

汽车接插件注塑生产在线质量检测系统设计

金章良

浙江新宝汽车电器有限公司 浙江 新昌 312500

摘要: 当前,在汽车接插件的过程中,进行对应质量检测时,人工抽检效率较低、准确度不高,对此本文设计了汽车接插件注塑生产在线质量检测系统。采用机器视觉技术,设计对汽车接插件的工业计算机模块应用;采用 PLC 技术,对整个检测系统实现封闭化检测。测试结果表明本质量检测系统有着精准、快速等优点,能够应用更多相关汽车接插件注塑工艺生产环节,进而保证高质量的生产水平。

关键词: 汽车接插件; 注塑; 图像处理; 机器视觉

一、汽车接插件注塑生产常见缺陷及产生原因

(一) 缩痕

缩痕又叫缩水或塌坑,经常出现在壁厚背面。就汽车接插件而言,背面装配位置结构复杂、厚度不均,远离浇口处的注射压力太小,熔料流动不良且不好补缩,尤其会在嵌件和装配孔周围等壁厚变化较大的位置处出现

(二) 飞边

飞边又叫溢边或毛刺,熔料在进入模具分型面或顶杆间隙处时,在沿分型线处或者模具密封面出现多余毛边或者薄翅的现象。汽车接插件在注射和保压的过程中,注塑件合模力不足导致模具不能完全锁紧和密封,且熔料绕经金属嵌件后的分流也会产生飞边。

(三) 气孔

气孔是接插件最后成型阶段所形成的空隙,会在被封出内部形成空洞或者气泡。汽车接插件在注塑过程中较容易混入挥发物,且其不是透明塑件,无法从外部观察出气孔的存在。

(四) 熔接痕

熔料在绕经金属嵌件或孔的过程中,细流分叉并重新连接在一起,这就在表面形成接合缝和熔接线。熔融状态下的树脂和嵌件接触后流动前沿温度迅速降低,所以两股温度较低的胶料在汇合时形成的熔接痕,结合强度明显降低,可能会造成断裂。

(五) 欠注

欠注又叫做短射或者充填不足,在充填的过程中熔融树脂无法完全充满型腔各个角落,使得制品出现外形不完整、残缺的现象,特别容易出现在远离浇口或薄截面区域。注塑生产常出现的欠注问题与解决方法包含以下几方面:

1. 漏胶。在这种情况下,应立即检查注塑机筒体有无泄漏;注塑机喷嘴与主衬套配合处是否漏胶。如果有泄漏,注射下的产品是自然现象,应首先排除。只有在确认没有漏胶泄漏后,才能进行以下检查。当产品注射不足,没有胶体泄漏时,可能是胶体量不够。这时,需要增加熔化行程,增加胶的用量。增加熔体行程后,应继续观察螺杆残胶、熔体

行程和注射时的产品进料情况。

2. 胶料不足。熔体行程增加后,产品入胶量增加,说明胶量不够,需要继续增加熔体行程。当融胶行程达到最大值时,产品仍在注塑中,因此有必要更换大型注塑机。

3. 胶合介子泄漏。如果注射到产品中的胶量没有随着熔体行程的增加而相应增加,则可能是胶通过注塑机的介子泄漏。

检查胶介子泄漏的方法:将一定注射周期的产品保持在模具型腔中,并采用手动注射。当喷射压力由小变大时,可以通过观察螺杆的前进来判断是否泄漏。手动注射,螺杆不前进,说明胶介子密封良好,无渗漏。在较大的注射压力下,螺杆有一点提前,这是允许的。此时,不是熔体的泄漏,而是熔体在压力下的收缩。

在注射不足的情况下,首先要检查注塑机筒体与注塑机喷嘴模之间是否有泄漏;二是检查注塑机螺杆前端是否有过胶介子泄漏。只有排除这两种情况,才能判断其他方面。以下判断方法均以排除后的案件为依据,不再重复。

二、质量检测系统硬件设计

(一) 电气柜结构设计

1. 电气控制柜总体布局

由于整个系统设备较多且都是各个独立的子设备,为保证各设备之间准确、有序、稳定的运行,确保安全生产,需要先对整个系统做电气规划设计,具体包含:电气柜结构设计、总体布置设计、接线图设计、箱柜设备清单、电源分配等内容。

生产控制用电气柜配置可根据实际现场需要分开或者合并在一起,但总体布局时,应遵循紧凑、集中的原则,并且在空间允许的前提下尽可能将发热量较大的元器件远离其他元件单独布置。由于本课题研究的质量检测系统涉及多工位且设备体积较大且数量较多,为了符合安全生产及操作规范,在布局合理的情况下应注意将电气控制柜电源总开关、急停开关等放在比较明显的位置。

综上所述,同时充分考虑汽车接插件质量检测系统的工序流程和控制功能要求后,确定了检测系统电气控制柜主

要器件的名称、数量等主要物料清单如表 1 所示。

表 1 箱柜主要设备清单

序号	名称	品名	数量	备注
1	控制器 CX9020-0115	BECKHOFF	1	
2	TwinCAT (TC1250-0030)	BECKHOFF	1	
3	EtherCAT 耦合器	BECKHOFF	1	
4	输入模块 16 点	BECKHOFF	1	
5	输出模块 16 点	BECKHOFF	1	
6	iC65N 小型断路器	SCHNEIDER	1	用于保护主回路
7	iC65N 小型断路器	SCHNEIDER	2	保护松下电机
8	直流 (开关) 电源	MW	1	Out : 24V/32A
9	接线式接地端子	伟哲	1	用于电控板接地
10	工业以太网交换机	MOXA	1	4 个 10/100Base 端口
11	交流接触器	SCHNEIDER	1	32A 线圈 电压 220V
12	EC 网关	ELCO	1	
13	输入模块	ELCO	5	远程 IO 电源
14	输出模块	ELCO	3	8 个孔端 PNP 三针接口
15	扩展线缆	ELCO	4	IOLink 线缆
16	电源活接头	ELCO	1	
17	通讯线缆	ELCO	1	通讯线缆 5m
18	网线 5 米	SAMZHE	1	交换机到 PC

2. 可编程逻辑控制器

PLC 作为工业控制的专业数字运算控制系统，其种类众多、功能和规格也不尽相同，期其本质上是用于工业控制的专用计算机，所以它的组成与结构类似于一般控制机，主要硬件结构组成如图 1 所示。

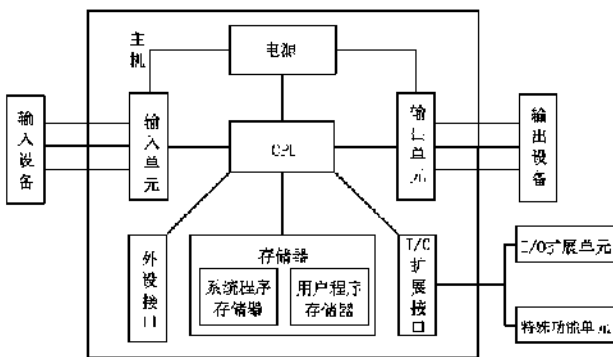


图 1 PLC 结构图

目前在工业中较常用的 PLC 主要分为德系品牌：西门子 S 系列、倍福 CX 系列；日系品牌：三菱 FX 系列、欧姆龙 CJ 系列。考虑到课题实际需求以及后续和图像检测连接的便利性，本文选用倍福 CX 系列作为主控制器，其是一种应用领域更加广泛的紧凑型基于工业 PC 的较新型的嵌入式

控制器。

倍福 CX9020 型控制器配备的 A8 处理器有一个基于硬件的浮点单元，其与倍福 TwinCAT 自动化软件平台结合使用，会使得 CX9020 变成一个高性能的 PLC 和运动控制器。其具体性能参数如表 2 所示。

表 2 倍福 CX9020 控制器性能参数

指标	具体参数
处理器	ARM Cortex™ - A8, 1 GHz
内存	256 MB micro SD (可扩展), 2 x micro SD 卡槽
内置主内存、保持型内存	1 GB DDR3 RAM、128 KB NOVRAM
接口	2 个 RJ45, 1 个 DVI-D, 4 个 USB2.0, 1 个选配接口
控制软件	Twin CAT 2 PLC Run-Time
电源	24 V DC (-15 %/+20 %)
外形尺寸	85 mm x 100 mm x 91 mm
工作 / 储藏温度	-25...+60 ° C / -40...+85 ° C

(二) 重要配套硬件模块

1. 伺服驱动器

本系统因需较精确调整传送带速度以控制待检测制品位置，需要用到伺服电机和伺服驱动器。伺服电机的选择牵涉面较多，系统根据实际需求选定伺服电机和伺服驱动器均选用松下系列，具体型号参考主要技术要求并留有一定余量：负载重量约 2kg、运行时施加在轴径向的力约为 250N、加减速时间在 0.1s 内、停止时间在 0.3s 内；最终选用具体型号为：松下 MHPF042L1U2M 型 400W 电机、松下 MBDLT25BF 型 400W 驱动器，伺服电机具体性能参数如表 3 所示，显然满足系统设计要求。

表 3 MHPF042L1U2M 型伺服电机性能参数

项目	内容
电压规格	200V
额定输出	400W
额定转矩 (N·m)	1.27
瞬时最大转矩 (N·m)	4.46
旋转编码器规格	23bit 绝对式 / 增量式系统
额定转速 (r/min)	3000
最高转速 (r/min)	6500
转子惯量 (× 10 ⁻⁴ kg·m ²)	0.56
容许径向载重 (N)	392
运行容许径向载重 (N)	245

2. 传感器模块

(1) 压力和温度传感器

本文所研究汽车接插件的最佳注塑工艺参数为：模具温度 60、熔体温度 235、保压时间 9s、保压压力

35MPa、注塑时间 1.3s，因此用于监测注塑模具内部情况的温度和压力传感器需要满足基于这些值上下浮动一定的工作范围。同时，本研究选择天沐 NS-B05-4-3-60MPa-G-10 型压力传感器；NS-T52-1-1-1-5-16 型温度传感器满足使用要求。

(2) 光电传感器

本文使用光电传感器的原因是为了实现一个注塑机生产与视觉检测的一个互通连接功能，用来检测传送带上是否有注塑生产出的汽车接插件从而发出信号通知检测设备做好检测准备。其原理是发光二极管发射出光脉冲，光线被感受元件和光敏晶体管接收，若存在目标物，即汽车接插件，则生成的光电电流会被放大，超出标准门限后随即发出离散信号。

(3) 电容接近式传感器

检测系统在检测到不合格工件时需进行气缸动作进行剔除，因此在此之前需设置接近开关用以气缸动作位置检测。而常用的电感式和电阻式接近传感器因其工作原理只能用来检测金属物质，虽然本文所述汽车接插件包含金属嵌件，但为了达到最佳效果，选择了电容式接近传感器，可用于检测塑料、橡胶等非导体。

3. 气动模块

在汽车制造行业中，自动化生产线上工件的搬运、定位、夹紧、上下料、装配、检测等多个工序都运用了气动技术。研究中所述检测系统的要求是快速剔除不合格件，相较于液压系统，气动系统具有快速、灵活、成本较低等特点，因此应运到检测系统中。

(三) 通信控制结构

实检测生产过程中操作人员往往通过触摸屏直接对 PLC 内需要处理的存储器进行访问并做出相应修改，通过此类操作，操作人员可对系统进行实时监控并及时调整系统。在计算机端通常是大量复杂信息的处理，而在触摸屏端则只需进行一些简单的调整，不涉及复杂运算，因其此便利性和通过线缆与 PLC、PC 通信的灵活性，在工业生产中得到大量运用，是现代工业控制系统中不可缺少的设备之一。

三、质量检测系统软件设计

(一) 梯形图程序设计

梯形图作为使用最广泛、最直观的 PLC 逻辑编程语言，和其他编程语言有着本质区别，其编程规范也和其他的代码语言相差甚远。它有着比较独立的编程规范：

梯形图程序每一行必须从左母线开始，到右母线或输出线圈结束；

当同一线圈在程序中多次出现时，将线圈最后一次出现的位置视为有效逻辑；

若有多触点的逻辑程序，分块时要靠近左母线；即当梯形图中出现多条支路或者块之间串并联比较多时，应尽

量在编程环境左边编辑。

在图元的属性配置表中，根据实际梯形图编程需要选择对应图元器件的类型、名称等，常用的逻辑梯形图图元类型和种类如表 4 所示。

表 4 常用逻辑梯形图图元

元件类型	元件的功能作用
— —	常开符号
— / —	常闭符号
—【】	输出符号
—【S】	置位符号
—【R】	复位符号
X	PLC 继电器输入
Y	PLC 继电器输出
C	PLC 计数器
T	PLC 定时器

(二) 基于图像处理的视觉检测程序设计

在实际检测中，发现光源的变化对检测结果影响较大，因设计时光源位置固定，且采用同轴光源，排除照明方式这一因素，确定了光源的光照强度为主要影响因素。其中，光源强度对形状缺陷的检测影响不大，在不同光源强度下都具有很高的检测准确率，一方面是因为形状特征受外界光线影响较小，另一方面针对检测形状缺陷所采用的不变矩方法本身就对光线变化不敏感，因而结果较为满意，可满足实际生产检测需求；而对于表面纹理缺陷的检测，因为其区分度较小，易受光线变化的影响，因而在不同光线条件下准确率下降明显且波动较大，相较于熔接痕，缩痕因为是表面凹坑的表现形式可能会造成反光，其受光线条件影响更大，因而其检测准确率小于熔接痕。在一定的光线条件下，本系统可以很好的满足形状缺陷检测，可满足对于装配要求较高的汽车接插件检测需求；与此同时，也能够满足表面纹理缺陷检测的一般要求，在识别出缺陷的基础上，对于调节汽车接插件注塑生产工艺参数可以起到很好的帮助。

四、质量检测系统生产验证

(一) 视觉检测平台

通过 IPC 和加载的软件平台，可以完成对汽车接插件图像的读取、校正、灰度化、增强、二值化、分割、边缘检测、缺陷检测与分类等功能。

(二) 系统检测结果

针对设计的对应缺陷，系统可以较为准确的识别，但有部分熔接痕和缩痕等由于尺寸较小，并考虑到打光方式等影响，表面纹理特征缺陷的识别检测准确率波动较大，仍需要进一步完善和改进。

结语

本文研究和设计了汽车接插件注塑生产的在线质量检测系统，同时在这过程中进行及时的数据反馈，这样也便于

及时调整参数和排除问题，最终所得到的检测结果也能极大程度上减少人为因素的影响，从而让检测报告更加客观，进而完善注塑生产工艺，促进产品的生产和发展。本检测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] 齐雪, 廖秋慧, 祝璐琨, 等. 基于响应面法的汽车接插件注塑工艺优化 [J]. 塑料科技, 2018, 46(10): 95-99.

[2] 姚建冲, 廖秋慧, 祝璐琨. 带金属嵌件的汽车接插件翘曲变形与残余应力研究 [J]. 智能计算机与应

用, 2020, 10(2): 297-300.

[3] 吴松霖. 基于嵌入式机器视觉系统的表面缺陷检测技术研究 [D]. 湖北: 华中科技大学, 2019.

[4] 黄勇, 蔡丹云, 丁明明. 带金属嵌件的汽车接插件注塑成型工艺分析 [J]. 浙江水利水电学院学报, 2014, 26(4): 74-77.

[5] 姚建冲, 廖秋慧, 祝璐琨, 等. 汽车接插件注塑生产在线质量检测系统设计 [J]. 轻工机械, 2020, 38(2): 69-73.

[6] 道普汽车零部件(上海)有限公司. 一种汽车线束的注塑接插件的 pin 高检测及喷码一体机 :CN202021752754.X[P]. 2021-03-02.