



Dhyana 9KTDI Pro

产品说明书

V1.1.3



鑫图光电有限公司

保留所有的权利

目录

1. 导言	4
1.1. 免责声明	4
1.2. 安全和警告信息	6
2. 产品规格	8
2.1. 包装清单	8
2.2. 相机简介	9
2.3. 相机接口和功能	10
2.3.1. 电源接口说明	11
2.3.2. 触发接口说明	11
2.3.3. 水冷接口说明	12
3. 安装	13
3.1. 推荐电脑配置	13
3.2. 采集卡安装	14
3.3. 相机安装	15
3.3.1. 采集卡连接光纤	18
3.4. 采集卡驱动安装	21
3.4.1. Samadhi 采集卡	21
3.4.2. KAYA 采集卡	25
3.5. 水冷管安装	29
3.6. 软件安装	31
4. 相机功能介绍	33
4.1. TDI 线阵传感器的工作原理	33
4.2. 光谱响应曲线	34

4.3. 运行模式与 TDI 级数	34
4.4. DeviceScanType	34
4.5. 扫描方向	35
4.6. 像素格式	36
4.7. 水平镜像	37
4.8. 子区域读出 (ROI)	37
4.9. 像素合并 (Binning)	38
4.10. 增益和黑电平	39
4.11. 查找表 (LUT)	40
4.12. 暗场校正(DSNU)	41
4.13. 明场校正(PRNU)	42
4.14. 数字 I/O 控制	42
4.15. 测试图像	43
4.16. 固件升级	44
5. 相机软件说明	46
5.1. 窗口组成	46
5.1.1. 预览窗口	47
5.1.2. 软件窗口	48
5.1.3. 图像拍摄	48
5.1.4. 设备参数	48
5.1.5. 图像调整	49
5.1.6. 软件日志	49
5.2. 图像拍摄	49
5.3. 设置设备参数	51
5.3.1. DeviceControl	53

5.3.2. ImageFormatControl	54
5.3.3. AcquisitionControl	56
5.3.4. DigitalIOControl	59
5.3.5. AnalogControl	60
5.3.6. LUTControl	60
5.3.7. CoolControl	62
5.3.8. DSNU	64
5.3.9. PRNU	65
5.3.10. CorrectionControl	68
5.3.11. CoaXPress	69
5.3.12. UserSetControl	69
5.4. 图像调整	70
6. 常见问题	72
7. 售后	76
附录 1: 温湿度对应结露点表	77
附录 2: 结构尺寸	78
附录 3: 相机参数表	80
附录 4: 更新日志	82

1. 导言

1.1. 免责声明

为保护用户的合法权益，请您在使用本公司产品前务必仔细阅读我们随附的说明书、免责声明和安全须知。此相机使用说明文档包含相机的基本信息、安装说明、产品功能介绍以及保养维护，旨在让用户更方便地使用鑫图相机，本文档只针对上述目的而公开。请您务必按照说明书和安全须知操作本产品。

在任何情况下，本文档中的所有内容均不构成任何明示、暗示、法定或者其他形式的保证，包括但不限于任何适销性、非侵权性或特定用途适用性的保证。

在任何情况下，对于因未经授权擅自使用本文档内容而引发的或与之相关的任何损失或损害，无论是直接的、间接的、特殊的、附带的、后果性的还是其他原因造成的，无论是侵权行为还是其他原因造成的，鑫图光电均不承担任何责任。

产品使用限制：

产品只能按照使用手册中的指导进行使用，不得进行非授权的修改、篡改或逆向工程，并提醒用户如不按照产品使用手册的指导进行使用，导致产品损坏或故障，责任由用户自行承担。用户在实际操作产品的过程中应根据产品使用手册、免责声明、安全须知的内容，结合自己的实际情况和需求进行调整和应用，本公司不对任何因用户违反产品使用手册、免责声明、安全须知或者操作不当，而造成的人身伤害或者财产损失承担任何法律责任。

引用第三方内容：

- 1) 使用手册中可能包含第三方提供的内容或链接，这些内容和链接仅供用户参考和便利，鑫图仅对第三方的内容或链接进行单纯的直接引用，不对其真实性、准确性、完整性作出任何担保，并且不承担任何责任。
- 2) 本文档中信息的发布并不意味着鑫图光电公司或任何第三方自动放弃任何专利权或专有权。
- 3) 本文档可能包括技术错误或印刷错误，在任何情况下，鑫图均不对未经授权擅自使

用本文档内容造成的任何损失或损害承担责任，无论是直接的、间接的、特殊的、附带的、后果性的或以其他方式的损失或损害。

版权和保护声明：

本文档及相关图纸的版权归鑫图光电所有，鑫图光电保留解释权等所有权利。本文档和相关图纸不得擅自进行复印、翻印或复制，也不得擅自披露相关内容。

商标和专利信息：

鑫图、TUCSEN、、、是鑫图光电的商标，任何人不得侵犯鑫图光电的商标权利。所有其他商标均为其商标所有权人的财产，鑫图光电不对其他人的侵权行为负责。

使用手册的更新：

鑫图不承诺随时通知更新或保持当前的这个文档中所包含的信息。产品如果进行更改，相关更改信息将纳入新版手册中。恕不另行通知。

综上所述，在使用本公司产品之前，请您务必仔细阅读并理解以上的免责声明，祝您使用愉快，谢谢！

福建鑫图光电有限公司

1.2. 安全和警告信息

操作和使用



注意

- 请勿摔落，自行拆卸，修理或更换内部器件。否则可能会损坏相机器件或导致触电。
- 如果液体如水，饮料或化学品进入设备，请停止使用并联系最近的经销商或制造商寻求技术帮助。
- 请勿用湿手触摸设备，否则可能会导致触电。
- 不要让孩子在没有监督的情况下触摸设备。
- 确保摄像机的温度在规定的温度范围使用。否则设备可能会因极端温度而损坏。

安装和维护



注意

- 请不要安装在多灰尘脏污的或靠近空调或加热器的地方，以降低相机损坏的风险。
- 避免在振动，高温，潮湿，灰尘，强磁场，爆炸性/腐蚀性气体或气体存在的极端环境下安装和操作。
- 不要对设备施加过度的震动和冲击。这可能会损坏设备。
- 不要在不稳定的照明条件下安装设备。严重的照明变化会影响设备产生的图像的质量。
- 请勿使用溶剂或稀释剂清洁设备表面，这会损坏外壳表面。
- 请保证设备通风口周围至少留出 20cm 的空间保证气流流动。使用过程中不要阻塞设备的通风口，否则会导致内部温度过高损坏设备。

电源



- 请使用相机原装电源适配器，使用不匹配的电源会损坏相机。
- 如果施加于相机的电压大于或小于相机的额定电压，相机可能会损



注意	坏或工作不正常。 ● 相机的额定电压请参考规格表。
----	--

2. 产品规格

本章节将对 Dhyana 9KTDI Pro 相机规格进行介绍包括包装清单、相机简介、相机接口和功能。

2.1. 包装清单

物品名称	规格/型号	数量	图片
TDI 相机	Dhyana 9KTDI Pro	1	
电源线缆	1.5m,航空头 XS9F-4A	1	
电源适配器	1.2m	1	
U 盘	内含软件与驱动	1	
SFP+ 光模块	AXS85-192-M3	8/0	
QSFP+ 光模块	QSFP-SR4	2/4	

水管-水冷机	水管长 2 米, 内径 5mm, 外径 8mm (材质 PU) MCD1703 (母端) 耐压 10bar	2	
--------	--	---	---

选配物品名称	规格/型号	数量	图片
M72 转 F 口转接环	M72x1	1	
采集卡	KAYA/Samadhi	2	
CoaxPress-Over-Fiber 光纤线	20 米	2	
外触发线缆	HR10A-7P-4P, 3 米	1	

KAYA 采集卡为 4 个 SFP+ 光模块接口, Samadhi 采集卡为 QSFP+光模块接口。故选择不同的采集卡, 需配置相应的光纤线缆以及光模块。

2.2. 相机简介

Dhyana 9KTDI Pro 是一款高速紫外 TDI 相机, 采用背照式的高灵敏图像传感器, 像元大小为 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$, 水平分辨率达到 9072, 最高可支持 256 个 TDI 级数, 行频可达 600kHz@8bit、600kHz@10bit、299kHz@12bit 的全分辨输出。Dhyana 9KTDI Pro 相机可以进行现场编程和更新, 支持 GenICam 标准, 用户可以快速驱动相机获取图像, 以满足不同应用场景的需要。

2.3. 相机接口和功能

Dhyana 9KTDI Pro 相机的各接口和接口所对应的功能如下图所示。



图 2-1 Dhyana 9KTDI Pro 接口图

表 2-1 Dhyana 9KTDI 接口功能描述

编号	名称	功能		
1	指示灯	指示相机当前的工作状态	红灯常亮	相机未初始化
			红灯闪烁	连接配置未完成
			黄灯闪烁	正在传输低速链路信息
			绿灯常亮	连接配置完成
			黄绿交替闪烁	同时传输低速链路信息和高速图像数据
			绿灯闪烁	正在传输高速图像数据
2	水冷接口	水冷输入/输出接口		
3	触发	外部触发输入，HR10A-7P-4P。触发电平为 3.3V，不可超过 5V。		
4	QSFP+ 接口	数据传输接口，接口序号须与采集卡接口一一对应		
5	电源接口	电源接口，12V/8A，电源和触发接口针脚定义如图 2-2 触发针脚定义所示。		

2.3.1. 电源接口说明

推荐使用标配的电源适配器。相机的标准供电电压为 12V DC，允许 $\pm 1V$ 的波动。

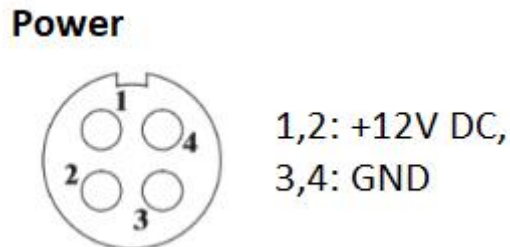


图 2-2 电源针脚定义

注意：

为了确保稳定的电源供应，需要同时连接两个+12V DC 和两个 GND 针脚，因为单个 +12V DC 或 GND 针脚的电流承载能力不足。

2.3.2. 触发接口说明

- 1) 触发电平为 3.3V，不可超过 5V；
- 2) 触发电平高于 2.6V 时，判定为高电平，触发电平低于 0.6V 时，判定为低电平，0.6-2.5V 为不定态，可能出现错乱的触发状态；



图 2-3 触发针脚定义

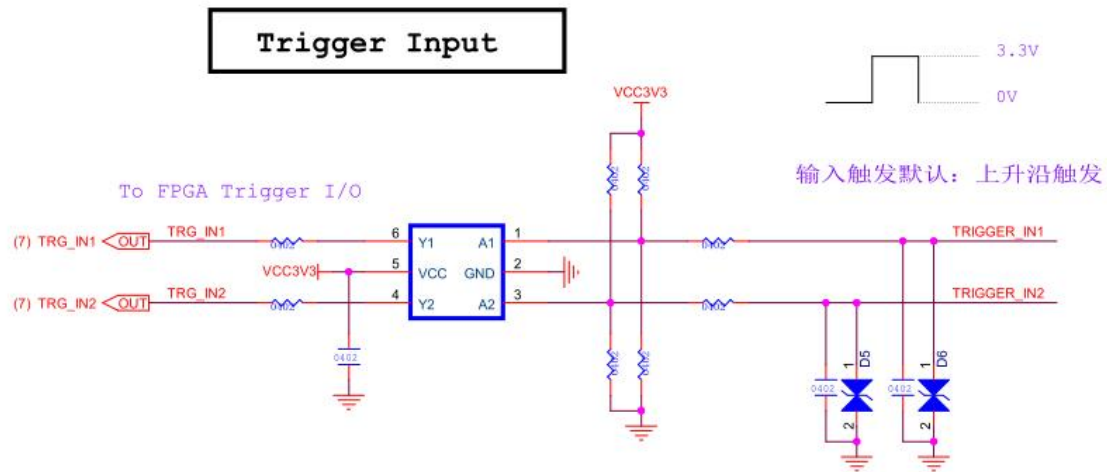


图 2-4 触发输入电路图

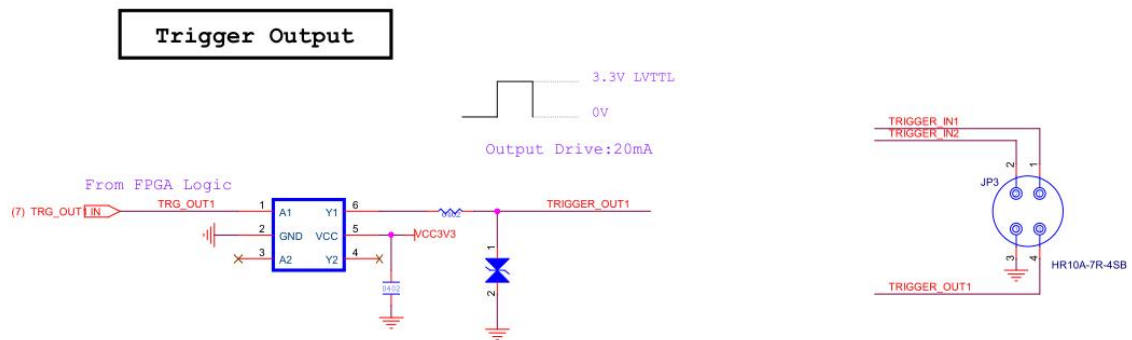


图 2-5 触发输出电路图

2.3.3.水冷接口说明

水冷机的水温需要根据实际环境的温湿度选择，可以参考温湿度对应结露点的表格，见附录。推荐水温应该高于表中的结露温度值，如当环境温度是 25℃，相对湿度是 70%，那么水温不能低于 19℃。

- 1) 最小水流量：1L/Min；
- 2) 推荐循环水温 15~20℃，水温过低会导致窗片结雾，可能导致芯片损坏。

3. 安装

本章将说明介绍，相机和采集卡的安装，相机采集软件的安装，以及水冷相机如何连接水冷机等。

3.1. 推荐电脑配置

此章节展示的电脑配置为我司已测试并且可以支持 Dhyana 9KTDI Pro 最高分辨率和最高行频的电脑，仅供参考。

电脑一：

部件	详细信息
处理器	英特尔 Xeon(至强) Gold 5218 @ 2.30GHz
主板	浪潮 NP5570M5 (C621 Series 芯片组)
显卡	ASPEED ASPEED Graphics Family (ASPEED)
内存	96 GB (三星 DDR4 2933MHz 16GB x 6)
主硬盘	希捷 ST2000NM000A-2J2100 (2 TB)

电脑二：

部件	详细信息
处理器	i9-10900X
主板	华硕 X299 SAGE
内存	64 GB (金士顿 3200 骇客 8GB*8)
主硬盘	三星 980 Pro

3.2. 采集卡安装

将电脑关机，打开电脑主机的盖板，如图 3-1 所示。选择传输带宽大于 850MB/s 的 PCIe 插槽将采集卡插好，用螺丝进行固定后再将电脑重新启动。不同 PCIe 插槽对应的最大传输速率如表 3-1 不同 PCIe 插槽对应的最大传输速率所示。

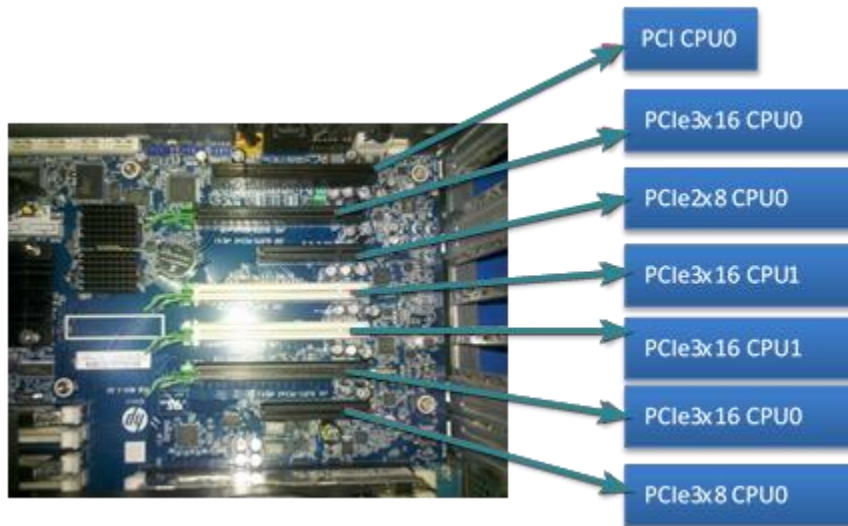


图 3-1 电脑主板图

注意：

目前采集卡支持的 PCIe 插槽为 3.0*8，KAYA 采集卡不支持或不兼容更高带宽如 PCIe4.0 以上的插槽。

表 3-1 不同 PCIe 插槽对应的最大传输速率

PCIe	X1	X4	X8	X16
1.0	250MB/s	1GB/s	2GB/s	4GB/s
2.0	500MB/s	2GB/s	4GB/s	8GB/s
3.0	985MB/s	3.9GB/s	7.8GB/s	15.7GB/s

目前测试支持的采集卡品牌、型号、固件情况如下：

品牌	型号	固件	驱动
TUCSEN	Samadhi Coaxlink QSFP+ Frame Grabber	4d4s	TucsenSetup1.1.4.11.exe

KAYA	Komodo II CXP Fiber Frame Grabber	Komodo_II_5_0 _57	KAYA_Vision_Point_Setup_2 023.1_SP_3_Windows_64
------	--------------------------------------	----------------------	--

注意：

若出现采集卡的兼容性问题，请确认采集卡的固件是否对应正确，请及时升级采集卡的固件。

3.3. 相机安装

Dhyana 9KTDI Pro 可支持双通道和四通道（固件不同），连接方式如下图所示。

KAYA 采集卡：

将 QSFP+模块连接在 Dhyana 9KTDI Pro 相机接口上，SFP+光模块按照顺序依次接在采集卡接口上。

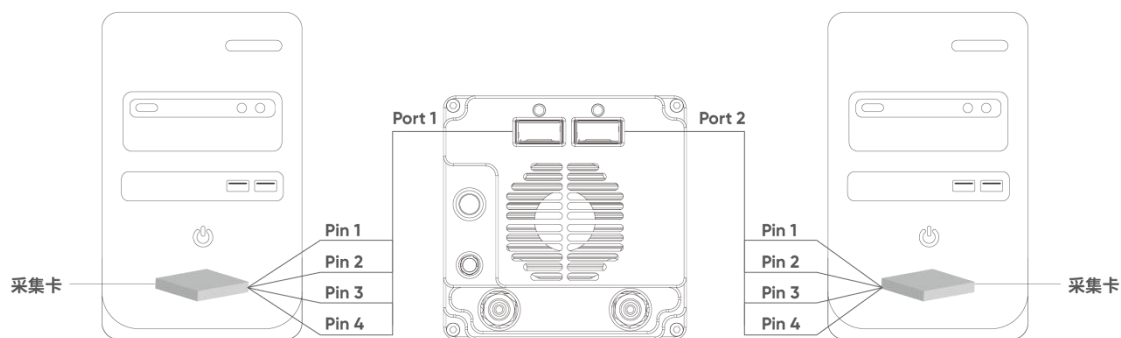


图 3-2 两通道连接示意图

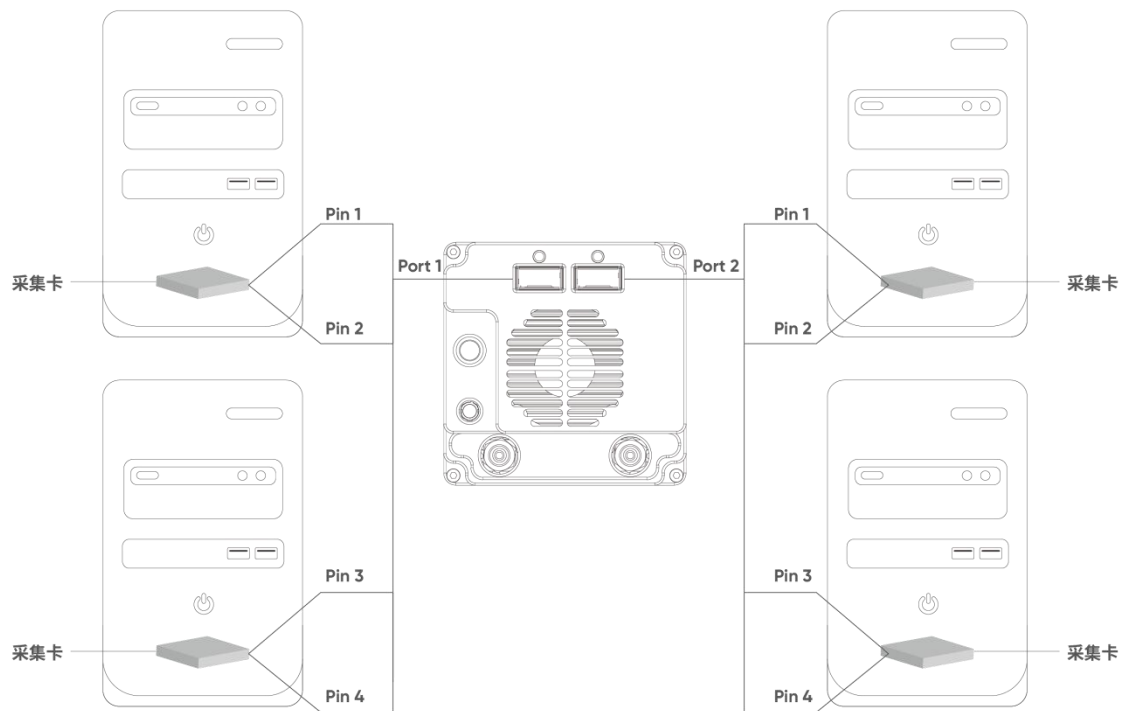


图 3-3 四通道连接示意图

Samadhi 采集卡:

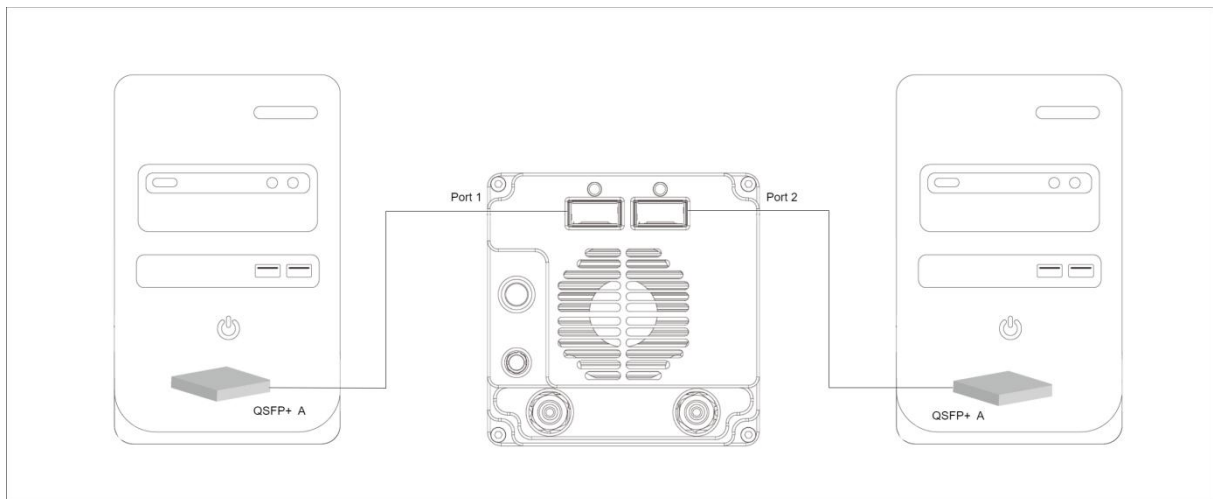


图 3-4 两通道连接示意图

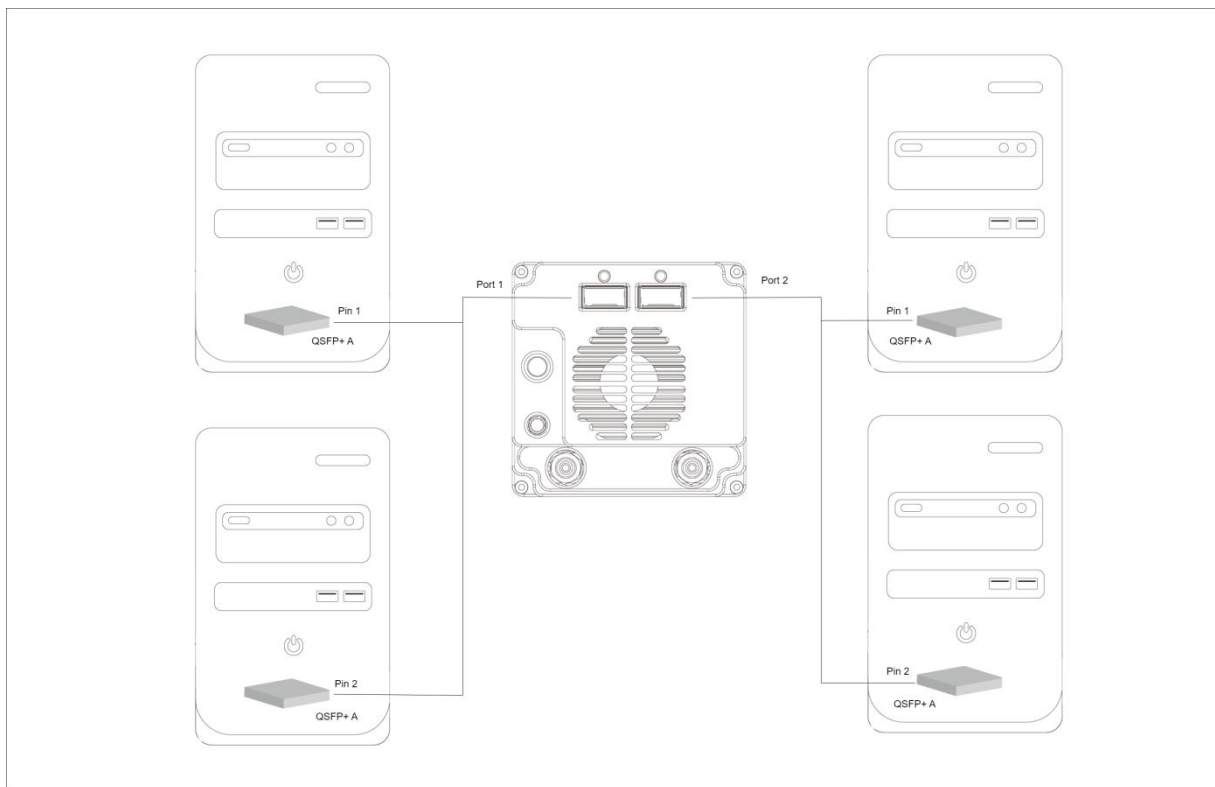


图 3-5 四通道连接示意图

操作步骤

- 1) 将光纤线的 MPO 跳线插入标配的 QSFP+ 光模块，如图 3-6 所示，接口有防呆设计，注意插入的方向，插入后听到“咔”的一声，表示接头完全插入；

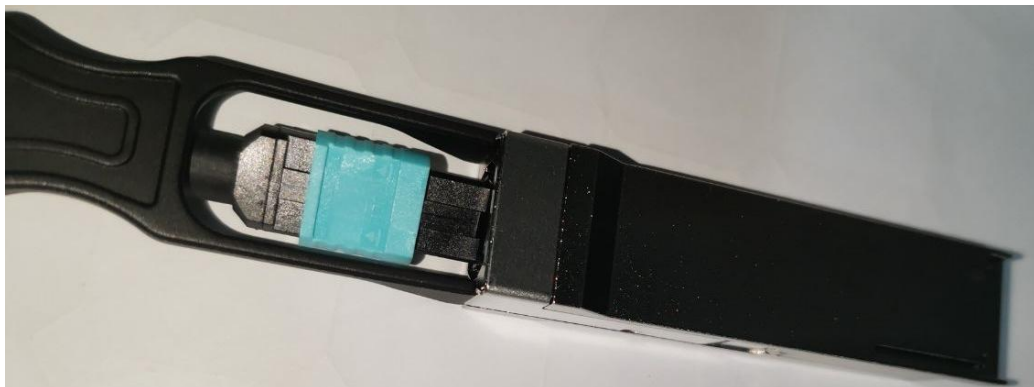


图 3-6 光纤与 QSFP+ 光模块连接

- 2) 将光模块插入相机的 QSFP+ 1 端口中，如图 3-7 所示，插入后听到“咔”的一声

表示接头完全插入；相机指示灯与光模块螺丝面处于同侧，且螺丝中心距相机面板约 7mm。



图 3-7 QSFP+ 光模块与相机 QSFP+ 1 端口连接

3.3.1.采集卡连接光纤

Samadhi 采集卡：

采集卡侧是 QSFP+接口，所以配套的光模块为 QSFP+接口的（MPO-MPO 光纤线缆）。

将 QSFP+光模块接在采集卡的 A 口(靠近串口)。接口有防呆设计，注意插入的方向，插入后听到“咔”的一声，表示接头完全插入，此时光模块螺丝中心距离采集卡面板约 1cm。如下图所示：

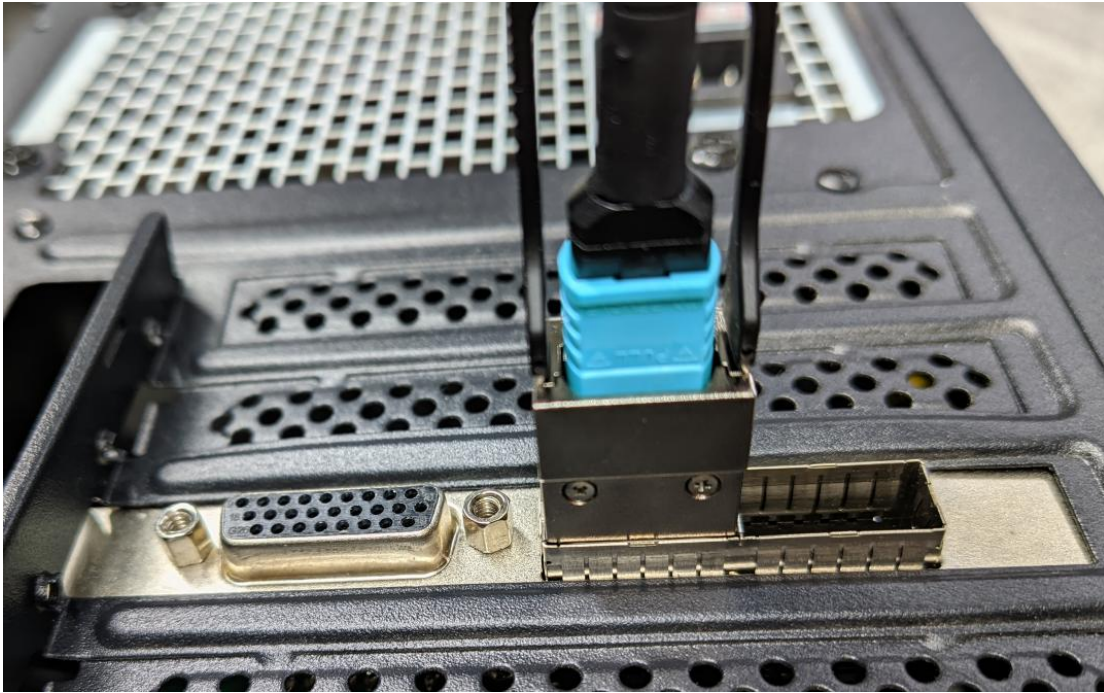


图 3-8 QSFP+ 光模块与 Samdhi 采集卡 QSFP+ 1 端口连接

KAYA 采集卡：

采集卡侧是 SFP+接口，所以配套的光模块为 SFP+接口的（MPO-LC 光纤线缆）。

- 1) 将 LC 跳线插入的 SFP+ 光模块，如图 3-9 所示，接口有防呆设计，注意插入的方向，插入后听到“咔”的一声，表示接头完全插入；



图 3-9 光纤与 SFP+ 光模块连接

- 2) 将安装好光纤线的 SFP+ 光模块插入采集卡接口中，安装时，光模块的金手指需要与采集卡的金手指接触，金手指方向如图 3-10 和图 3-11 所示。注意采集卡的接口顺序需要和光纤线编号对应如图 3-12 所示。



图 3-10 采集卡金手指方向



图 3-11 光模块金手指方向



图 3-12 SFP+ 光模块与采集卡连接

注意：

- 1) QSFP+ 1 为相机主机接口，QSFP+ 2 为相机从机接口；当相机只接单张采集卡时，光纤接口只能 QSFP+ 1，如接 QSFP+ 2，相机无法正常识别；主机与从机开启的先后没有特定顺序，与采集卡 PCIE 识别的先后顺序有关；

- 2) 光纤头为敏感易损材质，插拔时尽量减少裸露在空气中的时间，禁止触碰或摩擦等损失、影响光纤传输通信的不当操作；
- 3) MPO-LC 光纤线缆每束有 4 组接口，每组接口有两根线，每组的顺序有两个数值，请以小的数值为准，如图 3-13 光纤线束顺序标识说明 3 所示。

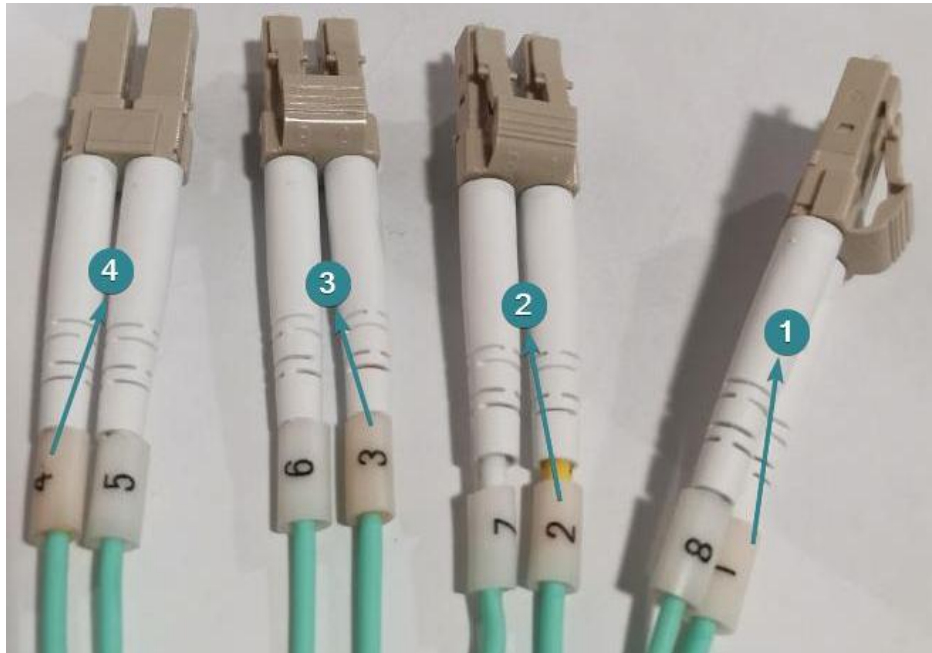


图 3-13 光纤线束顺序标识说明

3.4. 采集卡驱动安装

3.4.1. Samadhi 采集卡

Samadhi 采集卡驱动支持安装在 Windows 10 (x64) 操作系统上，目前安装的驱动版本为：TucsenSetup1.1.4.11.exe。固件版本为：4d4s。

操作步骤

- 1) 双击 Samadhi 采集卡驱动开始安装；

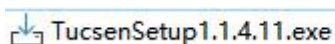


图 3-14

- 2) 选择安装语言，选项包括“简体中文”和“English”，点击“确定”；

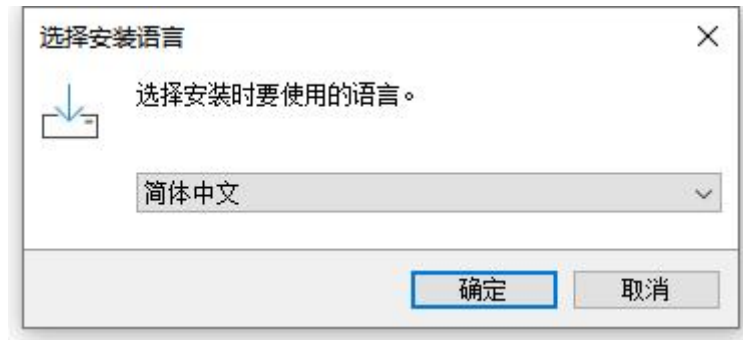


图 3-15

- 3) 选择安装位置，如想选择其他文件夹，点击“浏览”。选择完毕后，点击“下一步”；

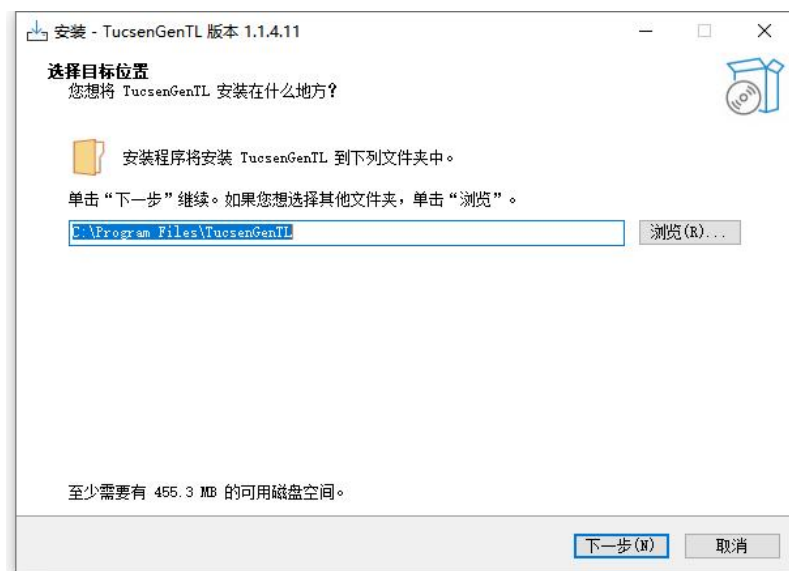


图 3-16

- 4) 选择附加任务，根据需要决定是否创建桌面快捷方式，默认不勾选。选择完毕后，点击“下一步”；

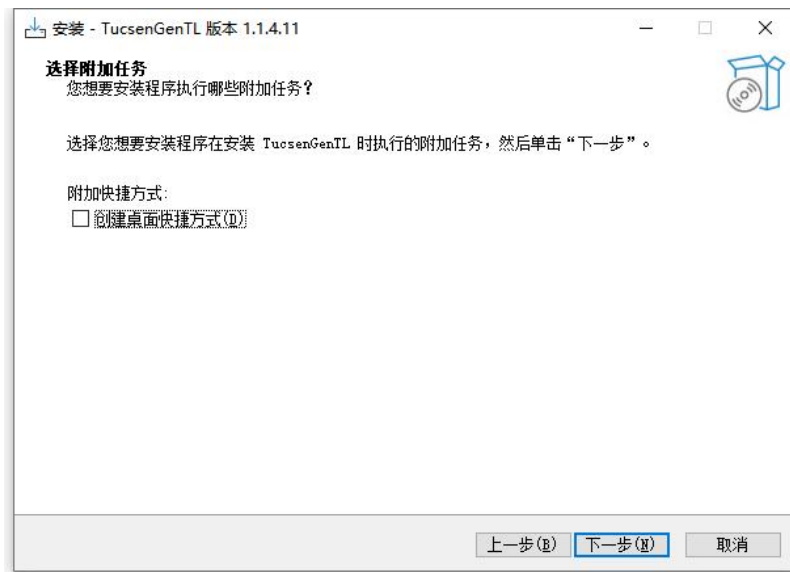


图 3-17

5) 准备安装确认，检查设置是否正确，确认无误后，点击“安装”；

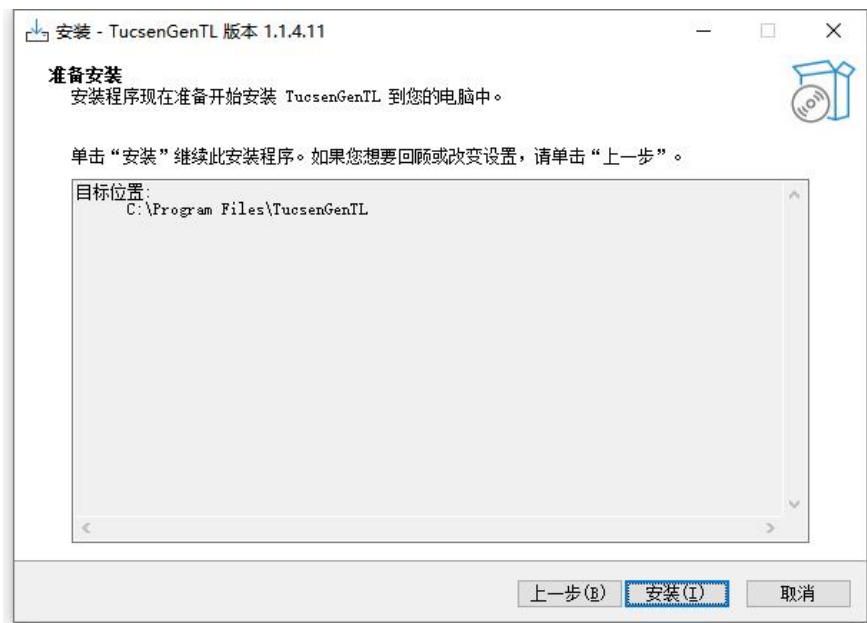


图 3-18

6) 单击“完成”结束安装。注意，结束后请将电脑关机再重新开机（不可直接重启，否则会导致驱动安装失败），电脑将会在开机后完成驱动安装；

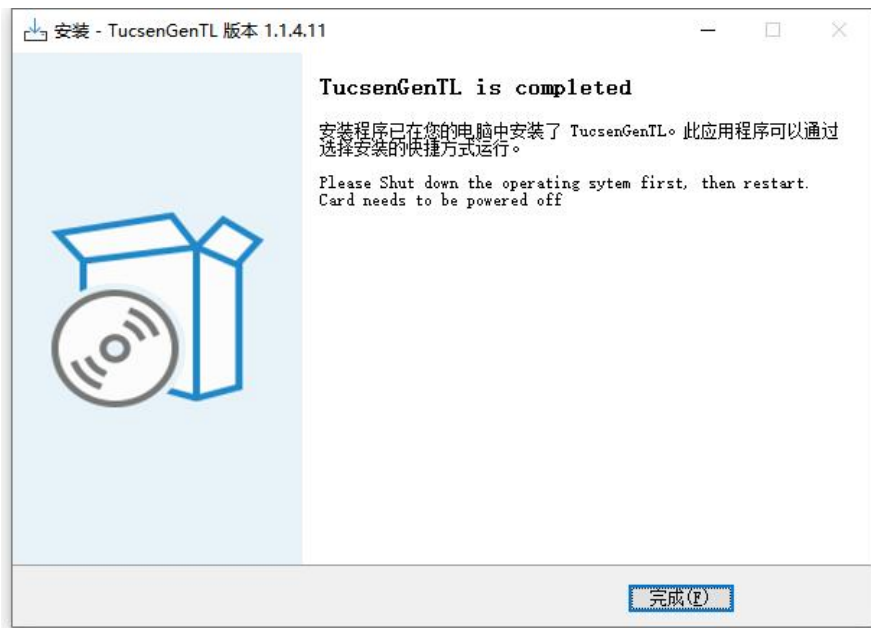


图 3-19

Samadhi 驱动安装完成后，打开电脑设备管理器，当驱动安装成功时，Samadhi 采集卡将会出现在设备管理器下，显示 Samadhi Coaxlink QSFP+,如下图所示：

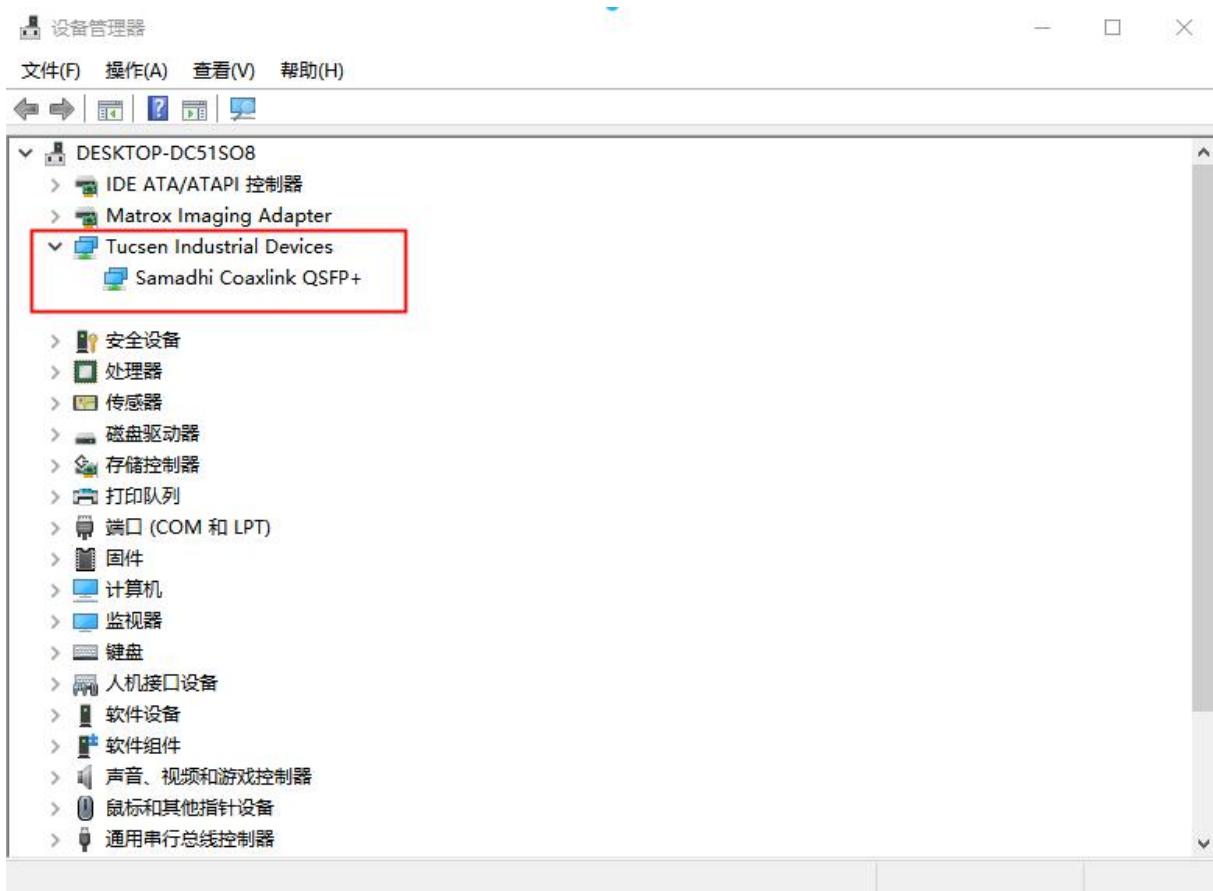


图 3-20

3.4.2.KAYA 采集卡

Kaya 采集卡在 Windows 只支持 Win10(x64), 目前推荐安装以下兼容性较好的 2023.1 版本: KAYA_Vision_Point_Setup_2023.1_SP_3_Windows_64.exe。

操作步骤

- 1) 双击 KAYA 采集卡驱动开始安装;

KAYA_Vision_Point_Setup_2023.1_SP_3_Windows_64.exe

- 2) 点击“Next”进行进入安装引导;

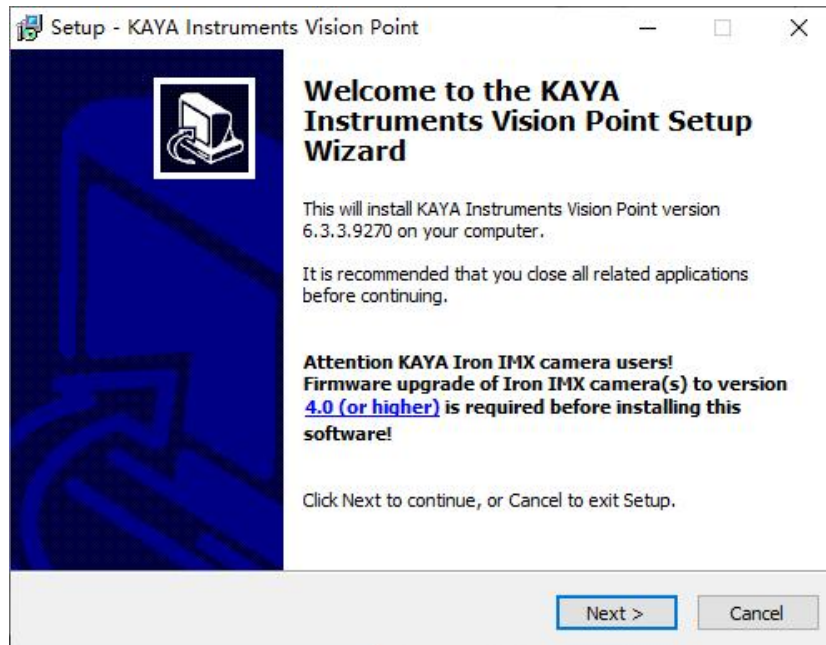


图 3-21

3) 选择驱动安装位置，按默认配置即可，点击“Next”；

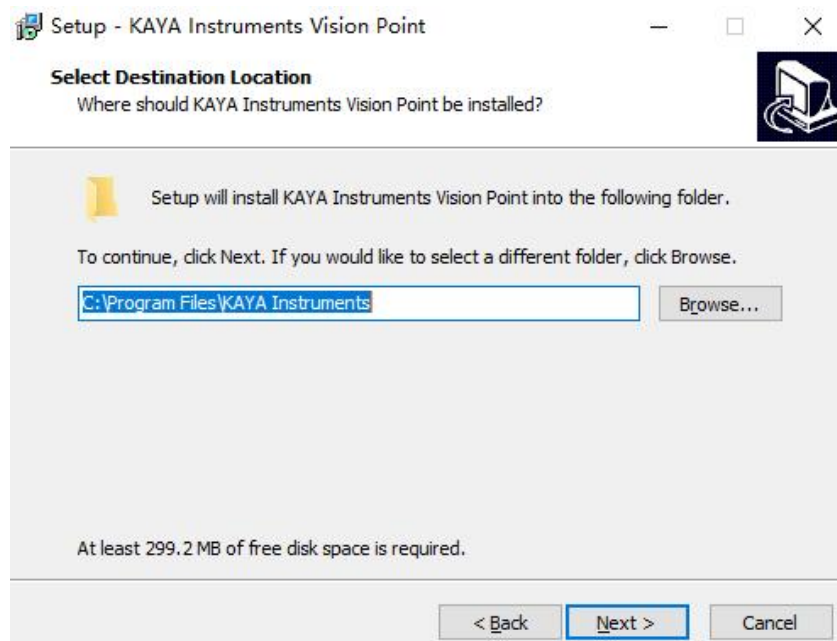


图 3-22

4) 选择安装组件后，点击“Next”进入下一步；

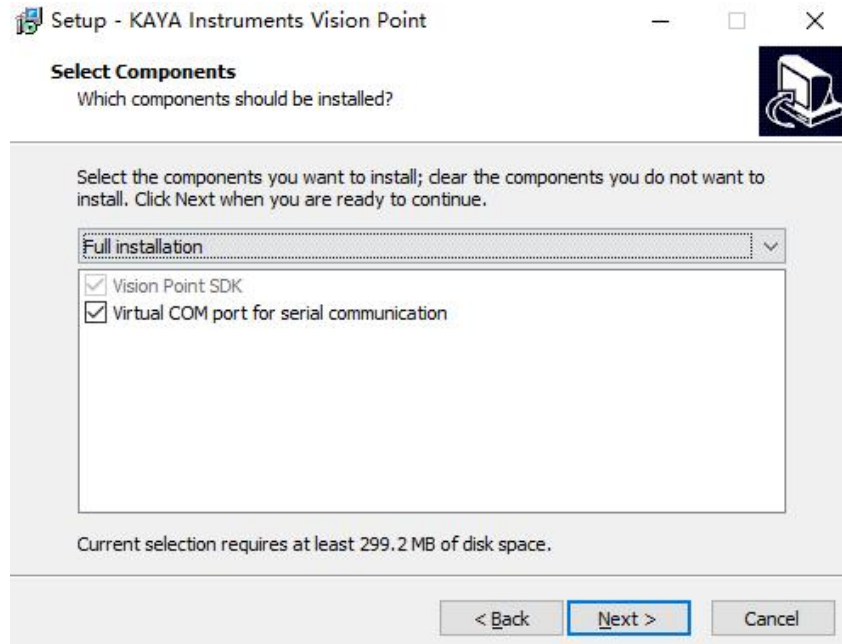


图 3-23

- 5) 默认创建一个文件夹到开始菜单，建议使用默认设置，用户也可以根据需求选择其他文件夹，点击“Next”进入下一步；

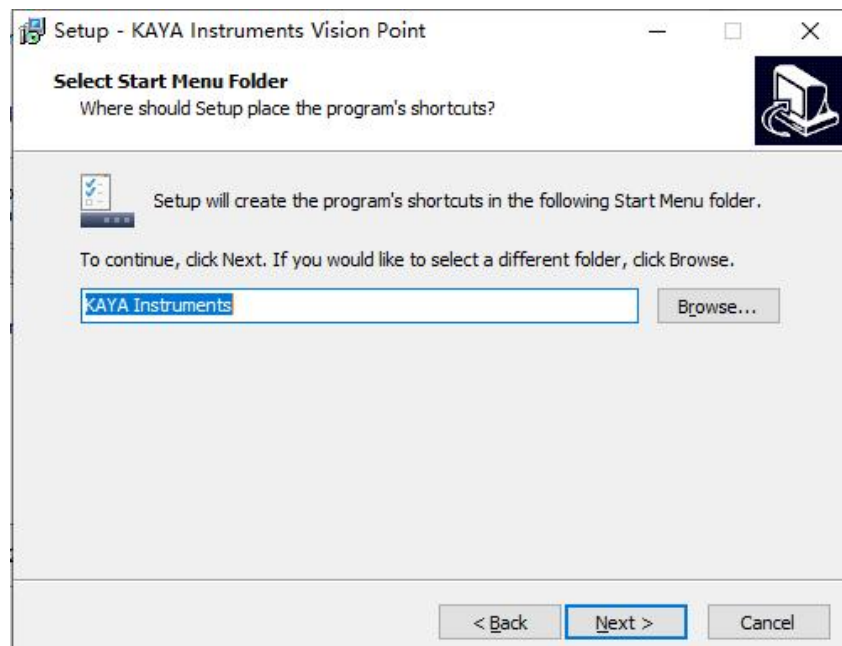


图 3-24

- 6) 确认所有的设置无误后，点击“Install”开始驱动安装进程；

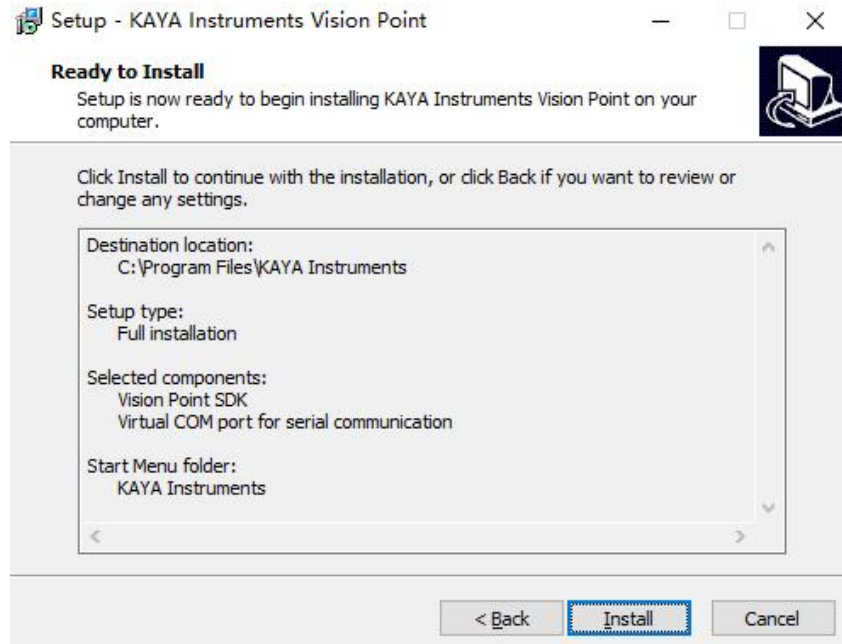


图 3-25

7) 安装进程中，根据提示点击“下一步”继续安装；

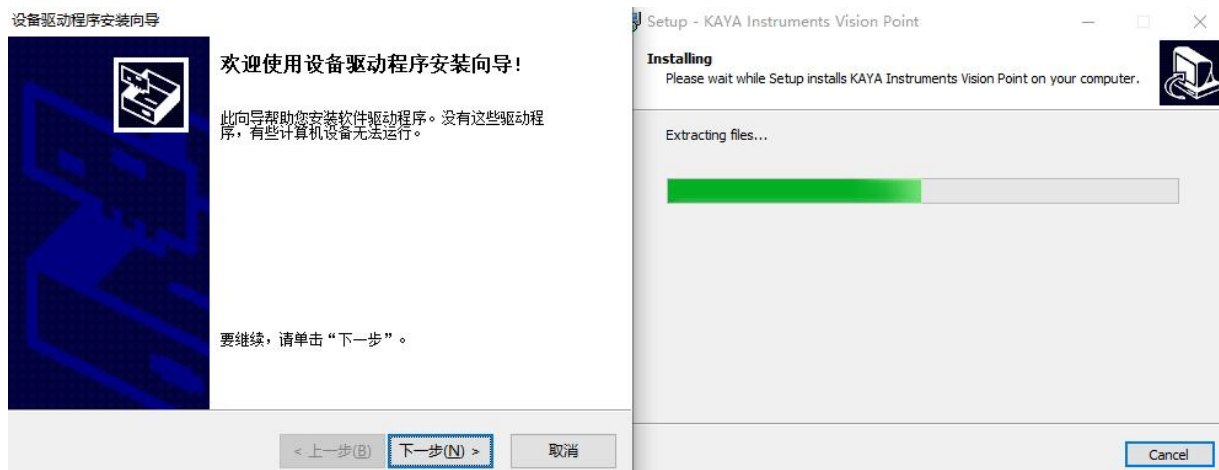


图 3-26

8) 点击“完成”进行下一步；



图 3-27

9) 安装完成后，需要重启软件系统，驱动生效；

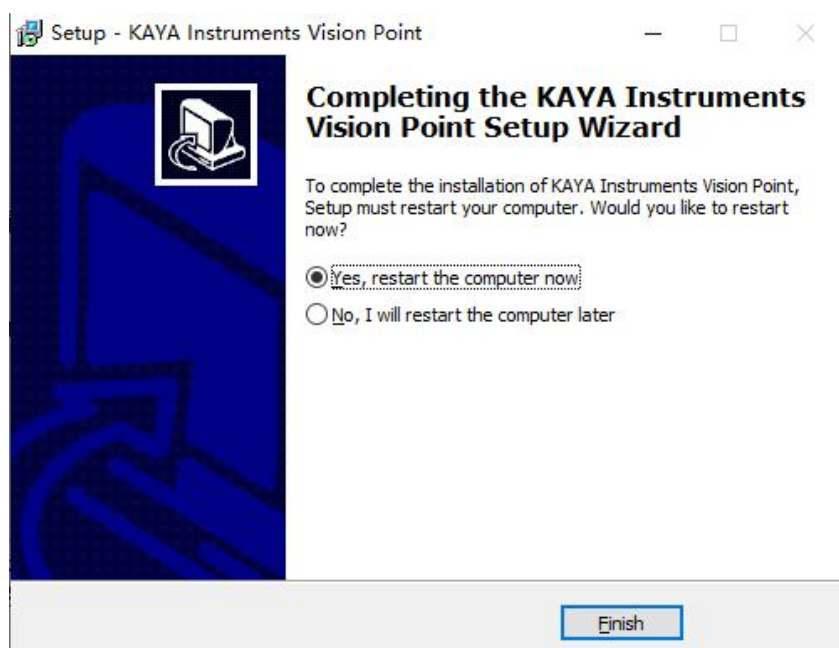


图 3-28

3.5. 水冷管安装

本节介绍相机水冷的相关功能，包括水冷管连接，水温和流速推荐。

水冷管连接步骤

- 1) 将下图两个水冷头保护盖取下，如图 3-32 和图 3-33 所示；



图 3-29



图 3-30

- 2) 按压水管接头左侧圆柄至图 3-34 所示状态，然后连接到相机水管接头，听到一声脆响即为连接成功。使用结束时，同样按压左侧圆柄，即可取下水管。



图 3-31



图 3-32

3) 将相机的水冷接头与水冷机的进出水管连接, 如图 3-36 所示

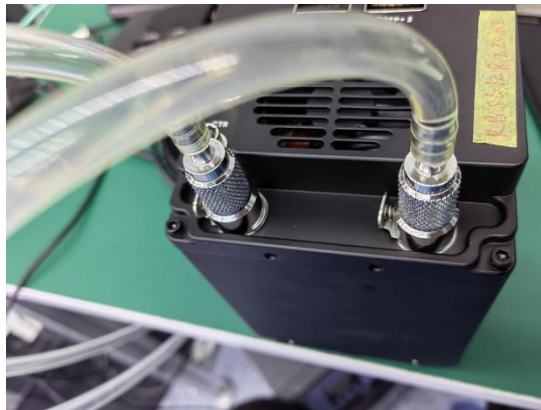


图 3-33

水温 and 流速推荐:

- 1) 相机水冷口不区分“进”、“出”方向;
- 2) 最小水流量: 1L/Min;
- 3) 推荐循环水温 15~20°C, 水温过低会导致窗片结雾, 可能导致芯片损坏。

水冷机的水温需要根据实际环境的温湿度选择, 可以参考附件中温湿度对应结露点的表格。推荐水温应该高于表中的结露温度值, 如当环境温度是 25°C, 相对湿度是 70%, 那么水温不能低于 19°C。

3.6. 软件安装

相机软件 SamplePro 在随机附带的 U 盘中, 为绿色版软件, 直接解压无需安装即可使用。

软件功能和操作说明, 请参考[第五章](#)。

注意:

- 1) 第一次运行时, 请以管理员身份运行 SamplePro 软件 (鼠标右键软件图标, 在弹出菜单中选择“管理员身份运行”);
- 2) 采集卡软件和 SamplePro 软件不可同时运行, 否则会出现无法识别相机的情况;

- 3) 相机正常工作时绿灯闪烁，异常时红色闪烁。
- 4) 当软件提示 No Camera，请尝试以下操作
 - ① 相机与采集卡的线序是否匹配；
 - ② 重装采集卡驱动；
 - ③ 重启电脑系统；
 - ④ 确认电脑系统版本，部分采集卡仅支持 Windows 10 系统；

4. 相机功能介绍

本章将介绍相机的主要功能模块、介绍相机的测试图像、如何对相机的固件版本进行更新操作等。

4.1. TDI 线阵传感器的工作原理

TDI (Time Delayed and Integration) ，即时间延迟积分，是一种能够增加线扫描传感器灵敏度的扫描技术。

工作原理

TDI 线阵相机是一种具有面阵结构、线阵输出的新型光电传感器相机，较普通的线阵相机而言，它具有多重级数延时积分的功能。

TDI 的电荷累积方向是沿 Y 向进行的，其推扫级数自下而上为第 1 级至第 N 级。在成像过程中，随着相机(或样本)的运动，从第 N 级至第 1 级依次感光 and 电荷逐级积累，累积的电荷从第 1 级经运算放大器及 ADC 转换再输出。TDI 为一种单方向推扫成像器件，与一般线阵相机相比，它借助了可变积分级数来增加曝光时间，因此比一般线阵传感器具有更高的灵敏度，可用在低光照度环境下成像，同时又不会影响扫描速度。

优势

TDI 较普通的线阵传感器而言，它具有以下几个优势：

- 1) 更高的灵敏度、响应度高、动态范围宽等优点，在低光照度环境下，也能输出一定信噪比的信号，
- 2) 当应用 TDI 对运动目标成像时，它允许在限定光强时提高扫描速度，或在常速扫描时减小照明光源的亮度，减小了功耗，降低了成本。

4.2. 光谱响应曲线

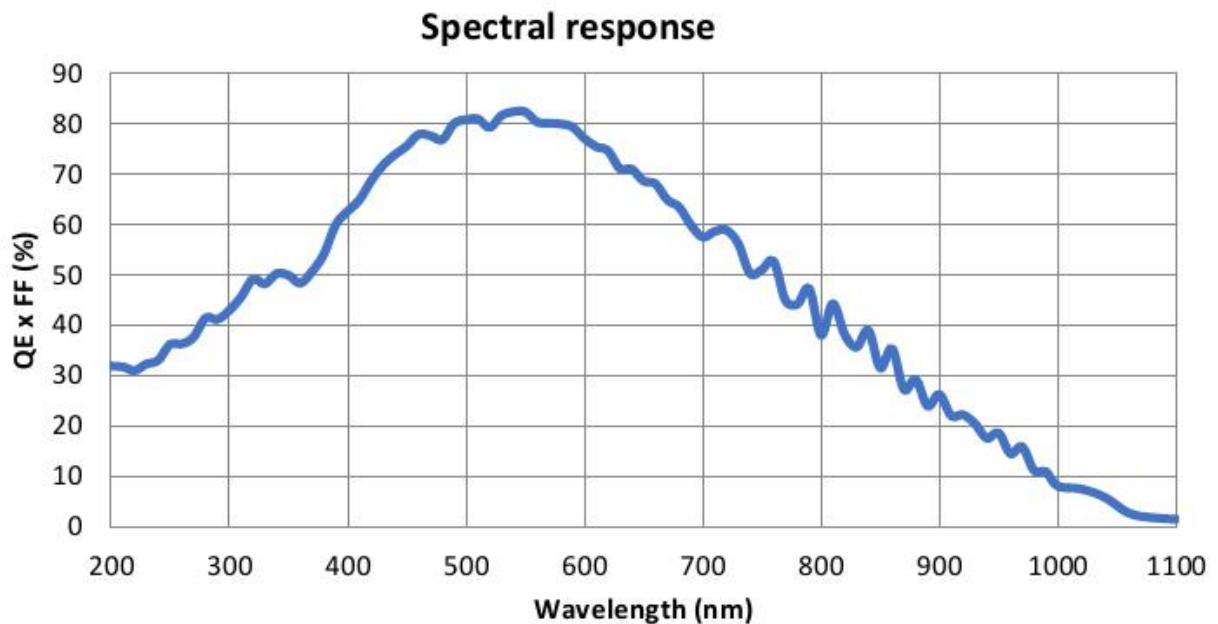


图 4-1 芯片光谱响应曲线*(芯片厂家提供)

4.3. 运行模式与 TDI 级数

Dhyana 9KTDI Pro 有两种不同的操作模式：面阵（Area）和线阵（TDI）。

如果将“Operation Mode”参数设置为“TDI”，则该相机将作为高灵敏度线扫描相机运行。如果将“Operation Mode”（运行模式）参数设置为“Area”，则相机将使用二维像素阵列作为面阵相机运行；面阵模式仅用于相机对焦，不保证图像质量。

在 TDI 模式下，“TDI Stages”参数用于设置相机使用的积分次数。例如，如果“TDI Stages”参数设置为 256，则代表行数据都经过了 256 次积分。在面阵模式下，“TDI Stages”（TDI 级数）参数用于确定 Dhyana 9KTDI Pro 的高度。将“操作模式”设置为“Area”，并将“TDI Stages”参数设置为 256，则该相机将获取分辨率为 9072×256 的图像。

4.4. DeviceScanType

Linescan 模式：相机使用线扫的 CXP 协议输出，电脑收到 1 行图像后产生一个中断信号，这样中断的频率非常高，对 CPU 的资源占用也较高；通过设置采集卡的 Buffer

可以降低中断响应频率，Buffer 越大，中断频率越低，越不容易丢帧，需要的内存就越大。

Areascan 模式：相机使用面阵的 CXP 协议输出，电脑收到 Height 行图像后产生一个中断信号,因此 Areascan 模式下可以通过设置相机的 Height 降低中断响应频率，Height 越大，中断频率越低，越不容易丢帧，需要的内存空间越大。

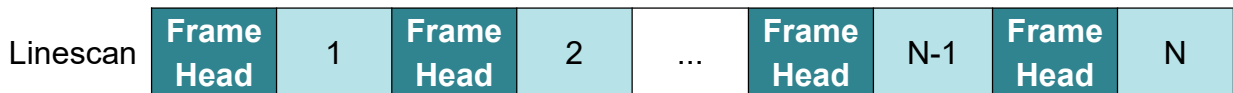


图 4-2 Linescan 模式传输 N 行图像

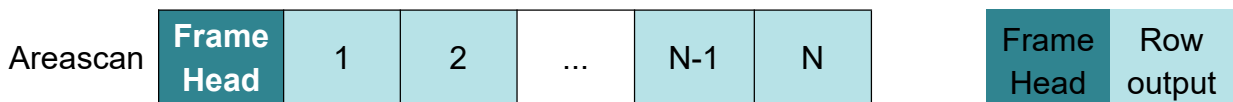


图 4-3 Areascan 模式传输 N 行图像

无论“Linescan”还是“Areascan”模式，采集到的图像并没有任何差异，只是图像通过 CXP 传输时的打包格式有所差异。Line 模式每一行均需要传输一个 Frame Head，Areascan 模式每 N 行传输一个 Frame Head，这样有效带宽会增加，相同分辨率下，其他配置相同的情况下，Areascan 模式能工作到更高的行频。

4.5. 扫描方向

在 TDI 模式下，“Scan Direction”（扫描方向）参数用于设置 Dhyana 9KTDI Pro 的扫描方向。Dhyana 9KTDI Pro 默认正方向扫描，方向示意如图 4-4 所示。用户可以根据使用环境自行调整相机的安装方向。相机可以支持三种方向控制模式。

- 1) Forward：应用场景为被摄物体将从相机的底部通过到相机的顶部；
- 2) Reverse：应用场景为被摄物体经过相机的顶部穿过到相机的底部；
- 3) LineIn1：应用场景为通过将外部触发信号(低电平=正向，高电平=反向)控制扫描方向；

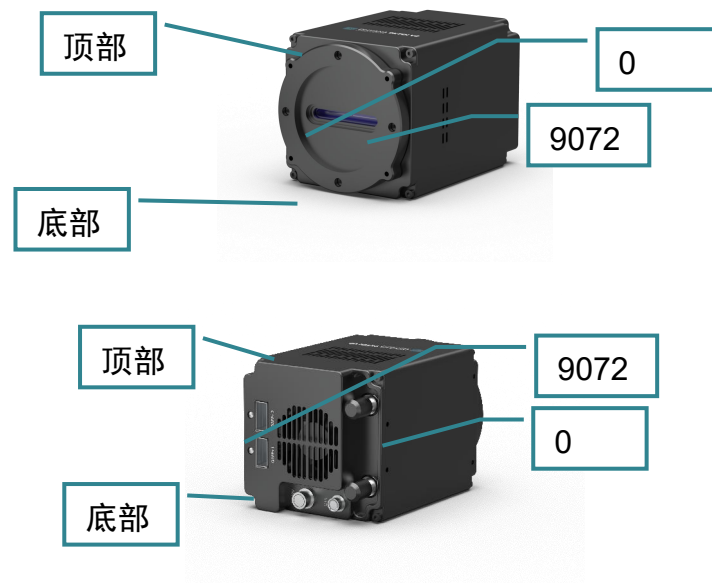


图 4-4 相机的正反方向定义

注意：

- 1) 在面阵模式下，将“Scan Direction”参数设置为“Reverse”时可以获取垂直翻转的图像；
- 2) 控制扫描方向的触发信号接入触发口的 Pin2，具体信息请查看图 2-3 触发引脚定义
- 3) 在采图过程中更换扫描方向，会有一定的换向延迟，8&10bit 会产生 3000 行错误图像，12bit 会产生 1500 行错误图像，需要用户自行处理。

4.6. 像素格式

用户可通过“Pixel Format” (像素格式)查看和设置相机输出图像数据的位深格式；

- 1) Mono8 将像素格式设置为 8 位；
- 2) Mono10 将像素格式设置为 10 位；
- 3) Mono12 将像素格式设置为 12 位；

注意：

当选择 Mono10 和 Mono12 时，图片属性显示为 16 位（高位补零）。

4.7. 水平镜像

Dhyana 9KTDI Pro 相机通过“Reverse X”可以实现水平镜像的功能，此功能可用于线阵和面阵模式。



图 4-5 原始图像



图 4-6 水平镜像图像

4.8. 子区域读出（ROI）

在成像应用中，ROI(Region of interest)是在相机传感器分辨率范围内定义一个感兴趣的子区域，选择 ROI 后就仅仅对这个子区域内的图像进行读出。在操作过程中，只有指定区域的像素信息才从传感器中读取，并从相机传输到图像采集卡。

“Offset X”是设置 ROI 的起点。通过设定“Offset X”和“Width”设置来定义 ROI 的位置和大小。例如，假设将 Offset X 参数设置为 96，将“Width”参数设置为 256，相机将读取并传输像素 97 到 352 的像素值。您可以通过更改“Offset X”和“Width”的参数值来设定 ROI 的大小和位置。

ROI 后的行频数据

横向分辨率	位深	Sensor 理论	实测
9K	8bit	608K	510K
	10bit	608K	345K
	12bit	300K	299K
8K	8bit	608K	581K
	10bit	608K	417K
	12bit	300K	299K

6K	8bit	608K	600K
	10bit	608K	556K
	12bit	300K	299K
4.5K	8bit	608K	600K
	10bit	608K	600K
	12bit	300K	299K
4K	8bit	608K	600K
	10bit	608K	600K
	12bit	300K	299K
2K	8bit	608K	600K
	10bit	608K	600K
	12bit	300K	299K

注意：

- 1) “Offset X”和“Width”参数值的总和不得超过相机成像传感器的宽度。
- 2) “Offset X”设置值可以设置为 0 和 16 的整数倍。“Width”设置值必须至少为 256，并且为 16 的整数倍。
- 3) CXP 图像采集卡可能对 ROI 位置和大小设置了其他限制。请查阅您使用的 CXP 采集卡的用户手册以了解有关更多信息。

4.9. 像素合并（Binning）

“Binning”（像素合并）功能是一种图像读出模式，是将相邻的像元合并在一起，以一个像素的模式读出。像素合并可以提高灵敏度，提高信噪比，并同时提高帧率，但也降低了图像的分辨率。

Dhyana 9KTDIPro 通过 FPGA 和 Sensor 分别实现了 Binning 功能。

BinningHorizontal 支持 X1、X2、X4、X8，设置 X2 后，图像分辨率减半，帧率不变。

BinningVertical 支持 X1、X2、X4、X8，设置 X2 后，图像分辨率不变，帧率减半。

SensorBinning 支持 X1、X2，设置 X2 后，图像分辨不变，帧率不变。

使用 SensorBinningX2,分为以下 2 种情况：

- a. 样本速度不变时，行频需要减半，才能保证清晰成像；
- b. 行频不变时，需要倍增样本速度，才能保证清晰成像。

FPGA Binning 有 2 种方式，求和 Bin(Sum Bin)和均值 Bin(Avr Bin)，差别如下：

FPGA Avr Bin：饱和容量按比例增大，系统增益按比例减小，暗电流按比例变大，饱和灰度值不变。

FPGA Sum Bin：饱和容量不变，系统增益不变，饱和灰度值不变。

注意：

SensorBinning 仅支持 8&10bit,且只在 AnalogGain1 模式下饱和容量翻倍，其他 AnalogGain 饱和容量不变；

4.10. 增益和黑电平

“Gain”（增益）参数会改变 Dhyana 9KTDI Pro 的光响应曲线的斜率，从而增强或减弱相机输出图像的灰度值。

当在弱信号条件下，无法看清所需拍摄物体时，可以通过增大“Gain”参数值，以看清暗部的细节；当在信号很强的场景中、输出图像过亮时，可以通过降低“Gain”值以避免过曝。

模拟增益增大，会导致系统增益成比例增大，饱和容量成比例降低，读出噪声降低，绝对灵敏度阈值降低，信噪比降低，DSNU,PRNU 变小。
线性误差增大。

数字增益增大，系统增益成比例增大，饱和容量会按比例减小，动态范围降低，信噪比降低，暗电流增大，DSNU 减小，PRNU 增大。

两个增益模式如下所示：

- 1) AnalogGain: 模拟增益, 支持 1~8 切换, 步进 0.5, 默认为 2;
- 2) DigitalGain: 数字增益, 支持切换为 0.5~10, 步进 1, 默认为 1;
- 3) BlackLevel: 黑电平, 将增加或减少图片本底灰度值。

芯片本底是有波动, 不同行频、增益、TDI 级数、温度下本底有差异, 例如 12bit 是 1K 本底是 150DN 左右, 300K 本底是 70DN 左右。我们 8bit 是按 10bit 截取的, 所以和芯片 10bit 本底相关, 10bit 同理也跟行频、增益、TDI 级数、温度相关。

如果在当前行频、增益、TDI 级数、温度下做了 DSNU 后 12bit 的本底就会变成 100DN, 同理 $10\text{bit} = 100/4 = 25\text{DN}$ 、 $8\text{bit} = 100/16 = 6\text{DN}$ 。

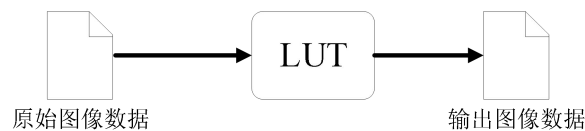
注意：

8bit、10bit 开了 DSNU 不能饱和, 12bit 下开了 DSNU 灰度值增大。

以 8bit 举例, DSNU 先减掉芯片本底比如 20, 再加上校正数值即 $-20+6=-14$, 因此最大的灰度值为 $255-14=241$, 不同芯片可能具体数值有所差异; 如果必须需达到 255 则需要关掉 DSNU, 或者使用 BlackLevel 加上对应的数值, 12bit 时同理则需要减去对应的值。

4.11. 查找表 (LUT)

查找表 (The Lookup Table, LUT) 转换是基本的图像处理功能, 可突出细节包含重要的信息。这些功能包括直方图均衡化、伽马校正、对数修正、指数的修正。输出图像的灰度值与原始图像的灰度值将被一对一映射。用户根据应用情况自行设置对应的数值。



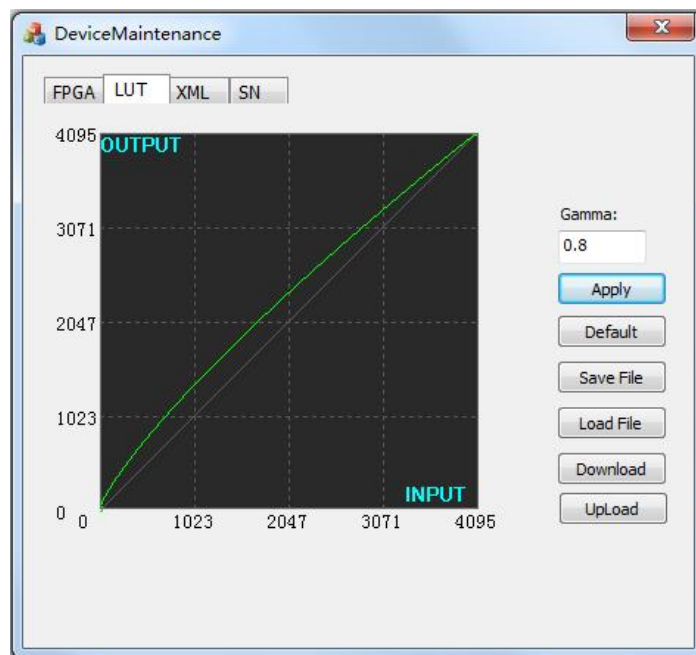


图 4-7 Gamma=0.8 时的 LUT

4.12. 暗场校正（DSNU）

Dhyana 9KTDI Pro 提供 DSNU 校正功能和 DSNU 校正值的存储。

当相机在完全黑暗的环境中获取图像时，在理想的图像中，所有像素灰度值应接近零且应相等。然而，实际上当相机在黑暗中进行拍摄时，传感器中每个像元性能的细微差异将导致从照相机输出的像素灰度值发生某些变化。这种变化称为暗信号非均匀性（DSNU）

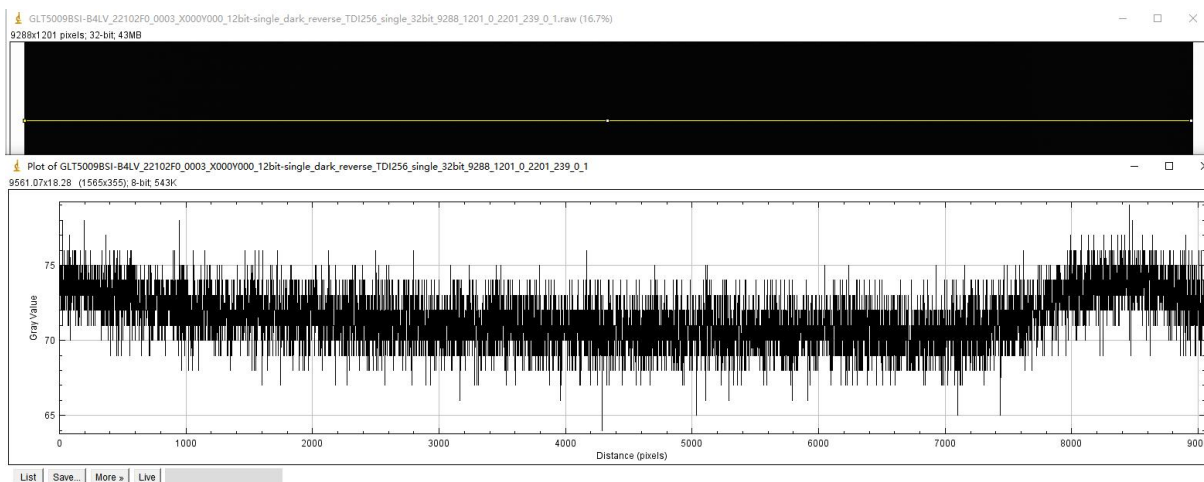


图 4-8 未校正前暗场灰度值曲线

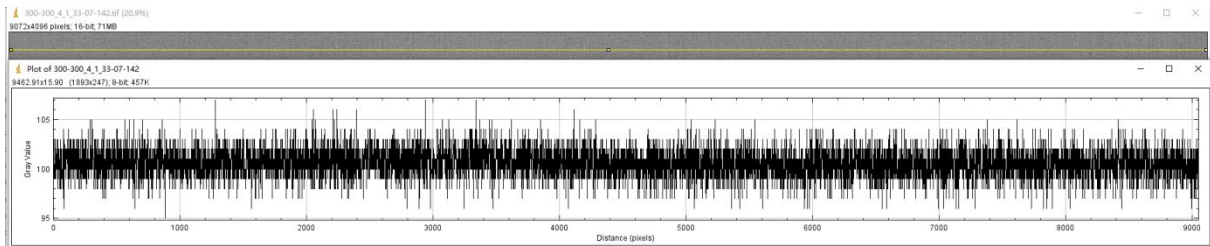


图 4-9 DSNU 校正后暗场灰度值曲线

4.13. 明场校正(PRNU)

Dhyana 9KTDI 提供 PRNU 校正功能和 PRNU 校正值的存储。

当相机在明亮的光线下拍摄均匀的浅色目标时，在理想的图像中，所有像素灰度值都应接近最大灰度值并且相等。然而，实际上但相机中的像元性能的细微差别，从而使得镜头或照明的变化都会导致从相机输出的像素灰度值发生变化。这种变化称为光响应非均匀性（PRNU）。

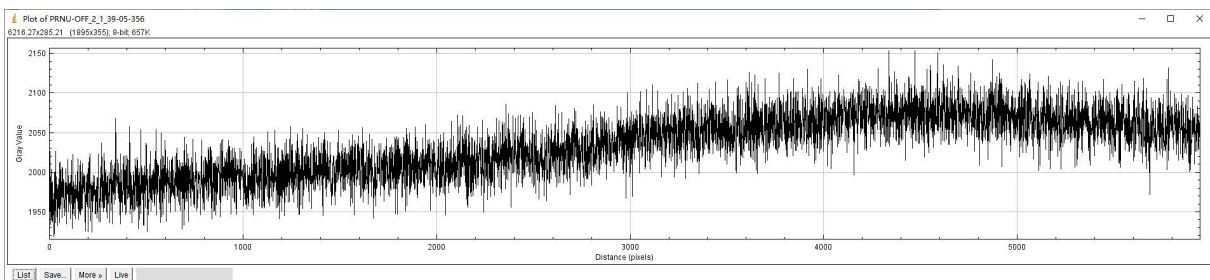


图 4-10 未校正前明场灰度值曲线

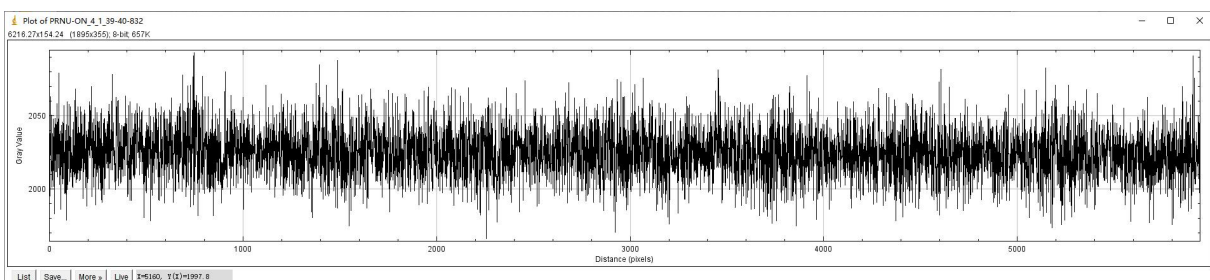


图 4-11 校正后明场灰度值曲线

4.14. 数字 I/O 控制

当需要向外部设备提供源信号时，Dhyana 9KTDI Pro 可以通过控制 I/O 插座输出脉冲信号。您可以通过“StrobeMode”选择触发输出档位，类型包括 On、Timed、

PulseWidth; 还可以翻转输出信号的高低电平、设置输出信号延迟时间和高电平输出信号时间（Timed 下生效）。

4.15. 测试图像

为了检查相机的状态，Dhyana 9KTDI Pro 可以输出内部创建的测试图案。有四种类型的测试模式：

- Grey Horizontal Ramp（水平渐变测试图像）：预览为水平方向的静止灰度渐变。

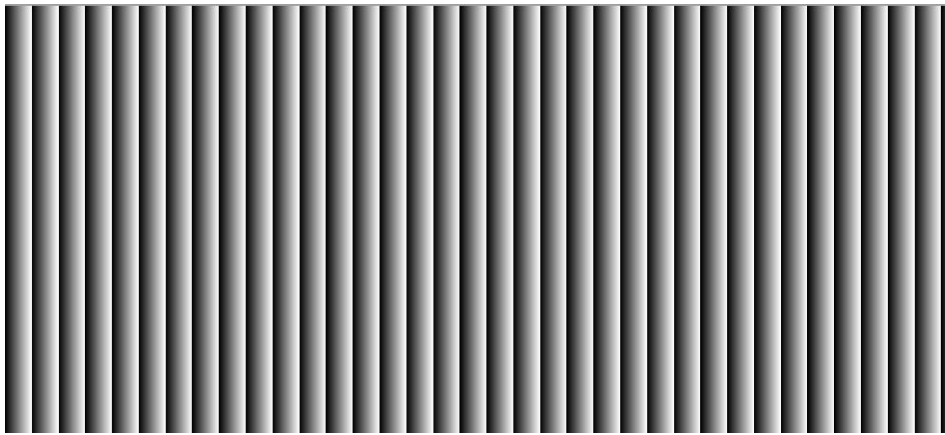


图 4-12 水平灰度渐变测试图样

- Grey Diagonal Ramp（斜角渐变测试的图像）：预览为水平斜对角方向的静止灰度渐变图。

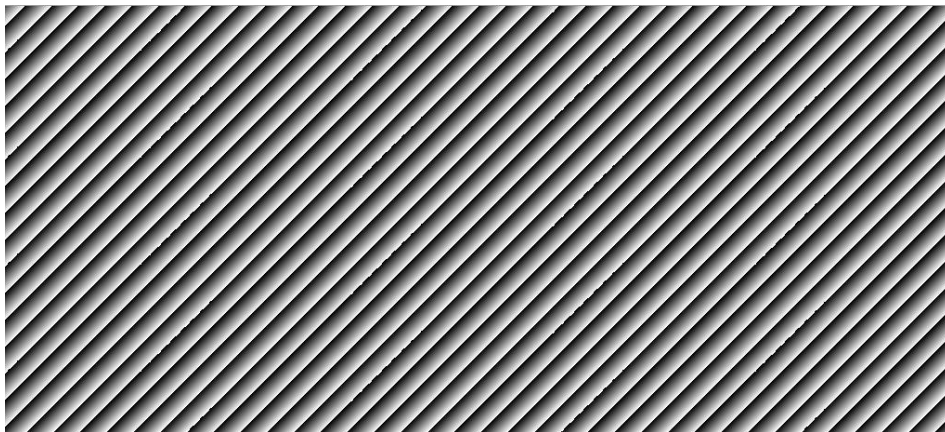


图 4-13 水平灰度斜角渐变测试图样

- Grey Diagonal Ramp Moving（斜角渐变运动测试图像）：预览为水平斜对角方向的运动灰度渐变图。

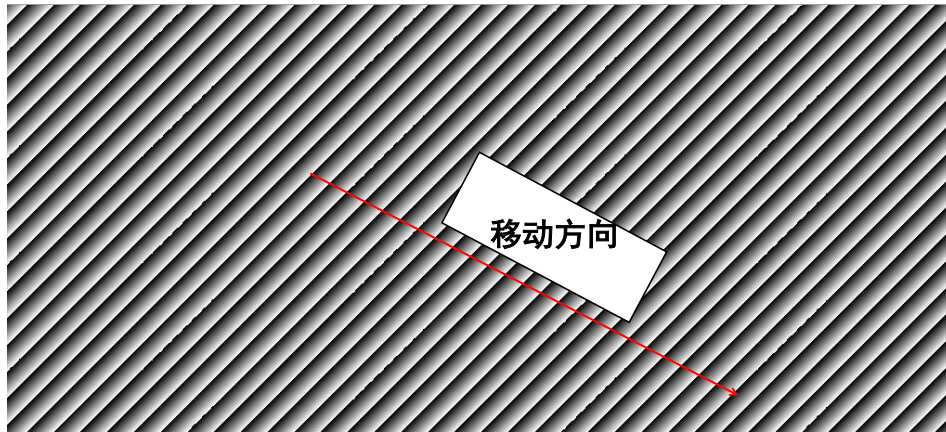


图 4-14 水平灰度斜角移动渐变测试图样

- Sensor Test Image(传感器测试图像):预览为预览为水平方向的静止灰度渐变。



图 4-15 水平灰度渐变测试图样

注意：

Grey Horizontal Ramp、Grey Diagonal Ramp、Grey Diagonal Ramp Moving 由 FPGA 生成，主要用于验证相机 FPGA 到 PC 的链路是否存在问题；Sensor Test Image 由 sensor 生成，主要用于验证 sensor 是否正常工作。

4.16. 固件升级

Dhyana9KTDI Pro 相机通过“UpdateTool”软件可进行固件的在线升级。

准备资料：

UpdateTool 更新工具；

固件文件，.bin 格式；

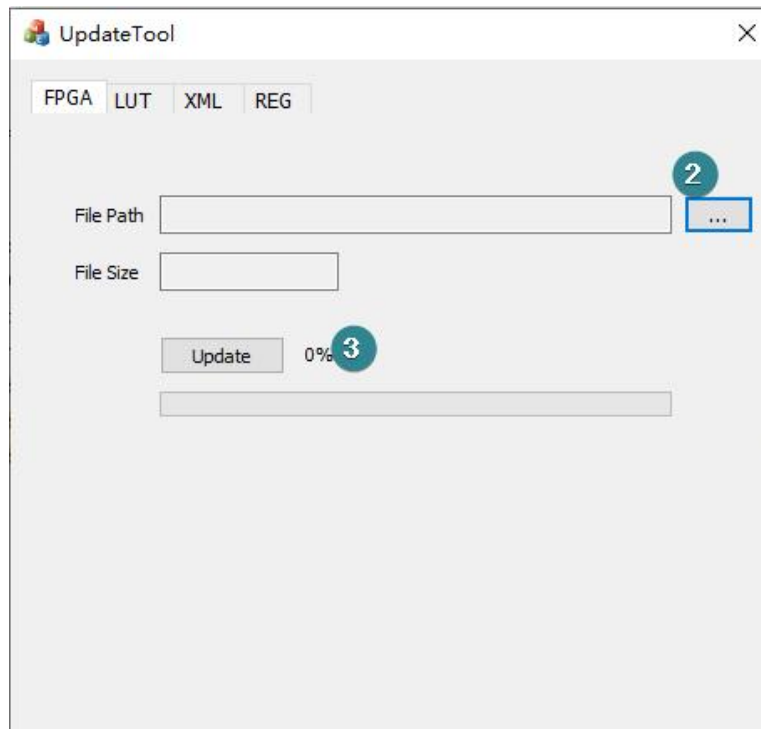


图 4-15 UpdateTool 界面

操作步骤：

- 1) 双击运行“UpdateTool”工具，界面如图 4-16 所示；
- 2) 选择固件文件路径；
- 3) 点击“Update”按钮等待更新完成；
- 4) 更新完成后，断电重启相机，新固件生效，或者使用软件的“DeviceReset”进行重启；
- 5) 待相机重启后，确认 DeviceVersion 与所升级固件一致，则升级成功。

5. 相机软件说明

SamplePro 为相机的控制软件，用户通过此软件进行相机参数的设置、预览和图像获取，并支持多相机同时连接。

双击 SamplePro 开启相机软件，软件开启界面如图 5-1 软件开启界面所示，等待加载完成后，功能将展示在画面的左侧；

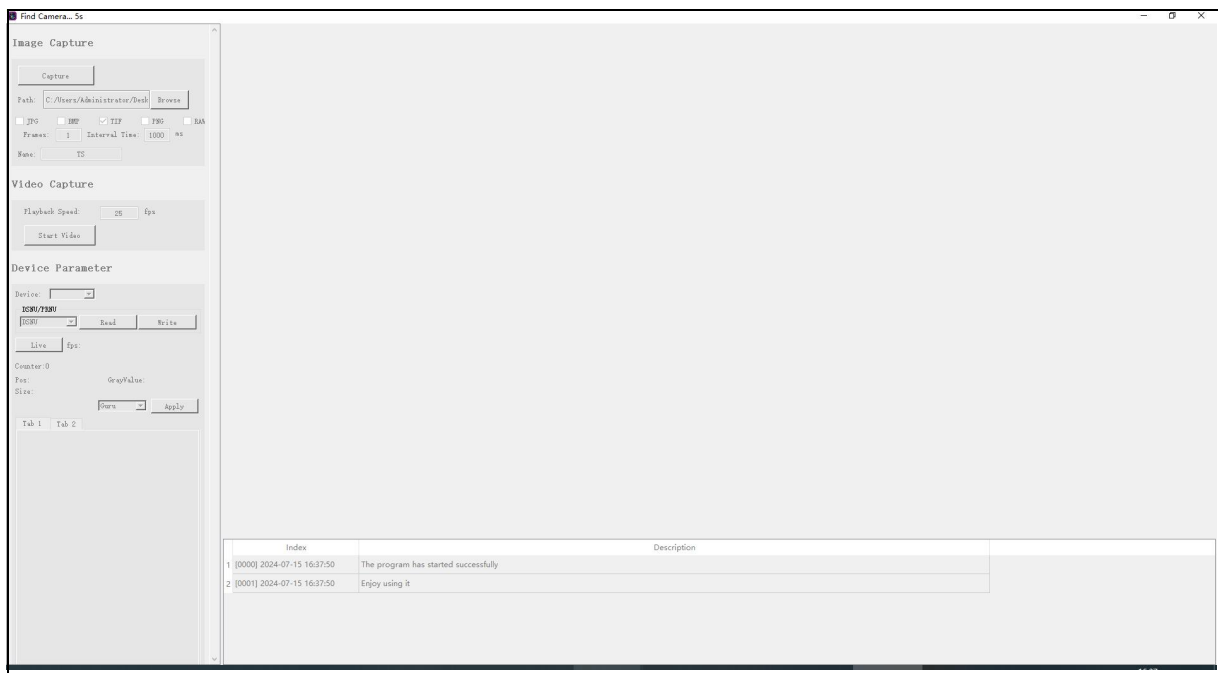


图 5-1 软件开启界面

注意：

第一次启动 SamplePro 软件时,以右键管理员身份运行,后续使用软件直接双击即可;

5.1. 窗口组成

SamplePro 软件主界面由“预览窗口”、“软件窗口”、“图像摄像”、“设备参数”、“软件日志”“图像调整”五部分组成，如图 5-2 、图 5-3 软件窗口界面分布所示。

本节对各个窗口的功能做简要介绍。

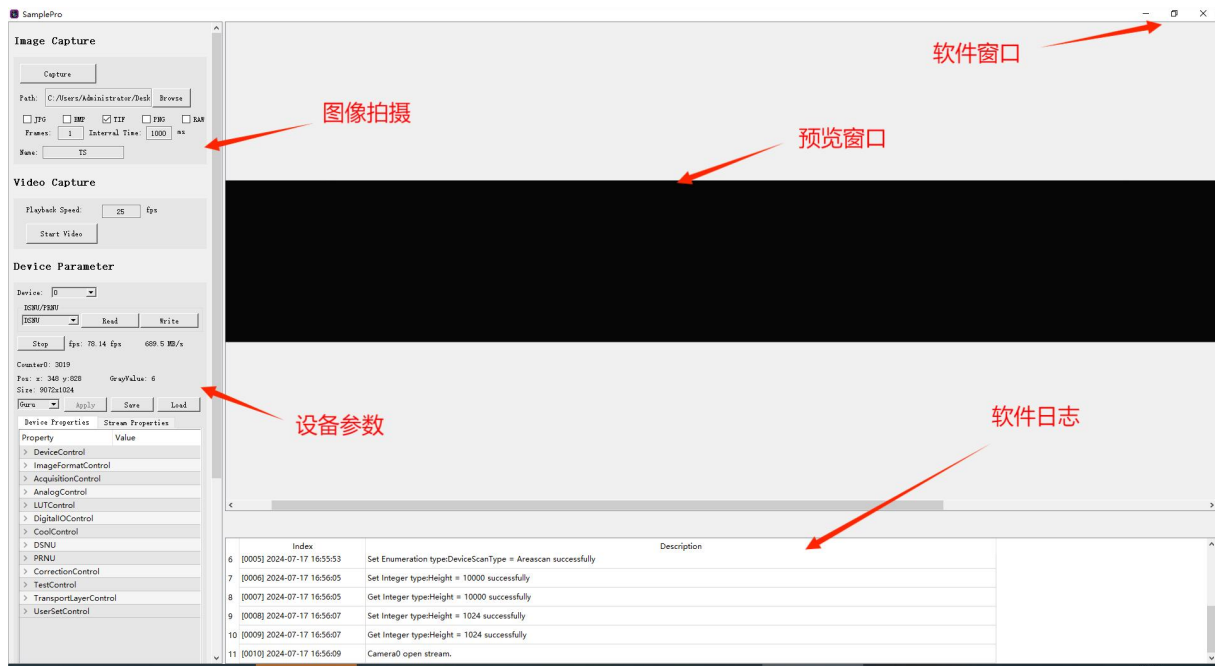


图 5-2 软件窗口界面分布 1

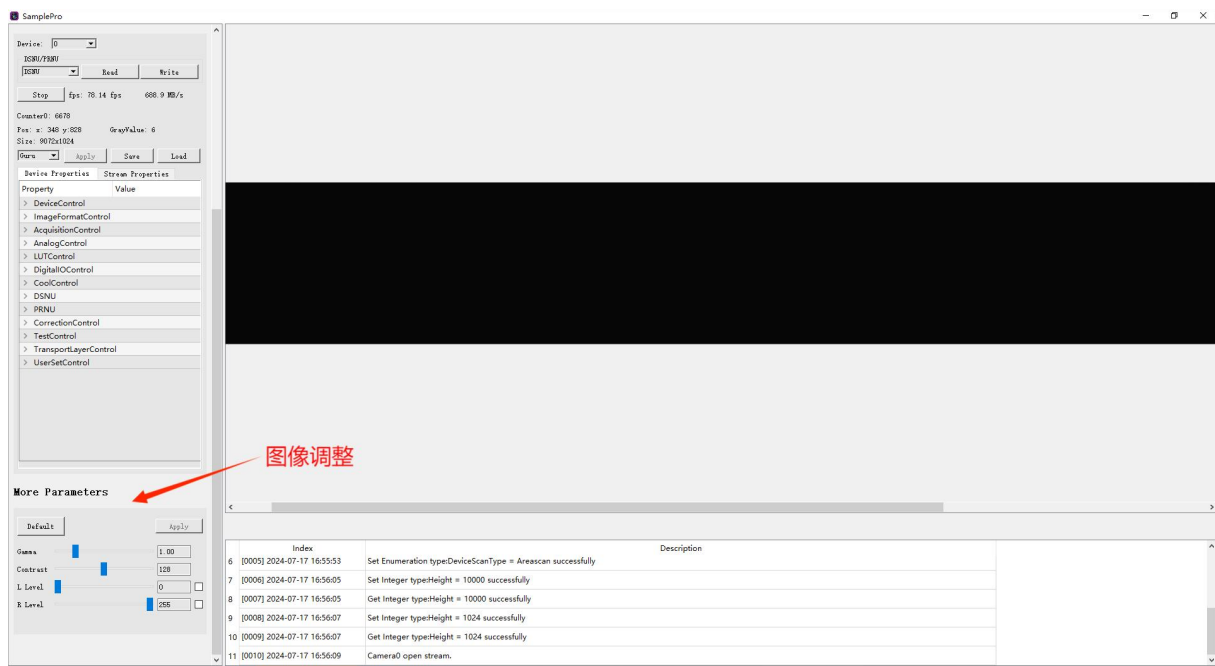


图 5-3 软件窗口界面分布 2

5.1.1. 预览窗口

预览窗口显示相机实时拍摄画面。预览窗口支持实时缩放，用户可依据实际需求，

通过鼠标滚轮放大或者缩小预览窗口画面。多相机连接的时候，预览窗口也支持同时显示多个相机的实时拍摄画面。

预览窗口左侧会根据鼠标在实时画面中显示鼠标位置所在的像元灰度值、坐标以及图片分辨率大小。如图 5-4 所示

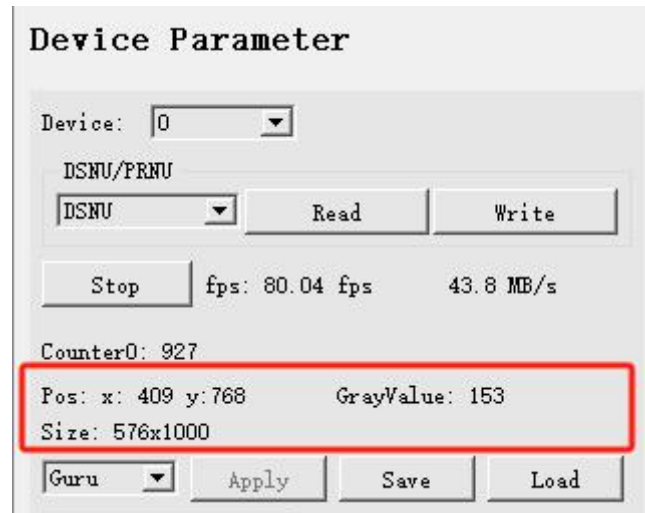


图 5-4

5.1.2. 软件窗口

软件窗口的功能为常见的最小化，最大化和关闭窗口。

5.1.3. 图像拍摄

图像摄影模块为相机的基本拍图、录像功能。用户可根据使用需求，选择不同的图片格式进行抓图和自定义时长录像，默认会保存在软件根目录下的 img 文件夹中。

5.1.4. 设备参数

相机的主要功能均在此模块下展开，同时相机的出图方式在此控制。用户可根据使用需求在相应的功能模块下进行展开使用。

5.1.5. 图像调整

用户可以在图像调整界面，根据实时预览效果和实际样本的差距，调节图像伽马值、对比度值，设置左右色阶以达到需要的图像效果。

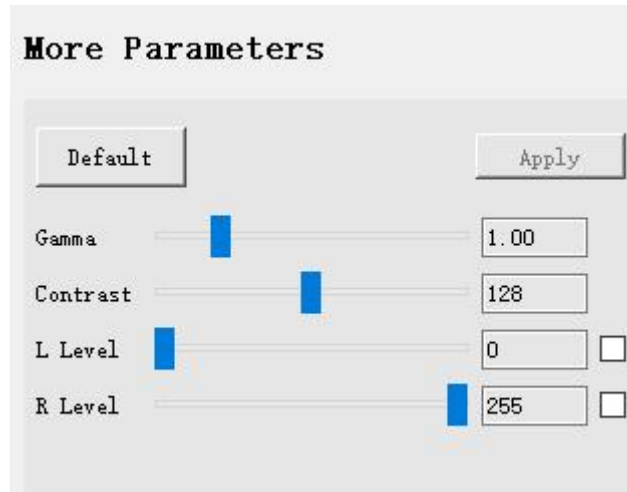


图 5-5

5.1.6. 软件日志

实时记录用户与软件的交互过程，包括用户操作、和响应结果等，为常见问题排查提供参考信息。

5.2. 图像拍摄

本节对图像拍摄模块的功能进行详细的介绍，包括部分功能的操作步骤等；

如图 5-6 图像拍摄界面所示，图像拍摄模块支持相机的基本拍图、录像功能。

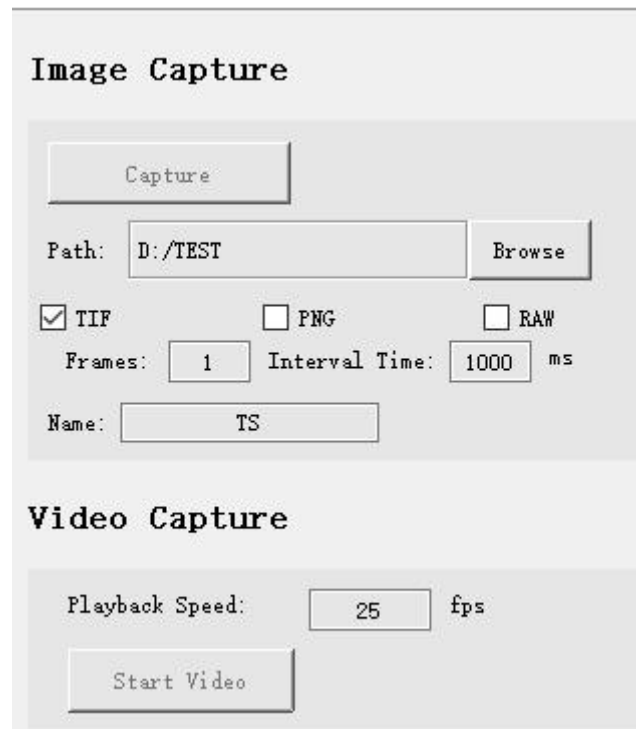


图 5-6 图像拍摄界面

- 1) **Capture:** 拍照按钮，点击进行拍照；
- 2) **Path:** 设置图片和录像的默认存储路径，点击  进行修改；
- 3) **Name:** 图片名称默认前缀，支持自定义；
- 4) **TIF/PNG/RAW:** 图片格式选取，支持原图 PNG、RAW 和 TIF 格式，默认 TIF 格式，支持同时勾选；
- 5) **Total Frames:** 设置一次拍摄的张数，默认存图 1 张；
- 6) **Interval Time:** 拍图时间间隔，默认 1000ms，最低为 0；
- 7) **Playback Speed:** 视频录制帧率控制，默认 25fps；
- 8) **Start Video:** 开始录像按钮，再次点击可停止录像。保存为.avi 视频格式。

注意：

- 1) 存储 RAW 格式图像时，前面 1024 个字节的数据为图像头信息，需要跳过。
- 2) 存储 tif 格式图像时，需要把图像调整的算法都设置成默认，见图 5-5，否则保存出来的图像是经过处理软件处理后的，比如色阶等等。
- 3) 流模式存图会丢帧，建议使用触发存图。

4) 使用外触发存图时，触发图数量需要与存图数量一致，否则会出现图像覆盖。

E.g. 需要存 100 张图 (9072*1024)，那么触发数量为 100*1024。

5) 触发存图会预先申请内存，因此要内存足够。

5.3. 设置设备参数

此功能模块包含了相机和采集卡的所有设置参数接口，同时相机的预览开关也在此模块体现。“Device Properties”为相机参数设置模块，“Stream Properties”为采集卡参数设置模块。

Device Parameter

Device: 0

DSNU/PRNU

DSNU Read Write

Live fps:

Counter0: 0

Pos: GrayValue:

Size: 1024x2048

Guru Apply

Device Properties Stream Properties

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
> CoolControl	
> DSNU	
> PRNU	
> CorrectionControl	
> TestControl	
> TransportLayerControl	
> UserSetControl	

图 5-7

- 1) **Device:** 选择当前已连接的一个相机，列表对应陈列选中相机的参数；
- 2) **Live/Stop:** 相机预览切换窗口，当显示“Live”时表示相机正常连接，但预览未开启，当显示“Stop”时表示相机正常连接且预览已经开启；

注意：

①每次LIVE开流时，需要跳过前3000行（8&10bit）或者1500行（12bit），因为sensor一直处于曝光中，电荷会一直累积，导致前300行左右过曝，等待3000行或者1500行是为了等待电路完全稳定。

②相机执行Live/Stop前需要先对从机进行Live/Stop操作，再对主机进行Live/Stop。例如，主机和从机均处于8bit流模式出图状态，需要切换10bit，则先对从机进行Stop停止出流，再对主机进行Stop停止出流；之后在主机切换10bit再对从机进行Live（此时因为主机未出流，从机处于流模式待触发状态），最后对主机进行Live出图，主机与从机数据会同时出流。

- 3) **Counter:** 相机出图张数计数；
- 4) **DSNU/PRNU Read & Write:** DSNU和PRNU均支持背景数据的读写，Read是从相机内存中导出校正数据，Write是将校正数据写入到相机内存中，需要保存时点击DSNUSave或PRNUSave，导出和写入格式为TXT；每两行为一个像素点的DSNU或PRNU校正数据，第1行到9072*2行为正扫的校正数据，第20481行到第(20480 + 9072*2)行反扫校正数据，其余数据均为预留填充数据，非真实校正数据，直接忽略即可。
- 5) **Apply:** 在多相机连接的时候，可以在停流状态下将当前相机的设备参数应用到其他相机；

5.3.1.DeviceControl

Property	Value
▼ DeviceControl	
DeviceScanType	Areascan
DeviceVendorN...	Tucsen
DeviceModelN...	Dhyana 9KTDI Pro
DeviceManufac...	Tucsen CXP Camera
DeviceVersion	2E0124061801
DeviceSerialNu...	RBSE15124002
DeviceUserID	D-Sensor
DeviceSFNCVer...	2
DeviceSFNCVer...	0
DeviceSFNCVer...	0
DeviceManifest...	0
DeviceManifest...	1
DeviceManifest...	0
DeviceManifest...	4
DeviceManifest...	1
DeviceManifest...	0
DeviceManifest...	Local:TDI.zip;2000...
DeviceTLType	Coa X Press
DeviceTLVersio...	1
DeviceTLVersio...	0
DeviceLinkSelec...	0
DeviceLinkSpeed	0.00000
DeviceLinkThro...	0.00000
DeviceLinkCom...	0.00000
DeviceReset	{Command}
DeviceIndicator...	Active
DeviceTempera...	54.77856
SensorTemper...	10.11812
Timestamp	2,256,275,542,136
TimestampIncr...	8
TimestampReset	{Command}
TimestampRes...	0

图 5-8

用于显示相机的参数信息设置和显示，包括基本信息（只读）、UserID 设置，相机复位、Device 和 Sensor 温度显示、复位等。如图 5-8 所示。

DeviceScanType: 图像采集类型选择，支持“Linescan”和“Areascan”。Linescan

模式相机高度只有一行数据，且无法更改 Height；Areascan 相机高度数据可自行设置，最大 32768；从机与主机的高度设置是独立的，可以选择不同的高度进行预览或拍图。

DeviceVersion: 显示相机的固件版本号（只读）；

DeviceSerialNumber: 显示相机的 SN 号（只读）；

DeviceUserID: 用户自定义输入编辑，保存到相机内部的非易失存储器，下次上电不会丢失，在一个系统集成多个相机时，可以用修改该参数区分相机；

DeviceReset: 设备复位按钮，点击对相机进行在线重启操作，相机重启后加载选择的 UserSetDefault 参数；

DeviceTemperature: 显示相机主板的实时温度（只读）；

SensorTemperature: 显示 Sensor 的实时温度（只读）；

5.3.2. ImageFormatControl

此模块可用于设置相机的图像宽度、起始 OffsetX、OffsetY、水平、垂直 Binning、水平镜像、位深切换、测试模式、线扫方向、TDI 级数调节等。

Property	Value
> DeviceControl	
▼ ImageFormatControl	
SensorWidth	9,072
SensorHeight	1
WidthMax	9,072
HeightMax	32,768
Width	1,024
Height	2,048
OffsetX	0
OffsetY	0
SensorBinning	X1
BinningHorizon...	X1
BinningVertical	X1
BinningType	Avr
ReverseX	☐ False
PixelFormat	Mono 12
LineInfo	☐ False
TestPattern	Off
ScanDirection	Forward
TDIStagesP1	256

图 5-9

SensorWidth: 相机 sensor 的宽度信息显示；

SensorHight: 相机 sensor 的高度信息显示；

WidthMax: 相机可设置的最大宽度；

HeightMax: 相机可设置的最大高度；

Width: 图像水平宽度设置，允许输入范围：256-9072，最小步进 16。Binning 之后的最大值会发生变化，请参考“WidthMax”。

Height: 图像高度设置，Linescan 下不可设置固定为 1。实际图像的垂直分辨率为 Height*BufferHeight；Areascan 可设置，最大可设置 32768。

OffsetX: 图像水平起始点选择，Offset+Width≤9072，最小可输入 0，步进 16；

OffsetY: 图像垂直起始位置，即图像从第多少行开始输出，例 OffsetY=256 表示扫描的前 256 个信号过滤不计入数据，可输入范围 0~32768，步进 1，仅 TDI 模式下设置生效。

Sensorbinning: 垂直 Binning，支持 X1、X2。Binning 之后，需要通过翻倍运动速度或者减半行频来保证图像正常。

BinningHorizotal: 水平 Binning，支持 X1、X2、X4、X8 模式，Binning 之后分辨率降低，可通过“BinningType”选择图像输出是 Sum 或 Avr；

BinningVertical: 垂直 Binning，支持 X1、X2、X4、X8，Binning 之后分辨率降低，可通过“BinningType”选择图像输出是 Sum 或 Avr；

BinningType: Binning 类型切换，支持 Sum 和 Avr，Sum 是将 Binning 几行或几列像素相加求和作为 Binning 像素的输出；Avr 是将几行或几列像素求平均值作为 Binning 像素的输出。

ReverseX: 图像进行水平方向翻转；

PixelFormat: 位深切换，支持 8bit, 10bit 和 12bit。当选择 8bit 时，图片输出位深为 8bit，当选择 10bit 和 12bit 时，图片输出位深为 16bit，因为 PC 端的数据需要按字节对齐。

LineInfo: 相机行信息，开启后，每一行数据最后多出 64 个像素，用于统计每行之间的调试信息；

TestPattern: 测试模式，支持“水平灰度渐变”见图 4-12 水平灰度渐变测试图样、“水平灰度斜角渐变”见图 4-13 水平灰度斜角渐变测试图样、“水平灰度斜角移动渐

变”见图 4-14 水平灰度斜角移动渐变测试图样、“传感器测试图像”见图 4-15。

ScanDirection: 选择相机扫描方向，支持 Forward、Reverse、LineIn（外触发控制）三种；用户可依据实际使用场景切换以匹配扫描方向；

TDIStagesP1: TDI 级数 P1 阵列切换，支持 4、8、16、32、64、96、128、160、192、224、240、248、252、256 级数。TDI 模式下，同一光照亮度下，TDI 级数越大，灵敏度越高，在弱光环境下能捕捉到更多的光信号。

注意：

- 1) 只有在停止预览的状态下，才能设置 Width、OffsetX、位深、Binning 切换等；
- 2) 设置 Width, OffsetX 必须为 16 的倍数，如果设置错误，软件自动返回到上次设置正确的数值；

5.3.3.AcquisitionControl

此模块用于控制相机的运动模式、行频设置、外触发模式、触发重调、出图方式选择、触发统计显示等，设置界面如图 5-10 所示。

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
▼ AcquisitionControl	
AcquisitionStart	{Command}
AcquisitionStop	{Command}
AcquisitionLine...	80,000.00000
TriggerSelector	Line Start
TriggerMode	Off
TriggerSource	Line In 0
TriggerActivation	Rising Edge
TriggerBurrFilter	128
ScanDirectionB...	128
TriggerRescale...	On
TriggerRescale...	1.00000
TriggerRescale...	512
OperationMode	TDI
ExposureTime	10.00000
SoftTrigger	{Command}
SoftTriggerNum	8,192

图 5-10

AcquisitionStart: 流模式下，扫描开始按钮；

AcquisitionStop: 流模式下，扫描暂停按钮；

AcquisitionLineRate: 行频设置，TDI 模式下设置有效，Area 模式不支持输入，行频与曝光时间转换关系如下，曝光时间=TDI 级数/行频（秒），最大曝光时间 256ms；

TriggerMode: 触发模式开关，On 状态下开启触发模式。TDI 模式下，一个脉冲触发一行数据，Area 模式，一个脉冲触发一帧图像，图像的高度由 TDIStagesP1 决定；

TriggerSource: 触发类型选择，支持 Line In0 外触发、Software 软触发和 CXPIn 采集卡触发三种触发方式。Line In0 时，触发源通过广澜线连接相机触发口进行触发出图；Software 时，通过点击 SoftTrigger 进行触发；CXPIn 时，触发源通过采集卡触发线连接采集卡进行触发出图；

TriggerActivation: 触发类型选择，支持上升沿、下降沿、双边沿触发（触发频率、脉冲数量翻倍）；

TriggerBurrFilter: 毛刺滤波功能，指定触发信号的有效脉冲宽度，单位为 ns，8bit 和 10bit 为 11.5ns,12bit 精度为 13.9ns,例如 12bit 设置为 100，实际值为： $100/13.9 \approx 7.2 \gg 13.9 \times 7 = 97.3\text{ns}$ 。当触发信号电平持续保持时间大于该设置值时才认为是一个有效的触发信号。如果信号质量很差，导致信号电平宽度没有大于该设置值的，就会全部被过滤掉，导致相机实际接收的脉冲数量小于客户给的脉冲数量。增大该值触发延时会同步增加。

ScanDirectionBurrFilter: 扫描方向控制信号阈值调节，单位 ns，8bit 和 10bit 为 11.5ns,12bit 精度为 13.9ns,例如 12bit 设置为 100，实际值为： $100/13.9 \approx 7.2 \gg 13.9 \times 7 = 97.3\text{ns}$ 。那么换向信号持续 97.3 ns 才能换向，增大该值换向延时会同步增加。

TriggerRescalerMode: 触发重调模式，对外触发信号的频率进行放大或缩小；

TriggerRescalerRate: 触发重调系数，设置重调系数对外触发信号频率进行调节，可输入 0.01~100，例如外触发频率 100kHz，重调系数 2，最终实际触发 200kHz；

注意：

重调后的频率也应该在相机可以支持的频率之内，否则会出现丢帧。

TriggerRescalerFilter: 触发重调滤波系数，减少触发重调后的外触发信号抖动，值越大重调后的频率越稳定，可选择切换 16、32、64、128、256、512；

注意：

- 1) 设置 “TriggerRescalerFilter” 会造成触发信号延迟增加，例如重调系数为 512，那么需要 512 个触发脉冲后才会输出一行图像，所以脉冲输出会整体延迟 512 个脉冲的时间，与 “TriggerRescalerRate” 设置的值无关。
- 2) TriggerRescalerFilter 之后, RxTriggerNum 显示的数量会比实际发送的脉冲数量多，频率越高，数量越多；
- 3) TriggerRescalerFilter 适用于平台本身是匀速运动的，只是输出的信号质量有抖动。如果平台的运动速度本来就不是匀速的，不推荐使用此功能；

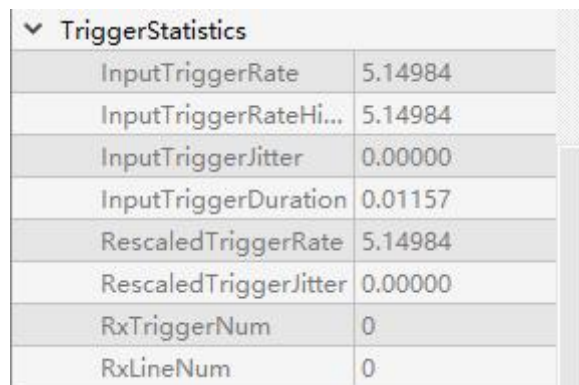
OperationMode: 出图模式选择，支持 TDI 与 Area 模式，推荐 Area 模式用于静态图像的对焦定物距；

ExposureTime: 面阵模式下，曝光时间调节，可输入 1~10000ms；

SoftTrigger: 软触发指令按钮；

SoftTriggerNum: 一次软触发的触发数量设置，可输入 1~4294967295；

TirggerStatistics: 触发统计功能模块，功能界面如图 5-11 所示；



▼ TriggerStatistics	
InputTriggerRate	5.14984
InputTriggerRateHi...	5.14984
InputTriggerJitter	0.00000
InputTriggerDuration	0.01157
RescaledTriggerRate	5.14984
RescaledTriggerJitter	0.00000
RxTriggerNum	0
RxLineNum	0

图 5-11 触发统计功能模块

InputTriggerRate: 显示触发输入信号的频率 Hz；

InputTriggerRateHighest: 显示触发输入信号的最高频率 Hz；

InputTriggerJitter: 显示触发输入信号的抖动%，值越小信号质量越好；

InputTriggerDuration: 显示触发输入信号高电平时间 us；

RescaledTriggerRate: 显示触发输入重调后的频率 Hz；

RescaledTriggerJitter: 显示触发输入重调后的信号抖动%；

RxTriggerNum: 外触发输入信号的脉冲数量，该值在启动采集时会进行一次清零；

RxLineNum: 查看相机通过 CXP 接口送出的图像行数，该值在启动采集时会进行一次清零；

注意：

$RxTriggerNum \geq RxLineNum$ ，一般有两个原因

- 1) 实际频率比理论支持的频率大；
- 2) 信号在合理范围内，但是由于信号传输质量，导致两个触发沿的时间间隔小于最小行周期，也会出现这种情况；

5.3.4. DigitalIOControl

此模块用于设置相机的外触发输出功能，功能界面如图 5-12 所示。

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
▼ DigitalIOControl	
StrobeMode	Off
StrobeInverter	☐ False
StrobeOutDelay	0.00000
StrobeDuration	10.00000

图 5-12

StrobeMode: 触发输出挡位选择，支持 OFF/ON/Timed/PulseWidth；

- 1) OFF: 低电平；
- 2) On: 高电平 3.3V；
- 3) Timed: 通过 StrobeDuration 配置脉冲周期，占空比 50%；
- 4) PulseWidth: 相当于复制 TriggerInput1 的信号，通过 StrobeOutDelay 调整延迟时间；

StrobeInverter: 输出信号高低电平翻转；

StrobeOutDelay: 输出信号延迟时间 us；

StrobeDuration: 高电平输出信号时间 us（Timed 下生效）；

5.3.5. AnalogControl

此功能模块用于设置相机的模拟、数字增益以及黑电平调节如图 5-13 所示：

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
▼ AnalogControl	
AnalogGain	X2
DigitalGain	X1
BlackLevel	0

图 5-13

AnalogGain: 模拟增益，支持 1~8 切换，步进 0.5；

DigitalGain: 数字增益，支持 0.5~10 切换，步进 1；

BlackLevel: 黑电平，增加或减少图片本底灰度值，可调节-255~255。

5.3.6. LUTControl

此模块用于设置 LUT 功能，设置界面如图 5-14 所示：

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
▼ LUTControl	
LUTSelector	Luminance
LUTEnable	☐ False
LUTIndex	0
LUTValue	0
LUTSave	{Command}
LUTLoad	{Command}

图 5-14

LUTEnable: LUT 控制开关，默认不开启；

LUTIndex: INPUT 值，输入后自动加载应用的曲线对应的输出值，范围 0~4095；

LUTValue: OUTPUT 值，根据输入的 LUTIndex 值加载，可手动修改和保存，范围 0~4095；

LUTSave: 对修改后的曲线进行保存；

LUTLoad: 对应用写入的 LUT 曲线进行加载；

注意：

使用 LUT 功能前，用户需打开 UpdateTool 软件根据实际使用进行 LUT 配置写入。

UpdateTool 上的 LUT 设置

软件操作界面如图 5-15 所示。

Gamma: 输入值后可调出对应 INPUT-OUTPUT 曲线；

Apply: 应用当前调用 LUT 曲线；

Default: 恢复默认为 Gamma=1 时的 LUT 曲线状态；

Save File: 保存当前 LUT 曲线到指定文件路径；

Load File: 加载保存的 LUT 曲线文件；

Download: 把当前应用的 LUT 曲线配置到相机中；

Upload: 从相机中加载读取应用的 LUT 曲线（需要在 SamplePro 中对 LUT 曲线保存后才可加载读取）；

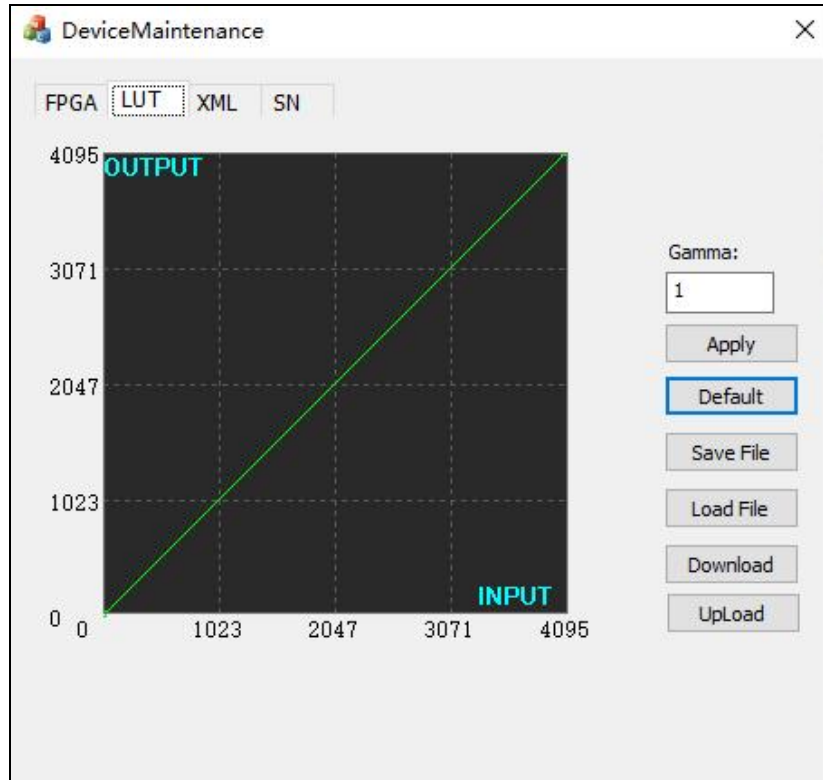


图 5-15

LUT 配置写入操作步骤

- 1) 打开“UpdateTool”工具，选择“LUT”界面如所示；
- 2) 先输入需要的 Gamma 值；
- 3) 点击 Apply 应用当前选择的曲线；
- 4) 点击 DownLoad 将曲线配置到相机中；

5.3.7.CoolControl

用于设置相机的制冷功能，设置界面如图 5-16 所示。

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
▼ CoolControl	
FanOperationM...	Temperature
FanDutyFactor	50
TECOperation...	Temperature
TECDutyFactor	51
CoolOperation...	10

图 5-16

FanOperationMode: 风扇模式档位, Off (关闭风扇)、On (开启风扇)、Temperature (恒温模式) ;

FanDutyFactor: 风扇转速档位, 可调节 20~100%, 仅 ON 模式生效;

TECOperationMode: TEC 模式, Off (关闭风扇)、On (开启风扇)、Temperature (恒温模式) ;

TECDutyFactor: TEC 功率档位, 可调节 0~100%, 仅 ON 模式生效;

CoolOperationTemperature: 制冷目标温度, 可调范围-30~75℃, 默认 10℃, 仅 Temperature 模式生效;

注意:

- 1) 温度控制的目标为 sensor 温度;
- 2) 当 sensor 温度超过 75℃或设备温度超过 85℃时, 强制关闭 TEC 并且风扇 100% 运行; 当重新制冷到 75℃以下时, 用户选择 “Temperature” 模式的会切换为 “Temperature” 模式, 其他模式, 风扇继续以 100%运行, TEC 继续关闭, 直到重新设置参数;
- 3) 当设置为 “Temperature” 模式时, 设置的 TEC 功率和风扇转速档位无效。

5.3.8.DSNU

DSNU 用于校准相机的暗场非均匀性，设置界面如图 5-17 所示。

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
> CoolControl	
▼ DSNU	
DSNUMode	On
DSNUSelector	DSNU 0
DSNUGenerateAll	{Command}
DSNUGenerate	{Command}
DSNUSave	{Command}
DSNULoad	{Command}
DSNUStatus	9

图 5-17

DSNUMode: DSNU 校正使能开关，Off 档位关闭 DSNU，ON 档位开启 DSNU；

DSNUGenerateAll: 相机在当前曝光时间在暗场无光环境下，点击对所有模拟增益和位深做在线 DSNU 校正；

DSNUGenerate: 相机当前曝光时间在暗场无光环境下，点击对当前模拟增益和位深做在线 DSNU 校正；

DSNUSave: 保存当前 DSNU 结果到非易失性存储器中，掉电不丢失，下次可直接从非易失性存储器中加载使用保存的 DSNU 数据；

DSNULoad: 从非易失性存储器中加载保存的 DSNU 数据；

DSNUStatus: DSNU 操作计数器。使用 DSNUGenerateall、DSNUGenerate、DSNUSave、DSNULoad，切换位深，模拟增益，DSNU 计数器均会加一。当设备断电、复位或者这个值溢出时，该值均会清零（复位或者上电后，内部初始化会操作，所以此时的值是不为 0 的）。

DSNU 操作步骤

- 1) 根据实际应用设置相机参数；
- 2) 相机放置在暗场无光条件下；
- 3) 开启相机预览；
- 4) 点击“DSNUGenerateAll”对所有的模拟增益模式做 DSNU 校正，并且自动保存校准结果；或点击“DSNUGenerate”对当前设置的增益模式进行 DSNU 校准，需要点击“DSNUSave”才会保存结果，否则断电后校准数据丢失；

注意：

- 1) DSNU 应该在暗场无光条件下进行；
- 2) 不同行频、不同 TDI 级数、不同温度背景下，背景数据是不同的，需要重新进行校准；
- 3) 如果选择 DSNUGenerate，当切换增益或位深时，需要重新进行 DSNU 校准；

5.3.9.PRNU

此功能模块用于校正相机的 PRNU 参数，操作界面如图 5-18 所示。

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
> CoolControl	
> DSNU	
▼ PRNU	
PRNUMode	On
PRNUSelector	PRNU 0
TargetLevelAUTO	☒ True
PRNUTargetLevel	200
PRNUGenerate	{Command}
PRNUSave	{Command}
PRNULoad	{Command}
PRNUFactoryRe...	{Command}
PRNUStatus	1

图 5-18

PRNUMode: PRNU 校正使能开关, Off 档位关闭 PRNU, ON 档位开启 PRNU;

PRNUSelector: 选择需要操作的 PRNU 编号, 支持 PRNU0~PRNU4 共 5 组数据;

TargetLevelAUTO: 自动 PRNU 模式 (系统自动计算当前图像亮度均值), 勾选使能后, 明场均匀光下点击 PRNUGenerate, 自动生成 PRNU 校正数据;

PRNUTargetLevel: 手动 PRNU 模式, 取消勾选 TargetLevelAUTO 后, 相机会把当前的灰度值校正到设置的 PRNUTargetLevel 值, 点击 PRNUGenerate, 自动生成 PRNU 校正数据;

PRNUGenerate: 点击做在线 PRNU 校正;

PRNUSave: 保存当前 PRNU 结果到非易失性存储器, 并且和选择的 PRNUSelector 参数绑定;

PRNULoad: 从非易失性存储器中加载 PRNUSelector 选中的 PRNU 编号校正数据到内存;

PRNUFactoryReset: 将 PRNUSelector 选中的 PRNU 编号恢复至出厂默认参数;

PRNUStatus: PRNU 操作计数器。使用 PRNUGenerate、PRNUSave、PRNULoad、PRNUFactoryReset, 切换 PRNUSelector, PRNU 计数器均会加一; 但切换位深、模

拟增益 PRNU 计数器不会增加。当设备断电、复位或者这个值溢出时，该值均会清零（复位或者上电后，内部初始化会操作，所以此时的值是不为 0 的）。

PRNU 校正步骤

- 1) PRNU 使能；
- 2) 通过“PRUNSelector”选择将参数保存到哪个组；
- 3) 设置 Target，可以选择自动或者手动。手动设置的灰度值应与实际光源灰度相匹配，即实际均匀光环境的灰度为 100，目标应该设置为 100；
- 4) 点击“PRNUGenerate”进行 PRNU 校正，校正过程中预览画面会出现闪烁的情况，当预览画面稳定时，表示校正完成；
- 5) 点击“PRUNSave”，即可将校正结果保存到“PRUNSelector”选择的组别中；

注意：

- 1) PRNU 校正需要在 DSUN 校正之后进行；
- 2) 不同行频、不同 TDI 级数、不同温度背景下，背景数据是不同的，需要重新进行校准；
- 3) 需要在预览模式下进行；
- 4) 需要在半饱和的均匀光照下进行校正；
- 5) 相机 5 组 PRNU 在出厂时候都是经过校正的，校正条件为半饱和的均匀光照，行频=18000Hz，位深和模拟增益不同，具体参数如下：

$$PRNU0 = 12\text{bit-AnalogGain} \times 2$$

$$PRNU1 = 12\text{bit-AnalogGain} \times 8$$

$$PRNU2 = 10\text{bit-AnalogGain} \times 2$$

$$PRNU3 = 10\text{bit-AnalogGain} \times 8$$

$$PRNU4 = 10\text{bit-AnalogGain} \times 8$$

5.3.10. CorrectionControl

CorrectionControl 模块用于修改校正完成的 DSNU 和 PRNU 数值，设置界面如图 5-19 所示；

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
> CoolControl	
> DSNU	
> PRNU	
▼ CorrectionControl	
StartX	1
EndX	9,072
DSNUCoef	0.00000
DSNUCoefSet	{Command}
PRNUCoef	1.00000
PRNUCoefSet	{Command}

图 5-19

StartX: 选择起始像素的 X 坐标，可输入范围 1~9072；

EndX: 选择一个结束像素的 X 坐标，可输入范围 1~9072；

DSNUCoef: 设置一个额外的 DSNU 校正值，对选择的区域灰度值减设定的值（例：DSNU 下，图像平均灰度值是 100，设定 DSNUCoef=100，则 Correction 后，图像平均灰度值是 0）；

DSNUCoefSet: 根据设定的 DSNUCoef 值进行配置；

PRNUCoef: 设置一个额外的 PRNU 校正值，对选择的区域灰度值乘以设定的值（例：PRNU 下，图像平均灰度值是 2000，设定 PRNUCoef=1.024，则 Correction 后，图像平均灰度值是 2048）；

PRNUCoefSet: 根据设定的 PRNUCoef 值进行配置；

注意：

- 1) 做 PRNUCoefSet、DSNUCoefSet 时将 DSNU、PRNU 切至 On 档位查看 CoefSet 后效果；
- 2) 校正参数在相机断电后不保存；
- 3) 可以进行多个区域的校正；

5.3.11. CoaXPress

此模块用于显示和设置 CXP 的连接，设置界面如图 5-20 所示。

Property	Value
> DSNU	
> PRNU	
> CorrectionControl	
> TestControl	
▼ TransportLayerControl	
PayloadSize	2,048
ControlPacketDataSize	256
StreamPacketDataSize	4,096
DeviceTapGeometry	Geometry_1X_...
Image1StreamID	1
▼ CoaXPress	
CxpLinkConfigurationPreferredSwitch	CXP12_X4
CxpLinkConfigurationPreferred	CXP12_X4
CxpLinkConfiguration	CXP12_X4
CxpConnectionSelector	0
CxpConnectionTestMode	Off
CxpConnectionTestErrorCount	0
CxpConnectionTestPacketCount	0

图 5-20

CxpLinkConfigur... **CXP12_X4** : CXP 默认启动连接选择；

CxpLinkConfigur... CXP12_X4 : CXP 模式切换，默认 CXP12_X4，需在 Live 状态下，流模式 Stop 状态下灰色不可切换；

5.3.12. UserSetControl

此模块用于保存用户设置的参数，最多支持 2 组，设置界面如图 5-21 所示；

技术支持邮箱: service@tucsen.com 电话: 0591-28055080-818 传真: 0591-28055080-826

Property	Value
> DeviceControl	
> ImageFormatControl	
> AcquisitionControl	
> AnalogControl	
> LUTControl	
> DigitalIOControl	
> CoolControl	
> DSNU	
> PRNU	
> CorrectionControl	
> TestControl	
> TransportLayerControl	
▼ UserSetControl	
UserSetSelector	User Set 2
UserSetLoad	{Command}
UserSetSave	{Command}
UserSetDefault	User Set 2

图 5-21

UserSetSelector: 用户设置存储，提供 Default、User Set1、User Set2 三种配置，Default 是相机出厂的默认参数不可修改，User Set1 和 User Set2 可以通过 UserSetSave 命令进行保存；

UserSetLoad: 相机加载 UserSetSelector 选中的相机配置参数；

UserSetSave: 修改参数后的配置保存在 UserSetSelector 选中的相机配置参数中，选中 Default 时保存无效；

UserSetDefault: 相机复位或断电重启后默认加载的一组用户配置，如果用户配置模块默认加载设置为 User Set1，相机复位或断电重启后加载的是 User Set1 的参数；

5.4. 图像调整

此模块包括直方图、伽马和对比度设置，设置界面如图 5-22 所示。

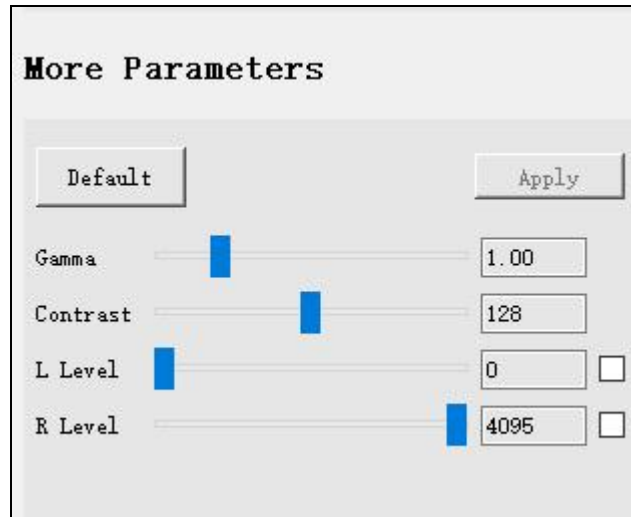


图 5-22

APPLY: 在多相机连接的时候,可以在停留状态下将当前相机的图像调整参数应用到其他相机;

LevelL: 用户可通过手动输入或拖动色阶滑块,改变左色阶值;

LevelR: 用户可通过手动输入或拖动色阶滑块,改变右色阶值;

Auto: 自动定义每个通道中最亮和最暗的像素作为白和黑,然后按比例重新分配其间的像素值;

Gamma: 伽马值可以改变画面明暗,增加对比度,数值越大,灰阶越大,亮度越高范围 0.64~2.55,默认 1.00;

Contrast: 一幅图像中明暗区域最亮的白和最暗的黑之间不同亮度层级的差异,范围 0~255,默认 128;

Default: 点击默认按钮,将图像调整模块的参数恢复至软件设定的默认值;

注意:

在拍摄 tiff 格式图像的时候需要设置为 Default, 否则会保存的图是经过算法处理的。

6. 常见问题

如何计算读出时间？

一帧图像的读出时间可以按照“行周期乘行数”计算，行周期为行频的倒数。

如何计算行频？

行频 (Hz) = 样本移动速度 (mm/s) 除以像素间隔宽度 (mm)。

举例说明：

386 个像素的宽度是 10mm，则单像素宽度是 0.026mm，样本速度是 100mm/s，

那么行频=100/0.026=3846Hz

那么触发信号频率需要设置为 3846Hz。

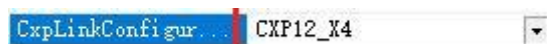
影响相机线速（行频）的因素是什么？

BufferHeight：影响帧率不影响线速。

Width：越大，行频越低

Binning：垂直 2bin 线速相比原来要减半，水平 2bin 与线速无关。

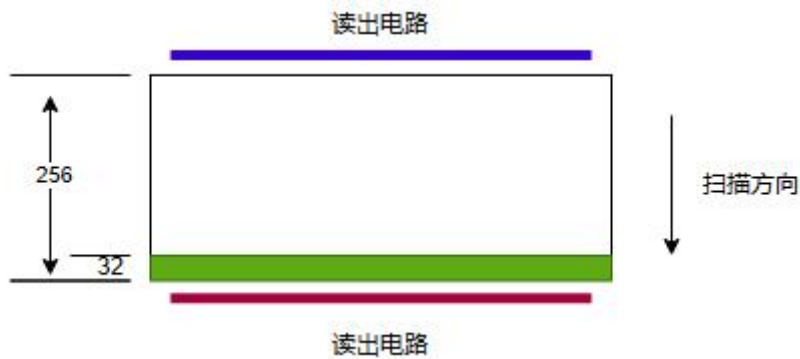
传输带宽：默认为 CXP12_X4，带宽不足时软件会自动降低，线速受到限制。



当 TDI Stage 小于 256 时，读出的是 Sensor 上的哪几行数据？

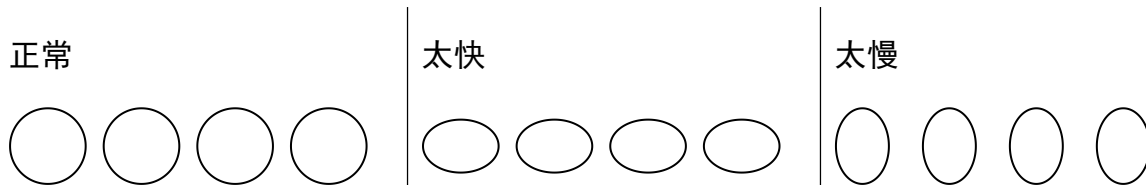
芯片的读出电路在上下端。所以当 TDI Stage 小于 256 时，读取的是两端的数据。以 TDIstage=32 为例，如果是从下往上扫，就是取最下端的 32 行数据，如果是从上往下扫，就是取最上端的 32 行数据。

扫，就是取最上端的 32 行数据。



TDI 模式下，为什么预览图像相对于实际样本有拉伸或者压缩？

相机行频与物体的运动速度不匹配。如果出现了压缩，表示运动速度大于扫描速度，如果出现了拉伸，表示运动速度小于扫描速度。



为什么在 Area 模式曝光时间越短拖影越严重？

这是正常的现象，因为线扫相机的 Area 模式跟真正面阵相机是不同的，它是由单线数据加工出来的，仅用于对焦使用，正常采图，推荐使用 TDI 模式；

光纤线最长可以支持多少米？

目前我司测试的最长距离为 70 米。

Area（面阵）模式下的帧率如何计算？

Dhyana 9KTDI 面阵模式帧率计算（实际结果可能会因为电脑性能波动）

9KTDI 帧率=1000/帧周期/（高度/TDI 级数）

帧周期=FPGA 内部逻辑耗时+曝光时间

技术支持邮箱：service@tucsen.com 电话：0591-28055080-818 传真：0591-28055080-826

FPGA 内部逻辑耗时= (4096/最大行频*0.9) 单位: ms

以 Dhyana 9KTDI PRO 四通道 (CXP12*2), TDI 级数 256, 分辨率 2272 (W) *10000 (H), 曝光时间 10ms

FPGA 内部逻辑耗时= (4096/600*0.9) =7.585185 (ms)

帧周期=7.585185+10=17.585185 (ms)

帧率=1000/17.585185/ (10000/256) =1.455

TDI 外触发采集的第一帧图像为什么有部分全白？

因为在外触发模式状态下，没有脉冲的时候，相机是一直处于曝光状态，这个与 TDI 级数有关，256 级就是 256 行亮线，表现在图像上就是部分全白。但由于现阶段芯片 anti-blooming 的原因,会有几百行数据都出现这种问题。

解决方案：

标准版固件已经增加启动采集时删除前 n 行数据，所删除行数通过界面的 offsetY 参数设置，删除操作在两种情况下生效，①start 采集时生效，②触发信号停止时长超过 2ms 重新开始时生效。

为什么 8bit 下饱和灰度值达不到 255？

8bit 下饱和灰度达不到 255 是做了 DSNU 的缘故

我们 DSNU 先减掉芯片本底比如 15，再加上校正数值即-15+6 (12bit 下 100DN 换算 8bit 下为 6DN) =-9，因此饱和 255-9=246;

如果需要达到 255 要么关掉 DSNU 要么 BlackLevel 加上对应的数值。

为什么面阵模式下，首行或者末行会灰度异常（过亮或过暗）？

正常现象，Sensor 本身特质原因。

相机输出 8bit 图片时候，每一个灰度值是如何从 10bit 转化为 8bit?

取 10bit 的高 8 位

7. 售后

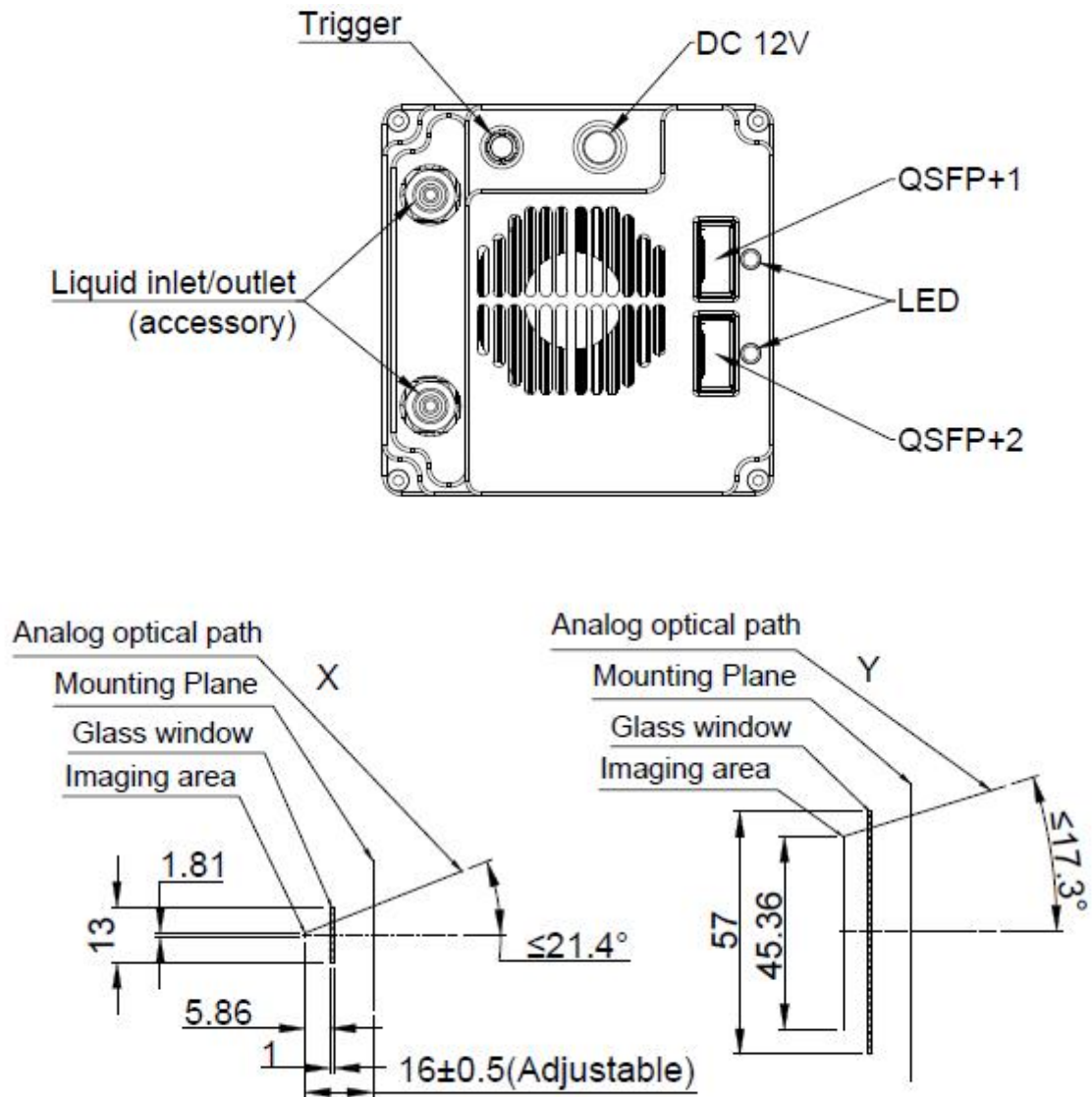
- 1) 登陆官网，点击[技术支持]模块，获得常见问题解答。
- 2) 质保：
 - 产品质保期从发货日开始算起，共 24 个月。在此期间的损坏，符合质保要求的我们将免费整修；
 - 质保范围仅限于产品材料和制造的缺陷。自行拆卸、进水、抛物等人为损坏以及自然灾害引起的损坏不在质保范围内。
- 3) 联系专业人员，获得技术支持：
 - TEL: 400-075-8880 0591-88194580-811
 - Email: service@tucsen.com
 - 登陆鑫图官网留言: <http://www.tucsen.net>.
- 4) 请提前准备以下信息：
 - 相机型号和 S/N(产品序列号);
 - 软件版本号和电脑系统信息;
 - 问题的描述及任何和问题相关的图像;

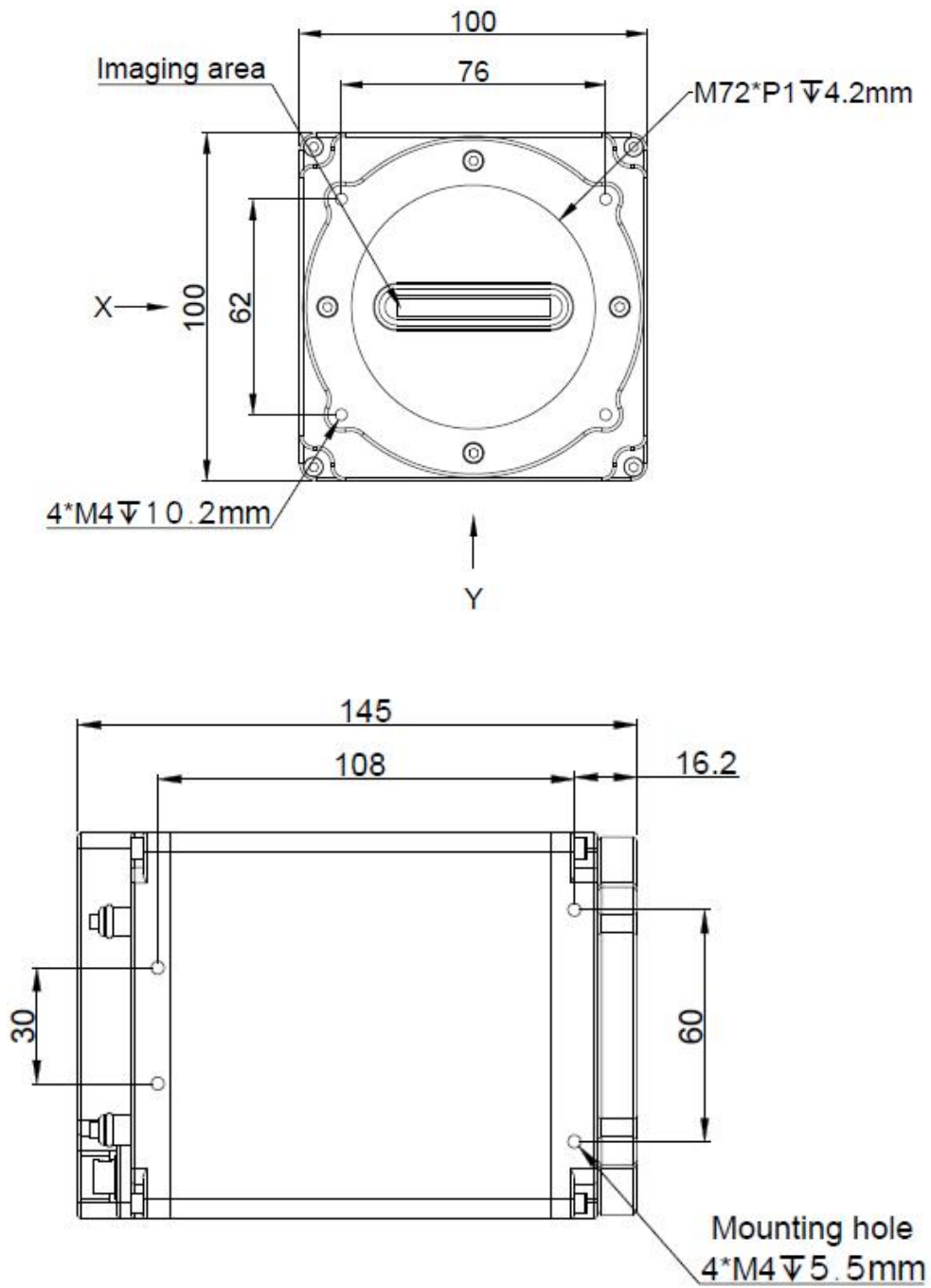
附录 1：温湿度对应结露点表

		湿度							
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
温 度	5							1.8	3.5
	6							2.8	4.5
	7						1.9	3.8	5.5
	8						2.9	4.8	6.5
	9					1.6	3.8	5.7	7.4
	10					2.6	4.8	6.7	8.4
	11					3.5	5.7	7.7	9.4
	12				1.9	4.5	6.7	8.7	10.4
	13				2.8	5.4	7.7	9.6	11.4
	14				3.7	6.4	8.6	10.6	12.4
	15			1.5	4.7	7.3	9.6	11.6	13.4
	16			2.4	5.6	8.2	10.5	12.6	14.4
	17			3.3	6.5	9.2	11.5	13.5	15.3
	18			4.2	7.4	10.1	12.4	14.5	16.3
	19		1.0	5.1	8.4	11.1	13.4	16.4	18.3
	20		1.9	6.0	9.3	12.0	14.4	16.4	18.3
	21		2.8	6.9	10.2	12.9	15.3	17.4	19.3
	22		3.6	7.8	11.0	13.9	16.3	18.4	20.3
	23		4.5	8.7	12.0	14.8	17.2	19.4	21.3
	24		5.4	9.6	12.9	15.8	18.2	20.3	22.3
	25	0.5	6.2	10.5	13.9	16.7	19.1	21.3	23.2
	26	1.3	7.1	11.4	14.8	17.6	20.1	22.3	24.2
	27	2.1	8.0	12.3	15.7	18.6	21.1	23.3	25.2
	28	3.0	8.8	13.2	16.6	19.5	22.0	24.2	26.2
	29	3.8	9.7	14.0	17.5	20.4	23.0	25.2	27.2

附录 2：结构尺寸

Unit: mm, Diameter: $\varnothing$.





附录 3：相机参数表

相机型号	Dhyana 9KTDI Pro
芯片类型	背照式 CMOS 图像传感器
彩色/黑白	黑白
分辨率	9072 (H) x256 (V)
像素尺寸	5 μ m x 5 μ m
有效面积	45.36 mm x 1.28 mm
量子效率	82%@550nm; 50%@350nm;38%@800nm
TDI 级数	4/8/16/32/64/96/128/160/192/224/240/248/252/256
最大线速度	510kHz@8bit、 368kHz@10bit、 299kHz@12bit 600KHz@8bit、 600kHz@10bit、 299kHz@12bit (ROI 后)
扫描方向	正向/反向/触发控制
动态范围	Typ.69dB@12bit; 64dB@10bit
电荷转移效率	≥ 0.99993
满阱容量	Typ.15.5ke-@12bit; 14ke-@10bit
震动系数	FAN=100, 风扇振动 $\leq 0.5\mu$ m
读出噪声 (Median Value)	Typ.7.2e-@12bit; 11.4e-@10bit
模拟增益	x2 ~ x8
数字增益	x0.5 ~ x10
暗信号非均匀度	Typ.1.5e-@12bit; 3.5e-@10bit
光响应非均匀度	Typ.0.30%
制冷方式	风冷 & 水冷
最大制冷温差	风冷 20 $^{\circ}$ C(环境温度 25 $^{\circ}$ C); 水冷 35 $^{\circ}$ C (水温 20 $^{\circ}$ C)
像素合并 (Binning)	水平 Binning 支持 x1、x2、X4、X8 垂直 Binning 支持 x1、x2、X4、X8
感兴趣区域 (ROI)	支持

触发模式	Trigger Input, Scan Direction Input
触发输出	Strobe out
外部触发连接	Hirose, HR10A-7R-4S
时间戳精度	8 ns
接口	CoaxPress-Over-Fiber 2 x QSFP+
SDK	支持 GenICam 标准
位深	8bit; 10bit; 12bit
光学接口	M72 x1
电源工作电压电流	12V/8A
相机尺寸	100mm*100mm*145mm
相机重量（净重）	1.800kg
应用软件	SamplePro; Matlab
兼容系统	Windows; Linux
操作环境	温度：0-40°C，湿度：0%-90%

附录 4：更新日志

版本	日期	修改内容
V1.0.0	20230918	创建文档
V1.1.0	20240201	1. 新增更换扫描方向存在延迟说明； 2. 新增 Device 温度上限说明； 3. 新增 Sensor Test Image 说明； 4. 更新 Lineinfo 描述； 5. 新增采集卡支持的 PCIe 插槽规格； 6. 新增 DSNU/PRNU 读写功能说明； 7. 新增触发类型软触发 Software 功能说明； 8. 新增扫描信号触发高电平调节阈值功能说明； 9. 新增 DSNU/PRNU 操作计数器功能说明； 10. 新增开流前需跳过前部分行数据说明； 11. 新增 avr &sum bin 说明； 12. 新增模拟增益&数字增益说明； 13. 新增 DSNU 校正前后本底灰度值说明； 14. 新增存图注意事项； 15. 更新 Euresys 采集卡触发设置说明； 16. 更新常见问题说明。
V1.1.1	20240328	1. 完善 CoolControl 操作说明； 2. 新增出厂 PRNU 校正说明； 3. 更新常见问题说明；
V1.1.2	20240429	1. 新增滤波参数精度说明； 2. 更新 DSNU、PRNU 计数器说明。
V1.1.3	20240826	1. 新增 Samadhi 采集卡适配信息； 2. 更新 Samplepro 新版软件使用说明； 3. 新增 SensorBinning 功能说明。 4. 修正 TDI 级数信息；