

2026 年度水力发电设备全国重点实验室 第一批开放课题申报指南

一、研究项目名称：基于导叶调节的轴流式水轮机非协联运行策略研究

研究目标：

针对在新型电力系统中轴流式水轮机运行方式的改变，课题将从理论分析和试验研究两部分对轴流式水轮机水力设计和模型试验方式改变进行研究。从理论上研究影响轴流式水轮机振动与稳定性的根源，以及拓宽轴流式水轮机全负荷非协联运行区的水力设计方法，从而指导轴流式水轮机水力设计工作，解决威胁水轮机机组及新型电网系统安全的问题。

研究内容：

1) 综合高速摄影和水力激振测试系统对轴流式水轮机非协联工况时的内部流场和转轮振动进行测量，通过信号分析方法量化表征不同非协联工况区下压力脉动和转轮本体振动的能量、幅值、频率成分及相关性程度，并结合高速摄影结果判断主要水力失稳源。以现有的压力脉动和转轮振动失稳阈值为基础，融合水力激振的多源信号构建非协联运行区下水轮机失稳的定量判据，并以此判据为基准划分非协联工况区内的稳定运行区和非稳定运行区。对湍流模型进行改

进，以此实现非协联运行区内轴流式水轮机内部湍流场的高保真数值解析。通过对水轮机内部流场进行模态分解，准确定位水力激振源主导频率对应的流动模态，阐明其产生的水动力学机理。

2) 以拓宽轴流式水轮机全负荷范围内非协联稳定运行区为目标，将转轮叶片关键几何参数作为主要设计变量，构建面向非协联运行特性的多工况、多目标水力优化设计模型。在该模型中，建立流动失稳判据与转轮叶片几何参数之间的关联响应关系，揭示叶片几何特征对非协联工况下流动稳定性的影响规律，开展面向宽范围非协联稳定运行区的轴流式转轮优化设计研究。最后，通过对优化设计样本及流动稳定性评价结果进行统计分析，凝练具有非协联宽稳定运行区特性的转轮叶片几何设计特征，为轴流式转轮的高稳定性、宽工况适应性设计提供理论依据和技术指导。

项目考核指标：

1) 拓宽轴流式水轮机全负荷非协联运行区水力设计方法研究报告；

2) 轴流式水轮机非协联运行条件下流动失稳判据及形成机制研究报告；

3) 发表核心及以上期刊论文 4 篇，发明专利 2 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2028 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所,具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录;
- 2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称（或博士学位）;
- 3) 申报团队应在相关领域有前期研究基础,取得过相关论文、专利等知识成果;
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

二、研究项目名称：基于 AI 技术的抽水蓄能发电电动机关键电磁特性评估平台开发

研究目标：

针对抽水蓄能发电电动机电磁性能的全流程快速、准确计算需求,利用 AI 技术,实现对发电电动机的包括电压畸变率、阻尼条电磁力计算、阻尼绕组温升计算等各项关键电磁性能分析的全流程自动化计算及优化与报告生成。

研究内容：

- 1) 建立抽水蓄能发电电动机的高精度有限元仿真模型,分析抽水蓄能发电电动机关键电磁参数对空载线电压波形畸变因数、阻尼条电磁力、阻尼绕组温升的影响规律;
- 2) 构建覆盖不同结构参数、运行工况的原始仿真数据训练集,建立基于 AI 方法的空载线电压波形畸变因数、阻

尼条电磁力、阻尼绕组温升预测模型，基于 AI 模型实现电机极弧半径、阻尼槽口尺寸、气隙长度等关键参数的优化设计；

3) 搭建抽水蓄能发电电动机综合计算平台，集成发电电动机的各项关键电磁性能分析计算功能，实现全流程自动化计算与报告生成。

项目考核指标：

1) 综合计算平台的操作方式尽可能不复杂，集成度高，并提供源代码与接口便于后续增加新的功能；

2) AI 预测 THD 值、预测的阻尼条电磁力与阻尼绕组温升值与实际的仿真结果值应足够接近，误差控制在一定范围之内；

3) 优化的电机参数值需要满足其他电磁、机械约束，同时优化后的结果应满足考核指标第 2 条；

4) 发表核心及以上期刊论文 2 篇，发明专利 1 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2027 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所，具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；

2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称（或博士学位）；

3) 申报团队应具有丰富的电机优化经验、具备综合计算平台的开发能力，具有丰富 AI 技术积累、具备利用 AI 技术解决实际问题的能力；

4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

三、研究项目名称：抽水蓄能机组导叶小开度水力特性与振动风险研究

研究目标：

针对抽水蓄能机组水泵启动过程开展数值模拟计算，系统分析不同导叶控制规律下水泵水轮机内部压力脉动及关键过流部件受力特性。在此基础上，对导水机构进行流固耦合计算，溯源引发机组异常振动的关键因素，进而阐明其异常振动的动力学机理，并提出相应解决方案。

研究内容：

1) 抽水蓄能机组调相转抽水过程三维数值计算方法，开展抽水蓄能机组水泵启动过程的内部流动三维数值模拟；

2) 抽水蓄能机组水泵启动过程过流部件水力特性分析，研究水泵启动过程中活动导叶的水力载荷及机组内部压力脉动特性；

3) 抽水蓄能机组水泵启动过程导水机构结构响应特性分析，研究引发机组异常振动的关键因素及原因；

4) 抽水蓄能机组水泵启动过程导叶异常振动改善措施

研究，提出改善抽水蓄能机组水泵启动过程异常振动的措施。

项目考核指标：

- 1) 计算所得无叶区及顶盖压力脉动相比试验结果误差不超过 10%；
- 2) 抽水蓄能机组导叶小开度数值分析数理模型 1 套；
- 3) 发表核心及以上期刊论文 3 篇，发明专利 2 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2028 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所，具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；
- 2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称（或博士学位）；
- 3) 申报团队应具有单机容量不低于 300MW 的水泵水轮机运行稳定性仿真或优化控制相关研究业绩；
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

四、研究项目名称：冲击式水轮机喷嘴流量及力特性相似性研究

研究目标：

本研究旨在面向高水头冲击式水轮机模型—原型相似换算精度不足及关键调节部件力特性预测方法不完善的问题

题，基于数值仿真手段系统揭示不同水头条件下喷嘴流量特性、喷针作用力及折向器受力响应的变化规律，阐明水头、开度、流态及几何尺度对流量系数和操作载荷的影响机制。在此基础上，形成适用于喷针作用力和折向器操作力矩的标准化计算方法，为高水头冲击式水轮机原型性能预测、调节机构设计及安全稳定运行提供理论依据和工程计算支撑。

研究内容：

1) 不同水头下喷嘴流量相似性仿真计算：开展不同水头、不同开度条件下喷嘴流量特性数值模拟，分析水头、雷诺数等因素对模型—原型流量比尺效应的影响规律，揭示流量相似性偏差机理，归纳总结高精度喷嘴流量相似性换算模型；

2) 冲击式水轮机喷针作用力仿真计算：构建喷针受力高精度数值计算方法，获取不同水头与开度下喷针表面压力分布及作用力变化规律，阐明水头对喷针受力相似性的影响机制，归纳总结喷针作用力相似性换算模型；

3) 冲击式水轮机折向器受力仿真计算：开展折向器启闭过程动态受力及操作力矩仿真分析，研究水头、结构及运动过程对折向器载荷特性的耦合影响，归纳总结折向器操作力矩动态相似性换算模型。

项目考核指标：

1) 建立喷嘴流量系数与水头的关系；

- 2) 喷针作用力和折向器操作力矩标准计算方法一套;
- 3) 发表核心及以上期刊论文 2 篇, 发明专利 1 项。

项目实施期限:

2026 年 8 月 至 2028 年 8 月。

申报要求: (申报团队资质要求)

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所, 具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录;
- 2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称 (或博士学位);
- 3) 申报团队应在冲击式领域有前期研究基础, 取得过相关论文、专利等知识成果;
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

五、研究项目名称: 适应高泥沙、高含气条件下的叶片泵关键技术开发

研究目标:

油田密闭集输介质十分复杂, 而混输泵是密闭集输工艺中的关键核心装备, 对其综合性能要求极高。目前国内大多使用单双螺杆泵进行油气混输, 该类泵型输送含气率 $\leq 80\%$, 满足不了含气率 $> 80\%$ 和含沙 $\leq 5\%$ 以及非定常工况下的输送, 且主要部件寿命短、易磨损、段塞流、维修周期短, 成为泵业界和石油泵制造业界亟待解决的技术难题。通过现场运行

验证，国内常规泵，如：离心泵、柱塞泵、齿轮泵等也都不适合该类介质的输送，严重影响到油田的生产和经营。针对上述技术瓶颈，本项目开展高泥沙、高含气条件下的叶片泵关键技术研究，旨在解决油气密闭集输工艺中关键“卡脖子”技术难题，对油气增产、降本增效、安全环保具有重要的现实意义。

研究内容：

- 1) 适应高泥沙、高含气条件下的叶片泵水力模型开发；
- 2) 适应高泥沙、高含气条件下的叶片泵结构设计；
- 3) 新型叶片泵内非定常气液两相流动特性仿真计算；
- 4) 气液两相条件下新型叶片泵内外特性试验测试。

项目考核指标：

- 1) 形成一套完整的 $300\text{m}^3/\text{h}$ 适应高泥沙、高含气条件下的新型叶片泵设计方案；
- 2) 发表 SCI 论文 2 篇，发明专利 1 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2028 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所，具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；
- 2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称（或博士学位）；

3) 申报团队应在相关领域有前期研究基础，取得过相关论文、专利等知识成果；

4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

六、研究项目名称：阵列化弹性串联振荡翼亚米流发电装置及试验研究

研究目标：

针对深海极地海底亚米级极低流速（ $<1\text{m/s}$ ）下水流能发电启动难、效率低的问题，本研究开展阵列化弹性串联振荡翼发电机理与高效发电技术研究，通过理论推演与试验，探明其发电机理，形成适应深海高压、极地极寒环境的发电技术，打造试验样机，实现亚米级流速下高效启动与稳定发电。

研究内容：

- 1) 弹性串联振荡水翼发电装置总体设计方案研究；
- 2) 弹性串联振荡水翼发电装置全耦合动力学分析方法研究；
- 3) 弹性串联振荡水翼发电机理研究；
- 4) 弹性串联振荡水翼发电装置试验研究。

项目考核指标：

- 1) 弹性串联振荡水翼机组总体方案设计 1 套；
- 2) 研究报告 1 份；
- 3) 发表核心及以上期刊论文 2 篇，发明专利 2 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2027 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所，具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；
- 2) 申报团队负责人应具有副高级及以上职称（或博士学位）；
- 3) 申报团队应在相关领域有前期研究基础，取得过相关论文、专利等知识成果；
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

七、研究项目名称：抽蓄机组水轮机工况大跨度负荷转换过程中的失稳机理研究

研究目标：

辨识水泵水轮机在水轮机工况深度低负荷区内的主要失稳因素，明确工况转换过程中诱发水轮机失稳的主导因素，建立工况转换过程中水轮机稳定性与工况转换参数之间的关联关系，为多能互补综合能源系统中水电机组安全、稳定

的发挥调能作用奠定基础。

研究内容：

- 1) 基于深度学习算法湍流模型改进研究；
- 2) 水泵水轮机在水轮机工况深度低负荷区内的主要失稳因素的辨识；
- 3) 大负荷跨度工况转换过程中诱发水泵水轮机失稳的机理研究。

项目考核指标：

- 1) 高精度湍流模型一个；
- 2) 研究报告一份；
- 3) 发表 SCI 论文 2 篇，发明专利 1 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2027 年 12 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所,具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；
- 2) 申报团队应具有副高级及以上职称（或博士学位）；
- 3) 申报团队负责人应在相关领域有前期研究基础，取得过相关论文、专利等知识成果；
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

八、研究项目名称：面向多能互补的大型水电优化运行

与灵活性提升研究

研究目标：

水电是大型清洁能源基地的支撑性调节电源，在大规模风光不确定性馈入下易产生水位震荡失稳、运行工况劣化、发电耗水增加等问题，核心瓶颈是水电灵活性调节能力受限。本项目以金沙江上游等清洁能源基地为案例，研究不同场景和工况下水风光多能互补优化运行方式，评估水电对于清洁能源基地的灵活性支撑和适应能力，分析影响水电灵活调节能力的主要限制因素，提出灵活性改造和提升建议。

研究内容：

- 1) 面向多能互补的水电灵活调节能力评价方法；
- 2) 大规模水风光多能互补实时优化运行模型；
- 3) 典型工况场景下水电灵活性调节能力评价；
- 4) 水电灵活调节能力限制因素分析与提升研究。

项目考核指标：

- 1) 水风光互补实时优化运行模型 1 套；
- 2) 水电灵活性调节能力提升建议；
- 3) 研究报告 1 份；
- 4) 发表 SCI 论文 2 篇，发明专利 1 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月至 2027 年 12 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所,具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录;
- 2) 申报团队应具有正高级及以上职称(或博士学位);
- 3) 申报团队负责人应在相关领域有前期研究基础,取得过相关论文、专利等知识成果;
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

九、研究项目名称:高水头冲击式水轮机数值分析方法、热力学法测效率验证及径向水推力试验研究

研究目标:

本研究面向高水头冲击式水轮机数值分析方法结果差异大、原型机现场效率精准测量难度高、主轴径向交变水推力易诱发轴承磨损和机组振动等工程问题,依托现有冲击式水轮机模型试验平台,重点针对数值计算方法适用性、热力学法效率测量的准确性和径向水推力直接测量等三个方面开展研究,建立适用于高水头冲击式水轮机的数值计算方法建议、热力学法效率测试试验方案,以及基于高精度模型试验台的径向水推力直接测量系统,为高水头冲击式水轮机水力设计、现场性能鉴定及安全稳定运行提供技术支撑。

研究内容:

- 1) 开展不同数值计算方法的适用性研究,并与模型试验结果进行多工况对比分析;

2) 开展热力学法效率测量研究，并同步与常规模型试验效率结果进行比较，形成冲击式水轮机热力学法效率测试试验方案及误差评估方法；

3) 搭建一套基于高精度动态力传感器的径向水推力直接测量系统，实现对主轴径向水推力大小与方向的实时测量。为轴承优化设计和机组减振提供数据支撑。

项目考核指标：

1) 形成 1 套高水头冲击式水轮机数值分析方法建议；

2) 形成 1 套冲击式水轮机热力学法效率测试试验方案及误差评估方法；

3) 搭建 1 套冲击式水轮机模型机组径向水推力直接测量系统；

4) 研究报告 1 份；

5) 发表核心及以上期刊论文 2 篇。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2028 年 8 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所/正规企业，具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；

2) 申报团队负责人应具有副高级或者副教授及以上职称（或博士学位）；

3) 申报团队应在相关领域有前期研究基础，取得过相

关论文、专利等知识成果；

4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

十、研究项目名称：超高水头抽水蓄能机组轴径向力预测方法与形成机理研究

研究目标：

建立考虑上冠下环间隙的超高水头原型抽蓄机组数理模型，形成适合于机组转轮轴径向力分析的方法策略，揭示稳态全工况及典型瞬态工况下轴径向力演变规律及形成机理，明确轴径向力极值特性并提出优化改进设计方法，为机组安全稳定运行提供理论支撑。

研究内容：

1) 考虑转轮上冠下环间隙的原型抽蓄机组数理建模方法研究；

2) 全水头宽负荷稳态工况下抽蓄机组性能和轴径向力数值计算分析方法研究；

3) 瞬态过渡工况抽蓄机组性能和轴径向力数值计算分析方法研究；

4) 稳态与瞬态工况轴径向力演变规律及优化方法研究。

项目考核指标：

1) 水泵水轮机轴径向力预测数理模型 1 套；

2) 研究报告 1 份；

3) 发表 SCI 论文 2 篇，发明专利 1 项。

项目实施期限：

2026 年 8 月 至 2027 年 12 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所,具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录；
- 2) 申报团队应具有副高级及以上职称（或博士学位）；
- 3) 申报团队负责人应在相关领域有前期研究基础，取得过相关论文、专利等知识成果；
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。

十一、研究项目名称：抽水蓄能机组过渡工况非定常流动失稳机理与控制策略研究

研究目标：

聚焦抽水蓄能机组过渡工况下的流动失稳与能量传递机理，引入先进的高精度三维流场测试技术，深入剖析机组关键区域复杂流动特性及其成因，揭示流动失稳对机组运行稳定性能的影响规律，突破现有认知瓶颈，为机组水力设计优化与运行调节策略提供基础理论支撑，有效拓展机组稳定运行区间，优化并网时间曲线和规律，提升机组并网安全性与电网调节能力。

研究内容：

1) 复杂工况下机组内部三维流场多尺度演化特征与失稳触发机制研究。基于先进的光学流场诊断与重构技术,解析机组过渡工况下关键通流部件内部的三维动态流场,探明多工况下复杂涡系结构的时空演变规律与能量耗散特性,揭示机组流动分离与失稳的内在触发机制与演化规律;

2) 机组非定常流动结构与系统动态响应的时空耦合机制研究。构建流场演化与系统压力脉动的多源同步监测体系,获取过渡过程中关键部件瞬态流动时序数据及多维度脉动信号,运用现代信号处理与信息熵理论,量化非定常流动结构主导频率与系统动态能量突变的相位耦合关系及演化规律。

项目考核指标:

1) 抽水蓄能机组过渡工况非定常流动失稳机理研究测试模型;

2) 三维涡系流场测试平台及压力脉动同步采集系统;

3) 抽水蓄能机组过渡区域多导叶开度三维涡系流场数据集;

4) 导叶时序调节策略及机组稳定运行操作规程;

5) 研究报告 1 份;

6) 发表核心及以上期刊论文 4 篇,发明专利 3 项。

项目实施期限:

2026 年 8 月 至 2028 年 12 月。

申报要求：（申报团队资质要求）

- 1) 申报团队所在单位应为高校/科研院所,具备独立法人资质、科研管理规范、诚信无不良记录;
- 2) 申报团队应具有副高级及以上职称（或博士学位）;
- 3) 申报团队负责人应在相关领域有前期研究基础，取得过相关论文、专利等知识成果;
- 4) 优先支持承担过相关领域国家级项目或发表过相关领域高水平论文的申报团队。