

Pandar64

64线机械式激光雷达
产品手册



目录

安全提示	1	4.5 升级 (Upgrade)	41
1 产品介绍	4	5 PandarView.....	43
1.1 工作原理	4	5.1 安装.....	43
1.2 结构描述	5	5.2 查看实时点云	44
1.3 线束分布	6	5.3 录制点云	45
1.4 技术参数	7	5.4 播放点云文件	46
2 安装	8	5.5 功能及设置.....	48
2.1 机械安装	8	6 通信协议	54
2.2 接口	12	7 仪器维护	55
2.3 接线盒 (选配)	14	8 故障排查	57
2.4 使用	18	附录 I 线束分布数据	60
3 数据格式	19	附录 II 点云数据绝对时间与发光时刻计算	65
3.1 点云数据包	20	附录 III PTP 协议	68
3.2 GPS 数据包	26	附录 IV Phoenix 接口	70
4 网页控制	32	附录 V 反射率非线性映射	71
4.1 首页 (Home)	33	附录 VI 认证信息	76
4.2 参数设置 (Settings)	34	附录 VII 售后技术支持及联系方式.....	77
4.3 点云输出角度设置 (Azimuth FOV)	37		
4.4 运行状态数据 (Operation Statistics)	40		

安全提示

使用产品前，请仔细阅读并遵循本说明书指导，同时请参考任何相关的国家和国际安全条例。

■ 注意

为降低触电风险并避免违反保修条例，请勿私自拆开或改装雷达。本产品不包含用户可维修零件，请向禾赛科技认证的维修人员咨询保修及维护事宜。



■ 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
- 21 CFR 1040.10 和 1040.11 标准，除 2019 年 5 月 8 日颁发的第 56 号激光公告（Laser Notice No.56）所述之偏差事项（IEC 60825-1 第三版）外

任何情况下，切勿通过放大设备（例如显微镜、头戴式放大镜或其他形式的放大镜）直视传输中的激光。

■ 安全预警

任何情形下，如果您怀疑产品已出现故障或受损，请立刻停止使用产品，以免造成使用者受伤或产品进一步受损。请联系禾赛科技或其授权服务商处理受损产品。

操作

本产品由金属、玻璃和塑料构成，内部含敏感电子元件。跌落、焚烧、刺穿或挤压等不当操作可能造成产品损坏。产品一旦跌落，请立即停止使用，并联系禾赛科技获取技术支持。

外壳

产品内含高速旋转部件，请勿在外壳没有紧固的情况下操作；请勿使用外壳损坏的产品，以免受伤。为避免产品性能降低，请勿用手触摸光罩。如果光罩已沾上污渍，请按说明书“仪器维护”章节所述方法清洁。

人眼安全

尽管产品设计符合 Class 1 人眼安全标准，切勿通过放大设备（例如显微镜、头戴式放大镜或其他形式的放大镜）直视传输中的激光。为最大程度地实现自我保护，使用者仍应避免直视运行中的产品。

维修

请勿在缺少官方指导的情况下打开和自行修理产品。拆卸产品可能导致产品损坏、防水性能失效或人员受伤。

供电

使用禾赛科技提供的连接线和电源适配器给产品供电。如果使用不符合供电要求或已损坏的线缆或适配器，或在潮湿环境中供电，可能导致火灾、电击、人员受伤、产品损坏或其他财产损失。

外壳高温

产品运行时或运行后，触摸外壳可能导致不适甚至烫伤，此时应避免皮肤直接接触产品。如果将此激光雷达产品作为您产品的一部分，请务必向您产品的预期使用者告知外壳高温风险。

振动条件

应避免产品受到强烈振动而造成损坏。如需产品的机械冲击和振动性能参数，请联系禾赛科技获取技术支持。

射频干扰

使用前，请阅读产品底座铭牌的认证及安全信息。尽管产品的设计、检测和制造均符合射频能量辐射的相关规定，但来自产品的辐射仍有可能导致其他电子设备出现故障。

医疗设备干扰

产品包含的部分组件和无线电装置会发射电磁场，可能干扰医疗设备，例如植入耳蜗、心脏起搏器和除颤器。请向您的医师和医疗设备制造商咨询有关您的医疗设备的特定信息，例如是否需要与产品保持安全距离。如果怀疑产品正在干扰您的医疗设备，请立刻停止使用。

爆燃性和其他空气条件

请勿在任何存在潜在爆燃性空气的区域使用产品，例如空气中含有高浓度可燃性化学物质、蒸汽或微粒（例如颗粒、灰尘或金属粉末）的区域。请勿将产品暴露在高浓度工业化学品环境中，包括易蒸发的液化气体（如氦气）附近，以免损坏或削弱产品功能。请遵循所有标记和指示。

光干扰

某些精密光学设备可能受到产品发出激光的干扰，使用时请注意。

1 产品介绍

本手册介绍了 Pandar64 激光雷达的技术参数、安装及数据输出格式等。

本手册随产品技术升级而更新。如需最新版本，请访问禾赛科技官网的“下载”页面，或联系禾赛科技技术支持。

1.1 工作原理

本产品的测距原理为飞行时间测量法（Time of Flight）

- 1) 激光发射器发出一束超短激光脉冲
- 2) 激光投射到物体上，发生漫反射，激光接收器收到漫反射光
- 3) 通过测量激光束在空中的飞行时间，可准确计算目标物体到传感器的距离

$$d = \frac{ct}{2}$$

d: 距离

c: 光速

t: 激光束的飞行时间

图 1.1 飞行时间测量法公式

1.2 结构描述

激光雷达的转子上固定安装 64 对激光发射和接收装置，通过内部电机旋转实现水平方向 360°扫描。



图 1.2 部分横截面

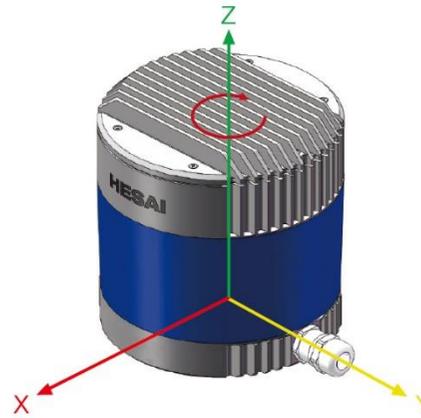


图 1.3 坐标系（等距视图）

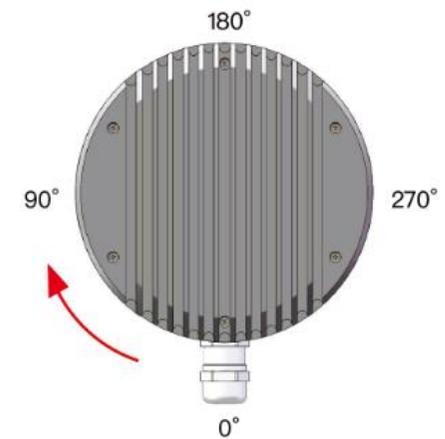


图 1.4 旋转方向（顶视图）

激光雷达坐标系见图 1.3，z 轴为旋转中心轴。

坐标原点标记为下页图 1.6 中的红点。测量数据均以坐标原点为基准。

由于激光雷达各通道在水平方向上存在固定偏差，这里定义：当 18 号通道经过图 1.4 所示的雷达 0°位置时，点云数据 UDP 包中对应数据块的方位角 (Azimuth) 为 0°。

1.3 线束分布

激光雷达各通道在垂直方向呈非均匀分布（如图 1.5），角度设计值如下：

- 线束 6 到线束 54，相邻两线束的垂直角分辨率为 0.167°
- 线束 5 到线束 6，以及线束 54 到线束 62，相邻两线束的垂直角分辨率为 1°
- 其他线束为非均匀分布，详见附录 I（线束分布数据）

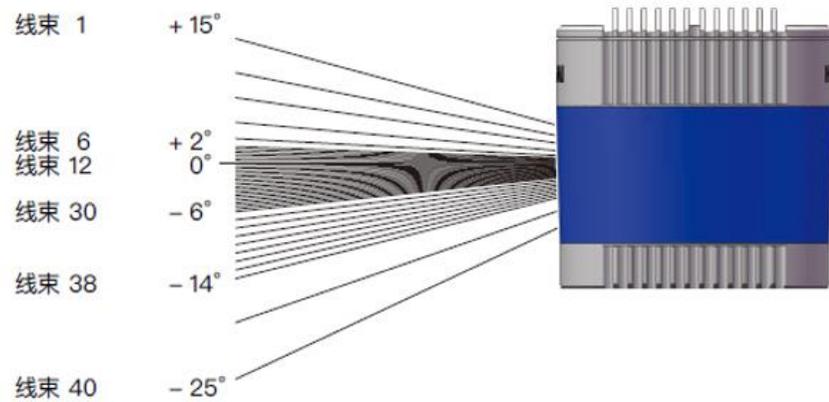


图 1.5 线束分布示意图

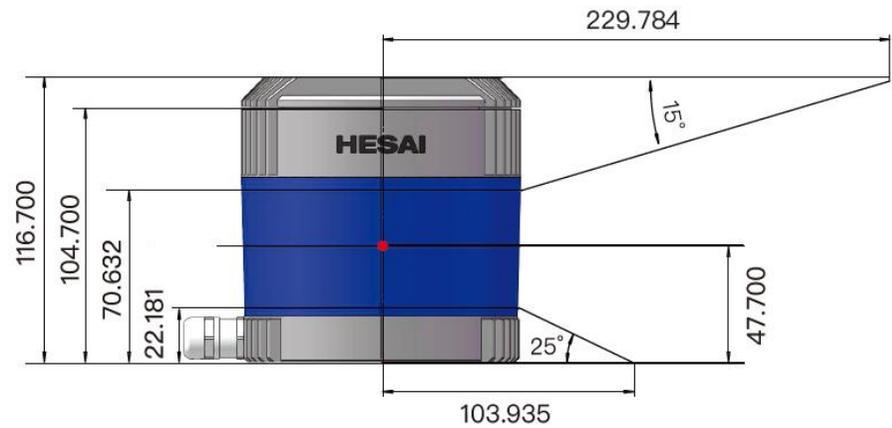


图 1.6 激光器发光位置（单位：mm）

各通道在垂直和水平方向上存在固定角度偏差，详见该台雷达的校准文件。

校准文件通常在发货时提供，也可通过以下两种方式再次获取：

- 用 TCP API 指令 `PTC_COMMAND_GET_LIDAR_CALIBRATION` 获取校准文件，详见第 6 章（通讯协议）
- 联系禾赛科技销售代表或技术支持

1.4 技术参数

传感器	
扫描原理	机械旋转
线数	64
探测距离	0.3 ~ 200 m (10%反射率)
测距准度	±5 cm (0.3 ~ 1 m) ±2 cm (1 ~ 200 m)
水平视场角	360°
水平角分辨率	0.2° (10 Hz), 0.4° (20 Hz)
垂直视场角	40° (-25° ~ +15°)
垂直角分辨率	0.167° (-6° ~ +2°) 1° (-14° ~ -6°, +2° ~ +3°) 2° (+3° ~ +5°) 3° (+5° ~ +11°) 4° (+11° ~ +15°) 5° (-19° ~ -14°) 6° (-25° ~ -19°)
扫描频率	10 Hz, 20 Hz
回波模式	单回波 双回波 (最强及最后回波)
已通过认证	
	Class 1 激光产品 CE, FCC, FDA, IC, EAC, KCC, UKCA

注意 以上参数如有更改, 请见最新版产品手册

注意 测距准度 (各通道测距误差的均值) 可能受目标物距离、环境温度及目标物反射率影响

机械/电气/操作	
波长	905 nm
激光器等级	Class 1 人眼安全
防护等级	IP6K7
尺寸	高度: 116.7 mm 顶盖/底座直径: 118.0 / 116.0 mm
额定电压范围	DC 9 ~ 48 V
功耗	22 W (典型值)
工作温度	-20°C ~ 65°C
重量	1.52 kg
数据输入/输出	
传输方式	UDP/IP 百兆以太网
测量数据	距离、角度、反射率
点频	单回波: 1,152,000 点/秒 双回波: 2,304,000 点/秒
点云数据传输率	单回波: 29.66 Mbps 双回波: 59.33 Mbps
时间来源	GPS / PTP
PTP 同步准度	≤1 μs
PTP 时钟漂移	≤1 μs/s

2 安装

2.1 机械安装

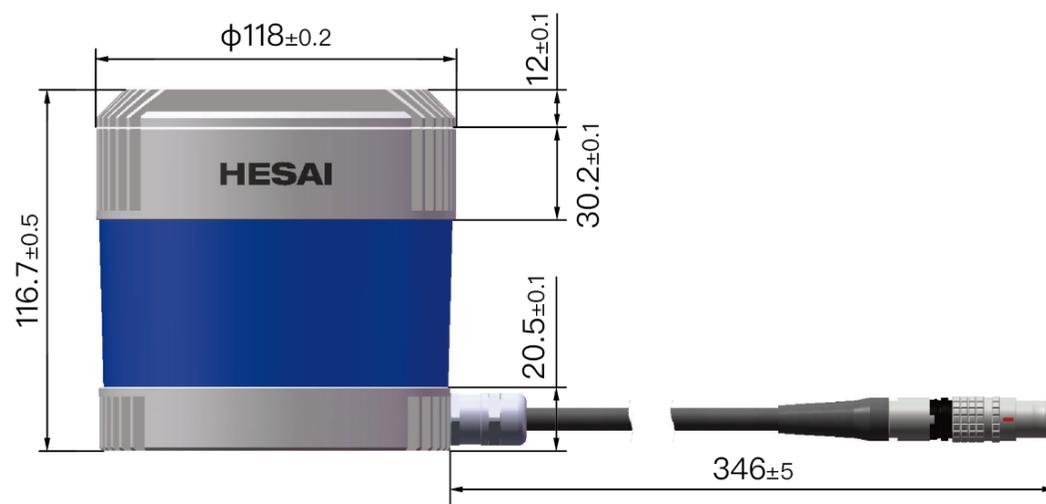


图 2.1 前视图 (单位: mm)

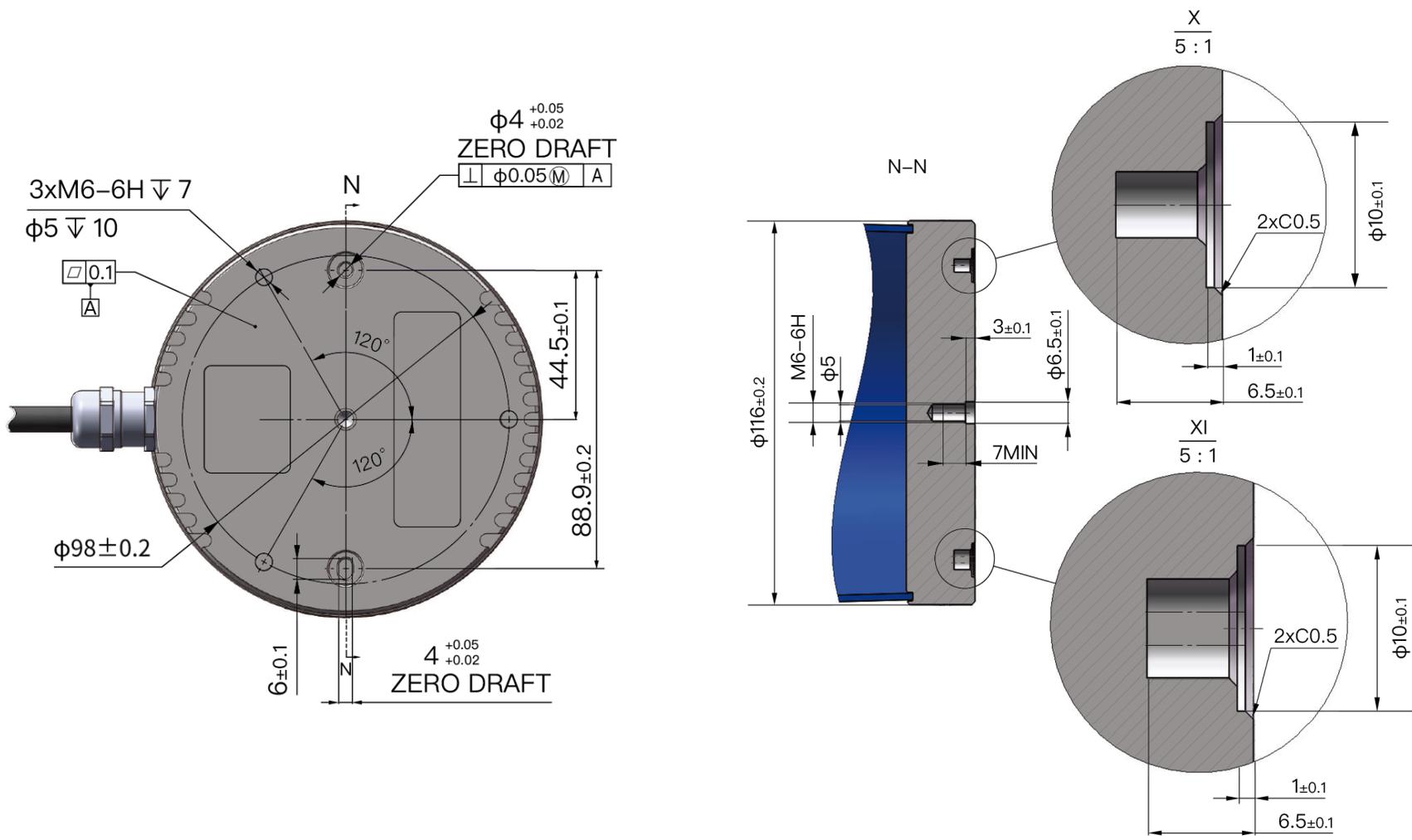


图 2.2 底部安装图 (单位: mm)

■ 快速安装

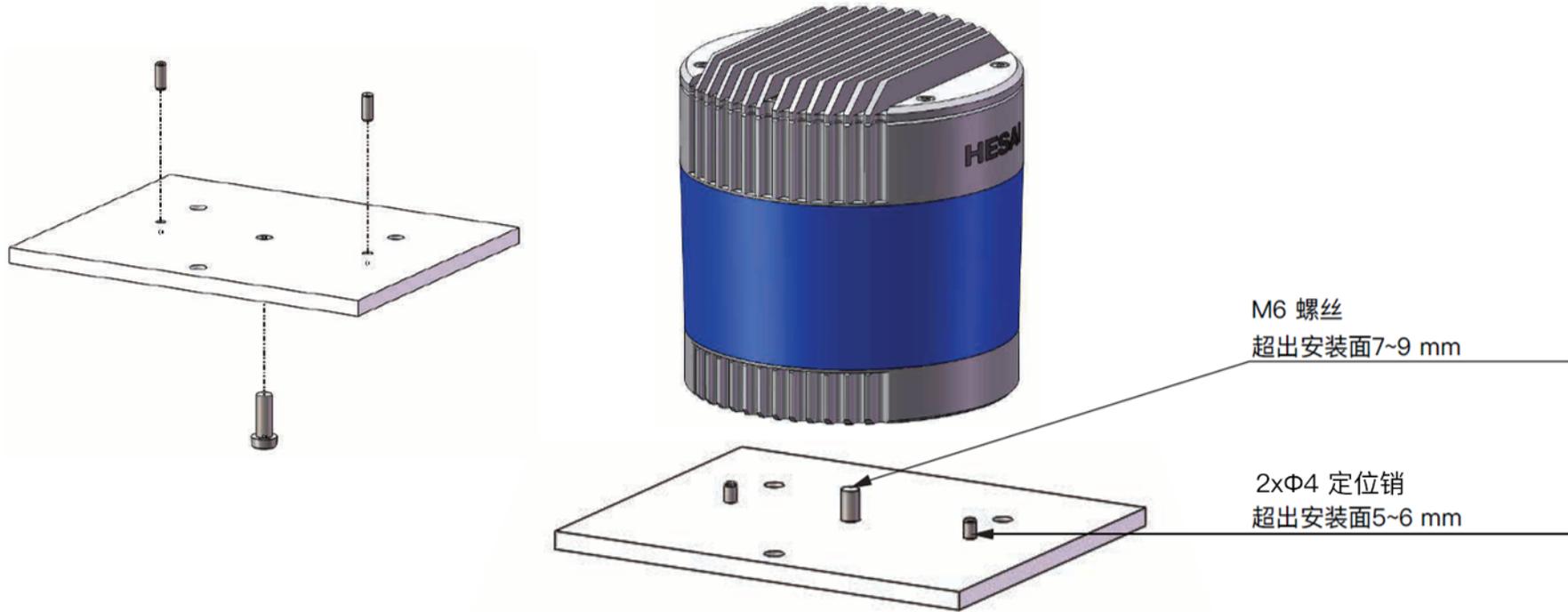


图 2.3 快速安装

■ 加固安装

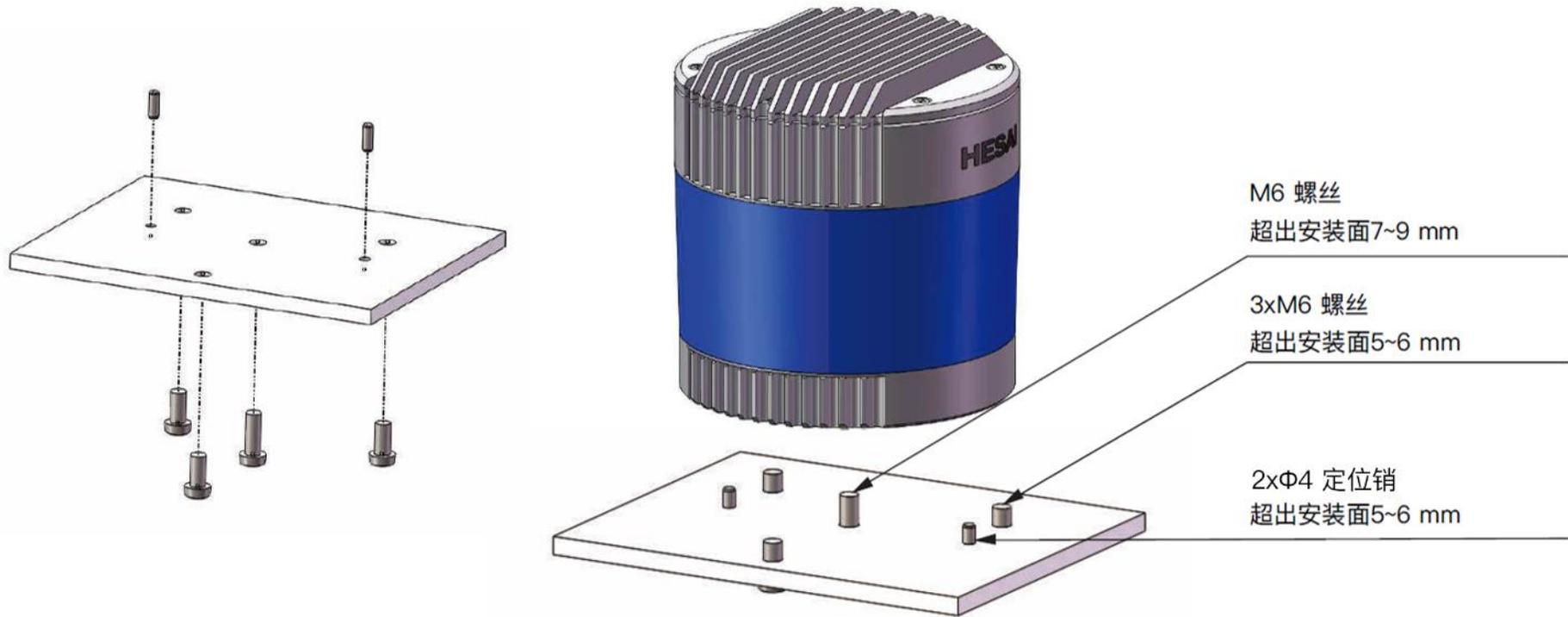


图 2.4 加固安装

2.2 接口

默认采用 Lemo 接口。如选择 Phoenix 接口，请参见附录 IV。

Lemo 零件编号：FGG.2T.316.CLAC75Z（公头插头，用于雷达上）

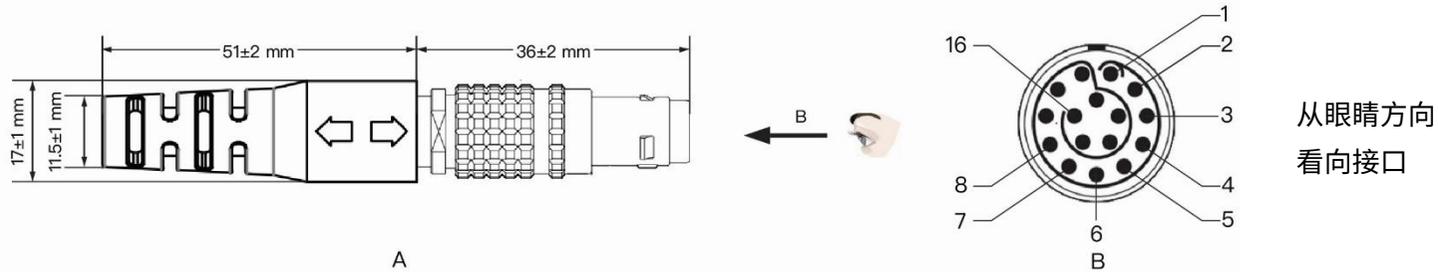


图 2.5 Lemo 接口（公头插头）

Lemo 接口的引脚定义如下：

引脚编号	信号	颜色	电平	引脚编号	信号	颜色	电平
1~4	-	-	-	11	Power	红色	9~48 V
5	Ethernet RX-	蓝色	-1~1 V	12	Power	灰色	9~48 V
6	Ethernet RX+	蓝色/白色	-1~1 V	13	Ground (Return)	黑色	0 V
7	Ethernet TX-	橘色	-1~1 V	14	Ground (Return)	灰色/白色	0 V
8	Ethernet TX+	橘色/白色	-1~1 V	15	Index	紫色	0~3.3 V
9	GPS Serial Data	白色	-13~+13 V	16	Encoder	紫色/白色	0~3.3 V
10	GPS PPS	黄色	TTL 3.3/5 V				

注意 GPS PPS 信号：脉冲宽度建议超过 1 ms，周期为 1 s（上升沿至上升沿）

注意 从接线盒的 GPS 接口插、拔 GPS 模块，或从线缆的 GPS 引脚接入、断开信号时，请确保激光雷达处于断电状态。如需在通电状态下操作，请先进行静电释放，且避免用手直接接触 GPS 接口或引脚。

■ 连接器插拔

连接 Lemo 连接器	断电后，将公头、母头外壳上的红点对齐，然后插入
分离 Lemo 连接器	断电后，将公头上的锁定套筒向外拉出；拉到最外侧的状态下，握紧公头、母头的外壳，向两侧拨开

注意

- 仅在拉出锁定套筒的状态下分离连接器。锁定套筒未拉出时，不可猛力拔线缆或连接器外壳，不可扭转连接器，以免外壳松脱或连接器引脚受损
- 如果连接器外壳意外松脱，请停止使用连接器，联系禾赛科技技术支持
- 禁止自行尝试组装连接器的外壳和电缆夹头，且禁止连接不含外壳的连接器，以免损坏激光雷达内部电路



图 2.6 连接/分离 Lemo 连接器

■ 线缆

外径 OD = 7.50 ± 0.30 mm

最小折弯半径 = 7.5 * OD

注意 为避免损坏线束，请勿从格兰头处开始弯折

2.3 接线盒 (选配)

用户可直接连接激光雷达或通过接线盒连接。

Lemo 零件编号：PHG.2T.316.CLLC75Z (母头插座，用于接线盒上)

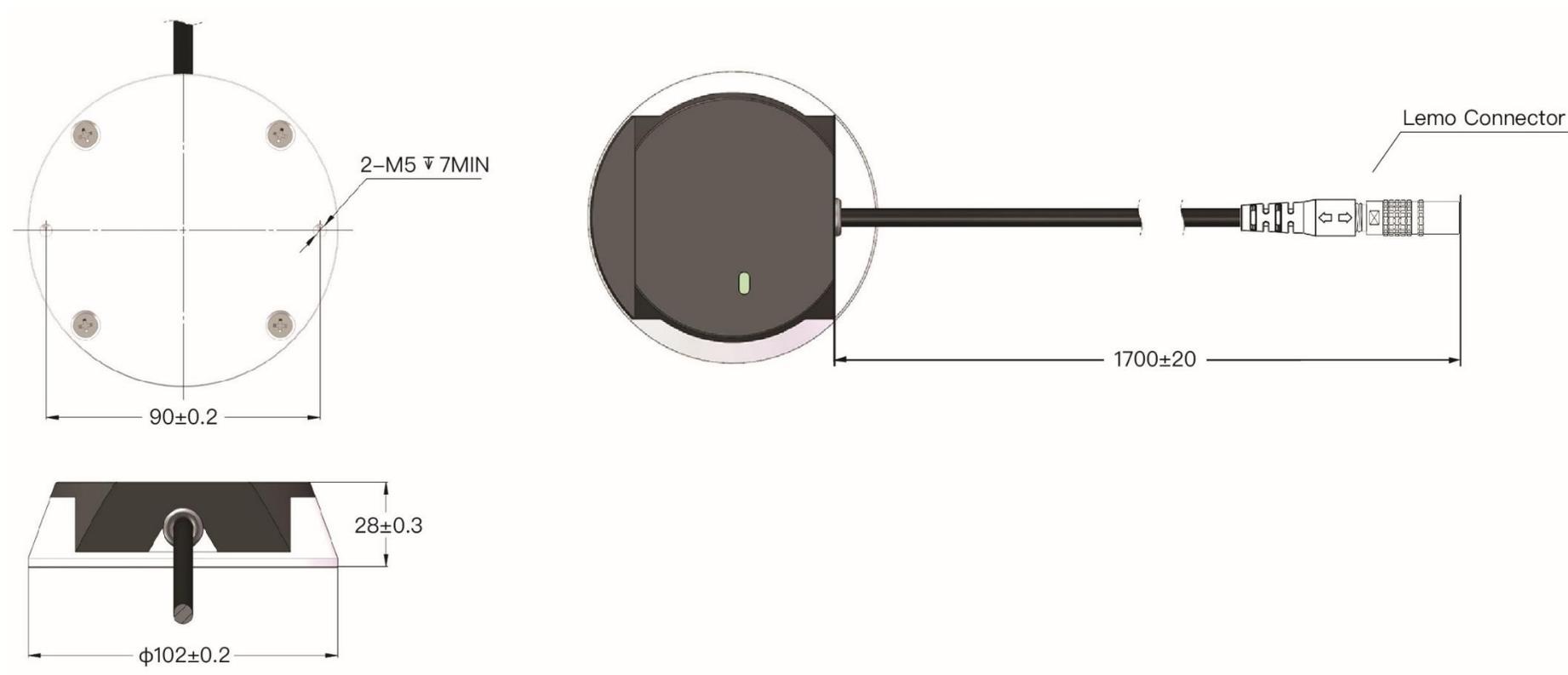


图 2.7 接线盒 (单位: mm)

2.3.1 接线盒接口

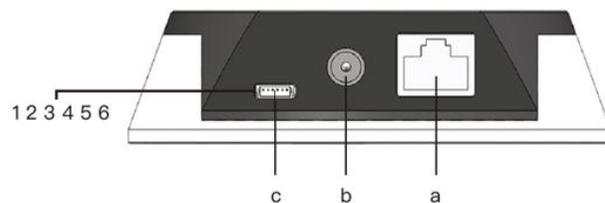


图 2.8 接线盒接口（正面）

序号	接口名称	说明
a	标准以太网接口	RJ45，百兆以太网
b	电源接口	请使用 DC-005 电源插座 内 (+) 外 (-) 输入电压范围 9 V 到 48 V，可输出功率至少 22 W
c	GPS 接口	接口型号：JST 公司 SM06B-SRSS-TB 外接 GPS 模块的推荐接口：JST 公司 SHR-06V-S-B 电平标准：RS232 波特率：9600 bps

GPS 接口引脚号从左至右依次为 1~6，说明如下：

引脚号	方向	说明	要求
1	输入	PPS 同步信号	TTL 电平 3.3/5 V，建议脉冲宽度超过 1 ms 周期：1 s（上升沿至上升沿）
2	输出	外接 GPS 模块的电源	5 V
3	输出	外接 GPS 模块的地	-
4	输入	接收来自外接 GPS 模块的串口数据	RS232 电平
5	输出	外接 GPS 模块的地	-
6	-	预留	-

选用 Lemo 连接器的 Pandar64 包含角度触发接口，可输出触发信号，用于多传感器与雷达精确同步。

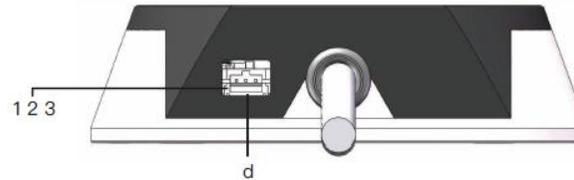


图 2.9 接线盒接口（背面）

序号	接口名称	说明
d	角度触发接口	<p>输出触发信号，用于多传感器与雷达精确同步</p> <p>连接器型号（母头）：Molex, LLC 公司 5023520300</p> <p>推荐连接器型号（公头）：Molex, LLC 公司 5023510300</p> <p>电平：0 ~ 3.3 V</p> <p>信号类型：脉冲</p> <p>最大电流输出：12 mA</p>

角度触发接口的引脚号从左至右依次为 1~3，说明如下。

引脚号	方向	说明
1	输入	GND，用于对外触发信号接地
2	输出	<p>触发信号（编码器）：雷达每转 0.05°，输出一个脉冲</p> <p>脉冲宽度：7 μs @ 600 RPM，3.5 μs @ 1200 RPM</p>
3	输出	<p>触发信号：18 号通道每次经过雷达的 180°位置（见图 1.4）时，输出一个脉冲</p> <p>脉冲宽度：4 μs @ 600 RPM，2 μs @ 1200 RPM</p>

2.3.2 接线盒连接

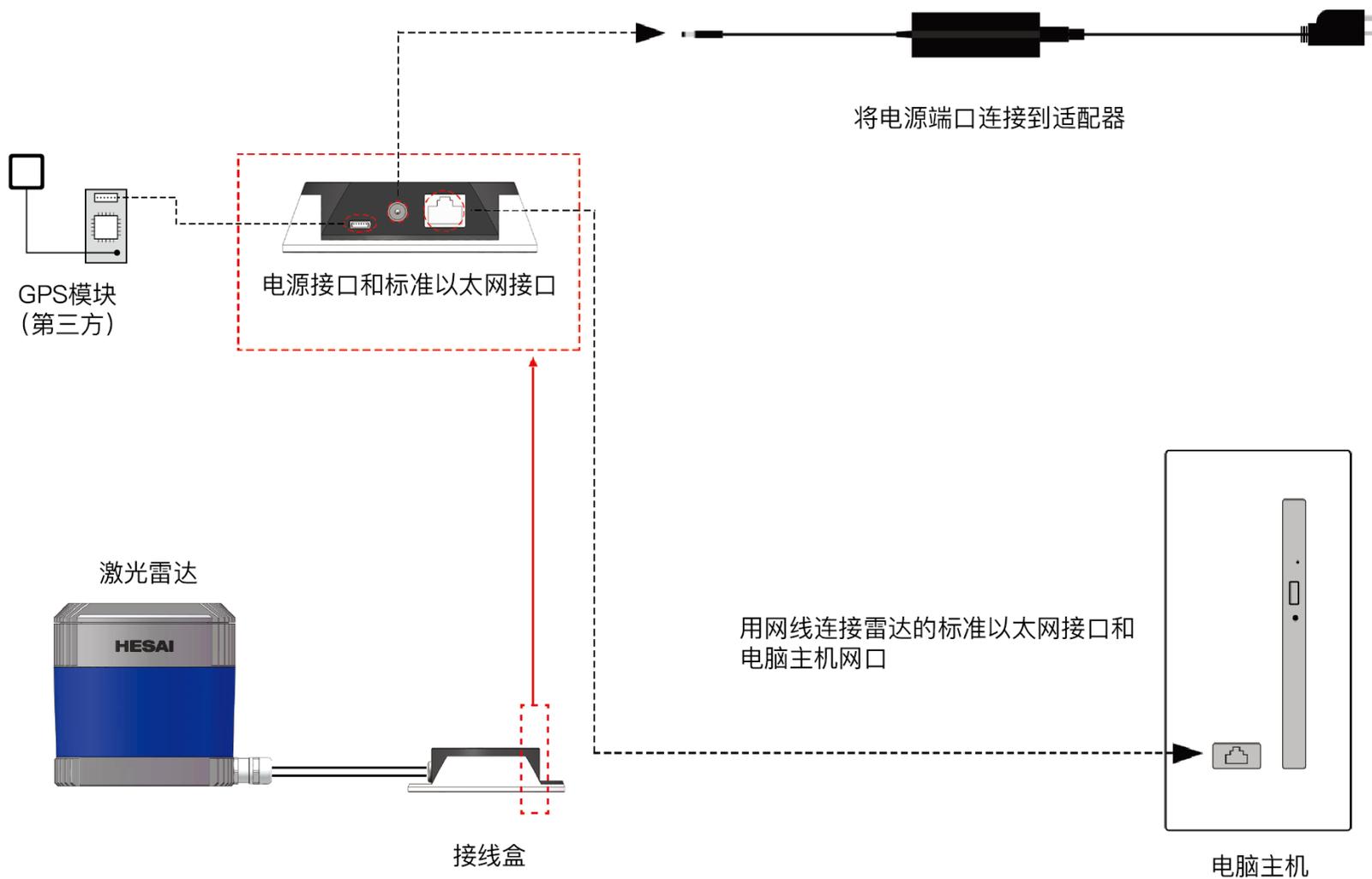


图 2.10 接线盒连线

注意 采用 PTP 协议时，连接方式参考附录（PTP 协议）

2.4 使用

使用前，请取下雷达外侧的光罩保护棉。

本产品不含电源开关，接通电源并通过网线与计算机连接后，将自动开始传输数据。

接收数据前，请将计算机 IP 地址设置为 192.168.1.100，子网掩码设置为 255.255.255.0

Ubuntu	Windows
终端中输入 ifconfig 指令： ~\$ sudo ifconfig enp0s20f0u2 192.168.1.100 (enp0s20f0u2 替换为本地的以太网端口名称)	进入网络和共享中心，点击“以太网” 在“以太网状态”对话框，点击“属性” 双击“Internet 协议版本 4 (TCP/IPv4)” IP 地址设置为 192.168.1.100，子网掩码为 255.255.255.0

如需采用点云可视化软件 PandarView 来录制和播放点云数据，请见第 5 章（PandarView）。

如需设置参数、查看雷达信息或升级固件/软件，请见第 4 章（网页控制）。

如需软件开发工具包（SDK）

- 从禾赛科技官网跳转至各型号雷达对应的 SDK 下载地址：<https://www.hesaitech.com/zh/download>（产品相关——选择产品型号）
- 也可直接访问禾赛科技官方 GitHub 页面：<https://github.com/HesaiTechnology>

3 数据格式

数据输出采用百兆以太网 UDP/IP 通信协议，输出两种 UDP 包：点云数据包和 GPS 数据包。

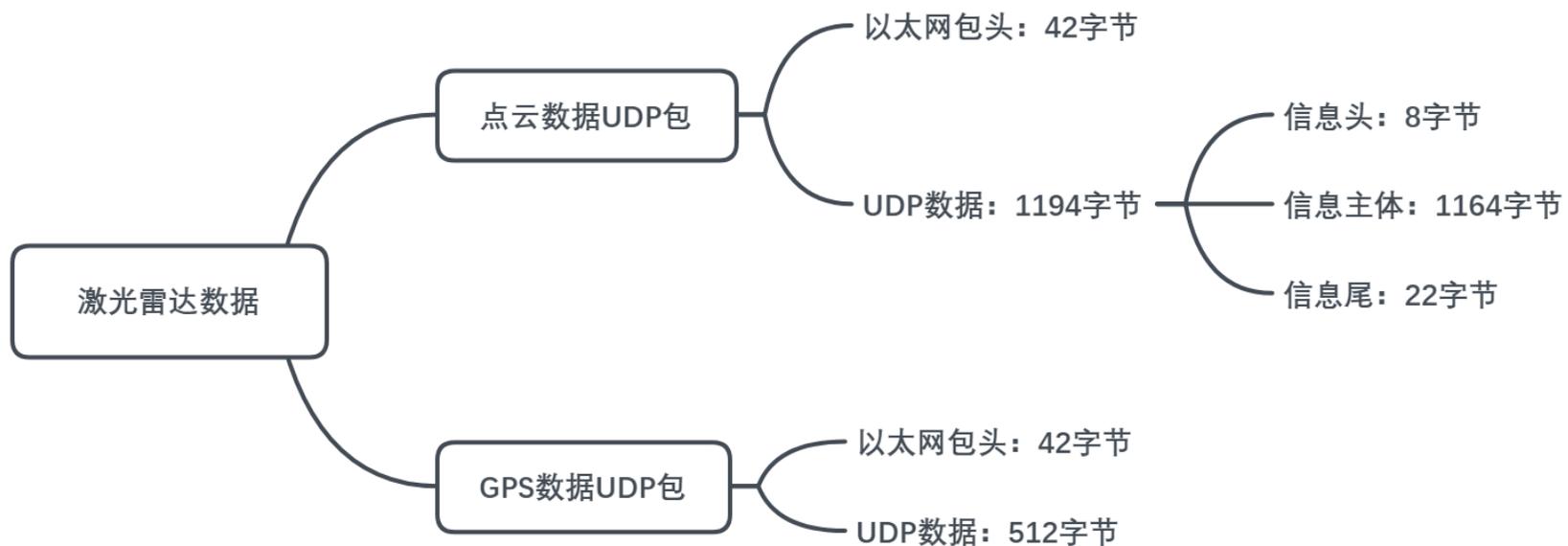


图 3.1 激光雷达数据结构 (UDP 序列关闭时)

UDP 序列功能默认关闭。当 UDP 序列开启时，点云 UDP 数据的信息尾由 22 字节变为 26 字节。

3.1 点云数据包

3.1.1 以太网包头

每台激光雷达均有唯一的 MAC 地址。默认源 IP 地址为 192.168.1.201，目的 IP 地址为 255.255.255.255，即广播形式。

点云数据包-以太网包头：42 字节		
字段	字节数	说明
Ethernet II MAC	12 字节	目的：广播 (0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF) 源：(xx:xx:xx:xx:xx:xx)
Ethernet Data Packet Type	2 字节	0x08, 0x00
Internet Protocol	20 字节	互联网协议，见下图
UDP Port Number	4 字节	UDP 源端口 (0x2710, 表示 10000) 目的端口 (0x0940, 表示 2368)
UDP Length	2 字节	UDP 序列关闭时为 0x04B2, 表示 1202 字节 (比图 3.1 中的点云 UDP 数据多 8 个字节) UDP 序列开启时为 0x04B6, 表示 1206 字节
UDP Checksum	2 字节	-

```
Internet Protocol, Src: 192.168.1.201 (192.168.1.201), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
  Version: 4
  Header length: 20 bytes
  Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
  Total Length: 1222
  Identification: 0xe960 (59744)
  Flags: 0x02 (Don't Fragment)
  Fragment offset: 0
  Time to live: 64
  Protocol: UDP (17)
  Header checksum: 0x8a55 [correct]
  Source: 192.168.1.201 (192.168.1.201)
  Destination: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
```

图 3.2 点云数据包以太网包头——互联网协议 (Internet Protocol)

3.1.2 UDP 数据

所有多字节值均为无符号整型，按小端字节序。

■ 数据头 (Header)

数据头：8 字节		
字段	字节数	说明
0xEEFF	2 字节	包头，0xEE 在前
Laser N	1 字节	激光通道数，0x40 表示 64 线
Block N	1 字节	每个数据包中的数据块 (block) 个数，0x6 表示 6 个数据块
Reserved	1 字节	-
Dis Unit	1 字节	距离参数，4 mm
Reserved	1 字节	-
Reserved	1 字节	-

■ 数据主体 (Body)

数据主体：1164 字节 (6 个数据块)				
数据块 1	数据块 2	数据块 3	...	数据块 6
Azimuth 1	Azimuth 2	Azimuth 3	...	Azimuth 6
Channel 1	Channel 1	Channel 1	...	Channel 1
Channel 2	Channel 2	Channel 2	...	Channel 2
...
Channel 64	Channel 64	Channel 64	...	Channel 64

双回波模式下，全部通道一轮发光返回的测距数据保存在相邻两个数据块中：

- 奇数块保存最后回波，偶数块保存最强回波
- 如果最后和最强为同一回波，则偶数块保存次强回波
- 这两个相邻数据块中的方位角（Azimuth）相同

每个数据块的字节数 = Azimuth 的字节数 + 64 * Channel XX 的字节数

数据主体中的每个数据块：194 字节			
字段	字节数	说明	
Azimuth	2 字节	转子当前的转动基准角度 低字节在前 方位角 = Azimuth / 100°	
Channel XX	3 字节	Distance, 2 字节	小端字节序（低字节在前） 距离 = Distance * 4 mm
		Reflectivity, 1 字节	范围：0~255 实际反射率与本字段的映射关系，可在网页控制中选择，见 4.2 节（参数）

■ 数据尾 (Tail)

数据尾：22/26 字节 (UDP 序列功能关闭/开启时)		
字段	字节数	说明
Reserved	5 字节	-
High Temperature Shutdown Flag	1 字节	0x01 表示高温，0x00 表示正常工作 <ul style="list-style-type: none"> • 雷达检测到高温状态时，此标志位会置为 0x01，且系统 60 秒后进入暂停状态。这 60 秒及此后的暂停过程中，标志位始终保持 0x01 • 检测到雷达脱离高温状态后，标志位会置为 0x00，且系统自动恢复正常工作
Reserved	2 字节	-
Motor Speed	2 字节	电机转速 speed_2_bytes [15:0] = speed (RPM)
Timestamp	4 字节	该数据包的绝对时间，单位为 1 μ s 范围：0 ~ 1000000 μ s (1 s)
Return Mode Information	1 字节	0x37 表示最强回波，0x38 表示最后回波，0x39 表示双回波
Factory Information	1 字节	0x42 (或 0x43)

(接下页)

(接上页)

字段	字节数	说明	
Date & Time	6 字节	该点云包的绝对时间，精确到秒	
		每个字节	范围（十进制）
		年（当前年份减去 2000）	正整数
		月	1 ~ 12
		日	1 ~ 31
		时	0 ~ 23
		分	0 ~ 59
		秒	0 ~ 59
UDP Sequence	4 字节	仅当 UDP 序列功能开启时，增加这 4 个字节 该数据包的序列号，从 0 到 0xFF FF FF FF，小端字节序	

3.1.3 示例：点云数据解析

点云 UDP 数据解析分为三步。

■ 解析单个数据点的垂直角度、水平角度和距离值

以点云数据包中数据块 3 的 5 号通道为例：

1) 由**错误!未找到引用源。**（线束分布数据）可知，5 号通道的垂直角度为 3.04°

注意 准确的垂直角度在该台雷达的角度校准文件中，参见 1.3 节（线束分布）

- 水平方向定义为垂直 0°
- 向上为正，向下为负
- 从最上到最下，通道序号从 1 开始

2) 水平角度 = 转子当前的转动基准角度（即数据块 3 中的 Azimuth 字段）+ 水平角度偏移 + 发光时刻补偿

- 5 号通道的水平角度偏移为 -1.042° （见**错误!未找到引用源。**：线束分布数据）

注意 准确的水平角度偏移在该台雷达的角度校准文件中，参见 1.3 节（线束分布）

- 发光时刻补偿角 = 5 号通道的发光时刻偏移（见**错误!未找到引用源。**：发光时刻计算） * 电机的旋转速率（见**错误!未找到引用源。**节 网页控制：首页）
- 水平角度以顶视图中顺时针方向为正值

3) 以毫米为单位的真实世界距离值 = 数据块 3 中 5 号通道的 Distance 字段 * 4 mm

■ 在极坐标系或直角坐标系中画出该数据点

■ 解析并画出该帧 UDP 数据中的每个数据点，从而得到实时点云

3.2 GPS 数据包

GPS 数据包每秒被触发一次。所有多字节值均为无符号整型，按小端字节序。

从外接 GPS 模块收到 NMEA 信息之前

激光雷达内部 1 Hz 信号的每个上升沿触发一个 GPS 数据包。

该数据包中的时间（Time 字段）和日期（Date 字段）信息为虚拟值，从 UTC 时间 00 01 01 00 00 00（年，月，日，时，分，秒）开始计数，随着内部 1 Hz 信号更新。

收到 PPS（pulse-per-second）信号和 NMEA 信息之后

激光雷达内部 1 Hz 信号将锁定到与 PPS 信号同步。1 Hz 信号的每个上升沿依然触发一个 GPS 数据包。

同时，激光雷达将从 NMEA 信息（\$GPRMC 或 \$GPGGA 语句）中提取真实的时间及日期，放入点云数据包和 GPS 数据包中。

- 点云数据包：6 字节的 Date & Time 字段（年，月，日，时，分，秒）
- GPS 数据包：6 字节的 Date 字段（年，月，日）和 6 字节的 Time 字段（秒，分，时）

外接 GPS 模块先输出 PPS 信号，后输出 NMEA 信息。因此，在 PPS 脉冲的上升沿时，雷达还未收到对应的 NMEA 信息，而是从上一条 NMEA 信息中提取出日期及时间，并自动加上 1 秒，输出准确的时间。

GPS 信号中断时

激光雷达内部 1 Hz 信号的每个上升沿依然触发一个 GPS 数据包。

然而，数据包中的 GPS 时间将按内部 1 Hz 信号更新，相比真实 GPS 时间将产生漂移。

3.2.1 以太网包头

源 IP 地址默认为 192.168.1.201，目的 IP 地址为 255.255.255.255，即广播形式。

GPS 数据包-以太网包头：42 字节		
字段	字节数	说明
Ethernet II MAC	12	目的：广播 (0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF: 0xFF) 源：(xx:xx:xx:xx:xx:xx)
Ethernet Data Packet Type	2	0x08, 0x00
Internet Protocol	20	互联网协议，见下图
UDP Port Number	4	UDP 源端口 (0x2710, 表示 10000) 目的端口 (0x277E, 表示 10110)
UDP Length	2	0x208, 表示 520 字节 (比图 3.1 中的 GPS UDP 数据多 8 个字节)
UDP Checksum	2	-

```
Internet Protocol, Src: 192.168.1.201 (192.168.1.201), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
  Version: 4
  Header length: 20 bytes
  Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
  Total Length: 540
  Identification: 0x1841 (6209)
  Flags: 0x02 (Don't Fragment)
  Fragment offset: 0
  Time to live: 64
  Protocol: UDP (17)
  Header checksum: 0x5e1f [correct]
  Source: 192.168.1.201 (192.168.1.201)
  Destination: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
```

图 3.3 GPS 数据包以太网包头——互联网协议 (Internet Protocol)

3.2.2 UDP 数据

GPS 数据包-UDP 数据：512 字节						
字段	字节数	说明				
GPS 时间数据	18	GPS 数据头	2 字节	0xFFEE，其中 0xFF 在前		
		日期	6 字节	年，月，日（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）		
		时间	6 字节	秒，分，时（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）		
		预留	4 字节	-		
GPRMC/GPGGA 数据	84	包含日期及时间信息的 NMEA 语句 ASCII 格式，有效数据至星号 (*) 之后的 2 个字节 用户可选择接收 GPRMC 或 GPGGA 语句，详见第 4 章（网络控制：参数设置）				
预留	404	404 个 0xDF				
GPS 定位状态	1	ASCII 格式，提取自 GPRMC 或 GPGGA 语句 <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 选择 GPRMC 时： A (hex = 41) 表示 Active（有效定位） V (hex = 56) 表示 Void（无效定位） NUL (hex = 0) 表示 GPS 失锁 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 选择 GPGGA 时： 0 = 无效定位 1 = GPS 锁定（SPS） 2 = DGPS 锁定 3 = PPS 锁定 6 = 估计（航迹推算） </td> </tr> </table>			选择 GPRMC 时： A (hex = 41) 表示 Active（有效定位） V (hex = 56) 表示 Void（无效定位） NUL (hex = 0) 表示 GPS 失锁	选择 GPGGA 时： 0 = 无效定位 1 = GPS 锁定（SPS） 2 = DGPS 锁定 3 = PPS 锁定 6 = 估计（航迹推算）
选择 GPRMC 时： A (hex = 41) 表示 Active（有效定位） V (hex = 56) 表示 Void（无效定位） NUL (hex = 0) 表示 GPS 失锁	选择 GPGGA 时： 0 = 无效定位 1 = GPS 锁定（SPS） 2 = DGPS 锁定 3 = PPS 锁定 6 = 估计（航迹推算）					
PPS 信号锁定标志	1	1 表示锁定，0 表示失锁				
预留	4	-				

■ GPRMC 数据格式

\$GPRMC, <01>, <02>, <03>, <04>, <05>, <06>, <07>, <08>, <09>, <10>, <11>, <12>*hh

字段编号	字段	说明
<01>	UTC 时间	时分秒 常见为 hhmmss (时, 分, 秒) 格式
<02>	位置状态	A (hex = 41) 表示有效定位 V (hex = 56) 表示无效定位 NUL (hex = 0) 表示 GPS 失锁
...		
<09>	UTC 日期	年月日 常见为 ddmmyy (日, 月, 年) 格式
...		

激光雷达 GPS 接口兼容多种 GPRMC 数据格式，满足以下条件即可：

<01>字段（即第 1 个逗号分隔符后的数据）为时分秒信息

<09>字段（即第 9 个逗号分隔符后的数据）为日期信息

例如，以下两种格式均可支持：

\$GPRMC,072242,A,3027.3680,N,11423.6975,E,000.0,316.7,160617,004.1,W*67

\$GPRMC,065829.00,A,3121.86377,N,12114.68322,E,0.027,,160617,,A*74

■ GPGGA 数据格式

\$GPGGA,<01>,<02>,<03>,<04>,<05>,<06>,<07>,<08>,<09>,<10>,<11>,<12>*hh

字段编号	字段	说明
<01>	UTC 时间	时分秒 常见为 hhmmss (时, 分, 秒) 格式
...		
<06>	GPS 锁定质量	0 = 无效定位 1 = GPS 锁定 (SPS) 2 = DGPS 锁定 3 = PPS 锁定 6 = 估计 (航迹推算)
...		

激光雷达 GPS 接口兼容多种 GPGGA 数据格式，满足以下条件即可：

<01>字段（即第 1 个逗号分隔符后的数据）为时分秒信息

例如，以下两种格式均可支持：

\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47

\$GPGGA,134658.00,5106.9792,N,11402.3003,W,2,09,1.0,1048.47,M,-6.27,M,08,AAAA*60

3.2.3 示例：GPS 数据解析

> Data (512 bytes)			
0000	04 d4 c4 eb 9b 37 ec 9f 0d 00 48 cb 08 00 45 007..	..H...E.
0010	02 1c c4 23 40 00 80 11 b0 66 c0 a8 01 c9 c0 a8	...#@...	..f.....
0020	01 2d 27 10 27 7e 02 08 00 00 ff ee 30 32 34 30	--'..'~...0240
0030	37 30 38 35 37 30 34 30 00 00 00 00 24 47 50 52		70857040\$GPR
0040	4d 43 00 2c 30 34 30 37 35 37 2e 37 36 2c 56 2c	MC.,0407	57.76,V,
0050	2c 2c 2c 2c 2c 30 37 30 34 32 30 2c 2c 2c 4e	,,,,,,07	0420,,,N
0060	2c 56 2a 30 36 36 36 36 36 36 36 36 36 36	,V*06666	66666666

图 3.4 GPS 数据包——UDP 数据（举例）

日期

字段	数据 (ASCII 码)	字符	含义
年	0x30 0x32	'0', '2'	20
月	0x34 0x30	'4', '0'	04
日	0x37 0x30	'7', '0'	07

时间

字段	数据 (ASCII 码)	字符	含义
秒	0x38 0x35	'8', '5'	58
分	0x37 0x30	'7', '0'	07
时	0x34 0x30	'4', '0'	04

微秒时间

4 字节，单位为 μs ，与点云数据包中的 GPS 时间戳为同一数据源

每个 PPS 上升沿时重置为 0

4 网页控制

网页控制用于设置参数、查看设备信息以及固件升级。

进入网页控制：

- 1) 用网线连接激光雷达和计算机
- 2) 按本手册 2.4 节设置计算机 IP 地址
- 3) 打开浏览器，输入网址：192.168.1.201

注意 推荐使用 Google Chrome 或 Firefox 浏览器

4.1 首页 (Home)

Status

Spin Rate	600 rpm
GPS	Unlock
NMEA (GPRMC/GPGGA)	Unlock
PTP	Free Run

Device Info

[Device Log](#)

Model	PA64
S/N	PA643CCC53933CCC54
MAC Address	EC:9F:0D:00:46:5A
Software Version	2.10.4
Sensor Firmware Version	4.3.40b
Controller Firmware Version	5.27

注意 截图中的版本号可能与当前版本不同，见 4.5 节 (升级)

旋转速率 (Spin Rate)

电机的旋转速率 (转/分钟) = 扫描频率 (Hz) * 60

GPS (PPS) 状态

锁定 Lock	雷达内部时钟与 GPS 同步
失锁 Unlock	与 GPS 不同步

NMEA (GPRMC/GPGGA) 状态

锁定 Lock	收到有效的 NMEA 信息之后
失锁 Unlock	超过 2 s 未收到有效的 NMEA 信息

PTP 状态

自由运行 Free Run	未选中 PTP 主时钟
跟踪 Tracking	已选中 PTP 主时钟，从时钟尝试和主时钟同步，然而偏移量的绝对值大于 1 μ s
锁定 Locked	主从时钟偏移量的绝对值小于 1 μ s
冻结 Frozen	PTP 主时钟锁定后失锁，正在尝试恢复。同时，雷达从前一锁定状态下的时间开始漂移，漂移量超过设定值时，将返回自由运行状态

设备日志 (Device Log)

下载 JSON 文件，包含雷达状态、版本信息、可配置参数和升级日志

4.2 参数设置 (Settings)

[Reset All Settings](#)

Control IP	
IPv4 Address	192.168.1.201
IPv4 Mask	255.255.255.0
IPv4 Gateway	192.168.1.1
VLAN	<input type="checkbox"/> 1
Settings	
Destination IP	255.255.255.255
LiDAR Destination Port	2368
Spin Rate	600 rpm
Return Mode	Dual Return
UDP Sequence	OFF

(接下页)

1. 重置所有参数

点击界面右上角的“Reset All Settings”按钮，则网页控制的全部可配置参数均重置为默认值。

全部默认值：见 4.2 节（参数设置）、4.3.1 节（点云输出角度设置：全部通道）图示。

2. Control IP

雷达数据传输支持添加 VLAN 标签。

当接收主机也支持 VLAN 时：

- 勾选 VLAN 复选框，输入雷达的 VLAN ID（可选：1~4094）
- 接收主机应使用同一 VLAN ID

3. Destination IP

取值范围：除 0.0.0.0、127.0.0.1 和雷达自身 IP 之外

通讯模式	目的 IP
广播（默认）	255.255.255.255
组播	239.0.0.0~239.255.255.255
单播	与计算机 IP 地址相同

4. 雷达功能

旋转速率 Spin Rate	600 rpm / 1200 rpm
回波模式 Return Mode	最后回波 / 最强回波 / 双回波 Last / Strongest / Dual Return

(接上页)

Spin Rate	600	rpm
Return Mode	Dual Return	
UDP Sequence	OFF	
Sync Angle	<input type="checkbox"/> 0	
Trigger Method	Time Based	
Clock Source	GPS	
GPS Mode	GPRMC	
GPS Destination Port	10110	
Noise Filtering	OFF	
Reflectivity Mapping	Linear Mapping	
Standby Mode	<input checked="" type="radio"/> In Operation <input type="radio"/> Standby	

Save

UDP 序列 UDP Sequence	OFF / ON #1 / ON #2 默认关闭。若开启，则为每个点云数据包标记序列号，数据格式详见 3.1 节。 ON #1: 4.3 节设置的点云输出角度范围之内（即雷达输出有效数据时），UDP 序列递增。 ON #2: UDP 序列始终递增。
同步角度 Sync Angle	0~360 度 雷达的 0 度位置（定义见 1.2 节）默认不与 GPS PPS 信号或 PTP 整秒时刻同步。 如需同步，则勾选并填入同步角度。
触发方式 Trigger Method	时间触发 / 角度触发 Time-Based / Angle-Based 角度触发: 每 0.2° (10 Hz) 或 0.4° (20 Hz) 发光一次。 时间触发: 每 55.56 μs 发光一次。
噪点过滤 Noise Filtering	减少点云噪点
反射率映射 Reflectivity Mapping	线性映射 / 非线性映射 Linear / Nonlinear Mapping 线性映射: 点云数据包中 1 个字节的反射率数据与目标物的反射率呈线性关系，反射率范围 0 到 255%。 非线性映射: 在低反射率区域提升对比度。映射关系详见附录。
待机模式 Standby Mode	待机模式下，电机停转且激光器不发光

5. 时间来源和 PTP 参数

时间来源	GPS / PTP
Clock Source	时间来源为 PTP 时，雷达只发送点云数据包，不发送 GPS 数据包，详见附录（PTP 协议）

Clock Source	GPS
GPS Mode	GPRMC
GPS Destination Port	10110

Clock Source	PTP
Profile	1588v2
PTP Network Transport	UDP/IP
PTP Domain Number[0-127]	0
PTP logAnnounceInterval	1
PTP logSyncInterval	1
PTP logMinDelayReqInterval	0

- 时间来源为 GPS 时，可配置以下 GPS 参数：

GPS 语句	GPRMC / GPGGA
GPS Mode	外接 GPS 模块输出的 NMEA 数据格式，详见 3.2.2 节（GPS 数据包：UDP 数据）
GPS 目的端口	10110（默认）
Destination Port	GPS 数据包发送端口

- 时间来源为 PTP 时，可配置以下 PTP 参数：

配置类型	1588v2（默认）或 802.1AS
Profile	IEEE 时间同步标准
网络传输协议	UDP/IP（默认）或 L2
PTP Network Transport	1588v2：可选 UDP/IP 或 L2 802.1AS：仅支持 L2
PTP 域序列号	0~127，整数
Domain Number	本地时钟的域序列号

- PTP 配置类型为 1588v2 时：

PTP logAnnounceInterval	-2 ~ 3 声明（Announce）报文的对数时间间隔 默认为 1，即间隔 $2^1 = 2$ 秒
PTP logSyncInterval	-7 ~ 3 同步（Sync）报文的对数时间间隔 默认为 1，即间隔 $2^1 = 2$ 秒
PTP logMinDelayReqInterval	-7 ~ 3 延迟请求（Delay_Req）报文的对数时间间隔 （最小允许平均值）。默认为 0，即 1 秒

4.3 点云输出角度设置 (Azimuth FOV)

用户可采用三种方式设置点云输出角度：全部通道设置（默认方式）、逐个通道设置（单角度范围）、逐个通道设置（多角度范围）。



Azimuth FOV Setting

- Multi-section FOV
- For all channels
- For each channel
- Multi-section FOV

4.3.1 全部通道 (For all channels)

输入起始角 (Start) 和终止角 (End)，从而定义一个连续角度范围 [Start, End]，应用于全部激光通道。
雷达仅在角度范围内输出有效数据。



Azimuth FOV Setting

For all channels

Azimuth FOV for All Channels

Start: 0.0

End: 360.0

Save

4.3.2 逐个通道（单角度范围）（For each channel）

每个激光通道可分别定义一个连续角度范围，该通道仅在角度范围内输出有效数据。

界面上每个通道左侧的状态（Status）按钮默认为灰色，即该通道输出 360°有效数据。

点击状态按钮，使之变为绿色，则启用右侧表格中设置的角度范围。

点击“Enable/Disable All”按钮，可启用/取消全部通道的角度范围设置。

Azimuth FOV Setting For each channel ▼

Enable/Disable All

Status	Channel	Start Angle	End Angle
<input type="radio"/>	1	0.0	0.0
<input type="radio"/>	2	0.0	0.0
<input type="radio"/>	3	0.0	0.0
<input type="radio"/>

Save

4.3.3 逐个通道（多角度范围）（Multi-section FOV）

每个激光通道可分别定义多个（最多 10 个）连续角度范围，该通道仅在角度范围内输出有效数据。

界面上每个通道左侧的状态（Status）按钮默认为灰色，即该通道输出 360°有效数据。

点击状态按钮，使之变为绿色，则启用右侧表格中设置的角度范围。

点击“Enable/Disable All”按钮，可启用/取消全部通道的角度范围设置。

Azimuth FOV Setting Multi-section FOV ▼

Enable/Disable All

Status	Channel	Azimuth FOV 1		Azimuth FOV 2		Azimuth FOV 3		Azimuth FOV 4		Azimuth FOV 5		Azimuth FOV 6		Azimuth FOV 7		Azimuth FOV 8		Azimuth FOV 9		Azimuth FOV 10	
		Start Angle	End Angle	Start Angle	End Angle																
●	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
●	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
●	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Save

4.3.4 说明

- 角度设置完成后，点击“Save”按钮，设置方可生效。
- 角度值可精确到一位小数。
- 如果连续角度范围的起始角大于终止角，则实际输出点云的范围是 [起始角, 360°] 与 [0°, 终止角] 的并集。

例如，设置角度范围为 [270°, 90°]，实际输出点云的范围是 [270°, 360°] ∪ [0°, 90°]。

4.4 运行状态数据 (Operation Statistics)

显示激光雷达启动次数、内部温度、本次上电运行时间、总运行时间，以及在各温度范围内的运行时间。

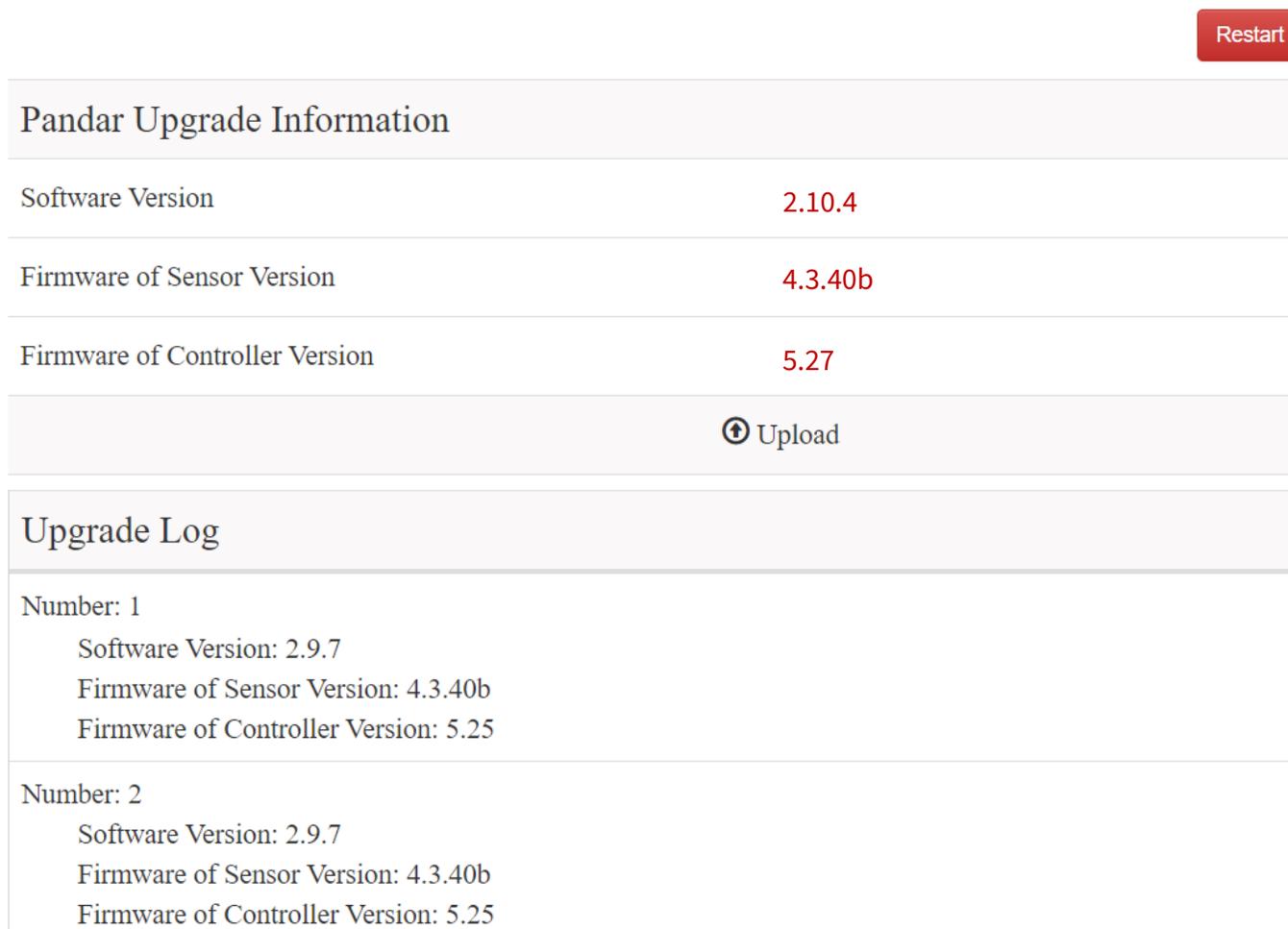
Start-up Counts	1
Internal Temperature	32.65°C
System Uptime	0 h 3 min
Total Operation Time	0 h 5 min
Internal Temperature	Operation Time
< -40 °C	0 h 0 min
-40 ~ -20 °C	0 h 0 min
-20 ~ 0 °C	0 h 0 min
0 ~ 20 °C	0 h 0 min
20 ~ 40 °C	0 h 4 min
40 ~ 60 °C	0 h 1 min
60 ~ 80 °C	0 h 0 min
80 ~ 100 °C	0 h 0 min
100 ~ 120 °C	0 h 0 min
>120 °C	0 h 0 min

4.5 升级 (Upgrade)

当前说明书对应的雷达软件、固件版本，见下方图中**红字**。

如需固件升级，请联系禾赛科技获取升级文件。

点击“Upload”按钮，选择并上传升级文件，确认开始升级。如升级成功，系统将自动重启，历史版本信息显示在页面下方的 Upgrade Log 中。



The screenshot shows a web interface for upgrading a Pandar sensor. At the top right, there is a red "Restart" button. Below it is a section titled "Pandar Upgrade Information" containing a table with the following data:

Software Version	2.10.4
Firmware of Sensor Version	4.3.40b
Firmware of Controller Version	5.27

Below the table is an "Upload" button with a circular arrow icon. Underneath is the "Upgrade Log" section, which lists two upgrade events:

- Number: 1
 - Software Version: 2.9.7
 - Firmware of Sensor Version: 4.3.40b
 - Firmware of Controller Version: 5.25
- Number: 2
 - Software Version: 2.9.7
 - Firmware of Sensor Version: 4.3.40b
 - Firmware of Controller Version: 5.25

点击界面右上角的“Restart”按钮，将触发软重启。

软重启后，运行时间数据 (Operation Statistics) 页的启动次数 (start-up counts) 加 1。

软件 (Software)、控制器固件 (Controller Firmware)

升级过程中不可切断电源

传感器固件 (Sensor Firmware)

升级过程中如果意外断电，重启后升级页面的版本号将显示“XXXXX”。此时，请重新升级，直至升级成功，重启后显示正确的版本号

软件升级

如果当前版本早于 2.9.1，请先升级到基础版本 2.9.1，再升级为更高的版本

软件降级

如果当前版本在 2.9.6 与 2.10.4 之间，且需要降级到 2.7.x 之前的版本，请先重置所有参数（即点击 Settings 界面右上角的“Reset All Settings”按钮），再进行降级

5 PandarView

PandarView 软件用于录制和播放点云数据，可在以下平台安装：64 位 Windows 10、Ubuntu-16.04/18.04

5.1 安装

从激光雷达防爆箱内的 U 盘中复制 PandarView 安装文件，或从禾赛科技官网下载安装文件：www.hesaitech.com/zh/download

系统	安装文件	步骤
Windows	PandarViewX64_Release_V1.7.37.msi	如需更新 PandarView，请先卸载旧版本
		按默认设置安装 PandarView
Ubuntu-16.04	PandarViewX64_Release_V1.7.37.tar.gz	解压后，运行 PandarView_Installer.bin
Ubuntu-18.04	PandarViewX64_18.04_Release_V1.7.37.tar.gz	

本手册介绍 PandarView 1.7.37，菜单栏及按钮排布如下：

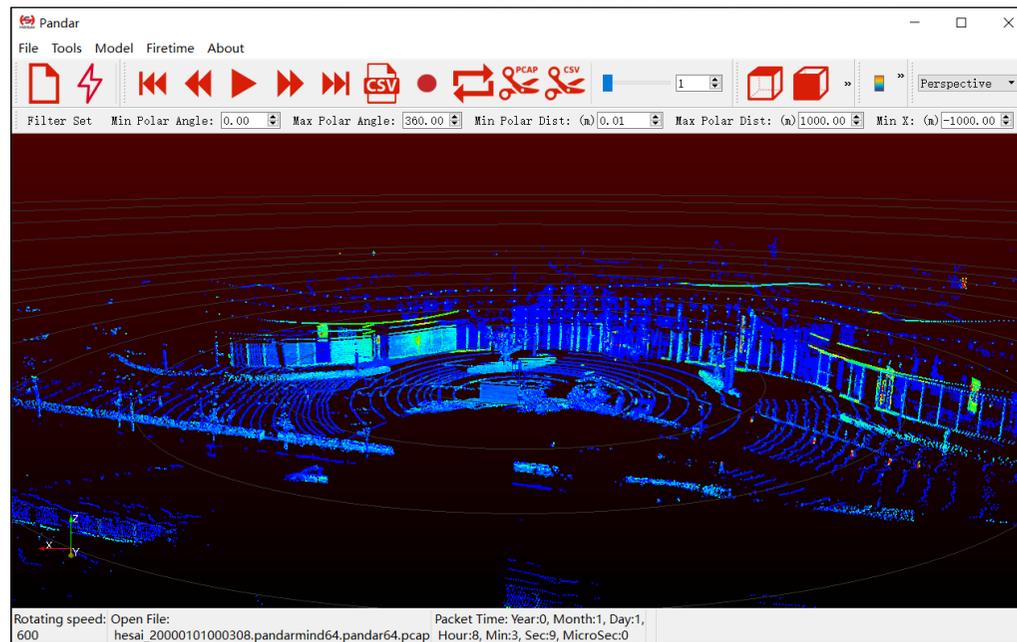


注意 如需查看软件版本，点击菜单栏“About”按钮。

5.2 查看实时点云

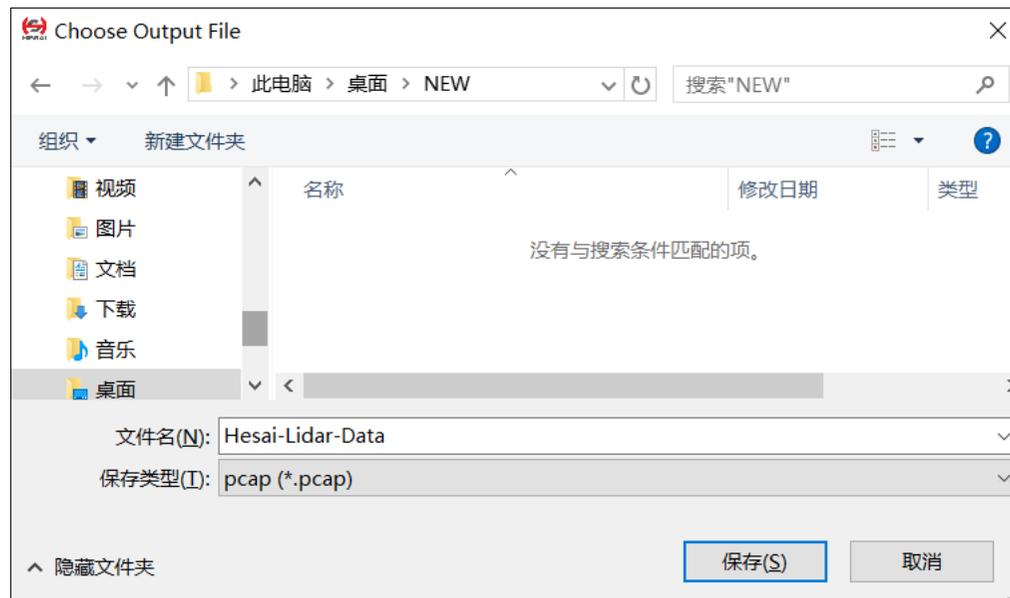
请按本手册 2.4 节设置计算机 IP 地址

点击  并选择雷达型号，从而通过以太网接收数据，实时显示点云



5.3 录制点云

- 1) 点击  按钮，弹出“Choose Output File”对话框（见下图）
- 2) 设置 PCAP 文件名和保存路径，单击“保存”后开始录制
- 3) 再次点击  按钮，结束录制



5.4 播放点云文件

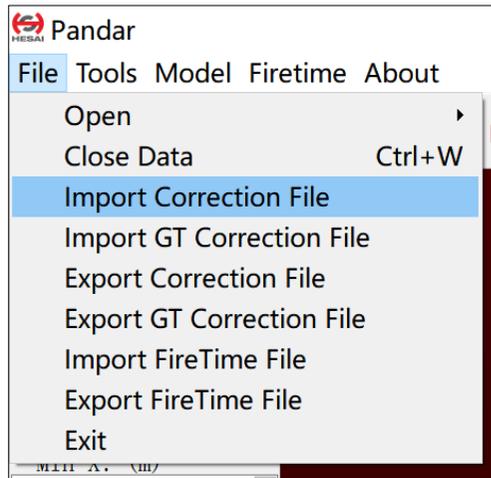
1) 打开 PCAP 文件

点击  按钮，弹出“Choose Open File”对话框，选择 PCAP 文件后，单击“打开”。

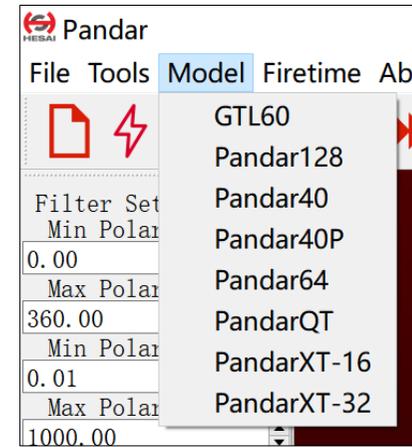
2) 加载 CSV 校准文件

每台激光雷达对应一份.CSV 格式的角度校准文件，参见 1.3 节（线束分布）。

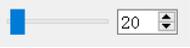
推荐按下图方式（File—Import Correction File）导入该台雷达的校准文件，从而以最佳效果显示点云：



如果暂时无法获取该台雷达的校准文件，可在下图菜单（菜单栏：Model）中选择雷达型号，从而加载该型号通用的校准文件，改善点云显示效果：



3) 播放点云

按钮	说明	
	跳转到文件开始位置	
	暂停时，查看上一帧 播放时，倒回（多次点击可选择 2x、3x、1/2x、1/4x 和 1x 倍速）	
	点云文件加载完成后，点击开始播放 播放时，点击可暂停	
	暂停时，查看下一帧 播放时，快进（多次点击可选择 2x、3x、1/2x、1/4x 和 1x 倍速）	
	跳转到文件结束位置	
	保存单帧到 .CSV 文件	
	播放时，录制按钮为灰色，不可用	
	播放时，点击可循环播放。否则将在文件结尾处停止播放	
	保存多帧到 .PCAP 文件	Start Frame: <input type="text" value="0"/> End Frame: <input type="text" value="408"/> 设置起始帧和结束帧
	保存多帧到 .CSV 文件	
	拖动进度条或输入帧序号，跳转至指定位置	

5.5 功能及设置

■ 选择标准视角

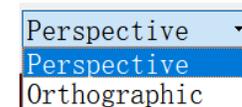


■ 鼠标快捷操作

<p>滑动滚轮</p>	<p>按住滚轮拖动</p>	<p>按住左键</p>	
向上/向下滑动滚轮：放大/缩小点云显示	按住滚轮拖动：平移	按住左键拖动：调整视角	当前视角显示在界面左下角

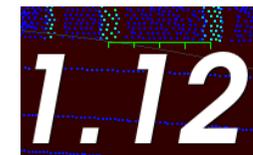
■ 3D 投影模式与距离测量

默认采用透视投影（Perspective Projection），也可选择正交投影（Orthographic Projection）。



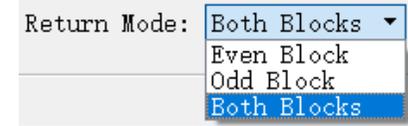
仅在正交投影模式下支持距离测量：

- 点击 按钮进入测量模式，按下 Ctrl 键并拖动鼠标，测量点云中两点的距离，单位为米
- 再次点击 按钮，退出测量模式



■ 显示回波

- 默认 Both blocks: 显示全部数据块的回波点云, 数据块的定义参见 3.1.2 节 (点云 UDP 数据)
- Even Block: 仅显示偶数数据块的回波点云
- Odd Block: 仅显示奇数数据块的回波点云



■ UDP 端口

输入 UDP 端口号, 点击 “Set” 生效

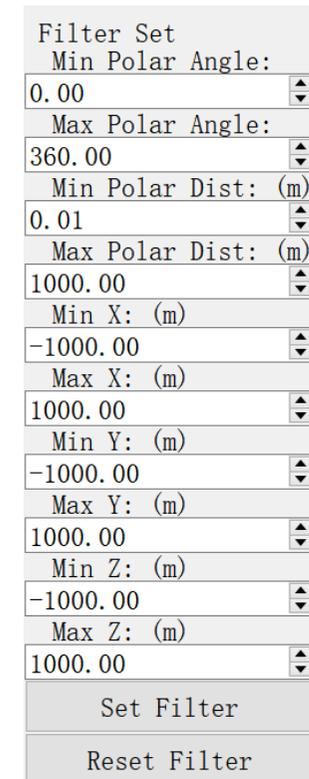


■ 显示坐标范围

查看实时点云或 PCAP 点云文件时, 可设置显示点云的坐标范围。

- 点击 “Set Filter”, 设置生效
- 点击 “Reset Filter”, 返回右图所示的默认值

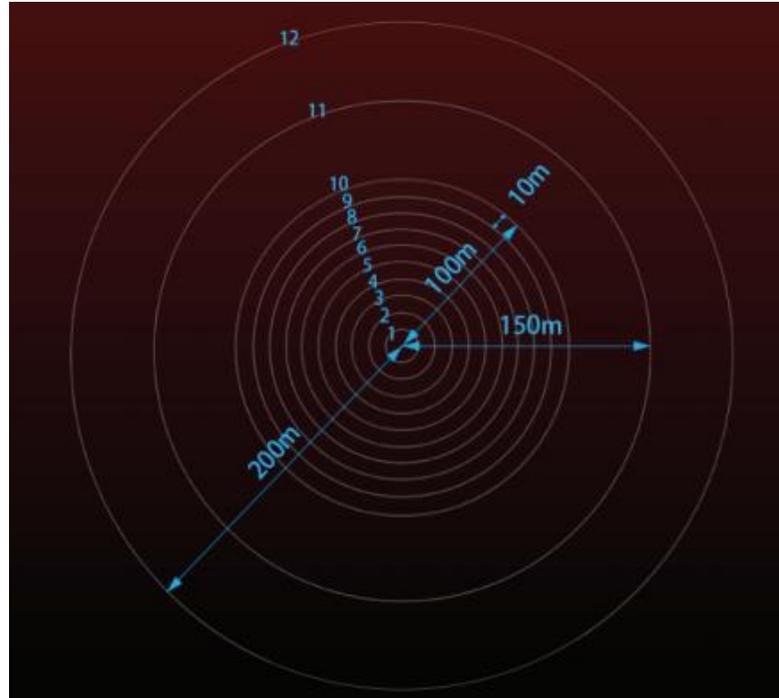
注意 点云坐标范围设置仅作用于 PandarView 界面上的点云显示, 不用于录制和保存.PCAP 文件。



■ 距离参考圈

点击  按钮，可显示或隐藏 12 个距离参考圈，各圈直径如下图。

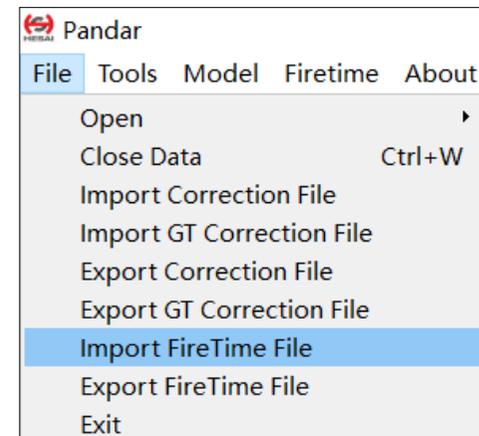
距离参考圈的颜色和线宽可更改（菜单栏：Tools—Grid Properties）。



■ 发光时刻校准

打开 PCAP 文件后，按右图方式（File—Import FireTime File）加载该型号雷达的发光时刻修正文件。随后，点击  按钮，将根据发光时刻修正点云显示效果。

再次点击  按钮，取消修正。

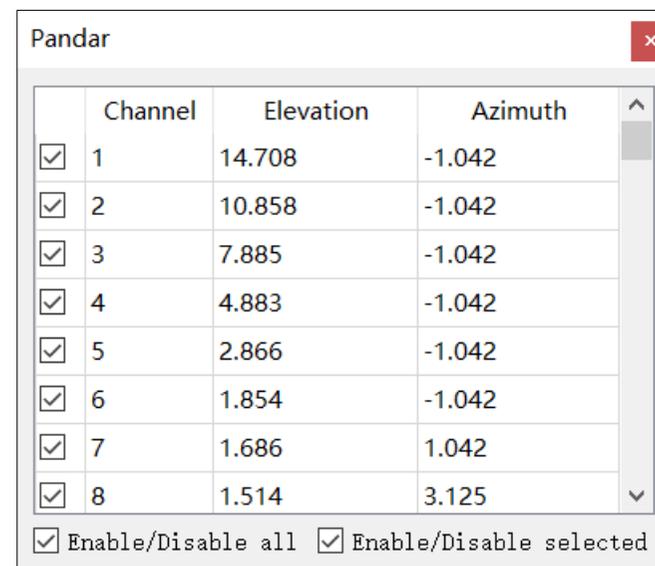


■ 激光通道选择

点击  按钮，可查看当前显示点云的激光通道。

- 勾选或取消各通道左侧的复选框，可显示或隐藏该通道的点云数据。默认勾选全部复选框，即显示全部点云。
- 勾选或取消表格下方的“Enable/Disable all”，可快速显示或隐藏全部通道。
- 用 Shift 键或 Ctrl 键选中多个通道后，勾选或取消表格下方的“Enable/Disable selected”，可快速显示或隐藏所选通道。

再次点击  按钮，关闭通道选择界面。



■ 数据点选择及数据表

点击  按钮，在点云区域拖动鼠标，可选中并高亮显示一组数据点。

点击  按钮，可查看所选数据点的参数，如下图。

Showing	Data	Attribute:	Point Data	Precision:	3	F			
0	Point ID	Points	azimuth	azimuth_calib	distance_m	elevation	intensity	laser_id	timestamp
0	44575	55.724 -26.890 10.465	113.040	115.760	62.752	9.600	6	15	1685230948
1	44615	55.724 -26.890 10.465	113.040	115.760	62.752	9.600	6	15	1685230948
2	44655	55.549 -27.045 10.450	113.240	115.960	62.660	9.600	12	15	1685230948
3	44695	55.549 -27.045 10.450	113.240	115.960	62.660	9.600	12	15	1685230948

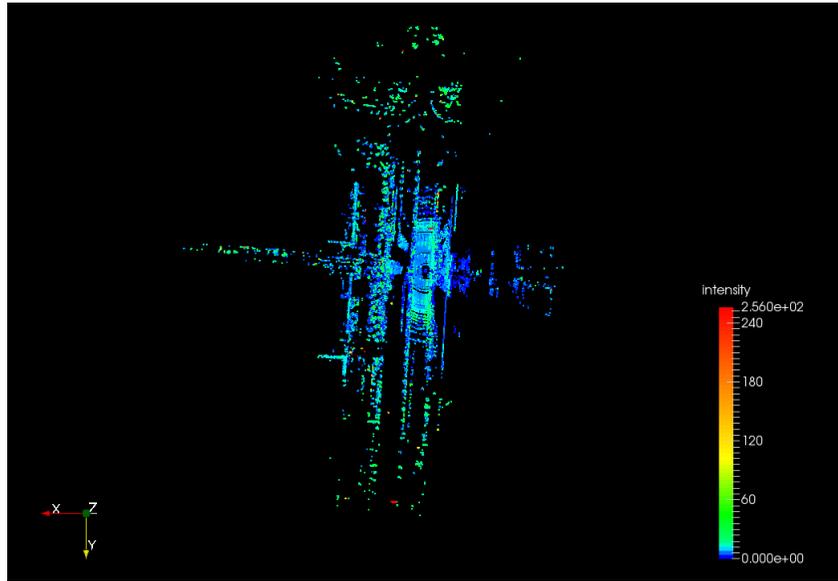
数据表中的部分字段定义如下：

points	各点的 XYZ 坐标
azimuth	转子当前的转动基准角度
azimuth_calib	azimuth + 水平角度偏移，即校准后的水平角度

再次点击  按钮，点击点云中任意未选中的区域，即可取消选择。

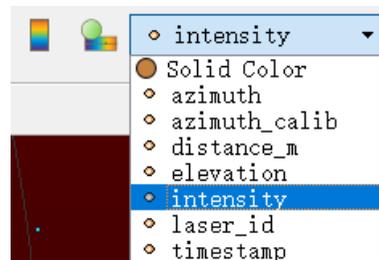
■ 配色方案

点击  按钮，可在界面右下角显示颜色图例：

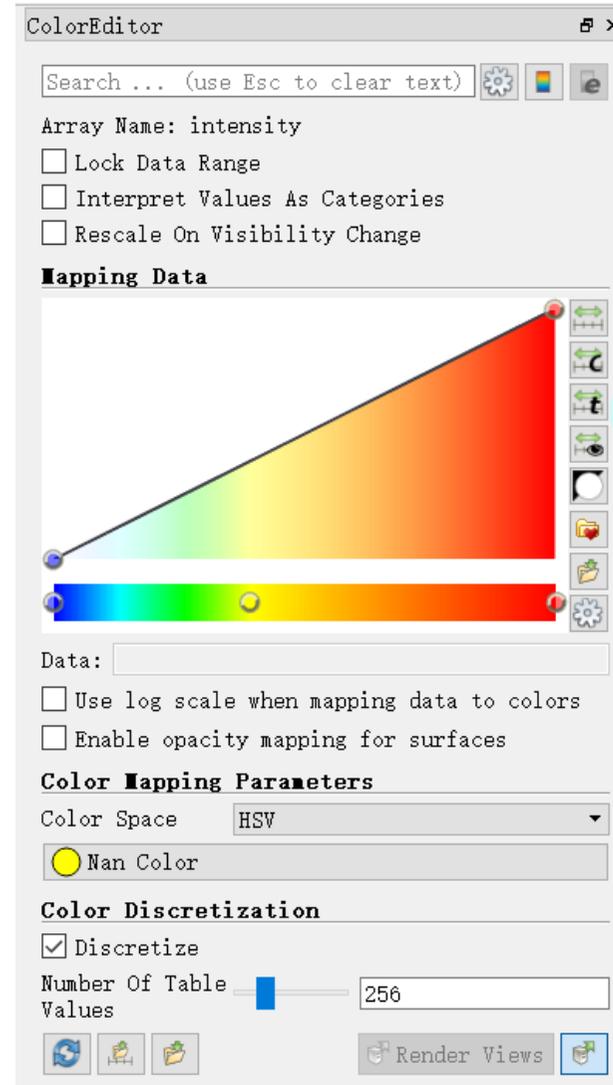


可通过下拉菜单选择点云配色方案。

默认按反射率 (intensity) 绘制点云，也可以选择按水平角度 (azimuth)、校准后的水平角度 (azimuth_calib)、距离 (distance_m)、垂直角度 (elevation)、激光束 ID (laser_id) 或时间戳 (timestamp) 来绘制。



点击  按钮，可打开或关闭颜色编辑器：



6 通信协议

如需禾赛雷达专用的 HTTP 和 PTC (Pandar TCP Commands) 通讯协议, 请联系禾赛科技技术支持。

7 仪器维护

■ 存储

请将产品存放于通风干燥处，推荐的存放温度为-40°C到+85°C，湿度低于 85%。

请查阅 1.4 节（技术参数）中的 IP 防护等级，避免将产品暴露于超过防护等级的环境中。

■ 运输

应采用防震包装材料包装产品，以避免运输途中损毁。

■ 清洁

外壳光罩污染（例如沾上尘土、指印或油污）可能影响点云数据质量。清洁光罩的步骤如下：

注意

- 切勿大力擦拭光罩，以免损伤光学涂层
- 只清洁光罩局部受污染的位置
- 无尘布如果受到污染，请及时更换，勿重复使用

1) 洗净双手，或带上 PVC 无粉洁净手套；单手握持产品的上下金属面，避免皮肤直接接触光罩

2) 用干燥空气轻轻吹落灰尘，或用无尘布轻轻拂过污染处，使灰尘掉落

如果存在顽固污染物，继续下一步

（接下页）

(接上页)

3) 在喷雾瓶中装入温度适中的中性溶剂，喷洒于光罩表面

溶剂类型	99%异丙醇 (IPA) 或：99%乙醇 (无水乙醇) 或：蒸馏水 注意 采用异丙醇或乙醇时，应确保环境中通风良好，且远离火源
溶剂温度	20 ~ 25°C

4) 光罩上的污渍松动后，用无尘布蘸取步骤 3 中的溶剂，沿光罩曲面来回轻轻擦拭，直至去除污渍

5) 如果继续采用另一种清洁剂去除特定污渍，则重复步骤 3 和 4

6) 用清水喷洒光罩，用另一块无尘布轻轻擦去剩余液体

8 故障排查

以下步骤若无法实施，或实施后未解决问题，请联系禾赛科技技术支持。

故障现象	检查及排除办法
接线盒灯不亮	确认 <ul style="list-style-type: none">• 电源线接触良好，电源适配器正常工作• 接线盒完好• 输入电压和电流符合电气要求，见 2.3 节（接线盒） 之后重新上电，查看故障是否消失
电机不转动	确认 <ul style="list-style-type: none">• 电源线接触良好，电源适配器正常工作• 如果使用接线盒，接线盒完好• 输入电压和电流符合电气要求，见 1.4 节（技术参数）和 2.3 节（接线盒）• 网页可正常打开（参见下页“网页无法打开”的排查方法） 之后重新上电，查看故障是否消失
电机转动但没有数据输出 (Wireshark 和 PandarView 均无数据)	确认 <ul style="list-style-type: none">• 网线连接正常（可重新插拔）• IP 配置：计算机 IP 与雷达 IP 应属于同一子网• 网页控制的 Azimuth FOV（发光角度设置）页面，水平视场角的设置正确• 网页控制的 Upgrade（升级）页面，Sensor Firmware（传感器固件）版本显示正常• 雷达正在发出激光。可用红外相机或红外激光观察卡检测，也可采用未镀红外减透膜的手机镜头观察 之后重新上电，查看故障是否消失

(接下页)

(接上页)

故障现象	检查及排除办法
Wireshark 有数据而 PandarView 无数据	确认 • 在网页控制的 Settings（参数设置）界面，Destination IP 及 Destination LiDAR Port 设置正确 • 计算机防火墙已关闭，或将 PandarView 加入到防火墙的例外中 • 使用禾赛官网“下载”页面提供的最新版本 PandarView 之后重新上电，查看故障是否消失
网页无法打开	确认 • 网线连接正常（可重新插拔） • IP 配置：可用 Wireshark 查看发送广播包的雷达 IP，确保计算机 IP 与雷达 IP 属于同一子网 随后 • 重启计算机，或将雷达连接至另一台计算机 • 重新上电，查看故障是否消失
数据包大小异常（丢包）	确认 • 网页控制的 Azimuth FOV（发光角度设置）页面，水平视场角的设置正确 • 网页控制的 Home 页面，电机旋转速率平稳 • 网页控制 Operation Statistics（运行状态数据）页面显示的雷达内部温度在-20°C ~ 95°C范围内 • 以太网无过载 • 网络中没有接入交换机（其它设备传输的数据可能造成网络堵塞，导致丢包） 随后 • 将计算机仅连接雷达一台设备，检查是否依然丢包 • 重新上电，查看故障是否消失

(接下页)

(接上页)

故障现象	检查及排除办法
点云不正常（排列明显不规则、点云闪烁、视场角残缺等）	<p>确认</p> <ul style="list-style-type: none">• 雷达外罩是否洁净。如果有污迹，可按第 7 章（仪器维护）中的方法清洁雷达光罩• 校准文件已导入，参见 5.2 节（PandarView: 使用）• 网页控制的 Azimuth FOV（发光角度设置）页面，水平视场角的设置正确• 网页控制的 Home 页面，电机旋转速率平稳• 网页控制 Operation Statistics（运行状态数据）页面显示的雷达内部温度在-20°C ~ 95°C范围内 <p>随后，检查是否丢包</p> <ul style="list-style-type: none">• 如果未丢包而点云数据闪烁，建议更新至禾赛官网“下载”页面提供的最新版本 PandarView，并重启计算机 <p>如果问题持续存在</p> <ul style="list-style-type: none">• 尝试将雷达连接至另一台计算机和另一个网络• 重新上电，查看故障是否消失
GPS 无法锁定	<p>确认</p> <ul style="list-style-type: none">• GPS 设备连接正常• PPS 信号输入雷达• GPS 端口号正确，见网页控制的 Settings（参数设置）页面• 输入的 GPS 信号满足说明书 2.2 节（接口）和 2.3 节（接线盒）中的电气要求

附录I 线束分布数据

下页表中的水平角度（方位角）偏移和垂直角度（高度角）为设计值。

准确角度数据在该台雷达的校准文件中，详见 1.3 节（线束分布）和 3.1.3 节（示例：点云数据解析）。

线束分布 (接下页)

UDP 数据中的通道序号	水平角度偏移 (方位角) 单位: 度	垂直角度 (高度角) 单位: 度	仪器测距能力 单位: 米	测距能力@目标物反射率 单位: 米
01 (最上)	-1.042°	14.882°	130	200@20%
02	-1.042°	11.032°	130	200@20%
03	-1.042°	8.059°	130	200@20%
04	-1.042°	5.057°	130	200@20%
05	-1.042°	3.040°	130	200@20%
06	-1.042°	2.028°	130	200@20%
07	1.042°	1.860°	130	200@20%
08	3.125°	1.688°	230	200@20%
09	5.208°	1.522°	130	200@20%
10	-5.208°	1.351°	230	200@20%
11	-3.125°	1.184°	230	200@20%
12	-1.042°	1.013°	230	200@10%
13	1.042°	0.846°	230	200@10%
14	3.125°	0.675°	230	200@10%
15	5.208°	0.508°	230	200@10%
16	-5.208°	0.337°	230	200@10%
17	-3.125°	0.169°	230	200@10%
18 (水平)	-1.042°	0.000°	230	200@10%
19	1.042°	-0.169°	230	200@10%
20	3.125°	-0.337°	230	200@10%

线束分布 (接下页)

UDP 数据中的通道序号	水平角度偏移 (方位角) 单位: 度	垂直角度 (高度角) 单位: 度	仪器测距能力 单位: 米	测距能力@目标物反射率 单位: 米
21	5.208°	-0.508°	230	200@10%
22	-5.208°	-0.675°	230	200@10%
23	-3.125°	-0.845°	230	200@10%
24	-1.042°	-1.013°	230	200@10%
25	1.042°	-1.184°	230	200@10%
26	3.125°	-1.351°	230	200@10%
27	5.208°	-1.522°	230	200@10%
28	-5.208°	-1.688°	230	200@10%
29	-3.125°	-1.860°	230	200@10%
30	-1.042°	-2.028°	230	200@10%
31	1.042°	-2.198°	230	200@20%
32	3.125°	-2.365°	230	200@20%
33	5.208°	-2.536°	230	200@20%
34	-5.208°	-2.700°	230	200@20%
35	-3.125°	-2.873°	230	200@20%
36	-1.042°	-3.040°	230	200@20%
37	1.042°	-3.210°	230	200@20%
38	3.125°	-3.375°	230	200@20%
39	5.208°	-3.548°	130	200@20%
40	-5.208°	-3.712°	230	200@20%

线束分布 (接下页)

UDP 数据中的通道序号	水平角度偏移 (方位角) 单位: 度	垂直角度 (高度角) 单位: 度	仪器测距能力 单位: 米	测距能力@目标物反射率 单位: 米
41	-3.125°	-3.884°	130	200@20%
42	-1.042°	-4.050°	230	200@20%
43	1.042°	-4.221°	130	200@20%
44	3.125°	-4.385°	130	200@20%
45	5.208°	-4.558°	130	200@20%
46	-5.208°	-4.720°	130	200@20%
47	-3.125°	-4.892°	130	200@20%
48	-1.042°	-5.057°	130	200@20%
49	1.042°	-5.229°	130	200@20%
50	3.125°	-5.391°	130	200@20%
51	5.208°	-5.565°	130	200@20%
52	-5.208°	-5.726°	130	200@20%
53	-3.125°	-5.898°	130	200@20%
54	-1.042°	-6.061°	130	200@20%
55	-1.042°	-7.063°	130	200@20%
56	-1.042°	-8.059°	130	200@20%
57	-1.042°	-9.060°	130	200@20%
58	-1.042°	-9.885°	130	200@20%
59	-1.042°	-11.032°	130	200@20%
60	-1.042°	-12.006°	130	200@20%

线束分布 (接上页)

UDP 数据中的通道序号	水平角度偏移 (方位角) 单位: 度	垂直角度 (高度角) 单位: 度	仪器测距能力 单位: 米	测距能力@目标物反射率 单位: 米
61	-1.042°	-12.974°	130	200@20%
62	-1.042°	-13.930°	130	200@20%
63	-1.042°	-18.889°	130	200@20%
64 (最下)	-1.042°	-24.897°	130	200@20%

附录II 点云数据绝对时间与发光时刻计算

■ 点云数据包的绝对时间

日期、时间（精确到秒）与微秒时间之和

- 日期及时间：可从当前的点云数据包中解析，即 6 字节的 Date & Time 字段（年，月，日，时，分，秒）；也可从上一个 GPS 数据包中解析，即 6 字节的 Date 字段（年，月，日）和 6 字节的 Time 字段（秒，分，时）
- 微秒时间：可从当前的点云数据包中解析，即 4 字节的 Timestamp 字段

注意 采用 PTP 协议时，雷达不输出 GPS 数据包。

■ 数据块的结束时间

点云数据包中有 6 个数据块，详见 3.1.2 节（点云 UDP 数据）。

雷达每次向激光收发模组发送指令，触发一轮激光脉冲

- 单回波模式下，回波数据保存在一个数据块中
- 双回波模式下，回波数据保存在相邻两个数据块中

假设点云数据包的绝对时间为 t_0 ，可计算每个数据块的结束时间，即全部通道结束发光的时刻。

	数据块	结束时间 (μs)
单 回 波 模 式	Block 6	$t_0 - 42.58$
	Block N	$t_0 - 42.58 - 55.56 * (6 - N)$
	Block 3	$t_0 - 42.58 - 55.56 * 3$
	Block 2	$t_0 - 42.58 - 55.56 * 4$
	Block 1	$t_0 - 42.58 - 55.56 * 5$

	数据块	结束时间 (μs)
双 回 波 模 式	Block 6 & Block 5	$t_0 - 42.58$
	Block 4 & Block 3	$t_0 - 42.58 - 55.56 * 1$
	Block 2 & Block 1	$t_0 - 42.58 - 55.56 * 2$

■ 各通道的发光时刻偏移

假设数据块 m 的开始时间为 $T(m)$ ，其中 $m \in \{1, 2, \dots, 6\}$ ，则数据块 m 中，通道 n 的激光器发光时刻为 $t(m, n) = T(m) + \Delta t(n)$ ，其中 $n \in \{1, 2, \dots, 64\}$ 。发光时刻偏移量 $\Delta t(n)$ 见下表。

发光顺序	通道序号	$\Delta t(n)$
1	12	-54.668
1	40	-54.668
2	18	-52.7
2	38	-52.7
3	11	-50.732
3	26	-50.732
4	17	-48.764
4	32	-48.764
5	8	-46.796
5	23	-46.796
6	14	-44.828
6	29	-44.828
7	20	-42.86
7	35	-42.86
8	13	-40.892
8	28	-40.892
9	19	-38.924
9	34	-38.924
10	10	-36.956
10	25	-36.956

发光顺序	通道序号	$\Delta t(n)$
11	16	-34.988
11	31	-34.988
12	22	-33.02
12	37	-33.02
13	15	-31.052
13	30	-31.052
14	21	-29.084
14	36	-29.084
15	27	-27.116
15	42	-27.116
16	24	-25.148
16	33	-25.148
17	1	-23.18
17	44	-23.18
18	2	-21.876
18	46	-21.876
19	3	-20.572
19	52	-20.572
20	4	-19.268
20	50	-19.268

(接下页)

(接上页)

发光顺序	通道序号	$\Delta t(n)$
21	5	-17.964
21	48	-17.964
22	6	-16.66
22	54	-16.66
23	41	-15.356
23	58	-15.356
24	47	-14.052
24	62	-14.052
25	53	-12.748
25	64	-12.748
26	7	-11.444
26	56	-11.444
27	43	-10.14
27	59	-10.14
28	49	-8.836
28	63	-8.836
29	9	-7.532
29	55	-7.532
30	39	-6.228
30	57	-6.228

发光顺序	通道序号	$\Delta t(n)$
31	45	-4.924
31	60	-4.924
32	51	-3.62
32	61	-3.62

附录III PTP 协议

PTP (Precision Time Protocol, 精确时间协议) 用于同步计算机网络中的多个时钟, 时间准度可达亚微秒级。

■ 采用 PTP 协议时, 激光雷达的连接

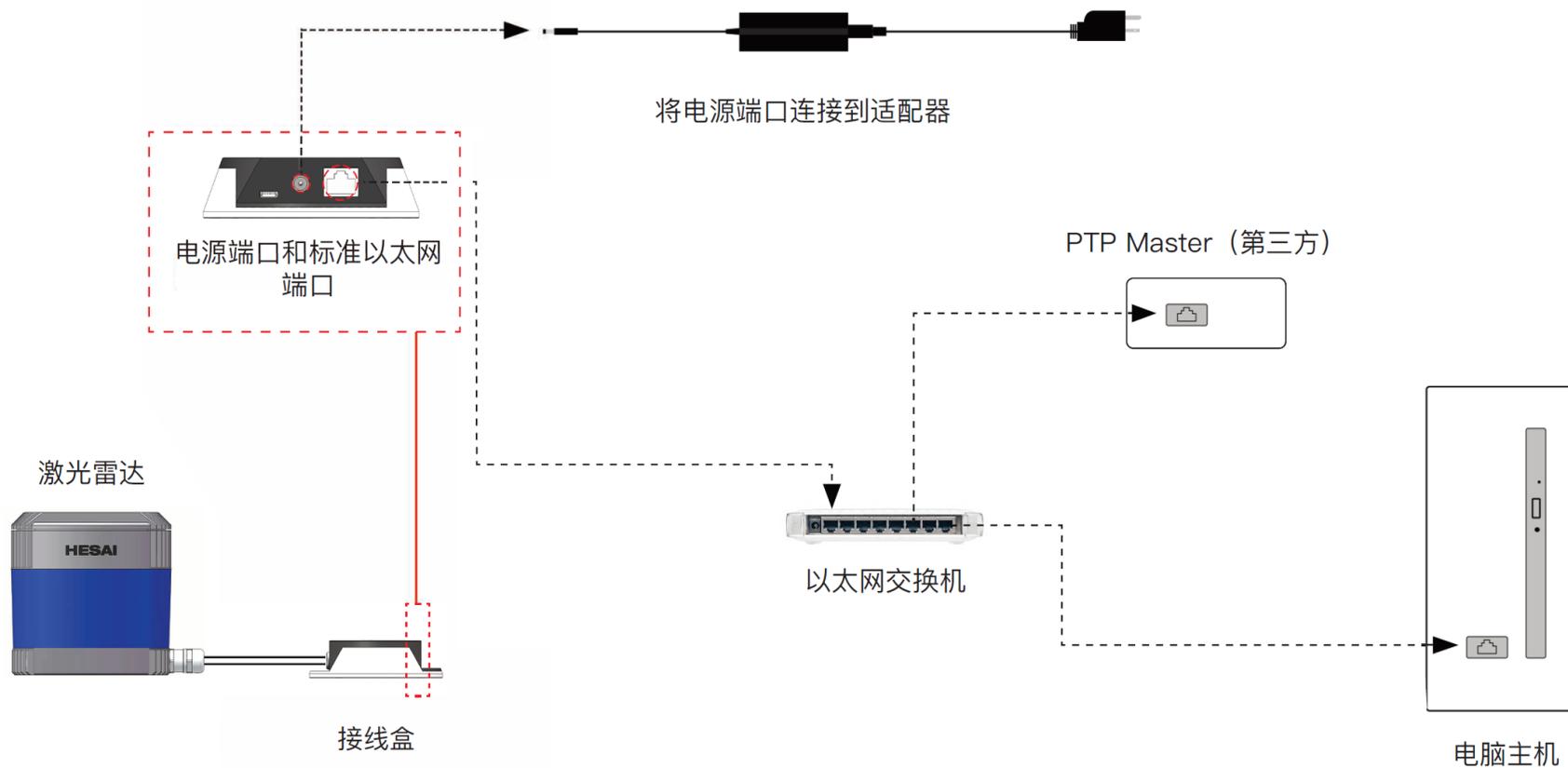


图 III.1 接线盒连线 (采用 PTP 时)

■ 说明

选择 PTP 作为时间来源时，应连接第三方 PTP master 设备以获取绝对时间。

注意

- PTP master 为第三方设备，不包含在雷达产品中
- 雷达为 PTP slave 设备，PTP 协议即插即用，不需要额外设置
- 选中 PTP 时钟源之后，激光雷达不再输出 GPS 数据包，仅输出点云数据包
- 点云数据包中的 Timestamp 字段和 Date & Time 字段严格按照 PTP master 设备提供的 PTP 时间同步。某些 PTP master 设备输出的时间与雷达的 Date & Time 可能存在固定偏移，请确认 PTP master 设备的设置正确且已校准
- 如果已选择 PTP 作为时间来源，而当前无可用的 PTP master 设备，则激光雷达从默认的起始时间开始计时；如果提供了 PTP 时钟源，而后中断，则激光雷达根据内部时钟继续计时

附录IV Phoenix 接口

默认采用 2.2 节中的 Lemo 接口，也可选用 Phoenix 接口。

Phoenix 零件编号：SACC-M12MS-8CON-PG 9-SH - 1511857（公头，用于雷达上），SACC-M12FS-8CON-PG 9-SH - 1511860（母头，用于接线盒上）

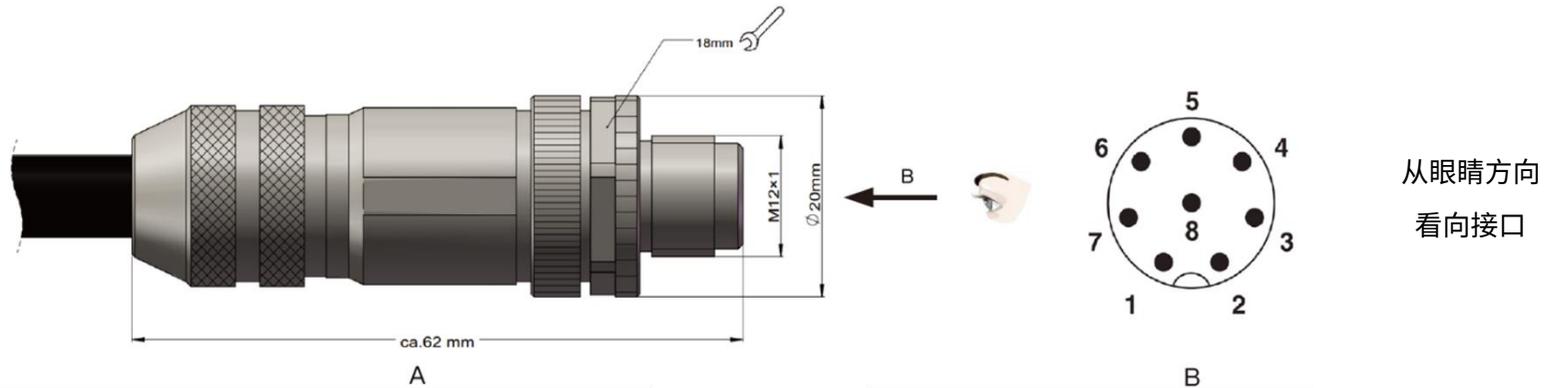


图 IV.1 Phoenix 接口（公头）

引脚定义如下：

引脚序号	信号	颜色	电平
1	Ethernet RX-	蓝色	-1 V to 1 V
2	Ethernet RX+	淡蓝 (蓝色/白色)	-1 V to 1 V
3	Ethernet TX-	橘色	-1 V to 1 V
4	Ethernet TX+	淡橘 (橘色/白色)	-1 V to 1 V
5	GPS Serial Data	白色	-13 V to +13 V
6	GPS PPS	黄色	3.3 V/5 V
7	+12 V	红色	12 V
8	Ground (Return)	黑色	-

附录V 反射率非线性映射

点云数据包中 1 字节的反射率数据与目标物的反射率默认为线性关系，反射率范围 0 到 255%。

也可选择非线性映射，从而在低反射率区域提升对比度。设置方式参见第 4 章（网页控制：参数设置）。

非线性映射关系如下图和下表。

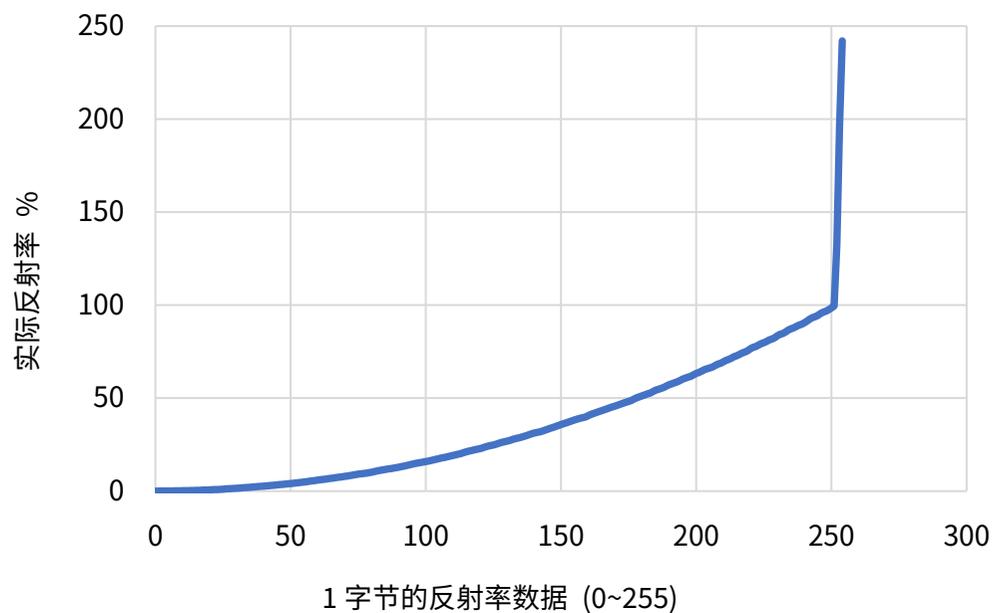


图 V.1 反射率非线性映射

反射率非线性映射表（接下页）

反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)
0	0	20	0.67	40	2.69	60	5.9
1	0.01	21	0.75	41	2.81	61	6.1
2	0.02	22	0.81	42	2.94	62	6.3
3	0.03	23	0.87	43	3.07	63	6.5
4	0.04	24	0.95	44	3.21	64	6.7
5	0.05	25	1.05	45	3.36	65	6.9
6	0.08	26	1.15	46	3.5	66	7.1
7	0.11	27	1.25	47	3.64	67	7.3
8	0.13	28	1.35	48	3.79	68	7.5
9	0.15	29	1.45	49	3.93	69	7.7
10	0.19	30	1.55	50	4.08	70	7.9
11	0.23	31	1.65	51	4.25	71	8.12
12	0.26	32	1.75	52	4.42	72	8.37
13	0.29	33	1.85	53	4.58	73	8.62
14	0.34	34	1.95	54	4.75	74	8.87
15	0.39	35	2.06	55	4.92	75	9.1
16	0.44	36	2.19	56	5.1	76	9.3
17	0.5	37	2.31	57	5.3	77	9.5
18	0.56	38	2.44	58	5.5	78	9.7
19	0.61	39	2.56	59	5.7	79	9.9

反射率非线性映射表（接下页）

反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)
80	10.17	100	15.87	120	22.83	140	31.17
81	10.5	101	16.17	121	23.25	141	31.5
82	10.83	102	16.5	122	23.75	142	31.83
83	11.12	103	16.83	123	24.17	143	32.25
84	11.37	104	17.17	124	24.5	144	32.75
85	11.62	105	17.5	125	24.83	145	33.25
86	11.87	106	17.83	126	25.25	146	33.75
87	12.12	107	18.17	127	25.75	147	34.25
88	12.37	108	18.5	128	26.17	148	34.75
89	12.62	109	18.83	129	26.5	149	35.25
90	12.87	110	19.17	130	26.83	150	35.75
91	13.17	111	19.5	131	27.25	151	36.25
92	13.5	112	19.83	132	27.75	152	36.75
93	13.83	113	20.25	133	28.17	153	37.25
94	14.17	114	20.75	134	28.5	154	37.75
95	14.5	115	21.17	135	28.83	155	38.25
96	14.83	116	21.5	136	29.25	156	38.75
97	15.12	117	21.83	137	29.75	157	39.17
98	15.37	118	22.17	138	30.25	158	39.5
99	15.62	119	22.5	139	30.75	159	39.83

反射率非线性映射表（接下页）

反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)	反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)
160	40.5	180	51.25	200	63.25	220	76.5
161	41.25	181	51.75	201	63.75	221	77.25
162	41.75	182	52.25	202	64.5	222	77.75
163	42.25	183	52.75	203	65.25	223	78.5
164	42.75	184	53.5	204	65.75	224	79.25
165	43.25	185	54.25	205	66.25	225	79.75
166	43.75	186	54.75	206	66.75	226	80.5
167	44.25	187	55.25	207	67.5	227	81.25
168	44.75	188	55.75	208	68.25	228	81.75
169	45.25	189	56.5	209	68.75	229	82.5
170	45.75	190	57.25	210	69.5	230	83.5
171	46.25	191	57.75	211	70.25	231	84.25
172	46.75	192	58.25	212	70.75	232	84.75
173	47.25	193	58.75	213	71.5	233	85.5
174	47.75	194	59.5	214	72.25	234	86.5
175	48.25	195	60.25	215	72.75	235	87.25
176	48.75	196	60.75	216	73.5	236	87.75
177	49.5	197	61.25	217	74.25	237	88.5
178	50.25	198	61.75	218	74.75	238	89.25
179	50.75	199	62.5	219	75.5	239	89.75

反射率非线性映射表（接上页）

反射率数据 (0~255)	实际反射率 (%)
240	90.5
241	91.5
242	92.5
243	93.25
244	93.75
245	94.5
246	95.5
247	96.25
248	96.75
249	97.5
250	98.5
251	99.5
252	132
253	196
254	242

附录VI 认证信息

产品中有害物质的名称及含量

部件名称	有害物质					
	铅 (Pb)	汞 (Hg)	镉 (Cd)	六价铬 (Cr(VI))	多溴联苯 (PBB)	多溴联苯醚 (PBDE)
电（线）缆/网线/连接器	X	O	O	O	O	O
接线盒	O	O	O	O	O	O
激光雷达本体	X	O	O	O	O	O
电源适配器	X	O	O	O	O	O

备注：
本表格依据 SJ/T 11364 的规定编制。

O：表示该有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在 GB/T 26572 规定的限量要求以下。
X：表示该有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出 GB/T 26572 该规定的限量要求，但所有显示“X”的部件，是按照欧盟 RoHS 采用了容许的豁免指标。

 在中国大陆销售的相应电子电器产品（EEP）都必须遵照中国大陆《电子电气产品有害物质限制使用标识要求》标准（SJ/T 11364）粘贴环保使用期限（EFUP）标签。该产品环保使用期限为 10 年，标识如左图所示。

此环保期限只适用于产品在安装与使用说明书中所规定的条件下工作。

附录VII 售后技术支持及联系方式

■ 技术支持

如果遇到说明书无法解决的问题，请通过以下方式联系我们：

service@hesaitech.com

www.hesaitech.com

<https://github.com/HesaiTechnology>

注意 产品数据解析及源代码相关的问题，均可在对应的 GitHub 项目中提交，禾赛工程师将与您沟通解决

■ 法律申明

禾赛科技版权所有。未经禾赛授权，禁止使用或复制本手册的部分或全部内容。

禾赛科技未对本手册内容作出任何明示或暗示的陈述或保证，尤其对适销性或针对特定用途的适用性不提供任何保证。此外，禾赛科技保留修订本手册以及随时修改手册内容而无需通知任何人的权利。

HESAI 及其标识为禾赛科技的注册商标。本手册或禾赛官网上的所有其他商标、服务标识和公司名称均为各自所有者的财产。

本手册描述的产品包含禾赛科技享有版权的软件。除非获得权利人的许可，否则，任何人不能以任何形式对前述软件进行反编译、反向工程、反汇编、修改、出租、租赁、出借、分发、再许可、创建衍生作品，但是适用法禁止此类限制的除外。

上海禾赛科技股份有限公司

联系电话：400-805-1233

公司网址：www.hesaitech.com

办公地址：上海虹桥世界中心L2栋

公司邮箱：info@hesaitech.com

售后邮箱：service@hesaitech.com



欢迎关注
禾赛官方微信