

## 2025 年度山东省科学技术奖提名公示信息

项目名称	区域综合能源系统低碳高效运行关键技术及应用
提名单位	国网山东省电力公司
提名意见	<p>该项目针对制约区域综合能源系统低碳高效运行的“能流-碳流-信息流”融通难、全状态精准感知难、异质多能流高效调控难三大技术瓶颈开展研究，提出了“能流-碳流-信息流”一致性融通建模理论，发明了源网荷储全域动态碳轨迹追踪技术与信息物理系统交互机制影响下安全性指标量化技术；提出了数据-机理驱动的综合能源系统全状态智能感知方法，研发了多源异构数据插补、非侵入监测和分布式协同全域感知技术；提出了日前随机优化调度、日内分布式优化调度、物理信息实时协同的调控架构，发明了综合能源系统分布式多尺度协同优化调控技术。基于上述技术成果，项目开发了综合能源系统能流-碳流仿真分析软件/模块、云边协同多尺度优化调度软件平台，研制了协调控制保护装置等核心装备，在大量实际工程中成功开展应用，有效解决了区域综合能源系统低碳高效运行难题。经中国电力企业联合会组织的成果鉴定会鉴定，该项目成果达到国际领先水平。</p> <p>该项目成果立足山东、服务全国，其技术创新性和实用效果在行业内得到广泛关注和高度认可，已在众多龙头企业中推广，涵盖工业园区、建筑楼宇、智能交通、智慧农业等多种典型场景。该成果显著提升了区域综合能源系统的智能化调控水平和清洁能源消纳能力，大幅降低了碳排放，保障了系统的长期高效可靠运行，经济效益和社会效益显著，对实现“双碳”目标具有重大意义。</p> <p>我单位认真审阅了该项目提名书及其附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，全部项目完成单位均进行了公示，确认完成人、完成单位排序无异议。</p> <p><b>提名该项目为 2025 年度山东省科学技术进步奖一等奖。</b></p>

项目简介	<p>构建综合能源系统是提高能源整体利用效率、保障供能持续性和安全性、促进可再生能源开发消纳的关键手段，是国家建设清洁低碳、安全高效能源体系的重要组成部分。“十四五”规划明确提出“建立冷热水电气一体供应的区域综合能源系统”。2022年以来，国家能源局密集出台多部文件，鼓励区域综合能源系统加快发展。山东可再生能源禀赋突出，截止2023年底，风电光伏装机总量超8200万千瓦，居全国第一；作为我国重要的工业基地和北方地区经济发展的战略支点，山东能耗总量长期位居全国首位。大力推行区域综合能源系统建设，对于深化山东全省新旧动能转换、推动绿色低碳高质量发展意义重大。</p> <p>项目组在国家自然科学基金、山东省新旧动能转换重大项目和国家电网总部科技项目支持下，历经十余年产学研用协同攻关，解决制约区域综合能源系统低碳高效运行的“能流-碳流-信息流”融通、全状态精准感知、多能流多终端高效协同调控三大关键技术瓶颈，开发综合能源系统能流-碳流仿真分析软件、云边协同多尺度优化调度软件，并将其作为功能模块嵌入合作单位能量管理平台，研制协调控制保护装置等核心装备，在全国范围内大规模应用。主要创新点如下</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 提出综合能源系统“能流-碳流-信息流”的一致性建模技术。融合“熵”的概念，首次提出“能量熵”、“碳熵”、“系统熵”系列建模方法，突破能流模型不统一、碳排机理不明晰、物理信息系统不融通的技术难题，实现综合能源系统三流统一的高效精准建模，为优化调控提供机理模型基础。</li><li>2. 提出数据-机理驱动的区域综合能源系统全状态智能感知技术。基于海量实测数据，开创异构数据插补、端口全状态识别、分布式全域估计系列感知技术，攻克多源量测感不全、死角设备感不到、全域状态感不准的技术难题，实现系统高分辨率全状态准确识别，为优化调控提供信息支撑。</li><li>3. 提出综合能源云边协同分布式优化调控技术。结合区间鲁棒优化和分布式求解算法，提出日前随机优化调度、分布式日内滚动优化调度、物理信息协同实时控制与故障恢复系列技术，解决日前调度不准确、日内滚动协同差、实时控制响应慢的技术难题，实现系统的精准调度与高效协同。</li></ol> <p>以王成山院士为主任委员的鉴定委员会评价为：“该项目成果达到国际领先水平”。</p>
------	---

## 主要完成单位情况

序号	完成单位名称	邮政编码	详细通信地址	单位属性
1	国网山东综合能源服务有限公司	250001	山东省济南市市中区升平街 1 号国网贵都办公区	企业-国有企业
2	山东大学	250061	山东省济南市历下区经十路 17923 号	事业单位-学校
3	卡奥斯能源科技有限公司	266103	山东省青岛市崂山区海尔路 1 号海尔工业园中心大楼	企业-私营企业
4	山东电力工程咨询院有限公司	250013	济南市历下区闵子骞路 106 号	企业-国有企业
5	山东浪潮智慧能源科技有限公司	250101	山东省济南市高新区浪潮路 1036 号浪潮科技园 T02 楼 18 层	企业-国有企业
6	东北大学	110819	辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号	事业单位-学校
7	东方电子股份有限公司	264009	山东省烟台市芝罘区机场路 2 号	事业单位-科研院所
8	上海科梁信息科技股份有限公司	201103	上海市合川路 3533 号虹创园 8 号楼	企业-私营企业
9	青岛特锐德电气股份有限公司	266100	山东省青岛市崂山区松岭路 336 号	企业-私营企业

## 主要完成人情况

序号	姓名	职务/职称	工作单位	对成果创造性贡献
1	赵浩然	电气工程学院副院长 /教授	山东大学	项目负责人。负责项目研究方案设计，技术路线的制定和项目实施的组织协调。对科技创新点 1、2 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：提出基于“碳熵”的动态碳轨迹追踪理论、基于“能量熵”的统一能流建模方法，对科技创新点 2 的贡献是：参与全状态在线识别与分析技术研究，负责“能流碳流实时仿真分析软件”设计。
2	王瑞琪	副主任/教授级高工	国网山东综合能源服务有限公司	项目主要完成人。参与关键技术攻关与方案实施，主导综合能源系统优化，推动综合智慧用能技术与应用。对科技创新点 1、3 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：提出一种一种分布式并网发电系统序阻抗聚合方法，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种计及需求响应的综合能源系统运行优化方法和一种综合能源系统的日内优化调度方法及系统。
3	刘帅	控制科学与工程学院 自动化所所长/教授	山东大学	项目主要完成人。主导区域综合能源系统分布式协同全域感知技术攻关，负责分布式优化方法和实时控制方法的研究。对科技创新点 2、3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：提出了基于预设时间观测器的孤岛微网状态估计方法及系统，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种基于一致性

				算法的综合能源系统分布式控制方法及系统。
4	孙秋野	教授	东北大学	项目主要完成人。主导分布式能源系统的区间优化和控制方法的研究，出版“能源互联系统的最优控制与安全运行”等著作多篇。对科技创新点 2、3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：提出了一种分布式能源信息系统能源管理装置及方法，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种统一电网-分布式热网系统多时间尺度加强区间优化方法。
5	马大中	教授	东北大学	项目主要完成人。主导数据-机理驱动的多源异构数据插补技术的研究，参与能流碳流实时仿真分析软件、云边协同多尺度优化调度软件的开发。对科技创新点 2、3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：提出了一种管道内检测器实时监控系统及方法，对科技创新点 3 的贡献是：一种考虑时间特性的分布式多能系统及其控制方法。
6	孙文川	高级工程师	国网山东综合能源服务有限公司	项目主要完成人。负责项目升级改造方案设计，显著提升了综合能源系统的运行可靠性，参与综合能源相关政策的研究与起草和项目总体思路设计、前期规划等工作，开发“供电+能效服务”低碳用能新模式。对科技创新点 3 做出了突出贡献，贡献是：提出了一种可移动式充电舱电网需求响应方法。
7	柴纪强	总经理/高级工程师	卡奥斯能源	项目主要完成人。负责将云边协同分布式调控技术集成到“COSMOIatEMS 智

			科技有限公司	慧能源智慧服务平台”及其他科技成果转换落地。对科技创新点 2、3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：开发了一种分布式能源管理用环境监控装置，对科技创新点 3 的贡献是：参与基于区间鲁棒优化的云端日前随机优化调度方法研究，参与基于对偶分解和算子分裂的分布式优化方法研究。
8	梁涛	综合智慧能源事业部主任/正高级工程师	山东电力工程咨询院有限公司	项目主要完成人。参与基于“能量熵”的统一能流建模方法研究，负责起草“综合智慧零碳电厂通则”等标准。对科技创新点 1、3 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：提出了一种基于动态自适应建模的综合智慧能源优化调度方法及系统，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种面向供需不确定性综合能源系统多目标规划方法及系统。
9	李正烁	电气工程学院电力系统所所长	山东大学	项目主要完成人。参与了基于分布式趋同和信息物理协同的实时控制方法研究，参与“能流碳流实时仿真分析软件”、“云边协同多尺度优化调度软件”的开发。对科技创新点 1、3 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：提出了一种天然气输气管网系统动态仿真的求解方法及系统，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种细时间粒度下的动态综合能源系统分布式调度方法及系统。

10	周海妮	总经理/高级工程师	国网山东综合能源服务有限公司	项目主要完成人。负责协调跨部门技术攻关，搭建产学研协作平台，为核心创新点提供了实践支撑。对科技创新点 2, 3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：将综合能源智能感知和优化调度技术应用至多个项目中，对科技创新点 3 的贡献是：提出了综合能源系统仿真建模与多主体实时能量管理等技术。
11	刘益畅	电力事业部副总经理/信息系统项目经理	山东浪潮智慧能源科技有限公司	项目主要完成人。参与项目研究方案的设计优化，协助完善技术路线，参与项目成果的转化实施。对科技创新点 1, 3 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：提出了一种一种 3D 数字孪生系统、装置，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种峰谷套利的 5G 基站储能运维管理系统及方法。
12	田志强	综合能源业务部部长助理/高级工程师	东方电子股份有限公司	项目主要完成人。主导项目核心算法开发与系统集成测试，承担实验数据验证工作，深度参与商业化模式设计并推进行业标杆场景的示范应用。对科技创新点 3 做出了突出贡献，贡献是：提出了一种用于综合能源系统的优化调度系统。
13	王超	总裁、技术研究院院长/教授级高工	青岛特锐德电气股份有限公司	项目主要完成人。参与项目研究方案的论证与优化设计，协助技术路线的细化落实及关键技术攻关，负责核心模块的技术开发，主导研究成果产业化，负责将分布式实时控制算法集成到特锐德电动汽车群智能充电系统，对科技

				创新点 3 做出了突出贡献，贡献是：参与了基于分布式趋同和信息物理协同的实时控制方法研究。
14	江艺宝	助理研究员	山东大学	项目主要完成人。参与项目研究方案设计，技术路线的制定和项目实施的组织协调，对科技创新点 1、3 做出了突出贡献，对科技创新点 1 的贡献是：参与并协调统一能流建模的研究工作，对科技创新点 3 的贡献是：提出了一种计及典型控制的风储协同调频参数整定和功率量化方法。
15	李鸿彪	副总经理	上海科梁信息科技股份有限公司	项目主要完成人。负责将项目研发的综合能源精细化仿真与碳流分析软件集成应用于科梁公司自研的“综合能源数字孪生云平台”中。对科技创新点 2、3 做出了突出贡献，对科技创新点 2 的贡献是：提出了综合能源能量管理系统的测试方法及其测试系统；对科技创新点 3 的贡献是：开发了一种综合能源调控系统及其控制方法、服务器。

## 主要知识产权和标准规范等目录

序号	具体名称	类别	状态	授权号/ 标准编号	授权/标准 发布时间	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)	支撑 创新 点
1	基于一致性算法的综合能源系统分布式控制方法及系统	发明专利	有效	ZL202110764271.4	2022.04.08	5065035	山东大学	刘帅;张垚;孙波;陈晶	3
2	基于预设时间观测器的孤岛微网状态估计方法及系统	发明专利	有效	ZL202410308876.6	2024.06.14	7097204	山东大学	刘帅;朱铭;徐吴天;梁利梅;赵浩然;华友情;王伟	2
3	基于能量流响应叠加的综合能源调度方法及系统	发明专利	有效	ZL202411140828.7	2024.11.19	7530618	山东大学	赵浩然;王梦雪;刘春阳;黄晓莉;杜雨欣;王瑞琪	1
4	基于数据驱动的多能源网络数字孪生实时仿真系统及方	发明专利	有效	ZL202310855287.5	2024.05.28	7040987	山东大学	赵浩然;田航;黄晓莉;李浩然;钱晓熠;王瑞琪;刘帅	1

	法								
5	一种面向风光氢储充综合能源的时空联合运行优化方法	发明专利	有效	ZL202410022197.2	2024.04.19	6920351	山东大学	赵浩然;李浩然;钱晓熠;王瑞琪;刘帅;马大中	3
6	一种分布式并网发电系统序阻抗聚合方法及系统	发明专利	有效	ZL 2021 10302722.2	2024.02.13	6715643	国网山东综合能源服务有限公司	王瑞琪;鞠文杰;杜颖;郭亮;李民;张华栋;王鑫;李晓卿	1
7	一种计及需求响应的综合能源系统运行优化方法	发明专利	有效	ZL 2021 10291260.9	2023.04.07	5863867	国网山东综合能源服务有限公司	王瑞琪;郭光华;路军;范云鹏;卞峰;牛蔚然;王明远	3
8	综合能源系统多目标集成设计与优化控制方法	发明专利	有效	ZL 2018 10789415.X	2019.06.14	3413344	国网山东省电力公司青岛供电公司;国网山东综合能源服务有限公司	王超;王瑞琪;孙振海;安树怀;许玮;慕世友	3
9	A Mechanism-based Data-driven Interval Energy	论文	有效	DOI10.1109/TSTE.2024.3354825	2024.07	IEEE Transactions on Sustainabl	山东大学;国网山东综合能源服务有限公司	田航;赵浩然;信思笑;李浩然;王瑞琪;刘帅	1

	Flow Calculation Method for Integrated Energy Systems via Affine Arithmetic-based Optimization					e Energy			
10	能源互联网与能源转换技术	专著	有效	9787111555650	2017.01	机械工业出版社	东北大学	孙秋野, 马大中	2