|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 复杂场景下高适应性光储电能变换关键技术及应用 |
| **提名奖项** | 天津市科学技术进步奖，一等奖 |
| **主要完成单位** | 中国电子科技集团公司第十八研究所，天津大学，中电科蓝天科技股份有限公司，平高集团储能科技有限公司，上海交通大学，天津中电新能源研究院有限公司，天津蓝天太阳科技有限公司 |
| **主要完成人** | 张云，刘兴江，高飞，吕冬翔，田刚领，刘一欣，王赫，倪旺，金昱，宁凡雨，高胜寒，李彤 |
| **提名者** | 王成山 |

**项目简介：**

本项目涉及光伏发电、储能、光储交直流并网调控，属于新能源电能变换技术领域。任务来源于中央军委装备发展部、国家自然科学基金委等项目。在临近空间、卫星、极地等复杂应用场景、以及“双碳”目标下，新能源的有效开发与利用已成为了我国能源领域的重大战略需求。光储交直流并网系统，既是特殊运载工具的唯一动力源，也是构建我国新型电力系统的强有力支撑。然而，面对复杂应用场景下，光储交直流并网系统仍面临着高比能储能电池设计与制备、光伏发电效率提升与储能电池模组间能量均衡、光储交流并网抗失稳运行与电能质量抗劣化的三个技术难题。

2015年以来，中国电科十八所联合天津大学等行业主力单位组成产、学、研、用科研攻关团队，攻克了上述“卡脖子”技术难题，形成了具有自主知识产权的复杂场景下高适应性光储电能变换关键技术，并实现了大规模的推广应用，为我国新能源产业的发展贡献了“天津”力量。其主要技术创新点如下：

(1)创新发明了宽温域高比能固态电池设计与制备技术，提出了电池正极复合改性方法，提升了界面离子传输性能和热稳定性；提出了基于高性能电解质的原位固化方法，研制出了比能量高、环境适应性强的宽温域锂金属储能电池。

(2)创新发明了光储直流并网双效提升与能量均衡控制技术，提出了光照不均下光伏发电全局最大功率跟踪与传输双效提升方法，大幅提升了有限光照能量利用率；提出了储能电池模组间能量均衡控制方法，实现了直流母线侧任意储能电池模组间灵活、高效、快速的能量均衡。

(3)创新发明了光储交流并网抗失稳与电能质量提升控制技术，提出了光储交流并网变流器LC参数在线辨识及失稳抑制联动控制方法，有效抵御了变流器运行失稳风险；提出了并网点电压不对称下变流器双侧电能质量协同提升控制方法，快速抑制了直流侧电压纹波与网侧电流谐波，确保了光储并网变流器安全可靠运行。

本项目的创新技术与国内外同类技术综合指标相比，锂金属储能电池能量密度提升了3.3%；光伏发电最大功率跟踪速度提升了31.8%；光储交流并网抗失稳直流母线电压超调量降低了31.9%。研究成果已成功应用于系列临近空间飞行器与卫星平台电能源系统、南极秦岭站微电网、“天津号”纯太阳能汽车光伏发电系统，以及全国省市56个光伏电站与储能电站等重要工程，显著推动了新能源领域的科技进步。项目技术成果的应用，产生了显著的经济效益和社会效益。

四、主要技术支撑材料

（一）知识产权和标准规范（不超过10项）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **附件编号** | **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（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）** | **有效状态** |
| 1 | 发明专利 | 一种用于半湿法合成聚阴离子磷酸盐正极材料的溶液 | 中国 | ZL201811542451.2 | 2022-03-04 | 4975479 | 中国电子科技集团公司第十八研究所 | 许寒，刘兴江，丁飞，宗军，倪旺，宁凡雨，刘逸骏，刘胜男 | 有效 |
| 2 | 发明专利 | 一种固态锂电池用复合粘结剂及其制备方法 | 中国 | ZL201811602201.3 | 2022-03-04 | 4974559 | 中国电子科技集团公司第十八研究所 | 王磊，桑林，丁飞，刘兴江，姜明序，林君毅 | 有效 |
| 3 | 发明专利 | 一种掺杂改性型金属焦磷酸盐正极材料 | 中国 | ZL201711444129.1 | 2021-12-03 | 4827097 | 中国电子科技集团公司第十八研究所 | 许寒，丁飞，宗军，刘兴江，倪旺，纪伟伟，宁凡雨 | 有效 |
| 4 | 发明专利 | 光伏发电系统的复合最大功率点跟踪控制方法 | 中国 | ZL202211495133.1 | 2024-04-12 | 6902453 | 天津大学 | 张云，王海森，朱新山 | 有效 |
| 5 | 发明专利 | 一种基于开关准Z源双向直流变换器的电感参数设计以及变开关频率控制方法 | 中国 | ZL202011325416.2 | 2025-05-23 | 7955479 | 天津大学 | 张云，高胜寒 | 有效 |
| 6 | 发明专利 | 一种电池组间源荷分离的主动能量均衡方法 | 中国 | ZL202210931644.7 | 2025-04-01 | 7846418 | 天津大学 | 张云，魏逸航，朱新山 | 有效 |
| 7 | 发明专利 | 一种用于直流微电网的自适应下垂控制方法 | 中国 | ZL202011245924.X | 2022-12-06 | 5625760 | 上海交通大学 | 赵雨童，张博深，高飞 | 有效 |
| 8 | 发明专利 | 一种离散式发电、储能、供电系统协同控制方法 | 中国 | ZL201911412094.2 | 2021-12-13 | 5642772 | 中电科蓝天科技股份有限公司 | 吕冬翔，呼文韬，李钏，孙子路，左志强，张志成，程晓强，曹世卓 | 有效 |
| 9 | 发明专利 | 三相PWM整流器直流母线电容电流重构及容量辨识方法 | 中国 | ZL202010302521.8 | 2023-06-27 | 6088325 | 天津大学 | 张云，姚川恒 | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 一种基于Park变换的交流微电网简化暂态稳定性分析方法 | 中国 | ZL202411573053.2 | 2025-03-14 | 7797107 | 平高集团储能科技有限公司 | 田刚领，赵亚一，崔美琨，王樱洁，肖迁，金昱，于浩霖，张席 | 有效 |

（二）代表性论文（专著）（不超过8篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **附件编号** | **论文（专著）名称/刊名/作者** | **年卷页码**  **（XX年XX卷XX页）** | **发表时间（年月日）** | **通讯作者（含共同）** | **第一作者**  **（含共同）** | **国内作者** | **论文署名单位是否包含国外单位** |
| 11 | Scalable solid solution strengthened Li–Ag alloy anodes for high-energy-density lithium batteries/***Journal of***  ***Materials Chemistry A***/Xuze Guan, Yang Li, and Xingjiang Liu | 2025, 13(4): 2658-2667 | 2025-01-21 | Xingjiang Liu | Xuze Guan | 关旭泽，李杨，刘兴江 | 否 |
| 12 | Mechano-electrochemically promoting lithium atom diffusion and relieving accumulative stress for deep-cycling lithium metal anodes/***Advanced Materials***/ Dehua Xu, Nian Zhou, Aoxuan Wang, Yang Xu, Xingjiang Liu, Shan Tang,and Jiayan Luo | 2023, 35(35): 1-10 | 2023-09-12 | Aoxuan Wang, Shan Tang, Jiayan Luo | Dehua Xu | 徐德华，周念，王澳轩，刘兴江，唐山，罗加严 | 是 |
| 13 | An online data-driven hyperbolic assumption global maximum power point tracking method for PV systems under partial shading conditions/***IEEE Transactions on Industrial Electronics***/Shenghan Gao, Yun Zhang, Haisen Wang, Zhen Huang, and Fei Gao | 2025, 72(7): 7040-7049 | 2025-05-28 | Yun Zhang | Shenghan Gao | 高胜寒，张云，王海森，黄镇，高飞 | 否 |
| 14 | Motor driver-based topology of integrated on-board charging system and data-driven inductance identification method/***IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems***/Yun Zhang, Chuanheng Yao, Fei Gao, Tianbao Song, Yu Tang, and Xinshan Zhu | 2022, 12(1): 310-319 | 2022-05-13 | Xinshan Zhu | Yun Zhang | 张云，姚川恒，高飞，宋天宝，汤雨，朱新山 | 否 |
| 15 | Data-driven based uncertainty set modeling method for microgrid robust optimization with correlated wind power/***CSEE Journal of Power And Energy Systems***/Xinchen Li, Yixin Liu, Li Guo, Xialin Li, and Chengshan Wang | 2023, 9(2): 420-432 | 2023-03-13 | Yixin Liu | Xinchen Li | 李新宸，刘一欣，郭力，李霞林，王成山 | 否 |
| 16 | A PI self-tuning method for three-phase PWM rectifiers based on stability-and-dynamics-constrained fuzzy backpropagation neural network/***IEEE Transactions on Power Electronics***/Yun Zhang, Tong Li, Ge Yan, Ping Wang, Mengxuan Zhang, Fei Gao, and Qian Li | 2025, 40(1): 2419-2428 | 2025-01-24 | Yun Zhang | Yun Zhang | 张云，李彤，闫戈，王萍，张孟轩，高飞，李芊 | 否 |
| 17 | Suppression method of current harmonics for three-phase PWM rectifier in EV charging system/***IEEE Transactions on Vehicular Technology***/Tianbao Song, Ping Wang, Yun Zhang, Fei Gao, Yu Tang, and Seksak Pholboon | 2020, 69(9): 9634-9642 | 2020-09-18 | Yun Zhang | Tianbao Song | 宋天宝，王萍，张云，高飞，汤雨 | 是 |
| 18 | Data-driven adaptive negative sequence current control method for PWM rectifier under unbalanced grid/***IEEE Transactions on Power Electronics***/Tianbao Song, Yun Zhang, Fei Gao, Chengqian Xu, and Xinshan Zhu | 2024, 39(4): 4771-4780 | 2024-04-19 | Yun Zhang | Tianbao Song | 宋天宝，张云，高飞，许承乾，朱新山 | 否 |