

·成果简介·

# 青藏高原地壳运动与形变的 GPS 研究

宋成骅 刘经南 蔡宏翔 许才军

(武汉测绘科技大学, 武汉 430070)

[关键词] 地壳运动, 青藏高原, GPS 监测网

## 前言

全球定位系统(GPS)精密测地技术用于监测地壳运动与形变的研究是国际上前沿性热门课题。青藏高原是由多块体组成,并处于活动期,虽经多年研究,但对其各块体间和整体运动与形变速率,始终没有得到很好解决。本项目的重要目的是建立一个高精度的 GPS 监测网,并使大地测量与地质和地球物理研究相互渗透,开展青藏高原板块运动、形变和地球动力学研究。

长期以来,我国地学界从地质和地球物理角度对青藏高原的地壳形变作过大量研究,并已取得显著成就。但由于缺少高精度大地测量监测数据而显得美中不足,或说服力不强。面对这种局面,国家自然科学基金委员会地球科学部于1993年批准“青藏高原地壳运动与形变的 GPS 研究”重点项目的申请。项目承担单位为武汉测绘科技大学,项目协作单位为原地质矿产部石油地质海洋地质局和石油天然气总公司勘探局,并取得地方和有关部门的支持。采取取长补短,优势互补的协调科研攻关行动。本项目充分利用学校理论研究的某些长处,与博士学位论文研究相结合,并与武汉测绘科技大学承担的其他类似课题互相补充与借鉴融合。

此项研究成果表明,GPS 精密定位技术是当今研究地球运动变化最精密、最直观和最有说服力的新途径之一,对于从数量关系上了解现代地球整体运动和局部运动,如板块内形变和变形、挤压褶皱、走向滑动等碰撞造山带的各种构造,火山活动与地震活动等研究具有重要的科学意义和现实意义。

## 1 主要研究内容及研究方法

### 1.1 观测方案优化及 GPS 误差消除理论和方法

(1)选择最适合于地球动力学研究的 Rogue 8000 接收机进行监测,它在 AS 起作用情况下,能进行(Y1-Y2)码观测,具有独特的扼流圈天线,使多径效应误差降低到最小。

(2)采取最优的 GPS 监测网布网方案和观测方案,三期观测会战均沿同一地质剖面,从较为稳定的格尔木地块,横跨4个大构造断裂带到活动激烈的珠穆朗玛峰北麓,分别布设12个和15个监测点,保证每个地质构造块体上有2—3个GPS点,平均边长180 km,这一尺度正好处于GPS定位精度及监测灵敏度与青藏高原地壳运动年变率相重叠的窗口上,确保监测地壳运动的可能性,确保研究块体相对运动特点规律的可能性。

(3)采取多基准中心同步图形多时段扩展方案构网,多次重复设站观测,每次观测8—9 h,并均匀分布于白天和黑夜,有效削弱电离层系统误差影响。

(4)采用重复基线较差和异步环闭合差检查方法,加强野外观测质量管理和控制,构成了图形结构极强,多余观测丰富的观测网络,这是取得高精度定位结果的根本保证。

(5)不断深化研究削弱多种误差影响的方法,提出和探索GPS方法在不同距离监测窗口上选择对流层折射延迟参数的时间尺度原则,把监测区域的GPS高程确定精度提高了接近一个数量级(从中误差的5—6 cm提高到7—8 mm)。

### 1.2 青藏 GPS 监测网地面参考框架的建立方案

(1)IGS 全球站站坐标和站速率是当前监测地

国家自然科学基金重点项目,批准号49234070。

本文于1998年11月4日收到。

壳运动最科学的框架基准,采用 IGS 精密星历和全球站的 ITRF 框架进行数据处理,为探索青藏高原地壳运动与全球板块运动的关系,为建立区域性板块运动速度场提供了依据。

(2)国际 GPS 地球动力学服务(IGS)提供的星历和站坐标成果是国际上板块运动、区域地壳构造运动、GPS 监测等地球动力学研究的重要权威依据。因此,对于 1995 年和 1997 年观测会战,均采用 IGS 精密星历进行数据处理,作为与国际地壳运动研究接轨的方案。

### 1.3 数据的精化处理

(1)在 GPS 数据处理中,采用了随机过程理论与方法估计对流层折射延迟参数,并实现了最小二乘算法,采用这一方法把相对定位的高差确定精度提高了 1—4 倍,通过不断深化研究,最终提高了接近一个量级,并把这一技术引进到 CAMIT 软件中予以实现,对该软件的完善作出了重要贡献。

(2)为本项目自行研制改进的(GPS ADJ3.0)科研版本中,加入一系列有削弱系统误差的计算方法,在国内外尚属首创。

### 1.4 综合分析及地学解释和模型研究

(1)提出三维线弹性构造应力场数值模型,并将地表 GPS 和水准测量观测值加入,结合地质、地球物理资料,用数值方法模拟计算了青藏高原位移场、形变场和应力场。

(2)提出将大地测量观测值及其函数值,作为边界约束条件加入构造应力场反演、改进其反演结果,所得结果更合理可靠。

## 2 主要研究成果

(1)用单一观测时段解算的基线重复性为毫米

级,在 400 多公里范围内,两个时段平均基线的重复性优于 5 mm。1993 年观测会战的基线相对精度(平差后)平均值为  $1.2 \times 10^{-8}$ ;1995 年观测会战的基线相对精度(平差后)为  $6.6 \times 10^{-9}$ ,其中基线内部相对精度达到  $10^{-9}$ 量级占 51%;1997 年观测会战的基线相对精度(平差后)为  $3.0 \times 10^{-9}$ 。

(2)本项目研究从定量上确定并经统计学上的检验证实:青藏高原以 33.4 mm/a 速率,N30°E 方向朝向西伯利亚运动;其中西藏块体以  $28.5 \text{ mm/a} \pm 5.0 \text{ mm/a}$  速率,N31°E 方向朝向西伯利亚运动,喜马拉雅块体以  $46.0 \text{ mm/a} \pm 6.2 \text{ mm/a}$  速率,N27°E 方向朝向西伯利亚运动。这些矢量反映了青藏高原东北方向运动的趋势,越向北,运动趋势越小,这一结论以及由 GPS 技术确定的年变率与地质及地球物理学界的观点惊人的吻合,这是大地测量形变监测的重大突破。

(3)本项目的研究成果还表明:喜马拉雅块体以  $21.1 \text{ mm/a} \pm 7.2 \text{ mm/a}$  速率分量向东运动,而西藏块体以  $14.8 \text{ mm/a} \pm 5.2 \text{ mm/a}$  速率分量向东运动,表明在西藏块体中部存在着东西向拉伸。

(4)青藏高原各块体相对于柴达木(格尔木点)运动的欧拉矢量基本上也能反映其水平运动趋势。

(5)引用 GPS 和水准测量数据作为地表边界约束条件,结合地质、地球物理资料,反演计算了青藏高原应变场和应力场。数值结果表明,青藏高原构造应力场以南北向挤压为主,东西向拉张为辅;欧亚板块与印度板块相碰撞作用仍控制着高原现今构造应力场。

## GPS RESEARCH ON CRUSTAL MOVEMENT AND DEFORMATION IN QINGHAI-TIBET PLATEAU

Song Chenghua    Liu Jingnan    Cai Hongxiang    Xu Caijun

(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, Wuhan 430070)

**Key words** crust movement, Qinghai-Xizang Plateau, GPS monitoring network