

研究简讯

利用 GPS 技术监测中国大陆地壳运动的初步结果

朱文耀 程宗颐 姜国俊

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

摘 要

国家攀登项目“现代地壳运动和地球动力学研究”八·五期间在中国大陆布设了中国地壳运动 GPS 监测网,并于 1994 年和 1996 年组织了两期全国性的联测,利用这两期复测资料在国内首次测定了分布于全国的 22 个基准站的水平位移速率。这些结果可用来研究中国大陆地壳构造运动的运动学模型。

中国大陆被挟持在印度板块、西菲律宾海板块和西伯利亚、蒙古板块之间,具有独特的构造条件,陆内形变和各块体之间的相互作用及构造现象十分复杂,属全球构造形变和现今构造运动最强烈的地区。研究我国大陆活动构造带的现今地壳运动及其动力学机制一直是各国科学家关注的热点。由于观测精度的限制,长期以来我国大陆的现代地壳运动的定量测量基本上局限于它的垂直分量(通过重力水准测量),一直缺乏大尺度水平运动的可信的直接观测证据。

GPS 定位技术的发展,为高精度、高分辨率实测大尺度的地壳水平运动提供了可靠的保证。为此国家攀登项目“现代地壳运动和地球动力学研究”布设了包含 22 个基准站的中国地壳运动 GPS 监测网(如图 1 所示),并于 1994 和 1996 年组织了两期全国性的 GPS 联测,成功地取得了首批全国性的 GPS 复测资料。利用近几年来建立的上海天文台 GPS 精密定轨定位分析软件系统 SHAGAP(SHanghai observatory Gps Analysis Program)分析处理了这批复测资料,首次获得了这些基准站的水平位移速率,为分析我国大陆现今地壳形变特征提供了直接观测的证据。

为了在 1994 年和 1996 年两期复测资料处理中保持一个自洽的地球参考坐标系,两期的解算均采用 IGS 生成的 GPS 精密星历和相应的地球定向参数(EOP),并用该监测网周围的几个全球 IGS 基准站,如日本的 TSUKUBA, USUDA, 中国的台北,韩国的 TAEJON, 乌兹别克的 KITAB 和俄罗斯的 IRKUTSK 等站的观测资料和中国 GPS 监测网的资料进行联合解算。这些 IGS 基准站(包括上海 GPS 站)的坐标和位移速率取自 ITRF94,在解算中给予较强的先验约束,从而保持两期的解算统一到 ITRF94 的地球参考系中去

表 1 第 2、3 列给出了我国 GPS 监测网各测站 1994 和 1996 两期在 ITRF94 框架中的地心纬度和经度的实测结果,以及由此求得的各测站北向和东向水平位移的速率(第 4、5 列)。第 6、7 列是根据最新全球板块运动模型 NNR-NUVEL 1A(该模型即是国际上用于维持 ITRF 参考架的全球板块

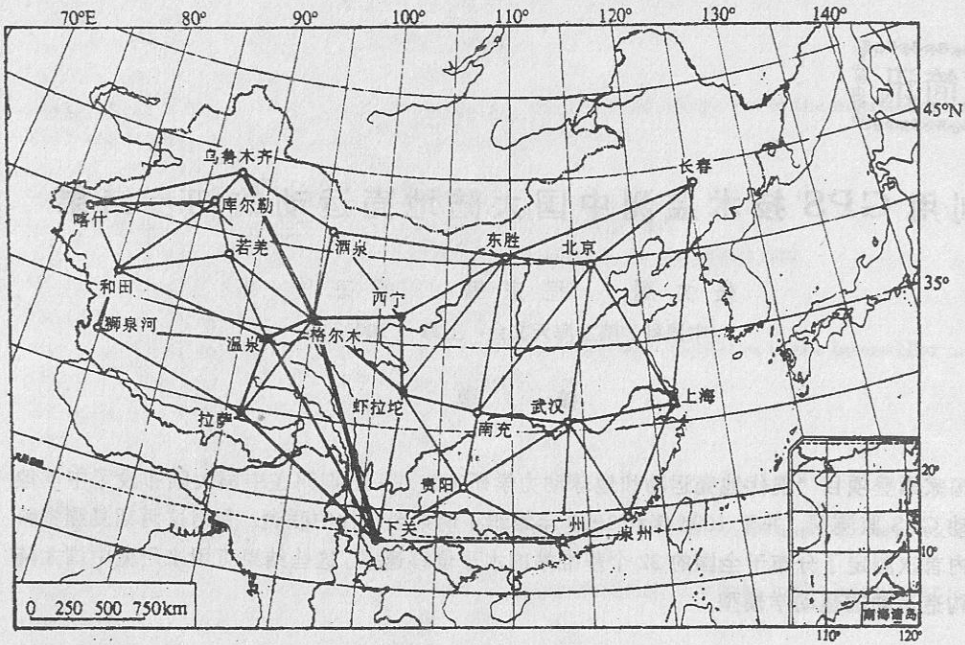


图 1 中国地壳运动 GPS 监测网图

运动模型) 中欧亚板块运动的欧拉矢量求得。第 8、9 列为第 4、5 列与第 6、7 列的差, 即为 GPS 的实测值与板块运动模型 NNR-NUVEL 1A 估计值之差, 有时被称为相对于欧亚板块背景的运动。

表 1 中国大陆地壳运动 GPS 监测网测站水平位移速率

站号	地心纬度 ° ' "	经度 ° ' "	北向 /cm·a ⁻¹	东向 /cm·a ⁻¹	北向(*) /cm·a ⁻¹	东向(*) /cm·a ⁻¹	北向(**) /cm·a ⁻¹	东向(**) /cm·a ⁻¹
长春	43 35 54.49804 .49713	125 26 39.10625 .10800	-1.429	+1.724	-1.393	+2.061	-0.036	-0.337
北京	39 25 10.91323 .91224	115 53 32.93420 .93627	-1.571	+2.544	-1.228	+2.250	-0.343	+0.294
东胜	39 40 48.27114 .27024	109 57 47.65739 .65977	-1.429	+2.906	-1.108	+2.325	-0.321	+0.581
格尔木	36 14 56.81763 .81771	94 52 28.11224 .11531	+0.127	+3.932	-0.753	+2.488	+0.880	+1.444
贵阳	26 34 10.75957 .75895	106 41 25.75860 .76098	-0.985	+3.379	-1.038	+2.372	+0.053	+1.007
广州	23 01 37.62485 .62414	113 20 30.36296 .36489	-1.128	+2.822	-1.179	+2.301	+0.051	+0.521
酒泉	39 34 08.85563 .85543	98 29 46.18550 .18836	-0.317	+3.487	-0.844	+2.451	+0.527	+1.036
泉州	24 37 44.10624 .10579	118 35 43.68697 .68940	-0.715	+3.510	-1.331	+2.233	+0.616	+1.277
乌鲁木齐	43 37 17.07179 .07161	87 42 19.40233 .40527	-0.143	+3.378	-0.563	+2.522	+0.420	+0.856
下关	25 27 30.71505 .71425	100 15 16.50524 .50750	-1.271	+3.240	-0.887	+2.413	-0.384	+0.827
西宁	36 28 34.25523 .25498	101 39 16.14375 .14662	-0.397	+3.665	-0.921	+2.429	+0.524	+1.263

续表 1

站号	地心纬度 ° ' "	经度 ° ' "	北向 cm·a ⁻¹	东向 /cm·a	北向(*) /cm·a ⁻¹	东向(*) /cm·a ⁻¹	北向(**) /cm·a ⁻¹	东向(**) /cm·a ⁻¹
虾拉坨	31 07 34.02910 .02844	100 44 59.61972 .62325	-1.048	+4.803	-0.899	+2.436	-0.149	+2.367
上海	30 55 46.91164 .91098	121 12 01.58739 .58982	-1.048	+3.312	-1.325	+2.228	+0.277	+1.084
和田	36 56 08.78437 .78520	79 55 31.99386 .99604	+1.343	+2.820	-0.348	+2.574	+1.691	+0.246
库尔勒	41 30 59.89157 .89184	86 10 08.61051 .61339	+0.437	+3.488	-0.521	2.540	+0.958	+0.948
喀什	39 19 41.10203 .10279	75 55 11.18211 .18426	+1.229	+2.691	-0.235	+2.588	+1.464	+0.103
拉萨	29 29 55.03188 .03257	91 21 48.21957 .22324	+1.117	+5.171	-0.662	+2.494	+1.779	+2.677
若羌	38 50 29.12181 .12200	88 09 11.24445 .24657	+0.308	+2.672	-0.575	+2.533	+0.883	+0.139
温泉	33 03 28.25173 .25207	91 51 27.05153 .05529	+0.560	+5.102	-0.675	+2.507	+1.235	+2.595
狮泉河	32 20 06.41442 .41470	80 05 54.37973 .38171	+0.453	+3.182	-0.354	+2.561	+0.807	+0.621

从表 1 的结果, 我们可看出中国大陆在欧亚板块上地壳运动的概貌。由于我国大陆地壳构造复杂, 其地壳水平运动呈现出明显的非均匀性。实测结果表明, 中国东西部地壳运动有明显的差异。以青藏高原东缘的龙门山断裂带和安宁河-小江断裂带为界, 我国东部受印度板块的影响较弱, 地壳运动比较稳定, 相对于欧亚板块基本上存在一致的约 $1\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ 向东移动。西部受到印度板块推挤的强力影响, 其东边的拉萨、温泉、格尔木、西宁、酒泉一带地壳水平运动具有明显的东北向运动, 而且运动速率向北、向东逐渐衰减, 而西边喀什、和田一带仅有北向的运动, 不存在明显的东向运动。整个西部呈现出南北向的缩短和东西向的伸长。这些结果首次为一个重要地学推断提供了直接观测的证据, 即: “印度板块向北的推进有两个突出的部位: 西边的帕米尔楔和东边的阿萨姆楔。两楔向北推进的速度不同。帕米尔楔以向北偏西的方向以 $43\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ 的速率深深插入欧亚板块, 阿萨姆楔则以向北偏东的方向以 $64\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ 速率突入”。在西部的地壳运动中存有两个特殊的块体, 一个是在滇西, 由金沙江、红河断裂带和南北带南段一系列南北走向的断裂带所夹的菱形块体 (虾拉坨和下关站位于此块体上), 伴随微小的向南滑动, 其北部 (虾拉坨站) 受到西部西藏块体的推挤, 存在明显的东向运动, 致使该块体呈现一个明显的右旋运动。另一个是新疆块体南部的塔里木块体 (包含喀什、和田、若羌站), 该块体除了由于印度板块的帕米尔楔向北推挤作用引起其西边 (喀什、和田) 的北向运动明显大于东边 (若羌) 外, 该块体还像楔子一样插在周围的块体中, 与周围块体向东运动的情况相比存在明显的差异, 它是我国唯一的基本上不存在东向运动的块体。

参 考 文 献

- [1] 朱文耀等, 中国科学 (D 辑), 1997, 27(5): 385
- [2] 《中国岩石动力学地图集》编委会, 中国岩石圈动力学概论, 北京: 地震出版社, 1991

Preliminary Result of Monitoring Crustal Motion in China by GPS

Zhu Wenyao Cheng Zongyi Jiang Guojun

(Shanghai Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract

A GPS network for measuring and monitoring the crustal motion in China in the "Investigation on Present Crustal Motion and Geodynamics in China", which was listed as one of nationally important basic research programs in China and two campaigns operated in 1994 and 1996, respectively, have been made. Based on these GPS repetition measurement data, the horizontal displacement rates of about 20 GPS monitoring stations distributed over whole China have been determined for the first time. The result can be available to study the kinematic model of the crustal tectonic motion in the Chinese mainland.