

陕西省技术发明奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	高适应性搅拌摩擦焊接关键技术与智能装备
主要完成人	王文、乔柯、董继红、韩鹏、周利、孟强
主要完成单位	西安建筑科技大学、北京赛福斯特技术有限公司、哈尔滨工业大学（威海）

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖
提名意见： <p>在航空航天、国防军工与轨道交通等领域高端装备持续向高性能、高可靠方向发展的背景下，对复杂构件的制造提出了极高要求。搅拌摩擦焊（Friction Stir Welding, FSW）作为绿色高效的固相焊接技术，虽在简单结构焊接中表现优异，但其技术适应性一直面临严峻挑战。面对中空、曲面、超大尺寸等复杂构件时，常规 FSW 技术存在可焊结构类型有限的突出问题，严重制约了该技术在高性能复杂构件制造中的推广与应用。高适应性 FSW 技术的缺乏，已成为制约高端装备整体性能提升的关键瓶颈。该项目在国家自然科学基金重点项目、军委科技委 173 计划重点项目、工信部民机专项等项目支持下，突破了高适应性 FSW 形性调控基础理论，开发了差动自适应 FSW、悬停回填式 FSW、智能恒压轨迹控制 FSW 新技术和成套智能装备，实现了复杂构件高适应性优质焊接，技术难度大，复杂程度高。开发的技术装备与复杂构件产品已实现工业规模化生产。</p> <p>该项目授权国家专利 41 件，发表学术论文 74 篇，形成了完整的自主知识产权体系，显著提升了我国复杂构件焊接技术和装备水平，有力支撑了航空航天、国防军工及轨道交通领域的重大需求，装备已出口发达国家。近三年新增销售收入 19.02 亿元，新增利润 1.91 亿元。获厅局级科技成果特等奖 1 项，校级科技成果一等奖 1 项。</p> <p>提名该项目为陕西省技术发明奖一等奖。</p>			
说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名人应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审遴选项目不再降格参评二等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目提交后，提名等级建议不得变更。			

三、项目简介

搅拌摩擦焊（Friction Stir Welding, FSW）作为绿色高效的固相连接技术，虽在简单结构焊接中表现优异，但其技术适应性一直面临严峻挑战。面对空腔、曲面、超大尺寸等复杂结构时，常规 FSW 技术存在可焊结构类型有限的突出问题，严重制约了该技术在高性能复杂构件制造中的推广与应用。高适应性 FSW 技术的缺乏，已成为制约高端装备整体性能提升的关键瓶颈。

针对上述难题，本项目在国家自然科学基金重点项目、军委科技委 173 计划重点项目、工信部民机专项等项目支持下，从基础理论、关键技术与智能装备三个层面系统开展了高适应性 FSW 关键技术研究。主要发明点如下：

发明点 1：建立了 FSW 高精度热-力-流三维物理场模型，阐明了组织性能内禀关系，揭示了 FSW 形性调控机理，为高适应性 FSW 新技术及装备开发奠定了理论基础。

发明点 2：发明了差动自适应 FSW 新技术及装备，实现了复杂中空构件高效优质焊接。

发明点 3：发明了悬停回填式 FSW 新技术及装备，实现了复杂曲面构件高效智能制造。

发明点 4：发明了智能恒压轨迹控制 FSW 新技术及装备，实现超长复杂构件高精度焊接。

该项目相关装备已实现出口。授权国家专利 41 件，发表学术论文 74 篇；出版专著 2 部，教材 1 部；培养博（硕）士研究生等各类高级人才 40 余人。获厅局级科技成果特等奖 1 项，校级科技成果一等奖 1 项。

四、客观评价

1.科学技术成果评价结论

2024 年中国有色金属学会组织同行专家对相关成果进行了评价，中国工程院院士潘复生教授为专家组组长。综合评价结论：建立了搅拌摩擦焊接高精度三维物理场模型，揭示了接头微观组织与力学性能的构效关系；发明了差动自适应搅拌摩擦焊接技术、悬停回填式搅拌摩擦焊接技术和智能恒压轨迹控制搅拌摩擦焊接新技术及装备，研制了双机头双面搅拌摩擦焊接装备、智能机器人搅拌摩擦焊接装备和大型动龙门搅拌摩擦焊接装备，实现了复杂构件高效优质焊接，解决了我国航空航天、国防军工和轨道交通等领域对复杂构件焊接技术和装备的需求难题。该成果基础研究、主体技术及装备达到国际领先水平。

2.应用单位评价

“回填式搅拌摩擦点焊被成功应用于新一代运载火箭箱底焊接，突破了传统电阻点焊无法满足高品质连接的技术瓶颈，为我国新一代运载火箭制造技术优化提供了支撑。”；“突破了搅拌摩擦焊工装设计制造、焊接变形控制等关键技术。开发的首套 5400L 贮箱搅拌摩擦焊焊缝全部满足 I 级焊缝质量，一次焊接合格率 100%，为贮箱进一步轻量化设计制造奠定坚实的基础。”；“该技术用于新一代高速列车车体型材结构制造，为突破常规搅拌摩擦焊接技术需要复杂的背部支撑机构、施工难度大和生产成本高等瓶颈，实现我国新一代高速列车制造技术优化提供了支撑。”

3.项目验收意见

(1) 国家自然科学基金重点项目“超高强铝合金和镁合金同种/异种材料搅拌摩擦焊接技术及相关基础（U1760201）”、军委科技委 173 计划重点项目“XXX 搅拌摩擦加工基础（2021-JCJQ-JJ-0190）”、国家工信部民机专项“XXX 结构机器人搅拌摩擦点焊工艺与装备技术研究（MJ-2016-G-63）”、航空科学基金项目“T 型接头搅拌摩擦焊增材制造机理研究（20181125002）”、国家自然科学基金青年项目“颗粒增强钛基复合材料冷喷摩擦复合增材制造机理（52104383）”顺利通过验收；

(2) 陕西省工业重点攻关项目“超塑成形用细晶镁合金制备技术开发(2020ZDLGY13-06)”、陕西省自然科学基金“搅拌摩擦加工 3D 打印金属表面改性机制（2019JQ-769）”和“冷喷摩擦复合增材制造机理（2019JQ-111）”、省部级重点实验室开放基金项目“搅拌摩擦加工表面再制造成型机理（tyw12019-05）”和西安市科技创新引导项目“高强汽车钢搅拌摩擦焊接关键技术研究（201805033YD11CG17(8)）”顺利通过验收。

4.科技查新报告

科技查新证实在国内外公开发表的中外文献中，与本项目发明的差动自适应搅拌摩擦焊接技术、悬停回填式搅拌摩擦焊接技术和智能恒压轨迹控制搅拌摩擦焊接技术，研制的双机头双面搅拌摩擦焊接装备、智能机器人搅拌摩擦焊接装备和大型动龙门搅拌摩擦焊接装备完全相同的研究未见报道。

5.重要获奖

(1) 项目成果“铝镁合金同种/异种材料搅拌摩擦焊接机理及组织性能调控”获陕西高等学校科学技术奖特等奖和西安建筑科技大学自然科学奖一等奖；

(2) 研究团队入选陕西省“三秦学者”创新团队、中国有色金属创新争先团队、陕西省科技创新团队、陕西高校青年创新团队；

(3) 项目负责人王文教授获国家优秀青年科学基金、霍英东教育基金会高等院校青年科学奖、陕西省杰出青年基金、陕西省科技新星、第三届全国有色金属优秀青年科技奖、陕西省普通高校青年杰出人才计划、全国高校冶金院长奖；

(4) 项目成员乔柯获陕西省科技新星、周利入选山东省泰山学者青年专家、韩鹏获中国大学生自强之星和陕西省优秀毕业生称号；培养博（硕）士研究生等各类高级人才 40 余人，获优秀博（硕）学位论文 8 篇；

(5) 项目成果《Friction stir processing of magnesium alloys: A review》入选 ESI 前 1% 高被引论文，被《Acta Metallurgica Sinica (English Letters)》期刊评为 2021 年度最佳优秀论文；

(6) 项目论文、技术装备和成果应用等被央广网、陕西新闻联播和《Acta Metallurgica Sinica》、《Materials and Corrosion》期刊专题报道，累计点击量达到 10000 余次。

6. 学术评价

项目研究工作得到了中国工程院院士潘复生教授、加拿大工程院院士陈道伦教授、美国焊接学会会士武传松教授、搅拌摩擦焊接技术发明单位英国焊接研究所 Gandra 教授、美国北德克萨斯大学 Mishra 教授（搅拌摩擦加工技术发明人）、日本大阪大学焊接研究所 Fujii 教授、国家高层次人才北京工业大学陈树君教授、国家高层次人才西北工业大学李文亚教授等学者的正面评述和引用。

五、应用情况和效益

1. 应用情况（限 2 页）

本项目开发的技术和装备已成功在天津航天长征火箭制造有限公司、上海空间推进研究所、中车长春轨道客车股份有限公司、北京赛福斯特技术有限公司、江苏海装金属成型科技有限公司等单位实现应用，满足了我国航空航天、国防军工和轨道交通等领域高端装备制造需求。同时，开发的技术和装备出口法国、俄罗斯和土耳其等，为企业创造显著经济效益。主要应用情况如下表 1：

表 1 主要应用情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	天津航天长征火箭制造有限公司	悬停回填式搅拌摩擦焊接技术	铝合金箱底	2021年～至今	宋建岭
2	上海空间推进研究所	智能恒压轨迹控制搅拌摩擦焊接新技术及装备	铝合金贮箱	2020年～至今	陆子阳
3	中车长春轨道客车股份有限公司	差动自适应搅拌摩擦焊接技术	高速列车车体	2021年～至今	张欣盟
4	北京赛福斯特技术有限公司	悬停回填式搅拌摩擦焊接技术	带筋壁板、船底壁板、列车底板、顶板	2022年～至今	赵华夏
5	江苏海装金属成型科技有限公司	智能恒压轨迹控制搅拌摩擦焊接新技术及装备	带筋壁板	2017年～至今	姜正文
6	长春市天瑞机械有限公司	差动自适应搅拌摩擦焊接技术	铝合金板材、型材、底板	2019年～至今	宋柏阳
7	北京知信浩宇科技有限公司	差动自适应搅拌摩擦焊接技术	焊接装备及控制系统	2018年～至今	孙笑旸
8	东莞智汇焊接科技有限公司	智能恒压轨迹控制搅拌摩擦焊接新技术及装备	汽车轮毂、电池托盘、散热器、压缩机和车体	2017年～至今	龚尚伟

2. 经济效益和社会效益（限 2 页）

（1）经济效益

该成果成功应用于天津航天长征火箭制造有限公司、上海空间推进研究所、中车长春轨道客车股份有限公司和北京赛福斯特技术有限公司等公司产品制造。近三年新增销售收入 19.02 亿元，新增利润 1.91 亿元。

表 2 近三年经济效益（万元）

自然年	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2024	7200	573.6	68700	7889.0
2023	6580	489.6	57460	5873.5
2022	5055	363.2	45210	3947.7
累 计	18835	1426.4	171370	17710.1

（2）社会效益

1)该项目创造性地解决了高适应性搅拌摩擦焊接关键技术与智能装备及产业化应用中的重大技术难题，成功开发出成套高适应性搅拌摩擦焊接关键技术与智能装备，实现工业化生产，使我国搅拌摩擦焊接技术及装备达到国际领先水平；

2)该项目取得了一系列具有自主知识产权的原创性成果，引领了我国搅拌摩擦焊接技术发展，促进了固相焊接和相关高端装备制造领域科技进步；

3)该成果满足了航空航天、国防军工和轨道交通领域焊接需求，成功应用于火箭燃料贮箱、飞机货舱地板、军舰甲板、导弹壳体等产品生产制造，推动了我国高端制造业发展；技术装备节能环保、应用前景广阔、社会经济效益巨大；

4)授权国家专利 41 件，发表学术论文 74 篇，出版专著 2 部，教材 1 部；培养各类高级人才 40 余人，其中王文教授获国家优秀青年科学基金、霍英东教育基金会高等院校青年科学奖、陕西省杰出青年基金、陕西省科技新星、第三届全国有色金属优秀青年科技奖、陕西省普通高校青年杰出人才计划、全国高校冶金院长奖；团队成员乔柯获陕西省科技新星、周利入选山东省泰山学者青年专家、韩鹏获中国大学生自强之星和陕西省优秀毕业生称号；获中优秀博（硕）学位论文 8 篇。团队入选陕西省“三秦学者”创新团队、中国有色金属创新争先团队、陕西省科技创新团队、陕西高校青年创新团队。相关成果获陕西高等学校科学技术奖特等奖和西安建筑科技大学自然科学奖一等奖。

六、主要知识产权证明目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种高强度钢差动稳奥搅拌摩擦焊接方法和焊接接头	中国	ZL202111042444.8	2023 年 7 月 25 日	6170458	西安建筑科技大学	乔柯, 王快社, 王文, 张婷, 王佳, 郝政扬, 蔡军, 佟立波
2	发明专利	一种添加高熵合金辅助搅拌摩擦焊接方法、接头及应用	中国	ZL202111115807.6	2023 年 4 月 11 日	5874809	西安建筑科技大学	王文, 张宇烨, 王快社, 韩鹏, 方园, 王元一, 王佳, 叶东明
3	发明专利	一种搅拌头、搅拌摩擦焊装置及加工镁铝异种合金的方法	中国	ZL201810128749.2	2021 年 12 月 14 日	4846121	西安建筑科技大学, 西安石油大学	王快社, 金园园, 王文, 王洪铎, 杨涛
4	发明专利	一种搅拌摩擦焊接制备梯度材料的方法及制备的梯度材料	中国	ZL201811567352.X	2021 年 5 月 4 日	4398363	西安建筑科技大学	王文, 韩鹏, 彭湃, 乔柯, 王快社, 张婷, 王庆娟, 张兵, 蔡军, 罗雷
5	发明专利	一种镁合金表面耐腐蚀涂层、制备方法、装置及应用	中国	ZL202010827180.6	2023 年 5 月 9 日	5953242	西安建筑科技大学	王文, 关肖虎, 韩鹏, 乔柯, 王快社, 刘志浩, 强菲, 刘强, 张兵, 蔡军
6	发明专利	一种用于搅拌摩擦焊接的水冷搅拌头及水冷循	中国	ZL201710612400.1	2019 年 5 月 7 日	3366901	北京赛福斯特技术有限公司	孟强, 栾国红, 董继红, 张坤

		环的方法						
7	发明专利	一种双机头 双面高效率 搅拌摩擦焊 设备及其焊 接方法	中国	ZL20191 0212878. 4	2021 年 3 月 9 日	4289103	北京赛福 斯特技术 有限公司	孟强, 王豪, 曾元松
8	发明专利	一种多机头 动龙门搅拌 摩擦焊装置	中国	ZL20201 0749545. 8	2022 年 3 月 15 日	5000178	北京赛福 斯特技术 有限公司	孟强, 冯翠红
9	发明专利	一种搅拌针 长度可调的 搅拌摩擦焊 装置及焊接 方法	中国	ZL20171 0612418. 1	2019 年 7 月 19 日	3459500	北京赛福 斯特技术 有限公司	孟强, 栾国红, 董继红, 张坤
10	发明专利	一种两轴回 填式搅拌摩 擦点焊装置	中国	ZL20181 0639025. 4	2020 年 8 月 28 日	3959505	哈尔滨工 业大学 (威海)	周利, 王瑞, 张锦标, 戚家铭, 黄永宪, 宋晓国, 冯吉才

七、主要完成人情况表

姓 名	王文	排 名	1
行政职务	副院长		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 项目负责人，对“主要科技创新”中所列的发明点 1、2、3、4 做出了创造性贡献，主要负责实验基础研究及组织实施工作，具体负责 FSW 形性控制基础理论和差动自适应 FSW 技术基础研究，辅助开发了双机头双面 FSW 装备、智能机器人 FSW 装备和大型动龙门搅拌摩擦焊接装备。以第一作者/通讯作者发表 SCI 论文 37 篇，授权专利 24 件。			

姓 名	乔柯	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 项目技术负责人，对“主要科技创新”中所列的创新点 1、2 做出了创造性贡献，发明了差动自适应 FSW 技术，主要负责差动自适应 FSW 技术基础理论实施及验证工作。辅助开发了双机头双面 FSW 装备、智能机器人 FSW 装备和大型动龙门搅拌摩擦焊接装备。发表论文 40 篇，授权专利 24 件。			

姓 名	董继红	排 名	3
行政职务	总经理		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	北京赛福斯特技术有限公司		
完成单位	北京赛福斯特技术有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 项目技术骨干，对“主要科技创新”中所列的创新点 3、4 做出了创造性贡献，主要负责悬停回填式 FSW 技术和智能恒压轨迹控制 FSW 技术基础研究工作中试研究方案制定及实施工作。授权国家发明专利 5 件。			

姓 名	韩鹏	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 项目技术骨干，对“主要科技创新”中所列的创新点 1、2 做出了重要贡献，主要负责差动自适应 FSW 基础理论和技术开发研究，完成了双机头双面 FSW 实验研究和焊接工艺优化。发表学术论文 20 篇，授权国家发明专利 7 件。			

姓 名	周利	排 名	5
行政职务	系主任		
技术职称	教授		
工作单位	哈尔滨工业大学（威海）		
完成单位	哈尔滨工业大学（威海）		
对本项目技术创造性贡献： 项目主要研究人员，对“主要科技创新”中所列的创新点 1、3 做出了创造性贡献，发明了一种两轴回填式搅拌摩擦点焊装置，揭示了 FSW 点焊过程中金属间化合物反应合成机理，开发了悬停回填式 FSW 技术。发表学术论文 3 篇，授权国家发明专利 2 件。			

姓 名	孟强	排 名	6
行政职务	董 事 长		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	北京赛福斯特技术有限公司		
完成单位	北京赛福斯特技术有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 项目主要研究人员，对“主要科技创新”中所列的创新点 3、4 做出了创造性贡献，发明了悬停回填式 FSW 技术和智能恒压轨迹控制 FSW 技术，开发了智能机器人 FSW 装备和双机头双面 FSW 装备。发表学术论文 2 篇，授权国家发明专利 8 件。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安建筑科技大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为项目牵头完成单位，西安建筑科技大学承担了项目总体研究方案的制定、基础理论研究及中试研究工作。建立了搅拌摩擦焊接高精度三维物理场模型，揭示了微观组织与力学性能的构效关系，阐明了搅拌摩擦焊接控形控性机理，为高适应性搅拌摩擦焊接新技术开发奠定了理论基础。发明了差动自适应搅拌摩擦焊接新技术，实现了复杂中空构件高性能焊接。参与研发了高适应性搅拌摩擦焊接智能装备，开发了多品种、多规格复杂构件产品。研究成果在国内外权威期刊发表学术论文 60 余篇，授权专利 31 件；出版专著 2 部，教材 1 部；培养各类高级人才 30 余人；获中国有色金属学会优秀博（硕）学位论文 5 篇，中国冶金教育学会优秀博（硕）学位论文 3 篇。培养国家优青 1 人、霍英东教育基金会高等院校青年科学奖获得者 1 人，陕西省杰青 1 人、陕西省科技新星 2 人，中国大学生自强之星 1 人，陕西省优秀毕业生 1 人。</p>	
单位名称	北京赛福斯特技术有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为项目主要完成单位，北京赛福斯特技术有限公司承担了高适应性搅拌摩擦焊接关键技术与智能装备的工业化生产、应用及关键技术工程化试验研究工作。开发了悬停回填式搅拌摩擦焊接新技术，研制了双机头双面搅拌摩擦焊接装备、智能机器人搅拌摩擦焊接装备和大型动龙门搅拌摩擦焊接装备，开发了双机头恒压力控制系统、高承载焊接主轴系统、焊接轨迹同步补偿控制技术和搅拌摩擦焊接工具等，形成了成套焊接技术装备，在高适应性搅拌摩擦焊接工业化应用中发挥了重要作用。发表国内外高水平论文 3 篇，授权国家发明专利 8 件。</p>	
单位名称	哈尔滨工业大学（威海）
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>作为项目主要完成单位，哈尔滨工业大学（威海）承担了高适应性搅拌摩擦焊接技术基础理论研究和关键技术开发工作。开展了悬停回填式搅拌摩擦焊接技术研究，优化设计了焊接工具，形成了成套焊接技术。开展了搅拌摩擦焊具设计、焊接工艺与缺陷控制研究，提出并确立了工业化生产成套技术原型，为技术成果在工业化的应用提供了坚实的理论基础。发表学术论文 4 篇，授权国家发明专利 2 件，培养了各类高级人才 6 人。</p>	

完成人合作关系说明

项目完成人包括王文，乔柯，董继红，韩鹏，周利，孟强。项目第一完成人王文与第二完成人乔柯、第四完成人韩鹏同属西安建筑科技大学，通过论文合著、共同知识产权、共同获奖等方式合作。项目第一完成人王文与第五完成人周利通过共同立项方式合作。项目第一完成人王文与第六完成人孟强通过论文合著方式合作。项目第一完成人王文与第三完成人董继红、第五完成人周利、第六完成人孟强通过产业合作方式合作。项目第二完成人乔柯与第六完成人孟强通过论文合著方式合作。项目第三完成人董继红、第五完成人周利和第六完成人孟强通过论文合著方式合作。

完成单位情况说明：“北京赛福斯特技术有限公司”为“中国航空制造技术研究院”全额出资设立的子公司。项目第三完成人董继红和第六完成人孟强同属“北京赛福斯特技术有限公司”和“中国航空制造技术研究院”。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同获奖	王文/1 乔柯/2 韩鹏/4	2018年9月1日	2024年6月11日	陕西高等学校科学技术奖特等奖	
2	共同获奖	王文/1 乔柯/2 韩鹏/4	2018年9月1日	2023年11月1日	西安建筑科技大学自然科学奖一等奖	
3	共同知识产权	王文/1 乔柯/2	2016年1月1日	2023年7月25日	一种高强度钢差动稳奥搅拌摩擦焊接方法和焊接接头	
4	共同知识产权	王文/1 韩鹏/4	2018年9月1日	2021年5月4日	一种搅拌摩擦焊接制备梯度材料的方法及制备的梯度材料	
5	共同知识产权	董继红/3 孟强/6	2017年1月1日	2019年5月7日	一种用于搅拌摩擦焊接的水冷搅拌头及水冷循环的方法	
6	论文合著	王文/1 乔柯/2 孟强/6	2017年1月1日	2022年2月2日	Microstructure and mechanical properties in friction stir welded thick Al-Zn-Mg-Cu alloy plate	
7	论文合著	董继红/3 周利/5 孟强/6	2020年1月1日	2023年9月1日	Texture evolution of refill friction stir spot welding in alclad 2A12-T42 aluminum alloy	
8	论文合著	王文/1 乔柯/2 韩鹏/4	2018年9月1日	2022年9月10日	A new insight into LPSO phase transformation and mechanical properties uniformity of large-scale Mg-Gd-Y-Zn-Zr alloy prepared by multi-pass friction stir processing	
9	产业合作	王文/1 董继红/3 周利/5 孟强/6	2017年1月1日	2023年8月1日	高适应性搅拌摩擦焊接关键技术与智能装备	
10	共同立项	王文/1 周利/5	2022年8月1日	2023年8月1日	超塑成形用钛合金搅拌摩擦加工技术研究	