



# PRIDE PPP-AR II

## 用户手册

多系统精密单点定位-模糊度固定

**PRIDE Lab 提供**

网站: [pride.whu.edu.cn](http://pride.whu.edu.cn)

邮件: [pride@whu.edu.cn](mailto:pride@whu.edu.cn)

QQ 群: 971523302



**PRIDE**  
Positioning  
Racers to Image  
& Decipher the Earth  
**Lab**

2021-5-21

武汉大学卫星导航定位技术研究中心

## 致谢

作者： 耿江辉，杨淞锋，葛茂荣，  
张昆仑，毛姝尹

测试： 刘朝颜，张琦

# 目录

1.概述.....	1
1.1 用户需知.....	1
1.2 主要特点.....	1
1.3 联系方式.....	1
2.用户需求.....	2
2.1 系统需求.....	2
2.2 许可证(license).....	3
3.使用说明.....	4
3.1 安装和验证.....	4
PRIDE PPP-AR II 的结构.....	4
安装.....	5
验证.....	5
3.2 快速启动.....	6
精密单点定位.....	6
精密单点定位-模糊度固定.....	7
4.PRIDE PPP-AR II 模块.....	7
4.1 数据准备.....	8
使用 mergesp3 合并精密星历文件.....	8
使用 sp3orb 生成二进制轨道文件.....	8
4.2 数据预处理.....	9
使用 tedit 预处理.....	9
4.3 数据后处理.....	10
使用 lsq 进行参数估计.....	10
使用 redig 编辑残差.....	10
使用 arsig 固定模糊度.....	10
附录 A 文件规范.....	11
A.1 table 文件.....	11
海潮负荷文件 (oceanload).....	11
文件名定义文件 (file_name).....	11
全球地形文件 (orography_ell).....	11
全球地形文件 (orography_ell_1x1).....	12
格网文件 (gpt3_1.grd).....	12
A.2 配置文件.....	12
A.3 结果文件.....	14
amb 文件.....	14
con 文件.....	14
kin 文件.....	15
pos 文件.....	15
neq 文件.....	15
rc(g/r/e/c/3/j)文件.....	16
res 文件.....	16
rhd 文件.....	17

stt 文件 .....	17
ztd 文件 .....	18
A.4 统计文件 .....	18
DOP 文件 .....	18
可用卫星数文件 .....	19
附录 B 相位偏差产品 .....	19
B.1 算法和使用说明 .....	19
B.2 产品使用 .....	20
附录 C 实例 .....	20
C.1 单天解 .....	20
C.2 超高频数据 (50Hz) .....	22
C.2 大动态移动平台 .....	23
附录 D SA 时期的 GPS 数据处理 .....	24
附录 E 轻型 Windows 应用版本 .....	25
E.1 程序主界面 .....	25
E.2 使用步骤 .....	25
E.3 选项介绍 .....	26

# 1.概述

## 1.1 用户需知

PRIDE PPP-AR II 起源于葛茂荣教授的 PPP-AR 模块，后来由耿江辉教授团队（杨淞锋等）进一步开发完善。这是一款基于武汉大学卫星导航定位技术研究中心众多科研人员共同工作成果的开源软件包，我们在此感谢所有人（包括提供第三方免费代码的机构和个人）为这款软件做出的奠基性贡献。

这一版本的软件不再使用任何保护性的模块，软件完全开放且更为简化，功能也更强大，性能也更稳定。我们将其开源，是希望为高精度 GNSS 研究人员提供一个基础支撑平台，同时也可以促进 PPP-AR 在大地测量和地球科学方面的应用。PRIDE PPP-AR II 软件受国家自然科学基金（41674033 和 41861134009）的资助和国际大地测量学会 4.4 分委员会的支持。

PRIDE PPP-AR II 可以从 <http://pride.whu.edu.cn> 和 <https://github.com/PrideLab/PRIDE-PPPAR> 网站上下载。可以在 <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/whu/phasebias/> 网站上下载相位偏差产品。有关支持、培训课程和常见问题的最新更新可以访问 <https://pride.whu.edu.cn> 网站。此软件包的版权受 GNU General Public License (version 3) 的保护。相关出版物有：

Geng, J., Chen, X., Pan, Y. & Zhao, Q. (2019a). A modified phase clock/bias model to improve PPP ambiguity resolution at Wuhan University. *Journal of Geodesy*, 93(10), 2053-2067.

Geng, J., Chen, X., Pan, Y., Mao, S., Li, C., Zhou, J., Zhang, K. (2019b) PRIDE PPP-AR: an open-source software for GPS PPP ambiguity resolution. *GPS Solutions* 23:91 doi:10.1007/s10291-019-0888-1.

## 1.2 主要特点

PRIDE PPP-AR II（精密单点定位-模糊度固定）旨在对多系统 GNSS 数据进行后处理，可应用于大地测量、地震、摄影测量、重力测量等方面的研究。它是基于 2019 年发布的 PRIDE PPP-AR I 的更新。PRIDE PPP-AR II 的主要特点包括：

- 1) 支持 GPS、GLONASS、Galileo、BDS-2/3 和 QZSS；
- 2) 可处理高达 50Hz 的 GNSS 高频数据；
- 3) 使用维也纳映射函数 1/3（VMF3）和 GPT3 进行对流层建模；
- 4) 二阶电离层改正；
- 5) 可应用于大动态移动平台，适用于航空摄影测量、船载重力测量等；
- 6) 接收机钟跳补偿；
- 7) 功能较为完备的轻型 Windows 应用版本；
- 8) 可处理 2000 年以前有 SA 时的 GPS 数据；
- 9) 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>）。

## 1.3 联系方式

您可以通过发送电子邮件或在我们的网站上留言来联系我们，以提交程序 bug 和评论。

电子邮件: pride@whu.edu.cn

网站: pride.whu.edu.cn

对于中国用户, 我们提供腾讯 QQ 群服务。群号码: **971523302**。申请入群时请留下您的机构和姓名。

## 2. 用户需求

### 2.1 系统需求

PRIDE PPP-AR II 由 CUI APs 组成。包中包含的可执行二进制 CUI APs 需要 Linux 环境。所有的代码都是用 Fortran 编写的。我们在不同的操作系统上使用不同的 gfortran 版本进行了一系列测试。测试结果如下所示 (见表 1)。请注意: 您还可以尝试其他 Linux 发行版和 Fortran 编译器, 如果有任何问题, 请告诉我们。

在安装 PRIDE PPP-AR II 之前, 需要先安装 Fortran 编译器。

表 1 PRIDE PPP-AR II 在不同操作系统中的测试结果。1

平台版本	gfortran 版本	测试结果	备注
Ubuntu14.04.4 (x64)	4.8.4	通过	1.安装前预安装' gfortran '; 2.测试结果与参考文献一致
Ubuntu14.04.4 (x32)	4.8.4	通过	1.安装前预安装' gfortran '; 2.测试结果与参考文献一致
Ubuntu16.04.11 (x64)	5.4.0	通过	测试结果与参考文献一致
Ubuntu16.04.11 (x32)	5.4.0	通过	测试结果与参考文献一致
Ubuntu18.04 (x64)	7.3.0	通过	1.安装前预安装' gfortran '; 2.测试结果与参考文献一致
Ubuntu20.04.4 (x64)	4.8.4	通过	测试结果与参考文献一致
Ubuntu20.04.4 (x32)	4.8.4	通过	测试结果与参考文献一致
Arch Linux (x64)	8.2.1	通过	测试结果与参考文献一致
CentOS 6.5	4.4.7	通过	测试结果与参考文献一致

<b>CentOS 7 (x64)</b>	4.8.5	通过	测试结果与参考文献一致
<b>Debian 9.6 (x64)</b>	6.3.0	通过	测试结果与参考文献一致
<b>Debian 8.11 (x64)</b>	4.9.2	通过	1.安装前预安装' gfortran '; 2.测试结果与参考文献一致
<b>MacOS 10.14</b>	10.2.0	通过	1.安装前预安装' gfortran '; 2.测试结果与参考文献一致

## 2.2 许可证(license)

Copyright (C) 2021 by Wuhan University, All rights reserved.

This program is open-source software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License (version 3) as published by the Free Software Foundation.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License (version 3) for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<https://www.gnu.org/licenses/>>.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

## 3.使用说明

### 3.1 安装和验证

#### PRIDE PPP-AR II 的结构

PRIDE PPP-AR II 的结构如下（见表 2）：

表 2 PRIDE PPP-AR II 结构 2

PRIDE PPP-AR II	说明
<b>\bin</b>	<b>可执行程序</b>
<b>tedit</b>	预处理 RINEX 文件
<b>sp3orb</b>	将 sp3 转换为自定义二进制文件
<b>lsq</b>	最小二乘平差
<b>redig</b>	残差编辑
<b>arsig</b>	模糊度固定
<b>get_ctrl</b>	获取配置参数
<b>mergesp3</b>	合并 sp3(3 个文件)为一个
<b>xyz2enu</b>	将 XYZ 转换为 ENU（绝对位置）
<b>enucov</b>	将 XYZ 转换为 ENU（协方差）
<b>spp</b>	标准单点定位
<b>\scripts</b>	<b>一些用于高效数据处理的脚本</b>
<b>pride_pppar.sh</b>	自动处理 Shell 脚本（Linux 系统）
<b>pride_pppar_Mac.sh</b>	自动处理 Shell 脚本（Mac 系统）
<b>\src</b>	<b>源程序</b>
<b>\header</b>	头文件
<b>\arsig</b>	模糊度固定
<b>\lib</b>	库函数
<b>\lsq</b>	最小二乘平差
<b>\orbit</b>	sp3orb、mergesp3
<b>\redig</b>	残差编辑
<b>\tedit</b>	预处理 RINEX 文件
<b>\utils</b>	通用工具
<b>\spp</b>	标准单点定位
<b>Makefile</b>	Makefile
<b>\table</b>	<b>依赖表文件</b>
<b>orography_ell</b>	VMF1 的全球地形文件（2.5 度*2.5 度）
<b>orography_ell_1x1</b>	VMF3 的全球地形文件（1 度*1 度）
<b>gpt3_1.grd</b>	GP3 的外部格网文件（1 度*1 度）
<b>oceanload</b>	海潮负荷文件
<b>file_name</b>	PRIDE PPP-AR II 中文件名的定义
<b>install.sh</b>	<b>安装脚本</b>



ChangeLog		程序更改日志
\doc		文件
	logo	安装成功时，屏幕上打印的图标
	Manual	软件手册
	Tutorial	培训指南幻灯片
\example		示例
	test.sh	测试脚本（Linux 系统）
	test_Mac.sh	测试脚本（Mac 系统）
	\data	示例数据
	config_template	配置文件模板
	config_partial	用于生成整个配置文件的部分配置文件
	\ results_ref	示例的参考结果
\win		具有简单 GUI 的 Windows lite 版本。复杂的处理应该在 Linux 中完成。

## 安装

**步骤 1:** 确保你已经提前安装了一些必要的程序。

例如：**bash, make, gfortran**

**步骤 2:** 运行脚本 `./install.sh` 自动安装程序。

（该脚本执行 Makefile 构建 CUI Aps，并将 CUI Aps 添加到系统路径（`~/.PRIDE_PPPAR_BIN/*`））

**步骤 3:** 重启终端。

## 验证

**步骤 1:** 切换当前目录为 `/example`，运行 `./test.sh`。

**步骤 2:** 将结果和参考样例结果进行对比（见表 3）。

`/example` 目录下的 `./test.sh` 脚本用于验证安装和执行时是否正确。先运行 `./test.sh`，进行 PPP 和 PPP-AR 的实例计算。进行数据处理时，会将部分信息打印到屏幕上。在此之后，将创建结果文件。用户可以将结果与参考结果中的结果文件进行比较，以确保软件安装正确可靠。

脚本 `test.sh` 执行了三个示例。“**static**”模式是指将该站视为静态站，在整个观测周期内仅估计一组坐标。“**kinematic**”模式是将该站视为流动站，在每个历元估计一组坐标。“**high-dynamic**”是指使用船载重力测量数据，每个历元估计一组坐标。“**PPP**”意味着没有进行整周模糊度固定的精密单点定位，即之前所说的浮点解，而“**PPP-AR**”利用 PRIDE Lab 提供的相位偏差产品，以及开源程序 **PRIDE PPP-AR II** 来实现整周模糊度固定。“**PPP-AR LAMBDA**”表示采用 **LAMBDA** (Least-squares ambiguity Decorrelation Adjustment) 方法进行模糊度固定，而默认的固定方法是直接取整。在小时解的例子中，利用 **LAMBDA** 方法可以进行有效的模糊度固定，而直接取整的固定方法不能正确搜索模糊度。

表 3 PRIDE PPP-AR II 测试示例 3

编号	示例	说明
1	<i>static PPP</i>	静态，PPP 浮点解
	<i>static PPP-AR</i>	静态，PPP 模糊度固定

2	<i>kinematic PPP</i>	动态, PPP 浮点解
	<i>kinematic PPP-AR</i>	动态, PPP 模糊度固定
3	<i>kinematic PPP (1 hour)</i>	动态, PPP 浮点解
	<i>kinematic PPP-AR LAMBDA (1 hour)</i>	动态, PPP 用 LAMBDA 固定模糊度
4	<i>high-dynamic PPP</i>	大动态, PPP 浮点解

## 3.2 快速启动

在 script 文件夹中, 可以找到名为 *pride\_pppar* 的 Shell 脚本。在您的工作目录中运行这个脚本, 如下所示, 然后检查相应目录中的结果文件。

**& *pride\_pppar config\_template 20200101 20200101 Y/N***

其中, “config\_template”为配置文件, 参数及格式见附录 A.2。20200101 和 20200101 分别表示数据处理的开始时间和结束时间。您可以根据时间格式(YYYYMMDD)设置处理时间。并且可以实现多日连续数据处理。最后一个参数 Y/N 表示是否进行模糊度固定, 它有两个选项, Y 或 N。

**N - PPP 模糊度浮点解**

**Y - PPP 模糊度固定解**

自动处理脚本 *pride\_pppar* 包含处理过程的信息, 您可以阅读脚本详细了解。

## 精密单点定位

在安装和验证之后, 我们就可以开始 PPP 数据处理了, 让我们从一个例子开始吧。

1. PRIDE PPP-AR II 软件目录如下 (见图 1):

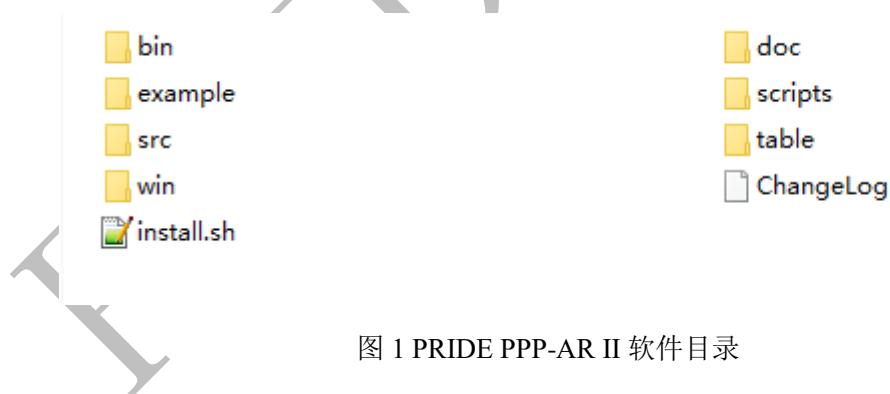


图 1 PRIDE PPP-AR II 软件目录

2. 创建工作文件夹 **/project** 及其子文件夹 **/data**。
3. 将 RINEX 观测文件和广播星历文件拷贝到 **/project/data/YEAR/DOY** (例如 **/project/data/2020/001**)。
4. 复制配置文件“config\_template”到 **/project** 目录。
5. 编辑配置文件, 设置适当的数据处理参数。  
一些参数的具体意义在“config\_template”中列出。
6. [靠近海岸的测站可能需要] 根据网站(<http://holt.oso.chalmers.se/loading/>), 使用 **sit.xyz** 中的坐标获取海潮负荷参数。选择模型 **FES2004** (见图 2), 并保留其余选项为默认值。

**Select ocean tide model**

A brief description of the ocean tide models can be found [here](#).

FES2004 ▼

图2 海洋潮汐模型

然后通过在网上添加测站坐标来提交任务，如下所示（图3）。当您通过电子邮件获得海潮负荷系数时，按照它们的原始格式附加到



中。

Name of station_____	Longitude (deg)	Latitude (deg)	Height (m)	OR
Name of station_____	X (m)	Y (m)	Z (m)	
//sala	11.9264	57.3958	0.0000	
//ruler.....b.....<.....<.....				
// Records starting with // are treated as comments				

图3 提交任务

7. 切换到/project 目录，运行脚本启动数据处理。

```
$ pride_pppar config_template 20200101 20200101 N
```

8. 处理后，结果文件在/project/2020/001 目录下。

## 精密单点定位-模糊度固定

1. 执行上述步骤 1-8。
2. 切换到/project 目录，运行脚本启动数据处理。

```
$ pride_pppar config_template 20200101 20200101 Y
```

3. 处理后，结果文件将在/project/2020/001 目录下。

## 4.PRIDE PPP-AR II 模块

PRIDE PPP-AR II 软件模块如下所示（见图4）：

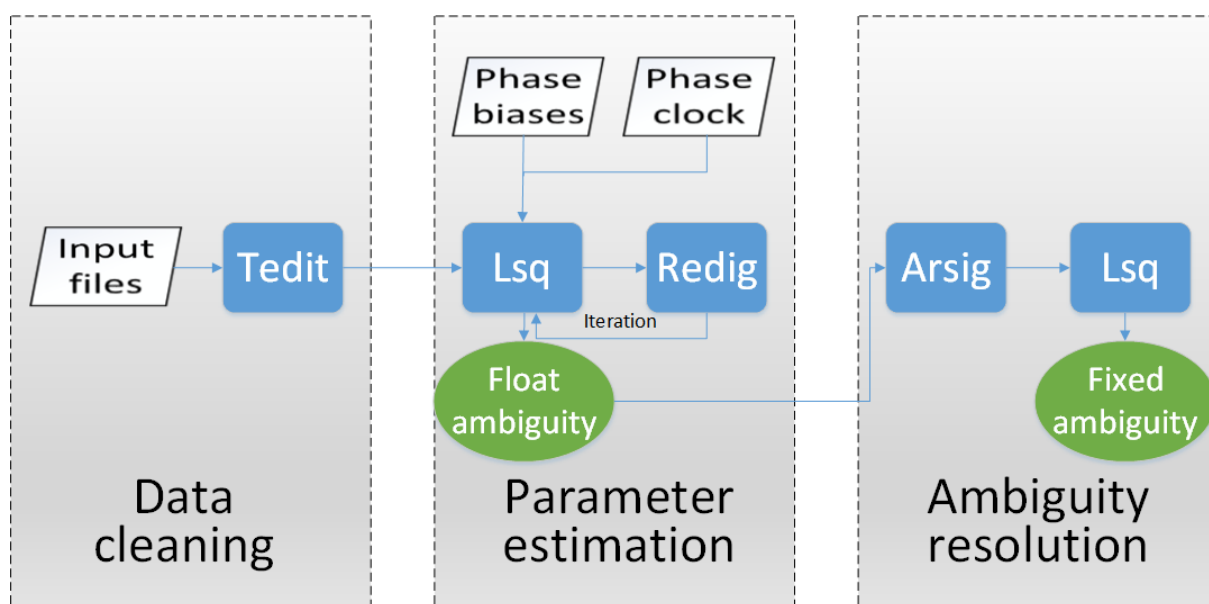


图 4 PRIDE PPP-AR II 模块

## 4.1 数据准备

### 使用 mergesp3 合并精密星历文件

*mergesp3* 用于将三天的 SP3 (IGS 标准产品-3) 轨道文件合并到一个文件中。

```
& mergesp3 WUM0MGXFIN_20193650000_01D_15M_ORB.SP3
WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3
WUM0MGXFIN_20200020000_01D_15M_ORB.SP3
mer_WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3
```

输入: 三个 SP3/eph 文件(昨日, 今日, 明日)

```
WUM0MGXFIN_20193650000_01D_15M_ORB.SP3
WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3
WUM0MGXFIN_20200020000_01D_15M_ORB.SP3
```

输出: 3 天的 SP3 轨道产品文件

```
mer_WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3
```

### 使用 sp3orb 生成二进制轨道文件

*sp3orb* 将 SP3 轨道文件转换为自定义的二进制格式。这样, 软件就可以高效地访问精密轨道产品。另外, 通过 ERP 文件可以将参照系从地固坐标系变为惯性坐标系。

```
& sp3orb WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3 -cfg config_template [-erp igserp]
```

输入:

<b>WUM0MGXFIN_20200010000_01D_15M_ORB.SP3</b>	SP3 轨道文件
<b>-cfg config_template</b>	配置文件
<b>[-erp igserp]</b>	ERP 文件

输出:

<b>orb_2020001</b>	二进制轨道产品
--------------------	---------

这些文件的参数和格式见[附录 A](#)。

## 4.2 数据预处理

### 使用 tedit 预处理

*tedit* 是基于 Blewitt(1990)的预处理算法，用于识别 RINEX 观测文件中的粗差和周跳，并生成 RINEX 健康诊断文件(*rhdf*)。<sup>1</sup>

对于 S 模式:

```
& tedit o_file -int 30 -rnxn n_file -xyz $x $y $z -len 86400 -short 1200 -lc_check only -rhdf rhdf_file -pc_check 300 -elev 7 -time 2020 01 01 00 00 00
```

对于 K 模式:

```
& tedit o_file -int 30 -rnxn n_file -len 86400 -xyz kin_2020001 -time 2020 01 01 00 00 00 -short 120 -lc_check no -elev 7 -rhdf rhdf_file
```

输入:文件和配置参数

<b>o_file</b>	Rinex 观测文件
<b>-int 30</b>	数据处理的采样间隔，默认为 30s
<b>-rnxn n_file</b>	广播星历文件，此文件在 <b>-check_lc</b> 或 <b>-elev</b> 起作用时需要
<b>-rhdf rhdf_file</b>	输出 <i>rhdf</i> 文件
<b>-time 2020 01 01 00 00 00</b>	数据处理的起始时间
<b>-len 86400</b>	数据编辑的时长；默认会处理 Rinex 文件中的所有数据
<b>-short 1200</b>	短于此值的数据段将被删除
<b>-elev 7</b>	截止高度角（角度）；默认用 7° 筛选所有卫星数据
<b>-lc_check yes/no/only</b>	yes no only
<b>-pc_check 300</b>	
<b>-xyz \$x \$y \$z</b>	测站初始坐标

输出:命名为 *rhdf\_year day of year\_station name* 的 *rhdf* 文件

*rhdf\_2020001\_abmf*

<sup>1</sup> Blewitt G. An Automatic Editing Algorithm for GPS Data [J]. Geophysical Research Letters, 1990, 17(3):199-202.

## 4.3 数据后处理

### 使用 lsq 进行参数估计

*lsq* 进行最小二乘平差。*lsq* 模块用于估计未知参数。

& *lsq config\_template*

输入: [\*configuration file\*](#)

*config\_template*

配置文件

输出: [\*solution files\*](#)

*-pos/kin*

静态位置 / 动态轨迹

*-res*

残差信息

*-ztd*

天顶对流层延迟

*-htg*

水平对流层梯度

*-rhd*

RINEX 健康诊断

*-neq*

逆法方程系数矩阵

*-amb*

模糊度信息

*-vmf*

维也纳映射函数

*-tec*

电离层格网文件

*-rcg*

GPS 接收机钟差信息

*-rcr*

GLONASS 接收机钟差信息

*-rce*

Galileo 接收机钟差信息

*-rcc*

BDS-2 接收机钟差信息

*-rc3*

BDS-3 接收机钟差信息

*-rcj*

QZSS 接收机钟差信息

### 使用 redig 编辑残差

残差编辑: *redig* 用于处理后验残差。一旦发现新的粗差或周跳, 再次运行 *lsq*, 然后得到最终的结果。

& *redig res\_2020001 -jmp jump -sht nsht [-hug huge-residual]*

输入:

*res\_2020001*

残差文件

*-jmp jump*

如果相邻历元之间的残差之差大于 *jump*, 则加入一个新的模糊度

*-sht nsht*

如果模糊度的有效时间比 *nsht* 短, 这一段观测数据将被删除

*[-hug huge-residual]*

大于此值的残差将被删除

### 使用 arsig 固定模糊度

模糊度固定: *arsig* 通过搜索模糊度的整数解来固定模糊度。

& *arsig config\_template*

输入:

*config\_template*

配置文件

输出: 含模糊度固定值的结果文件

## 附录 A 文件规范

### A.1 table 文件

#### 海潮负荷文件 (*oceanload*)

如需获取海潮负荷信息,可根据需要向网站(<http://holt.oso.chalmers.se/loading/>)提交站点坐标。然后将获取的数据复制到本地的海潮负荷文件 *oceanload* 中。*sit.xyz* 中的站点坐标,可用于获取海潮负荷信息。网站上介绍了这些文件的参数和格式。

#### 文件名定义文件 (*file\_name*)

PRIDE PPP-AR II 的文件名定义在 *file\_name* 文件中。第一列记录输出文件的关键字,后面是文件名的格式。在格式中,YYYY 表示处理年份,DDD 表示一年中的某一天。SNAM 表示站点名称。例如,“res\_2020001\_abmf”表示 2020 年 1 月 1 日 abmf 站的残差。*file\_name* 的格式如下(见图 5):

amb	amb_YYYY--DDD-
con	con_YYYY--DDD-
fcg	fcg_YYYY--DDD-
htg	htg_YYYY--DDD-
kin	kin_YYYY--DDD-
neg	neg_YYYY--DDD-
orb	orb_YYYY--DDD-
pos	pos_YYYY--DDD-
rck	rck_YYYY--DDD-
res	res_YYYY--DDD-
rhd	rhd_YYYY--DDD--SNAM-
rnxo	--SNAM--DDD-0.-YY-o
rnxm	--SNAM--DDD-0.-YY-m
rnxn	auto-DDD-0.-YY-n
sck	sck_YYYY--DDD-
stt	stt_YYYY--DDD-
ztd	ztd_YYYY--DDD-
vmf	vmf_YYYY--DDD-
tec	tec_YYYY--DDD-
rcg	rcg_YYYY--DDD-
rcr	rcr_YYYY--DDD-
rce	rce_YYYY--DDD-
rcc	rcc_YYYY--DDD-
rc3	rc3_YYYY--DDD-
rcj	rcj_YYYY--DDD-
att	att_YYYY--DDD-

图 5 文件名的格式

#### 全球地形文件 (*orography\_ell*)

为了校正地形对结果的影响,采用了包含地形校正系数的全球地形校正文件 *orography\_ell*, 网络精度为 2.5 度\*2.5 度。

## 全球地形文件 (*orography\_ell\_1x1*)

另一个名为 *orography\_ell\_1x1* 的文件的内容与 *orography\_ell* 类似，但网格精度为 1 度\*1 度。

## 格网文件 (*gpt3\_1.grd*)

GPT3 系数的年、半年度变化均为平均值，并具有正弦、余弦振幅，网格精度为 1 度\*1 度。

## A.2 配置文件

### 配置文件 (*config\_template*)

配置文件(*config\_template*)是用于记录 **PRIDE PPP-AR II** 的数据处理策略。配置文件包含数据处理选项、解算模式选项和文件选项。它是一个文本文件，使用“**Keyword = Value**”格式记录各种选项。对于枚举值，可选值是一个枚举标签(NO, YES...)。在一行中“!”之后的文字被视为注释。示例如下：

下面列出了对数据处理参数的解释。“#”后面的内容表示对选项的明确解释。

```
-----configuration template-----
# configuration template for PRIDE-PPPAR 2

# The following options can be kept for all data processing (except for 'Station used' list)
# For Ambiguity fixing, it can always be 'ROUNDING' in configuration file.  Actually, AR is
# controlled by the command line arguments of pride_pppar.

## Session configuration
# User should modify to suit their own directory
Interval = 30
# The processing interval of Rinex data.
Session time = -YYYY- -MM- -DD- 00 00 00 86360
# -YYYY- denotes the year of RINEX data, i.e. 2016; -MM- and -DD- denote month and day, i.e. 02 14; the
following # is the format of time( hour, minute,second, and length of time to be processed).
# Actually, the Shell script 'pride_pppar' recognize -YYYY-, -MM- and -DD- as the identifier of actual data,
# so you don't need to modify them when processing using the script, so as '-YEAR-', '-DOY-' below .
#
Rinex directory = /home/username/path-to-data/-YEAR-/-DOY-/
# Example: /home/username/pride_pppar/example/data/-YEAR-/-DOY-/
# -YEAR- and -DOY- indicate 'year' and 'day of year', respectively.
Sp3 directory = /home/username/path-to-product/product/
Table directory = /home/username/path-to-table/table/
# Example: Sp3: /home/username/pride_pppar/example/product
# Example: Table: /home/ username /pride_pppar/table
```



```

## strategies
Strict editing      = YES          ! change to NO if using high-dynamic data with bad
quality
Remove bias        = YES          ! change to NO if AR method is LAMBDA
ZTD model          = PWC:60       ! troposphere estimation. PWC: piece-wise constant, 60:
1 hour. PWC/STO
HTG model          = PWC:720      ! troposphere horizontal gradient. PWC, 720: 12h.
PWC/STO
Iono 2nd           = NO          ! change to YES if correcting higher-order ionospheric
delays

```

#### ## ambiguity fixing options

```

Ambiguity fixing    = ROUNDING      ! Ambiguity fixing: ROUNDING/LAMBDA
Ambiguity duration  = 600           ! common observation time in seconds
Cutoff elevation    = 15            ! cutoff angles for eligible ambiguities in AR
Widelane decision   = 0.20 0.15 1000. ! deriation, sigma in WL-cycle
Narrowlane decision = 0.15 0.15 1000. ! deriation, sigma in NL-cycle
Critical search      = 2 4 1.8 3.0

```

# Insert '#' at the beginning of individual GNSS PRN to exclude this satellite

#### ## Satellite list

+GNSS satellites

\*PN

G01

G02

G03

G04

G05

.....

J07

J08

J09

J10

-GNSS satellites

# User can add more station in the following table as the format below. 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

algo S GMF 9000 7 0.20 .020 .005 .002 3.00 .006 10.00 10.00 10.00

-Station used

-----configuration template -----

## A.3 结果文件

在 *PRIDE PPP-AR II* 中, 有一些自定义的结果文件, 其格式已在文件 *file\_name* 中列出。

### amb 文件

整周模糊度的浮点解记录在 *amb* 文件中。运行 *lsq* 会调用 *amb* 文件来获取模糊度的初值。示例如下 (见图 6) :

ABMF G01	2.228929	-24.213358	58849.0000000000	58849.2135416667	0.0410	0.0093	48.1
ABMF G07	5.667315	13.875125	58849.0000000000	58849.2194444444	0.0715	0.0073	41.3
ABMF G08	1.204019	-35.112866	58849.0000000000	58849.1663194444	0.0827	0.0149	31.0
ABMF G09	13.899596	1.802620	58849.0000000000	58849.1211805556	0.1050	0.0207	21.7
ABMF G11	-6.433162	-21.151552	58849.0000000000	58849.2177083333	0.0587	0.0085	47.5
ABMF G16	-2.498858	-38.105137	58849.0000000000	58849.0899305556	0.0829	0.0200	16.3
ABMF G23	13.337554	18.863965	58849.0000000000	58849.0916666667	0.0630	0.0167	23.1
ABMF G26	4.638351	-48.208791	58849.0000000000	58849.0270833333	0.0768	0.0662	9.9
ABMF G27	0.708097	-31.138136	58849.0000000000	58849.0711805556	0.0874	0.0235	22.4

图 6 结果文件 (amb file)

第一列描述站名;第二列为 GNSS 卫星的编号, 后两列分别记录无电离层模糊度(IF)和宽巷模糊度(WL)的值; 然后在后两列记录开始时间和结束时间, 以声明模糊度的有效时间; 接下来的两列分别为无电离层(IF)模糊度和宽巷(WL)模糊度的 RMS; 最后一列记录有效时间内对应的平均高度角。

### con 文件

运行 *arsig*, 将生成 *con* 文件。*con* 文件记录整周模糊度。示例如下 (见图 7) :

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

图 7 结果文件 (con file)

前三行作为文件头声明了注释消息。文件体记录整周模糊度的结果。第一列为站名，接着两列记录单差模糊约束的卫星，然后给出了这些卫星单差模糊度的起始时间和结束时间。接下来两列分别表示宽巷模糊度和窄巷模糊度值。

## kin 文件

使用 **K** 模型(动态模型)时，位置结果记录在 **kin** 文件中。这个文件中的坐标是按历元逐个记录的。示例如下（见图 8）：

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

图 8 动态解文件 (kin file)

文件头记录了测站名称、时间间隔和一些注释信息。文件主体中，前两列用 MJD 和日内秒记录历元时刻。后边三列表示 WGS-84 中坐标(X, Y, Z)的值。

## pos 文件

使用 **S** 模型(静态模型)将静态位置的结果记录在 **pos** 文件中。一天只有一个坐标结果。示例如下（见图 9）：

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		

图 9 静态站文件 (pos file)

在这个文件中，仅有一行数据。第一列显示了测站名称。接下来分别是 MJD 和日内秒记录的处理时间以及“X/Y/Z”坐标。然后记录了 X/Y/Z 的方差，XY/XZ/YZ 的协方差。倒数第二列记录了单位权中误差，最后一列记录了用于计算坐标的观测值数量。

## neq 文件

这是一个二进制文件，用来记录逆法方程系数矩阵，可以解算模糊度。

## rc(g/r/e/c/3/j)文件

接收机钟差结果记录在 *rcg/r/e/c/3/j* 文件中。示例如下（见图 10）：

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		

图 10 接收机钟差文件 (rcg file)

注释和历元间隔记录在文件头部分。在文件主体中有站名、历元时刻、接收机钟差及其 STD 的记录。

## res 文件

观测值残差记录在 *res* 文件中。作为 *lsq* 的输出文件，它将在 *redig* 中使用。示例如下（见图 11）：

Residuals															COMMENT
85															# OF SIT / SAT
11644															# OF UNKNOWN / OBS
0.779															WEIGHTED SIGMA (CYCLE)
ABMF															STATION LIST
G01	G02	G03	G04	G05	G06	G07	G08	G09	G10	G11	G12	G13	G14	G15	SATELLITE LIST
G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G29	G30	SATELLITE LIST
G31	G32	E01	E02	E03	E04	E05	E07	E08	E09	E11	E12	E14	E18	E19	SATELLITE LIST
E21	E24	E25	E26	E27	E30	E31	E33	E36	C01	C02	C03	C04	C05	C06	SATELLITE LIST
C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C16	C19	C20	C21	C22	C23	C24	SATELLITE LIST
C25	C26	C27	C28	C29	C30	C33	C34	C35	C36						SATELLITE LIST
30.00															INT / OBS TYPE
2020 1 1 0 0 0.0000000 86280.00															RES TIME BEG/LEN
2020 1 1 0 0 0.0000000 86300.00															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					

图 11 结果文件 (res 文件)

在文件头部，信息已有解释。在文件主体部分，以“TIM”开头的行记录残差的观测值历元，接下来的行记录残差值。前两列记录的是站号和卫星号。接下来的两列分别是相位残差(cycle)和伪距残差(cycle)的值。他们的 STDs 分别记录在后面两列。下一列的值用来指示数据状态。然后在接下来的两列中记录卫星高度角

和卫星方位角的值，单位为度(°)。

## rhd 文件

RINEX 健康诊断结果记录在 *rhd* 文件中。示例如下（见图 12）：

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

TIM 2020 1 1 0 0 0.0000000
G01      2020 1 1 5 7 30.0000000 AMB
G03      DEL LOWELEVATION
G07      2020 1 1 5 16 0.0000000 AMB
G08      2020 1 1 3 59 30.0000000 AMB
G09      2020 1 1 2 54 30.0000000 AMB
G11      2020 1 1 5 13 30.0000000 AMB
G16      2020 1 1 2 9 30.0000000 AMB
```

图 12 RINEX 健康诊断文件 (rhd file)

在文件头部分，注释“INT AMB/DEL”表示历元间隔。注释“AMB MAX/TOT/NEW”分别表示各历元模糊度数的最大值、模糊度总数和后验残差编辑后新增模糊度数。注释“EPO AVA/REM/NEW”分别表示可用历元数、删除历元数和后验残差编辑后新增历元数。

在文件主体部分，以“TIM”开头的行记录了 RINEX 健康诊断的时间。然后下一行记录健康诊断数据。注释“AMB”表示添加新的模糊度参数。内容包括卫星号和结束时间。开始时间是“TIM”这一行给出的时间。注释“DEL”表示卫星数据较差被删除。

## stt 文件

相位残差的统计值记录在 *stt* 文件中，可以通过查看该文件来检查精密单点定位结果的质量。示例如下（见图 13）：

```
+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
```

图 13 结果文件 (stt file)

stt 文件由相位残差(mm)的 RMS 和残差时间序列(mm)组成。

## ztd 文件

天顶对流层延迟值记录在 **ztd** 文件中。示例如下（见图 14）：

Zenith Tropospheric Delay								COMMENT
30.00								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

图 14 天顶对流层延迟文件 (ztd file)

第一列记录站名，后面六列记录历元时刻。接下来的两列记录对流层干延迟和湿延迟的值。最后一列记录对流层的改正值。

## A.4 统计文件

### DOP 文件

精度因子信息记录在 **DOP** 文件中。示例如下（见图 15）：

DOP (PTG):	58849	0.00	1.2506128	0.6814834	1.4242374
DOP (PTG):	58849	30.00	1.2515942	0.6821264	1.4254068
DOP (PTG):	58849	60.00	1.2525348	0.6827389	1.4265258
DOP (PTG):	58849	90.00	1.2534340	0.6833205	1.4275937
DOP (PTG):	58849	120.00	1.2542914	0.6838709	1.4286099
DOP (PTG):	58849	150.00	1.2551064	0.6843898	1.4295739
DOP (PTG):	58849	180.00	1.1620069	0.6117506	1.3132018
DOP (PTG):	58849	210.00	1.1628831	0.6123683	1.3142648
DOP (PTG):	58849	240.00	1.1637406	0.6129719	1.3153048
DOP (PTG):	58849	270.00	1.1645790	0.6135612	1.3163213
DOP (PTG):	58849	300.00	1.1653982	0.6141359	1.3173139
DOP (PTG):	58849	330.00	1.1661976	0.6146959	1.3182822
DOP (PTG):	58849	360.00	1.1669771	0.6152409	1.3192258
DOP (PTG):	58849	390.00	1.1677362	0.6157707	1.3201445
DOP (PTG):	58849	420.00	1.1684748	0.6162851	1.3210378
DOP (PTG):	58849	450.00	1.1691926	0.6167840	1.3219053

图 15 DOP 文件

第二、三列记录历元时刻。接下来的三列记录 PDOP、TDOP、GDOP。



## 可用卫星数文件

可用卫星数记录在 *satnum\_file* 文件中。示例如下（见图 16）：

SATNUM:	58849	0.00	19
SATNUM:	58849	30.00	19
SATNUM:	58849	60.00	19
SATNUM:	58849	90.00	19
SATNUM:	58849	120.00	19
SATNUM:	58849	150.00	19
SATNUM:	58849	180.00	20
SATNUM:	58849	210.00	20
SATNUM:	58849	240.00	20
SATNUM:	58849	270.00	20
SATNUM:	58849	300.00	20
SATNUM:	58849	330.00	20

图 16 可用卫星数文件

第二、三列记录历元时刻。接下来的三列记录该历元的可用卫星数。

## 附录 B 相位偏差产品

### B.1 算法和使用说明

我们已经实现了日常生成相位偏差产品，旨在促进 PPP-AR 的应用。产品分为两部分：

- 1) SINEX-BIAS 格式的 GNSS 小数部分偏差；
- 2) GNSS 相位钟。

与这些产品一起发布的还有一个对应的软件，名为“**PRIDE PPP-AR II**”。有了我们的相位偏差产品和软件，用户可以轻松地进行 PPP-AR，并专注于结果分析。数据处理结果如下（见图 17）。

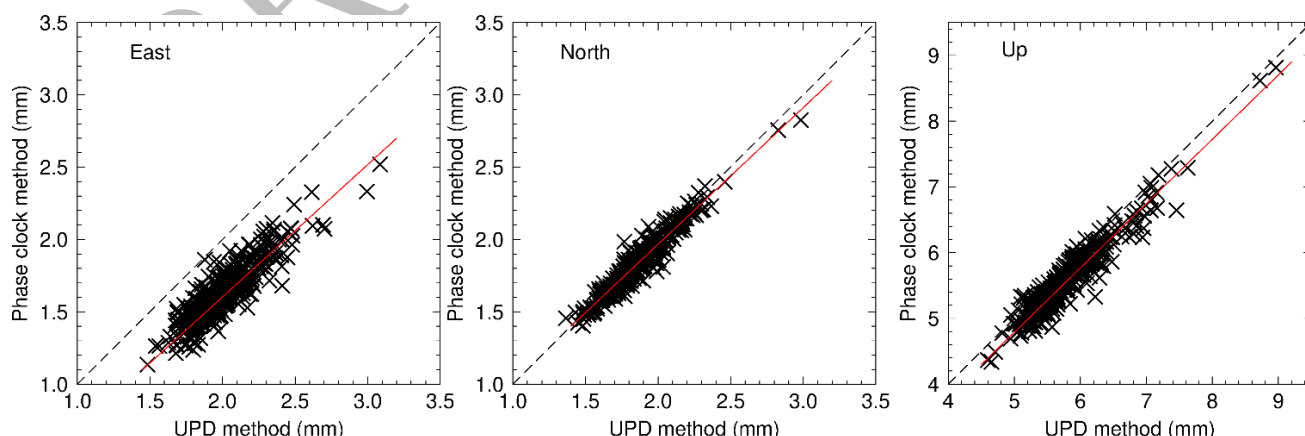


图 17 针对两种类型的 PPP-AR 方案的 IGS 测站定位结果 RMS 比较，即广泛使用的 UPD 方法和相位钟方法（即使用我们的相位偏差产品），注意使用 2016 年 IGS 的 SINEX 周解文件作为参考解。

产品生成策略如下：

1. 利用全球分布的 IGS 网获得相位偏差;
2. 使用上述相位偏差产品, 用相同全球网实现 PPP-AR;
3. 在固定模糊度和改正相位偏差的前提下进行卫星钟的重新估计。

目前, 从 2006 年起的產品可以从 WHU ftp (<ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/whu/phasebias/>) 公开访问, 软件也可以从 PRIDELab 的主页(<https://pride.whu.edu.cn>)下载。

有关更多信息, 请参阅附件 2018 IGS 报告: Phase bias product and open-source software for undifferenced ambiguity resolution at Wuhan University.

## B.2 产品使用

为了保持与相位钟和相位偏差产品的一致性, 用户在使用我们的相位钟和相位偏差产品的同时, 应该使用 CODE/WUM 最终产品(卫星钟除外), 来实现 PRIDE PPP-AR II 的模糊度固定。相位偏差产品的用法类似于 DCB(差分码偏差)。你可以简单地从原始观测方程中减去相位偏差进行改正。固定模糊度的程序如下:

1) 在实现无电离层(IF)组合的 PPP 浮点解之前, 需要改正 L1C、L2W、C1W 和 C2W 测量值中的相位偏差(以 GPS 为例)。注意, 我们的相位偏差只针对 L1C、L2W、C1W 和 C2W 观测值, 因此用户需要用其他偏差产品移除 DCB;

$$\tilde{\Phi}_{true} = \Phi_{observed} - B \quad (1)$$

$\tilde{\Phi}_{true}$  表示准确的(或无偏的)观测值;  $\Phi_{observed}$  为原始观测值;  $B$  为相位偏差(L1C、L2W、C1W 和 C2W)。

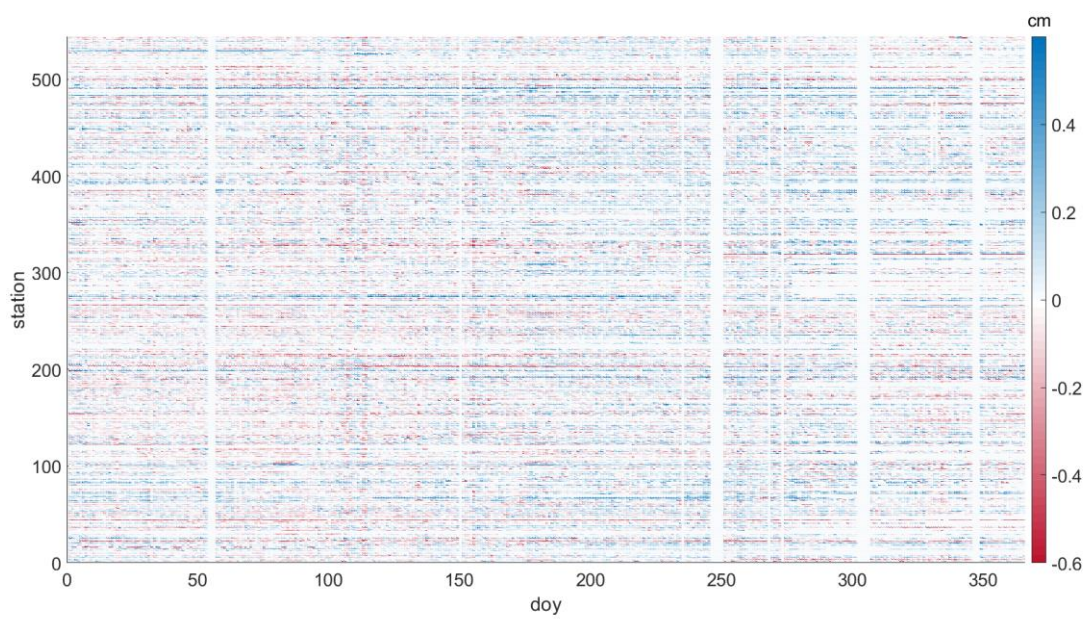
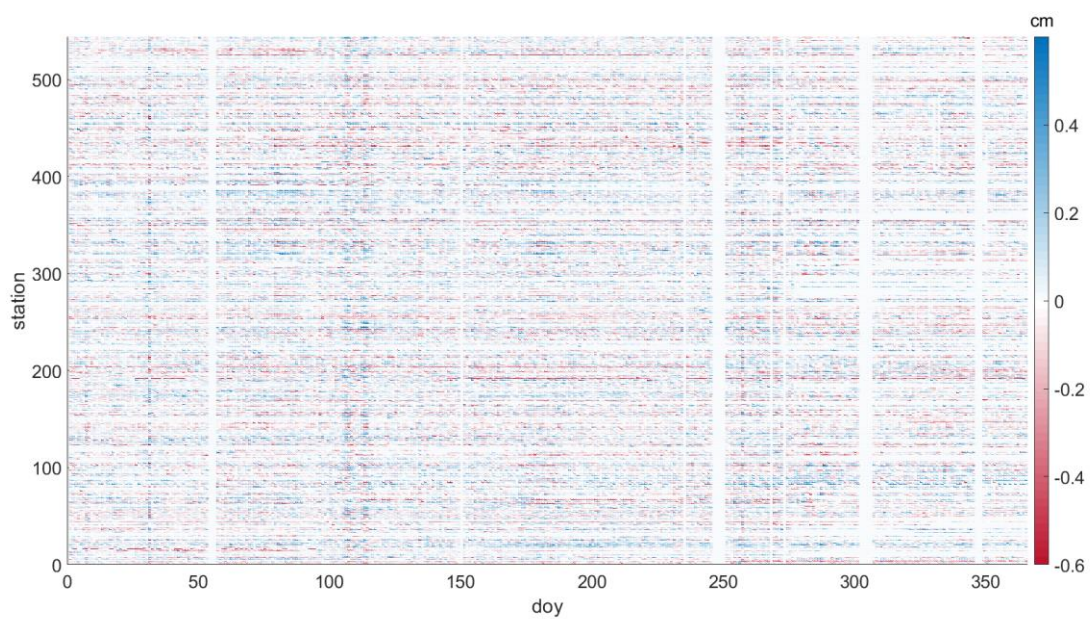
- 2) 估计宽巷模糊度, 实现 PPP 浮点解的解算;
- 3) 在无偏差改正的条件下固定宽巷模糊度和窄巷模糊度;
- 4) 用固定的宽巷模糊度和窄巷模糊度计算 IF 模糊度值, 实现 PPP 固定解的解算。

## 附录 C 实例

### C.1 单天解

利用我们发布的相位偏差产品, 我们测试了 2020 年全年的 IGS 站静态解。然后将静态 PPP-AR 结果与 IGS SINEX 解进行比较。下图(见图 18)分别记录了我们的结果文件与 IGS SINEX 的结果文件在 E/N/U 方向上的差异。X 轴表示一年中的某一天, 范围从 1 到 366。Y 轴表示不同的测站。颜色地图的范围从蓝色到红色, 以厘米为单位表示差异值。





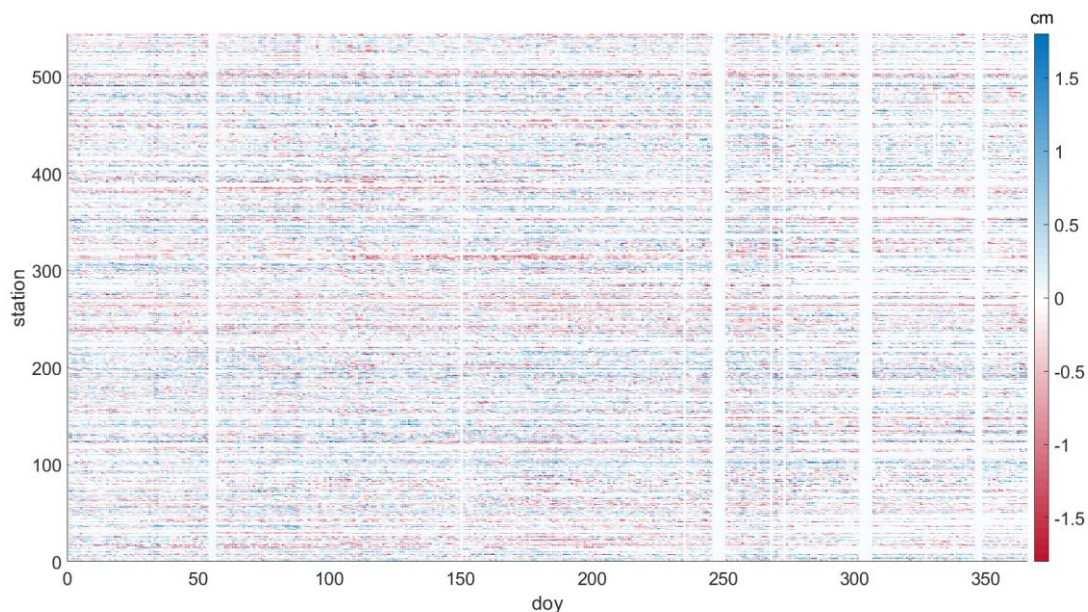


图 18 不同站点的 PRIDE PPP-AR II 单天解和 IGS SINEX 解之间的差异。

## C.2 超高频数据（50Hz）

PRIDE PPP-AR II 可以处理高达 50Hz 的超高频数据。我们使用 PRIDE PPP-AR II 软件对距震中 1300 公里的 HLFY 站进行了定位实验，展示了 2011 年 3 月 11 日 05:46:24（UTC 时间）发生的日本大地震（震级为 9.0）带来的影响。如图 19 所示，黑框区域显示出明显的水平方向的振动，约 10 厘米。

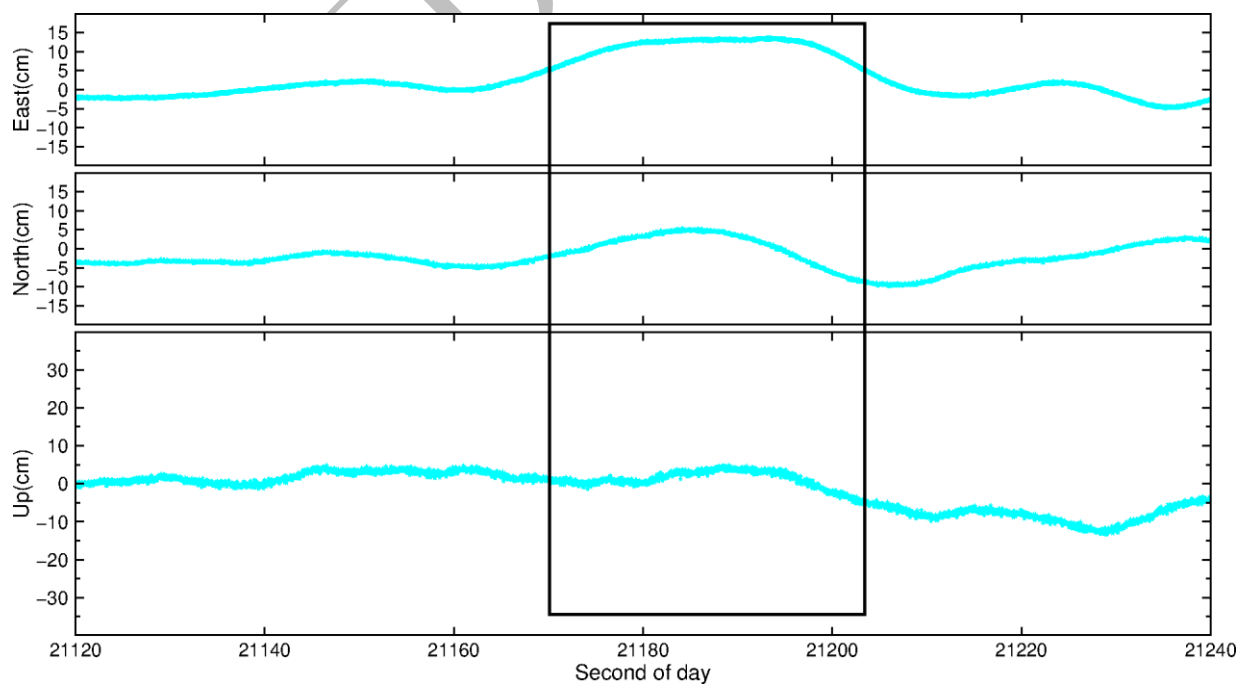


图 19 HLFY 站在东、北、高三个方向的位置时间序列（cm）

## C.2 大动态移动平台

在航空摄影测量实验中, PRIDE PPP-AR II 可以实现大动态 PPP。实验观测时间为 2017 年 11 月 27 日, 观测时间约 5 小时, 采样率为 0.5 秒。飞机的轨迹如图 20 所示。并以 WayPoint 软件(一款商用定位软件)的相对定位结果作为参考解, 其最大基线长度可达 170 公里。如图 21 所示, 在遮挡较少的机载实验中, PRIDE PPP-AR II 定位精度与商用相对定位软件基本相同。另外, 在大动态数据解算中, 模糊度固定也能显著提高定位精度。

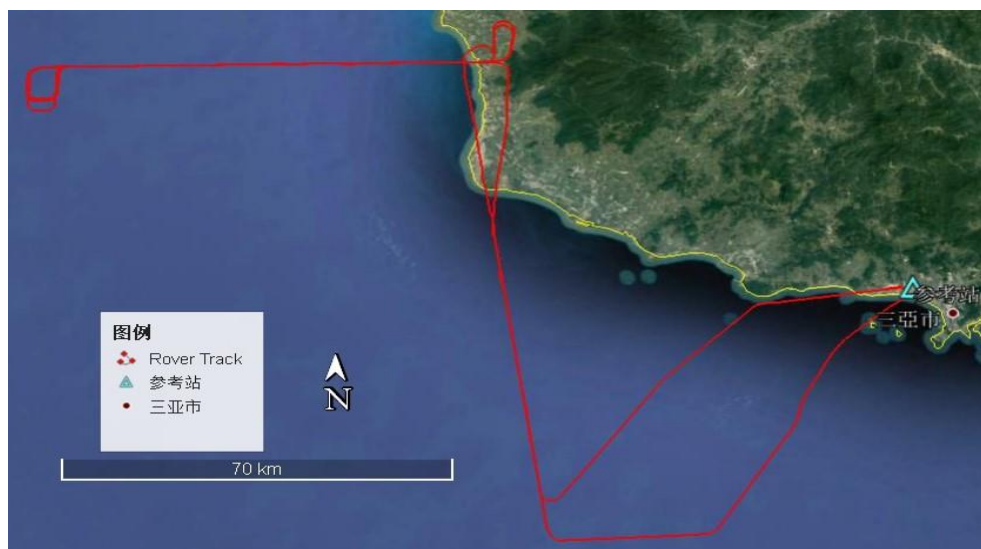


图 20 大动态航空摄影测量实验中飞行轨迹

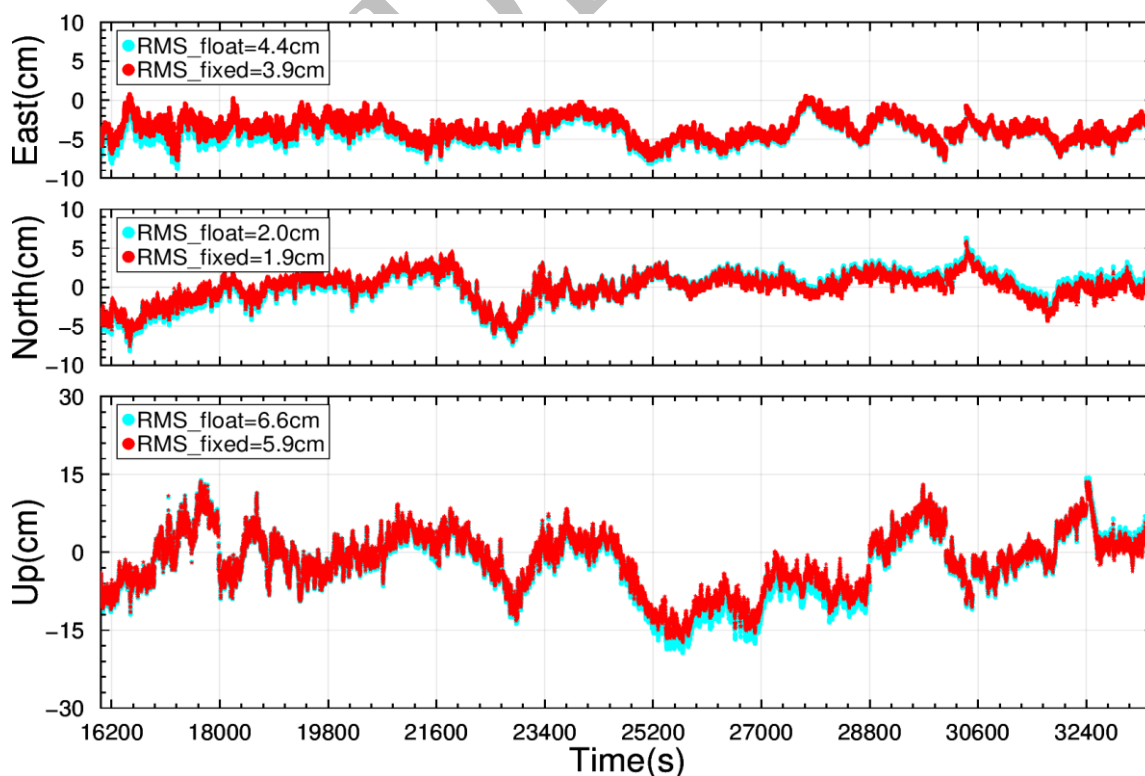


图 21 PRIDE PPP-AR II 和 WayPoint 软件的位置差异



## 附录 D SA 时期的 GPS 数据处理

SA 时期的 GPS 广播星历精度较低，因此在使用广播星历时应格外小心。为了方便用户处理这些 GPS 数据，我们在 “*tedit*” 模块中设置了一些特殊选项，以避免从广播星历中获取卫星钟差。另外，用户需要在 “*config\_file*” 中修改 “*Strict editing*” 模式，从 “YES” 改为 “NO”，然后修改脚本 “*pride\_pppar.sh*”，如下所示：

1. 改变精密卫星钟差的下载地址；
2. 同样地，改变精密卫星轨道的下载地址；
3. 改变地球自转参数的下载地址；
4. 注意，地球自转参数需要连续 3 天的文件来合并。

以 JPL 的第二次重处理的精密卫星钟差/轨道/ERP 产品为例，对 SA 时期的 GPS 数据进行处理。图 22 展示了 ALBH 站在 1995 年的单天解位置时间序列(以第一天为参考值)。X 轴表示年积日，范围从 1 到 365。Y 轴表示位置变化。

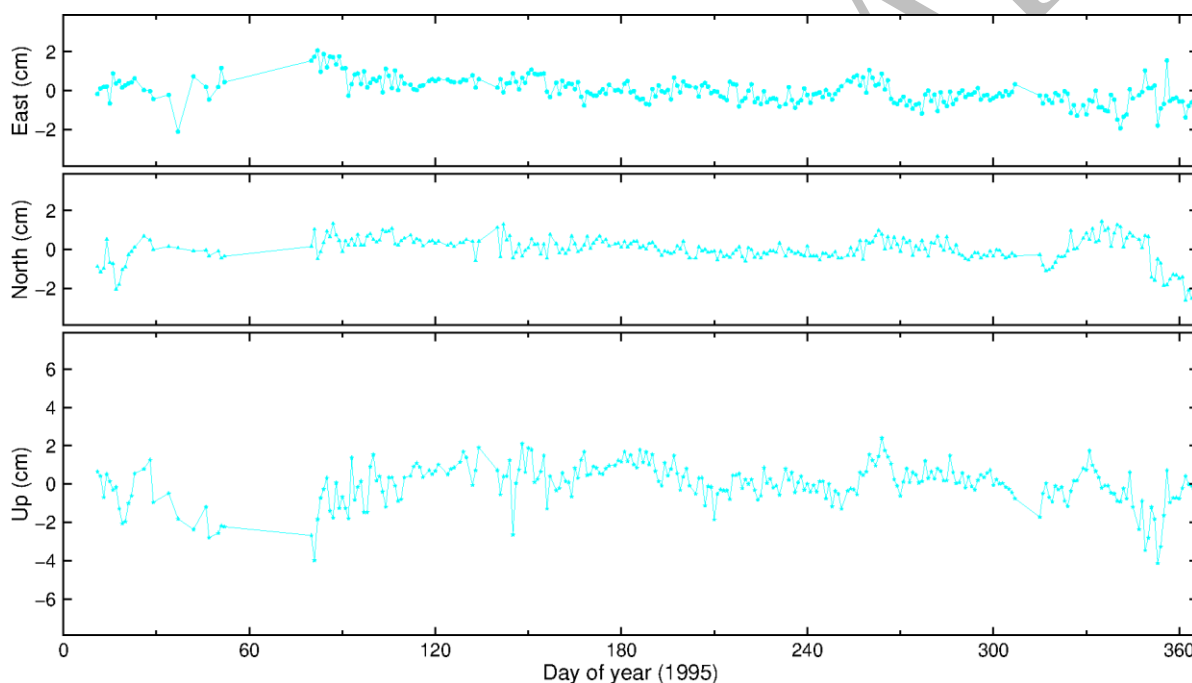


图 22 1995 年 ALBH 站的位置时间序列

## 附录 E 轻型 Windows 应用版本

### E.1 程序主界面

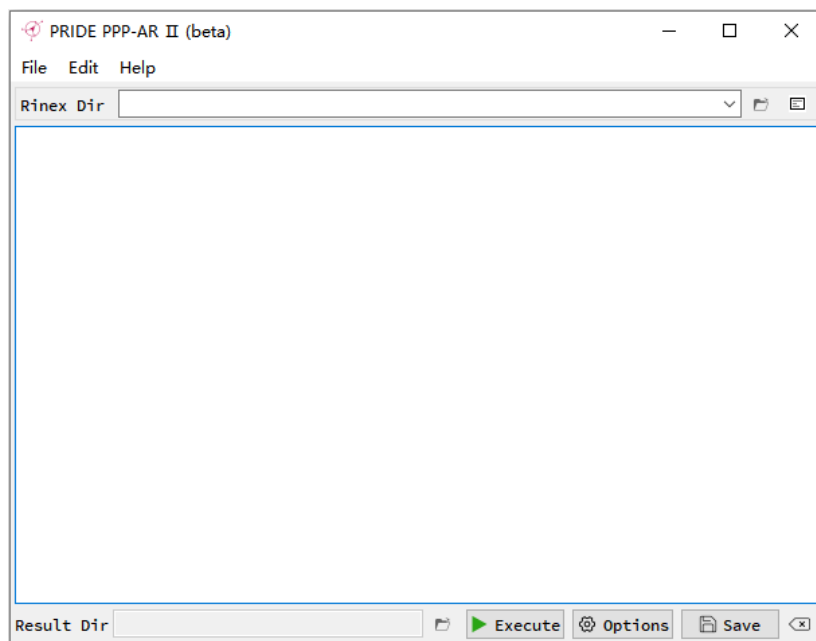


图 23 Windows 用户界面

*pride\_pppar\_win* 通过在 Windows 环境下对 PRIDE PPP-AR II 源代码进行编译、并调用生成的可执行程序以实现精密单点定位-模糊度固定解算，实现与 linux 版本基本相同的功能（见图 23）。

### E.2 使用步骤

- 1) 菜单栏: **File** → **Open Rinex Dir**, 选择观测值目录;
- 2) 菜单栏: **Edit** → **Options**, 自定义解算选项;
- 3) 界面 : **Execute**, 开始批量解算;
- 4) 界面 : **Open Results Dir**, 查看结果文件目录。

## E.3 选项介绍

The figure displays four panels of the 'Options' dialog box, each with a 'Done' button. The panels are:

- General:** Interval(s) 30, Strict editing Yes, Positioning mode Static, Cutoff elevation 7°, Satellite system ☒ GPS ☐ GLO ☐ GAL, ☐ BDS2 ☐ BDS3 ☐ QZS, Excluded satellites eg: G01 G02.
- Atmosphere:** 2nd ionosphere correction Yes, Troposphere mapping function GMF, Zenith troposphere (min.) PWC 60, Troposphere gradient (min.) PWC 720, Zenith tropo.  $\sigma/\omega$  (m) 0.20 0.02, Tropo. gradient  $\sigma/\omega$  (m) 0.005 0.002.
- Ambiguity:** 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.
- 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.

图 24 解算选项设置

- 1) General : 通用设置（数据采样间隔、编辑模式、定位模式、截止高度角、卫星系统选择）；
- 2) Atmosphere : 大气延迟改正设置（高阶电离层改正、对流层投影函数、ZTD 与 HTG 估计策略、ZTD 与 HTG 估计先验约束与过程噪声）；
- 3) Ambiguity : 模糊度解算选项（模糊度搜索方法、最小模糊度弧段长度、模糊度搜索截止高度角、宽巷/窄巷的最小模糊度保留个数、最大模糊度删除个数、Ratio 值）；
- 4) Station : 测站相关选项（伪距与相位观测值的先验精度、初始坐标的先验精度）。