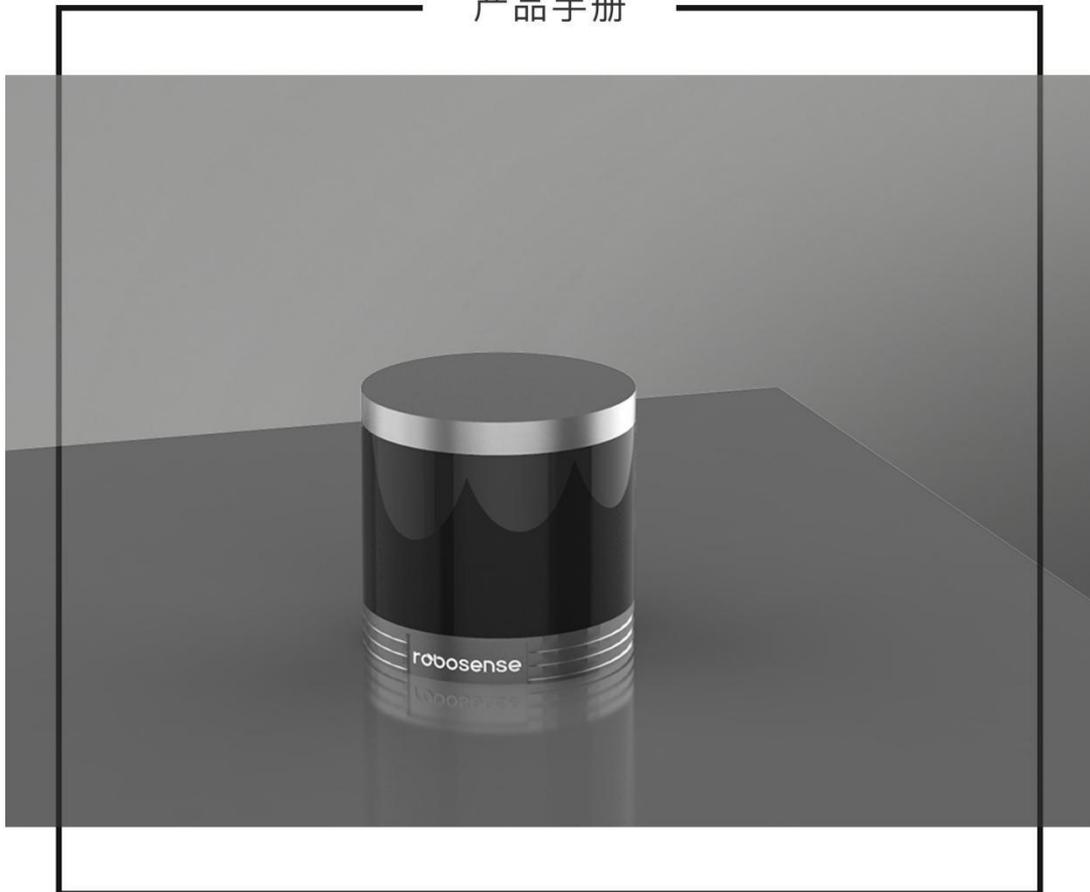


robosense® **LiDAR**

RS-Helios-16P

产品手册



修订历史

版本号	修订内容	修订时间	拟制
1.0.0	初次发行	2022-5-9	PD
1.0.1	1.更新时间同步方式描述	2022-6-29	PD
1.0.2	1.更新结构相关图片和描述，改为最新结构数据 2.更新 MSOP 包中系列型号区分信息	2022-8-31	PD

术语表

MSOP	主数据流输出协议, Main data Stream Output Protocol, 简称: MSOP
DIFOP	设备信息输出协议, Device Info Output Protocol, 简称: DIFOP
FOV	视场角, Field Of View, 简称 FOV
PTP	精确时间协议, Precision Time Protocol, 简称 PTP
NTP	网络时间协议, Network Time Protocol, 简称 NTP
GPS	全球定位系统, Global Positioning System,简称 GPS
UTC	世界协调时间, Universal Time Coordinated, 简称 UTC
Wave_mode	回波标识位
Protocol	协议版本号, 00 为旧版本协议, 01 为最新版本协议
Temp	设备温度信息
Resv	数据预留位
Azimuth	雷达的水平角
Timestamp	时间戳, 记录系统时间
Header	协议包中的帧头
Tail	协议包中的帧尾
Value	代表对应 offset 字节换算后得出的十进制数值, 采用大端模式, 高位在前, 低位在后

目录

1 安全提示.....	1
2 Helios 系列产品介绍.....	2
3 设备外形及接口.....	3
3.1 设备外形图.....	3
3.2 航插接口及定义.....	3
3.3 Interface Box 接口说明.....	4
4 设备安装.....	6
4.1 标准配件.....	6
4.2 结构安装.....	6
4.3 快速连接.....	8
5 产品描述.....	9
5.1 产品规格.....	9
5.2 点云呈现.....	10
5.3 反射率信息解读.....	10
5.4 回波模式.....	11
5.5 相位锁定.....	12
5.6 时间同步方式.....	13
6 通信协议.....	15
6.1 MSOP 与 DIFOP 数据协议.....	15
6.2 主数据流输出协议 (MSOP).....	16
6.3 设备信息输出协议 (DIFOP).....	20
7 垂直角度定义及精确的点时间计算.....	22
7.1 角度分布.....	22
7.2 精确的点时间计算.....	22
8 故障诊断.....	24
附录 A Web 使用指南.....	26
A.1 设备信息.....	26
A.2 设备参数设定.....	27
A.3 设备诊断/运行状态.....	29
A.4 设备固件升级.....	30
附录 B 各寄存器定义详情.....	31
B.1 电机转速 (MOT_SPD).....	31
B.2 以太网 (ETH).....	31
B.3 FOV 设置 (FOV_SET).....	32
B.4 电机锁相相位(MOT_PHASE).....	32
B.5 主板固件版本(TOP_FRM).....	32
B.6 底板固件版本(BOT_FRM).....	33
B.7 电机固件版本(MOT_FRM).....	33
B.8 软件版本(SOF_FRM).....	33
B.9 垂直角校准 (COR_VERT_ANG).....	33
B.10 水平偏移角校准 (COR_HOR_ANG).....	34
B.11 序列号 (SN).....	35

B.12 上位机驱动兼容性信息 (SOFTWARE_VER)	35
B.13 时间 (UTC_TIME)	35
B.15 故障诊断 (FALT_DIGS)	36
B.16 GPRMC 数据包-ASCII 码数据类型	37
附录 C RSView	38
C.1 软件功能	38
C.2 安装 RSView	38
C.3 设置网路	39
C.4 可视化数据	39
C.5 保存 RS-Helios-16P 数据为 PCAP 格式	40
C.6 回放 pcap 数据	41
C.7 配置 RSView Data Port	43
附录 D RS-Helios-16P ROS&ROS2 Package	44
D.1 配置环境	44
D.2 下载&编译 RoboSense 雷达驱动包	44
D.3 配置电脑 IP	45
D.4 实时显示	45
D.5 查看离线数据	46
附录 E 结构图纸	47
附录 F 传感器清洁	48
F.1 注意事项	48
F.2 需要的材料	48
F.3 清洁方法	48

1 制造商信息

深圳市速腾聚创（RoboSense）科技有限公司

中国·广东省深圳市南山区桃源街道留仙大道 1213 号众冠红花岭工业南区 2 区 9 栋

座 机：0755-86325830

电 话：15338772453（市场合作）

邮 箱：service@robosense.cn（新邮箱）

周一至周五，09:00-18:00（GMT/UTC +8）

2 法律声明

本手册受版权保护，RoboSense 对本手册享有著作权。由本手册而产生的任何权利均为速腾所有。

本手册或部分手册内容复制仅限在著作权法的法律认定范围内是允许的，RoboSense 对本手册享有著作权。本手册中所述的商标为其各自所有者的财产，RoboSense 保留所有权利。

3 通过认证



本手册随产品技术升级而更新。如需最新版本，请访问 RoboSense 官网下载或联系 RoboSense 技术支持&销售。

1 安全提示

使用本产品前，为避免对您或他人产生意外，同时损坏设备及违反保修条款，请务必仔细阅读并遵循本说明书中的操作及规范。

- 激光安全等级

本产品激光安全等级符合以下标准：

IEC 60825-1:2014;



- 注意表面过热标识，谨防发生意外。



- 保留说明 - 请保留所有安全和操作说明，以备将来参考。
- 注意警告 - 请遵守产品和操作说明中的所有警告，以免发生意外。
- 产品维修 - 请勿在缺少官方指导的情况下尝试打开设备进行维修。如需维修，请及时联系速腾聚创科技或其授权服务商。

2 Helios 系列产品介绍

NO.	型号	线束	FOV	备注
1	Helios-5515	32	-55° ~+15°	大 FOV 覆盖
2	Helios-1615	32	-16° ~+15°	均匀 1° FOV
3	Helios-1610	32	-16° ~+10°	中间加密 FOV (最小 0.5°)
4	Helios-16P	16	-15° ~+15°	均匀 2° FOV

- 本手册为 Helios-16P 的用户手册

3 设备外形及接口

3.1 设备外形图

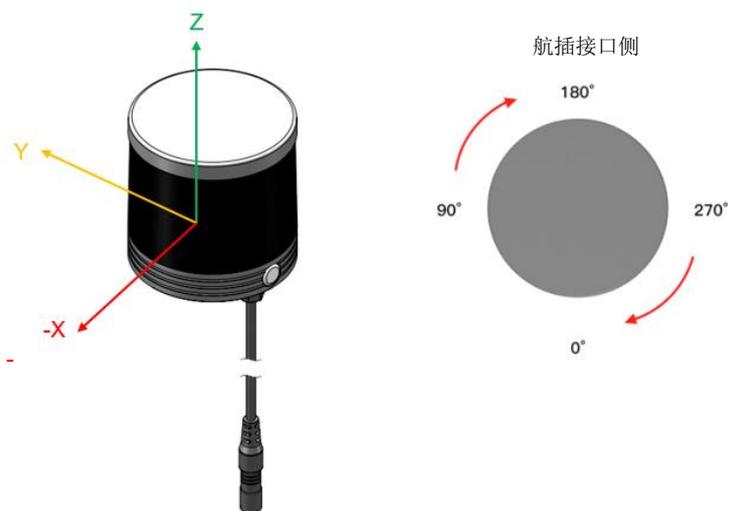


图 1 LiDAR 坐标及旋转方向示意图

3.2 航插接口及定义

RS-Helios-16P 航插头在设备底部。航插接口上具体引脚定义如下：



Pin	Color	Function	Operating Voltage Range	Working Current	Other
1	Red	PWR	9~32V	1.2A	/
2	Black	PWR			
3	Gray	GND	/	1.2A	
4	Blue	GND			
5	Brown	GPS_PPS	3~15V	/	/
6	White	GPS_GPRMC	-15V~+15V		
7	Purple	SYNC_OUT1	0~3.3V		
8	Green	SYNC_OUT2			
9	Orange	TRD_N			
10	Yellow	TRD_P			Twisted Pair

图 2 航插接口引脚序号

3.3 Interface Box 接口说明

RS-Helios-16P 附件 Interface BOX 具有电源指示灯及各类的接口,可接驳电源输入、RJ45 网口及 GPS 输入线 (航插版接口盒线长有 3 米, 有其他线长需求请联系 Robosense 技术支持)。

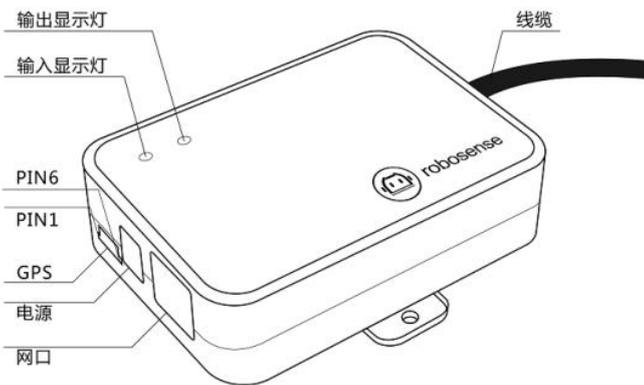


图 3 Interface Box 示意图

电源盒各接口规格:

表 1 Interface Box 接口规格

序号	接口名称	规格
1	电源输入	标准 DC 5.5-2.1 接口
2	网络接口	标准 RJ45 接口
3	GPS 授时	SH1.0-6P 母座

3.3.1 电源接口

Helios-16P 电源接口使用标准 DC 5.5-2.1 接口。

电源盒正常工作时, 红色和绿色电源输出指示灯亮起。当电源指示灯暗灭时, Interface BOX 可能工作不正常。请检查电源输入是否正常, 如电源输入正常, 即 Interface BOX 可能已经损坏, 请联系我司技术支持&销售。

3.3.2 RJ45 网口

Helios-16P 网络接口使用标接口。

网络接口遵循 EIA/TIA568 标准。

3.3.3 Time Synchronization 接口定义

Helios-16P Time Synchronization 接口定义：GPS REC 为 GPS UART 输入；GPS PULSE 为 GPS PPS 输入。

接口盒 Time Synchronization 的定义及各接口相对应的位置如下图所示：

表 2 Time Synchronization 接口定义

Pin No.	Function
1	GPS_PPS
2	+5V
3	GND
4	GPS_GPRMC
5	GND
6	SYNC_OUT1

注意：RS-Helios-16P 的“地”与外部系统连接时，外部系统供电电源负极（“地”）与 GPS 系统的“地”必须为非隔离共地系统。

4 设备安装

4.1 标准配件

RS-Helios-16P 标配出货配件清单如下，以下清单仅供参考。

表 3 出厂标准配件清单

序号	配件名称	规格/数量
1	激光雷达 LiDAR	RS-Helios-16P*1
2	电源盒子 Interface Box	3M *1
3	电源适配器 Power Adapter	DC12Vx3.34A/40W *1
4	电源线 Power Cable	1.2M *1
5	网线 Ethernet Cable	1.5M *1
6	螺丝包 Screw Pack	M3X8 *4, M3X12 *4

注：如特殊要求的请以实际协商为准。

4.2 结构安装

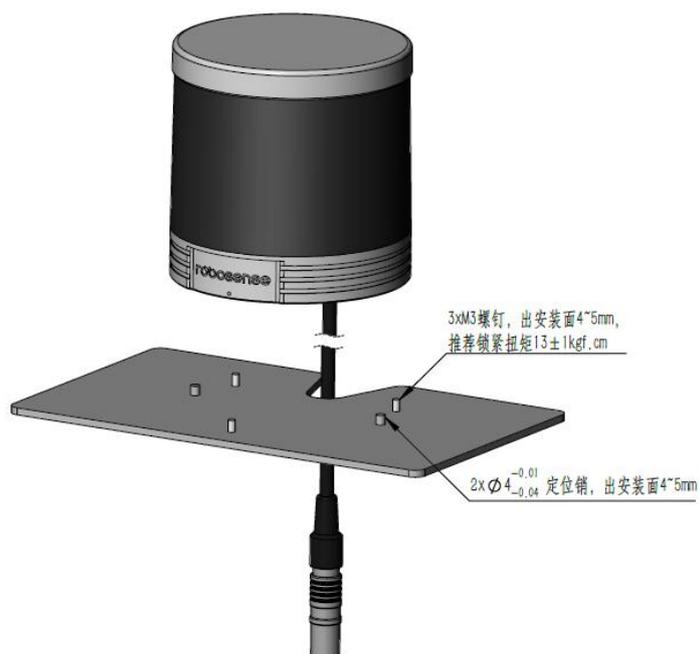


图 4 雷达结构安装示意图

➤ 螺丝规格

GB/T70.1, M3x12, 内六角杯头, 材质 SCM435, 电镀三价铬黑锌, 等级 10.9, 带耐落

GB/T70.1, M3x8, 内六角杯头, 材质 SCM435, 电镀三价铬黑锌, 等级 10.9, 带耐落

➤ 安装要求

- 1) 安装面平面度应好于 0.05mm;
- 2) 底面用 3xM3 螺钉安装, 出安装面 4~5mm, 推荐锁紧扭矩 $13 \pm 1\text{kgf.cm}$;
- 3) 底面用 2x $\Phi 4$ 定位销进行安装定位, 出安装面 4~5mm;

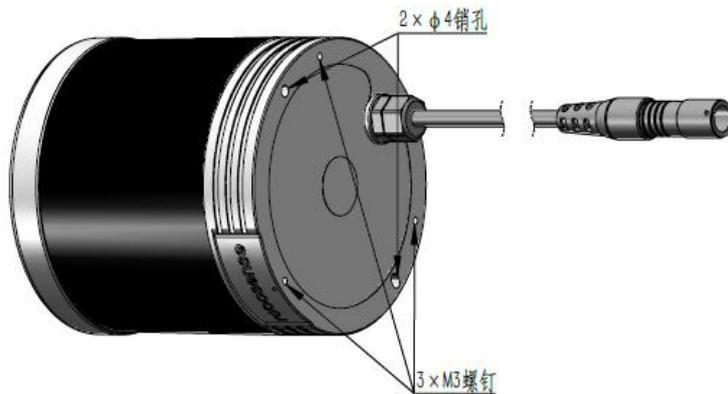


图 5 雷达底部定位销及螺丝示意图

➤ 支架刚度和强度要求

固定支架需要有较好的刚性用于安装固定雷达并在各种工况下保持雷达处于一个稳定的状态。因此要求：雷达及其固定支架整体的一阶模态频率至少大于 50Hz，且需要避开 100~110Hz 及 280-290Hz 的共振频段；

雷达在使用过程中会经受各种随机振动、机械冲击等工况。这些工况下，支架需要承受较大的负载，因此支架还需要有足够的强度。

安装激光雷达时请避免以下情况出现：

- 1) 用于固定激光雷达的安装底座建议尽可能的平整，不要出现凹凸不平的现象；
- 2) 安装底座上的定位柱应严格遵循激光雷达底部定位柱的深度，定位柱的高度不能高于 4mm。安装底座的材质建议使用铝合金材质，有助于激光雷达的散热；
- 3) 激光雷达安装的时候，如果激光雷达上下面都有接触式的安装面，请确保安装面之间的间距大于激光雷达的高度，避免挤压激光雷达；

- 4) 激光雷达安装走线的时候，不要将雷达上面的线拉的太紧绷，需要保持线缆具有一定的松弛。

4.3 快速连接

RS-Helios-16P 网络参数可配置，出厂默认采用固定 IP 和端口号模式，按照如下表格。

表 4 出厂默认网络配置表

	IP 地址	MSOP 包端口号	DIFOP 包端口号
RS-Helios-161 0	192.168.1.200	6699	7788
电 脑	192.168.1.102		

使用设备的时，需要把电脑的 IP 设置为与设备同一网段上，例如 192.168.1.x(x 的取值范围为 1~254)，子网掩码为 255.255.255.0。若不知设备网络配置信息，请连接设备并使用 wireshark 抓取设备输出包进行分析。

接线示意如下图所示：

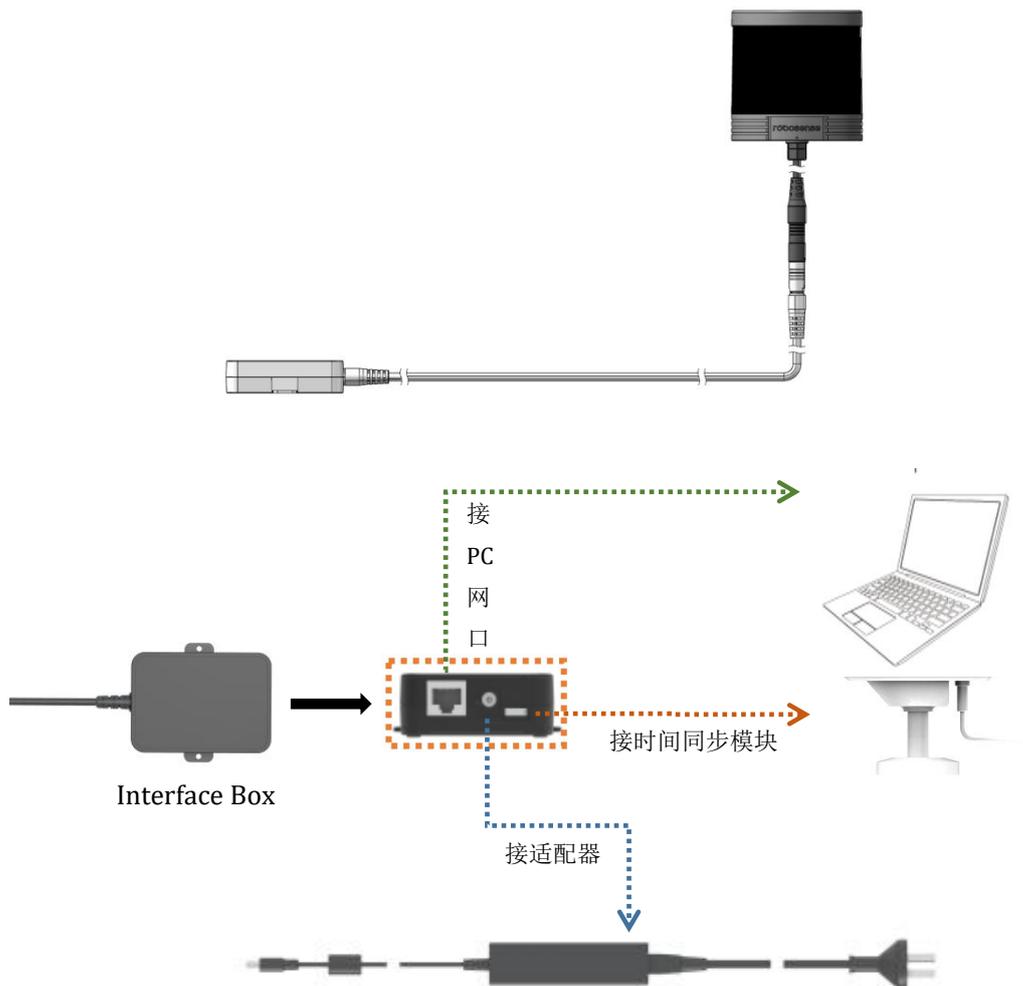


图 6 Interface Box 连接示意图

5 产品描述

5.1 产品规格1

5.1.1 规格参数

传 感 器			
线 数	16	水平视场角	360°
激光波长	905nm	垂直视场角	+ 15° ~ -15° (共 30°)
激光发射角(全角)	水平 1.6mrad 垂直 6.9mrad	水平角分辨率	0.2° / 0.4°
激光安全等级	Class 1 人眼安全	垂直角分辨率	2°
测距能力	0.2m 至 150m (90m@10% NIST, 详细见表 5)	精度(典型值) ²	± 2cm
盲 区	0.2m	帧 率	10Hz/ 20 Hz
转 速	600/ 1200 rpm(10/20Hz)		
输 出			
出点数	288,000pts/s (单回波模式) 576,000pts/s (双回波模式)		
以太网输出	100M-Base-T1		
输出数据协议	UDP packets over Ethernet		
LiDAR 数据包内容	三维空间坐标、 反射强度、 时间戳等		
机 器			
工作电压	9V - 32V	尺 寸	直径 100mm * 高 100 mm
产品功率 ³	11W (典型值)	工作温度 ⁴	-30°C ~ +60°C
重 量	1kg (LiDAR 本体)	存储温度	-40°C ~ +85°C
时间同步	\$GPRMC with 1PPS , PTP&gPTP	防护等级	IP67

¹ 以下数据只针对量产产品，任何样品、试验机等其他非量产版本可能并不适用本规格数据，如有疑问请联系速腾聚创销售；

² 测距精度以 50% NIST 漫反射板为目标，测试结果会受到环境影响，包括但不限于环境温度、目标物距离等因素，且精度值适用于大部分通道，部分通道之间存在差异；

³ 设备功耗测试结果会受到外部环境影响，包括但不限于环境温度、目标物的距离、目标物反射率等因素；

⁴ 设备运行温度可能会受到外部环境影响，包括但不限于光照环境、气流变化等因素；

表 5 各通道测距能力对应表

Channel No.	Vertical Angle (°)	10% NIST (m)	Range (m)
1	13°	90	150
2	15°	90	150
3	9°	90	150
4	11°	90	150
5	5°	90	150
6	7°	90	150
7	1°	90	150
8	3°	90	150
9	-3°	90	150
10	-1°	90	150
11	-7°	90	150
12	-5°	90	150
13	-11°	90	150
14	-9°	90	150
15	-15°	90	150
16	-13°	90	150

5.2 点云呈现

5.2.1 坐标映射

由于雷达封装的数据包仅为水平旋转角度和距离参量，为了呈现三维点云图的效果，将极坐标下的角度和距离信息转化为了笛卡尔坐标系下的 x,y,z 坐标，他们的转换关系如下式所示：

$$\begin{cases} x = r \cos(\omega) \sin(\alpha); \\ y = r \cos(\omega) \cos(\alpha); \\ z = r \sin(\omega); \end{cases}$$

其中 r 为实测距离， ω 为激光的垂直角度， α 为激光的水平旋转角度， x 、 y 、 z 为极坐标投影到笛卡尔 X、Y、Z 轴上的坐标。

注 1：在 RS-Helios-16P 驱动 SDK 包源码中，默认进行了坐标变换来符合 ROS 的右手坐标系，ROS 下面的 X 轴定义指向图 1 中的 Y 正方向，ROS 下面的 Y 轴定义指向图 1 中的 X 负方向。

注 2：雷达的坐标原点定义在雷达结构中心，高度距离底座 63.5mm。

5.3 反射率信息解读

RS-Helios-16P 数据中包含了被测物体反射率信息，反射率是衡量一个物体对光的反射

能力的指标，与物体本身的材质有很大的关系。因此，可利用此信息区分不同材质的物体。

在 RS-Helios-16P 数据中，标定后的反射率范围区间为 0~255，漫反射物体的反射率强度在 0~100 分布，黑色物体反射率低，白色物体反射率高。全反射的物体的反射率强度值定义为 101~255，最理想的全反射物体的反射率接近 255。

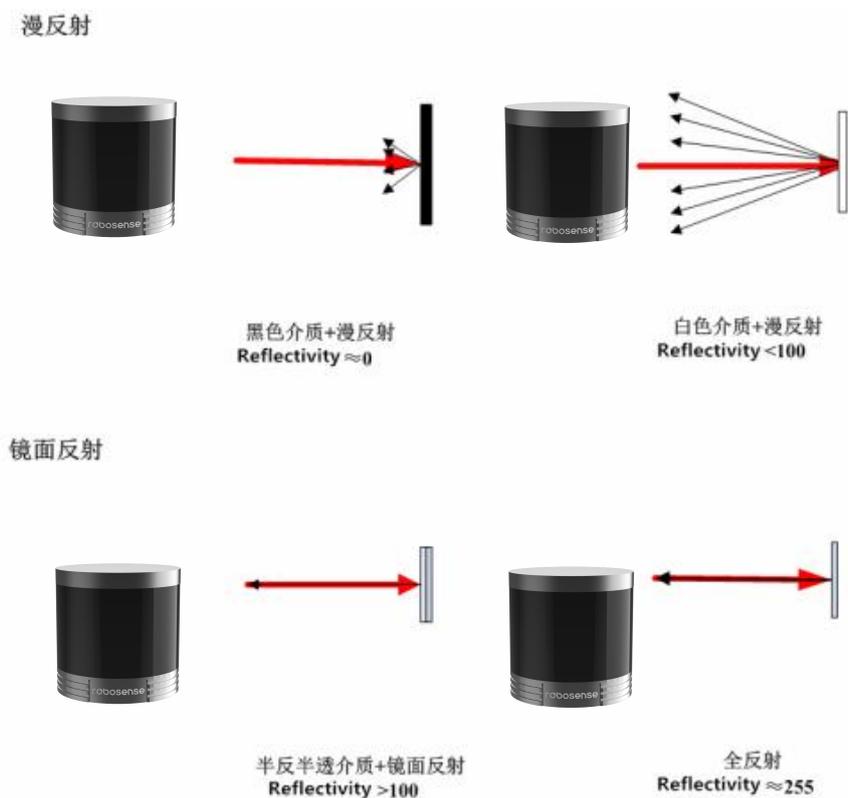


图 7 反射率的标定

5.4 回波模式

5.4.1 回波模式原理

RS-Helios-16P 支持多种回波模式，分别为：最强回波（Strongest Return）、最后回波（Last Return）、最近回波（First Return）及双回波(Dual Return)模式，当设置为双回波模式时，此时目标物的细节会增多，数据量是单回波的两倍。

由于光束发散，任何一次激光发射出去都有可能产生多次激光返回。当激光脉冲发射出去后光斑逐渐变大；假设一个光斑足够大，可以打到多个目标物上，则会返回多个信号。

RS-Helios-16P 分析接收到的多个返回值，并根据用户选择输出最强、最近、最后或同时输出最强最后、最强最近或最近最后两个回波值。如果设置为最强回波模式则只输出最强

的反射回波值。同样，如果设置是最后回波模式，则只有最后时间上的回波输出。

特别说明：

1. 只有当两个目标物体之间距离大于 1 米时才会有两次回波。
2. 当雷达光束只投射到一个目标物时，此时只有最强回波。
3. 当激光雷达发送的激光脉冲，投射到两个不同距离下的两面墙面或其他物体时，会返回两个回波，此时有以下两种结果：

- (1) 最强回波不是最后回波的时候，返回最强和最后回波；
- (2) 最强回波既是最后回波的时候，返回最强回波和次强回波；

5.4.2 回波模式标志

RS-Helios-16P 出厂默认为最强回波（Strongest Return）模式，如您需要更改设置，请参照本用户手册附录 A.2 中设备参数设定进行配置。在 DIFOP 中第 300 个 byte 是回波模式的标志位，具体对应如下：

表 6 回波模式和标志位对照表

标志位	回波模式
00	双回波
04	最强回波
05	最后回波
06	最近回波

5.5 相位锁定

Helios-16P 相位锁定功能可用于设定 RS-Helios-16P 在 PPS 脉冲触发的时刻，传感器旋转到特定的角度发射激光，当多个 RS-Helios-16P 同时使用的时候保持他们之间相对旋转角度不变。为了保证相位锁定功能正常，需要 PPS 脉冲触发信号且保持稳定。

图 7 为 RS-Helios-16P 设置不同相位的示意图，红色箭头表明，当 PPS 脉冲触发的时候，传感器分别旋转到 0 度、135 度、270 度发射激光。

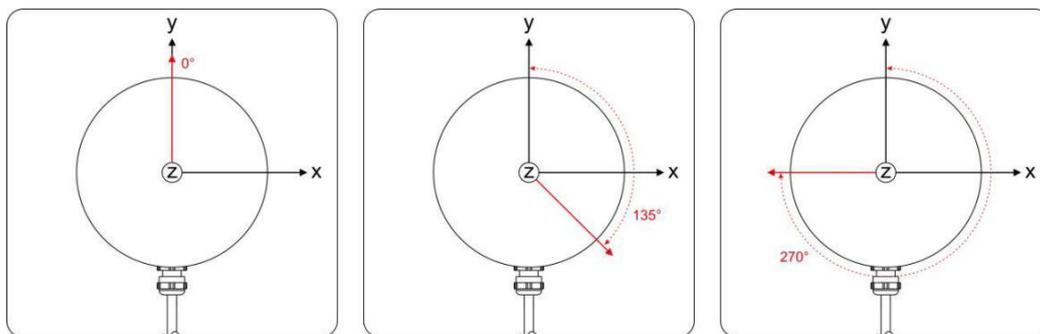


图 8 RS-Helios-16P 不同相位设定示意图

Web 端 Setting >Phase Lock Setting 中提供了一个“Phase Lock”的参数设定，可以用于设定锁定的相位角度，输入范围是 0~359。

5.6 时间同步方式

RS-Helios-16P 支持 GPS+PPS、PTP 两种同步方式，可在 Web 端进行设置（Web 端操作请查看附录 A.2）

RS-Helios-16P 可外接 GPS 模块，并且将 GPS 发出的时间同步为设备的系统时间。

5.6.1 GPS 时间同步原理

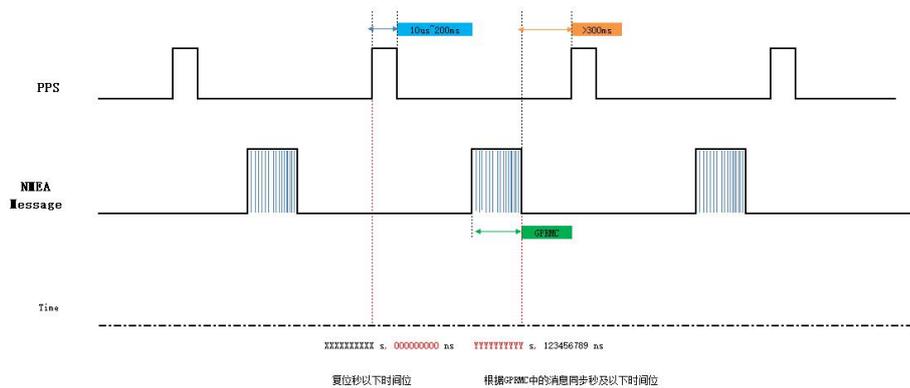


图 9 GPS 时间同步时序图

GPS 模块连续向设备发送 GPRMC 数据和 PPS 同步脉冲信号，PPS 同步脉冲长度为 20ms 至 200ms，GPRMC 数据必须在同步脉冲 500ms 内完成。

5.6.2 Time Synchronization 使用

RS-Helios-16P 雷达 GPS_REC 接口电平协议为 RS232 电平标准；如下表所示；

表 7 设备授时引脚定义

同步方式	接收引脚定义	
	GPS REC	GPS PULSE
RS232	接 GPS 模块输出的 RS232 电平标准的串口数据	接 GPS 模块输出的正同步脉冲信号，电平要求 3.0V~15.0V

注 1: RS-Helios-16P 电源盒上面的 GPS_REC 接口规格为 SH1.0-6P 母座，引脚定义如表 2 所示。

外接的 GPS 模块需要设置输出串口的波特率为 9600bps，8bit 数据位，无校验位，停止位 1。RS-Helios-16P 只读取 GPS 模块发出的 GPRMC 格式的数据，其标准格式如下：

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>*hh

<1> UTC 时间

<2> 定位状态，A=有效定位，V=无效定位

<3> 纬度

<4> 纬度半球 N(北半球)或 S(南半球)

<5> 经度

<6> 经度半球 E(东经)或 W(西经)

<7> 地面速率

<8> 地面航向

<9> UTC 日期

<10> 磁偏角

<11> 磁偏角方向, E(东)或 W(西)

<12> 模式指示(A=自主定位, D=差分, E=估算, N=数据无效)

*后 hh 为\$到*所有字符的异或和

特别提醒:

1.1PPS 脉冲的发送时间间隔需要控制在 $1s \pm 100us$ 以内;

2.GPRMC 消息中状态位必须为 A 有效时才允许进行时间同步授时;

3.目前市场的 GPS 模块发出的 GPRMC 消息长度存在不一致情况,可以兼容大部分市场上的 GPS 模块发出来的 GPRMC 消息格式,如果发现不兼容情况请联系 Robosense 技术支持

5.6.3 Helios-16P PTP 同步原理

PTP (Precision Time Protocol, 精确时间协议) 是一种时间同步的协议,其本身只是用于设备之间的高精度时间同步,但也可被借用于设备之间的频率同步。相比现有的各种时间同步机制,PTP 具备以下优势:

- 1) 相比 NTP (Network Time Protocol, 网络时间协议), PTP 能够满足更高精度的时间同步要求, NTP 一般只能达到亚秒级的时间同步精度,而 PTP 则可达亚微秒级。
- 2) 相比 GPS (Global Positioning System, 全球定位系统), PTP 具备更低的建设和维护成本,并且由于可以摆脱对 GPS 的依赖,在国家安全方面也具备特殊的意义。

5.6.4 PTP 接线方式

使用 PTP 同步方式,需要做以下准备,之后按照下图的连接方式进行连接:

- 1) 在 Web 端中选择 PTP 模式 (请查看附录 A.2 网页配置);
- 2) 准备一台 PTP Master 授时主机 (即插即用,无需额外配置);
- 3) 以太网交换机;

4) 支持 PTP 协议的待授时设备。

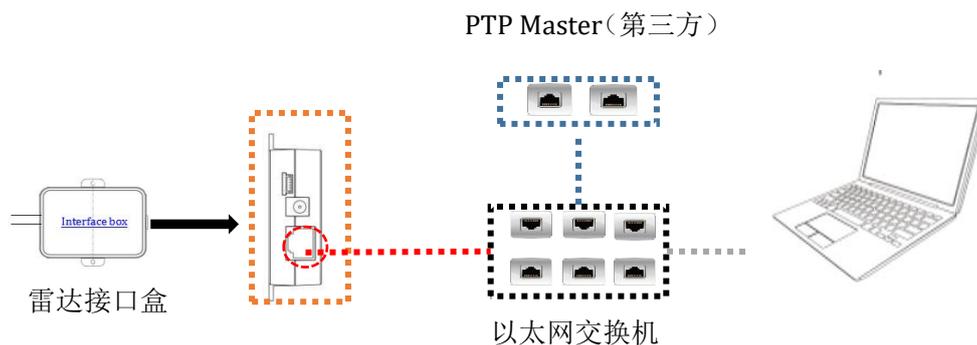


图 10 GPS 时间同步时序图

注意：

- 1.PTP Master 授时设备属于第三方设备，我司出货时不包含此配件，需要用户自行采购；
- 2.我司设备作为 PTP Slave 设备只获取 PTP Master 发出的时间，不做准确度判断，若解析雷达点云时间与真实时间出现偏差请检查 PTP Master 提供的时间是否准确；
- 3.雷达同步之后，PTP Master 断开连接，点云数据包中的时间则会按照雷达内部时钟进行叠加，雷达断电重启后才会被重置。

6 通信协议

RS-Helios-16P 与电脑之间的通信采用以太网介质，使用 UDP 协议，和电脑之间的通信协议主要分二类，如下表所示：

表 8 设备协议一览表

（协议/包）名称	简 写	功 能	类 型	包大小
Main data Stream Output Protocol	MSOP	扫描数据输出	UDP	1248byte
Device Information Output Protocol	DIFOP	设备信息输出	UDP	1248byte

注：下面章节皆为对协议中的有效载荷（1248byte）部分进行描述和定义。

- 1) 主数据流输出协议 MSOP，将激光雷达扫描出来的距离，角度，反射率等信息封装成包输出给电脑；
- 2) 设备信息输出协议 DIFOP，将激光雷达当前状态的各种配置信息输出给电脑；

6.1 MSOP 与 DIFOP 数据协议

RS-Helios-16P 发出的 UDP 协议为 1248byte 有效载荷，主数据流（MSOP）及设备信息（DIFOP）数据结构如下图所示：



图 11 LiDAR 数据结构示意图

6.2 主数据流输出协议（MSOP）

主数据流输出协议：Main data Stream Output Protocol，简称：MSOP

I/O 类型：设备输出，电脑解析

默认端口号为 6699

6.2.1 帧头

帧头 Header 共 42byte，用于识别出数据的开始位置，数据结构如下表所示：

表 9 MSOP Header 数据表

Header (42 bytes)			
字段	Offset	长度 (byte)	定义说明
Header ID	0	4	55_aa_05_5a
协议版本号	4	2	00_01
Resv	6	2	
主板下发包计数	8	4	分 4 个 Byte，4Byte 内按 3 递增
底板上传包计数	12	4	
Resv	16	1	
测距精度标记	17	1	1: 0.25cm; 0: 0.5cm

角度脉冲间隔计数	18	2	单位 us
时间戳	20	10	前 6 个 Byte 是秒位，后 4 个 Byte 是微秒位
Resv	30	1	
LiDAR Type	31	1	用于表示激光雷达的系列 0x06:RS-Helios 系列
LiDAR Model	32	1	0x01:RS-Helios-5515 0x02:RS-Helios-1615 0x03:RS-Helios-16P 0x04:RS-Helios-1610
Resv	33	9	

注：定义的时间戳用来记录系统的时间，分辨率为 1us，可以参考附录 B.13 中的时间定义。

6.2.2 数据块区间

如下表所示，数据块区间是 MSOP 包中传感器的测量值部分，共 1200byte。它由 12 个 data block 组成，每个 block 长度为 100byte。Data block 中 100byte 的空间包括：2byte 的标志位，使用 0xffee 表示；2byte 的 Azimuth，表示水平旋转角度信息，每个角度信息对应着 32 个的 channel data，包含 2 组完整的发射信息。（通道序号与垂直角度的关系参见文中第 6 章中的定义）。

单回波数据包的基本结构如下图所示：

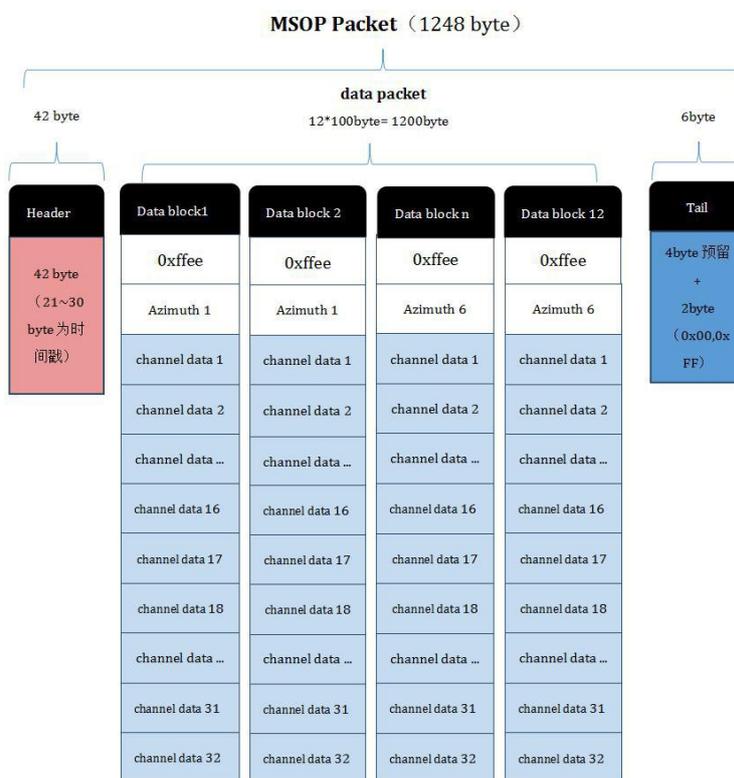


图 12 单回波 MSOP Packet 数据包定义示意图

双回波数据包的基本结构如下图所示

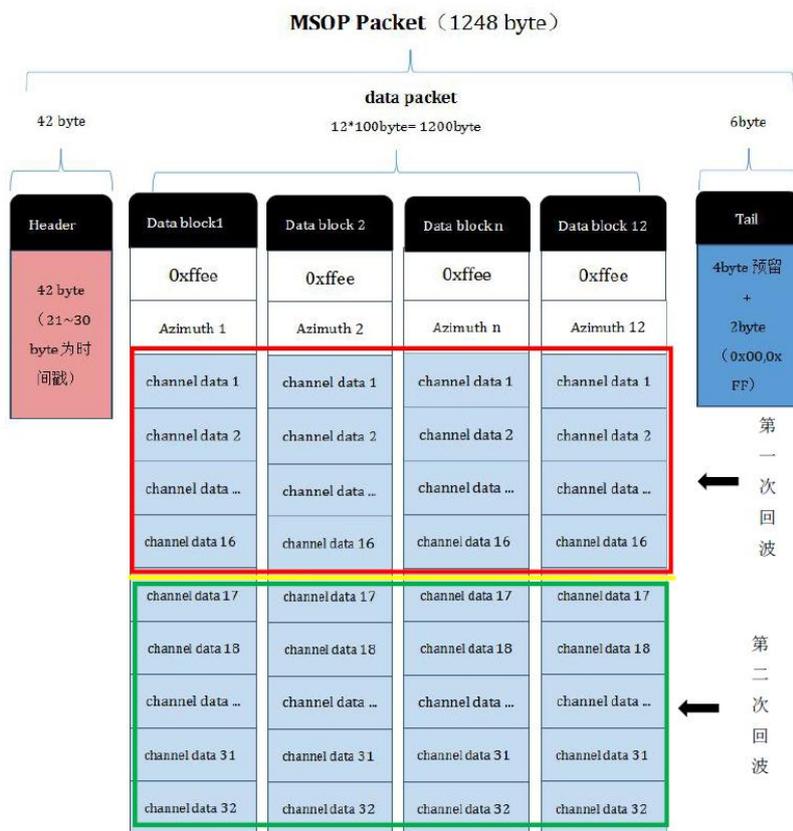


图 13 双回波 MSOP Packet 数据包定义示意图

6.2.2.1 channel data 定义

Channel data 是 3byte，高两字节用于表示距离信息，低一字节用于表示反射率信息，如下图所示。

表 10 Channel Data 示意表

Channel data n (3 bytes)		
2 byte Distance		1 byte Reflectivity
Distance1 [15:8]	Distance2 [7:0]	Reflectivity(反射率信息)

Distance 是 2byte，单位为 cm，分辨率为 0.25cm。

No.	Time	Source	Destination
1	0.000000	192.168.1.200	192.168.1.102
2	0.000104	192.168.1.200	192.168.1.102
3	0.001150	192.168.1.200	192.168.1.102
4	0.001250	192.168.1.200	192.168.1.102
5	0.002308	192.168.1.200	192.168.1.102
6	0.003340	192.168.1.200	192.168.1.102
7	0.003443	192.168.1.200	192.168.1.102

Offset	Hex	ASCII
0000	54 e1 ad 10 54 63 00 0a 35 00 1e 22 08 00 45 00	T...
0010	04 fc 60 59 40 00 40 11 51 19 c0 a8 01 c8 c0 a8	...Y...
0020	01 66 1a 2b 1a 2b 04 e8 ba 14 55 aa 05 5a 00 01	...f+...
0030	00 00 71 74 77 7a 00 03 b0 85 00 00 00 00 00	...qtv...
0040	38 6e 0b ef 00 0d 4f fe 06 00 00 00 00 00 00	8n...
0050	84 1c 00 00 ff ee 88 db 01 40 5b 01 33 6c 01 3d
0060	57 01 2f 7f 01 38 59 01 2d 7c 01 39 51 01 4b ff	W/...
0070	01 38 51 01 4c ff 01 35 52 01 39 ff 01 35 50 01	8Q...
0080	48 ff 01 36 54 01 3f ff 01 3a 66 01 0f 3a 01 23	H...6...
0090	24 00 f3 2f 00 a7 21 00 88 31 00 91 24 00 78 3e	\$.../...
00a0	00 6e 28 00 63 48 00 5b 29 00 57 53 00 49 2c 00	n(...
00b0	47 4f 00 44 3a 00 3f 4c ff ee 88 ef 01 40 5e 01	G0:D...
00c0	32 6c 01 3c 5a 01 2e 7d 01 37 5a 01 2d 7e 01 39	21<...
00d0	43 01 4b fe 01 37 45 01 4b ff 01 35 42 01 39 ff	C-K...
00e0	01 35 44 01 48 fe 01 35 49 01 3f ff 01 3a 53 01	5D...
00f0	10 3e 01 22 24 00 f6 32 00 a7 22 00 88 32 00 91	->...\$...
0100	24 00 78 3b 00 6e 28 00 63 4b 00 5c 29 00 56 52	\$...x;...
0110	00 49 2c 00 47 51 00 44 3e 00 40 50 ff ee 89 06	-I,...
0120	01 40 5d 01 32 6b 01 3c 57 01 2e 90 01 37 5f 01	@]...
0130	2d 7f 01 38 3b 01 4a ff 01 37 39 01 4b ff 01 35	...8;...
0140	35 01 39 ff 01 35 35 01 47 ff 01 35 35 01 3f ff	5-9...

图 14 MSOP 包示意图

说明：

红色框：Header ID；

黄色框：Data Block 标志位；

1.数据包的 channel data 解析，计算方式：

1) 数据包里的距离值的十六进制数：

0x01,0x40。

2)将数据组成 16bit,为 16bit 无符号整型数据。

表示为：0x0140。

3)距离值转换为十进制数字：320。

4)根据距离分辨率不同，可计算。

5)结果 $320 \times 0.25 = 8\text{m}$ 米。

2.数据包的角度值计算方式：

1)数据包里的角度值得十六进制数：0x88,

0xdb。

2)将数据组成 16bit,为 16bit 无符号整型数据。

表示为：0x88db。

3)转换为十进制数字：35035。

除以 100。

4) 结果：350.35 度。

蓝色框：Channel data 1 的 Azimuth 值；

绿色框：Channel data 1 测距值。

6.2.2.2 角度值定义

在每个Block中，RS-Helios-16P输出的水平角度值是该Block中第一个通道激光测距时的角度值。角度值来源于角度编码器，角度编码器的零位即角度的零点，水平旋转角度值的分辨率为0.01度。事实上每个data block 区域有32组的channel data，对应两次16线测距信息，而每个data block 只有一个水平旋转角度值，因此单回波模式下每个data block 水平旋转角度值对应于该data block 中的第一次16线测距中的第一通道的测量时的水平角度，第二次16线测距中的第一通道的水平角度对应需通过在点云解析过程中进行插值计算得到新的角度（插值做法请参考5.2.2.3 的介绍说明）。

6.2.2.3 角度插值

RS-Helios-16P每隔一组16线激光测距才输出一组水平旋转角度信息，因此在单回波模式下，对于没有输出水平旋转角度信息的那组16线激光测距需要通过插值来获得。有很多方式可以插值，下面的方法是最简单和直接的一种。

对于一个Packet 中的数据，Block 1和Block 2的第一个数据采集的时间间隔是~100us，可以认为在这个期间雷达是匀速旋转的。因此可以计算第N+1组16线激光测距的第一个数据

的水平角度是第N 组16线激光测距的第一个数据的水平角度和第N+2组16线激光测距的第一个数据的水平角度的均值。如下是伪代码，代码会检测在第N组到第N+2组的时候是否水平旋转角度从359.99经过0度。如下设定N=1：

```

// First, adjust for a rollover from 359.99° to 0°
  If (Azimuth[3] < Azimuth[1])
    Then Azimuth[3]:= Azimuth[3]+360;
      Endif;
// Perform the interpolation
Azimuth[2]:=Azimuth[1]+((Azimuth[3]-Azimuth[1])/2);
// Correct for any rollover over from 359.99° to 0°
  If (Azimuth[2]>360)
    Then Azimuth[2]:= Azimuth[2]- 360;
      Endif

```

6.2.2.4 帧尾

帧尾（Tail）长度 6byte，4byte 位预留信息，2byte 的 0x00，0xFF。

6.3 设备信息输出协议（DIFOP）

设备信息输出协议，Device Info Output Protocol，简称：DIFOP

I/O 类型：设备输出，电脑读取；默认端口号为 7788

DIFOP 是为了将设备序列号（S/N）、固件版本信息、上位机驱动兼容性信息、网络配置信息、校准信息、电机运行配置、运行状态、故障诊断信息定期发送给用户的“仅输出”协议，用户可以通过读取 DIFOP 解读当前使用设备的各种参数的具体信息。

一个完整的 DIFOP Packet 的数据格式结构为同步帧头，数据区，帧尾。每个数据包共 1248byte：包括 8byte 同步帧头 Header ， 1238byte 的数据区，以及 2byte 帧尾 Tail。

数据包的基本结构如下表所示。

表 11 DIFOP Packet 的数据格式结构

段落划分	序号	信息	Offset	长度（byte）
Header	0	DIFOP 识别头	0	8
Data	1	电机转速	8	2
	2	以太网	10	22
	3	FOV 设置	32	4
	4	预留	36	2
	5	电机锁相相位	38	2
	6	主板固件版本号	40	5
	7	底板固件版本号	45	5
	8	底板软件版本号	50	5
	9	电机固件版本号	55	5
	10	整机硬件版本号	60	3
	11	网页 cgi 版本号	63	4

	12	预留	67	12
	13	以太网网关	83	4
	14	子网掩码	87	4
	15	预留	91	201
	16	序列号	292	6
	17	零度角标定值	298	2
	18	回波模式	300	1
	19	时间同步方式	301	1
	20	同步状态	302	1
	21	时间	303	10
	22	运行状态	313	18
	23	预留	331	17
	24	故障诊断	342	18
	25	码盘是否被校准	360	1
	26	GPS 的 PPS 脉冲触发方式	361	1
	27	预留	362	20
	28	GPRMC	382	86
	29	垂直角校准	468	48
	30	预留	516	48
	31	水平角校准	564	48
	32	预留	612	634
Tail	33	帧尾	1246	2

注：表格中 Header (DIFOP 识别头) 为 0xA5,0xFF,0x00,0x5A,0x11,0x11,0x55,0x55，可作为包的检查序列。

Tail 帧尾内容为 0x0F,0xF0。

每一项信息的寄存器的定义以及使用参见用户手册附录 B 中的详细描述。

7 垂直角度定义及精确的点时间计算

7.1 角度分布

RS-Helios-16P 在垂直方向的角度范围是 $-15^{\circ}\sim+15^{\circ}$ ，角度间隔为 2° 均匀分布。将 16 个激光器定义为 16 路通道，与真实的垂直角度对应关系如下图所示。

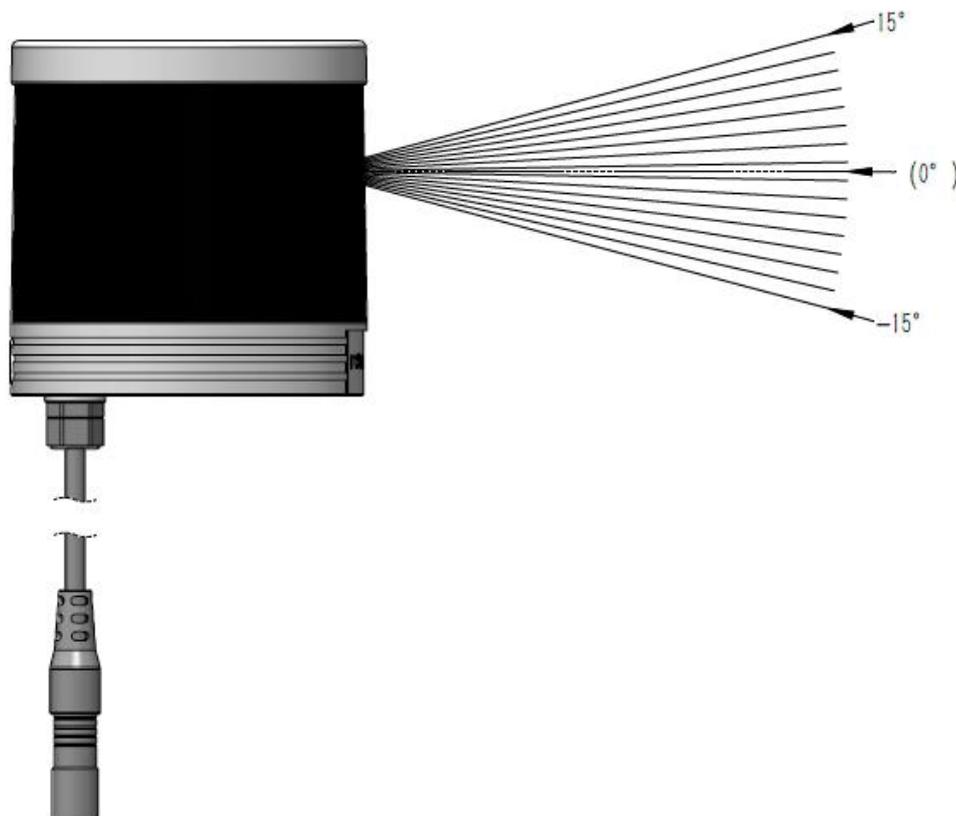


图 15 RS-Helios-16P 俯仰角定义

7.2 精确的点时间计算

在每个 MSOP Packet 中，有 12 个 Block，每个 Block 有 2 组完整的 16 线激光数据，因此一个 Packet 中有 24 组完整的激光数据。16 个通道激光完成一轮发射和充能需要 $55.56\mu\text{s}$ 。单回波及双回波点的时间计算请查下表：

表 12 MSOP Packet 中单回波每个激光点的时间偏移量

Data Block											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	111.11	222.22	333.33	444.44	555.56	666.67	777.78	888.89	1000	1111.11	1222.23
3.15	114.26	225.37	336.48	447.59	558.7	669.81	780.92	892.03	1003.14	1114.25	1225.36
6.3	117.41	228.52	339.63	450.74	561.85	672.96	784.07	895.18	1006.29	1117.4	1228.51
9.45	120.56	231.67	342.78	453.89	565	676.11	787.22	898.33	1009.44	1120.55	1231.66
13.26	124.38	235.49	346.6	457.71	568.82	679.94	791.05	902.16	1013.27	1124.38	1235.49
17.08	128.19	239.3	350.41	461.52	572.64	683.75	794.86	905.97	1017.08	1128.19	1239.31
20.56	131.67	242.78	353.9	465.01	576.12	687.23	798.34	909.46	1020.57	1131.68	1242.79
23.71	134.82	245.93	357.05	468.16	579.27	690.38	801.49	912.61	1023.72	1134.83	1245.94
26.53	137.64	248.75	359.86	470.97	582.08	693.19	804.3	915.41	1026.52	1137.63	1248.74
27.77	138.88	249.99	361.1	472.21	583.32	694.43	805.54	916.65	1027.76	1138.87	1249.98
31.49	142.6	253.72	364.83	475.94	587.05	698.16	809.28	920.39	1031.5	1142.61	1253.72
32.73	143.85	254.96	366.07	477.18	588.29	699.41	810.52	921.63	1032.74	1143.85	1254.96
36.46	147.57	258.68	369.79	480.9	592.01	703.12	814.23	925.34	1036.45	1147.56	1258.67
38.94	150.05	261.16	372.27	483.39	594.5	705.61	816.72	927.83	1038.95	1150.07	1261.18
41.42	152.54	263.65	374.76	485.87	596.98	708.1	819.21	930.32	1041.43	1152.54	1263.65
43.91	155.02	266.13	377.24	488.35	599.46	710.57	821.68	932.79	1043.9	1155.01	1266.12
55.56	166.67	277.78	388.89	500	611.11	722.22	833.33	944.44	1055.55	1166.66	1277.77
58.7	169.82	280.93	392.04	503.15	614.26	725.38	836.49	947.6	1058.71	1169.82	1280.93
61.85	172.97	284.08	395.19	506.3	617.41	728.53	839.64	950.75	1061.86	1172.97	1284.08
65	176.11	287.23	398.34	509.45	620.56	731.67	842.79	953.9	1065.01	1176.12	1287.23
68.82	179.93	291.04	402.15	513.26	624.38	735.49	846.6	957.71	1068.82	1179.93	1291.05
72.64	183.75	294.86	405.97	517.08	628.19	739.3	850.41	961.52	1072.63	1183.74	1294.85
76.12	187.23	298.34	409.45	520.56	631.67	742.78	853.89	965	1076.11	1187.22	1298.33
79.27	190.38	301.49	412.6	523.71	634.82	745.93	857.04	968.15	1079.26	1190.37	1301.48
82.08	193.19	304.31	415.42	526.53	637.64	748.75	859.87	970.98	1082.09	1193.2	1304.31
83.32	194.44	305.55	416.66	527.77	638.88	750	861.11	972.22	1083.33	1194.44	1305.55
87.05	198.16	309.27	420.38	531.49	642.6	753.71	864.82	975.93	1087.04	1198.15	1309.26
88.29	199.4	310.51	421.62	532.73	643.85	754.96	866.07	977.18	1088.29	1199.4	1310.52
92.01	203.13	314.24	425.35	536.46	647.57	758.69	869.8	980.91	1092.02	1203.13	1314.24
94.5	205.61	316.72	427.83	538.94	650.05	761.16	872.27	983.38	1094.49	1205.6	1316.71
96.98	208.09	319.2	430.31	541.42	652.54	763.65	874.76	985.87	1096.98	1208.09	1319.21
99.46	210.57	321.68	432.8	543.91	655.02	766.13	877.24	988.36	1099.47	1210.58	1321.69

表 13 MSOP Packet 中双回波每个激光点的时间偏移量

	Channel ID	Data Block											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
First Firing	1	0	55.56	111.11	166.67	222.22	277.78	333.33	388.89	444.44	500	555.56	611.11
	2	3.15	58.7	114.26	169.82	225.37	280.93	336.48	392.04	447.59	503.15	558.7	614.26
	3	6.3	61.85	117.41	172.97	228.52	284.08	339.63	395.19	450.74	506.3	561.85	617.41
	4	9.45	65	120.56	176.11	231.67	287.23	342.78	398.34	453.89	509.45	565	620.56
	5	13.26	68.82	124.38	179.93	235.49	291.04	346.6	402.15	457.71	513.26	568.82	624.38
	6	17.08	72.64	128.19	183.75	239.3	294.86	350.41	405.97	461.52	517.08	572.64	628.19
	7	20.56	76.12	131.67	187.23	242.78	298.34	353.9	409.45	465.01	520.56	576.12	631.67
	8	23.71	79.27	134.82	190.38	245.93	301.49	357.05	412.6	468.16	523.71	579.27	634.82
	9	26.53	82.08	137.64	193.19	248.75	304.31	359.86	415.42	470.97	526.53	582.08	637.64
	10	27.77	83.32	138.88	194.44	249.99	305.55	361.1	416.66	472.21	527.77	583.32	638.88
	11	31.49	87.05	142.6	198.16	253.72	309.27	364.83	420.38	475.94	531.49	587.05	642.6
	12	32.73	88.29	143.85	199.4	254.96	310.51	366.07	421.62	477.18	532.73	588.29	643.85
	13	36.46	92.01	147.57	203.13	258.68	314.24	369.79	425.35	480.9	536.46	592.01	647.57
	14	38.94	94.5	150.05	205.61	261.16	316.72	372.27	427.83	483.39	538.94	594.5	650.05
	15	41.42	96.98	152.54	208.09	263.65	319.2	374.76	430.31	485.87	541.42	596.98	652.54
	16	43.91	99.46	155.02	210.57	266.13	321.68	377.24	432.8	488.35	543.91	599.46	655.02
Secede Firing	1	0	55.56	111.11	166.67	222.22	277.78	333.33	388.89	444.44	500	555.56	611.11
	2	3.15	58.7	114.26	169.82	225.37	280.93	336.48	392.04	447.59	503.15	558.7	614.26
	3	6.3	61.85	117.41	172.97	228.52	284.08	339.63	395.19	450.74	506.3	561.85	617.41
	4	9.45	65	120.56	176.11	231.67	287.23	342.78	398.34	453.89	509.45	565	620.56
	5	13.26	68.82	124.38	179.93	235.49	291.04	346.6	402.15	457.71	513.26	568.82	624.38
	6	17.08	72.64	128.19	183.75	239.3	294.86	350.41	405.97	461.52	517.08	572.64	628.19
	7	20.56	76.12	131.67	187.23	242.78	298.34	353.9	409.45	465.01	520.56	576.12	631.67
	8	23.71	79.27	134.82	190.38	245.93	301.49	357.05	412.6	468.16	523.71	579.27	634.82
	9	26.53	82.08	137.64	193.19	248.75	304.31	359.86	415.42	470.97	526.53	582.08	637.64
	10	27.77	83.32	138.88	194.44	249.99	305.55	361.1	416.66	472.21	527.77	583.32	638.88
	11	31.49	87.05	142.6	198.16	253.72	309.27	364.83	420.38	475.94	531.49	587.05	642.6
	12	32.73	88.29	143.85	199.4	254.96	310.51	366.07	421.62	477.18	532.73	588.29	643.85
	13	36.46	92.01	147.57	203.13	258.68	314.24	369.79	425.35	480.9	536.46	592.01	647.57
	14	38.94	94.5	150.05	205.61	261.16	316.72	372.27	427.83	483.39	538.94	594.5	650.05
	15	41.42	96.98	152.54	208.09	263.65	319.2	374.76	430.31	485.87	541.42	596.98	652.54
	16	43.91	99.46	155.02	210.57	266.13	321.68	377.24	432.8	488.35	543.91	599.46	655.02

8 故障诊断

在使用设备的过程中，我们会遇到一些常见的使用方面的问题，本章列举了部分常见的问题以及对应的问题排查方法。

故障现象	解决方法
Interface Box 上面红/绿色指示灯不亮/闪烁	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查 Interface Box 与电源端的连接线是否松动
设备电机不旋转	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查 Interface Box 上面指示灯是否正常 ● 检查 Interface Box 与电源/设备端的连接线是否松动
设备在启动时不断重启	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查输入电源连接和极性是否正常 ● 检查输入电源的电压和电流是否满足要求（12V 电压输入条件下，输入电流$\geq 2A$） ● 检查设备安装平面是否水平或雷达底部固定螺丝是否拧的太紧
设备内部旋转，但是没有数据	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查网络连接是否正常 ● 确认电脑端网络配置是否正确 ● 使用另外的软件（例如 wireshark）检查数据是否有被接收 ● 关闭防火墙和其他可能阻止网络的安全软件 ● 检查电源供电正常 ● 尝试重启设备
Wireshark 可以收到数据但是 RSVIEW 不显示点云	<ul style="list-style-type: none"> ● 关闭电脑防火墙，并且运行 RSVIEW 通过防火墙 ● 确认电脑的 IP 配置和设备设置的地址一致 ● 确认 RSVIEW 上面的 Data Port 设置正确 ● 确认 RSVIEW 安装目录或配置文件存放目录不包含任何中文字符 ● 确认 wireshark 中收到的数据包是 MSOP 类型的包
设备存在频发的数据丢失	<ul style="list-style-type: none"> ● 确认网络中是否有大量的其他网络数据包或网路冲突 ● 确认网络中是否存在其他网络设备以广播模式发送大量数据造成传感器数据阻塞 ● 确认电脑的性能和接口性能是否满足要求 ● 移除其他所有网络设备，直连电脑确认是否存在丢包现象
无法同步 GPS/PTP 时间	<ul style="list-style-type: none"> ● 确认已在网页端将同步模式切换到正确模式下 ● 确认 GPS 模块波特率为 9600bps，8bit 数据位，无校验位，停止位 1 ● 确认 GPS 模块输出为 3.3V TTL 还是 RS232 电平 ● 确认 1PPS 脉冲连续且连线正确 ● 确认 GPRMC 的 NMEA 消息格式正确 ● 确认 GPS 模块和 Interface Box 共地 ● 确认 GPS 模块收到了有效的解 ● 确认 GPS 模块处于室外 ● 确认 PTP Master 同步协议是否符合当前 PTP 协议 ● 确认 PTP Master 是否正常工作
设备通过路由器后无数据输出	<ul style="list-style-type: none"> ● 关闭路由器的 DHCP 功能或在路由器内部设置传感器的 IP 为正确的 IP
ROS 驱动显示点云时有固定的空白区域不断旋转	<ul style="list-style-type: none"> ● 此现象正常，是因为 ROS 驱动按照固定包数进行分帧显示，空白部分的数据会在下一帧进行显示

RSVIEW 软件输出点云成一条射线	● 如果是 windows 10 系统请设置 RSVIEW 使用成 windows 7 兼容模式运行
--------------------	----------------------------------------------------

附录 A Web 使用指南

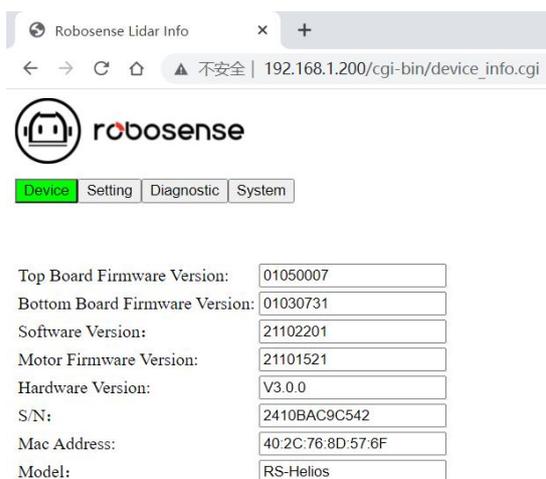
RS-Helios-16P 仅支持通过网页端对设备进行参数设定、运行信息/状态查看及固件升级等操作。

RS-Helios-16P Web 地址跟随 Device IP 变化而变化，出厂默认 Device IP 为 192.168.1.200，若用户更改过 Device IP 则 Web 地址变更为新设定的 IP 地址。

设备按照要求连接及正确配置完成后，使用连接雷达的电脑浏览器访问设备 IP 地址（默认 Device IP “192.168.1.200”）进入雷达 Web 首页，首页默认为“Device”栏

A.1 设备信息

雷达 Web 端默认为设备信息页，如下图所示：



1. Top Board 为主板固件版本；
2. Bottom Board 为底板固件版本；
3. Software Version 为软件版本；
4. Motor Firmware Version 为电机版本；
5. Hardware Version 为硬件版本；
6. S/N 为设备序列号；
7. Model 为产品型号。

图 A-1 Web 端首页信息

A.2 设备参数设定

网页端“Setting”栏为雷达参数设定页，在此处可更改 Device IP、端口号、回波模式、转速及角度触发等功能设定。示意及功能描述如下图所示：

Parameter Setting

不安全 | 192.168.1.200/cgi-bin/param_setting.cgi

robosense

Device Setting Diagnostic System

General Setting Angle Pulse Setting

Device IP Address: 192.168.1.200

Device IP Mask: 255.255.255.0

Device IP Gateway: 192.168.1.1

Destination IP Address: 192.168.1.102

MSOP Port Number(1025~65535): 6699

DIFOP Port Number(1025~65535): 7788

Return Mode: Strongest

FOV Setting(0~360): 0 to 360 DEG

Phase Lock Setting(0~360): 0 DEG

Rotation Speed(0/300/600/1200/1500): 600 RPM

Time Synchronization Source: PTP-GPTP

Operation Mode: High Performance

Noise Filter: ON

Save

图 A-2.1 Web 端雷达设置信息

1. 支持单播（默认）/广播模式，将 Destination IP 设置为 255.255.255.255 则为广播模式，默认出厂为 192.168.1.102；
2. 可更改 MSOP 和 DIFOP 的数据端口，值范围 1025~65535；
3. Return Mode 下拉可选最强（默认）/最后/最前/双回波四种回波模式；
4. 可设置 FOV，角度范围 0° ~360°，当设定后则只输出设定区域点云数据；
5. 用户可设置设定转速，仅支持 600rpm(默认), 1200rpm；
6. 用户可下拉“Time Synchronization Source”选择 GPS、PTP-P2P、PTP-E2E 和 PTP-gPTP 确定同步方式；
7. 用户可下拉“Operation Mode”选择工作模式，分别为 Standby/High Performance（默认）二种工作模式，当选择 Standby 模式时，雷达电机和发射器停止工作。

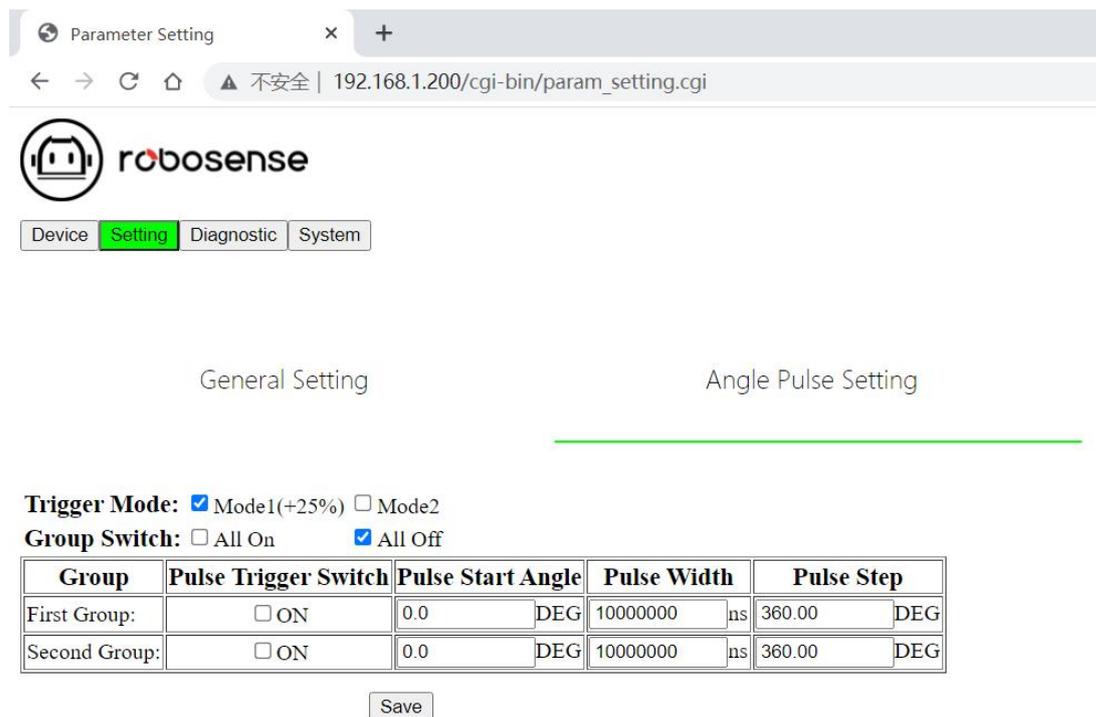


图 A-2.2 Web 端角度触发设定

1.Angle Pulse Setting: 在此栏下进行角度触发功能设置，角度触发功能默认关闭。

2.Trigger Mode: 起始角模式有两种，模式 1 为起始脉宽增加 25%（默认），模式 2 为起始脉宽不增加；

3.Group Switch: 开启/关闭“Pulse Trigger Switch”，当勾选“All On”时，全部开启所有 SYNC 触发设置，默认为“All Off”；

4.Group: 此栏为对应 SYNC OUT 组，RS-Helios-16P 内含 SYNC OUT1 & SYNC OUT2，但电源盒子只引出 SYNC OUT1，具体定义请查看“表 2 Time Synchronization 接口定义”，因此只有【First Group】可用，Second Group 可设置但不生效；

5.Pulse Trigger Switch: 开启/关闭触发功能，当 Pulse Trigger Switch 勾选“ON”开启后选项为可编辑状态，关闭时为灰色不可编辑状态。

6.Pulse Start Angle: 可设置对应的起始角，默认值为 0 度，输入值需为 0.1° 的整数倍；

7.Pulse Width: 可设置对应的脉宽，默认值为 10ms，输入值需为 20ns 的整数倍，占空比最高为 50%；

8.Pulse Step: 可设置对应的步距，默认值为 360 度，输入值需为 0.05° 的整数倍。

注意：

- 1.Device IP 和 Destination IP 需在同一网段，否则可能会导致无法正常连接；
- 2.MSOP 和 DIFOP 值的范围为 1025~65535，且 MSOP 端口和 DIFOP 端口不可设置为同一端口；
- 3.每次更改都需要点击“Save”，提示成功则表示设定生效。

A.3 设备诊断/运行状态

此页可实时查看雷达运行状态，包括电压、电流、实时转速、运行时长及温度等信息，示意及功能描述如下图所示：

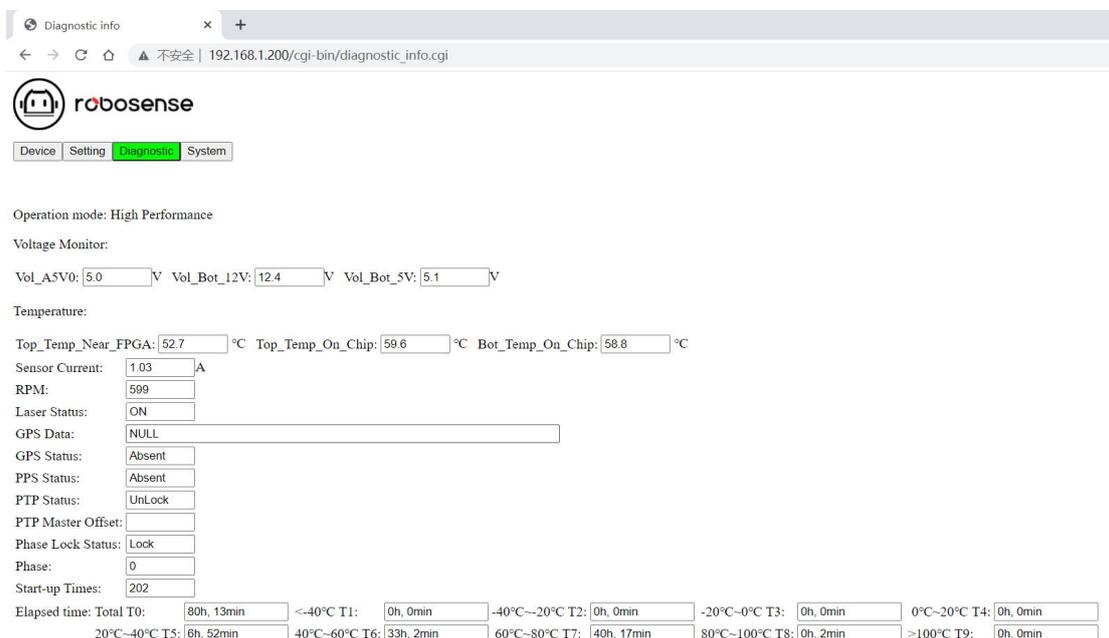


图 A-3 Web 端运行状态/故障诊断

说明：

- 1.Voltage Monitor 为设备电压监控，当设备选择 Standby 模式时，此处会变为红框；
- 2.用户可查看当前设备运行温度；
- 3.可查看 RPM 获取设备当前实时转速信息；
- 4.Laser Status 有“On”（默认）和“Off”两种状态，用户设置 Standby 模式时为“Off”；
- 5.用户可查看 Star-up Times 获取当前设备总启动次数，每断电重启会累加一次；
- 6.用户可查看 Elapsed time Total T0 获取设备总运行时间和设备在各温度下累计工作时间。

注意：

- 1.本页刷新频率为 1 秒；

- 2.若设备电压/电流框变红时，请检查设备当前是否为 Standby 模式，若不是则检查设备是否正常工作；
- 3.设备启动次数为重新上电 1min 后刷新，设备工作时长为 1min 记录一次。

A.4 设备固件升级

点击网页“System”，此页可对设备的主板、底板、软件、Web 及电机固件进行升级，操作如下：

- 1.准备好待升级的固件，选择“浏览文件”
- 2.选择对应待升级固件的文件夹，选中待升级固件后点击“打开”（路径不要有中文）

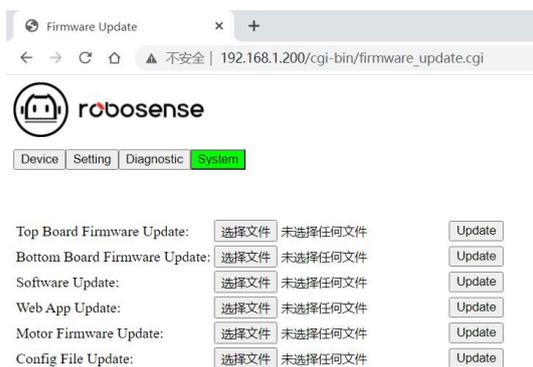


图 A-4 点击打开文件

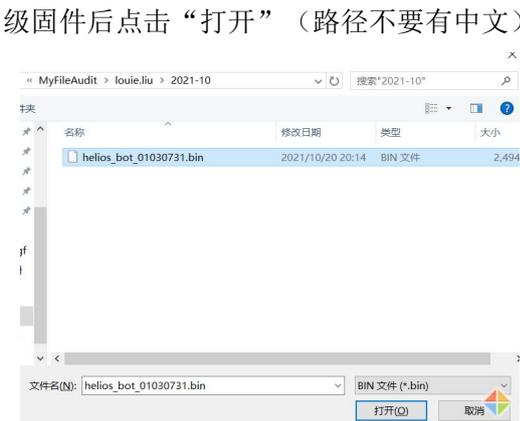


图 A-5 选择待升级固件

- 3.待升级固件文件名变为选中的固件名称后表示加载成功，此时点击“Update”
- 4.网页端提示成功、设备进行自动重启，重启完成后重新登录网页首页查看固件版本是否升级成功。

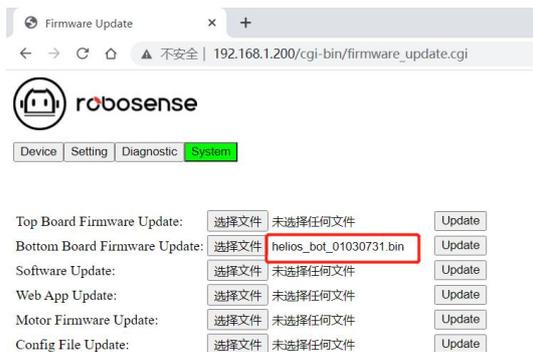


图 A-6 点击升级

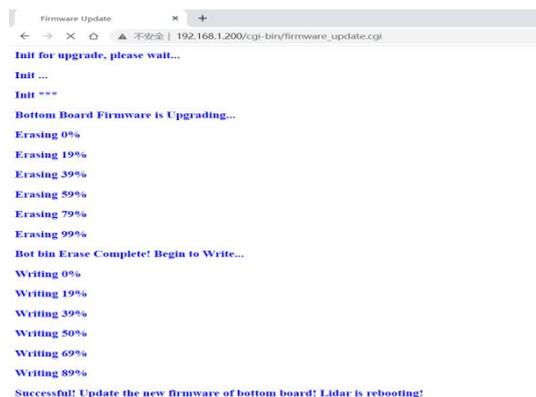


图 A-7 升级成功

注意：升级包名称需符合如下要求，且固件为 Helios-16P 的固件方可正常升级，否则会报错：

- 主板升级文件 顺序逻辑必要前缀 "Helios_top_" 顺序逻辑必要后缀 ".bin"

- 底板升级文件 顺序逻辑必要前缀 "Helios_bot_" 顺序逻辑必要后缀 ".bin"
- 软件升级文件 顺序逻辑必要前缀 "Helios_app_" 顺序逻辑必要后缀 ".elf"
- Web App 升级文件 顺序逻辑必要前缀 "Helios_cgi_" 顺序逻辑必要后缀 ".tar.gz"
- 电机马达升级文件 顺序逻辑必要前缀 "Helios_mot_" 顺序逻辑必要后缀 ".hex"
- 若升级文件名称正确但升级时报“XXX_File sign error”错误，请联系我司技术支持人员提供正确的升级固件。

附录 B 各寄存器定义详情

此处内容补充 5 章节中协议里定义各个信息的定义，便于用户对设备的使用和开发。

B.1 电机转速（MOT_SPD）

电机转速寄存器（共 2bytes）						
序号	byte1	byte2				
功能	MOT_SPD					

寄存器说明：

- （1）本寄存器用以配置电机转向和电机转速；
- （2）数据存储采用大端模式；
- （3）配置转速列表如下：
 - （byte1==0x04）&&（byte2==0xB0）：转速 1200rpm，顺时针旋转；
 - （byte1==0x02）&&（byte2==0x58）：转速 600rpm，顺时针旋转；

配置其他数据，电机转速皆为 0。

B.2 以太网（ETH）

以太网寄存器（共 22bytes）								
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8
功能	LIDAR_IP				DEST_PC_IP			
序号	byte9	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16
功能	MAC_ADDR						port1	
序号	byte17	byte18	byte19	byte20	byte21	byte22		
功能	port2		port3		Port4			

寄存器说明：

- （1）LIDAR_IP 为 LiDAR 的源 IP 地址，占据 4byte
- （2）DEST_PC_IP 为目的 PC 的 IP 地址，占据 4byte
- （3）MAC_ADDR 为 LiDAR 的 MAC 地址

(4) port1~port4 为端口号信息，port1 为 MSOP 包 LiDAR 输出的端口号，port2 为 MSOP 包目的 PC 接收端口号，port3 为 DIFOP 包 LiDAR 输出的本地端口，port4 为 DIFOP 包目的 PC 接收端口号。默认情况建议 port1 和 port2 设置相同，port3 和 port4 设置相同。

B.3 FOV 设置 (FOV_SET)

FOV 设置 (共 4bytes)						
序号	byte1	byte2	byte3	byte4		
功能	FOV_START		FOV_END			

寄存器说明：

设置设备输出有效数据的水平角度范围，FOV_START 和 FOV_END 调整范围 0~36000，对应角度 0~360°，存储方式为大端模式。比如：byte1=0x5d，byte2=0xc0，byte3=0x1f，byte4=0x40，则：

$$\text{FOV_START} = 93 * 256 + 192 = 24000$$

$$\text{FOV_END} = 31 * 256 + 64 = 8000$$

表明有效的数据输出的水平角度范围为 240.00°~80.00°。

注：以上 byte 已由十六进制转化为十进制后进行计算。

B.4 电机锁相相位(MOT_PHASE)

电机锁相寄存器 (共 2bytes)						
序号	byte1	byte2				
功能	MOT_PHASE					

寄存器说明：

调整电机在整数秒的旋转相位，配合 GPS 的 PPS 脉冲使用，调整值范围 0~360，对应角度 0~360°，存储方式为大端模式，比如：byte1=0x01、byte2=0x0e，则电机转动相位值为 $1 * 256 + 14 = 270$ ；

注：以上 byte 已由十六进制转化为十进制后进行计算。

B.5 主板固件版本(TOP_FRM)

主板固件版本 (共 5bytes)						
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	
功能	TOP_FRM					

寄存器说明：

该版本号与主板固件文件版本号对应，对应关系如下：

协议输出版本号： 00 01 02 05 00

即协议输出版本号为：0x0001020500

B.6 底板固件版本(BOT_FRM)

底板固件版本（共 5bytes）						
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	
功能	BOT_FRM					

寄存器说明：

该版本号与固件文件版本号对应，对应关系如下：

协议输出版本号： 00 01 01 01 07

即协议输出版本号为：0x0001010107

B.7 电机固件版本(MOT_FRM)

软件版本（共 5bytes）					
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5
功能	MOT_FRM				

寄存器说明：

该版本号与固件文件版本号对应，对应关系如下：

协议输出版本号： 00 20 11 26 01

即协议输出版本号为：0x0020112601

B.8 软件版本(SOF_FRM)

软件版本（共 5bytes）					
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5
功能	SOF_FRM				

寄存器说明：

该版本号与固件文件版本号对应，对应关系如下：

协议输出版本号： 00 20 12 15 21

即协议输出版本号为：0x0020121521

B.9 垂直角校准（COR_VERT_ANG）

垂直角校准寄存器（共 48bytes）									
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8	byte9
功能	1 通道垂直角度			2 通道垂直角度			3 通道垂直角度		
序号	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16	byte17	byte18
功能	4 通道垂直角度			5 通道垂直角度			6 通道垂直角度		
序号	byte19	byte20	byte21	byte22	byte23	byte24	byte25	byte26	byte27
功能	7 通道垂直角度			8 通道垂直角度			9 通道垂直角度		
序号	byte28	byte29	byte30	byte31	byte32	byte33	byte34	byte35	byte36
功能	10 通道垂直角度			11 通道垂直角度			12 通道垂直角度		

序号	byte37	byte38	byte39	byte40	byte41	byte42	byte43	byte44	byte45
功能	13 通道垂直角度			14 通道垂直角度			15 通道垂直角度		
序号	byte46	byte47	byte48	byte49	byte50	byte51	byte52	byte53	byte54
功能	16 通道垂直角度								

寄存器说明:

(1) 角度值为区分为正负, 每个通道的垂直角度由 3 个 byte 组成, 其中第 1 个 byte 表示正负, 第 2 和第 3 个 byte 组成角度的值, 存储采用大端模式。

(2) 表示正负的第 1 个 byte 属性为 0x00 则通道垂直角度为正, 属性为 0x01 则通道垂直角度为负;

(3) 存储的角度值的 LBS=0.01;

(4) 例如通道 1 寄存器的值为 byte1=0x00, byte2=0x05 转换成十进制 5, byte3=0xd6 转换成十进制 214, 则通道 1 的垂直角度值为: $(5*256+214)*0.01=14.95^{\circ}$ 。

B.10 水平偏移角校准 (COR_HOR_ANG)

垂直角校准寄存器 (共 48bytes)									
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8	byte9
功能	1 通道水平偏移角度			2 通道水平偏移角度			3 通道水平偏移角度		
序号	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16	byte17	byte18
功能	4 通道水平偏移角度			5 通道水平偏移角度			6 通道水平偏移角度		
序号	byte19	byte20	byte21	byte22	byte23	byte24	byte25	byte26	byte27
功能	7 通道水平偏移角度			8 通道水平偏移角度			9 通道水平偏移角度		
序号	byte28	byte29	byte30	byte31	byte32	byte33	byte34	byte35	byte36
功能	10 通道水平偏移角度			11 通道水平偏移角度			12 通道水平偏移角度		
序号	byte37	byte38	byte39	byte40	byte41	byte42	byte43	byte44	byte45
功能	13 通道水平偏移角度			14 通道水平偏移角度			15 通道水平偏移角度		
序号	byte46	byte47	byte48						
功能	16 通道水平偏移角度								

寄存器说明:

(1) 角度值为区分为正负, 每个通道的水平偏移角度由 3 个 byte 组成, 其中第 1 个 byte 表示正负, 第 2 和第 3 个 byte 组成角度的值, 存储采用大端模式。

(2) 表示正负的第 1 个 byte 属性为 0x00 则通道水平偏移角度为正, 属性为 0x01 则通道水平偏移角度为负;

(3) 存储的角度值的 LBS=0.01;

(4) 例如通道 1 寄存器的值为 byte1=0x01, byte2=0x01 转换成十进制 1, byte3=0x96 转换成十进制 150, 则通道 1 的水平偏移角度值为: $-(1*256+150)*0.01=-4.06^{\circ}$

B.11 序列号 (SN)

序列号寄存器 (共 6bytes)						
序号	1byte	2byte	3byte	4byte	5byte	6byte
功能	SN					

类似 mac 地址，以 16 进制共 6bytes 数值指示设备序列号。

B.12 上位机驱动兼容性信息 (SOFTWARE_VER)

上位机驱动兼容寄存器 (共 2bytes)						
序号	byte1	byte2				
功能	SOFTWARE_VER					

提供上位机版本兼容信息说明。

B.13 时间 (UTC_TIME)

时间寄存器 (共 10bytes)									
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8	
功能	sec						us		
序号	byte9	byte10							
功能	us								

注：us 值范围：0~999999;

B.14 运行状态 (STATUS)

运行状态寄存器共 18bytes								
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8
功能	Idat1_reg		Vdat		Vdat_12V_reg		Vdat_5V_reg	
序号	byte9	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16
功能	Vdat_2V5_reg		Vdat_APD		内部调试使用			
序号	17byte	18byte	19byte	20byte	21byte	22byte	23byte	24byte
功能	内部调试使用							
序号	25byte	26byte	27byte	28byte	29byte			
功能	内部调试使用							

注：【Value】代表对应 offset 字节换算后得出的十进制数值，采用大端模式，高位在前，低位在后。

寄存器说明：

(1) Idat 是设备供电电流。电流值大小由 2byte 组成。电流计算公式：

$$\text{Idat} = \text{Value_temp} / 4096 * 5A$$

比如，当 byte1 = 0xc8, byte2 = 0x02 时，实际电流值：

$$\text{Idat} = \text{Value_temp} / 4096 * 5A = 0x02c8 / 4096 * 5A = 0.87A$$

(2) Vdat, 包括 5 路电压值，每路电压值大小由 2byte 组成，各路电压计算公式如下：

$$Vdat = value/4096 \text{ V}$$

$$Vdat_12V_reg = value /4096 * 24.5V$$

$$Vdat_5V_reg = value / 4096 \times 11 \text{ V}$$

$$Vdat_2V5_reg = value / 4096 \times 10 \text{ V}$$

$$Vdat_APD = 516.65 \times (value) / 4096 - 465.8 \text{ V (值为负值)}$$

以上电压计算公式的单位是伏特（V）。

B.15 故障诊断（FALT_DIGS）

故障诊断寄存器（共 40bytes）								
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8
功能	temperature1		temperature2		temperature3		temperature4	
序号	byte9	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16
功能	temperature 5		r_rpm		lane_up	lane_up_cnt		Top_Status
序号	byte17	byte18	byte19	byte20	byte21	byte22	byte23	byte24
功能	Top_Status	GPS_Status	内部调试使用					
序号	byte25	byte26	byte27	byte28	byte29	byte30	byte31	byte32
功能	内部调试使用							
序号	byte33	byte34	byte35	byte36	byte37	byte38	byte39	byte40
功能	内部调试使用							

注：【Value】代表对应 offset 字节转换后得出的十进制数值，采用大端模式，高位在前低位在后。

寄存器说明：

(1) temperature2, temperature3, temperature4 是其他板卡温度。温度计算公式：

$$temperature2\&3\&4 = 200 * (value) / 4096 - 50$$

temperature1, temperature5 分别为底板/主板 FPGA 芯片温度。温度值大小由 2byte 组成，公式为：

$$temperature1\&5 = 503.975 * (value) / 4096 - 273.15$$

(2) byte18 是 GPS 信号输入状态寄存器 gps_st，该寄存器使用 3 个比特位，用于指示当前接入的 PPS 信号和 GPRMC 信号是否有效，同时指示当前系统运行的时间是设备本地计数时间还是同步到 UTC。bit 位定义如下：

GPS 信号输入状态寄存器 GPS_ST			
比特号	功能	状态值	状态说明
bit0	PPS 标志：	0	PPS 信号无效
	PPS_LOCK	1	PPS 信号有效
bit1	GPRMC 标志：	0	GPRMC 信号无效
	GPRMC_LOCK	1	GPRMC 信号有效
bit2	UTC 锁定标志：	0	LiDAR 内部时间没有和 UTC 时间进行同步
	UTC_LOCK	1	LiDAR 内部时间正在和 UTC 时间进行同步

Bit3	GPRMC 输入状态	0	无输入
		1	有输入
Bit4	PPS 输入状态	0	无输入
		1	有输入
bit5~bit7	预留	x	N/A

(3) 电机的实时转速，由 byte32 和 byte33 两个字节组成，计算公式如下：

电机实时转速 = value

比如，当 byte32 = 0x58，byte33 = 0x02 时， $r_rpm=0x0258=600rpm$ 。

(4) 其他寄存器是内部调试使用寄存器

B.16 GPRMC 数据包-ASCII 码数据类型

GPRMC 数据包位预留了 86 个字节，根据外接的 GPS 模块输出的 GPRMC 消息长度自适应完整的存储所接收到的 GPRMC 消息，可以 ASCII 码进行解析查看。

附录 C RSView

在本附录中将展示如何使用 RSView 获取、可视化、保存和回放 RS-Helios-16P 数据。对于从 RS-Helios-16P 得到的原始数据，可以使用一些免费工具去检测，例如 Wireshark 和 tcp-dump。但对于可视化这些数据，使用 RSView 是更为便捷和容易实现的方式，本次使用的版本为 RSView3.1.25。

C.1 软件功能

RSView 提供将 RS-Helios-16P 数据进行实时可视化的功能。RSView 也能回放保存为 pcap 文件格式的数据，但是还不能支持.pcapng 格式的文件。

RSView 将 RS-Helios-16P 得到距离测量值显示为一个点。它能够支持多种自定义颜色来显示数据，例如反射率、时间、距离、水平角度和激光线束序号。所显示的数据能够导出保存为 CSV 格式，RSView3.1.3 以后的版本支持导出 LAS 格式的数据；之前的版本不支持导出 LAS、XYZ 或者 PLY 格式文件。

RSView 所包含的功能:

- 通过以太网实时显示数据
- 将实时数据记录保存为 PCAP 文件
- 从记录的 PCAP 文件中回放
- 不同类型可视化模式，例如距离、时间、水平角度等等
- 用表格显示点的数据
- 将点云数据导出为 CSV 格式文件
- 测量距离工具
- 将回放数据的连续多帧同时显示
- 显示或者隐藏 RS-Helios-16P 中个别线束
- 裁剪显示

C.2 安装 RSView

RSView 的安装文件支持 Windows 的 64 位操作系统，安装前不需要安装其他依赖软件。可以从 Robosense 的官网 (<http://www.robosense.cn/resources>) 上面下载最新版本 RSView 安装包。点击执行并根据安装提示操作即可，安装完后会在桌面生成快捷方式。安

装路径不可以有中文字符。

C.3 设置网路

在第 2 章中有提到雷达出厂时设定的发送电脑的 IP 地址，因此默认情况下需要设定计算机的静态 IP 的地址为 192.168.1.102,子网掩码为 255.255.255.0。此外还需要确保 RSView 没有被防火墙或第三方安全软件给禁止。

C.4 可视化数据

1. RS-Helios-16P 接通电源，并用网线和电脑连接。
2. 右键使用管理员权限运行打开 RSView 软件。
3. 点击 **File > Open** 并且选择 **Sensor Stream** (图 C-1)

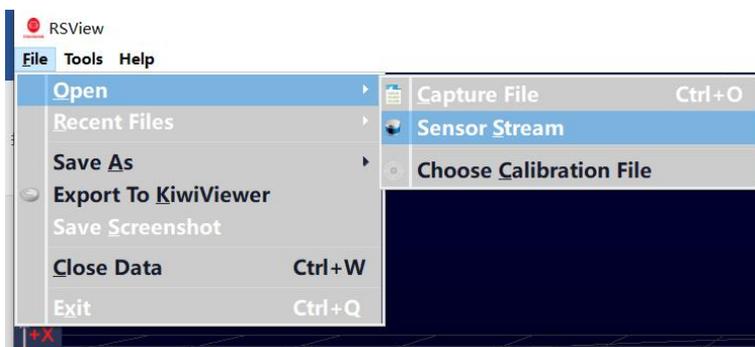


图 C-1 打开 RSView 实时数据显示

4. 在弹出的 **Sensor Configuration** 窗口中，选择 RSHelios-16P，“Type of Lidar”勾选 RSHelios-16P，“Intensity”选择 Mode3,之后点击“OK”即可，如下图 C-2 所示：

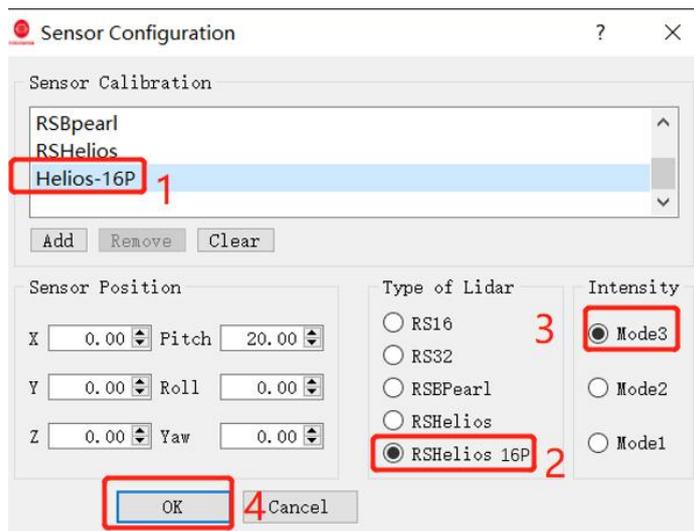


图 C-2 选择 RS-Helios-16P 参数配置文件

5. RSView 开始显示实时采集到数据(图 C-3)。可以通过点击 **Play** 按钮暂停，再点击一次可以继续显示。

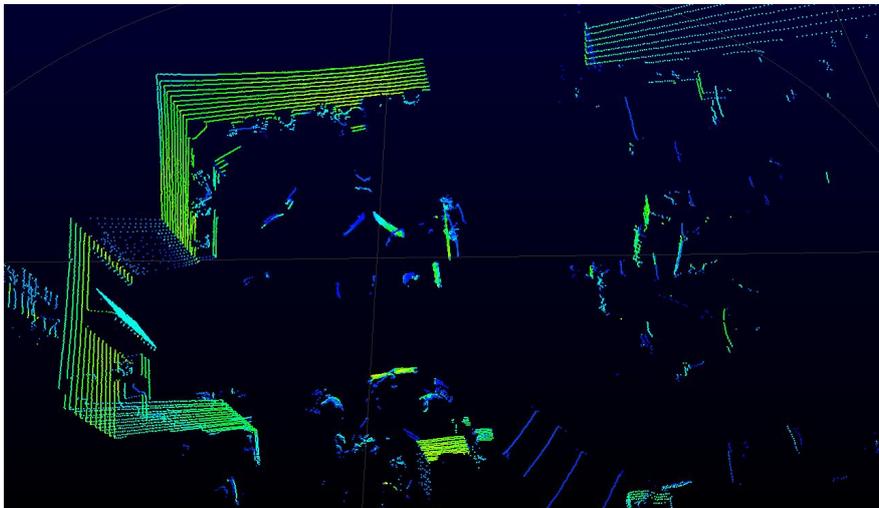


图 C-3 雷达点云数据

C.5 保存 RS-Helios-16P 数据为 PCAP 格式

1. 在实时显示数据时点击 **Record** 按钮(图 C-4)。



图 C-4 RSView 保存按钮

2. 在弹出的 **Choose Output File** 对话框中，选择需要保存的路径和保存的文件名后，点击“保存(S)”按钮(图 C-5)。RSView 将开始将数据包文件写入目标 pcap 文件中。(注意：RS-Helios-16P 将会产生大量的数据，随着记录时间变长，目标 pcap 文件将会变大。因此最好将记录文件保存到 HDD 或者 SSD 中，而不是保存到较慢的 USB 设备或者用网络保存)。

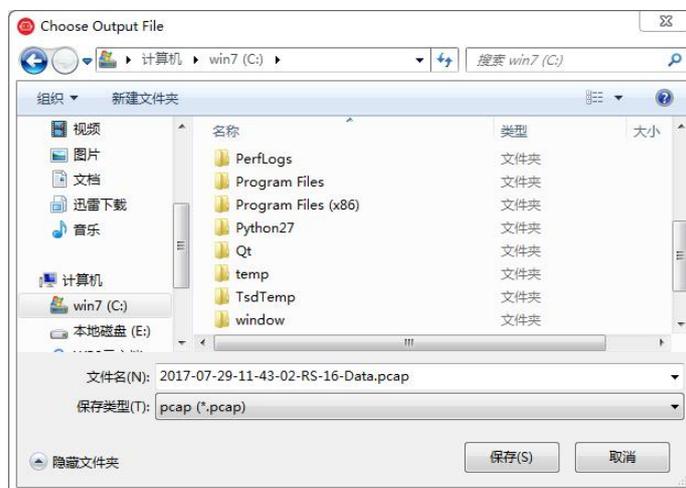


图 C-5 RSView 保存对话框

3. 再次点击 **Record** 按钮停止保存 pcap 数据。

C.6 回放 pcap 数据

可以使用 RSVIEW 对 RS-Helios-16P 保存的数据 pcap 文件进行回放或者测试。您可以使用 **Play** 按钮去播放或者选择数据中个别帧。也可以用鼠标选择 3D 点云数据中的一部分，然后打开表格进行分析。pcap 文件的保存路径不可以有中文。

1. 点击 **File > Open** 并且选择 **Capture File**。

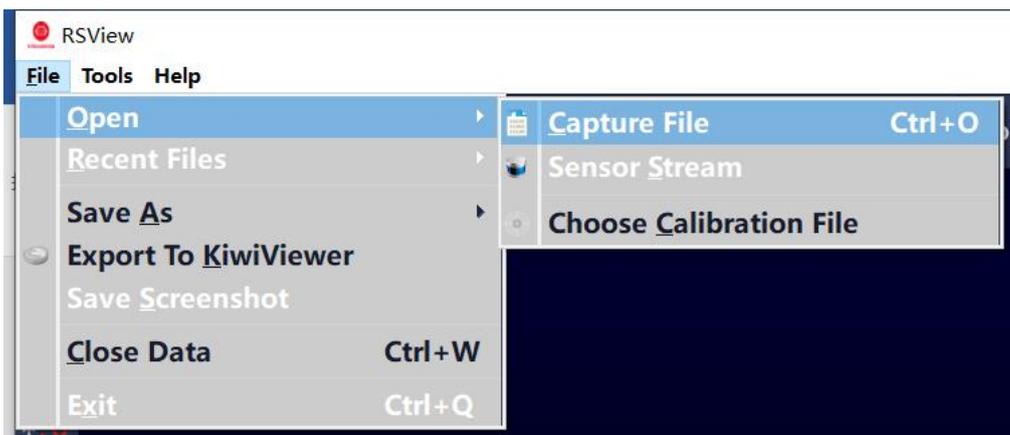


图 C-6 打开 pcap 记录文件

2. 弹出 Open File 对话框，选择一个记录的 pcap 文件并且点击“打开 (O)”按钮。

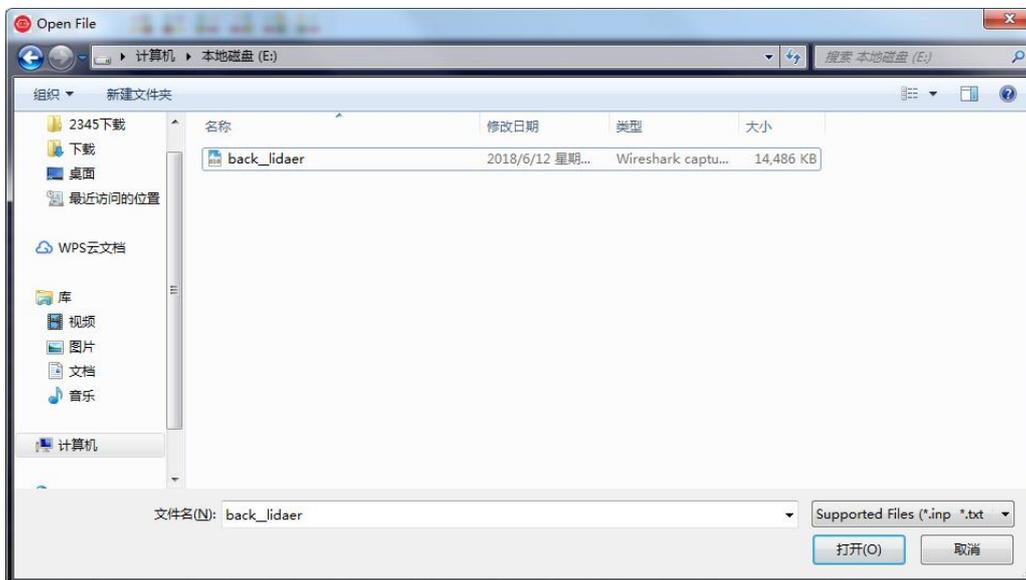


图 C-7 打开 pcap 记录文件

3. 弹出 Sensor Configuration 对话框，添加并选择正确的 RS-Helios-16P 的配置文件并点击 **OK** 按钮。

4. 点击 **Play** 按钮可以播放或者暂停数据。使用 **Scrub** 滑动工具前后滑动可以选择数据中不同位置的帧，此工具和 **Record** 按钮在同一个工具栏内(图 C-8)



图 C-8 RSView Play 按钮和 Scrub 滑动工具

5. 为了得到更为具体的分析,选择一帧您感兴趣的数据并且点击 **Spreadsheet** 按钮(图 C-9)。一个侧边栏数据表将会显示在软件中右边,在表中包含了这一帧所有的数据。



图 C-9 RSView 表格工具

6. 可以调整表格每列的宽度,或者排序得到更直观的显示。

Showing	Data	Attribute:	Point Data	Precision:	3	F			
	Point ID	Points	adjustedtime	azimuth	distance_m	intensity	laser_id	timestamp	
0	739	1.776...	998301570.000	993	10.380	5	11	998301570	
1	752	1.814...	998301620.000	1011	10.415	6	11	998301620	
2	753	1.820...	998301623.000	1012	10.390	25	12	998301623	
3	754	1.829...	998301626.000	1013	10.390	13	13	998301626	
4	766	1.846...	998301670.000	1029	10.415	6	11	998301670	
5	767	1.861...	998301673.000	1030	10.440	25	12	998301673	
6	768	1.861...	998301676.000	1031	10.390	13	13	998301676	
7	769	1.871...	998301679.000	1032	10.410	33	14	998301679	
8	780	1.877...	998301720.000	1047	10.410	6	11	998301720	
9	781	1.893...	998301723.000	1048	10.440	25	12	998301723	
10	782	1.896...	998301726.000	1049	10.405	13	13	998301726	
11	783	1.906...	998301729.000	1050	10.425	40	14	998301729	

图 C-10 RSView 表格显示

7. 点击 Spreadsheet 中的 **Show only selected elements**,可以得到所选择点对应的数据(图 C-11)。

Showing	Data	Attribute:	Point Data	Precision:	3	F			
	Point ID	Points	adjustedtime	azimuth	distance_m	intensity	Show only selected elements.	timestamp	
0	739	1.776...	998301570.000	993	10.380	5		998301570	
1	752	1.814...	998301620.000	1011	10.415	6		998301620	

图 C-11 RSView show only elements 工具

8. 点击 **Select All Points** 工具,这使得您的鼠标变成一个数据点选择工具(图 C-12)。



图 C-12 RSView Select All Points 工具

9. 在 3D 数据显示空间中，使用鼠标画一个长方形框住一些数据点，这些点的数据将会在 Spreadsheet 被选择，并且在图中会变成粉红色(图 C-13)。

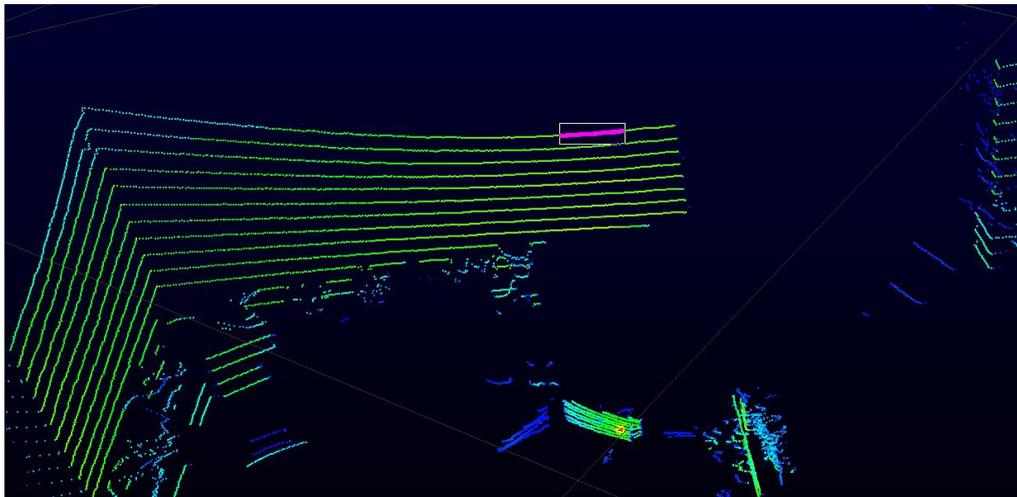


图 C-13 RSView List Selected Points 工具

10. 任何被选中的点都可以通过 Spreadsheet>Show only selected elements>Output CSV data 保存。

C.7 配置 RSView Data Port

RS-Helios-16P 默认的 MSOP 端口号是 6699，默认的 DIFOP 端口号是 7788，如果在 C.7 节中修改了这 2 个参数或用其他方式修改了 RS-Helios-16P 的端口号，我们则需要重新设定 RSView 获取数据的 Data Port 为修改后的端口号，否则将不会有数据显示。如果不知道 RS-Helios-16P 的 MSOP 端口和 DIFOP 端口，可以连接设备到电脑后，使用 Wireshark 软件抓包查看 LiDAR 数据包的 Dst Port。

点击 Tools > Sensor Network Configuration，在 Local MSOP Port 和 Local DIFOP Port 输入修改后的 RS-Helios-16P MSOP Port 和 DIFOP Port，然后点击 OK。

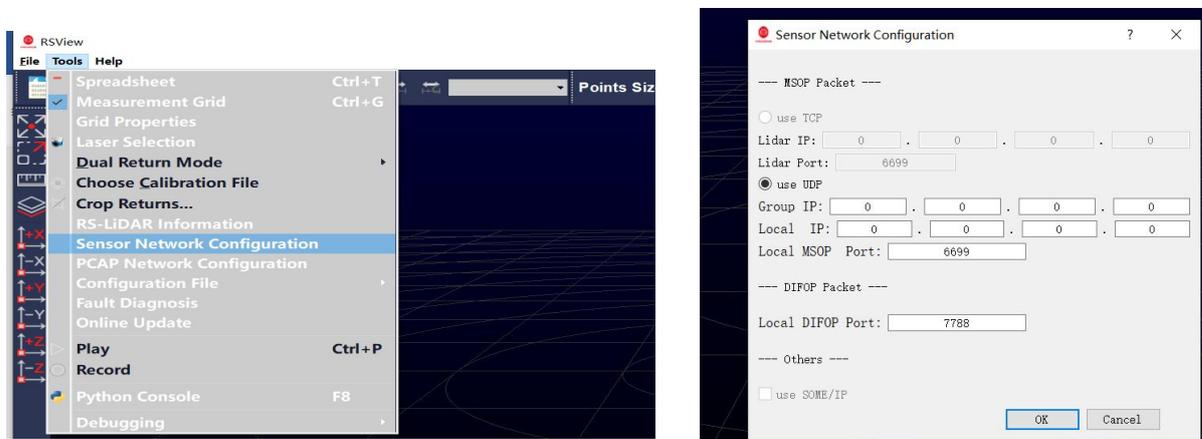


图 C-14 设置端口号

附录 D RS-Helios-16P ROS&ROS2 Package

本附录将说明如何使用 Ubuntu+ROS 或 Ubuntu+ROS2 来获取和可视化 RS-Helios-16P 的数据。

D.1 配置环境

1. 下载并安装 Ubuntu 16.04/18.04/20.04 操作系统 (ROS2 用户可使用 Ubuntu18.04/20.04)。
2. ROS 用户： 根据链接 (<http://wiki.ros.org/kinetic/Installation>) 安装并测试 ROS Kinetic 基本功能。 (Ubuntu18.04 的用户请安装 ROS-melodic)

ROS2 用户： 根据链接(<https://index.ros.org/doc/ros2/Installation/Eloquent/>)安装并测试 ROS2 Eloquent 基本功能。

3. 下载并安装 [libpcap-dev](#)

D.2 下载&编译 RoboSense 雷达驱动包

您可以从 https://github.com/RoboSense-LiDAR/rslidar_sdk 获取最新的雷达驱动包，或联系我司技术支持获取。下载完成后，**请务必仔细阅读驱动包内的 README 文档**，其中详细介绍了如何编译及使用雷达驱动包。

rslidar_sdk 为我司最新的雷达驱动包， 目前已经集成 RS-16, RS-32, RS-BP, RS-Ruby RS-Helios-16P 五款机械式的雷达驱动。 支持三种编译模式：

1. 直接编译

用户进入 rslidar_sdk 驱动包主目录，创建 build 文件夹即可编译运行。

```
mkdir build
cd build
cmake .. && make
./rslidar_sdk_node
```

2. ROS 环境编译

创建 ros 工作目录：

```
cd ~
mkdir -p catkin_ws/src
```

拷贝 rslidar_sdk 驱动包到 ROS 工作目录~/catkin_ws/src 下。 打开 rslidar_sdk 驱动包内的

CMakeLists.txt 文件，将文件顶部的 `set(COMPILER_METHOD ORIGINAL)` 改为 `set(COMPILER_METHOD CATKIN)`。同时将驱动包内的 `package_ros1.xml` 文件复制为 `package.xml`，将驱动包内 `config/config.yaml` 文件中，`lidar_type` 修改为 `RSHELIOS_16P`。

在终端中运行如下命令进行编译：

```
cd ~/catkin_ws
catkin_make
```

3. ROS2 环境编译

创建 `ros2` 工作目录：

```
cd ~
mkdir -p catkin_ws/src
```

拷贝 `rslidar_sdk` 驱动包到 `ROS2` 工作目录 `~/catkin_ws/src` 下。打开 `rslidar_sdk` 驱动包内的 `CMakeLists.txt` 文件，将文件顶部的 `set(COMPILER_METHOD ORIGINAL)` 改为 `set(COMPILER_METHOD COLCON)`。同时将驱动包内的 `package_ros2.xml` 文件复制为 `package.xml`，将驱动包内 `config/config.yaml` 文件中，`lidar_type` 修改为 `RSHELIOS_16P`。

在终端中运行如下命令进行编译：

```
cd ~/catkin_ws
colcon build
```

D.3 配置电脑 IP

默认 `RS-Helios-16P` 固件情况下，配置电脑系统的静态 IP 地址为“192.168.1.102”，子网掩码为“255.255.255.0”，网关不需要配置。

配置完成后，可以通过 `ifconfig` 命令查看静态 IP 是否生效。

D.4 实时显示

在 `rslidar_sdk` 的工程内有详细的文档指导如何在 `ROS` 或 `ROS2` 环境下实时显示点云。这里将简略介绍，以 `ROS` 环境为例。

1. 将 `RS-Helios-16P` 连接网线到电脑，并且上电，运行，等待电脑识别到 `LiDAR` 设备。
2. 使用 `rslidar_sdk` 驱动包里面提供的 `launch` 文件运行来启动实时显示数据的节点程序，该 `launch` 文件位于 `rslidar_sdk/launch/start.launch`。打开一个终端运行：

```
cd ~/catkin_ws  
source devel/setup.bash  
roslaunch rslidar_sdk start.launch
```

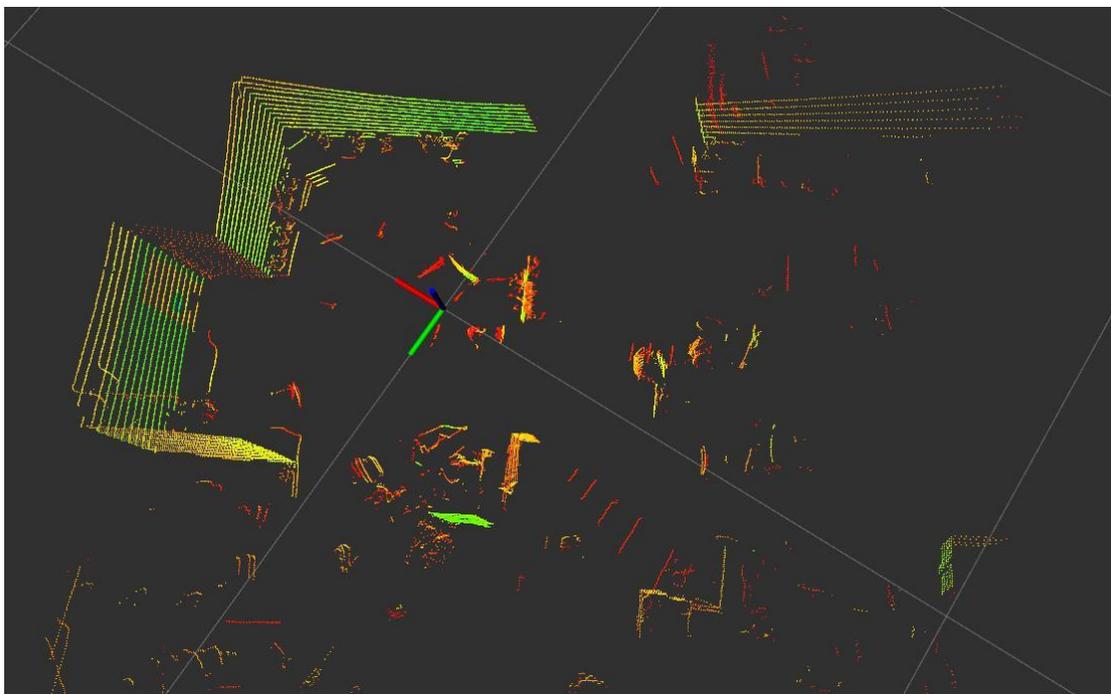


图 D-1 rviz 显示 RS-Helios-16P 点云数据

D.5 查看离线数据

关于如何离线解析数据（rosvbag 或 pcap），在 rslidar_sdk 驱动包内的文档里也有详细的介绍，这里只简略介绍一下，以 pcap 为例。可以利用 rslidar_sdk 来将保存的离线 pcap 文件解析成点云数据进行显示。

1.修改 rslidar_sdk/config/config.yaml 中的参数

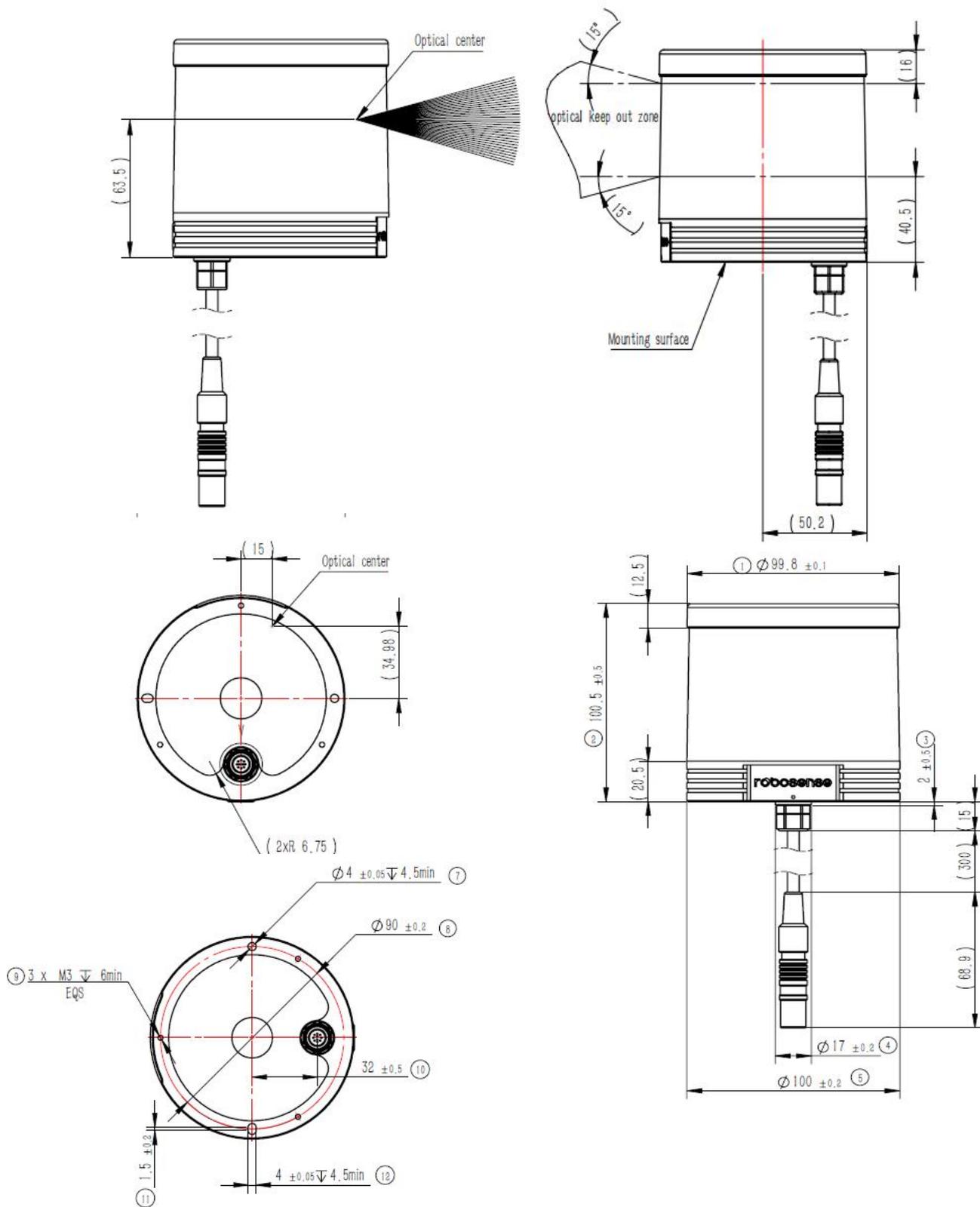
msg_source: 改为 3

pcap_directory: 配置为 pcap 文件的绝对路径 (e.g. /home/robosense/RSHelios-16P.pcap)

2.打开终端，运行节点程序：

```
cd ~/catkin_ws  
source devel/setup.bash  
roslaunch rslidar_sdk start.launch
```

附录 E 结构图纸



附录 F 传感器清洁

为了能够准确地感知周围环境，RS-LiDAR 需要保持洁净，特别是环形的防护罩。

F.1 注意事项

请在清理 RS-LiDAR 前仔细并完整的阅读本附录 F 的内容，否则不当的操作可能会损坏设备。

雷达在环境比较恶劣的情况下使用，需要及时清理表面的脏污保持雷达清洁，否则会影响雷达的正常使用。

F.2 需要的材料

1. 洁净的纤维布
2. 装有中性的温洗皂液的喷雾
3. 装有洁净的水的喷雾
4. 异丙醇溶剂
5. 干净的手套

F.3 清洁方法

如果雷达的表面只是粘附了一些灰尘/粉尘，可直接用洁净的纤维布粘少量的异丙醇溶液，然后轻轻地对雷达表面拭擦清洁，再用一块干燥洁净的纤维布将其擦干。

如果雷达表面沾上了泥浆等块状异物，首先应使用洁净水喷洒在雷达脏污部位表面让泥浆等异物脱离（注意：不能直接用纤维布将泥浆擦掉，这样做可能会划伤表面特别是防护罩表面）。其次用温的肥皂水喷洒在脏污部位，因肥皂水的润滑作用可加速异物的脱离。再次用纤维布轻轻拭擦雷达表面，但注意不要擦伤表面。最后用洁净的水清洗雷达表面肥皂的残留（如果表面仍有残留，可用异丙醇溶液对其再次清洁），同时用一块干燥的微纤维布擦干。



robosense

www.robosense.ai

深圳市速腾聚创科技有限公司

service@robosense.cn / 0755-86325830 / 深圳市南山区桃源街道留仙大道1213号众冠红花岭工业南区2区9栋



Q RoboSense LiDAR