

带式输送机智能调速控制系统在煤机装备中的应用分析

郭金龙

山西天地煤机装备有限公司 山西 太原 030006

【摘要】：带式输送机作为煤机装备的关键运输设备，其运行效率与能耗对煤矿生产至关重要。传统带式输送机多采用恒定速度运行，无法根据煤量实时调整，导致能耗高、设备磨损大且效率低下。智能调速控制系统的出现为解决这些问题提供了有效途径。该系统借助先进的传感器技术实时监测煤量，运用智能算法精准调控输送机速度，实现煤多快转、煤少慢转、无煤停转。实际应用表明，智能调速控制系统可显著降低能耗，减少设备磨损，延长设备使用寿命，提高煤炭运输效率，增强煤矿生产的安全性与智能化水平，为煤矿企业带来可观的经济效益与社会效益，具有广阔的推广应用前景。

【关键词】：带式输送机；智能调速；煤机装备；传感器技术；智能算法

DOI:10.12417/2811-0722.25.09.060

引言

在煤矿生产中，带式输送机承担着煤炭运输的重要任务。随着煤矿智能化发展的推进，传统带式输送机恒定速度运行的弊端日益凸显，如能耗高、设备易磨损、无法适应煤量动态变化等，这严重制约了煤矿生产效率与效益的提升。在此背景下，研究带式输送机智能调速控制系统在煤机装备中的应用，对于提高煤矿生产智能化水平、降低生产成本、保障安全生产具有重要意义。如何构建高效、可靠的智能调速控制系统成为亟待解决的关键问题。

1 传统带式输送机运行存在的问题

1.1 能源浪费现象显著

煤矿井下的煤层赋存条件复杂多变，不同开采区域的煤质、煤层厚度差异明显，导致采煤量呈现动态波动。传统带式输送机采用恒定速度运行模式，无法根据实际煤量进行调节。当工作面进入煤层薄、煤质差的区域，采煤机采出煤量大幅减少时，输送机依然保持额定转速运转。这种情况下，空载或轻载运行的输送机持续消耗大量电能，电能利用率极低。持续的高速空转还会导致设备运行温度升高，进一步增加了能源消耗。

1.2 设备磨损加剧缩短寿命

恒定速度运行不仅造成能源浪费，还会加剧设备部件的磨损。在空载或轻载状态下，输送带与滚筒、托辊之间的相对滑动摩擦力增大，加速了橡胶输送带的磨损，导致输送带表面出现起皮、龟裂等现象。托辊在长期高速空转过程中，轴承和密封件容易因过度磨损而失效，引发托辊卡死、异常振动等故障。滚筒表面的胶层也会因频繁摩擦而逐渐变薄，降低与输送带之间的摩擦力，增加打滑风险。高速运行时设备产生的振动和冲击，还会对机械结构件造成疲劳损伤，缩短设备的整体使用寿命，增加设备更换成本。

1.3 生产效率与安全隐患并存

在煤量突然增大时，传统带式输送机的恒定速度运行模式

弊端更加凸显。由于无法及时提升输送速度，大量煤炭会在输送带上堆积，形成堵塞隐患。一旦发生堵塞，不仅会中断煤炭运输，影响生产进度，还可能引发输送带撕裂、电机过载烧毁等严重事故。人工操作模式下，操作人员难以实时准确掌握煤量变化情况，往往在堵塞问题出现后才进行处理，延误了最佳处理时机。人工频繁启停设备、调整速度，操作精度难以保证，容易因操作不当引发设备故障，严重影响煤矿生产的连续性和安全性。

2 智能调速控制系统的构成与原理

2.1 煤量监测模块的精准感知

煤量监测模块是智能调速控制系统的感知器官，通过多种先进技术实现对输送带上煤量的实时、精准监测。激光扫描技术利用激光束对煤流断面进行扫描，通过计算反射光的时间差，构建出煤流的三维轮廓模型，从而精确测量煤量。称重传感器则安装在输送带的支撑托辊下方，通过测量托辊承受的压力变化，结合输送带运行速度，计算出单位时间内的煤流量。机器视觉技术借助高清摄像头采集煤流图像，运用图像处理算法对图像进行分析，识别煤流的厚度、宽度等参数，进而估算煤量。这些技术相互配合，能够在不同工况下准确获取煤量信息，为系统调速提供可靠依据。

2.2 数据处理与传输模块的高效运作

数据处理与传输模块是系统的神经网络，负责将煤量监测模块采集到的大量数据快速、准确地传输至中央控制器。该模块采用高速数据传输协议和可靠的通信网络，确保数据传输的实时性和稳定性。在数据传输过程中，对原始数据进行滤波、降噪等预处理，去除干扰信号，提高数据质量。中央控制器接收到数据后，运用模糊控制算法、神经网络算法等智能算法，对煤量数据进行深度分析。模糊控制算法通过建立模糊规则库，将煤量变化与速度调节之间的关系进行模糊化处理，实现非线性关系的精准控制。神经网络算法则通过大量样本数据的训练，学习煤量与速度之间的映射关系，能够自适应地调整控

制策略，确保控制的准确性和有效性。

2.3 速度控制模块的精确执行

速度控制模块是智能调速控制系统的执行机构，依据中央控制器发出的指令，对输送机的运行速度进行精确调节。该模块主要由变频器和电机组成，变频器通过改变电机输入电源的频率和电压，实现对电机转速的无级调节。当中央控制器分析得出需要降低速度时，变频器降低输出频率，电机转速随之下降，带动输送带减速运行；反之，当需要提高速度时，变频器增加输出频率，电机转速提升，加快煤炭输送。在调速过程中，速度控制模块还会实时监测电机的运行状态，如电流、电压、温度等参数，确保电机在安全、高效的状态下运行。

3 智能调速控制系统的技术优势

3.1 显著的节能降耗效果

智能调速控制系统通过实时监测煤量并调整输送机速度，从根本上解决了传统输送机能源浪费的问题。在煤量较少时，系统自动降低运行速度，减少电机的输出功率，降低电能消耗。相比传统恒定速度运行模式，在轻载工况下，智能调速系统可使电能消耗降低50%以上。在煤量高峰期，系统根据实际煤量合理提升速度，避免因速度不足导致的煤炭堆积，提高了输送效率，同时也避免了因过载运行造成的额外能耗。通过这种精准的调速控制，智能调速系统能够有效降低煤矿企业的电费支出，提高能源利用效率，实现节能减排的目标。

3.2 全方位的设备保护功能

智能调速控制系统对设备起到了良好的保护作用，有效延长了设备的使用寿命。在空载或轻载状态下，系统降低运行速度，减少了输送带与滚筒、托辊之间的摩擦和磨损，延长了输送带的使用寿命。较低的运行速度也降低了设备运行时的振动和冲击，减少了机械结构件的疲劳损伤。在煤量突然增大时，系统能够及时提升速度，避免因过载运行对电机、减速器等关键部件造成损坏。系统还具备故障预警功能，通过实时监测设备运行参数，提前发现潜在故障隐患，并及时采取措施进行处理，降低设备故障率，减少维修次数和维修成本。

3.3 全面提升生产效率与安全性

智能调速控制系统显著提升了煤矿生产的效率和安全性。在生产效率方面，系统能够快速响应煤量变化，及时调整输送速度，确保煤炭能够及时、顺畅地运输，避免了因煤量波动导致的运输中断和效率低下问题。在安全性方面，系统的精准调速功能有效避免了煤炭堆积引发的堵塞事故，降低了输送带撕裂、电机过载等安全隐患。自动化、智能化的运行模式减少了人工操作，降低了人为因素导致的安全事故发生概率，保障了煤矿生产的安全稳定进行，提升了煤矿生产的智能化水平和综合竞争力。

4 智能调速控制系统在煤机装备中的应用实例成效

4.1 成本控制成效显著

在某大型煤矿的应用实践中，智能调速控制系统在成本控制方面取得了显著成效。系统投入运行后，通过精准的调速控制，有效降低了电能消耗。在生产过程中，根据不同时段的煤量变化，系统自动调整输送机速度，避免了空载和过载运行造成的能源浪费。与传统运行模式相比，煤矿的电费支出大幅减少。由于系统减少了设备的磨损和故障，设备维修次数明显降低。以往频繁更换输送带、托辊等易损件的情况得到改善，设备维修成本显著下降。系统的自动化运行减少了人工操作环节，降低了人力成本。通过综合成本控制，煤矿企业的生产成本得到有效降低，经济效益显著提升。

4.2 生产效率大幅提升

该煤矿采用智能调速控制系统后，煤炭运输效率得到了显著提高。系统能够实时感知煤量变化，并迅速做出响应，调整输送机速度。在煤量高峰期，系统及时提升速度，确保煤炭能够快速、顺畅地运输，避免了煤炭堆积和运输堵塞现象。在煤量低谷期，系统降低速度，减少设备空转，提高了设备的运行效率。系统的稳定运行保障了生产的连续性，减少了因设备故障导致的停机时间，进一步提高了生产效率，为企业创造了更大的经济效益。

4.3 安全性能全面增强

智能调速控制系统在保障煤矿安全生产方面发挥了重要作用。系统的精准调速功能有效避免了煤炭堆积引发的安全隐患，降低了输送带撕裂、电机过载等事故的发生概率。系统具备完善的故障预警和保护功能，能够实时监测设备运行状态，提前发现潜在故障隐患，并及时采取措施进行处理。在设备出现异常时，系统能够自动停机并发出报警信号，通知操作人员进行检修，避免了事故的扩大。系统的自动化运行减少了人工操作，降低了人为因素导致的安全事故发生概率，保障了煤矿生产的安全稳定进行，提升了煤矿生产的安全性和可靠性。

5 智能调速控制系统应用面临的挑战

5.1 恶劣环境对设备的严峻考验

煤矿井下环境复杂恶劣，高湿度、强电磁干扰、煤尘污染等因素对智能调速控制系统的硬件设备构成了严峻挑战。高湿度环境容易导致传感器、控制器等电子设备受潮，引发短路、漏电等故障，影响设备的正常运行。强电磁干扰会干扰数据传输信号，导致数据丢失、误传等问题，降低系统的控制精度。大量的煤尘会附着在设备表面，进入设备内部，堵塞传感器的检测窗口，影响煤量监测的准确性，同时也会加速设备部件的磨损，降低设备的可靠性和使用寿命。为适应这种恶劣环境，需要对设备进行特殊的防护设计和制造，增加了设备的研发和生产成本。

5.2 算法优化与调试的复杂性

智能调速控制系统的核心在于其智能算法,但算法的优化与调试面临诸多困难。不同煤矿的地质条件、采煤工艺存在较大差异,煤量变化规律也各不相同,这就要求智能算法具有较强的适应性。目前的智能算法在实际应用中,往往需要根据具体煤矿的工况进行大量的测试和调整。在算法调试过程中,需要收集大量的煤量、速度等运行数据,并对数据进行分析处理,以确定合适的算法参数。算法还需要不断适应煤矿生产过程中的各种变化,如开采区域的转移、采煤设备的更换等,这进一步增加了算法优化和调试的难度。算法的优化还需要专业的技术人员和先进的测试设备,对煤矿企业的技术实力和资金投入提出了较高要求。

5.3 初期投资带来的经济压力

智能调速控制系统的建设初期需要投入大量资金,包括设备购置、安装调试、技术人员培训等方面。先进的煤量监测传感器、高性能的中央控制器、可靠的变频器等硬件设备价格昂贵,增加了系统的建设成本。安装调试过程需要专业的技术人员和设备,进一步增加了投资费用。为了确保系统的正常运行和维护,还需要对煤矿企业的操作人员和技术人员进行培训,这也需要一定的资金投入。对于一些资金相对紧张的煤矿企业而言,如此高额的初期投资可能会带来较大的经济压力,影响企业对智能调速控制系统的推广应用积极性。

6 智能调速控制系统的优化与发展方向

6.1 硬件设备的创新升级

针对煤矿井下恶劣环境对硬件设备的影响,未来需要加强硬件设备的创新研发。研发具有高防护等级的传感器,采用防水、防尘、防电磁干扰的设计,提高传感器在恶劣环境下的可靠性和稳定性。开发新型的激光测距传感器,通过优化光学结构和信号处理算法,提高其在煤尘环境下的检测精度和抗干扰能力。研发高性能的中央控制器和变频器,提高设备的运算速度和控制精度,降低设备的能耗和故障率。还可以探索采用新材料、新工艺,提高硬件设备的性能和使用寿命,降低设备的

维护成本。

6.2 软件算法的智能化发展

在软件算法方面,应深入研究自适应算法和机器学习算法,提高系统的智能化水平。自适应算法能够根据不同工况自动调整控制参数,使系统在各种复杂环境下都能实现最优控制。通过建立自适应模糊控制算法,根据煤量变化的动态特性自动调整模糊规则,提高系统的响应速度和控制精度。机器学习算法可以利用大量的运行数据进行学习和训练,不断优化控制策略,提高系统的自适应性和预测能力。加强算法之间的融合与协同,发挥不同算法的优势,构建更加智能、高效的控制算法体系,提升智能调速控制系统的整体性能。

6.3 系统集成与智能化融合

未来智能调速控制系统应朝着系统集成化和智能化融合的方向发展。加强与煤矿其他生产系统,如采煤机控制系统、通风系统、安全监测系统等的深度融合,实现数据共享和协同控制。通过构建煤矿智能化生产体系,将智能调速控制系统纳入整个生产流程的智能化管理中,实现生产过程的全局优化和智能决策。与采煤机控制系统进行联动,根据采煤机的采出煤量实时调整输送机速度,提高煤炭运输的效率和协调性。利用大数据、云计算等技术,对煤矿生产过程中的各种数据进行分析 and 挖掘,为生产管理提供决策支持,进一步提升煤矿生产的智能化水平和综合竞争力。

7 结语

带式输送机智能调速控制系统在煤机装备中的应用,有效解决了传统输送机运行中的诸多问题,实现了节能降耗、提高运输效率与设备可靠性等目标。尽管目前面临一些挑战,但随着技术的不断进步,通过优化硬件设备、改进软件算法以及加强系统集成,该系统将不断完善。未来,智能调速控制系统有望在更多煤矿得到广泛应用,进一步推动煤矿生产向智能化、高效化、绿色化方向发展,为煤炭行业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 李明,王强.煤矿带式输送机智能调速系统的设计与实现[J].煤炭科学技术,2023,51(8):156-162.
- [2] 张华,赵刚.基于机器视觉的带式输送机煤量监测与智能调速技术研究[J].矿业研究与开发,2024,44(5):121-126.
- [3] 陈辉,刘勇.带式输送机智能调速控制系统的优化与应用[J].矿山机械,2024,52(7):85-90.
- [4] 王鹏,孙亮.煤矿带式输送机智能调速节能技术的实践与分析[J].煤炭工程,2023,55(10):105-109.
- [5] 周军,吴波.基于物联网的带式输送机智能调速系统构建[J].工矿自动化,2024,50(6):78-83.
- [6] 郑明,李华.带式输送机智能调速控制策略的研究与改进[J].煤炭技术,2025,44(2):148-152.