

河南省科学技术进步奖提名书

(2026 年度)

一、项目基本情况

奖励类别： 编号： 提名等级： ☒一等奖 ☐二等奖 ☐三等奖

提名者		郑州市科学技术局			
项目名称		新型配电网广域电能质量多层级协同控制关键技术、成套装置及应用			
主要完成人		李琼林、易皓、代双寅、孙建军、刘书铭、李达义、邓卫、孙媛媛、王毅、陶顺、李会涛、唐钰政、李彦兵、刘刚、张博			
主要完成单位		国网河南省电力公司电力科学研究院、河南许继电力电子有限公司、武汉大学、华北电力大学、山东大学、西安交通大学、华中科技大学、中国科学院电工研究所、河南九域恩湃电力技术有限公司、国网河南省电力公司新乡供电公司			
学科分类 名 称	1	电气工程	代码	47040	
	2		代码		
所属国民经济行业		D.电力、燃气及水的生产和供应业			
任务来源		A1-国家科技攻关（支撑计划）			
具体计划、基金的名称和编号： 1.2020 年国家自然科学基金项目，《基于端口阻抗的有源电力滤波器动态特性及其与源荷系统的交互影响研究》，51977172，63 万元，已结项。 2..2015 年国家自然科学基金项目，《微网集成柔性电能质量控制器机理研究》，51477060，84 万元，已结项。 3.2020 年国家自然科学基金项目，《经济型高可靠性集成模块化即插即用串联型有源谐波隔离器机理研究》，51977089，57 万元，已结项。 4.2021 年国家电网公司科技项目，《基于交流设备优化控制的工业园区电能质量共享治理关键技术研究与应用》，5400-202124483A-0-5-ZN，已结项。					
已呈交的科技报告编号： /					
授权发明专利（项）		57		授权的其他知识产权（项） 19	
项目起止时间		起始： 2016 年 1 月 1 日		完成： 2023 年 12 月 31 日	

河南省科学技术奖励工作办公室制

二、提名意见

(适用于提名单位)

提 名 者	郑州市科技局		
通讯地址	郑州市中原区工人路 13 号	邮政编码	450006
联 系 人	郑冠彬	联系电话	67180459
电子邮箱	kjjcgc@126.com	传 真	67186596
提名意见： 本项目针对宽频随机电能质量海量节点智能感知、全局优化治理难题，在建模分析、核心装备、智能感知、协同治理等方面取得如下成果：（1）提出了宽频随机电能质量扰动机理分析方法与广域监测技术，揭示了电能质量扰动的产生和传播机理及规律；（2）突破新型调控装置拓扑及优化控制技术，研制了多功能涉网变压器、10kV/6MVA 多馈线柔性控制装置等源网荷新型调控装置；（3）提出了智能分析技术和海量资源协同治理技术，研发了电能质量智能监控平台，实现百万节点电能质量全景感知和协同治理。 项目经程时杰院士、陈维江院士领衔的专家组鉴定认为项目成果整体达到国际领先水平。电能质量监测技术已应用于国内主流电能质量监测厂家，研发的新型治理装备和智能监控平台已在河南、江苏、湖北、陕西等地配电网得到规模化应用，协同控制 5 类 9 种调节资源，应用区域电压合格率达 98.5%以上，谐波、不平衡合格率达 99%以上。 提名该项目为河南省科学技术进步奖<u>一</u>等奖。 声明：本单位遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则、《河南省科学技术奖励办法》等的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，所提供的提名材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极调查处理。 法人代表签名： 单位（盖章） 年 月 日 年 月 日			

三、项目简介

本项目属于电气工程学科。

随着芯片制造、精密加工、新能源汽车、算力设施等新兴产业敏感用户快速发展，电能质量已成为制约新质生产力发展的关键问题之一。同时，分布式新能源、储能等新型源荷海量接入，新型配电网电能质量问题由局部单点向广域多点分散发展，强随机、非平稳、宽频带等新特征不断涌现，河南电网超过 60% 的光伏台区电压合格率不足 90%，电能质量问题与用户优质供电需求之间的矛盾愈发突出。传统集中监测-局部单点治理模式难以满足优质供电需求，主要面临有限资源条件下海量节点监测难以全覆盖，传统调控设备宽频治理和有功互济能力不足、多资源协同控制手段缺失等技术难题，亟需攻克电能质量全景感知与协同治理关键技术。项目历经 8 年，在国家自然科学基金、国家电网公司科技项目等支持下，10 家单位产学研用联合攻关，在扰动机理分析、智能感知、核心调控装备、协同治理等方面取得以下创新成果：

(1) 提出了宽频随机扰动机理分析方法与广域监测技术。构建了“单机响应-集群概率-系统传播”扰动分析模型，揭示了快速电压变化、宽频谐波、多频段谐振等新兴问题的主导成因和传播规律；建立了云边协同的广域监测架构，通过边缘智能分析和端设备监测功能复用，云边交互数据量降低 81.5%，突破传统集中监测方式下存储、通信等资源瓶颈；提出了数据与机理联合驱动的宽频状态估计方法，实现有限监测条件下全景感知，监测资源投入降低 60%。

(2) 发明了源网荷宽频电能质量柔性控制技术及其系列装置。提出交/直流共磁路的高效单级变换拓扑，研制了“一变多能”新型涉网变流器，利用源侧/荷侧变流器的冗余容量，实现光伏发电/双向充电和电能质量控制多功能融合；构建换流单元异频级联的多馈线柔性控制拓扑，研制了网侧 10kV/6MVA 电能质量柔性控制装置，宽频谐波调节带宽提升至 2.5kHz，通过多条馈线的有功互济解决了成片性电压越限问题；研发了 10kV/10MVA 调控装置全工况测试验证平台，提出了装置关键性能测试及评价方法，并牵头制定了系列国家标准，为行业规范化发展提供了重要支撑。

(3) 研发了电能质量扰动精准溯源和海量资源协同治理技术。提出“先就地后全局”的云边协同溯源技术，采用基于快速独立成分分析的谐波耦合责任量化方法，实现主导扰动源就地准确辨识，谐波溯源准确率由 80% 提升至 98%；构建了“扰动自主化抑制-资源聚合域互济-系统预设性协同”的协同治理体系，单次趋优决策时间 $\leq 15s$ ，实现多类调节资源广泛参与下的全局高效治理；研发了电能质量智能监控平台，依托动态可伸缩的微服务架构，实现了高达 150 万节点的大规模监控能力，大幅提升电能质量分析智能化水平和异常处置效率。

项目牵头发布标准 6 项，其中 IEC 国际标准 1 项、国家标准 3 项、行业标准 2 项，参与发布标准 12 项，授权发明专利 55 项、软件著作权 9 项，发表 SCI/EI 论文 73 篇，其中高水平期刊（SCI 一区、中国电机工程学报等）论文 32 篇。

项目经程时杰院士、陈维江院士领衔的专家组鉴定认为项目成果整体达到国际领先

水平。电能质量监测技术已应用于南京灿能、深圳中电等 10 余家国内主流监测厂家，研发的电能质量调控装置远销海外，应用于新加坡、菲律宾、阿根廷等 18 个海外项目，近 3 年共取得经济效益 16.4 亿元，项目成果得到中国电力报、河南日报等媒体报道，为新质生产力发展提供了优质电力支撑。

四、主要科技创新

1. 主要科技创新（限 5 页，但不少于 3500 字）

1.1 项目背景与总体思路

随着新一轮科技革命和产业变革加速演进，我国芯片制造、精密加工、新能源汽车、算力设施等新兴产业、未来产业快速发展，石油化工等传统产业数字化、智能化改造加速升级，对电能质量敏感性高，轻微扰动就可能造成生产设备停机，导致产品报废甚至生产线损坏，电能质量已成为制约新质生产力发展的关键问题之一；另一方面，分布式新能源、储能、可调节负荷等新型源荷海量接入，新型配电网高度电力电子化、有源化趋势不断加剧，电能质量问题由局部单点向广域多点分散发展，强随机、非平稳、宽频带等新特征不断涌现，河南电网超过 60%的光伏台区电压合格率不足 90%，电能质量问题与用户优质供电需求之间的矛盾愈发突出。

新型配电网电能质量扰动呈现时间多尺度动态化、空间多点互扰、频谱宽频化特征，传统集中监测-局部单点治理模式已难以应对，主要面临以下技术难题：（1）时-空-频多维耦合下宽频随机电能质量产生与传播机理不明晰，电能质量监测规模指数级增长，集中式监测方式难以覆盖百万级海量节点监测需求；（2）传统电能质量治理设备功能单一，宽频谐波治理和有功互济能力不足，源荷侧变流设备电能质量调节潜能未能充分发挥，难以实现宽频电能质量综合治理；（3）多源强耦合导致扰动溯源准确性降低，局部单点治理模式难以应对立体化分布的动态宽频扰动，全局高效治理难度大。亟需突破电能质量智能感知与协同治理关键技术，保障新型配电网优质供电和安全稳定运行。

针对上述问题，项目聚焦电能质量新问题，从机理分析与广域监测、新型调控装备研制、智能分析与协同治理三个方面开展攻关研究，总体研究框架如图 1 所示。首先，通过建模分析揭示扰动机理，提出云边协同的广域监测技术，为智能分析提供理论支撑和数据基础；其次，研制源网荷系列调控装置，为协同治理提供调控资源支撑；最后，突破智能分析和多资源协同治理技术，建成智能监控平台，打造全链条保障体系，为新质生产力发展提供优质电力支撑。

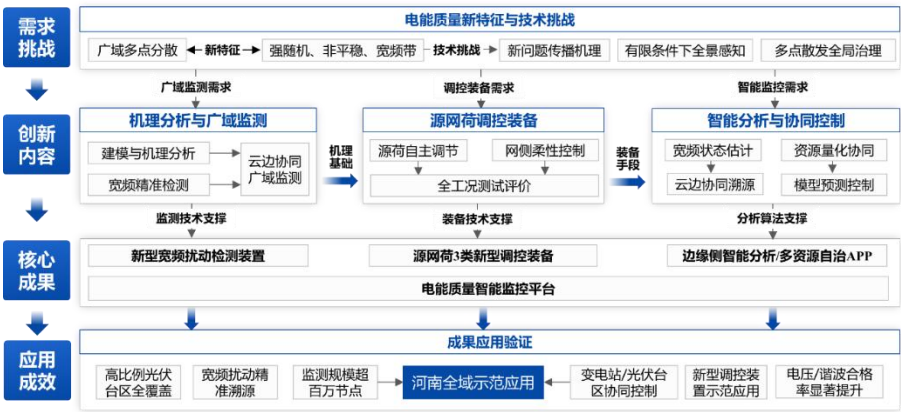


图1 项目总体研究框架

1.2. 主要科技创新

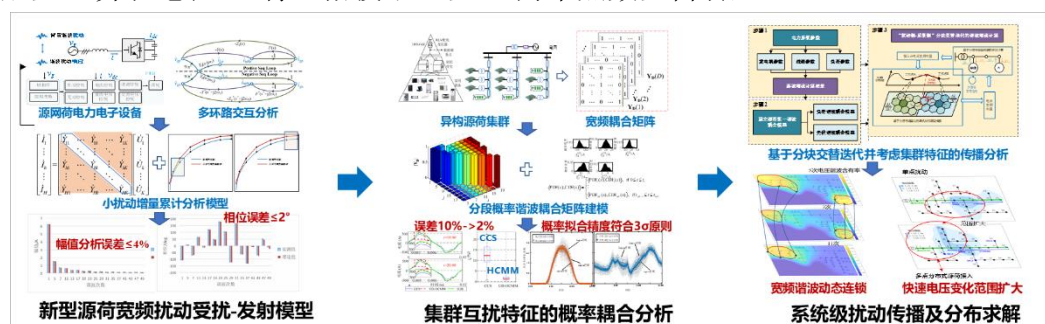
创新点 1：提出宽频随机电能质量扰动机理分析与检测方法，发明基于云边端协同的配电网电能质量监测技术，实现有限监测条件下广域监测。（学科归属：电气工程；旁证材料：标准 1-1、1-2，专利 7-1-1、7-1-2，论文 2-2、2-3、7-2-3、7-2-4）

技术难点：新型配电网源网荷深度耦合，使电能质量问题呈现动态时变、频谱密集且频带扩展的新特征，传统扰动传播分析及检测方法难以适配宽频段、强随机、高度耦合的复杂场景；同时电能质量扰动特征多样、分布广域，感知规模指数级增长，传统“全指标采集、主站集中处理”的监测方式存在存储、计算和通信等资源占用大问题，现有监测架构难以满足海量节点广域监测需求。

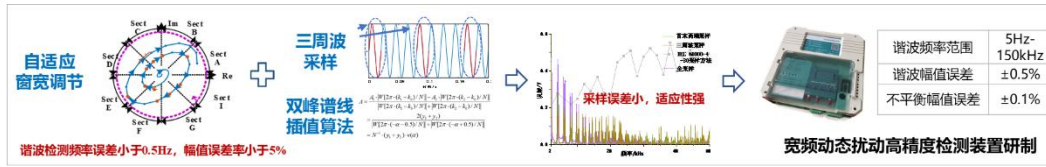
创新技术：（1）提出了考虑源荷集群宽频动态耦合的扰动建模与传播机理分析方法。针对光伏、储能变流器宽频响应复杂、扰动难分析的问题，构建计及变流器多控制环路耦合的谐波状态空间模型，采用小扰动增量累积与自适应递推，精准刻画宽频谐波发射机理，模型在 100Hz-2.5kHz 内幅值误差 $\leq 4\%$ 、相位 $< 2^\circ$ 。针对模型精度与收敛性难兼顾的问题，构建“扰动侧-系统侧”分块交替迭代求解架构，结合导纳增量更新与潮流传播交替迭代，实现幅值精度 95%、相位误差 $\leq 5.0^\circ$ 、效率提升 90%。

（2）研制了新型电能质量宽频扰动高精度检测装置。针对宽频动态扰动难以高分辨率检测的难题，利用窗宽反馈校正实现自适应时频分辨率调节。频率误差 $< 0.5\text{Hz}$ ，幅值误差 $< 5\%$ ，检测时间 $< 900\text{ms}$ 。针对超高次谐波提出前-中-后三周波采样，双峰谱线插值数据处理方法，实现扰动信息高精度提取与辨识。研制了新型电能质量宽频扰动高精度检测装置，谐波测量频率范围 5Hz~150kHz。

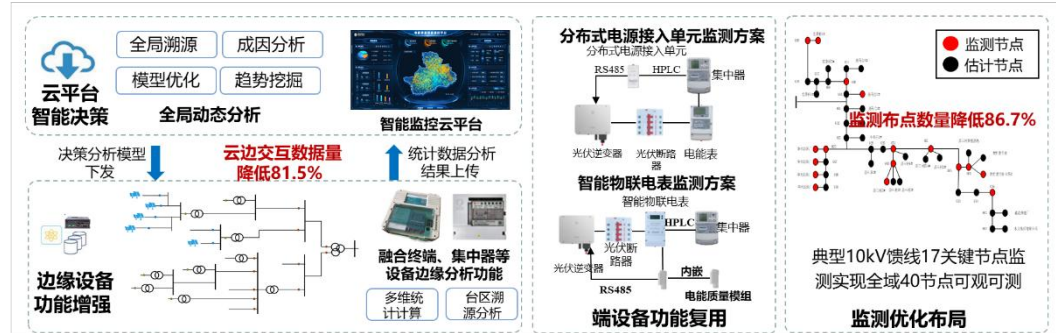
（3）发明了基于云边端协同的配电网电能质量广域监测技术。构建“云平台智能决策+边缘设备增强+端设备监测功能复用”的广域监测架构，通过智能融合终端、新型集中器等边缘设备和云平台计算资源协同优化，减少存储、通信等资源消耗，相较于传统监测方式云边交互数据量降低 81.5%。针对扰动广域分散背景下监测布局难题，建立基于状态估计的监测布局优化模型，结合敏感度分析提出最小化监测布局方法，在关键节点配置差异化感知终端，相较于全量监测布点数量降低 86.7%。



（a）宽频随机电能质量扰动建模与机理分析方法



(b) 宽频动态电能质量扰动高精度检测及装置研制



(c) 基于云边端协同的电能质量广域监测技术

图2 宽频随机电能质量扰动机理分析-检测方法与广域监测技术

创新点 2：研制了源侧/荷侧电能质量自主调节涉网变流器、10kV 异构级联型多馈线柔性控制装置等系列新型调控装置，实现电能质量宽频调节与阻尼控制。（学科归属：电气工程；旁证材料：专利 7-1-5，7-1-6 论文 2-2、7-2-1、7-2-5）

技术难点：新型配电网源荷侧涉网变流器泛在接入，受限于拓扑、多目标控制策略等因素，其电能质量调节潜能难以充分发挥；同时网侧传统中压治理设备功能单一，宽频谐波治理效果不佳，且跨馈线有功互济能力不足，难以解决因高比例分布式电源有功倒送导致的成片性电压越限问题，现有治理装备及测试评价技术难以满足新型配电网宽频随机电能质量问题高效治理需求。

创新技术：（1）研发了源/荷侧宽频电能质量自主调节涉网变流器。针对源荷侧扰动抑制与调节能力提升需求，提出交/直流共磁路的高效单级变换拓扑，设计高漏抗曲折变压器构建交/直流耦合通路，研制了“一变多能”新型涉网变流器，利用源侧/荷侧变流器的冗余容量，实现光伏发电/双向充电和宽频谐波、不平衡等电能质量治理多功能融合。

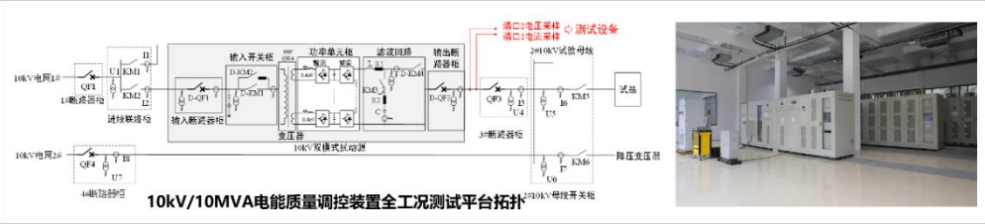
（2）研发了网侧 10kV/6MVA 异构混联型电能质量柔性控制装置。针对宽频谐波治理和分布式电源有功倒送导致的成片性电压越限问题，构建换流单元异频级联的多馈线柔性控制拓扑，提出分频电流解耦控制和多馈线有功互济技术，研制 10kV/6MVA 异构混联型电能质量柔性控制装置并示范应用，谐波调节带宽提升至 2.5kHz、响应时间降低至 2.56ms，实现两条 10kV 馈线潮流互济、宽频谐波和成片性电压越限综合治理。

（3）提出了电能质量调控装置全工况测试评价方法。针对新型调控装置测试评价难题，构建了涵盖电网适应性、控制参数鲁棒性、治理模式自适应调整等评价指标集，提出了全工况性能测试和评价方法，研发了 10kV/10MVA 调控装置全工况测试验证平台，实现多场景模拟和装备补偿性能、响应时间、电网适应性等关键指标测试。测试评价方

法已纳入牵头制定的国家标准体系，为行业规范化发展提供了重要支撑。



(a) 源荷侧电能质量自主调节并网变流器 (b) 网侧异构混联型电能质量柔性控制装置



(c) 调控装置全工况测试评价及试验平台研制

图 3 源网荷电能质量自主柔性控制技术及装备研制

创新点 3：提出了电能质量智能分析技术和海量异构资源协同控制技术，研发了电能质量智能监控平台，实现百万节点电能质量智能感知和协同控制。（学科归属：电气工程；旁证材料：标准 1-3，专利 7-1-3、7-1-4、7-1-7，论文 7-2-2、7-2-3、7-2-4、7-2-5）

技术难点：有限监测条件下配电网海量节点的电能质量感知数据缺失，多干扰源时空动态耦合，扰动传播路径的因果关系难以准确辨识，亟需提升全景感知和扰动精准定位溯源等智能分析能力；同时，新型配电网源荷跨电压等级广域分散，各类调节资源多元异构，易引发谐波放大/宽频谐振、电压空间多峰值分布等全局性问题，传统单点治理方式存在“局部改善、整体恶化”的风险，全局优化治理难度大。

创新技术：（1）提出了融合宽频状态估计和定量溯源的电能质量智能分析方法。针对全景感知难题，提出了数据与机理联合驱动的宽频状态估计方法，结合时空卡尔曼滤波和贝叶斯估计方法实现有限监测条件下全景感知，河南辉县仅需基于 3 万个关键节点的感知数据，通过宽频状态估计即可实现全县域 30 万节点全景感知，监测资源投入降低 60%；针对扰动精准溯源难题，提出“先就地后全局”云边协同溯源方法，同时采用基于快速独立成分分析的谐波耦合责任层次量化方法，实现多扰动源谐波电流解耦与主导扰动源就地准确辨识，谐波溯源准确率提升至 98%。

（2）提出了多时间尺度分布式模型预测控制的海量资源跨层级优化运行技术提出了基于可达集理论的资源不确定性量化与动态能力评估方法，为多资源协同提供了精准的能力边界输入；构建了分布式模型预测控制滚动优化控制方法，通过有限时间一致性算法加速求解；研发了协同调控 APP，单次趋优决策时间≤15s，实现了“站-线-变-户”多

层级治理资源的动态协同与高效治理。

(3) 研发了百万节点监控能力的电能质量智能监控平台。提出四元组电能质量信息交互模型，支持多类型、多协议百万级终端设备安全并发接入，感知设备自动适配时间由分钟级降低至 19.4 秒；研发电能质量智能监控平台，提出动态可伸缩的微服务架构，提升监控规模和海量数据高效处理能力，监控能力达 150 万节点，实时数据处理周期仅 0.28 秒，实现电能质量全景感知、智能分析和多层次协同治理。

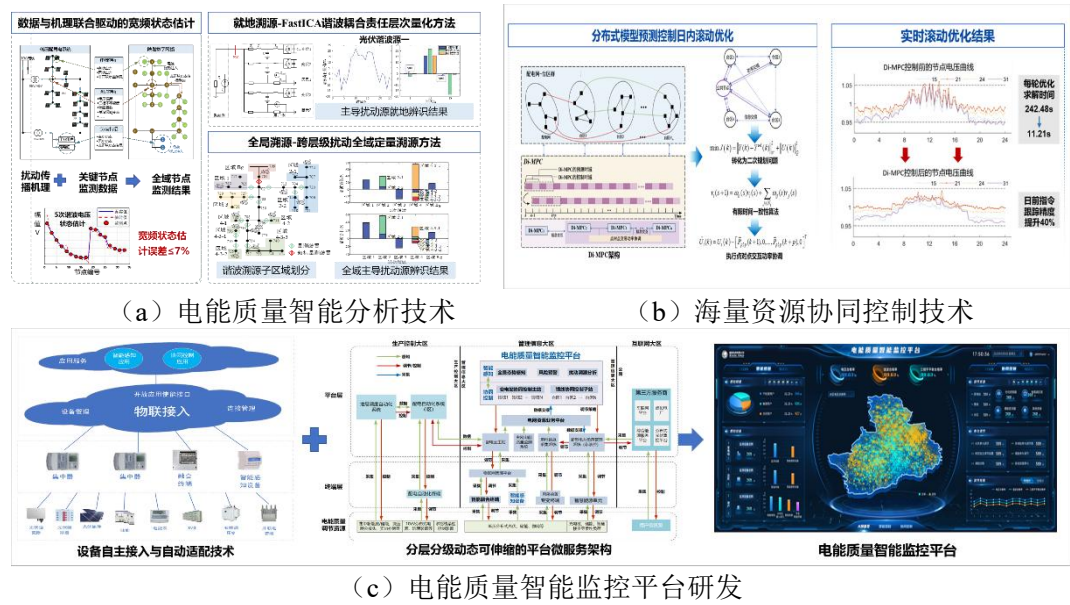


图 4 电能质量智能分析与协同治理技术及智能监控平台研发

1.3 与国内外同类研究、同类技术的综合比较

项目首次揭示了新型配电网宽频随机电能质量扰动的主导成因、互扰路径和定向传播规律，构建了基于云边端协同的电能质量智能感知和海量资源协同控制新模式，形成了系列标准和成套装备，兼顾技术先进性和经济型，优势明显，具体指标如表 1 所示：

表 1 国内外同类技术比较

成果名称	对比项目	本项目	国内外其他类似项目
宽频扰动检测装置	谐波测量频率范围	5Hz~150kHz	5Hz~5kHz
电能质量协同治理技术	单次决策时间	≤15s	分钟级
源荷侧涉网变流器	谐波调节频带	≥2500Hz	1250Hz（25次以下）
	阻尼自主调节能力	支持	不支持
多馈线电能质量柔性控制装置	谐波补偿带宽	≥2500Hz	低次谐波（≤13次）
	响应时间	≤3ms	20~200 ms
电能质量智能监控平台	监控能力	150万节点	未见百万节点以上
	实时数据处理周期	0.28秒	>1秒
	感知设备自动适配时间	19.4秒	分钟级

2. 科技局限性（限 1 页）

国家发改委、国家能源局联合印发了《关于新形势下配电网高质量发展指导意见》（发改能源[2024]187 号），要求健全市场交易机制，拓展新型电力系统商业模式，发挥新主体在提高电力系统调节能力、保障电力安全供应等方面的作用。电能质量协同治理涉及发电企业、电网企业、电力用户、储能企业等多元市场主体，市场机制变化对协同治理的影响尚不明确。下一步亟需开展新型配电网多主体电能质量市场机制和商业模式研究，引导各主体主动参与电能质量协同治理。

五、客观评价

（1）项目鉴定

1) 2026 年 2 月 10 日, 中国电力企业联合会组织专家召开项目鉴定会, 以程时杰院士领衔的鉴定委员会认为“项目成果整体达到国际领先水平”; (见附件 7-2-8)

2) 2026 年 3 月 16 日, 中国电工技术学会组织专家召开项目核心成果鉴定会, 以陈维江院士领衔的鉴定委员会认为“项目成果具有自主知识产权, 填补行业空白, 总体处于国际领先水平”。(见附件 7-2-8)

3) 2019 年 4 月 27 日, 中国电力企业联合会组织专家召开项目鉴定会, 以潘垣院士、罗安院士领衔的鉴定委员会认为: 项目研制了首套可再现复杂电网工况的兆瓦级试验平台, 项目成果整体达到国际领先水平。(见附件 7-2-8)

（2）查新评价

本项目委托教育部科技查新工作站对项目主要科技成果及创新点进行了国内外查新, 在中国电力科技成果数据库、中文科技期刊数据库、EI 等共计 28 个数据库中依据检索式检索并遴选出典型相关文献 54 篇。经对检索到的典型文献与项目查新要点对比分析后作出如下查新结论: 除查新项目委托组及合作单位发表的相关文献外, 在检索到的国内外公开发表的相关文献中未见与项目技术特点相符的文献报道。(见附件 7-2-7)

（3）媒体报道

项目技术成果得到了中国能源新闻网、河南日报等媒体报道, 牵头制定的电能质量监测领域首个 IEC 国际标准, 规范了电能质量监测系统架构、数据采集、通信、数据存储、应用分析等技术要求, 为国内、外电能质量监测系统建设提供了指导和参考。(见附件 7-2-9)

项目成果高效转化, 保障了郑州富士康、华晶金刚石等用户高质量用电, 解决了汽车制造、人工智能、生物医药等企业电能质量问题 300 余条, 得到了中国电力报、河南日报等媒体报道。(见附件 7-2-9)

（4）第三方测试

1) 项目研发的“级联型多馈线宽频电能质量柔性控制装置”取得了西安高压电器研究院股份有限公司出具的检验报告。测试结果显示: 装置电压等级 10kV, 容量 6.05MVA, 电压调节范围不小于 $\pm 10\%U_N$, 谐波调节频率 2.5kHz, 响应时间 2.564ms。(见附件 7-2-4)

2) 项目研发的“源侧宽频电能质量自主调节涉网变流器”取得了西安高压电器研究院股份有限公司出具的检验报告。测试结果显示: 装置具备 2.5kHz 谐波调节频带, 电压调节能力为 365V 到 404V, 功率因数调节补偿前后分别为 0.799、1.000, 具备阻尼自主调节能力。(见附件 7-2-2)

3) 项目研发的“荷侧宽频电能质量自主调节涉网变流器”取得了西安高压电器研究院股份有限公司出具的检验报告。测试结果显示: 装置具备 2.5kHz 谐波调节频带, 电

压调节能力为 363V 到 403V，功率因数调节补偿前后分别为 0.799、1.000，具备三相不平衡调节和阻尼自主调节能力。（见附件 7-2-3）

4）项目研发的“电能质量调节资源多层级协同运行验证平台 V1.0”取得了中国软件评测中心出具的检验报告。测试结果显示：平台包含光伏逆变器、新型柔性负荷、储能设备等 5 类可调节资源，资源数量为 565 个，具备变电站、馈线、台区等 3 个层级协同控制功能；在电压偏差、谐波畸变、三相不平衡 3 种电能质量工况下，调节资源调用效率均为 100%。（见附件 7-2-5）

5）项目开发的“多电力电子系统源网交互电能质量仿真分析平台”取得了中恒达（北京）软件测评科技有限公司出具的软件测试报告。测试结果显示：并网逆变器输出多频谐波建模分析时间比时域仿真分析（PLECS）所需时间降低 86.06%；多电力电子系统多频谐波建模分析及求解时间比时域仿真分析（PLECS）所需时间至少降低 95.63%。（见附件 7-2-1）

6）项目研发的“电能质量智能监控平台 V1.0”取得了中国软件评测中心出具的检验报告。测试结果显示：被测系统包括电能质量智能感知功能模块、电能质量协同控制功能和物联管理平台子系统，监控能力达到 150 万节点，实时数据处理平均时间为 287.4ms，感知设备自动适配时间小于 3 分钟。（见附件 7-2-6）

7）项目研发的“电能质量综合试验检测平台”取得了电力工业电气设备质量检验检测中心出具的检测报告。测试结果显示：平台具备谐波输出、电压控制、电压暂降输出、三相不平衡输出、电压波动与闪变输出等 14 项功能，检测结果符合标准要求。（见附件 7-2-7）

（5）国内外行业引领及产业促进

1）国网河南电科院获批成立 IEEE PES（电气与电子工程师协会 电力与能源协会）电能质量分委会，项目第一完成人李琼林博士获聘分委会主席，彰显了在该领域的国际影响力。

2）国网河南电科院研发了“高压大容量电能质量治理设备性能检测平台”，在 2024 年第 49 届日内瓦国际发明展（全球最具影响力的发明展会之一）成功参展，获得国际权威专家评审团的一致认可。

六、应用情况、经济效益和社会效益

1. 应用情况（限 2 页，请依据客观数据和情况准确填写，不做评价性描述）

（1）在电力系统宽频电能质量监测方面，项目构建云边端协同的智能感知体系，提出了宽频动态扰动时频检测方法，提升了电能质量监测设备性能，丰富了监测设备检测指标内容，开展具有宽频电能质量监测功能的量测装置研制，实现了产业化应用，全面提升了产品竞争力，近三年新增合同额 2.47 亿元，新增利润 9303 万元。

（2）在宽频随机电能质量治理方面，项目提出电能质量自主柔性调节控制策略，应用于河南许继电力电子有限公司、西安科湃电气有限公司、南京赫曦电气有限公司等国内主流电能质量设备制造商转化和应用，形成了源荷侧电能质量自主柔性调控装置、无功补偿装置、谐波治理装置等系列产品，实现了多功能宽频治理，效果良好，应用广泛。

（3）在电能质量协同控制方面，项目提出“变电站-馈线-台区-用户”调节资源分层自治方法，在河南全省开展电能质量协同控制，相比未开展协同控制前，谐波含有率、不平衡度和电压偏差等明显改善，根据馈线和台区线损数据，电力系统损耗得到了明显降低，近三年减少损耗电量分别为 3956 万千瓦时、5687 万千瓦时、7895 万千瓦时，按照平均售电价格 0.54 元/千瓦时计算，新增利润 2136.24 万元、3070.98 万元、4263.3 万元；项目累计开展了 5213 个低压台区协同控制，相比原有光伏调控策略，协同控制技术额外增加了 22% 的光伏消纳率，额外消纳电量共 9290 万千瓦时，新增利润 1616.76 万元、1645.92 万元、1753.92 万元。

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	应用对象及规模
南京赫曦电气有限公司	电能质量宽频扰动监测技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	顾维菱 /15850681829	应用于广东、河南、山东等 20 余个省份
河南许继电力电子有限公司	电能质量全景感知与治理技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	王先为 /13488180721	应用于 18 个省份
武汉武新电气科技股份有限公司	电能质量自适应监测技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	杜忠磊 /15926364997	应用于中广核光伏、敬业钢铁、陕煤集团等工程项目
西安科湃电气有限公司	电能质量治理和管控系统	2023 年 1 月-2025 年 12 月	刘妮 /13468528051	应用于深圳华为坂田基地、南京江宁华为数据中心等用户
河南九域恩湃电力技术有限公司	电能质量评估技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	郑娜 /15638585831	应用于郑州南站牵引所、新建平漯周高速铁路牵引变电所等重点工程
东方电子股份有限公司	宽频谐波治理与有功互济技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	万道金 /15963510229	应用于郑州富士康光伏、天津大港油田、洛阳国宏先进制造园等工程

武汉世纪精能科技发展有限公司	电能质量治理和评估技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	奉琳 /18971605875	应用于河南、湖北、浙江、贵州等 20 余个省份
国网河南省电力公司	电能质量协同控制技术	2023 年 1 月-2025 年 12 月	肖寒 /0371-67906355	应用于河南省 18 个地市电网公司

2. 近三年经济效益

单位：万元人民币

年 份	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2023	31344	5341	19220.89	3483.18
2024	30376	6027.9	24115.62	5270.1
2025	31014	7153.22	27544.59	6220.03
累 计	92734	18522.12	70881.1	14973.31
主要经济效益指标的有关说明（限 300 字）： 依托项目电能质量智能感知和全局优化治理技术，实现了源荷侧电能质量自主柔性调控装置、无功补偿装置、谐波治理装置等装置的研发和技术升级，装置的销售额和销售利润为主要经济效益。装置销售合同来源于河南许继电力电子有限公司、西安科湃电气有限公司、南京赫曦电气有限公司、武汉武新电气科技股份有限公司等公司。（附件 7-1-1-7-1-4） 电能质量感知和控制技术应用于配电网，应用区域配电线路和配电变压器损耗得到了明显降低，节能降损电量通过电力公司销售，新增了利润；同时，电能质量分层分级的协同控制技术增加了新能源额外消纳，电力公司利润为额外消纳的电量销售所得。（附件 7-1-5）				
其他经济效益指标的有关说明（限 300 字）： （1）项目充分发挥分布式接入单元、智能电表、集中器等现有各类感知设备的数据价值，通过“专用感知终端+常规监测设备”协同感知，实现配电网电能质量监测时大量减少了专用的电能质量监测终端采购和安装，根据测算某县域配电网近三年累计减少 34386 台监测终端采购和安装； （2）构建智能感知体系和多资源协同控制治理体系，通过电能质量调节资源的协同运行，提高了配电网电能质量水平，解决了河南新乡华兰生物有限公司、雪花啤酒总厂、华晶金刚石有限公司等生产线频繁停运问题，挽回用户经济损失数百万元，保障了高端产业集群优质用电，支撑了电网安全、稳定、经济运行。 声明：上述所提供的经济效益数据、指标和附件相关材料属实。 第一完成人（签名）：				
注：新增销售额指完成单位技术转让收入及应用单位应用本项目技术所生产的产品或服务销售额；新增利润指新增销售额扣除相关产品或服务的成本、费用和税金后的余额。				

3. 社会效益（限 600 字）

项目研究成果已广泛应用于配电网宽频电能质量监测、电能质量协同控制、柔性控制装置研发等方面，社会效益显著，具体如下：

（1）实现电能质量感知与控制技术的自主创新，推动行业技术进步

项目攻克了态势推演与跨层级扰动溯源技术，研制了新型源荷涉网变流器、多馈线柔性调节装置等系列化装备，创新了多调节资源多层级协同控制技术，在电能质量扰动特性建模、主动感知、智能分析、协同治理、关键装备研制及应用等方面实现了突破，推动了行业技术进步，打造了配用电系统电能质量感知与控制的新模式，为可再生能源开发提供可推广、可复制的解决方案。

（2）全面提升用户供电满意度，以高品质电能驱动新质生产力

项目实施大幅提升了配电网电能质量水平，提高了分布式可再生能源消纳能力，降低因电能质量问题造成的新能源脱网风险，提升多调节资源主体主动参与的电网电能质量优化运行能力，保障居民与工业用户的供电品质，减少产业集群因电能质量问题造成的损失，提高用户电能质量满意度，以优质电能供给筑牢新质生产力根基，推动能源电力向更高效、更优质的方向发展。

（3）提高电网经济运行水平和新能源利用率，支撑能源清洁低碳转型

项目成果经过推广，通过多层级、多类型电能质量调节资源的协同优化，拓展了电能质量可调节资源，实现现有资源的合理整合及利用，从而减少供电设施扩容、改建、增建等硬件投资，提升电网建设及运行的经济性；提高可再生能源的开发和利用率，减少我国对化石能源的依赖，推动了新型电力系统建设，支撑清洁低碳、安全高效的能源体系构建，社会效益和推广前景广阔。

七、主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

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）	授权日期（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）	专利（标准）有效状态
IEC 国际标准	电能质量管理 第 2 部分：电能质量监测系统	中国	IEC TS 6322 2-2	2023.10	国际电工委员会	国网河南省电力公司电力科学研究院、中机生产力促进中心有限公司、西安博宇电气有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、四川大学、国网河北省电力有限公司电力科学研究院等	代双寅、李琼林、唐钰政、张苹、刘晶、刘军成、罗利平、王杨、周文、宁志毫、李亚琼、常潇、张世锋、钟庆、袁晓冬、张鹏、谢绍锋、黄足平	发布
国家标准	配电网电能质量监测技术导则	中国	GB/T 451 24-2 022	2022.12	中国国家标准化管理委员会	国网河南省电力公司电力科学研究院、昆明理工大学、中机生产力促进中心有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、深圳市中电电力技术股份有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、西安博宇电气有限公司、四川大学、深圳供电局有限公司等	李琼林、代双寅、郭成、李培、刘晶、王昕、胡畔、刘军成、汪颖、史帅彬、刘书铭、吴命利、周文、史明明、李胜辉、王玲、常潇、蔡维、张逸、周凯、姚东方、张华、罗定志、郭敏、单亮	发布
国家标准	并联型有源电能质量治理设备性能检测规程	中国	GB/T 357 26-2 017	2017.12	中国国家标准化管理委员会	国网河南省电力公司电力科学研究院、武汉大学、中机生产力促进中心有限公司、中国电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院等	李琼林、孙建军、张苹、郭浩洲、唐钰政、潘爱强、郭成、黄足平、楚振宇、王昕、刘军成、张晓强、张秀娟、孟昭军、徐佩、马丰民、陈清平、陈兵、许中、林焱、何宇	发布
国家标准	电能质量经济性评估 第 1 部分：电力用户的	中国	GB/Z 328 80.1- 2016	2016.12	中国国家标准化管理委员会	华北电力大学、华南理工大学、中机生产力促进中心、安徽大学、台积电有	陶顺、钟庆、肖湘宁、张苹、朱明星、陆宠惠、翟静、袁晓冬、	发布

	经济性评估方法				理委员会	限公司、国网江苏省电力公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、 国网河南省电力公司电力科学研究院 等	王金浩、钱叶牛、周健、陈志刚、 李琼林 、黄炜、刘军成、许国昌、解绍锋、王玥娇、彭旭东	
发明专利	电容式电压互感器输出谐波参数估测方法	中国	ZL202111336731X	2024.08.16	第7291561号	国网河南省电力公司电力科学研究院 、国家电网有限公司	李琼林 、杨柳、代双寅、刘书铭、张博、郑晨、唐钰政、王毅	有效
发明专利	一种用于电压暂降严重程度的综合评估方法	中国	ZL201610200679.8	2021.02.09	第4249691号	国网河南省电力公司电力科学研究院 、华北电力大学、国家电网有限公司	李琼林 、刘书铭、安军、唐钰政、杨家莉、徐永海、代双寅、张博、朱明丽	有效
发明专利	一种变流器谐波耦合特征学习用数据集生成方法及系统	中国	ZL2024117060874	2025.11.21	第8501930号	西安交通大学;山东大学;国网河南省电力公司;国网河南省电力公司电力科学研究院	易皓、杨泽斌、梁曼琪、姜鑫、 孙媛媛 、李亚辉、 李琼林 、代双寅、王毅	有效
发明专利	一种中压配电网柔性互联开关拓扑结构及控制方法	中国	ZL202410648874.1	2025.8.26	第8194334号	武汉大学	孙建军 ; 彭能; 彭珉轩; 李琼林 ; 代双寅; 王毅 ; 刘书铭; 冯宁; 李会涛 ; 狄儒; 李朋; 查晓明	有效
发明专利	一种链式SVG及其直流侧电容电压均衡控制方法和装置	中国	ZL201811169137.4	2018.10.08	第4475585号	许继集团有限公司、许继电气股份有限公司	刘刚 , 孙健, 左广杰, 高志军, 许明阳, 卢海亮, 李继凯, 王志伟	有效
发明专利	一种配电网中断潮流优化方法及设备	中国	ZL202511159215.2	2025.11.21	第8497637号	河南九域恩湃电力技术有限公司、南京赫曦电气有限公司	李彦兵 , 王栋, 兰光宇, 夏中原, 牛金豪, 牛雨, 邹会权, 张煜, 刘书铭 , 代双寅, 李斌, 闫辉, 周傲, 殷昌智, 顾维菱	有效

承诺：①本项目所列知识产权符合提名要求且无争议。②上述知识产权和标准规范等用于提名 2026 年河南省科学技术进步奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。未列入项目主要完成人的知识产权和标准规范的发明人/权利人/起草人均已出具知情同意书面签字意见并存档备查。③如该项目获奖，则上述知识产权和标准规范等不得再用于申报除国家奖之外的其他任何科学技术奖。④如因上述事项引发争议，将积极配合调查处理并承担相应责任。

第一完成人签名：

八、论文（专著）目录

检索机构：西安交通大学图书馆

序号	论文专著名称/ 刊名/ 作者	年卷页 码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间	通讯 作者	第 一 作 者	第一署名 单位	国内作 者	他引 总次 数	检索 数据 库	中科 院 JCR 分区	核 心 期 刊
1	Identification of Transmission Line Voltage Sag Sources Based on Multi-Location Information Convolutional Transformer/IET Renewable Power Generation/李琼林、郑晨、刘书铭、代双寅、张博、唐钰政、王毅	2024 年 第 18 卷 第 15 期 3239-325 2 页	2024 年 10 月 28 日	李琼林	李琼林	国网河南省电力公司电力科学研究所、重庆大学	李琼林, 郑晨, 刘书铭, 代双寅, 张博, 唐钰政, 王毅	1	1.SCI (科学引文索引)	四区	SCI
2	计及电能质量影响的 10kV 配电网损耗计算模型及其实验验证/电力自动化设备/李琼林、刘书铭、温佳静、王毅、代双寅、谭甜源、刘开培	2022 年 第 42 卷 第 1 期 212-220 页	2021 年 11 月 22 日	李琼林	李琼林	国网河南省电力公司电力科学研究所、武汉大学	李琼林、刘书铭、温佳静、王毅、代双寅、谭甜源、刘开培	40	2.EI(工程索引)	/	EI
3	An Adaptive Stabilization Strategy for Harmonic Oscillation of SAPF Interacted With Nonlinear Load and Grid Impedance/ IEEE Transactions on Industrial Electronics /易皓、姜鑫、卓放、李雨果	2024 年 第 71 卷 第 8 期 第 9044-905 4 页	2023 年 11 月 7 日	易皓	姜鑫	西安交通大学	姜鑫、易皓、卓放、李雨果	2	1.SCI (科学引文索引)	一区	SCI
4	基于 CVT 电容电流的谐波电压测量方法/电力系统保护与控制/代双寅;刘书铭;赵麒哲;李琼林	2020 年 第 48 卷 第 20 期 141-147 页	2020 年	代双寅	代双寅	国网河南省电力公司电力科学研究所、国家电投河南检修工程公司	代双寅、刘书铭、赵麒哲、李琼林	26	2.EI(工程索引)	/	EI
5	现代配电系统技术丛书-现代配电系统电能质量/中国电力出版社/郜波、卢达、刘佳、张逸、葛磊蛟、胡伟、	2025 年	2025 年 12 月	郜波	郜波	天津大学、中国电力科学研究院有限公司、	郜波、卢达、刘佳、张逸、葛磊蛟、胡	/	/	/	/

	李琼林					福州大学、国网河南省电力公司电力科学研究院	伟、李琼林				
6	An Improved Reactance Control for Stability Enhancement of Grid-Forming Converter Based on Series-Regulated Branch/IEEE Transactions on Industrial Electronics/彭珉轩、孙建军、彭能、李琼林、王毅、查晓明、唐燚	2026 年第 1-13 页	2026 年 1 月 28 日	孙建军	彭珉轩	武汉大学、国网河南省电力公司电力科学研究院、南洋理工大学	彭珉轩、孙建军、彭能、李琼林、王毅、查晓明、唐燚	/	1.SCI (科学引文索引)	一区	SCI
7	考虑多频耦合的光伏变流器谐波电流主动抑制方法/中国电机工程学报/单鹏博、孙媛媛、赖逸柔、张帆、李琼林、李亚辉、易皓	2025 年第 1-13 页	2025 年 3 月 21 日	孙媛媛	单鹏博	山东大学、中国电气装备集团有限公司、国网河南省电力公司、西安交通大学	单鹏博, 孙媛媛, 赖逸柔, 张帆, 李琼林, 李亚辉, 易皓	2	2.EI(工程索引)	/	EI
8	基于相对增益矩阵的多功能并网逆变器协同谐波补偿优化方法/高电压技术/彭祥华; 李琼林;邓卫;代双寅;霍群海;韩立博	2025 年第 51 卷第 7 期 3606-3616 页	2025 年 7 月 31 日	彭祥华	彭祥华	中国科学院电工研究所	彭祥华; 李琼林; 邓卫;代双寅;霍群海;韩立博	4	2.EI(工程索引)	/	EI
	合计							76			

说明：①如果以上所列论文（专著）中含有英文论文（专著），则除了填写“八、论文（专著）目录”，还需要填写下一页“八、论文（专著）目录（中文翻译版）”。二者的内容和顺序均保持一致。如果以上所列论文（专著）均为中文论文（专著），则不需要填写下一页。

②如论文为核心期刊，需标注核心期刊种类（中文核心、科技核心、中华系列等）。

承诺：①本项目所列论文（专著）符合提名要求且无争议。②已明确告知上述论文（专著）所有作者：所列论文（专著）用于提名 2026 年河南省科学技术进步奖；项目如获奖，则所列论文（专著）不得再用于申报除国家奖之外的其他任何科学技术奖；③未列入项目主要完成人的作者均已出具知情同意书面签字意见并存档备查。④如因上述事项引发争议，将积极配合调查处理并承担相应责任。

第一完成人签名：