# 安徽省科学技术奖提名项目公示内容

**（2021年度）**

**项目名称：**介孔微球物系的构建方法、原理及结构性能调控

**提 名 者：**安徽师范大学

**提名意见：**项目聚焦介孔微球物系的制备和结构性能调控，围绕该领域亟待解决的构建方法学和结构性能精准调控的关键科学问题，开创了一系列介孔微球物系的构建方法、原理及结构性能调控的特色研究，取得了系列原创性研究成果。第一，建立了金属氧化物介孔微球制备及其结构性能调控的普适性方法体系：硝酸盐喷雾热解法，适用元素周期表中常见金属氧化物及复合介孔微球物系的制备及结构性能调控；第二，创建了“同步喷雾热解/沉积法”合成原子级介孔微球催化剂，不仅为原子级催化剂领域贡献了一种新的合成方法学，还为超声喷雾合成领域开创了一类新型介孔微球物系；第三，发现了硝酸盐喷雾热解法合成的Mn-基介孔微球物系表面具有高比例MnIV物种的共性特征及其对电催化O2还原反应的积极作用和机制。

项目成果具有卓越的科学价值，受到了国内外学术界的广泛关注和认可，5篇代表性论文被正面引用301次，单篇最高161次。材料填写规范，内容真实，同意该项目提名2021年度安徽省自然科学奖。

**项目简介：**根据IUPAC的规定，介孔材料是指孔径介于2~50 nm的一类多孔材料，在催化、新能源电池及生物医学等领域具有重要应用价值。介孔微球是一类具有介孔结构的亚微米~数微米尺寸范围的球形颗粒，其具备介孔材料的普适优点外还具有振实密度大、各向同性等特殊性质。相对于非球形物系，介孔微球物系的参数变量通常仅为化学组成、微球直径和孔径分布，其结构调控十分明确，便于建立可靠的构性关系。然而根据几何学原理，各向异性是材料和介质中常见的性质，各向同性的球形颗粒的制备却极具挑战。因而，介孔微球物系的构建方法和原理是该领域的关键科学问题。项目在国家自然科学基金等项目的持续支持下，围绕介孔微球物系的构建方法、原理及结构性能调控，开展了系统深入的研究工作，取得若干开创性研究成果，形成了鲜明的研究特色和国际影响力，其主要发现点如下：

**1：建立了金属氧化物介孔微球制备及其结构性能调控的普适性方法体系。**发展了热解原理耦合蒸发诱导自组装过程的硝酸盐喷雾热解法，突破了传统基于金属有机化合物水解原理的超声喷雾法制备材料种类和成本的瓶颈问题，成为制备金属氧化物介孔微球物系的普适性方法体系，适用于元素周期表中常见金属元素的氧化物及大量复合介孔微球物系的合成和化学组成的准确调控。另外，还发展了小分子诱导、气体模板等策略对介孔微球进行微纳结构和性能调控。

**2：创建“同步喷雾热解/沉积”策略制备原子级介孔微球催化剂及其结构性能调控。**首次提出并创建了“同步喷雾热解/沉积法”合成一系列具有介孔微球结构的原子级催化剂，不仅为原子级催化剂领域贡献了一种新的合成方法学和原子级催化剂类型，还为超声喷雾合成领域开创了一类新型介孔微球物系：原子级介孔微球催化剂，并发现了一系列性能优异的原子级介孔微球催化剂及其化学机制。

**3：发现Mn-基介孔微球物系的共性表面结构与电催化O2还原性能的关系。**发现了硝酸盐喷雾热解法合成的Mn-基介孔微球物系（如：Mn2O3、LaMnO3+δ及MnCo2O4）的共性表面结构：呈现高比例的高氧化态物种MnIV。同时，在Mn-基介孔微球物系均发现了表面MnIV氧化态对电催化O2还原活性的积极作用。

项目发展了若干介孔微球物系的构建方法和原理，制得一系列结构性能可控的介孔微球材料，发现并阐释了一些独特的催化现象和机制，丰富了该领域的方法学和材料储备，有力推动国际上介孔微球物系的基础研究和应用化进程。成果受到国内外同行的广泛关注和认可，5篇代表性论文（*Nat. Commun.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*（2篇）, *Chem. Mater.*和*Nano Res.*）被*Chem. Rev.*, *Chem. Soc. Rev.*, *J. Am. Soc. Chem.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Adv. Mater.*等期刊论文正面引用301次，单篇最高161次，平均每篇被引60次。

**代表性论文专著目录：**

1. **Long Kuai（蒯龙）**, **Zheng Chen（陈郑）**, Shoujie Liu, Erjie Kan, Nan Yu, Yiming Ren, Caihong Fang, Xingyang Li, **Yadong Li**\***（李亚栋）**and **Baoyou Geng**\***（耿保友）**, Titania supported synergistic palladium single atoms and nanoparticles for room temperature ketone and aldehydes hydrogenation. *Nat. Commun.*, **2020**, *11*, 48.
2. **Long Kuai（蒯龙）**, Jing Geng, Changyu Chen, Erjie Kan, Yadong Liu, Qing Wang and **Baoyou Geng**\***（耿保友）**, A reliable aerosol-spray-assisted approach to produce and optimize amorphous metal oxide catalysts for electrochemical water splitting. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2014**, *53*, 7547-7551.
3. Wenhai Wang, **Long Kuai（蒯龙）**, Wei Cao, Marko Huttula, Sami Ollikkala, Taru Ahopelto, Ari-Pekka Honkanen, Simo Huotari, Mengkang Yu, and **Baoyou Geng**\***（耿保友）**, Mass-production of mesoporous MnCo2O4 spinels with manganese(IV)- and cobalt(II)-rich surfaces for superior bifunctional oxygen electrocatalysis. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2017**, *56*, 14977-14981.
4. **Long Kuai**\***（蒯龙）**, Shoujie Liu, Sufeng Cao, Yiming Ren, Erjie Kan, Yanyan Zhao, Nan Yu, Fang Li, Xingyang Li, Zhichuan Wu, Xiong Wang and **Baoyou Geng**\***（耿保友）**, Atomically dispersed Pt/metal oxide mesoporous catalysts from synchronous pyrolysis-deposition route for water-gas shift reaction. *Chem. Mater.*, **2018**, *30*, 5534-5538.
5. **Haoran Du（杜浩然）**, Kuangfu Huang, Min Li, Yuanyuan Xia, Yixuan Sun, Mengkang Yu, and **Baoyou Geng**\***（耿保友）**, Gas template-assisted spray pyrolysis: A facile strategy to produce porous hollow Co3O4 with tunable porosity for high-performance lithium-ion battery anode materials. *Nano Res.*, **2018**, *11*, 1490-1499.

**主要完成人：**耿保友、蒯龙、陈郑、杜浩然、李亚栋

**主要完成单位：**安徽师范大学、安徽工程大学、清华大学