

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^[1]。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检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^[2]。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,

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。

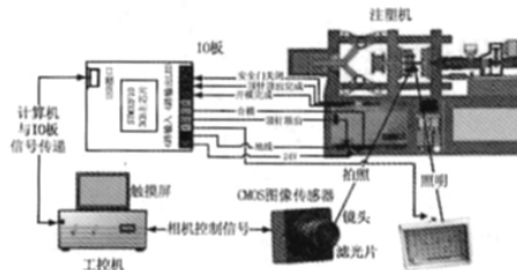


图 1 模具保护系统的组成及信息传递示意图

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

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。

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

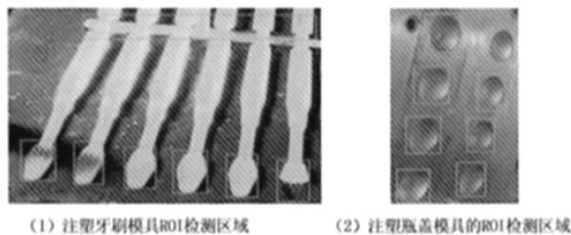


图 3 ROI 检测区域设定实例

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,将控制相机拍摄满模前景图 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 $S_1^1, S_1^2, \dots, S_1^n$ (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 $BIN_1^1, BIN_1^2, \dots, BIN_1^n$ 。计算 BIN_i^1 (其中, $i = 1, \dots, n$) 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 控制相机拍摄空模前景图 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^[3]。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^[4]。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^[5]。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

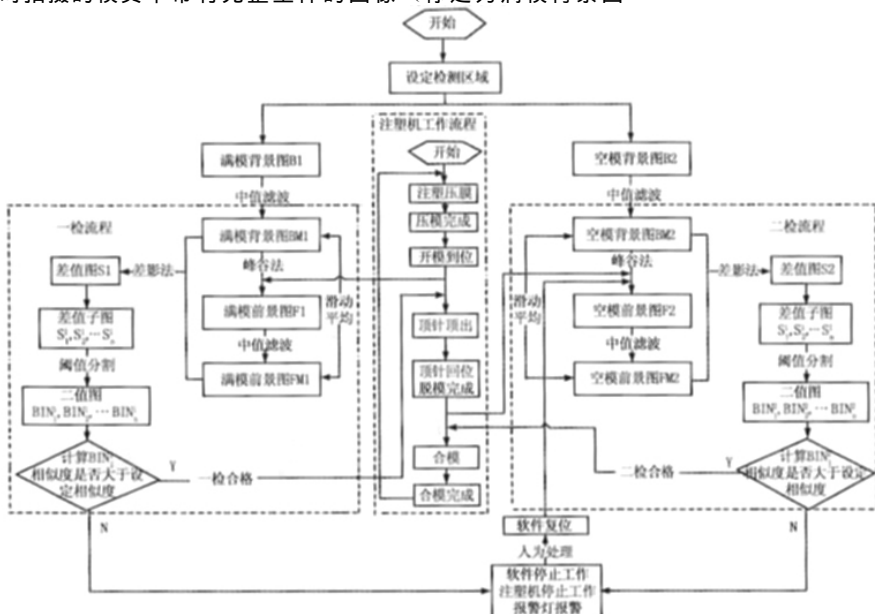


图 2 基于视觉模具保护系统检测流程图

×3 非线性滤波方法中的中值滤波^[6]。

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:

$$B_i(x,y) = \begin{cases} \alpha I_i + (1-\alpha)B_{i-1}(x,y) & R_i = 1 \\ B_{i-1}(x,y) & R_i = 0 \end{cases}$$

式中: i 为检测的次数,故 $i \geq 1$; $B_i(x,y)$ 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; α 为更新速率, α 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, α 值大约在 0.1~0.3 之间。

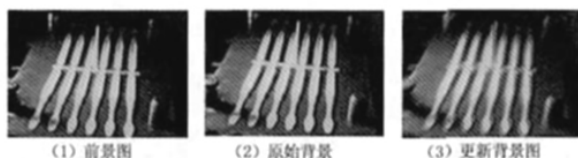


图 4 背景更新前后对比

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:

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

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。

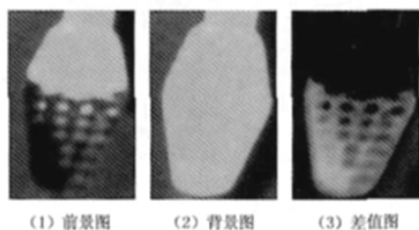


图 5 对两幅图像使用差影法及得到的差值图

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:

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

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。

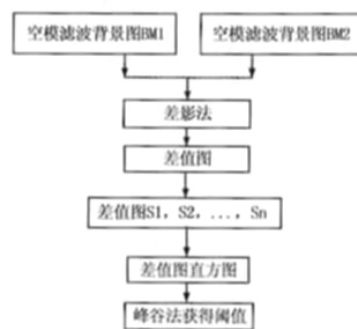


图 6 ROI 检测区域阈值获取流程图

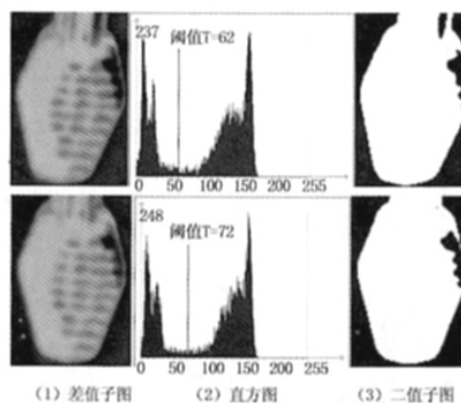


图 7 峰谷法确定阈值和用此阈值分割前后的图像对比

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 检测区域表明在此区域中的牙刷注塑的是完整的,而黑色表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

