

LiDAR 160 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： V1.0

日 期： 2021-07-27

目录

1.LiDAR 160 简介.....	1
2.数据获取.....	2
3.数据准备.....	2
3.1 流动站数据.....	3
3.2 LiDAR 原始数据.....	3
3.3 基站数据.....	4
4.点云轨迹解算.....	4
4.1 机载数据格式转换.....	4
4.2 基站数据格式转换.....	6
4.3 文件存放整理.....	7
4.4 格式转换.....	8
4.5 数据添加.....	11
4.6 紧耦合差分解算.....	14
4.7 质量检查与轨迹导出.....	20
4.8 影像 POS 导出.....	23
5.点云数据预处理.....	27
5.1 新建项目.....	27
5.2 点云解算.....	31
5.3 质量检查.....	32
5.4 航带平差.....	34
5.4.1 特征提取.....	34
5.4.2 航带平差.....	35
5.5 坐标转换.....	36
5.5.1 标准坐标系输出.....	37
5.5.2 独立坐标系输出.....	39
5.6 精度检查.....	42
5.7 去冗余.....	43
5.8 去噪.....	44

5.9 点云赋色.....	45
5.9.1 基于载荷相机进行点云赋色.....	46
5.9.2 基于原始影像进行点云赋色.....	47
5.9.3 基于 DOM 实现点云赋色.....	48
5.10 点云标准格式（LAS）导出.....	49
5.11 多架次数据处理思路.....	50
6.常见问题.....	51

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.LiDAR 160 简介

D-LiDAR 160 为飞马机器人在 D-LiDAR 150 的基础上，为满足电力巡线赋色要求，重新设计和定义的激光雷达系统载荷，该系统集成了 40 线激光雷达和 2430 万有效像素的可见光相机，用户在进行点云数据获取的同时，可以获取可见光影像，进行后处理的点云赋色或者正射影像生产。

2.数据获取

该载荷进行数据获取时，可以同时获取雷达和相机数据，也可以关闭相机，仅获取雷达数据。两种工作模式时，智航线参数设置不同：

- 当同时获取雷达和影像数据时，勾选“相机启动拍照”，在设计好飞行高度和点云密度的前提下，要保障相机的旁向重叠率不低于 20%，航向重叠度不低于 30%。
- 当只需要获取雷达数据时，不勾选使用“相机启动拍照”，不考虑相机参数设置，仅根据雷达数据密度、高度、重叠度进行设置。

设置	左图 (相机启动拍照)	右图 (相机启动拍照)
飞机	D300	D300
传感器	D-LiDAR160	D-LiDAR160
模式	常规	常规
比例尺	1:500	1:500
分辨率	1.6厘米	1.6厘米
点云密度	44点/平方米	44点/平方米
旁向重叠率	67%	30%
航向重叠率	60%	-49%
使用指定速度	☐	☐
速度	13.5米/秒	13.5米/秒
高度	102米	102米
范围	73米	73米
变高航线	☒ 17米	☒ 17米

图 LIDAR 160 不同情况下航线设置

3.数据准备

在完成飞行后，从飞机上下载的数据包括流动站数据、LIDAR 原始数据以及地面实体基站数据。

3.1 流动站数据

LiDAR160 获取的流动站数据如下：

	2020-11-25 13-16-31.bin	2020/12/4 9:49	BIN 文件	77,464 KB
	2020-11-25 13-16-31.compb	2020/12/4 9:49	COMPB 文件	57,601 KB
	2020-11-25 13-16-31.fmnav	2020/12/4 9:49	FMNAV 文件	12,100 KB
	2020-11-25 13-16-31.fpos	2020/12/4 9:48	FPOS 文件	0 KB
	2020-11-25 13-16-31.gim	2020/12/4 9:48	GIM 文件	0 KB
	2020-11-25 13-16-31.imr	2020/12/4 9:48	Waypoint Raw I...	14,067 KB
	2020-11-25 13-16-31.pos	2020/12/4 9:48	POS 文件	21 KB
	2020-11-25 13-16-31.txt	2020/12/4 9:48	文本文档	151 KB

具体用途参考下表：

表 飞机下载数据用途介绍

bin 文件	飞行日志
compb 文件	机载 GPS 观测数据
fmnav 文件	RTK 轨迹
fpos 文件	机载 pos 文件：针对新五相机载荷，其余载荷该文件为空
gim 文件	云台数据：新五相机及 Lidar 模块该文件为空（无云台）
imr 文件	高精度惯性导航数据
pos 文件	机载 pos 文件：新五相机及 Lidar 模块该文件为空
txt 文件	飞控端日志

3.2 LiDAR 原始数据

LiDAR 原始数据格式为.pcap，如下图所示：

	SN_00075_20201125-051901__0001.pcap	2020/12/4 10:11	PCAP 文件	938,544 KB
	SN_00075_20201125-052240__0002.pcap	2020/12/4 10:11	PCAP 文件	933,060 KB
	SN_00075_20201125-052616__0003.pcap	2020/12/4 10:08	PCAP 文件	933,440 KB
	SN_00075_20201125-052954__0004.pcap	2020/12/4 10:08	PCAP 文件	929,469 KB
	SN_00075_20201125-053329__0005.pcap	2020/12/4 10:04	PCAP 文件	214,325 KB
	SN_00075_20201125-053414__0006.pcap	2020/12/4 10:07	PCAP 文件	715,760 KB
	SN_00075_20201125-053705__0007.pcap	2020/12/4 10:08	PCAP 文件	926,044 KB

图 LiDAR160 原始数据示例

3.3 基站数据

根据不同的基站品牌，获取不同格式的基站文件。

 raw-fm_205-1.compb	2020/4/5 23:55	COMPB 文件	23,168 KB
--	----------------	----------	-----------

图 基站原始数据示例

4.点云轨迹解算

在 IE 中可以进行 LIDAR 160 的点云轨迹解算，并导出影像 POS。

4.1 机载数据格式转换

机载数据格式转换的目的是将原始机载数据转为 RINEX 格式数据，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 选择智理图模块

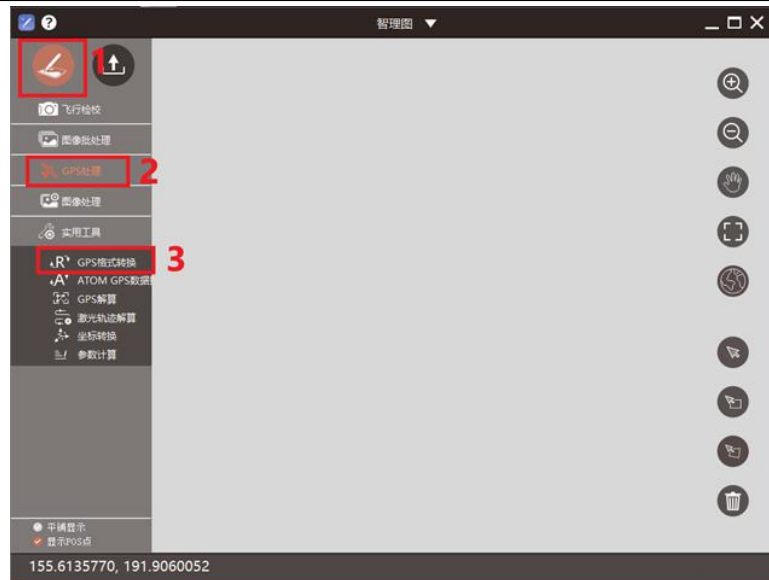


图 智理图 GPS 格式转换入口

2) 在【GPS 文件】中选择流动站的.fmcompb 文件，【RINEX 文件】中选择转换后 RINEX 文件的保存位置，如不做修改，转换后的 RINEX 文件默认储存到和原始 GNS 文件同一路径下。

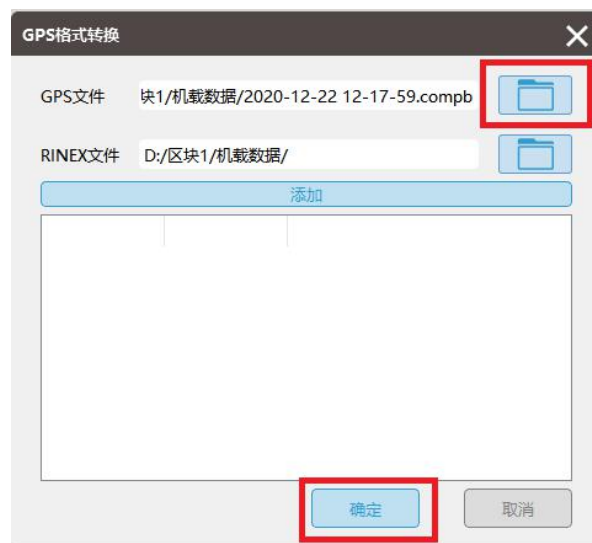


图 GPS 格式转换

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。

2020-12-22 12-17-59.20C	2021/1/20 15:21	20C 文件	19 KB
2020-12-22 12-17-59.20G	2021/1/20 15:21	20G 文件	28 KB
2020-12-22 12-17-59.20H	2021/1/20 15:21	20H 文件	1 KB
2020-12-22 12-17-59.20J	2021/1/20 15:21	20J 文件	1 KB
2020-12-22 12-17-59.20L	2021/1/20 15:21	20L 文件	1 KB
2020-12-22 12-17-59.20N	2021/1/20 15:21	20N 文件	23 KB
2020-12-22 12-17-59.20O	2021/1/20 15:21	20O 文件	156,072 KB

图 GPS 格式转换

4.2 基站数据格式转换

基站数据格式转换的目的是将原始基站数据转为 RINEX 格式数据，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】中选择原始基站文件(例如.GNS、.compb 等格式),【RINEX 文件】中选择转换后 RINEX 文件的保存位置,如不做修改,转换后的 RINEX 文件默认储存到和原始 GNS 文件同一路径下。

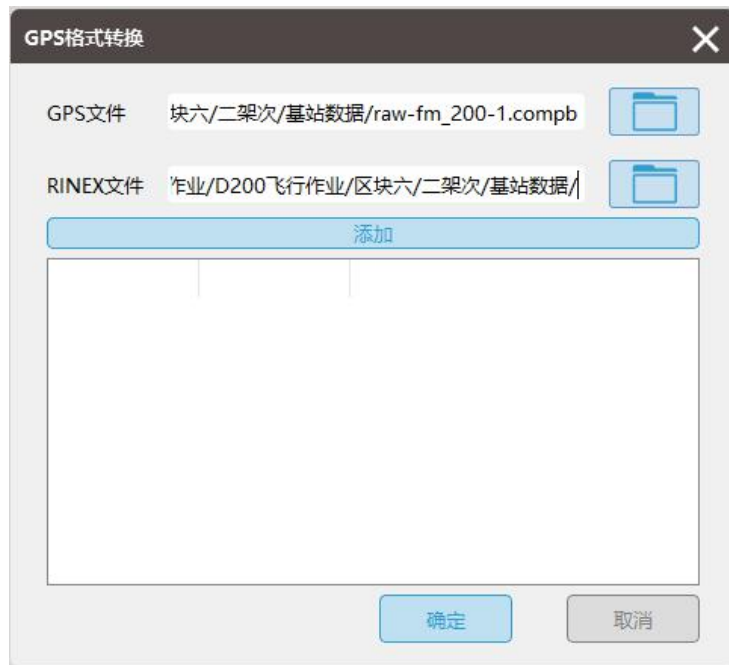


图 GPS 格式转换

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。

raw-fm_200-1.20C	2021/2/23 14:50	20C 文件	37 KB
raw-fm_200-1.20G	2021/2/23 14:50	20G 文件	72 KB
raw-fm_200-1.20H	2021/2/23 14:50	20H 文件	1 KB
raw-fm_200-1.20J	2021/2/23 14:50	20J 文件	1 KB
raw-fm_200-1.20L	2021/2/23 14:50	20L 文件	1 KB
raw-fm_200-1.20N	2021/2/23 14:50	20N 文件	30 KB
raw-fm_200-1.20O	2021/2/23 14:50	20O 文件	19,724 KB

图 基站格式转换

4.3 文件存放整理

新建文件夹,将转换后的机载 Rinex 格式文件、基站 Rinex 格式文件和 imr 文件拷贝到新建的文件夹下。

2020-07-10 13-53-14.bin	2020/7/11 9:53	UltraEdit Docum...	67,664 KB
2020-07-10 13-53-14.compb	2020/7/11 9:53	COMPB 文件	45,426 KB
2020-07-10 13-53-14.fmnav	2020/7/11 9:53	FMNAV 文件	10,492 KB
2020-07-10 13-53-14.fpos	2020/7/11 9:52	FPOS 文件	0 KB
2020-07-10 13-53-14.gim	2020/7/11 9:52	GIM 文件	0 KB
2020-07-10 13-53-14.imr	2020/7/11 9:53	Waypoint Raw I...	12,177 KB
2020-07-10 13-53-14.pos	2020/7/11 9:53	POS 文件	28 KB
2020-07-10 13-53-14.txt	2020/7/11 9:53	Text Document	447 KB
raw-fm_205-1.20C	2020/4/5 21:08	20C 文件	68 KB
raw-fm_205-1.20G	2020/4/5 21:08	20G 文件	186 KB
raw-fm_205-1.20H	2020/4/5 21:08	20H 文件	1 KB
raw-fm_205-1.20J	2020/4/5 21:08	20J 文件	1 KB
raw-fm_205-1.20L	2020/4/5 21:08	20L 文件	1 KB
raw-fm_205-1.20N	2020/4/5 21:08	20N 文件	39 KB
raw-fm_205-1.20O	2020/4/5 21:09	20O 文件	58,360 KB
raw-fm_205-1.compb	2020/4/5 21:09	COMPB 文件	23,168 KB

图 文件存放整理

注：IE 不支持中文路径，请确保文件存放位置为全英文路径。

4.4 格式转换

1) 打开 IE，点击【File】-【New Project】-【Empty Project】，选择 4.3 节新建的文件夹，输入文件名，新建 IE 的工程格式为.cfg。

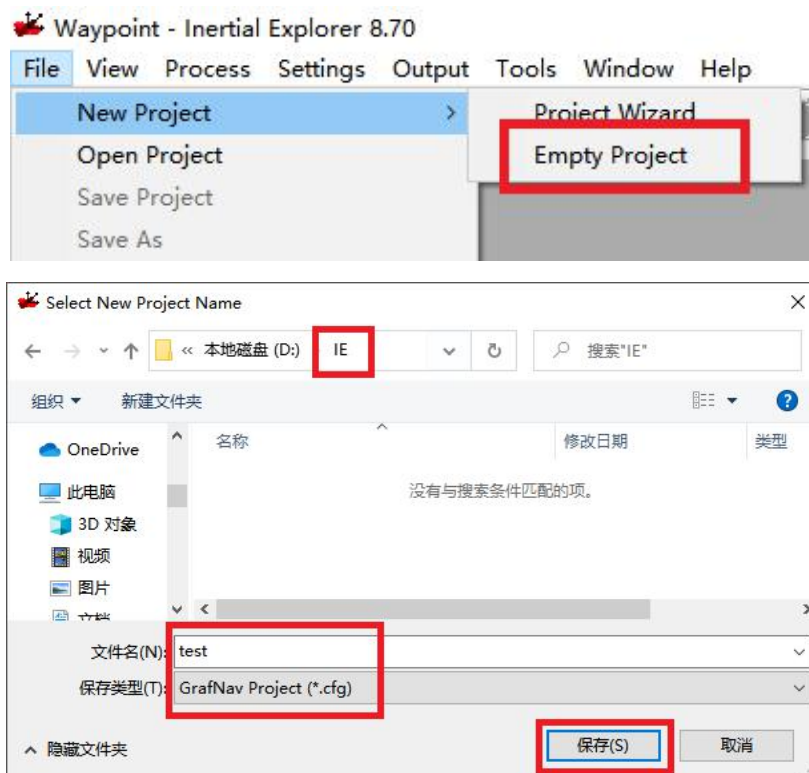


图 新建 IE 工程

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

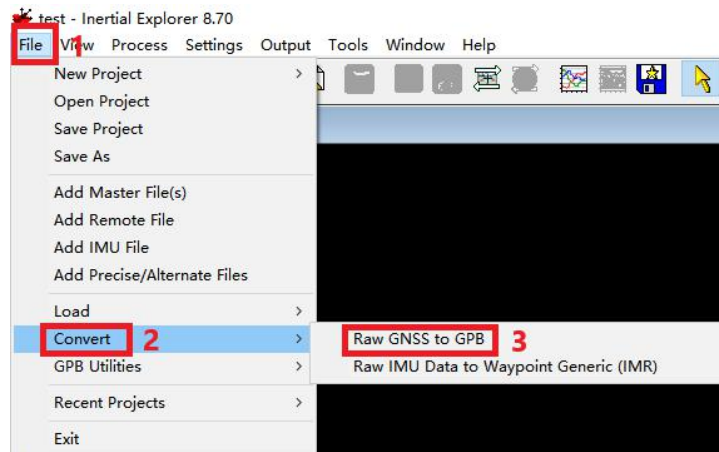


图 格式转换

3) 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。如果在【Source Files】中未识别到.o 文件，可以在【Receiver Type】中选择 Unknown/AutoDetect。

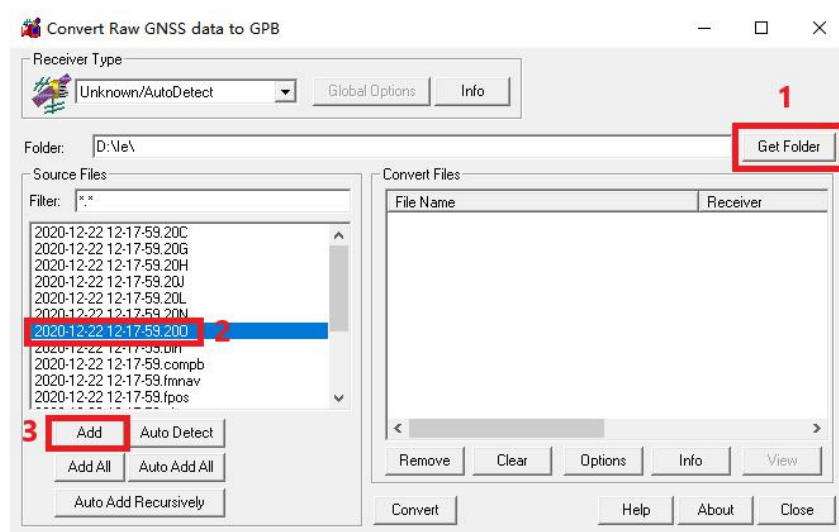


图 格式转换

首次添加会跳出对话框，点击【是】。

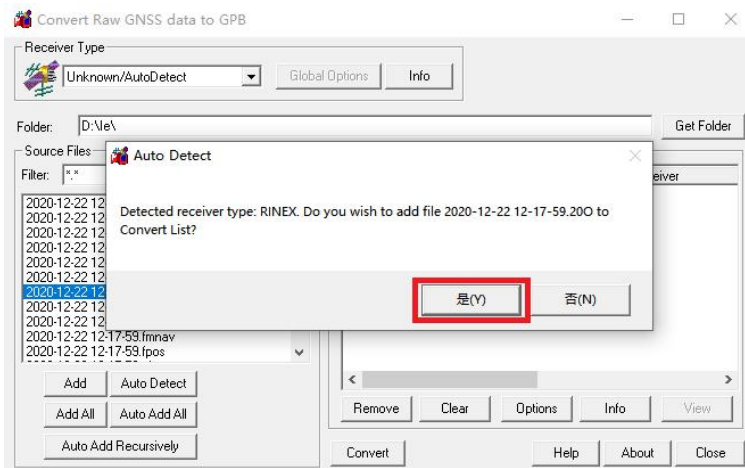


图 格式转换

4) 点击【Convert】，将.O 文件转换为 GPB 格式。

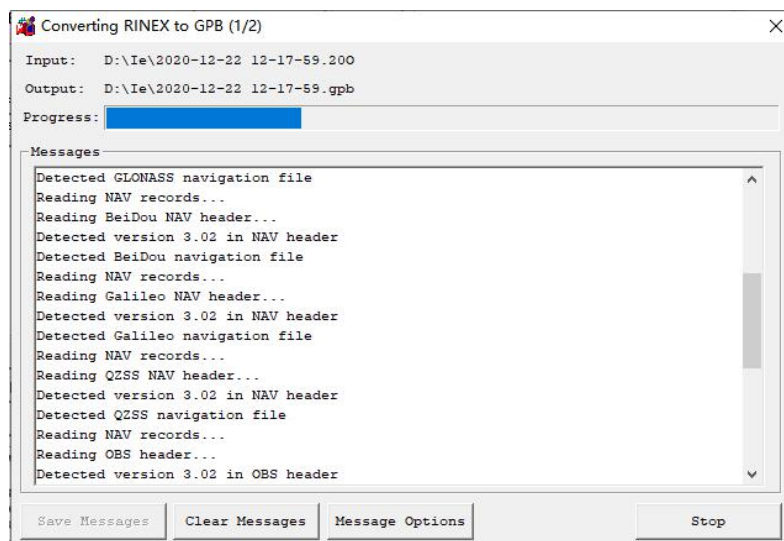
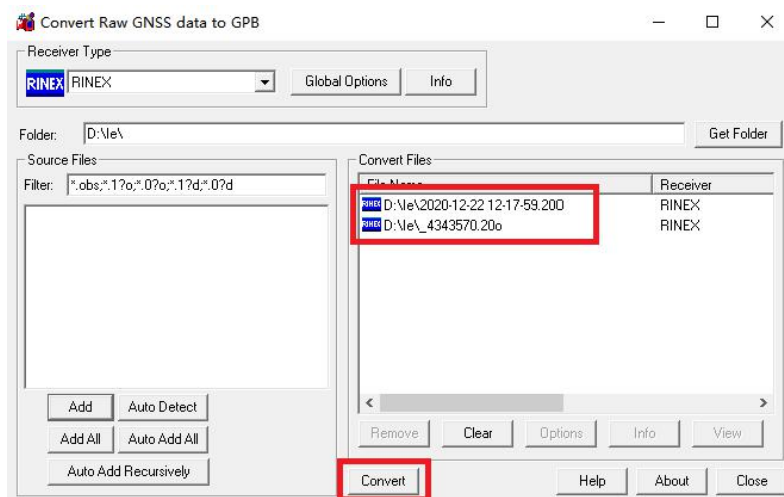


图 格式转换

5) 转换完成后关闭窗口，在 IE 文件夹下会生成 GPB 格式数据。

2020-07-10 13-53-14.bin	2020/7/11 9:53	UltraEdit Docum...	67,664 KB
2020-07-10 13-53-14.compb	2020/7/11 9:53	COMPB 文件	45,426 KB
2020-07-10 13-53-14.epp	2020/7/11 14:07	Waypoint Ephe...	34 KB
2020-07-10 13-53-14.fmnav	2020/7/11 9:53	FMNAV 文件	10,492 KB
2020-07-10 13-53-14.fpos	2020/7/11 9:52	FPOS 文件	0 KB
2020-07-10 13-53-14.gim	2020/7/11 9:52	GIM 文件	0 KB
2020-07-10 13-53-14.gpb	2020/7/11 14:07	Waypoint Raw G...	98,350 KB
2020-07-10 13-53-14.imr	2020/7/11 9:53	Waypoint Raw I...	12,177 KB
2020-07-10 13-53-14.pos	2020/7/11 9:53	POS 文件	28 KB
2020-07-10 13-53-14.sta	2020/7/11 14:07	STA 文件	22 KB
2020-07-10 13-53-14.txt	2020/7/11 9:53	Text Document	447 KB
raw-fm_205-1.epp	2020/7/11 14:04	Waypoint Ephe...	2,063 KB
raw-fm_205-1.gpb	2020/7/11 14:04	Waypoint Raw G...	7,904 KB
raw-fm_205-1.o	2020/7/11 12:11	O 文件	5,467 KB
raw-fm_205-1.p	2020/7/11 12:11	MATLAB P-code	3,949 KB
raw-fm_205-1.sta	2020/7/11 14:04	STA 文件	1 KB

图 格式转换完成

4.5 数据添加

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

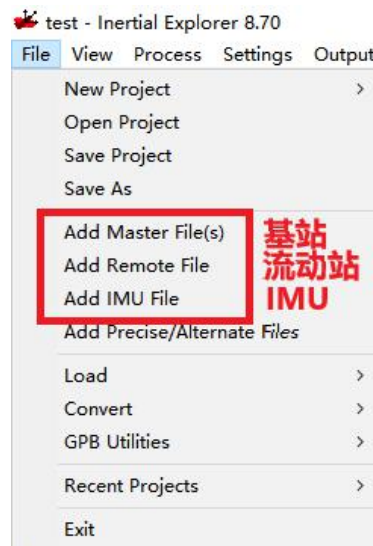


图 添加数据

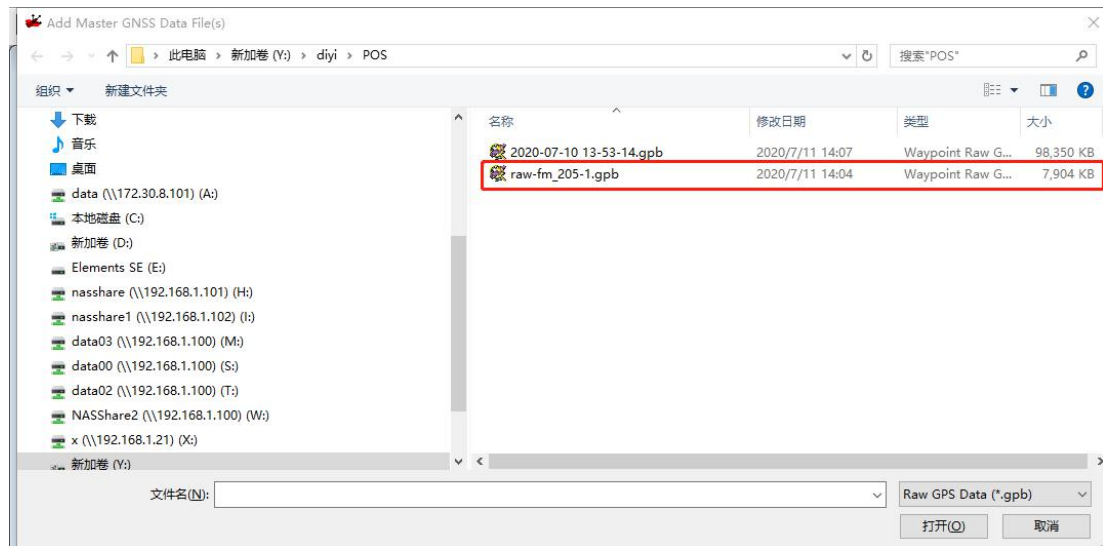


图 添加格式转换完的基站数据

2) 打开后跳出对话框，查看点号、基站坐标，天线高，IE 8.7 版本需要手动将基准设置为 WGS 84，无误后点击确定。

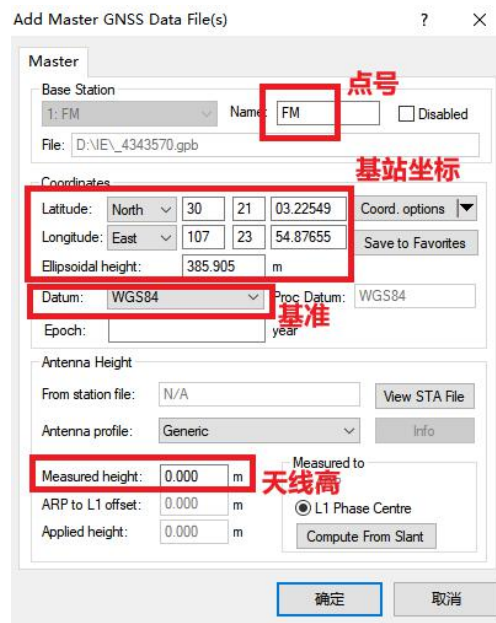


图 添加基站数据的设置

注：若使用实体基站，并且使用 CORS 采集的已知点，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。基站文件软件可以识别多个，请勿重复添加。

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

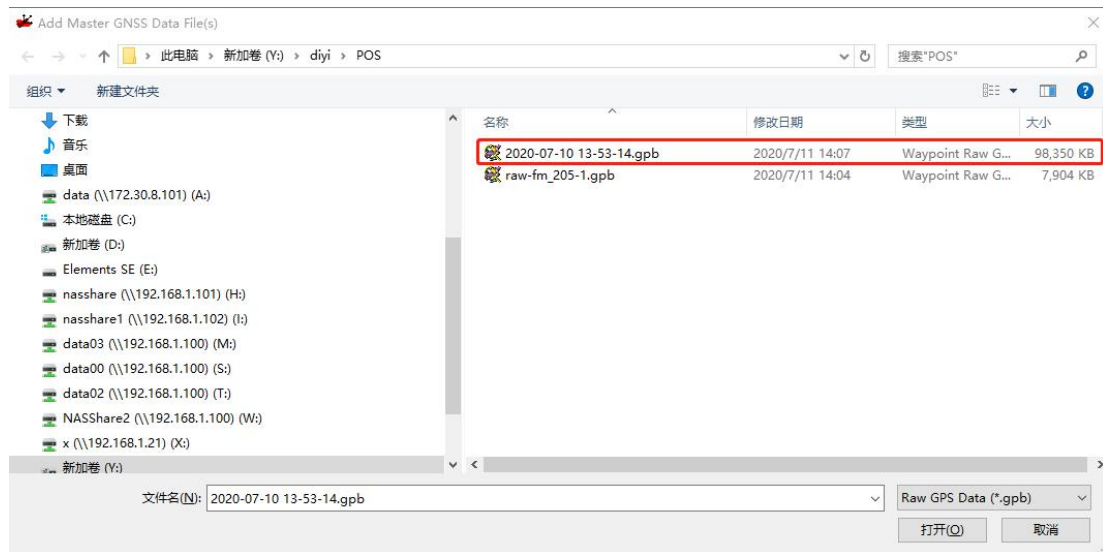


图 添加格式转换完的流动站数据

4) 点击【打开】，查看测量天线高，正确后点击【确定】。

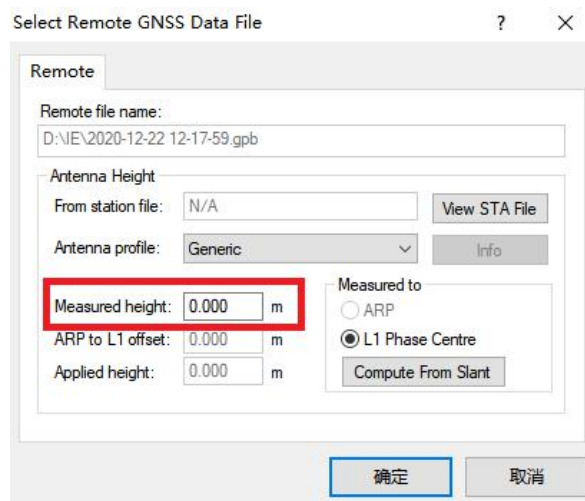


图 添加流动站数据的设置

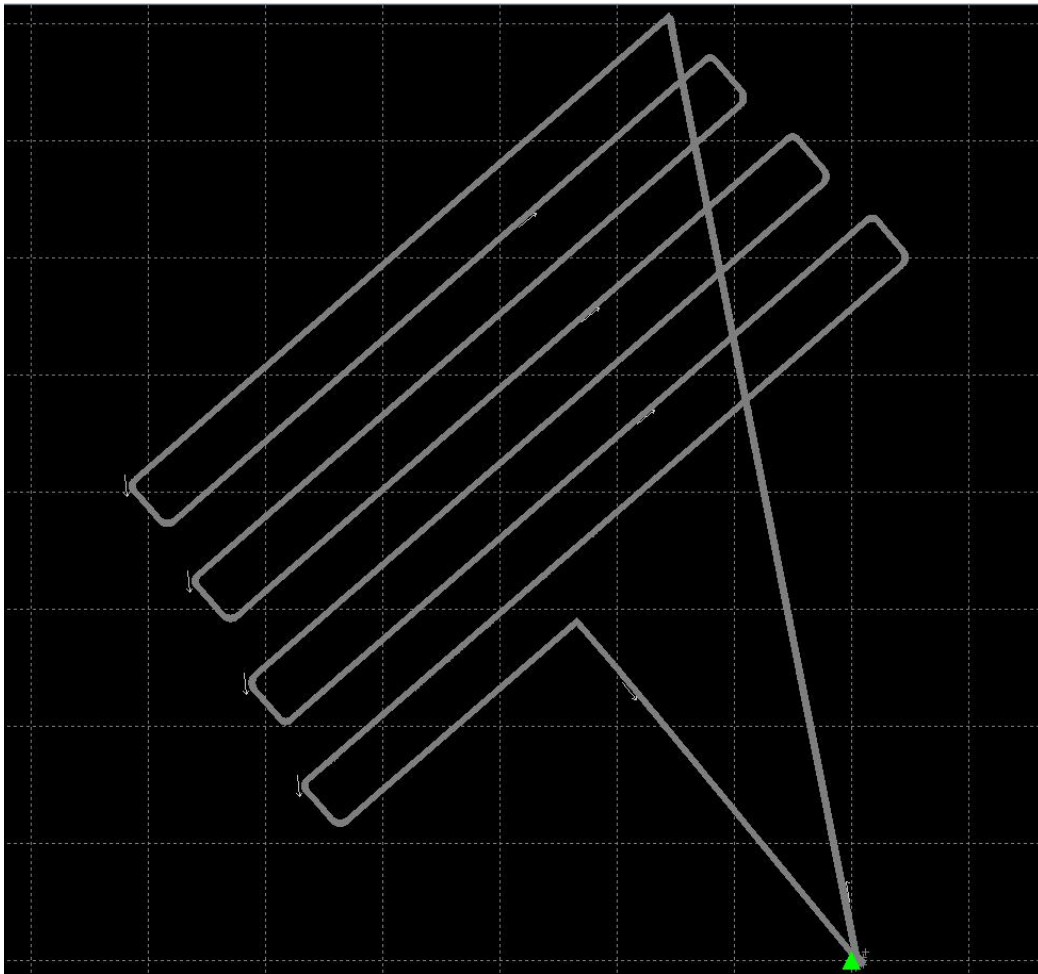


图 添加数据

5) 此时会提示添加 IMU 文件，自动调用当前文件夹下 imr 文件，点击【确定】进行添加。

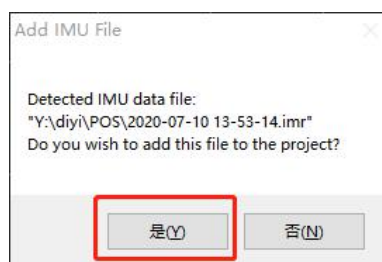


图 自动添加 IMU 文件

4.6 紧耦合差分解算

1) 点击【Process】-【Process TC(Tightly Coupled)】进行紧耦合解算功能。

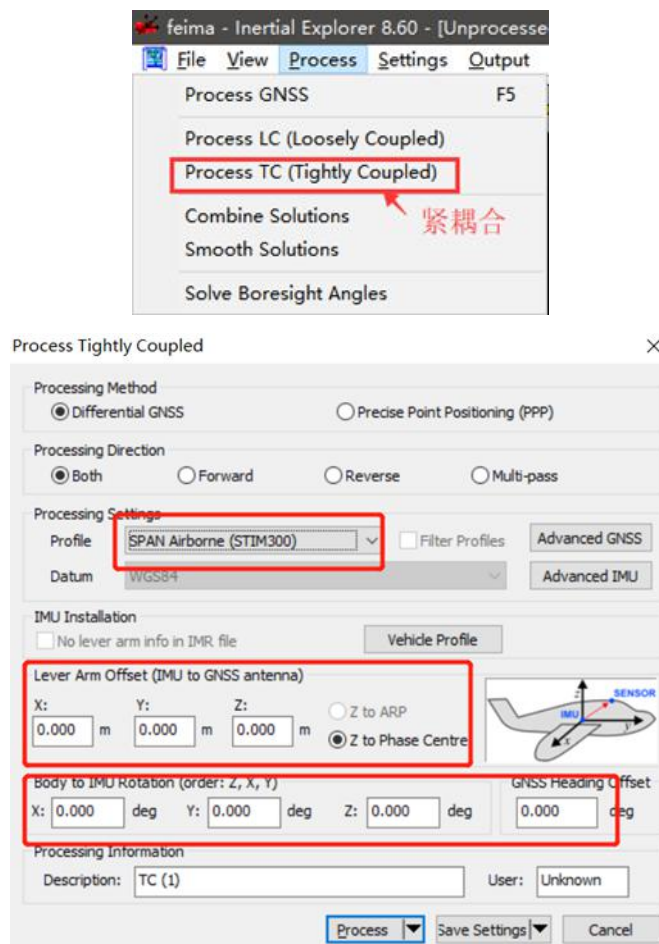


图 紧耦合解算设置

其中【Processing Settings】选择 SPAN Airborne (STIM300), Lever Arm 和 IMU 旋转参数可以直接输入，也可以点击【Vehicle Profile】按钮进行设置保存，下次直接点击该按钮读取即可，LiDAR160 具体参数设置如下：

Name: LIDAR160			
IMU to Primary GNSS Antenna Lever Arm			
X: 0.000 m	Y: -0.138 m	Z: 0.343 m	
IMU to Secondary GNSS Antenna Lever Arm			
X: 0.000 m	Y: 0.000 m	Z: 0.000 m	
Body Frame to IMU Frame Rotation			
X: 0.000 deg	Y: 90.000 deg	Z: -90.000 deg	

图 LiDAR160 解算参数

2) 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。

Process Tightly Coupled

Processing Method
☒ Differential GNSS ☐ Precise Point Positioning (PPP)

Processing Direction
☒ Both ☐ Forward ☐ Reverse ☐ Multi-pass

Processing Settings
 Profile: SPAN Airborne (STM300) ☐ Filter Profiles
 Datum: WGS84

IMU Installation
☐ No lever arm info in IMU file

Lever Arm Offset (IMU to GNSS antenna)
 X: 0.000 m Y: -0.128 m Z: 0.287 m ☐ Z to ARP ☒ Z to Phase Centre

Body to IMU Rotation (order: Z, X, Y)
 X: 0.000 deg Y: 0.000 deg Z: -90.000 deg

GNSS Heading Offset
 0.000 deg

Processing Information
 Description: TC (1) User: Unknown

Tightly Coupled Differential Pre-processing ...

Pre-processing Check

Icon	Description
⚠ L2C Present	Detected L2C on one or more GPB files!
⚠ Data Rate	Master data rate (in the file: "_4343570.gpb") is lower than remote's

More information

☒ Try to fix the issue(s) before processing: "Data Rate"

Processing GPS-IMU TC 1 - test [Forward]

Time	188220.8	2137
Epochs	2768	Num<4 1
Status	Q2	FIXED Dyn=K
iStatus	NONE	
nSats	18	nB/L 1
Lat.	30	21 03.1799
Lon.	107	23 55.2174
Hgt	386.143	AntHgt 0.000
Speed	0.045	COG 0.0
	East	North Up
StdDev	0.009	0.010 0.027
Roll	0.000	0.00
Pitch	0.000	0.00
Yaw	0.000	0.00
Yaw-COG		
PosMisc	0.000	VelMisc 0.000

View

Status: **Fixed** Progress: Processing Forward KF...

Notifications

*** ARTK Fix ***

Search time: 188093.0 s
 From base: BL1
 Search dist.: 0.0 km
 Rewind time: 0.0 s
 Satellite count: 17, 17 (total, fixed, restored)
 Fix type: GNSS Fixed
 RMS: 3.2 mm
 Reliability: 2.9
 FloatFixSep: 2.32 m

188154.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 188154.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored
 188179.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 188179.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored
 188181.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 188181.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored
 188205.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 188205.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored

Processing GPS-IMU TC 2 - test [Reverse]

Time	190009.3	2137
Epochs	2660	Num<4 1
Status	Q2	FIXED Dyn=K
iStatus	onGPS	
nSats	17	nB/L 1
Lat.	30	21 05.9347
Lon.	107	23 52.5957
Hgt	557.167	AntHgt 0.000
Speed	13.499	COG 140.5
	East	North Up
StdDev	0.011	0.011 0.012
Roll	3.361	10.22
Pitch	-15.636	10.71
Yaw	224.428	27.75
Yaw-COG	4.948	
PosMisc	0.010	VelMisc 0.000

View

Status: **onGPS** Progress: Processing Reverse GPSIMU...

Notifications

*** GPS-IMU Tightly Coupled Processing ***
 Differential Single Pass Mode (Reverse)

190082.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 190082.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored
 190046.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 190046.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored
 190017.0: Finished kinematic alignment - estimated misalign e
 190017.0: Alignment successful - R: 0.567 P: 3.781 Yaw: -14
 190013.0: +++ ARTK obtained a valid integer fix on BL BL1
 190013.0: ARTK not currently engaged--ARTK fix ignored

图 紧耦合解算

3) 解算完成后会在打标点出现名为“NO_NAME”的黄色三角形站点，这些点还不是曝光点，还需要进一步处理。

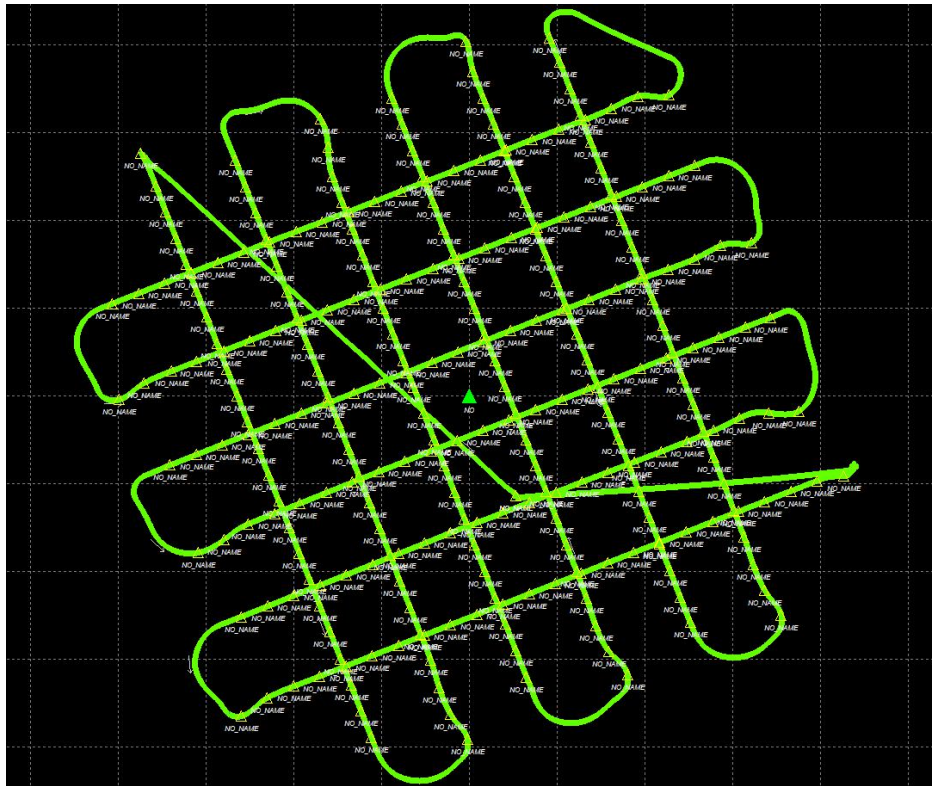


图 初始解算结果

4) 如果是第一次使用，需要配置导入曝光点的一些参数，点击【Output】→【Export Wizard】，打开【Export Coordinates Wizard】界面，选择【New】创建配置文件，并设置配置文件名，为了方便后续使用，建议设置为“event time”。

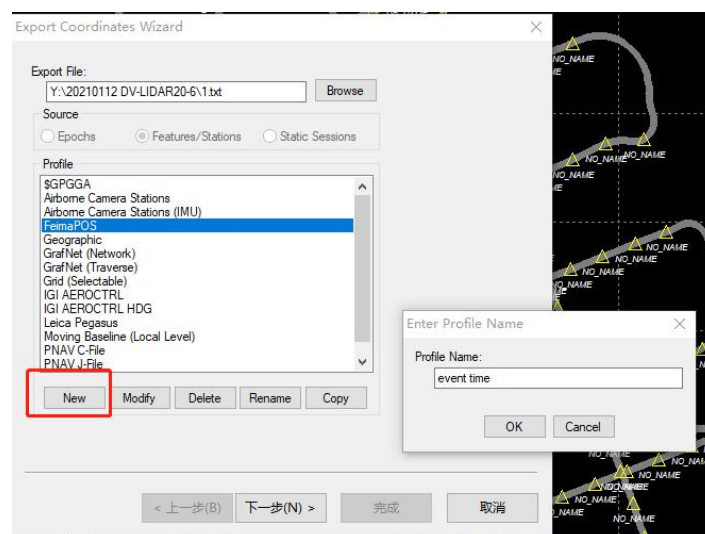


图 新建配置文件

5) 在【Source Variables】选择【Time/Date】下的【GPS Time】，双击或者点击【Add】进行设置，【Format/Units】选择【Seconds of the Week】，将【Fixed field width】设置为 13 字节，【Number of decimals】设置为 6 字节，不要勾选下面的可选框，点击【OK】。

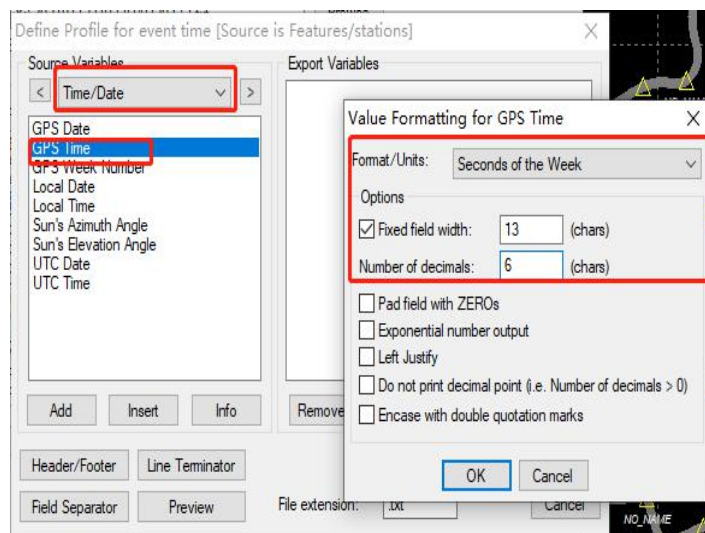


图 配置文件设置

6) 点击【Header/Footer】，将 Header/Footer Options 中所有可选框的【√】去除，点击【OK】完成配置，在【Define Profile for event time】界面中点击【OK】，保存配置。

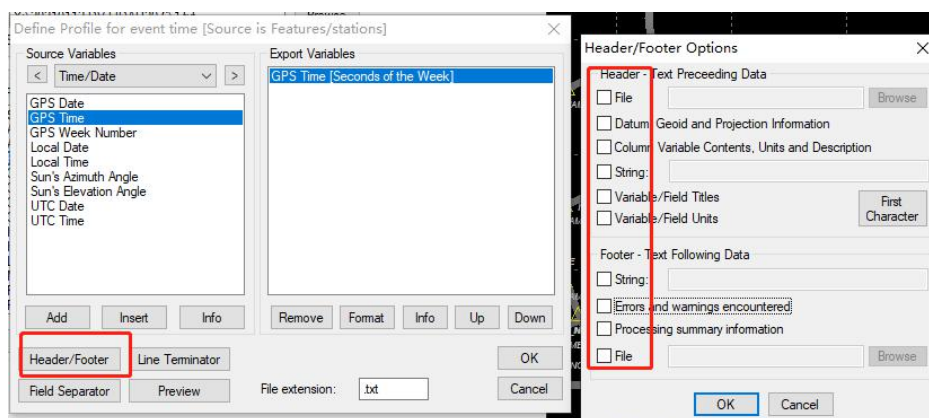


图 配置文件设置

7) 在【Export Coordinates Wizard】界面按照默认设置点击【下一步】直到【完成】。后续每次作业无需重新配置【event time】文件，直接执行此步进行导出即可。

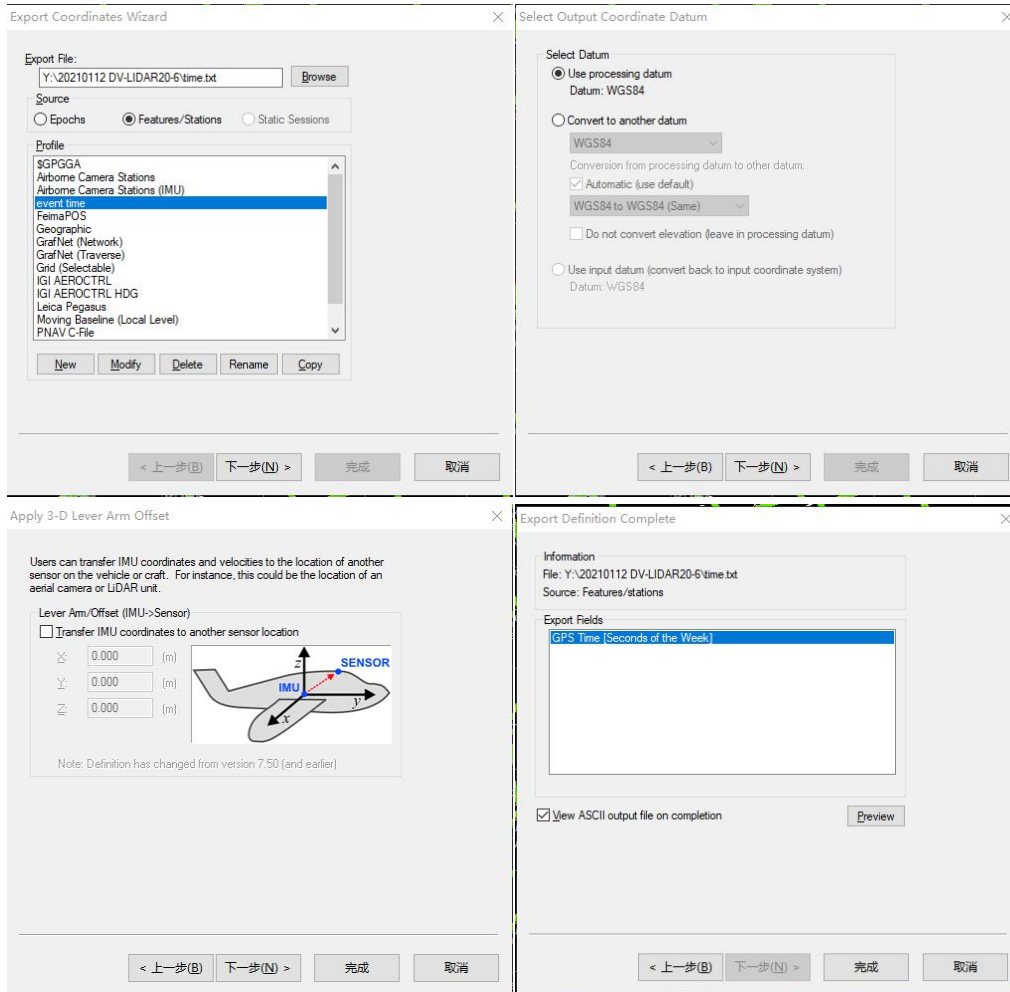


图 导出配置文件

8) 点击【File】→【Load】→【Camera Event Marks】，加入上一步导出的曝光点时间.txt 文件。

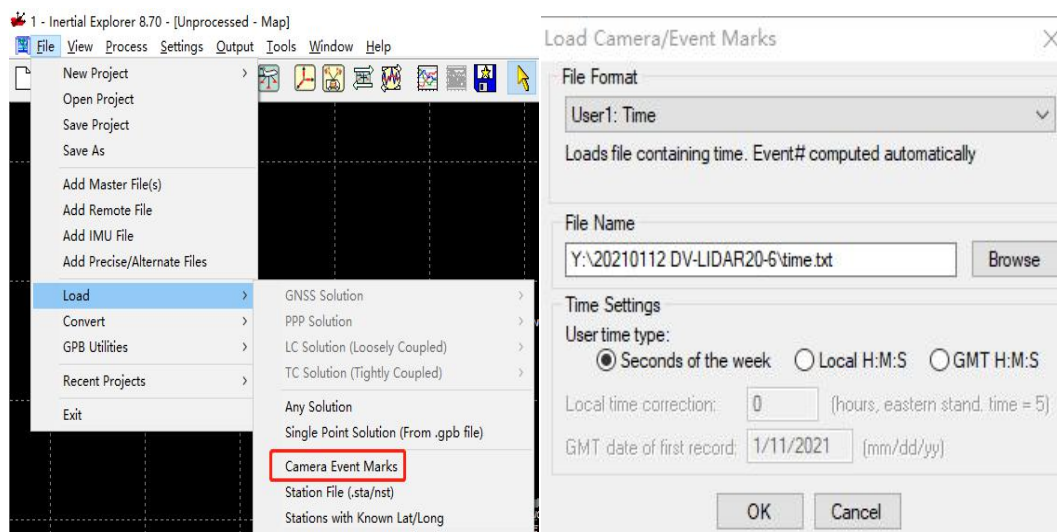


图 加入曝光点时间文件

9) 提示导入成功，并且之前黄色三角形消失，出现蓝色曝光点，点云轨迹解算至此结束。

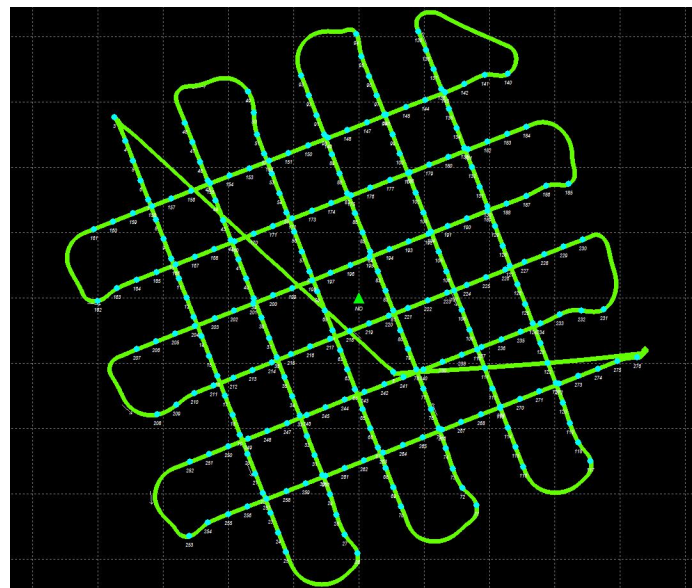


图 点云轨迹解算完成

4.7 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。

1) 点击下图红色框按钮，查看 POS 数据解算精度，一般精度小于 2cm 为解算正常。



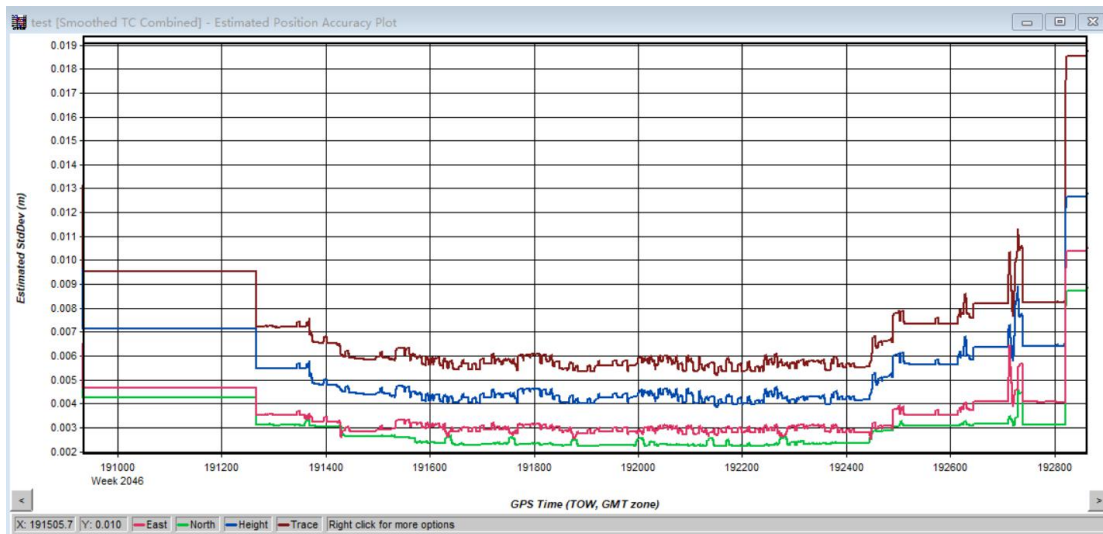
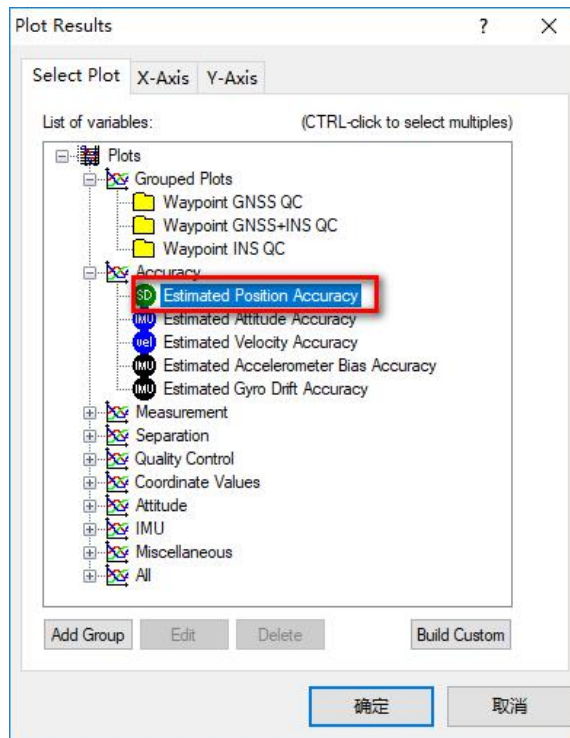


图 解算精度检查-位置



图 解算精度检查-姿态

2) 点击【File】-【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。

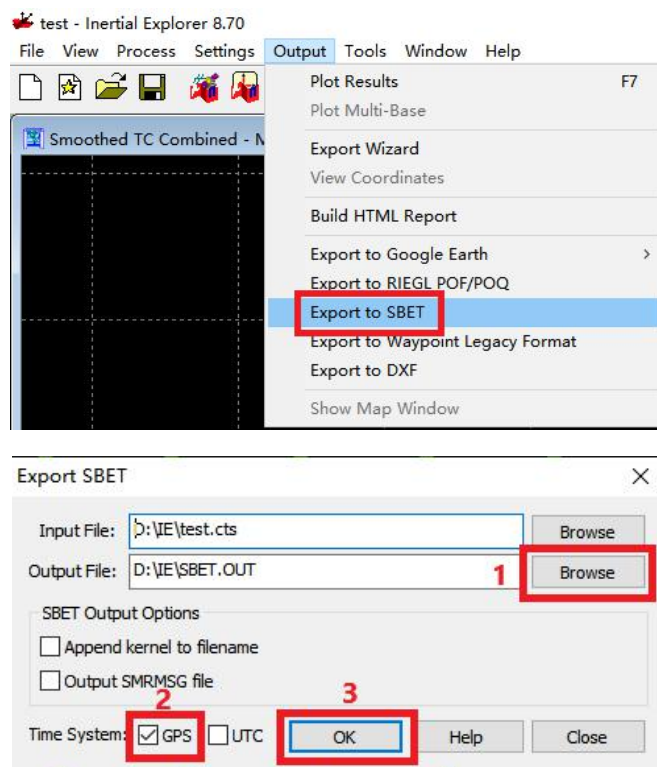


图 输出轨迹

4.8 影像 POS 导出

LiDAR160 能同时获取雷达和影像数据时，在导出点云轨迹后，还需导出影像 POS，具体步骤如下：

1) 将 “FeimaPOS.prf” 文件拷贝到

“C:\NovAtel\InertialExplorer870\resources\User” 目录下。

2) 点击 **【Output】** → **【Export Wizard】**，打开 **【Export Coordinates Wizard】** 对话框。设置输出路径，选择输出 **【Features/Stations】**，选择 **【FeimaPOS】** 配置，点击下一步。

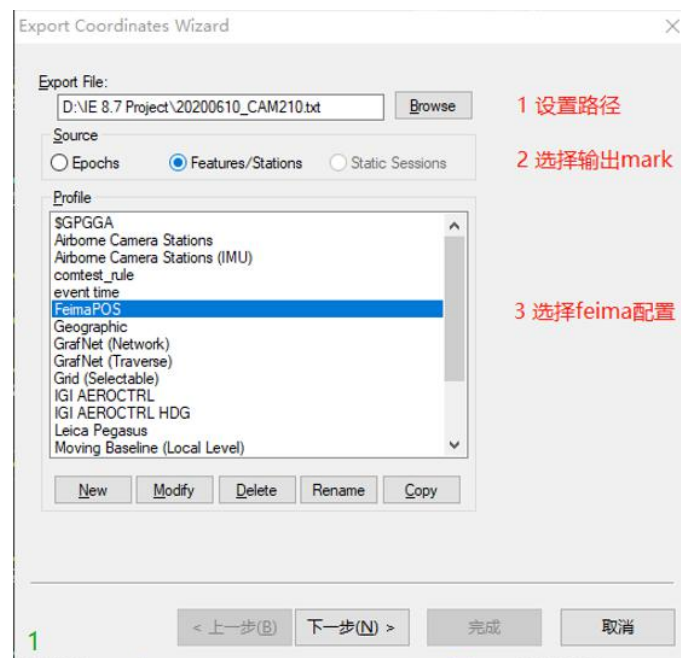


图 输出设置

3) 默认选择当前椭球基准。

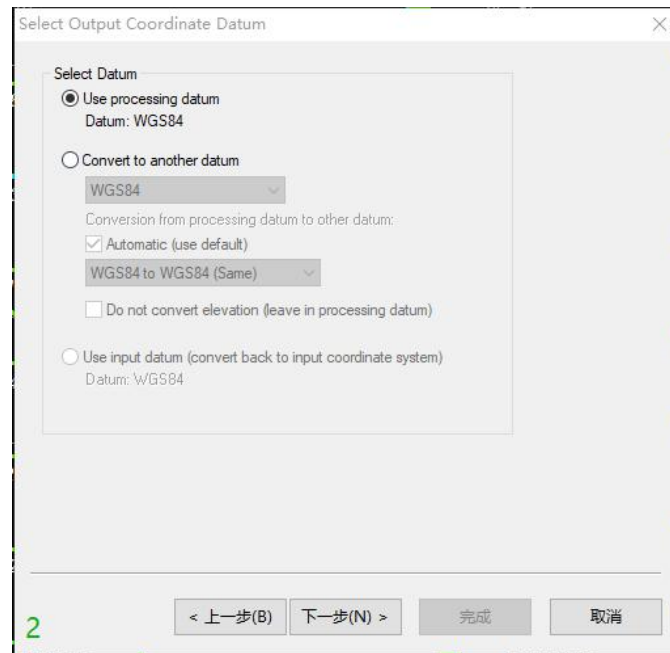


图 椭球基准选择

4) 默认自动选择 UTM 转换平面及带号，如有特殊要求可更改。

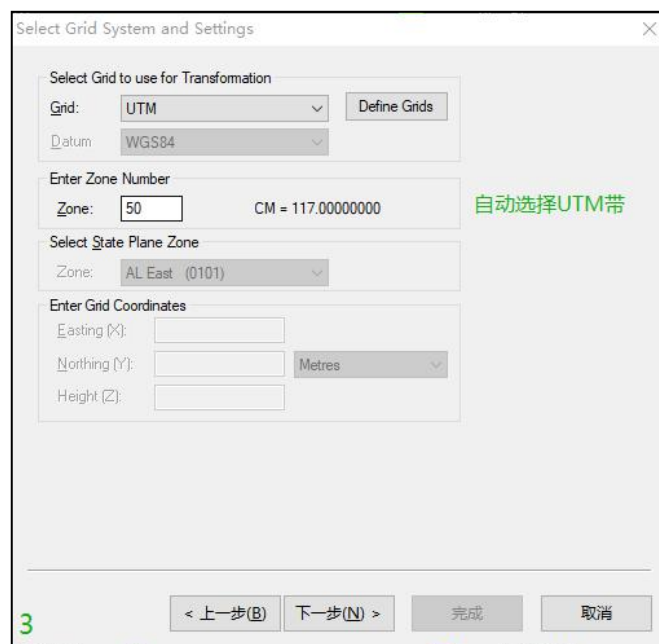
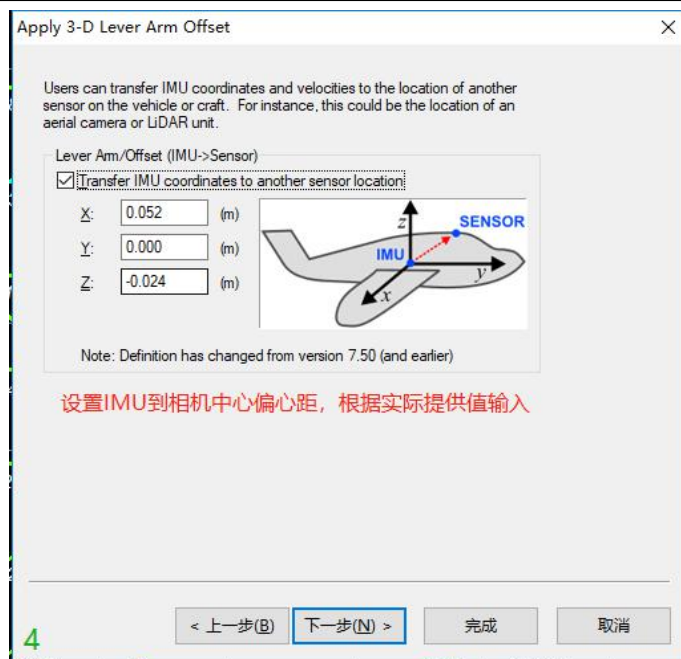


图 投影选择

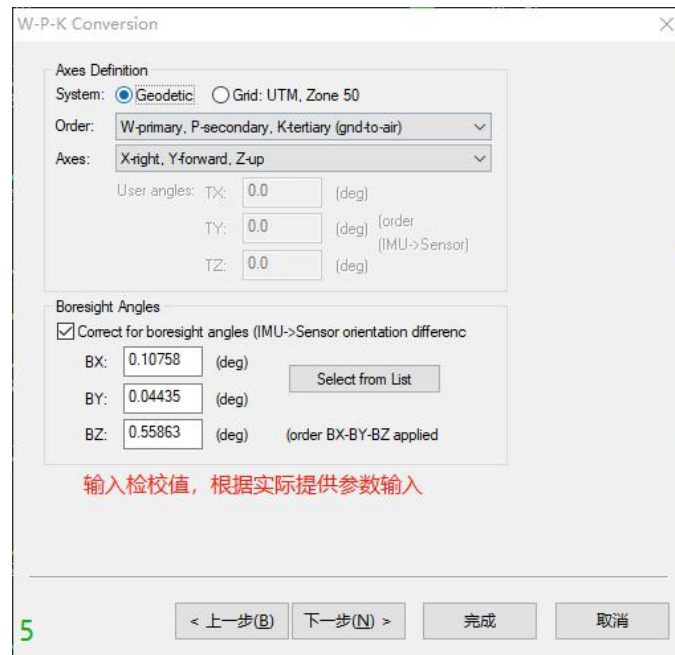
5) 输入相机到 IMU 的偏心距参数（见下图位置 B 参数，仅供参考，实际使用请输入对应参数）。



序号		检校内容	单位	检校值	用途
1	IMU to GNSS	杆臂值 X_{GNSS}	米	0.000	轨迹解算
		杆臂值 Y_{GNSS}	米	-0.138	
		杆臂值 Z_{GNSS}	米	0.343	
2	IMU To Body	IMU 旋转角 RX_{imu}	度	0	轨迹解算
		IMU 旋转角 RY_{imu}	度	90	
		IMU 旋转角 RZ_{imu}	度	-90	
3	LiDAR To Body	激光坐标系定义 RX_{laser}	度	90	点云融合
		激光坐标系定义 RY_{laser}	度	0	
		激光坐标系定义 RZ_{laser}	度	180	
4	LiDAR to IMU Correction	激光校正参数 Roll	度	-0.876	点云融合
		激光校正参数 Pitch	度	-0.094	
		激光校正参数 Yaw	度	-0.027	
5	LiDAR to IMU	激光校正参数 X_{laser}	米	0.0000	点云融合
		激光校正参数 Y_{laser}	米	0.0612	
		激光校正参数 Z_{laser}	米	-0.0327	
6	Camera to IMU Correction	相机校正参数 BX	度	-0.4228	A 相机 POS 导出
		相机校正参数 BY	度	0.1252	
		相机校正参数 BZ	度	-0.8706	
7	Camera to IMU	相机校正参数 X_{cam}	米	0.000	B
		相机校正参数 Y_{cam}	米	-0.044	
		相机校正参数 Z_{cam}	米	-0.016	

图 输入偏心参数

6) 默认基于 Geodetic 进行姿态转换，并输入对应载荷的 Boresight angles 值（见上图位置 A），其值来源于载荷检校报告。



W-P-K Conversion

System: ☒ Geodetic ☐ Grid: UTM, Zone 50

Order: W-primary, P-secondary, K-tertiary (gnd-to-air)

Axes: X-right, Y-forward, Z-up

User angles: TX: 0.0 (deg)
TY: 0.0 (deg) (order IMU->Sensor)
TZ: 0.0 (deg)

Boresight Angles

☒ Correct for boresight angles (IMU->Sensor orientation difference)

BX: 0.10758 (deg)

BY: 0.04435 (deg)

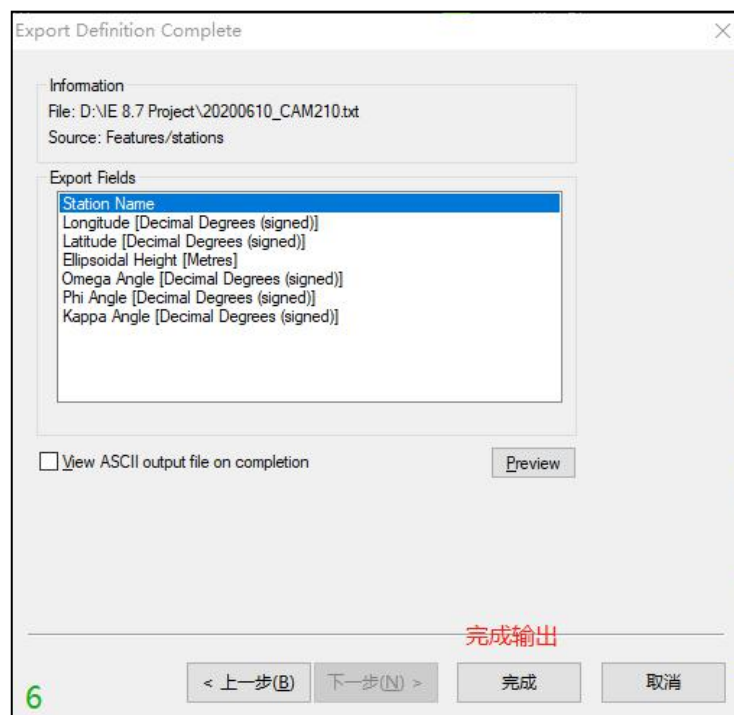
BZ: 0.55863 (deg) (order BX-BY-BZ applied)

输入检校值，根据实际提供参数输入

5 < 上一步(B) 下一步(N) > 完成 取消

图 姿态转换

7) 点击“完成”完成输出，POS 文件存储于工程路径下工程名.txt 文件，该 POS 可用于后续基于原始影像进行点云赋色。



Export Definition Complete

Information

File: D:\NE 8.7 Project\20200610_CAM210.txt

Source: Features/stations

Export Fields

Station Name

Longitude [Decimal Degrees (signed)]

Latitude [Decimal Degrees (signed)]

Ellipsoidal Height [Metres]

Omega Angle [Decimal Degrees (signed)]

Phi Angle [Decimal Degrees (signed)]

Kappa Angle [Decimal Degrees (signed)]

☐ View ASCII output file on completion

完成输出

6 < 上一步(B) 下一步(N) > 完成 取消

图 文件输出

5.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）、坐标转换、精度检查、导出标准点云或点云编辑等步骤。去冗余、去噪、点云赋色等操作可根据实际情况有选择性的进行。

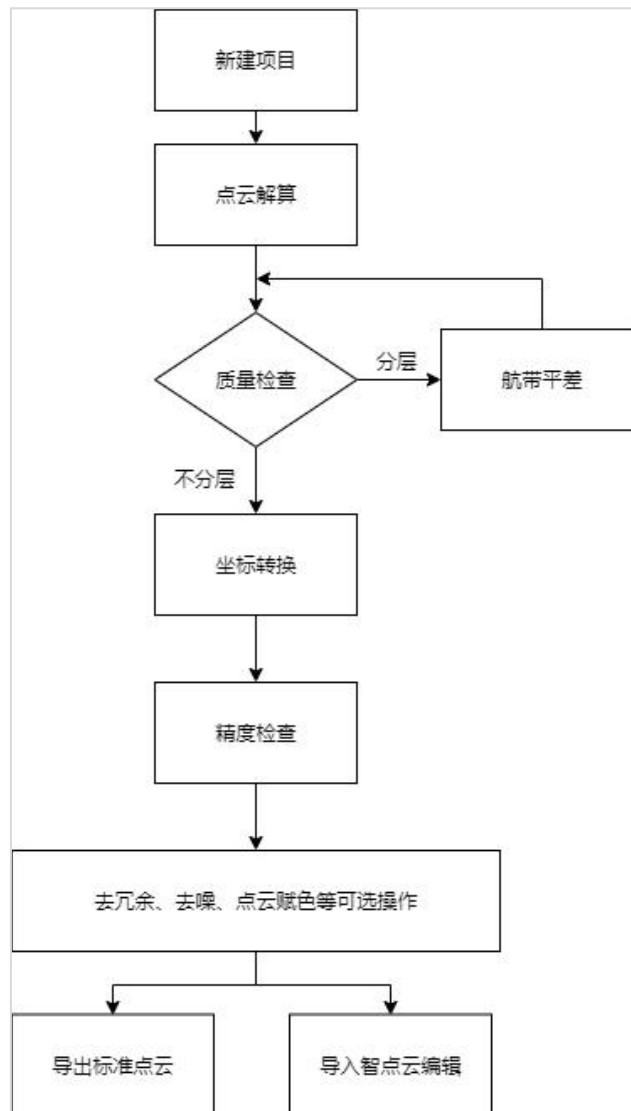


图 点云数据预处理流程图

5.1 新建项目

- 1) 打开无人机管家中的【智激光】模块。



图 智激光入口

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】。

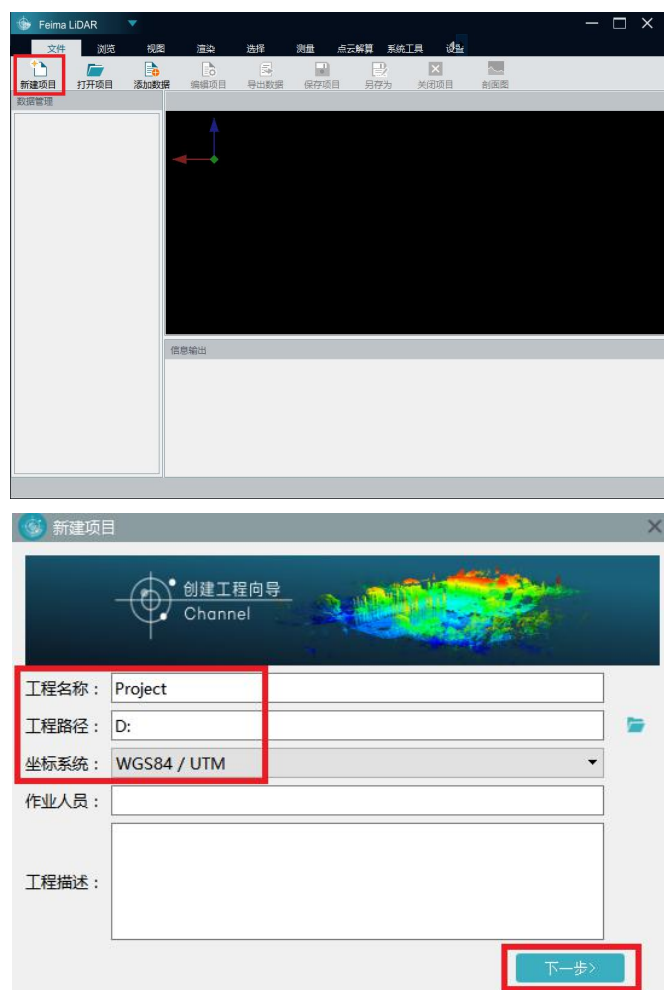


图 新建项目

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】。如果要赋色，需要在【相机载荷】中填入相机报告的相机参数、畸变校正、安装校正参数。

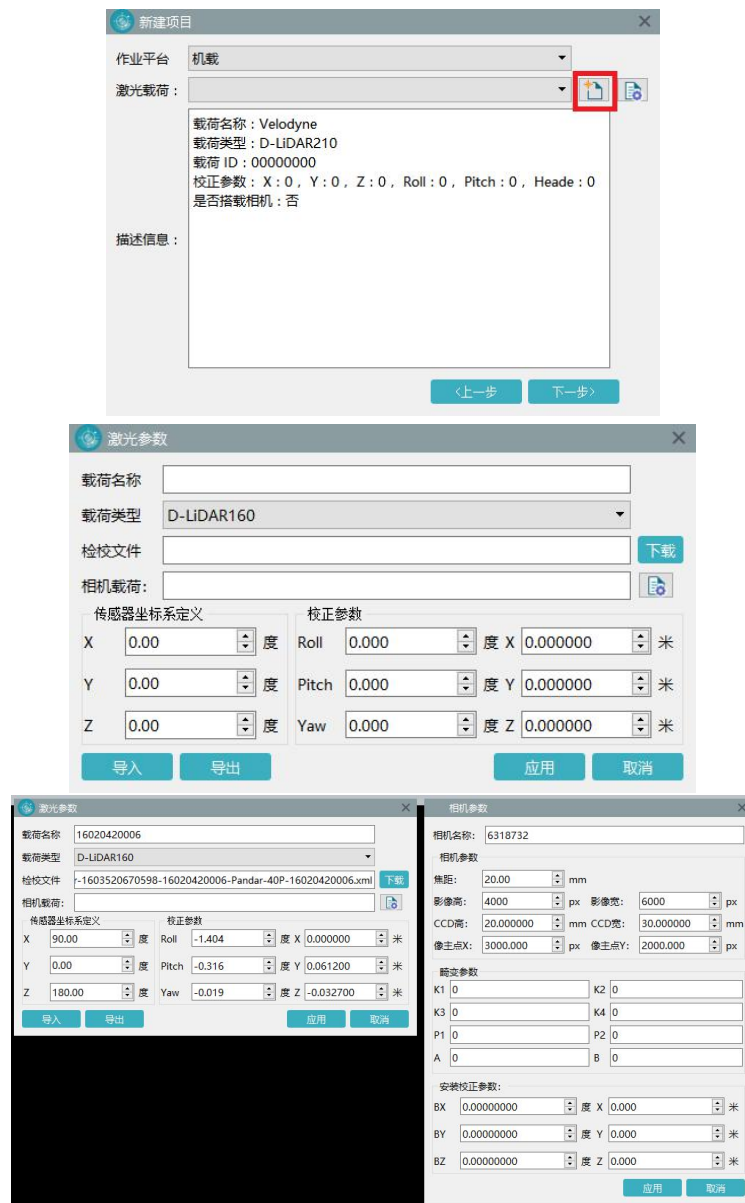


图 添加载荷

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】。



图 选择载荷

4) 添加 LiDAR 原始数据（数据格式.pcap）和 IE 软件输出的轨迹数据.out 文件，点击【完成】，完成新建项目。

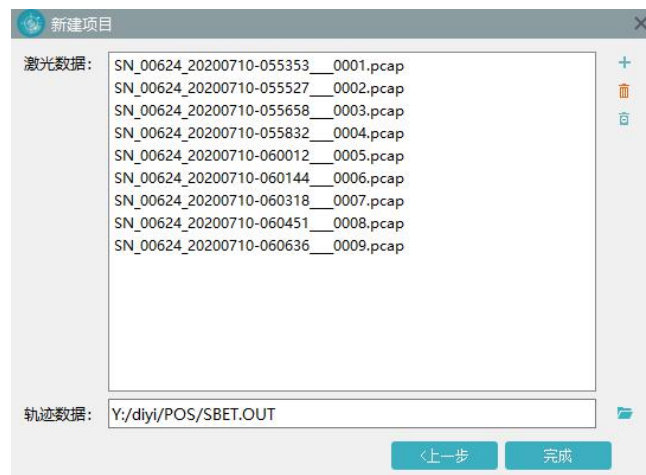


图 导入 LIDAR 原始数据及轨迹

5) 在主界面的信息输出窗口会提示成功加载的 LIDAR 数据、轨迹数据，并完成了新建项目，新建项目格式为.fmp。同时主界面会显示飞行任务的轨迹。

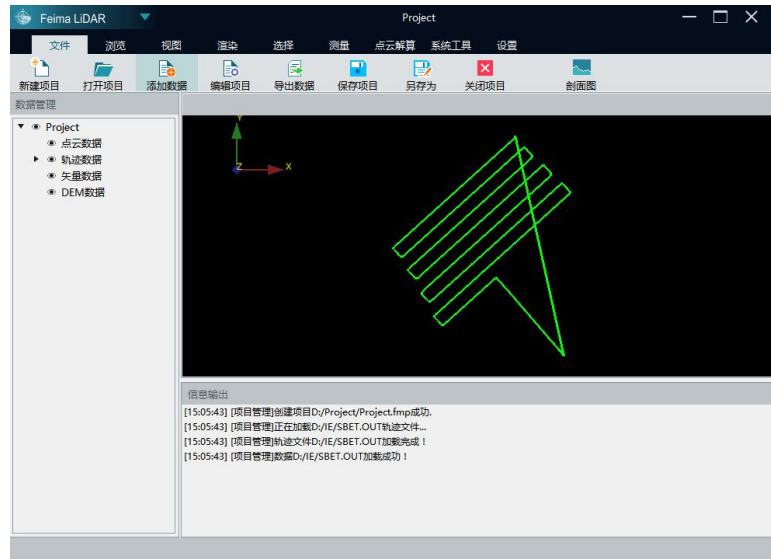


图 项目建立完成

5.2 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) 按照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。

注：lidar 160 默认视场角 45 度。

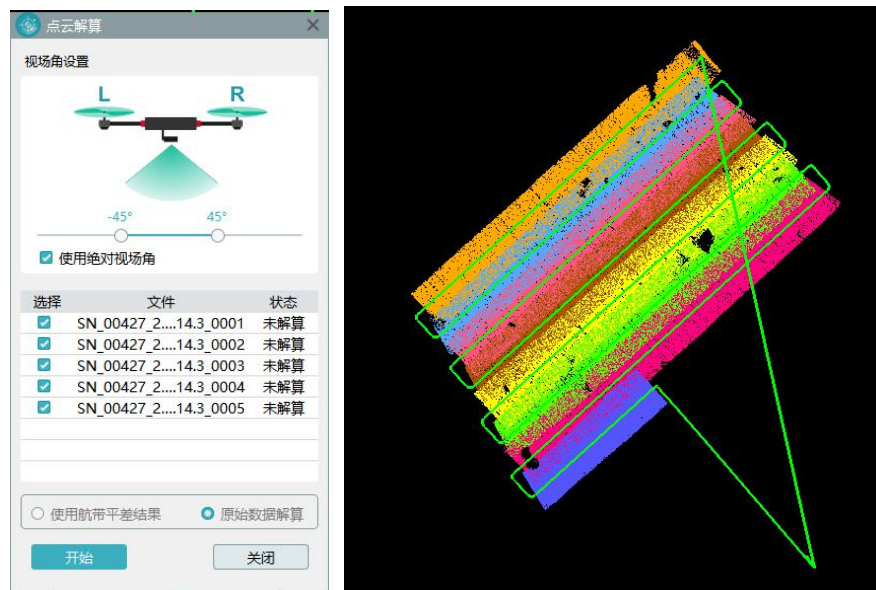


图 点云解算设置

5.3 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。

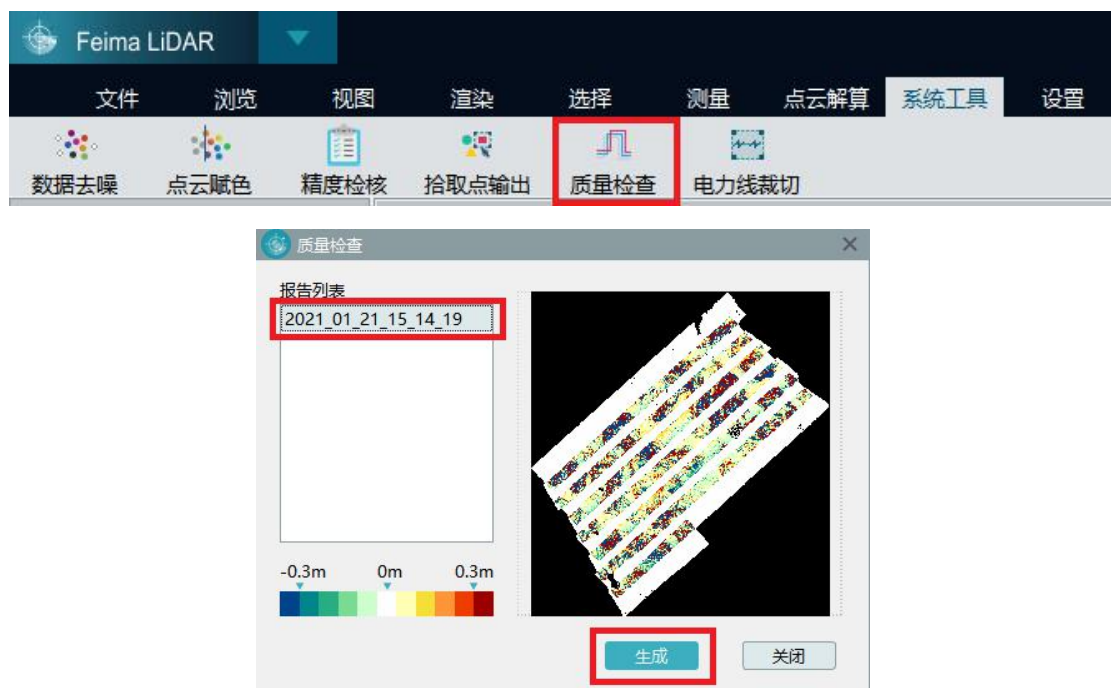


图 质量检查

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。

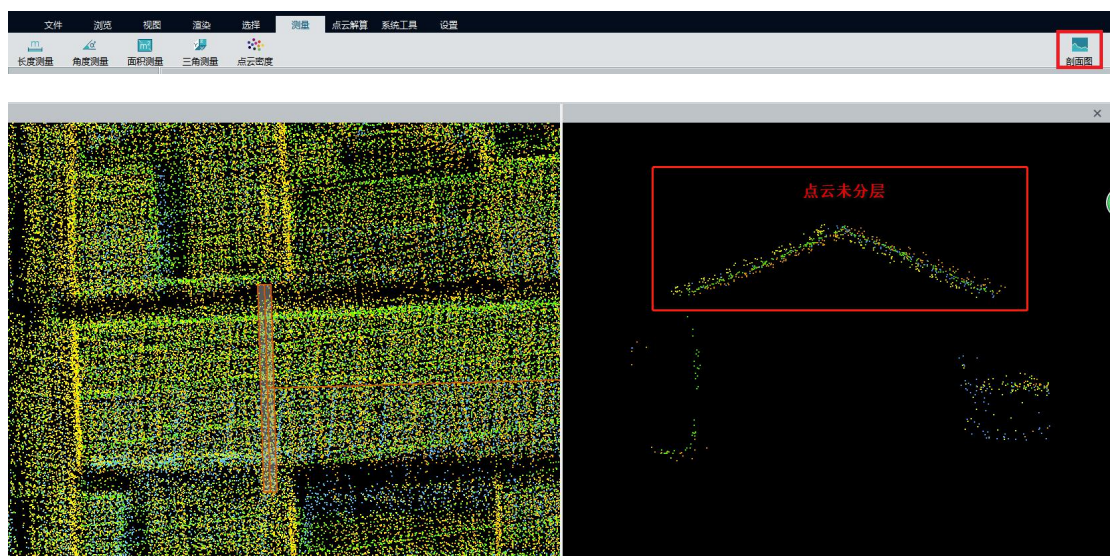


图 点云未分层情况

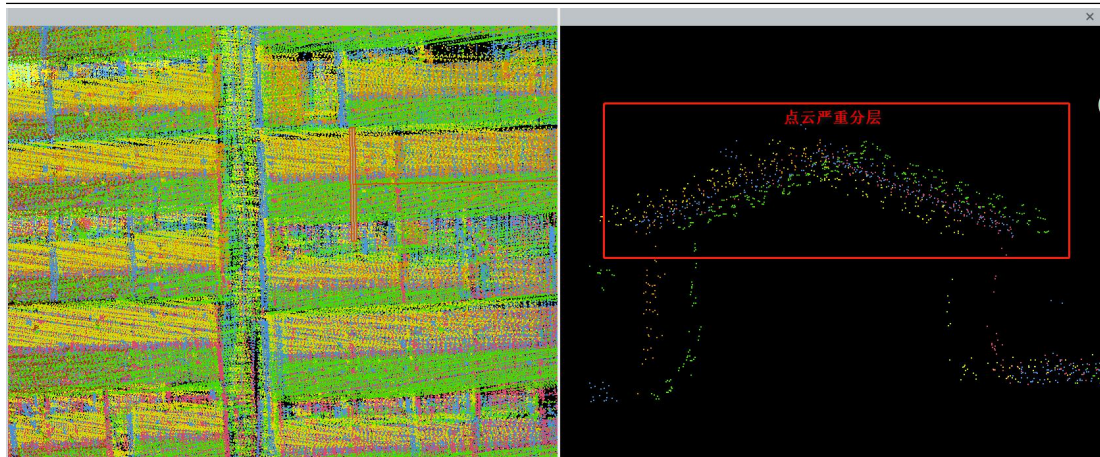


图 点云分层情况

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。

5.4 航带平差

航带平差可以通过提取特征点对, 删除偏差较大的特征点对从而消除相邻点云数据在重叠区域的误差。

5.4.1 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, 完成特征点提取。





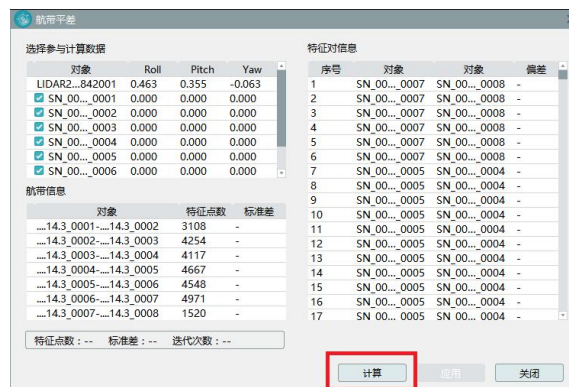
信息输出

[15:58:12] [项目管理]数据D:/test/Project/ResultData/FmiData/Lidar2000_00015_20201124-024818_0004.fmi加载成功！
[15:58:23] [导入数据] (5/6) Lidar2000_00015_20201124-024942_0005.fmi 添加完成！
[15:58:23] [项目管理]数据D:/test/Project/ResultData/FmiData/Lidar2000_00015_20201124-024942_0005.fmi加载成功！
[15:58:27] [导入数据] (6/6) Lidar2000_00015_20201124-025105_0006.fmi 添加完成！
[15:58:27] [项目管理]数据D:/test/Project/ResultData/FmiData/Lidar2000_00015_20201124-025105_0006.fmi加载成功！
[16:00:32] [项目管理]正在加载D:/20201124福州勘测院福清分院Lidar2000演示/SBET.OUT轨迹文件...
[16:00:32] [项目管理]轨迹文件D:/20201124福州勘测院福清分院Lidar2000演示/SBET.OUT加载完成！
[16:02:54] 提取特征点对11413个！

图 特征提取

5.4.2 航带平差

1) 完成特征提取，点击【点云解算】-【航带平差】，点击【计算】，将 5.4.1 节提取出来特征点进行配准，按【SHIFT+鼠标左键】选中特征对信息中开头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】，最后点击【应用】。



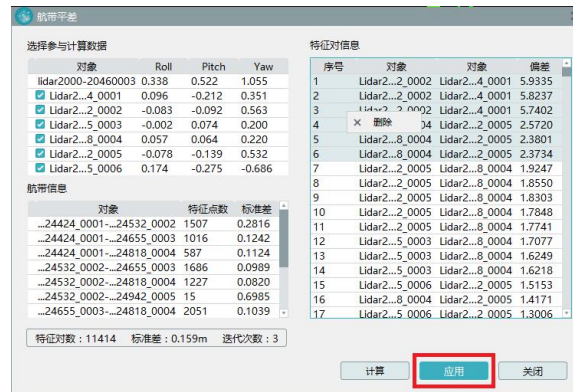


图 航带平差

2) 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。



图 重新解算点云

5.5 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。

5.5.1 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：

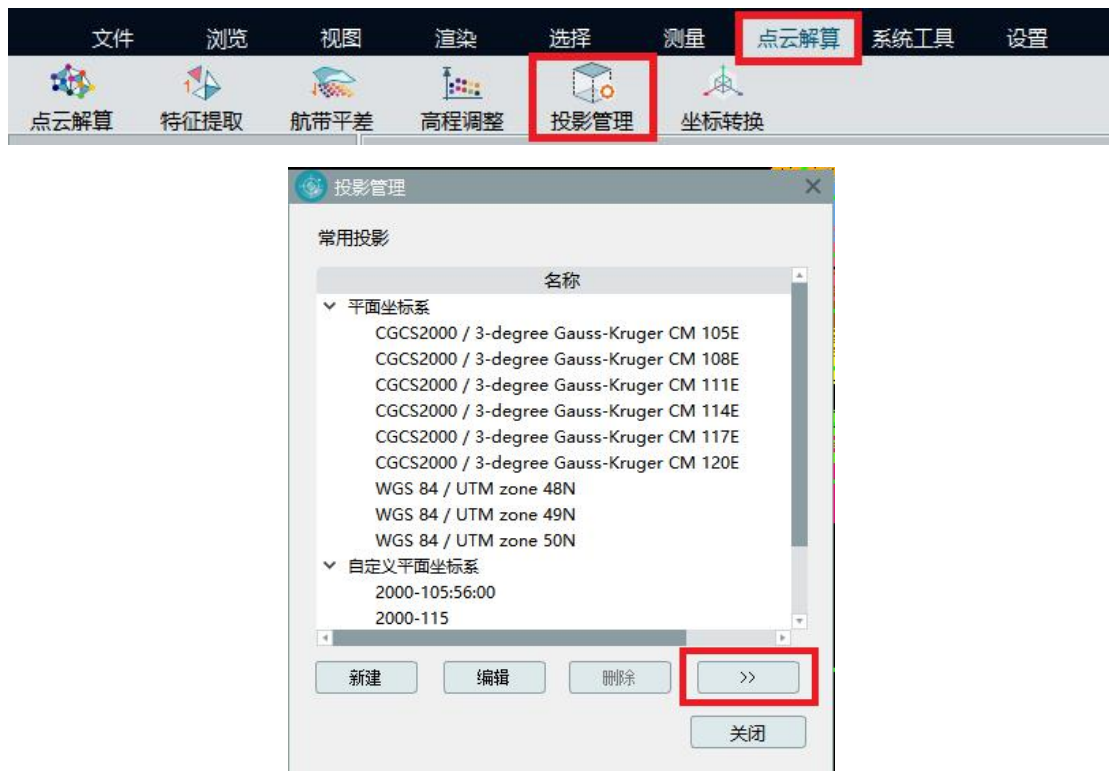


图 投影管理

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。

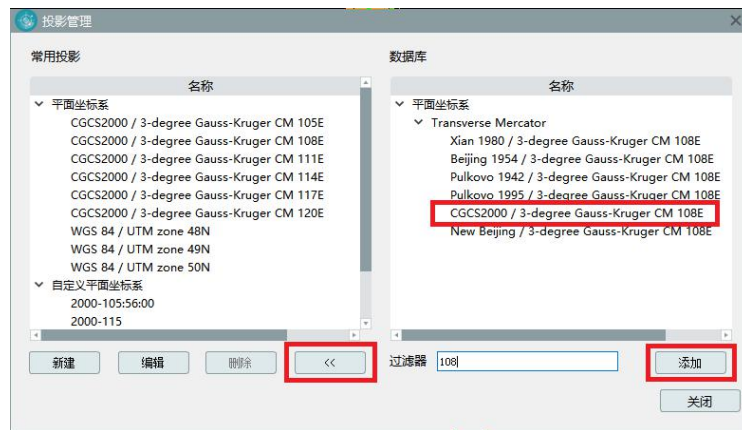


图 添加需使用到的投影系统

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：

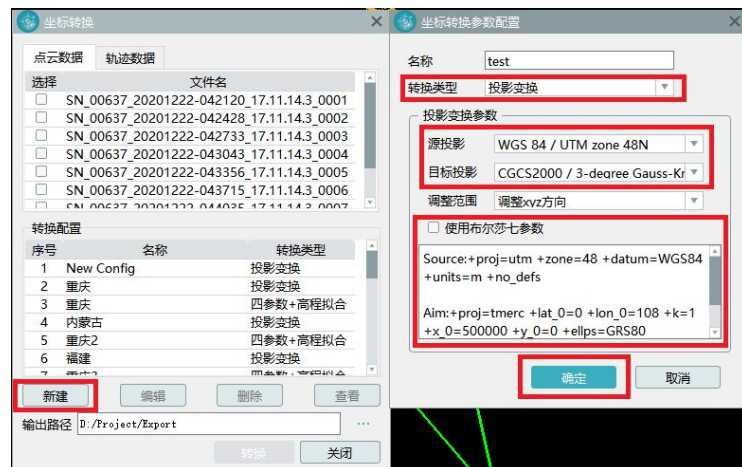


图 坐标转换设置

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。

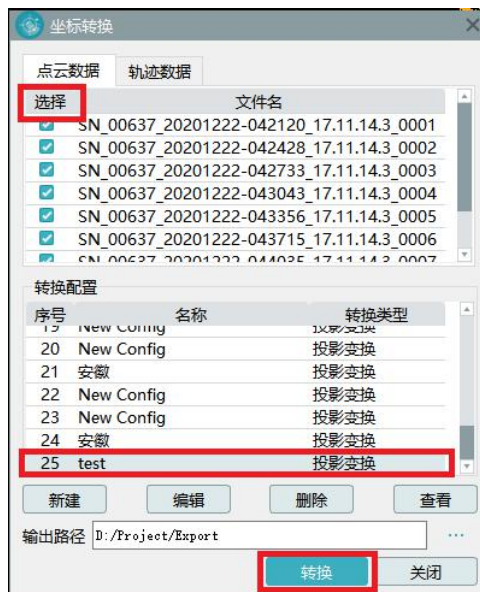


图 坐标转换

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

5.5.2 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。

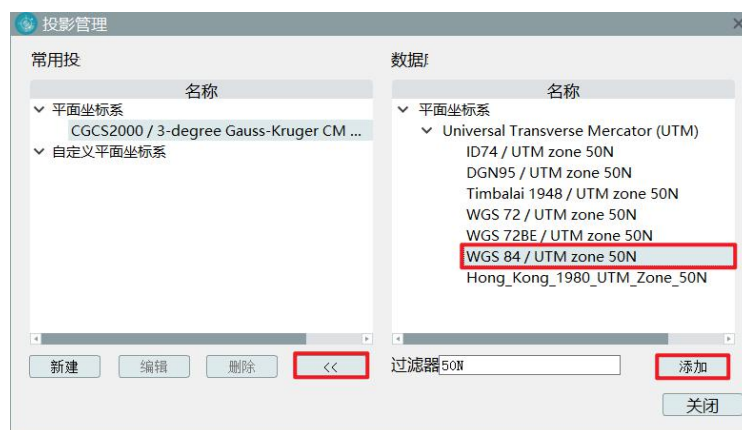


图 添加源投影系统

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。

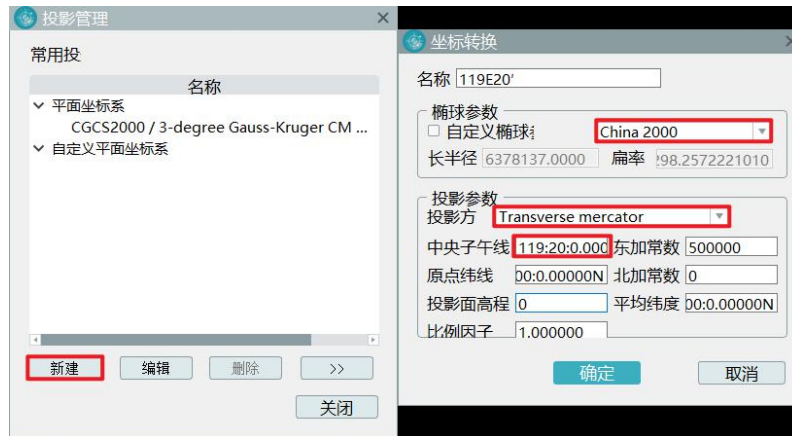


图 自定义平面坐标系统

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。

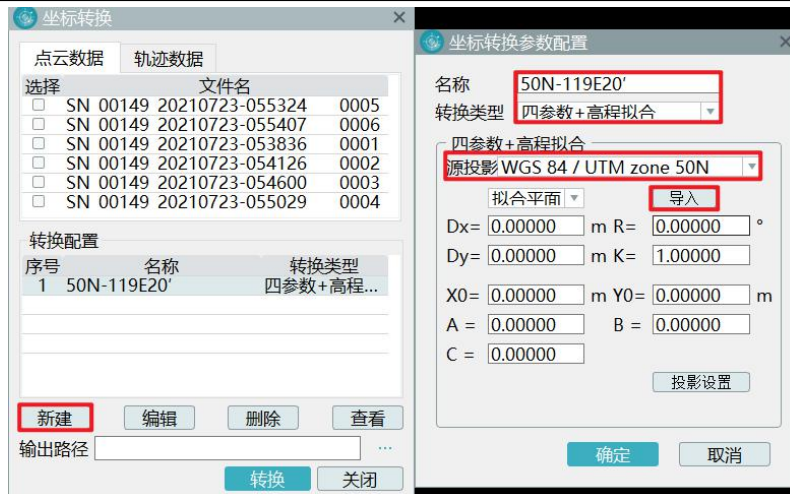


图 四参加拟合坐标转换设置

5) 点云及轨迹文件转换参照 5.5.1 节步骤 4 及步骤 5。

5.6 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【点云解算】-【高程调整】，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，可以通过系统工具下精度检核快速定位超限点，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。

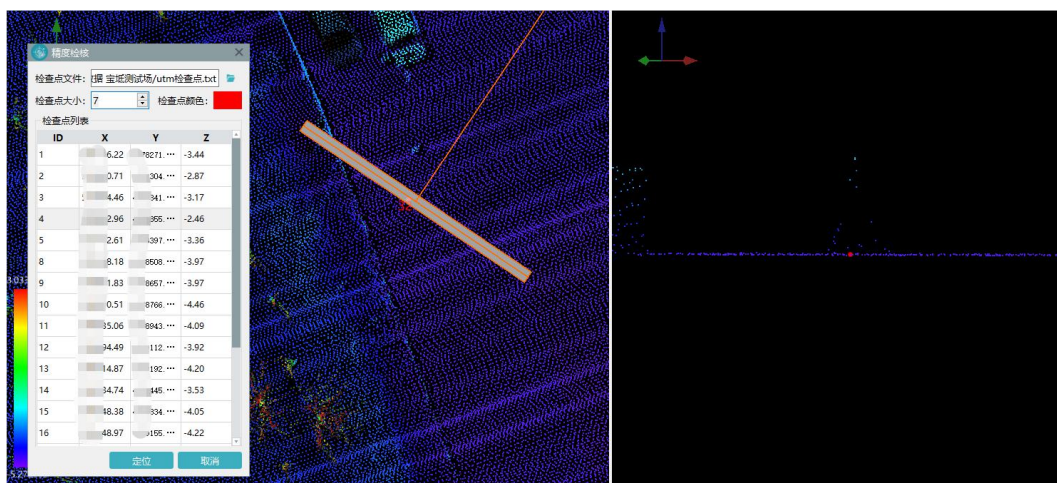
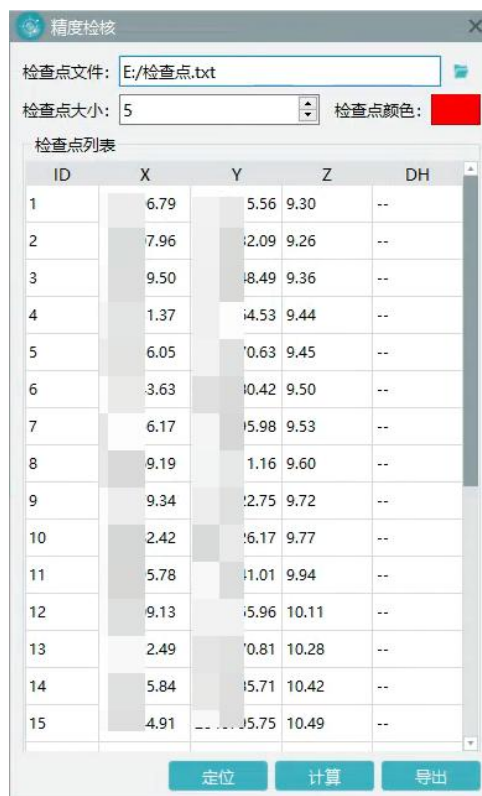


图 剖面检查

5.7 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，默认裁切则按照中线裁切后进行漏洞补充。



图 去冗余

去完冗余后可以在【系统工具】-【质量检查】中查看质量报告。

5.8 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像，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。

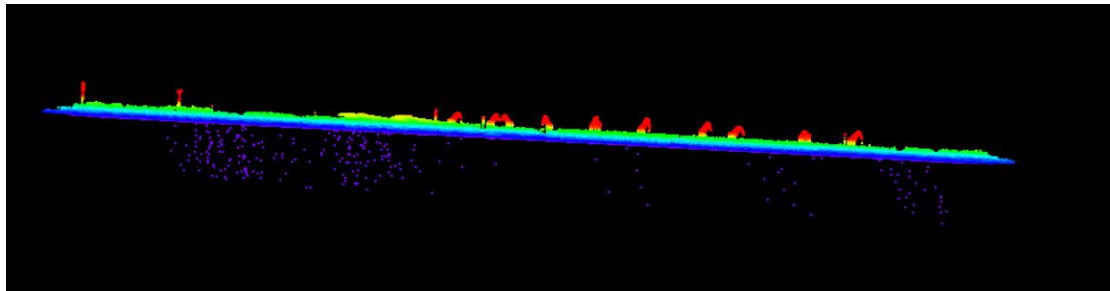


图 噪点

点击【智激光】-【系统工具】-【数据去噪】，其中参数设置方面建议邻域点数不要太大，标准差倍数不要太小，按照默认设置即可实现大部分噪点去除。



图 数据去噪

5.9 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，主要有三种形式可以实现点云赋色：

- 基于载荷相机——需要同时获取雷达和相机数据；
- 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）。

5.9.1 基于载荷相机进行点云赋色

- 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【载荷相机】。



图 点云赋色

- 2) 加载影像数据所在的目录和 IE 输出的 POS 文件，设置起始照片，选择“国外”转角系统，搜索范围通常设置为 1.2 倍航高，点击确定即可。

注：载荷相机赋色使用的 IE 输出 POS 文件和 4.7 节略有不同，基于载荷相机进行点云赋色使用的 POS 在 IE 输出时不用输入相机到 IMU 的偏心距参数和对应载荷的 Boresight angles 值。

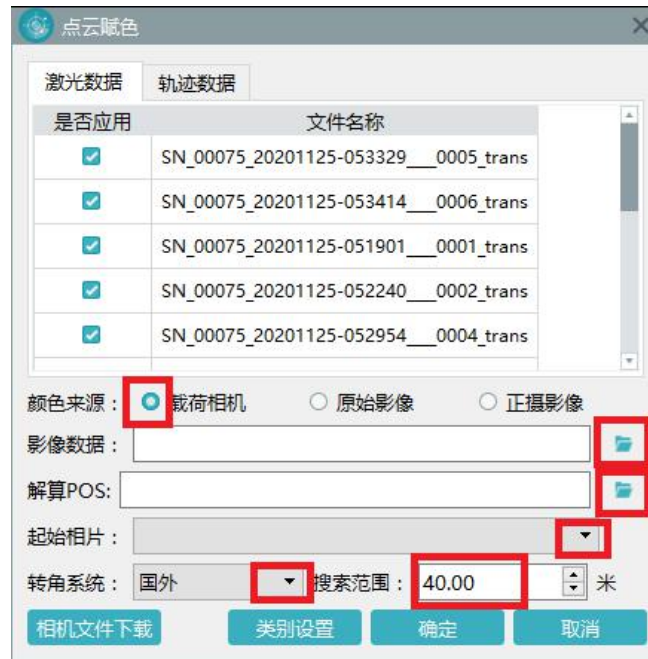


图 使用载荷相机赋色

5.9.2 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【原始影像】。



图 点云赋色

2) 加载【影像数据】所在的目录、【相机参数】文件和【空三 POS】文件，【搜索范围】通常设置为 1.2 倍航高（默认即可），【转角系统】根据 POS 文件选

择。IE 输出的 POS 文件，转角系统选择“国外”，管家输出的 POS 文件，转角系统和输出设置保持一致。点击【确定】，执行点云赋色。



图 基于原始影像进行点云赋色

5.9.3 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。

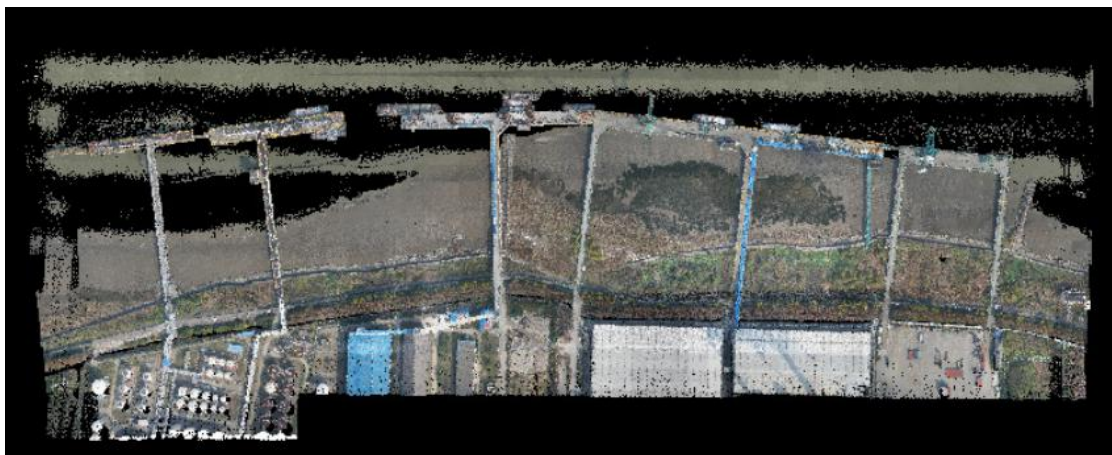


图 点云赋色

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。

5.10 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。

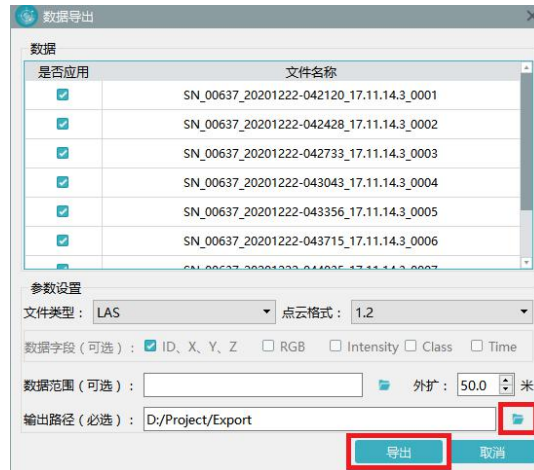


图 点云输出

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。

5.11 多架次数据处理思路

1) 首先对单架次数据进行处理：新建工程，点云解算，质量检查，若分层则进行航带平差直到航带间无分层。

2) 对多架次数据进行处理：新建工程，导入步骤 1 生成的点云.fmi 及轨迹文件进行质量检查，若分层则进行多架次航带平差，不分层则进行步骤 4 的操作。

注：数据量大会造成卡顿，推荐加入 4 个架次以下的点云进行多架次平差。

3) 如果数据较多，涉及到分区的数据（多架次数据进行的分区）：加入区块接边处的点云.fmi 及轨迹文件进行质量检查，若分层则将区块接边架次进行航带平差，并检查平差后相邻区块质量，不分层则进行步骤 4 的操作。

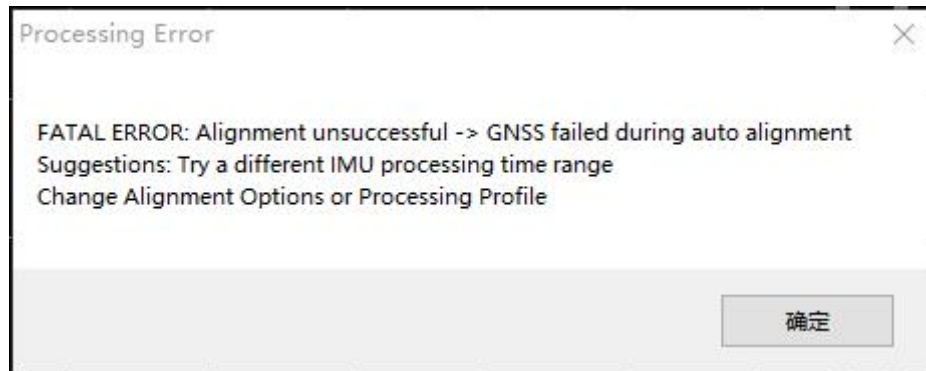
4) 以多架次\区块为单元进行后续的去冗余、坐标转换、精度检查、导出标准点云或点云编辑等步骤。

6.常见问题

Q: 是否可以采用网络基站作业?

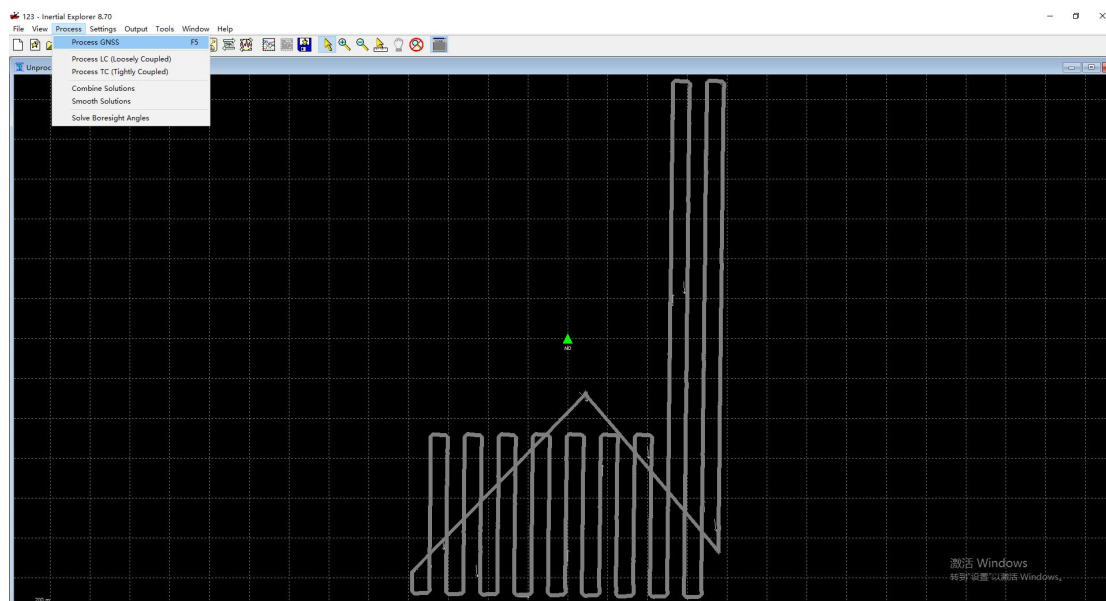
A: 可以, 只需要开通飞马网络基站服务, 收费标准咨询售后。

Q: IE 进行紧耦合差分解算时候出现如下提示, 怎么办?

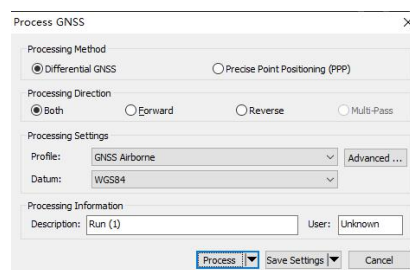


A: 出现此问题的原因可能是起飞降落后受到干扰, 解决方法如下:

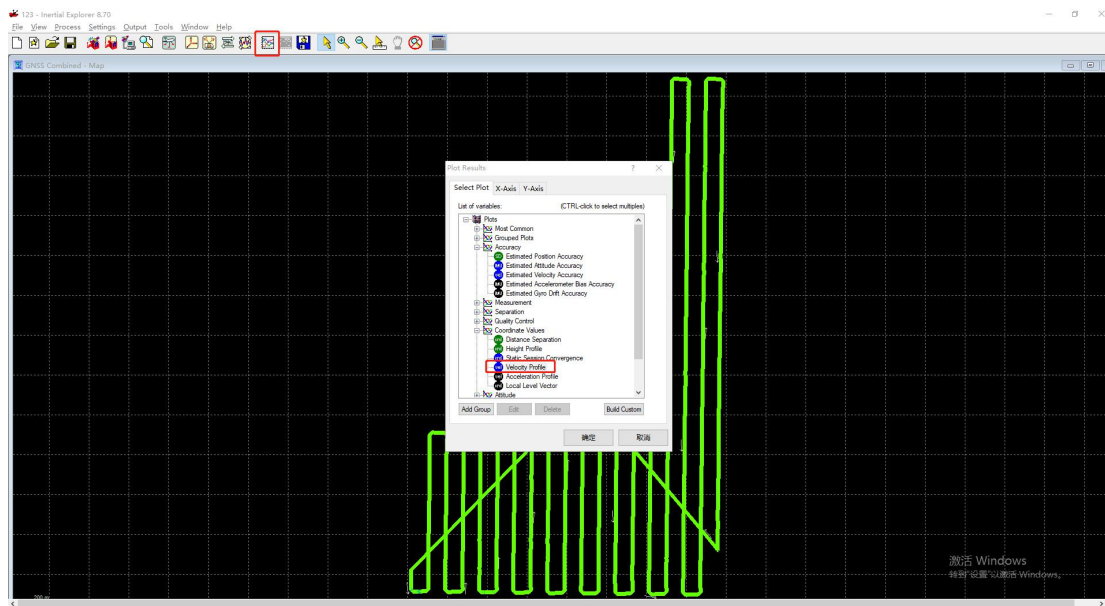
1) 添加完基站、流动站、imu 数据后选择【Process】-【Process GNSS】。



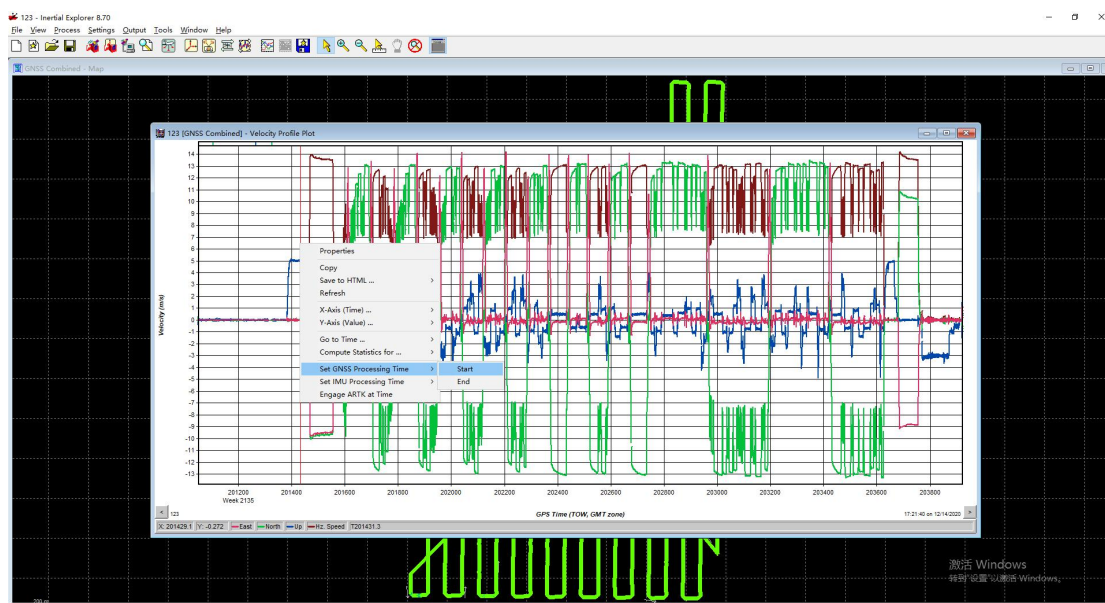
2) 按照默认设置点击【Process】开始处理, 中途出现提示点击【Continue】。



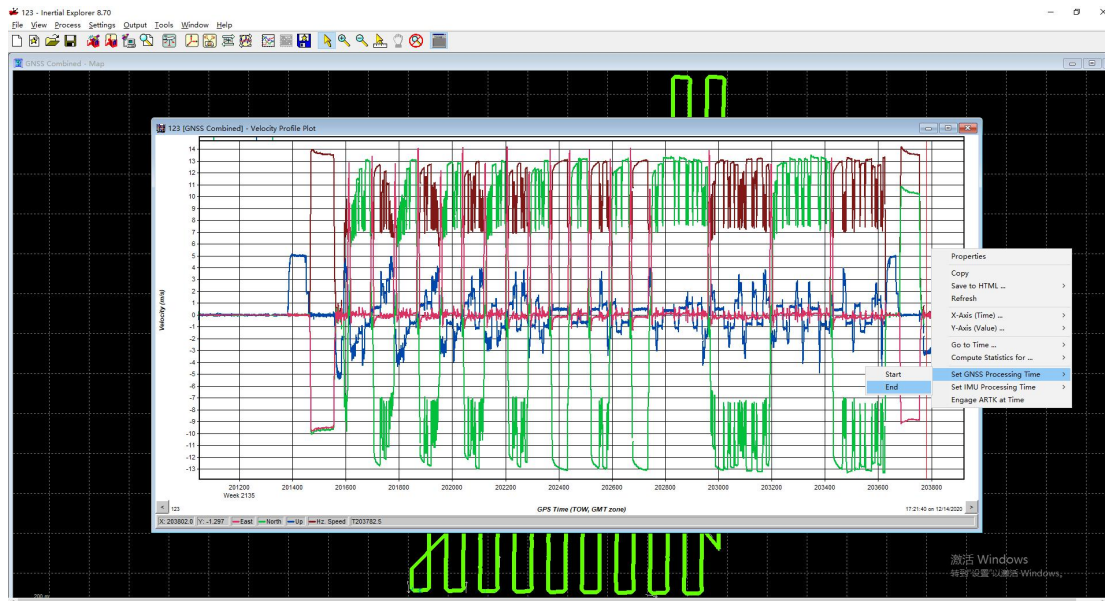
3) 处理完成后选择【Plot Results】-【Velocity Profile】。



4) 鼠标左键点击起飞时刻区域，出现红线，然后右键【Set GNSS Processing Time】-【Start】，设为起点。



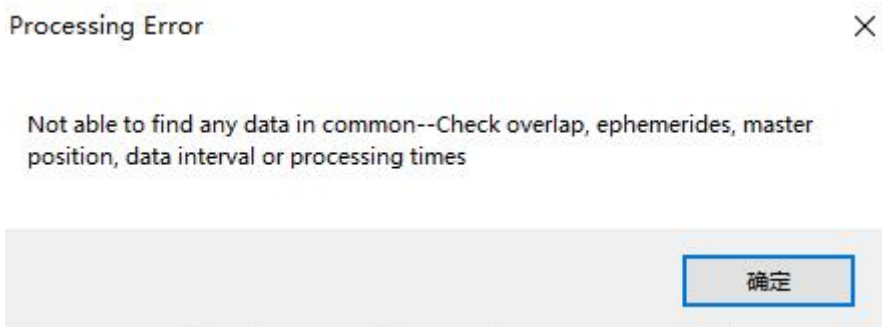
5) 鼠标右键点击降落时刻区域，出现红线，然后右键【Set GNSS Processing Time】-【End】，设为终点。



一般依据蓝线进行判断，不要求太精确，只要不多去即可。

6) 点击【Process】-【Process Tightly Coupled】，开始正常解算。

Q: IE 进行紧耦合差分解算时候出现如下提示，怎么办？

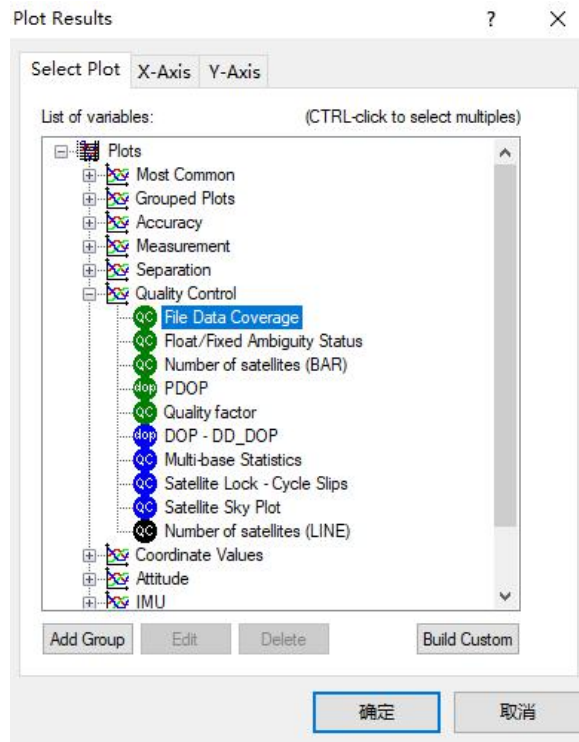


A: 出现此问题的原因可能是基站、流动站、IMU 时间不匹配，解决方法如下：

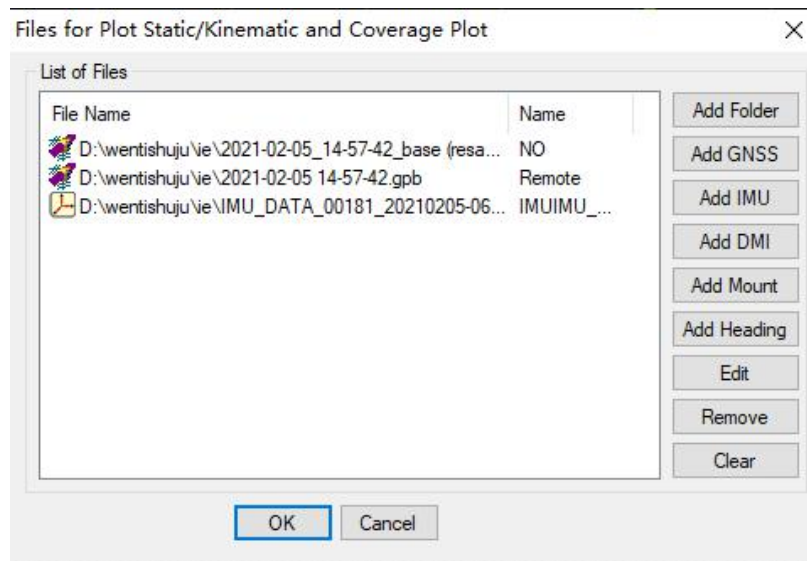
1) 添加完基站、流动站、imu 数据后，点击上方工具栏中的【Plot Results】



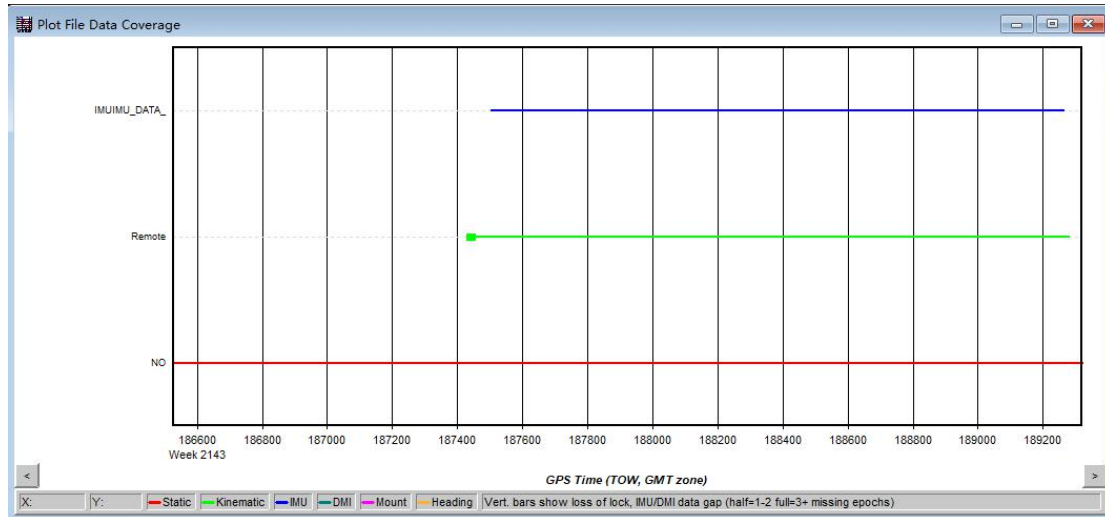
2) 打开【quality control】-【file data coverage】



3) 点击【OK】，查看基站、流动站和 IMU 时间范围



4) 图中红线为基站数据，绿线为流动站数据，蓝线为 IMU 数据。正常情况下三者具有重叠时段，流动站和 IMU 数据时间近似，基站数据时间较长。如果三者不存在重叠时段，请检查导入数据是否为同一架次；如果确定是同一架次但数据记录不全，请反馈售后。



Q:做完航带平差后，依旧存在分层的情况怎么办？

A: 可以进行去冗余操作，去冗余可以减少数据量，提高整体精度。

Q: 我有控制点能否对点云进行纠正？

A: 不行。

Q: 点云精度误差比较大是什么原因？

A: 点云的精度是否存在系统性误差，如果是，请确定检查点和点云的是否是同一套高程基准，如果不是，可以拉剖面查看具体点位误差情况判断。