

文章编号:1001-4179(2013)03-0063-04

水利水电工程野外远程实时安全监测系统研究

李双平^{1,2}, 杨爱明¹

(1. 长江空间信息技术工程有限公司, 湖北 武汉 430010; 2. 武汉大学 测绘学院, 湖北 武汉 430079)

摘要:以水利水电工程野外远程实时安全监测系统的研制为例,详细介绍了该系统的组成,对其工作流程、环境适应性,特别是对测量控制单元(MCU)、防潮技术以及数据管理分析等进行了着重阐述。以某大型水利枢纽工程应用实例,验证了该系统的可靠性、稳定性、精确性和适应性。该系统在地质灾害预测、高铁等远程监测领域也具有参考借鉴价值。

关键词:野外监测; 远程监测; 实时监测; 安全监测系统; 测量控制单元; 数据管理分析; 水利水电工程
中图分类号: TV698 **文献标志码:** A

随着我国经济社会的发展,渠道、堤防、水电站等国家重大水利水电工程的建设规模越来越大,数量也越来越多,从工程的安全考虑,人们对其安全监测越来越重视。在计算机网络技术、空间技术、通信技术和传感器技术的支持下,各种先进的自动化安全监测系统也相继问世。但结合我国的安全监测现状,以及为实现安全监测快速、准确、高效的监测目标来看,目前安全监测自动化水平与国外相比,还有很大的差距^[1];而且,由于这些重大工程基本都分布在野外,其自动化监测系统监测设备工作环境异常恶劣,易受多种干扰因素影响,系统的可靠性、稳定性、精确性等很难得到保证^[2]。因此,研制一套适合野外环境下的远程实时安全监测系统势在必行。基于以上背景,笔者结合水利水电工程野外远程实时安全监测系统的研制,从系统组成、系统工作流程、系统环境适应性等方面对研究成果进行介绍,并以实例验证该系统的可靠性、稳定性、精确性和适用性,以供同行参考。

1 系统的组成

野外远程实时监测系统结构如图1所示,主要由数据采集子系统、数据通信子系统、中央控制中心3大部分组成。

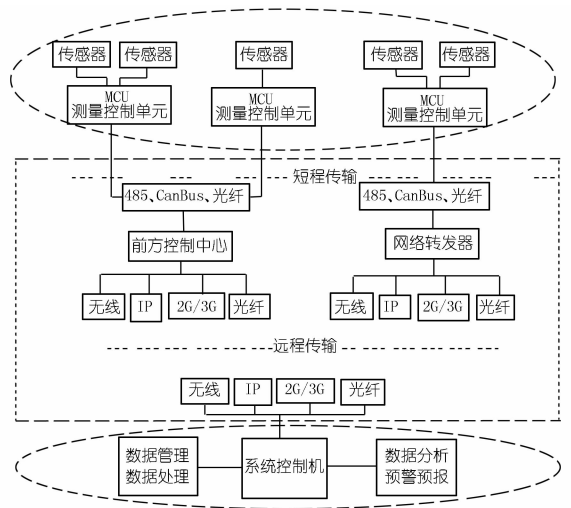


图1 系统结构示意图

1.1 数据采集子系统

数据采集子系统主要有传感器、测量控制单元(MCU)和数据采集软件等组成。

该子系统的主要功能是按照中央控制中心的指令对各传感器信号进行采集、转换和保存。这里要注意的是系统一定要具有人工干预随机采集功能和人工读数设备接口,并具有断电数据保护功能,以保证监测信息采集不致中断。

收稿日期:2012-10-20

基金资助:国家“十二五”科技支撑计划重点项目(2011BAB10B07)

作者简介:李双平,男,高级工程师,博士研究生,主要从事安全监测、图像处理与信息化的研究、设计及管理工。E-mail:

cjwzgs_LSP@126.com

1.1.1 传感器

传感器是实现野外远程实时安全监测系统的基础,用于安全监测的传感器按观测类别分主要有:变形传感器、渗流传感器、应力应变和温度类传感器等;按工作原理可分为振弦式、差阻式、电容式、电感式、步进马达式、CCD、光纤传感器等,目前以振弦式和差阻式为主。传感器的布置要本着少而精的原则进行,尽量减少传感器种类;减少中间测站数量,增加其控制仪器路数;使监测网络结构更加紧凑。传感器的选型要充分考量程、精度、稳定性和可靠性等技术指标,并着重于智能化和网络化。

1.1.2 测量控制单元(MCU)

测量控制单元是能够自动运行并控制数据采集的设备,主要安装在野外工作现场,其主要功能是按照中央控制中心的指令和采集软件的控制,完成监测数据的测量、转换、预处理、存储及发送。同时将自身以及传感器的工作状况发送给中央控制中心,并有远端传感器寻址、自检自诊断、防雷抗干扰、自动供电和掉电保护等功能,对整个远程实时监测系统至关重要。

测量控制单元由电源模块、控制模块及测量模块等组成,见图2。电源模块由隔离变压器、电源板、蓄电池组、电源开关组等组成,它主要完成电流转换及稳压工作,在无外接电源或线路发生故障的情况下,自动启动蓄电池组工作。控制模块由单片微处理器、时钟电路、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、看门狗电路、通讯接口电路及键盘显示接口电路等组成,是MCU的核心部分,主要完成仪器控制、数据测量、转换、预处理、存储和传输等工作。测量模块由通信模块、输入信号切换模块、A/D转换模块以及CPU有关的许多模块组成,主要工作是采集传感器信号,将它们转换成符合一定标准的数字信号,然后经总线母板传送给控制模块,每个测量模块均可选择接入该模块的传感器类型和数量。

系统中的MCU应采用分布式结构,若某台或一些设备出现故障,不会影响到其他或另一些设备的正常运行,更不会导致整个系统的瘫痪。数据采集要具有实时性,各MCU可同时进行各自的数据采集、转换和预处理,既提高了测量的速度,又分散了风险。

1.1.3 数据采集软件

数据采集软件是数据采集子系统的灵魂,应包括所有数据捕获和系统控制功能。与测量控制单元配套的数据采集软件要具有初始化设置、自检、诊断、单点测量、巡回测量、定时测量、异常数据报警和数据维护等功能;应能控制数据选择和档案处理,并能对现有数

据作有限的数学运算,可以方便地实现采样间隔、工作周期、通道数量、测量范围等的设置和控制,并可随时更改。

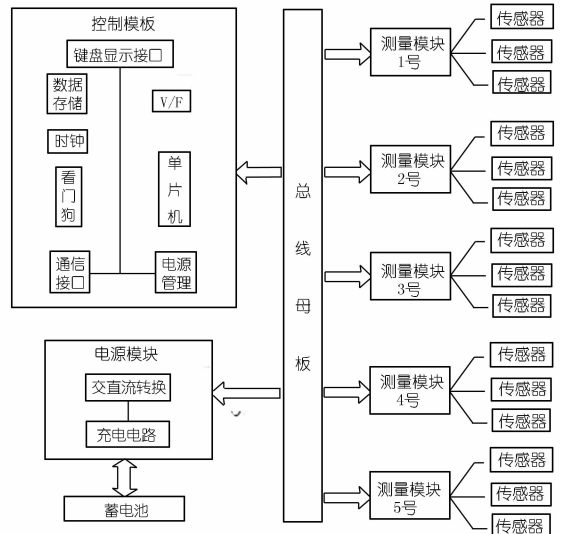


图2 MCU结构原理示意

1.2 数据通信子系统

数据通信子系统主要完成数据采集子系统与中央控制中心之间数据、程序、指令等信息的交换和流通。根据具体传输介质的不同,通常分为有线通信和无线通信两种方式,前者以双绞线、同轴电缆和光纤等为传输介质,后者以微波、短波等为传输介质。野外远程监测系统的传感器常因监测对象处于不同区域而广泛分布,测量控制单元基本都布置在传感器相对集中的地方,控制中心与数据采集子系统的距离非常遥远,系统的实时性难以满足。此外,系统还常处在风吹、日晒、雨淋、降雪等恶劣环境中,易受气温变化和雷电干扰,所以选用合适的数据通信方式和传输介质相当重要。由于电信号的传输不可避免,当前的自动化监测系统中双绞线或同轴电缆使用频繁,但雷电引起的过电流往往通过双绞线或同轴电缆流入系统,导致设备的损坏和系统瘫痪。而光纤、无线电和网络的远距离传输能力、优越的抗电磁干扰性和环境适应性正好弥补了这些不足。因此,系统的数据通信主要采用光纤传输、无线电传输和网络传输相结合的方式。

1.3 中央控制中心

中央控制中心由计算机、输出输入设备等硬件和数据管理分析等软件部分组成,通常设置在安全监测管理部门的办公室内,主要功能是指挥和控制数据采集与数据通信子系统,处理分析系统中的监测信息,根据结果进行预测预报和信息发布。硬件部分通常比较熟悉,这里仅介绍软件部分最核心的数据管理分析子系统。

1.3.1 系统构成

数据管理分析子系统分为数据层、应用层和用户层3个层面。

1.3.2 系统功能

数据管理分析子系统必须具备以下功能。

(1) 数据存储功能。能存储系统所需各种原始监测数据,空间位置信息,地质及仪器资料,分析模型、方法及成果等监测信息。

(2) 数据管理功能。能进行监测数据的导入、转换和卸载,监测数据的可靠性检验和误差分析,监测数据的查询和统计等。

(3) 数据分析功能。能根据所获得的监测信息,采用相应的数学模型或方法进行分析、评价及预测预报。

(4) 信息发布功能。能输出各种报表和图形,接受C/S客户端的浏览和查询等。

(5) 系统维护功能。能进行数据库的维护和系统运行安全的保护等。

1.3.3 系统特点

系统特点体现在以下几点。

(1) 系统按集成化模块式结构设计,每个模块都是相对独立的结构,执行一种或几种功能。模块间存在一定联系的由上一层模块或主控模块调用,从而形成一个有机的整体。

(2) 系统结构具有开放性,当数据结构需要改变时,不需要重新输入已有的数据。

(3) 系统结构具有可扩充性,现在没有的模块,条件具备时能够随时增加扩充。

(4) 系统用户界面友好。

2 系统工作流程

系统的工作流程为:数据采集子系统根据中央控制中心的指令,由其测量控制单元采集分布在不同监测对象上的各类传感器所测物理量(如电阻、电阻比、电容、电感、频率等),并将它们转换为数字效应量(如位移、渗压、应力应变、温度等),接着进行统一预处理和备份存储。然后通过数据通信子系统将监测数据传输至远方的中央控制中心。再由中央控制中心对这些数据进行处理、管理和分析评价,并根据所得结果进行预警预报和信息发布,从而实现远程实时监测功能。

3 系统环境适应性

野外远程实时监测系统的环境适应性主要体现在数据采集端,特别是测量控制单元(MCU)的雷电防

护、防潮及温度变化等几个方面。

3.1 雷电防护

雷电对野外观测仪器的影响有直接雷击和感应雷击之分。直接雷击是雷电通过仪器本身下地,有两个通道:①直接通过仪器本身安装处下地;②由电源线、信号线、通信线等传到仪器再下地。对于第一通道雷击主要是采用避雷针与消雷器降低其放电阈值和集中效果,以保护仪器设备和观测室免受雷击破坏。对于第二通道雷击的保护措施首先是通信线、信号线用钢管保护使地网上移,雷电通过连续的钢管保护层下地。其次是电源线使用隔离变压器进行隔离,变压器进线端用限流电阻、压敏器件保护,当电流太大时,则将限流电阻击穿烧毁,用局部的牺牲保护整体的安全。

感应雷击的保护采用抗干扰的技术思路,例如尽量减少回路的面积,以减少单个回路的感应能量;使相邻的回路面积相同,感应电压相反,使感应电压相互抵消;功能区尽可能隔离,不能隔离的相互只是单点连接等。

3.2 防潮技术处理

布置于渠道、堤防及水电站等工程的野外实时远程监测系统,其电子设备长期工作于潮湿环境下,防潮一直是个不容易解决的问题,采用密封和干燥剂等办法均不理想。该系统结合仪器的散热问题,采用独特的防潮理念,比较好地解决了这个难题。其思路是:在机箱内适当位置安放仪器的发热部件,热量促使空气温度上升,然后沿机箱内壁形成环流,机箱外壳温度由外部环境温度而定,保持箱内温度总是高于外部温度,当热空气与冷的外壳内壁相遇时,空气中多余的水汽会在温度较低的机箱内表面形成结露、挂流,进一步形成水珠汇集到低处,最后由机箱底部的排水孔排出箱外,减少箱内空气的绝对含水量,确保仪器设备的正常工作。

3.3 环境温度适应性

环境温度适应性要考虑高温和低温两种情况,系统一般在低温情况下出现问题较多。解决的措施:①选取工作环境温度范围大的电子元件。②在低温环境下,对本身就会产生大量热量的电子元件可不用考虑其适应性;对低温下不能正常工作的采用局部加温措施,保证环境温度达到其正常工作要求。

4 应用实例

为了检验系统的适用性、可靠性和实时性,选取某水利枢纽工程安装了该系统,进行了实时快速测量和长期测量的实践检验,并与人工观测进行了比对。

4.1 实时快速测量能力测试

2009年6月,利用该工程船闸充水和放水过程,从16日10:50~12:10选取布置在闸首的3台垂线仪作为传感器,每分钟测量一次,以检查系统的实时快速测量能力和细微测量能力,测试结果如图3所示。从图中看出,闸体位移总量为0.1~0.2 mm,系统能稳定的分辨出0.01 mm微小位移,准确及时地给出了闸体8~9 min充水和放水过程的微小位移变化过程,位移过程线平滑,与实际的充放水时间和变形规律均具有很好的一致性。结果表明该系统具有极高的精确度和快速实时测量的能力,实时性和准确性完全能满足远程实时监测的要求。

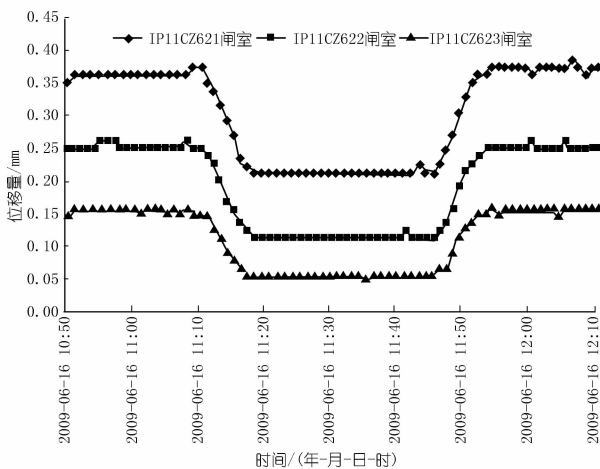


图3 充放水过程中各测点闸室方向水平位移过程线

4.2 长期观测测试

由于快速测量的结果十分良好,在调整仪器后,继续在该部位进行长期观测测试,检验系统的稳定性、可靠性及环境适应性。测试时间是2009年7月1日到2010年7月1日,测试传感器(坐标仪)3台,每6 h测量1次,1 a的观测数据总量共计4 380次,所有数据完整,缺失率为0,表明系统工作稳定。时间位移过程

线如图4所示,图中编号末尾为A的(如IP11CZ62A)代表系统自动观测结果,不带A的(IP11CZ62)为人工观测结果,对比图中的人工与系统自动观测成果可以发现两者在同一点的观测结果相差很小,差值在0.4 mm以内。两者的变形规律非常一致,表明系统可靠,证明了系统良好的环境适应性和整体优良性。

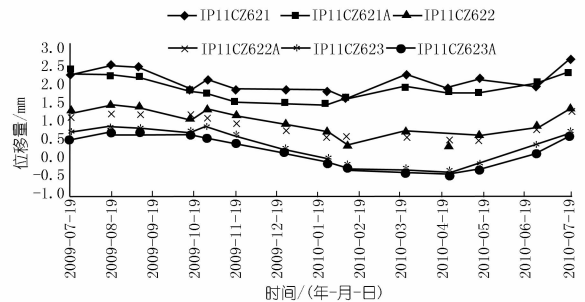


图4 六闸首南边墙Y方向人工、自动观测水平位移过程线

5 结论

野外远程实时安全监测系统高度融合了当今前沿的计算机网络技术、空间技术、通信技术和传感器技术,能及时准确地监测到监测对象的微小变化,可以建立丰富详实的资源数据库,能进行各种数学模型分析,具有精度高、全天候、实时、自动化和一体化等特点。经过实地的快速测试和长达1 a的长期测试,验证了系统优良的稳定性和可靠性,以及恶劣环境下具有优良的防潮、防冻、防雷击、抗干扰等环境适应性,代表了野外远程实时监测系统的发展方向,该技术在地质灾害、高铁等其他需要进行远程监测的领域也有一定的参考借鉴价值。

参考文献:

- [1] 赵花城. 水电站大坝安全监测自动化现状与发展目标[J]. 大坝与安全, 2001, (2).
- [2] 苏怀智, 温志萍. 试论大坝安全感知技术[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(S2).

(编辑: 赵凤超)

Research on field remote real-time safety monitoring system for water conservancy project

LI Shuangping^{1,2}, YANG Aiming¹

(1. Changjiang Spatial Information Technology Engineering Co., Ltd., Wuhan 430010, China; 2. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Taking the research of field remote real-time safety monitoring system for water conservancy project as an example, we introduce the system composition in detail. The main introduction to the system includes its operation procedure, environmental adaptability, especially the measuring control unit (MCU), moisture-proof technology and data management, etc. The application of the system in a large hydropower project has verified its reliability, stability, accuracy and adaptability. The system can also be used in remote monitoring field such as geological hazard prediction.

Key words: field survey; remote monitoring; real-time monitoring; safety monitoring system; measuring control unit; data management and analysis; water conservancy project