

陕西省科学技术进步奖提名书

(2026年度)

一、项目基本情况

项目名称	高镍三元前驱体导引正极材料与高端电池的系统设计及绿色制造
主要完成人	孙孝飞、张茂林、宁涛、王媛、滑伟博、田新勇、方胜庭、刘吉云、王世明、魏玲
主要完成单位	西安交通大学、西安电子科技大学、陕西红马科技有限公司、洛阳储变电系统有限公司、高能数造(西安)技术有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省知识产权局	提名等级	☒ 一等奖 ☐ 二等奖及以上 ☐ 三等奖及以上
-------	----------	------	---

提名意见：

成果围绕前驱体制备环保成本高、批次一致性差，高镍正极循环过程易发生晶格坍塌、颗粒粉化，改性技术量产适配性弱，电芯制造存在极片开裂、加工精度偏低等产业瓶颈，提出了“机理突破-工艺创新-装备研发-产业落地”的总体思路，构建了“前驱体绿色智造-结构演化机理-正极改性放大-电池精密制造”的完整技术路线。通过阐明高镍材料跨尺度结构演化与失效机制，突破了前驱体绿色制备、多元结构修饰、体相精准掺杂、界面涂层防护等核心技术；开发了适配量产的固相连续制备工艺与电池精密制造装备；建立了集材料设计、工艺开发、装备研制、终端应用于一体的全链条技术体系，实现了高镍材料高性能、低成本、绿色化、规模化稳定生产。成果对促进锂离子电池材料及器件的自主可控、绿色智造和产业升级具有重要战略意义。

根据《陕西省科学技术厅关于做好 2026 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照陕西省科学技术进步奖评定条件和评定标准，提名该项目参评陕西省科学技术进步奖一等奖。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

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。

三、项目简介

(限 2 页)

一、研究背景与战略意义

高镍三元氧化物是高能量密度锂电池核心正极材料，是新能源汽车、新型储能、智能装备及特种动力产业的关键战略材料。国家多项产业规划明确要求持续提升动力电池能量密度、生产一致性与绿色制造水平，持续推动锂电产业高端化、低碳化、规模化升级。陕西省将高端三元锂电材料列为“十四五”重点攻关领域，依托秦创原创新平台集聚创新资源，全力补齐区域锂电产业链短板，助推新能源产业提质增效。锂电行业技术迭代持续提速，市场对高镍正极材料的能量密度、安全性能和绿色制造水平不断提出更高要求，给高镍三元材料的技术创新与产业链高质量升级带来全新挑战。然而，**高镍三元产业链存在前驱体绿色可控量产难度大、材料结构失效机理不清、改性技术工程转化能力不足、电芯精密制造水平有限等难题**，难以兼顾循环安全性能与规模化稳定生产，制约了高镍三元材料的高端化、规模化推广应用。因此，**阐明高镍三元正极材料结构衰退机理，打通从前驱体绿色智造、材料改性放大到电池精密制造的全链条技术壁垒，实现高性能高镍材料稳定、低成本、规模化应用，是当前高镍三元正极材料产业化落地与高端化应用进程中亟待攻克的核心科学与技术难题**。为此，本成果依托国家自然科学基金、陕西省重点研发计划及校企合作项目，开展全链条系统性技术攻关，对实现锂电材料自主可控、绿色智造、产业升级具有重要战略意义。

二、总体思路与技术路线

成果围绕前驱体制备环保成本高、批次一致性差，高镍正极循环过程易发生晶格坍塌、颗粒粉化，改性技术量产适配性弱，电芯制造存在极片开裂、加工精度偏低等产业瓶颈，提出“机理突破-工艺创新-装备研发-产业落地”的总体思路，构建“前驱体绿色智造-结构演化机理-正极改性放大-电池精密制造”的完整技术路线。通过阐明高镍材料跨尺度结构演化与失效机制，突破前驱体绿色制备、多元结构修饰、体相精准掺杂、界面涂层防护等核心技术；开发适配量产的固相连续制备工艺与电池精密制造装备；建立集材料设计、工艺开发、装备研制、终端应用于一体的全链条技术体系，实现了高镍材料高性能、低成本、绿色化、规模化稳定生产。

三、主要科技突破与创新点

一是创新三元前驱体绿色规模化制造技术。发明固相烧结-喷雾干燥联用新型制备工艺，摒弃传统繁琐液相工序，简化生产流程、降低环保成本，实现前驱体形貌、组分精准可控。研发多元多效原位包覆修饰技术，构建十余种元素改性体系，前置包覆工序，省去正极二次湿法加工，有效解决正极颗粒粉化、结构坍塌难题。优化全流程工艺参数，建立标准化质控体系，产品粒径偏差远优于行业标准，建成年产 2 万吨高品质前驱体产线，实现稳定规模化量产。

二是揭示高镍正极跨尺度结构演化构效机制。系统阐明前驱体相变规律、离子有序转变动力学与微观形貌调控机理，明确烧结温度、杂质位点、晶粒生长的核心调控机制，获取关键反应活化能，界定工艺温度上限。创新验证颗粒长宽比对电极力学与电化学性能的调控作用，探

明“微观结构-力学稳定性-电池性能”的关联机制，为高镍正极性能优化提供完善理论支撑。

三是突破高镍正极改性与工业化量产技术。创立“离子半径-价态-M-O 键能”多维度掺杂筛选策略，精准抑制 Li/Ni 阳离子混排，大幅提升晶体结构稳定性与离子传输效率。创新导电高分子复合涂层改性技术，依托导电调控与界面钝化双机制，同步提升材料导电性与结构稳定性，改性后电子电导率提升 35%，1C 容量提升 16.8%，百周循环保持率提升 22.3%。优化分段富氧烧结、粉碎分级、包覆精制全流程工艺，建成一体化工业化生产方案，实现年产 2.5 万吨高镍正极稳定产能。

四是研发电池电极优化与精密制造装备。开发正极硬弹性涂层制造技术，构筑极片应力缓冲结构，有效解决循环过程极片开裂、容量衰减问题，电池长循环容量保持率提升 10%以上。研制高镍电芯双边同步冲孔精准定位装备，实现全流程自动化作业，加工效率提升 4 倍，冲孔误差控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内，成型良品率达 99.6%，大幅提升电芯量产精度与一致性。

四、学术影响与知识产权

成果围绕高镍三元材料跨尺度结构演化、失效机制及绿色制造开展系统创新，理论成果得到国内外学术界高度认可。5 篇代表性 SCI 论文累计他引 400 余次，被 2019 年诺贝尔化学奖得主 Whittingham 教授，成会明、吴锋、陈立泉、黄维、孙世刚等国内院士，加拿大工程院陈忠伟院士、韩国科学院 Kang Kisuk 院士、韩国工程院 Yang-Kook Sun 院士、德国 Jürgen Janek 教授等国际知名学者广泛引用与正面评述，相关引文发表于 Nat. Chem.、J. Am. Chem. Soc.、Adv. Mater.等国际顶尖期刊。多位权威学者从相变演化路径、过渡金属迁移机制、烧结工艺-结构构效关系、掺杂与界面改性机理等角度印证了本成果的科学价值，为高镍正极材料的结构优化与性能提升提供了重要理论依据。

依托系列基础研究与工程化攻关，项目形成了完善的自主知识产权体系，授权多项发明专利，构建了从前驱体绿色制备、界面修饰改性到电池精密制造的成套核心技术壁垒。成果有力支撑高层次人才成长与创新人才培养。完成人孙孝飞入选 IAAM Fellow、三秦青年科技创新之星、王宽诚青年学者，获批陕西省自然科学青年项目（A 类），荣获 VEBELO Scientist 等荣誉；完成人张茂林入选江苏省科技副总项目，完成人刘吉云获河南省劳动模范、洛阳市优秀党员等称号。多名骨干担任学术评审专家、期刊副主编及编委，多次受邀在国内外学术会议作邀请报告。相关创新工作受到主流媒体持续关注，CCTV-13《朝闻天下》、CCTV-2《经济半小时》、陕西广播电视台、《陕西科技报》等多家媒体对团队产学研创新成果进行专题报道，显著扩大了成果的行业影响力与社会显示度。

五、应用推广与经济社会效益

成果实现了全链条技术产业化落地，在陕西红马科技建成前驱体、正极材料一体化智能产线，迭代开发 12 款高性能正极新品；电池制造相关装备在高能数造产业化应用，硬弹性涂层技术在洛阳储变电实现批量应用。产品广泛适配电动工具、无人机、人形机器人等民用高端领域，依托完备军品资质体系，支撑特种装备、无人平台等军工配套场景，2025 年电动工具及机器人电池细分市场占有率达 34%，稳居全国前三。

成果简化生产工序、降低能耗与环保治理成本，提升产品良品率与电池服役寿命，显著降低企业生产成本，经济效益突出。同时构建了材料-电芯-终端应用的完整产业链体系，补齐区域锂电产业短板，带动上下游产业集聚发展，推动锂电行业绿色化、高端化、智能化升级，助力新能源产业高质量发展与双碳战略落地，社会效益与行业示范作用显著。

四、客观评价

(1) 科技查新报告

教育部查新工作站 Z08 于 2026 年 9 月对本成果进行了科技查新,经综合比较分析,得出查新结论为:在国内外公开发表的中外文文献中,与委托项目查新点完全相同的未见报道。

(2) 论文第三方评价

本成果 5 篇代表性论文 SCI 他引 430 次,被包括因锂离子电池开创性工作获 2019 年诺贝尔化学奖的 Whittingham 教授,中国科学院/工程院成会明、吴锋、陈立泉、黄维、孙世刚等院士,加拿大工程院陈忠伟院士、韩国科学院 Kang Kisuk 院士、韩国工程院 Yang-Kook Sun 院士等国际著名学者进行了广泛引用和正面评价。引用论文来自 Nature Chem.、J. Am. Chem. Soc.、Adv. Mater. 等国际顶尖期刊。

2019 年诺贝尔化学奖得主、美国工程院院士 M.S. Whittingham 教授 (J. Phys. Chem. Lett. 2021, 12, 7908-7913) 正面评价认为:本成果的工作阐明了过渡金属离子从体相迁移到表面的方式,揭示了过渡金属离子迁移与热驱动 Mn/Nb 互扩散之间的耦合作用机制“...migration of the TM ions from the bulk to the surface in a mannerthermally driven Mn/Nb interdiffusion...”。

韩国科学院 Kang Kisuk 院士在其论文 (Nature Chem. 2022, 14, 614-622) 中,两次引用并正面评论本成果的工作:揭示了层状氧化物固相合成过程中的动态反应路径,阐明了材料结构由前驱体向目标相转变的温度演化特征“...study the reaction pathway in real time by tracking the structural evolution of certain layered oxid materials...”。

中国科学院成会明院士 (J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 27819-27829) 正面评价本成果的工作:揭示了中间相在空气(氧气)条件下直接向目标层状氧化物转化的反应路径而无需额外氧化剂参与反应过程“these intermediates are subsequently transformed into the target layered oxide without any additional oxidants except air (oxygen)”。

中国工程院吴锋院士 (Mater. Today 2023, 62 271-293) 正面评价本成果的工作:阐明了烧结温度与材料层状结构完整性之间的构效关系“sintering process are critical to ensure high quality and consistency of the prepared cathode materials with stable structure”。

中国工程院陈立泉院士 (Sci. China Chem. 2026, 69, 1-13) 正面评价本成果的工作:揭示了材料结构变化与性能衰减的内在关联,为结构优化提供了支撑“...primarily reveal long-range ordered structural features”。

中国科学院黄维院士 (Sci. China Mater. 2023, 66, 2641-2651) 正面评价本成果的工作:获得了改善钠离子存储性能的材料并阐明了详细的电化学反应机理“...optimized material composition...detailed electrochemical reaction mechanism is elucidated”。

加拿大工程院陈忠伟院士 (Small 2024, 20, 2403828) 正面评价本成果:揭示了氢氧化物前驱体与锂源固相反应低温段的机理,为理解相变起始过程提供了依据

“...initiates at a temperature ($\approx 400\text{ }^{\circ}\text{C}$) lower than the typical valence change temperature of dopants...impact the local structure and surface chemistry of the final electrode”。

中国科学院孙世刚院士 (Chem. Eng. J. 2025, 504, 158800) 正面评价本成果的工作: 设计的开放结构有助于缩短 Li^+ 扩散路径并提供更多反应活性位点, 从而提升电化学反应动力学“...facilitates the reduction of the Li^+ diffusion pathways and provides more reactive sites due to the permissibility of liquid electrolyte into internal structure”。

德国吉森大学国际著名固态电池研究专家 Jürgen Janek 教授 (Inorg. Chem. Front. 2023, 10, 7126-7145) 正面评价本成果的工作: 掺杂改性可拓宽锂离子扩散通道、诱导缺陷生成, 提升材料电子/离子电导率, 降低极化阻抗, 从而显著优化倍率性能“...due to the expansion of lithium diffusion channels and the formation of defects, leading to a reduction in polarization resistance.”。

(3) 学术奖励与人才培养

基于本成果部分相关工作, 第 1 完成人孙孝飞教授获得荣获 VEBELO Scientist、王宽诚青年学者等荣誉, 获批陕西省自然科学青年项目 (A 类) 等支持。此外, 成果支撑了 1 项西安电子科技大学教学成果奖、2 篇西安交通大学优秀硕士学位论文、1 篇西安电子科技大学优秀硕士学位论文, 完成人刘吉云获得河南省劳模和洛阳市优秀党员称号。

基于本成果有关工作, 第 1 完成人孙孝飞教授入选 IAAM Fellow、三秦青年科技创新之星, 第 2 完成人张茂林教授入选江苏省科技副总项目。此外, 多位完成人担任多项学术专家、期刊副主编/编委, 多次受邀作会议邀请报告, 产生了很好的学术影响力。

(4) 媒体公开报道

本成果及完成人多次受到中央、地方和网络媒体的正面关注报道。CCTV-13《朝闻天下》专题片《传承“西迁精神”走好新的征程》掠影了孙孝飞教授团队的制造与能源科技创新工作; CCTV-2《经济半小时》专题报道《西安交大: 科技成果转化的“坑口电站”》, 画述了孙孝飞教授团队的科技成果应用; 陕西广播电视台《三秦楷模发布厅》和《智驭未来 匠心筑梦》两档节目介绍了孙孝飞教授所在团队的智能制造与先进能源创新实践工作; 《陕西科技报》报道了滑伟博研究员团队在高镍正极材料方面的重要进展; 同时, 多家地方和网络媒体多次报道了成果团队的产学研合作。

五、应用情况

1. 应用情况（限2页）

本成果面向高镍三元材料全链条产业痛点，围绕前驱体绿色智造、材料改性优化、电池精密装备研发开展系统技术攻关，构建了从基础机理研究、工艺创新到装备研制的成套技术体系。成果多项核心技术先后在陕西红马科技有限公司、洛阳储变电系统有限公司、高能数造（西安）技术有限公司、西安汇能锂电科技有限公司、江苏懋略科技有限公司、郑州佛光发电设备股份有限公司等单位实现产业化落地，覆盖正极材料规模化生产、电芯制造、锂电专用装备、特种电源、大型储能装备等多个领域，取得显著的产业成效、经济效益与社会效益。

（1）产业合作与应用

本成果形成的前驱体绿色制备、材料改性优化、电池精密制造装备等多项核心技术，与各合作企业的材料量产、电芯开发、装备研制、特种电源制造等业务场景高度适配，围绕工艺放大、产品迭代、装备开发开展多层次、深度化产学研协同攻关，实现技术成果的工程化验证与规模化落地，

联合陕西红马科技开展高镍三元前驱体与正极材料绿色工艺产业化，固相制备工艺产率高、环保负荷小，解决传统工艺流程冗长、污染大的痛点，实现多款高镍正极材料稳定量产。洛阳储变电系统集成材料改性技术，打造系列特种高功率电池产品，拓展特种电源应用赛道。高能数造实现电池制造装备产业化，解决高镍电芯加工应力大、对位精度不足的制造难题。西安汇能锂电、江苏懋略、郑州佛光发电分别将改性高镍电池技术落地于民用动力、大规模储能、大型移动电站装备，产品电化学性能得到明显改善，技术指标均达到国内领先水平。

（2）直接经济效益突出，提升企业市场竞争实力

依托本成果开发的前驱体绿色固相制备、多元多效界面修饰、体相精准掺杂、电芯装备等成套核心技术，各合作企业实现产品性能与生产工艺的双重升级。技术应用后有效改善高镍三元材料颗粒均匀性与元素分布一致性，显著提升电池比容量、循环寿命、倍率性能等核心电化学指标；新工艺精简传统生产流程，删减洗涤、氨水回收等高污染工序，有效降低企业环保治理投入、原辅材料损耗以及综合制造成

本。

各应用单位基于成果技术迭代开发高镍正极材料、高倍率特种电池、储能电池、锂电智能制造装备等多款新产品，多项产品技术指标达到国内领先水平，成功拓展民用动力、大型储能、特种应急电源等高端细分市场，产品市场议价能力与市场占有率得到明显提升。2022-2025 年，各应用企业累计实现新增销售额超 90000 万元，累计新增利润超 20000 万元，为合作企业创造了规模可观的直接经济收益，帮助企业巩固并扩大在新能源产业链中的市场地位。

（3）破解行业共性技术难题，助推产业链自主可控水平提升

成果打通“前驱体-正极材料-电芯-制造装备-终端电源系统”完整技术链条，破解了高镍三元材料实验室改性技术工程转化困难、高镍电芯加工应力大、装配精度不足等一系列行业共性痛点，补齐了我国高镍三元材料绿色稳定制造、高镍电芯精密加工领域的技术短板。

项目实现材料改性核心工艺、电池专用制造装备的自主研发，减少对国外同类技术方案的借鉴与依赖，技术体系可同时适配特种应急移动电站、民用储能、动力锂电等多元化应用场景，为特种电源关键材料与器件的自主保障提供坚实技术支撑，对维护我国锂电新能源产业链、供应链安全稳定具备重要现实意义。成果形成的工艺方案、设计思路可为国内同行开展高镍材料研发与产业化提供参考，有力推动国内高镍三元正极、特种及储能电池行业整体技术迭代升级。

（4）赋能区域产业转型升级，实现绿色制造示范效应

成果技术落地陕西、河南、江苏多地，与一批专精特新企业、国家级绿色工厂开展深度产学研协同转化，充分释放创新平台的成果转化效能，打通实验室科研成果向工业生产线转移的关键通道。技术落地带动锂电材料、电池制造、能源成套装备上下游配套产业协同发展，促进地方制造业结构优化，催生新能源领域相关就业岗位，助推区域新能源产业集群提质增效。

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	论文	Kinetic Control of Long-Range Cationic Ordering in the Synthesis of Layered Ni-Rich Oxides	中国	/	2021.02.26	/	西安交通大学	王苏宁, 滑纬博, 刘来君
2	发明专利	高性能类球多孔三元正极前驱体材料及其固相制备方法	中国	ZL 2020 1 0118808.5	2021.0409	4352 476	西安交通大学	孙孝飞; 孙涛; 周品睿; 梅雪松
3	发明专利	一种多冠状多元素球形包覆型前驱体及其制备方法、化学包覆修饰产品及方法	中国	ZL 2022 1 1116652.2	2023.09.15	6324 105	陕西红马科技有限公司	魏玲; 梁国文; 田新勇; 高彦宾
4	论文	Probing thermally-induced structural evolution during the synthesis of layered Li-, Na-, or K-containing 3d transition-metal oxides	中国	/	2022.05.07	/	西安交通大学	滑纬博, 杨晓霞, 刘来君, 王苏宁
5	论文	Enhancing the long-term cycling stability	中国	/	2024.01.30	/	西安交通大学	韩督昭, 张吉禄, 杨明玉, 谢科予,

		of Ni-rich cathodes via regulating the length/width ratio of primary particle						彭佳丽，黄城， 吴宇平，邵乐， 滑纬博，唐伟
6	论文	Enhanced cycling performance of B-doped $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ cathodes prepared by the solid-state method	中国	/	2024.12.28	/	西安电子科技大学 西安交通大学	王赛婧，张茂林， 闫养希，张东岩， 王媛，曹岗，施建章，孙孝飞
7	论文	An effective doping strategy to improve the cyclic stability and rate capability of Ni-rich $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ cathode	中国	/	2020.07.10	/	西安电子科技大学	李静，张茂林， 张东岩，闫养希， 李智敏
8	发明专利	一种具有p-型掺杂导电高分子涂层的正极材料及其制备方法	中国	ZL 2021 1 1233141.4	2024.04.19	6922 632	陕西红马科技有限公司	李文娟；方胜庭； 田新勇；高彦宾
9	发明专利	一种固态锂电池电极的数字制造方法及装备	中国	ZL 2022 1 0903977.9	2023.11.21	7858 527	高能数造（西安）技术有限公司	王世明；程康；卫 莱
10	发明专利	一种锂离子电池	中国	ZL 2021 1 1673807.8	2024.07.16	7194 349	洛阳储能系统有限公司	李肖肖；张利伟； 刘吉云；何舟影

七、主要完成人情况表

姓 名	孙孝飞	排 名	1
行政职务	院长助理		
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： 在主要科技创新点 1、2、3 和 4 中均作出了创造性贡献。负责该项目的理论分析、方案设计和 技术实现，参与研究三元前驱体材料的创新制备、结构修饰，高镍三元正极材料的跨尺度 结构演化及其构效关系，高镍三元正极材料的结构设计、性能提升，电极和电池规模制造技术 与装备研发，形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 2、4。			

姓 名	张茂林	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安电子科技大学		
完成单位	西安电子科技大学		
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 2 和 3 中均作出了创造性贡献。参与该项目的理论分析、方案设计和 技术实现，研究了离子有序性对高镍三元材料结构稳定性的影响及其动力学机制，提出了高镍三 元材料的体相掺杂高效设计策略及其结构性能作用机制，参与研发了高性能高镍三元正极材料 的固相制备技术与工业连续生产工艺。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 6、7。			

姓 名	宁涛	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	工程师		
工作单位	中国人民解放军 32181 部队		

完成单位	西安电子科技大学
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 2 和 3 中均作出了创造性贡献。参与研究高镍三元正极材料的跨尺度结构演化及其构效关系，高镍三元正极材料的结构设计、性能提升。 证明材料：应用情况和效益佐证材料 2。	

姓 名	王媛	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安电子科技大学		
完成单位	西安电子科技大学		
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 2 和 3 中均作出了创造性贡献，参与研究高镍三元正极材料的跨尺度结构演化及其构效关系，阐释了颗粒形貌和微观结构对高镍三元正极材料电学性能的调控机理，构建了基于新颖导电高分子涂层的高镍三元材料复合改性技术与理论。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 6。			

姓 名	滑纬博	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	研究员		
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： 在主要科技创新点 1 和 2 中均作出了创造性贡献。研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术，揭示了由前驱体制备高镍三元正极材料过程中的相变与结构演化规律，阐释了颗粒形貌和微观结构对高镍三元正极材料电学性能的调控机理。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 1、4 和 5。			

姓 名	田新勇	排 名	6
行政职务	院长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	陕西红马科技有限公司		
完成单位	陕西红马科技有限公司		
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 1、3 和 4 中均作出了创造性贡献。参与发明了三元前驱体材料的新型高产率、低成本、绿色化制备方法，参与研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术，参与了特色高镍三元前驱体、正极材料应用研究。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 3 和 8。			

姓 名	方胜庭	排 名	7
行政职务	部长		
技术职称	中级工程师		
工作单位	陕西红马科技有限公司		
完成单位	陕西红马科技有限公司		
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 1 和 3 中均作出了创造性贡献。参与研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术，参与构建了基于新颖导电高分子涂层的高镍三元材料复合改性技术。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 8。			

姓 名	刘吉云	排 名	8
行政职务	副总工程师		
技术职称	高级工程师		
工作单位	洛阳储变电系统有限公司		
完成单位	洛阳储变电系统有限公司		

对本项目主要学术贡献：

在主要科技创新点 4 中作出了创造性贡献。开发了适配高镍三元锂离子电池的正极硬弹性涂层及其制造技术，参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。

证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 10。

姓 名	王世明	排 名	9
行政职务	首席执行官		
技术职称	无		
工作单位	高能数造（西安）技术有限公司		
完成单位	高能数造（西安）技术有限公司		
对本项目主要学术贡献： 在主要科技创新点 4 中作出了创造性贡献。开发了面向高镍三元电池的电极数字制造方法及装备制造技术，参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。 证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 9。			

姓 名	魏玲	排 名	10
行政职务	部长		
技术职称	中级工程师		
工作单位	陕西红马科技有限公司		
完成单位	陕西红马科技有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
在主要科技创新点 1 作出了创造性贡献。参与研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术，参与发明了三元前驱体材料的新型高产率、低成本、绿色化制备方法。			
证明材料：主要知识产权和标准规范等目录 3。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
对本项目主要学术贡献： 西安交通大学为本项目第一完成单位，全面负责项目的总体规划、设计、实施与组织，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。 西安交通大学对本成果的《主要科技创新》中所列第 1、2、3、4 项成果做出了创造性贡献，具体包括： 开发了三元前驱体材料的创新制备、结构修饰与规模制造技术，发明了三元前驱体材料的新型高产率、低成本、绿色化制备方法； 研究了高镍三元正极材料的跨尺度结构演化及其构效关系，揭示了由前驱体制备高镍三元正极材料过程中的相变与结构演化规律，阐明了离子有序性对高镍三元材料结构稳定性的影响及其动力学机制； 开发了高镍三元正极材料的结构设计、性能提升与量产制造技术，参与研发了高性能高镍三元正极材料的固相制备技术与工业连续生产工艺； 参与研制高性能高镍三元电极和高端锂离子电池的先进制造技术与装备，组织形成特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。	

单位名称	西安电子科技大学
对本项目主要学术贡献： 西安电子科技大学为本项目第二完成单位，协助并参与目的规划、设计与实施，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。 西安电子科技大学对本成果的《主要科技创新》中所列第 2、3、4 项成果做出了创造性贡献，具体包括： 参与高镍三元正极材料的跨尺度结构演化及其构效关系研究，阐释了颗粒形貌和微观结构对高镍三元正极材料电学性能的调控机理； 参与开发了高镍三元正极材料的结构设计、性能提升与量产制造技术，提出了高镍三元材料的体相掺杂高效设计策略及其结构性能作用机制； 参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。	

单位名称	陕西红马科技有限公司
------	------------

对本项目主要学术贡献：

陕西红马科技有限公司为本项目第三完成单位，协助并参与项目的设计与实施，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。

陕西红马科技有限公司对本成果的《主要科技创新》中所列第 1、3、4 项成果做出了创造性贡献，具体包括：

参与开发了三元前驱体材料的创新制备、结构修饰与规模制造技术，研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术，开发了系列高性能三元前驱体材料的大规模生产工艺和制造技术；

参与开发了高镍三元正极材料的结构设计、性能提升与量产制造技术，构建了基于新颖导电高分子涂层的高镍三元材料复合改性技术，参与研发了高性能高镍三元正极材料的固相制备技术与工业连续生产工艺；

参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。

单位名称	洛阳储变电系统有限公司
------	-------------

对本项目主要学术贡献：

洛阳储变电系统有限公司为本项目第四完成单位，协助并参与项目的设计与实施，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。

洛阳储变电系统有限公司对本成果的《主要科技创新》中所列第 3、4 项成果做出了创造性贡献，具体包括：

参与开发了高镍三元正极材料的结构设计、性能提升与量产制造技术，参与研发了高性能高镍三元正极材料的固相制备技术与工业连续生产工艺；

参与高性能三元电极与锂离子电池的关键制造技术与装备技术开发，开发了适配高镍三元锂离子电池的正极硬弹性涂层及其制造技术，参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。

单位名称	高能数造（西安）技术有限公司
------	----------------

对本项目主要学术贡献：

高能数造（西安）技术有限公司为本项目第五完成单位，协助参与项目的设计与实施，为本项目提供了大力支持和充分保障，确保了项目的顺利进行。

高能数造（西安）技术有限公司对本成果的《主要科技创新》中所列第 4 项成果做出了创造性贡献，具体包括：

参与开发了高性能三元电极与锂离子电池的关键制造技术与装备，研制了面向电池电极的数字制造方法及装备以及极耳双边冲孔与精准定位技术及装备，参与形成了特色高镍三元前驱体、正极材料及其电池产品矩阵与应用。

完成人合作关系说明

本项目主要完成人包括西安交通大学孙孝飞、滑纬博，西安电子科技大学张茂林、宁涛、王媛，陕西红马科技有限公司田新勇、方胜庭、魏玲，洛阳储变电系统有限公司刘吉云，高能数造(西安)技术有限公司王世明，完成人在该项目中的合作关系如下：

1、主要完成人孙孝飞、张茂林、王媛，完成论文合著，主要研究了高镍三元正极材料的结构设计与性能提升。（见主要知识产权和标准规范等目录6）

2、主要完成人田新勇、魏玲获得共同知识产权，主要研发构建了基于新颖导电高分子涂层的高镍三元材料复合改性技术。（见主要知识产权和标准规范等目录3）

3、主要完成人田新勇、方胜庭获得共同知识产权，主要研发了三元前驱体材料的多元多效表面包覆与晶相结构修饰技术。（见主要知识产权和标准规范等目录8）

4、主要完成人孙孝飞、滑纬博、田新勇、方胜庭、魏玲共同完成产业合作，主要研发了三元前驱体材料的新型高产率、低成本、绿色化制备方法。（见应用情况和效益佐证材料1）

5、主要完成人张茂林、宁涛、王媛、刘吉云共同完成产业合作，主要研发了离子电池高镍三元正极材料的结构设计与界面改性技术。（见应用情况和效益佐证材料2）

6、主要完成人孙孝飞、滑纬博、王世明共同完成产业合作，主要研发了面向锂电池电极的数字制造方法及装备。（见应用情况和效益佐证材料3）

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	孙孝飞/1 张茂林/2 王媛/4	2023 年	2025 年	Enhanced cycling performance of B-doped $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ cathodes prepared by the solid-state method	主要知识产权和标准规范等 目录 6
2	共同知识产权	田新勇/6 魏玲/10	2019 年	2024 年	一种多冠状多元素球形包覆型前驱体及其制备方法、化学包覆修饰产品及方法	主要知识产权和标准规范等 目录 3
3	共同知识产权	田新勇/6 方胜庭/7	2019 年	2024 年	一种具有 p-型掺杂导电高分子涂层的正极材料及其制备方法	主要知识产权和标准规范等 目录 8
4	产业合作	孙孝飞/1 滑纬博/5 田新勇/6 方胜庭/7 魏玲/10	2021 年	2025 年	高镍三元前驱体导引正极材料与高端电池的系统设计及绿色制造：高性能三元前驱体及正极材料的结构修饰与新型高产率、低成本、绿色化制造方法	应用情况和效益佐证材料 1
5	产业合作	张茂林/2 宁涛/3 王媛/4 刘吉云/8	2021 年	2025 年	高镍三元前驱体导引正极材料与高端电池的系统设计及绿色制造：高镍三元材料的结构设计及界面改性技术	应用情况和效益佐证材料 2
6	产业合作	孙孝飞/1 滑纬博/5 王世明/9	2023 年	2025 年	高镍三元前驱体导引正极材料与高端电池的系统设计及绿色制造：电池电极数字制造方法及装备、极耳双边冲孔与精准定位技术及装备	应用情况和效益佐证材料 3