

大坝安全监测系统硬件集成研究及应用

王 平¹, 童 1, 贾化萍¹, 赵承忠²

(1.河海大学电气工程学院,江苏 南京 210098;2.济南市防汛抗旱指挥部办公室,山东 济南 250014)

摘要 :系统结构优化和硬件集成技术革新是提高大坝安全监测水平的基础.为此,设计了卧虎山水库大坝安全监测系统.该系统由 Geomation 2380MCU、Geokon 渗压计、光纤通讯设备及监测软件组成.应用结果表明,硬件技术集成效果达到了监测系统设计要求.整个系统的性价比、可靠性和稳定性有了大幅度的提高.

关键词 :大坝安全监测;系统结构;硬件技术集成

中图分类号 :TV698.1 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2007)01-0026-04

工程实践表明,对已建大坝进行自动化安全监测是保证大坝安全运行的重要措施之一.如何利用先进的微电子与计算机技术提高大坝安全监测的性能与可靠性,是国内外硬件系统集成研究中的重点课题^[1-2].

大坝安全监测系统按系统结构可分为 2 类:集中式和分布式^[3].集中式监测系统的典型特征是监控室内只设 1 台测控单元,测控单元负责对测点传感器逐个进行测量.其特点是,结构简单但可靠性较低,测量时间长且不易扩展.测控单元发生故障时会导致系统运行中断.分布式监测系统则利用数据总线将分布在现场不同测量点的测控单元中的数据传送给监控微机.测控单元独立工作保证了系统的可靠性,提高了抗干扰能力且便于扩展.

各种硬件技术的发展为安全监测提供了平台^[4-5].笔者根据实际工程的需要,合理地运用数据采集与测控技术、通信技术和抗干扰技术等进行硬件集成,结合数据库技术和软件技术,使设计的监测系统按照预期目标实现了大坝性态的监测和分析.

1 基美星 2380 系统

美国基美星公司最新推出的野外数据采集和控制系统 Geomation 2380 由 2380 系列测量与控制单元(以下简称 2380MCU)和 GEONET Suite 组态软件构成.

1.1 2380MCU 的特点

a.处理能力强大. Intel 80L 186EC 嵌入式微处理芯片以及 256 K×16 非易失静态 CMOS 使其比前代产品拥有更强大的处理能力,处理速度为其前代产品 2350MCU 的 12 倍和 2370MCU 的 3 倍,存储容量为 2350MCU 的 4 倍和 2370MCU 的 2 倍.

b.通讯手段多样.基于网络通讯策略的点对点和多节点互联使得 2380MCU 支持多种通讯介质的连接,如双绞线、电话线、光纤、无线电、微波和卫星等.

c.存储卡容量大.2380MCU 提供一张可插拔型大容量存储卡.存储卡的使用使得 MCU 在独立工作模式下不会丢失数据,在联网工作模式下将保存的数据传输给监测微机.

d.模块适应性强.专用的 GEOBUS II 内部总线使 2380MCU 模块具有类似于 2350MCU 模块的扩展性而又不失 2370MCU 模块的紧凑性.

e.传感器激励灵敏.板载的电压或电流源可以在模拟信号测量期间为模块通道自动提供合适的信号激励.

f.功耗低.系统闲置时,2380MCU 的功耗只有 2350MCU 的 1/2;模拟信号测量时,2380MCU 的功耗只有 2350MCU 的 1/5.

1.2 GEONET Suite 软件

GEONET Suite 软件作为一款专用的组态编程开发工具 ,可以完成监测任务 .该软件包括若干个子程序 ,下述 3 个子程序可实现主要的监测功能 .

a. Engine 程序 .当硬件系统集成后 ,为监测微机的通讯提供网络连接参数设置 ,并提供窗口 ,以显示 I/O 信息和通讯状态 .该程序拥有直接输入测量与控制命令的功能 .

b. Connect 程序 .为系统绘制网络拓扑图 ,通过编译拓扑图生成网络中所有节点的路径表并将其存储于计算机和 MCU ,使得网络中所有的设备按照正确的路径工作 .

c. Configure 程序 .按照实际测量与控制需要为 2380MCU 编制组态程序 ,特有的方框图功能模块编程方式易于快速完成整个系统内所有 2380MCU 的程序编制任务 .

2 大坝安全监测系统硬件集成实例

2.1 卧虎山水库工程概况

卧虎山水库位于山东省济南市郊区 ,控制流域面积 557 km² ,水库总库容 1.16 亿 m³ .该水库始建于 1958 年 ,主要功能以防洪、农业灌溉为主 ,1988 年开始向城市供水 .2002 年实施了该水库续建工程(I 期) ,其枢纽工程为大坝、放水洞、溢洪道 3 大建筑物 .

2.2 安全监测系统的目标与功能

根据 SL60—94《土石坝安全监测技术规范》^[6]和水库工程实际情况 ,设计了安全监测系统并实现了对建筑物(大坝等)的渗流监测^[7] .通过对大坝坝基、溢洪道地基、坝体和溢洪道施工以及水库多年运营情况的分析 ,发现大坝和溢洪道左右两岸会产生绕坝和绕溢洪道渗流 ,局部坝段会产生坝体和坝基渗流 .因此 ,在大坝的 0+020 0+135 0+415 0+635 和 0+835 断面和溢洪道左右两岸断面处理设了测压管 ,在测压管中放入了渗压计 .

系统除了可以定时和不时地自动采集和存储坝体、坝基和绕坝、溢洪道绕两边闸墩的渗流数据 ,定性定量分析大坝、溢洪道绕两边闸墩渗流作用状况(如实时显示各监测断面的渗流浸润线、数据报表等)外 ,还可以实现硬件设备的自诊断等 .

2.3 安全监测系统的结构与设备选型

a. 系统结构 .由于工程中测控点较多、分布不均匀、使用环境恶劣 ,在现场测控层利用 RS485 总线技术和光纤通讯技术构成分布式结构 .为了便于信息的高效集成以及给管理人员分析大坝性能提供决策 ,在管理层利用以太网技术构成网络集成式结构 .

b. 设备选型 .选用美国基美星公司的 2380MCU 作为数据采集单元 ,美国基康公司的 GK4500AL 振弦式渗压计作为监测传感器 ,国产捷瑞电讯公司的单模型 JaRa2501S 光纤转换器(以下简称光端机)和增强型 JaRa2107B 转换器作为数据通讯设备 .GK4500AL 振弦式渗压计测量性能优异(精度为 0.1% ,分辨率为 0.025% ,温度零点漂移小于 0.05%/℃) .能适应各种恶劣的工作环境 .光端机可实现光信号与 RS232/485 信号的转换 ,JaRa2107B 可实现 RS232 与 RS485 信号的转换 .

2.4 安全监测系统硬件系统集成

根据监测系统要求 ,将 28 个渗压计安装在大坝的 5 个断面和溢洪道两边闸墩相应位置的测压管中 ,并通过屏蔽电缆连接到对应的 2380MCU .安装在放水洞启闭房内的 MCU 和溢洪道闸门控制室内的 MCU 将采集到的数据通过光纤通讯网络传送到 PC 监测微机中 ,由 GEONET Suite 软件对数据进行初步处理 .利用笔者开发的大坝安全监测管理软件对数据进行分析 .同时 ,PC 微机通过以太网与其他工作站相连 .例如 :与水位采集系统的微机相连 ,获取库水位数据 ;与服务器相连 ,实现数据的归档等综合处理 .系统硬件集成框图如图 1 所示 .

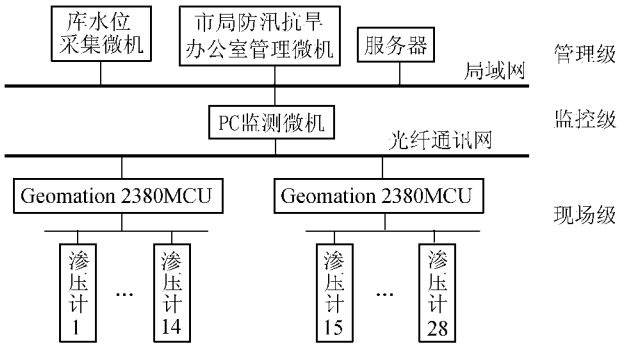


图 1 大坝安全监测系统硬件生成框图

Fig.1 Block diagram of hardware integration of dam safety monitoring system

2.4.1 MCU 与监测微机的硬件集成

考虑了 2 种设计方案.第 1 种方案是利用光端机和光缆将放水洞启闭房内的 MCU 和溢洪道闸门控制室内的 MCU 分别接入中控室,在中控室利用 RS485 总线和 JaRa2107B 转换器将信号转换为 RS 232 制式后送入监测微机.第 2 种方案是利用光端机和光缆将溢洪道闸门控制室内的 MCU 接入放水洞启闭房内,通过 RS 485 总线、JaRa2107B 转换器和光端机将 2 路信号统一转换为光信号,光信号发送到中控室后经过转换送入监测微机.虽然 2 种方案所需的光电通讯设备数量相同,但由于放水洞启闭房的地理位置大致处在中控室和溢洪道闸门控制室的中间,若采用第 1 种方案,将使地下光缆长度增加许多,从而增加系统成本和施工时间.第 1 种方案的优点是可以更好地保证对光电通讯设备的供电.第 2 种方案具有将所有的光电通讯设备置入 MCU 保护箱内的优点,而第 1 种方案就无法做到,所以选用第 2 种方案.

MCU 与监测微机的通信网络如图 2 所示.图中符号含义分别为:TX 表示发送信号端,RX 表示接收信号端;A 和 B 表示在 RS 485 工作方式下的信号线路连接端.

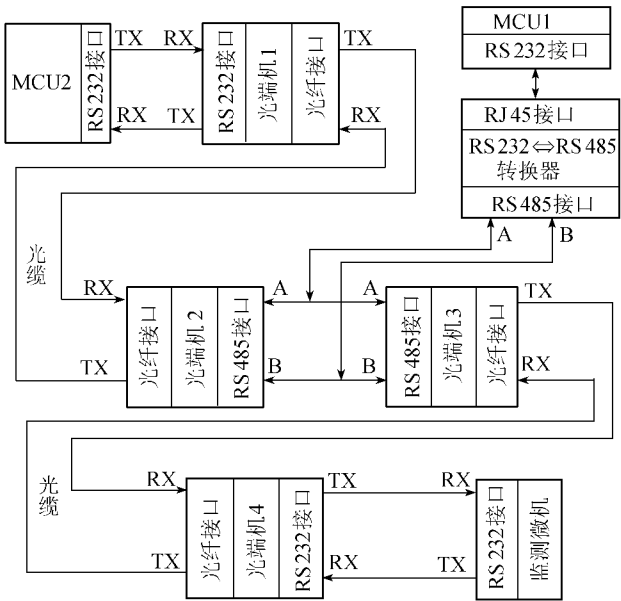


图 2 MCU 与监测微机的通信网络
Fig.2 Fiber-optics communication network between MCU and monitoring computer

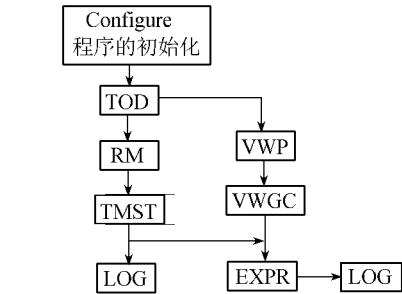


图 3 GEONET Configure 中的程序流程
Fig.3 Flow chart for program of GEONET Configure

2.4.2 监测系统采集程序的编制

用户在 Engine 和 Connect 中设置好通讯参数和绘制完网络拓扑图后,就可以使用 Configure 程序进行组态编程.本工程要监测的对象为坝体、坝基和绕坝、溢洪道绕两边闸墩渗流的压力值和温度值,在 Configure 程序中需要调用的编程模块组件有采集时间间隔组件 TOD、热敏电阻阻值测量组件 RM、热敏电阻阻值转换为温度值组件 TMST、振弦仪器振动周期量测量组件 VWP、振弦仪器振动周期量转换为压力值组件 VWGC、数学合成运算公式组件 EXPR 和数据记录组件 LOG.其程序流程如图 3 所示.

2.4.3 硬件的抗干扰设计

渗压计自带的等离子浪涌避雷器可以使系统在采集端将过电流与过电压中的大部分能量释放,起到第 1 级保护作用.光端机和 JaRa2107B 转换器的光电隔离设计以及浪涌保护电路抑制了导入传输线路中的瞬时能量,由于大部分传输线路为光缆,屏蔽了电磁干扰,起到第 2 级保护作用.2380MCU 保护箱的良好接地可以屏蔽大部分的电磁干扰.另外,2380MCU 的保护箱中安装有基美星公司的 MTA 20 多级避雷器,可为 2380MCU 以及接入的渗压计提供瞬态保护,起到第 3 级保护作用.而 2380MCU 的主板与 I/O 采集模板都安装有瞬态保护电路,可抑制窜入的电磁干扰和瞬时能量,起到最后一级保护作用^[8].

2.5 安全监测分析与管理软件

GEONET Suite 中的数据库是符合 ODBC 标准的 Sybase SQL Anywhere 数据库,第三方应用程序可以通过 ODBC 或 Sybase 嵌入的 SQL 来连接该数据库.因此,利用 Borland 公司开发的 Delphi 程序编写分析管理软件将 GEONET Suite 数据库中的数据导入 MS SQL SERVER 数据库.笔者开发的分析与管理软件既可以实现采集数据的测值转换、粗差处理、数据备份、数据查询和报表打印等基本功能,还可以实现渗流浸润线、水温变化线、水位过程线和水位相关线的绘制以及安全信息的分析、超限报警和系统自检等高级功能,其结构如图 4 所示.监控主机通过 GEONET Suite 数据库引擎对 MCU 发出采集命令,并将 MCU 采集到的数据从 GEONET Suite 数据库导出至 MS SQL Server 数据库,客户端可以对 MS SQL Server 数据库中的数据进行操作.这样做既不会

破坏监测系统的C/S结构 ,也可避免客户端误操作所导致的原始数据的破坏或丢失.图 4 中虚线框部分即为数据库接口部分.

3 结 语

为了检验硬件系统的性能是否达到预期的设计要求 ,对人工量测和自动化量测渗流数据进行了比较 ,结果见表 1.其中人工测值是利用基康公司提供的 GK-403 读数仪从现场获得的 ,*R* 表示渗流压力的原始数据 ,读数仪的工作精度为 0.1% .由表 1 可见 ,自动采集的数据与人工量测的数据误差很小.

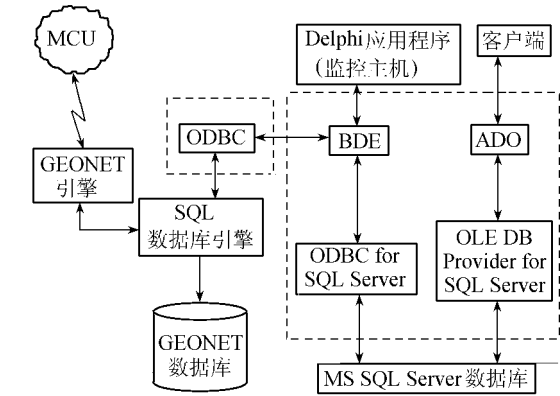


图 4 分析与管理软件结构

Fig.4 Structure of analysis and management software

特别需要说明的是 ,安装在坝区的系统 ,经历数次雷电和暴雨后 ,仍能正常运行 ,准确地进行数据采集.

参考文献 :

[1] PIRCHER W. Trends in dam surveillance[J]. International Journal on Hydropower and Dams ,2001 ,8(3) :81-84.
[2] PORTELAA E A ,BENTO J. Dam safety : The search for innovative tool[J]. International Water Power and Dam Construction ,2001 ,53
(4) :26-31.
[3] 何勇军. 大坝安全监控的人工智能技术研究 [D]. 南京 :河海大学 ,2002.
[4] 吴中如. 高新测控技术在水利水电工程中的应用 [J]. 水利水电工程学报 ,2001(1) :13-21.
[5] 王德厚. 大坝安全监测与监控 [M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2004 :15-18 ,26-31.
[6] 中华人民共和国水利部. SL60—94 土石坝安全监测技术规范 [S]. 北京 :中国水利水电出版社 ,1994.
[7] 李季 ,陆声鸿 ,郭晨. 李家峡水电站大坝安全监测自动化系统 [J]. 水力发电 ,2005 ,31(6) :63-77.
[8] 汪润英 ,方卫华. 大坝安全监测自动化系统的 LEMP 防护 [J]. 河海大学学报 :自然科学版 ,2001 ,29(3) :99-102.

Hardware integration of dam safety monitoring system and its application

WANG Ping¹ , TONG Yong¹ , JIA Hua-ping¹ , ZHAO Cheng-zhong²

(1. College of Electrical Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
2. Ji'nan Flood Protection and Drought Resistance Commanding Office , Ji'nan 250014 ,China)

Abstract :Optimization of system architecture and innovation of hardware integration are the basis for improving the level of dam safety monitoring. By use of these two measures , Wohusan dam safety monitoring system was designed in this paper. The system architecture and the application of hardware integration technique were introduced in detail. The operation result shows that the cost performance , reliability and stability of the present system are greatly improved after Geomation 2380 MCU system being integrated with domestic fiber-optics communication equipment and Geokon vibrating wire piezometers.

Key words :dam safety monitoring ; system architecture ; hardware integration technique