

小区域 GPS 网 GAMIT 解算结果与 IGS 站选取的关系

邬熙娟¹, 高俊强¹, 黄 燕²

(1. 南京工业大学 土木工程学院, 江苏 南京 210009;

2. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008)

摘 要: 在江苏省全球导航卫星连续运行参考站综合服务系统(JSCORS)网中选择5个站点组成一个小区域全球定位系统(GPS)网,利用GAMIT软件解算2008年年积日为第196~202日的数据,分析在解算过程中选取全球定位系统服务(IGS)基准站南北半球分布、数量分布(0~10个)对解算结果精度的影响。结果表明,使用GAMIT软件处理该类小区域GPS网观测数据时,最好选取IGS站提供参考框架,但可不必选择位于南半球的IGS站;选取的IGS站空间分布要尽量均匀,数量上选取6~7个即可。

关键词: GPS; IGS站; 精度; JSCORS

中图分类号: O611.62

文献标志码: A

文章编号: 1671-7627(2010)04-0096-04

Relationship between GAMIT processing results of small GPS regional net and determination of IGS stations

WU Xi-juan¹, GAO Jun-qiang¹, HUANG Yan²

(1. College of Civil Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;

2. College of Environment and Spatial Information, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: A small global positioning system (GPS) net was composed of 5 stations in Jiangsu continuously operating reference stations (JSCORS) network, then GAMIT software was used to process their data from the 196th annual day to the 202th of 2008. The effect of international GPS service (IGS) station number (0-10) and their distribution on solution accuracy was discussed, and some conclusions were offered. The results showed that, for this small GPS regional net, it was better to choose IGS station to provide a reference framework when using GAMIT software dealt with observational data. But there is no necessary to choose the IGS stations located in the southern hemisphere. The selected IGS stations had to be distributed as even as possible, the 6-7 of them are satisfied.

Key words: GPS; IGS station; precision; JSCORS

在使用精密解算全球定位系统(GPS)数据的GAMIT软件进行解算时,全球定位系统服务(IGS International GPS Service)基准站的选取对解算结果有较大影响,国内已有许多学者对此进行了探讨和研究^[1-4]。并在IGS站空间分布方面得出一些结论:选取的IGS站在测站周围应尽量均匀分布,应把位于GPS网边缘

的IGS站列入。另外,在使用GAMIT软件解算GPS数据时,站点越多,解算时间越长,且解算时间成级数增加。例如,解算10个左右的GPS站点,大概需时为10 min,但当站点数增加到70个左右时,解算时间将猛增至8 h,并且在点数相同的情况下,基线长度越长,解算时间越长,对计算机的性能要求也越高,给解算带来

收稿日期: 2009-05-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)基金资助项目(2007AA12Z345)

作者简介: 邬熙娟(1984—),女,江苏张家港人,硕士,主要研究方向为GPS应用于变形监测的理论与实践;

高俊强(联系人),教授, E-mail: nanjingjiaoyuan@163.com.

极大困难.若能在精度满足的前提下,使用较少的站点进行解算,必能大大地节省解算时间及数据储存空间.

江苏省全球导航卫星连续运行参考站综合服务体系(JSCORS)是一个高精度、高时空分辨率、高覆盖率的综合信息服务网^[5].从 JSCORS 网中选取 5 个站点,组成一个小区域 GPS 网,为了找到该小区域 GPS 网解算时较理想的 IGS 基准站选取方案,在 IGS 基准站数据和 GPS 网观测数据均较为理想的前提下,讨论了选取南半球 IGS 基准站、IGS 站数量对解算结果精度的影响.

1 数据资料与计算参数

解算数据选用 IGS 基准站点数据、JSCORS 网的 5 个参考站点(BTPZ、BTGU、BTXH、BTQD、BTLU)的数据.为保证结果的可靠性,选取观测数据齐全、数据量大的 2008 年第 196~202 日(年积日)的数据进行解算,共 1 周时间.利用 TEQC 软件对上述各站点的数据进行质量检查,其缺数率、伪距的多路径效应的影响(M_{p1} 、 M_{p2})、周跳等参数均较为理想.

利用 GAMIT/GLOBK 软件进行计算,主要参数设置为:截止高度角 10° ,基线处理模式 RELAX(松弛解),卫星钟差模型为广播星历误差的钟差参数,接收机钟差改正模型为伪距计算出的钟差,电离层延迟模型为 LC-HELP 观测值,对流层模型 Saastamoninen,天顶延迟模型 13 个,光压模型为 BERNE 模型,固体潮改正 IERS03,卫星轨道约束 20 m,IGS

跟踪站坐标约束 0.005、0.005、0.010 m,GPS 监测站坐标约束 9.999、9.999、9.999 m.

2 南半球 IGS 基准站选取对解算结果精度的影响

隋立芬等^[6]提出: Z 坐标计算误差随纬度的变化曲线在南北半球的形状相反,在北半球向上凸,在南半球向下凹,高程误差对 Z 坐标的影响在南北半球具有互相抵偿性.由此提出,在 GPS 数据处理时选择南北半球对称的 IGS 基准站,可以使高程误差对 Z 坐标的影响互相抵消.但徐平等^[1]通过实验提出北京市 GPS 小区域网可不考虑 Z 方向北半球向上凸、南半球向下凹的影响.对于 JSCORS 站点组成的小区域网是否也存在这种效应,提出 2 种方案.

方案 1:选取 irkt、khaj、tnml、lhaz、pimo、guam 6 个 IGS 基准站,全部位于北半球.

方案 2:选取 irkt、khaj、tnml、dgar、hob2、darw 6 个 IGS 基准站,南、北半球各 3 个,空间分布基本对称.

表 1 的结果是用每个年积日中方案 1 解算所得的 5 个站点 10 条基线的 U 分量结果减去方案 2 对应的 U 分量结果所得的.从表 1 可看到,IGS 基准站全部位于北半球的 U 分量结果总体上优于南北半球对称的结果.由此可见,在选取 IGS 基准站进行解算 JSCORS 中站点组成的小区域网时,可以不考虑 Z 坐标误差随纬度变化的影响,即不必选择位于南半球的 IGS 站.

表 1 U 分量比较结果
Table 1 Comparison results of U -component

基线	年积日						
	第 196 日	第 197 日	第 198 日	第 199 日	第 200 日	第 201 日	第 202 日
BTGU_BTLU	-0.000 4	-0.000 1	-0.000 7	0	0.000 1	-0.000 1	-0.000 4
BTGU_BTPZ	0.000 1	-0.000 4	-0.000 1	-0.000 1	0.000 4	-0.000 5	-0.000 5
BTGU_BTQD	0	-0.000 1	0.000 2	-0.000 1	0.000 1	-0.000 4	-0.000 4
BTGU_BTXH	-0.000 2	-0.000 2	0	-0.000 1	0.000 1	-0.000 8	-0.000 5
BTLU_BTPZ	-0.000 5	-0.000 2	-0.000 9	-0.000 1	0	0	-0.000 3
BTLU_BTQD	-0.000 4	-0.000 1	-0.000 8	0	-0.001 0	-0.000 8	-0.000 4
BTLU_BTXH	-0.000 1	-0.000 3	-0.000 9	0	0	-0.000 3	-0.000 3
BTPZ_BTQD	0	-0.000 3	-0.000 1	-0.000 2	0	0.000 3	-0.000 3
BTPZ_BTXH	-0.000 1	-0.000 4	-0.000 2	-0.000 2	0.000 3	0.000 1	-0.000 3
BTQD_BTXH	-0.000 1	-0.000 4	0.000 1	-0.000 1	-0.000 6	-0.000 7	-0.000 5

3 IGS 基准站数量对解算结果精度的影响

3.1 IGS 基准站选取方案

为了讨论 IGS 基准站数量对数据处理精度的影

响,选取 0~10 个 IGS 站加入解算,根据南半球 IGS 基准站选取的比较结果,此次选取的 IGS 基准站均位于北半球,并尽量均匀地分布在小区域 GPS 网的周围.这 10 个 IGS 站的代码分别为 shao、lhaz、kunm、suwn、bjfs pimo、urum、guam、irkt、khaj.解算时

JSCORS 网中 5 个站点保持不变,考虑 GPS 网边缘 IGS 站的影响,依次从 0~10 个加入解算。

3.2 计算结果比较

3.2.1 基线重复率比较

基线重复率是衡量数据处理质量的重要指标之一,GAMIT 软件解算长基线的相对精度能达到 10^{-9} 量级,解算短基线的精度能优于 $1\text{ mm}^{[7]}$ 。基线分量的重复率是 GPS 相对定位结果的重要指标之一,反映了时段解间的内符合精度,并提供了卫星轨道、大气效应、多路径效应和天线相位中心不定时期等的变化,其计算公式为

$$\text{基线重复率} = \sqrt{\frac{\frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - Y)^2}{\sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}} \quad (1)$$

式中: n 是单时段数; Y_i 是单时段基线分量 NS、EW、高程向及基线长估计值; σ_i^2 是各分量的方差; Y 是各时段解基线分量或边长的加权平均值, $Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}$ 。

通过式(1)对 2008 年第 196~202 日的小区 GPS 网的基线重复率进行计算,结果发现,11 种情况的基线向量,小于 300 km 的基线边的基线重复率均小于 3.0 mm,大于 300 km 的基线边的相对重复率均优于 10^{-8} ,大部分在限差范围内,只有个别基线超限。图 1 为基线重复率的平均值比较图。从图 1 可以看出,不选择 IGS 站的基线重复率平均值最大,随着 IGS 站个数的增加,基线重复率平均值逐渐减小,选取 10 个 IGS 基准站的基线重复率平均值最小。

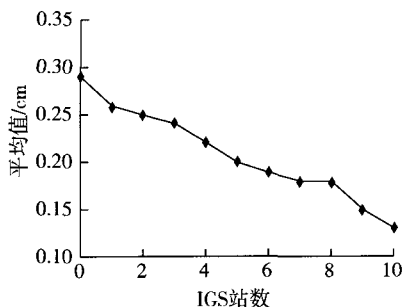


图 1 基线重复率 WRMS 平均值比较

Fig.1 Comparison of mean values of WRMS

3.2.2 基线分量偏差平均值的比较

从 GAMIT 计算出的测站 WGS84 坐标来看,不选取 IGS 基准站和选取 1 个 IGS 基准站解算出来的结果明显要大于选取 IGS 站的解算结果,相差最大达到

分米级。而选取 5 个以上 IGS 站解算出的结果在各个分量上都相差不大,都在毫米级。这说明不选取 IGS 站,不提供坐标约束,仅靠轨道提供坐标框架,坐标误差较大。但选取合适的 IGS 站后,在 IGS 站约束的框架内解算测站坐标,结果就比较稳定。基线向量在长度和分量上相差不大,相对于基线边长,没有太大的影响。图 2 为各基线分量偏差平均值比较图。

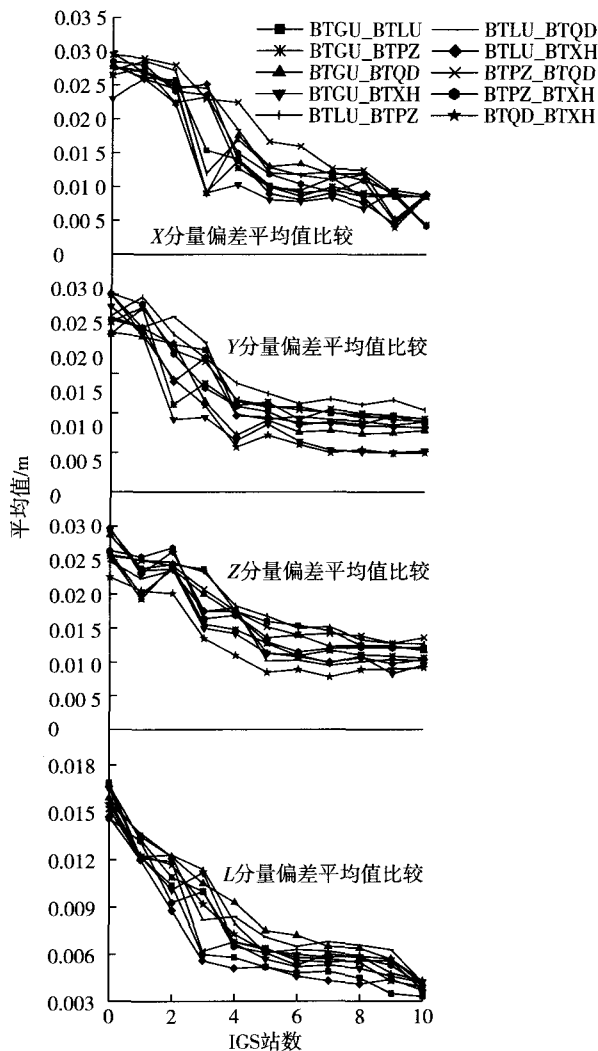


图 2 各基线分量偏差平均值比较

Fig. 2 Comparison of deviation mean values of each baseline component

由图 2 可以看到,随着 IGS 点数的增加,基线分量偏差的平均值逐渐降低,但 IGS 站点的个数到达一定的个数时,基线分量偏差平均值趋于稳定。选择 6~7 个 IGS 站已能符合精度的要求。

3.2.3 标准化均方根差(NRMS)比较

GAMIT 解算结果中的 NRMS 用来表示单时段

解算出的基线值偏离其加权值的程度,是衡量 GAMIT 解算结果的一个重要指标,NRMS 值越小,基线估算精度越高.NRMS 值一般应小于 0.3^[8].

本次解算得到的所有 NRMS 值均小于 0.3,图 3 为 NRMS 平均值比较图.

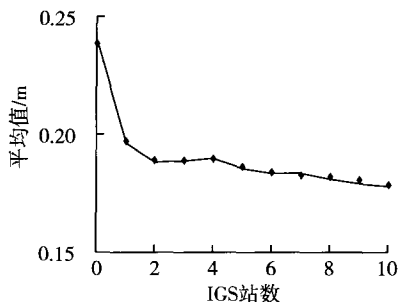


图 3 NRMS 平均值比较

Fig. 3 Comparison of mean values of NRMS

由图 3 可知,选取 1~10 个 IGS 站点的 NRMS 平均值都较小,且相差不大,但不选取 IGS 基准站的 NRMS 平均值最大,与其他情况相差也较大.

4 结 论

1) 该类小区域 GPS 网使用 GAMIT 软件处理观测数据时,最好选取 IGS 基准站以提供参考框架;IGS 基准站的选取对测站坐标的最大影响量级可达到分米级.选取 5 个以上 IGS 站解算出的基线各个分量都相差不大,量级都在毫米级.

2) 该 GPS 网解算时可不考虑 Z 方向北半球向上凸、南半球向下凹的影响,即可不必选择位于南半球的 IGS 站.

3) 选取的 IGS 基准站空间分布要尽量均匀,选取 6~7 个一般能满足定位精度的要求.

4) 利用 GAMIT 处理同一 GPS 观测网的多期观测数据时,应尽可能使用相同的 IGS 基准站,以减少系统误差.

参考文献:

- [1] 徐平,尹继尧,吴培雅,等.北京市 GPS 网解算时 IGS 站的选取试验[J].大地测量与地球动力学,2006,26(1):49-53.
- Xu Ping, Yin Jiyao, Wu Peizhi, et al. Choice experiment of IGS

stations in data processing of BEIJING GPS network[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2006, 26(1): 49-53.

- [2] 梁伟烽. 华北 GPS 网 GAMIT 计算结果与 IGS 站选取的关系探讨[J]. 测绘工程, 2002, 11(4): 55-58.
- Liang Weifeng. The study of the relationship between the result of GAMIT processing and the choice of IGS station in the northern China GPS net[J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2002, 11(4): 55-58.
- [3] 赵桂儒, 杨天青, 徐平, 等. 小区域 GPS 形变监测网 GAMIT 数据处理结果与 IGS 站选取的关系探讨[J]. 地震地磁观测与研究, 2006, 27(5): 103-106.
- Zhao Guiru, Yang Tianqing, Xu Ping, et al. The study of the relationship between the result of GAMIT processing and the choice of IGS station in small GPS deformation monitoring net[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2006, 27(5): 103-106.
- [4] 秘金钟, 蒋志浩, 张鹏, 等. IGS 跟踪站与国内跟踪站联合处理的框架点选择研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2007, 32(8): 704-706.
- Bi Jinzhong, Jiang Zhihao, Zhang Peng, et al. On framework sites for unite-processing of IGS CORS and domestic CORS[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2007, 32(8): 704-706.
- [5] 安艳辉, 史照良. 全球卫星导航定位连续运行参考站网的技术探讨: 以 JSCORS 徐州试点工程为例[J]. 现代测绘, 2006, 29(6): 3-6.
- An Yanhui, Shi Zhaoliang. Discussion about the technology of global satellite navigation and positioning for the continuous operating reference station network: Xuzhou JSCORS net as an example[J]. Modern Surveying and Mapping, 2006, 29(6): 3-6.
- [6] 隋立芬, 许其凤. GPS 数据处理中 IGS 基准站的选取[J]. 测绘学报, 2003, 20(1): 1-3.
- Sui Lifen, Xu Qifeng. The investigates on the choice of the IGS standard station in the GPS data processing[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2003, 20(1): 1-3.
- [7] 刘经南, 葛茂荣. 1992 中国 GPS 会战(A 级)数据处理分析[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20(1): 40-45.
- Liu Jingnan, Ge Maorong. Data processing and analysis of chinese GPS net of 1992[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 1995, 20(1): 40-45.
- [8] 鄂栋臣, 詹必伟, 姜卫平, 等. 应用 GAMIT/GLOBK 软件进行高精度 GPS 数据处理[J]. 极地研究, 2005, 17(3): 173-182.
- E Dongchen, Zhan Biwei, Jiang Weiping, et al. High-precision GPS data processing by GAMIT/GLOBK[J]. Chinese Journal of Polar Research, 2005, 17(3): 173-182.