

 400 6325 830



RS-Ruby

— User Manual



www.robosense.ai

修订历史

版本号	修订内容	修订时间	拟制
1.0	初次发行	2019-11-20	PD
1.0.1	更换附录 D 结构图纸 修正部分描述不准确内容	2020-2-18	PD
2.0.0	1.增加 web 网络端功能说明 2.时间格式修改成 UTC 时间格式 3.GPS 时间同步插入 GPS 和 PPS 时序图 4.增加 PTP 时间同步功能说明 5.更新附录中的点云图 6.增加每个点的时间 7.增加 DIFOP 数据包 8.增加附录 B 各寄存器定义详情 9.增加相位锁定说明	2020-6-18	PD
3.0.0	1.增加 V3.0.0 整机航插线序及定义说明; 2.增加 DIFOP 包发包间隔及描述 3.变更附录 D 为当前最新驱动操作 4.更新 GPS 授时时序图 5.增加精确的点时间计算 6.增加快速安装示意图	2020-8-28	PD
3.0.1	1.变更定位销高度尺寸	2020-9-3	PD
3.0.2	1.更正“精确点的时间计算”公式	2020-09-07	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
Temp	设备温度信息
Resv	数据预留位
Symbol	Ruby 数据标志位
Ret_id	Ruby 数据包中的回波 ID
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

目 录

1 安全提示.....	1
2 产品简介.....	2
3 产品规格.....	3
4 电气接口.....	5
4.1 设备电源.....	5
4.2 电气安装.....	5
4.3 Interface Box 接口说明.....	7
4.4 Interface Box 连接.....	8
5 通信协议.....	9
5.1 主数据流输出协议（MSOP）.....	10
5.1.1 帧头.....	10
5.1.2 数据块区间.....	11
5.1.3 帧尾.....	13
5.1.4 数据包示范数据.....	13
5.2 设备信息输出协议（DIFOP）.....	14
6 时间同步方式.....	16
6.1 GPS 同步.....	16
6.1.1 GPS 时间同步原理.....	16
6.1.2 GPS 使用.....	16
6.2 PTP 同步.....	17
6.2.1 PTP 同步原理.....	17
6.2.2 PTP 接线方式.....	18
6.2.3 时间计算.....	19
7 关键特性.....	20
7.1 回波模式.....	20
7.1.1 回波模式原理.....	20
7.1.2 最强回波.....	20
7.1.3 最强，最后及双回波.....	20
7.1.4 回波模式标志.....	20
7.2 相位锁定.....	21
8 点云呈现.....	22
8.1 坐标映射.....	22
8.2 通道定义.....	22
9 反射强度信息解读.....	24
10 故障排除.....	25
附录 A Web 使用指南.....	27
A.1 访问雷达 Web 网页.....	27
A.2 设备参数设定.....	28
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 软件版本(SOF_FRM).....	33
B.8 垂直角校准 (COR_VERT_ANG)	34
B.9 水平偏移角校准 (COR_HOR_ANG)	35
B.10 序列号 (SN)	36
B.11 时间 (UTC_TIME)	36
B.12 GPRMC 数据包-ASCII 码数据类型.....	36
附录 C 精确的点时间计算.....	37
附录 D RSView.....	41
D.1 软件功能.....	41
D.2 安装 RSView.....	41
D.3 设置网路.....	42
D.4 可视化数据.....	42
D.5 保存 RS-Ruby 数据为 PCAP 格式.....	43
D.6 回放 pcap 数据.....	44
附录 E RS-Ruby ROS&ROS2 Package.....	48
E.1 配置环境.....	48
E.2 下载&编译 RoboSense 雷达驱动包.....	48
E.3 配置电脑 IP.....	49
E.4 实时显示.....	49
E.5 查看离线数据.....	50
附录 F 结构图纸.....	51
附录 G 机械安装建议.....	52
附录 H 传感器清洁.....	53
H.1 注意事项.....	53
H.2 需要的材料.....	53
H.3 清洁方法.....	53

非常感谢您购买了 RS-Ruby 激光雷达产品，请您认真阅读并祝您使用愉快！

1 安全提示

为避免损坏设备及违反保修条款，请勿私自拆开或改装传感器。

- 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;



- 阅读说明 - 请在使用本产品之前，认真阅读所有安全和操作说明。
- 注意表面过热标识，谨防发生意外。



- 遵循说明 - 请遵循所有操作和使用说明。
- 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 - 在操作中描述的内容之外，请不要尝试维修产品。如需维修，请及时联系本公司。

2 产品简介

RS-Ruby 是深圳市速腾聚创科技有限公司最新推出的 128 线激光雷达,是世界领先的高性能多线激光雷达,主要面向无人驾驶汽车环境感知领域。

RS-Ruby 采用混合固态激光雷达方式,测量距离 250 米,测量精度高至 $\pm 3\text{cm}$,出点数高达 2304000 点/秒(单回波),水平测角 360° ,垂直测角 $-25^\circ\sim 15^\circ$ 。

RS-Ruby 通过 128 个激光发射器快速旋转的同时发射高频率激光束对外界环境进行持续性的扫描,经过测距算法提供三维空间点云坐标及物体反射强度,可以让机器看到周围的世界,为定位、导航、避障等提供有力的保障。

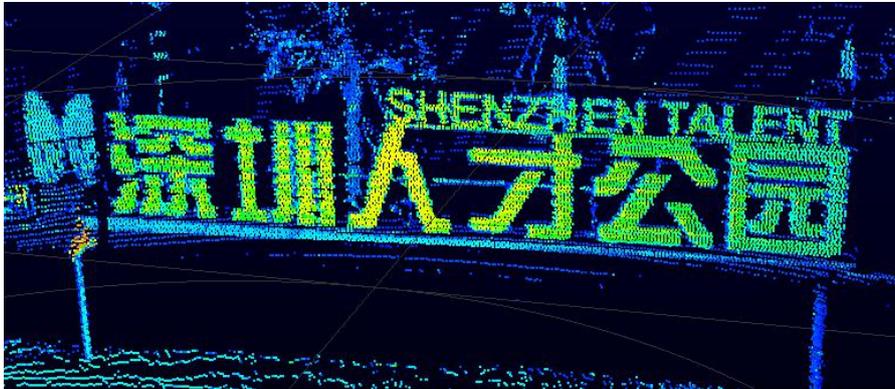


图 1 RS-Ruby 激光雷达成像系统

该设备的使用过程包括以下步骤:

- 连接 RS-Ruby 设备;
- 解析数据包获得旋转角,测距信息,以及校准的反射强度;
- 依据雷达的旋转角,测距以及垂直角度计算 XYZ 坐标值;
- 根据需求存储数据;
- 可读取设备当前状态配置信息;
- 可根据需求重新配置以太网、时间、转速信息。

3 产品规格¹

表 1 产品规格

传感器	<ul style="list-style-type: none"> ● TOF 法测距，包含反射强度信息 ● 128 通道，非线性分布 ● 测距：V2.0.0 版本：2m 至 250m（160m@10% NIST）² V3.0.0 版本：1m 至 250m（200m@10% NIST）² ● 精度：±3cm（典型值）³ ● 视角（垂直）：-25°~+15° ● 角分辨率（垂直）：最小 0.1° ● 视角（水平）：360° ● 角分辨率（水平/方位角）：0.1°（5Hz）/0.2°（10Hz）/0.4°（20Hz） ● 转速：300/600/1200rpm（5/10/20Hz）
激光	<ul style="list-style-type: none"> ● Class 1 ● 波长：905nm ● 激光发射角（全角）：水平 1.5mrad，垂直 3.6mrad
输出	<ul style="list-style-type: none"> ● ~2.3M 点/秒 ● 千兆以太网 ● UDP 包中包含 <ul style="list-style-type: none"> 距离信息 旋转角度信息 经校准的反射强度信息 时间标签（分辨率 1us）
机械 / 电子操作	<ul style="list-style-type: none"> ● 功耗：45w(典型值)⁴

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 测距能力以 10% NIST 漫反射板作为目标，测试结果会受到环境影响，包括但不限于环境温度、光照强度等因素；

³ 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；

⁴ 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；

	<ul style="list-style-type: none">● 工作电压：19-32VDC（推荐使用 19V）● 重量：3.75kg（不包含数据线）● 尺寸：直径 166mm * 高 148.5 mm● 防护安全级别：IP67● 工作温度范围：-30℃~+60℃⁵● 存储温度范围：-40℃~+85℃
--	--

⁵ 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；

4 电气接口

4.1 设备电源

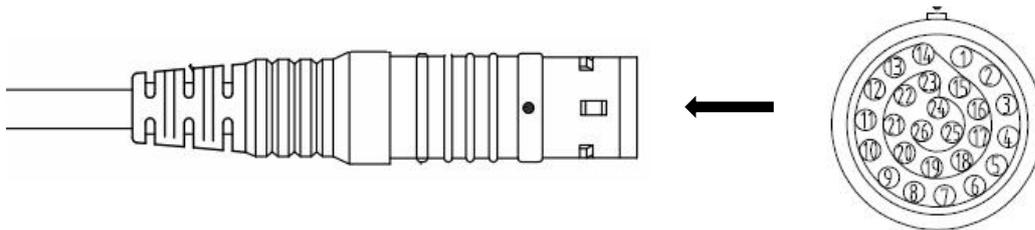
在配备接口盒子一同使用的时候，设备供电要求电压范围 19-32 VDC，推荐使用 19 VDC。

设备工作状态下功耗约为 45W（典型值）。

4.2 电气安装

RS-Ruby 使用航插接口，雷达侧面主机到航插头的线缆长度为 1 米。雷达端航插接口上具体引脚定义如下，

注意：我司航插有两种规格且两者互不通用，可查看雷达底部标签“Revision”区分，V2.0.0 及以前版本为早期规格，V3.0.0 及其以上的版本为最新规格。



Pin	Wire Color	Function
1	Black/Brown	GROUND
2	Black	Gigabit network differential signal
3	Brown	Gigabit network differential signal
4	Black/Green	GROUND
5	Red	Gigabit network differential signal
6	Orange	Gigabit network differential signal
7	White/Orange	GROUND
8	Yellow	Gigabit network differential signal
9	Green	Gigabit network differential signal
10	White/Purple	GROUND
11	Blue	Gigabit network differential signal
12	Purple	Gigabit network differential signal
13	Yellow/Brown	GROUND
14	Black/Red	GROUND
15	Black/Orange	PWR
16	Black/Yellow	PWR
17	White/Black	PWR

18	White/Brown	PWR
19	White/Red	PWR
20	White/Yellow	PWR
21	White/Green	Reserved serial signal
22	White/Blue	Reserved serial signal
23	Yellow/Green	GPS_PULSE
24	Yellow/Gray	GPS_REC
25	Yellow/Blue	Reserved signal
26	Yellow/Purple	GROUND

图 2 V2.0.0 版本及以前航插接口引脚序号

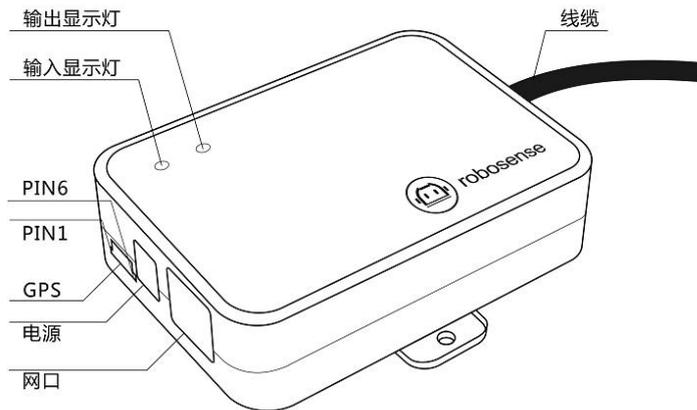
Pin	Wire Color	Function
1	White/Black	GROUND
2	Brown/Black	Gigabit network differential signal
3	Brown	Gigabit network differential signal
4	Blue/Black	GROUND
5	Black/Orange	Gigabit network differential signal
6	Orange	Gigabit network differential signal
7	Yellow/Black	GROUND
8	Red/Black	Gigabit network differential signal
9	Red	Gigabit network differential signal
10	Light blue/Black	GROUND
11	Light purple/Black	Gigabit network differential signal
12	Light purple	Gigabit network differential signal
13	Light green/Black	GROUND
14	White	GROUND
15	Purple/Black	PWR
16	Purple	PWR
17	Blue	PWR
18	Green/Black	PWR
19	Green	PWR
20	Yellow	PWR
21	Pink/Black	GPS_PULSE
22	Pink	GPS_REC
23	Light Blue	Reserved serial signal
24	Gray/Black	Reserved serial signal
25	Gray	Reserved signal
26	Light Green	GROUND

图 3 V2.0.0 版本以上航插接口引脚序号

4.3 Interface Box 接口说明

RS-Ruby 出厂默认接驳 Interface BOX。

RS-Ruby 附件 Interface BOX 具有电源指示灯及各类的接口，可接驳电源输入、网线及 GPS 输入线。其端口包含：设备电源输入（DC 5.5-2.1 母座），RS-Ruby 数据输出（RJ45 网口座）以及 GPS 设备输入（SH1.0-6P 母座）。航插版接口盒线长为 3 米，有其他线长需求请联系 Robosense 技术支持。接口盒 GPS 口的定义和电平要求对应的位置如下图所示：



Pin No.	function
1	GPS_PULSE
2	+5V
3	GND
4	GPS_REC
5	GND
6	NC

图 4 Interface BOX 接口定义

注意：RS-Ruby 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。

电源正常输入时，红色电源输入指示灯亮起；绿色指示灯默认常亮，当红色指示灯点灭，Interface BOX 进入保护状态。如红色或绿色指示灯（接上 GPS 模块）不亮时，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，请返厂维修。

GPS 接口定义：GPS REC 为 GPS UART 输入；GPS PULSE 为 GPS PPS 输入。

电源接口使用标准 DC 5.5-2.1 接口。

4.4 Interface Box 连接

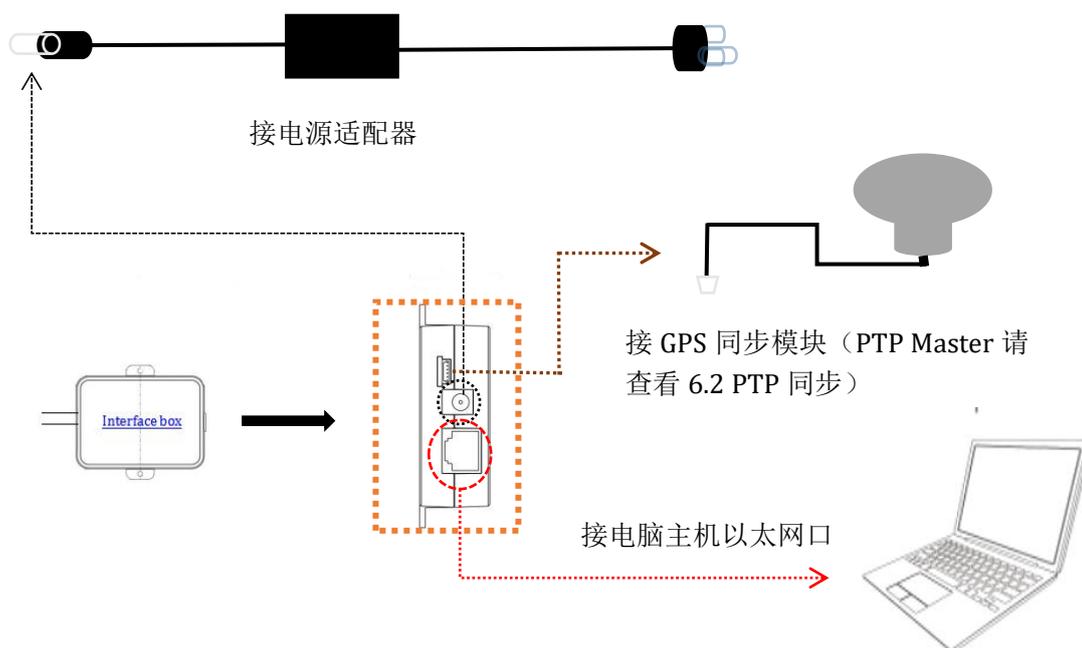


图 5 Interface Box 连接示意图

5 通信协议

RS-Ruby 与电脑之间的通信采用以太网介质，使用 UDP 协议。文中所有涉及 UDP 的协议包均为 1248byte 定长。RS-Ruby 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 2 出厂默认网络配置表

	IP 地址	MSOP 包端口号	DIFOP 包端口号
RS-Ruby	192.168.1.200	6699	7788
电脑	192.168.1.102		

设备默认 MAC 地址是在工厂初始设置的，每台设备 MAC 地址唯一。

使用设备的时候，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，请将主机子网掩码设置为 0.0.0.0 后连接设备并使用 wireshark 抓取设备输出包进行分析。

设备输出的协议为 MSOP 协议，内容如下表所示：

表 3 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。

5.1 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。

MSOP 包完成三维测量相关数据输出，包括激光测距值、回波的反射强度值、水平旋转角度值和时间戳。MSOP 包的有效载荷长度为 1248 字节，其中 80bytes 的同步帧头 Header，1164bytes 的数据块区间（共 3 个 388bytes 的 data block），以及 4bytes 帧尾 Tail。

单回波数据包的基本结构如下图所示：

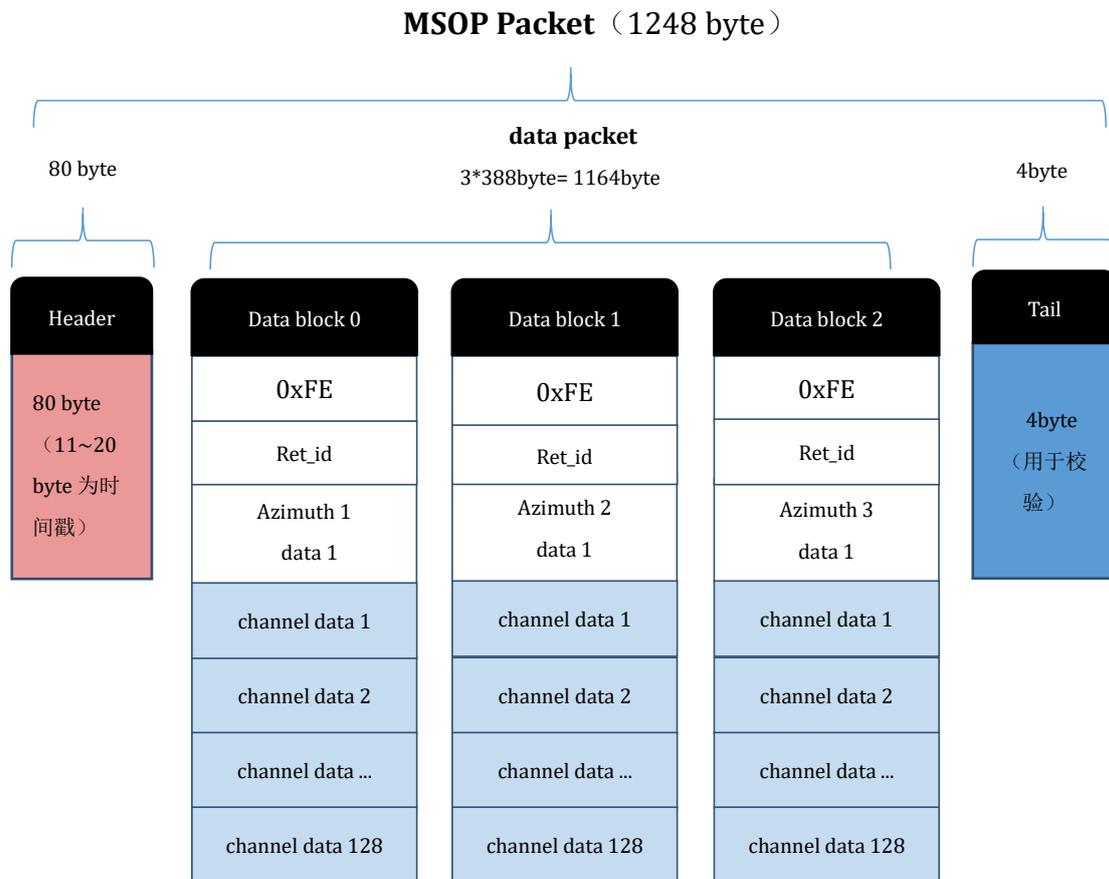


图 6 MSOP Packet 数据包定义示意图

5.1.1 帧头

帧头 Header 共 80bytes，用于识别出数据的开始位置，回波设置，传感器温度以及存储时间戳。详细定义如下：

表 4 Header 定义

Header (80bytes)					
Header	Resv	Wave_mode	Temp	Time	Resv
4bytes	3bytes	1byte	2bytes	10bytes	60bytes

Header: 可作为包的检查序列, 识别头为 0x55,0xAA,0x05,0x5A;

Wave_mode: 采用大端模式, 低 4bit 用于选择回波模式, 对应 bit 位表示是否选择对应的回波, 详情见表 6:

Temp: 设备温度信息;

Time: 用于存储时间戳, 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.11 中的时间定义。

Resv: 预留处理。

5.1.2 数据块区间

数据块区间是 MSOP 包中传感器的测量值部分, 共 1164byte。它由 3 个 data block 组成, 每个 data block 长度为 388byte, 代表一组完整的测距数据。详细定义如下:

表 5 Data block 定义

Data block n (388bytes)					
Symbol	Ret_id	Azimuth	Channel1_data	...	Channel128_data
1bytes	1byte	2bytes	3bytes	...	3bytes

Symbol: 标志位, 使用 0xFE 表示;

Ret_id: 表示回波 ID, 和 wave_mode 对应关系见表 6;

Azimuth: 表示水平旋转角度信息, 每个角度信息对应着 128 个的 channel data, 包含 1 组完整的 128 通道信息;

Channel data: 每个 channel data 占用 3byte, 每个 data block 包含 128 个 channel data (详细定义见表 7)。(通道序号与垂直角度的关系参见附录 C 中的定义)。

表 6 Wave_mode 与 Ret_id 对应表

Wave_mode 与 Ret_id 对应表		
定义 模式	Wave_mode	Ret_id
最强回波	1	1
最后回波	2	2
双回波	3	1,2; 1,2 ...

5.1.2.1 角度值定义

在每个 Block 中，RS-Ruby 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。

例如，在图 7 中，数据包的角度值计算方式是：

获取的数据包里的角度值得十六进制数：0x59, 0x39。

将数据组成 16bit，为 16bit 无符号整型数据。表示为：0x5939。

转换为十进制数字：22841。

除以 100。

结果：228.41 度。

因此，这次的发射激光角度值为 228.41 度。

注意：设备规定的角度值为零对应的位置为图 12 中 Y 轴正方向所指位置。

5.1.2.2 channel data 定义

channel data 是 3byte，高两字节共 16 位，用于距离信息存储；低一字节用于表示反射率信息，如下表所示。

表 7 channel data 定义

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

Distance 是 2byte，单位为 cm，分辨率是 0.5cm。

channel data 的解析如下：

例如，图 7 中，获取数据包里的距离值的十六进制数为：0x08, 0x4b。

0x08 为距离的高位，转换为十进制为 8，0x4b 为距离的低位，转化为十进制为 75。

因此：距离=距离的高位*256+距离的低位=8*256+75=2123。

根据距离分辨率，转化为米：2123*0.005=10.615m。

因此，本次的测距距离是 10.615 米。

反射率信息为相对反射率，其具体定义参考“反射率信息解读”章节的描述，反射强度信息可

以反映实测环境下系统的反射率性能，通过反射强度信息可以完成对不材质物体的区分。

5.1.3 帧尾

帧尾 (Tail) 长度 4byte, 预留用于校验。

5.1.4 数据包示范数据

下图显示了 MSOP 数据包的内容和相关的解析过程。

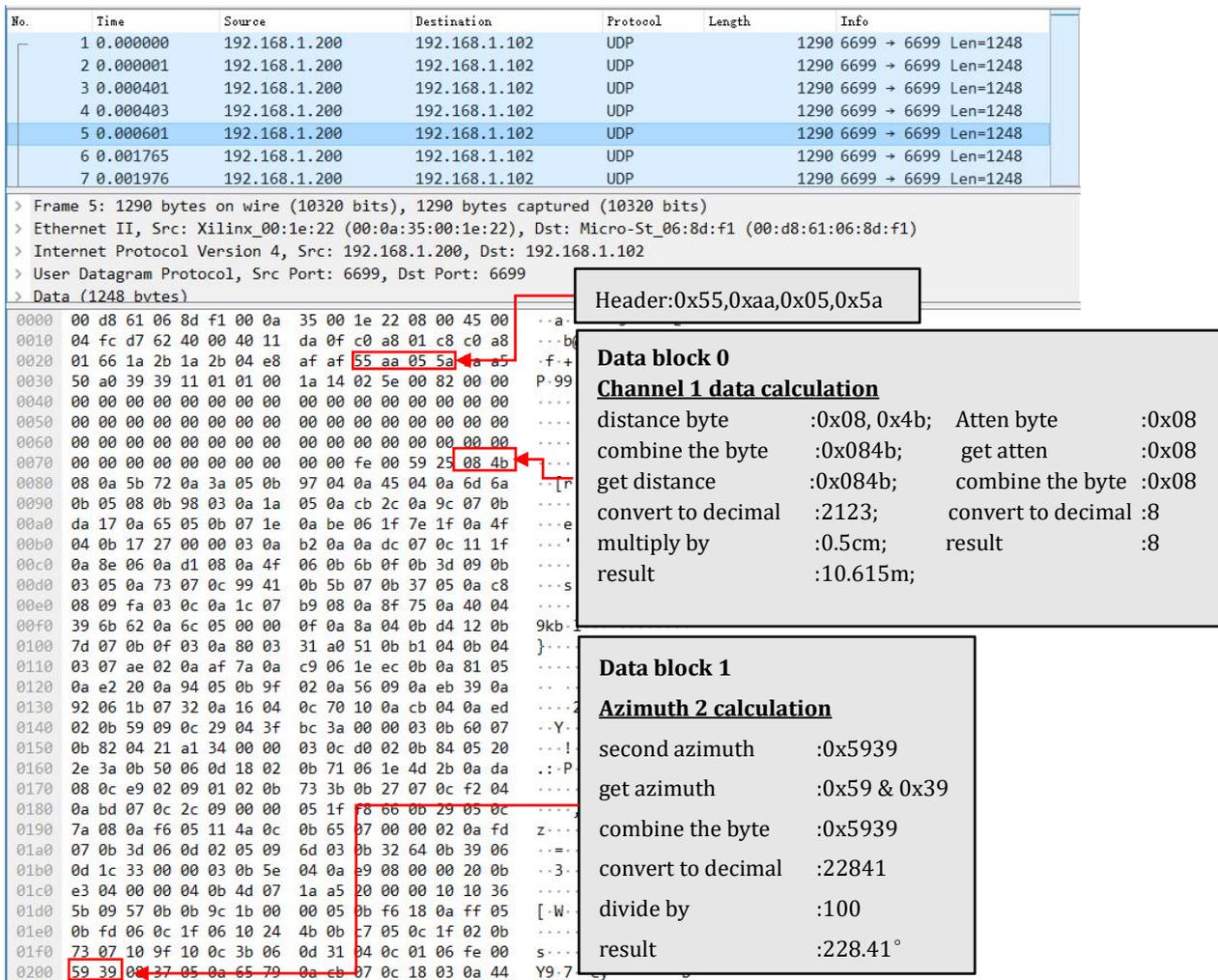


图 7 data block 区数据展示

5.2 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、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 8 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	电机转速设置	8	2
	2	以太网 IP 源地址	10	4
		以太网 IP 目标地址	14	4
		以太网 IP 本机 MAC 地址	18	6
		MSOP 端口号	24	2
		预留	26	2
		DIFOP 端口号	28	2
		预留	30	2
	3	FOV 起始角度	32	2
		FOV 结束角度	34	2
	4	预留	36	2
	5	电机锁相相位	38	2
	6	主板固件版本号	40	5
		底板固件版本号	45	5
		底板软件版本号	50	5
		电机固件版本号	55	5
		设备整机硬件版本号	60	3
	7	预留	63	229
	8	产品序列号	292	6
	9	零度角标定值	298	2
10	回波模式	300	1	
11	时间同步方式设置	301	1	
	时间同步状态	302	1	

		时间	303	10
	12	运行状态	313	24
	13	预留	337	5
	14	故障诊断预留	342	9
		启动次数	351	2
		磁环误码率	353	4
		GPS 状态	357	1
		温度监测	358	10
		预留	368	3
		电机实时相位值	371	2
		实时转速	373	2
		预留	375	7
	15	GPRMC	382	86
	16	垂直角校准	468	384
		水平角校准	852	384
	17	预留	1236	10
Tail	18	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。

6 时间同步方式

RS-Ruby 支持 GPS+PPS 和 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）

6.1 GPS 同步

RS-Ruby 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。

6.1.1 GPS 时间同步原理

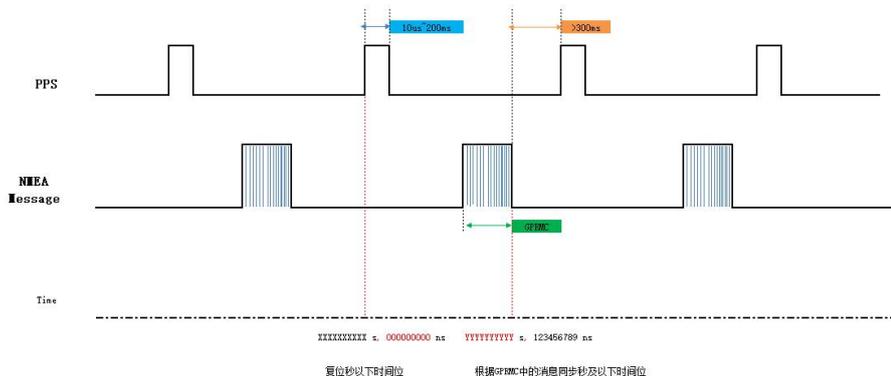


图 8 GPS 时间同步时序图

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 10us 至 200ms，GPRMC 数据必须在同步脉冲 500ms 内完成。

6.1.2 GPS 使用

RS-Ruby 雷达 GPS_REC 接口电平协议为 RS232 电平标准；RS-Ruby 电源盒上面的 GPS_REC 接口规格为 SH1.0-6P 母座，引脚定义如图 4 所示。

引脚定义：

引脚 GPS REC 接收来自 GPS 模块输出的 RS232 电平标准的串口数据。

引脚 GPS PULSE 接收 GPS 模块输出的正同步脉冲信号，电平要求 3.0V~15.0V；

引脚+5V 可以给 GPS 模块供电（如果是 3.3V 供电的 GPS 模块请自行进行电压转换。同时不要对+5V 引脚进行输入供电，因为该引脚是输出引脚）。

引脚 GND 为外接 GPS 模块提供接地。

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-Ruby 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

6.2 PTP 同步

6.2.1 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 则可达到亚微秒级。

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。

6.2.2 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。

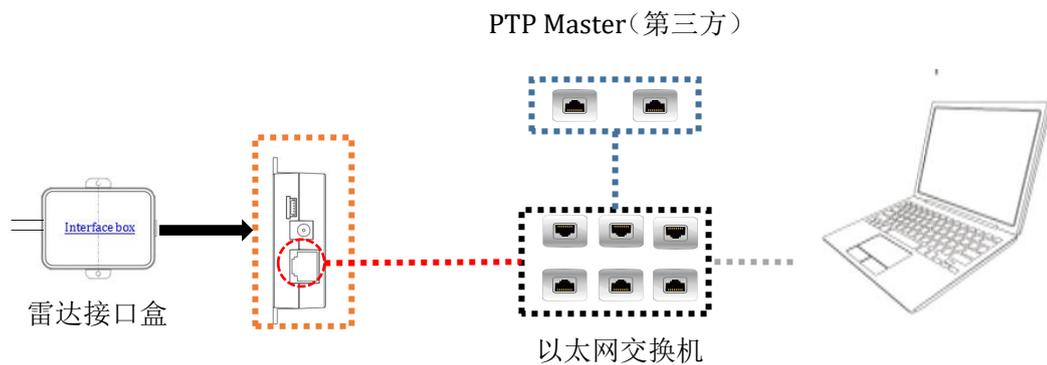


图 9 PTP 连接示意图

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。

6.2.3 时间计算

MSOP 数据包中包含时间信息，不进行外部时间同步时使用一组默认时间进行计时，使用外部时间同步后时间会更新。

点云数据包中的时间戳解析如下：

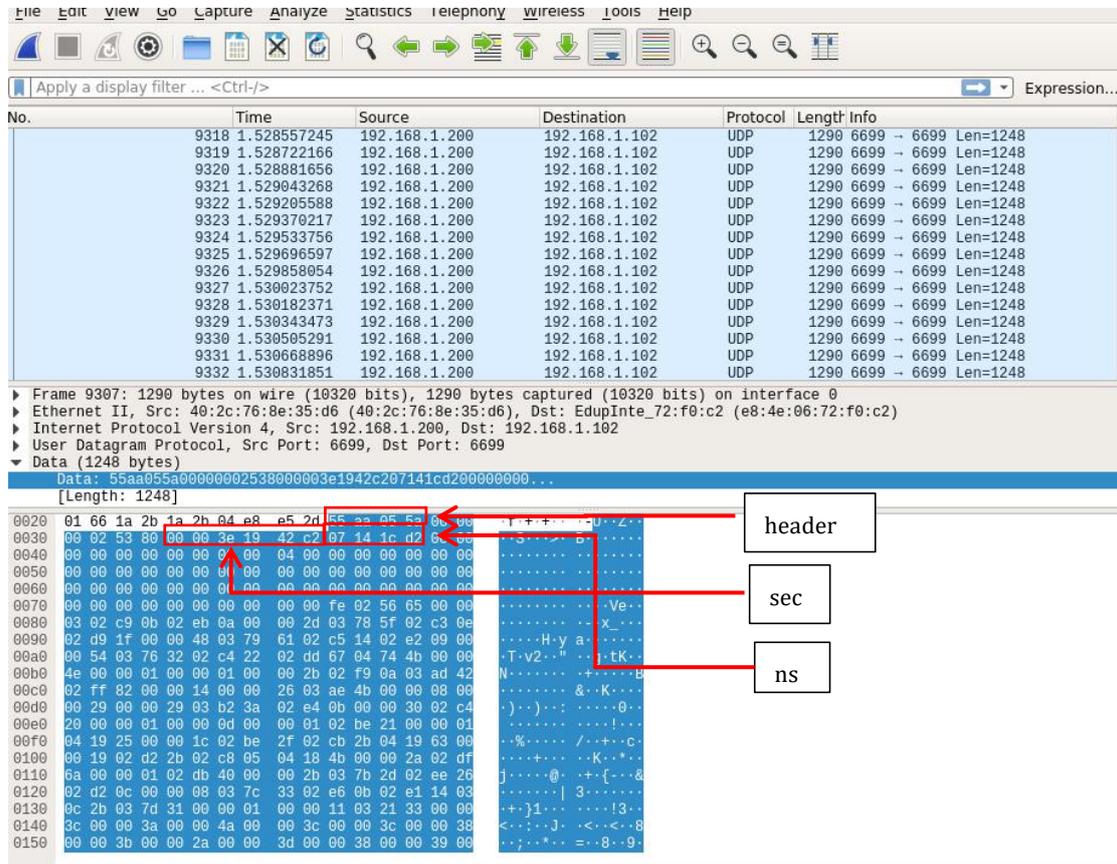


图 10 PTP 时间戳示意图

- 1) 时间戳分为秒部分和纳秒部分，图 10 所示秒部分为 0x00003e1942c2(1041842882)；纳秒部分为 0x07141cde(118758610)；
- 2) 秒部分为 UTC 时间戳，表示从 1970 年 1 月 1 日 0 分 0 秒（伦敦时间）到当前时间的秒增量计数，图 10 所示标识伦敦时间 2003-01-06 09:48:02；
- 3) 纳秒部分最大值为 0x3B9AC9FF(999999999),其最大值加 1 后纳秒归零而秒进 1，图 10 所示为 118758610 纳秒；
- 4) 大多数上位机开发环境都有时间转换函数，如包含系统库<time.h>,time.gmtime(&t)函数可将时间戳转换为伦敦时间。

7 关键特性

7.1 回波模式

7.1.1 回波模式原理

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，最强（Strongest Return）回波表示使用能量最强的回波进行测距计算，最后（Last Return）回波表示使用最后返回的一个回波进行测距计算，双回波(Dual Return)则两者都接收。

RS-Ruby 支持最强回波(Strongest Return)最后回波(Last Return)及双回波(Dual Return)三种模式，分析接收到的多个返回值，并根据情况输出最强、最后或同时输出最强最后两个回波值。

当设置为最强回波模式时则只输出最强的反射回波值，设置为最后回波模式时则只有最后时间上的回波输出，设置为双回波模式时，则会同时输出最强和最后回波信息。

注意：只有当 2 个距离物体之间距离大于 1 米时才会有两次回波。

7.1.2 最强回波

当雷达光束只打到一个物体上的时候，此时只有最强回波。

7.1.3 最强，最后及双回波

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，会返回两次能量值，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；

7.1.4 回波模式标志

RS-Ruby 出厂默认为最后回波（Last Return）模式，如您需要更改设置，请参照本用户手册附录 A.2 中 Web 端“Setting”栏中“Return Mode”进行选择。在 DIFOP 中第 300 个 byte 是回波模式的标志位，具体对应如下：

表 9 回波模式和标志位对照表

标志位	回波模式
03	双回波
02	最后回波
01	最强回波

7.2 相位锁定

相位锁定功能可用于设定 RS-Ruby 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-Ruby 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 11 为 RS-Ruby 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。

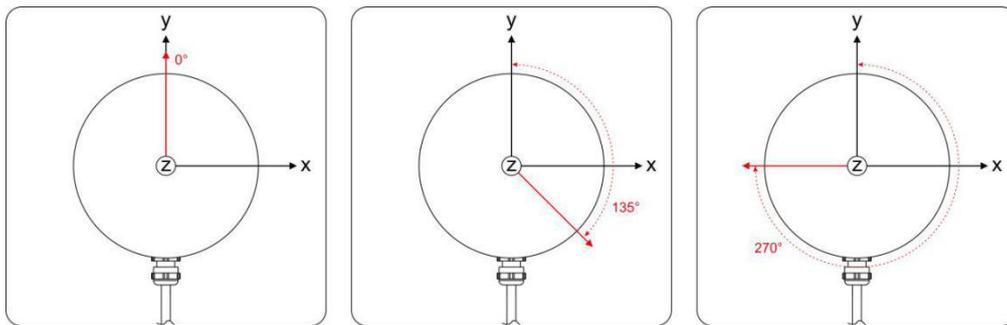


图 11 RS-Ruby 不同相位设定示意图

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 0~360,详见附录 A.2 节。

8 点云呈现

8.1 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，如图 12 所示，他们的转换关系如下式所示：

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

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， δ 为通道的水平偏移角度， x 、 y 、 z 为极坐标投影到 X、Y、Z 轴上的坐标。

ω 和 δ 可以在 RS-Ruby 的 RSView 软件中导出 angle.csv 文件。

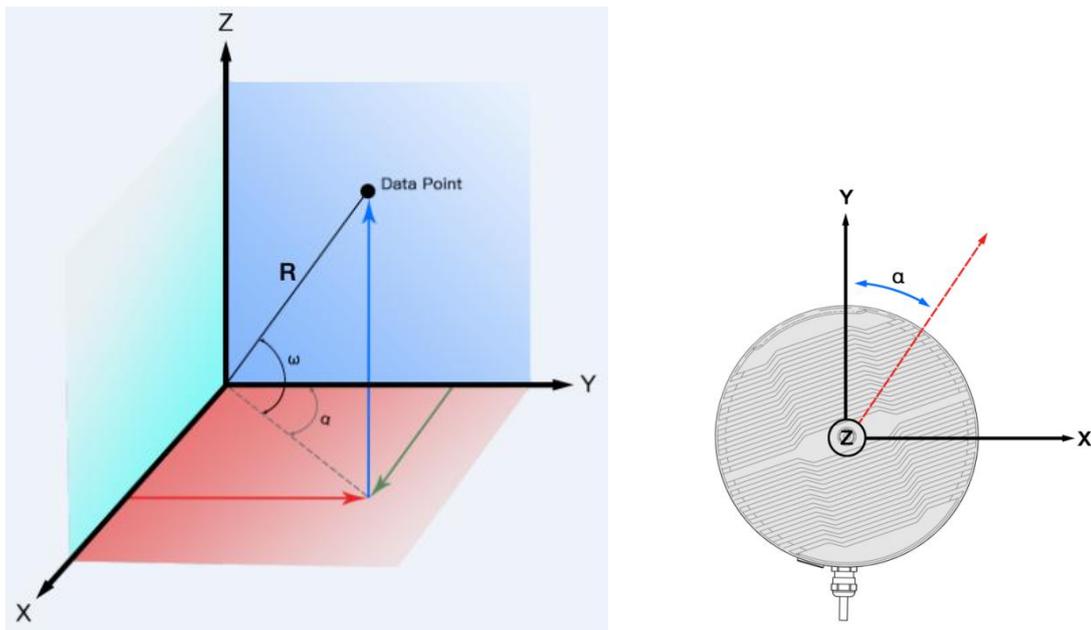


图 12 雷达极坐标和 XYZ 坐标映射

注 1: 在 RS-Ruby ROS 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 12 中的 Y 正方向，ROS 下面的 Y 轴定义指向图 12 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 68mm。

8.2 通道定义

RS-Ruby 在垂直方向的角度范围是 $-25^{\circ} \sim +15^{\circ}$ ，角度间隔为非均匀分布。将 128 个激光

器定义为 128 路通道。

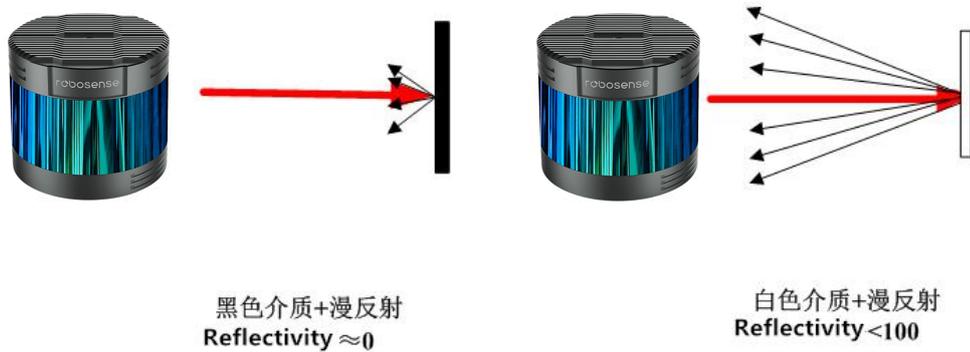
详细请查看附录 C 表 10 对应通道序号和垂直角度。

9 反射强度信息解读

RS-Ruby 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-Ruby 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。

漫反射



镜面反射

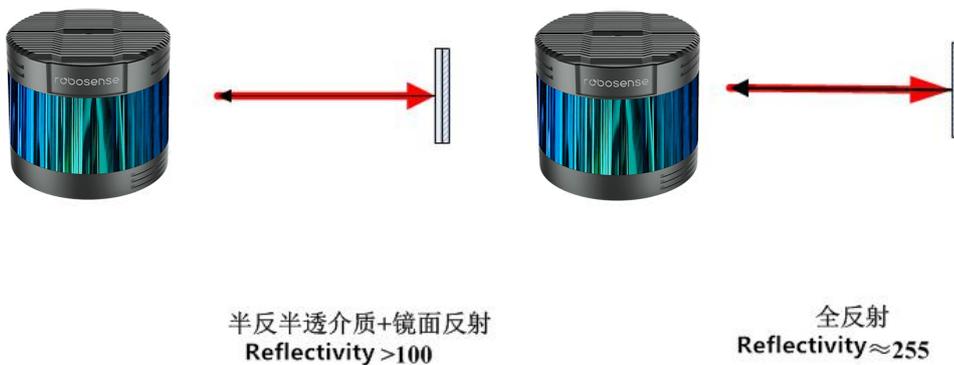


图 13 反射率的标定

如果要计算每个点的反射强度信息，需要根据 MSOP 包中的反射强度值直接获取。

10 故障排除

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。

问题	解决方法
Interface Box 红色指示灯不亮或闪烁	<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（19V 电压输入条件下，输入电流$\geq 4A$）
接上 GPS 模块 Interface Box 绿色指示灯不亮或闪烁	<ul style="list-style-type: none"> ● 检查 Interface Box 与 GPS 模块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，确认电源输入是否正常 ● 检查 Interface Box 与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（19V 电压输入条件下，输入电流$\geq 4A$） ● 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 ● 检查电源供电是否符合要求
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 时间	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 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

	<ul style="list-style-type: none">● 确认 GPS 模块收到了有效的解
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
点云成像形状异常	<ul style="list-style-type: none">● 确认使用的雷达配置文件正确
ROS 驱动显示点云的时候有一个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	<ul style="list-style-type: none">● 如果是 windows 10 系统请设置 RSVIEW 使用成 windows 7 兼容模式运行

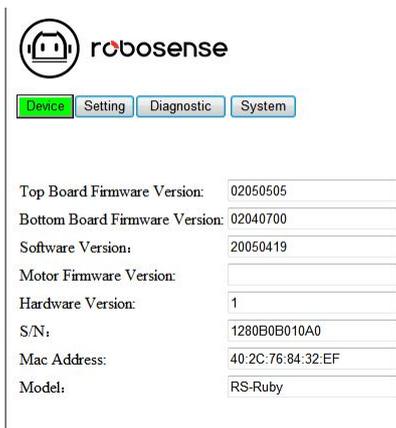
附录 A Web 使用指南

RS-Ruby 支持网页访问，可以通过网页对 RS-Ruby 进行参数设定、设备运行信息/状态查看及固件升级等操作。

RS-Ruby 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。

A.1 访问雷达 Web 网页

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，如下图所示：



The screenshot shows the Robosense web interface. At the top left is the Robosense logo. Below it are four tabs: 'Device' (highlighted in green), 'Setting', 'Diagnostic', and 'System'. The main content area displays a list of device information with corresponding input fields:

Top Board Firmware Version:	02050505
Bottom Board Firmware Version:	02040700
Software Version:	20050419
Motor Firmware Version:	
Hardware Version:	1
S/N:	1280B0B010A0
Mac Address:	40:2C:76:84:32:EF
Model:	RS-Ruby

- 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.S/N 为设备序列号；
- 5.Model 为产品型号；
- 6.Web App Version 为当前 Web 版本。

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、转速等功能设定。示意及功能描述如下图所示：

The screenshot shows the 'Setting' page of the Robosense web interface. It features a navigation bar with four tabs: 'Device', 'Setting' (highlighted in green), 'Diagnostic', and 'System'. Below the navigation bar, there is a list of configuration parameters, each with a label and a corresponding input field or dropdown menu. The parameters and their current values are: 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 (6699), DIFOP Port Number (7788), Return Mode (Last), FOV Setting (0 to 360 DE), Phase Lock Setting (0 DE), Rotation Speed (600 RPM), Time Synchronization Source (PTP), and Operation Mode (High Performance). A 'Save' button is located at the bottom right of the form.

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. 用户可更改 MSOP 和 DIFOP 的数据端口，值范围 1025~65535；

3. Return Mode 下拉可选最后（默认）/最强/双回波三种回波模式；

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 300rpm, 600rpm(默认), 1200rpm；

6. 用户可下拉“Time Synchronization Source”选择 PTP（默认）/GPS 选择同步方式；

7. 用户可下拉“Operation Mode”选择工作模式，分别为 Standby/High Performance(默认)/Balance 三种工作模式，当选择 Standby 模式时，雷达电机和发射器停止工作。

图 A-2 Web 端参数设定

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；
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：

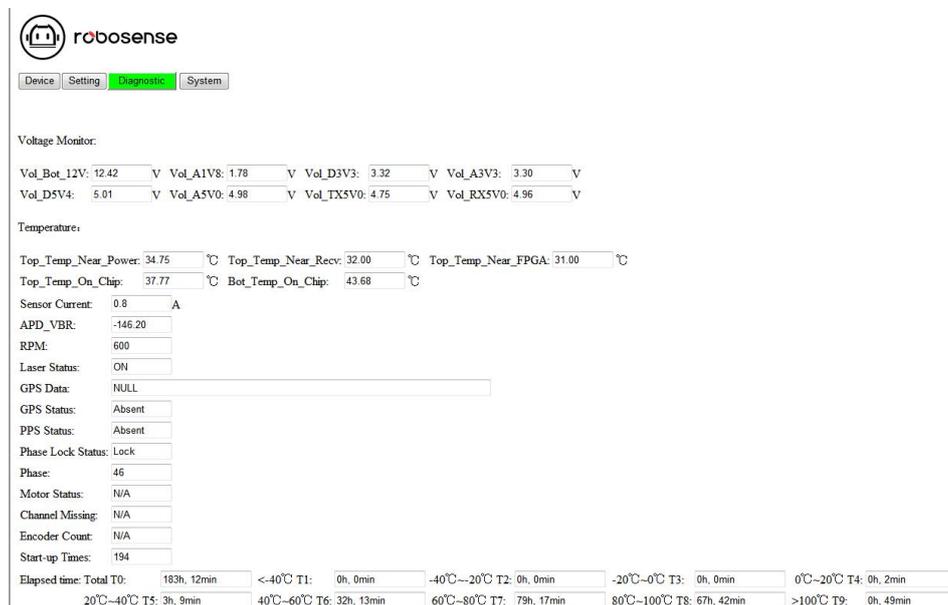


图 A-3 Web 端运行状态/故障诊断

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不同运行温度下的工作时间。

注意：

- 1.本页刷新频率为 1 秒；
- 2.N/A 项为已规划但还未释放的功能；
- 3.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；
- 4.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”

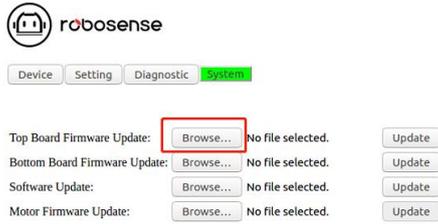


图 A-4 点击打开文件

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)

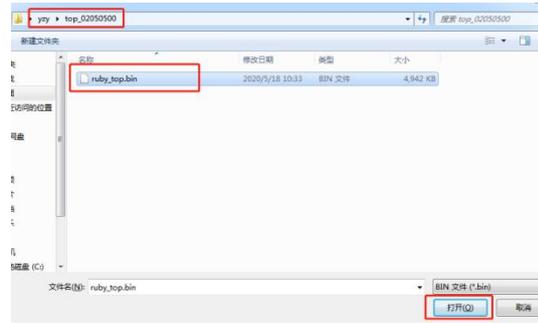


图 A-5 选择待升级固件

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”



图 A-6 点击升级

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。

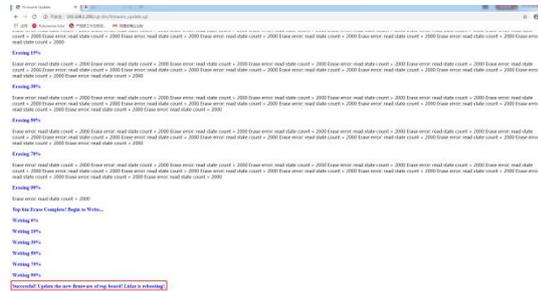


图 A-7 升级成功

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；
 - (byte1==0x01) && (byte2==0x2C)：转速 300rpm，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	预留		port3		预留			

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，占据 4byte
- (4) port1~port4 为端口号信息，port1 为 MSOP 包 LiDAR 输出的端口号，port2 为预留，port3 为 DIFOP 包 LiDAR 输出的本地端口，port4 为预留，默认情况 lidar 端和目的端口号强制一样设置相同。

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				

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：

固件文件版本号： 02050700

协议输出版本号： 00 02 05 07 00

即协议输出版本号为： 02050700

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：

固件文件版本号： 02040A00

协议输出版本号： 00 02 04 0A 00

即协议输出版本号为： 02040A00

B.7 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：

固件文件版本号： 20053019

协议输出版本号： 00 20 05 30 19

即协议输出版本号为： 20053019

B.8 垂直角校准（COR_VERT_ANG）

垂直角校准寄存器（共 384bytes）									
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	byte46	byte47	byte48	byte46	byte47	byte48
功能	16 通道垂直角度			17 通道垂直角度			18 通道垂直角度		
序号	byte37	byte38	byte39	byte40	byte41	byte42	byte43	byte44	byte45
功能	19 通道垂直角度			20 通道垂直角度			21 通道垂直角度		
序号		
功能	...								
序号	byte358	byte359	byte360	byte361	byte362	byte363	byte364	byte365	byte366
功能	120 通道垂直角度			121 通道垂直角度			122 通道垂直角度		
序号	byte367	byte368	byte369	byte370	byte371	byte372	byte373	byte374	byte375
功能	123 通道垂直角度			124 通道垂直角度			125 通道垂直角度		
序号	byte376	byte377	byte378	byte379	byte380	byte381	byte382	byte383	byte384
功能	126 通道垂直角度			127 通道垂直角度			128 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 LSB=0.01；
- (4) 例如通道 1 寄存器的值为 byte1=0x01, byte2=0x05 转换成十进制 5, byte3=0x4c 转换成十进制 76，则通道 1 的垂直角度值为：

$$- (5*256 + 76) * 0.01 = -13.56$$

B.9 水平偏移角校准（COR_HOR_ANG）

垂直角校准寄存器（共 384bytes）									
序号	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	byte6	byte7	byte8	byte9
功能	1 通道水平角度			2 通道水平角度			3 通道水平角度		
序号	byte10	byte11	byte12	byte13	byte14	byte15	byte16	byte17	byte18
功能	4 通道水平角度			5 通道水平角度			6 通道水平角度		
序号	byte19	byte20	byte21	byte22	byte23	byte24	byte25	byte26	byte27
功能	7 通道水平角度			8 通道水平角度			9 通道水平角度		
序号	byte28	byte29	byte30	byte31	byte32	byte33	byte34	byte35	byte36
功能	10 通道水平角度			11 通道水平角度			12 通道水平角度		
序号	byte37	byte38	byte39	byte40	byte41	byte42	byte43	byte44	byte45
功能	13 通道水平角度			14 通道水平角度			15 通道水平角度		
序号	byte46	byte47	byte48	byte46	byte47	byte48	byte46	byte47	byte48
功能	16 通道水平角度			17 通道水平角度			18 通道水平角度		
序号	byte37	byte38	byte39	byte40	byte41	byte42	byte43	byte44	byte45
功能	19 通道水平角度			20 通道水平角度			21 通道水平角度		
序号		
功能	...								
序号	byte358	byte359	byte360	byte361	byte362	byte363	byte364	byte365	byte366
功能	120 通道水平角度			121 通道水平角度			122 通道水平角度		
序号	byte367	byte368	byte369	byte370	byte371	byte372	byte373	byte374	byte375
功能	123 通道水平角度			124 通道水平角度			125 通道水平角度		
序号	byte376	byte377	byte378	byte379	byte380	byte381	byte382	byte383	byte384
功能	126 通道水平角度			127 通道水平角度			128 通道水平角度		

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=0x00, byte2=0x02 转换成十进制 2, byte3=0x53 转换成十进制 83，则通道 1 的水平偏移角度值为：

$$(2*256+83) * 0.01 = 5.95$$

B.10 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.11 时间 (UTC_TIME)

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

注：ns 值范围：0~999999999;

B.12 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 精确的点时间计算

在每个 MSOP Packet 包中，有 3 个 Block，每个 block 有一组完整的 128 线激光数据，因此一个 Packet 中有 3 组完整的激光数据。128 通道激光完成一轮发射的时间为 55.552us。每个通道时间序列如下表 10 所示：

假设激光块编号 block_index 是 1~3，激光通道序号 Channel_ID 是 1~128。每个 MSOP Packet 的时间戳是第 1 个通道的激光点的时间，为了计算每个激光点的时间，需要将每个激光点的时间偏移量加到时间戳上。

时间偏移量 Time_offset 计算公式：

$$\text{Time_offset} = 55.552 * (\text{block_index} - 1) + 3.236 * (((\text{channel id} \% 64 == 0 ? 64 : \text{channel id} \% 64) - 1) / 4)$$

精确的每个激光点的时间 Exact_point_time：

$$\text{Exact_point_time} = \text{Timestamp} + \text{Time_offset}$$

表 10 激光通道序号与激光器垂直角度及时间对应

通道序号	激光器理论垂直角度	激光器理论水平偏移角度	MSOP Packet		
			Data Block 1	Data Block 2	Data Block 3
1	-13.565	5.95	0	55.552	111.104
2	-1.09	4.25	0	55.552	111.104
3	-4.39	2.55	0	55.552	111.104
4	1.91	0.85	0	55.552	111.104
5	-6.65	5.95	3.236	58.788	114.34
6	-0.29	4.25	3.236	58.788	114.34
7	-3.59	2.55	3.236	58.788	114.34
8	2.71	0.85	3.236	58.788	114.34
9	-5.79	5.95	6.472	62.024	117.576
10	0.51	4.25	6.472	62.024	117.576
11	-2.79	2.55	6.472	62.024	117.576
12	3.51	0.85	6.472	62.024	117.576
13	-4.99	5.95	9.708	65.26	120.812
14	1.31	4.25	9.708	65.26	120.812
15	-1.99	2.55	9.708	65.26	120.812
16	5.06	0.85	9.708	65.26	120.812
17	-4.19	5.95	12.944	68.496	124.048

18	2.11	4.25	12.944	68.496	124.048
19	-19.582	2.55	12.944	68.496	124.048
20	-1.29	0.85	12.944	68.496	124.048
21	-3.39	5.95	16.18	71.732	127.284
22	2.91	4.25	16.18	71.732	127.284
23	-7.15	2.55	16.18	71.732	127.284
24	-0.49	0.85	16.18	71.732	127.284
25	-2.59	5.95	19.416	74.968	130.52
26	3.71	4.25	19.416	74.968	130.52
27	-5.99	2.55	19.416	74.968	130.52
28	0.31	0.85	19.416	74.968	130.52
29	-1.79	5.95	22.652	78.204	133.756
30	5.96	4.25	22.652	78.204	133.756
31	-5.19	2.55	22.652	78.204	133.756
32	1.11	0.85	22.652	78.204	133.756
33	-0.99	5.95	25.888	81.44	136.992
34	-4.29	4.25	25.888	81.44	136.992
35	2.01	2.55	25.888	81.44	136.992
36	-25	0.85	25.888	81.44	136.992
37	-0.19	5.95	29.124	84.676	140.228
38	-3.49	4.25	29.124	84.676	140.228
39	2.81	2.55	29.124	84.676	140.228
40	-7.65	0.85	29.124	84.676	140.228
41	0.61	5.95	32.36	87.912	143.464
42	-2.69	4.25	32.36	87.912	143.464
43	3.61	2.55	32.36	87.912	143.464
44	-6.09	0.85	32.36	87.912	143.464
45	1.41	5.95	35.596	91.148	146.7
46	-1.89	4.25	35.596	91.148	146.7
47	5.46	2.55	35.596	91.148	146.7
48	-5.29	0.85	35.596	91.148	146.7
49	2.21	5.95	38.832	94.384	149.936
50	-16.042	4.25	38.832	94.384	149.936
51	-1.19	2.55	38.832	94.384	149.936
52	-4.49	0.85	38.832	94.384	149.936
53	3.01	5.95	42.068	97.62	153.172
54	-6.85	4.25	42.068	97.62	153.172
55	-0.39	2.55	42.068	97.62	153.172
56	-3.69	0.85	42.068	97.62	153.172

57	3.81	5.95	45.304	100.856	156.408
58	-5.89	4.25	45.304	100.856	156.408
59	0.41	2.55	45.304	100.856	156.408
60	-2.89	0.85	45.304	100.856	156.408
61	6.56	5.95	48.54	104.092	159.644
62	-5.09	4.25	48.54	104.092	159.644
63	1.21	2.55	48.54	104.092	159.644
64	-2.09	0.85	48.54	104.092	159.644
65	-8.352	-0.85	0	55.552	111.104
66	-0.69	-2.55	0	55.552	111.104
67	-3.99	-4.25	0	55.552	111.104
68	2.31	-5.95	0	55.552	111.104
69	-6.19	-0.85	3.236	58.788	114.34
70	0.11	-2.55	3.236	58.788	114.34
71	-3.19	-4.25	3.236	58.788	114.34
72	3.11	-5.95	3.236	58.788	114.34
73	-5.39	-0.85	6.472	62.024	117.576
74	0.91	-2.55	6.472	62.024	117.576
75	-2.39	-4.25	6.472	62.024	117.576
76	3.96	-5.95	6.472	62.024	117.576
77	-4.59	-0.85	9.708	65.26	120.812
78	1.71	-2.55	9.708	65.26	120.812
79	-1.59	-4.25	9.708	65.26	120.812
80	7.41	-5.95	9.708	65.26	120.812
81	-3.79	-0.85	12.944	68.496	124.048
82	2.51	-2.55	12.944	68.496	124.048
83	-10.346	-4.25	12.944	68.496	124.048
84	-0.89	-5.95	12.944	68.496	124.048
85	-2.99	-0.85	16.18	71.732	127.284
86	3.31	-2.55	16.18	71.732	127.284
87	-6.39	-4.25	16.18	71.732	127.284
88	-0.09	-5.95	16.18	71.732	127.284
89	-2.19	-0.85	19.416	74.968	130.52
90	4.41	-2.55	19.416	74.968	130.52
91	-5.59	-4.25	19.416	74.968	130.52
92	0.71	-5.95	19.416	74.968	130.52
93	-1.39	-0.85	22.652	78.204	133.756
94	11.5	-2.55	22.652	78.204	133.756
95	-4.79	-4.25	22.652	78.204	133.756

96	1.51	-5.95	22.652	78.204	133.756
97	-0.59	-0.85	25.888	81.44	136.992
98	-3.89	-2.55	25.888	81.44	136.992
99	2.41	-4.25	25.888	81.44	136.992
100	-11.742	-5.95	25.888	81.44	136.992
101	0.21	-0.85	29.124	84.676	140.228
102	-3.09	-2.55	29.124	84.676	140.228
103	3.21	-4.25	29.124	84.676	140.228
104	-6.5	-5.95	29.124	84.676	140.228
105	1.01	-0.85	32.36	87.912	143.464
106	-2.29	-2.55	32.36	87.912	143.464
107	4.16	-4.25	32.36	87.912	143.464
108	-5.69	-5.95	32.36	87.912	143.464
109	1.81	-0.85	35.596	91.148	146.7
110	-1.49	-2.55	35.596	91.148	146.7
111	9	-4.25	35.596	91.148	146.7
112	-4.89	-5.95	35.596	91.148	146.7
113	2.61	-0.85	38.832	94.384	149.936
114	-9.244	-2.55	38.832	94.384	149.936
115	-0.79	-4.25	38.832	94.384	149.936
116	-4.09	-5.95	38.832	94.384	149.936
117	3.41	-0.85	42.068	97.62	153.172
118	-6.29	-2.55	42.068	97.62	153.172
119	0.01	-4.25	42.068	97.62	153.172
120	-3.29	-5.95	42.068	97.62	153.172
121	4.71	-0.85	45.304	100.856	156.408
122	-5.49	-2.55	45.304	100.856	156.408
123	0.81	-4.25	45.304	100.856	156.408
124	-2.49	-5.95	45.304	100.856	156.408
125	15	-0.85	48.54	104.092	159.644
126	-4.69	-2.55	48.54	104.092	159.644
127	1.61	-4.25	48.54	104.092	159.644
128	-1.69	-5.95	48.54	104.092	159.644

附录 D 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-Ruby 数据。

对于从 RS-Ruby 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。

D.1 软件功能

RSView 提供将 RS-Ruby 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-Ruby 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，RSView 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-Ruby 中个别线束
- 裁剪显示

D.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/resource>）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。

D.3 设置网路

在第 5 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。

D.4 可视化数据

1. RS-Ruby 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 D-1)

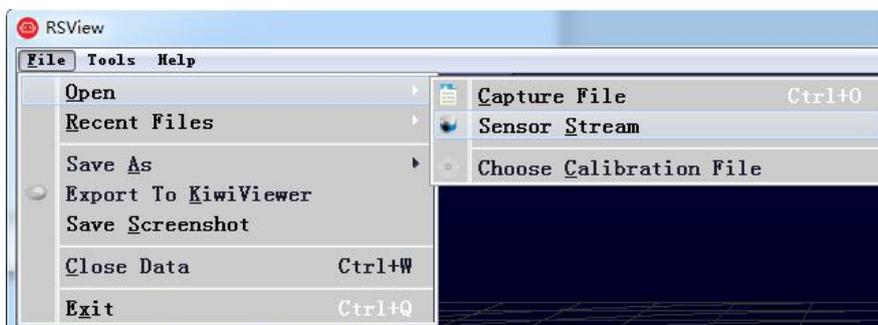


图 D-1 打开 RSView 实时数据显示

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

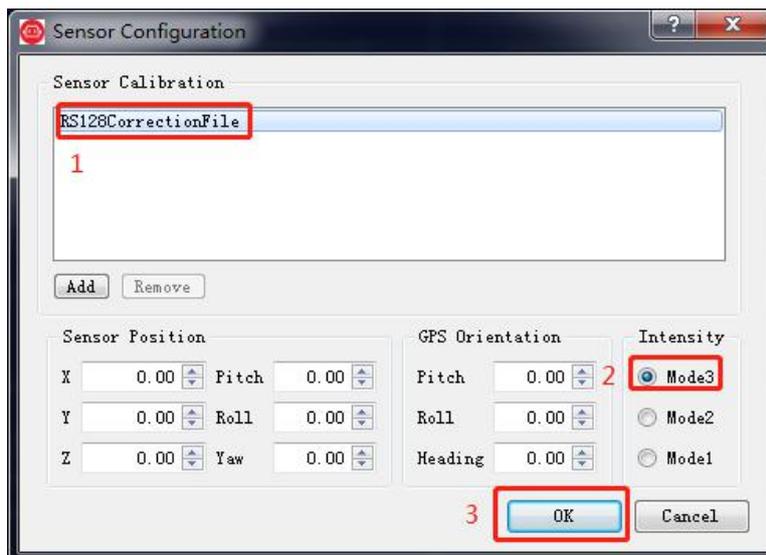


图 D-2 选择 RS-Ruby 参数配置文件

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

可以继续显示。

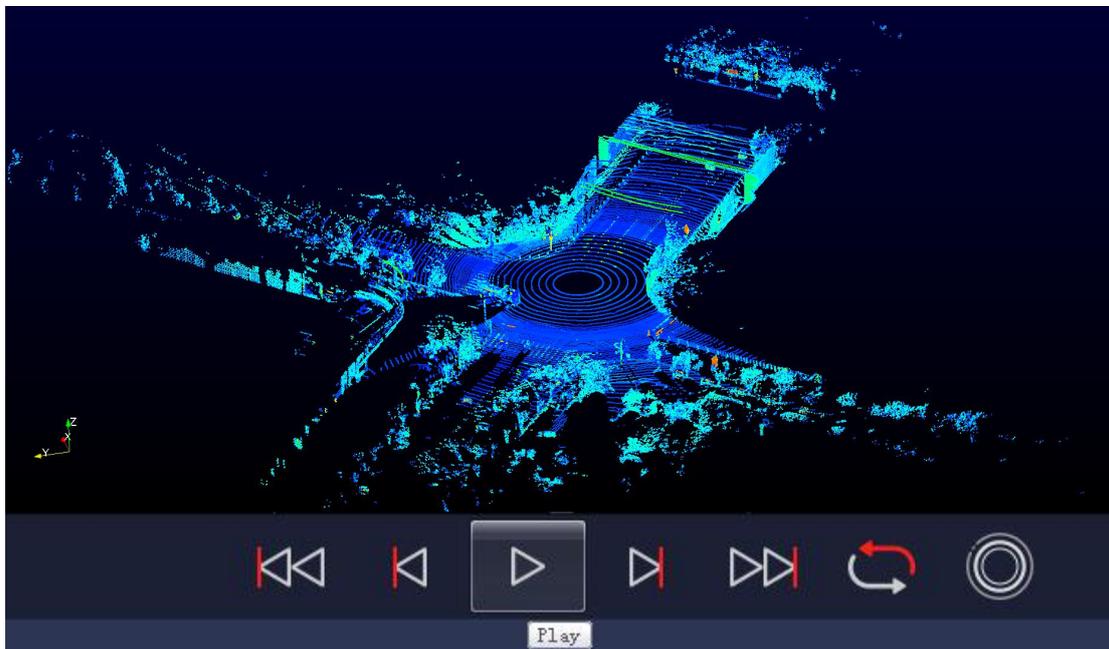


图 D-3 暂停播放

D.5 保存 RS-Ruby 数据为 PCAP 格式

1. 在实时显示数据时点击 **Record** 按钮(图 D-4)。



图 D-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 D-5)。RSView 将开始将数据包文件写入目标 pcap 文件中。(注意：RS-Ruby 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)。

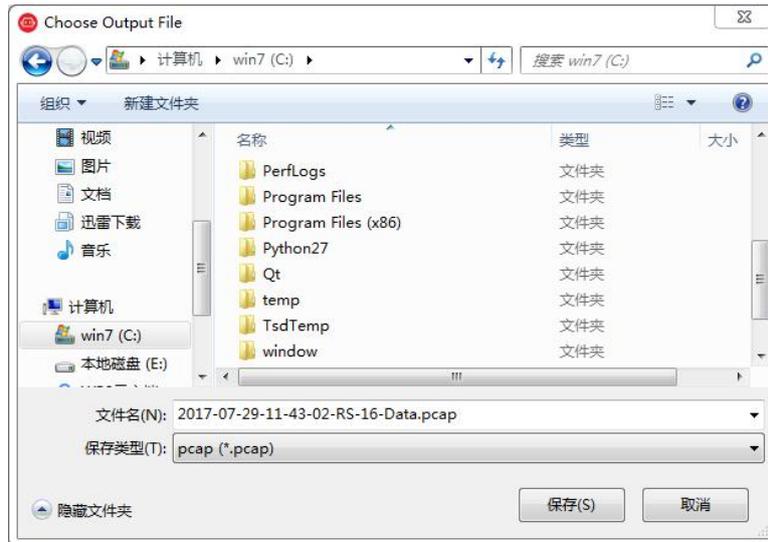


图 D-5 RSView 保存对话框

3. 再次点击 **Record** 按钮停止保存 pcap 数据。

D.6 回放 pcap 数据

可以使用 RSView 对 RS-Ruby 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**。

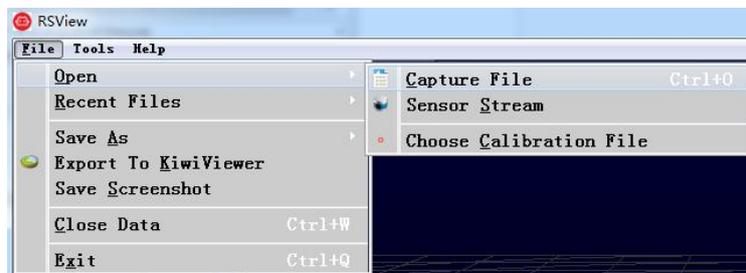


图 D-6 打开 pcap 记录文件

2. 弹出 Open File 对话框。

3. 选择一个记录的 pcap 文件并且点击“**打开 (O)**”按钮。

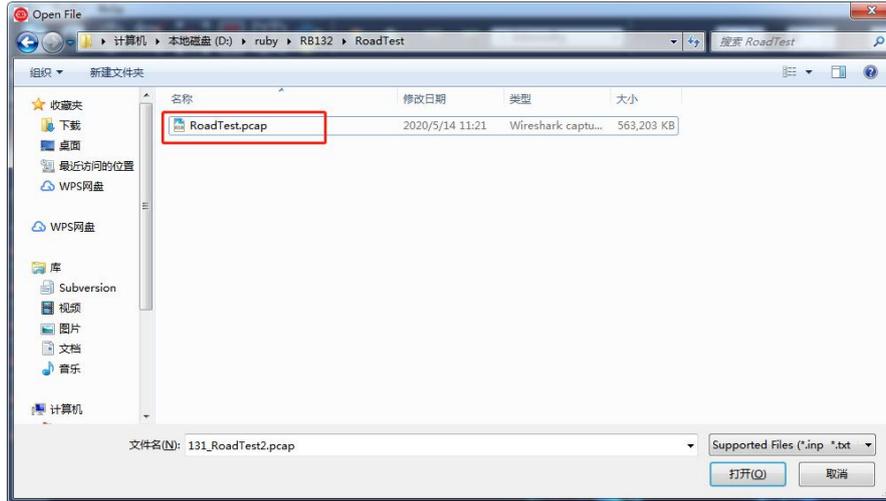


图 D-7 打开 pcap 记录文件

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

5.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 D-8)

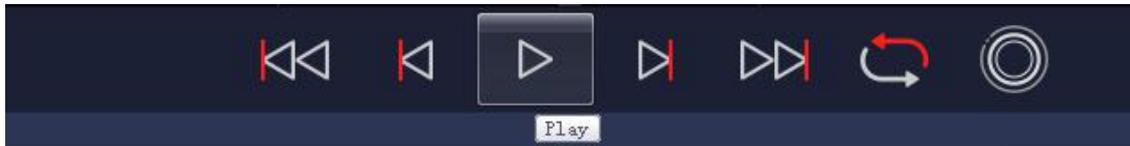


图 D-8 RSView Play 按钮和 Scrub 滑动工具

6.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 D-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 D-9 RSView 表格工具

7.可以调整表格每列的宽度，或者排序得到更直观的数据显示。

Showing Data		Attribute: Point Data		Precision: 3		F [Grid] [Print] [Export]		
	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 D-10 RSView 表格显示

8. 点击 Spreadsheet 中的 **Show only selected elements**，可以得到所选择点对应的数据，当然如果没有选择，表格将为空(图 D-11)。

Showing Data		Attribute: Point Data		Precision: 3		F [Grid] [Print] [Export]		
	Point ID	Points	adjustedtime	azimuth	distance_m	intensity	Show only selected elements	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

图 D-11 RSView show only elements 工具

9. 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 D-12）。



图 D-12 RSView Select All Points 工具

10. 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 D-13)。

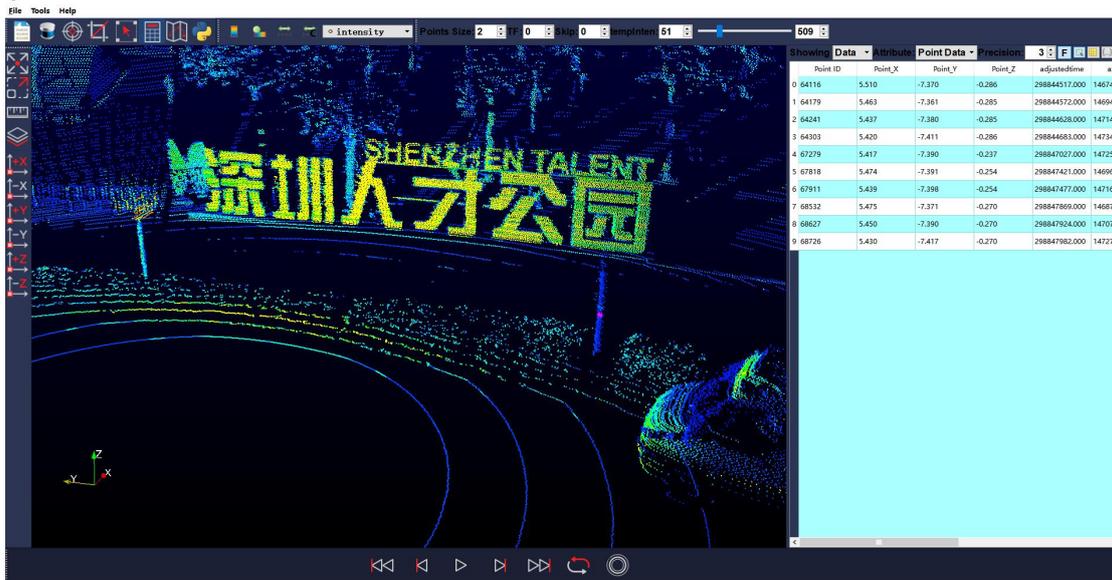


图 D-13 RSView List Selected Points

11.任何被选中的点都可以通过 **Spreadsheet > Output csv data > Select Frames** 保存。

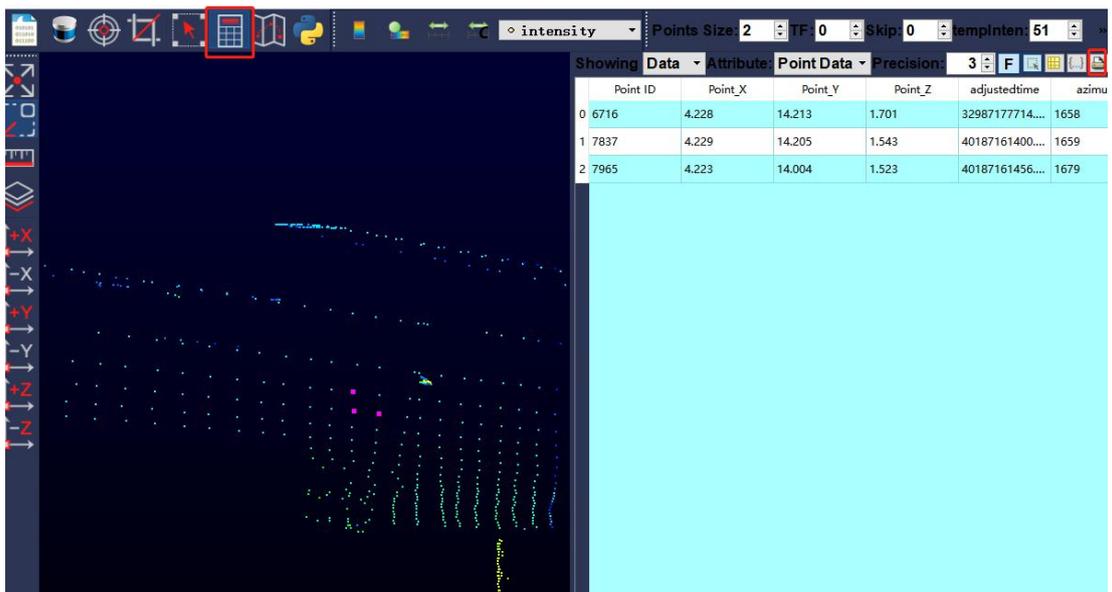


图 D-14 RSView 保存选中点

附录 E RS-Ruby 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-Ruby 的数据。

E.1 配置环境

1. 下载并安装 Ubuntu 16.04 或 Ubuntu18.04 操作系统 (ROS2 用户只能使用 Ubuntu18.04)。
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](#)

E.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 四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 文件重命名为 package.xml。

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 文件重命名为 package.xml。

在终端中运行如下命令进行编译:

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

E.3 配置电脑 IP

默认 RS-Ruby 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。

E.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-Ruby 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
```

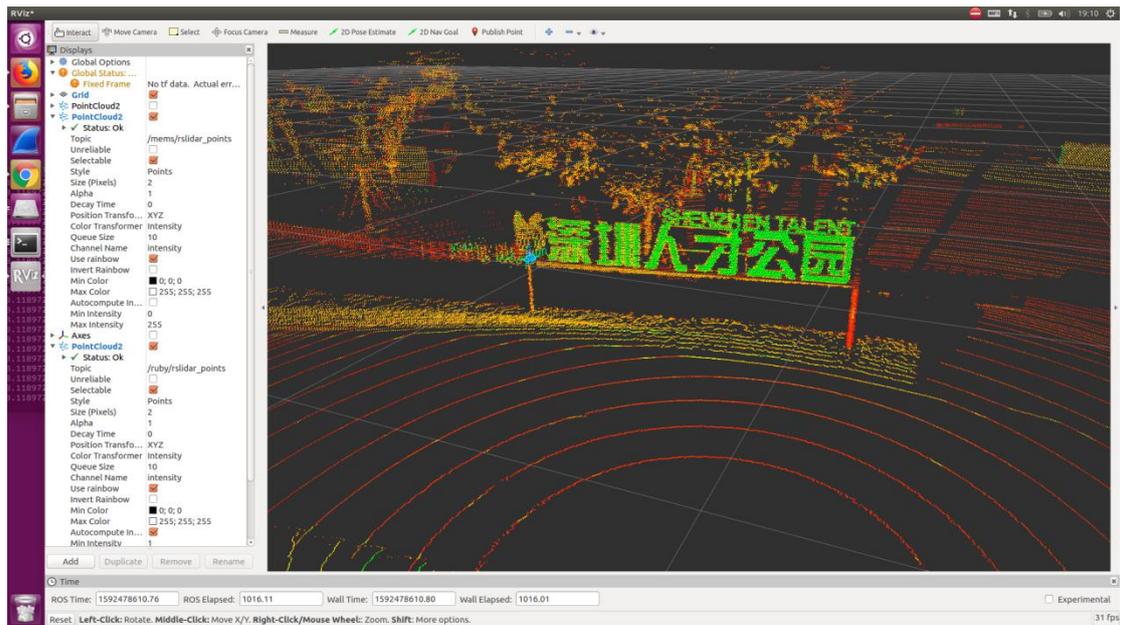


图 E-1 rviz 显示 RS-Ruby 点云数据

E.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

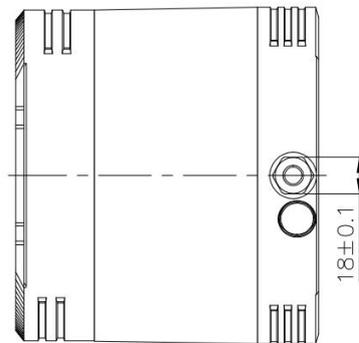
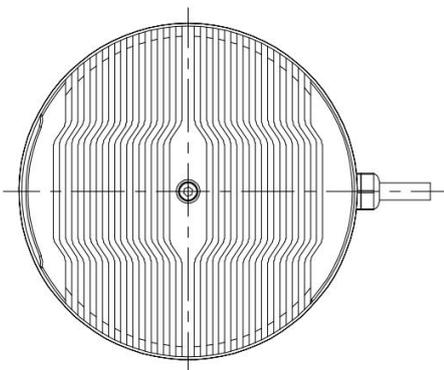
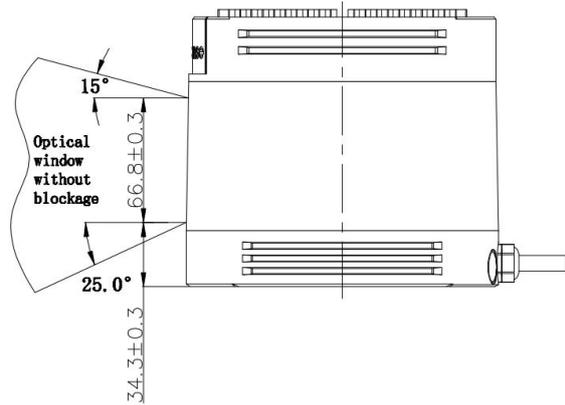
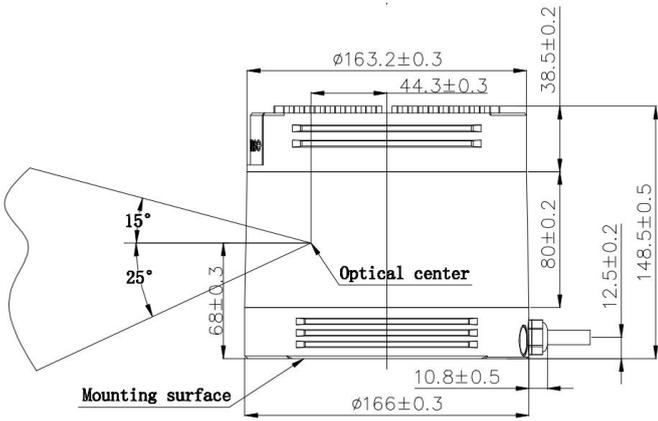
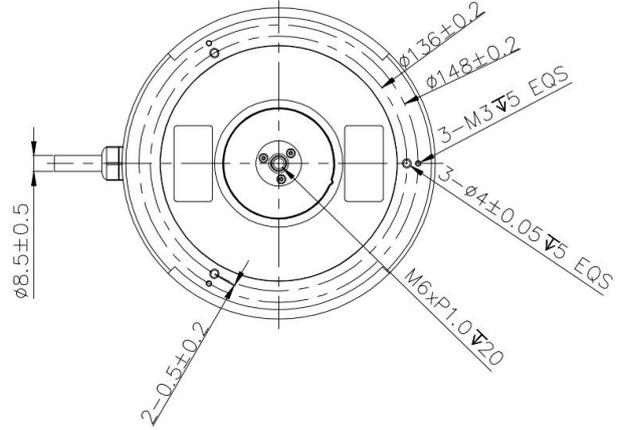
msg_source: 改为 3

pcap_directory: 配置为 pcap 文件的绝对路径 (e.g. /home/robosense/128.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 F 结构图纸



附录 G 机械安装建议

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。

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4.5mm。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，如图 G-1 所示。

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。

激光雷达固定安装的时候，倾斜角度不建议超过 90 度，倾斜角度过大会对激光雷达的寿命造成影响。

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。

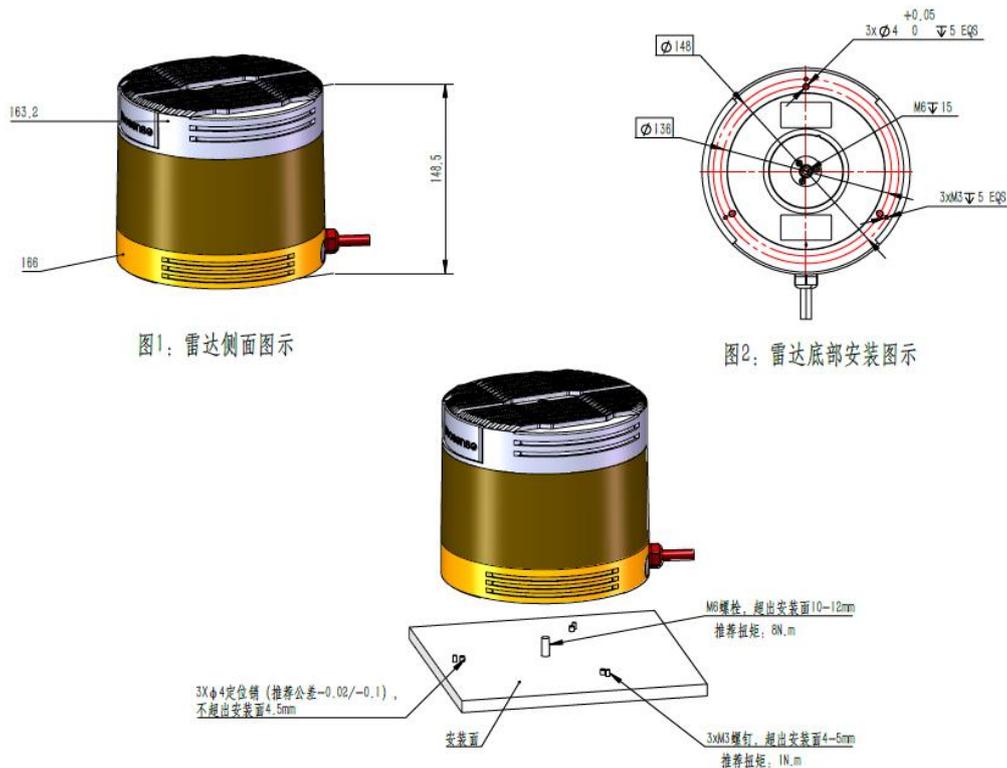


图1: 雷达侧面图示

图2: 雷达底部安装图示

图 G-1 快速安装示意图

附录 H 传感器清洁

H.1 注意事项

请在清理 RS-LiDAR 前仔细并完整的阅读本附录 H 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。

H.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

H.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。



400 6325 830

Smart Sensor, Safer World

深圳市速腾聚创科技有限公司
Shenzhen Suteng Innovation Technology Co., LTD.

Address: 深圳市南山区留仙大道 3370 号南山智园崇文园区 3 栋 10-11 层 10-11/F, Block 3,
Chongwen Garden, Nanshan IPark, 3370 Liuxian Avenue, Nanshan District, Shenzhen, China
Web: www.robosense.cn Tel: 0755-8632-5830 Email: Service@sz-sti.com