

# 数据驱动的特高拱坝安全分析与运维管控平台关键技术研发与应用

## 一、项目基本情况

本项成果在国家“十二五”科技支撑计划、云南省科技计划项目和华能集团总部科技项目的共同支持下，依托世界首座 300 米级特高拱坝——小湾特高拱坝，以全面提升特高拱坝运行工况安全诊断与安全管控能力为目标，系统开展了近 3 年的技术攻关和研发，创新了澜沧江流域梯级电站各类高坝安全运行管控模式，应用前景广阔，经济社会等综合效益显著，部分成果可为其它特高拱坝运行期工况评价及《混凝土大坝安全监测规范》等规范的修订提供理论依据和工程实例。

## 二、项目简介

本项技术是具备数字感知、信息互联、智能分析等主要特征的特高拱坝安全运行管控成套技术，为我国第一个在首座 300 米级特高拱坝研发并应用。主要创新成果如下：

1. 研发了国内首个适用于特高拱坝的移动终端水工巡检系统，提出了面向水工图像的数字特征提取与模式识别技术，解决了以往水工巡检作业中的巡检数据难以结构化和成果信息追溯对比困难的问题，全面提升了特高拱坝水工巡检的自动化和信息化程度。

2. 针对小湾电站年际大水位变幅运行方式和投运初期时变效应对大坝性态的影响，提出了基于滑动可变窗口的安全监测数据拟合方法；提出了综合统计模型、历史极值、变化速率、结构计算、工程类比、规范标准等评判准则的单测点监控指标集合拟定方法，满足了高频海量监测数据实时分析和异常甄别的需求，为特殊工况下的特高拱坝快速健康诊断提供了基础。

3. 针对特高拱坝的荷载结构特性和安全监测体系布置情况，首次提出了特高拱坝安全综合评价分层分级结构体系。建立了拱坝综合评价结构体系的各层权重赋值模式，构建了基于实测数据的特高拱坝安全综合评价模型，为各类工况下的拱坝健康诊断与分级措施响应提供决策支持。

4. 提出软件定义大坝的技术体系，研发了基于主动服务机制的监测数据采集，多源数据汇集与质量管理，测点监控指标，安全综合评价的大坝安全运维管控一体化集成技术与机制。结合基于建筑信息模型（BIM）技术，建立了多层次交互式的大坝数字模型，研发了数据驱动的特高拱坝安全分析与运维管控平台，实现了特高拱坝运行期安全运维管理业务的一体化集成管理与决策辅助支持。

### 三、主要完成单位

华能小湾水电厂、华能澜沧江水电股份有限公司科技研发中心、河海大学、中国电建集

团昆明勘测设计研究院有限公司

### 四、主要完成人员及对项目的贡献

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度(学位)	工作单位	对成果创造性贡献
1	鲁俊兵	男	1969.02	高工	工程硕士	华能澜沧江水电股份有限公司	提出研究方向和主要思路,对课题主要技术创新点进行了策划,负责研究过程中重大技术问题的决策及研究成果在小湾水电站工程的转化和应用。
2	易魁	男	1967.01	高工	学士	华能澜沧江水电股份有限公司	为课题负责人,负责课题的主要研究工作的具体实施,是课题策划、研究、目标制定、课题内外接口及科研工作管理人,负责课题成果及主要技术创新点的提出、参与关键技术问题决策和应用。
3	邱小弟	男	1973.10	高工	学士	华能小湾水电厂	主要技术负责人之一,对课题的立项和实施全过程进行管理和技术指导,对大坝安全诊断与运行管理提出指导意见,提出了基于 BIM 的特高拱坝及其安全监测系统建模思路,参与课题关键技术问题的研发和课题成果在水电站的转化和应用,负责平台系统在现场的测试应用与完善改进,指导和提出了与系统应用对应的业务流程。
4	赵志勇	男	1975.05	教高	学士	中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司	为课题下设专题负责人,对专题的实施全过程进行管理和技术指导,提出了特高拱坝安全综合评价多层结构体系,单测点监控指标集合拟定方法,参与课题关键技术问题的研发和成果在水电站的转化和应用。
5	毛莺池	男	1976.09	教授	博士	河海大学	为课题下设专题负责人,对专题的实施全过程进行管理和技术指导,负责适用于特高拱坝的智能水工巡检系统、数据驱动的特高拱坝安全分析与运维管控平台的研发,提出了面向水工图像技术的数字特征提取与模式识别技术、基于滑动可变窗口动态的安全监测数据拟合方法、及基于深度学习的特高拱坝安全综合评价模型,参与课题关键技术问题的研发和成果在水电站的转化和应用。
6	陈豪	男	1982.10	高工	硕士	华能澜沧江水电股份有限公司科技研发中心	参与科研项目的立项和具体实施,参与提出研究主要思路和技术路线,参与了主要技术创新点的提出及转化、平台系统在现场的测试应用与完善改进。

7	卢吉	男	1981.01	高工	博士	华能澜沧江水电股份有限公司科技研发中心	为主要技术负责人之一。对课题的立项和实施全过程进行管理和技术指导，对大坝安全诊断与运行管理提出指导意见，参与课题关键技术问题的决策、研发和课题成果在水电站的转化和应用。
8	张鹏	男	1984.09	工程师	学士	华能澜沧江水电股份有限公司科技研发中心	对课题实施全过程进行管理和技术指导，参与课题关键技术问题的研发和课题成果在水电站的转化和应用，负责平台系统在现场的测试应用与完善改进，指导和提出了与系统应用对应的业务流程。
9	廖贵能	男	1988.02	工程师	学士	华能小湾水电厂	对课题实施全过程进行管理和技术指导，参与课题关键技术问题的研发和课题成果在水电站的转化和应用，负责平台系统在现场的测试应用与完善改进，指导和提出了与系统应用对应的业务流程。

## 五、获得知识产权情况

### 1、已获发明专利

(1)一种缩减数据占用空间的云存储方法[P]. 专利号:ZL201310092773.2,授权时间:2016-06-08。

(2)一种基于 HDFS 的小文件优化存储方法[P].专利号:ZL201310561745.0,授权时间:2016-6-22。.

(3) 不确定数据 PT-TopK 查询近似处理系统和方法[P]. 专利号: ZL201310561183.X, 授权时间: 2017-02-22。

(4) 面向实时性需求变化的云计算任务调度方法[P].专利号: ZL201310518678.4, 授权时间: 2017-03-22。

(5) 一种支持多终端平台的水电站水工巡检数据同步和数据管理方法[P]. 专利号: ZL201410736030.9, 授权时间: 2017-03-29。

(6) 安全水平位移与水位的滑动可变窗口动态数据拟合方法 [P]. 专利号: ZL201410735262.2, 授权时间: 2017-06-16。

(7)一种基于动态镜像的实时数据仓库数据预存取方法[P]. 专利号: ZL201410447256.6, 授权时间: 2017-06-20。

(8) 一种基于深度学习的大坝安全综合评判方法[P]. 专利号: ZL201710598587.4, 授权时间: 2018-08-21。

### 2、已获实用新型专利

(1)一种基于三维与数据库的大坝安全监测无缝集成系统,专利号:ZL 201620494918.0,授权时间 2016-11-02。

(2)一种基于标准图集管理的BIM模型快速加载交互系统,专利号:ZL 201621008785.8,授权时间 2017-05-03 日。

### 3、已获软件著作权

(1)水工巡检移动终端应用软件 v1.0, 登记号: 2014SR214961, 登记时间: 2014-12-2。

(2) 水工巡检系统 v1.0, 登记号: 2015SR008144, 登记时间: 2015-01-14。

(3) 澜沧江流域系统数据汇集平台 v1.0, 登记号: 2016SR1100271, 登记时间: 2016-05-18。

(4) 基于实测资料的水工安全阈值分析系统 v2.0, 登记号: 2016SR378893, 登记时间 2016-12-19。

(5) 高拱坝安全监测可视化管理系统 V1.0, 登记号: 2016SR162461, 登记时间: 2016-06-30。

(6) 澜沧江流域水电开发安全与高效利用集成系统 V1.0, 登记号: 2017SR171264, 登记时间: 2017-05-10。

(7) 安全监测现场管理移动端应用软件 v1.0, 登记号: 2018SR616490, 登记时间: 2018-08-03。

(8)高拱坝安全监测数据管理软件 V1.0, 登记号: 2018SR944873, 登记时间: 2018-11-26。

(9)高拱坝安全监测图形展示软件 V1.0, 登记号: 2018SR940316, 登记时间: 2018-11-23。

## 六、项目曾获科技奖励情况

“一种支持多终端平台的水电站水工巡检系统研发”获得 2017 年度华能集团科学技术进步奖三等奖。