

2025 年度四川省科学技术奖拟提名项目公示信息（四）

一、项目名称：高水力稳定性大型混流式水轮机水力设计关键技术及应用

二、提名者：中国东方电气集团有限公司

三、提名意见

项目依托我国不同时期具有重要里程碑式的重大水电工程，构建了完整的混流式水轮机设计开发核心技术体系，设计开发了一大批水力稳定性优良的巨型混流式水轮机，水轮机水力稳定性、效率、空化等关键性能指标均达到同类机组的最高水平。

主要创新点：1、首创了消除混流式水轮机高部分负荷压力脉动带的水力设计方法，开发了无高部分负荷压力脉动带的 700MW 级转轮并长期安全稳定运行；2、创立了转轮叶片出口边几何参数设计新方法，降低了尾水管压力脉动；3、创立了转轮叶片进口边几何参数优化设计方法，将叶道涡初生线和发展线移至更低负荷区；4、揭示了叶片出口几何型线与卡门涡水力弹性共振的关系，创立了消除卡门涡共振的出口边翼型优化设计方法，构建了错频、应力控制等多维度避免卡门涡共振的技术体系。项目成果成功应用于三峡右岸、白鹤滩等水轮机研发，实现了我国高端水电装备研制的重大突破。

项目获得授权专利 41 件，其中发明专利 21 件，实用新型专利 20 件，共出版著作 6 部，发表论文 93 篇。获省部级特等奖 1 项、一等奖 3 项。

本课题的创新成果具有很强的移植性和推广性，将用于未来中国西部和藏东南地区更高水头大型混流式水轮机的研发，并将应用于大批老旧机组的更新改造，经济、社会和环境效益十分显著。

提名该项目为 2025 年度四川省科学技术进步奖一等奖。

四、项目简介

混流式水轮机是我国水力发电装备的骨干机型，占水电总装机容量的 78 %左右，是电力系统的重要压舱石。而混流式水轮机因其转轮为叶片固定式，当机组偏离最优工况运行时，水轮机内会产生脱流旋涡 等复杂的流动扰动现象，这些不稳定流动将导致水轮机压力脉动、振动和噪声增加，甚至造成主要部件出现裂纹和失效。提高混流式水轮机的水力稳定性一直是国内外面临的重大技术难题。水、风、光多能互补 新型电力系统的建立，对混流式水轮机宽负荷运行下的水力稳定性提出了更高要求。因此，研究混流式水轮机的不稳定流动机理，发展新的水力设计方法，具有重大的经济和社会效益。

在国家重大技术装备研制计划和国家自然科学基金项目等支持下，结合国家重大工程实践，历经 20 余年攻关，实现了混流式水轮机水力稳定性关键技术的重大突破。主要创新成果如下：

创新点一：首创了消除混流式水轮机高部分负荷压力脉动带的水力设计方法，开发了无高部分负荷压力脉动带的 700MW 级转轮并长期安全稳定运行，改变了高部分负荷压力脉动带是混流式水轮机固有属性的传统认知。

创新点二：首次提出了改善尾水管压力脉动的工况参数选择方法，兼顾了部分负荷区和大负荷区的尾水管压力脉动特性；创立了转轮叶片出口边几何参数设计新方法，降低了尾水管压力脉动。

创新点三：创立了转轮叶片进口边几何参数优化设计方法，改善了叶道涡特性，并将其初生线和发展 线移至更低负荷区，扩大了机组稳定运行区。

创新点四：揭示了叶片出口几何型线与卡门涡水力弹性共振的关系，创立了消除卡门涡共振的出口边 翼型优化设计方法，构建了错频、应力控制等多维度避免卡门涡共振的技术体系。

主要技术指标如下：（1）开发的 700MW 级水轮机消除了国外厂商同一电站机组存在的高部分负荷压力脉动带；（2）将混流式水轮机尾水管压力脉动幅值降低了 30%~40%，水轮机流道其他部位的压力脉动降低了 20%~30%；（3）将叶道涡初生线和发展线推离到正常运行区之外或更低负荷运行区，推离幅度达 20%以上。

项目取得了显著的经济和社会效益，近三年新增销售收入 34.06 亿元，新增税收 1.75 亿元，新增利润 6.52 亿元。共设计开发优秀混流式水轮机模型转轮 400 余个，成功应用于以三峡右岸 700MW、溪洛渡 770MW、白鹤滩 1000MW 机组为代表的一大批混流式水轮机，涵盖全球 72 个新建和改造电站，标志着我国在高端水电装备研发领域取得了重大突破。项目成果获发明专利 21 项，实用新型专利 20 项，出版专著 6 部，发表论文 93 篇；获省级科技进步奖特等奖 1 项、一等奖 3 项。

以中国工程院张宗亮院士为主任、顾国彪院士为副主任的鉴定委员会一致认为：项目成果达到国际领先水平。

五、主要知识产权目录

知识产权类别	知识产权（标准）具体名称	国家	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	有效状态
发明专利	一种用于水轮转机的混流式转轮装置	中国	ZL202110865207.5	2023-06-30	第6107726号	东方电气集团东方电机有限公司	石清华，刘辉	有效
发明专利	混流式水轮机转轮叶片出口边修型方法	中国	ZL201810374067.X	2020-07-24	第3901022号	东方电气集团东方电机有限公司	石清华，龚莉，李国元	有效
发明专利	一种双曲型混流式转轮叶片、制备方法及混流式转轮	中国	ZL202411345504.7	2024-12-20	第7619354号	东方电气集团东方电机有限公司	程宦，冷在军，石清华，梁权伟，王钊宁，龚莉，贾维斌，袁玲丽，张骁，吴中竟，袁志懿，夏翔，袁思闽，李先金	有效
发明专利	一种降低水轮机轴向力和压力脉动的方法	中国	ZL202411345482.4	2024-12-20	第7618632号	东方电气集团东方电机有限公司	贾维斌，冷在军，梁权伟，王钊宁，程宦，张骁，邓祥平，袁玲丽，段昌德，刘志远，罗华伟，杨翼蜀，王秀玲，王涛	有效
发明	基于数值方法的流场传播特性分析方法、装置、设备及介质	中国	ZL202510663445.6	2025-8-22	第8185737号	东方电气集团东方电机有限公司	管子武，梁权伟，王钊宁，贾维斌，冷在军，康文喆，夏翔，房煦峰，袁志懿，刘珏	有权
发明专利	一种叶片头部悬伸式转轮	中国	ZL201910725540.9	2021-06-22	第4498282号	东方电气集团东方电机有限公司	梁权伟，程宦，郑津生，胡江艺，林方舟，凡家异，刘德民，刘伟超，陈舰	有效
发明专利	一种消除水泵水轮机顶盖下腔簇状压力脉动的装置	中国	ZL202510541688.2	2025-07-25	第8101568号	东方电气集团东方电机有限公司	管子武，王钊宁，梁权伟，胡江艺，林方舟，程宦，何启源，刘晓艳，康文喆	有效
发明专利	一种3D打印水轮机模型转轮的轻量化设计方法	中国	ZL201910830454.4	2024-02-23	第6737839号	东方电气集团东方电机有限公司	吴中竟，吴伟，段昌德，赵永智，朱文吉，程宦，刘德民，廖乾东，罗超	有效
发明专利	一种水力瞬态过程实测压力数据分析方法	中国	ZL20210131523.4	2023-04-18	第5894088号	东方电气集团东方电机有限公司	凡家异，马艳梅，梁权伟，曾明富，张建，荀洪运，陈太平，宋敏，胡江艺，邓斗波，王伦其，周顺，马安婷，	有效

发明专利	导叶开口监测方法、监测装置及计算机可读存储介质	中国	ZL202410156527.7	2024-04-16	第6904473号	东方电气集团东方电机有限公司	梁权伟, 荀洪运, 刘文利, 尹国军, 刘锦, 林方舟, 胡江艺, 何启源, 程宦, 王钊宁, 王洋	有效
------	-------------------------	----	------------------	------------	-----------	----------------	--	----

六、论文专著目录

序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	他引数	检索数据库	是否包含国外单位
1	Hydraulic Design of Three Gorges Right Bank Powerhouse Turbine for Hydraulic Stability / IOP Conference Series: Earth	2010,12(1):012006 (9pp).	2010-09-20	石清华	石清华	石清华	5	SCI、EI、ESC I、CN KI、	否
2	水力机械及工程设计 / 重庆大学出版社 / 宋文武	/	2005-12-01	/	宋文武	宋文武	87	SCI、EI、ESC I、CN KI、CSC D、国家新闻出版署	否
3	翼型水动绕流特性数值模拟分析 / 水电能源科学 / 胡帅, 宋文武, 程伟, 石建伟	2017,35(06):147-150 +166	2017-06-25	宋文武	胡帅	胡帅, 宋文武, 程伟, 石建伟	6	SCI、EI、ESC I、CN KI、CSC D、国家	否

4	基于弱可压的混流式水轮机流动特性数值研究 / 水电站机电技术 / 文强, 郭鹏程, 王钊宁, 孙龙刚	2024,47(08):9-14+143	2024-08-15	郭鹏程	文强	文强, 郭鹏程, 王钊宁, 孙龙刚	0	SCI、EI、ESC I、CN	否
5	考虑流固耦合的混流式水轮机转轮模态分析 / 水力发电学报 / 梁权伟, 王正伟, 方源	2004,(03):116-120.	2004-06-15	王正伟	梁权伟	梁权伟, 王正伟, 方源	126	SCI、EI、ESC I、CN	否
合 计							224		

七、主要完成人：石清华、梁权伟、宋文武、王钊宁、程宦、胡江艺、贾维斌、段昌德、邓祥平、文强、袁玲丽、冷在军、张骁、李国元、龚莉、袁志懿

八、主要完成单位：东方电气集团东方电机有限公司、西华大学