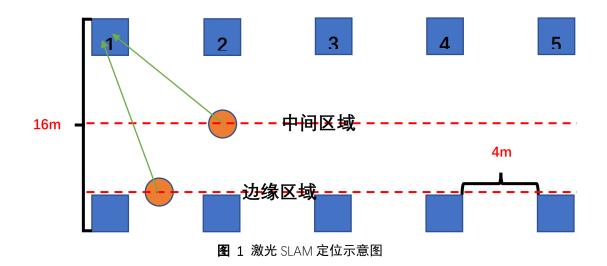
靶标设计方案:



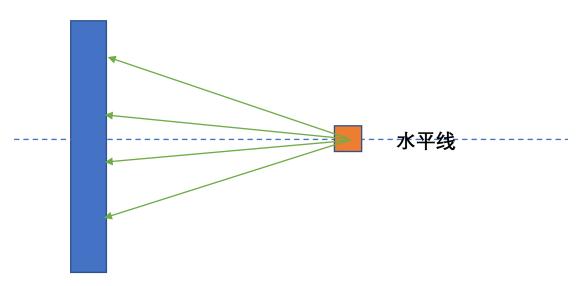


图 2 雷达激光束与靶标之间的几何关系

根据 velodyne16 线激光雷达的硬件特性和参数, 以及考虑到定位精度的要求和鲁棒性, 本定位算法决定利用激光雷达的 2-4 根激光束, 其分别为距离激光雷达坐标系水平面最近的四根激光束, 靶标的大小及形状也将依据雷达线束进行决定。

下面以靶标的最大间隔为 4 米进行标靶尺寸的制定:

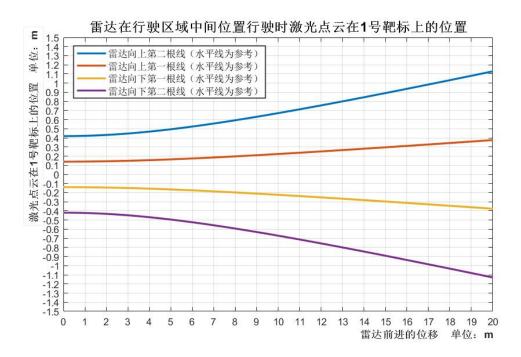


图 3 雷达在中间区域行驶时激光点云在1号靶标上的位置

如图 1 所示,若雷达在中间区域行驶,为保证定位精度及鲁棒性,激光雷达在行驶过程中,要求其在道路两侧时刻能检测到三个或者三个以上的靶标(两侧各三个或者三个以上),由于靶标间隔最大为 4m,即要求雷达在行驶方向上距离靶标(以 1 号靶标为例)6米时,雷达的四根激光束依然能打到 1 号靶标。从图 3 中可以看出,此时上下两根线的最大距离为 1m,小距离为 0.4 米。

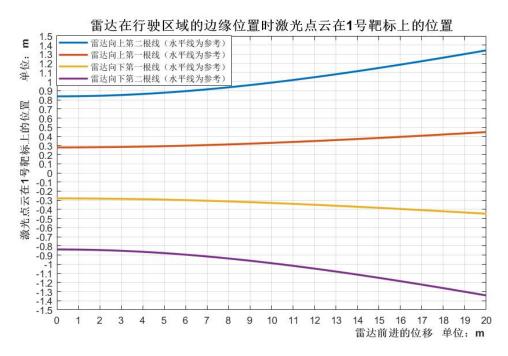


图 4 雷达在行驶区域的边缘位置时激光点云在 1 号靶标上的位置

考虑到车辆有时候不一定在中间区域行驶,为了保证算法在所有行驶区域的可靠性,则需要考虑雷达在边缘区域(最靠近一侧靶标,见图 1)时是否能有 2-4 根激光束打到三

个或者三个以上靶标,同样从图 4 中可以看出,上下两根线的最大距离是 1.8 米,最小距离为 0.6 米。

综合以上两种最佳和极限情况,考虑到靶标的可移动性,决定靶标高度为 1.2 米。

靶标整体形状为三面矩形,由于算法采用是通过反光贴提供的反射强度信息进行点云前处理,而反光贴的反射强度又与激光束的照射角度有关,角度越小(最小即正射,最大即激光束与反光贴平行),其反射强度越大。这就要求激光雷达在运动的过程中,其激光束与反光贴之间的角度不能过大,否则将出现点云提取失败的情况。由于该项目使用的是条状反光贴,不是全覆盖反光贴,为了算法的可靠性,不仅需要在靶标的每一个面上(即三个面)都布置一条反光贴,另外还需要在两个直角处各布置一条反光贴,见图 5: 白色为反光贴

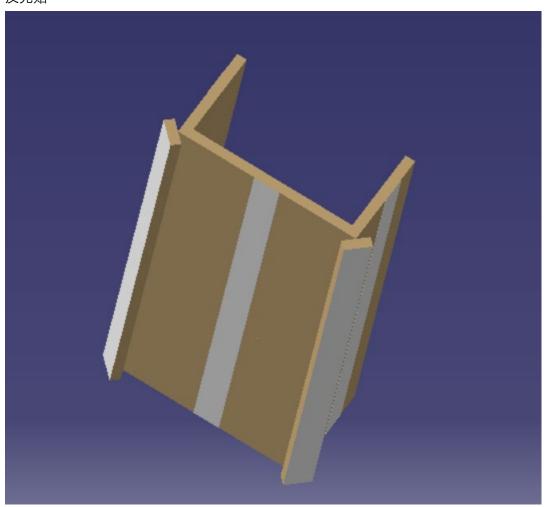


图 5 靶标形状与反光贴位置设计

算法初步调试结果:

建图:

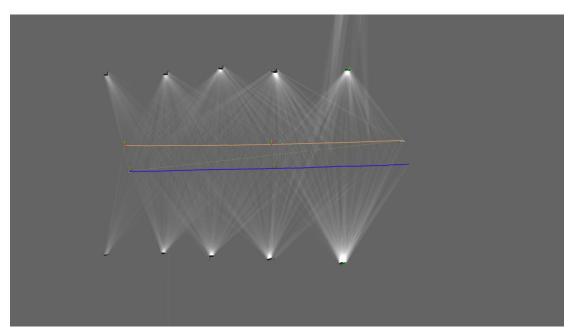


图 6 建图效果

在靶标试验的过程中,靶标做了两次改进,后期在前期靶标的下方增加了靶标的整体高度,增加的部分没有侧板,导致建图的过程中,侧板在地图中的效果不明显甚至消失,如图 6 所示。在最后靶标的定型过程中已经对该问题进行改进。

定位: 定位精度的标定通过将激光 SLAM 的定位结果与惯性组合导航的定位结果进行比较实验 1:

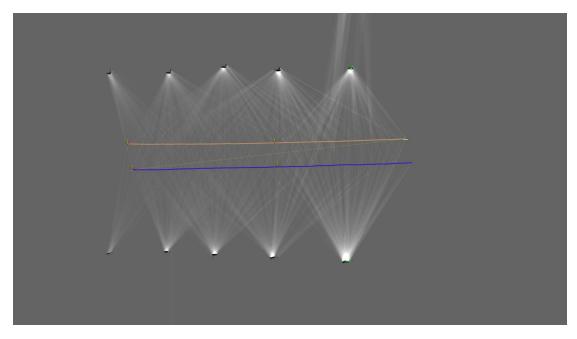


图 7 实验1的定位轨迹

从定位轨迹图 7(蓝色为建图轨迹,定位过程中不考虑)中可以看出惯性组合导航的轨迹(黄色)和激光雷达的轨迹(绿色,由于其和惯性组合导航的轨迹重合,无法清晰识别)基本重合,定位结果良好。

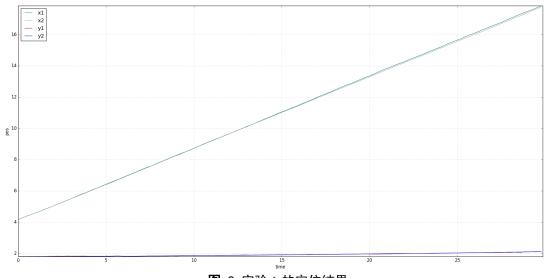


图 8 实验1的定位结果

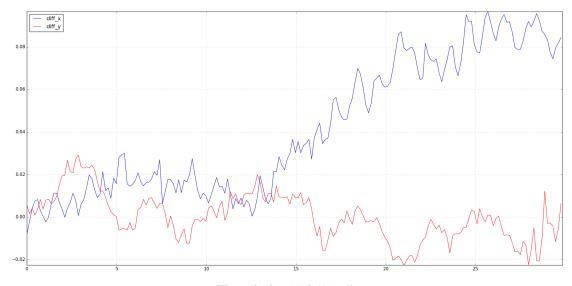


图 9 实验1的定位误差

对定位结果进行量化分析,从图 9 中可以看出横向(红色,diff_y)的定位精度保持在 4cm 以内,纵向(蓝色,diff_x)的定为精度总体保持在 10cm 以内,在 15 秒以前,纵向定位精度保持 4cm 以内,随着时间的推移,定位精度定位误差逐渐增大,这是由于靶标数量越来越少,环境丰富度下降造成的。

实验 2:

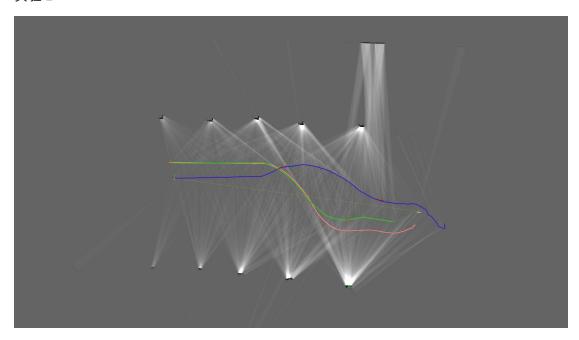


图 10 实验 2 的定位轨迹

从实验 2 的定位轨迹图 10 中可以看出前期惯性组合导航的定位轨迹(红色)和激光 SLAM 的定位轨迹(绿色)重合度较高,在最后一根靶标处发生较大偏移,初步判定是惯性 组合导航的信号被遮挡(因为此区域非常接近岸桥),具体原因需要通过进一步实验确定。

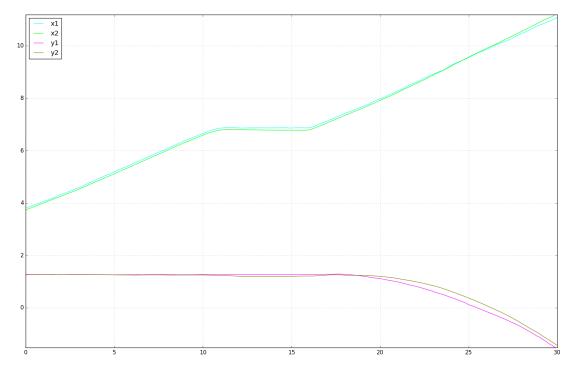


图 11 实验 2 的定位结果

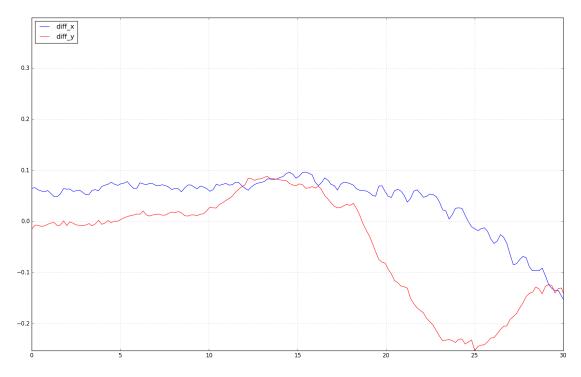


图 12 实验 2 定位误差

对实验 2 定位结果进行量化分析,从图中可以看出横向(红色,diff_y)的定位精度保持在 10cm 以内,纵向(蓝色,diff_x)的定为精度总体保持在 10cm 以内,后期定位误差较大,初步判断为组合导航信号被遮挡,具体原因需要通过进一步实验确定。