

QT128C2X

128线短距机械式激光雷达 产品手册



目录

关于说明书.....	1	4.3 点云输出角度设置 (Azimuth FOV)	52
安全提示	2	4.4 运行状态数据 (Operation Statistics)	55
1 产品介绍	8	4.5 电气参数监测 (Monitor)	56
1.1 工作原理	8	4.6 升级 (Upgrade)	57
1.2 结构描述	9	4.7 运行日志 (Log)	58
1.3 线束分布	10	4.8 安全 (Security)	59
1.4 技术参数	12	4.9 登录 (Login)	69
2 安装	14	5 通信协议	70
2.1 机械安装	14	6 仪器维护	71
2.2 接口	18	7 故障排查	73
2.3 接线盒 (选配)	21	附录 I 线束分布数据	77
2.4 使用	26	附录 II 点云数据的绝对时间	85
3 数据格式	27	附录 III 供电指导	92
3.1 点云数据包	28	附录 IV 法律申明	94
4 网页控制	41		
4.1 首页 (Home)	42		
4.2 参数设置 (Settings)	44		

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：

- 访问禾赛科技官网的“下载”页面：<https://www.hesaitech.com/cn/zh/download>
- 或联系禾赛科技销售人员
- 或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/zh/support>

<https://github.com/HesaiTechnology>

（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）

■ 图例



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

安全提示

- 请查看产品铭牌上的认证信息，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。
- 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。
- 如存在于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

CLASS 1 激光产品

本产品的激光安全等级符合以下标准：

- IEC 60825-1: 2014, EN 60825-1: 2014 + A11: 2021
- 21 CFR 1040.10 和 1040.11 标准，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 60285-1 第三版）外

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”章节。

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。
- 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（例如 FCC、CE-EMC 或 KCC），但来自产品的辐射仍有可能导致其他电子设备出现故障。

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，请联系禾赛科技技术支持团队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。
- 应采用防震包装材料包装产品，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使用产品，例如空气中含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。

异物防护

请查阅产品说明书“技术参数”章节中的 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

请查阅产品说明书“技术参数”章节中的工作温度，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 $23\pm5^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 30% ~ 70%。

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

- 建议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“技术参数”和“供电指导”章节），或联系禾赛科技技术支持。禁止使用不符合供电要求或已损坏的线缆或适配器。

电气接口

- 产品上电之前，请确保电气接口处干燥且无污物。请勿在潮湿环境中供电。
- 请查阅产品说明书的“接口”章节，严格遵循连接器插拔操作说明。如果发现接口存在异常（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。
- 插拔接头前，请先断开电源。热插拔可能导致击穿。

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/EN 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

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。

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/视窗可视为产品的激光出射范围，直视光罩/视窗可视为直视传输中的激光。

外壳

- 产品主要由金属、玻璃和塑料构成，内部含敏感电子元件，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。
- 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。
- 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。
- 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。

外壳的光罩/视窗部分

- 禁止在光罩/视窗上贴膜、打蜡或附着其他任何物质。
- 请勿用手触摸光罩/视窗，以免光罩/视窗沾上指印或污物。如果光罩/视窗已经沾上污渍，请按产品说明书“仪器维护”章节所述方法清洁。
- 请避免用坚硬或锋利物体接触光罩/视窗，以免光罩/视窗产生划痕。如果已经产生划痕，请停止使用产品并联系禾赛科技技术支持；严重的光罩/视窗划痕可能影响产品输出的点云数据质量。
- 如需安装外饰，请确保外饰件及其可移动区域与激光雷达的测距盲区无交集。如果无法确认测距盲区范围，请联系技术支持。

外壳高温

产品运行时或运行后一定时间内，产品外壳可能处于较高温度状态，此时请注意：

- 避免皮肤直接接触产品外壳，以免导致不适甚至烫伤；
- 避免易燃物直接接触产品外壳，以免引发火灾。

部分型号的产品提供外壳光罩/视窗的主动加热功能，以减少光罩/视窗表面结冰、结霜对产品功能的影响；用户可以关闭该功能。

- 光罩/视窗主动加热期间，请避免皮肤直接接触光罩/视窗。
- 各型号产品的光罩/视窗位置示意：请参见产品说明书“产品介绍”章节。

外设

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、GPS/PTP 设备和清洁设备等。请务必参照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。

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。

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。如果产品出现非预期表现，请立即停止使用，并联系禾赛科技获取技术支持。

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。

具体功能请见该型号产品的网页控制页面。

■ 维修及养护

关于产品维修及养护事宜，请联系禾赛科技或其授权服务商处理。

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。

1 产品介绍

本手册介绍了 QT128C2X 激光雷达的技术参数、安装及数据格式等。

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

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

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。

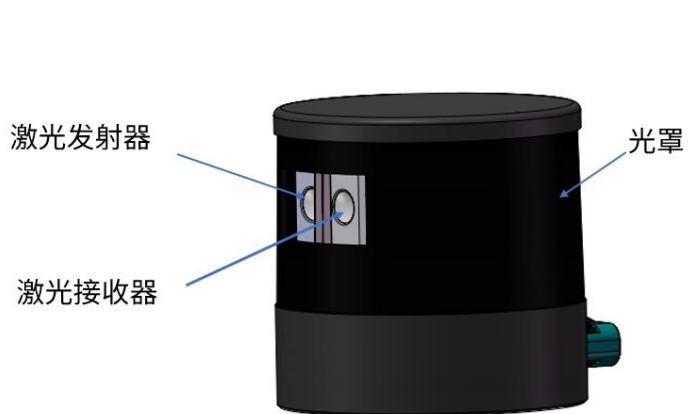


图 1.2 部分横截面

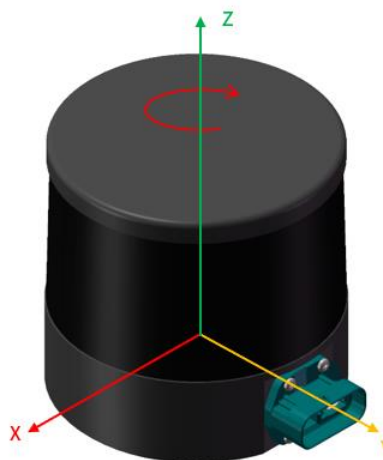


图 1.3 坐标系（等距视图）

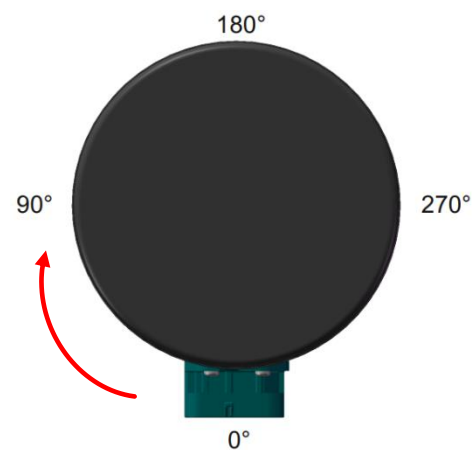


图 1.4 默认旋转方向（俯视图）

激光雷达坐标系如图 1.3，z 轴为旋转中心轴。

默认按俯视图中的顺时针方向旋转，也可选择反转，见 4.2 节（网页控制：参数设置）。

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。

雷达转动的水平角度位置见图 1.4，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，水平角度位置以激光雷达收发阵列的水平中心为准。

例如：当激光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°。

1.3 线束分布

激光雷达收发阵列的各通道在垂直方向呈非均匀分布，如图 1.5，详见附录 I（线束分布数据）。

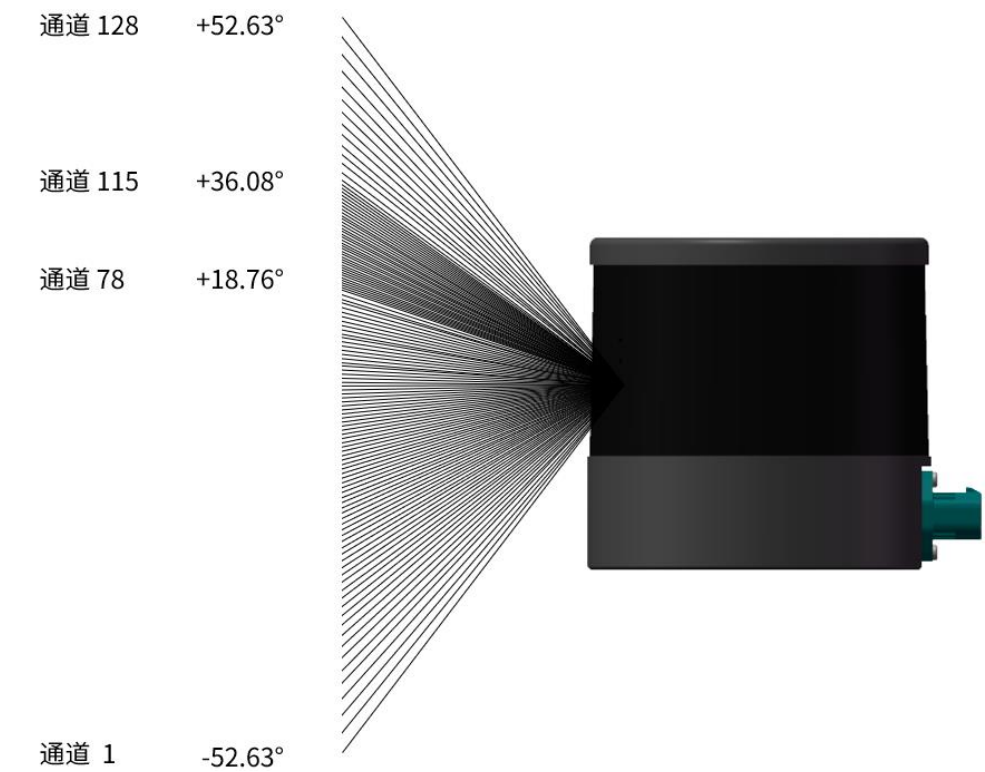


图 1.5 线束分布示意图

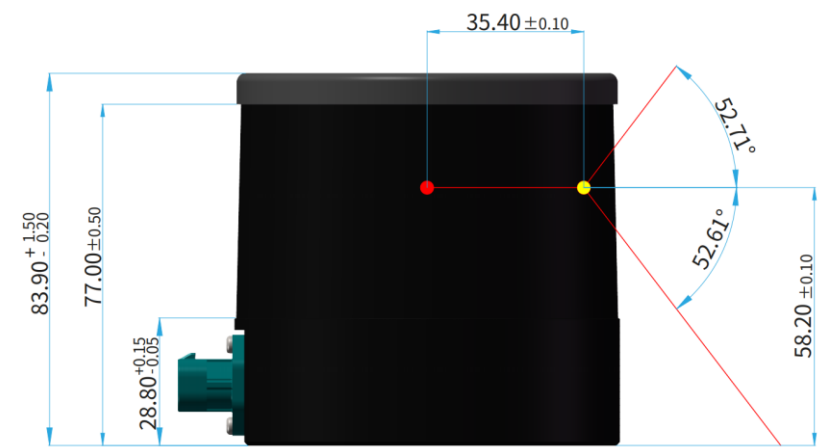


图 1.6 激光器发光位置（单位：mm）

各通道在垂直和水平方向上存在固定角度偏差，详见该台雷达的角度修正文件。角度修正文件通常在发货时提供，也可通过以下方式再次获取：

- 用 PTC 指令获取修正文件，详见第 5 章（通信协议）。
- 用 PandarView 软件导出修正文件，详见 PandarView 用户手册。

 角度修正文件提供每个通道出射光束相对于出射光瞳中心的俯仰角和方位角。出射光瞳中心标记为图 1.6 中的黄点。

EEFF	1	1
Laser id	Elevation	Azimuth
1	-52.626	10.108
2	-51.028	9.719
3	-49.514	9.384
...	...	...
128	52.626	-10.108

图 1.7 角度修正文件图示

1.4 技术参数

传感器		
扫描方式	机械旋转	
通道数	128	
量程	0.05 ~ 50 m	
测远能力 ①	通道 9 ~ 120	20 m (10%反射率)
	其他通道	15 m (10%反射率)
测距准度 ②	±3 cm (典型值)	
测距精度 ②	2 cm (典型值)	
水平视场角	360°	
水平角分辨率	通道 65 ~ 128:	0.4° (10 Hz)
		0.8° (20 Hz)
	通道 1 ~ 64:	0.8° (10 Hz)
		1.6° (20 Hz)
垂直视场角	105.2° (-52.6° ~ +52.6°)	
垂直角分辨率	通道 78 ~ 115	0.4° ~ 0.5°
	其余通道	0.8° ~ 1.6°
扫描帧率	10 Hz, 20 Hz	
回波模式	单回波	
	(第一、第二、最后、最强)	
	双回波 (5 种)	

机械/电气/操作		
波长	940 nm	
激光器等级	Class 1 人眼安全	
防护等级	IP6K7 & IP6K9K	
尺寸	高度：	83.9 mm
	顶盖/底座：	Φ85.9/87.0 mm
额定电压范围 ③	DC 12 ~ 24 V	
功耗 ④	12 W	
工作温度	-40℃ ~ 85℃	
储存温度	-40℃ ~ 95℃	
重量	0.7 kg	
数据输入/输出		
传输方式	千兆以太网（车载 1000BASE-T1，从模式）	
测量数据	距离、方位角、反射率	
有效数据点	单回波：	864,000 点/秒
	双回波：	1,728,000 点/秒
点云数据传输率	单回波：	42.08 Mbps
	双回波：	84.17 Mbps
时间来源	PTP	
PTP 同步准度	≤1 μs（典型值）	
PTP 时钟漂移 ⑤	≤1 μs/s	

 以上参数如有更改, 请见最新版产品手册。(接下页)

(接上页)

① 测距能力

- 测试条件：正入射，环境照度 0 ~ 100 klux，探测概率超过 90%，噪点率低于 10E-5
- 逐线测距能力见附录 I（线束分布）

② 测距准度和测距精度

- 可能受目标物距离、环境温度及目标物反射率影响
- 测距准度：固定测试条件下，多次测量的平均值与真实值的误差
- 测距精度：固定测试条件下，多次测量的标准差

③ 额定电压范围

- 须确保雷达输入端接口处的电压始终在 9 ~ 32 V 范围内
- 参见附录 III（供电指导）

④ 功耗：典型值

- 仅激光雷达，不含接线盒等配件
- 测试工况：环境温度 85°C，扫描帧率 20 Hz
- 参见附录 III（供电指导）

⑤ PTP 时钟漂移

- 定义为 PTP 主时钟锁定后失锁，雷达时钟（从时钟）在恒温状态下的漂移

2 安装

2.1 机械安装

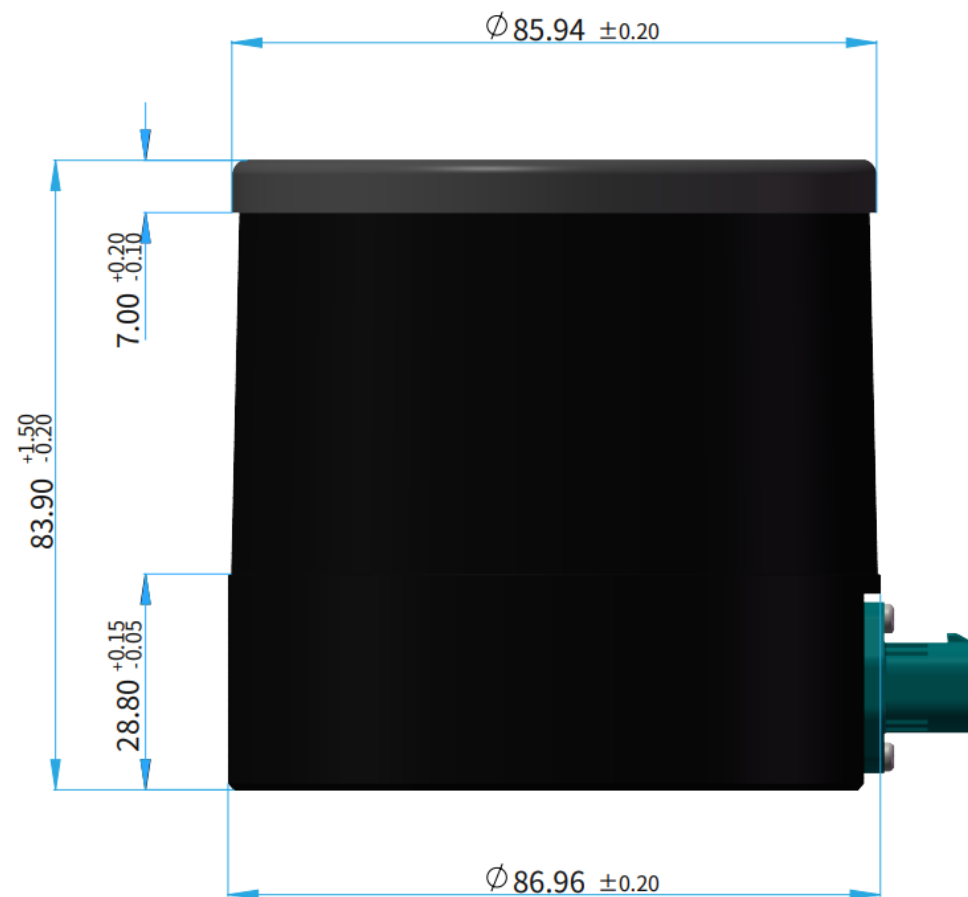


图 2.1 左视图 (单位: mm)

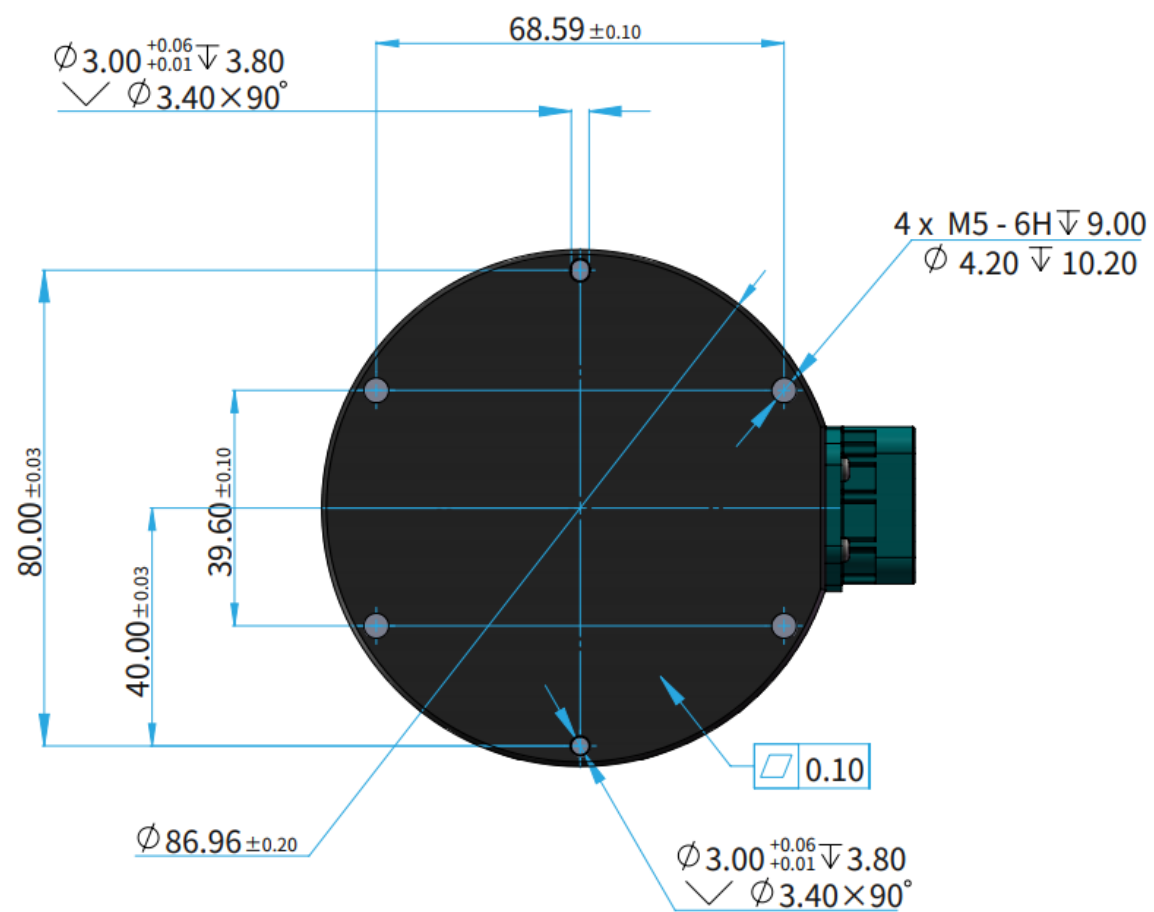


图 2.2 底部安装图 (单位: mm)

2.1.1 推荐安装

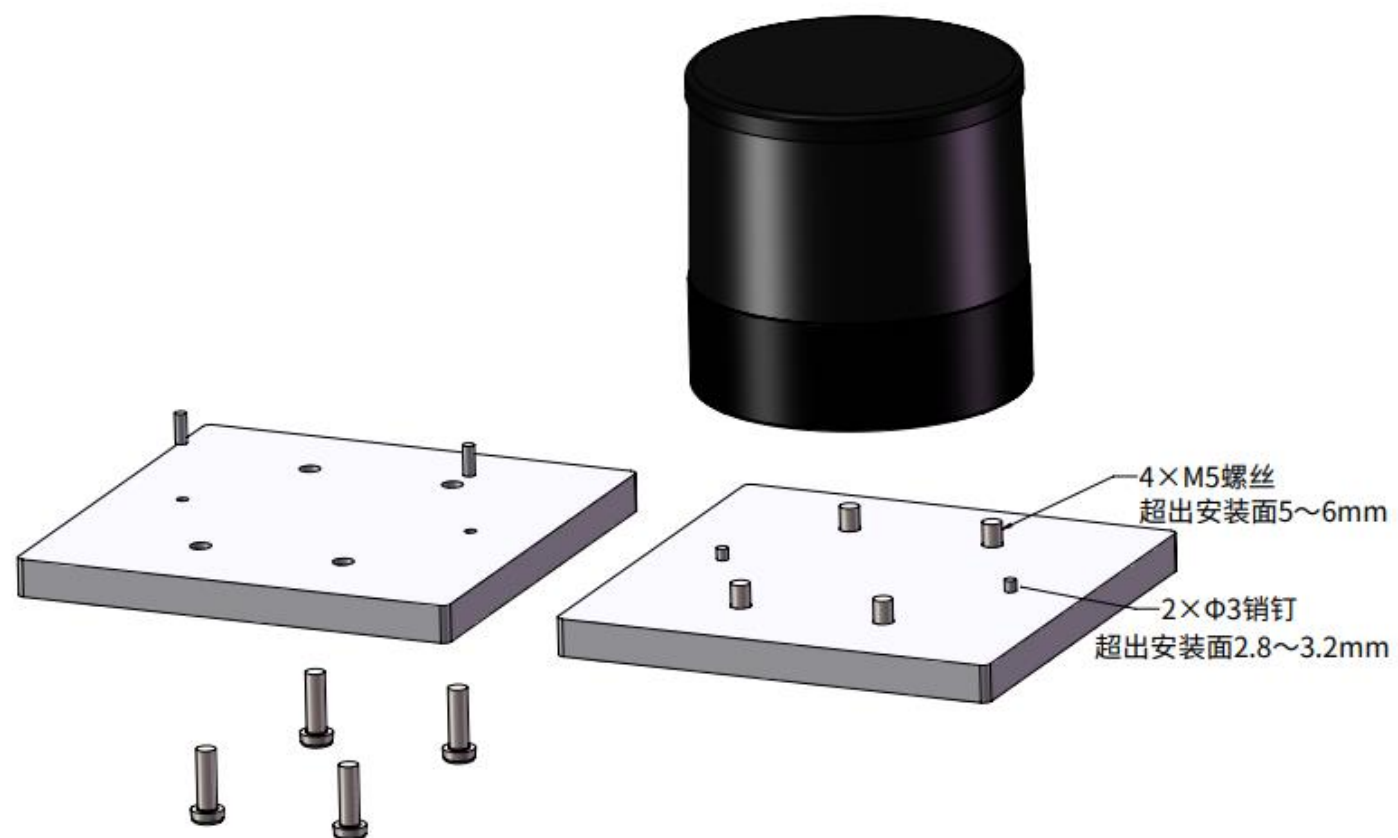


图 2.3 推荐安装

2.1.2 螺丝安装说明

■ 螺钉类型

建议选取组合螺钉（自带平垫圈和弹簧垫），强度 4.8 级或以上。

■ 螺纹涂胶

螺丝锁紧之前，在螺纹配合区域点涂 1~2 滴螺纹胶，推荐采用乐泰 263（LOCTITE® 263 螺纹锁固剂）。点涂之后等待 12 h，待胶水固化完成，才可运行雷达。

■ 螺丝扭矩

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
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

25 次（拧入、拧出各计为 1 次）

2.2 接口

采用 8 芯 Rosenberger 公头插座（内含插针），配有电源线和 1000BASE-T1 双绞线。
Rosenberger 零件号：E6S14M-40MT5-Z

💡 定制产品可能不同，请以另行提供的信息为准。

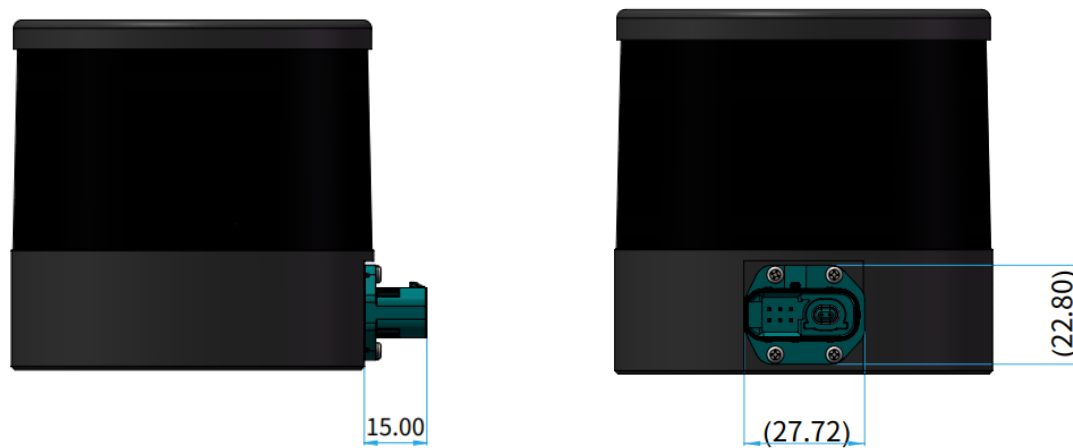


图 2.4 连接器尺寸（单位：mm）

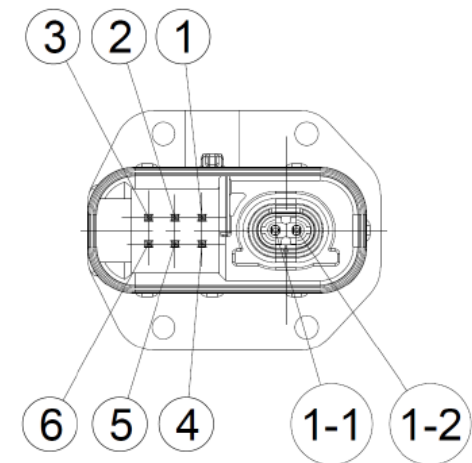


图 2.5 引脚顺序（8pin）

2.2.1 引脚定义

引脚编号	信号	电平
1	VIN	12 ~ 24 V
2	预留	0 ~ 3.3 V
3	预留	0 ~ 3.3 V
4	NC	-

引脚编号	信号	电平
5	预留	0 ~ 3.3 V
6	GND	0 V
1-1	Ethernet_TRX+	-1 ~ 1 V
1-2	Ethernet_TRX-	-1 ~ 1 V

 请小心插拔接头，勿用力拉扯、扭转、挤压。

2.2.2 线缆折弯（网线）

外径 OD = 4.10 ± 0.20 mm

最小折弯半径

- 单线：3 * OD
- 多线 ($\leq 10x$)： ≥ 40 mm
- 多线 ($> 10x$)：10 * OD

2.2.3 连接器插拔

连接	断电后，使线缆端的红色保险销（CPA）与雷达端的锁扣在同一侧，向下插入连接器，直至听到咔嗒声；向下压保险销，直至听到咔嗒声
分离	断电后，将红色保险销向上拉起，直至听到咔嗒声；然后按压水蓝色卡扣，向上拔出连接器

 警示

- 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
- 在连接之前，请检查插针和接孔。如果出现损坏，请停止使用并联系 Hesai 技术支持。

 连接器插拔寿命：10 次以上

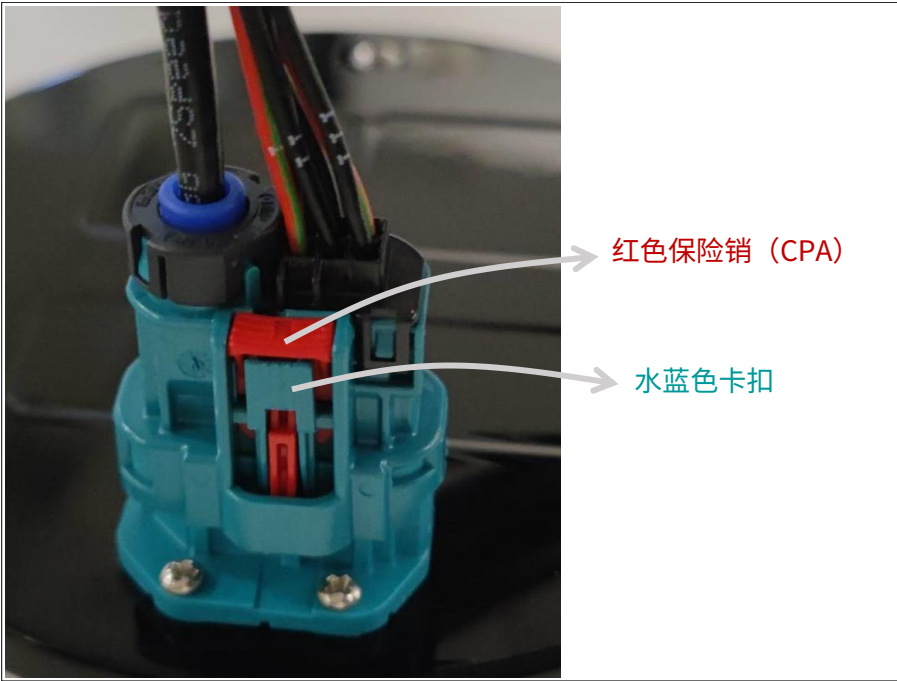


图 2.6 连接器连接/分离

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。

Rosenberger 零件编号：E6K14M-1CAZ5-Z（母头插头，用于接线盒上）

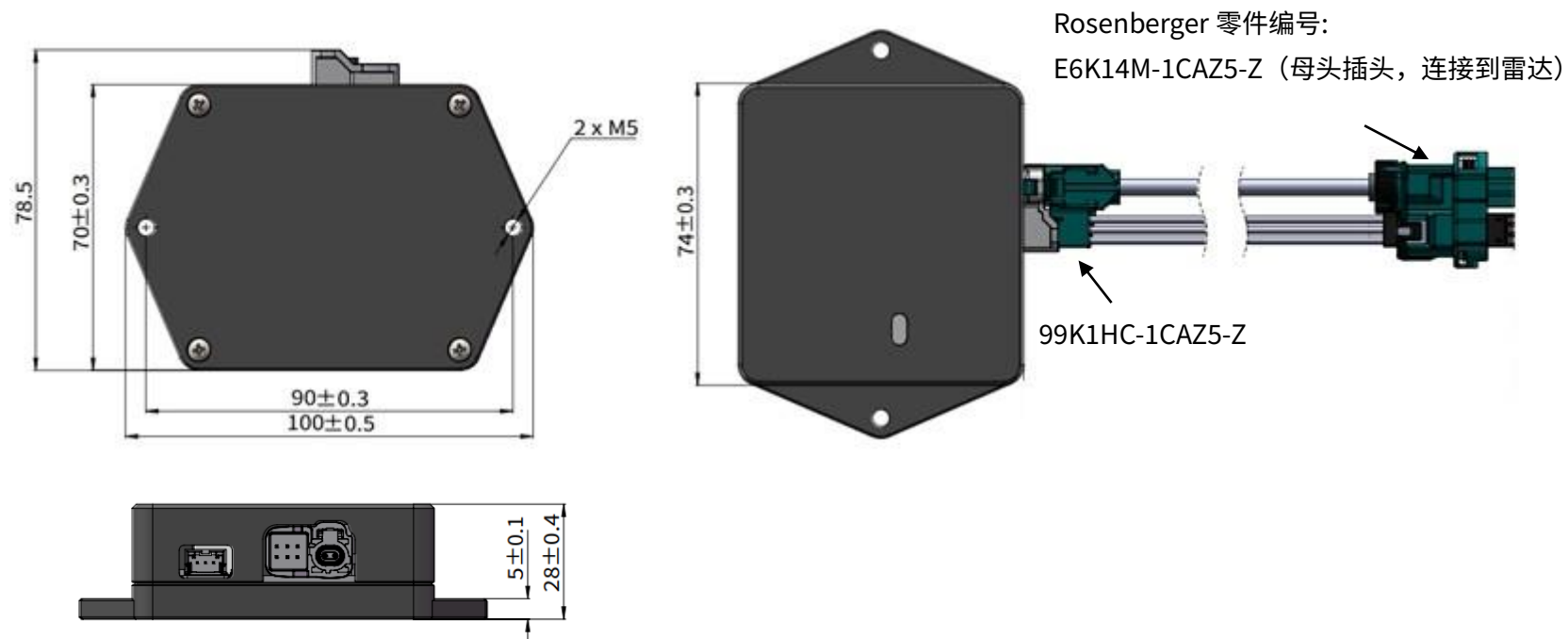


图 2.7 接线盒（单位：mm）

说明

- 多根线缆无法首尾相连，仅可使用一根的足够长度的线缆。

引线规格见下表：

编号	信号	电平	引线线径	引线颜色
1	VIN	12 ~ 24 V	0.75 mm^2	红
2	Reserved	0 ~ 3.3 V	0.5 mm^2	棕/红
3	Reserved	0 ~ 3.3 V	0.5 mm^2	黄
4	NC	-	0.5 mm^2	橙

编号	信号	电平	引线线径	引线颜色
5	预留	0 ~ 3.3 V	0.5 mm^2	蓝
6	GND	0 V	0.75 mm^2	黑
1-1	Ethernet_TRX+	-1 ~ 1 V	0.14 mm^2	白
1-2	Ethernet_TRX-	-1 ~ 1 V	0.14 mm^2	绿

2.3.1 接线盒接口

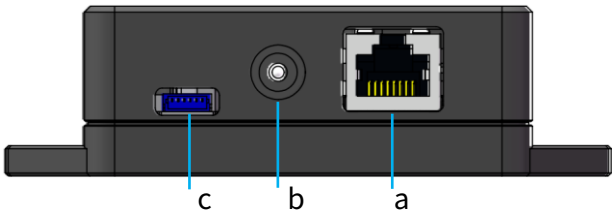


图 2.8 接线盒接口（正面）

序号	接口名称	接口方向	说明
a	标准以太网接口	输入/输出	RJ45，标准 1000BASE-T 以太网
b	电源接口	输入	连接直流电源适配器 接口型号：PJ-057AH
c	预留接口	-	-

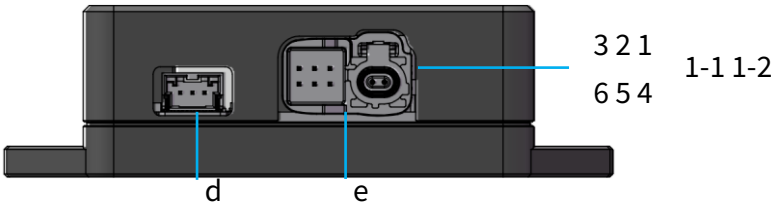


图 2.9 接线盒接口（背面）

序号	接口名称	接口方向	说明
d	预留接口	-	-
e	雷达接口	输入/输出	见第 2.2.1 节（引脚定义）；车载 1000BASE-T1 以太网 接口型号：Rosenberger 公司 99S2HC-40MT5-Z 推荐引线（插头）型号：Rosenberger 公司 99K1HC-1CAZ5-Z

2.3.2 接线盒连接

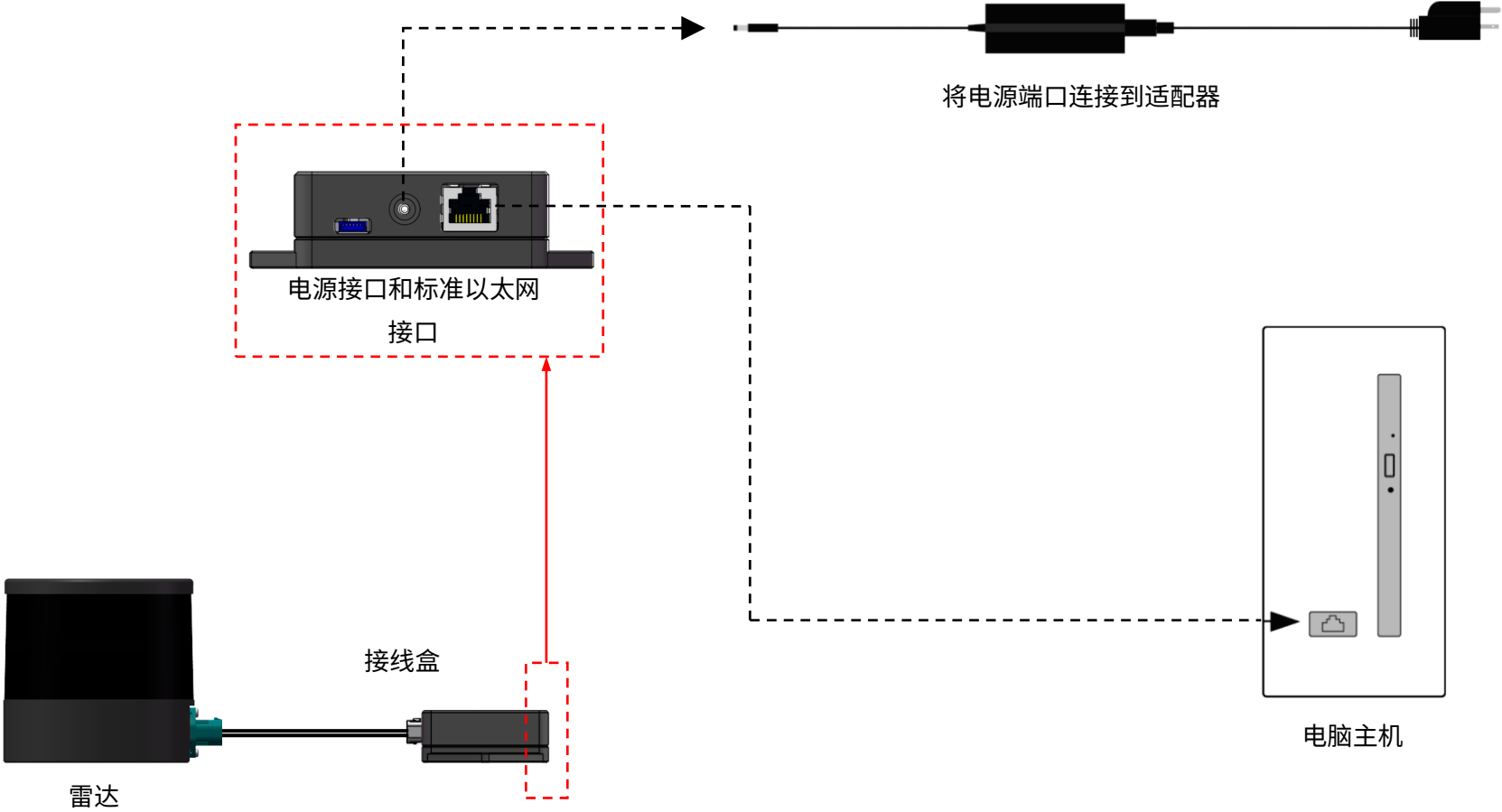


图 2.10 接线盒连线（软件模拟 PTP）

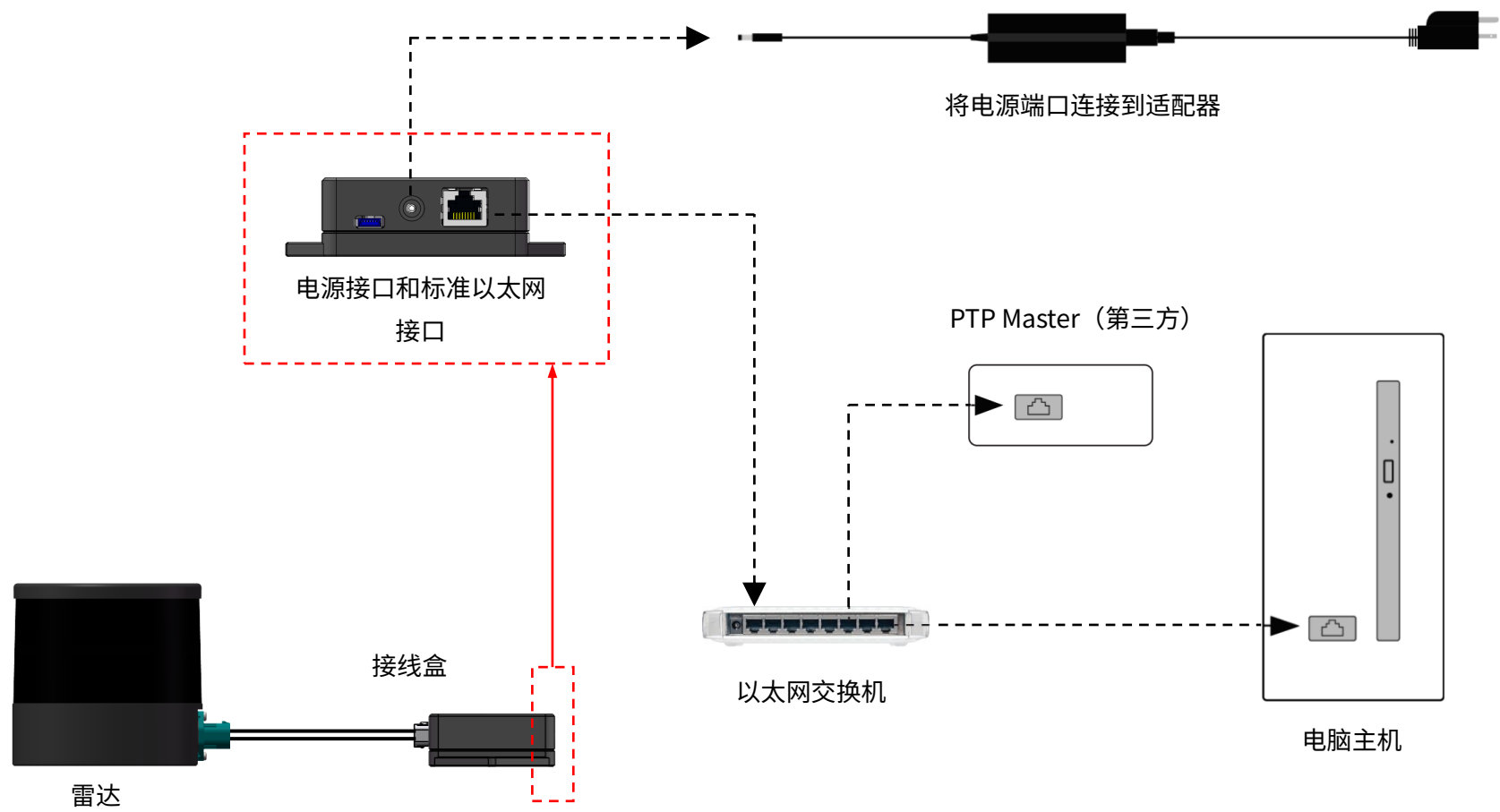


图 2.11 接线盒连线（硬件设备 PTP）

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《PandarView 用户手册》。

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）。

3 数据格式

雷达传输点云数据包。

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。

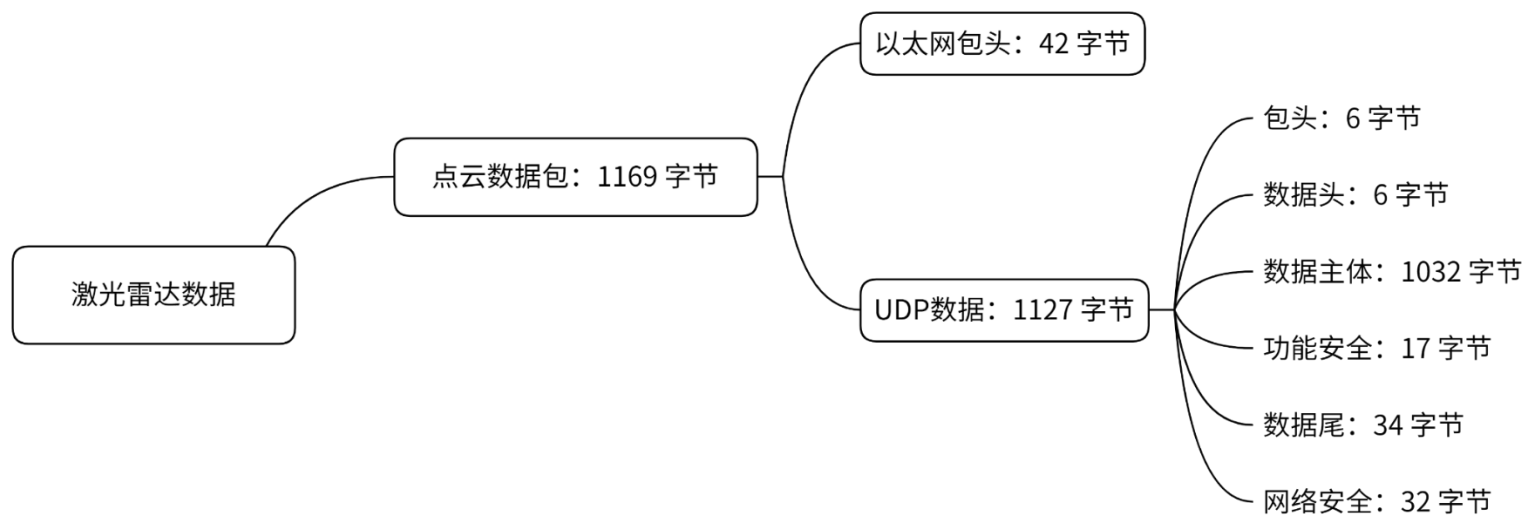


图 3.1 数据结构

3.1 点云数据包

3.1.1 以太网包头

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	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 (0x0940，表示 2368)
UDP Length	2	比点云 UDP 数据多 8 个字节
UDP Checksum	2	-

```

  ▾ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.201, Dst: 255.255.255.255
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
    > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
      Total Length: 1155
      Identification: 0x7af1 (31473)
    > Flags: 0x4000, Don't fragment
      ...0 0000 0000 0000 = Fragment offset: 0
      Time to live: 128
      Protocol: UDP (17)
      Header checksum: 0xf880 [validation disabled]
      [Header checksum status: Unverified]
      Source: 192.168.1.201
      Destination: 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

■ 包头：6 字节

字段	字节数	说明
0xEE	1	包起始标志
0xFF	1	包起始标志
Protocol Version Major	1	通信协议的主版本号，指示点云数据结构的大类 当前为 0x03
Protocol Version Minor	1	通信协议的次版本号，指示点云数据结构的子类 当前为 0x02
Reserved	2	-

■ 数据头：6 字节

字段	字节数	说明
Laser Num	1	激光通道数，0x80 表示 128 线
Block Num	1	每个数据包中的数据块（block）个数 0x02 表示 2 个数据块
First Block Return	1	预留
Dis Unit	1	距离参数，0x04 表示 4 mm
Return Num	1	每个激光器产生的总回波数 0x01：一个回波 0x02：两个回波
Flags	1	[7] 和 [5:4] 为预留 [6]：定制线数 1 – 自定义通道 0 – 全部通道（固定） [3]：数字签名 1 – 包含 0 – 不包含 [2]：功能安全信息 1 – 包含 0 – 不包含 [1]：IMU 信息 1 – 包含 0 – 不包含（固定） [0]：UDP 序列号 1 – 包含 0 – 不包含

■ 数据主体：1032 字节（2 个数据块）

字段	字节数	说明
Azimuth 1	2	数据块 1 对应的转子当前基准角度 单位：0.01°
Block 1	512	数据块 1：各通道的测距数据，从通道 1 开始 (字段定义见下方表格)
Azimuth 2	2	数据块 2
Block 2	512	
CRC 1	4	数据主体的 CRC-32/MPEG-2 校验码 💡 CRC-32/MPEG-2 算法参见： https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/72226-crc-32-mpeg-2-computation-algorithm

数据块中的每个通道：4 字节			
数据主体中的每个数据块：4 * 128 = 512 字节			
字段	字节数	说明	
Channel X	4	Distance, 2 字节	定义见下页
		Reflectivity, 1 字节	反射率 = Reflectivity * 1% 范围：0~255
		Reserved, 1 字节	预留

💡 当前发光时序中不发光的通道，其相应 4 个字节填充为 0。

Distance 字段的定义如下：

近距离盲区检测 关闭 时	说明
Distance ≥ 12	距离 = Distance * Dis Unit ≥ 0.48 m（见本节“数据头”）
Distance = 0	未输出有效点云

近距离盲区检测 开启 时	说明
Distance ≥ 12	距离 = Distance * Dis Unit ≥ 0.48 m（见本节“数据头”）
Distance = 0	没有发光
Distance = 1	没有收到回波信号，或收到的回波信号不符合要求，因此未输出有效点云。 回波信号不符合要求的常见原因包括： • 回波信号来自其他雷达 • 测量距离超过该通道的测距上限 • 脉冲强度低于阈值 • 脉冲被鬼像等滤波模块滤除，参见 4.2 节（网页控制：参数：过滤二倍距离鬼像）

 用户可开启或关闭近距离盲区检测，见 4.2 节（网页控制：参数）

雷达支持九种回波模式（四种单回波、五种双回波），详见数据尾的 Return Mode 字段。

单回波模式下：全部通道一轮发光返回的测距数据保存在一个**数据块**中。

双回波模式下：

- 全部通道一轮发光返回的测距数据保存在**同一数据包的两个数据块**中（见下表）。
- 这两个数据块中的方位角（Azimuth）相同，发光时序也相同（见数据尾的 Mode Flag 字段）。

数据尾的 Return Mode 字段	数据块 1	数据块 2	说明
0x39	最后回波	最强回波	如果最后、最强是同一回波，则数据块 2 保存次强回波
0x3B	第一回波	最后回波	如果第一、最后是同一回波，则数据块 1、2 的数据相同
0x3C	第一回波	最强回波	如果第一、最强是同一回波，则数据块 2 保存次强回波
0x3E	最强回波	次强回波	如果最强、次强是同一回波，则数据块 1、2 的数据相同
0x3A	第一回波	第二回波	如果第一、第二是同一回波，则数据块 1、2 的数据相同

■ 功能安全：17 字节

字段	字节数	说明
FS Version	1	功能安全模块的版本号 当前为 0x01
Lidar State	1	[7:5] 为雷达状态 d-0 (b-000) 无故障 d-1 (b-001) 已修复 d-2 (b-010) 预警 d-3 (b-011) 性能降级（当前状态不支持） d-4 (b-100) 关机或输出不可信
Fault Code Type		[4:3] 为当前发送故障信息的类型 b-01：当前故障 b-10：历史故障
Rolling Counter		[2:0] 指示向外发送的雷达故障信息是否卡滞 数值从 0 开始，每次更新故障信息时自动加 1 正常无卡滞时，每 5 ms 更新一次故障信息
Total Fault Code Num	1	[7:4] 为缓存故障队列中的故障码总数
Fault Code ID		[3:0] 为当前故障码在队列中的序号，从 1 开始
Fault Code	2	本次发送的故障码
Reserved	8	预留
CRC 2	4	功能安全从 Lidar State 字段到 Reserved 字段的 CRC-32/MPEG-2 校验码

雷达状态及故障码的定义详见《安全手册》（Safety Manual）。如需获取，请联系禾赛科技技术支持。

■ 数据尾：34 字节

字段	字节数	说明
Reserved	5	预留
Mode Flag	1	高 7 位 [7:1] 为预留，最低位 [0] 为数据块 1 的发光时序： 1 – 按发光时序 1 0 – 按发光时序 2 单回波模式下： [0] 固定为 1，数据块 1、2 分别按发光时序 1、2 双回波模式下： [0] = 1 时，数据块 1、2 均为发光时序 1，且下一个点云包的 [0] = 0 [0] = 0 时，数据块 1、2 均为发光时序 2，且下一个点云包的 [0] = 1 💡 发光时序：参见附录 II（各通道的发光时刻偏移）
Reserved	6	预留
Return Mode	1	回波模式 0x33 表示第一回波 0x34 表示第二回波 0x37 表示最强回波 0x38 表示最后回波 0x39 表示双回波（最后、最强） 0x3B 表示双回波（第一、最后） 0x3C 表示双回波（第一、最强） 0x3E 表示双回波（最强、次强） 0x3A 表示双回波（第一、第二）

字段	字节数	说明														
Motor Speed	2	电机转速 单位：RPM														
Date & Time	6	该点云包的绝对 UTC 时间，精确到秒 <table><tr><td>每个字节</td><td>范围</td></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	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															
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	该数据包的绝对时间的微秒部分（数据包绝对时间的定义，见附录 II） 单位：μs 范围：0 to 1000000 μs (1 s)														
Factory Information	1	0x42														
UDP Sequence	4	该数据包的序列号 范围：0 ~ 0xFF FF FF FF														
CRC 3	4	数据尾的 CRC-32/MPEG-2 校验码														

■ 网络安全：32 字节

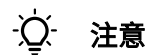
字段	字节数	说明
Signature	32	点云签名 针对范围：点云 UDP 数据（从包头到数据尾）附加 UDP 序列 加密算法：HMAC-SHA256（256 位）  该字段默认填充全 0；设置点云签名共享密钥（Shared Secret Key）并开启会话后，填充有效的点云签名，详见 4.8 节（网页控制：安全 -点云签名）

3.1.3 示例：点云数据解析

以点云数据包中数据块 2 的 5 号通道为例，解析步骤如下。

■ 解析数据点的垂直角度

由附录 I（线束分布数据）可知，5 号通道的垂直角度设计值为 -46.695°



- 准确的垂直角度：在该台雷达的角度修正文件中，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（参见图 1.5）
- 通道序号从下到上，从 1 开始

■ 解析数据点的水平角度



以雷达坐标系的 Y 轴方向为 0° ，顶视图中的顺时针方向为正（参见图 1.4）

水平角度 = ① + ②

①：当前数据块的开始时刻（定义见附录 II）所对应的角度位置

②：当前通道的发光时刻补偿角

$$\textcircled{1} = \textcircled{3} + \textcircled{4}$$

③：这轮发光时，转子的转动基准角度
从数据块 2 中的 Azimuth 字段读取

④：当前通道的水平角度偏移

由附录 I（线束分布数据）可知，5 号通道为 8.833°

 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）

$$\textcircled{2} = \textcircled{5} * \textcircled{6}$$

⑤：通道的发光时刻偏移

在附录 II（点云数据的绝对时间）查表可知，5 号通道为 4436 ns

⑥：电机的旋转速率

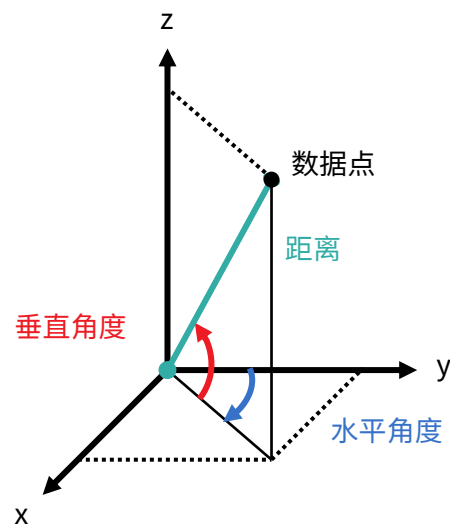
可从网页读取，见 4.1 节（网页控制：首页）

■ 解析数据点的距离值

以毫米为单位的真实世界距离值 = 数据块 2 中 5 号通道的 Distance 字段 * 距离参数

- 数据头的 Dis Unit 字段：4 mm

- 在球坐标系或直角坐标系中画出该数据点



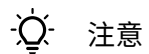
- 解析并画出该帧 UDP 数据中的每个数据点，从而得到实时点云

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：

- 用网线连接激光雷达和计算机
- 按本手册 2.4 节设置计算机 IP 地址
- 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
- 雷达使用以下端口，请设置为防火墙例外：9347 端口（PTC/PTCS）、80 端口（HTTP）、443 端口（HTTPS）、319 和 320 端口（PTP 1588v2）

4.1 首页 (Home)

Status	
Spin Rate	600 rpm
PTP	Free Run
Device Info	
Model	QT128C2X
P/N	QT128C2X-C02
S/N	QTXXXXXXXXXXXXXXX
MAC Address	XX:XX:XX:XX:XX:XX
Software Version	3.1.52
Sensor Firmware Version	3.1.31
Controller Firmware Version	3.1.27

参数	说明	
Spin Rate	电机旋转速率 (rpm) = 扫描帧率 (Hz) * 60	
PTP	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用户设定的上限，见 4.2 节（参数设置）
	锁定 Locked	主从时钟偏移量绝对值小于用户设定的上限
	冻结 Frozen	PTP 主时钟锁定后失锁，正在尝试恢复

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

Settings

Destination IP

255.255.255.255

Lidar Destination Port

2368

Spin Rate

600 rpm

Return Mode

First and Last Return

Sync Angle

☐ 0

Trigger Method

Time Based

(接下页)

(接上页)

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
Time Offset for Lidar Lock (1-100 μ s)	1
Up-Close Blockage Detection	OFF
Retro Multi-Reflection Filtering	OFF
Rotation Direction	Clockwise
Standby Mode	In Operation / Standby

Save

按钮	说明
Reset All Settings	重置所有参数 将全部可配置的参数重置为默认值，包括： 4.2 节（参数设置） 4.3 节（点云输出角度设置）

按钮	说明
Save	保存本页的全部设置，且设置开始生效 例外：待机模式（Standby Mode）设置后，无需点 Save 按钮，当即生效

4.2.1 网络设置

参数	选项	说明	
Destination IP	除 0.0.0.0、127.0.0.1 和雷达自身 IP 之外均可 默认：255.255.255.255	目的 IP	
		通讯模式	目的 IP
		广播（默认）	255.255.255.255
		组播	用户可按实际网络设备配置组播地址
		单播	与计算机 IP 地址相同

4.2.2 功能设置

参数	选项	说明
Spin Rate	600（默认） 1200	电机旋转速率 速率设置值也显示在 Home 页，见 4.1 节（网页控制：首页）
Return Mode	单回波 • 第一 First Return • 最强 Strongest Return • 最后 Last Return • 第二 Second Return 双回波 • 第一和最后 First and Last Return（默认） • 最后和最强 Last and Strongest Return • 第一和最强 First and Strongest Return • 最强和次强 Strongest and 2nd Strongest Return • 第一和第二 First and Second Return	回波模式 也体现在点云数据包中，参见 3.1.2 节（点云 UDP 数据）的 Return Mode 字段

参数	选项	说明				
Sync Angle	0° ~ 360°	同步角度 勾选并填入一个水平方位角，每当整秒时刻，雷达将转动到该角度位置（参见 1.2 节：结构描述）。 整秒时刻的定义 - PTP 处于跟踪或锁定状态（见 4.1 节）时，来自 PTP 主时钟 - PTP 处于自由运行或冻结状态时，定义为雷达内部 1 Hz 信号的上升沿 - 详见附录 II（点云数据的绝对时间） 采用同一时钟源连接多台雷达时，可设置相同的同步角度，从而同步多台雷达的角度位置，即相位锁定。				
Trigger Method	角度触发 Angle-Based 时间触发 Time-Based（默认）	激光器发光的触发方式 <table><tr><td>角度触发</td><td>每 0.4°（10 Hz）或 0.8°（20 Hz）发光一次</td></tr><tr><td>时间触发</td><td>每 111.11 μs 发光一次</td></tr></table>	角度触发	每 0.4°（10 Hz）或 0.8°（20 Hz）发光一次	时间触发	每 111.11 μs 发光一次
角度触发	每 0.4°（10 Hz）或 0.8°（20 Hz）发光一次					
时间触发	每 111.11 μs 发光一次					
Up-Close Blockage Detection	OFF（默认） ON	发光指示 未输出点云时，区分以下两种情况： - 未发光 - 已发光，但不存在有效点云数据 参见 3.1.2 节（点云 UDP 数据）Distance 字段的定义				
Retro Multi-Reflection Filtering	OFF（默认） ON	选择 ON 时，可过滤二倍距离鬼像，减少在高反物体两倍距离处的鬼影点				

参数	选项	说明
Rotation Direction	顺时针 Clockwise（默认） 逆时针 Counterclockwise	电机旋转方向  选择逆时针旋转后，需要刷新网页，此处仍显示逆时针，表明设置生效。如果刷新网页后显示顺时针，则需再次刷新网页并查看显示。
Standby Mode	运行 In Operation（默认） 待机 Standby	待机模式 待机模式下，电机停转且激光器不发光

4.2.3 时间设置

Clock Source	PTP
Profile	1588v2
PTP Network Transport	UDP/IP
PTP Domain Number	0
PTP logAnnounceInterval	1
PTP logSyncInterval	1
PTP logMinDelayReqInterval	0
Time Offset for Lidar Lock	1

参数	选项	说明				
Clock Source	PTP	时间来源				
Profile	1588v2（默认） 802.1AS 802.1AS Automotive	配置类型 IEEE 时间同步标准				
Time Offset for Lidar Lock	PTP 锁定状态上限 1~100 μs（整数）	锁定状态的上限 PTP 锁定状态下，最大允许的主从时钟偏移量的绝对值，参见 4.1 节（首页）				
PTP Network Transport	UDP/IP（默认） L2	网络传输协议 <table><tr><td>UDP/IP</td><td>1588v2 配置下可用</td></tr><tr><td>L2</td><td>全部配置下均可用</td></tr></table>	UDP/IP	1588v2 配置下可用	L2	全部配置下均可用
UDP/IP	1588v2 配置下可用					
L2	全部配置下均可用					
Domain Number	0 ~ 127（整数） 默认：0	PTP 本地时钟的域序列号				

PTP 配置类型为 1588v2 时，可增加配置以下参数：

参数	选项	说明
PTP logAnnounceInterval	-2 ~ 3 默认：1	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 默认：1	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 默认：0	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

PTP 配置类型为 802.1AS 或 802.1AS Automotive 时，可增加配置以下参数：

参数	选项	说明	
Switch Type	TSN（默认） Non-TSN	交换机类型	
		TSN	交换机采用 Peer-to-Peer 延迟机制
		Non-TSN	交换机采用 End-to-End 延迟机制

4.3 点云输出角度设置 (Azimuth FOV)

Azimuth FOV Setting

For all channels ▼

按钮	说明
Save	保存本页的全部设置，且设置开始生效

参数	选项	说明
Azimuth FOV Setting	全部通道：单角度范围（默认） For all channels	点云输出角度的设置模式 雷达仅在设置的角度范围内输出有效数据
	全部通道设置：多角度范围 Multi-section FOV	

 注意

- 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°)

4.3.1 全部通道：单角度范围 (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。

Azimuth FOV Setting		For all channels ▼
Azimuth FOV for All Channels	Start:	0.0
	End:	360.0
Save		

4.3.2 分组通道（多角度范围）（Multi-section FOV）

八组通道（从通道 1 开始，每组 16 个通道）的每组通道可定义多个（最多 2 个）连续角度范围，应用于该组内全部激光通道。

Azimuth FOV Setting

Multi-section FOV

Enable/Disable All

Status	Group Channel	Azimuth FOV 1		Azimuth FOV 2	
		Start Angle	End Angle	Start Angle	End Angle
☒	1~16	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	17~32	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	33~48	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	49~64	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	65~80	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	81~96	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	97~112	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	113~128	0.0	0.0	0.0	0.0

Save

4.4 运行状态数据 (Operation Statistics)

实时显示以下运行参数：

Start-Up Counts	510
Internal Temperature	32.10°C
System Uptime	0 h 5 min
Total Operation Time	559 h 43 min

Internal Temperature	Operation Time
< -40 °C	0 h 1 min
-40 to -20 °C	0 h 46 min
...	...
100 to 120 °C	1 h 44 min
>120 °C	0 h 0 min

参数	说明
Start-Up Counts	雷达启动次数
Internal Temperature	内部温度
System Uptime	本次上电运行时间
Total Operation Time	总运行时间

4.5 电气参数监测 (Monitor)

实时显示以下电气参数（在雷达输入端接口处测量）：

参数	说明
Lidar Input Current	雷达输入电流
Lidar Input Voltage	雷达输入电压
Lidar Input Power	雷达输入功耗

4.6 升级 (Upgrade)

本型号硬件支持网络安全，仅适配新版（加密并签名）的软件和固件升级包。

升级准备

- 请联系禾赛科技技术支持，以获取升级包
- 升级期间，推荐使用随产品附赠的保护套或其他非透明材质的遮挡物遮盖雷达光罩

升级操作

- 点击“Upload”按钮，选择并上传升级文件，确认开始升级
- 升级成功后，系统将自动重启，历史版本信息显示 Upgrade Log 中

按钮	说明
Restart	软重启 软重启后，“运行时间数据”页的启动次数（Start-Up Counts）加 1

参数	当前版本	说明
Software Version	3.1.52	软件版本
Firmware of Sensor Version	3.1.31	传感器（上仓）固件版本
Firmware of Controller Version	3.1.27	控制器（下仓）固件版本
Upgrade Log	-	升级历史记录



以上版本号可能与实际不同，请以所使用雷达的网页为准

4.7 运行日志 (Log)

记录雷达的运行过程信息，用于诊断雷达软件故障。

按钮	说明
Clear ALL	清空全部日志
Download ALL	下载全部日志

4.8 安全 (Security)

网络安全主开关：关闭时

Cyber Security (Master Switch) OFF

Login Control

AuthenticationOFF

Secure Connection

PTC ConnectionNon-TLS

HTTP ConnectionHTTP

Point Cloud Signature

Share Secret Key ⓘ

Save

网络安全主开关：开启时

Cyber Security (Master Switch) ON

Login Control

AuthenticationON

Current PasswordCurrent Password [Forgot Password?](#)

New PasswordNew Password

Confirm New PasswordConfirm New Password

Secure Connection

PTC ConnectionTLS

HTTP ConnectionHTTPS

Point Cloud Signature

Share Secret Key ⓘ

Save

如上页图示，网络安全主开关（Cyber Security Master Switch）与各项设置的关系如下：

	网络安全主开关：关闭时 Cyber Security (Master Switch): OFF	网络安全主开关：开启时 Cyber Security (Master Switch): ON
登录权限控制 Login Control	强制关闭 http://192.168.1.201 跳转至 Home 页面	强制开启 https://192.168.1.201 跳转至 Login 页面，详见 4.9 节（登录）
安全连接 Secure Connection	强制关闭 PTC 和 HTTP 协议：明文通信	强制开启 PTCS 和 HTTPS 协议：配置完成后，加密通信
点云签名 Point Cloud Signature	明文通信存在一定的数据泄露风险，不建议修改共享密钥	可修改共享密钥

注意

- 点云签名默认关闭，其开启/关闭由 PTC 指令控制（参见第 5 章：通信协议），不受主开关控制；本页仅设置点云签名所用的共享密钥。
- 主开关无论开启与否，固件、软件均采用安全升级（即升级包加密）。

4.8.1 登录权限控制 (Login Control)

网络安全主开关开启时：

参数	说明
Authentication	验证（强制开启）
Current Password	当前密码 - 开启/关闭网络安全主开关时，或修改登录密码时，在此处填入密码 - 初始密码：123456 - 为了有效控制登录权限，建议修改初始密码并妥善保管新密码 - 借用雷达或 RMA 雷达：退回禾赛之前，请务必修改回初始密码
New Password	新密码 格式要求： 8~30 位字符 - 至少包含一位数字和一位字母（区分大小写） - 允许包含特殊字符
Confirm New Password	再次输入新密码



如果忘记密码：

PTC Connection 选择 TLS 时	只允许 重置密码 ： - 点击“Forgot Password”跳转至 Reset Password 页面，获取重置码（Reset Code） - 联系禾赛科技技术支持人员，提供重置码，从而获取验证码（Verification Code） - 在 Reset Password 页面输入验证码，点击 Submit，从而重置为初始密码
PTC Connection 选择 mTLS 时	可 修改密码 （无需提供当前密码）： 发送 PTCS 指令，详见第 5 章（通信协议）

4.8.2 安全连接 (Secure Connection)

网络安全主开关开启时：

TLS:

Secure Connection

PTC Connection

TLS

HTTP Connection

HTTPS

mTLS:

Secure Connection

PTC Connection

mTLS

Client CA certificate name

No file

Certificate status

Invalid

Change Certificate

⬆️ Upload

Remove

HTTP Connection

HTTPS

参数	选项	说明
PTC Connection	TLS 单向认证（默认） mTLS 双向认证	PTC 连接模式
		TLS 仅用户认证雷达
		mTLS 用户与雷达相互认证（安全等级更高，建议采用此配置） - 点击“Upload”按钮，上传用户 CA 证书链 - 借用或 RMA 雷达：退回禾赛之前，须点击“Remove”按钮，清除已上传的证书文件
HTTP Connection	HTTPS（强制）	HTTP 连接模式 搭建 HTTPS 环境（参见 4.8.4）后： - 网址由 http://192.168.1.201 切换为 https://192.168.1.201 - 由明文传输切换为密文传输

4.8.3 点云签名 (Point Cloud Signature)

参数	选项	说明
Shared Secret Key	格式 8~32 位字符 - 数字或字母（区分大小写） - 不可包含特殊字符	点云签名共享密钥 - 初始值：12345678 - 为了避免数据泄露风险，建议修改共享密钥并妥善保管

4.8.4 搭建 HTTPS 环境

如需启用 HTTPS，请在浏览器中导入雷达 CA 证书链。

 如果不导入证书，则无法实现 HTTPS 链接，登陆网页时将提示网站不安全。

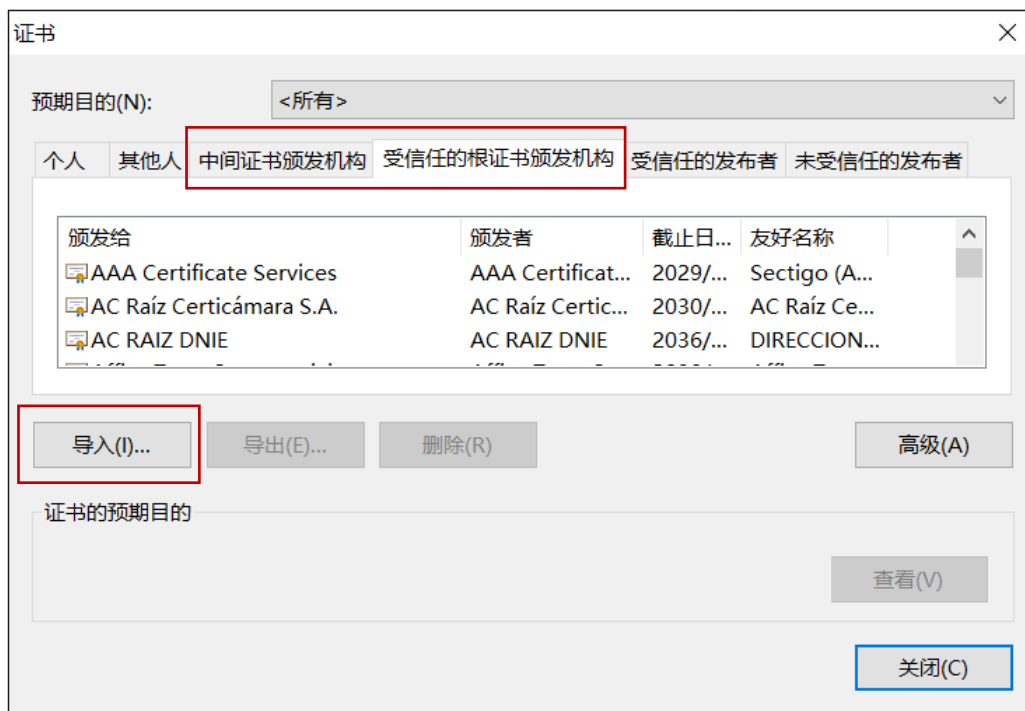
以 Windows 10 环境下的 Chrome 和 Firefox 浏览器为例，导入证书的步骤如下。

1) 进入浏览器的“设置/选项/偏好”页面——搜索栏输入“证书”——选择“管理证书”或“查看证书”



2) 弹出对话框中

- 左图：如果区分“中间证书颁发机构”和“受信任的根证书颁发机构”，则分别在两个选项卡下点击“导入”，分别上传中间证书和根证书
- 右图：如果“颁发机构”类别仅有一个选项卡，则在该选项卡下点击“导入”，依次上传中间证书和根证书；也可以仅上传由中间证书和根证书构成的证书链

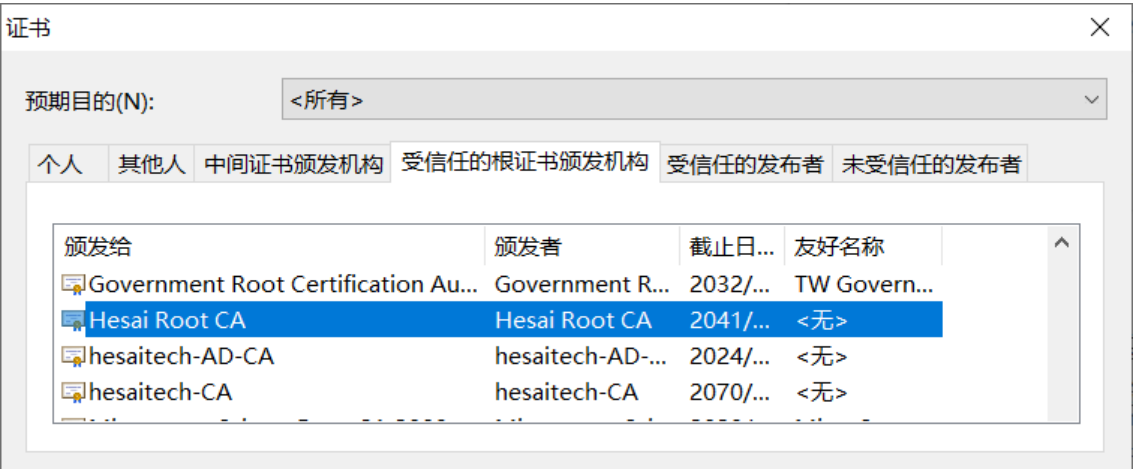


“证书导入向导”中，按默认设置，点击“下一步”即可。

如果出现安全警告，选择如下：



3) 导入完成后，对话框中将出现证书名称，可双击查看证书详细信息。



4.9 登录 (Login)

在 Security 页面开启网络安全主开关（见 4.8 节：安全）后，登录权限控制强制开启，并跳转至 Login 页面。



Hesai Technology

Empowering **Robots** | Perceiving **the World**

Mission Beyond Vision

Username

admin

Password

Password

Login

[Forgot password?](#)

Username	用户名，固定为 admin
Password	初始为 123456 为了有效控制登录权限，建议修改初始密码并妥善保管新密码，详见 4.8.1 节（登录权限控制）

5 通信协议

如需禾赛雷达专用的 PTC（Pandar TCP Commands）和 HTTP API 参考手册，请联系禾赛科技技术支持。

支持网络安全功能的雷达，可以使用加密的 PTCS（PTC over TLS）指令和 HTTPS（HTTP over TLS）请求

- 格式与明文的 PTC、HTTP API 相同
- 如果启用 PTCS 加密指令，要求 TLS 版本 1.3 或以上，对应 OpenSSL 版本为 1.1.1 或以上

如需获取 PTC/PTCS、HTTP/HTTPS 以及点云签名的示例代码，请访问：https://github.com/HesaiTechnology/Cyber_Security

6 仪器维护

■ 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：

警示

- 清洁光罩之前，请先断电。
- 切勿大力擦拭光罩，以免损伤光学涂层。

注意

- 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，避免皮肤直接触碰光罩。
- 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。

- 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	软海绵加柔性肥皂液  柔性肥皂液：一公升水最多加两汤勺中性肥皂液
溶剂温度	20 ~ 25°C

（接下页）

(接上页)

- 4) 光罩上的污渍松动后，用无尘布蘸取步骤 3 中的溶剂，沿光罩表面来回轻轻擦拭，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。

7 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 • 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 • 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

故障现象	检查及排除办法
电机转动但没有数据输出 (Wireshark 和 PandarView 均无数据)	确认 • 网线连接正常（可重新插拔） • 雷达 Destination IP 配置正确 • 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 如果使用接线盒 • 尝试换用另一根 Cat 6 或更高等级的网线连接（推荐 Cat 7 或以上） 之后重新上电，查看故障是否消失
Wireshark 有数据而 PandarView 无数据	确认 • 在网页控制的 Settings（参数设置）界面，Lidar Destination 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 • 雷达与计算机的 VLAN ID 相同（注意：仅适用于支持 VLAN 的型号，且 VLAN 标签功能开启时） • 使用最新版本 PandarView（见禾赛官网“下载”页面，或联系技术支持） 之后重新上电，查看故障是否消失

故障现象	检查及排除办法
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 • 雷达与计算机的 VLAN ID 相同（注意：仅适用于支持 VLAN 的型号，且 VLAN 标签功能开启时） 之后 • 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-40℃ ~ 110℃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） 之后 • 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

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）	确认 • 雷达光罩是否洁净。如果有污迹，可按第 6 章（仪器维护）中的方法清洁雷达光罩 • 角度修正文件已导入，参见《PandarView 用户手册》（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-40℃ ~ 110℃范围内 之后，检查是否丢包 • 如果未丢包而点云数据闪烁，建议更新至最新版本 PandarView（见禾赛官网“下载”页面，或联系技术支持），并重启计算机 如果问题持续存在 • 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

附录 I 线束分布数据

线束分布数据表见下页。

■ 角度值

数据表所列数值为水平角度（方位角）偏移与垂直角度（高度角）的设计值。
准确角度数据在该台雷达的角度修正文件中，详见 1.3 节（线束分布）和 3.1.3 节（示例：点云数据解析）。

■ 通道

表中所列通道以通道编号排列。
通道 78~96、通道 97~115 的垂直角度交错，形成垂直高分辨率区域（19°~36°）；其余通道的编号顺序为自下往上。

■ 通道分组

通道 1~128 均分为四组：

通道范围	组名
通道 97 ~ 128	组 D
通道 65 ~ 96	组 C
通道 33 ~ 64	组 B
通道 1 ~ 32	组 A

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
1 (最下)	组 A	10.108°	-52.627°	15 m	0.8°
2	组 A	9.720°	-51.028°	15 m	0.8°
3	组 A	9.384°	-49.515°	15 m	0.8°
4	组 A	9.091°	-48.074°	15 m	0.8°
5	组 A	8.833°	-46.695°	15 m	0.8°
6	组 A	8.603°	-45.369°	15 m	0.8°
7	组 A	8.396°	-44.090°	15 m	0.8°
8	组 A	8.209°	-42.852°	15 m	0.8°
9	组 A	8.040°	-41.651°	20 m	0.8°
10	组 A	7.885°	-40.482°	20 m	0.8°
11	组 A	7.743°	-39.343°	20 m	0.8°
12	组 A	7.612°	-38.231°	20 m	0.8°
13	组 A	7.492°	-37.143°	20 m	0.8°
14	组 A	7.380°	-36.076°	20 m	0.8°
15	组 A	7.277°	-35.030°	20 m	0.8°
16	组 A	7.180°	-34.002°	20 m	0.8°
17	组 A	7.090°	-32.992°	20 m	0.8°
18	组 A	7.006°	-31.996°	20 m	0.8°
19	组 A	6.928°	-31.015°	20 m	0.8°
20	组 A	6.854°	-30.048°	20 m	0.8°

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
21	组 A	6.785°	-29.093°	20 m	0.8°
22	组 A	6.721°	-28.149°	20 m	0.8°
23	组 A	6.660°	-27.216°	20 m	0.8°
24	组 A	6.602°	-26.292°	20 m	0.8°
25	组 A	6.549°	-25.378°	20 m	0.8°
26	组 A	6.498°	-24.473°	20 m	0.8°
27	组 A	6.450°	-23.575°	20 m	0.8°
28	组 A	6.405°	-22.685°	20 m	0.8°
29	组 A	6.363°	-21.802°	20 m	0.8°
30	组 A	6.323°	-20.926°	20 m	0.8°
31	组 A	6.285°	-20.056°	20 m	0.8°
32	组 A	6.250°	-19.191°	20 m	0.8°
33	组 B	-6.217°	-18.331°	20 m	0.8°
34	组 B	-6.186°	-17.477°	20 m	0.8°
35	组 B	-6.157°	-16.627°	20 m	0.8°
36	组 B	-6.129°	-15.781°	20 m	0.8°
37	组 B	-6.104°	-14.940°	20 m	0.8°
38	组 B	-6.080°	-14.102°	20 m	0.8°
39	组 B	-6.057°	-13.268°	20 m	0.8°
40	组 B	-6.037°	-12.436°	20 m	0.8°

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
41	组 B	-6.018°	-11.608°	20 m	0.8°
42	组 B	-6.000°	-10.783°	20 m	0.8°
43	组 B	-5.984°	-9.960°	20 m	0.8°
44	组 B	-5.969°	-9.139°	20 m	0.8°
45	组 B	-5.955°	-8.320°	20 m	0.8°
46	组 B	-5.943°	-7.503°	20 m	0.8°
47	组 B	-5.927°	-6.688°	20 m	0.8°
48	组 B	-5.923°	-5.874°	20 m	0.8°
49	组 B	-5.915°	-5.061°	20 m	0.8°
50	组 B	-5.908°	-4.250°	20 m	0.8°
51	组 B	-5.902°	-3.439°	20 m	0.8°
52	组 B	-5.897°	-2.630°	20 m	0.8°
53	组 B	-5.894°	-1.820°	20 m	0.8°
54	组 B	-5.892°	-1.012°	20 m	0.8°
55	组 B	-5.891°	-0.203°	20 m	0.8°
56	组 B	-5.891°	0.606°	20 m	0.8°
57	组 B	-5.893°	1.414°	20 m	0.8°
58	组 B	-5.896°	2.223°	20 m	0.8°
59	组 B	-5.899°	3.033°	20 m	0.8°
60	组 B	-5.905°	3.843°	20 m	0.8°

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
61	组 B	-5.911°	4.654°	20 m	0.8°
62	组 B	-5.919°	5.466°	20 m	0.8°
63	组 B	-5.927°	6.279°	20 m	0.8°
64	组 B	-5.938°	7.094°	20 m	0.8°
65	组 C	5.949°	7.910°	20 m	0.4°
66	组 C	5.962°	8.728°	20 m	0.4°
67	组 C	5.976°	9.547°	20 m	0.4°
68	组 C	5.992°	10.369°	20 m	0.4°
69	组 C	6.008°	11.194°	20 m	0.4°
70	组 C	6.027°	12.020°	20 m	0.4°
71	组 C	6.047°	12.850°	20 m	0.4°
72	组 C	6.068°	13.683°	20 m	0.4°
73	组 C	6.091°	14.519°	20 m	0.4°
74	组 C	6.116°	15.359°	20 m	0.4°
75	组 C	6.143°	16.202°	20 m	0.4°
76	组 C	6.171°	17.050°	20 m	0.4°
77	组 C	6.201°	17.902°	20 m	0.4°
78	组 C	6.233°	18.759°	20 m	0.4°
79	组 C	6.267°	19.621°	20 m	0.4°
80	组 C	6.304°	20.488°	20 m	0.4°

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
81	组 C	6.343°	21.362°	20 m	0.4°
82	组 C	6.384°	22.241°	20 m	0.4°
83	组 C	6.427°	23.128°	20 m	0.4°
84	组 C	6.474°	24.022°	20 m	0.4°
85	组 C	6.523°	24.923°	20 m	0.4°
86	组 C	6.575°	25.833°	20 m	0.4°
87	组 C	6.631°	26.751°	20 m	0.4°
88	组 C	6.690°	27.679°	20 m	0.4°
89	组 C	6.752°	28.618°	20 m	0.4°
90	组 C	6.819°	29.567°	20 m	0.4°
91	组 C	6.890°	30.528°	20 m	0.4°
92	组 C	6.966°	31.502°	20 m	0.4°
93	组 C	7.047°	32.490°	20 m	0.4°
94	组 C	7.134°	33.493°	20 m	0.4°
95	组 C	7.227°	34.512°	20 m	0.4°
96	组 C	7.327°	35.549°	20 m	0.4°
97	组 D	-6.250°	19.191°	20 m	0.4°
98	组 D	-6.285°	20.056°	20 m	0.4°
99	组 D	-6.323°	20.926°	20 m	0.4°
100	组 D	-6.363°	21.802°	20 m	0.4°

线束分布
(接下页)

UDP 数据中的 通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
101	组 D	-6.405°	22.685°	20 m	0.4°
102	组 D	-6.450°	23.575°	20 m	0.4°
103	组 D	-6.498°	24.473°	20 m	0.4°
104	组 D	-6.549°	25.378°	20 m	0.4°
105	组 D	-6.602°	26.292°	20 m	0.4°
106	组 D	-6.660°	27.216°	20 m	0.4°
107	组 D	-6.721°	28.149°	20 m	0.4°
108	组 D	-6.785°	29.093°	20 m	0.4°
109	组 D	-6.854°	30.048°	20 m	0.4°
110	组 D	-6.928°	31.015°	20 m	0.4°
111	组 D	-7.006°	31.996°	20 m	0.4°
112	组 D	-7.090°	32.992°	20 m	0.4°
113	组 D	-7.180°	34.002°	20 m	0.4°
114	组 D	-7.277°	35.030°	20 m	0.4°
115	组 D	-7.380°	36.076°	20 m	0.4°
116	组 D	-7.492°	37.143°	20 m	0.4°
117	组 D	-7.612°	38.231°	20 m	0.4°
118	组 D	-7.743°	39.343°	20 m	0.4°
119	组 D	-7.885°	40.482°	20 m	0.4°
120	组 D	-8.040°	41.651°	20 m	0.4°

线束分布
(接上页)

UDP 数据中的通道序号	组名	水平角度 (方位角) 偏移	垂直角度 (高度角)	测距能力 @10%反射率	水平分辨率 @10 Hz
121	组 D	-8.209°	42.852°	15 m	0.4°
122	组 D	-8.396°	44.090°	15 m	0.4°
123	组 D	-8.603°	45.369°	15 m	0.4°
124	组 D	-8.833°	46.695°	15 m	0.4°
125	组 D	-9.091°	48.074°	15 m	0.4°
126	组 D	-9.384°	49.515°	15 m	0.4°
127	组 D	-9.720°	51.028°	15 m	0.4°
128 (最上)	组 D	-10.108°	52.627°	15 m	0.4°

附录 II 点云数据的绝对时间

■ 绝对时间的来源

雷达依靠外部时钟源（PTP）获取绝对时间。

- 雷达连接第三方 PTP master 设备，以获取绝对时间。
- 可配置 PTP 相应参数，见 4.2 节（网页控制：参数设置）。
- 可查看 PTP 信号的当前状态，见 4.1 节（网页控制：首页）。
- 雷达不输出 GPS 数据包。

绝对时间的更新规则如下：

PTP 状态	日期和时间（精确到微秒）	说明
自由运行	虚拟值	从一个虚拟的 UTC 时间（例如 2000-01-01 00:00:00）开始，由雷达内部 1 Hz 信号计数递增
跟踪、锁定	同步为真实值	从 PTP Master 的对时报文中提取日期和时间
冻结	内部计时	从失锁前的同步时刻开始，由雷达内部 1 Hz 信号计数递增，相比真实的 PTP 时间将产生漂移

注意

- PTP 协议即插即用；雷达为 PTP slave 设备，不需要额外设置。
- 雷达严格按照 PTP master 设备提供的 PTP 时间同步。某些 PTP master 设备输出的时间可能与雷达时间存在固定偏移，请确认 PTP master 设备已设置正确且已校准。

■ 点云数据包的绝对时间

点云数据包的绝对时间记为 t_0 ，计算如下：

$$t_0 = t_s + t_{ms}$$

其中

- t_s 为整秒部分，位于点云数据包的 Date & Time 字段
- t_{ms} 为微秒部分，位于点云数据包的 Timestamp 字段
- 以上字段的定义：详见 3.1.2 节（点云 UDP 数据：数据尾）

■ 数据块的开始时间

已知点云数据包的绝对时间为 t_0 ，可计算每个数据块的开始时间，即开始发光的时刻。

单回波模式下

数据块	开始时间 (μs)
Block 1	$t_0 + 9$
Block 2	$t_0 + 9 + 111.11$

双回波模式下

数据块	开始时间 (μs)
Block 1 & Block 2	$t_0 + 9$

■ 发光时序

全部通道分为四组，见附录 I（线束分布数据）。

两种发光时序交替执行（即，本轮发光与下一轮发光采用不同的时序），定义见下表。

发光时序 1	发光时序 2
C、D、B 组发光；A 组不发光	C、D、A 组发光；B 组不发光



点云包中采用的发光时序体现在数据尾的 Mode Flag 字段，见 3.1.2 节（点云 UDP 数据）。

■ 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 $m \in \{1, 2\}$ ，则数据块 m 中，通道 n 的激光器发光时刻为

$$t(m, n) = T(m) + \Delta t(n), \text{ 其中 } n \in \{1, 2, \dots, 128\}.$$

发光时刻偏移量 $\Delta t(n)$ 显示在雷达的**发光时刻修正文件**中，见下页表格。

- LoopNum 为发光时序的数量。
- “Loop1”和“Loop2”分别为发光时序 1、2 的通道序号，按 $\Delta t(n)$ 的升序排列。
- “Firetime1”和“Firetime2”为发光时刻偏移量 $\Delta t(n)$ （单位： μs ）。两列相同。
- 修正文件包含 99 行有效数据（3 行表头和 96 行通道），另 32 行为全零（下页表中显示为省略号）。

可通过以下方式获取修正文件：

- 发送 PTC 指令 0xA9，详见禾赛 TCP API 协议（第 5 章）。
- 或用 PandarView 软件导出修正文件，详见 PandarView 用户手册。

发光时刻修正文件
(接下页)

EEFF	1	1	
Horizontal Resolution Mode	1	LoopNum	2
Loop1	Firetime1	Loop2	Firetime2
99	0.6	65	0.6
65	1.456	99	1.456
35	2.312	1	2.312
102	3.768	72	3.768
72	4.624	102	4.624
38	5.48	8	5.48
107	6.936	73	6.936
73	7.792	107	7.792
43	8.648	9	8.648
110	10.104	80	10.104
80	10.96	110	10.96
46	11.816	16	11.816
115	13.272	81	13.272
81	14.128	115	14.128
51	14.984	17	14.984
118	16.44	88	16.44
88	17.296	118	17.296
54	18.152	24	18.152
123	19.608	89	19.608
89	20.464	123	20.464
59	21.32	25	21.32

126	22.776	96	22.776
96	23.632	126	23.632
62	24.488	32	24.488
97	25.944	67	25.944
67	26.8	97	26.8
33	27.656	3	27.656
104	29.112	70	29.112
70	29.968	104	29.968
40	30.824	6	30.824
105	32.28	75	32.28
75	33.136	105	33.136
41	33.992	11	33.992
112	35.448	78	35.448
78	36.304	112	36.304
48	37.16	14	37.16
113	38.616	83	38.616
83	39.472	113	39.472
49	40.328	19	40.328
120	41.784	86	41.784
86	42.64	120	42.64
56	43.496	22	43.496
121	44.952	91	44.952
91	45.808	121	45.808
57	46.664	27	46.664
128	48.12	94	48.12
94	48.976	128	48.976

64	49.832	30	49.832
98	51.288	68	51.288
68	52.144	98	52.144
34	53	4	53
103	54.456	69	54.456
69	55.312	103	55.312
39	56.168	5	56.168
106	57.624	76	57.624
76	58.48	106	58.48
42	59.336	12	59.336
111	60.792	77	60.792
77	61.648	111	61.648
47	62.504	13	62.504
114	63.96	84	63.96
84	64.816	114	64.816
50	65.672	20	65.672
119	67.128	85	67.128
85	67.984	119	67.984
55	68.84	21	68.84
122	70.296	92	70.296
92	71.152	122	71.152
58	72.008	28	72.008
127	73.464	93	73.464
93	74.32	127	74.32
63	75.176	29	75.176
100	76.632	66	76.632

66	77.488	100	77.488
36	78.344	2	78.344
101	79.8	71	79.8
71	80.656	101	80.656
37	81.512	7	81.512
108	82.968	74	82.968
74	83.824	108	83.824
44	84.68	10	84.68
109	86.136	79	86.136
79	86.992	109	86.992
45	87.848	15	87.848
116	89.304	82	89.304
82	90.16	116	90.16
52	91.016	18	91.016
117	92.472	87	92.472
87	93.328	117	93.328
53	94.184	23	94.184
124	95.64	90	95.64
90	96.496	124	96.496
60	97.352	26	97.352
125	98.808	95	98.808
95	99.664	125	99.664
61	100.52	31	100.52
0	0	0	0
...	...	...	...
0	0	0	0

附录 III 供电指导

为确保雷达输入端接口处的电压在允许输入电压范围内（9~32 V DC），请检查电源和线缆的以下技术指标。

■ 电源

应至少可输出 4 A，35 W。

■ 线径

雷达电源线缆的线径为 18 AWG，推荐选用此线径或更粗的线径。

■ 电源输出电压的最低允许值

计算如下：

- 定义从电源到雷达输入端的线缆总长度为 L （单位：m）。
- 采用 18 AWG（24.7 Ω /km）线缆时，线缆电阻可按 $R_1 = 0.05L$ （单位： Ω ）估计。
- 雷达连接器（参见 2.2 节：接口）的电阻定义为 R_2 （不包含跨接线缆组件）。 $R_2 \leq 20 \text{ m}\Omega$ 。
- 雷达的全工况峰值功耗 $P_{\text{peak}} \leq 35 \text{ W}$ 。
- 点云输出电压的最低允许值可保守估计为：

$$U_{\text{source,min}} = 9 + \frac{P_{\text{peak,max}}}{9} * (R_1 + R_{2,\text{max}}) \approx (9.1 + 0.2L) \quad (\text{单位：V})$$

（接下页）

(接上页)

也可使用速查表估算电源输出电压的最低允许值：

线缆总长度 L	电源输出电压的最低允许值 U
2 m	9.5 V
6 m	10.3 V
10 m	11.1 V
15 m	12.1 V



雷达输入电压接近 32 V 时，应保证外部供电系统没有额外的上电过冲。雷达即使短暂地超压工作，也可能产生不可逆的失效。

附录 IV 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。

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/zh/legal/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