

基于图像识别的选煤厂带式输送机载荷监测及智能调速技术研究

陈晓鹏（山西正光招标有限责任公司，山西 介休 032000）

摘要：选煤厂带式输送机虽然普遍使用变频器控制，但是多数无法实现智能调速控制问题，同时使用的传感器对输送机载荷进行监测存在占用空间大、后期维护困难等问题。为了解决上述问题，提出将图像识别技术应用到输送机载荷监测中，并基于载荷监测结果使用阶梯调速方式对带式输送机运行进行控制。对输送机载荷监测以及阶梯调速技术原理、应用情况进行阐述。现场应用后，选煤厂带式输送机可依据运输载荷智能调整运行速度，不仅可满足物料运输需要，而且降低了设备运行能耗及磨损量，取得较好成果。

关键词：选煤厂；带式输送机；图像识别；运输载荷；阶梯调速

带式输送机是工矿企业物料运输的常用设备，带式输送机选型时需要考虑过载情况，因而配套使用的电动机功率往往较大。多数情况下，带式输送机处于轻载或者空载情况，若带式输送机仍按照重载方式运输不仅会增加磨损、电能消耗而且会降低带式输送机使用寿命。现阶段带式输送机普遍通过变频器控制，但是受到控制方式限制变频器仅发挥软启动功能，未能有效起到节能降耗、智能化控制输送机运行功能。依据带式输送机运行载荷控制运行速度是现阶段带式输送机智能化控制的主要方式，传统的带式输送机载荷监测多是通过电子称或者相关传感器实现，普遍存在占用空间大、维修/维护繁琐等问题。为此，文中提出将图像识别技术应用到带式输送机载荷监测中，依据输送机载荷变化调整运行速度，从而实现带式输送机高效运行。

1 工程概况

某选煤厂设计洗选量为 300 万 t/a，为矿井配套建设工程。矿井生产出来的原煤通过带式输送机直接运输至选煤厂进行洗选。由于矿井采用综放开采方式，开采的煤层厚度赋存不稳定，从而导致带式输送机运送载荷往往出现较大变化。选煤厂使用的带式输送机以 DTL-1200 为主、带强为 2500N/m、配套的电动机功率 $3 \times 400\text{kW}$ 、额定运速 4.8m/s。

选煤厂内所使用的带式输送机均通过变频器控制，同时变频器运行参数可通过已有的监控系统传输给监控中心。受到使用的控制系统老旧限制，变频器仅用以软启动，未能实现带式输送机运行智能化控制，具体表现为带式输送机始终按照 4.8m/s 额定速度运行，从而导致带式输送机能耗较高、输送带、托辊以及相关的其他设备磨损严重。为了提高选煤厂带式输送机工作效率并降低设备运行能耗，提出将图像识别技术应用到输送机载荷监测中，并对带式输送机运行进行智能化控制。

2 带式输送机载荷监测及智能调速方法

2.1 载荷监测

具体在选煤厂带式输送机载荷监测技术原理见图 1

所示。在带式输送机斜上方布置数字摄像机（CCD 相机、辅助光源）、激光发射器等。激光发射器会在输送带上形成激光条纹，提高数字摄像机图像获取清晰度；数字摄像机用以获取包含有激光条纹的带式输送机实时画面。数字相机获取到的图像通过已有以太网光缆输送给监控中心，进行图像识别。

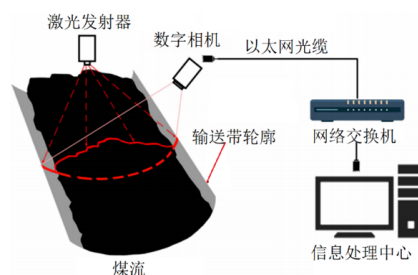


图 1 带式输送机载荷监测技术原理图

具体信息处理中心视频图像处理流程见图 2 所示，视频图像按照预处理→获取感兴趣区→提取煤流区域→图像分割处理等流程得到输送带上煤流区面积；感兴趣区域通过定位输送带位置、输送带带宽并降低图像背景影响，为获取到输送带上煤量提供参考；在感兴趣区域基础上以颜色、能量以及运动等作为频域、时域特征，提取满足频域、时域特征图像，从而获取煤流区域；通过综合比对煤流区、感兴趣区域面积得到带式输送机实时载荷。

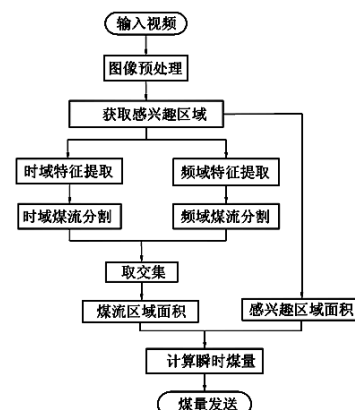


图 2 带式输送机载荷监测流程

以选煤厂 1102 带式输送机为例,对带式输送机载荷监测技术现场应用进行分析。1102 带式输送机型号为 DTL-1200、满载输送量为 4500t/h。数字相机获取到 1102 带式输送机在满载时感兴趣区域内像素点为 1.2 万个,某时刻数字相机获取到的煤流区域内像素点为 59800 个,具体见图 3 所示,则此时间点带式输送机运输载荷 Q_s 可通过下述公式计算:

$$Q_s = PQ \quad (1)$$

其中: Q_s 、 Q 为带式输送机时实、满载载荷; P 为煤流区域内像素点与满载感兴趣区域内像素点比值。通过计算即可实时获取到带式输送机载荷量。

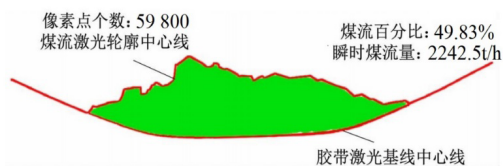


图 3 煤流量计算图

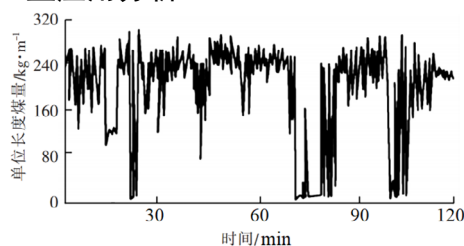
2.2 智能调速

通过图像识别技术可实时在选煤厂带式输送机载荷进行监测,若依据载荷量对输送机运行速度进行调整,则变频器需要频繁的调整输出电流频率,不仅不利于降低能耗而且容易导致带式输送机出现运输故障。为此,提出采用阶梯调速方式控制带式输送机运行,具体是输送机运输载荷在某一区间内,运输速度保持不变。通过采用阶梯调速方式不仅可避免带式输送机频繁调速问题,而且可实现带式输送机运行智能化控制。以选煤厂 1102 带式输送机为例,设计的带式输送机载荷与运行速度间关系见表 1 所示。

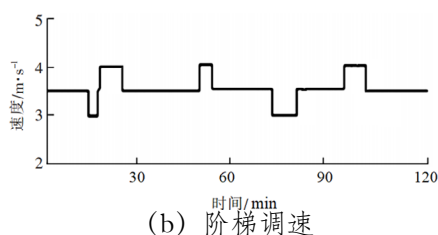
表 1 煤流量与运行速度间匹配关系

单位长度煤量 kg/m	煤流量 t/h	带速 m/s
≤ 148	≤ 2000	2.3
148~189	2000~2500	2.8
198~231	2500~3000	3.3
231~272	3000~3500	3.8
272~313	3500~4000	4.3
313~351	4000~4500	4.8

3 现场工业应用分析



(a) 输送机载荷



(b) 阶梯调速

图 4 输送机载荷监测及阶梯调速结果

在选煤厂 1102 带式输送机综合使用图像识别技术、阶梯调速技术对输送机载荷以及运行速度进行控制。布置的带式输送机运输距离为 680m,在带式输送机机头、中部及机尾均布置数字相机对输送机载荷进行监测,并取三个位置载荷平均值作为输送机阶梯调速依据。具体监测获取到的输送机载荷变化情况、阶梯调速情况见图 4 所示。

从图 4 中可以看出,采用图像识别技术可实时获取带式输送机运输载荷,同时当输送机载荷变化较小时带式输送机运输速度保持不变;在监测的 120min 内,输送机运输的载荷最大载荷的 80%、运输最大速度为 4.0m/s,期间共进行 5 次调速、运输速度 3.0m/s、3.5m/s 以及 4.0m/s 时间分别为 12min、96min、12min,带式输送机长时间处于中速运输状态,不仅可满足选煤厂煤炭运输需要而且可避免频繁调速。

4 总结

①为了实现选煤厂带式输送机载荷实时监测并降低设备能耗,提出将图像识别技术应用到输送机载荷监测中,通过图像识别实时获取输送机载荷;依据输送机载荷监测结果,提出使用阶梯调速对带式输送机运行进行智能控制,不仅可满足生产运输需要,而且可避免带式输送机频繁调速;②采用图像识别技术后,在带式输送机上方仅需布置数字相机、激光发射器即可获取输送机实时运行图像;监控中心可实时掌握输送机运行情况,并通过信息处理中心确定输送机载荷;③在选煤厂 1102 带式输送机现场应用后,图像识别技术可实现输送机载荷的实时监测,同时阶梯调速技术可依据载荷监测结果对输送机运行进行智能控制。在监测期间带式输送机长时间处于中速运行状态,可显著降低带式输送机磨损以及能耗。

参考文献:

- [1] 高立斌.基于顺煤流节能的优化控制研究[J].中国矿山工程,2019,48(04):65-67.
- [2] 董明.某扩建矿井运输系统运输能力计算核验研究[J].中国矿山工程,2020,49(05):58-60.
- [3] 孟祥龙.胶带输送机自动巡视设备设计与可行性分析[J].陕西煤炭,2021,40(03):147-150.
- [4] 王晓伟.矿井多级带式输送机智能控制系统的设计[J].机械管理开发,2021,36(05):199-200+203.
- [5] 李琳.辛置煤矿带式输送机智能变频调速系统的改造应用[J].煤,2021,30(05):80-81.
- [6] 谭恒,张红娟,靳宝全,等.基于机器视觉的煤矿带式输送机跑偏检测方法[J].煤炭技术,2021,40(05):152-156.
- [7] 董征,王泰华,耿天普.基于机器视觉的矿用带式输送机自动调速系统[J].煤矿机械,2021,42(03):60-62.

作者简介:

陈晓鹏(1975-),男,山西大同人,1999年7月毕业于太原理工大学,机械设备及自动化专业,专科,现为工程师。