

智能雨量检测模块使用手册

1. 产品简介

该模块是主要针对安防摄像头的智能雨刮模块。安装在摄像头玻璃罩内表面，无需与外界接触即可精准检测玻璃罩外表面雨量大小，并通过 UART 将雨量状态（无雨、小雨、中雨、大雨）发送给摄像头主机，摄像头主机控制雨刮，刮掉玻璃罩外表面的雨滴，保证雨水环境下摄像头视野的持续清晰。模块主要有以下特性：

- 基于光学系统，能准确检测玻璃表面的雨量状态，并通过 UART 发送给主机；
- 使用 HALIOS®-SD 测量方法，超强抗太阳光干扰能力；
- 模块安装在玻璃罩内部，不与外界自然环境接触，减少环境干扰，增长使用寿命；
- 超小体积，直径仅为 $12.5\pm 0.15\text{mm}$ ，轻松适配各种摄像头；
- 使用带 CRC-8 校验的通信协议，提高通信抗干扰能力；
- 可通过 UART 配置部分可调参数；
- 模块错误自检测，主动通过 UART 向主机发送自身错误状态；
- 光学系统自校准；
- 自然环境光检测，为摄像头提供更多辅助参数；
- 板载温度测量，优异的温度线性关系保证测量的准确度；
- 支持光学睡眠模式，延长光学器件使用寿命。

1.1 产品图片

模块产品图片如图 1.1 所示。



图 1.1 模块产品图片

1.2 功能详细列表

模块通过 UART 与摄像头主机之间进行通信，摄像头主机通过 UART 指令使用模块的所有功能。例如：模块通过 UART 指令向摄像头主机发送雨量状态；摄像头主机通过 UART 指令配置模块雨量检测灵敏度等。下文将详细介绍每一种功能，为叙述方便，下文“从机”或“从”指代雨量检测模块，“主机”或“主”指代摄像头主机。

1.2.1 UART 通信

UART 配置参数如表 1.1 所示。

表 1.1 UART 配置参数表

波特率	115200
数据位	8bit
停止位	1bit
校验位	NONE

每条 UART 指令由 5 Byte 数据构成，帧格式见表 1.2。帧头固定为 0x3A，见表 1.3；帧标识和帧数据共同代表了一帧数据的意义，见表 1.4。帧校验为帧标识和帧数据的 CRC-8 校验值，见表 1.5。

表 1.2 UART 指令帧格式

帧头	帧标识	帧数据	帧校验 CRC-8
1Byte	1Byte	2Byte	1Byte

表 1.3 帧定义

帧头[7:0]	帧头定义
0x3A	每一帧 5 Byte 数据固定以 0x3A (ASCII 对应的字符为冒号“:”) 开头

表 1.4 帧标识与帧数据定义

帧标识[7]: 数据读写属性	帧标识[6:0]: 数据编号	帧数据 [15:0]: 数 据值	说明	
0(读) 1(写)	0 (固件版本)	X	帧数据[15:8]主版本号, 帧数据[7:0]副本号	
	1 (雨量状态)	0	0	无雨
		1	1	小雨
		2	2	中雨
		3	3	大雨
	2 (系统状态)	0	0	系统正常
		1	1	RS200 内部通信错误
		2	2	LEDA 损坏
		3	3	LEDB 损坏
		4	4	光学系统校准不理想
		5	5	参数配置失败
		6	6	串口通信异常 (串口校验错误)
	3 (光学系统)	7	7	低压警告 (低压阈值 2.8V)
		0	0	执行光学系统校准
	4 (进入实时雨量)	1	1	发送光学系统校准值
		0	0	退出实时雨量模式
		1	1	进入实时雨量模式

续上表

帧标识[7]: 数据读写属性	帧标识[6:0]: 数据编号	帧数据 [15:0]: 数 据值	说明
0(读) 1(写)	5 (雨量状态输出频率或使能)	0~9	雨量状态输出频率, 默认值为 1, 代表 50ms; 可修改。每增加或减少 1 代表增加或者减少 50ms (当为 0 时禁用输出)
	6 (无雨与小雨的阈值 V1)	0~65535	无雨与小雨的阈值 V1
	7 (小雨与中雨的阈值 V2)	0~65535	小雨与中雨的阈值 V2
	8 (中雨与大雨的阈值 V3)	0~65535	中雨与大雨的阈值 V3
	9 (无雨与小雨的阈值 S1)	0~65535	无雨与小雨的阈值 S1
	10 (小雨与中雨的阈值 S2)	0~65535	小雨与中雨的阈值 S2
	11 (中雨与大雨的阈值 S3)	0~65535	中雨与大雨的阈值 S3
	12 (累计判定为大雨的次数阈值 N1)	1~10	累计判定为大雨的次数阈值 N1
	13 (累计判定为中雨的次数阈值 N2)	1~10	累计判定为中雨的次数阈值 N2
	14 (累计判定为小雨的次数阈值 N3)	1~10	累计判定为小雨的次数阈值 N3
	15 (环境光测量模式)	0	模块退出环境光测量模式
		1	模块进入环境光测量模式
	16 (主机读取模块温度)	0	主机读取一次模块温度
	17 (模块光学睡眠模式)	0	模块退出睡眠, 进入雨量测试
	1	模块进入睡眠模式	

表 1.5 帧校验定义

帧校验[7:0]	多项式 (HEX)	数据反转	初始值 (HEX)	异或值 (HEX)
CRC-8	$x^8+x^5+x^4+1$ (0x31)	MSB First	0xFF	0x00

模块或主机在收发一帧数据的时候都要通过 CRC-8 校验, 函数源码见程序清单 1.1, 此函数可移植到主机的源码中。

模块或主机在发送一条指令时, 将帧标识和帧数据的 3Byte 数据作为函数 xCal_crc() 的输入参数, 计算出校验值, 填入帧校验的位置, 组成一帧数据。

模块或主机在接收到一帧数据时, 需要对接收到的数据进行校验, 保证接收数据的正确性。将帧标识、帧数据和帧校验 4Byte 数据作为函数 xCal_crc() 的输入参数, 计算出校验值, 若计算出的校验值为 0, 则说明接收到的数据无误; 非 0, 则表示接收到的数据有误。

程序清单 1.1 CRC-8 检验函数源码

```

/*****
** Function name:      xCal_crc
** Descriptions:      CRC-8 校验。多项式：0x31；数据反转：MSB First；初始值：0xFF；异或值：0x00
** input parameters:  ptr: 指向需要校验的数据的指针
**                   len: 需要校验的数据的字节数
** Returned value:    CRC-8 校验值
*****/
uint8_t xCal_crc(uint8_t *ptr, uint32_t len)
{
    uint8_t crc;
    uint8_t i;
    crc = 0xFF;
    while(len--) {
        crc ^= *ptr++;
        for(i = 0; i < 8; i++)
        { if (crc & 0x80)
            {
                crc = (crc << 1) ^ 0x0131;
            } else {
                crc = (crc << 1);
            }
        }
    }
    return crc;
}

```

模块使用了 ARM Cortex-M0 内核的 MCU，默认小端模式，所以帧数据[15:0]在 UART 通信中，低 8 位在前，高 8 位在后。例如：帧数据[15:0]的值为十进制的 5，则在 UART 数据流中的表示为：0x05, 0x00。

模块除了可以向主机发送数据外，还可以接收并执行主机指令。为检测模块与主机之间的 UART 通信线路是否正常，主机可以命令模块发送雨量状态或系统状态，若收到模块的回复信息，则可以判定通信线路状态正常，否则通信线路有故障。

主机发送的每条指令必须为连续的 5Byte 数据，5Byte 数据中任意两个字节之间的空闲时间超过 10bit 数据的传输时间，则判定为字节间超时，前面接收的数据将作废，重新从一条指令的第一个字节接收。

1.2.2 固件版本查询功能

查询模块程序固件版本。具体指令见表 1.6。

表 1.6 固件版本查询相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 00 00 00 4B	主机查询模块固件版本
主←从	3A 80 xx xx xx	模块向主机发送固件版本

注：“主→从”表示 UART 数据“主机发送，从机接收”；“主←从”表示 UART 数据“从机发送，主机接收”；“xx”的值由实际数据决定，下同。

1.2.3 雨量状态监测功能

当模块检测到有雨状态时，同时在雨量状态输出使能有效时，会立即反馈雨量状态，无雨则不发送。而当雨量状态输出使能为禁能时，只能主机通过指令查询雨量状态，模块向主机回复当前雨量状态。具体指令见表 1.7。

表 1.7 雨量状态相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 01 00 00 0D	主机查询模块检测到的雨量状态
主←从	3A 81 00 00 D8	模块向主机发送雨量状态：无雨
主←从	3A 81 01 00 2C	模块向主机发送雨量状态：小雨
主←从	3A 81 02 00 01	模块向主机发送雨量状态：中雨
主←从	3A 81 03 00 F5	模块向主机发送雨量状态：大雨

1.2.4 系统状态检测功能

模块在工作过程中会自动监视自身系统状态，若系统有异常情况，模块会主动向主机汇报系统异常状态。当主机通过指令查询系统状态时，模块向主机回复当前系统状态，并且会清除上一次出现其他系统错误状态。具体指令见表 1.8。

表 1.8 系统状态相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 02 00 00 C7	主机查询模块系统状态，清除系统错误状态
主←从	3A 82 00 00 12	模块向主机发送系统状态：系统正常
主←从	3A 82 01 00 E6	模块向主机发送系统状态：SPI 通信错误
主←从	3A 82 02 00 CB	模块向主机发送系统状态：LEDA 损坏
主←从	3A 82 03 00 3F	模块向主机发送系统状态：LEDB 损坏
主←从	3A 82 04 00 91	模块向主机发送系统状态：光学系统校准不理想
主←从	3A 82 05 00 65	模块向主机发送系统状态：光学系统参数写入失败
主←从	3A 82 06 00 48	模块向主机发送系统状态：接收的串口数据校验错误
主←从	3A 82 07 00 BC	模块向主机发送系统状态：模块当前电压过低

1.2.5 光学系统校准功能

由于加工、安装等导致的光学系统光路不对称，模块在安装好之后使用之前，需进行光学系统校准，以保证雨量检测的准确性。具体指令见表 1.9。

当客户发现光学校准不理想时，可以判断产品安装是否存在异常，纠正产品安装异常后，先清除系统异常状态，再重新执行光学校准。

注：配置 V、S、N、频率参数以及校准时，这些参数会保存至内部 Flash，需要保证模块供电稳定。

表 1.9 光学系统校准相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 83 00 00 54	主机命令模块执行光学系统校准
主→从	3A 03 00 00 81	主机从模块读取光学系统校准值
主←从	3A 83 xx xx xx	模块向主机发送光学系统校准值

1.2.6 设置雨量状态输出频率

在有雨情况下，模块会默认检测到雨量状态为有雨后就输出雨量状态，雨量状态反馈时间间隔最快为 50ms（N1=N2=N3=2 的情况下，N 值设定不同，时间间隔也会不同）。若使能状态为禁能，则模块不主动反馈雨量状态，需要主机主动读取。当设置雨量 频率超出 0~9 范围，模块会返回参数写入失败错误。具体指令见表 1.10。

注：配置 V、S、N、频率参数以及校准时，这些参数会保存至内部 Flash，需要保证模块供电稳定。

表 1.10 雨量状态输出频率相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 85 01 00 05	主机设置模块雨量状态输出频率为 1
主→从	3A 85 00 00 F1	主机设置模块雨量状态输出使能为禁能
主→从	3A 05 00 00 24	主机从模块读取雨量状态输出频率状态
主←从	3A 85 xx xx xx	模块向主机发送雨量状态输出频率状态
主→从	3A 85 0A 00 1F	主机设置模块雨量状态输出频率为 10
主←从	3A 82 05 00 65	模块向主机发送参数写入失败错误

1.2.7 设置雨量检测灵敏度相关参数

雨量检测的灵敏度可调节，所有可调节参数如表 1.11。通过调节这些参数可以使相同降雨条件得到的雨量状态不同。例如对于相同降雨条件，提高灵敏度则能得出大雨的雨量状态，降低灵敏度则能得到小雨的雨量状态。

注：配置 V、S、N、频率参数以及校准时，这些参数会保存至内部 Flash，需要保证模块供电稳定。

表 1.11 雨量检测灵敏度参数相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 86 xx xx xx	主机设置模块无雨与小雨的阈值 V1
主→从	3A 06 00 00 EE	主机从模块读取无雨与小雨的阈值 V1
主←从	3A 86 xx xx xx	模块向主机发送无雨与小雨的阈值 V1
主→从	3A 87 xx xx xx	主机设置模块小雨与中雨的阈值 V2
主→从	3A 07 00 00 A8	主机从模块读取小雨与中雨的阈值 V2
主←从	3A 87 xx xx xx	模块向主机发送小雨与中雨的阈值 V2
主→从	3A 88 xx xx xx	主机设置模块中雨与大雨的阈值 V3
主→从	3A 08 00 00 19	主机从模块读取中雨与大雨的阈值 V3
主←从	3A 88 xx xx xx	模块向主机发送中雨与大雨的阈值 V3
主→从	3A 89 xx xx xx	主机设置模块无雨与小雨的阈值 S1
主→从	3A 09 00 00 5F	主机从模块读取无雨与小雨的阈值 S1
主←从	3A 89 xx xx xx	模块向主机发送无雨与小雨的阈值 S1

续上表

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 8A xx xx xx	主机设置模块小雨与中雨的阈值 S2
主→从	3A 0A 00 00 95	主机从模块读取小雨与中雨的阈值 S2
主←从	3A 8A xx xx xx	模块向主机发送小雨与中雨的阈值 S2
主→从	3A 8B xx xx xx	主机设置模块中雨与大雨的阈值 S3
主→从	3A 0B 00 00 D3	主机从模块读取中雨与大雨的阈值 S3
主←从	3A 8B xx xx xx	模块向主机发送中雨与大雨的阈值 S3
主→从	3A 8C xx xx xx	主机设置模块累计判定为大雨的次数阈值 N1
主→从	3A 0C 00 00 30	主机从模块读取累计判定为大雨的次数阈值 N1
主←从	3A 8C xx xx xx	模块向主机发送累计判定为大雨的次数阈值 N1
主→从	3A 8D xx xx xx	主机设置模块在累计判定为中雨的次数阈值 N2
主→从	3A 0D 00 00 76	主机从模块读取累计判定为中雨的次数阈值 N2
主←从	3A 8D xx xx xx	模块向主机发送累计判定为中雨的次数阈值 N2
主→从	3A 8E xx xx xx	主机设置模块在累计判定为小雨的次数阈值 N3
主→从	3A 0E 00 00 BC	主机从模块读取累计判定为小雨的次数阈值 N3
主←从	3A 8E xx xx xx	模块向主机发送累计判定为小雨的次数阈值 N3

模块的软件算法通过三个参数：V、S、N，来衡量雨量的大小。每个参数对应三个雨量状态判断阈值，调节阈值的大小，即可调节雨量检测的灵敏度。

三个参数代表的特性分别是：

V 参数：玻璃表面动态雨滴流动的活跃程度，雨滴流动越迅速，则 V 值越大。

S 参数：玻璃表面静态雨滴分布的“不均匀程度，雨滴分布越不均匀，则 S 值越大。

N 参数：模块先通过 V、S 参数得出雨量大小的即时状态，当 10 次内累计小雨、中雨、大雨状态的次数达到阈值时，得出最终的雨量状态，并通过 UART 输出。

关于不同应用下的小雨、中雨、大雨阈值设置，可以根据实际应用需求而定。比如使用喷壶模拟雨量测试则推荐初始参数值：V1=30, V2=1000, V3=2000; S1=100, S2=800, S3=1200; N1=2, N2=2, N3=2。调参时要求 V、S、N 符合以下逻辑关系：

- V1<V2<V3;
- S1<S2<S3;
- N3>=N1;
- N3>=N2。

若想提高灵敏度，适当减小这些参数；若想降低灵敏度，适当增大这些参数。调参过程建议边模拟下雨，边调试。

1.2.8 实时雨量模式

模块支持输出原始雨量数值，相关指令操作如表 1.12 所示，此时不会发送雨量状态。

表 1.12 实时雨量模式相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 84 01 00 43	主机命令模块进入实时雨量模式
主→从	3A 84 00 00 B7	主机命令模块退出实时雨量模式
主←从	3A 84 xx xx xx	模块向主机发送原始雨量数值

1.3 环境光测量功能

模块支持环境光（白光）检测，该功能与雨量测试资源复用，操作指令如表 1.13 所示，控制模块进入环境光检测功能。模块进入环境光检测功能后，会按固定频率输出环境光值。环境光反馈值范围为（十进制）0~1024。光强越强，反馈值越低；反之反馈值越高。暂无光强与反馈值关联曲线。

表 1.13 环境光模式相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 8F 01 00 DB	主机命令模块进入环境光测量模式
主→从	3A 8F 00 00 2F	主机命令模块退出环境光测量模式
主←从	3A 83 xx xx xx	模块向主机发送环境光值

1.4 温度测量功能

模块支持环境温度检测功能，该功能使用片内集成温度传感器实现。如图 1.2 所示，测量数据从环境温度-40℃到 85℃，步进 5℃获得，线性度良好。计算公式中 y 代表模块反馈的温度值（模块反馈为 16 进制，计算公式为 10 进制）；x 代表环境温度。其相关操作指令说明如表 1.14 所示。

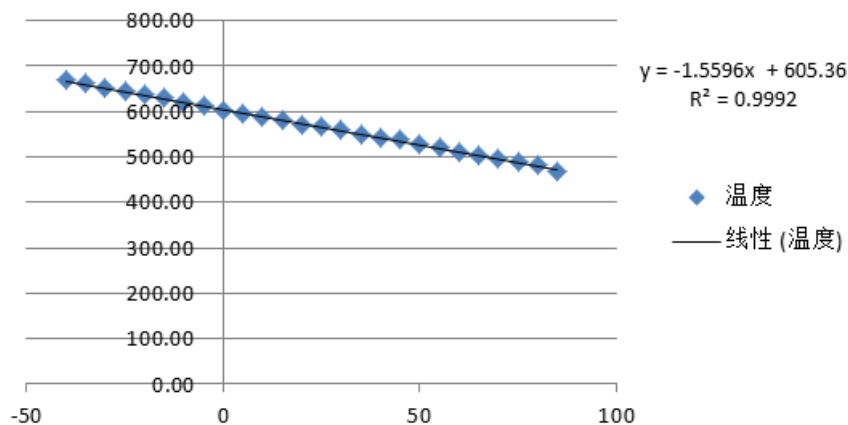


图 1.2 温度测量线性分析

表 1.14 温度测量相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 10 00 00 EF	主机读取模块芯片温度
主←从	3A 90 xx xx xx	模块向主机发送芯片温度

1.5 睡眠功能

模块支持低功耗睡眠模式，当模块进入低功耗模式，将会关闭所有的雨量测量功

能，只会响应特定的唤醒帧。相关操作指令说明如表 1.15 所示。

表 1.15 睡眠功能相关指令

指令方向	指令内容(HEX)	指令说明
主→从	3A 91 00 00 7C	主机命令模块进入睡眠模式
主→从	3A 91 01 00 88	主机命令模块退出睡眠模式
主←从	3A 12 00 00 63 3A 80 00 02 FC	模块向主机发送 Boot 启动指令和固件版本指令

2. 操作说明

2.1 接口说明

模块采用 0.8mm 的线到板板端插座将供电和通信管脚引出，方便用户使用，如图 2.1 所示。其通信管脚为二线串口，能直接与主机进行通信，发送雨量状态数据，其管脚定义如表 2.1 所示。

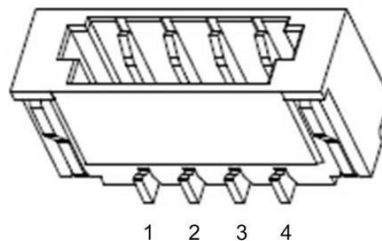


图 2.1 线到板板端插座

表 2.1 接口定义

引脚序号	信号名称	功能	备注
1	VCC	3.3V 电源	---
2	UART_RX	UART 接收	与主机 UART 的 TX 引脚相连
3	UART_TX	UART 发送	与主机 UART 的 RX 引脚相连
4	GND	电源地	---

2.2 使用流程

2.2.1 安装

RS200 的机械尺寸如图 2.2 所示，在 PCB 的最外圈留有一个环宽为 0.5mm 的圆环（圆环内无元器件），用于辅助主机的机械结构固定 RS200 模块。

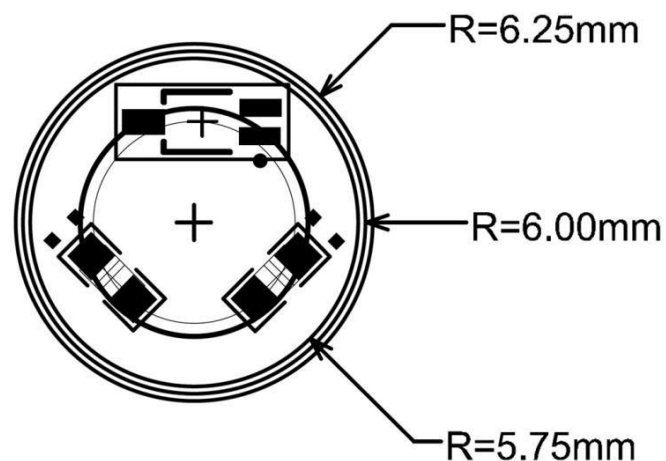


图 2.2 正面尺寸

首先，将模块固定到主机的机械结构上，正面（带有红外发射管的一面）朝向玻璃；其次，在模块正面放置柔性透明光学材料；最后盖上玻璃，安装结束。

安装过程，务必达到以下两点要求，否则影响测量精度：

1. 柔性透明光学材料要紧密包裹住“红外发射管”、“光电接收管”，紧贴“玻璃内表面”。靠适当压力排除空气，不能有气泡。
2. 模块正面“PCB 表面”到“玻璃外表面”的**典型距离为 4.0mm**（可调），玻璃与柔性透明光学材料的厚度可适当调节，例如：若玻璃厚度为 1.5mm，则填充的柔性透明光学材料厚度为 2.5mm；若玻璃厚度为 2.0mm，则填充的柔性透明光学材料厚度为 2.0mm。由于柔性透明光学材料极易产生形变，所以这个距离要求要靠主机的机械结构限定。

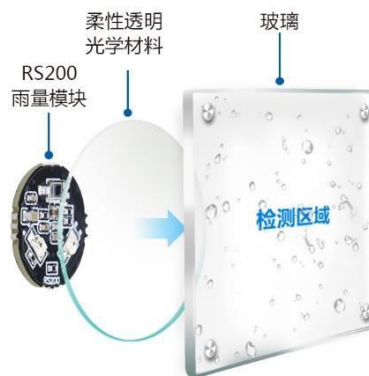


图 2.3 模块安装层次侧视图

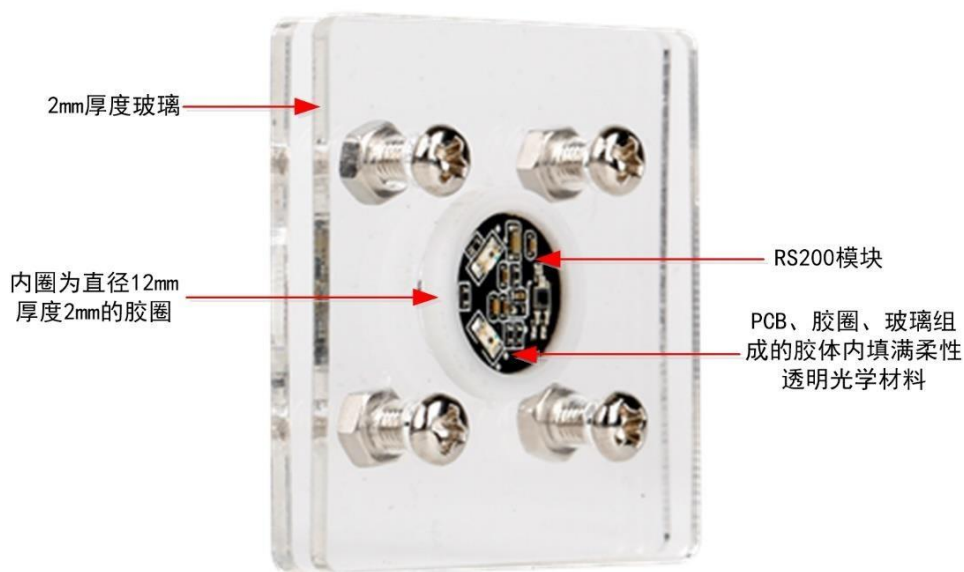


图 2.4 安装完成效果图

2.2.2 连线

通过专用排线，将模块连接至摄像头主机控制板，为模块提供 3.3V 电源，接通 UART。

2.2.3 执行光学校准

在首次安装好之后，需对模块进行光学系统校准，以保证雨量检测的准确性。校准步骤：

1. 保证玻璃外表面的清洁、干燥、无异物遮挡，校准环境尽量无外部光源干扰，建议在暗室中校准。
2. 根据表 1.9 所列指令，主机向模块发送自动校准指令：“3A 83 00 00 54”，模块接收到指令之后，会自动进行光学系统校准，并向主机发送校准结果，校准结果写入 Flash，再次上电无需校准。若主机收到光学系统校准不理想的指令“3A 82 04 00 91”，则说明机械结构、安装精度等因素导致光学系统光路不对称性超出可调节范围，模块的抗太阳光干扰的能力减弱，容易误判。

使用过程中，若光学系统发生变化，可根据需求再次执行光学系统校准。

2.2.4 初始化模块读取雨量状态·控制雨刮

在进行过首次校准，无特殊需求情况下，无需进行初始化，即可使用。主机根据模块自动上报的雨量状态控制雨刮即可。若有特殊需求，可依照表 1.10 调节雨量状态输出频率，依照表 1.11 调节雨量检测灵敏度，等等。校准值、V、S、N 和频率等这些可调参数掉电会保存，无需每次上电重新配置。

3. 解决故障

3.1 常用故障列表

模块在工作过程中会自动监视系统状态，若系统有异常情况，会主动向主机汇报系统异常状态。对各种异常状态的说明见表 3.1。

表 3.1 对各种异常状态的说明

异常状态	说明
模块内部通信错误	模块内部芯片间通信异常
LEDA 损坏	读出的雨量值一直无效，可能 LEDA 损坏
LEDB 损坏	读出的雨量值一直为 0，可能 LEDB 损坏
光学系统校准不理想	校准之后无水雨量值与中间值 1023 之差的绝对值过大
光学系统参数写入失败	向 Falsh 写入掉电不丢失参数时发生错误或者输入参数超出规定范围
接收的串口数据校验错误	模块接收到的主机指令校验错误，该指令不会被 RS200 执行
低压警告	模块的电压低于或等于 2.8V

4. FAQ

1. Q1: 夜间环境，雨量检测敏感度，准确度相较日间环境，有多大影响？若是影响不大的话，执行光学校准有什么作用？

A1: 不会影响，模块使用 HALIOS®-SD 专利技术，会减少太阳光对模块的影响；执行光学校准可以消除元器件、模块生产、安装公差等引起的光路不对称问题。
2. Q2: 模块执行光学校准，是否对校准环境有标准要求？校准有无特定的操作方法？

A2: 校准的操作步骤可参考 2.2.3 章节。
3. Q3: 当用强光照射模块的时候，是否会影响模块的性能?或者造成误触发的现象？

A3: 在光学基本对称的情况下没有影响，对于一个测量周期内，环境光线可以认为是一个稳定的本底量。极小概率出现同一周期内环境光变化非常大。
4. Q4: 模块 EMC、EMI 等级是什么标准？

A4: ESD: $\pm 8\text{K}$; 温度变化: $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$; 交变湿热: $25\sim 60^{\circ}\text{C}$, 45%~95%RH。
5. Q5: 玻璃板的厚度推荐是多少？

A5: 推荐玻璃外表至 PCB “正面”距离为 4mm，玻璃的厚度可以在该范围内变化。
6. Q6: 可以设置传感器检测到雨量变化时会主动上传数据吗

A6: 不可以。在 1.2.3 章节中描述，当模块禁能雨量状态输出频率时，可以发送“3A 01 00 00 0D”指令查询雨量状态；当雨量状态输出频率没有禁能，则会立即反馈雨量状态，无雨则不发送。
7. Q7: 模块检测到是实时雨量、实时光照、实时温度是一个什么样的数值？

A7: 这些模式产生的数值是传感器直接输出的原始数据，其中原始雨量数据和原始环境光数据没有相关曲线图，温度数据可以参考图 1.2 公式，计算出温度。