

高性能铁基超导材料制备及高场应用 关键技术

(推荐奖项：技术发明奖)

(推荐专家：甘子钊，李建刚，周兴江，闻海虎，肖立业)

1. 推荐意见

专家：甘子钊（北京大学）

该项目基于铁基超导材料良好的应用特性，开展了系统的铁基超导线材研究工作。在理论研究方面，提出了致密度和晶粒取向的协同调控思想，创建了应力诱导纳米位错磁通钉扎调控策略，研制出载流性能国际领先的铁基超导线材。在关键技术方面，开发了先位法、金属元素掺杂等系列关键制备技术，成为国际上铁基超导线材制备的通用手段；在国际上率先突破了千米量级铁基超导长线制备技术，并实现了线材的规模化制备。项目系统性的原创工作使我国在新型高温超导材料的成材基础和性能研究方面一直处于世界的最前沿，为高场超导装备和大科学装置的发展提供了新型材料及关键技术支撑。

同意推荐该项目申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家：李建刚（中国科学院合肥物质研究院）

该项目在国际上率先开展了系统的铁基超导材料成材理论与技术研究，首次制备了铁基超导线材，开创了国际铁基超导线材研究方向。经过十多年的努力，项目开发的铁基超导线材关键

制备技术将线材载流性能提升了 3 个数量级(至 45 万安培/平方厘米)，这是推进铁基超导材料实用化的重要工作，被国际同行一致誉为“铁基线材取得了令人惊讶的进展，达到业界公认的 10^5 A/cm^2 实用化水平”。该项目研发的高性能铁基超导线材为高场磁体应用提供了新的材料体系，为未来新型聚变磁体的开发提供了新的材料与关键技术基础。

同意推荐该项目申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家：周兴江（中国科学院物理研究所）

该项目针对铁基高温超导材料本征的“晶界弱连接”这一国际公认难题，提出了致密度和晶粒取向的协同调控思想，打破了传统单一追求致密化的片面认识，使线材载流性能率先跨越 10^5 A/cm^2 的实用化门槛。首创非对称应力诱导纳米位错钉扎策略，解决了在铁基超导线材中引入纳米级磁通钉扎中心的重大技术难题，创造了线材载流性能的新纪录。项目攻克了铁基超导多芯长线制备技术，实现了线材规模化生产，研制的高性能长线在最高 35 T 极端强磁场下实现了高载流稳态运行，验证了高场应用的可行性，为下一代高能加速器、可控核聚变堆等国家前沿重大科学装置的跨越发展提供了自主可控的材料和技术保障。

同意推荐该项目申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家：闻海虎（南京大学）

该项目团队在新型铁基超导材料实用化研究方面取得了一系列创造性成果，在国际上处于领先水平，产生了重要的国际影响。他们开发的先位法-轧制-热压/热等静压复合制备新技术，

受到国际同行的广泛跟踪研究，相关成果被写入美国麻省理工学院研究生教材；提出的磁通钉扎调控新思路，突破了线材高场载流性能瓶颈，创造了铁基超导线材载流性能最高纪录。他们先后研制出世界首根百米级和千米级铁基超导长线，并率先突破了铁基超导接头、超导线圈、超导电缆等强电应用关键技术，引领了国际上高性能铁基超导材料及其应用的发展，有力推动了铁基超导材料的产业化进程。

同意推荐该项目申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家：肖立业（中国科学院电工研究所）

该项目在国际上率先开展了铁基超导线材研究，提出了提高铁基超导线材载流性能的理论和方法，开辟了铁基超导材料的实用化新方向。项目开发了高性能铁基超导线材的制备关键技术，形成了新型超导材料—实用化线材—高场应用的全链条研究体系，在这一领域持续处于世界领先地位，对支撑我国未来高场强电应用领域的变革性技术发展具有重要意义。该项目研制的高性能铁基超导长线已应用于高场内插线圈和跑道型加速器线圈等多类高场线圈中，被美国国家强磁场实验室誉为“tour de force”（绝技）。项目团队入选科技部重点领域创新团队，获欧洲应用超导学会“国际应用超导杰出贡献奖”。

同意推荐该项目申报中国科学院杰出科技成就奖。

2. 主要知识产权和标准规范等列表

发明专利名称	国家 (地区)	授权号	授权 日期	权利人	发明人	发明专利 有效状态
一种铁基超导多晶块材及其制备方法	中国	ZL2022 1027449 5.1	2023 -04-2 1	中国科学院 电工研究所	马衍伟, 孙乔, 王栋樑, 张现平, 徐中堂, 董持衡	有效专利
一种单道次获得铁基超导线材的挤压制备工艺及其产物	中国	ZL2021 1033576 9.9	2023 -04-2 5	中国科学院 电工研究所	马衍伟, 韩萌, 姚超, 王栋梁, 杨鹏	有效专利
一种多层封装超导换位电缆及成缆方法	中国	ZL2020 1010268 2.2	2022 -05-1 7	中国科学院 高能物理研究所	徐庆金, 魏绍清, 张展, 王呈涛, 王莹哲, 张震, 石金瑞, 王娟, 陈新	有效专利
一种超导缆缩管工装及其成型工艺	中国	ZL2022 1130833 7.X	2026 -06-1 9	中国科学院 合肥物质科学研究院	徐朝胜, 秦经刚, 于敏, 杨东昇, 戴超, 金环, 周孟良	有效专利
一种铁基超导长线的制备方法及轧制装置	中国	ZL2020 1011664 5.7	2023 -01-3 1	中国科学院 电工研究所	王栋樑, 马衍伟, 张现平, 朱炎昌	有效专利
一种超导线材及其制备方法	中国	ZL2020 1039520 2.6	2022 -01-0 7	中国科学院 电工研究所	张现平, 马衍伟, 王栋樑, 姚超, 董持衡, 徐中堂, 黄河	有效专利
一种铁基超导线材的制备方法	中国	ZL2021 1023192 1.9	2023 -06-0 9	中国科学院 电工研究所	马衍伟, 郭文文, 姚超, 刘世法	有效专利
一种复合包套铁基超导线材的制备方法	中国	ZL2020 1010924 5.3	2021 -08-2 7	中国科学院 电工研究所	姚超, 马衍伟, 刘世法, 郭文文	有效专利
一种连续测量导线不同弯曲半径下载流能力的装置及方法	中国	ZL2020 1011330 6.3	2021 -01-1 2	中国科学院 高能物理研究所	魏绍清, 徐庆金, 张展, 张震, 王莹哲	有效专利
铁基超导线圈及制备方法及测量铁基超导接头电阻的方法	中国	ZL2020 1053282 9.1	2022 -03-0 8	中国科学院 电工研究所	朱炎昌, 马衍伟, 王栋樑, 张现平	有效专利

3. 成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	马衍伟	中国科学院电工研究所	项目总负责人，负责整个项目的设计、实施和统筹工作。创新设计并开发了铁基超导材料系列关键制备技术，研制出载流性能达到实用化水平的铁基超导线材，开发出千米级铁基超导长线制备技术，推动了铁基超导材料的应用。
2	徐庆金	中国科学院高能物理研究所	主要开展铁基高场超导磁体技术研究，研制出的铁基超导线圈在 32 T 高场下实现国际最高载流性能，验证了铁基超导高场应用的可行性及独特优越性，并研制出面向加速器高场磁体应用的多层封装铁基超导换位电缆。
3	秦经刚	中国科学院合肥物质科学研究院	对铁基超导线材的弯曲极限、交流损耗、应力应变等使役特性进行了系统研究，建立了铁基超导线材的应用特性数据库；开发了大型超导电缆多级低张力均匀扭绞技术，解决了超导电缆双向不规则大变形引起的性能退化难题。
4	王栋樑	中国科学院电工研究所	突破了长线制备中的相组分与微结构控制、界面复合体加工等关键技术，为千米级铁基超导长线研制奠定基础；制备出国际首个铁基超导接头、国际首个铁基超导高场内插线圈，高场下仍然保持高载流能力。
5	张现平	中国科学院电工研究所	主要进行了铁基超导线材性能提高、超导长线制备及性能方面的相关研究，率先研制出达到实用化水平的铁基超导线材，国际首根千米级铁基超导长线等。
6	姚超	中国科学院电工研究所	主要进行了铁基超导线材的轧制-热等静压技术和多芯铁基超导线材制备技术研究，研制出国际首根铁基超导多芯线材、国际首个高强度复合包套铁基超导线材等。

说明：公示内容须与推荐书相关部分一致。