

PR-CXP 系列线扫描 相机使用说明书

(V0.2 2024.07.25)



合肥埃科光电科技股份有限公司

<http://www.i-tek.cn/>

版本记录

版本号	修改日期	说明
0.1	2023/12/19	● 初始版本
0.2	2024/07/25	● 添加 PR16KCXP-25KC2 相机信息

联系方式

合肥埃科光电科技股份有限公司

电话: +86-551-65318597

邮箱: market@i-tek.cn

网址: www.i-tek.cn

地址: 安徽省合肥市高新区望江西路中安创谷科技园二期 J2 栋 3F

邮编: 230088

目 录

版本记录.....	2
联系方式.....	3
目 录.....	4
1 警告.....	6
2 产品命名规则.....	7
3 产品外形.....	9
4 产品规格.....	10
4.1 主要特性.....	10
4.2 相机规格.....	10
4.3 相机结构.....	12
4.4 像素排列.....	12
4.5 光谱响应.....	12
4.6 相机使用.....	13
4.7 认证 RoHS.....	13
5 机械尺寸和接口.....	14
5.1 机械设计.....	14
5.2 电气接口.....	14
5.2.1 状态指示灯.....	15
5.2.2 电源&控制接口.....	15
5.2.3 数据接口.....	16
6 相机特性.....	18
6.1 触发模式.....	18
6.1.1 行触发模式.....	18
6.1.2 帧触发模式.....	20
6.2 相机扫描方向.....	21
6.3 查找表.....	22
6.4 像素合并.....	23
6.5 水平翻转.....	23
6.6 空间校正.....	24
6.7 视差校正.....	24
6.8 时间延迟积分.....	25
6.9 平场校正.....	25
6.10 颜色校正.....	27
6.11 白平衡.....	27
6.12 测试图像.....	27
6.13 数据格式.....	28
6.14 增益&偏置.....	28
6.15 相机温度.....	29
6.16 加载/保存配置.....	29
7 相机控制.....	30
7.1 GenICam 标准.....	30
7.2 GenAPI 参数属性.....	30

7.3 寄存器分类.....	31
7.3.1 Bootstrap CoaXPress 寄存器.....	31
7.3.2 设备控制寄存器.....	35
7.3.3 图像格式控制寄存器.....	37
7.3.4 采集控制寄存器.....	38
7.3.5 IO 控制寄存器.....	39
7.3.6 图像校正寄存器.....	40
7.3.7 模拟控制寄存器.....	43
7.3.8 数字控制寄存器.....	43
7.3.9 查找表控制寄存器.....	44
7.3.10 平场校正寄存器.....	45
7.3.11 用户配置控制寄存器.....	47
8 常见问题.....	48

1 警告

● 警告

- ① 禁止摔打、损坏、拆卸、修复或者自行改变相机。
- ② 禁止让儿童自行接触相机。
- ③ 禁止将相机用作规范要求以外的其它用途。
- ④ 如果相机出现问题，请及时联系技术支持。

● 安装维护

- ① 尽量不要在太阳直射下或者湿度较高或者灰尘较多环境下安装相机。
- ② 尽量让相机远离强磁场环境。
- ③ 尽量让相机远离热源。
- ④ 注意不要让相机泡在液体中，如水、饮料等。
- ⑤ 尽量时常清除相机外部灰尘，避免灰尘进入相机造成异常。
- ⑥ 清除相机灰尘时，不要用水洗，请用柔软物体蘸少量 70%酒精进行擦除。

● 电源

- ① 推荐+12~24V ($\pm 10\%$) 电压接入，电流要求 2.5A。
- ② 合肥埃科光电科技股份有限公司不提供外接电源，请用户自行处理电源接入。

● 文档

- ① 合肥埃科光电科技股份有限公司不保证该文档为最终版本，文档在产品升级或者修改后也会进行更新，如用户需要最新文档，请主动联系 market@i-tek.cn 索取，对于授权用户，合肥埃科光电科技股份有限公司将无偿提供对应产品的最新文档。

2 产品命名规则

● 相机产品型号

简称	名称	含义
线扫描相机:		
PA	Panther	黑豹（单线工业线阵相机）
PL	Plasma	等离子（多线工业线阵相机）
PH	Phoenix	凤凰（高阶 TDI 工业线阵相机）
TPH	TEC-Phoenix	凤凰（制冷高阶 TDI 工业线阵相机）
PN	Pneuma	普纽玛（基础款工业线扫相机）
PR	Prometheus	普罗米修斯（高分辨率工业线扫相机）
PU	PupMaya	玛雅（高位宽工业线扫相机）
PT	Ptepare	有准备（特殊定制工业线扫相机）
PM	Prism	棱镜线扫相机
面扫描相机:		
TM	Taurus-Prism	棱镜面扫相机
HS	Hercules	大力神（CCD 工业面阵相机）
TS	Taurus	金牛座（CMOS 工业面阵相机）
THS	TEC-Hercules	半导体冷却—大力神（CCD 制冷工业面阵相机）
TTS	TEC-Taurus	半导体冷却—金牛座（CMOS 工业面阵相机）
XS	XStream	极速（超高速相机）

● 接口规格

简称	接口类型
GV	GigE Vision
CL	Camera Link
CXP/CXP10/CXP12	CoaXPress
U30	USB3.0
XGV	10 GigE Vision
PCIe	PCI-Express
SFP	Small Form Pluggable

● 色彩形式

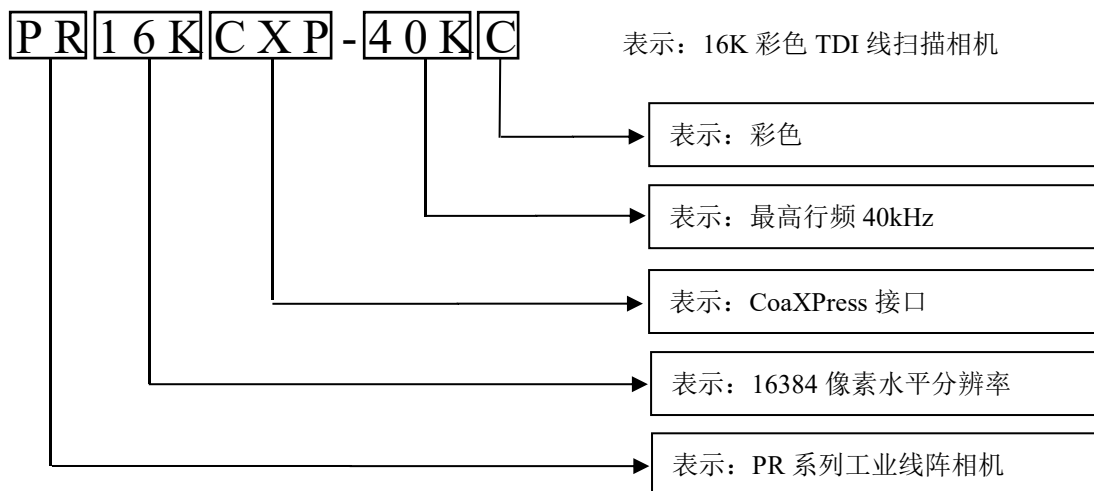
简称	图像模式
M	Monochrome（黑白）
C	Color（彩色）
F	Full Color（RGBC 四线输出，支持 RGBC）
T	黑白 TDI（多线时间延迟积分）
X	分时相机
U	UV（紫外）
N	NIR（近红外）

S	SWIR（短波红外）
W	MWIR（中波红外）
L	LWIR（长波红外）

● 行频或帧率

相机类型	说明
线扫描相机	最高行频，如 30kHz
面扫描相机	最高帧率，如 4000fps

e.g.



3 产品外形

- PR16KCXP-25KC2:



- PR16KCXP-40KC:



图 1 相机外形图

注意:

- ① 相机前端面和侧边均提供了螺丝孔，用于接圈和相机的安装固定。
- ② 相机详细尺寸说明请参考下文“机械尺寸和接口”章节。

4 产品规格

PR-CXP 系列相机设计用于工业自动化检测领域的高速线扫描应用，由合肥埃科光电科技股份有限公司自主研发和生产。相机内部集成了国际领先的高速线阵图像传感器，大规模现场可编程逻辑门阵列并行处理器，通过 CoaXPRESS 接口对外输出数据，具备高速、高灵敏度和低噪声的特点。

4.1 主要特性

- 全局快门 CMOS 传感器
- 行分辨率 16384 像素
- 高灵敏度及低噪声
- 曝光模式灵活控制（外触发，自由运行）
- 数据格式：8/10bit
- 像素合并
- 平场校正
- 空间校正
- 视差校正
- 数字增益/模拟增益/偏置控制
- 查找表
- 白平衡
- 扫描方向可配置
- 实时温度监控

4.2 相机规格

表 1 PR16KCXP-25KC2 产品规格

型号	PR16KCXP-25KC2
产品描述	16K 彩色 TDI 线扫描相机
分辨率	16384 x 6
像元规格	5um x 5um
传感器类型	全局快门 CMOS
图像类型	彩色
传感器长度	81.92mm
动态范围	≥ 64.2dB
信噪比	43.1dB
数据率	1224MB/s
模拟增益	X1/X2/X4/X8
数字增益	0.1~8
数字偏置	-1023~1023
镜头接口	M90
最高行频	24.9kHz@8bit, 19.9kHz@10bit

触发方式	行触发控制、帧触发控制
外部触发	外部 IO/CXP
曝光控制	脉宽控制，定时
曝光时间	2.2us~63997us（步长：0.0125us）
数据格式	RGB/BGR@8/10bit
工作温度	0~55℃
数据接口	CoaXPress
电源	DC 12~24V（±10%） 2.5A
功耗	14.3W
机械尺寸	99mm x 99mm x 73mm

表 2 PR16KCXP-40KC 产品规格

型号	PR16KCXP-40KC
产品描述	16K 彩色 TDI 线扫描相机
分辨率	16384 x 6
像元规格	5um x 5um
传感器类型	全局快门 CMOS
图像类型	彩色
传感器长度	81.92mm
动态范围	≥ 64.2dB
信噪比	43.1dB
数据率	2445MB/s
模拟增益	X1/X2/X4/X8
数字增益	0.1~8
数字偏置	-1023~1023
镜头接口	M90
最高行频	39.8kHz
触发方式	行触发控制、帧触发控制
外部触发	外部 IO/CXP
曝光控制	脉宽控制，定时
曝光时间	2.3us~63997us（步长：0.1us）
数据格式	RGB/BGR@8/10bit
工作温度	0~55℃
数据接口	CoaXPress
电源	DC 12~24V（±10%） 2.5A
功耗	18.2W
机械尺寸	99mm x 99mm x 73mm

注意：本表格为 0104-811C 版本 PR-CXP 系列相机规格，不同版本的相机规格可能略有不同。

4.3 相机结构

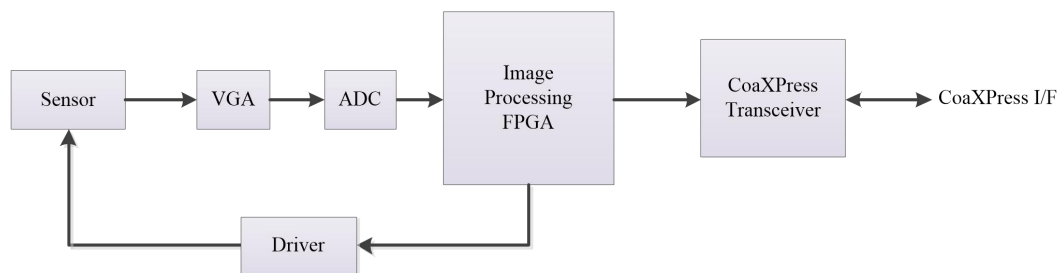


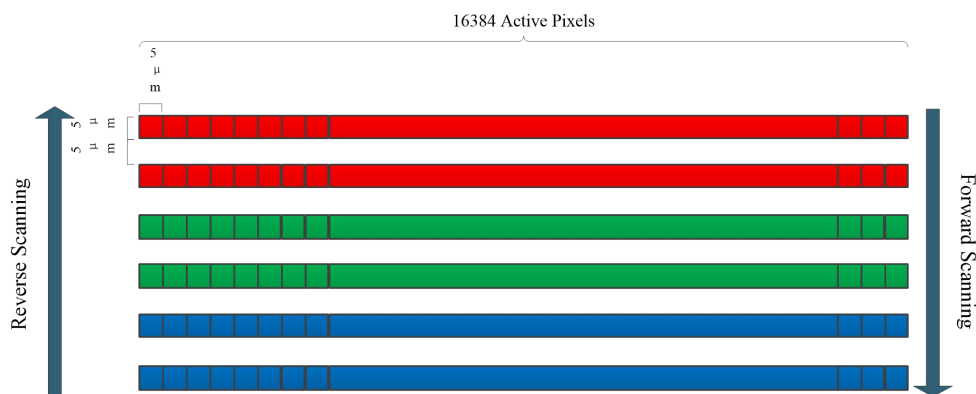
图 2 相机内部结构

PR-CXP 系列相机基于高速线扫描图像传感器设计，像素阵列由全局快门控制系统进行统一采样保持，由模拟前端转换为数字信号，FPGA 和微处理器进行相关的算法处理后，经过 CoaXPress 接口传输给 PC 端采集卡。

PR-CXP 系列相机可接受外部信号触发采集，来源为 6 芯接口信号或 CoaXPress 接口的 CXP 信号。

4.4 像素排列

不同类型的 PR-CXP 系列相机具有不同的线数。依据线数的不同，相机的像素排列方式也有所不同。下面对多线类型 PR-CXP 系列相机的像素排列进行介绍，具体如下图所示。



(a) 16K 六线彩色

图 3 像素排列

4.5 光谱响应

PR-CXP 系列相机的光谱响应曲线如下图所示。

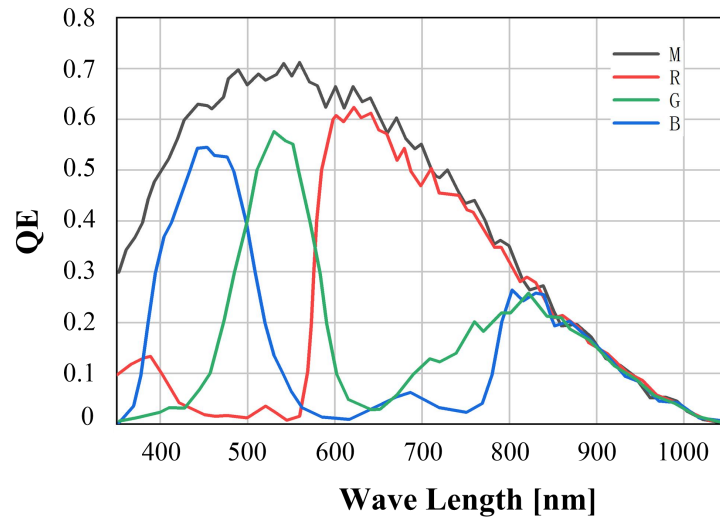


图 4 相机光谱响应

4.6 相机使用

- (1) 工作温度：0°C~55°C，湿度 10%~80%；储存温度：-20°C~75°C。
- (2) 相机内传感器有防尘密封设置，可有效防止尘土进入传感器表面。如果镜头盖打开，则可能会使尘土进入，故相机未使用时，请拧紧镜头盖。

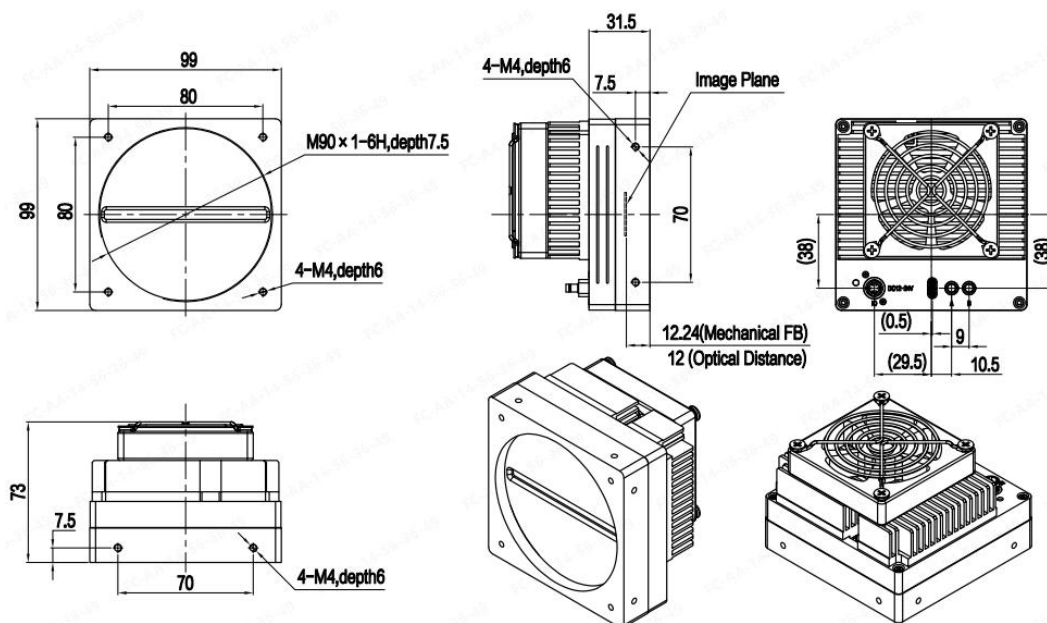
4.7 认证 RoHS

相机所有部件（包括元器件、PCB、外壳）均符合 RoHS 标准。

5 机械尺寸和接口

5.1 机械设计

● PR16KCXP-25KC2:



● PR16KCXP-40KC:

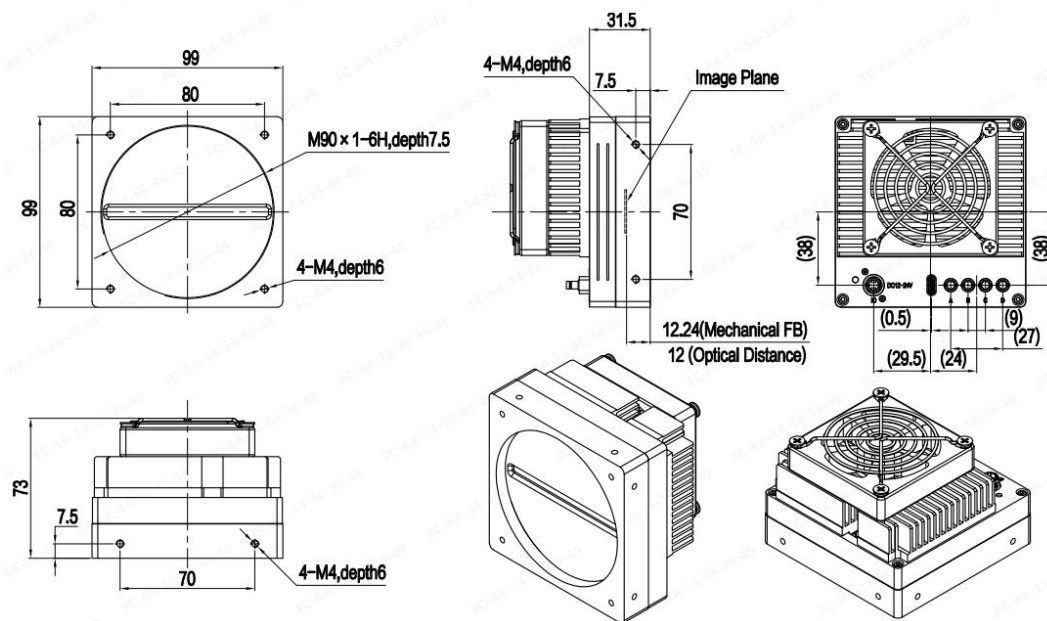


图 5 相机机械尺寸

5.2 电气接口

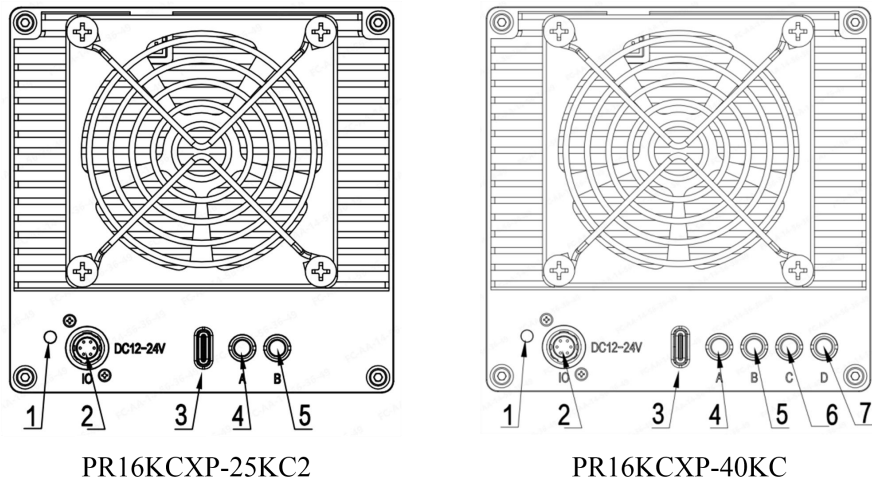


图 6 相机外部接口

- ① 相机状态指示灯
- ② 6 芯电源与控制接口
- ③ Type-C 接口
- ④ CoaXPress Connection A (**Master**)
- ⑤ CoaXPress Connection B
- ⑥ CoaXPress Connection C
- ⑦ CoaXPress Connection D

5.2.1 状态指示灯

相机状态指示灯用于反映相机的实时状态，如下表所示：

表 3 LED 指示灯状态信息

LED 三色状态指示灯	相机状态
绿灯常亮	正常
绿灯闪烁	外触发模式下，3 秒内未检测到触发信号
红灯常亮	处理器复位或故障
红灯闪烁	相机异常（联系维修人员）
黄灯常亮	相机初始化或执行命令中

5.2.2 电源&控制接口

电源和控制接口采用 6 芯插座（针），其规格型号为：
Hirose HR10A-7R-6PB(Male)。

对应的电源线端插头规格型号为：
Hirose HR10A-7P-6S(Female)。

相机背部电源和控制接口如下图所示：

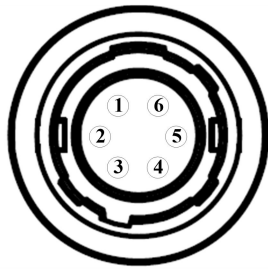


图 7 电源和控制接口

表 4 电源和控制接口定义

信号	管脚	信号	管脚
VCC	1	General Input1_GND	4
VCC	2	GND	5
General Input1	3	GND	6

触发接口电路图如下所示：

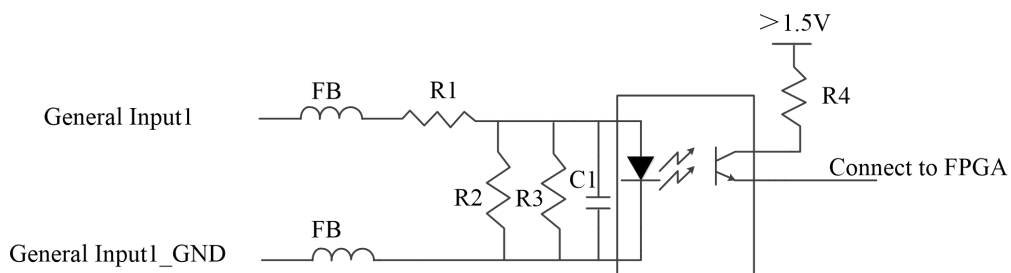


图 8 触发接口电路图

- 电平标准：1.5~24V，单端输入信号
- 驱动电流：10mA 以上

5.2.3 数据接口

PR-CXP 系列相机实现了标准的 Quad CoaXPress 协议，数据接口为相机背面的 DIN 1.0/2.3 插座。相机背部数据接口如下图红色框所示：

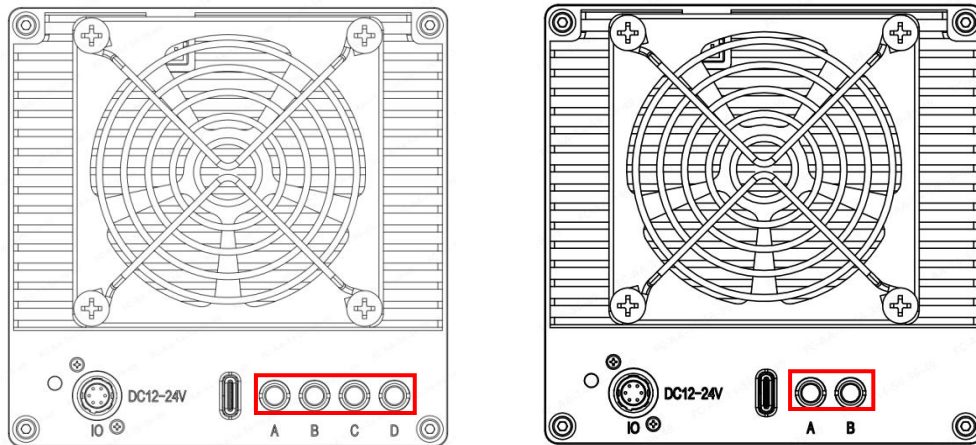


图 9 数据接口

DIN 1.0/2.3 直插接口机械图如下：

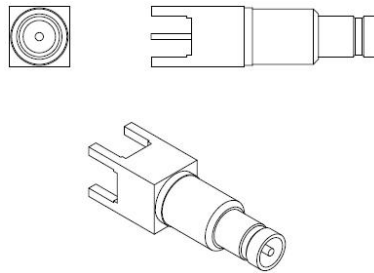


图 10 DIN 1.0/2.3 直插接口

6 相机特性

本章对 PR-CXP 系列相机的内部特性做详细介绍。

6.1 触发模式

PR-CXP 系列相机支持 2 种触发模式：行触发模式和帧触发模式。行触发模式支持自由运行、外部脉冲和外部脉宽调制，帧触发模式支持边沿触发和电平触发。

6.1.1 行触发模式

行触发模式支持自由运行、外部脉冲和外部脉宽调制，具体内容如下：

● 自由运行模式

自由运行模式下（Exposure Mode: Timed），相机内部逻辑自动产生相机控制时序，使得相机产生图像正常输出，无需用户提供外部触发信号。

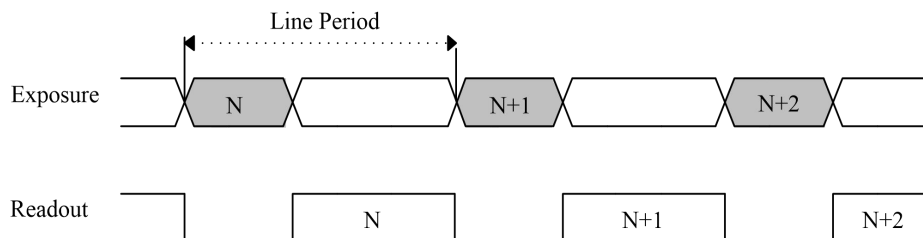


图 11 自由运行模式

该模式下，曝光时间和行频（线周期的倒数）均可以通过指令设置。需要注意的是线周期应不小于一行的读出时间，并且要大于设定曝光时间和曝光最小间隔参数之和。相机内部运行时序如上图所示。

● 外部脉冲模式

外部脉冲模式下（Exposure Mode: Trigger Pulse），相机在外触发信号上升沿开始曝光，而曝光时长则由 ExposureTime 的值决定。这时相机行频是由外触发脉冲上升沿之间的间隔决定的，其运行时序如下图所示。

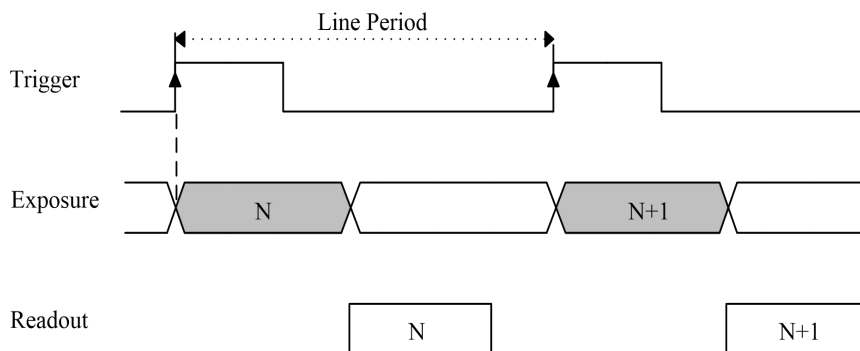


图 12 外部脉冲模式

为了得到更高的行频，可以在上一行曝光结束后、相机读取当前行时，发起新的触发脉冲启动曝光。由于必须保证前后两行的读取阶段不冲突，因此间隔小于 1 行读出时间的外触发会被相机自动忽略（如下图中的 Ignored）。

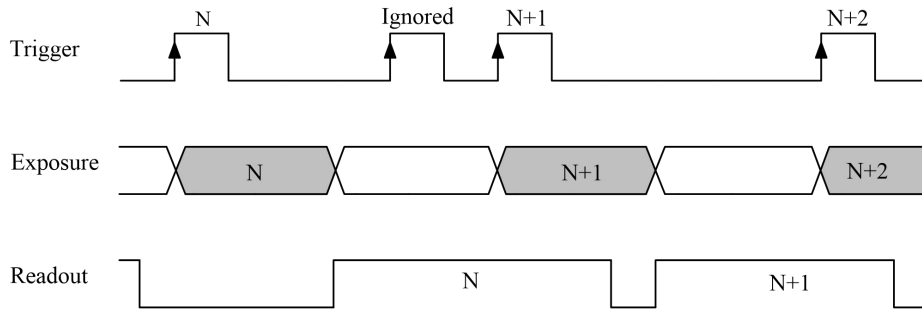


图 13 外触发间隔太短

● 外部脉宽调制模式

外部脉宽控制模式下（Exposure Mode: Trigger Width），曝光开始于外触发的上升沿，而在下降沿结束曝光，即曝光时间等于外触发的高电平持续时间，而线周期等于脉冲间隔，其运行时序如下图所示。

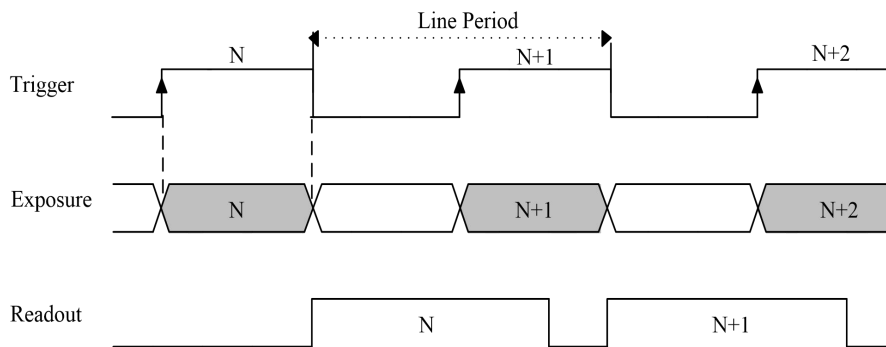


图 14 外部脉宽控制模式

需要注意的是，该模式下外触发高电平应该保证大于相机最小曝光时间，低于该宽度的脉冲，相机将一律按照相机最小曝光时间处理。

该模式下曝光间隔必须满足相机最小曝光时间，因此本次外触发的下降沿，至下次外触发的上升沿之间也应该持续相机最小曝光时间以上的时间间隔。

如果外触发间隔过短，会导致相机前后两行读出时间冲突，这时相机内部会忽略不满足要求的脉冲，使得相机能维持正常运行，如下图所示。因此该模式下，应保证相邻外触发的下降沿间距大于一行读出时间。

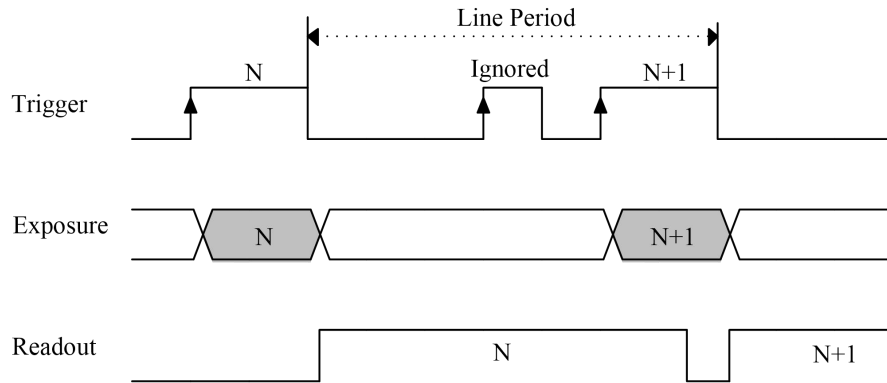


图 15 外触发间隔太短

6.1.2 帧触发模式

帧触发模式支持边沿触发和电平触发，具体内容如下：

● 边沿触发模式

边沿触发模式下，用户需要提供外部触发信号，触发极性可选择默认极性或者反转极性。当检测到触发信号时，相机开始采集一帧图像。无论触发信号宽度是否大于用户设置的 FrameTriggerLines，采集到的图像行数都由 FrameTriggerLines 决定。

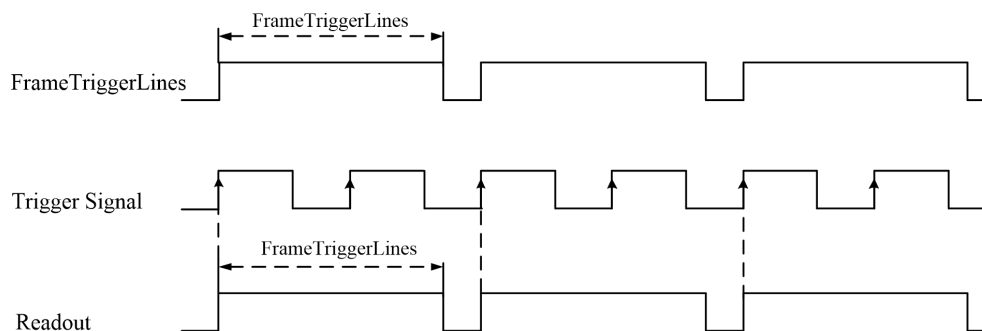


图 16 边沿触发

● 电平触发模式

电平触发模式下，用户同样需要提供外部触发信号，触发极性可选择默认极性或者反转极性。当检测到触发信号时，相机开始采集一帧图像。当触发信号宽度大于用户设置的 FrameTriggerLines 时，采集到的图像行数受限于 FrameTriggerLines；当触发信号宽度小于用户设置的 FrameTriggerLines 时，采集到的图像行数受限于触发信号宽度，此时当前读出图像行数会拼接到上一次读出图像行数，直到达到用户设置的 FrameTriggerLines。

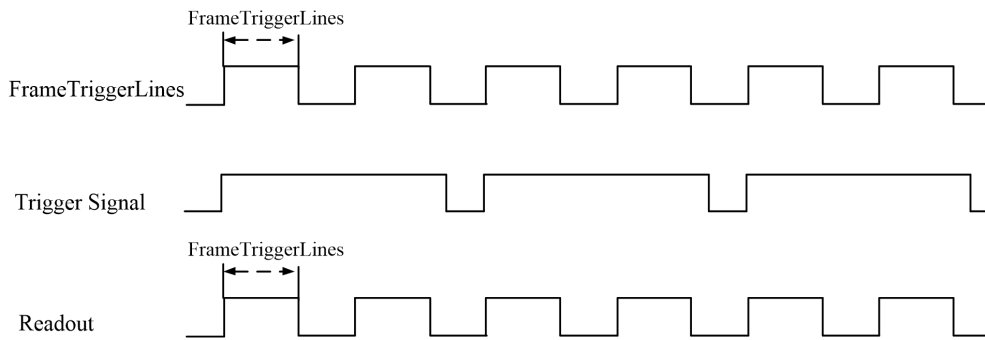


图 17 电平触发，触发信号宽度大于 FrameTriggerLines

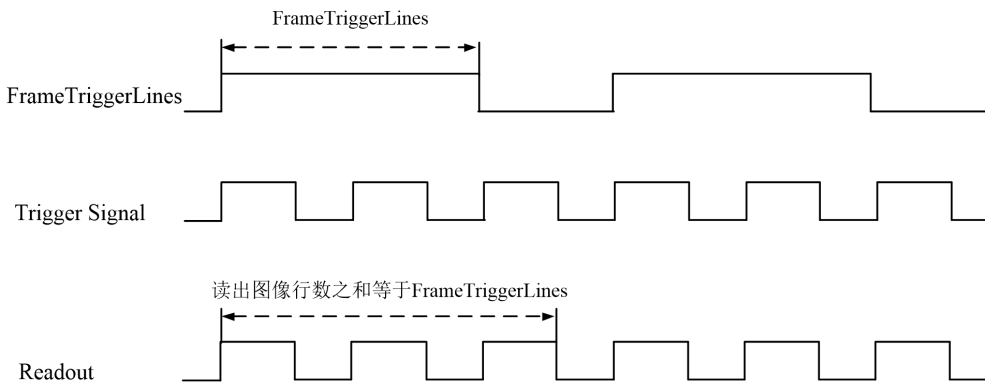


图 18 电平触发，触发信号宽度小于 FrameTriggerLines

6.2 相机扫描方向

PR-CXP 系列相机扫描方向为垂直扫描方向，支持从上到下或者从下到上输出图像，可由相机内部控制或 CXP 信号、IO 信号外部控制。

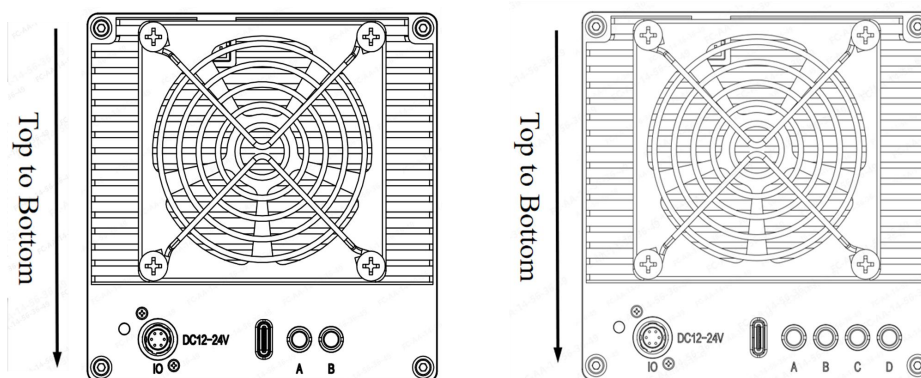
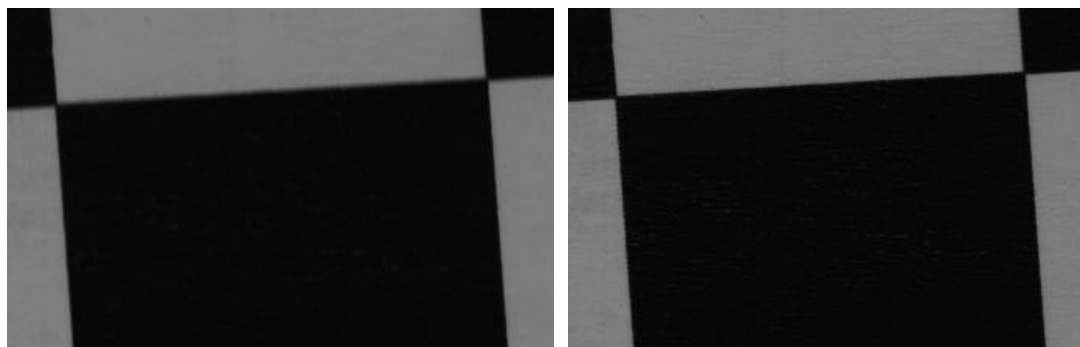


图 19 相机扫描方向

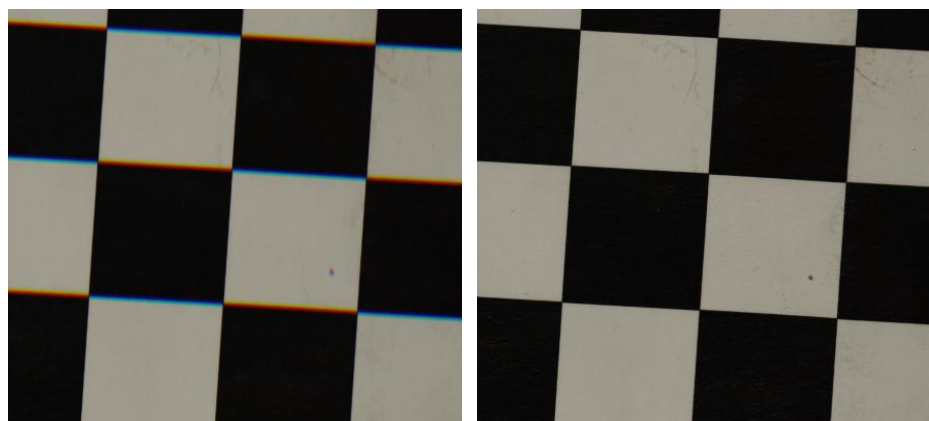
注意：对于黑白相机，当相机设置为多线模式且运动方向不匹配时，会出现图像边缘模糊现象；当相机设置为单线模式时，清晰度不会受到扫描方向的影响。对于彩色相机，当垂直扫描方向和物体运动方向不匹配时，会出现图像边缘色散现象。



(a) 多线模式且运动方向不匹配

(b) 多线模式且运动方向匹配

图 20 黑白相机垂直扫描方向



(a) 与物体运动方向不匹配

(b) 与物体运动方向匹配

图 21 彩色相机垂直扫描方向

6.3 查找表

LUT 利用一个 10bit 输入，10bit 输出查找表，将原始图像的值进行映射转换，用户可以利用这个功能实现伽玛校正。



图 22 LUT 结构

下图为实现 $\text{Gamma}=0.5$ 的 LUT 映射曲线：

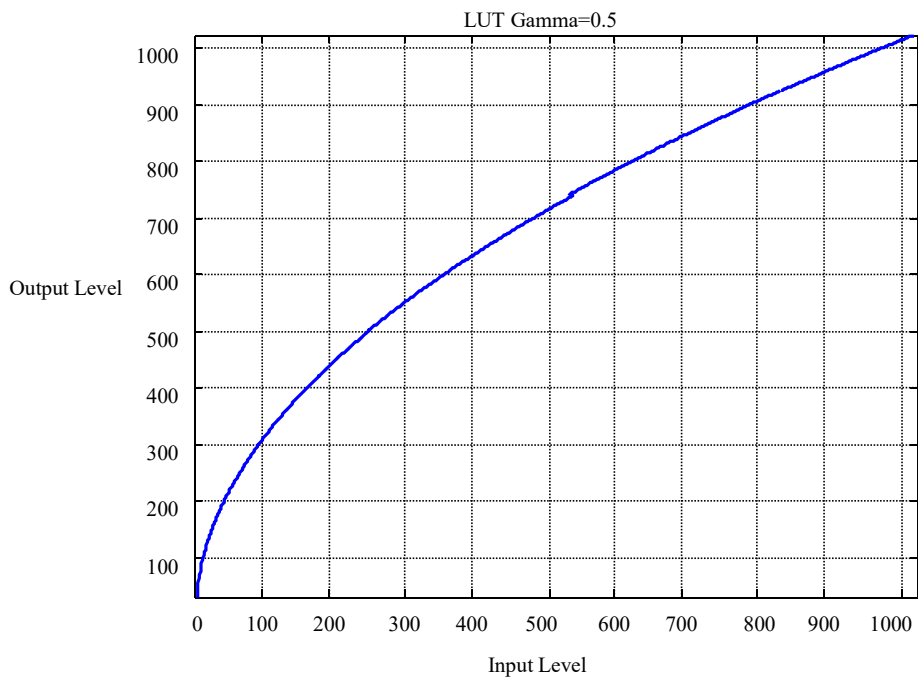


图 23 Gamma=0.5 对应的查找表

6.4 像素合并

PR-CXP 系列相机的水平像素合并支持两个像素合并。相机在正常曝光采集后，把相邻两个像素的数值求和运算，然后做为一个单独的像素值输出。

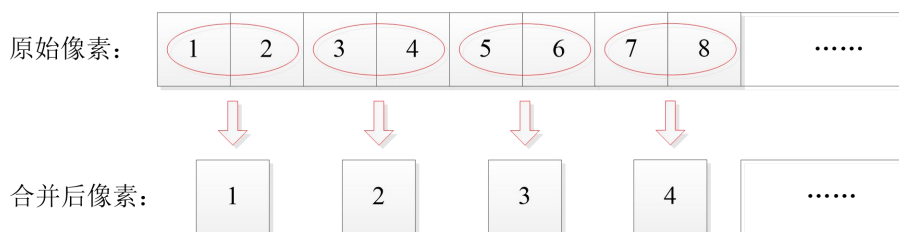


图 24 水平 Binning 2x1

6.5 水平翻转

图像沿着 X 方向翻转，用户可以利用这个功能改变相机扫描方向，其效果如下图所示：

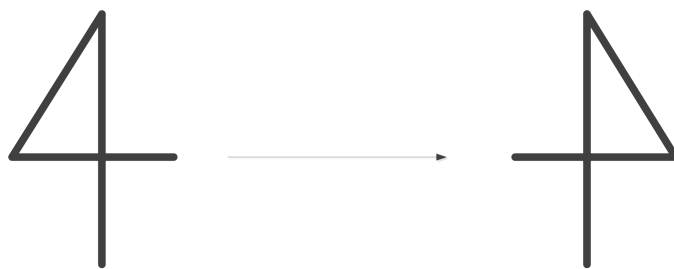


图 25 水平翻转

6.6 空间校正

当相机的水平放大倍率和垂直放大倍率一致时，一个正方形物体被拍摄为图像后依旧应当保持正方形。然而，在实际情况中，外界触发信号在大多数情况下并不能完全变换到最准确的比例，一点微小的误差都会导致正方形被拉伸或压缩，物体同一位置无法叠加到同一个像素，边缘过渡表现为伪影。空间校正功能按照接收到的行信号，成比例地补偿相机采集速度，可以保证一个正方形物体被拍摄为图像后依旧应当保持正方形。



(a) 空间校正前

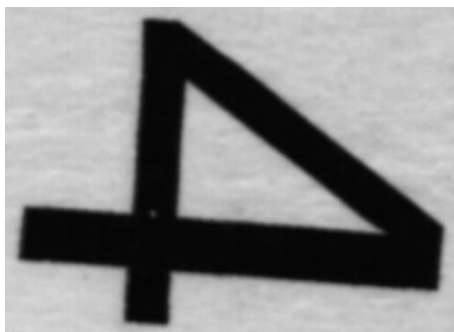


(b) 空间校正后

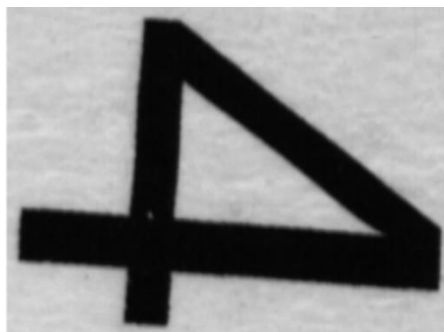
图 26 空间校正效果

6.7 视差校正

当相机在物体运动方向上与水平面有较大倾斜角时，由于传感器位置有差异，使得实际光学放大倍数不同，从而导致图像的左右两端存在边缘模糊。视差校正通过对水平方向进行不同的拉伸，从而使图像左右两端可以对齐，解决边缘模糊的问题。



(a) 视差校正前

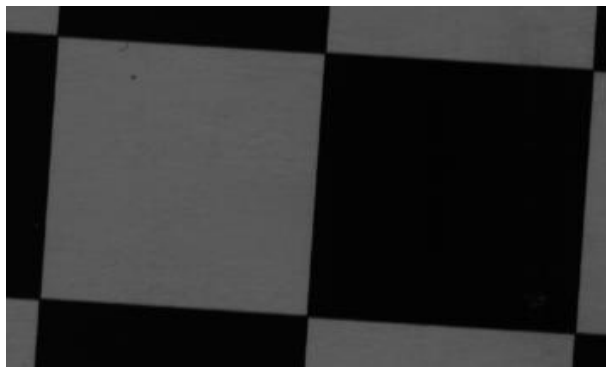


(b) 视差校正后

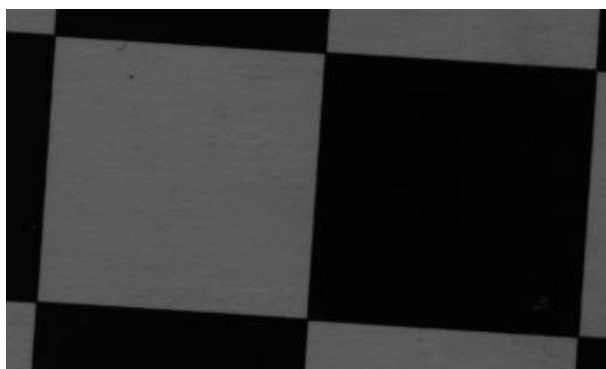
图 27 视差校正效果

6.8 时间延迟积分

采用多线传感器的相机，相邻两次曝光可使多行像素处于同一位置，将其数值相加，可增加像素响应度。若将多行像素求平均，则可提高图像信噪比。为了使相邻两次曝光的多行像素处于同一位置，图像长宽比要求为 1:1，并且需要正确设置垂直扫描方向，否则会导致图像边缘模糊。



(a) 边缘模糊



(b) 边缘清晰

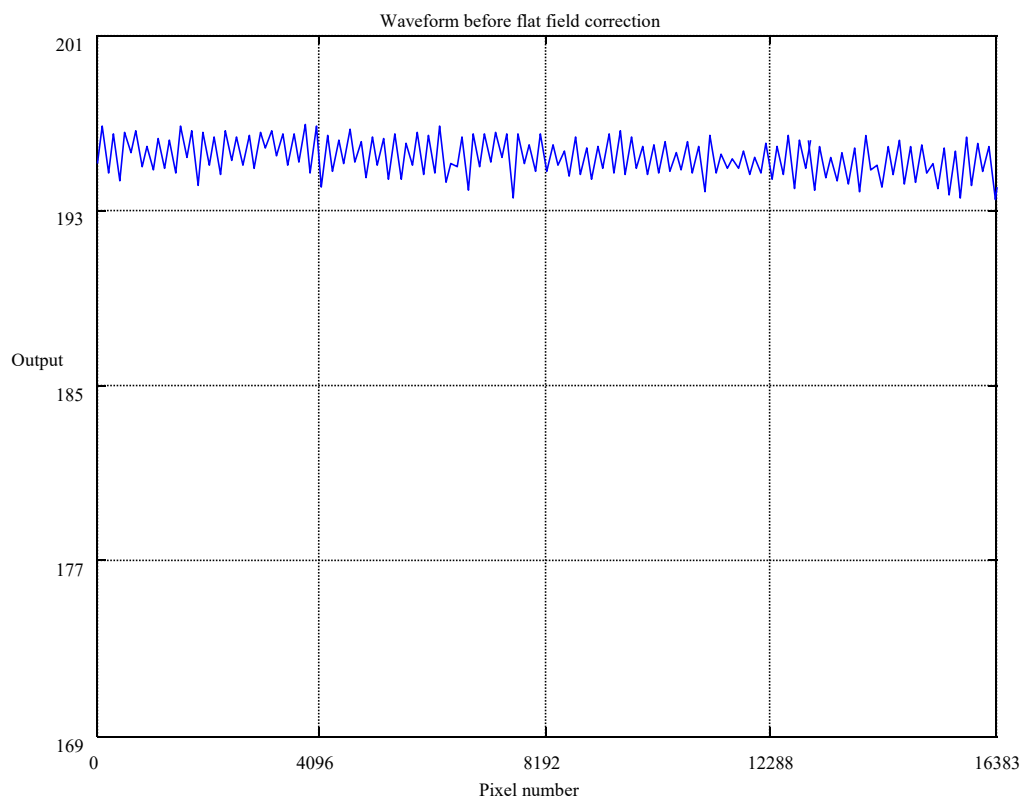
图 28 时间延迟积分

6.9 平场校正

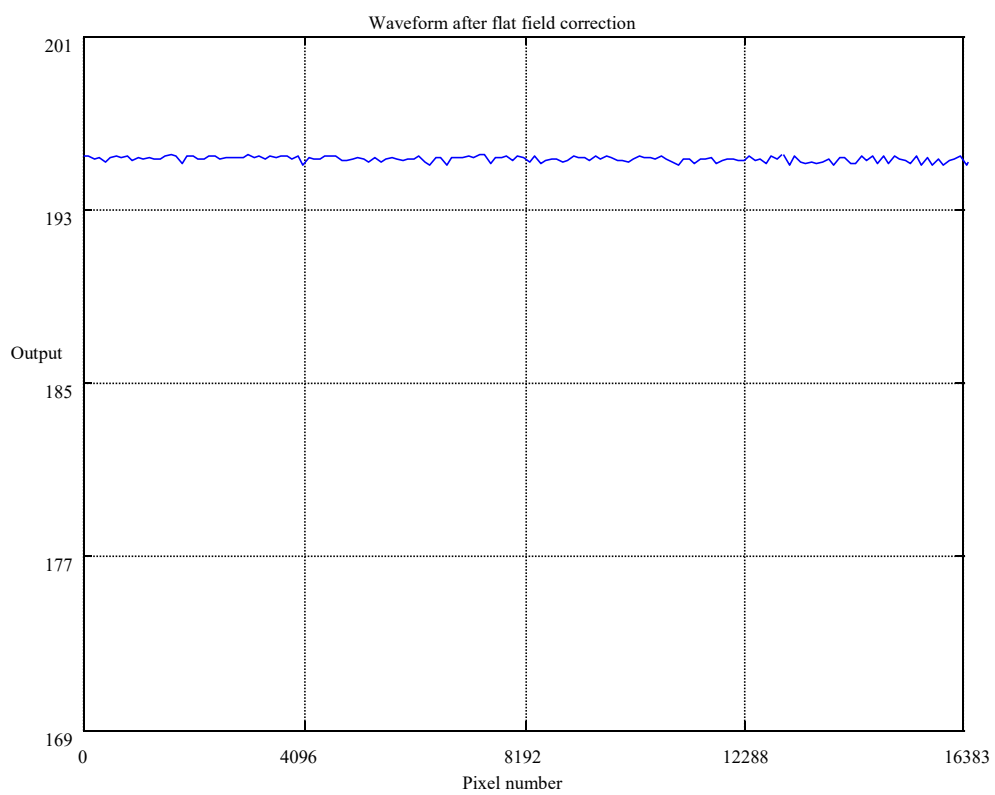
由于半导体工艺的不一致性，阵列图像传感器各个像素的响应存在一定差异，表现在对相同亮度的信号，输出数据有一定差异。PR-CXP 系列相机内部提供了平场校正功能，用户可以在实际使用时，通过对均匀强度目标的信号校正参数，来实现平场效果。

理想情况下，当相机对均匀的目标成像时，得到图像中所有像素点的灰度值理论上应该是相同的。然而，实际上图像中各像素的值往往会有较大差异。这些差异可能来源于光照不均匀、镜头中心和镜片边缘的透光率不一致、相机传感器各像元响应不一致等等。传感器像元响应的差异在出厂时已经进行过校正，一般情况下主要是为了校正镜头所导致的图像两边暗中间亮的情况，相机会计算各像元的校正参数存储在相机中以便对图像进行校正。某些情况下镜头和光照条件比较好，不进行平场校正也可以获得较好的图像，此时可以不校正。

平场校正效果如下图所示：



(a) 平场校正前



(b) 平场校正后

图 29 平场校正效果图

6.10 颜色校正

颜色校正通过将 一个 3*3 的矩阵与 RGB 值相乘，得到一个新的 RGB 值，从而实现对颜色准确性的校正。

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

6.11 白平衡

白平衡是彩色工业相机的重要参数，它直接影响重现图像的彩色效果，当工业相机的白平衡设置不当时，重现图像就会出现偏色现象。理想情况下，白色的物体被彩色相机拍摄为图像后应当仍然保持白色。然而，在实际当中，由于光源波段、传感器 RGB 通道响应不一致等问题，拍摄白色的物体得到的图像一般不是完全的白色，白平衡校正通过调整各个 RGB 通道的补偿系数从而重新定义白色。需要重新进行白平衡的情况：外界光照发生变化或光学器件发生变化导致拍摄白色的物体不是白色。

彩色相机内部提供了白平衡功能，即平衡传感器每个通道的输出数值。自动白平衡通过对传感器中的局部像素进行采样来计算白平衡系数，然后根据系数对图像的各分量进行调节，使输出图像中的红、绿、蓝三分量的值一致。



(a) 白平衡前



(b) 白平衡后

图 30 白平衡效果

6.12 测试图像

PR-CXP 系列相机提供了 2 幅测试图像。与数据来源于传感器的采集获得的图像不同，测试图像是预先编辑并存储在相机内部的固定样式的图像，可以用于测试数据链路是否通畅。

本相机提供了如图所示的测试图像：

- 垂直测试图像：水平方向灰度渐变的固定图像。
- 水平测试图像：竖直方向灰度渐变的滚动图像。

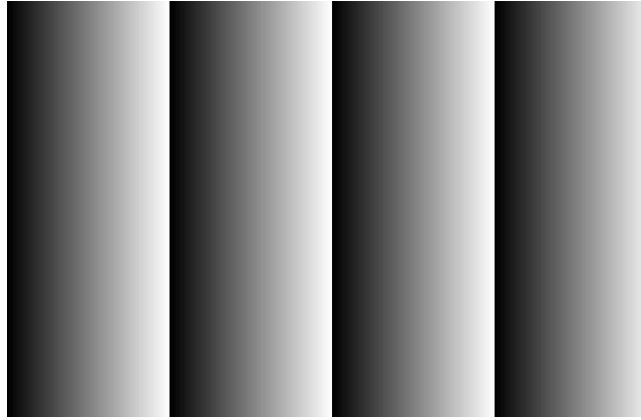


图 31 垂直测试图像



图 32 水平测试图像

6.13 数据格式

PR-CXP 系列相机提供 8bit 和 10bit 两种像素数据位宽，如果是 8bit 的位宽，相当于截取 10bit 数据的高 8 位。

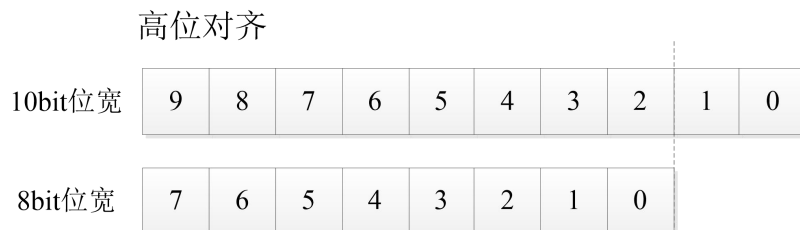


图 33 数据格式

6.14 增益&偏置

相机增益分为模拟增益和数字增益。

模拟增益作用于模拟信号，通常提高模拟增益可以获得弱光照下的更强响应，从而获得更高的信噪比。

数字增益对光电转换的信号经过 AD 之后的数据进行放大或者缩小，通常用于增大输出图像的动态范围，数字增益也可以用于调节图像亮度。数字偏置通常用于调整图像的整体背景亮度。

数字增益对输出数据的影响可以归结为以下公式：

$$\text{输出数值} = \text{数字增益为 1 且数字偏置为 0 时的输出数值} \times \text{数字增益参数}$$

数字偏置对输出数据的影响可以归结为以下公式 (输出数值<0 的部分将会输出为 0)：

$$\text{输出数值} = \text{数字偏置为 0 时的输出数值} + \text{数字偏置参数}$$

数字偏置是针对 10 bit 数据设置的，如果图像数据为 8 bit，实际的数字偏置会除以 4。

6.15 相机温度

PR-CXP 系列相机支持温度实时获取，用户可以通过指令读取相机温度值。

本相机工作的环境温度建议 0°C~55°C，如用户检测到温度异常（如超过 65°C），建议立刻停止相机工作，此时可能相机已经发生故障。为了避免引起更严重的问题，应及时断电并联系我司技术支持。

6.16 加载/保存配置

PR-CXP 系列相机支持 3 套工作参数集，包括 1 套出厂默认参数集和 2 套用户参数集。出厂参数集可以应对大多数场景的使用。用户也可以依据实际应用需求，自行配置工作参数，并保存到用户参数集中，便于重新上电后自行加载。相机每次会选择最后一次保存的参数集自动加载。

由于相机的参数之间存在相关性，当修改参数后导致相机工作异常时，用户可以恢复到出厂默认参数集，然后在此基础上重新设置参数并保存。

7 相机控制

7.1 GenICam 标准

GenICam 标准由欧洲机器视觉协会（EMVA）颁布，为所有类型的工业相机提供一个统一的编程接口。无论相机使用哪种传输协议或者实现了哪些功能，编程接口（API）都是一样的。主要包含以下三个模块：

- GenAPI：主要负责 XML 文件的解析，解决如何去配置相机的问题；
- GenTL：传输层，用于设备枚举、属性控制，以及图像采集；
- SFNC：相机特性命名标准。

相机 XML 描述文件存储在 PC 本地，采集软件会根据相机型号选择最为合适的 XML 文件。应用程序和相机之间通过 SFNC、GenAPI 和 CoaXPress 的通信如下图所示。

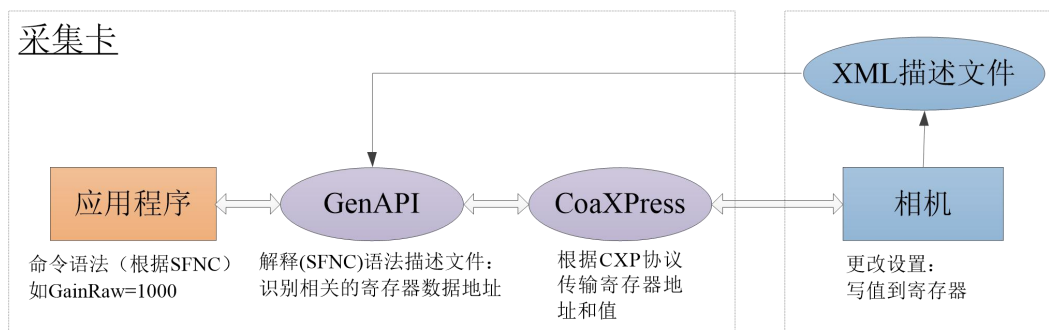


图 34 应用程序与相机的通信原理图

实际上，如果用户想要更改相机设置，例如增益，GenICam(SFNC)规定了标准化的语法：

```

if( IsAvailable(Camera.GainRaw) )
    Camera.GainRaw = 1000;

```

GenAPI 可以通过描述文件解析这些命令，例如，为了将增益设置为 1000，必须将 0x3E8（HEX）的值写入位于地址 0x0815（HEX）的寄存器。其他涉及的任务可能是提前检查相机是否具有增益特性，并检查新值是否与允许的增益范围一致。该寄存器消息经由协议传输和解析，被应用于相机内。

7.2 GenAPI 参数属性

控制相机的实际方法与采集卡的软件实现和 SDK 密切相关。大多数采集卡的软件都提供了从 XML 文件自动生成的图形用户界面（GUI）。本说明书的重点是相机的功能，详细描述了具体的命令及其对相机操作的影响，列出了每个 GenAPI 参数的名称、接口、访问、描述、范围和默认值。

（1）寄存器名称

每个参数都由唯一的名称标识。大多数名称是 SFNC 的一部分，对于非标准的参数使用相机自定义的名称。

(2) 寄存器地址

此参数代表寄存器的地址值（十六进制格式）。

(3) 寄存器大小

此参数代表寄存器值大小（单位为字节）。

(4) 寄存器接口

参数接口代表参数的类型，这主要用于采集卡的 GUI，为参数分配一个显示类型。

表 5 参数接口概述

接口	表接口名称	描述
Integer	I	具有值、最小、最大和增量的整数
Float	F	具有值、最小、最大和物理单位的浮点数
String	S	字符串
Enumeration	E	枚举类型
Command	C	执行的命令
Boolean	B	布尔类型

(5) 参数访问

此参数代表用户是否可以读取（RO）、写入（WO）或读/写（RW）参数。

(6) 参数范围

对于每个参数，在设置时会检测输入值是否在参数有效范围内。

7.3 寄存器分类

7.3.1 Bootstrap CoaXPress 寄存器

表 6 Bootstrap CoaXPress 寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
Standard	0x0	4	I	RO	Beginner
Revision	0x4	4	I	RO	Beginner
XmlManifestSize	0x8	4	I	RO	Guru
XmlManifestSelector	0xc	4	I	RW	Guru
XmlVersion	0x10	4	I	RO	Guru
XmlSchemeVersion	0x14	4	I	RO	Guru
XmlUrlAddress	0x18	4	I	RO	Guru
Iidc2Address	0x1c	4	I	RO	Guru
ConnectionReset	0x4000	4	I	RW	Guru
DeviceConnectionID	0x4004	4	I	RO	Guru
MasterHostConnectionID	0x4008	4	I	RW	Guru
ControlPacketSizeMax	0x400c	4	I	RO	Guru

StreamPacketSizeMax	0x4010	4	I	RW	Guru
ConnectionConfig	0x4014	4	E	RW	Beginner
ConnectionConfigDefault	0x4018	4	E	RO	Beginner
ConnectionConfigDefaultPreferred	0x6008	4	E	RW	Beginner
TestMode	0x401c	4	E	RW	Guru
TestErrorCountSelector	0x4020	4	I	RW	Guru
TestErrorCount	0x4024	4	I	RW	Guru
TestPacketCountTx	0x4028	8	I	RW	Guru
TestPacketCountRx	0x4030	8	I	RW	Guru
ElectricalComplianceTest	0x4038	4	E	RW	Guru
WidthAddress	0x3000	4	I	RO	Guru
HeightAddress	0x3004	4	I	RO	Guru
AcquisitionModeAddress	0x3008	4	I	RO	Guru
AcquisitionStartAddress	0x300c	4	I	RO	Guru
AcquisitionStopAddress	0x3010	4	I	RO	Guru
PixelFormatAddress	0x3014	4	I	RO	Guru
DeviceTapGeometryAddress	0x3018	4	I	RO	Guru
Image1StreamIDAddress	0x301c	4	I	RO	Guru
HsUpconnection	0x403c	4	I	RO	Guru

- **Standard**
CoaXPress 标准的唯一标识。
- **Revision**
CoaXPress 协议版本号。
- **XmlManifestSize**
可用 XML 清单的数目。
- **XmlManifestSelector**
选择 XML 清单条目。
- **XmlVersion**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件版本。
- **XmlSchemeVersion**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件格式方案版本。
- **XmlUrlAddress**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件的 URL 地址。
- **Iidc2Address**
如果设备支持 IIDC 2 协议，则此寄存器应提供 IIDC 2 寄存器空间的起始地址。

- **ConnectionReset**

重置设备的所有连接。

- **DeviceConnectionID**

提供读取此寄存器的设备连接的 ID。

- **MasterHostConnectionID**

主连接设备 ID。

- **ControlPacketSizeMax**

提供最大控制数据包数据大小，大小是以字节为单位定义的，并且应该是 4 个字节的倍数。

- **StreamPacketSizeMax**

提供主机可以接受的最大流数据包数据大小，大小是以字节为单位定义的，并且应该是 4 个字节的倍数。

- **ConnectionConfig**

当前设备链路速度和链接通道数量。枚举项名称与数值如下：

- CXP3_X1 (65592)
- CXP5_X1 (65600)
- CXP6_X1 (65608)
- CXP3_X2 (131128)
- CXP5_X2 (131136)
- CXP6_X2 (131144)
- CXP3_X4 (262200)
- CXP5_X4 (262208)
- CXP6_X4 (262216)
- CXP10_X1 (65616)
- CXP10_X2 (131152)
- CXP10_X4 (262224)
- CXP12_X1 (65624)
- CXP12_X2 (131160)
- CXP12_X4 (262232)

- **ConnectionConfigDefault**

设备默认链路速度和链接通道数量。枚举项名称与数值如下：

- CXP3_X1 (65592)
- CXP5_X1 (65600)
- CXP6_X1 (65608)
- CXP3_X2 (131128)
- CXP5_X2 (131136)
- CXP6_X2 (131144)
- CXP3_X4 (262200)

- CXP5_X4 (262208)
- CXP6_X4 (262216)
- CXP10_X1 (65616)
- CXP10_X2 (131152)
- CXP10_X4 (262224)
- CXP12_X1 (65624)
- CXP12_X2 (131160)
- CXP12_X4 (262232)

- **ConnectionConfigDefaultPreferred**

设备连接速度和动态连接数的首选默认模式。枚举项名称与数值如下：

- CXP6_X1 (65608)
- CXP6_X2 (131144)
- CXP6_X4 (262216)
- CXP10_X1 (65616)
- CXP10_X2 (131152)
- CXP10_X4 (262224)

- **TestMode**

使能从设备到主机的测试数据包传输。枚举项名称与数值如下：

- Off (0)
- Model (1)

- **TestErrorCountSelector**

测试模式选择。参数范围如下：

- 最大值：3
- 最小值：0
- 增量：1

- **TestErrorCount**

测试错误数量。

- **TestPacketCountTx**

测试错误帧数量。

- **TestPacketCountRx**

测试读取数据帧数量。

- **ElectricalComplianceTest**

电气兼容性测试。枚举项名称与数值如下：

- NormalOperatingMode (0)
- CXP3_X1 (65592)
- CXP5_X1 (65600)
- CXP6_X1 (65608)

- CXP3_X2 (131128)
 - CXP5_X2 (131136)
 - CXP6_X2 (131144)
 - CXP3_X4 (262200)
 - CXP5_X4 (262208)
 - CXP6_X4 (262216)
 - CXP10_X1 (65616)
 - CXP10_X2 (131152)
 - CXP10_X4 (262224)
 - CXP12_X1 (65624)
 - CXP12_X2 (131160)
 - CXP12_X4 (262232)
- **WidthAddress**
相机宽度寄存器的地址。
 - **HeightAddress**
相机高度寄存器的地址。
 - **AcquisitionModeAddress**
相机采集模式寄存器的地址。
 - **AcquisitionStartAddress**
相机开启采集寄存器的地址。
 - **AcquisitionStopAddress**
相机停止采集寄存器的地址。
 - **PixelFormatAddress**
相机像素格式寄存器的地址。
 - **DeviceTapGeometryAddress**
相机 Tap 排列寄存器的地址。
 - **Image1StreamIDAddress**
相机数据流寄存器的地址。
 - **HsUpconnection**
相机是否支持上行通道寄存器的地址。

7.3.2 设备控制寄存器

表 7 设备控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
----	----	----	----	----	-----

DeviceVendorName	0x2000	32	S	RO	Beginner
DeviceModelName	0x2020	32	S	RO	Beginner
DeviceManufacturerInfo	0x2040	48	S	RO	Beginner
DeviceVersion	0x2070	32	S	RO	Beginner
DeviceSerialNumber	0x20b0	16	S	RO	Expert
DeviceUserID	0x6f00	16	S	RW	Beginner
MCUTemperature	0x6118	4	F	RO	Expert
SensorTemperature	0x6038	4	F	RO	Expert
SensorType	0x6050	4	E	RW	Beginner
TDILineSelector	0x6054	4	E	RW	Beginner

- **DeviceVendorName**
设备制造商名称。
- **DeviceModelName**
设备型号名称。
- **DeviceManufacturerInfo**
设备制造商信息。
- **DeviceVersion**
设备版本。
- **DeviceSerialNumber**
设备序列号。
- **DeviceUserID**
用户自定义名称。
- **MCUTemperature**
MCU 温度。
- **SensorTemperature**
传感器温度。
- **SensorType**
传感器类型。枚举项名称与数值如下：
 - 16KRGBSixLine (0) : 16K 彩色六线
 - 16KRGBTripleLine (1) : 16K 彩色三线
 - 16KMonoFourLine (2) : 16K 黑白四线
 - 16KMonoDualLine (3) : 16K 黑白双线
- **TDILineSelector**
TDI 工作模式选择。枚举项名称与数值如下：

- **Average (0)**：平均。对于黑白相机，表示各线求平均；对于彩色相机，表示每个通道的各线分别求平均。

7.3.3 图像格式控制寄存器

表 8 图像格式控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
Width	0x6000	4	I	RW	Beginner
Height	0x6004	4	I	RO	Beginner
Binning	0x61b0	4	E	RW	Beginner
PixelFormat	0x6020	4	E	RW	Beginner
OffsetX	0x6010	4	I	RW	Beginner
VideoMode	0x602c	4	E	RW	Beginner
ReverseX	0x613c	4	B	RW	Beginner
DeviceTapGeometry	0x6030	4	E	RO	Expert
ImageStreamID	0x6034	4	I	RO	Guru

- **Width**
输出图像实际宽度。
- **Height**
输出图像实际高度。参数范围如下：
 - 最大值：1
 - 最小值：1
- **Binning**
像素合并。枚举项名称与数值如下：
 - Binning_1x1 (0)
 - Binning_2x1 (1)
- **PixelFormat**
像素格式。枚举项名称与数值如下：
 - RGB8 (0x02180014)：RGB 彩色图像 8bit
 - RGB10 (0x02300018)：RGB 彩色图像 10bit
 - BGR8 (0x02180015)：BGR 彩色图像 8bit
 - BGR10 (0x02300019)：BGR 彩色图像 10bit
- **OffsetX**
水平方向偏移位置。参数范围如下：
 - 最小值：0
 - 增量：16
- **VideoMode**

输出图像模式。枚举项名称与数值如下：

- Original (0)：原始图像
- Corrected (1)：校正图像
- VerticalPattern (2)：垂直测试图像
- HorizontalPattern (3)：水平测试图像

● ReverseX

水平方向图像翻转。

● DeviceTapGeometry

Tap 排列方式。枚举项名称与数值如下：

- Geometry_1X_1Y (0)

● Image1StreamID

图像数据流 1 索引。

7.3.4 采集控制寄存器

表 9 采集控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
AcquisitionMode	0x603c	4	E	RW	Beginner
AcquisitionStart	0x6040	4	C	RW	Beginner
AcquisitionStop	0x6044	4	C	RW	Beginner
AcquisitionLineRate	0x61a0	4	F	RW	Beginner
ExposureMode	0x605c	4	E	RW	Beginner
ExposureTime	0x6060	4	F	RW	Beginner

● AcquisitionMode

采集模式，通常默认为连续采集。枚举项名称与数值如下：

- Continuous (0)：连续采集

● AcquisitionStart

开始采集命令。

● AcquisitionStop

停止采集命令。

● AcquisitionLineRate

采集行频。

● ExposureMode

曝光模式。枚举项名称与数值如下：

- Timed (0)：自由运行模式
- TriggerPulse (1)：外部脉冲模式

- TriggerWidth (2) : 外部脉宽调制模式

● ExposureTime

曝光时间，单位 us。

7.3.5 IO 控制寄存器

表 10 IO 控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
FrameTriggerEnable	0x6370	4	B	RW	Beginner
FrameTriggerSource	0x6300	4	E	RW	Beginner
FrameTriggerLines	0x61ec	4	I	RW	Beginner
FrameTriggerType	0x6304	4	E	RW	Beginner
FrameTriggerReverse	0x6308	4	B	RW	Beginner
FrameTriggerDelayType	0x630c	4	E	RW	Beginner
FrameTriggerMinWidth	0x6310	4	F	RW	Beginner
FrameTriggerDelayInUs	0x6314	4	F	RW	Beginner
LineTriggerSource	0x634c	4	E	RW	Expert
ScanDirectionWorkingMode	0x6350	4	E	RW	Expert
ScanDirectionIntType	0x6354	4	E	RW	Expert
ScanDirectionExtTriggerSource	0x6358	4	E	RW	Expert
ScanDirectionExtTriggerPolarity	0x635c	4	E	RW	Expert

● FrameTriggerEnable

使能帧触发。

● FrameTriggerSource

帧触发信号源。枚举项名称与数值如下：

- GeneralInput1 (0) : 通用输入信号 1

● FrameTriggerLines

帧触发采集行数。参数范围如下：

- 最大值：65535
- 最小值：1
- 增量：1

● FrameTriggerType

帧触发类型。枚举项名称与数值如下：

- EdgeSensitive (0) : 边沿触发
- LevelSensitive (1) : 电平触发

● FrameTriggerReverse

帧触发极性反转，勾选该项即可将触发极性进行反转。

- **FrameTriggerDelayType**

帧触发延迟类型。枚举项名称与数值如下：

- DelayInUS (1) : 时间延迟

- **FrameTriggerMinWidth**

帧触发信号最小脉冲宽度。参数范围如下：

- 最大值：819
- 最小值：0

- **FrameTriggerDelayInUs**

帧触发信号延迟时间，单位 us。参数范围如下：

- 最大值：654
- 最小值：0

- **LineTriggerSource**

行触发信号源。枚举项名称与数值如下：

- CXPin (4) : CXP 信号

- **ScanDirectionWorkingMode**

扫描方向工作模式。枚举项名称与数值如下：

- InternalControl (0) : 内部控制
- ExternalControl (1) : 外部控制

- **ScanDirectionIntType**

扫描方向内部控制类型。枚举项名称与数值如下：

- BottomToTop (0) : 从下到上
- TopToBottom (1) : 从上到下

- **ScanDirectionExtTriggerSource**

扫描方向外部控制信号源。当信号源选择 GeneralInput1 时，帧触发类型需要选择电平触发，否则无法出图。枚举项名称与数值如下：

- FixedLow (1) : 固定低电平信号
- GeneralInput1 (2) : 通用输入信号 1
- CXPin (4) : CXP 信号

- **ScanDirectionExtTriggerPolarity**

扫描方向外部控制极性。枚举项名称与数值如下：

- Original (0) : 与原信号相同
- Reverse (1) : 与原信号相反

7.3.6 图像校正寄存器

表 11 图像校正寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
ParallaxCorrectionFactor	0x60c0	4	F	RW	Beginner
SpatialCorrectionEnable	0x60c4	4	B	RW	Expert
SpatialCorrectionFactor	0x60c8	4	F	RW	Beginner
TDIMode(Red)	0x60cc	4	F	RW	Expert
TDIMode(Blue)	0x61f4	4	F	RW	Expert
ColorCorrectionEnable	0x60d0	4	B	RW	Expert
ColorCorrectionRRGain	0x61b4	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionRGGain	0x61b8	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionRBGain	0x61bc	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionGRGain	0x61c0	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionGGGain	0x61c4	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionGBGain	0x61c8	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionBRGain	0x61cc	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionBGGain	0x61d0	4	I	RW	Beginner
ColorCorrectionBBGain	0x61d4	4	I	RW	Beginner

- **ParallaxCorrectionFactor**

视差校正系数。参数范围如下：

- 最大值：30
- 最小值：-30

- **SpatialCorrectionEnable**

使能空间校正，勾选该项即可使用空间校正功能。

- **SpatialCorrectionFactor**

空间校正系数。参数范围如下：

- 最大值：2.0
- 最小值：0.5

- **TDIMode(Red)**

R 通道时间延迟积分模式。参数范围如下：

- 最大值：0.998
- 最小值：-0.998

- **TDIMode(Blue)**

B 通道时间延迟积分模式。参数范围如下：

- 最大值：0.998
- 最小值：-0.998

- **ColorCorrectionEnable**

使能颜色校正，勾选该项即可使用颜色校正功能，仅彩色相机允许设置该项。

- **ColorCorrectionRRGain**

颜色校正 R 通道红色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

- **ColorCorrectionRGGain**

颜色校正 R 通道绿色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

- **ColorCorrectionRBGain**

颜色校正 R 通道蓝色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

- **ColorCorrectionGRGain**

颜色校正 G 通道红色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

- **ColorCorrectionGGGain**

颜色校正 G 通道绿色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

- **ColorCorrectionGBGain**

颜色校正 G 通道蓝色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

- **ColorCorrectionBRGain**

颜色校正 B 通道红色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

- **ColorCorrectionBGGain**

颜色校正 B 通道绿色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：-2047
- 增量：1

● ColorCorrectionBBGain

颜色校正 B 通道蓝色增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

7.3.7 模拟控制寄存器

表 12 模拟控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
AnalogGain	0x612c	4	E	RW	Beginner

● AnalogGain

模拟增益。枚举项名称与数值如下：

- X1 (1)
- X2 (2)
- X4 (4)
- X8 (8)

7.3.8 数字控制寄存器

表 13 数字控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
Gain	0x6068	4	F	RW	Beginner
Offset	0x606c	4	I	RW	Beginner
WhiteBalanceRedGain	0x6070	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceGreenGain	0x6074	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceBlueGain	0x607c	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceEnable	0x608c	4	B	RW	Expert
WhiteBalanceInitialize	0x6080	4	C	WO	Expert
WhiteBalanceCalibrate	0x6080	4	C	WO	Expert
BlackLevel	0x6058	4	I	RW	Guru

● Gain

数字增益。参数范围如下：

- 最大值：8.0
- 最小值：0.1

● Offset

数字偏置。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：-1023
- 增量：1

● WhiteBalanceRedGain

白平衡 R 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

● WhiteBalanceGreenGain

白平衡 G 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

● WhiteBalanceBlueGain

白平衡 B 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：2047
- 最小值：256
- 增量：1

● WhiteBalanceEnable

使能白平衡功能，仅彩色相机允许设置该项。

● WhiteBalanceInitialize

白平衡校正初始化，可使白平衡参数恢复出厂设置。仅彩色相机允许设置该项。

● WhiteBalanceCalibrate

执行白平衡校正，可进行当前条件下的白平衡校正功能。仅彩色相机允许设置该项。

● BlackLevel

黑电平，用来调节暗场条件下相机输出的底值。黑电平数值越小，图像在暗场环境下的灰度值也越小。参数范围如下：

- 最大值：511
- 最小值：0
- 增量：1

7.3.9 查找表控制寄存器

表 14 查找表控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
----	----	----	----	----	-----

LUTEnable	0x6360	4	B	RW	Beginner
LUTIndex	0x6364	4	I	RW	Expert
LUTValue	0x6368	4	I	RW	Expert

- **LUTEnable**

使能查找表功能。

- **LUTIndex**

查找表数据索引，即经过查找表映射前的图像灰度值。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：0
- 增量：1

- **LUTValue**

查找表数据数值，即经过查找表映射后的图像灰度值。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：0
- 增量：1

7.3.10 平场校正寄存器

表 15 平场校正寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
FFC_Enable	0x6100	4	B	RW	Beginner
FFC_ReferenceMode	0x60d8	4	B	RW	Beginner
FFC_TargetRed	0x60e0	4	I	RW	Beginner
FFC_TargetGreen	0x60e4	4	I	RW	Beginner
FFC_TargetBlue	0x60e8	4	I	RW	Beginner
FFC_TargetMono	0x60f8	4	I	RW	Beginner
FFC_OffsetX	0x60ec	4	I	RW	Beginner
FFC_Width	0x60f0	4	I	RW	Beginner
FFC_LineSelect	0x60d4	4	E	RW	Beginner
FFC_State	0x61e8	4	E	RO	Beginner
FFC_Start	0x6104	4	C	WO	Expert
FFC_Reset	0x6104	4	C	WO	Expert

- **FFC_Enable**

使能平场校正功能。

- **FFC_ReferenceMode**

平场校正参考模式，勾选该项即可将所选区域的图像灰度值校正到设置的数值大小。

- **FFC_TargetRed**

平场校正 R 通道目标值，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：128
- 增量：1

● **FFC_TargetGreen**

平场校正 G 通道目标值，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：128
- 增量：1

● **FFC_TargetBlue**

平场校正 B 通道目标值，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：128
- 增量：1

● **FFC_TargetMono**

平场校正黑白目标值，仅黑白相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：1023
- 最小值：128
- 增量：1

● **FFC_OffsetX**

平场校正水平偏移位置，即平场校正所选区域起点位置。参数范围如下：

- 最小值：0
- 增量：16

● **FFC_Width**

平场校正宽度，即平场校正所选区域图像宽度。参数范围如下：

- 最小值：256
- 增量：16

● **FFC_LineSelect**

平场校正线选择，即选择需要进行平场校正的通道。枚举项名称与数值如下：

- Red (1)：R 通道
- Green (2)：G 通道
- Blue (4)：B 通道
- Mono (3)：黑白通道
- All (7)：全部通道

● **FFC_State**

平场校正状态。枚举项名称与数值如下：

- Success (0)：成功

- InvalidArgument (1)：参数无效
 - AccessDeny (2)：访问被拒
 - ExposureTimeTooLow (3)：曝光时间过小
 - ExposureTimeTooHigh (4)：曝光时间过大
 - ValidPixelTooFew (5)：有效像素过少
- **FFC_Start**
开始平场校正。
 - **FFC_Reset**
恢复平场校正参数到出厂设置。

7.3.11 用户配置控制寄存器

表 16 用户配置控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
UserSetSelector	0x6108	4	E	RW	Beginner
UserSetLoad	0x610c	4	C	WO	Beginner
UserSetSave	0x6110	4	C	WO	Beginner

- **UserSetSelector**
用户配置参数集选择。枚举项名称与数值如下：
 - Default (0)：出厂配置
 - UserSet1 (1)：用户配置 1
 - UserSet2 (2)：用户配置 2
- **UserSetLoad**
加载选择的用户配置。
- **UserSetSave**
保存选择的用户配置。

8 常见问题

● 无法连接到相机

- ① 确认 CoaXPress 接口线缆本身无问题。
- ② 确认 CoaXPress 接口中串口通道参数设置无误。

● CoaXPress 接口接收不到相机时钟信号

- ① 确认相机已正常启动（即状态指示灯为常绿）。
- ② 如果采用第三方采集卡获取图像，确认采集卡及配套软件运行正常，可重启电脑试验。
- ③ 确认 CoaXPress 接口线缆本身无问题。

● 外触发模式下相机无图像输出

- ① 确认外部输入脉冲正常。
- ② 确认相机正确接收到了触发脉冲（可通过状态指示灯显示来确认）。
- ③ 如果使用 CXP 接口信号作为触发输入信号，则确认采集卡配置正确。

● 相机外壳温度异常

- ① 确认外部接入电源电压范围正常。
- ② 如果出现外壳烫手或者相机冒烟，则立刻断电停止使用相机，联系我司技术支持。

● 相机图像很暗

- ① 确认外壳 sensor 进光口没有被封闭。
- ② 确认曝光时间及增益设置正确。

● 相机图像有污物

- ① 确认相机 sensor 玻璃面干净。
- ② 确认相机状态指示灯显示正常。

● 相机无图像输出

- ① 确认 CoaXPress 接口正常，可通过测试图像进行确认。
- ② 确认电源提供正常，检测相机指示灯状态以确认。
- ③ 外触发模式下，确认外部脉冲输入正常，可通过相机指示灯确认。

对于用户在相机使用过程中出现的任何问题，请及时联系我司技术支持，我司将第一时间为您提供服务。