

# 陕西省科学技术进步奖提名书

## (2025年度)

### 一、项目基本情况

项目名称	用于低碳园区高品质供电的宽频谐波主动辨识与协同抑制关键技术
主要完成人	易皓，卓放，王志凯，杨泽斌，周洪伟，王振雄，刘军成，王同勋，李昱，刘坤雄，王森，李更丰，赖振宏
主要完成单位	西安交通大学，中国电力科学研究院有限公司，特变电工西安电气科技有限公司，国网陕西省电力有限公司电力科学研究院，西安科湃电气有限公司，西安爱科赛博电气股份有限公司，西安博宇电气有限公司

## 二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上 <input type="checkbox"/> 三等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>申报团队针对低碳园区中高比例光、储、充等电力电子设备互扰引发的复杂宽频谐波问题，创新提出了多电力电子系统宽频交互矩阵化建模方法，首次实现了涵盖宽频谐波特征的源荷承载能力评估；揭示了畸变功率分布特征对谐波交互收发关系的指向机制，提出了关键设备、互扰路径及主导环节的反演辨识方法；研发了基于自主辨识与调整的源荷设备谐波阻抗主动调控技术，并形成多设备动态分区寻优的宽频谐波协同治理方案，有效解决了低碳园区多峰电压连片畸变问题。依托上述突破，团队主导编制 IEC 国际标准 1 项、国家标准 2 项，研制了集宽频谐波精准检测、定位辨识与主动抑制于一体的源网荷储系列化高适应性并网装置与系统平台，显著提升治理性能：谐波电压分析误差由 20%降低至 4.37%，谐振频率观测误差小于 0.5Hz，宽频谐振抑制率超过 95%。相关装备及平台已在陕西、北京、广东等地的精密制造、数据中心等多类低碳园区成功应用，新增销售额超过 10.1 亿元，显著提升园区电能质量与新能源消纳能力。此外，该成果推动了电能质量治理从局部单一补偿向系统化协同治理的重大跨越，对引领行业技术进步具有重要意义。</p> <p>提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖及以上”的评审落选项目不再降格参评三等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

### 三、项目简介

随着“双碳”目标深入推进，以分布式光伏、储能为核心，融合精密制造、数据中心等多元负荷的低碳园区已成为能源转型的重要载体。然而，高比例新能源与高度电力电子化负荷的密集接入，在推动清洁用能的同时，也导致园区电网电压波动明显加剧，设备间宽频互扰作用显著增强。在园区内“源（发射）-网（传播）-源（响应）”多向交互下，谐波问题从固定、特征次频率向宽频时变的广义谐波转变，从单点单一的局部扰动问题向多点互扰的系统性问题演化。谐波在频率散射、累积叠加、突变放大等互扰作用下，表现出谐振过电压、连片畸变等新形态，严重制约低碳、零碳化目标。据国家能源局统计，相关投诉已占电力行业投诉量的 79.71%，成为阻碍可再生能源高效利用和用户可靠用电的关键因素。

上述问题源自电力电子源荷集群“发射-传播-响应”过程中的宽频、动态交互作用。现有谐波电压、电流的度量及设备阻抗分析方法难以显性化表征交互影响的收发关系和路径方向，造成复杂谐波问题的交互机理“讲不清”，互扰关系“分不开”，全局影响“治不好”等技术瓶颈。申报团队历时多年探索和研究，提出了“**多层级谐波交互分析评估、‘多因一果’问题检测辨识、多设备协同治理**”的宽频互扰谐波治理体系，开发了中低压配电系统宽频谐波自适应治理的源网荷储成套装置及多机协同控制平台，助力打造“减碳不降质”的示范样板，推动国内园区能源系统向“数字赋能、柔性开放、绿色优质”转型。主要技术发明及创新点如下：

1) 提出了**宽频谐波交互矩阵化建模分析与源荷承载能力评估技术**，建立多电力电子设备源网交互的宽频谐波频响模型，揭示多频段控制环路（功率环、锁相环、电压/电流环等）、多元设备（源荷类、补偿类）、复杂网架（电缆、架空线）互扰诱发的宽频谐波发射-叠加-传播机理，攻克高比例电力电子系统宽频扰动发射机理模糊、互扰谐波衍射传播错综复杂难题，实现新能源场站、大型工业负荷并网的谐波风险精准评估。开发复杂源荷系统宽频互扰的谐波仿真分析软件，与现有忽略谐波互扰传播影响的谐波导纳法相比，在正负序 2.5kHz 内，电力电子化系统的谐波电压分析误差从 20%降至 4.37%，求解速度较现有时域仿真软件提高 95%。

2) 提出了**宽频谐波精准检测与交互成因辨识定位技术**，提出畸变能量分段聚合方法，通过时频联合变换分段提取中心频率，采用变速旋转变换渐进跟踪动态（间）谐波，实现分辨率可调的宽频谐波实时检测；设计多模态谐波交互问题的环路增益-设备功率联合映射方法，选取畸变功率与主导控制量差分增益作为特征量，形成从设备级定位到控制级靶向逐步递进的宽频谐波诱因辨识体系，解决宽频电能质量问题交互“多因一果”溯源分析难题。该技术集成于源网荷储并网系列装置，可在 410ms 内观测谐振频率，误差小于 0.5Hz；在 510ms 内分析互扰模态并靶向主导环节。

3) 创新了“**主导设备主动调节-多设备分区协同的全局治理**”技术，建立了小扰动增量发射与传播交替迭代的多频谐波耦合分析模型，建立源网荷多设备综合调控的系统级宽频电能质量治理架构，提出兼具谐波跨频功率转换弱化、同频功率吸收与系统阻尼调节的源荷设备导纳

分频控制方法；在此基础上，面向谐波传播叠加、谐振放大问题，提出多设备动态分区与阻抗滚动寻优的谐波协同控制方法，实现随机扰动下畸变功率的分区动态均衡，解决有限设备高效治理多峰电压连片畸变难题。谐波主动调节技术应用于源网荷储系列装置，40Hz 至 1kHz 宽频谐振抑制率超 95%；开发了谐波协同调控边缘控制终端，协同步长小于 7 秒，可实现连片畸变越限节点超 80%等极端场景下的谐波全局优化，背景谐波电压影响抑制率最高可达 70%。

基于上述技术，项目团队主导编制了电能质量评估方面的 **IEC 国际标准 1 项**、涉及宽频谐振评估的**光伏电站运行维护国家标准 1 项**、包含宽频谐波/间谐波检测的**电能质量监测设备通用要求国家标准 1 项**；提出的屋顶光伏等分布式能源发展决策咨询信息介绍了复杂工况下的宽频谐振风险，**被教育部办公厅、国务院办公厅采用，获中央领导批示**；引领开发了 3 类、8 种关键装置，新增总销售额超 10.1 亿元、新增利税约 2.8 亿元，在陕西、广西、北京等全国多个高端制造、数据中心等多场景低碳园区实现了具有行业影响力和示范效应的转化应用，显著改善了新型源荷密集场景下的供用电质量，促进了新能源消纳和精密新兴产业的发展，推动了陕西省乃至全国电能质量分析、治理领域的发展进步。

## 四、客观评价

### (1) 国内外相关技术对比

申报团队面向突变波动、宽频谐振及稳态越限现象所提出的多尺度非平稳电能质量控制技术，相比于国内外相关技术（查阅相关文献、调研现有产品）具有以下优势：

编号	对比技术	国内外情况	本成果情况
1 宽频谐波交互矩阵化建模分析与源荷承载能力评估	电力电子化系统谐波电压分析求解	多节点谐波电压分析误差小于20%	多节点谐波电压分析误差降低至4.37%
	电力电子化系统时域仿真分析	仿真分析时间大于7分钟	分析时间小于20秒，仿真分析速度提高约95%
2 宽频谐波精准检测与交互成因辨识定位	电力电子设备宽频谐波、谐振快速检测技术	以整数次谐波检测为主，不考虑间谐波检测	可同时检测宽频谐波与间谐波，间谐波检测误差<0.5Hz，检测时间<806ms
	电力电子设备谐波/谐振主导环路分析	不具备谐波/谐振主导环路分析能力	在510ms内靶向主导成因
3 “主导设备主动调节-多设备分区协同的全局治理”	宽频谐振抑制能力	1Hz-100Hz 谐振峰抑制不低于80%，谐振频率大于1000Hz的谐振峰抑制率不低于80%，100Hz-1000Hz 多频谐波抑制率约95%，仅滤波功能	1Hz-100Hz 谐振峰抑制率大于95.12%，谐振频率大于1000Hz的谐振峰抑制率大于98.10%，100Hz-1000Hz 多频谐波同步抑制率达97.56%，具备抗谐振功能
	电能质量多层级优化技术	现有基于负载本地补偿的配置方法经济性差、容量利用率低	所需配置的治理设备数量减少约50%，总容量降低约30%

### (2) 项目结题验收

1) 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”于2024年4月，经国家自然科学基金委员会批准准予结题。（成果1）

2) “弹性配电网恢复力评估与提升的基础理论及关键技术研究”于2022年6月通过验收，结论：提出了宽频、动态谐波的精准检测与交互成因辨识，并开发了实验样机和功能测试平台。成果2)

3) “极弱电网环境下光伏电站并网稳定性研究”项目于2022年9月通过验收，用于特变电工系列光伏逆变器产品，率先实现了SCR低至1.0极弱电网条件下的波形畸变和低频振荡主动抑制，通过了第三方检测。结论：项目进行了有效的应用转化，转化效果良好。（成果3）

4) “智能配电网供电品质综合优化技术研究”项目于2023年11月通过验收，结论：提出了“监测-寻优-协控”的智能配电网供电品质综合优化技术，包括基于谐波状态估计的有限监测终端布局组网优化策略、自适应权重系数的电能质量综合评价方法、基于灵敏度分析的管控设备优化配置方案和基于补偿距离分析的管控设备分区配置方案、长/短时间尺度结合的系统

状态辨识与管控设备协同优化方法，研制了多功能电能质量治理设备、多功能分布式储能设备和主动支撑多功能分布式光伏单元等多类型供电品质管控设备和基于电力信息融合的边缘计算调控终端，并通过了第三方测试。（成果 3）

### 3) 成果鉴定

（1）2024 年 5 月，在中国电力企业联合会组织的“城市配电系统电能质量多层级优化关键技术及其应用”科学技术成果鉴定中，李立浯院士、饶宏院士领衔的鉴定委员会认为“项目实现了多功能补偿装备等网侧调节设备广泛参与的分散稳态扰动差异化全局治理，解决了跨电压等级高敏感负荷集群的电能质量扰动防护需求，且已得到成功应用，取得了良好的社会和经济效益。项目成果整体达到国际领先水平。”（成果 1、3）

（2）2024 年 8 月，在中国电工技术学会组织的“含高比例电力电子设备配电系统耦合谐波评估与抑制关键技术及应用”项目科技成果评价会中，程时杰院士领衔的鉴定委员会认为“项目有效提高了配电系统多扰动源动态谐波分析速度与精度，提高了电力电子设备耦合谐波主动抑制能力，经济效益和社会效益显著，整体达到国际领先水平。”（成果 2）

（3）决策建言：以光伏广泛接入引发的谐波及谐振隐患为主题，撰写了“分布式能源发展《决策建言》”，被教育部办公厅、国务院办公厅采用，获中央领导批示；（附件 56）（成果 3）

（4）论文引用：丹麦奥尔堡大学 J. M. Guerrero 教授（IEEE Fellow）认为无锁相电压突变波动检测技术有助于提升复杂波形条件下的检测水平；南洋理工大学王鹏教授（IEEE Fellow）、印度理工学院 Vivek Agarwal 教授（IEEE Fellow）多次引用并肯定了作者所提的锁频/锁相、矢量谐振控制器等主动调节技术，论述了其对 APF、光伏等并网电力电子设备面临电网畸变、设备交互等扰动情况下的抵御、适应能力；丹麦奥尔堡大学 Frede Blaabjerg 教授（IEEE Fellow）特别赞扬了关于三相变流器在 DQ 坐标系下不对称性和频率耦合项扰动机制的研究发现，认为这一成果有助于克服传统正负序模型的局限性，为相关领域的研究提供了新的视角；（成果 1、2）

（5）项目查新：“城市配电系统电能质量多层级优化关键技术及其应用”项目 2024 年 12 月委托教育部科技查新工作站 (Z08) 进行国内外查新。查新报告表明在国内、外公开发表的中外文文献中除了本查新项目课题组成果外与本查新项目查新点完全相同的未见报道。

## 五、应用情况

成果完成了面向“多层级谐波交互分析评估、‘多因一果’问题检测辨识、多设备协同治理”等技术的研究工作，创新了宽频谐波自感知与主动控制的源网荷储并网成套装置和“多母线监测-跨母线补偿-边缘控制寻优”的系统级谐波闭环控制系统。项目成果服务于国内电力行业发展，应用于多场景实际生产实践，其中包括形成关于屋顶光伏等分布式能源发展的决策咨询信息被教育部办公厅、国务院办公厅采纳，并在在陕西、广西、北京等全国多个低碳园区实现了具有行业影响力和示范效应的转化应用，如下表所示。

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	特变电工西安电气科技有限公司	宽频谐振主动治理技术	5GW 光伏电站	2021. 12 至今	周洪伟
2	西安科湃电气有限公司	宽频谐振主动治理技术 稳态畸变全局治理技术	生产电能质量治理设备	2020. 7 至今	李昱
3	陕西环科纸浆模塑有限公司	稳态畸变全局治理技术	公司精密生产线供电质量提升	2022. 1 至今	庞欢
4	神木市德宇电力有限公司	宽频谐振主动治理技术	车岔河光伏电站	2022. 5 至今	李小刚
5	西安爱科赛博电气股份有限公司	宽频谐波检测技术	生产有源电力滤波器	2017. 10 -2019. 12	闫荣
6	广西电网有限责任公司	稳态畸变全局治理技术	广西电网	2017. 1 -2019. 12	郭敏
7	北京千驷驭电气有限公司	宽频谐波主动治理技术	北京、广州等 10 余条地铁线路	2017. 12 -2019. 12	牟富强
8	中恩云数据科技有限公司	宽频谐振主动治理技术	中恩云数据中心供电系统	2022. 11 至今	李海新
9	中科航星科技股份有限公司	稳态畸变全局治理技术	中科航星设备加工厂区供电系统	2022. 5 至今	解涛
10	云南安捷科能电气有限公司	宽频谐振主动治理技术 稳态畸变全局治理技术	陕西、广东等多个省市工业园区	2022. 10 至今	牛林岗

## 六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种考虑谐波耦合特性的区域性电网谐波综合治理的方法	中国	ZL201910082313.9	2021.1.19	4211584	西安交通大学, 国网浙江省电力有限公司	易皓, 翟灏, 卓放, 陶冉, 杨泽斌, 朱承治
2	论文	An Adaptive Stabilization Strategy for Harmonic Oscillation of SAPF Interacted With Nonlinear Load and Grid Impedance	美国	DOI: 10.1109/TIE.2023.3327550	2023.11.7	IEEE Transactions on Industrial Electronics	Xi'an Jiaotong University	Xin Jiang, Hao Yi, Fang Zhuo, Yuguo Li
3	国际标准	Power quality management-Part 3:User characteristics modeling	瑞士	IEC TS 63222-3	2024.5.1	The International Electrotechnical Commission (IEC)	中国电力科学研究院有限公司, 中机生产力促进中心, 西安博宇电气有限公司, 国网河南省电力公司电力科学研究院	王同勋, 李亚琼, 张苹, 刘晶, 刘军成, 代双寅, 王毅, 史明明, 费骏韬, 罗利平, 李旭涛, 罗忠游, 李培, 张敏, 王金浩, 黄文勋, 颜坤奕
4	发明专利	一种用于综合评价区域配电网电能质量的方法	中国	ZL201911206393.0	2019.11.29	5212233	西安交通大学	易皓, 杨光宇, 卓放, 杨泽斌, 陶冉, 孙浩天
5	发明专利	含虚拟惯量模型的并网冲击电流预测及虚拟惯量选取方法	中国	ZL201911319161.6	2019.12.19	4292849	西安交通大学	易皓, 张泉, 王振雄, 卓放, 龚培娇, 唐启迪, 王瑞, 李健伟
6	论文	A System-level Harmonic Control Method Based on Multibus Voltage Detected APF without Extra Phase	美国	DOI: 10.1109/JESTPE.2023.33267021	2023.4.13	IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics	Xi'an Jiaotong University, Shenzhen Power Supply Company Ltd. (China Southern Power Grid Corporation)	Zebin Yang, Hao Yi, Fang Zhuo, Xiaoqing Yin, Wei Wei, Yao Zhang, Huaying



		Synchronizati on						Zhang, Qing Wang
7	论文	Impedance Analysis of SOGI-FLL-Base d Grid Synchronizati on	美国	DOI: 10.110 9/TPEL .2017. 267386 6	2017. 2.23	IEEE Transactions on Power Electronics	Xi'an Jiaotong University, Aalborg University	Hao Yi, Xiongfei Wang, Frede Blaabjerg, Fang Zhuo
8	论文	极弱电网下新 能源跟网逆变 器低频振荡的 机理探究与暂 态无功过补稳 定性提升策略	中国	DOI: 10.133 34/j.0 258-80 13.pcs ee.221 752	2022.1 1.7	中国电机工程 学报	西安交通大学, 特变电工西安 电气科技有限 公司	李雨果, 易 皓, 姜鑫, 卓 放, 卢大鹏, 周洪伟
9	国家 标准	电能质量监测 设备通用要求	中国	GB/T 19862- 2016	2016. 8.29	中华人民共和国 国家质量监督 检验检疫总局、中国 国家标准化委员会	西安博宇电气 有限公司、国网 山西省电力公 司电力科学研 究院、中机生 产力促进中心、 国网上海市电 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、国网 江苏省电力公 司电力科学研 究院、深圳市 中电电力技术 股份有限公司 、合肥金脑 人科技发展有 限责任公司、 中铁第四勘察 设计院、国网 北京市电力公 司电力科学研 究院、河南省 计量科学研 究院、深圳 供电局有限公 司、国网智能 电网研究院	刘军成, 王 金浩, 刘晶, 潘爱强, 李 琼林, 袁晓 冬, 王昕、 徐佩, 黄足 平, 杜晨红, 陈清平, 史 帅彬, 林海 雪
10	国家 标准	光伏电站逆 变器检修维护 规程	中国	GB/T 38330- 2019	2019. 12.10	国家市场监督 管理总局、中 国国家标准化 管理委员会	特变电工新疆 新能源股份有 限公司	李红, 周洪 伟, 刘奎, 郭庆, 杨保 晏, 曾传杨, 何迎飞, 郑 志华, 梅城 玮, 樊巨宝, 刘佳, 梁武 星, 刘强

## 七、主要完成人情况表

姓 名	易皓	排 名	1
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 申报人针对源网荷高度电力电子化的系统谐波放大、谐振过电压、连片畸变等新型电能质量问题，从非平稳谐波的机理建模、源侧抑制、网侧调控三个方面持续开展研究，通过建立耦合谐波分析模型、设计非平稳谐波观测辨识与主动抑制方法和设计谐波电压全局优化方案，实现高比例电力电子设备广泛接入配电系统后的可控、便捷、高品质供电。申报人所研究成果转化为决策建言 1 项为国务院/教育部采纳，发表 SCI 检索论文 44 篇，授权发明专利 13 项，制定团体标准 5 项；获得 IEEE 学术发表奖励 1 项，广西壮族自治区科技进步二等奖（2/10），中国电源学会科技进步二等奖（1/10），河南省科技进步三等奖（1/7）等省部级奖励 5 项；获评院士成果鉴定 2 项（2/22 和 2/31）。			

姓 名	卓放	排 名	2
行政职务	西安交通大学优质供电与智能配网装备研究中心主任		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 申报人建立并网电力电子设备小扰动增量累积的谐波受扰响应分析模型，提出分段线性化的扰动点逼近方法，实现时变谐波导纳模型的小信号表征，攻克高阶非线性系统的高精度简化难题，揭示源网荷储多元电力电子设备时变状态下的受扰谐波发射特性，开发了多电力电子系统源网交互谐波频域仿真分析平台，集成了源网荷储多类型设备谐波受扰响应模型和发射-传播交互迭代求解算法。			

姓 名	王志凯	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国电力科学研究院有限公司		
完成单位	中国电力科学研究院有限公司		
对本项目主要学术贡献： 申报人提出非平稳、非整数宽频谐振问题的准确观测方法，解决现有窗函数法频谱泄露、测量不准的难题，该部分内容为创新点 2 中宽频动态谐振自感知的关键技术。同时，参与了电能质量监测分析系统的研制与后续推广应用。 此外，申报人参与了创新点 3 谐波电压跨频次耦合、跨母线传播分析模型研究。			

姓 名	杨泽斌	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	助理教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 申报人协助研制了集成局域电网谐波监测与协同调控的边缘控制终端，协助团队应用于深圳华翰工业园，实现分散时变谐波扰动的协同补偿，区域内多节点数十家企业满合格率，并将方案推广应用于中科院物理所可控核聚变电源系统、广东南江口油库线、深圳南山供电中心智慧楼宇等多类场景。			

姓 名	周洪伟	排 名	5
行政职务	总工程师		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	特变电工西安电气科技有限公司		
完成单位	特变电工西安电气科技有限公司		

<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>申报人建立了考虑源荷交互影响的治理设备宽频耦合模型，设计了基于多频幅相轨迹观测的治理设备宽频谐振探测识别算法，开发了多功能融合的宽频谐振自适应抑制装置，解决了宽频、随机谐振识别与抑制的时效性与通用性难题。</p>			
--	--	--	--

姓 名	王振雄	排 名	6
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 申报人面向多频段、多诱因复杂源网交互诱发的随机谐振，建立了多环路宽频耦合阻抗模型，并以此揭示了复杂“源-网”、“源-网-源”交互谐振机理；提出基于单点检测和多点观测的多频扰动幅相轨迹观测算法，解决了宽频随机谐振自主探测和准确识别难题。			

姓 名	刘军成	排 名	7
行政职务	技术总监		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	西安博宇电气有限公司		
完成单位	西安博宇电气有限公司		
对本项目主要学术贡献： 申报人参与到时频分辨率自适应调节的宽频时变谐波检测技术的研究，并协助将畸变功率信号检测技术集成于源网荷储并网系列装置。			

姓 名	王同勋	排 名	8
行政职务	无		
技术职称	教授级高级工程师		
工作单位	中国电力科学研究院有限公司		

完成单位	中国电力科学研究院有限公司
对本项目主要学术贡献： 申报人协助提出了谐波源动态分区补偿的治理设备协同技术，构建了动态分区与补偿指令迭代寻优的最速梯度递进算法，设计了补偿量递进观测的跨母线补偿灵敏度非侵入评估方法，实现了源网波动下的状态辨识与全局协同优化。	

姓 名	李昱	排 名	9
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安科湃电气有限公司		
完成单位	西安科湃电气有限公司		
对本项目主要学术贡献： 申报人面向宽频随机谐振问题，开发了分频段自适应抑制装置，以无功-电压动态过补偿抑制极弱电网交互诱发的低频谐振问题，以自适应识别与阻尼调控抑制中频段谐波谐振问题，以时域特征参数提取与调节抑制高频段交互谐振问题。			

姓 名	刘坤雄	排 名	10
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院		
完成单位	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院		
对本项目主要学术贡献：  申报人协助完成设计创新全景高效补偿的治理设备布点、定容规划方法，提出内嵌全景容量解析边界的群智能优化算法，攻克多场景目标博弈、多频域边界耦合的治理设备混合整数规划难题，形成“调控-规划”一体的连片畸变全局治理体系。			

姓 名	王森	排 名	11
行政职务	副总工		

技术职称	高级工程师
工作单位	西安爱科赛博电气股份有限公司
完成单位	西安爱科赛博电气股份有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>申报人参与源荷设备阻尼分频动态调控的谐波交互问题主动抑制技术的研究，以及将该技术应用到多类型源网设备，并参与到有源电力滤波器、光伏/储能逆变器等装置的研发。</p>	

姓 名	李更丰	排 名	12
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>申报人提出小扰动增量发射与传播交替迭代的多频谐波一体化求解分析方法，通过多频谐波前推回代更新电力电子设备集群互扰电压，求解耦合谐波电流增量，迭代逼近扰动终态，攻克“链式衍射”交互下电力电子设备集群谐波互扰的精确表征与简化求解难题，明确了多频域“灵敏度-阻抗距离”联合分析基础上的谐波跨母线补偿范围，为实现了谐波补偿目标“由点到面”奠定基础。</p>			

姓 名	赖振宏	排 名	13
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		

对本项目主要学术贡献：

申报人设计了无锁相电压突变波动快速识别与定位算法，开发了多款计及网源约束的突变波动防护设备，提出了面向差异化防护需求的多层级协同防护体系方案，解决了电压突变波动差异化防护手段不足、投资收益不高等难题。

## 八、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>1) 提出了宽频谐波交互矩阵化建模分析方法，攻克高比例电力电子系统宽频扰动发射机理模糊、互扰谐波衍射传播错综复杂难题，实现新能源场站、大型工业负荷并网的谐波风险精准评估；</p> <p>2) 主导提出了非平稳谐波源侧自感知与主动抑制技术，建立并网电力电子设备小扰动增量累积的谐波受扰响应分析模型，提出多参量优化与环路重构融合的阻尼/相位自适应调节方法，实现非平稳宽频谐振的快速观测与动态抑制，参与研制了双电源切换开关、动态电压恢复器和冲击功率平抑装置；</p> <p>3) 主导提出少量关键治理设备相互协同的谐波电压全局优化方案，提出了多频域“灵敏度-阻抗距离”联合表征的谐波跨母线补偿范围，提出了谐波源动态分区补偿的治理设备协同技术，研制了谐波电压全局治理边缘控制终端。</p>	

单位名称	中国电力科学研究院有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>1) 共同研究了计及源网交互的电力电子设备宽频谐波发射特性分析及检测方法，参与完成了多频谐波主动抑制策略的研究，牵头制定 IEC 国际标准《Power quality management – Part 3: User characteristics modelling》；</p> <p>2) 参与多电力电子系统源网交互电能质量仿真分析平台的研发，并在该平台的推广应用方面做出突出贡献；</p> <p>3) 提出了基于畸变功率的多模态谐波交互路径溯源分析方法，实现宽频谐波畸变诱发设备的精准定位。</p>	

单位名称	特变电工西安电气科技有限公司
------	----------------



对本项目主要学术贡献：

1) 参与研究源、网、荷、储中多类型电力电子设备及其多控制环路嵌套耦合的宽频谐波建模分析方法；

2) 参与极弱电网下电力电子设备并网动态交互特性研究，协助提出阻尼自适应调节的设备谐振抑制方法，研制了具备复杂电网条件强适应能力的 TS228KTL-HV 型号光伏逆变器，提出了国家标准《光伏电站逆变器检修维护规程》。

单位名称

国网陕西省电力有限公司电力科学研究院

对本项目主要学术贡献：

1) 参与窗函数自适应调节的正序、负序谐波分量提取方法研究，参与多频电能质量问题的主动抑制技术研究；

2) 参与连片畸变谐波电压的全局治理研究，并协助攻克多场景目标博弈、多频域边界耦合的治理设备混合整数规划难题，提出治理设备容量综合优化方法。

单位名称

西安科湃电气有限公司

对本项目主要学术贡献：

1) 参与多环节参数反馈校正的源网荷储变流器导纳分频重塑技术研究，研制了宽频谐波治理装备样机；

2) 参与全局电能质量治理的落地方案制定，协助项目成果在多家企业用户中应用推广。

单位名称

西安爱科赛博电气股份有限公司

对本项目主要学术贡献：

- 1) 参与有源电力滤波器、储能逆变器、光伏逆变器等技术的研究，结合项目组成成果研制多类型电力电子电源装置；
- 2) 参与多类型治理装置及边缘控制终端的关键技术研究，协助开发相关设备。

单位名称

西安博宇电气有限公司

对本项目主要学术贡献：

- 1) 共同研究了计及源网交互的电力电子设备宽频谐波发射特性分析及检测方法，参与完成了多频谐波主动抑制策略的研究，参与制定 IEC 国际标准《Power quality management – Part 3: User characteristics modelling》；
- 3) 参与将畸变功率监测等技术集成于源网荷储并网系列装置。

## 完成人合作关系说明

### 卓放：

与易皓共同发表论文《An Adaptive Stabilization Strategy for Harmonic Oscillation of SAPF Interacted With Nonlinear Load and Grid Impedance》《A System-level Harmonic Control Method Based on Multibus Voltage Detected APF without Extra Phase Synchronization》《Impedance Analysis of SOGI-FLL-Based Grid Synchronization》《极弱电网下新能源跟网逆变器低频振荡的机理探究与暂态无功过补稳定性提升策略》；与易皓共同申请发明专利《一种考虑谐波耦合特性的区域性电网谐波综合治理的方法》《一种用于综合评价区域配电网电能质量的方法》《含虚拟惯量模型的并网冲击电流预测及虚拟惯量选取方法》；与易皓共同立项《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》《极弱电网环境下光伏站并网稳定性研究》《弹性配电网恢复力评估与提升的基础理论及关键技术研究》《智能配电网供电品质综合优化技术关键设备加工测试及应用》。

### 王志凯：

与易皓进行相关技术合作，并共同申报电工技术学会科技进步奖《含高比例电力电子设备配电系统耦合谐波评估与抑制关键技术及应用》。

### 杨泽斌：

与易皓共同发表论文《A System-level Harmonic Control Method Based on Multibus Voltage Detected APF without Extra Phase Synchronization》；与易皓共同申请发明专利《一种考虑谐波耦合特性的区域性电网谐波综合治理的方法》《一种用于综合评价区域配电网电能质量的方法》；与易皓共同立项《智能配电网供电品质综合优化技术关键设备加工测试及应用》。

### 刘军成：

与易皓、中国电力科学研究院有限公司进行技术合作，并与王同勋共同申请国际标准《Power quality management - Part 3: User characteristics modelling》。

### 周洪伟：

与易皓共同发表论文《极弱电网下新能源跟网逆变器低频振荡的机理探究与暂态无功过补稳定性提升策略》；与易皓共同立项《极弱电网环境下光伏站并网稳定性研究》。

### 王振雄：

与易皓共同申请发明专利《含虚拟惯量模型的并网冲击电流预测及虚拟惯量选取方法》；与易皓共同立项《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》《极弱电网环境下光伏站并网稳定性研究》《弹性配电网恢复力评估与提升的基础理论及关键技术研究》《智能配电网供电品质综合优化技术关键设备加工测试及应用》。

**王同勋：**

与易皓进行相关技术合作，并共同申报电工技术学会科技进步奖《含高比例电力电子设备配电系统耦合谐波评估与抑制关键技术及应用》；与西安博宇电气有限公司进行相关技术合作，并与刘军成共同申请国际标准《Power quality management – Part 3: User characteristics modelling》。

**李昱：**

与易皓共同立项《智能配电网供电品质综合优化技术关键设备加工测试及应用》。

**刘坤雄：**

与西安交通大学进行相关技术合作，并与卓放共同申请团体标准《公用交流电网稳态电能质量综合指标评估方法》；与西安博宇电气有限公司进行相关技术合作，并与刘军成共同申请发明专利《一种用于 CVT 电压质量测量的电压数字信号测量方法及系统》。

**王森：**

与易皓共同发表论文《A New High Control Precision Active Power Filter》和《A Novel Transformerless Active Voltage Quality Regulator》。

**李更丰：**

与易皓共同发表论文《考虑智能软开关的有源配电网恢复力评估与提升》；与易皓共同立项《弹性配电网恢复力评估与提升的基础理论及关键技术研究》《弹性配电网快速恢复能力提升的关键技术与核心装备》。

**赖振宏：**

与易皓共同发表论文《Transient Analysis and Overcurrent Limited Strategy for Supply Restoration-Oriented Hybrid Soft Open Point》；与易皓共同立项《弹性配电网快速恢复能力提升的关键技术与核心装备》。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	易皓, 卓放, 杨泽斌	2018.9.1	2023.4.13	A System-Level Harmonic Control Method Based on Multibus Voltage Detected APF Without Exact Phase Synchronization	其他附件（其他）
2	论文合著	易皓, 卓放	2020.9.1	2023.11.7	An Adaptive Stabilization Strategy for Harmonic Oscillation of SAPF Interacted With Nonlinear Load and Grid Impedance	必备附件（主要知识产权和标准规范）
3	论文合著	易皓, 卓放	2016.9.1	2017.2.23	Impedance Analysis of SOGI-FLL-Based Grid Synchronization	其他附件（其他）
4	论文合著	易皓, 卓放, 周洪伟	2018.9.1	2022.11.7	极弱电网下新能源跟网逆变器低频振荡的机理探究与暂态无功过补稳定性提升策略	其他附件（其他）
5	论文合著	易皓, 李更丰	2019.11.1	2022.5.20	考虑智能软开关的有源配电网恢复力评估与提升	未列入附件
6	论文合著	易皓, 卓放, 王振雄, 赖振宏	2021.9.1	2023.11.3	Transient Analysis and Overcurrent Limited Strategy for Supply Restoration-Oriented Hybrid Soft Open Point	未列入附件

7	论 文 合 著	易皓，王 森	2016.9.1	2019.6.3	A New High Control Precision Active Power Filter	未 列 入 附件
8	论 文 合 著	易皓，王 森	2016.9.1	2019.6.3	A Novel Transformerless Active Voltage Quality Regulator	未 列 入 附件
9	共 同 知 识 产 权	易皓，卓 放，杨泽 斌	2018.9.1	2021.1.19	一种考虑谐波耦 合特性的区域性 电网谐波综合治 理的方法	必 备 附 件（主要 知 识 产 权 和 标 准规范）
10	共 同 知 识 产 权	易皓，卓 放，杨泽 斌	2018.9.1	2020.3.27	一种用于综合评 价区域配电网电 能质量的方法	其 他 附 件（其 他）
11	共 同 知 识 产 权	易皓，卓 放，王振 雄	2017.9.1	2020.4.21	含虚拟惯量模型 的并网冲击电流 预测及虚拟惯量 选取方法	其 他 附 件（其 他）
12	共 同 知 识 产 权	刘坤雄， 刘军成	2017.9.1	2024.2.23	一种用于 CVT 电 压质量测量的电 压数字信号测量 方法及系统	未 列 入 附件
13	共 同 立 项	易皓，卓 放，王振 雄	2020.1.1	2023.12.1	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	必 备 附 件（其 他）
14	共 同 立 项	易皓，王 振雄	2021.5.1	2023.5.1	中压电压暂降治 理设备开发与研 制	必 备 附 件（其 他）
15	共 同 立 项	易皓，卓 放，王振 雄，周洪 伟	2021.7.10	2022.7.28	极弱电网环境下 光伏逆变器并网 稳定性研究	必 备 附 件（其 他）
16	共 同 立 项	易皓，卓	2019.11.1	2021.12.1	弹性配电网恢复	必 备 附

		放, 李更丰, 王振雄			力评估与提升的基础理论及关键技术研究	件 (其他)
17	共同立项	易皓, 卓放, 杨泽斌, 王振雄, 李昱	2022.2.23	2023.9.4	智能配电网供电品质综合优化技术关键设备加工测试及应用	必备附件 (其他)
18	共同立项	易皓, 卓放, 王振雄, 李更丰, 赖振宏	2021.11.19	至今	弹性配电网快速恢复能力提升的关键技术与核心装备	其他附件 (其他)
19	共同标准	王同勋, 刘军成	2020.5.1	2024.5.1	Power quality management-Part 3: User characteristics modelling	必备附件 (主要知识产权和标准规范)
20	共同标准	卓放, 刘坤雄	2016.8.1	2021.8.27	公用交流电网稳态电能质量综合指标评估方法	未列入附件
21	共同获奖	易皓, 王志凯, 王同勋	2022.12.1	2024.12.2	含高比例电力电子设备配电系统耦合谐波评估与抑制关键技术及应用	其他附件 (其他)