

技术方法

GAMIT 与 BERNESE 在 GPS 基线解算中的比较

徐杰¹, 孟黎², 王焱筠⁴, 张衡¹, 高书东³

(1. 山东省国土测绘院, 山东 济南 250013; 2. 山东城市建设职业学院, 山东 济南 250014; 3. 山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264000; 4. 烟台市国土资源局, 山东 烟台 264003)

摘要:对高精度数据处理软件 BERNESE 和 GAMIT 进行了简单介绍,并用这两种后处理软件来处理长度大于 1 000 km 的基线,对各种软件解算的结果进行了对比分析,得出两种软件在数据处理方法、精度、解算准确度等方面的差别,并对其使用条件提出了建议。

关键词:BERNESE; GAMIT; 基线解算; 对比分析

中图分类号:P208 **文献标识码:**B

随着高精度 GPS 数据的广泛应用,一些行业和领域,例如,精密大地测量和工程测量、地壳运动监测以及地球动力学等对 GPS 数据的精度要求越来越高^[1],尤其是 GPS 气象学的出现,更为精密 GPS 数据提出了新的要求。根据以往经验,现行的商业软件在处理长基线无法满足精度要求,因此,在处理长基线时,一般采用科研分析软件。但许多 GPS 用户对数据处理采用何种软件和 GPS 软件中间处理过程或中间采用何种模型了解不是很多,这就需要对现有的多种 GPS 软件处理结果进行比较分析,以确定最优结果。文章应用 BERNESE 和 GAMIT 两种高精度后处理软件,对 GPS 长基线分别解算并进行比较^[2]。

1 两种软件的简介

1.1 BERNESE 4.2 介绍及基线处理流程

BERNESE 软件是由瑞士伯尔尼大学天文研究所研究开发的 GPS 数据处理软件,1999 年研制完成,从 2000 年开始推广使用^[3],主要用户定位为大学、研究机构和高精度的国家测绘机构等。软件用户界面友好,模块间逻辑关系清晰,并且内嵌有图形软件,功能强大。Bernese 软件以最稳定的测站做主差,可以单独进行精密轨道的生成并可以转化成标准轨道,可以估计 9 个太阳光压参数,可以处理

GPS 数据、GLONASS 数据、GPS 和 GLONASS 混合数据、SLR 数据。Bernese 软件既可用非差方法进行精密单点定位,又可用双差方法进行整网平差,而且能对 GPS 数据和 GLONASS 数据同时处理,其中 BPE 具有自动处理功能且满足 GPS 高精度定位应用。

该软件主要包括手工部分和批处理(BPE)部分,手工部分分为 5 个部分的内容:①格式转换部分,由 RINEX 数据格式(观测量、广播信息、气象等)转化为伯尔尼格式文件;②轨道部分,产生一个资源独立的轨道描述(标准轨道),更新轨道,用精密星历生成轨道等等;③数据处理部分,码处理(单站)、双频码和相位的预处理、基于 GPS 和 GLONASS 观测量和标准等式系统叠加的参数估计;④模拟部分,产生基于数据信息模拟的 GPS 和 GLONASS 观测量(码和/或相位, L1 或 L1&L2);⑤服务部分,编译或浏览二进制文件、比较坐标点、显示残差等^[4]。

应用 BERNESE 进行数据处理的主要操作步骤可分为 3 步:①数据文件的准备。②解算过程的准备,在解算过程中应考虑多种不良因素的影响,如电离层和对流层改正、海洋潮汐运动的影响以及钟差改正等卫星轨道误差对基线的影响。③基线处理,通常使用 BPE(Bernese Processing Engine)来自动完成。当所有的数据都准备完毕,只需打开菜单,

* 收稿日期:2010-12-29;修订日期:2011-04-03;编辑:王秀元

作者简介:徐杰(1983—),男,山东烟台人,助理工程师,主要从事控制测量、地理信息等工作;E-mail:jiexu888@gmail.com。

选中“Start BPE Process”，然后按照提示逐步操作处理就会得到满意的结果。

1.2 GAMIT 介绍及基线处理流程

GAMIT 是由美国麻省理工学院(MIT)、美国加利福尼亚大学 SCRIPPS 海洋研究所共同研制的用于大地测量的 GPS 科研分析软件,经过不断的改进而成为应用面较为广泛的高精度 GPS 分析软件。它可以使用 GPS 载波相位和伪距观测值来估计地面测站的三维坐标、大气延迟、地球定向参数和卫星轨道。该软件不仅可以在基于 UNIX 的操作平台上运行,支持 X - Windows,而且可以在基于微机的 LINUX 平台上运行。最大测站数和时段数由分析计算的环境决定。

GAMIT 主要由 6 个模块组成:ARC 为轨道积分,对卫星运动方程进行数值积分来确定卫星轨道;MODEL 为组成观测方程;AUTCLN 自动修复周跳,包括 SINCLN(单站自动修复周跳)和 DBLCLN(双差自动修复周跳);CFMRG 是写一个观测方式文件(M - file),定义观测值组合方式;SOLVE 是利用双差观测按最小二乘法求解各参数;CVIEW 是在可视图形下交互编辑从 C - file 中获得的残差。用 GAMIT 软件,可解算卫星轨道和站坐标以及其他一些辅助参数,如钟差、单频大气延迟参数、整周模糊度参数等^[5]。

GAMIT 处理 RINEX 标准格式的观测文件 o - file,整个数据处理工作分两步,先编辑数据,得到干净的观测文件 x - file,再用 x - file 进行各种处理方案的参数估计。其主要的流程为:①数据准备,将数据准备成 GAMIT 可以利用的数据;②依次输入命令,得出相应的解算结果。

2 实例分析

2.1 概述

该文采用长度大于 1 000 km 的长基线,选取 2006 年 10 月 16 日(年积日为 289)北京房山(BJFS)、昆明(KUNM)、武汉(WUHN)、乌鲁木齐(URUM)4 个 IGS 站的 GPS 观测数据进行分析处理。

2.2 基线解算的主要模型和参数

用 BERNESE 处理数据时采用精密星历,采用较高的卫星高度截止角,并采用坐标准确度较高的

点作为基线解算的起算点。单条基线的模糊度解用的是 QIF 法,频率项采用电离层的 L3 组合,这种组合既消除了电离层的影响,也消除了测站卫星几何与卫星接收机钟的影响,而全部基线的模糊度固定解是用 ELIMIN 消去法,气象数据是根据标准大气外推而得,对流层采用 SAASTAMOINEN 模型,映射函数为 DRY - NIELL。

利用 GAMIT 进行基线解算时,主要考虑下列因素:卫星钟差模型改正,接收机钟差的模型改正,电离层模型改正,对流层模型改正,卫星和接收机天线相位中心改正,截止高度角和历元间隔。

处理参数设置如下:

处理模式:RELAX

观测值的选择:LC_HELP

批处理迭代方案:1 - ITER

对流层误差模型:SAASTAMONINEN

光压模型:BERNE

数据筛选:AUTCLN

ARC 参考系统:IGS92

惯性框架:J2000

测站坐标约束:0.01,0.01,0.05

2.3 基线比较

利用 BERNESE 和 GAMIT 进行了基线解算,基线长度和 RMS 见表 1。

表 1 基线长度及 RMS 比较

基线名	BERNESE		GAMIT		值/m (前-后)
	基线长度/m	RMS/m	基线长度/m	RMS/m	
BJFS - KUNM	2020153.5440	0.0005	2020153.5436	0.0018	0.0004
BJFS - WUHN	1015585.5398	0.0003	1015585.5397	0.0015	0.0001
BJFS - URUM	2374435.7475	0.0004	2374435.7471	0.0019	0.0004
KUNM - WUHN	1289171.8921	0.0004	1289171.8926	0.0016	-0.0005
KUNM - URUM	2483552.8348	0.0005	2483552.8350	0.0019	-0.0002
WUHN - URUM	2755162.2313	0.0005	2755162.2320	0.0020	-0.0007

由表 1 可以看出,利用 BERNESE 和 GAMIT 解算长基线时,基线长度差值在 0~0.7 mm 之间。由图 1 可以看出,两种软件解算的基线长度几乎相同,图形符合的较好。

但是,从解算的基线 RMS 值来看,GAMIT 在 1.5~2 mm 之间,而 BERNESE 仅在 0.3~0.5 mm 之间。由图 2 可以看出,两种软件在各自的精度要求上有所差异。虽然解算的基线长度基本一致,但是基线 RMS 值却存在 1.2~1.5 mm 的差值。

表 2 给出了基线解算后的测站坐标以及相应的

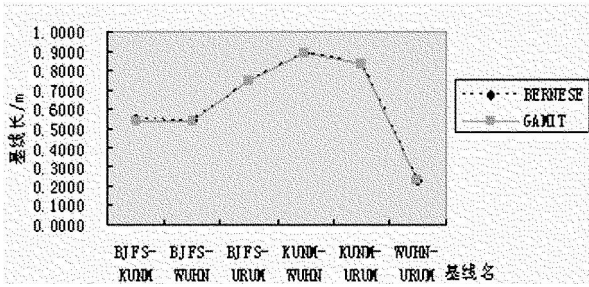


图 1 基线长度比较(取小数部分)

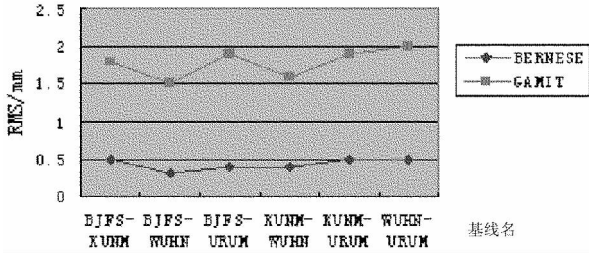


图 2 基线 RMS 比较

RMS 值、SIGMA 值,图 3 较详细的给出了坐标值(X 方向,除去大数),可以看出,GAMIT 和初始坐标符合的较好,BERNESE 次之。

表 2 解算坐标及 RMS 比较

站名	坐标方向	初始坐标/m	BERNESE		GAMIT	
			解算后坐标/m	RMS/m	解算后坐标/m	SIGMA/m
BJFS	X	-2148744.1505	-2148744.1504	0.0002	-2148744.14972	0.0074
	Y	4426641.2629	4426641.2628	0.0002	4426641.24106	0.0034
	Z	4044655.9082	4044655.9082	0.0002	4044655.87872	0.0007
KUNM	X	-1281255.7952	-1281255.8412	0.0006	-1281255.76723	0.0087
	Y	5640746.0832	5640746.1610	0.0016	5640746.04941	0.0095
	Z	2682879.9428	2682880.0366	0.0011	2682879.92243	0.0013
WUHN	X	-2267749.5057	-2267749.5458	0.0006	-2267749.49134	0.0080
	Y	5009154.2827	5009154.3592	0.0012	5009154.27119	0.0054
	Z	3221290.68190	3221290.7730	0.0009	3221290.67071	0.0003
URUM	X	193030.5561	193030.4857	0.0006	193030.54244	0.0044
	Y	4606851.2783	4606851.3695	0.0012	4606851.21990	0.0044
	Z	4393311.4586	4393311.5387	0.0011	4393311.43018	0.0017

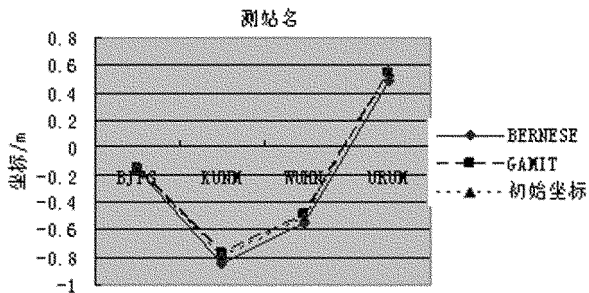


图 3 坐标比较(X 方向,除去大数)

3 结论

(1)从数据处理的方法来看,GAMIT 以卫星最长(最可靠)基线作主差,采用双差模型,不能进行单点定位,需要自己生成星历表和极移表;而 BERNESE4.2 软件以最稳定的卫星作主差,既采用双差模型也采用非差模型,既可以用非差分方法进行单点定位,又可以采用双差方法进行整网平差(但是非差很不稳定),BERNESE 会自动生成星历表和极移表。

(2)精度方面,BERNESE 4.2 软件的单点定位精度在分米级,RMS 能在 0.01 ~ 0.02 以内,GAMIT 没有单点定位,差分精度在亚厘米级、毫米级。在差分定位方面,两种软件精度差不多。

(3)从解算长基线中可以看出,两种软件解算的基线长度几乎相同。GAMIT 在解算长基线中精度稍差,BERNESE 解算结果较好。但是,GAMIT 解算的最后点位坐标较 BERNESE 更接近于初始坐标。由于初始坐标本身并不是十分精确,也存在一定的误差,因此,必须参照各自的 RMS 值共同进行结果分析。

由于软件采用了不同的数学模型,且实际计算中,用户干预的参数设置又很多,因此结果必然不同。以上是在此次数据解算中得出的结论,两种软件都是成熟软件,并且功能齐全。对于 GPS 观测数据的解算,其精度都能完全满足大地测量的精度要求。所以,在实际的工程中要根据工程的精度要求及其他要求综合考虑,选用适当的软件得出最优结果。

参考文献:

- [1] 周忠谟,易杰军. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京:测绘出版社,1997.
- [2] 黄劲松. GPS 测量操作与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2004.
- [3] 刘大杰. 全球定位系统(GPS)的原理及数据处理[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [4] Hugentobler U, Schaer S, Fridez P. Bernese GPS Software Version 4.2, Astronomical Institute/ University of Bern, 2001.
- [5] Document for GAMIT GPS Analysis Software, Release 10.2, 2003.

Comparison between GAMIT and BERNESE for Computing the GPS Baselines

XU Jie¹, MENG Li², WANG Yanjun⁴, ZHANG Heng¹, GAO Shudong³

(1. Shandong Provincial Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Vocational College of Urban Construction, Shandong Jinan 250014, China; 3. No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264000, China; 4. Yantai Bureau of Land and Resources, Shandong Yantai 264003, China)

Abstract: High precise processing software BERNESE and GAMIT are briefly introduced in this paper. Baselines which lengths are larger than 1000km are conducted by using these two post conduction softwares. The results gained by different softwares have been compared and analyzed, and differences of these two softwares in data conduction, precision and solver accuracy have been analyzed. Suggestions of using conditions have been put forward as well.

Key words: BERNESE; GAMIT; baseline processing; comparison and analysis