

/ 摘要 /

针对选煤厂带式输送机运输距离长、故障率低、安装要求低、实用性强等特点,在运行中安全隐患多,需通过各类保护系统对堆煤、防跑偏、温度、防撕裂、双向急停等进行故障预防,采用图像识别技术作为计算机视觉领域的核心工具,在选煤厂输送带保护、煤量识别、刮板拉斜检测、澄清层高度检测、煤泥水检测、视频监控等方面起到重要作用,有效监测选煤厂生产环节的关键参数,为生产设备自动控制提供数据支撑;在关键位置设置电子围栏,实时监测报警不安全危险行为,提升了选煤厂自动化、智能化水平,完善了选煤厂生产安全监管能力,为选煤厂安全生产提供保障。

图像识别技术在选煤厂的应用实践

胡国栋

图像识别是计算机视觉领域中的关键技术,通过计算机系统分析和理解图像,并提取出有用的信息。旨在使计算机能够识别和理解数字图像中的对象和特征,将图像中的像素转换为计算机可以理解的数字图像表示形式,使用机器学习和深度学习算法分类、识别、理解图像特征的数字信号,包括图像预处理、特征提取、模式匹配等多个步骤(图1),实现图像中的目标物体的自动识别和分类。目前,图像识别技术以其强大的信息处理能力和广泛的应用前景,在选煤厂智能化建设中起到关键作用。

图像识别技术的应用通常包括4个步骤。

(1) 设置视频采集点

安装图像采集设备,包括高清摄像机、光源,实时采集待处理图像。

(2) 预处理原始图像

预处理是图像识别最重要一步,通过灰度化、

二值化、去噪、切割等步骤,将原始图像转化为计算机可以处理的格式,同时去除图像中的无关信息,提取出有用特征。

(3) 图像特征提取

从预处理处理后的图像中提取出颜色、纹理、形状等有用特征,并将图像转化为代表图像的特征一组数字。

(4) 模式匹配

通过向量机、神经网络等机器学习算法判断图像类型,实现图像识别。

图像识别技术在选煤厂的应用

输送带保护

带式输送机具有运输距离长、故障率低、安装



图1 图像识别步骤



要求低、实用性强等特点，在运行中存在安全隐患多，需要通过各类保护系统进行故障预防，主要包括堆煤保护、防跑偏保护、温度保护、防撕裂保护、双向急停保护等等。受限于传感器稳定性、精度等问题，此类保护措施效果可靠性、稳定性有待进一步提升，基于图像识别的输送带相关检测方法有效补充了上述不足。

(1) 堆煤检测

目前，多数煤矿企业采用堆煤传感器和防爆摄像机监控带式输送机运煤状态，但因煤矿井下高温、高煤尘、高湿度等环境条件，堆煤传感器灵敏度不高，可靠性较低。

利用图像识别技术，在带式输送机现场典型场景布设视频采集点，实时采集监测图像传输到计算机进行预处理、特征提取，通过边缘检测算法完成煤堆边缘检测。设定堆煤轮廓预警阈值和报警阈值，并根据处理结果与设定阈值进行对比，判定是否出现堆煤故障，堆煤轮廓识别阈值设定如图2所示。

利用图像识别技术实时在线检测带式输送机的运行情况，有效解决了传统传感器在复杂环境下灵敏度低、可靠性差等问题。提升了带式输送机运行安全保障能力及堆煤故障预警能力。

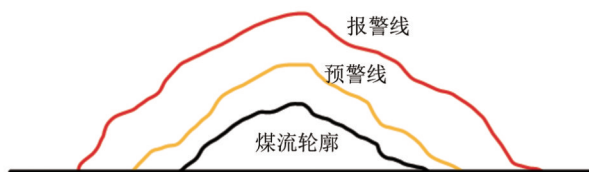


图2 堆煤轮廓识别

(2) 输送带跑偏检测

传统输送机跑偏检测采用在带面两侧安装两级跑偏开关的机械方式，输送带跑偏检测方式如图3所示。两级跑偏开关在使用一段时间后，故障率高、检修维护工作量大、容易误动作，可靠性较差，无法满足选煤厂安全生产运输需求。

利用图像识别检测托辊与输送带边缘的接触状态，通过设计的智能检测算法，当接触位置发生改变超过阈值时，产生跑偏报警。采用基于图像识别的输送带跑偏检测系统，克服了传统机械跑偏检测故障率和误触率高的问题，具有实时性强、检测精度高的特点。在带式输送机机头、机中、机尾安装视频监控，可以有效监测距离带式输送机跑偏情况。

煤量识别

传统带式输送机动态煤量计量方式主要有机械式输送带秤、电子输送带秤、核子秤3种方式。



图3 输送带跑偏检测

机械式输送带秤目前已被电子输送带秤所取代,电子输送带秤目前仍大量使用,存在容易受环境、安装因素影响,导致测量误差较大;核子秤是一种新型非接触式散装物料的连续计量装置,主要利用物料对 γ 射线束吸收的原理,对带式输送机传送的散装物料进行在线连续计量,尽管核子秤精度较高,但核子秤的校准比较复杂,同时放射性材料会严重影响到人体健康,导致核子秤应用范围受到限制。

基于图像识别的非接触测量法进行煤量检测,并在选煤厂应用。

通过高清采集摄像机获取带式输送机煤流运输图像,然后提取特征值进行比较,对当下煤量进行检测估算,为控制系统提供相应参数,实现灵活的传送带功率控制。采用基于图像识别的煤量识别系统,解决了传统检测方法灵敏度低、易受环境影响的缺点。

刮板拉斜检测

刮板输送机由于长时间工作,易在刮板中出现斜链现象。当出现斜链时,会严重影响机器正常工作,存在严重的安全隐患。目前主要通过巡检人员观察并判断刮板输送机的斜链现象,存在严重的滞后性。

在刮板输送机现场设置合适的视频采集点,实时监控刮板输送机运行状态,通过图像识别检测刮板与链条之间的角度,根据角度大小判定刮板拉斜运行状态,当角度超过设定阈值时,系统产生拉斜报警。利用图像算法计算刮板形状、面积等特征值,区分刮板拉斜、杂物、变形等多种故障状态,结合现场实际运行情况设定报警逻辑,智能识别故障并报警,刮板拉斜检测如图4所示。

浓缩环节

在选煤厂生产运行过程中,浓缩池沉淀层厚度过大会导致压耙事故,从而影响选煤的正常生产;同时,在浓缩加药自动化建设时,浓缩池沉淀层厚度也是参与加药量调节的重要参数。沉淀层厚度精准检测十分重要,现有的沉淀层厚度的检测手段主

要为声测距,此方式容易受到浓缩池中复杂环境的影响,存在较大测量误差。

图像识别检测沉淀层厚度通过浓缩池现场合适位置设置视频采集点,配合提升装置,使摄像机可以在水中下放与提升,同时在钢丝绳处安装高精度滚轮式电子计数器,用于记录摄像机所处水下位置。

利用高清摄像机实时监控浓缩池水下运行状态,实时采集视频帧画面进行图像识别,分析出煤泥区域后,根据电子计数器数值,准确计算出浓缩池煤泥深度。与传统超声波检测相比,克服了浓缩池中复杂环境对煤泥层厚度检测的干扰,具有较高的准确性,基于图像识别的沉淀层厚度检测如图5所示。

浮选环节

浮选机是选煤厂煤泥分选的主要设备,浮选过程智能控制是提高浮选精煤产率、保证浮选精煤产品质量稳定的重要手段。目前的浮选过程控制方法主要是通过监测入料煤泥流量、浓度等变量,采用

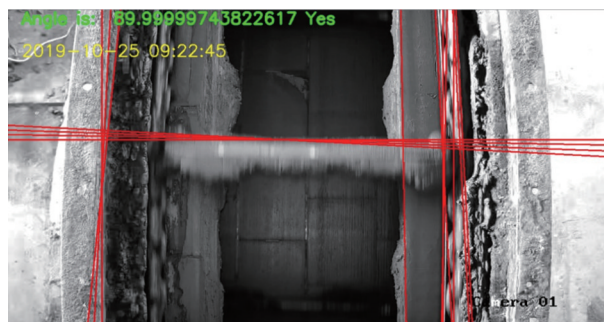


图4 刮板拉斜检测

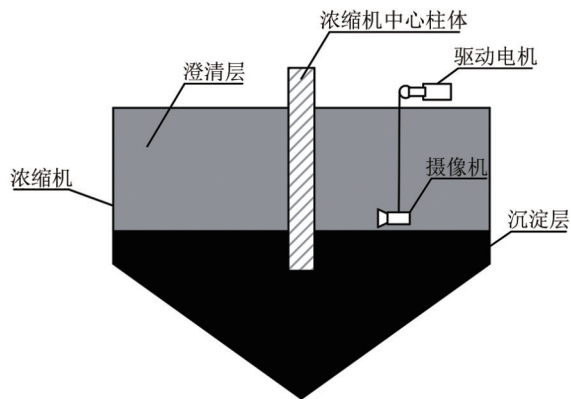


图5 基于图像识别的沉淀层厚度检测



前馈控制算法调节浮选药剂添加量、进气量、浮选机液位，使浮选精煤灰分稳定为设定值，缺乏浮选效果的反馈控制信号，导致精煤灰分波动较大。一般采用有经验的浮选工人，通过观察泡沫颜色、大小等特征可判断当前浮选状态，因个人主观经验存在差异，导致误差较大。

通过摄像机自动提取浮选泡沫图像特征，作为浮选效果判断依据。在浮选机或浮选柱合适位置设置智能检测装置，利用图像识别技术实时检测浮精泡沫和尾矿浆，分析浮选泡沫颜色、大小等特征，得到浮精泡沫和尾矿浆的灰分对应值，并反馈到智能控制系统，实现浮选效果的准确判断，以此实现浮选加药的自动控制，大幅降低了药剂使用量，提高浮选精煤产率和产品质量的稳定性。

压滤环节

(1) 压滤机入料粒度检测

在选煤厂生产运行过程中，由于弧形筛与直线振动筛的筛缝出现破损，会使大颗粒物料通过破损筛缝经压滤机入料泵进入到煤泥压滤机中。大颗粒会使压滤机入料泵叶轮产生损伤，降低压滤机入料泵的工作性能，同时在进入压滤机后，会损坏压滤机滤布，使煤泥颗粒通过滤布进入滤液水中，影响

压滤效果，压滤机入料粒度检测装置如图6所示。

目前，现场对于压滤入料粒度的检测主要通过人工使用滤纸在压滤入料缓冲池中采集煤泥水，观察滤纸上煤泥颗粒大小进行判断，此方式受人为因素影响较大，且增加了人工劳动强度。

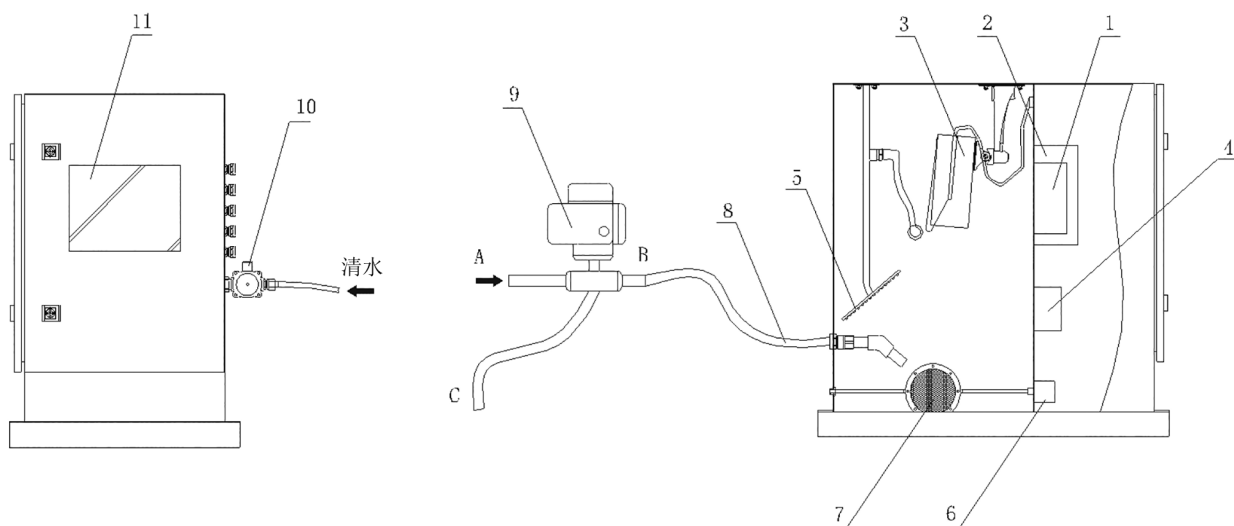
根据选煤厂压滤车间具体环境设置合适的煤泥水采样点，在采样点处安装压滤机入料粒度检测装置。将压滤入料缓冲桶中的煤泥水引流进入到粒度检测装置箱体内部，依靠自重流到滤网上，通过高清工业摄像机实时采集滤网上残留颗粒，视频信息经图像处理与智能识别，判断滤网上是否有大颗粒，以及大颗粒的粒度与数量分布情况，并将识别情况传送至计算机上位机，供岗位工人查看，并在上位机界面进行提示报警。

利用图像识别技术可实现对压滤机入料粒度的自动在线检测，提高了检测精度，节约了人力成本，提高了选煤厂自动化水平，为选煤厂生产运行的稳定提供了可靠的技术保障。

(2) 滤液水流量检测

目前压滤机卸料需人工根据滤液水流量大小判断，受人为因素影响较大，容易造成压滤效果不理想，压滤生产效率较低。

采用图像识别技术，通过在压滤机现场设置合



1—图像识别模块；2—PLC控制组件；3—摄像机；4—交换机；5—清洗装置；6—驱动电机；7—滤网；8—入料管；9—电动三通入料阀；10—清水阀；11—显示器

图6 压滤机入料粒度检测装置

适的视频采集点，分析出水流区域后，计算出水的面积在指定区域的面积占比，分析出水流量的相对大小。通过视频分析压滤机出水的水流量，判断压滤机是否达到卸料条件。

当水流量达到阈值时，判断进行卸料状态，联动PLC进行制动控制。实现对压滤机卸料时间的自动判定与卸料的自动控制，提高了工业生产的自动化控制程度，滤液水流量检测系统如图7所示。

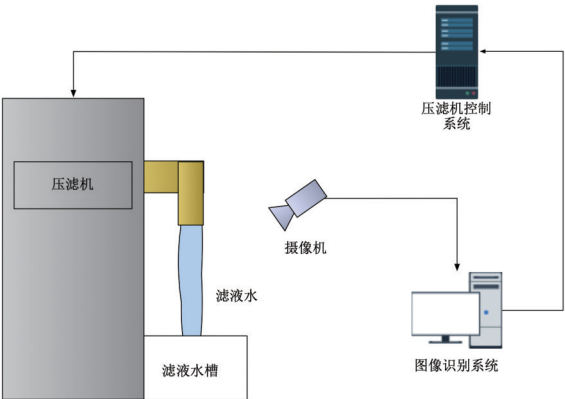


图7 滤液水流量检测系统

智能监控

目前选煤厂监控主要依靠监控人员实时查看，现场工作人员定时巡检，但选煤厂生产环节、生产设备、危险场地较多，监控室人员很难实时点对点进行监控，生产安全监管能力较弱。随着人工智能技术的不断发展，视频图像识别技术已经被广泛应用于安防领域，特别是在电子围栏、不安全行为检测等方面。

(1) 电子围栏

根据需求自主划定危险区域，通过视频图像识别技术，分析视频图像中的物体、行为等特征，自动判断是否存在围栏入侵的行为，并及时发出报警信号，实现重要生产区域入侵、越界报警功能，电子围栏现场应用如图8所示。

(2) 不安全行为检测

视频图像识别技术通过分析视频图像中的行为特征，自动判断存在的吸烟、未佩戴安全帽等不安全行为，并及时发出报警信号，不安全行为检测应用场景如图9所示。



图8 电子围栏



图9 不安全行为检测

利用图像识别技术实现了电子围栏、不安全行为检测预警等功能，完善了选煤厂生产安全监管能力，提高了选煤厂视频监控的利用率并减少监控室人员工作量，有效提高监管效率。

通过图像识别技术，在选煤厂关键位置设置电子围栏、不安全行为检测，对人员入侵、不戴安全帽、吸烟等危险行为进行监测报警，完善了选煤厂生产安全监管能力，为选煤厂安全生产提供保障。

图像识别应用对选煤厂的影响

结 语

图像识别技术在选煤厂的综合应用，带来了3方面的积极影响。

(1) 提高自动化水平

利用图像识别技术可有效监测选煤厂生产环节的关键参数，为生产设备自动控制提供了数据支撑，提高了选煤厂工业生产的自动化控制程度，为工业生产运行的稳定提供了可靠的技术保障。

(2) 提高经济效益

依托于图像识别技术，选煤厂自动化水平得到很大程度提高，减少了人工监测时间和成本，减少了人为因素影响，提高了精煤产率和产品稳定性，降低了生产药剂消耗和运营成本，从而提高了选煤厂的生产效益。

(3) 提高安全监管能力

利用图像识别技术，选煤厂能够提高生产自动化程度，提高精煤产率和产品稳定性，增强生产安全监管能力，同时降低运营成本，提高选煤厂的经济效益，符合国家对智能选煤厂建设的要求。因此，未来图像识别技术将在智能化选煤厂建设过程中起到重要作用。

■ 策划:李金松 编辑:宫在芹

作者简介:

第一作者: 胡国栋, 现任山东能源枣矿集团七五煤业公司水处理厂主任, 主要从事选煤厂水处理工作。E-mail:hgd5757@163.com

作者单位: 山东能源枣矿集团七五煤业公司