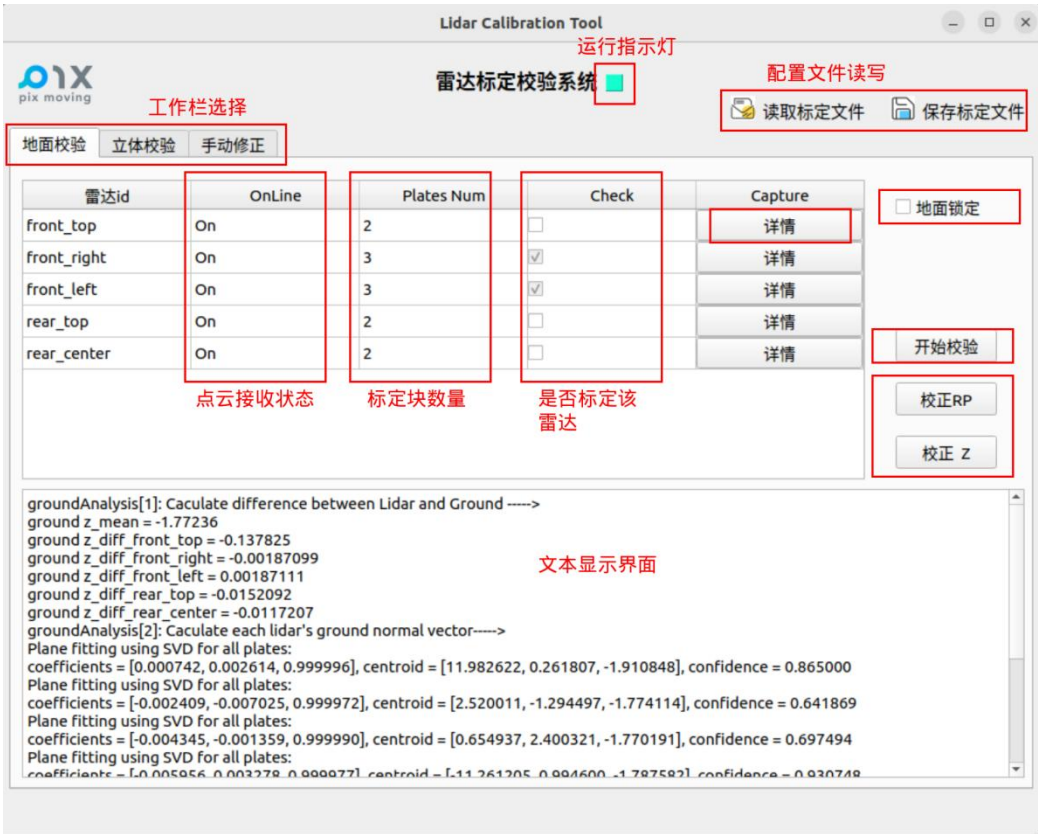


PIX 雷达标定校验系统 使用说明

一、GUI 介绍



1. 地面校验栏：

运行指示灯：正常蓝绿闪烁，表征软件是否卡住；

配置文件读写：外参标定文件(yaml)，已经适配车体外参格式；保存标定文件，如果是新建 yaml，只保存 lidar->sensor_base_link 的部分，如果是覆盖已有 yaml，则只修改 lidar->sensor_base_link 的部分，其他部分不变；

点云状态：是否接收到对应雷达的点云，无点云超过 1 秒钟则跳变为 off；

标定块数量(地面)：检测到的平面区域的数量，由 config.json 中的 region_ground 字段配置；配置区域必须为地面上的平面；

是否标定该雷达：

- (1) 当 check 被选定后，必须保证 Plates Num>=2，否则无法标定；
- (2) front_left、front_right 必须被选定，否则无法进行标定；

开始校验：计算各个雷达的平面数据，主要包括各雷达地面点云与实际地面的 z 轴高度差，Pitch、Row 偏角；“详情”按钮只计算某个雷达地平面；

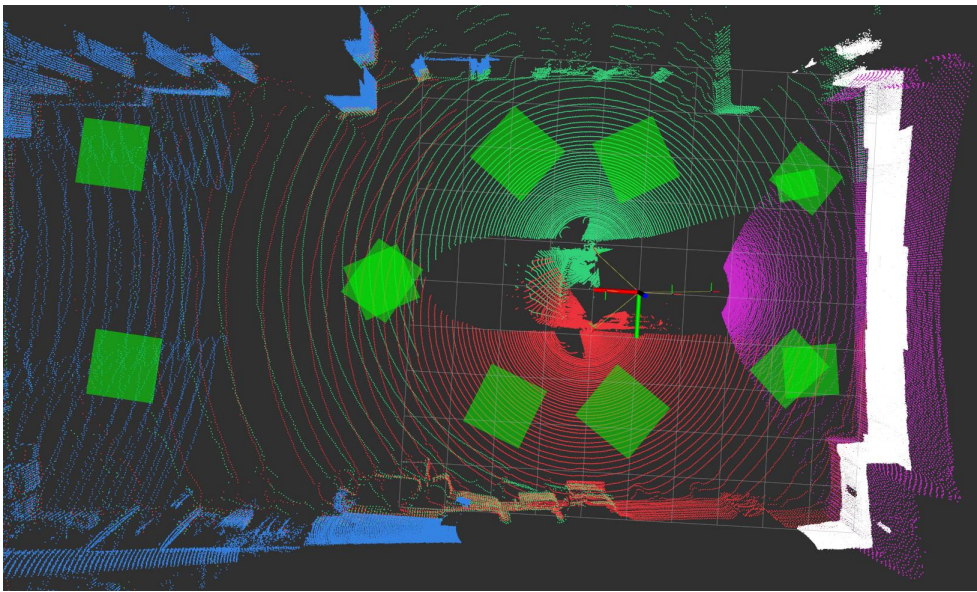
校正 RP：以(0,0,1)作为地平面法向量，将计算校验选定的雷达地平面法向量与(0,0,1)的 Roll、Pitch 偏角，并将偏角补偿到原有外参参数中，该按钮点击后会在 Rviz 中发现 tf

的变化；

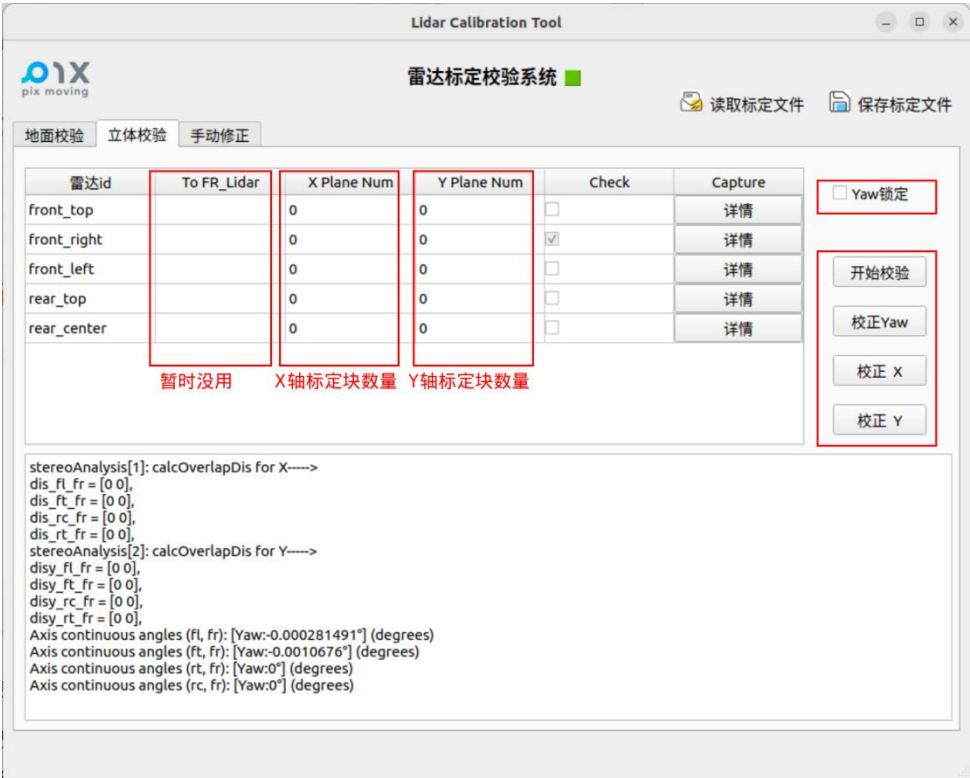
校正 Z：以 front_right、front_left 雷达地平面的 Z 轴均值作为基准，计算校验选定的雷达地平面与基准 Z 的差值并补偿到原有外参中,该按钮点击后会在 Rviz 中发现 tf 的变化；

地面锁定：勾选后不再对 front_left、front_right 的 Roll,Pitch 角进行修改；

Rviz 界面显示，其中绿色的矩形平面，就是 json 文件中配置的，且检测到的地面标定块：



2. 立体校验栏

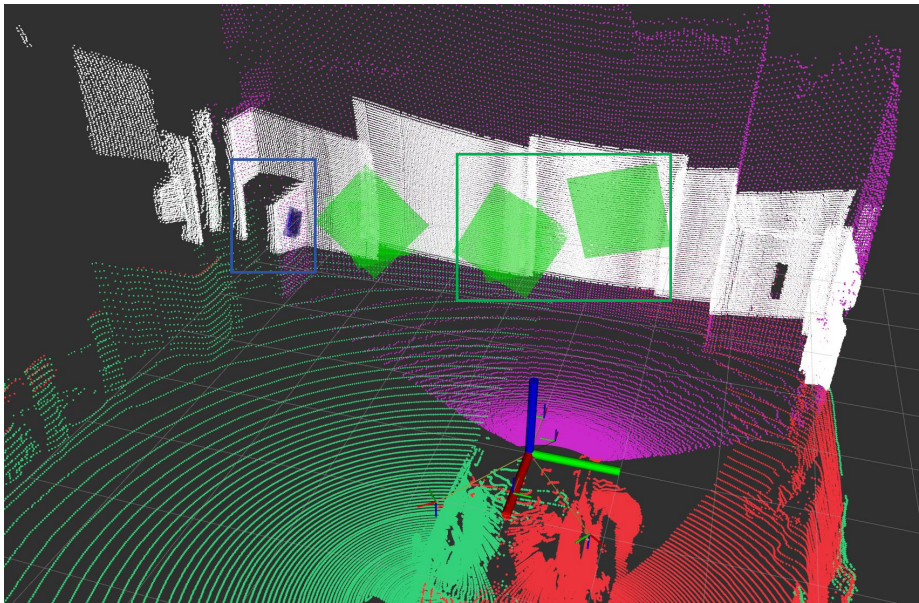


X 轴标定块数量：立体校验中，在 YOZ 竖直墙面上的点云标定块的数量，用于校验 Yaw

偏角和 X 轴偏移；由 config.json 中的 region_wall_x 字段配置；配置区域必须为 YOZ 竖直墙面上的平面；

Y 轴标定块数量：立体校验中，在 XOZ 竖直墙面上的点云标定块的数量，用于校验 Yaw 偏角和 Y 轴偏移；由 config.json 中的 region_wall_x 字段配置；配置区域必须为 XSOZ 竖直墙面上的平面；

Yaw 锁定：勾选后不再对 front_left、front_right 的 Yaw 角进行修改；



Rviz 界面显示，其中绿色的矩形平面，就是 json 文件中配置的，且检测到的 YOZ 竖直墙面的标定块，蓝色的是 XOZ 竖直墙面的标定块；

3. 手动调整栏



水平轴向微调,用于对各个雷达外参的轴向进行微调,表格中输入的是微调量,单位为米(m);

全部清空: 该按钮点击后表格所有的参数会被重置为 0.0;

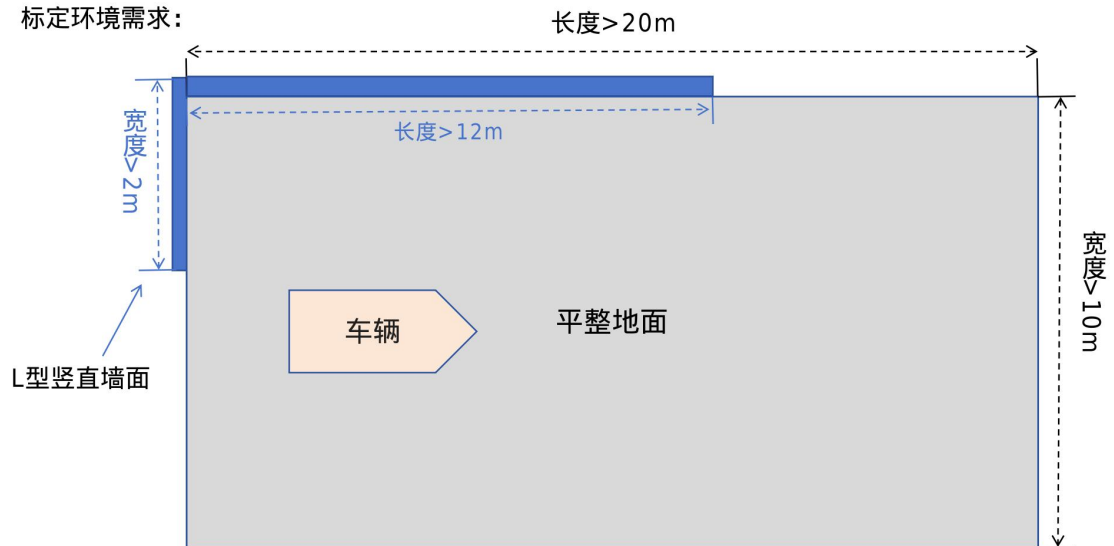
执行修正: 该按钮点击后,会将微调量下发到 TF 系统中,在 Rviz 中可以直接看到变动效果;

注意: 没有特殊情况,不要动 front_right 雷达的轴向参数,因为需要将各个雷达对齐到 front_right 上;

二、标定操作流程

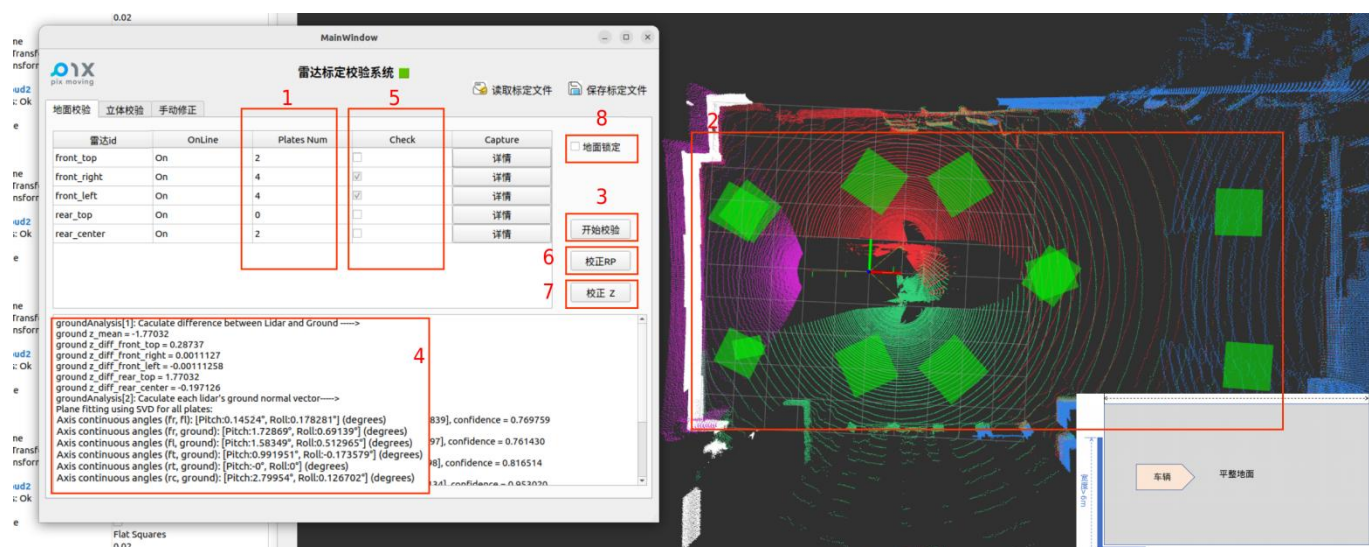
1. 场地布置

标定环境需求:



标定最小需求是一块较大的**平整地面**和一块较宽的**竖直平整墙面**,具体尺寸如上图所示;注:一堵墙即可,可以不需要 L 型墙面;

2. 启动软件，进行地面标定



首先启动雷达，将车辆按照上图右下角的位置，车尾靠墙，车头朝向大范围整洁平面；

(1) 步骤 1：点击读取标定文件，选择对应的标定文件；查看 f_r、f_l 的 Plates Num 等于 4，f_t 的标定块数量大于 2；

(2) 步骤 2：查看 Rviz 中点云和色块的显示，所有的色块所在的区域必须是平整的地面，不能有杂物；注：需要勾选 Check 栏才会显示色块！

(3) 步骤 3：点击开始校验；

(4) 步骤 4：会显示当前雷达相对地面的高度差和角度差；注：现在 rear top 雷达并没检测到地面，所以数据会有异常，是正常现象！

(5) 步骤 5：首先根据色块状态，前侧的区域正常，所以先标定 front_right、front_left、front_top，勾选这三个雷达；

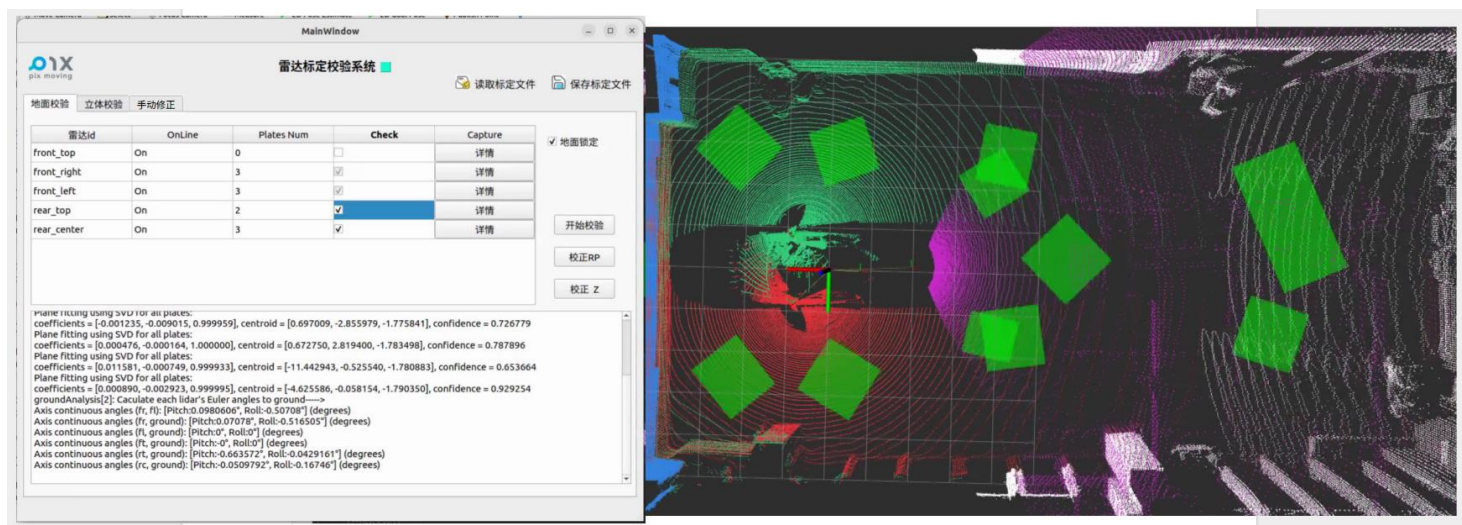
(6) 步骤 6：点击校正 RP，刚才勾选的三个雷达的 Roll、Pitch 角会被修正；

(7) 步骤 7：点击校正 Z，刚才勾选的三个雷达的 Z 值会被修正；

(8) 步骤 8：勾选地面锁定；front_right、front_left、front_top 地面标定完成；

(9) 再次点击“开始校验”会在下方显示框看到上面三个雷达的高度和角度差几乎为 0；

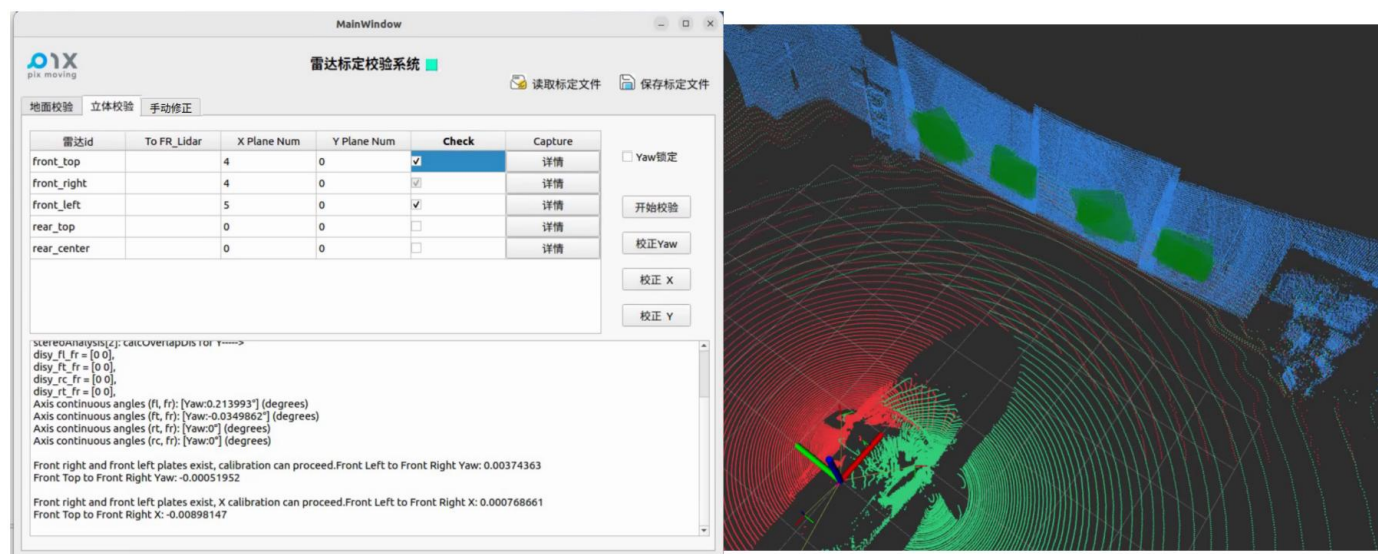
(10) 点击保存标定文件；



然后，将车辆调转方向，如上图所示。开始 rear_top 和 rear_center 的标定：

- (1) 勾选 rear_top、rear_center 的 check 栏，查看色块显示是否正常；
- (2) 点击开始校验，查看 rear_top、rear_center 的高度差，角度差是否正常；注：一般数值都不大；同时，因为 f_r f_l 雷达色块显示不完整、位置变化(地面不平)等原因，f_r f_l 雷达的 ground_z_diff，Axis continuous angles 不再是 0，正常；
- (3) 再次检查地面锁定是否被勾选，然后点击校正 RP 和校正 Z；
- (4) 此时，所有雷达的地面标定完成，在 Rviz 中拖动点云确认下各雷达地面是否平整，如果不平整，请检查环境地面是否平整，操作是否正确；
- (5) 点击保存标定文件；注：可以重复保存，会覆盖上次保存的结果；

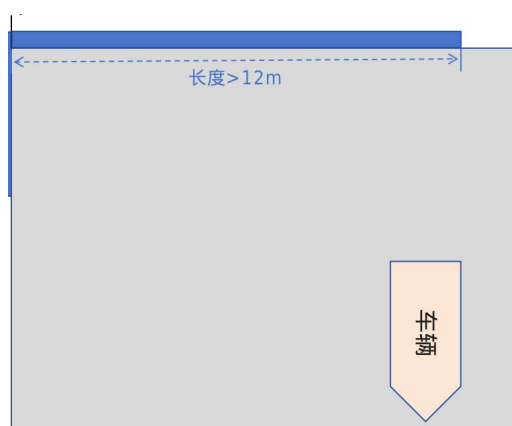
3. 进行立体标定

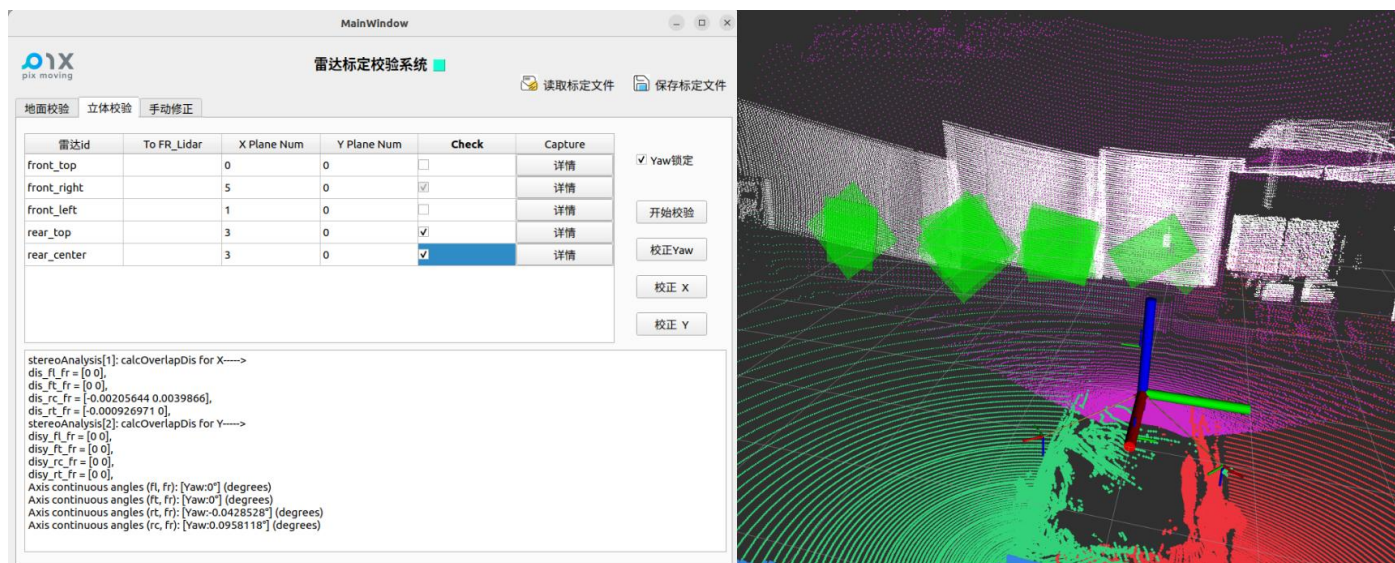


首先，将车辆前方垂直对准墙面，front_top 雷达距离墙面约 6.5m(大概就行)，如上图所示；

- (1) 勾选 front_top、front_right、front_left 的 Check 勾选栏，在 Rviz 中查看色块是否正常显示；
- (2) 检查这三个雷达的 X plane Num 是否 ≥ 4 ，如果小于 4，则需要检查 config.json 中的 region_wall_x 字段是否配置正常；
- (3) 点击开始校验，可以看到信息输出，其中 dis_xxx_fr 是 xxx 雷达相对于 fr 雷达的 X 轴偏差，Axis continuous angles (xxx, fr) 代表 xxx 雷达相对于 fr 雷达的 yaw 偏角；
- (4) **确认 Yaw 锁定没有被勾选**，点击校正 Yaw、然后点击校正 X；
- (5) 再次点击开始校验，会看到 X 轴偏差和 yaw 的偏差几乎消失；
- (6) **勾选 Yaw 锁定**；此时 front_top、front_right、front_left 雷达的 yaw 和 x 标定完成；

然后，将车辆如下图摆放：尾部垂直指向墙面，车辆右后侧留有大片空白墙面；车尾 rear center 雷达距离墙面约 6m；





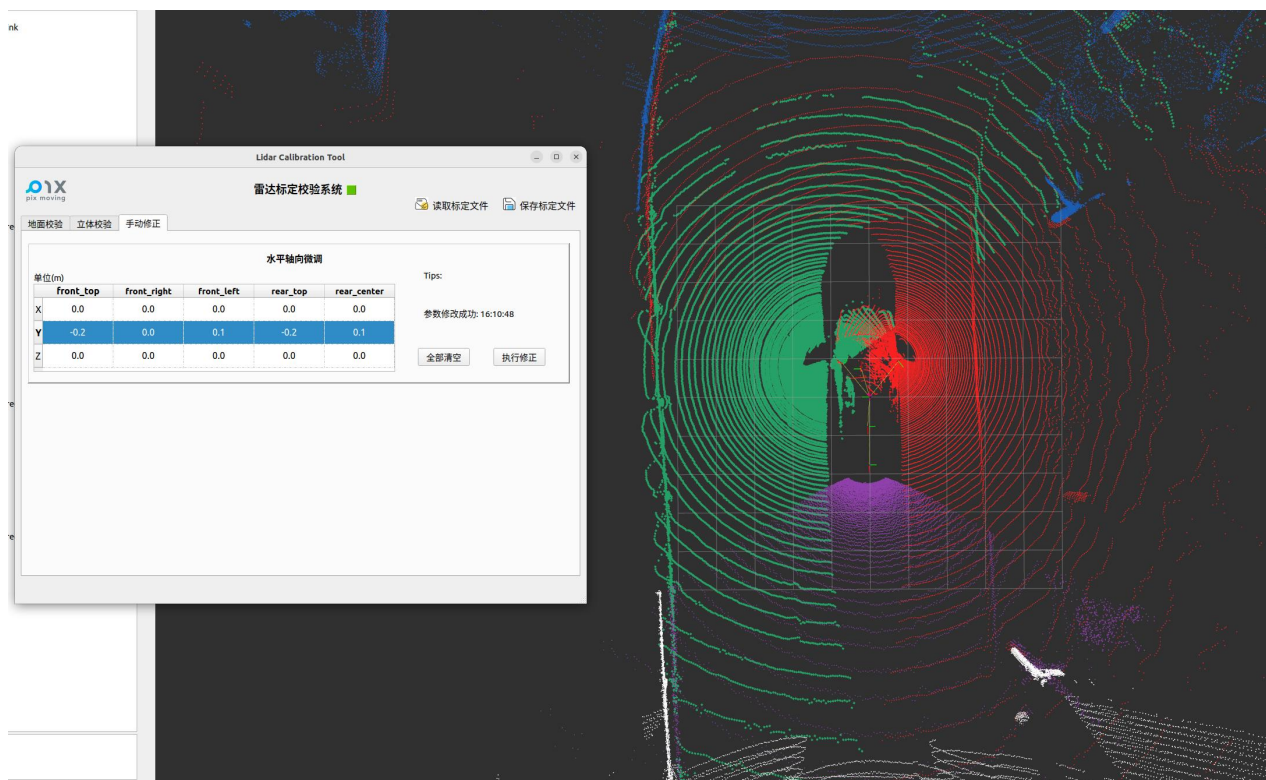
- (1) 勾选 front_right、rear_top、rear_center 的 Check 勾选栏，在 Rviz 中查看色块是否正常显示；
- (2) 检查 front_right 的 X Plane Num 是否 ≥ 4 ，rear_top、rear_center 的 X Plane Num=3；否则需要检查 config.json 中的 region_wall_x 字段是否配置正常；
- (3) 点击开始校验，可以看到信息输出，其中 dis_xxx_fr 是 xxx 雷达相对于 fr 雷达的 X 轴偏差，Axis continuous angles (xxx, fr)代表 xxx 雷达相对于 fr 雷达的 yaw 偏角；
- (4) 确认 Yaw 锁定被勾选，点击校正 Yaw、然后点击校正 X；
- (5) 再次点击开始校验，会看到 rear_top、rear_center 与 front_right 的 X 轴偏差和 yaw 的偏差几乎消失；
- (6) 自此所有雷达的 Yaw，X 标定完成；

注:因为各雷达间 Y 轴的重合面较小,难以在 config.json 中设定合适的 region_wall_y 参数;进而导致标定的 y 轴参数并不一定准确,所以 Y 轴直接通过手动调整进行标定即可!

4. 进行手动修正

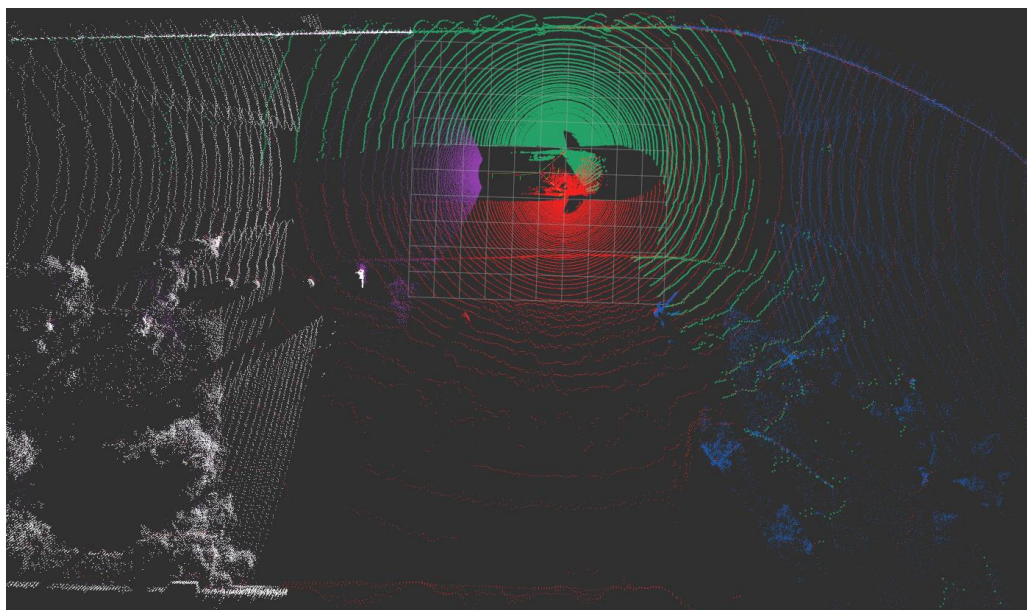
经过前面的标定，这里应该只需要调整 Y 轴的参数；可以将车开到棱角、线条比较明显的地方，如下图所示；

yaw 值，X 值均对齐到 front_right 雷达，所以在手动修正的时候，不要动 front_right 列的参数，以 front_right 为基准，将所有点云线条对齐到该雷达上；



全部清空按钮会将所有参数设置为 0；

执行修正按钮会下发左侧表格中设置的参数，调整后效果如下图所示，在 top_down 视角下所有线条应近乎重合：



三、注意事项

1. 原始参数 `sensor_kit_calibration.yaml` 可以由同类型的车辆中得到，这个软件可以微调参数，但不能无中生有；
2. 同类型车辆的 `config.json` 配置文件没意外的话可以是一致的，其中制定了默认的 `yaml` 文件位置，lidar 的 `ros` 消息名，QOS 等；
3. 标定质量与地面、墙面平整度有关，应尽可能平整；
4. `config.json` 的 `region_ground`、`region_wall_x` 的作用相当于在点云中提取标定板(Rviz 中的色块)，这些参数的设置需要一定的经验，必要的时候需要经过一些培训，理解原理性事项；
5. 标定顺序必须是($PR > Z > Yaw > X > Y$)，不能随意变动顺序；