

---

# R-Fans 导航型激光雷达

## 用户手册

（版本：4.3.10）



北京北科天绘科技有限公司

2019.4

---

# 目录

<b>1 首页 .....</b>	<b>3</b>
<b>2 安全注意事项.....</b>	<b>4</b>
<b>3 产品介绍 .....</b>	<b>5</b>
3.1 R-Fans 技术指标.....	5
3.2 多线激光竖直方向分布 .....	6
3.2.1 R-Fans-16 .....	6
3.2.2 R-Fans-16M.....	6
3.2.3 R-Fans-32 .....	6
3.2.4 R-Fans-32M.....	7
<b>4 装箱清单 .....</b>	<b>8</b>
<b>5 机械结构 .....</b>	<b>9</b>
5.1 R-Fans 结构.....	9
5.2 机械安装注意事项 .....	11
<b>6 电气接口 .....</b>	<b>12</b>
6.1 线缆接口 .....	12
6.2 设备电源 .....	13
6.3 串口和 PPS .....	13
<b>7 控制及通信接口 .....</b>	<b>14</b>
7.1 网络端口 .....	14
7.2 网络连接测试 .....	14
7.3 激光点云数据 .....	14
7.4 心跳包格式 .....	17
7.5 UDP 命令和消息格式 .....	18
7.6 时间同步 .....	19
7.7 相位同步 .....	20
7.8 串口配置命令 .....	20
7.9 串口查询命令和消息 .....	22
<b>8 R-Fans 数据计算 .....</b>	<b>23</b>
8.1 坐标系 .....	23
8.2 坐标计算 .....	23

8.3 时间计算 .....	24
8.3.1 R-Fans-32、R-Fans-32M 时间计算方式: .....	24
8.3.2 R-Fans-16、R-Fans-16M 时间计算方式: .....	24
8.4 偏角定义 .....	25
<b>9 ROSDriver 驱动说明 .....</b>	<b>26</b>
<b>10 控制软件 .....</b>	<b>27</b>
10.1 软件安装 .....	27
10.2 软件启动 .....	27
10.3 激光雷达控制 .....	28
10.4 播放点云数据 .....	30
10.5 点云显示设置 .....	30
10.6 点云数据浏览 .....	32
10.7 点云数据流存储 .....	33
<b>11 网络配置工具 .....</b>	<b>34</b>
<b>12 常见问题 .....</b>	<b>36</b>
<b>13 联系方式 .....</b>	<b>37</b>
<b>14 附件 1: R-Fans 产品角度定义表 .....</b>	<b>38</b>
14.1 R-Fans-16 偏角定义 .....	38
14.2 R-Fans-16M 偏角定义 .....	38
14.3 R-Fans-32 偏角定义 .....	39
14.4 R-Fans-32M 偏角定义 .....	39

## 1 首页

感谢您选用 R-Fans 激光雷达，R-Fans 将为您提供实时高效的全方位空间三维数据。

本手册包括 R-Fans 激光雷达配置、使用和维护等相关内容。以及激光雷达和 GPS 等其他传感器集成方式。

该手册将随着产品技术升级实时更新，用户可以在 [www.isurestar.com](http://www.isurestar.com) 网站上找到最新的用户手册。

## 2 安全注意事项

### 设备安装

- R-Fans 激光雷达须稳固安装在车辆或其他平台上
- R-Fans 激光雷达所安装的平台及附属物不应遮挡传感器激光扫描视场（参考 3.2 章节）。
- R-Fans 激光雷达安装应遵循本手册中的机械/电气安装说明（参考 5、6 章节）。

### 设备维护

- 禁止非北科天绘授权的人员打开 R-Fans 激光雷达外壳，非授权打开传感器外壳可能造成传感器内部元件损坏。
- 产品出现故障必须由经北科天绘授权的合格维修人员进行维修和处理。

### 使用环境

- R-Fans 激光雷达工作温度为-20 ~ +70℃（参考 3.1 章节）推荐使用温度 55° 以下。
- R-Fans 激光雷达防护等级为 IP65，禁止 R-Fans 浸入液体。

### 3 产品介绍

R-Fans-32 激光雷达通过 32 线 360° 扫描实现三维探测成像（R-Fans-16 为 16 线）。基于高精度激光回波信号测量技术，R-Fans 具备测程远，测量精度高，回波强度准确等技术特点，同时兼顾了俯仰方向的角度覆盖和角分辨率，具体特点包括：

1. 有效抵抗环境背景光干扰，探测能力最远达到 200m，测距精度 2 cm；
2. 目标反射回波强度可选 8 位（bit）或 12 位（bit）；
3. 工业化设计，可以有效适应车载平台的温湿度、运动及振动环境。

#### 3.1 R-Fans 技术指标

表格 1 R-Fans 技术指标

	R-Fans-16	R-Fans-16M	R-Fans-32	R-Fans-32M
激光波长	905nm	905nm	905 nm	905 nm
激光等级	Class 1	Class 1	Class 1	Class 1
发射点频	320kHz	320kHz	640kHz	640kHz
回波模式	单回波/双回波			
回波强度	8 bit/12bit	8 bit/12bit	8 bit/12bit	8 bit/12bit
垂直视场	30° (15°~15°)	26° (11°~15°)	31° (11°~20°)	27.5° (11°~16.5°)
垂直角分辨率	2°	1°、1.5°、2°、2.5°、3°	1°	0.5°、1°、1.5°
水平视场角	360°	360°	360°	360°
水平角分辨率	0.09°~0.36° (5~20Hz)	0.09°~0.36° (5~20Hz)	0.09°~0.36° (5~20Hz)	0.09°~0.36° (5~20Hz)
最大测距	200 m	200 m	200 m	200 m
测距精度	2cm	2cm	2cm	2cm
刷新频率	5-20Hz	5-20Hz	5-20 Hz	5-20 Hz
通信接口	Ethernet, PPS	Ethernet, PPS	Ethernet, PPS	Ethernet, PPS
重量	~738 g	~738g	~738g	~738g
工作电压	9~32 VDC	9~32 VDC	9 ~32 VDC	9 ~32 VDC
功耗	≤ 8W	≤8W	≤8W	≤8W
设备尺寸(mm)	113(D)×70(H)	113 (D) ×70 (H)	113 (D) ×70 (H)	113 (D) ×70 (H)

### 3.2 多线激光竖直方向分布

R-Fans 激光雷达的扫描线分布区间参考 3.2.1 至 3.2.4 章节，各条扫描线的垂直角度参考 8.2 章节和附件 1 《R-Fans 产品角度定义表》。

#### 3.2.1 R-Fans-16

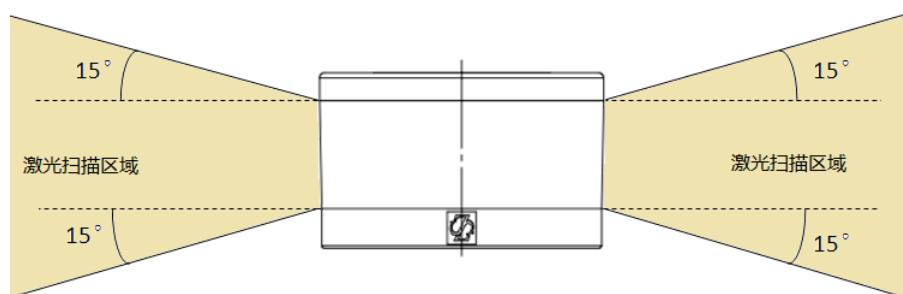


图 1 R-Fans-16 角度分布区间

#### 3.2.2 R-Fans-16M

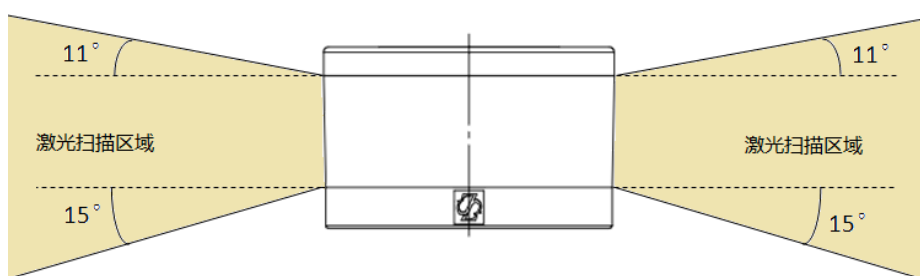


图 2 R-Fans-16M 角度分布区间

#### 3.2.3 R-Fans-32

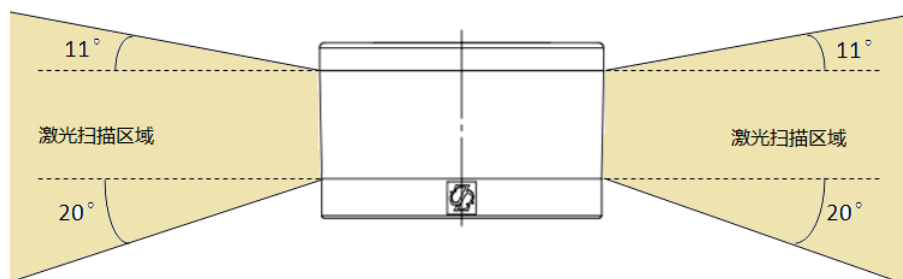


图 3 R-Fans-32 角度分布区间

### 3. 2. 4 R-Fans-32M

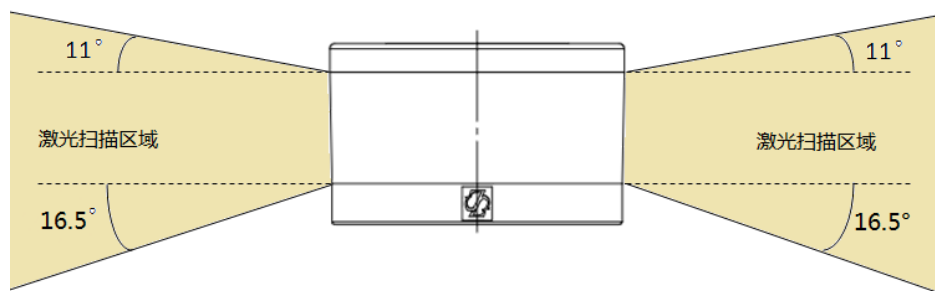


图 4 R-Fans-32M 角度分布区间



## 4 装箱清单

R-Fans 包装内包括以下物品：激光雷达 1 台,测试线缆 1 套,电源适配器 1 个,出厂合格证 1 个,U 盘一个。

表格 2 装箱物品列表

物品	物品说明
R-Fans 激光雷达	
测试线缆	WEIPU 转为 RJ-45、DB9、XT 接插件 接口定义参考表格 3
转接线缆	WEIPU 转为 Phoenix 接插件（选配） 接口定义参考表格 4
U 盘	包含三维图纸、控制软件及相关电子文档
电源适配器	
纸质文件	《合格证》等

用户打开包装箱后，应首先对照装箱单，查看物品状态，如有出现和装箱单不符合的情况，请联系供货单位。

## 5 机械结构

### 5.1 R-Fans 结构

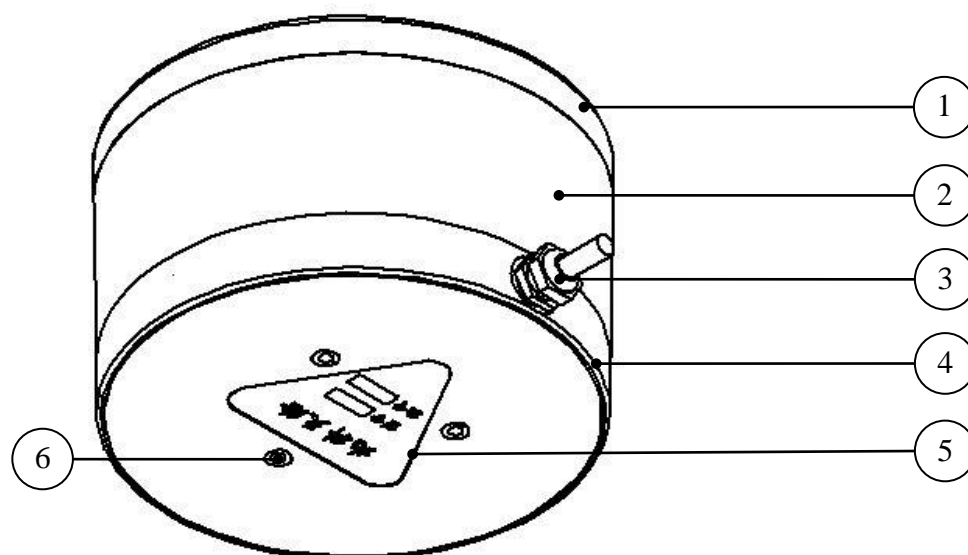


图 5 R-Fans 激光雷达

①	上壳体	尺寸 113mm (D) x 11.1mm (H)
②	防护窗口	43mm (H)
③	线缆	电源/数据线缆电气接口（具体定义参考表格 3）
④	下壳体	尺寸 111.5mm (D) x 15.8mm (H)
⑤	北科天绘 LOGO	含设备型号、编号
⑥	螺钉孔	用于安装固定 R-Fans（参考图 7）

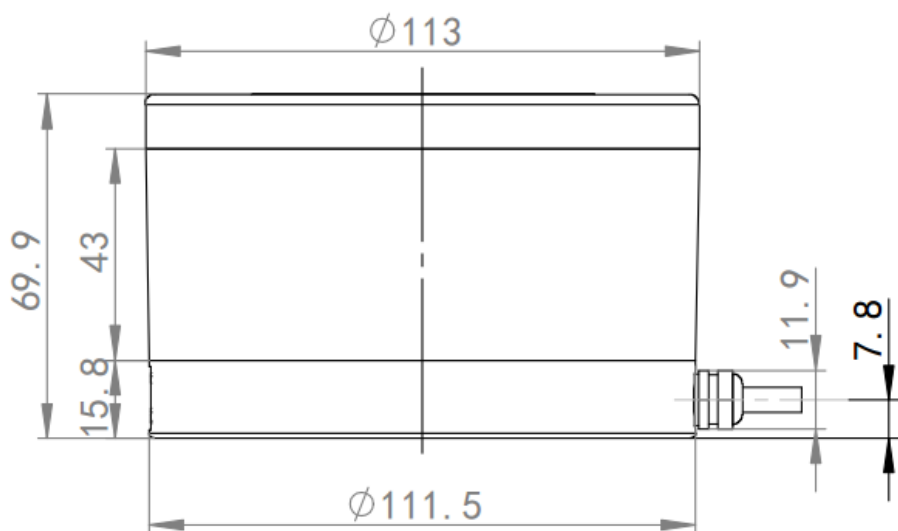


图 6 R-Fans 激光雷达尺寸图

R-Fans-16/ R-Fans-32 激光雷达呈圆柱体结构，高 69.9mm。上壳体直径 113mm，高 11.1mm，中间防护玻璃高 43mm，下壳体直径 111.5mm，高 15.8mm。

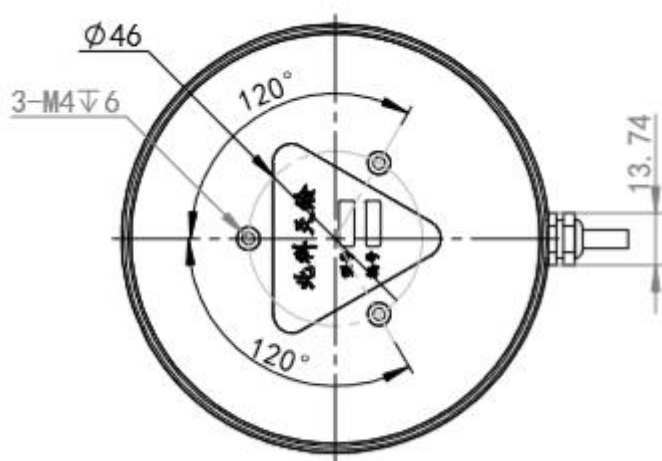


图 7 R-Fans 激光雷达底部

传感器下壳体底部有 3 个用于安装固定的 M4 螺钉孔，3 个螺钉孔成 120° 均布在和下壳体底面同心的圆上，同心圆直径为 46 mm。螺钉孔深 6 mm。

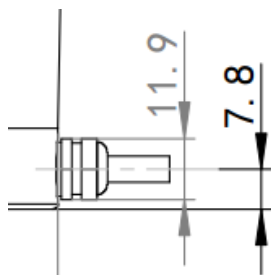


图 8 R-Fans 连接线缆

R-Fans 激光雷达下壳体的侧面引出的线缆（电源/数据缆线）用于连接主控计算机、GPS 设备以及电源。缆线直径 5mm，传感器和线缆连接部位直径 11.9mm。

线缆另一端采用 WEIPU 连接器 SP1310/P9 插头，线缆（0.5m）及插头总重约为 28g，连接器定义参考表格 3。

## 5.2 机械安装注意事项

R-Fans 激光雷达下壳体底部有 3 个用于安装固定的 M4 螺钉孔，3 个螺钉孔成 120° 均布在和下壳体底面同心的圆上，同心圆直径为 46mm（参考 5 章节）。螺钉孔深 6mm。安装设备时应使用 M4 螺钉通过这 3 个螺钉孔将传感器固定于车辆或其他平台上。传感器可以以任意角度或姿态安装固定。

R-Fans 激光雷达的工作温度、防水防尘等级请参考表格 1。

确保传感器在振动和冲击下不会与安装平台分离。传感器已经针对车辆行驶振动环境作了防振设计，一般不需要做额外的减振措施。

## 6 电气接口

### 6.1 线缆接口

R-Fans 激光雷达下壳体的侧面引出线缆（电源/数据线缆）的另一端采用 WEIPU 连接器 SP1310/P9 插头。

线缆接口中包括百兆以太网，串口和时间同步端口以及电源，其电气接口如下表所示。注意：连接外部系统时，外部系统供电电源负极（“地”）与 PPS、UTC 串口的信号“地”必须是非隔离的共地系统。

**表格 3 RFans 电源/数据线缆电气接口**

设备接插头			分线		备注
定义	颜色	pin	分线接口	接插头 Pin	
EO_P	灰	pin1	水晶头	RJ45 公 Pin1	
EO_N	透明	pin2		RJ45 公 Pin2	
EI_P	蓝	pin3		RJ45 公 Pin3	
EI_N	绿	pin4		RJ45 公 Pin6	
TX	黑	pin5	DB9 公头	DB9 的 Pin3	RS232 发送
RX	棕	pin6		DB9 的 Pin2	RS232 接收
GND	白	pin9		DB9 的 Pin5	地
PPS	黄	pin7		DB9 的 Pin6	TTL 输入
V+	红	pin8	XT30 公正	电源输入	
GND	白	pin9	XT30 公负	地	

随机提供测试线有多接口分线，用户测试使用传感器可以使用测试线和传感器引出的电源/数据线缆对接，测试线一端是与电源/数据线缆的 WEIPU 连接器 SP1310/P9 插头对接的 SP1311/S9 插头，测试线另一端分线包括接口有：RJ45 水晶头、DB9 公头、XT30 公头。分别用于连接主控计算机、GPS 设备以及电源。接口定义参考表格 3。

转接线缆用于适配 Phoenix 接插件，即将 9 针的 WEIPU 连接器转换为 8 针 Phoenix Contact，线缆定义及接口如下：

**表格 4 RFans 转接线缆电气接口**

接插头 SP1311/S9		Phoenix Contact	
定义	Pin	颜色	Pin
EO_P	Pin1	Blue	Pin 4
EO_N	Pin2	Blue/White	Pin 3
E1_P	Pin3	Orange	Pin 2
E1_N	Pin4	Orange/White	Pin 1
TX	Pin5		
RX	Pin6	White	Pin 5
PPS	Pin7	Yellow	Pin 6
V+	Pin8	Red	Pin 7
GND	Pin9	Black	Pin 8

## 6.2 设备电源

设备供电要求电压范围为 9 - 32 VDC，推荐使用 12VDC。

## 6.3 串口和 PPS

PPS 信号要求为 TTL 信号正脉冲，可根据使用要求调整。

串口接口标准为 RS-232。

时间同步的串口协议信息参考 7.6 章节。

配置命令的串口协议信息参考 7.8 章节。

## 7 控制及通信接口

### 7.1 网络端口

R-Fans 激光雷达的默认 IP 地址为 192.168.0.3，用户可以修改 R-Fans 的 IP 地址，但计算机(上位机)应与 R-Fans 在同一个子网内，即 IP 地址为 192.168.0.x，子网掩码为 255.255.255.0，IP 地址不能与 R-Fans 的 IP 地址冲突。传感器有唯一的 MAC 地址和设备编号，MAC 地址和设备编号不能修改。

计算机（上位机）可以通过以太网连接 R-Fans，并通过以太网控制 R-Fans 和接收 R-Fans 的输出数据。上位机应监听 2014、2015、2030 端口，其中：

1. R-Fans 发送的 UDP 激光点云数据包的目标 IP 端口号为 2014 端口；R-Fans 激光雷达工作时使用 UDP 协议向控制计算机的 2014 端口推送数据。
2. R-Fans 发送的 UDP 设备寄存器消息的目标 IP 端口号为 2015；
3. R-Fans 发送心跳包的目标 IP 端口号为 2030。

表格 5 UDP 协议端口

端口号	协议说明	描述
2014	UDP 数据包大小为 1248Byte	激光点云数据端口
2015	UDP 数据包最小为 60Byte	命令接收及消息反馈端口
2030	UDP 广播协议设备心跳包	

上位机发送命令目标是 R-Fans 的 2015 端口，R-Fans 通过监听 2015 端口，解析 UDP 报文。

注意：R-Fans 激光雷达只能连接有 MDI 或者 AUTO MDIX 功能网卡的计算机。

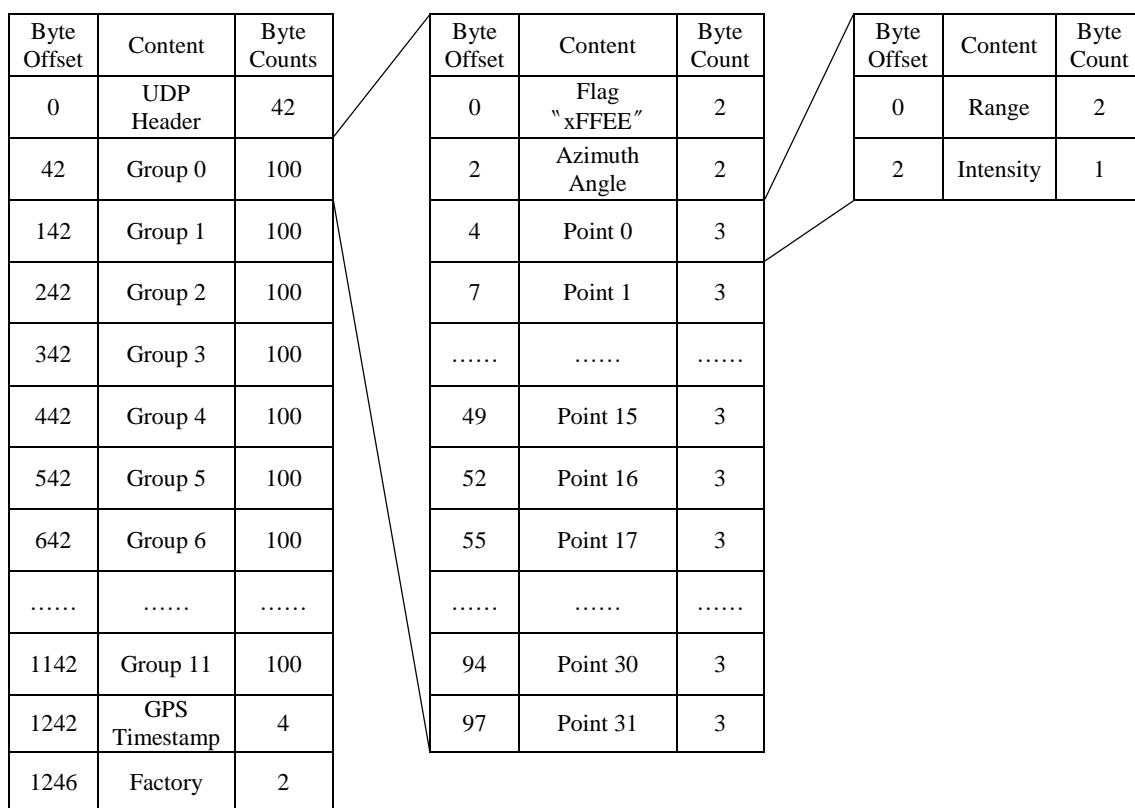
### 7.2 网络连接测试

当上位机和 R-Fans 网络正确连接后，可从上位机使用 ping 命令测试和 R-Fans 的连通性。

### 7.3 激光点云数据

北科天绘激光雷达采集点云数据的原始灰度为 12bit，北科天绘出厂产品默认出厂格式为对 12bit 灰度进行数据处理得到的 8bit 灰度数据。如客户希望可以自行对灰度信息进行数据处理，可在订货时说明，北科天绘将提供原始 12bit 灰度数据。

(1) 8bit 灰度数据结构



每个 UDP 包由 42 字节的 UDP header、12 长度为 100 字节的 Group（序号 0~11）以及 4 字节的 GPS Timestamp 和 2 字节的 Factory 组成。

每个 Group 包含 100 个字节,其中:Flag（数据内部标识号）2 个字节、Azimuth Angle（水平角度）2 个字节、Point（激光点）由 2 个字节的 Range 和 1 个字节的 Intensity 组成，共 32 个（0~31）。

GPS Timestamp 为 4 字节的 unsigned integer，高位在后，取值范围为 0~3,599,999,999，表示 Group 0 中 Point 0 的时间戳，该时间戳为从上一个整点时间开始计时的微秒数（如果没有授时信息输入，则时间戳为从设备上电开始计时的微秒数）。其它 Point 对应的时间戳计算参考 8.3 章节。

Factory 长度为 2 字节，高位在后，表示设备型号。

Azimuth Angle 为 2 字节的 unsigned integer，高位在后，单位为  $0.01^\circ$ ，取值范围为 0~35999，表示所在 Group 中 Point 0 的方位角，其它 Point 对应的角度计算参考 8.2 章节。

Range 为 2 字节的 unsigned integer，高位在后，单位为 4.0mm。

Intensity 长度为 1 个字节，取值范围为 0~255。表示经过处理后的回波强度。



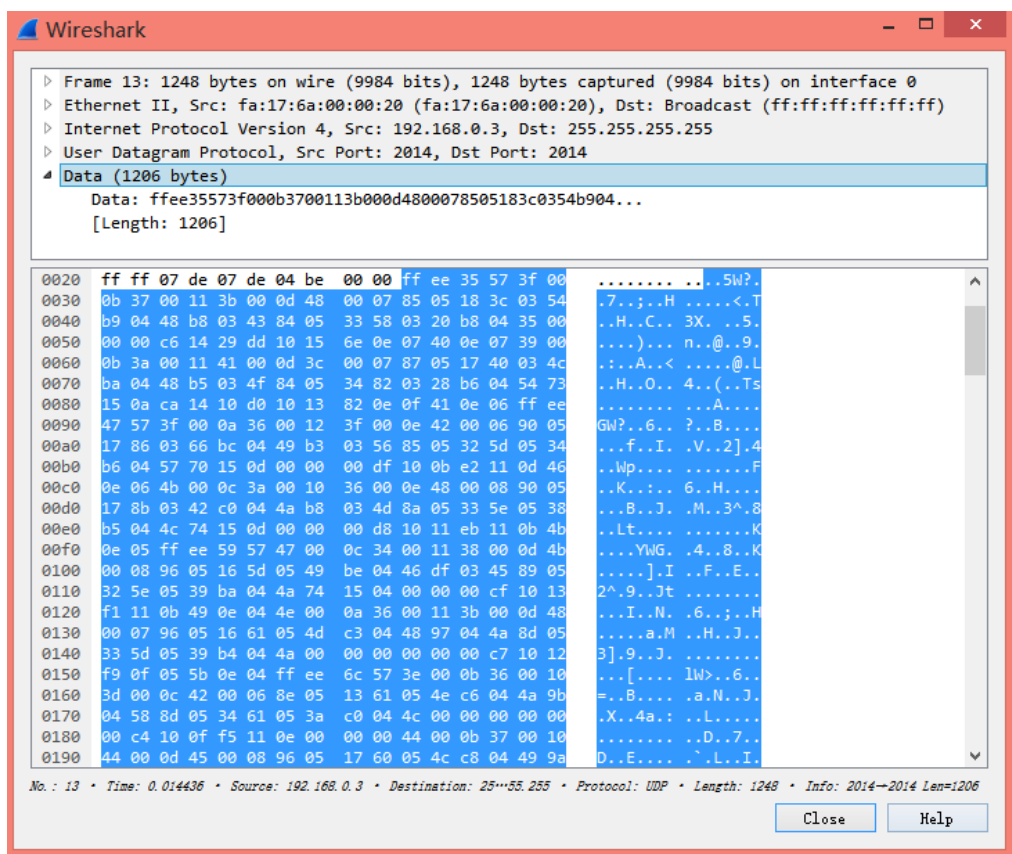


图 9 在 Wireshark 中抓取数据

## (2) 12bit 灰度数据结构

Byte Offset	Content	Byte Counts	Byte Offset	Content	Byte Count	Byte Offset	Content	Byte Count
0	UDP Header	42	0	Flag	2	0	Range1	2
42	Group 0	116	2	Azimuth Angle	2	2	Range2	2
158	Group 1	116	4	Point 0-1	7	4	{Intensity1, Intensity2}	3
274	Group 2	116	11	Point 2-3	7			
390	Group 3	116	.....	.....	.....			
.....	.....	.....	53	Point 14-15	7			
970	Group 8	116	.....	.....	.....			
1086	Group 9	116	109	Point 30-31	7			
1202	Reserved	40						
1242	GPS Timestamp	4						
1246	Factory	2						

每个 UDP 包由 42 字节的 UDP header、10 长度为 116 字节的 Group（序号 0~9）、40 字节的 Reserved 及 4 字节的 GPS Timestamp 和 2 字节的 Factory 组成。

Group: 116 字节，其中：Flag（数据内部标识号）2 个字节，Azimuth Angle（水平角度）2 个字节，Point（激光点）由 2 个字节的 Range1、2 个字节的 Range2、3 个字节的 {Intensity1, Intensity2} 组成，共 16 个（0~31）。

Reserved: 预留的 40 个字节。

GPS Timestamp 为 4 字节的 unsigned integer，高位在后，取值范围为 0~3,599,999,999，表示 Group 0 中 Point 0 的时间戳，该时间戳为从上一个整点时间开始计时的微秒数（如果没有授时信息输入，则时间戳为从设备上电开始计时的微秒数）。其它 Point 对应的时间戳计算参考 8.3 章节。

Factory 长度为 2 字节，高位在后，表示设备型号。

Azimuth Angle 为 2 字节的 unsigned integer，高位在后，单位为  $0.01^\circ$ ，取值范围为 0~35999，表示所在 Group 中 Point 0 的方位角，其它 Point 对应的角度计算参考 8.2 章节。

Range1 和 Range2 为 2 字节的 unsigned integer，高位在后，单位为 4.0mm。

Intensity1 和 Intensity2 为 12bit 的灰度值，两个灰度值拼接成 3 个字节，拼接方式从前到后高 12bit 为 Intensity1[11:0]，低 12bit 为 Intensity2[11:0]，每个 Intensity 代表原始灰度信息，高位在前，取值范围为 0~4095，用户可根据实际场景的灰度直方图动态调整感兴趣的灰度区间。

## 7.4 心跳包格式

设备每秒对网络的 2030 端口广播发送“心跳包”，包中包含设备相关信息。上位机可从网络接口直接获取设备相关消息。

心跳包数据共 256 字节，格式如下：

Package header(4 Bytes)	: 0xE1, 0xE2, 0xE3, 0xE4;
Package id(4 Bytes)	: 0x00000000-0xFFFFFFFF;
GPS Time(6Byte)	: YY, MM, DD, HH, MM, SS;
Device MAC_ADDRESS(6 Bytes)	:
Point Cloud data port(2 Bytes)	:
Command data port(2Bytes)	:

Motor speed(1Byte)	: unit in 0.1Hz;
Device_info(4Byte)	:
Padding(225Bytes)	: 0xFF

## 7.5 UDP 命令和消息格式

R-Fans 激光雷达通过 UDP 协议向上位机的 2015 端口推送寄存器数据。上位机也通过 UDP 协议向传感器的 2015 端口发送命令，命令和消息格式如下。

```
typedef struct {                                //!< USB 报文传输配置
    unsigned char msgHead;                      //!<< 报文头
    unsigned char msgCheckSum;                  //!<< 校验和
    unsigned short regAddress;                  //!<<寄存器地址
    unsigned int regData;                       //!<< 命令数据、寄存器数据
} DEB_FRAME_S;
```

每一个 DEB\_FRAME\_S 结构体包含一个 8bits 的报文头 msgHead，一个 8bits 的校验和 msgCheckSum，一个 16bits 的命令 ID，一个 32bits 的命令数据。

报文头	校验和	命令 ID	命令数据
8 bits	8 bits	16 bits	32 bits

结构体使用方法如下：

写命令：上位机指令格式为：

报文头	校验和	命令 ID	命令数据
0xA5	8 bits	16 bits	32 bits

上位机下发写寄存器指令主要有命令传感器启动和停止待机等命令，参考表格 6：

表格 6 主要命令

命令类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
转速控制	0xA5	0x4F	0x0040	0x0F000000	传感器停止，并待机
	0xA5	0x56	0x0040	0x0F000007	以 5Hz 转速（300RPM）启动
	0xA5	0xA6	0x0040	0x0F000057	以 10Hz 转速（600RPM）启动
	0xA5	0x46	0x0040	0x0F0000F7	以 20Hz 转速（1200RPM）启动
IP 地址修改	0xA5	0xD6	0x0064	0xC0A8000A	R-Fans 的 IP 地址改为 192.168.0.10，0xC0A8000A 表示 16 进制 IP 地址

校验和的计算方式为：将命令 ID、命令数据的所有字节相加求和，再将和中因为进位超出 1 个字节的部分去掉，剩下的 1 个字节为校验和。例如“传感器以 20Hz 转速（1200RPM）启动”命令中，命令 ID、命令数据的字节数据和为  $0x40+0x0F+0x00+0x00+0xF7=0x146$ ，去掉进位剩下的字节为 0x46，所以该命令的校验和为 0x46。

注意：使用 UDP 命令修改设备的 IP 地址只能在当次上电启动中生效，如果断电重启，设备的 IP 地址将会自动复原为 192.168.0.3。如果需要更改的 IP 地址永久生效，请使用串口命令（参考 7.8 章节串口配置命令）。

## 7.6 时间同步

使用时间同步功能要求 R-Fans 输入 GPS 接收机提供的标准时间信号，包括 PPS 信号以及串口 GPRMC 数据（包含 UTC 时间信息）。

串口 GPRMC 数据默认要求串口波特率：9600；数据位：8；校验：无；停止位：1。

PPS 信号要求为 TTL 信号，脉宽大于 200ns，R-Fans 接收 GPS 接收机发出串口 GPRMC 数据（包含 UTC 时间信息）后，以下一个 PPS 信号的上升沿作为时间同步基准。

部分 GPS 接收机设备提供的 PPS 信号的上升沿可能超前于串口 GPRMC 数据（包含 UTC 时间信息）来临，那么 R-Fans 记录的当前 PPS 对应的时间值会比真实的 UTC 时间减去 1s，请用户自行纠正该差值。

如果 GPS 接收机提供的 PPS 信号的上升沿晚于串口 GPRMC 数据（包含 UTC 时间信息），那么 R-Fans 记录的当前 PPS 对应的时间值即为该串口输入 UTC 时间。

### 7.7 相位同步

设备默认相位同步功能为关闭状态，启用该功能必须使用串口命令（参考表格 10）设置相位同步角度并开启电机相位同步。

使用相位同步功能要求 R-Fans 输入 PPS 信号。

电机相位同步角度计算方式为：以 R-Fans 的 X 轴方向为基准方向，按顺时针方向（y 正轴→x 正轴）计算角度。

当 R-Fans 收到 PPS 信号后，会自动调整电机旋转，保证收到 PPS 时刻电机角度值为设置的相位同步角度（ $\pm 30^\circ$ ）。

### 7.8 串口配置命令

串口协议信息：波特率：115200；

数据位：8；校验：无；停止位：1；

命令内容：

表格 7 更改 R-Fans 的 IP 地址命令

命令类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
IP 地址修改	0xA5	0xCF	0x0064	0xC0A80003	R-Fans 的 IP 地址改为 192.168.0.3, 0xC0A80003 表示 16 进制 IP 地址
保存设置	0xA5	0x01	0xFF02	0x00000000	固化修改参数

**表格 8 更改为 UDP 为广播协议命令（修改目标上位机地址命令）**

命令类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
上位机 MAC 前 4 组	0xA5	0x4C	0x0050	0xFFFFFFFF	修改 UDP 为广播协议
上位机 MAC 后 2 组	0xA5	0x50	0x0054	0xFFFFFFFF	
上位机 IP 地址	0xA5	0x5C	0x0060	0xFFFFFFFF	
保存设置	0xA5	0x01	0xFF02	0x00000000	固化修改参数

**表格 9 更改端口**

命令类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
修改端口号	0xA5	0x33	0x0068	0x07DE07DF	修改 UDP 包源数据端口号(高 16 位)为 2014、消息端口号(低 16 位)为 2015
保存设置	0xA5	0x01	0xFF02	0x00000000	固化修改参数

**表格 10 更改相位同步**

命令类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
	0xA5	0x9D	0x0518	0x80000000	开启 0° 相位同步
	0xA5	0xBB	0x0518	0x8000001E	开启 30° 相位同步
	0xA5	0xD9	0x0518	0x8000003C	开启 60° 相位同步
	0xA5	0xF7	0x0518	0x8000005A	开启 90° 相位同步
	0xA5	0x15	0x0518	0x80000078	开启 120° 相位同步
	0xA5	0x33	0x0518	0x80000096	开启 150° 相位同步
	0xA5	0x51	0x0518	0x800000B4	开启 180° 相位同步
	0xA5	0x6F	0x0518	0x800000D2	开启 210° 相位同步
	0xA5	0x8D	0x0518	0x800000F0	开启 240° 相位同步
	0xA5	0xAC	0x0518	0x8000010E	开启 270° 相位同步

	0xA5	0xCA	0x0518	0x8000012C	开启 300° 相位同步
	0xA5	0xE8	0x0518	0x8000014A	开启 330° 相位同步
关闭电机 相位同步	0xA5	0x1D	0x0518	0x00000000	关闭电机相位同步
保存设置	0xA5	0x01	0xFF02	0x00000000	固化修改参数

执行任何R-Fans设置命令后都应通过保存设置命令来固化修改参数。

## 7.9 串口查询命令和消息

表格 11 查询设备编号

类型	报文头	校验和	命令 ID	命令数据	语意
查询	0x5A	0x58	0x0058	0x00000000	查询设备编号 A 段
查询	0x5A	0x5C	0x005C	0x00000000	查询设备编号 B 段

查询设备编号命令发出后，设备会从串口返回消息，消息格式如下：

表格 12 查询设备编号

类型	报文头	校验和	命令 ID	消息数据	消息数据语义
反馈消息	0x5A	8bits	0x0058	32bits	设备编号 A 段
反馈消息	0x5A	8bits	0x005C	32bits	设备编号 B 段

将 16 进制的设备编号 A 段和 B 段拼接在一起即为完整的设备编号（无需转化为 10 进制）。

## 8 R-Fans 数据计算

### 8.1 坐标系

R-Fans激光雷达的坐标系相对于设备壳体结构固定不变，坐标系的原点O位于设备中心轴上，距底座中心的距离为39.8mm，Z轴垂直于R-Fans底面，指向上方向，X轴指向设备侧面引出缆线的方向，XYZ构成右手坐标系（设备开机启动后顺时针旋转）。

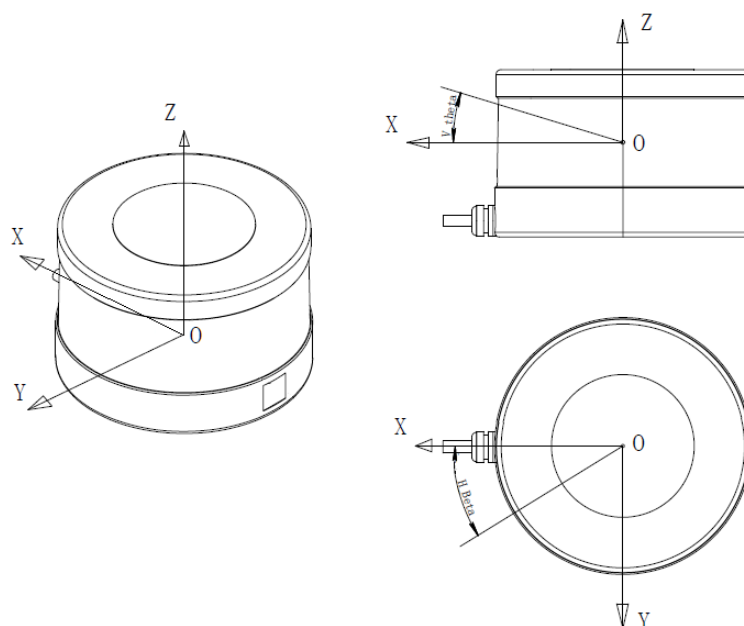


图 9 设备与坐标系

### 8.2 坐标计算

计算 R-Fans 某一方向的点坐标  $(x,y,z)$  需要该点回波距离 Range、垂直角度  $V\_theta$ 、水平角度  $H\_Beta$ 、转台角度  $wt$  等参数。

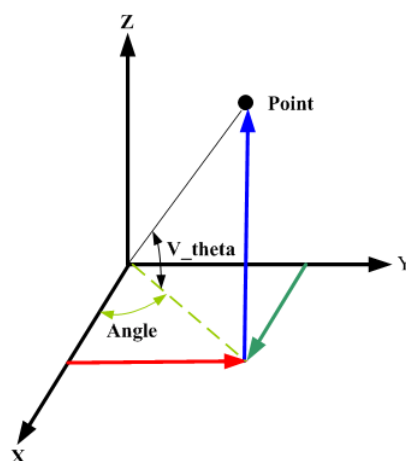


图 10 坐标系与角度参数



计算方法如下：

$$Angle = -wt - w \times \Delta T - (H\_Beta);$$

$$X = Range * \cos(V\_theta) * \cos(Angle);$$

$$Y = Range * \cos(V\_theta) * \sin(Angle);$$

$$Z = Range * \sin(V\_theta)。$$

回波距离Range、转台角度wt四个参数都可以通过解析该方向的点对应的Group和Point结构体获得（参考7.3章节）。

任意通道数据的转台角度Angle应等于 $-wt - w \times \Delta T - (H\_Beta)$ ，其中wt为Group中的Azimuth Angle， $(H\_Beta)$ 可根据通道号查询《角度定义表》获得，w为通过计算出的瞬时角速度（5Hz转速下角速度为 $0.0018^\circ / \mu sec$ ，10Hz转速下角速度为 $0.0036^\circ / \mu sec$ ，20Hz转速下角速度为 $0.0072^\circ / \mu sec$ ）， $\Delta T$ 的值可根据通道号查询《角度定义表》得到（R-Fans-16所求Point的时间如果位于Group中后16个的位置，应在表格查询值基础上加上 $53.28 \mu sec$ ）。

回波距离Range的值可根据7.3章节激光点云数据解析和计算方法计算获得。

垂直角度V\_theta的值可根据通道号查询《角度定义表》获得。

### 8.3 时间计算

UDP包中的GPS Timestamp表示Group 0中Point 0的时间戳，UDP包中其它Point的时间戳都通过GPS Timestamp为基础计算得到。

#### 8.3.1 R-Fans-32、R-Fans-32M 时间计算方式：

$$t = t0 + 1.5625 \times 32 \times D + \Delta T$$

公式中t0为所在UDP包的GPS Timestamp，即Group 0中Point 0的时间戳，D为所求Point所在的Group的序号（0~11）。 $\Delta T$ 表示所求Point和Point 0的时间差， $\Delta T$ 的值可根据通道号查询《角度定义表》得到。

#### 8.3.2 R-Fans-16、R-Fans-16M 时间计算方式：

$$t = t0 + 3.33 \times 32 \times D + \Delta T$$

公式中t0为所在UDP包的GPS Timestamp，即Group 0中Point 0的时间戳，D为所求Point所在的Group的序号（0~11）。 $\Delta T$ 表示所求Point和Point 0的时间差， $\Delta T$ 的值可根据通道号查询《角度定义表》得到。

**注意：**如果所求 Point 在 Group 中位于后 16 个的位置（Point 16~ Point 31）， $\Delta T$  应该在表格查询值基础上加上  $53.28 \mu sec$ （即  $16 \times 3.33 \mu sec$ ），如果所求 Point 在 Group 中位于前 16 个的位置（Point 0~ Point 15），则不用加上  $53.28 \mu sec$ ，直接使用表格查询值。

## 8.4 偏角定义

R-Fans-32、R-Fans-32M 发送的 UDP 包中，Group 包含的 32 个 Point（Point 0~ Point 31）分别对应 32 个通道。

R-Fans-16、R-Fans-16M 发送的 UDP 包中，Group 包含的 32 个 Point（Point 0~ Point 31）分别对应 2 组各 16 个通道。

不同型号设备对应的各个通道号的角度和时间定义见附件 1。

## 9 ROSDriver 驱动说明

ROSDriver 为本产品配套在 ROS 平台下使用控制软件,ROSDriver 安装要求如下, 功能列表见表格 13, 详细操作说明见 U 盘中 ROSDriver 用户手册。

ROSDriver 安装要求:

- 操作系统: Ubuntu14.04 (ros indigo) /16.04 (ros kinetic)
- 内存: 推荐最少 2GB 内存
- 硬盘: 硬盘 80G 以上, 用于存储和分析点云数据

表格 13 ROSDriver 功能列表

模块分类	功能说明
数据接收	1、接收 UDP 数据包; 2、回放 pcap 文件。
解码解算	1、时间同步, 点云数据的时间戳与激光雷达保持同步, 也可连接 GPS 设备对激光雷达进行授时, 点云时间戳同 GPS 时间保持同步; 2、PointCloud2 数据转 LaserScan 格式的数据, 将转化后的数据以“scan”的话题发布到 ROS 系统中。
点云数据发布	1、点云显示: RVIZ 显示点云; 2、多台设备点云融合: 两台设备点云显示; 多台设备点云显示。
算法	1、输出指定通道的点云数据; 2、输出指定距离的点云数据; 3、输出指定水平角度范围的点云数据。

## 10 控制软件

R-Fans 激光雷达配套软件 R-Fans-vx.x.x 可用于配置、控制传感器并接收和显示传感器回传的实时点云图像。方便用户配置、测试和演示传感器作业。

软件安装要求计算机配置：

CPU： Intel Core i5 四核 CPU（或更高配置）

内存：≥4GB

操作系统：window 7 或更高版本操作系统。

计算机的 IP 地址设置为 192.168.0.xxx，子网掩码为 255.255.255.0。

### 10.1 软件安装

双击安装包文件安装 R-Fans-vx.x.x，直接在安装界面中点击下一步，待进度条结束，点击完成，桌面上出现 R-Fans-vx.x.x 图标。

### 10.2 软件启动

R-Fans 设备上电、网络连接完成后，右键 R-Fans-vx.x.x 图标，以管理员身份运行。启动后，打开控制面板雷达页面（如下图），点击启动按键开始激光雷达数据采集。

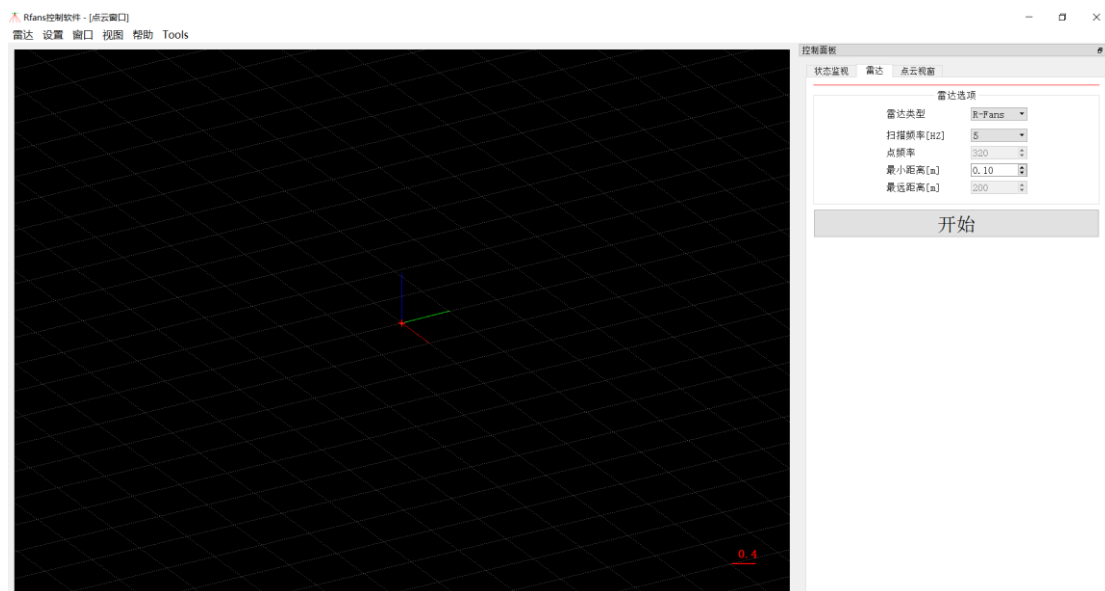


图 11 R-Fans 控制软件界面

R-Fans-vx.x.x 界面包括：

- ① 菜单栏；

② 点云显示窗口；

③ 控制面板。

其中控制面板有状态监视(State Monitor)、雷达(LiDAR)、点云视窗(ViewCtrl)三个选择标签。

使用管理员账户 R-Fans 软件打开后,会按照软件默认配置的传感器 IP 地址,连接 R-Fans 激光雷达,连接成功会在控制面板的雷达标签下显示绿色长条。如果连接不成功,可能原因一:软件默认配置的传感器 IP 地址和传感器实际的 IP 地址不符合,可以通过下面的操作将软件默认配置的传感器 IP 设置为传感器实际的 IP 地址。可能原因二:系统防火墙阻止了网络通讯,请设置防火墙总是允许程序访问网络。

点击菜单栏上的“设置”,选择“IP 地址设置”,在弹出的对话框中配置传感器的实际 IP(默认为 192.168.0.3),以及端口。

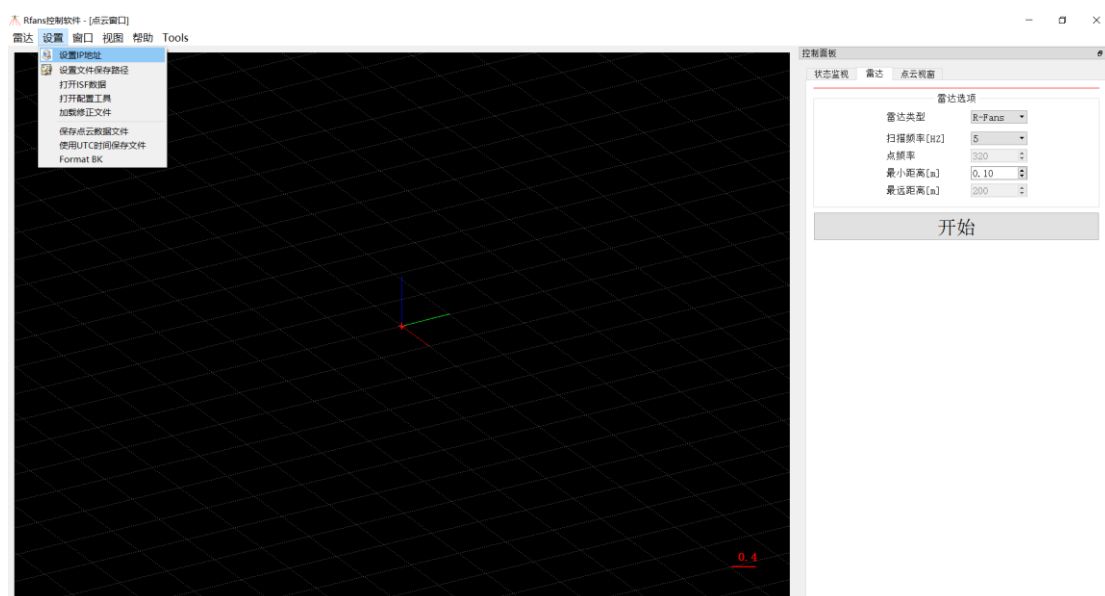


图 12 IP 地址设置

选择“设置文件保存路径(Load File)”设置传感器采集点云数据的保存路径。

选择“保存点云数据文件(Setup Sim Data Path)”,将点云数据保存到指定路径。如果未设置文件保存路径,点云数据会保存在软件安装目录下 ISF 文件夹下。

### 10.3 激光雷达控制

在和激光雷达连通状态下,选择“雷达(LiDAR)”标签页,设置“雷达类型(LidarType)”为“R-Fans”模式,点击“开始(Start)”,传感器便可旋转采集点云数据,并将数据实时传输到控制计算机。R-Fans 控制软件接收传感器实时传

输的数据，会在“点云显示窗口”显示三维点云。在设备工作过程中可以设置传感器的旋转机构的旋转速度，可设置为 5Hz、10Hz、20Hz。

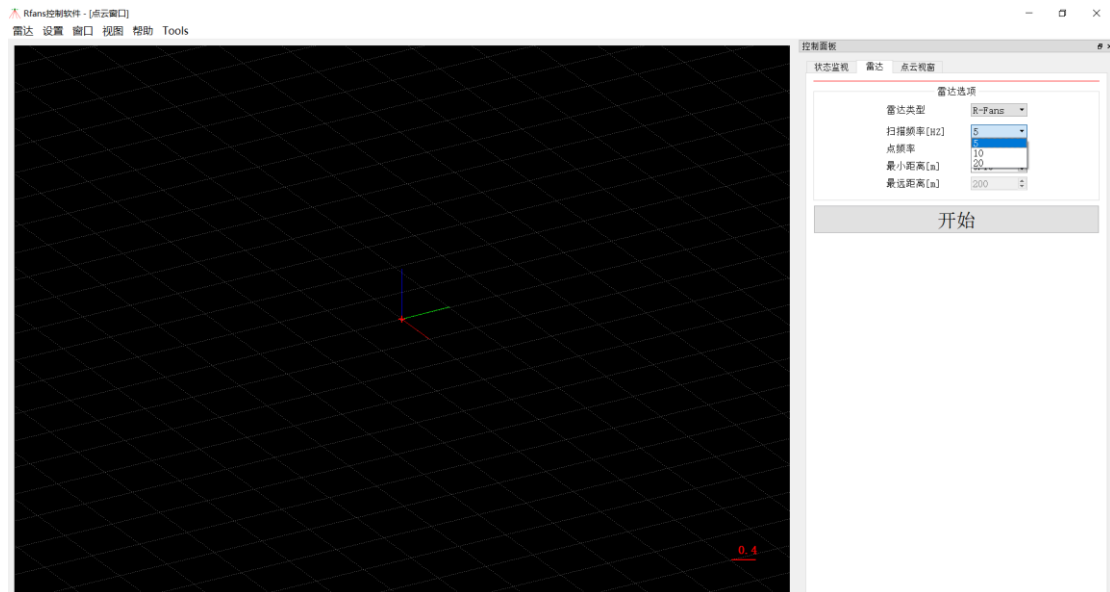


图 13 雷达标签页

在控制面板“状态监视”标签页下，可以查看 R-Fans 激光雷达的运行状态。在激光雷达正常运行时，“状态监视”标签页能显示激光雷达以下信息：

- 接收激光回波的强度范围；
- 测量获得的测距范围；
- 实时传输数据速率；
- 已经采集的数据总量；
- PPS 信号、UTC 时间；
- 激光雷达设备温度、转速等信息。

激光雷达在接收 GPS 信息的情况下，PPS 信号和 UTC 时间栏实时显示“周秒”，每秒加 1，在传感器未接收 GPS 信息的情况下，传感器能正常采集和传输数据，但 PPS 信号和 UTC 时间不显示。

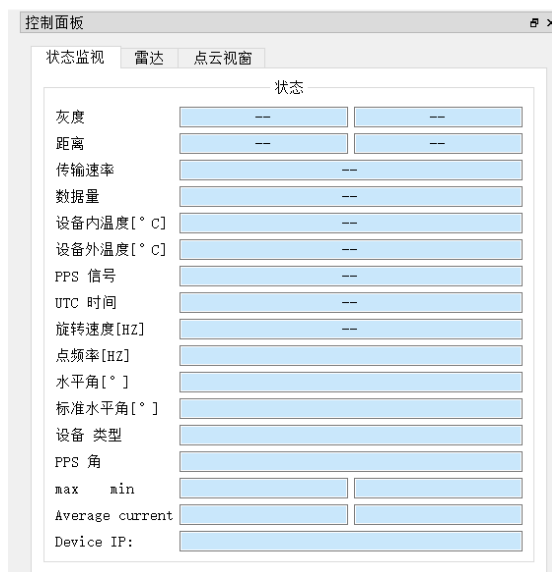




图 14 状态监视标签页

## 10.4 播放点云数据

在和传感器连通状态下，选择“雷达”标签页，设置“雷达类型”为“回放模式”，点击“菜单栏”，选择“打开 ISF 数据”再点击“播放工具栏”的  按钮或点击控制面板“雷达”界面的开始按钮，即可回放保存好的 ISF 数据。

点击  和  按钮，播放上一个文件和下一个文件。

在  下拉菜单中，可选择不同的播放速度。

## 10.5 点云显示设置

有两种途径对实时点云显示进行设置，一种方式是在右击点云显示窗口弹出的右键菜单栏中进行设置，另一种方式是在点云视图标签页中进行设置。

右键点云显示窗口右边部分；出现右键菜单栏，在右键菜单栏中有以下设置项：

隐藏/显示极坐标系（直角坐标系）网格

复位原点：点击复位原点，点云显示窗口中传感器的位置自动移动到窗口坐标系的原点。

显示模式：包括 Normal 模式、Laser Number（用不同颜色标记不同的扫描线）、Intense（用不同颜色标记回波强度）、Range（用不同颜色标记距离）、change（用不同颜色标记发生变化的点）。

视图：调整不同点云视图角度，可设置为顶视图、对角线视图、主视图。

颜色：调整点云显示窗口的背景色（默认为黑色）。

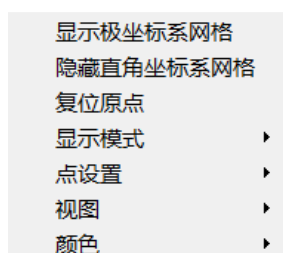


图 15 右键菜单栏

在点云视窗标签页可以设置项目包括：

视图角度控制：设置视角的 X、Y、Z 三个轴的转动角度调整视图角度。

扫描线选择：选择打勾的扫描线 ID 在点云显示窗口中显示，取消打勾则相应 ID 的扫描线在点云显示窗口中不显示。

颜色模式：选择和编辑点云颜色和参数（回波强度、扫描线 ID、测距等参数）对应序列。

显示模式：包括 Normal 模式、Laser Number（用不同的颜色标记不同的扫描线）、Intense（用颜色标记回波强度）、Range（用颜色标记距离）、change（用不同颜色标记发生变化的点）。

步长：设置颜色和参数对应序列的步长。

可见：设置在点云显示窗口显示或隐藏图例。



状态监视

雷达

点云视窗

视图角度控制

X

0.000

Y

295.00

Z

30.000

ISF文件选项

文件大小

128

☐ homo
 ☒ 1
 ☒ 2
 ☒ 3
 ☒ 4

扫描线选择

☒ D-1
 ☒ D-2
 ☒ D-3
 ☒ D-4
 ☒ D-5
 ☒ D-6
 ☒ D-7
 ☒ D-8
 全选

☒ B-1
 ☒ B-2
 ☒ B-3
 ☒ B-4
 ☒ B-5
 ☒ B-6
 ☒ B-7
 ☒ B-8

☒ C-1
 ☒ C-2
 ☒ C-3
 ☒ C-4
 ☒ C-5
 ☒ C-6
 ☒ C-7
 ☒ C-8

☒ A-1
 ☒ A-2
 ☒ A-3
 ☒ A-4
 ☒ A-5
 ☒ A-6
 ☒ A-7
 ☒ A-8
 反选

颜色模式

颜色格式:

Blue>Green

可见:

☐

...

显示模式:

Normal

步长:

1.00

网格选项

字体大小

20.00

字体颜色

网格宽度

0.50

网格颜色

网格数量

40

网络模式

DotLine

工具选项

帧数

1

点云文本输出

选择区域

选择量表

距离显示

图 16 点云视窗标签页

## 10.6 点云数据浏览

在点云视窗面板上使用“工具选项”功能区，可以对点云进行简单操作。

点击“点云文本输出”可以将连续帧的点云转换为文本数据。

点击“选择区域”可以在点云显示界面上选出部分点云转换为文本数据。

“选择量表”状态下，使用鼠标滚轮，可以以鼠标为中心，缩放整个点云；未点下状态下，使用鼠标滚轮，可以以 R-Fans 坐标中心为中心，缩放整个点云。

“距离显示”状态下，点云界面显示界面中心（白点）到 R-Fans 坐标中心的实际距离。

## 10.7 点云数据流存储

在软件安装目录的子目录 ISF 目录中存储采集的点云数据，文件后缀名为 .isf。

isf 文件格式分两部分，第一部分为预留文件头信息，大小为 80KB，数据位置 [0, 81920]。

第二部分为点云数据信息。数据格式参考 7.3 章节。

## 11 网络配置工具

R-Fans 设备网络配置工具集成于 R-Fans 控制软件中。可用于各个版本 R-Fans 的 IP 修改、端口修改、数据刷新频率修改。

打开 R-Fans 控制软件，选择“设置—打开配置工具”，出现软件界面如下：



图 17 R-Fans 配置工具

当设备通电并连接上位机后，设备信息栏会显示 R-Fans 设备信息。

点击设备信息配置栏“修改”按钮，可在弹出对话框中修改设备的 MAC 地址、IP 地址、端口、默认电机转速、相位同步角等信息。

**注：** 修改 IP 地址和端口号之前要保证配置工具中“设置—网络设置”中的 IP 地址以及端口号同设备 IP 地址和端口号保持一致。

端口号和 IP 地址分步进行配置。不可同时进行配置。

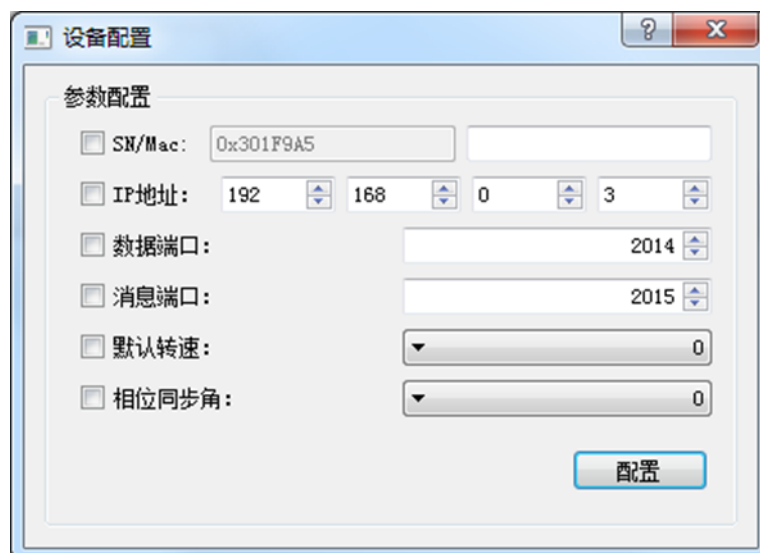


图 18 设备参数配置

## 12 常见问题

问题	分析及解决
无法通信	<ul style="list-style-type: none"><li>1、检查电源供电是否满足要求。</li><li>2、检查上位机网卡是否可用。</li><li>3、检查上位机 IP 是否和设备 IP 在同一个子网内。</li><li>4、检查网络中是否有其他计算机或设备 IP 地址冲突。</li><li>5、检查防火墙是否已经设置允许程序访问网络。</li></ul>
电机未运转	<ul style="list-style-type: none"><li>1、检查电源供电是否满足要求。</li><li>2、检查启动扫描命令是否正确。</li></ul>
数据采集不正常或 无数据生成	<ul style="list-style-type: none"><li>1、检查网络带宽是否满足数据采集需求。</li><li>2、查看扫描区域内是否有物体遮挡。</li></ul>
无法升级固件或 更新配置	<ul style="list-style-type: none"><li>1、检查是否使用了具有 ConfigDevice 功能的软件。</li><li>2、检查串口连接和配置是否正确。</li></ul>

## 13 联系方式

公司名称：北京北科天绘科技有限公司

地址：北京市海淀区永丰路 5 号院 1 号楼 501 室

联系电话：010-58711158、58717175、58717176、58717178

邮政编码：100094

邮箱：bkth@isurestar.com

网址：www.isurestar.com

## 14 附件 1：R-Fans 产品角度定义表

### 14.1 R-Fans-16 偏角定义

R-Fans-16输出数据的Group中，Point 0~Point 31对应的各个通道号依次为：  
C1、B1、C2、B2、C3、B3、C4、B4、C5、B5、C6、B6、C7、B7、C8、B8、  
C1、B1、C2、B2、C3、B3、C4、B4、C5、B5、C6、B6、C7、B7、C8、B8。

表格 13 R-Fans-16 角度定义表

通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)
	H_ BETA	V_ theta	Δ T		H_ BETA	V_ theta	Δ T
B1	3.377	-13	13.32	C1	6.01	-15	0
B2	3.377	-9	16.65	C2	6.01	-11	3.33
B3	3.377	-5	19.98	C3	6.01	-7	6.66
B4	3.377	-1	23.31	C4	6.01	-3	9.99
B5	3.377	3	39.96	C5	6.01	1	26.64
B6	3.377	7	43.29	C6	6.01	5	29.97
B7	3.377	11	46.62	C7	6.01	9	33.3
B8	3.377	15	49.95	C8	6.01	13	36.63

### 14.2 R-Fans-16M 偏角定义

R-Fans-16M输出数据的Group中，Point 0~Point 31对应的各个通道号依次为：  
C1、B1、C2、B2、C3、B3、C4、B4、C5、B5、C6、B6、C7、B7、C8、B8、  
C1、B1、C2、B2、C3、B3、C4、B4、C5、B5、C6、B6、C7、B7、C8、B8。

表格 15 R-Fans-16M 角度定义表

通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)
	H_ BETA	V_ theta	Δ T		H_ BETA	V_ theta	Δ T
B1	-1.325	-15	13.32	C1	1.325	-12	0
B2	-1.325	-9.5	16.65	C2	1.325	-7.5	3.33
B3	-1.325	-6	19.98	C3	1.325	-5	6.66
B4	-1.325	-4	23.31	C4	1.325	-3	9.99
B5	-1.325	-2	39.96	C5	1.325	-1	26.64
B6	-1.325	0	43.29	C6	1.325	1	29.97
B7	-1.325	3	46.62	C7	1.325	5	33.3
B8	-1.325	8	49.95	C8	1.325	11	36.63

### 14.3 R-Fans-32 偏角定义

R-Fans-32输出数据的Group中，Point 0~Point 31对应的各个通道号依次为：

D1、B1、C1、A1、D2、B2、C2、A2、D3、B3、C3、A3、D4、B4、C4、A4、  
D5、B5、C5、A5、D6、B6、C6、A6、D7、B7、C7、A7、D8、B8、C8、A8。

表格 16 R-Fans-32 角度定义表

通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)
	H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T
A1	-6.713	-17	18.75	B1	-4.068	-19	6.25	C1	+3.377	-18	12.5	D1	+6.01	-20	0
A2	-6.713	-13	20.3125	B2	-4.068	-15	7.8125	C2	+3.377	-14	14.0625	D2	+6.01	-16	1.5625
A3	-6.713	-9	21.875	B3	-4.068	-11	9.375	C3	+3.377	-10	15.625	D3	+6.01	-12	3.125
A4	-6.713	-5	23.4375	B4	-4.068	-7	10.9375	C4	+3.377	-6	17.1875	D4	+6.01	-8	4.6875
A5	-6.713	-1	43.75	B5	-4.068	-3	31.25	C5	+3.377	-2	37.5	D5	+6.01	-4	25
A6	-6.713	3	45.3125	B6	-4.068	1	32.8125	C6	+3.377	2	39.0625	D6	+6.01	0	26.5625
A7	-6.713	7	46.875	B7	-4.068	5	34.375	C7	+3.377	6	40.625	D7	+6.01	4	28.125
A8	-6.713	11	48.4375	B8	-4.068	9	35.9375	C8	+3.377	10	42.1875	D8	+6.01	8	29.6875

### 14.4 R-Fans-32M 偏角定义

R-Fans-32M输出数据的Group中，Point 0~Point 31对应的各个通道号依次为：

C1、A1、D1、B1、C2、A2、D2、B2、C3、A3、D3、B3、C4、A4、D4、B4、  
C5、A5、D5、B5、C6、A6、D6、B6、C7、A7、D7、B7、C8、A8、D8、B8。

表格 17 R-Fans-32M 角度定义表

通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)	通道号	水平角度 (°)	垂直角度 (°)	时间偏差 (μ sec)
	H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T		H_BETA	V_theta	Δ T
A1	-6.35	-15	6.25	B1	-3.7	-12	18.75	C1	+3.7	-16.9	0	D1	+6.35	-13.68	12.5
A2	-6.35	-9.5	7.8125	B2	-3.7	-7.5	20.3125	C2	+3.7	-10.5	1.5625	D2	+6.35	-8.5	14.0625
A3	-6.35	-6	9.375	B3	-3.7	-5	21.875	C3	+3.7	-6.5	3.125	D3	+6.35	-5.5	15.625
A4	-6.35	-4	10.9375	B4	-3.7	-3	23.4375	C4	+3.7	-4.5	4.6875	D4	+6.35	-3.5	17.1875
A5	-6.35	-2	31.25	B5	-3.7	-1	43.75	C5	+3.7	-2.5	25	D5	+6.35	-1.5	37.5
A6	-6.35	0	32.8125	B6	-3.7	1	45.3125	C6	+3.7	-0.5	26.5625	D6	+6.35	0.5	39.0625
A7	-6.35	3	34.375	B7	-3.7	5	46.875	C7	+3.7	2	28.125	D7	+6.35	4	40.625
A8	-6.35	8	35.9375	B8	-3.7	11	48.4375	C8	+3.7	6.37	29.6875	D8	+6.35	9.26	42.1875