

# GPS 多天线系统研究<sup>\*</sup>

孙永荣<sup>1,2</sup> 陈 武<sup>1</sup> 丁晓莉<sup>1</sup> 何秀凤<sup>2</sup>

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

**摘要** GPS 多天线技术,旨在降低 GPS 在大坝等形变监测等方面的应用成本。文中研究的多天线系统,使得一个 GPS 接收机可以联接多个天线,从而实现一机对多点的监测。实验表明,该系统对 GPS 信号的衰减、GPS 测量精度几乎没有影响。

**关键词** 滑坡监测 GPS 多天线 信噪比

## Study of GPS Multi-antenna System

Sun Yongrong<sup>1,2</sup> Chen Wu<sup>1</sup> Ding Xiaoli<sup>1</sup> He Xiufeng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(*Dep. of Land Surveying & Geo-informatics, The Hong Kong Polytechnic Univ. Hongkong, China*)

<sup>2</sup>(*Automatic Control College, Nanjing Univ. of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016*)

**Abstract** GPS multi-antenna technology is researched to reduce the cost of GPS when used for monitoring of deformations of objects such as slopes. The multi-antenna system (GMS) described in this paper allows many antennas to connect to one receiver, which can monitor many points. Test results show that GMS has almost no influence upon GPS SNR and measuring accuracy.

**Key words** Slope deformation GPS multi-antenna SNR

## 1 引言

我国是世界上地质灾害最严重的国家之一。日趋严重的地质灾害,直接危害着人民的生命财产和社会经济的发展。据有关资料报告,我国目前有 400 个地质灾害严重灾县、市,占全国县、市的 20%。年平均死亡近千人,伤近万人,直接经济损失近百亿元。长江三峡更是我国地质灾害多发区和重灾区。如何对这些地质灾害严重地区进行监测,及早预报可能的崩塌滑坡,具有重要的经济和社会效益。

近年来, GPS 技术在测绘领域迅速推广,广泛应用于大地测量、精密工程测量、地壳和建筑物形变监测、石油物探、资源调查、城市测绘等。

GPS 在崩塌滑坡监测方面,主要进行绝对位移、相对位移两个方面的监测。到目前为止,我国应用 GPS 测量进行变形、崩滑监测并实现自动化监控管理的已有好几个实例。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>。该系统主要由 5

个坝顶测点和左右岸两个基准点组成。系统中采用了 7 台 GPS 接收机全天候连续观测。

正如有关学者<sup>[2]</sup>指出的,隔河岩水电站自动化系统缺点之一便是,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。如何降低系统费用是一个关键问题。

自 1999 年开始,南航导航研究中心与香港理工大学合作,对如何降低 GPS 使用成本展开研究,设计研究出了国家专利成果——GPS 多天线技术, GMS (GPS Multi-antenna System) 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,一个接收机可以监测多个观测点。

通常情况下使用 GPS 时,每个测点均有一台接收机,也即一个 GPS 接收机与单一天线相连,构成一个测量单元。而采用 GMS 技术后,所有相近测点共用一台接收机,从而降低系统费用<sup>[3]</sup>。图 1 是 GMS 示意

<sup>\*</sup> 香港研究资助局资助 (Polyu G-YC43)。

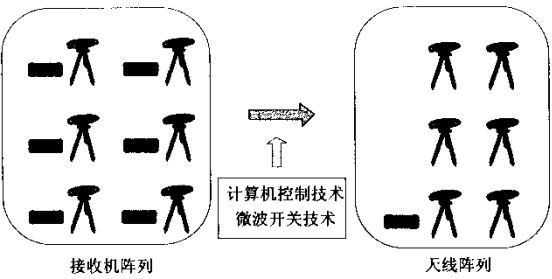


图 1 GPS 多天线示意图

图,价格高昂的接收机阵列变成了天线阵列。

2 GMS 系统结构

GMS 系统,主要包含:CPU 控制板、键盘及显示、微波开关、GPS OEM 板等部分(图 2)。目前所开发的 GMS 系统有多种型号规格,可以外接的 GPS 天线数各不相同,有 4、6、8、10、12、16 天线等多种,可以根据需要进行选用。图 3 所示是一种外接 8 天线的控制器。

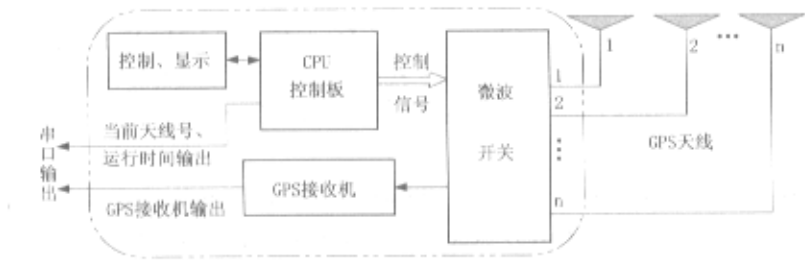


图 2 多天线 GPS 控制系统结构

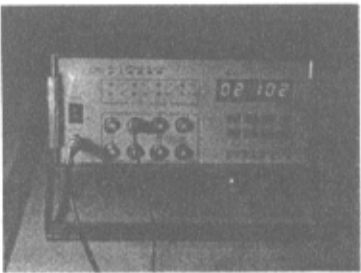


图 3 GMS-I 型多天线控制器

3 系统试验和结果分析

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-154dBW。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,导致数据无法使用或造成测量精度的降低。所以对于 GMS 系统而言,对 GPS 信号的影响是其成败的关键。

2002 年 3 月对 GMS 系统进行了实验。实验时用两台 Ashtech GG24 接收机进行,两个天线放在非常接近的地方,其中一个天线通过 GMS 系统后接到一台 GG24 接收机上,另一个天线直接接到另一台 GG24 接收机上。天线所在位置的大地经纬度为:经度 114°10'46",纬度 22°18'10"。如果用经过 GMS 的 GPS 信噪比减去不经过 GMS 的 GPS 信噪比,则可以定量地得到 GMS 对 GPS 信噪比 SNR 的影响。表 1 中列出

了部分实验数据。

表 1 GMS 对 GPS 信噪比的影响

序号 时间	1	4	5	7	10	13	24	30
16:50	-1	-4	2	-1	0	-1	-1	—
17:00	-1	-3	2	-1	1	-2	-3	—
17:10	-3	-4	1	-1	2	-2	-3	—
17:20	—	-4	0	0	0	-2	-2	-2
17:30	—	-1	-1	1	1	-4	-1	-1
17:40	—	-4	2	1	-1	0	-3	-1

由表 1 可以清楚地看出,GMS 使得 GPS 信噪比普遍降低了,最大降低了 4,平均降低了 1.07。

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,以及在不同时间段和不同地点,进行了多次试验后发现,GMS 使得 GPS 信噪比平均降低 1~2,最

大降低不大于 5。

更进一步,进行了基线解算和残差分析,结果发现,GMS 对基线(25m)解算几乎没有影响,残差图在量级上也是一样的。限于篇幅不作详细分析。

4 结 论

再以清江隔河岩水电站为例,如果采用一台 6 天线的 GMS 系统,即可满足对 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的放大。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 多天线技术的研究具有重要的实用价值和现实意义。

参考文献

1 柳太康,徐绍铨.GPS 技术在隔河岩水库大坝外观变形监测中的应用. 地壳形变与地震,1998,(9).  
2 方卫华,王润英.大坝变形监测自动化系统进展. 水利水电科技进展,2000,20(6).  
3 Yongqi Chen, Xiaoli Ding, Dingfa Huang, Jianjun Zhu. A multi-antenna GPS system for local area deformation monitoring. Earth Planets Space,2000,52:873~876.

(上接第 830 页)

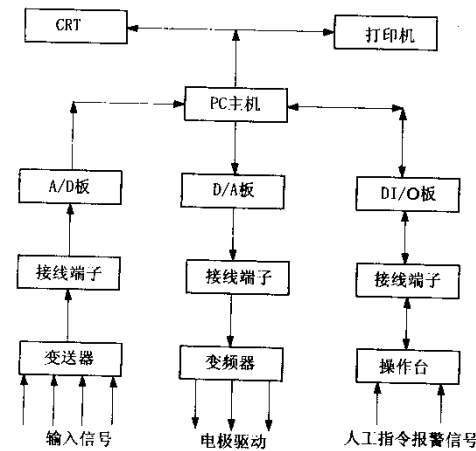


图 2 系统硬件结构框图

得了明显的效果。由于灵敏度和控制精度在整个冶炼过程中都自动适时地调整,不受任何外界条件的影响,在熔化期、氧化期短路和断弧的次数减少了 67%,即使短路,系统也在极短的时间内调整好。电弧始终稳定

燃烧,且三相电流平衡,使冶炼时间缩短 4%,电耗降低 5%,同时避免了电极的窜动,减少了机械磨损。变压器温度降低,跳闸次数明显减少,延长了设备的使用寿命。系统的先进性和经济效益十分明显。

参考文献

1 许春华,寿建霞.有限元遗传算法及其在电弧炉自适应控制中的应用. 机电工程,2000,(2):72~74.  
2 么洪波,姚明琳.交流电弧炉电极调节控制系统. 基础自动化,2000,(6):21~24.  
3 刘小河,王立军.电弧炉电极调节系统的离散时间自适应控制. 基础自动化,2001,(8):47~49,53.  
4 刘小河,崔杜武.电弧炉电极调节系统的自校正控制. 西安理工大学学报,2001,(1):10~14.  
5 杨拥民.自适应调节器在电弧炉控制中的应用. 自动化学报,1998,(24):278~281.  
6 员卫国.炼钢电弧炉电极升降微机控制的回顾与总结. 工业加热,2001,(1):1~3.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>