

定在图像空间中有一幅 $N \times N$ 个像素的滑动窗口。用邻域内几个像素的平均值去代替滑动窗口中心的像素点的灰度值的操作。经过均值滤波处理后得到中心像素的灰度值 $g(x, y)$

$$g(x) = \frac{1}{M} \sum_{m,n \in S} f(m,n) \quad (1)$$

式中： $f(m,n)$ 是像素点 (m, n) 像素处的灰度值。 $x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ ； S 为 (x, y) 点邻域中点的坐标的集合，但不包括 (x, y) 点； M 是集合中像素点的总数，一般为8或者15。均值滤波算法能有效的抑制噪声，算法简单，效率高。但是该方法在提升信噪比的同时，使图像变的模糊不清。其实验效果如图2所示。

3.2 铸件缺陷图像分割

铸件缺陷图像分割就是从采集到图像中把铸件表面缺陷部分检测和分割出来，它是由图像处理到图像分析的重要部分。常用的图像分割方法：阈值分割法、区域分割法、边缘分割法等。

(1) 阈值分割法

灰度阈值分割法是最常用的。其数学变换表达式为：

$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & f(i, j) \geq T \\ 0 & f(i, j) < T \end{cases} \quad (2)$$

其中， $g(i, j)=1$ 为图像的前景数据， $g(i, j)=0$ 为图像元素的背景数据， T 是阈值。

由此可见，阈值分割算法的关键是确定一个合适的阈值，确定出合适阈值就能准确把铸件缺陷准确的分割出来。因此，人们发展了各种各样的阈值处理技术，包括全局阈值、自适应阈值、最佳阈值等^[4]。阈值分割的优点是运算比较简单、计算效率高、相应快。在运算效率有要求的简单应用场合，



(a)气孔 (b) 缩孔 (c) 裂纹

图1 铸件表面常见缺陷



(a)原图像 (b)均值滤波后图像

图2 铸件表面缺陷图像均值滤波

得到了广泛应用。

(2) 区域生长分割法

区域生长法的基本理论是将具有相似特性的像素点集合构成的区域。首先，对需要分割区域寻找一个种子像素点作为起点。然后，将种子像素点周围邻域中与种子像素有相同或相似性质的像素合并到种子像素所在的区域中^[5]。将这些新像素当作新的种子像素继续进行上面的过程，直到再没有满足条件的像素可被包括进来。

(3) 边缘分割法

边缘检测是图像分割的常用方法，图像中边缘像素灰度值变化往往是不连续的，可以利用求导数的方法对其检测。对于阶跃性边缘，其位置对应一阶导数的极值点，对应二阶导数的过零点。因此常用微分算子进行边缘检测^[6]。常用的微分算子有Sobel算子、Prewitt算子和LoG算子等，其算子如图3所示。

-1	-2	-1	-1	0	1	-1	-1	-1	1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	-1
0	0	0	-2	0	2	0	0	0	1	0	-1	-1	0	-1	-1	8	-1
1	-2	1	-1	0	1	1	1	1	1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	-1

(a)Sobel边缘检测算子 (b) Prewitt边缘检测算子 (c)LoG边缘检测算子

图3 常用的边缘检测算子

4 铸件表面缺陷检测应用

整个应用系统包括硬件和软件部分。硬件采用HP工作站、Window7 64位操作系统，以及Basler相机、镜头及相应附件等。软件部分采用Pycharm、Python3.7、OpenCV4.4开展软件功能及算法研究，并在生产环境中进行了测试和应用。

4.1 系统架构

铸件表面缺陷检测系统包括铸件图像采集系统、铸件缺陷分析系统和铸件缺陷响应系统构成，如图4所示。铸件图像采集系统主要是通过生产现场的相机，采集铸件表面图像信息，并将采集到的信息传送到工控机。铸件表面缺陷数据分析系统主要采用机器视觉算法，对铸件表面缺陷进行检测和分割。铸件缺陷响应系统，根据数据分析层的分析结果，对异常数据进行响应，包括铸件表面缺陷数据的存储和显示，以及声光报警等。

4.2 设备的结构和 workflows

整个系统的工作流程如图5所示：

- (1) 图像拍摄：采集到对比度良好的图像信息；
- (2) 图像处理：图像数据传送到控制器进行图像处理，包括预处理和主处理；
- (3) 输入、输出信号控制：图像数据处理后，将结果输入运动控制系统；
- (4) 显示处理：从运动控制系统输出相应信号、动作等。

铸件表面缺陷检测设备结构如图6所示。设备的工作过程：首先，铸件由辊道运输到检测位置。然后，机器视觉检测系统对发动机铸件表面进行图像采集，并传送到工控机。其次，工控机通过机器视觉算法进行分析、运

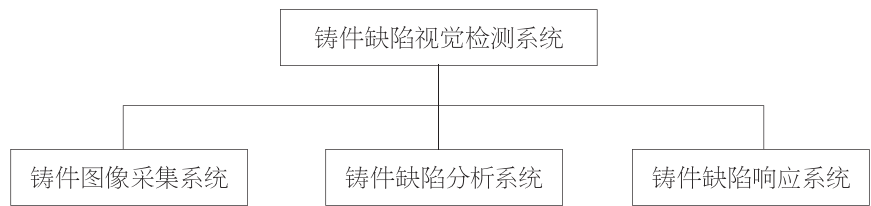


图4 系统架构

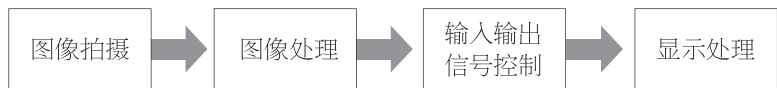


图5 系统工作流程

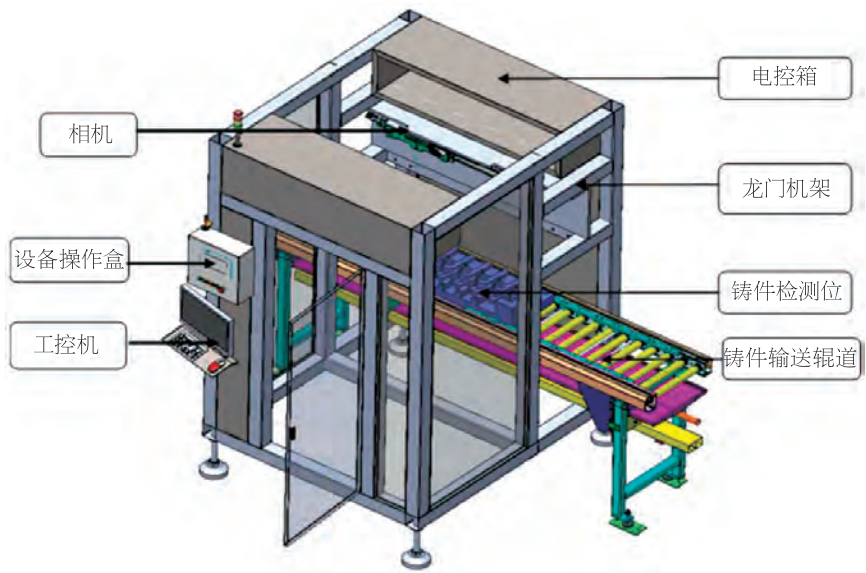


图6 铸件表面缺陷检测系统结构

算。最后，工控机输出缺陷并报警。

4.3 机器视觉算法

软件算法的实现是按照功能进行模块化编程，主要分为图像预处理、数字图像二值化、缺陷面积阈值选取、图像分割识别等。

首先，相机采用硬件触发形式，对现场的铸件表面进行图像采集。由于金属表面容易受反光等影响，易产生“竖线”噪声，需要进行数字滤波操作。本系统针对噪声的特点，提出了一种改进的滑动窗口的中值滤波，其滤波模板如图7所示。通过修改滑动窗口的形状，来达到滤波效果。

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
----	----	----	----	----	----	----	----	----

图7 改进后的中值滤波模板

其中，A5为锚点，即待计算的像素点的灰度值。其灰度值计算公式为：

$$g(x, y) = \text{Median}(A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9) \quad (3)$$

其中， $g(x, y)$ 为待计算的像素点的灰度值。

经过改进的中值滤波处理后，有效的处理了铸件图像的“竖线”噪声。采用数字图像二值化处理，二值化之后的图像见图4(c)。最后，将二值化后的图像进行面积统计。由于铸件缺陷的面积越大对铸件影响越大，本文对轻微的铸件缺陷忽略，本文采用面积大小的特征来检测铸件缺陷。

4.4 系统应用效果

从生产车间调用了151件带有缺陷的样本铸件进行试验,其中,气孔缺陷109处,砂眼缺陷42处,总共151件。具体检测结果,如表1所示。

造成漏检的主要原因是少部分气孔、砂眼等缺陷出现在很靠近边缘的区域,在区域分割时被算法判别为阴影或噪声点。在后续工作中,可通过改进图像采集平台对算法进行辅助。

5 结论

铸件表面缺陷检测完全依靠人工肉眼检测的方式不太现实。本文研究了一种基于机器视觉检测铸件表面缺陷的方法,针对现场环境光的变化和铸件缺陷特征,改进和优化了传统算法。并且编写了相应的应用软件,操作方便,能很好的应用于生产现场中,该系统有利于提高铸件表面缺陷检测效率。**7**

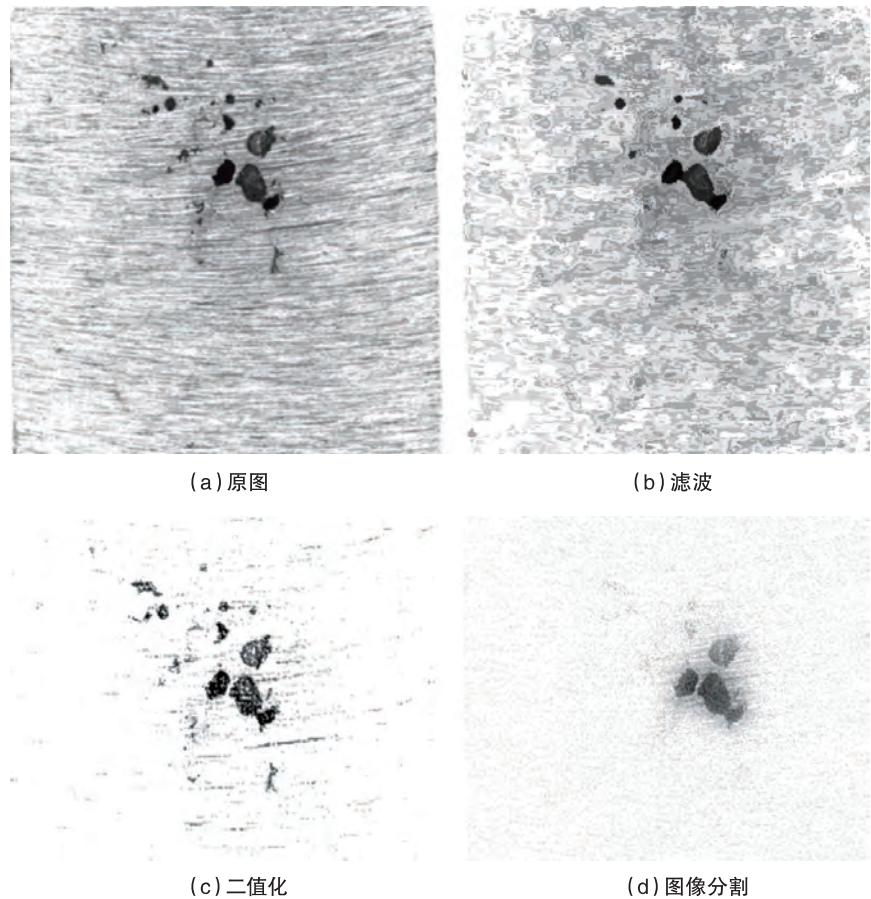


图8 铸件表面缺陷检测算法实测

表1 检测结果

缺陷类型	实际缺陷数量	检测出缺陷数量	准确率(%)
气孔	109	102	93.5
砂眼	42	40	95.3

参考文献

- [1] 张江,王文中.铸造生产中硅砂的选用[J].现代铸铁,2014,34(01):71-78.
- [2] 许悦.基于机器视觉的铸件表面缺陷检测研究[D].江苏大学,2019.
- [3] 商梦石,贾瑞强,张海林.图像处理技术在矿石粒度检测中的应用[J].矿产综合利用,2016(06):13-16.
- [4] 马永慧.基于MATLAB的图像分割的技术研究[J].山西电子技术,2012(04):91-92.
- [5] 张坤,罗立民,舒华忠,杨芳.基于Level Set方法的Visible Human Being虚拟人图像处理[J].安徽大学学报(自然科学版),2005(04):66-69.
- [6] 魏伟波,潘振宽.图像分割方法综述[J].世界科技研究与发展,2009,31(06):1074-1078.



图9 软件开发界面

作者信息

郭志明,男,潍柴动力有限公司,中级工程师,硕士,主要从事智能制造技术研究与

应用工作。电话:17763183580。E-mail: guozm@weichai.com。

关于缴纳2022年度会费的通知

中国工艺协会〔2021〕第44号

各会员单位：

根据国家发展改革委、民政部《关于进一步规范行业协会商会收费管理的意见》（发改经体〔2017〕1999号）文件要求，按照《中国机械制造工艺协会章程》和第六届会员代表大会审议通过的《中国机械制造工艺协会会费标准修改议案》规定，按时缴纳会费是每个会员单位的基本义务，亦是获得服务的基础保障。为使各会员单位能够及时获得更多、更有效、更优质服务，自通知下发之日起开始办理2022年度会费收缴工作，望各会员单位积极支持，自觉履行义务。现将有关事项通知如下：

一、会费标准

理事长单位、副理事长单位：5000元/年

常务理事单位：3000元/年

理事单位：2000元/年

普通单位：1000元/年

二、会费缴纳时间

请于2022年7月15日之前将会费汇至指定账户。

三、会费缴纳方式

（一）银行汇款和邮政汇款均可；

（二）汇款时请注明“会费”，补缴以往年度会费请注明所缴纳会费年度；

（三）汇款后请将汇款底单复印件传真或电子邮件至协会秘书处，并注明会费收据需开列的单位名称、税号、邮寄地址、邮编、收件人姓名及电话。秘书处收到款项后，通过挂号邮寄“全国性社会团体会费统一收据”。

（注：对于未能按时交纳会费的单位，将取消当年参与我会组织推荐的中国机械制造工业科技奖、中国专利奖等活动的资格。）

四、账户信息

户名：中国机械制造工艺协会

开户银行：中国工商银行北京礼士路支行

帐号：0200003609014456387

五、联系方式

通信地址：北京市海淀区首体南路2号1207室 邮编：100044

联系人：时博 郭志丽

电话：010-88301523

电子邮箱：cammt@163.com

中国机械制造工艺协会

2021年12月15日

关于征集2022年团体标准立项计划的通知

各会员单位：

根据中国机械制造工艺协会标准化工作委员会2022年工作安排，现向各会员单位征集2022年团体标准立项计划。

一、征集范围

是指在还未有相关的国家标准和行业标准，或现有国家标准和行业标准不能满足机械制造行业创新发展需求的新技术、新工艺标准。

二、申报要求

按照《中国机械制造工艺协会标准化工作委员会管理办法》要求，申报协会团体标准立项计划需提交《立项申请书》及标准草案，详见（<http://www.cammt.org.cn/xzzq.asp>）下载。

请各申报单位随时将相关材料电子版发送至指定邮箱（E-mail: cammt_standard@163.com），同时将纸质版材料寄送至北京市海淀区首体

南路2号1207室（邮编100044）。每个季度整理评审一批立项议案，逾期将转入下一批。

联系人：赵关红

电话：010-88301523

中国机械制造工艺协会

2021年12月15日