

某大型水利枢纽大坝安全自动化监测系统研究^{*}

杨伟宾¹, 李广彪², 邬华东³

(1. 广州方园物业发展有限公司, 广东 广州 510405;

2. 广东省飞来峡水利枢纽管理局, 广东 清远 511825;

3. 中山大学力学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 介绍某水利枢纽大坝安全自动化监测系统的结构和功用, 分析其特点和社会效益, 其先进性和广阔的利用前景。

关键词: 大型水利枢纽; 安全监测; 分布式系统; 构成; 特点; 社会效益

中图分类号: TV61; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) S2-0184-04

1 概 述

某水利枢纽是一座以防洪为主、兼有航运、发电、供水、改善生态等综合利用的大型水利工程, 该水利枢纽与拦江大堤联合运用组成大江中下游防洪工程体系, 近期将大江下游防御洪水标准从 50 年一遇, 提高到 200 年一遇, 待拦江大堤达到防御 100 年一遇洪水标准后 (正在加固达标), 堤库联合运用可防御 300 年一遇洪水, 使大江下游及大江三角洲地区防御洪水标准从 100 年一遇, 提高到 300 年一遇, 解决该江防御洪水标准偏低的问题, 枢纽对捍卫大江下游及三角洲经济发达地区的安全具有极其重要意义。

该水利枢纽主要建筑物有溢流坝、电站厂房、船闸、右岸土坝、4 座副坝和社岗防护堤等。主要建筑物为一级建筑物, 按 500 年一遇洪水标准设计, 5000 年 (土坝 10000 年) 一遇洪水标准校核。

2 监测系统主要监测内容及特点

为了提高枢纽的自动化程度, 全面监测大坝的运行状态, 实施大坝安全监测自动化项目主要考虑因素有:

(1) 该水利枢纽为混合坝型——混凝土坝与土坝相连, 土坝及社岗堤的安危对整个枢纽起着关键作用, 因此在土坝及社岗堤的典型断面进行基础孔隙水压力、坝体浸润线自动化观测, 对工程安全渡汛有重要的指导意义。

(2) 为了解混凝土坝段、厂房坝段以及船闸的变形特性, 布置 3 条正垂线、6 条倒垂线观测大坝

的绕度, 4 条引张线观测水平位移; 混凝土坝段基础较差, 在廊道布置一条静力水准线来观测基础的垂直位移。

(3) 对混凝土内部观测仪器、坝基扬压力、渗流量的观测实现自动化采集对迅速了解混凝土应力、钢筋应力、坝基扬压力, 及时发现混凝土内部和基础隐患有重要意义。

(4) 该水利枢纽的环境量监测有上下游水位观测、降雨量观测、坝区气温和库水温观测等 9 个测点, 对环境量实现自动化采集, 及时提供环境量的资料是整个枢纽的要求, 也是整个大江三角洲防洪的要求。

2.1 系统项目构成

该水利枢纽大坝安全自动化监测系统主要监测项目有上下游水位、气温、雨量等环境量监测, 坝体的水平位移与垂直位移, 采用垂线—引张线, 双金属标—静力水准等大坝的外部变形监测, 坝基扬压力与渗流量等混凝土坝渗流监测, 典型断面孔隙水压力、浸润线等土坝及防护堤渗漏监测, 应力、应变、温度等混凝土坝内部监测。分布于混凝土坝、船闸、土坝及防护堤, 其中内观仪器 209 支, 包括温度计 39 支, 应变计 67 支, 无应力计 30 支, 钢筋计 38 支。外观设备包括正倒垂线、静力水准、竖直传高、单向引张线、测压管、双金属标、量水堰、水位计、气温计、雨量计、水准点、视准线等。

2.2 系统硬件

2.2.1 主要测量设备 该大坝安全监测自动化系统主要设备有 RY 型单向引张线、RW 型位移计、

^{*} 收稿日期: 2003-07-08

作者简介: 杨伟宾 (1971 年生), 男, 助理工程师; E-mail: ywb009@21cn.com.

YL 渗流量仪、NYZ 型压阻式压力计、JSY-I 型静力水准仪、EMD S 型遥测垂线坐标仪、渗压计、钢筋计等各类内观仪器、4500S 型弦式传感器、气温计、水位计、雨量计等。

2.2.2 主要采集设备 该大坝安全监测自动化系统主要采集设备采用 DAMS-IV 型智能分布式监测系统、DG-97 型分布式监测系统，采集模块主要有 NDA1303、NDA1514、NDA3300、MCU30、MCU30A。

2.2.3 系统总体结构 系统总体结构由 GDSKS 分布式数据采集系统实现，系统由 CCU 中央控制装置与 MCU（或 DAU）测控装置构成数据采集网络，网络的中央节点为 CCU 中央控制装置，其主要功能是对数据采集网络进行管理（图 1）。数据采集网络的拓扑结构采用分层分布式结构，通讯总线采用树型网络连接，分别实现 RS422 全双工双向和 RS485 通讯，传输信号为数字量，具有较强的抗干扰性。

数据采集子系统由两个子系统组成，两套子系统均有各自的采集软件，系统电源与通讯电缆均分为两路，互不干扰。在中央控制室有由 CCU 中央控制装置、数据服务器、图形工作站及投影仪、打印机等外围设备构成的信息管理局域网，CCU 及图形工作站上均安装有 GDSKS 分布式大坝安全监测自动化数据采集与监控管理系统，对 DG 及 DAMS-IV 两个系统的测控装置进行通讯管理，实现数据采集及处理功能。稳压电源及 UPS 向各测控装置

提供 220VAC50HZ 的主电源和备用电源，确保在特殊情况下的运行管理。

2.3 系统软件

该水利枢纽大坝安全监测系统主要 GDSKS 分布式大坝安全监测自动化数据采集与 DG 型数据采集子系统和 DSIMS 数据采集与信息管理系统组成，运行环境为 Windows NT Server/Workstation 4.0，数据库采用 ACCESS97。

2.3.1 数据采集 根据系统的设备不同，采集软件采用 DG 型数据采集软件和 DSIMS 数据采集软件。DAMS-IV 采集系统主要控制电容式仪器，使用 NDA 1303、1514 测控装置进行数据采集。社岗防护堤距离较远使用无线电台进行数据通讯，其余使用双绞线进行数据通讯，系统通过 RS-485 通讯总线把各测控装置挂接，经 3100 通讯模块接入 CCU 中央控制装置的 COM1 口。DG-97 型采集系统主要控制非电容式仪器，使用 MCU30/MCU30A 测控装置进行数据采集，双绞线进行数据通讯，土坝由于距离较远，加装总线中继器。系统通过 RS-422 通讯总线把各测控装置挂接，再接入 CCU 中央控制装置的 485 通讯卡端口。

数据采集与控制共有三种方式：巡回测量、选择测量和自报测量。

(1) 巡回测量：对整个自动化监测系统的各种类型仪器进行逐个测量，测量完毕后将所有监测数据存入数据库中；

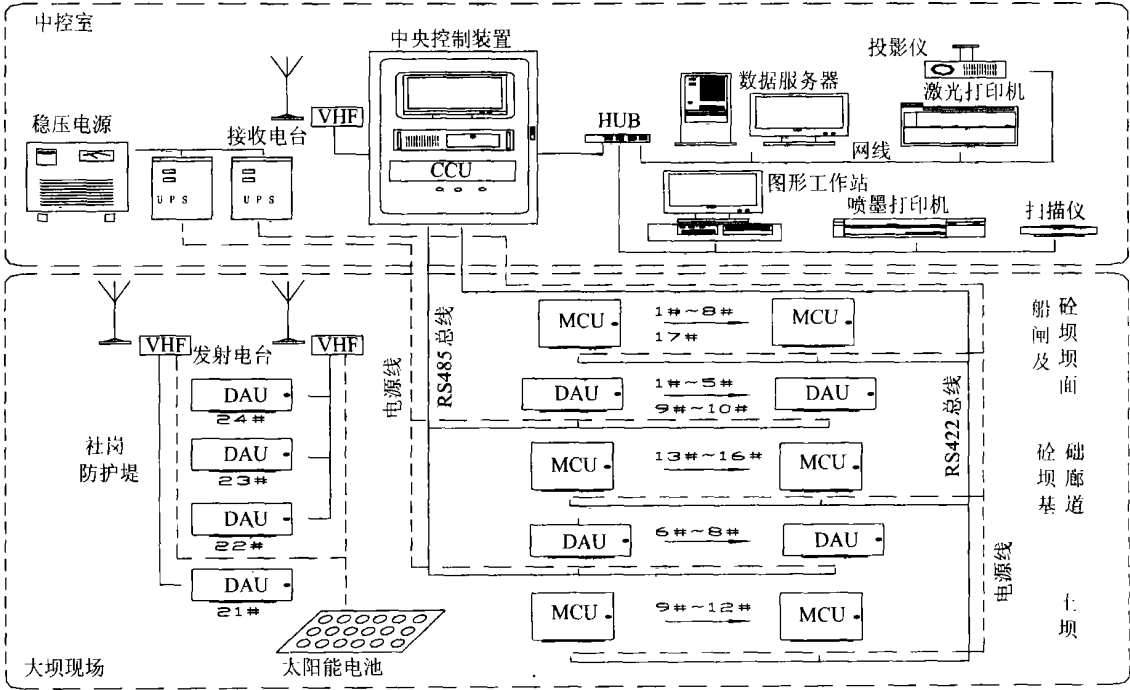


图 1 系统结构图

Fig 1 The structural figure of the system

(2) 选择测量: 根据监测的要求, 针对某一测点或测点群进行测量, 测量完成后显示测值, 并由用户决定是否入库;

(3) 自报测量: 整个监测系统在事先设定好测量时间与测量周期的情况下, 测量控制装置自动按要求进行巡回测量、存储监测数据并将数据传送到工控机。在工控机故障、总线通讯故障或系统完全断电的情况下, 各台测控装置自动按设定时间间隔进行巡测, 自动存储数据, 各台测控装置内能保存 64K 容量的监测数据, 待系统恢复正常后, 采集系统可将测控装置内存储的数据入数据库。此方式实为无人值班方式。

同时根据维护的需要, 该监测系统还可以用便携式手提电脑在需要维修的测点所在的测控装置进行现场数据采集。

数据采集与控制具有中央控制装置与各台测控装置、中央控制装置与数据管理主机双向数据通讯功能, 具有系统内的所有监测数据能实现分级报警, 还可对存储数据进行初步简单处理, 供运行人员浏览、检查、剔除、绘图、打印等数据管理功能, 具有每次数据采集均首先进行系统自检, 当系统中硬件设备或通讯线路发生故障时在中央控制装置或信息管理主机上显示故障信息的系统自检功能。

2.4 数据的通讯

数据通讯功能有二种形式:

(1) 系统内通讯功能: 中央控制装置与各台测控装置、中央控制装置与数据管理主机均具有双向通讯功能。

(2) 系统外数据通讯功能: 本系统具有远程通信接口, 可与各级管理部门的信息系统之间实现远程通讯, 可实现远程对大坝安全状况进行监控。

2.5 信息管理软件

信息管理软件采用南自院“DSMIS 大坝安全监控管理系统”, 主要包括以下 6 个子系统: 数据库管理系统: 可以将原始数据换算到最终结果, 同时对计算公式进行编辑; 还可对计算后的测值进行查询、编辑、修改、手工输入、重新换算等维护操作。

图形绘制子系统: 可绘制所有仪器过程线与分布图, 并对图形版式进行编辑调整, 以适应对图形曲线的格式不同要求。

报表子系统: 可自动生成日、月、季度、年报表, 报表格式可由用户从样板库中自己选择, 报表格式多样、灵活。

系统管理子系统: 主要用于增加新用户、修改

用户登录密码、修改系统配置、增加仪器及布置图, 并对各测点参数进行修改、维护。

离线分析子系统: 可建立主要监测物理量的统计模型、确定性模型及混合模型。

系统教学演示子系统: 具有动画特点的演示系统, 可进行形象化的学习和培训。

DSIMS 信息管理软件采用 VC++、VB 语言进行设计, 采用与 WINDOWS 操作系统风格相似的图形界面, 使用简单, 功能全面。

3 系统特点

水利枢纽大坝安全自动化监测系统 1999 年投入运行, 经过运行期间的优化和改进, 系统进一步完善, 达到自动快速完成系统所有测点巡测, 并自动换算成最终值、自动绘制图表的自动化监测功能。系统还具备任何时候召测任何项目任何测点, 并自动换算成最终值绘制出变化趋势图表供防洪决策。

3.1 先进性

GDSKS 分布式系统在设计上采用了国际国内的先进技术, 与目前国际上常用的几种先进系统如美国的 Geomation 2380 系统和意大利的 GPDAS 系统技术是相当的, 系统功能、技术性能和总体结构都很接近, 代表了大坝安全监测技术的发展方向。系统融合了计算机技术、网络技术、通讯技术, 集成了国内较先进的观测技术和观测设备, 在大坝安全监测系统功能、结构和设备、技术选择方面有较好的代表性。该系统自动化性能高, 达到无人值班的功能, 只要 24 小时打开大坝安全监测采集系统, 系统会在设定的时间里自动的进行测量, 并自报、保存、自动计算所有的测量数值。实现办公系统的完全自动化。

3.2 可靠性

(1) 分布式系统具有总体结构上的优越性, 因测量、控制和数据储存等重要功能均分散到每台测控装置上, 当单台或少数测控装置发生故障时, 只有与这几台装置连接的监测仪器不能测量, 整个系统并不会停测。

(2) 分布式系统具有功能上的优越性, 系统不仅有中央控制, 既由前方的中央控制装置发出数据采集命令进行系统的巡测或选测, 而且有自动控制功能, 即由数据采集网络各节点上的测控装置自动进行巡测且存储或发送数据, 可保证在特殊情况下(如特大洪水、电源中断、总线破坏等)系统的各台测控装置仍能在一周内自动巡测和存储数据, 避免数据丢失, 确保自动化监测数据的采集。

3.3 兼容性

系统MCU 30 通用型测控装置可接入步进式、差阻式、振弦式、电感式、电磁式、差动变压器式、压阻式、浮子式以及输出标准信号（电压、电流、频率）的传感器，基本兼容了目前我国混凝土坝和土石坝所用的各类国内外监测仪器。

3.4 可扩展性

系统的 RS 485 数据总线通讯方式将各测控装置连成总线拓扑，便于扩展和分期实施，在系统扩展时不需要对已有系统进行改动或停测，只要延伸数据总线，增加测控装置即可将系统扩充。

3.5 快速、实用性

系统具备召测所有测点，并快速自动换算成最终值绘制出变化趋势图表的功能，实用性非常强。特别是以防洪为主的大型水利枢纽调节洪水时，必须随时掌握大坝的运行状态，防洪高水位时需要超限蓄水时尤其重要。

3.6 分布性

系统的分布性使各台测控装置能够独立地工作，单支仪器或单台测控装置发生故障而不会影响到其它的仪器设备，更不会造成系统瘫痪。

3.7 易操作性

系统运行于 Windows NT 下，软件界面同 Windows98 类似，利用系统的帮助软件，用户容易掌握操作。

3.8 易维修性

系统具有自检自校功能，详细显示故障信息，系统维修人员能准确判断仪器故障及部位，以最快的时间恢复系统的正常运行。另外系统采用模块化设计，故障时只须更换故障点测量模块备用件，故障设备通过更换已坏电子元件即可修复。

4 发展方向

(1) 该水利枢纽大坝安全监测系统虽具有先进、实用、快速、齐全、高度自动化等特点，达到了工程运用所需的监测目的，但如何加强重点观测项目的可靠性，特别是防雷可靠性，优化测控装置功能，优化数据库结构和界面，提高图表的实用性和易操作性等方面应进一步研究和完善。

(2) 建立大坝数学模型，提高辅助分析与决策能力。针对该水利枢纽防洪为主的功能，利用实测的大坝安全监测数据为防洪调度提供决策，提高系统辅助分析与决策能力尤为必要。必须研究建立大坝特别是超限洪水时的应力应变数学模型，构建应力应变数学模型与实测大坝安全监测数据联合分析的计算机专家辅助决策系统，实时动态模拟大坝运行状态，预测未来变化。

参考文献:

[1] 成商, 邓亚美, 姚良安. 模拟与数字电路. 成都: 四川科学技术出版社, 1984.

The Automation Surveillant System of Security For Some Dam of the Large-scale Key Water Control Project

YANG Wei bin¹, LI Guang biao², WU Hua dong³

- (1. Guangzhou Fangyuan Co. Ltd., Guangzhou 510405, China;
- 2. Guangdong Feilai Xia Key Water Control Project, Guangdong 511825, China;
- 3. Department of Mechanics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The structure and functions of the automation surveillant system for the security of some dam of the key water control project are presented, the characteristic social benefit and the advantages and the capacious usable foreground of this system are shown.

Key words: key water control project; automation surveillant system; security of the dam