

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, LIM ing-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和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.

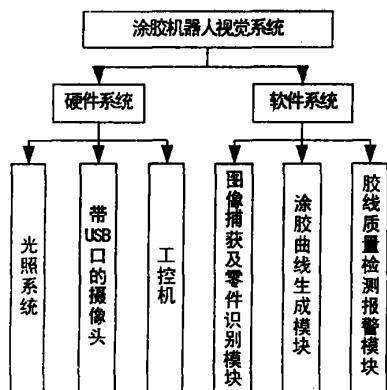


图 1 视觉系统的总体架构

Fig 1 Structure of the vision system

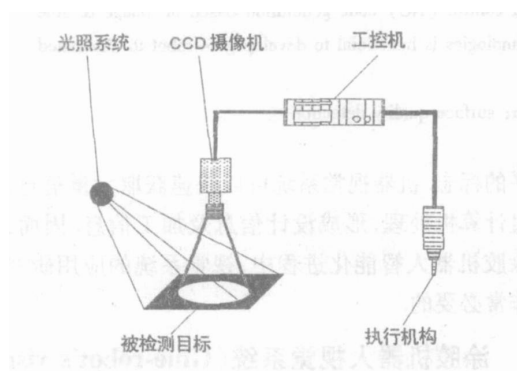


图 2 视觉系统硬件组成

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.

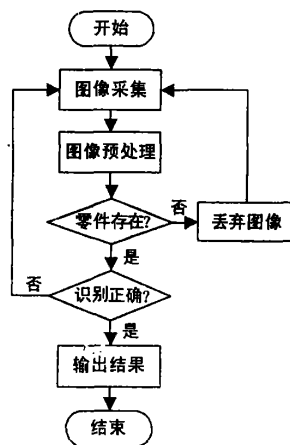


图 3 图像采集及零件识别模块流程图

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.

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

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 j 时, 则说明图像中存在零件, 本系统中 j 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 $f = [u_R \ u_G \ u_B]^T$, 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 99.4%.

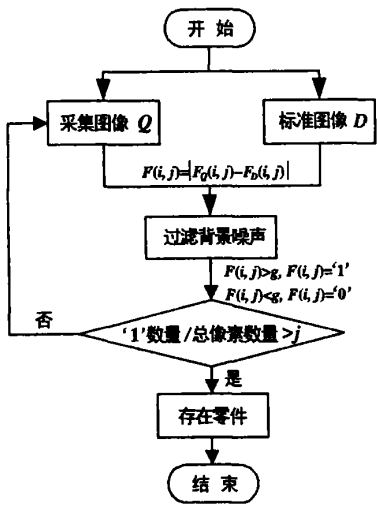


图 4 零件存在性判断流程图

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.

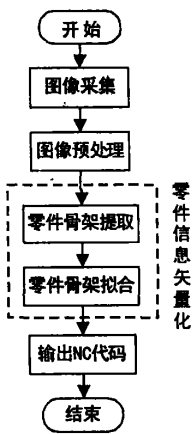


图 6 涂胶曲线生成模块流程

Fig 6 Procedure of generating glue line

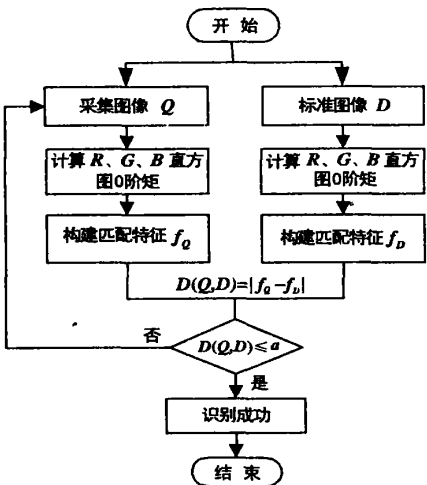


图 5 零件识别流程图

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:

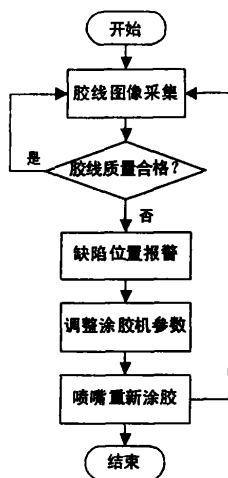


图 7 涂胶质量检测报警模块流程图

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。

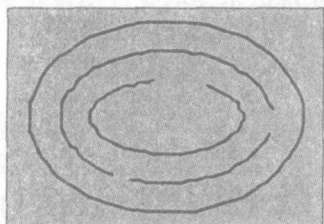


图 8 缺陷胶线

Fig 8 Glue line with defect

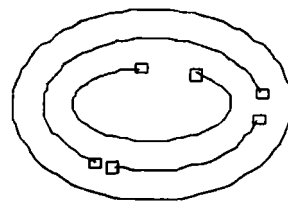


图 9 检出胶线缺陷

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, 宇航空间机构。