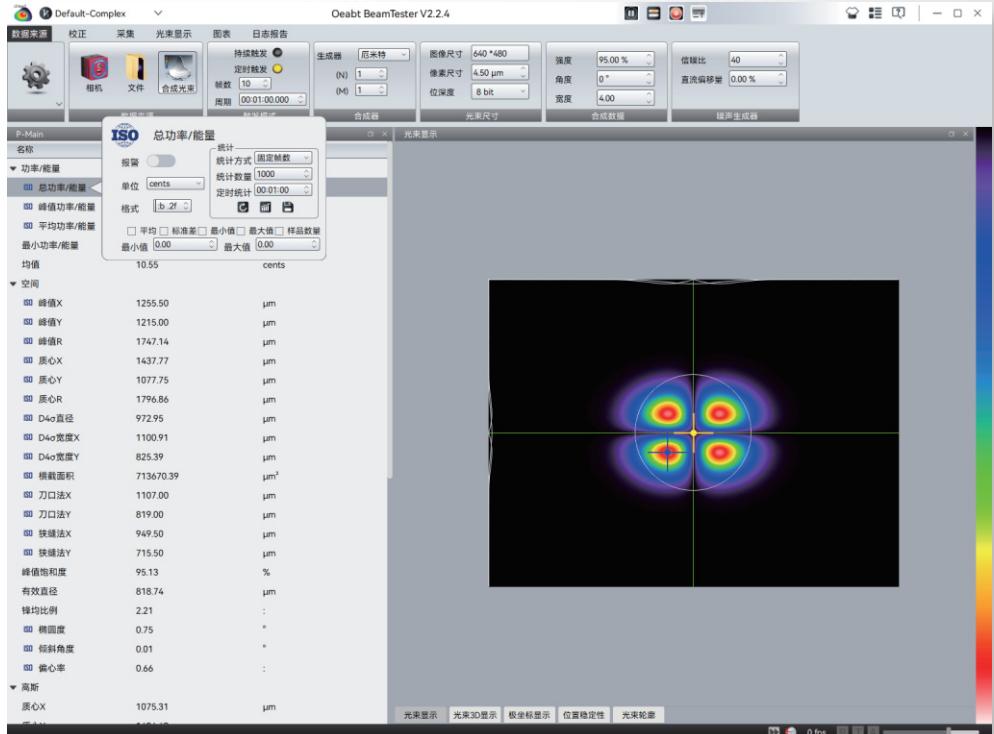


Beam Tester™

用户指南



基座光学科技(广州)有限公司

基座光学科技(佛山)有限公司

目录

第一章 设备安装	3
1.1. BeamTester安装	3
1.2. 相机驱动安装	4
第二章 标题栏功能	5
2.1. 项目配置	5
2.2. 快捷栏	6
2.3. 主题更换	6
2.4. 设置	7
第三章 数据来源	9
3.1. 触发模式	9
3.2. 相机	9
3.3. 文件	12
3.4. 合成光束	13
第四章 校正	18
4.1. 手动配置	18
4.2. 自动配置	19
4.3. 校正	19
4.4. 离轴校正	20
4.5. 功率校正	20
第五章 采集	21
5.1. 帧缓存	21
5.2. 帧保护	22
5.3. 帧评注	22
5.4. 异常处理	22
第六章 光束显示	23
6.1. 颜色	23
6.2. 2D属性	23
6.3. 3D属性	24
6.4. 分区	24
6.5. 光圈	25
第七章 图表	27
7.1. 光标轮廓	27
7.2. 位置稳定性	27
7.3. 极坐标	28
第八章 日志报告	30
8.1. 测试报告	30
8.2. 测试日志	31
第九章 状态栏	32

目录

9.2.  压缩方向.....	32
9.3.  采集权重.....	32
9.4.  帧率.....	32
9.5.  B 背景扣除.....	32
9.6.  T 倾斜纠正.....	33
9.7.  A 自动调节.....	33
9.8. 缓存池	33
第十章 窗口	34
10.1. 布局	34
10.2. 关闭或显示	35
第十一章 计算	36
11.1. 关于	36
11.2. 数据栏	37

第一章 设备安装

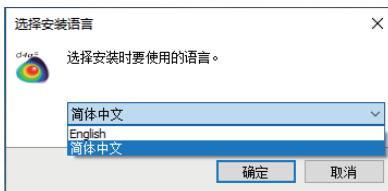
1.1. BeamTester安装

⚠ 注意: BeamTester适用于Windows 10及以上操作系统。所有安装过程都要求用户必须具有计算机管理员权限。

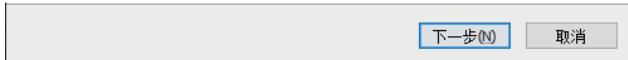
1.1.1 双击BeamTeste.exe安装程序。



1.1.2 选择安装时的语言 (默认简体中文)点击确定。



1.1.3 创建桌面快捷方式 (可选) 点击下一步。



1.1.2 选择安装时的语言 (默认简体中文)点击确定。

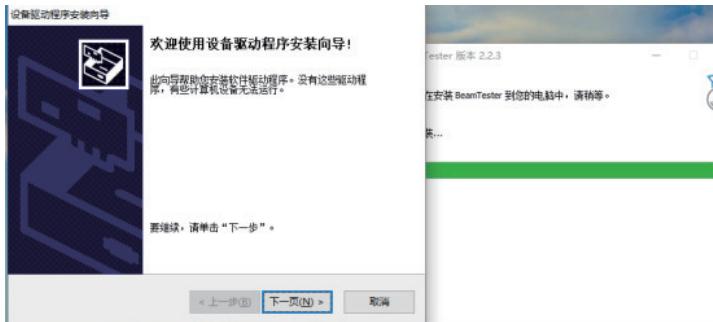


等待安装完成即可。

⚠ 注意: 程序安装完成后会弹出安装相机驱动界面, 请勿关闭。

1.2. 相机驱动安装

1.2.1 继软件安装完成以后会弹出安装相机驱动界面安装相机驱动，点击下一步。



1.2.2 成功安装相机驱动后点击完成。



⚠ 注意:如果错过了驱动安装可以到软件安装目录下手动安装驱动。

打开BeamTester 安装目录下的depend文件夹中的inst.exe 双击运行手动安装相机驱动

第二章 标题栏功能

2.1. 项目配置



此功能默认包含三个模式 Complex(复杂)、Standard (标准)、Simple(简单)。

- ▶ 复杂模式 会显示BeamTester中所有的功能, 适应于熟练BeamTester的用户;
- ▶ 标准模式 将会隐藏一些复杂功能保留一些基本功能;
- ▶ 简单模式 将会隐藏更多的功能只显示基础测试功能;

不论是哪一种模式不可能满足所有的用户操作习惯。所以**BeamTester**开放了用户自定义模式。这里称为一个项目, BeamTester自带的三个模式不允许用户更改。

用户需要点击 以下**2.1.3**中介绍的另存配置创建一个用户自定义项目, 通常情况下BeamTester建议并默认将新项目存放在以下路径, 方便**BeamTester**管理:

C:\Users**\AppData\Roaming\Oeabt\BeamTester\131587\project

注意: 当版本不一致时所有项目将不再兼容。

2.1.1 打开

打开一个项目 软件会加载项目中的所有属性习惯。

2.1.2 保存

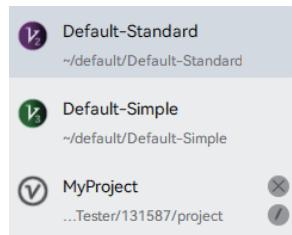
将目前软件中的所有设置保存在当前项目中, 方便下次启动软件时继续使用。需要注意的是需要用户自定义创建的项目有效。

2.1.3 另存配置

前文中提到**BeamTester**默认自带的三种模式不允许修改, 所以用户使用此功能创建一个项目, **BeamTester**建议只需要为项目取一个名字即可不必更改存放路径方便管理。

2.1.4 项目列表

在另存配置下方会列出**BeamTester**管理的所有项目, 选择一个项目会立刻切换。当鼠标悬停项目时, 会出现修改项目名称和删除这个项目的按钮。可对项目进行修改或删除。



2.2 快捷栏



此功能中列出了一些常用的快捷键

2.2.1 开始采集

采集模式由第三章数据来源决定, 详情参见 第三章数据来源。

2.2.2 自动调节

详情参见 第四章4.2自动配置。

2.2.3 自动光圈

详情参见 第六章光束显示6.5光圈。

2.2.4 Tab栏展开或收起

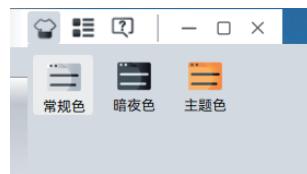
当参数设置完成以后可以用此功能收起Tab栏。



展开Tab栏

收起Tab栏

2.3 主题更换

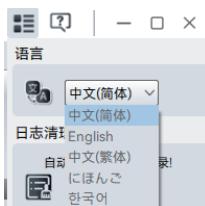


切换BeamTester主题色当前版本仅支持常规、暗夜、主题色

2.4 设置

2.4.1 语言

动态翻译界面语言, 支持中文简体、英文、中文繁体、韩文、日文。



2.4.2 日志清理



BeamTester 在工作中会根据用户的要求记录保存大量的数据, 如果不清理将会写满硬盘。此功能会根据设置的天数, 将超过天数的日志文件清理掉。需要注意的是数据文件存储路径用户可以自定义, 所有会被清理的日志文件必须是**BeamTester**管理范围内。

默认情况下所有的文件日志都将保存在以下路径, 所以**BeamTester**只会定期清理这个目录下的文件。如果存储路径被更改, **BeamTester**将不会主动清理, 需要用户手动清理。

C:\Users**\AppData\Roaming\Oeabt\BeamTester131587\logging

2.4.3 反锯齿

原理:

在计算机图形学中, 抗锯齿是一种用于减少或消除图像中锯齿状边缘的技术。锯齿状边缘通常是由像素级别的图形渲染所导致的, 特别是在处理曲线、斜线或复杂图形时。这些边缘看起来像是被“锯齿”或“阶梯”状的边缘所分割, 因为它们没有平滑地过渡到相邻的颜色或亮度。

效果:

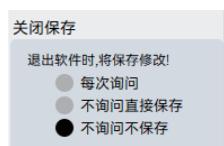
开启此功能后将平滑边缘, 使线条更加圆滑, 不留残影。

代价:

开启抗锯齿功能可能会增加图形渲染的计算成本, 从而可能对性能产生影响, 需要根据具体的应用场景和性能要求来权衡是否启用抗锯齿功能。然而对于现代化的电脑CPU性能来说, 并不会有太大压力, **BeamTester**默认开启抗锯齿功能。



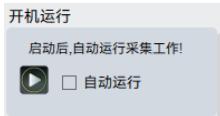
2.4.4 关闭保存



在退出程序时对于修改的一些参数如何处理。

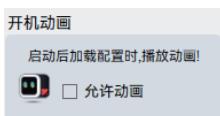
- ▶ 每次询问是否需要保存修改；
- ▶ 不用询问直接保存当前的修改；
- ▶ 不用询问也不保存修改；

2.4.5 开启运行



每次启动BeamTester后直接以默认的数据来源开启采集工作。也称为运行采集

2.4.6 开启动画



在启动软件时需要加载大量的配置文件和依赖。在这段等待时间内BeamTester会异步开启一段简单的动画过渡，即启动软件时看到的动画。

第三章 数据来源

3.1 触发模式

此功能对文件工作模式无效, 当来源为文件时, 会被禁用。



3.1.1 持续采集

BeamTester开始采集工作时, 会不停的采集计算直到按下停止按钮。

3.1.2 定时采集

BeamTester将按照设定的时间和每次采集的数量, 定时采集, 如1分钟采集10帧。

3.2 相机

3.2.1 本地相机



3.2.1.1 本地相机

点击下拉框查找并选择相机, 如果点击下拉框并没有出现可选相机说明**BeamTester**没有找到可用相机, 此时需要检查是否正确连接电脑, 是否安装相机驱动。

3.2.1.2 曝光时间

设置相机曝光时间

3.2.1.3 采集超时

BeamTester正常开始采集工作时会根据工作模式驱动相机采集一帧图像, 在此期间相机发生了一些不可预测的情况导致始终采集失败的超时处理。如上图设置了超时8秒, 如果8秒未采集到图像

BeamTester将不会继续等待, 而是尝试下一次驱动相机采集, 从而避免造成无效线程的资源浪费。

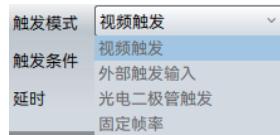
3.2.1.4 内部序号

此功能将为连接的相机设置一个序号, 序号将被写入相机缓存, 如果没有被再次设置, 这台相机将一直是这个序号, 方便在多相机的情况下分辨当前相机。

如果在相机贴上标签3将相机设置序号3方便区分。

3.2.2 触发

3.2.2.1 触发模式



需要注意的是当触发模式为外部触发或光电二极管触发时，应当将**3.2.1.3**采集超时中的采集超时设置为无限，因为外部触发时没有信号触发BeamTester会一直等待，如果设置了超时BeamTester只会等待设置的时间从而错过一些重要的信号。

3.2.2.1.1 视频触发

由软件根据**3.1**触发模式中将到的模式进行触发相机驱动采集图像

3.2.2.1.2 外部触发

外部设备连接相机IO口根据**3.2.2.3** 触发条件 进行触发

3.2.2.1.3 光电二极管触发

相同于外部触发

3.2.2.1.4 固定帧率

按照**3.2.2.4**每秒固定帧率触发

3.2.2.1 触发模式



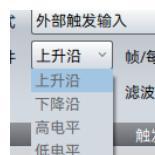
筛选峰值像素强度较低的图像，如果选项为**OFF**将不做筛选。

当采集到图像中的峰值像素强度值低于灵敏度设置，则当前图像将被抛弃，系统自动开始下一帧图像的采集。

当图像位深度**8**位灵敏度**1/16**时 **255/16=15**灵敏度被设为**15**, 此时图像中峰值像素小于**15**将被抛弃不会被投入缓冲池中计算。

当图像深度是**16**位灵敏度**1/8 65535/8=8191** 图像中峰值像素小于**8191**会被抛弃。

3.2.2.3 触发条件



只有当触发模式为外部触发时触发条件才能被选择。对于其他模式不需要这些条件。

- ▶以外部设备输入的上升沿信号为触发条件采集图像；
- ▶以外部设备输入的下降沿信号为触发条件采集图像；
- ▶以外部设备输入的高电平信号为触发条件采集图像；
- ▶以外部设备输入的低电平信号为触发条件采集图像；

3.2.2.4 帧率



当**3.2.2.1**触发模式设定为固定帧率时，此预设值决定每秒采集的图像帧数。如上图所示，此设置为每秒采集14帧。

3.2.2.5 延时

接收到外部触发信号后不立即触发，在触发图像采集前加入延时，单位为**μs**。仅对特定相机有效。

3.2.2.6 滤波



对外部触发信号进行滤波处理，即忽略信号脉宽低于设定值的信号。如上图所示，当触发信号脉宽低于**15μs**时，判定此信号为干扰信号并将其滤除，不触发图像采集。

3.2.3 帧格式

3.2.3.1 位深度



设置相机采集的图像位深度，如设置为八位（**8bit**）时，像素强度范围为**0-255**。以下是不同位深度图像中像素强度的取值范围：

8位 (2的8次方) : 0-255

10位 (2的10次方) : 0-1023

12位 (2的12次方) : 0-4095

14位 (2的14次方) : 0-16383

16位 (2的16次方) : 0-65535

3.2.3.2 视场

抽点模式



None : 正常输出所有视场设置范围内的像素点

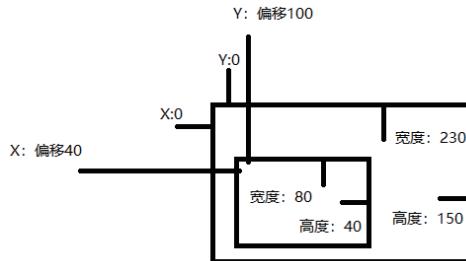
2*2 2行2列抽取一个像素，此处抽取的意义并非选择其中一个像素，而是将**4 (2x2)** 个像素进行像素强度值加总后求均值得到一个新的像素；

4*4 4行4列抽取一个像素，此处抽取的意义并非选择其中一个像素，而是将**16 (4x4)** 个像素进行像素强度值加总后求均值得到一个新的像素；

采用抽点可以缩小图像的尺寸和分辨率，通过减少采集像素总数量来缩小图像数据量，从而达到提高帧率和图像计算效率的目的。

偏移量和宽高

相对来说属于裁剪功能，又被称作硬件**ROI**。以下例子中假设原相机最大视场即采集范围 **230*150** 裁剪后**80*40**。采用硬件**ROI**可以缩小采集图像的尺寸和范围，通过减少采集像素总数量来缩小图像数据量，从而达到提高帧率和图像计算效率的目的。



3.3 文件

3.3.1 数据保存

详情参考第五章采集**5.1**帧缓存。

保存第九章状态栏**9.7**缓存池中的数据，用于二次分析处理。

3.3.1.1 路径

选择一个保存的路径，按下需要保存的类型后将会保存指定类型到指定路径。

3.3.1.2 开始



当缓存池中的数量**30**时，可以选择的范围在**0**到**29**，以上图为列开始**4**将从缓存池中第**4**帧开始。

3.3.1.3 数量

如上图所示，该设置为从第4帧开始且保存15帧，即从第4至第18帧会保存为指定格式的图像文件。

3.3.1.4 BMP

定义：**BMP**是**Windows**操作系统中的标准图像文件格式，由**Bitmap**单词的缩写而来，代表位图。

特点：几乎不压缩，包含的图像信息较丰富，图片品质最好。支持多种色彩深度，包括**1位**、**4位**、**8位**、**16位**、**24位**和**32位**。

3.3.1.5 TIF

定义：**TIFF**是一种灵活的位图图像格式，支持多种色彩系统，并可在**Mac**和**Windows**系统上使用。

特点：图像格式复杂，但对图像信息的存放灵活多变。支持多页、多图层的存储。广泛用于出版印刷，因为其高质量无损压缩的特点。

3.3.1.6 PNG

定义：**PNG**是一种无损压缩的位图图像格式,设计目的是替代**GIF**和**TIFF**文件格式。

特点:

无损压缩,保留了图像的所有细节和质量。支持透明度,允许创建具有非矩形边界的图像。支持多种颜色深度,包括**8位灰度图像**、**24位真彩色图像**和**32位**带有透明通道的图像,在**Web**设计中常用,因为支持透明度使得图像可以与不同背景无缝融合。

3.3.1.7 JPG

定义：**JPG/JPEG**是一种面向连续色调静止图像的压缩标准。

特点:在网络传输中应用广泛。采用有损压缩,压缩比可自定义。压缩过程中会去掉一部分图片的原始信息。图片品质越高,文件越大;图片品质越低,文件越小,但可能损失部分细节。

3.3.1.8 数据

保存为数据格式, **BeamTester**数据存储格式采用**opencv cv::FileStorage**。方便用户以任何语言的**opencv**框架读取。

3.3.2 文件选择



3.3.1 数据保存 章节中描述的数据文件,其后缀为**.btDATA**。打开已保存的此类数据文件,可再次查看和分析保存的数据。数据将被导入到缓存池中,导入时用户可选择指定范围内的某几帧,而非必须导入全部图像帧。

如上图所示:用户通过设定起始帧和结束帧的范围,选择性的将**9**帧图像导入到缓存池中,并以**20**帧/秒的速率开始循环播放。

3.4 合成光束

3.4.1 合成器



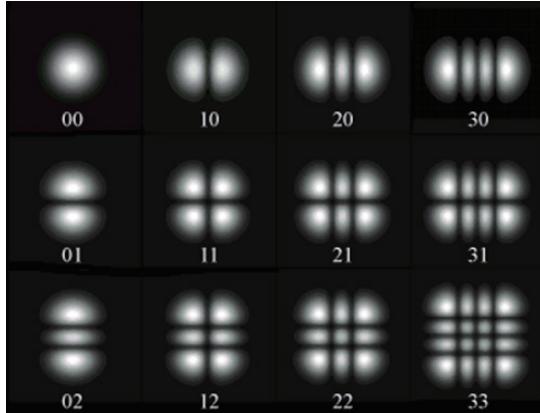
光束合成器是一种采用计算机仿真技术和专用算法,合成特定形态光束的功能。本版软件集成了厄米特、拉盖尔和甜甜圈三种光束生成器。

(1) 厄米-高斯光束

在方形孔径共焦腔或方形孔径稳定球面腔中，除了基模高斯光束以外，还可以存在高阶高斯光束，其横截面内的场分布可由高斯函数与厄米多项式的乘积来描述。沿z方向传输的厄米-高斯光束可以写成如下的一般形式：

$$\begin{aligned}\Psi_{mn}(x, y, z) &= C_{mn} \frac{1}{\omega} H_m \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} x \right) H_n \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} y \right) \cdot e^{-\frac{r^2}{\omega^2}} e^{-i[k(x + \frac{r^2}{2R}) - (1+m+n)\arctg \frac{x}{f}]} \\ &= C_{mn} \frac{1}{\omega} H_m \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} x \right) H_n \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} y \right) \cdot e^{-i[k(x + \frac{r^2}{2q}) - (1+m+n)\arctg \frac{x}{f}]}\end{aligned}$$

上式中， $H_m \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} x \right)$ 和 $H_n \left(\frac{\sqrt{2}}{\omega} y \right)$ 分别表示 m 阶和 n 阶厄米多项式。



束腰尺寸、光斑尺寸和远场发散角都随m和n的增大而增大。

$$\text{束腰尺寸} \begin{cases} \omega_m^2 = (2m+1)\omega_0^2 \\ \omega_n^2 = (2n+1)\omega_0^2 \end{cases}$$

$$\text{在 } z \text{ 处的光斑尺寸} \begin{cases} \omega_m^2(z) = (2m+1)\omega^2(z) \\ \omega_n^2(z) = (2n+1)\omega^2(z) \end{cases}$$

$$\text{远场发散角} \begin{cases} \theta_m = \sqrt{2m+1} \theta_0 \\ \theta_n = \sqrt{2n+1} \theta_0 \end{cases}$$

(2) 拉盖尔-高斯光束

在柱对称稳定腔（包括圆形孔径共焦腔）中，各高阶高斯光束，其横截面内的场分布可由高斯函数与缔合拉盖尔多项式的乘积来描述。

$$\begin{aligned}\Psi_{mn}(r, \varphi, z) &= \frac{C_{mn}}{\omega} \left(\sqrt{2} \frac{r}{\omega} \right)^m L_n^m \left(2 \frac{r^2}{\omega^2} \right) e^{-\frac{r^2}{\omega^2}} \times e^{-i[k(x + \frac{r^2}{2R}) - (1+m+2n)\arctg \frac{x}{f}]} \begin{cases} \cos m\varphi \\ \sin m\varphi \end{cases}\end{aligned}$$

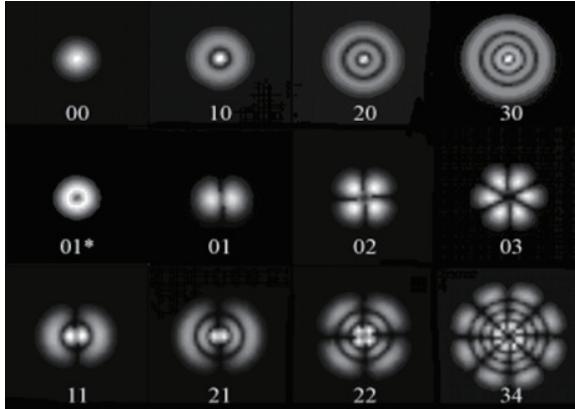
上式中， (r, φ, z) 表示场点的柱坐标， $L_n^m \left(2 \frac{r^2}{\omega^2} \right)$ 表示缔合拉盖尔多项式。

与基模高斯光束比较，柱对称系统中的高阶高斯光束的横向场分布由以下函数描述：

$$L_n^m \left(2 \frac{r^2}{\omega^2} \right) e^{-\frac{r^2}{\omega^2}} \{ \sin m\varphi \}$$

拉盖尔-高斯光束沿半径 r 方向有n个节线圆，沿辐角 ϕ 方向有m根节线。拉盖尔-高斯光束的附加相移为

$$\Delta\Phi_{mn} = (1 + m + 2n) \arctg \frac{z}{f}$$



光斑尺寸和光束发散角都随m和n的增大而增大，且n的增加比m更快。

$$\text{束腰尺寸 } \omega_{mn} = \sqrt{1 + m + 2n} \omega_0$$

$$\text{在 } z \text{ 处的光斑尺寸 } \omega_{mn}(z) = \sqrt{1 + m + 2n} \omega(z)$$

$$\text{远场发散角 } \theta_{mn} = \sqrt{1 + m + 2n} \theta_0$$

(3) Donut-高斯光束

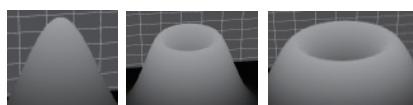
Donut形状由两个高斯函数之差得到，其中内部高斯函数的半径为**RinnerRinne**，外部高斯函数的半径为**RouterRouter**：

$$Z(x', y') = \left| \exp\left(-\frac{r^2}{R_{\text{inner}}^2}\right) - \exp\left(-\frac{r^2}{R_{\text{outer}}^2}\right) \right|$$

1) :当 r 接近 0 时（即点 (x', y') 接近原点），两个指数项都趋于 1，但第一个指数项减第二个指数项的结果会是一个很小的负数（如果 **Rinner < Router**）。

2) :当 r 增大时，两个指数项都会迅速减小，但第一个指数项减第二个指数项的结果会先增大后减小。

3) :函数 $Z(x', y')Z(x', y')$ 的形状取决于 **RinnerRinne** 和 **RouterRouter** 的值。



内部高斯函数具有较小的半径 (**inner**)，而外部高斯函数具有较大的半径 (**outer**)。两者的差值产生了一个环形的强度分布。

3.4.2 光束尺寸



此功能对合成器产生的光束进行几何尺寸方面的设置，其中：

图像尺寸选项可设置图像画幅的大小；

像素尺寸选项可设置单个像素的边长大小；

位深度选项可设置图像中像素强度的取值范围。

如上图所示，用户设置的合成器光束图像的大小是**640*480**，单个像素边长为**4.5μm**，图像的位深度定义在**8位**。

当图像设置为不同的位深度时，其像素强度值取值范围不同：

8位 (2的8次方) : 0-255

10位 (2的10次方) : 0-1023

12位 (2的12次方) : 0-4095

14位 (2的14次方) : 0-16383

16位 (2的16次方) : 0-65535

3.4.3 合成数据



3.4.3.1 强度

此功能指定了合成光束中，峰值像素强度值的上限与最高强度的百分比比值。

如上图所示，用户指定了合成光束的峰值像素的强度上限，为当前图像位深度条件下最大值的**95%**。

例如当前设定的图像位深度为**8位**，即像素最高强度值为**255**，当峰值像素强度值上限设定为**95%**时，通过计算**255*95/100=242**，则合成光束中的峰值像素强度的上限为**242**；

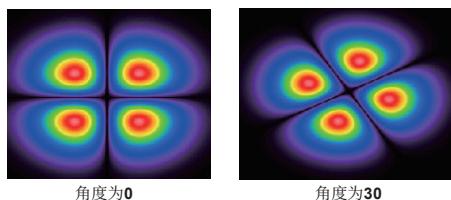
同理，若当前图像位深度设置为**16位**，即像素最高强度值为**65535**，当峰值像素强度值上限设定为**90%**时，通过计算**65535*90/100=58981**，则合成光束中的峰值像素强度的上限为**58981**。

位深度是**8位** 强度**95%** $255*95/100=242$ ，此时合成光束峰值保持在**242**

位深度是**16位** 强度**90%** $65535*90/100=58981$ ，此时合成光束峰值保持在**58981**

3.4.3.2 角度

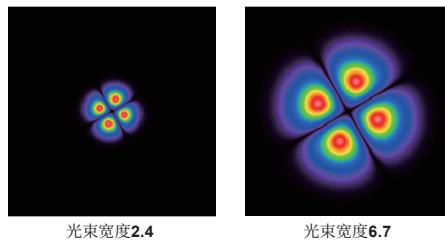
此功能指定了合成光束中，穿过光束质心的光束长轴与**0°**水平轴之间的夹角大小，即反映光束在平面分布中的指向性。如下图所示：左图与右图分别是设置光束角度为**0°**和**30°**时的形态。



3.4.3.3 宽度

此功能指定了合成光束在图像中的尺寸，用光束宽度描述。单位是mm和μm等常用几何学物理尺度。注意，该宽度仅反映光束本身的尺寸，而与整幅图像的宽度不同且无关联性。如下图所示：左图和右图分别是设置光束宽度为**2.4mm**和**6.7mm**时的形态。

注：通过合成器合成的光束，其光束截面的大小，不得小于**10*10**个像素，如单个光斑的面积小于**100**个像素，将大大影响对光束质量的评价结果。



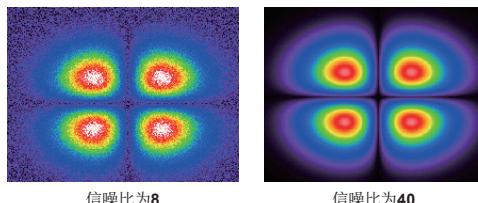
3.4.4 噪音生成器

此功能指定了合成光束中，噪声（干扰信号或杂散光）对图像质量的影响。让合成光束的图像更加接近真实的光束形态。



3.4.4.1 信噪比

信噪比对图像质量的影响非常显著。当信噪比较低时，图像中的噪声会掩盖有用的信息，使得图像变得模糊不清、难以辨认。相反，当信噪比较高时，图像中的噪声相对较少，图像质量较好，可以清晰地看到图像中的细节和纹理。



3.4.4.2 流偏移量

与**3.4.3 合成数据**中的强度设置相反，直流偏移量指定了合成光束中，谷值像素的强度值与最高强度的百分比比值。

如上图所示，用户指定了合成光束中，谷值像素的强度值，为当前图像位深度条件下最大值的**0%**。

例如：当前设定的图像位深度为**8**位，即像素最高强度值为**255**，最低像素的强度值设定为**0%**时，通过计算 **$255*0/100=0$** ，则合成光束中的谷值像素的强度值为**0**；

同理，若当前图像位深度设置为**16**位，即像素最高强度值为**65535**，当谷值像素强度值设定为**10%**时，通过计算 **$65535*10/100=6553$** ，则合成光束中的谷值像素强度值为**6553**。

第四章 校正

4.1 手动配置



背景噪声的影响：

图像质量下降：背景噪声会导致激光光斑图像中混杂许多不同频率的噪声，使图像轮廓模糊，质量下降。这种影响主要是由于环境背景光的影响和图像采集设备（如CCD）的噪声干扰。

信噪比降低：背景噪声会降低图像的信噪比（SNR），即信号功率与噪声功率之比。信噪比是衡量图像质量的重要指标，低信噪比会严重影响激光光束质量的分析结果。

灵敏度和分辨率降低：背景噪声和仪器本身的噪声都会影响光谱分析的灵敏度和分辨率。在光谱分析中，背景噪声是最复杂也最难于消除的干扰因素之一。

为了抑制背景噪声对激光图像的影响，BeamTester提供了以下几种方式：

4.1.1 参考帧

用物品挡住光源，确保没有光源进入相机的情况下采集一张图像作为背景。采集成功后BeamTester将保存这个背景用于将后期采集的图像扣除这些噪声。

$$\begin{array}{ccccccc} 25 & 72 & 0 & 3 & 0 & 0 & 22 & 72 & 0 \\ 0 & 65 & 0 & -2 & 4 & 3 & 0 & 61 & 0 \\ 0 & 200 & 43 & 3 & 5 & 1 & 0 & 195 & 42 \end{array}$$

图像 背景噪声 新图像

4.1.2 16均值

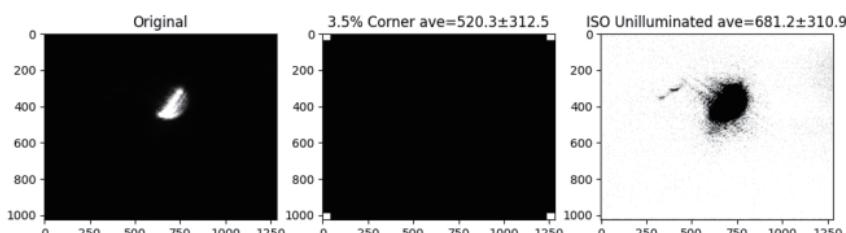
用物品挡住光源，确保没有光源进入相机的情况下BeamTester将连续采集16张背景图取平均值作为背景。采集成功后BeamTester将保存这个背景用于将后期采集的图像扣除这些噪声。

$$M_{ij} = \frac{1}{16} \sum_{k=1}^{16} (A_k)_{ij}$$

这里 $\sum_{k=1}^{16} (A_k)_{ij}$ 表示对16个矩阵在位置 (i,j) 上的元素值进行求和，然后除以16，得到平均值 M_{ij} 。

需要注意的是以上两种方式都必须是矩阵维度相同位深度相同。当不同时BeamTester会提示背景扣除失败需要重新采集背景，在状态栏 **B** 会显示红色。

4.1.3 四角法



这是按照 ISO 11146-3 中描述的一种方法来确定图像中的背景。使用边角处的值估算平均值和标准偏差。所有低于平均值 $+nT \times \text{stddev}$ 的像素值都被视为未发光背景像素。对这些像素取平均值，即可得出图像的背景值。

平均值和标准偏差是利用四个角的矩形像素估算出来的。四个角的矩形中的像素估算出平均值和标准偏差。这些矩形的默认大小为 **0.035** 或整个图像大小的 **3.5%**。新图像将具有一个减去边角平均值的常数。

ISO 11146-3 推荐的 "边角百分比" 值为 **2-5%**。

ISO 11146-3 推荐的 "**nT**" 值为 **2-4**。

4.1.4 计算信噪比

$$\text{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{signal}}{\text{noise_std}} \right)$$

点击按钮计算当前信噪比。

4.1.5 禁用背景降噪

点击后将取消对图像的背景降噪处理。

4.1.6 查看背景噪声图像

查看目前正在使用的背景噪声图像（不适用于四角法）。

4.2 自动配置

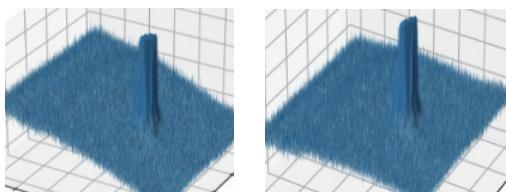
4.2.1 自动调节

$$\text{peak} = \left(\frac{\max}{\text{depth}} \right) \times 100$$

系统自动调节曝光时间，以确保图像峰值饱和度维持在**80%-90%**之间。

4.2.2 倾斜纠正

倾斜的背景（即图像上的背景坡度），由于某种原因图像传感器上的背景光不均匀，可以使用该功能恢复。



4.3 校正



gamma校正

图像水平翻转

图像垂直翻转

4.4 离轴校正

光束以非 0° 角入射到相机传感器，或者采用光屏成像方法观测激光光斑时，由于激光光路的中心轴与相机成像的中心轴不共轴且存在夹角。从而会产生图像宽高比失真的离轴偏差。离轴校正功能就是对这种成像偏差进行矫正。

注意：当光束中心轴与成像中心轴之间的夹角 $\geq 45^\circ$ 时，离轴校正功能也会失效。

通过压缩图像的某个轴向来纠正光束高宽比失真的现象。离轴校正功能只能用于单个 X 平面或 Y 平面，不能对 X 和 Y 平面同时进行光束失真纠正。

通过相机或激光相对于像平面的离轴来启用离轴校正功能。相机或激光至少有一个处于同像平面垂直的面内。在相机离轴和激光离轴的两种情形中，入射激光都是圆形光束，但由于相机或激光同像平面离轴，相机探测到的光束在 X 轴方向出现压缩或拉伸的现象。通过压缩 Y 轴方向的数据来恢复光束高宽比，而底部图像中压缩 X 轴方向数据将恢复光束高宽比，BeamTester不会改变图像尺寸，以补零的方式填充不会对结果造成影响。

图像校正后就需要实际地缩放图像在光学缩放中输入比例。

4.5 功率校正

假设激光功率是已知的，则在功率计算面板中输入此功率值。计算面板将以具体数值显示计算结果，如平均功率密度值、平均能量密度值等（单位为W/cm²或J/mm²等），而非一般的常量数字值。

第五章 采集

5.1 帧缓存

5.1.1 缓存数量



Beamtester开始工作时，会通过相机不断地采集图像，或通过光束合成器生成图像。图像会存放到一个双端队列中，这个队列的大小取决于帧缓存中缓存的图像数量，并可由用户自定义缓存图像的数量。如上图所示，用户设置了缓存数量为**30**（帧图像），表示可以缓存**30**张图像进行分析，如果队列满了将从第一个开始覆盖，只有在队列中的图像才能被分析和保存。

5.1.2 内存

当确定缓存队列大小后，系统会自动估算被占用的内存空间大小，但这只是一个参考，实际需要的内存空间往往比估算值略大一些。

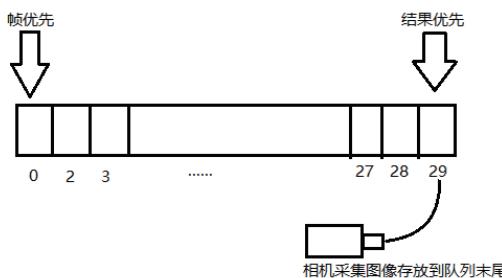
5.1.3 采集权重

在某些情况下采集速度会快过分析速度，如果图像尺寸数据量较大时，分析将会更加耗时。经过测试对于1200*1600的矩阵每一个算法保持在1毫秒以内，当然这取决于CPU。

“结果优先” BeamTester将不理会堆积的图像，而是选择最近采集的一帧图像进行分析。

“帧优先” BeamTester会依次分析每一帧采集的图像。

正常情况下分析速度比采集速度快，如果这样采集权重模式将毫无意义。



5.2 帧保护



如**5.1**帧缓存中所述，当队列装满时会从第一帧开始覆盖，除了被加锁的帧。在状态栏中拖动进度条并选择某一帧加锁，则这一帧在缓存池中不会被覆盖。若点击全部加锁，则缓存池中的每一帧都不会被新帧覆盖，但也不会有新的帧被添加到缓存池。

5.3 帧评注



在编辑框中输入内容，以便对缓存池中的图像进行备注。当鼠标悬停在按钮上方时，会出现相应的提示。

(1) 为新的帧备注

只要有新帧进入缓存池，就会自动备注上预先在编辑框内输入的内容

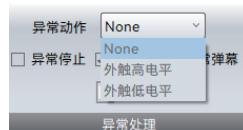
(2) 为所有帧备注

对缓存池中的所有帧，自动备注上预先在编辑框内输入的内容。但对某些没加锁的帧，该备注内容将会被新的帧所覆盖。

(3) 为当前帧备注

在状态栏进度条上选择某一帧，并为这一帧备注预先在输入框中输入的内容。

5.4 异常处理



当光源发生异常时需要BeamTester如何做出处理。

5.4.1 异常动作

触发相机发出高电平或低电平，外部设备通过信号做出进一步处理。

5.4.2 异常停止

当光源发生异常时，停止采集分析。因为在某些时候继续采集分析已经没有意义了。

5.4.3 警示音效

当光源发生异常时，触发电脑发出报警声。

5.4.4 异常日志

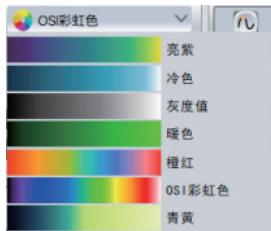


发生异常时，异常会被记录，可以选择保存或者另存这些异常。

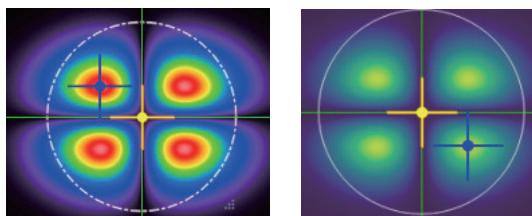
如果选择保存，BeamTester将会定期的，自动清理异常记录文件。需要注意的是发生异常后应该及时处理，因为这些异常数据如果不保存也不清空的话会一直占用内存，直到被清空或程序因内存溢出而关闭。

第六章 光束显示

6.1 颜色



此属性设置了2D, 3D等图形的颜色渲染。BeamTester默认有一些常用的颜色，选择颜色后图形的渲染颜色会对应修改。

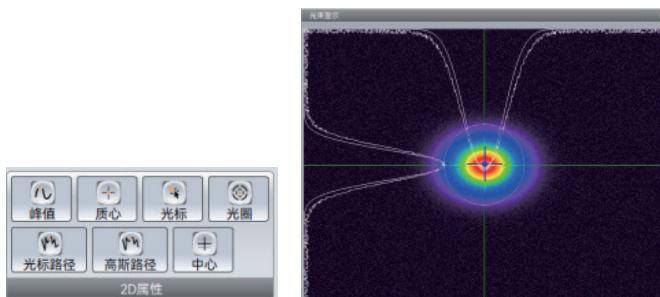


用户可以通过提供的调色板自行调节颜色。



这里使用的是归一化颜色值0到1。以上例子中0设置蓝色, 0.5绿色, 1橙色, 效果为右侧图形。以8位深度图像为例, 图像中像素为0时会被渲染蓝色, 像素为 $0.5 \times 255 = 127$ 时渲染绿色, 255时渲染橙色。

6.2 2D属性



在光束横截面显示中BeamTester会标记出以下数据。

峰值位置(蓝色十字线)

质心位置(黄色十字线)

光标位置(绿色线 默认跟踪光束质心)

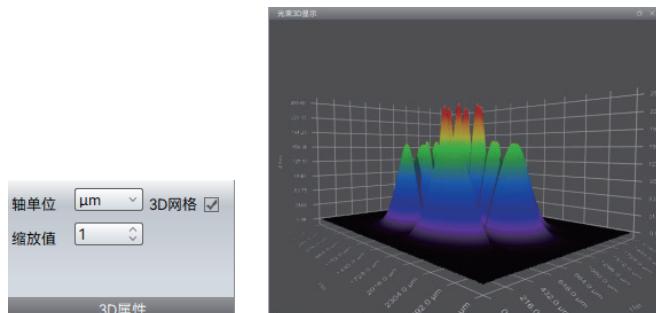
光圈位置(灰白色 矩形或圆形)参见6.5光圈

光标路径(灰白色)指光标所指位置行和列的像素向量

高斯路径(灰白色)通过光标路径高斯拟合的向量

中心位置(橙色)图像中点通常用于将光斑校准在相机中心上。

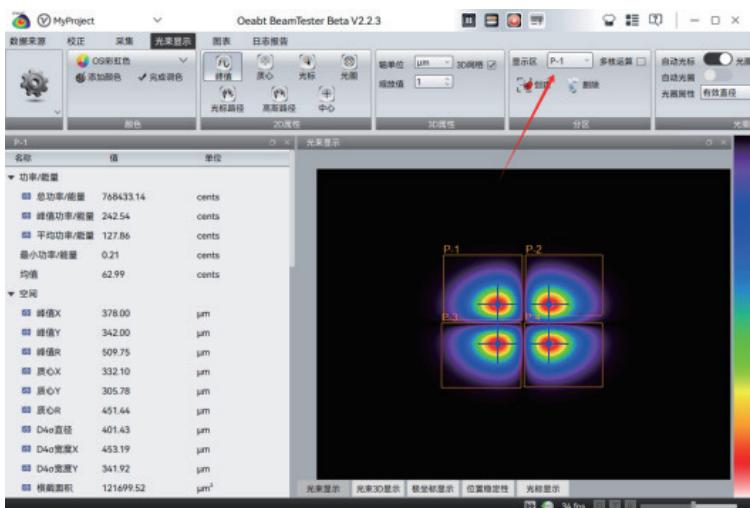
6.3 3D属性



3D属性功能用于设置**3D**显示中的一些元素，单位和缩放倍数。鼠标滚轮滚动操作时可缩放整体**3D**图形，而在滚动时同时按住键盘上的**Ctrl**键则仅对光斑模型进行缩放操作。

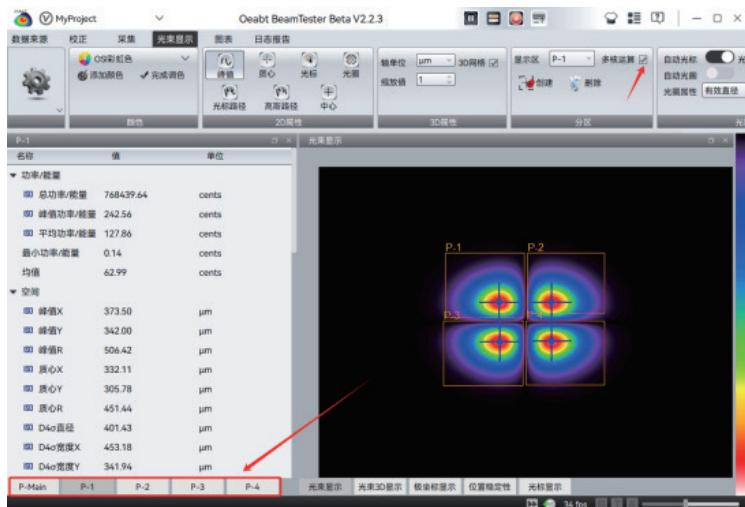
6.4 分区

以下例子中创建了**5**个分区，分别是**P1-P4**和**P-Main**，而**P-Main**则是整幅图像的数据。当分区被选中时，**BeamTester**将计算该分区的各项指标并在左侧的结果栏中显示。当分区被选中后，再点击删除按钮，即可删除该分区。



当多核运算选项被勾选后，系统将同时对多个分区的相关指标进行计算。（请确定**CPU**性能不低于第十代酷睿*i5*及以上，可用物理内存不少于**8GB**的要求）。

需要注意的是，**BeamTester**不会保存子分区的计算结果，也不能输出子分区的数据报告。对子分区只能进行分析及查看实时计算结果的操作。**P-Main**即整体光斑的计算结果可保存和输出报告。

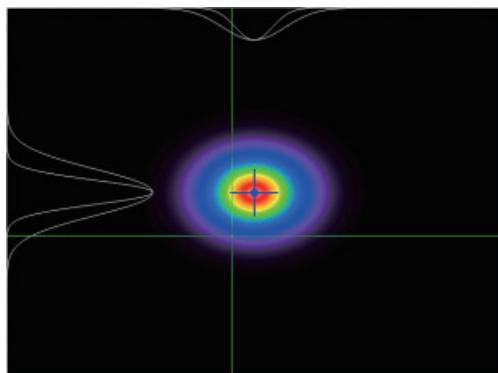


6.5 光圈

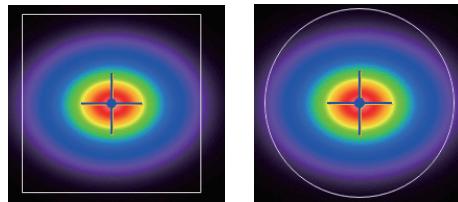


6.5.1 自动光标

开启自动光标后，十字光标线自动跟踪并标记光斑的质心位置，且不可移动。关闭自动光标后，十字光标线的位置可以移动，当其位置发生改变时，对应的光束高斯路径也会随之更改。下图中的绿色十字线即为光标。



6.5.2 光圈形状



光圈的形状可以设置为矩形和圆形

6.5.3 自动光圈

开启自动光圈后，系统自动计算光圈的大小，其范围包含了整个光斑，且光圈的中心点与质心位置重合。用户既不能移动光圈的位置，也不能调整光圈的大小。关闭自动光圈后，用户可移动光圈的位置，也可以用鼠标拖放光圈轮廓右下角的小三角形，进行缩放和拉伸调整。

注意：光圈形状中的矩形和圆形也包含正方形和正圆，因为正方形和正圆分别是矩形和圆形的特例。

6.5.4 光圈属性



光圈属性 即启用自动光圈时，系统根据何种计算方法来确定光圈的直径或边长。有以下四种选项：

- (1) 有效直径：系统根据光斑的有效直径确定自动光圈的直径或边长。
 - (2) D4Sigma：系统根据光斑的D4Sigma直径或宽度确定自动光圈的直径或边长。
 - (3) 刀锋法：系统根据刀锋法计算出来的光斑直径或宽度确定自动光圈的直径或边长。
 - (4) 狹缝法：系统根据狭缝法计算出来的光斑直径或宽度确定自动光圈的直径或边长。
- 注意：**自动光圈的直径或边长对应的是当光圈形状是正圆或正方形时的表述，依据ISO规定，当光束轴相比超过**0.85**时，光束可以表述为圆形，因此用直径来描述光束大小是恰当的。而光束轴相比小于**0.85**的，则用光束宽度来描述，光束宽度值由长轴宽度和短轴宽度两个值构成。

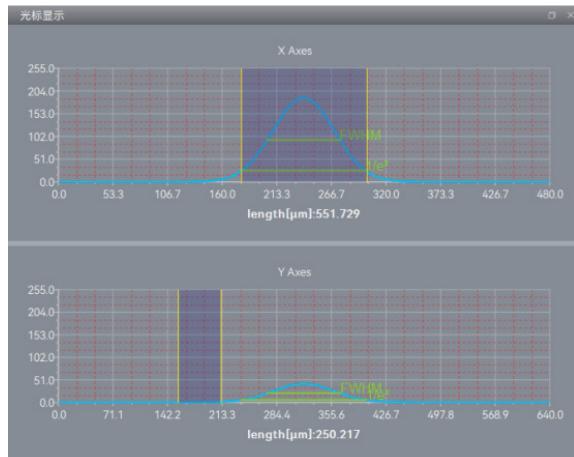
第七章 图表

7.1 光束轮廓



光束轮廓采用两个窗口，用于显示光标所在位置处，光束轮廓的一维切片图。光束轮廓中显示的内容由**6.5章节【光圈】中6.5.1小节【自动光标】**决定。

下图示例中蓝色曲线是光标位置的向量，即光标在图像中所处位置的行和列。默认标尺刻度为**μm**，并用绿色线段标记了光束的半峰宽(**FWHM**)及**1/e²**宽度。两个窗口中的蓝色阴影部分测量了光斑宽度，分别是**X轴与Y轴**的宽度，默认单位是**μm**。



7.2 位置稳定性



ISO-11670中对光束的指向稳定性 (**Pointing Stability**) 定义了三种时间周期内的稳定性测试方法，分别是：

短周期：时间跨度在**1**秒钟以内；

中周期：时间跨度在**1**分钟以内；

长周期：时间跨度在**1**小时以内。

为了满足符合**ISO**标准的光束稳定性测试要求，测量区间对光束的取样不得少于**1000**次。当完成**1000**次取样和计算后，**Beamtest**的稳定性计算结果前会出现**ISO**标记。

如下图所示，经过**1000**次取样和计算，光束质心始终落在同一位置，未发生偏移。这反映了最佳的光束稳定性。



7.2.1 样品数量

反映取样次数，如图所示，共进行了**1000**次取样。

7.2.2 中心

该结果反映整个测试周期内，质心位置位于**X**和**Y**轴坐标位置的平均值。

7.2.3 最后

该结果反映整个测试周期最后一次取样，质心的**X**和**Y**轴坐标位置。

7.2.4 方位角

该结果反映在整个测试周期内，**n**次质心的落点位置的集合会生成图像，对该图像进行椭圆拟合后，计算出的该图像呈现向画布某个方位的指向性。

因上图中的质心位置没有偏移，故无此指向性，方位角无计算结果。

7.2.5 稳定性

X, **Y**轴向的光束定位稳定性是质心运动分布标准偏差的**4**倍。

 注意：此功能只有在屏幕上出现可见的质心点图案后才开始统计。

7.3 极坐标



极坐标模式用于实时监控质心位置的稳定性。采用极坐标替代笛卡尔坐标系来对质心的位置进行定义，其中，极点默认为图形中心位置。

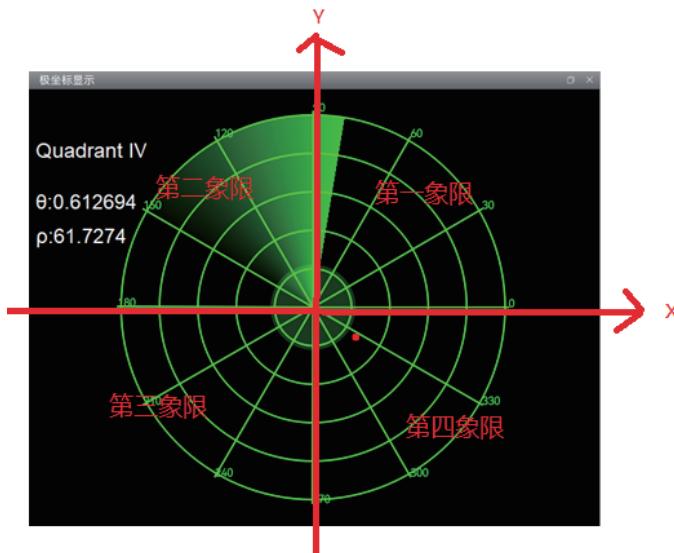
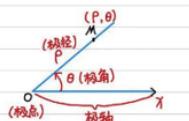
如上图所示，用户设置了一个半径为**50**个像素的圆形遮罩，表示这是允许质心位置发生偏移的范围。

如果质心的偏移没有超出这个遮罩，质心显示为绿色。如果质心偏移到了遮罩范围之外，则质心显示为红色。

下图中的质心明显超出了遮罩范围，所以显示为一个红点。当质心超出预设的范围，如果同时又勾选了【报警】选项，则系统输出报警信号，报警详情请参照章节**5.4 【异常处理】**。

1. 极坐标的定义

设M是平面内一点，极点O与点M的距离 $|OM|$ 叫做点M的极径，记为 ρ ；以极轴 Ox 为始边，射线 OM 为终边的角 $\angle xOM$ 叫做点M的极角，记为 θ 。有序数对 (ρ, θ) 叫做点M的极坐标，记作 $M(\rho, \theta)$ 。



极坐标窗口显示了质心所在的象限， ρ 称为P点的极径， θ 称为P点的极角。

第八章 日志报告

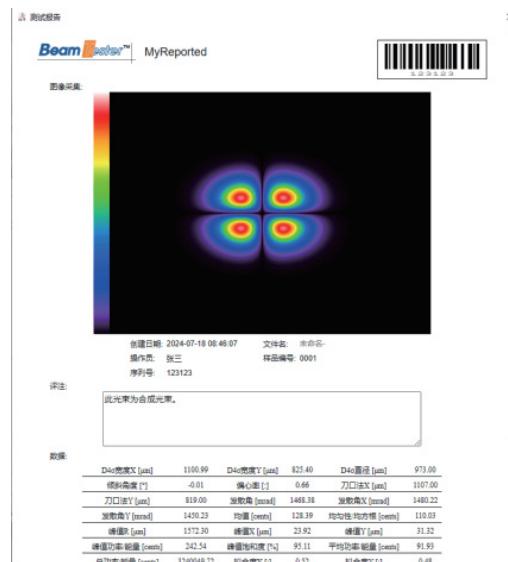
8.1 测试报告



测试报告功能在BeamTester运行采集期间会被禁用。停止采集后，可以拖动软件右下角状态栏内的缓存池滑块，选择其中一帧图像来生成报告。报告包含了已选定的计算项目和结果，其中大部分结果是遵循ISO标准的计算方法而得到的。

8.1.1 编辑报告

此功能可对测试报告进行预览和编辑，可编辑的元素有报告标题、报告条码、文件名、操作员编号、样品编号、序列号(同条码号)，也可以在评注栏内备注其他相关信息。



8.1.2 打印报告

打印报告功能会调用windows API，可选择本地打印机打印纸质报告。

8.1.3 生成PDF

选择此功能，会弹出文件保存路径选择窗口，用户可自定义文件名，将报告以PDF文件格式保存在硬盘或其他移动介质上。

8.2 测试日志

默认情况下**BeamTester**会将日志保存在以下路径，并且会定期自动删除旧日志。除非用户更改日志的保存路径，否则无需担心旧日志的磁盘空间占用问题。详情请参照**2.4.2章节【日志清理】**。

日志的保存模式可以设置为持续、帧及定时三种。不论选择哪种模式，首先需要确定的是保存的格式，如果保存为图片，有**BMP\TIF\JPG\PNG**等格式可选。如保存为数据，则为**BeamTester**专用文件格式。

如果选择保存为数据，则可以用**3.3.2章节【文件选择】**中描述的方法，提取数据并进行观察和分析。

持续：除非手动停止日志的保存，不然**BeamTester**将保存每一帧数据。

帧：指定只需要保存多少帧。当达到数量时**BeamTester**会停止保存日志。

定时：可以指定保存多长时间的日志，比如保存**10分钟**。

需要注意的是日志保存功能非常占用磁盘空间，**BeamTester**的工作效率非常快，如果日志模式设置为持续且保存日志类型为数据时，则每秒日志的数据量将最少占用**10MB**磁盘空间。

当日志文件将磁盘空间耗尽时，**BeamTester**将自动停止日志的保存工作，并提示用户磁盘空间不足是否停止日志保存功能。

名称	类型	大小
2 18 09-52-48.btData	BTDATA 文件	10,242 KB
2 18 09-52-49.btData	BTDATA 文件	10,242 KB
2 18 09-52-50.btData	BTDATA 文件	9,754 KB

第九章 状态栏

9.1 压缩方向

当离轴校正功能开启时,状态栏显示压缩图标。有关离轴校正,请参照4.4章节【离轴校正】。



表示正在压缩X轴



表示正在压缩Y轴

9.2 采集权重

此处显示的是5.1.3章节【采集权重】的状态。



表示结果优先

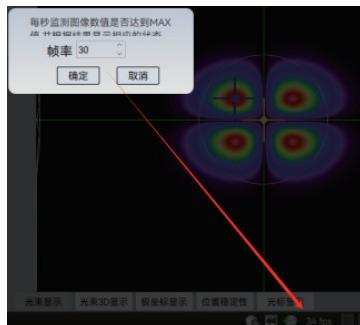


表示帧优先

9.3 帧率

此处显示的采集过程中帧率设置的状态。

BeamTester 默认以**30FPS**的帧率进行采集,低于**30FPS**时即未满足该帧率要求。帧率图标显示实时帧率,并以红色和绿色箭头时钟图标指示帧率是否达标。用户可自定义该达标帧率,如设置帧率为**25FPS**。



每秒0帧 未达标



每秒34帧 达标

9.4 背景扣除

此处显示4.1章节【背景扣除】功能的状态,以及背景(噪声)图像的维度、位深度等。若有其他原因导致的背景扣除功能失效时,应重新进行背景采集操作。



未开启背景扣除



已开启背景扣除



背景扣除失败

9.5 倾斜纠正

此处显示4.2.2章节【倾斜校正】功能的状态。



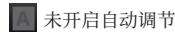
未开启倾斜纠正



开启倾斜纠正

9.6 自动调节

此处显示章节4.2.1【自动调节】功能的状态。



未开启自动调节



开启自动调节

9.7 缓存池

此处显示了5.1章节【帧缓存】中队列的存储状态。



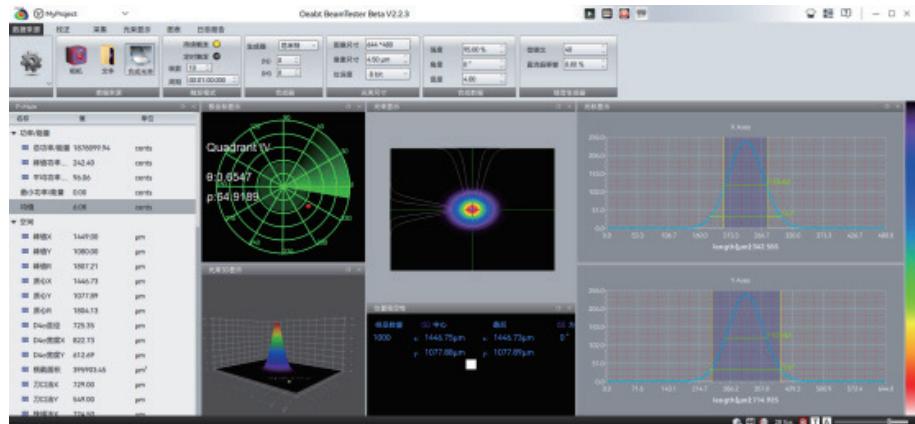
当BeamTester停止采集时, 可以拖动进度条上的滑块回放缓存的图像帧。

第十章 窗口

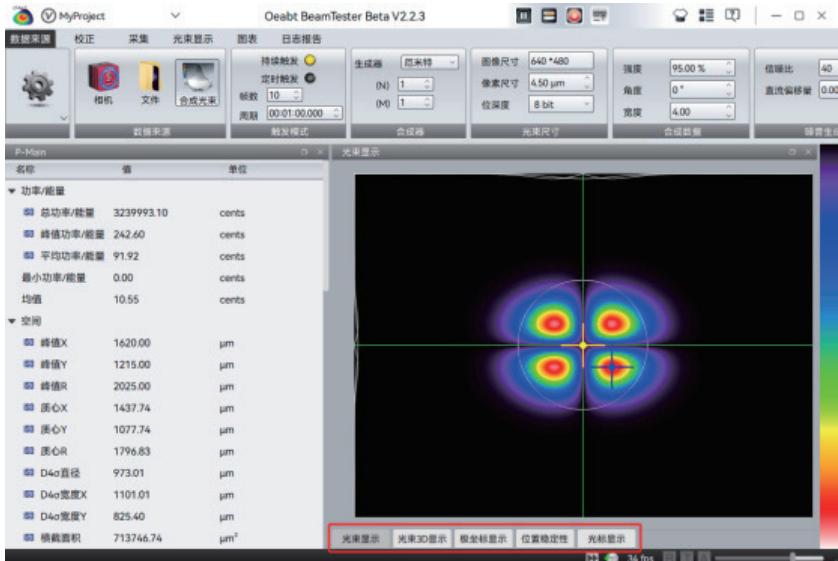
10.1 布局

用户可通过拖动子窗口调整软件界面的布局和大小。

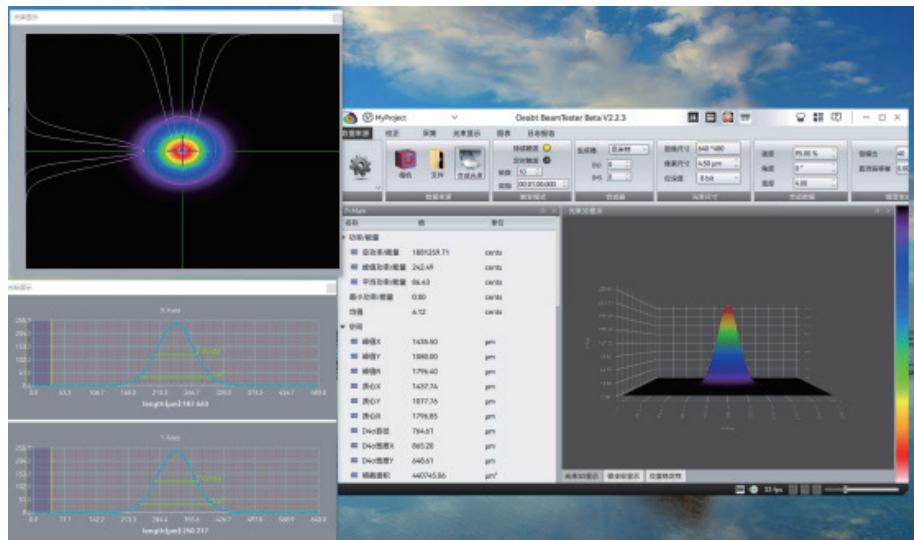
格栅布局



堆叠布局

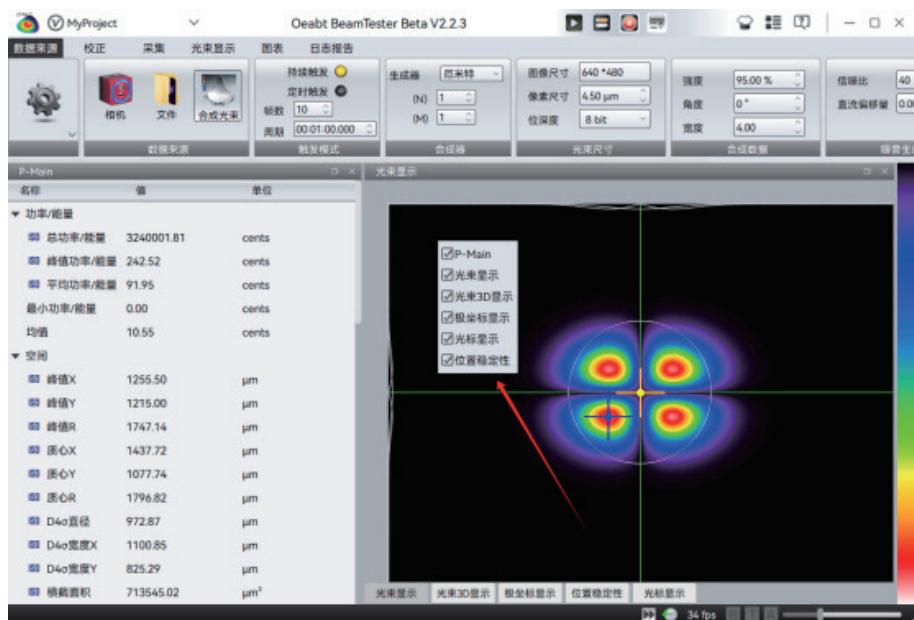


多屏布局



10.2 关闭或显示

在除了计算结果显示栏以外的软件界面上右击鼠标，将弹出视图元素的显示/关闭窗口选单，勾选或去除勾选对应的窗口，可以决定是否呈现该窗口。



第十一章 计算

11.1 关于

11.1.1 计算精度

背景噪声会对计算的准确性产生重大影响,因此在开始测量前使用背景噪声减除功能是非常重要且必要的。图像中的噪声会使质心, $D_{4\sigma}$ 直径/宽度等大部分计算结果严重偏离正确值。

关于去除噪声,请参考**4.1章节【手动配置】**中的方法。

11.1.2 ISO标准

BeamTester的大部分算法严格遵循了国际标准组织(**ISO**)的规定。同时也保留了行业内受欢迎的测量技术, **BeamTester**也明确标示了某计算结果是否采用**ISO**标准所规定的计算方法和公式。如下图所示,如果计算结果前有一个**ISO**标记,则表示该结果是采用**ISO**标准所规定的算法计算和得出。



11.2 数据栏

11.2.1 节点展开或收起

用鼠标双击在名称前有向下三角箭头的项目,可以展开子项目及其计算结果。并且在弹出的气泡窗口中,这些子项目可以被勾选或被反勾选,以设置是否显示孩子项目及其计算结果。



需要注意的是,即便把某些子项目设置为隐藏,和这些子项目有关的运算仍在后台运行,并不会节约**CPU**算力开销,因为在其他计算项目中,需要这些子项目的计算结果参与运算。

11.2.2 双击子项目

双击某些子项目，如，计算光束直径或宽度时，采用的刀口法和狭缝法计算子项目。则可以在弹出的水泡窗口中，对一些额外的选项进行设置。



11.2.2.1 报警

当报警功能被启用时，BeamTester会实时监测对应的计算结果是否在预设范围内，这个预设范围是一般是通过设置最小值和最大值来定义的。例如，当我们把发散角X这个数值设置了范围并启用了报警功能时，出现超出范围的计算结果时，就会触发报警。详情请参照**5.4章节【异常处理】**。

11.2.2.2 单位

此处把发散角X的单位设置为毫弧度。每个计算结果的值都有若干个对应的单位可供设置。能时，出现超出范围的计算结果时，就会触发报警。详情请参照**5.4章节【异常处理】**。

11.2.2.3 格式

此处设置计算结果数值的精度，例如下图中是设置为小数点后2位数精度。BeamTester最高支持精确到小数点后6位。

11.2.2.4 统计

下图为计算结果栏中对发散角的计算结果和统计信息。包含平均值、标准差、最小值及最大值等经过统计计算的结果。用户可设置对计算结果统计的方式，参与统计的样本数量或设置一定时间范围内或持续的将计算结果纳入统计范围。其中统计方式包含固定帧数(样本数)、定时停止和持续统计等三种。

需要注意的是统计计算会一直占用内存，直到开始新一轮的统计或退出程序为止。

▼ 孔径		
ISO 直径	729.18	μm
最小值	0.00	cents
ISO 均值	128.38	cents
ISO 最大值	242.51	cents
ISO 标准差	73.69	cents
ISO 均匀性/均方根	110.03	cents
ISO 能量占比	81.71	%



此处统计数量**1018**, 定时统计**1分钟**, 当统计方式为固定帧时**BeamTester**会统计**1018**帧发散角X的数据, 如果为定时停止将在在**1分钟后**停止统计, 如果为持续统计将统计到模式切换或程序退出为止。

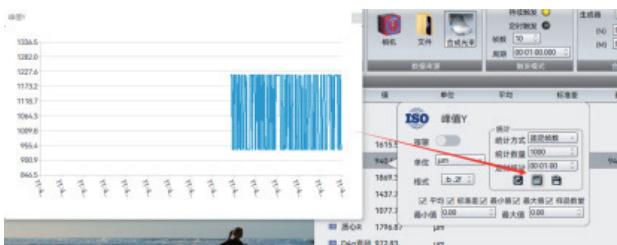
需要注意的是它会一直占用内存, 直到重新统计或者退出程序。

重新统计

如果点击重新统计按钮不生效, 则应检查目前所选定的统计方式是否已经满足了停止条件。

可以尝试切换另一种统计方式, 再重新开始统计操作。

可视化



保存统计结果

统计结果将被保存为**CSV**格式文件, 该格式是一种通用的数据表格式, 可以被**Excel**、**WPS**、**Number**等数据表编辑工具打开和编辑。

	A	B
1	11:43:01	1215
2	11:43:01	1215
3	11:43:01	1210.5

11.2.2 计算项简介

鼠标对计算项右击, 可弹出对这个计算项目的一些简单介绍, 包含对这个计算项目的定义、计算方法以及该计算结果用于评价光束哪方面的特性等。

