

福建 GPS 资料与地震关系研究

陈 光¹ 李祖宁¹ 陈超贤¹ 赵文波¹ 王紫燕¹

1 福建省地震局,福州市华鸿路 7 号,350003

摘 要: 通过对福建 GPS 台网资料在时间序列、基线处理、速度场及高频 GPS 数据方面的研究,探讨 GPS 数据资料与地震之间的关系,认为 GPS 资料在未来地震预报中将发挥至关重要的作用。

关键词: GPS 资料;时间序列;基线处理;速度场;高频 GPS 数据

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A

本文通过对福建 GPS 资料在时间序列、基线处理、速度场及高频 GPS 数据方面的研究,探讨 GPS 资料与福建地震之间的关系。

1 福建地区地质构造及地震活动

福建境内断裂构造发育,具有规模大、延伸长、切割深的特点(图 1)。自新生代,尤其是第四纪以来断裂继承性活动,断块差异升降运动显著,形成一个内部结构复杂且断裂活动强烈的地区。其中规模大的 NE、NNE 向断裂构造有长乐-诏安断裂、政和-海丰断裂、邵武-河源断裂带。主要 NNW-NWW 向断裂有闽江下游及沙县-南日岛、晋江-永安、九龙江下游及永定-诏安断裂等。区内构造受华夏系、新华夏系构造体系控制,经历多次复杂的构造运动叠加,还发育了一系列断陷盆地,内部结构和地震活动性上具有分区特征。按主要地震构造带和区域地震构造格局划分,福建位于全国一、二级新构造区,显示出闽东南近岸海域断块差异活动的隆升、沉降与间歇性活动特征。特别是上新世以来的新构造运动,以垂直运动及其伴随的断块差异活动为主要形式,具有继承性和新生性。继承性主要表现在构造方向上,如 NE 和 NW 向两组断裂,都是在新构造期以前形成,而新构造期有不同程度的复活。新生性则主要表现在断裂-断块活动上,随着地质阶段的发展,断裂-断块活动的性质和强度也在不断地发展和变化,差异性运动较为显著。

福建历史上地震活动较多,从 963 年至今曾发生 4.75 级以上破坏性地震 40 次。福建省地震

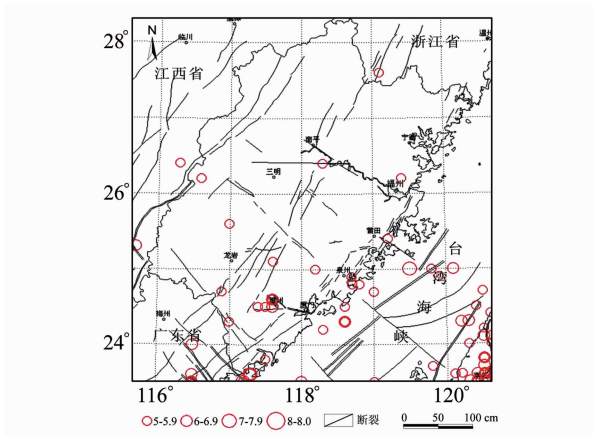


图 1 福建省地震构造及强震震中分布图
Fig. 1 Seismic structure of Fujian province and the strong earthquake epicenter distribution map

与活动断裂构造带有密切关系,沿海地区的长乐-诏安地震带地震活动频繁,空间分布集中,地震频度远远高于、强于内陆地区,发生的 5 级以上地震多,现今中、小地震活动仍频繁发生。此外,福建地区还常遭受到台湾强烈地震的影响^[1]。

2 观测资料及预处理

为减少各种外部条件变化对观测结果的影响,计算选取相同的 IGS 站以及与中国地壳运动观测网络参考站相同的解算参数^[2]。使用 GAMIT 软件对同步观测的 IGS 站及中国地壳运动观测网络基准站的观测资料进行基线解算。在完成基线数据处理后,给出各测站的坐标值和精度估计值。

将 IGS 公布的全球站坐标和站速度都作为初始值,并对这些坐标和站速度质量的优劣给予

不同的约束。对于 IGS 核心站如 SHAO、LHAS、TSKB、IRKT、KIT3 给予强约束, 南北向、东西向和高程向分别为 3 mm、3 mm、10 mm, 其余的 IGS 站 (YSSK、GUAM、HYDE、IISC、NTUS、PIMO、POL2、SUWN、TWTF、ULAB)、中国地壳运动观测网络站 (BJFS、DLHA、DXIN、GUAN、HLAR、KMIN、QION、TAIN、TASH、URUM、WUHN、WUSH、XIAA、XIAG、XNIN、YANC) 给予的坐标三分量约束为 30 mm、40 mm、100 mm。实际计算中, 测站的初始坐标都经过多次迭代处理具有很高的精度, 这样的约束设置不会对处理结果带来不良影响^[3]。

计算表明, 福建 GPS 基准站点位水平精度在 2.5 mm 左右, 高程精度在 5 mm 左右。

3 资料分析

3.1 时间序列分析

对利用卡尔曼滤波后得到的三分量时间序列数据进行线性拟合, 去掉整体运动与趋势运动, 得到三分量的残差值。从图 2 看出, 自 2007 年起, 各站都有较明显的向东运动, 表明福建大陆受到向东的推力作用。从图 3 看出, 各台站在 2007 年以来均有向北运动的趋势, 表明应力在向沿海迁移, 对福建内陆影响不大。

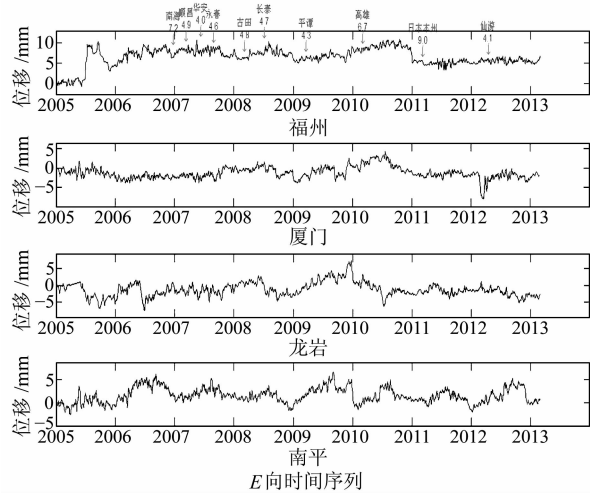


图 2 福州、厦门、龙岩、南平 GPS 站东西向残差值图
Fig. 2 Fuzhou, Xiamen, Longyan, Nanping GPS station west and east to the residual value

3.2 基线处理结果分析

将龙岩-厦门、南平-福州水平距离的时间序列用 FFT 去掉高频信息, 得到新的时间序列进行分析。从图 4 看出, 龙岩-厦门间基线在 2006~2010 年呈趋势化压缩后急速拉张, 在变化过程中福建省内发生了 5 次 4.0 级以上地震, 该现象值得关注。南平-福州间基线在 2010~2011 年出现

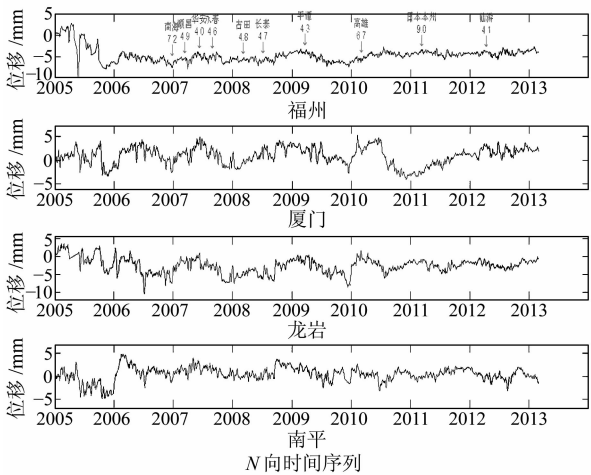


图 3 福州、厦门、龙岩、南平 GPS 台南北向残差值图
Fig. 3 Fuzhou, Xiamen, Longyan, Nanping GPS station north and south to the residual value

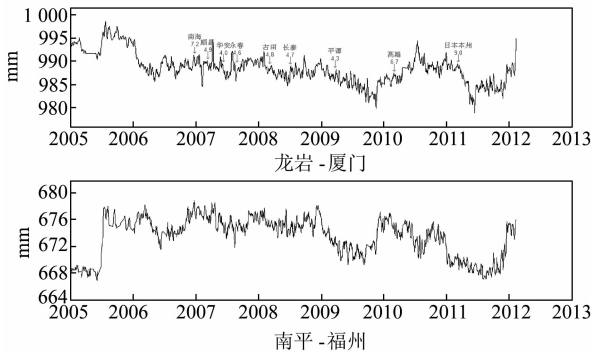


图 4 基线变化
Fig. 4 Changes of baseline

趋势变化, 同期发生日本福岛 9.0 级大地震, 两者是否有联系是今后研究的方向。

3.3 速度处理结果分析

在 ITRF2000 框架下, 采用统一的解算软件、得到各 GPS 连续观测站的运动速度^[4]。利用得到的各点平均运动速度, 选取南平站为不动点 (南平位于福建省内部较稳定的块体), 去掉整体运动后, 福建内部各站的相对运动及变化如图 5 所示^[5]。从图 5 看出, 位于巴士系构造的 2006 年台湾恒春 7.2 级强震对福建地壳运动的速度和方向产生了显著影响, 这种影响与随后两年福建中等地震活跃有相关性。

3.4 高频 GPS 数据资料应用

福建有 34 个 GPS 基准站可以提供 50 Hz 的高频观测数据, 且有 10 个站与测震台并址观测。利用单历元动态定位方法进行数据处理, 可以获取高采样率的位移时间序列。

2012-04-11 苏门答腊发生 Ms8.6 地震, 福建测震台网的宽频带地震记录仪器记录了这次地震的同震信号。从图 6 看出, 南北向、东西向 GPS

得到的位移序列和宽频带地震仪记录吻合较好,但是 GPS 垂线向高程变化看不出地震的同震变形,可能是因为 GPS 高程方向计算精度(一般为 2.5 cm)相比于其他两个方向(一般 1.5 cm)差,因而高程方向地震信号湮没在噪声中。

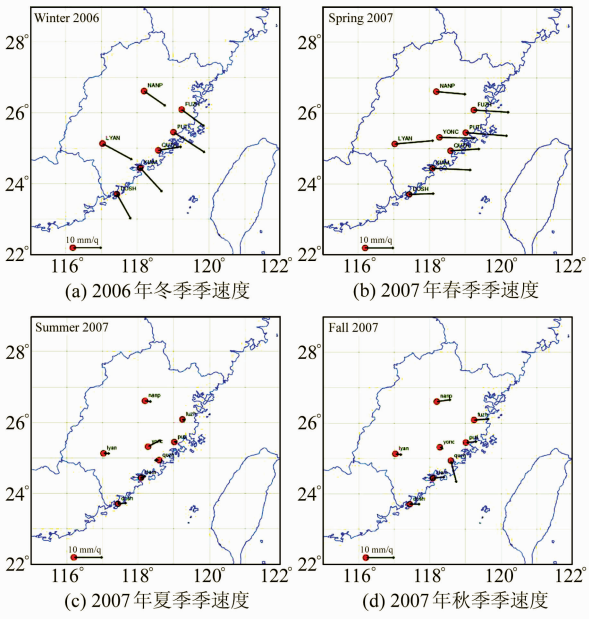


图 5 各站点的相对运动季速度
Fig. 5 Quarter speed relative motion of the site

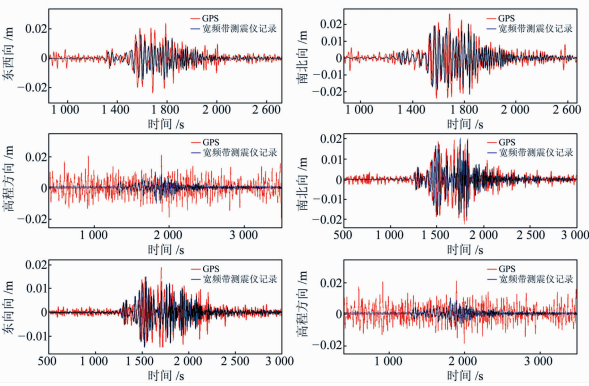


图 6 高频 GPS 位移时间序列与宽频带测震仪记录对比图(以 2012-04-12 16:30:00 为起算时刻)
Fig. 6 High frequency GPS displacement time series and broadband seismograph record comparison chart

4 结 语

福建 GPS 连续观测台网自 2004 年开始正式观测以来,获取了大量的地壳形变 GPS 观测资料,利用这些观测资料可获取站点的三分量时间序列、基线变化与断裂活动的关系、速度场的演化、块体的主应变、面应变和最大剪应变的演化以及利用采样率为 50 Hz 的 GPS 数据来获取地震波形记录。研究认为,福建长周期地壳运动在大震前后在东西南北方向都发生了明显变化。

参考文献

[1] 闫伟,牛安福,马秀香,等.以昆仑山口西地震为例研究 GPS 基线长度与方向对地震的敏感性[J].地震,2007,27(4): 85-90 (Yan Wei, Niu Anfu, Ma Xiuxiang, et al. The Kunlun Earthquake for the Length and Direction of GPS Base-line on Seismic Sensitivity [J]. Earthquake, 2007, 27 (4): 85-90)

[2] 李祖宁,刘序俨,吴绍祖,等.台湾海峡两岸地壳相对运动分析[J].大地测量与地球动力学,2007,27(5):18-21(Li Zun-ing, Liu Xuyan, Wu Shaozu, et al. Analysis of Relative Crustal Movement between both Shores of Taiwan Strait [J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2007, 27 (5): 18-21)

[3] 周海涛,郭良迁,张立成.唐山断裂现代活动性研究[J].华北地震科学,2009,27(3):17-22(Zhou Haitao, Guo Liangqian, Zhang Licheng. Study on Modern Activity of Tangshan Fault[J]. North China Earthquake Science, 2009, 27 (3):17-22)

[4] 刘祥海,章思亚.山西断裂带的地震活动与形变资料分析研究[J].华北地震科学,2006,24(4):32-35 (Liu Xianghai, Zhang Siya. Study on the Relation of Crustal Deformation with Seismic Activity in Shanxi Downfaulted Zone [J]. North China Earthquake Science, 2006,24 (4): 32-35)

[5] 张四新,王双绪,张希,等.跨断层水准剖面观测在地震监测中的应用[J].地震地磁观测与研究,2005,26(4):22-28 (Zhang Sixin, Wang Shuangxu, Zhang Xi, et al. The Application of Leveling Survey Crossing Fractures to Earthquake Monitoring[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2005, 26 (4): 22-28)

To Investigate the Relationship between GPS Data and Earthquake in Fujian

CHEN Guang¹ LI Zuning¹ CHEN Chaoxian¹ ZHAO Wenbo¹ WANG Ziyang¹

¹ Earthquake Administration of Fujian Province, 7 Huahong Road, Fuzhou 350003, China

Abstract: Based on study of Fujian GPS network data in time series, baseline processing, velocity field, and high frequency GPS data, this paper discusses the relationship between GPS data and earthquake. The analysis shows that GPS data will play a very important role in earthquake prediction in the future.

Key words: GPS data; time series; baseline processing; velocity field; high frequency GPS data