

基于 GNSS 实测数据进行南北半球相对扭转分析

左宇鹏¹

1 天津市勘察院,天津红旗南路 428 号,300110

摘 要: 利用 GPS/VLBI/SLR 三种空间观测 GNSS 数据的速度场信息对分布于南北半球一定纬度范围内测站组成的纬度圈长度变化率进行了定量分析。实验表明,南北半球分布的测站组成的闭合纬圈长度变化率在方向和量值上均存在明显差异,进一步证实了南北半球的非对称性和相对扭转的推断。

关键词: 速度场;基线变化率;非对称性效应;相对扭转

中图分类号: P228 **文献标识码:** A

随着 GPS/VLBI/SLR 等空间观测技术的进一步发展,其空间定位精度已经可以满足精确测定全球各地测站的速度以及站间基线变化率等信息的要求,为量化分析固体地球构造变化趋势及其非对称性演变提供了技术支持。早期,孙付平等^[1]利用来自美国宇航局解算的 SSC96R01(VLBI)解、克萨斯大学空间研究中心解算的 96L01(SLR)解、喷气推进实验室的 96P01(GPS)解进行了纬圈长度变化率定量分析,得出南涨北缩的结论;后来马宗晋等^[2]和黄立人等^[3]基于 ITRF2000 框架下 650 个 GNSS 测站观测信息进行纬圈长度变化更新计算,结果显示南半球纬线圈在增长,即南半球处于膨胀状态,北半球纬线圈在缩小,即北半球处于收缩状态。随着时间推移和技术进步,目前最新的 ITRF2014 框架坐标精度与之前的框架系列已经提高了几个量级,其测站定位精度也有质的提升。基于此,本文利用最新的 ITRF2014 框架空间观测数据采用大地线长度变化率检测方法进行定量分析,从而对最新的南北半球相对扭转状况进行定量研究。

1 大地线长度变化率检测法基本原理

如果南北半球存在相对扭转及非对称性变化趋势,那么由位于南北固体半球相同纬度带内的测站组成的纬圈变化率与地学模型估计值之间闭合差应该不等于零^[4]。即如果闭合差为正数时,相应的固体半球处于扩张状态;如果闭合差为负数,相应固体半球处于压缩状态。

具体计算方法:1)挑选位于同一纬度带(纬度

相近)内的 GPS/VLBI/SLR 测站,利用 GNSS 测站实测速度场信息计算不同板块上测站之间基线长度变化率,然后转换为大地线长度变化率;2)计算基于 NNR-NUVEL-1A 模型(经典地学模型)估计值与 GNSS 实测大地基线长度之差和板块之间所有测站大地线长度变化率与地学模型估计值之差的加权平均值;3)计算纬圈环线闭合差:

$$W_1 = U_{ij} + U_{jk} + U_{kl} + U_{li} \quad (1)$$

式中, W_1 为环线闭合差, U_{ij} 为站间弧段不符值。

2 实验与分析

2.1 GNSS 实验数据

GNSS 实验数据选择南北半球中纬度带($\pm 20^\circ \sim \pm 50^\circ$)内连续观测 GNSS 并址站三维坐标和速度场信息,并址技术包含 GPS/SLR/VLBI 三技术并址,GPS/SLR 以及 GPS/VLBI 两技术并址,所有数据均来自 ITRF2014 参考框架 GNSS 观测数据联合平差解算结果^[5],GNSS 站速度误差均小于 3 mm/a。南北半球所选测站如表 1 所示。

2.2 实验结果与分析

根据大地线长度变化率检测法计算步骤,对南北半球相对扭转构造趋势进行检测的结果见表 2。

从表 2 统计结果看,无论是 VLBI 技术还是 SLR 技术、GPS 技术,最终计算结果都一致表现为北半球闭合差为负值,即北半球处于压缩状态;南半球闭合差为正值,即南半球处于扩张状态。这表明地球确实存在着南涨北缩的全球构造变化,这与金双根等^[6-8]利用 ITRF2000 框架测站数据计算结果(表 3)极为相似。

表 1 实验测站基本情况
Tab. 1 The basic situation of test station

编号	测站	并址站性质	所属半球
纬圈 1	NOTO(非洲板块), KGNI, KSMV(菲律宾板块), GOLD(北美板块)	GPS、SLR、VLBI 三技术并址	北半球
纬圈 2	HRAO(非洲板块), YAR2、TID2(澳洲板块), CONZ(南美板块)	GPS、SLR、VLBI 三技术并址	南半球
纬圈 3	GRAS(亚欧板块), CHAN(菲律宾板块), WES2(北美板块), CAGL(亚欧板块), PLTC(北美板块), SFER(亚欧板块), TUC2(非洲板块), KGNI(菲律宾板块), GOLD(北美板块)	GPS、SLR 两技术并址	北半球
纬圈 4	PHLW(非洲板块), WUHN(亚欧板块), GMSD(菲律宾板块), MDO1(北美板块), SOLA(印度洋板块), KUNM(亚欧板块), MAUI(太平洋板块), SCUB(北美板块)	GPS、SLR 两技术并址	北半球
纬圈 5	HRAO(非洲板块), YAR2(澳洲板块), EISL(纳兹卡板块), SUTV(非洲板块), TID2(澳洲板块), CONZ(南美板块)	GPS、SLR 两技术并址	南半球
纬圈 6	HOFN(亚欧板块), FAIR(北美板块), YELL(北美板块), TOUL(亚欧板块), URUM(亚欧板块), STK2(菲律宾板块), NLIB(北美板块), MAD2(亚欧板块), NOTO(非洲板块), USUD(菲律宾板块), GOLD(北美板块)	GPS、VLBI 两技术并址	北半球
纬圈 7	HRAO(非洲板块), YAR2(澳洲板块), SANT(南美板块)	GPS、VLBI 两技术并址	南半球

表 2 纬圈变化率结果
Tab. 2 The rate of change of the weft circle

并址站性质	监测技术	变化率/(mm·a ⁻¹)	
		北半球环线	南半球环线
GPS-SLR-VLBI	GPS	-10.8	6.5
	SLR	-9.9	6.8
	VLBI	-1.2	6.1
GPS-SLR	GPS	-15.4	6.4
	SLR	-3.8	6.2
GPS-VLBI	GPS	-7.8	6.3
	VLBI	-11.3	7.9

表 3 ITRF2000 测站计算结果
Tab. 3 The calculation results with ITRF2000

纬圈	变化率/(mm·a ⁻¹)	半球/(°)
DARW-TAHI-AREQ-CUIB-BRAZ-DARW	16.2	南半球 15.7
HART-ALIC-EISL-PARA-HART	22.8	南半球 25.5
SUTH-TIDB-AUCK-IGMO-SUTH	19.1	南半球 19.1
SYOG-MAW1-DAV1-CASI-DUM1	0.9	南半球 67.6
KWJ1-MOIN-KOUR-YKRO-KWJ1	-20.0	北半球 7.7
KUNM-TAIW-MKEA-KYW1-KUNM	-15.5	北半球 23.3
LAMP-NICO-XIAN-JPLM-PIE1-MEM2-LAMP	-3.5	北半球 34.8
MARS-SOFI-ZECK-SELE-URUM-CME1-VILL-PIT1-CHT1-MADR-MARS	-4.1	北半球 42.0
DELF-GOPE-JOZE-GLSV-IRKT-PETR-HOLB-PRDS-DUBO-BRST-DELF	-5.8	北半球 51.0

南北半球的这种非对称性变化还可以通过板块构成闭合回路来计算,例如南半球从澳大利亚板块开始,依次为太平洋板块、纳兹卡板块、南美板块、非洲板块,最终回归澳大利亚板块。金双根等人 2003 年计算南半球闭合回路水平速率闭合差均为正值,即南半球处于膨胀状态;北半球闭合回路从北美板块开始,依次为欧亚板块、太平洋板块,最终回归北美板块,其闭合回路水平速率闭合差均为负值,即北半球处于压缩状态。

3 结 语

本文利用 ITRF2014 框架包含的 GNSS 并址站观测数据对固体地球南北半球组成的闭合纬圈变化率进行了量化计算,结果显示南北半球纬圈变化率在数值和方向上存在很大差异,证明南北

半球存在明显的非对称性扭转^[9],结果与之前的研究成果比较吻合。说明基于现代空间观测技术能够很好地量化全球构造变化,对于深入研究板块运动趋势以及各种地震等地质灾害有重要的应用价值。

参考文献

[1] 孙付平,赵铭,宁津生,等. 用空间大地测量数据检测地球的非对称性全球构造变化[J]. 科学通报,1999,44(20):2 225-2 229(Sun Fuping, Zhao Ming, Ning Jinsheng, et al. Study on Global Asymmetric Variation Based on GNSS Data[J]. Chinese Science Bulletin, 1999,44(20):2 225-2 229)

[2] 马宗晋,杜品仁. 地球的非对称性[M]. 合肥:安徽教育出版社,2008:267-296(Ma Zongjin, Du Pinren. The Asymmetry of the Earth[M]. Hefei:Anhui Education Publishing House, 2008:267-296)

[3] 黄立人,马宗晋,朱建新. 地球非对称变形的最新观测证据

[J]. 地震学报, 2002, 24(2): 196-199 (Huang Liren, Ma Zongjin, Zhu Jianxin. The Newest Observational Evidence on Asymmetrical Deformation of the Earth[J]. Earthquake Science, 2002, 24(2): 196-199)

[4] 黄立人. 地壳运动的参考框架[J]. 大地测量与地球动力学, 2002, 22(3): 102-108 (Huang Liren. Reference Frame for Crustal Movement Research[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2002, 22(3): 102-108)

[5] Drewes H. Reference Systems, Reference Frames, and the Geodetic Datum-Basic Considerations[C]. IAG Symposia, 2009

[6] 金双根, 朱文耀. 全球构造非对称性的定量分析[J]. 天文学报, 2003, 44(2): 180-188 (Jin Shuanggen, Zhu Wen Yao. Quantitative Analysis of Global Tectonic Asymmetry[J]. Journal of Astronomy, 2003, 44(2): 180-188)

[7] 金双根, 朱文耀. 北半球压缩的空间大地测量技术检测[J]. 地震学报, 2003, 25(3): 89-95 (Jin Shuanggen, Zhu Wen Yao. Compression of the North Hemisphere Derived from Space Geodesy[J]. Earthquake Science, 2003, 25(3): 89-95)

[8] 金双根, 朱文耀. 南半球减速膨胀的定量分析[J]. 地球物理学报, 2003, 46(6): 760-766 (Jin Shuanggen, Zhu Wen Yao. Quantitative Analysis of the Slowing Expansion in the Southern Hemisphere[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 46(6): 760-766)

[9] Drewes H. The Actual Plate Kinematic and Crustal Deformation Model APKIM2005 as Basis for a Non-Rotating ITRF[C]. Geodetic Reference Frames, International Association of Geodesy Symposia, 2009

Research on the Relative Torsion of Southern and Northern Hemisphere
Based on GNSS Measured Data

ZUO Yupeng¹

1 Academy of Prospecting of Tianjin, 428 South-Hongqi Road, Tianjin 300110, China

Abstract: The GPS, SLR and VLBI data are used in the paper for quantitative analysis. The length change rate of various scales at different latitudes in both hemisphere are calculated with GNSS velocity field. According with the result, the length change rate at various scales are different in both direction and magnitude. It further confirms that there are asymmetric change and relative torsion in southern and northern hemisphere.

Key words: velocity field; rate of change for baseline; asymmetric effect; the relative torsion

About author: ZUO Yupeng, engineer, majors in engineering survey and GPS data processing, E-mail: xianxian1130@126.com.

.....

(上接第 217 页)

the national seismological bureau; There are individual stations due to the failure of the instrument and the reason for the death of the provincial server, and the communication rate is low; There are also individual stations with low data validity. Further analysis is needed to improve the communication rate and validity of the instrument. While conditions permit, the hebei seismological bureau will study the original data processing of GNSS base station and analyze the abnormal form of GNSS, as to lay a solid foundation for earthquake analysis and prediction.

Key words: Seismological Bureau of Hebei province; GNSS base station; GNSS coordinate time series; GNSS baseline time series

Foundation support: The Spark Program of Hebei Earthquake Agency for Science and Technology, No. DZ201504 23053.

About the first author: ZHANG Yulin, master engineer, majors in geophysical and seismic monitoring, E-mail: ylzhang2006@163.com.

Corresponding author: MA Guangqing, senior engineer, majors in earthquake precursor observation, E-mail: magq2008@163.com.