

气压控制系统在胶辊砻谷机自动化调节中的应用研究

陈建权

浙江粮工机械科技有限公司 浙江 诸暨 311800

摘要：随着粮食加工行业对高效、节能和智能化设备的需求增加，气压控制系统在胶辊砻谷机中的应用受到关注。传统胶辊砻谷机的自动化调节技术存在调节精度低、能耗高、操作复杂等问题。通过引入气压控制系统，采用高精度传感器和智能控制算法，实现了胶辊间隙和压力的动态精准调节。实际应用表明，该系统显著提高了出米率2-3%，降低了能耗约20%，并有效稳定了脱壳率，减少了碎米率。这些改进提升了设备的自动化水平和生产效率，为粮食加工行业的技术升级提供了新思路。

关键词：气压控制系统；胶辊砻谷机；自动化调节

引言

随着粮食加工业向高效、节能、智能化方向发展，对关键设备的自动化水平提出更高要求。胶辊砻谷机作为稻谷脱壳的核心装备，其调节系统的性能直接影响加工效率与成品质量。传统调节方式存在精度低、响应慢、维护难等问题，难以满足现代生产需求。近年来，气压控制系统因其控制精度高、响应快、结构简洁等优势，在砻谷设备中逐步得到应用。融合智能控制策略后，有望进一步提升系统稳定性与工艺适应性，为行业技术升级提供可行路径。

1 气压控制系统原理及其在胶辊砻谷机的应用现状

气压控制系统是以压缩空气为工作介质，通过控制气体压力、流量和方向来实现对机械装置动作的自动化控制技术。其核心组成包括气源处理单元、控制元件（如电磁阀、比例阀）、执行机构（如气缸、气动马达）以及传感器等反馈装置。该系统具有响应速度快、结构简单、维护方便、安全性高等优点，在工业自动化领域中广泛应用。尤其在需要频繁启停、精准定位或适应复杂工况的设备中，气压控制系统展现出良好的控制性能和稳定性。在胶辊砻谷机中，气压控制系统主要用于调节两根胶辊之间的间隙，以适应不同品种、粒径和湿度的稻谷加工需求。传统砻谷机通常采用手动或半自动方式调节辊距，存在调节精度低、操作繁琐、响应滞后等问题，难以满足现代粮食加工业对高效、稳定与节能的需求。

而引入气压控制系统后，可通过压力传感器实时采集胶辊间作用力信息，并将数据反馈至控制器，进而驱动气动执行元件调整辊距，实现动态、连续和高精度的自动化调节。目前，气压控制系统已在部分新型胶辊砻谷机中得到初步应用。相关研究表明，利用气压伺服控

制技术可以有效提升砻谷过程中脱壳率的稳定性，减少碎米率，提高整米产出率。气压系统的无级调压特性使得设备能够根据原料状态自动优化工作参数，增强了设备的适应性和智能化水平。由于气压控制系统的模块化设计特点，便于与其他控制系统集成，如PLC（可编程逻辑控制器）和工业计算机，从而构建完整的砻谷过程自动化控制体系。

尽管气压控制系统在胶辊砻谷机中的应用仍处于发展阶段，但其在提高调节精度、增强系统响应能力和简化操作流程方面已展现出明显优势。随着气动元件制造技术的进步以及智能控制算法的不断优化，气压控制系统在粮食加工机械中的应用前景将更加广阔。未来，通过引入高精度比例阀和数字式压力传感器，可进一步提升系统的动态响应速度与控制稳定性，满足复杂工况下的连续调节需求。结合现代传感技术和数据处理能力，气压控制系统能够实现对砻谷过程中关键参数的实时监测与自适应调节，提高设备运行的智能化水平。

2 现有自动化调节技术在胶辊砻谷机上的局限性分析

当前应用于胶辊砻谷机的自动化调节技术主要包括机械式自动调压、液压控制和初步的电气控制系统。这些技术在一定程度上提升了设备的操作便捷性和加工稳定性，但在实际运行过程中仍暴露出诸多不足，制约了砻谷效率与加工质量的进一步提升。机械式自动调压系统依赖弹簧或重锤等物理元件实现胶辊间隙的调节，其结构简单且成本较低，但调节精度差，难以适应不同稻谷品种和湿度变化带来的动态需求。该类系统缺乏反馈机制，无法根据加工过程中的实时状态进行动态调整，导致脱壳率波动较大，影响成品米的质量一致性。机械部件易受磨损和疲劳影响，长期运行后调节性能下降明显，增加了维护频率和使用成本。

液压控制系统相较于机械式调节具备更高的调节精度和更大的驱动力,因此在部分中高端磨谷设备中得到了应用。这种系统通过液体介质传递力量,能够实现胶辊间隙的精确调整,从而适应不同种类稻谷的加工需求。然而,液压系统的复杂结构导致其在实际应用中面临多重挑战。液压系统组件繁多,包括泵、阀、油缸等,这些部件的协同工作需要精密设计与制造,增加了设备的整体复杂性和成本。液压系统能耗较高,特别是在频繁启动和停止的过程中,能量损失显著,这不仅影响了能源利用效率,也增加了运行成本。液压油作为系统的工作介质,其性能受温度变化的影响较大。温度波动会导致液压油黏度改变,进而影响系统的响应速度和控制稳定性。液压系统对密封性的要求极高,任何微小的泄漏都可能导致系统失效或污染环境,特别是当液压油渗漏到食品加工环境中时,将对食品安全构成威胁。

维护方面,液压系统的技术门槛较高,操作人员需要具备专业的知识和技能进行日常检查和故障排除,这对企业的人力资源提出了更高要求,并可能增加培训成本。电气控制技术通常与上述两种方式结合使用,以提升整体控制效果。该技术通过传感器实时采集压力、转速、温度等关键参数,并将数据反馈给控制器进行逻辑判断,实现基本的闭环控制。这种方式能够在一定程度上提高系统的自动化水平和控制精度。然而,当前多数设备采用的电气控制系统功能相对基础,主要依赖于传统的PID控制算法,难以满足复杂工况下对高精度、快速响应的需求。

3 基于气压控制系统的优化策略

在胶辊磨谷机中,气压控制系统展现出了显著的优势,但为了进一步提升其性能并克服现有自动化调节技术的局限性,需要制定一系列优化策略。针对机械式自动调压系统缺乏反馈机制的问题,可以优化气压控制系统的反馈环节。通过在胶辊磨谷机的关键部位增设高精度的压力传感器和位移传感器,实时监测胶辊间的压力和间隙变化,将这些数据以更高的频率和更精确的数值反馈至控制器。控制器则采用先进的信号处理算法,对反馈信号进行快速分析和处理,从而更精准地控制气动执行元件的动作,实现胶辊间隙的动态微调,使系统能够根据稻谷的不同品种、粒径和湿度变化,实时调整到最佳的加工状态,有效减少脱壳率的波动,提高成品米的质量一致性。

对于液压控制系统结构复杂、能耗高、对环境适应性差等问题,气压控制系统可以通过优化气路设计和元件选型来解决。采用集成化、紧凑型的气路设计,减

少气路中的连接点和分支,降低气体泄漏的风险,同时提高系统的响应速度。选用高效节能的气动元件,如新型的节能型电磁阀和气缸,这些元件能够在保证控制性能的前提下,显著降低能耗。此外,考虑到气压系统受温度影响相对较小,通过合理设计气缸的密封结构和材料,使其能够在更宽的温度范围内保持稳定的性能,从而提高系统的环境适应性,减少因温度变化导致的系统故障,降低维护成本。

在提高气压控制系统的智能化水平方面,可以引入先进的控制算法和智能控制技术。除了传统的PID控制算法外,还可以结合模糊控制、神经网络控制等智能算法,对反馈信号进行更复杂的处理和分析。这些智能算法能够根据历史数据和实时监测数据,自动学习和调整控制参数,使系统在不同的工况下都能保持最佳的控制效果。例如,在面对不同品种稻谷的加工时,系统能够自动识别并调整到相应的最佳加工参数,无需人工干预,提高了设备的智能化程度和自动化水平。同时,利用工业物联网技术,将气压控制系统与企业的生产管理系统相连接,实现远程监控和数据分析。操作人员可以通过网络实时查看设备的运行状态,及时发现并处理潜在的故障,提高设备的运行效率和可靠性。

为了进一步提升气压控制系统的可靠性和稳定性,需要加强系统的故障诊断和预警功能。开发基于大数据分析和机器学习的故障诊断模型,通过对大量正常和故障运行数据的学习和分析,建立系统的故障特征库。在系统运行过程中,实时监测各项参数并与故障特征库进行比对,一旦发现异常迹象,立即发出预警信号,并提供相应的故障诊断信息和处理建议。这样可以提前发现潜在的故障隐患,避免故障的进一步扩大,减少停机时间和维修成本。同时,对气压控制系统的关键部件进行定期的维护和保养,建立完善的维护记录和档案,根据部件的使用情况和磨损程度,及时进行更换和修复,确保系统的长期稳定运行。

为了提高气压控制系统的精度和适应性,可以对系统的控制精度进行优化。采用高精度的比例阀和数字式压力传感器,这些元件能够提供更精确的控制信号和更准确的反馈数据,从而提高系统的控制精度。通过优化控制算法和调整控制参数,使系统能够实现更精细的调节,满足不同加工需求。同时,结合现代传感技术和数据处理能力,对磨谷过程中关键参数进行实时监测与自适应调节,进一步提高设备运行的智能化水平。例如,根据稻谷的湿度变化自动调整胶辊的间隙和压力,确保在不同湿度条件下都能达到最佳的脱壳效果,提高整米

产出率,降低碎米率。

4 气压控制系统提升砻谷机性能的实际效果

以ZNLG36E智能胶辊砻谷机为例,其采用先进的气压控制系统,显著提升了设备性能。该机型配备智能化控制系统,通过触摸屏人机界面和PLC程序自动控制软件,实现了胶辊磨损量实时检测反馈、胶辊间压力实时检测反馈等功能。气压控制系统对胶辊间隙和压力进行精准控制,使稻谷在加工过程中能够依据其品种、湿度等特性自动调整最佳加工参数。

在实际应用中,ZNLG36E智能胶辊砻谷机通过气压控制系统的优化,直接提高了出米率2-3%。这一提升在稻谷加工过程中意义重大,它减少了稻谷加工过程中的浪费,避免了因加工参数不精准导致的稻谷过度破损或未充分脱壳等情况,从而使得更多的稻谷能够转化为可食用的大米。同时,出米率的提高也显著提升了整体的生产效率。以每小时处理量为5吨的砻谷机为例,出米率的提升意味着每小时可以多产出约100-150千克的大米。这不仅增加了企业的经济效益,使企业在单位时间内能够产出更多的产品,从而带来更多的经济收益,还对粮食安全和资源节约具有重要意义。在粮食资源日益紧张背景下,提高出米率有助于更好地利用有限的稻谷资源,减少浪费,保障粮食供应的稳定性,为社会的可持续发展做出贡献。此外,该机型的气压控制系统还通过优化气路设计和元件选型,降低了能耗。采用高效节能的气动元件,如新型的节能型电磁阀和气缸,这些元件在保证控制性能的前提下,显著降低了能耗。在实际运行中,相比传统液压系统,能耗降低了约20%。这意味着在长时间运行中,企业可以节省大量的能源成本。

气压控制系统的智能化水平也得到了显著提升。通过引入模糊控制和神经网络控制等智能算法,系统能够根据历史数据和实时监测数据自动学习和调整控制参数。在面对不同品种稻谷的加工时,系统能够自动识别并调整到相应的最佳加工参数,无需人工干预。这种智能化的控制方式不仅提高了设备的自动化水平,还减少

了因人为操作失误导致的生产损失。它使得设备能够更加精准地适应各种复杂的加工条件,确保加工过程的稳定性和高效性,从而进一步提升了设备的性能和可靠性,为生产过程的连续性和稳定性提供了有力保障。

在实际运行中,ZNLG36E智能胶辊砻谷机的气压控制系统通过实时监测和调整,确保了脱壳率的稳定性。在加工过程中,脱壳率的波动被控制在较小范围内,这使得成品米的质量一致性得到了显著提高。例如,在连续加工不同湿度的稻谷时,脱壳率的波动范围从传统设备的 $\pm 5\%$ 降低到了 $\pm 2\%$,这不仅提高了产品质量,还减少了因脱壳率不稳定导致的碎米率增加。通过这些实际效果的展示,可以看出气压控制系统在提升胶辊砻谷机性能方面发挥了重要作用。它不仅提高了生产效率和产品质量,还降低了能耗和维护成本,为粮食加工行业提供了一种高效、节能、智能化的解决方案。

结语

气压控制系统在胶辊砻谷机中的应用展示了其在提高生产效率、降低能耗和提升产品质量方面的显著优势。通过优化控制策略和引入智能算法,设备的自动化水平和适应性得到了极大提升。未来,随着气动元件制造技术的进一步发展和智能控制算法的持续优化,气压控制系统有望在粮食加工领域发挥更大的作用,推动行业的智能化和可持续发展。

参考文献

- [1]陈伟.粮食加工机械自动化进展[J].农业工程学报,2023,39(5):12-18.
- [2]刘洋.气动技术在农业机械中的应用研究[J].农机化研究,2024,40(2):76-81.
- [3]杨柳.自动化控制系统设计及优化[J].控制工程,2023,20(3):45-50.
- [4]高翔.胶辊砻谷机工作性能分析与改进措施[J].粮油加工,2022,47(6):33-37.
- [5]孙涛.智能化控制技术在现代农业装备中的应用前景[J].农业科技通讯,2024,41(1):22-27.