

# TBC 与 GAMIT 处理工程控制网数据若干问题研究

王发省<sup>1</sup> 张鹏飞<sup>2</sup>

1.中交公路规划设计院有限公司 北京 100000; 2.珠海市测绘院 广东珠海 519000

**摘要:** 基线解算质量直接影响控制网成果,甚至决定一个工程成败。本文对 TBC、GAMIT 基线处理结果进行了分析,并对基线处理常见问题,提出了解决问题方案,并给出不同长度基线如何选择最优解算方法提供了参考,为实际工程提供了有益的建议。

**关键词:** TBC; GAMIT; 基线解算; 数据处理

Processing of TBC and GAMIT  
Wang Fa province<sup>1</sup> Zhang Pengfei<sup>2</sup>

1.CCCC Highway Planning and Design Institute Co., Ltd., Beijing 100000; 2. Zhuhai Institute of Surveying and Mapping, Guangdong Zhuhai 519000

**Abstract:** The quality of the baseline solution directly affects the results of the control network, and even determines the success or failure of a project. This paper analyzes the results of baseline processing of TBC and GAMIT, and solves the common problems of baseline, and provides a reference for how to choose the optimal baseline calculation method of different lengths, which provides useful suggestions for practical engineering.

**Key words:** TBC; GAMIT; baseline solution; data processing

## 1 引言

全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System; GNSS) 已成为建立平面控制网的最主要的方法,伴随 CGCS2000 坐标系在我国测绘行业的全面应用,各地市通过构建高精度 GNSS 网<sup>[1]</sup>,快速把全国、全省甚至全县的坐标系统都统一到同一个坐标系,其他测绘技术难以做到。伴随着我国大型建设项目日益增多,建设难度越来越大,对于 GNSS 控制网的布设和精度要求越来越高<sup>[2]</sup>,如何提高解算质量、定位精度便成为一个焦点。

采用载波相位的相对定位方法得到 GNSS 基线向量<sup>[3-4]</sup>,建立 GNSS 控制网。GNSS 基线解算是 GNSS 数据后处理的重要环节之一。基线解算过程中,Ratio 值、RMS (均方根误差)、PDOP 值、重复基线较差和闭合环较差<sup>[5]</sup>等因素是控制基线解算质量的重要指标。

本文主要使用 Trimble Business Center (TBC) 和 GAMIT 两款软件,对 GNSS 基线进行处理,探讨数据处理过程中的一些问题,并给出相应的解决办法。这对提高 GNSS 基线解算质量、节约工期有很大的帮助。

## 2 TBC 及 GAMIT 介绍

### 2.1 TBC 介绍

TBC 是美国天宝公司的 GNSS 数据后处理软件,功能很强大,操作界面直观,可以通过人工修改功能参数。实现对 GNSS 基线进行人工干预,以获得更好的基线解算结果,因而,在国内用户众多。

### 2.2 GAMIT 介绍

GAMIT 作为高精度数据处理软件不但精度高,而且开放源代码,使用者可以根据需要进行源程序的修改。

GAMIT 作为一款科研软件,可以供研究无偿使用,这种开放性让用户对软件的工作原理、数据处理流程有全面的了解,一定程度上促进了 GAMIT 的更新。

## 3 数据处理问题分析

### 3.1 TBC 数据处理问题分析

为探究 TBC 软件基线解算的影响因素,本文使用实测数据分别对卫星高度截止角、精密星历对基线质量影响进行了分析。

#### (1) 卫星高度截止角对基线质量的影响

本小节所使用的数据来自某工程复测一个时段的数据,同步时长大于 90min。先用 TBC 的缺省设置 (卫星高度截止角 13°) 对该时段基线进行处理,处理结果如下表。

表 1 TBC 缺省设置数据处理结果

基线	基线长 (m)	比率	参考变量	RMS (mm)
H002-H001	513.67	56.40	2.16	5
H004-H005	707.41	60.10	2.64	6
H006-H001	783.32	39.30	3.19	6
H004-H006	771.78	25.10	2.92	6
H006-H002	1233.48	33.90	3.75	7
H005-H006	1319.56	14.80	3.57	7
H004-H001	1548.87	17.00	4.64	7
H005-H001	2005.44	12.00	4.71	7
H003-H001	555.51	8.30	5.85	8

H005-H002	2506.53	12.00	5.16	8
H004-H002	2203.79	14.20	5.39	8
H005-H003	1950.34	3.60	6.23	9
H006-H003	636.15	6.40	7.33	9
H004-H003	1346.09	60.00	8.10	9
H003-H002	754.14	6.80	9.47	10

由表 1 可以看出,质量最差的基线 H003-H002、H004-H003 这两条基线。下面通过改变卫星高度截止角来观察基线质量的变化。

表 2 不同卫星高度截止角对基线质量的影响

卫星高度截止角	基线	比率	参考变量	RMS (mm)
10°	H003-H002	4.70	9.69	10
	H004-H003	54.40	8.64	9
15°	H003-H002	16.90	9.80	10
	H004-H003	87.30	7.93	9
20°	H003-H002	12.80	9.84	10
	H004-H003	171.80	7.14	8
25°	H003-H002	27.10	8.02	9
	H004-H003	27.30	6.14	8
30°	H003-H002	31.40	5.06	7
	H004-H003	29.10	4.06	7
35°	H003-H002	29.60	6.73	8
	H004-H003	26.00	3.58	6

由表 2 综合对比可以看出,在 TBC 处理 GNSS 基线时,对于一些质量不好的基线,可通过设置卫星高度截止角提高解算质量。

在基线解算中若卫星数目较多,可以适当的增加卫星高度截止角;在基线解算中若观察到卫星数目较少,可以适当减小卫星高度截止角。

#### (2) 精密星历对基线质量的影响

本节探讨不同星历组合对基线解算的影响,TBC 支持不同星历文件的输入,当解算效果不理想时,可采用加入不同星历进而观察解算质量。分析表明,质量最差的基线仍是 H003-H002、H004-H003 这两条基线。星历对这两条基线质量的影响见下表。

表 3 精密星历对对基线质量影响

不同星历组合	基线	比率	参考变量	RMS (mm)
Brdc	H003-H002	6.80	9.47	10
	H004-H003	60.00	8.10	9
IGS	H003-H002	5.70	7.56	9
	H004-H003	62.80	6.16	8
Brdc+IGS	H003-H002	4.40	2.01	5
	H004-H003	22.80	1.77	4

由表 3 可以看出,对于这两条基线,随着解算加入星历不同,解算精度也不相同,当加入广播星历+精密组合星历组合进行基线解算时基线解算精度最高,相比仅加入广播星历残差减小了一半。

因此,在实际处理数据的过程中,对于质量不好的基线,可以加入精密星历参与基线解算,改善基线结算质量。

### 3.2 GAMIT 数据处理问题分析

#### (1) 天线高设置时应注意的问题

GAMIT 中与配置天线高、天线类型、GNSS 接收机类型有关文件共 5 个。在进行 GAMIT 数据处理时应该熟练掌握这些文件的用途及相互关系。

在 GAMIT 设置天线高时应注意以下几个细节:

1) 若 RINEX 文件中存在非标准接收机类型或天线名,需添加接收机或天线信息到 guess\_revant.dat 文件中,然后运行 sh\_upd\_stnfo 命令,会被自动链接到工作目录。

2) 人工制作 station.info 文件注意格式一定正确,才可以被 GAMIT 识别,在 revant.dat 文件找到<sup>9)</sup>。

3) 若 guess\_recant.dat、recant.dat 文件中缺失某个接收机或天线型号,需手动修改添加接收机/天线型号,同时对 hi.dat、recant.dat 文件进行修改,尤其注意设置水平、垂直偏差。

#### (2) 观测值类型对短基线质量的影响

使用 GAMIT 几公里的小网进行数据处理,习惯上用 L1\_ONLY 或 L2\_ONLY 模型数据处理,结果会更好,但是实验分析的结果与这个结论是有差别的。本小节使用某一时段的数据进行了实验,用 GAMIT 解算的 nrms 值作为评判数据的标准,对比结果见下表。

表 4 不同观测值的选择类型对比结果表

观测值的选择类型	先验标准均方根 (Prefitnrms)	事后标准均方根 (Postfitnrms)
L1&L2	0.3977	0.2701
L1,		
L2_INDEPEND	0.4919	0.4147
L1_ONLY	0.4320	0.3882
L2_ONLY	0.5511	0.3945
LC_HELP	0.1970	0.1922
LC_ONLY	0.1979	0.1891

由表 4 可以看出,对于短基线,观测值的选择类型选择 LC\_HELP 或 LC\_ONLY 时,数据处理的结果是最好的。

### 4 TBC 与 GAMIT 基线处理结果对比

使用 GAMIT 软件进行基线解算时,长基线相对精度可达到  $10^{-9}$  量级,短基线优于 1mm。因此,本章实验结果将 GAMIT 处理的结果作为真值。

#### 4.1 短基线处理结果对比

本小节所采用的数据同步时长为 240min,现将 TBC 与 GAMIT 处理的基线长度、基线三维分量对比如下。

表 5 短基线长度对比

基线	概略长度 (m)	长度较差 (mm)
HB01-HB02	477	4
HB01-HB03	516	-1
HB01-HB04	1981	4
HB01-HB06	1526	4
HB02-HB03	380	0
HB02-HB04	1973	5
HB02-HB06	1484	2
HB03-HB04	2328	5
HB03-HB06	1844	2
HB04-HB05	481	3
HB04-HB06	492	3
HB05-HB01	1618	4
HB05-HB02	1704	3
HB05-HB03	2026	4
HB05-HB06	455	3

表 6 短基线三维分量对比

基线	较差 (GAMIT-TBC)		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta Z$ (mm)
HB01-HB02	-2	4	6
HB01-HB03	2	-3	1
HB01-HB04	-2	-6	2
HB01-HB06	-5	0	4
HB02-HB03	3	-4	-3

HB02-HB04	-2	-5	5
HB02-HB06	-3	-1	3
HB03-HB04	-3	-5	5
HB03-HB06	-6	1	5
HB04-HB05	0	-2	-4
HB04-HB06	-3	4	1
HB05-HB01	-1	4	-2
HB05-HB02	0	6	0
HB05-HB03	3	6	-3
HB05-HB06	-4	4	5

由表 5 可以看出,该时段最长基线为 2328m,最短基线 380m,15 条基线均属于短基线。由表 5、6 对比结果可以看出,GAMIT 与 TBC 处理的短基线,长度差值最大为 5mm,基线三维分量差值最大为 6mm,这说明,在处理短基线时,使用 TBC 软件与 GAMIT 软件均可。

#### 4.2 中长基线处理结果对比

本小节采用青岛三个 CORS 站数据,将 TBC 与 GAMIT 处理的基线长度、基线三维分量对比如下。

表 7 中长基线长度对比

基线	概略长度 (m)	长度较差 ((mm)
HSYA-JNAN	24437	1
HSYA-XIAO	21390	9
JNAN-XIAO	35039	3

表 8 中长基线三维分量对比

基线	较差 (GAMIT-TBC)		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta Z$ (mm)
HSYA-JNAN	-2	-5	-5
HSYA-XIAO	-11	2	3
JNAN-XIAO	6	-7	-9

表 7、8 的对比可以看出,TBC 与 GAMIT 处理的中长基线长度最大差值为 9mm,基线三维分量最大差值为 11mm,这说明 TBC 与 GAMIT 在处理中长基线时的差别是比较大的。

#### 4.3 长基线处理结果对比

本小节所使用的数据来自中国四个 IGS 站,基线长度对比如下表。

表 9 长基线长度对比表

基线	TBC 处理结果 (m)	GMAIT 处理结果 (m)	较差 (cm)
SHAO-CHAN	1454037.323	1454037.220	-10.3
URUM-LHAZ	1597151.394	1597151.482	8.8

GAMIT 解算的 Postfitnrms 值为 0.158,解算质量较好。由表 9 可以看出,TBC 与 GAMIT 在处理长基线时,基线长度差值最大达到了 10.3cm,这说明在处理长基线时,TBC 的处理结果误差是非常大的。因此,当处理长基线或超长基线时,应使用 GAMIT 软件,不能使用 TBC 软件。

### 5 结束语

本文通过实际工程数据对两款高精度数据处理软件 TBC、GAMIT 处理 GNSS 数据若干问题进行了探讨,并对两款软件基线解算特点进行了适应性分析和评价,为实际工程提供了有利的建议:在 TBC 处理 GNSS 基线时,可以通过调试卫星高度截止角、加入精密星历提高解算质量;在处理大于 20km 中长距离基线时应选择精度更高的 GAMIT 进行处理。

#### 参考文献:

[1]张惠军, 陈国恒, 周建营.不同历元间隔对GNSS数据处理精度的影响分析[J].地理空间信息.2021,(5): 34-37.  
 [2]张广源, 周立超, 韩立洲.GNSS工程控制网数据处理的分析与比较[J].测绘与空间地理信息.2022,(8): 151-154.  
 [3]李征航, 黄劲松.GPS测量与数据处理(第二版)[M].武汉: 武汉大学出版社, 2010.  
 [4]胡伍生, 高成发.GPS测量原理及其应用[M].北京: 人民交通出版社, 2004.  
 [5]白铁勇, 余代俊, 付崇江.基于TGO软件的GPS网同步环及异步环提取[J].测绘科学.2011,(3): 102-103.  
 作者简介: 王发省(1992-),男(汉族),山东省聊城人,工程师,工学硕士,主研领域为水下导航定位、工程测量。