地质灾害监测无线自动化采集传输系统的研究与应用

郭启锋，王佃明，黄磊博，冯志峰
(中国地质科学院探矿工艺研究所，四川 成都 611734)

摘　要：地质灾害监测数据自动化采集传输相对其他行业有其特殊性，但各种自动化的测量仪器及通讯手段的迅猛发展，又为地质灾害监测的自动化提供了有利条件。介绍了基于 GPRS/GSM 网络的远程数据采集传输系统的研究和在地质灾害实时监测示范站中的应用。结果表明，基于 GPRS/GSM 网络方式构建网络化灾害监测系统是可行的、经济的和方便的，也是地质灾害监测技术发展的必然趋势。

关键词：地质灾害；数据采集；GPRS/GSM 网络；远程监测
中图分类号：P642.2；TH762　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672－7428(2008)07－0009－05

Research and Application of Automatic Wireless Collection and Transmission System for Monitoring Geological Hazard/*GUO Qi-feng*, *WANG Dian-ming*, *HUANG Lei-bo*, *FENG Zhi-feng* (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Collection and transmission of geological hazard monitoring data has its own particularity compared to other industries, but the rapid development in automatic monitoring equipments and communication technology brought favorable conditions for automatization of geological hazard monitoring. The research on the remote data collection and transmission system based on GPRS/GSM network and the application in the real-time monitoring website are introduced in this paper. The results show that the system is feasible, cost-effective and convenient, and also it is the development trend of the monitoring technology for geological hazard.

Key words: geological hazard; data collection; GPRS/GSM network; remote monitoring

我国是世界上地质灾害最为严重的国家之一，突发性地质灾害比较严重的县市有 1000 多个。随着我国经济快速发展和工程建设规模的不断扩大，人类活动对地质环境的影响强度和范围达到前所未有的程度，突发性地质灾害频繁发生严重影响了社会发展和资源开发，恶化了人们的生存环境，甚至威胁到生命财产安全。

对于地质灾害的监测和其发展趋势的研究，过去的监测预报技术和手段不够先进，由人工定时采集，难以捕捉到灾害来临前和发生时的多源信息，已无法满足和适应监测预报工程的需要。如何建立一套行之有效的实时监测方法和技术手段，能及时有效地将来源各异、数据格式不同、所描述的对象和内容也差别较大的信息组织起来，依托网络技术实施大范围多参数的自动化在线监测，是地质灾害预测预报的实际需要和发展趋势。

1　技术方案

1.1　地质灾害监测数据采集传输系统的特点

目前我国地质灾害监测网有 4 个层次：传感器①→现场数据采集器②→县城监测中心站③→各省地质灾害监测中心④→全国地质灾害监测中心。

其中③、④层次的条件较好，至少可以保证供电，具有公众通信网络，可以应用电话线、Internet、专线网、宽带网等多种方式，技术也比较成熟。而最困难的是①、②层次的数据传输，根据突发性地质灾害监测预警特殊的地理和气候条件，要区分不同的情况，研究有线和无线 2 种传输方式。

地质灾害自动化监测相对于其他行业的自动化监测工作具有自身的特点：一方面工作环境相对恶劣，条件较差，有时无法采用交流供电；另一方面传感器安装地点相对分散，而数据传输距离要求较远，一般情况单纯采用有线通信方式相当困难，甚至根本无法实现。数据采集形式有集中式、分散式和混合式 3 种。数据传输方式有 2 种：一种是有线传输方式，如架设通信线缆或光缆，在电话线两端加载 MODEM 等；另一种是无线传输方式，如借助 GSM/GPRS 或 CDMA 网络、UHF 数传电台或通信卫星等。

收稿日期：2008－05－31
基金项目：中国地质大调查项目“滑坡灾害 GPS 和 INSAR 综合监测技术示范”(编号：1212010740910)
作者简介：郭启锋(1967－)，男(汉族)，山东滕州人，中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师，探矿工程专业，从事钻孔测斜仪、地质灾害监测仪器和地质灾害监测防治技术研究及开发工作，四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号，gqf@cgiet.com。

万方数据

1.2 通信系统

通信系统是连接现场设备和监测中心的通道,因此通信系统的稳定可靠关系到整个系统的正常运行。通信网络可采用有线或无线方式通信,也可采用有线和无线混合通信方式。其功能框图如图 1 所示。

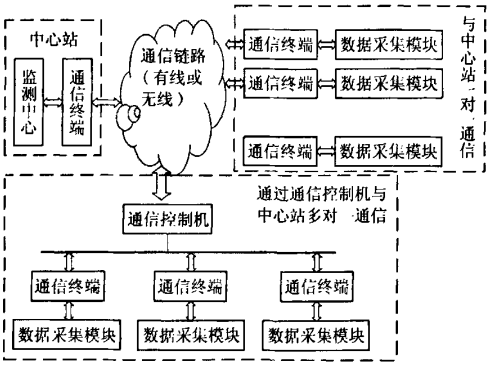

图 1 通信系统结构框图

一般来讲,地质灾害监测数据采集传输系统是一个分散的数据采集系统,目前,在这个分散数据采集系统中,有线数据传输建设费用、运行费用和维护费用一般都很高,并且需要经常维护。在分散数据采集中,要求对各采集子站实时检测,对多个子站轮回召测,周期太长,没有实时性可比。而无线传输的手段中,超短波无线通信受通信体制和传输方式的制约,传输距离受限制;在开阔地一般 20 W 的电台有效通信距离约 20 km,如果在城市高大建筑群中,通信距离就大大缩短;同时,要在当地申请频点,超短波通信的维护量相当大,建设要求苛刻,不仅要考虑周围建筑的影响,而且避雷措施不当,容易引起电台和连接设备的损坏;通信卫星带宽较大但费用较高。相对来说,GPRS/GSM 网络覆盖范围大、维护成本低,适用于大区域传输和实时性要求不高的遥控遥测应用领域。

通过以上客观分析,我们可以看出,无论从建设周期、建设费用和运行费用,还是系统的可靠性、稳定性和技术的先进性而言,GPRS/GSM 在分散的数据采集应用领域具有无可比拟的优越性,我们认为,对于分布范围较广,数据采集点多,实时性要求较高的突发性地质灾害自动化实时监测预警,GPRS/GSM 比较合适。当然其它数据通讯方式不是一无是处,他们仍有各自的应用领域。新的数据通讯技术和新的产品应用于监控系统后,必将对传统的数据采集带来新的革命。综合各种因素,我们选择 GPRS/GSM 通信方式来做为地质灾害自动化实时监测预警数据采集和传输的主要方式,有线 RS485 总线作为现场连线的方式。

1.2.1 GPRS 通信方式

GPRS 是通用分组无线业务(General Packet Radio Service)的英文简称,是在现有 GSM 系统上发展出来的一种新的承载业务。特别适用于间断的、突发性的和频繁的、少量的数据传输,也适用于偶尔的大数据量传输。GPRS 理论带宽可达 171.2 kb/s,实际应用带宽大约在 10 ~ 70 kb/s,在此信道上提供 TCP/IP 连接,可以用于 Internet 连接、数据传输等应用。GPRS 移动数据传输系统有很大的应用范围,几乎所有中低速率的数据传输业务都可以应用。

GPRS 通信方式硬件设备:中心站采用无线网卡、Modem 拨号上网或 ADSL 接入,实时接收采集子站发送的数据,并对各子站进行实时监控。各采集子站的现场仪表与 GPRS 数据终端传输模块连接,每一个 GPRS 数据终端传输模块装入一个中国移动的具有 GPRS 功能的数据 SIM 卡即可。

1.2.2 GSM 通信方式

GSM 是全球数字移动电话系统(The Global System for Mobile Communications)的英文简称,其中的 SMS(The Short Message Service)手机短消息服务为我们进行数据传输提供了平台。

GSM 通信方式硬件设备:中心站采用 GSM 数据终端接入,对各子站发送通信指令并实时接收采集子站发送的数据,同时对各子站进行实时监控。各采集子站的现场仪表与 GSM 数据终端传输模块连接,每一个 GSM 数据终端传输模块装入一个中国移动的电话 SIM 卡即可。

1.3 两种通信方式的比较

1.3.1 两种方式共同点

(1)数据采集子站部分采用大致相同的传输模块、子站的建设费用和运行费用基本相同;

(2)由于均采用移动专有网络,传输系统的可靠性和稳定性相同;

(3)两种方式都基于移动遍布全国各地的网络,子站的分布范围大致相同;

(4)简单易行,费用低,自主建设,方便灵活,建设周期短、见效快。

1.3.2 两种通信方式的区别

GSM 通信方式:利用 GSM 网络实现数据采集设备、手机终端和监控中心之间的通讯。采用这种方式,费用较低,一般用于数据流量较小或只在异常

万方数据

情况下需要告警。

GPRS 通信方式:有实时在线,按量计费,快捷登录,高速传输等特点。这种方式传输数据实时性好,传输速率高,不受地形或地域的限制,按数据流量计费,平均费率低,适合大规模应用。

2 远程数据采集的原理

2.1 GPRS 远程数据采集的原理

GPRS 远程数据采集技术,就是利用 GPRS 的优势结合 TCP/IP 通信协议来实现对远程传感器实施实时监控、采集传感器的数据,该数据采集方法的原理如图 2 所示。

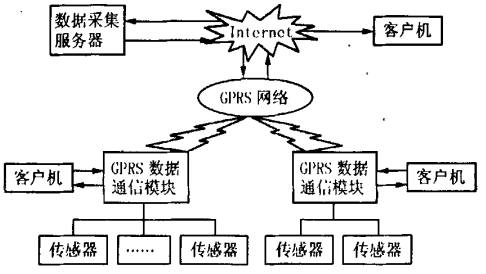

图 2　GPRS 远程数据采集系统整体架构示意图

(1)数据采集服务器上运行数据接受和数据加工处理、远程客户机监控等应用程序,服务器通过 ADSL 方式或拨号方式连接 Internet,应用程序可以由用户预先制定的按时间间隔或定时采集任务表和用户直接控制 2 种方式向 GPRS 数据通信模块发送采集、停机等命令字符串;服务器上的应用程序实时监听客户机的连接情况和工作状态,及时对客户机传送过来的数据进行加工处理。同时服务器上运行 IIS 等信息服务软件,采用 Browse/Client 结构为直接连接到 Internet 网上的用户提供远程采集到的数据检索和查询功能。

(2)GPRS 数据通信模块是一个兼有数据采集和通过 GPRS 手机卡上网两大功能的模块,它通过 RS232 接口与客户机连接,客户机的用户可通过相应的软件对该模块进行配置。GPRS 数据通信模块控制着负责采集数据的传感器,它能在 GPRS 数据通信模块的控制下返回测量值。一个 GPRS 数据通信模块采用 1 个 Bity 来控制 8 个传感器的工作状况。

(3)客户端开机后,通过 GPRS 数据采集通信模块无线连接到 Internet 上,并主动用预先设置的服务器的 IP 或一个域名主动与其建立联系。连接建立后,服务器发一个固定格式的确认信息给客户端,客户端接受到确认信息后,把带有本机连接的 GPRS 数据采集和通讯模块上的 GPRS 卡号的信息返回给主机。主机接到此信息,然后数据采集服务器应用程序记录相关的连接信息,这样在数据采集服务器与 GPRS 数据采集通讯模块间建立一种通讯连接。此后,服务器端用户才能发送各种命令控制 GPRS 数据采集通讯模块和传感器,GPRS 数据采集通讯模块也可以正常向服务器发送数据。

(4)当 GPRS 数据通信模块接受到通过 Internet 和 GPRS 网络传递过来的命令字符串,模块对命令字符串分析识别后,控制相应的传感器返回测量值到 GPRS 数据通信模块。GPRS 数据通信模块把测量值和传感器标识转化成相应的合法格式字符串打包后并通过天线发送到 GPRS 网络中。

(5)当服务器接受到字符串数据包后,应用程序确认如果是自己建立连接的 GPRS 数据通信模块,就分析相关的传感器的测量值并存储,否则便丢弃该字符串。这些被存储的数据通过 SQL SERVER2000 和 IIS 提供给数据使用者。

2.2 GSM 远程数据采集的原理(略)

2.3 数据管理软件

数据管理采用 VC^{++} 语言编写,后台数据库为 MicroSoft SQL SERVER 2000,二者之间采用 B/S 结构。并充分考虑到数据的存储安全,部分信息采取了密码保护、授权访问。图 3 为数据库功能模块示意图。

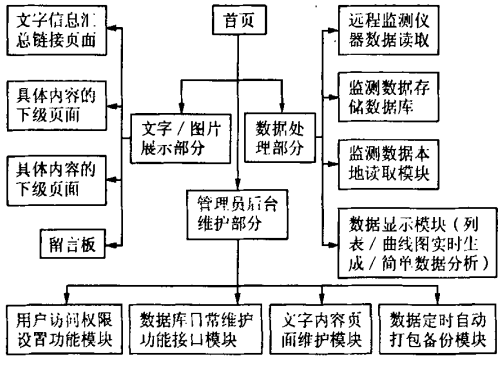

图 3　数据库管理功能模块示意图

3 应用情况

3.1 野外示范站概况

我们研制的 GPRS/GSM 地质灾害监测数据采集传输系统,分别在四川丹巴和重庆奉节的地质灾害实时监测中进行了应用。

丹巴地质灾害实时监测示范站主要是在丹巴县

万方数据

1∶5 万地质灾害详细调查和地质灾害勘查的基础上,选择重大地质灾害体甲居滑坡和干桥沟滑坡,利用勘察施工的钻孔下入测斜管并注浆固定,经过一个水文年滑动式深部位移监测,在找准滑坡滑移面或滑带具体位置的基础上,对甲居滑坡、干桥沟滑坡 7 个深部位移监测钻孔实施自动化监测。建设深部位移实时监测系统,进行监测数据的实时采集与发布,与同时进行的 GPS 和 INSAR 监测技术相结合,建立多因素耦合的地质灾害综合监测预警体系。

丹巴县甲居滑坡和干桥沟滑坡共计布置了 7 个深部位移监测钻孔,其中甲居滑坡布置了 5 个钻孔,干桥沟滑坡布置了 2 个监测钻孔,每个钻孔测斜探头安装位置的确定原则和依据是之前一个水文年的监测数据和勘查资料,在滑带(滑面)上、中、下位置各安装一个探头,空口位置安装数据采集终端和数据发送终端,供电采用锂电池组,太阳能光伏电池作为补充,数据直接发送至设在成都的监测中心站。

奉节地质灾害实时监测示范站主要在奉节新县城选择 3 个重点剖面,开展实时监测工作,采用的监测手段有:滑坡深部位移监测,滑坡光纤推力监测,地下水位监测,GPS 人工定期监测,雨量实时监测。传感器安装位置、布设原则及通信方式与丹巴站相同。

3.2 综合监测成果网络发布系统

地质灾害网站栏目规划充分考虑到地质灾害专业的需求和科普宣传的需要。整个网站采用全动态处理,方便今后对网站内容的更新,同时,网站在"实时监测"动态模块,增加地质灾害网站同用户之间的交互性,使浏览者能够根据需要,选择浏览最近一段时间不同时段的数据情况,极大地增加网站的功能和实用性。完善监测成果网络发布系统的设计、网页制作和网页链接等,地质灾害网站栏目结构如图 4 所示。

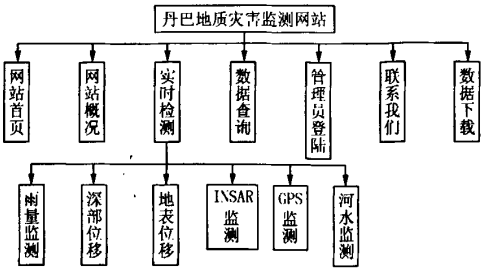

图 4 丹巴地质灾害监测网站栏目结构

3.2.1 首页

采用 ASP 动态页面,主要显示最新动态信息、网站主要功能模块介绍等。网管在后台可以动态更新首页的内容。浏览者一进入首页就能够了解整个网站的最新更新,给浏览者耳目一新的感觉,吸引浏览者经常访问地质灾害网站。

3.2.2 网站概况

本栏目主要功能是介绍丹巴地质灾害的基本情况,包括地质背景、主要灾害类型介绍及本地质灾害项目的一些基本情况介绍等,让浏览者对该地区的基本情况有一个感性的认识。

3.2.3 实时监测

这是本网站最重要的一个模块之一,通过该模块浏览者能够轻松地查询各个监测点在最近一段时间的监测数据情况(包括雨量、深部位移、地表位移等数据的变化情况)。主要以折线图或者统计数据表格的形式提供。

3.2.4 数据查询

该模块根据用户查询的要求,查询存储在后台数据库的原始数据情况。由于涉及到一些需要保密的数据内容,所以该模块要求用户必须登陆。

3.2.5 数据下载

该模块提供原始数据的下载功能,该模块要求用户必须登陆。

3.2.6 管理员登陆

管理员登陆后能够对网站内容进行修改,包括修改最新的信息动态和数据更新等。

地质灾害网站主页如图 5 所示。

图 5 地质灾害网站主页

4 示范站运行评价

采用 GPRS/GSM 通信方式构建地质灾害实时监测系统从技术上是可行性的。根据丹巴县地质灾害监测预警示范站和奉节示范站的运行情况,监测系统故障主要发生在传输子系统,主要原因为:

万方数据

GPRS 通信方式网络信号不稳定,造成雨量计数据传输随机中断;GSM 通信方式主要为短信包的拥堵、丢包。因此,应充分考虑监测地区不规律的停电造成的通信失效丢失数据;采用锂电池组配合太阳能辅充,应考虑适当的供电余量,特别考虑极端天气的影响;GSM 通信方式适当考虑多接收终端,命令发送和接收由不同模块来完成,减少短信包的拥堵,进一步提高系统运行的稳定性。

5　结语

丹巴县地质灾害实时监测预警示范站和奉节县地质灾害实时监测预警示范站自 2007 年 12 月陆续建设,运行时间还比较短,还有许多预想不到的问题,但是,在技术人员的维护下,系统运行基本正常,取得了近万个监测数据,发布了相关公告信息及图片,实现了监测信息远程实时访问,取得了较好的示范效果。实践证明,无线自动化采集传输系统应用于地质灾害监测防治中是完全可行的,也是地质灾害监测技术发展的必然趋势。

参考文献:

[1] 郭启锋. 基于 GPRS/GSM 网络的地质灾害监测数据自动化及网络化采集系统[J]. 中国地质灾害与防治学报,2005,(12).

[2] 陈明金,欧阳祖熙,师洁珊,等. 基于 GPRS 技术的地质灾害无线遥测系统[J]. 自然灾害学报,2004,(3).

[3] 高幼龙,张俊义,薛星桥,等. 实时监测技术在地质灾害防治中的应用[A]. 地质灾害调查与监测技术方法论文集[C]. 北京:中国大地出版社,2005.

[4] 王志伟,沈杰峰,郭启锋,等. 基于 Socket 的 GPRS 远程数据采集方法[J]. 西华大学学报(自然科学版),2006,(1).

注:本文还参考了《地质灾害监测数据自动化、网络化采集系统项目设计书》(郭启锋,季伟峰,等. 2003 年)、《滑坡灾害 GPS 和 INSAR 综合监测技术示范项目设计书》(郑万模,郭启锋,季伟峰,等. 2007 年)和《高陡边坡地质安全监测预警技术示范项目设计书》(石胜伟,郭启锋,等. 2007 年)。

地质灾害监测技术研究开发中心简介

地质灾害监测技术研究开发中心是探矿工艺研究所科研开发的主力军,主要从事 3 个方面的工作:一是承担科技部、国土资源部和中国地质调查局委托的与监测有关的科研项目;二是矿产资源勘探和地质灾害监测方法及仪器的研究开发与成果转化;三是从事有关重大基础工程建设项目的地质灾害监测并长期承担三峡库区部分区段的地质灾害监测预警任务,从事地质灾害监测设计咨询等。近年来,中心承担了部、局多项科研项目,并取得了优异的科研成果,科研项目"光电多点连续测斜仪"和"光纤滑坡推力监测系统"分别获国土资源部 2006 和 2007 年度科技进步二等奖。在监测仪器开发及成果转化方面,"BHY - Ⅴ滑坡推力监测系统"和"QXY - 5 存储式钻孔倾斜仪"被科技部等四部委列入年度科技新产品推广计划。地质灾害监测预警是本中心发展较快的专业技术,已形成了专业结构合理、专业监测设备与仪器配套的监测队伍,拥有 TCA1800 测量机器人、电子水准仪、Leica 公司和 Trimble 公司的 GPS 接收机、欧美大地钻孔倾斜仪等专业监测仪器上百台套。中心在长江三峡库区的奉节县和云阳县设立了地质灾害长期监测工作站,在四川宜宾(配套向家坝电站)和理县设立了地质灾害监测项目部。根据中国地质调查局水环部的统一部署,结合地质调查项目,在四川省丹巴县和重庆市奉节县设立了地质灾害实时监测示范站(http://www.cgiet.com:8080),这 2 个示范站已具雏形。通过多年的研究开发工作和工程实践,造就了一支高素质的专业技术队伍。

探矿技术研究开发中心简介

探矿工艺研究所探矿技术研究开发中心是专门从事探矿工艺和岩土钻凿技术研究的部门。中心拥有一流的研究队伍、先进的加工设备和完善的试验、检测条件。

中心现有职工 27 名,各类专业技术人员 23 名,其中政府津贴获得者 1 人,全国技术能手 1 名,国土资源部技术能手 1 名,教授级高级工程师 4 名,高级工程师 4 名。

中心多项科研技术成果获国家和省部级奖励,如"不提钻换钻头技术"、"低温电镀金刚石钻头技术"、"复杂地层取心技术"、"泥浆处理剂及堵漏材料"、"潜孔锤取心跟管钻进技术"等;参加的"中国大陆科学钻探工程深井硬岩取心钻探新技术的研究与应用"和"中国大陆科学钻探工程新型钻井技术体系的研究与应用"两个项目分别获 2006 年、2007 年国土资源科学技术一等奖(个人排名 14)。

开发的多种产品获国家专利,如潜孔跟管钻进系统(200620035162.X)、空气潜孔锤取心跟管钻具(200510021979.1)、潜孔锤偏心跟管钻具(200320115202.8)、孔底马达驱动的造斜器(200320114700.0)、异形钎头(93239352.7)、整体迭缩式孔底换钻头工具(87205282)、定位张敛式不提钻换钻头钻具(85200563)等。

中心主要研究内容和开发的产品有:金刚石钻探技术,包括金刚石钻头、取心钻具、复杂地层钻进工艺及取心技术等;风动潜孔锤钻进技术,包括风动潜孔锤、潜孔锤钻头、跟管钻具、套管起拔设备及工艺;护壁堵漏技术,包括泥浆材料、堵漏材料及堵漏工艺;定向钻进技术;钻探仪器仪表;锚索预应力测量技术;钻孔煤层气压力测量技术;科学钻探技术。

中心的系列成果和产品在岩土钻凿工程领域中得到了广泛的应用。

万方数据