

PH4KCL-200KU 线扫描 相机使用说明书

(V0.1 2023.06.25)



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	2023/06/25	● 初始版本

联系方式

合肥埃科光电科技股份有限公司

电话: +86-551-65318597

传真: +86-551-65318597

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	8
4 产品规格	9
4.1 主要特性	9
4.2 相机规格	9
4.3 相机结构	10
4.4 光谱响应	10
4.5 相机使用	11
4.6 认证 RoHS	11
5 机械尺寸和接口	12
5.1 机械外形图	12
5.2 接口设计	12
5.2.1 相机状态指示灯	12
5.2.2 电源接口	13
5.2.3 控制接口	13
5.2.4 数据接口	14
6 相机特性	21
6.1 触发模式	21
6.1.1 自由运行模式	21
6.1.2 外部脉冲触发模式	21
6.2 相机扫描方向	21
6.3 像素合并	22
6.4 查找表	23
6.5 平场校正	24
6.6 测试图像	25
6.7 Camera Link 输出模式	26
6.8 数据格式	26
6.9 增益&偏置	27
6.10 相机温度	27
6.11 加载/保存配置参数	27
7 相机配置	28
7.1 通信串口参数	28
7.2 指令格式	28
7.3 指令列表	29
8 相机配置工具	31
8.1 IKTool 图形界面	31
8.2 菜单栏	31
8.2.1 文件	31

8.2.2	相机	32
8.2.3	语言	33
8.2.4	关于	33
8.3	相机配置区域	34
8.3.1	常用	34
8.3.2	高级	36
8.3.3	查找表	37
8.3.4	数字处理	38
8.4	状态栏	39
9	常见问题	40

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，请用柔软物体进行擦除。

● 电源

- ① 推荐+12~24V ($\pm 10\%$) 电压接入，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

相机产品型号说明:

线扫描相机+面扫描相机说明如下:

各类相机:

线扫描相机

PA: Panther (黑豹—工业线阵相机)

PL: Plasma (等离子—工业线阵相机)

PH: Phoenix (凤凰—工业线阵相机)

TPH: TEC- Phoenix (半导体冷却—凤凰—工业线阵相机)

PU: PupMaya (玛雅—工业线阵相机)

PR: Prometheus (普罗米修斯—工业线阵相机)

面扫描相机

HS: Hercules (大力神—CCD 工业面阵相机)

THS: TEC- Hercules (半导体冷却—大力神—CCD 工业面阵相机)

TS: Taurus (金牛座—CMOS 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:

GV: GigE Vision CL: Camera Link

CXP: CoaXPress U30: USB3.0

PCIe: PCI Express XGV: 10 GigE Vision

色彩形式:

M: Monochrome (黑白) C: Color (彩色)

F: Full Color (RGBC 四线输出, 支持 RGBC)

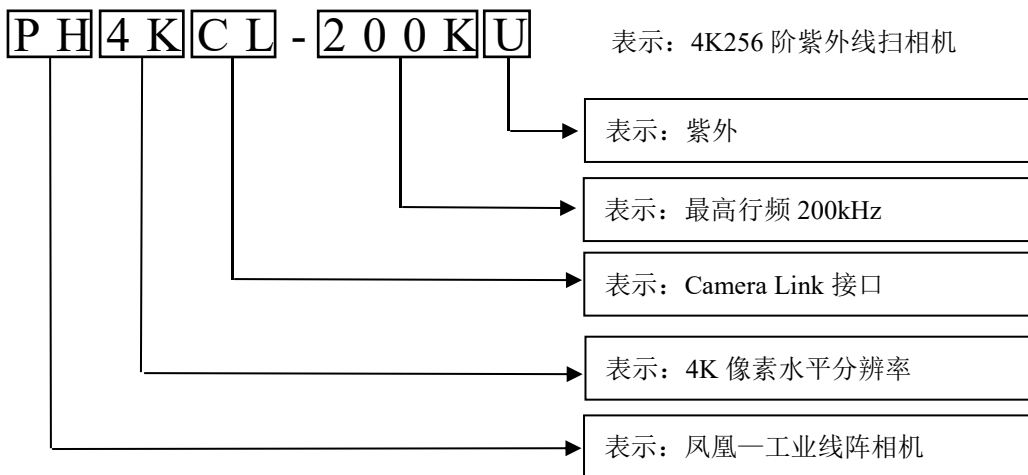
T: TDI (多线时间延迟积分) U: Ultraviolet (紫外)

行频或帧率:

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



图 1 相机外形图

注意：

- ① 相机前端面提供 4 个 M4 螺孔位用于固定相机。
- ② 相机详细尺寸说明请参考下文中“机械尺寸和接口”章节。

4 产品规格

PH4KCL 相机专门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，同时具备了高速、高灵敏度和低噪声特点。

4.1 主要特性

- 背照式 CCD 传感器
- 最高行频 200kHz
- 高灵敏度及低噪声
- 最小曝光时间 5 μ s，曝光时间步长 0.01 μ s
- 输出像素格式 8/10/12bit
- 感兴趣区域
- 像素合并
- 模拟增益/数字增益/偏置控制
- 扫描方向可用户配置
- 平场校正
- 查找表
- 支持多种 Camera Link 输出模式
- 实时温度监控

4.2 相机规格

表 1 PH4KCL-200KU 产品规格

型号	PH4KCL-200KU
产品描述	4K256 阶紫外线扫相机
分辨率	4096 x 256
像元规格	5 μ m x 5 μ m
传感器类型	背照式 CCD
图像类型	黑白
传感器长度	20.48mm
动态范围	≥ 63.5 dB
信噪比	43.4dB
数据率	819MB/s
模拟增益	X1/X2/X4/X8
数字增益	0.01~7.998
数字偏置	-4095~4095
镜头接口	M42 x 1
最高行频	41.2kHz@2Tap, 81.4kHz@4Tap, 161.2kHz@8Tap, 200.0kHz@10Tap
同步方式	自由运行、外部脉冲
外部触发	IO/CC1

曝光控制	通过行周期控制
曝光时间	5 μ s~10s（步长：0.01 μ s）
数据格式	8/10/12bit
工作温度	0~55℃
数据接口	Camera Link
像素时钟	72M/80M/85MHz
电源	DC 12~24V（ $\pm$ 10%） 1.0A
功耗	5.5W
机械尺寸	60mm x 60mm x 35mm
重量	190.9g

4.3 相机结构

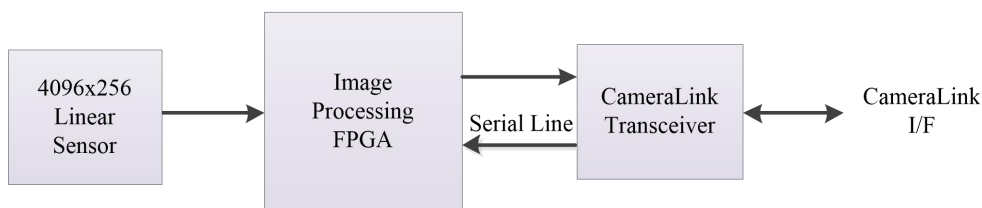


图 2 相机内部实现结构

PH4KCL 相机基于 4096 x 256 分辨率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。

相机可接受外部信号触发采集，来源为 IO 输入或 Camera Link 接口的 CC1 信号线。相机内嵌了包括平场校正，翻转等图像处理算法，均在 FPGA 中实时实现。

4.4 光谱响应

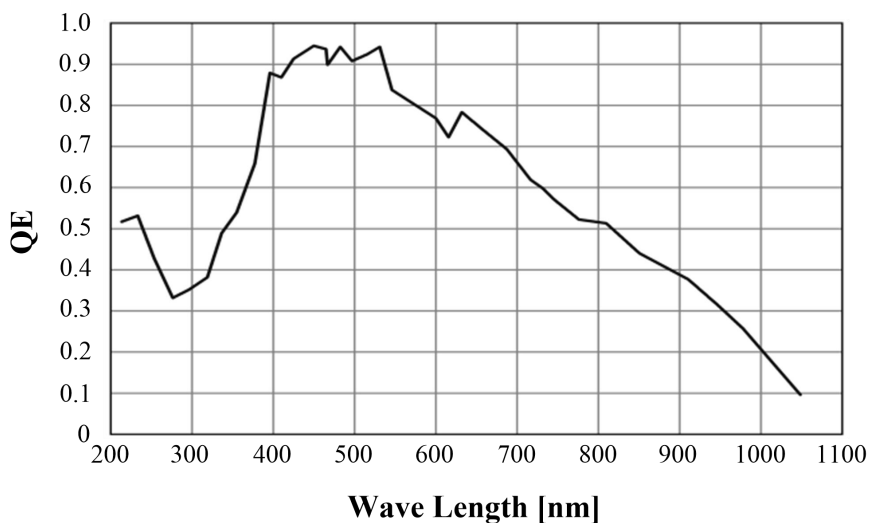


图 3 相机光谱响应

4.5 相机使用

- (1) 工作温度：0℃~55℃，湿度 20%~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

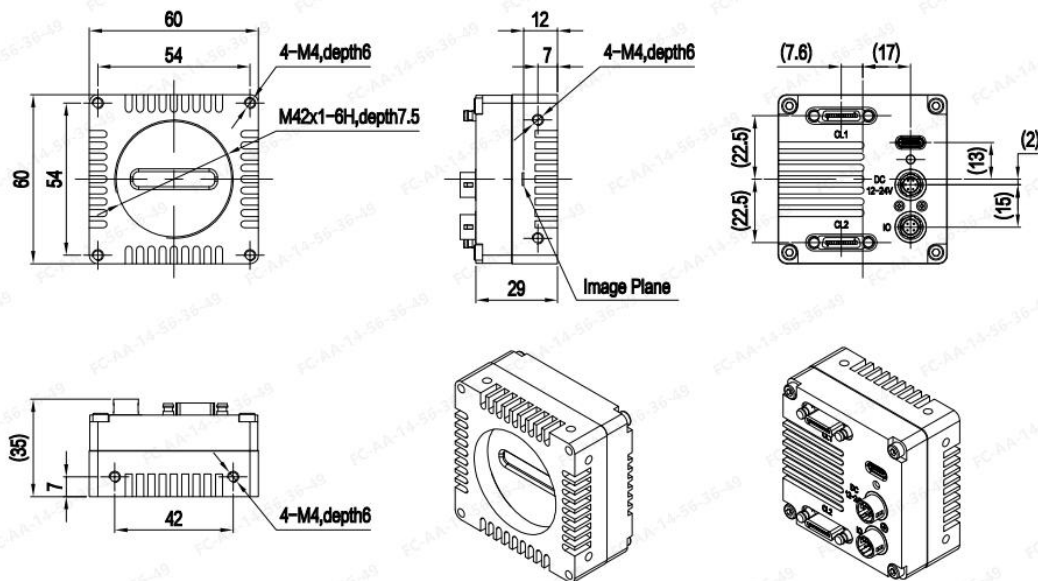


图 4 相机详细机械尺寸

5.2 接口设计

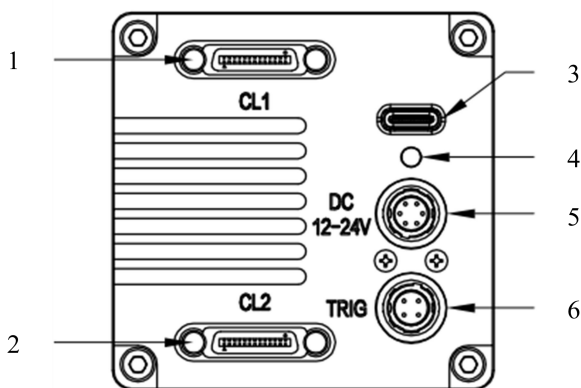


图 5 相机外部接口定义

- (1) Camera Link 接口 1 (Base)
- (2) Camera Link 接口 2 (Medium/Full/Full+)
- (3) Type-C 接口
- (4) 相机状态指示灯
- (5) 6 芯电源输入接口
- (6) 4 芯控制接口

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 2 相机状态指示灯信息

LED 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：

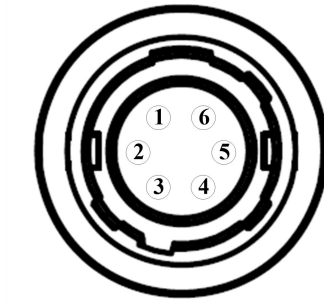


图 6 电源接口插件

表 3 电源接插件管脚定义

信号	管脚	信号	管脚
VCC	1	GND	4
VCC	2	GND	5
VCC	3	GND	6

5.2.3 控制接口

控制接口采用 4 芯接口，其规格型号为：

Hirose HR10A-7R-4PB(Male)。

对应的同步线规格型号为：

Hirose HR10A-7P-4S(Female)。

相机背部控制接口如下图所示：

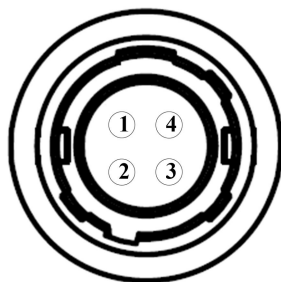


图 7 控制接口插件

表 4 控制接口插件管脚定义

信号	管脚	信号	管脚
Trigger In +	1	GND	3
Trigger In -	2	Reserved	4

外部触发电路示例如下所示：

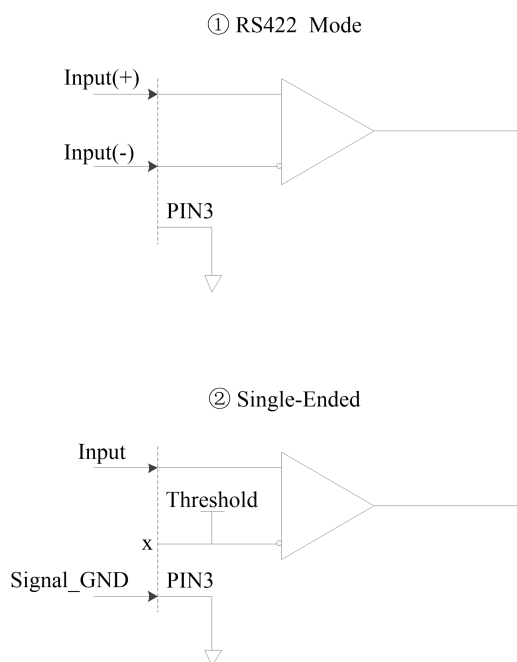


图 8 Trigger 输入电路示意图

5.2.4 数据接口

PH4KCL 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：

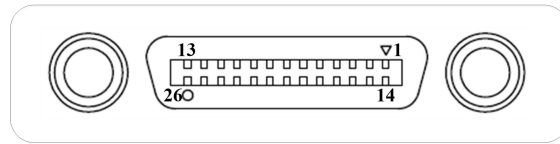


图 9 Mini Camera Link 接口

表 5 Mini Camera Link 接口 1 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

表 6 Mini Camera Link 接口 2 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	Y0-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	15	Y0+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 2	3	Y1-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter

	16	Y1+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 3	4	Y2-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	17	Y2+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 4	5	YCLK-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	18	YCLK+	LVDS-Out	Camera Link Clock Tx
PAIR 5	6	Y3-	LVDS-Out	Camera Link Channel Tx
	19	Y3+	LVDS-Out	Camera Link Channel Tx
PAIR 6	7	-	Not Used	Connected with 100 ohm
	20	-	Not Used	
PAIR 7	8	Z0-	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
	21	Z0+	LVDS-Out	Camera Link Transmitter
PAIR 8	9	Z1-	LVDS- Out	Camera Link Transmitter
	22	Z1+	LVDS- Out	Camera Link Transmitter
PAIR 9	10	Z2-	LVDS- Out	Camera Link Transmitter
	23	Z2+	LVDS- Out	Camera Link Transmitter
PAIR 10	11	ZCLK-	LVDS- Out	Camera Link Transmitter
	24	ZCLK+	LVDS- Out	Camera Link Clock Tx
PAIR 11	12	Z3-	LVDS- Out	Camera Link Channel Tx
	25	Z3+	LVDS- Out	Camera Link Channel Tx
PAIR 12	13	Ground	Ground	Cable Shield
	26	Ground	Ground	Cable Shield

注意：当相机工作时，须将 Base 接口（CL1）和 Medium/Full/Full+接口（CL2）按相机背面指示连接，否则采集卡无法连接相机。

各输出模式下信号和端口对应关系如下表所示。

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

表 8 输出模式下信号和端口对应关系 (4tap @ 8/10/12bit)

	8bit	10bit	12bit
	4tap/8bit	4tap/10bit	4tap/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	C0	B0	B0
Port C1	C1	B1	B1
Port C2	C2	B2	B2
Port C3	C3	B3	B3
Port C4	C4	B4	B4
Port C5	C5	B5	B5
Port C6	C6	B6	B6
Port C7	C7	B7	B7

	8bit	10bit	12bit
	4tap/8bit	4tap/10bit	4tap/12bit
Port D0	D0	D0	D0
Port D1	D1	D1	D1
Port D2	D2	D2	D2
Port D3	D3	D3	D3
Port D4	D4	D4	D4
Port D5	D5	D5	D5
Port D6	D6	D6	D6
Port D7	D7	D7	D7
Port E0	-	C0	C0
Port E1	-	C1	C1
Port E2	-	C2	C2
Port E3	-	C3	C3
Port E4	-	C4	C4
Port E5	-	C5	C5
Port E6	-	C6	C6
Port E7	-	C7	C7
Port F0	-	C8	C8
Port F1	-	C9	C9
Port F2	-	-	C10
Port F3	-	-	C11
Port F4	-	D8	D8
Port F5	-	D9	D9
Port F6	-	-	D10
Port F7	-	-	D11

表 9 输出模式下信号和端口对应关系 (8tap @ 8/10bit)

	8bit	10bit
	8tap/8bit	8tap/10bit
Port A0	A0	A2
Port A1	A1	A3
Port A2	A2	A4
Port A3	A3	A5
Port A4	A4	A6
Port A5	A5	A7
Port A6	A6	A8
Port A7	A7	A9
Port B0	B0	B2
Port B1	B1	B3
Port B2	B2	B4
Port B3	B3	B5
Port B4	B4	B6
Port B5	B5	B7
Port B6	B6	B8
Port B7	B7	B9
Port C0	C0	C2
Port C1	C1	C3
Port C2	C2	C4
Port C3	C3	C5
Port C4	C4	C6
Port C5	C5	C7
Port C6	C6	C8
Port C7	C7	C9
Port D0	D0	D2
Port D1	D1	D3
Port D2	D2	D4
Port D3	D3	D5
Port D4	D4	D6
Port D5	D5	D7
Port D6	D6	D8
Port D7	D7	D9
Port E0	E0	E2
Port E1	E1	E3
Port E2	E2	E4
Port E3	E3	E5
Port E4	E4	E6
Port E5	E5	E7
Port E6	E6	E8
Port E7	E7	E9

	8bit	10bit
	8tap/8bit	8tap/10bit
Port F0	F0	F2
Port F1	F1	F3
Port F2	F2	F4
Port F3	F3	F5
Port F4	F4	F6
Port F5	F5	F7
Port F6	F6	F8
Port F7	F7	F9
Port G0	G0	G2
Port G1	G1	G3
Port G2	G2	G4
Port G3	G3	G5
Port G4	G4	G6
Port G5	G5	G7
Port G6	G6	G8
Port G7	G7	G9
Port H0	H0	H2
Port H1	H1	H3
Port H2	H2	H4
Port H3	H3	H5
Port H4	H4	H6
Port H5	H5	H7
Port H6	H6	H8
Port H7	H7	H9
Port I0	-	A0
Port I1	-	A1
Port I2	-	B0
Port I3	-	B1
Port I4	-	C0
Port I5	-	C1
Port I6	-	D0
Port I7	-	D1
Port J0	-	E0
Port J1	-	E1
Port J2	-	F0
Port J3	-	F1
Port J4	-	G0
Port J5	-	G1
Port J6	-	H0
Port J7	-	H1

表 10 输出模式下信号和端口对应关系 (10tap @ 8bit)

	8bit		8bit
	10tap/8bit		10tap/8bit
Port A0	A0	Port F0	F0
Port A1	A1	Port F1	F1
Port A2	A2	Port F2	F2
Port A3	A3	Port F3	F3
Port A4	A4	Port F4	F4
Port A5	A5	Port F5	F5
Port A6	A6	Port F6	F6
Port A7	A7	Port F7	F7
Port B0	B0	Port G0	G0
Port B1	B1	Port G1	G1
Port B2	B2	Port G2	G2
Port B3	B3	Port G3	G3
Port B4	B4	Port G4	G4
Port B5	B5	Port G5	G5
Port B6	B6	Port G6	G6
Port B7	B7	Port G7	G7
Port C0	C0	Port H0	H0
Port C1	C1	Port H1	H1
Port C2	C2	Port H2	H2
Port C3	C3	Port H3	H3
Port C4	C4	Port H4	H4
Port C5	C5	Port H5	H5
Port C6	C6	Port H6	H6
Port C7	C7	Port H7	H7
Port D0	D0	Port I0	I0
Port D1	D1	Port I1	I1
Port D2	D2	Port I2	I2
Port D3	D3	Port I3	I3
Port D4	D4	Port I4	I4
Port D5	D5	Port I5	I5
Port D6	D6	Port I6	I6
Port D7	D7	Port I7	I7
Port E0	E0	Port J0	J0
Port E1	E1	Port J1	J1
Port E2	E2	Port J2	J2
Port E3	E3	Port J3	J3
Port E4	E4	Port J4	J4
Port E5	E5	Port J5	J5
Port E6	E6	Port J6	J6
Port E7	E7	Port J7	J7

6 相机特性

本章对 PH4KCL-200KU 相机的内部特性做详细介绍。

6.1 触发模式

PH4KCL-200KU 相机支持 2 种触发模式：自由运行模式，外部脉冲触发模式。外部触发信号可选择从外部 IO 接口或者 Camera Link 接口的 CC1 信号线输入，输入源由用户通过指令进行选择。

6.1.1 自由运行模式

自由运行控制模式下，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。

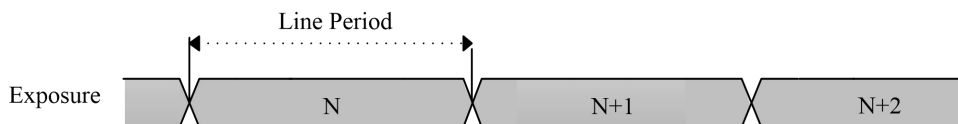


图 10 自由运行模式

自由运行模式下，可通过行频（行周期的倒数）控制曝光时间，曝光时间范围从 $5\mu\text{s}$ 至 1s 。相机运行时序如上图所示。

行周期指令通过 Camera Link 的串口发送给相机，具体指令在第 7 章详述。

6.1.2 外部脉冲触发模式

外部脉冲触发模式下，相机在外触发信号上升沿开始曝光，此时相机输出图像的行周期由外触发脉冲上升沿之间的间隔决定，如下图所示。

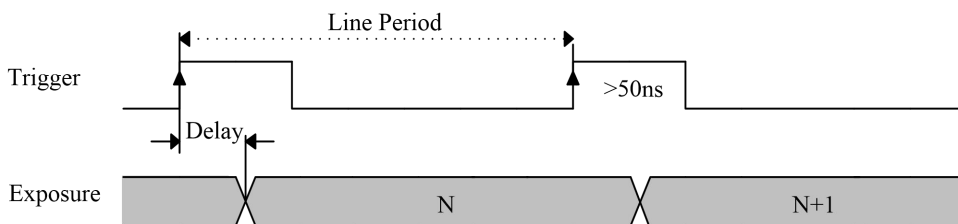


图 11 外部脉冲触发模式

需要注意从外触发上升沿到相机内部曝光真正开始，存在一段持续时长的曝光延迟。另外，为了让相机正确检测到每个外触发脉冲，外触发脉宽必须大于 50ns 。

6.2 相机扫描方向

PH4KCL 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。

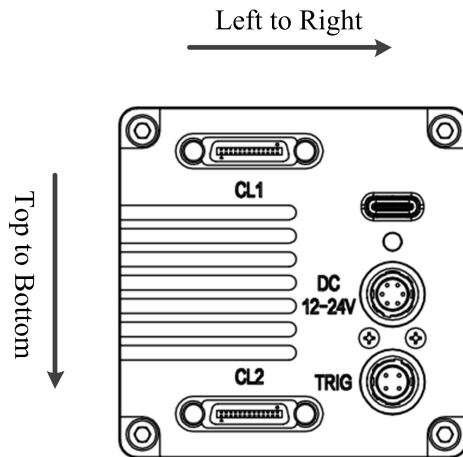


图 12 相机扫描方向

水平扫描方向支持从左向右和从右向左两种扫描方向。

垂直方向上支持从上到下或者从下到上输出图像，其方向可以由相机内部控制也可以由 Camera Link 线缆的 CC3 通道外部控制。

注意当垂直扫描方向和物体运动方向不匹配时会导致图像边缘模糊。



(a)与物体运动方向相反

(b)与物体运动方向相同

图 13 垂直扫描方向示意图

6.3 像素合并

PH4KCL 相机支持像素合并。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。通过像素合并功能，可以提高大约 1.4 倍的信噪比，并且一帧的有效像素变为原来的一半。

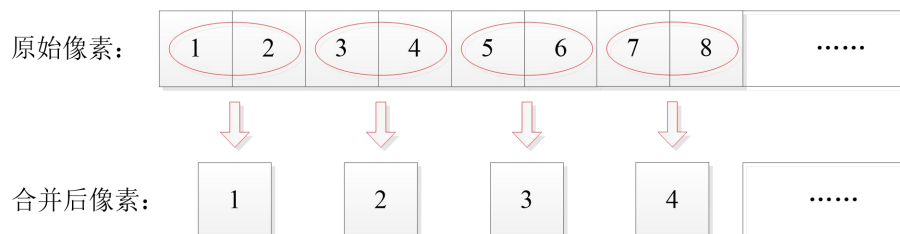


图 14 水平 Binning_2x1

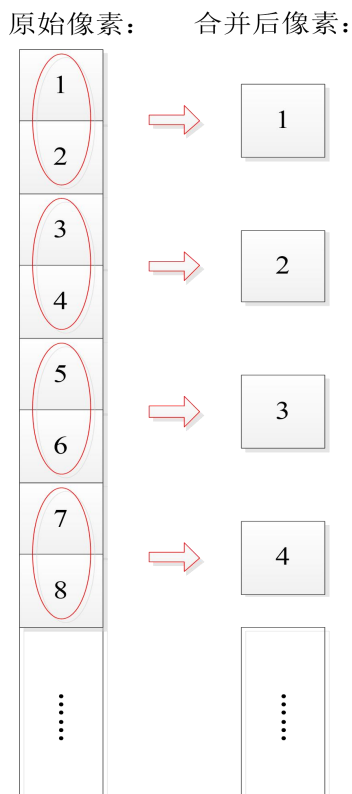


图 15 垂直 Binning_1x2

6.4 查找表

LUT 利用一个 12bit 输入，12bit 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 16 LUT 结构

下图为实现 Gamma=0.5 的 LUT 映射曲线：

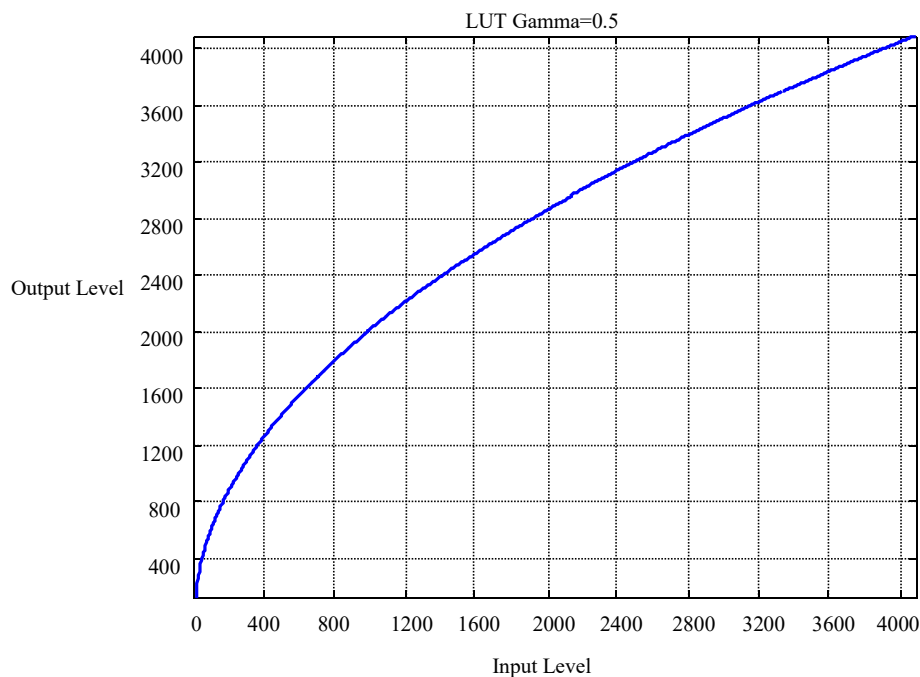


图 17 Gamma 为 0.5 对应的查找表

6.5 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。

平场校正效果如下图所示：

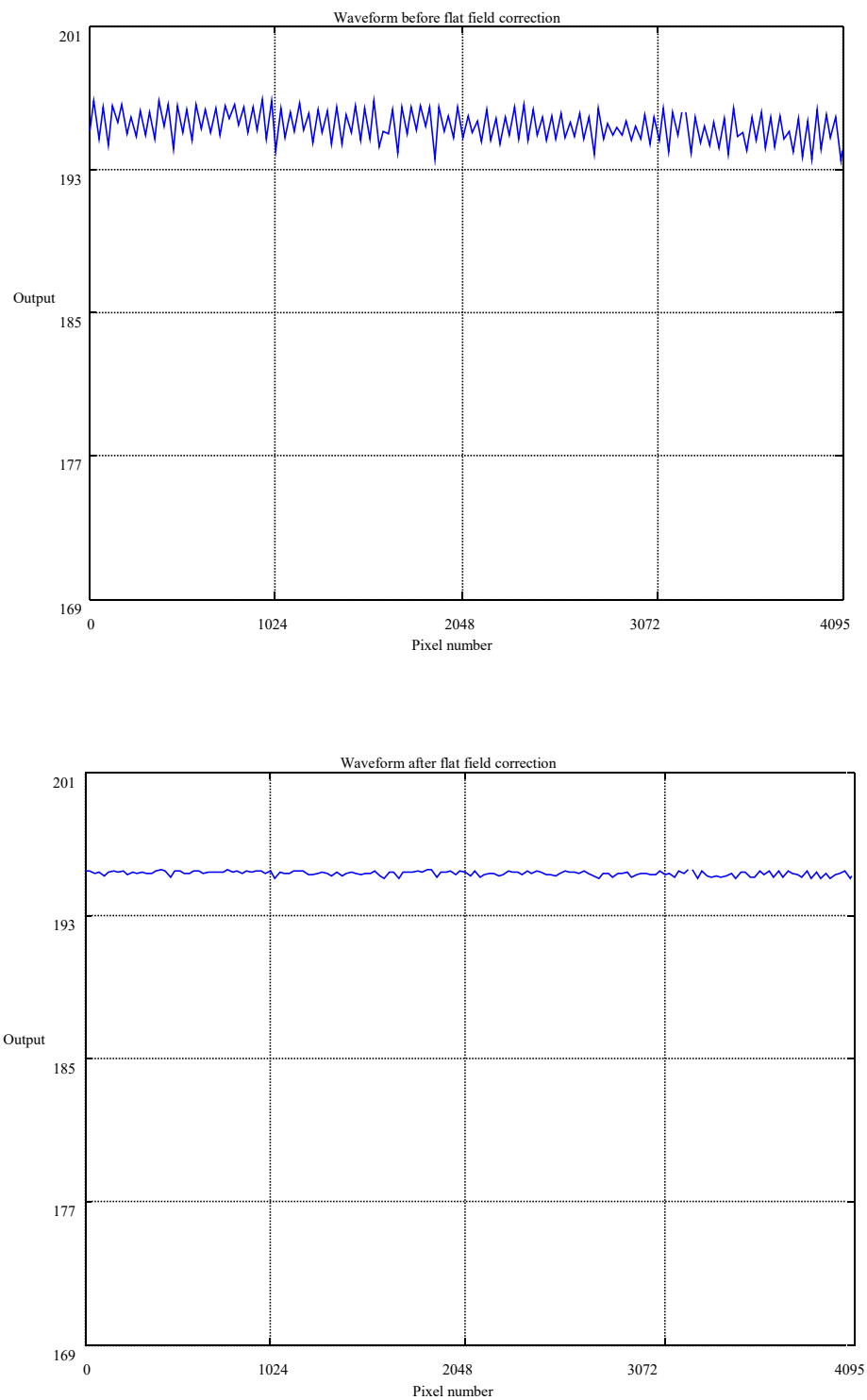


图 18 平场校正效果

6.6 测试图像

PH4KCL 相机为了更好适应不同场景，支持了 3 种图像类型输出：

- 传感器输出原始图像
- 传感器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。

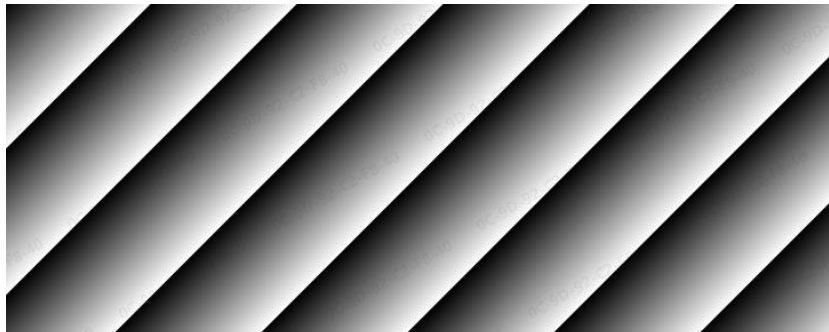


图 19 测试图像示意图

6.7 Camera Link 输出模式

数据输出采用 Camera Link 接口，并且支持 Base、Medium、Full、Full+模式，其 Tap 排列如下所示：

Base:



Medium:



Full:



Full+:



图 20 Camera Link 输出模式

6.8 数据格式

PH4KCL-200KU 相机处理数据时以 12bit 的数据格式进行处理，但是在输出时提供 8bit，10bit，12bit 三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 4bit 数据；当相机输出 10bit 数据时，将删除最低位的 2bit 数据。



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。用户可以配置本相机模拟增益。

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。

数字增益参数范围 0.01~7.998，数字增益对输出数据的影响可以归结为以下公式：

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

数字偏置参数范围-4095~4095，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 12 bit 数据设置的，如果图像数据为 8 bit 或 10 bit，实际的数字偏置会除以 16 或除以 4。

6.10 相机温度

PH4KCL 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℃~55℃，如用户检测到温度异常(如超过 70℃)，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

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。其中出厂参数集不允许用户进行修改，其中的参数已进行过优化配置，可以应对大多数场景的使用。为满足用户具体使用环境的差异，本相机同时提供了 2 套用户工作参数集，其内部参数可被用户修改保存；保存后的工作参数集将在下次上电后被自动加载。

若用户修改保存参数后出现相机工作异常的情况，用户可以恢复到出厂默认参数集，然后在此基础上再进行重新配置。

7 相机配置

PH4KCL 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 11 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 12 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

PH4KCL 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 13 相机指令列表

Command	Syntax	Description
HELP	HELP	Show this information
LOAD	LOAD=0/1/2	Load configuration from flash (0/1/2: Factory/User1/User2)
SAVE	SAVE=1/2	Save current configuration to flash (1/2: User1/User2)
LIST	LIST	Show current configuration parameters
TEMP	TEMP	Get current camera temperature
ANGN	ANGN=1/2/4/8	Set camera analog gain (0/1/2/3: 1x/2x/4x/8x)
PXGN	PXGN=0/1	Set camera pixel gain (0/1: Low, High)
SYNC	SYNC=0/1	Set synchronization mode (0/1: Internal Free Run/External Pulse)
CLNK	CLNK=2/4/8/10	Set Camera Link tap mode (2/4/8/10)
PCLK	PCLK=0/1/2	Set Camera Link pixel clock (0/1/2: 85/80/72 MHz)
FTSC	FTSC=0/1	Set trigger source (0/1: IO/CC1)
FTPR	FTPR=0/1	Set trigger polarity (0/1: rising/falling edge)
FTDP	FTDP=[0,10000]	Set input line debouncing period in microsecond
TPRD	TPRD=[5,10000000]	Set line period time in microsecond (5us to 10s)
DIGN	DIGN=[0,4095]	Set digital gain ([1,4095]: [1/512:(8-1/512)])
DIOS	DIOS=[-4095,+4095]	Set digital offset (-4095~4095)
DMOD	DMOD=0/1/2	Set data mode (0/1/2: Original/Corrected/Test pattern)
BITS	BITS=8/10/12	Set pixel width 8/10/12
BINX	BINX=1/2	Set horizontal binning mode (1/2 x1/x2)
BINY	BINY=1/2	Set vertical binning mode (1/2 x1/x2)
ROIX	ROIX=[0,4080]	Set ROI start column number (0-4080)
ROIW	ROIW=[16,4096]	Set ROI width (16-4096)
SLUT	SLUT=0/1	Set lookup table mode (0/1: Disable/Enable)
WLUT	WLUT=(addr,data)	Write lookup table data (addr,data)

RLUT	RLUT	Read lookup table data
FFCR	FFCR=0/1	Turn on/off flat field correction
FFCL	FFCL=0/1	Flat field calibration (0/1: Init/Calibrate)
FFCM	FFCM=0/1	Set flat field calibration mode (0/1: Auto adjust/Adjust to DREF)
FFCS	FFCS=[0,4080]	Set flat field calibration offset (0-4080)
FFCW	FFCW=[16,4096]	Set flat field calibration width (16-4096)
DREF	DREF=[0,4096]	Set flat field calibration reference (0-4096)
LPFW	LPFW=[0,255]	Set flat field low-pass filter width (0-255)
MLGN	MLGN=[1,256]	Set Multi-Line Gain (1-256)
VDIR	VDIR=0/1	Set vertical scan direction (0/1: Top to Bottom/Bottom to Top)
VEXT	VEXT=0/1/2	Set vertical scan direction external control (0/1/2: Internal/CC3 High/ CC3 Low)
HDIR	HDIR=0/1	Set horizontal scan directory (0/1: Left to Right/Right to Left)
BAUD	BAUD=[9600,460800]	Set Camera Link Serial Port Baudrate (9600 to 460800 bps)
AREA	AREA=0/1	Turn on/off area mode
GENCP	GENCP=0/1	Switch to gencp mode (0/1)

8 相机配置工具

合肥埃科光电科技股份有限公司设计了专用的相机配置工具软件 IKTool，用于用户直接对相机进行参数设置和指令配置等相关操作。

8.1 IKTool 图形界面

IKTool 主界面包括菜单栏、相机配置区域和状态栏几个主要部分，如下图所示。

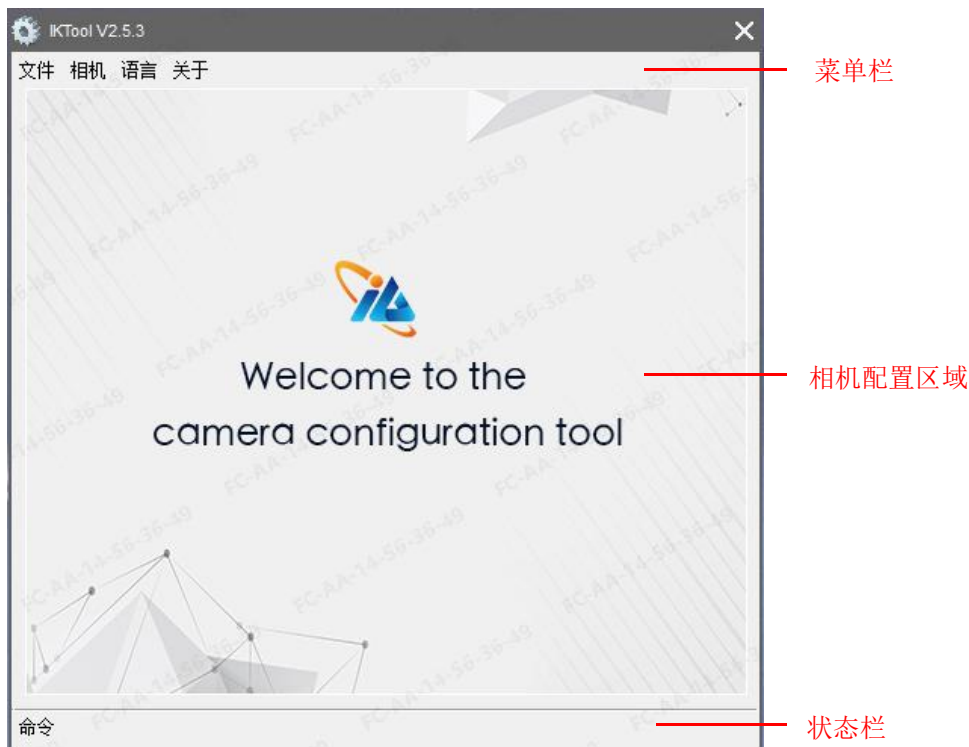


图 22 图形界面

8.2 菜单栏

IKTool 菜单栏包括“文件”、“相机”、“语言”和“关于”四个主菜单，每个主菜单下包含若干子菜单，其中“文件”菜单主要提供相机参数加载、保存和读取功能；“相机”菜单主要提供相机搜索、控制对话框；“语言”菜单主要提供中英文切换功能；“关于”菜单提供软件及当前连接相机信息。

8.2.1 文件



图 23 “文件”菜单

- **加载设置**

用于从相机中读取配置参数，并加载。用户可以选择加载出厂设置参数或用户参数。

- **保存设置**

将当前相机配置参数保存到相机中，注意只能保存到用户参数中。

- **系统升级**

用于更新系统固件，用户可以选择更新MCU或FPGA固件。

- **读取当前配置**

读取相机当前配置参数，并更新软件显示。

- **退出**

退出IKTool软件。

8.2.2 相机



图 24 “相机”菜单

- **扫描相机**

单击该选项会弹出相机扫描窗口，用于搜索当前计算机上已连接的相机，并选择需要配置的相机进行连接和操作。

相机扫描窗口如下图所示，其中对本机可识别的相机做了列表，用户可以选择需要配置的相机，并点击“确定”按钮返回；此时软件会读取并显示所选相机的配置参数。用户也可以点击“探测”按钮再次进行相机搜索。



图 25 扫描相机窗口

- **控制终端**

单击该选项会弹出指令配置窗口，用户可以在本窗口中手动输入配置指令更改相机参数或配置相机，如下图所示（配置指令请参考7.3）。



图 26 指令配置窗口

- **通过回车发送**
选择是否启用“回车”键作为发送。

8.2.3 语言



图 27 “语言”菜单

为了方便用户使用，IKTool新增了Chinese和English的中英文切换功能，解决了在软件使用过程中存在的语言障碍。

8.2.4 关于



图 28 “关于”菜单

- 关于

显示软件及当前连接相机相关信息（型号名称，版本，序列号等）。

8.3 相机配置区域

完成相机连接后，相机配置区域将在几个不同的页面中显示相机相关参数。PH4KCL 相机的配置区域包括“常用”、“高级”、“查找表”和“数字处理”四个标签页。

8.3.1 常用

“常用”标签页中主要进行相机的通用参数设置，包括：模拟增益、感兴趣区域、相机连接模式设置等。



图 29 常用

< 模拟增益 >

● 模拟增益

设置模拟增益，有X1/X2/X4/X8四种选择。

< 感兴趣区域>

● 开始

设置图像显示开始位置像素，设置范围为0~4080。

● 宽

设置图像显示的宽度像素， $16 \leq \text{设置值} \leq 4096 - \text{开始值}$ 。

注意：灰色的区域为用户设置的感兴趣区，开始坐标必须为 16 的倍数，若不满足，则自动跳转为输入数值最接近的 16 的倍数；宽度必须为 16 的倍数，若不满足，自动跳转为输入数值最接近的 16 的倍数。

< 相机连接 >

● Tap数

用户可以在此选择TAP规格，有2/4/8/10四种可选。不同位宽下，可选择的TAP模式不同。Tap 数越多，相机能够支持的最大行频越高。

● 数据格式

用户可以在此选择bit位宽，有8/10/12三种可选。

此时用户需注意采集卡的Tap和bit设置也要与相机的模式相匹配，否则会导致采图异常。

● 水平合并

设置水平像素合并，有X1和X2两种选择。

- **垂直合并**

设置垂直像素合并，有X1和X2两种选择。

- **像素时钟**

选择Camera Link总线的像素时钟频率，PH4KCL相机支持85/80/72MHz三种不同的像素时钟，降低用户对线缆的要求。

8.3.2 高级

“高级”标签页中主要进行相机的高级参数设置，包括：扫描方向、曝光、行触发。



图 30 高级

< 扫描方向 >

- **水平方向**

设置相机水平扫描方向，PH4KCL 相机支持用户选择从左向右和从右向左两种，便于用户适应机械安装方向。

- **垂直方向**

设置相机垂直扫描方向，PH4KCL 相机支持用户选择从上到下和从下到上两种。

- **垂直方向控制**

设置相机垂直扫描方向控制模式的选择，有内部、CC3 高电平和 CC3 低电平可选。用户 can 以内部控制图像输出顺序从上到下或者从下到上，也可以通过切换 CC3 高低电平来控制相机垂直扫描方向。

< 曝光 >

- **同步模式**

选择相机触发模式，用户可将相机设置为内部自由运行、外部脉冲触发两种模式中的一种。

自由运行时由相机内部自动产生控制时序，无需用户提供外部触发信号；外部触发时每产生一个外部触发信号，相机输出一行图像，扫描多行后形成一幅完整的图像，扫描行数由用户指定。

- **行周期**

设置相机行扫描周期，单位为 μs ，范围为5~1000000。自由运行时，行周期为扫描一行所需时间。用户可以通过行周期控制曝光时间。

< 行触发 >

- **源**

选择相机触发源，用户可以选择外部IO或通过Camera Link接口的CC1信号线进行触发。

- **极性**

选择相机触发极性，有上升沿/下降沿两种供选择。

- **去抖动延迟**

设置去抖动延迟时间，此选项用于去除部分毛刺信号，单位为 μs ，范围为0~10000。

8.3.3 查找表

“查找表”标签页主要是用户查找表（LookupTable）设置。用户可以读取相机或文件的查找表并进行显示，也可以将读取的查找表存储为CSV文件，或者写入相机中，如下图所示。

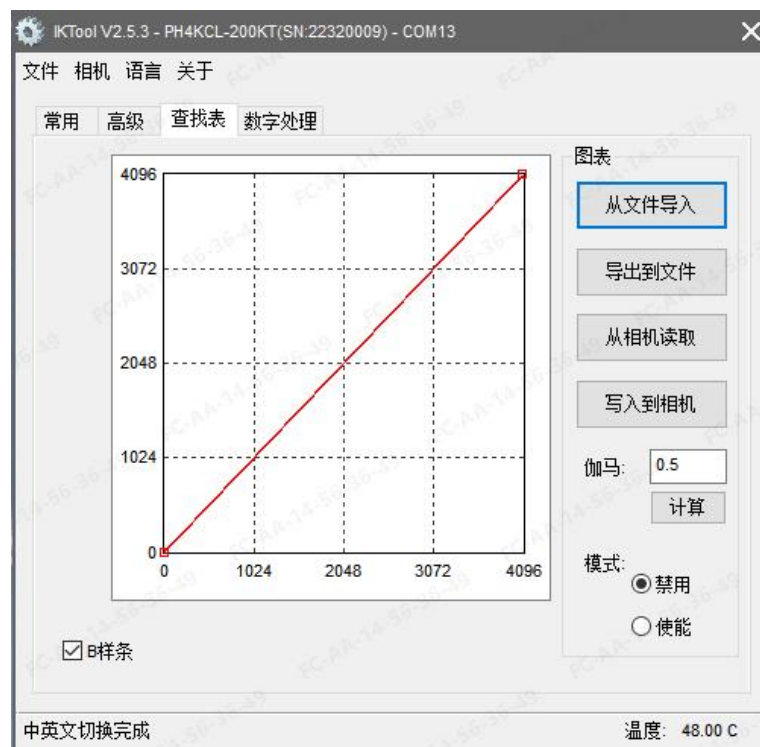


图 31 查找表

- **B 样条**

选择是否启用 B 样条曲线。启用时用户可以自定义映射曲线，使能查找表并写入到相机后可以实现图像校正。

< 图表 >

- **从文件导入**

加载计算机中的查找表数据文件（CSV 文件）。

- **导出到文件**

保存当前查找表到 CSV 文件中。

- **从相机读取**

读取相机中的查找表数据。

- **写入到相机**

保存当前查找表数据到相机中。

- **伽马**

在文本框中写入伽马值，然后点击“计算”按钮，IKTool 软件会计算对应伽马值的查找表，并在图像框中显示，使能查找表后可以实现伽马校正。

- **模式**

选择在相机中是否启用查找表功能。

8.3.4 数字处理

“数字处理”标签页中的参数设置包括：平场校正、数据模式、波特率、数字增益与偏置等。



图 32 数字处理

- **多线增益**

可支持 1~256 线时间延迟积分。

- **面阵**

面阵模式下输出一幅 4096*256 的图像。

< 平场校正 >

- **校正**

用户可以选择是否启用平场校正。

- **使能低通滤波器**
用户可以选择是否启用低通滤波器，启用时需设置滤波宽度。
- **校准模式**
平场校正时是自适应参考值还是用户手动设置参考值。
- **参考值**
手动设置平场校正参考值。
- **偏移量**
设置平场校正向左开始位置偏移的像素值，设置值为 0~4080。
- **宽度**
设置平场校正区域宽度像素， $16 \leq \text{设置值} \leq 4096 - \text{偏移量}$ 。
- **初始化**
初始化平场校正数据。
- **执行**
执行平场校正。

< 数字处理 >

- **数据模式**
选择图像数据模式，用户可以选择原始图像、校正后的图像以及测试图像进行输出。
- **波特率**
用户可以在此下拉选项框设置波特率，范围从 9600bps~460800bps。波特率越大，串口通信时的速率越快。
- **数字增益**
用户可以通过微调按钮，或者在编辑框中直接设置数字增益量，然后点击“设置”按钮将参数配置到相机。
- **数字偏置**
用户可以通过微调按钮，或者在编辑框中直接设置数字偏置值，然后点击“设置”按钮将参数配置到相机。

8.4 状态栏

IKTool 的状态栏主要功能是显示配置相机参数的执行状态（左下角）；状态栏右下角显示相机的实时温度，如下图所示。

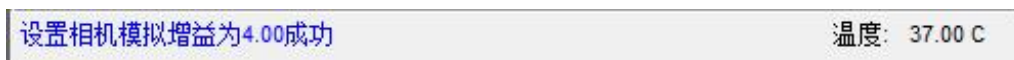


图 33 状态栏

注意：配置参数的过程中状态栏会出现“取消”按钮，若配置某一参数时间过长可点击此按钮取消操作。

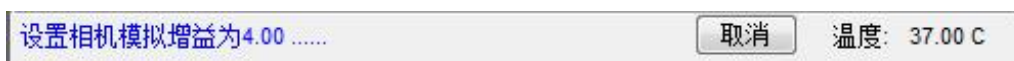


图 34 “取消”按钮

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。