

# Research on Intelligent Speed Control System for Mine Transportation Based on Computer Vision Technology

Baowen Zhao Dong Li Wen Qi Chengsen Zhang

Ansteel Group Mining Corporation Ltd., Liaoyang, Liaoning, 111000, China

## Abstract

As the core tool of mine transportation, belt conveyor plays a crucial role in the mining of mineral resources in China due to its significant characteristics of continuous transportation, large capacity, and long-distance transportation, its application prospects are very broad. However, in the actual production of coal mines, due to various factors such as production environment and process requirements, belt conveyors are often in a light load or even empty state, this imbalance phenomenon leads to huge waste of power resources, posing significant challenges to the sustainable development of coal mines. To solve this problem, frequency conversion technology has emerged. It can not only achieve soft start of the belt conveyor, reduce mechanical impact, and extend the service life of the equipment, but also achieve variable frequency control of the conveyor by adjusting the motor speed. This paper mainly focuses on in-depth research on the intelligent speed control system for mining transportation combined with computer vision technology, aiming to provide reference for relevant personnel.

## Keywords

computer vision technology; mining transportation; intelligent speed regulation

## 基于计算机视觉技术矿山运输智能调速控制系统研究

赵宝文 李冬 祁闻 张成森

鞍钢集团矿业有限公司, 中国·辽宁 辽阳 111000

## 摘要

带式输送机作为矿井运输的核心工具,以其连续运输、大容量和远距离运输的显著特点,在中国矿产资源开采中占据举足轻重的地位,其应用前景十分广阔。然而,在煤矿生产实际中,受生产环境、工艺需求等多种因素制约,带式输送机常常处于轻载甚至空载状态,这种不平衡现象导致电力资源的巨大浪费,给煤矿的可持续发展带来不小的挑战。为解决这一问题,变频技术应运而生。它不仅能够实现带式输送机的软启动,减少机械冲击,延长设备使用寿命,更能够通过调整电机转速来实现对输送机的变频控制。论文主要围绕结合计算机视觉技术的矿山运输智能调速控制系统展开深入研究,旨在为相关人员提供参考。

## 关键词

计算机视觉技术; 矿山运输; 智能调速

## 1 引言

随着煤炭行业智能化、自动化水平的不断提高,分级智能化自动调节装置在带式输送机中的应用将越来越广泛。通过计算机视觉技术和模糊控制算法的有机结合,能够实现带式输送机输送速率的精确调节,从而满足不同采煤面的实际需求。这种智能化调节方式还有助于降低能耗、减少机械损耗,提高矿山运输的整体效率,但当前智能化调节技术还存在一些不足和挑战,如模糊控制算法在某些特定情况下可能不够精准,需要进一步优化和完善。此外,随着煤炭开采深度的不断增加和地质条件的日益复杂,对带式输送机智

能化调节的要求也将越来越高。因此,有必要加大对矿山运输智能调速控制系统的研究,为提高中国煤矿开采效率提供技术支持。

## 2 研究背景

目前大部分矿山在应用变频技术时,仅将其视为一种软启动装置,未能充分发挥其自动调速的功能。即便有些矿山尝试利用变频技术调节皮带转速,也往往依赖于人工操作,效率低下且难以精确控制<sup>[1]</sup>。因此,针对煤矿生产的实际需求,开发一套基于计算机视觉技术的矿山运输智能调速控制系统显得尤为重要。该系统能够实时检测带式输送机的负载情况,通过计算机视觉技术精确识别物料流量和分布,进而智能调节输送机的转速,实现能源的高效利用。这不仅对于提升带式输送机的工作效能、减少能源消耗具有重大意

**【作者简介】**赵宝文(1982-),女,中国辽宁辽阳人,本科,工程师,从事电气工程研究。

义,同时也将为矿山的智能化、绿色化生产提供有力支撑。

为实现带式输送机的高效运行和能源节约,智能转速自动调节技术应运而生。该技术根据带式输送机上所载煤炭的多少,自动调节转速,并对输送速率进行精准监控,是矿山智能化运输的重要一环<sup>[2]</sup>。在这一过程中,煤炭的实时监控是实现智能调节的前提和基础。目前,矿山中常用的煤量监控方法主要有直接法和间接法两种。直接测量法通过激光称、电子秤等装置实时测量皮带上的煤炭量,结果准确可靠。然而,这种方法存在安装困难、搬运不便以及投资成本较高等问题。间接法则是通过采集采掘工作面的刮板输送机、带式输送机的开关信号、电流、功率等间接参数来推算煤炭数量。虽然间接法能够反映输送带上煤炭的总量,但无法准确反映煤炭在皮带上的流动状态和瞬时数量,因此其精度和实时性有所欠缺。

随着煤矿开采规模的扩大,带式输送机的长度和宽度也在不断增加。以神东煤矿为例,其带式输送机的输送长度可达 8700m,皮带宽度为 1600mm。在这种情况下,即使皮带局部满载,电机的电流变化也可能并不显著,这很容易导致输送机出现撒料和堆积等问题<sup>[3]</sup>。随着计算机技术和图像识别技术的飞速发展,计算机视觉技术在矿山运输领域的应用逐渐增多。通过采用基于图像处理和识别的方法,可以实现对皮带上煤炭流动的精准定位和分布分析,为煤量监控提供新的途径。基于这种方法,可以实时监控皮带上煤流的动态变化,并根据获得的煤流数据,通过分级调节的方式,实现带式输送机煤量与运转速度之间的智能化匹配。这样不仅可以提升带式输送机的工作效率,还能有效减少设备的运行能耗,实现绿色、高效的矿山运输。

### 3 带式输送机智能解体调速系统结构

以计算机视觉技术作为煤流量监测基础的带式输送机智能解体调速系统结构主要包含以下几个模块:图像处理单元、视觉信息采集单元、调速单元和执行单元,结构组合形式如图 1 所示。

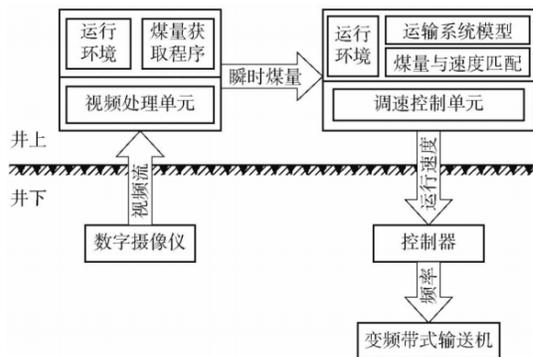


图 1 带式输送机智能解体调速控制系统构成

该系统通过安装在关键位置的数码摄像机,实时捕捉传送皮带上的煤流图像。这些图像数据通过矿井内铺设的工

业以太网,高效、稳定地传输至图像处理装置。图像处理装置则运用先进的图像处理技术和模式识别算法,对煤流图像进行精确解析,从而准确获取皮带上的煤流分布和流动情况。在获得煤流数据后,系统采用模糊控制方法,智能分析并处理皮带机运行速度与输送速度之间的复杂关系。通过模糊控制策略,系统能够实现对皮带机运行状态的实时调整,以确保输送速度与煤流的实际需求相匹配,从而避免能源的浪费。系统采用变频调速技术实现对皮带传动系统的智能化调节。通过精确调节变频调速系统的输出功率,系统能够实现对皮带机运行速度的精准控制。这种智能化调节不仅提高皮带传动系统的工作效能,还显著降低装置的能源消耗。此外,系统还在运输大巷、工作面运输巷和主斜井等关键部位布设数码摄像机,以实现对各部位煤流数据的全面采集。通过综合分析这些数据,系统能够实现对带式输送机在各部位的输送流量的精确控制,进而实现带式输送机全程调速。这一设计使得系统能够适应不同工作环境和煤流条件,提高系统的适应性和可靠性。

带式输送机智能解体调速系统通过综合运用计算机视觉技术、图像处理技术、模糊控制方法和变频调速技术,实现对带式输送机运行状态的智能监测和精准调节,为矿山运输的智能化和高效化提供有力支持。

### 4 煤流量识别

论文介绍一种基于计算机视觉技术的皮带输送装置煤流量识别方法。该装置采用先进的图像处理技术,通过对皮带输送装置中的煤流数据进行精确分析和处理,实现煤流信息的实时采集和准确识别,该装置布置图如图 2 所示。

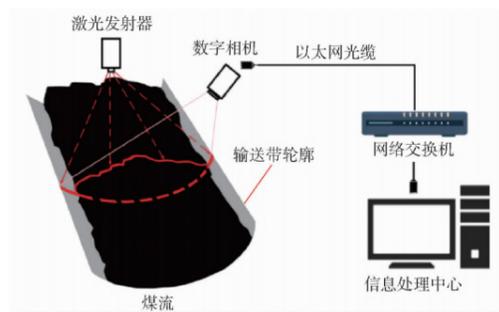


图 2 煤流量识别装置布置示意图

该装置主要由数码相机、激光发射器、输送带轮廓、网络交换机和信息处理中心等共同构成。其中激光发射器的主要作用是在皮带上投射出一条清晰的激光条带,有效改善煤炭流动的成像效果。数码相机则负责捕捉设定范围内的皮带上的煤流图像。

在煤流量识别过程中,首先通过数码相机采集实时影像,然后利用图像处理技术,对影像进行前处理,以突出煤流区域和感测区的特征。通过对比“煤流区”和“感测区”的区域差异,能够准确确定煤流的范围,并据此计算出传送

带上瞬间的煤炭流量。在煤流动态辨识中,煤流区域的准确提取和兴趣区域的界定是关键步骤。通过准确获取输送带的宽度和位置信息,有效减少背景干扰,为煤流量的精确计算提供有力支持。此外,还利用煤流的颜色、能量和运动等特征,在频域和时域上进行特征提取,进一步提高煤流识别的准确性和可靠性。

以山西某煤矿 1506 大巷的带式输送机为例,其额定承载能力为 4500 t/h。在实际应用中,通过采集煤流区图像,并计算图像中的像素点数量,实现对煤流量的实时监测。当煤流区图像中的像素点数量达到 59800 个时,即可准确判断带式输送机所输送的煤炭流量,并实时显示在监控系统中。

## 5 输送机智能调速控制

### 5.1 阶梯调速

基于计算机视觉技术,能够实时获取煤炭的流动情况,而智能化的调节系统则根据这些流动数据来调节输送装置的运转速率。由于煤炭的流动是持续变化的,如果简单地采用智能调速系统,可能会导致变频器、电动机和传送带等装置因频繁调节而受损,从而影响带式输送机的工作效率。因此,提出了一种阶梯调速策略。阶梯调速策略的核心思想是在一定的区段内,根据带式输送机的载煤量来匹配相应的运速。通过设定不同的速度阶梯,可以确保输送机的转速与实际的煤炭流量相匹配,从而避免转速过高导致的各种问题。以 1506 大巷为例,根据带式输送机的实际运行情况和载煤量的变化,制定了相应的阶梯调速方案,并给出了运转速率与载煤量之间的阶跃函数及计算公式。

### 5.2 智能调速

在阶梯调速策略的基础上,进一步提出了一种基于模糊控制器的带式输送机智能调速系统。该系统利用计算机视觉系统实时采集皮带机的煤流量和速度数据,并将这些数据导入预设的动态模型中。通过动态模型的自动运算,可以获得皮带机的最佳运转速度。模糊控制器是该系统的核心部分。它根据煤炭流动的信息和动态模型的运算结果,按照预设的阶梯调速方式,生成相应的调速命令。这些命令被发送到变频控制系统中,通过调节输出电流的频率来实现对带式输送机运转速率的精确控制。

## 6 现场应用分析

山西某煤矿 1506 采区皮带大巷成功应用分级智能化自动调节装置,实现了带式输送机的自动调节功能,显著提升了运输效率与安全性。该运输大巷采用先进的 DTL-1200 型带式输送机,配合  $3 \times 400$  kW 的强大电机,皮带强度高达 2500 N/m,输送长度达到 1650m,设计输送速率 4.8m/s。当前,该运输巷主要服务于 3605 综采面,由于 6 号煤层的厚度在 3.6~8.9m 波动,这就导致工作面出煤量在 1600~3800t/h

范围内大幅变化,给矿流量控制带来了极大的挑战。在实际应用中,利用计算机视觉技术获取煤流量数据,通过分级调速智能调速方式,精确调控带式输送机的输送速率。经过实际运行数据的分析,得到了带式输送机的输送速率曲线,并据此优化了调节策略。

分析结果显示:

①通过计算机视觉技术的应用,能够更精确地掌握传送带上煤炭量的实时变化。在煤炭流量波动较小的情况下,带式输送机的输送速率能够保持相对稳定,避免了因速率频繁调整而带来的能耗和机械损耗。

②在监控期内,带式输送机实际输送的最大煤量始终控制在其额定载煤量的 80% 以内,确保了设备的安全稳定运行。在大部分时间内,带式输送机以 3.5m/s 的速率稳定运转,未出现输送机异常停机、工作面堆煤、漏煤等异常情况。这一成果充分证明了分级智能化皮带输送方式在有效控制工作面采煤量方面的有效性。

③带式输送机在高转速(大于 4.0m/s)和低速运转(小于 3.0m/s)的时间段较短,分别为 12min,而中速运转(大于 3.5m/s)的时间占比较大,达到了 96min。这种运转模式既满足了采煤面的实际需求,又有效避免了因频繁变速而可能导致的变频调速系统损坏。

④监控数据还显示,在高转速运行阶段,带式输送机偶尔会出现转速异常升高的情况,如在 25~28min 和 100~110min 时间段内,转速升高了 2~5 倍。这主要是由于当前使用的模糊控制方法在某些情况下尚不够完善。针对这一问题,将在后续工作中进一步优化控制算法,确保带式输送机的平稳高效运行。

分级智能化自动调节装置在山西某煤矿 1506 采区皮带大巷的应用取得了显著成效,不仅提高了运输效率,还确保了设备的安全稳定运行。

## 7 结语

综上所述,分级智能化自动调节装置在矿山运输领域的广阔应用前景和巨大潜力。从阶梯调速策略的提出,到智能调速系统的构建,再到现场应用分析的验证,每一步都体现了科技创新在推动矿山运输智能化发展中的重要作用。未来,相关人员应继续致力于科技创新,才能依托先进技术为中国矿产开发提供可靠支持和助力。

### 参考文献

- [1] 王建皓.煤矿辅助运输系统标准化及智能化技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2023(24):49-51.
- [2] 高小强,李程,张沙.露天矿大吨位自卸车无人驾驶系统及技术研究[J].武汉理工大学学报,2023,45(11):148-156.
- [3] 周爱平,曹正远.煤矿胶带运输监控系统技术现状及智能化方案设计[J].工矿自动化,2023,49(S2):13-17.