

# GPS 动态监测试验与精度分析

刘振承

(广西壮族自治区二一五地质队,广西柳州 545006)

**摘要:**由于 GPS 定位精度的不断提高,其在工程变形监测中得到了越来越广泛的应用。结合一次动态监测实验,客观评价了 GPS 的精度,本文介绍了该试验的实施方案及监测结果,并通过大量实验数据统计分析了此次 GPS 动态监测的精度,取得了不错的效果。试验证明, GPS 动态监测能够满足工程应用的需要。

**关键词:**GPS 动态监测; RTK; 精度分析; 统计

中图分类号: P228.4 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2011)05-0127-02

## Experiment and Accuracy Analysis of GPS Dynamic Monitoring

LIU Zhen - cheng

(No. 215 Geological Team of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Liuzhou 545006, China)

**Abstract:** As the accuracy of GPS positioning has been improved so much, it is used in deformation monitoring of projects more and more. To evaluate the accuracy of GPS dynamic monitoring, according to the experiment of GPS dynamic monitoring, this paper introduces its experimental implementing scheme and results. It also analyses the accuracy of GPS dynamic monitoring through a large number of experimental data, the result is satisfactory. It demonstrates that GPS dynamic monitoring could meet the needs of project.

**Key words:** GPS dynamic monitoring; RTK; accuracy analysis; statistics

## 0 引言

全球定位系统(GPS)作为20世纪一项高新技术,具有速度快、全天候、自动化、测站间无需通视、可同时测定点的3维坐标及精度等优点,因而获得广泛应用。从目前的发展趋势看, GPS 动态监测具有广泛的应用天空,特别是实时动态定位技术(RTK),它是一种可以在野外实时获得测点最终3维坐标的GPS测量方法,在工程施工、大型结构建筑物变形的动态监测中有着很大的应用潜力<sup>[1-3,6]</sup>。

所谓RTK,即实时载波相位差分定位(Real Time Kinematic),就是把基准站观测到的载波相位观测值和基准站的位置信息以一定的格式通过数据传输设备实时地传送给流动站,然后根据差分相对定位原理,实时计算并显示流动站的3维坐标及精度。本文以一次动态监测实验所采集的数据为例,介绍了实验方案、数据处理以及统计分析过程,验证了利用GPS RTK 技术进行动态监测实验的可行性。

## 1 动态监测试验

### 1.1 试验方案

本次试验采用两台 Trimble R8 GNSS 接收机,其中一

台 Trimble 接收机作为基准站,安置在广西自治区二一五地质队办公大楼顶一端;另一台 Trimble 接收机作为监测点,安置在二一五地质队办公大楼顶另一端,基准站与监测点相隔约60 m。由于距二一五地质队办公大楼约90 m 处有一高22层的在建大楼,因此在这个试验过程中不可避免地会受到多路径效应的影响。

试验数据采集时间为2009年11月15日;11月20~21日;2010年2月27~28日;3月1~3日。采集数据期间天气均晴好。基准站与监测点上的 Trimble 接收机数据采集率均为0.1 s,卫星高度角限制设置为15°,按动态观测模式,两个测站同步观测。

### 1.2 观测数据处理

试验过程中, Trimble 所采集的原始数据为GGA格式数据,需要经过坐标转换才能进行精度分析。首先经过坐标变换后为WGS-84坐标系下各历元的3维大地坐标( $B_i, L_i, H_i$ ),然后,进行高斯投影变换,将大地坐标( $B_i, L_i$ )变换为平面坐标( $x_i, y_i$ )。这样,就可以得到点位的3维坐标( $x_i, y_i, H_i$ )数据序列。

由于本次试验数据采集环境变化不大,所以仅选取了具有代表性的2010年2月28日18时至3月1日10时,共16 h的观测数据。剔除粗差后,对16 h的观测数据分别按

收稿日期:2010-08-11

作者简介:刘振承(1970-)男,广西灌阳人,工程师,本科学历,主要从事GPS定位技术、工程测量等工作。

每隔 1 h 时间间隔取 1 min 2 min 和 5 min 的观测数据求中 误差进行精度统计分析 其精度分析结果见表 1。

表 1 Trimble 接收机精度分析  
Tab.1 Accuracy analysis of Trimble receiver

Trimble( 1 min) ( 2010 - 2 - 28 ~ 2010 - 3 - 1 ) /mm				Trimble( 2 min) ( 2010 - 2 - 28 ~ 2010 - 3 - 1 ) /mm				Trimble( 5 min) ( 2010 - 2 - 28 ~ 2010 - 3 - 1 ) /mm			
时间	$m_x$	$m_y$	$m_H$	时间	$m_x$	$m_y$	$m_H$	时间	$m_x$	$m_y$	$m_H$
18: 10 ~ 18: 11	3.7	3.6	8.6	18: 30 ~ 18: 32	2.2	2.3	7.2	18: 50 ~ 18: 55	4.4	2.6	7.7
19: 10 ~ 19: 11	3.6	2.5	8.8	19: 30 ~ 19: 32	2.1	2.3	5.1	19: 50 ~ 19: 55	3.1	2.1	7.9
20: 10 ~ 20: 11	2.4	1.8	6.4	20: 30 ~ 20: 32	3.2	1.8	4.8	20: 50 ~ 20: 55	2.7	2.0	6.4
21: 10 ~ 21: 11	2.5	1.5	5.9	21: 30 ~ 21: 32	2.2	1.6	5.2	21: 50 ~ 21: 55	3.2	1.9	6.7
22: 10 ~ 22: 11	2.9	2.1	6.0	22: 30 ~ 22: 32	2.4	1.7	6.7	22: 50 ~ 22: 55	5.2	3.7	6.2
23: 10 ~ 23: 11	1.9	1.8	5.2	23: 30 ~ 23: 32	2.1	1.5	4.8	23: 50 ~ 23: 55	2.6	1.6	4.2
00: 10 ~ 00: 11	1.6	1.2	3.4	00: 30 ~ 00: 32	2.7	1.4	3.7	00: 50 ~ 00: 55	2.5	2.0	4.3
01: 10 ~ 01: 11	5.0	1.6	6.2	01: 30 ~ 01: 32	2.5	2.5	6.2	01: 50 ~ 01: 55	2.7	2.0	6.4
02: 10 ~ 02: 11	3.0	1.5	8.9	02: 30 ~ 02: 32	3.1	2.0	9.7	02: 50 ~ 02: 55	3.2	2.6	8.9
03: 10 ~ 03: 11	2.9	2.9	8.3	03: 30 ~ 03: 32	2.1	4.3	11.8	03: 50 ~ 03: 55	6.5	2.7	11.6
04: 10 ~ 04: 11	3.4	2.0	8.7	04: 30 ~ 04: 32	3.1	2.2	6.2	04: 50 ~ 04: 55	2.5	4.3	6.1
05: 10 ~ 05: 11	2.8	2.5	8.7	05: 30 ~ 05: 32	3.4	2.8	5.9	05: 50 ~ 05: 55	2.4	2.5	7.5
06: 10 ~ 06: 11	2.4	1.8	6.6	06: 30 ~ 06: 32	5.5	2.3	11.7	06: 50 ~ 06: 55	3.5	2.1	5.7
07: 10 ~ 07: 11	2.3	1.6	4.6	07: 30 ~ 07: 32	2.9	3.1	7.5	07: 50 ~ 07: 55	2.0	2.4	5.2
08: 10 ~ 08: 11	1.9	1.5	8.8	08: 30 ~ 08: 32	2.8	1.5	8.5	08: 50 ~ 08: 55	2.0	1.9	5.0
09: 10 ~ 09: 11	2.4	1.7	4.8	09: 30 ~ 09: 32	3.3	2.3	6.3	09: 50 ~ 09: 55	2.8	2.8	14.2
均值	2.8	2.0	6.9	均值	2.9	2.2	7.0	均值	3.2	2.4	7.1

为了更加客观地评价 Trimble 接收机的动态监测精度以及验证上述统计结果的可靠性,取全部 16 h 的观测数据进行整体精度统计分析,其结果见表 2;表 3 中给出了 Trimble 接收机的标称精度。

表 2 Trimble 接收机全部观测数据精度分析(毫米)  
Tab.2 All data accuracy analysis of Trimble receiver(mm)

接收机型号	$m_x$	$m_y$	$m_H$
Trimble	5.9	3.2	10.4

表 3 Trimble 接收机的标称精度  
Tab.3 Nominal accuracy of Trimble receiver

接收机型号	平面方向	高程方向
Trimble	10 mm + 1 ppm · D	20 mm + 1 ppm · D

## 2 数据分析及结果

由表 1、表 2、表 3 的精度统计分析结果可得出:

对于 Trimble 接收机在 0.1 s 采样率下,从 1 min, 2 min 5 min 的采样数据结果来看,本次试验实时动态监测的平面点位精度均优于 5 mm,高程精度均优于 10 mm,

且从与 Trimble 接收机的标称精度对比来看,此次试验实际监测精度与标称精度比较符合。

从统计分析可以看出,此次 GPS 动态监测试验的高程精度要低于平面精度,大概为平面精度的 2~3 倍。

从精度分析所采用的采样数据量来看,随着采样数据量的增大,精度依次降低。在 3 维方向上,1 min 采样的精度统计分析结果均优于 2 min 5 min 的采样精度统计分析结果,且 1 min 2 min 5 min 的精度统计分析结果均高于整体精度统计分析结果。由此可见,增加观测值对点位的精度没有提高,原因在于,依靠差分技术虽然消除和减弱了一部分观测值,但是残差仍然存在。并且 WGS-84 大地坐标在向地方平面坐标转换过程中,不可避免地会有转换模型,这部分误差属于系统误差,将影响动态监测的精度。

## 3 结束语

GPS 动态定位技术能够实现连续、实时、自动化变形监测的需要,本文通过对 Trimble 接收机所采集的数据进行精度分析,可以认定,GPS 动态监测的平面监测与高程监测均能达到较高的精度,平面监测精度达到了毫米级,说明利用 GPS RTK 进行动态监测是可行的,能够满足工程应用的需要。

(下转第 131 页)

的用户才能操作。

#### 2) 测绘档案借阅管理

在查询检索的基础上实现对应的订单登记、协议签订、服务审核和数据下载等相关业务。

#### 3) 与外系统接口开发

吉林省测绘档案馆“馆藏资料数字化”项目正在建设过程中,根据该项目前期计划,已经建成了几个系统,并已投入运行。为了数据和管理的一致性,需要在本系统中考虑如何实现对应数据和功能的融合。

#### 4) 测绘档案统计分析

采用简单叠加和临时表技术的方式完成用户比较复杂的统计需求。通过分析用户所提出的统计需求,分解并寻找其中规律,将对应的统计需求分解成简单的、可自定义的统计片段,然后采用分步累积的方式完成最终统计,提交统计结果。

### 5.3 系统设置

#### 1) 用户管理

实现系统对系统会员的管理,包括用户账号的注册、修改、删除。

#### 2) 权限管理

不同职责的人员,对于系统操作的权限应该是不同的。

#### 3) 日志管理

记录所有对数据库的操作,记录的信息包括用户名、操作方式、表格名称、记录编码、时间、是否成功等,并提供日志查询、删除等功能。

#### 4) 其他设置

提供包括查询模板设置、统计模板设置、统计输出格式设置及档案打印标签设置等。

## 6 结束语

开发吉林省测绘档案综合管理系统,建设数字测绘档案馆是长久保存和提供使用测绘档案的最好办法。与传统的管理方式相比更灵活、方便、高效;可以降低测绘成果管理成本,提高测绘成果目录汇编的效率、缩短发布周期、扩大发布的范围、方便查询检索和成果提供,促进测绘成果的广泛使用,产生良好的社会效益。

### 参考文献:

- [1] 国家档案局. DA/T 31 - 2005 纸质档案数字化技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [2] 国家测绘局. 测绘科学技术档案管理规定(国测发[1988]82号)[G]. 北京: 国家测绘局, 1988.
- [3] 国家测绘局. 测绘科技档案建档工作管理规定(国测发[1993]088号)[G]. 北京: 国家测绘局, 1993.

[编辑: 宋丽茹]

(上接第 126 页)

### 4.3 RTK 定位精度评价

为了验证测量结果,我们选择探坑验证,共实施探坑点 100 个(覆盖交叉点、拐弯点等)进行了重新测量,测量结果表明误差达到了厘米级,其中误差最大为 30 cm,最小为 2 cm,平均为 7 cm。可以认为 GPS RTK 测量结果的点位精度达到厘米级,完全能满足油田地面工程测量精度要求。

## 5 结束语

RTK 技术不仅有效提高了定位测量精度,同时提高了测量的工作效率,减轻了测量人员的内外业劳动强度,

加快了数字化油田建设。

### 参考文献:

- [1] 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.
- [2] 李明封, 冯宝红, 刘三枝. GPS 定位技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [3] 周忠谟, 易杰军, 周琪. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1999.

[责任编辑: 王丽欣]

(上接第 128 页)

### 参考文献:

- [1] 黄声享, 吴文坛, 李沛鸿. 大跨度斜拉桥 GPS 动态监测试验及结果分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(11): 999 - 1 002.
- [2] 黄声享, 刘星, 杨永波, 等. 利用 GPS 测定大型桥梁动态特性的试验及结果[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(3): 16 - 19.

- [3] 徐良, 过静, 戴连君. 基于 GPS(RTK)技术的虎门大桥位移实时监测数据分析[J]. 工程勘察, 2001(1): 48 - 49.
- [4] 张振军, 谢中华, 冯传勇. RTK 测量精度评定方法研究[J]. 测绘通报, 2007(1): 26 - 28.
- [5] 刘基余, 李征航, 王跃虎, 等. 全球定位系统原理及其应用[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1993.

[责任编辑: 王丽欣]