

2023 年度自治区科学技术奖提名公示内容

一、项目名称

水电站大坝集群化智能监控关键技术、装备研发及应用

二、提各单位（专家）意见

本项目围绕聚焦水电站大坝外观变形高精度监测设备国外长期垄断、坝体隐患缺陷难以发现、风险动态可信预警等难题，在国家重点研发计划、重大工程项目单位委托和华电重大科技项目的支持下，依托疆内外125座水电站大坝安全监测诊断、数值仿真、在线监控、风险评估及数字大坝建设项目，开展了大坝外观变形高效感知、运行状态在线诊断和安全风险动态评估预警技术研究。研发了水电站外观变形高精度设备及监测技术，实现了大坝变形高精度监测核心设备国产化替代，全面提升了水电站大坝外观变形自动监测能力和技术水平；提出了大坝裂缝、边坡变形、渗流等隐患缺陷智能识别方法，建立了“阈值判别、趋势分析、理论反演、仿真模拟”多重安全研判模型的数字仿真平台；开发了人工智能与高性能数值仿真互联的大坝性态快速仿真和大坝安全快速诊断系统；构建了大坝安全监控预警方法和响应机制，揭示了不同坝型安全运行风险与大坝监测参数变化的耦联模型；研发了集多源信息感知、结构缺陷辨识、性态实时监控、数值仿真分析、风险动态评估、预警响应调控于一体的水电站大坝群运行安全管控平台，为大坝群长期安全稳定运行提供重要的技

术保障。

项目研究成果被评价为整体达到国际领先水平，成果已在肯斯瓦特、阿尔塔什、沙尔布拉克、达克曲克、石门、构皮滩、DG、古田溪等 120 余座水电站大坝中应用，社会、经济和生态环保效益显著，推广应用前景广阔，对金中、金上和雅江等流域后续大型水电工程的建设、运行亦起到很好的引领和示范作用。

项目研究成果被评价为整体达到国际领先水平，现已完成了预期研究内容，达到了相应的目标和主要技术经济指标，获得国家发明专利 10 项，实用新型专利 25 项，获国家计算机著作权 15 项。获新疆地方标准 1 项；出版专著 2 部；发表论文 56 篇（其中 SCI、EI 收录 23 篇）；培养博士研究生 3 名、硕士研究生 34 名。

1、本项目科技创新程度高，达到的技术经济指标先进，对促进水利水电工程科技进步的作用大，已在多项国家和自治区重点工程中推广应用，故提名并建议申报自治区科技进步奖二等奖。

2、提名材料内容真实，对完成单位和完成人的排名顺序无争议。

3、项目组遵守《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规，无侵犯他人知识产权的情形。

4、我校将认真履行作为提名单位的义务并承担相应的责任。

三、项目简介

当前我国水库大坝数量世界最多，大坝建设水平世界领先，但运行安全保障技术相对滞后，特别是面对极端天气与地质灾害、库水位骤升骤降、超标洪水与地震等极端环境下的大坝集群安全风险监控及预警能力较弱。疆内外在运行的水电站大坝点多面广、赋存环境复杂、大坝外观变形等自动化监测水平低，且现场人员少、专业技能弱等共性问题突出，坝群安全集控监管难度大。因此，如何实现大坝外观变形高效感知、运行状态在线诊断、安全风险动态评估预警等，是水库大坝管理单位乃至业界大坝集群化安全管控亟需解决的关键科技难题。

本项目围绕水电站大坝集群化运行管控重大需求，聚焦大坝外观变形高精感知、安全性态在线诊断、安全风险动态预警等关键难题，在国家重点研发计划和华电重大科技项目等支持下，以疆内外 125 座水电站大坝集群化安全监控为示范，联合科研院所、高校、设计院、设备厂家等单位，历经近七年技术攻关、装备研发、示范应用与推广，形成了集感知-评估-预警为一体的水电站坝群安全监控成套技术，主要创新性成果如下：

创新成果一：研发了水电站工程建（构）筑物外观变形高精度设备及监测技术。研发了 0.5 秒级国产测量机器人，改进了测角系统、轴系组结构、精密密珠轴系等设计与生产工艺，实现了大坝变形高精度监测核心设备国产化替代；研制了无公网环境全

天候自解算北斗毫米级变形监测设备；研发了适用于水电工程的高频采集多标靶同步观测的亚毫米级视觉变形监测设备，全面提升了水电站大坝外观变形自动监测能力和技术水平。

创新成果二：创建了基于大数据多模型动态耦联分析的大坝在线监控诊断技术。提出了大坝裂缝、边坡变形、渗流等隐患缺陷智能识别方法，构建了影响大坝群运行安全的变形、渗流、应力、稳定等多维度在线监控指标库，建立了“阈值判别、趋势分析、理论反演、仿真模拟”多重安全研判模型的数字仿真平台，开发了人工智能与高性能数值仿真互联的大坝性态快速仿真和大坝安全快速诊断系统，可实现大坝隐患缺陷等结构损伤的快速诊断和分析。

创新成果三：开发了水电站大坝群全生命周期安全风险动态评估与预警技术。构建了大坝安全监控预警方法和响应机制，揭示了不同坝型安全运行风险与大坝监测参数变化的耦联模型；研发了集多源信息感知、结构缺陷辨识、性态实时监控、风险动态评估、预警响应调控于一体的水电站大坝群运行安全管控平台。为大坝安全运行、预测预报、除险加固及检验和丰富设计理论提供科学依据。

四、推广应用情况

本项目研究成果成功应用于肯斯瓦特、阿尔塔什、沙尔布拉

克、达克曲克、石门、构皮滩、DG、古田溪等疆内外 120 余座水电站大坝，取得了显著的社会、经济和环境效益，证明了所获成果的科学性与先进性。

五、主要知识产权证明目录

1. 郭倩倩, 刘诗云, 潘伟锋. GNSS 软件在地质灾害监测中的精度分析及思考. 测绘与空间地理信息, 2023, 46(03):194-197.
2. Xu B., Li Z., Zhao J. Unit Root Analysis Method of Actual Crack Behavior of the Concrete Dam Based on Residuals of the Monitoring Model. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 2020:1-11.
3. 汪大全. 无人值守无人机在大坝边坡智能巡视检查中的应用. 电子技术与软件工程, 2022, 225(07):131-134
4. Haibo-Jiang. Study of stress and deformation of composite geo-membrance high earth-rock dam. *Advanced Materials Research*, 2013, (651):237-241
5. 姜海波, 张玉洁, 刘雨昕, 惠强. 高应力-渗流耦合作用下不同节理产状对岩体渗流及其塑性区的影响. 隧道建设, 2022, 42(sup.2):80-91
6. 王正成, 毛海涛, 姜海波*. 基于流固耦合的坝基中弱透水层对渗流的影响分析[J]. 水动力学研究与进展, 2017, 32(3):316-324.
7. 姜海波. 复合土工膜心墙与斜墙高土石坝应力应变研究[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(1):53-57.
8. 姜海波. 高土石坝粘土心墙和复合土工膜防渗体性能研究[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(4):90-93.
9. 徐金英, 胡明庭. 大坝安全管理信息系统在大坝高边坡日常监管中的应用. 中国水运, 2020, No.669(10):158-160
10. 徐金英, 胡明庭. 混凝土重力坝变形预测模型优化研究. 人民黄河, 2021, 43(S1):173-175+178
11. 徐金英, 胡明庭. 混凝土重力坝坝基扬压力预测模型研究. 人民黄河, 2021, 43(S1):252-254
12. Liu Q., Wang Z., Li Z., Wang Y. Transversely isotropic frost heave modeling with heat-moisture-deformation coupling. *Acta Geotechnica*, 2020, 15: 1273-1287
13. Liu X., Li Z. Determining double-K fracture parameters of concrete only by the measured peak load. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 2016, 85:412-423
14. 汪大全, 潘利坦. 杂谷脑流域水电站群风险评估及管控措施研究, 人民黄河, 2021, 43(S2):158-159
15. Zhanchao L., Huaijun J., Yu Z., Jiaming L., Abdelhafiz A.E., Qiulin C., et al. Deflection statistical monitoring model identification of the concrete gravity dam based on uncertainty analysis, *Structural Control and Health Monitoring*, 2022, 29(10): e3026
16. Li Z. Global Sensitivity Analysis of the Static Performance of Concrete Gravity Dam from the Viewpoint of Structural Health Monitoring, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2021, 28(3): 1611-1646.
17. 汪大全. 国内外溃坝事件对大坝安全管理的启示. 水利技术监督, 2021, No.164(06):9-10+14+227

18. 徐金英, 潘利坦. 集团大坝安全管控平台助推智慧发电企业建设, 企业管理 2020(S2):128-129
19. 徐金英, 胡明庭. 数字水电大坝安全管理平台建设研究及展望. 水电与抽水蓄能, 2019, 5(05):43-45+62
20. 徐金英, 胡明庭, 潘利坦. 关于大坝集群统一安全管理的研究与应用. 水电与抽水蓄能, 2019, 5(05):43-45+62
21. 胡明庭, 徐金英. 基于集团统一管理的大坝安全监控研究与应用, 人民黄河, 2019, 41(S2):140-142
22. Xiongxiang Zhou, Jichun He, Shichun Chi, JinweiWang. Study on collapse settlement and cracks of core wall rockfill dams under wetting deformation, INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL AND ANALYTICAL METHODS IN GEOMECHANICS, 2022, 47(1):106-128.
23. Xiongxiang Zhou, Bo Wu, and Li Li. Study on Influence of Numerical Simulation Accuracy on High Core Wall Rockfill Dam Deformation and Crack Analysis. Buildings, 2022, 12(10):1494.
24. 张盘;潘伟锋;黄旭龙;易长春. 基于 BDS 的高边坡地质灾害监测系统建设研究与应用, 测绘与空间地理信息, 2020,43(10):138-141
25. ZL202010301707.1 (一种新型一体化超站仪)
26. ZL202010420556.1(一体式安卓超站仪)
27. ZL201910536920.8(一种 GNSS 接收机的电台的自检方法和存储装置)
28. ZL201611168683.7(一种 GNSS 基带信号的捕获方法及装置)
29. ZL201610525349.6(一种测量用连接组件)
30. ZL201510791003.6(一种快速自动测量方法)
31. ZL202010651358.6(变形监测 CORS 主机自动控制 SIM 卡使用流量的方法、设备及介质)
32. ZL201910536903.4(一种原始观测数据的传输方法、终端设备、存储介质)
33. ZL202010887646.1(一种变形监测装置、应用方法、设备及介质)
34. ZL202111407196.2(数字电厂集成系统和集成方法)
35. ZL201922288585.2(一种应用于水工建筑物外观监测机器人的防护装置)
36. ZL202020564653.3(一种应用于工程测量的观测墩防护罩装置)
37. ZL202023166720.5(一种应用于工程测量的组合式观测墩装置)
38. ZL202120776896.8(一种便携式超站仪)
39. ZL202121520831.3(一种伺服全站仪外接供电结构)
40. ZL202121888915.2(一种防水式全站仪显示屏结构)
41. ZL201821233260.3(一种多视角摄像采集装置)
42. ZL202122171647.9(一种对焦位置可微调的 ATR 摄像头)
43. ZL202020084752.1(一种应用于水工建筑物水平位移监测视准线法的测量装置)
44. ZL201821194944.7(一种应用于工程测量的水准尺与尺垫的连接装置)
45. ZL201921427706.0(一种应用于水工建筑物倒垂监测装置的油桶)
46. ZL202121484736.2(一种水电站大坝水位监测设备)
47. ZL201922288284.X(一种应用于水工建筑物渗流量观测的可变截面量水堰)
48. 2023SR0615571(用于计算土石坝和地基的变形倾度分析软件[简称:土石坝变形倾度分析软件]V1.0)
49. 2019SR1370957(南方卫星导航测绘数据外业采集软件 Android 版 V2.0)

- 50. 2020SR1570803(南方水库大坝安全监测预警软件 V1.0)
- 51. 2022SR1352468(南方中小型水库雨水情监测系统 V1.0)
- 52. 2023SR0169806(大坝附加质量分布计算软件 V1.0)
- 53. 2021SR1239526(混凝土重力坝挠度时空预测软件 V1.0)
- 54. 2021SR1048818(基于偏最小二乘和交叉验证的建模及分区软件 V1.0)
- 55. 2022SR1383725(华电数字大坝系统应用软件)
- 56. 2020SR0906315(华电电科院重力坝坝体-库水动力相互作用附加质量法二维有限元计算软件[简称:重力坝库水附加质量二维计算软件]v1.0)
- 57. 2022SR1352470(南方中小型水库一体化综合信息管理系统 V1.0)
- 58. 2020SR1114374(南方卫星导航高精度智能 GNSS 接收机系统软件 V1.0)
- 59. 2022SR1078921(北斗多模高精度监测网络系统 V1.0)
- 60. 2020SR1655131(基于 BP 神经网络的 Tchaban 敏感性分析软件 V1.0)
- 61. 2021SR1048819(基于不确定度和 k 最近邻法的模型识别软件 V1.0)
- 62. 2020SR1607518(南方卫星导航全站仪服务管理软件 V1.0)
- 63. ZL202130420518.1(测量机器人（NTS-591）)

六、主要完成人情况

排名	姓名	工作单位	职称
1	汪大全	华电电力科学研究院有限公司	工程师
2	姜海波	新疆农业大学水利与土木工程学院	教授
3	潘利坦	华电电力科学研究院有限公司	高级工程师
4	张维佳	华电新疆发电有限公司	高级工程师
5	郑程之	华电电力科学研究院有限公司	工程师
6	白光辉	华电电力科学研究院有限公司	高级工程师
7	潘伟锋	广州南方卫星导航仪器有限公司	高级工程师
8	周雄雄	西北农林科技大学	教授
9	李双喜	新疆农业大学水利与土木工程学院	教授

七、主要完成单位及创新推广贡献

排名	单位名称	创新推广贡献
1	新疆农业大学水利与土木工程学院	创建了基于大数据多模型动态耦联分析的大坝在线监控诊断技术。提出了大坝裂缝、边坡变形、渗流等隐患缺陷智能识别方法，构建了影响大坝群运行安全的变形、渗流、应力、稳定等多维度在线监控指标库，建立了“阈值判别、趋势分析、理论反演、仿真模拟”多重安全研判模型的数字仿真平台，开发了人工智能与高性能数值仿真互联的大坝性态快速仿真和大坝安全快速诊断系统。
2	华电电力科学研究院有限公司	开发了水电站大坝群全生命周期安全风险动态评估与预警技术。构建了大坝安全监控预警方法和响应机制，揭示了不同坝型安全运行风险与大坝监测参数变化的耦联模型；研发了集多源信息感知、结构缺陷辨识、性态实时监控、风险动态评估、预警响应调控于一体的水电站大坝群运行安全管控平台。
3	华电新疆发电有限公司	负责华电集团所辖浙江、西藏和新疆区域大坝安全监测预警、风险评估和诊断分析。研发了极端环境-结构缺陷-性态异变-破坏风险动态驱动的大坝运行安全风险协同递进式监控预警技术；构建了集缺陷修复、运行调度、应急响应于一体的水电站坝群典型结构破坏处置和风险管控知识库，建立了工程特性、破坏类型、风险等级驱动的大坝安全预警响应机制。
4	广州南方卫星导航仪器有限公司	研发了水电站工程建（构）筑物外观变形高精度设备及监测技术。研发了 0.5 秒级国产测量机器人，改进了测角系统、轴系组结构、精密密珠轴系等设计与生产工艺，实现了大坝变形高精度监测核心设备国产化替代；研制了无公网环境全天候自解算北斗毫米级变形监测设备。
5	西北农林科技大学	搭建了集大规模数值仿真过程的高效建模、优化存储、快速求解等于一体的大坝精细化数值仿真平台，解析了包含力学响应、坝体裂缝、坝基和防渗体损伤、失稳、失效等效应集与荷载环境、结构特征、损伤演化等荷载集的映射关系，采用多维空间下的概率抽样方法和基于局部敏感性自修正优化后的径向基神经网络人工智能算法构建了结构静动力特性和损伤渗漏破坏等模拟的数值仿真代理模型。

八、完成人合作关系说明

为了保证项目达到预期研究目标，项目组实行联合攻关、分工负责制。新疆农业大学和华电电力科学研究院有限公司、华电新疆发电有限公司 3 家单位负责大坝运行数字仿真及智能安全监测方法研究及应用；华电电力科学研究院有限公司和广州南方卫星导航仪器有限公司负责工程建（构）筑物外观变形高精度设备（0.5 秒级国产智能全站仪）、无公网环境全天候自解算北斗变形监测接收机及其高频采集多标靶同步观测的亚毫米级视觉变形监测终端的研制；新疆农业大学和西北农林科技大学负责研究水电站大坝隐患缺陷智能识别方法，建立“阈值判别、趋势分析、理论反演、仿真模拟”多重安全研判模型的数字仿真平台。5 家合作单位共同开展水电站大坝群全生命周期安全风险动态评估与预警技术的工程示范与技术应用。由项目组长单位（项目总负责人）协调各项研究内容的衔接并分阶段检查、交流和应用研究成果，分析出现的问题，并在总结的基础上布置后阶段的研究任务，最后考察研究成果在实际工程中的应用效果，再对研究成果作进一步的梳理、凝练、完善、提高。

九、知情同意书证明

见附件材料。

知情同意书

“新疆和田水电站大坝安全管理系统接入及数据汇集、新疆沙尔布拉克水电站大坝安全管理系统接入及数据汇集”项目为新疆农业大学和华电电力科学研究院有限公司共同完成。经协商，同意以新疆农业大学作为第一主要完成单位、华电电力科学研究院有限公司作为第二主要完成单位、华电新疆发电有限公司作为第三主要完成单位、广州南方卫星导航仪器有限公司作为第四主要完成单位、西北农林科技大学作为第五主要完成单位，联合申请新疆维吾尔自治区科技成果登记。项目组成员对主要完成人员名单及排名知情并无异议，各自论文、论著、专利等涉及知识产权的内容同意被该项目使用，并不在其它项目中再次使用。项目此前未在新疆农业大学和华电电力科学研究院有限公司当地申请科技成果登记，此后也将不在新疆农业大学和华电电力科学研究院有限公司当地进行科技成果登记重复申报。

主要完成人员名单及排名如下：

姓 名	单 位	签 名
1. 汪大全	华电电力科学研究院有限公司	汪大全
2. 姜海波	新疆农业大学	姜海波
3. 潘利坦	华电电力科学研究院有限公司	潘利坦
4. 张维佳	华电新疆发电有限公司	张维佳
5. 郑程之	华电电力科学研究院有限公司	郑程之
6. 白光辉	华电电力科学研究院有限公司	白光辉
7. 潘伟锋	广州南方卫星导航仪器有限公司	潘伟锋
8. 周雄雄	西北农林科技大学	周雄雄
9. 李双喜	新疆农业大学	李双喜



新疆农业大学

2023年8月15日



华电电力科学研究院有限公司

2023年8月15日



华电新疆发电有限公司

2023年8月15日



广州南方卫星导航仪器有限公司

2023年8月15日



西北农林科技大学

2023年8月15日

联合申报证明

“水电站大坝集群化智能监控关键技术、装备研发及应用”项目为新疆农业大学、华电电力科学研究院有限公司、华电新疆发电有限公司、广州南方卫星导航仪器有限公司、西北农林科技大学共同完成。经协商，同意以新疆农业大学作为第一主要完成单位、华电电力科学研究院有限公司为第二主要完成单位、华电新疆发电有限公司作为第三主要完成单位，广州南方卫星导航仪器有限公司作为第四主要完成单位、西北农林科技大学作为第五主要完成单位联合申报新疆维吾尔自治区科技奖励。项目组成员对主要完成人员名单及排名无异议，各自论文、论著、专利等涉及知识产权的内容同意被该项目使用，并不在其它项目中再次使用。项目此前未在新疆农业大学、华电电力科学研究院有限公司、华电新疆发电有限公司、广州南方卫星导航仪器有限公司、西北农林科技大学当地申报科技进步奖励，此后也将不在新疆农业大学、华电电力科学研究院有限公司、华电新疆发电有限公司、广州南方卫星导航仪器有限公司、西北农林科技大学当地进行科技奖励的重复申报。

主要完成人员名单及排名如下：

姓 名	单 位	签 名
1. 汪大全	华电电力科学研究院有限公司	汪大全
2. 姜海波	新疆农业大学	姜海波
3. 潘利坦	华电电力科学研究院有限公司	潘利坦
4. 张维佳	华电新疆发电有限公司	张维佳
5. 郑程之	华电电力科学研究院有限公司	郑程之
6. 白光辉	华电电力科学研究院有限公司	白光辉

7. 潘伟锋 广州南方卫星导航仪器有限公司

潘伟锋

8. 周雄雄 西北农林科技大学

周雄雄

9. 李双喜 新疆农业大学

李双喜

