

TPL-CL 系列线扫描相机

使用说明书

(V0.3 2024.06.18)



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	2023/11/09	● 初始版本
0.2	2024/01/24	● 更新曝光时间范围和光谱响应曲线 ● 添加感光波段参数
0.3	2024/06/18	● 合并同系列相机说明书 ● 添加 TPL512CL-30KS2 和 TPL1KCL-30KS 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 光谱响应.....	12
4.5 相机使用.....	12
4.6 认证 RoHS.....	13
5 机械尺寸和接口.....	14
5.1 机械外形图.....	14
5.2 接口设计.....	14
5.2.1 相机状态指示灯.....	15
5.2.2 电源接口.....	15
5.2.3 数据接口.....	16
6 相机特性.....	19
6.1 触发模式.....	19
6.1.1 自由运行模式.....	19
6.1.2 外部脉冲模式.....	19
6.1.3 外部脉宽调制模式.....	20
6.2 查找表.....	21
6.3 对比度.....	21
6.4 相机扫描方向.....	22
6.5 时间延迟积分.....	23
6.6 平场校正.....	24
6.7 测试图像.....	26
6.8 数据格式.....	27
6.9 增益&偏置.....	27
6.10 相机温度.....	28
6.11 加载/保存配置参数.....	28
7 相机控制.....	29
7.1 通信串口参数.....	29
7.2 指令格式.....	29
7.3 指令列表.....	30
8 相机配置.....	34
8.1 设备控制类别.....	34
8.2 图像格式控制类别.....	35
8.3 采集控制类别.....	37

8.4	IO 控制类别.....	37
8.5	模拟控制类别.....	38
8.6	数字控制类别.....	38
8.7	查找表控制类别.....	38
8.8	平场校正类别.....	39
8.9	制冷控制类别.....	40
8.10	用户配置类别.....	41
9	常见问题.....	42

1 警告

● 一般警告

- 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，TPL1KCL-40KS 相机电流要求 1.5A，其他相机电流要求 1.0A。
- 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

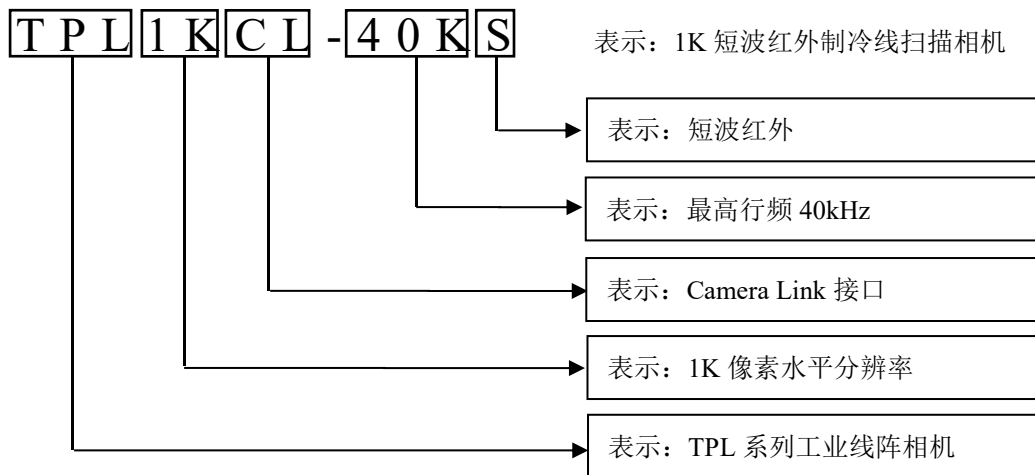
简称	图像模式
M	Monochrome（黑白）
C	Color（彩色）
F	Full Color（RGBC 四线输出，支持 RGBC）
T	黑白 TDI（多线时间延迟积分）
X	分时相机
U	UV（紫外）
N	NIR（近红外）

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

TPL512CL/TPL1KCL-30KS:



TPL1KCL-40KS:

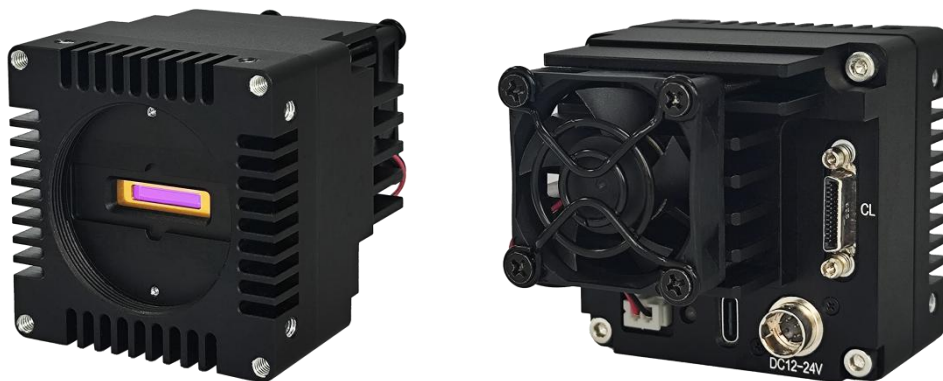


图 1 相机外形图

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

TPL-CL 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，通过高速工业 Camera Link 总线对外输出数据，具备了高速、高灵敏度和低噪声特点。

4.1 主要特性

- 全局快门 InGaAs 传感器
- 最高行频 40kHz
- 高灵敏度及低噪声
- 曝光模式灵活控制（外触发，自由运行）
- 像素格式 8/10/12/14bit
- 查找表
- 平场校正
- 扫描方向可用户配置
- 模拟增益/数字增益/偏置控制
- 实时温度监控
- 电子制冷

4.2 相机规格

表 1 TPL512CL-30KS2 产品规格

型号	TPL512CL-30KS2
产品描述	512 短波红外制冷线扫描相机
分辨率	512 x 2
像元规格	25um x 25um
传感器类型	全局快门 InGaAs
感光波段	950nm~1700nm
图像类型	黑白
传感器长度	12.8mm
动态范围	≥ 59.6dB
信噪比	58.9dB
数据率	30MB/s
模拟增益	x1/x2/x5/x11/x17/x25/x50/x100
模拟偏置	0~4095
数字增益	0.01~8
数字偏置	-16383~16383
镜头接口	M42
最高行频	29.4kHz
同步方式	自由运行，外触发
外部触发	Camera Link CC1

曝光控制	脉宽控制，定时
曝光时间	0.1us~19982us（步长：0.1us）
数据格式	8/10/12/14bit
工作温度	0~55℃
数据接口	Camera Link
像素时钟	43M/85MHz
电源	DC 12~24V（±10%） 1.0A
冷却方式	电子制冷以及一个外部风扇
冷却性能	低于环境温度约 25℃
功耗	打开 TEC：4.1W 关闭 TEC：3.1W
机械尺寸	60mm x 60mm x 73.2mm

表 2 TPL1KCL 产品规格

型号	TPL1KCL-30KS	TPL1KCL-40KS
产品描述	1K 短波红外制冷线扫描相机	
分辨率	1024 x 1	
像元规格	12.5um x 12.5um	
传感器类型	全局快门 InGaAs	
感光波段	950nm~1700nm	
图像类型	黑白	
传感器长度	12.8mm	
动态范围	≥ 65.2dB	
信噪比	63.1dB	
数据率	54MB/s	71MB/s
模拟增益	x1/x5/x25/x50	
模拟偏置	0~4095	
数字增益	0.01~8	
数字偏置	-16383~16383	
镜头接口	M42	
最高行频	29.4kHz	40kHz
同步方式	自由运行，外触发	
外部触发	Camera Link CC1	
曝光控制	脉宽控制，定时	
曝光时间	0.1us~19982us（步长：0.1us）	
数据格式	8/10/12/14bit	
工作温度	0~55℃	
数据接口	Camera Link	
像素时钟	43M/85MHz	
电源	DC 12~24V（±10%） 1.0A	DC 12~24V（±10%） 1.5A
冷却方式	电子制冷以及一个外部风扇	

冷却性能	低于环境温度约 22℃	低于环境温度约 17℃
功耗	打开 TEC: 4.2W 关闭 TEC: 3.1W	打开 TEC: 10.2W 关闭 TEC: 6.0W
机械尺寸	60mm x 60mm x 73.2mm	60mm x 60mm x 75.76mm

注意：本表格为 4.1d-1.24 版本 TPL-CL 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

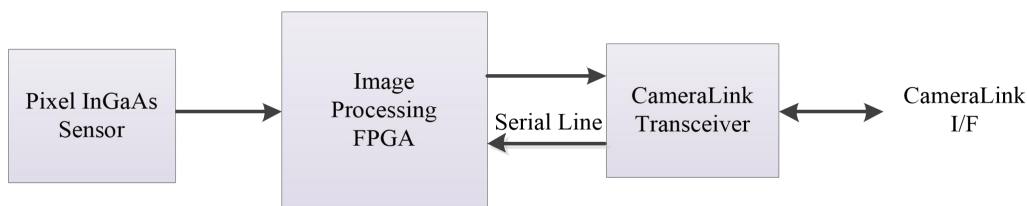


图 2 相机内部实现结构

TPL-CL 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 进行相关的算法处理后，经过 Camera Link 接口传输给 PC 端采集卡。

TPL-CL 系列相机可接受外部信号触发采集，来源为 Camera Link 接口的 CC1 信号线。

4.4 光谱响应

TPL-CL 系列相机的光谱响应曲线如下图所示。

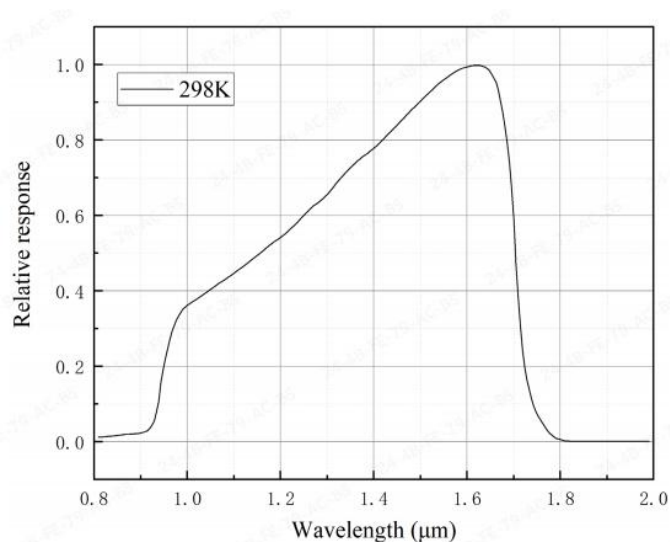


图 3 相机光谱响应

4.5 相机使用

(1) 工作温度：0℃~55℃，湿度 10%~80%；储存温度：-20℃~75℃。

(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。

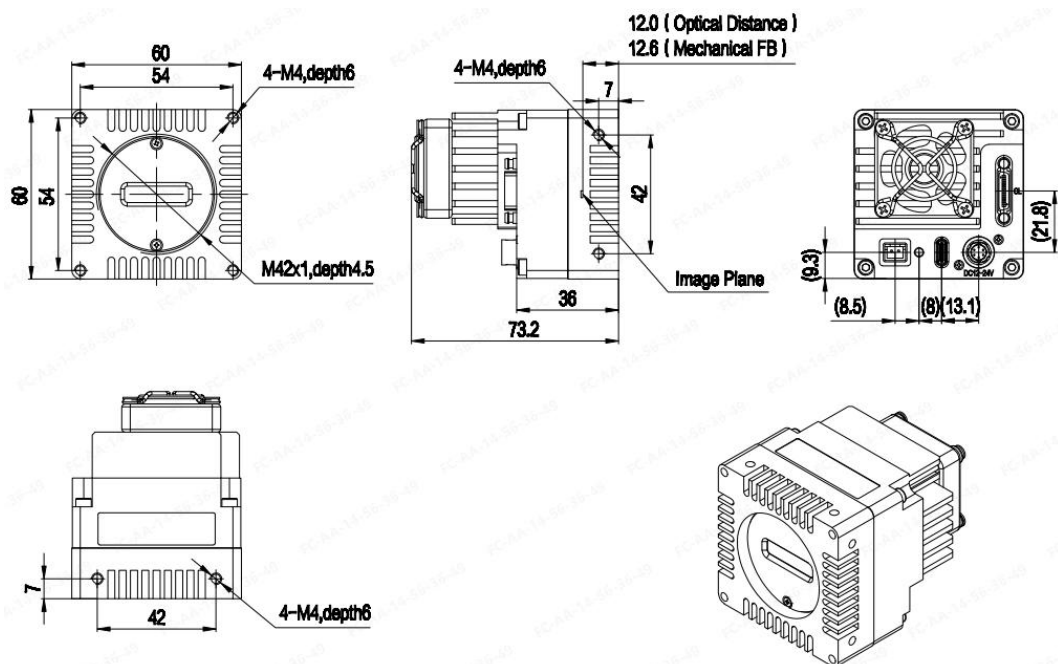
4.6 认证 RoHS

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 机械外形图

TPL512CL/TPL1KCL-30KS:



TPL1KCL-40KS:

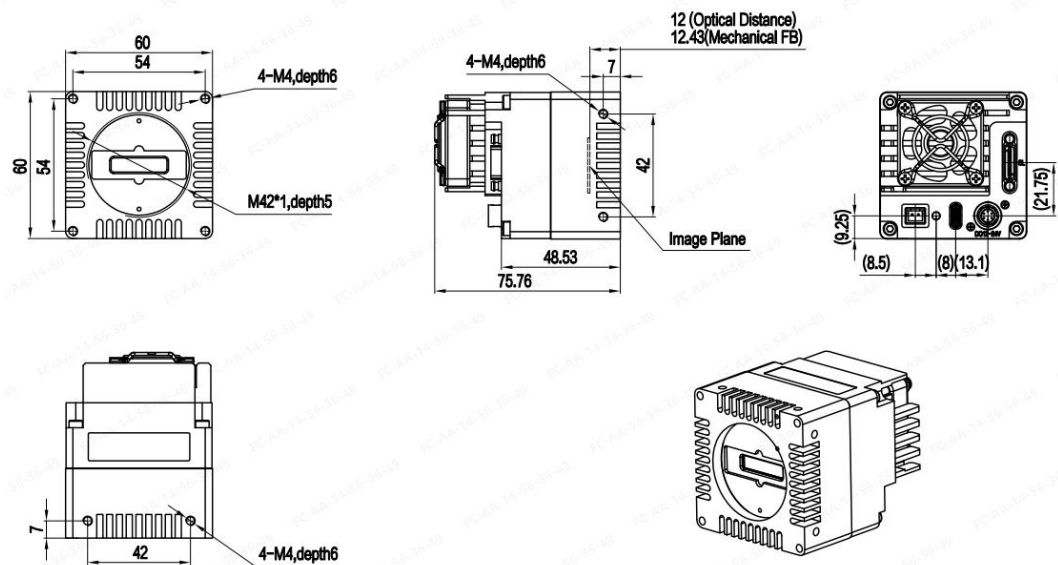


图 4 相机机械尺寸

5.2 接口设计

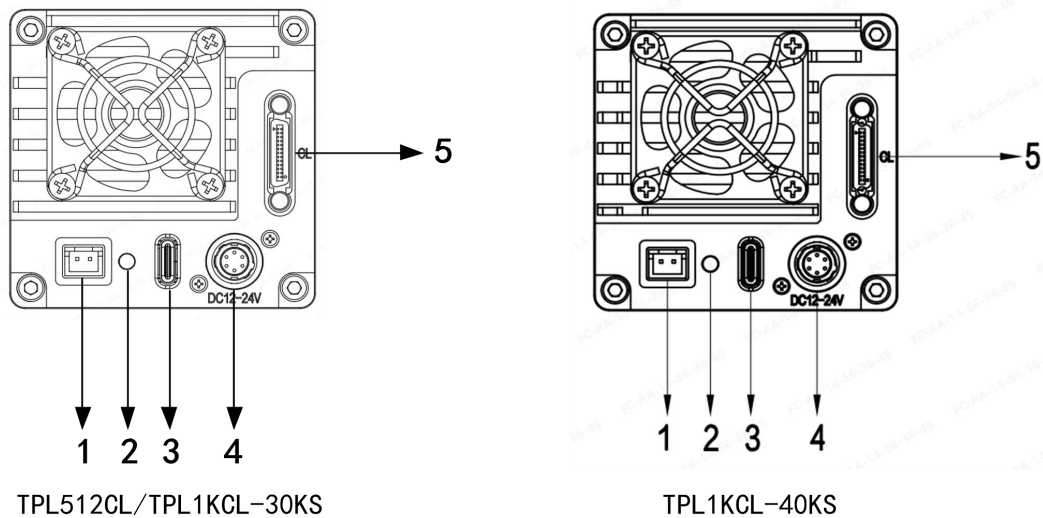


图 5 相机接口定义

- (1) 风扇电源接口
- (2) 相机状态指示灯
- (3) Type-C 接口
- (4) 6 芯电源接口
- (5) Camera Link 接口

5.2.1 相机状态指示灯

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 相机状态指示灯信息

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 电源接口

电源接口采用 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)。

相机背部电源接口如下图所示：

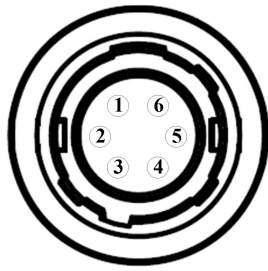


图 6 接口插件

表 4 接口插件管脚定义

信号	管脚	信号	管脚
PWR_VCC	1	PWR_GND	4
PWR_VCC	2	PWR_GND	5
PWR_VCC	3	PWR_GND	6

5.2.3 数据接口

TPL-CL 系列相机采用了 Mini Camera Link 接口作为数据输出接口，Mini Camera Link 接口为业界标准接口，信号定义如下：

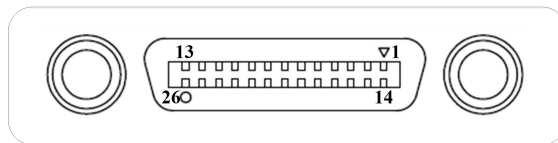


图 7 Mini Camera Link 接口

表 5 Mini Camera Link 接口管脚定义

PAIR List	Pin	Signal Name	Type	Description
PAIR 0	1	Ground	Ground	Cable Shield
	14	Ground	Ground	Cable Shield
PAIR 1	2	X0-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	15	X0+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 2	3	X1-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	16	X1+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 3	4	X2-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	17	X2+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 4	5	XCLK-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	18	XCLK+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 5	6	X3-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	19	X3+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 6	7	UART_RX+	LVDS-In	Serial Data Receiver
	20	UART_RX-	LVDS-In	Serial Data Receiver

PAIR 7	8	UART_TX-	LVDS-Out	Serial Data Transmitter
	21	UART_TX+	LVDS-Out	Serial Data Transmitter
PAIR 8	9	CC1-	LVDS-In	Software External Trigger
	22	CC1+	LVDS-In	Software External Trigger
PAIR 9	10	CC2+	LVDS-In	Software External Trigger
	23	CC2-	LVDS-In	Software External Trigger
PAIR 10	11	CC3-	LVDS-In	Software External Trigger
	24	CC3+	LVDS-In	Software External Trigger
PAIR 11	12	CC4+	LVDS-In	Software External Trigger
	25	CC4-	LVDS-In	Software External Trigger
PAIR 12	13	Ground	Ground	Cable Shield
	26	Ground	Ground	Cable Shield

各输出模式下信号和端口对应关系如下表所示。

表 6 输出模式下信号和端口对应关系 (1tap @ 8/10/12/14bit)

	8bit	10bit	12bit	14bit
	1tap/8bit	1tap/10bit	1tap/12bit	1tap/14bit
Port A0	A0	A0	A0	A0
Port A1	A1	A1	A1	A1
Port A2	A2	A2	A2	A2
Port A3	A3	A3	A3	A3
Port A4	A4	A4	A4	A4
Port A5	A5	A5	A5	A5
Port A6	A6	A6	A6	A6
Port A7	A7	A7	A7	A7
Port B0	-	A8	A8	A8
Port B1	-	A9	A9	A9
Port B2	-	-	A10	A10
Port B3	-	-	A11	A11
Port B4	-	-	-	A12
Port B5	-	-	-	A13
Port B6	-	-	-	-
Port B7	-	-	-	-

表 7 输出模式下信号和端口对应关系 (2tap @ 8/10/12bit)

	8bit	10bit	12bit
	2tap/8bit	2tap/10bit	2tap/12bit
Port A0	A0	A0	A0
Port A1	A1	A1	A1
Port A2	A2	A2	A2
Port A3	A3	A3	A3
Port A4	A4	A4	A4
Port A5	A5	A5	A5
Port A6	A6	A6	A6
Port A7	A7	A7	A7
Port B0	B0	A8	A8
Port B1	B1	A9	A9
Port B2	B2	-	A10
Port B3	B3	-	A11
Port B4	B4	B8	B8
Port B5	B5	B9	B9
Port B6	B6	-	B10
Port B7	B7	-	B11
Port C0	-	B0	B0
Port C1	-	B1	B1
Port C2	-	B2	B2
Port C3	-	B3	B3
Port C4	-	B4	B4
Port C5	-	B5	B5
Port C6	-	B6	B6
Port C7	-	B7	B7

6 相机特性

本章对 TPL-CL 系列相机的内部特性做详细介绍。

6.1 触发模式

TPL-CL 系列相机支持 3 种触发模式：自由运行模式，外部脉冲模式，外部脉宽调制模式。

6.1.1 自由运行模式

自由运行模式下，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。

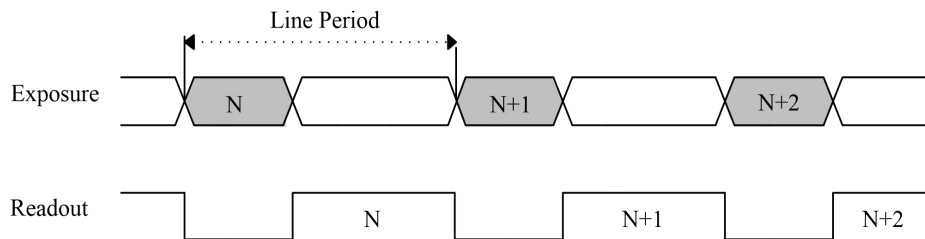


图 8 自由运行模式

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。

6.1.2 外部脉冲模式

外部脉冲模式下，相机在外触发信号上升沿开始曝光，而曝光时长则通过寄存器的形式配置。这时的行频是由外触发脉冲上升沿之间的间隔决定的。

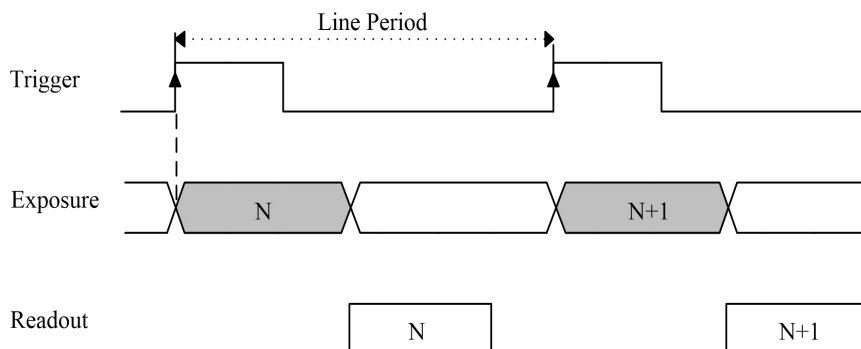


图 9 外部脉冲模式

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）。

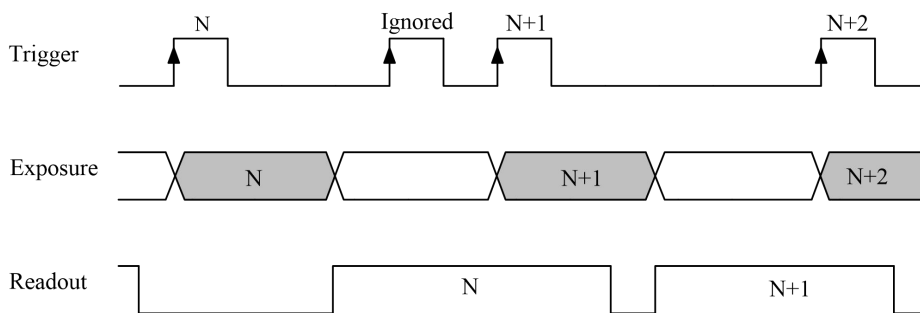


图 10 外触发间隔太短

6.1.3 外部脉宽调制模式

外部脉宽调制模式下，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。

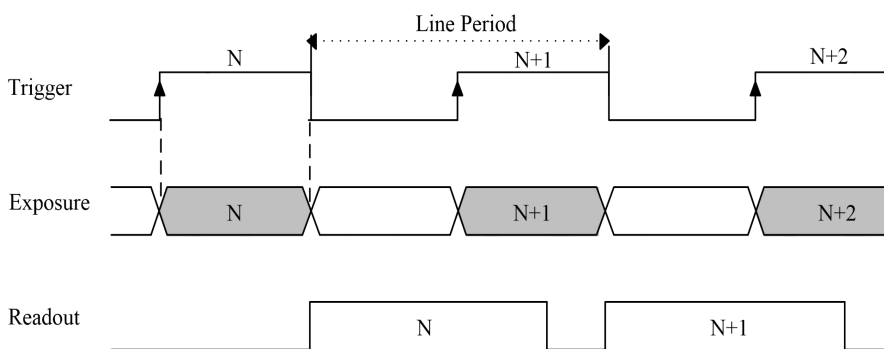


图 11 外部脉宽调制模式

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。

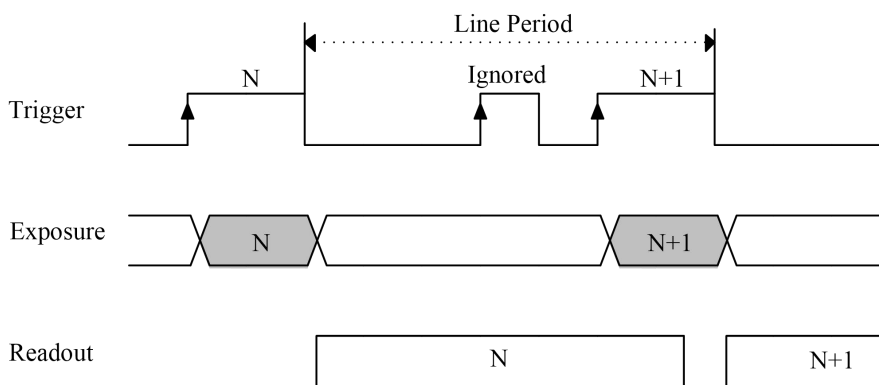


图 12 外触发间隔太短

6.2 查找表

LUT 利用一个 14bit 输入-14bit 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 13 LUT 结构

下图为实现 Gamma=0.5 的 LUT 映射曲线：

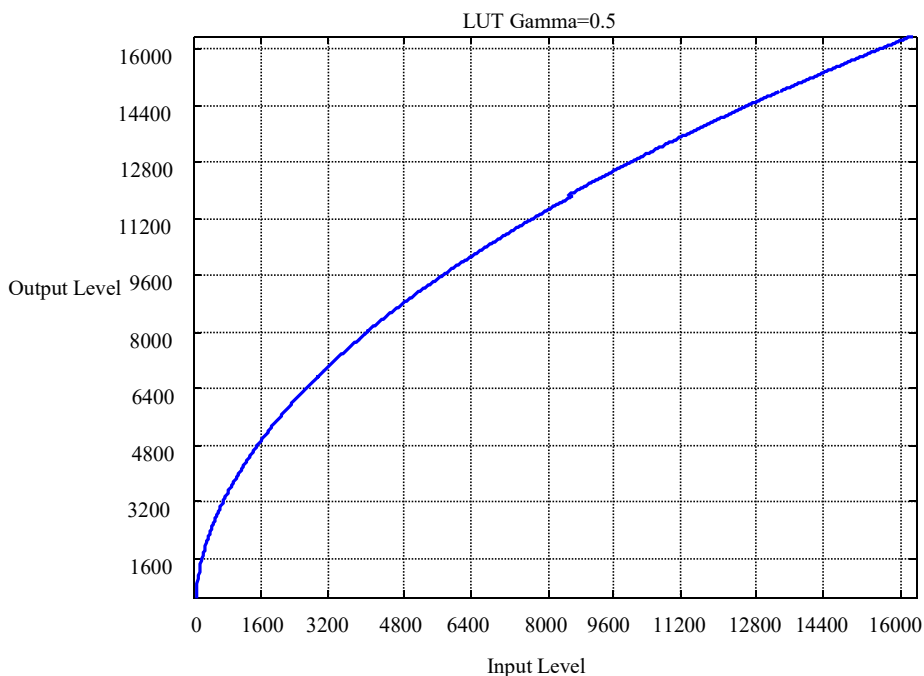
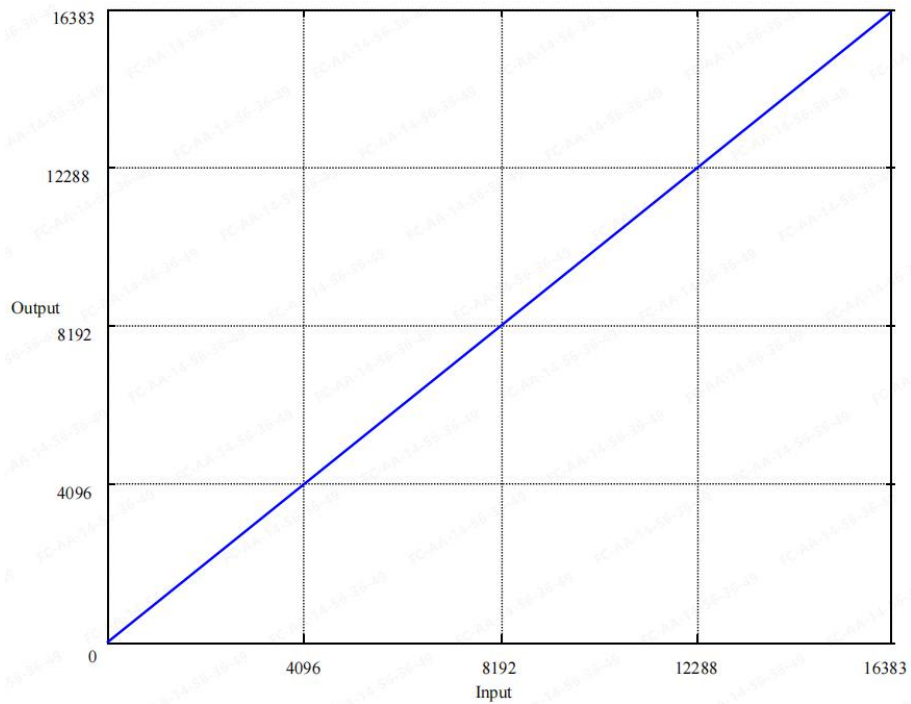


图 14 Gamma=0.5 对应的查找表

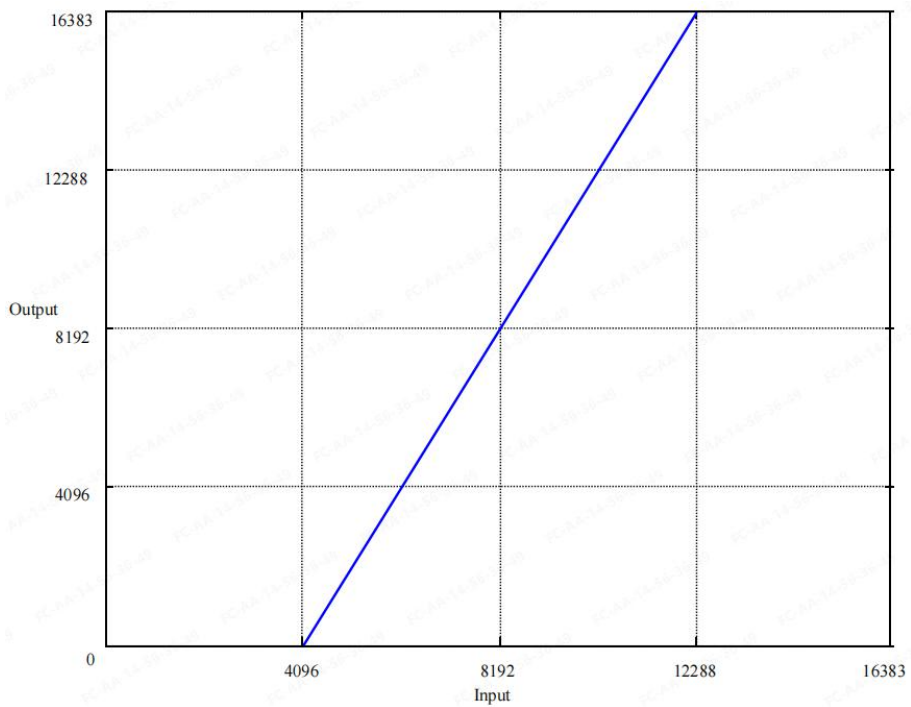
6.3 对比度

实际应用过程中，用户可能需要对采集到的图像明暗区域进行调节，以获取满足需求的图像。TPL-CL 系列相机的对比度功能可以满足用户的需求，通过修改对比度参数，可以实现图像中明暗区域之间灰度值差异程度的调整。对比度参数越大，明暗差异越明显。

以对比度参数为 4096 进行说明，输入灰度值低于 4096 的像素，灰度值输出为 0；输入灰度值高于 12287 的像素（即过曝灰度值 16383 减去对比度参数 4096），灰度值输出为 16383。明暗差异效果如下：



(a) 调节对比度前



(b) 调节对比度后

图 15 对比度效果

6.4 相机扫描方向

TPL-CL 系列相机扫描方向分为水平扫描方向和垂直扫描方向，如下图所示：

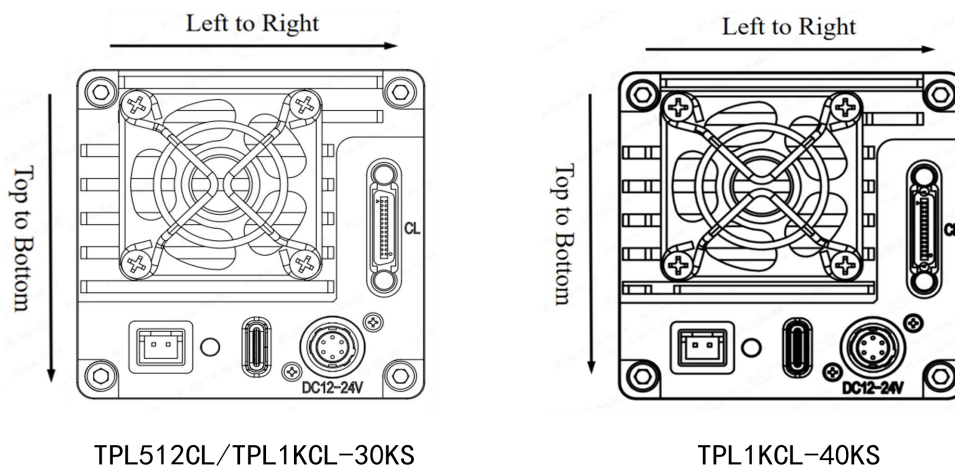


图 16 相机扫描方向

水平扫描方向支持从左向右和从右向左两种扫描方向。

垂直扫描方向支持从上到下和从下到上输出图像，可由相机内部控制或 CC3 信号外部控制。

注意：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。

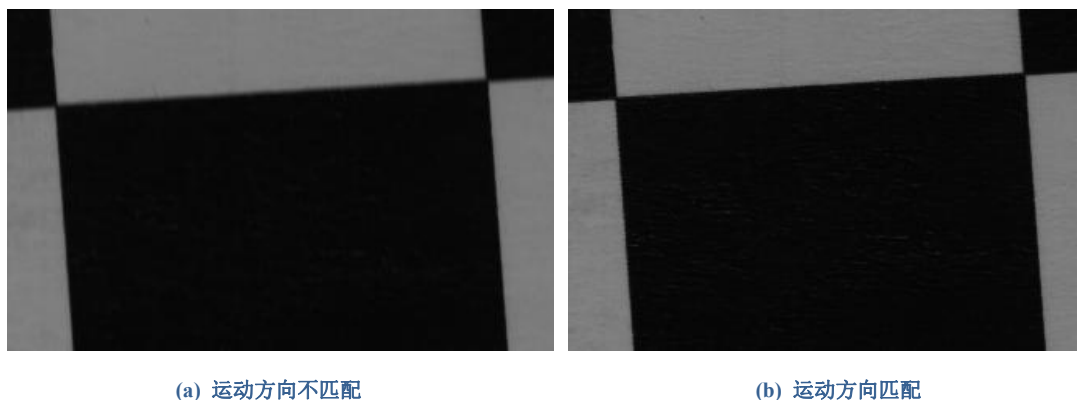
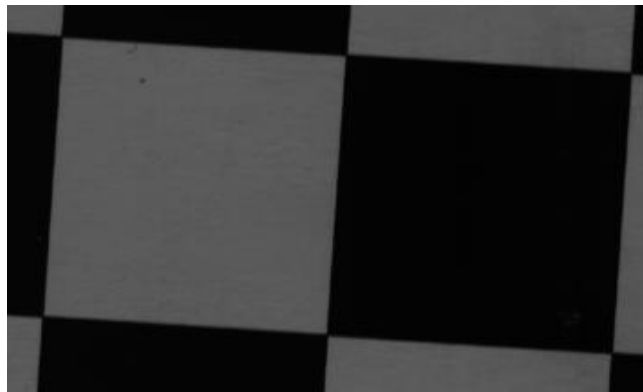


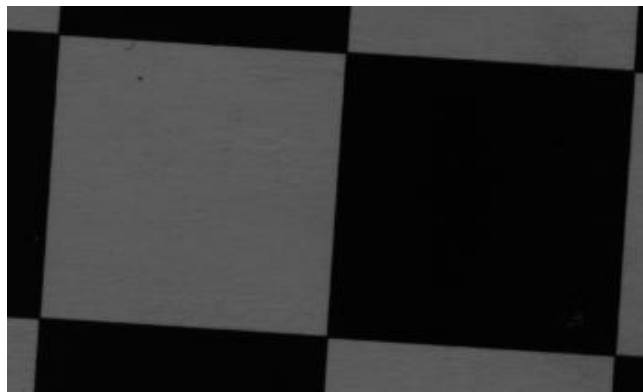
图 17 相机垂直扫描方向

6.5 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

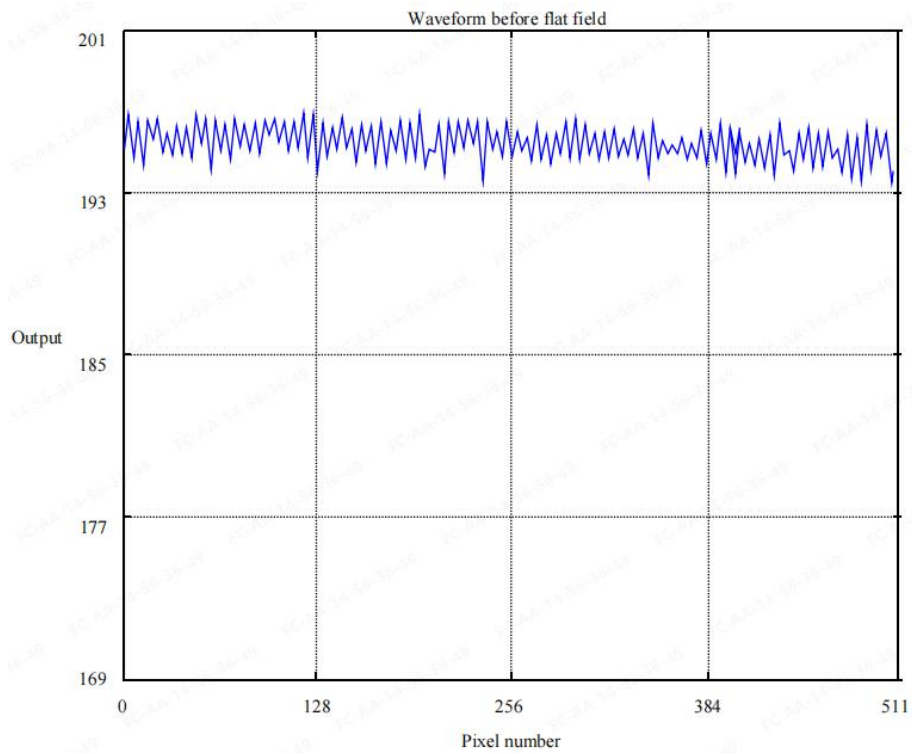
图 18 时间延迟积分

6.6 平场校正

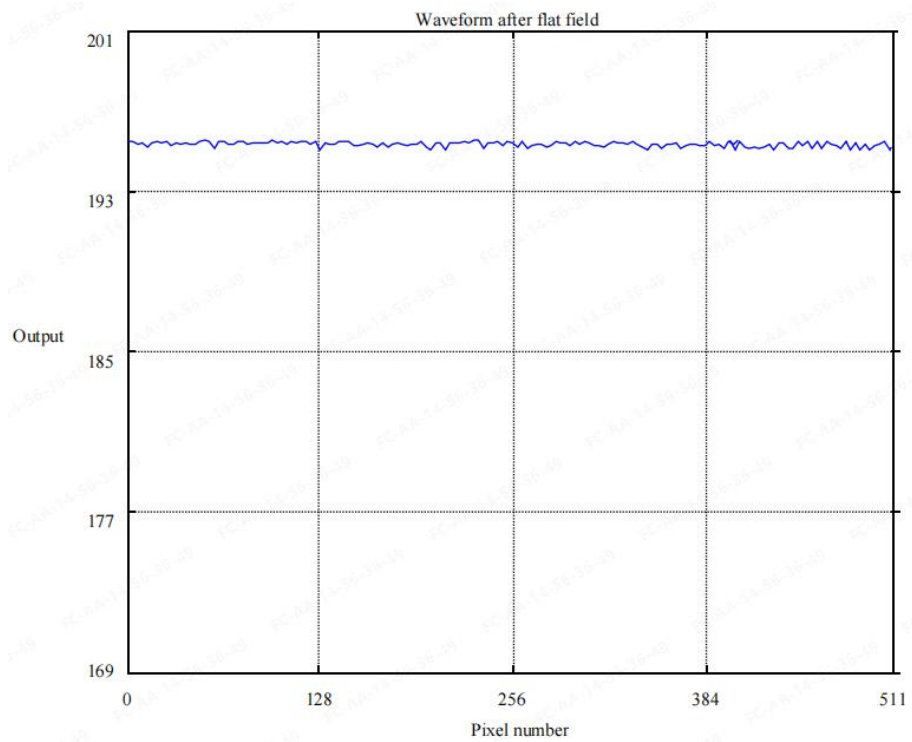
理想情况下，当相机对均匀的目标成像时，得到图像中所有像素点的灰度值理论上应该是相同的。然而，实际上图像中各像素的值往往会有较大差异。这些差异可能来源于光照不均匀、镜头中心和镜片边缘的透光率不一致、相机传感器各像元响应不一致等等。传感器像元响应的差异在出厂时已经进行过校正，一般情况下主要是为了校正镜头所导致的图像两边暗中间亮的情况，相机会计算各像元的校正参数存储在相机中以便对图像进行校正。某些情况下镜头和光照条件比较好，不进行平场校正也可以获得较好的图像，此时可以不校正。

注意：TPL-CL 系列相机传感器对不同波长光源的响应不同，出厂校正是在卤素光源全波段下进行的平场校正。若用户需要在固定波长光源下使用 TPL-CL 系列相机，需要重新进行平场校正。

(1) TPL512CL 相机:

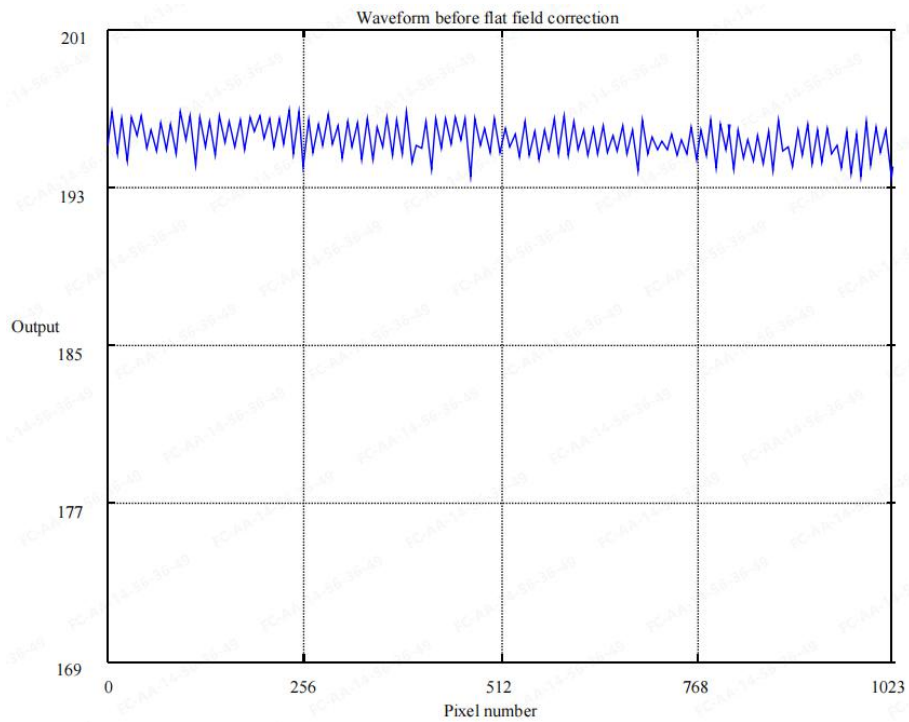


(a) 平场校正前

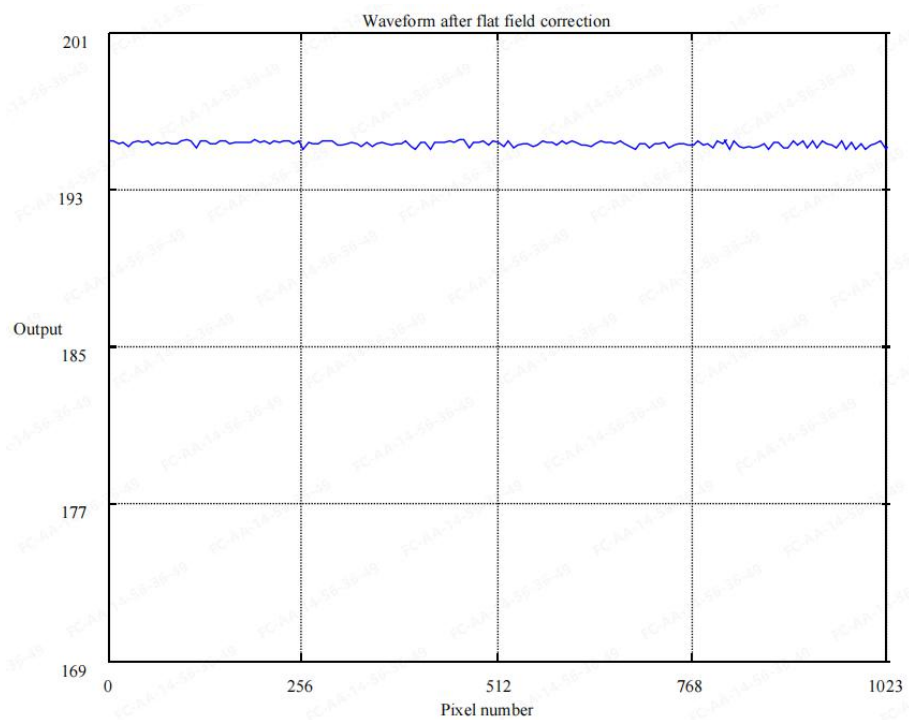


(b) 平场校正后

(2) TPL1KCL 相机:



(a) 平场校正前



(b) 平场校正后

图 19 平场校正效果

6.7 测试图像

TPL-CL 系列相机为了更好适应不同场景，支持 3 种图像类型输出：

- 原始图像

- 经过校正算法后的图像
- 测试图像

测试图像一般用于测试数据链路是否通畅，便于用户进行各种调试。下图所示即为斜条纹滚动模式，输出的图像水平方向数据不断递增，到最大值后重新从 0 开始计数，循环反复。



图 20 测试图像

6.8 数据格式

TPL-CL 系列相机处理数据时以 14bit 的数据格式进行处理，但是在输出时提供 8bit, 10bit, 12bit, 14bit 四种数据格式的输出方式。当相机输出 8bit 数据时，将删除最低位的 6bit 数据；当相机输出 10bit 数据时，将删除最低位的 4bit 数据；当相机输出 12bit 数据时，将删除最低位的 2bit 数据。

高位对齐

14bit位宽	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
12bit位宽	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
10bit位宽	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
8bit位宽	7	6	5	4	3	2	1	0						

图 21 数据格式

6.9 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 14bit 数据设置的,如果图像数据为 8bit、10bit 或 12bit,实际的数字偏置会除以 64、除以 16 或除以 4。

6.10 相机温度

TPL-CL 系列相机支持温度实时获取,用户可以通过读取相机温度值监测前端传感器的工作状态。

本相机工作的环境温度范围建议为 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,并联系我司技术支持。

6.11 加载/保存配置参数

TPL-CL 系列相机支持多套工作参数集,包括 1 套出厂默认参数集和多套用户参数集。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

TPL-CL 系列相机支持用户通过 Camera Link 接口的串口通道发送控制命令到相机，配置相机工作模式及相关参数。

7.1 通信串口参数

表 8 通信串口参数

串口参数	配置参数
波特率	9600
数据位	8
校验位	无
停止位	1
流控制	无

7.2 指令格式

相机端接收的指令依据是否携带数据分为以下两种：

- **纯指令**
[CMD][CR]
- **数据配置指令**
[CMD]=[VAL][CR]

相机端接收到指令后，会返回信息，其格式分为三种：

- **格式 1**
收到常规指令，执行完毕后，返回>Ok
例如输入：load=0[CR]
反馈：>Ok[CR]
- **格式 2**
收到读取内部信息指令，则在>Ok 前插入相应的信息
例如输入：list[CR]
反馈：>[MEM][CR]>Ok[CR]
- **格式 3**
收到读取内部信息指令，则在>Ok 前插入相应的信息
例如输入：clnk[CR]
反馈：[VAL][CR]>Ok[CR]

注意：

[CMD]	指令，4byte
[VAL]	数据，不超过 4 位 10 进制数值
[MEM]	内存数据
[CR]	0x0D，回车

若输入指令格式错误，则反馈的 Ok 会被替换成错误码，具体如下表所示：

表 9 相机指令执行失败时返回的错误码

返回值	指令分析结果
Ok	正确
0	正确，等同于 Ok
128	指令不存在
130	和其他参数相互冲突
131	参数数值越界或不符合要求
132	当前状态不允许执行此指令
133	输入指令语法解析错误

7.3 指令列表

TPL-CL 系列相机支持的串口命令列表如下所示，用户通过串口连接相机后，可以输入相关指令对相机进行配置。

表 10 TPL512CL-30KS2 相机指令列表

Command	Description
help	Show this information
list	Show Current Configurations
load	Load Configuration From Flash 0/1/2: Factory/User1/User2
save	Save Current Configuration To Flash 1/2: User1/User2
temp	Get Current Camera Temperature
fsyn	Set Frame Sync Mode (0/1/2: Internal Free Run/External Pulse/External PWM)
anos	Set Camera Analog Offset (0~4095)
angn	Set Camera Analog Gain (0/1/2/3/4/5/6/7:X1/X2/X5/X11/X17/X25/X50/X100)
pelk	Set Camera Link Pixel Clock (0/1: 43/85 MHz)
clpr	Set Camera Link Protocol (0/1: Standard/I-Tek protocol)
clnk	Set Camera Link Mode (0/1/2/3/4/5/6/: 1tap@8/10/12/14bit,2tap@8/10/12bit)
tmax	Enable Max Exposure Time (0/1: Disable/Enable)
texp	Set Exposure Time in microsecond (0.058824us to 1s)
tprd	Set Line Period Time in microsecond (34us to 20ms)
dmod	Set Data Mode (0/1/2/3: Original/Corrected/Pattern_1/Pattern_2)
dign	Set Digital Gain x0.01~x8.0
dios	Set Digital Offset (-16383 to +16383)
hdir	Set Horizontal Scan Direction (0/1: Left to Right/Right to Left)
vdir	Set vertical Scan Direction (0/1: Top to Down/Down to Top)
vext	Set Vertical Scan Direction External Control (0/1/2: Internal/CC3 High/CC3 Low)
rics	Set ROI Window Start Column Address (0~504) (multiples of 8)
rice	Set ROI Window Column Count (256~512) (multiples of 8)
bpcr	Bad Pixel Correction (0/1: Disable/Enable)
bplt	List Bad Pixel Array
adbp	Add A New Bad Pixel into Camera (column)

rmbp	Remove A Bad Pixel from Camera (column)
bpsv	Save the defect pixel list as a user list to the non-volatile memory of the device.
bpc1	Clear all defect pixels from RAM.
ctst	Set Contrast Parameter (0 to 8191)
ffcr	Flat Field Correction (0/1: Disable/Enable)
ffcl	Flat Field Correction Calibration (0/1: Init/Calibrate)
dsel	Dark Signal Non-uniformity Correction Start.
dsnu	DSNU Noise Correction (0/1 Disable/Enable)
dscr	Dark signal non-uniformity correction reset.
rffp	Readout Flat Field Correction Data
wffp	Write Flat Field Correction Data (addr,data)
enlt	Look up Table (0/1 Disable/Enable)
rlut	Readout Current Look up Table
wlut	Write Current Look up Table Data (addr,data)
ftpr	Set Trigger Input Polarity (0/1: rising/falling edge)
tgdp	Set input line debouncing period in microsecond(0~1000us)
tftd	Set Frame Trigger Delay in microsecond (0~65000us)
envt	TEC Cooler Control (0/1: Disable/Enable)
tset	Set Sensor Temperature (0~40C)
baud	Set Camera Link Serial Port Baudrate (4800~460800bps)
lmod	Select output type(0/1/2: Sum/Line1/Line2)
ldly	Set Line Delay to Correct Chromatic Aberration(0 to 2.0)

表 11 TPLIKCL-30KS 相机指令列表

Command	Description
help	Show this information
list	Show Current Configurations
load	Load Configuration From Flash 0/1/2: Factory/User1/User2
save	Save Current Configuration To Flash 1/2: User1/User2
temp	Get Current Camera Temperature
fsyn	Set Frame Sync Mode (0/1/2: Internal Free Run/External Pulse/External PWM)
anos	Set Camera Analog Offset (0~4095)
angn	Set Camera Analog Gain (0/1/2/3/4/5/6/7:X1/X2/X5/X11/X17/X25/X50/X100)
pclk	Set Camera Link Pixel Clock (0/1: 43/85 MHz)
clpr	Set Camera Link Protocol (0/1: Standard/I-Tek protocol)
clnk	Set Camera Link Mode (0/1/2/3/4/5/6: 1tap@8/10/12/14bit,2tap@8/10/12bit)
tmax	Enable Max Exposure Time (0/1: Disable/Enable)
texp	Set Exposure Time in microsecond (0.058824us to 1s)
tprd	Set Line Period Time in microsecond (34us to 20ms)
dmod	Set Data Mode (0/1/2/3: Original/Corrected/Pattern_1/Pattern_2)
dign	Set Digital Gain x0.01~x8.0

dios	Set Digital Offset (-16383 to +16383)
hdir	Set Horizontal Scan Direction (0/1: Left to Right/Right to Left)
rics	Set ROI Window Start Column Address (0~1016) (multiples of 8)
rice	Set ROI Window Column Count (256~1024) (multiples of 8)
bpcr	Bad Pixel Correction (0/1: Disable/Enable)
bplt	List Bad Pixel Array
adbp	Add A New Bad Pixel into Camera (column)
rmbp	Remove A Bad Pixel from Camera (column)
bpsv	Save the defect pixel list as a user list to the non-volatile memory of the device.
bpcl	Clear all defect pixels from RAM.
ctst	Set Contrast Parameter (0 to 8191)
ffer	Flat Field Correction (0/1: Disable/Enable)
ffel	Flat Field Correction Calibration (0/1: Init/Calibrate)
dscl	Dark Signal Non-uniformity Correction Start.
dsnu	DSNU Noise Correction (0/1 Disable/Enable)
dscr	Dark signal non-uniformity correction reset.
rffp	Readout Flat Field Correction Data
wffp	Write Flat Field Correction Data (addr,data)
enlt	Look up Table (0/1 Disable/Enable)
rlut	Readout Current Look up Table
wlut	Write Current Look up Table Data (addr,data)
ftpr	Set Trigger Input Polarity (0/1: rising/falling edge)
tgdv	Set input line debouncing period in microsecond(0~1000us)
tftd	Set Frame Trigger Delay in microsecond (0~65000us)
envt	TEC Cooler Control (0/1: Disable/Enable)
tset	Set Sensor Temperature (0~40C)
baud	Set Camera Link Serial Port Baudrate (4800~460800bps)

表 12 TPLIKCL-40KS 相机指令列表

Command	Description
help	Show this information
list	Show Current Configurations
load	Load Configuration From Flash 0/1/2: Factory/User1/User2
save	Save Current Configuration To Flash 1/2: User1/User2
temp	Get Current Camera Temperature
fsyn	Set Frame Sync Mode (0/1/2: Internal Free Run/External Pulse/External PWM)
anos	Set Camera Analog Offset (0~4095)
angn	Set Camera Analog Gain (0/1/2/3:X1/X5/X25/X50)
plck	Set Camera Link Pixel Clock (0 to 4: 43/85MHz)
clpr	Set Camera Link Protocol (0/1: Standard/I-Tek protocol)
clnk	Set Camera Link Mode (0/1/2/3/4/5/6: 1tap@8/10/12/14bit,2tap@8/10/12bit)

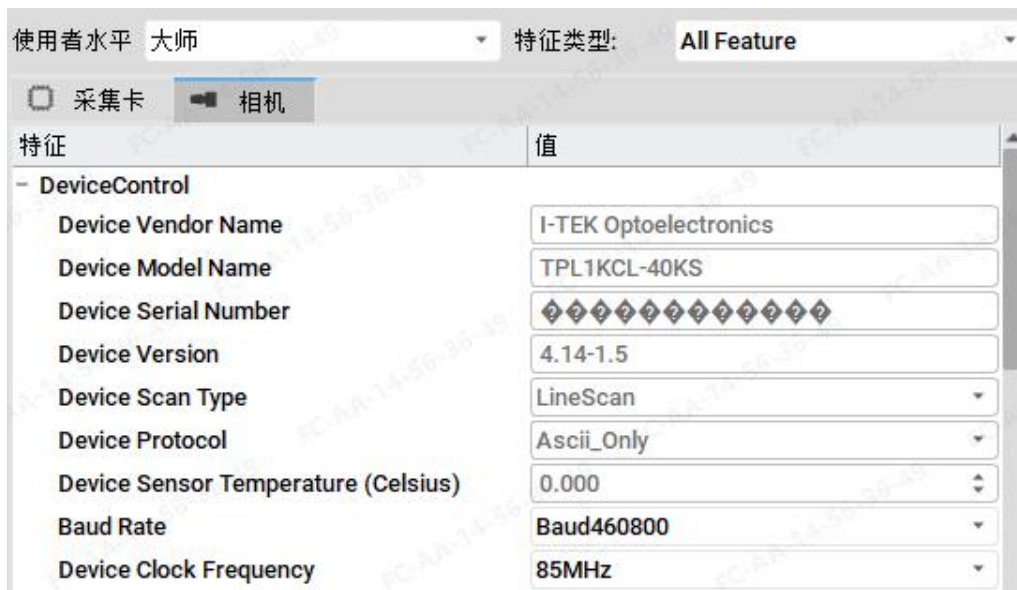
texp	Set Exposure Time in microsecond (2us to 1s)
tprd	Set Line Period Time in microsecond (25us to 10s)
dmod	Set Data Mode (0/1/2/3: Original/Corrected/Pattern_1/Pattern_2)
dign	Set Digital Gain x0.01~x8.0
dios	Set Digital Offset (-16383 to +16383)
hdir	Set Horizontal Scan Direction (0/1: Left to Right/Right to Left)
rics	Set ROI Window Start Column Address (0~1016) (multiples of 8)
rice	Set ROI Window Column Count (256~1024) (multiples of 8)
ffer	Flat Field Correction (0/1: Disable/Enable)
ffcl	Flat Field Correction Calibration (0/1: Init/Calibrate)
rffp	Readout Flat Field Correction Data
wffp	Write Flat Field Correction Data (addr,data)
enlt	Look up Table (0/1 Disable/Enable)
rlut	Readout Current Look up Table
wlut	Write Current Look up Table Data (addr,data)
ftpr	Set Trigger Input Polarity (0/1: rising/falling edge)
tgdp	Set input line debouncing period in microsecond(0~1000us)
tftd	Set Frame Trigger Delay in microsecond (0~65535us)
envt	TEC Cooler Control (0/1: Disable/Enable)
tset	Set Sensor Temperature (0~40C)
baud	Set Camera Link Serial Port Baudrate (4800~460800bps)
ctst	Set Contrast Parameter (0 to 8191)

8 相机配置

合肥埃科光电科技股份有限公司基于 GenCam 标准实现了一套函数库 IKapC.lib 对相机进行配置，用户可以基于 IKapC.lib 库使用合肥埃科光电科技股份有限公司生产的所有相机而无需针对每一款相机重新编写代码。有关 IKapC.lib 库的详细信息，请参考 IKapC 库使用说明书。

合肥埃科光电科技股份有限公司提供了可视化的相机特性配置工具 IKapCViewer.exe，下文将演示如何配置相机支持的特性。关于使用 IKapCViewer.exe 的详细信息，请参考 IKapCViewer 软件使用说明书。

8.1 设备控制类别



特征	值
- DeviceControl	
Device Vendor Name	I-TEK Optoelectronics
Device Model Name	TPL1KCL-40KS
Device Serial Number	0000000000000000
Device Version	4.14-1.5
Device Scan Type	LineScan
Device Protocol	Ascii_Only
Device Sensor Temperature (Celsius)	0.000
Baud Rate	Baud460800
Device Clock Frequency	85MHz

图 22 设备控制类别

- **DeviceVendorName**
设备制造商名称。
- **DeviceModelName**
设备型号名称。
- **DeviceSerialNumber**
设备序列号。
- **DeviceVersion**
设备版本。
- **DeviceScanType**
设备扫描类型。
- **DeviceProtocol**
设备协议。

- **DeviceSensorTemperature**
传感器温度。
- **DeviceSerialPortBaudRate**
设备串口波特率。枚举项名称如下：
 - Baud9600
 - Baud19200
 - Baud38400
 - Baud57600
 - Baud115200
 - Baud230400
 - Baud460800
- **DeviceClockFrequency**
设备时钟频率。枚举项名称如下：
 - 43MHz
 - 85MHz

8.2 图像格式控制类别



图 23 图像格式控制类别

- **RegionOffsetX**
感兴趣区域水平偏移位置。
- **RegionWidth**

感兴趣区域宽度。

- **Width**

输出图像宽度。

- **Height**

输出图像高度。

- **PixelFormat**

像素格式。枚举项名称如下：

- Mono8: 黑白图像 8bit
- Mono10: 黑白图像 10bit
- Mono12: 黑白图像 12bit
- Mono14: 黑白图像 14bit

- **SensorTaps**

传感器 Tap 数。枚举项名称如下：

- One
- Two

- **DeviceTapGeometry**

Tap 排列。

- **VideoMode**

输出模式。枚举项名称如下：

- Original: 原始图像
- Corrected: 校正图像
- TestPattern1: 测试图像

- **HorizontalScanDirection**

水平扫描方向。枚举项名称如下：

- LeftToRight: 从左到右
- RightToLeft: 从右到左

- **VerticalScanDirection**

垂直扫描方向。枚举项名称如下：

- TopToBottom: 从上到下
- BottomToTop: 从下到上

- **VerticalScanDirectionControl**

垂直扫描方向控制源。枚举项名称如下：

- Internal: 内部控制
- CC3Positive: CC3 高电平信号
- CC3Negative: CC3 低电平信号

8.3 采集控制类别



图 24 采集控制类别

- **SynchronizationMode**
同步模式。枚举项名称如下：
 - InternalFreeRun: 自由运行
 - ExternalPulse: 外部脉冲
 - ExternalPWM: 外部脉宽调制
- **LinePeriodTime**
线周期，单位 us。
- **AcquisitionLineRate**
采集行频，单位 Hz。
- **ExposureTime**
曝光时间，单位 us。

8.4 IO 控制类别



图 25 IO 控制类别

- **InputLinePolarity**
触发极性。枚举项名称如下：
 - Rising: 上升沿触发

➤ Falling: 下降沿触发

- **InputLineDebouncingPeriod**

触发信号去抖窗口长度，低于该脉宽的信号会被视为毛次信号过滤掉，单位 us。

- **InputLineDelay**

触发延迟时间。

8.5 模拟控制类别



图 26 模拟控制类别

- **AnalogGain**

模拟增益。枚举项名称如下：

- X1
- X5
- X25
- X50

8.6 数字控制类别



图 27 数字控制类别

- **DigitalGain**

数字增益。

- **DigitalOffset**

数字偏置。

8.7 查找表控制类别

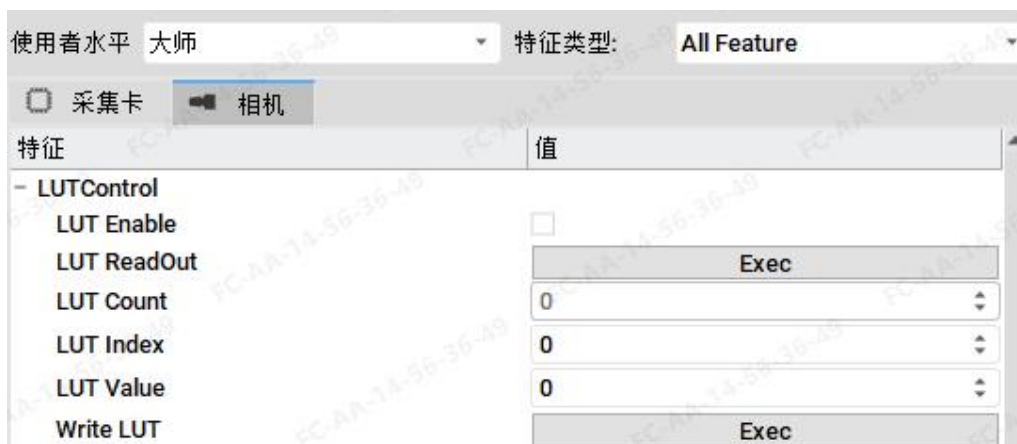


图 28 查找表控制类别

- **LUTEnable**
使能查找表功能。
- **LUTReadOut**
读取查找表数据。
- **LUTCount**
查找表个数。
- **LUTIndex**
查找表数据索引，即经过查找表映射前的图像灰度值。
- **LUTValue**
查找表数据数值，即经过查找表映射后的图像灰度值。
- **LUTWrite**
写入查找表数据。

8.8 平场校正类别



图 29 平场校正类别

- **FFCEnable**
使能平场校正。
- **FFCInit**
平场校正初始化。
- **FFCExec**
执行平场校正。
- **FFCReadOut**
读取平场校正参数。
- **FFCCount**
平场校正参数集个数。
- **FFCIndex**
平场校正参数集索引。
- **FFCValue**
平场校正数值。
- **FFCWrite**
写入平场校正结果。

8.9 制冷控制类别



图 30 制冷控制类别

- **CCDTargetTemperature**
TEC 制冷目标温度。
- **TECEnable**
使能 TEC 制冷。

8.10 用户配置类别



图 31 用户配置类别

- **UserSetSelector**
用户配置参数集选择。枚举项名称如下：
 - Factory: 出厂配置
 - User1: 用户配置 1
 - User2: 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。

9 常见问题

● 无法连接到相机

- ① 确认 Camera Link 接口线缆本身无问题。
- ② 确认 Camera Link 接口 Base 和 Medium/Full 没有接反。
- ③ 确认 Camera Link 接口中串口通道参数设置无误。

● Camera Link 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 Camera Link 接口 Base 和 Medium/Full 没有接反。
- ④ 确认 Camera Link 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 Camera Link 接口 CC1 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 Camera Link 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，合肥埃科光电科技股份有限公司将第一时间为您提供服务。