

附件 3

项目名称	液压足式机器人动力单元轻量化创成体系与高性能控制技术
提名单位	哈尔滨市科技局
项目简介	<p>液压足式机器人具有足式机器人和液压驱动的双重优势，是机器人产业的重要分支，应用潜力巨大，我国诸多政策高度重视该类机器人的研究。动力单元是该类机器人实现系统性能的最关键部件之一，为打破该类机器人动力单元设计和控制的现有模式，使相关技术从“跟跑”状态转变为“并跑”甚至“领跑”状态。本项目完成人在多项国家级和省部级科技和人才项目等资助下，针对该类机器人液压足式机器人动力单元轻量化问题，凝练了以下三项创新点：</p> <p>创新点 1：液压足式机器人动力单元轻量化设计方法。该创新点聚焦国家“十四五”规划提及的“机器人轻量化设计技术”，提出了液压动力单元功能模块划分，并基于重量模型开展参数灵敏度分析，对关键功能模块进行了参数匹配与设计优化，形成了多功能模块化的液压动力单元产品；</p> <p>创新点 2：液压足式机器人动力单元三维复杂部件排布优化方法。该创新点聚焦国家十四五规划提及的“智能一体化关节”，提出了有限空间和安装约束下的三维复杂部件排布优化方法，实现了插装式一体化的紧凑布局新结构，得到了液压足式机器人动力单元轻量化集成方法并形成了新结构产品；</p> <p>创新点 3：液压足式机器人动力单元电液负载敏感匹配控制技术。该创新点聚焦机器人控制算法的“卡脖子”难题，提出了基于流量前馈和压差补偿反馈的电液负载敏感高效控制策略，形成了复杂工况下压力流量复合匹配控制技术。</p> <p>近五年，项目完成人发表学术论文 40 余篇，项目成果授权发明专利 20 余项，应用于多家企业、研究机构、高校的液压机器人及相关产品中，创造直接或间接经济效益超亿元。</p>

代表性论文专著目录

1. **Kaixian Ba, Bin Yu***, Xiangdong Kong, Chunhe Li, **Qixin Zhu**, Hualong Zhao, Lingjian Kong. Parameters sensitivity characteristics of highly integrated valve-controlled cylinder force control system[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2018, 31(43): 1-17.
2. **Kaixian Ba, Bin Yu***, **Qixin Zhu**, Zhengjie Gao, **Guoliang Ma**, Zhengguo Jin, Xiangdong Kong. Second order matrix sensitivity analysis of force based impedance control for leg hydraulic drive system[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2019, 121: 103265.
3. 俞滨, 李化顺, 巴凯先*, 郑博寒, 李景彬, 袁立鹏. 足式机器人轻量化液压油源匹配设计方法研究[J]. 机械工程学报, 2021, 57(24): 58-65.
4. **Kaixian Ba**, Yanhe Song, Chunyu Wang, Yapeng Shi, **Bin Yu***, Xin Chen, **Guoliang Ma**, Xiangdong Kong. A novel kinematics and statics correction algorithm of semi-cylindrical foot end structure for 3-DOF LHDS of legged robots[J]. Complex & Intelligent Systems, 2022, 8: 5387-5407.
5. Yapeng Shi, Xiaolong He, Wenpeng Zou, **Bin Yu**, **Lipeng Yuan**, Mantian Li, **Gang Pan**, **Kaixian Ba***. Multi-objective optimal torque control with simultaneous motion and force tracking for hydraulic quadruped robots[J]. Machines, 2022, 10(170): 1-18.

主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况）

排名	姓名	工作单位	完成单位	贡献	曾获奖励情况
1	袁立鹏	哈尔滨工业大学	哈尔滨工业大学	袁立鹏作为该项目的第 1 完成人，全面负责项目的总体规划、方案设计和协调管理等工作。在该项目实施期间，首创液压足式机器人动力单元轻量化设计方法、三维复杂部件排布优化方法和电液负载敏感匹配控制技术，对创新点一、二、三均做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 80%。	2021 年人社部海外人才重点支持计划
2	俞 滨	燕山大学	燕山大学	俞滨作为该项目的第 2 完成人，参与了项目总体方案研究和实施计划的制定。在该项目实施期间，参与设计了轻量化液压足式机器人动力单元与排布，提出了电液负载敏感匹配控制框架，对创新点一、二、三均做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 70%。	国家优秀青年科学基金获得者, NSFC 机械学科十佳优秀结题项目负责人, 2016 年度河北省科技进步一等奖(2/10), 2018 年度河北省科技进步一等奖(7/10), 2018 年度天津市科技进步一等奖(8/12)

3	巴凯先	燕山大学	燕山大学	巴凯先作为该项目的第3完成人，参与了项目总体方案研究和实施计划的制定。在该项目实施期间，提出了液压足式机器人动力单元轻量化新构型，参与了三维复杂部件排布优化和电液负载敏感匹配控制，对创新点一、二、三均做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的70%。	中国科协“青年人才托举工程”国家级青年人才，入选中国博士后科学基金获得者选介，获上银优秀机械博士论文-特别奖，河北省教育厅青年拔尖人才
4	潘刚	江苏亚力亚气动液压成套设备有限公司	江苏亚力亚气动液压成套设备有限公司	潘刚作为该项目的第4完成人，参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间，主要参与液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计与排布优化，对创新点一和二均做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	无
5	郭保苏	燕山大学	燕山大学	郭保苏作为该项目的第5完成人，参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间，主要参与了液压足式机器人动力单元三维复杂部件排布优化方法，对创新点二做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	无
6	朱琦歆	浙江大学	浙江大学	朱琦歆作为该项目的第6完成人，参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间，主要参与了液压足式机器人动力单元电液负载敏感匹配控制技术，对创新点三做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	第六届中国国际互联网+创新创业大赛国家铜奖

7	马国梁	燕山大学	燕山大学	马国梁作为该项目的第7完成人,参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间,主要参与液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计,对创新点一做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	第五届中国国际互联网+创新创业大赛国家铜奖
8	高仑	天达航科(黑龙江)智能装备有限公司	天达航科(黑龙江)智能装备有限公司	高仑作为该项目的第8完成人,参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间,主要参与了液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计,对创新点一做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	无
9	李化顺	燕山大学	燕山大学	李化顺作为该项目的第9完成人,参与了项目具体方案的研究和实施。在该项目实施期间,主要参与了轻量化液压足式机器人动力单元电液负载敏感匹配控制,对创新点三做出了创造性贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。	无

完成人合作关系说明

项目第二完成人俞滨、第三完成人巴凯先、第四完成人潘刚、第五完成人郭保苏、第六完成人朱琦歆、第七完成人马国梁、第八完成人高仑、第九完成人李化顺均是本人(第一完成人袁立鹏)的项目合作伙伴。

燕山大学俞滨与巴凯先参与了项目总体方案研究和实施计划的制定,参与了轻量化液压足式机器人动力单元构型设计与排布优化,提出了电液负载敏感匹配控制框架,对创新点一、二、三均做出了创造性贡献。江苏亚力亚气动液压成套设备有限公司潘刚参与了项目具体方案的研究和实施,主要参与液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计与排布优化,对创新点一和二均做出了创造性贡献。

燕山大学郭保苏主要参与了液压足式机器人动力单元三维复杂部件排布优化方法,对创新点二做出了创造性贡献。浙江大学朱琦歆主要参与了液压足式机器人动力单元电液负载敏感匹配控制技术,对创新点三做出了创造性贡献。燕山大学马国梁主要参与液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计,对创新点一做出了创造性贡献。天达航科(黑龙江)智能装备有限公司高仑主要参与了液压足式机器人动力单元轻量化新构型设计,对创新点一做出了创造性贡献。燕山大学李化顺主要参与了轻量化液压足式机器人动力单元电液负载敏感匹配控制,对创新点三做出了创造性贡献。

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	合作时间	合作成果	备注
1	论文合著	巴凯先/1 俞滨/2(通讯作者) 朱琦歆/5	2018 年起	Parameters sensitivity characteristics of highly integrated valve-controlled cylinder force control system	Chinese Journal of Mechanical Engineering
2	论文合著	巴凯先/1 俞滨/2(通讯作者) 朱琦歆/3 马国梁/5	2019 年起	Second order matrix sensitivity analysis of force based impedance control for leg hydraulic drive system	Robotics and Autonomous Systems
3	论文合著	俞滨/1 李化顺/2 巴凯先/3(通讯作者) 袁立鹏/6	2021 年起	足式机器人轻量化液压油源匹配设计方法研究	机械工程学报
4	论文合著	巴凯先/1 俞滨/5(通讯作者) 马国梁/7	2022 年起	A novel kinematics and statics correction algorithm of semi-cylindrical foot end structure for 3-DOF LHDS of legged robots	Complex & Intelligent Systems
5	论文合著	俞滨/4 袁立鹏/5 潘刚/7 巴凯先/8(通讯作者)	2022 年起	Multi-objective optimal torque control with simultaneous motion and force tracking for hydraulic quadruped robots	Machines

注：所填报内容必须与推荐书中提交的完全一致，否则责任自负，可自行调整行间距。