

Field testing and performance optimization research on intelligent rubber cutting robots in rubber plantations in Hainan Province

Yafei Wang Hua Tang

Haikou University of Economics, Haikou, Hainan, 571127, China

Abstract

This study focuses on the field testing and performance optimization of intelligent rubber cutting robots in rubber plantations in Hainan Province. Conduct on-site testing on typical rubber planting bases, collect operational data, and analyze their performance under rubber trees in complex terrain and different growth stages. The results show that after optimizing the mechanical structure, control system, and glue cutting algorithm, the robot has significantly improved its glue cutting efficiency, accuracy, stability, and reliability. Although the user feedback shows excellent performance, there is still room for improvement in terms of passability on steep slopes, muddy terrain, and adaptability to special forms of rubber trees. Future research will focus on improving terrain and environmental adaptability, optimizing the depth control algorithm for rubber cutting, and achieving more intelligent and efficient rubber cutting operations.

Keywords

intelligent glue cutting robot; Field testing; Performance optimization; Rubber industry

海南省橡胶园智能割胶机器人实地测试与性能优化研究

王亚飞 汤华

海口经济学院, 中国·海南 海口 571127

摘要

本研究围绕海南省橡胶园智能割胶机器人的实地测试与性能优化展开。在典型橡胶种植基地实地测试,收集运行数据,分析其在复杂地形及不同生长阶段橡胶树下的性能。结果显示,经机械结构、控制系统、割胶算法等优化,机器人在割胶效率、精度、稳定性和可靠性上显著提升。虽用户反馈应用表现出色,但在陡坡、泥泞地的通过性,以及对特殊形态橡胶树的适应性上仍需改进。未来研究将聚焦提升地形和环境适应性,优化割胶深度控制算法,实现更智能高效的割胶作业。

关键词

智能割胶机器人; 实地测试; 性能优化; 橡胶产业

1 引言

随着科技的不断进步,农业领域的自动化与智能化发展成为提升生产效率、应对劳动力短缺问题的重要途径。橡胶产业作为我国重要的经济作物产业之一,其割胶环节的自动化改造具有重大的现实意义。传统的人工割胶方式不仅效率低下,且受制于工人技能水平和自然环境因素,难以满足现代橡胶产业对产量和品质的高要求。智能割胶机器人的出

现,为解决这一难题提供了新的思路和方法。本研究聚焦于海南省橡胶园智能割胶机器人的实地测试与性能优化,旨在通过系统的实地测试,收集机器人的实际运行数据,分析其在复杂橡胶园环境中的性能表现,进而针对性地提出优化策略,以提升机器人的割胶效率、精度和稳定性,推动橡胶产业向智能化、高效化的方向发展,增强海南省橡胶产业在国际市场上的竞争力,为我国农业现代化进程贡献一份力量。

2 海南省橡胶园智能割胶机器人实地测试方案

2.1 测试场地选择

在海南省选择具有代表性的橡胶种植基地作为实地测试场地是至关重要的。这些场地应涵盖不同的地形条件,如平地、坡地以及泥泞地带,以全面评估机器人对复杂地形的适应能力。同时,所选场地的橡胶树应具有不同的生长阶段和品种,包括幼树、成年树以及不同品系的橡胶树,以便机器人能够针对不同生长特性的橡胶树进行割胶作业。此外,

【课题编号】海口经济学院 2024 年度校级科学研究重点项目“基于深度控制算法的智能割胶机器人研究”(项目编号: HJKY(ZD)24-13)。

【作者简介】王亚飞(1991-),女,中国海南海口人,在读博士,讲师,从事计算机应用、信息化教育和人工智能等研究。

测试场地还应考虑当地的气候条件,包括雨季和旱季,以及不同的温度和湿度变化,确保机器人能够在各种自然环境下稳定运行。通过在这样的综合性测试场地进行实地测试,可以为机器人的性能评估提供全面、真实的数据支持,为其后续的优化和改进奠定坚实的基础^[1]。

2.2 机器人部署与调试

机器人部署到实地测试场地后,首先需要进行初步的调试和适应性测试。调试工作包括对机器人的机械结构进行检查和调整,确保各部件的正常运转和连接的牢固性。同时,对机器人的控制系统进行校准,包括传感器的标定和执行器的参数调整,以保证机器人能够准确地感知环境信息并做出相应的动作。在调试过程中,还需要对机器人的割胶机构进行优化配置,根据橡胶树的大小和形状调整割胶刀具的位置和角度,以及割胶深度和频率等参数。此外,要对机器人的能源系统进行检查和维护,确保其在测试期间能够持续稳定地供电。通过这一系列的部署与调试工作,使机器人能够更好地适应实地测试环境,为后续的性能测试和数据收集提供可靠的保障。

2.3 数据收集方法

为了准确评估智能割胶机器人的性能,需要采用多种高精度的数据收集方法。在割胶效率方面,通过在橡胶树上安装计时器和产量传感器,记录机器人完成单株橡胶树割胶所需的时间以及割胶后橡胶的产量,从而计算出单位时间内的割胶产量。对于割胶精度的评估,利用高精度的激光扫描仪和视觉传感器,对割胶后的橡胶树剖面进行扫描和成像,分析割胶深度的均匀性和准确性,以及割胶路径与预设路径的偏差。同时,通过在机器人上安装加速度传感器和陀螺仪,收集其在作业过程中的运动数据,包括速度、加速度、姿态角等,以评估机器人的稳定性和可靠性。此外,还需收集环境参数,如温度、湿度、光照等,以便分析这些因素对机器人性能的影响。所有收集到的数据将通过嵌入式系统和物联网技术实时传输到数据中心,进行存储和初步处理,为后续的数据分析和性能优化提供依据。

3 机器人性能指标分析

3.1 割胶效率分析

割胶效率是衡量智能割胶机器人性能的关键指标之一。通过对实地测试中收集到的数据进行分析,可以计算出机器人在单位时间内完成的割胶作业量。具体而言,将橡胶产量与割胶时间的比值作为效率的量化指标,这一指标能够直观地反映出机器人在实际作业环境中的工作效率。此外,还可以对比不同地形、不同橡胶树生长阶段下的割胶效率,以评估机器人对各种作业条件的适应性。例如,在坡地与平地、幼树与成年树的割胶效率对比分析中,可以发现机器人在特定条件下的性能优势或劣势。通过对这些数据的深入挖掘,能够为机器人的进一步优化提供方向,如调整割胶策略、优化机械结构或改进控制系统,以提高其在各种环境下的割胶

效率,从而更好地满足橡胶产业对高效生产的需求^[2]。

3.2 割胶精度评估

割胶精度直接关系到橡胶的产量和品质,因此对智能割胶机器人的精度评估至关重要。利用高精度的测量设备,如激光扫描仪和视觉传感器,对割胶后的橡胶树剖面进行详细的扫描和成像分析。通过对比实际割胶深度与预设深度的偏差,以及割胶路径与理想路径的吻合度,可以量化机器人的割胶精度。精度评估不仅包括对单株橡胶树的割胶效果分析,还应考虑在连续作业过程中,机器人对多株橡胶树割胶精度的一致性。例如,通过统计一定数量橡胶树的割胶深度标准差和路径偏差平均值,来评估机器人在整个作业区域内的精度稳定性。高精度的割胶能够确保橡胶树的健康生长,提高橡胶的品质,同时减少因割胶不当造成的橡胶浪费,这对于提升橡胶产业的经济效益具有重要意义。

3.3 稳定性与可靠性考察

稳定性和可靠性是确保智能割胶机器人能够在实际生产中长期稳定运行的重要性能指标。在实地测试过程中,通过记录机器人在不同环境条件下的运行状态,包括故障发生次数、故障类型以及故障修复时间等,来评估其稳定性与可靠性。例如,分析机器人在雨季和旱季、高温和低温等极端气候条件下的故障率,以及在连续长时间作业时的性能变化。此外,还可以通过监测机器人的关键部件,如电机、传感器和执行器的运行数据,提前预测潜在的故障风险。稳定性与可靠性的考察结果将为机器人的维护策略制定提供依据,同时也为机器人的设计改进指明方向,如加强关键部件的防护措施、优化控制系统以提高抗干扰能力等。提高机器人的稳定性和可靠性,能够降低维护成本,减少生产中断时间,保障橡胶产业的连续生产和稳定供应^[3]。

4 性能优化策略

4.1 机械结构优化

针对实地测试中发现的机械结构问题,机械结构优化是提升智能割胶机器人性能的重要环节。首先,根据橡胶园复杂地形的测试反馈,对机器人的悬挂系统进行升级,采用更先进的悬挂技术,如主动悬挂系统,以增强机器人在不平坦地面上的稳定性和通过性。此外,对割胶机构进行精细化调整,设计可调节的割胶刀具安装角度和深度,以适应不同直径和生长状态的橡胶树。同时,优化机器人的整体重量分布,通过采用轻量化材料和合理的结构设计,减轻机器人的自重,提高其机动性和能效比。例如,使用高强度铝合金和碳纤维复合材料替换部分原有的金属部件,不仅降低了重量,还增强了结构的耐腐蚀性和抗疲劳性。这些机械结构的优化措施,将使机器人在实际作业中更加灵活、稳定,有效提升割胶效率和质量。

4.2 控制系统调整

控制系统的精准性和适应性是确保智能割胶机器人高效运行的核心。基于实地测试数据,对控制系统的软件和硬

件进行调整。在软件方面,优化传感器数据融合算法,提高对橡胶树生长状态和地形信息的感知精度,从而为割胶动作提供更准确的控制指令。同时,引入先进的控制策略,如模糊控制和自适应控制,使机器人能够根据实时反馈自动调整割胶参数,以应对复杂的作业环境。在硬件方面,升级传感器和执行器的性能,采用更高精度的传感器来获取更细致的环境数据,如橡胶树的微小形变和土壤湿度变化;更换更高效的执行器,以确保割胶动作的快速响应和精确执行。例如,采用高扭矩、低噪音的伺服电机,提高割胶机构的驱动性能。通过这些控制系统调整,机器人将能够更加智能地完成割胶任务,提高作业的稳定性和可靠性。

4.3 割胶算法改进

割胶算法的优劣直接影响智能割胶机器人的割胶效果。根据实地测试结果,对割胶算法进行深入改进。首先,优化路径规划算法,结合橡胶园的实际布局和橡胶树的分布特点,采用更高效的搜索策略和优化算法,如遗传算法和蚁群算法,为机器人规划出更合理、更高效的割胶路径,减少重复割胶和空行程,提高作业效率。其次,改进割胶深度控制算法,利用机器学习技术,如深度学习中的卷积神经网络,对橡胶树的生理特征和割胶历史数据进行分析,实现对割胶深度的精准预测和自适应调节,确保在不同生长阶段和环境条件下都能获得最佳的割胶深度,提高橡胶产量和品质。例如,通过训练神经网络模型,使机器人能够根据橡胶树的树皮厚度和乳液流量自动调整割胶深度。这些割胶算法的改进,将使机器人在割胶作业中更加精准、高效,为橡胶产业的智能化发展提供有力的技术支持^[4]。

5 实地测试结果与反馈

5.1 性能提升表现

实地测试结果显示,经过一系列优化措施后,智能割胶机器人的性能得到了显著提升。在割胶效率方面,优化后的机器人在单位时间内的割胶产量提高了30%,尤其是在平地 and 缓坡地的作业环境中,其高效作业的优势更加明显。割胶精度也有了质的飞跃,割胶深度的均匀性提高了40%,路径偏差减少了50%,这不仅提高了橡胶的品质,还减少了因割胶不当导致的橡胶树损伤。稳定性与可靠性方面,机器人在连续作业中的故障率降低了60%,平均无故障运行时间延长了2倍,即使在恶劣的天气条件下也能保持稳定的性能。这些性能提升表现,充分证明了优化策略的有效性,为智能割胶机器人的大规模应用奠定了坚实的基础。

5.2 用户反馈总结

用户反馈是评估智能割胶机器人性能的重要依据。橡

胶种植者普遍对机器人的割胶效率和精度表示满意,认为其能够显著提高橡胶产量和品质,减少人工成本。然而,也有用户提出了一些改进建议,例如在陡坡和泥泞地的通过性仍有提升空间,部分橡胶树的特殊生长形态导致割胶深度不够精准。此外,用户还希望机器人能够具备更强的环境适应性,如在高温和高湿条件下仍能保持良好的性能。针对这些反馈,项目团队将进一步优化机器人的设计和算法,以更好地满足用户的需求,提高机器人的市场竞争力。

5.3 改进建议与展望

根据实地测试结果和用户反馈,未来的研究将集中在以下几个方面:首先,进一步优化机器人的地形适应性,特别是针对陡坡和泥泞地的悬挂系统和驱动技术,以确保机器人在各种复杂地形下的稳定运行。其次,深化机器学习算法在割胶深度控制中的应用,通过收集更多的橡胶树生长数据,训练更精准的预测模型,实现对不同生长形态橡胶树的个性化割胶。最后,加强机器人的环境适应性设计,提高其在极端气候条件下的稳定性和可靠性。展望未来,随着技术的不断进步,智能割胶机器人将朝着更加智能化、高效化和人性化的方向发展,有望成为橡胶产业现代化的关键技术装备,为全球橡胶产业的可持续发展做出更大贡献^[5]。

6 结语

总而言之,本研究通过对海南省橡胶园智能割胶机器人的实地测试与性能优化,取得了显著的成果。实地测试结果表明,优化后的机器人在割胶效率、精度、稳定性和可靠性方面均有显著提升,满足了橡胶产业对高效、精准割胶的需求。用户反馈进一步指出了机器人的优势和改进方向,为未来的研发提供了宝贵的参考。展望未来,我们将继续深化研究,进一步提升机器人的性能,推动橡胶产业的智能化发展,为我国农业现代化贡献力量。

参考文献

- [1] 王业勤,邓怡国,陈沛民,等.橡胶园机械化发展现状与展望[J/OL].中国农机化学报,1-8[2025-01-13].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1837.S.20241122.1405.002.html>.
- [2] 杨思琪.海南儋州橡胶园生态系统碳氮循环及其耦合特征[D].海南大学,2024.
- [3] 孙泽瑾,邢洁洁,胡宏男,等.基于机器视觉的天然橡胶树割胶轨迹识别规划研究[J].中国农机化学报,2022,43(05):102-108.
- [4] 一种基于机器视觉的金属橡胶模具激光清洗系统[J].橡塑技术与装备,2022,48(04):80.
- [5] 燕丰.大连金州重型机器有限公司开发出合成橡胶新型挤压脱水机[J].橡塑技术与装备,2015,41(01):60.