

## 2025 年度四川省技术发明奖提名项目公示信息

项目名称、提名者及提名意见、项目简介、主要知识产权和标准规范等目录、论文专著目录、主要完成人、完成单位。

项目名称	运载装备关键铝合金构件高质高效成形制造技术与装备
提名单位	国机重型装备集团股份有限公司
提名意见	<p>该项目紧密结合我国运载装备高质量发展需求，在国家科技重大专项、国家重点研发计划、国家科技支撑计划等项目支持下，与武汉理工大学在航空航天装备高性能构件高质高效成形制造技术领域进行了密切产学研合作，发明了铝合金坯料稀土改性-复合能场组织均化技术与锻压热处理复合高强韧精确成形技术，研制了铝合金构件高效短流程精确成形产线技术，实现了运载装备关键铝合金构件的高质高效成形，并在航空航天主承载铝合金构件上进行工程应用验证，实现了飞机铝合金大型主承载整体框、飞机铝合金大型主承载框梁等高质高效生产，应用于成飞和西飞等航空领军企业新一代歼系列和运系列军机。成形精度、强韧性和成形效率显著提高，对我国多种型号运载装备的总装研制生产起到了重要推动和保障作用。同时技术产品推广应用于汽车、航空工业、兵器等国家重点领域装备关键铝合金构件，相关产品还出口美国、欧洲和日本等国家，取得了显著技术经济和社会效益。项目成果经同行专家鉴定认为：整体达到国际同类技术先进水平，其中铝合金坯料稀土改性-复合能场组织均化技术与锻压热处理复合高强韧精确成形技术居国际领先水平。项目成果实现了运载装备关键铝合金构件高质高效成形技术产线自主创新，促进了我国高性能铝合金构件成形制造技术跨越发展。</p>
主要完成单位	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司、武汉理工大学、神龙汽车有限公司成都分公司
项目简介	<p>铝合金构件广泛用于火箭、飞机、汽车等运载装备，重量占火箭 85%、飞机 65%以上。铝合金构件传统制造技术存在主要问题：1）坯料组织不均、杂质多，严重损害性能；2）构件先塑性成形再热处理（高温固溶-淬火-时效），成形后高温固溶和淬火不仅破坏构件几何精度，还导致晶粒粗大，严重损害构件强韧性和服役寿命；3）工艺流程长、效率低、能耗高。航空航天铝合金构件高质高效制造是国家重大需求和国际科技前沿，项目在国家科技计划支持下，十余年产学研合作，深度融合塑性成形与热处理，重构制造工艺流程，首创了铝合金坯料高品</p>

<p>质制备与构件高强韧成形制造关键技术及装备，主要发明如下：</p> <p>1、铝合金坯料稀土改性-复合能场组织均化技术：揭示了稀土-电磁/超声能场复合作用下铝合金组织性能演化规律，发明了铝合金坯料稀土-能场复合净化均化高品质制备技术：熔炼中引入 Ce 和 Sc 等微量稀土元素实现熔体净化和强化，浇注中采用电磁搅拌与超声振动多能场作用实现组织细化与均化，研制批产了 6M82 和 7M55 高品质铝合金坯料。经第三方检测，相比国际先进的美国 Alcoa 同类产品，项目铝合金坯料杂质含量降低 60%，晶粒细化 62%，屈服强度和延伸率分别提高 6%和 18%，居国际领先水平。</p> <p>2、铝合金构件锻压热处理复合高强韧精确成形技术：揭示了铝合金塑性成形与热处理融合工艺条件-几何精度-组织性能作用规律，发明了铝合金构件锻压热处理复合高强韧精确成形技术：将锻造加热与固溶处理复合，获得固溶态坯料后模具成形，在模内淬火保障构件精度与细晶组织，出模后时效强化叠加细晶强化，获得高精度高强韧，构件成形后无需高温固溶和淬火，彻底解决了传统技术成形后高温固溶形成粗晶损害强韧性、淬火变形损害精度的铝合金制造国际难题。项目研制的火箭/飞机等铝合金构件，经第三方检测，相比国际先进的美国 NASA 和 LMT 洛马同类产品，屈服强度和延伸率分别提高 16%和 43%，成形精度提升至 0.1‰，居国际领先水平。</p> <p>3、高效短流程成形装备与产线技术：将传统技术先塑性成形再热处理 6 道工序（坯料加热-模具成形-高温固溶-淬火-时效-校形）变革为锻压热处理复合成形的短流程 3 道工序（加热固溶-锻造淬火冷却-时效）。阐明了成形装备负载特性及力/速参数对构件成形质量与能耗的作用机制，发明了高效短流程成形力/速/位多参数协同伺服控制方法，研制了重载高频次伺服成形装备，建成了航空航天铝合金构件高效短流程成形系列产线。经第三方检测，生产效率提高 10 倍以上，能耗降低 60~80%，优于国际先进水平。</p> <p>本领域 3 位院士鉴定意见：整体达到国际先进水平，其中铝合金构件锻压热处理复合高强韧精确成形技术居国际领先水平。项目授权中外发明专利 110 件，制订国标 7 项，发表论文 107 篇。产品批量用于中国二重、中国航天、美国 GE、英国罗罗，推广应用于一汽、东风等龙头企业。近三年新增销售 77.2 亿元，新增利税 6.8 亿元，经济社会效益显著，引领我国高端装备铝合金构件制造技术跨越发展。助力四川省打造先进材料与高端装备制造产业集群。</p>
主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

序号	知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准 编号)	授权 (标准发 布) 日期	证书编号 (标准批准发布 部门)	权利人 (标准起 草单位)	发明人 (标准起草人)	发明专利 (标准) 有效状态
1	发明专利	一种高性能铝合金及其制备方法	中国	ZL201910235828.8	2021 年 05 月 18 日	第 4429391 号	武汉理工大学	华林;赵满; 胡志力; 赵宁; 孙倩	授权
2	发明专利	一种磁处理改性铝合金汽车车身板材及其制备方法	中国	ZL201810814248.X	2018 年 07 月 23 日	第 3666442 号	武汉理工大学	孙倩;华林;胡志力	授权
3	发明专利	一种稀土改性铝合金汽车车身板材及其制备方法	中国	ZL201810812628.X	2018 年 07 月 23 日	第 3666440 号	武汉理工大学	华林;孙倩;胡志力	授权
4	发明专利	一种高强铝合金构件锻压热处理复合高强韧精确成形工艺	中国	ZL202410152229.0	2024 年 02 月 03 日	第 7447569 号	武汉理工大学	胡志力;华林;郑佳	授权
5	发明专利	一种铝合金零件锻造工艺	中国	ZL202010832157.6	2021 年 09 月 21 日	第 4690783 号	武汉理工大学	华林;胡志力;柳勇志	授权
6	发明专利	一种短流程合金棒材的锻造方法	中国	ZL202410426597.X	2024 年 04 月 10 日	第 7130766 号	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司	李昌民;罗恒军;王晓巍;谢静;王德勇;李东宽;姜洪淼;向伟	授权
7	发明专利	热成形过程锻件尺寸的检测方法、装置及介质	中国	ZL202510414401.X	2025 年 04 月 03 日	第 8036936 号	武汉理工大学	胡志力;华林;毛亚威	授权
8	发明专利	一种铝合金预强化热成形生产线	中国	ZL202311096030.2	2023 年 08 月 25 日	第 6798817 号	武汉理工大学	华林;胡志力;牛昌海	授权
9	发明专利	一种改善大型构件局部流	中国	ZL20251034	2025 年 03 月	第 8123963 号	中国第二重型	李昌民;闵武;魏明	授权

		动性的模具设计方法		0811.4	21 日		机械集团德阳 万航模锻有限 责任公司	刚;莫安军;余胜峰; 栗文强;崔明亮;谢静	
10	发明专利	高强铝合金短流程高性能 成形技术方法及其应用	中国	ZL20221071 4230.9	2023 年 02 月 24 日	第 5748062 号	武汉理工大学	胡志力;魏鹏飞;华林	授权

论文专著目录（不超过 5 篇/部）

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	检索数据库	论文署名单 位是否包含 国外单位
1	Investigation of formability, microstructures and post-forming mechanical properties of heat-treatable aluminum alloys subjected to pre-aged hardening warm forming/International Journal of Machine Tools and Manufacture/华林; 张文沛; 马慧娟; 胡志力	2021, 169:103799	2021.10.31	马慧娟; 胡志 力	华林	华林; 张文沛; 马慧娟; 胡志 力	54	Web of Science Core Collection	否
2	Design and optimization of press slider with steel- aluminum composite bionic sandwich structure for energy saving/ Journal of Cleaner Production/梁丰; 汪	2023. 428:139341	2023.10.16	庞秋; 胡志力	梁丰	梁丰; 汪锐; 庞秋; 胡志力	47	Web of Science Core Collection	否

	锐；庞秋；胡志力								
3	Comparative study on deformation behavior, microstructure evolution and post-forming property of an Al-Zn-Mg-Cu alloy in a novel warm forming process/ Journal of Materials Processing Technology/张文沛；庞秋；芦俊杰；胡志力	2023, 312:117854	2022.12.21	庞秋；胡志力	张文沛	张文沛；庞秋；芦俊杰；胡志力	16	Web of Science Core Collection	否
4	Influence of strain rates and aging time on microstructure and hardness of integrally compressed 6082 aluminum alloy/ Journal of Materials Research and Technology /胡志力；郑佳；庞秋；孙倩；赵宁	2024, 27:826-838	2023.11.27	孙倩；赵宁	胡志力	胡志力；郑佳；庞秋；孙倩；赵宁	10	Web of Science Core Collection	否
5	Microstructure evolution and strengthening mechanisms of high strength Al-Zn-Mg-Cu alloy via pre-hardening forming/ Journal of Alloys and Compounds/魏鹏飞；胡志力；庞秋	2023, 938:172057	2023.9.7	胡志力；庞秋	魏鹏飞	魏鹏飞；胡志力；庞秋	21	Web of Science Core Collection	否
主要完成人情况									

排名	姓名	工作单位	完成单位
1	胡志力	武汉理工大学	武汉理工大学
2	李昌民	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司
3	华林	武汉理工大学	武汉理工大学
4	谢静	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司
5	陈嘉玥	神龙汽车有限公司成都分公司	神龙汽车有限公司成都分公司
6	魏鹏飞	武汉理工大学	武汉理工大学
7	毛亚威	武汉理工大学	武汉理工大学