

基于机器视觉的煤矿带式输送机智能调速系统的研究

翟莉娜

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘要:带式输送机是煤矿井下物料输送的核心设备,传统调速模式调控僵化、响应滞后,难以适配井下动态波动的输送工况,容易引发设备空转、过载卡顿等问题。本文结合输送机运行特性与井下作业环境,融入机器视觉技术搭建全新的智能调速体系,依托图像采集、预处理、特征识别与自适应调控技术,实现输送工况的实时感知与转速自主匹配。通过搭建多重运行保障机制,提升系统抗干扰能力与运行稳定性,有效改善传统调速模式的各类短板,为煤矿输送设备智能化运行提供技术支撑。

关键词:煤矿;带式输送机;机器视觉;智能调速;工况感知

引言:煤矿井下采掘作业具备间歇性、动态化特征,带式输送机的输送负载会随采掘进度持续发生变化。传统人工调控、固定档位调速的运行模式,无法实时适配工况波动,容易造成设备损耗加剧、输送效率下降等问题。随着煤矿智能化建设持续推进,输送设备的精准化、自主化运行需求持续提升。机器视觉技术具备非接触式实时感知的优势,可精准捕捉物料输送状态变化,将该技术与输送机调速控制相结合,能够有效突破传统管控模式的局限,优化井下输送作业的整体运行状态。

1 煤矿带式输送机运行基础与调速需求分析

1.1 煤矿带式输送机基本运行特性

煤矿带式输送机是井下煤炭转运的核心设备,承担井下采掘工作面至巷道转运点位的物料输送任务,整体运行状态直接决定矿井输送系统的运转状态。设备依托电机传动、滚筒牵引、皮带承载的结构形式,完成散装煤炭的连续化输送作业。井下采掘作业具备间歇性产出的特点,输送机承载的物料厚度、物料分布状态会随采掘进度产生持续性波动。巷道内部空间封闭、粉尘浓度高,设备长期处于高负荷、不间断的运转状态,自身机械性能会随运行时长产生动态变化^[1]。设备运行过程中,负载状态的波动会直接改变传动结构的运转阻力,让运行转速、运转负荷产生浮动变化,形成动态化的运行工况特征。

1.2 输送机传统调速运行模式

现阶段多数煤矿输送机的调速方式以固定档位调控、人工现场调控为主,整体调控逻辑相对固化。设备开机后多维持恒定转速运转,转速参数仅在设备检修、工况大幅调整时进行人为改动。部分井下作业场景依托现场运维人员观测物料输送状态,手动调整设备运行档位,实现转速的小幅改动。这类调控方式依赖固定运行

参数与人工操作经验,转速调整仅能适配常规、稳定的输送工况,对作业过程中产生的动态工况变化无法做出及时调整,调控方式存在明显的被动性。

1.3 输送机常态化运行存在的运行问题

恒定转速的运行模式无法匹配井下动态变化的物料输送工况。物料堆积量较少时,设备仍保持高转速运转,造成机械部件无效损耗,加剧皮带、轴承、电机等核心结构的磨损程度。物料集中输送阶段,设备转速无法及时适配负载增量,容易出现物料堆积、输送卡顿的情况,增加设备堵转、过载的发生概率。人工调控的滞后性较为突出,工况状态出现变动后,调控动作存在明显延时,难以适配瞬时的工况波动。长期不合理的转速匹配状态,会打乱设备正常的运行节奏,压缩设备使用寿命,影响井下输送作业的整体稳定性。

1.4 机器视觉应用于调速系统的适配需求

井下复杂的作业环境与动态变化的输送工况,对输送机调速模式的智能化、精准化水平提出更高标准。传统调速模式缺少对现场工况的实时感知能力,无法实现转速参数的自主适配调整。机器视觉技术可通过图像采集与特征解析,自主识别皮带表面物料堆积厚度、物料分布范围等关键工况信息,摆脱人工观测的局限性。该技术能够持续捕捉输送工况的细微变化,为转速参数调整提供精准的数据依据。将机器视觉技术融入调速系统,可构建依托现场实时工况的自主调控模式,补齐传统调速方式感知滞后、调控僵化的短板,适配煤矿输送机动态化、复杂化的运行场景。

2 智能调速系统总体架构与技术原理

2.1 机器视觉技术基本工作原理

机器视觉技术依托光学成像、图像预处理与数字特征分析的完整流程,完成作业场景信息的智能采集与精

准解析。整套技术运作依托专业成像设备完成现场画面捕捉,获取输送带区域的原始图像素材。原始图像会掺杂井下粉尘、光线不均等各类干扰元素,需要通过专门算法完成降噪、过滤与优化处理,提纯画面有效内容。系统针对优化后的图像开展特征提取作业,识别输送带上物料的堆积厚度、覆盖范围以及分布状态^[2]。视觉技术将直观的物理工况转化为可供系统识别的数字信息,为后续调速策略的生成提供可靠的数据支撑,是整套智能调速体系的前置感知基础。

2.2 智能调速系统整体工作机理

智能调速系统依托视觉感知获取的现场工况信息,建立独立完整的转速调控运行体系。成像设备持续采集输送带运行画面,输送至后台处理模块完成深度解析。模块提炼现场负载状态的关键特征,完成物理工况的数字化转换。调控模块依托内置判定逻辑,对照实时工况数据生成适配的转速参数。设备执行端接收调控指令后,改动输送机运行状态,完成工况匹配的转速调整。整套流程按照感知、处理、判定、执行的顺序闭环推进,让设备运行状态跟随现场输送工况自主变动,实现输送机调速方式的智能化升级。

2.3 系统硬件组成与功能原理

智能调速系统硬件体系包含图像采集、数据处理、信号传输、调速执行四大功能单元,各单元分工明确、相互配合。图像采集硬件布置于输送带上方固定位置,负责捕捉全程作业画面,保证工况信息采集的完整性。数据处理硬件承担图像优化、特征计算与数据整合的工作,筛选有效工况信息并剔除无效干扰内容。信号传输硬件搭建稳定的数据通道,保障各类信息与指令快速传递。调速执行硬件对接输送机动力控制单元,依据接收指令完成转速参数的精准调整。各类硬件协同工作,构成系统稳定运行的物理支撑。

2.4 系统软件运行逻辑与技术机理

软件系统是智能调速功能实现的核心载体,负责数据运算、工况判定与调控指令输出。软件搭载专属图像识别程序与调速判定逻辑,可对采集图像开展标准化运算处理。程序识别输送带物料负载的实时变化,结合设备运行规范筛选适配的转速参数。软件程序具备灵敏的响应能力,可针对工况波动及时更新调控方案,输出全新的控制指令。标准化的程序运行逻辑能够规避人工操作带来的主观偏差,提升调速作业的精细程度,保障带式输送机始终处于适配现场工况的合理运行状态。

3 基于机器视觉的输送机智能调速关键技术

3.1 煤矿输送场景图像采集技术

煤矿井下输送场景环境条件复杂,画面采集质量容易受到多重外界因素干扰。图像采集技术依托专用工业摄像设备,结合井下巷道空间结构与输送机布设位置,规划科学的拍摄点位与采集角度。设备固定于输送带上方稳定区域,保持持续不间断的画面捕捉,覆盖皮带完整输送宽度与物料运行全程。针对井下光照偏弱、空间狭长的环境特点,采集设备搭配适配的光学辅助组件,提升画面成像清晰度^[3]。合理调控成像参数,弱化巷道粉尘对画面成像的干扰,让采集画面真实还原皮带物料堆积、分布及输送状态,为后续图像加工与工况分析提供高质量原始素材。

3.2 煤矿环境图像预处理技术

原始采集图像普遍存在噪点过多、画面模糊、对比度不足等问题,无法直接用于特征分析。图像预处理技术通过专业算法完成画面优化处理,改善原始图像的成像质量。算法针对井下粉尘遮挡、光线不均引发的画面缺陷开展降噪与提亮处理,清除画面中杂乱的无效像素。对模糊区域进行锐化修复,强化皮带、物料与背景区域的画面层次。完成画面裁剪与筛选工作,剔除冗余画面内容,保留核心输送区域画面信息。规范化的预处理流程能够净化图像数据源,降低复杂井下环境对识别工作的干扰,为特征提取工作筑牢基础。

3.3 物料状态特征识别与提取技术

物料特征提取是连接图像信息与调速控制的核心环节,直接决定调速调控的精准程度。技术依托优化后的清晰图像,针对输送皮带表面物料开展全方位特征挖掘。重点识别物料堆积厚度、物料覆盖面积、物料疏密分布等关键工况信息,精准捕捉输送过程中物料的状态变化。通过像素对比、区域划分、数值换算的方式,将直观的物料形态特征转化为可量化的工况数据。精准提取的特征数据可以真实反映输送机实时负载情况,为调速策略的生成提供客观、有效的数据依据。

3.4 自适应智能调速控制技术

自适应智能调速控制技术依托量化后的物料特征数据,完成输送机运行转速的自主调控。技术内置完善的工况判定规则,可根据实时负载数据判别输送机当前运行负荷等级。结合负荷等级匹配对应的转速区间,动态调整设备运行参数,匹配现场实际输送需求。技术具备自主适配的运行能力,能够应对物料断续输送、负载波动较大的井下工况。通过智能化参数调节方式,优化输送机运行节奏,减少设备空转、过载运行等不合理工况,持续维持输送设备高效、稳定的运行状态。

4 煤矿带式输送机智能调速系统运行保障

4.1 系统运行抗干扰适配机制

煤矿井下输送作业场景具备较强的复杂性,空间封闭、粉尘漂浮、光照分布不均等环境特点,都会对机器视觉成像效果造成负面影响。巷道内各类电气设备密集布置,工作过程产生的电磁杂讯会侵入系统控制回路,影响信号处理精度。智能调速系统搭载专属抗干扰适配机制,针对井下特殊环境做出针对性优化调整。通过优化图像采集曝光参数、降噪算法与画面处理逻辑,削减粉尘、暗光环境对图像画质的负面影响,提纯画面内部有效工况信息。对系统核心控制、信号接收模块采取隔离防护处理,阻隔外部电磁杂讯的渗透干扰^[4]。通过多重防护与算法优化手段提升环境适应能力,让工况感知、数据运算与调速调控全程保持平稳状态,维持系统基础工作精度。

4.2 系统数据传输与交互机制

智能调速系统的功能实现依赖多模块之间的信息互通,数据流转的顺畅程度直接决定设备调控的灵敏精度。系统构建独立完整的数据交互体系,打通前端图像采集、中端数据运算、后端逻辑决策与终端设备执行的完整信息链路。统一整套系统的数据传输格式、信号输出规范与通信协议,降低数据乱码、链路中断、信息遗漏问题的发生概率。合理排布数据收发顺序,规范工况信息上传、数据解析运算、调控指令下发的完整流程。稳定通畅的信息交互链路可以缩短系统整体响应时长,提升调速调控的灵敏性与连续性,让各项调控动作衔接紧密,支撑整套系统长期稳定运转。

4.3 系统故障容错与防护机制

井下输送机保持长时间连续作业状态,系统软硬件结构会伴随运行时长出现各类临时性异常问题。故障容错与防护机制围绕系统运行过程中的常见缺陷搭建专属处置逻辑,妥善应对图像识别偏移、数据链路波动、指令输出偏差等突发工况。系统具备自主状态判别能力,可精准捕捉运行异常信号,主动触发数据二次校验、运行参数重置、短时待机缓冲等处置方式,拦截错误调控指令传递至设备执行端。有效规避异常调控引发的设备卡顿、负载失衡、运转不稳等问题,约束单点故障的影响范围,避免局部问题扩散为整体运行故障,全面提升

调速系统的运行稳定性与安全层级。

4.4 系统日常运维与迭代优化机制

智能调速系统的长效稳定运行,离不开规范化、常态化的运维管理工作支撑。按照标准化作业流程定期开展硬件巡检工作,清理视觉采集设备表面堆积的粉尘杂质,检查线路连接紧固状态与设备安装牢固程度,逐一核对系统运行参数、识别精度、调控阈值进行校验校准。及时排查设备部件老化、参数偏移、算法适配不足等隐性问题,提前处理各类潜在运行隐患。结合井下采掘进度推进、输送工况变动、设备结构升级等实际条件,持续优化系统算法逻辑与调速控制参数^[5]。循序渐进完善整套运行体系,补齐日常运行中暴露的细微短板,持续提升系统工况适配能力,充分适配输送机长期动态变化的生产运行需求。

结束语

带式输送机的稳定、高效运行是煤矿井下安全生产的重要保障,传统调速模式难以适配动态变化的井下输送工况,存在诸多运行短板。依托机器视觉技术构建的智能调速体系,通过图像采集、预处理、特征识别与自适应调控的完整流程,实现输送机转速与现场负载的精准匹配。结合井下复杂环境搭建抗干扰、数据交互、故障容错及常态化运维保障机制,全方位夯实系统运行基础。整套智能调速体系可有效优化设备运行状态,改善传统输送管控的不足,提升煤矿井下物料输送的智能化与精细化水平。

参考文献

- [1]任建超,张虎.基于机器视觉的煤矿带式输送机智能调速系统研究[J].煤矿机械,2025,46(2):193-195.
- [2]刘忠伟,夏修武,徐延兵,等.基于机器视觉的煤矿带式输送机异物识别与智能调速技术研究[J].煤矿机械,2026,47(7):188-193.
- [3]于大海.基于机器视觉的煤矿带式输送机节能调速控制系统设计[J].煤矿机电,2026,47(3):43-49.
- [4]艾忠岩,王海明.机器视觉支持下的带式输送机煤量检测系统设计研究[J].今日自动化,2024(7):151-153.
- [5]高强.基于机器视觉识别技术的主煤流运输智能控制系统研究与设计[J].中国煤炭,2022,48(z1):12-16.