

PACECAT®

360 度 TOF 激光扫描测距雷达 使用说明书

适用机型：LDS-E400-E
版 本：Ver 1.3



版本履历

日期	版本	内容更新
2022-12-09	Ver 1.0	LDS-E400-E 初始版本
2023-03-14	Ver 1.1	更新部分参数与指示灯状态
2023-08-25	Ver 1.2	更新上位机软件教程
2024-08-15	Ver 1.3	修正部分错误参数

版权

© 2022 浙江省金华市蓝海光电科技有限公司版权所有

声明

- ▷ 本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；
- ▷ 未经蓝海光电技术有限公司事先书面许可，不得复制更改本说明书内容；
- ▷ 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发或者继发的损失，蓝海光电技术有限公司保留解释权。

联系方式

金华市蓝海光电技术有限公司
JINHUA LANHAI PHOTOLECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.
地址：金华市积道街 358 号
NO.358, JIDAO STREET, JINHUA321000, CHINA
售后热线：400-827-0027
AFTER-SALES SERVICE HOTLINE: 400-822-0027
网站：<http://www.pacecat.com>



安全事项

- 使用前请详细阅读说明书，严禁违规操作，任何违规的操作导致设备损坏，责任自负；
- 未经蓝海光电技术有限公司许可用户不可擅自拆开设备，严禁在设备运行时拆开光学外罩；
- 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；为避免灰尘影响测距性能，保持产品外观清洁；
- 设备安装前需确保安装孔与底座预留螺丝空对齐、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；
- 防静电保护，静电可能会导致设备损坏，应在防静电区进行测试；
- 为了避免设备损坏和确保人身安全，严禁在易燃易爆的环境下操作设备，严禁在易腐蚀的环境下放置设备；
- 设备长时间运行，请保持良好的散热；
- 设备运行时持续发射红外激光，符合 FDA 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；
- 若产品出现故障无法排障时，请联系蓝海光电技术有限公司进行检测，任何维护、零件更换的措施必须由蓝海光电技术有限公司执行。

目录

一. 产品简介	6
二. 工作原理	7
三. 产品优势	7
四. 机械尺寸和光学窗口	8
4.1 机械尺寸	8
4.2 光学窗口	9
五. 参数性能	10
5.1 设备物理参数	10
5.2 通讯设置	11
5.3 坐标系定义	11
5.4 指示灯	12
5.5 接口定义	12
六. 上位机教程	13
七. 数据通讯协议	15
7.1 数据解析	15
7.2 数据解析	16
7.3 字指令	18
7.4 报警信息输出协议	19
7.5 网络心跳协议	20
八. 开发工具与支持	21

一. 产品简介

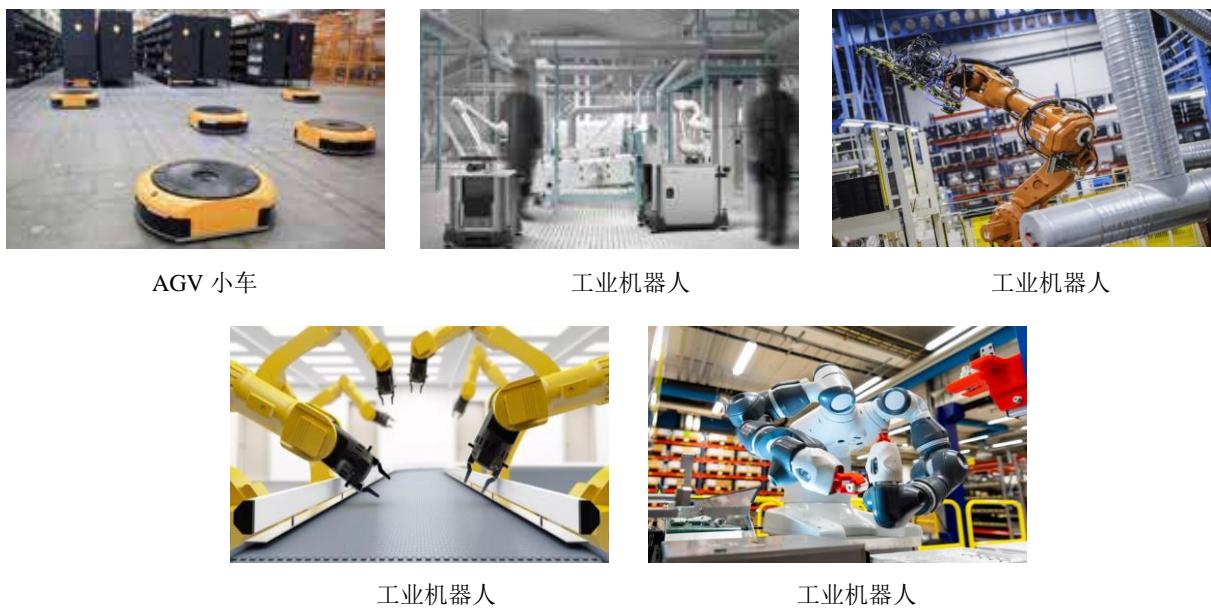


图 1-1 LDS-E400-E 常见应用场景

LDS-E400-E 典型旋转频率为 25HZ(1500RPM)，客户可根据需求切换成 10Hz (600RPM) / 15Hz(900RPM) / 20Hz(1200RPM) / 30Hz(1800RPM) / 35Hz(2100RPM) / 40Hz (2400RPM) / 45Hz(2700RPM) / 50Hz(3000RPM)。

LDS-E400-E 激光雷达采用的是近红外脉冲激光器作为光源，激光器脉冲仅在纳秒时间内进行发射。因而可以确保对人眼的安全性，符合 FDA Class 1 级别的激光器安全标准。近红外脉冲激光结合滤光片的应用可以有效的避光干扰，因此可用于室内室外环境正常使用。

二. 工作原理

LDS-E400-E 采用飞行时间(TOF, Time Of Flight)原理设计, 进行每秒高达 84000 次的测距。测距数据通过高速光通讯发送到供电处理模块进行解算, 将目标物体与雷达的距离值、强度信息从通讯接口输出。如图 2-1, 在工作状态下, 激光器向外发射出一束激光, 照射到障碍物体上会发生反射, 接收器对反光信号进行探测, 通过时间分析模块测量出反射光与发射光之间的时间差, 用时间乘以光速即可得到光的飞行距离, 从而计算出障碍物的位置信息。为了获取更多角度的目标信息, 雷达内部通过电机旋转得到不同角度的距离和强度信息, 从而获得完整的二维点云图, LDS-E400-E 内部电机驱动设计为顺逆时针旋转可切换。



图 2-1 工作原理图

三. 产品优势

- 雷达具有硬件滤波、去拖点功能, 可有效规避一些噪点导致的干扰;
- 雷达可同步输出目标物反射强度, 可用于算法判断;
- 雷达测距精度可达 $\pm 2\text{cm}$, 不同反射率目标直线一致性好;
- 多雷达同时运行, 雷达之间无干扰;
- 特殊的光学设计, 有效提高抗脏污能力。

四. 机械尺寸和光学窗口

4.1 机械尺寸

单位: 毫米(mm)

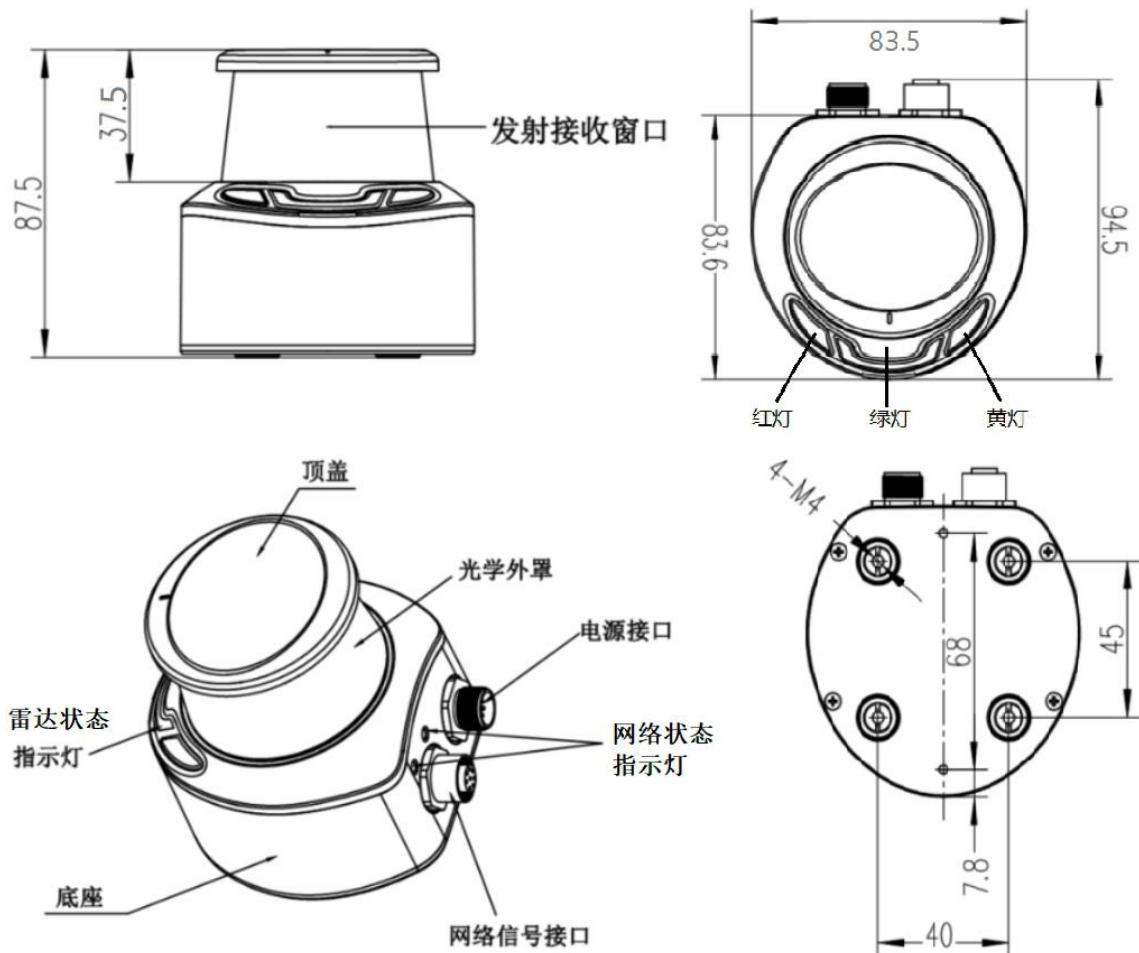


图 4-1 外观及尺寸示意图

4.2 光学窗口

外罩对光学窗口出现遮挡会影响测距性能和精度，因此 pacecat 在进行 LDS-E400-E 设计时，合理安排了激光发射接收窗口，并在此基础上设计了外罩。若有特殊的需求或者要采用透明罩对此传感器进行保护，参考本文档了解光学测距窗口尺寸信息，并联系 pacecat 了解方案设计的可行性。

如图 4-3，每一台出厂的雷达发射激光的垂直角度会有微小的偏差，以水平面为参考，LDS-E400-E 发射的垂直角度偏差范围在 $\pm 0.3^\circ$ 内。

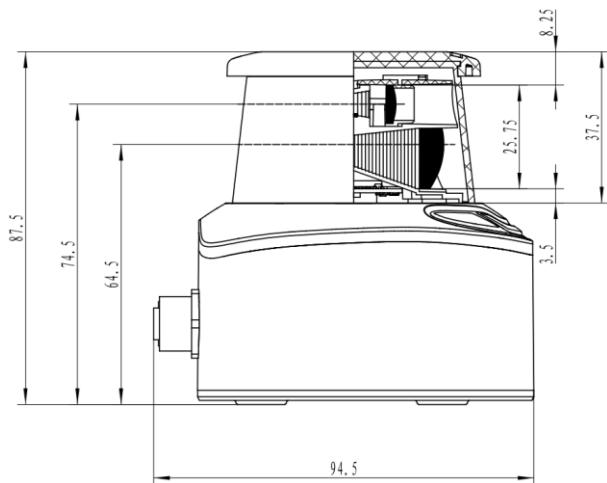


图 4-2 LDS-E400-E 内部结构

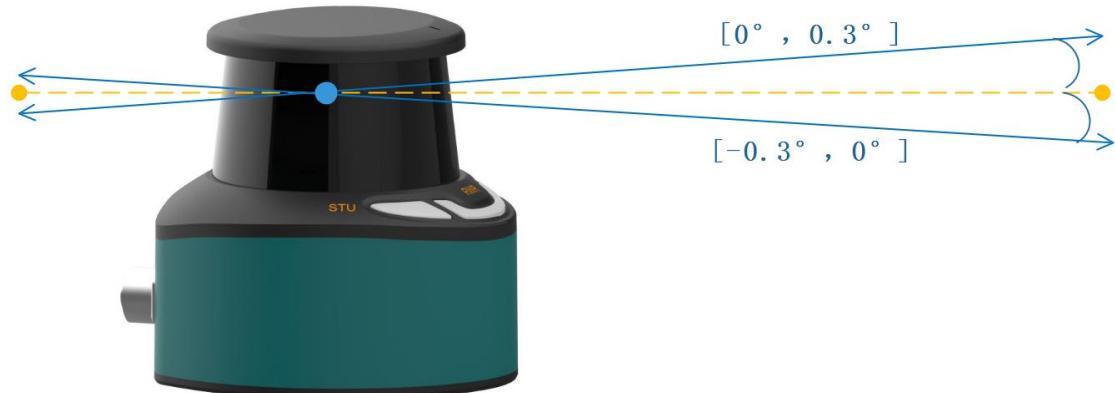


图 4-3 激光水平角度示意图

五. 参数性能

5.1 设备物理参数

型号	LDS-E400-E
激光波长	905nm±15nm
检测距离	0.1-40m@90% 反射率
	0.1-15m@10% 反射率
激光发散角	<8.5 mrad
激光水平平行度	±0.3 度
绝对精度	±20mm (15m 内 10%~90%反射条件下测距精度±20mm,可信度 90%)
重复精度	±20mm
距离分辨率	10mm
单次最大能量	<65nJ
测距频率	84kHz
脉冲宽度	8ns
测量方法	PRT
光斑	typ. 14mm H* 93mm V (10m)
旋转方向	逆时针 (默认), 顺时针
扫描区域	360 度
扫描速率	10Hz,15Hz,20Hz,25Hz,30Hz,35Hz,40Hz,45Hz,50Hz
角分辨率	0.043°,0.065°,0.086°,0.108°,0.129°,0.150°,0.172°,0.193°,0.215°
接口类型	Ethernet
功耗	<5W
输出	原始数据 (距离、角度、能量)
环境光	>100klux
供电	10~26V DC
工作温度	-10°C~50°C
存储温度	-25°C~65°C
外形尺寸	94.5mm*83.5mm*87.5mm (长*宽*高)

5.2 通讯设置

LDS-E400-E 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。

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：

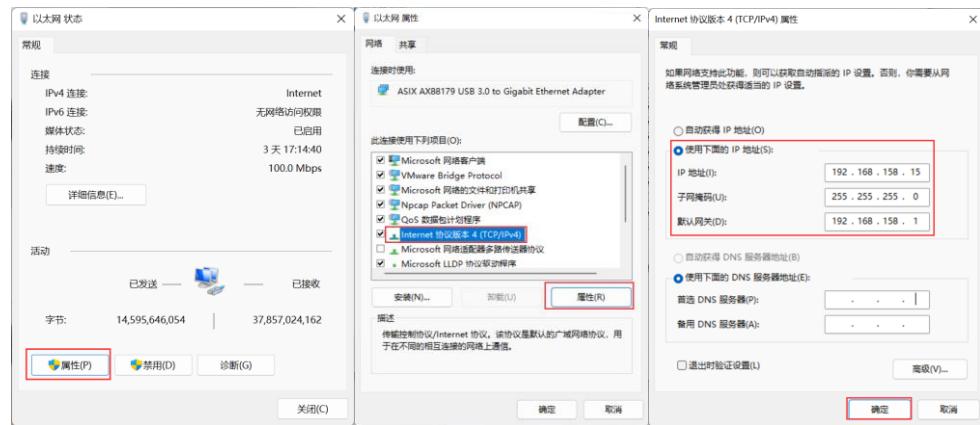


图 5-1 电脑 IP 配置

5.3 坐标系定义

LDS-E400-E 雷达的正前方中心定义为坐标系的 x 轴(即 0 角度位置)，坐标系原点 为测距单元的旋转中心，旋转角度沿着逆时针方向旋转增大。如下图所示：
 客戶可根据实际需求设置切换到顺时针方向旋转。

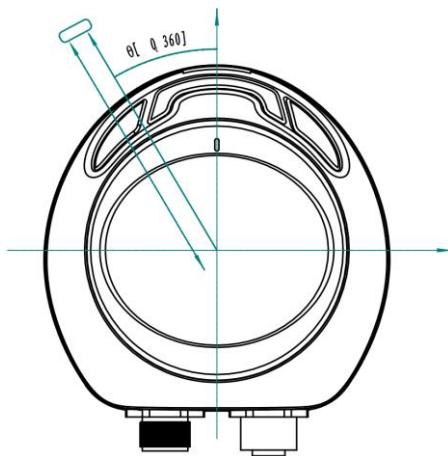


图 5-2 雷达零位及旋转方向示意图

5.4 指示灯

LDS-E400-E 集成了红、黄、绿色雷达状态指示灯和网络状态指示灯，用户可以通过指示灯初步判断雷达状态。

雷达状态指示灯

状态	红色-ERR	绿色-PWR	黄色-STU
雷达正常工作	--	常亮	常亮
雷达异常	常亮	--	--

网络状态指示灯

状态	绿色	黄色
网络正常通讯	闪烁	闪烁
网络连接正常，通讯异常	闪烁	--
网络异常	--	--

5.5 接口定义

LDS-E400-E 拥有 2 个接口，左侧是 4PIN 以太网接口，右侧是电源接口，电源接口采用10~26VDC 供电，接口PIN脚定义如下图所示。

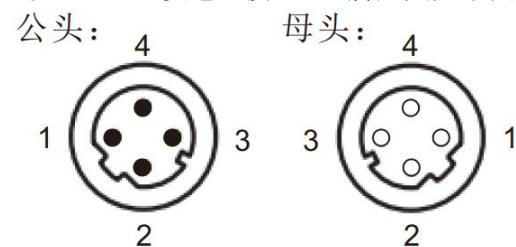


图 5-3 网络接口

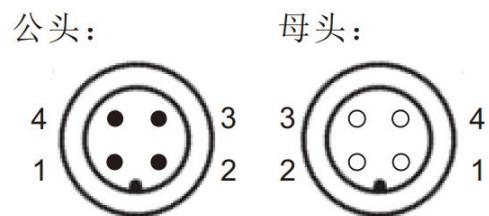


图 5-4 电源接口

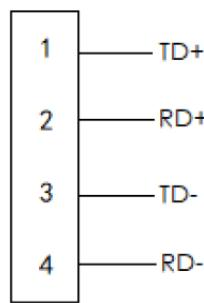


图 5-5 网络接口定义

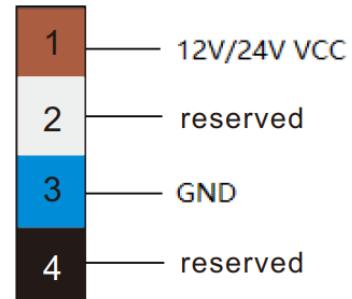


图 5-6 电源接口定义

六. 上位机教程

双击 PaceCatView.exe 安装包，安装上位机软件，打开 PaceCatView.exe 上位机；选择‘设备’；



图 6-1 PaceCatView 初始界面

选中要连接的雷达，双击；

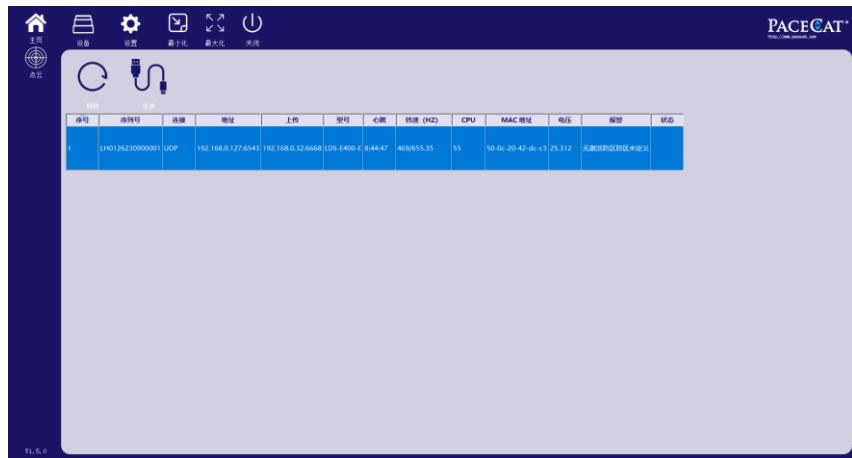


图 6-2 PaceCatView 设备连接界面

上位机连接雷达成功后自动跳转至‘基本信息’；用户可以切换转速，修改通讯部分，设置后可通过刷新确认雷达是否设置成功，若设置失败，刷新后雷达将返回修改前状态。

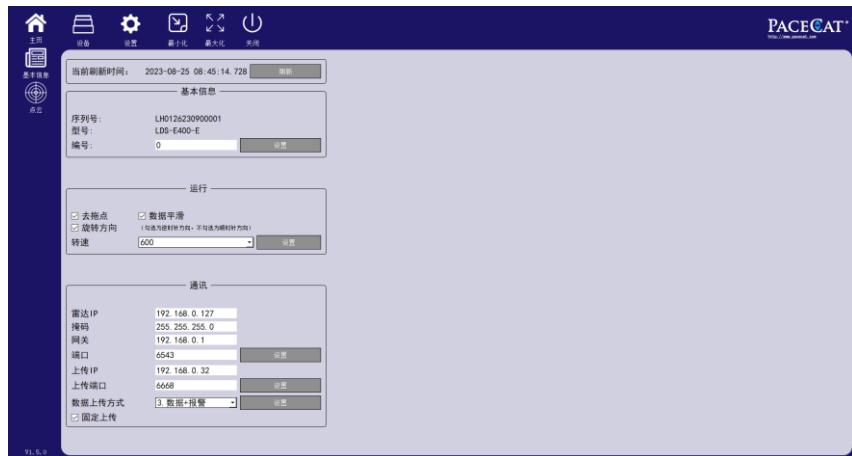


图 6-3 PaceCatView 基本信息界面

选择‘点云’可查看雷达点云界面；

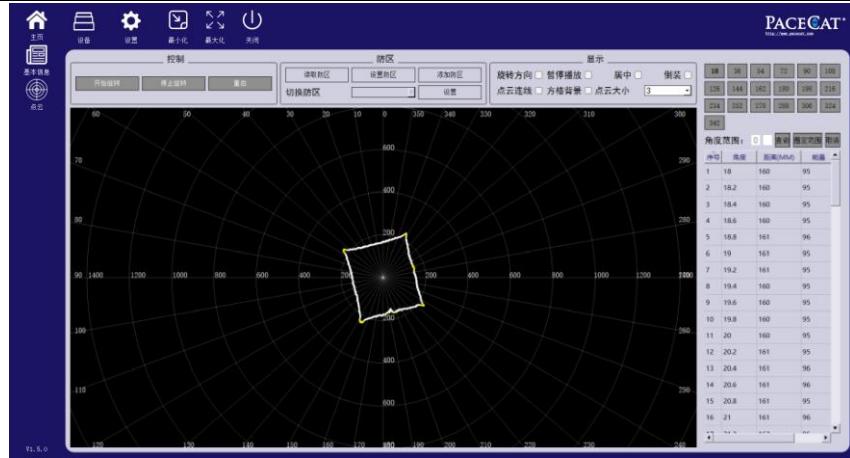


图 6-4 PaceCatView 点云界面

用户可在‘设置’界面切换语言和选择是否保存数据；



图 6-5 PaceCatView 设置界面

若要重新连接其他雷达，选择‘设备’界面双击要连接的雷达即可。

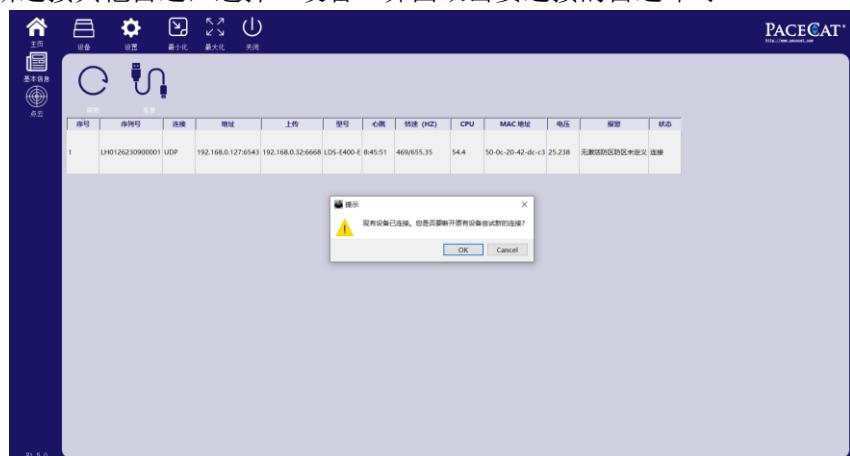


图 6-6 PaceCatView 重新连接新雷达界面

七. 数据通讯协议

7.1 数据解析

测量数据包格式：点云数据基于以太网 UDP 协议包进行传输，默认端口号为：6668(软件可配置)。

格式说明：低字节在前，高字节在后。

```
struct
{
    uint16_t code;      两字节，帧头，固定为 0xc7fa
    uint16_t count;     两字节，扇区内分包测距点数
    uint16_t whole_fan; 两字节，扇区内总测距点数
    uint16_t offset;    两字节，扇区偏移量
    uint32_t begin_ang; 四字节，扇区起始角度
    uint32_t end_ang;   四字节，扇区终止角度
    uint32_t flags;     四字节，状态包
    uint32_t timestamp; 四字节，时间戳 (3.6*10^6,取当前时间的小时后部分的时间戳
(mm), 表示 UDP 包第一个点云数据发射时的时间。)
    uint32_t dev_no;    四字节，设备编号
    uint16_t distance; 两字节* count, 区内分包所有距离数据
    uint16_t angle;     两字节* count, 区内分包所有角度数据
    uint8_t strength;   一字节*count, 区内分包所有强度数据 (计算校验码时自动补足为
两字节)
    uint16_t verify;    两字节,校验
};
```

7.2 数据解析

旋转方向	扇区角度
顺时针	8°，一圈中第一个扇区、最后一个扇区为 12°
逆时针	8°，一圈中最后一个扇区为 16° (352°, 8°)

下图中以 8 度一个扇区为例进行数据解析。

C7 FA	5C 00	5F 00	00 00	40 1F 00 00	80 3E 00 00	
43 01 00 00	31 EA 29 00	01 00 00 00		1E 01 1D 01		
1F 01 1E 01	1A 01 16 01	1B 01 1F 01	1F 01 1C 01			
1D 01 19 01	1B 01 13 01	1E 01 19 01	17 01 19 01			
19 01 18 01	17 01 17 01	18 01 15 01	14 01 16 01			
17 01 13 01	17 01 17 01	18 01 14 01	19 01 18 01			
12 01 17 01	1B 01 1A 01	18 01 18 01	18 01 1B 01			
1A 01 14 01	19 01 18 01	13 01 18 01	14 01 16 01			
15 01 16 01	19 01 15 01	15 01 17 01	18 01 13 01			
10 01 10 01	12 01 10 01	16 01 13 01	16 01 10 01			
15 01 12 01	15 01 0D 01	12 01 15 01	0F 01 12 01			
15 01 0F 01	0E 01 0D 01	0E 01 12 01	10 01 0D 01			
0F 01 0A 01	0F 01 13 01	11 01 0C 01	0F 01 14 01			
11 01 0D 01	56 00 A9 00	FC 00 50 01	A3 01 F7 01			
4A 02 9E 02	F1 02 44 03	98 03 EB 03	3E 04 92 04			
E5 04 39 05	8C 05 DF 05	33 06 86 06	D9 06 2C 07			
80 07 D3 07	27 08 7A 08	CD 08 21 09	74 09 C7 09			
1B 0A 6E 0A	C1 0A 15 0B	68 0B BC 0B	0F 0C 62 0C			
B6 0C 09 0D	5C 0D AF 0D	03 0E 56 0E	AA 0E FD 0E			
50 0F A4 0F	F7 0F 4A 10	9E 10 F1 10	45 11 98 11			
EB 11 3F 12	92 12 E5 12	39 13 8C 13	E0 13 33 14			
86 14 D9 14	2D 15 80 15	D3 15 27 16	7A 16 CE 16			
21 17 74 17	C8 17 1B 18	6E 18 C2 18	15 19 69 19			
BC 19 0F 1A	63 1A B6 1A	0A 1B 5D 1B	B0 1B 03 1C			
56 1C AA 1C	FD 1C 51 1D	A4 1D F7 1D	09 09 09 09			
09 09 09 09	09 09 09 09	09 09 09 09	0A 09 09 0A			
09 0A 0A 0A	0A 0A 0A 0A	0A 0A 0A 0A	0A 0A 0A 0A			
0A 0A 0A 0A	0B 0A 0A 0A	0B 0A 0B 0A	0A 0B 0B 0B			
0B 0B 0B 0B						
0B 0B 0B 0B						
0B 0B 0B 0B	0B 0B 0B 0B	67 23 C7 FA	03 00 5F 00			

图 7-1 数据包解析

数据	说明
c7 fa	帧头
5c 00	00 5c, 扇区内分包测距点数为 92
5f 00	00 5f, 扇区内总测距点数为 95
00 00	00 00, 扇区偏移量为 0
40 1f 00 00	00 00 1f 40, 以 0.001 度为单位, 扇区起始角度为 8°
80 3e 00 00	00 00 3e 80, 以 0.001 度为单位, 扇区终止角度为 16°
43 01 00 00	00 00 01 43, 转换为二进制为 0001 0100 0011; 右起为第 0 位 第 0 位:1 表示 mm 级, 默认 mm 机 第 1 位:1 表示带强度, 默认带强度 第 2 位:1 表示开启去拖点功能; 0 表示关闭去拖点功能 第 3 位:1 表示开启滤波功能, 0 表示关闭滤波功能 第 4 位:1 表示开启 18°为一个扇区; 0 表示关闭 18°为一个扇区 第 5 位:1 表示开启 9°为一个扇区; 0 表示关闭 9°为一个扇区 第 6 位:1 表示开启其他度数作为一个扇区; 0 表示关闭其他度数作为一个扇区 第 7 位:1 表示开启固定分辨率; 0 表示关闭固定分辨率 第 8 位:1 表示开启逆时针旋转, 0 表示开启顺时针旋转 第 9 位:reserved 第 10 位:reserved 第 11 位:reserved
31 ea 29 00	时间戳
01 00 00 00	设备编号
1e 01...	距离
56 00...	角度
09...	强度
67 23	校验和=2367 $ \begin{aligned} &=0x005c+0x005f+0x0000+0x0000+0x1f40+0x0000+0x3e80+0x0000+0x0143 \\ &+0x0029+0xea31+0x0000+0x0001+0x011e+\dots+0x010d+0x0056+\dots+0x1df7 \\ &+0x0009+\dots+0x000b \end{aligned} $

7.3 字指令

指令	备注
LSTOPH	停止旋转
LSTARH	开始旋转
LRESTH	重新启动
LVERSH	获取版本 (激光头、控制板)
LUUIDH	获取 SN
LTYPEH	获取型号
LSSS1H	开启滤波
LSSSOH	关闭滤波
LFFF1H	开启去拖点
LFFF0H	关闭去拖点
LSRPM:xxxH	设置转速为 xxx

7.4 报警信息输出协议

```
struct LidarMsgHdr
{
    char sign[4]; // must be "LMSG"
    uint32_t proto_version; //协议版本, 当前为 0x101
    char dev_sn[20]; //设备编号
    uint32_t dev_id; //设备序号
    uint32_t timestamp; //时间戳
    uint32_t flags; //消息类型
    uint32_t events; //消息内容位组合
    uint16_t id; //消息序号
    uint16_t extra; //长度 80
    uint32_t zone_actived; //当前激活防区
    uint8_t all_states[32]; //设备各功能状态
    uint32_t reserved[11]; //保留
};
```

图 7-2 报警数据包解析

7.5 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]; //设备序列号
    char dev_type[16]; //设备类型
    uint32_t version; //程序版本号
    uint32_t dev_id; //设备 id
    uint8_t ip[4]; //设备 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; //设备状态
    uint16_t rpm; //雷达转速, 以 0.1 为单位, 例: 所得值为 6000, 转速为 600
    uint16_t freq; //频率, 以 0.01 为单位, 例: 所得值为 1000, 频率为 10Hz
    uint8_t ranger_version[2]; //测距头版本号
    uint16_t CpuTemp; //CPU 的温度, 以 0.1 为单位, 例: 所得值为 270, 温度为 27°C
    uint16_t InputVolt; //输入电压, 以 0.001 为单位, 例: 所得值为 12000, 电压为: 12V
    uint8_t alarm[16]; //报警信息
    uint32_t crc; //校验码
};

ff ff ff ff ff ff 50 0c 20 cc 1c a3 08 00 45 00
00 8c 03 11 00 00 ff 11 f7 26 c0 a8 00 81 ff ff
ff ff 19 91 1a 85 00 78 30 17 4c 69 44 41 01 01
00 00 b2 14 0b 8d 00 00 00 00 4c 48 36 34 30 31
32 31 30 34 30 30 30 31 31 00 00 00 00 00 00 4c 45
53 2d 34 30 44 2d 43 32 30 45 00 00 00 00 00 b9 38
d3 12 01 00 00 00 c0 a8 00 81 ff ff ff 00 c0 a8
00 01 c0 a8 00 14 0c 1a 8f 19 01 00 59 17 b5 03
ba 00 5e 01 40 2e 00 00 00 00 00 00 00 01 01 00
00 00 00 00 00 00 8d fe f8 42

```

图 7-3 网络心跳数据包解析

4c 69 44 41 帧头 LiDA
01 01 00 00 版本 0x00000101
b2 14 0b 8d 00 00 00 00 时间戳 0x000000008d0b14b2 单位 ms
4c 48 36 34 30 31 32 32 30 34 30 30 30 30 31 00 00 00 00 00
编号 LH6401220400001
4c 45 53 2d 34 30 44 2d 43 32 30 45 00 00 00 00 设备类型 LES-40D-C20E
b9 38 d3 12 版本 0x12d338b9
01 00 00 00 编号 0x00000001
c0 a8 00 81 设备地址 192.168.0.129
ff ff ff 00 标识 255.255.255.0
c0 a8 00 01 网关 192.168.0.1
c0 a8 00 14 服务器地址 192.168.0.20
0c 1a 上传端口 0x1a0c/6668
8f 19 服务器端口 0x198f/6543
01 00 设备状态 0x0001
59 17 转速 0x1759/597.7rpm
b5 03 频率 0x03b5/94.9Hz
ba 00 测距版本 0x00ba
5e 01 温度 0x015e/35 度
40 2e 电压 0x2e40/11.840V
00 00 00 00 00 00 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 报警信息
8d fe f8 42 校验码

八. 开发工具与支持

为了方便用户快速使用 LDS-E400-E 型号激光雷达进行产品开发，Pacecat 提供了如下开发工具：

下载 Windows、Linux 等平台下的 SDK 开发包及示例程序，请访问：

<https://github.com/BlueSeaLidar/sdk2>

下载 Ros 驱动，请访问：

<https://github.com/BlueSeaLidar/bluesea2>

下载 Ros2 驱动，请访问：

<https://github.com/BlueSeaLidar/bluesea-ros>

如有疑问，可以联系 Pacecat。