2023年度福建省科学技术奖提名项目公示内容

**项目名称：**高效节能智能化轮胎硫化机关键技术及应用

**提名奖种：**福建省科学技术进步奖

**提名单位：**三明市科学技术局

**项目简介：**

轮胎硫化机是生产轮胎的关键机械装备，其性能直接决定了胎体的耐磨性、耐屈挠度等使用寿命关键性能指标。进入“十四五”规划时期，轮胎硫化机的发展面临着新的机遇和挑战。在智能制造的大背景下，轮胎硫化机需要进一步优化结构、提高性能，以适应轮胎生产智能化、连续化、高效化的需求。但国内高性能硫化机成套装备的研发存在以下共性技术难题：传统硫化机控制系统智能化水平低、硫化温度控制适应性差；轮胎上下料运动精度、稳定性及适应性差；硫化过程中存在耗能严重，效率低下，响应慢等问题。

项目通过产学研深度融合，历经数年攻关，研发了硫化机智能控制系统，发明了轮胎柔性上下料智能机械手，创新了高效节能的轮胎硫化成套装置，解决了上述关键技术难题：

1.研发了轮胎硫化机智能控制系统。研发了基于物联网的无线传感、智能网关、远程监控三大智能感知控制策略，实现运动参数及硫化参数的实时感知及耦合分析，构建基于工业物联网的数字化集成控制与管理系统，实现了轮胎硫化工艺参数的智能感知与网络化管理；构建了轮胎硫化-传热耦合方程，提出了基于数值标定法的混合动力学模型来描述橡胶在热硫化阶段硫化程度随着时间、温度的变化规律。明晰了焦烧、硫化程度和温度等硫化特性参数的变化规律，揭示水囊厚度、初始温度、介质温度、橡胶热物性等因素对轮胎硫化特性的影响机制，提出基于黏菌优化算法的自学习优化算法，实现了硫化温度分区控制和硫化时间的自适应匹配。揭示了硫化温度、压力、时间与硫化机定型、合模、加热、硫化、开模等硫化工序动作的的耦合规律，研发了动态自适应液压控制系统，动态分析优化控制优化液压系统。提出一种基于LTCN-BLS新型轻量化深度学习算法，研发出硫化机故障自诊断系统。

2.发明了轮胎柔性上下料智能机械手。构建了硫化机上下料机器人运动学模型及一种基于动物群优化的机械手定位控制及其在严重震动环境下的误差补偿算法；开拓性地提出了基于两层网络控制理论的机器视觉在线对中检测系统，构建了基于基于迭代学习控制和卡尔曼滤波的的轮胎胎体抓取移动增强模型，实现了不同规格轮胎上下料的精准定位夹持；建立了硫化机机械手在搬运过程柔软胎体变形模型，基于ORB 特征匹配算法的多尺度触觉图像序列特征提取算法，研发出了硫化机机械手柔性抓取末端执行器，减小了抓取对轮胎内部结构的破坏，确保了轮胎的均匀性。

3.创新了高效节能的轮胎硫化成套装置。研发了硫化机智能化液压系统。构建了伺服直驱泵控液压系统数学模型及多模态可拓控制智能控制策略，研发出了硫化机智能化液压系统，提高了生产效率5%，节能效率达36.3%；针对传统硫化工艺采用过热水和蒸汽硫化导致能耗过高问题，揭示温度测量滞后、补水回水流量变化等因素对硫化过程的影响规律，构建过热水 温度控制系统的数学模型，设计左右二套独立管路，降低了硫化能耗。针对轮胎不同区域的硫化变温控制要求，温控性能在温升速度，抑制超调性能，响应时间等性能显著改善。

通过项目的实施，建立了硫化机智能终端装备与轮胎生产企业的物联网无缝融合的机制，完善了基于工业物联网的数字化集成控制与管理系统的轮胎硫化机研发体系，自主技术的超前研发，前瞻技术的探索，为客户提供了高性能硫化机综合解决方案，率先在硫化机行业建立了全过程数字化示范车间。

**主要完成单位：**

三明学院

中化（福建）橡塑机械有限公司（原福建天华智能装备有限公司）

福建省集茂源建设工程有限公司

福建博业建设集团有限公司

**主要完成人及其贡献：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 工作单位 | 对成果创造性贡献 |
| 1 | 艾子健 | 三明学院 | 项目负责人，液压系统的开发 |
| 2 | 张杰 | 中化（福建）橡塑机械有限公司 | 液压系统开发及实验 |
| 3 | 贾鹤鸣 | 三明学院 | 智能化控制系统研究，控制算法的研究 |
| 4 | 陈烨 | 中化（福建）橡塑机械有限公司 | 硫化机装备电气系统研发及实验 |
| 5 | 纪联南 | 三明学院 | 上下料机械手控制方法及控制系统的研究 |
| 6 | 廖延章 | 中化（福建）橡塑机械有限公司 | 硫化胶囊及加热系统研究及实验 |
| 7 | 黄书伟 | 中化（福建）橡塑机械有限公司 | 硫化温度控制系统的研究及实验 |
| 8 | 魏剑 | 三明学院 | 轮胎硫化模具开发及加热系统研究 |
| 9 | 谭忠山 | 福建博业建设集团有限公司 | 上料系统研发及实验 |
| 10 | 李长顺 | 福建省集茂源建设工程有限公司 | 装备调试及实验 |

**主要知识产权：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 专利名称 | 专利类型 | 申请人 | 发明人 |
| 1 | 一种辅助V型推力杆成型的夹具 | 发明专利 | 三明学院 | [艾子健](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E8%89%BE%E5%AD%90%E5%81%A5"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)、[林泽烽](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E6%9E%97%E6%B3%BD%E7%83%BD"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)[、林嘉伟](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E6%9E%97%E5%98%89%E4%BC%9F"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)、[余昌杰](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E4%BD%99%E6%98%8C%E6%9D%B0"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank) |
| 2 | 一种用于大行程重载夹具的自动对中机构 | 发明专利 | 三明学院 | [艾子健](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E8%89%BE%E5%AD%90%E5%81%A5"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)、[李万成](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E6%9D%8E%E4%B8%87%E6%88%90"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)、[郭凯俊](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E9%83%AD%E5%87%AF%E4%BF%8A"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank)、[何庆](https://s.wanfangdata.com.cn/patent?q=%E5%8F%91%E6%98%8E%E4%BA%BA/%E8%AE%BE%E8%AE%A1%E4%BA%BA:"%E4%BD%95%E5%BA%86"" \t "https://d.wanfangdata.com.cn/patent/_blank) |
| 3 | 一种轮胎硫化机卸胎装置 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 蔡良霄、张启深、王县贵、黄书伟2、潘铭云 |
| 4 | 一种轮胎硫化后充气用柔性对中锁紧装置 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 廖延章 |
| 5 | 机械式轮胎定型硫化机分体式护栏结构 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 黄书伟 、蔡良霄 、刘宇晨、兰新天 |
| 6 | 一种用于硫化机辅助吊装横梁上蒸汽室的工装块 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 黄书伟、李华汉、廖长玉、兰新天 |
| 7 | 一种用于注塑机油箱气压试验用开口接管密封工装 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 廖延章、邱璜其 |
| 8 | 用于硫化机上蒸汽室法兰焊接的装置 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 黄书伟、方立、廖延章、蔡良霄、邱璜其 |
| 9 | 轮胎胎面自动划线装置 | 发明专利 | 福建天华智能装备有限公司 | 廖延章、邱璜其 |
| 10 | 带自动取件功能的数控机床系统 | 发明专利 | 三明学院、福建省集茂源建设工程有限公司、福建天华智能装备有限公司 | 李长顺 |
| 11 | 一种高端装备制造的原材料加工装置 | 发明专利 | 三明学院、福建博业建设集团有限公司、福建天华智能装备有限公司 | 谭忠山 |
| 12 | 混沌遗传算子哈里斯鹰优化算法软件 | 软件著作权 | 三明学院 |  |
| 13 | 随机反向学习黏菌优化算法软件 | 软件著作权 | 三明学院 |  |

**代表性论文专著：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文名称 | 作者 | 发表刊物及刊号（ISSN：,CN:） | 发表时间 | 署名第一单位 |
| 1 | An Improved Reptile Search Algorithm with Ghost Opposition-Based Learning for Global Optimization Problems | 贾鹤鸣等 | Journal of Computational Design and Engineering（ISSN：2288-5048） | 2023/6 | 三明学院 |
| 2 | Multi-strategy Remora Optimization Algorithm for solving multi-extremum problems | 贾鹤鸣等 | Journal of Computational Design and Engineering（ISSN：2288-5048） | 2023/6 | 三明学院 |
| 3 | 融合随机反向学习的黏菌与算术混合优化算法 | 贾鹤鸣等 | 计算机科学与探索（ISSN：11-5602，CN：115602/TP） | 2022/5 | 三明学院 |
| 4 | 基于混合身份搜索黏菌优化的模糊C-均值聚类算法 | 贾鹤鸣等 | 智能系统学报 | 2022/6 | 三明学院 |
| 5 | 改进算术优化算法的无线传感器网络覆盖 | 贾鹤鸣等 | 闽南师范大学学报(自然科学版) | 2022/9 | 三明学院 |
| 6 | 基于定量泵与节流调速的硫化机开合模液压系统仿真 | 陈璐祺,艾子健,张杰,等 | 橡塑技术与装备 | 2023/5 | 三明学院 |
| 7 | 单向顺序阀平衡回路的性能分析 | 陈可欣,艾子健,张杰,等. | 工程机械 | 2023/6 | 三明学院 |
| 8 | 基于UG和Moldflow的多功能笔注塑模设计 | 魏剑,高浩,王孝鹏 | 塑料科技 | 2018/2 | 三明学院 |
| 9 | 多功能笔多件模注塑模具设计 | 魏剑,高浩,王孝鹏 | 工程塑料应用 | 2017/7 | 三明学院 |
| 10 | 液压站改造为液压冲洗设备 | 张杰 | 橡塑技术与装备 | 2016/7 | [福建华橡自控技术股份有限公司](https://kns.cnki.net/kcms2/organ/detail?v=6RtRr0kVassBpdFxyQL-u61JYfohAFVdzEg_rD-vZVyoGEj4WWSygT6fExyiyjj3ZQ2k9ReHmPJS3NNoDlht4ci1-qH5YgAyoUAm2dus0ZurA_P30xkyizgY9VbOdo6Cp_1z9yW0Cq2ljWy8EuVMJox_TJ_YLVq6fcbibsGvmEm7-_RxUPWjcLeze7ewzzbDfNBljhk9t6oWLuKjPmwOZcLG59bAuoRaVkrJIKLopZNk1eMOfujF6SfxkXyINI9W&uniplatform=NZKPT&language=CHS" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) |
| 11 | 浅谈轮胎定型硫化机机械手新装置的运用 | 张杰 | 橡塑技术与装备 | 2016/5 | [福建华橡自控技术股份有限公司](https://kns.cnki.net/kcms2/organ/detail?v=6RtRr0kVassBpdFxyQL-u61JYfohAFVdzEg_rD-vZVyoGEj4WWSygT6fExyiyjj3ZQ2k9ReHmPJS3NNoDlht4ci1-qH5YgAyoUAm2dus0ZurA_P30xkyizgY9VbOdo6Cp_1z9yW0Cq2ljWy8EuVMJox_TJ_YLVq6fcbibsGvmEm7-_RxUPWjcLeze7ewzzbDfNBljhk9t6oWLuKjPmwOZcLG59bAuoRaVkrJIKLopZNk1eMOfujF6SfxkXyINI9W&uniplatform=NZKPT&language=CHS" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) |