

2026 年度山东省科技进步奖提名公示信息

项目名称	亿千瓦级新能源接入的电网全域同步感知与柔性调控技术及应用		
提名者	山东电子学会	提名等级	二等奖
提名意见	我单位认真严格地审阅了该项目的提名书及全部附件材料，确认该项目符合山东省科学技术奖励规定的提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。 该项目提出了宽频动态信号时频变换量测方法与多时钟源抗扰同步技术，研制了多源高保真配网同步边缘量测装置，提出了数据可靠性-电网可靠性协同评估方法，量化揭示了新能源量测数据质量对电网可靠性的影响规律，发明了基于大语言模型的数据质量超参数自动优化技术，突破了亿千瓦级新能源海量多源异构数据准确汇集与可靠传输难题，成功研制了分布式光伏直采直控调控系统及低成本、低功耗、高可靠数据交互终端，提出了基于双刚度指标的柔性装备选址定容混合整数规划策略，发明了基于中低压柔性互联的柔性装备协同互济功率平衡控制方法，研发了亿千瓦级新能源省域电网多元协同调控系统，实现了海量新能源调控的局域自治与广域协同。经中国电力企业联合会鉴定，以王成山院士为主任委员的鉴定委员会一致认为项目技术创新性强，整体达到国际领先水平。 该项目成果已在新能源集中式场站并网调控和省域分布式新能源规模化接入等国内新能源调控核心场景实现规模化深度应用，系统性解决了亿千瓦级新能源接入电网过程中感知失准、传输失真、调控失效的共性技术瓶颈，显著提升了电网安全稳定运行韧性与新能源安全接入能力，项目成果已在山东、江苏、河北、湖南等多个省市推广应用，并远销巴西、阿根廷等多个国家，对保障新能源安全可靠接入、提升新能源消纳水平、推动新型电力系统建设、实现“双碳”目标具有重大意义。		
项目简介	习总书记指出“要适应能源转型需要，进一步建设好新能源基础设施网络，推进电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，提高电网对清洁能源的接纳、配置和调控能力”。截至 2026 年 6 月，山东风光装机达 1.31 亿千瓦，其中分布式光伏超 6000 万千瓦、136 万户，户用光伏规模全国第一。强随机、广分散、高渗透的规模化新能源接入彻底颠覆传统电网“源随荷动”刚性电力平衡模式，导致电网状态量测失准、信息传输失真、协同调控失效等问题频发，成为制约亿千瓦级新能源安全并网的核心技术瓶颈。亿千瓦级新能源接入导致电网面临三大挑战：①新能源并网带来的宽频信息量测存在技术性局限，电网全域高保真同步感知难实现；②新能源海量异构数据跨域采传链路繁杂，多源数据可信性与实时性难保障；③电网柔性组网与调控能力不足，主配协同调控难覆盖。 项目组在国家自然科学基金、省自然科学基金等项目支持下，提出了“全域高保真同步量测-多链路可信数据传输-自适应		

柔性组网调控”一体的亿千瓦级新能源接入电网感知调控技术体系、成套装备及工程化平台。主要创新点如下： ①亿千瓦级新能源接入的电网高保真同步量测技术。发明了宽频动态信号时频变换量测方法与多时钟源抗扰同步技术，突破了海量异构新能源同步量测技术瓶颈；研制了国内首台多源高保真配网同步边缘量测装置，设备自组网接入率≥99%，同步误差≤2.9μs，核心指标优于 IEEE/IEC 60255 标准 1 个数量级。 ②亿千瓦级新能源接入的电网多链路数据可信传输技术。提出了数据可靠性-电网可靠性协同评估方法，发明了基于大语言模型的数据质量超参数自动优化技术，实现省域平台电压电流数据平均误差≤1.21%；开发了分布式光伏直采直控调控系统及低成本、低功耗、高可靠数据交互终端，支撑百万级终端设备数据秒级高并发、高实时处理。 ③亿千瓦级新能源接入的电网柔性组网与主配协同调控技术。提出了基于双刚度指标的柔性装备选址定容混合整数规划策略，首次定量评估了柔性装备选址对新能源接入电网安全运行的影响；发明了基于中低压柔性互联的柔性装备协同互济功率平衡控制方法；提出了基于分级-协同思想的亿千瓦级新能源接入电网主配协同调控技术，研发了亿千瓦级新能源省域电网多元协同调控系统，实现了海量新能源调控的局域自治与广域协同，控制策略单次计算时间≤0.16 秒，省地协同控制实时数据交互时间≤1.133 秒。 项目授权发明专利 55 项，获软著 36 项，发表 SCI/EI 论文 75 篇，出版专著 3 本；编制标准 6 项，其中 IEC 标准 1 项，国家标准 1 项。以王成山院士为主任委员的鉴定委员会认为“项目技术创新性强，达到国际领先水平”。项目成果已在山东、江苏等 20 多个省市推广应用，依托成果产出的关键设备及平台已应用在山东电工电气集团有限公司等国内主流设备制造商的产品中，创造直接经济效益 23.22 亿元，经济和社会效益十分显著，对提升电网新能源调控能力，实现“双碳”目标具有重大意义。									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

主要知识产权和标准规范等目录									
序号	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
1	发明专利权	基于轻量化神经网络的配电网异常数据检测方法及系统	中国	ZL 2024 1 0916945.1	2024/10/11	第 7435087 号	山东大学	孙凯祺; 高弋典; 邱伟; 孙媛媛; 李可军; 王一鸣	有效
2	发明专利权	含新能源的配电网供电可靠性影响因素分析及系统	中国	ZL 2024 1 0250856.8	2024/6/4	第 7069638 号	山东大学	孙凯祺;高弋典;孙媛媛;李亚辉;刘洁;李明洋;王一鸣	有效
3	发明专利权	基于混合比例调节的逆变器跟网控制切换方法及系统	中国	ZL 2024 1 0306741.6	2025/3/4	第 7773087 号	山东大学	孙凯祺;宋书新;孙媛媛;刘洁;李明洋;李可军	有效

4	发明专利权	一种用于柔性互联配电网的换流器控制切换方法及系统	中国	ZL 2021 1 1387955.3	2024/3/26	第 6825099 号	山东大学	孙凯祺；王建建；李可军；王文凝	有效
5	发明专利权	一种配电网云平台数据融合方法及配电网云平台	中国	ZL 2020 1 1409474.3	2023/4/7	第 5866745 号	国家山东省电力公司电力科学研究院；国家电网有限公司	刘洋；李立生；孙勇；张世栋；张林利；刘合金；王峰；苏国强；李帅；张鹏平；由新红；黄敏	有效
6	发明专利权	一种考虑广义储能集群参与的配电网协同控制方法	中国	ZL 2021 1 0619905.7	2023/2/7	第 5729704 号	国家山东省电力公司电力科学研究院；国家电网有限公司	刘洋;李立生;孙勇;张世栋;李明洋;张林利;刘合金;王峰苏国强;李帅;张鹏平;王倩;由新红;黄敏;于海东	有效
7	发明专利权	基于 BAS-IGA 算法的分布式光伏集群划分方法和系统	中国	ZL 2021 1 1488272.7	2023/8/22	第 6263599 号	国家山东省电力公司电力科学研究院；国家电网有限公司	李立生;刘洋;张世栋;苏国强;刘合金;孙勇;王峰;李帅于海东;张鹏平;刘文彬;由新红;黄敏;张林利	有效
8	发明专利权	分布式能源并网监测的数据解压缩系统、方法及其设备	中国	ZL 2023 1 0212995.7	2023/10/27	第 6434786 号	山东华科信息技术有限公司	杨会轩、苏明、李欣、张瑞照、刘金会	有效
9	发明专利权	基于泛在电力物联网的电缆通道边缘物联终端及方法	中国	ZL 2020 1 0071977.8	2021/3/2	第 4281802 号	山东科华电力技术有限公司	耿芳远；李延超;温飞;李寿波;蔺国勇;易喊宸;李在磊;祁博民;赵凯;刘其育;曹瑞隆;朱萌萌	有效
10	发明专利权	基于脉冲星信号的自适应同步采样控制方法及系统	中国	ZL 2021 1 0934244.7	2021/11/12	第 4788372 号	湖南大学	姚文轩;唐思豪;邱伟;唐求;郑瑶;马俊杰	有效

主要完成人情况

位次	姓名	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	孙凯祺	山东大学	山东大学	创新点 1：构造基于优化窗的宽频动态信号时频变换理论与量测方法。创新点 2：提出数据可靠性-电网可靠性协同评估方法，创新构建“数据质量-电网可靠性”耦合评估模型。创新点 3：发明了融合有功调节灵活性、无功电压支撑强度及短路电流改善度的电网柔性装备接入影响评估框架，定量揭示了柔性装备选址对电网安全运行的影响规律。
2	刘洋	国网山东省电力公司电力科学研究院	国网山东省电力公司电力科学研究院	创新点 2：参与开发了分布式光伏直采直控调控系统及低成本、低功耗、高可靠数据交互终端，支撑百万级终端设备数据秒级高并发、高实时处理。创新点 3：提出了亿千瓦级新能源接入电网主配协同调控技术，研发了亿千瓦级新能源省域电网多元协同调控系统，实现了海量新能源调控的局域自治与广域协同。
3	杨会轩	山东华科信息技术有限公司	山东华科信息技术有限公司	创新点 1：提出了触发式压缩与宽动态容错测量技术，研制了国内首台多源高保真配网同步边缘量测装置。
4	李可军	山东大学	山东大学	创新点 3：提出了基于混合比例系数改进的换流器调制电压叠加策略与多工况零扰动平滑切换控制技术。提出了基于分级-协同思想的亿千瓦级新能源柔性调控技术体系，研制了亿千瓦级新能源省域电网多元协同调控系统。
5	刘文彬	国网山东省电力公司电力科学研究院	国网山东省电力公司电力科学研究院	创新点 2：参与开发了分布式光伏直采直控调控系统及低成本、低功耗、高可靠数据交互终端，支撑百万级终端设备数据秒级高并发、高实时处理。创新点 3：参与研发了省域电网多元协同调控系统，满足亿千瓦级新能源高效可靠调控。

6	耿芳远	山东科华电力技术有限公司	山东科华电力技术有限公司	创新点 1：发明了基于网关边缘计算的量测装置运行状态评估及容错控制技术，实现了多类型异构全量测设备全量接入、同步组网与即插即用。
7	姚文轩	湖南大学	湖南大学	创新点 1：发明了海量异构设备多时钟源抗扰同步技术，构建多时钟源协同感知架构，并融合基于 GPS 定位基准所提出的可变采样间隔控制方法。参与研究基于优化窗的宽频动态信号时频变换理论与量测方法。
8	李明洋	山东大学	山东大学	创新点 3：提出基于双刚度指标的柔性装备选址定容混合整数规划策略，参与研究基于中低压柔性互联的柔性装备协同互济功率平衡控制方法。
9	丁浩	山东电工电气集团新能科技有限公司	山东电工电气集团新能科技有限公司	创新点 2：研发了低成本、低功耗、高可靠的新能源直采直控终端，灵活适配单户接入、集中汇流等全场景接入需求，单点接入成本低至百元。
10	黄敏	国网山东省电力公司电力科学研究院	国网山东省电力公司电力科学研究院	创新点 2：参与提出了分布式新能源直采直控调控系统，支持海量异构新能源并网数据的实时接入、清洗、分析与可视化，实现了百万级终端设备高并发、高实时可靠接入。
主要完成单位情况				
完成单位一山东大学： 1、项目的牵头单位，负责项目的整体管理、技术方案及实施进度，制定了项目的技术路线和实施方案，管理项目进度安排，对创新点 1、2、3 均有重要贡献； 2、提出了基于优化窗的宽频动态信号时频变换理论与量测方法，攻克了广域测量资源异步、数据分辨率不足的核心技术瓶颈； 3、发明了大语言模型驱动的数据质量超参数自动寻优技术，通过数据特征语义解析与智能标注，自适应优化全流程超参数组合，突破传统方法人工依赖强、跨场景精度提升难的瓶颈，实现跨域数据精度泛化提升； 4、提出了基于混合比例系数改进的换流器调制电压叠加策略与多工况零扰动平滑切换控制技术，实现柔性换流装备多工况模式切换低扰动； 5、提出了基于双刚度对偶分析的选址优化策略与随机整数规划定容方法，实现了故障期间电压暂降影响范围缩减； 6、发明了基于中压柔性互联快速响应能力的柔性装备协同功率快速平衡控制方法，实现跨区域、跨层级功率秒级互济与动态平衡。 完成单位二国网山东省电力公司电力科学研究院： 1. 参与提出了基于分级-协同思想的亿千瓦级新能源柔性调控技术体系，研发了分布式新能源直采直控调控系统及低成本、低功耗、高可靠数据交互终端，并研制了亿千瓦级新能源省域电网多元协同调控系统。 3. 推广项目成果在山东电网实现大规模深度应用，有效推动山东各地市完成了新能源接入配电网的同步量测感知与智能分析改造，解决了亿千瓦级新能源并入配电网过程中引发的状态量测失准、信息传输失真、协同调控失效等难题。 4. 推广项目研发的分布式电源有功控制系统接入了山东省 136 万分布式光伏用户，支撑了百万级边设备、千万级端设备高并发、高实时处理，实现了海量新能源的可观可测、可控可调。 完成单位三山东科华电力技术有限公司： 1、提出了数据可靠性-电网可靠性协同评估方法，通过量化数据完整性、准确性、时效性等指标与供电可靠率、电压合格率等电网可靠性参数的关联关系，首次揭示了数据质量劣化导致电网可靠性下降的阈值规律； 2、发明了融合有功调节灵活性、无功电压支撑强度及短路电流改善度的电网柔性装备接入影响评估框架，首次定量揭示了柔性装备选址对电网安全运行的影响规律； 3、依托项目关键核心技术研发的配网同步边缘量测设备、分布式新能源数据交互终端等相关产品，成功推广应用到多个省市，显著提升了业主方同步量测感知精度及多源异构量测设备统一管理能力，预防了多起电网中因海量新能源并网引发的潜在安全事故。 完成单位四山东华科信息技术有限公司： 1、研发了低成本、低功耗、高可靠的新能源直采直控终端，灵活适配单户接入、集中汇流等全场景接入需求，单点接入成本低至百元； 2、发明了分布式新能源直采直控调控系统，支持海量异构新能源并网数据的实时接入、清洗、分析与可视化，实现了百万级终端设备高并发、高实时可靠接入； 3、项目研发的分布式光伏直采直控调控系统及配套分布式光伏采集调控终端产品，已在山东实现深度应用，有效减少了新能源相关潜伏性故障引发的电网停运				

事件。

完成单位五青岛乾程科技股份有限公司：

- 1、创新提出了触发式压缩与宽动态容错测量技术，研制了国内首台多源高保真配网同步边缘量测装置；
- 2、项目研发的分布式光伏感知接入单元、网源交互终端、新能源协同调控系列装备，已在国内多地实现规模化应用，有效攻克了安装区域内海量新能源接入配电网面临的精准感知、快速交互与柔性控制难题；
- 3、项目研究成果成功推广至多个国家，有效提升了我国新能源接入电网感知调控装备的国际竞争力，为海外新能源接入电网提供了中国方案。

完成单位六湖南大学：

- 1、参与发明了基于网关边缘计算的量测装置运行状态评估及容错控制技术，实现了多类型异构全量测设备全量接入、同步组网与即插即用；
- 2、发明了海量异构设备多时钟源抗扰同步技术，构建了多时钟源协同感知架构，并融合基于 GPS 定位基准所提出的可变采样间隔控制方法，突破了广域分布式新能源高精度同步量测的技术瓶颈，保障了广域分散新能源量测数据的时间一致性。

完成单位七：山东电工电气集团新能科技有限公司

- 1、参与提出数据可靠性-电网可靠性协同评估方法，通过量化数据完整性、准确性、时效性等指标与供电可靠率、电压合格率等电网可靠性参数的关联关系；揭示了数据质量劣化导致电网可靠性下降的阈值规律，攻克了新能源数据质量与电网运行可靠性关联机理不清、量化评估难的问题；
- 2、项目研发的光伏设备数据交互模组、光伏调控设备、直采直控终端等系列化新能源数据交互终端，已在等多个省市实现规模化部署，有大幅提升了分布式新能源接入配电网量测感知与柔性调控水平，在实际应用中成功防范配电网设备故障及停电事故百余起。