

2020 年度国家自然科学奖公示内容

项目名称	电动车动力电池材料结构及性能的基础科学研究
提名单位	深圳市
提名意见	<p>项目团队近几年主要对电动车锂电池产业使用的镍锰钴三元层状和磷酸铁锂正极材料存在的能量密度、功率密度、循环使用寿命和安全性等主要问题进行了系统性基础和应用研究，探索了其中的关键科学问题，取得了系列有科学和产业价值的成果：1. 层状正极材料中锂离子传输、热稳定性机理及调控；2. 开发出纳米碳管导电网络包埋正极颗粒实现界面去极化的新型高性能锂电池电极；3. 首次发现对层状正极材料提前放电预先插入锂离子重构界面增加循环稳定性和寿命等；4. 揭示了锂离子电池中材料与界面结构对离子传输的影响机制。5. 发展了正极材料3D打印技术。以上重要发现对电动汽车动力电池材料性能的提升有着指导意义。研究成果及学术观点受到国际权威机构和著名学者的高度赞扬和广泛认可。项目团队第一完成人是国家电动汽车动力电池创新工程的首席科学家和材料基因工程研发固态电池与材料国家重点研发项目的负责人，在国际电池领域获得多项重要的奖项并于2018年获我市自然科学奖一等奖，在我市学术界和产业界具有很好的声誉和影响力。特此推荐该项目团队申报国家自然科学奖二等奖。</p>
项目简介	<p>团队通过交叉学科对电动车动力电池中的锂离子电池关键材料的结构与性能之间的基础机理进行深入研究，为进一步提升电动车动力电池的能量密度，功率密度，稳定性及安全性提供理论指导，其重要的科学创新和发现包括在原子尺度发现锂电池正极材料关键功能结构基元与电池性能相关性、在原子尺度发现了晶体三维结构在界面对称性破缺及在化学/电化学环境下会产生特定界面重构的规律与电池特性、创建3D打印方法从而建立从纳米/微米颗粒到全电池设计的理论与实验等方面取得了系统性的创新性成果，促进高性能锂电池材料和器件的机理研究和体系开发。这些科学创新和发现在国际重要学术期刊上发表通讯作者论文共51篇，平均影响因子10.7，总引用次数1642次。其中包括26篇论文发表于《自然·纳米技术》、《先进能源材料》、《美国化学会志》等影响因子大于10的顶级期刊，其中电池材料功能结构基元与锂离子扩散动力学的相关性研究文章（代表作 1）被科学网评2015年10篇最有影响力之一。这些科学发现对完成2012-16年潘锋教授作为技术总负责联合深圳7家企业承担的国家电动车动力电池重大项目提供了科技指导和帮助、对潘锋作为项目总负责的2016-20年“基于材料基因工程研发全固态电池及关键材料”的国家重点研发计划（其他附件5）承担和开展提供重要基础积累和研发指导、对2015年创建国家科技部“电动车动力电池和材料国际联合研究中心”提供重要研发基础。基于本项目的研究成果潘锋2015-18连续四年入选爱思唯尔中国高被引学者、获得2016年国际电动车锂电池协会杰出研究奖、2018年美国电化学学会电池科技奖和与团队一起获深圳自然科学一等奖，并应《自然·纳米技术》邀请于2016年撰写了电动车动力电池材料领域的进展总结和未来展望（入选全球SCI 0.1%高被引论文）。</p> <p>团队一直以解决重大产业基础问题为导向，聚焦目前用于电动车动力电池的二类正极材料：层状过渡金属氧化物材料（应用于特斯拉电动车）和磷酸铁锂（应用于比亚迪电动车），对这两类正极材料的关键科学问题进行机理探索 and 材料与电池性能进行改进研究，促进新能源汽车产业的发展。主要研究内容包括两类正极材料体相和界面锂离子输运机制和调控、两类正极材料的去极化机理和方法、三元层状氧化物正极材料的热稳定性根源和调控、三元正极材料的界面调控方法等。其中一个重要的发现是磷酸铁锂晶体界面结构基元对称性破缺，在水系电解液的水分子可以重构晶体界面对称性的结构基元，形成的既像晶体又像溶液的Li-O八面体Junas界面新型的结构基元，从而大大降低锂离子在界面脱嵌的动力学能垒，使得锂电池实现超快速充放电，首次实现6秒钟完成充放电（代表作 4），这对在原子尺度发现和设计快速电池的充放电有普遍的指导意义。</p>
提名等级	国家自然科学奖二等奖

主要完成人（完成单位）						
第一完成人		潘锋（北京大学深圳研究生院）				
第二完成人		郑家新（北京大学深圳研究生院）				
第三完成人		吴忠振（北京大学深圳研究生院）				
第四完成人		王新炜（北京大学深圳研究生院）				
第五完成人		刘同超（北京大学深圳研究生院）				
代表性论文专注目录						
序号	论文名称	刊名	卷期号	全部作者	通讯作者	发表时间
1	Kinetics Tuning of Li-ion Diffusion in Layered Li(NixMnyCoz)O	Journal of the American Chemical Society	137(2015), 8364-8367	Yi Wei; Jiaxin Zheng; Suihan Cui; Xiaohe Song; Yantao Su; Wenjun Deng; Zhongzhen Wu; Xinwei Wang; Weidong Wang; Mumin Rao; Yuan Lin; Chongmin Wang; Khalil Amine; Feng Pan	潘锋	2015年6月22日
2	Optimized Temperature Effect of Li-Ion Diffusion with Layer Distance in Li(NixMnyCoz)O 2 Cathode Materials for High Performance Li-Ion Battery	Advanced Energy Materials	6(2016), 1501309	Suihan Cui, Yi Wei, Tongchao Liu, Wenjun Deng, Zongxiang Hu, Yantao Su, Hao Li, Maofan Li, Hua Guo, Yandong Duan, Weidong Wang, Mumin Rao, Jiaxin Zheng*, Xinwei Wang*, Feng Pan*	郑家新, 潘锋, 王新炜	2015年12月8日
3	Thermal Stability in Layered Li (NixMnyCoz) O2	J. Am. Chem. Soc.	138 (40)(2016), 13326–	Jiaxin Zheng, Tongchao Liu, Zongxiang Hu, Yi Wei, Xiaohe Song, Yang Ren, Weidong Wang, Mumin Rao, Yuan Lin, Zonghai	潘锋	2016年9月19日
4	Janus Solid–Liquid Interface Enabling Ultrahigh Charging and Discharging Rate for Advanced	Nano Lett.	15(9) (2015), 6102–6109	Jiaxin Zheng, Yuyang Hou, Yandong Duan, Xiaohe Song, Yi Wei, Tongchao Liu, Jiangtao Hu, Hua Guo, Zengqing Zhuo, Lili Liu, Zheng Chang, Xiaowei Wang, Danylo Zhrebetskyy, Yanyan Fang, Yuan Lin, Kang Xu, Lin-Wang Wang, Yuping Wu*, Feng Pan*	吴宇平, 潘锋	2015年8月25日
5	Depolarized and fully active cathode based on Li (Ni0.5Co0.2Mn0.3)O2 embedded in CNT network for	Nano Lett.	14(8) (2014), 4700-4706	Zhongzhen Wu, Xiaogang Han, Jiaxin Zheng Yi Wei, Ruimin Qiao, Fei Shen, Jiaqi Dai, Liangbing Hu, Kang Xu, Yuan Lin, W. Yang, Feng Pan*	潘锋	2015年7月16日
6	Prelithiation Activate Li(Ni0.5Mn0.3Co0.2)O2 for High Capacity and Excellent Cycling Stability	Nano Lett.	15(2015), 5590-5596	Zhongzhen Wu, Shunping Ji, Jiaxin Zheng, Zongxiang Hu, Shu Xiao, Yi Wei, Zengqing Zhuo, Yuan Lin, Wanli Yang, Kang Xu, Khalil Amine, and Feng Pan*	潘锋	2014年6月30日

7	Enhancing the High-Voltage Cycling Performance of $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ by Retarding Its Interfacial Reaction with an Electrolyte by Atomic-Layer-	<i>ACS Appl. Mater. Inter</i>	7(2015), 25105-25112	Yantao Su, Suihan Cui, Zengqing Zhuo, Wanli Yang, Xinwei Wang*, Feng Pan*	王新炜, 潘锋	2015年10月26日
8	3D-Printed Cathodes of $\text{LiMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{PO}_4$ Nanocrystals Achieve Both Ultrahigh Rate and High Capacity for Advanced	<i>Adv. Energy Mater.</i>	6(18) (2016), 1600856	Jiangtao Hu, Yi Jiang, Suihan Cui, Yandong Duan, Tongchao Liu, Hua Guo, Lingpiao Lin, Yuan Lin, Jiaxin Zheng, Khalil Amine, Feng Pan*	潘锋	2016年6月23日