

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.04.017

基于机器视觉的注射模具型腔异常检测^{*}

杨丁¹, 杨威², 张云²

(1. 四川职业技术学院机械工程系, 四川遂宁 629000; 2. 华中科技大学材料科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要: 探讨了利用机器视觉技术进行注射模具型腔异常检测的流程和关键技术, 包括型腔图像预处理、型腔图像模板匹配、互相关方法, 并对一工作过程中的模具进行了型腔异常检测实验。结果表明, 本检测方法准确性高, 具有实用价值。分析了对塑料少量残留型腔的误判原因, 为进一步优化检测奠定了基础。

关键词: 机器视觉; 注射成型; 型腔异常; 检测

中图分类号: TP391.77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)04-0074-04

Detection of Cavity Abnormal Situation for Injection Mold Based on Machine Vision

Yang Ding¹, Yang Wei², Zhang Yun²

(1. Department of Mechanical Engineering, Sichuan Vocational and Technical College, Suining 629000, China; 2. College of Materials Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The procedures and key technologies including the methods for pretreatment of cavity image, templet matching of cavity image and cross-correlation of cavity abnormal situation for injection mold based on machine vision technology, and the cavity abnormal situation of an injection mold during working was detected. According to the experiment results, this detection method is of high accuracy and practical value. The reason for misjudgment of the cavity in which a little material leaves was analyzed, which lays the foundation for the further optimization of the detection method.

Keywords: machine vision; injection molding; cavity abnormal situation; detection

注射成型是塑料最主要的加工方式^[1], 能够加工结构复杂、尺寸精度高的塑料件。随着科技的迅猛发展, 工业生产对注射成型加工过程的连续性和稳定性提出了更高的要求。对于注射成型自动生产中的脱模后塑料件部分残留甚至塑料件顶出失败等型腔异常现象的检测是保证生产正常进行的重要环节, 若在型腔异常的情况下合模继续进行下一个生产周期, 不仅会严重影响注塑产品的质量, 而且会损坏模具, 增加生产成本。因此, 对于注射成型加工过程的实时、在线、非接触的检测技术的研究就十分重要。

1 机器视觉技术简介

机器视觉技术^[2-3]涉及计算机技术、图像处理、模式识别、自动化控制等领域。“机器视觉”可理解为利用机器装置或设备模拟人的视觉功能, 并对采集的图像进行处理、提取信息并加以理解, 最终用于实际检测、测量和控制^[4]。一个典型的机器视觉系统如图1所示。

2 型腔异常检测流程

注射模具型腔异常主要是指开模、塑料件顶出

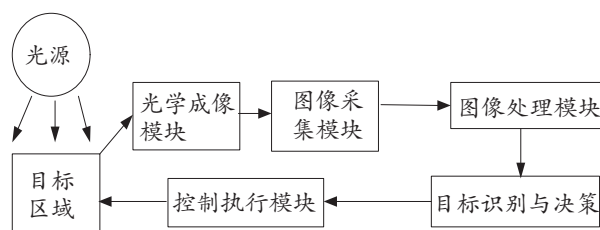


图1 机器视觉系统

后, 塑料残留或部分残留在型腔的情况。利用机器视觉技术进行模具型腔异常检测的原理及流程为: 首先进行型腔模板的设置, 设置过程包括: ①采集开模后的常型腔图像作为模板; ②进行模板图像预处理; ③参数设置; ④ROI(Region of Interest)设置等。在连续生产过程中, 每个生产周期的模具合模动作前, 系统采集待检测的型腔图像, 然后图像处理模块对待检型腔图像和型腔模板图像进行模板匹

^{*} 广东省数控一代机械产品创新应用示范工程专项资金入库项目(20120119)、四川省教育厅重点项目(12ZA283)

联系人: 杨丁, 硕士, 副教授。主要研究模具CAD/CAM/CAE及数控技术

收稿日期: 2014-01-17

配,若两图像的相似度大于设定的阈值,则表示型腔正常,可以进行合模动作;若两幅图像的相似度值小于设定的阈值,则表明型腔异常,系统发出警报信号,禁止合模,操作人员对异常情况人工进行处理。型腔异常检测的流程如图2所示。

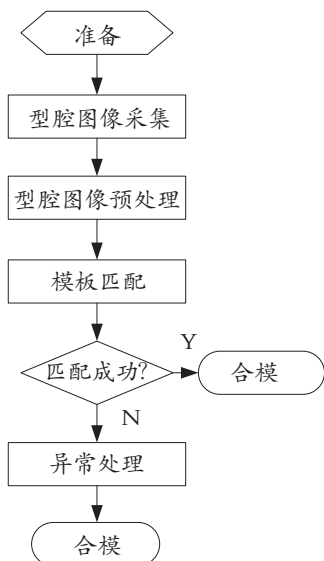


图2 模具型腔异常检测流程

3 型腔异常检测关键技术

3.1 型腔图像预处理

在连续生产过程中,由于机器的震动、噪声干扰、灰尘等影响因素会对工业照相机的图像采集过程产生干扰,从而影响型腔图像的质量。因此须先对待检测模具型腔图像进行预处理操作,降低这些干扰因素的影响。型腔图像的预处理主要是滤波处理。滤波处理包含均值滤波、高斯滤波、中值滤波等滤波算法,这3种滤波从人眼视觉上看,处理效果并不太明显,对图像的整体灰度或对比度的影响效果并不大,对图像进行放大处理后,可以看出这几类滤波算法对图像信息的改变。

3.2 型腔图像模板匹配

模板匹配是进行模具型腔异常检测的关键步骤,在模板匹配前应完成以下工作:①设置型腔模板,将正常情况下的型腔图像设置为型腔模板;②提取待检测型腔图像中的ROI区域,将不需要检测的区域排除,从而减小后续的图像处理量;③对模板进行预处理,即对图像进行增强处理。

模板匹配的原理是用模板图像在输入图像上滑行,依次与输入图像的重叠区域进行相似度比较,将相似度最大的区域作为匹配目标区域。模板匹配的原理如图3所示, $w \times h$ 的模板从 $W \times H$ 的待匹

配图像上滑过,反复计算子图和模板的相似度。

设输入图像为 100×100 像素,模板图像为 10×10 像素,匹配的过程为:

(1) 从输入图像的左上角(0,0)开始,分割一块(0,0)至(10,10)的临时图像;

(2) 用临时图像和模板图像进行相似度比较,结果记为 c , c 就是结果图像(0,0)处的像素值;

(3) 分割输入图像从(0,1)至(10,11)的临时图像,进行相似度计算,并记录到结果图像;

(4) 重复(1)~(3)步直到输入图像的右下角。

(5) 从结果图像中获取匹配程度最高的像素点,即为模板匹配的结果。

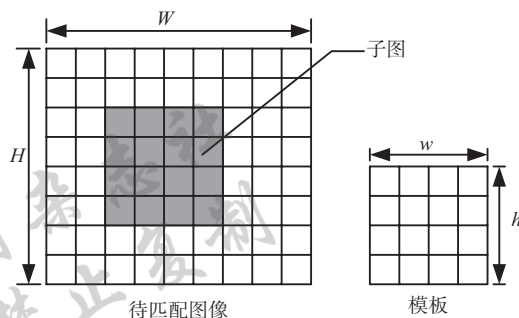


图3 模板匹配原理图

模板匹配方法主要可分为基于灰度统计信息的模板匹配和基于特征的模板匹配。基于灰度的模板匹配直接利用图像的灰度量两幅图像之间的相似性,采用搜索方法寻找使相似性度量最大或最小值点。基于灰度的配准方法实现简单,只对图像的灰度进行处理,配准结果只依赖于配准方法本身,避免了主观因素的影响,同时可以实现完全自动配准。基于特征的模板匹配需要从模板图像和待匹配图像中提取一些共同特征构成特征空间,再通过建立特征之间的对应关系求解变换参数。基于特征的配准方法计算量小、配准速度快、受噪声干扰小等,但它需要人工干预,特征点的提取困难。

3.3 互相关方法

互相关方法是图像内容识别的重要方法,是常用的基于灰度信息的配准方法,也是一种最基本的统计匹配方法,它要求参考图像和浮动图像具有相似的尺度和灰度信息。其原理如下:

已知原始图像 $S(W, H)$,如图3所示,采用以下的算式来衡量模板 $T(w, h)$ 与所覆盖的子图 $S^j(i, j)$ 的关系^[5-6]:

$$D(i, j) = \sum_{h=1}^H \sum_{w=1}^W [S^j(h, w) - T(h, w)]^2 \quad (1)$$

将上式展开可得:

$$D(i,j)=\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[S^{ij}(h,w)]^2-2\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[S^{ij}(h,w)\times T(h,w)]+\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[T(h,w)]^2\tag{2}$$

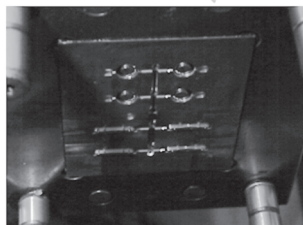
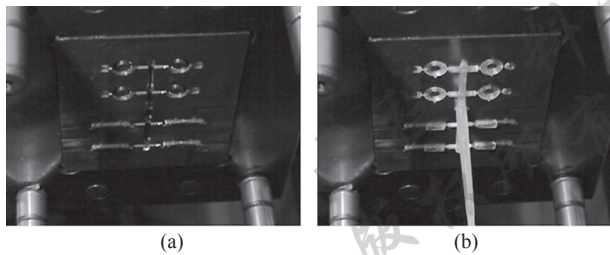
式 (1) 中第一项为模板覆盖的子图的能量,第三项为模板图像的能量,都和模板匹配无关。第二项是模板和子图的互为相关,随 (i,j) 而改变。当模板和子图匹配时,该项有最大值。在将其归一化后,得到模板匹配的相关系数:

$$R(i,j)=\frac{\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[S^{ij}(h,w)\times T(h,w)]}{\sqrt{\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[S^{ij}(h,w)]^2}\sqrt{\sum_{h=1}^H\sum_{w=1}^W[T(h,w)]^2}}\tag{3}$$

R 的最大值 $R_{\max}(i_m,j_m)$ 即为匹配的结果,该算法原理简单,易于理解,但匹配过程的计算量大、速度慢。

4 结果与讨论

对实际注射生产工作过程中的模具型腔异常进行检测,其型腔图像如图 4 所示。



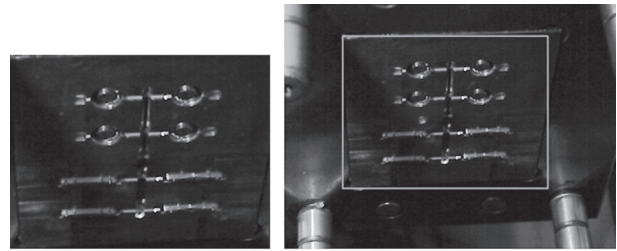
(c)
a—正常型腔图像; b—脱模失败的型腔图像;
c—塑料件少量残留的型腔图像

图 4 型腔图像

4.1 模板匹配结果

本实验中的模具型腔图像的灰度值较低,且波动范围较小,对比度不明显,若采用基于特征的模板匹配,选取的特征点对图像区域特征的代表性较弱,因此特征点的选取存在难度,另一方面,为提高图像匹配的自动化程度,减小人工干预,采用基于灰度特征的模板匹配,采用式 (3) 所示的归一化相关系数法,相似度的范围为 0.0~1.0,相似度越接近 1.0,表示两幅图像的相似度越大。模板匹配的效果图如图

5 所示。



(a) (b)
a—模板图像; b—匹配结果

图 5 模板匹配

4.2 型腔图像预处理结果

图像预处理的目的是降低图像干扰因素的影响,提高对模板匹配的准确率。为确定图像预处理的方式,本实验采用中值滤波预处理与未进行预处理的图像进行模板匹配试验对比,分析预处理的效果,确定最终预处理的方式。试验中用 9 张型腔图像(包含图 4 中 3 种情况)分别进行中值滤波预处理,并和型腔目标图像进行模板匹配计算,试验结果如表 1 所示,同时表 1 列出了未进行预处理的匹配结果。

对表 1 中数据分析可知:对型腔图像进行中值滤波预处理后,图像与模板的匹配相似度有小幅提高,但总体提高不大。基于对型腔异常检测算法的实时性考虑,由于图像像素较大,进行图像预处理将会较大增加算法的计算时间,所以在本检测中不进行型腔图像预处理。

表 1 图像预处理对模板匹配结果的影响

类别	未进行预处理的相似度	滤波预处理后的相似度	相似度变化
正常型腔图像	0.99 433	0.99 798	+0.00 365
	0.99 502	0.99 801	+0.00 299
	0.99 704	0.99 982	+0.00 278
脱模失败图像	0.74 145	0.74 374	+0.00 229
	0.77 235	0.79 001	+0.01 766
	0.85 203	0.86 301	+0.01 098
少量残留图像	0.98 748	0.99 382	+0.00 634
	0.96 523	0.97 102	+0.00 579
	0.95 247	0.95 864	+0.00 617

4.3 相似度阈值的确定

在型腔模板匹配中,确定科学的正常型腔图像和型腔模板图像的相似度阈值极为重要,相似度阈值必须要保证检测的准确率。在确定本次检测的相似度阈值前,先取 10 幅正常型腔图像,10 幅脱模失败的型腔图像和 10 幅制品少量残留的型腔图像分别与型腔模板图像进行模板匹配,得到相应的相似度值,其值如表 2 所示。

表2 型腔图像与模板图像匹配的相似度值

编号	正常型腔图像	脱模失败的型腔图像	少量残留的型腔图像
1	0.99 798	0.74 374	0.99 382
2	0.99 657	0.79 001	0.97 102
3	0.99 801	0.71 203	0.97 864
4	0.99 654	0.85 232	0.99 345
5	0.99 506	0.75 209	0.99 521
6	0.99 523	0.74 325	0.98 236
7	0.99 709	0.72 480	0.99 407
8	0.99 636	0.86 306	0.98 438
9	0.99 982	0.84 205	0.98 703
10	0.99 597	0.79 864	0.99 009

分析表2中数据可知,正常型腔图像的相似度在0.995以上,脱模失败的型腔图像的相似度均在0.900以下,少量残留的型腔图像的相似度集中在0.970~0.995之间。相似度数据的分布是合理、可信的。为了对型腔异常进行检查,本次检测取图像匹配相似度阈值为0.995。

4.4 检测结果分析与讨论

本次实验分别对40次正常型腔、40次脱模失败的型腔和40次塑料件少量残留的型腔做了检测,数据如表3所示。

表3 型腔异常检测结果统计

组别	总数	正确检测	准确率/%
正常型腔	40	40	100
脱模失败	40	40	100
少量残留	40	38	95
总计	120	118	98.33

分析检测结果可知,本次实验对正常型腔和脱模失败型腔的检测准确率为100%,其因为在稳定的照明条件下,正常型腔的图像一致性好;脱模失败的型腔与模板图像的相似度较低,所以这2种情况的检测准确率很高。对于塑料件少量残留的型腔,特别是残留面积较小或区域灰度的偏离不明显时就会因型腔图像与模板图像的相似度较高而会出现漏检,而错误地判定为型腔正常。这也是利用机器视觉技术进行型腔异常检测的难点和需要进一步

提高的地方。

5 结论

总结了利用机器视觉技术进行注射模具型腔异常检测的工作流程和关键技术,并对一实际生产过程中的注射模具进行了检测试验,阐述了检测过程中的关键步骤,实验结果表明,本检测方法准确性高,具有实用价值,并分析了对塑料件少量残留型腔的误判原因,为进一步优化检测奠定了基础。

参考文献

- [1] 解念锁,庞军.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010.
Xie Niansuo, Pang Jun. Plastic molding process and mold design[M]. Beijing: Beihang University Press, 2010.
- [2] Golnabi P H, Asadpour A. Design and application of industrial machine vision systems[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007, 23(6):630-637.
- [3] 章伟.机器视觉技术发展及其工业应用[J].红外,2006,27(2):11-17.
Zhang Wei. Development of machine vision and its industrial applications[J]. Infrared, 2006, 27(2):11-17.
- [4] 刘金桥,吴金强.机器视觉系统发展及其应用[J].机械工程与自动化,2010(1):215-216.
Liu Jinqiao, Wu Jinqiang. Development of machine vision system and its application[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2010(1):215-216.
- [5] 雷良育,周晓军,潘明清,等.基于机器视觉的轴承内外径尺寸检测系统[J].农业机械学报,2005,36(3):131-134.
Lei Liangyu, Zhou Xiaojun, Pan Mingqing, et al. Machine vision system for inner and outer diameters inspection of a bearing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(3):131-134.
- [6] 莫之剑.机器视觉检测技术在品质检测与控制中的应用[D].广州:华南理工大学,2006.
Mo Zhijian. Application of machine vision detection technology in the quality detection and control[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2006.

汽车塑料油箱吹塑模技术常熟计量所参与制定标准

日前,由全国模具标准化技术委员会承担的《汽车塑料油箱吹塑模技术条件》(计划编号:2013-1463T-JB)行业标准制定工作正式启动,常熟市计量测试所作为第二起草单位参与制定该项标准。该标准将规定塑料汽车油箱模具的零件加工和装配技术要求,以及模具的材料和材料代用验收,包装,运输和保管的基本规定,适用于汽车油箱吹塑模具的设计、制造和验收。

(色母粒)

特种工程塑料落户兰州新区

3月31日,甘肃省唯一的聚苯硫醚(PPS)专业生产

商——省国家级高新企业敦煌西域特种新材股份有限公司与兰州新区签约。这意味着一个投资6000万元、占地8000m²的特种高科技企业技术研发中心将在这里崛起。

近年来,敦煌西域特种新材股份有限公司加大研发,打破市场壁垒,目前已有4项成果国内领先,五项发明获国家专利,产品远销俄罗斯、意大利、印度、韩国、泰国、孟加拉等国家。在兰州新区建设的技术研发中心,规划以PPS树脂、PPS薄膜、PPS纤维、PPS注塑件、PPS涂料等产品的研发为核心,打造我国特种工程塑料产品的集散地和辐射源地。

(色母粒)