

气象 GPS 数据用于形变研究的可行性分析

郑海刚¹, 刘东旺¹, 季永华², 王雪莹¹, 沈小七¹, 陈安国¹
(1. 安徽省地震局, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽省大气探测技术保障中心, 安徽 合肥 230000)



摘要: 为了论证气象 GPS 观测数据用于地壳形变研究的可行性。本文运用 TEQC 软件, 对安徽气象 GPS 观测数据进行了质量检测, 按照 IGS 的质量标准给出了质量报告, 筛选出了可用于后续解算的数据。在此基础上, 运用 GAMIT/GLBOK (版本号 10.34) 软件, 对可用观测数据进行了解算。结果显示站点水平位移分量时间序列的变化趋势与文献四的研究结果是一致的。由此, 我们认为气象 GPS 观测数据用于地壳形变研究是可行的。

关键词: GPS 观测; TEQC; GAMIT/GLBOK; 可行性分析

中图分类号: P228.42

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2011) 06-0037-03

在将气象系统 GPS 原始数据运用于地壳形变研究时, 对其可行性进行分析是非常有必要的一项工作。本文首先运用 TEQC 软件对 GPS 原始观测数据进行了质量检测, 并按照 IGS 的评价标准给出了质量报告; 其次, 运用 GAMIT/GLBOK (版本号 10.34) 对可用数据进行了合理解算, 将获得的站点时间序列变化趋势与文献四的研究结果进行了比较, 发现研究所用站点的变化趋势与国内“陆态网络”25 个基准站的变化趋势是一致的。

1 研究站点简介

安徽气象 GPS/MET 水汽监测网由 13 个站点组成, 本次研究采用了该网 10 个 GPS 站的连续观测资料。所采用站点设备均为 Leica GRX1200 单星接收机和 AX1202GG 大地型双星天线, 其起始观测时间除寿县站为 2007 年 4 月、蚌埠站为 2008 年 1 月外, 其他均为 2006 年 7 月份。站点具体分布位置见图 1。

2 数据质量检查及分析

由于本研究所采用的 GPS 站点为气象系统所建, 我们对观测的多路径效应及接收机的周跳等情况不甚了解, 数据是否符合 IGS 的质量标准, 是否能用于后续的地壳形变分析, 都需要有一个可靠的质量报告作为依据。鉴于此, 本次研究运用 UNAVCO (university NAVSTAR consortium) 开发研制的公开免费软件 TEQC 对数据质量进行了检测, 按照 IGS 的质量标准给出了质量报告, 并筛选了后续解算可用的数据。

2.1 TEQC 软件简介

TEQC 是一款操作简单且功能强大的 GPS 数据预

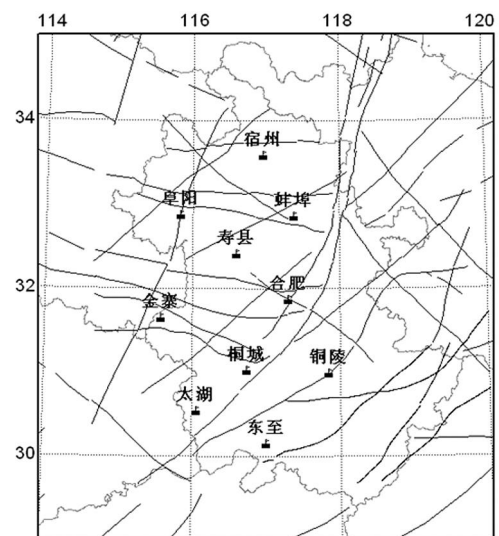


图 1 GPS 站点空间分布图

处理软件, 主要包括 3 个功能模块: 数据格式转换、数据编辑及数据的质量检测^[1,5,7]。

本文仅使用其数据的质量检测模块, 该模块用于检测双频 GPS/GLONASS 接收机静态和动态数据质量, 其基本原理是通过伪距和相位观测量的线性组合, 计算出 L_1 、 L_2 (L_1 、 L_2 为载波相位观测值得到的伪距) 观测量的多路径效应、电离层对相位的影响、电离层延迟的变化及接收机的钟漂和周跳等^[1]。其质量检测模块根据是否利用导航文件信息可分为两种模式: qc-lite 和 qc-full^[1,2]。

对于大量的 GPS 数据进行质量检测时, 主要查看后缀名为 .S 的文件 (如上例中的 behf2000.07S) 中较为重要的结果参数, 即 L_1 、 L_2 载波的多路径效应指标 MP_1 和 MP_2 ; 观测值与周跳数的比 $\sigma/slps$ 值。 $\sigma/slps$ 值能直接反映出数据的周跳情况, 本文采用其另外一种

收稿日期: 2011-05-31

项目来源: 中国地震局震情跟踪工作任务青年课题 (2011020204); 安徽省地震科研基金资助项目 (20100502); 中国地震局震情跟踪工作任务重点课题 (2011013301)。

表示方式^[3, 6]：

$$CRS = \frac{1000}{\sigma/sps}$$

2.2 计算结果与分析

本文对安徽气象 GPS/MET 水汽监测网 10 个 GPS

连续站点 2007 年至 2010 年的数据,运用 TEQC 软件对进行质量检测,产出了这些观测数据每天的质量检测报告,经统计后得到了这些站点数据质量主要指标值 CSR、MP₁ 和 MP₂ 的年平均值,具体见表 1。

表 1 安徽气象 GPS 站 CSR、MP₁、MP₂ 值(2007 至 2010 年)

站点	TEQC Results 2007			TEQC Results 2008			TEQC Results 2009			TEQC Results 2010		
	CSR	MP ₁	MP ₂	CSR	MP ₁	MP ₂	CSR	MP ₁	MP ₂	CSR	MP ₁	MP ₂
BEHF	2.35	0.40	0.43	2.71	0.42	0.46	4.28	0.46	0.53	4.41	0.46	0.53
BFSU	1.03	0.34	0.36	1.08	0.34	0.37	0.91	0.33	0.36	1.06	0.33	0.36
BFTO	2.03	0.35	0.39	1.24	0.33	0.35	1.38	0.33	0.36	3.45	0.36	0.45
BXSO	1.06	0.32	0.35	1.34	0.33	0.37	1.17	0.31	0.35	1.41	0.31	0.36
BXTH	3.17	0.44	0.49	6.52	0.51	0.59	4.17	0.46	0.51	4.63	0.48	0.52
BFBF				2.49	0.47	0.46	3.07	0.49	0.49	3.48	0.50	0.52
BXDZ	5.81	0.43	0.54	8.62	0.50	0.65	6.71	0.45	0.60	8.62	0.47	0.67
BXJZ	1.06	0.37	0.37	0.89	0.36	0.36	0.91	0.36	0.36	1.08	0.36	0.37
BXTC	0.46	0.36	0.32	0.60	0.37	0.33	0.57	0.36	0.32	0.57	0.36	0.33
BFFY	8.74	0.37	0.51	289	3.84	5.68	286	3.73	5.57	299	3.85	5.62

由表 1 可见,安徽气象大部分 GPS 站点的数据质量是比较稳定的。其中东至站 2007 年至 2010 年的 CSR 值为 5.81、8.62、6.71 和 8.61,阜阳站的 2007 年至 2010 年的 CSR 值为 8.74、289、286 和 299,这些时段的 CSR 值均比其他站点高,特别是阜阳站 2008 年至 2010 年的 CSR 值比其他站点明显高出很多。除阜阳站外,其他所有站点的 MP₂ 都比较好,MP₁ 值也仅有太湖站和东至站在 2008 年略大于 0.5。

IGS (International GPS Service) 的数据质量检测分析显示,超过半数的 IGS 站的 CSR 年平均值小于 5, 2/3 以上的 CSR 平均值是在 10 以下。对于多路径效应而言,2/3 的 IGS 站的 MP₁ 平均值小于 0.5,而 2/3 的 MP₂ 平均值小于 0.75。

依照 2/3 的 IGS 站的质量标准对结果进行统计,列出符合这个标准的台站数占总数的百分比见表 2。

表 2 安徽气象系统 GPS 站数据质量统计/%

	2007	2008	2009	2010
CSR < 10	100	90	90	90
MP ₁ < 0.5	100	70	90	80
MP ₂ < 0.75	100	100	100	100

显然,通过上述统计分析,我们可以发现除阜阳站以外,安徽气象 GPS/MET 水汽监测网其他 9 个 GPS 站点的数据质量基本符合 IGS 站的标准。因此,在后续解算过程中,仅使用质量符合标准的 9 个站的原始观测数据。

3 数据解算及对比分析

3.1 解算过程简介

本次数据处理软件采用 GAMIT/GLBOK (版本号 10.34),以 IGS 精密星历数据及其核心观测站的坐标和运动率为控制参数,对 GPS 站点观测数据进行统一解算。在解算过程中,为了加强 GPS 站点同国内基准站及全球网的几何联系,加入了国内 5 个 IGS 国际站 (SHAO、WUHN、KUNM、URUM、CHAN),以得到位置及协方差矩阵的无偏差解。在进行平差处理时,通过与国内及周边 15 个 IGS 跟踪站 (BJFS、CHAN、KUNM、LHAS、SHAO、WUHN、TCMS、TNML、ULAB、CUSV、URUM、LHAZ、TWTF、GUAO、DAEJ) 的联合平差,将区域 GPS 观测系统与全球地心坐标系相连,得到了研究站点在全球地壳运动模型中的位移时间序列。

3.2 解算结果对比分析

研究解算所得数据均是在 ITRF2005 (International Terrestrial Reference System 2005) 构架下的单日解,坐标为 GAMIT 软件解算的 NEU 坐标系列。解算所得各测站坐标均方根误差 (RMS) 均满足长周期大地测量的坐标精度要求 (<10 mm)。本次研究共获得了安徽气象 GPS/MET 水汽监测网 9 个 GPS 站点的站点水平位移分量时间序列,均存在趋势变化,即南北分量向南运动,东西分量向东运动。这种变化趋势与王梅副研究员 2008 年对“中国地壳观测网络”25 个基准站的研究结果“N 分量及 E 分量均有明显的趋势变化,南北分量在东部

地区向S运动;东西分量的全部表现为向E运动^[4]是一致的。由于文章篇幅有限,本文仅以合肥站站水平位移分量时间序列图为例进行展示(见图2)。

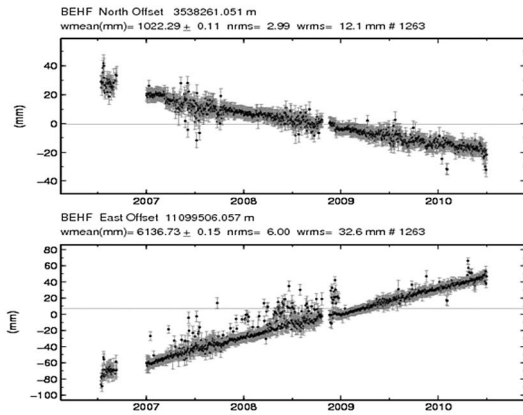


图2 合肥站水平时间序列
(上图为南北向分量,下图为东西向分量)

4 结论

1) 通过TEQC对安徽气象GPS/MET水汽监测网10个GPS观测资料进行质量检测,显示安徽气象GPS/MET水汽监测网有9个站点的数据质量比较稳定,说明其观测环境和观测质量良好,运用于后续解算工作是可行的。

2) 通过对9个可用站点的数据进行解算,发现各站点水平位移分量时间序列变化趋势与文献四的研究结果是一致的,这进一步为安徽气象GPS/MET水汽监测网的GPS观测资料运用于地壳形变分析的可行性提供了有力证据。

致谢:感谢武艳强博士等在数据解算过程中给予的热心帮助。

参考文献

- [1] 范士杰,郭际明,彭秀英,等. TEQC在GPS数据预处理中的应用与分析[J]. 测绘信息与工程, 2004, 29(2): 33-35
- [2] 赵国强,孙汉荣. 连续基准网GPS数据质量检测与分析[J]. 城市勘测, 2009(3): 73-75
- [3] 李军,王继业. 东北亚地区GPS观测数据质量检测和分析[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2006, 31(3): 209-212
- [4] 王梅. GPS时间序列变化特征研究[D]. 合肥:中国科技大学, 2008
- [5] 朱群群,宋克坚. 利用TEQC对温州连续运行参考站选址数据进行质量检测与分析[J]. 浙江测绘, 2009(3): 8-31
- [6] 林淑冰,占惠,王海清. TEQC检验在福建省GPS连续观测基准站堪选中的应用[J]. 华北地震科学, 2009, 27(3): 35-40
- [7] 刘俊清,李克,梁国经,等. 长白山天池火山GPS数据质量检测与分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2010, 31(2): 83-87

第一作者简介:郑海刚,硕士,工程师,主要从事地震地质及GPS应用研究。

(上接第36页)部署到网页上。

本系统将Flex中编译后生成的相关文件,包括AC_OETags.js、playerProductInstall.swf、index.swf、index.html及其余相关功能Widget生成的.swf等复制到.NET项目中对应的文件夹下,并把index.html代码中如下部分代码复制粘贴到系统主页面代码的合适位置。再次运行程序,完成.swf文件嵌入到网页中(见图4)。

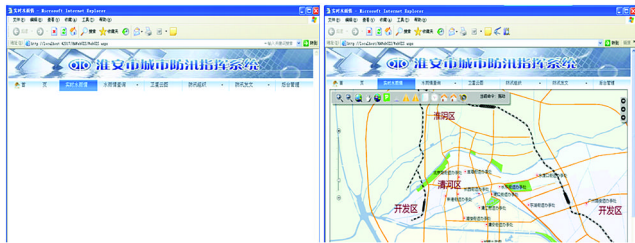


图4 Flex生成的.swf文件嵌入网页前、网页后

4 结语

本系统是基于.NET和ArcGIS Server平台,采用Flex和Visual Studio 2008.NET共同开发设计的,提供基本GIS功能和水雨情信息等的实时监测、查询、管理服务。系统对淮安的防汛减灾辅助决策具有实用价

值,满足了系统使用人员对防汛减灾及调度等的新需求,对城市防汛工作的研究、推动城市现代化防洪具有极其重要的意义,为淮安有效控制和降低洪汛灾害提供了科学的决策依据。当然,本系统虽然实现了企业级WebGIS应用中的关键技术,但系统目前主要提供数据与信息查询、管理,而在分析处理等方面的功能较少,这些有待作进一步研究。

参考文献

- [1] 朱士峰,李俊磊,谈俊忠,等. 基于ArcGIS Server的基础地理信息发布平台解决方案研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1696-1698
- [2] 王佐成,薛丽霞,汪林林,等. 基于WebGIS的城市规划管理信息系统设计[J]. 重庆邮电学院学报, 2006, 19(2): 264-267
- [3] 裴凤松,胡宝清. 基于ArcGIS Server的区域资源环境和可持续发展信息共享与应用服务系统设计及实现[J]. 城市勘测, 2008(6): 62-67
- [4] 赖永兴,张艳,益建芳,等. 基于ArcGIS Server的城市规划管理信息系统设计[J]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31(3): 114
- [5] 吴微微,李谊瑞,范灵春,等. 基于.Net的WebGIS城市防震减灾服务系统[J]. 世界地震工程, 2009, 25(2): 112

第一作者简介:张宏伟,硕士,研究方向为GIS开发与应用。

Key words basis of geographic information , aerial exploration , process modification ,Continuous Operational Reference System

(Page:27)

Construction of FJCORS and Its Application in Control Survey

by WANG Yanchun

Abstract Continuous Operational Reference System (CORS), which can provide real time positioning service, is one of hot spots about contemporary GPS development. Fujian Continuous Operational Reference System is illustrated in detail from the system composition and the technical indexes. A new control survey method based on FJCORS and Local Geoid is provided.

Key words FJCORS; Control survey; Local Geoid (Page:29)

Optimal Scale Selection of Rasterizing Vector Data in Guizhou Karst Mountainous Area

by ZHOU Xu

Abstract After a series of quantitative experiments, this paper proposed that complexities of study area, requirements of accuracy, and computing efficiency were the most important factors which affect the optimal scale of rasterizing vector data; it also concluded that the 25 m-30 m raster unit is the optimal scale for Geo-spatial analysis in Guizhou karst mountainous area.

Key words rasterizing vector data , optimal scale selection ,Guizhou karst mountainous area (Page:31)

Design and Realization of City Flood Prevention Command System Based on Flex and ArcGIS Server

by ZHANG Hongwei

Abstract Aiming at and associating with the currently work conditions and problems of the flood control and disaster alleviation in Hua'an, We designed and exploited the WebGIS City Flood Prevention Command System, introduced the functions achieved in the system and the key technology used in the system development process and so on, which is based on related technologies such as ArcGIS Server, RIA/Flex and .NET, as well as analyzed and studied the whole design structure, database management and design and so on. Through the research and application of this system, the researchers can effectively enhance the work efficiency of flood control of city management and scheduling, and which has significant guide meanings to flood prevention and disaster alleviation, thereby minimizing the loss caused by flood damage to the city.

Key words city flood prevention and disaster reducing ; ArcGIS Server ; .NET ; RIA/Flex ; WebGIS (Page:34)

Feasibility Analysis of Anhui Meteorological GPS Data for Deformation Research

by ZHENG Haigang

Abstract To demonstrate Anhui meteorological GPS data for crustal deformation research of feasibility. This paper discusses the quality of Anhui meteorological GPS data with TEQC, gives out the quality report according to IGS data quality status, and selects the available data for GPS solution. On this basis, we process solutes available data with GAMIT/GLBOK(Release 10.34).The results showed that the change trend of sites horizontal components time series is consistent with the research results by associate researcher WANG Mei. Therefore, we consider that Anhui meteorological GPS data applied to crustal deformation research is feasible.

Key words GPS ;TEQC ;GAMIT/GLBOK ,feasibility analysis (Page:37)

GPS Deformation Data Processing Method Based on Wavelet Transform

by XIA Qiu

Abstract Described GPS deformation data processing method based on wavelet transform. the data of deformation monitoring sequence as

consisting of different frequency components of the digital signal is processed, with wavelet analysis of MATLAB programming, to achieve the gross errors of monitoring data, eliminate noise, trends extraction, examples show that the wavelet analysis theory applied to data processing of the dam deformation monitoring is practical and operational.

Key words wavelet transform; GPS; deformation monitoring; data processing (Page:40)

Ideology, Method and Tools of GeoDesign

by LI Li

Abstract GeoDesign is the most popular topic in GIS industry. It is not means that GeoDesign is designing nature and conquest nature as human beings' subject ideas, but that reasonable and scientific planning and deciding based on comprehensive analysis, and that promote harmonious develop between human beings and nature. GeoDesign Ideology is different in different age. In information age, GeoDesign is more and more tend to be people-oriented and pay attention to the relationship between people and environment. GeoDesign Method requires every link in design be based on geographic analysis. GeoDesign tools are not as perfect as possible in recent years. At the present stage, there are tools such as ArcCAD, ArcGIS for AutoCAD, ArcSketch. We believe that GeoDesign will bring GIS far-reaching change.

Key words GeoDesign, GeoAnalysis, GeoDesign Ideology, GeoDesign Method, GeoDesign Tools (Page:42)

Development of Monitoring and Control system of Excremental Residue Collecting and Transporting Based on WS/GPS

by ZHONG Bo

Abstract The study aimed at establishing a monitoring and control system than can efficiently monitor and control the vehicles for excremental residue collecting and transporting. We also created a module for each vehicle that consisted of a weight sensing system. This module sends integrated real-time positions and loadings data for excremental residue collecting and transporting during the daily operating period for each vehicle via the global positioning system(GPS) and the general packet radio service(GPRS). We also created a control center that integrated geographic information system(GIS), enabling the monitoring of possible improper usage conducted by the vehicles. Consequently, the system closely interconnects the delivery information between the vehicles, control center, and supervisor of local government.

Key words monitoring and control system ,Weighing System ,Global Positioning System ,General Packet Radio Service ,Geographic Information System (Page:45)

High Performance Parallel Remote Sensing Image Processing Based on CUDA

by XU Xuegui

Abstract As the development of space remote sensing technology in recent years witnessed a geometric growth in the data size of remote sensing images. Consequently, the process of remote sensing images is faced with such challenges as large data size, high intensity, high computational complexity and large computational quantity, and so on. Based on the analysis of the parallel architecture of the latest GPU and the flexible programmability of CUDA (Computer Unified Device Architecture), this paper presents an efficient method for processing remote sensing images on the basis of CUDA. This paper takes FFT, edge detection and template matching, three common methods in remote sensing image processing, as examples, and details the efficient parallel processing procedures of them. The experiments on different images with different data size proved that GPU is 10 to 40 times faster than CPU, which is a dramatic progress in remote sensing image processing.

Key words GPU; CUDA; remote sensing image; parallel processing (Page:47)