

水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统

沈振中¹, 苏怀智¹, 吴中如¹, 温志萍¹, 王 建¹, 张 彪²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏南京 210098; 2. 福建省水口水力发电厂, 福建闽清 350800)

摘要 从安全监测的角度简要介绍了水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统的体系结构及其主要功能模块, 论述了局域网上的安全监控系统如何与 Internet 远程连接和通信、系统的结构和开发的技术要求、综合推理机的主要内容以及系统支持数据库的设计要求等内容。该系统可以在线整编、处理和分析各种观测数据, 综合评价大坝的安全性态, 达到在线实时监控大坝安全的目标。

关键词 安全监测 在线实时监控 反馈分析 局域网

中图分类号: TV698

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2000)02-0012-05

水口水电站工程位于福建省闽江干流中游, 上游距南平市 94 km, 下游距闽清县城 14 km、距福州市 84 km, 控制流域面积 52 438 km²。该工程以发电为主, 兼有航运、过木等综合利用效益, 是华东地区最大的水利枢纽工程。水库校核洪水位 67.68 m, 正常蓄水位 65.00 m, 总库容 2.6 亿 m³, 属不完全季调节水库。电站总装机容量 1 400 MW, 多年平均发电量 4.95 亿 kW·h, 是华东电网的主力调节电站。通航建筑物为一线 2 × 500 t 级三级船闸和一线 2 × 500 t 级垂直升船机, 年过坝货运量 400 万 t, 年竹木过坝量 250 万 m³。水口大坝是混凝土重力坝, 坝顶高程 74.0 m, 最大坝高 101 m, 坝顶长度 783 m。水电站为坝后式地面厂房, 位于河床左岸, 泄水建筑物位于河床中央, 通航建筑物位于河床右岸。

为了监控大坝的运行, 评价大坝的安全, 水口工程布置了较为完善的安全监测系统。主要观测项目有: (a) 大坝的变形观测, 渗流观测, 坝体内部应变、应力、温度观测, 坝体接缝、裂缝观测, 强震观测; (b) 船闸的变形、接缝观测, 水力学观测; (c) 升船机的结构变形、应变、应力、温度观测; (d) 上下游水位、水温、气温观测等。水口工程规模大, 设置的观测项目多, 仪器布置分散, 工作条件差, 观测劳动强度大, 观测周期长。为了迅速及时地取得大坝工作性态的各种信息, 迅速及时地进行数据处理分析, 水口工程观测系统以自动化观测为主, 并配备有人工观测, 以确保自动化观测系统未形成之前观测数据的连续性。自动化观测系统主要包括 NARI 系统、IDA 系统、EDS 系统和 TDM5000 系统等观测数据自动采集系统。笔者研制了水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统, 并于 1999 年底正式投入运行。本文简要介绍该系统开发的技术路线和要求以及系统的主要功能。

1 系统的目标

根据《水电站大坝安全管理办法》、《水电站大坝安全检查施行细则》、《水电站大坝安全注册规定》、《混凝土大坝安全监测技术规范》等, 结合水口水电站工程的实际情况和安全分析、综合评价的需要, 完善安全监测系统, 使之能够远程自动化采集各种可靠的监测数据, 满足在线实时监控的要求; 充分利用现代计算机先进的硬件和软件技术, 全面科学地管理水口水电站工程的设计、施工、运行和监测等资料, 使水口水电站工程的安全管理正规化、规范化和科学化; 全自动整编各种监测资料, 并进行误差识别、资料分析和反分析; 综合评价工程的安全状况, 对疑点和不安全因素进行物理成因分析或专家综合诊断, 提出辅助决策的建议; 实现在线实时监控水口水电站工程的安全, 并作出准确的综合安全分析和评价。

2 系统的网络体系

“水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统”在局域网上开发,面向网络应用,其核心采用 Client/Server 结构^[1],如图 1 所示.网络上的计算机被分为服务器和客户机,它们分别安装有不同的软件,实现各自的不同功能.

2.1 服务器

服务器操作系统为 Windows NT Server,并采用双机容错方案,即将一台计算机作为主域控制器(PDC),将另一台计算机作为备份域控制器(BDC),以实现数据的完全镜像备份,确保系统的不间断运行,达到安全可靠的目的.服务器上安装大型关系数据库 Sybase System 11,用于存储全部的数据资料.

2.2 客户机

数台计算机分别安装操作系统 Windows NT Workstation 或 Windows 9x,构成局域网上的客户机.根据需要,每台客户机还需安装网络数据库开发工具、Open Client 以及各种系统应用软件,以满足不同用户的需要和系统输入/输出的需要.水口水电站工程所有的自动化数据采集系统均与客户机连接,由客户机接收观测数据.本系统安装在客户机端,可以安装在一台客户机上,也可以安装在几台客户机上,满足一个或多个用户同时进行资料整编、资料分析、安全评价、反馈分析和辅助决策等工作的需要.

2.3 Proxy 服务器

为了实现本系统与福建省电力工业局服务器的联网通信,系统局域网通过 Proxy 与 Internet 连接,并建立 Firewall,以确保本系统的安全性.普通的 Internet 访问是一个典型的 Client/Server 结构.客户机上用户的客户端程序,如浏览器发出请求,远端 WWW 服务器响应请求,并提供相应的数据. Proxy 处于客户机和远端 WWW 服务器之间,对于远端 WWW 服务器来说,Proxy 是客户机,它提出请求;对于客户机来说,Proxy 是服务器,它接受请求,并提供客户端程序所要求的数据.

Proxy 是建立在应用层的软件,它的主要功能是实现流量控制、包过滤、访问控制和操作系统用户集成等,是 Firewall 的重要组成部分,对保护主机可以起到安全屏障的作用. Proxy 是简单网络管理软件的核心部分.通过 Proxy 服务器,不仅可以起到安全屏障的作用,而且可以提高网络性能,使得一个局域网可以共享一个 IP 地址.

3 系统的结构

“水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统”是一个庞大的系统工程,包含很多功能模块和大量的应用软件,涉及的专业知识面很广.系统由用户控制,通过综合分析推理机完成所有的功能.其结构如图 2 所示.其中综合分析推理机、方法库、图库和系统支持数据库的主要内容如下^[2,3].

3.1 综合分析推理机

综合分析推理机对水口水电站工程的安全状况进行安全分析、综合评价、综合推理、反馈分析和辅助决策等,它是各类知识的集合,是本系统的核心.综合分析推理机知识的深度和广度及其质量,直接影响到系统的实用性、先进性和可靠性.

它的主要内容是,由监测系统或日常巡查采集的各类资料和数据,经误差识别和整编后,由评判准则识别测值的性质是否为正常、基本正常或疑点.若为疑点,则进行综合分析和物理成因分析.首先检查监测因素,如果是观测或监测系统引起,则仪器发出报警,排除疑点.如果是非监测因素引起,则为不安全因素,需进行外因(即环境量)分析及外因对结构工作性态影响的反分析,必要时进行结构反分析.若找出成因,则进行辅助决策.若找不出成因,则进行专家综合诊断和模糊评判,并提出辅助决策的建议.

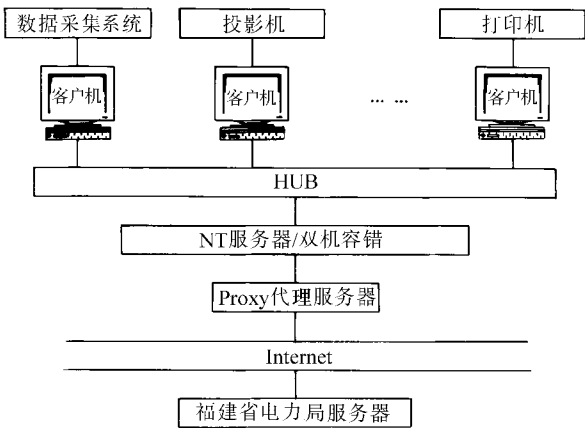


图 1 系统的网络体系

Fig.1 Sketch of network system of the system

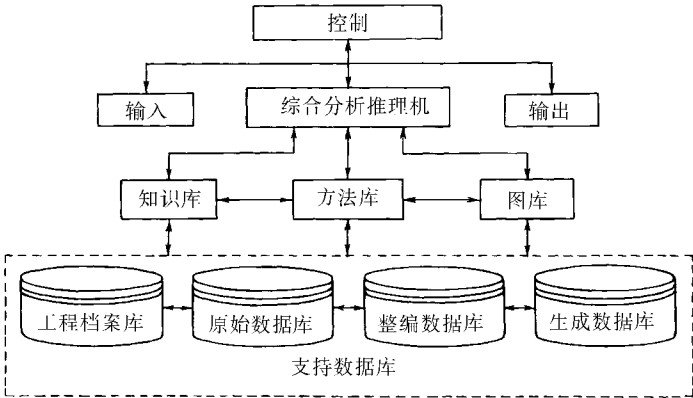


图 2 系统的结构

Fig.2 Structure of the system

3.2 知识库

知识库中保存或内嵌了许多知识,包括必要的规范类知识、大量的专业知识以及一些权威性机构的研究成果等.这些知识可归纳为在线分析类知识和在线反馈分析类知识两大类.在线分析类知识也称为综合评价类知识,包括时空分布评判准则、力学规律评判准则、监控模型评判准则、监控指标评判准则、日常巡查评判准则、关键问题评判准则以及安全综合评价等.在线反馈分析类知识也称为综合推理分析和反分析类知识,包括工程的设计、施工技术文件以及国内外大坝安全监测领域内的专家知识等.系统应用上述知识对实测值或日常巡查资料进行评判.若正常,则综合分析和推理结束.若有疑点或异常,则进入综合分析和推理,以确定成因.

需要特别指出的是.在应用上述评判准则进行评判时,可能会出现矛盾,即出现用某一准则评判为疑点或异常,而用另一准则评判为正常的情况,因此要分析各准则的评判权重.本系统在吸收国内外专家经验的基础上,依据各准则的内涵和重要性,采用以下方法处理各评判准则的权重:总体上以变形和扬压力的监控指标,并结合日常巡查作为第一依据;以时空和力学规律并结合日常巡查作为第二依据(在无监控指标评判准则时,也作为第一依据);以监控模型并结合日常巡查作为第三依据;最后用关键问题评判准则作为评价大坝安全的主要依据.

综合分析推理机和知识库是相辅相成的,两者互为依托,共同实现综合分析和推理.

3.3 方法库

方法库主要包括用以进行水口水电站工程的原型观测资料正反分析、结构与渗流正反分析、综合分析和综合评价等的各类计算程序.利用这些程序可以建立各类监控模型和监控指标,复核大坝的强度和稳定;并在结构出现异常时,进行敏感性分析、综合分析和综合评价以及洪水反调节计算等.

方法库主要包括原型监测资料的正反分析、结构和渗流正反分析、综合分析和综合评价、洪水反调节计算等四类程序.其中,原型监测资料的正反分析主要包括监测资料预处理、建立各类监控模型、边界条件及参数反分析、建立各级监控指标等程序.结构和渗流正反分析主要包括规范法和有限元法等程序.综合分析和综合评价主要包括多层次阈值模糊评判等程序.洪水调节计算主要包括频率分析和洪水反调节计算等程序.

3.4 图库

图库主要用于进行在线实时监控和反馈分析过程中的图表显示,为专家决策提供直观的形象.

图库主要包括工程和安全概况图表、原型监测资料正反分析图表、结构和渗流正反分析图表、综合分析和评价图表、辅助决策图表等.图库中相当一部分的图表是内嵌在综合分析推理过程中的.

3.5 支持数据库

支持数据库,即工程数据库,是本系统的基本组成部分,也是系统运行的基石,主要用于管理水口水电站工程大量的工程档案和监测资料,并为快速而准确的分析、反分析以及评价水口水电站工程的安全状况提供可靠的定量依据.

根据资料 and 数据的性质或来源,以及考虑到推理分析过程中的调用方便,支持数据库分为工程档案库、

原始数据库、整编数据库及生成数据库等四个子数据库。其中,工程档案库主要包括设计、施工、运行等资料,大致分工程概况、工程地质及水文地质、主要工程措施、监测系统以及安全资料等;原始数据库主要包括监测系统及日常巡查所采集的原始数据;整编数据库主要包括经检查、校准以及按规范整编后的资料和数据;生成数据库主要包括已建立的各类监控模型、数值分析模型以及监控指标、结构分析和反分析与渗流分析和反分析、洪水调节计算等各种计算成果。

3.6 输入和输出

本系统的输入子系统具有以下功能:首先,由传感器和二次仪表自动化采集观测数据或由人工采集观测数据,并将各种数据输入原始数据库;然后,应用方法库中的预处理程序,包括误差识别和处理、观测量转化为物理量等,对原始观测数据进行误差处理,并根据需要转换为物理量,经整编后输入整编数据库;再次,应用方法库中的各种建模程序,计算监测量对应的模型预报值,并将监测量及相应的计算量输入生成数据库。

输出子系统可以在在线实时监控和反馈分析过程中,任意显示输出或打印输出所有分析成果,包括相应的图表。

4 系统的功能模块

“水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统”采用标准化、模块化设计和 Windows 图形操作界面形式,遵循 Windows 9x 标准风格。系统主要包括系统简介、工程档案、资料输入、资料初分析、在线实时监控和反馈分析等功能,这里称之为功能模块。各功能模块均采用了多媒体开发技术,具有色彩、声音和动画的综合效果。

4.1 系统简介

本模块简要介绍“水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统”的体系结构、网络拓扑结构、功能模块和系统流程等。

4.2 工程档案

本模块主要设有工程概况、工程特性、施工资料、监测系统布置、主要设计成果和安全资料等子模块,用于显示或打印输出水口水电站工程施工前的原貌地理、枢纽地理、历史记录、枢纽布置、建筑物结构、水文地质和工程地质资料、地基处理资料、施工进度资料、监测系统布置资料、监测系统考证表、主要设计成果、安全手册等各种档案信息。

4.3 资料输入

本模块主要设有系统控制设置、档案资料输入、观测资料输入等子模块。系统控制设置用于设置本系统的主要控制信息,如系统的操作权限、用户登录的身份以及系统的初始化参数等。档案资料输入用于修改或打印输出工程的档案资料,如监测系统考证表、安全手册等。观测资料输入用于输入和转换水口工程所有的观测资料,包括 NARI 系统、IDA 系统、EDS 系统、TDM5000 系统等自动化数据采集系统采集的资料和人工观测的数据资料,以及由水口水电站工程水情测报系统、MIS 系统提供的其他资料。

4.4 资料初分析

本模块设有观测资料整编、误差识别处理、报表生成等子模块。观测资料整编用于观测量到物理量的数据转换,并按照规范的要求严格整编资料,以满足本系统在线实时监控和反馈分析的要求。误差识别处理用于观测资料的误差识别和处理,去伪存真,剔除不符合要求的观测数据。在这里,如发现观测错误,系统将发出报警,并通知相应的监测系统重新采集数据。报表生成用于生成月报、季报和年报等报表,并需要根据由 MIS 系统上网发布。

4.5 在线实时监控

本模块设有测值评判、综合分析和观测系统检查等子模块。测值评判用于评价各测点和梁挠曲线等的测值是否异常。这里,系统采用时空分布评判准则、力学规律评判准则、监控模型评判准则、监控指标评判准则、日常巡查评判准则和关键问题评判准则等多种评判准则,从不同的方面评价每一个测值是否异常。观测系统检查用于检查观测系统本身是否异常,它只能在发现测值异常时才能运行,以检查异常测值所在的测点的监测系统是否异常。

4.6 反馈分析

本模块设有物理成因分析、专家综合诊断、辅助决策等子模块。物理成因分析用于分析推理异常测值的物理成因,评价大坝、船闸等建筑物是否异常。该子模块仅当大坝等建筑物出现变形异常、渗流异常或应力异常时才能运行。专家综合诊断用于诊断和评价本系统不能判断的异常情况。它只能在发现测值异常且本系统无法判断大坝等建筑物是否异常时才能运行。这时需要邀请有关专家,成立专家组商讨判断。辅助决策用于辅助各级领导采取决策措施。它只能在发现大坝等建筑物出现异常且需要采取应急措施时才能运行。这时,系统将根据需要调用各种方法计算建筑物的安全情况,并显示或打印输出计算结果,供专家或领导决策参考。

5 结 语

“水口水电站工程在线实时监控及反馈分析系统”是一个庞大的系统工程,其研制和开发是许多人共同完成的,本文仅简要阐述了该系统的技术要点和主要功能。该系统可以实现在线实时监控、快速分析和评价水口水电站工程的运行状况,是保证水口水电站工程安全并使其充分发挥工程效益的重要措施。它的开发和投入运行使得水口水电站工程的安全监测水平跃上了一个新台阶。同时,该系统对优化设计、施工和运行,以及进一步完善坝工设计计算的理论和方法、补充现行的设计和施工规范也可以起到一定的作用。

参考文献:

- [1] 赵斌,吴中如,沈振中.基于网络环境的大坝安全评价专家系统的开发[J].河海大学学报,1998,27(4):68~72.
- [2] 吴中如,顾冲时,沈振中等.大坝安全综合分析和评价的理论、方法及其应用[J].水利水电科技进展,1998,18(3):2~6.
- [3] 吴中如,顾冲时.大坝安全综合评价专家系统[M].北京:北京科学技术出版社,1997.6~17.

On-Line Real-Time Monitoring and Feedback Analysis System of Safety Monitoring for Shuikou Hydropower Project

SHEN Zhen-zhong¹, SU Huai-zhi¹, WU Zhong-ru¹, WEN Zhi-ping¹, WANG Jian¹, ZHANG Biao²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;

2. Shuikou Hydropower Station, Fujian Province, Minqing 350800, China)

Abstract From the angle of safety monitoring, this paper briefly introduces the structure and main function modules of the on-line real-time monitoring and feedback analysis system for the Shuikou Hydropower Project, and describes the remote link and transmission between the safety monitoring system developed on the local area network and the Internet, and the general structure of the system and the technical aspects of its development. The main contents of the comprehensive inference engine and the design essentials of the system support database are expounded in detail also. The system can reorganize, process and analyze all kinds of observation data in real time, and comprehensively appraise the performance of the dam. The objective of on-line real-time monitoring of the dam safety is realized.

Key words safety monitoring ; on-line real-time monitoring ; feedback analysis ; local area network