

# 数字水电大坝安全管理研究及展望

徐金英<sup>1</sup>, 胡明庭<sup>2</sup>

(1. 华电电力科学研究院有限公司, 杭州, 310030;

2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州, 311122)

**摘要:** 本文基于数字水电厂建设框架, 详细介绍了水电数字大坝安全管理所取得的研究及应用成果, 主要包括: 数据存储编码体系建立、服务于电厂侧的 idam 软件、服务于管理侧的 B/S 监控系统以及构建了大坝集群统一管理机制, 并对未来数字水电大坝安全管理研究方向进行了展望。

**关键词:** 数字水电厂; 大坝安全管理; 数据存储编码; idam 软件; 监控系统

中图分类号:

文献标识码: A

## Study and Prospect of Digital Hydropower Dam Safety Management

XU Jin-ying<sup>1</sup>, HU Ming-ting<sup>2</sup>

(1. Hua Dian Electric Power Reserch Institute Corporation Limited, Hangzhou 310030;

2. Power China Hua Dong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122)

**Abstract:** Based on the construction of the digital hydropower station, the achievements of the dam safety management in the digital hydropower dam research are introduced, mainly including data storage rules, idam software, dam safety monitoring system and establish the unified dam safety management mechanism. The future direction of the dam safety research in the digital hydroelectric dam, are briefly envisaged.

**Keywords:** digital hydropower station; dam safety management; data storage rules; idam software; dam safety monitoring system

## 1 研究背景

本世纪初期, 我国经济实力的迅速增长, 对能源尤其是清洁能源需求的大大增加, 一大批高坝大库陆续在西南、新疆和西藏修建<sup>[1,2,3]</sup>。近年来用电需求的持续走低, 电力供应过剩严重<sup>[4]</sup>, 送出配合问题日益突出, 西南地区的弃水弃电现象频繁发生, 水电建设速度放缓, “十三五”常规水电规划数量是“十二五”规划的一半, 如此严峻的行业形势给发电企业带来了日趋加大的经营压力, 如何经营好现有水电资产, 保障水电站大坝安全运行是发电企业当前面临的重大生存问题。早在 2015 年初, 国家发改委发布的《水电站大坝运行安全监督管理规定》, 对电力企业大坝安全信息化工作做出了明确规定。因此, 做好水电站大坝安全管理研究是当前和今后一个时期水利水电改革发展的总基调和风向标。

随着智能制造、云计算、大数据、“互联网+”等颠覆性技术的发展, 以及国务院“互联网+”系列文件的出台, 开展智慧能源建设正逐渐成为电力生产企业发展的新趋势和方向<sup>[5,6,7]</sup>。数字水电大坝安全管理是构建数字水电厂的一个应用功能, 是推动智能水电厂建设的重要基础。本文以中国华电集团有限公司(以下简称“华电集团”)构建集团统一的数字水

电大坝安全管理系统为例，就如何开展数字水电大坝安全管理给出研究经验与成果，并对今后开展数字水电大坝安全管理新应用、新功能进行展望。

## 2 数字水电大坝安全管理的主要研究成果

### 2.1 华电集团研究背景

华电集团所属水电站大坝 113 座，其中 50 米以上的高坝有 46 座，100 米以上的高坝有 25 座。大坝数量众多、坝高不等、坝型丰富、管理水平参差不齐给集团水电站大坝安全管理工作带来了严重不便，为此，华电集团就建立了集团大坝安全管理系统，开启了集团所有大坝统一管理的探索。

2016 年，华电集团提出了智能水力发电建设及发展规划，并制定了一系列标准和规范，其中《智能水力发电大坝安全分析系统技术规范》明确了智能水力发电大坝安全分析系统的基本原则、功能要求和主要技术指标，用于指导和规范未来智能水电厂大坝安全管理系统建设。

2018 年初，华电集团提出了实现“数字华电”的新思路，推动数字水电大坝试点工作，为下一步建设华电集团智能化水力发电提供技术指导和实践经验。

### 2.2 数据存储规则研究

数据存储规则研究作为相关信息化工作的基础工作，数字水电大坝安全管理系统的研究是基于统一平台之上的，即所有大坝安全管理数据均在同一数据库内，现有应用系统采用传统建设模式，各系统单独采集所需数据，独立配置硬件设备、数据库等，系统间信息交互、共享能力较差，影响数据的一致性和正确性，导致信息资源拆分零散和大量冗余。为此，编制数据编码规范，是开展本项工作的首要任务。结合集团公司的基本要求和本行业基本现状，确定在德国 VGB 技术委员会 KKS 编码的基础上进行制定华电集团的数据编码规范。

考虑数字化大坝安全监测数据的实际情况，并结合工作经验，对于大坝内观的仪器，只编到某一部位的一类仪器（如无应力计、三向应变计、应力计、钢筋计、温度计），具体到各个测点以相应的顺序编号予以区分；对于外观的仪器，要求编到各个测点。在设备组 A1 位中，定义水电站大坝安全监测的仪器和设备，A2 位中定义不同的仪器设备，A3 位依据不同的测量方法和要求，视情况而定（如：水平位移监测中，A3 位（D-倒垂，Z-正垂，C-测点））。

### 2.3 大坝安全管理系统应用

2016年初，华电集团着手建设服务于构建集团三级（集团级、区域级、电厂级）管理体系的大坝安全管理系统，系统采用C/S（Client/Service）和B/S（Browser/Service）相结合的架构，C/S软件主要为大坝运维管理人员使用，服务于大坝现场日常工作的技术手段；B/S系统主要为大坝主管单位人员使用，服务于大坝管理工作的考核管理手段。系统在水力发电领域首次实现两个管理全覆盖，一是区域全覆盖，即大坝安全管理系统汇集集团七大区域所辖大坝集群；二是等别全覆盖，即大坝安全管理系统汇集集团所有等别的水电站大坝。

系统功能根据其特点主要分为基础功能、一般应用功能及高级应用功能三个层面。其中基础功能主要体现在系统运行维护管理、安全防护、数据库管理、系统升级、数据的一般查询及展示等系统基础、通用功能；一般应用功能包括监测测点定义和配置、信息录入、数据计算审核、数据专业展示等实现大坝运行及管理简单的应用功能；高级应用功能包括安全监控、资料整编、及考核评价等技术要求高、难度大的高级功能。

### 2.3.1 软件实施情况

电厂侧C/S软件采用华东院自主研发的idam，主要提供数据查询、数据录入、数据检查、资料整编、系统设置等功能。其中，数据查询提供大坝监测自动化和人工监测数据；数据录入提供三种录入方式，自动化数据采用自动化数据库接口形式，人工数据录入提供软件手工输入界面和电子表格导入两种方式；数据检查包括设备检查、MCU采集异常处理、测值人工审核及检查记录单等；资料整编包括监测图形模板、整编成果汇集等；系统设置包括测点管理、大坝监测布置图管理、测点计算公式编辑等。

### 2.3.2 系统实施情况

大坝安全管理系统包括大坝概况、安全监测、巡视检查、监督管理、统计评价、注册定检、标准管理及技术交流等模块。其中，安全监测模块分为集团、区域及电站三级展示，各级界面对大坝安全监测数据的完整率、消缺率及超标预警、报警率进行统计展示；注册定检模块分别对大坝注册及定检管理工作进行统计和信息展示等。

## 2.4 管理机制探索

华电集团数字水电大坝安全管理工作采用三级管理体系，即电厂级、区域级和集团级，集团级的管理工作主要委托集团水电技术中心完成。根据国家及行业现行法律法规，首次制定集团《大坝安全管理系统管理办法》，明确集团公司、二级单位以及各基层水力发电企业的管理职责，并提出了相应的管理要求及评价考核办法，全文共计十五条，这是华电集团首次以管理办法的形式制定的集团大坝安全管理模式和机制，充分体现了集团对保障所辖水电

站大坝安全运行的管理手段和管理决心。

### 3 研究展望

基于数字水电厂的建设规划而开发的B/S大坝安全监控管理系统和C/S软件已在华电集团得到应用，系统和软件运行稳定，功能全面，涵盖大坝安全监测、巡视检查、技术监督、定检注册、统计评价等内容。系统和软件的同期使用，起到了对全集团大坝专业技术和管理的双向提升，为实现集团数字水电大坝安全管理提供了良好的技术支撑和管理手段。针对大坝安全管理研究的专业特点，利用物联网、人工智能等技术手段，结合华电集团各水电站大坝的现场实际和集团管理思路，下一步的主要研究内容为：

（一） 结合三维可视化技术，进行大坝安全监测在线诊断并给出动态预警、报警研究。通过创建各测点监测测值的数理统计模型，统计动态监测数据的变化规律（如变化速度、加速趋势）及相互关系。识别监测数据的安全状态（正常、异常、错误等），结合现场的实测资料和大坝历史工作状态，引入相关数学模型进行分析和评判，实现大坝真实工作状态的三维在线展示及动态预警、预报。

（二） 应用结构有限元仿真计算和参数反馈修正技术，在对实时监测数据进行动态分析评价的基础上，进一步利用反演修正技术，实现对大坝及基岩关键物性参数、模型的动态反演和修正，实现对大坝真实工作状态的动态仿真模拟。通过循环迭代，逐步提升仿真准确性，实时、准确掌握大坝真实工作状态。实现从传统的、基于点、线局部实测数据的安全分析、预警向基于全坝、全过程动态仿真的大坝工作状态分析、预警的跨越。

（三） 大坝安全监测及传输新技术新方法研究。如将现代成熟的传感器、机电控制、精密测量、软件、数理统计平差与互联网+、物联网技术智慧地融为一体，可实现全自动、全天候、无人值守的安全、可靠的大坝外部变形远程智能监控技术研究；综合多波束探测技术、水下无人潜航器探测技术、三维激光扫描技术、浅地层剖面仪技术以及侧扫声呐探测技术等新型水下检测技术研究等。

### 4 结论

本文详细介绍了华电集团提出的统一监管大坝集群安全运行的管理模式，并构建了基于集团统一管理下的大坝安全管理系统，给出了初步的研究经验和结论。在新的数字电厂建设框架下，给出了数字水电大坝安全管理系统下一步研究展望，但是如何开发出更加完备的、应用功能更广的用于统一管理大坝群的数字水电大坝安全管理系统，仍需要进一步的研究和

探索。

### 参考文献:

- [1] 马洪琪. 我国坝工技术的发展与创新[J], 水力发电学报, 2014, 33 (6): 1-10.
- [2] 张国新, 刘有志, 刘毅. “数字大坝”朝“智能大坝”的转变-高坝温控防裂研究进展[C], 中国大坝协会2012学术年会论文集, 2012: :74-84.
- [3] 张进平, 黎利平, 卢正超. 大坝安全监测研究的回顾与进展[J], 中国水利水电科学研究院学报, 2008, 6 (4): 317-322.
- [4] 李斯吾, 廖宇, 丁珩等. 云南电力市场改革探索与启示[J], 水力发电学报, 2016, 40 (4): 66-70.
- [5] 徐金英, 胡明庭. 从“智能大坝”到“智能化水力发电”[J], 南水北调与水利科技, 2017, 15 (2): 254-256.
- [6] 郑文, 薛晔. 智能化水电站建设的探索[J], 电力科技, 2014 (11): 139.
- [7] 黄其励. 对智能化水电厂的认识与实践[J], 能源技术经济, 2011, 23 (6): 1-8.

收稿日期: 2019-05-14

作者简介: 徐金英(1989-), 女, 济南人, 工程师, 主要从事水利水电工程专业相关研究。

作者邮箱: [908464507@qq.com](mailto:908464507@qq.com)。

通讯信息: 杭州市西湖区西园一路10号, 310030, 18268116284 / 0571-85246589。