

基于图像处理的油封缺陷检测方法综述

田梦奇 霍蛟飞

西京学院机械工程学院 陕西西安 710123

摘要: 在工业生产中,油封是一种重要的机械元件,主要作用为封油和密封,在液压和气动装置中均有应用并起到重要作用。随着机械设备的精密性要求日益提高,对油封的密封性要求也越来越高,然而油封的缺陷是影响油封密封性的最重要因素。目前,国内外专家和学者对油封缺陷检测研究并不多,而且针对油封缺陷检测方法的综述也并未发现。因此,本文主要介绍了图像处理技术和基于图像处理技术的油封缺陷检测方法,对其进行分析优缺点;最后提出了图像处理的油封缺陷检测方法主要存在的问题,并针对其未来的发展方向提出展望。

关键词: 油封; 图像处理技术; 缺陷检测

A review of research methods for oil seal defect detection based on image processing

Mengqi Tian, Jiaofei Huo

School of Mechanical Engineering, Xijing University Xi'an, Shaanxi 710123

Abstract: In industrial production, oil seal is an important mechanical component, the main role is to seal oil and seal, in both hydraulic and pneumatic devices are used and play an important role. With the increasing precision requirements of mechanical equipment, the sealing requirements of oil seals are also getting higher and higher, however, the defects of oil seals are the most important factors affecting the sealing of oil seals. At present, experts and scholars at home and abroad do not have much research on oil seal defect detection, and a review for oil seal defect detection methods has not been found. Therefore, this paper mainly introduces image processing technology and oil seal defect detection methods based on image processing technology, analyses their advantages and disadvantages; finally, it presents the main problems of oil seal defect detection methods of image processing and puts forward prospects for its future development direction.

Keywords: Oil seal; Image processing technology; Defect detection

随着工业机械化的迅速发展,机械元件的质量问题变得愈发重要。在工业生产中,油封如图1所示,是一种重要的机械元件,工作原理就是将需要润滑

经过查阅资料和文献,并未发现相关研究综述型文章,因此,本文将对基于图像处理的油封缺陷检测方法进行简单介绍,为工厂油封检测提供技术参考。本文首先对图像处理技术的进行阐述;其次介绍基于图像处理的油封缺陷检测方法,并对其进行分析;最后提出了基于图像处理技术的油封缺陷检测方法主要存在的问题,并针对其未来的发展方向提出展望。

一、图像处理技术

为了改善人眼检测的各种弊端,图像处理技术逐渐被应用于油封缺陷检测。图像处理技术一般包括图像预处理、图像分割、图像特征提取、图像识别分类^[2]等步骤。

1.1 图像预处理

图像预处理的主要目的是降低或消除图像中的噪声或无用信息,增强图像质量,降低后续图像分割、识别、分类等的工作量。图像预处理的常用方式有图像灰度化、二值化、图像滤波、图像融合、图像增强、图像旋转和平移、图像仿射变换等。

1.2 图像分割

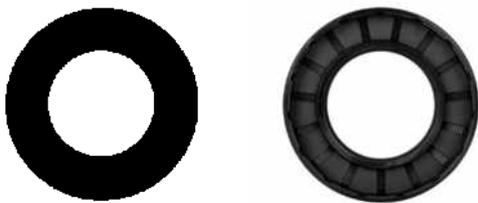


图1 油封

的传动机构与受力机构隔离,同时能够防止漏油和密封。因此,油封的质量检测技术一直是一项关键技术。目前,油封生产企业的油封质量检测主要是人工检测方式,这种方法存在很多不足,如检测速度慢、检测精度低和人眼易疲劳等。

随着图像处理技术的发展,专家和学者逐步将基于图像处理的视觉检测技术^[1]应用于油封缺陷检测。然而

图像分割主要是根据目标的轮廓、形状、颜色等特征来确定感兴趣目标或区域的位置并分割提取出来,这是确定目标位置、尺寸、颜色等信息的重要方法。图像分割方法主要有基于灰度阈值的分割;基于区域特征的分割(如颜色、形状、纹理等);基于边缘的分割,该方式适用于边界有明显的灰度差的区域,但是该方法对噪声较为敏感;基于语义分割方法^[3],主要依赖深度学习技术,分割效果较好,尤其对于复杂的现实场景。

1.3 图像特征提取

图像特征提取目的是从处理好的图像中提取关键信息,特征提取的质量直接影响图像识别的精度和复杂度,常见的图像特征有颜色、形状、轮廓和纹理等。

1.4 图像识别分类

图像识别分类实际上是构造一个多分类器^[4],将之前提取的图像特征映射到某个类别中,比较其得分大小,从而实现图像的分类识别。图像识别分类方法^[5]有贝叶斯、支持向量机、Boosting 以及神经网络和深度学习等主要方法。

二、基于图像处理的油封检测方法

基于图像处理的检测方法主要包括基于传统图像处理技术的方法和基于机器学习与深度学习的方法,接下来将从这两个方面对基于图像处理的油封检测方法进行总结和分析。

2.1 基于传统图像处理技术检测方法

基于传统的图像处理方法原理是基于特征^[6]的缺陷检测,即经过图像预处理和图像分割之后,通过图像增强和图像特征提取等方法,提取目标特征,如颜色、尺寸、边缘和纹理。

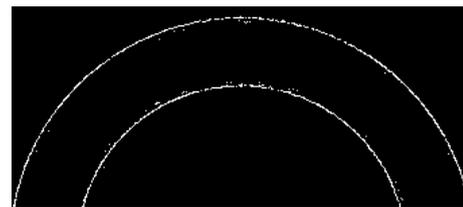
郑琪琪^[7]等对骨架油封图像先进行图像预处理,包括图像灰度化减小数据量,中值滤波方法去除图像噪声,然后使用线性变换方法进行图像增强,最大类间方差法进行阈值分割,Canny 边缘检测方法提取边缘特征,最后经过多角度直径测量法对该边缘图像进行油封内径的测量。这种检测方法简便易行,成本低,但是图像质量易受光线的影响,检测精度偏低,而且需要一个稳定的检测环境。

石磊^[8]在检测油封唇部缺陷时,先对图像进行灰度处理和中值滤波,然后经过 Otsu 阈值分割和链码法提取油封边缘特征,最后使用最小二乘法对提取的边缘特征进行拟合,并根据拟合结果,判断是否为缺陷品,处理结果如图 3 所示。该方法对于检测油封唇部裂口缺陷效果较好,但是该方法检测缺陷单一,无法应用于复杂的实际工况。

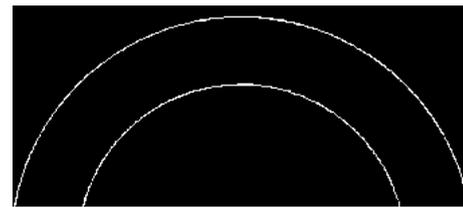


图 3 检测结果

胡静^[9]在对油封尺寸缺陷检测时,提出了一种基于改进 PCNN 的亚像素边缘检测方法,提取了亚像素级别的边缘信息,降低了弱边缘噪声对边缘检测的干扰,提高了尺寸的检测精度,图 4 为 PCNN 边缘检测算法和改进的 PCNN 边缘检测算法提取的边缘信息。事实证明,该检测方法鲁棒性和精度高,可以配合其他算法应用于工业现场检测。



PCNN



改进 PCNN

图 4 边缘检测

Bharathi^[10]等人提出了一种基于纹理分析的橡胶油封缺陷检测方法。该方法将油封图像分为多个子图像,并从具有不同空间关系的灰度共生矩阵中提取纹理特征,以检测油封中的缺陷。然而,仅基于纹理的分析不足以检测缺陷。此外,灰度共生矩阵过于复杂,无法保证检测速度和满足实时性要求。He Z^[11]针对油封的表面缺陷提出视觉检测方法(VDM)。首先,提出了一种基于油封径向显著灰度变化的超像素分割算法的表面图像,这个图像然后被分成几个环带,考虑到反射不平等和低相比之下,提出了一种基于图像沿圆周方向变化较小的圆周背景差分算法,消除了反射不等式的影响。然而,该检测方法较为复杂,无法满足实时性要求较高的场合,并且检测精度也有待提高。

2.2 基于机器学习和深度学习的图像处理技术

随着机器学习和深度学习技术的流行,并逐渐与传统的图像处理技术相结合,尤其在图像分割和图像识别分类时显现出了优势。通过搭建人工神经网络,利用海

量数据集训练网络，能够自主学习获取特征，对复杂环境有很好的鲁棒性，应用也较为广泛。

张国平^[12]在检测油封唇部缺陷时，利用“SVM

1-1”识别原理，采用“M-ary”方法对多种缺陷进行识别，检测结果如表1所示，该方法的数据集样本数量太少，检测准确度偏低。

表1 缺陷样本测试结果统计表

缺陷类型	唇口凸出	唇口凹缺	唇部杂质	唇部破损	主唇裂缝	主唇撕裂
测试集样本数量	14	14	12	11	12	11
训练集样本数量	32	34	37	31	26	28
1-1 正确识别数量	11	12	10	9	10	8
类型划分 准确率 %	78.57%	85.71%	83.33%	81.82%	83.33%	72.73%
M-ary 正确识别数量	14	12	11	10	11	11
类型划分 准确率 %	100%	92.86%	91.67%	90.91%	91.67%	100%

针对这些问题，夏桂芳^[13]等利用深度学习技术提出了一种 Faster R-CNN 网络基于 FPN+ResNet50 框架进行特征多尺度融合改进的方法，表1为改进的算法训练出的模型与 Faster R-CNN 算法的对比，该模型的检测精确度和速度综合性能虽然优于 Faster R-CNN 网络模型，但是对于缺陷的检测准确率已然偏低，同时在实时性要求较高的工况中仍无法满足要求。

表2 不同模型的识别 AP、mAP 和速度

方法	Faster R-CNN	改进 Faster R-CNN
网络	VGG16	ResNet50
mAP	84.1	85.5
划痕	78.7	77.9
毛刺	86.6	87.4
凹缺	87.1	91.2
检测速度	20 fps	16fps

三、基于图像处理的油封检测存在的问题及展望

基于图像处理的油封缺陷检测已然成了很多企业的主要检测方式，但是还存在一些问题：首先对于传统的图像处理技术检测油封缺陷而言，由于油封大多为黑色或棕色，当缺陷尺寸较小或颜色相近时，图像预处理后的提取特征不明显，导致检测准确度下降；同时，这种方法对光线亮度的要求较为严格，需要保持相对稳定的照明条件；而且在一些特征提取算法运算时，需要大量的参数调试，增加了检测难度。其次对于基于机器学习和深度学习的图像处理技术，首当其冲的是缺陷油封数据集的大小和质量，由于没有公开的数据集，多种算法和模型无法对比检测效果的好坏。

对于以上提出的油封检测存在的问题提出展望：针对传统图像处理技术检测油封而言，可以多次调试光照方式，优化图像分割和特征提取算法及其参数，增加算法的实时性和鲁棒性^[14]；对于基于机器学习和深度学习的图像处理技术，要对数据集进行制作，且数据集的数量和质量尽可能多和优，同时使用多种深度学习和机器学习算法训练模型并对比结果，这种方法也很有可能是

未来的主要发展方向。

参考文献：

- [1]Smith M L, Smith L N, Hansen M F. The quiet revolution in machine vision—a state-of-the-art survey paper, including historical review, perspectives, and future directions[J]. Computers in Industry, 2021, 130: 103472.
- [2]Ren Z, Fang F, Yan N, et al. State of the art in defect detection based on machine vision[J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing—Green Technology, 2022, 9(2): 661–691.
- [3]赵强,王瑞,朱宝全,等.基于机器视觉的车道线检测研究进展综述[J].计算技术与自动化,2022.
- [4]王海霞,李凯勇.基于机器学习的图像敏感信息识别方法[J].现代电子技术,2021,44(19):66–70.DOI:10.16652/j.issn.1004–373x.2021.19.013.
- [5]陈一驰,陈斌.计算机视觉中的终身学习综述[J/OL].计算机应用:1–13[2023–02–11].
- [6]梁明,张明路,吕晓玲.基于特征金字塔匹配和自监督的表面缺陷检测[J/OL].激光与光电子学进展:1–10[2023–02–11].
- [7]郑琪琪,赵娟,孙庆泽,朱红伟.基于机器视觉的骨架油封图像处理研究[J].机械设计,2019,36(S2):95–98. DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2019.s2.023.
- [8]石磊,于正林.基于图像处理的油封缺陷检测方法研究[J].长春理工大学学报(自然科学版),2021,44(02):48–54.
- [9]胡静,于正林.基于改进 PCNN 的汽车油封尺寸检测方法[J].长春理工大学学报(自然科学版),2021,44(04):30–36.
- [10]Shankar Bharathi S, Radhakrishnan N, Priya L. Surface defect detection of rubber oil seals based on texture analysis[C]//Proceedings of the Fourth International Conference on Signal and Image Processing 2012 (ICSIP 2012) Volume 2. Springer India, 2013: 207–216.
- [11]He Z, Liu J, Jiang L, et al. Oil seal surface defect detection using superpixel segmentation and circumferential

difference[J]. International Journal of Advanced Robotic Systems, 2020, 17(6): 172988142-0976511.

[12] 张国平, 李亚丽, 徐向艺. 图像处理技术在油封缺陷检测与识别中的应用研究[J]. 信息技术与信息化, 2020(11): 72-73.

[13] 夏桂方, 于正林. 基于深度学习的油封缺陷检测方法研究[J]. 机电工程, 2023, 40(01): 69-75.

[14] Wei R, Bi Y. Research on recognition technology of aluminum profile surface defects based on deep learning[J]. Materials, 2019, 12(10): 1681.