

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	车-桩-网多主体电能交易协同互动关键技术研究及应用
主要完成人	杨清宇、廖逍、李东鹤、邓伟、王若谷、方向亮、向辉、杨菁、许小鹏、杨烨、王奔、崔蔚、迟清、药炜、姜雨滋
主要完成单位	西安交通大学、国网信息通信产业集团有限公司、国网陕西省电力有限公司、国网车联网技术有限公司、国网山西省电力有限公司、国网辽宁省电力有限公司、上海电力交易中心有限公司、南瑞集团有限公司、国网思极位置服务有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者		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>电动汽车规模化发展与电力系统深度融合面临转型瓶颈，车-桩-网协同价值释放不充分严重制约“双碳”目标实现。当前电动汽车从被动负荷向主动调节资源转型困难、无序充放电冲击电网负荷平衡导致清洁能源大量弃用、车网互动市场发展滞后等关键技术瓶颈亟待突破。项目构建了车网深度融合的市场化协同机制与智能调度体系，形成“定价指导-调度优化-平台部署”的完整技术链条。在博弈交易理论层面，提出多主体在线连续优化第二价格拍卖机制，突破市场化交易机制设计的理论瓶颈；在协同调度决策层面，构建基于深度强化学习和马尔科夫博弈模型的多层次协同调度体系，攻克大规模移动储能时空协同调度壁垒；在智能运营管控层面，集成部署动态激励相容定价、多层次协同调度和安全防护模块，形成车网深度融合的工程化技术平台。项目实现了从传统电量交易向电动汽车深度参与的智能电力交易转变，有效释放电动汽车移动储能价值，显著提升清洁能源消纳水平。成果已在多个车-桩-网协同互动示范工程中应用，对推动交通电气化与能源清洁化协同发展、实现国家“双碳”目标具有重大战略意义。</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

(限 2 页)

车-桩-网协同系统作为关系国民经济发展和国家安全的重大关键基础设施，随着电动汽车规模化应用为核心的交通电气化转型逐步推进，在保证电力系统可靠运转的同时，激励电动汽车用户积极参与电网运行调控面临重大挑战。电动汽车作为移动储能设备，具备跨时空电力调度的天然优势，理论上能够参与电网调峰填谷、新能源消纳等，为电网稳定运行提供支撑。然而，当前车网协同系统开放化水平提升过程中，现有技术在保障电网高效运行和多方交易满意度等方面面临三大核心挑战：电动汽车双向充放电缺乏激励相容的市场化交易机制，导致移动储能资源配置效率低下；大规模电动汽车无序充放电冲击电网负荷平衡，跨区域能源供需失配造成清洁能源大量弃用；车网互动市场发展滞后制约交通电气化进程，电动汽车与电网融合发展缺乏有效组织模式。本项目面向国家能源体系革新和"双碳"目标需求，构建车网深度融合的市场化协同机制与智能调度体系，支撑电动汽车移动储能价值充分释放，推动交通电气化与能源清洁化协同发展目标，实现电网侧、平台侧、车侧三方协同的高效经济运行。

西安交通大学联合国网信息通信产业集团有限公司、国网陕西省电力有限公司、国网智慧车联网技术有限公司、国网山西省电力有限公司、国网辽宁省电力有限公司、上海电力交易中心有限公司、南瑞集团有限公司、国网思极位置服务有限公司、在国家自然科学基金、陕西省国际科技合作与交流计划等项目支持下，围绕车-桩-网协同系统所面临的安全稳定高效运行瓶颈和多方效益权衡难题，结合车-桩-网互动场景，从以下三个方面开展研究工作，取得了以下创新成果：

1) 面向双向能量交互的车-桩-网多维度博弈交易理论与动态激励相容体系。

针对电动汽车双向充放电缺乏激励相容的市场化交易机制，导致移动储能资源配置效率低下问题，提出了适应车-桩-网双向能量流的多主体在线连续优化第二价格拍卖机制，从理论上证明了所提出的拍卖机制能够满足多主体纳什均衡和激励相容等经济特性；设计了 McAfee 框架来解决电力系统中电动汽车聚合商、充电桩运营商间的随机最优竞标问题，提出一种多主体互动双重拍卖交易方案，解决了多主体社会福利、电网安全性、系统效率和计算开销的权衡问题。建立了考虑车-桩-网多主体互动的最优调度双层优化模型，上层解决电网运营商面向多主体的动态定价策略

问题，为下层协同调度决策提供实时价格指导信号，实现了定价与调度的有机耦合，为构建统一的电力市场体系奠定理论基础。

2) 面向跨区域电能时空重构的车-桩-网多层次多主体耦合协同调度决策理论。

针对大规模电动汽车无序充放电冲击电网负荷平衡、跨区域能量时空配置不协调问题，构建了多层次多主体耦合协同调度决策理论体系。提出了基于确定性策略梯度的深度强化学习方法来制定车-桩-网多主体协同调度控制策略，有效缓解了大规模电动汽车接入对电网安全稳定运行的冲击，显著提升了电力系统对波动性的适应能力；建立了基于马尔科夫博弈模型的车-桩-网多主体协同电能交易市场模型，实现了跨区域电力资源的优化配置和新能源的大规模消纳，通过接收第一部分的价格信号实现跨区域电能的时空优化重构，为保障国家能源安全和电力系统稳定运行提供了关键技术支撑。

3) 全域车-桩-网多维度智能化协同运营管控系统。车网互动市场发展滞后制约交通电气化进程，电动汽车与电网融合发展缺乏有效组织模式。基于前两部分的定价交易理论和协同调度决策理论，构建全域车-桩-网多维度智能化协同运营管控系统平台，实现电网侧、充电桩侧、电动汽车侧多主体的协同优化配置。为增强平台的工程适用性，在实际应用过程中，针对多主体交易数据安全与用户隐私保护的实际需求，提出基于差分隐私的车网双向交易机制，在保护用户充电行为隐私的前提下实现安全可信交易；面对复杂动态环境下的实时控制挑战，开发了 CDDPG 深度强化学习控制算法和云-边协同数据处理技术，构建了分布式计算架构与边缘智能处理体系，确保平台在大规模车网接入场景下的长期稳定有效运行，为新型电力系统数字化转型和国家能源安全保障提供关键平台支撑。

项目成果已在车网协同系统、电动汽车聚合商等多个场景实现了技术验证和应用，有效地协调了车网之间的能量供需关系、优化了电力交易和资源配置，提高了电网的运营效率。项目团队开展了深度的校企合作，共同打造了面向车网互动复杂场景的电能交易解决方案，依托电网企业实现技术成果转化，广泛应用于车网协同系统构建、电动汽车聚合商运营、新能源消纳、电力交易平台中，取得了良好的经济效益和社会效益。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

1、主要创新点及同行学术评价

本项目支撑的关键成果包括发明专利 6 项、论文 4 篇，相关研究工作获得了美国、加拿大、英国和国内多位知名学者的正面评价，主要创新点评价如下：

创新点 1：针对大规模电动汽车接入下电网调度与动态定价协调优化问题，提出了一种结合强化学习和模仿学习的智能定价策略，并利用模仿学习来提高电网侧能源调度策略学习效率。构建双层优化模型结构解决电网侧动态定价策略问题和车辆充放电需求响应的灵活性调度问题。提出基于深度强化学习的车-网协同能源调度控制方法，利用 LSTM 网络提取历史电价和车辆充放电行为信息，以确定当前的电网调度与定价策略；使用双回放缓冲区解决车-网交互中稀疏奖励的问题，在满足电动汽车充放电需求的同时优化电网运行成本和提升系统整体经济效益。

客观评价 1：IEEE Fellow、香港科技大学 Danny H.K. Tsang 教授评价：“设计了一个支持 V2G 传输的未来智能电网。这些工作的目的是通过在电价较低时充电，而在电价较高时放电（即向电网出售电力），使单个电动汽车的利润最大化”。国防科技大学徐新海教授评价：“基于 Pearson、Spearman 和 Kendall 相关系数的个体之间的相关性分析，构建了一个代理级协作训练框架。该框架通过消除弱相关代理之间的通信信息，保证了有助于协作学习策略的有用信息的传递”。

创新点 2：针对电动汽车与电网双向能量交易中的定价公平性与市场效率平衡问题，从交易机制设计的角度出发，创新性地构建了一套基于拍卖理论的分布式车-网能量交易机制体系，该体系首次将在线连续拍卖、双向拍卖和多主体竞价有机结合，包括优化了基于第二价格的在线连续递进式拍卖机制，实现了拍卖的在线连续性和激励相容性，兼容了双向拍卖的对偶分解（DDA）机制，改进了随机最优竞价策略，使用次梯度法迭代更新价格，允许电动汽车聚合商向多个电网节点提交多个充放电出价，允许车辆用户随时参与交易，并通过引入防策略机制有效遏制市场操纵与不正当竞争行为。

客观评价 2：IEEE Fellow、国家自然科学基金会国家杰出青年、上海交通大学关新平教授评价为：“该能源交易方案实现了与 AI 的融合，可以帮助智能电网实现智能优化和自动化能源管理”。华北电力大学新能源学院院长李美成评价为：“文中的拍卖方案和竞价策略不仅可以保证参与者的隐私，还可以在社会福利、满意率和计算开销方面有效促进智能电网的需求响应。”

创新点 3：针对电网与大规模电动汽车以及充电桩双向互动中的分布式协同调度与多主体博弈定价问题，突破传统集中式调度瓶颈，构建了基于多智能体强化学习的电网侧协同能源管理范式。通过将充电站集群建模为多智能体系统，实现从单站点被动响应向区域协同主动调度的转变。在方法上，首创性地将多步奖励机制与 LSTM 预测网络融合，设计 MMADDPG 算法用于电网侧能源调度与定价策略学习，提出在线启发式调度方案解决车-网协同中的能源分配问题，实现电网运行时空维度协同优化。该研究解决了传统强化学习在电网多主体调度环境下的维数灾难和学习效率问题，为构建电网侧智能化车-网协同调度体系奠定了技术基础。

客观评价 3：剑桥大学研究员，英国曼彻斯特大学 Mahdih S. Sadabadi 评价为：“通过多智能体深度强化学习（MADRL）来学习购买策略，并利用短期记忆神经网络来预测电动汽车充电需求，以稳定电力市场和电动汽车充电需求。”斯坦福世界前 2% 顶尖科学家，西安交通大学孟锦豪教授评价：“开发了一种多智能体强化学习方法来增强能源采购策略，并提出了一种在线启发式能源调度方法在处理高维状态空间和复杂调度环境方面取得了显著的效果。”

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

基于本项目提出的车-桩-网多主体电能交易协同互动关键技术,包括电动汽车参与电网在线连续优化第二价格拍卖机制、充电站集群最优调度决策模型、基于差分隐私的车网双向拍卖方案,西安交通大学与国网信息通信产业集团有限公司、南瑞集团有限公司开展深度校企合作,共同打造面向电动汽车大规模接入场景的智能电能交易解决方案,依托电网企业实现技术成果转化,广泛应用于电动汽车充放电管理系统构建、车网协同虚拟电厂运营、电动汽车辅助新能源消纳、车网互动交易平台等领域中,取得了良好的经济和社会效益。

自 2016 年始,与国网信息通信产业集团、南瑞集团有限公司、上海电力交易中心有限公司,在电动汽车分布式充放电交易、车载储能参与新能源消纳策略、车网储多能协同互补等领域展开共同研究成功开发出省级车网协同能源管理平台、车网协同分布式能源交易系统、新一代车网协同交易平台、电动汽车新能源云综合管理平台等产品,为客户提供“一站式”车-桩-网协同能源服务解决方案,市场覆盖了国家电网公司经营区域的多个省级电力公司,开展了电动汽车智慧充电服务平台、城市车网融合系统数字孪生应用、电动汽车聚合商虚拟电厂机制研究及建设等项目建设工作,为省综合能源服务公司、充电运营商、电动汽车聚合商、发电企业、用电企业提供车网互动交易决策支持、电动汽车参与电力市场系统建设、车网储协同系统构建、电动汽车虚拟电厂建设运营等服务,实现车网储多能互补、电动汽车与电网友好互动、车网协同精准调控。

自 2020 年起,本成果依托国网陕西省电力有限公司、国网智慧车联网技术有限公司等单位,在陕西电动汽车参与电力交易场景进行了广泛应用,车-桩-网协同电力交易平台具备电动汽车中长期交易、充放电现货交易、日清月结、信息披露等全业务支撑能力,实现了从传统电量交易向电动汽车深度参与的智能电力交易转变,能够充分适应电动汽车随机充放电特性和清洁能源发电波动特性,更好支撑电动汽车促进清洁能源消纳,保障车网互动交易业务公开透明、安全稳定开展,更好的服务电动汽车产业与能源清洁低碳转型,有效支撑全国统一电力市场体系建设和电力市场化改革进程,提升电动汽车参与电力系统资源配置效率和清洁能源消纳水平,助力交通电动化与"碳达峰、碳中和"目标协同实现。

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	学术论文	Multistep multiagent reinforcement learning for optimal energy schedule strategy of charging stations in smart grid	美国	第 53 卷 7 期 4292-4305 页	2022 年 3 月 27 日	IEEE Transactions on Cybernetics	西安交通大学	Zhang Yang, Yang Qingyu, An Dou, Li Donghe, Wu Zongze
2	发明专利	云-边协同下电网设备运行数据的在线分析方法及装置	中国	ZL202010281560.4	2023 年 06 月 09 日	6036833	安徽继远软件有限公司, 合肥工业大学, 国网信息通信产业集团有限公司, 国家电网有限公司	梁翀, 徐海青, 罗贺, 王国强, 廖逍, 张鹏, 邱镇, 秦浩, 余江斌, 胡丁丁, 王文清, 李环, 毛舒乐, 王维佳, 浦正国, 张天奇
3	学术论文	Towards Differential Privacy-Based Online Double Auction for Smart Grid	美国	第 15 卷 971-986 页	2019 年 8 月 2 日	IEEE Transactions on Information Forensics and Security	西安交通大学	Li Donghe, Yang Qingyu, Wei Yu, An Dou, Zhang Yang, Zhao Wei
4	学术论文	CDDPG: A Deep-Reinforcement-Learning-Based Approach for Electric Vehicle Charging Control	美国	第 8 卷 5 期 3075-3087 页	2020 年 10 月 10 日	IEEE Internet of Things Journal	西安交通大学	Zhang Feiye, Yang Qingyu, An Dou
5	发明专利	一种基于多代理商的电动汽车有序充电方法	中国	ZL201710284232.8	2019 年 8 月 23 日	3503467	西安交通大学	杨清宇, 卢兴东, 安豆
6	学术论文	A Reinforcement and Imitation Learning Method	其他	第 323 卷 10 期 2102-2125	2022 年 7 月 4 日	Applied Energy	西安交通大学	Zhang Yang, Yang

		for Pricing Strategy of Electricity Retailer with Customers' Flexibility		页				Qingyu, Li Donghe, An Dou
7	专利	一种电动汽车负荷在线优化方法、系统、设备及介质	中国	ZL202310545066.8	2023 年 5 月 16 日	6392527	国网信息通信产业集团有限公司, 国网综合能源服务集团有限公司	姜雨滋, 孟洪民, 刘泽三, 邹徐欢, 文爱军, 李娜, 黄澍, 徐哲男, 王孟强, 赵阳, 李芳, 阎誉榕, 肖钧浩, 刘冕
8	专利	一种基于广义斯塔克尔伯格博弈的电动汽车充电管理方法	中国	ZL202011380488.7	2024 年 08 月 20 日	7306326	国网陕西省电力有限公司电力科学研究院, 西安交通大学, 国家电网有限公司	王若谷, 高欣, 钱涛, 孙宏丽, 王秀丽, 李明, 吴子豪, 王辰曦, 张小平, 唐露甜, 李高阳
9	发明专利	一种电动汽车充电站运行方式的优化计算方法及装置	中国	ZL201911041460.8	2023 年 7 月 25 日	6180573	国网辽宁省电力有限公司, 国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院, 中国电力科学研究院有限公司, 国家电网有限公司	李铁, 崔岱, 王钟辉, 唐俊刺, 苏安龙, 高凯, 礼晓飞, 王跃峰, 刘纯, 姜枫, 刘淼, 刘刚, 孙明一, 王顺江, 张艳军, 张宇时, 许小鹏, 曾辉, 李家珏,

								梁晓赫， 孙晨光， 张建， 从海洋， 崔嘉， 董健
10	专利	一种计及风电与电动汽车随机性的两阶段机组组合建模方法	中国	ZL202011376386.8	2024 年 09 月 24 日	7403585	国网陕西省电力公司科研院，西安交通大学，国家电网有限公司	王若谷， 陈果， 刘健， 钱涛， 孙宏丽， 王秀丽， 高欣， 王辰曦， 吴子豪， 唐露甜， 李高阳

七、主要完成人情况表

姓 名	杨清宇	排 名	第 1
行政职务	西安交通大学自动化科学与工程学院 院长		
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： 项目负责人，负责研究方案的总体设计及实施，主持并主要参与了研究内容一、二、三的攻关工作以及项目研究成果的应用实施。			

姓 名	廖逍	排 名	第 2
行政职务	国网信息通信产业集团有限公司科技创新部 部门主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网信息通信产业集团有限公司		
完成单位	国网信息通信产业集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目核心成员，主要参与了研究内容一、二的攻关工作以及项目研究成果的应用实施。			

姓 名	李东鹤	排 名	第 3
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： 项目核心成员，主要参与了研究内容一、二、三的攻关工作以及项目研究成果的应用实施。			

姓 名	邓伟	排 名	第 4
行政职务	国网信息通信产业集团有限公司科技创新部 部门主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网信息通信产业集团有限公司		
完成单位	国网信息通信产业集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目核心成员，主要参与了研究内容二、三的攻关工作以及项目研究成果的应用实施和成果转化。			

姓 名	王若谷	排 名	第 5
行政职务	国网陕西省电力有限公司 电力科学研究院部门主任		
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		
对本项目主要学术贡献： 项目核心成员，参与了研究内容一、三的攻关工作，主要负责了研究成果的示范应用和推广实施。			

姓 名	方向亮	排 名	第 6
行政职务	部门主任		
技术职称	高级会计师		
工作单位	国网智慧车联网技术有限公司		
完成单位	国网智慧车联网技术有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目核心成员，主要参与了研究内容二、三的攻关工作以及项目研究成果的应用实施和效益评估。			

姓 名	向辉	排 名	第 7
行政职务	国网信息通信产业集团有限公司研发中心 主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网信息通信产业集团有限公司		
完成单位	国网信息通信产业集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目主要参与人，主要参与了研究内容一的攻关工作以及项目研究成果的技术转化和应用实施。			

姓 名	杨菁	排 名	第 8
行政职务	上海电力交易中心有限公司 董事长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	上海电力交易中心有限公司		
完成单位	上海电力交易中心有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目主要参与人，主要参与了研究内容一、二的攻关工作以及项目研究成果的技术转化和应用实施。			

姓 名	许小鹏	排 名	第 9
行政职务	国网辽宁省电力有限公司 党委组织部副处长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网辽宁省电力有限公司		
完成单位	国网辽宁省电力有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目主要参与人，参与了研究内容二的攻关工作，负责了研究成果的落地测试和优化改进。			

姓 名	杨 烨	排 名	第 10
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网智慧车联网技术有限公司		
完成单位	国网智慧车联网技术有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目主要参与人，参与了研究内容一的攻关工作，主要负责了研究成果的技术推广和应用示范。			

姓 名	王奔	排 名	第 11
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	南瑞集团有限公司		
完成单位	南瑞集团有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目主要参与者，参与了研究内容一、二的攻关工作，主要参与了研究成果的推广应用。</p>			

姓 名	崔蔚	排 名	第 12
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网信息通信产业集团有限公司		
完成单位	国网信息通信产业集团有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目主要参与者，参与了研究内容一、二、三的攻关工作，主要负责了研究成果的测试验证及推广应用。</p>			

姓 名	迟清	排 名	第 13
行政职务	国网陕西省电力有限公司 安康水力发电公司总经理		
技术职称	高级工程师		
工作单位	国网陕西省电力有限公司安康水力发电公司		
完成单位	国网陕西省电力有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目参与者，负责了研究成果的应用实施和效果验证。			

姓 名	药炜	排 名	第 14
行政职务	无		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	国网山西省电力有限公司太原供电分公司		
完成单位	国网山西省电力有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目参与者，负责了研究成果的数字化应用推广和运行效果评估。			

姓 名	姜雨滋	排 名	第 15
行政职务	无		
技术职称	中级工程师		
工作单位	国网信息通信产业集团有限公司		
完成单位	国网信息通信产业集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 项目参与人，负责了研究成果的推广应用。			

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>西安交通大学担任本项目的牵头方，团队成员包括杨清宇教授、李东鹤副教授，主要为本项目的研究提供了理论支撑与创新型方法，通过设计试点应用计划，确保项目的研究方向与国家战略和社会需求紧密结合，以促进成果的广泛应用。同时，学校还提供了积极的策略支持和健全的制度框架，为项目的成果转化提供了渠道和平台。这些支持确保了研究工作的顺利进行与成果落地，在企业中实现了有效的应用转化。</p>	

单位名称	国网信息通信产业集团有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网信息通信产业集团有限公司担任了本项目的实施方，其中崔蔚、廖逍、向辉、邓伟、姜雨滋是该公司的正式全职员工。在项目的研究过程中，国网信息通信产业集团有限公司提供了必要的实验测试环境和应用场景，支持研究成果的原理验证和应用实施。</p>	

单位名称	国网陕西省电力有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网陕西省电力有限公司担任了本项目的实施方，其中王若谷、迟清是该公司的正式全职员工。项目研究过程中，该公司基于陕西省电力系统运行实际情况，为车-桩-网多主体协同互动提供了丰富的电网侧数据支撑和运行经验，参与了多主体电能交易策略的现场验证工作，为理论模型的实用性改进和算法优化提供了重要的实践反馈。</p>	

单位名称	国网智慧车联网技术有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网智慧车联网技术有限公司担任了本项目的实施方，其中方向亮、杨烨是该公司的正式全职员工。该公司凭借在车联网技术领域的专业优势，为项目提供了车-桩-网多主体协同互动的核心技术架构支撑，参与了电动汽车聚合商交易策略的设计与优化，并在车网双向能量管理系统的工程化实现方面提供了关键技术支持。</p>	

单位名称	国网山西省电力有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网山西省电力有限公司担任了本项目的实施方，其中药炜是该公司的正式全职员工。该公司结合山西省新能源富集的地域特点，为车-桩-网多主体协同促进清洁能源消纳提供了典型应用场景，参与了多主体协同调度算法的现场测试和效果评估，为项目技术方案在高比例新能源电力系统中的适用性验证做出了重要贡献。</p>	

单位名称	国网辽宁省电力有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网辽宁省电力有限公司担任了本项目的实施方，其中许小鹏是该公司的正式全职员工。该公司基于辽宁省电动汽车发展现状，为车-桩-网多主体协同互动机制提供了重要的区域示范应用平台，参与了双向拍卖交易机制的实际运行测试，为多主体交易策略在不同地区电力市场环境下的推广应用提供了宝贵经验。</p>	

单位名称	上海电力交易中心有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>上海电力交易中心有限公司担任了本项目的实施方，其中杨菁是该公司的正式全职员工。该公司依托上海电力市场化程度较高的优势，为车-桩-网多主体电能交易协同互动提供了成熟的市场化运作环境，参与了多主体协同定价机制的市场化验证，为项目成果在市场化程度较高地区的规模化应用提供了重要支撑。</p>	

单位名称	南瑞集团有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>南瑞集团有限公司担任了本项目的实施方，其中王奔是该公司的正式全职员工。在项目的研究过程中，南瑞集团有限公司有限公司提供了必要的实验和测试环境，推进了技术的转化和落地。</p>	

单位名称	国网思极位置服务有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国网思极位置服务有限公司利用其在位置服务和地理信息技术方面的专业能力，为车-桩-网多主体协同互动提供了精准的空间定位和地理信息支撑，参与了基于地理位置的多主体交易策略优化研究，为实现区域化车-桩-网协同管理提供了技术保障。</p>	

完成人合作关系说明

- 1) 完成人杨清宇、李东鹤共同完成了科技奖励;
- 2) 完成人杨清宇、廖逍、李东鹤、廖逍、邓伟、向辉、崔蔚、姜雨滋共同完成了产业合作;
- 3) 完成人杨清宇、廖逍、李东鹤、廖逍、邓伟、向辉、崔蔚共同完成了立项项目;
- 4) 完成人李东鹤、杨清宇共同完成了合著论文;
- 5) 完成人廖逍、向辉、邓伟、崔蔚共同完成了立项项目。
- 6) 完成人廖逍、邓伟、方向亮、杨烨、崔蔚、姜雨滋共同完成了立项项目。
- 7) 完成人廖逍、邓伟、向辉、许小鹏、崔蔚、药炜共同完成了立项项目。
- 8) 完成人廖逍、邓伟、杨菁共同完成了立项项目。
- 9) 完成人廖逍、邓伟、向辉、王若谷、迟清共同完成了立项项目。
- 10) 完成人廖逍、向辉、王奔共同完成了立项项目。

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	杨清宇（1） 李东鹤（3）	2020年9月10日	2024年6月1日	智能电网电能交易决策机制与隐私防护方法	
2	产业合作	杨清宇（1） 廖逍（2） 李东鹤（3） 邓伟（4） 向辉（7） 崔蔚（12） 姜雨滋（15）	2021年9月14日	2024年12月30日	国网信息通信产业集团有限公司-西安交通大学科技创新合作框架协议	
3	共同立项	杨清宇（1） 廖逍（2） 李东鹤（3） 邓伟（4） 向辉（7） 崔蔚（12）	2023年9月26日	2024年12月30日	电力数字空间技术体系及关键技术研究	
4	论文著作	杨清宇（1） 李东鹤（3）	2016年9月10日	2020年10月10日	Multistep multiagent reinforcement learning for optimal energy schedule strategy of charging stations in smart grid	
5	共同立项	廖逍（2） 邓伟（4） 向辉（7） 崔蔚（12）	2022年10月1日	2024年12月30日	业务中台智慧运营关键技术研究及应用	
6	共同立项	廖逍（2） 邓伟（4） 方向亮（6） 杨烨（10） 崔蔚（12） 姜雨滋（15）	2022年11月	2025年10月	国家重点研发计划-大规模电动汽车安全充放电与车-网智能互动关键技术	
7	共同立项	廖逍（2） 邓伟（4） 向辉（7） 许小鹏（9） 崔蔚（12） 药炜（14）	2023年1月	2024年12月	国家电网公司科技项目-面向电力信息系统的网络动态隐身关键技术研究及应用	

8	共同 立项	廖逍（2） 邓伟（4） 杨菁（8）	2020 年 1 月	2022 年 12 月	基于多维图像智能匹配及识别技术的变电站高清视频和机器人联合巡检技术研究及应用	
9	共同 立项	廖逍（2） 邓伟（4） 向辉（7） 王若谷（5） 迟清（13）	2022 年 7 月	2024 年 6 月	计及多物理场耦合影响的变电站传感器及传感网可靠性提升技术研究及应用	
10	共同 立项	廖逍（2） 向辉（7） 王奔（11）	2022 年 1 月	2023 年 12 月	基于知识推理的基建综合管控及预警关键技术研究与应用	