

SLAM 2000 数据处理流程

编 制： 深圳飞马机器人科技有限公司

版本号： V2.1.1

日 期： 2023-09-19

目录

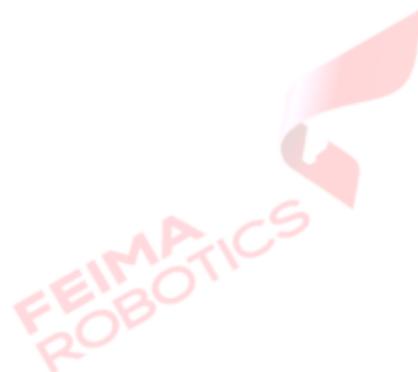
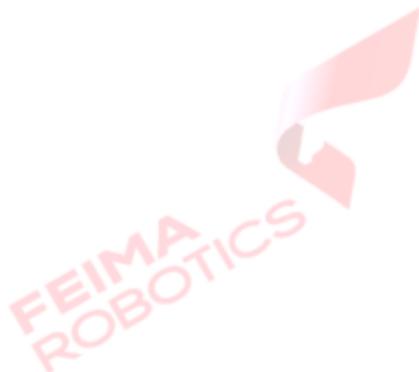
1.创建工程.....	1
1.1 原始数据.....	1
1.1.1 SLAM2000 原始数据.....	1
1.1.2 SRTK100 原始数据.....	1
1.2 新建工程.....	2
1.2.1 手持模式.....	2
1.2.2 背包模式.....	3
1.2.3 手持加长杆模式.....	4
1.3 添加控制点.....	5
2.数据解算.....	7
2.1 一键解算.....	7
2.1.1 一键处理.....	7
2.1.2 数据浏览.....	9
2.1.3 数据导出.....	10
2.2 分步解算.....	11
2.2.1 点云建图.....	11
2.2.2 重定向.....	12
2.2.3 行人滤波.....	12
2.2.4 点云优化.....	13
2.2.5 去畸变.....	14
2.2.6 点云赋色.....	14
2.2.7 全景图生成.....	15
2.3 批处理.....	15
3.点云编辑.....	15
3.1 去除噪声.....	15
3.2 点云分幅.....	16
3.3 拼接转换.....	17
3.4 点云裁切.....	18

4.成果目录.....	18
5.常见问题.....	20
5.1 控制点提取.....	20
5.2 解算提示数据飘飞解算失败.....	20
5.3 解算提示控制点数量不一致.....	21
5.4 解算提示点云定向失败.....	23
5.5 解算失败 temp 文件夹内没有 log.....	23

版权声明

本档版权由深圳飞马机器人科技有限公司所有。任何形式的拷贝或部分拷贝都是不允许的，除非是出于有保护的评价目的。

本档由深圳飞马机器人科技有限公司提供。此信息只用于数据处理与应用部门的成员或咨询专家。特别指出的是，本档的内容在没有得到深圳飞马机器人科技有限公司书面允许的情况下，不能把全部或部分内容泄露给任何其它单位。



1. 创建工程

1.1 原始数据

1.1.1 SLAM 2000 原始数据

SLAM 2000 采集的数据存储在设备 SD 卡中,采集的数据包会以“SN_XXXXX”命名的文件夹方式储存。原始数据包含鱼镜头数据、视觉镜头数据、光栅数据、高精度 imu 数据、雷达数据、雷达自身 imu 数据、低精度 imu 数据、控制点采集标记时间文件、标定文件,目前建图只需要高精度 imu 数据、雷达数据、光栅数据和标定文件。

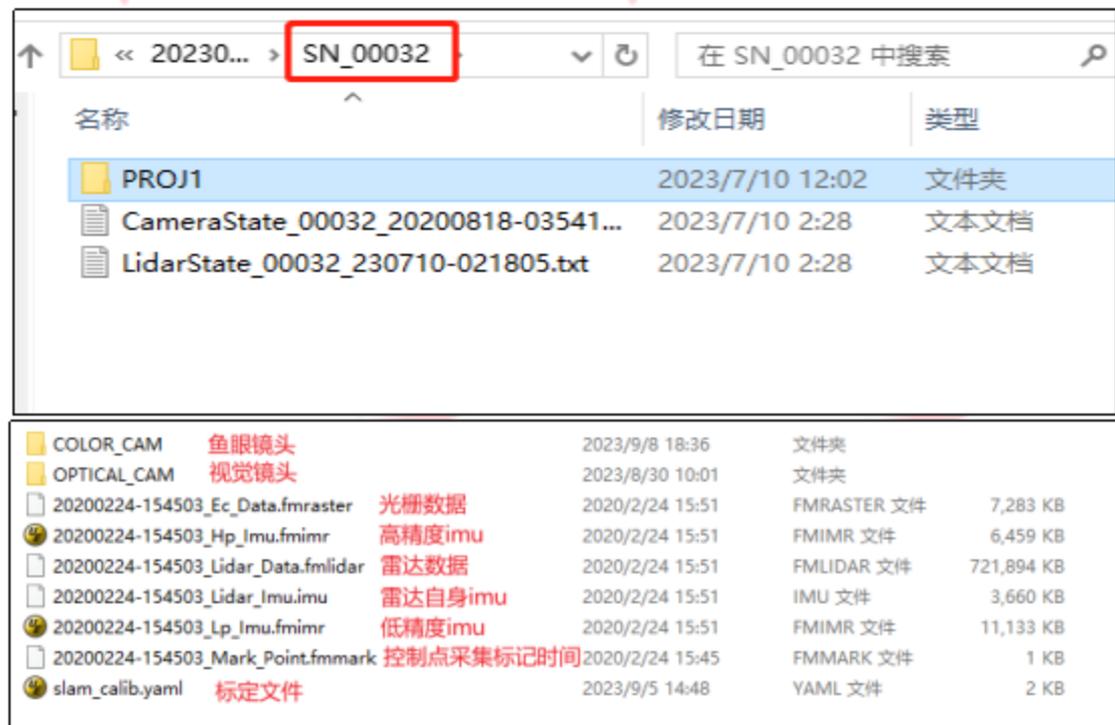


图 SLAM 2000 原始数据

1.1.2 SRTK100 原始数据

RTK 数据存储在 SRTK 内存卡中,使用时需将 Nav 文件夹内对应的 fmnnav 文件拷贝至对应的原始数据文件夹里。

rtk > Nav				
名称	修改日期	类型	大小	
2022-10-9-7-16-6.fmnav	2022/10/9 15:50	FMNAV 文件	285 KB	
2022-10-9-7-17-55.fmnav	2022/10/9 15:50	FMNAV 文件	1,384 KB	

COLOR_CAM	鱼镜头	2023/9/8 18:36	文件夹	
OPTICAL_CAM	视觉镜头	2023/8/30 10:01	文件夹	
2022-10-9-7-17-55.fmnav	rtk轨迹文件	2023/9/19 16:42	FMNAV 文件	
20200224-154503_Ec_Data.fmrastrer	光栅数据	2020/2/24 15:51	FMRASTER 文件	
20200224-154503_Hp_Imu.fmimr	高精度imu	2020/2/24 15:51	FMIMR 文件	
20200224-154503_Lidar_Data.fmlidar	雷达数据	2020/2/24 15:51	FMLIDAR 文件	
20200224-154503_Lidar_Imu.imu	雷达自身imu	2020/2/24 15:51	IMU 文件	
20200224-154503_Lp_Imu.fmimr	低精度imu	2020/2/24 15:51	FMIMR 文件	
20200224-154503_Mark_Point.fmmark	控制点采集标记时间	2020/2/24 15:45	FMMARK 文件	
slam_calib.yaml	标定文件	2023/9/5 14:48	YAML 文件	

图 SRTK 原始数据

1.2 新建工程

1.2.1 手持模式

点击【新建】，设置工程名称和工程路径，设备选择【SLAM2000】，平台选择【手持】，单击【下一步】，在输入路径选择原始数据所在文件夹，软件会自动识别文件夹内数据，点击【完成】即可完成工程创建。

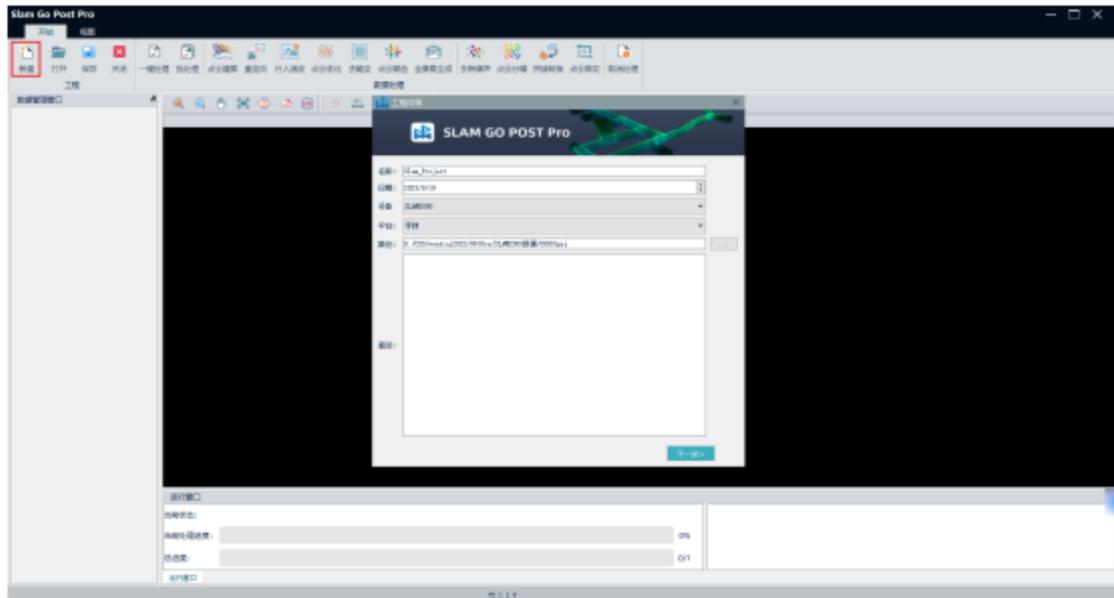


图 新建工程

1.2.2 背包模式

点击【新建】，设置工程名称和工程路径，设备选择【SLAM2000】，平台选择【背包】，单击【下一步】，在输入路径选择原始数据所在文件夹，软件会自动识别文件夹内数据，单击【下一步】设置成果坐标系，点击【完成】即可完成工程创建。

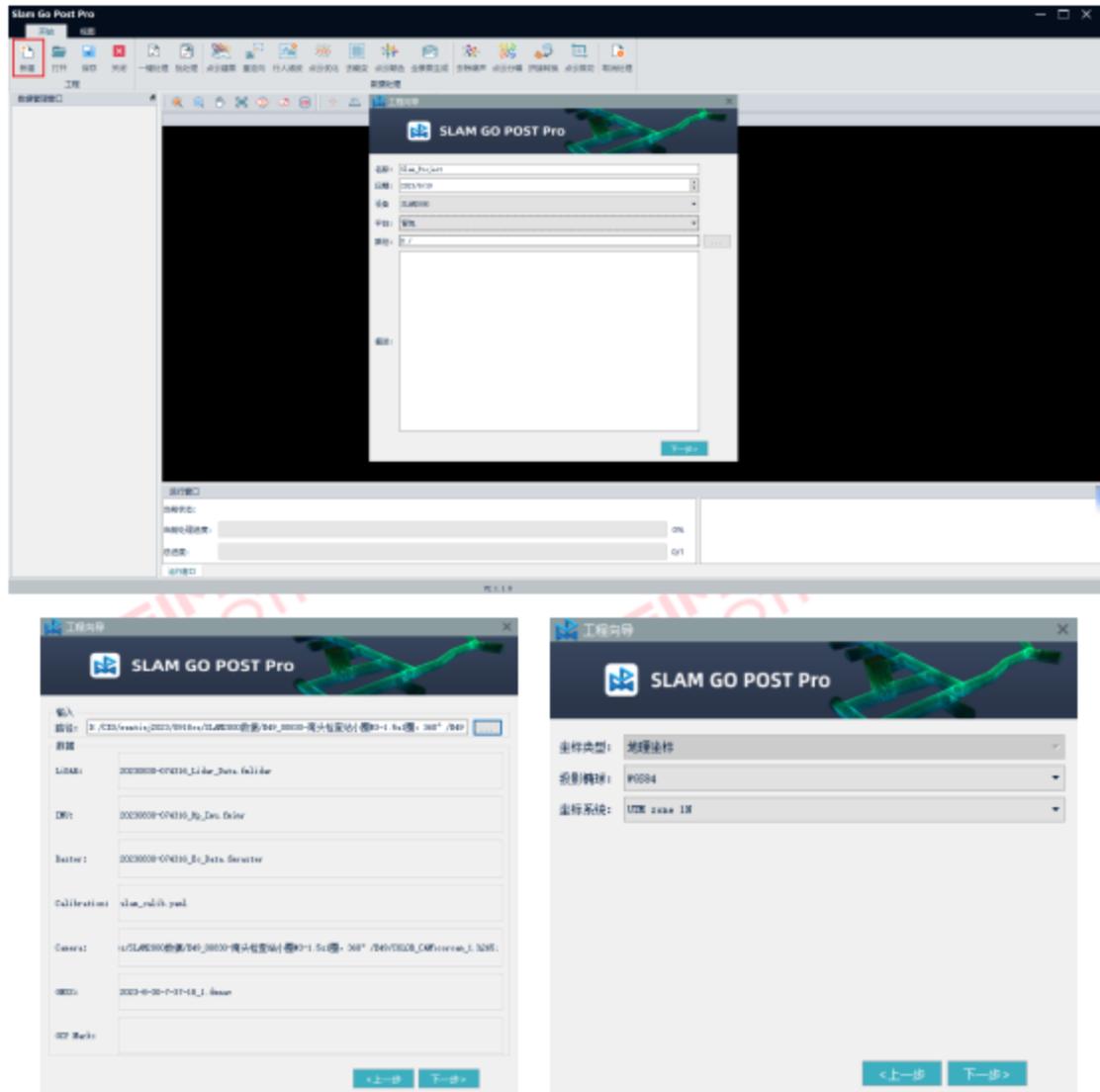


图 新建工程

1.2.3 手持加长杆模式

该模式适用于手持+rtk+延长天线的作业方式，具体流程如下：

点击【新建】，设置工程名称和工程路径，设备选择【SLAM2000】，平台选择【加长杆】，单击【下一步】，在输入路径选择原始数据所在文件夹，软件会自动识别文件夹内数据，单击【下一步】设置成果坐标系，点击【完成】即可完成工程创建。

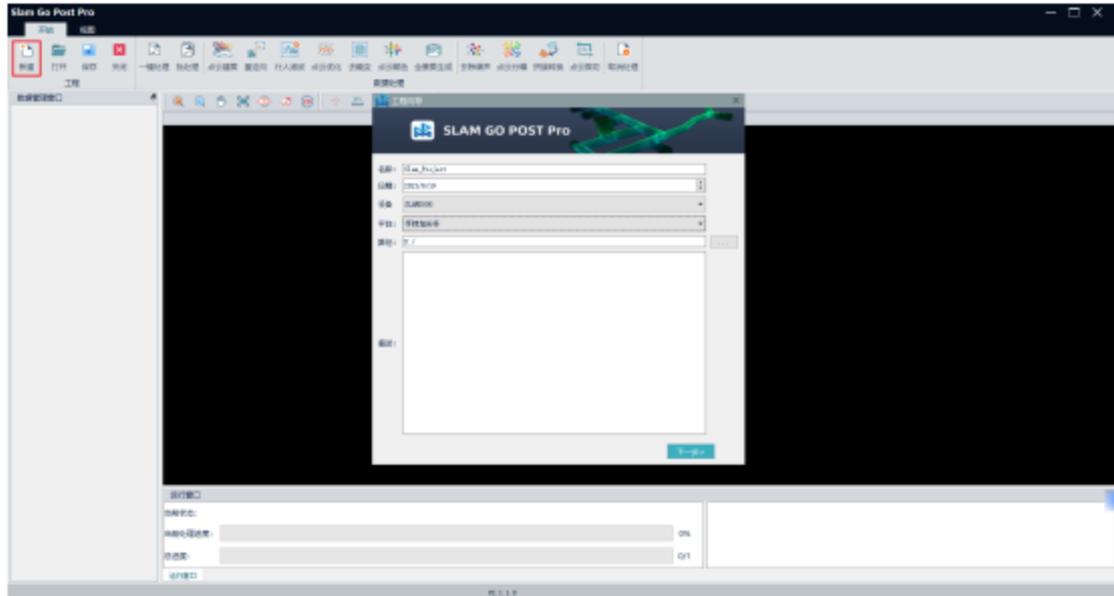


图 新建工程

1.3 添加控制点

右键单击数据管理窗口的控制点数据功能，选择【添加数据】，将整理好的控制点文件导入软件中，软件支持设置本地坐标系及投影坐标系，但该设置并不影响最终输出的点云坐标。坐标转换使用非刚体转换时必须设置投影坐标系，使用 SRTK 进行定向时不需要导入控制点。

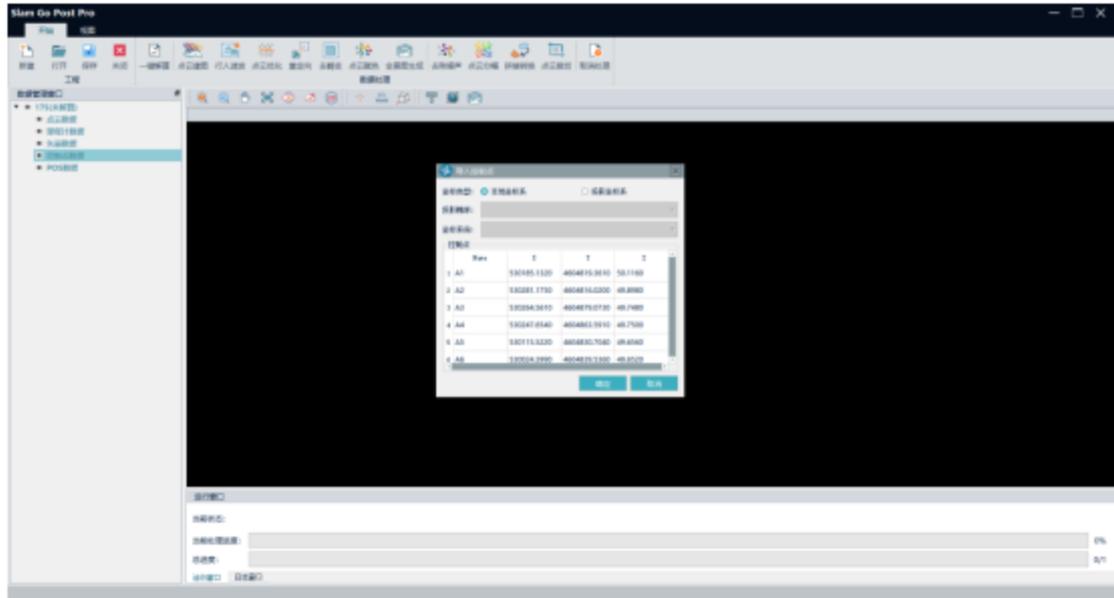


图 添加控制点

注意:

1.控制点文件里记录的顺序必须与扫描仪实际采集过程中的顺序和数量保持一致，否则控制点会对应错误，导致解算出错。

2.控制点暂时不支持经纬度，现支持投影坐标或者空间直角坐标，控制点文件格式要求为.txt 格式，内容为四列，依次为：**ID,东坐标,北坐标,高程**（间隔符为英文,）。

2.数据解算

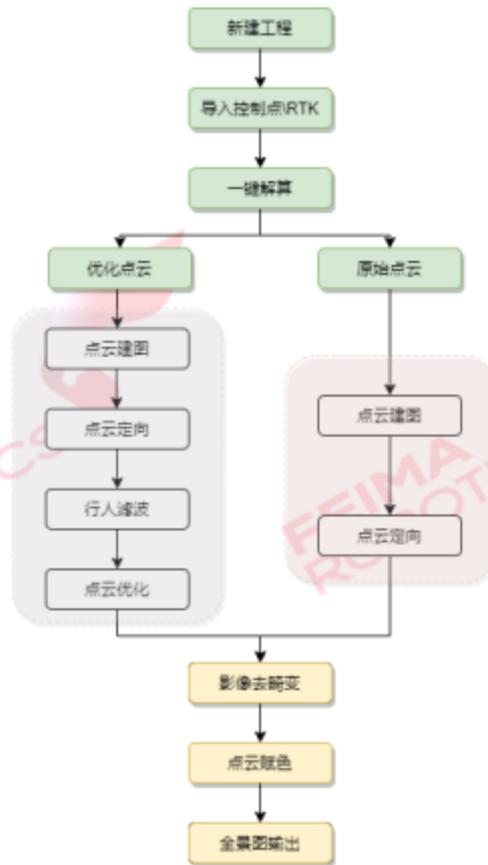


图 一键处理流程图

2.1 一键解算

2.1.1 一键处理

新建工程后，点击数据处理工具栏的【一键处理】，根据采集场景和成果要求设置不同参数，参数具体解释如下：

1) 建图类型

原始建图：该模式下建图输出原始点云数据成果，软件不进行点云优化处理，后续步骤均基于原始点云进行；

建图优化：该模式下建图后软件自动进行行人滤波、点云优化处理；

2) 建图算法

快速模式：建图速度快，建图效果及精度稍差；

高精度模式：建图速度慢，建图效果及精度更高；

注：1.采集控制点情况下软件默认跳过静止时间，不需要主动忽略数据段。

2.使用高精度模式解算数据，采集开始后必须在地面静止 60s。

3) 使用设备

目前只限于全景图拼接功能，若无支持通用计算的显卡，可手动切换到 CPU 模式；

4) 采集稳定度【1-5】

快速模式：标定后的设备如果是相对开阔区域场景，参数值设置最大的 5，标定后的设备如果是楼梯等经常会旋转拐弯的场景，参数设置 4 或者 3；

高精度模式：优先使用稳定度 5 进行解算；

目前算法为自动枚举模式，即先使用设置的稳定度进行点云建图，若解算提示点云飘飞，则软件自动使用下一级稳定度进行点云建图，以此类推，直到建图成功后继续执行后续步骤；如果直到稳定度 1 也建图失败，则程序停止处理，软件提示解算失败。

5) 忽略数据段

剔除静止的冗余数据/剔除质量较差的数据，标准采集模式无需设置忽略时间；

6) 数据段时长

解算给定时长的数据，此参数与跳秒时间参数配合，可以解算任意时间段点云数据；

7) 点云定向

刚体：基于控制点直接对解算后的点云做坐标转换；

非刚体：基于控制点或 RTK 数据优化点云并定向；

8) 其他结果

全景图：由单张影像拼接而成的全景图；

点云赋色：由影像给点云数据着色；

9) 其他设置

首尾同点：首尾约束设置，形成闭环消除分层；

注：首尾同点功能仅适用于弱纹理地形，且常规解算后分层的情况，并且外业采集时必须保证闭环处有 5-10m 重复路线，且开始采集点与结束采集点之间距离不超过 1 米，因此常规情况下，解算时不需要勾选首尾同点。

建图实时显示：实时显示点云建图过程。

行人滤波：根据需要选择是否进行行人滤波，点击  设置行人滤波参数。

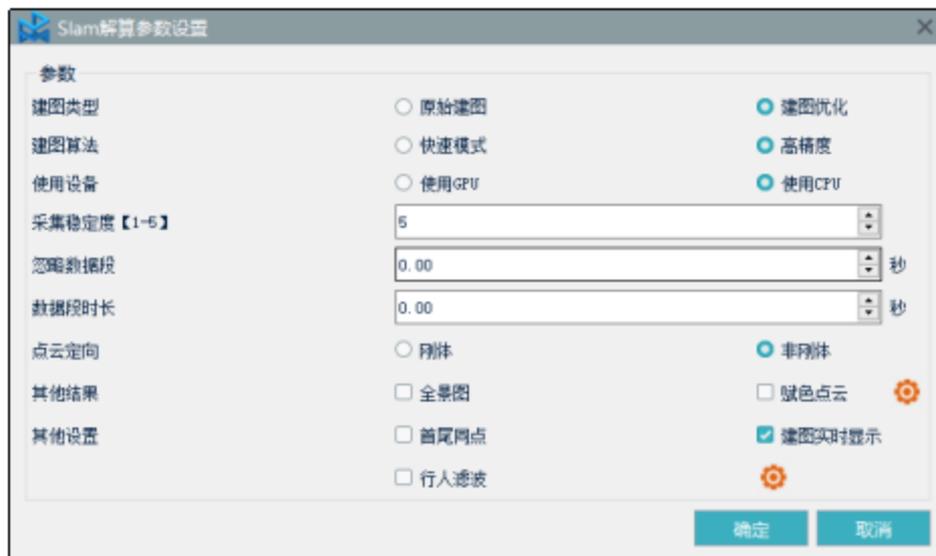


图 一键处理

2.1.2 数据浏览

2.1.2.1 加载点云

右键点击待查看点云，选择【添加至视图】，即可将点云添加至主视图中显示浏览。

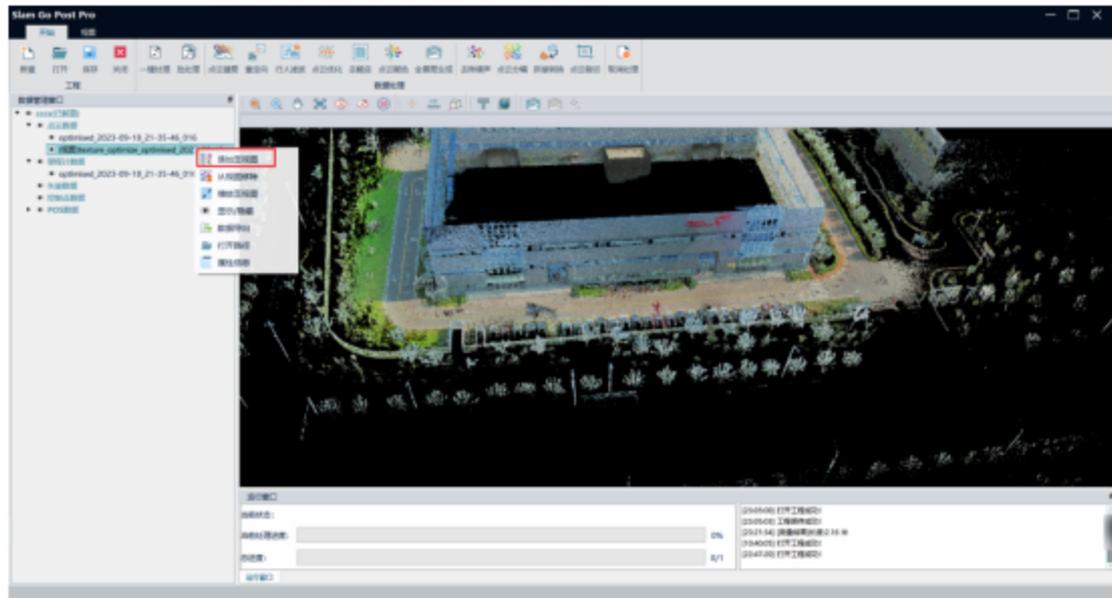


图 加载点云

2.1.2.2 加载里程计数据

右键里程计文件，选择【添加至视图】，即可将里程计文件添加至主视图中显示浏览，目前里程计文件仅支持和定向前点云套合查看。

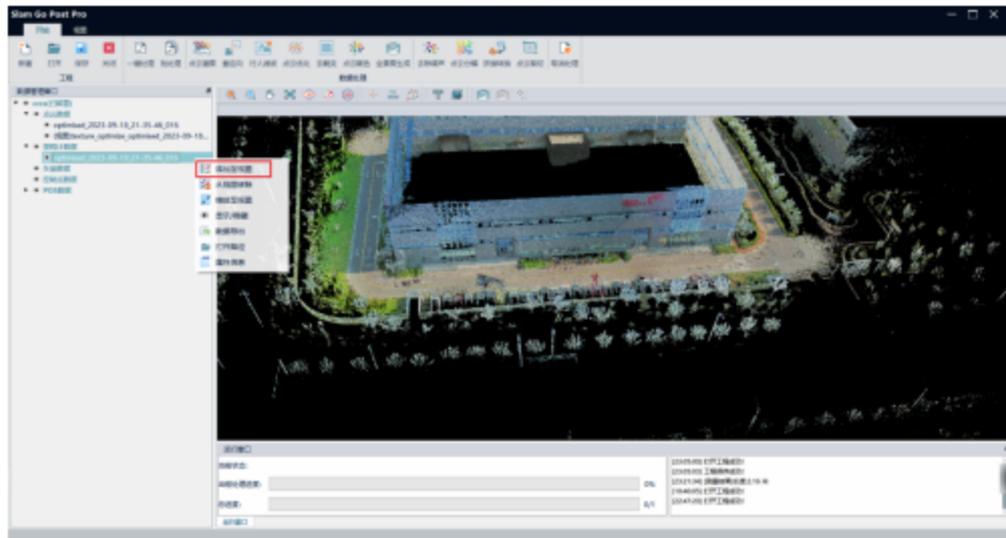


图 加载里程计数据

2.1.3 数据导出

点云解算后将需要的点云成果导出成 las 格式，在对应的点云数据右键，点

击【数据导出】，选择保存路径和保存名称，提示导出成功后，数据导出完成。

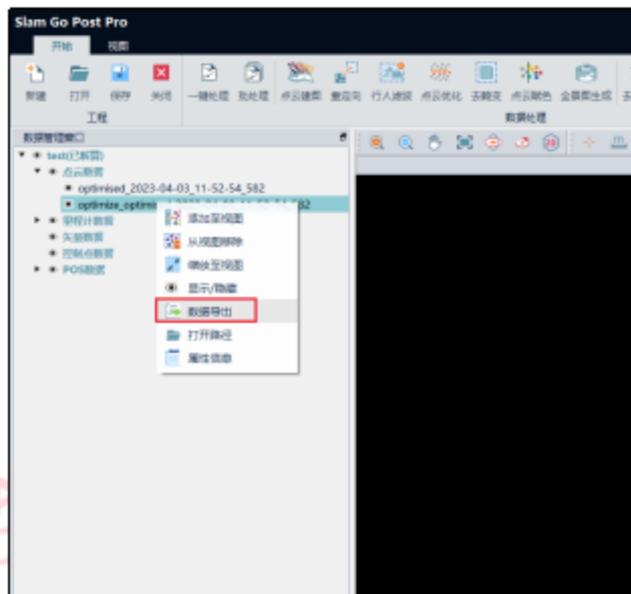


图 数据导出

2.2 分步解算

2.2.1 点云建图

在点云建图前右键激活对应工程，当数据管理窗口中仅存在一个工程时，软件默认其为激活状态，即标蓝显示，此时无需单独激活处理。点击【点云建图】，弹出 Slam 解算参数设置对话框，选择处理模式并设置参数，点击【确定】开始解算，解算完成后点云数据中生成的点云为建图后的原始点云。

参数设置同 2.1 一键解算。



图 点云建图

2.2.2 重定向

点击数据处理工具栏中的【重定向】进行点云重定向处理，该步骤可将点云相对坐标转到控制点所在的绝对坐标系中。在重定向对话框中选择要重定向的点云数据，点击【确定】开始重定向，若控制点与匹配点数量不一致，进行控制点编辑后再次运行【重定向】。重定向后点云数据中加载的以 `gcp` 开头的点云为定向后的成果。



图 重定向文件选择

注：非刚性变换不支持选择点云

2.2.3 行人滤波

点击数据处理工具栏中的【行人滤波】，可对移动目标进行过滤处理。



图 行人滤波

首先选择要进行行人滤波处理的数据，在【参数】选项卡中设置行人滤波参数。处理结束后点云数据中加载的 **filter** 开头的点云为滤波后的成果。

- 网格大小：将点云数据分成的滤波网格大小，单位米，默认 0.1；
- 搜索半径：用于进行聚类时进行搜索的范围大小；
- 角度阈值：聚类过程中相邻两点的法向量夹角，小于该阈值认为是面状物体；
- 高度阈值：点到检测中心的高度，高于该阈值的点不参与计算；
- 聚类阈值：聚类后点数占参与计算点数的比例，如大于该值，则认为非行人。

2.2.4 点云优化

点击数据处理工具栏中的【点云优化】进行优化处理。选择需要优化的点云数据后，点击【确定】开始执行处理。处理后点云数据中加载的 **optimize** 开头的点云为优化后的成果数据。

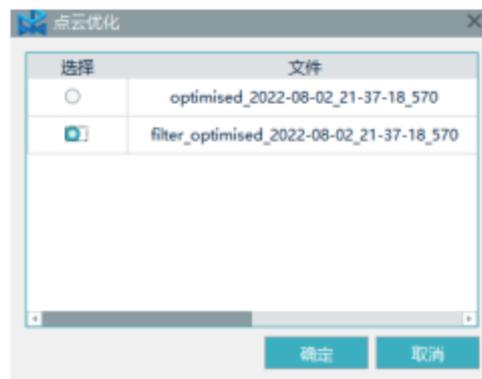


图 点云优化文件选择

2.2.5 去畸变

点击数据处理工具栏中的【去畸变】开始相片去畸变处理。去畸变后的影像数据保存在 `dimages` 文件夹中。



图 去畸变

2.2.6 点云赋色

点击数据处理工具栏中的【点云赋色】进行点云赋色处理。

在点云赋色对话框中勾选要进行赋色处理的点云文件，点击【确定】执行赋色。赋色后点云数据中加载的以 `texture` 开头的点云为赋色后的成果。



图 点云赋色文件选择

2.3 批处理

点击数据处理工具栏的【批处理】，弹出 Slam 解算参数设置对话框，选择解算模式、解算参数和解算过程，点击【确定】开始解算。

参数设置同 2.1 一键解算。



图 批处理

注：1.需将不同设备类型分开批处理。

2.需将不同参数的工程分开批处理。

3.点云编辑

3.1 去除噪声

点击数据处理工具栏中的【去除噪声】模块进行点云去除噪声处理。进行去除噪声处理之前需先进行点云建图。

点击【去除噪声】，选择需要去除噪声处理的点云。在参数中设置【邻域点数】和【标准差倍数】，点击【确定】开始去除噪声处理。

邻域点数：邻域内所需的点个数，用于计算与每个点的距离平均值。

标准差倍数：与标准偏差相乘的因子。

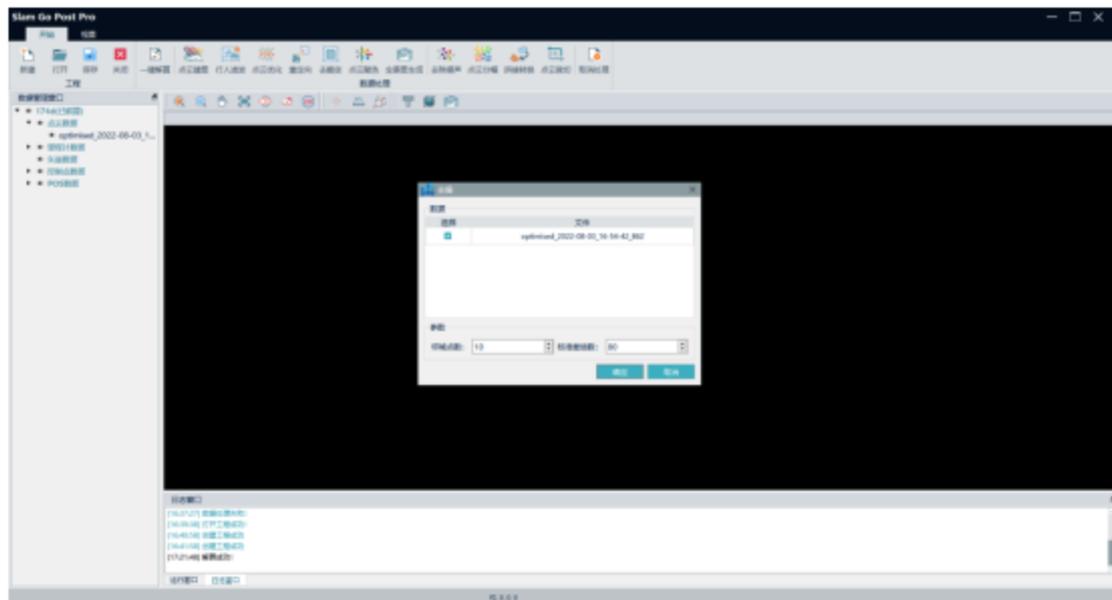


图 去除噪声

3.2 点云分幅

单击【点云分幅】，选中需要分幅的点云数据，选择分幅方式（比例尺或固定大小），自定义添加前缀、分幅比例尺、图幅尺寸、大小、外扩范围及起始坐标等，点击【分幅】后数据进行分幅处理。



图 数据分幅

3.3 拼接转换

点云拼接转换前需将基准点云和待配准点云添加到视图。点击【拼接转换】，选择需要拼接转换的基准数据和配准数据，支持自定义数据颜色也可以选择渲染方式，分别在两组数据选点，至少选择三组同名点，选点结束后，可以调整配准参数（ICP），点击【转换】完成拼接。

注：

- 选点时需要按住 **Ctrl**；
- 支持导入控制点文件、手动输入、删除、清空同名点信息；
- 转换前应保证同名点顺序对齐，中误差（RMS）满足要求；
- 格网大小：是为了进行采样的间隔，不宜过小一般要大于 RMS 值，可以加快处理速度；
- 迭代次数：ICP 算法的迭代次数，一般 20 即可；
- 距离阈值，是同名点之间的最大距离，如果搜索到的匹配点大于该阈值则不参与计算；
- 距离迭代距离：是前后两次计算的距离的差值，如果小于这个值，则退出迭代；



图 拼接与转换

3.4 点云裁切

点击【点云裁切】，选择需要裁切的数据、输出方式、添加裁切范围（矢量文件支持 shp、dxf、fmb、kml 格式）、外扩范围等；点击【裁切】，进行点云裁切。



图 点云裁切

4.成果目录

新建工程完成后会在工程名称文件夹下生成如下的文件夹，用来保存各个处理模块生成的成果文件。

名称	修改日期	类型	大小
clip	2023/9/19 9:52	文件夹	
denoise	2023/9/19 9:52	文件夹	
dimages	2023/9/19 9:52	文件夹	
filter	2023/9/19 9:52	文件夹	
frames	2023/9/19 11:15	文件夹	
gcp	2023/9/19 10:06	文件夹	
odometer	2023/9/19 10:06	文件夹	
optimizer	2023/9/19 9:52	文件夹	
pano	2023/9/19 9:52	文件夹	
pos	2023/9/19 10:06	文件夹	
register	2023/9/19 9:52	文件夹	
subdiv	2023/9/19 9:52	文件夹	
temp	2023/9/19 23:38	文件夹	
texture	2023/9/19 23:39	文件夹	
Slam_Project.sprj	2023/9/19 23:19	SPRJ 文件	2 KB

图 成果目录

文件夹功能说明:

- clip: 保存裁剪后的点云数据;
- denoise: 保存去除噪声后的点云数据;
- dimages: 保存去畸变后的影像数据;
- filter: 保存行人滤波后的点云数据;
- frames: 保存在鱼眼视频中提取的照片;
- gcp: 保存绝对定向里程计和点云;
- odometer: 保存里程计, 其中 HF_odometry.txt 为高频里程计、LF_odometry.txt 为稀疏里程计, optimised_odometry.txt 为优化后里程计;
- optimizer: 保存优化后的点云;
- pano: 保存由无畸变影像拼接而成的全景图;
- pos: 影像 POS 保存文件夹, 其中 camera_pos.txt 为影像 POS 文件、camera_trajectory.txt 为相机轨迹文件、lidar_trajectory.txt 激光雷达轨迹文件;
- register: 保存拼接点云;
- subdiv: 保存分幅点云;
- temp: 工程临时文件夹, 包含工程信息和建图原始点云数据、log 日志;
- texture: 保存赋色后点云;
- TEST.sprj: 工程文件。

5. 常见问题

5.1 控制点提取

连接手机 APP 为主动式提取控制点, 采集时使用控制点模式, 采集结束后在原始数据文件夹内会生成控制点标记文件 gcp.txt, 数据解算时根据控制点标记文件进行控制点提取。

未连接手机 APP 为被动式采集, 采集时静置 10s, 数据解算时根据静止时间的位置提取控制点。基于被动式提取模式, 在外业采集过程中, 需保证静止点距

离第一个控制点在 5-10 米以上。

5.2 解算提示数据飘飞解算失败

```
[18:42:40] 建图飘飞!
[18:42:42] 没有可用的点云文件!
[18:42:42] 解算失败!
```

图 建图飘飞提示

点云建图过程中跑飘，可以降低稳定度重新解算，或者打开成果文件夹中的 temp 文件夹里的 log 文件，最下面一行提示“Exit: pose has drifted!!!”表示数据跑飘，找到上面“Log I cpu 126.301 data 165.961 stamp 105318.998 position x -72.477829 y -33.911373 z -77.621452”的最后一行，其中 data 后的数值为数据跑飘的时间。

数据可以通过分段解算，先使用数据段时长功能解算前半段数据，然后使用忽略数据段时长功能解算后半段数据，由于后半段数据不包含开始地面静止 60s 的数据，所以只能用快速模式解算。

```
Log I cpu 118.140 data 151.394 stamp 105304.432 position x -87.740730 y -39.673676 z -112.043266
Log I cpu 118.669 data 152.410 stamp 105305.448 position x -86.214546 y -38.958515 z -108.176659
Log I cpu 119.277 data 153.497 stamp 105306.535 position x -84.465393 y -38.806610 z -104.215324
Log I cpu 119.832 data 154.535 stamp 105307.572 position x -82.786919 y -38.745983 z -100.261833
Log I ++++++output: 147, 0.799538
Log I cpu 120.479 data 155.636 stamp 105308.673 position x -81.144707 y -38.996563 z -96.803802
Log I ++++++output: 147, 0.777768
Log I cpu 121.073 data 156.647 stamp 105309.684 position x -79.814575 y -40.111832 z -93.908310
Log I ++++++output: 147, 0.751253
Log I cpu 121.634 data 157.653 stamp 105310.690 position x -78.823830 y -41.100086 z -91.976067
Log I ++++++output: 147, 0.717532
Log I cpu 122.185 data 158.658 stamp 105311.695 position x -78.974892 y -41.450073 z -92.439568
Log I ++++++output: 146, 0.678560
Log I cpu 122.781 data 159.664 stamp 105312.701 position x -78.811554 y -41.024845 z -92.079147
Log I ++++++output: 145, 0.640338
Log I cpu 123.316 data 160.669 stamp 105313.706 position x -78.712463 y -41.123997 z -92.039665
Log I best index: 150, best sc: 0.799538
Log I local loop: 147, 163, 0.799538
Log I cpu 123.863 data 161.762 stamp 105314.799 position x -78.210663 y -40.364994 z -90.860321
Log I cpu 124.352 data 162.781 stamp 105315.818 position x -76.923508 y -38.255119 z -87.836990
Log I cpu 125.044 data 163.868 stamp 105316.905 position x -75.146988 y -35.503147 z -83.494148
Log I cpu 125.687 data 164.892 stamp 105317.929 position x -73.887291 y -34.155991 z -80.787292
Log I cpu 126.301 data 165.961 stamp 105318.998 position x -72.477829 y -33.911373 z -77.621452
Log I stamp 105319.961189 v (2.347880, -0.179563, 5.226792)
Log I Exit: pose has drifted!!!
```

图 建图飘飞 log



图 解算前半段数据参数设置



图 解算后半段数据参数设置

5.3 解算提示控制点数量不一致

如在工程创建时导入控制点文件，解算时提示“控制点与提取点数量不一致，请编辑控制点！”时，则需要用到控制点编辑功能。

```
[10:02:07] 点云数据准备中...
[10:15:56] 控制点与提取点数量不一致，请编辑控制点！
[10:15:57] 点云定向失败！
[10:15:57] 解算失败！
```

图 控制点数量不一致提示提示

在【数据管理窗口】-【控制点数据】-【控制点】处右键单击，选择【编辑控制点】，进入控制点编辑界面。

- 1) 匹配点数量多于控制点时，则可点击待编辑的控制点，在上方工具条处

修改匹配点序号，将控制点与正确的匹配点对应，使多余的匹配点在最后轮空即可，其将不参与任何计算，勾选控制点为检查点时，此点不再参与定向计算，仅作为检查点输出外符合精度报告。控制点编辑后点击应用，点击数据处理工具栏的【一键解算】，选择不替换已有建图成果，输出定向并优化后成果数据。

2) 控制点数量大于匹配点数量，则需编辑控制点文件，删除多余的控制点。

3) 如果后续坐标转换使用非刚性转换，必须将控制点顺序编辑与匹配点顺序一致，不能使用控制点编辑功能。



图 控制点编辑

5.4 解算提示点云定向失败

[14:20:15] 点云定向失败!
[14:20:15] 解算失败!

图 点云定向失败提示

在使用非刚性转换时，导入控制点时没有设置投影坐标系，在编辑控制点界面设置投影坐标系。若设置投影坐标系后仍然失败，请联系飞马工作人员。

5.5 解算失败 temp 文件夹内没有 log

点击一键解算或点云建图直接提示解算失败，实时窗口没有任何显示，且

temp 文件夹内没有相应的 log 文件时，是电脑缺少某个运行文件，请联系飞马工作人员。

