• 1281 •

文章编号:1671-4598(2013)05-1281-04

中图分类号: TP391. 4

文献标识码:A

# 基于机器视觉的模具保护方法研究与实现

王平江,徐长杰,唐小琦,吕明明

(华中科技大学 机械科学与工程学院 国家数控系统工程技术研究中心,武汉 430074)

摘要:传统注塑机模具保护方法不稳定,经常出现误检测使模具损坏现象,为此提出一种基于机器视觉的模具保护方法;此方法是将合模前空模前景图与空模背景图相比较,计算各个 ROI(Region of Interesting)检测区域内的像素合格率,以此判断合模前模具中是否有异物,采用了近红外光照明、背景自动更新等技术,以解决周围环境光亮度变化和震动对检测结果的负面影响;同时设定多个 ROI 检测区域,以提高检测速度和稳定性;根据实验结果可以得出基于视觉的模具保护方法具有处理稳定,速度快的特点,能够有效地保护模具和检测工件的完整性。

关键词:模具保护;机器视觉;背景更新;差影法

# Research and Implementation of Mold Protection Method Based on Machine Vision

Wang Pingjiang, Xu Changjie, Tang Xiaoqi, Lv Mingming

(National Numerical Control System Engineering Research Center, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The traditional mold protection method of injection molding machine often appears error detection which makes mold damage therefore, this paper proposes a mold protection method based on machine vision. This method is to compare the empty foreground image with the empty background image before closing mold, calculate qualified rate of pixel of all ROI (Region of Interesting), judge whether a foreign body in the mold. This paper use the near infrared illumination, background updating technology and so on, which solve the influence of vibration and brightness changing in surrounding environment on the detecting results. At the same time in order to improve the detecting speed and accuracy, ROI is set.

Key words: mold protection; machine vision; background updating; difference image

# 0 引言

在注塑机成型生产中,模具中时常存在着诸如残留、滑块错位、脱模不良等异常情况,严重影响着产品的质量与加工效率。传统的注塑机模具保护的方法根据注塑机类型的不同而不同,对于全电式注塑机,通过检测伺服马达驱动器中的电流,而液压注塑机通过读取动模的位置来判断模具间是否有残留物。然而,当全电式的驱动器电流输入延时,或油压式控制器在位置侦测过程中产生误差时,就不能有效保护模具。随着计算机成本的降低和 CCD 相机性能的提高,数字图像处理和机器视觉的应用越来越广泛<sup>[2]</sup>。因此,本文对基于机器视觉的模具保护方法方面进行了研究,以便能够快速、准确地判断合模动作发生前模具中是否有残留物体,即产品是否已顺利脱模,同时也可检测所注塑的工件是否完整。

# 1 基于机器视觉的模具保护系统组成及检测流程

本文开发的机器视觉模具保护图像处理 MPIP – SW (Mold Protection Image Processing Software) 软件,能够根据产品的数量、尺寸的变化,由操作者自行设置 ROI 检测区域,

**收稿日期:**2012-10-18**; 修回日期:**2012-12-17。

基金项目:国家自然科学基金(50835004 与 51075166);科技重大专项:课题(2012ZX04001-022)。

作者简介:王平江(1963-),男,副教授,博士,主要从事数控技术,视觉三维测量,CAD/CAM方向的研究。

使检测更加准确,速度更快。

# 1.1 机器视觉模具保护系统组成

本文的视觉模具保护系统,根据实际的需求分为图像采集处理、信号传输、照明三大部分。各部分的组成及其联系如图 1 所示。图像采集部分由计算机、触摸屏、相机、镜头、滤光片组成。信号传输部分是由 STM32F103CB 作为主芯片 IO 板卡、注塑机的 PLC 和图像采集处理用工业控制计算机(称该工控机为 PC-Image)组成。照明部分是发射波长为 860nm 近红外光的工业 LED 阵列光源组成。

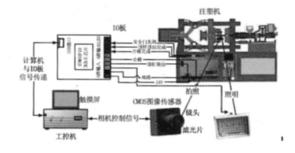


图 1 模具保护系统的组成及信息传递示意图

如图 1 所示,传输控制部分中计算机 PC-Image 与注塑机是通过 STM32F103CB 的 IO 板卡进行信号传递的。IO 板卡的 IO 点与注塑机 PLC 的相应 IO 点相连。当 IO 板卡的输入 IO 点状态改变时,STM32 芯片采集其状态,并通过 USB 接

口传递给图像处理计算机 PC-Image。PC-Image 发送控制信 号给注塑机时,首先通过 USB 接口发送数据给 IO 板卡,板卡 上的 STM32 芯片将根据数据改变输出点状态,从而控制注塑 机的动作。检测时需要从注塑机采集的信号有"一检"允许信 号、"二检"允许信号和"复位"信号。它们分别是 PLC 发送 给 PC-Image 的 "开模完成"、"顶针回退到位"和 "安全门 关闭"信号。当一检工件完整性检测或二检模具中残余物检测 之一不合格时, MPIP-SW 软件停止检测并发出报警信号使 注塑机停止工作,同时使蜂鸣报警器报警;此时需要人工复位 MPIP-SW 软件,软件复位后进行二检,二检合格后 MPIP-SW 软件向注塑机发出复位信号,使注塑机继续工作,同时报 警器停止蜂鸣报警。MPIP-SW 软件复位的方式有两种,一 是按软件工具栏中的复位按钮或菜单栏中的复位菜单;二是将 安全门关闭,注塑机 PLC 会向计算机 PC-Image 发出安全门 关闭信号, MPIP-SW 软件接收到此信号后自动复位。因此 "复位"信号为注塑机 PLC 发送给计算机 PC-Image 的安全门 关闭信号。

#### 1.2 机器视觉模具保护系统检测流程及分析

如图 2 为基于视觉模具保护系统检测流程图。检测开始前首先设定 ROI 检测区域、各区域像素合格率等参数;然后设置背景图像。

- 1) ROI 检测区域设定过程。ROI 检测区域的设定原则是在所采集的静止图像上,用尽量小的矩形框包围工件易残留或易缺失的部分。如图 3 为注塑不同工件时设定的 ROI 检测区域。对前景图与背景图使用差影法得到差值图,对差值图在ROI 检测区域内的差值子图进行阈值分割后得到二值子图,统计二值子图中黑点(黑点表示前景图与背景图对应像素点的灰度值相等或相差不多)占其总像素的百分比即为像素合格率。
- 2) 背景图像设定过程。背景图像有两张,一张是开模到位时拍摄的模具中带有完整工件的图像(称之为满模背景图

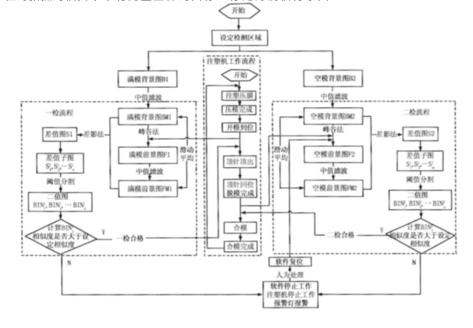


图 2 基于视觉模具保护系统检测流程图







(2) 注型瓶盖模具的ROI 检测区域

图 3 ROI 检测区域设定实例

B1),另一张是顶针顶出后,合模前模具中没有任何异物的图像(称之为空模背景图 B2)。对 B1、B2 都进行中值滤波处理,去除噪声得到满(空)模滤波背景图,即可得到两张基础背景图(称之为 BM1, BM2)。

以上操作完成后如图 1 所示,当计算机 PC-Image 接收到开模完成信号(一检信号)后,将控制像机拍摄满模前景图 F1,对其进行中值滤波,得到满模滤波后的前景图 FM1;然后 BM1 与 FM1 使用差影法得到一检差值图 S1,对 S1 在 ROI 检测区域内差值子图  $S_1^1$ , $S_2^1$ ,…, $S_n^1$ (其中下标 n 为 ROI 检测区域的个数)进行阈值分割,得到对应的二值子图  $BIN_1^1$ , $BIN_2^1$ ,…, $BIN_n^1$  。计算  $BIN_1^1$ (其中, i=1,…, n)像素合格率,并判断其是否大于设定的像素合格率;大于时一检合格,否则不合格。

一检合格后,计算机 PC-Image 向注塑机 PLC 发出顶针顶出信号,顶针顶出使工件脱模;当脱模完成顶针回退到初始位置后,注塑机 PLC 向计算机 PC-Image 发出脱模完成信号即发出二检信号,计算机 PC-Image 控制像机拍摄空模前景图 F2,与一检进行相同的图像处理过程,判断二检是否合格。二检合格后计算机 PC-Image 向注塑机 PLC 发出合模信号,注塑机合模,并进行下一次注塑循环。

# 2 基于视觉模具保护中的关键技术

OpenCV 是由 Intel 公司开发和发布的使用最为广泛的开源的图像处理库<sup>[3]</sup>。OpenCV 的源代码编写的简洁而又高效,特别是其中大部分的函数都已经过汇编最优化,以使之能高效而充分地利用英特尔系列处理芯片的设计体系<sup>[3]</sup>。因此,为了提高工作效率,减少底层代码的编写,缩短开发周期,采用直接调用该函数库中的函数的方式进行本软件的开发。

# 2.1 图像预处理技术

保护图像完整性的同时消除 图像中的椒盐类噪声,对后来的 图像处理过程(例如边缘检测、 图像分割等)起到非常重要的作 用<sup>[5]</sup>。本文中使用的图像的预处 理技术主要是指滤除椒盐类噪声 的滤波技术。本文采用模板为3 ×3 非线性滤波方法中的中值滤波<sup>[6]</sup>。

#### 2.2 背景构建与更新技术

背景图像的质量直接影响到检测的效果,因此背景的建立和 更新十分重要。使用差影法之前必须有良好的背景,当摄影环境 改变时需要更新背景[7]。因此,当一检和二检均合格后,将前景 图像与相应的背景图像进行加权进行背景更新,其公式为:

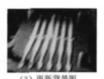
問題的自宗図像近刊加权近刊自宗史制,兵公式及
$$B_i(x,y)=egin{pmatrix} aI_i+(1-lpha)B_{i-1}(x,y)&R_i=1\ B_{i-1}(x,y)&R_i=0 \end{pmatrix}$$

式中: i 为检测的次数,故  $i \ge 1$ ;  $B_i(x,y)$  为第 i 次检测后的 背景图像 $,B_0$  为基础背景图;  $I_i$  为第i 次检测的前景图像;  $R_i$  为 第i次检测的结果: $R_i$ 为1时,检测合格,0时检测不合格; $\alpha$ 为更新速率 $,\alpha$  越大,叠加的图像对背景的影响越大。

如图 4 所示,当更新速率  $\alpha=0.5$  时的背景更新图像实例。 此实例为了效果明显所以设定了较大的更新速率值,在使用过 程中,  $\alpha$  值大约在  $0.1\sim0.3$  之间。







# 2.3 差影法目标提取技术

差影法是一种高效、敏感的检测图像间灰度变化的方 法[8]。在检测过程中,使用差影法将前景图的背景信息消除, 得到两幅图像的灰度差异信息。差影法实际上就是图像的相减 运算(又称减影技术),是指把同一景物在不同时间拍摄的图 像或同一景物在不同波段的图像相减[9]。利用差影法进行图像 相减的公式如下:

图 4 背景更新前后对比

$$C(x,y) = |F(x,y) - B(x,y)|$$

式中: F(x,y) 为前景图像; B(x,y) 为背景图像; C(x,y) 为相 减后的差值图像。

如图 5 所示,对 ROI 检测区域内的图像使用差影法及其 得到的差值图举例。







(2) 背景图

(3) 並作图

图 5 对两幅图像使用差影法及得到的差值图

# 2.4 阈值分割技术

阈值法是一种简单但是非常有效的方法,特别是不同物体 或结构之间的有很大的亮度对比时,能够得到很好的效果[10], 因此本文选用阈值法进行图像分割。如图 6 所示,各 ROI 检测 区域的阈值获取流程图。如图 7 所示,将差值子图利用峰谷法 得到的阈值分割为二值图的实例。由图 7(2)差值子图的直方 图可以看出其灰度直方图表现为明显的双峰,所以可选用峰谷 法确定其灰度阈值。峰谷法的思想是当直方图中代表物体和背 景的灰度值为双峰时,选择两峰之间的谷底作为灰度阈值。

阈值分割是用合适的灰度阈值与像素的灰度值相比较将像 素分为两类(背景和物体),从而达到分割图像的目的[11]。用 此方法进行阈值分割的公式如下:

$$B(x,y) = \begin{cases} 255 & G(x,y) \geqslant T \\ 0 & G(x,y) < T \end{cases}$$

式中: B(x,y) 为阈值分割后的二值图; G(x,y) 为原始的 灰度图;T灰度阈值。

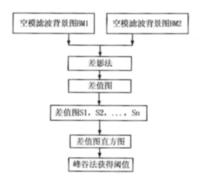


图 6 ROI 检测区域阈值获取流程图

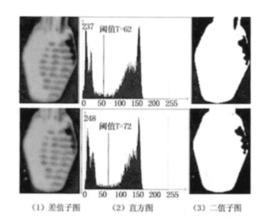


图 7 峰谷法确定阈值和用此阈值分割前后的图像对比

## 3 结论

如图 8 所示为注塑牙刷时的检测结果举例。图 8 (1) 和 图 8 (2) 是对牙刷完整性的检测结果,图中白色的 ROI 检测 区域标明在此区域中的牙刷注塑的是完整的,而黑色标明在此 区域中的牙刷未注塑或注塑不全;图 8 (3) 是对合模前模具 中是否有异物的检测,当工件未能完全落下时,如图所示有工 件的部分的ROI检测区域会变成黑色。通过对注塑牙刷的检 测试验和检测结果的分析,基于机器视觉模具保护和工件完整 性检测是准确、稳定的。

本文使用能够感应近红外光线的 CMOS 图像传感器,配 合滤光片和近红外灯使用,有效地消除了可见光对检测的影 响。使用滑动平均方法对背景进行不断的自动更新,消除背景 图像变化对检测产生的影响。因为只统计 ROI 检测区域内像 素合格率,所以减少了无工件区域对检测结果的影响,因此大 大提高了检测的稳定性。由于背景更新、阈值更新等均在检测 合格后进行,不会影响检测速度。在检测过程中,仅对 ROI







(1) 牙刷完整性检测实例

(2) 牙刷完整性检测实例 (3)是否有异物的检测

图 8 检测过程及结果实例

检测区域中的图像使用差影法、统计像素合格率,因此大大节约了检测时间,因此不会影响注塑机的工作效率。

综上所述,基于视觉的模具保护方法具有处理稳定,速度 快的特点,能够有效的保护模具和检测工件的完整性。

#### 参考文献:

- [1] 毛 锋,张树有,黄长林. 图像散布图和小波多分辨分析的模具异物检测[J]. 浙江大学学报(工学版),2009,43(10): 1648-1650.
- [2] Mebatsion H K, Paliwal J. Machine vision based automatic separation of touching convex shaped objects. Computers in Industry [J]. 2012, 63 (7): 723-730.
- [3] Hiroki Sugano, Ryusuke Miyamoto. Highly optimized implementation of OpenCV for the Cell Broadband Engine [J]. Computer Vision and Image Understanding, 2010. 114: 1273-1281.

## (上接第 1280 页)

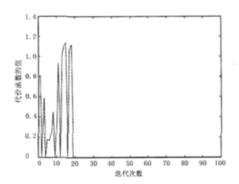


图 8 代价函数的变化情况

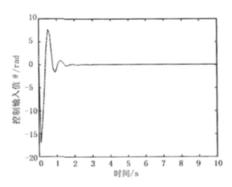


图 9 控制输出的变化情况

# 4 结束语

本文提出了一种基于蚁群优化算法(ACOA)调节 FPID 控制器的方法。该算法寻找使代价函数最小的最优参数。所用的 FPID 控制器是一个零阶 TS 模型,三角形隶属度函数平均分布在控制器输入的论域,单点隶属度函数平均分布在控制器

- [4] Gary Bradsky, Adrian Kaebler. Learning OpenCV [M]. O' REIL-LY, 2008.
- [5] Kenny Kal Vin Toh, Haidi Ibrahim, Muhammad Nasiruddin Mahyuddin. Salt—and—Pepper Noise Detection and Reduction Using Fuzzy Switching Median Filter [J], 2008, 54 (4): 1956-1961.
- [6] Zhang S, Karim M A, A new impulse detector for switching median filter [J]. Signal Process Letters, 2002. 9 (11): 360-363.
- [7] Lin C, Tang Y L. Research and Design of the Intelligent Surveillance System Based on DirectShow and OpenCV [A]. Consumer Electronics, Communications and Networks [C]. Piscataway, NJ, USA; IEEE. 2011; 4307-4310.
- [8] Rosin P L, Ellis T. Image Difference Threshold Strategies and Shadow Detection [A]. BMVC '95 Proceedings of the 6th British Machine Vision Conference. Guildford [C]. UK BMVA Press. 1995; 347-356.
- [9] 周彩霞, 匡纲要, 宋海娜, 等. 基于差影法粗分割与多模板匹配的 人脸检测 [J]. 计算机工程与设计, 2004, 25 (10): 1648-1650.
- [10] 韩思奇,王 蕾. 图像分割的阈值法综述 [J]. 系统工程与电子技术,2002,24 (6):91-94.
- [11] Jiang G Y, Kang G W. A Threshold Segmentation Algorithm Based On Neighbourhood Characteristics [A]. 2011 IEEE 10th International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI 2011) [C]. Piscataway, NJ, USA: IEEE. 2011: 328-331.

输出的论域。该控制器结合了传统的 PID 控制器与模糊控制器的优点,使控制器的参数调节更简单且易于解释。此外,使用所有的现有知识大大缩短了调节时间。仿真实例证明了该方法的有效性。

#### 参考文献:

- [1] 张红斌. 基于 ACA 优化的自适应电动机控制器设计 [J]. 计算机 测量与控制, 2012, (9); 2443-2445.
- [2] Boubertakh H, Tadjine M, Glorennec P Y, et al. Comparison between Fuzzy PI, PD and PID Controllers and Classical PI, PD and PID Controllers [J]. International review of Automatic Control, 2008, 1 (4): 325-432.
- [3] Mohan B M, Sinha A. Analytical Structure and Stability Analysis of a Fuzzy PID Controller [J]. Applied Soft Computing, 2008, 46 (8): 749-758.
- [4] Ko C N, Lee T L, Fan H T, et al. Genetic Auto Tuning and Rule Reduction of Fuzzy PID Controllers [J]. IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, 2006, 50 (12): 356-361.
- [5] 徐开军,朱伟兴. 基于遗传算法的模糊控制器的优化设计——采用模糊数据挖掘技术 [J]. 计算机工程与应用,2006,42 (29):97-99.
- [6] Li W, Hori Y. An Algorithm for Extracting Fuzzy Rules Based on RBF Neural Network [J]. IEEE Trans. Ind. Electron., 2006, 53 (4), 1269-1276.
- [7] Sim K M, Sun W H. Ant Colony Optimization for Routing an Load—balancing: Survey and New Directions [J]. IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, 2003, 33 (5): 560-572.
- [8] 徐开军,张春艳. 基于 SCEA 的模糊控制器的优化设计研究 [J]. 微计算机信息, 2010, 26 (2): 39-40.
- [9] Kowalska T O, Szabat K. Control of The Drive System with Stiff and Elastic Couplings Using Adaptive Neuro-fuzzy Approach [J]. IEEE Trans. Ind. Electron., 2007, 54 (1): 228-240.
- [10] Widyanto M R, Kusumoputro B, Nobuhara H, et al. A Fuzzy Similarity Based Self—organized Network Inspired by Immune Algorithm for Three mixture Fragrance Recognition [J]. IEEE Trans. Ind. Electron., 2006, 53 (1); 313-321.