

中国发明协会发明创业奖创新奖提名书

(2026) 年度

一、项目基本情况

提名者	哈尔滨工程大学		
项目名称	海上风力发电系统减振控制关键技术及工程应用		
完成人（完成单位）	1 张建华（哈尔滨工程大学） 2 孙科（华北电力大学） 3 李志川（中海油能源发展股份有限公司清洁能源分公司） 4 董雪峰（天津大学） 5 耿岩（中冶建筑研究总院有限公司） 6 姜浩（长江三峡集团江苏能源投资有限公司）		
	填写说明：项目完成人（完成单位）不超过 6 人，由系统自动生成。		
学科	农林养殖	医药卫生	国土资源
	环境水利	轻工纺织	化工
	材料冶金	机械与动力√	电子信息组
	民营企业		
	填写说明：请在所属学科后面打√		
提名意见	该项目面向国家“双碳”战略与海洋强国建设重大需求，针对深远海风电结构振动安全“卡脖子”瓶颈，按照“核心装置发明—设计方法创新—工程模式验证”递进逻辑系统攻关，形成原创技术成果。 创新点一：首创多级自适应惯容阻尼增效机理，发明离心力-电磁力协同驱动减振装置及其系列衍生装备，原创分阶段惯容增效设计理论，实现“变惯容-变阻尼”一体化自适应调节，极端工况相对位移降低 45.33%。衍生发明颗粒阻尼-调谐质量阻尼器、调谐液柱阻尼系统等，形成被动、自适应、半主动全策略专利群，系统攻克海上风机宽频多向振动自适应控制难题。 创新点二：发明海上风电减振系统“建模-等效-优化”一体化快速设计方法。首创有限元-离散元耦合多尺度模型，实现结构连续与离散介质统一描述；发明“双颗粒”等效简化模型，计算效率提升两个数量级；发明融合混沌进化与群智能的多层次参数优化方法，解决强非线性多参数耦合精准寻优难题。 创新点三：发明风电减振技术工程化应用模式。构建气动-水动-结构-控制全耦合动力学分析平台，揭示极端工况减振系统协同作用与失效机理；完成全球首次 6.45MW 海上风机阻尼器示范应用，平台运动响应降低 50% 以上；形成“在线监测—智能诊断—主动减振”闭环运维体系。成果在中		

	船庄河、三峡大丰等风电场规模化推广，控制效率达 50%以上，累计新增利润 9.2 亿元。 项目获授权专利 28 件，发表论文 30 余篇，参与起草国家标准 1 项、团体标准 1 项，形成装置发明、方法创新、标准引领、产业应用的完整创新链条。同意推荐为一等奖。
	填写说明：第三人称表述，本提名书均以第三人称表述，不超过 600 字。

二、发明创新情况

（一）知识产权情况

论文情况				
序号	论文名称	刊名	作者	影响因子
1	Design, characterization, and simulation of a novel multi-stage inertial damper for wind turbine structural vibration control	Energy	Mingyang Wei, Jianhua Zhang, Ke Sun, Cheav Por Chea, Xueming Zhang, Zhicheng Liu, Feng Jiang	9.4
2	Parameter optimization and vibration reduction effect of one C-shaped particle damping-tuned mass damper for offshore wind turbine	Ocean Engineering	Xiaofeng Dong, Shencheng Ren, Yuan Jia, Tongshun Yu	5.5
3	Vibration control and parametric optimization of tuned liquid column damper for offshore wind turbines during shutdown	Energy	Jianhua Zhang, Zhicheng Liu, Ke Sun, Cheav Por Chea, Mingyang Wei, Yiwei Zhang, Zaibin Lin, Yan Geng	9.4
4	Comparisons on vibration reduction effect of two types of particle dampers for offshore wind turbine structures	Marine Structures	Xiaofeng Dong, Yuan Jia, Shencheng Ren, Jiale Li, Zhuo Miao	5.1
5	Research on semi-active vibration reduction of offshore wind turbine structure combined eddy current theory with tuned mass dampers	Renewable Energy	Junni Jiang, Xiaofeng Dong, Jijian Lian, Yuan Jia	9.1
6	The theoretical analysis and improvement on the vibration reduction effect of particle damping-tuned mass damper for offshore wind turbine structure	Structures	Xiaofeng Dong, Yuan Jia, Yuchao Li, Shencheng Ren	4.3
7	紧急停机过程中海上风机结构振动特性分析	船舶工程	朱魁星, 李志川, 李宁, 杨立争, 唐朝, 张建华	0.52

8	基于颗粒阻尼理论的海上风机减振甲板特性研究	海洋工程	董霄峰, 任绅铖	0.55
9	Structural modeling and optimization design of 15MW semi-submersible floating wind turbine platform based on intelligent algorithms	Energy	Hong Bai, Jianhua Zhang, Gang Ma, Ke Sun, Won-Hee Kang, Yueqi Lai, Yian Chen, Ronghua Zhu	9.4
10	Optimization design of hydro turbine support structure based on GA-FA-BP method	Ocean Engineering	Jianhua Zhang, Hong Bai, Ke Sun, Won-Hee Kang, Jun Guo, Shuaihui Sun	5.5

填写说明

- 1、只填写近五年发表的论文，不超过 10 篇；
- 2、至少有一篇中文论文；
- 3、未列入完成人的作者应对本奖项知情同意。

专利情况				
序号	专利名称	专利号	附件	法律状况
1	一种用于浮式海上风机的调谐质量阻尼减振装置	ZL202411650301.9		授权
2	一种用于漂浮式风电的调谐液柱阻尼减振系统	ZL202310801223.7		授权
3	一种海上风电智能阻尼减振系统	ZL202311487914.0		授权
4	一种可调节阻尼的半主动电涡流阻尼器	ZL202410903948.1		授权
5	一种漂浮式垂直轴风力机减摇装置及其安装方法	ZL202510494208.1		授权
6	组合式浮式风电平台及其发电效能智能优化方法	ZL202310786749.2		授权
7	一种张力腿式海上风电平台及筋腱动态平衡调节方法	ZL202510543435.9		授权
8	一种海上装配式漂浮平台及其装配施工方法	ZL202510106244.6		授权
9	一种浮式海上风机平台减振装置及方法	ZL202410526532.2		授权
10	一种张拉整体式海上风力发电支撑结构	ZL202310384820.4		授权
填写说明： 1、填写与项目相关的专利 10 个以内，按照重要程度排序； 2、法律状态填写“公开”或“授权”两种； 3、提供专利摘要页作为附件，本表填写附件编号。				

（二）项目简介（不超过 1200 字符）

海上风电是国家“双碳”战略的核心支撑，我国装机规模已居全球首位。随着开发水深超过 60m、单机容量突破 20MW，机组“高塔筒、柔结构、长叶片”特征显著，在风、浪、流等多源荷载耦合作用下，结构振动超限与疲劳损伤已成为制约深远海风电安全运行的核心瓶颈。传统阻尼技术源于建筑抗震领域，面对海洋环境高盐雾、强腐蚀、空间受限及多方向振动等极端条件，存在适应性失配、频带覆盖不足、参数优化滞后三大瓶颈，难以满足海上风电对高效、智能、可靠减振的迫切需求。

针对上述难题，项目依托国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目等国家级科研项目，按照“核心装置发明—设计方法创新—工程模式验证”递进逻辑系统攻关，取得原创技术成果：

1、首创多级自适应惯容阻尼增效机理，发明离心力-电磁力协同驱动系列化减振装置。原创提出惯容增效设计理论，突破传统阻尼器参数固定、难以适应荷载时变的物理瓶颈；发明离心力驱动滑块分阶段运动机制，低荷载下摩擦力约束提供基础调谐，中等荷载下离心力作用产生负刚度效应，比传统惯容高 1.93 倍，大荷载下滑块切割磁感线产生电涡流阻尼，耗能能力达传统惯容的 355.44 倍，根据不同的荷载和机组振动情况，实现“变惯容-变阻尼”一体化全被动自适应调节。基于该核心机理，衍生发明 C 形颗粒阻尼-调谐质量耦合装置，融合颗粒碰撞耗能与调谐质量阻尼，开口 60°C 形拓扑适配塔筒空间约束，极端工况相对位移降低 45.33%；衍生发明内摆式电涡流阻尼装置（PD-TMD）、减振颗粒甲板（VR-PD）、调谐液柱阻尼系统等，形成覆盖固定式和漂浮式平台的“被动-自适应-半主动-智能”全策略的专利群，系统性攻克海上风机宽频多向振动自适应控制难题。

2、发明海上风机减振系统快速设计的“多尺度建模—物理等效—智能优化”一体化方法。首创有限元-离散元耦合多尺度数值模型，实现结构连续介质与离散介质统一描述，揭示了颗粒阻塞性、叠加层数、质量比等参数对减振性能的影响规律；发明“双颗粒”等效简化模型，将颗粒群非线性碰撞降维解析，计算误差控制在 8%以内，计算效率提升两个数量级。发明融合混沌进化与群智能的多层次参数优化方法，发展了混沌进化优化-卷积神经网络（CEO-CNN）、改进灰狼优化（IGWO）、白鲸优化-反向传播-海洋捕食者（BWO-BP-MPA）、遗传-萤火虫-BP（GA-FA-BP）等智能参数优化方法，实现减振系统多维参数的精准高效寻优，相关系数最高达 0.999，基于该模型优化后的 PD-TMD 和 VR-PD 分别将风机疲劳寿命提升至 323 年和 305 年。解决减振装置刚度、阻尼等多参数精准寻优难题，为工程快速设计提供核心算法。

3、发明风电机组系统减振技术工程化应用模式。针对海上风电机组“气动-水动-结构-控制”强耦合特性及工程验证难题,构建多体全耦合动力学分析平台,揭示了紧急停机、台风、地震等极端工况下风机结构的振动演化规律,及减振系统的协同作用与失效机理。完成全球首次 6.45MW 海上风机阻尼器示范应用,平台运动响应降低 50%以上;形成“在线监测—智能诊断—主动减振”闭环运维体系。

本项目形成知识产权 28 件,其中国际专利 1 件,国家发明专利 20 件,实用新型 7 件,软件著作权 10 项;发表论文 30 余篇,参与起草国家标准 1 项、团体标准 1 项,形成装置发明、方法创新、标准引领、产业应用的完整创新技术。相关技术应用于中船庄河 300MW、三峡新能源盐城大丰、莆田平海湾等多个海上风电场推广应用,累计为应用单位新增利润超 9.2 亿元,具有潜在的重大社会经济效益和推广应用前景。

校内主要完成人情况表

姓名	孙科	性别	女	排名	2	民族	汉
出生年月	1978 年 8 月			出生地	吉林省吉林市	身份证号	
最高学位	博士研究生			最高学历	博士	技术职称	教授
毕业学校	哈尔滨工程大学			毕业时间	2008 年 3 月	所学专业	流体力学
电子邮箱	sunke@ncepu.edu.cn			办公电话	010-61771855	移动电话	13895705499
通讯地址	北京市昌平区北农路 2 号					邮政编码	102206
完成单位	华北电力大学						
二级单位	新能源学院						
参加本项目的起止时间		2016.4.30-2025.12.30					
对本项目主要科技创新的贡献： 负责全耦合动力学分析平台水动力模块开发，建立基于势流理论/莫里森方程的漂浮式风机水动力模型；揭示紧急停机、台风等极端工况下水-结构耦合振动传递机理，为减振装置的工况适应性验证提供核心理论支撑。							
曾获科学技术奖励情况： 2023 年中国造船工程学会科学技术奖（技术发明类）一等奖，排名第 2 2022 年海洋工程科学技术奖二等奖，排名第 3 2020 年中国电力技术发明奖二等奖，排名第 4							
声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。				单位（盖章） 年 月 日			
本人签名： 年 月 日							