

公伯峡水电站大坝安全监测自动化系统建设和运行

张秀山

(黄河电力测试科技工程有限公司, 西宁 810016)

摘要: 公伯峡水电站作为黄河上游第一座面板堆石坝的大型水电, 大坝安全监测具有测点多、分布广, 仪器种类多的特点。工程建设完成后, 对大坝监测进行了自动化系统改造, 该系统观测项目齐全、技术先进。文章着重介绍大坝监测自动化系统建设的必要性、结构、功能及运行情况, 并作出初步分析评价。

关键词: 公伯峡水电站; 大坝安全监测; 自动化系统; 网络结构; 运行

中图分类号: TV698.1

文献标识码: A

引言

公伯峡水电站是国家实施西部大开发战略中西电东送北部通道的启动工程, 也是黄河水电公司组建后滚动开发的黄河水电资源的第一座大型水电。电站的大坝安全直接关系到社会公共安全与下游人民财产安全, 大坝安全监测为大坝安全运行提供了重要保障。随着电子、计算机网络、通信及传感器等技术的发展, 监测自动化工程在坝上建设及坝体安全监测中已被广泛运用。目前, 监测系统中数据采集、传输、存储、数据处理和离线观测资料分析等各个环节都可以实现自动化。

本文依托公伯峡水电站, 介绍自动化安全监测系统建设的必要性、结构、功能和运行情况^[3]。

1 工程概况

公伯峡水电站位于青海省循化、化隆两县交界的黄河干流上, 电站总装机容量为 1500MW, 水库总库容为 6.2 亿 m^3 。电站以发电为主, 兼有防洪、灌溉、供水等综合功能。

电站枢纽建筑物由钢筋混凝土面板堆石坝、右岸引水发电系统、左岸泄洪洞、左岸溢洪道、右岸旋流泄洪洞等几部分组成。工程为一等大(Ⅰ)型工程, 拦河坝、泄洪系统、引水发电系统为 1 级建筑物; 混凝土面板堆石坝坝顶高程 2010m, 最大坝高 132.2m。

2 自动化监测系统建设

2.1 实现自动化系统的必要性

公伯峡水电站工程规模大, 大坝安全监测系统共设立了变形、应力应变、温度、接缝、渗流及环境量几大监测项目, 共布置监测仪器设施约 2024 支(组、台、套)。在这种枢纽安全监测点、仪器设备种类多, 测站多, 监测系统覆盖面大, 靠人工数据采集和数据处理周期长、同步性差, 特别是汛期、地震等紧急情况下, 不能及时连续完成数据采集, 难以适时评估工程的安全状况, 难以及时为评价工程安全状况提供可靠依据。为了及时了解大坝的运行性态和发展趋势, 及时发现隐患, 提高大坝安全运行和管理水平, 适应现代科学技术发展, 依据设计要求, 对公伯峡水电工程在原有监测仪器的基础上, 建立一套可靠的安全监测自动化系统是必要的。建立自动化安全监测系统将数据的采集、记录、储存、计算、分析处理及超限报警等环节用计算机自动完成, 在电站安全运行的长期监测过程中, 提高监测的速度及效率, 提高测值的可靠性和准确性, 减少人为误差, 改善观测条件, 实现实时监控, 以便及时准确为管理单位和上级主管部门实时提供监测资料分析信息, 提高电站大坝安全监测与管理的信息化水平。

2.2 自动化系统接入的监测仪器

为了给公伯峡水电站工程安全监测自动化系统安

装提供依据, 国家电力监管委员会大坝安全监察中心对水电站大坝安全监测系统进行了鉴定评价工作^[2]: 对面板堆石坝、溢洪道、左岸泄洪洞、右岸泄洪洞、进水口、压力钢管、厂房、边坡等建筑物的相关监测项目、监测仪器设备进行全面考证检查、现场测试, 并对历年监测数据可靠性等进行对比分析, 在此基础上, 对监测仪器设备的工作状态作出评价分类, 提出宜接入自动化系统的监测仪器和改造部分。纳入自动化系统的监测仪器包括: 应变计组、无应力计、钢筋计、钢板计、温度计、土压力计、测缝计、缝隙计、垂线、引张线、双管金属标、岩石变位计、静力水准、测压管(渗压计)、渗压计及量水堰等。

2.3 监测系统网络结构

整个自动化监测系统采用南瑞公司 DAMS-IV 型智能分布式工程安全监测系统, 软件采用南瑞公司最新的 DSMS 4.0 大坝安全信息管理网络系统。系统结构由数据采集单元 DAU、现场网络、监测中心(计算机系统)和大坝安全信息管理系统组成。系统网络框图见图 1。

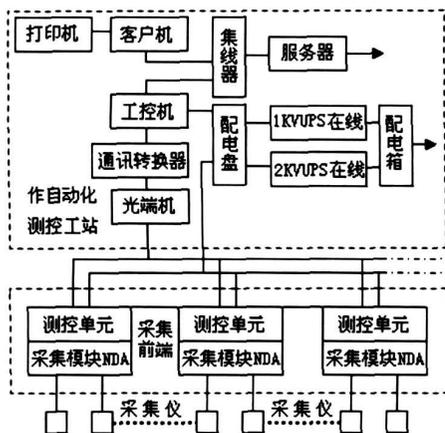


图 1 系统网络框图

2.3.1 数据采集单元(DAU 2000)

数据采集单元是数据采集系统的硬件核心, 也是测试系统信息的来源, 由数据采集模块、电源模块、防雷模块等组成, 具有电源管理和掉电保护功能、自检和自诊断功能, 具有防雷、抗干扰能力, 以及广泛的兼容性、可扩充性和免维护等特点。根据所接入传感器的不同类型, 采用差阻式、电容式、振弦式、二线制变送器电流信号等几种类型的智能数据采集模块, 采集各类传感器的信号并转换为数字量、暂存数据, 根据监控主机的命令, 适时向主机传送测量数据, 实现实时监测^[5]。整个系统网络共设置了智能型数据采集单元(DAU2000) 94 台, 内置各类 NDA 智能数据采集模块 162 块, 分布在 35 个监测站内。

2.3.2 现场监测网络

现场监测网络分为 3 大部分:

第 1 部分包括: #压力钢管、坝后各观测房和坝后总量水堰三块。

第 2 部分包括: #压力钢管、引水发电系统、右岸高趾墙、右岸泄洪洞、右岸绕坝渗流孔、右岸防渗面板、左岸泄洪洞、左岸溢洪道及左高趾墙等部位。

第 3 部分包括: 厂房内各监测部位。

这 3 部分由 35 个监测站组成, 采用光缆结合 RS485 网线进行通信。共计纳入各类自动化监测仪器 1683 支(组、台、套)。其中差阻式内观仪器 1262 支(组、台、套), 钢弦式内观仪器 214 支, EL 固定式测斜仪 41 支, TS 位移计 12 支, 双向测缝计 39 组, 三向测缝计 14 组, 正倒垂仪 7 台, 静力水准仪 24 台, 双金属标仪 2 支, 右岸边坡多点位移计 4 组, 钢弦式量水堰仪 6 台, 差动电容式引张线仪 9 台, 钢弦式扬压力渗压计 37 支, 钢弦式绕渗渗压计 12 支。

2.3.3 计算机系统

计算机系统位于前方中控楼六楼的监测中心内, 主要包括服务器、工控机(客户端)、数据处理机(客户端)等计算机网络设备, 各计算机均安装了大坝安全监测自动化信息管理系统软件。它负责同现场数据采集测控单元和主管部门进行数据通讯, 实现双向通讯, 并负责监测数据处理分析及系统的安全管理工作。

2.3.4 大坝安全监控管理系统软件

大坝安全监控管理系统, 集在线数据采集、报表制作、图形制作、模型分析、系统维护、大坝安全文档管理等功能于一体。具有全图形化操作, 界面友好, 操作方便等特点。

3 监测自动化系统的功能

3.1 监测功能

系统可对输出为频率、电压、电流、脉冲及数字编码等信号的传感器进行数据采集和数据越限报警。每台 DAU 均具备人工巡测、定时巡测、常规选测、检查选测等功能。

3.2 显示功能

能显示建筑物及监测系统的总貌、各监测子系统概貌、测点布置图、过程线、分布图等。

3.3 操作功能

在监控主机或管理计算机上可实现监视操作、输入输出、显示打印、调用历史数据, 修改系统配置、系统维护等。

3.4 数据存储和通信功能

各采集单元(DAU)具有存储器和掉电保护模块, 能暂存(DAU)采集来的数据, 在外部供电电源中断的情况

下, DAU 将自动切换成用蓄电池供电状态, 保持继续正常工作, 以保证监测数据的连续性。数据通信包括现场级和管理级的数据通信, 现场级通信为测控单元 DAU 之间或 DAU 与监控管理中心监控主机之间的双向数据通信; 管理级通信为监控管理中心内部及其同上级主管部门计算机之间的双向数据通信。

3.5 资料维护和综合信息管理功能

系统对各监测项目的考证资料和监测资料具有维护与管理功能。包括数据采集、数据分析、图表制作、图文资料管理、系统维护管理, 以及对考证资料和监测资料按年份进行备份或恢复, 保证资料的连续性和完整性。

3.6 资料整编与分析功能

系统对监测资料进行整编, 按所需要求及时制成图表, 并结合工程实际情况建立分析模型, 实现在线处理或离线处理, 对工程安全评价提供辅助信息。

3.7 系统自检功能

系统具有自检能力, 系统发生故障时, 能在管理主机上显示故障部位及类型, 为及时维修提供方便。

3.8 大坝安全管理功能

系统具备功能强大、界面友好、操作方便的工程安全监控管理系统软件。该软件包括在线监控、模型分析、安全管理、系统管理、数据库管理等部分。包括数据的人工启动采集、在线快速安全评估、测值的离线状态分析、监控模型、分析模型、预报模型管理、工程文档资料、测值及图像管理、报表制作、图形制作、辅助工具、帮助系统等日常工程安全管理的全部内容。

4 自动化安全监测系统运行

4.1 监测系统运行和维护

公伯峡水电站大坝安全监测自动化系统自投入运行以来, 采用自动运行模式, 每天定时对所有自动化测点测量 1 次, 在各模块测量完成后, 系统自动将各模块内的所有实测数据取回, 进行成果计算和测值判断, 并将所有原始实测数据、计算结果、测值判定结果和报警信息等自动存入服务器上的系统数据库中^[4]。

另外, 运行管理人员按照运行管理规程要求, 定期对系统数据采集单元、模块和软件进行检查维护, 定期校正系统时钟, 对现场各自动化监测设施进行定期巡视检查。通过两年多的系统运行情况表明, 自动化系统能适应现场工作环境, 系统运行正常、稳定, 测值可靠, 系统主要性能和功能满足规范要求, 运行情况良好。

4.2 人工比测及监测资料对比分析情况

在自动化系统运行期间, 定期对人工和自动化的观

测结果进行对比分析(对比结果见表 1), 并通过二者过程线的比较, 得出自动化测值变化稳定, 过程线平滑, 变幅和规律性与人工测值过程线一致, 各监测点也没有出现趋势性偏移, 能反映监测对象的实际变化规律, 系统的比测结果满足设计和规范要求。

表 1 人工和自动化比测分析表

监测仪器	最小比测误差	最大比测误差	精度指标 ($\Delta \leq 2\sigma$)
垂线仪	0.00mm	0.60mm	0.64mm
内观差阻式仪器电阻比	0.00000 Ω	0.00059 Ω	0.0006 Ω
内观差阻式仪器电阻和	0.000 Ω	0.00057 Ω	0.0006 Ω
内观弦式仪器	0.0HZ	0.5HZ	11.2HZ
扬压力和绕渗孔	1cm	54cm	70cm

4.3 监测系统运行情况评价

公伯峡水电站大坝安全监测自动化系统自投入运行以来, 按照设计和《大坝安全监测自动化技术规范》要求, 对系统功能、系统稳定性、系统可靠性等进行了考核, 并进行了人工对比观测, 考核结果显示, 系统各项功能运行正常, 自动化测值变化稳定, 监测数据连续性、周期性较好, 电测数据与人工数据比较变化规律基本一致, 变幅相近, 能反映工程监测对象的变化规律。

系统运行的年平均无故障工作时间为 8739 小时(年总小时数为 8760 小时), 优于设计和规范中 6300 小时的要求^[1]。系统的数据缺失率为 0.61%, 优于设计和规范中 3% 的要求。整个系统试运行情况表明, 其功能、运行的稳定性、可靠性和人工比测精度满足设计和规范要求。

5 结束语

公伯峡水电站大坝安全监测自动化系统具有先进、实用、快速、齐全、高度自动化等特点, 系统投运以来, 其功能、运行稳定性、可靠性, 测量精度等满足设计及规范要求, 达到了工程运用所需的监测监控目的和效果。自动化的实用大大减轻了人工测量的劳动强度, 提高了观测精度, 将为大坝的安全运行起到保驾护航的作用, 并为公伯峡水电站水工监测与维护将来实现“无人值班、少人值守”的运行模式打下了坚实的基础, 为黄河上游龙羊峡、李家峡水电站正在实施的大坝监测自动化工程起到积极地推进作用, 也为拉西瓦、积石峡等其它水电站工程安全监测自动化系统的建设和运行管理积累了宝贵的经验。

参考文献

- [1] DL/T 5211-2005 大坝安全监测自动化技术规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005

(下转第 629 页)

(3) 灌浆自动监测记录仪的应用, 使得管道压浆施工由“事后检查”转为“事中控制”、从“被动控制”转到“主动控制”, 取得良好效果, 使预应力孔道压浆施工质量提高到一个新的台阶。

参考文献:

- [1] 山岸俊一. 道路橋 PC 桁の補修・補強工事～グラウト再注入・外ケーブル補強について [M]. ～川田技報, 2004.

- [2] Non-Destructive Testing in Civil Engineering International Symposium [C]. 1995, 柏林.
- [3] Non-Destructive Testing in Civil Engineering International Symposium [C]. 2000, 东京.
- [4] Non-Destructive Testing in Civil Engineering International Symposium [C]. 2003, 柏林.
- [5] Non-Destructive Testing in Civil Engineering International Symposium [C]. 2006, 纽约.

Research and Application of Prestressed Pipeline Grouting Quality Control

GAN Jun¹, YANG Chao¹, JI Wen-hong²

(1 Hangzhou Bureau of Communications Engineering Quality and Safety Hangzhou 310014, China)

2 Shanghai Research Institute of Building Sciences Co. Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract The paper analyzes and sums up the existing problems about post-prestressed grouting. It is necessary to improve the performance, especially the bleeding performance of slurry. Grouting automatic monitoring data recorder that is a kind of automatic monitoring system is applied in the highway bridge construction of prestressed duct grouting. The grouting pressure, slurry pressure and grouting flux acquired by the grouting automatic monitoring data recorder are used to analyze the actual situation of grouting process.

Keywords prestressed pipeline grouting quality; control application

(上接第 626 页)

- [2] SL 60-94 土石坝安全监测技术规范 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1994.
- [3] 韩琳, 吴少华. 莲花水电站大坝安全监测自动化系统 [J]. 东北水利水电, 2001, (7): 40-41.
- [4] 王亚超, 朱赵逃, 彭妍. 一种提高大坝安全监测系

统自动化水平的方法, 水电自动化与大坝监测, 2007, 31(6): 57-59.

- [5] 胡永平, 张军荣. 三班溪水电站大坝安全监测系统建设特点及运行建议 [J]. 水电自动化与大坝监测, 2009, 33(5): 52-55.

Construction and Operation of the Automatic System for Gongboxia Hydropower Station's Security Monitor

ZHANG Xu-shan

(Yellow River Electric Power Testing Technology Engineering Co. Ltd, Xining 810016, China)

Abstract Safety testing of Gongboxia—the Yellow River's first large-scale CFRD hydropower, has many characteristics such as side with many points, distributed widely and many kinds of instruments. After the project automation system for Gongboxia hydropower station's security monitor is completed, its technology is advanced. This paper mainly focuses on the necessity of constructing automation system for the dam's security monitor and its structure, function and operation.

Keywords Gongboxia hydropower station; security monitor of dam; automation system; structure of the network; operation