

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.02.012

汽车接插件注塑生产在线质量检测系统设计

姚建冲, 廖秋慧*, 祝璐琨, 唐巧兴

(上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620)

摘 要:目前汽车接插件进行质量检测时,人工抽检存在效率低、检测准确度不稳定等缺点,课题组设计了汽车接插件注塑生产在线质量检测系统。基于嵌入式技术,设计了由监测、检测和反馈3大模块构成的检测系统结构及实现方式;采用机器视觉技术,设计了汽车接插件的自动化图像检测模块;采用PLC技术,实现了整个质量检测系统的自动闭环在线运行。测试结果表明该系统具有快速、精准可靠等特点,也可应用于其他注塑产品的在线质量检测与控制。该系统能提高汽车接插件质量检测的效率与稳定性。

关 键 词:质量检测;汽车接插件;在线检测;机器视觉;嵌入式技术

中图分类号:TH165.4

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2020)02-0069-05

Design of Online Quality Inspection System for Automobile Connector Injection Molding Production

YAO Jianchong, LIAO Qihui*, ZHU Lukung, TANG Qiaoxing

(School of Materials Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In view of the disadvantages of the current quality inspection of automobile connectors such as low efficiency and unstable detection accuracy in manual sampling inspection, an online quality inspection system for automobile connector injection molding production was proposed. Based on embedded technology, an inspection system structure and realization mode consisting of monitoring, detection and feedback were introduced. The automatic image detection module of the automobile connector was designed based on machine vision technology. The PLC technology was used to realize automatic closed-loop online operation of whole quality inspection system. Test results showed that the system is fast, accurate and reliable, and can also be applied to online quality inspection and control of other injection products. This system can improve the efficiency and stability of automobile connectors quality detection.

Keywords: quality inspection; automobile connector; online inspection; machine vision; embedded technology

汽车电子连接器,即汽车接插件,作为汽车零部件的重要组成部分,有着极大的市场需求。尤其是近阶段新能源汽车的发展,对汽车接插件的产量及质量都提出了较高的要求。作为电气连接件,汽车接插件的质量将直接影响行车安全问题,因此,对其的质量检测显得尤为重要。金属嵌件成型是汽车接插件的主要生产方式,该生产方式在整个注塑生产过程的自动化效率较低,产品质量大多由人工抽样检测保证^[1],不符合汽车行业的整体发展趋势及针对电气连接件逐个质量检测的要求^[2]。课题组旨在设计一个自动化在线

检测系统,以满足汽车接插件注塑生产的质量检测要求,在保证检测正确率的前提下大幅提高检测效率。

企业在追求产量最大化的同时还必须对产品的质量进行控制,只有这样才能获得效益。因此,注塑制品的质量检测一直是研究的一个热点问题。对于注塑制品的质量检测与控制的研究,Gruber等^[3]提出了一种新的计算模型,适用于机器视觉系统在线质量检测。Schmitta等^[4]设计了一个针对纺织品缺陷的质量监控系统。文生平等^[5]利用LabVIEW与MATLAB,搭建了手机外壳注塑件表面缺陷视觉检测系统。石波和

收稿日期:2019-06-15;修回日期:2019-11-06

基金项目:上海工程技术大学研究生科研创新项目(18KY0509)。

第一作者简介:姚建冲(1995),男,江苏苏州人,硕士研究生,主要研究方向为数字化设计与制造。E-mail:yaojcx@163.com

GAO^[6-7]等提出根据注塑机控制对象的不同将质量控制划分为3个层次:①底层控制——对注塑机参数的直接控制;②中层控制——状态变量控制;③顶层控制——制品质量控制。王利霞^[8]提出了可分为2个阶段控制注塑成型制品质量:优化调节工艺参数以生产出质量可接受的制品;在生产中采用某种质量检测和控制在生产方法,保证生产出质量一致的合格制品,其研究已具备质量闭环控制的雏形。课题组根据前述的顶层控制目标,将注塑生产工艺参数与自动化质量检测相结合,实现对汽车接插件注塑产品的在线质量检测。

1 质量检测系统总体方案设计

汽车接插件因其质量控制的严格要求,必须采用全部、逐一的方式^[9]进行成品检查,即为全检。人工目视检查或者抽检已无法满足品控要求,因而引入了自动化质量检测系统。课题组以汽车接插件为研究对象,由于其采用自动化注塑生产,对模具和配套设备要求较高,很少出现一些其他注塑制品常出现的质量缺陷问题;尽管如此,实际生产中依然会出现飞边、翘曲、欠注及表面缺陷等问题。尤其是飞边与翘曲问题对于汽车接插件影响较大,因其直接影响其在汽车上与其他零部件的装配以及后续的电气连接稳定性的问题,因此作为本次检测系统考量的重点问题。

本系统主要包含以下几个模块:①注塑模具监测模块,主要由注塑机和各类传感器组成;②成品自动化检测模块,主要由 CCD 相机、光源、图像采集卡和超高速轮廓仪等组成;③质量反馈模块,主要由工业计算机(IPC)、PLC 和触摸屏等组成。本文研究所采用的注塑生产线模具为1模4穴的结构布局,工作节拍为1.85 s,视觉系统处理时间在20~300 ms之间,全流程节拍在5 s内。本系统的整体结构如图1所示。

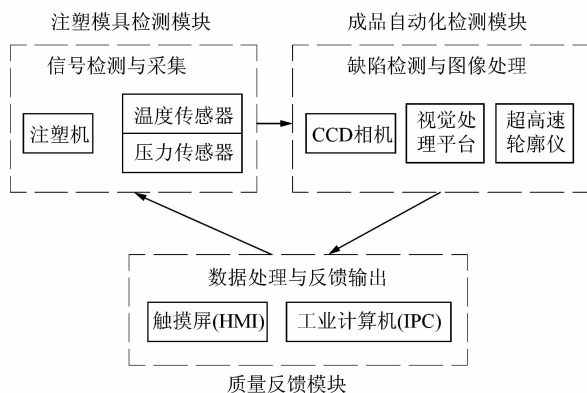


图1 系统整体结构

Figure 1 System structure

系统的工作流程为:注塑机生产出的汽车接插件经传送带传输至成品自动化检测模块,CCD相机和轮廓扫描仪进行拍照和扫描处理,并将数据传输至视觉系统和IPC(所有数据存储须外扩高速内存),图像等数据经视觉系统和IPC综合处理后反馈输出,对于检测不合格的成品进行剔除(由PLC控制气缸将其顶出),考虑到安全和实际操作等问题,反馈结果带有报警功能,提供的数据供操作人员参考以调节生产过程中的各项参数。

2 质量检测系统各模块硬件设计

本系统硬件部分基于PLC+IPC控制系统,各自完成控制与信息采集、数据处理和参数修改等工作,该种组合方式因其可靠性在工业现场被广泛运用^[10-12]。

2.1 注塑模具监测模块

虽然注塑机本身自带各类传感器来控制注塑过程参数,但为了更好地监测注塑成型过程以及方便后续迅速、及时地反馈调整,针对本文所研究的汽车接插件(110 mm×63 mm×40 mm,最佳模具温度60℃,熔体温度235℃,保压时间9 s,保压压力35 MPa,注塑时间1.3 s),模具监测部分选择天沐NS-B05-4-3-60MPa-G-10型压力传感器;NS-T52-1-1-1-5-16型温度传感器,传感器测得的数据同步显示在IPC和触摸屏上。

2.2 成品自动化检测模块

成品自动化检测模块结构如图2所示。

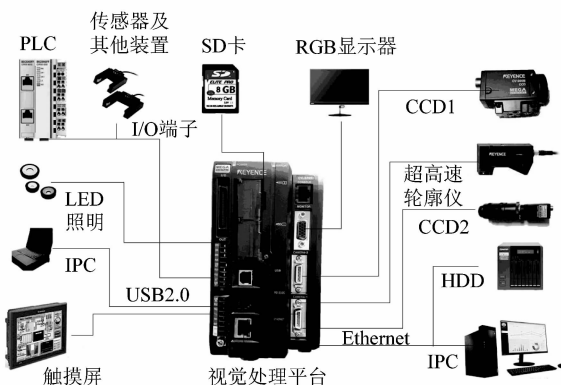


图2 成品自动化检测模块结构

Figure 2 Finished product automation detection module

成品自动化检测模块主要由电脑(IPC)、智能型视觉处理平台(CV-X200)、PLC部分模块、光电传感器、LED照明(CA-DC10E)、SD卡、触摸屏、CCD相机(CA-E80)和超高速轮廓测量仪(LJ-V7000)组成。该模块以智能型视觉处理平台为核心,与IPC和PLC配

套进行基于机器视觉检测的图像及轮廓信息数据处理及过程控制,各传感器、CCD 相机、光源等为输入端,显示器、触摸屏等为输出端。

2.3 质量反馈模块

常见的视觉检测与注塑生产关联性不大,大多仅判断产品是否合格,若出现大批量的产品不合格情况,无法判断其成因,也无法指导后续的生产调整;而本系统在分析影响嵌件注塑的主要工艺参数的基础上,将注塑加工与视觉检测数据共享,并通过图像等数据处理实现对大批量不合格产品的诱因进行初步分析与判断,方便对注塑工艺参数进行快速调整来保证产品质量稳定,以此实现对汽车接插件质量的在线检测与闭环控制。其过程如图 3 所示。

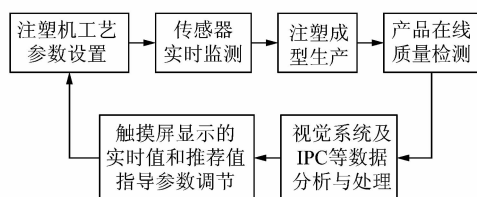


图 3 成品质量反馈的在线检测

Figure 3 Online detection of finished product quality feedback

3 质量检测软件系统设计

质量检测软件系统主要分为上位机数据处理端和下位机数据采集端 2 个部分。各类传感器以及成品自动化检测模块将各类数据信息等传入到上位机 (IPC),上位机计算完成后将数字信息发送到下位机 (PLC 等) 输出端进行显示以及各执行端执行相应的操作。此过程自动循环进行,异常时可人为介入,以此实现对汽车接插件的质量在线闭环控制。

3.1 检测系统主流程

在正常的注塑生产过程中,监测模温和模压的传感器同步工作,注塑生产出的成品经由传送带输送至视觉检测模块,此时视觉模块进行初始化(包括 CCD 相机、图像采集卡等),视觉处理平台 CV-X200 通知各子系统准备连续采样并保存数据,IPC 进行特征提取、中值滤波、图像增强、边缘检测与缺陷检测等机器视觉处理。出现不合格品时信号传输至主控电路由执行气缸进行剔除,并且 PLC 计数器开始计数,HMI 同步显示数据;若下一成品合格,各子系统复位(计数器等)继续正常生产与检测;若继续出现不合格品,计数器继续计数,当连续不合格品超过预设量(初始设置为 10 个),系统报警,HMI 同步警报,同时输出信号给 PLC,控

制各执行机构停止工作。系统工作流程如图 4 所示。

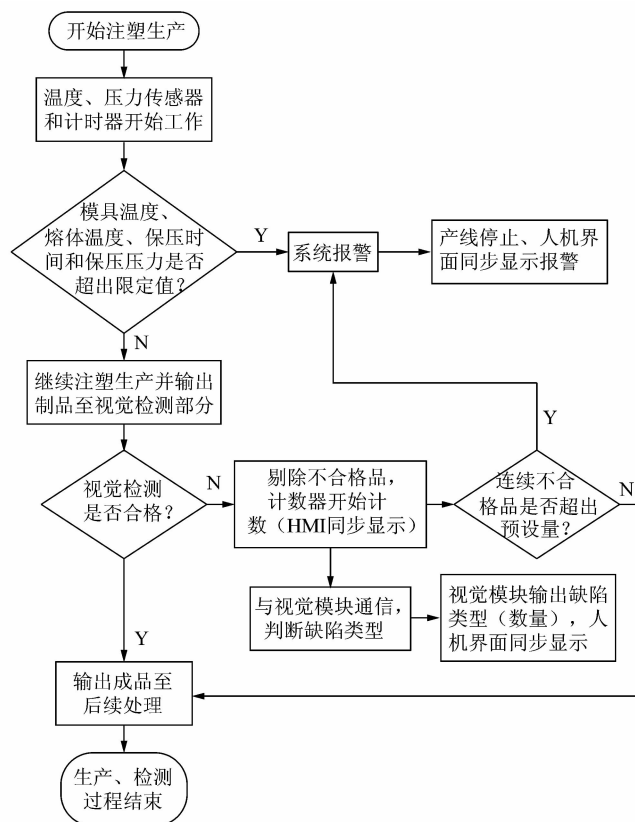


图 4 检测系统工作流程图

Figure 4 Flow chart of detection system

3.2 PLC 控制部分

由于计算机技术近年来的飞速发展,考虑到其与自动化控制的应用与配合,若选用传统 PLC 可能存在很大的局限性且后期改进工作繁琐、成本高,因而本系统选用 BECKHOFF 公司的基于 IEC61131 标准的软 PLC 的 TwinCAT 系列^[13]。具体为 CX9020 型 CPU(工作温度 $-25 \sim 60^{\circ}\text{C}$),其支持扩展多种现场总线通信接口,以 BeckHoff 作为主控器可支持用户自行编译的 TwinCAT PLC 软件,各个模块单独调试修改更为方便^[14]。

针对出现大量连续不合格品的情况,将部分控制程序以梯形图的形式展示,如图 5 所示。在此前的研究基础上,若出现大面积的残次品 (NG),一般情况是注塑生产参数出现了异常,需对参数做出调整。本系统初始默认连续不合格数为 10 个时,判定为异常情况,需停止注塑生产,此时除了将不合格品通过气缸做出顶出动作外,还会停止传送带电机,停止前序生产与后序检测工作。

图 5 中 Y000 为输出控制传送带电机,C1 为计算

残次品个数的计数器, Y001 为输出控制用来顶出残次品的执行气缸。

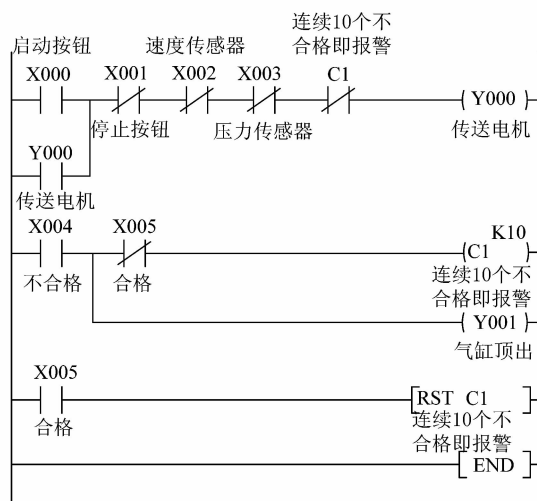


图5 不合格品部分控制梯形图

Figure 5 Ladder diagram of non-conforming product

3.3 检测系统各部分通信协议

视觉检测系统与 PLC 的硬件连接:通过并行端口连接线,一头连接 CCD 视觉检测系统控制器,另一头连接 PLC CPU 上的 I/O 端子接口,实现视觉检测系统与 PLC 的硬件连接,此方式基于 Ethernet/IP 协议进行视觉检测软件和 PLC 的通信。

3.4 接插件图像阈值处理

对于机器视觉在工业检测中的应用,需要对环境进行某些范围的控制,以减少与检测图像无关细节的影响,增强被测产品进行图像分割处理。由于阈值处理的直观性和快速性,其在图像分割中占有重要地位,分割后的图像可用公式表示为:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x,y) > T; \\ 0, & \text{if } f(x,y) \leq T. \end{cases} \quad (1)$$

式中: $f(x,y)$ 是图像在对象点 (x,y) 的灰度值; $g(x,y)$ 是分割后的灰度值^[15], 当 T 是适用于整个图像的常数时,式(1)即为全局阈值处理;当 T 值在一幅图像上改变时,式(1)即为可变阈值处理。

基于上述对可变阈值处理的阐述,再结合实际操作中存在光照不均的问题,即使采取双目视觉的方案也无法彻底避免此问题,因而需采用可变 T 进行局部阈值处理。计算后若所检测图像还存在不相关的噪声等,可利用均值滤波法对选定区域进行消除无规律白点处理。

3.5 闭环反馈程序

视觉处理平台及 IPC 处理完成后,需要输出信息

反馈显示来指导参数调整,以此来提高后续产品质量,完成整个注塑生产与检测的质量在线闭环控制。

课题组所选的触摸屏型号为 GC4000 系列 GC-4401W, 为 7 英寸 LCD 显示屏, 分辨率 800×480 , 有 2 个 USB 接口和 2 个 COM 口。触摸屏部分输出界面如图 6 所示, 除基本操作与指示界面外, 针对检测总产品数、合格与不合格数、不合格类型、设定工艺参数与实时工艺参数, 以及历史报警的记录情况等做出了详细的输出, 供工程师迅速判断缺陷成因以及及时调整生产。



图6 触摸屏界面

Figure 6 Touch screen interface

4 质量检测系统应用验证

针对汽车接插件的翘曲问题, 在经本系统检测后, 将其检测数据与三坐标测量仪所测得的数据进行对比, 以此来验证系统的有效性。图 7 所示为成品自动化检测模块相机拍得的汽车接插件(任意选择一个合格品) Z 方向的灰度图, 从图中可观察到其翘曲情况。在汽车接插件底部装配区域, 选取了 10 个测试点进行数据测量: ①三坐标测量仪(CMM)测得 Z 方向的数据; ②采用超高速轮廓测量仪可测得 Z 方向的轮廓检测值。 Z 方向翘曲值对比如表 1 所示。

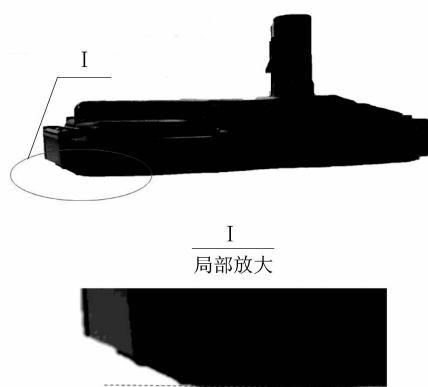


图7 汽车接插件Z方向局部翘曲放大
Figure 7 View of warpage in Z-direction of automotive connector

表1 Z方向翘曲值对比

Table 1 Comparison of warpage in Z-direction

Z方向 测量点	理论值	CMM 测量值	轮廓仪 测量值1	轮廓仪 测量值2	轮廓仪 测量值3	最大 差值
1	2.400	2.400	2.401	2.402	2.398	0.002
2	2.400	2.403	2.403	2.403	2.402	0.003
3	2.400	2.401	2.399	2.401	2.399	0.001
4	2.400	2.402	2.398	2.401	2.398	0.002
5	2.400	2.399	2.398	2.400	2.399	0.002
6	2.400	2.402	2.400	2.402	2.401	0.002
7	2.400	2.402	2.399	2.402	2.401	0.002
8	2.400	2.401	2.400	2.403	2.402	0.003
9	2.400	2.404	2.404	2.405	2.404	0.005
10	2.400	2.403	2.401	2.403	2.402	0.003

由表1的数据对比可以看出,轮廓仪所测得的3组数据与三坐标仪所测数据差距不大,再分别将两者所测数据与理论值进行对比,发现轮廓仪和三坐标仪所测数据与理论值最大差值均在0.01 mm内,说明Z方向的最大变形量满足该汽车接插件的装配要求,从而证明了本系统的检测分析结果(判定为合格品)是正确有效的。

5 结论

课题组设计了汽车接插件注塑生产在线质量检测系统,通过监测模块实现对注塑生产部分工艺参数的实时反馈,有利于改进生产及问题排查;通过检测模块实现对接插件表面及尺寸自动化的检测,得到的数据

进行对比来判断产品是否合格而无需人工干预;通过反馈模块的设计实现了接插件生产、质检过程的闭环,此模块在检测产品质量的基础上可提供对应信息以改进后续生产,进一步提高良品率。本系统后续可与机器学习等先进技术相结合,基于大数据自动分析缺陷成因并及时自动调整生产,从而进一步提高自动化率并减少人为干预,实现包括汽车接插件在内的注塑制品质量快速、精准的在线检测。

参考文献:

- [1] 李秀成,朱春媚,周文辉.基于FPGA的注塑制品缺陷检测系统的设计[J].电子设计工程,2017,25(6):84-88.
- [2] 蔡晓军.基于嵌入式机器视觉的多瓶口缺陷检测系统设计[J].包装工程,2018,39(23):164-169.
- [3] GRUBER D P, MACHER J, HABA D, et al. Measurement of the visual perceptibility of sink marks on injection molding parts by a new fast processing model[J]. Polymer Testing, 2014, 33: 7-12.
- [4] SCHMITT R, FURTJES T, ABBAS B, et al. Real-time machine-vision-system for an automated quality monitoring in mass production of multiaxial non-crimp fabrics [J]. Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering, 2015/2016, 769-782.
- [5] 文生平,洪华锋,舒凯翔.精密注塑手机外壳表面缺陷视觉检测系统设计[J].塑料工业,2017,45(9):53-56.
- [6] 石波,刘斌.注塑成型过程中制品质量的控制研究现状分析[J].塑料工业,2012,40(10):9-13.
- [7] GAO Furong, YANG Yi. Multi-variable interaction analysis and a proposed quality control system for thermoplastics injection molding [J]. Plastics Saving Planet Earth, 1997, 1/2/3: 480-486.
- [8] 王利霞.基于数值模拟的注塑成型工艺优化及制品质量控制研究[D].郑州:郑州大学,2003:9-12.
- [9] MIN B H. A study on quality monitoring of injection-molded parts [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 136(1/2/3): 1-6.
- [10] 崔炽标.注塑件常见外观缺陷检测系统的研究与开发[D].武汉:华中科技大学,2017:6-8.
- [11] 肖仁胜.基于现场总线的汽车座椅生产线控制系统设计[D].武汉:武汉理工大学,2013:7-14.
- [12] 许川佩,彭圣华.基于PLC的自动化生产线控制系统[J].仪表技术与传感器,2016(11):85-89.
- [13] 张翰.集成运动控制功能的软PLC系统的研究与实现[D].广州:华南理工大学,2016:2-4.
- [14] 赵伟静,周奇,吴超群,等. Beckhoff 嵌入式控制系统在铸件打磨设备上的应用与实现[J].机床与液压,2018,46(14):100-103.
- [15] 段锦昱,文生平.基于机器视觉的电子产品外观表面缺陷检测方法研究[J].计算机测量与控制,2014,22(4):1009-1011.