

PACECAT®

360 度非重复式扫描 3D 激光雷达 使用说明书

适用机型：

M360-E 单回波

M360-E-D 双回波

版 本： Ver 1.4



版本履历

日期	版本	内容更新
2024-11-15	Ver 0.1	M360-E 初始版本
2025-01-11	Ver 1.0	1.更新数据协议 2.增加部分内容说明
2025-04-18	Ver 1.1	修改 IMU 位置说明
2025-06-04	Ver 1.2	修改点云输出频率说明
2025-10-11	Ver 1.3	增加双回波机型 M360-E-D 点云数据协议双回波机型差异说明
2026-02-27	Ver 1.4	更新联系方式 增加 2.4 认证信息 更新 4.1 产品规格参数 更新驱动地址

版权

© 2024 版权所有

声明

- 公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利保护；
- **未经事先书面许可，不得复制更改本说明书内** 内
容；
- 本产品以此说明书内容为准，对因使用本说明书导致任何偶然或者继发的**损失，本公司保留解释权；**
- **由于公司将不断完善本产品，因此我们保留随时对产**
品做出更改的权力，此版本手册可能未及时进行更新说明。如果需要进一
步帮助，请联系售后。

联系方式

地址：浙江省金华市婺城区秋滨街道仙华南街 1398 号

NO. 1398, XIANHUA SOUTH STREET, JINHUA, 321000, ZHEJIANG, CHINA

售后热线：400-822-0027

AFTER-SALES SERVICE HOTLINE: 400-822-0027

网站：<http://www.pacecat.com>



目录

1. 安全事项.....	1
1.1 使用规范.....	1
1.2 违规操作.....	1
1.3 安装及操作注意事项.....	1
2. 产品概述.....	2
2.1 产品简介.....	2
2.2 工作原理.....	2
2.3 产品特点.....	3
2.4 认证信息.....	3
3. 产品结构与安装.....	4
3.1 机械尺寸.....	4
3.2 光学窗口有效视场角 FOV.....	5
4. 参数性能.....	6
4.1 产品规格参数.....	6
4.2 接口定义.....	7
4.3 通讯与接口.....	8
4.4 坐标系定义.....	9
4.5 IMU 位置.....	9
5. 上位机软件.....	10
5.1 上位机使用说明.....	10
5.1.1 PaceCatView3D 安装教程.....	10
5.1.2 PaceCatView3D 连接教程.....	11
5.1.3 PaceCatView3D 基础功能说明.....	13
6. 数据通讯协议.....	14
6.1 点云数据协议.....	14
6.2 IMU 数据协议.....	15
6.3 网络心跳协议.....	16
6.4 网络心跳协议解析.....	17
7. 开发工具与支持.....	18

1. 安全事项

1.1 使用规范

■ 使用前请仔细阅读说明书，严禁违规操作，任何违规的操作导致产品损坏，责任自负；

■ 为了避免产品损坏和确保人身安全，严禁在易燃易爆的环境下操作产品，严禁在易腐蚀、超越产品 IP 防护等级的环境中使用本产品。

1.2 违规操作

■ 严禁使用坚硬物品刮擦光学外罩，表面受损会影响测距精度，导致噪点数据增加；为避免灰尘脏污影响测距性能，请保持产品外观清洁；

■ **未经许可用户不可擅自拆开产品，严禁在产品运行时拆开** 开光学外罩；

■ 禁止使用超出参数范围标准的电源供电，防止因电压问题导致产品运行异常或永久性损坏；

■ 产品光学外罩结构只能保证其 IP67 防护等级及自身运行可靠性，装配及使用过程请避免跌落、碰撞、挤压及焚烧等非正常操作。

1.3 安装及操作注意事项

■ 产品安装前需确保安装孔与底座预留螺丝孔对齐、安装面平整防止因尺寸不匹配或表面异物凸起导致雷达底座变形，影响雷达正常运行；

■ 产品长时间运行会导致表面温度升高，请勿用皮肤直接接触产品外壳，谨防发生意外；



■ 为确保机身周围及底部空气流动以保证产品散热，产品安装要求四周及底部进行避空设计，产品底部悬空安装或安装在平整的金属底板上，建议机身周围至少预留 10mm 避空尺寸，底部预留空气对流散热面积不小于机身底部面积；

■ 产品运行时持续发射红外激光，符合 IEC60825-1 Class I 级别激光器安全标准，为确保安全使用，请勿长时间直视发光表面；



■ **若发现产品外观破损或工作异常，请立即停止使用并及时联系售后进行检测** 行检测，任何维护、零件更换的措施必须由厂家执行。

2. 产品概述

2.1 产品简介

M360-E 是一款高性价比且安全可靠的激光雷达。可支持测距，建图，定位，避障，识别等，应用广泛。M360-E 可探测 0.05m-50m（90%反射率目标）的物体。

M360-E 支持水平方向 360°，垂直方向-10°~60°的视场角。

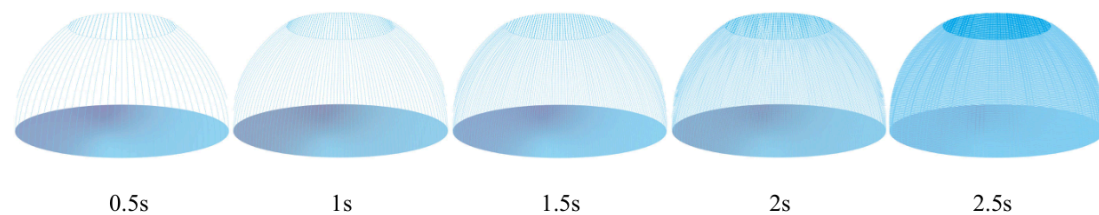
M360-E 内置 3 轴加速度计和 3 轴陀螺仪，IMU 数据包括 3 轴加速度及 3 轴角速度，方向与点云坐标系相同。

M360-E 体积小、重量轻，适用于各型机器人上使用。

2.2 工作原理

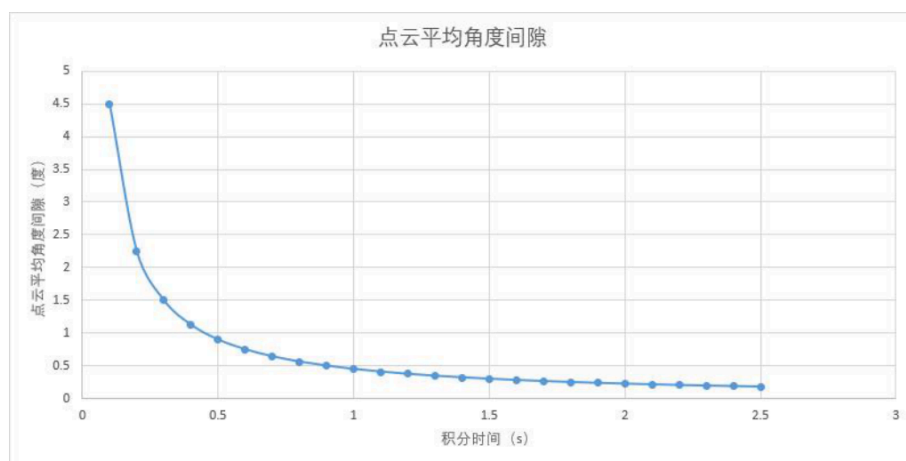
M360-E 使用非重复扫描模式，在此模式下，M360-E 的视场覆盖率较高，并且随测试时间增加，视场覆盖率会明显增大，能够探测到更多细节。

下图所示为非重复扫描模式下不同积分时间内（0.5s，1.0s，1.5s，2.0s，2.5s）LDS-M300-E 的点云效果图。



M360-E 不同积分时间点云效果图

下图所示为非重复扫描模式下不同积分时间内点云平均角度间隙变化曲线图，可以根据需要探测的物体大小远近来选择积分时间。



M360-E 不同积分时间点云平均角度间隙

2.3 产品特点

- 雷达测距范围 0.05~50m (90%反射率目标), 且同步输出反射目标强度值 0~255, 可用于算法判断反射物体;
- 运行功耗小于 4.5W、运行温度-10℃~60℃、IP67 防护, 可满足大部分使用场景;
- 支持水平 360°, 竖直 70°的范围覆盖, 采用非重复扫描模式, 提高视场覆盖率;
- 合理的光学设计, 有效提高抗脏污能力及抗强光干扰能力。

2.4 认证信息

合规性与认证

2.4.1 安全与激光安全

激光安全标准: 本产品设计符合以下标准:

IEC 60825-1:2014: 安全等级为 Class 1 (在正常使用条件下对眼睛安全)。

FDA 21 CFR 1040.10: 符合美国食品药品监督管理局对激光产品的 Class 1 安全要求。

2.4.2 电磁兼容性 (EMC)

本产品作为电气测量设备, 其设计与测试优先符合测量、控制和实验室用设备的核心 EMC 标准。

主要符合性标准: EN 61326-1:2021 (测量、控制和实验室用的电气设备 EMC 要求)。

2.4.3 化学环保物质

本产品及其生产流程符合以下有害物质限制指令/法规:

RoHS (2011/65/EU): 符合附录 II 的限值要求。

REACH (EC 1907/2006): 符合 SVHC (高关注度物质) 的通报义务要求。

2.4.4 无线射频性能 (为整机认证提供支持)

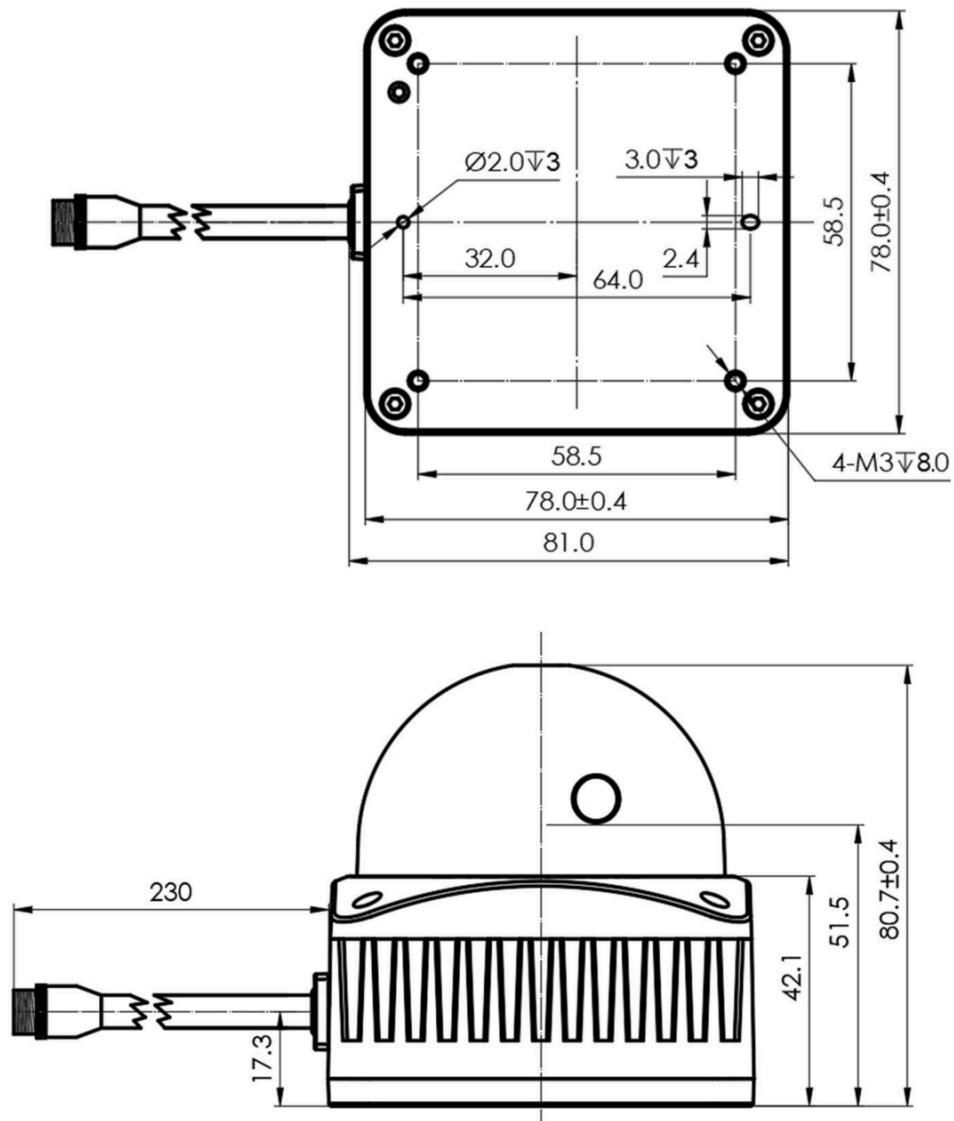
本产品为纯有线接口的传感设备, 内部未集成任何无线射频收发模块 (如 Wi-Fi、蓝牙或蜂窝网络)。因此, 本产品不适用基于 RED 指令 (2014/53/EU) 的无线标准 (如 EN 300 328 等) 的认证要求。

客户的整机产品如因集成其他无线模块而需进行相关认证, 我司可在传感器数据接口、电源完整性及结构屏蔽方面提供必要的技术数据与协同分析支持, 以协助客户完成整机系统设计。

3. 产品结构与安装

3.1 机械尺寸

单位: mm

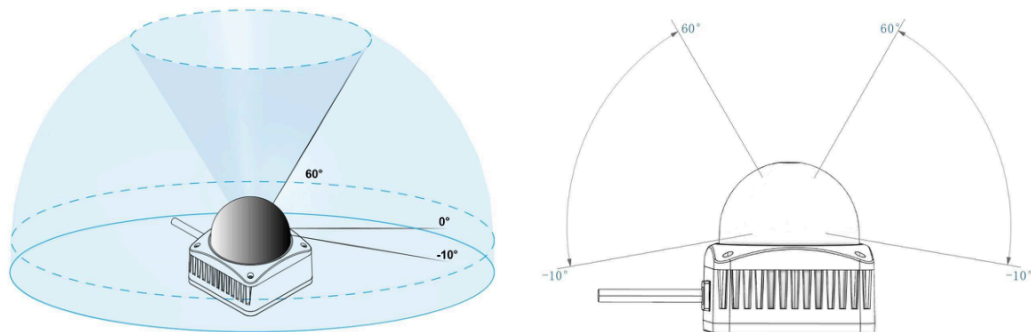


3.2 光学窗口有效视场角 FOV

外罩对光学窗口出现遮挡会影响测距性能和精度，因此产品设计，减少激光穿透外罩时能量损耗；

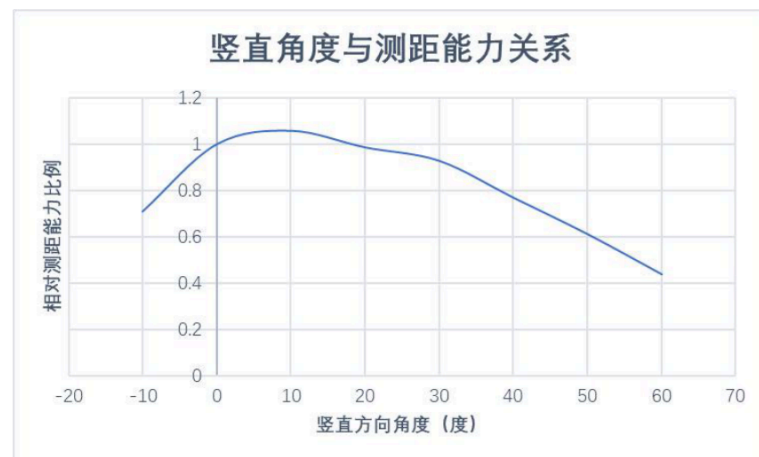
产品安装时对方向没有任何限制，请确保 FOV 不被遮挡，任何形式的遮挡都会影响产品测距性能；

光学外罩上的灰尘、脏污或划痕损伤都会影响产品测距性能，当外罩表面脏污时，推荐使用除尘气吹或擦镜布配合酒精进行擦拭；使用及存放时请勿对外罩施加任何外部伤害，避免外罩损伤造成测距性能衰减。



M360-E 有效 FOV 范围

由于特殊的转镜设计结构，雷达竖直方向不同角度接收透镜接收能量面积不同，导致不同角度有效测距量程存在差异；以竖直 0° 角测距能力为参考基准 1，相同反射率目标物竖直方向不同角度与测距能力关系见下图：



M360-E 不同竖直角度测距能力

如上图所示，以竖直方向 0° 角 10% 反射目标物有效测程 25m 为参考基准 1，通过相对测距能力比例公式“某角度有效测程=竖直 0° 有效测程*该角度相对测距能力比例”可以得出不同竖直角度方向上的有效测程。

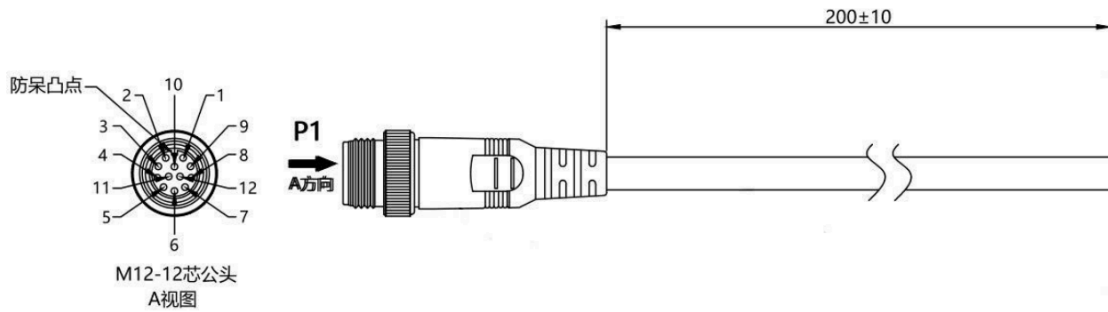
4. 参数性能

4.1 产品规格参数

型号	M360-E (-D)
激光波长	905nm±15nm
人眼安全等级①	CLASS 1 (IEC 60825-1:2014)
检测距离	0.05-50m (90%反射率) 0.1-25m (10%反射率)
近处盲区②	0.05m
视场角 FOV	水平 360°, 竖直-10°~60°
水平角分辨率	0.9°@0.5s, 0.45°@1s, 0.3°@1.5s, 0.225° @2s, 0.18° @2.5s
垂直角分辨率	0.36°
测距随机误差 (1σ) ③	≤2cm (@10m) ④ ≤3cm (@0.2m) ⑤
角度随机误差(1σ)	≤0.18°
点云输出频率	200kHz
回波模式	M360-E 单回波 M360-E-D 双回波
数据网口	100 BASE-TX 以太网
数据同步方式	IEEE 1588-2008(PTP v2), GPS⑥
抗串扰功能	有
虚警率 (@100klx) ⑦	<0.01%
IMU	内置 IMU
功率	<4.5W (环境温度 25°C)
供电电压范围	12~32V DC
工作环境温度⑧	-10°C ~ +60°C
储存环境温度	-30 °C ~ +70°C
防护等级	IP67
运行分贝	≤50dB⑨
额定寿命	≥ 10000 小时⑩
尺寸	78mmx78mmx81mm
重量	408±5g
<p>① 切勿长时间直视激光发射口方向或者拆开 M360-E 以免造成伤害。</p> <p>② 若目标物体距离 0.05 m 至 0.2 m, M360-E 可探测并输出点云数据, 但由于无法保证探测精度, 此数据仅供参考。</p> <p>③ 为保证对量程内不同反射率物体的有效探测, 个别位置可能会出现点云精度轻微下降的现象。</p> <p>④ 测试条件为环境温度 25°C 左右, 目标物体反射率 90%, 测试距离 10 m。</p> <p>⑤ 测试条件为环境温度 25°C 左右, 目标物体反射率 90%, 测试距离 0.2 m。在 0.05~1 m 范围内的低反射率物体和细小物体 (包括但不限于黑色泡棉、水面、镜面、亮面或经消光处理的物体、细线等), 可能无法保证探测效果。</p> <p>⑥ 目前未开放, 若客户需要开放此功能, 请联系本司。</p> <p>⑦ 在 100 klx 日光条件下, 环境温度 25°C 左右, 环境杂散光产生的虚警噪点比例。</p> <p>⑧ 在高温和低温环境、强烈振动、大雾天气等环境下, M360-E 性能将有小幅下降。此外, 长期高温工作可能会影响产品性能, 甚至造成产品损坏。建议用户增加有效散热措施, 保证外壳散热齿内壁温度不超过 80°C。若温度过高将会触发过温保护机制, M360-E 会发出超温警告, 严重超温时将停止运行。</p> <p>⑨ 雷达处于静态运行模式, 在半消声室中, 于设备正面垂直距离 0.1 米处进行测量, 背景噪声 (底噪) 保证在 < 30 dB (A) 以下。</p> <p>⑩ 标准大气压、环境温度+25°C、常规室内环境湿度, 额定电压供电下持续测量运行。</p>	

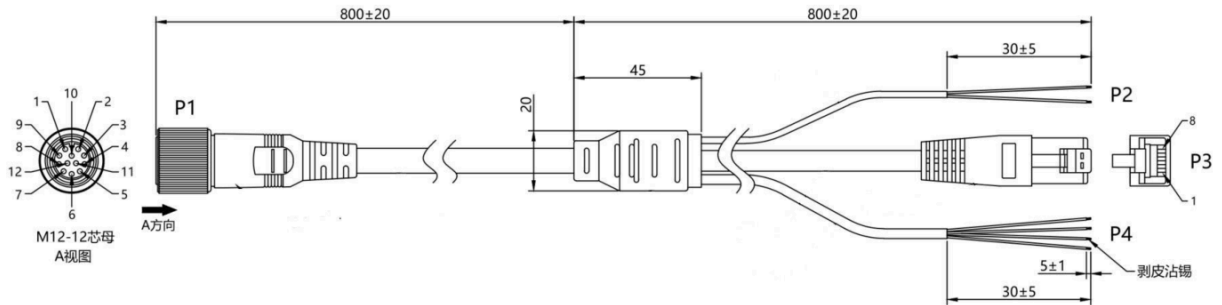
4.2 接口定义

M360-E 使用 12 芯 M12 航空插头，接线图及引脚定义如下：



M360-E 航插配套连接线如下图所示为一分三线，P2、P3、P4 分别为电源线、RJ45 网络水晶头与功能线，线序排列参照接口引脚定义；

航插配套连接线需额外购买，客户也可根据接口引脚定义自行制作连接线。



接口引脚定义			
M12 航插引脚序号	雷达线颜色	配套连接线颜色	引脚定义
1	棕色	红色	12~32V DC
9	灰色	红色	
2	橙色	黑色	GND
3	紫色	黑色	
4	黄黑	橙色	Ethernet TX+
5	黄色	橙白	Ethernet TX-
6	蓝黑	绿白	Ethernet RX+
7	蓝色	绿色	Ethernet RX-
8	黑色	蓝色	秒脉冲（预留）
10	红色	棕色	GPS 输入（预留）
11	白色	白色	485A（预留）
12	绿色	黄色	485B（预留）

雷达接线方式及引脚定义

4.3 通讯与接口

M360-E 使用静态 IP 模式通过以太网进行数据通信（UDP），产品与电脑之间使用标准以太网接口连接网线。为了保证雷达能够和电脑正常通讯，需要保证二者在同一个网段，且雷达上传 IP 与电脑 IP 一致。

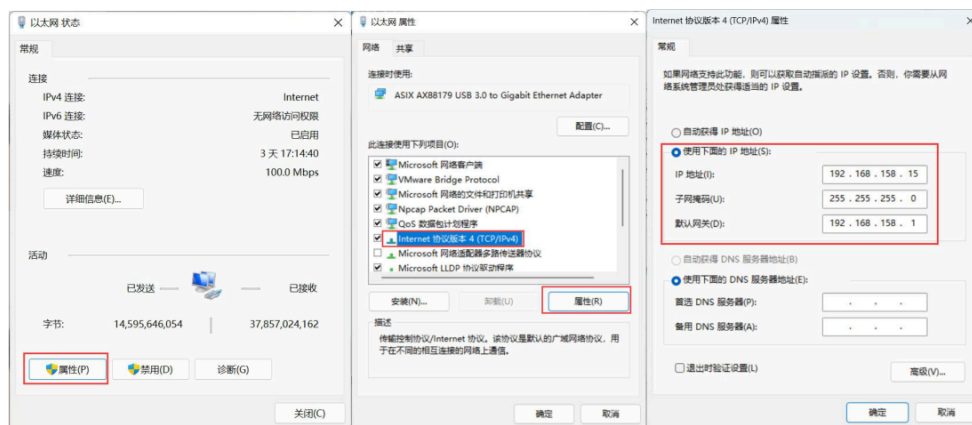
雷达出厂设置如下：

- 雷达 IP：192.168.158.98
- 雷达子网掩码：255.255.255.0
- 雷达网关：192.168.158.1
- 雷达默认上传地址：192.168.158.15

电脑网络设置如下：

- 电脑 IP：192.168.158.15
- 电脑子网掩码：255.255.255.0
- 电脑网关：192.168.158.1

电脑 IP 设置流程如下：



注：

产品连接电源线与功能线时，请参照 4.2 接口定义正确接线，确保电源极性与电压范围正确，RJ45 网口与功能线请勿接入电源，错误接线可能会导致产品永久性损坏；

如果需要多台 **M360-E** 同时连接到 PC 端，请将每台 **M300-E** 设置成不同的 IP 地址，并且通过千兆路由器或千兆交换机连接；

如果需要使用 GPS 时间同步功能，将功能线连接到相应的同步源上，线序参照接口引脚定义。（预留功能）

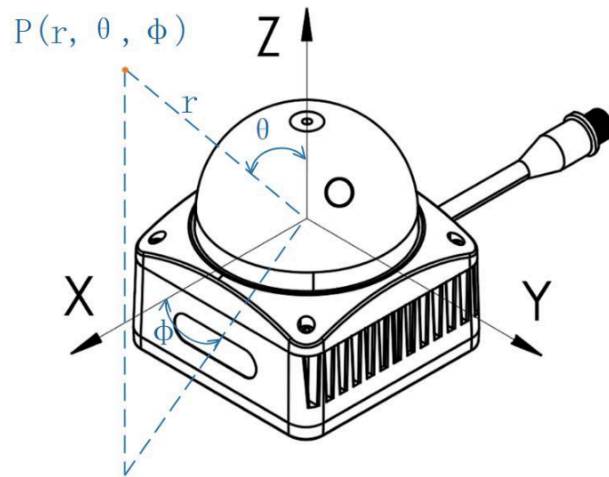
4.4 坐标系定义

M360-E 的坐标系如下所示，O 点为坐标原点，O-XYZ 为 M360-E 的点云坐标系，由于雷达封装的数据包为水平旋转角度与距离参量，为了呈现三维点云图的效果，球坐标系点云数据 (r, θ, ϕ) 可通过角度和距离信息转化为直角坐标系 (x, y, z) ，转换关系如下：

$$x=r*\sin(\theta)*\cos(\phi)$$

$$y=r*\sin(\theta)*\sin(\phi)$$

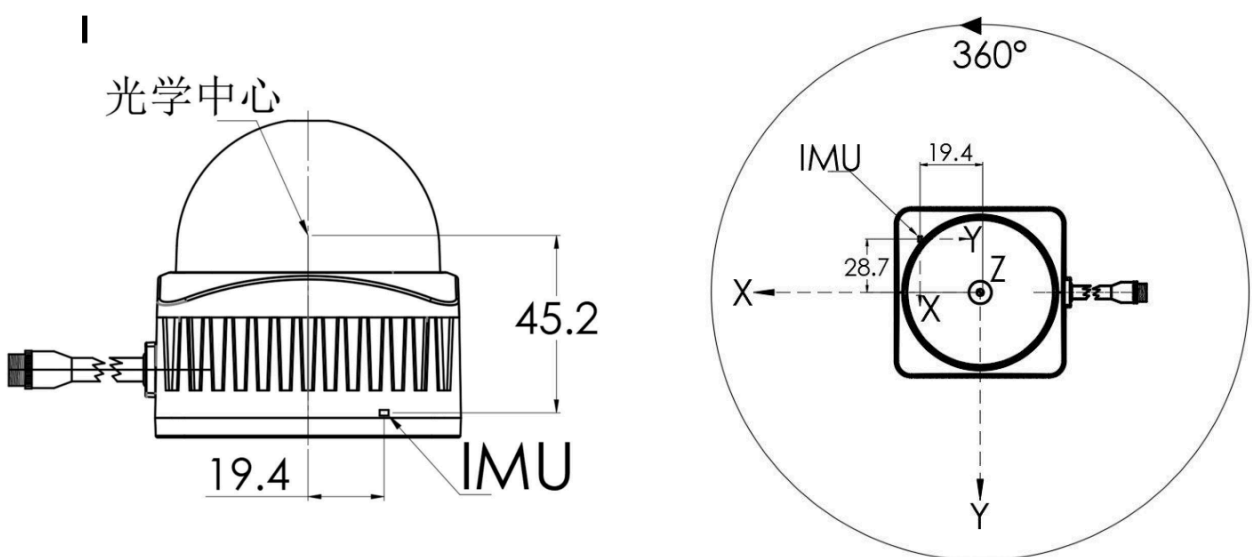
$$z=r*\cos(\theta)$$



雷达坐标系示意图

4.5 IMU 位置

M360-E 内置 3 轴加速度计和 3 轴陀螺仪，IMU 数据包括 3 轴加速度及 3 轴角速度，在雷达点云坐标系下 IMU 芯片位置 (x, y, z) 坐标为 $(19.4\text{mm}, -28.7\text{mm}, -45.2\text{mm})$ 。IMU 芯片位置如下图所示，具体数据协议参照 6.2。

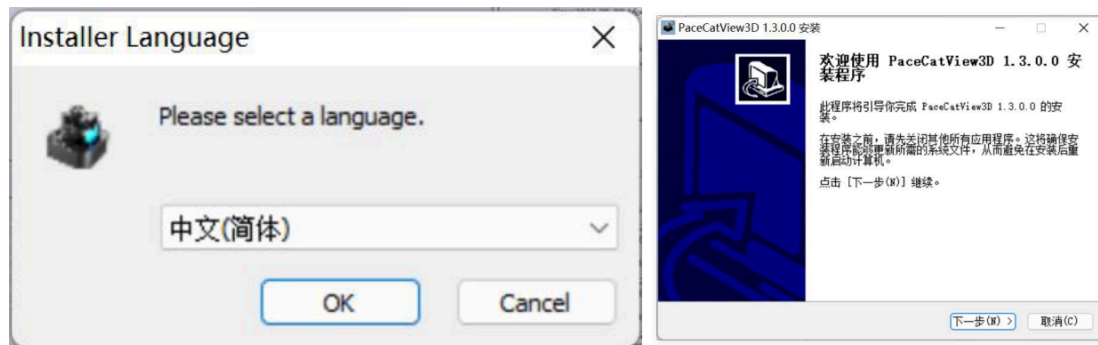


5. 上位机软件

5.1 上位机使用说明

5.1.1 PaceCatView3D 安装教程

双击 PaceCatView3D.exe 安装包，用户可选择中文语言环境或者英文语言环境，以中文为例，选择‘OK’后选择‘下一步’；



选择合适的安装路径后‘安装’；

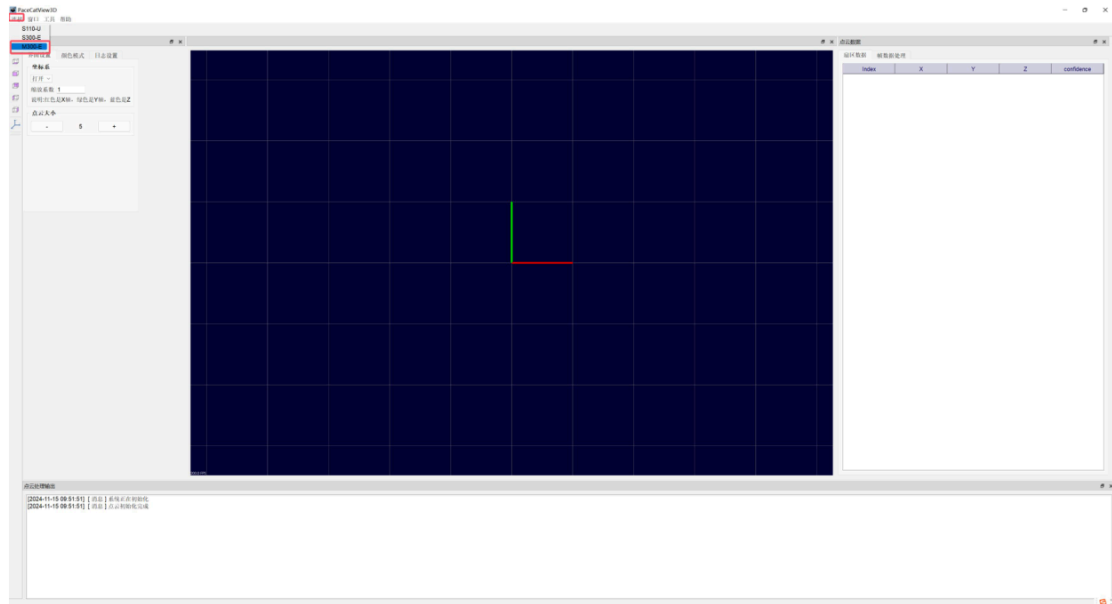


安装完成后可以选择‘完成’后是否打开上位机，本示例选择‘打开’；

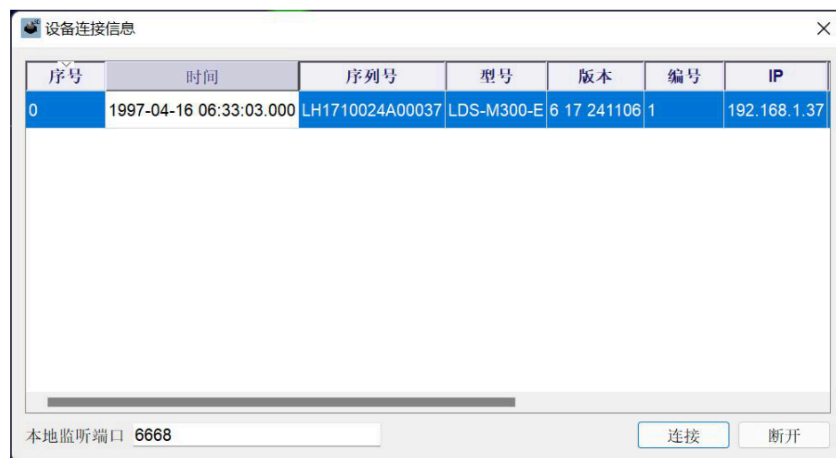


5.1.2 PaceCatView3D 连接教程

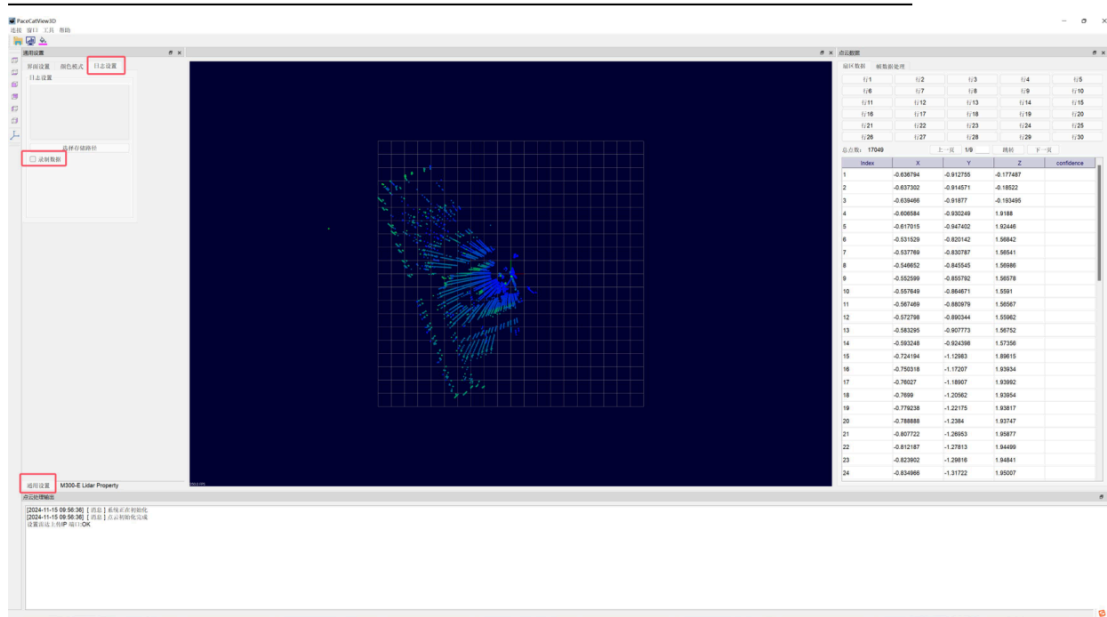
打开 PaceCatView3D.exe；连接雷达选择‘连接’→对应的雷达型号，这里选择 M300-E；



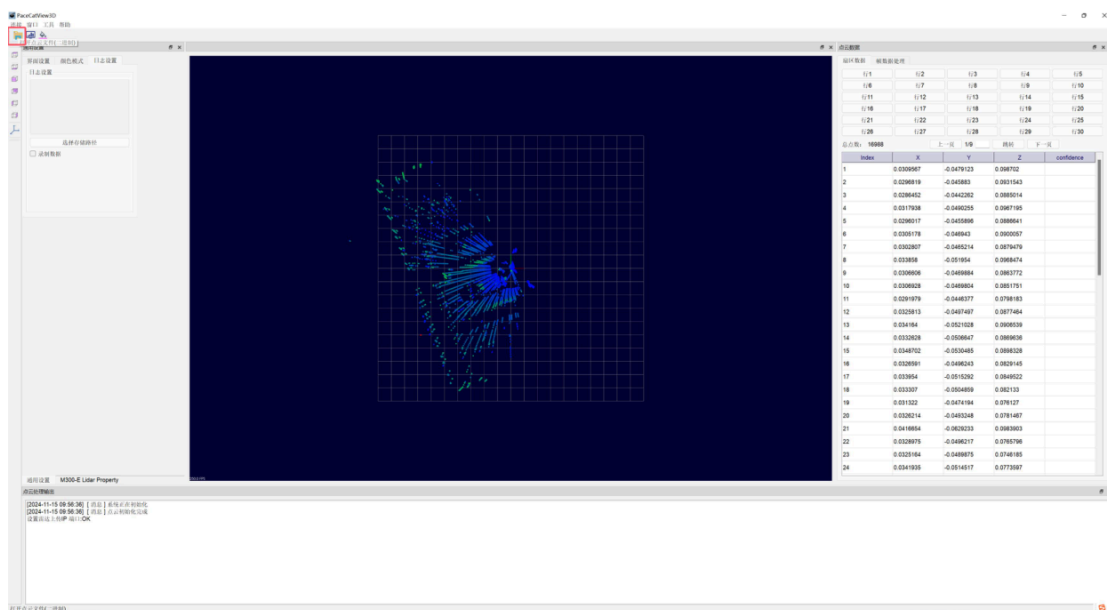
弹出设备列表窗口，选中准备连接的雷达，选择‘连接’；



上位机连接雷达成功后自动跳转至点云界面，用户可在此查看雷达点云，若需要保存雷达点云数据，选择‘通用设置’→‘日志设置’→‘录制数据’，数据会默认保存在上位机所在目录的‘logdata’文件夹下，也可自己选择合适的保存路径；



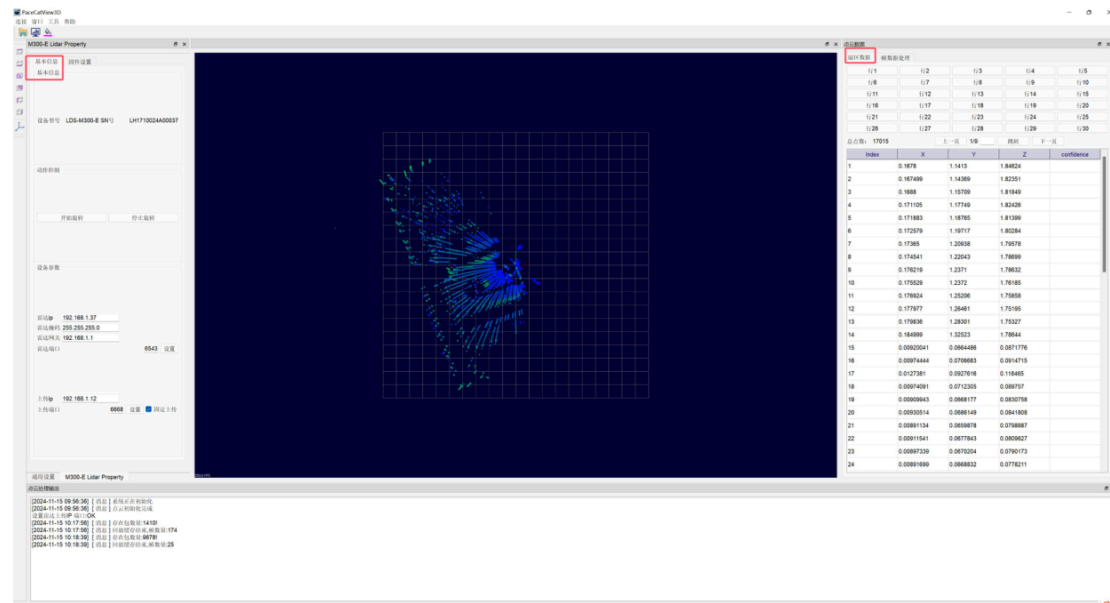
选择左上角圈出的文件夹，可以选择回放录制好的数据；



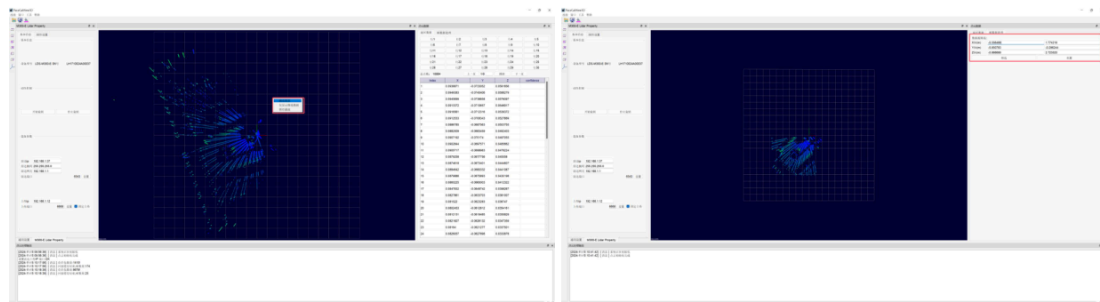
回放时，可选择播放帧率，若想反复播放，需要手动拖动进度条到起始位置，重新播放，回放数据时上位机默认断开雷达；

5.1.3 PaceCatView3D 基础功能说明

1. 雷达基本信息的设备参数部分支持修改，下图左侧部分，用户可以自行设置，关于 IP 的修改需要说明，雷达的上传 IP 与电脑 IP 需要保持一致，并且目前只支持固定上传方式。



2. 右侧显示点云数据，鼠标右键蓝色背景下的点云界面可以筛选区域，选择‘圈选区域’后通过鼠标左键划定范围，‘帧数据处理’可以看到筛选的区域坐标，也可在这里修改坐标，筛选新的区域，再次右键点云界面，再次选择‘圈选区域’可取消筛选区域功能；



6. 数据通讯协议

M360-E 输出数据主要分为 3 种类型：点云数据，IMU 数据，网络心跳数据。

6.1 点云数据协议

单点点数据

```
typedef struct {
    uint32_t depth : 24;    深度
    uint32_t theta_hi : 8;  垂直夹角 高位
    uint32_t theta_lo : 12; 垂直夹角 低位
    uint32_t phi : 20;      水平夹角
    uint8_t reflectivity;   强度
    char rsvd;              保留字节
} PacecatSpherPoint;
```

实时转速信息

```
typedef struct {
    uint16_t mirror_rpm;    机头运镜转速
    uint16_t motor_rpm_x10; 底板转速
    uint8_t tags;          标志位
    uint8_t rain;          雨雾检测
} RuntimeInfoV1;
```

uint8_t tags 说明:

TAG_MIRROR_NOT_STABLETAG	0x80	转镜标志位
TAG_MOTOR_NOT_STABLE	0x40	底座标志位
TAG_DUAL_ECHO_MODE	0x20	单双回波标志位---单回波：0，双回波：1
TAG_WITH_RAIN_DETECT	0x10	启用雨雾标志位---启动雨雾：1

点云数据

```
typedef struct {
    uint8_t version;          版本号
    uint16_t length;         数据长度
    uint16_t time_interval;  包时间, 单位 0.1us (第一个点到最后一个点的时间)
    uint16_t dot_num;        点数量
    uint16_t udp_cnt;        包计数 (自增加 1, 到达最大累计数值后重新开始循环)
    uint8_t frame_cnt;       帧计数(未启用)
    uint8_t data_type;       数据类型(当前固定值)
    uint8_t time_type;       时间类型(未启用)
    union {
        RuntimeInfoV1 rt_v1; 实时转速信息
        uint8_t rsvd[12];     保留字段
    };
    uint32_t crc32;          校验 (未启用)
    uint64_t timestamp;     完整时间戳 纳秒
    PacecatSpherPoint points[dot_num]; 具体数据
} PacecatEthernetPacket;
```

6.2 IMU 数据协议

IMU 原始数据

```
#define TRANS_BLOCK    0x200
typedef struct {
    uint16_t code;        fa88
    uint16_t len;         数据长度
    uint16_t idx;         序号, 用于检测丢包, 每次自增 1
    char rsvd[2];         保留字节
    uint8_t data[TRANS_BLOCK]; 数据
} TransBuf;
```

IMU 转化后数据

```
typedef struct
{
    uint8_t Header;
    int16_t Accel_X;      线速度 x 轴
    int16_t Accel_Y;      线速度 y 轴
    int16_t Accel_Z;      线速度 z 轴
    int16_t Gyro_X;       加速度 x 轴
    int16_t Gyro_Y;       加速度 y 轴
    int16_t Gyro_Z;       加速度 z 轴
    char rsvd[3];         保留字节
    uint64_t timestamp;   完整时间戳 纳秒
} IIM42652_FIFO_PACKET_16_ST;
```

6.3 网络心跳协议

Struct

```
{
    char sign[4]; //must be "LiDA"
    uint32_t proto_version; //协议版本
    uint32_t timestamp[2]; //时间戳
    char dev_sn[20]; //雷达序列号
    char dev_type[16]; //雷达型号
    uint32_t version; //程序版本号
    uint32_t dev_id; //雷达 id
    uint8_t ip[4]; //雷达 ip 地址
    uint8_t mask[4]; //子网掩码
    uint8_t gateway[4]; //网关
    uint8_t remote_ip[4]; //上传 IP 地址
    uint16_t remote_udp; //上传端口
    uint16_t port; //服务端口
    uint16_t status; //雷达状态
    uint16_t rpm; //底板转速
    uint16_t mirror_rpm; //转镜转速
    uint8_t ranger_version[2]; //测距头版本号
    uint16_t CpuTemp; //CPU 温度
    uint16_t InputVolt; //输入电压
    uint8_t alarm[16]; //报警信息
    uint32_t crc; //校验码
};
```

6.4 网络心跳协议解析

```

ff ff 19 91 1a 85 00 78 14 9f 4c 69 44 41 01 01
00 00 c6 7e 89 36 66 04 00 00 4c 48 31 37 31 30
30 32 34 41 30 30 30 33 37 00 00 00 00 00 4c 44
53 2d 4d 33 30 30 2d 45 00 00 00 00 00 00 d2 ad
13 19 01 00 00 00 c0 a8 01 25 ff ff ff 00 c0 a8
01 01 c0 a8 01 0c 0c 1a 8f 19 01 00 ad 29 3d 18
20 c5 4e 02 2a 2d 00 00 00 00 00 00 00 01 01 00
00 00 00 00 00 00 23 3a 49 dc

```

数据	说明
4c 69 44 41	帧头/LiDA
01 01 00 00	版本/0x00000101
c6 7e 89 36 66 04 00 00	时间戳/0x0000046636897ec6; 单位 ns
4c 48 31 37 31 30 30 32 34 41 30 30 30 33 37 00 00 00 00 00	编号/LH1710024A00037
4c 44 53 2d 4d 33 30 30 2d 45 00 00 00 00 00 00	雷达型号/M360-E
d2 ad 13 19	版本/0x1913add2
01 00 00 00	编号/0x00000001
c0 a8 01 25	雷达 IP/192.168.1.37
ff ff ff 00	掩码/255.255.255.0
c0 a8 01 01	网关/192.168.1.1
c0 a8 01 0c	上传 IP/192.168.1.12
0c 1a	上传端口/0x1a0c/6668
8f 19	雷达端口/0x198f/6543
01 00	雷达状态/0x0001
ad 29	底板转速/0x29ad/1066.9rpm; 单位 0.1
3d 18	转镜转速/0x183d/6205rpm; 单位 1
20 c5	测距版本/0xc520
4e 02	温度/0x024e/59.0 度; 单位 0.1
2a 2d	电压/0x2d2a/11.562V; 单位 0.001
00 00 00 00 00 00 00 00 01 01 00 00 00 00 00 00 00	报警信息
23 3a 49 dc	校验码

7. 开发工具与支持

为了方便用户快速使用 M360-E 型号激光雷达进行产品开发，提供了如下开发工具：

下载 Windows、Linux 等平台下的 SDK 开发包、示例程序及 Ros 驱动，请访问：

<https://github.com/example/m-series>

如有疑问，可以联系售后热线 400-822-0027。