

# 单频 GPS 接收机用于城市地质灾害监测的试验分析

赵广信,常耀广

(抚顺市勘察测绘院,辽宁抚顺 113008)

## The Application of Single Frequency GPS Receiver in City Geological Hazard Monitoring: Test and Analysis

ZHAO Guang-xin, CHANG Yao-guang

**摘要:**讨论单频 GPS 接收机用于变形监测的可能性,对试验数据进行分析,结论认为:在基线长度不大于 10 km 时,单频机可以达到毫米级的形变量精度。

**关键词:**GPS;单频;变形监测

### 一、问题的提出

抚顺市是一个在煤炭工业基础上发展起来的重工业城市,已有百余年的煤田开采历史。该市地处长白山余脉与辽河平原的结合处,地质单元为华北地台,辽宁台背斜,铁岭—靖宇古隆起西部,抚顺台凸之上,浑河大断裂纵贯市区。煤田开采严重地破坏了人们赖以生存的地质环境,导致诸多地质灾害的发生,造成了重大的经济损失。抚顺市区主要的地质灾害类型为地面沉陷、西露天矿滑坡和岩移、矿震、地裂缝、局部构造活动等。抚顺市区的地质灾害防治工作,受到各级人民政府的高度重视。为了确立科学的城市地质灾害防治对策,由抚顺市政府立项,抚顺市勘察测绘院承担,建立抚顺市区地质灾害监测系统。系统的内容为:① 建立统一可靠的城市高程起算基准;② 扩展现有的沉降监测网,使分散的子网联合成统一的监测网;③ 对浑河断裂带主断层实施监测;④ 对西露天采坑滑坡重点地区实施 3 维位移监测;⑤ 利用计算机技术和地理信息系统(GIS)技术,建立抚顺市地质灾害信息系统。

抚顺市地质灾害监测系统技术设计中提出的精度指标分别为:西露天矿滑坡监测精度,点位中误差  $\leq 7$  mm;沉降量中误差  $\leq 4$  mm,高程测量中误差  $\leq 2.8$  mm。断裂带稳定性监测精度,水平位移量  $\leq 3$  mm,沉降量中误差  $\leq 3$  mm。

监测网的垂直沉降监测可以采用几何水准手段完成,但是监测网的水平位移监测,由于城区观测环境的限制,采用传统的大地测量手段(如边角网、导

线网等)达到监测网的精度要求很难。为此,设计中提出采用 GPS 卫星定位技术完成监测网的水平位移监测。

利用 GPS 卫星定位技术进行高精度变形监测,国内外已有很多成功先例。但所见报导中,多采用双频接收机,而双频机的价格高,元件多,故障率高,功耗大。多数生产单位拥有的是单频接收机,能否将单频 GPS 接收机用于本工程的水平位移监测?我们进行了试验工作。

### 二、试验方案

单频机与双频机在精度上的区别主要体现在削弱电离层误差方面。当边长  $\leq 10$  km 时,利用双频观测值可削弱电离层误差的 70% ~ 80%。

本工程的监测网中,最长边 10.5 km,最短边 1.9 km,平均边长 4.5 km,测区平均高差 80 m。从理论上分析,采用一定的技术措施,利用单频机观测,应该获得毫米级的点位精度。

试验方案的基本思路如下。

1. 方案 1:选择一组稳定的监测点,在短时间内利用单频接收机进行多个时段的同步观测,各时段的数据独立处理,将其中的一个点视为各个不同时段共同固定点,每个时段即可视为监测网的一期复测。由于观测是在短时间内完成的,点位可视为没有发生变动,如果仪器对中误差足够小,那么,各时段间的点位较差即可认为是由观测误差造成的。若较差是在第一时段与其他时段间求得的,则较差的大小即代表了形变量的误差。

2. 方案2:为了排除不同时段间仪器对中误差的影响,将一组GPS接收机安置在强制对中天线墩上不动,连续观测两个以上的时段,由于接收机在观测期间没有动,则同点不同时段观测结果的点位较差是由观测误差造成的。

### 三、外业观测及数据处理

试验观测在水平位移监测网的4个基准点上进行(简称基准网),点位分布见图1。基准网由6条边构成大地四边形,最长基线10 531 m,最短基线1 976 m,平均边长5 610 m。各边的基线长度列于表1。

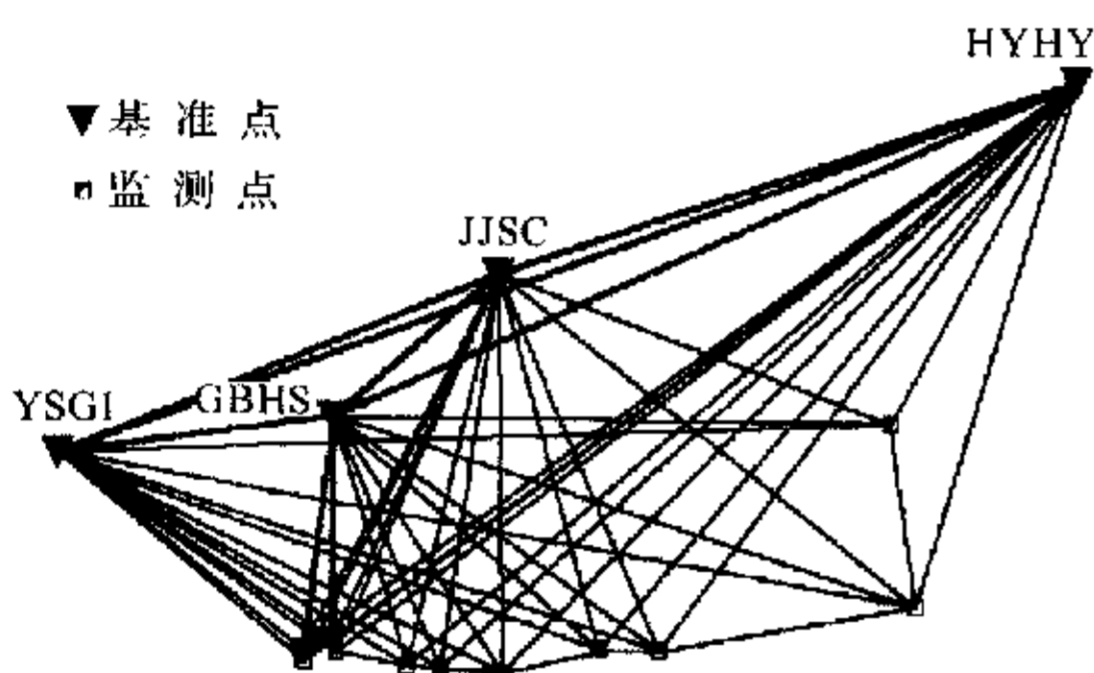


图1 位移监测网

表1 基准网基线长度 m

| 边名        | 边长         |
|-----------|------------|
| JJSC-GBHS | 1 976.133  |
| JJSC-YSG1 | 5 165.568  |
| JJSC-HYHY | 5 367.232  |
| YSG1-HYHY | 10 531.517 |
| YSG1-GBHS | 3 393.495  |
| GBHS-HYHY | 7 230.750  |

基准网位于市区北部的丘陵上,布点前进行了地质调查,地质条件稳定,少受人类活动的影响,GPS观测条件优良。观测墩由钢筋混凝土现场浇筑而成,基础嵌入新鲜基岩30 cm,上部设有强制对中装置,经精密机械加工制成,对中误差小于0.2 mm,建成时间为2002年5月,经过了一个雨季100多天的沉降稳定。

外业观测于2002年9月27日~29日分3天进行,前后历时60 h。所用的4台GPS接收机为美国Ashtech公司生产的LOCUS 8通道单频机,其标称精度为:水平 $\pm(5\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} D)$ ,垂直 $\pm(10\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} D)$ 。共观测4时段,每时段大于4 h,PDOP $\leq 6$ ,卫星截止高度角 $10^\circ$ 。其中第II时段是按第2套试验方案进行的,即固定接收

机连续观测2个时段,于28日的上、下午完成。

数据处理用随机数据处理软件Locus Processor Version 1.2。首先解算基线向量,之后对基线的质量进行检验,基线向量的各种检验通过以后,以测区平均高程面为投影面,在测区独立坐标系下,作自由网平差。除第I时段仅固定JJSC一点,作自由网平差外,其余3个时段的处理方法相同,即以JJSC点作为固定点,以JJSC-YSG1的方位角为固定方位进行2维无约束自由网平差。点位坐标成果见表2,第II,III,IV时段与第I时段的点位较差值见表3,基线矢量差值见表4,第II第III两个时段间的点位较差值列于表5。

表2 基准网点位坐标值

| 点号   | X坐标         | Y坐标           | 最大点位误差/mm |
|------|-------------|---------------|-----------|
| JJSC | 573 748.733 | 4 639 100.787 |           |
| YSG1 | 568 914.387 | 4 637 280.241 | 1.7       |
| GBHS | 572 269.482 | 4 637 790.396 | 1.4       |
| HYHY | 578 828.296 | 4 640 834.875 | 4.2       |

表3 点位较差表 mm

| 点号      | YSG1 | GBHS | HYHY | 平均值 |
|---------|------|------|------|-----|
| 点 II-I  | 8.1  | 1.4  | 8.1  | 5.9 |
| 点 III-I | 9.2  | 1.0  | 9.2  | 6.5 |
| 点 IV-I  | 8.8  | 1.3  | 8.7  | 6.3 |

注:表中的I,II,III,IV为观测时段号。

表4 基线矢量较差表  $1 \times 10^{-6} D$

| 基线名       | 相差时段 |       |      |
|-----------|------|-------|------|
|           | II-I | III-I | IV-I |
| JJSC-YSG1 | 0.6  | 1.7   | 2.0  |
| JJSC-GBHS | 1.0  | 1.0   | 2.5  |
| JJSC-HYHY | 1.7  | 0.6   | 1.1  |
| YSG1-GBHS | 1.5  | 3.2   | 2.4  |
| YSG1-HYHY | 1.2  | 0.6   | 0.3  |
| GBHS-HYHY | 1.0  | 0.7   | 0.8  |

表5 II,III时段间点位较差表 mm

| 点号          | YSG1 | GBHS | HYHY | 平均值 |
|-------------|------|------|------|-----|
| 点位较差 III-II | 5.0  | 1.4  | 3    | 3.1 |

### 四、试验数据分析

在4个时段的平差结果中,各点的最大点位误

(下转第13页)

虽然激光3维扫描系统和近景摄影测量有许多相似之处,但由于其基本工作原理的不同,因此在实际应用中仍有差别。① 原始数据格式不同。扫描所得到的数据是由带有3维坐标的点所组成的点云,可以直接在点云中进行空间量测,而摄影测量所得到的数据是影像照片,单独的一幅影像照片则无法进行空间量测。② 拼接各测站间数据的方式不同。扫描系统采用坐标匹配方式,而摄影测量则采用相对定向和绝对定向方式。③ 测量精度和外界环境的要求不同。激光扫描直接测量得到的测点精度高于摄影测量中的解析点,且精度分布均匀;激光扫描仪对光亮度和温度没什么要求,所以可以全天候进行,这有利于古建内部细部扫描。④ TIN模型建立方式不同。在激光扫描系统中可以直接进行,而在摄影测量中,则首先需要用特定的软件进行相片间的匹配处理。⑤ 对纹理的提取方式不同。激光扫描系统由反射强度来匹配与真实色彩相类似的颜色或从数码影像中获取;而摄影测量则根据影像照片直接获得真实的色彩。

## 五、结束语

随着信息技术的不断发展,当今测绘技术已进

(上接第10页)

差数据列于表2,其中最大值4.2 mm,以此推算两期之差的中误差为 $\pm 5.9$  mm。列于表3的点位较差是由相互独立的数据求得的,这些较差反映了形变量的精度水平,其中,最大较差9.2 mm。用这些数据求得较差中误差为 $\pm 7.1$  mm。

在4个时段中,第Ⅱ第Ⅲ2个时段是按第2试验方案进行的,即将4台GPS接收机安置在强制对中天线墩上不动,连续观测了两个时段。表5所列出的数据看,这2个时段间的差值与其他时段间的差值相比有明显的提高。这种精度差异可能是由观测墩的对中误差、GPS接收机天线相位中心误差等方面的因素造成的。在以后的观测中要采取相应的措施加以削弱,如各个测站上使用的观测仪器要相对固定,天线指向各期要一致等。

两种试验方案得出的形变量精度,均只能够满足设计中对水平位移监测网提出的形变量误差小于10 mm的要求,但满足不了应变场监测网的精度要求。

通过试验得出上述结论后,将试验网4个时段

人数字化的时代。古建筑测绘已经不单单是准确的记载古建的真实资料,而是应该更多的从发展的眼光,全方位、多信息源、科学地为古建筑的保护和维修提供基础资料。随着现代测绘技术在GIS中的不断应用,对古建筑物的3维建模成为现实。而接下来的问题将是解决如何快速、高效、精确地利用丰富的数据源,以及多数据源的集成真实再现3维立体模型。这就需要我们古建筑研究人员和测绘人员共同努力,使古建筑测绘工作更系统化、自动化。

## 参考文献:

- [1] 罗哲文.中国古代建筑[M].上海:上海古籍出版社,2001.
- [2] 丁军,赵明泽,陈祖军.利用近景摄影测量进行安丙家族墓文物考古测绘[J].工程勘察,2002,(4):54-56.
- [3] 朱洪亮,万剑华,郭际明,等.城市3维建模的数据获取[J].工程勘察,2002,(3):43-46.
- [4] 张远智,胡广洋,刘玉彤,等.基于工程应用的3维激光扫描系统[J].测绘通报,2002,(1):34-36.

的观测数据统一处理,得到4个工作基点的点位数数据,平差结果最大点位误差1.4 mm。随后按照图1中的构网,对水平位移监测网进行了首期观测。数据处理时以4个工作基点为固定点约束平差,平差结果中最大点位误差5.7 mm,满足设计要求。

## 五、结束语

本文所述GPS网,最长基线10 531.5 m,最短基线1 976.1 m,平均边长5 610.8 m。通过文中介绍的观测方案和数据处理方式,获得毫米级的形变量精度,可用于相应精度要求的地质灾害监测。能否用于更高精度要求的水平位移监测,如本文中介绍的应变场监测网,要求平面形变量误差 $\leq \pm 3$  mm,还有待于进一步的探讨。

## 参考文献:

- [1] 徐绍铨,张华海,等.GPS测量原理及应用[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 李英冰,徐绍铨,等.利用GPS进行变形监测时相位观测值选择的研究[J].测绘通报,2001,(11).