

PRIDE PPP-AR II 软件使用教程

武汉大学卫星导航定位技术研究中心

二〇二一年五月二十一日

概述

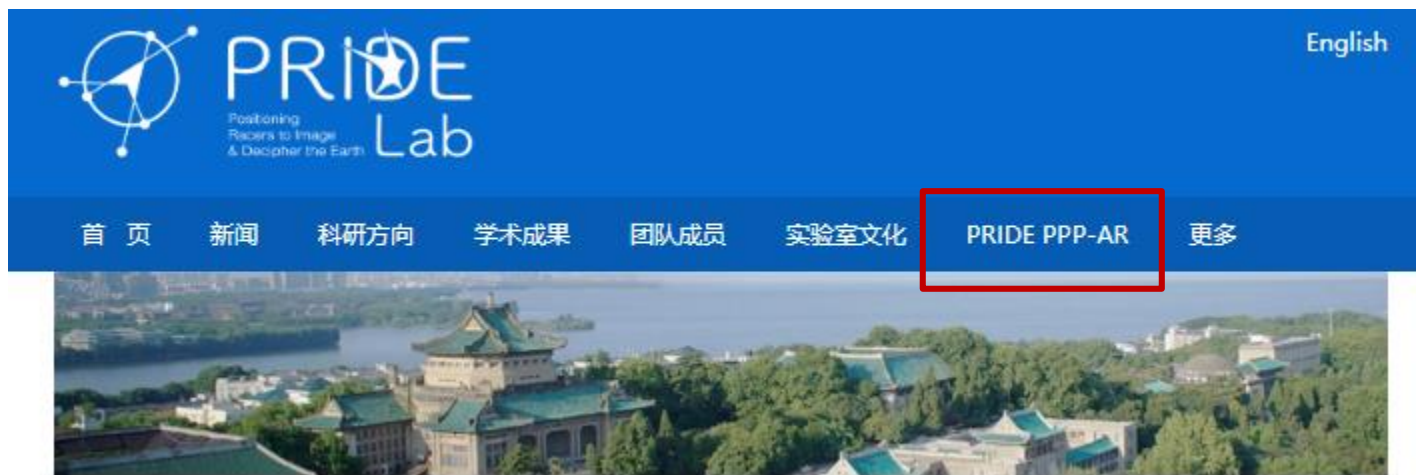
□ PRIDE PPP-AR II

- 支持GPS、GLONASS、Galileo、BDS-2/3和QZSS
- 可处理高达50HZ的GNSS高频数据
- 使用维也纳映射函数1/3 (VMF3) 和GPT3进行对流层建模
- 二阶电离层延迟改正
- 可应用于高动态移动平台，适用于航空摄影测量、船载重力测量等
- 接收机钟跳抑制
- 为早期研究人员提供的简单的Windows版本
- 可以使用1994年SA启用时的数据计算PPP浮点解
- 可以使用bias-SINEX格式的相位偏差来实现GPS/Galileo/BDS-2/3的PPP-AR (网址：<ftp://igs.gnsswhu.cn>)

概述

□ 下载链接

- <http://pride.whu.edu.cn/>



概述

□ 软件包的结构

- \src : 源代码
- \scripts : 脚本库
- \table : 表文件
- \bin : 可执行程序
- \doc : 用户手册、软件标志、使用教程
- \example : 算例
- \win : 简单Windows版本
- install.sh : 安装脚本
- ChangeLog : 版本更改说明

概述

□ 软件包的结构

● \src: 源代码

子目录	功能
\header	头文件
\lib	库函数
\orbit	sp3orb,mergesp3
\tedit	RINEX 文件预处理
\redig	残差编辑
\lsq	最小二乘平差
\arsig	模糊度固定
\utils	通用工具
\spp	标准单点定位
Makefile	Makefile

概述

□ 软件包的结构

- \scripts: 方便数据处理的脚本

子目录	功能
pride_pppar.sh	自动处理脚本（Linux系统）
pride_pppar_Mac.sh	自动处理脚本（Mac系统）

概述

□ 软件包的结构

● \table: 表文件

子目录	功能
oceanload	海洋潮汐载荷改正
gpt3_1.grd	提供精确气象参数的外部格网文件
orography_ell	支持VMF1进行高度改正
orography_ell_1x1	支持VMF3进行高度改正
file_name	PRIDE-PPPAR II的文件名定义

概述

□ 软件包的结构

● \bin: 可执行程序

子目录	功能
get_ctrl	提取控制参数
spp	标准单点定位
mergesp3	合并SP3(3个文件)为一个文件
sp3orb	将SP3转换为自定义二进制文件
tedit	预处理RINEX文件
lsq	最小二乘估计
redig	残差编辑
arsig	模糊度固定
xyz2enu	转换XYZ为ENU (绝对位置)
enucov	转换XYZ为ENU (协方差)

概述

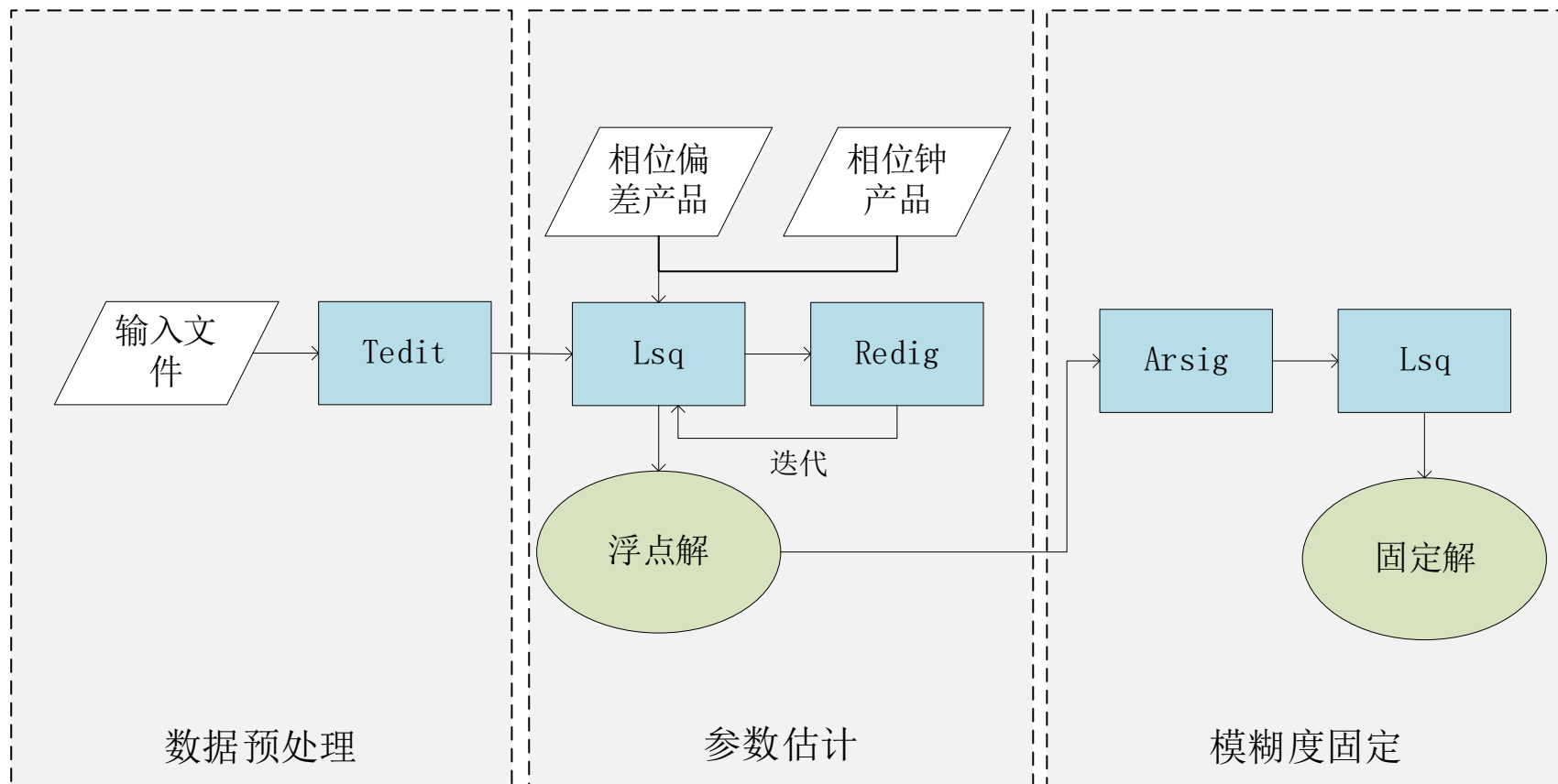
□ 软件包的结构

● \example: 算例

子目录	功能
test.sh	测试脚本（Linux系统）
test_Mac.sh	测试脚本（Mac系统）
\data	算例数据
config_template	配置文件模板
config_partial	用于生成完整文件的部分配置文件
\results_ref	算例的参考结果

概述

PRIDE PPP-AR II 程序架构



算例

□ 安装

- 安装之前确认已安装bash、gfortran (Mac用户将scsprits中的pride_pppar.sh改名为pride_pppar_Mac.sh)
- 运行./install.sh自动安装程序
- 重启终端



```
PRIDE-PPPAR 2 (v2.0) installation successfully completed!
:: executable binaries are copy to /home/sfeng/.PRIDE_PPPAR_BIN
:: /home/sfeng/.PRIDE_PPPAR_BIN added to PATH
```

- 注意: 软件将会安装在 `${HOME}/PRIDE_PPPAR_BIN/`目录下

算例

□ 验证

- 安装完成后进入example目录
- 运行./test.sh (Mac用户运行./test_Mac.sh)

```
(1) static float
==> CheckExecutables...
==> CheckExecutables done
:: Processing date range: 2020 01 01 <==> 2020 01 01
:: Control file: /home/sfeng/work/pride_pppar_v2.0/example/config.7I08QVnLvi
:: AR switch: N
==> ProcessSingleDay 2020 001...
==> CopyTables...
==> CopyTables done
==> PrepareProducts...
:: Prepare IGS ATX product: igs14_2082.atx ...
:: Prepare IGS ATX product: igs14_2082.atx done
```

算例

□ 验证

- 对比结果

算例	内容
static PPP	静态模式，PPP浮点解
static PPP-AR	静态模式，PPP固定解
kinematic PPP	动态模式，PPP浮点解
kinematic PPP-AR	动态模式，PPP固定解
kinematic PPP (1 hour)	动态模式，PPP浮点解
kinematic PPP-AR LAMBDA (1 hour)	动态模式，PPP固定解，使用LAMBDA方法
high-dynamic PPP	高动态模式，PPP浮点解

示例：参数配置

□ 项目设置

- 假定数据处理的项目目录为PROJ_DIR，table 文件位于 TABLE_DIR
- 数据: $\text{\${PROJ_DIR}}/\text{data}/2020/001/\text{下存放}$
- 精密产品: $\text{\${PROJ_DIR}}/\text{product}/\text{下存放}$

□ 数据处理流程

1. 打开终端进入PROJ_DIR目录
2. 拷贝配置文件config_template到目录 $\text{\${PROJ_DIR}}/\text{config}$ 并且编辑
3. 提交命令 *'pride_pppar config 20200101 20200101 Y'*
4. 运行完成后，结果文件会保存在 $\text{\${PROJ_DIR}}/2020/001/\text{目录下}$

示例：参数配置

□ 精密产品

文件名	内容
SP3 (satellite orbit)	WUM/COD 轨道
ERP (earth rotation parameters)	WUM/COD 地球自转参数
CLK (satellite clock)	相位钟 ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/whu/phasebias/
BIA (phase bias)	相位偏差 ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/whu/phasebias/
DCB (differential code bias)	CODE P1C1 & P2C2 改正
其它	电离层格网文件 & 对流层格网文件

- 注：下载的产品文件存放在 $\${PROJ_DIR}/product/$ 目录。改变 $\${HOME}/.PRIDE_PPPAR_BIN/pride_pppar$ 中 'USECACHE' 为 'YES' 使用这些文件

示例：参数配置

```
## Session config
# User should modify this part configuration to suit their own directory
Interval = 30
Session time    = -YYYY- -MM- -DD- 00 00 00 86360
Rinex directory = /home/username/path-to-data/-YEAR-/-DOY-/
Sp3 directory    = /home/username/path-to-product/product/
Table directory  = /home/username/path-to-table/table/
```

- 由‘-’围住的字符为占位符，在批处理脚本中使用
- **Interval** 指定数据处理采样率
- **Session time** 指定数据处理开始时间以及处理时长
- **Rinex directory** = \${PROJ_DIR}/data/-YEAR-/-DOY-/
- **Sp3 directory** = \${PROJ_DIR}/product/
- **Table directory** = \${TABLE_DIR}
- 其他部分保留默认值即可

示例：参数配置

```
## strategies
Strict editing   = YES
Remove bias      = YES
ZTD model        = PWC:60
HTG model        = PWC:720
Iono 2nd         = NO
```

- **Strict editing:** 如果使用高动态数据（质量较差），则改为NO && 默认为YES，使用严格残差编辑
- **Remove bias:** 如果模糊度固定方法为LAMBDA则改为NO && 默认为YES，使用取整策略
- **ZTD model:** 对流层估计
 - PWC: 分段常值估计, 60: 1 小时
 - STO: 逐历元估计
- **HTG model:** 对流层水平梯度
 - PWC && STO
- **Iono 2nd:** 改正二阶电离层延迟项
 - YES && NO

示例：参数配置

```
## ambiguity fixing options
Ambiguity fixing      = ROUNDING
Ambiguity duration    = 600
Cutoff elevation      = 15
Widelane decision     = 0.20 0.15 1000.
Narrowlane decision  = 0.15 0.15 1000.
Critical search       = 2 4 1.8 3.0
```

- **Ambiguity fixing:** 如果模糊度固定方法为LAMBDA则改为LAMBDA && 默认为FIX，使用取整策略
- **Ambiguity duration:** 模糊度固定时的最小观测时长（秒）
- **Cutoff elevation:** 模糊度固定时的截止高度角（°）
- **Widelane decision:**
 - 宽巷（周）：deriation (0.20), sigma (0.15)
- **Narrowlane decision:**
 - 窄巷（周）：deriation (0.15), sigma (0.15)
- **Critical search:** threshold values in LAMBDA method
 - Ratio值: 默认为3.0

示例：参数配置

```
# Insert # at the begining of individual GNSS PRN means not to use this satellite

## Satellite list
+GNSS satellites
*PN
G01
G02
# User can add more station in the following table. Stations will be processed one by one.
# Available positioning mode: S -- static
#                               K -- kinematic
# Available mapping function: NIE -- Niell Mapping Function (NMF)
#                               GMF -- Global Mapping Function
#                               VM1 -- Vienna Mapping Function (VMF1)
#                               VM3 -- Vienna Mapping Function (VMF3)
# Other arguments can be kept.

## Station list
+Station used
*NAME TP MAP CLKm EV ZTDm PoDm HTGm PoDm RAGm PHSc PoXEm PoYNm PoZHm
abmf K VM1 9000 7 0.20 .020 .005 .002 3.00 .006 10.00 10.00 10.00
-Station used
```

- 用户可自主选择使用的卫星（G01）及测站（abmf）
- **TP**指定定位模式（S/K）
- **MAP**指定对流层映射函数（NIE/GMF/VM1/VM3）
- **EV**指定截止高度角
- 其他部分保留默认值即可

实例1：超高采样率数据参数配置

◆ PRIDE PPP-AR II 可以处理超高采样率数据 (最高可处理50 Hz)，具体处理策略如下：

- 超高采样率数据经常不足24小时，因此使用LAMBDA模糊度固定方法
- **Interval**: 改为实际的采样率，最小可为**0.02**
- **Ambiguity fixing**: 改为**LAMBDA**
- **Remove bias**: 改为**NO**

实例2：高动态数据参数配置

◆ PRIDE PPP-AR II 可以处理高动态率数据 (像航空摄影测量、船载重力测量等)，具体处理策略如下：

- 高动态数据一般观测质量较差，应该使用松弛编辑模式
- **Interval**: 改为实际的采样率，最小可为**0.02**
- **Strict editing**: 改为**NO**对残差进行松弛编辑
- **ZTD model**: 改为**STO**进行逐历元估计
- **HTG model**: 改为**STO**进行逐历元估计
- **Ambiguity fixing**: 改为**LAMBDA**
- **Remove bias**: 改为**NO**

示例：脚本执行步骤

□ PRIDE PPP-AR II 工作流程

1. 复制table文件至工作目录 $\text{\${PROJ_DIR}/2020/001/}$
2. 从FTP服务器下载精密产品至 $\text{\${PROJ_DIR}/product/}$
3. 逐站处理
 - 1) 准备初始坐标
 - 2) 数据预处理
 - 3) 根据后处理残差清理数据
 - 4) 参数解算（浮点解 & 固定解）

示例：脚本执行步骤

□ 数据预处理

- 作用: 探测周跳 & 移除不良观测值
- 模块: *spp & tedit*
- 输入: 观测文件、广播星历
- 输出: rhd (RINEX health diagnosis) 文件

示例：脚本执行步骤

□ 数据清理

- 作用: 根据后处理残差探测残留周跳 & 移除不良观测值
- 模块: *lsq* & *redig*
- 输入: *lsq* (RINEX 观测文件, rhd 文件, 全部 tables & products)
redig (通过 *lsq* 产生的残差文件)
- 输出: *lsq* (所有估计参数文件和残差文件)
redig (更新 rhd 文件)

示例：脚本执行步骤

□ 参数解算

- 作用: 使用最终的rhd文件估计测站位置 & 接收机钟差 & 天顶对流层延迟, 如果AR开关选择'Y'进行模糊度固定
 - 模块: *lsq* & *arsig*
 - 输入: *lsq* (RINEX 观测文件, 最终rhd 文件, 全部 tables & products)
arsig (*lsq* 生成的浮点模糊度文件)
 - 输出: *lsq* (所有估计参数文件和残差文件)
arsig (整周模糊度约束文件)
- 注：如果AR选项选择'Y'，会进行整周模糊度的约束，再次运行lsq得到固定解；
如果选择'N'，会得到浮点解

示例：结果文件

□ 浮点模糊度 (amb_20200001_abpo)

ABMF G01	2.228929	-24.213358	58849.000000000000	58849.2135416667	0.0410	0.0093	48.1
ABMF G07	5.667315	13.875125	58849.000000000000	58849.2194444444	0.0715	0.0073	41.3
ABMF G08	1.204019	-35.112866	58849.000000000000	58849.1663194444	0.0827	0.0149	31.0
ABMF G09	13.899596	1.802620	58849.000000000000	58849.1211805556	0.1050	0.0207	21.7
ABMF G11	-6.433162	-21.151552	58849.000000000000	58849.2177083333	0.0587	0.0085	47.5
ABMF G16	-2.498858	-38.105137	58849.000000000000	58849.0899305556	0.0829	0.0200	16.3
ABMF G23	13.337554	18.863965	58849.000000000000	58849.0916666667	0.0630	0.0167	23.1
ABMF G26	4.638351	-48.208791	58849.000000000000	58849.0270833333	0.0768	0.0662	9.9
ABMF G27	0.708097	-31.138136	58849.000000000000	58849.0711805556	0.0874	0.0235	22.4
ABMF E01	-17.554755	-51.344750	58849.000000000000	58849.2482638889	0.0298	0.0050	47.2
ABMF E04	0.509143	-5.395267	58849.000000000000	58849.0743055556	0.0526	0.0169	14.3
ABMF E19	2.345759	-9.496753	58849.000000000000	58849.0739583333	0.0929	0.0163	14.4
ABMF E21	4.743024	-50.382881	58849.000000000000	58849.1357638889	0.0472	0.0083	31.1
ABMF E26	-0.805732	-56.359926	58849.000000000000	58849.1527777778	0.0716	0.0086	39.3
ABMF E33	5.271478	-29.343154	58849.000000000000	58849.3572916667	0.0541	0.0056	40.1
ABMF C23	8.030809	5.363234	58849.000000000000	58849.0722222222	0.0538	0.0125	29.2
ABMF C27	10.557816	-31.787956	58849.000000000000	58849.2493055556	0.0705	0.0071	39.1
ABMF C28	-8.767085	-43.709035	58849.000000000000	58849.0888888889	0.0558	0.0136	29.2
ABMF C30	-12.991627	-39.716228	58849.000000000000	58849.3920138889	0.0929	0.0053	35.8
ABMF G22	40.150351	25.903952	58849.0020833333	58849.2350694444	0.0535	0.0111	25.7
ABMF E31	-3.814974	-12.326350	58849.0086805556	58849.3375000000	0.0533	0.0052	41.0
ABMF E12	-20.094264	-23.278140	58849.0225694444	58849.4920138889	0.0701	0.0045	36.5
ABMF G30	15.916349	4.809818	58849.0343750000	58849.2694444444	0.0557	0.0092	31.1
ABMF G17	-5.771935	1.845451	58849.0569444444	58849.4104166667	0.0549	0.0064	34.3



PRN

IF模糊度/WL模糊度

RMS(IF模
糊度/WL模
糊度)



有效时间
内的平均
高度角

示例：结果文件

□ 整周模糊度 (con_20200001_abpo)

Single-Difference Ambiguity Constraint													COMMENT		
SD													TYPE OF CONSTRAINT		
													END OF HEADER		
ABMF	G16	G27	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	1 42 30.000000	-7	19	0.000
ABMF	C23	C30	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	1 44 0.000000	45	-157	0.000
ABMF	C23	C28	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	1 44 0.000000	49	-182	0.000
ABMF	C27	C28	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	2 8 0.000000	12	-17	0.000
ABMF	G09	G16	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	2 9 30.000000	40	-112	0.000
ABMF	G17	G23	2020	1	1	1	22	0.000000	2020	1	1	2 12 0.000000	-17	26	0.000
ABMF	G03	G09	2020	1	1	1	50	0.000000	2020	1	1	2 54 30.000000	-18	30	0.000
ABMF	E21	E33	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	3 15 30.000000	-21	61	0.000
ABMF	E01	E21	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	3 15 30.000000	-1	-36	0.000
ABMF	E01	E26	2020	1	1	0	0	0.000000	2020	1	1	3 40 0.000000	5	-44	0.000
ABMF	G06	G08	2020	1	1	2	58	0.000000	2020	1	1	3 59 30.000000	33	-105	0.000
ABMF	G03	G08	2020	1	1	1	50	0.000000	2020	1	1	3 59 30.000000	19	-78	0.000
ABMF	G01	G19	2020	1	1	2	55	0.000000	2020	1	1	5 7 30.000000	-58	120	0.000
ABMF	G01	G30	2020	1	1	0	49	30.000000	2020	1	1	5 7 30.000000	-29	78	0.000



SD约束卫星

WL/NL 模糊度

示例：结果文件

□ 动态模式测站坐标 (kin_2020001_abpo)

Kinematic Trajectory		abmf			COMMENT
30.00					INTERVAL
					END OF HEADER
58849	0.00	2919785.795	-5383744.979	1774604.871	
58849	30.00	2919785.795	-5383744.983	1774604.873	
58849	60.00	2919785.794	-5383744.981	1774604.876	
58849	90.00	2919785.793	-5383744.981	1774604.872	
58849	120.00	2919785.798	-5383744.984	1774604.874	
58849	150.00	2919785.796	-5383744.979	1774604.872	
58849	180.00	2919785.790	-5383744.971	1774604.868	
58849	210.00	2919785.791	-5383744.971	1774604.868	
58849	240.00	2919785.792	-5383744.972	1774604.867	
58849	270.00	2919785.794	-5383744.969	1774604.864	
58849	300.00	2919785.795	-5383744.970	1774604.864	
58849	330.00	2919785.794	-5383744.973	1774604.870	
58849	360.00	2919785.796	-5383744.975	1774604.870	
58849	390.00	2919785.796	-5383744.973	1774604.870	
58849	420.00	2919785.797	-5383744.974	1774604.870	
58849	450.00	2919785.796	-5383744.971	1774604.870	
58849	480.00	2919785.794	-5383744.967	1774604.868	
58849	510.00	2919785.797	-5383744.972	1774604.870	
58849	540.00	2919785.799	-5383744.975	1774604.870	
58849	570.00	2919785.796	-5383744.971	1774604.869	
58849	600.00	2919785.796	-5383744.972	1774604.871	

测站坐标(单位：米)

◆ 注：运行xyz2enu可得到enu值(以xyz均值作为参考)

示例：结果文件

□ 静态模式测站坐标 (pos_2020001_abpo)

```
ABMF 58849.4998 2919785.7889 -5383744.9552 1774604.8574 0.52895575622475E-07 0.14573360746030E-06 0.22942017934127E-07  
-0.74031660494576E-07 0.23278087007773E-07 -0.43545633687323E-07 0.80189911208190E+00 66747
```

- 第一列：站名
- 第二列：参考时间 (mjd)
- 第三-五列：坐标值 (单位：米)
- 第六-八列：X/Y/Z的方差
- 第九-十一列：XY/XZ/YZ的协方差
- 第十二列：单位权中误差 (单位：米)
- 第十三列：计算坐标所用观测值数

示例：结果文件

□ 接收机钟差 (rck_2020001_abpo)

Receiver Clock							COMMENT
30.00							INTERVAL
							END OF HEADER
ABMF	2020	1	1	0	0	0.000000	-13726.960102 1.252826
ABMF	2020	1	1	0	0	30.000000	-13726.960102 2.408224
ABMF	2020	1	1	0	1	0.000000	-13726.960102 2.229607
ABMF	2020	1	1	0	1	30.000000	-13726.960102 2.539391
ABMF	2020	1	1	0	2	0.000000	-13726.960102 0.809248
ABMF	2020	1	1	0	2	30.000000	-13726.960102 0.918386
ABMF	2020	1	1	0	3	0.000000	-13726.960102 1.476299
ABMF	2020	1	1	0	3	30.000000	-13726.960102 1.383333
ABMF	2020	1	1	0	4	0.000000	-13726.960102 1.212336
ABMF	2020	1	1	0	4	30.000000	-13726.960102 2.259829
ABMF	2020	1	1	0	5	0.000000	-13726.960102 1.048810
ABMF	2020	1	1	0	5	30.000000	-13726.960102 1.251797
ABMF	2020	1	1	0	6	0.000000	-13726.960102 1.195303
ABMF	2020	1	1	0	6	30.000000	-13726.960102 1.295761
ABMF	2020	1	1	0	7	0.000000	-13726.960102 1.839331
ABMF	2020	1	1	0	7	30.000000	-13726.960102 1.080199
ABMF	2020	1	1	0	8	0.000000	-13726.960102 1.475932

- 文件头：注释
- 数据行：测站名、历元、接收机钟差初始值与改正值

◆ 注：GPS/GLONASS/Galileo/BDS/QZSS各系统分别估计对应的接收机钟差
(文件名为rc+g/r/e/c/j)

示例：结果文件

□ 观测值残差 (res_2020001_abpo)

```
Residuals
      85
    11644    133513
      0.779
ABMF
G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10 G11 G12 G13 G14 G15
G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25 G26 G27 G28 G29 G30
G31 G32 E01 E02 E03 E04 E05 E07 E08 E09 E11 E12 E14 E18 E19
E21 E24 E25 E26 E27 E30 E31 E33 E36 C01 C02 C03 C04 C05 C06
C07 C08 C09 C10 C11 C12 C13 C14 C16 C19 C20 C21 C22 C23 C24
C25 C26 C27 C28 C29 C30 C33 C34 C35 C36
      30.00      LCPC
    2020 1 1 0 0 0.0000000 86280.00
    2020 1 1 0 0 0.0000000 86300.00
COMMENT
# OF SIT / SAT
# OF UNKNOWN / OBS
WEIGHTED SIGMA (CYCLE)
STATION LIST
SATELLITE LIST
SATELLITE LIST
SATELLITE LIST
SATELLITE LIST
SATELLITE LIST
SATELLITE LIST
INT / OBS TYPE
RES TIME BEG/LEN
CONFIG TIME BEG/LEN
END OF HEADER
TIM 2020 1 1 23 58 0.0000000 58849 86280.00
1 83 0.045 -2.678 0.17927954D+04 0.26446719D-03 0 10.349 36.358
1 79 -0.002 0.061 0.13888889D+05 0.20488425D-02 0 61.629 -134.778
1 76 0.002 -0.352 0.13888889D+05 0.20488425D-02 0 48.795 92.213
1 74 -0.005 -0.850 0.13888889D+05 0.20488425D-02 0 53.538 -1.504
1 65 -0.000 2.308 0.13888889D+05 0.20488425D-02 0 34.701 32.531
1 51 -0.006 0.301 0.13888889D+05 0.20117601D-02 0 45.287 31.035
1 50 0.006 -0.045 0.11326529D+05 0.16406107D-02 0 26.842 -32.709
1 39 -0.008 0.873 0.41025402D+04 0.59423952D-03 0 15.768 -174.501
1 38 -0.004 -0.660 0.11691089D+05 0.16934160D-02 0 27.306 -121.921
1 34 0.013 0.128 0.67735938D+04 0.98113289D-03 0 20.437 86.237
1 31 0.088 -1.404 0.93034336D+03 0.13475719D-03 0 7.435 134.228
```

- 历元
- 测站号、卫星号、相位/伪距残差及相应STD、数据状态标识、卫星高度角及方位角

示例：结果文件

□ RINEX质量检验 (rhd_2020001_abpo)

```
Rinex Health Diagnose      ABMF      COMMENT
      30.00      30.00
      28      103      1      INT AMB/DEL
      66615      14285      252      AMB MAX/TOT/NEW
      EPO AVA/REM/NEW
      END OF HEADER

TIM 2020  1  1  0  0  0.00000000
G01      2020  1  1  5  7  30.00000000 AMB
G03      DEL_LOW ELEVATION
G07      2020  1  1  5  16  0.00000000 AMB
G08      2020  1  1  3  59  30.00000000 AMB
G09      2020  1  1  2  54  30.00000000 AMB
G11      2020  1  1  5  13  30.00000000 AMB
G16      2020  1  1  2  9  30.00000000 AMB
```

- 文件头：注释
- 数据行：卫星号、结束时间、“AMB”表示加入新的模糊度参数、“DEL”表示删除

示例 —— 结果文件

□ 单颗卫星相位残差 (stt_2020001_abpo)

```
+RMS OF RESIDUALS---PHASE(MM)
NAME SUMM G01G02G03G04G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17G18G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30
ABMF 16 12 10 21 0 10 15 16 15 18 12 12 17 12 14 14 10 10 0 17 21 16 19 13 14 16 19 11 12 15 19
NAME SUMM G01G02G03G04G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17G18G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30
-RMS OF RESIDUALS---PHASE(MM)
+TIME SERIES OF RESIDUALS---PHASE(MM)
ABMF G01G02G03G04G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17G18G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30G31G
1 9 -11 6-15 1 0 2 4 1
2 14 -11 5-17 2 -2 -2 20 2
3 16 -14 6-17 1 -1 0 17 0
4 11 -16 8-16 5 -2 -2 21 0
5 14 -6 6-17 4 -1 -4 11 -1
6 11 -9 10-13 4 -4 -5 7 0
7 9 -18 11-10 5 2 -30 -4 -10 2
8 10 -18 11-11 7 -2 -25 -5 -14 3
9 4 -11 9 -6 7 -1 -17 -6 -19 2
10 2 -3 8 -4 7 -9 -22 -5 -13 3
11 -1 -11 8 -3 7 -5 -23 -4 -3 4
12 3 -18 6 -2 5 -5 -16 -2 7 3
13 6 -16 3 -2 6 -9 -17 1 2 2
14 9 -12 3 -2 4 -14 -12 1 10 0
15 6 -6 2 3 3 -17 -6 -1 9 -1
16 4 -9 1 1 7 -19 -2 2 14 0
17 8 -13 1 -1 10 -15 -7 -1 3 0
18 3 -11 3 -1 8 -12 -10 0 -2 1
```

- 由相位残差RMS(单位：mm)与残差时间序列(单位：mm)组成

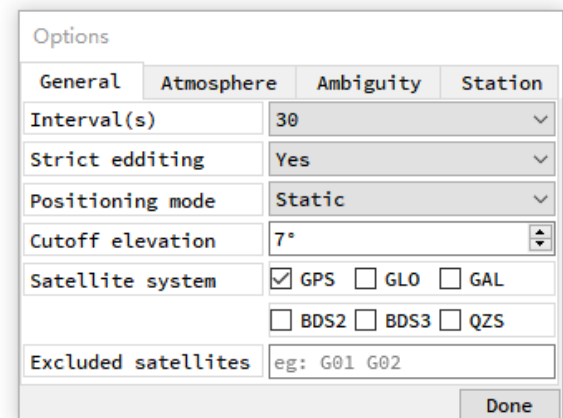
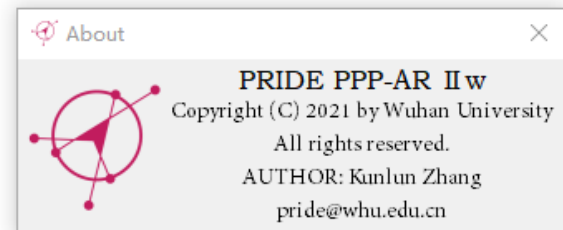
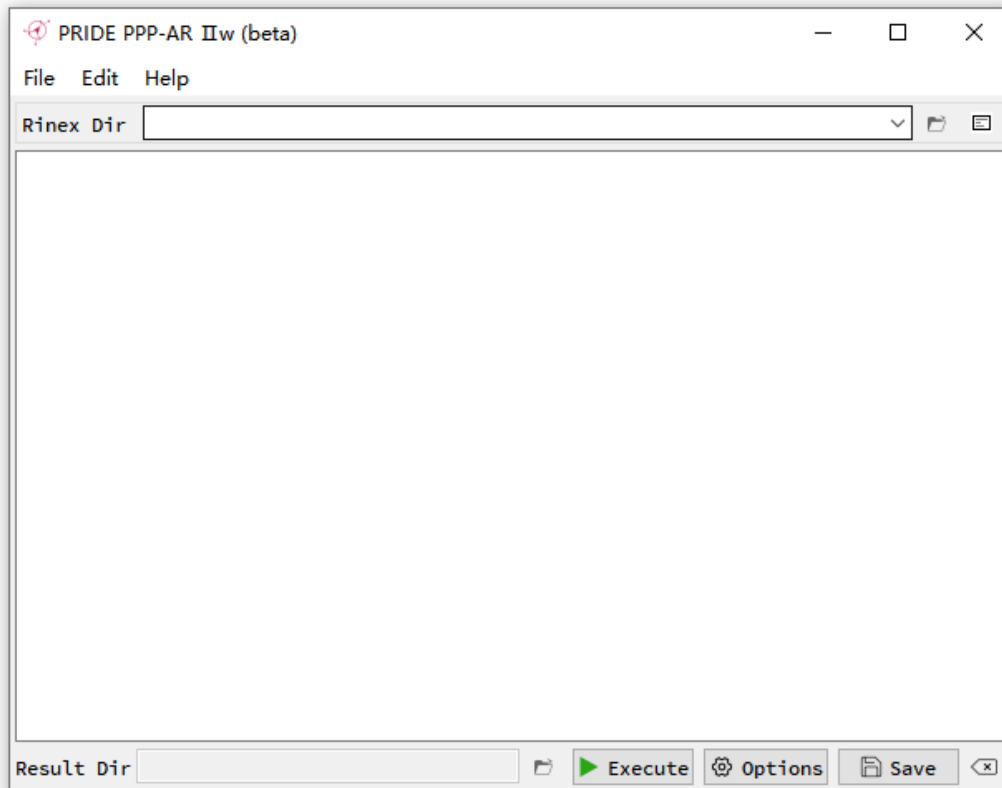
示例 —— 结果文件

□ 天顶对流层延迟 (ztd_20200001_abpo)

Zenith Tropospheric Delay									
30.00									
COMMENT									
INTERVAL									
END OF HEADER									
ABMF	2020	1	1	0	0	0.000000	2.311569	0.194287	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	0	30.000000	2.311595	0.194043	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	1	0.000000	2.311595	0.194042	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	1	30.000000	2.311595	0.194042	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	2	0.000000	2.311595	0.194042	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	2	30.000000	2.311595	0.194041	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	3	0.000000	2.311595	0.194041	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	3	30.000000	2.311595	0.194041	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	4	0.000000	2.311595	0.194040	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	4	30.000000	2.311595	0.194040	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	5	0.000000	2.311595	0.194040	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	5	30.000000	2.311595	0.194039	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	6	0.000000	2.311595	0.194039	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	6	30.000000	2.311595	0.194038	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	7	0.000000	2.311595	0.194038	0.042391
ABMF	2020	1	1	0	7	30.000000	2.311595	0.194038	0.042391

- 文件头：注释
- 数据行：历元、对流层干/湿延迟初始值、湿延迟改正值

Windows 应用



Windows 应用

□ 使用步骤

1. open rinex dir  → 选择观测值目录；
2. options  → 自定义解算选项；
3. execute  → 批处理目录下所有文件；
4. open result dir  → 查看结果文件。

Windows 应用

□ 解算选项设置

Options

General	Atmosphere	Ambiguity	Station
Interval(s)	30		
Strict editing	Yes		
Positioning mode	Static		
Cutoff elevation	7°		
Satellite system	<input checked="" type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> GLO <input type="checkbox"/> GAL <input type="checkbox"/> BDS2 <input type="checkbox"/> BDS3 <input type="checkbox"/> QZS		
Excluded satellites	eg: G01 G02		
Done			

General ←

Options

General	Atmosphere	Ambiguity	Station
2nd ionosphere correction	Yes		
Troposphere mapping function	GMF		
Zenith troposphere (min.)	PWC	60	
Troposphere gradient (min.)	PWC	720	
Zenith tropo. σ/ω (m)	0.20	0.02	
Tropo. gradient σ/ω (m)	0.005	0.002	
Done			

→ Atmosphere

Options

General	Atmosphere	Ambiguity	Station
Ambiguity fixing	Yes		
Ambiguity search	Rounding		
Ambiguity duration	600s		
Elevation mask	15°		
Widelane round-off	0.20 cycle		
Narrowlane round-off	0.15 cycle		
Search & validation	2	4	3.0
Done			

AR switch ←

Options

General	Atmosphere	Ambiguity	Station
Pseudorange noise (m)	3		
Phase noise (cycle)	0.006		
- A priori constraint			
X component (m)	10		
Y component (m)	10		
Z component (m)	10		
Done			

→ Station

软件应用：单天解

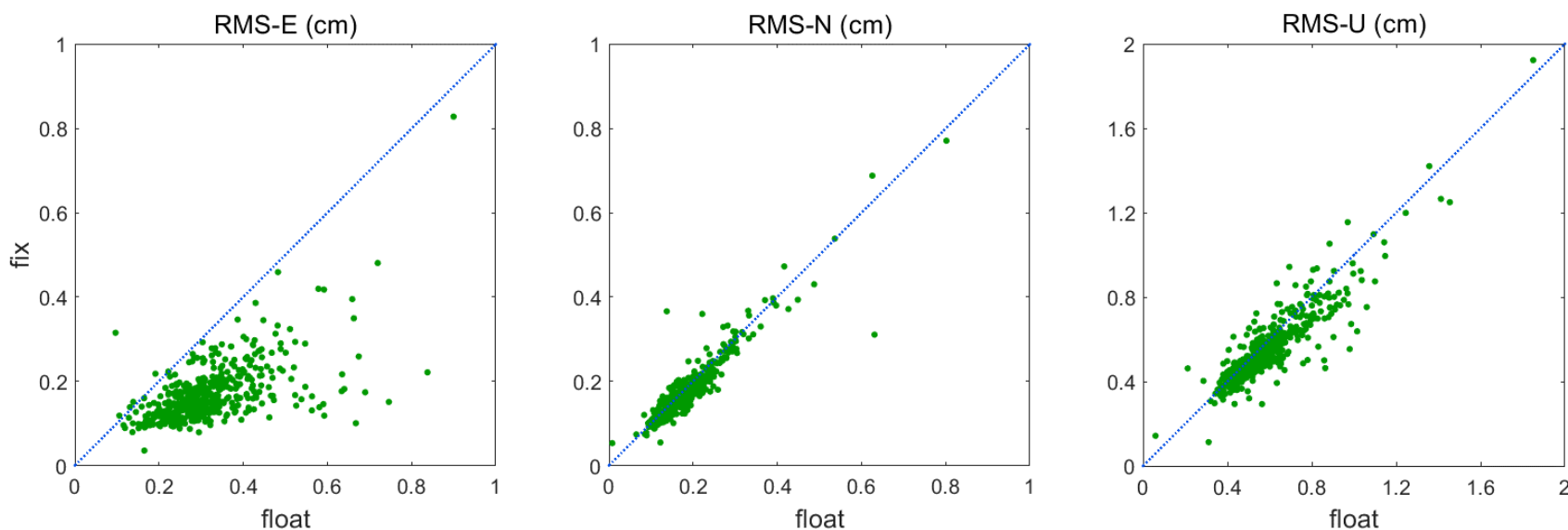
□ 模糊度固定率 (单位:%)

- 观测时段：2020年
- 观测数据：IGS全球站（约500个）
- 星座类型：GPS/伽利略/北斗

	宽巷	窄巷
GPS	92.7	95.8
伽利略	98.0	95.5
北斗	90.5	77.5

软件应用：单天解

□ 位置RMS比较(单位:cm，使用helmert转换)



E方向RMS在模糊度固定后明显降低，N和U方向精度改善较小

软件应用：单天解

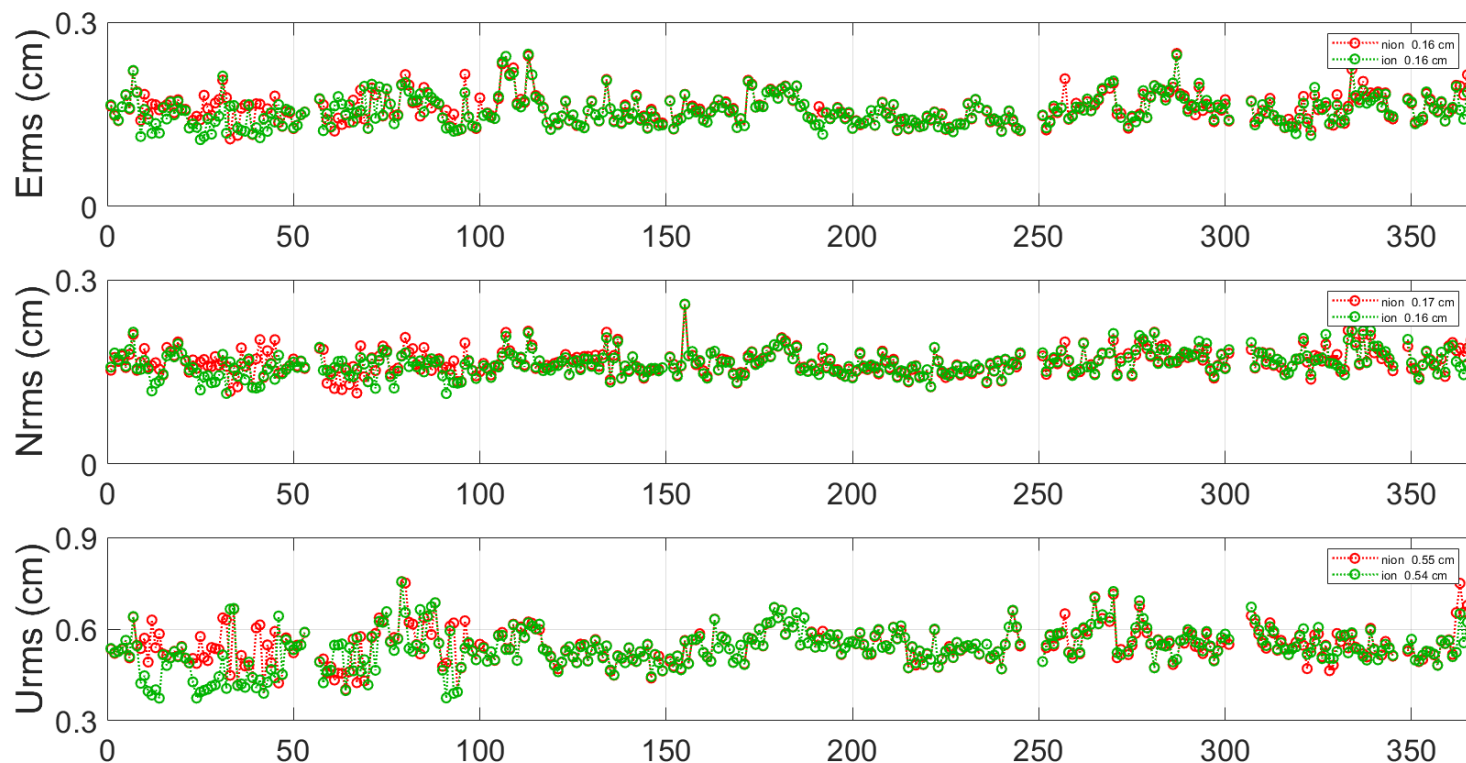
□ RMS统计(单位:cm)

	RMS-E	RMS-N	RMS-U	RMS-3D
Gx-float	0.35	0.18	0.60	0.72
Gx-fix	0.16	0.16	0.54	0.58
xE-float	0.40	0.30	0.96	1.08
xE-fix	0.27	0.29	0.94	1.02
GE-float	0.32	0.19	0.61	0.72
GE-fix	0.17	0.18	0.57	0.62
GEC-float	0.33	0.19	0.61	0.72
GEC-fix	0.18	0.19	0.57	0.63

1. 单GPS精密单点定位可以实现单天解的最高精度
2. 多系统精密单点定位因模型不完善、轨道精度较差，RMS较大

软件应用：模型研究

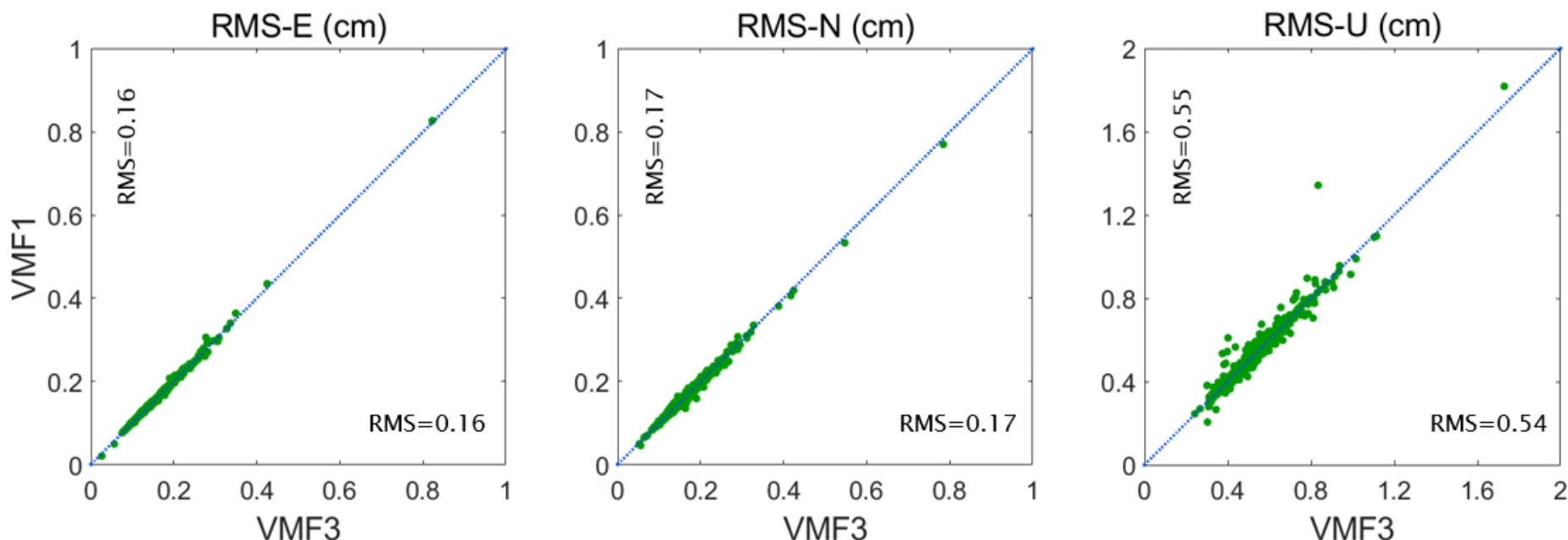
高阶电离层改正前后定位表现



1. 高阶电离层改正后在N和U方向均有0.1mm的改进
2. 2020年并非是电离层活跃期，因此改进不明显

软件应用：模型研究

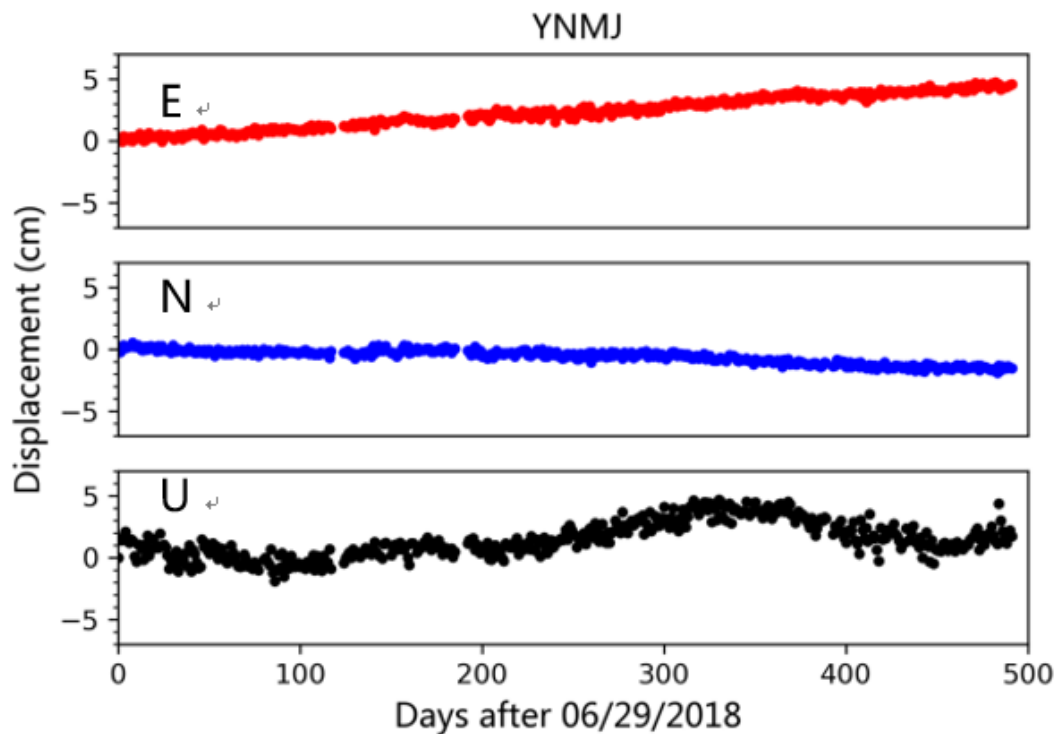
□ VMF1和VMF3模型定位比较



1. 从2020年均值来看，相比VMF1，使用VMF3模型U方向有0.1mm的精度提升
2. 从单个站来看，有部分站使用VMF3模型定位效果更好

软件应用：时间序列分析

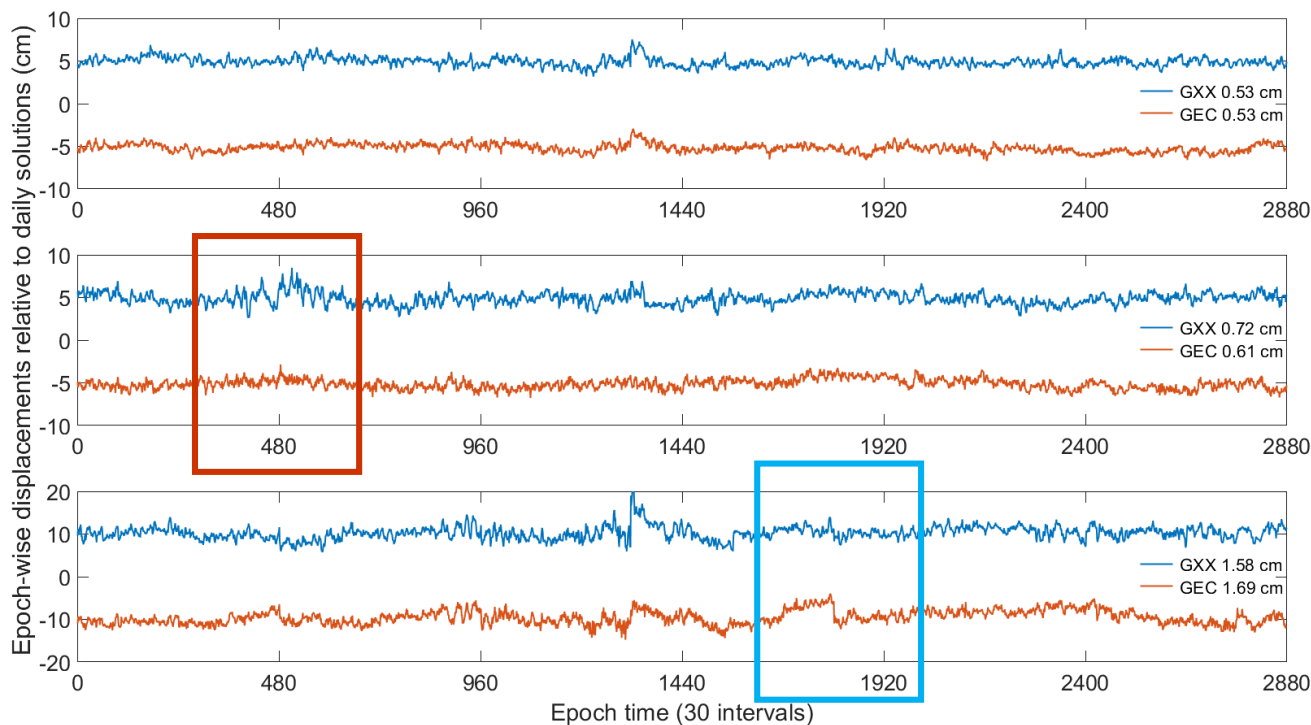
□ YNMJ站2018-2019年位置时间序列



1. 测站水平方向上往东往南近线性移动，反映了构造运动特性
2. 垂直方向上存在明显的季节性趋势，年起伏可达3cm

软件应用：IGS站动态解

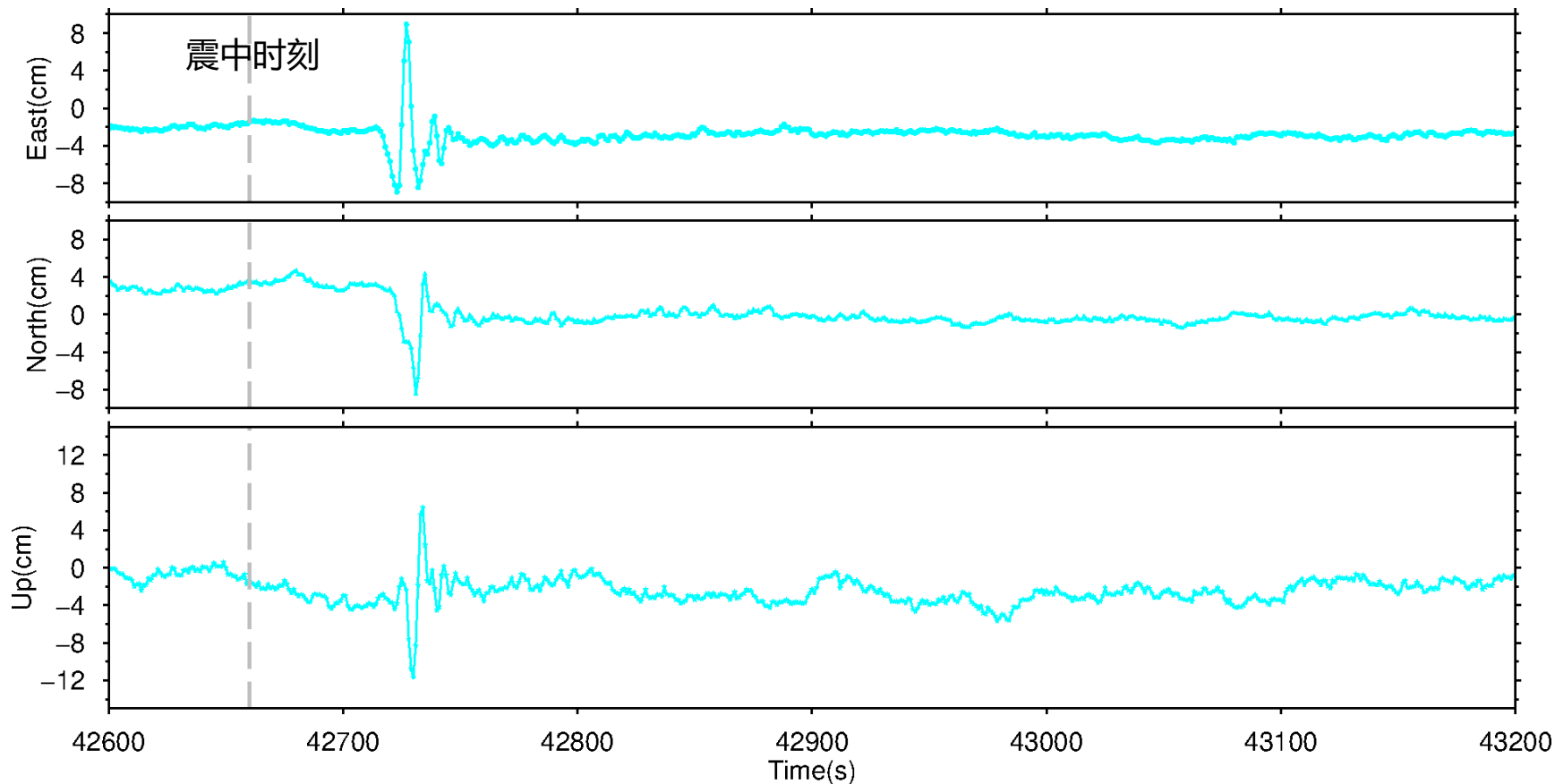
□ ARUC站定位误差RMS(2020年1月1日)



1. 红框：多系统动态定位时间序列更加稳定
2. 蓝框：多系统解的跳变是低精度的北斗轨道和模型造成的

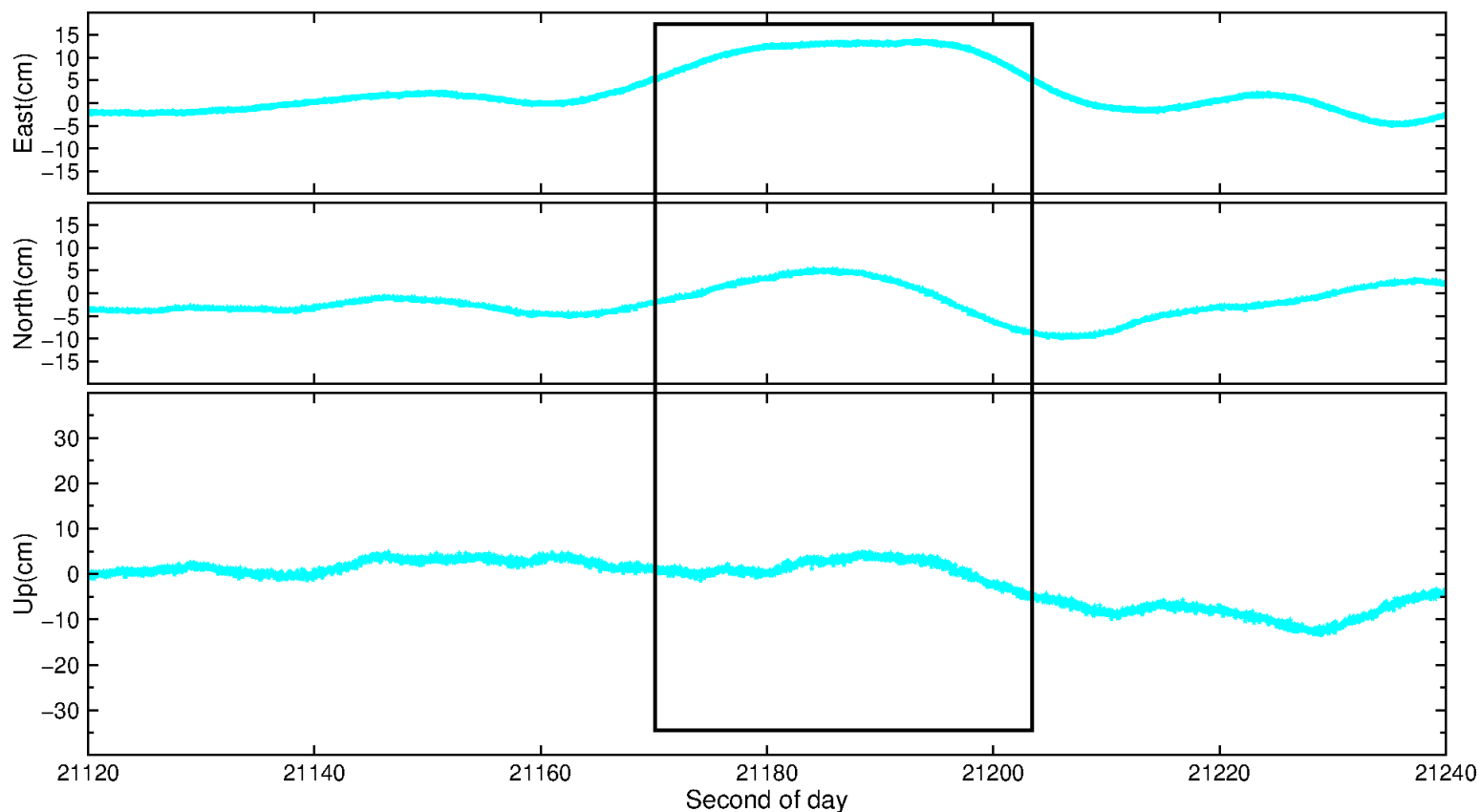
软件应用：地震监测

□ IKAR站（10·30佐泽卡尼索斯群岛地震）



软件应用：超高采样率数据

□ 50-Hz数据（3·11日本地震）



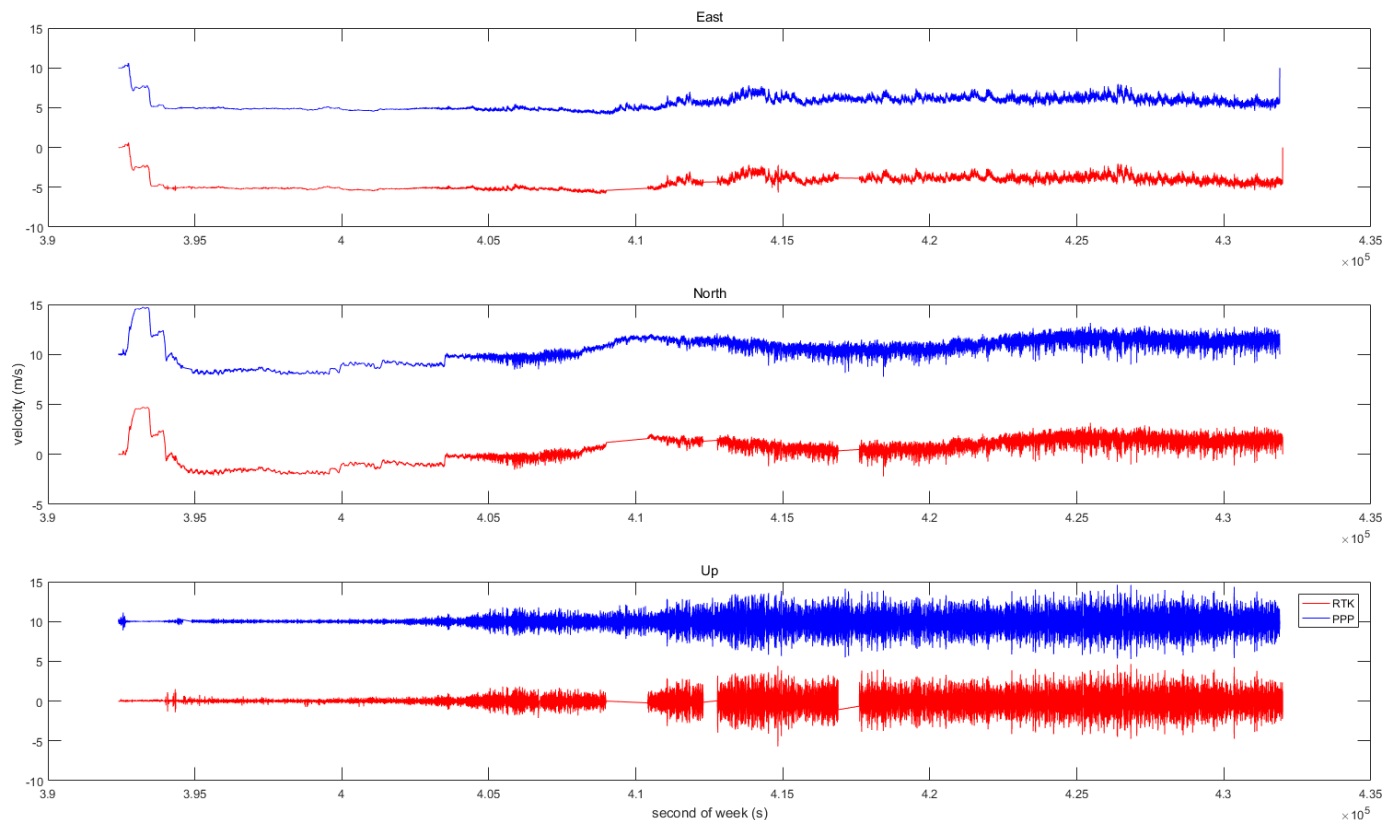
软件应用：船载海洋重力测量

- 采样率：1秒
- 观测时段：2016年8月25日0时--24时
- 星座类型：GPS/GLONASS/伽利略
- 相对定位最大基线长度：115 km



软件应用：船载海洋重力测量

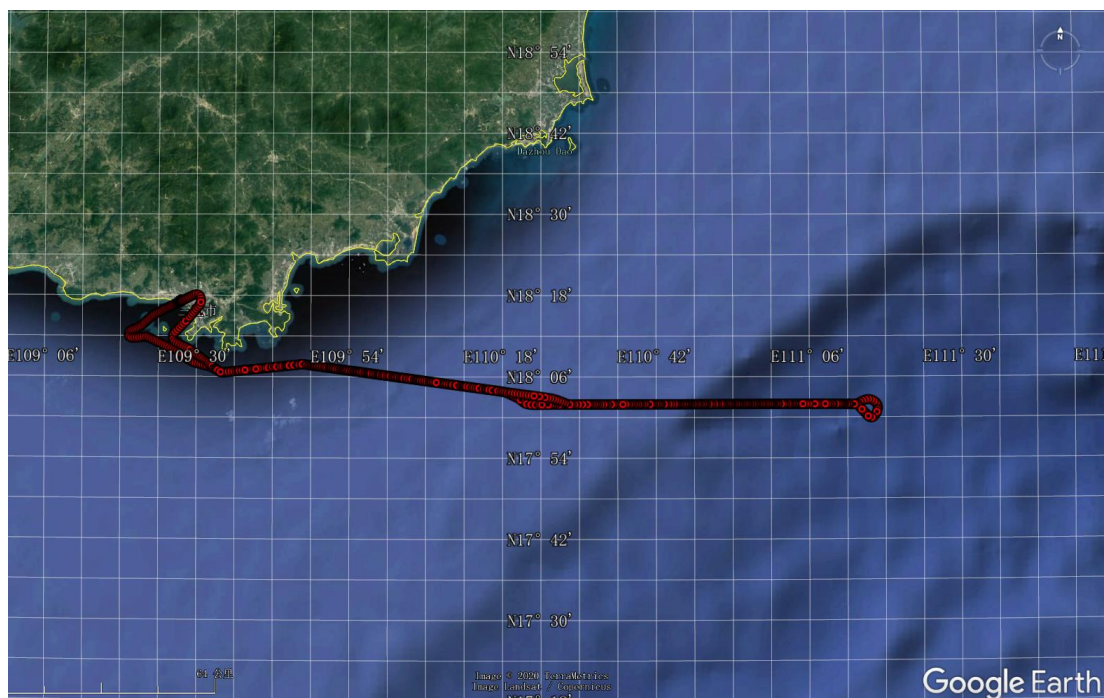
□ PPP和相对定位（RTKLB软件）的速度比较



相对定位依赖参考站的观测情况（参考站仅有GPS观测值且存在数据中断）

软件应用：航空重力测量

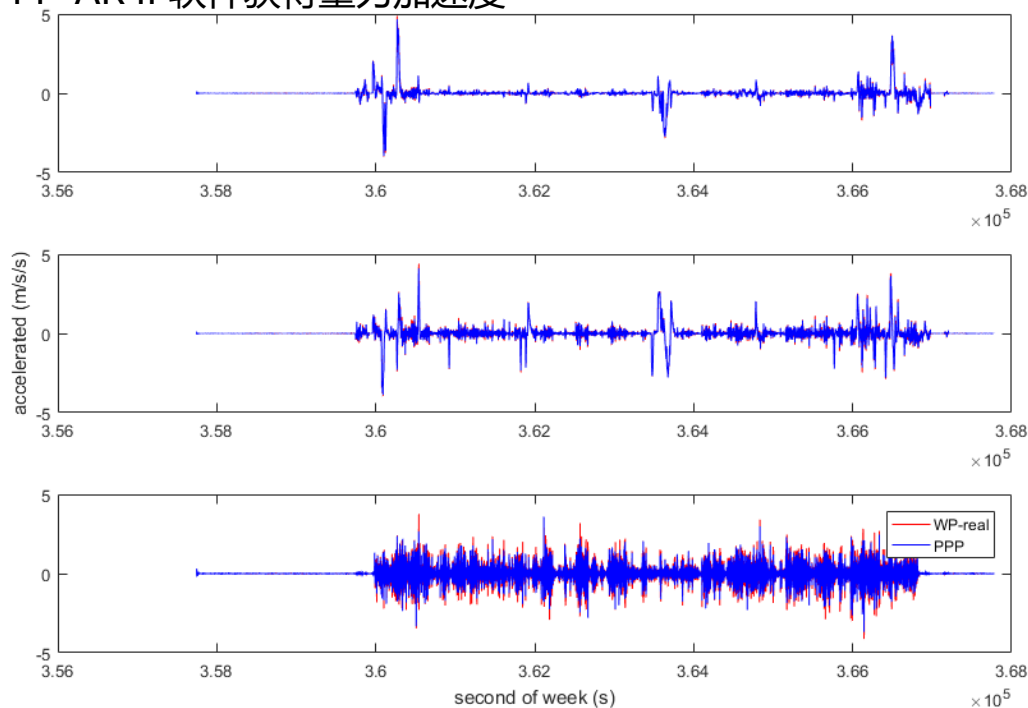
- 采样率：0.5秒
- 观测时段：2020年11月5日3时20分--2020年11月5日6时9分
- 星座类型：GPS
- 相对定位最大基线长度：220 km



软件应用：航空重力测量

□ PPP和相对定位（WayPoint软件）的重力加速度差异

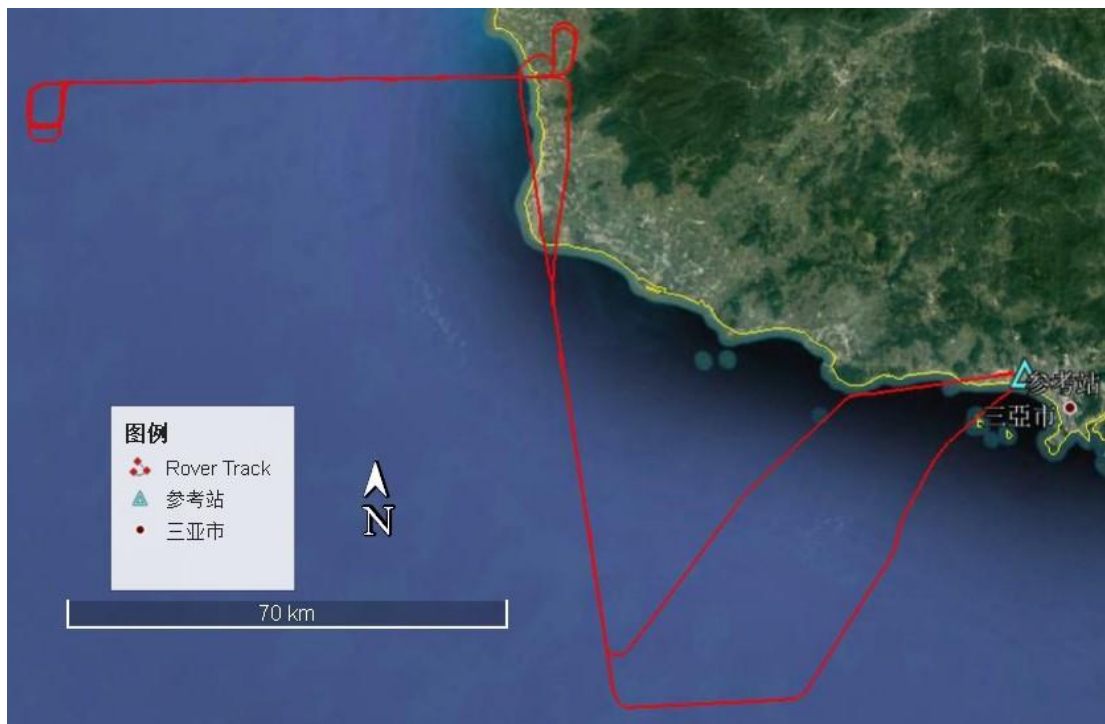
- WP-real：WayPoint 软件基线解算获得重力加速度
- PPP：PRIDE PPP-AR II 软件获得重力加速度



1. 相对定位依赖于基线长度，长基线解误差较大
2. 精密单点定位不依赖参考站，解算的重力加速度噪声更小

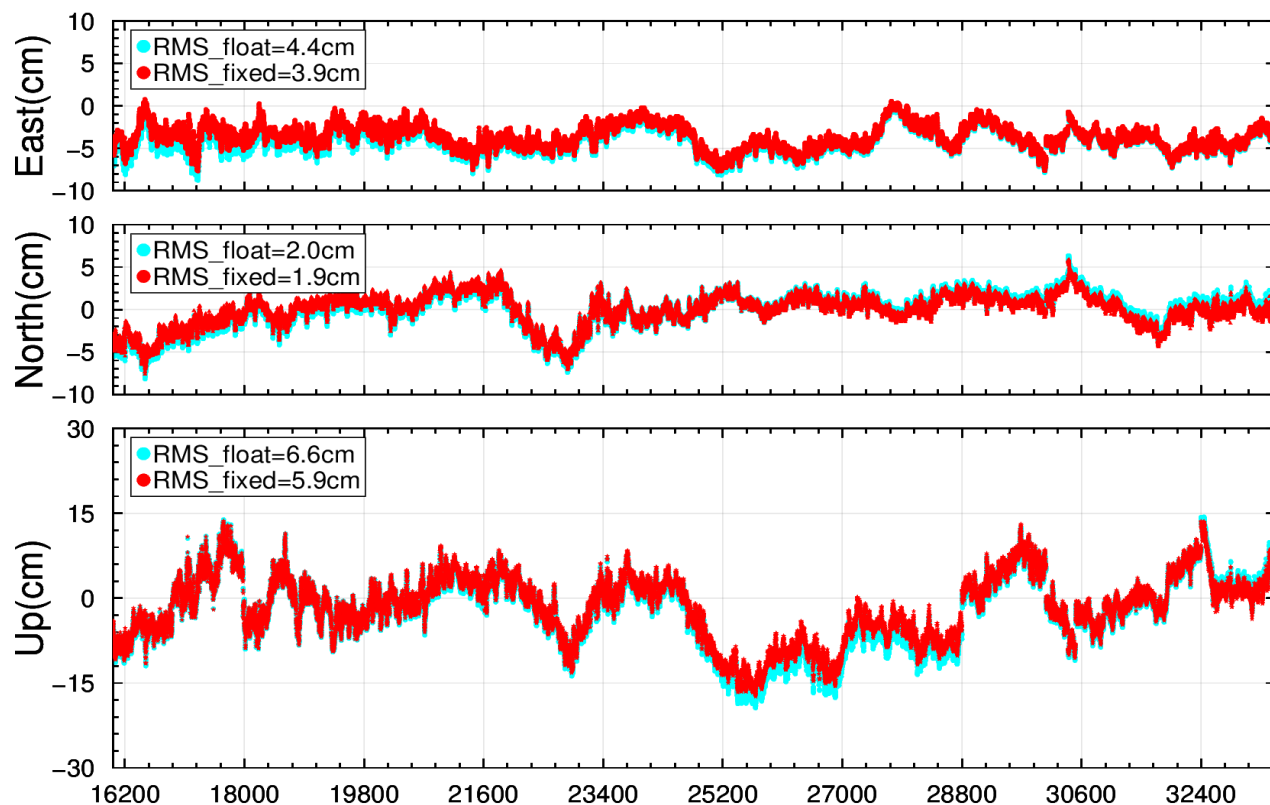
软件应用：航空摄影测量

- 采样率：0.5秒
- 观测时段：2017年11月27日4时27分--2017年11月27日9时18分
- 星座类型：GPS
- 相对定位最大基线长度：170 km



软件应用：航空摄影测量

□ PPP和相对定位（WayPoint软件）的位置差异



1. 在遮蔽较少的机载实验中可实现与商业软件基本一致的定位精度
2. 模糊度固定在高动态数据解算中同样可以明显提升定位精度

进一步了解

- Geng J, Chen X, Pan Y, Mao S, Li C, Zhou J and Zhang K (2019) PRIDE PPP-AR: an open-source software for GPS PPP ambiguity resolution. GPS Solut. 23(4).
- Geng J, Chen X, Pan Y and Zhao Q (2019) A modified phase clock/bias model to improve PPP ambiguity resolution at Wuhan University. J. Geod. 93(10): 2053-2067
- Pan Y, Geng J, Liu K, Chen X and Fang R (2020) Evaluation of rapid phase clock/bias products for PPP ambiguity resolution and its application to the M7.1 2019 Ridgecrest, California earthquake. Adv Space Res.
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.02.016>

联系我们

- 您可以通过邮件或者网站留言来报告bug或者提供建议
 - 邮件：pride@whu.edu.cn
 - 网站：pride.whu.edu.cn
 - 对于中国用户提供QQ群：971523302



谢谢！