LiDAR550 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：V2.1.0

日　期：2024-10-21

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 4

2.2.1 飞马网络基站预处理 4

2.2.2 实体基站数据格式转换 5

3.点云数据预处理 7

3.1 新建项目 8

3.2 点云解算 15

3.3 质量检查 22

3.4 优化平差 24

3.5 去冗余 26

3.6 去噪 27

3.7 坐标转换 33

3.7.1 标准坐标系输出 33

3.7.2 独立坐标系输出 36

3.8 精度检查 39

3.9 点云纠正 40

3.10 点云标准格式（LAS）导出 44

3.11 工程目录介绍 46

3.12 常见问题 46

FEIMA ROBOTICS
FEIMA ROBOTICS
FEIMA ROBOTICS
FEIMA ROBOTICS

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。

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

LiDAR550 获取的流动站数据如下：

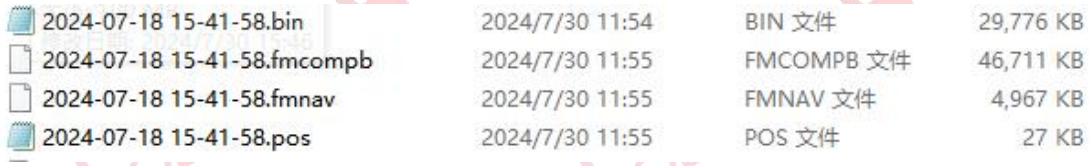


图 LiDAR550 流动站数据示例

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
pos 文件	机载 POS 文件

1.2 LiDAR 原始数据

LiDAR 原始数据格式为.pcap，如下图所示：

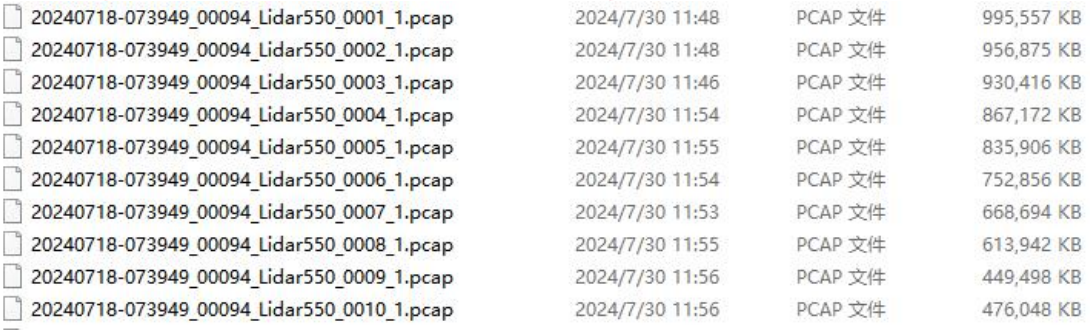


图 LiDAR550 原始数据示例

1.3 载荷 IMU 文件

D-LIDAR550 载荷 IMU 数据格式为*.fmimr 格式，如下图所示。

图 LiDAR550 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】。

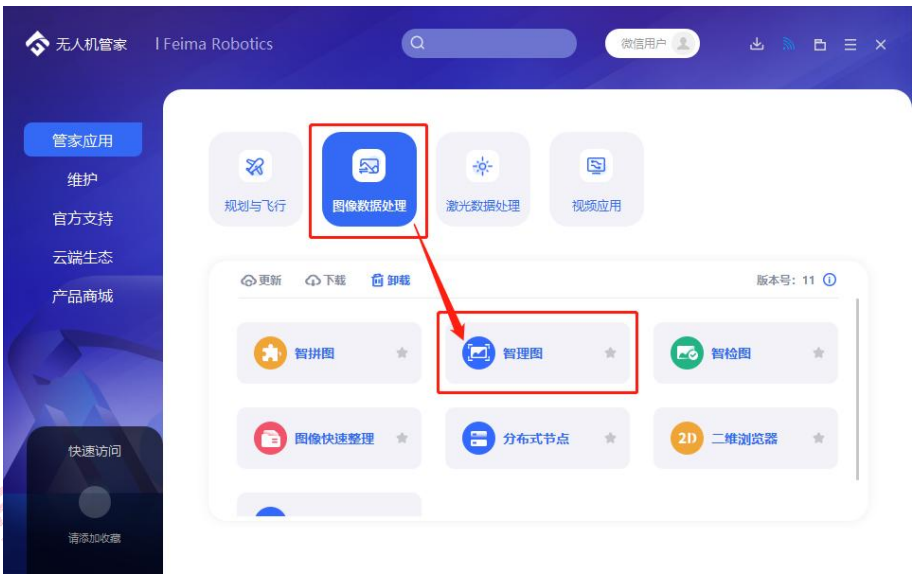


图 智理图 GPS 格式转换入口

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。

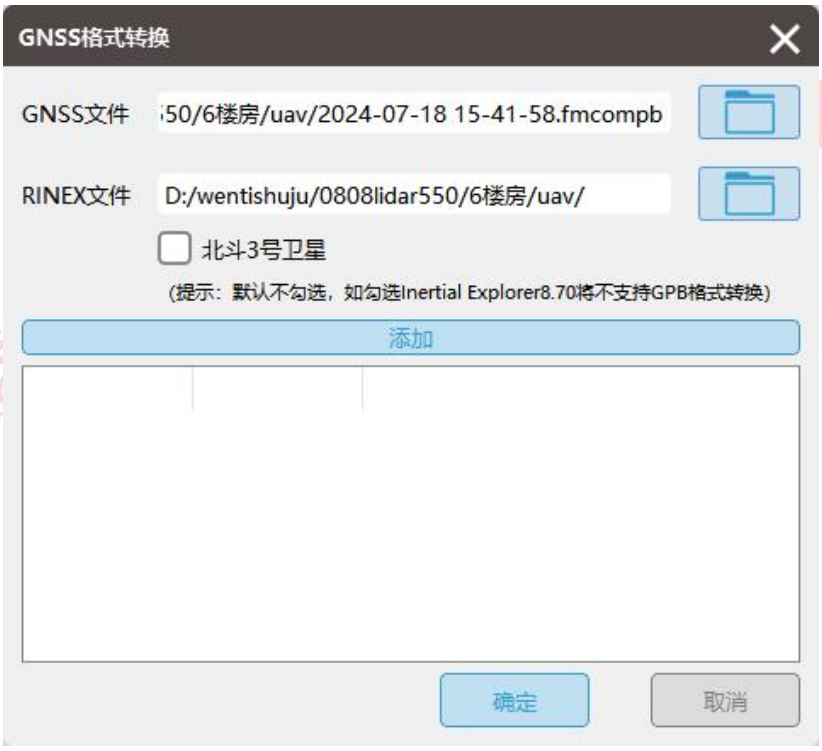
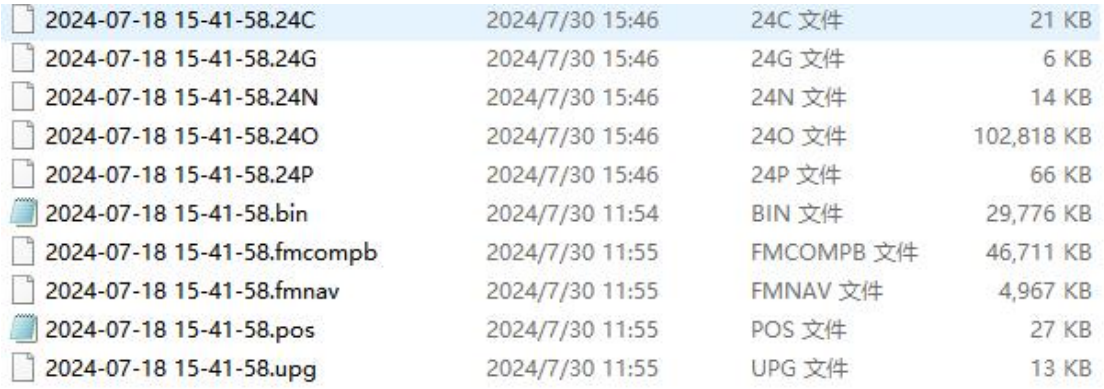


图 GPS 格式转换

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。



2024-07-18 15-41-58.24C	2024/7/30 15:46	24C 文件	21 KB
2024-07-18 15-41-58.24G	2024/7/30 15:46	24G 文件	6 KB
2024-07-18 15-41-58.24N	2024/7/30 15:46	24N 文件	14 KB
2024-07-18 15-41-58.24O	2024/7/30 15:46	24O 文件	102,818 KB
2024-07-18 15-41-58.24P	2024/7/30 15:46	24P 文件	66 KB
2024-07-18 15-41-58.bin	2024/7/30 11:54	BIN 文件	29,776 KB
2024-07-18 15-41-58.fmcompb	2024/7/30 11:55	FMCOMPB 文件	46,711 KB
2024-07-18 15-41-58.fmnav	2024/7/30 11:55	FMNAV 文件	4,967 KB
2024-07-18 15-41-58.pos	2024/7/30 11:55	POS 文件	27 KB
2024-07-18 15-41-58.upg	2024/7/30 11:55	UPG 文件	13 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

D2000 系列机型开通了 PPK 网络差分解算服务，可进行飞马网络基站预处理。

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】。

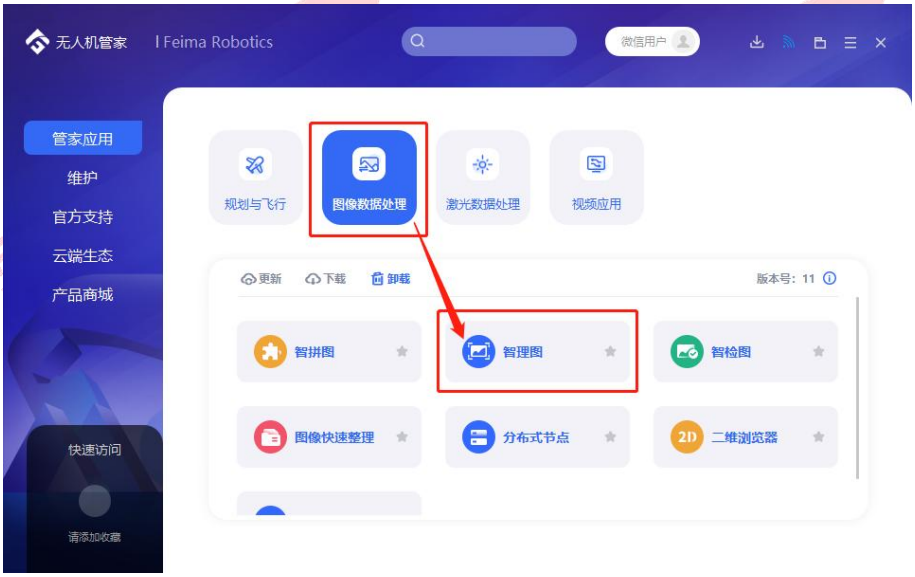


图 智理图 GPS 格式转换入口

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。

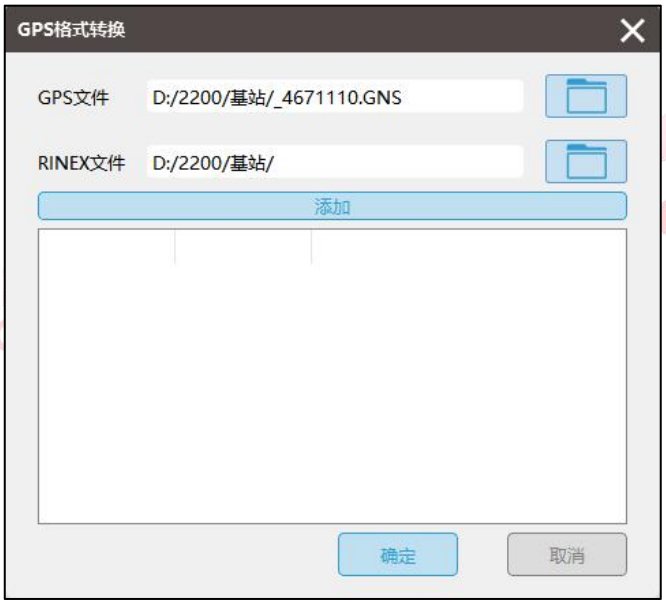


图 GPS 格式转换

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。

_4671110.23o	2023/4/23 16:41	23O 文件	17,562 KB
_4671110.23p	2023/4/23 16:41	23P 文件	490 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、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。

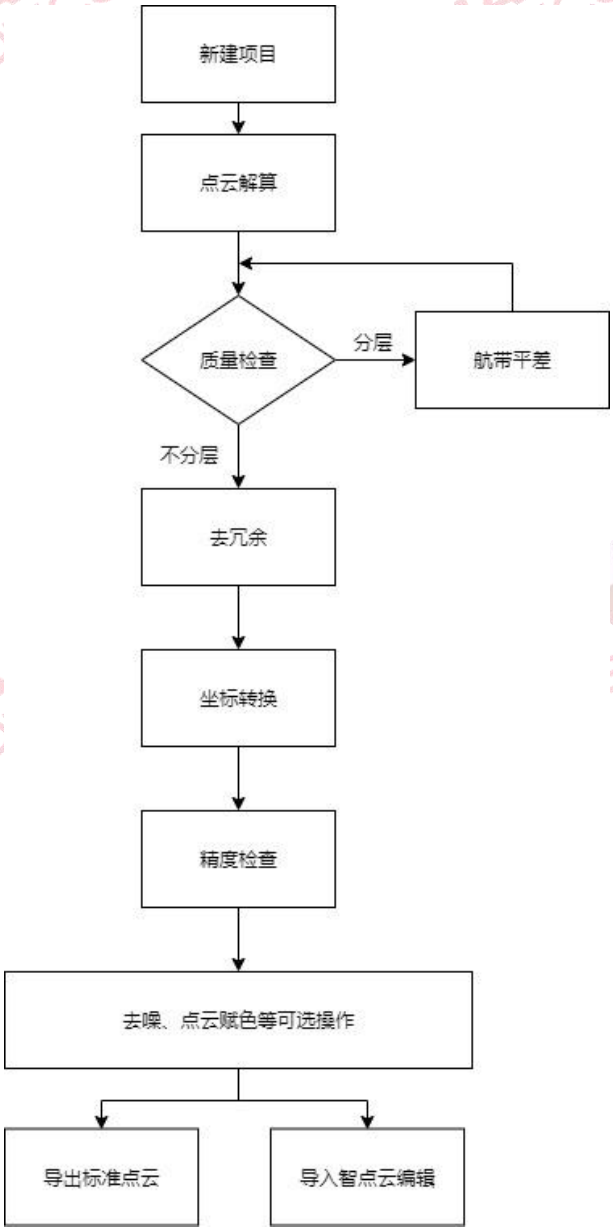


图 点云数据预处理流程图

3.1 新建项目

1）打开无人机管家中的【智激光】模块。

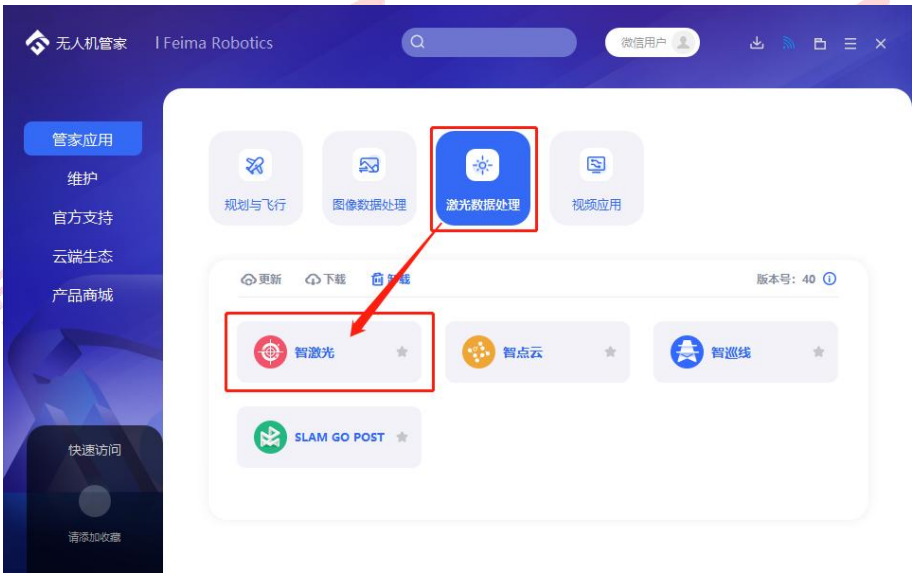


图 无人机管家-智激光

2）点击【文件】-【新建项目】，在弹出的创建工程向导中设置进行基础设置“工程路径、工程名称、采集设备、飞机型号、作业模式以及坐标系统”。

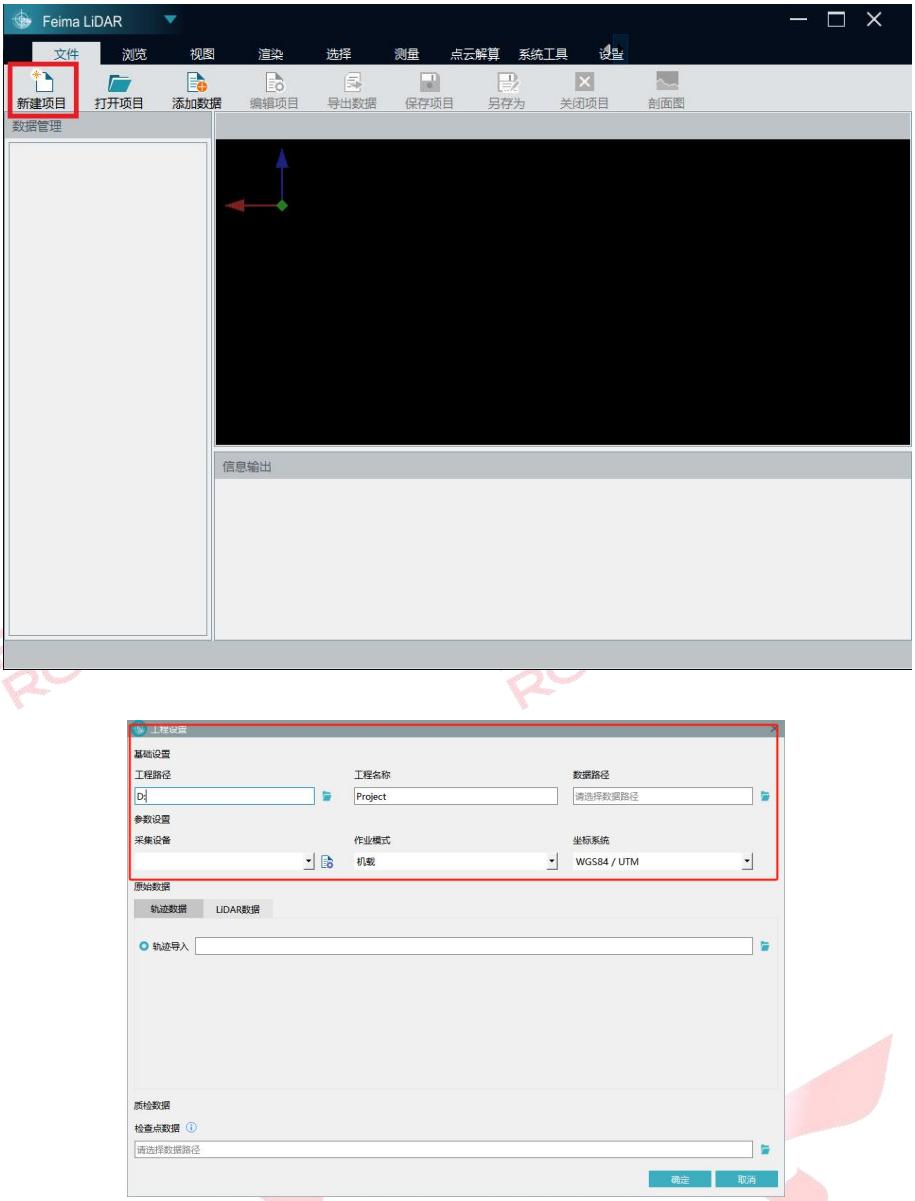
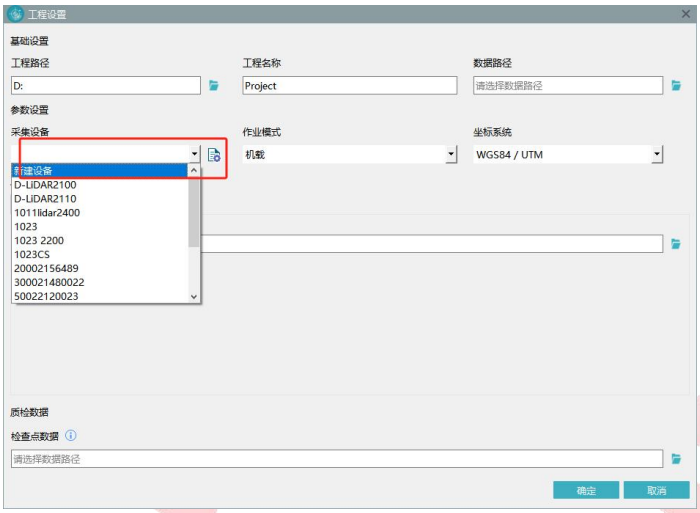


图 新建项目

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）设置作业系统和激光载荷，第一次使用新设备需要添加载荷参数，再次使用相同编号载荷时可直接进行选择。

第一次使用新设备时，单击【新加载荷】，在激光参数对话框内选择【下载】，输入设备 ID 号直接下载激光校正文件，点击【下一步】。赋色需要用到相机载荷参数，其会和激光校正文件同时下载。


工程设置
基础设置
工程路径
D:
工程名称
Project
数据路径
请选择数据路径
参数设置
采集设备
作业模式
机载
坐标系统
WGS84 / UTM
新建设备
D-LiDAR2100
D-LiDAR2110
1011lidar2400
1023
1023 2200
1023CS
20002156489
300021480022
50022120023
质检数据
检查点数据
请选择数据路径
确定
取消

激光参数
设备名称:
设备类型:
D-LiDAR550
校正文件:
相 机:
下载
传感器坐标系
检校参数
X 0.00 度
Y 0.00 度
Z 0.00 度
Roll 0.000 度 X 0.000000 米
Pitch 0.000 度 Y 0.000000 米
Yaw 0.000 度 Z 0.000000 米
导入
导出
应用
取消

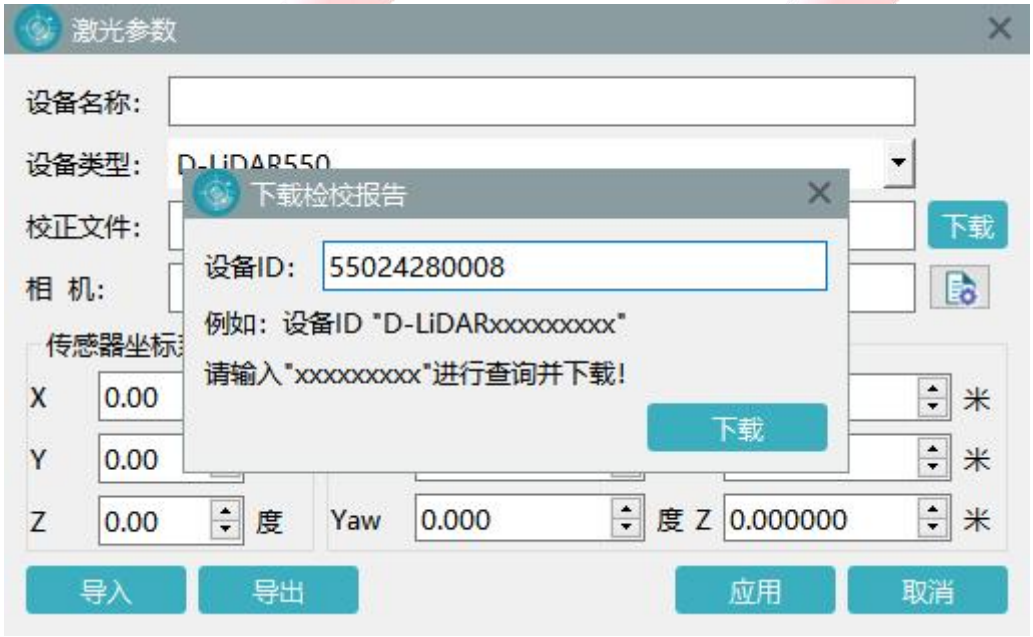

激光参数
设备名称:
设备类型:
D-LiDAR550
校正文件:
相 机:
下载
传感器坐标
X 0.00
Y 0.00
Z 0.00 度
Yaw 0.000 度 Z 0.000000 米
导入
导出
应用
取消
下载检校报告
设备ID: 55024280008
例如：设备ID "D-LiDARxxxxxxxxx"
请输入"xxxxxxxxx"进行查询并下载!
下载

图 选择载荷

注：输入的载荷 ID 为 D-LIDAR 后的 11 位纯数字。

若之前添加过该设备，则可以直接在激光载荷中进行选择后，直接点击【下一步】。

4）设置飞机，在下拉菜单选择飞行机型。

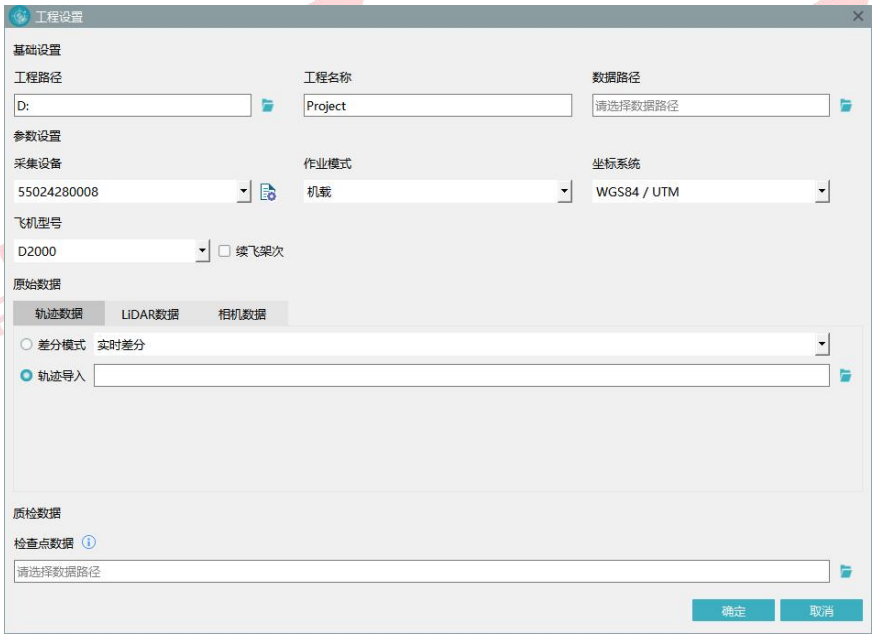


图 设置飞机

（断点续飞数据需勾选续飞架次，详情可参考 3.11 中的第一项）

5）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（数据格式*.lvx），可选择性添加相机数据和 POS 数据（原始机载 POS 文件），以在点云解算的同时进行赋色。点击【完成】，完成新建项目。

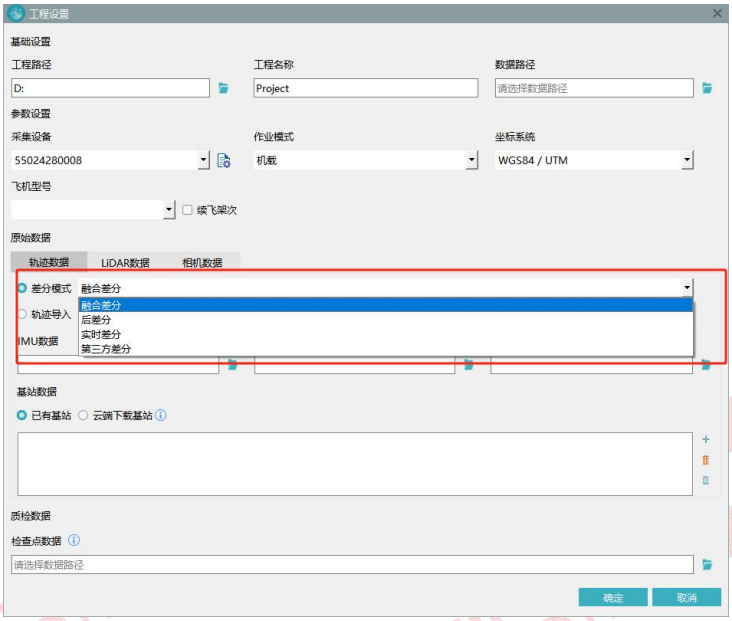
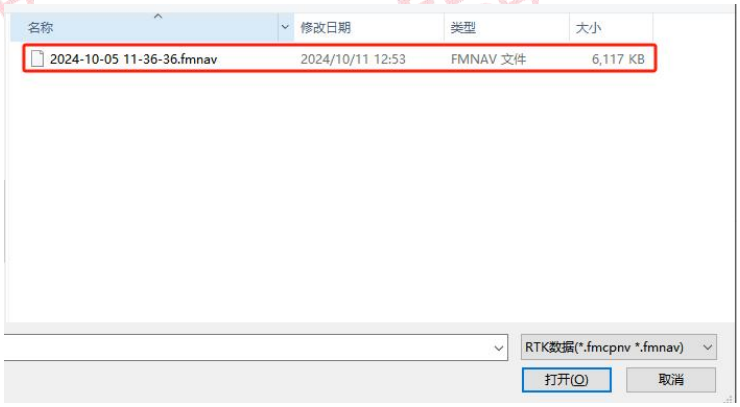


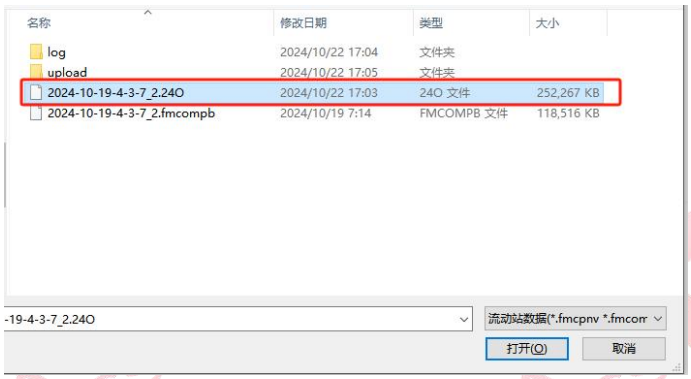
图 导入 LIDAR 原始数据

IMU 数据：导入.fmimr 格式 imu 数据

RTK 数据：导入机载文件中.fmnav 数据

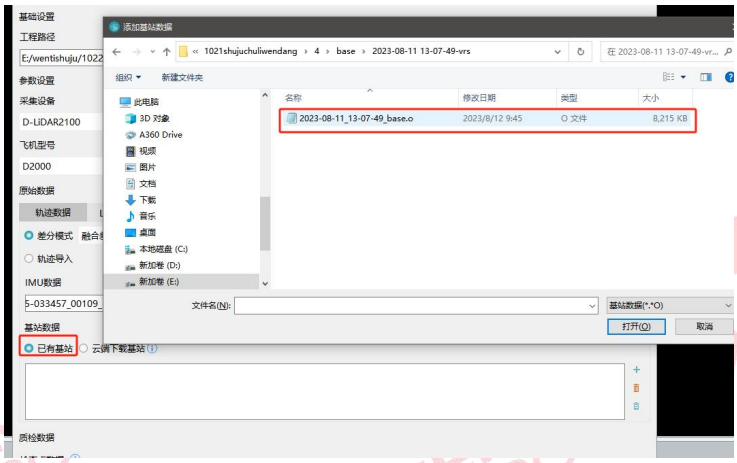


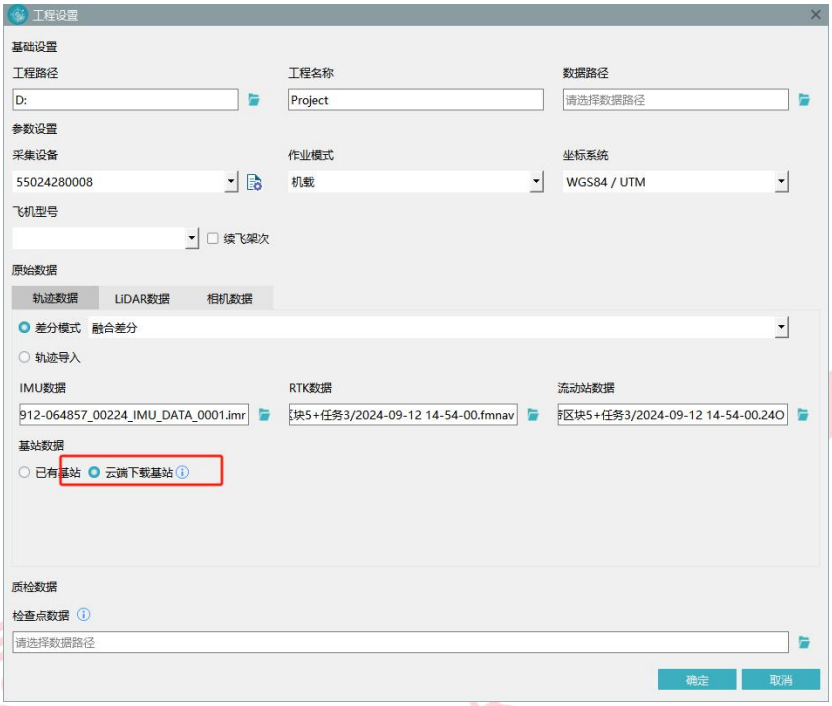
流动站数据：导入原始机载数据.fmcompb 文件或 gnss 格式转换后的.o 数据。（导入原始机载数据.fmcompb 点云解算时会在处理过程中同步进行格式转换，解算出对应的.o 文件，该用法及省去在智理图中格式转换过程。）



基站数据：已有基站及导入千寻网络基站或架设实体基站的.o 文件。

云端下载基站及在购买千寻 ppk 服务且飞行时登录千寻账号的情况下可勾选此选项，在点云解算时同步下载千寻网络基站，该选项与同理可省去在智理图中下载基站过程。（该选项须在联网状态下进行，未联网电脑无法下载。）





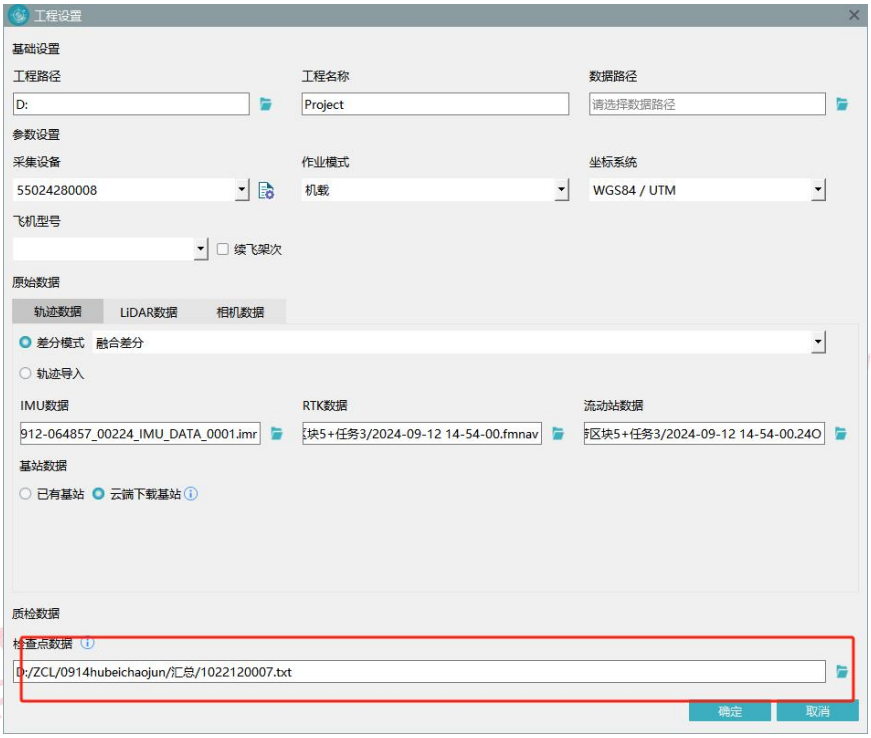
雷达数据：导入.PCAP 格式雷达数据

名称	修改日期	类型	大小
20240901-055114_00089_Lidar550_0001_1....	2024/9/4 1:12	PCAP 文件	1,719,724 KB
20240901-055114_00089_Lidar550_0002_1....	2024/9/4 1:15	PCAP 文件	2,363,696 KB
20240901-055114_00089_Lidar550_0003_1....	2024/9/4 1:15	PCAP 文件	2,283,137 KB
20240901-055114_00089_Lidar550_0004_1....	2024/9/4 1:15	PCAP 文件	2,282,480 KB
20240901-055114_00089_Lidar550_0005_1....	2024/9/4 1:15	PCAP 文件	2,227,010 KB

注：1.点云成果不需要赋色时，不需要导入相机数据和 POS 数据。

2. 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。

检查点数据可按需求添加，添加后可在点云解算时勾选质量检查同步进行质检，生成质检报告。数据需按照要求整理，点击【控制点数据】后图标进行查看。点击【完成】，完成新建项目。



6）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。

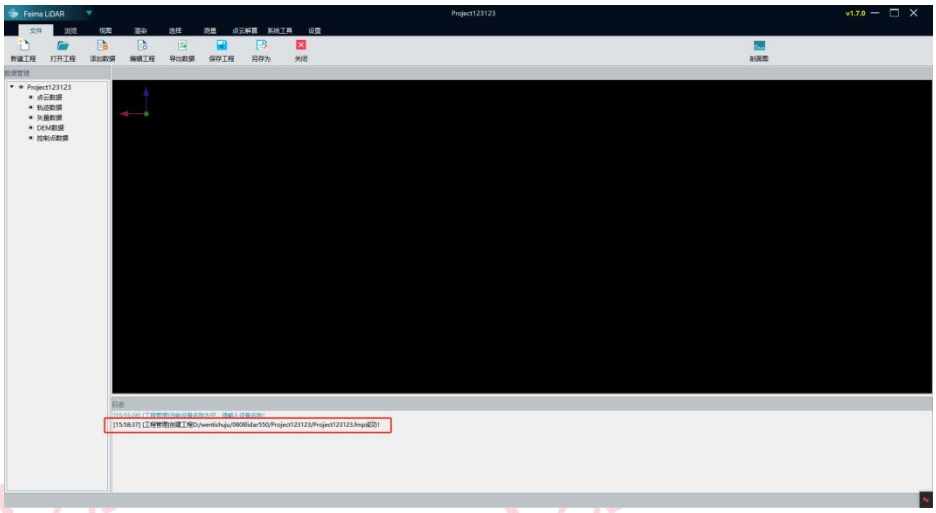


图 项目建立完成

3.2 点云解算

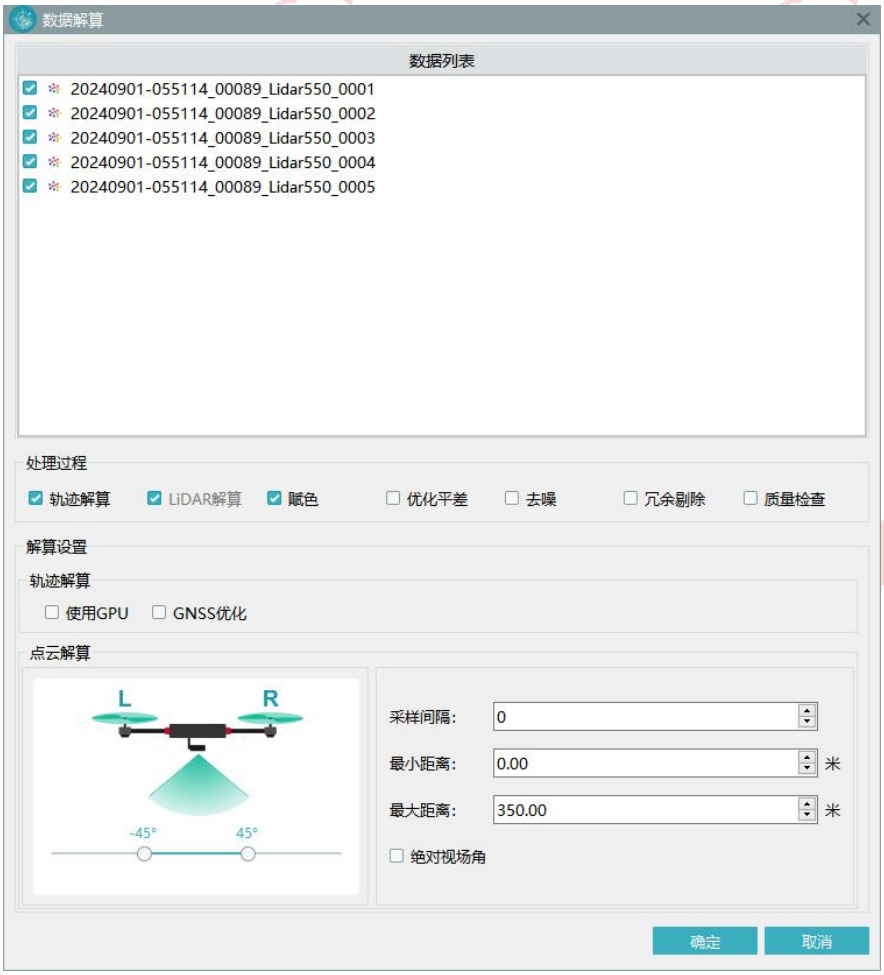
完成新建项目后，开始进行点云的解算，解算步骤如下：

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）处理过程中包含轨迹结算、lidar 解算、赋色、优化平差、去噪、冗余剔除以及质量检查，默认只勾选轨迹解算、LIDAR 解算处理，如有其他需求可进行其他操作同步处理。

注：没有导入照片的数据不需要设置【POS 和相机】。

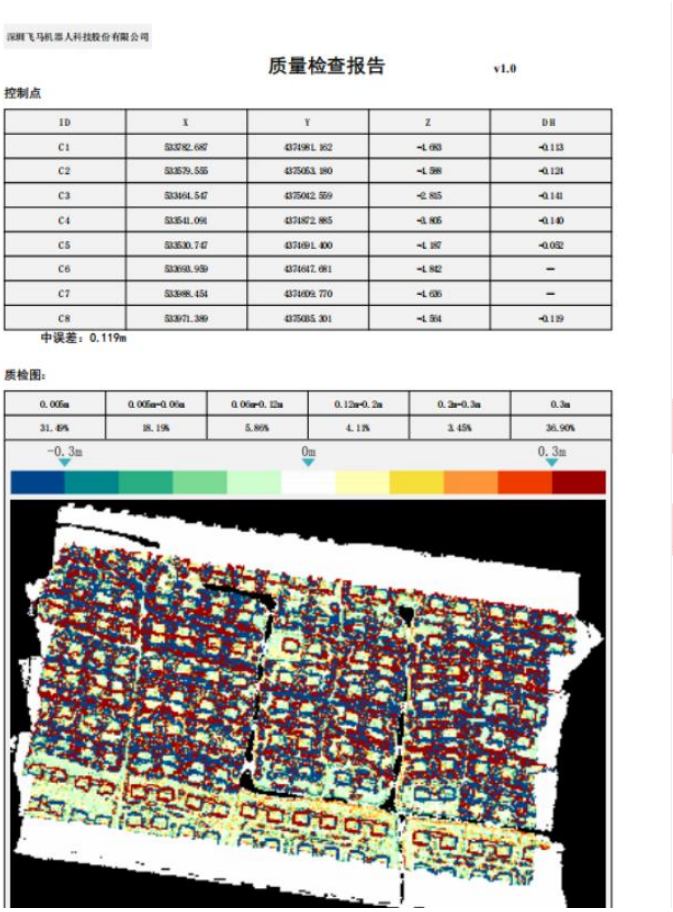


优化平差功能参考第 3.4 章

去噪功能参考第 3.6 章

冗余剔除功能参考第 3.5 章

质量检查功能，在导入控制点后点云解算时选此功能解算后会在工程文件 Report 目录下生成点云质量图和控制点精度报告。



深圳飞马机器人科技股份有限公司

质量检查报告 v1.0

控制点

ID	X	Y	Z	DH
C1	533782.687	4374981.162	-1.683	-0.113
C2	533579.535	4375053.180	-1.598	-0.121
C3	533464.547	4375012.559	-2.815	-0.141
C4	533541.091	4374872.885	-3.805	-0.140
C5	533630.747	4374991.400	-1.187	-0.092
C6	533693.959	4374847.081	-1.842	—
C7	533698.454	4374709.770	-1.626	—
C8	533671.389	4375085.301	-1.504	-0.119

中误差：0.119m

质检图：

0.005m	0.005m-0.06m	0.06m-0.12m	0.12m-0.2m	0.2m-0.3m	0.3m
31.49%	18.19%	5.86%	4.11%	3.45%	36.90%

-0.3m 0m 0.3m

视场角**按照±45°**视场角进行解算，**不勾选使用绝对视场角**，点击【确定】按钮，软件进行解算并自动显示解算后点云数据。如航带边缘分层可尝试继续减小视场角重新解算。

图 点云解算设置

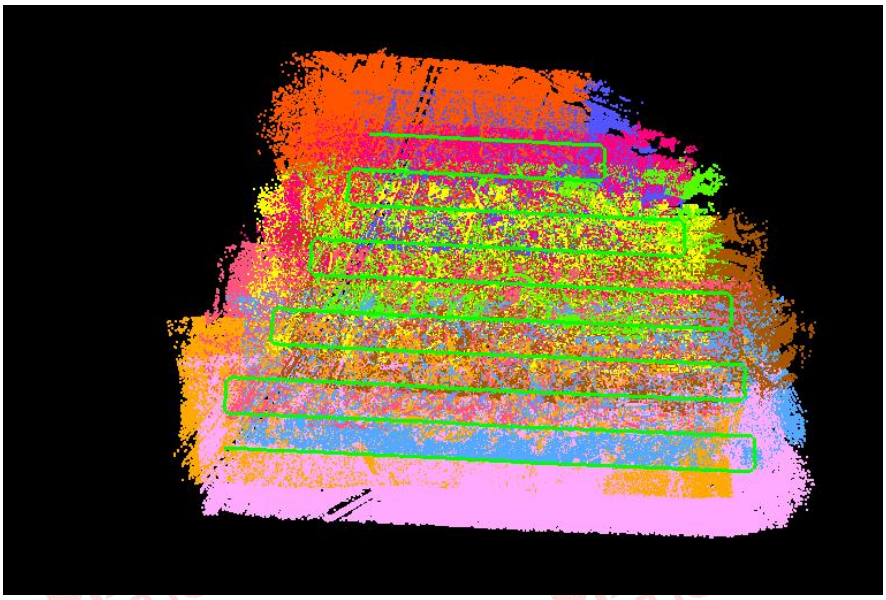
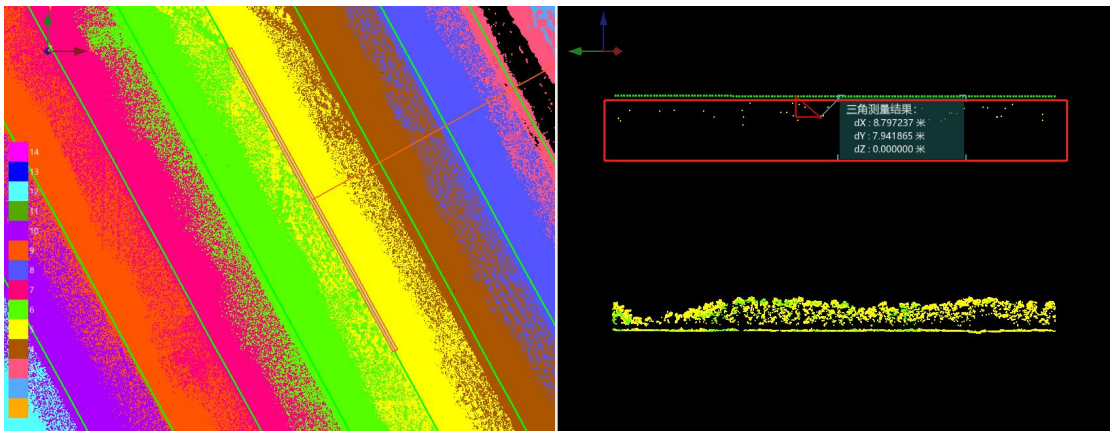


图 解算后的点云成果

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。**



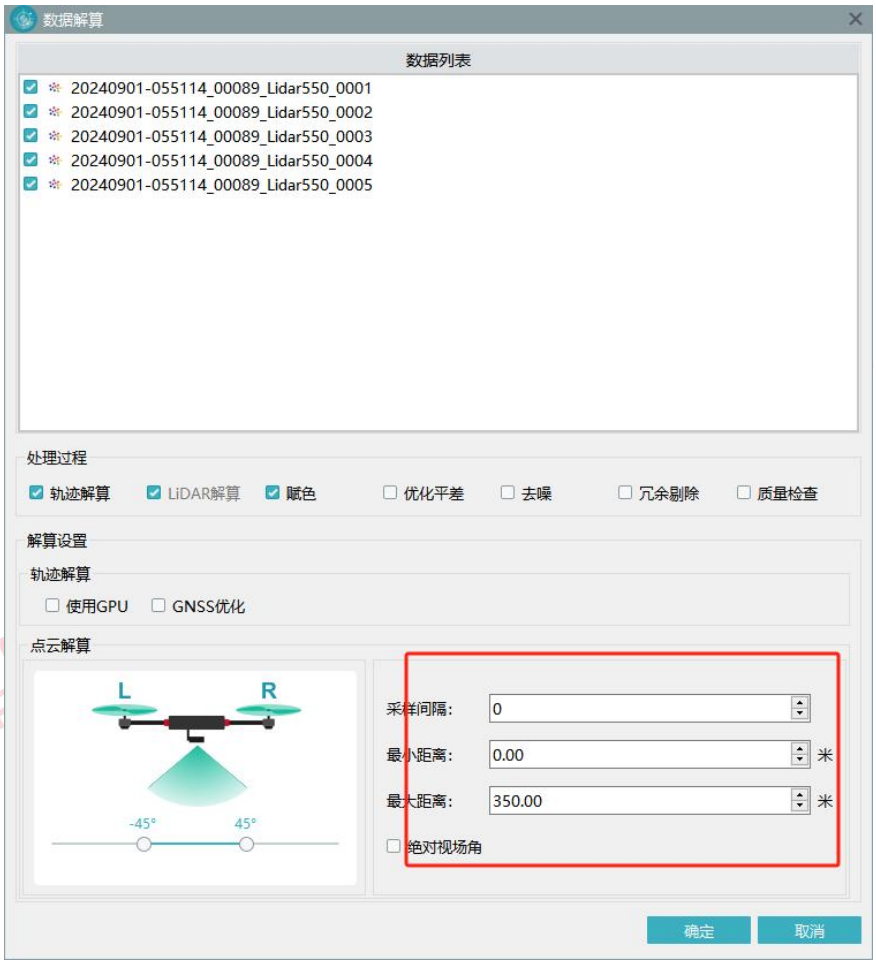


图 保留距离解算设置

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。

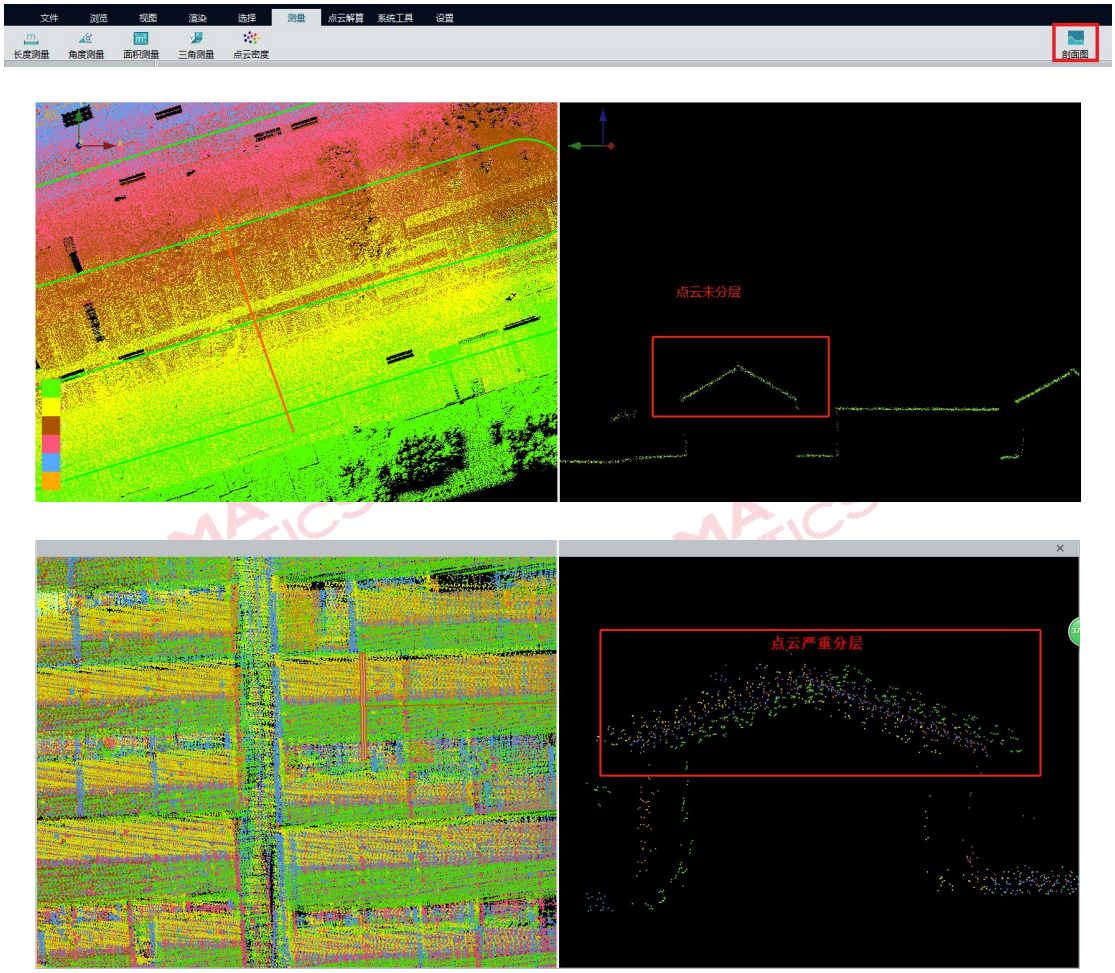


图 判断分层情况

4）如果没有分层情况，跳过优化平差，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，则可以进行优化平差，改善分层情况。

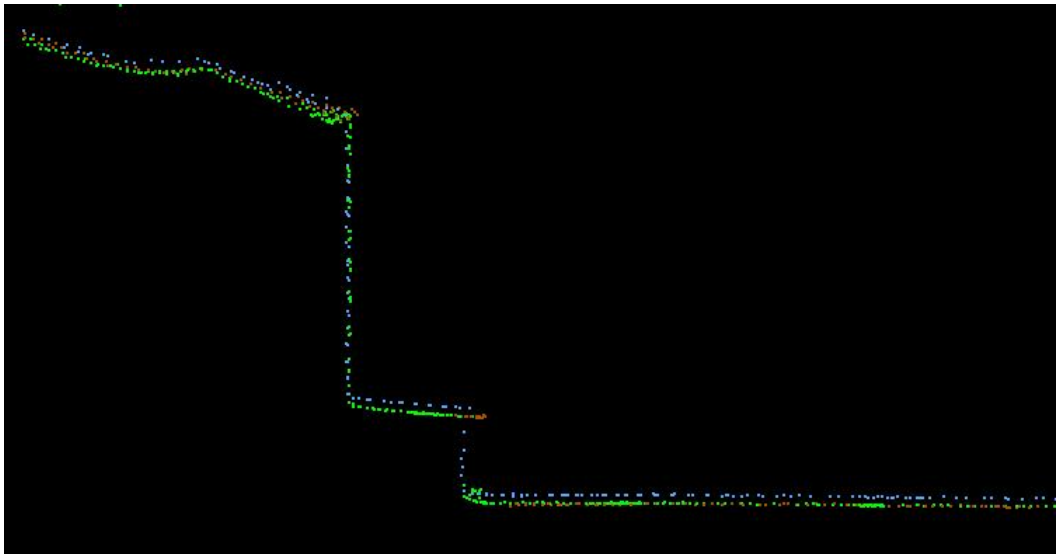
3.4 优化平差

由于地形类别、地表覆盖的不同以及卫星信号、电磁辐射等各种的干扰，常常会导致解算后的点云出现航带间大分层、局部扭曲分层以及内部轻微分层情况。

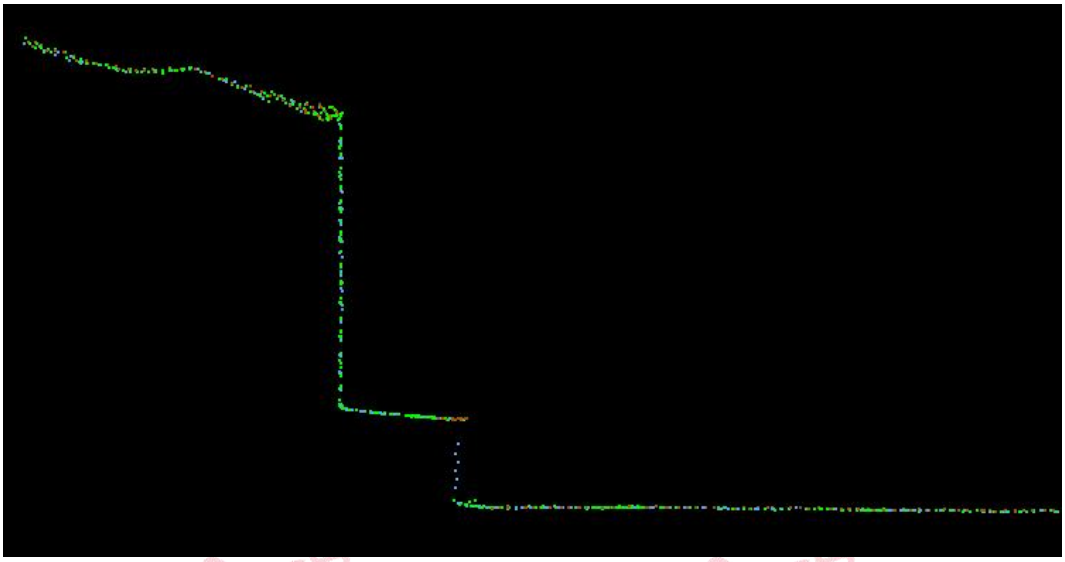
针对上述分层情况，智激光新增了【优化平差】功能，这项功能的主要特点：

- 优化处理航带间整体分层，减少大分层现象；
- 优化处理航带间局部分层，解决局部扭曲问题；
- 优化处理航带内微分层，减小点云厚度。

优化平差效果展示图：



优化平差前效果示例图



优化平差后效果示例图

现已支持飞马全系列机载雷达产品的平差处理，同步支持多架次的联合平差。功能适应性良好，无论是多边形测区，或条带状测区，均能实现较好的数据优化，提高成果可靠性.

功能特点：

数据适应性更佳

处理效率更高

可解决架次间/架次内局部分层问题

算法自适应处理，无需人为干预

使用流程：

在正常解算数据后，点击智激光【点云解算】菜单栏下的【优化平差】功能按钮。点击后会在软件界面最下方出现进度条，处理成果存储在当前工程路径（…\ResultData\AdjustData\adjust）下，处理进程结束后会弹出是否将平差结果加入的选择框，选择“是”，成果数据建立索引文件并加入当前工程中，选择“否”，点云不建立索引文件，在工程路径以 las 的形式存储。

图 优化平差功能位置示例

图 是否将优化结果添加到当前功能示例

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。

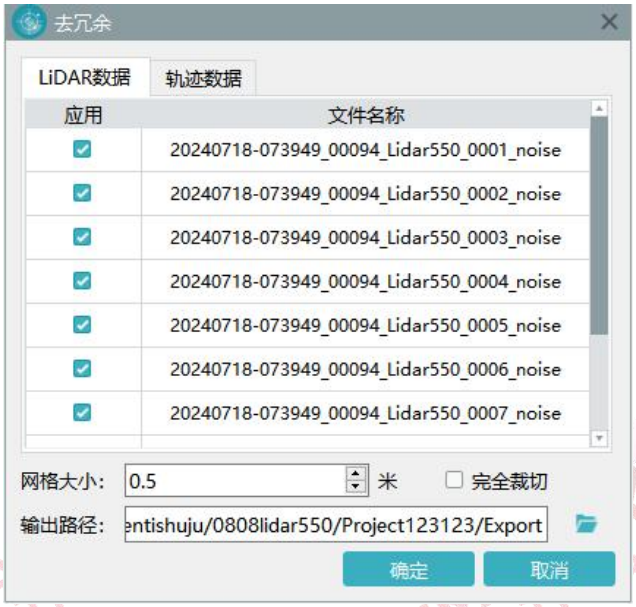


图 去冗余

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。

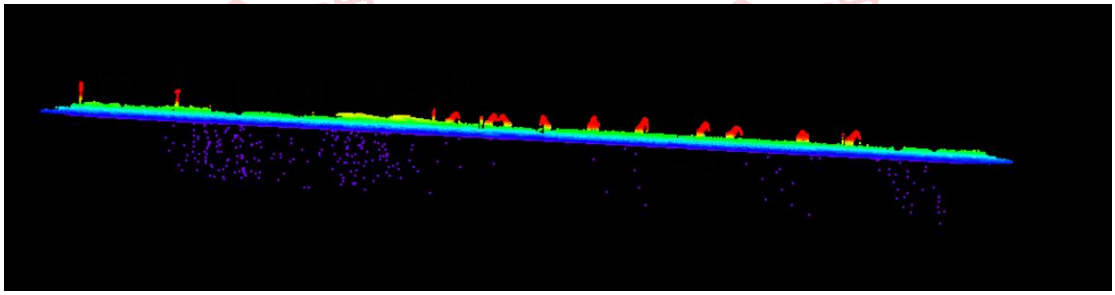


图 噪点

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

线噪声剔除（智点云）

当机载激光雷达设备进行测绘作业时，经常会遇到测区内存在水域、强反射的地物、太阳光直射窗口镜等情况，导致解算后的点云数据中出现类似“射线”的噪点。这种线性噪点对于传统的噪点去除功能来说，是一种难以处理的特殊情况。传统的噪声去除方法无法有效识别这类线性噪点，只能通过人工手动过滤，耗费大量时间和精力，降低了数据处理的效率。

智点云新增的“线状噪点”过滤功能，利用自研线状噪点识别算法，能够一键除去 99%的线性噪点，可以大大减少人工过滤的工作量，同时保证数据的准确性和可靠性。

在智点云模块中选择“数据编辑”-“噪声”，可以看到新增的“线噪声”过滤选项，只需简单设置参数并点击确认，即可实现线状噪声的滤除功能。

参数设置说明：

航带分块数量：以航带为单位进行分块计算（默认推荐参数即可）

地物高度：测区范围内地物的最大高度（非高程）

拟合倾角：噪声所在直线与 Z 轴正方向的夹角（0-90 度）

拟合距离：噪声点到噪声所在直线的距离阈值

线上点数量：噪声所在直线在其拟合距离范围内点的数量

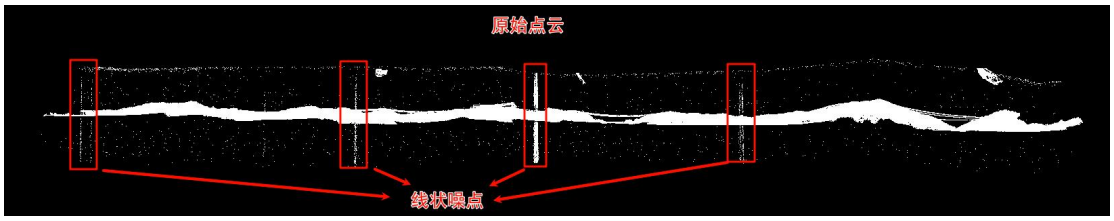
补充说明：

如单次线噪声功能滤除不完整或识别错误，可以进行重叠过滤或者搭配剖面框选的方式进行快速分类。

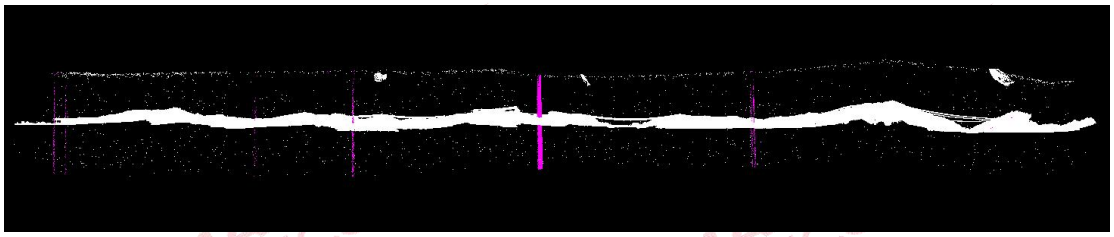
效果展示：

线状噪声过滤效果展示：白色点为未分类点，粉色为分类出的噪点。

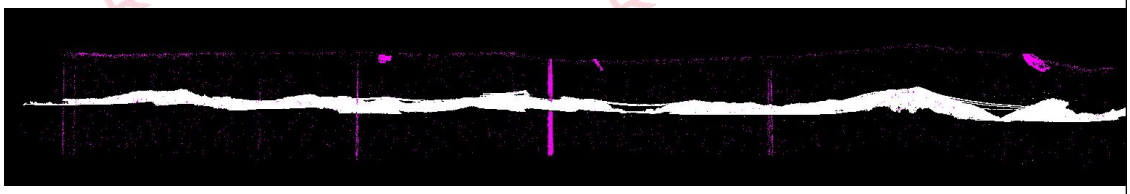
过滤前



线状噪声过滤后



线状噪声和离散噪点过滤后



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。

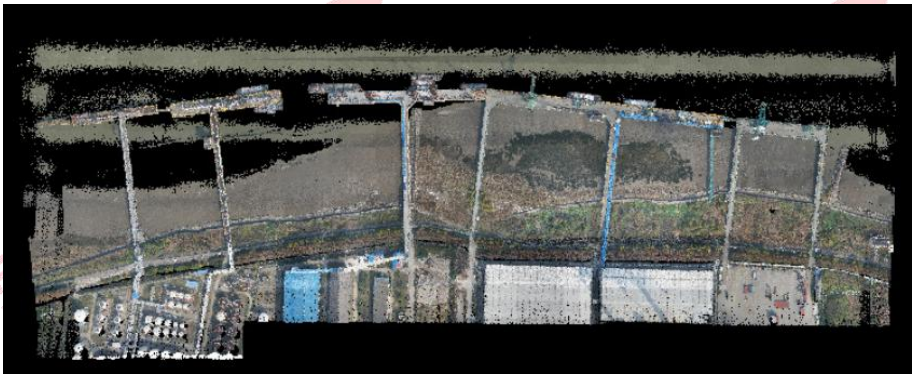


图 点云赋色

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，坐标转换是可选项操作，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：

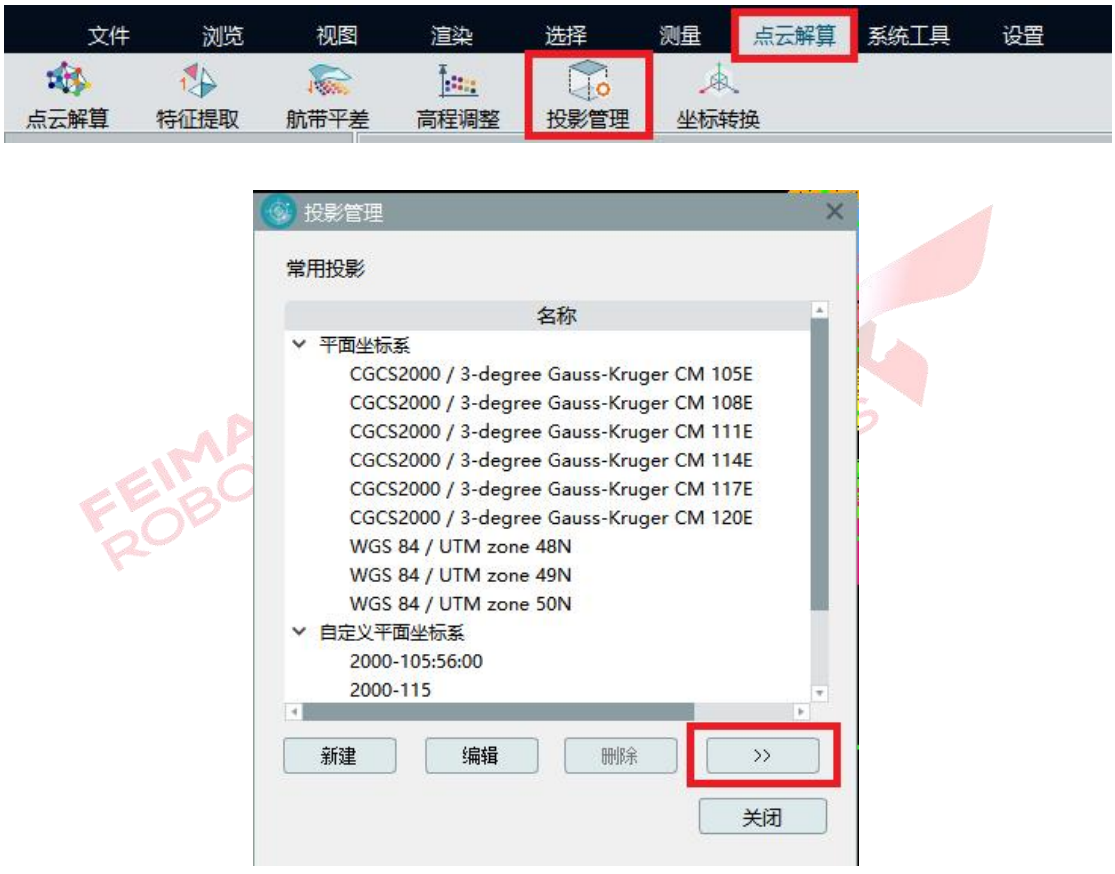


图 投影管理

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：

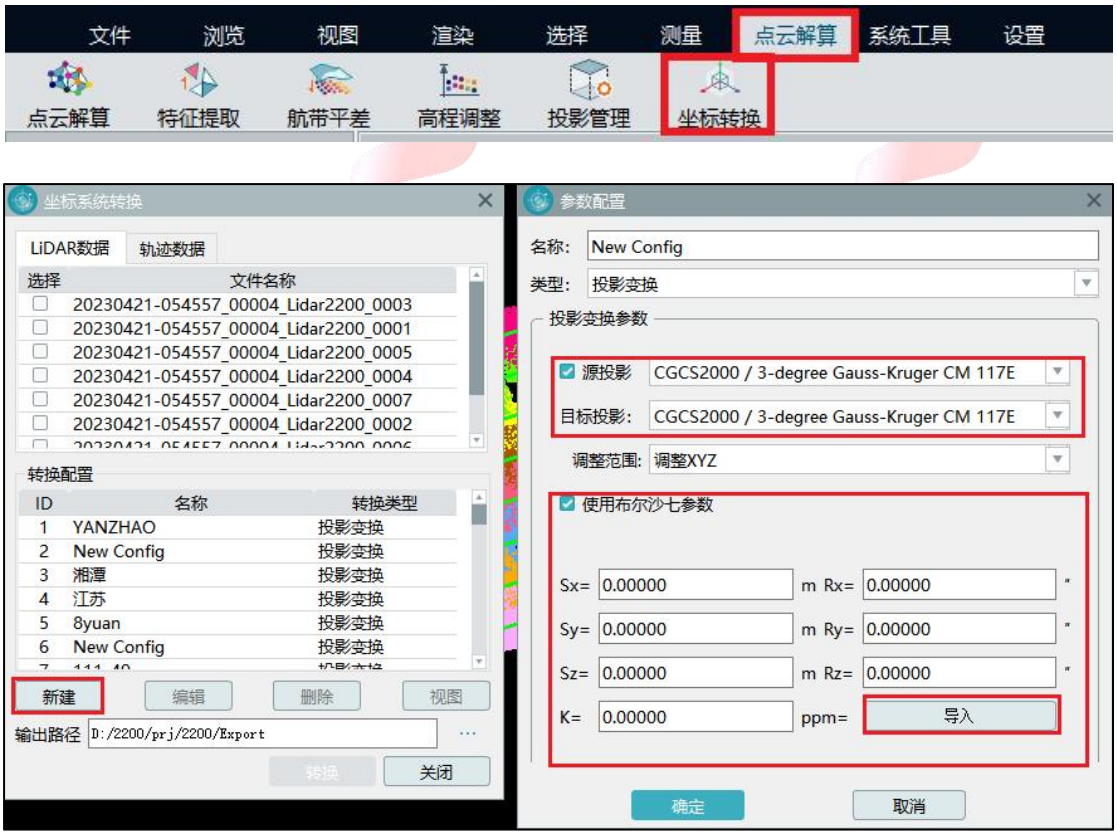


图 坐标转换设置

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。

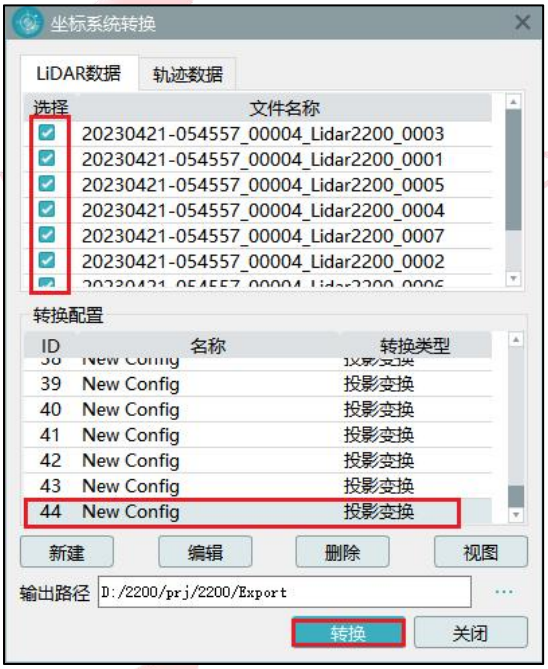


图 坐标转换

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。

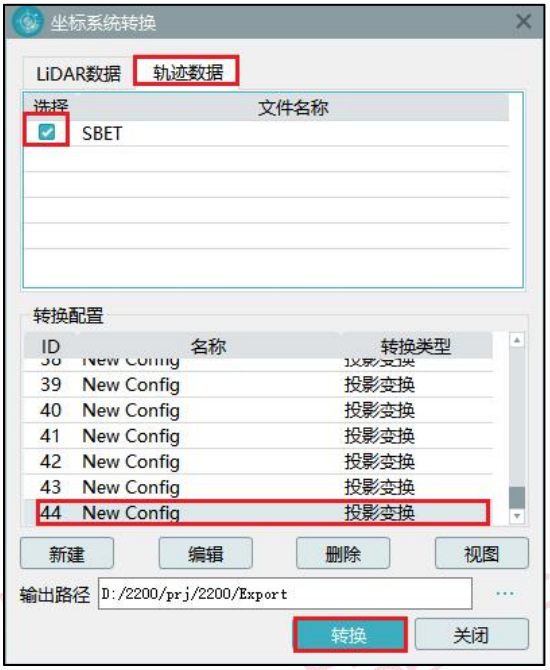


图 轨迹坐标转换

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° 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。

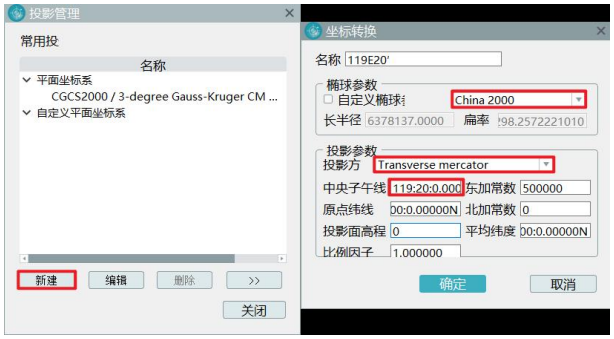


图 自定义平面坐标系统

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：

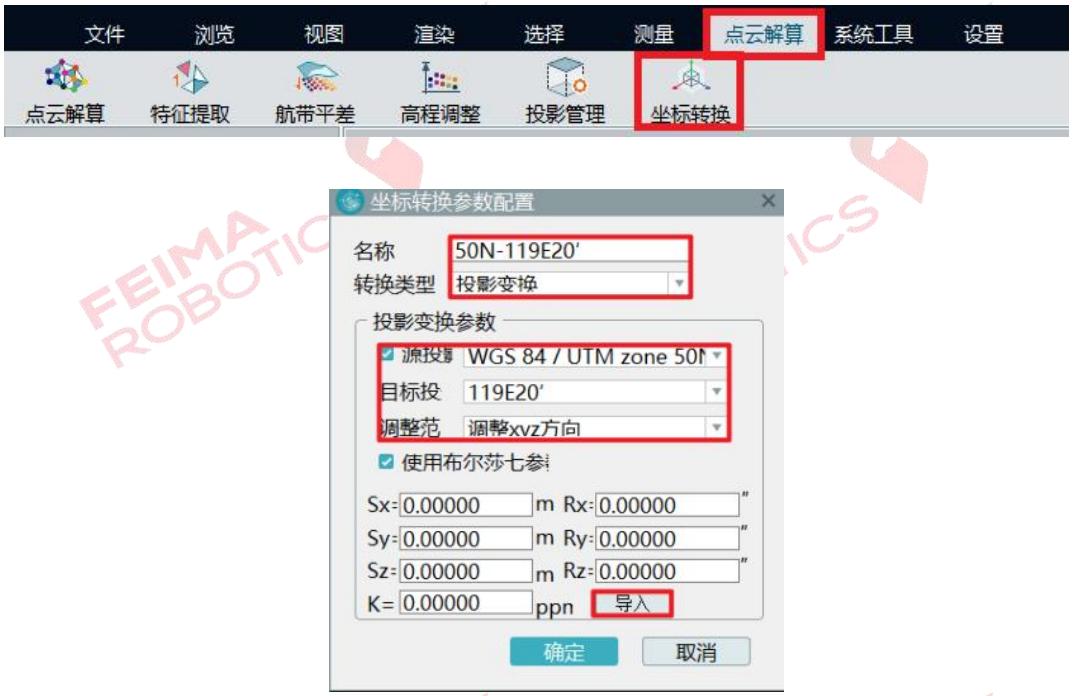


图 投影变换坐标转换设置

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 3.7.1 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。

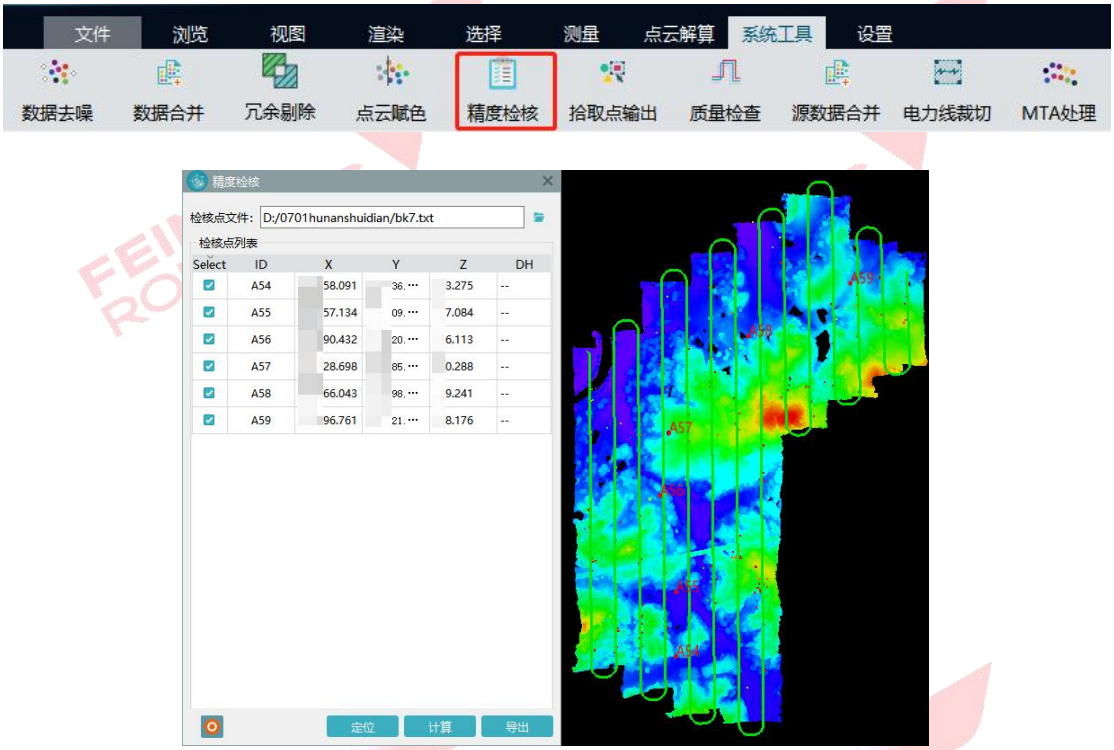


图 获取精度报告

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。

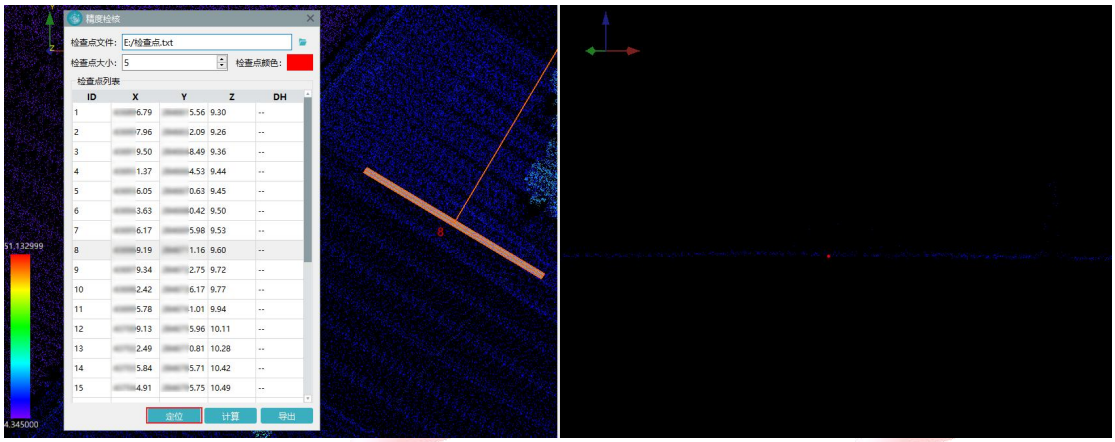


图 拉剖面检查

3.10 点云纠正

机载激光点云数据飞行时由于易受飞行姿态、速度、高度的变化以及激光发射器、接收器、惯导系统等的误差，使得点云的绝对精度往往无法满足一些如地形测绘、城市建模、铁路线路监测等高精度测量场景项目的要求。

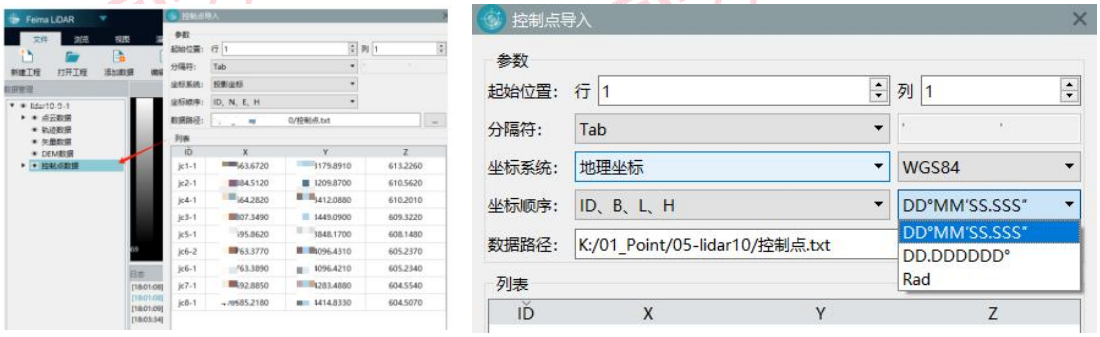
为了解决这一问题，智激光新增了【点云纠正】功能，这一功能是利用高精度的控制点作为基准，同时对激光点云数据的平面和高程进行纠正，使其成果的绝对精度达到预期。

【点云纠正】功能主要包括“控制点输入”、“控制点匹配”、“纠正计算”三个模块，同时搭配了刚体变换、非刚体变换和多项式拟合三种纠正算法。【点云纠正】功能实现了对特定靶标控制点数据的自动识别和匹配，可适用于机载和车载数据。

（1）控制点输入：

控制点纠正功能的入口在数据管理模块下，如下图红框。

右击“控制点数据”弹出“控制点导入”对话框：

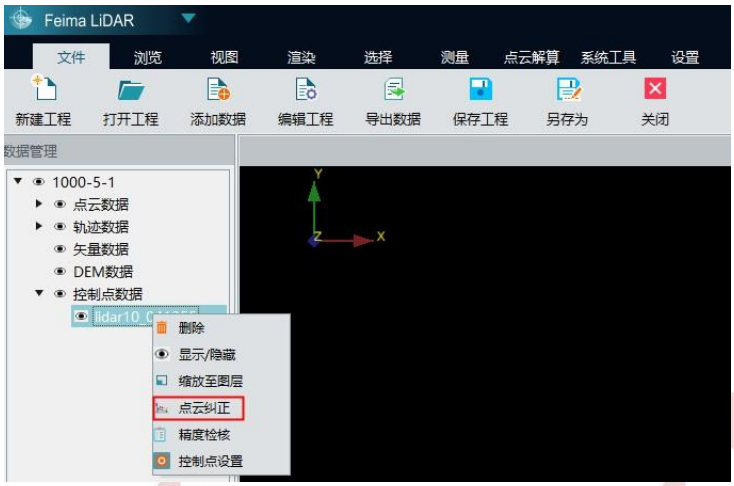


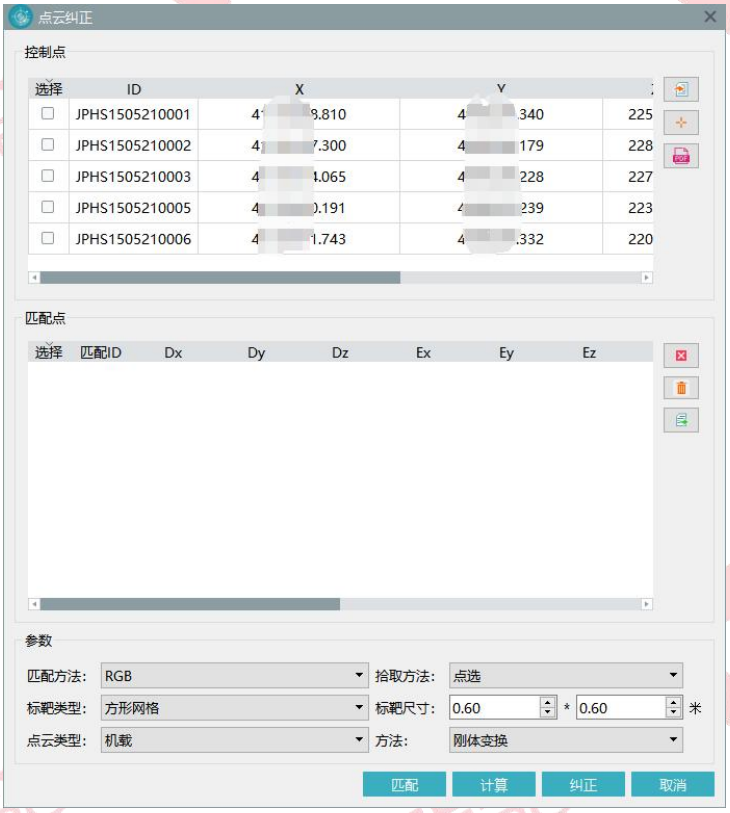
在控制点导入界面可以输入已知的控制点坐标，并可以按照控制点文件属性设置分隔符、坐标系统、坐标顺序等参数。其中的坐标系统支持投影坐标和地理坐标，地理坐标支持设置坐标系和坐标格式，如上图所示。

在数据管理栏右键导入的控制点，可以对控制点进行“删除”、“显示/隐藏”、“缩放至图层”、“点云纠正”、等操作。

（2）点云纠正：

右击已添加的控制点数据，选择【点云纠正】，弹出显示设置界面。包括控制点显示列表、参数设置、操作按钮、数据添加、删除、清空、数据导出和导入等功能，界面显示如下：





2.1 控制点列表功能

控制点列表导入后主要显示坐标的 ID 和 xyz 三个坐标值，点击“选择复选框”可以选择控制点是否参与计算。

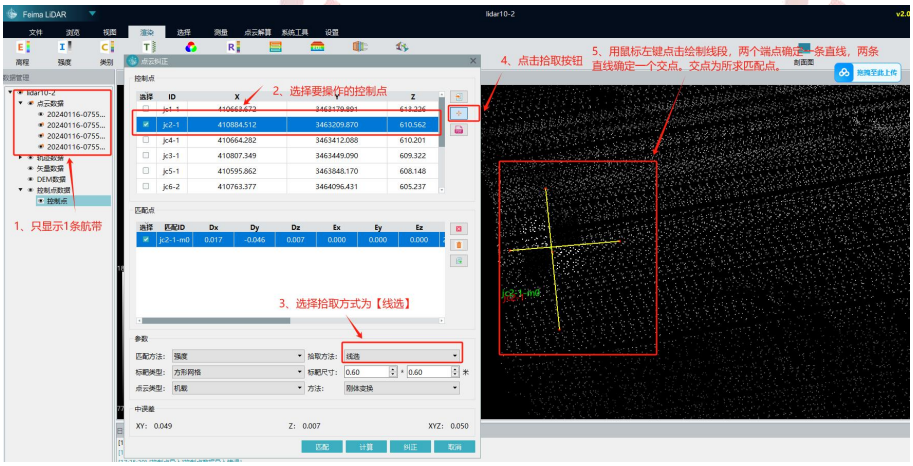
2.2 控制点工具栏

对话框右侧工具栏包括点选、移除、清空、导入、导出等功能，其中的添加功能用于手动添加自动匹配异常的控制点。

2.3 参数设置

参数设置包括靶标类型、靶标尺寸、点云类型及方法，其中匹配方法：可以选择 RGB 和强度；

拾取方式：可以选择点选和线选；【线选：使用人工交互的方式识别标靶的中心。使用画线模式时只能在一条航带上操作（需要移除或者隐藏不处理的点云）。具体步骤如下图所示。】



靶标类型：可以选择方型网格三角型网格；

点云类型：可以选择机载和车载；

标靶尺寸：设置空点标靶实际尺寸；

方法：选择控制点纠正的计算方法，包括刚体变换、非刚体变换和多项式拟合。

2.4 操作功能

选择“匹配”：可以显示匹配数据、匹配 ID 和 Dx\Dy\Dz 值；

选择“计算”：计算匹配后精度，以 Ex\Ey\Ez 值显示；

选择“校正”：根据计算的匹配数据，按照选择的方法进行点云校正。

选择“取消”：取消当前处理进程。

说明：

- 多项式至少要 5 个匹配点才能计算出来；
- 非刚性的误差值为 0：由于是根据连续 3 个点计算的旋转，然后在此基础上计算每个点的平移参数，因此每个点的误差为 0；
- Ex，Ey，Ez，代表点云提取点 经过下面方法计算后与控制点的差；
- Dx，Dy，Dz 代表提取的点与控制点的差。

数据获取及处理建议：

- 控制点要均匀的分布在测区，各个控制点之间的距离应大致相同；
- 以航带为单位进行多项式计算纠正时，要保证每条航带上的控制点要大于 5 个；
- 标靶控制点量测时应多次测量，对精度要求高时，建议按照快速静态的方式获取平面坐标，按照三等水准规范获取高程坐标；

若每条航带的控制点分布较少，无法满足纠正计算要求时，可以将点云合并以后再进行点云纠正，合并前可以对数据进行必要预处理。

3.11 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。

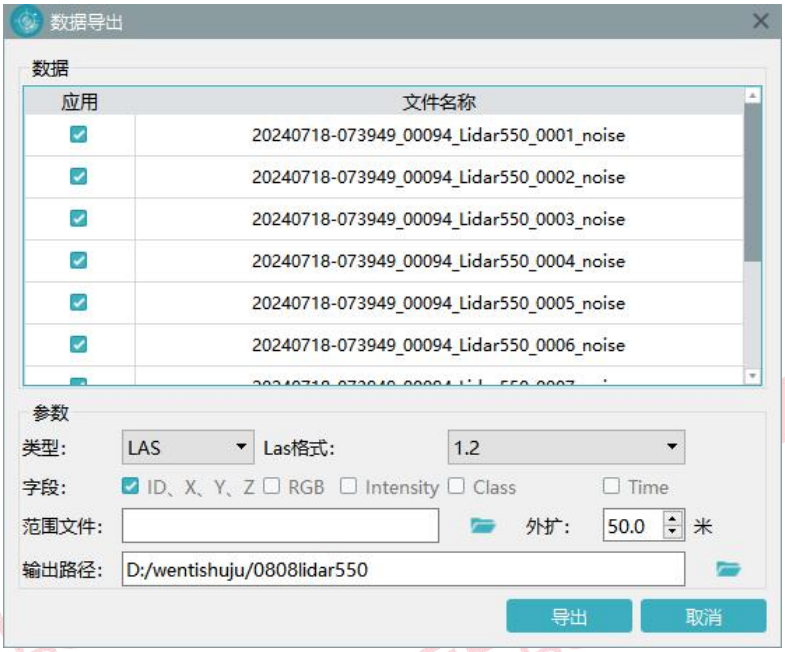
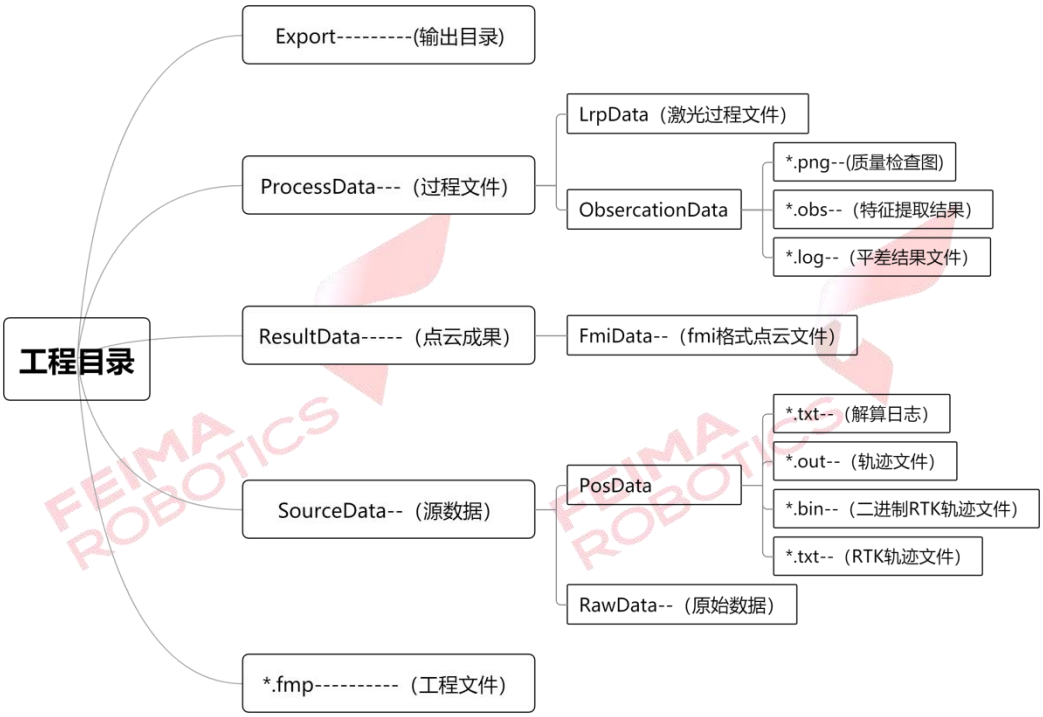


图 点云输出

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。

3.12 工程目录介绍



3.13 常见问题

1、断点续飞航线解算流程

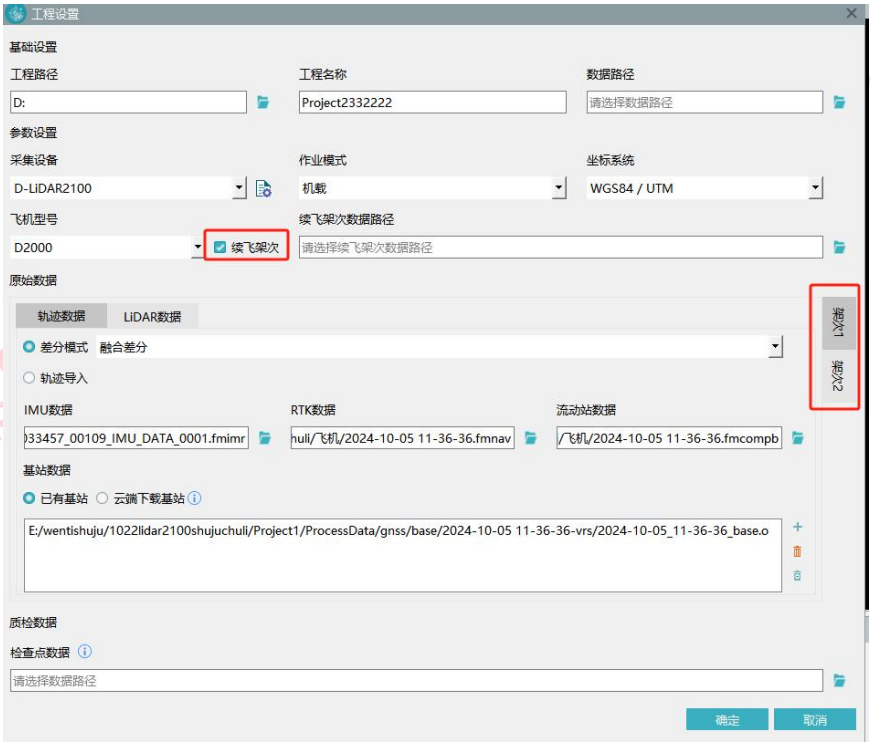
适用情形：飞机在飞行途中由于人工干预或受到某些外界不可抗力因素导致不得不终止飞行，落地后再次飞行时飞机会继续未完成的任务在返航处继续飞行，此种情况被称之为断点续飞，落地后再次飞行的架次称之为续飞架次，此种情况若续飞架次剩余航带较少，少于两条航带的情况，后续单独解算续飞架次数据会导致数据解算失败，无法进行处理，智激光中断点续飞功能可以完美的解决此种问题。

断点续飞数据处理操作流程：

1）在选择平台设备飞机的页面勾选续飞架次，勾选后点击下一步。

2）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），添加后点击架次 2，将续飞架次数据进行添加，完成后点击【完成】，完成新建

项目。



工程建立完成后，其他操作步骤与正常流程相同，可直接参考上方 3.2 步骤继续进行处理。

2、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。

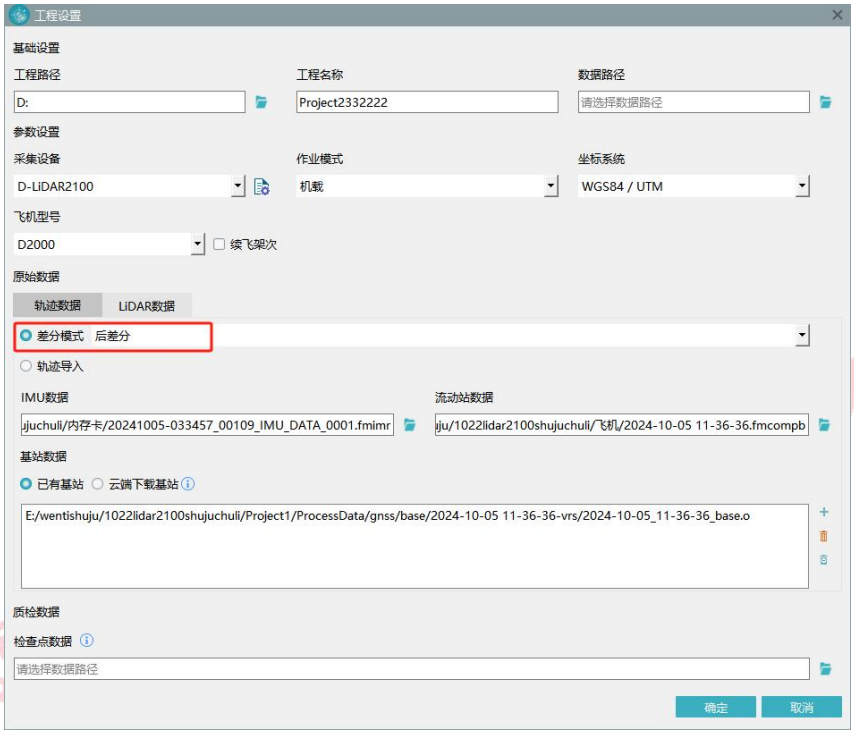


图 后差分模式

3、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。

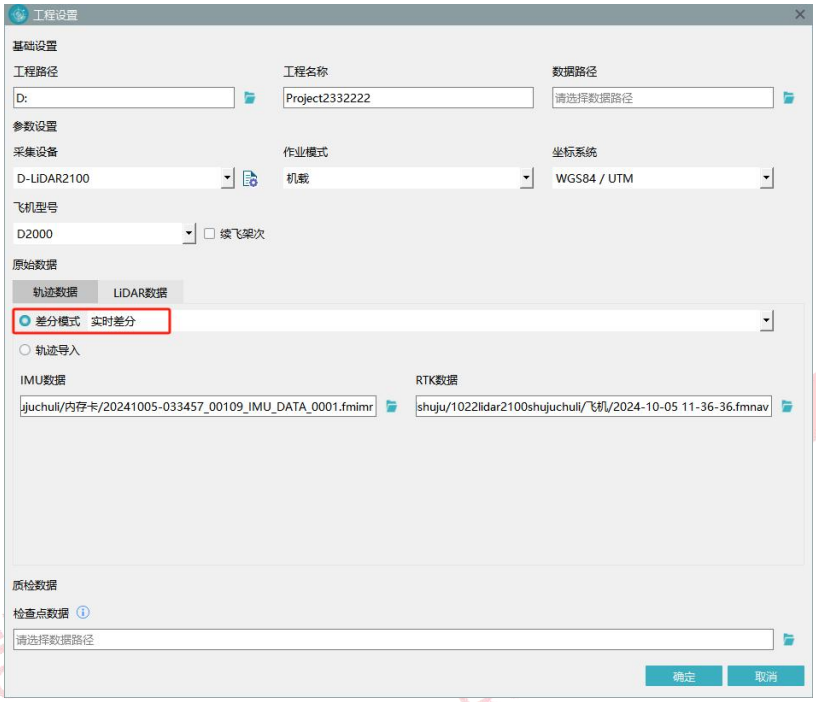


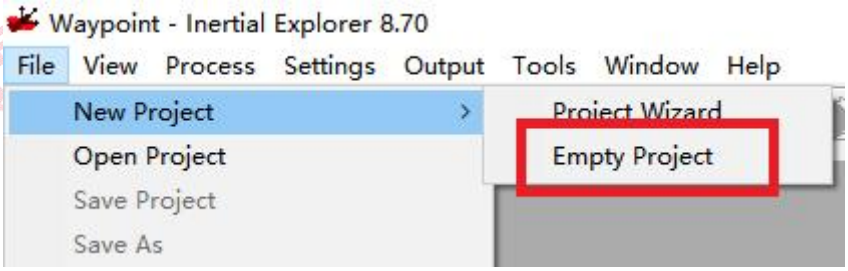
图 实时差分模式

4、IE 轨迹解算流程

Lidar550 系列雷达同时支持使用 IE 进行轨迹解算

1）新建工程、格式转换

打开 IE，点击【File】-【New Project】-【Empty Project】，新建文件夹，输入文件名，保存。



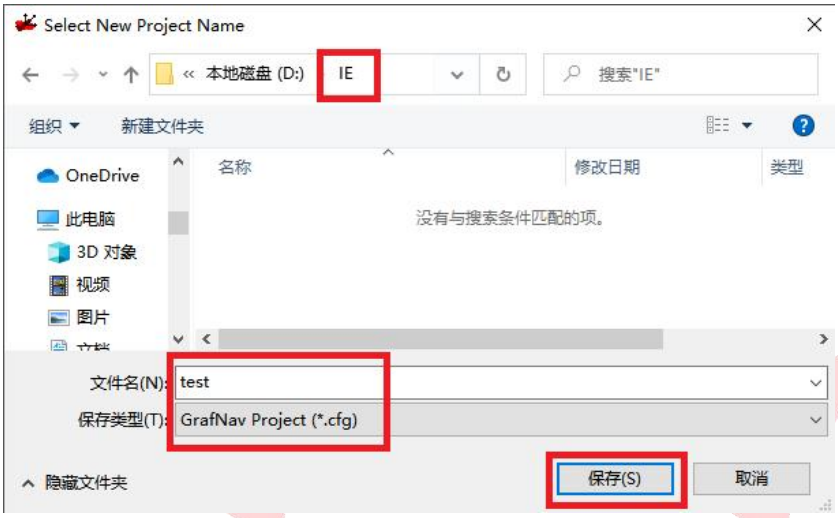


图 新建 IE 工程

点击【File】-【Convert】-【Raw GNSS to GPB】，出现转换界面如下：

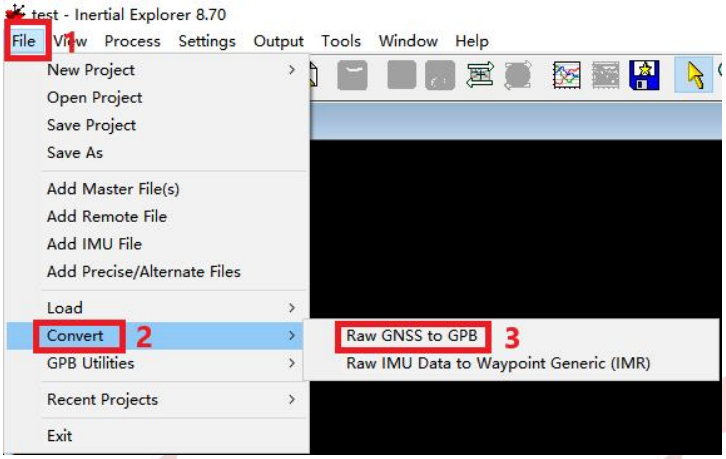


图 格式转换

点击【Get Folder】,找到在 IE 文件夹下存放的基站.O 文件和机载.O 文件,选择文件,点击【Add】,两个文件就会添加到右侧的列表中。当单独添加了机载文件基站文件后，如果在【Source Files】中未识别到剩余的.o 文件,可以在【Receiver Type】中选择 Unknown/AutoDetect。

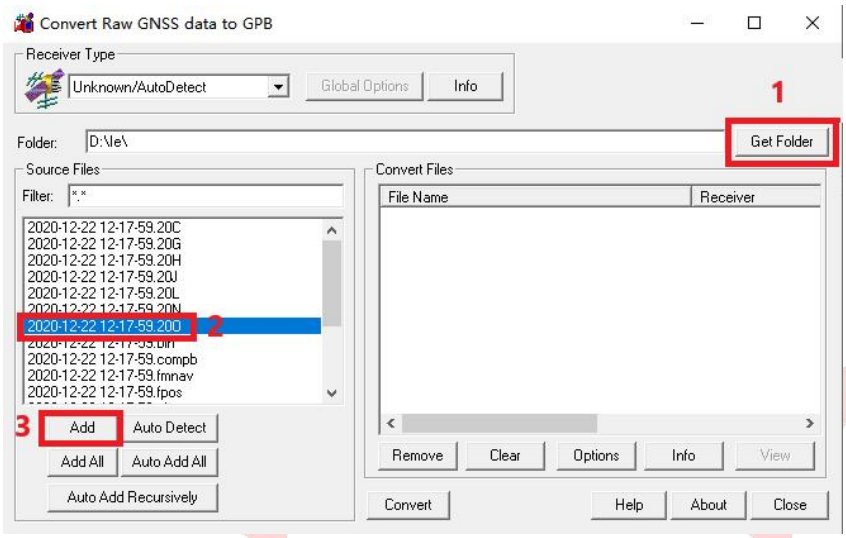


图 格式转换

首次添加会跳出对话框，点击【是】。

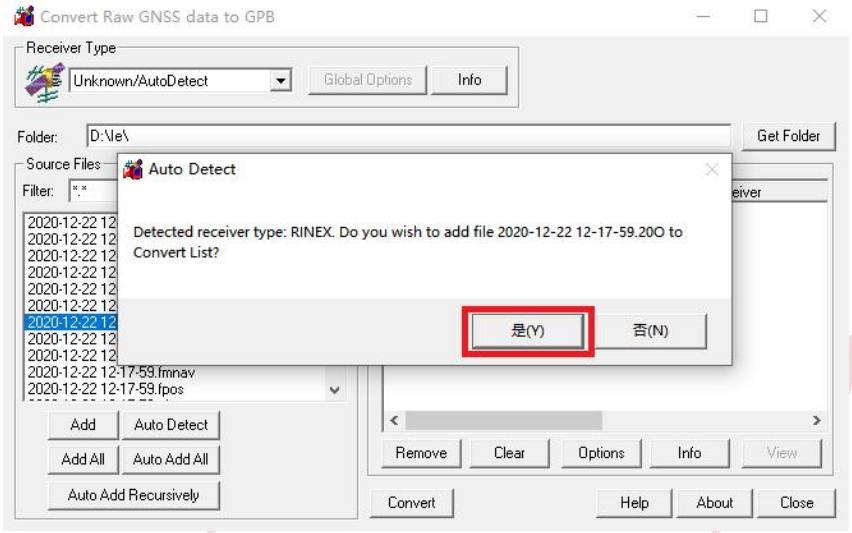


图 格式转换

点击【Convert】，将数据.O 文件转换为 GPB 格式。

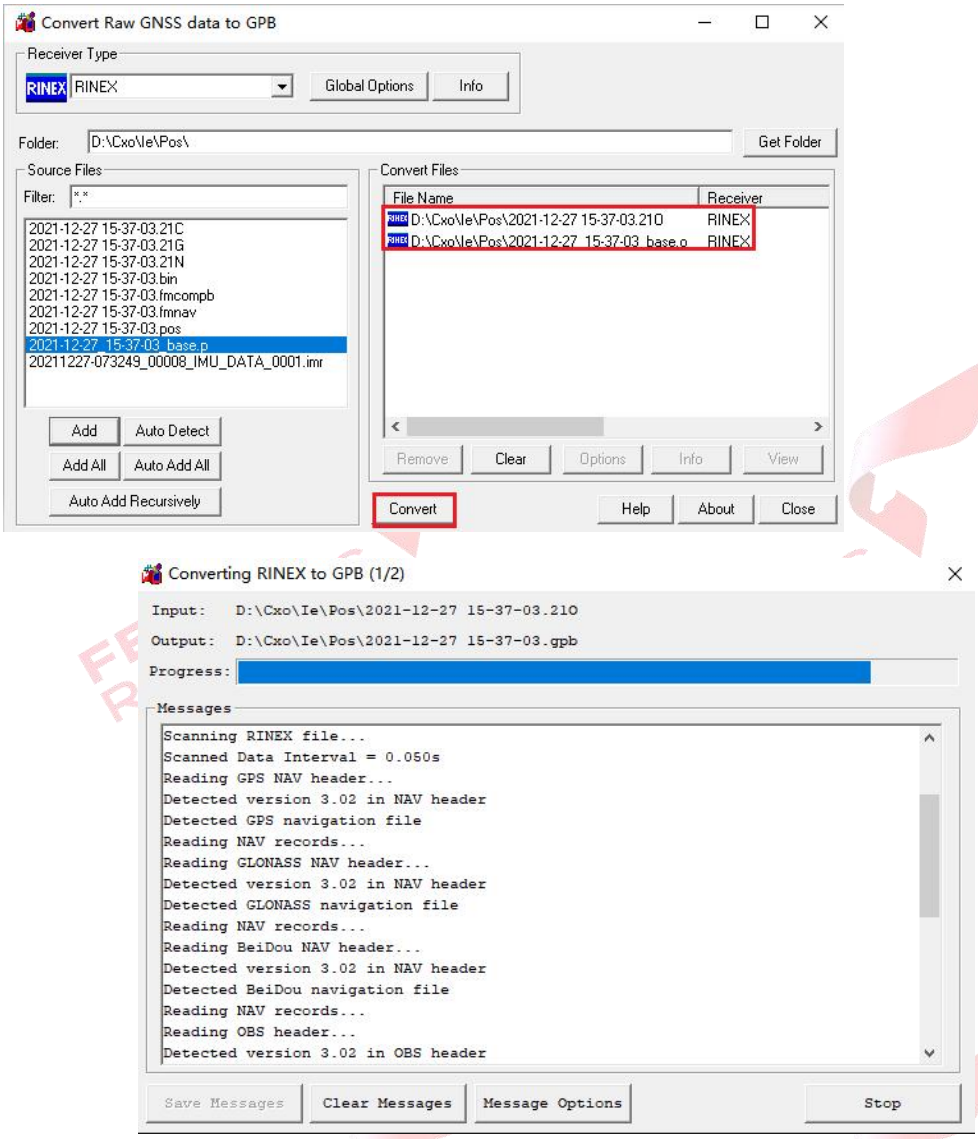


图 格式转换

转换完成后关闭窗口，在 IE 文件夹下会生成 GPB、EPP、STA 格式数据。

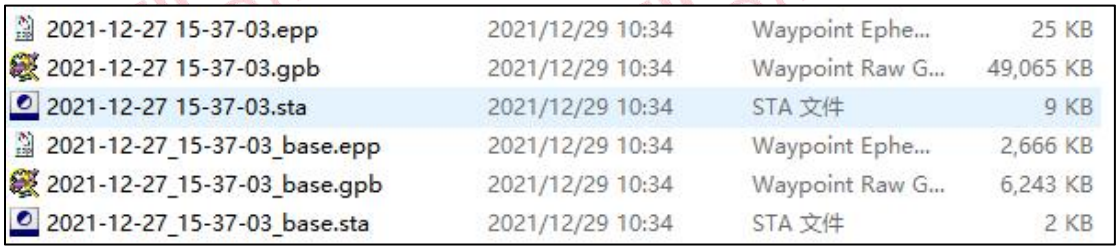


图 格式转换完成

2）数据添加

点击【File】→【Add Master File(s)】，选择基站 GPS 转换后的 GPB 文件。

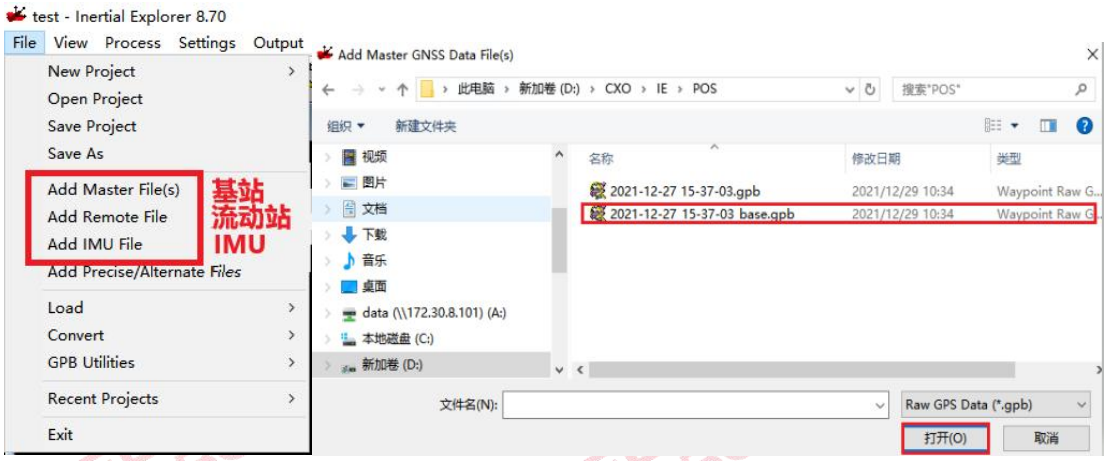


图 添加格式转换完的基站数据

打开后跳出对话框，查看点号、基站坐标，天线高，IE8.7 版本需要手动将基准设置为 WGS84，无误后点击确定。

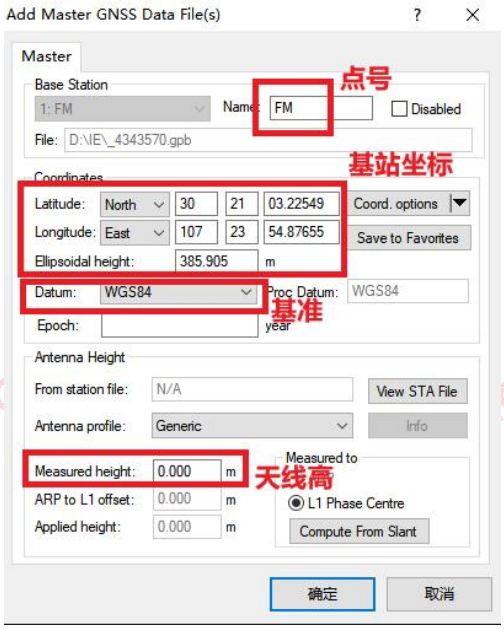


图 添加基站数据的设置

注：若使用网络基站，则天线高设为 0；若使用实体基站，并且使用 CORS 采集的已知点，此时识别到的基站点坐标已经为仪器相位中心位置，则天线高设为 0；若采用地面控制点，请输入基站坐标和天线高。软件支持添加多个基站

文件进行单架次轨迹解算，为避免解算异常，请勿重复添加基站文件。

点击【File】→【Add Remote File】，选择机载 GPS 转换后的 GPB 文件；

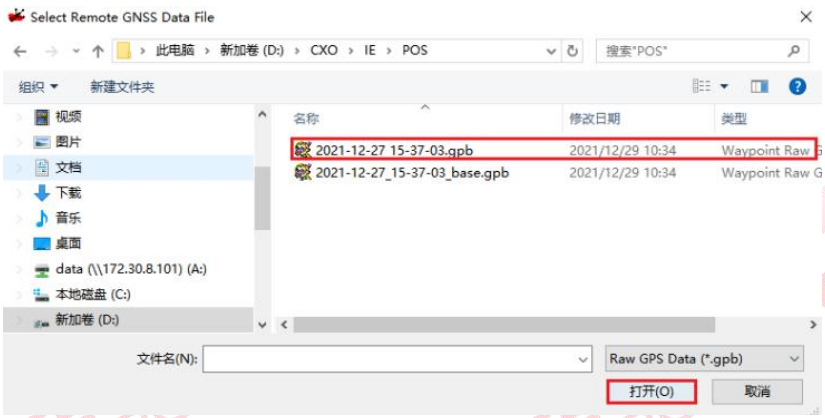


图 添加格式转换完的流动站数据

添加流动站.gpb 文件可能会有以下提示，该提示意为流动站文件中记录的文件类型无法识别，将为其分配一个默认类型，不影响处理，点击【确定】即可。

图 错误提示

流动站文件导入无需任何参数修改，点击【确定】添加即可。

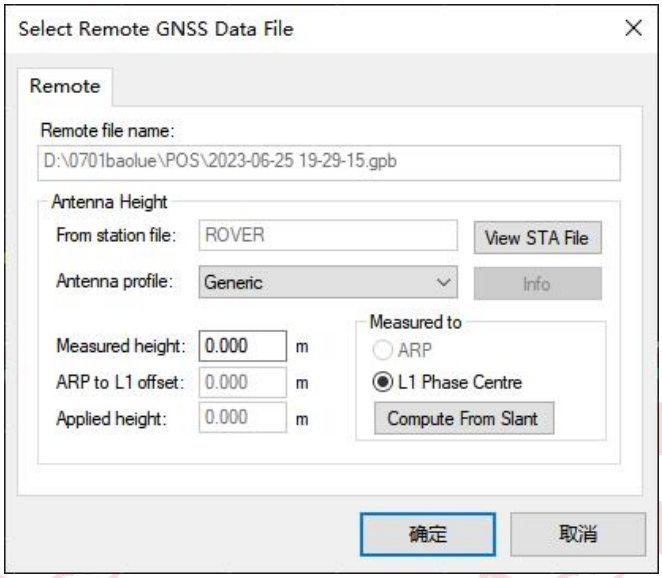


图 添加流动站数据的设置

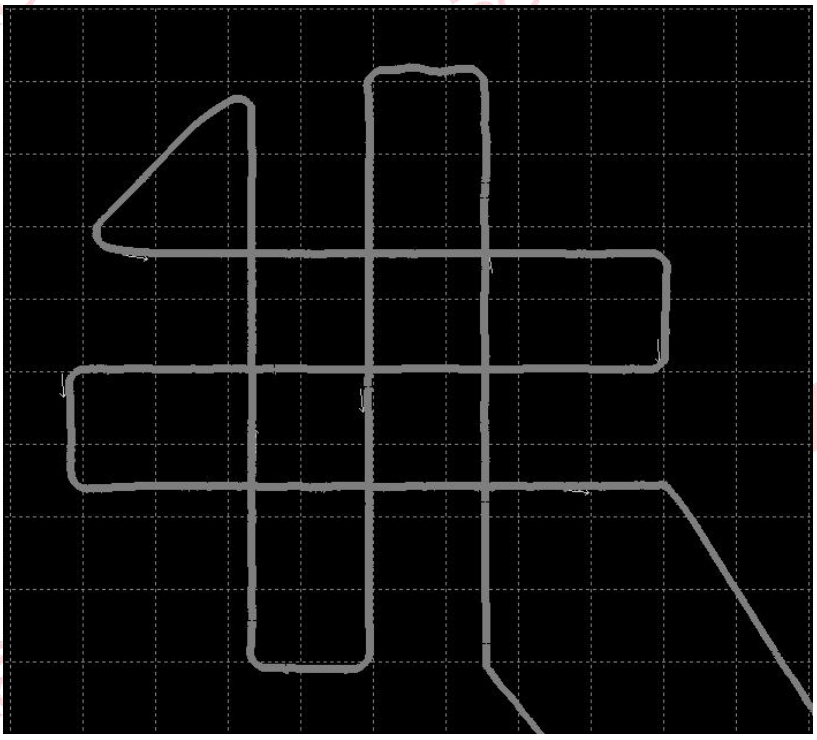
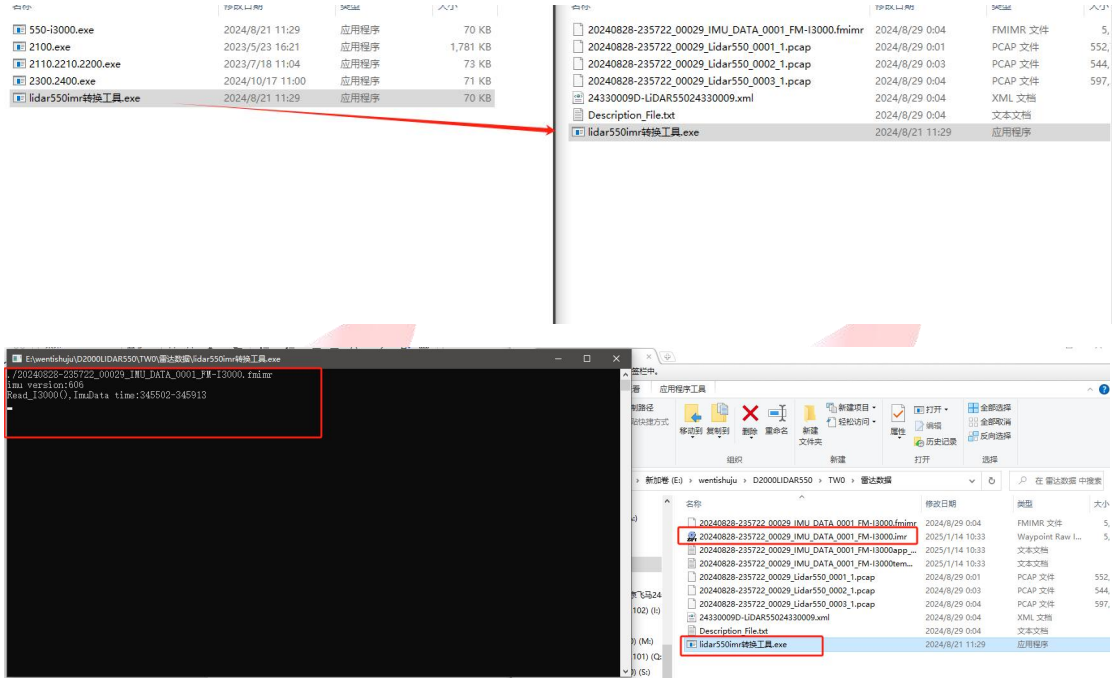


图 添加数据

添加 IMU 文件，由于 lidar550 型号设备 imu 文件后缀为 fmimr，ie 中无法识别，所以需要先将 fmimr 转成 ie 识别的 imr 格式。

转换文件下载链接: https://pan.baidu.com/s/1-8pbhGwxVk9U_c3ms80JRQ?pwd=ifv6
提取码: ifv6

将转换工具放入 fmimr 文件同级文件夹中，双击运行转换工具。



运行后会自动生成转换好的 imr 文件。

点击【File】→【Add IMU File】，选择 imr 文件。

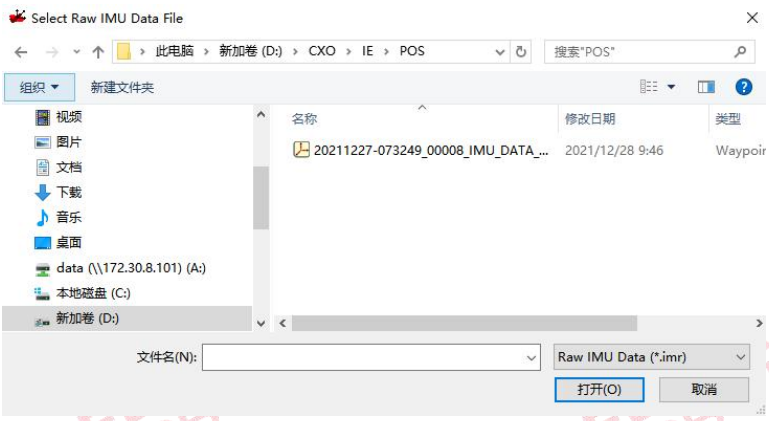
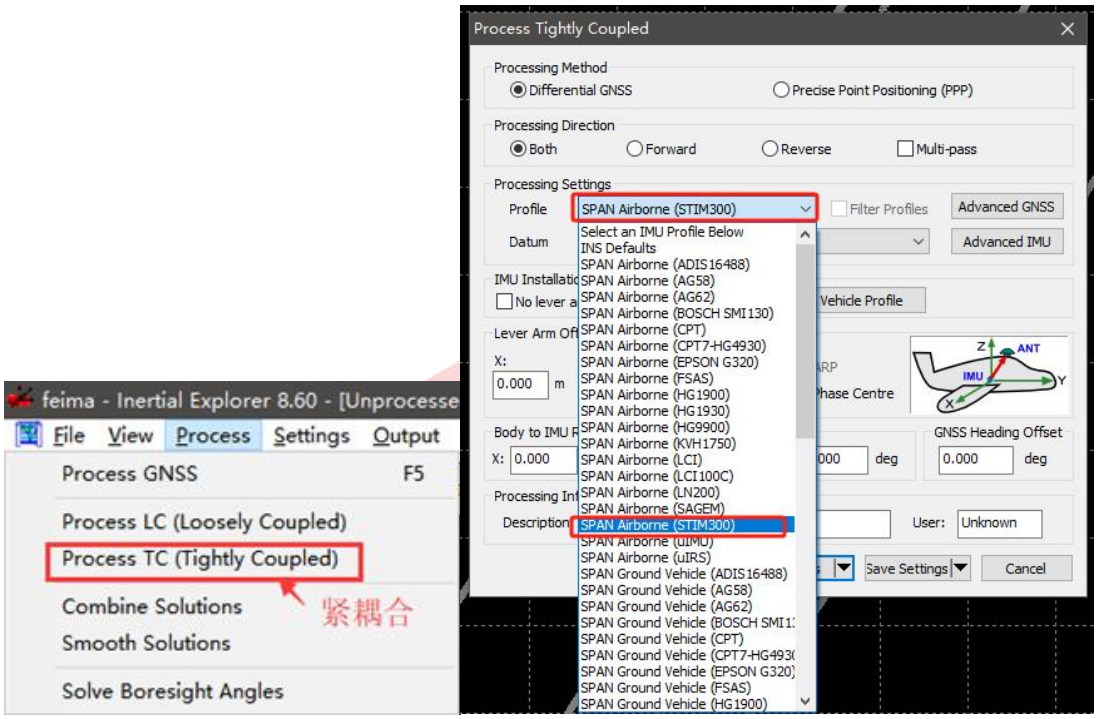


图 添加 IMU 文件

3）紧耦合差分解算

点击【Process】→【Process TC(Tightly Coupled)】运行紧耦合解算功能。Lidar550 载荷可挂载于 D5000、D2000、D500 与 D20 飞机，挂载飞机机型不同，紧耦合解算参数不同。



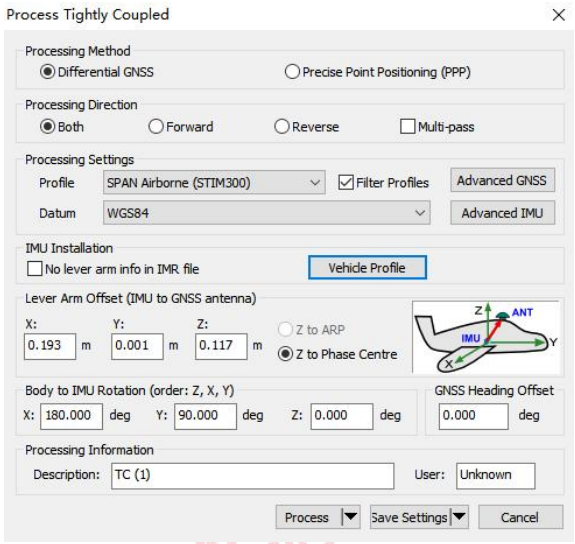


图 紧耦合 D2000-Lidar550 版解算设置

➢ D2000-Lidar550 版

其中【Processing Settings】选择 SPAN Airborne (STIM300) ，点击【Vehicle Profile】按钮进行解算参数设置，并保存设置，D2000-Lidar550 版具体参数设置如下：

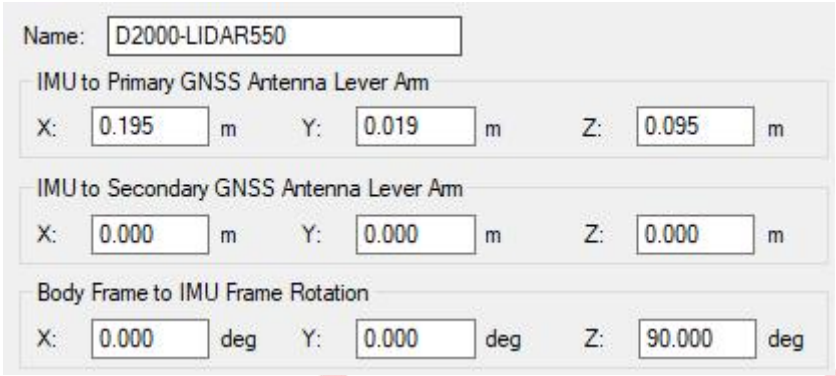


图 D2000-Lidar500 版解算参数

- D5000-Lidar550 版
- 其中【Processing Settings】选择 SPAN Airborne (STIM300)，点击【Vehicle Profile】按钮进行解算参数设置，并保存设置，D5000-Lidar550 版具体参数设置如下：

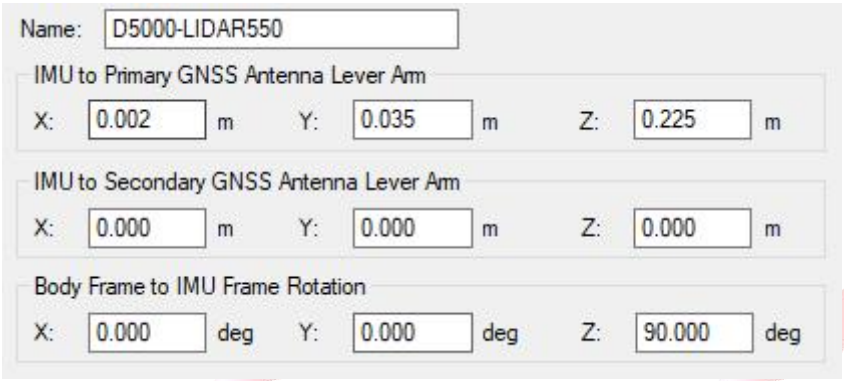


图 D5000-Lidar550 版解算参数

选择准确参数以后点击【Process】进行解算，点击后会有警告信息，若没有错误信息，可点击【Continue】进行解算。

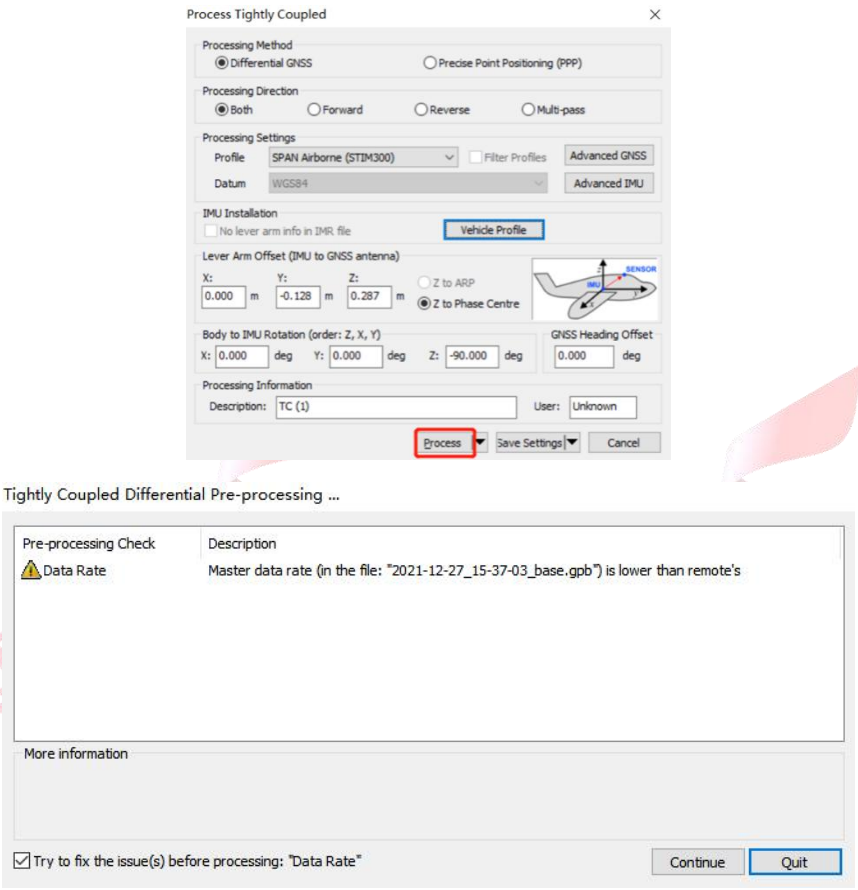


图 检查提示

注：该提示意为基准站采样频率低于流动站，继续即可。

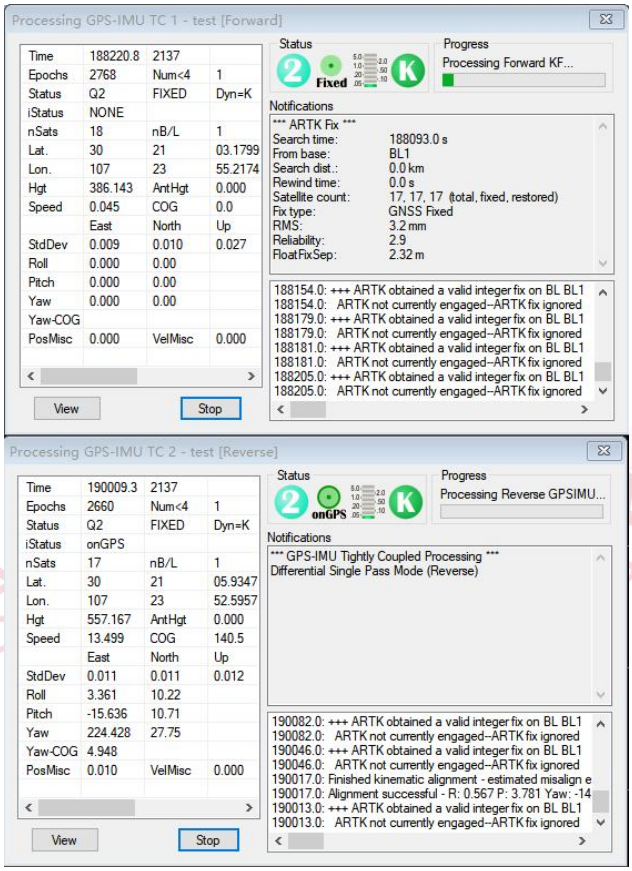
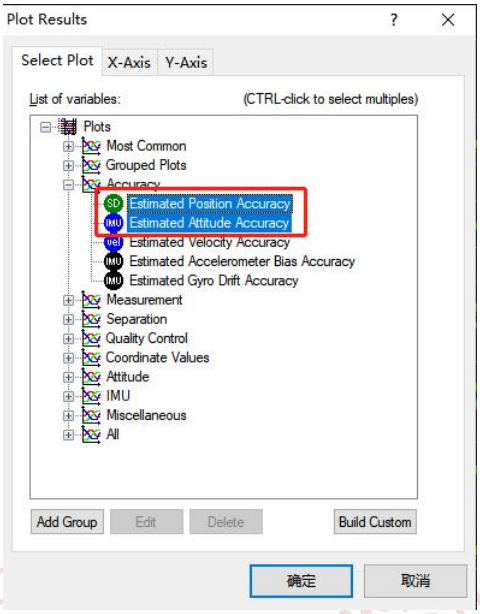


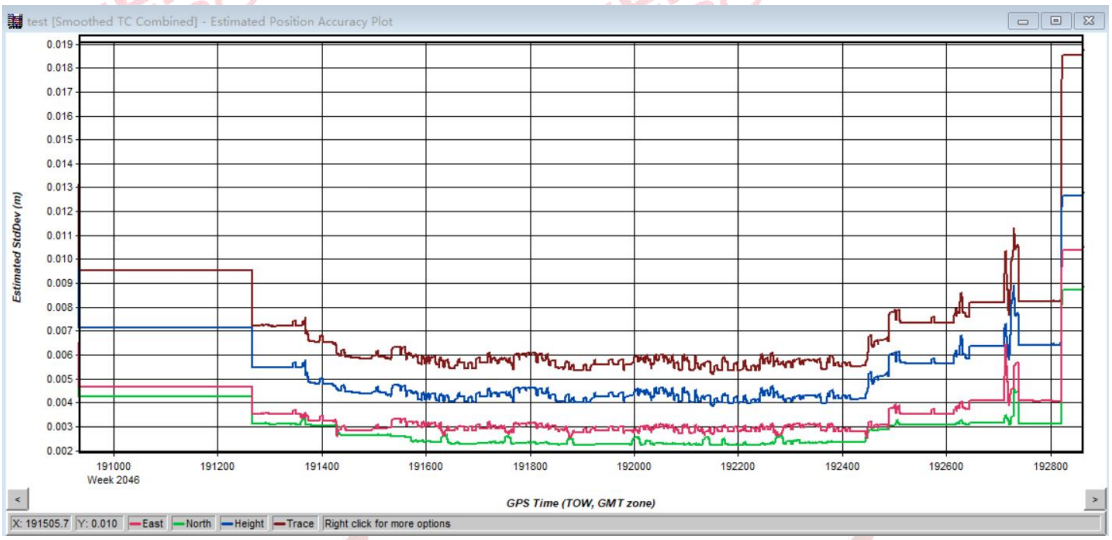
图 紧耦合解算

4）质量检查与轨迹导出

为了检查点云轨迹解算的精度，在导出前需要进行质量检查。

点击下图红色框按钮，查看 POS 数据解算精度，一般位置精度小于 2cm，姿态精度横滚及俯仰小于 0.01°，航向小于 0.05°为解算正常。


Plot Results
Select Plot
X-Axis
Y-Axis
List of variables:
(CTRL-click to select multiples)
Plots
Most Common
Grouped Plots
Accuracy
Estimated Position Accuracy
Estimated Attitude Accuracy
Estimated Velocity Accuracy
Estimated Accelerometer Bias Accuracy
Estimated Gyro Drift Accuracy
Measurement
Separation
Quality Control
Coordinate Values
Attitude
IMU
Miscellaneous
All
Add Group
Edit
Delete
Build Custom
确定
取消


test [Smoothed TC Combined] - Estimated Position Accuracy Plot
Estimated StdDev (m)
0.019
0.018
0.017
0.016
0.015
0.014
0.013
0.012
0.011
0.010
0.009
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
191000
Week 2046
191200
191400
191600
191800
192000
192200
192400
192600
192800
GPS Time (TOW, GMT zone)
X: 191505.7
Y: 0.010
East
North
Height
Trace
Right click for more options

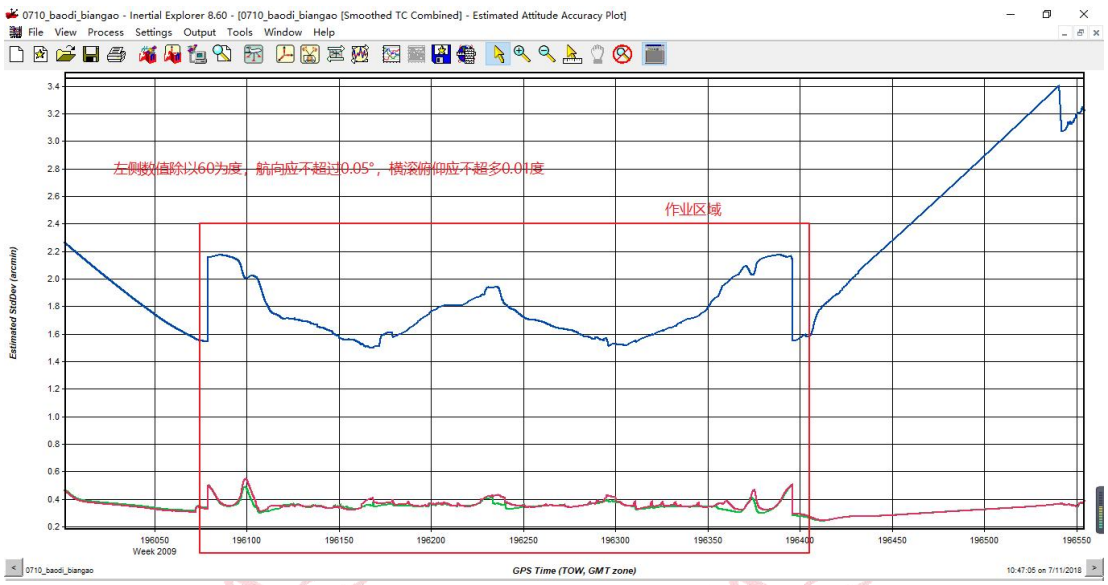


图 解算精度检查

点击【Output】-【Export to SBET】导出解算结果。选择输出位置（默认 IE 工程目录下）、检查 GPS 时间、点击【OK】导出 SBET.OUT 文件。

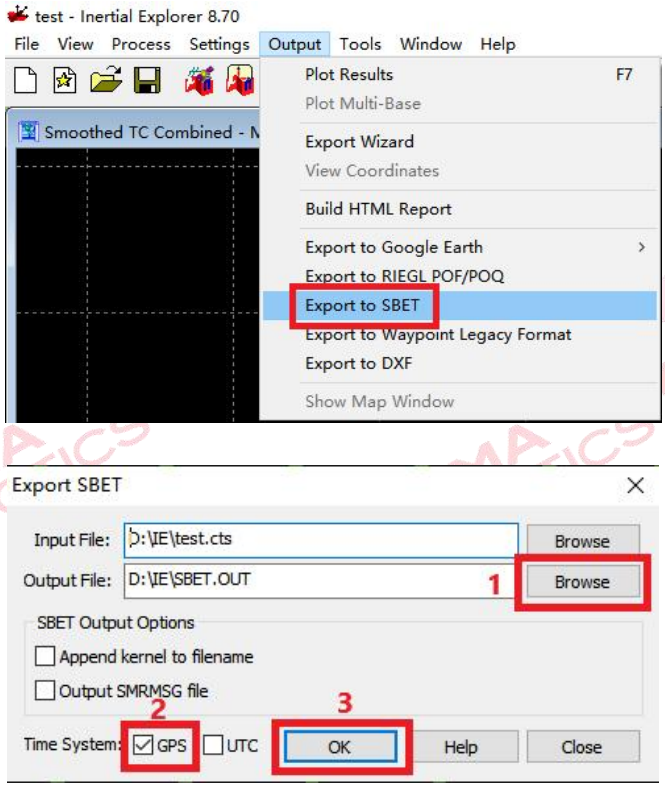


图 输出轨迹

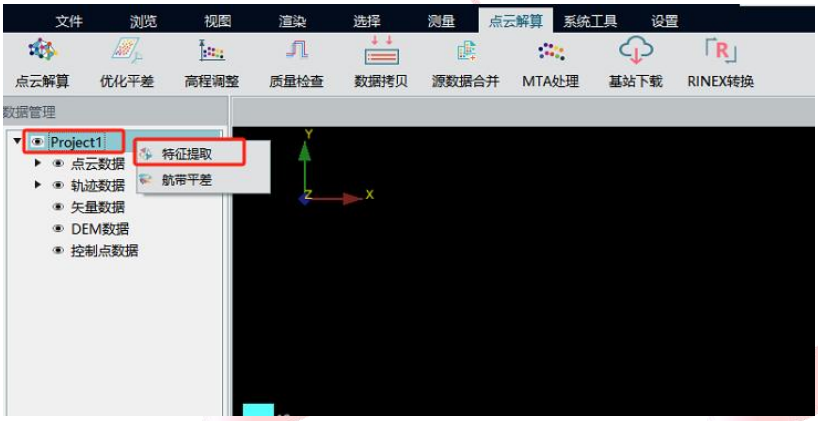
5. 由于现版本优化平差的处理效率以及效果均优于航带平差，所以处理数据分层时优先推荐优化平差处理，航带平差作为备选方案进行使用。

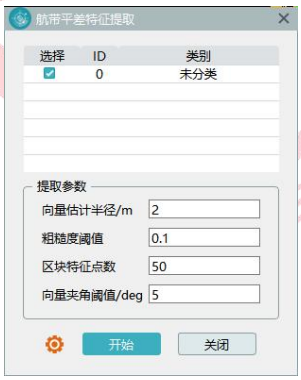
航带平差算法目的是基于采集到的地面数据，对组合导航位置和姿态数据进行改正，从而实现数据的优化。

注：点云未分层时候，无需进行特征提取及平差工作。

1）特征提取

右键【数据管理】中的项目名称，点击特征提取，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，完成特征点提取。





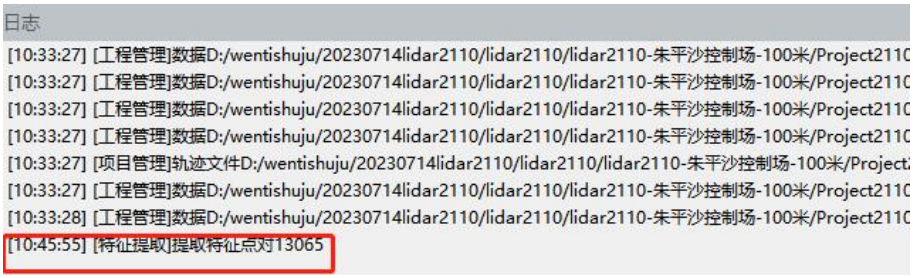


图 特征提取

2）航带平差

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；

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】;

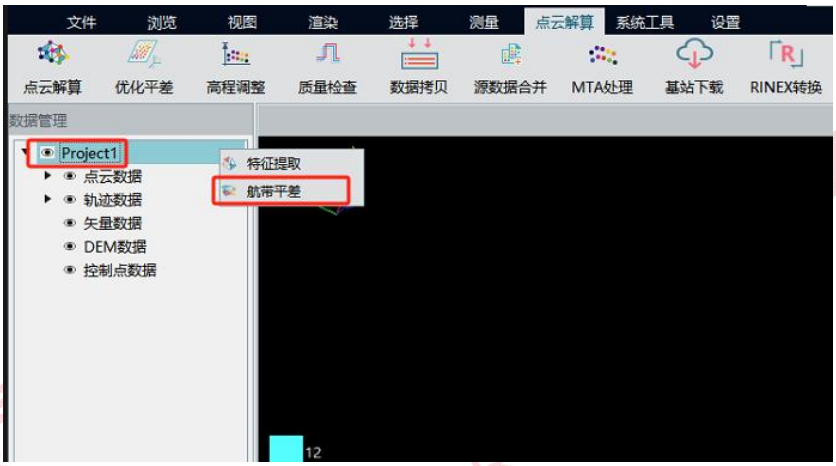


图 航带平差

应用后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。

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）。