

Pandar128E3X

128 线机械式激光雷达 用户手册

保密等级：公开

文档版本号：128-zh-240420

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
维修及养护	8
1. 产品介绍	9
1.1. 工作原理	9
1.2. 基本结构	10
1.3. 通道分布	12
1.4. 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. 快速安装	19
2.1.3. 加固安装	20
2.1.4. 螺丝安装说明	21
2.2. 电气接口	22
2.2.1. 引脚定义	23
2.2.2. 连接器插拔	26
2.2.3. 线缆折弯	26

2.3. 接线盒 (选配)	27
2.3.1. 端口	28
2.3.2. 连接	31
2.4. 接收主机的网络设置	33
2.5. 辅助工具	33
3. 数据格式	34
3.1. 点云数据包	35
3.1.1. 以太网包头	35
3.1.2. 点云 UDP 数据	36
3.1.3. 以太网数据尾	46
3.1.4. 点云数据解析方法	47
3.2. GPS 数据包	50
3.2.1. 以太网包头	50
3.2.2. GPS UDP 数据	51
3.2.3. 以太网数据尾	54
3.2.4. GPS 时间数据解析方法	55
4. 网页控制	56
4.1. 首页 (Home)	57
4.2. 参数设置 (Settings)	59
4.2.1. 网络设置	61
4.2.2. 功能设置	63
4.2.3. 时间设置	67
4.3. 点云的水平角度范围设置 (Azimuth FOV)	70
4.3.1. 全部通道: 单角度范围 (For all channels)	71
4.3.2. 全部通道: 多角度范围 (Multi-section FOV)	71
4.4. 水平分辨率设置 (High Resolution)	72
4.5. 运行状态数据 (Operation statistics)	73

4.6. 电气参数监测 (Monitor)	74
4.7. 升级 (Upgrade)	75
4.8. 运行日志 (Log)	76
4.9. 安全 (Security)	77
4.9.1. 登录权限控制 (Login Control)	79
4.9.2. 安全连接 (Secure connection)	80
4.9.3. 点云签名 (Point Cloud Signature)	81
4.9.4. 搭建 HTTPS 环境	82
4.10. 登录 (Login)	86
5. 通信协议	87
6. 仪器维护	88
7. 故障排查	89
附录 A: 通道分布数据	92
附录 B: 点云数据的绝对时间	99
B.1. 绝对时间的来源	99
B.1.1. GPS 作为时钟源	99
B.1.2. PTP 作为时钟源	100
B.2. 点云数据包的绝对时间	101
B.3. 数据块的开始时间	101
B.4. 各通道的发光时刻偏移	102
附录 C: 反射率非线性映射	119
C.1. 非线性映射 1#	119
C.2. 非线性映射 2#	124
附录 D: 法律申明	128

■ 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/product/download>
- 联系禾赛科技销售人员。
- 联系禾赛技术支持：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。
- 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。
- 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、蒸汽或微粒（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液体中，包括强酸、强碱、酯类、醚类等。

侵入防护

请查阅 [1.4 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 [1.4 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%。

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 [1.4 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。如果已经发现接口存在异常（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。

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
- 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

- 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。


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 [6 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 [1.4 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

产品运行时或运行后一定时间内，产品外壳可能温度较高，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。

- 光罩主动加热期间，请避免皮肤直接接触光罩。
- 用户可以关闭该功能。

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、GPS/PTP 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。

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。

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。

维修及养护

关于产品维修及养护的更多事宜，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

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, 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

1.2. 基本结构

激光雷达结构见图 1. 部分横截面。激光雷达的转子上固定安装了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。

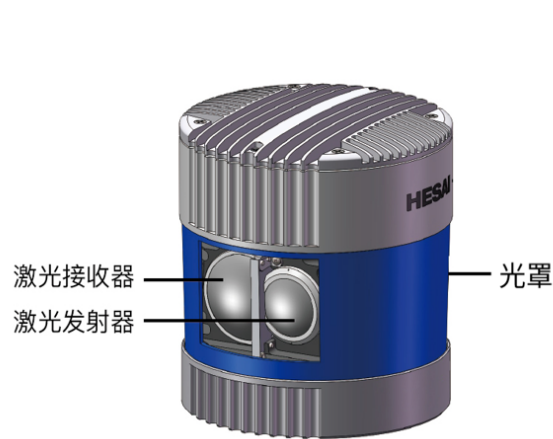


图 1. 部分横截面

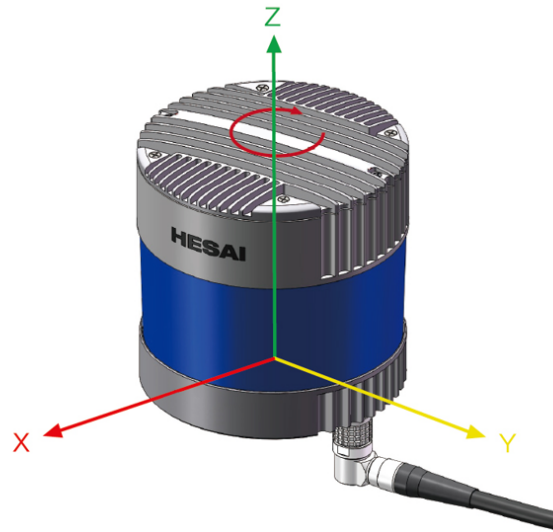


图 2. 坐标系（等距视图）

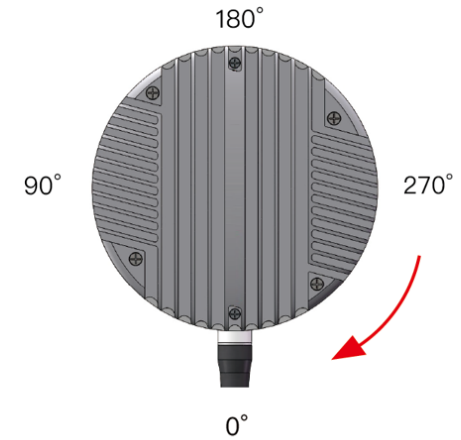


图 3. 雷达角度位置（俯视图）

激光雷达坐标系见图 2. 坐标系（等距视图）。

- Z 轴为旋转中心轴。
- 坐标原点的准确位置标记为图 5. 激光器发光位置（单位：mm）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 3. 雷达角度位置（俯视图）。

- 默认按俯视图中的顺时针方向旋转，也可选择反转。
- 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 42 号通道为准。

例如：当 42 号通道 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. 通道分布

各通道在垂直方向呈非均匀分布，见图 4. 通道垂直分布示意图。

- 垂直角分辨率：参见 1.4 技术参数。
- 角度设计值：详见附录 A 通道分布数据。
- 通道序号从上到下，从 1 开始。

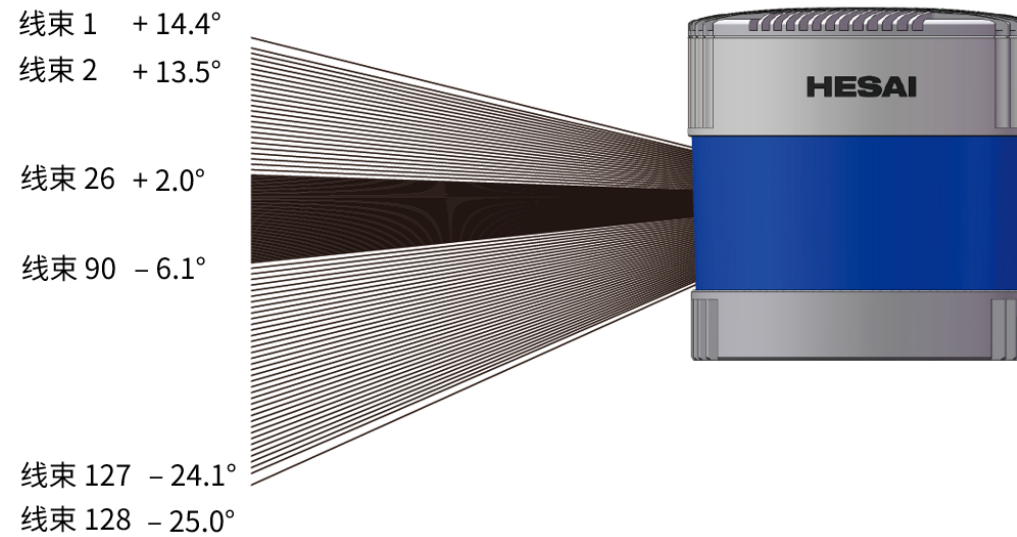


图 4. 通道垂直分布示意图

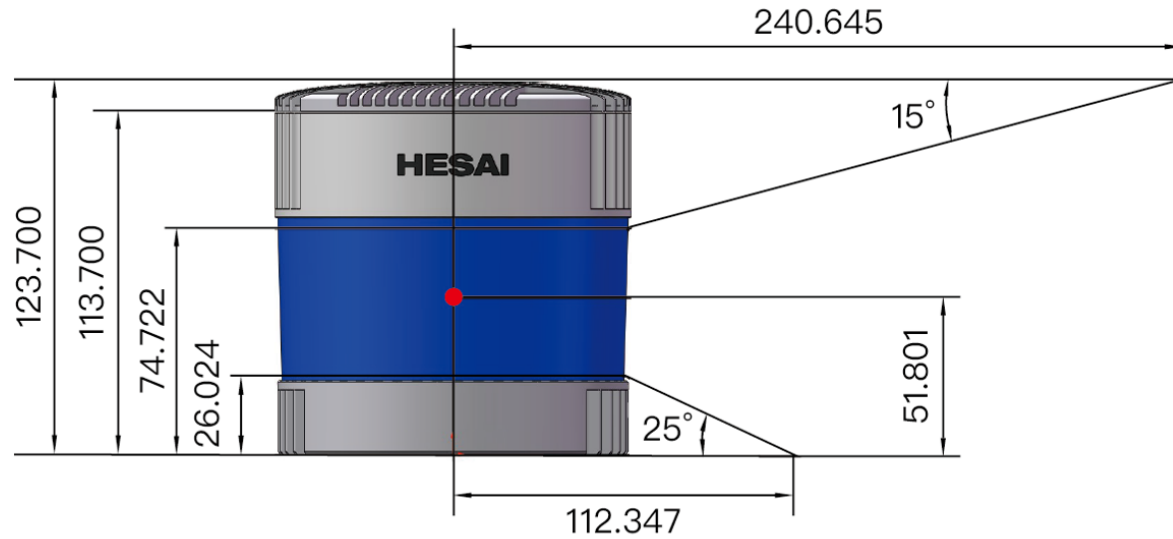


图 5. 激光器发光位置 (单位: mm)

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 (通常在发货时提供)。

角度修正文件

可通过以下方式再次获取:

- 用 PTC 指令 (指令编号 0x05) 获取修正文件, 详见 [5 通信协议](#)。
- 用 PandarView 2 软件导出修正文件, 详见 PandarView 2 用户手册。
- 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
通道数	128
测距能力 ①	0.3 ~ 200 m (10% 反射率)
测距准度 ②	±8 cm (0.3 ~ 0.5 m, 各通道) ±5 cm (0.5 ~ 1 m, 各通道) ±2 cm (1 ~ 200 m, 平均)
水平视场角	360°
水平角分辨率 ③	可动态设置 0.1°/0.2° (10 Hz) 0.2°/0.4° (20 Hz)
垂直视场角	40° (-25° ~ +15°)
垂直角分辨率	0.125° (通道 26 ~ 90) 0.5° (通道 2 ~ 26、90 ~ 127) 1° (通道 1 ~ 2、127 ~ 128)
扫描帧率	10 Hz, 20 Hz
回波模式	单回波 最后、最强、第一 双回波 最后及最强、最后及第一、第一及最强

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 & IP6K9K
尺寸	高度：123.7 mm 顶盖/底座：Φ118.0/116.0 mm
额定电压范围	DC 9 ~ 48 V
功耗 ④	27 W（高分辨率模式时） 23 W（标准模式时）
工作温度	-40°C ~ 85°C
储存温度	-40°C ~ 85°C
重量	1.63 kg

数据输入/输出

传输方式	千兆以太网，1000BASE-T 或车载 1000BASE-T1 默认从模式
测量数据	距离、方位角、反射率
有效点频	单回波 3 456 000 点/秒（最大值） 双回波 6 912 000 点/秒（最大值）
点云数据传输率	单回波 135.22 Mbps（最大值） 双回波 270.44 Mbps（最大值）
绝对时间的外部来源	GPS/PTP (1588v2、802.1AS、802.1AS Automotive)
PTP 同步准度	≤1 μs
PTP 时钟漂移 ⑤	≤1 μs/s



以上参数如有更改，请见最新版用户手册。

参数说明

- ① **测距能力**
 - 测试条件：环境照度 100 klux
 - 各通道的数据见[附录 A 通道分布数据](#)。
- ② **测距准度**
 - 定义为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。
- ③ **水平角分辨率** 各通道的数据见[附录 A 通道分布数据](#)。
- ④ **功耗**
 - 测试条件：扫描帧率 10 Hz
 - 仅激光雷达，不含接线盒等配件。
 - 高分辨率/标准模式：参见 [4.4 水平分辨率设置 \(High Resolution\)](#) 。
 - 供电要求：外部电源可输出功率至少为 27 W。
- 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. 首次使用

使用前，请取下雷达光罩外侧的保护棉。

2.1. 机械安装

2.1.1. 外观尺寸

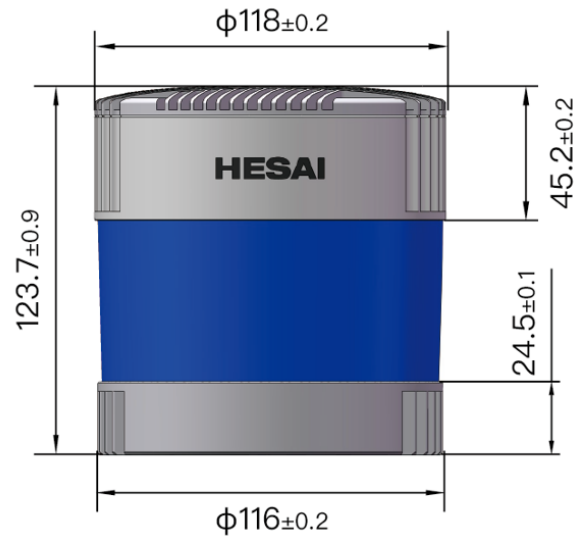


图 6. 前视图 (单位: mm)

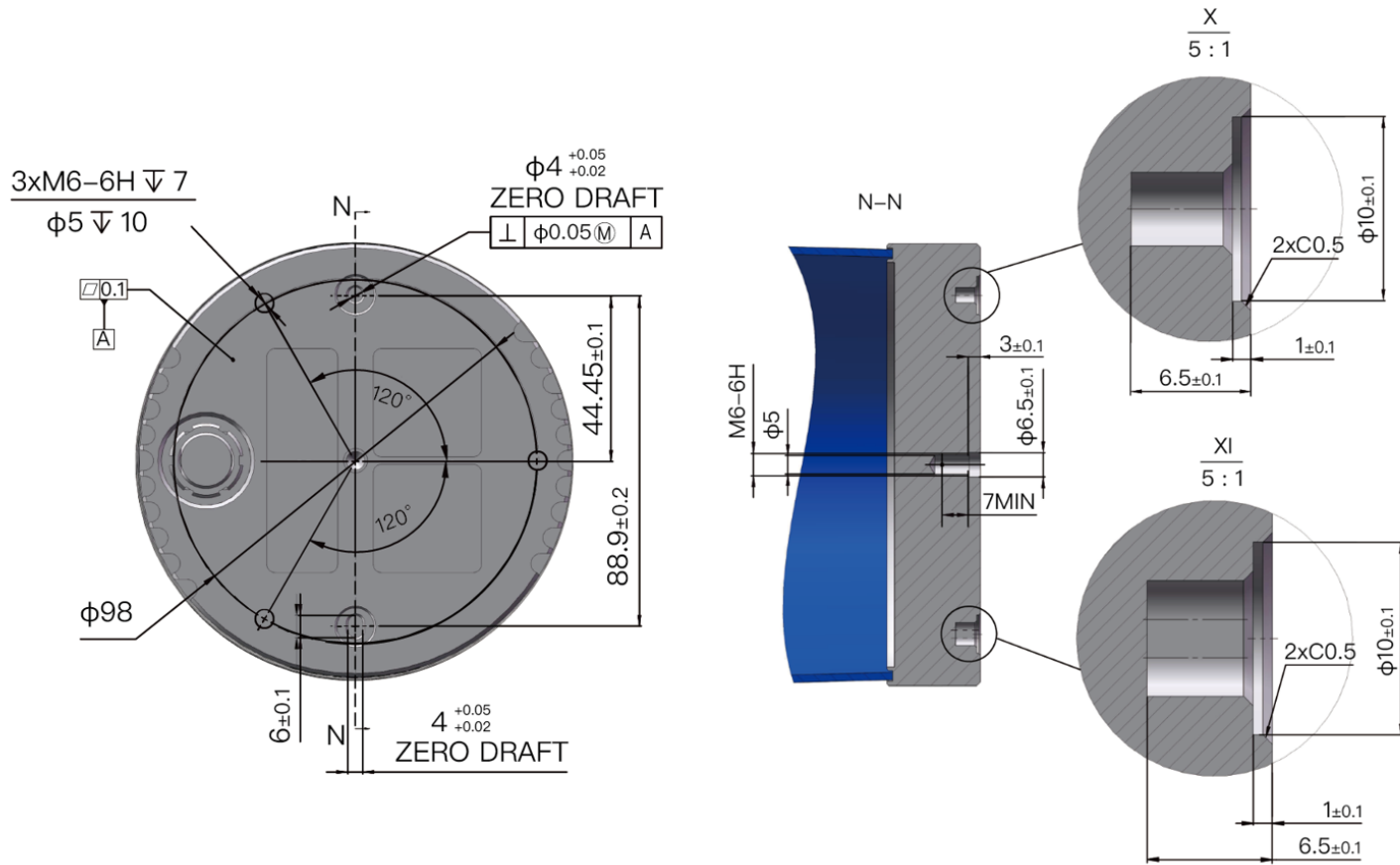


图 7. 仰视图 (单位: mm)

2.1.2. 快速安装

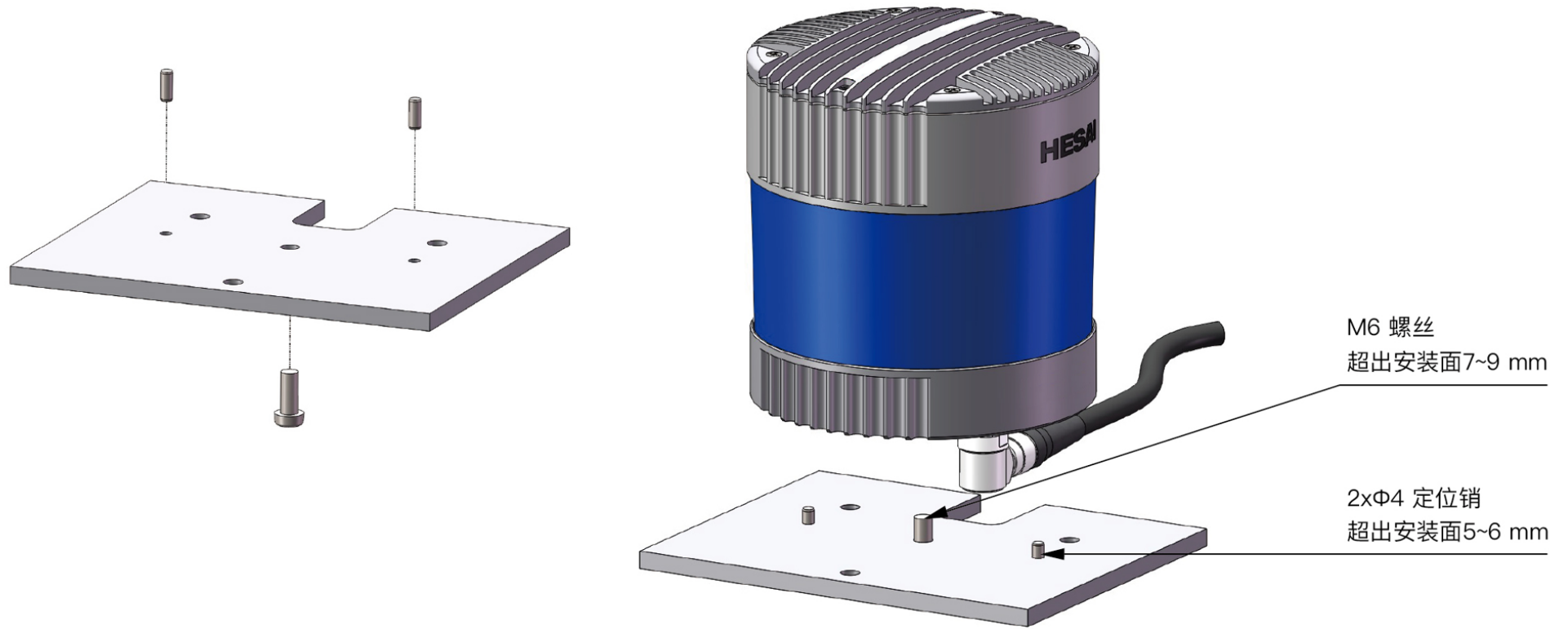


图 8. 快速安装

2.1.3. 加固安装

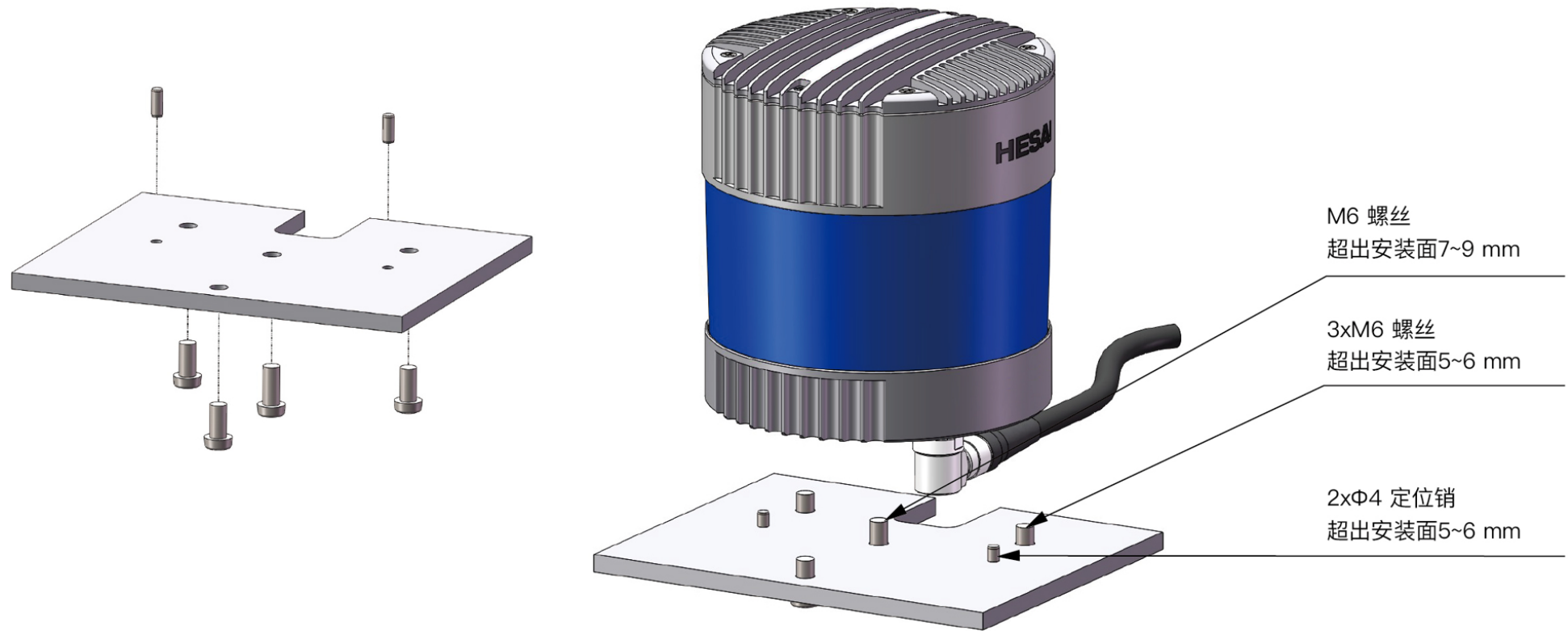


图 9. 加固安装

2.1.4. 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

25 次（拧入、拧出各计为 1 次）

2.2. 电气接口

默认采用 Lemo 接口。

Lemo 零件编号：EEG.2T.316.CLN（母头插座，用于雷达上）

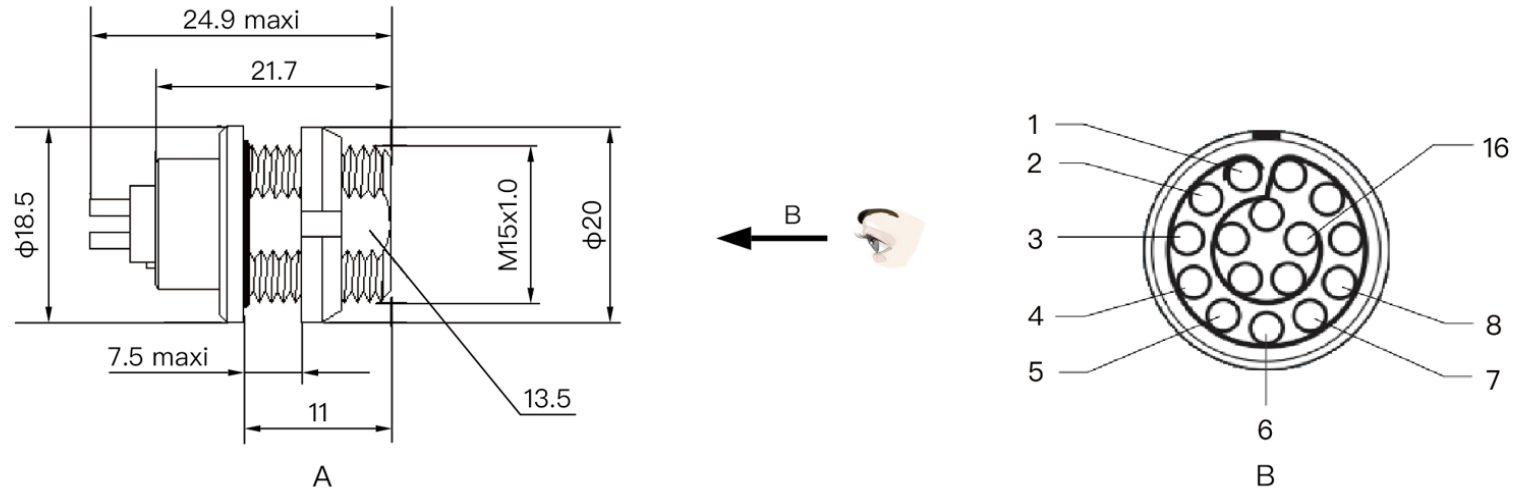


图 10. Lemo 接口（母头插座）

2.2.1. 引脚定义

引脚定义 (1000BASE-T)

编号	信号	电平	线缆的引线颜色
1	Ground (Return)	0 V	黑
2	Ground (Return)	0 V	白
3	Ethernet BI_DC-	-1 ~ 1 V	蓝
4	Ethernet BI_DC+	-1 ~ 1 V	蓝/白
5	Ethernet BI_DB-	-1 ~ 1 V	绿
6	Ethernet BI_DB+	-1 ~ 1 V	绿/白
7	Ethernet BI_DA-	-1 ~ 1 V	橙
8	Ethernet BI_DA+	-1 ~ 1 V	橙/白
9	GPS Serial Data	-13 ~ +13 V	黄
10	Power	9 ~ 48 V	红
11	Power	9 ~ 48 V	绿
12	GPS PPS	3.3/5 V	紫
13	Ethernet BI_DD-	-1 ~ 1 V	棕
14	Ethernet BI_DD+	-1 ~ 1 V	棕/白
15	Index	0 ~ 3.3 V	灰
16	Encoder	0 ~ 3.3 V	灰/白

引脚定义 (车载 1000BASE-T1)

编号	信号	电平	线缆的引线颜色
1	Ground (Return)	0 V	黑
2	Ground (Return)	0 V	白
3	Ethernet_Data-	-1 ~ 1 V	蓝
4	Ethernet_Data+	-1 ~ 1 V	蓝/白
5 ~ 8	—	—	—
9	GPS Serial Data	-13 ~ +13 V	黄
10	Power	9 ~ 48 V	红
11	Power	9 ~ 48 V	绿
12	GPS PPS	3.3/5 V	紫
13 ~ 14	—	—	—
15	Index	0 ~ 3.3 V	灰
16	Encoder	0 ~ 3.3 V	灰/白

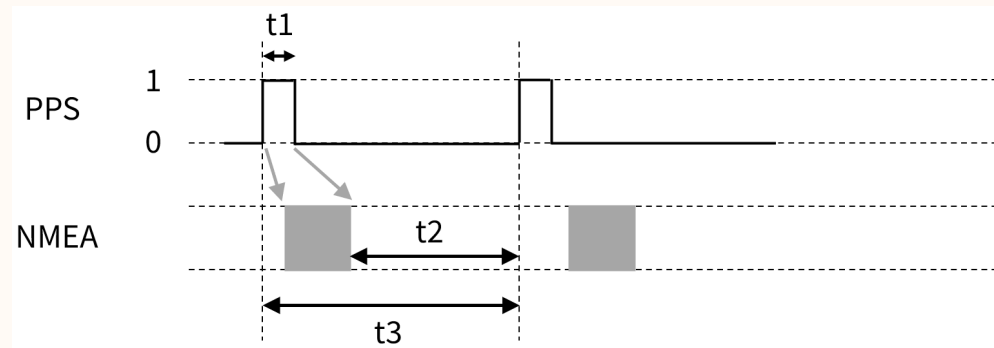


线缆的引线颜色：适用于延长线和接线盒线缆。



- 从线缆的 GPS 引脚接入、断开信号时，或从接线盒的 GPS 端口插、拔 GPS 模块时，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 端口或引脚。

GPS PPS 与 GPS Serial Data (NMEA) 信号的时序要求



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

2.2.2. 连接器插拔

连接	断电后，将公头、母头外壳上的红点对齐，然后插入。
分离	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，握紧公头的外壳，向外拔开。

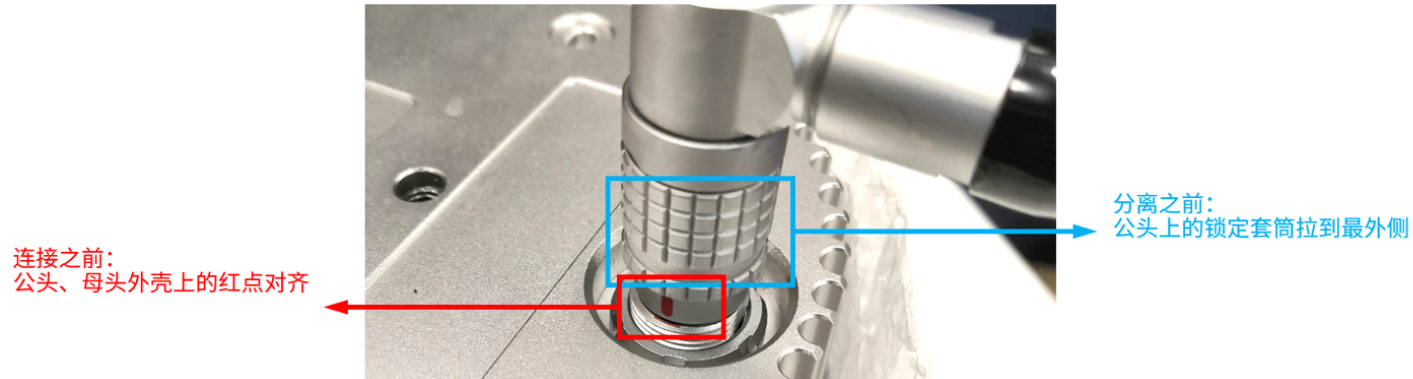


图 11. 连接/分离 Lemo 连接器



- 连接之前，请检查接头上的插针（或插孔）。如果发现插针弯曲（或插孔损坏），请立即停止使用连接器，并联系技术支持。
- 插拔连接器之前，请先断开电源。热插拔可能导致击穿。
- 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。
- 使用中如果出现其他问题，请联系禾赛技术支持，或从连接器厂商处获取作业指导书。
- 该连接器设计可承受至少 1000 次插拔，超过此次数可能增加连接器损坏风险。

2.2.3. 线缆折弯

外径 OD = 7.70 ± 0.30 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。

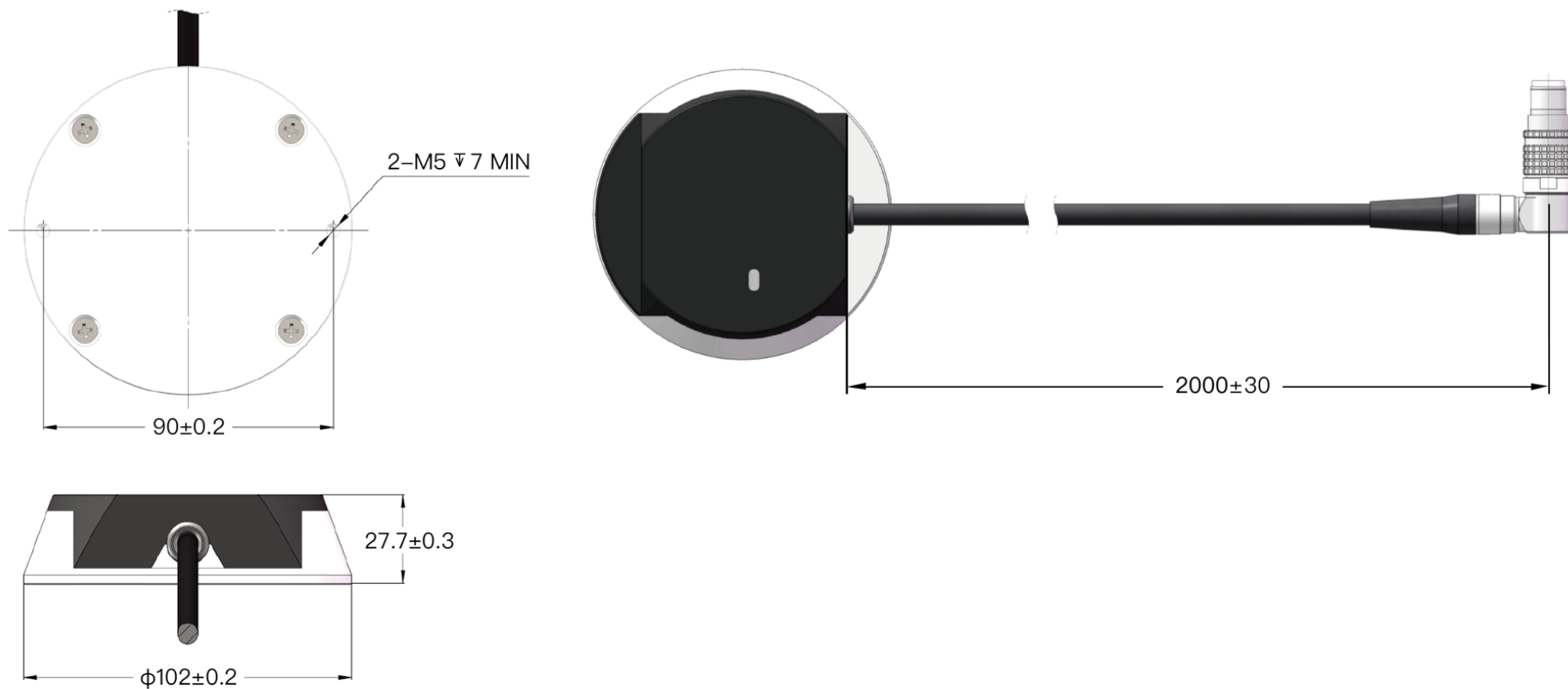


图 12. 接线盒 (单位: mm)

i Lemo 零件编号: FSG.2T.316.CLAC80Z (公头插头, 用于接线盒上)

2.3.1. 端口

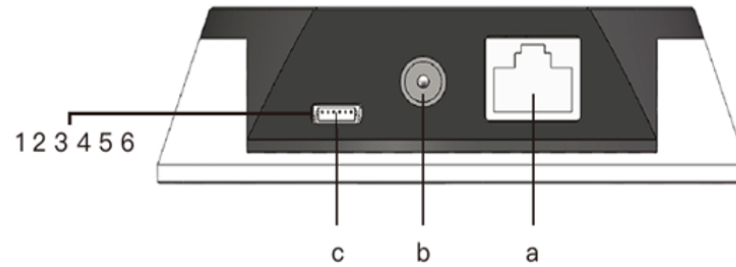


图 13. 端口（正面）

序号	端口名称	说明								
a	标准以太网端口	RJ45，标准 1000BASE-T 以太网								
b	电源端口	请使用 DC-005 电源插座。								
c	GPS 端口	输入 GPS 信号，用于时间同步。 <table border="1" data-bbox="741 826 2074 1075"> <tbody> <tr> <td>连接器型号</td> <td>JST 公司 SM06B-SRSS-TB</td> </tr> <tr> <td>外接 GPS 模块的推荐连接器</td> <td>JST 公司 SHR-06V-S-B</td> </tr> <tr> <td>电平标准</td> <td>RS232</td> </tr> <tr> <td>波特率</td> <td>9600 bps</td> </tr> </tbody> </table>	连接器型号	JST 公司 SM06B-SRSS-TB	外接 GPS 模块的推荐连接器	JST 公司 SHR-06V-S-B	电平标准	RS232	波特率	9600 bps
连接器型号	JST 公司 SM06B-SRSS-TB									
外接 GPS 模块的推荐连接器	JST 公司 SHR-06V-S-B									
电平标准	RS232									
波特率	9600 bps									

其中，GPS 端口的引脚说明如下（从左至右）：

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

引脚号	方向	说明	要求
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	-

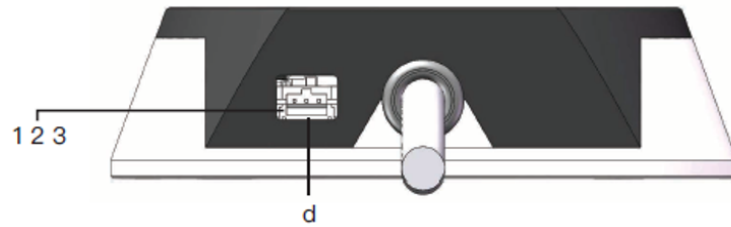


图 14. 端口（背面）

序号	端口名称	说明										
d	角度触发端口	输出触发信号，用于多传感器与雷达精确同步。										
		<table border="1"> <tr> <td>连接器型号（公头插座）</td> <td>Molex, LLC 公司 5023520300</td> </tr> <tr> <td>推荐连接器型号（母头插头）</td> <td>Molex, LLC 公司 5023510300</td> </tr> <tr> <td>电平</td> <td>0 ~ 3.3 V</td> </tr> <tr> <td>信号类型</td> <td>脉冲</td> </tr> <tr> <td>最大电流输出</td> <td>3 mA</td> </tr> </table>	连接器型号（公头插座）	Molex, LLC 公司 5023520300	推荐连接器型号（母头插头）	Molex, LLC 公司 5023510300	电平	0 ~ 3.3 V	信号类型	脉冲	最大电流输出	3 mA
连接器型号（公头插座）	Molex, LLC 公司 5023520300											
推荐连接器型号（母头插头）	Molex, LLC 公司 5023510300											
电平	0 ~ 3.3 V											
信号类型	脉冲											
最大电流输出	3 mA											

角度触发端口的引脚说明如下（从左至右）：

Pandara128E3X_v4p5

引脚号	方向	信号	说明
1	输入	GND	接地。
2	输出	Trigger-Encoder	雷达每转 0.05°，输出一个脉冲。 脉冲宽度：8.31 μs @ 600 RPM, 4.17 μs @ 1200 RPM
3	输出	Trigger-Index	42 号通道每次经过雷达的 180° 位置（参考图 3. 雷达角度位置（俯视图））时，输出一个脉冲。 脉冲宽度：2.87 μs @ 600 RPM, 1.44 μs @ 1200 RPM

2.3.2. 连接

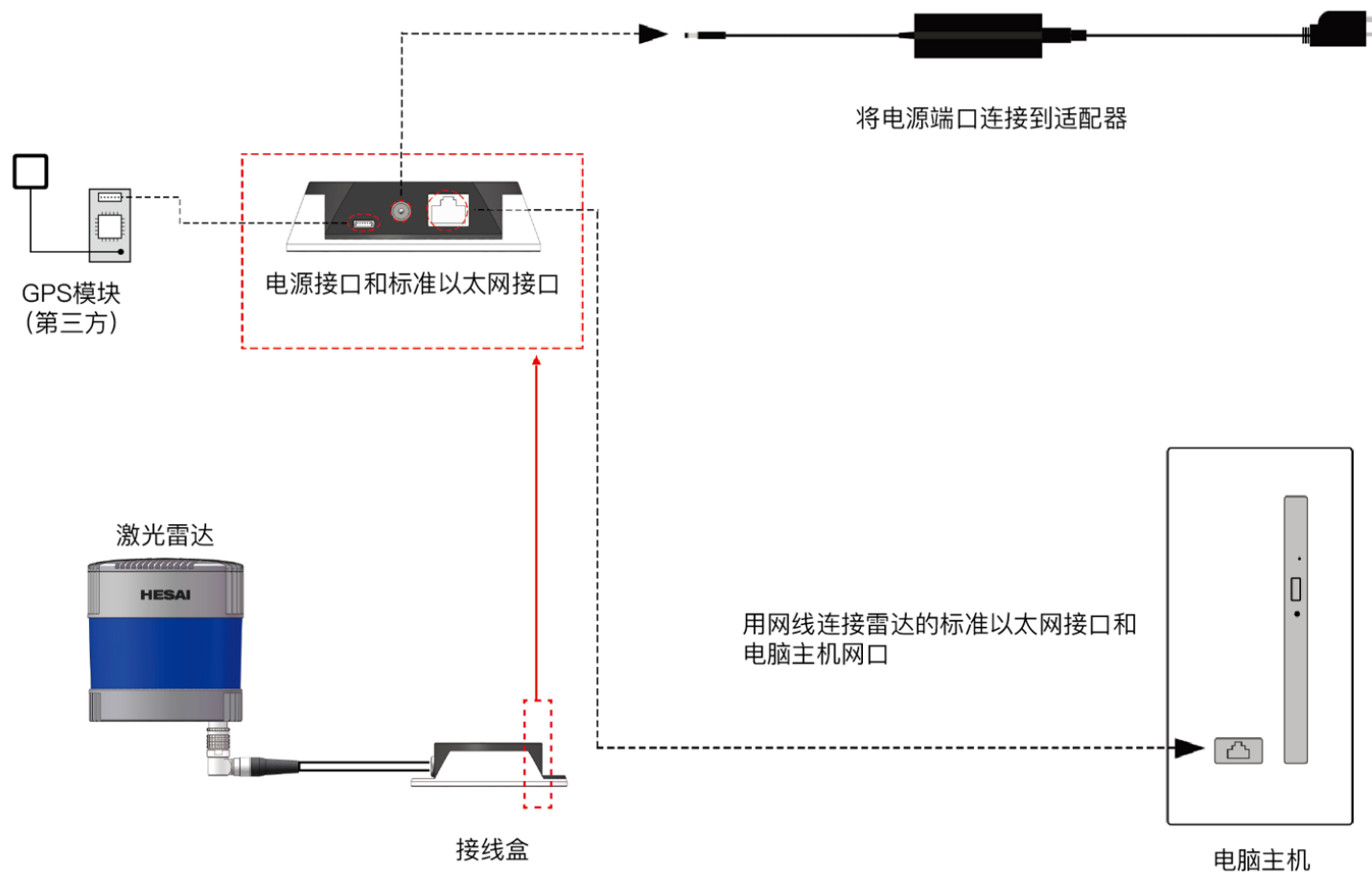


图 15. 接线盒连接 (采用 GPS 时)

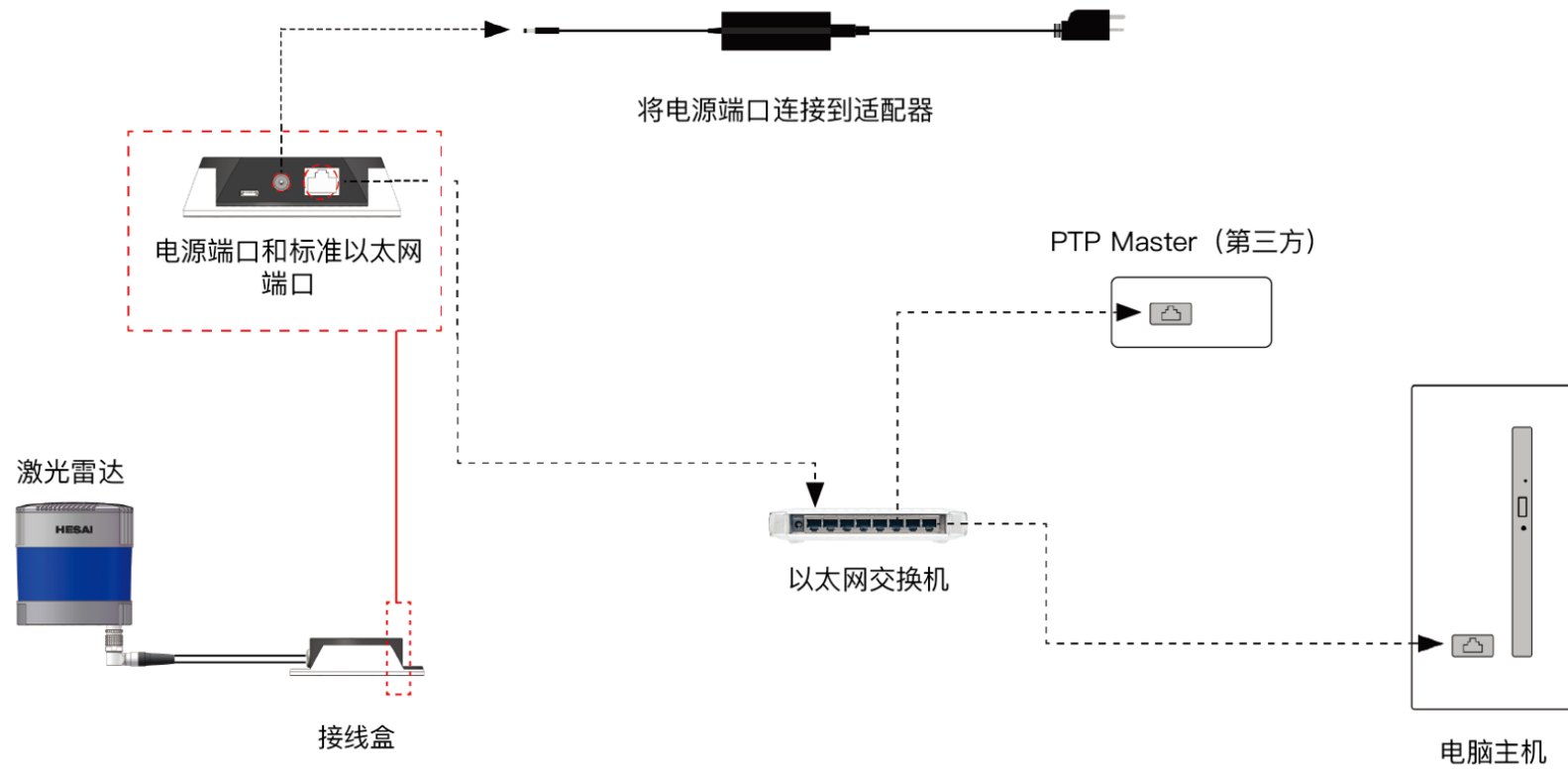



图 16. 接线盒连接 (采用 PTP 时)

2.4. 接收主机的网络设置

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.X，子网掩码设置为 255.255.255.0。

 X 的取值范围为 0 ~ 255，但不可选取 201、1 或 255。

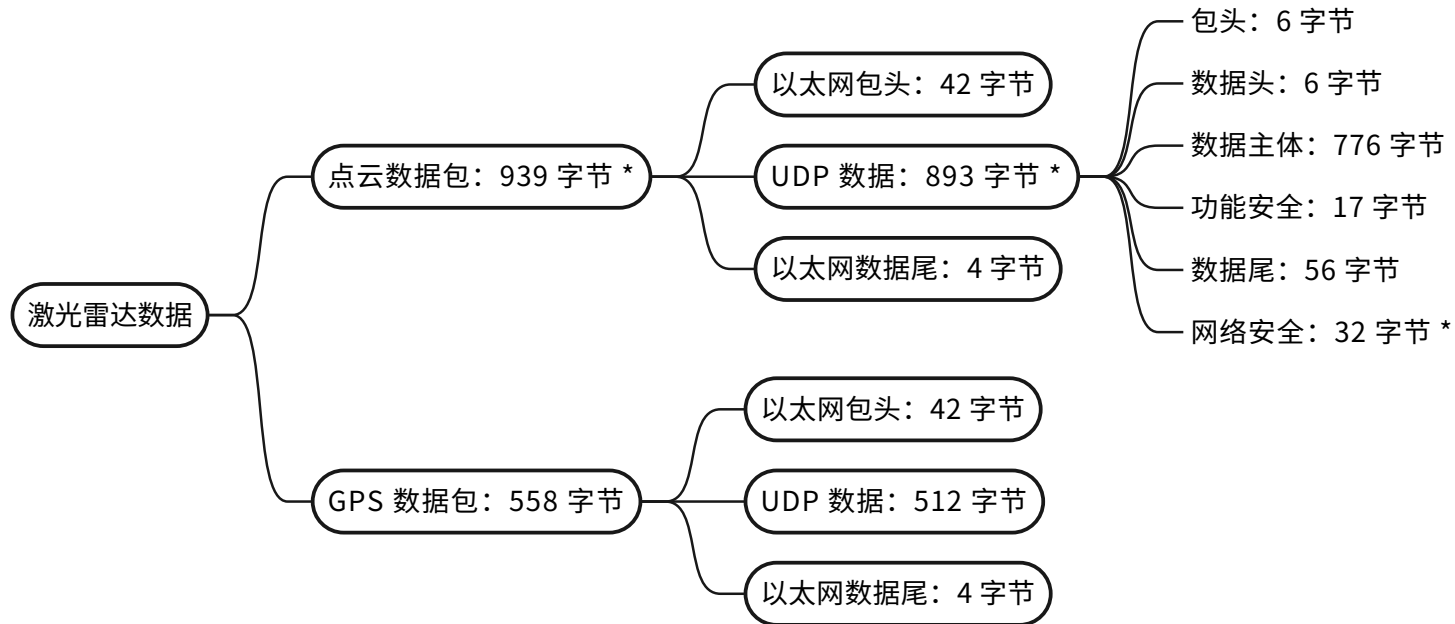
Ubuntu	Windows
<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开终端。 2. 运行 ifconfig 指令： ~\$ sudo ifconfig enp0s20f0u2 192.168.1.X (将 enp0s20f0u2 替换为本地的以太网端口名称。) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开控制面板。 2. 点击“网络和 Internet” > “网络和共享中心” > “更改适配器设置”。 3. 右键点击“以太网”，选择 [属性]。 4. 在“以太网 属性”对话框，双击“Internet 协议版本 4 (TCP/IPv4)”。 5. 选择“使用下面的 IP 地址” > 设置 IP 地址为 192.168.1.X，子网掩码为 255.255.255.0。

2.5. 辅助工具

工具	用途	获取方式
PandarView 2 点云可视化软件	录制和播放点云数据。	请联系禾赛技术支持。
网页控制、API	设置参数、查看雷达信息或升级固件/软件。  网络参数： <ul style="list-style-type: none"> • 默认的源 IPv4 地址：192.168.1.201 • 默认的 PTC 端口号：9347 	<ul style="list-style-type: none"> • 网页控制：参见 4 网页控制。 • API：请联系禾赛技术支持。
软件开发工具包 (SDK)、ROS 驱动程序	辅助开发。	请访问禾赛科技官方 GitHub 页面： https://github.com/HesaiTechnology

3. 数据格式

所有多字节值均默认为无符号整型，按小端字节序；另行备注除外。



* 点云签名功能未开启时，不包含网络安全部分。

图 17. 数据结构

3.1. 点云数据包

3.1.1. 以太网包头

默认 IP 地址如下：

源 IP	192.168.1.201
目的 IP	255.255.255.255

点云数据包：以太网包头

字段	字节数	说明
Ethernet II MAC	12	目的：xx:xx:xx:xx:xx:xx（广播为 FF:FF:FF:FF:FF:FF） 源：xx:xx:xx:xx:xx:xx
Ethernet Data Packet Type	2	0x08, 0x00
Internet Protocol	20	互联网协议参数
UDP Port Number	4	源端口（0x2710，表示 10000） 目的端口（0x0940，表示 2368）
UDP Length	2	比点云包 UDP 数据多 8 字节，参见 图 17. 数据结构 。
UDP Checksum	2	以太网包头的校验码

3.1.2. 点云 UDP 数据

3.1.2.1. 包头

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。 当前值：0x01
Protocol Version Minor	1	通信协议的次版本号，指示点云数据结构的子类。 当前值：0x04
Reserved	2	预留

3.1.2.2. 数据头

字段	字节数	说明															
Channel Num	1	激光通道数 固定：0x80 (128)															
Block Num	1	每个数据包中的数据块数量 固定：0x02 (2)															
First Block Return	1	预留															
Dis Unit	1	距离单位 固定：0x04 (4 mm)															
Return Num	1	每个激光器最多可产生的回波数 固定：0x02 (2)															
Flags	1	<p>高 4 位 [7:4] 为预留。 低 4 位 [3:0] 指示所在数据包是否包含以下信息，固定为 0b1111:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>比特位</th> <th colspan="2">取值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[3] 数字签名</td> <td>1 — 包含</td> <td>0 — 不包含</td> </tr> <tr> <td>[2] 功能安全信息</td> <td>1 — 包含</td> <td>0 — 不包含</td> </tr> <tr> <td>[1] IMU 信息</td> <td>1 — 包含</td> <td>0 — 不包含</td> </tr> <tr> <td>[0] UDP 序列号</td> <td>1 — 包含</td> <td>0 — 不包含</td> </tr> </tbody> </table>	比特位	取值		[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	[0] UDP 序列号	1 — 包含	0 — 不包含
比特位	取值																
[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															
[0] UDP 序列号	1 — 包含	0 — 不包含															

3.1.2.3. 数据主体

字段	字节数	说明
Azimuth 1	2	数据块 1 对应的方位角基准值 单位：0.01°

字段	字节数	说明
Block 1	384	数据块 1: 包含各通道测量数据, 从通道 1 开始 (字段定义见 数据主体中的每个数据块)。
Azimuth 2	2	数据块 2 对应的方位角基准值
Block 2	384	数据块 2: 包含各通道测量数据。
CRC 1	4	数据主体的 CRC-32/MPEG-2 校验码

回波模式

雷达支持的回波模式见 [3.1.2.5 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量数据位于一个数据块中。

双回波模式下, 全部通道一轮发光返回的测量数据位于相邻两个数据块中, 且这两个相邻数据块的 **Azimuth** 字段相同。

回波模式	数据块 1	数据块 2	说明
最后及最强	最后回波	最强回波	如果最后、最强为同一回波, 则数据块 2 保存次强回波。
最后及第一	最后回波	第一回波	如果最后、第一为同一回波, 则数据块 1、2 的数据相同。
第一及最强	第一回波	最强回波	如果第一、最强为同一回波, 则数据块 2 保存次强回波。

数据主体中的每个数据块: $3 \times 128 = 384$ 字节

字段	字节数	说明
Channel 1: Distance	2	通道 1 测量的距离, 详见 Distance 字段的定义 。

字段	字节数	说明
Channel 1: Reflectivity	1	通道 1 测量的反射率 范围：0 ~ 255 实际反射率与本字段的映射关系可通过 网页控制 或 PTC 指令选择。 默认：线性映射（实际反射率 = Reflectivity × 1%）
Channel 2: Distance	2	通道 2 测量的距离
Channel 2: Reflectivity	1	通道 2 测量的反射率
...
Channel 128: Distance	2	通道 128 测量的距离
Channel 128: Reflectivity	1	通道 128 测量的反射率

Distance 字段的定义

近距离盲区检测关闭时	说明
Distance ≥ 75	距离 = Distance × Dis Unit ≥ 0.3 m Dis Unit 字段定义见 3.1.2.2 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 ≥ 75	距离 = Distance × Dis Unit ≥ 0.3 m Dis Unit 字段定义见 3.1.2.2 数据头 。
Distance = 0	没有发光。
Distance = 1	收到这台雷达的回波信号，但脉冲在近距离盲区 (< 0.3 m) 内，因此未输出有效点云。
Distance = 2	收到这台雷达的回波信号，但脉冲在近距离测量范围 (0.3 ~ 2.85 m) 内，而该通道不是兼顾近距通道 (详见 附录 A 通道分布数据)，因此未输出有效点云。
Distance = 3	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： <ul style="list-style-type: none"> • 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 4.2.2 功能设置 的 Retro Multi-Reflection Filtering 参数说明。



用户可开启或关闭近距离盲区检测，见 [4.2.2 功能设置](#) 的 Up-Close Blockage Detection 参数说明。

3.1.2.4. 功能安全



- 点云数据包中功能安全部分的更新周期为 5 ms，因此，相邻数据包中的功能安全部分可能完全相同。
- 雷达状态及故障码的定义详见《功能安全手册》（Safety Manual）。如需获取，请联系禾赛科技技术支持。

字段	字节数	说明
FS Version	1	功能安全模块的版本，当前为 0x00
Lidar State	1	[7:5] 是当前的雷达状态 d-0 (b-000) 初始化 d-1 (b-001) 正常运行 d-2 (b-010) 预警 d-3 (b-011) 性能预降级 d-4 (b-100) 性能降级 d-5 (b-101) 预关机 d-6 (b-110) 关机或输出不可信 d-7 (b-111) 待机
Fault Code Type		[4:3] 是该数据包中故障码的类型 b-00 无当前故障 b-01 当前故障 b-10 历史故障（当前版本不支持）
Rolling Counter		[2:0] 是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 5 ms 递增 1。 范围：d-0 (b-000) 至 d-5 (b-101)
Total Fault Code Num	1	[7:4] 是缓存故障队列中的故障码总数
Fault Code ID		[3:0] 该故障码在队列中的编号，从 0 开始
Fault Code	2	本次发送的故障码

字段	字节数	说明
Reserved	8	-
CRC 2	4	功能安全部分（从 Lidar State 字段到 Reserved 字段）的 CRC-32/MPEG-2 校验码

3.1.2.5. 数据尾

字段	字节数	说明
Reserved	9	预留
Azimuth State	2	<p>[15:14] 为数据块 1 的方位角标识，[13:12] 为数据块 2 的方位角标识。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 用于：查表计算各通道的发光时刻偏移，见 B.4 各通道的发光时刻偏移。 • 范围：0~3（高性能模式），0~1（标准模式、节能模式）。 <p>[11:0] 为预留。</p>
Operational State	1	<p>当前运行状态</p> <p>0 — 高性能（水平高分辨率）</p> <p>1 — 关机</p> <p>2 — 标准</p> <p>3 — 节能（最远测距降低）</p>
Return Mode	1	<p>回波模式</p> <p>0x33 — 第一</p> <p>0x37 — 最强</p> <p>0x38 — 最后</p> <p>0x39 — 最后及最强</p> <p>0x3B — 最后及第一</p> <p>0x3C — 第一及最强</p>


字段	字节数	说明														
Motor Speed	2	电机转速 单位：RPM  电机转速 (RPM) = 扫描帧率 (Hz) × 60														
Date & Time	6	该数据包的 UTC 时间，精确到秒。 按大端字节序： <table border="1" data-bbox="757 534 1809 957"> <thead> <tr> <th>每个字节</th> <th>范围 (十进制)</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table>  参见 B.2 点云数据包的绝对时间 。	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	该数据包的绝对时间的微秒部分 单位：μs 范围：0 ~ 999 999 μs (1 s)  参见 B.2 点云数据包的绝对时间 。														
Factory Information	1	0x42														

字段	字节数	说明								
UDP Sequence	4	该数据包的序列号 范围：0 ~ 0xFF FF FF FF								
IMU Temperature	2	IMU（惯性测量单元）提供的温度 数据类型：有符号整型 单位：0.01°C								
IMU Acceleration Unit	2	加速度的单位换算系数 数据类型：无符号整型 当前值：244 (0x00F4) 加速度的单位：0.001mg × 244 = 0.244mg (g：标准重力)								
IMU Angular Velocity Unit	2	角速度的单位换算系数 当前值：1750 (0x06D6) 角速度的单位：0.01 mdps × 1750 = 17.5 mdps (mdps：毫角度每秒)。								
IMU Timestamp	4	IMU 数据的时间戳 上电后从 0 开始计数，溢出后重新从 0 开始计数，可持续计时约 29.83 小时。 单位：25 μs								
IMU X Axis Acceleration	2	X 轴加速度 <table border="1" data-bbox="757 1029 2074 1295"> <tr> <td>数据类型</td> <td>有符号整型</td> </tr> <tr> <td>测量范围</td> <td>±8g</td> </tr> <tr> <td>加速度的单位</td> <td>参见 IMU Acceleration Unit 字段，当前值为 0.244mg。</td> </tr> <tr> <td>示例</td> <td>本字段数值为 5 时，X 轴加速度 = 5 × 0.244mg = 1.22mg。</td> </tr> </table>	数据类型	有符号整型	测量范围	±8g	加速度的单位	参见 IMU Acceleration Unit 字段，当前值为 0.244mg。	示例	本字段数值为 5 时，X 轴加速度 = 5 × 0.244mg = 1.22mg。
数据类型	有符号整型									
测量范围	±8g									
加速度的单位	参见 IMU Acceleration Unit 字段，当前值为 0.244mg。									
示例	本字段数值为 5 时，X 轴加速度 = 5 × 0.244mg = 1.22mg。									
IMU Y Axis Acceleration	2	Y 轴加速度，同上。								
IMU Z Axis Acceleration	2	Z 轴加速度，同上。								

字段	字节数	说明	
IMU X Axis Angular Velocity	2	X 轴角速度	
		数据类型	有符号整型
		测量范围	±500 dps
		角速度的单位	参见 IMU Angular Velocity Unit 字段，当前值为 17.5 mdps。
		示例	本字段数值为 5 时，X 轴角速度 = $5 \times 17.5 \text{ mdps} = 87.5 \text{ mdps}$ 。
IMU Y Axis Angular Velocity	2	Y 轴角速度，同上。	
IMU Z Axis Angular Velocity	2	Z 轴角速度，同上。	
CRC 3	4	数据尾的 CRC-32/MPEG-2 校验码	

3.1.2.6. 网络安全（可选）

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

 开启点云签名会话后，将附加本字段，参见 [4.9.3 点云签名（Point Cloud Signature）](#)。

3.1.3. 以太网数据尾

字段	字节数	说明
FCS	4	帧校验序列

3.1.4. 点云数据解析方法

以点云数据包中 **数据块 2** 的 **5 号通道** 为例，解析步骤如下。

3.1.4.1. 解析数据点的垂直角度

由[附录 A 通道分布数据](#)可知，5 号通道的垂直角度设计值为 12.165° 。



- 准确的垂直角度：在该台雷达的角度修正文件中，参见 [1.3 通道分布](#)。
- 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](#)）。

3.1.4.2. 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°，以图 3. 雷达角度位置（俯视图）中顺时针方向为正。

$$\text{水平角度} = \text{①} + \text{②}$$

- ① 当前数据块的开始时间（定义见 B.3 数据块的开始时间）所对应的角度位置
- ② 当前通道的发光时刻补偿角

$$\text{①} = \text{③} + \text{④}$$

- ③ 该数据块当前的方位角基准值
从数据块 2 中的 **Azimuth** 字段读取。
- ④ 当前发光通道的水平角度偏移
由附录 A 通道分布数据可知，5 号通道的水平角度偏移为 1.093°。

 准确的水平角度偏移：在该台雷达的角度修正文件中，参见 1.3 通道分布。

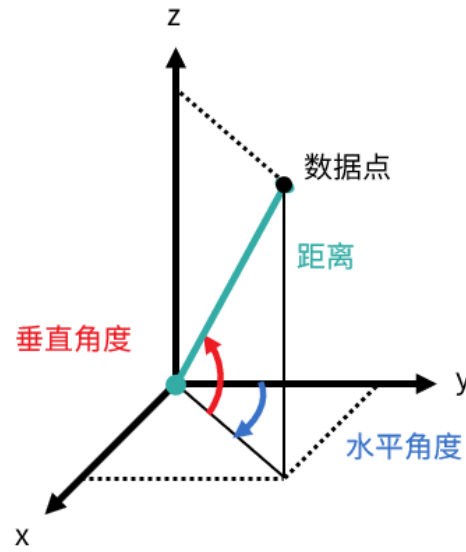
$$\text{②} = \text{⑤} \times \text{⑥}$$

- ⑤ 通道的发光时刻偏移
在 B.4 各通道的发光时刻偏移查表可知。
- ⑥ 电机的旋转速率
见点云数据包数据尾的 **Motor Speed** 字段，单位应转换为 °/s。

3.1.4.3. 解析数据点的距离值

参见 3.1.2.3 数据主体中 **Block 2: Channel 5** 的 **Distance** 字段。

3.1.4.4. 在球坐标系或直角坐标系中画出该数据点



3.1.4.5. 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. GPS 数据包

选择 GPS 作为时钟源时，每秒触发一个 GPS 数据包；选择 PTP 作为时钟源时，雷达不输出 GPS 数据包。

 选择时钟源：见 [4.2.3 时间设置](#) 中的 Clock Source。

全部多字节值均为无符号整型，按小端字节序。

3.2.1. 以太网包头

默认 IP 地址如下：

源 IP	192.168.1.201
目的 IP	255.255.255.255

GPS 数据包：以太网包头

字段	字节数	说明
Ethernet II MAC	12	目的：xx:xx:xx:xx:xx:xx（广播为 FF:FF:FF:FF:FF:FF） 源：xx:xx:xx:xx:xx:xx
Ethernet Data Packet Type	2	0x08, 0x00
Internet Protocol	20	互联网协议参数
UDP Port Number	4	源端口（0x2710，表示 10000） 目的端口（0x277E，表示 10110）
UDP Length	2	比 GPS 包 UDP 数据多 8 字节，参见图 17. 数据结构。
UDP Checksum	2	以太网包头的校验码

3.2.2. GPS UDP 数据

字段	字节数	说明															
GPS Time Data	18	GPS 时间，精确到秒。															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>字段</th> <th>字节数</th> <th>说明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GPS 数据头</td> <td>2</td> <td>0xFFEE，其中 0xFF 在前</td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>6</td> <td>年，月，日（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）</td> </tr> <tr> <td>时间</td> <td>6</td> <td>秒，分，时（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）</td> </tr> <tr> <td>预留</td> <td>4</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	字段	字节数	说明	GPS 数据头	2	0xFFEE，其中 0xFF 在前	日期	6	年，月，日（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）	时间	6	秒，分，时（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）	预留	4	-
		字段	字节数	说明													
		GPS 数据头	2	0xFFEE，其中 0xFF 在前													
		日期	6	年，月，日（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）													
时间	6	秒，分，时（各 2 字节，低字节在前，ASCII 格式）															
预留	4	-															
NMEA Data	84	<p>NMEA 语句，包含日期和时间信息。 ASCII 格式，有效数据至星号 (*) 之后的 2 个字节。</p> <p> 可选择 NMEA 语句类型，见 4.2.3 时间设置 中的 GPS Mode。</p>															
Reserved	404	404 个 0xDF															
GPS Positioning Status	1	<p>GPS 定位状态 ASCII 格式，提取自 NMEA 语句。</p>															
PPS Lock Flag	1	<p>PPS 信号锁定标志 1 — 锁定 0 — 失锁</p>															
Reserved	4	预留															

3.2.2.1. 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	UTC 时间（时分秒） 常见格式：hhmmss（时，分，秒）
<02>	Location Status	位置状态 A (hex = 41) — Active（有效定位） V (hex = 56) — Void（无效定位） NUL (hex = 0) — GPS 失锁
...
<09>	UTC Date	UTC 日期（年月日） 常见格式：ddmmyy（日，月，年）
...

激光雷达 GPS 端口兼容多种 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
```

3.2.2.2. 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	UTC 时间（时分秒） 常见格式：hhmmss（时，分，秒）																
...																
<06>	GPS Fix Quality	GPS 锁定质量 输出 0 ~ 9，参见 GPS 设备供应商的说明。常见定义： <table border="1" data-bbox="757 667 2074 903"> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>无效定位</td> <td>4</td> <td>RTK 固定解</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>GPS 锁定（SPS 单点定位）</td> <td>5</td> <td>RTK 浮点解</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>DGPS 锁定</td> <td>6</td> <td>估计（航迹推算）</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>PPS 锁定</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	0	无效定位	4	RTK 固定解	1	GPS 锁定（SPS 单点定位）	5	RTK 浮点解	2	DGPS 锁定	6	估计（航迹推算）	3	PPS 锁定	-	-
0	无效定位	4	RTK 固定解															
1	GPS 锁定（SPS 单点定位）	5	RTK 浮点解															
2	DGPS 锁定	6	估计（航迹推算）															
3	PPS 锁定	-	-															
...																

激光雷达 GPS 端口兼容多种 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. 以太网数据尾

字段	字节数	说明
FCS	4	帧校验序列

3.2.4. GPS 时间数据解析方法

> 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 <u>ff ee 30 32 34 30</u>	--'.'~...0240	
0030	<u>37 30 38 35 37 30 34 30</u> 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 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 36	,V*06666 66666666	

图 18. GPS 数据包：GPS 时间数据（示例）

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

4. 网页控制

网页控制用于设置参数、查看设备信息以及软固件升级。

进入网页控制：


1. 用网线连接激光雷达和接收主机。
2. 完成 [2.4 接收主机的网络设置](#)。
3. 打开浏览器，输入网址：192.168.1.201。



- 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
GPS	Unlock
NMEA (GPRMC/GPGGA)	Unlock
PTP	Free Run
Device Info	Device Log
Model	Pandar128E3X
S/N	P128XXXXXXXXXXXXXXXX
MAC Address	XX:XX:XX:XX:XX:XX
P/N	Pandar128E3X-A01
Software Version	1.45.127
Sensor Firmware Version	1.45.141
Controller Firmware Version	1.45.130

 图示 P/N 和版本号可能与实际不同，请以所使用雷达的网页显示为准。

按钮及参数说明

Device Log

设备日志

点击下载 .JSON 格式文件，包含雷达状态、版本信息、可配置参数和升级日志。

Spin Rate

电机旋转速率

即扫描帧率 (Hz) \times 60

GPS**GPS PPS 状态**

- 锁定 Lock: 雷达内部时钟与 GPS PPS 信号同步。
- 失锁 Unlock: 与 GPS 不同步。

NMEA (GPRMC/GPGGA)**NMEA 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**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 [4.2.3 时间设置](#))。
- 锁定 Locked: 主从时钟偏移量的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。雷达从前一锁定状态下的时刻开始漂移, 漂移量超过设定值时, 将进入自由运行状态。

P/N**出厂件号**

- 用户不可修改
- 格式: 型号 - 配置编号
- 固件版本更早的产品, 升级后也可显示件号, 默认件号为型号 (Pandara128E3X)。

Customer P/N**客户指定件号**

- 默认为空值, 且默认不显示。
- 可以修改, 格式要求: 1 ~ 20 位, 数字或 “-” (短横线)。



用 PTC 或 HTTP 指令可以控制 Home 页是否显示 Customer P/N, 也可以修改 Customer P/N, 详见 [5 通信协议](#)。



固件升降级时, 或点击 Settings 页面右上角的 [**Reset All Settings**] 按钮时, Customer P/N 的设置不受影响。

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"/>	0
Ethernet Communication Mode		Slave
Settings		
Destination IP		255.255.255.255
Lidar Destination Port		2368
Spin Rate		600 RPM
Return Mode		Last and Strongest
Sync Angle	<input type="checkbox"/>	0
Trigger Method		Angle Based
Clock Source		GPS
GPS Mode		GPRMC
GPS Destination Port		10110
Noise Filtering		OFF
Interstitial Points Filtering		OFF
Retro Multi-Reflection Filtering		OFF

Up-Close Blockage Detection	OFF
Reflectivity Mapping	Linear Mapping
Rotation Direction	Clockwise
Operational Mode	Dynamic/Constant
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：

- [参数设置 \(Settings\)](#)
- [点云的水平角度范围设置 \(Azimuth FOV\)](#)
- [水平分辨率设置 \(High Resolution\)](#)

Save**保存**

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，当即生效

4.2.1. 网络设置

参数	选项	说明
VLAN	默认关闭 VLAN ID: 1 ~ 4094	<p>虚拟局域网</p> <p>如需传输含 VLAN 标签的数据：</p> <ul style="list-style-type: none"> 请确认接收主机也支持 VLAN。 勾选复选框，输入雷达的 VLAN ID（与接收主机的 VLAN ID 相同）。 <p> 如果雷达的 VLAN ID 与接收主机不符，将无法加载网页。</p> <p> 为避免误操作导致以上风险，VLAN ID 默认为非法值 0，勾选时将提示输入有效的 VLAN ID；取消勾选后，回到非法值 0。</p> <p> 固件升级后，已配置的 VLAN ID 不变。</p> <ul style="list-style-type: none"> 启用 VLAN 时，PTP 连接将断开；直到关闭 VLAN 后，PTP 连接恢复。
Ethernet Communication Mode	从模式 Slave（默认） 主模式 Master	<p>车载以太网（1000BASE-T1）的主从模式</p> <p>默认为 雷达 Slave 模式：</p> <ul style="list-style-type: none"> 用户接收端须配置为 Master 模式。 可直接连接雷达，或通过接线盒连接。 <p>如需切换为 雷达 Master 模式：</p> <ul style="list-style-type: none"> 先用 Master 模式的终端连接雷达，登录网页，此处选择“Master”，并点击页面下方的 [Save] 按钮。 网络连接将自动断开，此时用 Slave 模式的终端直连雷达，再次登录。 不支持接线盒。 <p> 如果雷达与接收主机均为主模式或均为从模式，将无法加载网页。为避免以上风险，请谨慎修改此项配置。</p>

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	
		通信模式	应设置的目的 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	与接收主机的 IP 地址相同。

4.2.2. 功能设置

参数	选项	说明
Spin Rate	600 RPM (默认) 1200 RPM	电机旋转速率 可从点云数据包中读取准确转速，参见 3.1.2.5 数据尾 的 Motor Speed 字段。速率设置值也显示在 Home 页，见 4.1 首页 (Home) 。
Return Mode	单回波 <ul style="list-style-type: none"> • 最后 • 最强 • 第一 双回波 <ul style="list-style-type: none"> • 最后及最强 (默认) • 最后及第一 • 第一及最强 	回波模式 也可从点云数据包中读取，参见 3.1.2.5 数据尾 的 Return Mode 字段。

参数	选项	说明				
Sync Angle	0° ~ 359° 单位：°	<p>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。</p> <p> 雷达角度位置定义：参见 1.2 基本结构。</p> <p>整秒时刻的定义：</p> <ul style="list-style-type: none"> • GPS 处于锁定状态时，整秒时刻定义为 GPS PPS 信号上升沿。 • PTP 处于跟踪或锁定状态时，整秒时刻来自 PTP 主时钟。 • GPS、PTP 均未同步时，整秒时刻定义为雷达内部 1 Hz 信号的上升沿。 • 详见 B.1 绝对时间的来源。 <p>应用：可同步多台雷达的角度位置，即相位锁定。 采用同一时钟源连接多台雷达，并设置相同的同步角度，则同一时刻下，多台雷达转动的角度位置相同。</p>				
Trigger Method	角度触发 Angle-Based（默认） 时间触发 Time-Based	<p>激光器发光的触发方式</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>角度触发</td> <td>每 0.1°（10 Hz）或 0.2°（20 Hz）发光一次。</td> </tr> <tr> <td>时间触发</td> <td>每 27.78 μs 发光一次。</td> </tr> </tbody> </table>	角度触发	每 0.1°（10 Hz）或 0.2°（20 Hz）发光一次。	时间触发	每 27.78 μs 发光一次。
角度触发	每 0.1°（10 Hz）或 0.2°（20 Hz）发光一次。					
时间触发	每 27.78 μs 发光一次。					
Noise Filtering	OFF（默认） ON	噪点过滤：减少点云中的零散噪点。				
Interstitial Points Filtering	OFF（默认） ON	<p>拖点过滤：减少点云中的拖点。</p> <p> 拖点的定义：当光束的部分光斑打在物体边缘，另一部分光斑打在较远的另一物体上时，两物体之间可能产生的测距不准的点。</p>				
Retro Multi-Reflection Filtering	OFF（默认） ON	二倍距离鬼像过滤：减少位于高反物体两倍距离处的鬼影点。				

参数	选项	说明				
Up-Close Blockage Detection	OFF (默认) ON	近距离盲区检测：参见 Distance 字段的定义。				
Reflectivity Mapping	线性映射 Linear Mapping (默认) 两种非线性映射 Nonlinear Mapping #1/#2	反射率映射模式 <table border="1" data-bbox="913 376 2074 544"> <tr> <td>线性映射</td> <td>点云数据包的 Reflectivity 字段线性地对应目标物反射率 (0 ~ 255%)。</td> </tr> <tr> <td>非线性映射</td> <td>在低反射率区域提升对比度，映射关系详见附录 C 反射率非线性映射。</td> </tr> </table>	线性映射	点云数据包的 Reflectivity 字段线性地对应目标物反射率 (0 ~ 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 C 反射率非线性映射 。
线性映射	点云数据包的 Reflectivity 字段线性地对应目标物反射率 (0 ~ 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 C 反射率非线性映射 。					
Rotation Direction	顺时针 Clockwise (默认) 逆时针 Counterclockwise	电机旋转方向				

参数	选项	说明													
Operational Mode	动态模式 Dynamic (默认) 恒定模式 Constant	选择运行模式后，雷达可根据以下条件自动切换运行状态：													
		<ul style="list-style-type: none"> • 外界温度 • 水平分辨率设置 (High Resolution) 													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>运行模式</th> <th>水平分辨率</th> <th>运行状态 (优先级从高到低)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">动态模式</td> <td>标准</td> <td>标准、节能、关机</td> </tr> <tr> <td>高分辨率</td> <td>高分辨率、标准、节能、关机</td> </tr> <tr> <td>恒定模式</td> <td>标准</td> <td>标准、关机</td> </tr> </tbody> </table>	运行模式	水平分辨率	运行状态 (优先级从高到低)	动态模式	标准	标准、节能、关机	高分辨率	高分辨率、标准、节能、关机	恒定模式	标准	标准、关机		
		运行模式	水平分辨率	运行状态 (优先级从高到低)											
		动态模式	标准	标准、节能、关机											
高分辨率	高分辨率、标准、节能、关机														
恒定模式	标准	标准、关机													
四种运行状态的定义：															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>运行状态</th> <th>水平分辨率</th> <th>光功率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高分辨率</td> <td>高分辨率模式</td> <td>正常</td> </tr> <tr> <td>标准</td> <td>标准模式</td> <td>正常</td> </tr> <tr> <td>节能</td> <td>标准模式</td> <td>减半 (测远能力降低)</td> </tr> <tr> <td>关机</td> <td colspan="2">电机停转且激光器不发光</td> </tr> </tbody> </table>	运行状态	水平分辨率	光功率	高分辨率	高分辨率模式	正常	标准	标准模式	正常	节能	标准模式	减半 (测远能力降低)	关机	电机停转且激光器不发光	
运行状态	水平分辨率	光功率													
高分辨率	高分辨率模式	正常													
标准	标准模式	正常													
节能	标准模式	减半 (测远能力降低)													
关机	电机停转且激光器不发光														
Standby Mode	运行 In Operation (默认) 待机 Standby	运行/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

选择 GPS 时

Clock Source	GPS
GPS Mode	GPRMC
GPS Destination Port	10110

选择 PTP 时

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

参数	选项	说明
Clock Source	GPS (默认) PTP	绝对时间的外部来源

4.2.3.1. 选择 GPS 时

参数	选项	说明
GPS Mode	GPRMC (默认) GPGGA	GPS 语句 外接 GPS 模块输出的 NMEA 数据格式，详见 3.2.2 GPS UDP 数据 。
Destination Port	默认：10110	GPS 目的端口 GPS 数据包的发送端口

4.2.3.2. 选择 PTP 时

雷达不发送 GPS 数据包。

参数	选项	说明	
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	1 ~ 100 μ s (整数) 默认：1	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 首页 (Home) 。	
PTP Network Transport	UDP/IP (默认) L2	网络传输协议	
		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，即间隔为 $2^0 = 1$ 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. 点云的水平角度范围设置 (Azimuth FOV)

Azimuth FOV Setting	For all channels ▼
Save	

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 For all channels (默认) 全部通道：多角度范围 Multi-section FOV	设置模式 雷达仅在设置的角度范围内输出有效数据。



- 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°)，则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. 全部通道：多角度范围（Multi-section FOV）

可定义多个（最多 5 个）连续角度范围，应用于全部激光通道。

Azimuth FOV Setting		Multi-section FOV	
Multi-section FOV	Start Angle	End Angle	
Azimuth FOV 1	0.0	0.0	
Azimuth FOV 2	0.0	0.0	
Azimuth FOV 3	0.0	0.0	
Azimuth FOV 4	0.0	0.0	
Azimuth FOV 5	0.0	0.0	
Save			

4.4. 水平分辨率设置 (High Resolution)


动态设置雷达远距测量的水平角分辨率。

Mode	High Resolution ▼
Save	

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													
Mode	标准 Standard (默认) 高分辨率 High Resolution	远距测量的水平角分辨率模式													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>模式</th> <th>扫描帧率</th> <th>远距测量的水平角分辨率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">标准 Standard</td> <td>10 Hz</td> <td>全部通道 0.2°</td> </tr> <tr> <td>20 Hz</td> <td>全部通道 0.4°</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">高分辨率 High Resolution</td> <td>10 Hz</td> <td>高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.1° 其他通道: 0.2°</td> </tr> <tr> <td>20 Hz</td> <td>高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.2° 其他通道: 0.4°</td> </tr> </tbody> </table>	模式	扫描帧率	远距测量的水平角分辨率	标准 Standard	10 Hz	全部通道 0.2°	20 Hz	全部通道 0.4°	高分辨率 High Resolution	10 Hz	高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.1° 其他通道: 0.2°	20 Hz	高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.2° 其他通道: 0.4°
		模式	扫描帧率	远距测量的水平角分辨率											
		标准 Standard	10 Hz	全部通道 0.2°											
			20 Hz	全部通道 0.4°											
		高分辨率 High Resolution	10 Hz	高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.1° 其他通道: 0.2°											
20 Hz	高分辨率通道 (通道 26 ~ 89) : 0.2° 其他通道: 0.4°														
 通道序号从上到下，从 1 开始。															

-  近距测量的水平角分辨率始终为 0.4° (10 Hz)、0.8° (20 Hz)。
- 远距、近距测量的定义请见[附录 A 通道分布数据](#)。

4.5. 运行状态数据 (Operation statistics)

Start-Up Counts	510
Internal Temperature	32.10°C
Internal Humidity	50.0% RH
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
-20 to 0°C	0 h 49 min
0 to 20°C	8 h 40 min
20 to 40°C	38 h 20 min
40 to 60°C	393 h 17 min
60 to 80°C	109 h 50 min
80 to 100°C	6 h 16 min
100 to 120°C	1 h 44 min
> 120°C	0 h 0 min

参数	说明	参数	说明
Start-Up Counts	雷达启动次数	Internal Temperature	内部温度
Internal Humidity	内部湿度	System Uptime	本次上电运行时间
Total operation time	总运行时间		

4.6. 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

4.7. 升级 (Upgrade)

升级准备

- 请联系禾赛技术支持，以获取升级包。
- 升级期间，推荐使用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


Upload 上传升级包

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。

Restart 软重启

软重启后，雷达启动次数（Start-Up Counts）自动加 1，见 [4.5 运行状态数据 \(Operation statistics\)](#)。

参数	当前版本	说明
Software version	1.45.127	软件版本
Firmware of sensor version	1.45.141	传感器（上仓）固件版本
Firmware of controller version	1.45.130	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。

4.8. 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。

参数说明

pandar_control	雷达控制程序
diag_ff	功能安全诊断程序
error	错误信息，可能影响雷达的正常使用
warn	警告信息，不影响雷达正常使用

按钮说明

Clear ALL	清空全部日志
Download ALL	下载全部日志

4.9. 安全 (Security)

网络安全主开关：关闭时

Cyber Security (Master Switch)	OFF
Login Control	
Authentication	OFF
Secure Connection	
PTC Connection	Non-TLS
HTTP Connection	HTTP
Point cloud signature	
Share Secret Key ⓘ	
Save	

网络安全主开关：开启时

Cyber Security (Master Switch)	ON
Login Control	
Authentication	ON
Current Password	_____ Forgot Password?
New Password	_____
Confirm New Password	_____
Secure Connection	
PTC Connection	TLS
HTTP Connection	HTTPS
Point Cloud Signature	
Share Secret Key ⓘ	
Save	

如图示，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。
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。

- 点云签名默认关闭。点云签名的开启/关闭由 PTC 指令控制（见 [5 通信协议](#)），不受网络安全主开关控制；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）。

4.9.1. 登录权限控制 (Login Control)

网络安全主开关开启时：

参数	选项	说明
Authentication	ON (强制开启)	验证
Current password	-	当前密码 <ul style="list-style-type: none"> • 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： <ul style="list-style-type: none"> • 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 ： <ol style="list-style-type: none"> 1. 点击“Forgot password”跳转至 Reset password 页面，获取重置码 (Reset Code)。 2. 联系禾赛技术支持人员，提供重置码，从而获取验证码 (Verification Code)。 3. 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，参见 5 通信协议 。


4.9.2. 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	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		
		<table border="1"> <tr> <td>TLS</td> <td>仅用户认证雷达</td> </tr> <tr> <td>mTLS</td> <td> 用户与雷达相互认证 (安全等级更高, 建议采用此配置) <ul style="list-style-type: none"> • 点击 [Upload] 按钮, 上传用户 CA 证书链。 • 借用雷达或 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。 </td> </tr> </table>	TLS	仅用户认证雷达
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) <ul style="list-style-type: none"> • 点击 [Upload] 按钮, 上传用户 CA 证书链。 • 借用雷达或 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 后: <ul style="list-style-type: none"> • 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。 		

4.9.3. 点云签名 (Point Cloud Signature)

参数	选项	说明
Shared Secret Key	-	<p>点云签名共享密钥</p> <ul style="list-style-type: none">• 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。 <p>格式要求</p> <ul style="list-style-type: none">• 8 ~ 32 位字符• 数字或字母 (区分大小写)• 不可包含特殊字符

4.9.4. 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，登录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”页面。
2. 在搜索栏中输入“证书”。
 - **Chrome:** 选择“安全” > “管理设备证书”。
 - **Firefox:** 选择 [查看证书]。



图 19. 使用 Chrome 浏览器

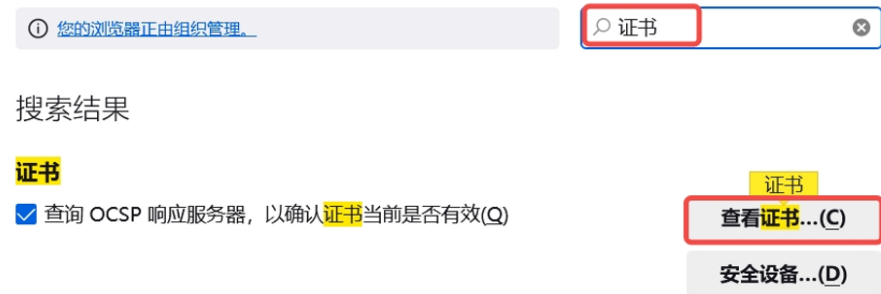


图 20. 使用 Firefox 浏览器

3. 上传中间证书和根证书。

- **Chrome:**

- a. 点击 [中间证书颁发机构] > [导入], 上传中间证书。
 - b. 点击 [受信任的根证书颁发机构] > [导入], 上传根证书。
- o **Firefox:**
点击 [证书颁发机构] > [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。

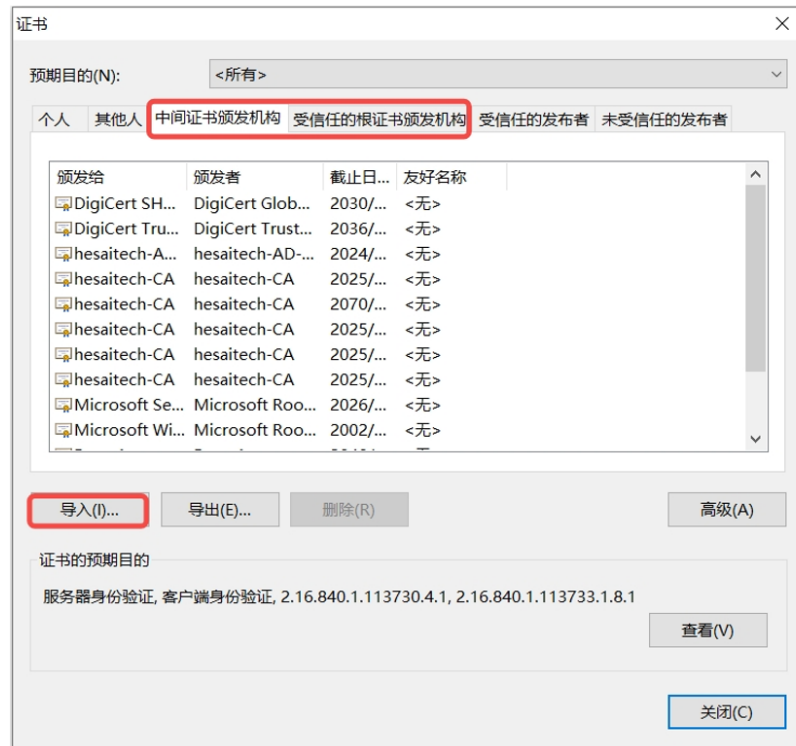


图 21. 使用 Chrome 浏览器



图 22. 使用 Firefox 浏览器

4. 如果出现“安全警告”或“下载证书”：

- o **Chrome:** 点击 [是]。
- o **Firefox:** 选择“信任由此证书颁发机构来表示网站” > 点击 [确定]。

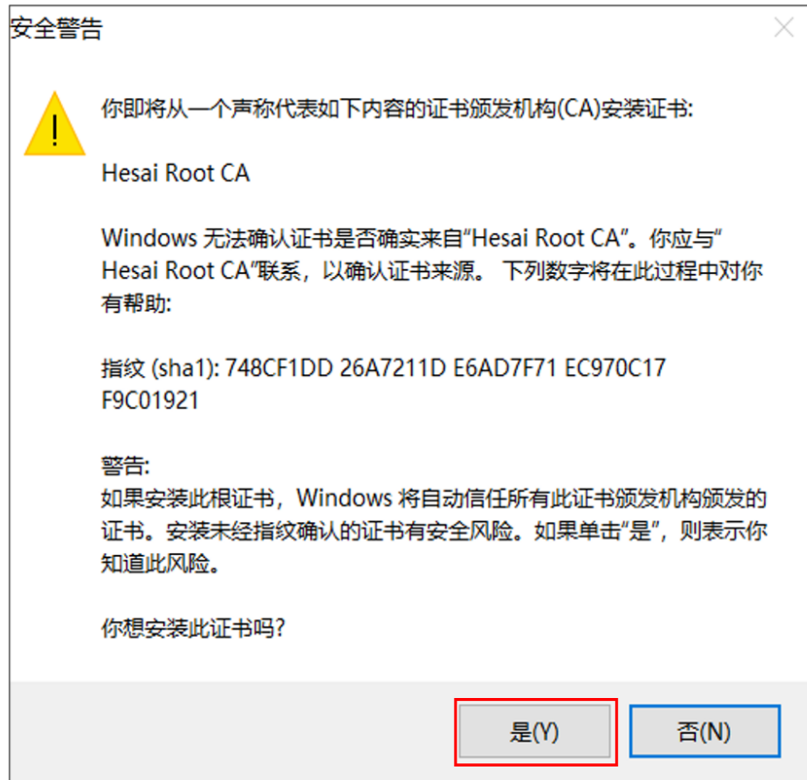


图 23. 使用 Chrome 浏览器

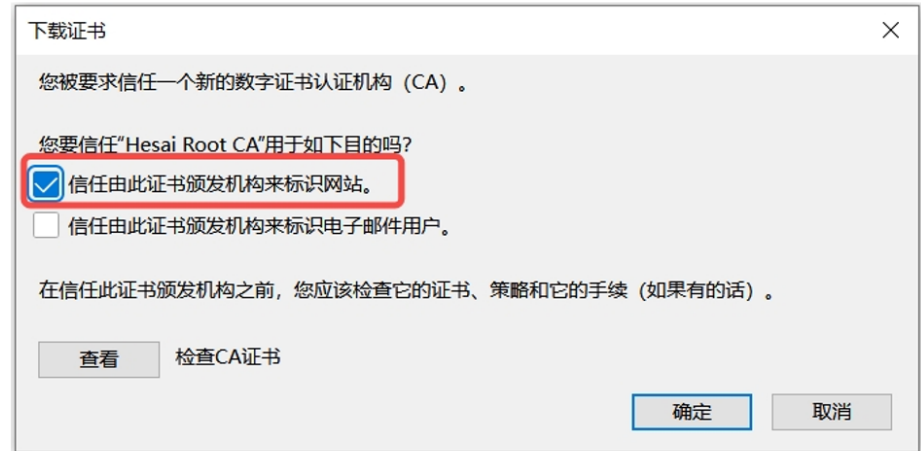


图 24. 使用 Firefox 浏览器

5. 导入完成后，列表中将出现证书名称，可双击查看证书详细信息。

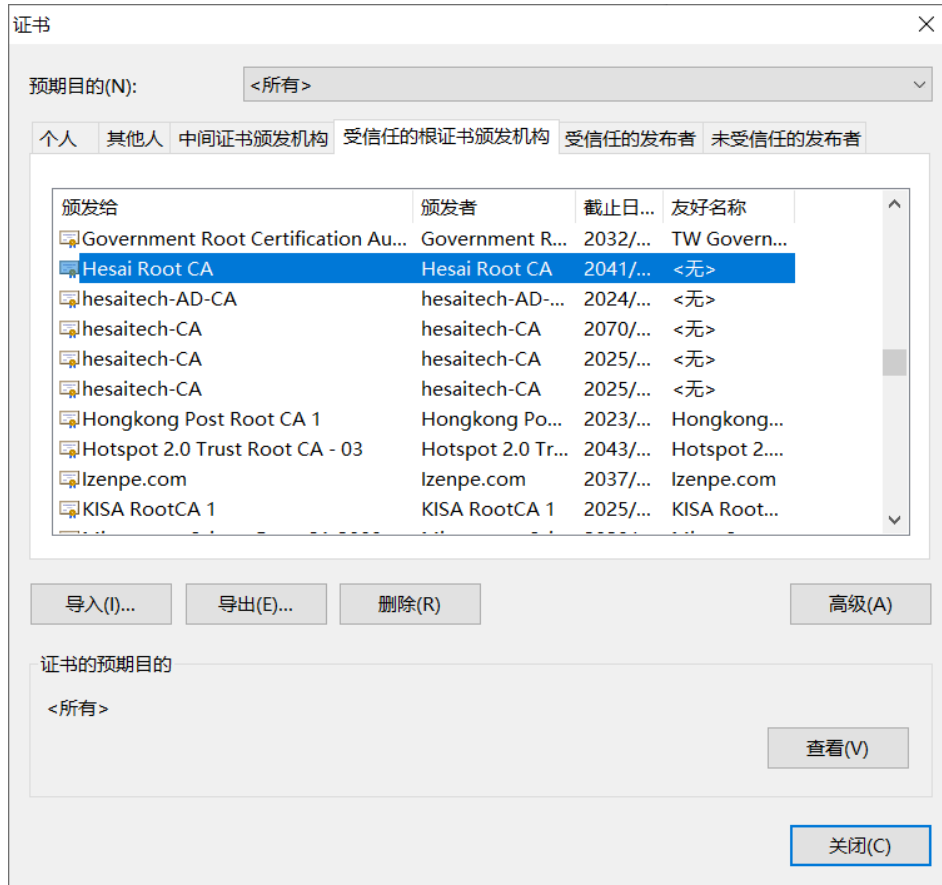


图 25. 使用 Chrome 浏览器

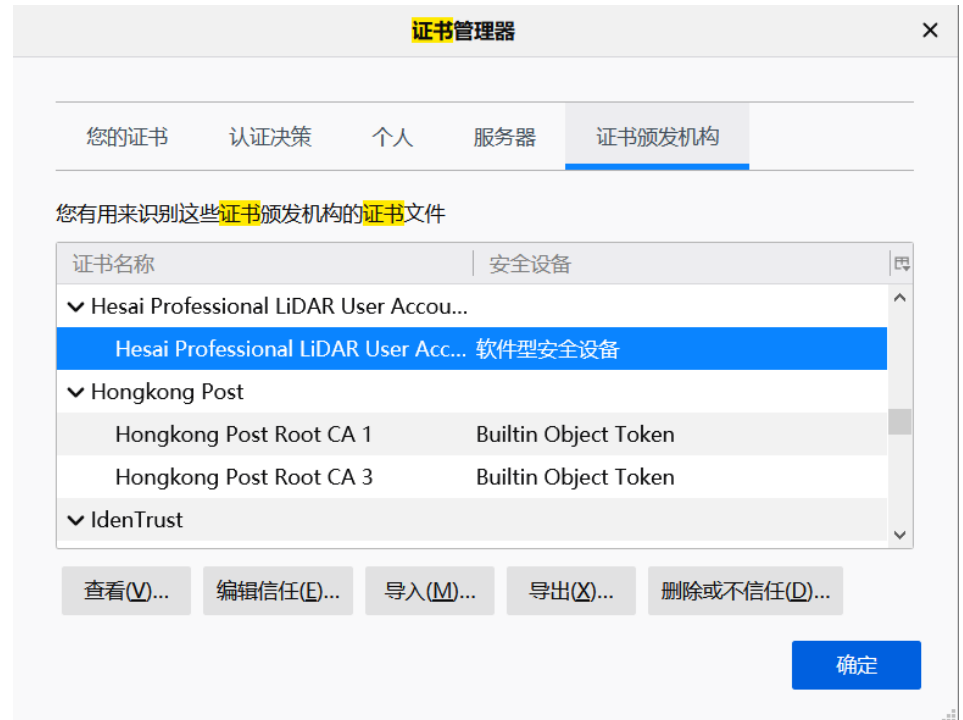
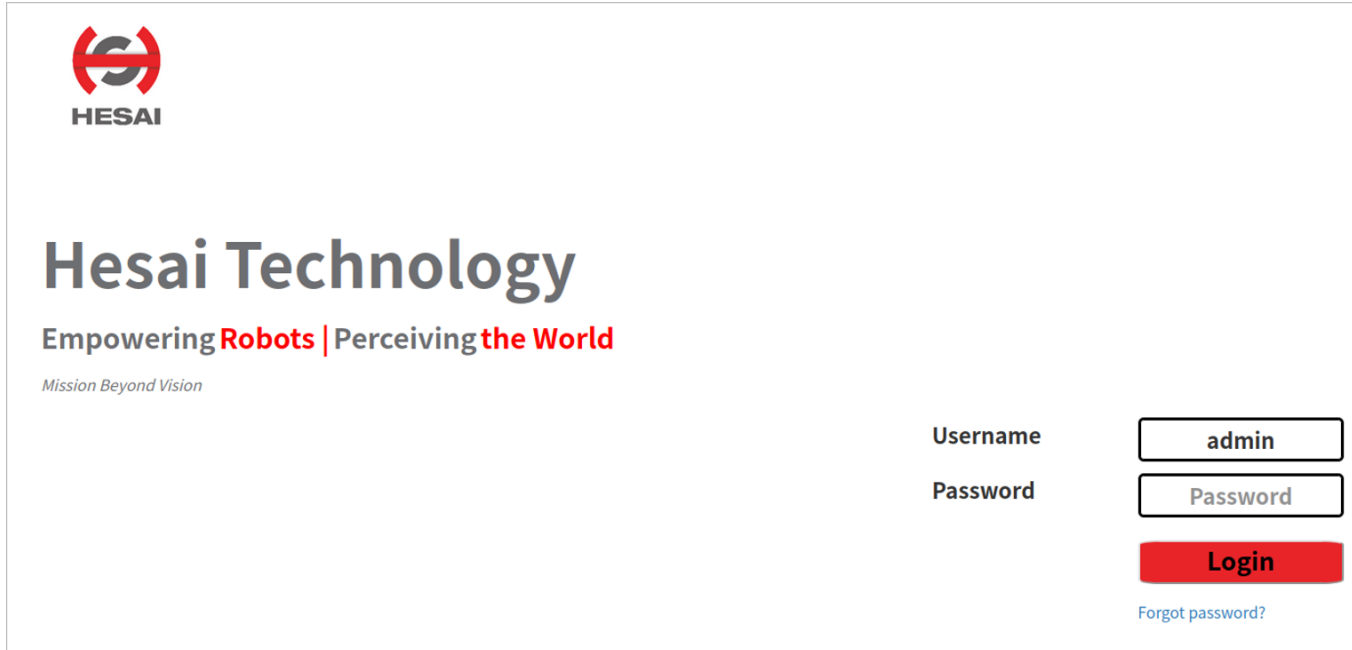


图 26. 使用 Firefox 浏览器

4.10. 登录 (Login)


在 [安全 \(Security\)](#) 页面开启网络安全主开关后，将强制开启登录权限控制，并跳转至 Login 页面。



参数	选项	说明
Username	-	用户名，固定为：admin
Password	-	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，详见 4.9.1 登录权限控制 (Login Control) 。


5. 通信协议

可使用 **HTTP API** 或禾赛专用的 **Pandar TCP Commands (PTC) API** 与雷达通信。

 如需获取 API 参考手册，请联系禾赛技术支持。

启用网络安全功能后，也可使用加密的 **HTTPS (HTTP over TLS) API** 或 **PTCS (PTC over TLS) API**：

- 指令格式：与明文的 HTTP/PTC API 相同。
- 启用条件：TLS 版本为 1.3 或以上，对应 OpenSSL 版本为 1.1.1 或以上。

 如需获取 PTCS、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

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，应及时清洁光罩。




- 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。



建议只清洁光罩局部受污染的位置。

清洁光罩的步骤如下：

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，或用干净的无尘布/软海绵轻轻拂过污染处，使灰尘掉落。
如果存在顽固污渍，则继续以下步骤；如果没有顽固污渍，则清洁完成。
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	温和肥皂液  一公升水中至多加入两汤匙肥皂液。
溶剂温度	20 ~ 25°C

4. 光罩上的污渍松动后，用无尘布/软海绵蘸取步骤 3 中的溶剂，沿光罩表面来回轻轻擦拭。
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/软海绵轻轻擦去剩余液体。

7. 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	<p>确认以下条件是否满足：</p> <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 接线盒（选配）。 <p>之后重新上电，查看故障是否消失。</p>
电机不转动	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 1.4 技术参数和 2.3 接线盒（选配）。 • 网页控制可正常打开（参见网页无法打开的排查方法）。 • 使用 PTC 指令或 网页控制 确认雷达未处于待机模式。 • 如果使用接线盒，接线盒完好。 <p>之后重新上电，查看故障是否消失。</p>
电机转动但没有数据输出 (Wireshark 和 PandarView 2 均无数据)	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 网线连接正常（可重新插拔）。 • 使用 PTC 指令或 网页控制 确认：Destination IP 配置正确、Azimuth FOV 设置正确、Sensor Firmware 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）。 <p>之后重新上电，查看故障是否消失。</p>

故障现象	检查及排除办法
Wireshark 有数据而 PandarView 2 无数据	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 如果开启了 VLAN，使用 PTC 指令或 网页控制 确认雷达与计算机的 VLAN ID 相同。 • 计算机防火墙已关闭，或将 PandarView 2 加入到防火墙的例外中。 • 使用最新版本 PandarView 2（见 禾赛官网“下载”页面，或联系技术支持）。 <p>之后重新上电，查看故障是否消失。</p>
网页无法打开	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 网线连接正常（可重新插拔）。 • IP 配置正确：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。 • 如果开启了 VLAN，使用 PTC 指令或 网页控制 确认雷达与计算机的 VLAN ID 相同。 <p>然后执行以下操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 重启计算机，或将雷达连接至另一台计算机。 2. 重新上电，查看故障是否消失。
数据包数量异常（即丢包）	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 使用 PTC 指令或 网页控制 确认 Azimuth FOV 设置正确。 • 通过点云数据包 Motor Speed 字段或使用 PTC 指令、网页控制 或 PandarView 2 确认电机转速平稳。 • 使用 PTC 指令、网页控制 或 PandarView 2 确认雷达内部温度在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 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）。 <p>然后执行以下操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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）	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 雷达光罩是否洁净（如果有污迹，可按 6 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》。 • 使用 PTC 指令或 网页控制 确认 Azimuth FOV 设置正确。 • 通过点云数据包 Motor Speed 字段或使用 PTC 指令、网页控制 或 PandarView 2 确认电机转速平稳。 • 使用 PTC 指令、网页控制 或 PandarView 2 确认雷达内部温度在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 范围内。 <p>然后执行以下操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 检查是否丢包。 2. 如果未丢包而点云数据闪烁，建议更新至最新版本 PandarView 2（见 禾赛官网“下载”页面，或联系技术支持），并重启计算机。 <p>如果问题持续存在，则尝试以下操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 将雷达连接至另一台计算机和另一个网络。 2. 将雷达重新上电，查看故障是否消失。
GPS 无法锁定	<p>确认以下条件是否满足：</p> <ul style="list-style-type: none"> • GPS 设备连接正常。 • PPS 信号已输入雷达。 • 使用 PTC 指令或 网页控制 指令确认 GPS Destination Port 设置正确。 • 输入的 GPS 信号满足 2.2 电气接口 和 2.3 接线盒（选配） 中的电气要求。 <p>之后重新上电，查看故障是否消失。</p>

附录 A: 通道分布数据

下方表格说明

通道序号	从上到下，从 1 开始编号。
水平角度偏移、垂直角度	水平角度（方位角）偏移和垂直角度（高度角），均为设计值。 <ul style="list-style-type: none"> 准确角度数据在该台雷达的角度修正文件中。 参见 3.1.4 点云数据解析方法。
仪器测距下限、上限	实际测距范围，由分配给各通道的飞行时间（ToF）限定。
兼顾近距通道	特点为： 仪器测距下限 = 0.3 m <ul style="list-style-type: none"> 全部通道均发射远距测量脉冲，探测距离为 2.7 m 以外；此外，32 个兼顾近距通道还发射近距测量脉冲，探测距离为 0.3 ~ 2.85 m。 同一通道的近距、远距测量脉冲在不同时刻发出。 近距测量的水平角分辨率始终为 0.4°（10 Hz）、0.8°（20 Hz）。
最远测距 @10% 反射率	<ul style="list-style-type: none"> 探测概率 = 70% 加括号的数据：仅反映通道的探测能力，而实际测距上限为 仪器测距上限。 通道 98 ~ 128：在远距通常打向地面，因此仅探测近距和中距。
远距通道	通道 34 ~ 65 特点为：可探测 200 m @10%（数据见 最远测距 @10% 反射率 ）。
仪器测距上限处可测的最低反射率	探测概率 = 70%
高分辨率通道	通道 26 ~ 90，特点为： <ul style="list-style-type: none"> 垂直角分辨率 0.125° 高分辨率模式下，水平分辨率为标准模式下的两倍，参见 4.4 水平分辨率设置（High Resolution）。 仪器测距上限 = 200 m

Pandara128E3X_v4p5

通道 序号	角度位置		仪器测距		兼顾近距 通道	最远测距 @10% 反射率	远距 通道	仪器测距上限处 可测的最低反射率	高分辨率 通道
	水平偏移	垂直	下限	上限					
1	3.257°	14.436°	0.3 m	100 m	YES	100 m	-	100 m @ 10%	-
2	3.263°	13.535°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
3	1.091°	13.082°	0.3 m	100 m	YES	100 m	-	100 m @ 10%	-
4	3.268°	12.624°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
5	1.093°	12.165°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
6	3.273°	11.702°	0.3 m	100 m	YES	(120 m)	-	100 m @ 6%	-
7	1.094°	11.239°	2.7 m	100 m	-	(120 m)	-	100 m @ 6%	-
8	3.278°	10.771°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
9	1.095°	10.305°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
10	3.283°	9.830°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
11	1.096°	9.356°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
12	3.288°	8.880°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
13	1.097°	8.401°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
14	3.291°	7.921°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
15	1.098°	7.438°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
16	-1.101°	6.953°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
17	1.100°	6.467°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
18	-1.104°	5.978°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
19	-3.306°	5.487°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
20	-1.106°	4.996°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-

Pandar128E3X_v4p5

21	-3.311°	4.501°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
22	-1.109°	4.007°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
23	-3.318°	3.509°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
24	-1.111°	3.013°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
25	-3.324°	2.512°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
26	-1.113°	2.013°	0.3 m	200 m	YES	140 m	-	200 m @ 37%	YES
27	7.72°	1.885°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
28	5.535°	1.761°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
29	3.325°	1.637°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
30	-3.33°	1.511°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
31	1.107°	1.386°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
32	-5.538°	1.258°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
33	-7.726°	1.13°	0.3 m	200 m	YES	140 m	-	200 m @ 37%	YES
34	-1.115°	1.008°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
35	7.731°	0.88°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
36	5.543°	0.756°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
37	3.329°	0.63°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
38	-3.336°	0.505°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
39	1.108°	0.379°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
40	-5.547°	0.251°	0.3 m	200 m	YES	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
41	-7.738°	0.124°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
42	-1.117°	0.000°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES

Pandar128E3X_v4p5

43	7.743°	-0.129°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
44	5.551°	-0.254°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
45	3.335°	-0.380°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
46	-3.342°	-0.506°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
47	1.110°	-0.632°	0.3 m	200 m	YES	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
48	-5.555°	-0.760°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
49	-7.750°	-0.887°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
50	-1.119°	-1.012°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
51	7.757°	-1.141°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
52	5.560°	-1.266°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
53	3.340°	-1.393°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
54	-3.347°	-1.519°	0.3 m	200 m	YES	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
55	1.111°	-1.646°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
56	-5.564°	-1.773°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
57	-7.762°	-1.901°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
58	-1.121°	-2.027°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
59	7.768°	-2.155°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
60	5.569°	-2.282°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
61	3.345°	-2.409°	0.3 m	200 m	YES	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
62	-3.353°	-2.535°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
63	1.113°	-2.663°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
64	-5.573°	-2.789°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES

Pandar128E3X_v4p5

65	-7.775°	-2.916°	2.7 m	200 m	-	200 m	YES	200 m @ 10%	YES
66	-1.123°	-3.044°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
67	7.780°	-3.172°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
68	5.578°	-3.299°	0.3 m	200 m	YES	140 m	-	200 m @ 37%	YES
69	3.351°	-3.425°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
70	-3.358°	-3.552°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
71	1.115°	-3.680°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
72	-5.582°	-3.806°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
73	-7.787°	-3.933°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
74	-1.125°	-4.062°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
75	7.792°	-4.190°	0.3 m	200 m	YES	140 m	-	200 m @ 37%	YES
76	5.586°	-4.318°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
77	3.356°	-4.444°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
78	-3.363°	-4.571°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
79	1.116°	-4.699°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
80	-5.591°	-4.824°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
81	-7.799°	-4.951°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
82	-1.127°	-5.081°	0.3 m	200 m	YES	140 m	-	200 m @ 37%	YES
83	7.804°	-5.209°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
84	5.595°	-5.336°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
85	3.360°	-5.463°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
86	-3.369°	-5.589°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES

Pandar128E3X_v4p5

87	1.118°	-5.718°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
88	-5.599°	-5.843°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
89	-7.811°	-5.968°	2.7 m	200 m	-	140 m	-	200 m @ 37%	YES
90	-1.129°	-6.100°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
91	-3.374°	-6.607°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
92	-1.130°	-7.117°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
93	-3.379°	-7.624°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
94	-1.132°	-8.134°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
95	-3.383°	-8.640°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
96	3.381°	-9.149°	0.3 m	100 m	YES	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
97	-3.388°	-9.652°	2.7 m	100 m	-	(140 m)	-	100 m @ 3%	-
98	3.386°	-10.160°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
99	1.129°	-10.665°	0.3 m	100 m	YES	100 m	-	100 m @ 10%	-
100	3.390°	-11.170°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
101	1.129°	-11.672°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
102	3.395°	-12.174°	0.3 m	100 m	YES	100 m	-	100 m @ 10%	-
103	1.131°	-12.673°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
104	3.401°	-13.173°	2.7 m	100 m	-	100 m	-	100 m @ 10%	-
105	1.133°	-13.67°	0.3 m	100 m	YES	100 m	-	100 m @ 10%	-
106	3.406°	-14.166°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
107	1.135°	-14.66°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
108	3.410°	-15.154°	0.3 m	100 m	YES	50 m	-	100 m @ 120%	-

Pandar128E3X_v4p5

109	1.137°	-15.645°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
110	3.416°	-16.135°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
111	1.139°	-16.622°	0.3 m	100 m	YES	50 m	-	100 m @ 120%	-
112	-1.142°	-17.106°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
113	1.142°	-17.592°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
114	-1.143°	-18.072°	0.3 m	100 m	YES	50 m	-	100 m @ 120%	-
115	-3.426°	-18.548°	2.7 m	100 m	-	50 m	-	100 m @ 120%	-
116	-1.143°	-19.030°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
117	-3.429°	-19.501°	0.3 m	100 m	YES	25 m	-	100 m @ 1600%	-
118	-1.145°	-19.978°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
119	-3.433°	-20.445°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
120	-1.145°	-20.918°	0.3 m	100 m	YES	25 m	-	100 m @ 1600%	-
121	-3.436°	-21.379°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
122	-1.146°	-21.848°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
123	-3.440°	-22.304°	0.3 m	100 m	YES	25 m	-	100 m @ 1600%	-
124	-1.146°	-22.768°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
125	-3.443°	-23.219°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
126	-1.146°	-23.678°	0.3 m	100 m	YES	25 m	-	100 m @ 1600%	-
127	-3.446°	-24.123°	2.7 m	100 m	-	25 m	-	100 m @ 1600%	-
128	-3.449°	-25.016°	0.3 m	100 m	YES	25 m	-	100 m @ 1600%	—

附录 B: 点云数据的绝对时间

B.1. 绝对时间的来源

雷达依靠外部时钟源获取绝对时间。

B.1.1. GPS 作为时钟源

雷达连接第三方 GPS 模块，获取 PPS 信号和 NMEA 信息。

- NMEA 信息：可通过 PTC 指令或网页控制 选择接收 \$GPRMC 或 \$GPGGA 语句。
- 可通过 PTC 指令或网页控制 查看 PPS 和 NMEA 信号的当前状态。
- PPS 与 NMEA 信号的时序要求见 [2.2.1 引脚定义](#)。
- 雷达内部 1 Hz 信号的每个上升沿触发一个 GPS 数据包，数据格式见 [3.2 GPS 数据包](#)。

绝对时间的更新规则如下：

NMEA 状态	日期和时间（精确到秒）	说明
未锁定（初始）	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。
锁定	同步为真实值	雷达内部 1 Hz 信号的上升沿时，读取上一秒的 NMEA 信息，从中提取日期和时间，自动加 1 秒，从而得到准确的日期和时间。
未锁定（失锁）	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 GPS 时间将产生漂移。

PPS 状态	微秒时间	说明
未锁定（初始）	未同步	雷达内部 1 Hz 信号没有对准整秒时刻。
锁定	同步为真实值	雷达内部 1 Hz 信号的上升沿对准 PPS 脉冲的上升沿（即 GPS 的整秒时刻）。
未锁定（失锁）	内部计时	由雷达内部 1 Hz 信号计数并递增，相比真实的 GPS 时间将产生漂移。

B.1.2. PTP 作为时钟源

雷达连接第三方 PTP master 设备，以获取绝对时间。

- 可通过 PTC 指令或 网页控制 配置 PTP 相关参数。
- 可通过 PTC 指令或 网页控制 查看 PTP 信号的当前状态。
- 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。

- 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 设备已设置正确并且已校准。

B.2. 点云数据包的绝对时间

点云数据包的绝对时间 $t_0 = t_s + t_{ms}$ ，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。

以上字段定义见 [3.1.2.5 数据尾](#)。

B.3. 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	水平高分辨率模式下的开始时间 (μs)	标准模式下的开始时间 (μs)
Block 1	$t_0 + 3.148 - 27.778$	$t_0 + 3.148 - 27.778 \times 2$
Block 2	$t_0 + 3.148$	$t_0 + 3.148$

 水平高分辨率模式、标准模式：参见 [4.4 水平分辨率设置 \(High Resolution\)](#)。

双回波模式下

数据块	开始时间 (μs)
Block 1 & Block 2	$t_0 + 3.148$

B.4. 各通道的发光时刻偏移

已知数据块 m 的开始时间为 $T(m)$ ，其中 $m \in \{1, 2\}$ 。

数据块 m 中，通道 n 的发光时刻为 $t(m, n) = T(m) + \Delta t(n)$ ，其中 $n \in \{1, 2, \dots, 128\}$ 。

发光时刻偏移量 $\Delta t(n)$ 的查表步骤

1. 由点云数据包中 [数据尾](#) 的 **Operational State** 字段，可知雷达当前的运行状态（高性能、标准、节能、待机）。
2. 由点云数据包中 [数据尾](#) 的 **Azimuth State** 字段，可知数据块 m 的方位角标识。
 - 高性能模式下：0 ~ 3
 - 标准/节能模式下：0 ~ 1
3. 查看点云数据包的 [数据主体](#)，由数据块 m 、通道 n 的 **Distance** 字段，可知该脉冲的类型。
 - 距离 > 2.85 m，为远距测距脉冲
 - 距离 ≤ 2.85 m，为近距测距脉冲
4. 从以下表格中查找 $\Delta t(n)$
单位：ns

按通道序号排列

运行状态	高性能模式								标准/节能模式			
方位角标识	0		1		2		3		0		1	
脉冲类型	远距	近距	远距	近距	远距	近距	远距	近距	远距	近距	远距	近距
通道序号												
1	4436	5201	-	-	4436	-	-	-	4436	5201	4436	-
2	-	-	776	-	-	-	776	-	28554	-	28554	-
3	776	1541	-	-	776	-	-	-	776	1541	776	-
4	2431	-	-	-	2781	-	-	-	2431	-	2781	-
5	4436	-	-	-	4436	-	-	-	4436	-	4436	-
6	-	-	2781	4026	-	-	2431	-	30559	31804	30209	-
7	6441	-	-	-	6091	-	-	-	6441	-	6091	-
8	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-
9	-	-	6441	7206	-	-	6091	-	34219	34984	33869	-
10	776	-	-	-	776	-	-	-	776	-	776	-
11	2431	-	-	-	2781	-	-	-	2431	-	2781	-
12	6441	-	-	-	6091	7336	-	-	6441	-	6091	7336
13	-	-	776	-	-	-	776	-	28554	-	28554	-
14	-	-	6441	-	-	-	6091	-	34219	-	33869	-
15	-	-	2781	3546	-	-	2431	-	30559	31324	30209	-
16	-	-	776	-	-	-	776	-	28554	-	28554	-
17	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-

Pandar128E3X_v4p5

18	6441	7206	-	-	6091	-	-	-	6441	7206	6091	-
19	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-
20	776	-	-	-	776	-	-	-	776	-	776	-
21	2431	3196	-	-	2781	-	-	-	2431	3196	2781	-
22	-	-	2781	-	-	-	2431	-	30559	-	30209	-
23	-	-	6441	-	-	-	6091	-	34219	-	33869	-
24	-	-	4786	-	-	-	4086	4851	32564	-	31864	32629
25	4436	-	-	-	4436	-	-	-	4436	-	4436	-
26	10381	-	10731	12126	10381	-	10031	-	38509	39904	37809	-
27	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
28	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
29	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
30	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
31	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
32	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
33	12666	-	13016	-	12666	14061	12316	-	12666	-	12666	14061
34	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
35	10381	-	10731	-	10381	-	10031	-	38509	-	37809	-
36	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
37	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
38	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
39	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-

Pandar128E3X_v4p5

40	14951	27056	15301	-	14951	-	14601	-	43079	27056	42379	-
41	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
42	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
43	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
44	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
45	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
46	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
47	10381	-	10731	27406	10381	-	10031	-	38509	55184	37809	-
48	10381	-	10731	-	10381	-	10031	-	38509	-	37809	-
49	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
50	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
51	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
52	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
53	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
54	12666	-	13016	-	12666	27056	12316	-	12666	-	12666	27056
55	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
56	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
57	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
58	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
59	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
60	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
61	10381	-	10731	-	10381	-	10031	26706	38509	-	37809	54484

Pandar128E3X_v4p5

62	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
63	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
64	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
65	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
66	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
67	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
68	10381	-	10731	-	10381	-	10031	11426	38509	-	37809	39204
69	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
70	10381	-	10731	-	10381	-	10031	-	38509	-	37809	-
71	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
72	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
73	10381	-	10731	-	10381	-	10031	-	38509	-	37809	-
74	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
75	21806	23201	22156	-	21806	-	21456	-	21806	23201	21806	-
76	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
77	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
78	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
79	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
80	19521	-	19871	-	19521	-	19171	-	19521	-	19521	-
81	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-
82	24091	-	24441	-	24091	-	23741	25136	52219	-	51519	52914
83	24091	-	24441	-	24091	-	23741	-	52219	-	51519	-

Pandar128E3X_v4p5

84	17236	-	17586	-	17236	-	16886	-	17236	-	17236	-
85	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
86	8096	-	8446	-	8096	-	7746	-	36224	-	35524	-
87	12666	-	13016	-	12666	-	12316	-	12666	-	12666	-
88	21806	-	22156	-	21806	-	21456	-	21806	-	21806	-
89	14951	-	15301	-	14951	-	14601	-	43079	-	42379	-
90	2431	3676	-	-	2781	-	-	-	2431	3676	2781	-
91	776	-	-	-	776	-	-	-	776	-	776	-
92	4436	-	-	-	4436	-	-	-	4436	-	4436	-
93	6441	-	-	-	6091	6856	-	-	6441	-	6091	6856
94	-	-	6441	-	-	-	6091	-	34219	-	33869	-
95	-	-	2781	-	-	-	2431	-	30559	-	30209	-
96	776	-	-	-	776	2021	0	-	776	-	776	2021
97	-	-	776	-	-	-	776	-	28554	-	28554	-
98	2431	-	-	-	2781	-	-	-	2431	-	2781	-
99	2431	-	-	-	2781	3546	-	-	2431	-	2781	3546
100	4436	-	-	-	4436	-	-	-	4436	-	4436	-
101	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-
102	-	-	776	2021	-	-	776	-	28554	29799	28554	-
103	-	-	2781	-	-	-	2431	-	30559	-	30209	-
104	6441	-	-	-	6091	-	-	-	6441	-	6091	-
105	4436	5681	-	-	4436	-	-	-	4436	5681	4436	-

Pandar128E3X_v4p5

106	-	-	2781	-	-	-	2431	-	30559	-	30209	-
107	-	-	776	-	-	-	776	-	28554	-	28554	-
108	-	-	4786	-	-	-	4086	5331	32564	-	31864	33109
109	6441	-	-	-	6091	-	-	-	6441	-	6091	-
110	-	-	6441	-	-	-	6091	-	34219	-	33869	-
111	-	-	6441	7686	-	-	6091	-	34219	35464	33869	-
112	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-
113	776	-	-	-	776	-	-	-	776	-	776	-
114	4436	-	-	-	4436	5201	-	-	4436	-	4436	5201
115	-	-	4786	-	-	-	4086	-	32564	-	31864	-
116	2431	-	-	-	2781	-	-	-	2431	-	2781	-
117	-	-	2781	-	-	-	2431	3196	30559	-	30209	30974
118	-	-	6441	-	-	-	6091	-	34219	-	33869	-
119	776	-	-	-	776	-	-	-	776	-	776	-
120	-	-	776	1541	-	-	776	-	28554	29319	28554	-
121	4436	-	-	-	4436	-	-	-	4436	-	4436	-
122	6441	-	-	-	6091	-	-	-	6441	-	6091	-
123	-	-	6441	-	-	-	6091	6856	34219	-	33869	34634
124	-	-	2781	-	-	-	2431	-	30559	-	30209	-
125	2431	-	-	-	2781	-	-	-	2431	-	2781	-
126	776	-	-	-	776	1541	-	-	776	-	776	1541
127	6441	-	-	-	6091	-	-	-	6441	-	6091	-

Pandar128E3X_v4p5

128	-	-	776	-	-	-	776	1541	28554	-	28554	29319
脉冲总数	96	8	96	8	96	8	96	8	128	16	128	16

按发光时序排列：高性能模式

方位角 标识	0			方位角 标识	1			方位角 标识	2			方位角 标识	3		
通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距
3	776	1	-	2	776	1	-	3	776	1	-	2	776	1	-
10	776	1	-	13	776	1	-	10	776	1	-	13	776	1	-
20	776	1	-	16	776	1	-	20	776	1	-	16	776	1	-
91	776	1	-	97	776	1	-	91	776	1	-	97	776	1	-
96	776	1	-	102	776	1	-	96	776	1	-	102	776	1	-
113	776	1	-	107	776	1	-	113	776	1	-	107	776	1	-
119	776	1	-	120	776	1	-	119	776	1	-	120	776	1	-
126	776	1	-	128	776	1	-	126	776	1	-	128	776	1	-
3	1541	2	YES	120	1541	2	YES	126	1541	2	YES	128	1541	2	YES
4	2431	3	-	102	2021	3	YES	96	2021	3	YES	6	2431	3	-
11	2431	3	-	6	2781	4	-	4	2781	4	-	15	2431	3	-
21	2431	3	-	15	2781	4	-	11	2781	4	-	22	2431	3	-
90	2431	3	-	22	2781	4	-	21	2781	4	-	95	2431	3	-
98	2431	3	-	95	2781	4	-	90	2781	4	-	103	2431	3	-
99	2431	3	-	103	2781	4	-	98	2781	4	-	106	2431	3	-
116	2431	3	-	106	2781	4	-	99	2781	4	-	117	2431	3	-
125	2431	3	-	117	2781	4	-	116	2781	4	-	124	2431	3	-
21	3196	4	YES	124	2781	4	-	125	2781	4	-	117	3196	4	YES

Pandar128E3X_v4p5

90	3676	5	YES	15	3546	5	YES	99	3546	5	YES	8	4086	5	-
1	4436	6	-	6	4026	6	YES	1	4436	6	-	17	4086	5	-
5	4436	6	-	8	4786	7	-	5	4436	6	-	19	4086	5	-
25	4436	6	-	17	4786	7	-	25	4436	6	-	24	4086	5	-
92	4436	6	-	19	4786	7	-	92	4436	6	-	101	4086	5	-
100	4436	6	-	24	4786	7	-	100	4436	6	-	108	4086	5	-
105	4436	6	-	101	4786	7	-	105	4436	6	-	112	4086	5	-
114	4436	6	-	108	4786	7	-	114	4436	6	-	115	4086	5	-
121	4436	6	-	112	4786	7	-	121	4436	6	-	24	4851	6	YES
1	5201	7	YES	115	4786	7	-	114	5201	7	YES	108	5331	7	YES
105	5681	8	YES	9	6441	8	-	7	6091	8	-	9	6091	8	-
7	6441	9	-	14	6441	8	-	12	6091	8	-	14	6091	8	-
12	6441	9	-	23	6441	8	-	18	6091	8	-	23	6091	8	-
18	6441	9	-	94	6441	8	-	93	6091	8	-	94	6091	8	-
93	6441	9	-	110	6441	8	-	104	6091	8	-	110	6091	8	-
104	6441	9	-	111	6441	8	-	109	6091	8	-	111	6091	8	-
109	6441	9	-	118	6441	8	-	122	6091	8	-	118	6091	8	-
122	6441	9	-	123	6441	8	-	127	6091	8	-	123	6091	8	-
127	6441	9	-	9	7206	9	YES	93	6856	9	YES	123	6856	9	YES
18	7206	10	YES	111	7686	10	YES	12	7336	10	YES	32	7746	10	-
32	8096	11	-	32	8446	11	-	32	8096	11	-	45	7746	10	-
45	8096	11	-	45	8446	11	-	45	8096	11	-	50	7746	10	-

Pandar128E3X_v4p5

50	8096	11	-	50	8446	11	-	50	8096	11	-	51	7746	10	-
51	8096	11	-	51	8446	11	-	51	8096	11	-	65	7746	10	-
65	8096	11	-	65	8446	11	-	65	8096	11	-	76	7746	10	-
76	8096	11	-	76	8446	11	-	76	8096	11	-	79	7746	10	-
79	8096	11	-	79	8446	11	-	79	8096	11	-	86	7746	10	-
86	8096	11	-	86	8446	11	-	86	8096	11	-	26	10031	11	-
26	10381	12	-	26	10731	12	-	26	10381	12	-	35	10031	11	-
35	10381	12	-	35	10731	12	-	35	10381	12	-	47	10031	11	-
47	10381	12	-	47	10731	12	-	47	10381	12	-	48	10031	11	-
48	10381	12	-	48	10731	12	-	48	10381	12	-	61	10031	11	-
61	10381	12	-	61	10731	12	-	61	10381	12	-	68	10031	11	-
68	10381	12	-	68	10731	12	-	68	10381	12	-	70	10031	11	-
70	10381	12	-	70	10731	12	-	70	10381	12	-	73	10031	11	-
73	10381	12	-	73	10731	12	-	73	10381	12	-	68	11426	12	YES
28	12666	13	-	26	12126	13	YES	28	12666	13	-	28	12316	13	-
33	12666	13	-	28	13016	14	-	33	12666	13	-	33	12316	13	-
34	12666	13	-	33	13016	14	-	34	12666	13	-	34	12316	13	-
43	12666	13	-	34	13016	14	-	43	12666	13	-	43	12316	13	-
53	12666	13	-	43	13016	14	-	53	12666	13	-	53	12316	13	-
54	12666	13	-	53	13016	14	-	54	12666	13	-	54	12316	13	-
72	12666	13	-	54	13016	14	-	72	12666	13	-	72	12316	13	-
87	12666	13	-	72	13016	14	-	87	12666	13	-	87	12316	13	-

Pandar128E3X_v4p5

27	14951	14	-	87	13016	14	-	33	14061	14	YES	27	14601	14	-
29	14951	14	-	27	15301	15	-	27	14951	15	-	29	14601	14	-
39	14951	14	-	29	15301	15	-	29	14951	15	-	39	14601	14	-
40	14951	14	-	39	15301	15	-	39	14951	15	-	40	14601	14	-
60	14951	14	-	40	15301	15	-	40	14951	15	-	60	14601	14	-
62	14951	14	-	60	15301	15	-	60	14951	15	-	62	14601	14	-
74	14951	14	-	62	15301	15	-	62	14951	15	-	74	14601	14	-
89	14951	14	-	74	15301	15	-	74	14951	15	-	89	14601	14	-
37	17236	15	-	89	15301	15	-	89	14951	15	-	37	16886	15	-
42	17236	15	-	37	17586	16	-	37	17236	16	-	42	16886	15	-
57	17236	15	-	42	17586	16	-	42	17236	16	-	57	16886	15	-
59	17236	15	-	57	17586	16	-	57	17236	16	-	59	16886	15	-
63	17236	15	-	59	17586	16	-	59	17236	16	-	63	16886	15	-
64	17236	15	-	63	17586	16	-	63	17236	16	-	64	16886	15	-
78	17236	15	-	64	17586	16	-	64	17236	16	-	78	16886	15	-
84	17236	15	-	78	17586	16	-	78	17236	16	-	84	16886	15	-
30	19521	16	-	84	17586	16	-	84	17236	16	-	30	19171	16	-
31	19521	16	-	30	19871	17	-	30	19521	17	-	31	19171	16	-
41	19521	16	-	31	19871	17	-	31	19521	17	-	41	19171	16	-
52	19521	16	-	41	19871	17	-	41	19521	17	-	52	19171	16	-
66	19521	16	-	52	19871	17	-	52	19521	17	-	66	19171	16	-
67	19521	16	-	66	19871	17	-	66	19521	17	-	67	19171	16	-

Pandar128E3X_v4p5

77	19521	16	-	67	19871	17	-	67	19521	17	-	77	19171	16	-
80	19521	16	-	77	19871	17	-	77	19521	17	-	80	19171	16	-
44	21806	17	-	80	19871	17	-	80	19521	17	-	44	21456	17	-
46	21806	17	-	44	22156	18	-	44	21806	18	-	46	21456	17	-
49	21806	17	-	46	22156	18	-	46	21806	18	-	49	21456	17	-
58	21806	17	-	49	22156	18	-	49	21806	18	-	58	21456	17	-
71	21806	17	-	58	22156	18	-	58	21806	18	-	71	21456	17	-
75	21806	17	-	71	22156	18	-	71	21806	18	-	75	21456	17	-
85	21806	17	-	75	22156	18	-	75	21806	18	-	85	21456	17	-
88	21806	17	-	85	22156	18	-	85	21806	18	-	88	21456	17	-
75	23201	18	YES	88	22156	18	-	88	21806	18	-	36	23741	18	-
36	24091	19	-	36	24441	19	-	36	24091	19	-	38	23741	18	-
38	24091	19	-	38	24441	19	-	38	24091	19	-	55	23741	18	-
55	24091	19	-	55	24441	19	-	55	24091	19	-	56	23741	18	-
56	24091	19	-	56	24441	19	-	56	24091	19	-	69	23741	18	-
69	24091	19	-	69	24441	19	-	69	24091	19	-	81	23741	18	-
81	24091	19	-	81	24441	19	-	81	24091	19	-	82	23741	18	-
82	24091	19	-	82	24441	19	-	82	24091	19	-	83	23741	18	-
83	24091	19	-	83	24441	19	-	83	24091	19	-	82	25136	19	YES
40	27056	20	YES	47	27406	20	YES	54	27056	20	YES	61	26706	20	YES
脉冲总数		104	8	脉冲总数		104	8	脉冲总数		104	8	脉冲总数		104	8

按发光时序排列：标准/节能模式

方位角 标识	0			方位角 标识	0			方位角 标识	1			方位角 标识	1		
通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距	通道	$\Delta t(n)$	时序	近距
119	776	1	-	90	3676	5	YES	119	776	1	-	99	3546	5	YES
126	776	1	-	121	4436	6	-	126	776	1	-	121	4436	6	-
91	776	1	-	114	4436	6	-	91	776	1	-	114	4436	6	-
20	776	1	-	25	4436	6	-	20	776	1	-	25	4436	6	-
3	776	1	-	92	4436	6	-	3	776	1	-	92	4436	6	-
10	776	1	-	5	4436	6	-	10	776	1	-	5	4436	6	-
113	776	1	-	1	4436	6	-	113	776	1	-	1	4436	6	-
96	776	1	-	105	4436	6	-	96	776	1	-	105	4436	6	-
3	1541	2	YES	100	4436	6	-	126	1541	2	YES	100	4436	6	-
125	2431	3	-	1	5201	7	YES	96	2021	3	YES	114	5201	7	YES
116	2431	3	-	105	5681	8	YES	125	2781	4	-	127	6091	8	-
21	2431	3	-	127	6441	9	-	116	2781	4	-	122	6091	8	-
90	2431	3	-	122	6441	9	-	21	2781	4	-	93	6091	8	-
11	2431	3	-	93	6441	9	-	90	2781	4	-	18	6091	8	-
4	2431	3	-	18	6441	9	-	11	2781	4	-	7	6091	8	-
99	2431	3	-	7	6441	9	-	4	2781	4	-	12	6091	8	-
98	2431	3	-	12	6441	9	-	99	2781	4	-	109	6091	8	-
21	3196	4	YES	109	6441	9	-	98	2781	4	-	104	6091	8	-

Pandar128E3X_v4p5

104	6441	9	-	41	19521	13	-	93	6856	9	YES	59	17236	13	-
18	7206	10	YES	80	19521	13	-	12	7336	10	YES	41	19521	14	-
33	12666	11	-	30	19521	13	-	33	12666	11	-	80	19521	14	-
72	12666	11	-	66	19521	13	-	72	12666	11	-	30	19521	14	-
54	12666	11	-	31	19521	13	-	54	12666	11	-	66	19521	14	-
34	12666	11	-	77	19521	13	-	34	12666	11	-	31	19521	14	-
87	12666	11	-	52	19521	13	-	87	12666	11	-	77	19521	14	-
53	12666	11	-	67	19521	13	-	53	12666	11	-	52	19521	14	-
28	12666	11	-	49	21806	14	-	28	12666	11	-	67	19521	14	-
43	12666	11	-	88	21806	14	-	43	12666	11	-	49	21806	15	-
57	17236	12	-	46	21806	14	-	33	14061	12	YES	88	21806	15	-
64	17236	12	-	58	21806	14	-	57	17236	13	-	46	21806	15	-
78	17236	12	-	71	21806	14	-	64	17236	13	-	58	21806	15	-
42	17236	12	-	85	21806	14	-	78	17236	13	-	71	21806	15	-
63	17236	12	-	44	21806	14	-	42	17236	13	-	85	21806	15	-
37	17236	12	-	75	21806	14	-	63	17236	13	-	44	21806	15	-
84	17236	12	-	75	23201	15	YES	37	17236	13	-	75	21806	15	-
59	17236	12	-	40	27056	16	YES	84	17236	13	-	54	27056	16	YES
128	28554	17	-	15	31324	21	YES	128	28554	17	-	115	31864	21	-
120	28554	17	-	6	31804	22	YES	120	28554	17	-	112	31864	21	-
97	28554	17	-	115	32564	23	-	97	28554	17	-	19	31864	21	-
16	28554	17	-	112	32564	23	-	16	28554	17	-	24	31864	21	-

Pandar128E3X_v4p5

13	28554	17	-	19	32564	23	-	13	28554	17	-	17	31864	21	-
2	28554	17	-	24	32564	23	-	2	28554	17	-	8	31864	21	-
107	28554	17	-	17	32564	23	-	107	28554	17	-	101	31864	21	-
102	28554	17	-	8	32564	23	-	102	28554	17	-	108	31864	21	-
120	29319	18	YES	101	32564	23	-	128	29319	18	YES	24	32629	22	YES
102	29799	19	YES	108	32564	23	-	117	30209	19	-	108	33109	23	YES
117	30559	20	-	123	34219	24	-	124	30209	19	-	123	33869	24	-
124	30559	20	-	118	34219	24	-	95	30209	19	-	118	33869	24	-
95	30559	20	-	23	34219	24	-	22	30209	19	-	23	33869	24	-
22	30559	20	-	94	34219	24	-	15	30209	19	-	94	33869	24	-
15	30559	20	-	9	34219	24	-	6	30209	19	-	9	33869	24	-
6	30559	20	-	14	34219	24	-	103	30209	19	-	14	33869	24	-
103	30559	20	-	111	34219	24	-	106	30209	19	-	111	33869	24	-
106	30559	20	-	110	34219	24	-	117	30974	20	YES	110	33869	24	-
9	34984	25	YES	74	43079	30	-	123	34634	25	YES	39	42379	29	-
111	35464	26	YES	39	43079	30	-	65	35524	26	-	29	42379	29	-
65	36224	27	-	29	43079	30	-	32	35524	26	-	60	42379	29	-
32	36224	27	-	60	43079	30	-	86	35524	26	-	27	42379	29	-
86	36224	27	-	27	43079	30	-	50	35524	26	-	81	51519	30	-
50	36224	27	-	81	52219	31	-	79	35524	26	-	56	51519	30	-
79	36224	27	-	56	52219	31	-	45	35524	26	-	38	51519	30	-
45	36224	27	-	38	52219	31	-	76	35524	26	-	82	51519	30	-

Pandar128E3X_v4p5

76	36224	27	-	82	52219	31	-	51	35524	26	-	55	51519	30	-
51	36224	27	-	26	38509	28	-	73	37809	27	-	26	38509	28	-
73	38509	28	-	47	38509	28	-	48	37809	27	-	47	38509	28	-
48	38509	28	-	61	38509	28	-	70	37809	27	-	61	38509	28	-
70	38509	28	-	68	38509	28	-	26	37809	27	-	68	38509	28	-
26	39904	29	YES	35	38509	28	-	89	42379	29	-	35	38509	28	-
89	43079	30	-	55	52219	31	-	40	42379	29	-	55	52219	31	-
40	43079	30	-	69	52219	31	-	62	42379	29	-	69	52219	31	-
62	43079	30	-	36	52219	31	-	74	42379	29	-	36	52219	31	-
83	52219	31	-	47	55184	32	YES	83	52219	31	-	47	55184	32	YES
脉冲总数		144	16	脉冲总数		144	16	脉冲总数		144	16	脉冲总数		144	16

附录 C: 反射率非线性映射

点云数据包的 **Reflectivity** 字段（见 [3.1.2.3 数据主体](#)）与目标物反射率默认为线性关系。

- **Reflectivity** 字段取值范围：0 ~ 255
- 反射率范围：0 ~ 255%

用户可以通过 PTC 指令或 网页控制 选择非线性映射。

C.1. 非线性映射 1#

可在低反射率区域提升对比度，映射关系如下图。

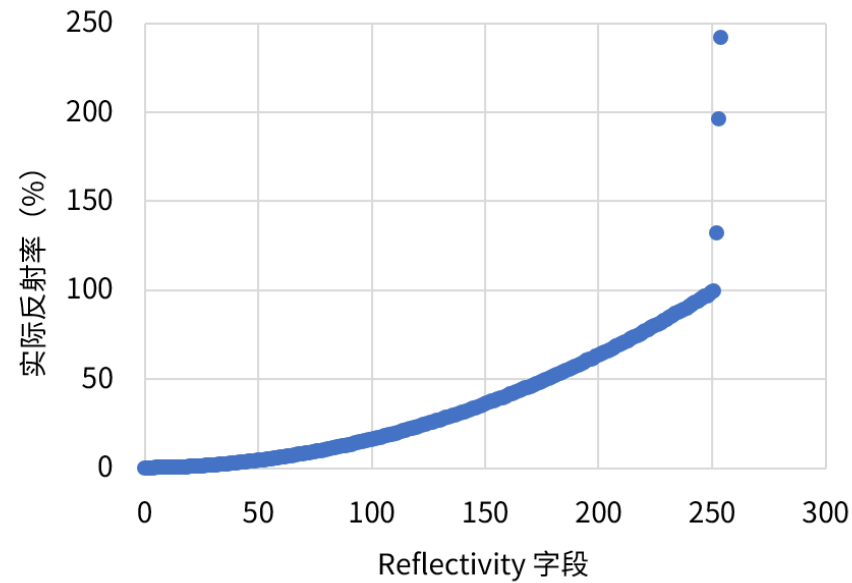


图 27. 反射率非线性映射 1#

反射率非线性映射 1#

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

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
80	10.17	81	10.5	82	10.83	83	11.12
84	11.37	85	11.62	86	11.87	87	12.12
88	12.37	89	12.62	90	12.87	91	13.17
92	13.5	93	13.83	94	14.17	95	14.5
96	14.83	97	15.12	98	15.37	99	15.62
100	15.87	101	16.17	102	16.5	103	16.83
104	17.17	105	17.5	106	17.83	107	18.17
108	18.5	109	18.83	110	19.17	111	19.5
112	19.83	113	20.25	114	20.75	115	21.17
116	21.5	117	21.83	118	22.17	119	22.5
120	22.83	121	23.25	122	23.75	123	24.17
124	24.5	125	24.83	126	25.25	127	25.75
128	26.17	129	26.5	130	26.83	131	27.25
132	27.75	133	28.17	134	28.5	135	28.83
136	29.25	137	29.75	138	30.25	139	30.75
140	31.17	141	31.5	142	31.83	143	32.25
144	32.75	145	33.25	146	33.75	147	34.25
148	34.75	149	35.25	150	35.75	151	36.25
152	36.75	153	37.25	154	37.75	155	38.25
156	38.75	157	39.17	158	39.5	159	39.83
160	40.5	161	41.25	162	41.75	163	42.25

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
164	42.75	165	43.25	166	43.75	167	44.25
168	44.75	169	45.25	170	45.75	171	46.25
172	46.75	173	47.25	174	47.75	175	48.25
176	48.75	177	49.5	178	50.25	179	50.75
180	51.25	181	51.75	182	52.25	183	52.75
184	53.5	185	54.25	186	54.75	187	55.25
188	55.75	189	56.5	190	57.25	191	57.75
192	58.25	193	58.75	194	59.5	195	60.25
196	60.75	197	61.25	198	61.75	199	62.5
200	63.25	201	63.75	202	64.5	203	65.25
204	65.75	205	66.25	206	66.75	207	67.5
208	68.25	209	68.75	210	69.5	211	70.25
212	70.75	213	71.5	214	72.25	215	72.75
216	73.5	217	74.25	218	74.75	219	75.5
220	76.5	221	77.25	222	77.75	223	78.5
224	79.25	225	79.75	226	80.5	227	81.25
228	81.75	229	82.5	230	83.5	231	84.25
232	84.75	233	85.5	234	86.5	235	87.25
236	87.75	237	88.5	238	89.25	239	89.75
240	90.5	241	91.5	242	92.5	243	93.25
244	93.75	245	94.5	246	95.5	247	96.25

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
248	96.75	249	97.5	250	98.5	251	99.5
252	132	253	196	254	242	-	-

C.2. 非线性映射 2#

可提升路面车道线的分辨率，映射关系如下图。

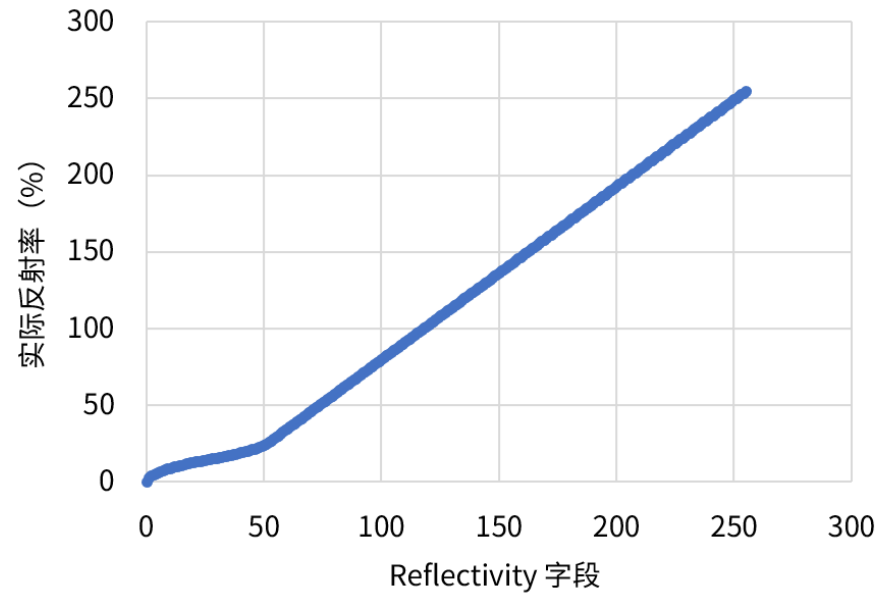


图 28. 反射率非线性映射 2#

反射率非线性映射 2#

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
0	0	1	2.89	2	4.08	3	5
4	5.77	5	6.45	6	7.07	7	7.64
8	8.16	9	8.66	10	9.13	11	9.57
12	10	13	10.41	14	10.8	15	11.18
16	11.55	17	11.9	18	12.25	19	12.58

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
20	12.91	21	13.23	22	13.54	23	13.84
24	14.14	25	14.43	26	14.72	27	15
28	15.28	29	15.57	30	15.86	31	16.16
32	16.46	33	16.77	34	17.09	35	17.42
36	17.75	37	18.1	38	18.45	39	18.82
40	19.2	41	19.59	42	20	43	20.43
44	20.87	45	21.34	46	21.84	47	22.36
48	22.93	49	23.55	50	24.23	51	25
52	25.92	53	27.09	54	28.22	55	29.35
56	30.47	57	31.6	58	32.73	59	33.86
60	34.99	61	36.12	62	37.25	63	38.37
64	39.5	65	40.63	66	41.76	67	42.89
68	44.02	69	45.15	70	46.28	71	47.4
72	48.53	73	49.66	74	50.79	75	51.92
76	53.05	77	54.18	78	55.3	79	56.43
80	57.56	81	58.69	82	59.82	83	60.95
84	62.08	85	63.21	86	64.33	87	65.46
88	66.59	89	67.72	90	68.85	91	69.98
92	71.11	93	72.23	94	73.36	95	74.49
96	75.62	97	76.75	98	77.88	99	79.01
100	80.14	101	81.26	102	82.39	103	83.52

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
104	84.65	105	85.78	106	86.91	107	88.04
108	89.16	109	90.29	110	91.42	111	92.55
112	93.68	113	94.81	114	95.94	115	97.07
116	98.19	117	99.32	118	100.45	119	101.58
120	102.71	121	103.84	122	104.97	123	106.09
124	107.22	125	108.35	126	109.48	127	110.61
128	111.74	129	112.87	130	114	131	115.12
132	116.25	133	117.38	134	118.51	135	119.64
136	120.77	137	121.9	138	123.02	139	124.15
140	125.28	141	126.41	142	127.54	143	128.67
144	129.8	145	130.93	146	132.05	147	133.18
148	134.31	149	135.44	150	136.57	151	137.7
152	138.83	153	139.95	154	141.08	155	142.21
156	143.34	157	144.47	158	145.6	159	146.73
160	147.86	161	148.98	162	150.11	163	151.24
164	152.37	165	153.5	166	154.63	167	155.76
168	156.88	169	158.01	170	159.14	171	160.27
172	161.4	173	162.53	174	163.66	175	164.79
176	165.91	177	167.04	178	168.17	179	169.3
180	170.43	181	171.56	182	172.69	183	173.81
184	174.94	185	176.07	186	177.2	187	178.33

Pandar128E3X_v4p5

Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %	Reflectivity 字段	实际反射率 %
188	179.46	189	180.59	190	181.72	191	182.84
192	183.97	193	185.1	194	186.23	195	187.36
196	188.49	197	189.62	198	190.74	199	191.87
200	193	201	194.13	202	195.26	203	196.39
204	197.52	205	198.65	206	199.77	207	200.9
208	202.03	209	203.16	210	204.29	211	205.42
212	206.55	213	207.67	214	208.8	215	209.93
216	211.06	217	212.19	218	213.32	219	214.45
220	215.58	221	216.7	222	217.83	223	218.96
224	220.09	225	221.22	226	222.35	227	223.48
228	224.6	229	225.73	230	226.86	231	227.99
232	229.12	233	230.25	234	231.38	235	232.51
236	233.63	237	234.76	238	235.89	239	237.02
240	238.15	241	239.28	242	240.41	243	241.53
244	242.66	245	243.79	246	244.92	247	246.05
248	247.18	249	248.31	250	249.44	251	250.56
252	251.69	253	252.82	254	253.95	255	255.08

附录 D: 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/warranty>

上海禾赛科技有限公司

联系电话：400-805-1233

公司网址：www.hesai.tech

办公地址：上海虹桥世界中心L2栋

公司邮箱：info@hesai.tech

售后邮箱：service@hesai.tech