附件：

2024年度四川省科学技术奖提名项目公示信息

1. 项目名称

高参数水轮机稳定性关键技术及工程应用

1. 项目简介

中国是世界水电第一大国，水电为国家输送近20%的能源，极大保证和改善了我国能源供给和防洪安全，为我国经济建设做出了巨大贡献。水电机组安全稳定性问题至关重要，轻则导致电站检修频繁，重则致使机组毁灭性破坏，造成巨大经济损失。据统计我国有50%以上电站的水电机组存在运行稳定性问题，每年因停运和检修等造成经济损失达千亿元，尤其是对于高水头大容量的高参数水电机组，水力不稳定性问题更为突出。高参数水电机组内部流动极其复杂，导致稳定性研究领域的水电能量损失机理及评估、压力脉动控制、高效率和高稳定性协同多目标优化设计一直是限制水电技术发展的世界性技术难题。

本项目在多个基金项目支持下，针对制约水电机组向着高端参数方向发展的关键技术瓶颈，历经10余年技术攻关，突破了水电机组水力稳定性控制关键技术难题，助力中国水电机组研发水平实现了从跟跑到领跑世界的跨域，抢占了全球水电研发制高点，取得了一系列创新成果，应用成效显著。主要内容和创新点如下：

1. 提出了高参数水电机组水力损失评估方法。构建了高精度水力损失计算模型，解决了传统熵产理论无法准确计算水力损失的理论难题，完善了水力损失计算理论体系，实现了水力损失的精确空间定位。

2. 发明了高参数水电机组水力稳定性控制技术。发明了首套高参数水电机组空化涡带装置，建立了空化涡带诱发的水力不稳定性与高参数水电机组结构振动间的映射关系，提出了高参数水电机组水力稳定性控制方法与技术，在驼峰、S特性裕度、压力脉动等关键核心的稳定性指标上得到了大幅度改善。

3. 构建了水电机组多目标智能优化设计体系。构建了高效率和高稳定性的水电机组多目标智能优化设计体系，创新性地提出了水轮机压力脉动和不稳定流动控制策略，攻克了高参数水电机组高效率和高稳定性协同优化设计难题。

本项目理论深厚、技术复杂、难度极大、特色鲜明，形成了系统的自主知识产权体系：授权发明专利22项、软件著作权3项，制定相关标准6项，出版专著5部，发表SCI论文40余篇。

本项目成果成功应用于10多项大中型水电工程，包括宜兴、红屏、呼和浩特、深圳、绩溪等电站57台机组安装、检修、运行。仅2019-2021年，节约标煤91万t，减少二氧化碳等温室气体排放247万t，减少烟尘等致霾物排放281万t，经济效益达28.83亿元，极大推动了水电行业技术进步，提升了我国水电自主创新能力。

1. 主要知识产权和标准规范等目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 一种模拟空化涡带形态的实验装置 | 中国 | CN113049219B  | 2022.09.16 | 5456669 | 哈尔滨工业大学 | **李德友,于梁，**王洪杰，任志鹏，宫汝志 | 有效 |
| 发明专利 | 一种改善水轮机偏离最优工况性能的喷水导叶 | 中国 | CN 106640480A | 2017.05.10 | 5514012 | 西华大学 | **赖喜德** | 有效 |
| 发明专利 | 一种水力发电设备 | 中国 | CN109026503B | 2020.11.06 | 4076037 | 西华大学 | **李正贵**，程杰，徐洋  | 有效 |
| 发明专利 | 一种水轮机及其转轮 | 中国 | CN106121896B | 2018.12.07 | 3172936 | 西华大学 | **李正贵,**刘小兵；杨逢瑜 | 有效 |
| 发明专利 | 一种多叶水轮机 | 中国 | CN103244335B | 2015.09.02 | 1776216 | 西华大学 | **赖喜德，**张惟斌，张翔，苟秋琴 | 有效 |
| 发明专利 | 一种水力式升船机提升系统施工方法及安装精度控制方法 | 中国 | CN106988294B | 2018.12.07 | 3173435 | 中国葛洲坝集团机电建设有限公司 | 莫文华，**周复明，**陈强，程建文，崔慧丽，吉勇 | 有效 |
| 软件著作权 | 贯流式水电站虚拟仿真系统V2.0 | 中国 | 2021SR1649923 | 2021.07. | 09220043 | 西华大学 | **李正贵** | 有效 |
| 行业标准 | 接力器外置型转桨式水轮机桨叶调节装置基本技术条件 | 中国 | NB/T10813-2021 | 2021.11 | — | 西华大学等 | **李正贵,等** | 有效 |

1. 论文专著目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 他引总次数 | 检索数据库 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Transient characteristics during the closure of guide vanes in a pump turbine in pump mode /**李德友**，王洪杰，**李正贵**，Nielsen, TorbjornKristian，Goyal, Rahul魏显著，覃大清 | 2017年118卷973-983页 | 2018年08月 | 王洪杰李正贵 | 李德友 | 李德友，王洪杰，李正贵，魏显著，覃大清 | 87 | SCI | 是 |
| 2 | Optimization of blade high-pressure edge to reduce pressure fluctuations in pump-turbine hump region / Renewable Energy / **李德友**,覃永粼,王建鹏，朱雨桐，王洪杰,魏显著 | 2022年181卷24-38页 | 2022年1月 | 王洪杰 | 李德友 | 覃永粼，王建鹏，朱雨桐，王洪杰,魏显著 | 41 | SCI | 否 |
| 3 | Experimental investigation of flows inside draft tube of a high-head pump-turbine / Renewable Energy /**赖喜德,**梁权伟,叶道星，陈小明,夏密秘 | 2019年133卷731-742页 | 2019年4月 | 赖喜德 | 赖喜德 | 梁权伟,叶道星，陈小明,夏密秘 | 36 | SCI | 否 |
| 4 | 叶片式流体机械动力学分析及应用/科学出版社/赖喜德，徐永 | 2017年 | 2017年05月 | 赖喜德 | 赖喜德 | 徐永 | 0 | 0 | 否 |
| 5 | Numerical simulation of the transient flow in a pump-turbine during load rejection process with special emphasis on hydraulic acoustic effect/ Renewable Energy /**付晓龙，李德友**，王洪杰，张广辉，**李正贵**，魏显著 | 2020年155卷1127-1138页 | 2020年8月 | 李德友，王洪杰 | 付晓龙 | 张广辉，李正贵，魏显著 | 24 | SCI | 否 |

1. 主要完成人

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 技术职称 | 完成单位 | 工作单位 |
| 李德友 | 1 | 教授 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学 |
| 李正贵 | 2 | 教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 付晓龙 | 3 | 副教授 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学 |
| 赖喜德 | 4 | 教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 周复明 | 5 | 正高级工程师 | 中国葛洲坝集团机电建设有限公司 | 中国葛洲坝集团机电建设有限公司 |
| 杨琦 | 6 | 无 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学 |
| 曾永忠 | 7 | 副教授 | 西华大学 | 西华大学 |
| 闫盛楠 | 8 | 讲师 | 西华大学 | 西华大学 |
| 徐立鑫 | 9 | 无 | 西华大学 | 西华大学 |
| 王桃 | 10 | 副教授 | 西华大学 | 西华大学 |

1. 完成单位

|  |  |
| --- | --- |
| 排名 | 单位名称 |
| 1 | 西华大学 |
| 2 | 哈尔滨工业大学 |
| 3 | 中国葛洲坝集团机电建设有限公司 |
| 4 | 青海理工学院 |