

GPS 实时监测技术在抚顺西露天矿边坡变形监测中的应用

王翠珀¹ 陈跃月²

(1. 辽宁省地质环境监测总站, 辽宁 沈阳 110032; 2. 辽宁省地质矿产研究院, 辽宁 沈阳 110032)

摘 要 抚顺西露天矿采坑是亚洲最大的露天采坑, 长期高强度的矿山开采诱发了一系列滑坡地质灾害。在西露天矿边坡变形监测实践工作中, 总结出 GPS 实时监测系统的特点、构成, 详细介绍了抚顺市西露天矿北帮变形监测的 GPS 实时监测系统的构建, 根据实际运行状况评价了 GPS 实时监测技术的可行性和可靠性。

关键词 GPS; 实时监测技术; 地面变形; 抚顺市西露天矿; 辽宁省

GPS (Global Positioning System) 意为全球定位系统, 是以卫星为基础, 用于无线电导航定位的覆盖全球的庞大系统。GPS 技术在导航、定位、精密测量等应用领域得到了迅猛发展, 在精密控制网建设、工程变形监测、地质灾害变形等领域的实验与应用事例愈来愈多。尤其是 GPS 实时监测系统以其实时性被广泛地应用于滑坡变形实时监测领域, 并取得了较好的效果。抚顺市西露天矿边坡变形监测引进了 GPS 实时监测系统, 成功实现了对重大地质灾害体的实时化监测预警。本文将抚顺西露天矿边坡变形监测实践工作为基础, 总结 GPS 实时监测系统的特点、构成, 详细介绍西露天矿北帮变形监测的 GPS 实时监测系统的构建, 针对实际运行状况评价 GPS 实时监测技术的可行性和可靠性。

1 抚顺西露天矿边坡变形监测工作简介

抚顺西露天煤矿采坑是亚洲最大的露天采坑, 坐落抚顺市东南, 采坑面积约 10.87 km², 东西长 6.6 km, 南北宽 2.2 km, 平均深度约 405 m。

该煤矿采坑北帮紧邻抚顺市区及一批大型企业单位。长期高强度的矿山开采诱发了一系列滑坡地质灾害。如 1995 年 7 月 27 日强降雨导致北帮部分地段发生滑坡。

为了减少滑坡灾害对国家财产及人民群众生命安全的威胁, 项目组引进 GPS 实时监测系统, 实现了 24 小时不间断的对地质灾害体监测及滑坡体位移监测数据的远程自动传输。该系统为灾害体的预警和应

急预案的启动提供有效的技术保障。

2 GPS 实时监测的含义和特点

GPS 实时监测技术是指通过对 GPS 监测数据的采集、传输、发布等相关技术, 让监测人员在第一时间了解、掌握监测对象的变形动态和发展趋势, 进而做出决策的多种技术的集合^[1]。

2.1 实时性

实时性即远程的目标层人员可在第一时间获取监测对象的 GPS 监测信息。而获取的过程是自动的, 无需技术人员值守干预。显而易见, 实时的特性可以最大限度地解放劳动力, 降低监测人员风险和运营成本。

同传统 GPS 静态监测技术相比, GPS 实时监测的数据采集方式是连续的、跟踪式的。数据的采集周期很短, 通常在数小时之内, 甚至更短。这对于跟踪灾害体变形过程, 进行反演分析具有十分重要的意义。其庞大的数据量通常也会对软硬件配置提出较高的要求。

不难理解, 实时监测是更高层次上的自动化监测。因此要求所有的监测仪器均能自动化作业。监测仪器自动化分为两种, 一种是监测仪器本身具备定时采样和存储功能, 另一种是通过第三方的自动采集控制采样。不管使用何种方式或基于何种原理, 其数据采集是能够自动或触发实现的。

2.2 监测数据远程传输

监测数据远程传输是实时监测的另一主要特点。通常情况下, 监测控制中心设立在远离灾体、经济相对发达的城镇区, 需要借助公众通信网络或其他介质将

各种类型的监测数据“搬运”过来,进行相应的转换计算,生成目标层人员所需要的成果。这个“搬运”过程即监测数据的远程传输,如借助 GSM/GPRS 或 CDMA 网络、UHF 数传电台或通信卫星等。抚顺西露天矿实时监测网采用 CDMA 网络方式。

2.3 系统风险性

由于 GPS 实时监测系统是由数据自动采集、传输、发布等多个技术单链集合构成,其中的任何一个环节失败均可导致系统无法正常工作,因此, GPS 实时监测系统存在着一定的风险性。其风险构成除了电力(如断电停电)等保障体系风险和监测仪器(如传感器、采集仪故障)、传输系统(如占线、网络资源不足、数据安全)、发布系统(如网路阻塞、系统崩溃)等技术风险外,还包括人为抗力风险,如监测仪器设施的人为破坏、网络系统的恶意攻击等。对于风险的营救除最大程度地降低保障体系风险和技术风险外,还需要通过立法、宣传等有效措施降低人为抗力风险,并设技术人员对监测系统进行即时维护,保障系统正常运行。

从以上 GPS 实时监测系统的含义及特点可以看出,构建 GPS 实时监测系统不仅要在致灾地质作用分析的基础上,选择合理的监测方法,设计有效的监测网,更重要的是需要自动化监测仪器、自动化的数据采集设备、高效快速的数据传输方式、监测数据自动处理与存储以及监测信息网络发布等软、硬件技术与之配合。使用简捷、高效、经济的方案将这些配合技术和设备与监测网有机结合在一起,并最大程度地降低系统中各个环节存在的风险,是进行监测系统总体部署的主要任务。

3 GPS 实时监测系统构成

GPS 实时监测系统按照系统的功能,可以分为①GPS 监测站;②通信子系统;③数据处理显示系统(见图 1)。

3.1 GPS 监测站^①

基准站包括在抚顺市建设的 2 个基准站及周边的 IGS (International GPS Service) 站。在不同地点分别设立了 7 个观测站。

3.2 通信子系统

通信子系统采用无线传输,实现数据传送、下载预报精密星历和 IGS 站原始等数据的 Internet 服务。通信方式有有线通信、无线公网通信等。

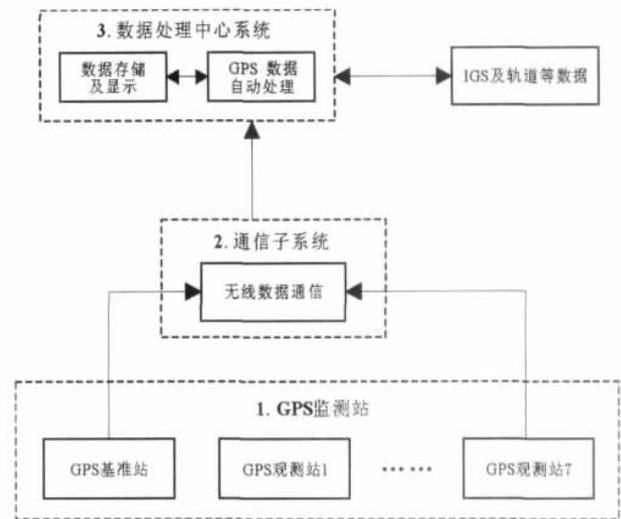


图 1 系统框架图

Fig. 1 System framework chart

3.3 数据处理中心系统

数据中心系统设在辽宁省地质环境监测总站,主要实现 GPS 数据的接收、GPS 原始数据处理、位移数据存储、位移分析显示服务等功能。

GPS 监测站的数据采集后,通过通信子系统实现远程传输,最后到达数据处理显示系统,数据处理显示系统通过处理各个观测站的 GPS 观测数据和 IGS 站的星历数据,经分析处理后,最终能够得到抚顺西露天矿 GPS 监测点的位移数据。

4 抚顺市西露天矿实时监测系统的建立

根据抚顺西露天矿北帮边坡滑坡监测预警工作方案的总体规划,建立了 GPS 实时监测网。

(1)建立 2 个 GPS 基准站及 7 个 GPS 连续运行监测站。

(2)接收 2 个基准站的 GPS 实时原始数据,通过无线回传,能够每天生成 Rinex2.0 观测文件。

(3)利用覆盖抚顺市的 GPS 沉降网的观测数据,研发自动化的高精度处理软件,自动下载原始数据、星历数据等文件,定时自动处理出高精度的 GPS 位移数据。

(4)开发自动存储、自动报警软件,把自动处理后的数据存储到 Oracle 数据库中,为其他监测分析软件提供数据接口。

(5)开发网站软件,能够通过 Web 方式,随时随地通过互联网查看 GPS 观测网位移变化,为抚顺西露天

①北京洽恒公司. 抚顺市西露天矿监测 GPS 分技术报告.

矿地面变形监测提供高精度、高时空分辨率、全天候的数据。能够通过 Web 方式，显示各个监测点的时程曲线、位移矢量图。将定位数据作为一种宝贵的资源加以开发、共享，服务抚顺市的其他社会需求。

5 GPS 监测站设施建设

监测站外部设施是强制对中监测墩、外部天线、避雷针等。

监测站设备仪器包括双频 GPS 接收机、天线转换器(部分站点)、无线通讯设备。

基准站和观测站均通过无线公网自动登录到数据中心，中心站软件通过互联网接收基准站和观测点的数据。根据一机多天线思想，建立了 GPS 一机多天线实时监测系统，降低了系统成本。其由野外采集子系统 and 室内控制子系统组成。前者将天线阵列采集的 GPS 信号，经分时器、信号放大器、无线路由器、WLAN 天线传输至后者，经数据处理得各监测点的坐标数据，既能满足边坡实时监测的精度，又解决了卫星信号在不同天线通道间切换产生的周跳问题，使数据处理简化。

5 数据处理中心系统

5.1 数据库系统

抚顺市 GPS 实时监测的数据库系统主要负责 GPS 数据的下载、轨道数据下载、形变计算、坐标变换和数据显示等功能。数据中心的硬件包括数据处理服务器、数据库和 www 服务器、交换机、路由器和外网接入设备等。

5.2 数据伺服处理程序

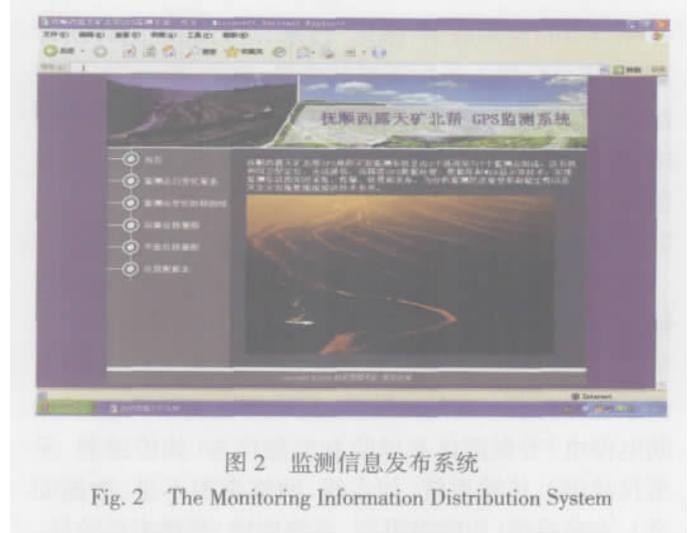
抚顺西露天矿地面变形监测的 GPS 实时监测系统是利用 GPS 数据，基于高精度软件，通过自动采集 GPS 观测数据，自动下载精密星历，自动处理、存储、显示、报警的综合处理系统，得到 GPS 精确定位结果。此系统自动化程度高，功能齐全，大大增强了海量数据的处理能力，减少人工投入，降低技术门槛。

5.3 监测信息发布系统

信息发布主页为远程用户提供所需的全部信息，包括监测区域的实时监测曲线、最新的监测数据等(图 2)。

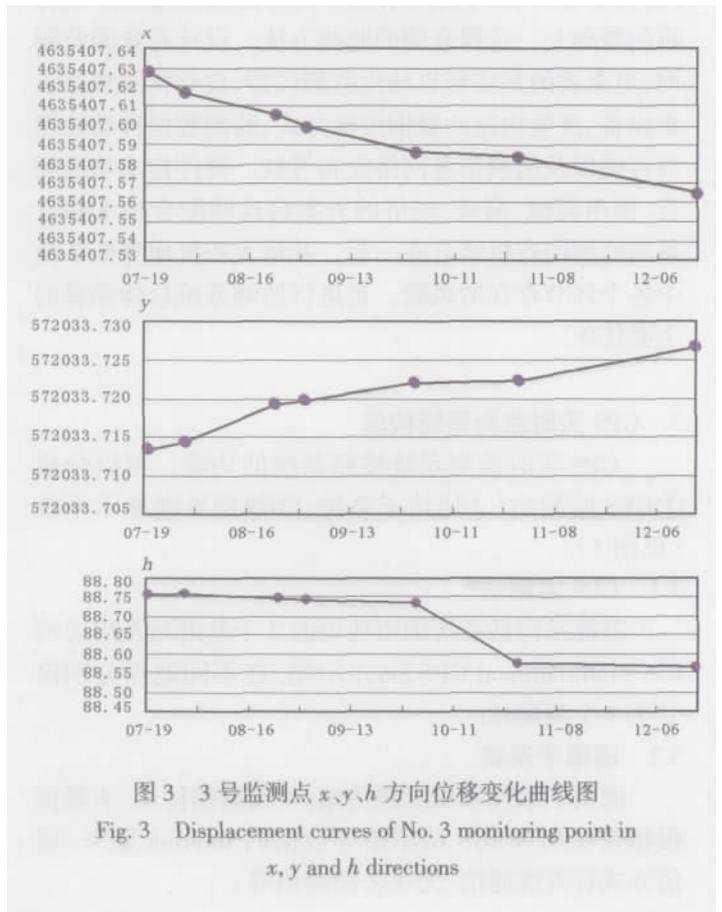
6 测量获得的初步成果^①

GPS 实时监测数据显示，各监测点均向南西方向



移动。自 2009 年 6 月 22 日至 2009 年 12 月 16 日，各点 $\sum \Delta X$ 累计变形量在 $-0.004 \sim -0.091 \text{ m}$ ， $\sum \Delta Y$ 累计变形量在 $0.004 \sim 0.027 \text{ m}$ 。

以 3 号监测点为例分析变形发展趋势：2009 年 6 月至 2009 年 12 月 16 日呈近匀速缓慢变化趋势，从总体趋势来看，各曲线基本呈现直线型，表明滑坡基本处于近匀速变形状态(图 3)。



①北京洽恒公司. 抚顺市西露天矿监测 GPS 分析技术报告.

7 实时监测系统运行评价

根据 1 年多的抚顺西露天矿北帮监测工作记录数据整理,发现监测系统故障主要发生在传输子系统.故障表现形式为数据不传输或不正确传输,主要原因为网络信号不稳定造成传输中断所致.

其次,监测站大部分位于厂区内,工厂经常检修设备,经常性的停电使保障体系失效.可见,实时监测系统如果在基础通信系统及供电系统保障完备的条件下,是能够稳定可靠运行的.

8 结束语

抚顺西露天矿边坡变形监测的 GPS 实时监测系统自运行以来,在技术人员的维护下,系统运行正常,

取得上千个监测数据,编制防灾预案 22 个,发布实时监测预报 90 多个,实现了监测信息的远程实时访问,取得了良好的示范效果.实践证明,这一技术的应用提高了地质灾害监测数据采集的时效性和预警工程的准确性,减轻了监测工作者的劳动强度,减少了灾害损失.因此将 GPS 实时监测技术应用于地质灾害预报、预警中是完全可行的,也是比较可靠的.可以预见, GPS 实时监测技术将会在今后的地质灾害监测中显示越来越重要的作用.

参考文献:

- [1]王洪德,等.地质灾害监测预警关键技术方法与示范[M].北京:中国大地出版社,2008.

APPLICATION OF GPS REAL-TIME MONITORING IN THE SLOPE DEFORMATION CONTROL OF THE WESTERN OPENCAST MINE IN FUSHUN, LIAONING PROVINCE

WANG Cui-po¹, CHEN Yue-yue²

(1. Liaoning Geo-environmental Monitoring Station, Shenyang 110032, China;
2. Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China)

Abstract: The open pit of the Western Opencast Coal Mine in Fushun, Liaoning Province is the largest of its type in Asia. The opencast mining is adjacent to the urban area of Fushun and large enterprises. The long-term and high-intensity mining induced series of geologic disasters. With the practice in slope deformation monitoring for the Western Opencast Mine, the characteristics and construction of GPS real-time monitoring system is summed up. Based on the actual operation status of the system, the feasibility and reliability of the GPS real-time monitoring technology is assessed.

Key words: geological disaster; real-time monitoring system; slope deformation; Western Opencast Coal Mine; Liaoning

作者简介:王翠珀(1974—)女,硕士,高级工程师,1997年毕业于中国地质大学(武汉)水文地质及工程地质专业,现就职于辽宁省地质环境监测总站,通信地址:沈阳市皇姑区北陵大街29号,邮政编码110032, E-mail:// wangcuipo2008@163.com.cn

(上接第 185 页 / continued from Page 185)

INFLUENCING FACTORS FOR THE MARGINAL GRADE OF ORE AND ITS TENDENCIES

WANG Wei-jing

(China National Gold Group Corporation, Beijing 100011, China)

Abstract: In market economic system, the marginal grade of ore is determined by the internal and external conditions of the construction of mines, as well as the managing parameters of mines. The marginal grade of ore is a dynamic parameter for mining enterprises. It will be various with the change of the economic conditions during the development of the deposits.

Key words: marginal grade of ore; influencing factor; tendency

作者简介:王卫京(1973—)男,北京科技大学在读博士研究生,中国黄金集团公司工程师,通信地址:北京市安定门外青年湖北街1号,邮政编码100011.