

LiDAR2100 数据预处理流程

编 制： 深圳飞马机器人科技有限公司

版本号： V1.3.4

日 期： 2023-08-23

目录

1.数据准备	1
1.1 流动站数据	1
1.2 LiDAR 原始数据	1
1.3 载荷 IMU 文件	2
2.格式转换	2
2.1 机载 GPS 数据格式转换	2
2.2 基站数据格式转换	3
2.2.1 飞马网络基站预处理	3
2.2.2 实体基站数据格式转换	4
3.点云数据预处理	5
3.1 新建项目	6
3.2 点云解算	9
3.3 质量检查	12
3.4 航带平差	14
3.4.1 特征提取	14
3.4.2 航带平差	15
3.5 去冗余	18
3.6 去噪	18
3.7 点云赋色	19
3.7.1 基于原始影像进行点云赋色	20
3.7.2 基于 DOM 实现点云赋色	21
3.8 坐标转换	22

3.8.1 标准坐标系输出	22
3.8.2 独立坐标系输出	25
3.9 精度检查	28
3.10 点云标准格式（LAS）导出	29
3.11 工程目录介绍	30
3.12 常见问题	30

版权声明

本文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。

本文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，本文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。

FEIMA
ROBOTICS

FEIMA
ROBOTICS

FEIMA
ROBOTICS

FEIMA
ROBOTICS

1.数据准备

在完成飞行后，从飞机及雷达上下载的数据包括流动站数据、LiDAR 原始数据以及载荷 IMU 文件。

1.1 流动站数据

LiDAR2100 获取的流动站数据如下：

2022-08-28 17-21-29.bin	2022/11/16 17:20	UltraEdit Docum...	33,943 KB
2022-08-28 17-21-29.fmcompb	2022/11/16 17:18	FMCOMPB 文件	36,091 KB
2022-08-28 17-21-29.fmnav	2022/11/16 17:17	FMNAV 文件	3,280 KB

图 LiDAR2100 流动站数据示例

具体用途参考下表：

表 流动站数据用途介绍

bin 文件	飞行日志
fmcompb 文件	机载 GPS 观测数据
fmnav 文件	RTK 轨迹

1.2 LiDAR 原始数据

LiDAR 原始数据格式为.lvx，如下图所示：

20220828-091857_00050_Lidar2100_0001_1.lvx	2022/11/16 18:14	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0002_1.lvx	2022/11/16 18:09	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0003_1.lvx	2022/11/16 18:13	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0004_1.lvx	2022/11/16 18:12	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0005_1.lvx	2022/11/16 17:58	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0006_1.lvx	2022/11/16 17:53	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0007_1.lvx	2022/11/16 17:54	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0008_1.lvx	2022/11/16 17:53	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0009_1.lvx	2022/11/16 17:54	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0010_1.lvx	2022/11/16 17:37	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0011_1.lvx	2022/11/16 17:37	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0012_1.lvx	2022/11/16 17:35	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0013_1.lvx	2022/11/16 17:34	LVX 文件
20220828-091857_00050_Lidar2100_0014_1.lvx	2022/11/16 17:36	LVX 文件

图 LiDAR2100 原始数据示例

1.3 载荷 IMU 文件

D-LIDAR2100 载荷 IMU 数据格式为*.fmimr 格式，如下图所示。

20220828-091857_00050_IMU_DATA_0001.fmimr	2022/11/16 17:59	FMIMR 文件	11,553 KB
---	------------------	----------	-----------

图 D-LiDAR2100 IMU 文件示例

2.格式转换

2.1 机载 GPS 数据格式转换

GPS 数据格式转换的目的是将原始观测数据转为 RINEX 格式数据，后续使用 RINEX 格式数据下载网络基站及数据解算，具体操作流程如下：

1) 选择无人机管家主界面下的【智理图】-【GPS 处理】-【GPS 格式转换】。

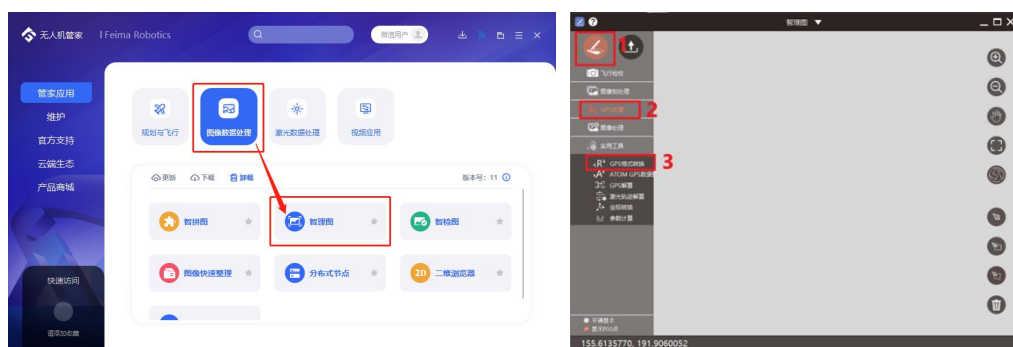


图 智理图 GPS 格式转换入口

2) 在【GPS 文件】中选择流动站的*.fmcompb 文件，点击确定，转换后的 RINEX 文件默认储存到和原始 GPS 文件同一路径下，按照默认路径输出即可。

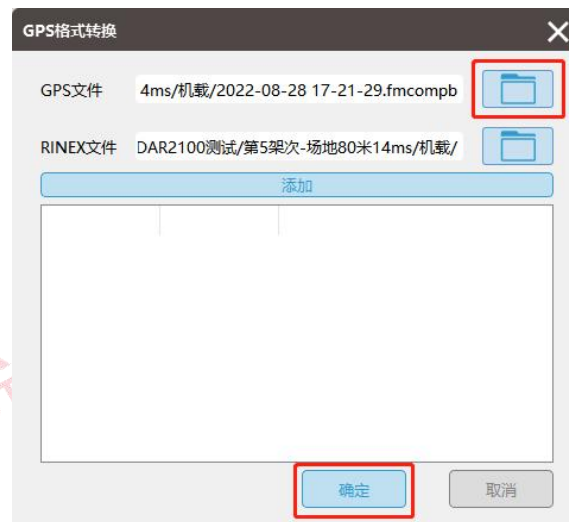


图 GPS 格式转换

3) 单击【确定】后在指定 RINEX 文件目录下会生成.O 文件以及其他格式的星历文件和导航文件。

2022-08-28 17-21-29.22O	2022/11/17 11:25	22O 文件	97,884 KB
2022-08-28 17-21-29.22G	2022/11/17 11:25	22G 文件	11 KB
2022-08-28 17-21-29.22N	2022/11/17 11:25	22N 文件	15 KB
2022-08-28 17-21-29.22C	2022/11/17 11:25	22C 文件	19 KB
2022-08-28 17-21-29.bin	2022/11/16 17:20	UltraEdit Docum...	33,943 KB
2022-08-28 17-21-29.fmcompb	2022/11/16 17:18	FMCOMPB 文件	36,091 KB
2022-08-28 17-21-29.fmnav	2022/11/16 17:17	FMNAV 文件	3,280 KB
2022-08-28 17-21-29.upg	2022/11/16 17:17	UPG 文件	5 KB

图 GPS 格式转换

2.2 基站数据格式转换

2.2.1 飞马网络基站预处理

当外业飞行所用机型同步开通了飞马-千寻后差分服务时，可进行网络基站获取。

在【智理图】-【GPS 处理】-【GPS 解算】中导入 2.1 节格式转换后生成的.O 文件，勾选【基准站】，点击下载，根据飞行端口（目标坐标系）进行选择（8002 对应 WGS84，8003 对应 CGCS2000），下载对应的基准站文件，下载目录会自动生成 4 个文件夹，其中 upload 为机载上传数据，download 为网络基站数据包，log 为基站下载日志，base 为基站解压后数据，后续轨迹解算需要用到的网络基站为 base 文件夹里的.O 文件以及星历文件.P 文件。

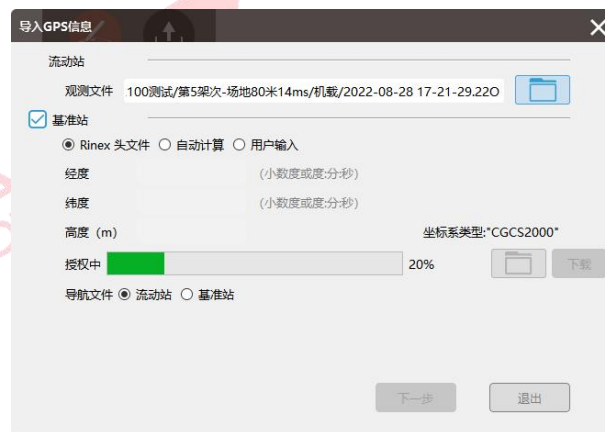


图 下载网络基站

2.2.2 实体基站数据格式转换

若飞行过程采用了架设实体基站的作业方式，则基站的观测文件需使用相关厂家的转换软件去进行标准 RINEX 数据格式的转换，管家支持转换.compb、.fmcompb 以及.gns 这三种格式的基站数据，转换步骤如下：

- 1) 选择无人机管家主界面下的【智理图】-【GPS 处理】-【GPS 格式转换】。

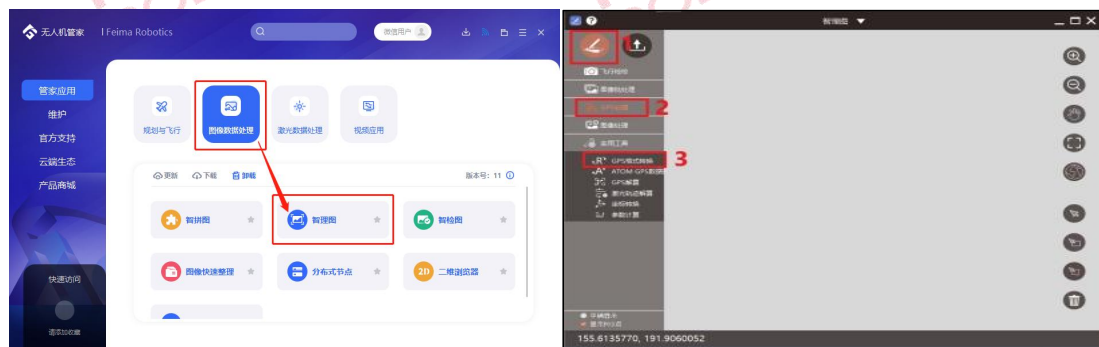


图 智理图 GPS 格式转换入口

2) 在【GPS 文件】中选择基站的.GNS 文件，点击确定，转换后的 RINEX 文件默认储存到和原始 GPS 文件同一路径下，按照默认路径输出即可。



图 GPS 格式转换

3) 单击【确定】后在指定 RINEX 文件目录下会生成.o 文件和其他格式的星历文件和导航文件。

_4343570.20o	2021/1/20 14:56	20O 文件	11,028 KB
_4343570.20p	2021/1/20 14:56	20P 文件	347 KB

图 基站转换示例

3.点云数据预处理

点云数据预处理流程包括新建项目、点云解算、质量检查（如分层，需要进行航带平差）、去冗余、去噪、点云赋色、坐标转换、精度检查、导出标准点云等步骤，可根据实际情况有选择性的进行。

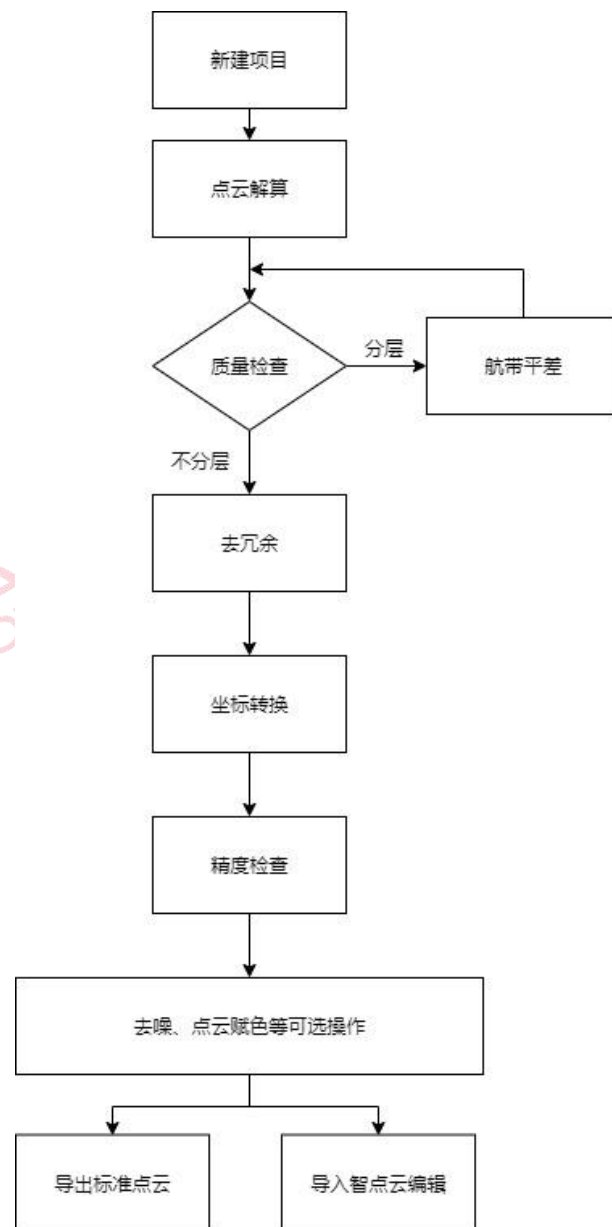


图 点云数据预处理流程图

3.1 新建项目

- 1) 打开无人机管家中的【智激光】模块。

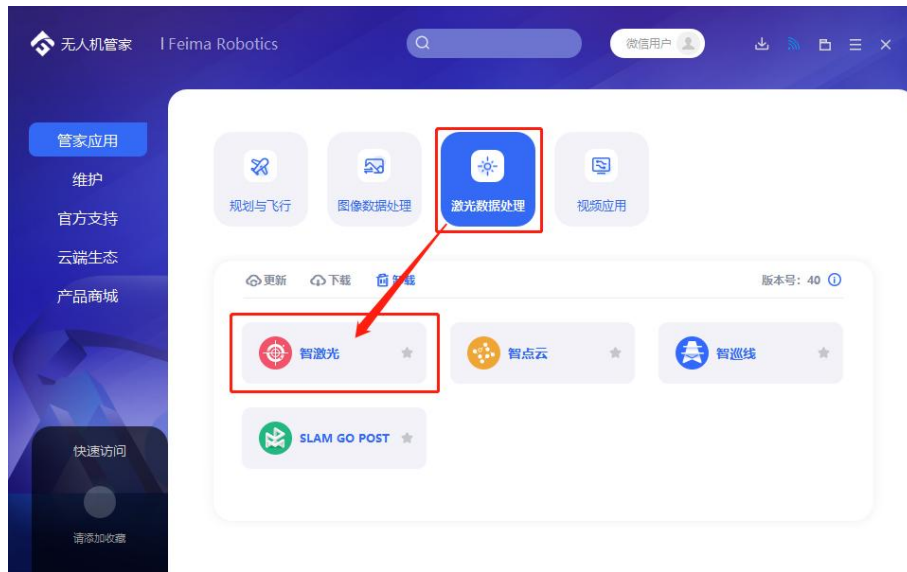
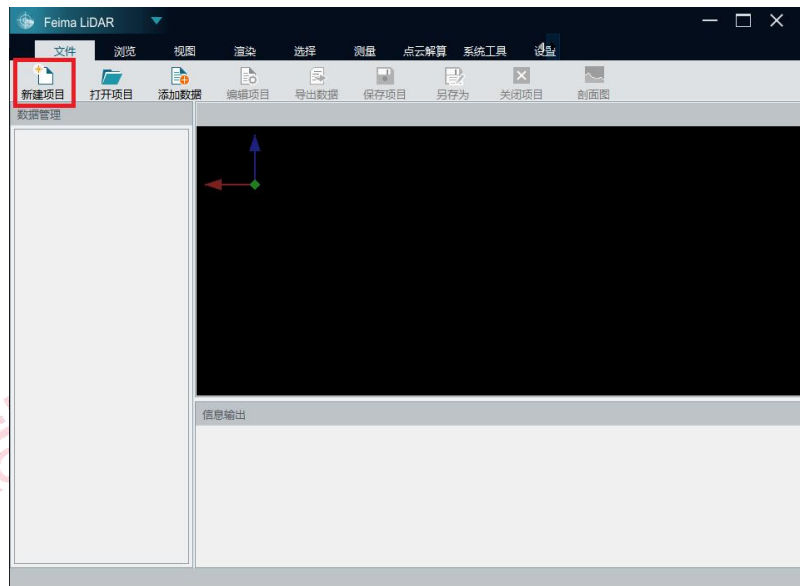


图 无人管家-智激光

2) 点击【文件】-【新建项目】，在弹出的创建工程向导中设置“工程名称、工程路径、坐标系统” 点击【下一步】。



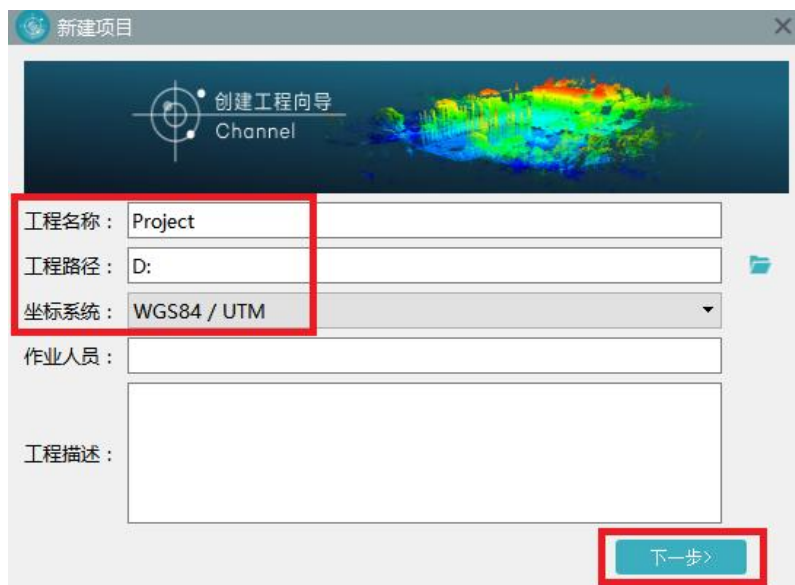


图 新建项目

注：坐标系统是指点云解算的默认投影坐标系统，支持 WGS84/UTM 和 CGCS2000/3-degree Gauss-Kruger。

3) 设置【设备】为 D-LiDAR2100，【飞机】选择对应的飞机型号，点击【下一步】。

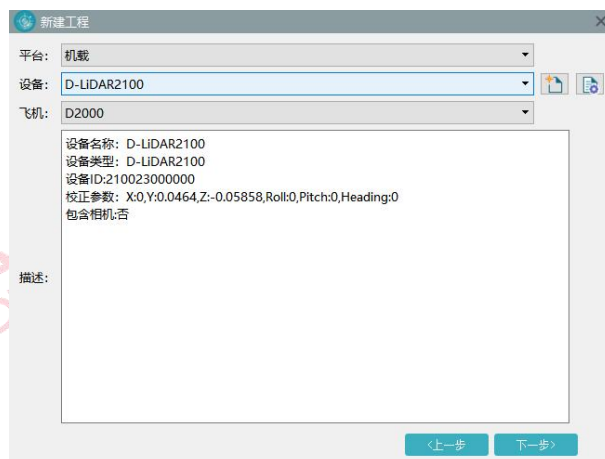


图 选择载荷

4) 选择差分模式为融合差分模式，添加对应的 RTK 文件、基站数据、流动站数据、IMU 数据和激光数据（激光数据格式.lvx），点击【完成】，完成新建项目。

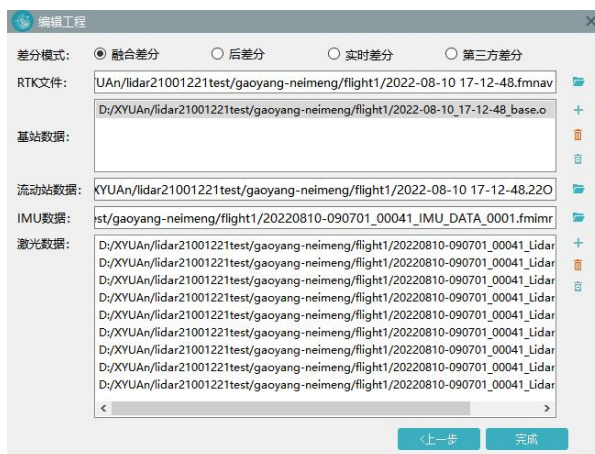


图 导入 LIDAR 原始数据

注：除融合差分模式外其余差分模式操作方法详见附录常见问题。

5) 在主界面的信息输出窗口会提示创建工程成功，新建项目格式为*.fmp。

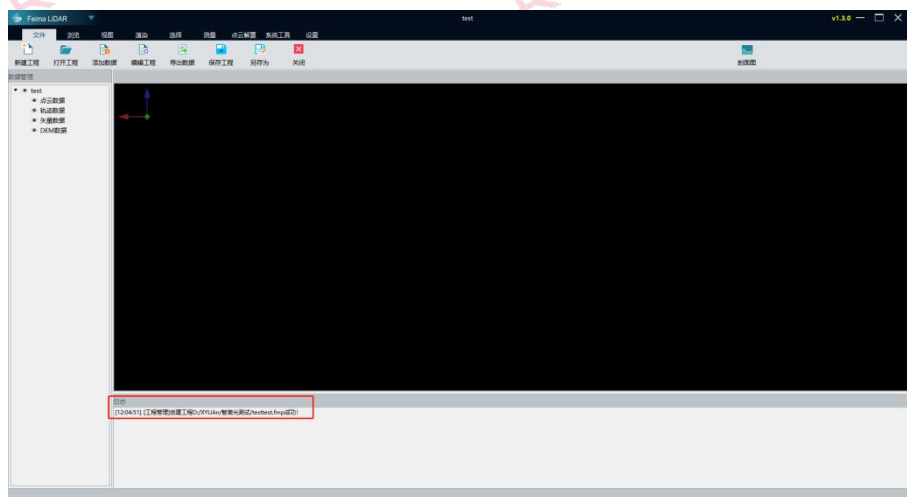


图 项目建立完成

3.2 点云解算

完成新建项目后，开始进行点云的解算，解算步骤如下：

1) 点击【点云解算】-【点云解算】，打开点云解算功能对话框。



图 点云解算入口

2) 按默认参数解算即可，点击【开始】按钮，软件进行解算并自动显示解算后点云数据。

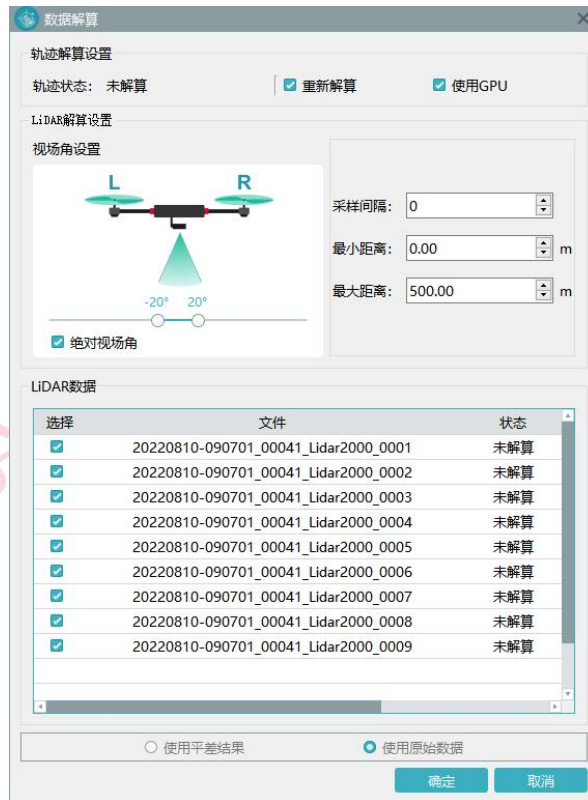


图 点云解算设置

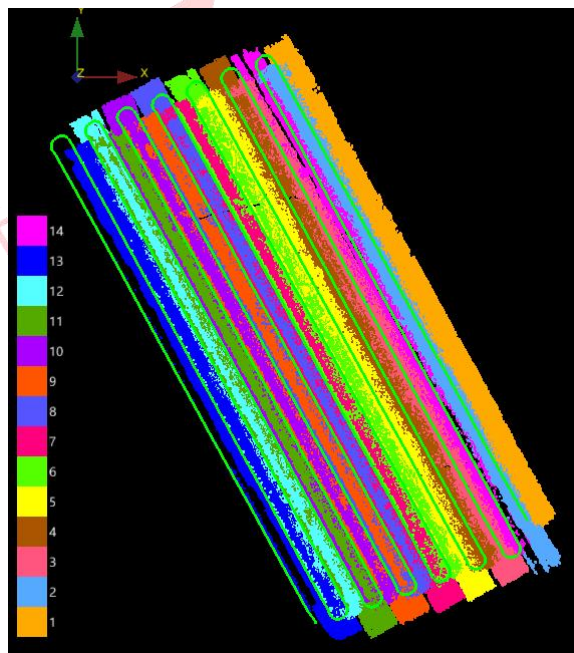


图 解算后的点云成果

3) 点云解算完成以后，如果空中或者航线下方存在一些噪点，可以通过设置最小以及最大保留来进行限制，在解算时只保留范围内的点云。最小保留距离根据数据解算情况，在剖面进行量取，从航线量至噪点底部，一般在 30-80 米左右，注意不能影响正常点云，最大保留距离一般建议最低不小于 1.5 倍航高。设置完成以后需选择“原始数据解算”重新进行点云解算。

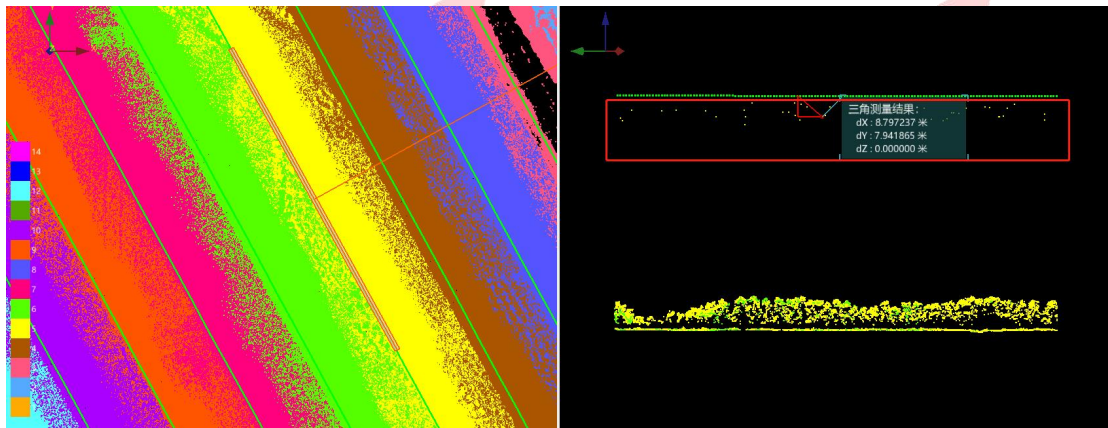


图 保留距离解算设置

参数注释：

【采样间隔】设定“采样间隔”，点云将按照设置的点云抽稀间隔进行取点，该设置为点云解算过程中的抽稀设置，默认 0 为不做抽稀，若设置数值，如设置为 5，则意味着点云被抽稀 5 倍可以减小点云数据量；

【最小距离】该功能为在解算的过程中过滤由于天气产生的空中噪点。起始位置在轨迹处，若设置为 50 米，则意味着轨迹下方 50 米以内的点云数据不做解算；

【最大距离】该功能为在解算的过程中过滤由于测区环境产生的地下噪点。起始位置在轨迹处，若设置为 350 米，则意味着轨迹下方 350 米以下的点云数据不做解算；一般建议不低于 1.5 倍行高。

3.3 质量检查

点云解算完成后，通过【质量检查】工具生成质量报告图作为参考，并利用智激光的剖面功能，检查数据质量。具体操作步骤如下。

- 1) 点击【系统工具】-【质量检查】，生成质量报告图，颜色越深误差越大。（仅在平整路面及裸露地表处存在参考意义）。



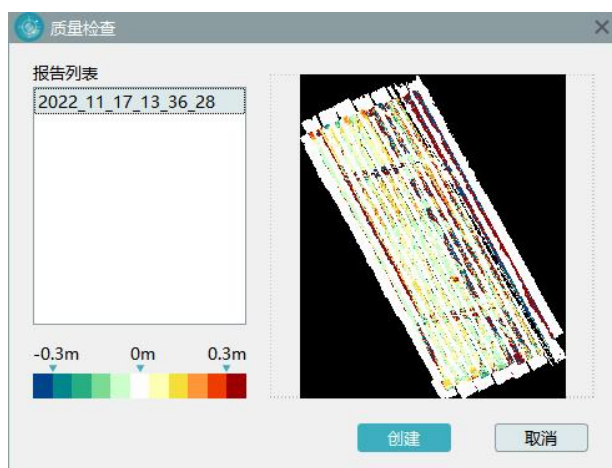


图 质量检查

2) 点击【渲染】-【航带】，这时软件会根据航带把点云渲染成不同颜色。



图 航带渲染

3) 点击软件界面右上方【剖面】按钮，在主界面两条航带重叠区域和质量报告图误差较大的区域做剖面，观察剖面视图，是否存在明显的分层情况，下图为分层和未分层的截图。



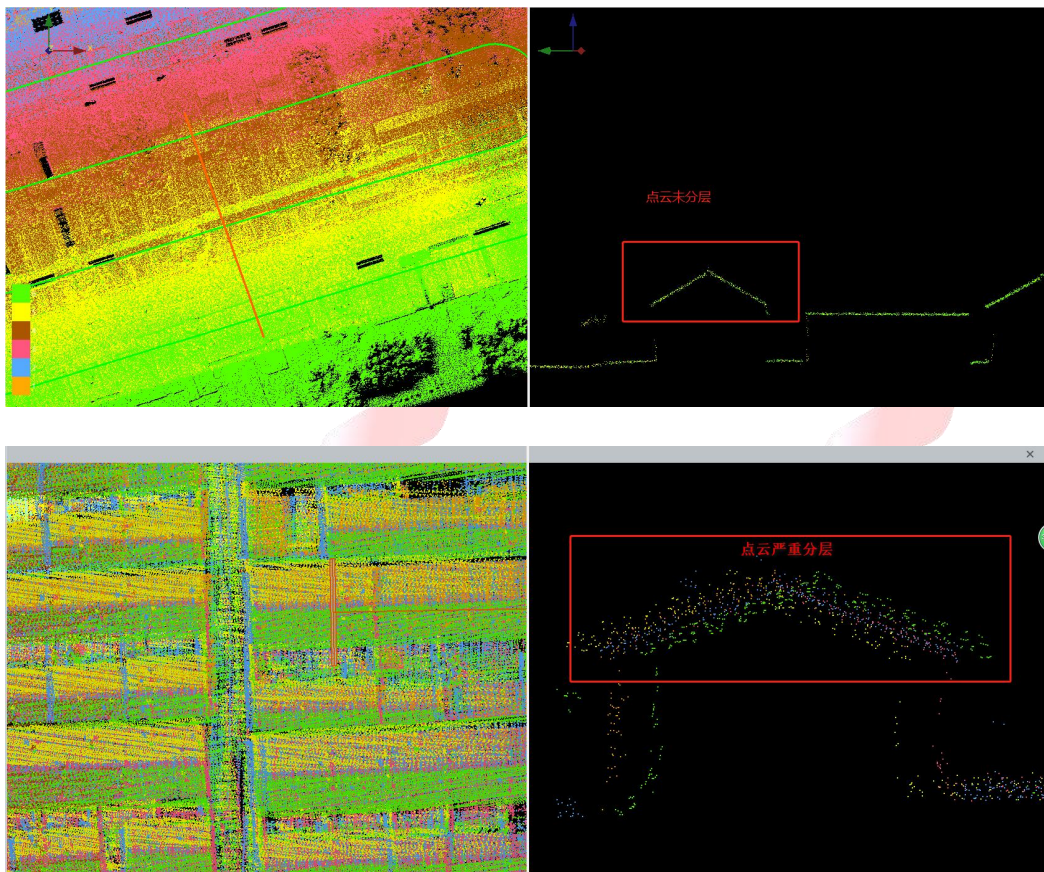


图 判断分层情况

4) 如果没有分层情况，跳过航带平差，直接进行去冗余、去噪、点云赋色、坐标转换等其他可选项操作，如果有分层情况，则可以进行航带平差，改善分层情况。

3.4 航带平差

航带平差算法目的是基于采集到的地面数据，对组合导航位置和姿态数据进行改正，从而实现数据的优化。

注：点云未分层时候，无需进行特征提取及平差工作。

3.4.1 特征提取

1) 点击【点云解算】-【特征提取】，按照默认参数，点击【开始】，软件会自动提取特征点，待底部工具条完成，且信息输出框提示提取特征点数据时，

航带平差特征提取

选择	ID	类别
☒	0	未分类
☐		
☐		
☐		
☐		

提取参数

向量估计半径/m: 2

粗糙度阈值: 0.1

区块特征点数: 50

向量夹角阈值/deg: 5

开始 关闭

日志

[16:37:03] [工程管理]数据D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\管家工程\Project\ResultData\

[16:37:03] [工程管理]数据D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\管家工程\Project\ResultData\

[16:37:03] [工程管理]数据D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\管家工程\Project\ResultData\

[16:37:03] [项目管理]轨迹文件D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\轨迹\SBET.OUT加载成功

[16:37:03] [工程管理]数据D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\轨迹\SBET.OUT载入成功!

[11:52:28] [项目管理]正在加载D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\轨迹\SBET.OUT轨迹文件.

[11:52:28] [项目管理]轨迹文件D:\XYUAN\2022年8月29日LiDAR2100测试\第5架次-场地80米14ms\轨迹\SBET.OUT加载完成!

[11:57:03] [特征提取]提取特征点对24194

图 特征提取

3.4.2 航帶平差

1) 完成特征提取, 点击【点云解算】-【航带平差】, 点击【计算】, 对 3.4.1 节提取的特征点进行偏差计算;

2) 计算结束后, 为保证更好的平差效果, 需要对偏差较大的特征对进行删除。按【SHIFT+鼠标左键】选中特征对信息中偏差跳变较大的特征对 (一般指相邻偏差值大于 0.1m 的特征对), 鼠标右键点击【删除】, 重新计算残差, 若标准差在 0.1 以内, 且无残差过大的点对, 即可完成平差计算, 若仍有较大偏差的特征对再次选中删除后计算即可, 最后点击【应用】;





图 航带平差

3) 软件提示是否重新解算点云，点击【是】，再点击【开始】，即可按照

航带平差结果优化点云，消除点云分层，重新进行点云的解算。航带平差后可重复 3.3 节操作进行质量检查。



图 重新解算点云

4) 若想要对平差后的数据再次进行平差优化，需要基于此时的点云数据重新进行特征提取，再重复步骤 1) 及步骤 2)。

3.5 去冗余

为了去除数据冗余，减少数据量，剔除点云航带边缘误差较大的数据，可以进行去冗余操作，此为可选项操作。

点击【系统工具】-【冗余剔除】，格网大小默认 0.5 米，勾选【完全裁切】则严格按照航带重叠区域的中线进行裁切，如不勾选则按照中线裁切后进行漏洞补充，一般采用默认裁切即可。



图 去冗余

3.6 去噪

噪声点主要包括明显低于地面的点（极低点）或点群、明显高于地物的点（极高点）或点群，以及其他一定空间范围内分布异常的点或点群。

为了减少噪声点对后期数据处理的影响，可以利用自动算法或者人工编辑方法将噪声点从点云中滤除，对于极低点或点群、极高点或点群，可在大范围内进行集中滤除，对于其他分布异常的点或点群，在噪声点滤除的时候应重点与植被

点进行区分，去噪为可选项操作。

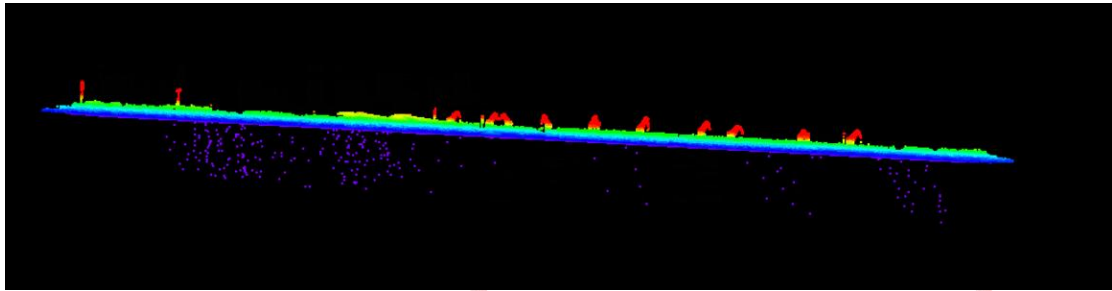


图 噪点

点击【智激光】-【系统工具】-【数据去噪】，若噪点较为离散，且距离原始地面点云较远，可使用默认参数（10 80）进行去噪；若噪点离散程度较低，且距离原始地面点云较近，可以适当降低标准差倍数，例如（10 12）进行噪点去除。



图 数据去噪

3.7 点云赋色

点云赋色是给原始采集的点云数据，赋予真实的纹理颜色，使点云数据更加直观的展示测区的地物信息，点云赋色为可选项操作，主要有两种形式可以实现点云赋色：

- 基于原始影像——需要提供原始影像、相机检校文件、空三后的 POS 文件以

及搜索范围（系统会根据 POS 文件计算默认值，可以调增，不建议调小）；

- 基于正射影像——需要提供 DOM 或者快拼图（可选但不建议）。

3.7.1 基于原始影像进行点云赋色

1) 点击【智激光】-【系统工具】-【点云赋色】，弹出【点云赋色】对话框，【颜色来源】选择【原始照片】。



图 点云赋色

2) 在【照片路径】处选择原始照片所在文件夹，此时可先将试拍影像删除，也可在起始照片处设置，选择第一张空中拍摄照片编号即可；

3) 在【相机文件】处导入下载后的 xml 格式相机报告，也可在界面右下角【下载】按钮处依据载荷编号进行相机参数下载；

4) 在【空三 POS】处导入 ie 导出的 FeimaPOS 格式的 pos 文件 (FeimaPOS 格式可联系飞马售后提供，需要将文件放到 IE 指定的安装目录下，输出 POS 文件时需要输入相机到 IMU 的偏心距参数，参数详见检校报告)，注意需要将 pos 中的试拍删掉，以保证可以与照片按顺序对应；此时【转角系统】应修改为国外；【搜索半径】软件会根据导入的 pos 数据自动计算；点击【确定】执行赋色。

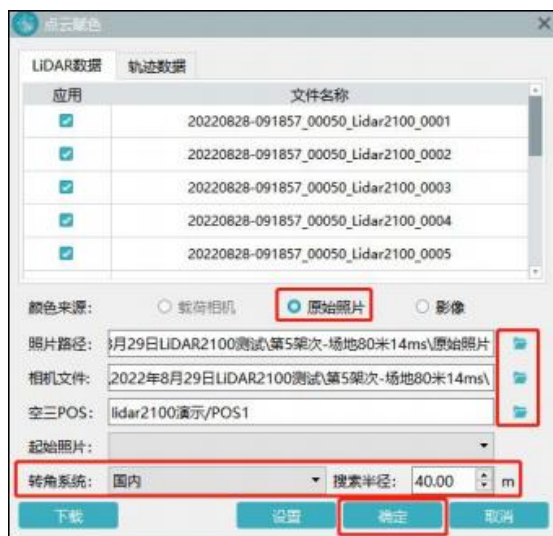


图 基于原始影像进行点云赋色

3.7.2 基于 DOM 实现点云赋色

1) 点击【智激光】-【系统工具】-【点云赋色】，弹出【点云赋色】对话框，【颜色来源】选择【正摄影像】。



图 正摄赋色

2) 导入与点云坐标系一致的快拼或真正射文件，点击【确定】，执行点云

赋色。

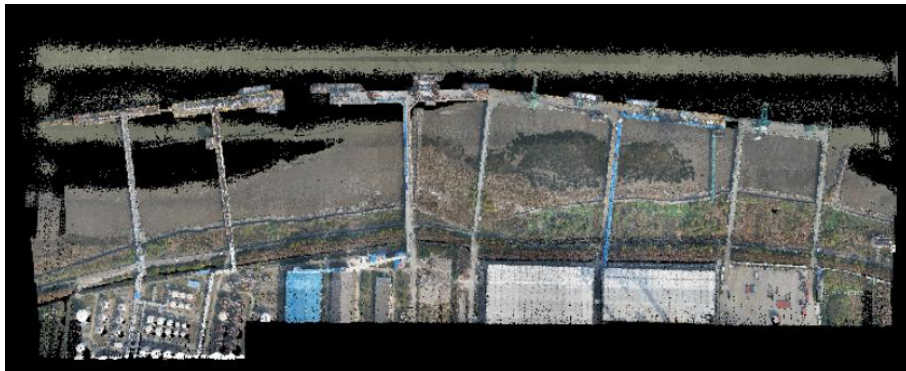


图 点云赋色

注：赋色后需在【渲染】-【纹理】中进行纹理渲染，才可浏览赋色效果。

3.8 坐标转换

坐标转换可以将点云从默认的坐标系转换到需要的成果坐标系，坐标转换是可选操作，涉及投影管理和坐标转换两个主要的步骤，下面分别以标准坐标系以及独立坐标系输出为例进行介绍，高程系转换隐含在参数计算里，此处不做说明。

3.8.1 标准坐标系输出

以 WGS84/UTM zone 48N 坐标系统的点云按照 CGCS2000 坐标系统，高斯三度带投影，中央子午线 108° 输出为例，介绍详细步骤如下：

1) 点击【点云解算】-【投影管理】图标进入投影管理对话框，如下图所示：





图 投影管理

2) 点击上图中的【>>】按钮，弹出数据库，从数据库中【添加】源坐标系（WGS84 UTM Zone 48N）与目标坐标系（CGCS2000/3-degree-Gauss-Kruger CM 108E）到常用投影中。

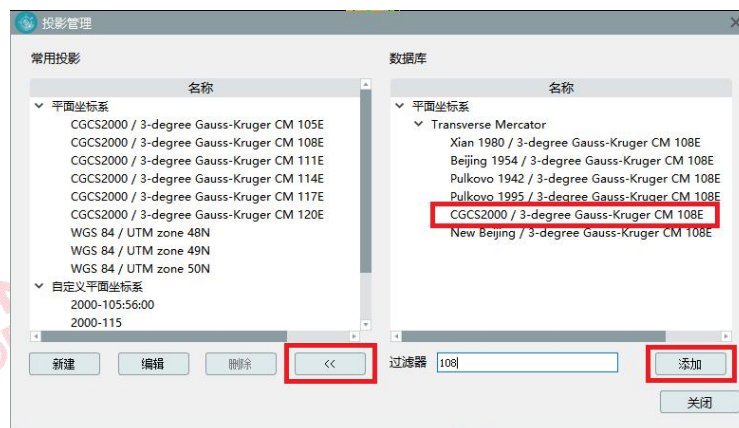


图 添加需使用到的投影系统

3) 点击菜单栏【点云解算】-【坐标转换】，弹出坐标转换对话框，单击【新建】进行测区的坐标转换参数配置，然后单击【确定】，完成转换参数配置，如下图所示：

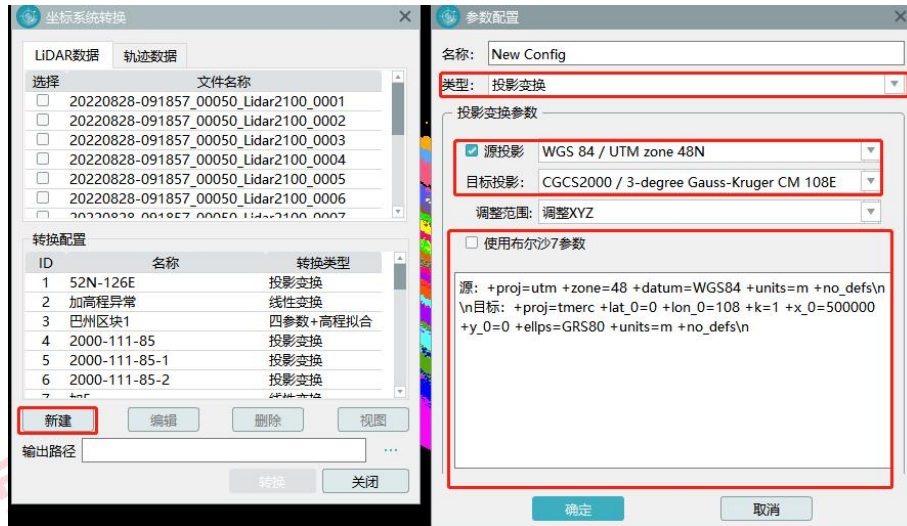


图 坐标转换设置

注：如果转换过程需要七参数或者四参数可以在【转换类型】中选择【投影变换】或【四参数+高程拟合】填入参数，或导入在【智理图】中计算好的*.config参数文件。

4) 然后双击【选择】全选转换数据，选择上步新建的转换配置，然后单击【转换】完成坐标系统转换。



图 坐标转换

5) 如果需要进行 SBET 轨迹转换, 点击【轨迹数据】, 选择需要转换的轨迹和转换配置, 单击【转换】完成 SBET 轨迹转换。



图 轨迹坐标转换

3.8.2 独立坐标系输出

以 WGS84/UTM zone 50N 坐标系统的点云按照 CGCS2000 坐标系统, 高斯三度带投影, 中央子午线 $119^{\circ} 20'$ 输出为例, 介绍详细步骤如下:

1) 点击【点云解算】-【投影管理】图标进入投影管理对话框, 如下图所示:





图 投影管理

2) 点击上图中的【>>】按钮，弹出数据库，从数据库中【添加】源坐标系（WGS84 UTM Zone 50N）常用投影中。

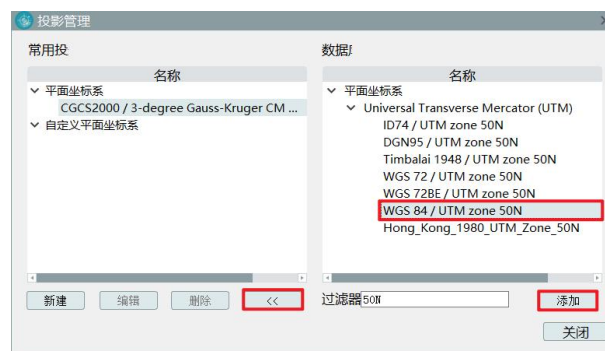


图 添加源投影系统

3) 点击上图中的【新建】按钮，弹出新建自定义平面坐标系窗口，指定椭球参数、投影参数以及中央子午线，添加自定义平面坐标系（CGCS2000/3-degree-Gauss-Kruger CM 119E20'）到常用投影中。

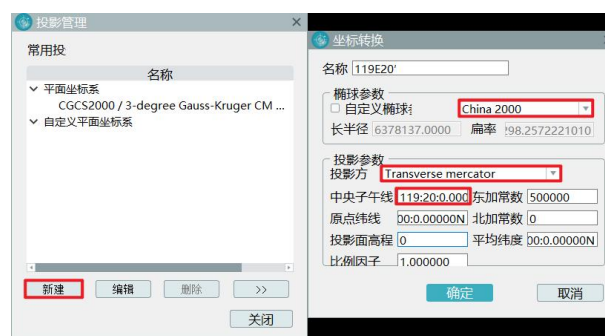


图 自定义平面坐标系统

4) 点击菜单栏【点云解算】-【坐标转换】，弹出坐标转换对话框，单击【新建】进行测区的坐标转换参数配置，输入转换配置名称、选择转换类型、指定投影参数以及导入求取的参数，然后单击【确定】，完成转换参数配置，如下图所示：



图 投影变换坐标转换设置

注：转换过程需要的七参数或者四参数+高程拟合参数 (*.config 参数文件)，可以通过【智理图】中【参数计算】获得。

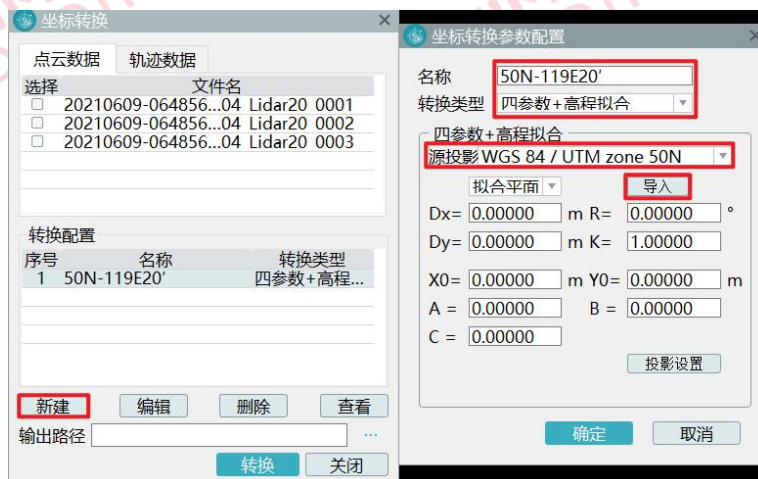


图 四参加拟合坐标转换设置

5) 点云及轨迹文件转换参照 3.8.1 节步骤 4 及步骤 5。

3.9 精度检查

在完成前序步骤后，可以对点云的精度进行检核。具体操作步骤如下：

点击【系统工具】-【精度检核】，计算报告查看误差值。

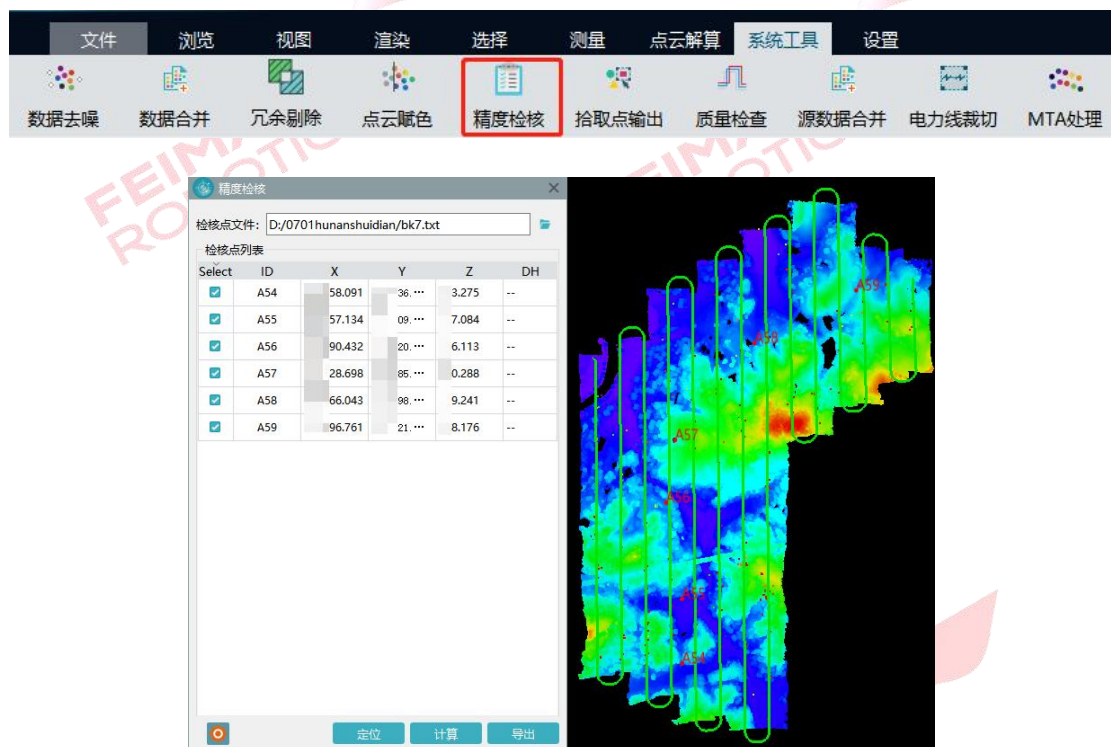


图 获取精度报告

对于检查精度超限的点，可以通过该工具快速定位超限点，拉剖面检查，判断超限的原因，判断是由于点云密度不够造成的精度超限或者是解算过程有误的原因造成的精度超限。

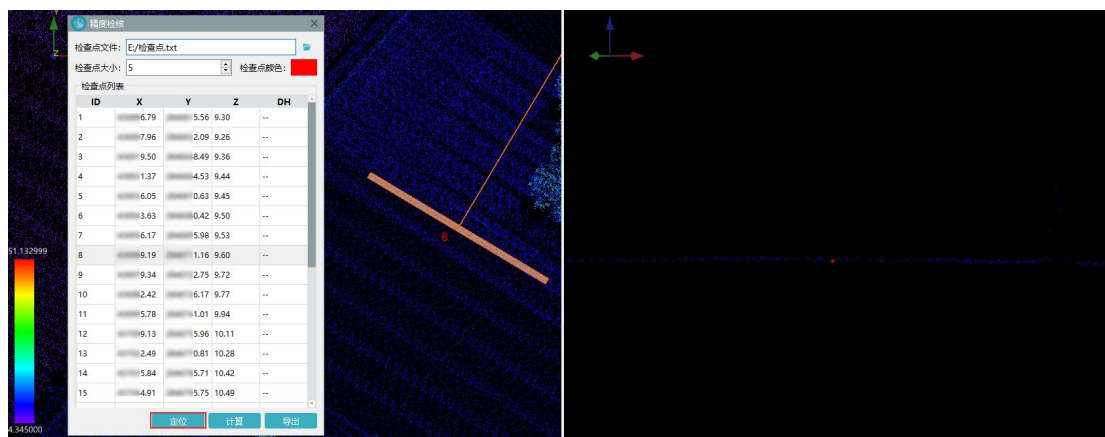


图 拉剖面检查

3.10 点云标准格式（LAS）导出

完成上述步骤中所需操作之后，单击【文件】-【导出数据】，文件类型和点云格式一般按照默认设置，设置导出路径，并点击【导出】即可完成标准 LAS 格式的点云成果导出。

注：如果需要按照范围导出，在【数据范围】导入 kml 格式范围文件，并设置【外扩】距离。

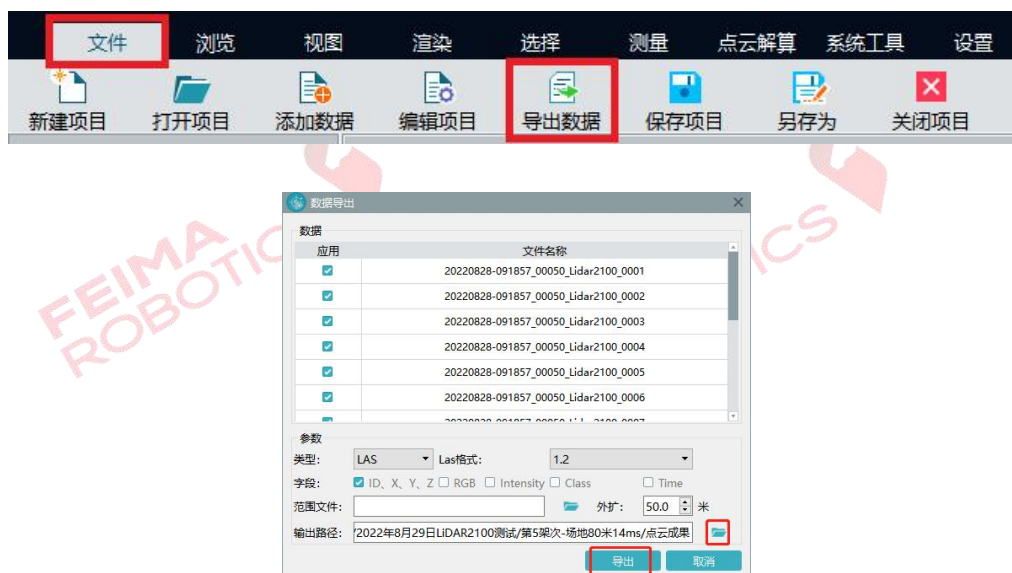
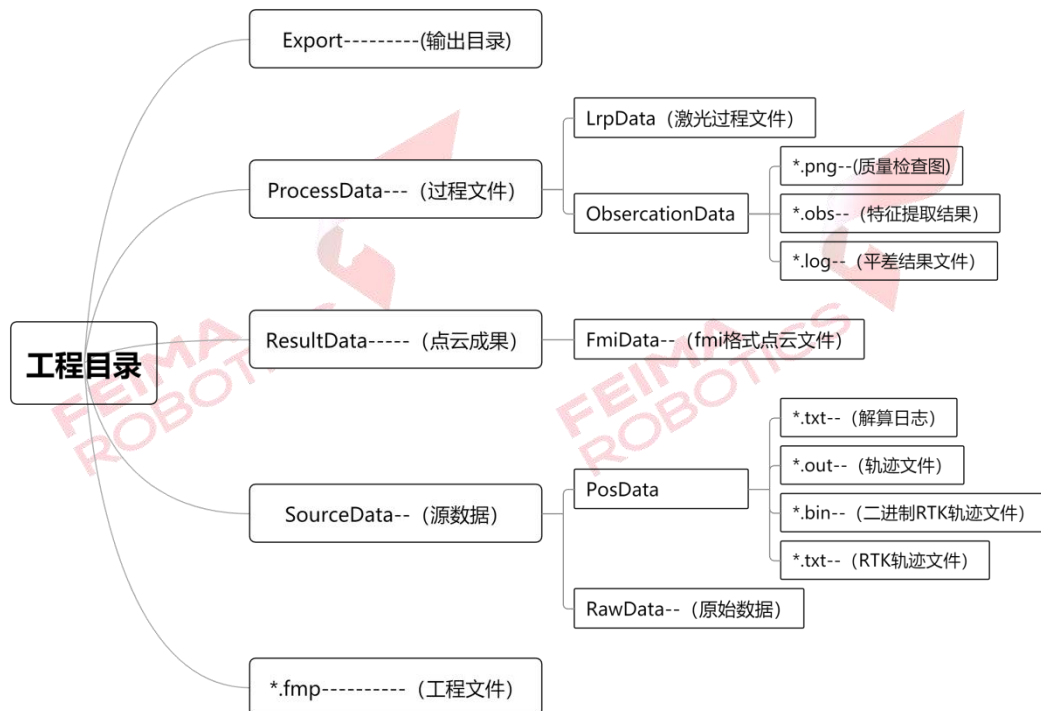


图 点云输出

如果有后续编辑需求，可以不输出 LAS 数据，在【智点云】中打开*.fmp

工程进行点云编辑操作。

3.11 工程目录介绍



3.12 常见问题

1、后差分模式解算流程

适用情形：由于测区无网络连接或千寻服务未覆盖等其他原因导致飞机飞行过程中未连接千寻 CORS 或 RTK 实时差分质量较差时，可使用后差分模式进行解算。基站数据可以是假设的实体基站，也可以是网络虚拟基站。在创建工程时，差分模式选择【后差分】，导入对应的基站、流动站、IMU 和激光数据，完成新建工程。

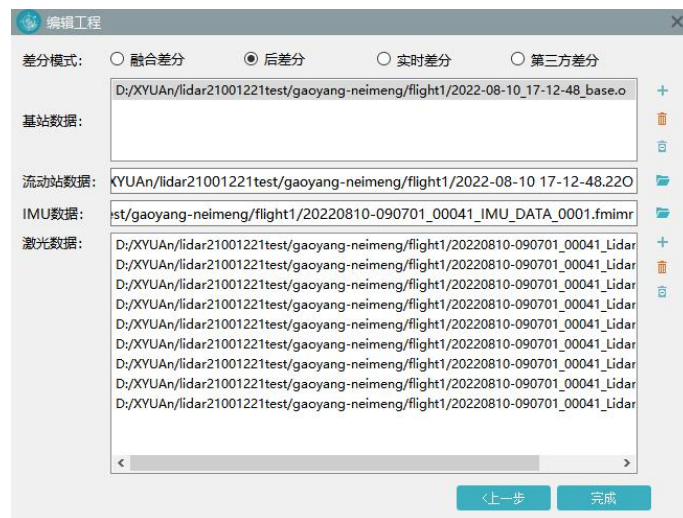


图 后差分模式

2、实时差分解算流程

适用情形: 当飞行全程连接千寻 CORS 且 RTK 质量较好时, 可单独适用 RTK 文件进行数据解算, 在新建工程时, 差分模式选择【实时差分】, 导入对应的机载 RTK 文件、IMU 数据和激光数据, 完成新建工程。

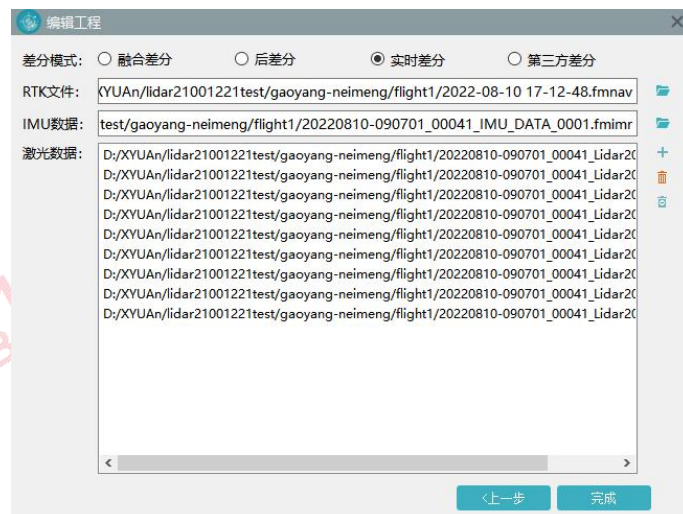


图 实时差分模式

3、第三方差分解算流程

除此之外, 同样为客户保留提供第三方软件进行轨迹解算后, 使用管家智激

光进行点云解算的途径。解算的流程如下：

1) 使用 IE 进行差分解算

将飞机观测文件转换为 RINEX 格式；下载千寻虚拟基站，或转换实体基站观测文件；新建 IE 工程，将流动站及基站观测文件转换为 IE 支持的 GPB 等格式，即常规格式转换步骤；分别添加基站数据、流动站数据至 IE 中；选择运行下的处理 GNSS，选择机载平台进行解算处理；

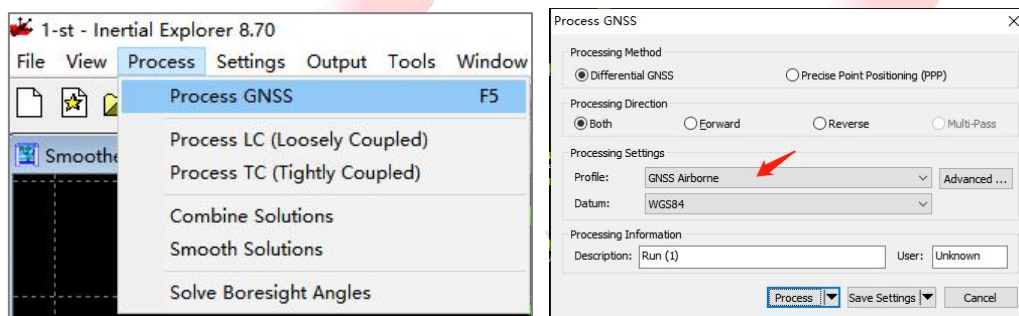
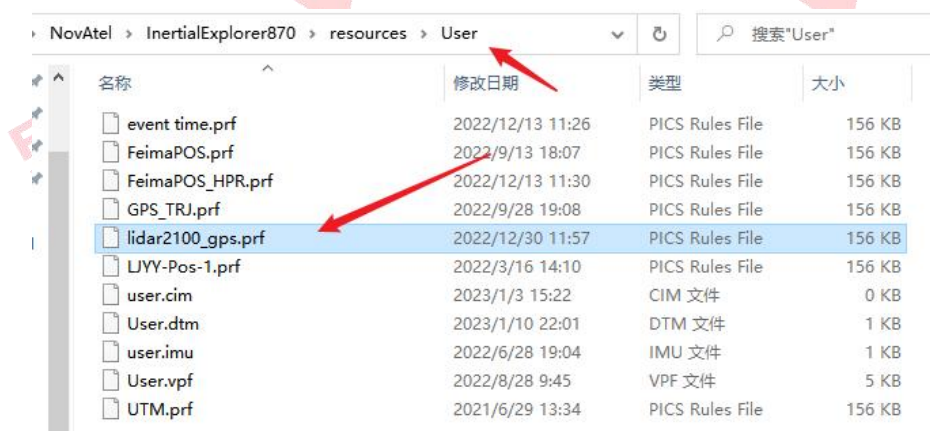


图 GNSS 解算

2) 导出 gps 文件

解算后精度没问题即可进行文件导出，首先将提供的格式文件 (*.prf) 拷贝至 IE 安装目录下 resources\User 文件夹内；其次选择导出自定义文本格式，选择对应的格式，默认输出即可。

（格式文件下载链接：<https://pan.baidu.com/s/1NKLRwRn9sqHvj8z-FNMxfQ?pwd=888> 提取码：8888）



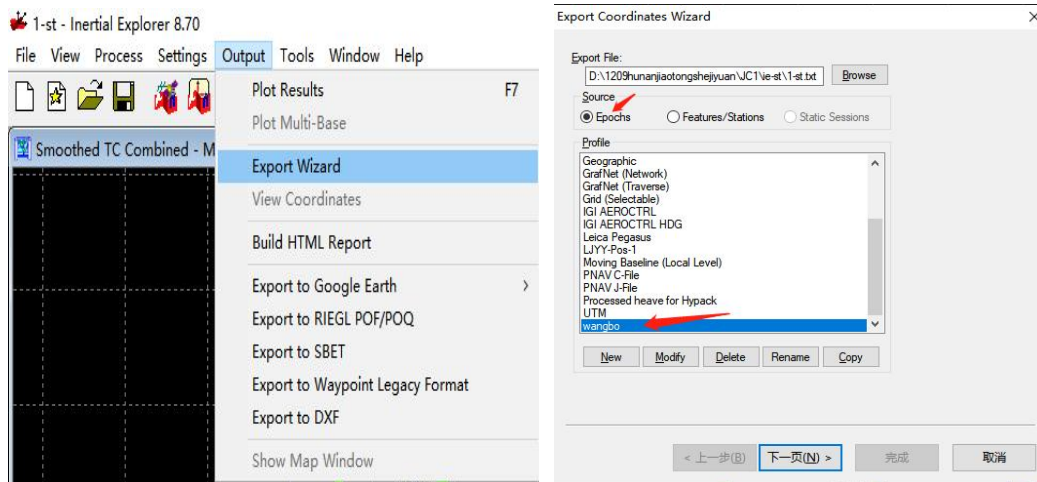


图 导出 gps 文件

3) 在管家智激光新建工程时差分模式选择【第三方差分】，导入从 IE 导出的差分数据 (*.gps)、IMU 数据和激光数据后完成新建工程。

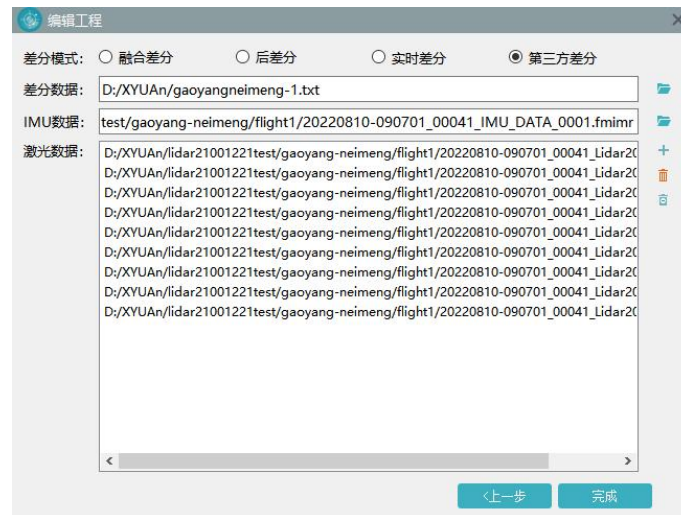


图 第三方差分模式