

自然科学奖公示内容

一、 项目名称：锂离子电池多维状态估计和智能优化管控理论与方法

二、 提名者及提名意见（包含提名等级）：

提各单位：陕西省教育厅

提名等级：二等及以上

提名意见：该成果面向国家在新能源汽车与储能安全领域的重大需求，开展了锂离子电池多维状态估计与智能优化管控的系统研究，在电学状态高精度建模、热学状态机理揭示与预测、健康状态退化建模及寿命评估等方面取得了重要突破。研究发现了电池多维状态间的耦合规律，提出了物理机理与智能算法融合的统一建模方法，构建了兼具可解释性与工程适用性的状态估计框架，突破了电池内部不可测状态在线预测的瓶颈。成果设计了新型的热安全预警方法、能量优化调控策略与寿命预测模型，实现了热安全、能量管理与寿命延长的一体化管控。研究系统解决了复杂工况下电池状态估计精度不足、热风险预警滞后及寿命预测不稳定等难题，在新能源汽车与储能装备的电池管理系统（BMS）中具有重大应用价值。

该成果创新性突出、体系完整，已在 Journal of Energy Chemistry、Journal of Energy Storage、International Journal of Energy Research、Electrochimica Acta 等期刊公开发表，ESI 高被引论文 3 篇。我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，成果材料齐全，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，特此推荐。

三、 项目简介：

锂离子电池是新能源汽车和储能系统的核心能源单元，其安全性、可靠性与寿命水平直接决定着产业发展的质量与高度。然而，在复杂工况下运行时，电池常面临多维状态难以准确感知、热失控风险难以及时预警、能量调度缺乏精细化支撑以及寿命衰退机理复杂难解等突出问题。现有电池管理系统在状态估计和智能管控方面仍存在理论不足与方法瓶颈，亟需实现从单一参数监测向多维状态建模、从经验依赖向智能优化管控的根本性跨越。

针对这些难题，本项目聚焦**电学状态**、**热学状态**与**健康状态**三大核心维度，系统构建了“**机理建模—状态估计—智能优化管控**”的理论与方法体系。通过机理建模与智能算法的深度融合，项目实现了能量状态、热源与温度演化、退化机理与健康水平的高精度表征与预测，突破了电池不可测内部状态的在线估计难题，揭示了多维状态之间的耦合规律，建立了兼具可解释性与可扩展性的建模方法。进一步地，项目提出了面向多场景应用的智能优化管控策略，通过热安全的前馈预警、能量调度的动态优化以及寿命衰退的精准评估，实现了电池全生命周期的高效利用与风险防控。

本研究在理论上丰富了电池管理的科学基础，在方法上创新了状态估计与管控的融合模式，在实践上为新一代电池管理系统的发展提供了可落地的解决方案。相关成果已在国际主流期刊正式发表，具有突出的学术价值和工程意义，为推动我国锂离子电池管理技术的自主创新与产业化升级提供了坚实支撑。

四、 客观评价：

本团队的研究成果在国际能源和电化学领域的多家高水平学术期刊，如 Journal of Energy Chemistry、Journal of Energy Storage、International Journal of Energy Research、Electrochimica Acta 等上公开发表，并有 3 篇入选 ESI 高被引论文。研究成果受到国际和国内学术界广泛认可和正面评价。

五、 代表性论文专著目录：

序号	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	知识产权是否归国内所有
1	Physics-informed neural network approach for heat generation rate estimation of lithium-ion battery under various driving conditions	Journal of Energy Chemistry	Pang Hui, Wu Longxing, Liu Jiahao, Liu Xiaofei, Liu Kai.	2023 年 78 卷 1-12 页	2022 年 11 月 28 日	Wu Longxing	Pang Hui	庞辉，武龙星，刘嘉豪，刘晓飞，刘凯	是

2	Evaluating the heat generation characteristics of cylindrical lithium-ion battery considering the discharge rates and N/P ratio	Journal of Energy Storage	Wu Longxing, Liu Kai, Liu Jiahao, Pang Hui.	2023 年 64 卷 107182 页	2023 年 03 月 23 日	Pang Hui	Wu Longxing	武 龙星, 刘凯, 刘嘉豪, 庞辉	是
3	Low-complexity state of charge and anode potential prediction for lithium-ion batteries using a simplified electrochemical model-based observer under variable load condition	International Journal of Energy Research	Wu Longxing, Pang Hui, Geng Yuanfei, Liu Xiaofei, Liu Jiahao, Liu Kai.	2022 年 46 卷 11834-11848 页	2022 年 04 月 12 日	Pang Hui	Wu Longxing	武 龙星, 庞辉, 耿院飞, 刘 晓飞, 刘嘉豪, 刘凯	是

承诺：该表所列论文专著的知识产权归国内所有且无争议，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的作者的同意，其中，未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。因未如实告知上述情况而引起争议，且不能提供相应

六、 主要完成人情况：

主要完成人：（依次列写完成人姓名）

排名	姓名	技术职称	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	庞辉	教授	无	西安理工大学	西安理工大学	负责项目总体设计与理论创新，提出锂离子电池多维状态估计与智能管控的整体框架，建立机理建模与智能算法融合的方法体系,统筹推进电学、热学与健康状态的系统研究。
2	刘凯	教授	无	无	西安理工大学	主要负责热学与电学状态估计方向，提出电化学-热耦合模型和物理信息模型，实现复杂工况下电池热行为的高精度预测。改进电-热模型并结合扩展卡尔曼滤波，实现内部与表面温度的同步估计，提升 SOC 估计的精度与稳定性。

3	武龙星	讲师	无	安徽科技学院	西安理工大学	主要负责模型方法创新，提出基于物理信息的建模方法和简化电化学反应模型，实现多工况下电池状态估计的高效计算。开发降阶电化学反应模型，在保持精度的同时显著降低计算复杂度，提升了方法的工程适用性。
4						
5						
6						

七、 主要完成单位情况：

主要完成单位：（依次列写完成单位名称）

排 名	完成单位	贡 献
1	西安理工大学	紧密围绕新能源汽车和储能系统对电池安全与寿命管理的重大需求，组织科研团队开展了锂离子电池多维状态估计与智能优化管控的系统研究。单位在学科方向、科研条件和平台建设上提供了坚实保障，依托完善的电池实验平台、先进的建模与仿真环境，支撑了电学、热学与健康状态全方位的实验测试与模型验证。
2		
3		

八、 完成人合作关系说明（**合作方式**包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

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	合作时间	合作成果名称
1	论文合著	庞辉/1、刘凯/2、武龙星/3	2018.01-2023.12	文章: Physics-informed neural network approach for heat generation rate estimation of lithium-ion battery under various driving conditions
2	论文合著	庞辉/1、刘凯/2、武龙星/3	2020.05-2023.09	文章: Evaluating the heat generation characteristics of cylindrical lithium-ion battery considering the discharge rates and N/P ratio
3	论文合著	庞辉/1、刘凯/2、武龙星/3	2019.08-2023.11	文章: Low-complexity state of charge and anode potential prediction for lithium-ion batteries using a simplified electrochemical model-based observer under variable load condition
4	论文合著	庞辉/1、刘凯/2、武龙星/3	2020.07-2023.12	文章: A novel extended Kalman filter-based battery internal and surface temperature estimation based on an improved

				electro-thermal model
5	论文合著	庞辉/1、刘凯/2、武龙星/3	2018.09-2021.03	文章： Evaluation and observability analysis of an improved reduced-order electrochemical model for lithium-ion battery