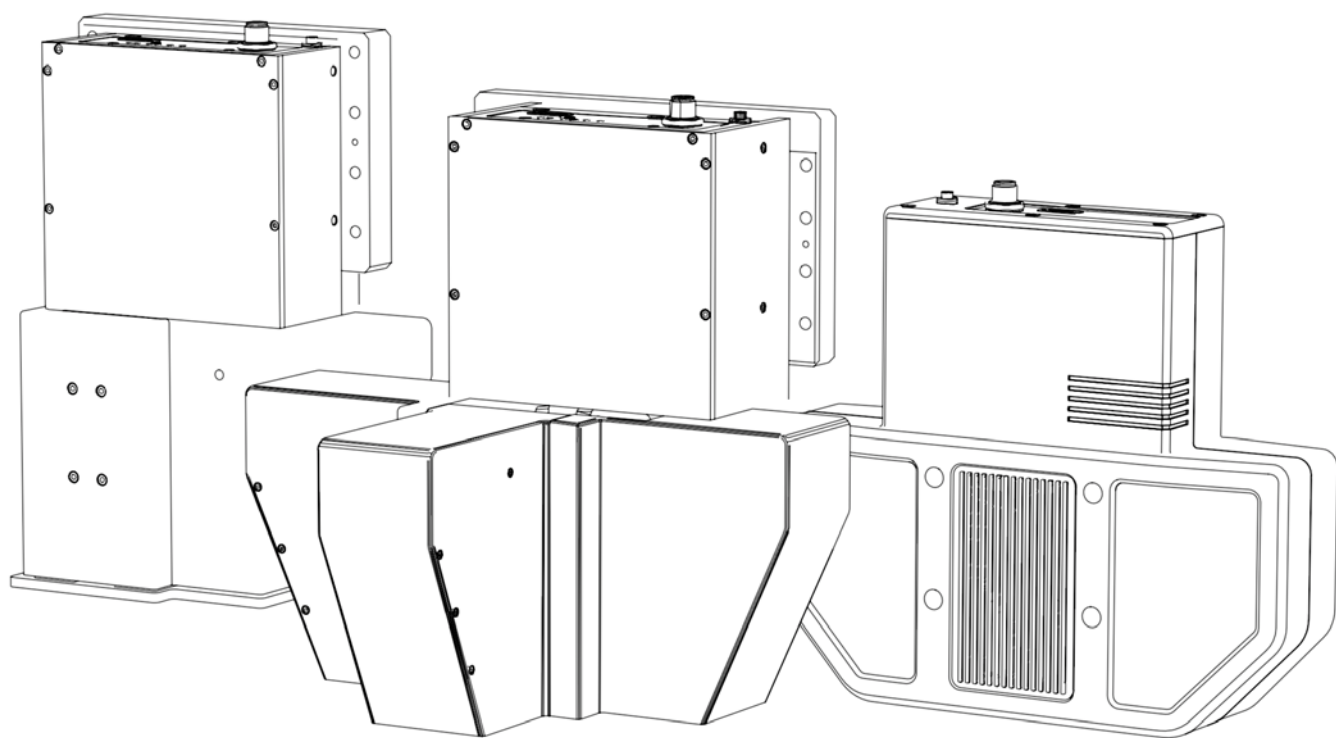


Sizector[®]3D相机 用户手册

SX系列



盛相科技
MEGA PHASE

目录

注意事项

1 产品介绍	02
---------------------	----

2 Sizector®3D相机SX系列

2.1 Sizector®3D相机SX系列及配件清单	03
2.2 Sizector® 3D相机SX系列配件说明	04
2.3 相机如何安装	05
2.4 相机使用接线	06
2.5 设备状态	06
2.6 复位	07

3 MPSizectorS SDK及例程功能介绍

3.1 MPSizector SDK基本信息与安装	08
3.2 MPSizectorS SDK功能及例程介绍	11
3.3 调用Sizector®3D相机SX系列	47
3.4 故障排除及运行日志导出	49

附表1 异常情况处理

附件一 电源适配器及线体外形尺寸参数

附件二 IO控制线外形尺寸参数

附件三 USB3.0高速数据传输线说明

附件四 产品参数及外观尺寸图

附件五 拖链线缆(包括数据线及IO线缆)布线指导说明



注意事项

本产品必须经由专业人员安装, 请务必遵循操作规范, 避免造成伤害和安全问题。

- 切勿尝试打开或者修理设备, 错误的操作会对设备造成永久性损害。
- 设备安装完毕后, 请勿轻易移动, 拆卸设备零件。
- 在进行测试或操作前仔细阅读相关说明文件。
- 设备安装固定支架应避免剧烈震动。
- 为保证检测一致性, 请确保检测环境温度、湿度的相对恒定。
- 使用专业工具对镜片进行维护清洁, 避免损伤镜片。
- 长时间直视投影仪发出的高亮度蓝光可能对眼睛有伤害。

1 产品介绍

Sizector® 3D相机SX系列是硬件计算成像和多投影结构光技术的强强联合,能有效消除单一投影方向造成的图像阴影和盲区,同时解决了高反物体表面容易出现的单边飞点、孔洞等问题。广泛应用于半导体、动力锂电、PCBA、连接器、新能源汽车等行业高难度的3D在线检测。用户可随时根据应用现场实际情况设置最佳投影组合和融合策略,并在二次开发阶段直接调用丰富的后处理函数。

为配合用户在实际应用中的不同需求,我们提供:

- Sizector® 3D相机及配件
- 配套SDK及例程MPSizector_S Control Center

2 Sizector®3D相机SX系列

Sizector® 3D相机SX系列提供多款型号和配置。其中SS仅支持单投影，ST最多支持双投影，SQ最多可支持四投影。用户可根据应用场景及产品视野进行选型，详细参数请参阅附件四-产品参数及外观尺寸图。

2.1 Sizector®3D相机SX系列及配件清单

产品正常工作需要：

- Sizector® 3D相机SX系列
- 电源适配器
- 电源&I/O控制线(供电和I/O控制二合一)
- USB3.0高速数据传输线

另需用户自备Windows7 及以上64位操作系统的计算机。

2.2 Sizector® 3D相机SX系列配件说明

推荐使用产品专用配件,使用其他不同类型配件可能造成3D相机不能正常工作。

2.2.1 电源适配器主要参数

Input (输入) :100-240VAC, 50/60Hz, 1.4A

Output (输出) :24V—5.0A, 120W MAX

使用其他电压和电流的电源适配器可能导致设备损坏或无法投影。

电源适配器及电源线尺寸请参阅附件一。

2.2.2 I/O控制线接线说明

Sizector®3D相机SX系列提供外部硬触发的IO端口,提供对应的IO控制线及接线说明。详细信息请参阅附件二。

2.2.3 USB3.0高速数据传输线

Sizector®3D相机SX系列通过标准的USB3.0接口可实现相机连接控制、数据传输。提供的USB3.0高速数据传输线的详细信息请参阅附件三。

2.3 相机如何安装

相机正面有8个 $\varnothing 6$ 的光孔(红色),2个 $\varnothing 3$ 的销钉孔(绿色)可使用本体贯通式光孔及销钉孔来实现,如图2.1。建议安装方式如下:

正面安装,至少两边各2颗M6*25螺钉(具体需要考虑固定支架的厚度)和2颗 $\varnothing 3$ 的销钉(具体长度视固定架的孔深)。

不同型号安装方式有差异,详见附件四。

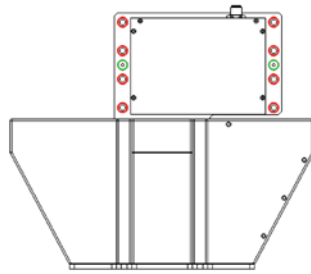


图2.1 相机正面图

注意:

- 应最大程度保证物体被测面置于相机0平面附近,如图2.2;
- 观察相机投影仪投光方向,避免光被遮挡;
- 避免被测区域处在死角区域;

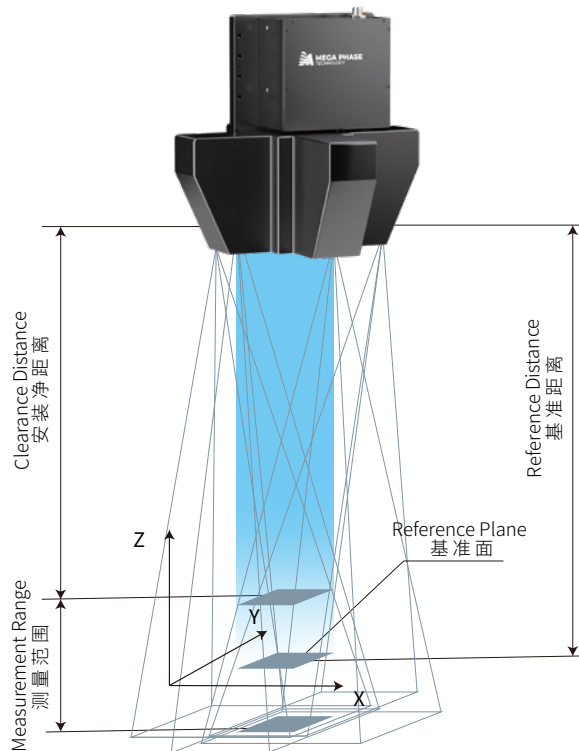


图2.2 被测面与相机0平面放置示意图

2.4 相机使用接线

Sizector® 3D相机SX系列接线接口,如下图所示。部分机型有差异,以安装图为准。

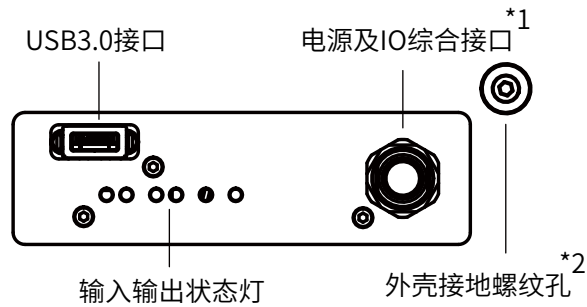


图2.3 接线接口示意图

2.5 设备状态

设备状态 (DeviceState) 包含以下五种:

- a.连接断开(Disconnected), 此时不可进行任何通讯操作;
- b.正在初始化(UnderInit), 此时可以设置寄存器的值, 但设备不会执行任何操作;
- c.待命(StandBy), 设备空闲, 可以进行新的拍摄;
- d.正在曝光(UnderExposure), 设备正在曝光, 此时应避免移动被测物体或产生振动, 否则可能会增加3D 点云的误差;
- e.正在传输(UnderTransfer), 设备已经完成曝光, 正在将 3D 点云传输至 PC端。此时可以移动被测物体, 以缩短周期时间。

用户可以通过查询或回调函数两种方式实现设备状态的获取。建议通过回调获取, 避免频繁查询。除了软件接口, 状态 LED 也可反应设备的状态:

- a.黄/绿闪烁 (5Hz): 初始化中;
- b.红闪烁 (5Hz): 初始化错误;
- c.黄闪烁 (5Hz): 过热保护中;
- d.绿闪烁 (5Hz): 初始化完成, 待连接;
- e.绿常亮: 已连接, 待命;
- f.红常亮: 正在曝光。

①* 相机的电源&IO综合17针接口, 包括两个Input孔, 两个Output孔, 插接时应注意电源线插头和此接口的方向对应。

②* 相机接地螺纹孔, 通过接地线, 另一端可靠接地, 防止出现周围设备漏电、供电电压不稳或遭遇雷击等情况损坏相机。

2.6 复位

当产品发生异常需要复位时,列举情况如下表:

序号	异常情况	可能原因	解决办法
1	相机无法连接PC	1、USB未插接牢固; 2、驱动没有正确安装;	1、重插USB线,相机断电重启;2、运行安装批处理;
2	USB显示为USB2.0	USB未插接牢固,USB驱动未安装好,或者插接到USB2.0的接口上	确认是否已安装USB3.0驱动,重新插接再断电重启相机
3	相机无法正常拍照	相机受到外部干扰,或者内部故障	远离干扰源,或做屏蔽处理后重启相机电源

更多可能发生的异常情况及处理方法请参见附表1。

3 MPSizectorS SDK及例程功能介绍

3.1 MPSizectorS SDK基本信息与安装

本章将根据MPSizectorS SDK V2.7版本介绍其功能和使用方法。

3.1.1 MPSizectorS SDK基本信息介绍

MPSizectorS SDK由盛相科技独立开发,可配合Sizector®3D相机S028、S162、SX和M等多个系列使用。用户通过MPSizectorS SDK可实现对3D相机的控制、3D点云重构和后处理等操作,实现项目成像评估及数据验证等工作,也可将较为完善的例程作为参考进行二次开发。

SDK提供标准动态链接库和必要的类属性及方法,支持C、C++、.NET和Python等编程语言以及符合GenICam协议的标准视觉软件的开发平台,支持Windows、Linux操作系统。您可联系我们获取最新版本SDK以及相应的技术支持。

3.1.2 MPSizectorS SDK安装

具体安装步骤如下:

1、双击SDK安装包,弹出如下图3.1界面:



图3.1 SDK安装界面

2、选择安装路径,单击“安装”按钮,开始安装,完成后弹出如图 3.2 提示窗口:

软件安装

准备计算机, Win7或以上版本64位操作系统, 必须有USB3.0端口;
 必须正确安装显卡(包括集成显卡)和USB3.0驱动程序;
 关闭杀毒软件, 运行MPSizectorS SDK安装程序, 完成安装;
 运行安装目录下的Autolnstall.bat, 运行过程将请求管理员权限, 请允许。

默认安装目录:

C:\Program Files (x86)\MPSizectorS SDK
 安装结束后手动执行。

设备连接

将3D相机、电源适配器、USB连接线从包装中取出;
 接通电源, 将3D相机与计算机的USB3.0端口通过USB3.0线连接。

开始拍摄

正确安装相机, 在相机工作范围内放置被测物;
 运行桌面上的MPSizectorS_ControlCenter软件①。

打开主界面, 确认相机连接是否成功②;
 点击菜单: 预设->超准-合并像素关闭且自动曝光开启③, 设备将开始自动拍摄。

此时应观察到被测物体的3D模型④, 若无显示, 请尝试移动被测物体, 可在物体位置调整后, 勾选界面下方“自动”选项⑤, 重新设定色深范围。



Software installation

Prepare a PC with Windows 7 or any later version of Windows system, and the USB3.0 port is also necessary.
 The GPU and USB3.0 drivers must be correctly installed.
 Shut down any anti-virus software, and run the MPSizectorS SDK installation program till it completes.
 Open the installation directory and run Autolnstall.bat file.
 Administrator permissions might be required during the process.

The default installation directory is
 C:\Program Files(x86)\MPSizectorS SDK

Device connection

Connect the 3D camera to power supplies by the power adapter and connect it to the USB3.0 port on PC by the USB cable.

Start imaging

Place the object under test in the FOV of 3D camera.
 Run **MPSizectorS_ControlCenter** software on the desktop. ①
 Open the main interface and check if the camera is connected successfully. ②

Click the menu: **Presets** → **Finest Standard AutoHDR** ③, then the 3D Camera will start imaging automatically.

Observe the 3D model of the object under test. ④ If no 3D model is displayed, please move the object and click the "Auto" dialog box to reset the color depth range of 3D image automatically. ⑤

其它信息请参见SDK安装目录下的Documentation目录
 服务热线 +86 21 63631362
 Please check the Documentation folder under the SDK installation directory or contact us via +86 21 63631362 for more information.

图3.2 SDK安装指南

3、根据上图红框内的提示, 在安装路径下找到bat安装文件, 如图3.3, 双击运行Autolnstall.bat文件, 安装驱动、环境平台等。

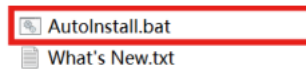


图3.3 需要运行的批处理

①当已安装USB3.0的驱动后, DOS安装界面会提示“没有可用的数据了”, 这时会自动进入下一步安装.NET Framework 4。

②如果已安装.NET Framework 4, 根据弹窗提示选择“关闭”按钮, 如果没有安装则点击“安装”按钮进行安装, 如图3.4:

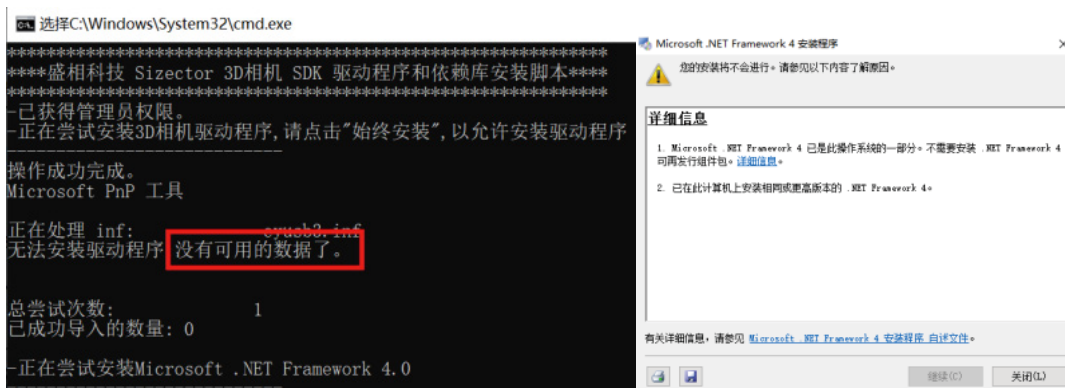


图3.4 批处理运行界面及.NET Framework安装界面

③下一步将安装C++语言环境:如果已安装需要调用的C++库,则会弹出如图3.5提示,这时选择“Close”按钮关闭弹窗即可,如电脑上未安装此类库,则您可选择“Install”按钮进行安装。

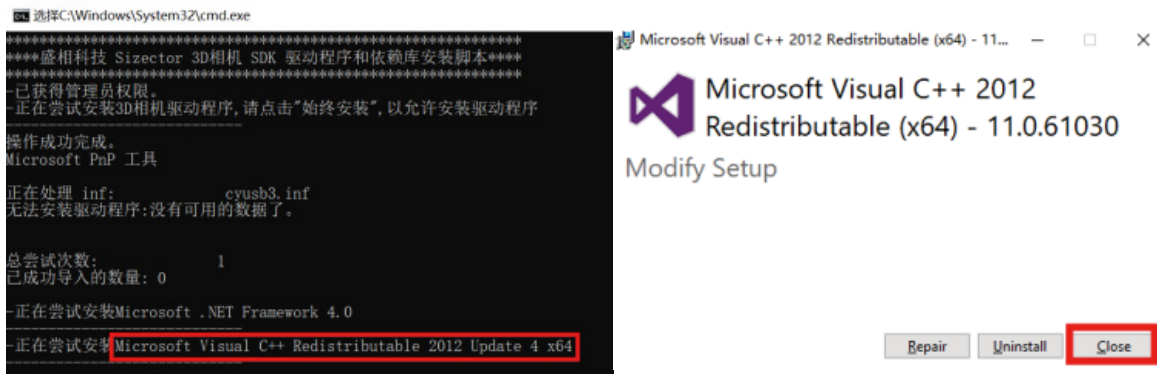


图3.5 批处理运行界面及C++运行库安装界面

④安装完成后,弹窗DOS安装界面会提示“安装结束”、“请按任意键继续”按任意键即可完成安装。

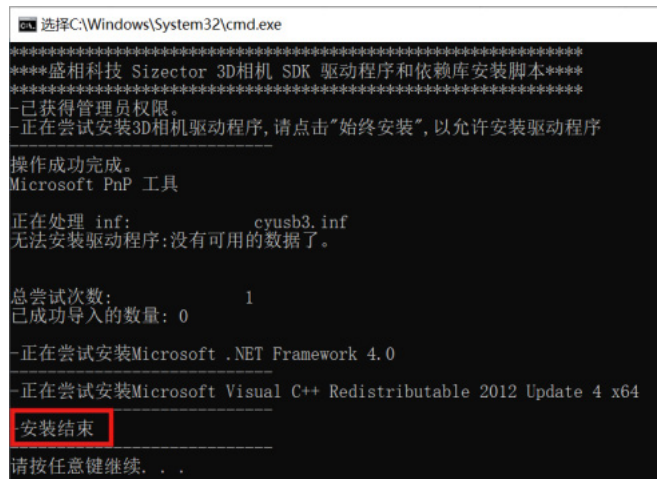


图3.6 安装完成界面

⑤确认相机电源线和数据线等正确连接后,点击桌面图标打开MPSizectorS SDK, 软件界面如下。

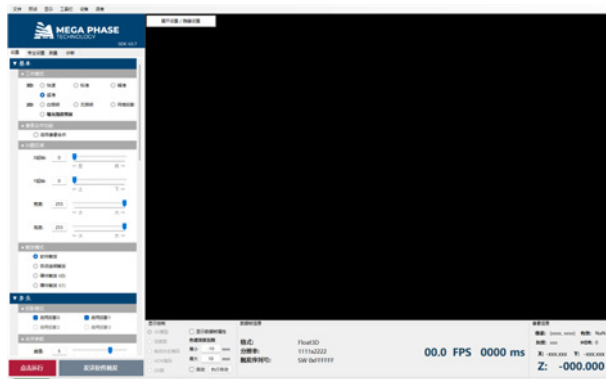


图3.7 软件界面

3.2 MPSizectorS SDK功能及例程介绍

3.2.1 软件界面

软件主界面如图:分为【设置】、【专业设置】、【测量】、【诊断】、【显示控制】、【数据帧信息】、【像素信息】和【触发】等几大功能区域。下面对几大功能区域进行说明:

“设置”用于设置3D相机的工作模式、触发方式、曝光设置、数据处理等功能;

“专业设置”的使用建议询问盛相的技术人员;

“测量”界面提供特征检测(如点、线、面)及测量算子(如段差、平面度)等。通过设置上下限,用于查看测量数据和判定OK/NG等;

“诊断”用于显示硬件状态、设置参数、运行日志;

“显示控制”用于显示拍摄结果,可以以色谱,灰度等方式显示图像,并可设置显示色阶范围;

“数据帧信息”显示数据格式、分辨率、触发序列号,帧率、数据采集周期;

“状态栏”显示产品型号、序列号、硬件版本、连接方式以及设备当前状态;

“像素信息”显示当前鼠标选中点的坐标、高度、灰度、有效值;

“触发”控制软件触发相机或暂停相机拍摄;

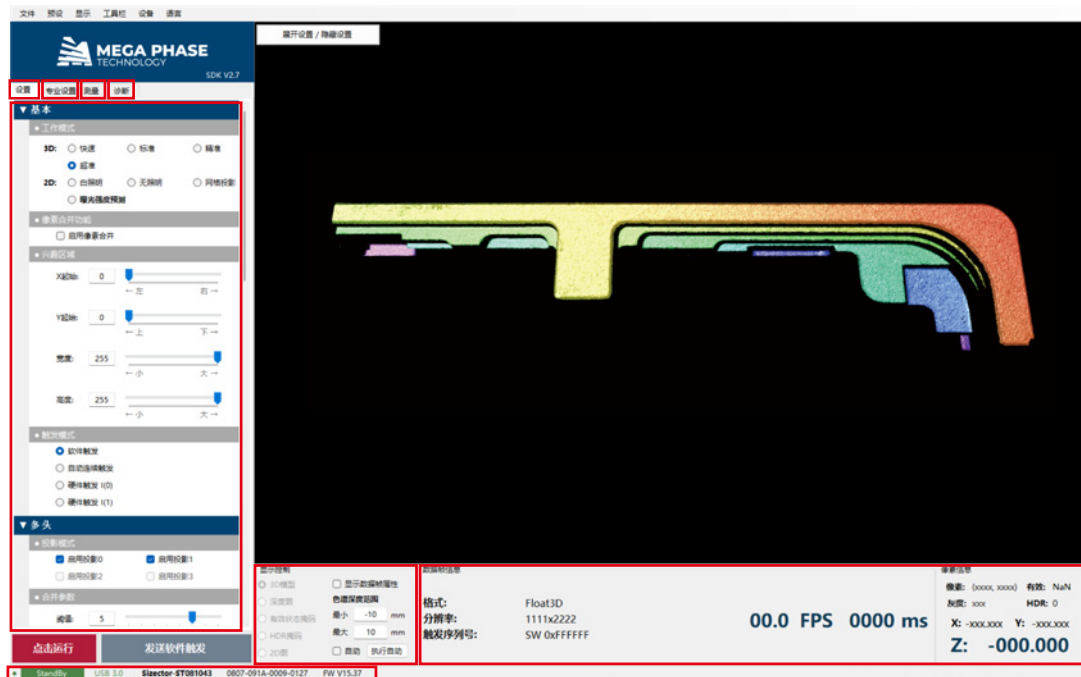


图3.8 软件设定界面

3.2.2 设置

用户点击左侧分页的设置, 进入设置界面。

其中分8大模块:

- 1、基本
- 2、多头
- 3、曝光
- 4、外部曝光
- 5、重构
- 6、后处理
- 7、IO
- 8、通用



图3.9 软件设置

基本

本模块内有“工作模式”、“像素合并功能”、“兴趣区域”、“触发模式”四个功能,如图3.10。

3.2.2.1 工作模式

工作模式,可分为3D 模式和2D 模式两大类。

①3D 工作模式:

目前有4 种3D模式:快速(Fast)、标准(Standard)、精准(Precise)、超准(SuperPrecise)*,都将输出3D点云。



图3.10 基本设置界面

	重复精度	成像完整性	拍摄速度	系统发热量
快速模式	●●●	●●●	●●●●●	●●
标准模式	●●●	●●●●	●●●●	●●●
精准模式	●●●●	●●●●	●●●	●●●●
超准模式	●●●●●	●●●●●	●●	●●●●●

3D 工作模式性能对比表

快速和标准模式所能获得重复精度是相同的,但标准模式的成像完整性更好。

精准模式与标准模式的成像完整性非常接近,但精准模式的重复精度更好。

超准模式与精准模式相比,完整性和重复精度都更好。

总的来说,越高级的3D 工作模式,其拍摄效果越好;拍摄周期越长,系统发热量越大。在实际项目中,用户应根据应用场景的特点,对成像完整性、精度和速度进行权衡,选择最合适的3D 工作模式。

*部分机型支持,以实际应用为准。

②2D工作模式：

2D工作模式输出数据为2D灰度图像数据。其中包括白照明 (White), 无照明 (Black), 网格投影 (Grid), 曝光强度预测 (Exposure Prediction)。

白照明模式 (White) 是将投影光源投射全白图像时拍摄的2D相片。该图可用于对光源要求不高的2D检测 (3D工作模式输出的点云也包含2D图像, 与全白照明图相同)。^{*}

若全白照明模式不能满足2D图像拍摄的照明需求, 可以使用无照明模式 (Black) 通过外部光源实现理想的照明效果。在无照明模式下, 投影光源不工作。用户可以通过IO输出正在曝光信号, 触发外部光源, 或通过外部触发信号, 实现外部光源和相机的曝光同步。

网格投影模式 (Grid) 可以用于测试时对物距的粗略调整以及查看被测物是否受多重反射影响。该模式与白照明模式类似, 但投影的图案不是全白图像, 而是带有中心十字线的网格图像。

曝光强度预测图 (Exposure Prediction)：该图像中的每一个像素点的值, 表达的是目标物在该像素位置达到最佳成像效果的曝光强度值, 可以通过查看感兴趣区域的曝光强度值再进行手动设置, 达到所选区域的最佳效果。

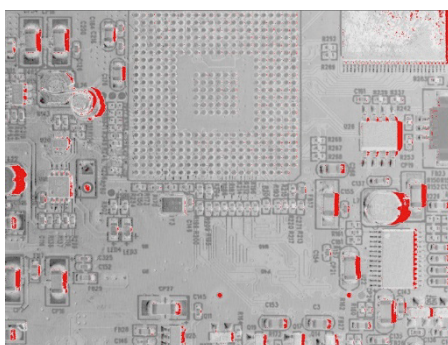


图3.11 曝光强度预测图

拍摄模式间切换

在产品检测时, 有时既需要检测高度方向的尺寸又需要检测2D尺寸, 因此需同时获得3D图像和2D图像。Sizector[®]3D相机SX系列搭配了远心镜头, 能在同一个工位能同时获取3D图像和2D图像, 实现高精度尺寸检测。

^{*}由于投影光源和相机存在夹角且光源为非平行光, 开启1或3个投影情况下, 全白照明图的照明视野将左右亮暗不均且有阴影。

方式	①无外部光源	②接外部光源，软件触发	③接外部光源，硬件触发
操作	通过3D相机拍摄一张所需3D图像，同时调用SDK提供的函数，从已拍摄的到的3D数据中获取2D灰度图	通过3D相机拍摄一张3D图像和白照明2D图像，再触发相机拍摄一张2D无照明图像	同②
优点	可在拍摄时分别设置3D和2D图像光源亮度，通过一次拍摄获得两种图像，CT短	可在拍摄时分别设置3D和2D图像光源亮度，也可在获取2D图像时通过软件控制或切换外接光源打光，获得成像质量更好的2D图像	可在拍摄时分别设置3D和2D图像光源亮度，在获取2D图像时通过硬件触发外接光源，获得成像质量更好的2D图，CT比方式②更短
提示	3D相机投影仪在拍摄时以3D图像为主，同时获取的2D图像可能存在光照不均匀的情况*	3D和2D图像分别拍摄，总拍摄时间增加	外接光源控制器需支持3D相机硬件控制

3.2.2.2 像素合并功能

Sizector®3D相机SX系列提供2X2模式的Binning，即将4个像素合并为1个像素，像素分辨率为非Binning模式下的1/4。开启Binning模式后，拍摄速度将显著增快，但并不能达到非Binning模式的4倍速度。尽管Binning模式的X/Y像素分辨率显著降低，但其Z轴重复精度反而会有所提升。另外，Binning模式相比于非Binning模式，在其它设置完全相同的情况下，系统的功耗和发热量都更低。

若用户对X,Y 像素分辨率要求较低，建议启用Binning模式。

3.2.2.3 兴趣区域

将原视野裁剪，得到一个自定义长宽的新矩形视野，减少数据量，减少数据处理时间。

3.2.2.4 触发模式

Sizector®3D相机SX系列可以接受以下3种触发方式：软件触发、自动连续触发、硬件触发。其中，硬件触发还可被设置为不同的输入引脚、不同信号极性，并设置延时。

当设置为软件触发时，产品将只接受由“发送软件触发”按钮发出的触发信号。

当设置为自动连续触发时，产品将在一次数据传输完成之后，自动开始下一帧的拍摄。当设置为硬件触发时，3D相机将同时接受硬件触发信号和软件触发信号。

*开启1或3个投影情况下可能出现。

多头

3.2.2.5 投影模式

根据拍摄产品遮挡情况选择启用投影数量。正对产品LOGO时,投影0至投影1、2、3分别对应左侧、右侧、前侧、后侧。

3.2.2.6 合并参数

1) 阈值

“阈值”指各投影高度值的差异值。当任意点的各投影高度值差异小于“阈值”时,被判定相近。该值越小,判定越严格,飞点越少。

阈值换算关系是0:0.02mm, 1:0.04mm, 2:0.06mm, 3: 0.08mm, 4:0.12mm, 5:0.16mm, 6:0.20mm, 7: 0.30mm。阈值一般选择在3到5之间。

2) 数量

“数量”指相近的高度值个数,“数量”的值需小于等于使能的投影数。

当该点实际相近的高度值个数 x (x =“数量”选择量),被判定有效;当该点实际相近的高度值个数 $< x$ 时,被判定无效。通常“数量”3时,三维图像没有飞点,孔洞增多;“数量”=2时,会有极少的飞点,孔洞减少;“数量”=1时,飞点更多,孔洞最少,完整性最好。

3) 专业设置

只有当“数量”选择为1时,可启用该功能。

此功能用于判定选取【质量评分】最高的点作为数据判定。

【质量评分】为4个评分项的加权和,分别是:与其他头的接近程度(越接近,评分越高)、与相邻点的高度差(越小,评分越高)、条纹清晰程度(越清晰,评分越高)、编码清晰程度(越清晰,评分越高);对应权重依次由“参数0”~“参数3”设置。



图3.12 多头设置界面



图3.13 专业设置界面

曝光

3.2.2.7 曝光模式

Sizector®3D相机SX系列支持以下四种曝光模式：

① 手动模式：由用户指定曝光次数，以及每一次曝光所使用的曝光强度。若曝光次数大于1，则对多个曝光所获得3D点云进行HDR融合，输出融合后的3D点云。

② 手动多次平均模式：由用户指定曝光次数，每次曝光皆采用相同的曝光强度，若曝光次数等于1，结果与手动模式单次曝光相同；若曝光次数大于1，则对多次曝光所获得的3D点云进行平均，输出平均后的3D点云。该模式适用于时间相对宽裕，对重复精度要求极高的应用场合。

③ 指定次数自动曝光：由用户指定曝光次数，由硬件自动产生最合适的曝光强度。若指定的曝光次数大于1，则将输出HDR融合后的点云。该模式适用于被测物确定，但表面可能变化的场景。

④ 指定质量自动曝光：由用户指定成像质量，由硬件自主决定曝光次数和每一次曝光的曝光强度。若采用的曝光次数大于1，将输出HDR融合后的点云。若无法达到用户指定的成像质量，将采用能达到最高成像质量的设置。该模式适用于被测物不确定的场景。

3.2.2.8 曝光次数

1次曝光，即单个曝光强度进行拍摄；

2次曝光，使用两次曝光强度进行拍摄；

3次曝光，使用三次曝光强度进行拍摄；

单次曝光是最基本的曝光模式，即设定单个曝光强度进行拍摄。

多次曝光是提升3D成像效果的有效手段。若将多个曝光强度相同的3D点云取平均，可以得到重复精度更高的点云；若将多个曝光强度不同的3D点云进行拼合，可以得到成像完整性更好的点云。

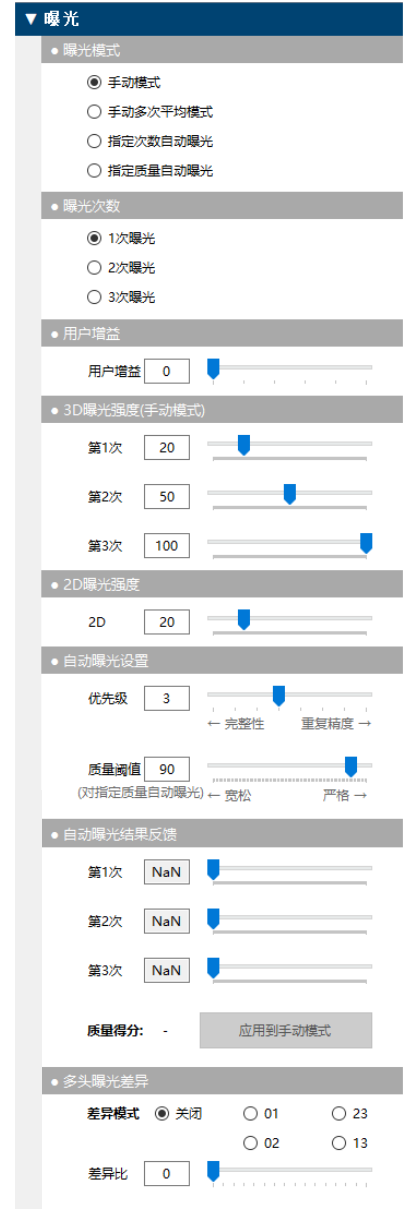


图3.14 曝光设置界面

3.2.2.9 用户增益

用户增益使得3D拍摄可以在速度和重复精度之间权衡。更高的用户增益将获得更快的拍摄速度、更低的重复精度，以及更小的发热量。调整用户增益后，用户不需要调整曝光强度以弥补增益对曝光结果的影响。硬件在曝光时，将自动根据增益值调整曝光时间进行补偿。

3.2.2.10 3D曝光强度(手动模式)

当曝光模式设置为手动模式时，根据曝光次数的多少，调整每一次的曝光强度的值。

当曝光模式为手动多次平均模式时，每一次曝光都将采用第一次3D曝光强度的值。

当曝光模式为自动曝光时，3D相机将不采用此处的强度值，而是使用硬件自动得出的曝光强度进行曝光。

3.2.2.11 2D曝光强度

Sizector®3D相机SX系列支持单独设置灰度图像的曝光强度，可以更改在3D工作模式和2D白照明下的灰度图像的亮度。

3.2.2.12 自动曝光设置

① 优先级

曝光模式为自动曝光时，可以通过设置优先级的值，调整自动曝光的评价函数权重。0表示以完整性为最高优先级，7表示以重复精度为最高优先级。

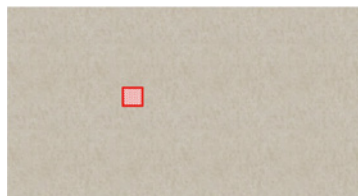


图3.15 最佳曝光强度示意图

这里举一个例子说明该参数的意义：在如上图所示的FOV中，该图像99%的像素点的最佳曝光强度在50左右，红色斜线区域内1%的像素点的最佳曝光强度在10左右。

若采用50为曝光强度，99%的点将获得最佳的成像效果，而1%的点将过曝，无法重构。这种策略以重复精度为最高优先级（相当于优先级=7），适用于以量测为目的的应用。

若采用10为曝光强度，可以将100%的像素点都成功重构，但99%的点将因为曝光强度远低于最佳曝光强度，重复性较差。这种策略以绝对精度为最高优先级（相当于优先级=0），适用于以识别为目的的应用。

在实际应用中，用户应当根据具体的需求调整优先级的值。需要注意的是优先级仅在自动曝光模式下起作用。

② 质量阈值

当曝光模式在指定质量自动曝光模式下,由客户指定质量阈值,硬件将寻找可以达到质量阈值且曝光次数最少的设置。随着质量阈值的值增大,曝光设置评估过程将更为严格,得分将降低。因此在调整优先级后,可能要重新调整质量阈值。

当曝光模式选择指定次数自动曝光和指定质量自动曝光时,“质量阈值”处显示自动曝光最终所采用的曝光参数(曝光次数和每一次曝光的强度)以及质量得分预测值。

3.2.2.13 自动曝光结果反馈

应用到手动模式:将自动曝光参数设置到3D曝光强度(手动模式)下,同时将曝光模式更改为手动模式。

3.2.2.14 多头曝光差异

当相机为多头设备时,可额外设置相机多头差异(该设置项在非多头设备时会自动隐藏),如下图所示:

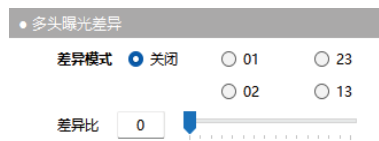


图3.16 多头曝光差异

多头曝光差异的主要功能是根据差异模式将选中的两个投影分为第一组,剩下的投影为第二组,根据差异比计算比率,通过比率减小第一组投影的曝光强度,增大第二组投影的曝光强度。

差异模式: 选择要分为第一组的投影。

差异比: 影响曝光强度增大或减小的比率,差异比越大,比率越大。

具体计算公式如下:

$$\text{增大比率} = (10 + 2 * n) / 10$$

$$\text{减小比率} = 10 / (10 + 2 * n)$$

其中n为当前设置的差异比的数值

示例: 一个四头设备,当设置差异模式为01,差异比为5时,01头的曝光强度根据计算公式可得减小比率为0.5,23头的曝光强度根据计算公式可得增大比率为2。

外部曝光

白照明模式可以拍摄一张以内部投影光做光源的2D图片,无照明模式则会关闭内部投影光源,以外部环境光做光源拍摄2D图片。

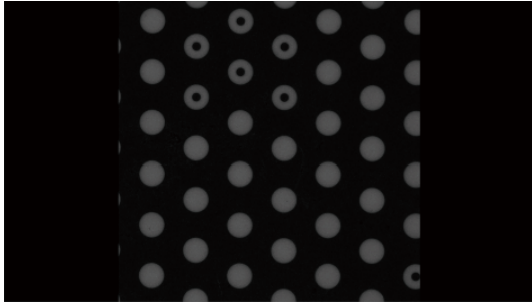


图3.17 白照明2D图

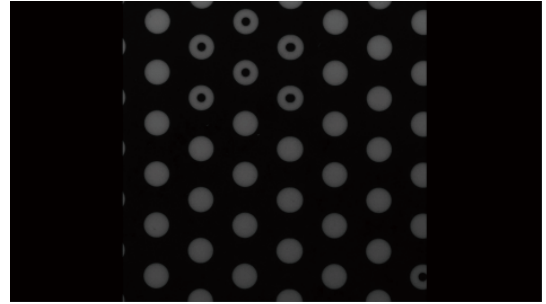


图3.18 无照明2D图

Sizector®3D相机SX系列支持硬件的同步触发,即当Sizector®3D相机SX系列进行外部曝光拍摄时,可以通过IO向外围设备(光源控制器、PLC或上位机)发送高电平信号,从而同步进行光源频闪和相机曝光。

3.2.2.15 外部曝光

外部曝光使能:当前MPSizectorS SDK提供白光通道和RGB通道两种模式选择,可以同时选择白光和RGB,也可以单独选其中一种模式。

外部曝光时间(单位:μs):每个通道的相机曝光时间。

外部曝光增益:每个通道的相机曝光增益。



图3.19 外部曝光界面

外部曝光时需要在IO设置界面上,激活对应接线引脚的外部曝光功能。



图3.20 I/O界面

在外部曝光功能界面使能对应颜色通道的功能和IO设置完成后,在相机被触发拍照时,相机先拍摄一张3D图像和白照明2D图像,再按照设定通道拍摄外部曝光2D图。

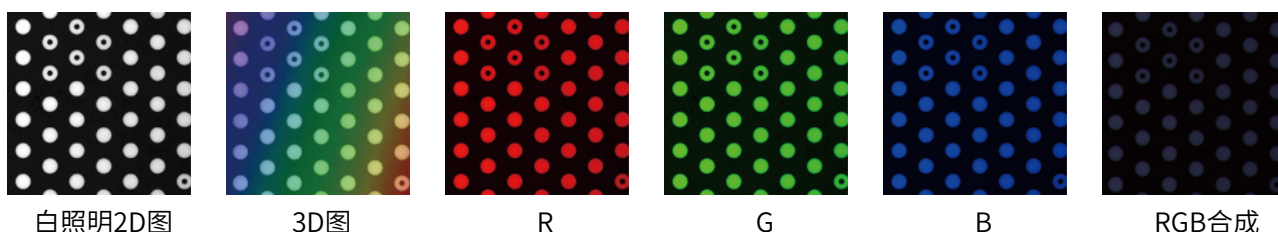


图3.21 外部曝光时相机获取的图片

在使用外部曝光功能时,外部光源的触发信号由相机自动触发。在每个通道开始曝光之前,相机通过IO向外部发出电信号,此信号持续时间可在SDK中设定,需要外部光源控制器的触发带宽支持。可在软件中查看各个通道拍摄图和RGB合成图:

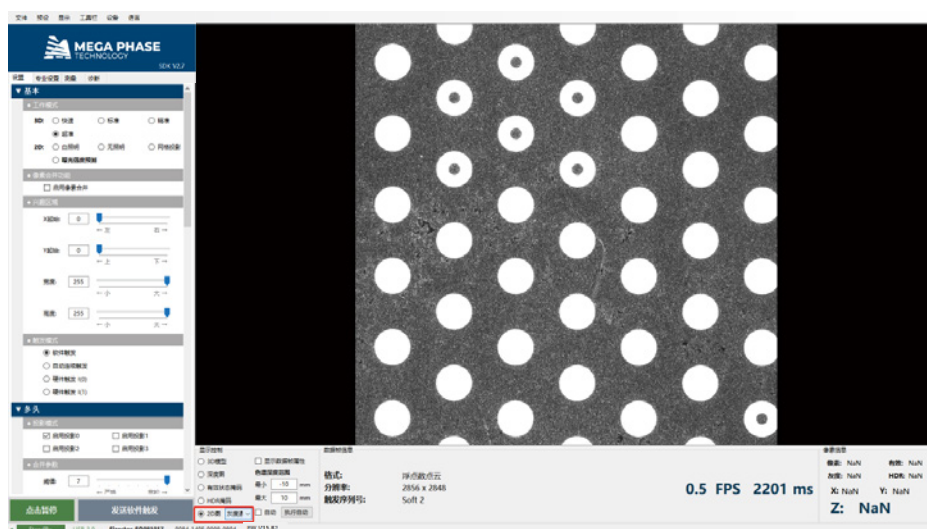


图3.22 可选择查看各个通道拍摄图和RGB合成图

重构设置

3.2.2.16 过曝滤除

移相法3D重构技术依赖于一系列2D图像,若这些2D图像的某些像素发生了过曝,依据过曝程度的不同,可能导致3D重构产生彻底错误的结果(飞点),也有可能只是产生误差略大的结果,也有可能不产生任何可观测到的影响。

过曝滤除阈值决定如何判断一个像素点是否应该因为2D原图过曝而被标记为不可重构的像素点:阈值为0时,允许任何程度的过曝,即允许任何过曝点,将导致过曝飞点增加。除非追求绝佳的单次曝光成像完整性,且毫不介意飞点数量,否则不建议使用这种方式。

阈值处于1~15时,允许一定程度的过曝,值越大,剔除越多过曝点。阈值为16时,不允许任何程度的过曝,即剔除所有过曝点,它可以确保一切因过曝导致问题的点都被滤除,但也会滤除一些轻微过曝未对结果产生影响的点,这种方式的成像完整性相对较差。自动模式时,设备根据不同的3D工作模式,自动设置过曝滤除阈值。

需要注意的是,过曝严重程度与其对重构结果的影响的关系并不是一成不变的。对于不同的3D工作模式和不同的被测物,可能会出现在某些情况下,过曝剔除阈值的设置可以剔除所有带有显著误差的点,而有些情况下却不可以。

若过曝滤除阈值设置得不够严格,HDR模式的结果将带有显著的飞点或误差。在HDR融合算法中,总是取曝光强度最大,且重构成功的那一次曝光的重构结果作为输出数据。在HDR中,若最大曝光强度的拍摄产生了导致严重错误的过曝,且没有通过合适的过曝滤除阈值设置滤除,它必将会作为HDR融合结果输出。因此建议在HDR模式下,适当加严(增大)过曝滤除阈值,使得曝光强度最大且过曝的点被标记为过曝,HDR融合输出低曝光强度且未过曝的正确结果。



图3.23 重构

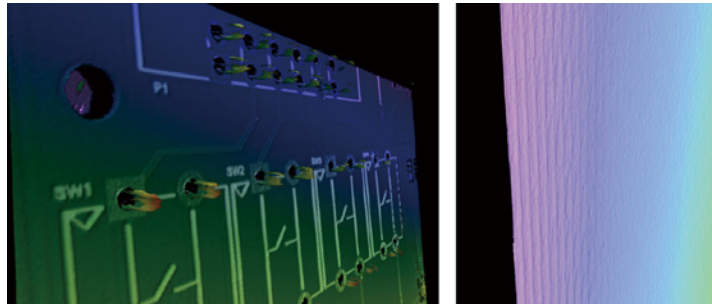


图3.24 过曝导致的结果

如上图所示,左图呈现极其严重过曝导致的飞点,右图有波浪状误差。

3.2.2.17 有效点判断与飞点剔除

Sizector®3D相机SX系列提供两个有效点阈值,以及两个飞点剔除阈值。

有效点判断和飞点剔除是通过一定算法来判断一个点是否为飞点。尽管这4个参数在名称和原理上不同,但其作用是相同的,即把点云中除过曝以外的问题点标记出来,增大有效点阈值来剔除更多的重复精度较低的点。在使用有效点阈值和飞点剔除阈值排除错误飞点时,应当先将所有参数设置为0(最宽松),然后逐一增大至能够剔除最多飞点但不剔除正常点的值(顺序任意)。

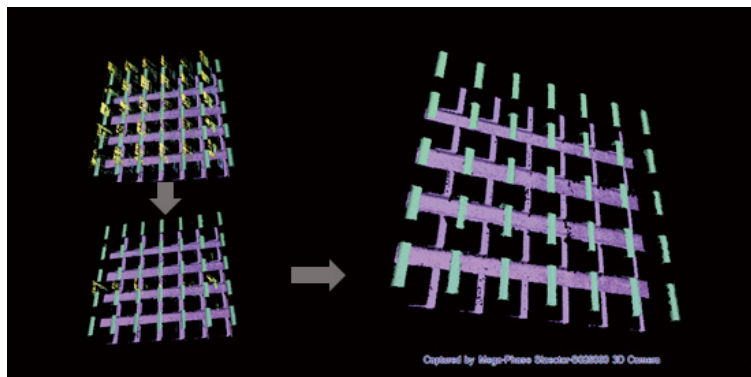


图3.25 逐个增大有效点阈值和飞点剔除阈值的效果

3.2.2.18 预处理

预处理是对点云进行优化的处理,包括滤波修补和去毛刺3个处理项。

预处理的次数越多,平滑效果越显著,增加预处理次数可提高重复性精度。该参数范围为0~5,当次数为0时,预处理功能关闭。预处理的阈值是针对高差特征的识别阈值。阈值越严格,减少预处理对越小的特征滤波;阈值越宽松,滤波效果越大。

滤波会在一定程度上改变点云的表面轮廓,迭代次数越大,改变的程度越大。

后处理

后处理是在预处理之后的数据处理方式。预处理对3D点云的内容会造成实质性的改变,而后处理则只是对数据输出结果进行转换和标记。

3.2.2.19 3D点云格式

浮点数点云的X, Y, Z坐标分别以32位浮点数表示,定点数点云的X,Y,Z坐标分别以16位无符号整数表示,深度图点云和简化深度图点云Z坐标以16位无符号整数表示。



图3.26 3D点云格式

浮点是小数形式的物理坐标值,其优点是表达范围广,精度最高,缺点是占用空间大、传输慢。定点数的优点是数据占用空间小、传输快,缺点是需要指定真实坐标值和数值的对应关系以及会损失一部分精度。深度图的点云格式则是在定点数的基础上省去了XY的坐标信息,只保留Z坐标,Gray和Mask。简化的深度图则进一步的省略了Gray和Mask,只保留了Z值。

点信息	浮点数	定点数	深度图	简化的深度图
X	✓	✓		
Y	✓	✓		
Z	✓	✓	✓	✓
Gray	✓	✓	✓	
Mask	✓	✓	✓	

3D数据格式需要根据数据分辨率、数据范围等在实际应用中的情况,以及后 endpoint 云处理算法来选择。

3.2.2.20 矩阵变换

Sizector®3D相机SX系列支持不增加CT的硬件级矩阵变换。

θ_x :图像围绕X轴进行旋转;

θ_y :图像围绕y轴进行旋转;

θ_z :图像围绕z轴进行旋转;

k_x :图像在X方向上面进行拉伸和收缩;

k_y : 图像在Y方向上面进行拉伸和收缩;

k_z : 图像在Z方向上面进行拉伸和收缩;

b_x : 图像在X方向上面进行平移;

b_y : 图像在Y方向上面进行平移;

b_z : 图像在Z方向上面进行平移;

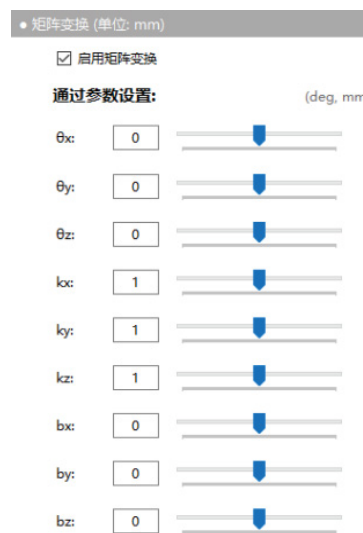


图3.27 矩阵变换

也可直接设置该矩阵如下图:



图3.28 矩阵变换

4X4矩阵可同时表示图像的旋转、缩放和平移。

矩阵变换功能的一个常用场景是多FOV 拼接。用户可以在进行每一次3D 拍摄之前根据运动位置设置对应的矩阵, 直接得到以拼接后的完整FOV 原点为参考的点云, 无需在拼接之前通过PC 进行坐标转换。

另一个应用场景是, 在大规模复制相同的应用场景时, 使用该功能来矫正每一个应用系统的机械偏差, 使得被测物在不同的系统中所处的坐标是大致相同的。

3.2.2.21 定点转换

当3D点云格式为定点数点云时生效。

X0、Y0、Z0坐标值为图像的起始位置坐标，X、Y、Z增量为定点数每增加1坐标所增加的增量。

例如：S0280603D相机，X增量为0.0012mm，可显示最大视野为 $65535 * 0.0012 = 78.642\text{mm}$ 。

所以X0的坐标值设置为 $78.642 \div 2 \approx 39.3\text{mm}$ 。

注：当0坐标值或增量设置错误后，会出现图像3D点云不显示的情况。

3.2.2.22 范围检查

用户可通过设置X、Y、Z的最大最小值，将超过用户指定范围的点标记为无效点。它的作用是滤除背景、工装夹具、不感兴趣区域，以及难以去除的顽固飞点。该功能属于硬件处理因此不增加软件处理时间。



图3.29 滤除背景

3.2.2.23 I/O管脚值

显示当前输入和输出和IO的状态,并可通过翻转来使状态保持,可以在传感器指示灯中查看是否有正确翻转。



图3.30 I/O管脚

3.2.2.24 输出管脚的设置

相机提供两个输出管脚,并可设置为不同的工作模式:

用户控制:通过设置EXTIOOutput由用户直接控制输出管脚的逻辑值。

特殊功能

初始化状态模式:输出信号为初始化状态。对于正极性,1表示初始化完成。

正在曝光状态模式:输出信号为正在曝光状态。对于正极性,1表示正在曝光。该功能可以用于在2D模式下触发外部光源,或在完成3D拍摄后,触发机械搬运动作。

繁忙状态模式:输出信号为忙状态。对于正极性,1表示设备正忙。与正在曝光不同,当设备正在传输数据时,忙状态也为1。

触发外部曝光模式:输出触发外部曝光信号。对于正极性,1表示正在输出。该功能在3D模式下触发外部光源时使用。

当设置为特殊功能模式时,可以设置反转特殊功能信号极性将特殊功能信号的极性反转。



图3.31 输出管脚的设置

3.2.2.25 硬件触发管脚的设置

当外接IO输入触发时,延时时间为收到IO输入信号后延迟多久进行触发拍摄;默认有效输入信号为高电平,当选择反转极性后输入信号为低电平。

3.2.2.26 自动休眠设置

用户可手动设置相机进入休眠状态的延时时间, 延时范围【100ms~65536ms】。当启用自动休眠功能时, 若在设置的延时时长内未收到触发信号, 相机将自动进入休眠状态; 在收到触发信号后相机将会被唤醒。



图3.32 通用设置界面

3.2.2.27 矫正畸变设置

减少畸变对成像的影响, 该功能默认启用。

3.2.2.28 默认设置

上传为设备默认设置: 将当前设置上传到设备, 保存为设备的默认设置; 载入设备默认设置: 将设备的默认设置下载到软件中作为当前设置。

3.2.3 诊断

点击(如图3.33) 诊断项,进入诊断界面。

诊断界面分为“General(通用)”、“Registers(寄存器)”、“Log(日志)”三部分。

3.2.3.1 General(通用)

通用界面显示设备硬件信息,如初始状态,温度等信息。

3.2.3.2 Registers(寄存器)

点击(如图3.34)“Registers(记录表)”项,进入寄存器界面。

点击“Update”按钮,实时更新设备信息,包括基本信息、参数设置及设备状态。

3.2.3.3 Log(日志)

点击(如图3.35)“Log(日志)”项,进入日志界面。

Log日志实时显示了设备运行的状态,用户可点击“Export Diagnostics Report”按钮生成日志。日志导出后可发给相应的技术支持人员进行故障分析和诊断。为方便分析,可对日志内容筛选后再保存。默认情况下,Rolling处于开启状态,实时刷新Log日志的页面。

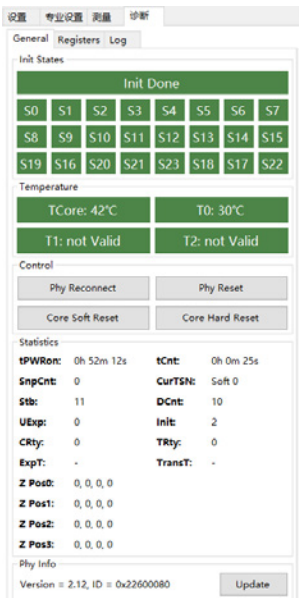


图3.33 Diagnostics界面

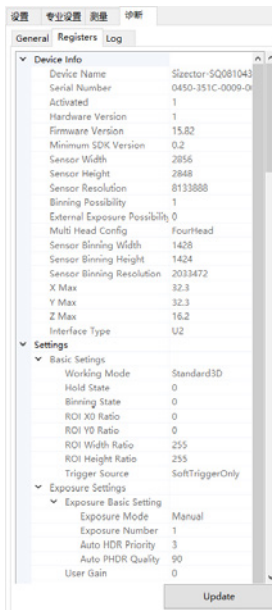


图3.34 Registers界面

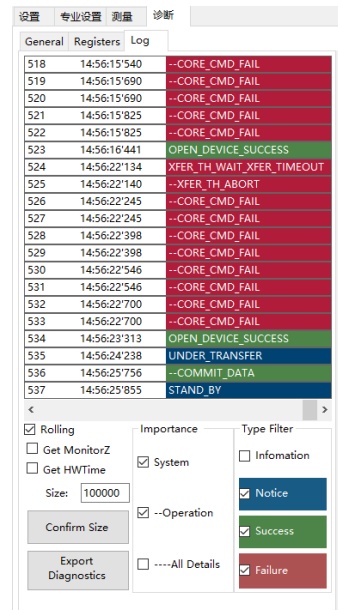


图3.35 Log界面

3.2.4 显示模块

显示模块分为四个部分:显示控制、像素信息、数据帧信息、3D模型显示设置。

3.2.4.1 显示控制

相机拍摄的3D图像有“3D模型”、“深度图”、“有效状态掩码”、“HDR掩码”和“2D图”等五种显示模式,如图3.36。

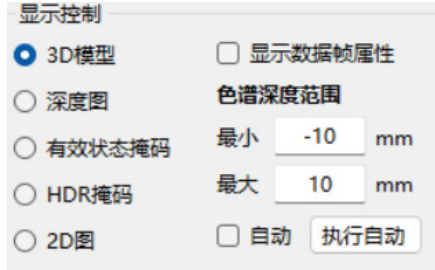


图3.36 显示控制

拍摄的3D图默认以Z轴色谱的方式显示,即按照Z值和色谱范围,将Z值与颜色对应起来。Z值越大越趋向红色,Z值越小越趋向蓝色,Z值越接近0则越趋向绿色。此外,图像也可以2D灰度掩码显示,常见的显示方式见下图:

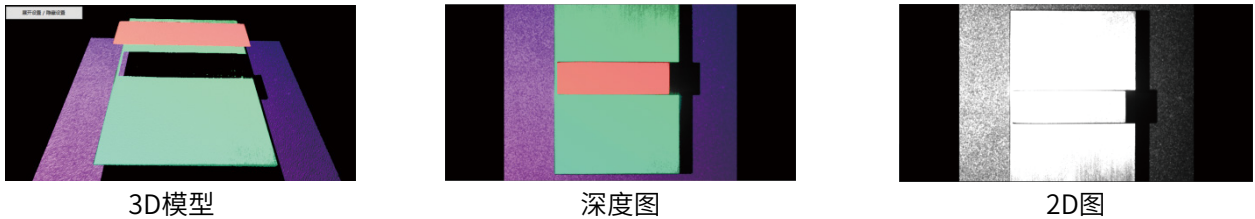


图3.37 不同格式点云图

色谱范围显示有““执行自动”、“自动”和“手动”三种模式。点击“执行自动”,3D图像效果则自动显示出当前图像的最佳色谱颜色。勾选“自动”,3D图像效果则实时自动显示出当前图像的最佳色谱颜色,在检测图像高度发生变化时也将自动根据最新的高度显示最佳色谱颜色。“手动”模式指的是3D图像效果根据手动设置的色谱深度范围最大最小值显示色谱颜色。

当勾选“显示数据帧属性”时,将在图像显示窗口中弹出“数据帧属性”菜单页,在此处会显示当前相机的所有设置参数。

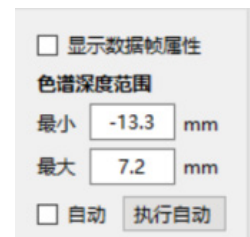


图3.38 自动色谱范围

3.2.4.2 像素信息

鼠标在除3D模型外其他显示方式的图像上移动时,对应像素的信息会实时显示在软件右下方(如图3.39),包括对应像素点的像素坐标值、灰度值、有效状态、HDR值、物理坐标值和高度等。

像素值:即鼠标所指该点的像素坐标值;

灰度值:即鼠标所指该点的8位灰度值;

有效:用于对三维重构的数据点进行判断,当掩码值为"OK"时,代表重构的三维点为有效点;当此掩码值为"ReconFail"时,代表此坐标点未完成三维重构;

HDR:HDR掩码值,可以通过该值判断使用的是第几次的曝光结果。



图3.39 像素信息

3.2.4.3 数据帧信息

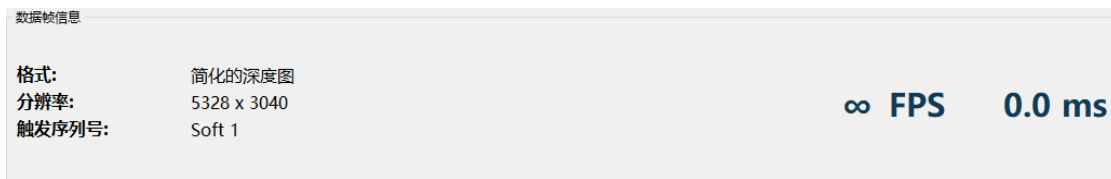


图3.40 帧属性

格式表示当前显示的数据帧的数据格式,不同的数据格式如下:

2D图像:2D数据模式,包含灰度信息,没有X,Y,Z信息;

浮点数点云:浮点数点云3D数据模式。X,Y,Z分别通过32位浮点数表示;

定点数点云:定点数点云3D数据模式。X,Y,Z分别通过16位定点数表示;

深度图:定点数深度图数据模式。没有X,Y的信息,Z通过16位定点数表示;

简化的深度图:简化的定点数深度图数据模式。没有X,Y以及灰度和掩码的信息,Z通过16位定点数表示;

同时会显示当前数据的分辨率,触发序列号,近期拍摄的帧率和每次拍摄的平均时间。

3.2.4.4 3D模型显示设置

3D模型显示设置分为三个部分:颜色、渲染、视窗。



图3.41 运行状态

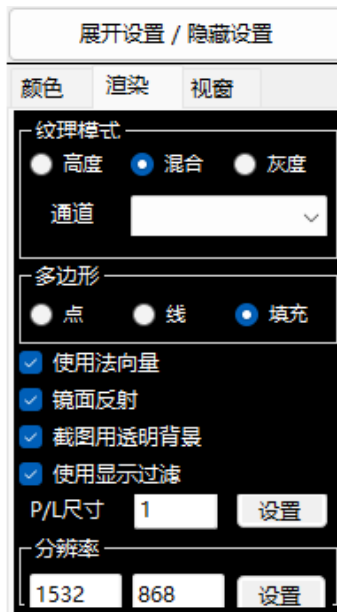


图3.42 运行状态

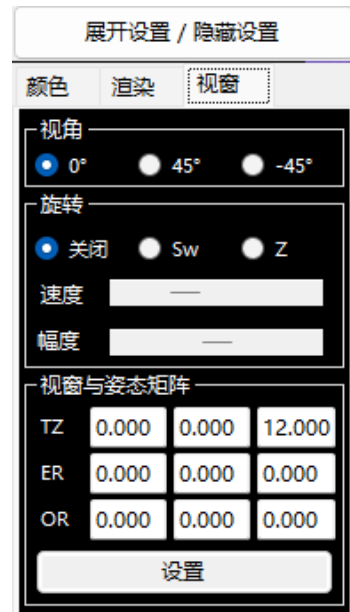


图3.43 运行状态

【颜色】

色谱深度范围表示下方谱段颜色的高度范围, 根据高度分配对应的颜色, 超出最大高度的颜色及低于最小高度的颜色分别对应下方的超高和超低。

【渲染】

纹理模式: 表示计算颜色所使用的数据基础, 其中混合表示高度与灰度混合作为基础, 通道表示所使用的灰度数据通道;

多边形: 表示绘制三维模型时的方法, 可使用点绘制, 线绘制或者填充绘制;

使用法向量: 开启法向量后, 可以使图像立体感更强;

镜面反射: 开启后可使图像表面更光滑;

截图用透明背景: 开启后将背景色设为透明;

使用显示过滤: 开启后绘制3D图像时会过滤掉部分飞点;

P/L尺寸: 设置点的大小和线的宽度;

分辨率: 显示控件的大小。

【视窗】

视角:表示沿Z轴旋转的角度;

旋转: 开启后图像自动旋转, Sw表示沿X轴Y轴旋转, Z表示沿Z轴旋转, 可设置旋转的速度和幅度;

视窗与姿态矩阵:可设置观察视角和物体的旋转姿态, 具体参数含义如下:

TZ分别表示图像沿X轴的平移量, 沿Y轴的平移量, 沿Z轴的平移量;

ER分别表示相机视角沿X轴的旋转角度, 沿Y轴的旋转角度, 沿Z轴的旋转角度;

OR分别表示图像沿X轴的旋转角度, 沿Y轴的旋转角度, 沿Z轴的旋转角度。

3.2.5 触发

当3D相机未在“连续”工作模式下时, 点击“发送软件触发信号”将发出拍摄信号到3D相机, 并开始拍摄。点击“点击暂停”, 将使设备处于待机状态, 此时忽略所有触发信号, 不会进行拍摄。再点击一次恢复运行状态。



图3.44 运行状态



图3.45 暂停状态

3.2.6 状态栏信息

软件下方状态栏显示相机的连接信息, 包括“设备状态”、“连接方式”、“设备型号”、“序列号”、“固件版本”, 如下图。具体描述见2.5设备状态。



图3.46 状态栏

3.2.7 文件

“文件”可进行的操作, 如图3.47所示。



图3.47 文件

3.2.7.1 保存通用点云格式

可以根据需要选择点云格式,如图3.48。

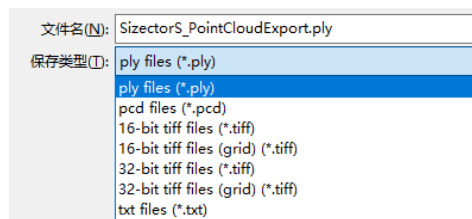


图3.48 保存通用点云格式

3.2.7.2 保存所有点云格式

可选择要保存的文件,一键保存,如图3.49。



图3.49 保存所有文件

3.2.7.3 实时后处理

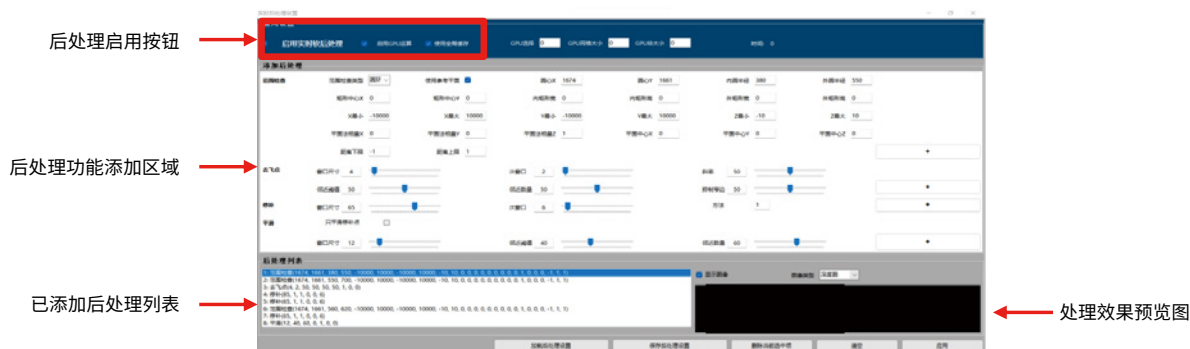


图3.50 实时后处理

1) 范围检查

检查范围类型可以选择“圆形”、“矩形环”和“胶囊环形”。其功能:根据指定的范围,将所有超出范围的点有效性设置为无效,方便针对范围内的点进行处理。

使用参考平面:如果使用参考平面,则判断点是否有效的标准为该点到设置的参考平面的距离是否在设置的距离范围内;若不使用参考平面,则判断点是否有效的标准为该点的X, Y, Z坐标是否在设置的范围内。

圆心X: 设置范围检查类型是圆形环时, 圆形环的中心点X;

圆心Y: 设置范围检查类型是圆形环时, 圆形环的中心点Y;

内圆半径: 设置范围检查类型是圆形环时, 内圆的半径;

外圆半径: 设置范围检查类型是圆形环时, 外圆的半径;

矩形中心X: 设置范围检查类型是矩形环时, 矩形环的中心点X;

矩形中心Y: 设置范围检查类型是矩形环时, 矩形环的中心点Y;

内矩形宽: 设置范围检查类型是矩形环时, 内矩形的宽;

内矩形高: 设置范围检查类型是矩形环时, 内矩形的高;

外矩形宽: 设置范围检查类型是矩形环时, 外矩形的宽;

外矩形高: 设置范围检查类型是矩形环时, 外矩形的高;

X最小: 不使用参考平面时, 设置范围的最小X;

X最大: 不使用参考平面时, 设置范围的最大X;

Y最小: 不使用参考平面时, 设置范围的最小Y;

Y最大: 不使用参考平面时, 设置范围的最大Y;

Z最小: 不使用参考平面时, 设置范围的最小Z;

Z最大: 不使用参考平面时, 设置范围的最大Z;

平面法向量X: 使用参考平面时, 平面的法向量X;

平面法向量Y: 使用参考平面时, 平面的法向量Y;

平面法向量Z: 使用参考平面时, 平面的法向量Z;

平面中心X: 使用参考平面时, 平面的中心X;

平面中心Y: 使用参考平面时, 平面的中心Y;

平面中心Z: 使用参考平面时, 平面的中心Z;

距离下限: 使用参考平面时, 点到平面距离范围的下限;

距离上限: 使用参考平面时, 点到平面距离范围的上限。



图3.51 范围检查

2)去飞点

去飞点是通过对比邻近点,与相邻点不相近的点极有可能是飞点,飞点被认为是无效点被筛除。通过调整调整窗口大小指定判断相邻点的范围可以处理不同大小的飞点群;通过调整邻近阈值、邻近数量、斜率、抑制窄边等可以调整飞点判定标准的严格或宽松,参数越大表示越严格,粗调时可以统一增大或减小。窗口尺寸:相邻点的范围,取值范围[0, 100],值越大则去飞点越多;

次窗口:在相邻点基础上找相关点的范围,取值范围[0, 100],值越大则去飞点越多;

斜率:相邻点倾斜参数,范围[0, 100],值越大则将去除越多非飞点;

临近阈值:相邻点相近判断参数, [0, 100], 值越大则将去除越多飞点;

临近数量:相近相邻点数目参数, [0, 100], 值越大则将去除越多飞点;

抑制窄边:窄边抑制参数, [0, 100], 值越大则将去除越多飞点;



图3.52 去飞点

3)修补

修补无效点使用邻近点估计的方法,通过无效点周围的有效点对该点进行估计;分插值法和膨胀法两种,其中膨胀法适用于填补垂直边缘的情况,但容易产生毛刺;窗口越大则修补的孔洞越大,但可能将真实的孔洞填充。

窗口尺寸:相邻点的范围,取值范围[0, 100],值越大则修补越多;

次窗口:膨胀法额外的相邻点的范围,取值范围[0, 100],值越大则修补越多;

方法:只能设置为0或者1,0:膨胀法;1:插值法。

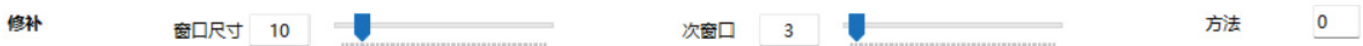


图3.53 修补

4)平滑

【平滑】使用邻近点平均的方法,窗口越大则参与平均的点范围越大;不满足邻近阈值和邻近数量阈值的点不会被平滑,通过调整邻近阈值和邻近数量可保留真实的高度跳变区域邻近点数据的平均。

窗口尺寸:相邻点的范围,取值范围[0, 100],值越大则平滑越多;

邻近阈值:相邻点相近判断参数,取值范围[0, 100],值越小则越多点参与降噪;

邻近数量:相近相邻点数目参数,范围[0, 100],值越小则越多点参与降噪。



图3.54 平滑

5)SPI3

主要用于对锡膏板及类似的物体进行点云优化, SPI3后处理可通过设置颜色范围抽取出想要的特征数据。其基本原理:根据设置的RGB/HSV颜色范围, 计算每个锡膏区域像素点与附近基准面的相对高度, 并将非锡膏区域的像素点Z置为0。

颜色模式:分为RGB和HSV两种模式分别对应0和1, 表示设置的颜色范围是RGB的形式或HSV的形式。

mode=0: 基于RGB分割的稳定模式;

mode=1: 基于HSV分割的稳定模式;

mode=2: 基于RGB分割的快速模式;

mode=3: 基于HSV分割的快速模式;

通道1上限: 设置的H或R通道的上限(取决于颜色模式, 如HSV对应H通道, RGB对应R通道);

通道2上限: 设置的S或G通道的上限;

通道3上限: 设置的V或B通道的上限;

通道1下限: 设置的H或R通道的下限;

通道2下限: 设置的S或G通道的下限;

通道3下限: 设置的V或B通道的下限;

闭运算核尺寸: 用于填补抽取出的特征中缺少的部分, 部分情况下抽取出的特征存在部分像素缺失就需要增大该尺寸, 调大尺寸会增加填补的幅度。需要注意的是, 过大的尺寸会导致不同特征相连, 过小会导致填补效果较差;

开运算核尺寸: 当部分特征没有抽取出来, 则需要调小该参数。需要注意的是, 过小的尺寸会导致特征外的内容被抽取出来, 过大的尺寸会导致部分面积较小的特征无法抽取;

膨胀核尺寸: 当焊锡分割结果整体偏小时, 则可调大膨胀核尺寸, 可避免焊锡处高度被置为0, 但此操作会不可避免将焊锡周围的基板当作焊锡处理, 结果是焊锡周围一圈板子高度接近零但不完全为零;

补偿模式: 当算法输出焊锡高度与实际值之间呈现一致性关系时, 可尝试通过补偿模式对焊锡高度进行补偿, 使输出焊锡高度接近真实值。模式0补偿公式: $kx+b$, 模式1补偿公式: $k(x/k)^b$;

锡膏补偿1: 校正后数据补偿参数1k;

锡膏补偿2: 校正后数据补偿参数2b;

基板滤波尺寸:基板滤波尺寸大于0为均值滤波;小于0时当前值会被滤波窗口内低点拉低,可以一定程度拉低基板拉高锡膏相对高度;

锡膏滤波尺寸:焊锡滤波尺寸大于0为均值滤波;小于0时当前值会被滤波窗口内高点拉高,可以一定程度拉高焊锡;

基准邻域像素数量:最小邻域点个数,计算基板高度时使用的点个数;

填补邻域像素数量:修补时最小邻域点个数,对颜色属于焊锡的无效点进行填充时邻域焊锡点的最小个数。存在颜色被分割为焊锡的无效点云时,通过邻域有效焊锡点高度进行填补,此值为计算填补高度时使用的邻域有效焊锡点的个数;

邻域窗口尺寸:邻域搜索半径;

最大焊锡高度阈值:当焊锡相对高度超过此值时,焊锡高度若正常,可区分高度异常的板面;焊锡高度若异常,将焊锡高度置为最大焊锡高度阈值;

颜色调整范围调整用于抽取特征的颜色设置窗口。



图3.55 SPI3

6) 基准面矫正

可在图像中划分多个区域,使每个测量区域的基准面归零,此时得到的被测物高度是相对于基准面的高度。

补偿模式:校正后数据补偿模式。模式0补偿公式: $kx+b$, 模式1补偿公式 $k(x/k)^b$;

焊接补偿参数1:校正后数据补偿参数1k;

焊接补偿参数2:校正后数据补偿参数2b;

偏移量X:外部提供的标记点偏移量x;

偏移量Y:外部提供的标记点偏移量y;

网格尺寸:基于标记点划分平面校正网格区域的尺寸;

最小距离:平面校正区域使用的标记点间最小距离;

最小Z:范围检查 zMin;

最大Z:范围检查 zMax。



图3.56 基准面矫正

7)分割中值滤波

在基面校正后的基础上取中值过滤,去除飞点,使3D成像更加立体,还原度更高。

分割低阈值:高度分割低阈值。分割低阈值与分割高阈值用于将点云数据分割为高、低两部分,分割高低阈值可以是高或低数据部分的分割阈值。示例:基准面处理后高度为-0.05~0.05mm,把阈值设置为-0.05~0.05mm,其他部分为被测物进行中值滤波;

分割高阈值:高度分割高阈值;

滤波核半径:中值滤波核半径,滤除拉尖的半径大小。此部分需要根据飞点大小设置,窗口越大处理的时间会越长,太小则会有部分较大的飞点未被滤除;

最大Z:期望滤波区域的高度分布的最大z值,高于此值都会被统计到直方图的最后一位,目标值应处于minZ和maxZ之间,否则统计结果有误。在设置的最小Z和最大Z之间范围内的点为正常点云,超出部分会被认为拉尖飞点。这个范围越大处理时间会越长;

最小Z:期望滤波区域的高度分布的最小z值,低于此值都会被统计到直方图的第一位,目标值应处于minZ和maxZ之间,否则统计结果有误;

目标百分比:在滤波窗口内有效点排序的占窗口内点数的百分比,即选择0.5时,是取采样区域内点按高度排序之后的排在50%位置的点作为结果,0.7是取排在70%位置的点作为结果;

有效百分比:当滤波窗口内有效点个数小于窗口内点的总数*有效百分比时,当前点置为无效点,即窗口范围内有效点少于该占比,则全部为无效点;

Z方向精度:统计计算过程的z方向精度,即计算中值时的精度。精度越精确则处理时间越长,根据使用时的实际需求来设置。

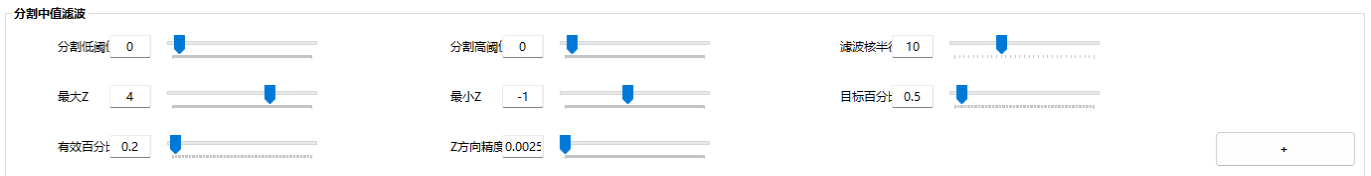


图3.57 分割中值滤波

8)后处理修补(基于区域)

有效点数量: 每个点区域的最小有效点数量;

偏移量X: 点区域X方向的整体偏移量;

偏移量Y: 点区域Y方向的整体偏移量。

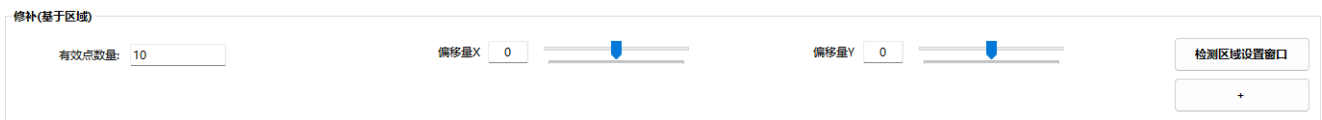


图3.58 后处理修补

3.2.8 预设

点击软件左上角菜单栏中的“预设”选项,如图3.59所示。

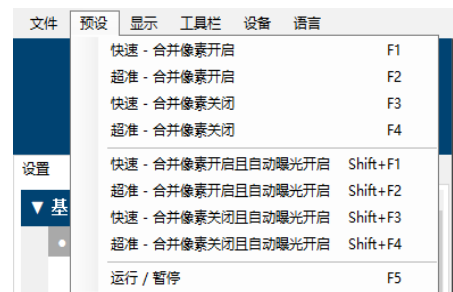


图3.59 “预设”选项卡示意

a) 单击“快速-合并像素开启F1”(快捷键F1),软件会以预设好的参数(工作模式为快速,开启合并像素功能、曝光模式为手动模式,获得较高的帧数、较低的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

b) 单击“超准-合并像素开启F2”(快捷键F2),软件会以预设好的参数(工作模式为超准,开启合并像素功能、曝光模式为手动模式,获得较低的帧数、较低的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

c) 单击“**快速-合并像素关闭F3**”(快捷键F3),软件会以预设好的参数(工作模式为快速, 关闭合并像素功能、曝光模式为手动模式, 获得较高的帧数、较高的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

d) 单击“**超准-合并像素关闭F4**”(快捷键F4),软件会以预设好的参数(工作模式为超准, 关闭合并像素功能、曝光模式为手动模式, 获得较低的帧数、较高的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

e) 单击“**快速-合并像素开启且自动曝光开启Shift+F1**”(快捷键Shift+F1),软件会以预设好的参数(工作模式为快速, 开启合并像素功能、曝光模式为指定质量自动曝光, 获得较高的帧数、较低的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

f) 单击“**超准-合并像素开启且自动曝光开启Shift+F2**”(快捷键Shift+F2),软件会以预设好的参数(工作模式为超准, 开启合并像素功能、曝光模式为指定质量自动曝光, 获得较低的帧数、较低的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

g) 单击“**快速-合并像素关闭且自动曝光开启Shift+F3**”(快捷Shift+F3),软件会以预设好的参数(工作模式为快速, 关闭合并像素功能、曝光模式为指定质量自动曝光, 获得较高的帧数、较高的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

h) 单击“**超准-合并像素关闭且自动曝光开启Shift+F4**”(快捷键Shift+F4),软件会以预设好的参数(工作模式为超准, 关闭合并像素功能、曝光模式为指定质量自动曝光, 获得较低的帧数、较高的分辨率)开始自动连续采集拍摄、更新3D图像。

i) 单击“**运行/暂停 F5**”(快捷键F5), 软件开始或者暂停拍摄、更新图像。

3.2.9 显示

“显示”菜单中包含“进入全屏/退出全屏 F6”、“开启旋转/关闭旋转 F7”、“执行自动色谱范围 F8”、“开启/关闭平铺显示”等四个功能选项, 如图所示:

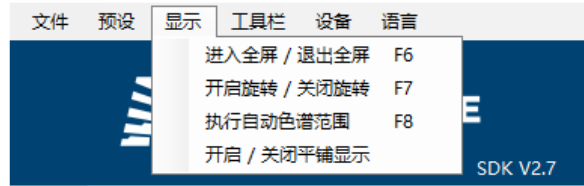


图3.60 显示

- a) 首次点击“进入全屏/退出全屏 F6 ”(快捷键 F6), 软件窗口将退出全屏变成最大化, 再次点击“进入全屏/退出全屏 F6 ”(快捷键 F6) 图像以全屏显示, 再次点击“进入全屏/退出全屏 F6 ”(快捷键 F6) 后退出图像全屏, 软件进入全屏状态, 以此类推;
- b) 点击“开启旋转/关闭旋转 F7 ”(快捷键 F7), 图像将在一定的角度内进行旋转;
- c) 单击“执行自动色谱范围 F8 ”(快捷键 F8), 图像将根据当前点云的高度值进行重新色阶;
- d) 点击“开启/关闭平铺显示”, 可在显示中设置多窗口平铺显示或设置显示模块的TileDisplayEnable属性。

3.2.10 工具栏

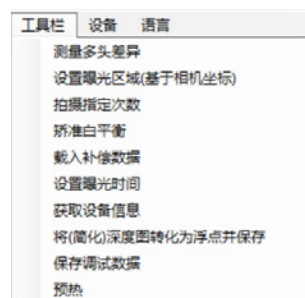


图3.61 工具栏

3.2.10.1 测量多头差异

测量多头差异是计算多个投影仪在设置区域内拍摄数据的平均Z值比较差异。

操作步骤:

- 1.设置用于计算平均Z值的区域位置及大小;
- 2.点击执行测量按钮;
- 3.等待测量完成后查看结果;

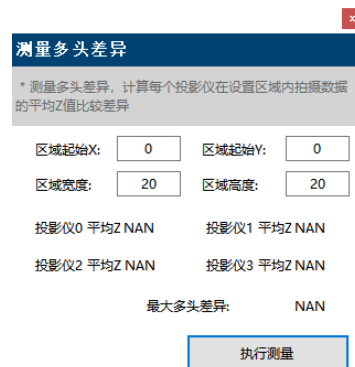


图3.62 测量多头差异

3.2.10.2 设置曝光区域

设置曝光区域(基于相机坐标)是在相机的坐标系下设置曝光区域的相关参数。

操作步骤:

- 1.设置曝光区域拍摄物体的高度;
- 2.点击获取曝光区域按钮,可将当前的投影仪坐标下的曝光区域相关信息转换为相机坐标下的信息;
- 3.修改设置参数;
- 4.点击设置曝光区域按钮,可将当前相机坐标下的曝光区域相关信息转换为投影仪坐标下的信息并保存进设备中;

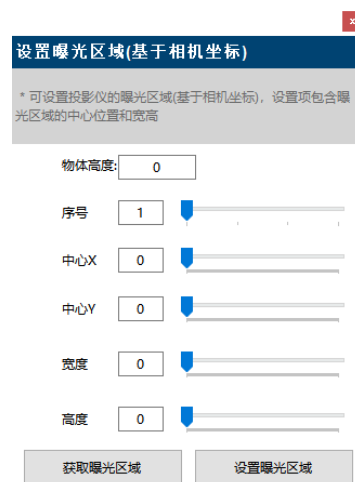


图3.63 设置曝光区域(基于相机坐标)

3.2.10.3 拍摄指定次数

相机根据指定的次数进行拍照,拍摄完成指定次数后会停止拍照。

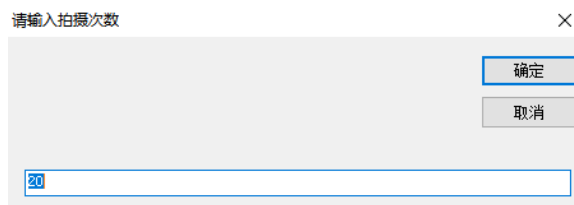


图3.64 拍摄指定次数

3.2.10.4 矫正白平衡

校准白平衡是针对RGB外部曝光功能开发的工具,其作用是可以自动计算RGB三个通道的曝光时长,以减少RGB三通道融合之后的颜色误差。

操作步骤:

- 1.打开白平衡校正窗口;
- 2.在自动白平衡设置中调整用于计算亮度的区域位置和大小,并设置矫正阈值;
- 3.点击矫正按钮,等待矫正完成;
- 4.(可选)在等比变换中设置比率大小,可等比例调整外部曝光图像整体亮度;
- 5.完成。



图3.65 矫正白平衡

3.2.10.5 载入补偿数据

MPSizectorS SDK提供软件层面的数据补偿功能,在拍摄之前可以先加载一个本地补偿数据,拍摄3D数据时,软件会用拍摄数据减去本地补偿数据,拍摄结果为融合之后的数据。

3.2.10.6 设置曝光时间

可设置设备的曝光时间,单位毫秒(ms)。

操作步骤:

- 1.点击获取曝光时间按钮,可将当前设备的曝光强度转换为单位为毫秒的曝光时间;
- 2.修改曝光时间设置;
- 3.点击设置曝光时间按钮,可将当前设置单位为毫秒的曝光时间转换为曝光强度写入设备;
- 4.完成。

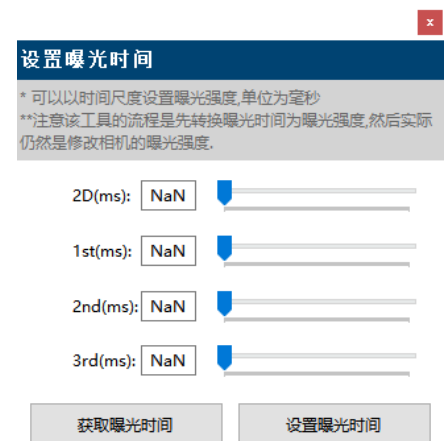


图3.66 设置曝光时间

3.2.10.7 获取设备信息

可获取当前设备超快模式,超动态模式相关只读参数和最近一次拍照的相关时间信息。

3.2.10.8 将(简化)深度图转化为浮点并保存

将当前的深度图或简化深度图格式的3D数据,转化为浮点3D并保存为mpdat格式文件。

操作步骤:

- 1.拍摄或读取(简化)深度图格式3D数据;
- 2.点击将(简化)深度图转化为浮点并保存;
- 3.选择路径和文件名并保存文件;

3.2.10.9 保存调试数据

可保存用于调试的数据,可选择三种不同的调试数据内容:

- 1.基础: 保存近期log,设备设置文件和畸变参数文件;
- 2.普通: 基于'基础'额外保存近期图像数据;
- 3.专业: 基于'普通'额外保存原图数据,标定参数文件和工厂

设置文件;



图3.67 保存用于调试的数据

3.2.10.10 预热

可选择温度传感器类型,可选的类型如下:

TempCore: 核心温度传感器

Temp0: 温度传感器0

输入目标温度后,点击"开始预热",设备将会以耗热量较大的方式拍照,以尽可能快的速度到达目标温度后停止。

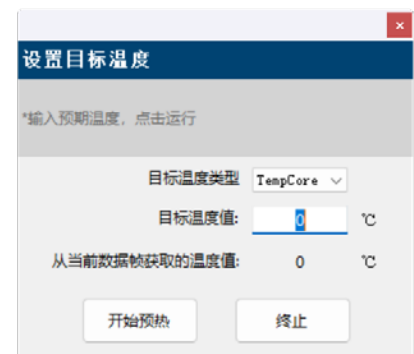


图3.68 预热

3.2.11 设备

用户点击软件左上角菜单栏中的“设备”，“设备”包含当前已连接设备的序列号，如图3.69：



图 3.69 显示已连接的相机序列号



图 3.70 显示当前无相机连接

点击“关闭”，软件将关闭和所有3D相机的连接，在选择相机的序列号后将重新连接对应相机。

3.2.12 语言

可点击“中文”或者“English”选择SDK界面的语言。



图 3.71 语言

3.3 调用Sizector®3D相机SX系列

3.3.1 关于GenICam 协议

Sizector®3D相机SX系列符合GenICam™标准。GenICam (Generic Interface for Cameras) 标准旨在为各种设备 (主要是各类工业用摄像头和相机) 提供通用编程接口,即为各种物理接口 (如GigE Vision、USB3 Vision、Coaxress、Camera Link HS、Camera Link等) 提供相同的应用程序编程接口 (API)。理论上其他支持GenICam标准的视觉软件都能控制Sizector®3D相机SX系列,由于条件限制未进行全面验证。下面针对市场上常用的第三方机器视觉软件 (Halcon), 提供连接示例方法。

3.3.2 安装解压最新版MPSizectorS SDK, 运行Halcon示例代码

a) 安装MPSizectorS SDK (建议MPSizectorS V2.21以上版本)、Halcon (建议V18.11及以上64位版本, 暂不支持32位版本)。

b) 设置环境变量, 以Win10为例, 电脑【属性】->【高级系统设置】->【环境变量】->变量。“HALCONROOT”的值改为“Program Files\MVTec\HALCON-18.11-Progress”。如图:



图3.72 环境变量设置示意图

c) 依次打开“02_Binary->05_SizectorS_GenICam”文件夹, 运行【MUST】SetEnviroment-Path。打开“Demo_Halcon”文件夹, 运行“SizectorStart”文件。按下“F5”, 相机连续拍摄, 如图 3.73。

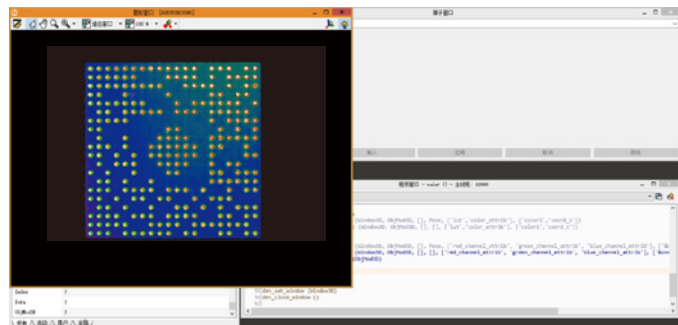


图3.73 运行Halcon示例代码示意

3.3.3 Halcon 控制相机自由采集

① 双击Halcon图标, 进入Halcon主界面。注意: 相机点云输出格式必须设置成浮点数或定点数, 否则会造成Halcon软件闪退现象。

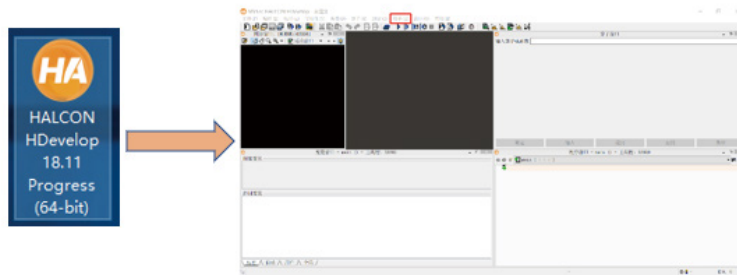


图3.74 Halcon主界面

②左击【助手(A)】,左击【打开新的Image Acquisition】,进入Image Acquisition Z界面,如图3.75。

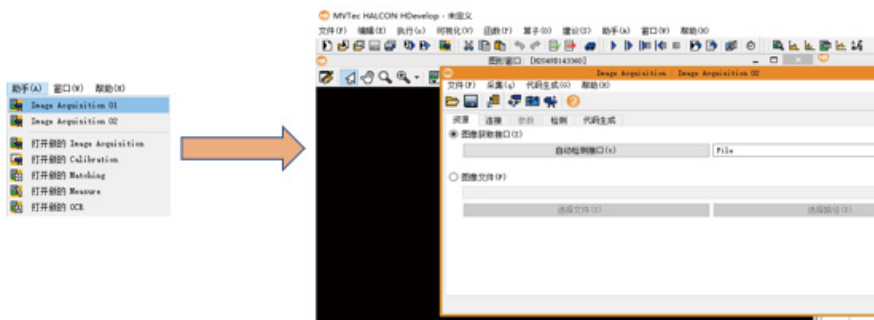


图3.75 Acquisition 01界面1

③更改参数,点击“自动检测接口”,或手动把“File”改为“GenICamTL”,如下图红框内。

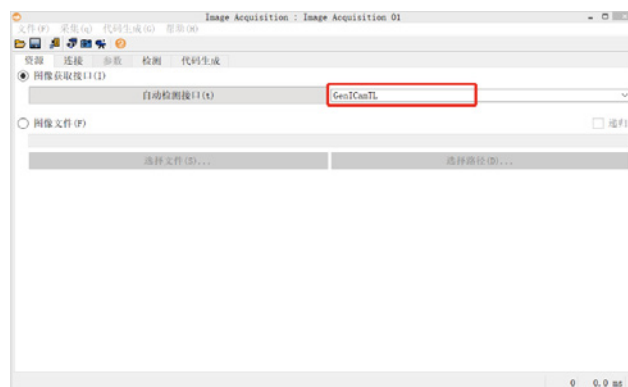


图3.76 Acquisition 01界面2

④点击【连接】,进入连接页面,点击【采集】按钮,相机触发拍摄图像。如下图:

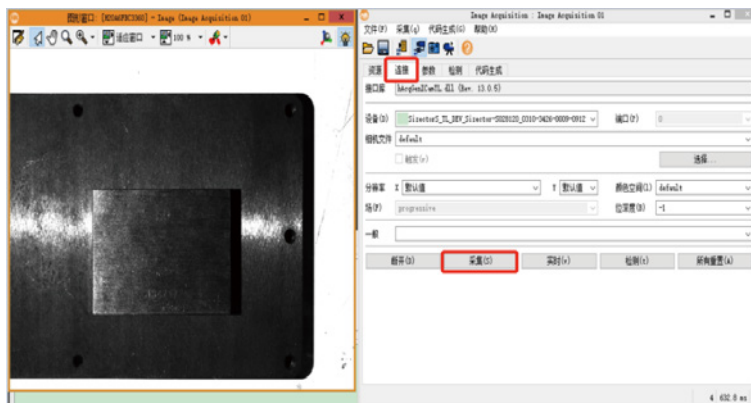


图3.77 相机触发采集

3.4 故障排除及运行日志导出

3.4.1 故障排除

软件左下角显示[连接 USB3.0]标志时,说明软件已经识别到了配套的相机,可以进行正常工作。若无,请参考附表1。

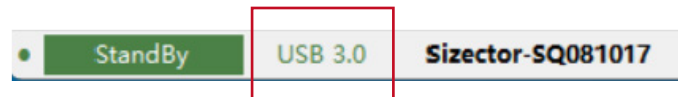


图3.78 [连接 USB3.0]标志

3.4.1.1 图像模糊, 错误

a) 相机在工作运行时, 需要保持相机与被测物体之间相对静止, 如果物体移动, 会导致三维图像模糊, 或者有条纹状形状, 或者完全错误。此时请检查设备工作环境, 排除环境振动。

b) 此外, 设备内的相机/投影仪对焦不准也会导致拍摄效果模糊, 若发生此类情况, 请联系供应商并由专业人员进行重新调试。

粗调拍摄距离: 根据产品说明参数调整被测物体与相机的距离, 相机连续拍摄, 在2D白照明模式下, 需边看图像清晰度边调整物距, 详情见下方示意图。



图3.79 粗调拍摄距离

精调拍摄距离: 调整拍摄模式到3D模式, 当拍摄显示3D图像后, 在显示区域下面选项栏内选“深度图”, 鼠标移动到深度色谱图上任意位置, 在左下角会显示Z值(如下图), 在连续拍摄模式下Z值会不停更新, 调整被测物体与相机之间的距离, 直到被测量面点的Z值接近于“0”, 此时图像质量最好, 物距为最佳测量距离。



图3.80 精调拍摄距离

3.4.2 运行日志导出

点击【诊断】-【Export Diagnostics Report】导出运行日志。详情见3.2.3.3。

附表1 异常情况处理

序号	异常情况	可能原因	解决办法
1	相机无法连接PC	1、USB未插接牢固； 2、驱动没有正确安装；	1、重插USB线，相机断电重启； 2、运行安装批处理；
2	USB显示为USB2.0	USB未插接牢固，USB驱动未安装好，或者插接到USB2.0的接口上	确认是否已安装USB3.0驱动，重新插接再断电重启相机
3	相机无法正常拍照	相机受到外部干扰，或者内部故障	远离干扰源，或做屏蔽处理后重启相机电源
4	安装SDK后，批处理无法正常运行	电脑存在安全限制项	手动安装USB驱动、.net framework4.0、C++2012
5	安装SDK后提示显卡驱动未安装或者不能正常显示图像	显卡驱动未安装或者安装不正确	重新安装集成显卡驱动或者独立显卡驱动
6	发送触发信号相机不拍照	USB连接不稳定	重新插拔USB数据线，或者更换USB数据线
7	发送I/O触发信号相机不触发	IO线未接好，或者接线错误	根据IO接线图重新检查接线

*注：当相机因外力作用造成变形，玻璃破裂，及由其他未查明原因的故障造成无法工作时，请联系盛相科技进行更换或维修。

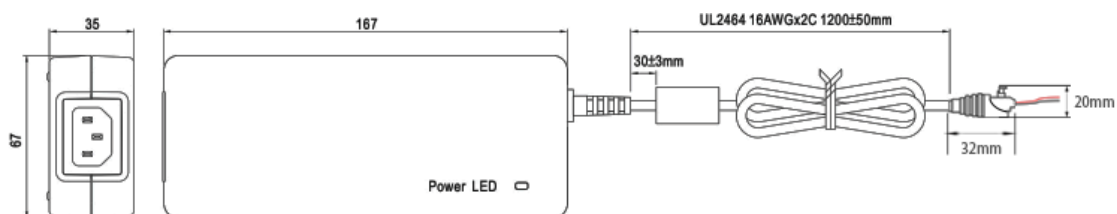
附件一 电源适配器及线体外形尺寸参数

适配器类型对应的适用相机型号：

适配器种类	适配器型号	适配器适用3D相机
SX系列适配器	MPS-ADP120A24	S028、S162及SX系列

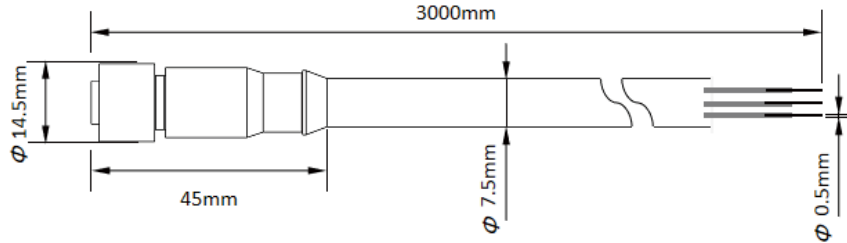
适配器

适配器类型及线体尺寸



附件二 IO控制线外形尺寸参数

1、线体尺寸(如下图)

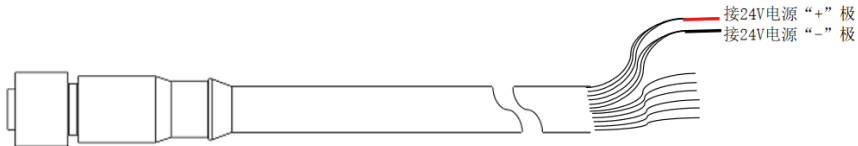


航插整体长=30mm 航插直径最大处 $\Phi=14.5\text{mm}$
 线主体直径 $\Phi=7.5\text{mm}$ 铜丝直径 $\Phi=0.5\text{mm}$
 I/O线全长(从航插接口到线尾)约3000mm

2.电气特性

输入端口: I0, I1; 建议电压值为24V; 最大承受电流50mA;
 输出端口: O0, O1; 建议电压值为24V; 最大承受电流120mA。
 公共接线端: IO-COM; 如果端口接24V时, I0, I1则需要输入0V, O0, O1则输出24V,
 如果端口接0V时, I0, I1则需要输入24V, O0, O1则输出0V。

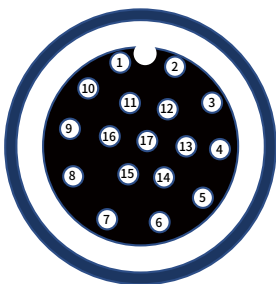
3.连接定义



IO线颜色定义

功能	颜色	功能	颜色	功能	颜色	功能	颜色
Shield	银灰	I0	白棕	相机电源负极	紫	相机电源正极	红
IO-COM	蓝	I1	棕	相机电源负极	黑	相机电源正极	灰
O0	白黄	GND	黑	相机电源负极	橙	相机电源正极	绿
O1	黄	24V	红				

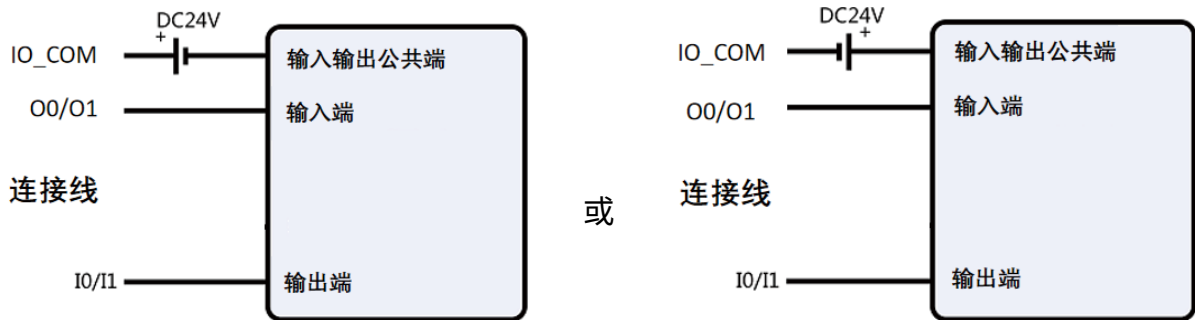
IO线圆头定义



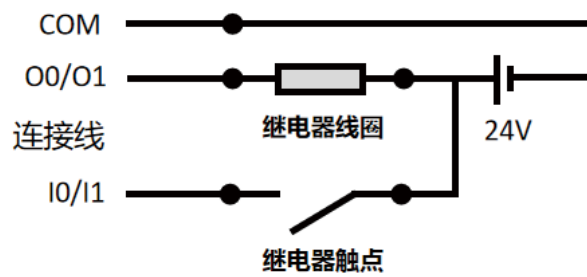
功能	颜色	针脚
Shield	银灰	1
IO-COM	蓝	6
O0	白黄	8
O1	黄	7
I0	白棕	10
I1	棕	9
GND	黑	11/12
24V	红	13/14

4.连接电路参考

PLC接线参考



继电器接线参考图



附件三 USB3.0高速数据传输线说明

1. 线缆标准

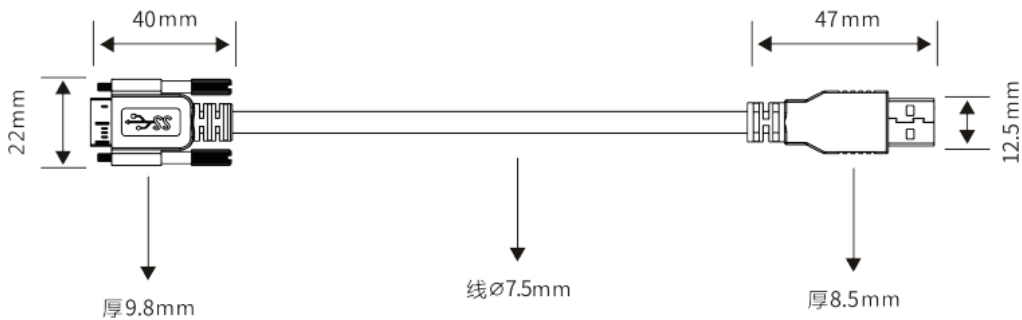
Sizector®3D相机SX系列提供的USB3.0数据传输线为标准配件,传输速率及抗干扰性能符合行业标准。此线为3米的高柔性USB3.0数据传输线。同时,我们也提供多种长度的USB3.0光纤线缆及弯头USB线缆供用户选配;如用户自行延长USB数据线时,建议使用高质量的光纤转接线进行转接。

注:购买连接线时应该注意USB接口处固定螺丝的最大伸出长度应不超过3mm。为保证产品正常工作,推荐使用产品配套线缆。如果需要更长的USB传输线,可搭配我司的USB光纤线+USB扩展卡(需另外购买),使用USB扩展卡时,需要单独为扩展卡供电。

2. 传输性能

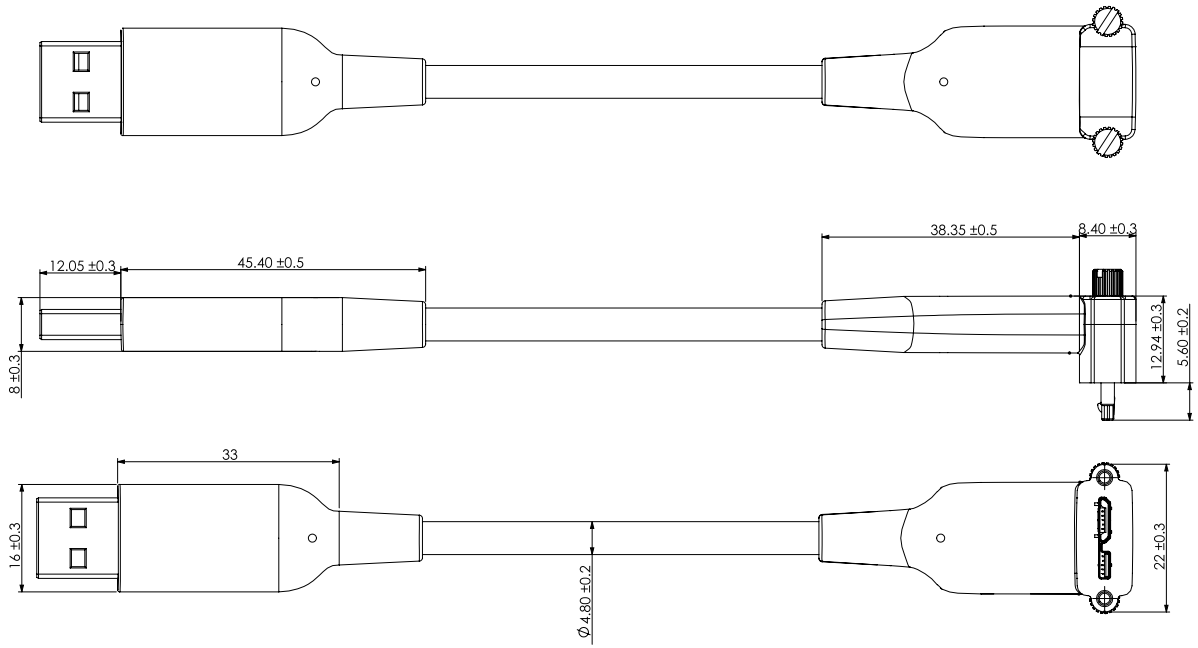
USB3.0数据线的理论传输带宽为500Mb/s。

3. 线体尺寸

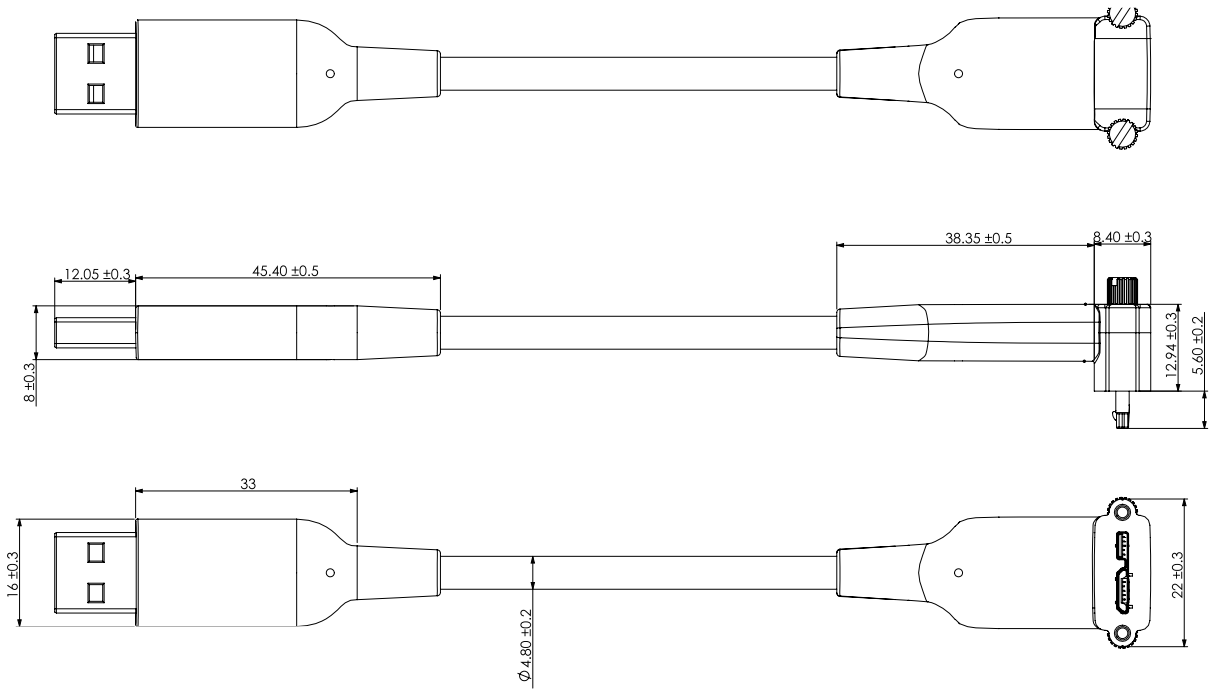


USB3.0数据线整体长约3000mm,最小弯曲半径25mm

单位:mm



上弯USB数据线



下弯USB数据线

附件四 产品参数及外观尺寸图

Sizector®3D相机SX系列

产品参数

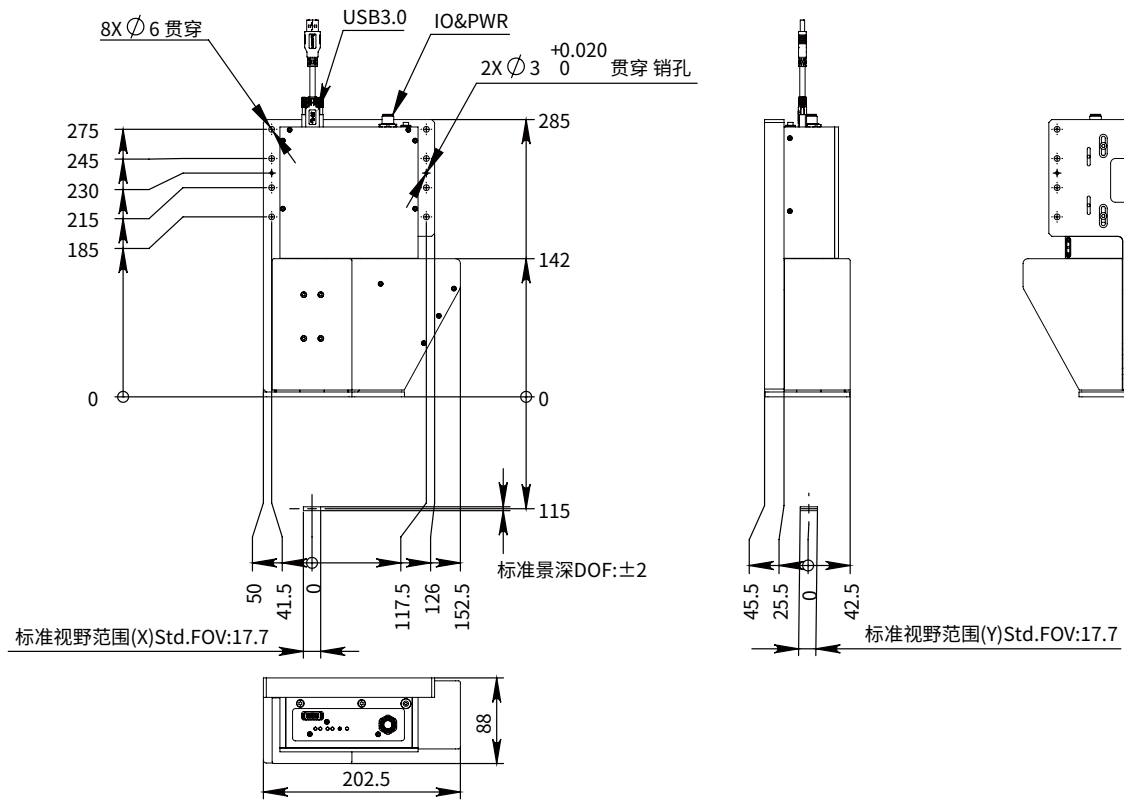
	SS081017	ST081017	SQ081017	ST081032C	ST081043	SQ081043	ST162053	SQ162053
最大投影数	1	2	4	2	2	4	2	4
全周期帧率	≤5.4FPS ≤18.7FPS(Binning)	≤3.0FPS ≤10.5FPS(Binning)	≤1.4FPS ≤4.8FPS(Binning)	≤3.0FPS ≤10.5FPS(Binning)	≤2.7FPS ≤9.6FPS(Binning)	≤1.5FPS ≤5.3FPS(Binning)	≤2.0FPS ≤7.3FPS(Binning)	≤1.0FPS ≤3.6FPS(Binning)
数据分辨率(px)	810万 (2856x2848)	810万 (2856x2848)	810万 (2856x2848)	810万 (2856x2848)	810万 (2856x2848)	810万 (2856x2848)	1620万 (5328x3040)	1620万 (5328x3040)
基准距离(mm)	115	115	115	120	105	105	185	185
标准视场范围(mm)	17.7x17.7	17.7x17.7	17.7x17.7	32.8x32.7	43.4x43.3	43.4x43.3	53x30.2	53x30.2
深度测量范围(mm)	±2	±2	±2	±5	±5	±5	±10	±10
Z轴区域重复精度(μm) ^{1,2}	<0.1	<0.1	<0.1	<0.16	<0.2	<0.2	<0.3	<0.3
像素间距(mm)	0.006	0.006	0.006	0.011	0.015	0.015	0.010	0.010
尺寸(LxWxH,mm)	202.5x88x285	305x88x285	305x305x285	280x77x244	310x114.5x280	300x300x280	330x130x335	330x330x335
重量(kg)	<4.7	<5.6	<7.1	<3.9	<6	<7	<8.5	<11
光源	蓝色LED							
数据接口	USB3.0							
符合标准	CE, GenICam							
I/O输入输出	2路无极性电平信号输入 / 开关信号输出 (12/24V兼容)							
工作电压/电流	24V / 5A							
SDK操作系统	Linux / Windows 7、8、10、11							
SDK支持的编程语言	C / C++ / C# / Python							
工作温度	0~40°C							
存储温度	0~60°C							
工作湿度	20%~80% (无凝结)							
标准配件	3m 高柔USB线、3m 电源及I/O线							

*1 全视野、全景深重复精度：分别在正极限景深、零平面、负极限景深拍摄目标物，每个FOV均匀取9个边角区域进行测量，取27个Z轴重复精度数值²的最差结果；目标物为陶瓷板。

*2 Z轴区域重复精度：区域A的Z均值到区域B的Z均值的差的100次测量一倍标准差。A、B面积为1%FOV，两者相邻。

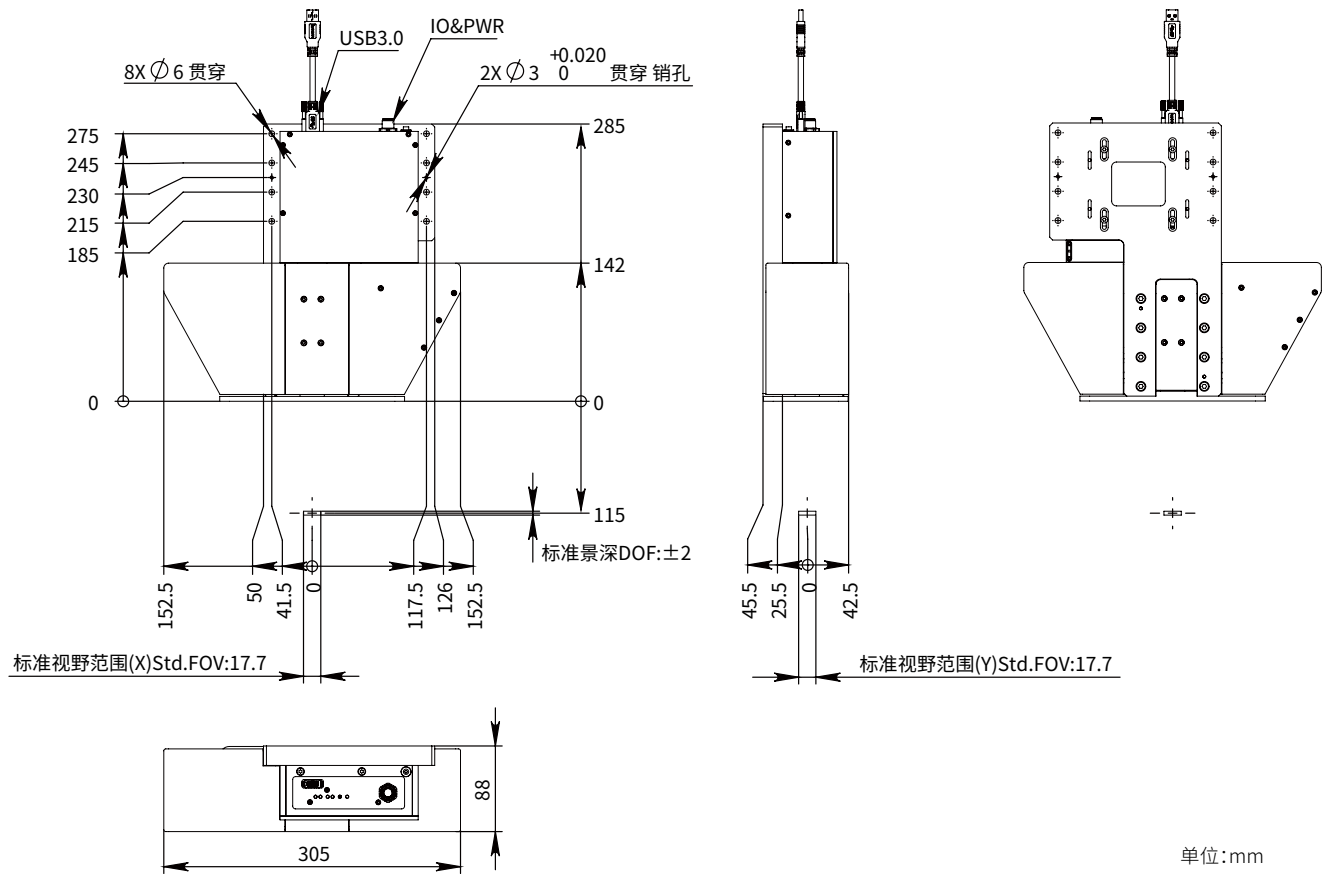
*以上产品外观及产品参数如有变更恕不另行通知，请访问公司官网获得实时信息

SS081017



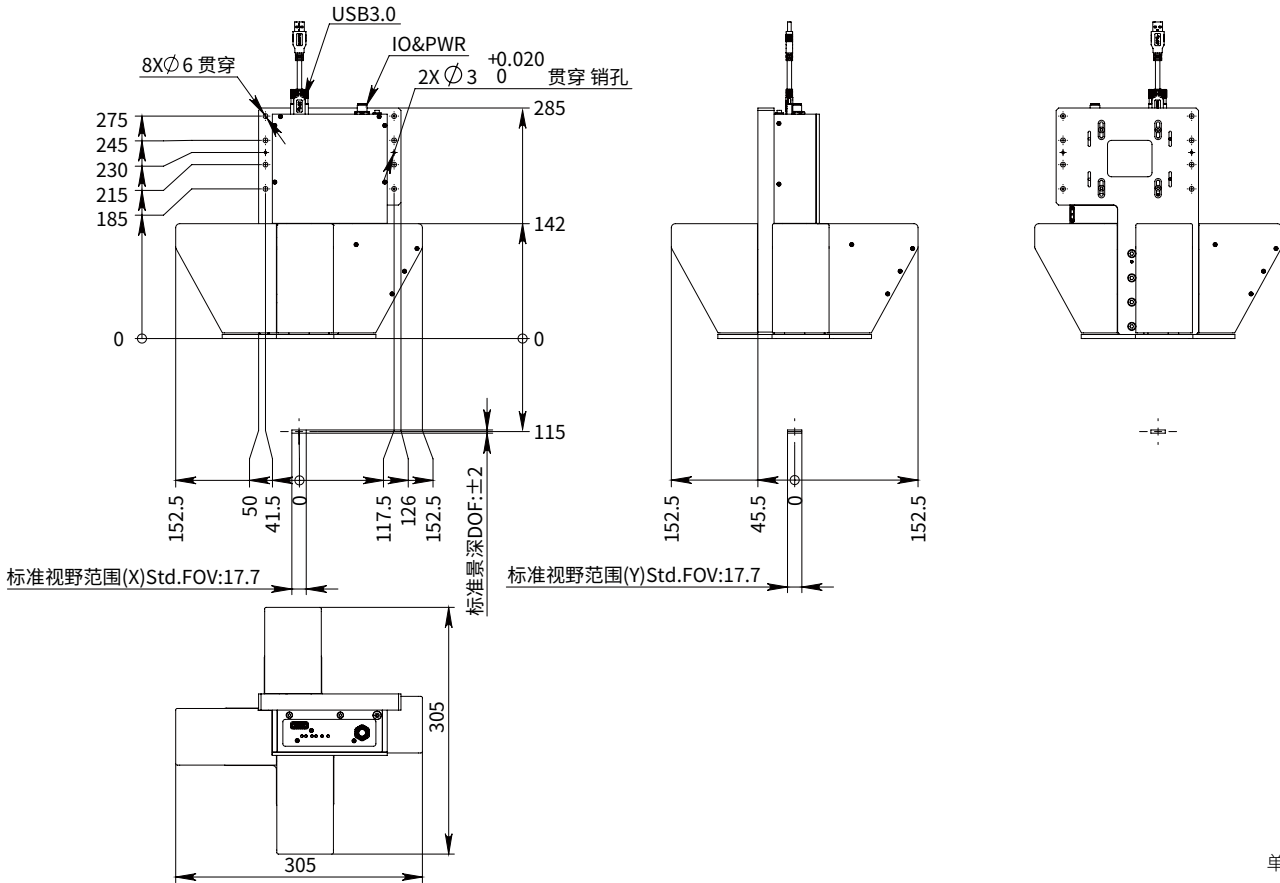
单位:mm

ST081017



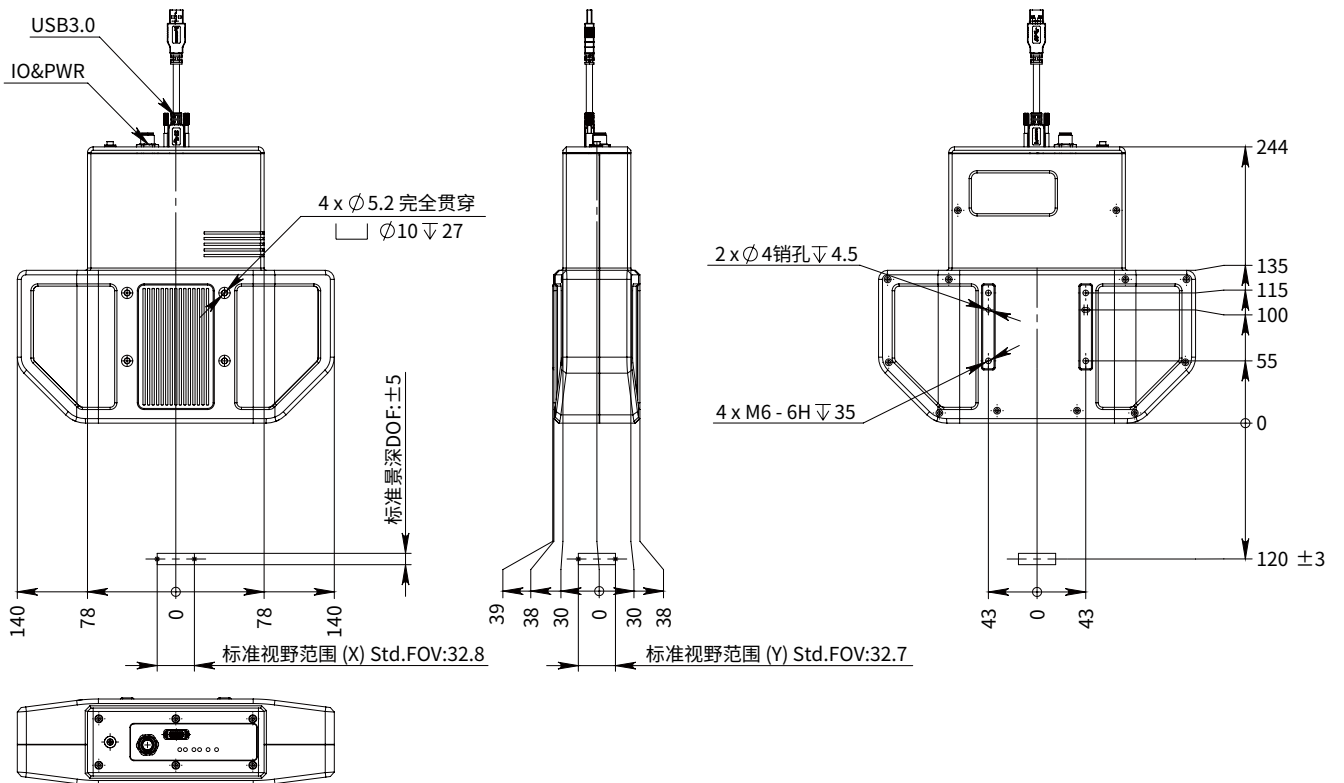
单位:mm

SQ081017



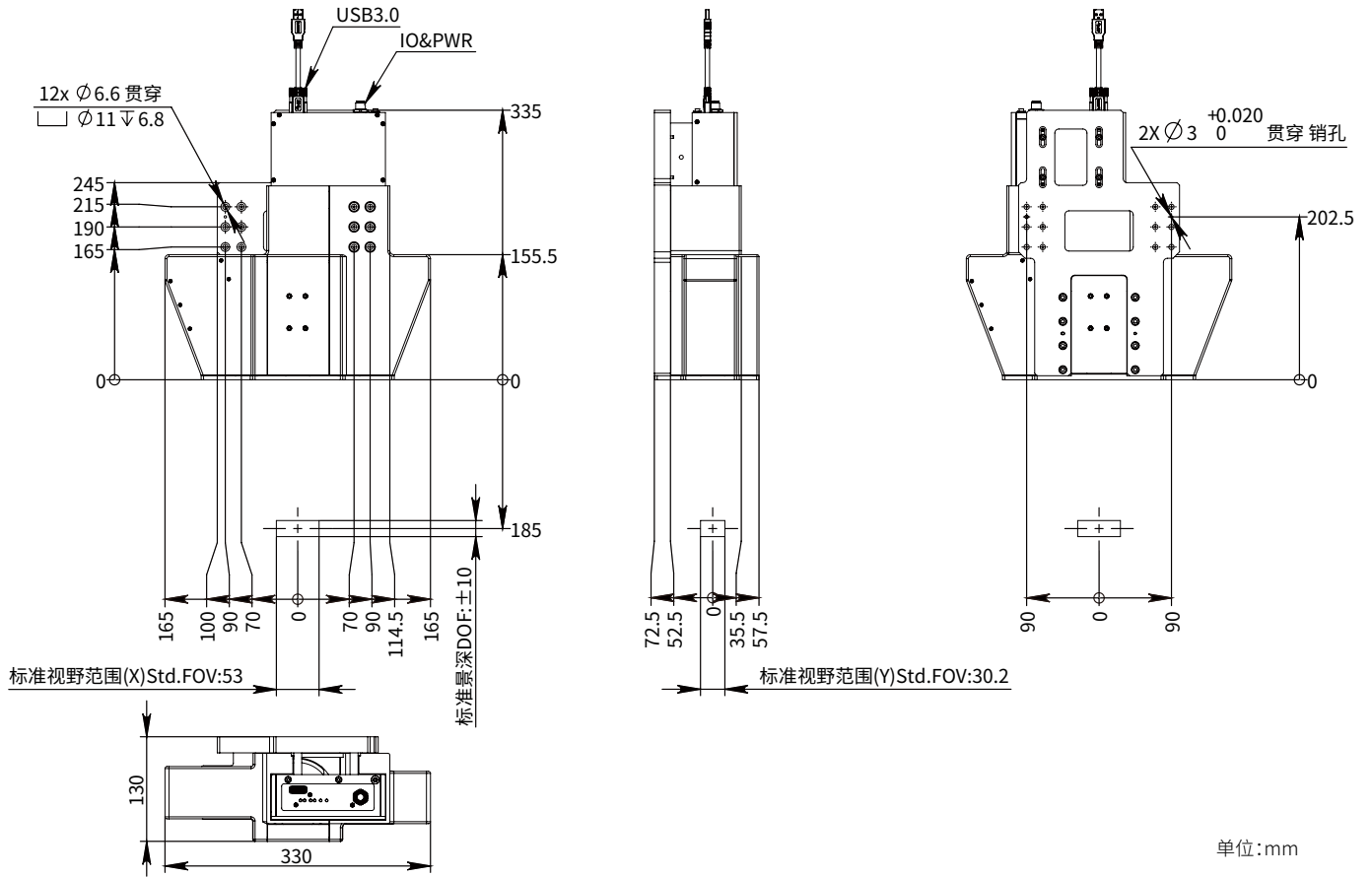
单位:mm

ST081032C

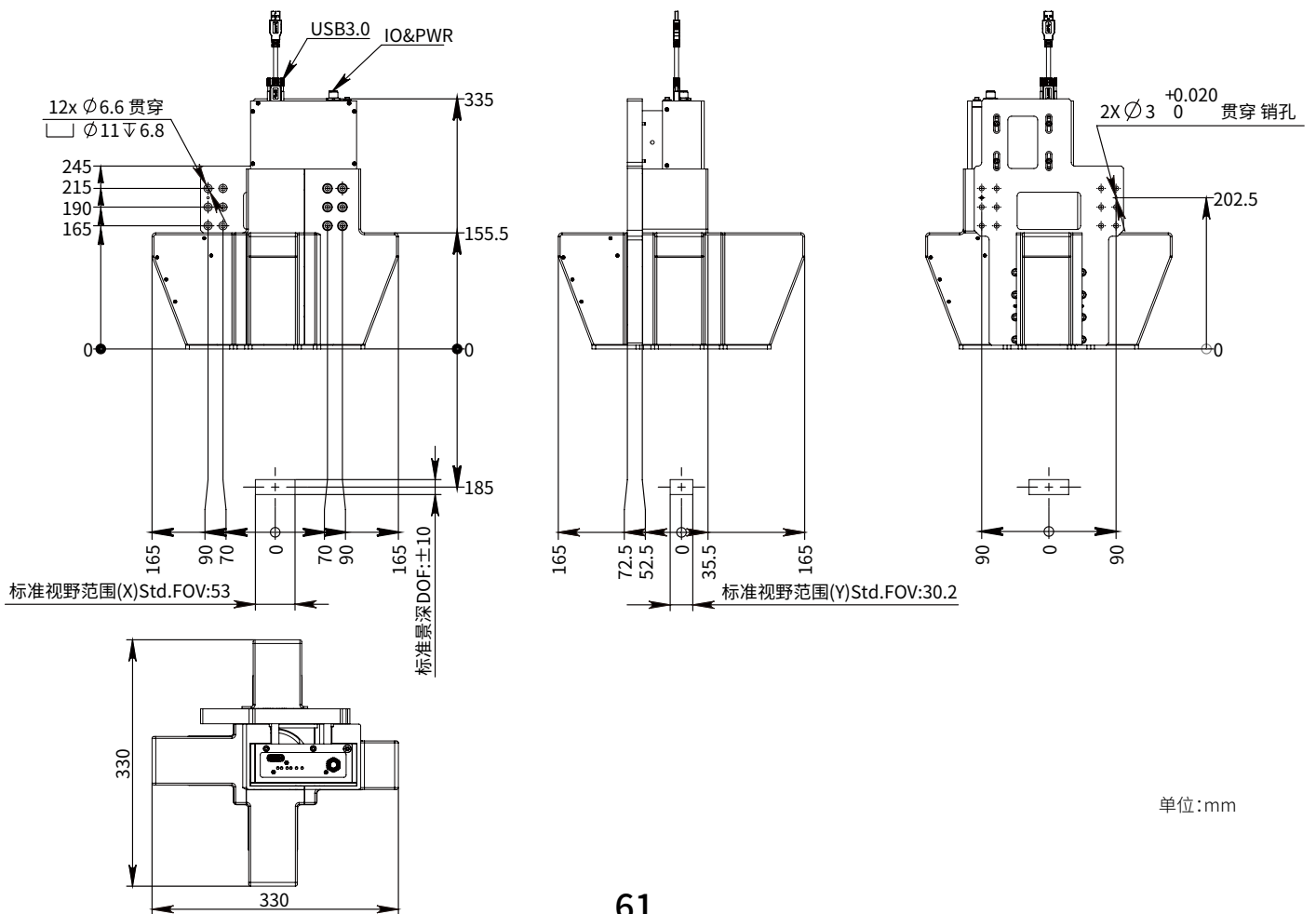


单位:mm

ST162053



SQ162053



附件五 拖链线缆(包括数据线及IO线缆)布线指导说明

针对高柔拖链线缆的安装,需关注高频通信和高速运动等场景应用需求,在这种场景中,若用不合适的方式布置线缆,可能在使用中造成各种问题,例如线缆外皮磨损、内部导体折断、相机丢包等。拖链线缆布线安装的注意事项如下。

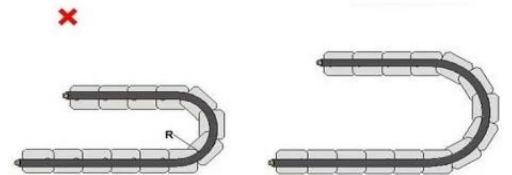
1. 注意线缆不能扭曲

从包装盒里取出拖链线缆时,一定不能扭曲。不可以从线缆卷筒或线缆盘的某一端解开线缆,应该先旋转卷筒或线缆盘将线缆展开,不用时可以将线缆展开或者悬挂起来。



2. 线缆弯曲半径尽量保持较大

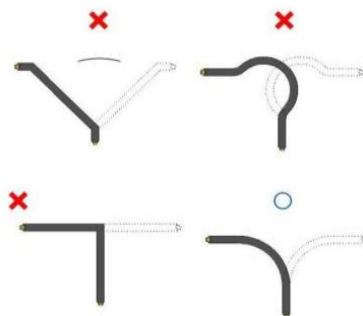
拖链线缆的弯曲半径是指电缆在正常工作时,弯曲所能承受的最大程度,线缆的外径为4mm,则其弯曲半径R需大于(动态/静态):80mm/40mm。



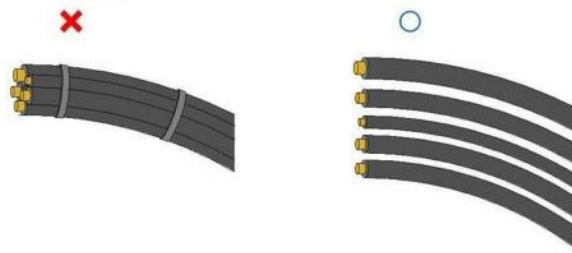
3. 拖链内的张力分布以及固定方式

如果拖链线缆在布线时受到张力拉伸会导致拖链内壁产生摩擦从而发生护套磨损;布线时过于松散,也会导致拖链内壁产生摩擦从而发生护套磨损和拖链里面的电缆产生缠绕。线缆的移动部分不能被固定,固定的话会导致弯曲应力无法被分散和吸收,导致固定位置应力集中。在拖链的两端将线缆固定,电缆的移动点离拖链端部的距离应为80~120mm。线缆抗拉强度(长期/短期):150N/300N;压扁强度(长期/短期)/100mm:500N/1000N。

(1) 适当选取线缆的长度及弯曲角度以保持电缆弯曲部分的自由度。当相机顶端有盖板(罩子)或相机四周有固定盖板(罩子)时,线缆不可触碰到固定的盖板(罩子),避免相机滑动时线缆与盖板来回摩擦。



(2) 多根特别是外径不同的线缆组合同时保持电缆弯曲部分的自由度。



(3) 捆扎部分附近不能过度弯曲且不要用扎带直接勒紧线缆使线缆变形!

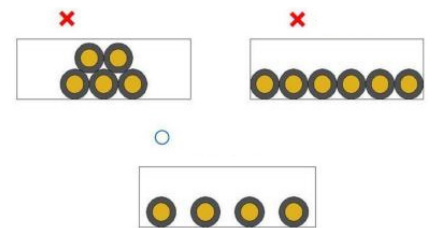


(4) 安装U3连接器时需要用套管或外壳支撑。



4. 防止电缆互相干扰

选择能够保证线缆间距的拖链, 在拖链内实施水平布线时线缆间的空隙至少应为线缆直径的 10%(0.4mm), 这样在布线的同时才能防止拖链线缆之间的相互干扰。



5. 外径差异很大的电缆混合配线

外径差异很大的电缆混合配线, 需要隔板将线缆隔开, 防止细线被粗线压迫并且容易断线。

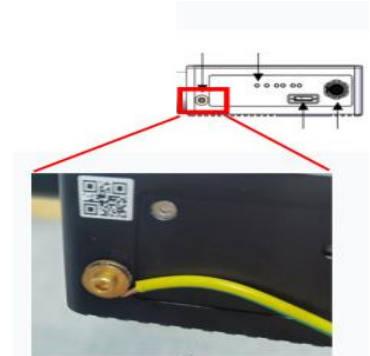


6. 弱电线与强电线应分开走线

弱电线和强电线应分开布线,距离控制在 50cm 以上,并在弱电线外面包铝箔进行隔离保护(相机光纤线属于弱电线,110V、220V和 380V 工业电属于强电),特别是伺服电机的供电线不要与相机线捆扎在一起。

7. 接地、漏电检查

设备(工控机电脑,相机机台等)良好接地,且设备尽量都用三插电源,电源线布线时规范布线且确认布线正确,可用插座漏电检查器检查。MP相机接地图例:



8. 余线摆放

布线完毕后,当布放的线缆长度过长时,可将多余的线缆盘成圈,可用扎带固定好放置在机柜上(注意扎带不要扎太紧使线缆变形)!且不可将多余的线缆对折放置于线槽内!

9. 线缆上的紧固螺丝锁定

线缆插入相机后,待相机被电脑正常枚举后,再进行螺丝与相机锁定,锁定时线缆两边的紧固螺丝需同时进入,打紧时一边先进入 1/3,再去紧固另一边螺丝,依次循序渐进,不可先紧固一边螺丝再去紧固另一边,避免连接器里面的 pin 脚发生形变!

联系我们

上海|深圳|成都|苏州|宁德

Hotline: +86 199 2109 3166 E-mail: sales@mega-phase.cn

中国上海(总部)

中国上海浦东新区蔡伦路1690号3号楼4楼

了解更多盛相科技资讯和应用案例, 请访问
www.megaphase3d.com



官网



微信公众号



抖音