

雷达使用

注意：

- A1M8、A2M8使用的波特率是115200；
- A3/A2M12、S1使用的波特率是256000；
- S2/S2L使用的波特率是1000000；
- 激光雷达M2M2与本课程雷达（A1/A2/A3/S1/S2）的资料不同，请按对应型号查看资料

雷达使用

- 1、概述
- 2、思岚雷达组件
 - 2.1、激光器
 - 2.2、接收器
 - 2.3、信号处理单元
 - 2.4、旋转机构
- 3、单线激光雷达原理
 - 3.1、三角测距法
 - 3.1.1、直射式
 - 3.1.2、斜射式
 - 3.2、TOF飞行时间测距法
- 4、激光雷达型号
- 5、应用场景
- 6、运行rplidar节点
 - 6.1、构建 rplidar ros 包
 - 6.2、重新映射USB串口
 - 6.3、运行 rplidar ros 包
- 7、RoboStudio测试方法
 - 7.1、安装
 - 7.2、查看设备
 - 7.3、登录
 - 7.4、连接
 - 7.5、测试
- 8、frame_grabber
 - 8.1、查看设备
 - 8.2、连接
 - 8.3、启动

激光雷达技术邮箱地址：support@slamtec.com

激光雷达wiki：<http://wiki.ros.org/rplidar>

激光雷达SDK：https://github.com/Slamtec/rplidar_sdk

激光雷达ROS：https://github.com/Slamtec/rplidar_ros

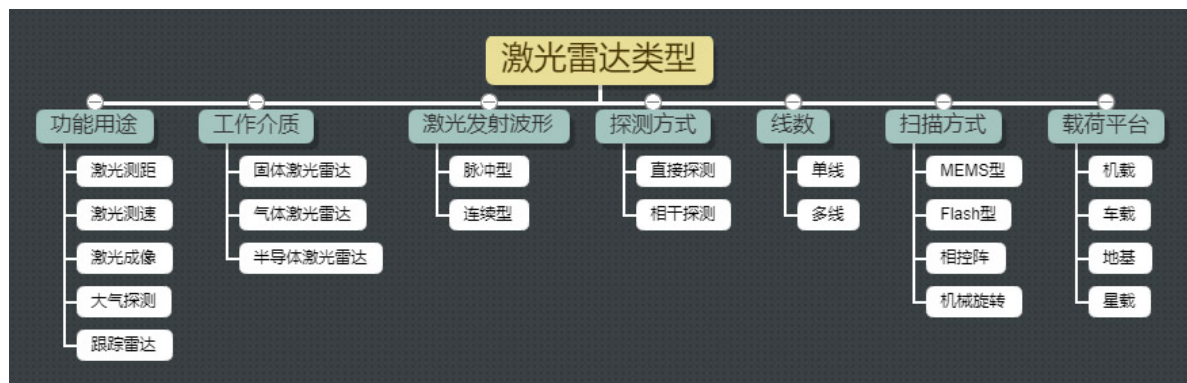
激光雷达教程：https://github.com/robopeak/rplidar_ros/wiki

激光雷达官网：<http://www.slamtec.com/cn/Support>

测试上位机：<https://www.slamtec.com/cn/RoboStudio>

1、概述

单线激光雷达是指激光源发出的线束是单线的雷达，具有三角测距及TOF激光雷达之分，主要以机器人领域应用居多。其扫描速度快、分辨率强、可靠性高，与多线激光雷达相比，单线激光雷达在角频率及灵敏度上反应更快捷，所以在障碍物的测距距离和精度上也更加精准。



2、思岚雷达组件

以思岚科技的单线激光雷达为例，其主要由激光器、接收器、信号处理单元和旋转机构这4个核心组件构成。

2.1、激光器

激光器是激光雷达中的激光发射机构。在工作过程中，它会以脉冲的方式点亮。思岚科技的RPLIDAR A3系列雷达，每秒钟会点亮和熄灭16000次。

2.2、接收器

激光器发射的激光照射到障碍物以后，通过障碍物的反射，反射光线会经由镜头组汇聚到接收器上。

2.3、信号处理单元

信号处理单元负责控制激光器的发射，以及接收器收到的信号的处理。根据这些信息计算出目标物体的距离信息。

2.4、旋转机构

以上3个组件构成了测量的核心部件。旋转机构负责将上述核心部件以稳定的转速旋转起来，从而实现对其所在平面的扫描，并产生实时的平面图信息。

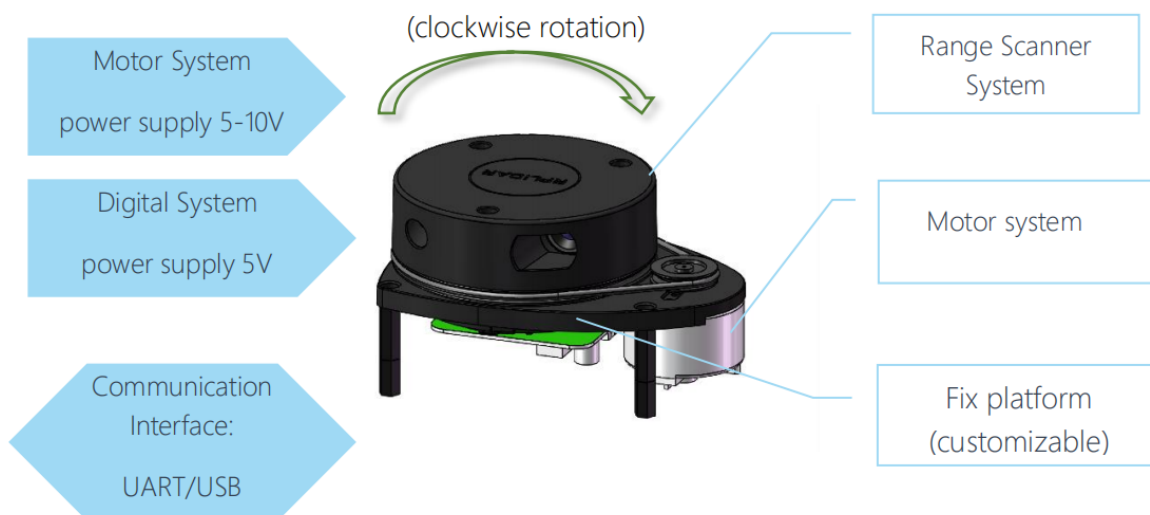
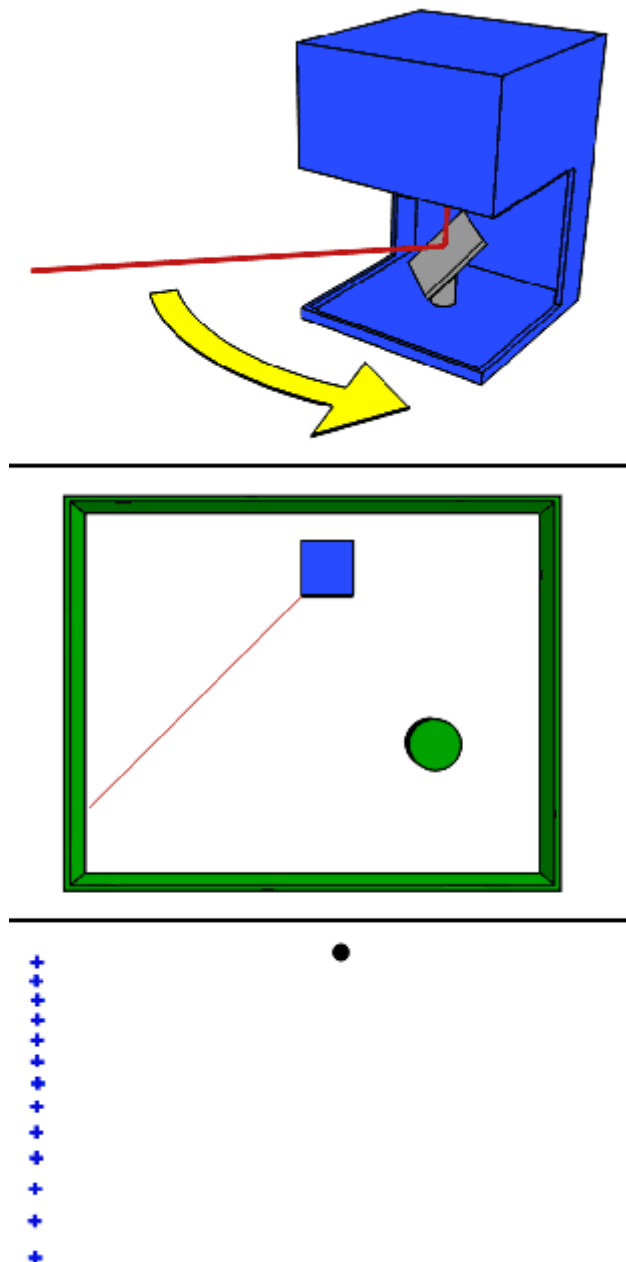


Figure 1-1 RPLIDAR A1 System Composition

3、单线激光雷达原理

单线机械旋转机关雷达工作原理参考下图：



3.1、三角测距法

激光三角测距法主要是通过一束激光以一定的入射角度照射被测目标，激光在目标表面发生反射和散射，在另一角度利用透镜对反射激光汇聚成像，光斑成像在CCD（Charge-coupled Device，感光耦合组件）位置传感器上。当被测物体沿激光方向发生移动时，位置传感器上的光斑将产生移动，其位移大小对应被测物体的移动距离，因此可通过算法设计，由光斑位移距离计算出被测物体与基线的距离值。由于入射光和反射光构成一个三角形，对光斑位移的计算运用了几何三角定理，故该测量法被称为激光三角测距法。

按入射光束与被测物体表面法线的角度关系，激光三角测距法可分为斜射式和直射式两种。

3.1.1、直射式

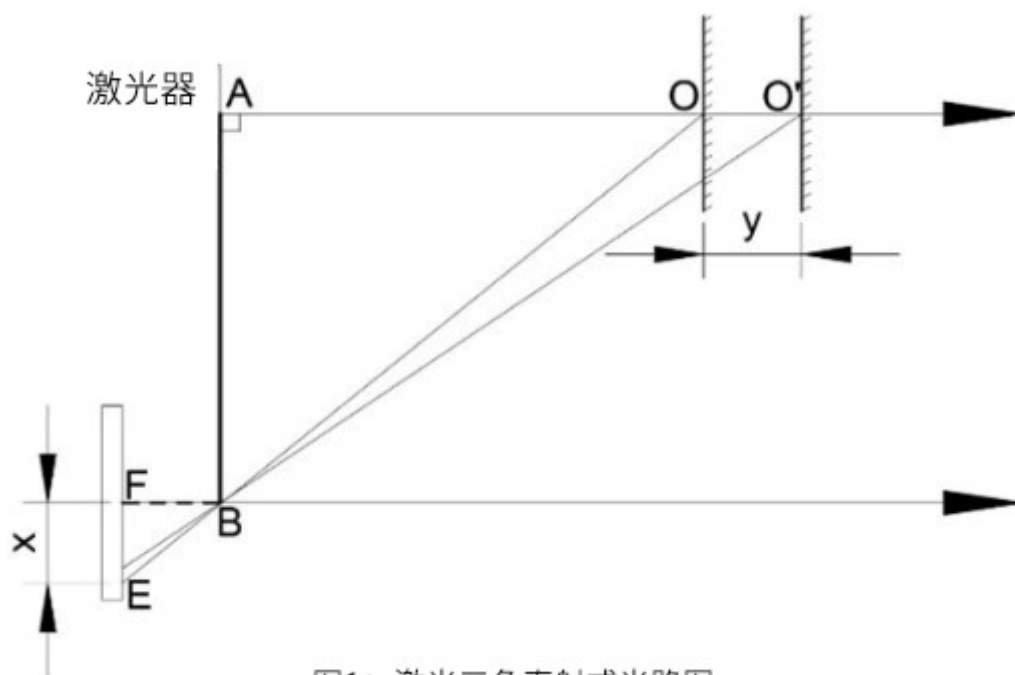


图1：激光三角直射式光路图

如图1所示，当激光光束垂直入射被测物体表面，即入射光线与被测物体表面法线共线时，为直射式激光三角法。

3.1.2、斜射式

当光路系统中，激光入射光束与被测物体表面法线夹角小于 90° 时，该入射方式即为斜射式。如图2所示的光路图为激光三角法斜射式光路图。

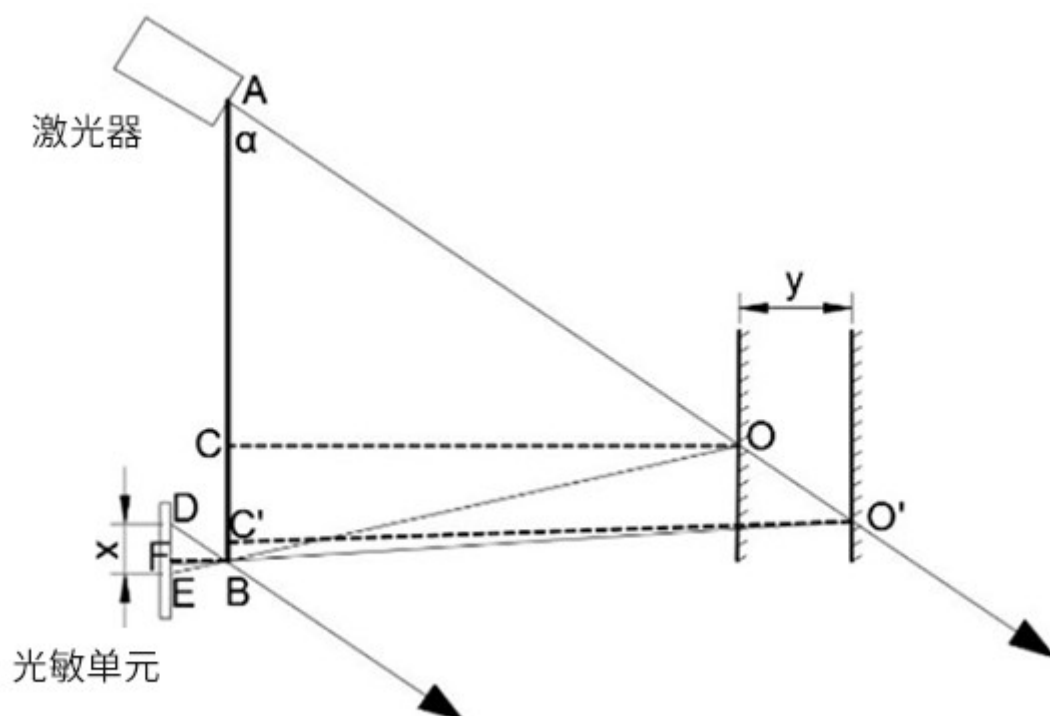


图2：激光三角法斜射式光路图

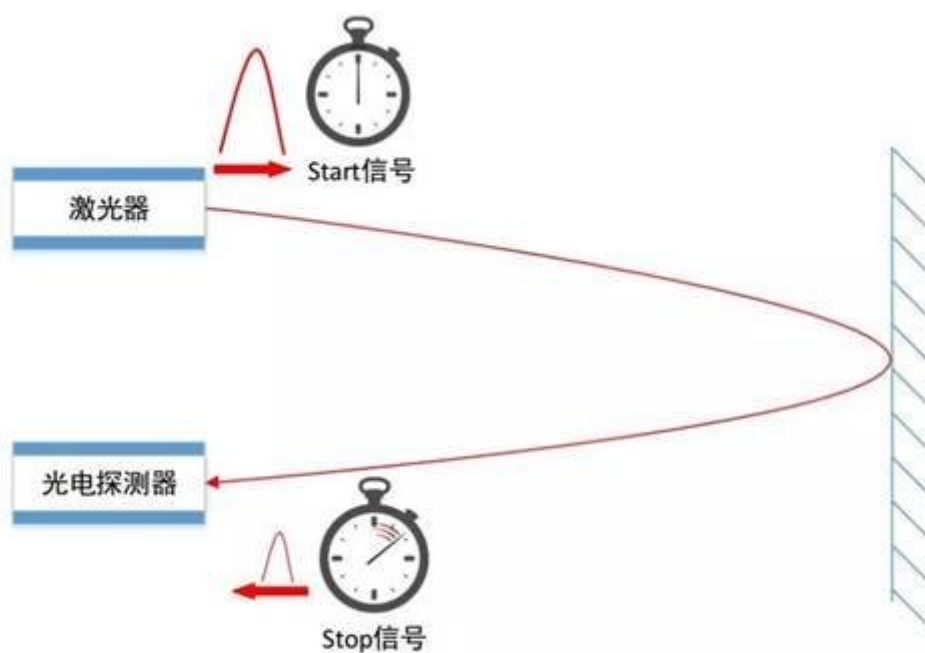
由激光器发射的激光与物体表面法线成一定角度入射到被测物体表面，反（散）射光经B处的透镜汇聚成像，最后被光敏单元采集。

无论是直射式还是斜射式激光三角测距法，均可实现对被测物体的高精度、非接触测量，但直射式分辨率没有斜射式高。

思岚科技的RPLIDAR系列激光雷达也采用了斜射式的激光三角测距法。每次测距过程中，RPLIDAR系列激光雷达将发射经过调制的红外激光信号，该激光信号在照射到目标物体后产生的反光将被 RPLIDAR 的视觉采集系统接收，然后经过嵌入在 RPLIDAR 内部的 DSP 处理器实时解算，被照射到的目标物体与 RPLIDAR 的距离值以及当前的夹角信息将从通讯接口中输出。在电机机构的驱动下，RPLIDAR 的测距核心将顺时针旋转，从而实现对周围环境的 360度全方位扫描测距检测。

3.2、TOF飞行时间测距法

TOF激光雷达要是基于测量光的飞行时间来获取目标物的距离。其工作原理主要表现为，通过激光发射器发出一束调制激光信号，该调制光经被测物体反射后由激光探测器接收，通过测量发射激光和接收激光的相位差即可计算出目标的距离。



TOF激光雷达工作原理图

在远距离物体条件下，其测量精度依旧精准、稳定。同时，TOF雷达因其超短时光脉冲的特性，在抗光干扰能力上也毫不逊色，即使在室外60Klx的强光下也能实现稳定测距及高精度建图。

总体来说，三角测距激光雷达与TOF激光雷达在实现上都有各自的难度，从原理上来说，TOF雷达的测距距离更远，在一些要求距离的场合，基本以TOF雷达居多，而三角测距激光雷达制造成本相对较低，且精度又可满足大多工业级民用要求，因此也备受业内关注。

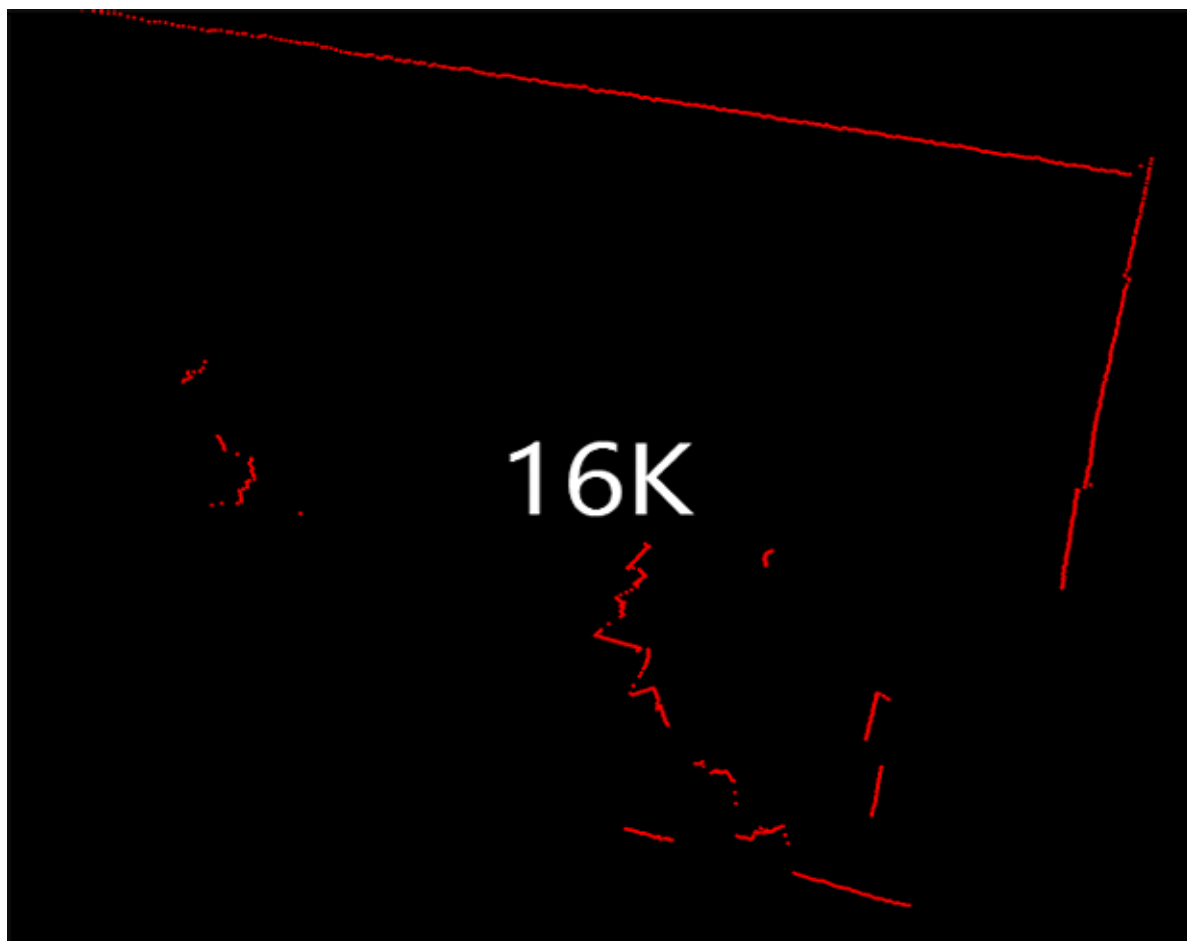
4、激光雷达型号

系列	三角测距				TOF测距	
型号	A1M8	A2M8	A3M1		S1M1	S2M1 (IP65)
			增强模式	室外模式		
						
推荐应用	智能扫地机、家用机器人（室内）	商用或消费类机器人3D建模（室内）	高性能（室内）	高可靠性，可靠的抗日光能力（室内外）	可靠的抗日光能力（室内外）	可靠的抗日光能力（室内外）
供电电压：5V 扫描范围：360°						
测量半径	0.15m - 12m	0.2m - 16m	白色物体：25m	白色物体：20m	白色物体：40m	白色物体：0.05~30m
			黑色物体：10m	黑色物体：待定	黑色物体：10m	黑色物体：0.05~10m
测量盲区	无参考值	无参考值	0.2m		0.1m	0.05m
通讯速率	115200bps		256000bps			1M
采样频率	8K		16K	10K	9.2K	32K
扫描频率	5.5Hz~10Hz	5Hz~15Hz	15Hz（10Hz~20Hz可调）		8Hz~15Hz	
角分辨率	≤1°	0.9°	0.225°		0.391°	0.12°
机械尺寸	96.8mm*70.3mm*55mm	∅76mm*41mm	∅76mm*41mm		55.5mm*55.5mm*51mm	77.1mm*77mm*38.85mm
供电电流	100mA	450mA - 600mA			400mA	
功耗	0.5W	2.25W~3W			> 2W	
输出	UART 串口 (3.3V电平)					
工作温度	0℃~40℃				(-5℃~45℃)	(-10℃~50℃)
测距精度	实际距离的 1% (≤3 m) 实际距离的 2% (3~5 m) 实际距离的 2.5% (>5m)				±5cm	±3cm

从上图可以看出，测量半径、采样速度、扫描频率、角度分辨率等参数是雷达工作性能的重要指标。

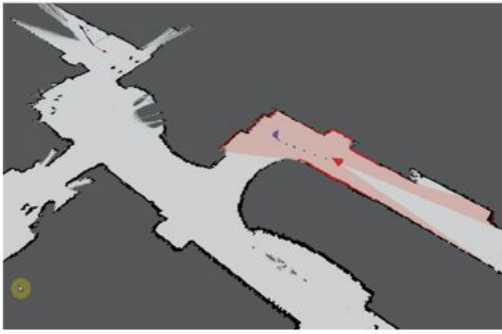
指标	描述
测距半径	雷达的测量距离范围
测距采样率	一秒内进行多少次测距输出
扫描频率	一秒内雷达进行多少次扫描
角分辨率	两个相邻测距的角度步进
测量分辨率/精度	可以感知到距离变化最小值

较高的**扫描频率**可以确保安装激光雷达的机器人实现较快速度的运动，并且保证地图构建的质量。但要提高扫描频率并不只是简单的加速激光雷达内部扫描电机旋转这么简单，对应的需要提高测距采样率。否则当采样频率固定的情况下，更快的扫描速度只会降低角分辨率。除了测距距离、扫描频率之外，测量分辨率和建图精度等参数对于激光雷达性能来说同样重要，这些都是保证机器人能拥有稳定性能的重要参数。

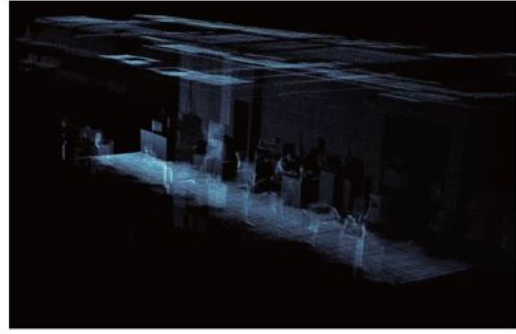


5、应用场景

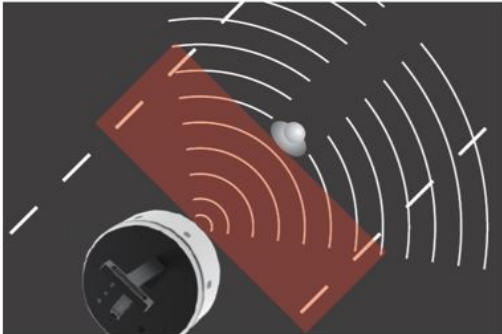
得益于激光雷达技术的进步，激光雷达的测量半径、测距频率、距离分辨率及角度分辨率都有了很大的提升，可以帮助各类应用获取更大场景、更丰富的轮廓信息。在机器人自主定位导航、空间环境测绘以及安保安防等诸多领域，发挥着不可或缺的重要作用。



机器人同步定位与建图



环境扫描与3D重建



障碍物检测与规避



多点触摸与人机交互

6、运行rplidar节点

6.1、构建 rplidar ros 包

功能包下载地址: https://github.com/Slamtec/rplidar_ros/

将此功能包克隆到您的 工作空间 src 文件夹下

运行 catkin_make 来构建 rplidarNode 和 rplidarNodeClient

注意: 如果没有将更新环境变量写到【.bashrc】中, 每次执行运行程序前, 必须先更新环境变量。

```
source devel/setup.bash # 更新环境变量
```

6.2、重新映射USB串口

在rplidar_ros功能包路径下, 安装 USB 端口重映射:

```
./scripts/create_udev_rules.sh
```

使用以下命令修改重映射:

```
ls -l /dev | grep ttyUSB
```

```
lrwxrwxrwx 1 root root 7 Sep 14 15:04 rplidar -> ttyUSB0
crwxrwxrwx 1 root dialout 188, 0 Sep 14 15:04 ttyUSB0
jetson@jetson-yahboom:~$
```

更改 USB 端口重新映射后, 更改有关 serial_port 值的启动文件。


```
<launch>
  <node name="rplidarNode" pkg="rplidar_ros" type="rplidarNode" output="screen"
  respawn="true">
    <param name="serial_port" type="string" value="/dev/rplidar"/>
    <param name="serial_baudrate" type="int" value="115200"/>
    <param name="frame_id" type="string" value="laser"/>
    <param name="inverted" type="bool" value="false"/>
    <param name="angle_compensate" type="bool" value="true"/>
  </node>
</launch>
```

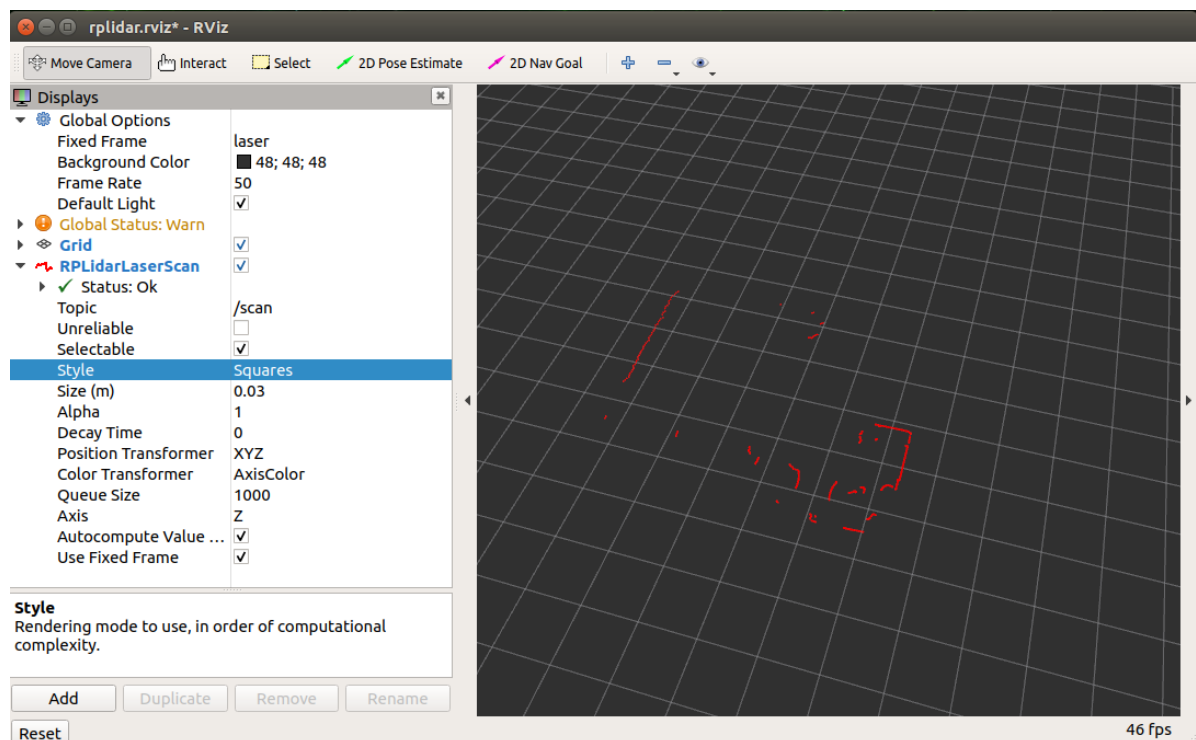
6.3、运行 rplidar ros 包

- 第一种方式

运行rplidar节点，在rviz中查看

```
roslaunch rplidar_ros view_rplidar.launch    # RPLIDAR A1/A2
roslaunch rplidar_ros view_rplidar_a3.launch # RPLIDAR A3
roslaunch rplidar_ros view_rplidar_s1.launch # RPLIDAR S1
roslaunch rplidar_ros view_rplidar_s2.launch # RPLIDAR S2
```

您应该在 rviz 中看到 rplidar 的扫描结果。



- 第二种方式

运行 rplidar 节点

```
roslaunch rplidar_ros rplidar.launch    # RPLIDAR A1/A2
roslaunch rplidar_ros rplidar_a3.launch # RPLIDAR A3
roslaunch rplidar_ros rplidar_s1.launch # RPLIDAR S1
roslaunch rplidar_ros rplidar_s2.launch # RPLIDAR S2
```

启动测试应用程序

```
roslaunch rplidar_ros rplidarNodeClient
```

您应该在控制台中看到 rplidar 的扫描结果

```
/home/jetson/software/transbot_library/src/rplidar_ros/launch/rplidar.launch http://192.168.2.88:11311
ROS_MASTER_URI=http://192.168.2.88:11311

process[rplidarNode-1]: started with pid [30121]
[ INFO] [1631603935.771331312]: RPLIDAR running on ROS package rplidar_ros. SDK Version: 'RPLIDAR_SDK_VERSION'
RPLIDAR S/N: 6A97EDF9C7E29BD1A7E39EF2FA44431B
[ INFO] [1631603938.283765720]: Firmware Ver: 1.29
[ INFO] [1631603938.283878164]: Hardware Rev: 7
[ INFO] [1631603938.286787688]: RPLidar health status : 0
[ INFO] [1631603938.852257002]: current scan mode: Sensitivity, max_distance: 12.0 m, Point number: 7.9K , angle_compensate: 2

jetson@jetson-yahboom: ~ 80x13
[ INFO] [1631604001.255756570]: : [-165.019455, 2.292000]
[ INFO] [1631604001.255823084]: : [-164.520142, 2.300000]
[ INFO] [1631604001.255875013]: : [-164.020844, 2.304000]
[ INFO] [1631604000.796763781]: : [-91.621681, 1.466000]
[ INFO] [1631604000.796990301]: : [-91.122375, 1.466000]
[ INFO] [1631604000.797332139]: : [-90.623070, 1.466000]
[ INFO] [1631604000.797995606]: : [-90.123764, 1.464000]
[ INFO] [1631604000.798390416]: : [-89.624458, 1.462000]
[ INFO] [1631604000.798731785]: : [-89.125160, 1.462000]
[ INFO] [1631604000.799267069]: : [-88.625847, 1.460000]
[ INFO] [1631604000.799543800]: : [-88.126549, 1.192000]
[ INFO] [1631604000.799790009]: : [-87.627243, 1.192000]
```

7、RoboStudio测试方法

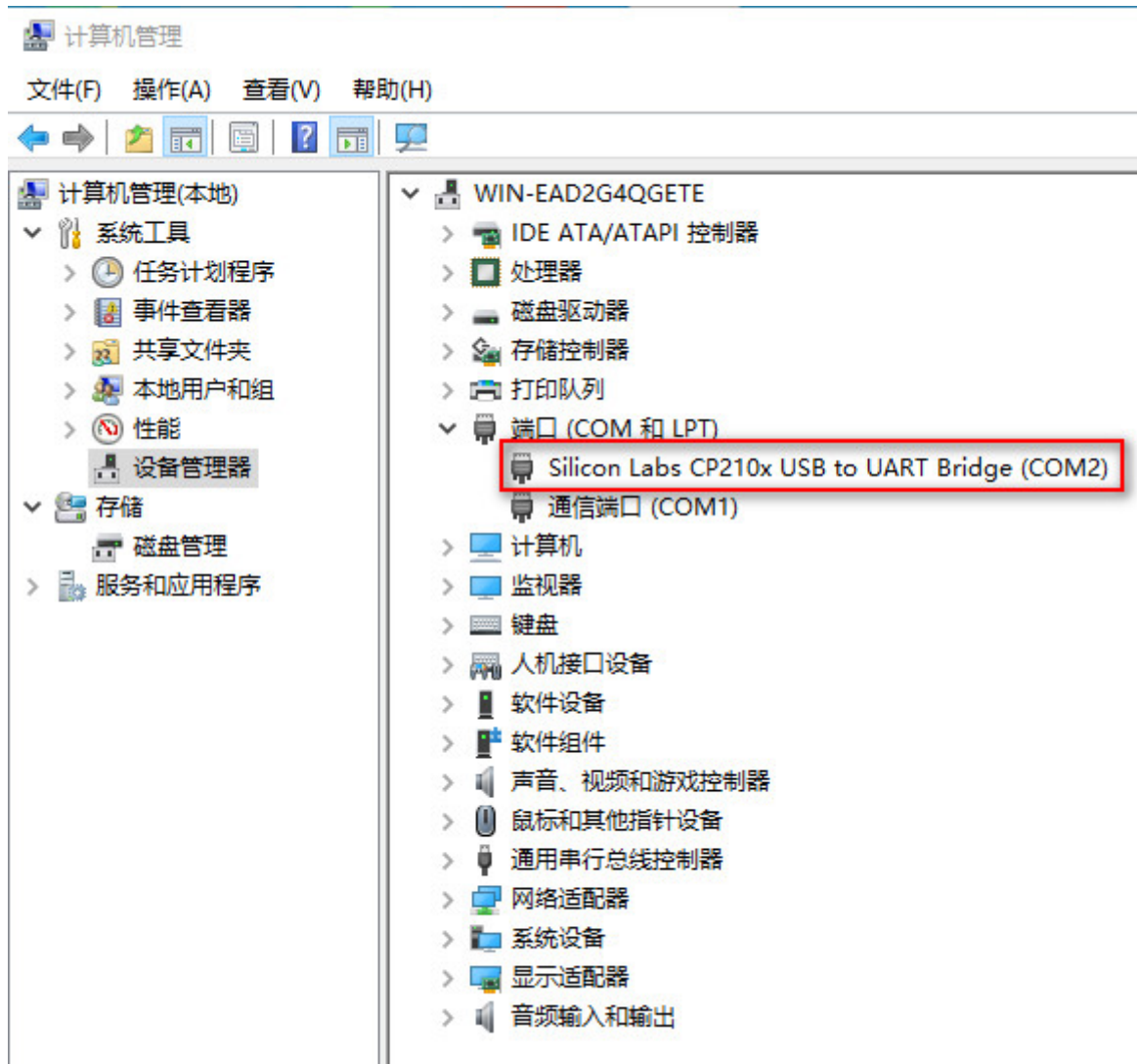
测试工具下载地址: <https://www.slamtec.com/cn/RoboStudio>

以S1M1雷达为例, 其他型号类似。

7.1、安装

双击 `install_robostudio_20210920.exe` 安装, 一直下一步直到安装完成。将雷达调至对应的波特率【A1/A2: 115200、A3/S1: 256000、S2: 1000000】。使用原装数据线连接设备 (例如: PC)。

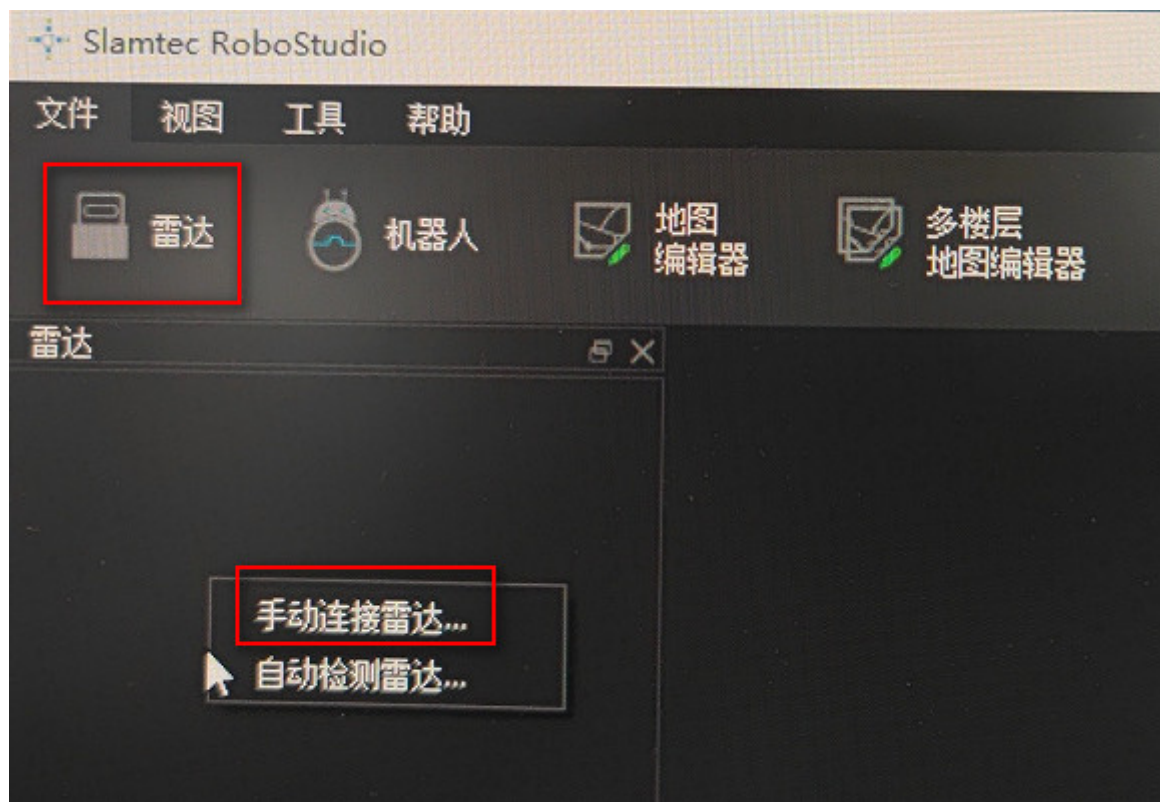
7.2、查看设备



由上图可知道，激光雷达的端口是【COM2】。

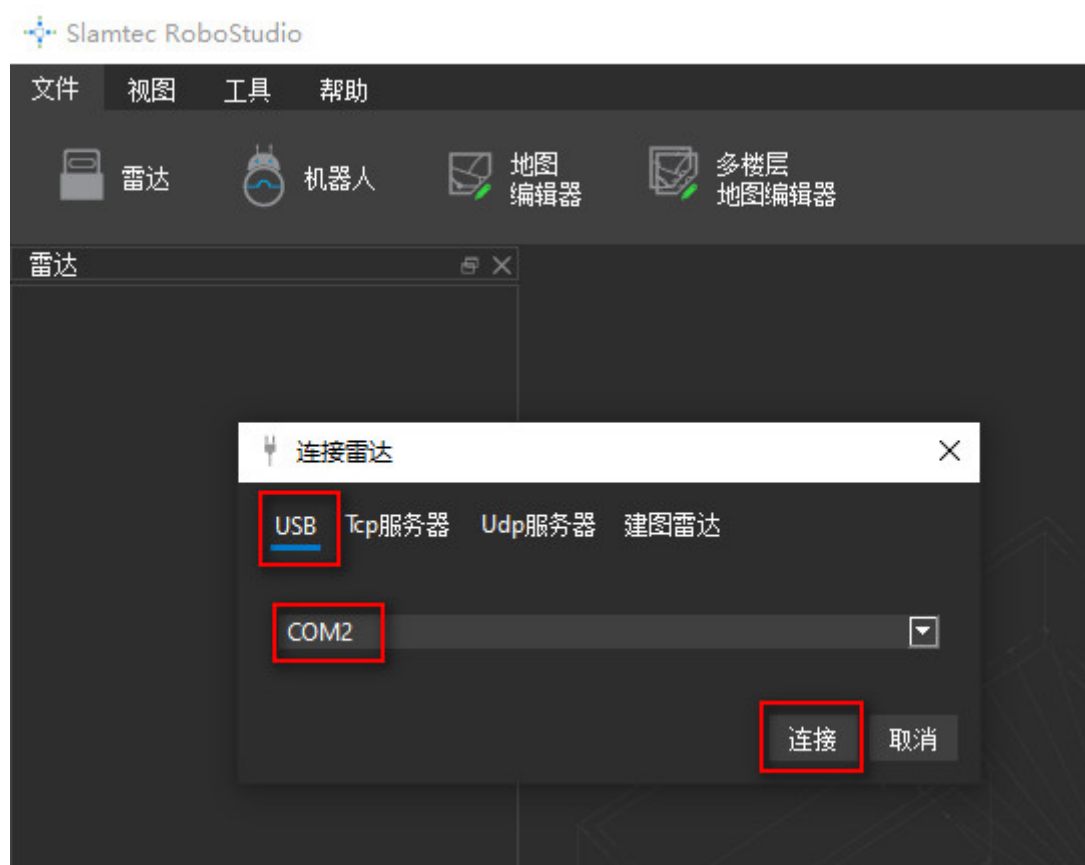
7.3、登录

首次登录，需要注册才可以使用。选中【雷达】，在雷达栏空白区域右键，选中【手动连接雷达...】。



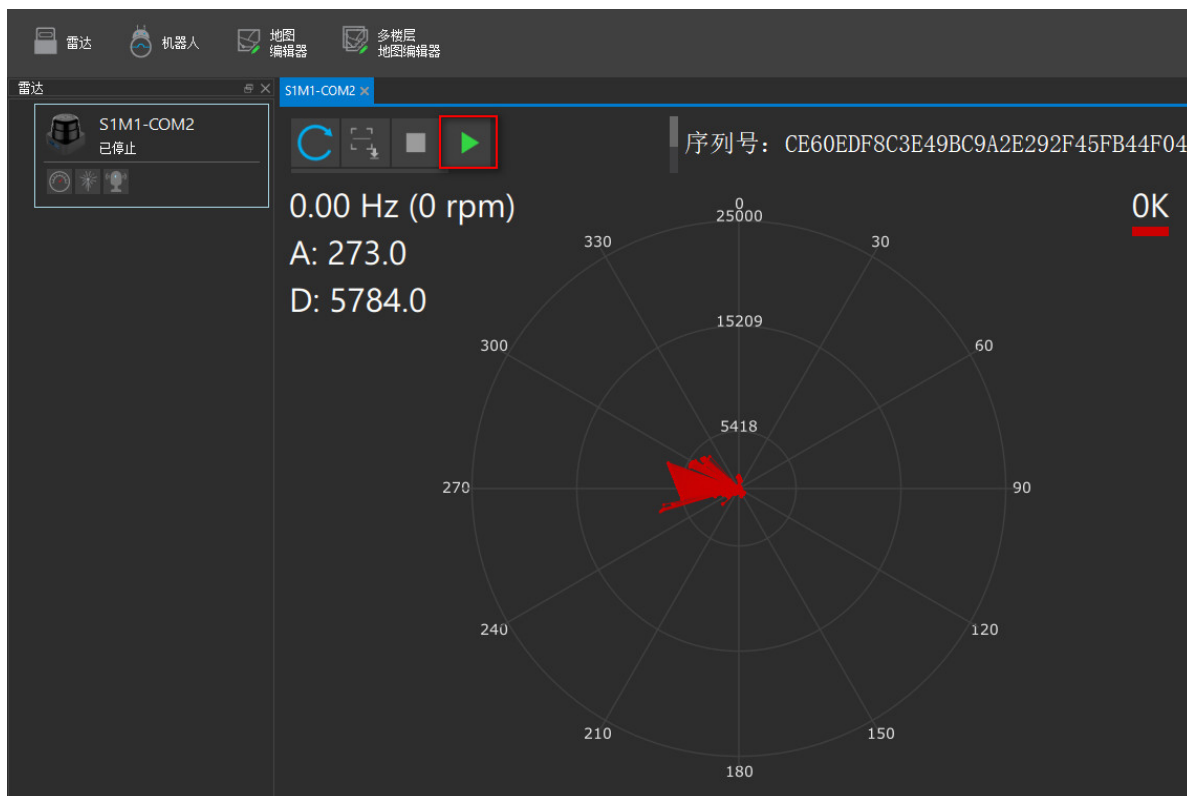
7.4、连接

选择对应的【COM2】，点击【连接】。

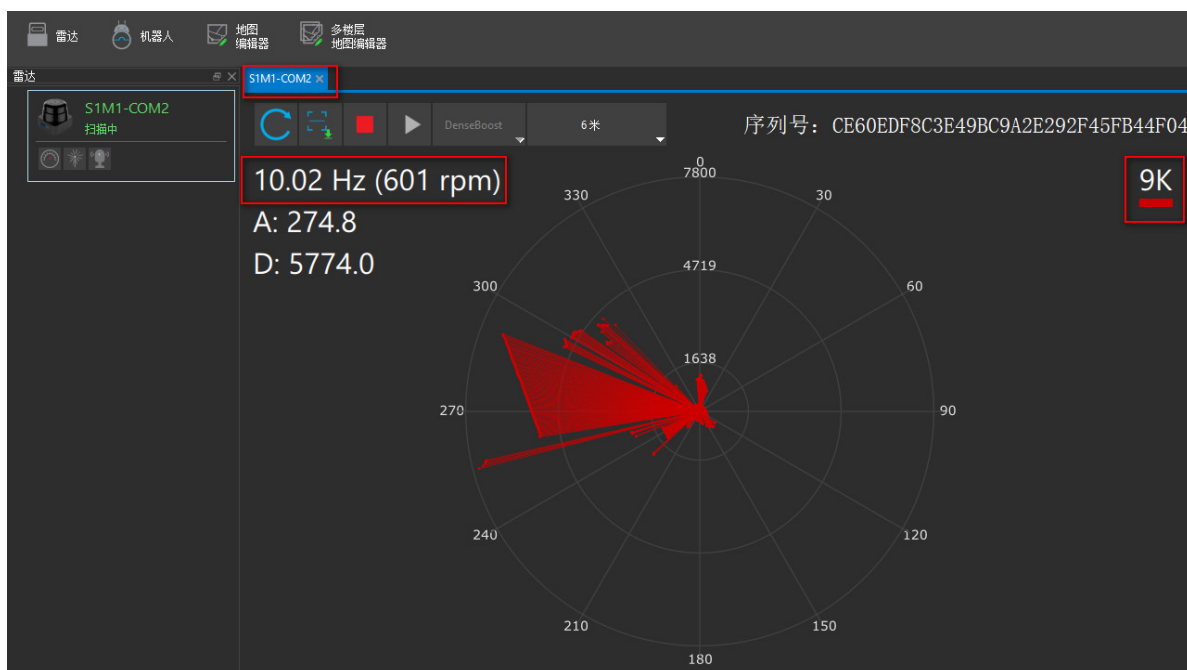


7.5、测试

进入测试界面，点击绿色三角形，开启激光雷达测试。



可以查看到雷达的基本信息：型号【S1M1】、采样频率【9K】、扫描频率【10.02Hz】等。



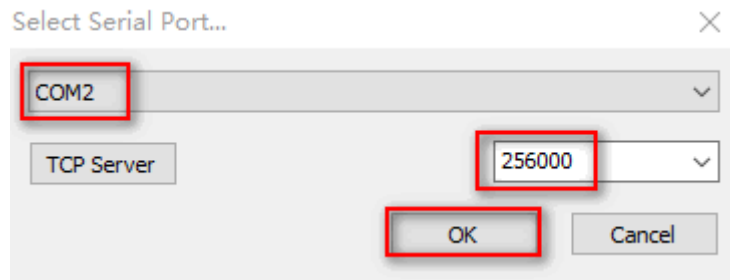
8、frame_grabber

8.1、查看设备

与7.2操作方式相同。

8.2、连接

选择对应的端口【COM2】和波特率【256000】，点击【OK】即可。



8.3、启动

点击如下图所示，启动按键。

效果图如下