



Leo 3243/3243 Pro

产品手册

V1.0.0



鑫图光电有限公司

版权所有

目录

1. 导言	3
1.1. 免责声明	3
1.2. 安全和警告信息	5
2. 产品规格	6
2.1. 包装清单	6
2.2. 量子效率曲线	7
2.3. 窗片曲线	8
2.4. 相机电源与信号连接	8
3. 特点与功能	10
3.1. 相机介绍	10
3.2. sCMOS 的结构和运行	10
3.3. 快门方式	11
3.4. 前照式和背照式 sCMOS 技术	12
3.5. 读出噪声	13
3.6. 坏点校正 (DPC)	13
3.7. 暗信号非均匀性 (DSNU)	14
3.8. 光响应非均匀性 (PRNU)	15
3.9. 工作模式	16
3.9.1. 高动态模式	16
3.9.2. 高动态压缩模式	17
3.9.3. 高速模式	17
3.10. ROI 读出	18
3.11. Binning 读出	19
3.12. 帧率计算	20
3.13. 帧率调节	22
3.14. 入射光子计算	23
3.15. 采集模式	23
3.15.1. 流模式	23
3.15.2. 软件触发模式	23
3.15.3. 硬件触发模式	24
3.16. 触发输出	28

3.16.1. 触发输出电路	28
3.16.2. 触发输出时序图	28
3.17. 制冷	30
4. 安装	31
4.1. 推荐的电脑配置	31
4.2. 相机安装	31
4.2.1. 采集卡连接光纤	32
4.2.2. 相机连接光纤	32
4.3. 水冷管安装	33
4.3.1. 连接水冷管	33
4.3.2. 软件风扇状态	33
4.3.3. 断开水冷管	34
4.4. 采集卡安装	35
4.5. 驱动安装	36
4.6. 软件安装	39
5. 维护	39
5.1. 定期检查	39
5.2. 电气安全检查	40
5.3. 冷却软管和连接件	40
5.4. 基本使用	40
5.5. 窗片清洁	40
6. 故障排除	41
6.1. 电脑无法识别相机	41
6.2. 软件暂停工作、卡死	41
6.3. 相机达不到目标制冷温度	41
7. FAQs	42
7.1. 为什么拍摄下来的图片亮度与预览窗口不一致?	42
7.2. 相机预览图像出现条纹状闪动	42
8. 售后	43
附录 1: 结构线条图	44
附录 2: 相机参数表	45
附录 3: 第三方软件应用	48
附录 4: 冷凝表	49
附录 5: 更新日志	50

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。
- 确保相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，避免高能量的激光直接打在相机芯片上。
- 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 10 cm 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



注意

- 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标称电压，相机可能会损坏或工作不正常。
- 相机标称电压请参考规格表。

2. 产品规格

2.1. 包装清单

标配物品名称	规格	数量	图像
sCMOS 科研级相机	Leo 3243/3243 Pro	1	
电源适配器	24V/6.6A	1	
电源适配器电源线	1.8m	1	
U 盘	软件和驱动	1	
水管	外径*内径：6mm*4mm； 2 米	2	
12 芯触发线	3 米	1	
采集卡	100Gbps 光模块 QSFP28 端口/40Gbps 光模块 QSFP+端口	1	

光纤线	3 米铠装	1	
QSFP28 光模块	100G/40G	2	
转接件	C 口/F 口	1	

2.2. 量子效率曲线

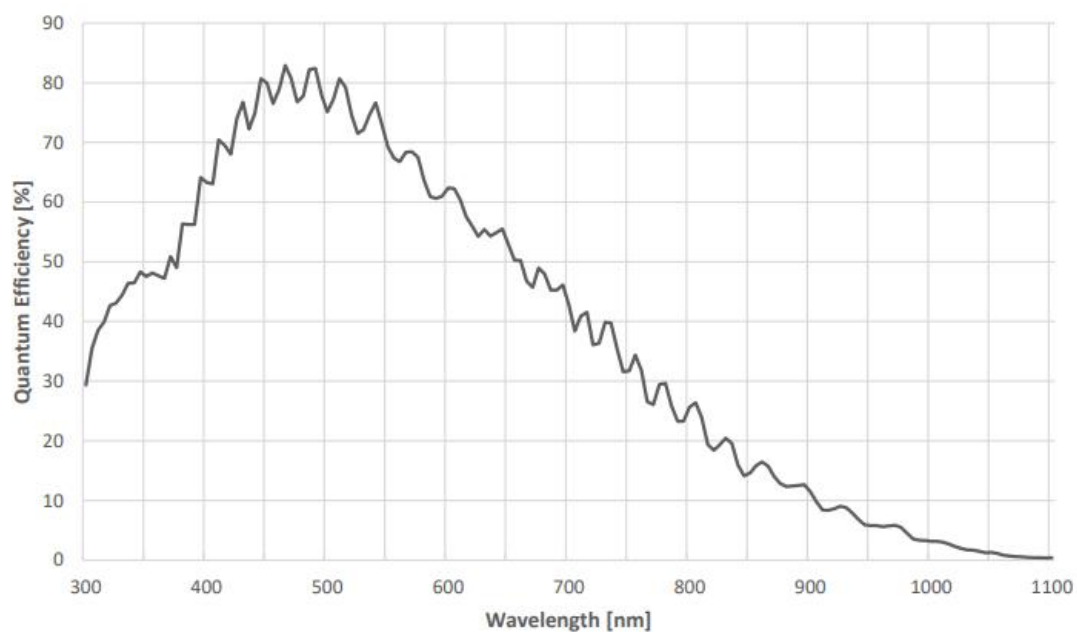


图 2-1 Leo 3243/3243 Pro 量子效率曲线

2.3. 窗片曲线

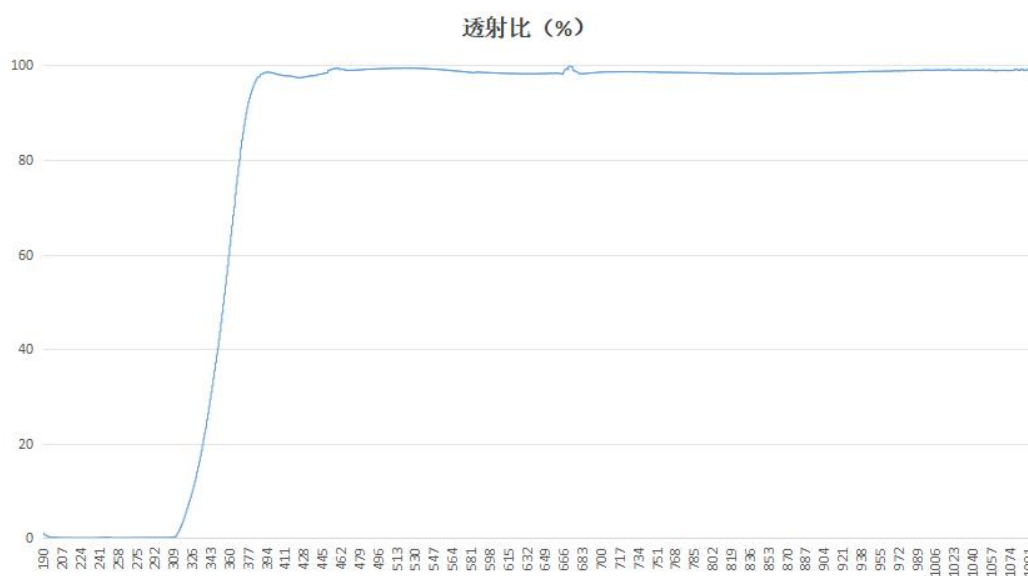


图 2-2 窗片透射曲线

2.4. 相机电源与信号连接

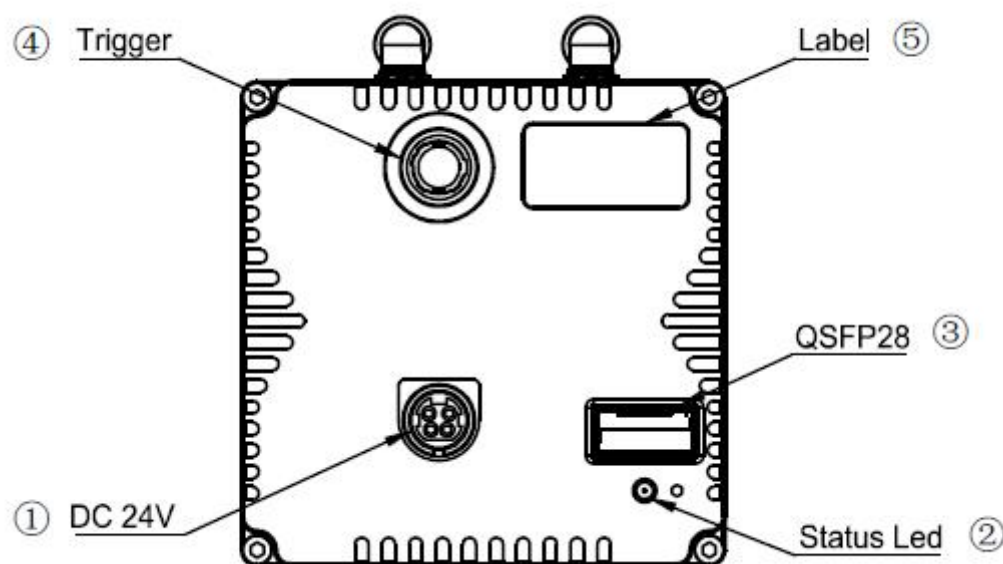


图 2-3 相机接口图

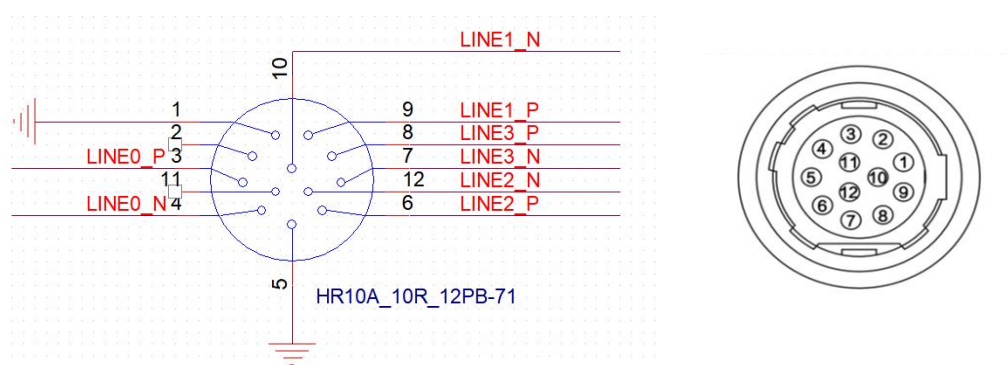


图 2-4 触发引脚定义

序号	名称	功能
1	DC24V/6.6A	电源接口
2	指示灯	<p>红灯常亮：相机未初始化</p> <p>红灯闪烁：CXP 连接配置未完成</p> <p>黄灯闪烁：正在传输低速链路信息</p> <p>绿灯常亮：CXP 连接配置完成</p> <p>黄绿交替闪烁：同时传输低速链路信息和高速图像数据</p> <p>绿灯闪烁：正在传输高速图像数据</p>
3	QSFP	<p>光口，QSFP28，最大支持 100G bit/S</p> <p>QSFP+，最大支持 40G bit/S</p>
4	Trigger	<p>Trigger In-Port 1: 对应接点 3: LINE1_P、接点 4: LINE1_N；非隔离输入/输出，支持 RS422/LVDS/TTL 电平，输入输出可配置切换，默认配置为 TTL 输入。</p> <p>Trigger Out-Port2: 对应接点 9: LINE2_P、接点 10: LINE2_N；非隔离输入/输出，支持 RS422/LVDS/TTL 电平，输入输出可配置切换，默认配置为 TTL 输出。</p> <p>Trigger Out-Port3: 对应接点 6: LINE3_P、接点 7: LINE4_N；非隔离输入/输出，支持 RS422/LVDS/TTL 电平，输入输出可配置切换，默认配置为 TTL 输出。</p> <p>Trigger Out-Port4: 对应接点 8: LINE4_P、接点 12: LINE4_N；非隔离输入/输出，支持 RS422/LVDS/TTL 电平，输入输出可配置切换，默认配置为 TTL 输出。</p>
5	水冷管接头	水冷管接口

3. 特点与功能

3.1. 相机介绍

Leo 3243/3243 Pro 相机采用先进的堆栈式 BSI 芯片技术，实现了 80%量子效率、 $2e^-$ 读出噪声和 $20Ke^-$ 单像素满井容量。配备 31mm 靶面，单帧成像视野是传统 sCMOS 的 2.5 倍，显著提升了成像效率并减少了图像拼接误差。3.2 μm 高分辨率像元设计，适配低倍物镜（40 倍以下）的奈奎斯特采样率，为仪器提供更高质量的原始数据。单接口即可实现 100G 带宽的 CoF 高速接口技术，轻松支持 43MP@100fps 高通量数据的实时传输，数据通量较传统 sCMOS 提升 10 倍。该相机实现了灵敏度、分辨率和速度的系统性突破。

3.2. sCMOS 的结构和运行

科研级互补金属氧化物半导体（sCMOS）相机是一种专门用于科学研究和高性能图像获取的相机。它结合了 CMOS 和电荷耦合元件（CCD）技术的优势，具有高速、低噪声和高灵敏度的特点。被广泛应用于科学研究、生物医学成像、光学显微镜等领域。

sCMOS 相机传感器的结构通常包括以下部分：

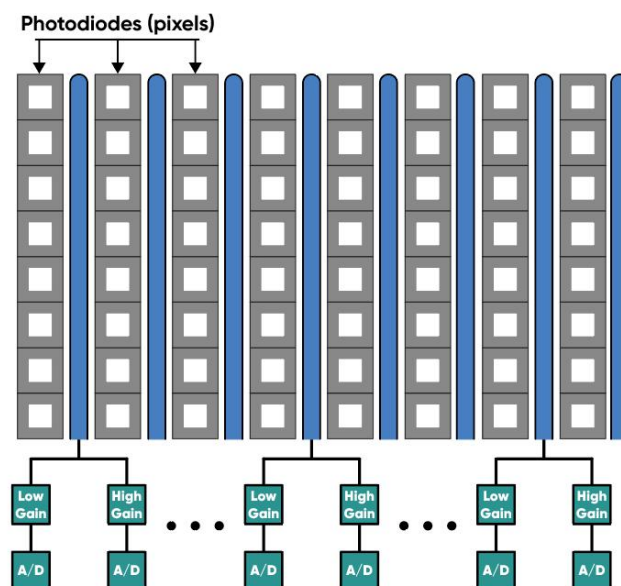


图 3-1 sCMOS 传感器结构图

1) 光敏传感器阵列：sCMOS 相机使用 sCMOS 传感器阵列（也称为图像传感器）来捕获光信号。这些传感器由许多光敏单元组成，可以将光转化为电荷信号。

2) 增益放大器：sCMOS 相机中的每个光敏单元都配备了一个独立的增益放大器，用于放大电荷信号，并将其转换为电压信号。

3) 数字转换器：放大后的模拟信号经过模数转换器（ADC）进行数字化，在相机内部转换为数字信号以进行进一步的处理和存储。

sCMOS 相机通常还会配备图像处理单元，用于执行图像增强、校正和其他图像处理算法，数字化的图像经过这些处理，可以得到更高质量的图像。

sCMOS 相机的运行过程如下：

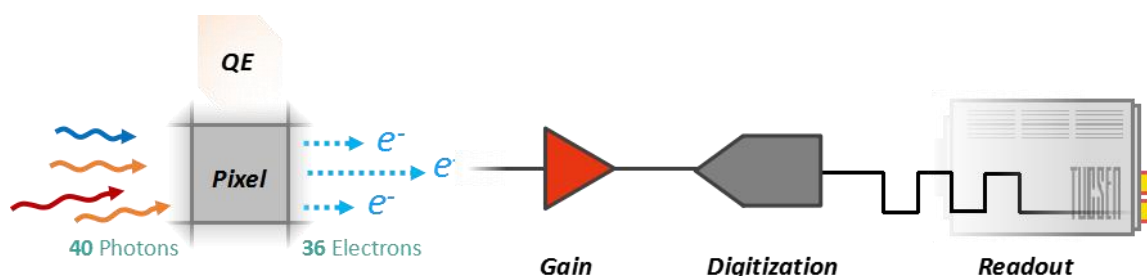


图 3-2 sCMOS 运行流程

1) 光信号捕获：当光敏单元受到光线照射时，光能被转化为电荷信号，并存储在每个单元中。

2) 信号放大：每个光敏单元的电荷信号经过相应的增益放大器放大，转换为电压信号。

3) 数字化：放大后的模拟信号经过模数转换器（ADC）转换为数字信号，以便进行处理和存储。

4) 图像处理：数字信号可以通过图像处理单元进行各种算法的处理，如降噪、增强、颜色校正等。

5) 数据输出：处理后的图像数据可以通过各种接口（如 USB、Ethernet 等）传输到计算机或其他设备进行显示、分析和存储。

3.3. 快门方式

Leo 3243/3243 Pro 相机采用卷帘快门（Rolling）读出方式，在这种读出方式下，相机以行为单位依次读出，不同行曝光的时间一致，但不同行之间的起始曝光时间点不同，相邻行之间曝光时间点的差值也被称为行周期（ T_{line} ）。

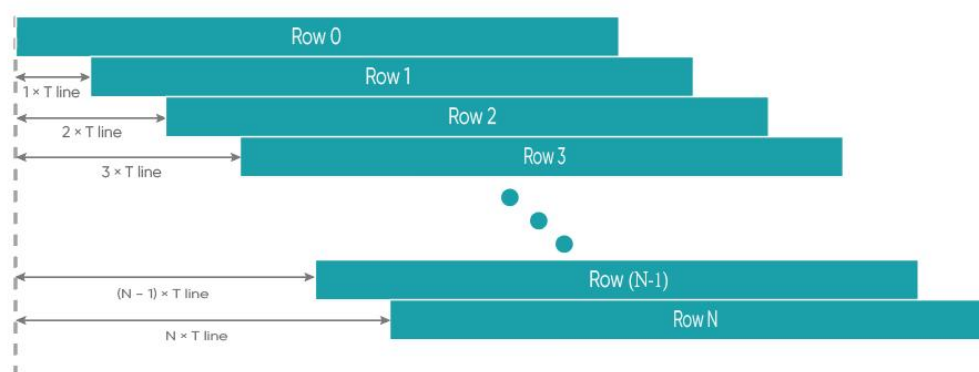


图 3-3 卷帘快门示意图

相机在卷帘模式下，一旦跟外部光源不同步或者使用了闪烁的光源，可能会得到条纹状的图片，这种现象在曝光时间短的情况下尤其明显（请参考 FAQs 内容解决）。

3.4. 前照式和背照式 sCMOS 技术

sCMOS 相机使用的芯片通常有两种类型：前照式（FSI）和背照式（BSI）。在前照式相机中，光线射入像元必须先通过金属电路结构才能被检测到。由于金属电路结构不透光，所以早期相机仅有 30~40%左右的量子效率（QE）。后来，随着技术的发展，微透镜的引入将光线通过导线聚焦到光敏硅中，将 QE 提升到 70%左右，有些先进的前照式相机的峰值 QE 甚至可达到 84%左右。

背照式相机逆转了这种传感器设计，它将金属电路结构放到了光敏硅层后面，入射光子就直接撞击薄薄的光敏硅层。这样的工艺革新，使得背照式相机 QE 峰值大大提高，改善了在弱光环境下的成像质量。由于背照式像元的光敏硅层很薄，对于工艺要求较高，制作难度与成本也就比前照式高。

Leo 3243/3243 Pro 相机采用的是背照式芯片，峰值 QE 能达到 80%左右。

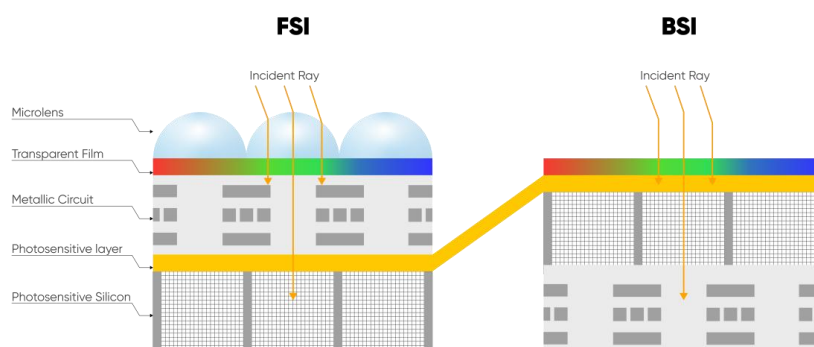


图 3-4 前照式和背照式示意图

3.5. 读出噪声

读出噪声是信号经电路读出引入的噪声。在 CCD 中，由于读出电路对于所有像素是一样的，所以每个像素所得出的标准差（ σ ）也基本一致，故而 CCD 相机的参数表中，一个单独的数值——各个像素的标准差的均方根（RMS）——就能够代表其读出噪声。

而 sCMOS 各个像素所对应的读出电路并不相同，会形成一个分布曲线（如图 3-5 所示）。为了展现这条曲线的特征，sCMOS 相机的参数表中一般会给出中位数（Median）和均方根（RMS）两个数值——前者是所有像素标准差的中位数；后者是所有像素标准差的均方根。由于 sCMOS 相机芯片上总会有很少量但读出噪声特别高的像素——对中位数影响要小于对均方根的影响，所以一般情况下中位数数值会低于均方根数值。

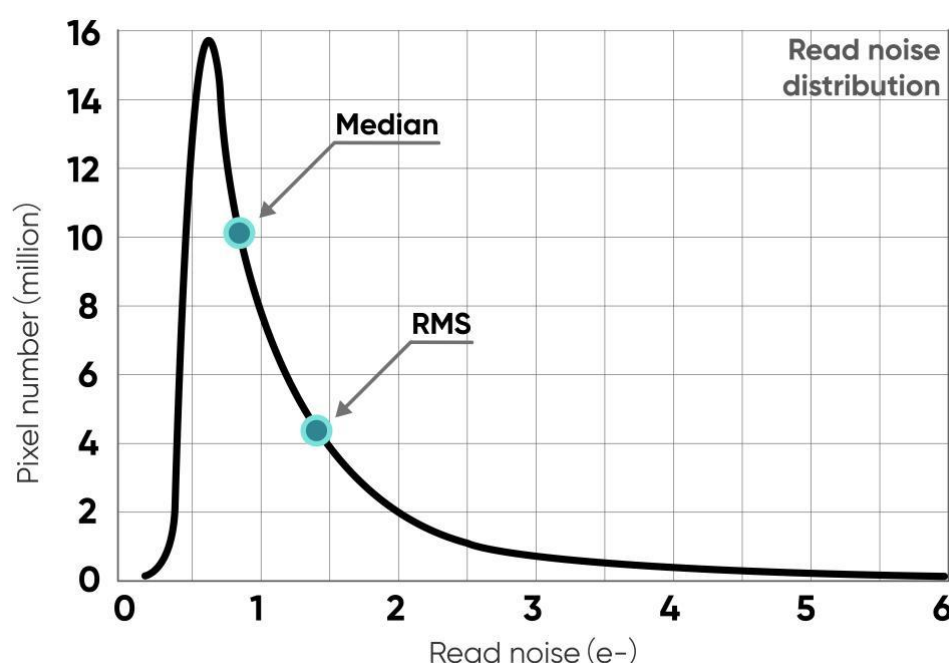


图 3-5 典型 sCMOS 相机的读出噪声分布示意图

为了从图像中测量计算读出噪声，就需要将热噪声和光散粒噪声的影响消除或降到最低，仅保留由于电路读出过程所产生的读出噪声。所以测量读出噪声时，通常都是在没有光信号的环境下将曝光时间设为最小值（最大限度的减少暗电流的累积）来获取暗场图像（称为 dark image）。通过拍摄 N 张这样的图片，每个像素都能得到 N 个读出数值——其标准差（standard deviation, σ ）可以反映出对应像素的读出噪声大小。

3.6. 坏点校正（DPC）

sCMOS 相机芯片上总会有少数异常的数值，通过相机的坏点校正（DPC）功能可以对这些异常点进行校正，开启后可去除图像上的坏点。但可能会使一些单分子成像应用

产生像素点闪动现象，对于这些应用不推荐使用 DPC 功能，或者仅使用最弱档的校正。

Leo 3243/3243 Pro 采用动态坏点校正功能，通过 3x3 矩阵像素进行校正。目前开放了四档校正，每个档位对应的阈值不一样，由此可以控制坏点校正的强度。

3.7. 暗信号非均匀性 (DSNU)

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相机输出的像素灰度值发生变化。

而且实际应用中，当没有光子入射到相机上时，获得的图像通常不会显示 0 灰度值 (DN)。这是因为厂商通常会给相机设置一个本底值，例如 100 个灰度值，在没有光线时，在这个本底的基础上加上或减去噪声对测量的影响。然而，如果没有仔细的校准和校正，这个固定的偏置在不同像素之间可能也会有一些变化。这种变化被称为“固定图形噪声”，可以用暗信号非均匀性 (DSNU) 衡量。它表示像素偏置的标准偏差，以电荷为单位测量。

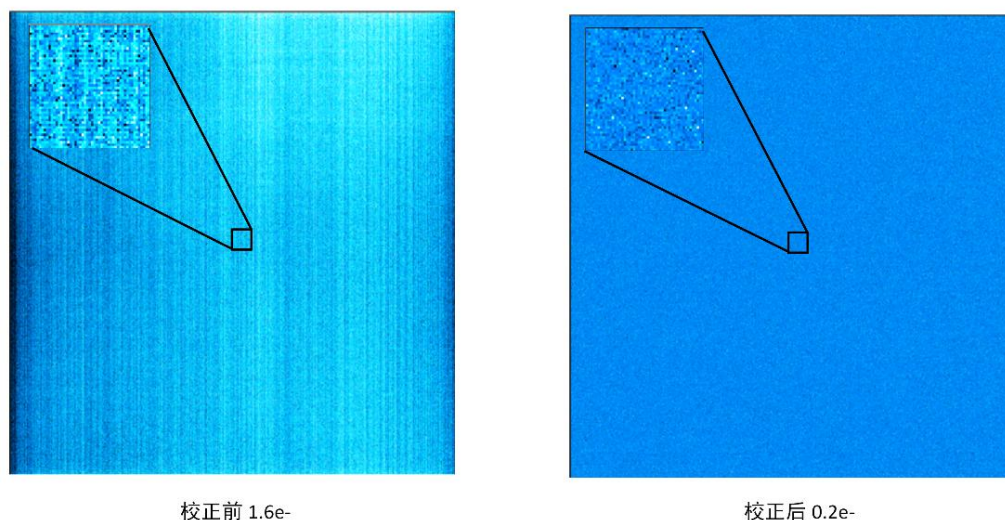


图 3-6 DSNU 校正前 (左) 后 (右) 对比图

对于许多弱光成像相机，DSNU 通常低于 0.5 e⁻。这意味着在中等或高光照水平应用中（每个像素通常能够捕获数百或数千个光子），那么这种噪声的影响完全可以忽略不计。而且即使对于弱光应用，如果 DSNU 低于相机的读出噪声 (通常为 1-3 e⁻)，那么这种固定图形噪声也不太可能对图像质量产生影响。

3.8. 光响应非均匀性 (PRNU)

当相机在明亮的光线下拍摄均匀的浅色目标时，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，实际上相机中的像元性能存在细微差别，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。

当相机检测到光信号时，在曝光过程中每个像素捕获的光电子数量被测量，并作为数字灰度值(DN)传输给计算机。从电子到 DN 转换遵循一定的比例，称为系统增益(K)，加上固定的偏置(通常为 100 DN)。这些值由用于转换的模数转换器和放大器共同决定。sCMOS 相机采用并行传输的方式，相机的每列有一个或多个模数转换器，每个像素有一个放大器，这就会导致像素间增益和偏置的微小变化。

在暗场或弱光条件下，偏置的差异可以由 3.7 节提到的 DSNU 衡量。而在明亮的环境中，还需要考虑增益的影响，增益和偏置变化带来的差异由光响应非均匀性 (PRNU) 衡量，即检测到的电子与显示 DN 的比值。鉴于所产生的强度值的差异将取决于信号的大小，它被表示为百分比。

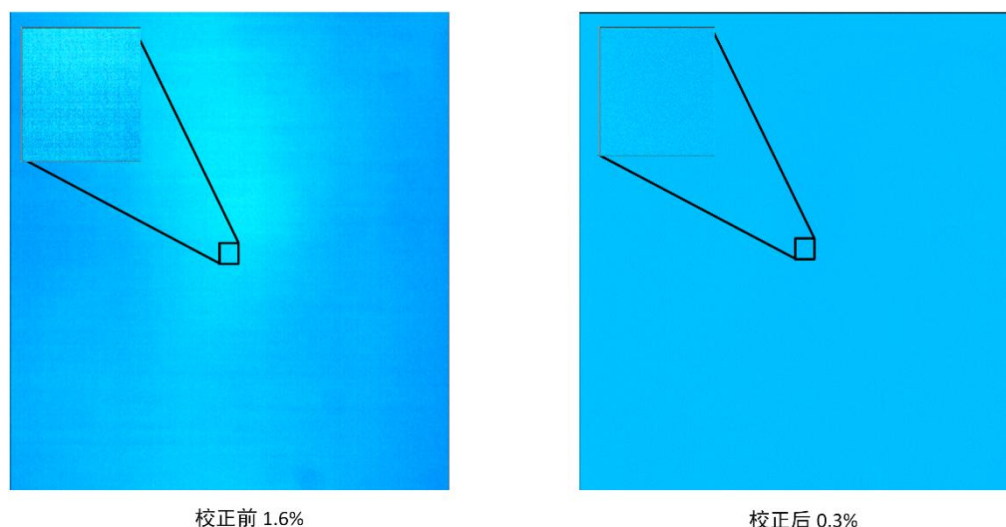


图 3-7 PRNU 校正前 (左) 后 (右) 对比图

典型的 PRNU 值 <1%。对于所有弱光和中等强度光源成像 (信号为 1000 e⁻ 或更少)，与读取噪声和其他噪声源相比，这种变化微不足道。同样，当进行高光照水平成像时，与图像中的其他噪声源 (如光散粒噪声) 相比，这种变化不太显著。但是在需要非常高测量精度的高光照水平成像应用中，特别是那些使用帧平均或帧求和的应用中，PRNU 值 <1% 是非常有必要的。

3.9. 工作模式

Leo3243/3243 Pro 相机有三种工作模式，分别为高动态模式、高动态压缩模式、高速高增益和高速低增益模式，不同模式下合成原理、增益值、动态范围、饱和容量和读出噪声均存在差异，需依据实际场景选择合适的模式以获得高质量的成像结果。

表 3-1 典型工作模式参数表*

模式	高动态	高速		高动态压缩
		高增益	低增益	
系统增益 (DN/e-)	4.0	2.13	0.74	3.3
饱和容量(e-)	15500	7200	21000	19000
读出噪声(e-)	2.43(Median)	1.91(Median)	5.45(Median)	2.51(Median)
	2.5(RMS)	2.02(RMS)	5.75(RMS)	2.59(RMS)
动态范围(dB)	76	71	71.3	77.6

***注意：**

此表数值仅为典型值，不同相机之间可能存在差异，具体请参考出厂光电报告。

3.9.1. 高动态模式

高动态范围（High Dynamic Range, HDR）图像模式，其合成原理图如下图所示，芯片会同时从顶部读出链和底部读出链输出图像信号。这两个图像具有完全相同的曝光时间，但具有不同的模拟增益。其中，低增益（Low Gain, LG）模式的满阱容量较高、噪声高，适用于强信号的成像场景；而高增益（High Gain, HG）模式的满阱容量低、读出噪声低，适用于较弱信号的成像场景。通过算法将高增益和低增益图像组合在一起，就可以生成一个 HDR 图像。此模式适合强弱信号变化较大的应用场景。

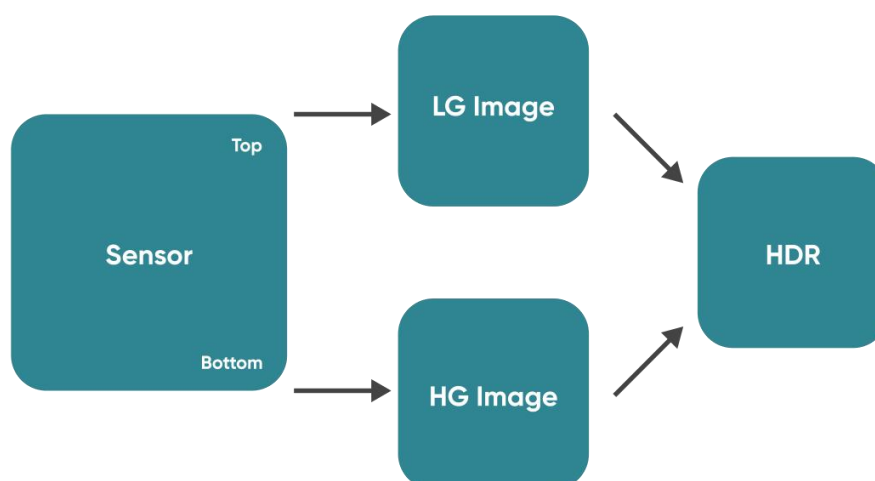


图 3-8 高动态模式示意图

3.9.2. 高动态压缩模式

高动态压缩模式（High Dynamic Compress）把高低增益的两张图，通过压缩算法，压缩为一张 16bit 图传输出芯片，压缩算法对内部 LG 的信号进行放大以匹配 HG 转换增益。相机经过 FPGA 解压出高低增益图像，再通过重新拟合增益曲线来弥补放大 LG 增益的误差，最后重新合成为 16bit HDR 图像，从而提升传输速度。

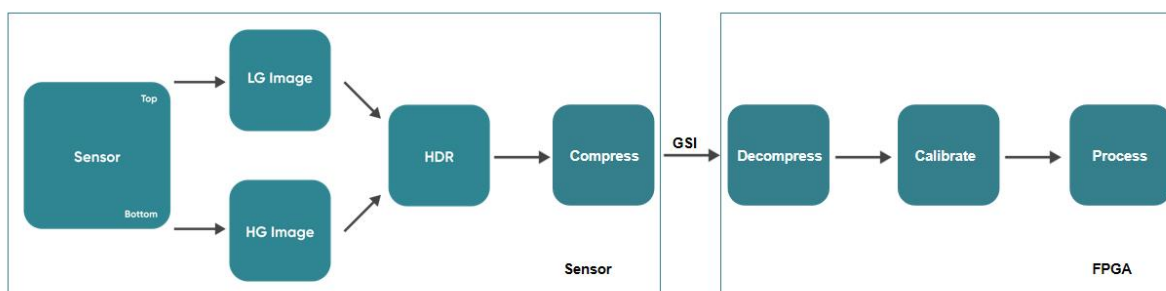


图 3-9 高动态压缩模式示意图

3.9.3. 高速模式

高速模式（High Speed）合成原理图如下图所示，以高速高增益为例，芯片会同时从顶部读出链和底部读出链，分别输出奇偶行，两行同时输出，以此来提升帧率。高速模式通常适合动态观察等对帧率有一定要求的应用场景。

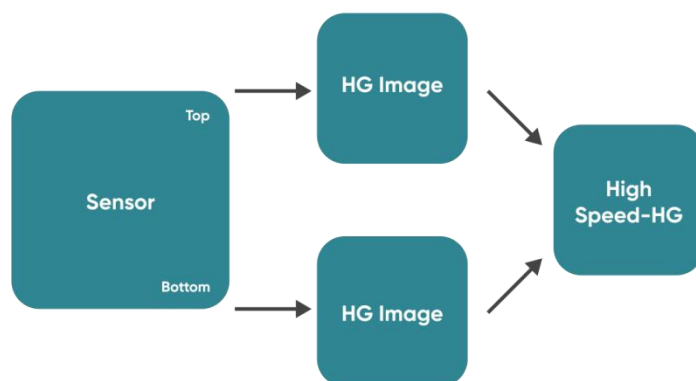


图 3-10 高速模式示意图

3.10. ROI 读出

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。相机快门通过减少曝光和读出的行数, 从而提高相机帧率。同时, 软件支持可手动输入 ROI 区域。相机典型 ROI 帧率可参考表 3-2 和表 3-3:

表 3-2 Leo 3243 Pro 相机 100G COF 下的典型 ROI 区域实测帧率(fps)表

列(Pixel)	行(Pixel)	高动态	高速	高动态压缩
8192	5232	50.89	101.63	101.63
8192	2608	101.94	203.25	203.25
8192	1296	204.50	406.50	406.50
8192	640	411.52	813.01	813.01
8192	320	813.01	1587.30	1587.30
8192	160	1587.3	3030.30	3030.30
8192	80	3030.3	5555.56	5555.56
8192	32	6666.67	11111.11	11111.11
256	32	6666.67	11111.11	11111.11

表 3-3 Leo 3243 相机 40G COF 下的典型 ROI 区域实测帧率(fps)表

列(Pixel)	行(Pixel)	高动态	高速	高动态压缩
8192	5232	50.89	63.52	54.44
8192	2608	101.94	127.03	108.89
8192	1296	204.50	254.07	217.77
8192	640	411.52	508.13	435.54
8192	320	813.01	992.06	850.34
8192	160	1587.3	1893.94	1623.38
8192	80	3030.3	3472.22	2976.19
8192	32	6666.67	6944.44	5952.38
256	32	6666.67	6944.44	5952.38

注意:

- 1) Leo 3243/3243 Pro 在 Samplepro 上最小支持 ROI 为: 256(列)×32(行)。
- 2) 上表测试帧率为最短曝光时间下的实测最大值。

3.11. Binning 读出

合并 (Binning) 是对相机像素进行重新组合的读出模式, 可以用来提高灵敏度, 但同时也会损失分辨率。例如, 2×2 合并即将每 4 个像素 (2 行 2 列) 组合成 1 个“大像素”, 并由相机输出一个像素强度值。

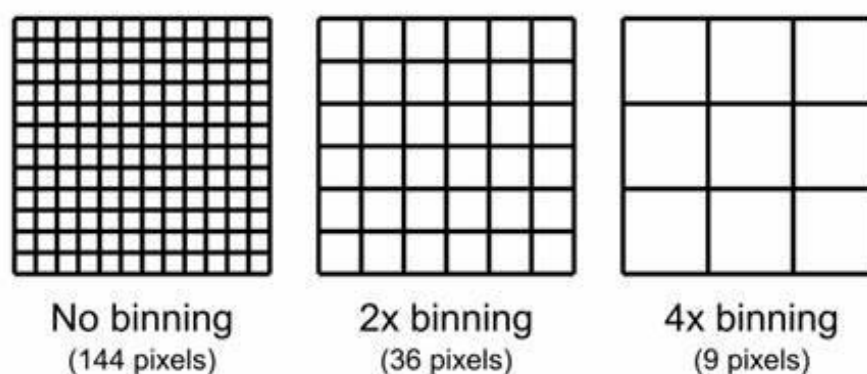


图 3-11 Binning 示意图

像素合并可以提高信噪比, 从而能够检测较弱的信号、提高图像质量或缩短曝光时

间。然而，相机的有效像素大小也会增大，这可能会降低相机对目标细节的分辨率。

3.12. 帧率计算

相机的帧率受读出时间和曝光时间的影响，相机帧率为曝光优先。理论帧率参考表 3-5、表 3-7 计算。

Leo 3243 Pro 各个模式的行周期和理论全幅最短读出时间如下表所示：

Leo 3243 Pro 读出时间

表 3-4 Leo 3243 Pro 相机读出时间计算

工作模式	行周期 (Tline)	读出时间 (Treadout)
High Speed High Dynamic Compress	15us	$5232/8 \times 15\mu s = 9.810\text{ms}$
High Dynamic	15us	$5232/8 \times 2 \times 15\mu s = 19.62\text{ms}$

Leo 3243 Pro 典型帧率

其中 H_n ：水平方向上选取行数； V_n ：垂直方向上选取行数； T_{line} ：行周期； T_{exp} ：设置的曝光时间

表 3-5 Leo 3243 Pro 相机帧率计算

工作模式	计算公式	行周期 (Tline)	水平 (Hn)	垂直 (Vn)	帧率（fps）	
High Speed、 High Dynamic Compress	1/(Vn/8+2)/Tline	15us	8192	5232	101.62	
				2616	202.63	
				32	11111.11	
High Dynamic	1/(Vn/8*2+2)/Tline		8192	5232	50.89	
				2616	101.62	
				32	6666.66	

Leo 3243 各个模式的行周期和理论全幅最短读出时间如下表所示：

Leo 3243 读出时间

表 3-6 Leo 3243 相机读出时间计算

工作模式	行周期 (Tline)	读出时间 (Treadout)
High Speed	24us	$5232/8 \times 24\text{us} = 15.696\text{ms}$
High Dynamic Compress	28us	$5232/8 \times 28\text{us} = 18.312\text{ms}$
High Dynamic	15us	$5232/8 \times 2 \times 15\text{us} = 19.62\text{ms}$

Leo 3243 典型帧率

其中 H_n ：水平方向上选取行数； V_n ：垂直方向上选取行数； T_{line} ：行周期； T_{exp} ：设置的曝光时间

表 3-7 Leo 3243 相机帧率计算

工作模式	计算公式	行周期 (Tline)	水平 (Hn)	垂直 (Vn)	帧率 (fps)
High Speed	$1/(V_n/8+2)/T_{line}$	24s	8192	5232	63.51
				2616	126.64
				32	6944.44
High Dynamain Compress	$1/(V_n/8+2)/T_{line}$	28us	8192	5232	54.44
				2616	108.55
				32	5952.38
High Dynamic	$1/(V_n/8 \times 2 + 2)/T_{line}$	15us	8192	5232	50.89
				2616	101.62
				32	6666.66

注意：

1. 曝光时间大于最大帧率典型帧率计算

帧率 $f = 1 / (T_{exp} / T_{line} + m) / T_{line}$

high dynamic 模式, m 为 4, 其他模式曝光的分辨率 m 为 2。

2. 外触发丢帧计算

外触发丢脉冲个数计算公式: $S = (T_{dy} + (Vn * n / 8 + dummy + adj) * T_{line}) / T_{trg}$

T_{dy} 是 17 行空闲到开始曝光等待时间即 $17 * \text{行时间}$, Vn 是图像分辨率的行数, $dummy$ 是操作等待为 2, adj 是外触发模式的补偿因子 (high dynamic 模式要求偶数行), high dynamic 模式 $adj = 2$, 其他模式 $adj = 0$ 。 n 是图像数量权重 high dynamic 模式为 2 其他模式为 1。 T_{trg} 是触发脉冲间隔时间, 对式子 $(T_{dy} + (Vn * n / 8 + dummy + adj) * T_{line}) / T_{trg}$ 计算值去掉小数取整。比如, 在 HDR 模式, 全幅下 50hz 触发, 计算后的丢帧值为 1, 因此以 50 触发会丢一帧。但是 49, 计算后丢帧个数 < 1 , 所以以 49 触发不会丢帧

3. 外触发不丢帧说明

- 1) 当外触发信号间隔时间 $T_{trg} > T_{dy} + (Vn * n / 8 + dummy + adj) * T_{line}$ 时, 外触发不丢帧;
- 2) 当外触发信号间隔时间 $T_{trg} \leq T_{dy} + (Vn * n / 8 + dummy + adj) * T_{line}$ 时, 第一个触发信号和第二个触发信号间隔时间 $> T_{dy} + (Vn * n / 8 + dummy) * T_{line}$, 外触发不丢帧。

3.13. 帧率调节

在每一帧图像读出时都有一个固定的消隐时间, 帧率调节即通过改变消隐时间 ($T_{blanking}$) 来实现对帧率的控制。

若曝光时间 $<$ 读出时间, 以帧率为 60 fps 为例, 若将帧率设置为 40 fps, 即在图像输出时增加 8.33 ms 的消隐时间。

若曝光时间 $>$ 读出时间, 以曝光时间 100 ms 为例, 若将帧率设置为 5 fps, 即在图像输出时增加 100 ms 的消隐时间。

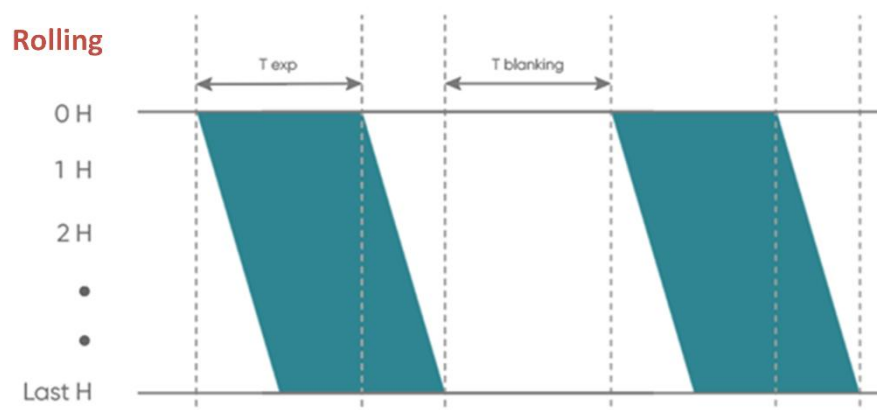


图 3-12 帧率调节时序图

3.14. 入射光子计算

科学相机成像是光子、电子、电压、灰度值的转换过程。因此可以从灰度值逆推入射光子数。计算公式如下所示：

$$P = \frac{(DN - Offset)/K}{Q(\lambda)}$$

其中 P 代表入射光子数；DN 为光信号的灰度值；K 为系统增益（参考表 3-1），单位为（DN/e-）；Q(λ) 对应光波长为 λ 时的量子效率；Offset 为相机的本底值，单位为 DN。

3.15. 采集模式

3.15.1. 流模式

流模式（live）是一种适合实时预览的模式，其以数据流为输出方式。图像像流水一样连续输出。此模式下，用户可随意修改设置曝光时间、工作模式、感兴趣区域等参数，进行实时预览以及存图等操作。

3.15.2. 软件触发模式

当相机处在软件触发模式（Software trigger）时，通过软件给相机下发拍照指令，相机接收到信号后，开始曝光，并输出图像。

勾选软件触发后，如需存图，则点击拍摄进入等待触发状态，再点击软触发后相机开始曝光，并在曝光结束后输出一帧图像，每次点击软触发只输出一张图。

3.15.3. 硬件触发模式

硬件触发模式（Hardware trigger）是一种等待外部触发电平信号来曝光和存图的模式。

进入外触发模式后，包含以下几个配置：模式，帧/信号，曝光、边沿、曝光延迟等，帧/信号即可控制触发出图数量，收到触发信号后将按照设置的张数持续采图。

3.15.3.1. 硬件触发输入电路

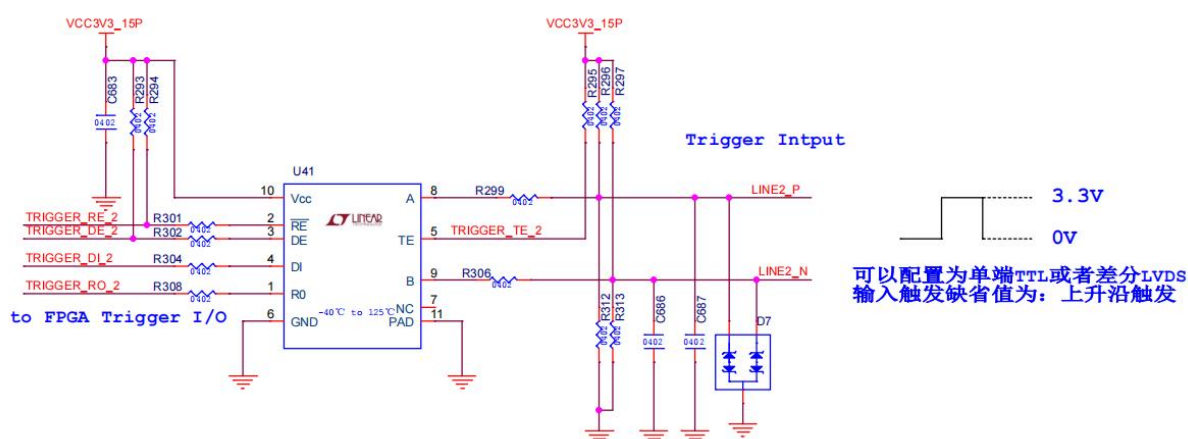


图 3-13 触发输入电路

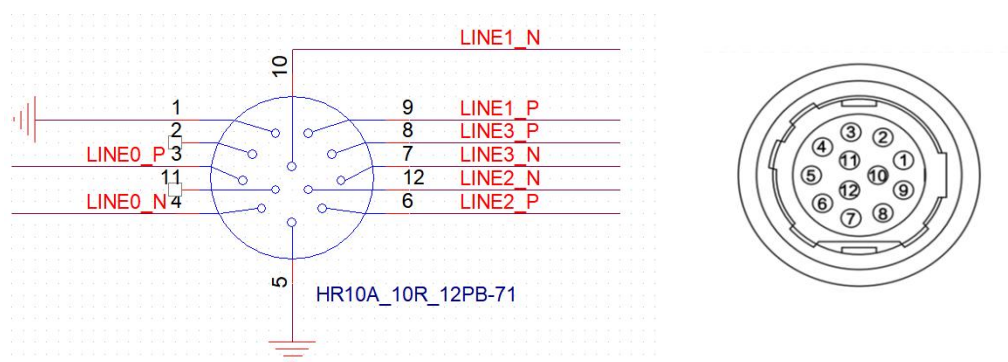


图 3-14 触发引脚定义

以下为接线示例：

1. 非光电触发单端输入（使用 Port1）

将 Port 1 对应接点 3：LINE1_P 接入到触发设备的输出口，接点 4：LINE1_N 保持空接。

2. 非光电触发差分输入

将 Port 1 对应接点 3 : LINE1_P 接入到触发设备的输出口, 接点 4: LINE1_N 接入对应 N 口。

注意:

- 1) 非光电隔离触发单端输入时, 支持 LVTTTL 和 TTL 电平, 最大不超过 5V, 否则可能造成永久性损坏;
- 2) 可识别电平信号脉宽需大于 $1\ \mu\text{s}$ 。

3.15.3.2. 触发滤波

为了抑制外触发信号中的干扰, 外触发滤波功能支持高低电平滤波。使用此功能可滤除电平上的毛刺信号。滤波时间的范围可以设置为 $[0, 1000000]\mu\text{s}$ 。默认是 0。

下图以滤波时间设置为 1 ms 为例:

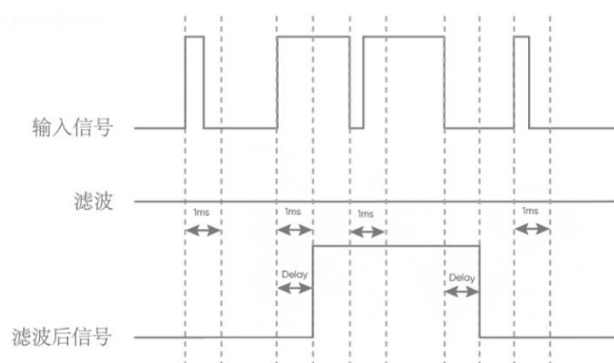


图 3-15 触发滤波功能示意图

注意:

相机在接收到有效的触发信号后, 滤波信号会滞后于抖动时段的最后一个边沿, 滞后时间=设置的滤波时间。

3.15.3.3. 硬件触发延时与抖动

当外触发电平信号到来时, 首先经过硬件电路时会有纳秒级别的延迟 T_{iso} 。经过硬件电路延迟后, 输入到相机内部的电平信号经过转换, 有一定的抖动延迟 T_{logic} , 驱动接收到触发信号到 sensor 开始到开始曝光有 17 个行时间的启动延时 T_{line} 。因此, 外部触发输入到曝光开始的总延迟时间 $T_{delay} = T_{iso} + T_{logic} + 17 * T_{line}$ 。如果使用触发滤波功能, 会在此基础上增加一个触发滤波延迟时间 T_{filter} 。触发延时与抖动如下图所示。

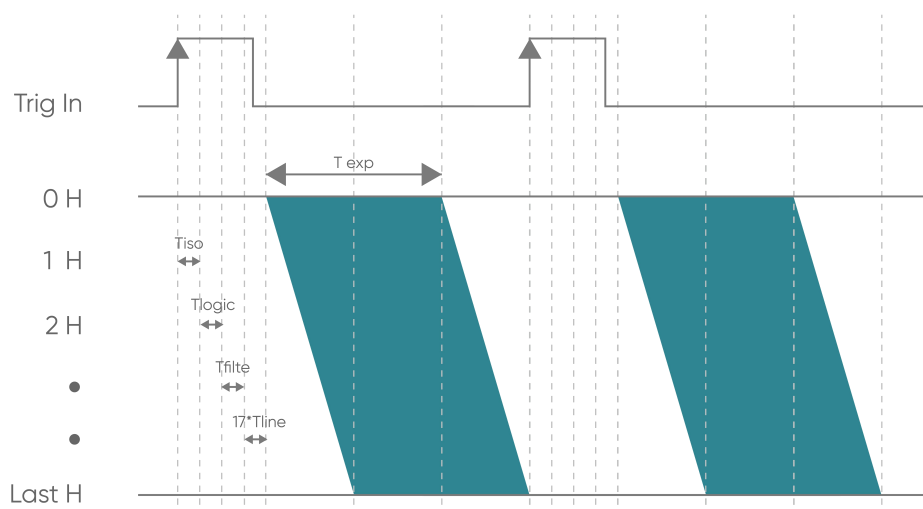


图 3-16 触发延迟示意图

3.15.3.4. 标准触发模式

标准触发模式：当相机处于开流状态，图像在第一行曝光结束后，即可响应触发信号。

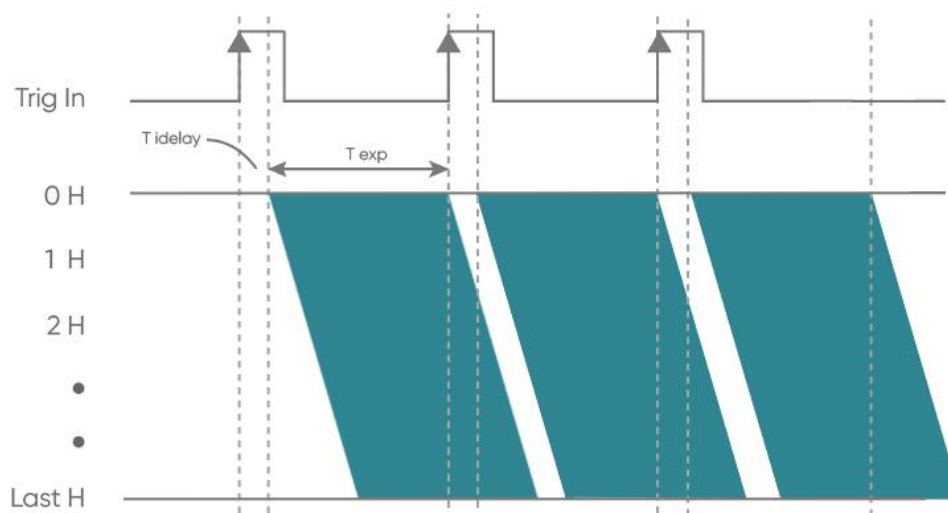


图 3-17 标准触发时序

支持设置为电平触发和边沿触发。电平触发模式下，通过输入外部触发信号电平的上升或者下降来控制曝光的开始和结束，曝光时间长短由电平的持续时间来决定。电平触发模式并非是连续拍照，常用来拍摄静止或者缓慢运动的物体。

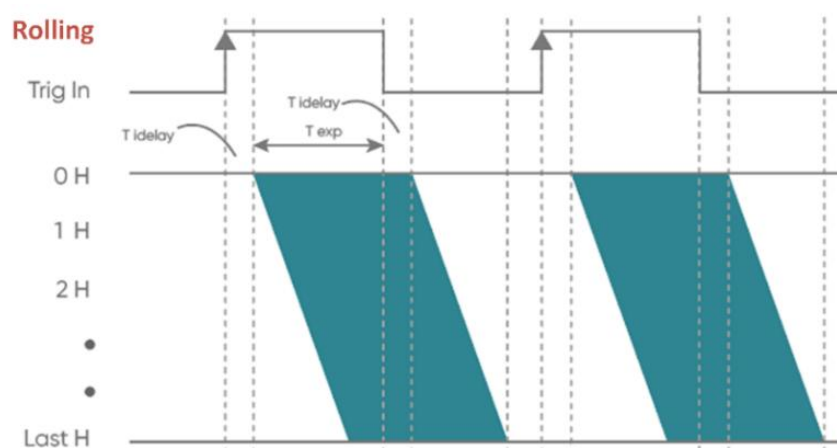


图 3-18 标准电平触发时序图

而边沿触发模式下，则是在软件中直接设置曝光时间的长短。在使用的时候要注意触发信号的每个脉冲周期的时间（脉宽+脉冲间隔）必须大于或等于每一帧图像输出所用的总时间（即帧率的倒数），才能保证一帧图像是完整无误的。

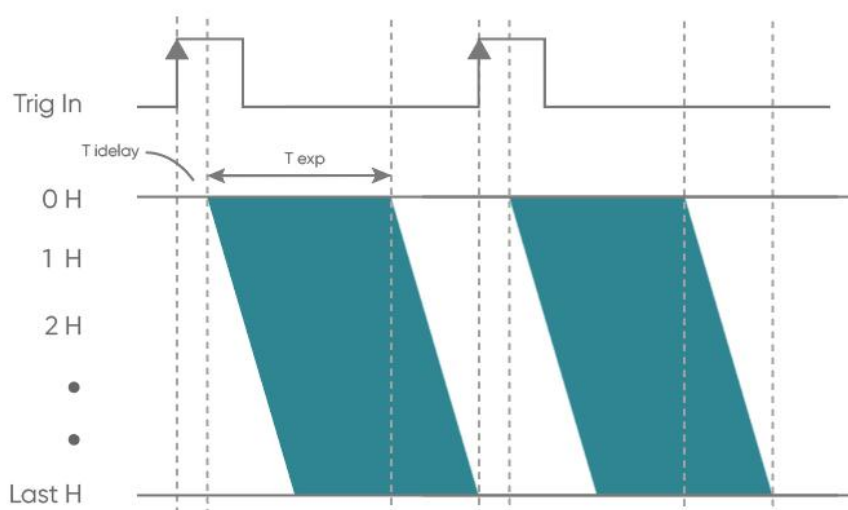


图 3-19 边沿触发模式示意图

Leo 3243/3243 Pro 相机支持单触发多帧采集功能，可在标准触发模式下的帧/信号修改触发出图数，以设置数量 2 为例，触发时序图如下：

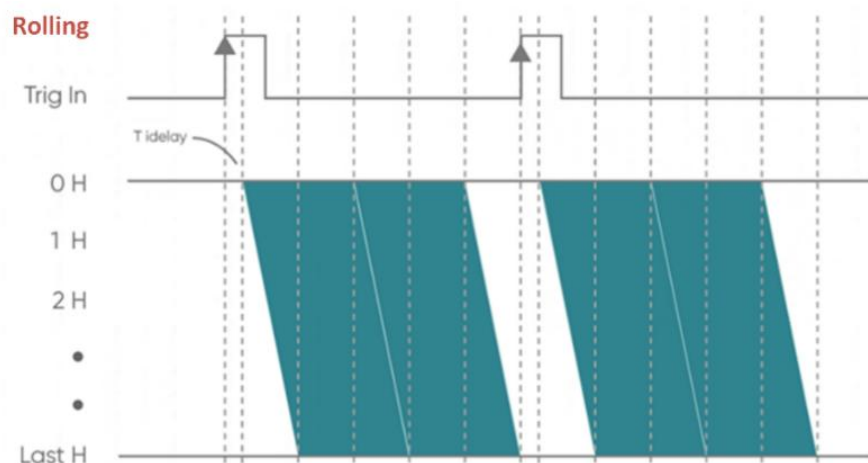


图 3-20 单触发多帧采集时序图

3.16. 触发输出

3.16.1. 触发输出电路

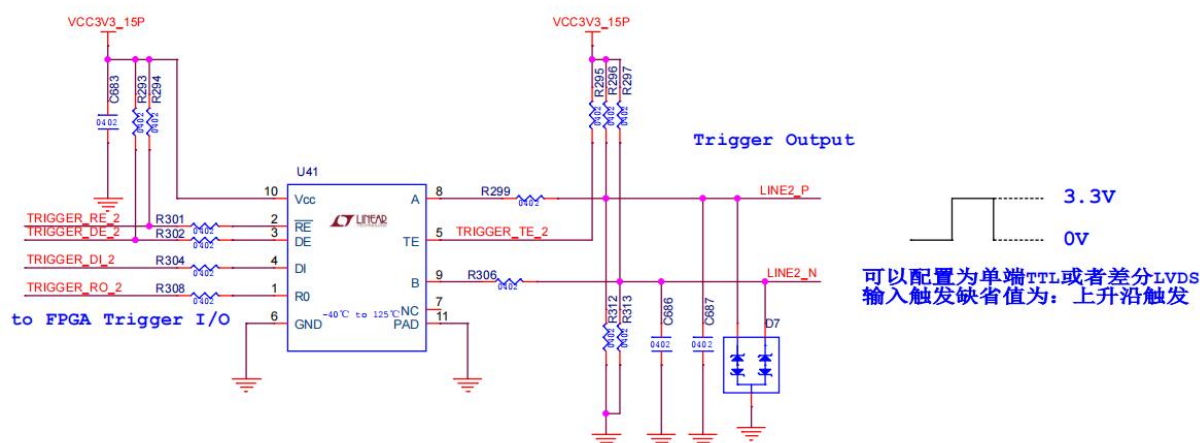


图 3-21 触发输出电路

3.16.2. 触发输出时序图

相机有三个外触发输出接口，（其中 Port2, Port3, Port4 既可以触发输入也可以输出）不同接口之间相互独立，都可输出以下五种时序的信号。各输出信号之间互不干扰，可以在三个输出口独立配置，并且可以同时输出到不同设备。

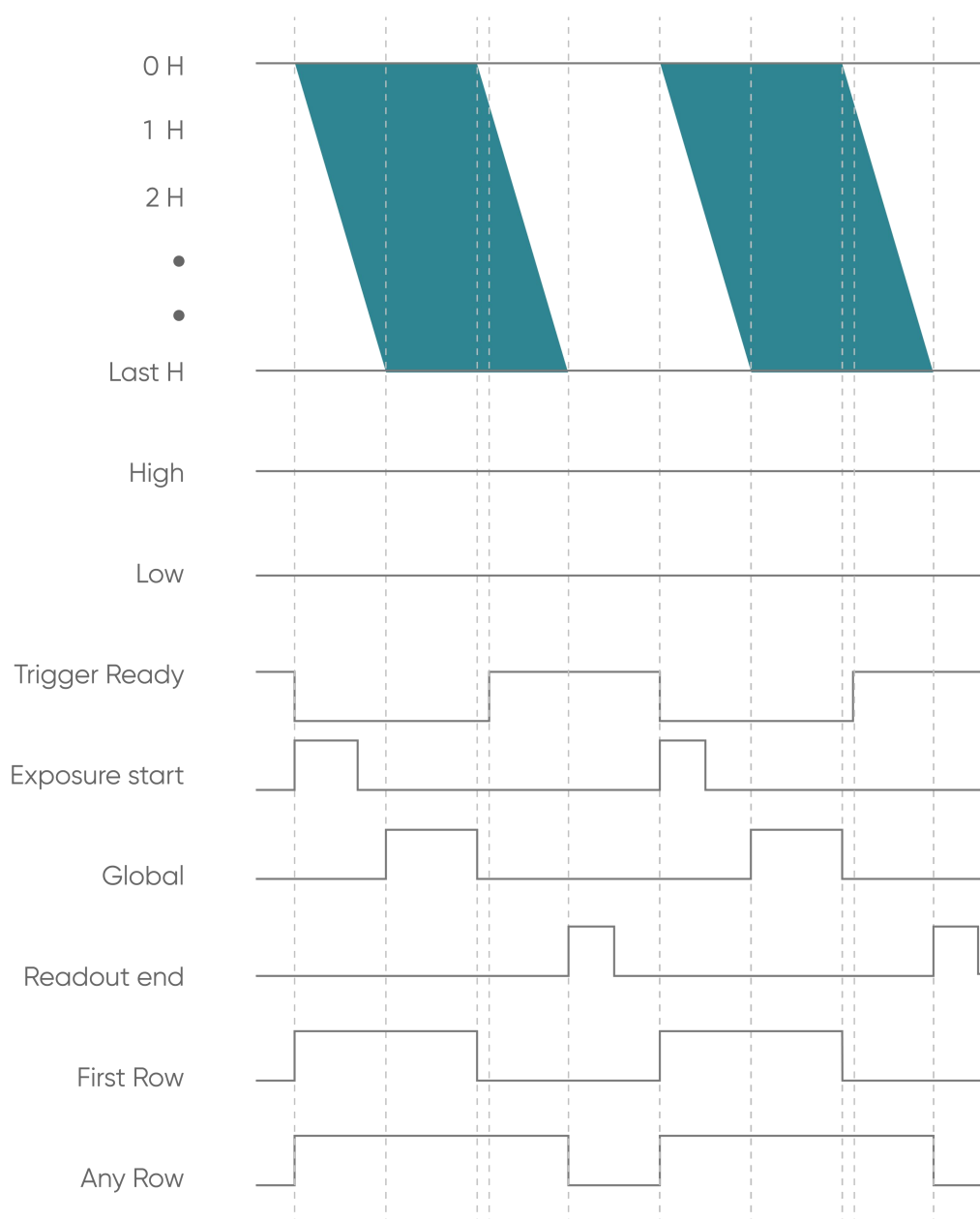


图 3-22 触发输出的时序图

Trig_In: 触发输入信号 (Trig_In 到 Exposure start 有 17 行时间延时加上处理延时约共 $17 \cdot T_{line} + 300ns$, T_{line} 为行时间 Leo 3243 Pro 的 T_{line} 为 15us; Leo 3243 high speed 模式 T_{line} 为 24us, high dynamic compress 模式 T_{line} 为 28us, high dynamic 模式 T_{line} 为 15us)

- **High:** 始终输出高电平
- **Low:** 始终输出低电平
- **Trigger Ready:** 相机处于开流状态且可以即时响应外部触发信号 (曝光结束后至少 2 行后, 才能够进入下个触发状态), 触发高电平

- **Exposure start:**从第一行曝光开始, 默认脉宽 5ms, 可自定义, 默认 TRIG.OUT2(输出存在 280ns 延时)
- **Global :** 从最后一行曝光开始, 到第一行结束曝光, 默认 TRIG.OUT3(输出存在 280ns 延时)
- **Readout end:**从最后一行读出结束开始, 默认脉宽 5ms, 可自定义, 默认 TRIG.OUT4(输出存在 280ns 延时)
- **First Row :** 第一行曝光开始(行时间, Leo 3243 Pro 的 T_{line} 为 15us; Leo 3243 high speed 模式 T_{line} 为 24us, high dynamic compress 模式 T_{line} 为 28us, high dynamic 模式 T_{line} 为 15us)
- **Any Row:** 从第一行开始曝光, 到最后一行结束曝光

3.17. 制冷

相机制冷可有效减小“暗电流噪声”和热像素的影响。相机采用半导体制冷方式, 利用帕耳帖效应, 由 N、P 型材料组成一对热电偶, 当热电偶通入直流电流后, 因直流电通入的方向不同, 将在电偶结点处产生吸热和放热现象。其中冷端贴近芯片, 给芯片降温以降低暗电流; 热端连接金属导热块, 通过相应的方式将产生的热散去。

风冷和水冷是两种常用的散热方式。在风冷中, 风扇利用气流将多余的热量与周围空气交换; 在水冷中, 使用液体循环系统将多余的热量转移。Leo 3243/3243 Pro 相机支持风冷和水冷两种制冷方式, 用户可以根据实际使用环境选择合适的制冷方式。风冷模式下, 进出风口标识如下图所示。

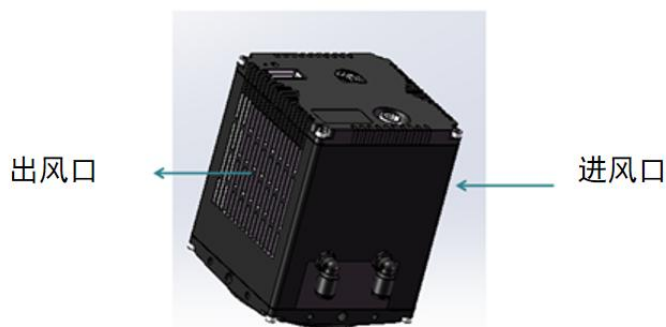


图 3-23 Leo 3243/3243 Pro 进出风口示意图

风冷下可实现锁定在 5°C 的制冷效果, 水冷可实现锁定在 -5°C 的制冷效果。相机风

扇可变速控制，一般支持 High、Medium 和 Low 三个挡位选择。风扇转速越高，散热性能越好；转速越低，传递的振动越低。为了实现完全的低振动性能，Leo 3243/3243 Pro 相机的风扇可在软件中完全关闭，并提供液体冷却端口（安装水冷请参考 4.3 节内容）。

4. 安装

4.1. 推荐的电脑配置

CPU	i7 及以上性能，主频 2.6GHz 以上
操作系统	Windows10/11 64 位 PC
内存	内存条速率 \geq 4800MHZ
PCIe 规格	PCIe4.0*8

4.2. 相机安装

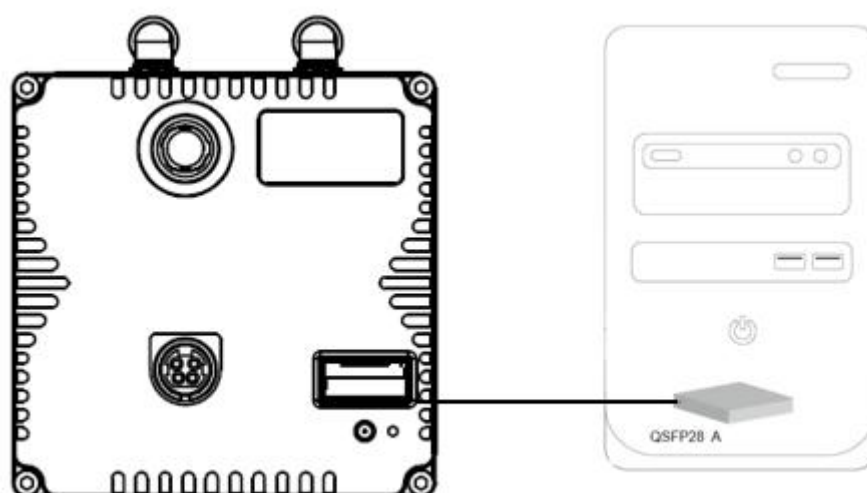


图 4-1 Leo 3243/3243 Pro 相机连接图

注意：

- 1) 为防止相机内部过热，请勿将相机包裹在布或任何其他材料中，或以任何方式堵住相机的通风口。
- 2) 如果在封闭环境中操作相机，为保证相机的安全性和制冷性能，安装时请确保

相机进风口和出风口之间至少有 10 cm 的间隙；如相机放置在桌面或平台上使用，请注意相机风口不要朝下。

3) 连接和断开线缆前，请务必关闭相机及周边设备的电源。

4.2.1. 采集卡连接光纤

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：

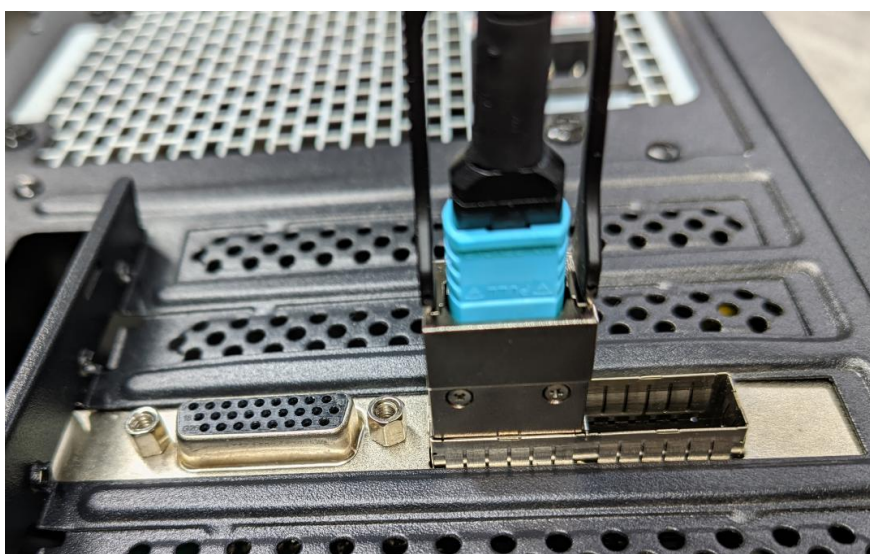


图 4-2 QSFP28 光模块与 Samdhi 采集卡 QSFP28 A 端口连接

4.2.2. 相机连接光纤

操作步骤

- 1) 将光纤线的 MPO 跳线插入标配的 QSFP28 光模块，如图 4-3 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；

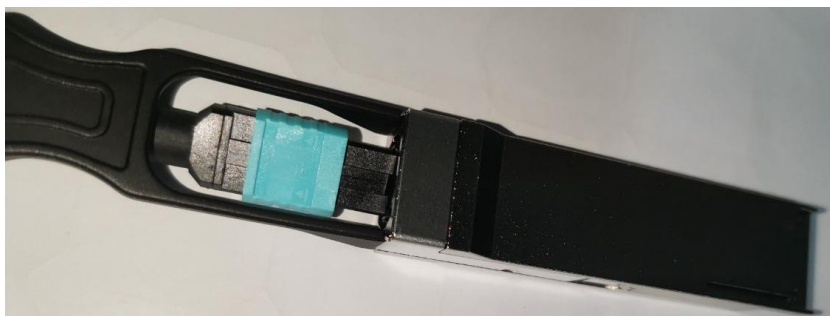


图 4-3 光纤与 QSFP+ 光模块连接

- 2) 将光模块插入相机的 QSFP+ 1 端口中，，插入后听到“咔”的一声表示接头完全插入。

4.3. 水冷管安装

4.3.1. 连接水冷管

操作步骤:

- (1) 将相机放置于平稳的工作台上；
- (2) 将水冷管连接到相机上面的水管接头上，确保插入到位，如下图 4-4 所示；
- (3) 将水管插到冷却水循环机的水嘴上并用卡箍锁紧；
- (4) 冷却水循环机水管与相机水管通过转接阀进行连接。

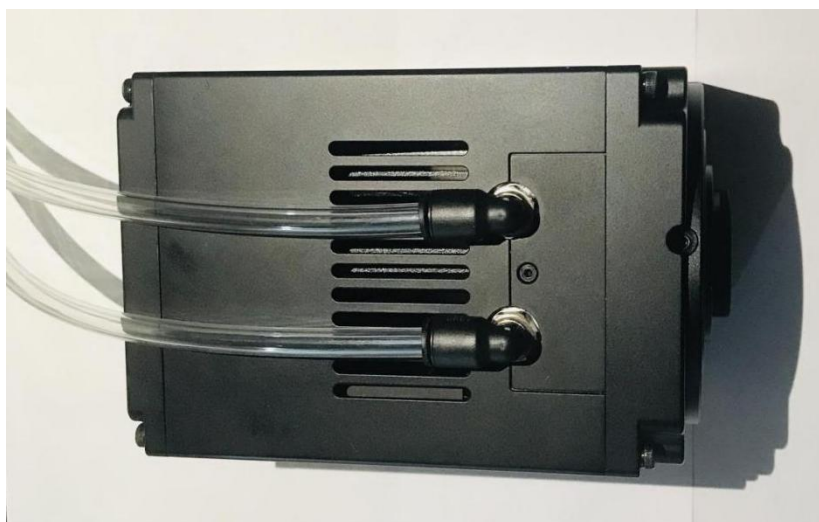


图 4-4 连接水冷管

4.3.2. 软件风扇状态

- (1) 在安装好水冷管后，需要在软件上切换制冷方式。相机默认的制冷方式为风冷，可以通过调节风扇挡位切换到水冷；
- (2) 若选择关闭风扇，软件会有如下提示，点击“是”才能关闭风扇。请确保水冷系统能够正常工作后再进行此操作。

4.3.3. 断开水冷管



图 4-5 移除水冷管

- (1) 断开相机以及包括循环水冷机在内的所有其他设备的电源；
- (2) 根据冷却水循环机的说明，拔下冷却水循环机上面的水管，将循环机内的水排出；
- (3) 按压转接阀滑套，将冷却水循环机水管拔出，排出内部的水；
- (4) 按压水接头，将相机水管从水管接头中拔出。首先，将安装水阀的一侧朝向侧边（不能置顶），在拔出水管时水阀口朝下，用吸水毛巾或者纸巾做好保护，确保没有水漏到相机内。

注意：

- 1) 冷却水的选用：推荐使用去离子水；
- 2) 水温：一般推荐水温 20°C 。在不恰当的环境条件下会引起水阀以及水管出现冷凝水，有损坏设备的隐患。为保证设备正常运行，建议水温不要低于凝固点，凝固点请参考附录冷凝表；
- 3) 压力：进入相机的最大水压不超过 2 bar；
- 4) 冷却水循环机：根据冷却水循环机的使用说明正确使用循环机以及制冷水；
- 5) 正确安装水冷管路，确保相机端和冷却水循环机端的接口处无渗水现象；

6) 相机运行前，确保冷却水循环机与相机水阀的安装无误，保证水管的水流量达到 1L/min；

7) 运行结束后，关闭相机以及循环机等相关设备的电源，并将循环机和相机中的水排出。

警告：

1) 相机运行过程中，切不可关闭冷却水循环机而停止制冷。否则可能导致芯片持续高温运行损坏；

2) 相机运行过程中，水冷和风扇可同时开启，但不能同时关闭，至少需要一种制冷方式正常运行，否则可能导致芯片持续高温而损坏。

4.4. 采集卡安装

将电脑关机，打开电脑主机的盖板，如图 4-6 所示。选择 PCIe4.0×8 速率以上的 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。通过数据传输线将相机和采集卡的接口相接即可。

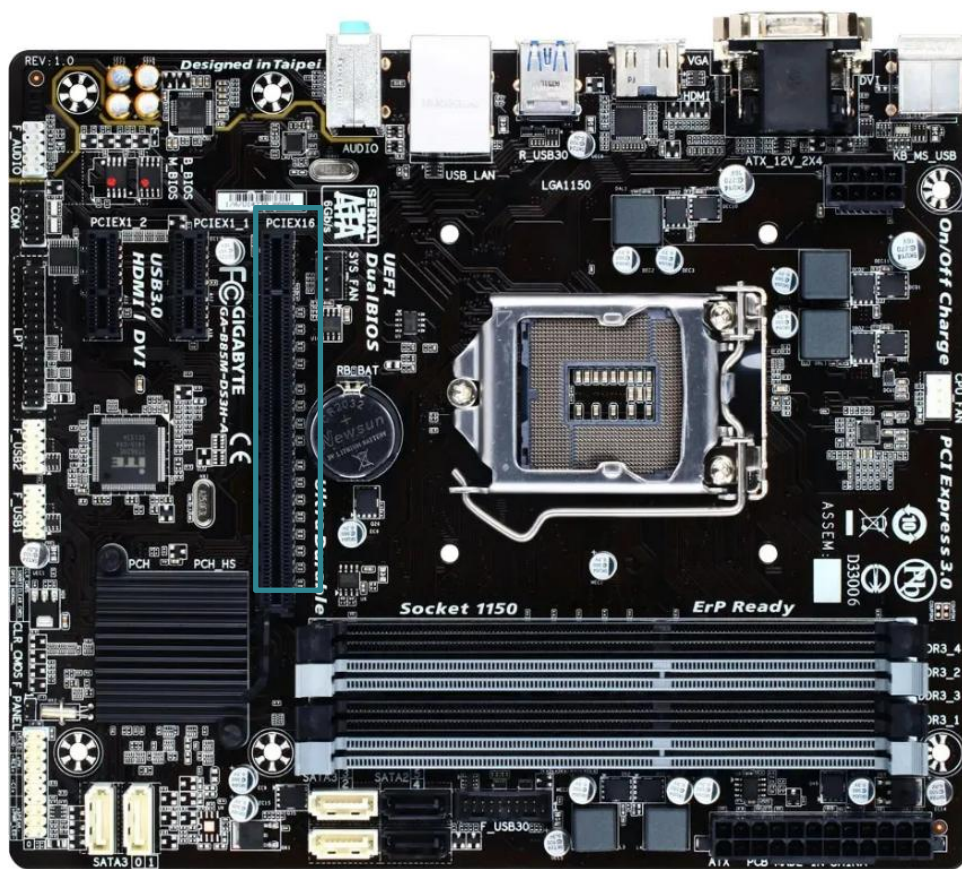


图 4-6 电脑主板图

表 4-1 不同 PCIe 插槽对应的最大传输速率

PCIe	X1	X4	X8	X16
1.0	0.25GB/s	1GB/s	2GB/s	4GB/s
2.0	0.5GB/s	2GB/s	4GB/s	8GB/s
3.0	0.985GB/s	3.9GB/s	7.8GB/s	15.7GB/s
4.0	1.969GB/s	7.88GB/s	15.75GB/s	31.51GB/s
5.0	3.938GB/s	15.75GB/s	31.51GB/s	63.02GB/s

注意：

- 1) 安装以及拆卸采集卡时，一定要断电操作；
- 2) 连接线缆时，请在相机电源关闭状态下操作，禁止热插拔。

4.5. 驱动安装

本节将介绍采集卡驱动安装。

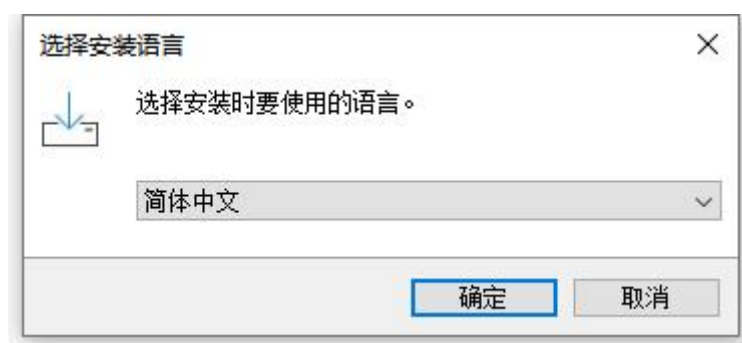
Samadhi 采集卡驱动支持安装在 Windows 10（x64）操作系统上，目前安装的驱动版本为：TucsenSetup1.1.4.18.exe。固件版本为：0.1.12。

操作步骤

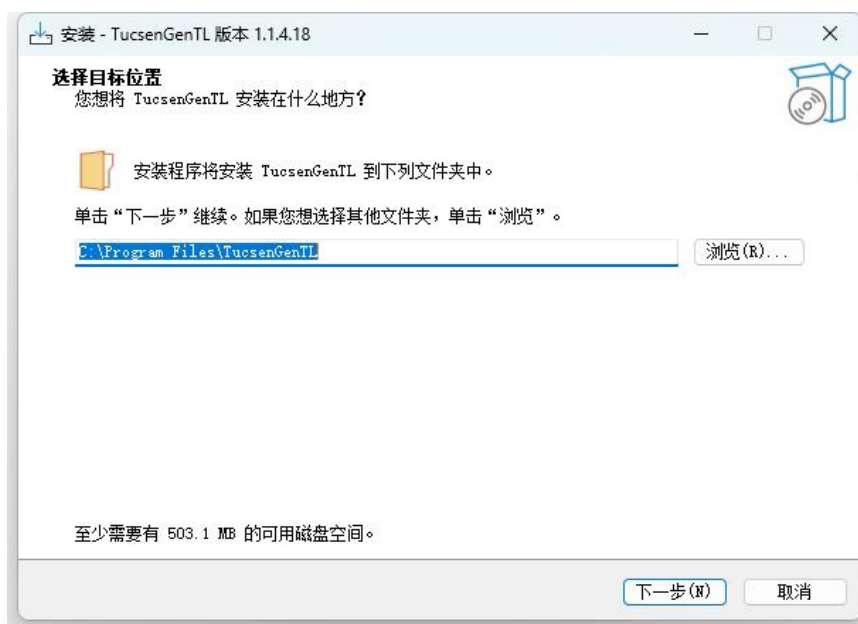
- 1) 双击 Samadhi 采集卡驱动开始安装；

名称	修改日期	类型	大小
 TucsenSetup1.1.4.18.exe	2025/3/17 9:19	应用程序	141,942 KB

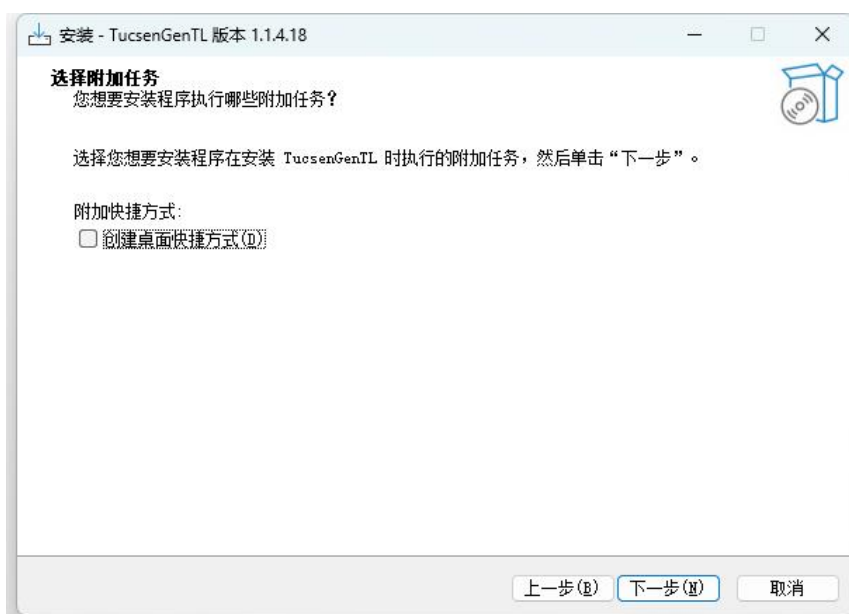
- 2) 选择安装语言，选项包括“简体中文”和“English”，点击“确定”；



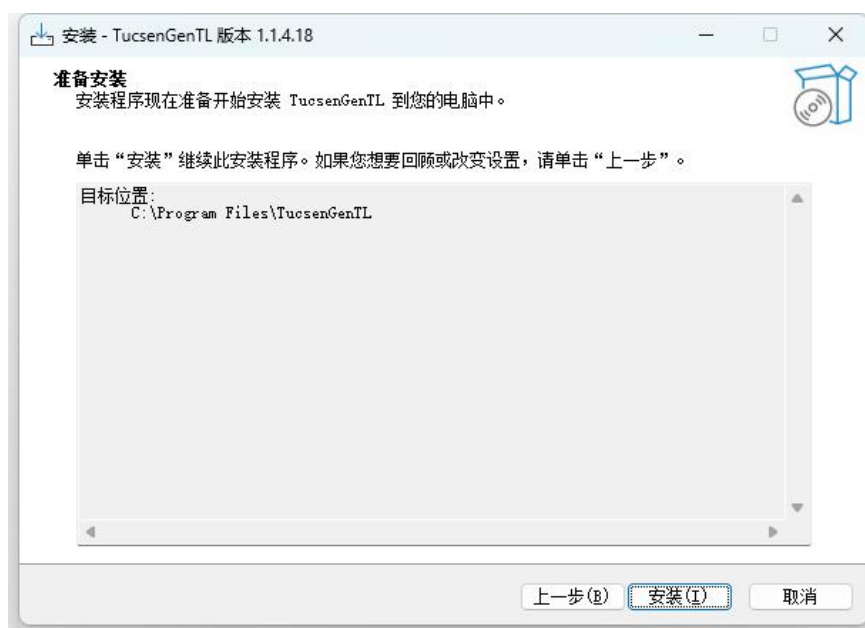
- 3) 选择安装位置，如想选择其他文件夹，点击“浏览”。选择完毕后，点击“下一步”；



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”；



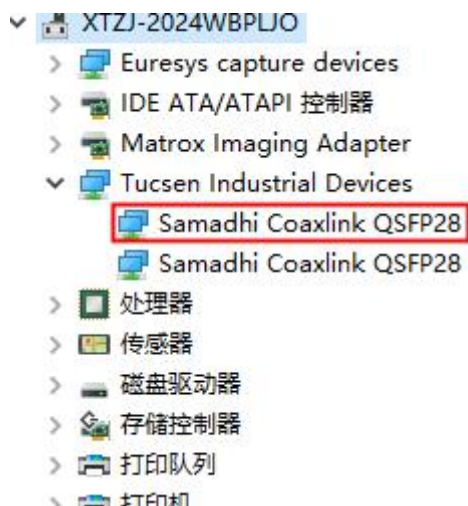
5) 准备安装确认，检查设置是否正确，确认无误后，点击“安装”；



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；



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 QSFP28,如下图所示：



4.6. 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。

注意：

- 1) 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；
- 2) 相机正常工作时绿灯闪烁，异常时红色闪烁。
- 3) 当软件提示 No Camera，请尝试以下操作
 - ① 确认安装驱动后是否有关机开机动作。
 - ② 确认相机是否指示灯是否常亮绿色。
 - ③ 确认线缆安装正确，每个光模块完全卡紧。

5. 维护

由未经授权的维护或程序造成的损坏将导致保修失效。

5.1. 定期检查

应定期检查产品状态，特别是外部电源和主电缆的完整性、电源线的完整性，请勿

使用损坏的设备。

5.2. 电气安全检查

- 建议每年检查交流/直流转换器的绝缘和保护接地的完整性
- 不要使用损坏的设备

5.3. 冷却软管和连接件

用户应定期检查所有冷却剂软管和连接处是否有泄漏、损坏或磨损迹象。所有密封件必须完好无损，然后才能开启相机系统，任何磨损或损坏的部件必须立即更换。

5.4. 基本使用

- 1) 避免在灰尘较大的环境中打开镜头防尘盖；
- 2) 打开镜头防尘盖和安装镜头时，相机口朝下，避免灰尘落在窗片表面；
- 3) 长期不用时，请装好防尘盖。

5.5. 窗片清洁

当发现相机拍到的图像有污渍或脏点时，请排除是否相机接口处镜头/显微镜/物镜等表面脏污。如果以上都不是，确定是相机本身带来的，可以按照以下步骤进行窗片清洁：

- 1) 优先使用气吹，使用洗耳球或气吹吹掉一般性粉尘；再配合毛刷可去除大部分灰尘；
- 2) 对于顽固的油性灰尘，需准备无尘棉签（或专用擦镜纸、无纺布等）以及无水乙醇等专用工具；
- 3) 使用无尘棉签蘸取适量无水乙醇沿窗片表面擦拭，擦拭时不要过于用力，且始终沿一个方向进行，避免来回擦拭；
- 4) 擦拭好后使用气吹等物品，让窗片表面酒精挥发完全再继续使用。

注意：

- 1) 如不能保证独立完成清洁步骤或者没有所需的物品，请务必联系我们；
- 2) 如按以上步骤操作之后，脏污仍然存在，可以尝试按以上步骤再擦一次。如果无法解决，考虑是芯片内部脏污。此时请务必联系我们。

6. 故障排除

6.1. 电脑无法识别相机

- 1) 确认相机正常通电且开机；
- 2) 确认相机与电脑正常连接；
 - ① QSFP+光模块接在采集卡的 A 口；
 - ② 光模块插入相机的 QSFP+ 1 端口；
- 3) 确认采集卡驱动正常工作，可在电脑设备管理器中查看图像设备是否有识别到相机。

6.2. 软件暂停工作、卡死

- 1) 电脑可能开启了节能模式，系统 CPU 性能降低，导致软件不能正常工作，出现掉帧或者软件卡死等情况。可检查保证电脑处于高性能模式下。
- 2) 电脑开启了太多应用，导致电脑 CPU 占用过高，软件 CPU 利用率低而不能正常工作。可关闭多余的应用程序。
- 3) 数据线连接异常，当数据线松动，或者经转接过长延长也会导致软件连接异常，不能正常工作。

6.3. 相机达不到目标制冷温度

- 1) 确认环境温度是否太高；
- 2) 确认出风口是否堵塞；
- 3) 确认风扇是否正常转动。
- 4) 如使用水冷请确认水冷循环是否正常运行。

7. FAQs

7.1. 为什么拍摄下来的图片亮度与预览窗口不一致？

当第一次使用相机且拍摄目标较暗时，软件预览图可能会是全黑的图像。建议在直方图设置区域勾选自动左色阶和自动右色阶，此时，软件预览会显示最合适的亮度和对比度。但实际存图时，软件默认保存的图片不会将自动色阶的效果保存，导致预览图片与拍摄图片不一致。

可尝试以下解决方案：

- 1) 关闭软件的自动色阶功能，预览图跟存的图片将保持一致；
- 2) 使用专业图片查看工具例如 ImageJ 打开 tif 图片，调整色阶。

7.2. 相机预览图像出现条纹状闪动

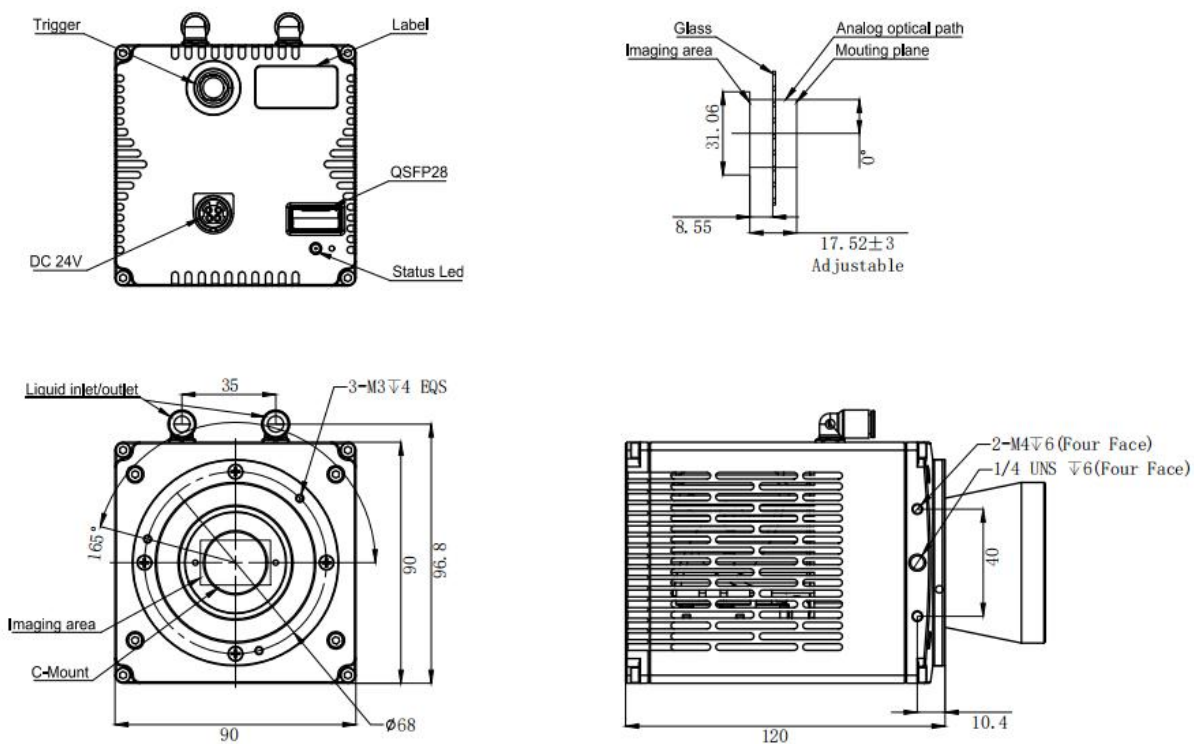
可能由于外部光源不同步导致。环境中可能存在频闪光源，可通过延长曝光时间判断。如果是环境光源，关闭照明光源即可。如果来自照射样品光源，则需要使用稳压光源来进行照明。

8. 售后

- 1) 登录官网，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 0591-28055080-818
 - Email: service@tucsen.com
 - 登录鑫图官网留言: <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：结构线条图

Unit: mm, Diameter: ϕ .



C 口线条图

附录 2：相机参数表

相机

型号	Leo 3243/3243 Pro
传感器类型	Stacked BSI sCMOS
传感器型号	Gpixel GSENSE3243BSI
量子效率	> 80%
光谱	黑白
对角线尺寸	31 mm
有效面积	26.2 mm x 16.7mm
分辨率	8192 (H) x 5232 (V)
像素尺寸	3.2 μm x 3.2 μm
满阱容量	21 ke- @ Highspeed Low Gain 7.2 ke- @ Highspeed High Gain 19 ke- @ HDR 19 ke- @ Compressed HDR
动态范围	75 dB
帧率	Leo 3243 Pro: 100 fps @ Highspeed Low Gain 100 fps @ Highspeed High Gain 50 fps @ HDR 100 fps @ Compressed HDR Leo 3243: 63 fps @ Highspeed Low Gain 63fps @ Highspeed High Gain 50 fps @ HDR

	54 fps @ Compressed HDR
读出噪声	5.7 e- @ Highspeed Low Gain 2.0 e- @ Highspeed High Gain 2.7 e- @ HDR 2.6 e- @ Compressed HDR
快门类型	卷帘
制冷方式	风冷, 水冷
制冷温度	锁定在 @ -5°C (水冷), 锁定在 5°C (风冷)
暗电流	< 1e-/pixel/s @ 5°C Air Cooling
Binning	2 x 2, 4 x 4
感兴趣区 (ROI)	支持
触发模式	硬件, 软件
外触发输出	曝光开始/所有行/读出结束/触发准备/第一行/任意行
触发接口	HIROSE
数据接口	Leo 3243 Pro: 100G QSFP28 Leo 3243: 40G QSFP+
位深	14 bit, 16 bit
光学接口	T/F/C-mount
电源	24 V / 6.6 A
相机尺寸	< 90*90*120 mm
重量	< 1 kg

注：本表中参数均为典型值，如有变动，恕不再另行通知

采集卡

Leo 3243 Pro:

品牌	TUCSEN
型号	Samadhi Coaxlink QSFP28 Frame Grabber
操作系统	Windows
总线	PCIe 4.0 x 8

Leo 3243:

品牌	TUCSEN
型号	Samadhi Coaxlink QSFP+ Frame Grabber
操作系统	Windows
总线	PCIe 4.0 x 8

附录 3：第三方软件应用

目前我们提供调用第三方软件（LabVIEW、Matlab、Micro-Manager 等）的插件，请点击链接下载配置：[第三方软件-鑫图光电 \(tucsen.net\)](#)

附录 4：冷凝表

		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 5：更新日志

版本	日期	修改内容
V1.0.0	2025-04-02	创建文档