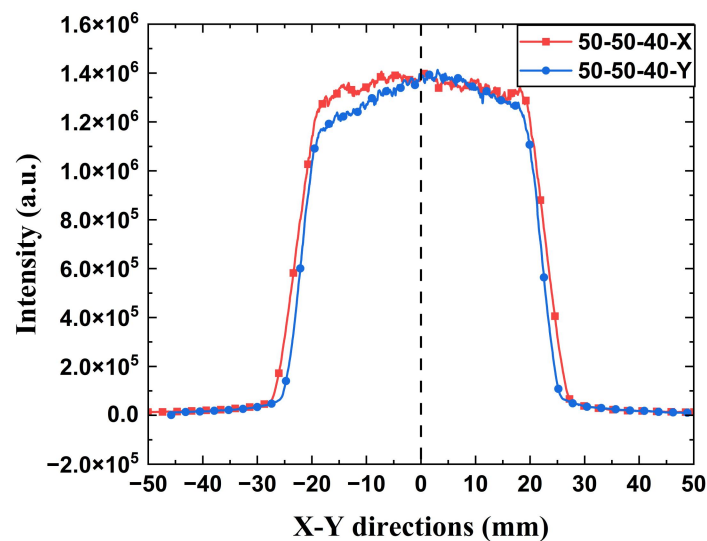
使用50-15-40孔径，测量eV、keV、MeV能区的中子束斑。

根据束斑投影，发现不同能区束斑的轮廓基本相同。各能区束斑尺寸相同，水平竖直方向的尺寸分别为52.2、48.9mm。

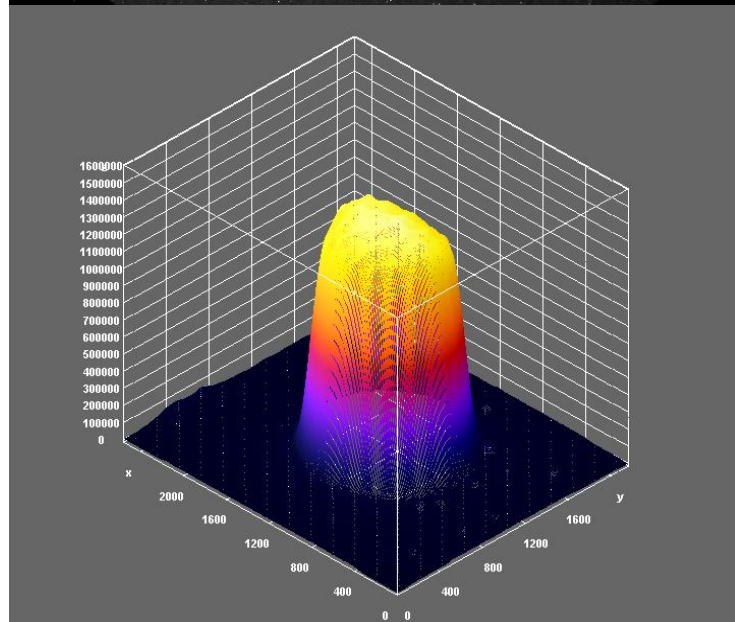
实验厅二——50-50-40束斑



束斑投影



束斑剖面

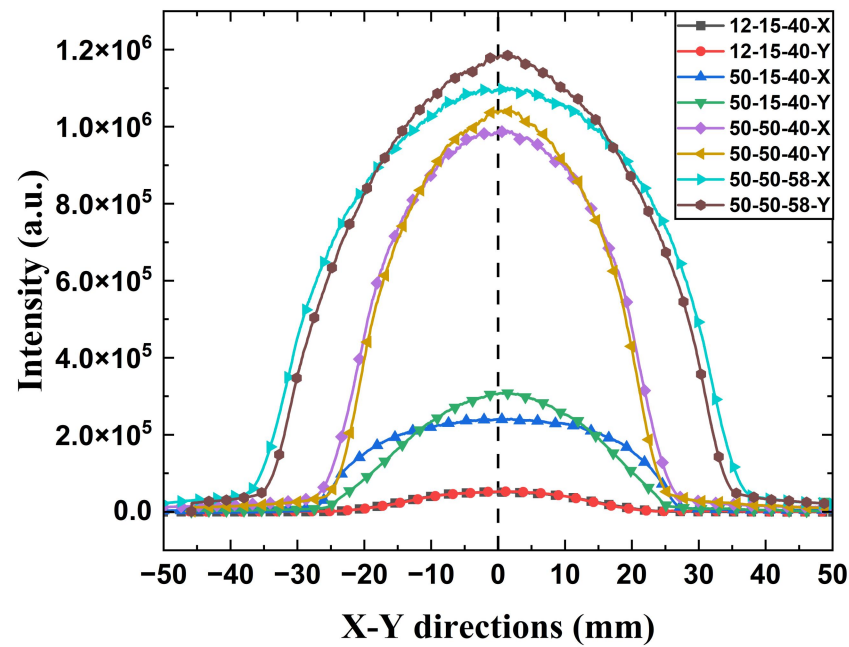


束斑3D图像

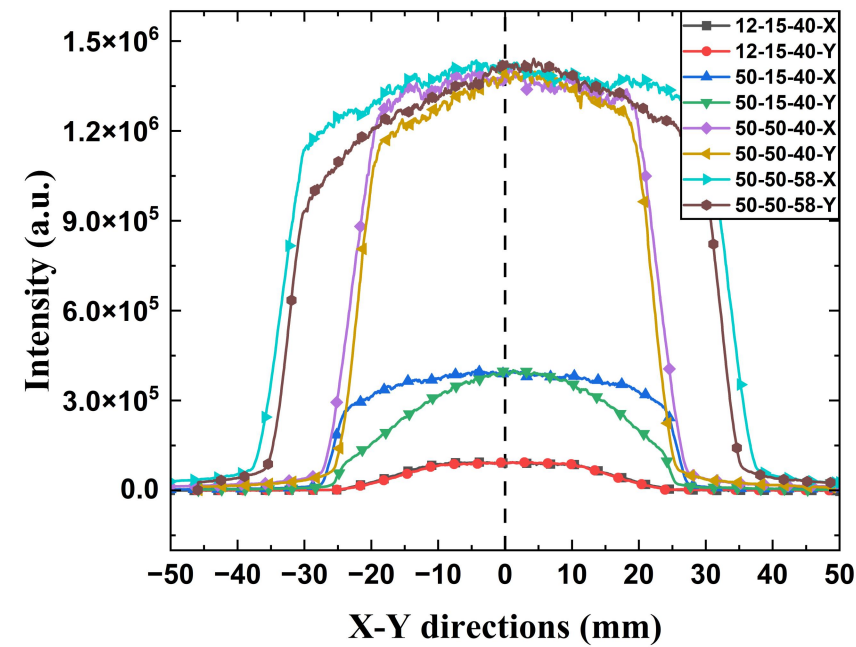
通过束斑投影，束斑呈椭圆形，水平竖直方向的尺寸分别为50.3、47.4mm。束斑中心 $\Phi 20\text{mm}$ 范围内，束斑平整度为88.7%。

在实验厅二测量的束斑，除小束斑12-15-40外，其余束斑均为椭圆束斑，水平方向的尺寸大于竖直方向。

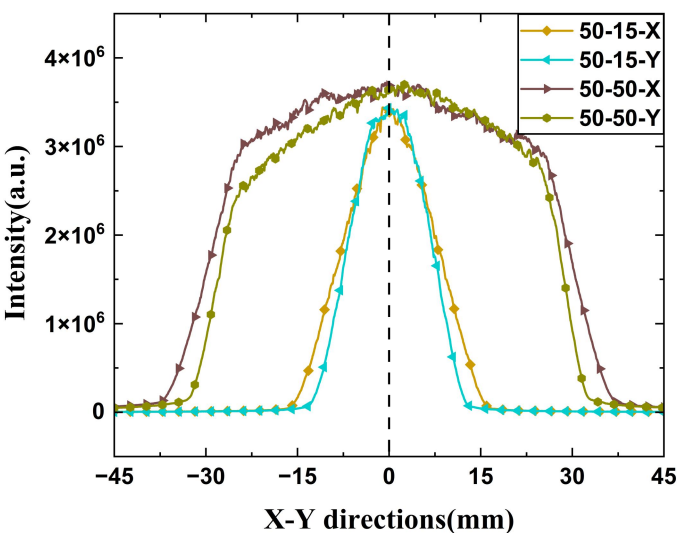
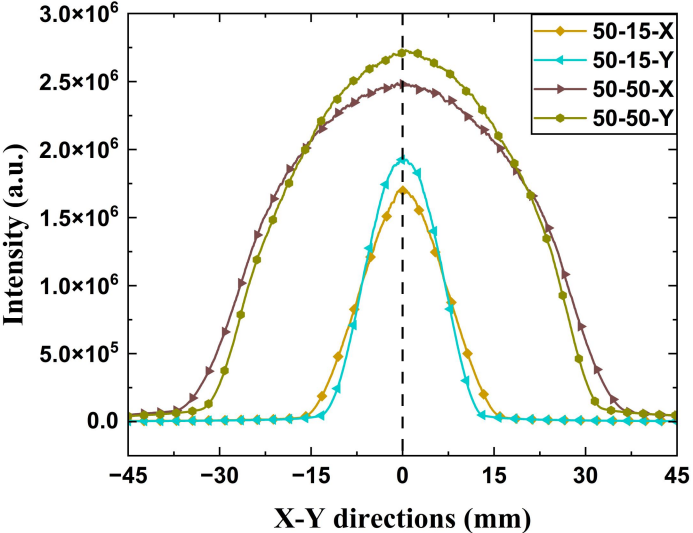
	12-15-40	50-50-58	50-50-40	50-15-40
水平尺寸	48mm	74mm	50.3mm	52.2mm
竖直尺寸	48mm	70mm	47.4mm	48.9mm



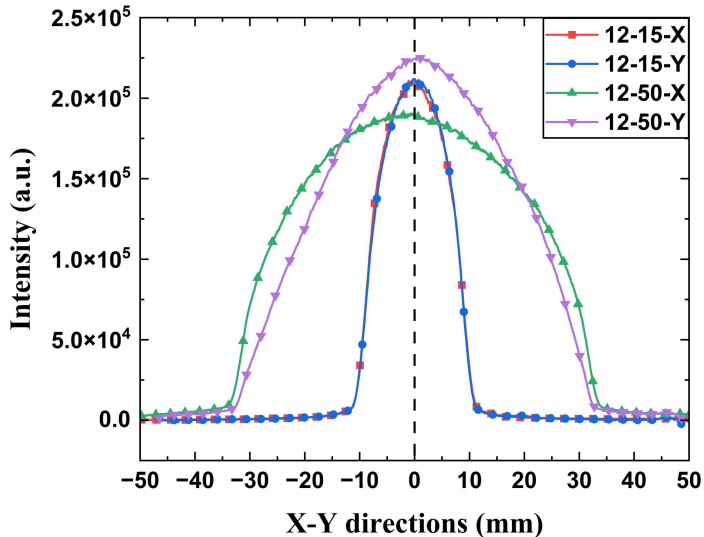
T2部分束斑投影



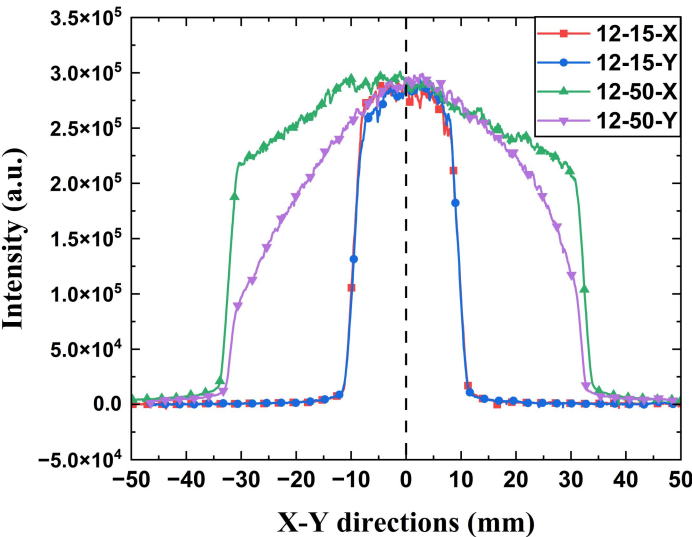
T2部分束斑剖面



	水平尺寸	竖直尺寸
12-15	20.8mm	20.8mm
12-50	65.6mm	63.0mm
50-15	27.5mm	22.4mm
50-50	66.6mm	60.4mm



T1束斑投影



T1束斑剖面

实验厅一测量的四种束斑情况与厅二相同。除束斑12-15为圆形外，其余束斑轮廓均为椭圆形。束斑水平方向的尺寸大于竖直方向。

总结

- 除12-15-40、12-15束斑的轮廓为圆形外，白光中子源的其他常用束斑呈椭圆状，长轴在水平方向。
- 标准束斑的实际尺寸大于模拟值。标准12-15-40束斑束晕发光亮度占比为35.17%；50-50-58束斑束晕发光亮度占比为17.45%。
- 中子整体分布不均匀，由束斑中心向外，中子密度逐渐降低。

谢谢！