

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.02.010

全自动牙刷柄送料系统设计

陈超¹, 闫青¹, 李强¹, 王斌², 文柘青³

(1. 江苏科技大学机械工程学院, 江苏镇江 212003;

2. 江苏艾萨克机器人股份有限公司, 江苏扬州 225113; 3. 金华文欣进出口有限公司, 浙江金华 321019)

摘要:针对目前牙刷制造中使用自动送料机构为植毛机输送牙刷柄时,存在控制能力差,无法保证牙刷柄在植毛之前的位置、正反以及刷头朝向的绝对一致性等缺点,采用模块化、层次化的设计思想研制了一种基于PLC的全自动牙刷柄送料系统。设计了用于加强牙刷柄位置控制的分拣上料模块和调头翻面模块,并介绍了各模块之间的机械构造;设计了一种基于声波检测的吹气检测机构;设计了整个系统的控制模块,阐述了伺服控制技术及相关程序。实验结果表明该系统不仅可靠性高,且大大节省了牙刷的制作成本。该系统能改善牙刷成品的自动化生产工况,提高生产效率。

关键词:牙刷制造;送料系统;模块化设计;层次化设计;位置控制;声波检测

中图分类号:TS959.12;TP273

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2018)02-0056-05

Design of Automatic Toothbrush Handle Feeding System

CHEN Chao¹, YAN Qing¹, LI Qiang¹, WANG Bin², WEN Zheqing³

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu 212003, China;

2. Jiangsu ASK Robot Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu 225113, China;

3. Jinhua Wenxin Import & Export Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang 321019, China)

Abstract: For toothbrush manufacturing, issues will occur when automatic feeding mechanism is transporting toothbrush handles to the hair planting machine. These issues include poor control, and hard to ensure the consistency between the position, the positive and the head orientation of the toothbrush handle before planting hairs, etc. Under the modular and hierarchical design philosophy, a full-automatic feeding system, based on PLC, had been developed for toothbrush handle. Sorting & feeding module and u-turn & upender module were designed for toothbrush handle position control, and mechanical structures of modules were introduced as well. A blowing detection mechanism based on acoustic wave detection was designed. The control module of the whole system was designed, and the servo control technology and system program design were expounded. Experimental results show that the system not only has high reliability, but also saves the production cost of the toothbrush. The system can improve the automated production status of toothbrush products and improve production efficiency.

Keywords: toothbrush manufacturing; feeding system; modular design; hierarchical design philosophy; position control; acoustic wave detection

随着市场对牙刷产品的需求量的提升以及对牙刷产品外观个性化要求的提高,自然对牙刷自动化生产设备提出了更高的要求。目前,不少企业的牙刷制作过程还需依靠手工对牙刷柄进行分拣和转运,劳动强度大,成本较高。因此可取代手工分拣的自动送料机构得到了迅速的发展,并投入到市场当中。然而由于

植毛机的植毛位置通常是固定的,因此在对牙刷柄进行植毛之前,必须要确保刷柄的位置、刷柄的正反以及刷头朝向符合工艺要求。而大多数刷柄送料机构的研究仅仅是提出了对刷柄位置的控制,对刷头朝向以及正反面调整的可靠性仍然存在不足之处,造成牙刷柄在输送过程中容易出现甩脱的现象,影响了生产效率

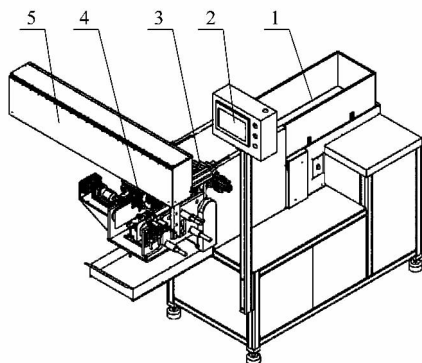
收稿日期:2017-08-30;修回日期:2017-11-10

第一作者简介:陈超(1974),男,湖南长沙人,博士,教授,主要研究方向为自动控制及机器人系统设计。E-mail: snowden_chen@163.com

及制作成本。为解决这些问题,课题组基于模块化的设计思想研制了一种全自动牙刷柄送料系统^[1]。该系统具备物料输送、分拣上料、刷头转向、刷柄正反面检测及调整和机械手抓取送料等一系列功能。各模块之间通过高精度的伺服电机相连接,实现了牙刷柄准确稳定的输送。该系统在稳定牙刷生产可靠性的同时,大大提高了生产效率,降低了牙刷的制作成本。

1 系统整体结构

图1是牙刷柄送料系统的整体结构,包括输送模块、分拣上料模块、调头翻面模块、抓取机械手模块和控制模块。将成捆不规则放置的牙刷柄放置到输送装置的储料仓中,然后由分拣上料模块逐一分离并有序地输送至调头翻面模块,再经过刷头朝向检测、刷头朝向调整、刷头正反面检测及刷头正反面翻转一系列工位后,最后由抓取机械手转运至植毛机的夹具中进行植毛操作,完成单支牙刷的制作过程^[2]。系统整体结构稳定,有效实现了高效率、低成本的牙刷制作目标。



1—储料仓;2—控制器;3—分拣上料模块;4—调头翻面模块;5—抓取机械手模块。

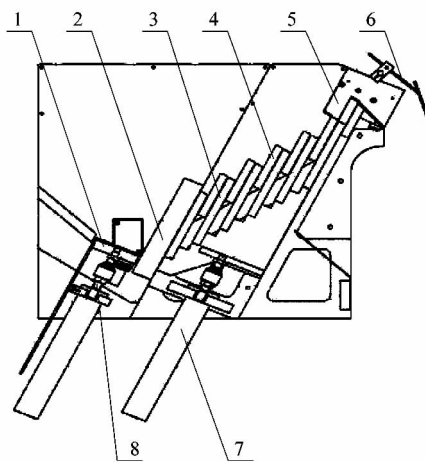
图1 系统整体结构图

Figure 1 Total structure diagram of system

2 牙刷柄分拣上料装置

该装置包括上料机构和分拣机构,用于将杂乱的牙刷柄逐一有序地输送至调头翻面装置,如图2所示。上料动板下方通过活塞杆与气缸驱动装置相连接,若干牙刷柄首先被输送至上料动板上方,活塞杆作上下往复直线运动再将其推送到上料定板顶面上。由于上料板与水平面之间设计有向下倾斜的角度($1^{\circ} \sim 80^{\circ}$),避免了牙刷柄在被送达上料定板时出现断料的情况。上料机构以推送的方式将大批量牙刷柄转换成了小批量送料。

分拣机构则由若干分拣动板、若干分拣定板以及连接分拣定板下方的气缸驱动装置组成。分离定板固定连接在侧挡板之间,且自上料定板所在位置的一侧



1—上料动板;2—上料定板;3—分拣动板;4—分拣定板;5—校齐机构;6—挡勾定位机构;7—气缸驱动装置;8—活塞杆。

图2 牙刷柄分拣上料装置

Figure 2 Sorting and feeding device of toothbrush handle

依次上升等量的高度。分拣定板之间间隔有分拣动板,各板之间的距离不超过0.5 mm,各板与水平面之间同样存在有向下倾斜的角度($1^{\circ} \sim 80^{\circ}$)。系统运行时,活塞杆同步地推动分拣动板作上下往复直线运动,将杂乱的牙刷柄逐级提升到高一层分拣定板的顶面上。由于设计的分拣定板的厚度仅能容置单支牙刷柄,因此实现了牙刷柄的单支分拣,确保了牙刷柄在出料时为单支出料。

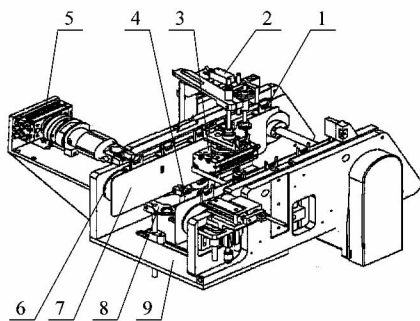
同时,该装置还设计有用于疏导牙刷柄的挡勾定位机构和校齐机构,使得牙刷柄得以稳定地输送至传送带的齿槽内,避免了滑脱,便于后续的调头和翻面工序的加工。

3 牙刷柄调头翻面装置

牙刷柄逐一稳定地输送至调头翻面装置,首先进入到传送带的齿槽内,然后由输送驱动装置控制传送带分别经历了4个工位的加工,如图3所示。第1个工位是检测刷头的朝向是否一致;第2个工位是当刷头朝向有误时,转向台抬高旋转并将牙刷柄头尾对调;第3个工位由吹气检测机构对刷柄头的正反面进行检测;第4个工位是当刷柄头的正反面朝向有误时,由旋转盘夹紧刷柄头旋转,将其正反面对调。最后由抓取转移模块的机械手将位置得到充分调整的牙刷柄抓取至植毛夹具中进行植毛。

3.1 牙刷柄调头装置

牙刷柄进行植毛之前必须要确保其位置、正反以及刷头朝向的一致性,而调头机构则是将齿槽内刷头

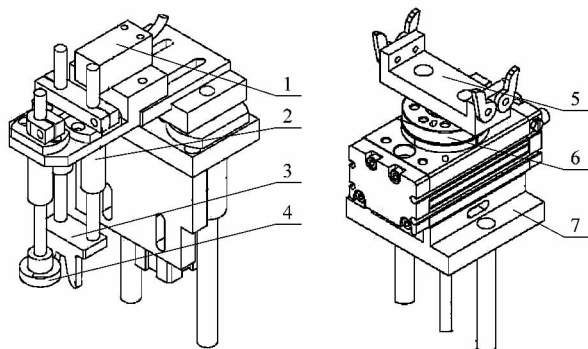


1—齿槽;2—调头检测机构;3—调头机构;4—吹气检测机构;
5—翻转机构;6—传送带;7—输送装置;8—牙刷柄感应开关;
9—基座。

图3 牙刷柄调头翻面装置

Figure 3 Steering and turn-over device of toothbrush handles

朝向有误的牙刷柄进行转向,使其刷头朝向一致且均朝向于植毛机的设置方位。如图4所示,当牙刷柄输送至调头检测机构下方时,气缸驱动检测钳向下运作对刷柄头的朝向进行检测,若刷柄头朝向有误,则牙刷柄不可容置于钳口之中,感应开关触发并将信号发送至控制系统;图示中的压盘则进一步提高了系统的可靠性与流畅性,用于防止牙刷柄在钳口卡住被夹起的情况发生。当刷柄头朝向错误的牙刷柄行经转向台上时,控制系统驱动升降台抬高,将牙刷柄提升至容置钳中,再开启旋转驱动机构将牙刷柄旋转180°。这样便保证了刷柄头朝向的一致性。



(a) 调头检测机构

(b) 调头机构

1—感应开关;2—气缸;3—检测钳;4—压盘;5—牙刷柄容置钳;
6—转向台;7—升降台。

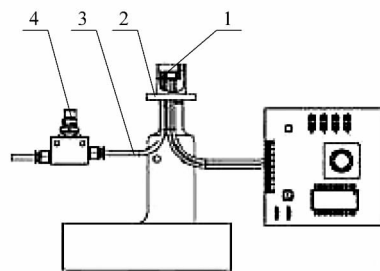
图4 牙刷柄调头装置

Figure 4 Steering Device

3.2 刷柄头翻面装置

植毛针头在对牙刷柄进行植毛时,如若刷柄头正反面朝向有误,会损坏针头且造成原料浪费^[3]。因此,在传送带上设置有翻转机构以对刷柄头正反面朝

向有误的牙刷柄进行调整。翻面装置包括吹气检测机构和翻转机构。当牙刷柄经过吹气检测机构上方时,输气管对刷柄头吹入压缩气体,由于刷柄头正反面不同,使得气体会反应出不同的声波频率。在输气管一侧设置有锥形声波采集装置及声波传感器,如图5所示。声波传感器通过声音频率的不同准确判断出刷柄头的正反面,并将信号反馈给控制系统^[4],然后通过感应开关触发翻转机构运作,将错误容置的牙刷柄调整过来。



1—声波传感器;2—输气管及声波采集装置安装座;3—输气管;
4—节流调速阀门。

图5 声波采集装置

Figure 5 Acoustic wave collecting device

3.2.1 吹气检测机构

当输气管对刷柄头进行吹气时,由于系统仅需能够判断出产生声波频率的强弱,不需要检测声强的级别,因此对吹气检测机构的检测精度要求不是很高。为此设计了如图6所示的声波检测电路。驻极体电容式MIC收集输气管对刷柄头吹气产生的声波,并将该声波信号转换成电信号,然后经由NE5532放大电路进行不失真的放大处理^[5],将微弱的声波信号转换成10 mV以下的振荡电压信号。该电压信号经过有效值AC/DC转换电路转换后再次进行放大,并最终反馈给控制器的A/D进行采样。当产生的声波信号大于预先设定的阈值时,三极管导通INT1端由高电平信号转变为低电平信号^[6],表示此时刷柄头的孔面朝下,即正反面朝向有误,需要进行下一步的翻转操作。

3.2.2 翻转机构

经由吹气检测机构的检测,刷柄头正反面放置错误的牙刷柄需要得到进一步的调整,如图7所示。翻转机构设在整个转向翻转装置末端的一侧,包括支撑块、旋转气缸、推程气缸、旋转盘、前后拧盖和一对定位夹片。旋转气缸和推程气缸分别与支撑块的上下端相连接,即只允许一个轴向上的运动;前拧盖具有直径递增的孔槽,后拧盖具有中空的容置腔槽,前拧盖设于后拧

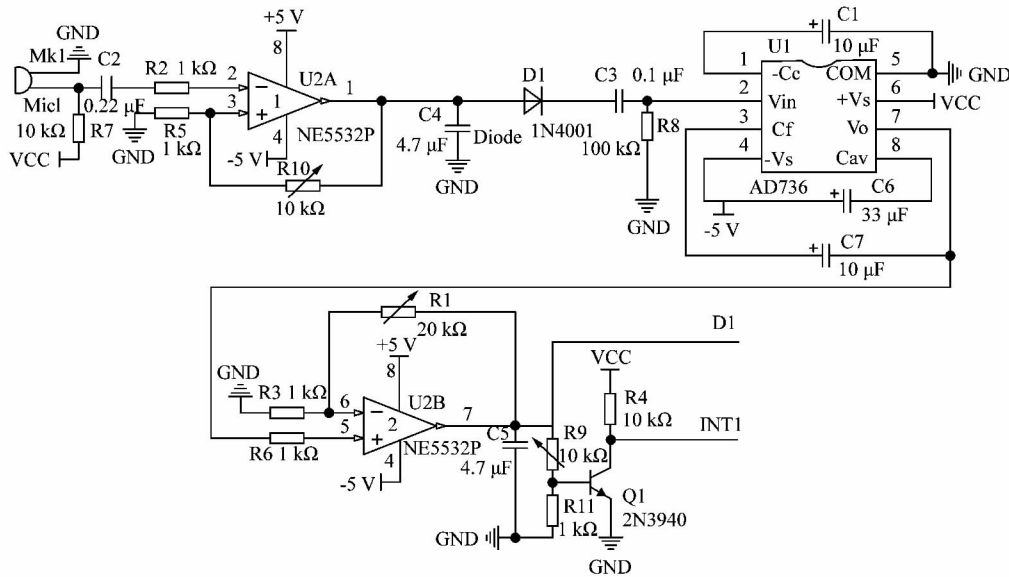
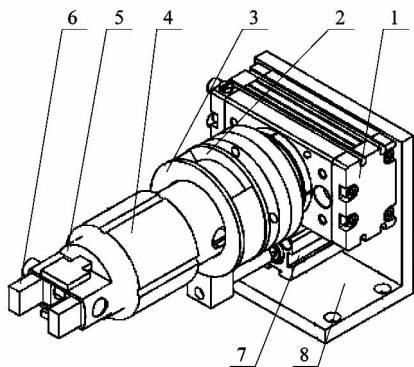


图 6 声波检测电路图

Figure 6 Circuit diagram of sonic detecting

盖的容置腔槽内;旋转盘通过表层的旋转卡槽套设于后拧盖上,并可相对气缸体做 180° 旋转运动;定位夹片用于夹紧放置刷柄头。当有牙刷柄的正反面需要调整时,推程气缸通过气缸连接块带动旋转盘运动,旋转气缸带动后拧盖运动,从而后拧盖带动前拧盖上的定位夹片夹紧旋转,这样便实现了刷柄头的可靠翻转。



1—旋转气缸;2—旋转卡槽;3—旋转盘;4—后拧盖;5—前拧盖;6—定位夹片;7—推程气缸;8—支撑块。

图 7 翻转机构

Figure 7 Turn-over device

4 控制系统设计

牙刷柄送料系统的设计中,采用的是以台达 DVP28SV 型 PLC 和 MT6070 触摸屏作为主控制器的模块化设计方法。该控制系统由 PLC、触摸屏、伺服驱动器、传送带、抓取机械手滑动件、电磁阀和气缸等构成。控制系统结构如图 8 所示,2 台伺服电机分别控制牙刷柄输送带及抓取转运机械手,实现对牙刷柄快

速准确的定位输送,其他部件则是由 PLC 控制电磁阀通过气动的方式来实现其运动。PLC 作为控制核心,完成模拟量输入/输出、联网通信、各环节数字量检测、各支路输出控制等系列模块的过程控制。触摸屏通过 RS232 通信方式与 PLC 控制器进行数据交换和相关控制^[7],并实现操作画面、相关数据、状态显示和参数设置等人机交互界面。

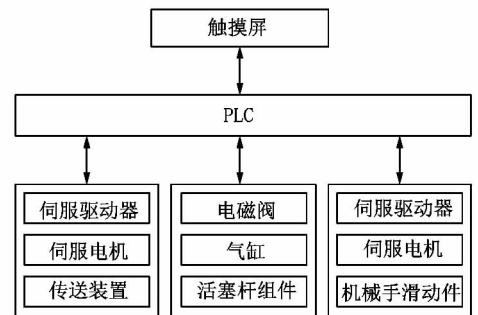


图 8 控制系统结构图

Figure 8 Structure chart of control system

4.1 伺服控制

根据牙刷柄的输送原理,牙刷柄在经过分离上料装置进入到传送带的齿槽内的过程中,必须确保其位移的准确性,在齿槽内的位移精度更是需要精确到 0.01 mm。如若期间出现累计误差,极易造成牙刷柄脱落,大大影响成型效率。为此本系统配置了 100 W 的伺服电机,采用全闭环控制方式对同步带进行精确的位置控制^[8]。这种方式可以直接对光电旋转编码器的反馈信号进行采样并交由 PLC 控制,内部构成速度环和位置环,控制能力可靠,保证了定位精度。而抓取转运机械手的运作则是由 400 W 的伺服电机驱动控制,其定位精度要求不是很高,考虑到半闭环控制具有成本低廉、响应速度快等优点^[9],且具有良好的抗共振干扰能力,因此选择半闭环的控制方式来实现其运动要求。

4.2 PLC 程序设计

为了保证系统良好的维护性和清晰的代码结构,控制系统程序采用了模块化编程^[10],其流程简图如图

9所示。根据控制对象和控制功能的不同,系统分为伺服控制模块、参数设置模块、牙刷柄定位检测模块、牙刷柄位置调整模块、故障识别处理模块、人机界面数据通信模块和停机模块等。伺服控制模块完成牙刷柄的输送及最终的抓取转移;参数设置模块完成相关参数的设置与改动,确保系统运行的流畅性与稳定性;牙刷柄定位检测模块完成对刷柄头朝向以及孔面正反的检测,以便调整模块实现对位姿摆放错误的牙刷柄的矫正调整;故障识别处理模块则是在系统出现故障时实现对故障问题的分析与处理,选择向人机界面发出预警提示或者反馈给停机模块终止系统运行。

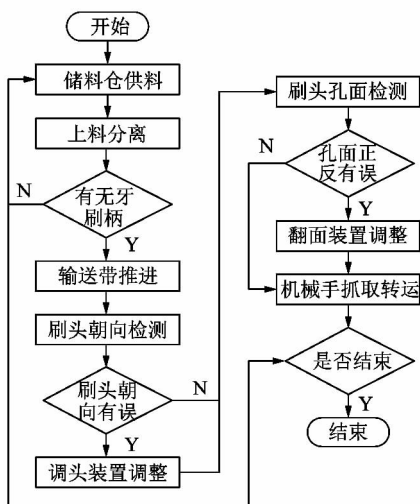


图9 系统程序流程图

Figure 9 Flow chart of system program

5 实验结果及分析

牙刷柄送料系统设计完成以后,现场取500支同种型号的牙刷柄进行实验分析,分别采用人工送料、其他机构送料及本设计系统送料的方式给牙刷植毛机输送牙刷柄,每100支计算每支牙刷成品的制作时间及牙刷成品合格率的实验结果见图10和图11。由图示分析可知,课题组设计的送料系统每制作一支牙刷成品的时间均能稳定在1.5s,与人工送料和其他送料机构相比,不仅效率高,而且大大提高了牙刷成品的合格率,节省了牙刷的制作成本,适合牙刷自动化生产企业大规模量产。

6 结语

课题组采用模块化、层次化的设计思想研制了一种全新的牙刷柄送料系统,不仅加强了对牙刷柄在输送过程中的位置控制,而且确保了刷柄的位置、正反以及刷头朝向的一致性,使牙刷的制作过程更加稳定、可

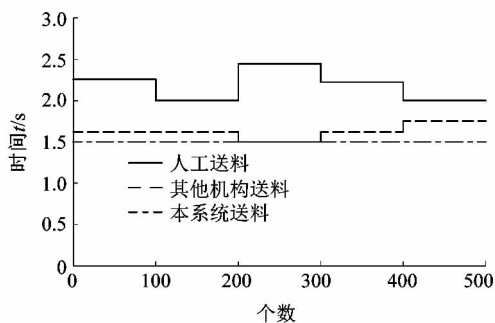


图10 牙刷制作时间对比图

Figure 10 Comparison of production time

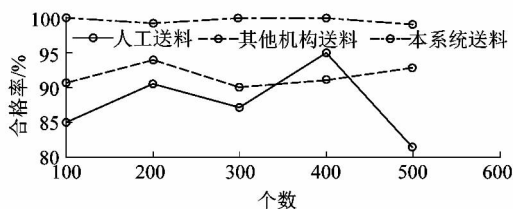


图11 牙刷成品合格率

Figure 11 Qualified rate of toothbrush products

靠。该系统试运行期间,各项技术指标均达到了设计要求,且由于利用了一种基于声波检测的气体检测机构,大大提高了工作效率,降低了生产成本。系统实现了安全文明生产,创造了良好的社会和经济效益,有一定的市场前景。

参考文献:

- [1] 蔡业彬. 模块化设计方法及其在机械设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 2005(8): 154.
- [2] 刘铁, 姜铭, 伏高印, 等. 牙刷植毛机中送毛机构的凸轮机构设计[J]. 机械工程与自动化, 2016(2): 126.
- [3] 赵明岩, 徐向斌, 檀中强. 五轴数控异形植毛机控制系统的研制[J]. 机床与液压, 2007, 35(1): 84.
- [4] 王冬旭, 贺常兵, 林伟国. 非介入式气体管道泄漏检测的可行性研究[J]. 管道技术与设备, 2011(1): 21.
- [5] 蔡晓艳, 薛春玲, 王照平. 语音放大电路的设计与实现[J]. 现代电子技术, 2014(5): 65.
- [6] 郝新雷, 刘海微, 吴雷. 三极管放大倍数的脉冲测试[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(10): 35.
- [7] 谢庆, 石磊, 张玉同, 等. 基于PLC伺服控制的棉花打顶机设计与试验研究[J]. 农机化研究, 2017, 39(1): 88.
- [8] 朱伟, 周启舟, 刘亚奇, 等. 全闭环同步带传动系统的建模与控制方法研究[J]. 电子工业专用设备, 2013, 42(11): 56.
- [9] 褚小磊, 杨明, 刘建龙. 台达数控系统的磨沟机自动控制系统[J]. 机械与电子, 2013(8): 37.
- [10] 孔艳艳. 基于PLC和伺服控制的液压装缸机控制系统设计[J]. 兰州工业学院学报, 2014, 21(2): 20.