

注：湖南文理学院博士科研启动项目（NO. 16BSQD48）；湖南文理学院大学生创新创业研究项目（NO. YB1614）

摘要：泡沫镍表面纹理特征是反应泡沫镍性能的关键指标，为了根据纹理特征准确判断泡沫镍表面缺陷，并指导实际生产操作，研究了基于LBP的泡沫镍纹理特征提取方法。首先分析了泡沫镍材料的特点以及缺陷类型，然后研究局部二值模式（LBP）用于图像纹理特征提取的方法，并对经典LBP、旋转不变LBP以及均匀LBP进行了比较。通过实验说明旋转不变的均匀LBP算子对泡沫镍纹理特征的提取更有效，为进一步的缺陷识别奠定基础。

关键词：泡沫镍；纹理特征；局部二值模式（LBP）；缺陷识别

中图分类号：TP391.41 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2018)10-0016-04

收稿日期：2018-09-06

基于局部二值模式的泡沫镍纹理特征提取方法研究

荣辉平 曹斌芳* 鲁洋阳 朱琰

湖南文理学院 物理与电子科学学院，湖南常德 415000

一、引言

泡沫镍是通过对镍金属进行一系列物理化学加工后得到的一种新型功能材料，作为车用电池的基材，泡沫镍对电池性能的影响极大^[1]。在生产过程中，由于原料、轧制设备、加工工艺（净化、热解和还原等）等方面因素，导致泡沫镍表面出现污染、压痕、折痕、镍皮、裂纹、划线、漏镀等缺陷，这些缺陷严重影响最终成品的性能和质量，因此需要快速地检测和识别泡沫镍表面缺陷，为后续处理做准备。

泡沫镍表面缺陷检测与识别的关键是提取出能表征泡沫镍缺陷的特征。近些年来，国内外很多学者研究并提出了多种图像纹理特征提取方法，讨论了基于纹理的缺陷识别方法^[2-3]。其中不少学者采用灰度共生矩阵（Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM）的统计方法实现对纹理特征的描述^[4-5]，但这种方法与人类视觉习惯差异性较大，且纹理描述不够精确，同时巨大的计算量也成为其不可避免的缺点。

局部二值模式（Local Binary Pattern, LBP）是基

于图像区域结构特性出发的非参数算子，最先被Ojala等人提出用来协助衡量局部灰度对比度^[6]。LBP算子具有灰度不变性和旋转不变性，具有易理解、鉴别能力强、对光照和旋转敏感度低的特点，常用来描述图像局部纹理特征，揭示了局部灰度变化，并且具有计算量小的特点，已在相关领域获得广泛应用^[7-8]。

本文主要研究基于LBP的泡沫镍纹理特征提取方法。首先分析泡沫镍材料的特点以及缺陷类型，其次研究LBP用于图像纹理特征提取的方法，并对经典LBP、旋转不变LBP以及均匀LBP进行了比较，最后通过实验说明本文方法的有效性。

二、泡沫镍表层缺陷分析

泡沫镍生产过程中由于原料、轧制设备、加工工艺（净化、热解和还原等）等因素，会产生污染、压痕、折痕、裂纹、划线和漏镀几类缺陷。其中，污染指产品表面受油、尘、蚊蝇、炉膛内冷凝水等化学物质沾污而引起的局部颜色变化；压痕指产品表面因碰撞、

挤压等导致的凹陷；折痕指产品受折压经展平后出现的条形损伤，对光观察不透光；刮伤指尖锐物在半成品表面划过而留下纵向平直、深而细长的痕迹，侧光感强。几种典型的表面缺陷样本如图 1 所示。

泡沫镍表面呈银灰色的金属光泽，形态类似于金属海绵，质量上要求表面平整、无划伤、无裂纹、无破损、无油污和无氧化。从不同缺陷的成因其表征可知，缺陷信息表现为复杂的纹理状，因此有效地提取泡沫镍纹理特征是缺陷识别的基础。

在特征提取之前需要对图像进行预处理，从而使图像更加清晰。图像预处理是为了凸显需提取处理的目标，消灭多余信息，让后续进一步检测变得容易，并且最大可能地让数据变得简单，从而提高特征提取、识别分类的可靠性。

本文根据三种泡沫镍表面缺陷图的特点，采用巴特沃斯同态滤波收缩图像亮度界线，增强图像缺陷，同时抑制图像无关背景，利用灰度变换加强画面中明暗差异程度，凸显目标细节，优化整体画面，用均衡化方法提升画面清晰度，再对图像进行锐化，使图像缺陷变得清晰，最后用小波去噪增强图像缺陷信息，预处理后的图像如图 2 所示。

从三类缺陷图像的预处理结果可以看出，在进行预处理后，污染和压痕两种缺陷图中背景对缺陷的干扰较大，缺陷不够突出，而刮伤图像进行预处理后，能比较好地将背景和缺陷进行分离，重点突出了缺陷，达到了较好的效果。三种缺陷图不同的预处理效果对于之后采用 LBP 纹理特征提取会产生不同的影响。

三、泡沫镍的 LBP 纹理特征描述

LBP 算法的核心思维是利用纹理单元的概念，把图像分为很多个窗口，以窗口中心点相邻点的灰度值与中心灰度值之差和阈

值比较做二值化处理，量化为 0 和 1。然后根据顺时针方向将这些值进行加权求和，得到该窗口的 LBP 编码值，如式 (1) 所示。

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) \cdot 2^p \quad (1)$$

其中， $s(x)$ —符号函数；

g_p —表示各个邻域点的灰度像素值；

g_c —表示纹理单元 T 的中心像素灰度值；

P —邻域大小；

R —半径。

为了打破 LBP 算子本身存在的无法提取大尺度纹理特征的局限性，Ojala 等人对 LBP 算子进行了改进^[6]，提出了一种均匀模式的 LBP 算子，根据定义均匀模式表示二进制序列中的 0 和 1 之间的变换次数小于或等于 2 的模式。均匀模式包含了图像的斑点、角点、线、边缘等主要微模式。由于这些模式占据总模式的绝大多数，所以极大地降低了特征维数，维数由原来的 2^P 减少到 $P(P-1)+3$ ，可以在均匀 LBP 的基础上引入旋转不变性，进而继续降低其维度，如此便得到旋转不变

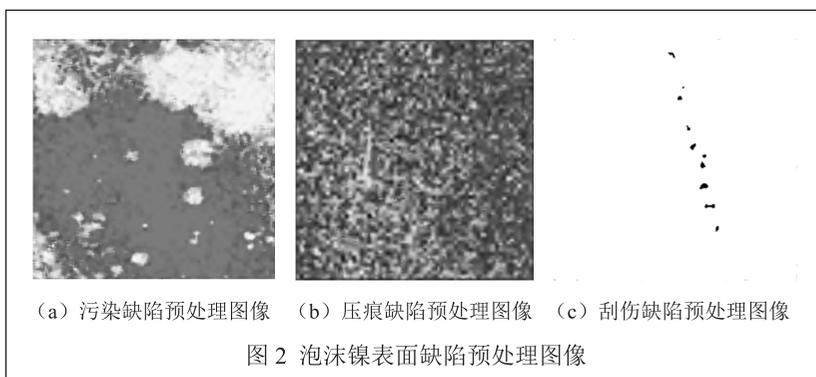
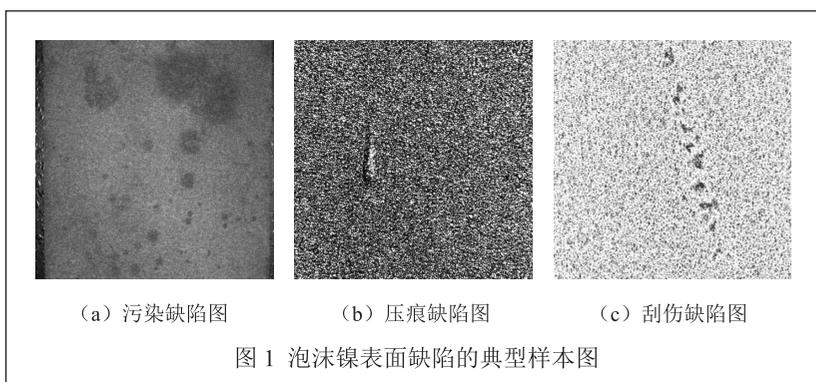


表 1 三种算子实际仿真维度

	经典模式	均匀模式	旋转不变均匀模式
$LBP_{8,1}$	256	59	10
$LBP_{16,1}$	65536	243	18
$LBP_{16,2}$	65536	243	18

的均匀二值模式:

$$LBP_{P,R}^{riu} = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) & U(LBP_{P,R}) \leq 2 \\ P+1 & \text{其它} \end{cases} \quad (2)$$

其中, $LBP_{P,R}^{riu}$ 中的 riu —旋转不变均匀模式;

$U(LBP_{P,R})$ —跳变次数小于或等于 2 的均匀模式。

观察公式 (2) 可以知道, 旋转不变的均匀二值模式有 $P+2$ 种取值可能, 所有的非均匀模式都算在第 $P+2$ 维中, 前 $P+1$ 维均为均匀模式。

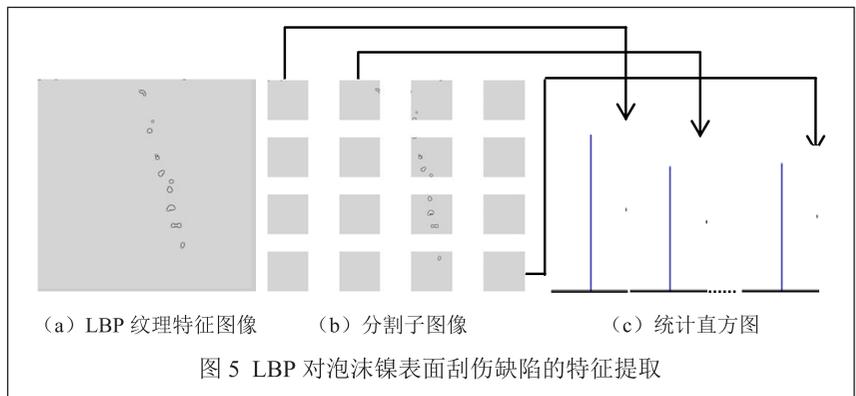
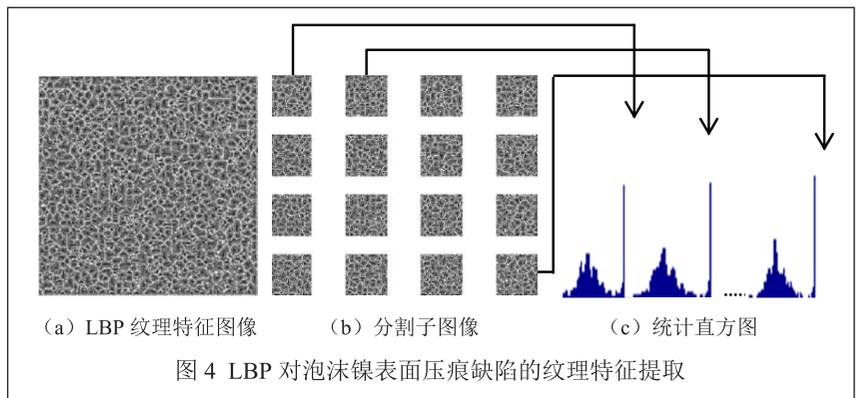
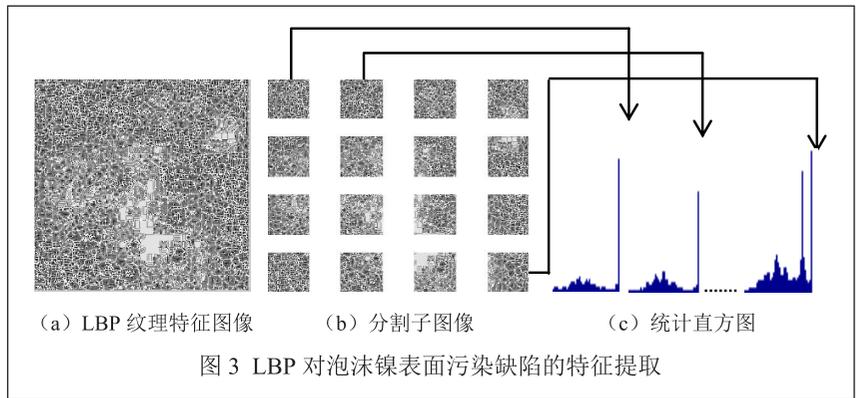
根据以上分析, 每个通过 LBP 算子提取的纹理图像都有一个特征直方图, 横坐标表示的是 LBP 模式值, 纵坐标表示各个模式值的频率。表 1 给出的是这三种模式在不同参数下实际仿真维度的比较。

四、基于 LBP 的泡沫镍表面缺陷纹理特征提取分析

通过上述分析, 本文采用旋转不变均匀 LBP 算子对泡沫镍表面污染缺陷图像进行特征参数提取, 其中, 参数设置为 $(P, R)=(8, 1)$, 对经过预处理的泡沫缺陷图像 (图 2) 进行特征提取, 分别如图 3(a)、图 4(a) 和图 5(a) 所示, 然后对上述纹理图像进行分块处理, 得到的分割子图像如图 3(b)、图 4(b)

和图 5(b) 所示, 最后计算获得每个小块的特征直方图, 分别如图 3(c)、图 4(c) 和图 5(c) 所示。

从图像提取到特征表达之后, 一幅图像可以使用一个固定维度的向量进行描述, 特征提取完成以后, 要对当前样本图像进行判别分类^[3,9]。由于本文只是对 LBP 这一方法进行研究, 接下来的分类及识别便不在这里展开。



五、总结

本文研究了基于 LBP 算子的泡沫镍表面缺陷特征提取方法, 首先分析了泡沫镍材料的特点以及缺陷类型, 然后对泡沫镍图像进行预处理以及仿真。在预处理过程中, 刮伤缺陷图像处理的效果是最好的, 其次是污染缺陷图像和压痕缺陷图像, 说明泡沫镍表面缺陷的纹理在粗细、疏密方面有较大差别, 然后研究局部二值模式 (Local Binary Patterns, LBP) 用于图像纹理特征提取的方法, 并对经典 LBP、旋转不变 LBP 以及均匀 LBP 进行了比较。通过实验说明, 旋转不变的均匀 LBP 算子对泡沫镍纹理特征的提取更有效, 为进一步的缺陷识别奠定基础。

参考文献

- [1] 戴长松, 王殿龙, 胡信国, 等. 连续泡沫镍制作技术 [J]. 中国有色金属学报, 2003, 13(1):1-14.
- [2] 赵洪伟, 谢永芳, 曹斌芳, 蒋朝辉. 基于 Gabor 小波和 LPP 的浮选过程泡沫纹理特征提取及应用 [J]. 上海交通大学学报, 2014, 48(07): 942-947.
- [3] 吴秀永, 徐科, 徐金梧. 基于 Gabor 小波和核保局投影算法的表面缺陷自动识别方法 [J]. 自动化学报, 2010, 36(03): 438-441.
- [4] 刘金平, 桂卫华, 唐朝晖. 基于纹理粗细度测量的铝土矿浮选过程最佳精选泡沫状态分析 [J]. 控制与决策, 2013, 28(07):1013-1017.
- [5] 付兆海. 基于模糊稀疏编码预训练的 RGB-D 目标识别算法 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.
- [6] Ojala T. Gray Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns[C]// European Conference on Computer Vision. Springer-Verlag, 2000:404-420.
- [7] 周书仁, 殷建平. 基于 Haar 特性的 LBP 纹理特征 [J]. 软件学报, 2013, 24(08):1909-1926.
- [8] 刘豪, 杨永全, 郭仙草, 等. 用于纹理特征提取的改进的 LBP 算法 [J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(6):182-185.
- [9] 王玉川. 基于多尺度局部 Gabor 二值模式复合特征的人脸表情识别的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2012.

Research on Extraction Method of Texture Feature for Foam Nickel Based on Local Binary Pattern

RONG Hui-ping, CAO Bin-fang*, LU Yang-yang, ZHU Yan

(College of Physics and Electronics Science, Hunan

University of Arts and Sciences, Changde 415000, China)

Abstract: The surface texture feature of nickel foam is the key index to reflect the properties of nickel foam. In order to judge the surface defect of nickel foam accurately and guide the production operation, a method for extracting the texture features of nickel foam based on Local Binary Patterns (LBP) is studied in this paper. Firstly, the characteristics and defect types of foam nickel are analyzed, and then LBP mode is studied, which is used to extract texture features from the pictures. Meanwhile, the classical LBP, rotation invariant LBP and uniform LBP are compared in detail. The simulation results show that LBP extraction method is more effective for extracting the texture characteristics of nickel foam. The research lays a foundation for the further defect recognition.

Key words: nickel foam; texture feature; Local Binary Patterns (LBP); surface defect

作者简介

荣辉平, 湖南文理学院物理与电子科学学院, 学生, 研究方向为图像处理。

曹斌芳*, 湖南文理学院物理与电子科学学院, 副教授, 研究方向为图像处理。

通讯地址: 湖南文理学院物理与电子科学学院

邮编: 415000

邮箱: cao_bf@163.com

鲁洋洋, 湖南文理学院物理与电子科学学院, 学生, 研究方向为图像处理。

朱琰, 湖南文理学院物理与电子科学学院, 学生, 研究方向为图像处理。