

文章编号: 1004-9037(2003) 01-0074-04

# GPS 多天线数据采集与控制系统

孙永荣<sup>1,2)</sup>, 晓莉<sup>2)</sup>, 陈武<sup>2)</sup>, 刘建业<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 南京航空航天大学自动化学院, 南京, 210016  
<sup>2)</sup> 香港理工大学土地测量与地理资讯学系, 香港

**摘要:** 针对常规 GPS 应用中成本较高的问题, 文中研究了 GPS 多天线数据采集与控制系统, 实现了一机对多点的监测。实验和实际应用表明, 该系统对 GPS 信号的衰减、GPS 测量精度几乎没有影响。该技术使得 GPS 监测局部区域人工和自然结构形变 (如大坝、建筑等) 的监测费用大大降低, 具有重要的实用价值。

**关键词:** GPS 多天线系统; 数据采集与控制; 形变监测

中图分类号: TP 27 P 228 4 文献标识码: A

## GPSM multi-Antenna Data Acquisition and Control System

*Sun Yongrong<sup>1,2)</sup>, Ding Xiaoli<sup>2)</sup>, Chen Wu<sup>2)</sup>, Liu Jianye<sup>1)</sup>*  
<sup>1)</sup> College of Automation Engineering,  
 Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing, 210016 China

<sup>2)</sup> Department of Land Surveying and Geo-Informatics, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

**Abstract** GPS is proved to be a useful tool for monitoring deformations of dams, bridges and slopes. In the standard method for using GPS in deformation monitoring, one GPS receiver must be equipped for every point to be monitored. Wide application of GPS for civil use is restricted by the high cost of receivers. GPS multi-antenna data acquisition and control system (GM S) can make one receiver connect with several antennas. That is, with this system, one GPS receiver can be used to monitor several points. All tests show that GM S has almost no influence on the signal and measuring accuracy of GPS. By using this technology, the cost of GPS used for local monitoring deformations of many man-made or natural structures, such as dams, slopes and volcanoes, is significantly reduced.

**Key words** GPS multi-antenna system; data acquisition and control; deformation monitoring

## 引 言

我国应用 GPS 进行变形、崩滑监测并实现自动化监控管理的已有多例。其中湖北清江隔河岩水电站大坝变形监测是最为成功的例子之一<sup>[1]</sup>。正如有关学者<sup>[2]</sup>指出的, 隔河岩水电站自动化监测系统缺点之一是投资费用较高, 总经费超过了 600 万元, 除去软件, 由于每个变形测点需配备 GPS 接收机, 单点费用也在 20 万元以上。GPS 仪器费用太高, 大大制约了 GPS 在变形监测、预防、减少地质灾害方面的应用。

自 1999 年开始, 南京航空航天大学、香港理工大学联合导航研究中心, 开始对如何降低 GPS 使用成本展开研究, 设计出了国家专利 (专利号: ZL 00219891.6) 成果——GPS 多天线技术, 即一个 GPS 接收机接多个天线, 不同的天线在不同的时间内与接收机相连。这样, 一个接收机可以对多个监测点进行监测<sup>[3]</sup>。图 1 是 GPS 多天线示意图, 价格昂贵的 GPS 接收机阵列, 变成了 GPS 天线阵列, 价格成倍降低。现在一个接收机可以连 4~16 个天线。

利用多天线技术, 可以对可能发生滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害区域进行不间断的连续的监控。

基金项目: 香港研究资助局基金 (编号: PolyU G-YC43 and CRC 4/99) 资助项目。

收稿日期: 2002-06-10 修订日期: 2002-12-06

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

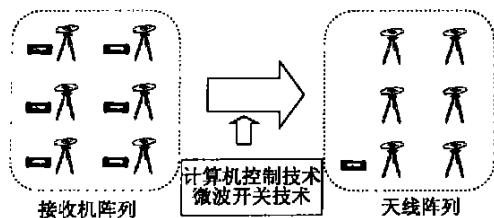


图 1 GPS 多天线示意图

整个监控系统包括监控中心、数据通讯、远程 GPS 数据采集三个部分。GPS 数据采集包括设置在变形区域内的多天线数据采集以及参考站数据采集，前者对变形监测区域内的多个监测点进行监测，后者要求设置在变形区域外的稳定点上。所计算的所有变形监测点的坐标都是相对于该参考站的。监控中心主要完成对远程 GPS 数据采集的控制，并根据远程 GPS 数据进行 GPS 基线解算、变形分析和报警。

监控中心的数据处理软件<sup>[4]</sup>以及数据通讯的实现，本文不作讨论，文中只对基于嵌入式计算机的远程 GPS 多天线数据采集与控制系统进行介绍，同时分析了 GMS 对 GPS 带来的影响。

## 1 GPS 多天线数据采集与控制系统

### 1.1 硬件结构

GPS 多天线数据采集控制系统，是基于 PC / 104 嵌入式计算机控制系统，硬件结构如图 2 所示，主要包括以下几个方面：

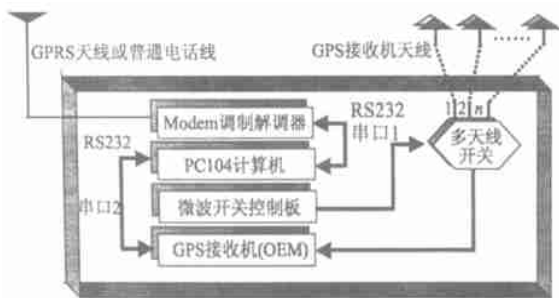


图 2 GPS 多天线数据采集控制系统硬件结构

(1)SCM /SPT PC /104 CPU 模块 这是一款真正的“all-in-one”CPU 模块，CPU 是一片 586 的 64 位处理器，最高运行速度可达 300MHz，在板内存支持可达 128M，图形处理器可支持多种 LCD 及 TFT 显示屏，支持 PS /2 键盘、PS /2 鼠标、EIDE 接口、Floppy 接口、两个串口一个并口以及两个 USB 接口。

(2)微波开关控制板 这是一块自制的符合

PC /104 总线结构的多天线开关控制板，通过总线与 CPU 相连。

(3)多天线开关 这是一个自行研制的微波开关，其控制原理框图见图 3。当某一控制信号有效时 (-5V)，相应 GPS 天线的高频微波信号并传输到 GPS 接收机，而其他天线的高频信号被隔离。根据开关控制板的控制信号，完成天线信号的切换。开关控制器要解决的关键技术是各通道 GPS 天线信号间的高隔离度问题。

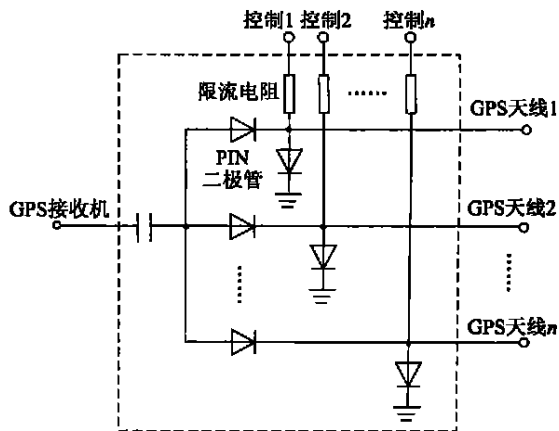


图 3 GPS 多天线控制器原理框图

(4)GPS 接收机 选用的是 Ashtech 的 G12 OEM 板，这是一款 12 通道单星单频接收机，性能价格比较高。GPS 接收机通过串行口与 CPU 板相连。

(5)MODEM 调制解调器 选用 WAVECOM 公司生产的 WMOD2 双频 (900/1800)GPRS modem。

### 1.2 界面设计

系统进行数据采集运行时，各通道参数除了可以由监控中心通过 GPRS 或普通电话线等进行控制、设置外，也可以由现场计算机直接进行设置。可以对各通道 (是否选通、各通道切换时间)、GPS (采样间隔、高度角)以及数据传输时间等参数进行设置，另外也可对通讯口、系统运行方式等进行选择。参数设置完成后，系统运行界面如图 4 所示。由图 4 可以看出，当前共选通了 CH1、CH2、CH3、CH5 这四个通道，每个通道的工作时间是 900s，当前 GPS 信号来自于 CH1 所对应的天线，同时显示了各卫星的状态 (卫星号、方位角、高度角、信噪比)以及卫星数、PDOP 值等。

实际应用中，可根据所监测点的位移变化情

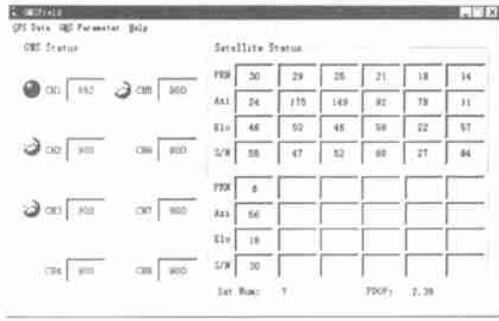


图 4 GPS 多天线数据采集控制系统运行界面

况、监测点的重要性等动态地设定各监测点的工作时间。对于那些重要的监测点,监测时间可以长一些。

## 2 系统对 GPS 信号的影响

根据国际无线电咨询委员会和国际电信联盟的规定,所有空间上的卫星信号在到达地面时产生的最大通量密度不得超过  $-154\text{dBW}$ <sup>[5]</sup>。为此,GPS 信号的强度为:

$L_1$  波段,对 C/A 码为  $-155\text{dBW}$ ,对 P 码为  $-158\text{dBW}$ ;  $L_2$  波段,对 P 码为  $-158\text{dBW}$ 。

由于各种遮挡以及其它无线电频率源的干扰,使得 GPS 视在场强减小,噪声增加,从而降低了信噪比。严重时,即使性能优良的接收机也无法工作。低信噪比往往会引起接收机失锁和发生周跳,导致数据无法使用,而较为普遍的是造成测量精度的降

低。所以对于 GPS 而言,信噪比是一个很重要的参数。

### 2.1 GM S 对 GPS 信噪比的影响

2002 年 4 月 15 日在香港理工大学楼顶上进行了实验,无遮挡物,视野开阔,能较好地接收 GPS 卫星信号。实验用两台 Ashtech GG 24 进行。两个天线放在非常接近的地方,其中一个天线通过 GM S 系统后接到一台 GG 24 接收机上,另一个天线直接接到另一台 GG 24 接收机上。天线所在位置为:经度  $114^{\circ}10'46''$ ,纬度  $22^{\circ}18'10''$ 。实验时每隔 5 min 保存一组数据。两台 GG 24 接收机的信噪比参见表 1 所示,其中前者为经过 GM S 系统的信噪比,后者是不经过 GM S 系统的常规 GPS 信噪比。

如果用经过 GM S 后的 GPS 信噪比减去不经过 GM S 的 GPS 信噪比,则可以更加明显地看出 GM S 对 GPS 信噪比的影响(见表 2)。

由表 2 可以看出,相对于天线、接收机直接相连时的 GPS 信噪比而言,经过 GM S 后的 GPS 信噪比普遍降低了,最大降低了 5。统计发现,在这段时间内信噪比平均降低了 1.24。

为了排除 GPS 接收机、天线以及天线馈线带来的影响,将两台设备的接收机、天线以及馈线进行交换后再次试验,经过分析发现,GM S 控制系统使得 GPS 信噪比平均降低了 1.28,最大降低 5。

在不同时间段和不同地点,进行了多次试验后发现,GM S 控制系统使得 GPS 信噪比平均降低 1~2,最大降低不大于 6。

表 1 信噪比较表(经过 GM S 后 GPS 信噪比/常规 GPS 信噪比)

观测时间	卫 星 号							
	1	4	5	7	10	13	24	30
16: 50	41/42	46/50	43/41	49/50	47/47	45/46	46/47	
16: 55	38/42	46/49	43/43	49/50	48/48	44/48	47/47	
17: 00	41/42	46/49	43/41	49/50	48/47	44/46	46/49	
17: 05	41/43	46/47	44/42	49/50	47/47	43/44	47/48	
17: 10	34/37	45/49	45/44	48/49	49/47	42/44	46/49	
17: 15	34/38	45/50	45/44	50/49	48/48	43/44	46/49	33/34
17: 20		45/49	43/43	49/49	49/49	43/45	46/48	37/39
17: 25		45/48	44/44	49/47	49/48	40/43	47/49	38/39
17: 30		46/47	43/44	49/48	49/48	43/47	47/48	36/37
17: 35		45/49	42/46	48/49	48/49	42/45	45/50	36/38
17: 40		45/49	44/42	49/48	47/48	44/44	45/48	38/39

表 2 GM S 对 GPS 信噪比的影响

观测时间	卫 星 号							
	1	4	5	7	10	13	24	30
16: 50	- 1	- 4	2	- 1	0	- 1	- 1	
16: 55	- 4	- 3	0	- 1	0	- 4	0	
17: 00	- 1	- 3	2	- 1	1	- 2	- 3	
17: 05	- 2	- 1	2	- 1	0	- 1	- 1	
17: 10	- 3	- 4	1	- 1	2	- 2	- 3	
17: 15	- 4	- 5	1	1	0	- 1	- 3	- 1
17: 20		- 4	0	0	0	- 2	- 2	- 2
17: 25		- 3	0	2	1	- 3	- 2	- 1
17: 30		- 1	- 1	1	1	- 4	- 1	- 1
17: 35		- 4	- 4	- 1	- 1	- 3	- 5	- 2
17: 40		- 4	2	1	- 1	0	- 3	- 1

## 2 2 基线解实例分析

为了研究 GM S 系统引起的 GPS 信噪比降低对测量精度带来的影响, 作者进行了多次试验。实验时将一个 GPS 天线相对于固定点上的 GPS 天线进行移动, 通过解算可以得到该监测点沿北向、东向相对于固定点的位移变化, 图 5 是一次实验时的位移曲线图, 与实际移动轨迹相符, 可见 GM S 系统对 GPS 的基线解算几乎没有影响。更进一步, 进行残差分析后发现, 残差图在量级上和未经过 GM S 系统时是一样的。

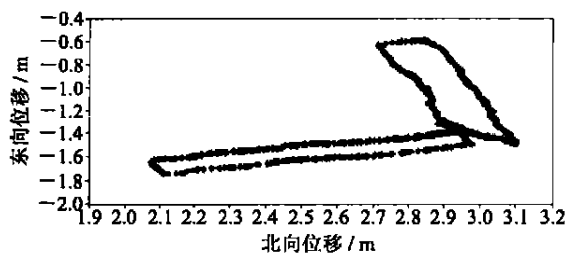


图 5 监测点水平位移变化曲线图

## 3 结束语

由表 1 2 以及图 5 可以发现, 所研究的 GM S 多天线数据采集控制系统, 信噪比平均降低了 1~2 但对 GPS 测量精度几乎没有影响。GPS 测量精度完全取决于所使用的 GPS 接收机以及天线情况。

再以清江隔河岩水电站为例, 如果采用一台 6 天线的 GM S 多天线系统, 也即一台 GPS 接收机外

接 5 个天线即可满足原方案中对 5 个坝顶测点的监测。如果考虑到距离问题, 对一些距离较远的点可以加上天线放大器进行信号放大。这样, GPS 方面的投资最多也就是 70 万元, 仅此一项就将 GPS 成本降低了 50%。由此可见, GPS 多天线技术的研究和应用具有重要的实用价值和现实意义。文中所述的方法已成功应用在香港某山体滑坡监测系统中, 该系统已连续运行了四个多月, 运行效果良好。

### 参 考 文 献

- [1] 徐绍铨. 隔河岩大坝 GPS 自动化监测系统 [J] 铁路航测, 2001, 4: 42~ 44
- [2] 方卫华, 王润英. 大坝变形监测自动化系统进展 [J] 水利水电科技进展, 2000, 20(6): 23~ 25
- [3] Ding X L, Chen Y Q, Huang D F, *et al*. Spem o-nitoring using GPS- a multi-antenna approach [J] GPS World, 2000, 11(3): 52~ 55
- [4] 黄丁发, 丁晓莉, 陈永奇. 多天线 GPS 软件系统 [J] 测绘通报, 2000, 11: 1~ 3
- [5] 王广运, 郭秉义, 李洪涛编著. 差分 GPS 定位技术与应用 [M] 北京: 电子工业出版社, 1996, 24~ 32

作者简介 孙永荣, 男, 讲师, 1969 年 1 月生。研究方向: GPS 惯性组合导航。E-mail: suny@nuaa.edu.cn; 丁晓莉, 男, 副教授, 1960 年 3 月生。研究方向: GPS 及其应用; 陈武, 男, 副教授, 1964 年 5 月生。研究方向: 空间大地测量、GPS 导航及智能交通等; 刘建业, 男, 教授, 1957 年 10 月生。研究方向: GPS 惯性导航及测控技术。