

# 一种基于特征点的管材表面缺陷视觉检测方法

郑建聪<sup>1</sup>, 谢麒麟<sup>1</sup>, 方挺<sup>2</sup>, 韩家明<sup>2</sup>, 董冲<sup>2</sup>

(1. 宝山钢铁股份有限公司 钢管条钢事业部, 上海 201900; 2. 安徽工业大学 电气与信息工程学院, 安徽 马鞍山 243032)

**摘要:**为快速准确检测管材表面缺陷,设计一种基于特征点的管材表面缺陷视觉检测方法。采集典型管材表面缺陷图像,构建图像样本集;指定图像感兴趣区域,减少干扰背景对缺陷检测的影响;采用ORB(oriented FAST and rotated BRIEF)算法检测图像中的点缺陷,使用FAST算子搜寻缺陷图像的特征点,将检测到的特征点设为圆心,以圆心与取点区域的形心连接线为横坐标构建特征点描述子;选取典型管材缺陷图像对所提方法进行仿真验证。结果表明,设计的检测方法检测准确率高、检测速度快,具备较高的工程实用价值,可为管材表面缺陷的自动检测提供预研基础。

**关键词:**金属管材;表面缺陷;感兴趣区域;ORB特征点;视觉检测

中图分类号:TP 391.41; TG 335.71 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-7872.2022.01.004

## A Visual Inspection Method for Pipe Surface Defect Based on Feature Point

ZHENG Jiancong<sup>1</sup>, XIE Qilin<sup>1</sup>, FANG Ting<sup>2</sup>, HAN Jiaming<sup>2</sup>, DONG Chong<sup>2</sup>

(1. Tube Pipe and Bar Business Unit, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd, Shanghai 201900; 2. School of Electrical & Information Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

**Abstract:** To detect the defects on the pipe surface accurately and timely, a visual inspection method for pipe surface defect based on feature point was proposed. An image sample set was constructed by collecting the surface defect images of typical pipe, and the influence of interference background on defect detection was reduced by specifying the region of interest of the image. The defect detection method based on ORB (oriented FAST and rotated BRIEF) feature point was used to detect the point defect in the image, and the FAST operator was used to search the feature point of the defect image, the detected feature points were set as the center of the circle, and the feature point descriptor was constructed with the connecting line between the center of the circle and the centroid of the point taking area as the abscissa. Typical pipe defect images were selected to verify the proposed method. The results show that the designed detection method has high detection accuracy, fast detection speed, high engineering practical value, and can provide a pre-research basis for automatic detection of pipe surface defects.

**Key words:** metal pipe; surface defect; region of interest; ORB feature point; visual inspection

金属管材是重要的冶金产品,广泛用于建筑、汽车及电力等行业<sup>[1]</sup>。随着国际经济的快速发展,各行业对管材表面质量提出了更高的要求。管材在生产、加工以及搬运过程易产生污秽和损伤两类表面缺陷。表面损伤可分为点状损伤和线状损伤,其比污秽的危害更大,不仅增加销售难度,后续加工时还存在安全隐患。长期以来,管材表面缺陷检查依赖传统的人工观察方法,该方法效率低下、成本较高,且巡检人员会因长时间观察不可避免地出现疲劳,易导致误检和漏检<sup>[2-3]</sup>。针对这一问题,科研人员在分析管材内外缺陷产生原因

收稿日期:2021-07-29

基金项目:国家自然科学基金项目(61971004)

作者简介:郑建聪(1979—),男,浙江临海人,工程师,主要研究方向为无缝钢管轧制工艺及检测技术。

引文格式:郑建聪,谢麒麟,方挺,等.一种基于特征点的管材表面缺陷视觉检测方法[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2022,39(1):21-24.

的基础上<sup>[4]</sup>,提出了基于超声波<sup>[5]</sup>、漏磁<sup>[6]</sup>及涡流<sup>[7]</sup>的表面缺陷检测方法。超声波检测为接触式测量,对管材生产线的空间布局要求较高;漏磁检测需经常标定,维护成本较高;涡流检测的探头易损伤,且易产生误报。因此,有必要设计一种非接触式的管材表面缺陷检测方法。

随着科学技术的发展,机器视觉技术在缺陷检测领域逐渐发挥重要作用。在加工制造业,文献[8]提出了一种基于YOLOv2的手机镜片缺陷视觉检测方法;文献[9]设计了一种基于机器视觉的芯片引脚缺陷检测系统。在日常生活中,文献[10]搭建了一种针对平面口罩缺陷视觉检测系统,引入深度学习网络对不同口罩缺陷建模学习;文献[11]针对油炸花生的饱满度、褶皱度等视觉特征设计了一种自动分拣系统,检测已知类别花生种类准确率可达95%。由上述研究成果可发现,基于机器视觉的缺陷检测技术较为成熟,拥有较多可借鉴的技术方案,具备工程实用的可行性。管材表面点状缺陷和线状缺陷的成像特征独特,具备采用机器视觉算法开展检测的先决条件,但目前极少见相关具体检测方法。鉴于此,设计一种基于机器视觉的金属管材表面缺陷检测方法,用于检测管材表面点状和线状缺陷,且通过可视化实验验证所提方法的可行性和准确性,旨在提升表面缺陷检测效率的基础上降低企业的运维成本。

## 1 数据采集和算法设计

### 1.1 缺陷图像采集

搭建管材典型缺陷图像采集平台,如图1。搜集具有典型缺陷的管材并对其进行编号,使用日光灯对待测管材表面进行补光后,使用摄像头自上而下拍摄管材表面。通过搭建的实验平台采集管材缺陷图像样本,可有效模拟管材在生产线上的成像状态,为其表面缺陷检测创造条件。

### 1.2 算法设计

搜集的管材典型表面缺陷为点状缺陷和线状缺陷,如图2。线状缺陷与直线状的光线相似度较高,通常存在两个端点,这两个端点与点状缺陷较相似。因此,可将线状缺陷视为点状缺陷的特例,通过点状缺陷检测算法对其进行检测。

进一步分析可知,点状缺陷所在区域和其周围区域存在明显的图像灰度差,因此文中考虑采用图像特征点检测算法检测缺陷点所在区域。现有图像特征点检测算法主要有ORB(oriented FAST and rotated BRIEF)<sup>[12]</sup>、SIFT<sup>[13]</sup>和SURF<sup>[14]</sup>算法。SIFT算法和SURF算法在求解主方向时对局部区域的梯度方向依赖较高,且对图像色彩信息利用率不高。ORB算法在一定程度上不受图像变换和噪声的影响,具有准确性高、运算速度快等优点,被广泛用于同步定位与建图(simultaneous localization and mapping, SLAM)<sup>[15]</sup>和图像拼接<sup>[16]</sup>等环节。鉴于ORB算法技术成熟且优点明显,文中采用ORB算法检测图像中的点缺陷。

值得注意的是,采集的管材缺陷图像包含部分无用背景,这些背景存在肉眼难以发现的图像干扰,对缺陷检测带来较大影响。管材在图像中的位置通常稳定在某一大致区间,因此可针对图像设定感兴趣区域(region of interest, RoI),将RoI设置为后续待检测区域,其他区域不予处理,这样既可减少图像背景的影响,又可提升缺陷检测效率。文中采用的ORB算法中,使用FAST算子搜寻缺陷图像的特征点,具体步骤如下:

- 1) 随机选取管材表面缺陷图像中的一个像素点 $P$ ,设其灰度值为 $L_p$ ;
- 2) 设定像素灰度对比阈值 $T$ ,将像素点 $P$ 与其水平和垂直方向的4个像素进行对比;

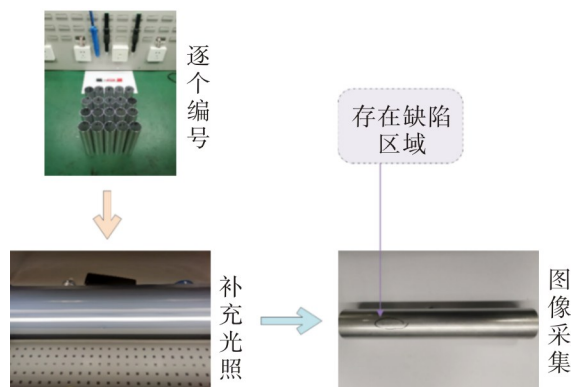
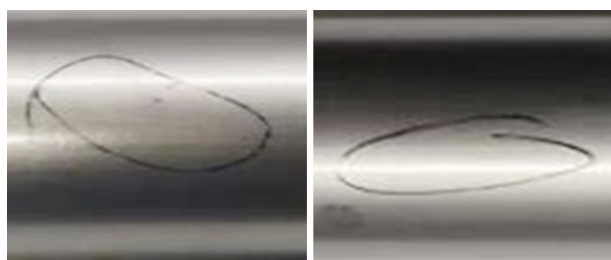


图1 典型缺陷图像采集实验平台  
Fig. 1 Typical defect image collection experimental platform



(a) 点状缺陷 (b) 线状缺陷

图2 管材表面典型缺陷

Fig. 2 Typical defects on pipe surface

3) 若点 $P$ 与其领域内 $N$ 个像素存在对比差异(设 $N$ 为3),则认为点 $P$ 为一个ORB特征点。

在上述步骤的基础上,将检测到的特征点设为圆心,以圆心与取点区域的形心连接线为横坐标构建特征点描述子。本文算法流程图如图3。



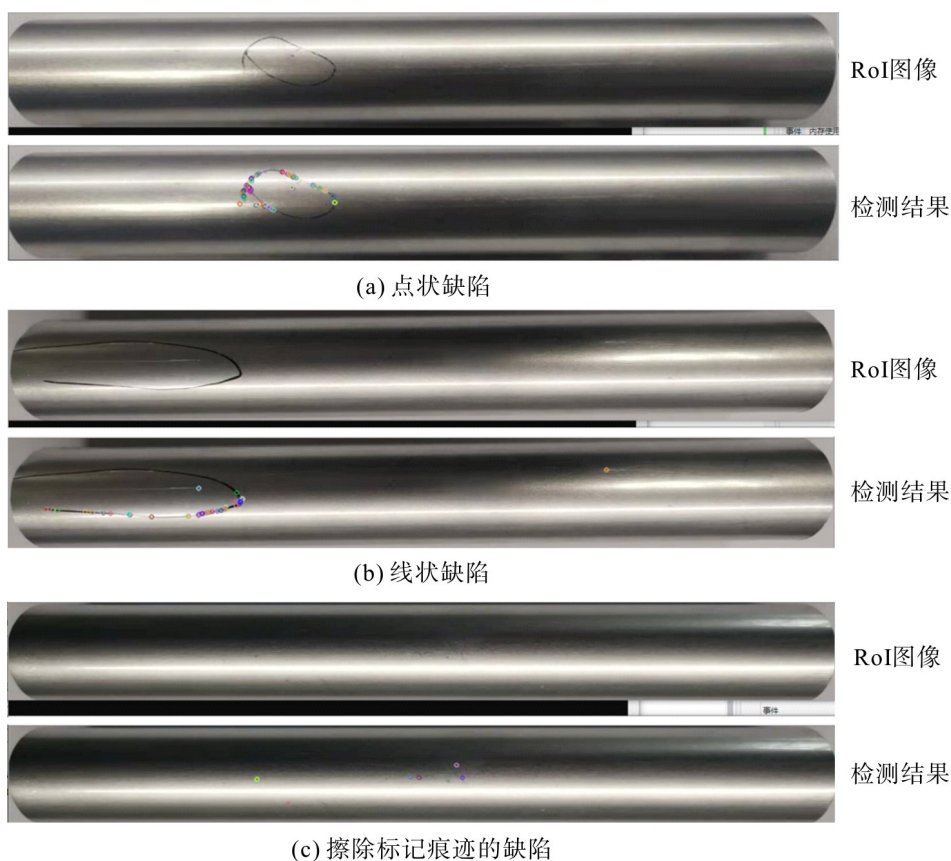
图3 本文算法流程图

Fig. 3 Flowchart of the algorithm in this paper

## 2 实验结果分析

### 2.1 算法性能分析

实验平台为 Visual Studio Software,同时配置 OpenCV 图像处理库构建算法编程的软件平台。选取典型管材缺陷图像进行算法实验验证,结果如图4。



(a) 点状缺陷

(b) 线状缺陷

(c) 擦除标记痕迹的缺陷

图4 检测结果可视化效果

Fig. 4 Visualization of detection results

为便于肉眼观察,使用黑色记号笔标记缺陷所在的大致区域,标记痕迹的颜色比缺陷颜色深。图4(a)为点状缺陷检测结果,包含RoI图像和检测结果两部分信息。分析图4(a)可知:通过设置合适的RoI区域可剔除大部分无关图像背景,有效保留了待检测的管材区域;采用本文提出的检测算法在准确检测出真实缺陷点所在位置的同时,还检测出了黑色记号笔的标记痕迹,说明本文算法对图像灰度变化区域较敏感,具备准确检测不同灰度缺陷的能力;采用本文算法检测该图缺陷的时间约0.32 s,速度较快,说明本文算法具备工程应用的潜力。分析图4(b)可知,本文算法不仅可准确检测出线状缺陷的端点,还可检测出图像右侧未标记的线状缺陷端点。为验证本文算法在无干扰状态下的检测效果,选取一幅典型缺陷图像并擦除黑色记号笔的标记痕迹,结果如图4(c)。分析图4(c)可知,本文算法可准确检测出图像中的缺陷点,检测时间约0.35 s。

随机选取50幅包含缺陷的管材图像,采用文中算法对其进行检测。在实际检测过程中,无论某管材上有多少个缺陷点,只要检测出其中一个缺陷点即可判定该管材存在缺陷,认定算法检测成功。在上述约定下,本文算法的检测成功率约92%,说明本文算法的检测准确率较高。

## 2.2 算法实时性分析

为进一步展示本文算法的检测效率,随机选取部分图像的检测时间,结果如图5。分析图5可知,本文算法的平均检测时间约0.32 s,说明本文算法具备快速检测管材表面缺陷的潜力。

## 3 结 论

设计一种基于ORB特征点的管材表面缺陷检测方法,通过采集典型缺陷图像构建样本集,分析缺陷的成像特征;设置RoI区域减少图像背景对检测过程的干扰,使用ORB算法检测管材表面的缺陷。

实验结果表明,本文算法的检测准确率约92%,平均检测时间约0.32 s,检测准确率较高且检测速度较快,具备较高的工程实用价值。

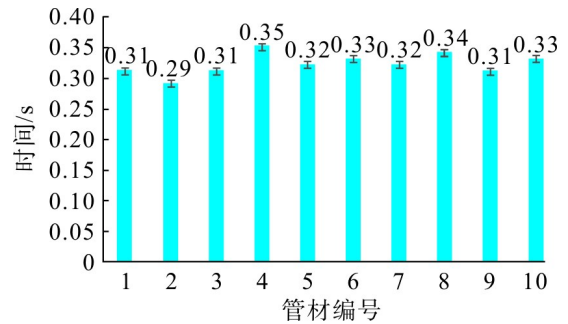


图5 本文算法检测时间

Fig. 5 Detection time of the algorithm in this paper

## 参考文献:

- [1] 董家顺. 基于机器视觉的钢管表面缺陷检测与识别方法研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2020:20–25.
- [2] 刘小楠, 刘珂, 聂建华, 等. 热轧钢管表面三维缺陷检测方法探讨[J]. 钢管, 2020, 49(2):72–75.
- [3] 董家顺, 王兴东, 李殿杰, 等. 基于改进K-means算法的钢管表面缺陷视觉检测方法[J]. 武汉科技大学学报, 2020, 43(6): 439–446.
- [4] 窦丽娟, 党辉, 徐呈, 等. 铝合金管材外表面缺陷原因和质量控制[J]. 科技视界, 2017(12):166, 217.
- [5] 王洪波, 靳兆文, 全源. 接触法超声检测小直径薄壁管材探伤工艺研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(15):4–6.
- [6] 杨旭, 黄英, 涂露寒, 等. 磁粉检测对钢管内表面质量的不良影响研究[J]. 钢管, 2013, 42(4):64–67.
- [7] 张传伟. 基于电涡流传感器的钢球表面缺陷检测系统的研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2020:32–38.
- [8] 王国鹏, 王习东, 王保昌, 等. 基于YOLOv2网络模型的手机镜片缺陷实时检测方法[J]. 自动化与信息工程, 2021, 42(5):28–32.
- [9] 杨利, 陈柳松, 谢永超. 基于机器视觉的芯片引脚缺陷检测系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(7):16–20.
- [10] 李东, 梁家睿. 机器视觉技术在平面口罩缺陷检测中的应用[J]. 机电工程技术, 2021, 50(6):257–262.
- [11] 谷林峰, 李亚. 基于机器视觉的油炸花生拣选系统设计[J]. 食品工业, 2021, 42(8):188–192.
- [12] RUBLEE E, RABOUD V, KONOLIGE K, et al. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF[C]// Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision. New York: IEEE, 2011:2564–2571.
- [13] 化猛奇, 许四祥, 蔡永祯, 等. 基于双目视觉与ROS的机器人去板坯毛刺方法[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2021, 38(1): 60–66.
- [14] GOOI T. Speeded-up robust features (SURF)[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2008, 110:346–359.
- [15] 傅柳军, 龚焯, 李礼, 等. 面向高动态环境的ORB-SLAM3算法优化[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(S1):93–96.
- [16] 王天也, 王绍举. 一种基于ORB特征的夜晚图像拼接方法[J]. 计算机仿真, 2021, 38(5):462–466.

责任编辑: 何莉