

湖北省智慧水电技术创新中心文件

湖北省水电创新中心〔2026〕5号

关于发布湖北省智慧水电技术创新中心 2026年度开放研究基金申请指南的通告

湖北省智慧水电技术创新中心（以下简称“水电技术创新中心”）于2021年6月经湖北省科技厅批准设立。水电技术创新中心依托中国长江三峡集团有限公司，由中国长江电力股份有限公司（以下简称“长江电力”）牵头，联合水电行业上下游产业链14家企业、高校及科研院所共同组建。

为了创造良好的科学研究条件和学术环境，吸引、凝聚国内外优秀学者，加强学术交流与科研合作，促进产学研深度融合，水电技术创新中心特设立开放研究基金。现发布2026年度开放研究基金申请指南（以下简称“指南”），热忱欢迎国内外相关领域的研究人员积极申请。

一、指南内容（共6项）

课题一：数字孪生驱动的水电工程检修仿生灵巧手技能学习方法研究

（一）研究目标

面向水电工程高空、狭窄等危险检修场景，研究数字孪生驱动的仿生灵巧手技能学习方法，构建“专家示教-模仿学习-强化学习-孪生反馈”一体化技术体系。建立速度、位姿等多模态专家数据库与状态-动作映射模型，揭示复杂扰动条件下灵巧手操作技能迁移、泛化与优化机理，形成面向典型检修任务的高精度远程作业与自主学习方法。构建物理样机与虚拟样机双向映射及实时纠偏机制，形成数字孪生赋能的人机协同学习进化路径，为水电工程智能检修提供技术支撑。

（二）研究内容

1.构建专家数据库，研究操作人员手部动作、关节速度、位移轨迹等多源信息采集与标定方法，建立典型检修任务的标准动作特征库。

2.研究基于行为克隆的灵巧手技能模仿学习方法，建立“状态-动作”映射规则，实现检修专家手法的高精度复现。

3.研究引入安全约束的强化学习方法，构建复杂扰动场景下的策略迭代与自主适应机制，提升灵巧手在水电检修场景中的鲁棒性与泛化能力。

4.研究数字孪生驱动的双向数据流与实时反馈闭环机制，建立灵巧手速度、角度、位姿与环境响应的同步映射模型，形成“操作-响应”因果链可视化与纠偏机制。

5.研究面向水电工程检修的人机协同学习进化路径，形成基于专家示教、学员训练、量化评估和个性化训练方案生成的闭环优化方法。

（三）指标要求

1.搭建仿生灵巧手数字样机和物理样机各 1 套，灵巧手为五指结构，自由度 ≥ 10 。

2.搭建仿生灵巧手技能学习仿真训练平台 1 套，能够完成不少于 5 种典型任务或动态目标物体的灵巧操作训练，训练任务成功率 $\geq 85\%$ 。

3.构建仿生灵巧手数字孪生系统 1 套，能够实时同步不少于 5 种孪生数据信息，实现虚实闭环验证。

4.构建用于模仿学习的专家数据库 1 套，覆盖不少于 5 类典型检修动作，并实现模仿学习训练。专家示教的任务，学习成功率 $\geq 80\%$ ，相似新任务，学习成功率 $\geq 70\%$ 。

5.关节最大运动角度 $\geq 90^\circ$ ，最大运动速度 $\geq 1.57\text{rad/s}$ 。

6.灵巧手整机功率 $\leq 1.5\text{kW}$ ，整机质量 $\leq 2\text{kg}$ 。

（四）成果要求

1.提交总体研究报告 1 份。

2.提交仿生灵巧手数字样机和物理样机各 1 套。

3.提交视觉-物理协同的运动理解与遥操作运动控制软件 1 套。

4.提交技能学习仿真训练平台源文件 1 份、数字孪生系统及核心算法源文件各 1 份。

5.录用或发表论文不少于1篇。

6.申请发明专利不少于2项。

（五）研究经费及周期

1.项目金额：50万元。

2.项目周期：3年。

（本课题技术联系人：张军，19571128861）

课题二：基于超声导波的大型水电站压力钢管损伤智能检测技术研究

（一）研究目标

面向大型水电站压力钢管腐蚀、裂纹等损伤检测需求，开展超声导波无损检测关键技术研究。揭示超声导波在大直径、厚壁压力钢管（含弯头、变厚度段）充液工况下的传播、散射与模态转换机理，提出最优激励模态筛选准则。研制适配水电站压力钢管的超声导波传感器，构建分布式阵列网络拓扑优化检测方案，在模型试验中完成方案有效性与损伤检出能力验证。提出基于稀疏阵列的远距离弱信号增强与损伤成像方法，实现压力钢管腐蚀、裂纹等典型损伤的快速检出与定位，为压力钢管安全评估提供技术支撑。

（二）研究内容

1.研究含弯头、变厚度及流固耦合边界条件下压力钢管中超声导波传播、散射与模态转换规律，建立导波能量衰减与传播模型。

2.研制适配大型水电站压力钢管的超声导波换能器，确定

换能器选型与结构设计方案，通过模型试验验证激励接收性能与损伤检出能力。

3.构建分布式阵列网络优化方案。研究周向分布、轴向间隔及阵元数量对导波覆盖范围的影响规律，形成高效阵列布设方案。

4.研究远距离弱损伤信号增强与稀疏重构成像方法，实现压力钢管腐蚀、裂纹等典型损伤的检出、识别与定位。

（三）指标要求

1.建立包含典型特征结构及边界条件的等效压力钢管三维导波仿真模型2套，绘制出典型规格压力钢管的导波频散曲线，确定1~3种适用于压力钢管损伤检测的最优工作模态。

2.形成基于稀疏阵列的信号处理与成像算法1套，对典型损伤（局部腐蚀坑直径 $\geq 5\text{cm}$ 、深度 $\geq 5\text{mm}$ ；表面裂纹长度 $\geq 15\text{mm}$ 、深度 $\geq 5\text{mm}$ ；内部裂纹最大埋深 $\geq 15\text{mm}$ ）实现检出定位，轴向定位误差优于 $\pm 0.5\text{m}$ ，周向定位误差优于 $\pm 15^\circ$ 。

（四）成果要求

- 1.提交总体研究报告1份。
- 2.提交导波传播仿真模型源文件2份。
- 3.提交稀疏阵列成像算法源文件1份。
- 4.录用或发表论文不少于1篇。
- 5.申请发明专利不少于2项。

（五）研究经费及周期

- 1.项目金额：50万元。

2.项目周期：3 年。

（本课题技术联系人：杨宇正，15927245701）

课题三：水电站作业类机器人标准化及智能化关键技术研究

（一）研究目标

制定出适配水电站作业类的机器人软硬件接口、通信协议、数据格式、设备编码等基础性、通用性技术标准。针对典型场景，提出最优的模块化设计、智能感知及自主决策技术路线。构建起水电站作业类机器人标准化与智能化技术体系，破解“接口壁垒”与“专机专用”困境，提升机器人环境适应性与自主作业能力，为水电站机器人规模化、集群化、无人化作业提供技术支撑。

（二）研究内容

1.开展多维度现状调研与共性需求分析，调研水电站作业机器人技术应用现状，分析不少于 4 类典型场景下软硬件接口、模块化设计、智能感知与自主决策的技术水平及技术瓶颈。

2.开展通用性技术标准制定，制定出适配水电站作业类机器人软硬件接口、通信协议、数据格式、设备编码等基础性、通用性技术标准。

3.开展模块化设计研究，针对不少于 4 类水电站典型作业场景，分析其涉及的模块化设计技术，结合行业成熟的技术，推荐优选的技术路线；选取 1 个典型场景，构建一套模块化设计的技术方案，实现不同作业功能的快速切换。

4.开展智能感知与自主决策技术研究，针对不少于4类水电站典型作业场景，分析其涉及的智能感知与自主决策技术，结合行业成熟的技术，推荐优选的技术路线；选取1个典型场景，针对某一项具体的智能感知或自主决策关键技术进行深入研究和原理验证，完成技术方案的详细设计并进行仿真或小型实验验证。

（三）指标要求

1.针对不少于4类水电站典型作业场景，分别给出明确的模块化设计、智能感知与自主决策优选技术路线，形成技术路线图及推荐方案。

2.选取1个典型场景，完成模块化设计技术方案1套（含功能模块划分、接口定义及快速切换方案），并完成1项智能感知与自主决策关键技术的详细设计、仿真分析或小型实验验证。

（四）成果要求

- 1.提交总体研究报告1份。
- 2.提交水电站作业类机器人基础性、通用性技术标准1份。
- 3.提交水电站作业类机器人模块化设计研究报告1份。
- 4.提交水电站作业类机器人智能感知与自主决策研究报告1份。
- 5.录用或发表论文不少于1篇。
- 6.申请发明专利不少于1项。

（五）研究经费及周期

1.项目金额：20 万元。

2.项目周期：2 年。

（本课题技术联系人：成传诗，13477832101）

课题四：水轮机叶片裂纹缺陷超声斜聚焦检测方法研究

（一）研究目标

建立声学超结构对超声波垂直聚焦与斜聚焦的仿真模型；构建超声波在水轮机叶片内部传播的仿真模型并揭示其传播规律；研制斜聚焦声学超结构并验证其输出性能，形成水轮机叶片内部裂纹缺陷的超声斜聚焦检测方法。

（二）研究内容

1.研究叶片材料的声学特性，采用有限元仿真方法分析超声波在叶片材料内部的传播规律；研究声学超结构对超声波的垂直聚焦与斜聚焦仿真模型，开展具有斜聚焦功能的声学超结构的工作原理以及设计方法研究。

2.设计构建斜聚焦声学超结构的单元结构，建立并研究超结构单元等效性能的仿真模型及其计算方法；明晰超结构单元结构、排布方式、尺寸大小等与其等效性能的映射关系。

3.设计具有斜聚焦功能的声学超结构，利用有限元方法研究其输出性能；加工具有斜聚焦功能的声学超结构，实验验证其输出性能。

4.搭建基于声学超结构的超声检测实验平台，对转轮叶片内部裂纹缺陷模拟试件开展超声斜聚焦检测，进行数据处理与分析。

(三) 指标要求

- 1.斜聚焦声学超结构工作频率 $\geq 5\text{MHz}$ 。
- 2.可检裂纹缺陷最小尺寸 $\leq 2\text{mm}$ 。
- 3.可检裂纹缺陷最大埋深 $\geq 30\text{mm}$ 。

(四) 成果要求

- 1.提交总体研究报告 1 份。
- 2.斜聚焦声学超结构超声检测探头 1 副。
- 3.仿真模型及检测实验原始数据各 1 份。
- 4.录用或发表论文不少于 1 篇。
- 5.申请发明专利不少于 1 项。

(五) 研究经费及周期

- 1.项目金额：20 万元。
- 2.项目周期：2 年。

(本课题技术联系人：易万爽，15872677576)

课题五：基于机器学习的抽水蓄能电站水力暂态过程精细化建模方法研究

(一) 研究目标

针对传统抽水蓄能电站机组全特性曲线交叉重叠现象给水力暂态过程分析带来的困难，研究有压输水管路一维瞬变流动机理，明确水击压力波传播、反射与叠加规律；采用机器学习，考虑水轮机的非线性特性，构建适配抽水蓄能电站水力暂态过程的精细化模型；通过仿真结果与试验数据对比，完成模型可靠性评估，为抽水蓄能电站水力暂态过程优化控制提供数

据与技术支持。

（二）研究内容

1.抽水蓄能电站水力暂态过程建模机理分析。从机理层面揭示极端工况下压力振荡与转速波动的传播、叠加及衰减规律，为后续建模与数值计算提供理论支撑。

2.基于机器学习的抽水蓄能电站精细建模研究。针对某抽水蓄能电站，采用机器学习，考虑水轮机运行非线性特性，开展精细化建模研究，构建适配抽水蓄能电站水力暂态过程的精细化模型。

3.抽水蓄能电站精细化模型计算与评估分析。针对某抽水蓄能电站典型水力暂态过程开展数值仿真，并结合现场试验数据，评估基于机器学习的抽水蓄能电站水力暂态精细化模型的准确性与可靠性。

（三）指标要求

1.建立 1 套抽水蓄能机组水力暂态过程精细化模型，可有效复现机组水力暂态过程中压力、转速等核心水力特性的变化规律。

2.完成至少 2 种典型工况的抽水蓄能机组水力暂态过程仿真模拟，仿真误差 $\leq 15\%$ 。

（四）成果要求

1.提交总体研究报告 1 份。

2.提交抽水蓄能机组水力暂态过程精细化模型 1 套。

3.录用或发表论文不少于 1 篇。

4.申请发明专利不少于1项。

（五）研究经费及周期

1.项目金额：20万元。

2.项目周期：2年。

（本课题技术联系人：侯令华，15871650018）

课题六：复杂非结构化文档多模态重建与语义理解方法研究

（一）研究目标

面向水电工程全生命周期多模态非结构化资料（文档、图表、图像等）的知识化利用需求，开展基于多模态大模型的视觉解析、跨模态语义理解与知识化处理基础算法及关键技术研究。重点突破复杂非结构化文档高精度识别、图文混排结构深度解析、跨页语义关联分析以及专业工程图像理解等关键技术；推动水电技术资料由“可阅读”向“可解析、可检索、可关联、可计算、可复用”的范式转变。为水电智能检索、知识问答、设备运维及工程管理等核心业务提供底层智能化支撑，并具备其他能源工程场景的跨行业推广应用能力。

（二）研究内容

1.复杂水电技术文档的可信视觉重建与内容识别方法研究。针对历史扫描件、复印件和现场资料中存在的模糊、污损、折痕、印章或批注覆盖、页面变形、低对比度及复杂背景等问题，研究融合局部视觉特征、文本上下文、跨页信息和领域知识的多模态识别方法。

2.非结构化技术文档的层次化语义解析与知识单元构建方法研究。研究基于视觉—语言联合建模的端到端文档解析方法，形成统一的水电技术文档语义表示模型，将非结构化资料转换为标准化文本、表格、图像对象及其关联关系，为知识库、大模型检索增强生成和业务系统调用提供结构化数据。

3.水电专业图像的语义理解与结构化描述方法研究。面向大坝、水工建筑物、水轮发电机组、辅助设备及生产现场相关图像，研究基于多模态大模型和领域知识增强的专业图像理解方法。

（三）指标要求

1.在项目构建的复杂退化水电技术文档测试集上，文档字符识别准确率不低于 90%，识别及重建结果支持置信度输出和原始证据追溯。

2.文档标题、段落、表格、图像等主要版面对象识别 F1 值不低于 85%，典型水电技术文档关键字段抽取 F1 值不低于 85%。

3.典型水电工程图像专业要素识别 F1 值不低于 80%。

（四）成果要求

1.提交总体研究报告 1 份。

2.提交水电文档智能处理原型系统及源代码各 1 份。

3.录用或发表论文不少于 1 篇。

4.申请发明专利不少于 1 项。

（五）研究经费及周期

1.项目金额：20 万元。

2.项目周期：2年。

（本课题技术联系人：田源，15696232898）

二、申请要求及有关事宜

（一）国内外从事水电技术创新中心相关研究方向的教学、科研全职且有固定依托单位的研究人员均可在《指南》规定的范围内提出资助申请（基金出资单位长江电力人员除外）。申请者必须是项目的实际主持人，不受理自然人提交的项目申请。

（二）项目申请、审批、实施与结题等程序将按照《湖北省智慧水电技术创新中心开放研究基金管理细则》的有关规定执行。

（三）基金项目任务书签订前，长江电力将与受托方共同组建团队，开展基金项目研究。

（四）基金项目成果要求：

1.基金项目至少应录用或发表1篇SCI/EI检索论文（不包括会议论文），原则上不得将无关第三方人员列为论文作者；所有基于项目产出的论文应署名水电技术创新中心；基金项目验收前，应至少收到“稿件录用通知”；论文发表前均应送长江电力进行保密性审查。

2.专利技术交底书应提交长江电力，由长江电力统一组织专利申请相关工作，基金项目验收前，每项专利需经国家知识产权局受理（以专利申请受理通知书为准）；基金项目结算后，

应持续提供技术支撑服务直至专利授权。基于基金项目成果要求产生的发明专利的第一专利权人应为长江电力。

（五）所有基金研究成果应标注本基金项目资助，并在成果鉴定、报奖时署名水电技术创新中心。中文标注格式为“湖北省智慧水电技术创新中心开放研究基金资助”，英文标注格式为“Supported by the Open Research Fund of Hubei Technology Innovation Center for Smart Hydropower”。

三、申报程序

（一）自本《指南》公布之日起，开始受理项目申请，截止日期为 2026 年 9 月 4 日。

（二）申报单位须对申报项目进行初审，并签署审核意见。

（三）申报单位及个人应按相关要求提交纸质版项目申请书一式 2 份，同时报送电子版文件，电子版文件包括开放研究基金项目申请汇总表（附件 1）、申请书 word 版（附件 2）及盖章后的申请书 pdf 扫描版。申请书命名规则：“基金项目申请书：项目依托单位-申报人姓名-基金项目名称”，如：“基金项目申请书：中国长江电力股份有限公司-张三-水电机组宽负荷运行对转轮叶片的损伤机理研究”。

联系人：杨旋

电话：18708700350

E-mail：yang_xuan2@ctg.com.cn

通讯地址：武汉市江岸区三阳路 88 号匠心城三阳中心

邮政编码：430019

附件：1.开放研究基金项目申请汇总表

2.开放研究基金项目申请书

3.湖北省智慧水电技术创新中心开放研究基金管理
细则

湖北省智慧水电技术创新中心

2026年8月14日





湖北省智慧水电技术创新中心秘书处

2026年8月14日印发
