

项目名称：高性能电磁波吸收材料构效关系及可控合成方法研究

提名者：黑龙江省科技厅

提名意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。发展先进的电磁波吸收功能材料对国家大力建设科技强国和军事强国具有重要战略意义，该项目面向国家重大战略需求，以“可控合成-结构调控-构效关系-性能提升”为研究思路，实现了碳材料、导电聚合物、磁性材料及其复合材料形貌、尺度、组成和微纳结构的精确调控，构建了结构特性与吸波性能相关性的理论体系，为高性能电磁波吸收材料的研发提供了理论指导和技术支撑，提升了我国电磁波吸收功能材料可控制备的关键能力。相关研究成果得到 Yuri Gogotsi 院士等国内外同行专家的高度评价，被 Science、Nature Chemistry 等顶级期刊正面引述报道，8 篇代表性论文他引总次数 1582 次（Web of Science 统计），4 篇入选 ESI 高被引论文，充分展示了成果的原创性。相关成果获得 2019 年黑龙江省自然科学一等奖。

提名该项目为国家自然科学奖 二 等奖。

主要完成人：

韩喜江（哈尔滨工业大学），徐平（哈尔滨工业大学），杜耘辰（哈尔滨工业大学），王晓红（中国航发北京航空材料研究院），王超（哈尔滨工业大学）

项目简介

发展先进的电磁波吸收功能材料对我国全面深入推进科技强国和军事强国建设具有重要战略意义。电磁波吸收功能材料是新一代信息技术的重要组成部分，实现电磁波吸收性能突破的核心是深入阐明材料的构效关系，但目前的电磁波吸收材料欠缺合理的结构调控和组成设计，综合性能难以满足新的应用需求。

本项目面向国家重大战略需求，依托哈工大复合材料与结构研究所、中国航发北京航空材料研究院，以“可控合成-结构调控-构效关系-性能提升”为研究思路，在国家自然科学基金、国防预研等项目资助下，实现了碳材料、导电聚合物、磁性材料及其复合材料形貌、尺度、组成和微纳结构的精确调控，阐明了材料生长机理，揭示了多重吸波机制，合成了满足国防需求的高性能电磁波吸收功能材料。研究取得的系列理论成果为高效电磁波吸收功能材料的设计合成提供了新策略和新方法，亦为我国新一代信息技术的发展提供了可靠的科学依据。主要科学发现包括：

1. 发现了还原氧化石墨烯表面缺陷和官能团对电磁性能和阻抗匹配等关键因素的调控机制，提出利用微界面精确调控优化复合材料的电磁特性，建立了核壳结构双导电聚合物复合体系的构效模型，唐本忠院士正面引用并指出研究成果“可以给新结构和功能化带来新的机遇”。

2. 揭示了几何效应对磁性材料电磁波吸收的影响规律，发展了具有特殊形貌和分级结构的磁性材料可控合成新方法，突破了磁性材料的本征电磁特性，引入了尖端放电等独特的电磁波损耗机制，美国密西根大学 Holl 教授在 *Prog. Mater. Sci.* 文章中肯定“调控磁性材料的微观结构可显著提升吸波效果”。

3. 阐明了介电损耗、磁损耗和界面损耗的协同作用机制，提出了核壳结构导电聚合物基和碳基磁性复合材料的设计合成方法，优化了阻抗匹配功能和多重反射损耗效应，澳大利亚技术科学与工程院 Shixue Dou 院士正面引用研究成果，指出“组成与结构可控设计有利于促进入射电磁波的吸收”。

8 篇代表性论文被 *Science*、*Nat. Chem.* 等知名期刊正面引用，他引总次数 1582 次 (*Web of Science* 统计)，4 篇入选 ESI 高被引论文，单篇最高他引 366 次。美国艺术与科学院 Yuri Gogotsi 院士、澳大利亚技术科学与工程院 Aibing Yu 院士和 Shixue Dou 院士、中国科学院都有为院士、方岱宁院士、唐本忠院士和杨秀荣院士、中国工程院王玉忠院士和张立同院士等 17 位院士、著名国际期刊主编/编委、学会会士，广泛引用和高度评价了本项目提出的可控合成方法与构效关系。本项目获授权国家发明专利 7 项，取得的理论成果及衍生技术已成功用于指导中国兵器工业集团第五三研究所雷达吸波薄膜和中国工程物理研究院 KDP 晶体、熔石英玻璃强光光学元件等关键产品的设计与制造。培养了博士生 7 人、硕士生 15 人、及龙江学者、省杰青等科技人才，形成了国内外具有影响力的创新研究团队，获 2019 年黑龙江省自然科学一等奖。

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	他引 总次 数	检索数 数据库	论文署 名单位 是否包 含国外 单位
1	The electromagnetic property of chemically reduced graphene oxide and its application as microwave absorbing material/ Applied Physics Letters/ C. Wang, X.J. Han, P. Xu, J. Wang, Y.C. Du	2011 年 98 卷 072906 页	2011 年 2 月 14 日	韩喜江	王超	王超, 韩喜江, 徐平, 王靖宇, 杜耘辰	353	Web of Science	否
2	Constructing Uniform Core-shell PPy@PANI Composites with Tunable Shell Thickness toward Enhancement in Microwave Absorption/ ACS Applied Materials & Interfaces/ C. Tian, Y.C. Du, P. Xu, R. Qiang, Y. Wang, D. Ding, J. Xue, J. Ma, H. Zhao, X.J. Han	2014 年 6 卷 12997- 13006 页	2015 年 8 月 31 日	杜耘辰 赵弘韬 韩喜江	田春华	田春华, 杜耘辰, 徐平, 强荣, 王莹, 丁钉, 马军, 赵弘韬, 韩喜江	157	Web of Science	否

3	Controlled Synthesis and Morphology-Dependent Electromagnetic Properties of Hierarchical Cobalt Assemblies/ Journal of Physical Chemistry C/ C. Wang, X.J.Han, X. Zhang, S. Hu, T. Zhang, J. Wang, Y.C. Du, X.H. Wang, P. Xu	2010 年 114 卷 14826- 14830 页	2010 年 9 月 9 日	韩喜江 徐平	王超	王超, 韩喜江, 张晓林, 胡素荣, 张涛, 王靖宇, 杜耘辰, 王晓红, 徐平	128	Web of Science	否
4	Morphology-Controlled Synthesis and Electromagnetic Properties of Porous Fe ₃ O ₄ Nanostructures from Iron Alkoxide Precursors/ Journal of Physical Chemistry C/ X.A. Li, B. Zhang, C. Ju, X. J. Han, Y.C. Du, P. Xu	2011 年 115 卷 12350- 123572 页	2011 年 6 月 30 日	张彬 徐平	李雪爱	李雪爱, 张彬, 鞠春华, 韩喜江, 杜耘辰, 徐平	155	Web of Science	否
5	Synthesis of Electromagnetic Functionalized Barium Ferrite Nanoparticles Embedded in Polypyrrole/ Journal of Physical Chemistry B / P. Xu, X.J. Han, C. Wang, H. Zhao, J. Wang, X.H. Wang, B. Zhang	2008 年 112 卷 2775- 2781 页	2008 年 2 月 19 日	韩喜江	徐平	徐平, 韩喜江, 王超, 赵弘韬, 王靖宇, 王晓红, 张彬	67	Web of Science	否
6	Synthesis of electromagnetic functionalized nickel/polypyrrole core/shell composites/ Journal of Physical Chemistry B/ P. Xu, X.J. Han, C. Wang, D. Zhou, Z. Lv, A. Wen, X.H. Wang, B. Zhang	2008 年 112 卷 10443- 10448 页	2008 年 8 月 28 日	韩喜江	徐平	徐平, 韩喜江, 王超, 周东华, 吕祖舜, 文爱花, 王晓红, 张彬	213	Web of Science	否

7	Shell Thickness-Dependent Microwave Absorption of Core-Shell Fe ₃ O ₄ @C Composites/ ACS Applied Materials & Interfaces/ Y.C. Du, W.W. Liu, R. Qiang, Y. Wang, X.J. Han, J. Ma, P. Xu	2014 年 6 卷 12997- 13006 页	2014 年 8 月 13 日	杜耘辰 徐平	杜耘 辰	杜耘辰, 刘文文, 强荣, 王 莹, 韩喜 江, 马军 徐平	366	Web of Science	否
8	Metal organic framework-derived Fe/C Nanocubes toward efficient microwave absorption/ Journal of Materials Chemistry A/ R. Qiang, Y.C. Du, H. Zhao, Y. Wang, C. Tian, Z. Li, X.J. Han, P. Xu	2015 年 3 卷 13426- 13434 页	2015 年 6 月 6 日	杜耘辰 韩喜江 徐平	强荣	强荣, 杜 耘辰, 赵 弘韬, 王 莹, 田春 华, 李志 刚, 韩喜 江, 徐平	143	Web of Science	否
合 计							1582		