

附件：

2025 年度四川省科学技术奖拟提名项目公示信息

(十三) -7

一、项目名称

高泥沙高含气条件下高效可靠流体机械关键技术及应用

二、项目简介

项目围绕流体机械液气固多相流磨蚀预测与控制难题，提出了磨损率与压力脉动高精度全域全三维分析方法，建立了叶型磨蚀及密封装置的试验系统，创新了叶型与间隙抗磨蚀设计及流激振动控制技术，在水力发电、油气混输及泥沙输送多个重大装备中应用。主要创新成果如下：

1. 创建了流体机械全域液气固多相流高精度数值仿真分析方法，水力效率计算精度 96%以上，压力脉动计算精度 92%以上，实现了多相流高精度性能评估。

2. 研制了高置信度可视化多相流试验装置，揭示了磨损率与流速及冲击角度关联关系，提高全域全三维磨损率计算精度至 90%以上，磨损量及形态预测准确度大幅提升；发明了混输泵密封装置试验系统，解决了高海拔低压环境密封腔压力、流量不稳定的难题，气液固混输系统故障率大幅降低。

3. 创建了油气混输泵“多相流动-结构”协同优化与减振控制技术体系，发明了叶片轮缘凹槽控制叶顶泄漏及泄漏涡诱振技术，显著提升了油气混输泵连续安全稳定运行性能。

4. 研制了高泥沙抗磨水轮机转轮、挖泥泵和离心泵，解决了高水头高浓度硬质沙砾导致蜗壳、导叶和转轮叶片快速磨损难题，抗磨蚀能力提升 3 倍以上；研制了高含气混输泵，效率从 43%提高至 52.8%，使用寿命延长 4 倍以上，解决了高含气条件油气固多相混输机理分析与装备研制应用“卡脖子”难题。

项目获授权发明专利 20 件，牵头制定国家标准 1 部，出版专著 2 部，发表论文 60 篇。项目成果已在四川木坡、西藏普兰、新疆木扎提等水电站，新疆风城、长庆等油气混输工程，宁夏黄河取水等水利工程成功应用。经济社会效益显著，推广应用前景广阔。

三、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	一种密封装置的密封性能控制系统	中国	ZL202010153046.2	2021.12.03	4828197 国家知识产权局	西华大学	史广泰，刘宗库，李和林，文海罡	有效
发明专利	一种用于高速旋转叶轮的密封装置	中国	ZL202010152157.1	2022.05.27	5187305 国家知识产权局	西华大学	史广泰，王彬鑫，刘宗库，文海罡	有效
发明专利	一种混输泵的叶轮	中国	ZL201810151036.8	2020.07.03	3869480 国家知识产权局	西华大学	史广泰，王闪，姚显彤，	有效

	结构				局		罗琨, 王志文	
发明专利	一种试验台	中国	ZL202011109800.9	2023.09.19	6340465 国家知识产权局	西华大学	史广泰, 钭江龙, 唐万琪, 谭笑, 李昶旭, 舒泽奎	有效
发明专利	一种试验方法	中国	ZL20201111085.2	2022.10.14	5509223 国家知识产权局	西华大学	史广泰, 舒泽奎, 钭江龙, 唐万琪, 谭笑, 李昶旭	有效
发明专利	泵与透平两用多相特性测试台及其测试方法	中国	ZL201810090606.7	2019.06.04	3400713 国家知识产权局	清华大学	史广泰, 王正伟, 肖业祥, 罗永要, 张瑾	有效
发明专利	一种适应高水头、高转速和高的含沙量的抗磨损混流式水轮机	中国	ZL201910601497.5	2020.6.23	3854751 国家知识产权局	清华大学, 新华水力发电有限公司	王正伟, 杨静, 罗永要, 刘健, 彭崇, 王岩东	有效
发明专利	一种智能升降叠梁装置及其应用的方法	中国	ZL202110668025.9	2023.12.05	6538220 国家知识产权局	清华大学, 宁夏回族自治区水利工程建设中心	王正伟, 宋希杰, 么娆, 毕慧丽, 王薇, 余自业, 齐敦哲, 杨庆胜, 张海晨	有效
发明专利	一种六工况双向潮汐发电水轮机	中国	ZL201110086551.0	2013.5.22	1200408 国家知识产权局	清华大学	王正伟, 阎宗国, 彭光杰, 罗永要	有效
发明专利	一种气液固混合装置	中国	ZL201810090969.0	2020.9.15	3989509 国家知识产权局	清华大学	史广泰, 王正伟, 肖业祥, 罗永要, 张瑾	有效

四、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 是否含国外单位
----	----------------	---------------------	---------------	---------------	---------------	------	-------	-------	-------------------

1	多相混输泵内部流动数值模拟/机械工业出版社/史广泰	236 页	2021.12	史 广泰	史 广泰	史广泰		国际 标准 书 号 978-7-111-69309-3	否
2	流体机械基础/清华大学出版社/王正伟	158 页	2006.12	王 正伟	王 正伟	王正伟		国际 标准 书 号 7-302-14040-5	否
3	A review on fatigue damage mechanism in hydro turbines/Renewable and Sustainable Energy Reviews/Xin Liu, Yongyao Luo, Zhengwei Wang	2016(54)1-14	2016.11.11	Zhengwei Wang	Xin Liu	Xin Liu, Yongyao Luo, Zhengwei Wang	175	Web of Science	否
4	Research on the pressurization performance of an impeller in a multi-phase pump under different working conditions/Advances in Mechanical Engineering/Guangtai Shi, Zhiwen Wang, Zhengwei Wang, Zhenggui Li, Xiaobing Liu	2019.11(3)1-11	2019.3.21	Guangtai Shi	Guangtai Shi	Guangtai Shi, Zhiwen Wang, Zhengwei Wang, Zhenggui Li, Xiaobing Liu	24	Web of Science	否
5	Tip leakage vortex trajectory and dynamics in a multiphase pump at off-design condition/Renewable Energy/Shi Guangtai, Liu Zongku, Xiao Yexiang, Li Helin, Liu Xiaobing	2020 (150) 703-711	2020.4.6	Shi Guangtai	Shi Guangtai	Shi Guangtai, Liu Zongku, Xiao Yexiang, Li Helin, Liu Xiaobing	77	Web of Science	否
6	Effect of the inlet gas void fraction on the tip leakage vortex in a multiphase	2020 (150) 46-57	2020.4.6	Shi Guangtai	Shi Guangtai	Shi Guangtai, Liu Zongku, Xiao	75	Web of Science	否

	pump/ Renewable Energy/ Shi Guangtai, Liu Zongku , Xiao Yexiang, Yang Hong, Li Helin, Liu Xiaobing					Yexiang, Yang Hong, Li Helin, Liu Xiaobin g			
7	Energy conversion characteristics of multiphase pump impeller analyzed based on blade load spectra/ Renewable Energy/ Guangtai Shi, Zongku Liu, Yexiang Xiao, Zhengwei Wang, Yongyao Luo, Kun Luo	2020 (157) 9-23	2020. 7.7	Guan gtai Shi	Guang tai Shi	Guangta i Shi, Zongku Liu, Yexiang Xiao, Zhengw ei Wang, Yongya o Luo, Kun Luo	61	Web of Science	否
8	Velocity characteristics in a multiphase pump under different tip clearances/ Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers/ Guangtai Shi, Zongku Liu , Yexiang Xiao,Helin Li , Xiaobing Liu	2021 (235) 454-4 75	2020. 8.13	Guan gtai Shi	Guang tai Shi	Guangta i Shi, Zongku Liu , Yexiang Xiao,He lin Li , Xiaobin g Liu	53	Web of Science	否
9	Effect of the gas volume fraction on the pressure load of the multiphase pump blade/ Processes/ Guangtai Shi, Dandan Yan, Xiaobing Liu, Yexiang Xiao, Zekui Shu	2021.9 (4)	2021. 5.10	Guan gtai Shi	Guang tai Shi	Guangta i Shi, Dandan Yan, Xiaobin g Liu, Yexiang Xiao, Zekui Shu	46	Web of Science	否
10	Effect of gas volume fraction on the gas-phase distribution in the passage and blade surface of the axial flow	2021.9 (5)	2021. 5.10	Guan gtai Shi	Guang tai Shi	Shi Guangta i, Tao Sijia, Liu Xiaobin g, Wen	50	Web of Science	否

	screw-type oil-gas multiphase pump/ Processes/ Shi Guangtai, Tao Sijia, Liu Xiaobing, Wen Haigang, Shu Zekui					Haigang , Shu Zekui			
11	Effect of the inlet gas volume fraction on the turbulent dissipation characteristics in the multiphase pump/ Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers/ Guangtai Shi, Yue Dan, Yexiang Xiao, Zekui Shu , Xiaobing Liu	2022.2 36(5)2 242-2 255	2022. 2.6	Guangtai Shi	Guangtai Shi	Guangtai Shi, Yue Dan, Yexiang Xiao, Zekui Shu , Xiaobing Liu	53	Web of Science	否
12	Enstrophy dissipation of the tip leakage vortex in a multiphase pump/ Physics of Fluids/ Zekui Shu , Guangtai Shi, Yue Dan, Binxin Wang , Xiao Tan	2022(3 4)0333 10	2022. 3.30	Guangtai Shi	Zekui Shu	Zekui Shu , Guangtai Shi , Yue Dan , Binxin Wang , Xiao Tan	98	Web of Science	否
13	Influence factors and prediction model of enstrophy dissipation from the tip leakage vortex in a multiphase pump/ Scientific Reports/ Shu Zekui, Shi Guangtai, Yao Xin, Sun Guodong, Tao Sijia	2022(12)16 032	2022. 9.26	Guangtai Shi	Shu Zekui	Shu Zekui, Shi Guangtai, Yao Xin, Sun Guodong, Tao Sijia	33	Web of Science	否
14	Influence of operating parameters on the vortex	2023(3 5)0333 22	2023. 4.20	Guangtai Shi	Tan Xiao	Tan Xiao, Shi Guangtai	46	Web of Science	否

	structure in the main flow passage of the helico-axial multiphase pump/ Physics of Fluids/ Tan Xiao, Shi Guangtai, Huang Zongliu, Wen Haigang, Li Wei, Chen Wenxiu					i, Huang Zongliu, Wen Haigang , Li Wei, Chen Wenxiu			
15	Three-dimensional spatial-temporal evolution and dynamics of the tip leakage vortex in an oil-gas multiphase pump/ Physics of Fluids/ Shu Zekui , Shi Guangtai , Tao Sijia , Tang Wanqi , Li Changxu	2021(33)113320	2021.12.3	Guan gtai Shi	Shu Zekui	Shu Zekui , Shi Guangtai , Tao Sijia , Tang Wanqi, Li Changxu	78	Web of Science	否
16	Effect of tip clearance on helico-axial flow pump performance at off-design case/ Processes/ Nengqi Kan, Zongku Liu, Guangtai Shi , Xiaobing Liu	2021(9)1653	2021.10.8	Guan gtai Shi	Nengqi Kan	Nengqi Kan, Zongku Liu, Guangtai Shi , Xiaobing Liu	76	Web of Science	否
17	Numerical Simulation Prediction of Erosion Characteristics in a Double-Suction Centrifugal Pump/ Processes/ Song Xijie, Qi Dunzhe , Xu Lijuan , Shen Yubin , Wang Wei , Wang Zhengwei , Liu Yan	2021(9)1483	2021.10.7	Song Xiji	Wang Zhengwei	Song Xijie , Qi Dunzhe , Xu Lijuan, Shen Yubin, Wang Wei , Wang Zhengwei , Liu Yan	65	Web of Science	否

18	Numerical prediction of the influence of free surface vortex air-entrainment on pump unit performance/ Ocean Engineering/ Xijie Song, Yongyao Luo, Zhengwei Wang	2022(256)111503	2022.8.19	Zhengwei Wang	Xijie Song	Xijie Song, Yongyao Luo, Zhengwei Wang	48	Web of Science	否
19	Numerical prediction of erosion based on the solid-liquid two-phase flow in a double-suction centrifugal pump/ Journal of Marine Science and Engineering/ Xijie Song, Rao Yao, Yubin Shen, Huili Bi, Yu Zhang, Lipu Du, Zhengwei Wang	2021(9)836	2021.9.4	Zhengwei Wang	Xijie Song	Xijie Song, Rao Yao, Yubin Shen, Huili Bi, Yu Zhang, Lipu Du, Zhengwei Wang	144	Web of Science	否
20	Pressure fluctuation characteristics in the sidewall gaps of a centrifugal dredging pump/ Engineering Computations/ Lei Cao, Yexiang Xiao, Zhengwei Wang, Yongyao Luo, Xiaoran Zhao	2017(34)1054-1069	2018.12.18	Zhengwei Wang	Lei Cao	Lei Cao, Yexiang Xiao, Zhengwei Wang, Yongyao Luo, Xiaoran Zhao	32	Web of Science	否
21	Study on the blade squealer tip affecting tip leakage flow and performance of a multiphase pump/ Physics of Fluids/ Tang Wanqi, Shi Guangtai, Xiao Yexiang, Huang Zongliu, Li Wei, Chen Wenxiu	2023(35)025137	2023.3.20	Shi Guangtai	Tang Wanqi	Tang Wanqi, Shi Guangtai, Xiao Yexiang, Huang Zongliu, Li Wei, Chen Wenxiu	67	Web of Science	否

22	Effects of blade-tip squealer geometry on the performance of a helico-axial multi-phase pump/Physics of Fluids/ Huang Zongliu, Li Ye, Shi Guangtai, Tang Wanqi, Lv Wenjuan, Fu Jie	2023(35)085125	2023.8.27	Shi Guangtai	Huang Zongliu	Huang Zongliu, Li Ye, Shi Guangtai, Tang Wanqi, Lv Wenjuan, Fu Jie	35	Web of Science	否
23	Effect of the gap matching relation on the pressure pulsation characteristics at blade's surface of the multiphase pump/ Machines/ Shi Guangtai , Zhu Zheyu , Wang Binxin , Wen Haigang	2022(10)418	2022.7.3	Shi Guangtai	Shi Guangtai	Shi Guangtai , Zhu Zheyu, Wang Binxin, Wen Haigang	49	Web of Science	否
24	Study of the formation and dynamic characteristics of the vortex in the pump sump by CFD and experiment/ Journal of Hydrodynamics/ Xijie Song, Rao Yao, Liu Chao, Zheng-Wei Wang	2021(33)1202-1215	2021.12.12	Zheng-Wei Wang	Xijie Song	Xijie Song, Rao Yao, Liu Chao, Zheng-Wei Wang	57	Web of Science	否
25	Numerical prediction of the effect of free surface vortex air-entrainment on sediment erosion in a pump/ Proceedings of the institution of mechanical engineers/ Xijie Song, Zhengwei Wang	2022(236)1297-1308	2022.5.5	Zhengwei Wang	Xijie Song	Xijie Song , Zhengwei Wang	40	Web of Science	否

26	Numerical prediction of erosion of francis turbine in sediment-laden flow under different heads/ Processes/ Jinliang Wang, Xijie Song, Hu Wang, Ran Tao, Zhengwei Wang	2023(11)2523	2023.10.14	Zhengwei Wang	Jinliang Wang	Jinliang Wang, Xijie Song, Hu Wang, Ran Tao, Zhengwei Wang	55	Web of Science	否
27	Study on the vortex in a pump sump and its influence on the pump unit/ Journal of Marine Science and Engineering/ Song Xijie, Liu Chao, Wang Zhengwei	2022(10)103	2022.3.1	Wang Zhengwei	Song Xijie	Song Xijie, Liu Chao, Wang Zhengwei	67	Web of Science	否
28	Design and verification of Francis turbine working in sand laden hydro-power plant/ Renewable Energy/ Yang Jing, Peng Chong, Li Changquan, Liu Xinjun, Liu Jian, Wang Zhengwei	2023(207)40-46	2023.4.2	Wang Zhengwei	Yang Jing	Yang Jing, Peng Chong, Li Changquan, Liu Xinjun, Liu Jian, Wang Zhengwei	61	Web of Science	否
29	Prediction on the pressure pulsation induced by the free surface vortex based on experimental investigation and Biot-Savart Law/ Ocean Engineering/ Xijie Song, Liu Chao, Zhengwei Wang	2022(250)110934	2022.7.15	Zhengwei Wang	Xijie Song	Xijie Song, Liu Chao, Zhengwei Wang	55	Web of Science	否
30	Study on the effect of the guide vane opening on the band clearance sediment erosion	2022(10)1396	2022.11.4	Zhengwei Wang	Xijie Song	Xijie Song, Xuhui Zhou, Huating Song,	53	Web of Science	否

	in a Francis turbine/ Journal of Marine Science and Engineering/ Xijie Song, Xuhui Zhou, Huating Song, Jianhua Deng, Zhengwei Wang					Jianhua Deng, Zhengwei Wang			
31	Prediction for the influence of guide vane opening on the radial clearance sediment erosion of runner in a Francis turbine/ Water/ Zhiqiang Jin, Xijie Song, Anfu Zhang, Feng Shao, Zhengwei Wang	2022(14)3268	2022.11.7	Zhengwei Wang	Zhiqiang Jin	Zhiqiang Jin, Xijie Song, Anfu Zhang, Feng Shao, Zhengwei Wang	55	Web of Science	否
32	Study on sediment erosion of high head Francis turbine runner in Minjiang River basin/ Renewable Energy/ Pang Jiayang, Liu Huizi, Liu Xiaobing, Yang Han, Peng Yuanjie, Zeng Yongzhong, Yu Zhishun	2022(192)849-858	2022.6.12	Liu Xiaobing,	Pang Jiayang	Pang Jiayang, Liu Huizi, Liu Xiaobing, Yang Han, Peng Yuanjie, Zeng Yongzhong, Yu Zhishun	87	Web of Science	否
33	Numerical simulation and experimental study on sediment wear of fixed guide vanes of hydraulic turbines in Muddy river based on discrete phase model/ Processes/ Jia Lu, Zeng Yongzhong, Liu Xiaobing, Huang Wanting	2023(11)2117	2023.8.7	Zeng Yongzhong	Jia Lu	Jia Lu, Zeng Yongzhong, Liu Xiaobing, Huang Wanting	36	Web of Science	否

34	挖泥泵数值仿真与实测比较/流体机械/彭光杰,王正伟,杨文	2005(12)19-22	2005.12.30	王正伟	彭光杰	彭光杰,王正伟,杨文	7	北大核心	否
35	无量河水电站冬季运行方式的探索和实践/四川水力发电/刘均明,李永强	2022(41)109-112	2022.10.15	刘均明	刘均明	刘均明,李永强	0	中国科技核心	否

五、主要完成人

姓名	排名	技术职称	完成单位	工作单位
王正伟	1	教授	清华大学	清华大学
史广泰	2	教授	西华大学	西华大学
赖真明	3	教高	中电建水电开发集团有限公司	中电建水电开发集团有限公司
邱福寿	4	高工	中国石油新疆油田分公司	中国石油新疆油田分公司
薛玉林	5	教高	中电建水电开发集团有限公司	中电建水电开发集团有限公司
刘均明	6	高工	四川能投节能环保投资有限公司	四川能投节能环保投资有限公司
刘德民	7	教高	东方电气集团东方电机有限公司	东方电气集团东方电机有限公司
曾永忠	8	副教授	西华大学	西华大学
杨 静	9	教高	清华大学	清华大学
鱼 岗	10	高工	中国石油长庆油田分公司	中国石油长庆油田分公司

六、完成单位

排名	单位名称
1	西华大学
2	清华大学
3	东方电气集团东方电机有限公司
4	中电建水电开发集团有限公司
5	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司
6	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司
7	四川能投节能环保投资有限公司