

瓷质焊接衬垫包装生产线的设计

刘怀海¹, 傅向葵², 肖雪¹, 张国全²

(1.长江大学工程技术学院, 荆州 434020; 2.武汉轻工大学, 武汉 430000)

摘要: **目的** 开发一套瓷质焊接衬垫全自动包装生产线, 以降低企业生产压力, 提高生产效率。**方法** 基于衬垫的物性, 采用输送带分隔提升, 消除瓷质焊接衬垫多块重叠问题; 利用模式识别技术, 提出输送带上8种姿态的瓷质焊接衬垫的外形识别方法; 根据辊盘划线原理, 提出瓷质焊接衬垫组中心线绘制的工艺方法。**结果** 将20块同向瓷质焊接衬垫有序排列且粘贴在基材上, 实现了衬垫组粘贴的自动化。**结论** 通过对瓷质焊衬垫包装技术的研究, 提出了外形复杂且同向排序的工艺方法。

关键词: 瓷质; 衬垫; 衬垫排序; 姿态识别; 划线

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)21-0154-05

Design of Packaging Production Line for Ceramic Welding Backing

LIU Huai-hai¹, FU Xiang-kui², XIAO Xue¹, ZHANG Guo-quan²

(1. Yangtze University College of Technology & Engineering, Jingzhou 434020, China;

2. Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430000, China)

ABSTRACT: The work aims to develop a set of automatic packaging production line for ceramic welding backing, in order to reduce the enterprise production pressure and improve the production efficiency. Based on the physical properties of backing, the conveyor belt was used for separating and ascension to eliminate the multi-block overlap of ceramic welding backing. Pattern recognition technology was used to propose the shape recognition method for ceramic welding backing of eight postures on the conveyor belt. According to the principle of the roller plate line, the technological approach drawing a center line was put forward for ceramic welding backing set. 20 blocks of synclastic ceramic welding backing were arranged orderly and pasted on the base material, so that the automatic pasting of backing set was achieved. Based on the research of packaging technology for the ceramic welding backing, the technological approach of intricate shape and synclastic sorting is proposed.

KEY WORDS: ceramic; backing; backing sorting; posture recognition; marking

瓷质焊接衬垫焊接技术以其优良的成型性能、工艺适应性以及成本低等优点被广泛应用在大跨度公路钢桥的不清根熔透焊缝上^[1-3]。这种方法不仅避免了清根、仰焊与狭窄封闭环境作业的不足,而且可以减轻焊工劳动强度,成倍提高焊接生产效率,充分保证焊接质量,同时大大降低对人体与环境的伤害^[4-5]。瓷质焊接衬垫具有材质轻、耐高温等特性,能很好地替代钢垫板,且性能也优于钢垫板。

由于瓷质焊接衬垫为异形小块状脆性物料,衬垫各面的形状皆不相同,为保证焊接生产效率以及焊接质量的要求,通过冲压烧结定型后的瓷质焊接衬垫在

包装前必须进行有序排列、基材粘贴、对中线绘制等生产方式,而这些生产方式都需要大量的人力才能保证企业正常生产,才能向全国乃至全世界用户按时供货。随着中国劳动力成本越来越高,企业已经很难找到长期充足的人力资源来满足生产的需要,迫切需要通过技术创新,开发出一套瓷质焊接衬垫全自动包装生产线,以降低不断增加的企业生产压力,提高生产效率。

目前国内尚未有成熟可靠的瓷质焊接衬垫全自动包装生产线,更没有集分拣、识别、排序、贴片、模切、划线等工序于一体的全自动的瓷质焊接衬垫包装生产线,因此研究一套将机械制造、电气控制、计

收稿日期: 2017-04-28

作者简介: 刘怀海(1982—),男,硕士,长江大学工程技术学院讲师,主要研究方向为机械设计与机构运动学。

算机图像识别与检测等为一体的全自动生产线, 将为该行业创出一条崭新的快速发展道路, 大大提高其在国民生产中的应用范围和应用水平, 为该行业的生产制定行业规范和生产标准, 对衬垫包装技术的发展具有深远的现实意义和广泛的社会经济效益。

1 研究对象

研究以瓷质焊接衬垫(以下简称衬垫)为研究对象, 在控制系统作用下, 将 20 块杂乱无序的衬垫按一定的姿态粘贴到基材上。其成品模型见图 1。



图 1 瓷质焊接衬垫组模型
Fig.1 Model of ceramic welding backing set

1.1 瓷质焊接衬垫

衬垫结构见图 2。主要由粘贴基材面、V 型槽、凹槽、凸槽、焊接材料接触面和焊缝承接面组成^[6], 期中凹槽和凸槽为前后衬垫结合位。

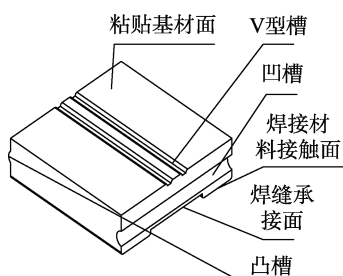


图 2 衬垫的结构
Fig.2 Backing structure

在图 3 中分别标示出了基材粘贴面和划线面, 其中图 3 中用虚线标示出衬垫上划线的位置。衬垫在生产线上存在的 8 种姿态见图 4。其中图 4a—d 为粘贴基材面的 4 种姿态, 图 4e—h 为承接焊缝面的 4 种姿态。

1.2 基材

基材的结构见图 5, 其中厚度为 0.2 mm 的基材 1、2 和 3 为一条牛皮纸模切后分成 3 部分, 厚度为 0.2 mm

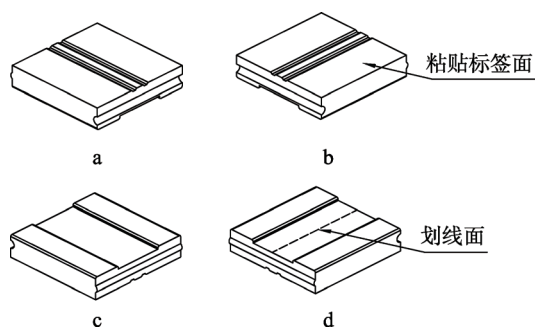


图 3 衬垫的三维结构形式
Fig.3 3D structures of backing

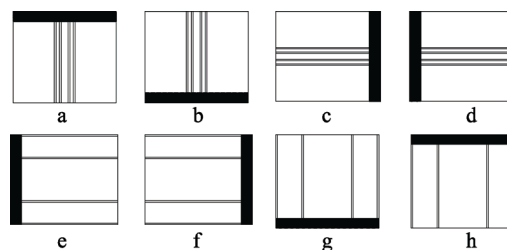


图 4 衬垫在生产线上存在的 8 种姿态
Fig.4 Eight postures of backing on the production line

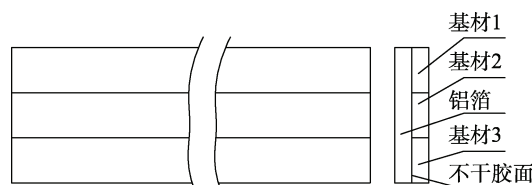


图 5 基材结构
Fig.5 Base material structure

的铝箔为承载材料, 3 条基材与铝箔通过不干胶面粘接^[7]。中间基材 2 剥离后粘贴到衬垫粘贴面上, 两边基材 1 和 3 在焊接现场由焊接工手动剥离粘贴到焊接材料上, 使其托住焊料。

2 工艺路线

该工艺路线是以衬垫在水平输送机上的 8 种姿态和圆盘状基材下提出的。采用的工艺方案见图 6, 在输送线上将杂乱无序的衬垫变成有序排列; 将输送线上单个具有 8 种姿态的衬垫选出设定的一种姿态; 将单个同姿态的衬垫规整成 20 块首尾对接, 并在其上粘贴铝箔基材; 在衬垫组上画出一条细实线; 在完成上述动作后, 对衬垫组实现堆垛和装箱。

储存在料仓内的衬垫, 通过一输送提升系统 I 将杂乱无序的衬垫每次一排提升到一定高度(限量), 在输送推力和重力共同作用下, 依次有序地落入到与前输送垂直布置的输送机 II 上(排序), 并通过输送机 II 和 III 的不同线速度和高度差将重叠和交错的衬垫变成有序地进入识别工位; 在识别工位分别对衬垫在输送机 III 上的 8 种姿态逐一进行识别, 并对相同姿态的衬垫赋予一确定的代号, 相同代号对应特定的出口, 在输送机 III 上安置了 8 个出口, 由固定在出口处的换位装置将本代号的衬垫推出输送机 III; 在与输送机 III 对接的 8 个出口, 分别接 8 条输送机 IV_i ($i=1,2,\dots,8$), 每条输送机上都需完成 20 块衬垫整列功能(保证每个衬垫之间无缝隙)^[8-10]。圆盘状的基材通过伺服驱动将基材 2 从铝箔上剥离, 其剥离速度与输送机 IV_i 的线速度同步, 剥离后的基材粘贴到衬垫组; 粘贴好基材的衬垫组在输送机 IV_i 作用下自动进入划线装置, 在衬垫特定位置划上一条细实线; 最后, 再对成品衬垫堆垛、装箱后入库。

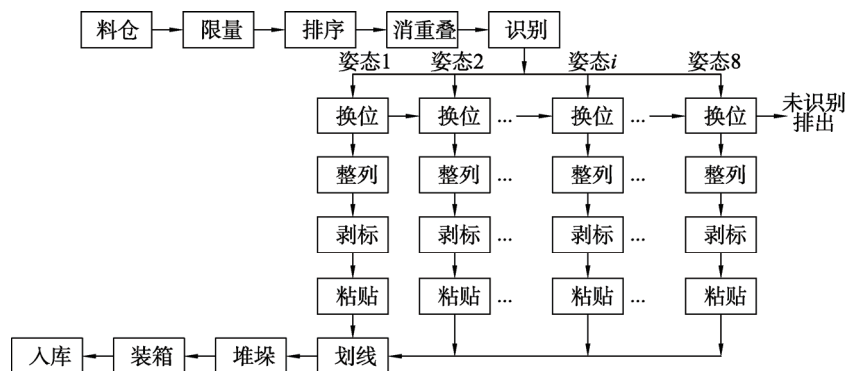


图6 衬垫工艺流程

Fig.6 The technological process of backing

3 关键工位的设计

为了实现上述功能,关键工位主要有衬垫排序、姿态识别、粘贴基材和衬垫划线等动作。其中粘贴基材可以采用现有成熟的贴标方法,因此下面重点阐述衬垫排序、姿态识别和衬垫划线等机构的结构和原理。

3.1 衬垫排序

由于衬垫为陶瓷材料,其物性为脆性^[11]。此物料在外力作用下,易于损坏边角,因此,在研究衬垫排序方式时,不能采用常见排序效果很好的振动盘方法。为将料仓中一堆无序状衬垫均匀落入到下一工位,且保证无重叠、无交错,自动形成8种姿态,拟采用的原理方案见图7。

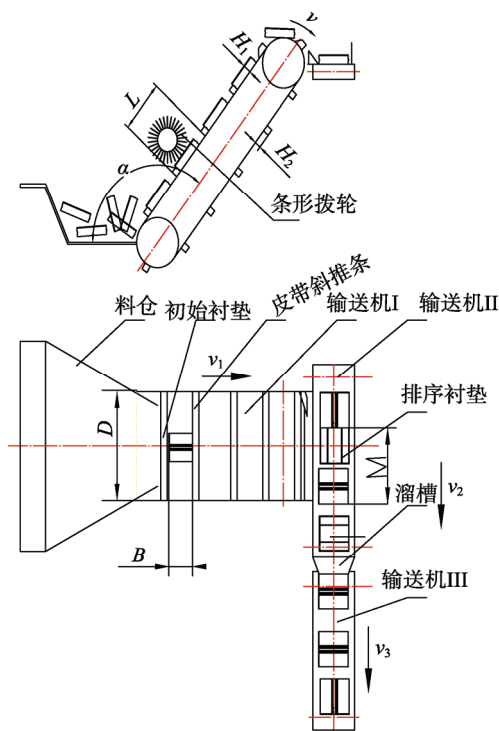


图7 衬垫排序原理

Fig.7 Principle of backing sorting

3.1.1 不重叠的基本要求

假设衬垫长宽 B 相等,高度为 H_1 ,输送机 I 斜度为 α ,衬垫间摩擦因数为 μ 。输送带 I 上推条高度为 H_2 ,推条间距为 L ,宽度为 D 。输送带 II 上 2 块衬垫最小距离为 M 。可得出:若 2 块衬垫重叠,则 $M < 2B$;若 2 块衬垫不重叠,则 $M > 2B$;若 2 块衬垫收尾对接,则 $M = 2B$ 。为保证在输送带 II 上的衬垫满足 $M \geq 2B$,其工作原理见图 7。储存在料仓 1 中的衬垫,在输送机 I 的作用下,其上的输送带 I 推条带取料仓中的衬垫,由于推条高度 H_2 小于衬垫高度 H_1 ,理想状态下输送带 I 推条在同一截面上每次只能从料仓中带取 1 块衬垫。若有 2 块衬垫载摩擦力作用下在推条内重叠,条形拨轮将上面的衬垫刮离或在重力作用下滑落到料仓中。该原理对无序堆积的衬垫通过输送机 I 实现了单个排列。输送机 I 上的推条作用是保证 2 根推条之间的衬垫从输送带 I 落到输送带 II 上不会出现二次重叠。

3.1.2 存在问题及处理方法

在输送机 II 上的衬垫可能存在其一边不与输送带运动方向平行(即歪斜)和 2 块之间首尾连接(即之间无间隙)的问题。衬垫一边不与输送带运动方向平行可采用在输送机 II 上增加限位板或导向板。2 块衬垫之间首尾连接可采用 2 条输送机,并采用不同的速度和高度差,可将 2 块衬垫分开^[12-14],图 7 中的输送带 III 可解决此问题。

3.1.3 结构参数优化

根据上述原理,可建立优化方程如下所述。

目标函数: $\min M \geq 2B$ 。

约束条件: $H_1 + 2 = H_2$, $B + 3 = L$, $\mu \cos \alpha < \sin \alpha$,

$$\frac{L}{V_1} < \frac{D}{V_2}, v_2 < v_3。$$

满足上述条件下,可实现衬垫从无序状变成有序排列,其物化后的三维模型见图 8。

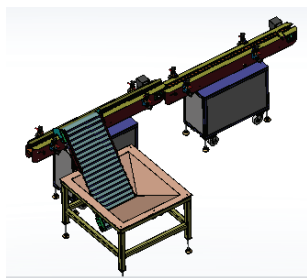


图 8 衬垫排序三维模型
Fig.8 3D model of backing sorting

3.2 姿态识别

满足上述排序要求的衬垫,在输送机上,需要在 1 s 内,能识别出 5—7 块(可能有 8 种姿态)衬垫,且还能选取符合要求姿态的衬垫^[15]。

3.2.1 组成

由于衬垫外形结构的特异性,该技术采用模式识别技术鉴别衬垫在输送机 III 上的姿态。采用的原理见图 9。该检测系统主要由激光头 I 和 II、输送机 III、光电传感器和单色相机组成。

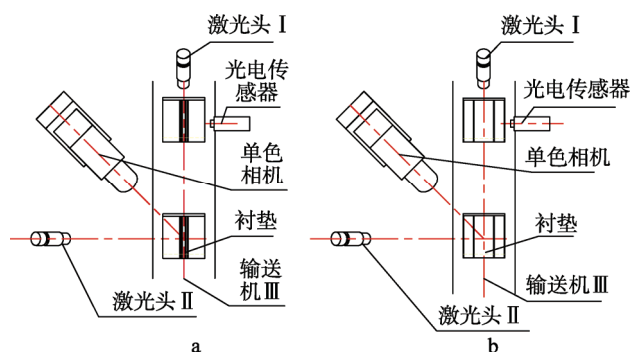


图 9 衬垫在生产线上存在的 8 种姿态
Fig.9 Eight postures of backing on the production line

3.2.2 工作原理

主要检测衬垫表面轮廓特征。激光头 I 和 II 相互垂直布置,其中激光头 I 与输送带 III 运动方向相同。激光头 I 和 II 发出的激光线在衬垫轮廓上会投影出一条线,相机拍摄下每个激光线的形状,以此来推断出是哪一种姿态的衬垫。在图 9a 中的衬垫被相机拍摄的激光头在衬垫上的激光线轮廓见图 10a。图 10a 中的线条轮廓对应的就为图 9a 中的衬垫 4。图 10b 中的线条轮廓对应的就为图 9b 中的衬垫 4。此线条轮廓与衬垫在输送机上的姿态是一一对应的。同理,可得出其余的衬垫在输送机上的姿态。其三维模型见图 11。

3.3 划线

为保证焊接工在粘贴衬垫到焊接材料时,衬垫组中心线与 2 块焊接材料之间缝隙的对称面重合,需要在图 1 中的衬垫组中间位置处划出一条细实线,且要求线条宽度不能大于 0.3 mm、清晰、无断线。在考

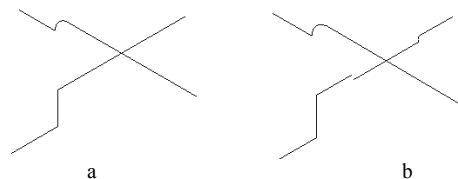


图 10 相机拍摄的激光头在衬垫上的激光线轮廓
Fig.10 The laser outline of laser head on the backing shot by the camera

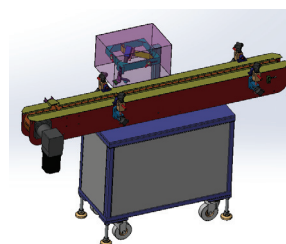


图 11 衬垫姿态识别三维模型
Fig.11 3D model of backing posture recognition

虑用户使用成本的条件,企业要求不能采用非接触式的喷墨方式划线^[16],但由于衬垫是陶瓷材料,硬度高、如何采用接触式,且对划线轮不磨损,需要研究驱动方式和划线原理。划线原理见图 12,划线通过限位组件 4 与输送机 IV 端部衔接。

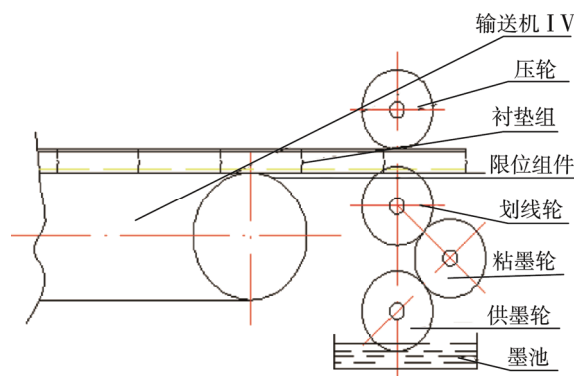


图 12 划线装置原理
Fig.12 The principle of marker

供墨轮将墨池中的油墨粘附到其表面,粘墨轮将供墨轮表面上的油墨均匀涂到划线轮外表面,划线轮再将其上的油墨粘附到衬垫组上。该技术要求图中的各轮线速度相等,且保证划线轮线速度一定要与输送机 IV 的线速度相同,才能减小划线轮与衬垫表面摩擦。其三维模型见图 13。

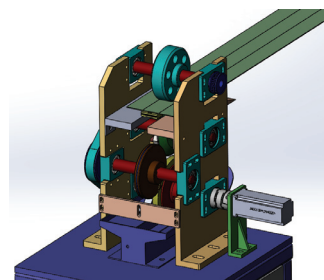


图 13 衬垫组划线三维模型
Fig.13 3D model of backing set marking

4 系统实现

根据上述原理,瓷质焊接衬垫包装生产线的三维模型见图 14。并经生产线制作与安装和现场试验,得出的各项参数皆能满足用户要求,其成品见图 15。

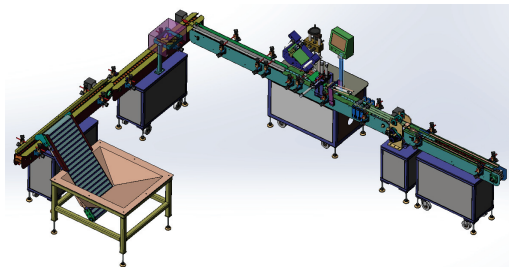


图 14 瓷质焊接衬垫包装生产线的三维模型
Fig.14 3D model of packaging production line for ceramic welding backing

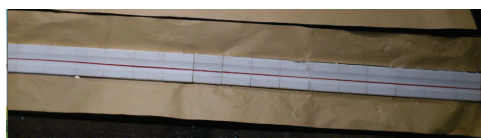


图 15 瓷质焊接衬垫组成品
Fig.15 Finished products of ceramic welding backing

5 结语

以瓷质焊接衬垫为研究对象,为了实现瓷质焊接衬垫的全自动包装,对衬垫排序、姿态识别、粘贴基材、划线等技术难题提出了解决思路,为国内外尚未成熟的瓷质焊接衬垫全自动包装生产线的设计提供了一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 王志华,李世威. 陶瓷衬垫焊在公路钢桥上的应用[J]. 钢结构, 2012(5): 12—15.
WANG Zhi-hua, LI Shi-wei. Application of Ceramic Backing Welding in Highway Steel Bridge[J]. Steel Structure, 2012(5): 12—15.
- [2] PARK K T. Thermal Stability and Mechanical Properties of Ultra Fine Grained Low Carbon Steel[J]. Materials Science and Engineering, 2010, 29(3): 16—19.
- [3] HOW A A. Ultra Fine Grained Steel Industrial Prospects[J]. Material Science and Technology, 2000, 16(11): 335—337.
- [4] 杜学铭. 瓷质焊接衬垫 CO₂ 气体保护单面焊接工艺的研究[J]. 船海工程, 2002, 144(1): 21—24.
DU Xue-ming. Study on Single Side Welding Technology of CO₂ Gas Protection for Ceramic Cushion [J]. Bohai Engineering, 2002, 144(1): 21—24.
- [5] 尹恒,邱明辉. 陶瓷角衬垫在熔透 T 形接头中的应用[J]. 焊接技术, 2015, 44(9): 95—97.
YIN Heng, QIU Ming-hui. Application of Ceramic Gasket in Penetrating T-joint[T]. Welding Technology, 2015, 44(9): 95—97.
- [6] 潘松年. 包装工艺学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007.
PAN Song-nian. Packaging Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007.
- [7] 沈力. 智能化基材在食品包装中的应用及研究进展[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 338—344.
SHEN Li. Application and Research on Intelligent Labels in the Food Packaging[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 338—344.
- [8] 郭宝良,段志善. 非谐和水平振动输送机的物料运动分析[J]. 机械工程学报, 2012, 48(1): 105—110.
GUO Bao-liang, DUAN Zhi-shan. Analysis of Material Movement of Non-harmonic Horizontally Vibrated Conveyor[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(1): 105—110.
- [9] 冯维明,曲秀晓. 非谐和振动输送机输送速度分析[J]. 振动与冲击, 2010, 29(1): 219—222.
FENG Wei-ming, QU Xiu-xiao. Travel Rate Analysis for a Non-harmonically Vibrating Conveyor[J]. Journal of Vibration and Shock, 2010, 29(1): 219—222.
- [10] SHOTTON J, FITZGIBBON A. Real-time Pose Recognition in Parts from Single Depth Images[C]// Proc of IEEE Conference on Computer Vision, 2011: 415—422.
- [11] 郭景坤. 关于陶瓷材料的脆性问题[J]. 复旦学报, 2013, 42(6): 822—826.
GUO Jing-kun. On the Brittleness of Ceramic Materials[J]. Journal of Fudan University, 2003, 42(6): 822—826.
- [12] 刘利平. 带式输送机优化设计[J]. 科技创新导报, 2012(5): 45.
LIU Li-ping. Optimization Design of Belt Conveyor[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2009(5): 45.
- [13] 金丰民,王瑀. 带式输送机实用技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012.
JIN Feng-min, WANG Yu. Practical Technology of Belt Conveyor[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2012.
- [14] 马卫东,于冰. 带式输送机传动装置优化设计[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2012, 20(1): 40—45.
MA Wei-dong, YU Bing. Optimum Design of Belt Conveyor Transmission[J]. Yellow River Conservancy Technical Institute, 2012, 20(1): 40—45.
- [15] 殷海艳,刘波. 基于部位检测的姿态识别[J]. 计算机工程与设计, 2012, 34(10): 3540—3544.
YIN Hai-yan, LIU Bo. Recognition Base on Part Detection[J]. Computer Engineering and Design, 2012, 34(10): 3540—3544.
- [16] 颜改革. 微型压电喷墨结构制造工艺研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
YAN Gai-ge. Study on Manufacturing Technology of Miniature Piezoelectric Ink-jet Structure[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2015.