

HESAI

www.hesaitech.com

JT16

16 线机械式激光雷达 用户手册

保密等级：C0（公开）

文档版本号：J03-zh-250820

目录

- 关于说明书 1
 - 获取渠道 1
 - 技术支持 1
 - 图例及样式 1
- 安全提示 2
 - 特别警示 2
 - 使用环境评估 3
 - 人员评估 5
 - 安装及操作 5
 - 维修 8
- 1. 产品介绍 9
 - 1.1. 适用版本 9
 - 1.2. 工作原理 9
 - 1.3. 基本结构 10
 - 1.4. 通道分布 11
 - 1.5. 技术参数 14
- 2. 首次使用 17
 - 2.1. 机械安装 17
 - 2.1.1. 外观尺寸 17
 - 2.1.2. 推荐安装 19
 - 2.1.3. 螺丝安装说明 20
 - 2.2. 电气接口 21
 - 2.2.1. 引脚定义 22
 - 2.2.2. 线缆折弯 24
 - 2.3. 接线盒（选配） 25

2.3.1. 端口	27
2.3.2. 连接	30
2.4. 接收主机的网络设置	31
2.4.1. 确认雷达使用的串口号	31
2.4.2. 查看串口数据	34
2.5. 辅助工具	34
3. 数据格式	35
3.1. 点云及 IMU 数据包	36
3.1.1. 包头	36
3.1.2. 数据头	37
3.1.3. 数据主体	38
3.1.4. 数据尾	41
3.1.5. 点云数据解析方法	42
3.2. 故障信息包	44
4. 仪器维护	46
5. 故障排查	48
附录 A: 通道分布数据	50
附录 B: 故障码	52
附录 C: 法律声明	54

■ 关于说明书

使用产品前，请务必仔细阅读本说明书，并遵循说明书的指示操作产品，以避免导致产品损坏、财产损失、人身损害和/或违反产品保修条款。

获取渠道

可通过以下方式获取说明书最新版本：

- 联系禾赛科技销售人员。
- 联系禾赛科技技术支持：service@hesaitech.com

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
- <https://www.hesaitech.com/cn/support>
- <https://github.com/HesaiTechnology>

图例及样式



警示：务必遵循的安全指示或正确操作方法。



注意：补充信息，以便更好地使用产品。

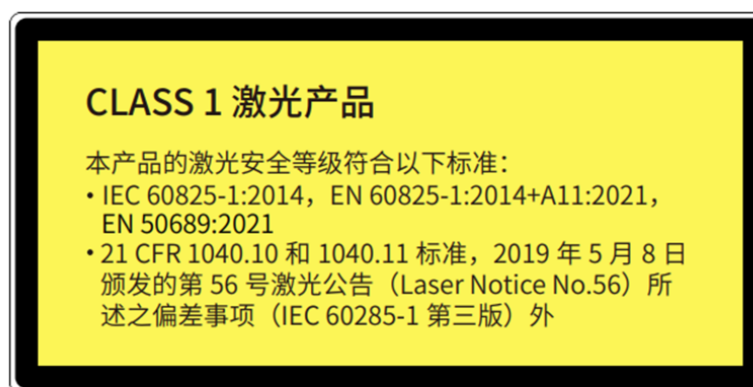
等宽字体：表示字段名，例如 **Distance**。

■ 安全提示

- 请仔细阅读产品说明书中的安全提示并遵守相关警告注意事项，以免导致产品损坏、财产损失或人身损害等。
- 请查看产品外壳（包括铭牌）上的认证信息。如果已事先商定不通过铭牌体现认证信息，请以商定的信息为准。
- 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提供本说明书，或提供说明书的获取方式。
- 此激光雷达产品用作最终产品的零部件之一。最终产品提供者有责任根据最终产品的适用标准进行评估，并将适当的安全提示信息告知最终产品的预期使用者。
- 如存在与特定用户另行商定的情形，请以另行商定的信息为准。
- 用户在使用产品前，如果无法确认产品开发成熟度，请及时与禾赛科技联系确认。禾赛不对尚未开发完成的产品做出任何不侵权保证，也不承担任何质量保证责任。

特别警示

激光安全



外壳高温



当心表面高温！

接触可能导致灼伤。

接触前请关机冷却半小时。

异常停用

以下列举的任一情形下，请立即停止使用产品：

- 怀疑产品已出现故障或受损。例如，察觉到产品有明显噪声或振动。
- 自身或周围环境中的人员感受到任何不适。
- 周围环境中的设备出现运行异常。

同时，请联系禾赛科技或其授权服务商处理疑似故障或受损产品，联系方式参见 [■ 关于说明书](#)。

禁止拆卸

未经禾赛科技明确书面同意，禁止拆卸产品。

使用环境评估

射频干扰

- 请查看产品外壳（包括铭牌）上的认证信息，并查询相应的认证警语。如与特定用户商定不通过铭牌体现认证信息，请以商定的信息为准。

振动条件

- 如果使用环境中可能存在较强的机械冲击或振动，请联系禾赛技术支持以获取特定产品型号的冲击和振动性能参数。超过允许范围的机械冲击或振动可能导致产品受损。
- 应采用防震材料包装产品，以避免运输途中损毁。

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内使用产品，例如空气中含高浓度可燃性化学物质、蒸气或微粒（颗粒、灰尘或金属粉末等）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。

化学环境

请勿将产品暴露在腐蚀性或强极性化学环境（液体或气体等）中，包括但不限于：强酸、强碱、酯类、醚类等，以免造成产品损坏（包括但不限于防水性能失效）。

侵入防护

请查阅 [1.5 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。

工作温度

请查阅 [1.5 技术参数](#) 中的工作温度，避免将产品暴露于超过工作温度范围的环境中。

建议存储环境

请将产品存放于通风干燥处，建议存放温度为 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 30% ~ 70% RH。

光干扰

某些精密光学设备可能受到产品发出激光的干扰。请查阅这些设备的全部相关说明，并判断是否需要采取防护措施。例如，部分产品附赠了保护皮套，当产品暂时未用于测量时，可使用保护皮套遮挡激光。

人员评估

操作人员资质建议

建议由具备一定工程背景或光机电仪器设备操作经验的专业人员操作本产品。操作全程请务必遵循本说明书的指示，如有需要，请联系禾赛科技获取技术支持。

医疗设备干扰

- 产品包含的部分组件会发射电磁场。操作者及近距离环境中的其他人员如果使用医疗设备（例如植入耳蜗、心脏起搏器和除颤器等），请向相应的医师和医疗设备制造商咨询医疗建议，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。

安装及操作

供电

- 给产品供电之前，请确保电气接口处干燥且无污物。请勿在潮湿环境中供电。
- 禁止使用不符合供电要求或已损坏的线缆或适配器。
- 建议使用禾赛科技提供的连接线和电源适配器。如果自行设计、配置或选型产品的供电系统（含线缆），请务必遵循产品说明书中相关电气参数（参照[1.5 技术参数](#)和部分说明书的“供电指导”章节）或联系禾赛技术支持。
- 请查阅[2.2 电气接口](#)，严格遵循连接器插拔操作说明。如果发现端口存在异常（例如引脚偏斜、线缆破损、螺纹松动等），请停止使用并联系禾赛科技获取技术支持。

人眼安全

本产品是 Class 1 激光产品，激光安全等级符合以下标准，请遵循相应的激光安全指示：

- IEC 60825-1:2014
- EN 60825-1:2014+A11:2021
- CONSUMER LASER PRODUCT EN 50689:2021
- 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。

注意：使用本品规定之外的控件、调节方法或工作步骤，有可能导致有害的辐射泄漏。

注意

- 为最大程度地实现自我保护，强烈建议请勿通过放大设备（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。
- 产品没有电源开关，通电即运行；产品运行期间，整个光罩可视为产品的激光出射范围，直视光罩可视为直视传输中的激光。

外壳

- 避免挤压或刺穿产品。产品一旦外壳破损，请立即停止使用，并联系禾赛科技获取技术支持。
- 部分型号的产品内含高速旋转部件，请勿在外壳松动的情况下运行产品，以免损害人身安全。
- 产品外壳如果包含齿状结构和沟槽，操作时请佩戴手套，避免因用力过猛而导致割伤、压伤等人身损伤。

跌落或焚烧

产品主要由金属、玻璃和塑料构成，内含敏感电子元件，应避免跌落、焚烧等不当操作。产品一旦经历跌落或焚烧，请立即停止使用，并联系禾赛科技获取技术支持。

光罩



各型号产品的光罩位置参见 [1 产品介绍](#)。

- 禁止在光罩上贴膜、打蜡或附着其他任何物质。
- 请勿用手触摸光罩，以免光罩沾上指印或污物。如果光罩已经沾上污渍，请按产品说明书 [4 仪器维护](#) 所述方法清洁。
- 请避免用坚硬或锋利物体接触光罩，以免光罩产生划痕。如果已经产生划痕，请停止使用产品并联系禾赛技术支持；严重的光罩划痕可能影响产品输出的点云数据质量。

安装

- 运行产品之前，请确保产品已牢固固定，避免外力（如撞击、大风、飞石等）导致产品脱离固定位置。
- 如需安装外饰，请确保外饰件及其可移动区域与产品的视场无交集。



激光雷达的视场是指由水平视场角和垂直视场角（参见 [1.5 技术参数](#)）限定的空间角度范围，不限定到雷达坐标系原点的距离。如果无法确认产品的视场，请联系禾赛技术支持。

表面高温

产品运行期间或运行后一定时间内，外壳温度可能较高，此时请注意：

- 避免皮肤直接接触产品外壳，以防不适甚至烫伤。
- 避免易燃物直接接触产品外壳，以防引发火灾。

部分型号的产品提供光罩的主动加热功能，以减少光罩表面结冰、结霜对产品功能的影响。

- 光罩在主动加热期间可能温度较高，请避免皮肤直接接触光罩，以防不适甚至烫伤。
- 光罩表面没有结冰、结霜的风险时，可以选择关闭该功能。

外部设备

- 产品可能配合使用的外设包括：吸盘支架、延长线、供电设备、网络设备、GNSS/PTP 设备、CAN 收发设备和清洁设备等。
- 外设选型时，请务必参照产品说明书中全部相关参数，或联系禾赛科技获取技术支持。采用不合规或不匹配的外设可能损坏产品或损害人身安全。

特殊定制固件及软件

- 使用特殊定制的软固件之前，请充分知悉该版本软固件的功能和性能相较于标准版本的差异。
- 请务必严格遵守该版本软固件配套的使用说明及安全注意事项。如果产品表现不符合预期，请立即停止使用，并联系禾赛科技获取技术支持。

固件及软件升级

请务必使用禾赛科技提供的升级包，并严格遵循该升级包配套的指导说明。

点云数据处理

- 部分型号产品提供可配置的点云数据处理功能，包括但不限于：噪点过滤、拖点过滤、二倍距离鬼像过滤、反射率非线性映射等。
- 该功能旨在辅助用户更好地提取点云信息，用户对于是否使用这些功能具有决定权和控制权。用户有责任评估其应用场景，判断这些功能的开启或组合使用是否会引入风险。
- 如需了解特定型号是否支持上述功能，请联系禾赛技术支持。

维修

- 未经禾赛科技明确书面同意，禁止自行或委托第三方拆卸、修理、修改或改装产品，以免造成产品损坏（包括但不限于防水性能失效）、财产损失、人身损害，以及违反产品保修条款。
- 关于产品维修的更多事宜，请联系禾赛科技或其授权服务商处理。

1. 产品介绍

1.1. 适用版本

本手册适用于以下版本：

软件版本	00.B0.4 及以上
固件版本	1.00c084 及以上

1.2. 工作原理

本产品的测距原理为飞行时间测量法（Time of Flight, ToF）：

1. 激光发射器发出一束超短激光脉冲。
2. 激光投射到物体上并反射，激光接收器收到反射光。
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。

测距公式如下：

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

d：距离

c：光速

t：激光束的飞行时间

1.3. 基本结构

激光雷达结构见 图 1。

转子上固定安装多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。

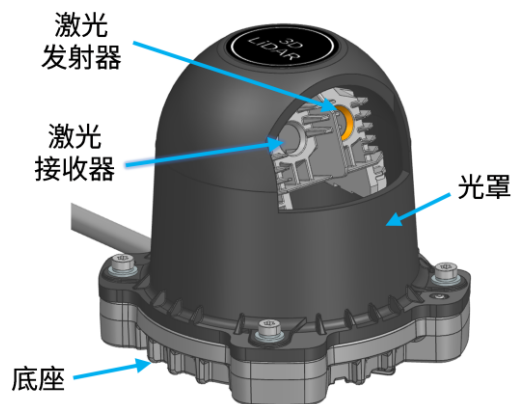


图 1. 部分横截面

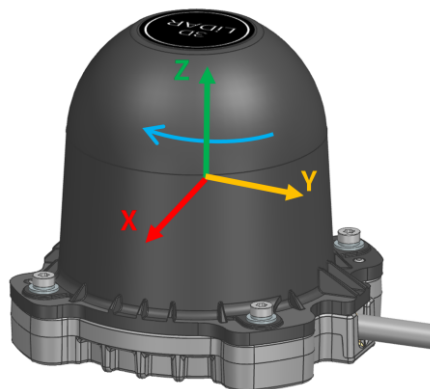


图 2. 坐标系（等距视图）

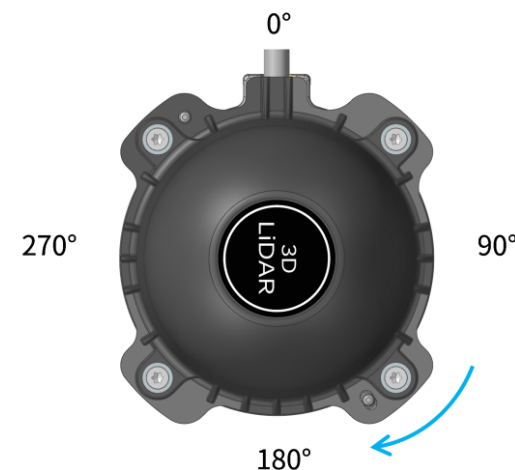


图 3. 雷达角度位置（俯视图）

激光雷达坐标系见 图 2。Z 轴为旋转中心轴。

雷达转动的水平角度位置见 图 3。

- 默认按俯视图中的顺时针方向旋转。
- Y 轴方向定义为 0°
- 由于各通道在水平方向上存在固定角度偏差，水平角度位置以雷达收发阵列的水平中心为准。

例如：当雷达收发阵列的水平中心经过 90° 位置时，认为雷达转动到了水平 90°，点云数据包中相应数据块的方位角（Azimuth）为 90°。

1.4. 通道分布

各通道在垂直方向呈非均匀分布，如 [图 4](#)。

- 图中标注的是投影到平面的垂直高度角；空间中的垂直高度角设计值在 [附录 A 通道分布数据](#)。
- 垂直角分辨率：参见 [1.5 技术参数](#)。
- 通道序号从下到上，从 1 开始。

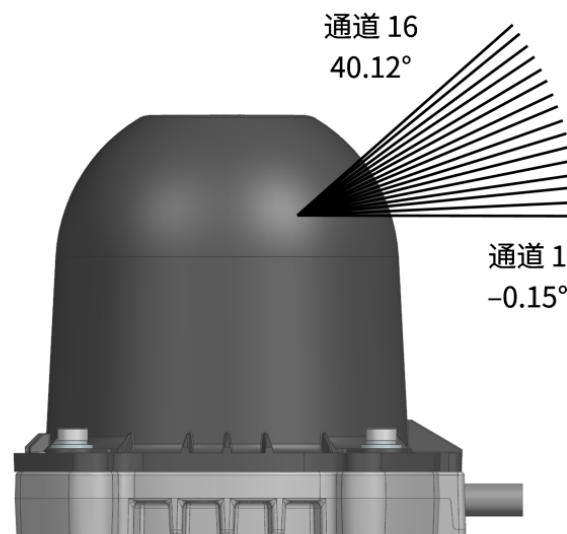


图 4. 通道垂直分布示意图

各通道在垂直和水平方向上存在固定角度偏差，详见该台雷达的角度修正文件。

角度修正文件

可通过以下方式再次获取：

- 发送指令，详见本产品的 API 参考手册。
- 用 PandarView 2 软件导出，详见 PandarView 2 用户手册。
- 联系禾赛科技销售代表或技术支持。

图 5 中：

- 激光雷达坐标系的原点标记为红点。
- 光心（即出射光阑的中心）标记为黄点；雷达输出的距离测量数据和各通道的垂直高度角均以光心为基准。

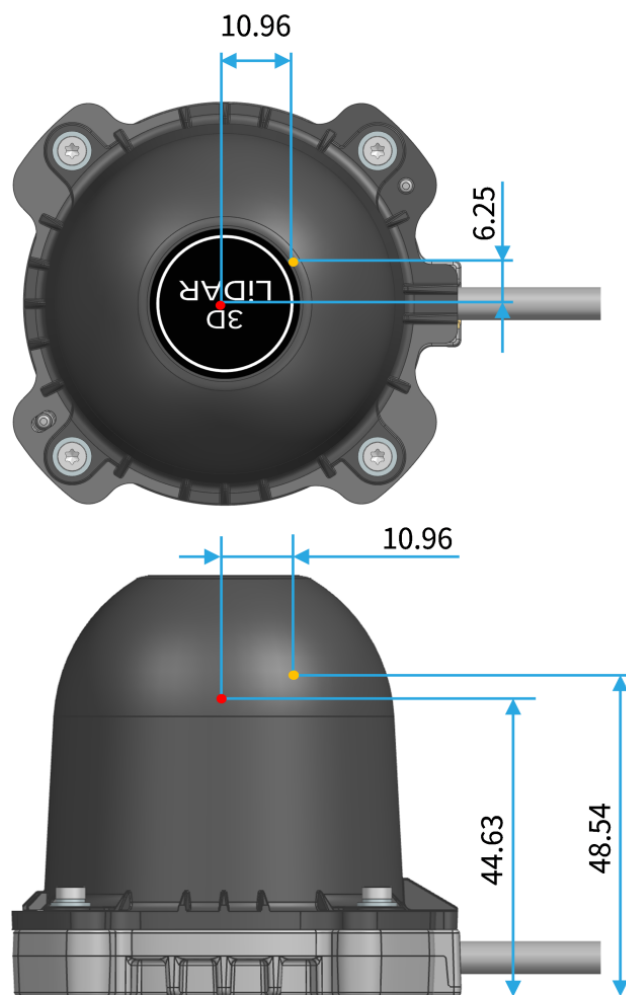


图 5. 激光器发光位置 (单位: mm)

1.5. 技术参数

传感器

扫描原理	机械旋转
通道数	16
仪器测距	0.15 ~ 100 m
测远能力 ①	30 m (10% 反射率, 全部通道)
测距精度	3 cm (典型值, 1 σ)
测距准度	± 3 cm (典型值)
水平视场角	360°
水平角分辨率	0.6° (5 Hz) 1.2° (10 Hz)
垂直视场角	40° (0° ~ 40°)
垂直角分辨率	2.67° (平均)
扫描帧率	5/10 Hz
回波模式	单回波 最后、最强 (默认)

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	IP6K6

尺寸	高度：64 mm 底座：Φ 61.53/75.5 mm
额定电压范围	DC 12 ~ 16 V
功耗 ②	4.3 W
工作温度	-20°C ~ 55°C
储存温度	-40°C ~ 70°C
重量	199.7 g

数据输入/输出

传输方式 ③	RS485 (3000000 8-N-1)
测量数据	距离、方位角、反射率
有效点频	48 000 点/秒
点云数据传输率	1.92 Mbps



以上参数如有更改，请见最新版用户手册。

参数说明

- ① **测远能力** 测试条件：正入射，环境照度 0 ~ 100 klux，探测概率 50%。
- ② **功耗**
 - 典型值，不包含接线盒等配件。
 - 测试工况：14V 供电，室温，扫描帧率 5 Hz。
 - 雷达电源：1.4 A，16 W。
- ③ **传输方式**
 - 软件版本 00.B0.2 及以上：波特率为 3000000
 - 软件版本 00.B0.1：波特率为 3125000

2. 首次使用

使用前，请取下雷达光罩外侧的保护棉。



定制产品可能不同，请以另行提供的图纸和数据为准。

2.1. 机械安装

2.1.1. 外观尺寸

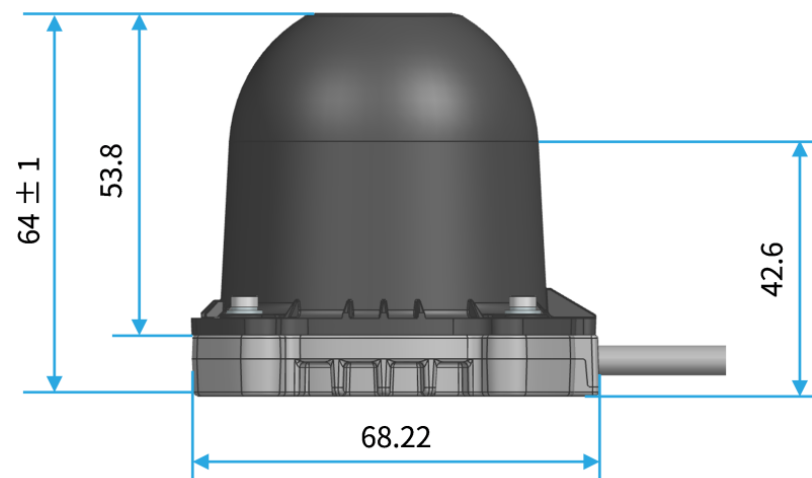


图 6. 右视图（单位：mm）

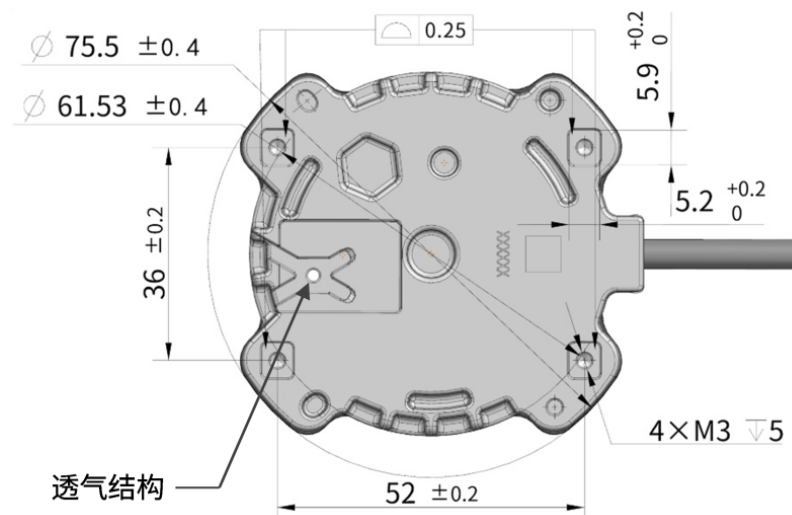


图 7. 仰视图 (单位: mm)



- 请以雷达底面的四个安装定位槽作为安装定位面。
- 建议的安装方式：完全遮挡雷达的非光学区域（下方圆柱部分），仅暴露光学区域（上方圆顶部分）。
- 如果采用其他安装方式，请联系禾赛科技技术支持。

2.1.2. 推荐安装

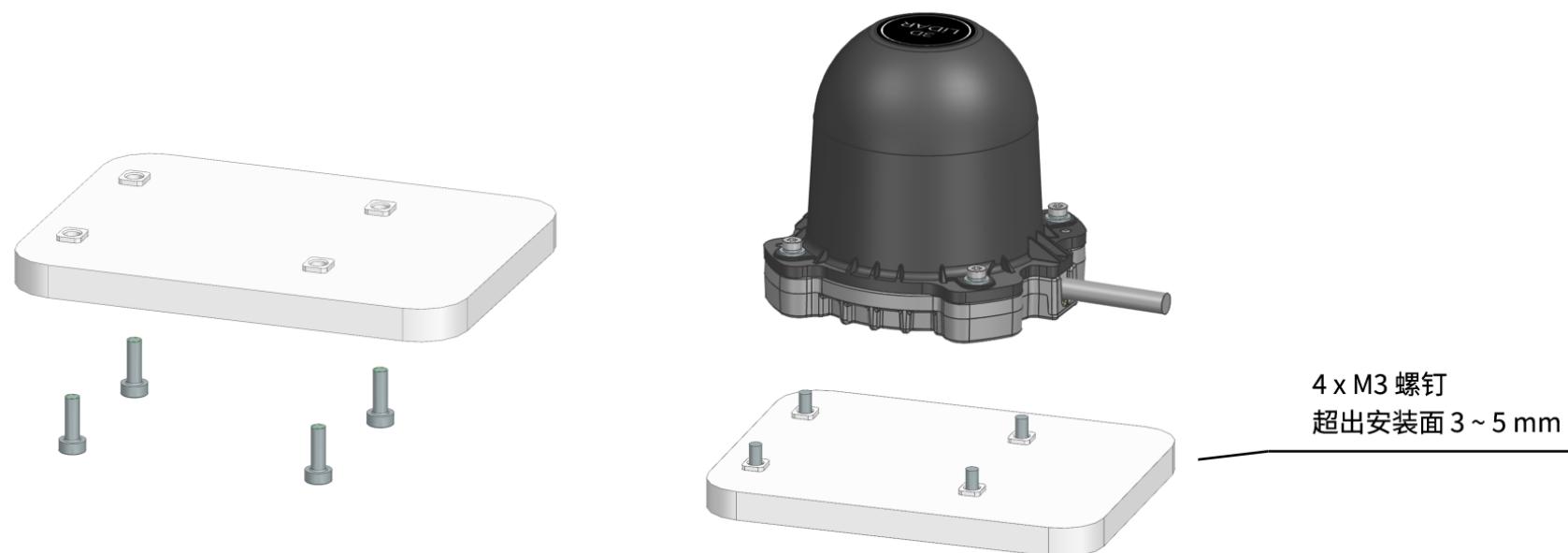


图 8. 推荐安装

2.1.3. 螺丝安装说明

螺钉类型

- 建议选择组合螺钉（自带平垫圈和弹簧垫），强度 4.8 级或以上。
- 螺钉允许旋入深度为 3 ~ 5 mm。

螺纹扭矩

螺纹孔基材为铝合金，扭矩与钢制螺纹不同，请参考下表选取合适的扭矩值：

螺纹规格	推荐扭矩
M2	0.2 ~ 0.3 Nm
M3	0.5 ~ 0.6 Nm
M4	1 ~ 1.5 Nm
M5	2 ~ 2.5 Nm
M6	3.5 ~ 4 Nm

螺纹使用寿命

- 10 次（拧入、拧出各计为 1 次）
- 若使用螺纹胶，每次复拧前需清理螺孔。其间，洗涤剂不可接触光罩。

2.2. 电气接口

默认采用 JST 连接器。

JST 零件编号：PUDP-08V-S（母头插座，见下图蓝色区域）

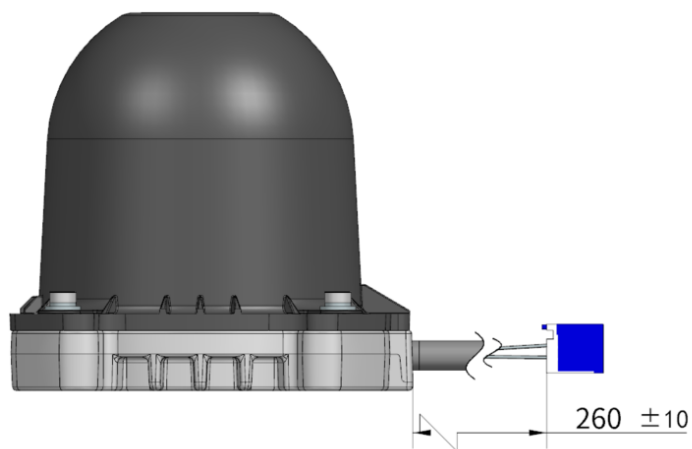


图 9. 连接器右视图（单位：mm）

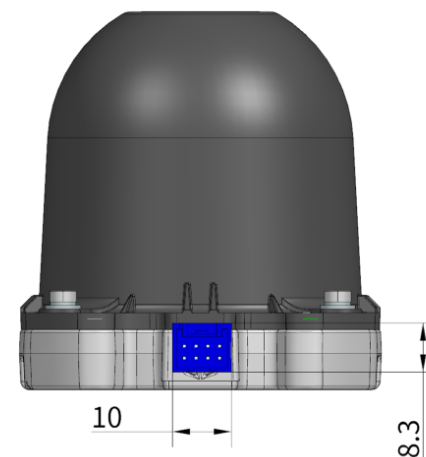


图 10. 连接器正视图（单位：mm）

2.2.1. 引脚定义

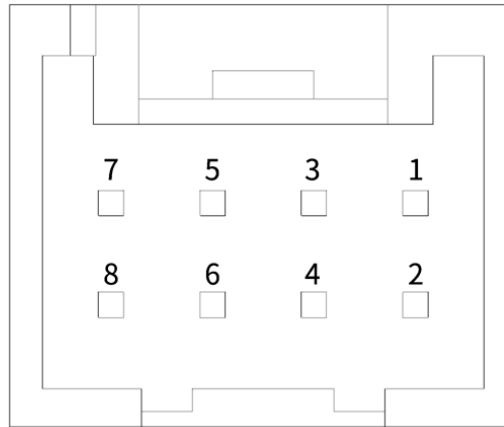


图 11. 引脚编号

引脚编号	方向	信号	引线颜色	电平	波特率	说明
1	输入	VCC_14V	红	12 ~ 16 V	-	-
2	输入	GND	黑	0 V	-	-
3	双向（半双工）	API_RX/DATA_A	白	RS485	3000000	输入数据：升级包
4		API_RX/DATA_B	绿			输出数据： • 点云数据和雷达状态 • API 报文（ACK）
5	输入	GNSS_PPS	蓝	3.3 V CMOS	-	-
6	输入	API_TX/GNSS_NMEA	黄	3.3 V	9600	输入数据： • API 报文（CMD） • GNSS NMEA（GPRMC 或 GNRMC 语句）

引脚编号	方向	信号	引线颜色	电平	波特率	说明
7	-	预留	-	-	-	-
8	-	预留	-	-	-	-

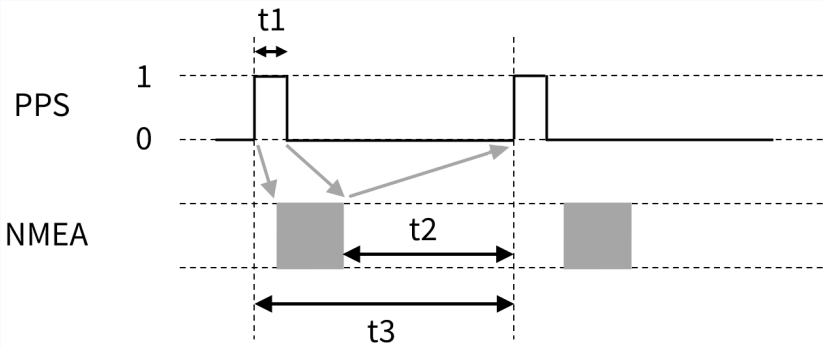


- RS485 信号采用 3.3V 供电：
 - 共模电压 $|V_{oc}|$ 为 1.65 V
 - 差模电压 $|V_{od}|$ 为 1.3 ~ 3.3 V
- 不同软件版本的波特率不同：
 - **00.B0.2** 版本及以上：3000000
 - **00.B0.1** 版本：3125000



避免用手直接接触预留引脚。

GNSS PPS 与 NMEA 信号的时序要求



PPS 信号周期	$t_3 = 1\text{ s} \pm 50\text{ }\mu\text{s}$ （上升沿至上升沿）
PPS 脉冲宽度	$t_1 \geq 1\text{ ms}$ ，建议 10 ~ 100 ms
相位关系	如图中灰色箭头： • NMEA 信号的 发出时刻：晚于本秒 PPS 信号的 上升沿 • NMEA 信号的 结束时刻：晚于本秒 PPS 信号的 下降沿。 • NMEA 信号的 结束时刻 早于下一秒 PPS 信号的 上升沿，且 $t_2 \geq 500\text{ ms}$。

2.2.2. 线缆折弯

外径 OD = $5 \pm 0.20\text{ mm}$
最小折弯半径：5 × OD

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。
- 激光雷达与接线盒之间的线缆长度为 260 ± 10 mm。

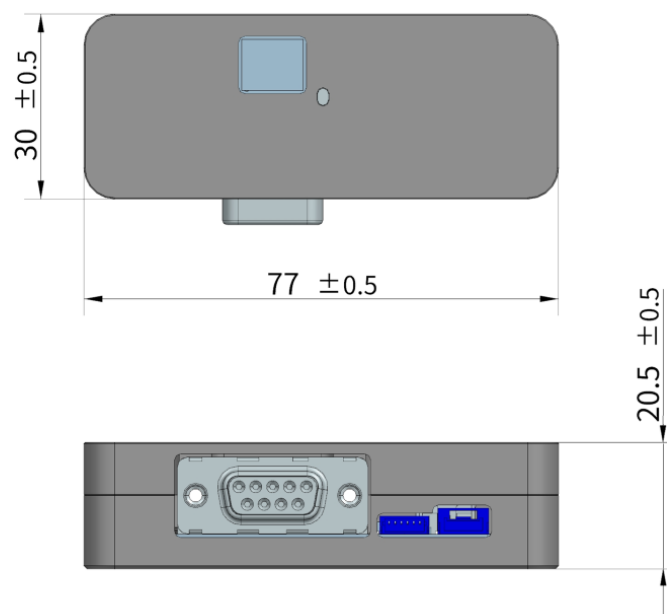


图 12. 接线盒 (单位: mm)

激光雷达与接线盒之间的线缆如下图。

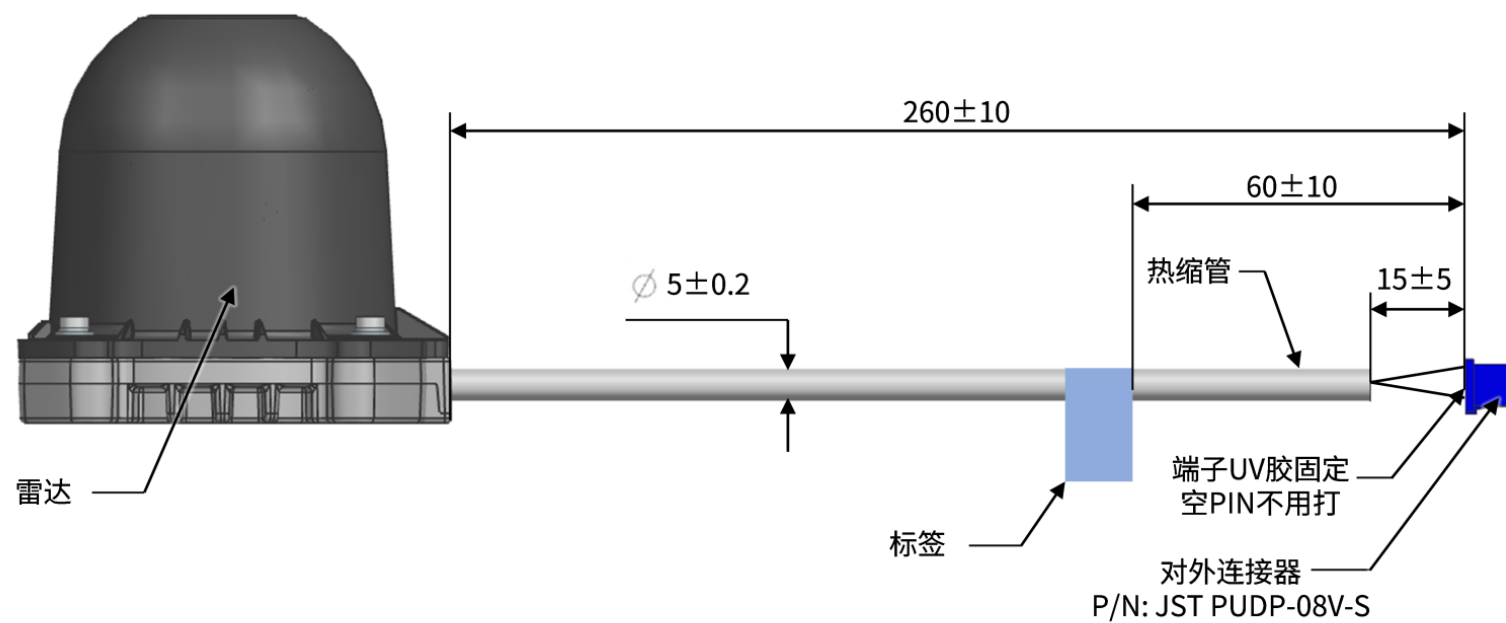


图 13. 接线盒线缆 (单位: mm)

2.3.1. 端口

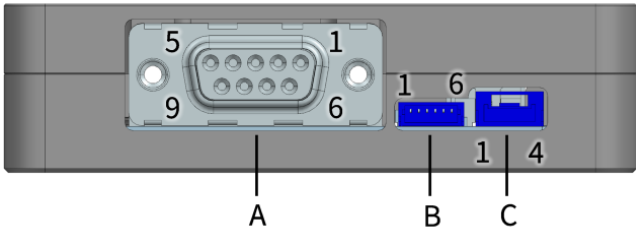


图 14. 端口（正面）

端口编号	是否连接	说明
A	必须	连接到计算机。 端口型号：安费诺公司 LD09S33E4GX00LF
B	可选	连接到外接 GNSS 模块，用于时间同步。 端口型号：JST 公司 SM06B-SRSS-TB 外接 GNSS 模块的推荐端口：JST 公司 SHR-06V-S-B
C	可选	连接到计算机，用于 API 通信。 端口型号：JST 公司 SM04B-GHS-TB 外接模块的推荐端口：JST 公司 GHR-04V-S



端口 B、C 不可同时使用。

端口 A 的引脚（从右至左，从上至下）：

引脚编号	方向	信号	电平	说明
1	双向（半双工）	API_RX/DATA+	RS485	-
2		API_RX/DATA-		
5	-	GND	0 V	外接 GNSS 模块的地
9	输入	GNSS_5V	5 V	外接 GNSS 模块的电源

端口 B 的引脚（从左至右）：

引脚编号	方向	信号	电平	说明
1	输入	GNSS_PPS	3.3 V CMOS	-
2	输出	GNSS_5V	5 V	外接 GNSS 模块的电源
3	-	GND	0 V	外接 GNSS 模块的地
4	输入	GNSS_NMEA	RS232	-
5	-	GND	0 V	外接 GNSS 模块的地
6	-	预留	-	不可连接外部信号。

端口 C 的引脚（从左至右）：

引脚编号	方向	信号	电平	说明
1	输入	API_TX	3.3 V CMOS	引脚 1、2：只使用其中一个。
2				
3	-	GND	0 V	地
4	-	GND	0 V	地

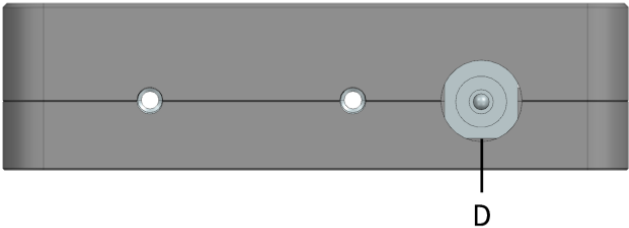


图 15. 端口（背面）

端口编号	端口名称	说明
D	外接电源端口	连接到 12 ~ 16 V DC 电源。

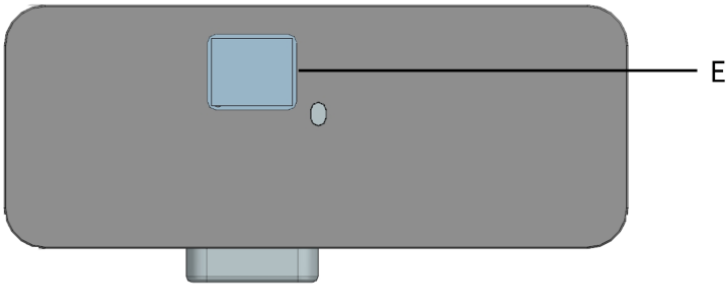


图 16. 端口（顶面）

端口编号	端口名称	说明
E	雷达端口	连接到 雷达的连接器 。 端口型号：JST 公司 S08B-PUDSS-1

2.3.2. 连接

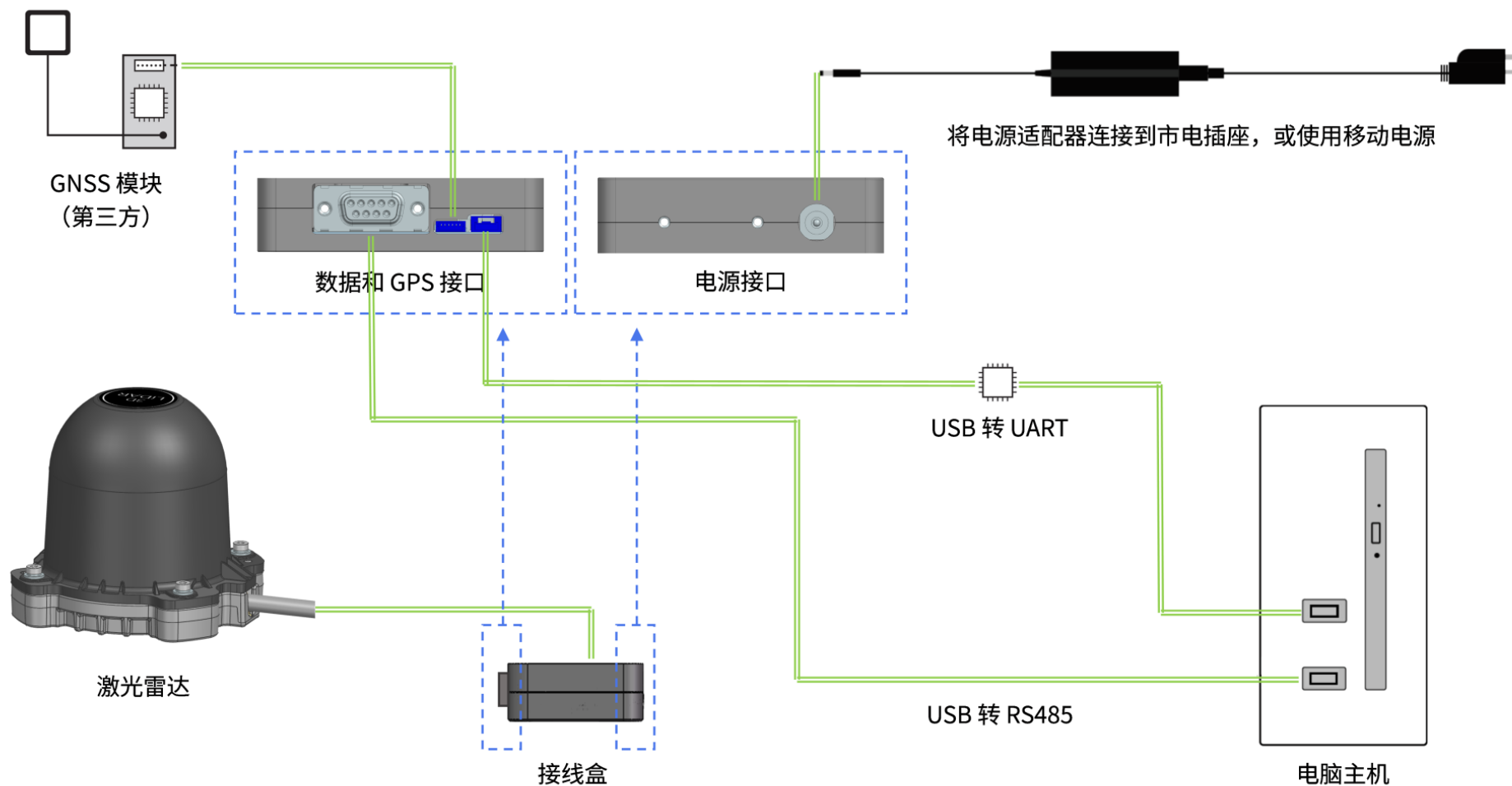


图 17. 接线盒连接

2.4. 接收主机的网络设置

本产品没有电源开关。同时满足以下条件时，将自动传输数据：

- 产品已接通电源。
- 产品已与计算机连接。

如需解析雷达输出的串行数据，请执行以下步骤。

2.4.1. 确认雷达使用的串口号

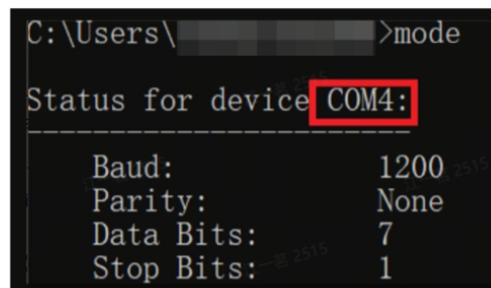
Windows 系统

法一

在命令行输入：

```
mode
```

分别插拔雷达的 RS485、UART 线缆，可以判断各自的串口号（“COM” + 数字）。



```
C:\Users\[redacted]>mode  
Status for device COM4:  
-----  
Baud: 1200  
Parity: None  
Data Bits: 7  
Stop Bits: 1
```

法二

1. 打开文件资源管理器——右键点击 [此电脑]——[管理]

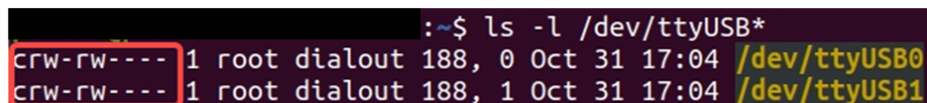


2. 在左边栏选择 [设备管理器]——在主机名称的下拉列表中选择 [端口 (COM 和 LPT)]——查看主机的所有端口
通常，如果端口名称中包含 USB-to-RS485 芯片组型号，则该端口为 RS485 端口。

Ubuntu 系统

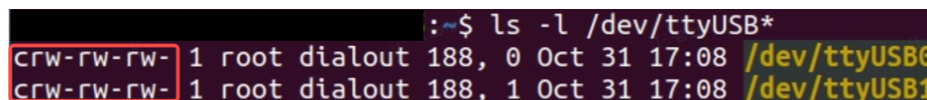
1. 在终端运行命令，查看所有串口及其权限：

```
ls -l /dev/ttyUSB*
```



```
:~$ ls -l /dev/ttyUSB*
crw-rw---- 1 root dialout 188, 0 Oct 31 17:04 /dev/ttyUSB0
crw-rw---- 1 root dialout 188, 1 Oct 31 17:04 /dev/ttyUSB1
```

图 18. 禁用的串口（示例）



```
:~$ ls -l /dev/ttyUSB*
crw-rw-rw- 1 root dialout 188, 0 Oct 31 17:08 /dev/ttyUSB0
crw-rw-rw- 1 root dialout 188, 1 Oct 31 17:08 /dev/ttyUSB1
```

图 19. 启用的串口（示例）

2. 如果存在禁用的串口，则运行以下命令，启用所有串口：

```
sudo chmod 666 /dev/ttyUSB*
```



完成后，可重复第一步，确认所有串口的状态。

3. 分别插拔雷达的 RS485、UART 线缆，从而判断各自的串口号。
4. 插拔线缆后，需重复第二步，以获取读写权限。

2.4.2. 查看串口数据

打开串口监控软件，设置以下参数：

- 雷达 RS485 通信使用的串口号
- 波特率

2.5. 辅助工具

工具	用途	获取方式
PandarView 2	点云可视化软件： 播放和录制点云数据。	请联系禾赛技术支持。
命令集	设置参数、查看雷达信息或升级软固件。	详见本产品的 API 参考手册。

3. 数据格式

多字节的字段均默认为无符号整型，按小端字节序；另行备注除外。

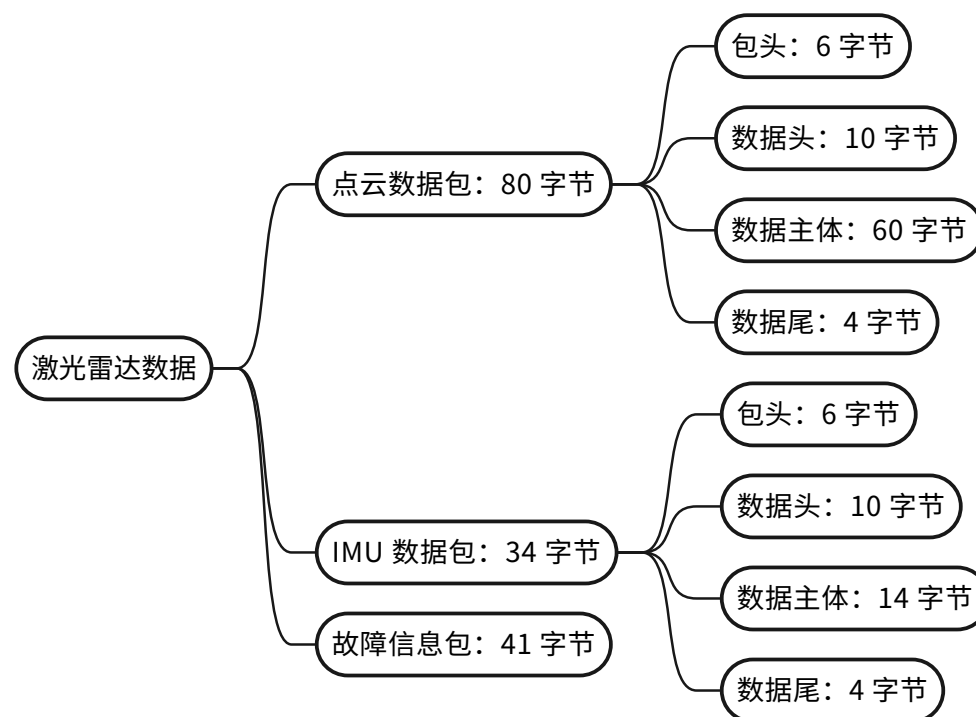


图 20. 数据结构

3.1. 点云及 IMU 数据包

3.1.1. 包头

字段	字节数	数据类型	说明
Start of Packet	1	uint8	包起始标志 固定值：0xEE
Start of Packet	1	uint8	包起始标志 固定值：0xFF
Protocol Version Major	1	uint8	通信协议的主版本号，指示点云数据结构的大类。 当前值：0x01
Protocol Version Minor	1	uint8	通信协议的次版本号，指示点云数据结构的子类。 当前值：0x08
Reserved	1	-	预留
Data Type	1	uint8	数据包的类型，见下方定义。 0 — 点云数据主体 1 — IMU 数据主体

3.1.2. 数据头

字段	字节数	数据类型	说明	
Date & Time	6	uint8[6]	该数据包 UTC 时间的整秒部分。	
			每个字节	范围（十进制）
			年（当前年份减去 1900）	≥70
			月	1 ~ 12
			日	1 ~ 31
			时	0 ~ 23
			分	0 ~ 59
			秒	0 ~ 59
			Timestamp	4

3.1.3. 数据主体

点云数据主体

字段	字节数	数据类型	说明
Azimuth 1	2	uint16	该数据块对应的方位角基准值 单位：0.01°
Block 1	48	(uint16 + uint8)[16]	各通道的测量数据，从通道 1 开始。 详见 数据块中的每个通道 。
Cover Lens Contamination Level	4	uint8[4]	脏污等级 [0:1]、[2:3]、……、[30:31] 分别为通道 1 ~ 16 的脏污等级。 从 b-00 级到 b-11 级，脏污程度递增。
TDM ID	1	-	时分复用 ID

字段	字节数	数据类型	说明																
TDM Data	2	-	时分复用数据																
			<table><tr><th>TDM ID</th><th>TDM Data</th></tr><tr><td>0x00</td><td>电机转速，单位：RPM</td></tr><tr><td>0x0F ~ 0x0C</td><td>软件版本号，ASCII 格式</td></tr><tr><td>0x13 ~ 0x10</td><td>固件版本号，ASCII 格式</td></tr></table>		TDM ID	TDM Data	0x00	电机转速，单位：RPM	0x0F ~ 0x0C	软件版本号，ASCII 格式	0x13 ~ 0x10	固件版本号，ASCII 格式							
			TDM ID	TDM Data															
			0x00	电机转速，单位：RPM															
			0x0F ~ 0x0C	软件版本号，ASCII 格式															
			0x13 ~ 0x10	固件版本号，ASCII 格式															
			软件版本号示例																
			<table><tr><th>TDM ID</th><th>TDM Data 按小端字节序解析后</th><th>ASCII 码</th></tr><tr><td>0x0F</td><td>0x30 30</td><td>00</td></tr><tr><td>0x0E</td><td>0x2E 42</td><td>.B</td></tr><tr><td>0x0D</td><td>0x30 2E</td><td>0.</td></tr><tr><td>0x0C</td><td>0x34 20</td><td>4（结尾的空格舍弃）</td></tr></table>		TDM ID	TDM Data 按小端字节序解析后	ASCII 码	0x0F	0x30 30	00	0x0E	0x2E 42	.B	0x0D	0x30 2E	0.	0x0C	0x34 20	4（结尾的空格舍弃）
			TDM ID	TDM Data 按小端字节序解析后	ASCII 码														
			0x0F	0x30 30	00														
0x0E	0x2E 42	.B																	
0x0D	0x30 2E	0.																	
0x0C	0x34 20	4（结尾的空格舍弃）																	
因此，软件版本号为“00.B0.4”；固件版本号解析方法相同。																			
UDP Sequence	2	uint16	该数据包的序列号 范围：0 ~ 0xFF FF																

数据块中的每个通道

字段	字节数	说明			
Channel 1	3	通道 1 的测量数据			
		字段	字节数	数据类型	说明
		Distance	2	uint16	距离 = Distance × 4 mm
		Reflectivity	1	uint8	反射率 = Reflectivity 字段值 × 1% 范围：0 ~ 255
Channel 2	3	通道 2 的测量数据			
...	...	...			
Channel 16	3	通道 16 的测量数据			

IMU 数据主体

字段	字节数	数据类型	说明
IMU X Axis Acceleration	2	int16	X 轴加速度 单位: $(1/8192)g$
IMU Y Axis Acceleration	2	int16	Y 轴加速度, 同上。
IMU Z Axis Acceleration	2	int16	Z 轴加速度, 同上。
IMU X Axis Angular Velocity	2	int16	X 轴角速度 单位: $(1/32.8)^{\circ}/s$
IMU Y Axis Angular Velocity	2	int16	Y 轴角速度, 同上。
IMU Z Axis Angular Velocity	2	int16	Z 轴角速度, 同上。
IMU Sequence	2	uint16	IMU 数据包的序列号 范围: 0 ~ 0xFF FF

3.1.4. 数据尾

字段	字节数	数据类型	说明
CRC	4	uint32	包头到数据主体的 CRC-32/MPEG-2 校验码 计算 IMU 数据包的 CRC 时, 需要在数据主体结尾补 0x00 00 (从而是 4 字节的最小整数倍), 再进行 CRC 校验

3.1.5. 点云数据解析方法

以点云数据包中 **数据块 1** 的 **5 号通道** 为例，解析步骤如下。

解析数据点的垂直高度角

由[附录 A 通道分布数据](#)可知，**5 号通道** 的垂直高度角设计值为 10.73°。



- 准确的垂直高度角：在该台雷达的角度修正文件中，参见[角度修正文件](#)。
- 水平方向定义为垂直 0°，向上为正、向下为负，参见[图 4. 通道垂直分布示意图](#)。

解析数据点的水平角度

雷达坐标系的 Y 轴方向定义为水平 0°，[图 3. 雷达角度位置（俯视图）](#) 中顺时针方向为正。

水平方位角 = ① + ②

①：当前数据块的方位角（参见 [3.1.3 数据主体](#) Azimuth 1 字段）

②：当前发光通道的水平方位角偏移量（由[附录 A 通道分布数据](#)可知，**5 号通道** 为 193.64°）

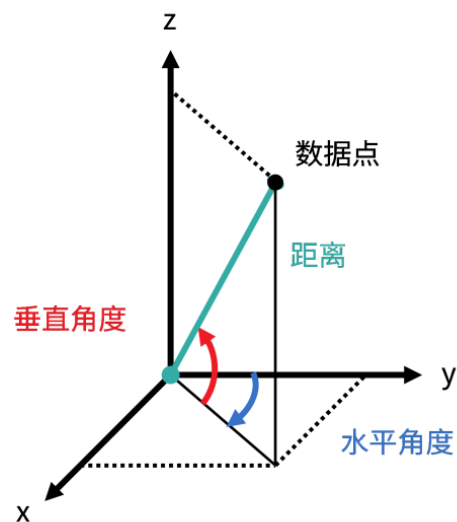


准确的水平方位角偏移量在该台雷达的角度修正文件中，参见[角度修正文件](#)。

解析数据点的距离值

参见 [3.1.3 数据主体](#) 中 **数据块 1：5 号通道** 的 Distance 字段。

在球坐标系或直角坐标系中画出该数据点



解析并画出该帧点云数据中的每个数据点，从而得到实时点云

3.2. 故障信息包

雷达输出故障信息包（传输周期为 1000 ms），其中包含 **雷达状态** 和 **故障码**（见[附录 B 故障码](#)）。应用系统可由此判定故障存在与否、故障的严重性，从而采取相应的安全措施。

字段	字节数	数据类型	说明														
Start of Packet	1	uint8	包起始标志 固定值：0xEE														
Start of Packet	1	uint8	包起始标志 固定值：0xDD														
FS Version	1	uint8	故障信息数据结构的版本号														
Date & Time	6	uint8[6]	该故障信息包的绝对时间，精确到秒。 <table><tr><th>每个字节</th><th>范围（十进制）</th></tr><tr><td>年（当前年份减去 1900）</td><td>≥70</td></tr><tr><td>月</td><td>1 ~ 12</td></tr><tr><td>日</td><td>1 ~ 31</td></tr><tr><td>时</td><td>0 ~ 23</td></tr><tr><td>分</td><td>0 ~ 59</td></tr><tr><td>秒</td><td>0 ~ 59</td></tr></table>	每个字节	范围（十进制）	年（当前年份减去 1900）	≥70	月	1 ~ 12	日	1 ~ 31	时	0 ~ 23	分	0 ~ 59	秒	0 ~ 59
每个字节	范围（十进制）																
年（当前年份减去 1900）	≥70																
月	1 ~ 12																
日	1 ~ 31																
时	0 ~ 23																
分	0 ~ 59																
秒	0 ~ 59																
Timestamp	4	uint32	该故障信息包的绝对时间的微秒部分 单位：μs 范围：0 ~ 999 999 μs (1 s)														

字段	字节数	数据类型	说明	
Lidar State and Rolling Counter	1	uint8	比特位	说明
			[7:5] Lidar State	雷达状态 d-0 (b-000) 正常运行 d-1 (b-001) 预警 d-2 (b-010) 关机 d-3 (b-011) 待机
			[4:3] Reserved	预留
			[2:0] Rolling Counter	故障消息的滚动计数器，指示故障报告系统是否卡滞。 计数从 0 开始，每次更新故障消息时递增 1。 范围：0 ~ 7
Total Fault Codes and Fault Code ID	1	uint8	比特位	说明
			[7:4] Total Fault Codes	缓存故障队列中的故障码总数
			[3:0] Fault Code ID	该故障码在队列中的编号，从 1 开始。
Fault Code	2	hex16	本次发送的故障码。  完整的故障码列表见 附录 B 故障码。	
Reserved	20	-	-	
CRC	4	-	从 Lidar State 到 Reserved 字段的 CRC-32/MPEG-2 校验码	

4. 仪器维护

激光雷达光罩为塑料材质（聚碳酸酯，即 PC）。

- 请勿在干燥状态下擦拭光罩，也不可使用研磨性清洁剂，以免损伤光罩的光学涂层。
- 禁止使用有机清洁剂，以免损伤光罩，甚至造成开裂。
 - 有机清洁剂包括但不限于：柏油清洁剂、自洁素、粘胶去除剂、镀膜去除剂、泡沫清洁剂、漆面铁粉清洁剂、玻璃清洁剂、稀释剂、除冰剂、漆面处理剂、酒精和食醋。
 - 如果设备清洗或相关作业中可能用到有机清洁剂，请针对光罩采取防护措施，避免其接触有机清洁剂。
- 请勿向雷达施加强外力，以免光罩受损。
 - 如果使用非专用于激光雷达产品的自动清洗装置，清洗雷达可能存在风险，请联系禾赛科技技术支持进行评估。
 - 请勿使用尖锐物体（如刀具、金属镊子）或硬质毛刷（如尼龙硬毛刷、钢丝刷）刮擦光罩表面。此类操作可能导致光罩表面划伤，严重时可能造成产品功能失效。
- 光罩经历长时间高温暴晒后，请勿立即清洗。
- 光罩表面有积雪或积冰时，请勿使用高压清洗机或除冰铲。
 - 建议使用小扫帚清除积雪。
 - 建议使用不含有机溶剂的除冰喷剂清除积冰，或等待积冰自行融化。
- 请勿在光罩表面打蜡。



建议结合使用频率、存放环境及气候条件，定期观察光罩洁净度。



- 光罩上附着异物（例如尘土、指印或油污）时，应清洁光罩。
- 光罩上附着侵蚀性异物（例如昆虫尸体、鸟粪、天然树脂、道路灰尘、工业粉尘、沥青、煤烟粒、融雪盐）时，应立即清洁光罩。

清洁步骤

1. 清洁前，请确认激光雷达已断电。
2. 基于脏污程度，选择清洁剂：
 - 污渍轻微时，建议使用常温水。
 - 污渍较多时，建议使用常温的温和肥皂液（一公升水中不超过两汤匙肥皂液）。

- 对于顽固污渍，建议使用常温且不含有机溶剂的中性清洁剂，例如洗车香波。
- 3. 取干净的软海绵或抗静电微纤维软布，用上述清洁剂浸湿，来回轻轻擦拭脏污位置。
- 4. 如遇到顽固污渍，建议先将浸湿的软海绵或纤维软布覆盖在光罩脏污位置，待污渍软化后再轻轻擦拭。
- 5. 擦掉污渍后，立即用清水冲洗光罩，再用干净的软海绵或纤维软布轻轻擦去剩余液体，避免清洗剂或污染物残留。

5. 故障排查

以下步骤如果无法实施，或实施后未解决问题，请联系禾赛技术支持。

故障现象	检查及排除办法
接线盒灯不亮	确认以下条件是否满足： • 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 接线盒（选配）。 之后重新上电，查看故障是否消失。
电机不转动	确认以下条件是否满足： • 电源线接触良好，电源适配器正常工作。 • 输入电压和电流符合电气要求，见 1.5 技术参数。 • 如果使用了接线盒：接线盒完好。 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（串口监控软件和 PandarView 2 均无数据）	确认以下条件是否满足： • RS485 线缆连接正常，且通信配置正确。 • 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。
数据包数量异常（即丢包）	1. 使计算机仅连接一台雷达、不连接其他设备，检查故障是否消失。 2. 将雷达重新上电，查看故障是否消失。

故障现象	检查及排除办法
点云异常（排列明显不规则、点云闪烁、视场角残缺等）	确认以下条件是否满足： • 雷达光罩是否洁净（如果有污迹，可按4 仪器维护中的方法清洁）。 • 角度修正文件已导入，参见《PandarView 2 用户手册》。 • 根据点云数据包的 Motor Speed 字段（如有）确认，或使用 PandarView 2 确认：电机转速平稳。 然后检查是否丢包。 如果未丢包而点云数据闪烁，请执行以下操作： 1. 更新至最新版本 PandarView 2（请联系技术支持获取）。 2. 重启计算机。 如果问题持续存在，则尝试以下操作： 1. 将雷达连接至另一台计算机，或更换一根 USB 转 RS485 线缆。 2. 查看故障是否消失。
GNSS 无法锁定	确认以下条件是否满足： • GNSS 设备连接正常。 • PPS 信号已输入雷达。 • 输入的 GNSS 信号满足2.2 电气接口和2.3 接线盒（选配）中的电气要求。 之后重新上电，查看故障是否消失。

附录 A: 通道分布数据

下方表格说明

通道序号

从下到上，从 1 开始编号。

角度位置

均为设计值。

• 垂直高度角为空间中的角度；投影到平面的角度见 [图 4](#)。

• 准确角度数据在该台雷达的角度修正文件中。

• 参见 [3.1.5 点云数据解析方法](#)。

通道序号	角度位置	
	水平方位角偏移量 (°)	垂直高度角 (°)
1	193.49	0.01
2	193.56	2.68
3	193.53	5.41
4	193.56	8.09
5	193.64	10.73
6	193.67	13.39
7	193.73	16.04
8	193.82	18.71
9	188.10	21.37
10	188.08	24.02
11	188.21	26.69

通道序号	角度位置	
	水平方位角偏移量 (°)	垂直高度角 (°)
12	188.20	29.35
13	188.23	32.01
14	188.26	34.70
15	188.29	37.42
16	188.31	40.21

附录 B: 故障码

下方表格说明

- 表格按故障码顺序排列。
- 多个故障同时存在时，雷达状态以最严重的故障为准。

故障	故障码	说明	雷达状态	应对措施
光罩脏污	0x0104	-	预警	清洗光罩，参见 4 仪器维护 。
雷达过温	0x0111	雷达内部位置 A 运行温度偏高。	关机	检查环境温度是否过高。
雷达过温	0x0112	雷达内部位置 B 运行温度偏高。	关机	检查环境温度是否过高。
IMU 工作异常	0x0113	-	预警	等待 30 s，如果未恢复就重启雷达。
入口电压异常	0x0116	-	关机	检查外部电压，外部电压正常后重启雷达。
雷达参数异常	0x0117	-	预警	重启雷达。
电机转速过快/过慢	0x0210	扫描模块异常，尝试自恢复中。	预警	等待 120 s，如果未恢复就重启雷达。
电机堵转	0x0211	扫描模块异常，尝试自恢复中。	关机	等待 120 s，如果未恢复就重启雷达。
电机过流	0x0212	扫描模块异常，尝试自恢复中。	关机	等待 120 s，如果未恢复就重启雷达。
编码器输出异常	0x0213	扫描模块异常。	关机	重启雷达。
码盘脏污	0x0214	扫描模块异常，尝试自恢复中。	预警	等待 120 s，如果未恢复就重启雷达。
启动失败	0x0215	-	关机	重启雷达。
PPS 同步精度低	0x0406	-	预警	检查 PPS 信号源。
GNSS 信号丢失	0x0407	缺失 GNSS 信号，时间同步失败。	预警	检查 GNSS 信号源。

故障	故障码	说明	雷达状态	应对措施
PPS 信号丢失	0x0408	缺失 PPS 信号，时间同步失败。	预警	检查 PPS 信号源。
GNSS 信号异常	0x0409	-	预警	检查 GNSS 信号源。
人眼安全故障	0x0501	存在人眼安全风险，雷达关闭全部激光器。	预警	重启雷达。

附录 C: 法律声明

禾赛科技版权所有。未经禾赛书面授权，禁止以任何方式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。

如需产品质保服务手册，请访问禾赛科技官网的“质保条款”页面：<https://www.hesaitech.com/cn/warranty>

上海禾赛科技有限公司

联系电话：400-805-1233

公司网址：www.hesaitech.com

办公地址：上海市长宁区昭化路 658 号 A 栋

公司邮箱：info@hesaitech.com

售后邮箱：service@hesaitech.com