

# 基于 Bernese GPS 软件的 GPS 数据自动解算系统的研究

韩菲 程传录 王小瑞

(国家测绘局 大地测量数据处理中心 陕西 西安 710054)

## A Study of Automatic GPS Data Processing System Based on Bernese GPS Software

HAN Fei, CHENG Chuanlu, WANG Xiaorui

**摘要:** 针对高精度 GPS 数据处理软件操作的复杂性, 研发出一套基于 Bernese GPS 的 GPS 站网数据自动处理系统 AUTO-BGPS。简单介绍 Bernese5.0 的数据处理原理, 着重介绍其 BPE 功能, 阐述 AUTO-BGPS 自动解算系统的结构设计、功能模块及数据处理过程。通过应用实例验证该软件的可用性。

**关键词:** Bernese5.0; BPE; 自动处理; AUTO-BGPS; PPP; 双差

### 一、引言

随着 GPS 技术的不断发展, 它在工程领域的应用越来越广泛。GPS 技术是一种相对复杂的应用性技术, 它包括天文物理、地球科学等较广范畴的知识, 尤其是对于高精度的 GPS 数据处理, 需要技术人员具备一定的专业知识。目前国际上比较成熟的高端 GPS 精密应用软件有美国喷气推进实验室 (JPL) 的 JIPSY-OASIS、瑞士伯尔尼大学 (AIUB) 的 Bernese、美国麻省理工学院和美国斯克里斯普海洋地球研究所 (MIT/SIO) 的 GAMIT/GLOBK 等, 这些软件的特点之一就是数据处理模型复杂, 对误差改正的研究非常精细, 适合于科学研究。正是这些原因, 导致其在使用过程中, 人机交互的内容过多, 处理过程不够直观, 影响了它们在工程领域的应用。

在工程应用中, 基于 GPS 中长基线数据, 要求高精度、高可靠性的商业用户越来越多, 如高速铁路的首级控制网——CPO 的解算、国家高等级的 GPS 控制网的联合解算、连续运行参考站网络数据日常处理<sup>[1]</sup>等, 这些工作都亟待一种如 GAMIT、Bernese 这样既适用于长基线、高精度计算又适合生产作业的软件出现。

Bernese GPS 软件是由伯尔尼大学天文研究所开发的 GPS 高精度数据处理软件<sup>[2-3]</sup>。该软件的应

用对象主要是科研人员、负责高精度 GPS 测量的机构、负责连续运行站 GPS 接收机的机构等<sup>[1,4]</sup>。它不仅是一套具有高精度的功能强大的 GPS 数据处理软件, 而且其高度模块化的软件结构以及开放的源代码, 也为科研人员利用 Bernese 作进一步的研究提供了平台<sup>[3]</sup>。

### 二、Bernese 软件概述

Bernese GPS 以双差处理为主, 用双差相位观测进行高精度的测地应用。其核心程序语言是 Fortran77, 个别程序用 Fortran90<sup>[5-6]</sup>。Bernese 软件的主程序大概有 20 个, 核心程序块有 RXOBV3、PRETAB、ORBGEN 等<sup>[5]</sup>, 其数据处理流程如图 1 所示。

Bernese5.0 数据处理步骤主要分为: 数据准备, 数据的预处理, 数据处理, 参数估计。

1) 数据和必要文件的准备工作主要有: 观测数据和星历数据的准备、观测文件格式转换、标准轨道文件的生成等。

2) 数据的预处理主要完成对观测数据的预处理工作, 包括先验坐标的生成、粗差探测、周跳探测和修复、单差文件的生成等。

3) 参数估计, 基于最小二乘估计实现对接收机钟差、大气层延迟、模糊度、基线、点位坐标 (X, Y, Z) 等参数的估计。

收稿日期: 2010-12-31

作者简介: 韩菲(1981—), 男, 河南荥阳人, 硕士, 主要从事 GPS 数据处理及其理论研究。

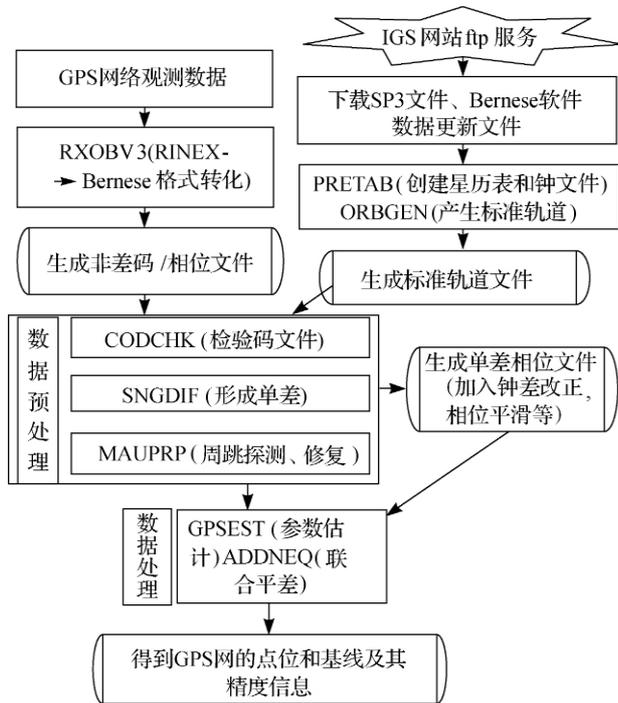


图1 Bernese GPS软件双差数据处理流程

### 三、Bernese GPS软件 的 BPE 功能介绍

随着全球越来越多的参考站网络的建立,积累的大量待处理数据需要一个高度自动化的GPS数据处理软件。BPE(Bernese processing engine)就是满足GPS数据高度自动处理的独立模块<sup>[5]</sup>。

BPE是Bernese的自动处理模块<sup>[3,5]</sup>,它是一个由程序、脚本文件、控制程序等组成的完整系统。BPE功能的实现依赖于程序块、脚本文件和控制文件在自动模式下的有机结合。控制文件(process control script, PCS)是BPE的核心。它运行并且控制其他程序模块,并且按照PCF文件里的顺序来逐步地运行各个处理步骤,如图2所示。

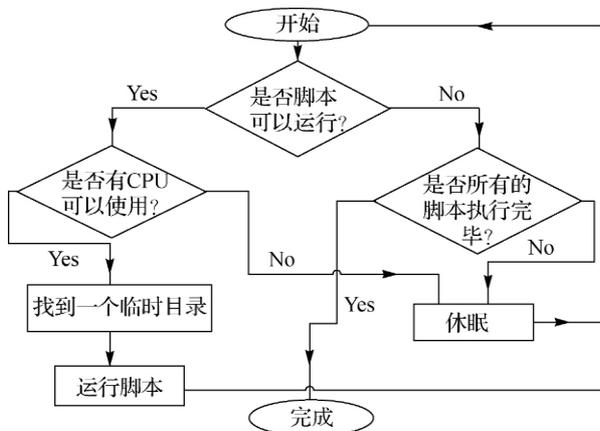


图2 PCS(process control script)文件运行流程图<sup>[2]</sup>

1) PCS是BPE的最外层脚本,它可以独立运行。运行之前要首先指定好PCF文件,PCF文件告诉PCS脚本在本项目中需要做的工作、执行的脚本文件、执行顺序等。当PCF中所有的脚本都运行完毕或者处理引擎在协议文件中发现错误时,PCS将完成处理。

2) PCF(process control file)文件定义了PCS将要执行的脚本文件或处理的模块。在PCF中列出了将要执行的脚本以及这些脚本执行的顺序。并且在PCF中定义了一些处理过程中必须的全局变量,以保证对处理过程具有相似属性的文件或参数采用一致的命名。

图3是PCF文件的部分内容,指定了BPE所要运行的批处理文件以及执行顺序。

```

109 # -----
110 301 SNGDIF R2S_GEN ANY 1 223
111 311 MAUPRPAP R2S_GEN ANY 1 301
112 312 MAUPRP_P R2S_GEN ANY 1 311
113 313 MPRXTR R2S_GEN ANY 1 312
114 321 GPSEDTAP R2S_GEN ANY 1 313
115 322 GPSEDT_P R2S_EDT ANY 1 321
116 331 GPSCHK R2S_GEN ANY 1 322
117 401 ADDNEQ2 R2S_GEN ANY 1 331
118 402 GPSXTR R2S_GEN ANY 1 401
119 411 GPSQIFAP R2S_QIF ANY 1 402
120 412 GPSQIF_P R2S_QIF ANY 1 411
121 413 GPSXTR R2S_QIF ANY 1 412
122 #

```

图3 PCF文件的基线形成和模糊度解算部分

### 四、自动处理系统 AUTO-BGPS 的实现

AUTO-BGPS系统的开发统一在Visual Studio .NET 2005下进行,开发框架为FrameWork2.0。系统是针对GPS网络平台,集精密单点定位(precise point positioning, PPP)、GPS网络基线解算和平差功能于一体的数据处理软件。软件的功能菜单和主界面如图4所示。



图4 软件主要功能界面

系统的主要功能是实现GPS数据的自动化高精度处理,包括两个部分:PPP和双差数据处理。同时,作为GPS数据处理软件,它附带了GPS数据处理必须的工具,如格式转换、框架转换、坐标形式转换等功能。以下具体介绍该系统的主要功能。

#### 1. PPP 模块

1) 通过非差模式来快速有效地获得厘米级精度的点位坐标,该坐标也可以为双差处理提供优秀

的先验坐标。

2) PPP 可以计算与相位观测值相关的接收机钟差值。

3) 提取传播路径上的电子总量(TEC)信息,从而可以建立与站相关的或者区域的电离层模型<sup>[5]</sup>。

4) 监测点位随时间的变化。

鉴于以上功能,PPP 数据处理可以提供以下几个结果:① 法方程文件、站坐标、对流层参数估计、P1-P2/C1-P1 之 DCBs、站运动速度向量;② 总天顶延长(ZPD);③ 站钟差;④ 单点定位坐标。

### 2. 双差定位模块

双差定位是 Benrese 软件的核心,通过双差可以实现高精度的测地应用。同时,也可以实现其他特殊的功能:① 天顶延迟估计、太阳光压估计、地球自转参数估计<sup>[5]</sup>;② 区域或者全球的对流层监测<sup>[5]</sup>;③ 得到整个网解;④ 动态数据后处理。

### 3. 数据处理的辅助功能

#### (1) ITRF 框架转换模块

ITRF 框架转换是 GPS 数据处理常用到的工具,涉及 SP3 星历框架转换、GPS 成果框架转换等。考虑到坐标框架转换参数跟参考时间相关,因此框架转换采用 14 个参数转换(即 7 个转换参数加上 7 个转换参数的速率),实现了 ITRF2005、ITRF2000、ITRF97 等框架间的逐级转换。坐标形式均为(X, Y, Z)。ITRF2005 转换到 ITRF2000、ITRF2000 转换到其他框架的 14 个转换参数均为国际地球参考框架官方网站公布的整套参数。模块界面如图 5 所示。

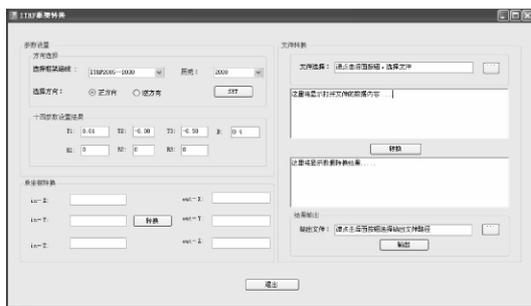


图 5 ITRF 框架转换软件

#### (2) (B, L, H) — (X, Y, Z) 框架转换模块

坐标形式转换基于 2000 国家大地坐标系使用的椭球参数,实现(B, L, H)与(X, Y, Z)的相互转换。如图 6 所示。

### 4. AUTO-BGPS 系统工作流程

AUTO-BGPS 系统工作流程为:① 项目建立及属性设置,用户首先要建立项目,在此将设置项目的一

些属性,如项目名称、文件目录、测段长度等信息;② 处理模式选择;③ 准备文件,导入原始观测文件、星历文件、钟文件等,根据不同的处理方式导入不同的文件;④ 运行后台处理程序;⑤ 显示处理结果。



图 6 (B, L, H) ↔ (X, Y, Z) 转换软件

系统一旦激活,将按照以下程序进行:① 下载相关文件;② 准备相关文件;③ 卫星轨道生成;④ 观测文件完整性检测;⑤ 数据预处理(粗差探测、周跳探测和修复、模糊度解算);⑥ 数据处理(基线解算和平差、参数估计);⑦ 处理结果显示(画拓扑图、基线和点位结果显示等)。

基于以上几个模块,系统可以自动地完成数据的读取、星历文件和相关文件的下载、数据预处理和参数估计等数据流程,最终得到基线和点位坐标信息,并以图形的形式显示。

## 五、应用实例

本文结合欧洲国际 IGS 站的 8 个站: MATE、ONSA、VILL、PTBB、BRUS、FFMJ、ZIMM、ZIMJ,其中 MATE、ONSA、VILL 3 个站为 IGS 核心站,它们参加了 IGS00 框架的实现,十分稳定。假设 PTBB、BRUS、FFMJ、ZIMM、ZIMJ 5 个站为参考站网络,并用 AUTO-BGPS 软件实现对该网络参考站的监测。

处理模式:以 MATE、ONSA、VILL 3 个站作为固定站,对其他 5 个站进行解算。选择一周(2003-05-22—2003-05-29)的数据作为试验数据,每个时段均为 24 h。处理方式按照采用多时段连续处理,得到各参考站坐标(X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, Z<sub>i</sub>)以及 GPS 网基线信息,运行结果如图 7 所示。

用户首先创建项目,一旦项目创建并开始运行,数据处理系统将激活后台处理模块,自动到指定目录下搜索该天数据,并按照该天的年积日,到指定网站下载相关数据,之后完成数据解算,并提取解算结果信息。在软件主界面上可以看到部分参  
(下转第 56 页)

### 五、结束语

随着各个城市地铁建设规模的不断扩大,加之城市建设导致地面沉降的加剧,地面沉降对地铁施工及运营的影响会越来越明显。

本文介绍了地面沉降在地铁建设过程中对测量工作的影响,并针对沉降特性,提出了相应的解决措施,对保证地铁线路正确贯通,结构正确衔接具有指导作用。同时对其他穿越沉降区域的地铁线路也具有一定的参考意义。

### 参考文献:

[1] 贾三满,王海刚,罗勇,等.北京市地面沉降发展及对

城市建设的影响[J].分析研究,2006,1(2):13-18.

[2] 刘德成,何静.北京市通州区地面沉降危险性评价与区划[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(3):158-162.

[3] 缪林昌,王非,吕伟华.城市地铁隧道施工引起的地面沉降[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(2):293-297.

[4] 葛世平,廖少明,陈立生,等.地铁隧道建设与运营对地面房屋的沉降影响与对策[J].岩石力学与工程学报,2008,27(3):550-556.

[5] 张莉,文汉江.天津地区地面沉降分析[J].测绘通报,1995(1):16-19.

(上接第10页)

数的设置、GPS网拓扑结构图和结果查询窗口。用户可以通过右上角的下拉框来查看相关结果内容。

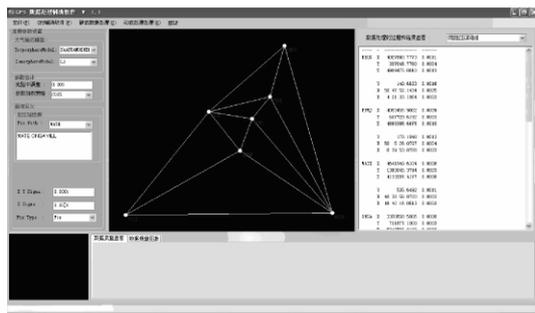


图7 AUTO-BGPS数据自动解算系统运行界面

### 六、结束语

本文基于Bernese5.0的GPS数据自动处理系统AUTO-BGPS,实现了GPS网络数据的无人值守的自动化处理。它可以自动下载与观测数据相关的其他数据,然后按照选定模式实现自动解算,使繁琐的人工手动处理转换为自动化的无人操作的自动处理。

通过对试验数据的解算,证明了AUTO-BGPS软件在数据的自动解算中,其处理过程是流畅的,参数设置与数据处理模块的交互是有效的,拓扑结构图的显示比例及点位相对位置是合理的,数据解

算结果也是准确的,同时其附带的GPS数据处理工具运行也是正确的。该软件可以准确完成对GPS数据的自动化处理,十分适合于GPS参考站网络日常数据的准实时处理和参考站网络的日常监测,也适合于工程GPS控制网的自动解算。但是,软件也存在一些不足之处,在以后的工作研究中将继续改进。

### 参考文献:

[1] 张彩虹,聂桂根,熊熊,等.基于Internet的GPS数据自动处理系统的研究[J].测绘通报,2007(8):26-28.

[2] HUGENTOBLE U, SCHAER S, FRIDEZ P. Bernese GPS Software Version 4.2 [M]. Berne: University of Bern, 2001.

[3] 张彩虹,朱波,张黎.应用Bernese软件进行高精度GPS定位解算[J].测绘信息与工程,2006,31(3):8-9.

[4] 邓迪祥,张孟军.应用Bernese软件进行高精度的定位解算[J].人民长江,2006,37(6):38-40.

[5] DACH R, HUGENTOBLE U, FRIDEZ P, et al. Bernese GPS Software Version 5.0 [M]. Berne: University of Bern, 2007.

[6] 黄丁发,熊永良,袁林果.全球定位系统(GPS):理论与实践[M].成都:西南交通大学出版社,2006.

[7] 郭英.基于Bernese V4.2软件的GPS动态定位研究[D].青岛:山东科技大学,2004.