

2023 年度福建省科学技术奖 提名项目（候选人）公示内容

1.项目名称：多功能自适应快协同智慧型应急救援机器人关键技术及应用

2.提名奖种：福建省科学技术进步奖

3.提名单位：三明市科技局

4.项目简介：

重特大自然灾害的应急救援问题是世界各国关注的热点和难点。地震、山体滑坡等地质灾害频发造成的人员伤亡严重、经济损失巨大。据中国应急管理部统计，仅 2022 年自然灾害受灾达 1.12 亿人次，直接经济损失 2386.5 亿元。救援机器人在废墟搜救、堰塞湖处置等救援中发挥着重要作用，但传统的救援机器人功能单一、操作粗犷、协同力差，我国高端救援机器人主要靠进口，因此亟待研发多功能、自适应、快协同的智能化救援机器人，实现国产替代。

项目通过 10 年产学研用创新合作，发明了高可靠高强度钳剪抓一体的多功能救援属具，解决功能单一难题；发明自适应自规划救援核心机构，解决操作粗犷难题；研发救援机器人智能化多机协同技术，解决协同力差难题。以攻克以上难题为突破口，引领我国救援装备的发展。

（1）发明了多功能高可靠超高强度救援属具。提出一种 NSGA-II、灵敏度分析、模糊综合评价与 CAE 分析构建多目标多领域优化新方法，发明集钳碎、剪切及抓取功能为一体新属具；探明多功能属具失效机理和可靠性演化规律，研发出“零故障”高可靠救援属具；探明微量 V、Ti、B、Cr 元素对 Mn20 超高锰钢强化机制，研发出超高强度超耐磨 Mn20 超高锰钢属具新材料。最终发明了集钳碎、剪切、抓取功能为一体的应急机器人救援属具，其抗拉强度由 1350MPa 提高到 1765MPa，提高 31%，可通过钳剪形态与抓取形态变换，单臂单属具完成双臂双属具复杂救援动作。

（2）发明了自适应自规划救援机器人核心机构。研发了基于分级规划策略的贝叶斯网络的智能决策算法，实现救援机器人机械臂的高精度自适应自规划；研发了油电混合轮-履复合式移动平台，实现救援机器人对复杂多地形的快速响应和自适应；构建地震、山体滑坡等地质灾害现场救援情景，研发了救援机器人路径自侦察自规划控制系统。最终实现了援机器人机械臂运动自规划、地形自适应、路径自侦察自规划。

（3）研发了快协同多机器人智能协同技术。建立了适应于灾后环境下的机器人自组织分层式结构，研发了基于多天线、免调度、超远距离、大带宽、低时延主从通信控制技术和智能化远程多机协同交互技术；构建灾后现场复杂环境的统一深度学习网络模型，提出基于时间反馈 Morlet 小波变换算法，研发了救援机器人智能感知探测技术。最终实现了救援机器人智能多机协同交互操控和对微弱生命信号的智能感知探测。

5.主要完成单位:

三明学院
北京工业大学
福建亿松机械有限公司
上海大学
福建华航建设集团有限公司

6. 主要完成人及其贡献:

序号	姓名	性别	职务/职称	文化程度 (学位)	工作单位	对成果创造性贡献
1	王春荣	男	教授	博士	三明学院	项目负责人
2	赵京	男	教授	博士	北京工业大学	多功能属具研究
3	田应仲	男	教授	博士	上海大学	探测系统研究
4	施兴林	男	工程师	专科	福建亿松机械有限公司	化学成分研究
5	林智宏	男	讲师	博士	三明学院	智能感知系统研究
6	夏尔冬	女	讲师	硕士	三明学院	多功能融合机理研究
7	张自强	男	副教授	博士	北京工业大学	机械臂控制研究
8	贾鹤鸣	男	教授	博士	三明学院	决策控制算法研究
9	严伟青	男	助理工程师	专科	福建亿松机械有限公司	多功能属具研制
10	朱赟	男	工程师	学士	福建华航建设集团有限公司	机械臂控制研究

7.主要知识产权目录:

- [1] 王春荣.一种多功能末端执行器, 发明专利, ZL2016109502219.7.
- [2] 王春荣.一种快速切割救援装置, 发明专利, ZL202011122431.7.
- [3] 王春荣.一种多功能钢线圈抓取末端执行器,发明专利, ZL202210688574.7.
- [4] 王春荣.一种钢筋夹剪装置, 发明专利, ZL202111392673.2.
- [5] 王春荣.一种仿蜈蚣机器人, 发明专利, ZL202111351388.6.
- [6] 王春荣.一种兼具抱抓和钻孔功能的装置, 实用新型, ZL201821993060.8.
- [7] 王春荣.一种破拆救援设备, 实用新型, ZL202221487203.4.
- [8] 王春荣.一种新型属具及挖掘机,实用新型, ZL202022330924.1
- [9] 王春荣.一种多功能属具及挖掘机,实用新型, ZL202022330655.9.
- [10]王春荣. 一种新型救援机器人,实用新型, ZL202121115965.7.
- [11]王春荣.一种多功能救援属具,实用新型,ZL202120801703.X.
- [12]赵京, 王春荣.一种钳剪抓起缝一体救援属具,发明专利, ZL201610231866.2.
- [13]赵京, 陈映, 王春荣.一种钳剪抓一体多功能工程属具, 发明专利, ZL201611178749.0.
- [14]赵京, 陈映, 王春荣.活动刃口液压钳,发明专利, ZL201710159258.X.
- [15]赵京. Multifunctional Engineering Accessory with 6-bar Mechanism, 美国专利, US9700829B2.
- [16]赵京.一种运用双滑块变形机构的钳剪扩张一体多功能属具, 发明专利, ZL201910054612.1.
- [17]赵京.基于空间四杆机构的半隐藏活动抱爪液压钳, 发明专利,

ZL202010445989.2.

[18]赵京.刚柔一体化多功能工程救援属具,发明专利, ZL202110279676.9.

[19]赵京.多功能救援属具测试平台, 发明专利, ZL201710217898.1.

[20]施兴林.深孔挖掘机, 发明专利, ZL201410749537.8.

[21]严伟青.智能集成阀块, 发明专利, ZL201510273795.8.

8.代表性论文专著目录:

- [1] Chunrong Wang, Jing Zhao, Erdong Xia. Multi-objective optimal design of a novel multi-function rescue attachment based on improved NSGA-II [J]. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2018, 40(7): 1-15. (SCI 收录)
- [2] Chunrong Wang, Jing Zhao, Erdong Xia. Design and optimization of a novel rescue end-effector [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2019, 233(3): 1032-1044. (SCI 收录)
- [3] Chunrong Wang, Jing Zhao, Erdong Xia, et al. Analyzing reliability and sensitivity to reliability of rescue attachment with multiple failure modes [J]. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2021, 43(4):1-16. (SCI 收录)
- [4] Chunrong Wang. Optimal Design of a Novel Rescue Accessory with Spreading and Supporting Functions [J]. Mathematical Problems in Engineering , 2022,3:1-14. (SCI 收录)
- [5] Wang chunrong. A mixed-copula-based integral method for reliability analysis of a novel multi-functional rescue end-effector, Advances in Mechanical Engineering,2023, 15(1):1-17(SCI 收录)
- [6] Chunrong Wang, Jing Zhao, Jiawei Wu, et al. Design and analysis of an integrated drilling-and-coring demolition and rescue accessory[C]. 2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering, IEEE, July 20-22, 2018, Zhengzhou, China, 2018.(EI 检索)
- [7] 王春荣,夏尔冬,吴龙,等.基于 SolidWorks 的钢筋网剪切装置设计与分析[J].中国设备工程,2024,(06):164-165.
- [8] 王春荣,施兴林,赖振德,等.多功能救援属具的设计与分析[J].机电技术,2024,(01):60-64.
- [9] 王春荣,夏尔冬,黄仕鉴,等.一种钢筋抓剪末端执行器的设计与分析[J].中国设备工程,2023,(23):124-125.
- [10]王欣然,王春荣,夏尔冬,等.仿人机械臂的设计与轨迹规划分析[J].宁德师范学院学报(自然科学版),2022,34(01):18-25.
- [11]王春荣,夏尔冬,高浩,等.运用 SolidWorks 与 ANSYS 的仿人机械臂设计与分析 [J].三明学院学报,2020,37(02):52-57.
- [12]王春荣,王欣然,夏尔冬,等.基于 Pro/E 的双拟人臂机器人设计[J].榆林学院学报,2019,29(02):34-37.
- [13]王春荣,夏尔冬,高浩,等.仿人机械臂的运动仿真分析[J].榆林学院学

报,2018,28(06):10-13.

- [14]王春荣,夏尔冬,赵京,等.基于分级规划策略的拟人机械臂仿人运动规划算法研究[J].图学学报,2018,39(03):553-561.
- [15]王春荣,夏尔冬.基于 MATLAB 的六自由度机械臂运动仿真分析[J].榆林学院学报,2017,27(02):11-14+25.
- [16]林智宏,刘信雁,张克森,等.一种海上救援机器人绳索消摆控制研究[J].机电技术, 2024,(01): 21-24+116.