

文章编号: 1002-0446(2006)01-0001-04

涂胶机器人视觉系统的应用研究*

唐德威, 宗德祥, 邓宗全, 李明章

(哈尔滨工业大学机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 对涂胶机器人智能系统的视觉部分进行了应用研究, 系统引入了模式识别、基于图像的 NC 代码生成、胶线表面质量检测等关键技术。这些技术的集成应用, 有益于涂胶机器人向高度自动化、智能化方向发展。

关键词: 涂胶机器人; 模式识别; NC 代码生成; 表面质量检测

中图分类号: TP24

文献标识码: B

On Application of Glue-robot Vision System

TANG De-wei, ZONG De-xiang, DENG Zong-quan, LI Ming-zhang

(School of Mechatronic Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The application research on intelligent glue-robot vision system is presented in this paper, and the system applies some key technologies such as pattern recognition, numerical control (NC) code generation based on image & glue line quality detection, etc. The integrated application of these technologies is beneficial to develop glue-robot to automated and intelligent direction.

Keywords: glue-robot; pattern recognition; NC code generation; surface quality detection

1 引言 (Introduction)

随着电子及控制技术的发展, 涂胶设备也由最简单的涂胶机发展到现在的智能涂胶机器人。目前, 涂胶机系统一般分为四种:

(1) 一般涂胶机: 该涂胶机只适合于对简单的工作平面进行喷涂, 因为它只有一个运动轴, 只能做往复运动 (也称往复机)。对有曲面形状的喷涂对象, 一般涂胶机就无能为力了。

(2) 机械仿形涂胶机: 该涂胶机是靠安装在涂胶机内部的仿形导轨来引导喷枪运动的, 只能对固定形状与尺寸的对象进行喷涂工作。

(3) 软仿形涂胶机: 该喷涂系统在被喷涂表面上运动时, 一般需要 3 个运动轴同时运动。喷枪运动的轨迹是靠计算机软件控制的, 使用一套软仿形喷涂设备就可以对不同的喷涂对象进行相应的喷涂。

(4) 智能涂胶机: 该涂胶机集成了上述几种涂胶机系统的特点, 引入视觉系统及现代控制方法, 使得涂胶机系统从开始涂胶到涂胶后的质量检测高度集成, 逐渐实现涂胶机系统的智能化。

机器视觉系统的应用是现代机器智能化发展水

平的标志。机器视觉系统可以快速获取大量信息, 通过计算机处理, 形成设计信息及加工信息。因而, 在涂胶机器人智能化进程中, 视觉系统的应用研究是非常必要的。

2 涂胶机器人视觉系统 (Glue-robot's vision system)

本文针对应用于齿轮减速箱的涂胶机系统, 进行视觉系统应用研究。涂胶机视觉应达到的基本技术要求如下: (1) 准确地识别零件; (2) 根据图像中的零件信息自动产生喷头行走轨迹的 NC 代码; (3) 实现胶线的质量检测; (4) 处理不同的零件图像信息; (5) 系统操作简单, 能够长时间准确运行。

涂胶机器人视觉系统主要包括两大方面: 系统的硬件及系统的软件, 如图 1 所示。系统的硬件主要采用了 CCD + PC 的架构方式, 既充分利用了现有的 CCD 成熟技术及 PC 机的大存储空间的优势, 又充分利用了涂胶机生产线现有的硬件条件 (有计算机), 同时减少了系统的中间环节, 使得整个系统的鲁棒

* 收稿日期: 2005 - 04 - 17

性得以提高。

涂胶机器人视觉系统硬件组成如图 2 所示,包括光照系统、CCD 摄像机、工业计算机、执行机构等。

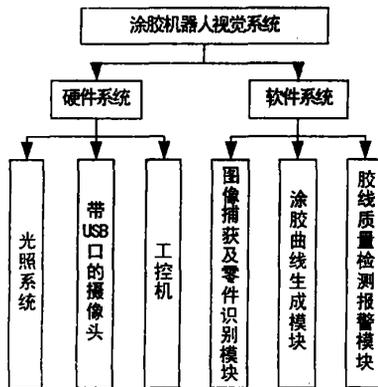


图 1 视觉系统的总体架构

Fig 1 Structure of the vision system

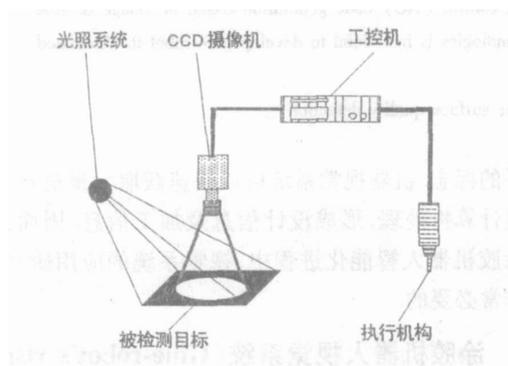


图 2 视觉系统硬件组成

Fig 2 Hardware composition of the vision system

系统的软件由图像捕获处理及零件识别模块、涂胶曲线 NC 代码生成模块、胶线质量检测报警模块三部分组成。系统引入了数字摄像技术和图像信息处理技术,应用图像处理、模式识别和 NC 代码生成技术,通过对图像的采集和处理,使得涂胶机达到更高的智能化。同时,在此基础上做适当的扩充,就可以扩大该系统的应用范围和适应性。

3 系统重要模块及关键技术 (Key modules & technologies)

3.1 图像捕获处理及零件识别模块

本模块主要任务是实现图像的采集处理,消除

光源、周围环境等噪声的影响^[1,2],实现对零件的正确识别。关键技术是零件存在性判断及零件相似性判断。模块总体流程图如图 3 所示。

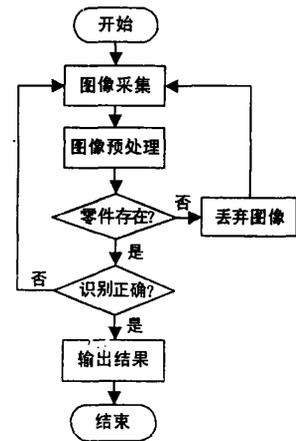


图 3 图像采集及零件识别模块流程图

Fig 3 Procedure of image collection & part recognition

在系统采集到图像后,需要对图像中是否存在零件进行判断。若零件存在,则进行零件识别,否则,丢弃此图像,重新采集图像,其丢弃与否的准则由式 (1) 给出。

$$|F_Q(i, j) - F_D(i, j)| = f > g \quad (1)$$

在式 (1) 中设定灰度判决门限 g , 在此算法中,灰度判决门限 g 通过大量实验确定。 $F_Q(i, j)$ 为采集到的待处理图像灰度图, $F_D(i, j)$ 为标准图像的灰度图。该算法是将待处理图像灰度图 $F_Q(i, j)$ 与标准图像灰度图 $F_D(i, j)$ 对应像素灰度值相减,滤除背景噪声,再根据设定的灰度门限 g 进行标记,差大于 g 的像素值标记为“1”,记录其个数,再与图像中总的像素个数作比值,比值大于门限 γ 时,则说明图像中存在零件,本系统中 γ 的取值范围为 20% ~ 40%。为了加快处理速度,可以只对视频图像中某个感兴趣的区域进行视频检测,零件存在性判断程序流程图如图 4 所示。

零件识别是系统的重要功能之一,本系统中,零件识别算法是将图像之间相对距离作为主要判断依据。首先获取图像的 R, G, B 颜色直方图的 0 阶矩 u_R, u_G, u_B , 再构成匹配特征矢 $f = [u_R \quad u_G \quad u_B]^T$, 最后计算待识别图和标准图的欧氏距离 $d(Q, D) = |f_Q - f_D|$, $d(Q, D)$ 越小,表明两幅图像相似程度越

高. 图像相似性判断算法流程如图 5 所示. 该算法具有较高的识别正确率, 通过实验验证, 正确率最高可达到 99.4%.

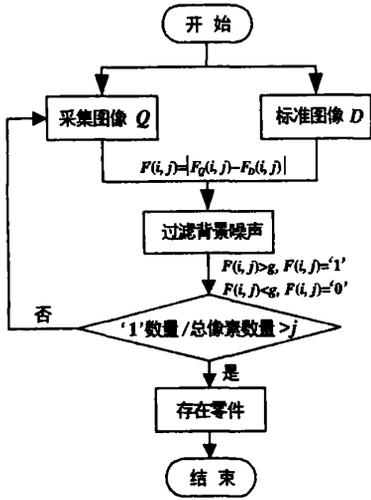


图 4 零件存在性判断流程图

Fig 4 Procedure of the part existence judgment

中, 利用图像信息作为输入数据时, 需要将其转化为控制系统可以识别的代码. 该模块主要流程如图 6 所示.

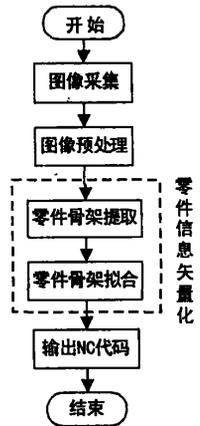


图 6 涂胶曲线生成模块流程

Fig 6 Procedure of generating glue-line

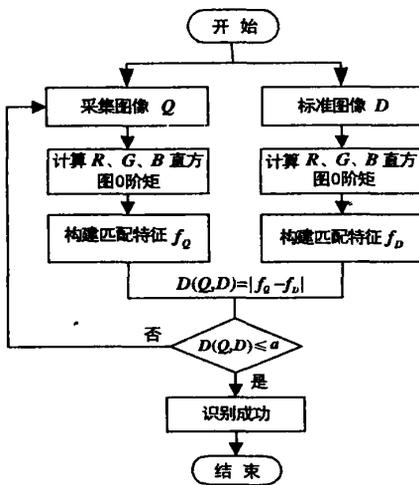


图 5 零件识别流程图

Fig 5 Procedure of part recognition

3.2 涂胶曲线生成模块

涂胶曲线生成模块是涂胶机视觉系统的重要组成部分, 目的是通过对减速箱零件的识别, 自动产生喷头行走轨迹的 NC 代码. 利用图像进行工业设计和加工是当前一个热点. 在计算机控制的加工系统

涂胶曲线生成模块涉及的关键技术为图像矢量化技术. 经过细化处理后的图像, 其表示方式还是以单个图像像素表示, 不利于生成数控代码, 因而要进行矢量处理, 形成矢量骨架加工信息. 流程图 6 中的零件骨架提取和零件骨架拟合是零件信息矢量化的重要环节. 本程序中, 根据零件图像灰度阈值的大小, 采用轮廓跟踪法来提取零件图像轮廓, 轮廓提取算法归一于对图像内部孔洞的提取.

3.3 胶线质量检测报警模块

胶线质量检测报警模块是涂胶机涂胶质量检测控制的重要模块, 该模块的任务是检测胶线质量, 并做出相应反馈, 实现涂胶机的视觉闭环控制^[3,4]. 根据涂胶机涂胶特点, 可以归纳涂胶质量缺陷产生的原因. 主要包括以下两个方面:

- (1) 涂胶机喷嘴移动速度过快, 胶线呈现过窄甚至断胶的现象;
- (2) 涂胶机胶水浓稠不均, 喷嘴压力过小, 胶线呈现过窄甚至断胶的现象.

产生上述缺陷的原因, 都可以通过正确的视频监控手段消除, 以减少损失, 提高涂胶质量. 涂胶机在涂胶过程中出现胶线断开的现象, 是非常严重的质量问题, 将会直接关系到密封件的密封性能. 故而胶线是否连续成为胶线质量检测的一个重点. 检测胶线通断的算法流程如下:

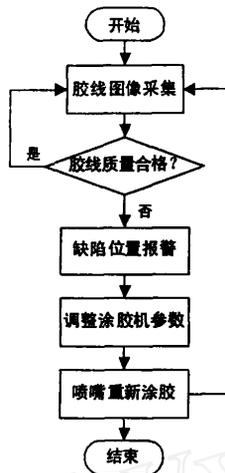


图7 涂胶质量检测报警模块流程图

Fig 7 Procedure of glue-line quality testing & warning

(1)提取胶线曲线,用形态学的方法细化胶线曲线,提取胶线骨架信息.

(2)计算各像素点的八邻域,看该像素点是否是曲线的端点,若是曲线端点,则曲线不封闭,记录端点位置,并报警,通知涂胶机执行机构补涂该区域.

由上述算法检测如图8所示存在缺陷的胶线,检测结果如图9所示,在胶线断开的地方做了标记,并记录了断胶处的位置.

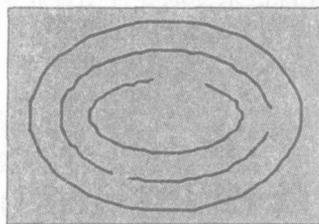


图8 缺陷胶线

Fig 8 Glue line with defect

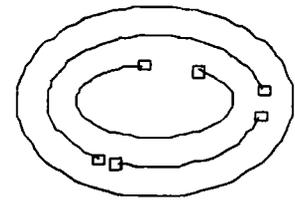


图9 检出胶线缺陷

Fig 9 Defect finding

4 结论 (Conclusion)

本文对涂胶机器人视觉系统进行了应用研究,结合涂胶机器人的实际工况,引入了基于图像内容的图像识别技术、NC代码自动生成技术等关键技术.实验证明,涂胶机器人引进视觉系统是可行的、必要的,它可以降低人力资源成本,提高涂胶机的智能化水平及生产线自动化程度.实验证明,使用本套视觉系统的涂胶机,涂胶质量比未装备该系统的设备提高近8.7%,作业速度提高近12.5%,大大提高了生产率.同时,该视觉系统通过适当的改造,可以在更宽广的工业控制领域内应用.

参考文献 (References)

- [1] 张星明. 视频图像捕获及运动检测技术的实现 [J]. 计算机工程, 2002, 28(8): 130 - 132
- [2] 喻其炳. 多媒体信息处理在 Windows 中的应用 [J]. 重庆工商大学学报, 2003, 20(1): 64 - 66
- [3] 何斌, 马天予, 王运坚, 等. VC++ 数字图像处理 (第二版) [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002. 263 - 280.
- [4] 何慧, 等. VC++ 数字图像实用工程案例精选 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004. 370 - 373.

作者简介:

唐德威 (1967-), 男, 博士, 副教授. 研究领域: 特种机器人与控制技术, 公共卫生安全技术与装备.

宗德祥 (1980-), 男, 硕士. 研究领域: 机器人视觉, 图像处理.

邓宗全 (1957-), 男, 教授, 博士生导师. 研究领域: 机器人机构学, 特种机器人与控制技术, 航空航天机构.