

DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2017.06.025

基于双目立体视觉的陶瓷表面落渣检测

冯浩, 唐磊, 曹利钢

(景德镇陶瓷大学机械电子工程学院, 江西 景德镇 333403)

摘要:针对陶瓷表面的落渣缺陷检测问题,以双目视觉原理为基础,研究了立体匹配算法原理,结合落渣特征,设计出一种以视差图作为分割基础的检测流程。该系统自动区别釉面黑点与落渣缺陷,通过图像预处理进行图像的立体匹配,在视差图中分割,寻求落渣缺陷初步定位,并在左视图中进行精确的缺陷边缘计算。经试验验证,该方法能有效的识别陶瓷盘表面的落渣。

关键词:双目立体视觉;落渣;立体匹配;缺陷检测

中图分类号: TQ174.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-2274-(2017)06-0925-05

Detection of Kiln Dirt on Ceramic Surface Based on Binocular Stereo Vision

FENG Hao, TANG Lei, CAO Ligang

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333403, Jiangxi, China)

Abstract: Aiming to detect the kiln dirt on ceramic surface, a process was designed with the segmentation of the parallax figures of black glaze spots and bumps based on the principle of binocular vision, the stereo matching algorithm, combined with the features of kiln dirt. The image pre-processing is used to achieve the stereo matching of the image, and the parallax is segmented to find the initial positioning of the dirt. Finally, in the left view, the precise defect edge calculation is conducted. Verification of the test results shows that this method can effectively identify the kiln dirt on the surface of the ceramics.

Key words: computer vision; kiln dirt; stereo matching; defect detection

0 引言

陶瓷产品中的落渣检测^[1]是陶瓷产品归类的一个重要的参考标准,落渣是陶瓷中烧制出小的缺陷的总称,其表现为釉下黑点或釉面的凸起。传统陶瓷的落渣检测由专门的产品质检人员通过手与缺陷的接触对陶瓷产品进行检测并归类不同等级,工作效率低、误差大。近些年来,随着机器视觉技术的发展,陶瓷缺陷检测出现了一些新的方法。如西安科技大学^[2]做过针对陶瓷电阻器的陶瓷管破损进行检测;武汉理工大学于斌^[3]针对陶瓷瓶裂纹通过单目相机进行检测,西安理工大学^[4]提出通过Kirsch算子和Canny算子的结合对陶瓷碗缺陷检测等。

以上检测都是基于陶瓷成像图的灰度空间进行图像处理,而无法获取陶瓷表面缺陷的深度信息。本文将双目立体视觉与图像分割结合,将双目立体

视觉所得的视差图作为图像分割的预处理步骤,通过形态学处理、自动阈值处理等步骤不仅可提取落渣缺陷,而且能得到该缺陷的深度信息。

1 检测硬件系统示意图

检测平台:首先用于摆放检测盘子,其次用来搭载检测光源、相机的摆放以及光源和相机的角度调整。采用新次元XCY-SR-3D-02三目实验平台以及图像处理平台。相机固定在三目视觉平台上进行取像,对待测物体表面进行分析、测量。双目相机之间的距离由公式^[5]

$$R = \frac{Z^2}{[R_h b / 2 \tan(\theta / 2)] - Z} \quad (1)$$

其中, R代表深度系统分辨率, R_h 为相机的水平分

收稿日期: 2017-01-15。

修订日期: 2017-04-18。

基金项目: 国家自然科学基金(51165011); 江西省科技厅青年科学基金(20122BAB216008); 卫生陶瓷釉面质量综合评价方法的研究(2012BAB216008)。

通信联系人: 冯浩(1970-), 男, 博士, 教授。

Received date: 2017-01-15.

Revised date: 2017-04-18.

Correspondent author: FENG Hao(1970-), male, Ph.D., Professor.

E-mail: fenghao@jci.edu.cn

分辨率,代表相机的水平分角, Z 为物体到相机的成像平面之间的距离 b 。从而反向估算相机之间距离,通过与实际计算得到参数比对保证实验的客观与准确性。

光源、相机:用于拍摄清晰的陶瓷成像图。考虑到陶瓷的釉面反光问题,采用 45° 高角度光源进行打光,可以减少反射光线进入相机通光孔,并加载偏振片进行有效的过滤去一定量的反射光线。考虑到在做立体匹配时用同样的相机在调整时候会方便控制,本次试验采用大恒DH-HV5051UC-ML,逐行曝光,功耗小,而且稳定。通过公式

$$\frac{f}{WD} = \frac{SensorSize(V)}{FOV(V)} \quad (2)$$

其中, WD 表示相机到检测平台的距离, $SensorSize(V)$ 表示传感器的宽度, $FOV(V)$ 视场宽度,通过计算选取日本COMPUTAR公司的产品型号为M3Z1228C-MP。

PC端:首先进行图像的采集部分,通过相机的自带的图像采集软件进行图像的采集,并进行图像的保存,然后把采集的图像传入图像的处理部分,进行缺陷的检测。

2 检测流程与算法原理

2.1 系统算法流程

如图2所示为系统检测算法流程。

图像矫正:针对陶瓷中陶瓷盘表面不平整凹凸的落渣点与陶瓷烧制生产中存在的磕碰检测。本文采用双目检测原理,在相机标定的基础上,首先对检测物体进行取像,考虑到相机取像时视场需要重合才能完成匹配目的,且相机的取像窗口有限,相机无法进行平行放置,在对图像进行立体匹配是假设在取像平行下进行,因此需要对图片进行矫正。滤波处理:在矫正后的图像中,为了增强检测流程的稳定性,针对拍摄出的相片中缺陷在不同光照条件下出现的微弱的亮度变化对矫正图像进行滤波处理,使立体匹配处理更加稳定。

立体匹配:常见的求视差图方法^[6]SSD、SAD、NCC,然而陶瓷表面的纹理较少,在特征提取定位中采用以上方法造成较大误差,考虑到陶瓷盘中纹理稀疏而且计算的效率,通Middlebury平台的算法的排名系信息,本文采用elas算法求视差图,视差图是实验关键部分,以往的对于陶瓷中缺陷信息只是在原视图的灰度空间内进行分割,无法识别除去灰度差异的信息,通过双目相机的引入可以分析陶瓷表面的高度信息,为缺陷检测找出新的方法。

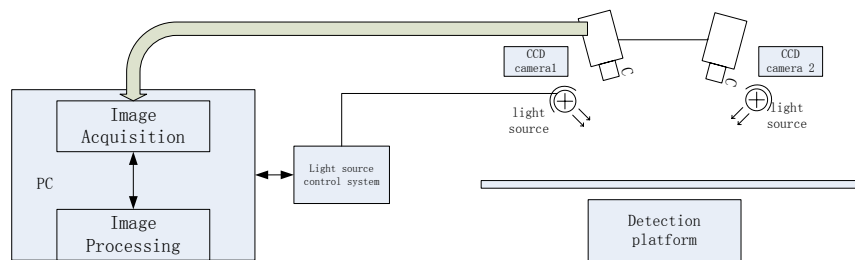


图1 检测平台示意图

Fig.1 Schematic diagram of the test platform

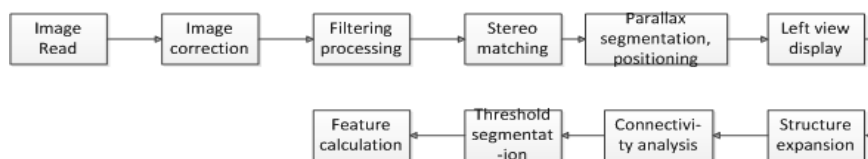


图2 检测算法流程图

Fig.2 The flow chart of the detection algorithm

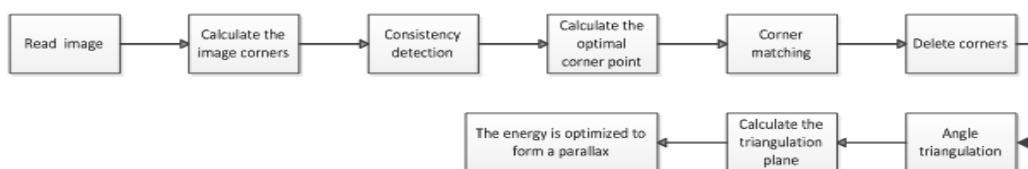


图3 立体匹配流程图

Fig.3 The flow chart of stereo matching

视差图分割: 将视差图转化为三维信息, 通过高度的选取可以直接对视差图进行初步分割, 分割后的结果是陶瓷平面中凹凸点所在的大概范围, 还无法进行精确的分割与定位, 通过视差分割已找出落渣大范围。

左视图定位、膨胀: 通过视差图分割后的区域定位于矫正后左视图中的凹凸点所在区域, 首先是对区域进行膨胀, 从视差图中分割出来的边缘不够精确, 采用结构体为圆且单位长度为3进行区域膨胀, 膨胀的结果是能充分显示缺陷区域; 膨胀后的区域是分散的, 然后对区域进行连通性分析, 使分散的区域无论是否连接在一起作为一个整体单元, 这样方便后续的操作。

阈值分割: 然后对膨胀的结果采用阈值分割, 通过选取合适的灰度值对区域进行分割, 由于分割出的结果只有部分是目标区域, 通过对比分析落渣区域多表现为黑斑且烧制后出来的落渣区域近似是一个圆形, 在筛选区域时既考虑其灰度特性又计算其圆度特征, 通过陶瓷的灰度直方图特征直方图计算设定分割阈值从而选择出目标区域。

2.2 立体匹配算法原理

该算法是由2010年Andreas Geiger于Computer Vision - ACCV 提出^[7,8], 该算法在Middlebury取得良好的测试效果, 算法排名优异, 其参考标准主要由算法速度和运算精度组成。

算法的主要步骤为:

(1)角点计算: 将图像与Sobel进行卷积计算, 在计算时设定步长为5个像素, 计算角点。

(2)一致性检测: 通过左右一致性立体匹配约束, 计算匹配点的概率值, 并计算出每个角点的联合分布概率:

$$p(d_n, o_n^l, o_n^r, S) \propto p(d_n | S, o_n^l) p(o_n^r | o_n^l, d_n) \quad (3)$$

其中, 式子 $p(d_n | S, o_n^l)$ 为先验概率, $p(o_n^r | o_n^l, d_n)$ 为图像的相似性。

(3)通过阈值设置, 选出最优异的点与观测点进行匹配, 阈值设定为 $\tau = 0.9$, 并对其他未选中的点进行删除。

(4)平面三角化: 在纹理较少的区域首先排除视差值大于三个单位值得点, 并对已有的特征点进行三角化处理, 然后通过公式: $\mu_i(o_n^{(i)}) = a_i u_n + b_i v_n + c_i$ 进行线性插值。对计算的结果进行评估。通过最大后验概率(MAP)比对左右图像来评估视差图:

$$d_n = \arg \max p(d_n | o_n^{(l)}, o_n^{(r)}, \dots, o_N^{(r)}, S) \quad (4)$$

(5)视差优化: 通过能量函数优化对视差图进行优化:

$$E(d) = \beta \| f^{(l)} - f^{(r)}(d) \|_1 - \log \left[\gamma + \exp \left(- \frac{[d - \mu(S, o^{(l)})]^2}{2\sigma^2} \right) \right] \quad (5)$$

表1 左右相机的内部参数

Tab.1 The internal parameters of the camera

Internal parameters Camera	Focal length $f(m)$	Horizontal pixel distance $S_x(m)$	Vertical pixel distance $S_y(m)$	Main point column coordinate $V_0(\text{Pixels})$	Main point row coordinate $U_0(\text{Pixels})$	Radial distortion K
Initial value	0.0125	1.48e -005	1.48e -005	640	480	0
Left camera	0.0244455	1.47989e-005	1.48e -005	640	480	-632.245
Right camera	0.0241768	1.48216e-005	1.48e -005	640	480	-280.386

表2 左右相机的外部参数

Tab.2 External parameters of the camera

External parameters Camera	Rotation vector (R_0)			Translate the vector (m)		
	X axis	Y axis	Z axis	X translate	Y translate	Z translate
Left camera	5.58818	4.91415	1.50187	0.00770738	-0.00432306	0.195866
Right camera	352.025	5.2924	1.041127	0.00927105	-0.00966102	0.220341
Relative position	13.606	359.689	0.506932	-0.00108723	0.0568318	-0.0160838

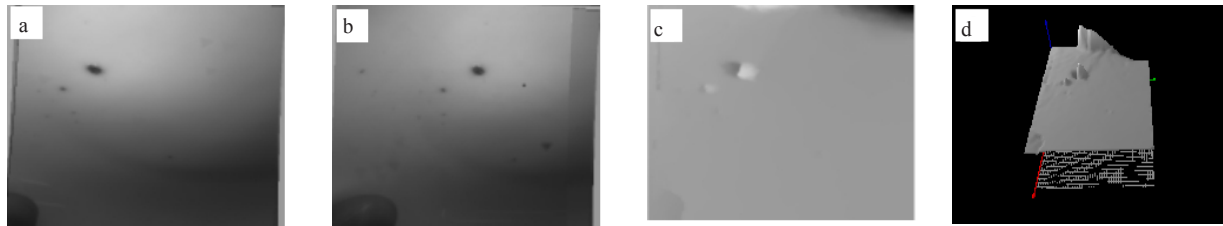


图4 处理效果图(a.b 为左右灰度图, c为视差平面图, d为视差三维图)

Fig.4 Processed renderings (a. b the left and right gray scale images; c the parallax plan; d the parallax three-dimensional map)

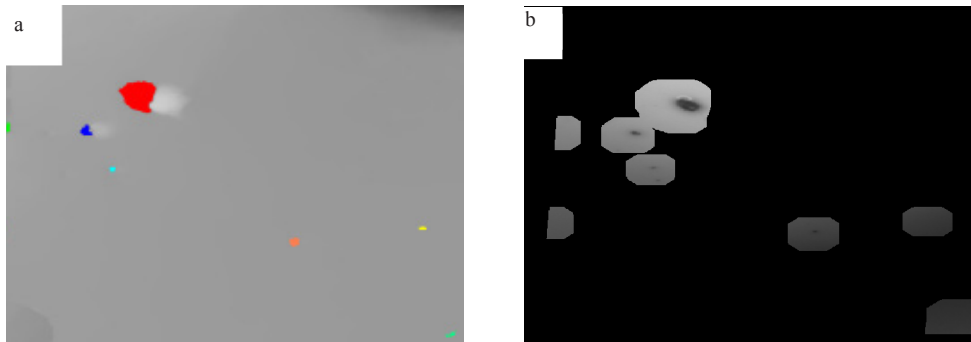


图5 a视差分割图,b左视图定位

Fig.5 Parallax segmentation, b Left view positioning

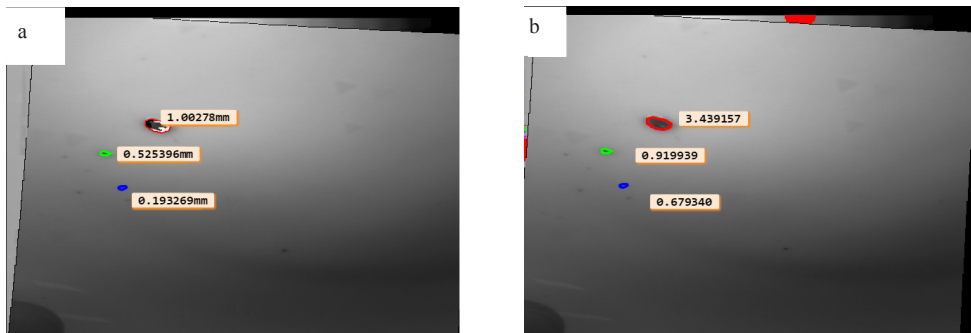


图6 a落渣高度图 b落渣所在区域面积

Fig.6 A Kiln dirt height map; b kiln dirt area

3 实验与数据

在对检测陶瓷盘中的落渣进行检测前首先计算双目相机的位置关系,通过标定计算出两个相机之间的位置关系,其参数如下:

首先,读取两幅图片,经过矫正后的左右图片如图4: a,b。

通过输入相机的外部参数,计算图片的灰度矫正图片,对左右视图进行立体匹配生成视差图可得到结果如图4.c,d为了方便查看,对视差图进行截图放大,针对生成的视差图进行灰度分割如图5-a,选出其中灰度明显变化区域及陶瓷盘中的凹凸点所对应左视图中位置如图5-b,并对区域进行膨胀运

算,在矫正后的左视图中进行分割,最终分割出图像中的凹凸点效果图经过放大便于查看如图6图中彩色部分即为最终的凸起落渣的分割效果。通过计算可得高度图如图6-a,面积如图6-b。

4 总结

本文采用双目视觉图像处理技术对陶瓷盘中的凹凸点缺陷进行检测,利用立体匹配算法求出左右视图的视差图,通过视差图进行落渣区域定位,然后在左视图中精确分割。通过该方法,实现陶瓷表面凹凸点的检测实现与陶瓷中由于烧制中存在的黑点与落渣;实验结果表明达到预期检测的要求。

参考文献：

- [1] GB/T 3810.2-2006
- [2]沙翠翠. 基于机器视觉的陶瓷管缺陷识别技术研究[D]. 西安科技大学, 2010.
- [3]于彬. 基于数字图像处理的陶瓷瓶裂纹检测研究[D]. 武汉理工大学, 2007.
- [4]郭萌, 胡辽林, 赵江涛. 基于Kirsch和Canny算子的陶瓷碗表面缺陷检测方法[J]. 光学学报, 2016, (9): 19-25.
- GUO M, HU L L, ZHAO J T, et al. Acta Optica Sinica, 2016(9): 19-25.
- [5]赛干内克. 三维计算机视觉技术和算法导论[M]. 国防工业出版社, 2014.
- [6]段峰, 王耀南, 雷晓峰,等. 机器视觉技术及其应用综述[J]. 自动化博览, 2002, 19(3): 59-61.
- DUAN F, WANG Y N, LEI X F, et al. Automation Panorama, 2002, 19(3): 59-61.
- [7]Geiger, Andreas, Roser, et al. Efficient large-scale stereo matching[M]// Computer Vision – ACCV 2010. Springer Berlin Heidelberg, 2010:25-38.
- [8]GEIGER A, ROSER M, URTASUN R. Efficient large-scale stereo matching [C]// Computer Vision-ACCV 2010. Berlin & Heidelberg: Springer, 2010: 25-38..