

文章编号:1671-251X(2023)S1-0082-04

基于双目视觉的选煤厂用胶带输送机表面异物检测

沈宁

(国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 洗选中心, 宁夏 银川 750011)

摘要:目前所采用的选煤厂用胶带输送机表面异物检测方法在实际应用时,由于选煤厂内外因素影响,导致对于不同类别的异物识别和分类精度低。针对该问题,提出一种基于双目视觉的选煤厂用胶带输送机表面异物检测方法。设计了基于双目视觉的输送带异物检测装置,将摄像机与工业相机组合成双目视觉系统,系统采集图像后,利用中值滤波算法对图像进行去噪,获取稳定的图像信息。采用 YOLOv3 进行异物识别预测,计算边界框和锚框数值信息,并根据上述数值信息调整计算定位准确度,实现异物检测。实验结果表明:与传统的基于 Mask_R-CNN 的检测方法相比,提出的方法对胶带输送机表面异物的识别筛选准确率超过 96.2%,分类准确率超过 97.6%。

关键词:选煤厂用胶带输送机; 双目视觉; 输送带异物检测; 工业相机; YOLOv3

中图分类号:TD634 文献标志码:A

Surface foreign object detection of belt conveyor used in coal preparation plant
based on binocular vision

SHEN Ning

(Washing and Preparation Center, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd.,
Yinchuan 750011, China)

0 引言

胶带输送机是煤炭洗选过程的主要运输设备,其运行状态直接影响到整个选煤厂生产系统的稳定性和安全性。在生产过程中,选煤厂用胶带输送机(以下简称胶带机)表面常常被放置的各种物料覆盖,物料中难免会出现异物。为保证选煤质量,需要对开采出的成品煤在运输过程中进行异物检测。目前,胶带机表面异物检测主要采用人工目视搭配机器视觉的综合检测方式。机器视觉在发展过程中技术不断成熟,具有成本低、高精度等优点,且无需人工干预,已成为工业生产领域的研究热点之一。目前所采用的胶带机表面异物检测方法主要有基于结构光三维成像技术的检测方法、基于图像处理及模式识别技术的检测方法。以上检测方法在应用时,由于选煤厂内外因素影响,导致对于不同类别的异物识别和分类精度低。鉴于此,本文采用双目视觉成像技术实现胶带机表面异物检测,并将其应用于选煤厂洗选现场实际工况中。

1 胶带机表面异物检测方法

1.1 基于双目视觉的异物检测装置设计

选用双目立体视觉模块作为异物检测装置的核心部件,双目立体视觉模块采用 2 台相机分别获取胶带机左右两侧图像,并在各自图像中提取异物特征,通过计算对比 2 个图像之间的差异实现异物检测。基于双目视觉的异物检测装置主要由结果显示模块、图像采集模块、双目立体视觉模块等功能模块组成,如图 1 所示。

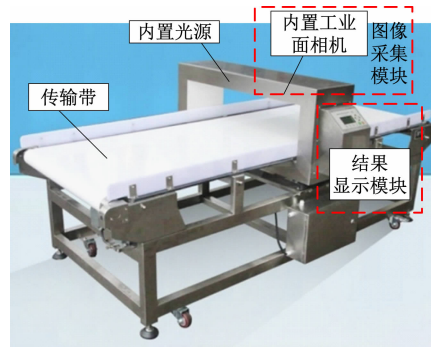


图 1 胶带机异物检测装置

图 1 中,图像采集模块是整个装置的核心,负责

收稿日期:2023-07-17;责任编辑:王晖。

作者简介:沈宁(1980—),男,安徽利辛人,高级工程师,硕士,主要研究方向为计算机技术,E-mail:15005286@chnenergy.com.cn。

获取胶带表面的图像,并将其传输给内置的工业面相机,该相机内部采用了双摄像头,形成双目立体视觉模块。双目立体视觉模块主要包括工业面相机、镜头、光源等。其中工业面相机的主要任务是采集胶带机传输带上煤炭的图像,将图像从左右两侧同时传给计算机进行处理,并在 2 个图像之间进行三维数据的比较和计算。而相机与控制电路主要用于控制传感器和光源。光源负责为双目立体视觉模块提供光照条件,它决定了左右两侧图像之间的亮度对比度,从而对视觉进行定位。计算机主要用于计算相机的视角,它是整个系统的核心部件,通过计算机屏幕将图像显示在显示器上。

1) 相机选型。本实验中选取 ED CAMERA 双目相机 ZED 2 二代 ZED-MStereolabs ZED 2i 进行图像采集,符合系统要求。

2) 光源选型。选用环形 LED 光源作为照明光源,环形光源具有光照均匀、结构设计紧凑、节省安装空间等优点。

3) 接口选择。在实验室实验中,选用 USB3.0 Type-C 作为通信接口。本装置需要同时采集左右 2 个图像,所以采用 2 台相机同步采集方式,分别对 2 个图像进行处理。当第 1 台相机获取到胶带机左右两侧图像后,首先对第 1 台相机采集的图像进行预处理操作,包括灰度化、滤波、形态学操作等;然后利用第 2 台相机获取的胶带机左右两侧图像进行双目立体视觉模块的匹配定位工作。

1.2 胶带机表面图像采集与预处理

实际的选煤厂照明为非自然光,为实现对胶带机表面异物的检测,采用工业相机代替普通相机采集胶带机表面的图像。由于工业相机本身存在拍摄角度限制,为保证其采集到胶带机表面的所有图像,故选用可倾斜拍摄的工业相机。工业相机通过支架固定在胶带机上,并采用标准镜头进行成像,实现图像采集。由于工业相机采集到的图像存在光照不均、图像模糊等问题,为保证采集到的图像具有较高的信噪比和对比度,且消除光照不均匀对检测结果产生的影响,保证胶带机表面异物检测的准确性,需对图像进行预处理。用中值滤波算法对采集到的胶带机表面图像进行去噪处理。

一维中值滤波分布函数为

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式中 σ 为二维中值滤波分布函数的标准差。

从一维进行二维中值滤波分布函数的推演:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

该算法先将采集到的胶带机表面图像进行自适应中值滤波处理,然后采用二维傅里叶变换方法计算出图像中不同频率分量的能量值,根据能量值大小对不同频率分量进行处理。为增强胶带机表面图像对比度,对采集到的图像进行自适应邻域均值滤波处理,从而获取到稳定的图像信息。

1.3 胶带机表面异物识别

由于胶带机工作环境较为恶劣,且在煤炭的洗选过程中,成品煤中掺杂的异物种类繁多,形状、大小都呈现非线性变化趋势。在实际检测过程中,其表面异物检测的难点主要集中在以下几点:① 胶带机表面异物种类繁多,形状各异,在选煤厂恶劣环境下,所获取的图像会出现灰度偏差的情况;② 胶带机工作环境恶劣,导致其表面异物会存在颜色差异较大或有一定差异的情况。针对上述问题,本文采用 YOLOv3 进行异物识别预测,如图 2 所示。

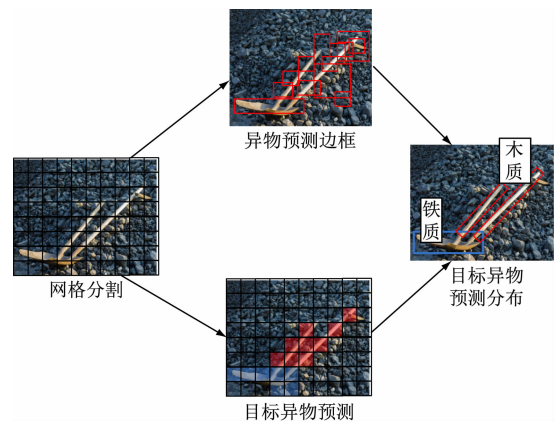


图 2 基于 YOLOv3 的异物预测识别

图 2 中,目标定位信息主要包括 4 个值,分别为边界框的中心坐标 (x_b, y_b) 、边界框的高度 h_b 、边界框的宽度 w_b 。

中心坐标的相对计算公式为

$$\begin{cases} x_b = \xi(x_z) + x_1 \\ y_b = \xi(y_z) + y_1 \end{cases} \quad (3)$$

式中: ξ 为算法的激活函数; (x_z, y_z) 为边界框的实际中心坐标; (x_1, y_1) 为网格左上角的坐标数值。

边界框的高度 h_b 的计算公式为

$$h_b = h_1 \exp(h_s) \quad (4)$$

式中: h_s 为边界框实际高度; h_1 为锚框高度。

边界框的宽度 w_b 的计算公式为

$$w_b = w_1 \exp(w_s) \quad (5)$$

式中: w_s 为边界框实际宽度; w_1 为锚框宽度。

根据式(3)一式(5),能够获取预测识别过程中边界框和锚框的实际位置。然后对上述边界框进行定位准确度计算。

$$f = p_c p_i I \quad (6)$$

式中: p_c 为异物目标存在概率; p_i 为异物目标分类

概率; I 为边界框信息(由式(3)一式(5)计算得到)。
 f 越大,说明定位精度越高。在计算过程中,对 I 进行调整,保证得到的 f 最优,即完成检测。

2 方法性能测试

2.1 测试环境参数

为了验证双目视觉相机在大块异物视觉检测系统应用的可行性,需要搭建实验平台进行实验。测试环境框架如图 3 所示。

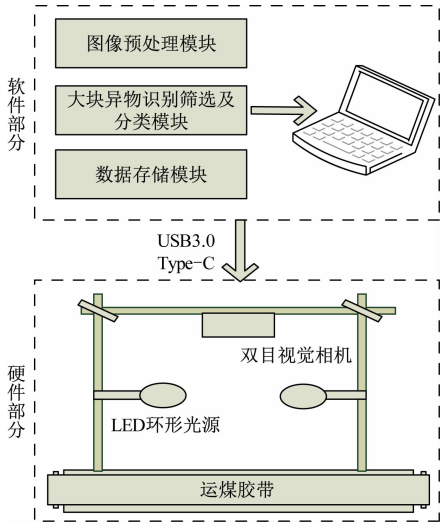


图 3 异物检测测试环境框架

将小型胶带机放置于相机采集范围内,对输送带工作时图像进行采集,通过 USB3.0 Type-C 连接相机与计算机,将相机采集的图像数据传输给计算机,通过大块异物视觉检测系统软件平台对大块异物进行检测,如图 4 所示。在实验室环境下,模拟选煤厂分选工作环境,并根据煤炭在胶带机上的状态,模拟异物掺杂的情况。

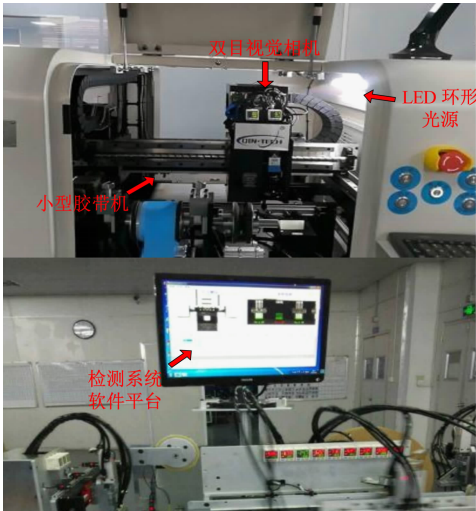


图 4 实验室检测环境

模拟选煤厂分选实验,需要根据比例选取大块异物进行实验。在实验过程中,选择多种异物样本,并对不同类别的异物进行分类,主要分为木头类、石

头类和铁器类。检测过程中异物以及煤炭的实物样本如图 5 所示。



图 5 异物及煤炭实物样本

分别采用本文设计的检测方法和传统的基于 Mask_R-CN 的检测方法进行异物检测,分析不同方法下的检测准确率。

2.2 实验结果对比

传统的基于 Mask_R-CN 的检测方法的检测结果见表 1。

表 1 基于 Mask_R-CN 的检测方法实验结果

异物分类	面积/m ²	筛选准确率/%	分类准确率/%
木头类 A1	300~400	87.9	88.2
木头类 A2	200~300	87.2	87.6
木头类 A3	100~200	86.1	86.2
木头类 A4	50~100	85.4	85.9
石头类 B1	300~00	87.9	88.3
石头类 B2	200~300	86.6	85.1
石头类 B3	100~200	84.4	84.9
石头类 B4	50~100	83.1	83.3
铁器类 C1	300~400	86.9	86.1
铁器类 C2	200~300	85.4	85.8
铁器类 C3	100~200	84.1	84.5
铁器类 C4	50~100	83.7	83.9

本文检测方法的检测结果见表 2。

经过多次试验,传统检测方法在胶带机上的大块异物的识别准确率在 83.1% 以上,分类准确率在 83.2%;本文检测方法对大块异物的识别准确率超过 96.2%,分类准确率超过 97.6%。

3 结语

介绍了一种基于双目视觉的胶带机表面异物检测方法。该方法基于双目视觉实现了胶带机表面异

表 2 本文检测方法实验结果

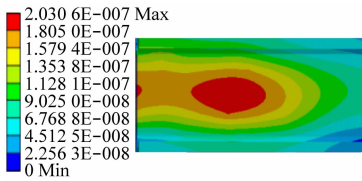
异物分类	面积/m²	筛选准确率/%	分类准确率/%
木头类 A1	300~400	99.7	99.8
木头类 A2	200~300	98.6	99.3
木头类 A3	100~200	97.9	98.5
木头类 A4	50~100	96.8	97.6
石头类 B1	300~400	99.3	99.7
石头类 B2	200~300	98.5	99.2
石头类 B3	100~200	97.7	98.4
石头类 B4	50~100	96.2	97.1
铁器类 C1	300~400	99.5	99.7
铁器类 C2	200~300	98.9	99.3
铁器类 C3	100~200	97.6	98.9
铁器类 C4	50~100	97.1	98.0

物的实时检测,对胶带机运输过程中可能存在的异物进行了有效识别,并在实际应用中取得了良好效果。

参考文献:

[1] 史凌凯,耿毅德,王宏伟,等. 基于改进 Mask R-CNN 的刮板输送机铁质异物多目标检测[J]. 工矿自动化,

(上接第 66 页)



(c) 前倾角为-5°时中部槽应力应变云图
图 8 不同前倾角应力应变云图

4 结论

1) 通过 EDEM 与 ANSYS Workbench 软件对刮板输送机中部槽的冲击磨损进行了研究。
2) 中部槽在不同侧倾角及前倾角和不同煤颗粒粒度影响下的冲击损伤磨损规律有:中部槽水平状态输送时,煤颗粒对中部槽的冲击损伤较大,存在侧倾角及前倾角时,煤颗粒对中部槽的冲击损伤会减小。

参考文献:

[1] 张雷. 基于离散单元法的刮板输送机煤散料输运状态

2022,48(10):55-61.

[2] 胡璟皓,高妍,张红娟,等. 基于深度学习的带式输送机非煤异物识别方法[J]. 工矿自动化,2021,47(6):57-62,90.
[3] 王燕,郭潇楠,刘新华. 带式输送机大块异物视觉检测系统设计[J]. 机械科学与技术,2021,40(12):1939-1943.
[4] 谢丽娟,戴犇辉,洪友君,等. 基于全卷积神经网络的核桃异物检测装备设计与试验[J]. 农业机械学报,2022,53(5):385-391.
[5] 冯喆,李卫豪,崔笛. 基于高光谱成像和深度学习的山核桃内源性异物检测[J]. 农业机械学报,2021,52(S1):466-471.
[6] 薛旭升,杨星云,齐广浩,等. 煤矿带式输送机分拣机器人异物识别与定位系统设计[J]. 工矿自动化,2022,48(12):33-41.
[7] 任国强,韩洪勇,李成江,等. 基于 Fast_YOLOv3 算法的煤矿胶带运输异物检测[J]. 工矿自动化,2021,47(12):128-133.

分析[D]. 太原:太原理工大学,2015.

[2] 李宇红. 基于离散元仿真的管道刮板输送机研究[D]. 太原:太原科技大学,2016.
[3] 杨茗予,梁义维. 基于 EDEM 的刮板输送机中部槽与负载的研究[J]. 矿业研究与开发,2017,37(7):97-100.
[4] 裴赞钢. 刮板输送机中部槽疲劳与磨损分析[J]. 山西焦煤科技,2018,42(3):19-22.
[5] 李小东. 刮板输送机中部槽受力及强度分析[J]. 机械工程与自动化,2019(3):89-91.
[6] 张晓文. 基于 ANSYS 的刮板输送机中部槽的优化设计[J]. 机械管理开发,2020,35(5):50-52.
[7] 胡瑾. 基于 ANSYS Workbench 刮板输送机中部槽的结构分析[J]. 机械工程师,2021(10):119-121.
[8] 何思明,吴永,李新坡. 滚石冲击碰撞恢复系数研究[J]. 岩土力学,2009,30(3):623-627.