

表 号：CG001  
制定机关：科学技术部  
批准机关：国家统计局  
批准文号：国统制[2018]196号  
有效期至：2021年12月

# 科技成果登记表

(基础理论、软科学类科技成果)

成果名称：新型多形态铁基复合氧化物的制备及在锂-空气电池中的催化性能研究

第一完成单位：滨州学院

(盖章)

研究起始日期：2015 年 08 月

研究终止日期：2017 年 08 月

推荐单位：滨州学院

(盖章)

批准登记单位：

批准登记号：

批准登记日期：2020-09-03

中华人民共和国科学技术部制定  
国家统计局批准

2019年

# 基础理论、软科学类科技成果

批准登记号:

批准登记日期: 2020 年 9 月 3 日

推荐单位: 滨州学院

2020 年

表 号: CG001

制定机关: 科学技术部

批准机关: 国家统计局

批准文号: 国统制[2018]196号

有效期限: 2021年12 月

## 一、成果概况

1. 成果名称	新型多形态铁基复合氧化物的制备及在锂-空气电池中的催化性能研究		
2. 关键词	铁基复合氧化物; 锂空气电池; 催化性能		
3. 成果体现形式	<input checked="" type="radio"/> 论文 <input type="radio"/> 著作 <input type="radio"/> 研究报告 <input type="radio"/> 其他		
4. 成果水平	<input type="radio"/> 国际领先 <input type="radio"/> 国际先进 <input type="radio"/> 国内领先 <input type="radio"/> 国内先进 <input type="radio"/> 国内一般 <input checked="" type="radio"/> 未评价		
5. 合作形式	<input checked="" type="radio"/> 独立研究 <input type="radio"/> 与企业合作 <input type="radio"/> 与院校合作 <input type="radio"/> 与研究院所合作 <input type="radio"/> 与国(境)外合作 <input type="radio"/> 其他		
6. 学科分类	150.15 - 无机化学	150.65 - 材料化学	
7. 中图分类	TK0	TQ11	
8. 战略性新兴产业(单选)	<input checked="" type="radio"/> 节能环保 <input type="radio"/> 生物 <input type="radio"/> 新能源 <input type="radio"/> 新能源汽车 <input type="radio"/> 新一代信息技术 <input type="radio"/> 高端装备制造 <input type="radio"/> 新材料		
9. 社会经济目标(单选)	<input type="checkbox"/> 环境保护、生态建设及污染防治 <input checked="" type="checkbox"/> 能源生产、分配和合理利用 <input type="checkbox"/> 卫生事业发展 <input type="checkbox"/> 教育事业发展 <input type="checkbox"/> 基础设施以及城市和农村规划 <input type="checkbox"/> 社会发展和社会服务 <input type="checkbox"/> 地球和大气层的探索与利用 <input type="checkbox"/> 民用空间探测及开发 <input type="checkbox"/> 农林牧渔业发展 <input type="checkbox"/> 工商业发展 <input type="checkbox"/> 非定向研究 <input type="checkbox"/> 其它民用目标    国防		
10. 成果应用行业(单选)	<input type="checkbox"/> 农、林、牧、渔业 <input type="checkbox"/> 采矿业 <input type="checkbox"/> 制造业 <input checked="" type="checkbox"/> 电力、热力、煤气及水的生产和供应业 <input type="checkbox"/> 建筑业 <input type="checkbox"/> 批发和零售业 <input type="checkbox"/> 交通运输、仓储和邮政业 <input type="checkbox"/> 住宿和餐饮业 <input type="checkbox"/> 信息传输、软件和信息技术服务业 <input type="checkbox"/> 金融业 <input type="checkbox"/> 房地产业 <input type="checkbox"/> 租赁和商务服务业 <input type="checkbox"/> 科学研究和技术服务业 <input type="checkbox"/> 水利、环境和公共设施管理业 <input type="checkbox"/> 居民服务、修理和其他服务业 <input type="checkbox"/> 教育 <input type="checkbox"/> 卫生和社会工作 <input type="checkbox"/> 文化、体育和娱乐业 <input type="checkbox"/> 公共管理、社会保障和社会组织 <input type="checkbox"/> 国际组织		

## 二、立项情况

1. 课题来源(单选)	国家科技计划	十三五计划 <input type="radio"/> 国家自然科学基金 <input type="radio"/> 国家科技重大专项 <input type="radio"/> 国家重点研发计划 <input type="radio"/> 技术创新引导计划 <input type="radio"/> 基地和人才专项 以往计划 <input type="radio"/> 国家重点基础研究发展计划(973计划) <input type="radio"/> 国家高技术研究发展计划(863计划) <input type="radio"/> 国家科技支撑计划 <input type="radio"/> 国家重大科学研究计划 <input type="radio"/> 星火计划 <input type="radio"/> 火炬计划 <input type="radio"/> 科技惠民计划 <input type="radio"/> 国家重点新产品计划 <input type="radio"/> 国家软科学研究计划 <input type="radio"/> 国际科技合作专项 <input type="radio"/> 中欧中小企业节能减排科研合作资金 <input type="radio"/> 创新人才推进计划 <input type="radio"/> 国家重点实验室 <input type="radio"/> 国家科技基础条件平台 <input type="radio"/> 国家工程技术研究中心 <input type="radio"/> 科技型中小企业技术创新基金 <input type="radio"/> 科研院所技术开发研究专项资金 <input type="radio"/> 农业科技成果转化资金 <input type="radio"/> 科技富民强县专项行动计划 <input type="radio"/> 科技基础性工作专项 <input type="radio"/> 国家磁约束核聚变能发展研究专项 <input type="radio"/> 国家重大科学仪器设备开发专项 <input type="radio"/> 国家其他科技计划									
	部门计划    地方计划    部门基金 <input checked="" type="checkbox"/> 地方基金 民间基金    国际合作    横向委托    自选    其他										
1. 课题来源单位	山东省自然科学基金委员会										
3. 课题立项名称	新型多形态铁基复合氧化物的制备及在锂-空气电池中的催化性能研究										
4. 课题立项编号	ZR2015EL001										
5. 经费实际投入额(万元)											
总计	国家投入	部门投入	地方投入				基金投入	自有资金	银行贷款	国外资金	其他
			合计	省级投入	地市级投入	县级投入					
3			0								3

(续表)

三、评价情况					
1. 评价方式	<input type="radio"/> 验收 <input type="radio"/> 评审 <input checked="" type="radio"/> 结题 <input type="radio"/> 机构评价				
2. 评价单位	山东省自然科学基金委员会				
3. 评价日期	2018. 04. 11				
4. 评价报告编号					
四、成果完成单位情况 (此栏涉及到的知识产权问题由填报单位负责)					
第一完成单位名称	滨州学院				
组织机构代码					
统一社会信用代码	12370000494581086F				
通讯地址	山东省滨州市黄河五路391号			邮政编码	256600
网址	https://www.bzu.edu.cn/			传真	0543-3190000
单位联系人	贾菲			电话	0543-3186320
电子邮箱	bzxyzdjs@163.com				
单位属性	<input type="checkbox"/> 独立科研机构 <input checked="" type="checkbox"/> 大专院校 <input type="checkbox"/> 医疗机构				
	企业	<input type="radio"/> 国有企业 <input type="radio"/> 集体企业 <input type="radio"/> 股份合作企业 <input type="radio"/> 联营企业 <input type="radio"/> 有限责任公司 <input type="radio"/> 股份有限公司 <input type="radio"/> 私营企业 <input type="radio"/> 个体经营 <input type="radio"/> 港、澳、台商投资企业 <input type="radio"/> 外商投资企业 <input type="radio"/> 其他企业			
		科研机构转制型企业 <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否			
		<input type="checkbox"/> 其他			
所在省市	山东省		上级主管单位		
成果转让意向与范围	<input type="radio"/> 可国(境)内外转让 <input type="radio"/> 仅限国内转让 <input type="radio"/> 仅限国(境)外转让 <input checked="" type="radio"/> 不转让				
成果转化联系人			成果转让联系人电话		
电子信箱					
成果合作完成单位情况					
序号	单位名称	通讯地址	邮政编码	联系人	联系人电话

单位负责人：                  统计负责人：                  填表人：                  联系电话：                  报出日期：20    年    月    日

批准登记单位意见

同意登记

批准登记单位：

(盖章)

负责人：

批准登记日期：2020 年 9 月 3 日

附件一：

基础理论、软科学类成果登记材料一览表

评价方式 材料名称	基础理论成果		软科学成果	
	学术论文	科技著作	以委托单位验收的	以评审方式评价的
科技成果登记表	★	★	★	★
客观评价证明文件 (复印件)	★引用或评价证明，本单位学术或技术部门的评价意见	★评价材料	★委托单位验收报告	★评审证书或引用 (评价)证明

注：表中标示的“★”表示需要提交的材料，提供复印件或者原件的PDF。

## 成果完成人员名单

（此表涉及到的知识产权问题由填报单位负责）

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	是否留学归国	工作单位	对成果创造性贡献
1	苟建霞	女	1980.11	正高	博士研究生	否	滨州学院	项目主持及实验设计
2	解胜利	男	1979.09	副高	硕士研究生	否	滨州学院	电极材料研究
3	杨仲年	男	1978.01	正高	博士研究生	否	滨州学院	电化学性能分析
4	郑晓冬	男	1980.02	中级	博士研究生	否	滨州学院	电化学性能分析
5	高志杰	男	1983.11	正高	博士研究生	否	滨州学院	电极材料研究

### 填写说明：

按贡献大小排序填写（如表格空间不够，可另附纸）。其中：

职称：按正高、副高、中级、初级、其他分别填写。如完成人具有院士资格，加填院士，并写明是中科院院士还是工程院院士。

文化程度：按博士研究生、硕士研究生、本科、大专、中专、其他分别填写。

是否留学归国：按“是”、“否”填写。

工作单位：按本成果研发期间完成人所属的工作单位填写。

对成果创造性贡献：根据完成人在成果研发过程中发挥的主要作用、作出的主要贡献填写，不超过100字。

评价委员会名单						
评价委员会 职务	姓名	性别	工作单位	所学专业	从事专业	技术 职称

**填写说明：**

指在以验收、评审等形式对本成果进行评价过程中发挥咨询、评价作用的专家委员会的成员。其中：

评价委员会职务：按在评价委员会中担任的职务——主任委员、副主任委员、委员择一填写。

工作单位：指本成果评价时专家所在工作单位。

所学专业：指专家个人获得最高学历学习期间的专业。

从事专业：指专家在现工作单位从事的专业。

职称：按正高、副高、中级、初级、其他分别填写。如评价专家具有院士资格，加填院士，并写明是中科院院士还是工程院院士。

附件二：“成果简介”、“成果完成人员名单”和“评价委员会名单”填报格式

成果简介（不少于500字，不超过2000字）

1、课题来源与背景

本成果为山东省自然科学基金项目资助项目（ZR2015EL001），锂-空气电池具有比锂离子电池高出1-2个数量级的理论比能量，是最能够取代汽油的电池种类，其中有机系锂-空气电池结构简单，理论能量密度高，成为近年来研究热点。因受限正极电催化剂性能差，现有锂-空气电池存在充电过电势高、循环性能差等问题，为解决这个问题，开展了本成果的研究，指导锂-空气电池催化材料的开发并发展纳米材料可控生长技术。

2、研究目的意义

为了有效提高有机系锂-空气电池的容量、倍率性能及循环性能，本成果从组成、相态和构筑等方面，设计并制备具有高效氧还原和氧析出双功能电催化作用、良好离子传递和电子导电性、较高机械强度的铁基复合氧化物。

3、主要论点与论据

（1）有序介孔和有序大孔铁基复合氧化物制备及可控生长研究。

以聚苯乙烯球作为模板剂，配置前驱体溶液，经过干燥-除去模板的方法得到LaFeO<sub>3</sub>材料。考察了溶剂配比、浸渍条件和模板去除方式对LaFeO<sub>3</sub>的微观尺寸、形貌和电化学性能的影响。通过扫描电镜和透射电镜确认所合成的LaFeO<sub>3</sub>材料为有序的三维大孔结构，实现了有序大孔材料可控生长。用此三维结构的LaFeO<sub>3</sub>作为锂空气电池的正极材料，电化学测试结果表明其具出较高的放电电位和较低的充电电位，且具有较好的ORR/OER催化性能。在限制充放电截至电压时，首次放电容量高达12038 mAh g<sup>-1</sup>，循环四圈后，容量仍保持到11990 mAh g<sup>-1</sup>。实验过程中还利用聚甲基丙烯酸甲酯单分散微球为模板剂，同样实现了三维结构LaFeO<sub>3</sub>的制备。

（2）采用水热合成方法，通过调控合成体系的pH值调节剂，反应温度、反应时间及溶剂配比得到了具有较高储能性能的β-FeOOH纳米材料；β-FeOOH电极材料具有较高的ORR起始电位和ORR/OER极限电流。为了进一步提高其储能性能，考察了多种碳材料与β-FeOOH的复合，包括碳纳米管、碳纳米球和还原氧化石墨烯，其中通过在合成过程中引入氧化石墨烯分散液的方法，制备了β-FeOOH/rGO复合材料，此复合材料在放电电流为200 mA g<sup>-1</sup>carbon的密度下，比容量达到了5800 mAh g<sup>-1</sup>carbon，充电平台为4.1 V左右，在限制比容量为600 mAh g<sup>-1</sup>carbon时，进行了85次循环。

（3）自支撑过渡金属氧化物（氢氧化物）纳米阵列制备及可控生长研究。

在本项目和其他项目的共同支持下，利用水热-化学处理连用的方法在基底上原位合成过渡金属氧化物和氢氧化物纳米阵列作为电极材料，实现了活性物质在集流体上的均匀生长和高效接触。考察了利用水热法制备前驱体时的溶剂、pH值、反应温度、反应时间、表面活性剂种类与用量对前驱体合成的影响，考察了利用化学处理法由前驱体得到自支撑电极材料时，碱液中氧含量和化学处理时间对纳米阵列合成的影响，实现了自支撑型纳米阵列的可控生长。通过水热-化学处理连用的方法制备了双通道花状镍钴双金属氢氧化物。将其用作超级电容器电极材料时，具有高的倍率性能和较好的循环稳定性。

（4）在本项目和其他项目的共同支持下，通过溶剂热-水热法合成了组成和粒径可控的硫化镍电极材料。

将其用作超级电容器电极材料时，在放电电流密度分别为2、3、4、8、10和20 A g<sup>-1</sup>时，200 °C下所得样品的比容量分别为193.5、183.8、183.2、144.3、133.1和97.8 mAh g<sup>-1</sup>。当循环次数为2500和5000圈时，其比容量分别为108.7和89.5 mAh g<sup>-1</sup>，为最初比容量的81.7 %和65.8 %，在比容量和循环稳定性方面具有较大的优势。

4、创见与创新

研究发现反应温度能够影响铁基化物的晶型，所合成的β-FeOOH具有较高的ORR起始电位和ORR/OER极限电流；通过水热-化学处理连用的方法制备了具有高倍率性能的双通道花状镍钴双金属氢氧化物。

5、社会效益与存在的问题

该成果通过制备新型多形态铁基复合氧化物提高锂-空气电池中的性能，促进在纳米材料制造行业和电池行业的快速发展。在低碳经济时代，发展锂-空气电池符合我国在新能源及节能减排方面的发展战略，锂-空气电池能提供比现在广泛使用在电动车上的锂离子电池更强的续航力之外，在重量上也减轻许多，因此该技术有利于解决我国面临的环境和能源问题，改善环境质量；同时电池工业是我国具有综合优势的传统产业，中国既是电池生产大国，也是电池消费大国，因此锂-空气电池具有广阔的应用前景，将发挥巨大的生态、经济和社会效益。但受两年时间限制，该成果仅仅对铁基复合氧化物电极的ORR/OER催化性能、比容量和循环稳定性方面进行了初步研究，对LaFeO<sub>3</sub>和β-FeOOH等锂空气电池电极材料的性能发生衰减的影响规律和锂空气电池循环寿命衰减的关键因素研究的深度不够。

6、历年获奖情况

无。

填写内容要求：①课题来源与背景；②研究目的与意义；③主要论点与论据；④创见与创新；⑤社会效益，存在的问题。⑥历年获奖情况。⑦成果简介要向社会公开，请不要填写商业秘密内容。