

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

新型电力系统多类型稳定性解耦评估与跨形态能源协调运行关键技术

二、提名者及提名意见

提名者：王建学，西安交通大学，教授，电气工程

提名意见：在“双碳”目标引领下，我国新能源装机持续快速增长，交直流、送受端电网耦合日趋紧密，新型电力系统形态结构和运行方式不断变化，系统安全稳定与高效运行面临挑战。本项目对新型电力系统多类型稳定性评估与多能源协调运行关键技术进行了深入系统的研究，在理论与技术方法层面取得了多项创新性成果。提出了新型电力系统输入-状态稳定解耦分析理论，创建了多类型稳定性协调评估方法，为新型电力系统电力电子化、交直流混联场景下的暂态支撑能力提升提供指导；提出了“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系，充分发挥各可控对象的调节能力，有效支撑电力系统安全稳定运行；创建了电热气储跨形态能源多时间尺度协同规划运行方法，显著提升能源系统综合利用效率。本项目研究成果通过了两项科技成果鉴定，鉴定结论均为处于国际领先。所提技术已在多个部门得到实际应用，有效提升了新型电力系统的新能源消纳水平及稳定运行水平，具有重要的经济、环境与社会意义，展现了广阔的应用前景和极高的推广价值。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

提名者：李宾宾，中国西电电气股份有限公司，正高级工程师，电气工程

提名意见：本项目面向我国“碳中和”与“碳达峰”的能源发展战略与高比例新能源接入的能源发展格局，在新型电力系统面临的多类型稳定性分析问题及多能源协调运行问题两方面展开研究，构建了新型电力系统稳定性解耦分析理论，建立了电力系统多类型稳定性量化评估体系，突破了复杂工况下交直流混联电力系统稳定性分析的技术瓶颈。在此基础上，提出了新型电力系统新能源并网控制和安全稳定控制策略，提升了新型电力系统安全稳定运行水平。计及多种能源形式耦合下的新型电力系统高效运行潜力，提出电热气储跨形态能源系统多时间尺度协同规划运行方法，解决了跨形态能源自律与协同的均衡问题，促进大规模新能源电力消纳、提升能源整体利用效率。项目形成了系列理论成果，授权多项发明专利，在国内外产生较大影响，为破解我国新型电力系统发展难题、推动我国能源领域低碳转型提供了理论依据与技术支撑。项目相关研究成果在区域电网、省级电网以及相关新能源场站中得到应用，在支撑电力系统安全稳定运行、提升电网整体运行效益方面取得了显著成效。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

随着我国“双碳”战略推进，电力系统“双高”特征日趋明显，交直流、送受端电网间耦合日趋复杂，多类型稳定性与电力保供、新能源消纳问题相互交织。为保障直流送端电网安全稳定和电力保供需求，通常会采取相对保守的策略控制直流输电功率和新能源基地出力，这一因素已经成为制约送端新能源送出消纳的关键问题之一。以陕北-湖北特高压直流输电工程和陕北“双高”“送端”电网为例，系统安全稳定运行面临三方面突出挑战：一是新能源发电系统具有不确定性、高敏感性和低抗扰性，大量电力电子设备非线性动态交互，系统稳定形态复杂、关键影响因素难以辨识。陕湖直流单、双极闭锁或送端近区交流故障可能引发显著暂时过电压，易造成新能源场站大面积脱网，并诱发电压、频率连锁风险。二是新能源机组替代同步发电机组后，系统惯量和调频、调压能力下降。当直流外送功率达到 600 万千瓦时，故障后大规模有功功率回退可能使陕北-关中交流通道输送能力降至 230 万千瓦，制约陕湖直流送电能力和关中负荷中心可靠供电。三是陕北能源基地新能源、火电、储能以及电热气等多种能源形态协同发展，能量动态耦合和时空交互关系复杂，但跨区域、跨能源形态、多时间尺度协同促进新能源消纳的潜力未有效挖掘。

为应对高比例新能源接入导致的系统稳定形态复杂、失稳风险加剧、多类型能源协调调度困难等问题，项目组以“稳定性评估-安全稳定控制-协同规划运行”的思路，对新型电力系统多类型稳定性解耦评估与跨形态能源协调运行关键技术开展了历经 10 年的深入系统研究，提出了新型电力系统输入-状态稳定解耦分析理论，并创建了多类型稳定性评估方法，为电力电子化、交直流混联场景下的新型电力系统暂态支撑能力提升提供理论依据和评价标准；提出了新型电力系统“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系，充分发挥各可控对象的调节能力，显著降低不确定性及持续扰动影响下新能源的脱网风险，保障新型电力系统在高新能源渗透率场景下的安全稳定运行；提出了电热气储跨形态能源多时间尺度协同规划运行方法，解决了跨形态能源自律与协同的均衡问题，显著提升多能源电力系统的综合利用效率。项目的主要创新成果如下：

(1) 创建了新型电力系统多类型稳定性解耦评估理论。提出了新型电力系统输入-状态稳定解耦分析理论，将传统李雅普诺夫理论拓展深化，通过与算子法结合以揭示外部输入特征对系统动态的影响机理，解决外界扰动下新型电力系统抗干扰能力难以准确量化的问题，实现稳定性解耦与快速灵活评估。基于输入-状态稳定解耦分析理论构建了新型电力系统多类型稳定性评估框架；提出了工频、直流和低频场景下 AC/DC、AC/AC 转换等电力电子装置和发电机的功角稳定性分析方法；提出了交流系统宽频谐波阻抗包络建模及宽频振荡解耦评估方法；建立了系统固有特性与故障特性解耦的柔性直流电网短路电流量化评价指标体系。创新成果突破了复杂工况下新型电力系统稳定性计算耗时长、预测精度不足、场景适应性差等技术瓶颈。

(2) 提出了新型电力系统“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系。基

于输入-状态稳定解耦分析理论提出了优化调节空间的参数化新能源并网控制及振荡抑制策略，采用状态相关 Riccati 方程技术、近似动态规划理论及无功电压动态协调控制技术实现了新能源并网控制策略的在线性能优化；设计了基于反电动势观测器的移相锁相环，开发了基于卡尔曼滤波的系统参数辨识及系统强度在线调节技术；提出了大干扰下系统模糊李雅普诺夫稳定性分析及镇定策略；采用新能源场站-柔直换流站-交交换频站的联合主动支撑和故障穿越技术提升了新能源暂态涉网性能；制定了协调多类型资源的响应驱动预防控制与紧急控制方案。创新成果可充分发挥各可控对象的调节潜力，极大提升新能源并网及交直流输电等场景下系统的暂态运行能力，有效支撑新型电力系统的安全稳定运行。

（3）创建了电热气储跨形态能源系统多时间尺度协同规划运行方法。针对跨形态能源调度面临的多能量动态耦合复杂和需求自给不足等新问题，构建了新能源并网场景下多区域互联跨形态能源系统自律联合调度模型；设计了中长期电量交易约束下的跨形态能源电力系统机会约束调度策略；提出了多时间尺度多能源电力系统电力电量平衡理论和自适应时段聚合方法；制定了年度检修计划编制、周前水电电量分解、日内连续滚动优化的多时间尺度调度方案；提出了面向新型电力系统平衡能力提升的多元储能规划技术。创新成果大幅提升了多类型能源的综合利用效率，解决了大规模跨形态能源系统复杂优化问题求解效率低的技术难题。

本项目在新型电力系统多类型稳定性解耦评估与跨形态能源协调运行关键技术两方面形成了涵盖理论研究、技术开发与工程应用的系列创新成果：授权发明专利 10 项；发表代表性高水平学术论文 30 篇，其中 SCI 论文 20 篇，累计被引 1305 次；培养研究生 80 余名。中国电工技术学会对研究成果“新型电力系统多类型稳定性评估与暂态支撑能力提升技术”和“跨形态多能源系统协调调度理论和方法”分别组织了科技成果鉴定，鉴定结论均为处于国际领先水平。

项目成果在陕湖直流工程及陕北送端电网得到系统应用。2021 年至今，陕北电网累计完成 200 余座、总容量约 1100 万千瓦新能源场站改造与测试，新能源出力限额提升 10%以上，受限比例由 15%降至 5%以下，年利用小时数增加超过 200 小时，发电量增长逾 26 亿千瓦时。陕北-关中交流通道输送能力显著提升，交直流外送耦合约束得到有效缓解，为陕湖工程输电能力发挥和关中地区可靠供电提供了有力支撑。相关实践入选“2023 年国家电网调度运行典型经验”。项目成果推广应用于西北区域电网，陕西、新疆等省级电网，华能、大唐等新能源和储能电站，特变电工、陕西中试等设备和技术服务厂商应用。2023 年至 2025 年，累计减少新能源弃电量约 86.04 亿千瓦时，产生经济效益约 28.88 亿元，经济社会效益显著。

四、客观评价

1. 鉴定结论

(1)中国电工技术学会组织对研究成果“新型电力系统多类型稳定性评估与暂态支撑能力提升技术”的鉴定，**国家最高科学技术奖获得者钱七虎院士**担任鉴定委员会主任，鉴定委员会一致认为，项目成果符合并满足国家新能源并网发展的重大需求，已在西北区域电网、陕西等省级电网及所属新能源场站得到实际应用，研究成果能有效支撑电网安全稳定运行，提升电网新能源消纳水平，经济社会效益显著，项目研究成果整体处于国际领先水平。

(2)中国电工技术学会组织对研究成果“跨形态多能源系统协调调度理论和方法”的鉴定，**中国电力科学研究院有限公司名誉院长周孝信院士**担任鉴定委员会主任，鉴定委员会一致认为，项目相关成果解决了跨形态多能源系统的多形态多层次协调难题，多能源系统长时序运行模拟极端场景刻画难、计算效率低的问题，兼顾用户侧多能源系统主体独立决策、信息隐私与实时响应的问题，已在西北区域级电网，陕西、新疆等省级电网及多类储能项目中得到应用，经济社会效益显著，项目研究成果整体处于国际领先水平。

2. 代表性论文引用与学术评价情况

发表 IEEE Transactions、Applied Energy 等领域顶级期刊论文 30 篇，累计被引 1305 次。国内外学者对本项目成果给予了高度的学术评价：英国伦敦玛丽女王大学实时电力与控制系统实验室主任 K. Mehran 教授引用了新能源并网控制技术相关研究成果，指出采用基于状态反馈的鲁棒控制技术提高了微电网安全稳定运行能力；台湾中央大学林立刚教授 9 次引用本项目成果，指出基于状态相关 Riccati 方程技术的非线性控制方法在电气领域具有显著学术影响，可提升系统对各类扰动及不确定性的承受能力；Appl. Math. Comput.期刊主编，科威特海湾科技大学 T. E. Simos 教授引用本项目成果，指出基于 Riccati 方程技术的鲁棒控制器在风力发电系统中具有显著的应用价值。IEEE Fellow、曼彻斯特大学 V. Terzija 教授引用本项目成果，指出所提新能源并网振荡抑制策略计算量小，能够有效抑制次同步振荡；IEEE Life Fellow、华南理工大学能源研究院院长吴青华教授引用本项目成果，指出输入-状态稳定性分析理论在大规模电力系统中具有广阔的应用前景；IEEE Fellow、美国南卫理公会大学电气与计算机工程系王剑辉教授引用本项目成果，指出所提数据驱动的微电网调度技术在处理不确定性方面具有显著优势，可为分布鲁棒优化技术的应用研究提供指导。

3. 已获科技奖励

项目研究成果获科技、论文奖励 16 项：科技创新点 1、2、3 相关项目“‘双高’电力系统分布式稳定性评估与多层协调优化运行关键技术及应用”获陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖二等奖；科技创新点 1、2 相关项目获国家电网有限公司科学技术进步奖一等奖 1 项（提升新型电力系统平衡调节能力的多元储能规划技术及应用）、二等奖 2 项（高比例新能源电网交直流送出能力提升控制关键技术及应用、基于间歇式电源综合消纳评估的电网规划关键技术与应用），

获国家电网有限公司华北分部科学技术进步奖一等奖 1 项(大规模新能源集中送出系统暂时过电压特性与防护关键技术及应用), 获国家电网有限公司西北分部科学技术进步奖三等奖 1 项(新能源频率响应特性建模及协同控制参数优化关键技术研发及应用), 获国家电网有限公司第七届青年创新创业大赛 1 项; 科技创新点 1、2 相关项目获第五届安全科学技术进步奖三等奖 1 项(大规模新能源外送电网多时间维度无功电压主动安全控制技术), 获国网陕西省电力有限公司科学技术进步奖一等奖 1 项、二等奖 3 项、三等奖 1 项, 获国网上海市电力公司科学技术进步奖一等奖 1 项; 科技创新点 3 相关的 2 篇论文获得中国精品科技期刊顶尖学术论文奖(F5000)。

4. 部分已完成课题的验收意见

国网陕西省电力有限公司项目“陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术研究”通过结题验收, 验收委员会一致认为项目在直流进区电网新能源暂态支撑能力提升方面的成果达到国内领先水平; 国网陕西省电力有限公司项目“含高比例可再生能源的电力系统优化运行与控制关键技术研究”通过结题验收, 验收委员会一致认为项目成果总体达到国际先进水平; 国网福建省电力有限公司项目“海上风电场群高效送出与消纳关键技术研究”通过结题验收, 验收委员会一致认为项目成果整体达到国际先进水平, 提出的台风灾害前后海上风险有序退出和投入策略达到国际先进水平, 具有推广应用价值。

5. 主要完成单位和应用单位的评价

项目研究成果应用于国家电网有限公司西北分部、国网陕西省电力有限公司、国网新疆电力有限公司、特变电工新疆新能源股份有限公司、华能陕西新能源分公司、大唐陕西发电有限公司新能源分公司、陕西华电新能源发电有限公司、陕西中试电力科技有限公司、新疆立新能源股份有限公司、新疆沃能新能源技术有限公司, 应用效果显著。各单位对项目成果给予了高度评价, 一致认为所提理论和技术精确刻画了新能源并网特征与系统抗扰能力, 增强了新能源发电系统在不确定性扰动影响下的动态响应性能, 实现了多能互补条件下的多时间尺度电力电量平衡, 显著提升了新能源高效送出能力和并网消纳水平, 为新型电力系统的建设、运行和发展提供了有力支撑。

6. 成果查新结论

教育部科技查新工作站(Z08)对项目“新型电力系统多类型稳定性解耦评估与跨形态能源协调运行关键技术”的成果进行了国内外科技查新, 查新结果表明: 项目所述创新技术在国内外公开发表的中外文文献中均未见述及。

五、应用情况

项目取得的系列科技创新成果在陕湖直流工程中得到应用，并在区域电网、省级电网以及所属新能源场站中得到推广，提升了新型电力系统的新能源消纳及安全稳定运行水平，经济社会效益显著，展现了广阔的应用前景和极高的推广价值。

项目成果应用于陕湖直流工程和近区送端电网，通过交直流耦合分析明确新能源穿越控制及恢复速率等关键参数范围，提出耐压耐频等涉网性能提升策略，给出电热气储联合优化调度策略，为新能源场站实施参数优化和耐压耐频改造，以及热电互补协同调控提升新能源消纳水平提供技术指导。2021 至今，陕北电网已累计完成 200 余座、约 1100 万千瓦新能源场站改造优化，出力限额提升 10% 以上，年利用小时数增加超 200 小时、发电量增长逾 26 亿千瓦时，有力支撑陕湖直流输电和新能源消纳。2023-2025 年陕湖直流工程配套新能源增发对应年输配电价新增销售额约 1.15 亿元、1.22 亿元、1.34 亿元，新增利润 0.15 亿元、0.16 亿元、0.17 亿元。

在推广应用方面，科技创新点 1 和 2 形成的关键技术成果于 2022 年至今应用于大唐陕西发电有限公司新能源分公司、华能陕西新能源分公司和陕西华电新能源发电有限公司所属新能源场站，增强了新能源发电系统在不确定性持续扰动影响下的动态响应性能，减少了新能源弃电量；2024 年至今应用于新疆立新能源股份有限公司所属新能源场站，有效提升了新能源场站高、低电压穿越能力，抑制电压波动，缓解了场站涉网性能不足引起的限电；2020 年至今应用于国网陕西省电力有限公司，实现了大规模新能源接入场景下陕北直流近区电网的电压、频率主动支撑，提升了新能源消纳水平；2022 年至今应用于陕西中试电力科技有限公司，优化了新能源并网方案，实现了新能源发电系统高低电压穿越等涉网性能的提升；2020 年至今应用于特变电工新疆新能源股份有限公司生产的柔性直流输电系统、分频输电系统及新能源并网换流器等设备和工程中，增强了新能源场站接入弱电网情况下的系统稳定性，提升了产品销售额。

科技创新点 3 形成的关键技术成果于 2022 年起应用于国网新疆电力有限公司，支撑新疆电网 10 条特高压直流外送目标及送端基地配套电源方案制定，有效促进了新疆大型风光基地外送通道利用率和系统安全性提升。；2022 年起应用于新疆沃能新能源有限公司十三间房储能一电站，支撑储能电站的技术选型、建设规模、布局及时序，指导优化电站运行策略和运行参数，有效提升储能电站本身的利用率，减少新能源弃电。

主要应用单位情况表

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/电话
1	国家电网公司西北	含高比例可再生能源的电力系统优化运行	± 800kV 陕湖直流工程送端	2022.01 -	万筱钟

	分部	与控制保护关键技术研究	陕北地区新能源场站	2025.12	
2	大唐陕西发电有限公司新能源分公司	陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术	大唐陕西发电有限公司新能源分公司所属新能源场站	2022.01 - 2025.12	戴学鹏
3	华能陕西新能源分公司	陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术	华能陕西新能源分公司所属新能源场站	2022.01 - 2025.12	王熹
4	陕西华电新能源发电有限公司	陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术	陕西华电新能源发电有限公司所属新能源场站	2022.01 - 2025.12	李璇
5	国网陕西省电力有限公司	陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术	陕西电网新能源接入的直流近区	2020.01 - 2025.12	李昀昊
6	陕西中试电力科技有限公司	一种电力系统即插即用的稳定性分析与控制方法	新能源涉网控制系统	2022.04 - 2025.12	李艺佳
7	特变电工新疆新能源股份有限公司	双高电力系统中电力电子设备的稳定性分析及增强控制技术	柔性直流输电系统、分频输电系统及新能源并网换流器等设备	2020.01 - 2025.12	纪攀
8	新疆立新能源股份有限公司	考虑新能源多时空分布特征的受端电网新能源承载能力研究	新疆立新能源股份有限公司所属新能源场站	2024.01 - 2025.12	王梦婷
9	国网新疆电力有限公司	提升新型电力系统平衡调节能力的多元储能规划技术及应用	准东-皖南直流工程	2022.01 - 2025.05	余中平
10	新疆沃能新能源有限公司	提升新型电力系统平衡调节能力的多元储能规划技术及应用	沃能十三间房储能一电站	2022.01 - 2025.05	余中平

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	一种独立电力系统稳定性解耦分析方法	中国	ZL201811526145. X	2020 年 10 月 27 日	4050848	西安交通大学	秦博宇, 方铖, 李景, 谢鹏浩, 孙浩源
2	发明专利	一种交流系统宽频带阻抗包络方法及 相关设备	中国	ZL202411973278. 7	2025 年 11 月 4 日	8433801	西安交通大学, 国网经济技术研究院有限公司	张海涛, 赵晨婷, 李探, 李志闯, 张倩文, 张儒锡, 王泰宇, 杨可俊, 魏亦铭, 李保全
3	发明专利	一种基于决策树的电力系统薄弱支路辨识方法及系统	中国	ZL202311397850. 5	2024 年 1 月 5 日	6604461	国网经济技术研究院有限公司, 国网湖南省电力有限公司经济技术研究院	李凡, 刘栋, 秦博宇, 王智冬, 孙珂, 王丹, 薛雅玮, 张哲, 李梦骄, 于昊洋, 刘忠健, 梁涵卿, 张逸兴, 张柯欣, 秦继朔, 谢宇峥, 游沛羽, 陶太堃, 章程, 蒋诗谣, 司远, 郭国栋, 胡天宇
4	发明专利	一种基于反电动势观测器的移相锁相环方法	中国	ZL201910920152. 6	2021 年 5 月 28 日	4446817	西安交通大学	孟永庆, 李凯凯, 潘茜茜, 李斯佳, 于建洋, 方国华
5	发明专利	一种电力系统即插即用的稳定性分析与控制方法	中国	ZL202010432570. 3	2021 年 10 月 15 日	4733482	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院, 西安	王若谷, 秦博宇, 王永利, 方铖, 郭峰, 张哲, 戴立森, 高欣, 孙

							交通大学，国家电网有限公司	宏丽，冯南战，薛军，王辰曦
6	发明专利	一种基于电网未来潮流状态的无功电压自动控制方法	中国	ZL202010185077.6	2023 年 3 月 28 日	5828042	国网陕西省电力有限公司，国家电网有限公司，北京清大高科系统控制有限公司	王康，唐浩，李小江，李立，张浩，钱乙卫，汤磊，崔葛安，刘永锋，李惠琴，郭晨，李永
7	发明专利	特高压直流换流站与近区发电厂的无功电压协调控制方法	中国	ZL201711236819.8	2020 年 11 月 10 日	4083134	国家电网有限公司西北分部，北京清大高科系统控制有限公司	程林，汤磊，孙晓强，柯贤波，王康平，高鑫，刘永锋，李柱华
8	发明专利	大规模风电并网下基于多场景模拟的热-电联合调度方法	中国	ZL201611073547.X	2019 年 3 月 26 日	3307625	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院，西安交通大学	王若谷，戴立森，张文韬，王秀丽，董拓，吴子豪，孙强，苏耕，白晓春，薛军，周艺环
9	发明专利	一种考虑抗灾恢复的区域综合能源系统优化调度方法	中国	ZL201910294271.5	2021 年 4 月 20 日	4369906	西安交通大学	齐世雄，王秀丽，邵成成，吴雄，田士君，王一飞
10	发明专利	一种区域综合能源系统多主体联合规划方法及系统	中国	ZL202211387361.7	2025 年 6 月 24 日	8021389	西安交通大学	吴雄，刘炳文，何雯雯，贺明康，李晓飞

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
秦博宇	1	无	副教授	西安交通大学	西安交通大学	负责本项目整体研究思路的构建与成果的推广应用，是科技创新点 1、2 的主要完成人，负责了新型电力系统多类型稳定性解耦评估理论与“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系的研究工作，创建了新型电力系统输入-状态稳定解耦分析理论，构建了新型电力系统多类型稳定性评估体系，设计了系统固有特性与故障特性解耦的柔性直流电网短路电流量化评价指标，提出了协调多类型资源的响应驱动预防控制与紧急控制方法，是知识产权 1、3、5 的主要完成人。
吴雄	2	无	副教授	西安交通大学	西安交通大学	科技创新点 3 的主要完成人，负责了电热气储跨形态能源系统多时间尺度协同规划运行方法的研究工作，提出了多区域互联跨形态能源系统自律联合调度技术，实现了对大系统内部新能源消纳薄弱分区和瓶颈环节的精确辨识，是知识产权 9、10 的主要完成人。
王若谷	3	电力系统研究所所长	高级工程师	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	科技创新点 2、3 的主要完成人，负责了新型电力系统“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系的研究工作，制定了提升调节空间的参数化新能源并网控制策略，负责了多能源电力系统多时间尺度电力电量平衡理论的研究，是知识产权 5、8 的主要完成人。
王秀丽	4	无	教授	西安交通大学	西安交通大学	全面参与总体研究内容的协调与指导，主要进行中长期电量交易约束下的跨形态能源系统调度方法的研究，是知识产权 8、9 的主要完成人。
程林	5	调控中心系统运行处处长	正高级工程师	国家电网有限公司西北分部	国家电网有限公司西北分部	对科技创新点 2 做出了重要贡献，负责了基于直流容量变化趋势的特高压换流站与近区电厂无功电压动态协调控制的研究工作，实现了新能源并网控制策略的在线性能优化和自适应能力提升，改善了新能源并网发电系统在外界干扰下的动态响应性能，是知识产权 7

						的主要完成人。
孟永庆	6	无	教授	西安交通大学	西安交通大学	对科技创新点 1 做出了重要贡献，负责了工频、直流和低频场景下新能源并网换流器、柔直换流器和低频交交换流器等电力电子装置和发电机的功角稳定性分析方法，以及提升弱网稳定性的负阻尼振荡抑制策略的研究工作，是知识产权 4 的主要完成人。
李立	7	调控中心系统运行处处长	正高级工程师	国网陕西省电力有限公司	国网陕西省电力有限公司	对科技创新点 2 做出了重要贡献，负责了基于近似动态规划理论的附加学习控制器参数优化方法的研究工作，改善了新能源并网发电系统在外界干扰下的动态响应性能，参与了协调多类型资源的新型电力系统响应驱动预防控制与紧急控制方法的研究，是知识产权 6 的主要完成人。
李凡	8	无	高级工程师	国网经济技术研究院有限公司	国网经济技术研究院有限公司	对科技创新点 1 做出了重要贡献，负责了新型电力系统电压、频率安全稳定裕度量化评价方法的研究工作，构建了反映系统于扰抑制能力的稳定裕度指标及安全裕度指标，负责了提升新型电力系统平衡能力的多元储能规划方法的研究，是知识产权 3 的主要完成人。
张海涛	9	无	副教授	西安交通大学	西安交通大学	对科技创新点 1 做出了重要贡献，负责了交流系统宽频谐波阻抗包络建模及宽频振荡解耦评估方法研究工作，实现新能源出力不确定与系统运行方式多变场景下对系统宽频振荡的精准评估与高效镇定，是知识产权 2 的主要完成人。
高欣	10	无	工程师	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	对科技创新点 2 做出了重要贡献，设计了参数化的输入-状态稳定控制器结构，采用状态相关 Riccati 方程技术优化控制器参数以提升系统对各类扰动及不确定性的鲁棒性，是知识产权 5 的主要完成人。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
西安交通大学	1	西安交通大学是本项目的主要完成单位，也是主要完成人秦博宇、吴雄、王秀丽、孟永庆、张海涛的工作单位。西安交通大学牵头完成了本项目的三个科技创新点，创建了新型电力系统多类型稳定性解耦评估理论，提出了新型电力系统“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系，构建了电热气储跨形态能源多时间尺度协同规划运行方法，也是主要知识产权的主要完成单位或合作单位。 本项目依托国家自然科学基金项目、陕西省重点研发计划、国网陕西省电力有限公司科技项目等，取得了丰硕的学术成果。第一完成人秦博宇副教授（博士生导师）主要从事电力系统稳定性分析研究工作，提出了特色鲜明、准确高效的新型电力系统稳定性分析方法和指标，在同行中有较大的学术影响力。本项目申报材料真实有效，同意申报。
国网陕西省电力有限公司电力科学研究院	2	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院是本项目的完成单位之一，也是主要完成人王若谷、高欣的工作单位，参与了科技创新点 2 的研究工作。本项目申报材料真实有效，同意申报。
国家电网有限公司西北分部	3	国家电网有限公司西北分部是本项目的完成单位之一，也是主要完成人程林的工作单位，参与了科技创新点 2 的研究工作。本项目申报材料真实有效，同意申报。
国网陕西省电力有限公司	4	国网陕西省电力有限公司是本项目的完成单位之一，也是主要完成人李立的工作单位，参与了科技创新点 2 的研究工作。本项目申报材料真实有效，同意申报。
国网经济技术研究院有限公司	5	国家电网有限公司西北分部是本项目的完成单位之一，也是主要完成人李凡的工作单位，参与了科技创新点 1 的研究工作。本项目申报材料真实有效，同意申报。

九、完成人合作关系说明

项目研究团队由主要完成人密切合作组建而成，长期致力于新型电力系统稳定性分析与控制、优化运行技术研究。2016 年以来，主要完成人合作完成了论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、产业合作等，共同申报了陕西省教育厅陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖等奖项。

主要完成人秦博宇、吴雄、王秀丽、孟永庆和张海涛是西安交通大学教师。秦博宇负责了新型电力系统多类型稳定性解耦评估理论与“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系的研究工作，创建了新型电力系统输入-状态稳定解耦分析理论，构建了新型电力系统多类型稳定性评估体系，设计了系统固有特性与故障特性解耦的柔性直流电网短路电流量化评价指标，提出了协调多类型资源的响应驱动预防控制与紧急控制方法；吴雄负责了电热气储跨形态能源系统多时间尺度协同规划运行方法的研究工作，提出了多区域互联跨形态能源系统自律联合调度技术，实现了对大系统内部新能源消纳薄弱分区和瓶颈环节的精确辨识；王秀丽全面参与总体研究内容的协调与指导，主要进行中长期电量交易约束下的跨形态能源系统调度方法的研究；孟永庆负责了不同工作频率下电力电子装置和发电机功角稳定性分析方法，以及提升弱网稳定性的负阻尼振荡抑制策略的研究工作；张海涛负责了交流系统宽频谐波阻抗包络建模及宽频振荡解耦评估方法研究工作。国网陕西省电力有限公司电力科学研究院的王若谷负责了新型电力系统“主动防御-实时响应-紧急恢复”控制体系，以及多能源电力系统多时间尺度电力电量平衡理论的研究；高欣设计了参数化的输入-状态稳定控制器结构。国网陕西省电力有限公司的李立负责了基于近似动态规划理论的附加学习控制器参数优化方法的研究工作的研究工作，参与了协调多类型资源的新型电力系统响应驱动预防控制与紧急控制方法的研究。国网经济技术研究院有限公司的李凡负责了新型电力系统电压、频率安全稳定裕度量化评价方法，以及提升新型电力系统平衡能力的多元储能规划方法的研究。

国家电网有限公司西北分部的程林和国网陕西省电力有限公司的李立对项目整体实施及推广应用做出了重要贡献。程林负责了优化调节空间的参数化新能源并网控制及振荡抑制策略的研究工作；李立负责了基于近似动态规划理论的附加学习控制器参数优化方法的研究工作的研究工作，参与了协调多类型资源的新型电力系统响应驱动预防控制与紧急控制方法的研究。成果应用实现了新能源并网控制策略的在线性能优化和自适应能力提升，改善了新能源并网发电系统在外界干扰下的动态响应性能。

总之，项目主要完成人积极协作、沟通交流，第 1 完成人与第 2、3、4 完成人共同完成了项目总体方案、技术路线、研究内容的制定，与第 3、4、6、9 完成人共同申报并获得了科技奖项，与第 3、8、10 完成人合作完成了知识产权，与第 2、3、4、5 完成人共同完成了产业合作，促进了研究成果的推广应用。

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	共同 获奖	秦博宇/1 王若谷/3 王秀丽/4 孟永庆/6 张海涛/9	2022.03	2022.03	“双高”电力系统分布式稳定性评估与多层协调优化运行关键技术与应用	获奖证书
2	共同 获奖	王若谷/3 王秀丽/4	2021.12	2021.12	含高比例可再生能源的电力系统优化运行与控制关键技术	获奖证书
3	共同 获奖	王若谷/3 李立/7	2022.12	2022.12	并网风电场无功调节能力提升关键技术研究	获奖证书
4	共同 知识 产权	秦博宇/1 王若谷/3 高欣/10	2020.08	2021.10	一种电力系统即插即用的稳定性分析与控制方法	发明专利
5	共同 知识 产权	王若谷/3 王秀丽/4	2016.11	2019.03	大规模风电并网下基于多场景模拟的热-电联合调度方法	发明专利
6	共同 知识 产权	吴雄/2 王秀丽/4	2019.04	2021.04	一种考虑抗灾恢复的区域综合能源系统优化调度方法	发明专利
7	共同 知识 产权	秦博宇/1 李凡/8	2024.01	2024.01	一种基于决策树的电力系统薄弱支路辨识方法及系统	发明专利
8	共同 立项	秦博宇/1 吴雄/2 王若谷/3 王秀丽/4	2017.01	2019.01	含高比例可再生能源的电力系统优化运行与控制保护关键技术研究	项目合同
9	共同 立项	秦博宇/1 王若谷/3	2020.12	2021.12	陕北电网新能源暂态支撑能力提升关键技术	项目合同
10	共同 立项	秦博宇/1 吴雄/2 王若谷/3 王秀丽/4	2019.06	2020.12	含高比例可再生能源的电力系统优化运行与控制关键技术	项目合同
11	共同 立项	王秀丽/4 孟永庆/6	2019.01	2019.09	海上风电场群高效送出与消纳关键技术研究	项目合同
12	共同 立项	秦博宇/1 程林/5	2025.05	2025.11	国网西北分部调度控制中心2025年千万千瓦储能接入的西北电网安全评估支撑	项目合同