

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2024.01.016

汽车轮毂轴承内、外圈自动送料装置的研制

李响,张金男,王承宝

(大连海事大学 船舶与海洋工程学院,辽宁 大连 116026)

摘要:为提高汽车轮毂轴承制造自动化水平,研制一种汽车轮毂轴承内、外圈的磨床自动送料装置。创新发明了储料料仓、取料送料机械手等组成机构,设计非标自动送料装置整体机械结构以及 PLC 电气控制系统。使用 ANSYS Workbench 对关键零部件进行模态分析,避免其在装置运行过程中产生共振而影响作业精度。经试用验证:该自动送料装置结构合理,运行正常,满足工程实际需求。

关键词:汽车轮毂轴承;自动送料装置;非标机械结构设计;PLC 电气控制系统设计;模态分析

中图分类号:TH133.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)01-0082-05

Development of Automatic Feeding Device for Inner and Outer Rings of Automotive Hub Bearings

LI Xiang, ZHANG Jinnan, WANG Chengbao

(Naval Architecture and Ocean Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: To improve the automation level of automotive hub bearings' manufacturing, an automatic feeding device for inner and outer rings of automotive hub bearings is developed. The mechanisms of storage and feeding manipulator etc. are invented, and the non-standard structure of the device and the PLC electrical control system are designed. The ANSYS Workbench is applied for modal analysis of basic components to prevent resonating during operation and protect operational accuracy. The device physical trials verify the rationality of the structure's device and the smoothness in operation, which meets the actual engineering requirements.

Keywords: automotive hub bearings; automatic feeding device; non-standard mechanical structure design; PLC electrical control system design; modal analysis

0 引言

汽车轮毂轴承的作用主要是承受汽车的质量及为轮毂的传动提供精确的向导。轮毂轴承既承受径向载荷又承受轴向载荷,是一个非常重要的安全件^[1]。为满足汽车零部件减轻质量、减小体积和改善性能的要求,汽车轮毂轴承的研究在一体化方面取得了显著进步^[2]。目前已由第一代发展到了第四代,逐步成为与车轮连为一体的内部件,并朝着与传感器相结合的数字化方向发展^[3]。这使得其结构集成化程度越来越高,形状也越来越复杂。

由于汽车轮毂轴承的特殊形状,工业上一般没有适合的专用自动化送料装置,类似的送料场合一般使用技术较成熟、通用性较强的工业机器人,将物料摆放在入料传送带上进行送料。但引进工业机器人系统费用较高,一般中小型企业难以接受而不得不采用人工上料,这样不仅浪费了

人力,提高了成本,也降低了生产效率。为此结合工厂实际情况,研制一套附有料仓的自动送料装置。

1 汽车轮毂轴承内、外圈的磨床送料

本装置需达成的整体功能为:人工按一定量入料后,装置根据生产节拍自动将料仓中储存的汽车轮毂轴承内、外圈物料搬运到磨床入料口传送带,往复运行,以实现自动送料作业。

技术要求:

- 1) 自动送料装置能储存至少 150 个物料;
- 2) 装置在储料及送料过程中,物料排列有序,彼此之间不能相碰,不能损伤物料已加工表面;
- 3) 自动送料过程平稳、安全,送料速度满足生产节拍需求;
- 4) 人工入料简便,装置结构紧凑,可靠性高,安全耐用等。

汽车轮毂轴承内、外圈物料形状及关键尺寸

第一作者简介:李响(1993—),男,辽宁大连人,硕士研究生,研究方向为机电系统集成与智能化,lixiang5077@163.com。

如图 1 所示。

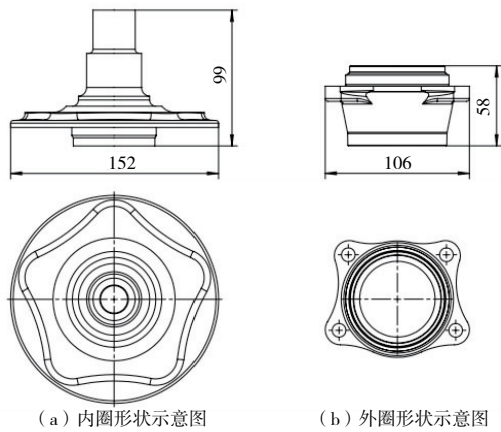


图 1 汽车轮毂轴承内、外圈形状示意图

2 自动送料装置的整体方案设计

2.1 结合物料特殊性的整体设计

汽车轮毂轴承内、外圈物料属于小尺寸单件料,底面平行可以滑动但物料整体不能滚动,排除费用较高的工业机器人输送系统以及结构较复杂的环形输送系统,计划采用传送带直线输送系统。

传送带直线输送系统结构较为简单,但储存功能较弱,因需要保护物料已加工表面,故排除物料存在碰撞的料斗式上料方案,需设计兼具输送和储存功能的多直线储存输送料道料仓。

料仓式上料装置为一种半自动上料装置,需要人工定期将一批物料投放到料仓当中,输送料道为利用物料自身质量将物料进行输送的装置。综合考虑,研制一套多组无动力辊道排列组成输送料道料仓的自动上料装置。

2.2 工艺设计

自动送料装置的功能主要为储料和送料,综合考虑自动送料装置应该有以下几个机构。

1) 料仓机构,可以一次性储存至少 150 个物料,且为了不损伤物料已加工表面,物料在料仓中排列有序,不能相碰,投入后要实现缓冲隔料。

2) 取料送料机械手机构,可以拿取料仓中的物料并完成安全平稳送料。

3) 搬运机构,移动机械手机构到需送料的指定位置。

自动送料装置的工艺流程如图 2 所示,首先由人工向料仓中投入物料,料仓可以缓冲投入的物料并可以将其彼此分隔;物料到达料仓取料口后,传感器检测到有料,取料送料机械手随即移动

到相应位置进行取料;取料完成后搬运机构将机械手移动到磨床入料传送带位置,之后机械手进行送料;送料后若传感器仍检测到料仓有料,则机械手将返回料仓取料口,重复取料、送料作业;若料仓中无料,则需要人工补料。

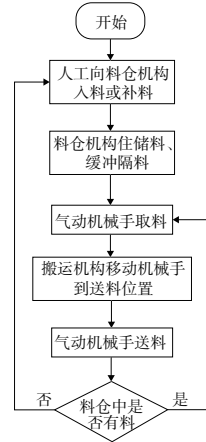


图 2 自动送料装置工艺流程图

2.3 方案设计

结合工艺流程并考虑可行性和经济成本,设计出自动送料装置的整体方案如图 3 所示。

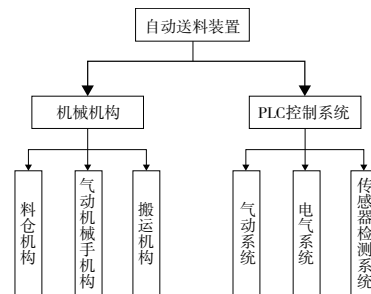


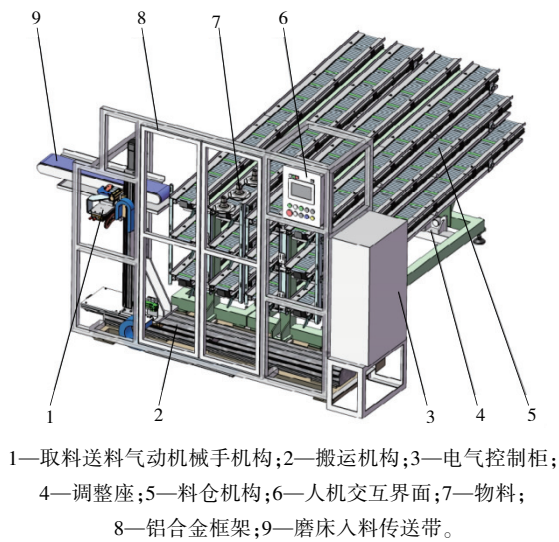
图 3 自动送料装置主要构成图

3 自动送料装置结构设计

3.1 整体结构

自动送料装置整体结构如图 4 所示。首先人工将物料投入料仓当中,料仓由几组倾斜的辊道平行并列组成。物料在滑入辊道后,被辊道上设置的缓冲隔料块将其彼此分离,起到缓冲隔料作用。取料排料气动机械手具有平稳送料功能,其安装在纵向运动丝杠螺母的滑座上,结构整体再安装在横向移动丝杠螺母滑座上。两组丝杠螺母组成搬运机构,实现横向和纵向的运动,运行过程通过 PLC 进行控制,操作人员可通过人机交互界面对装置进行启停、调试、参数调整、数据采集等操作。料仓空间位置通过调整座等结构精确定

位,确保搬运的精确性,顺畅性。装置整体可实现物料的自动送料,无磕碰,保护物料已加工表面的目的。

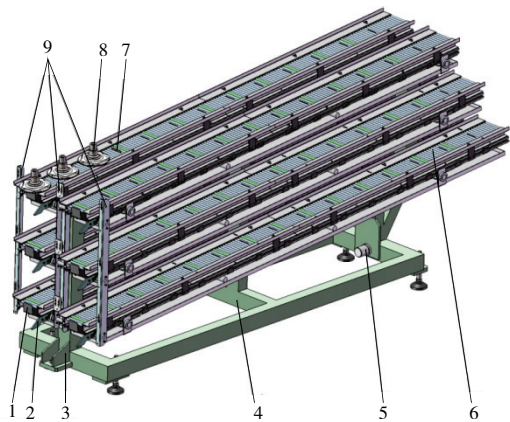


1—取料送料气动机械手机构;2—搬运机构;3—电气控制柜;
4—调整座;5—料仓机构;6—人机交互界面;7—物料;
8—铝合金框架;9—磨床入料传送带。

图4 自动送料装置整体结构图

3.2 料仓机构

料仓机构结构如图5所示。根据人工入料的便利性、设计料仓高度、对场地面积和存放工件数量等因素综合考虑,最终料仓采用2组3层,每层2条辊道的结构。采用无动力辊道可以不需要动力完成物料的传输,尽可能地降低运行成本。首物料滑入辊道后被取料口挡板挡下,其触发缓冲隔料块,挡住接下来滑下的物料,使接下来的物料在辊道上均匀分布。料仓前端取料口两侧设置传感器,检测料仓取料口是否有物料。料仓结构的整体位置由前端的连接固定座和尾端的定位轴确定。

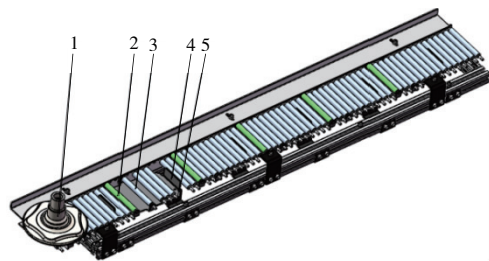


1—取料口挡板;2—取料口压板;3—连接固定座;4—料架;
5—定位轴;6—无动力辊道;7—缓冲隔料块;8—物料;
9—传感器支撑架。

图5 单组料仓机构结构图

1) 缓冲隔料机构

缓冲隔料机构结构如图6所示。缓冲隔料的功能由缓冲隔料块实现,其形状设置为一种不对称结构、可左右摇摆的偏置构件。没有物料作用时,由于结构不对称和偏置作用,大端低于输料槽底部,而小端翘起高于底面;当物料滚动压下小端(触发辊筒)时,增加滚动阻力,即提供缓冲作用,同时在工件质量的作用下,大端翘起高于底面,可以挡住后面滚下的物料,起到隔料作用。物料滚动通过小端后,大端在偏置重力的作用下自动落下低于输料槽底部,后面的物料又开始滑动,实现工件的平稳输送。

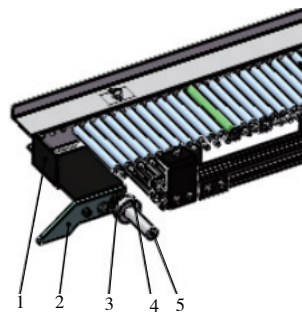


1—物料;2—触发辊筒;3—普通辊筒;4—缓冲隔料块;
5—缓冲隔料块限位板。

图6 缓冲隔料机构结构图

2) 取料口机构

取料口机构结构如图7所示。当机械手需要取料时,机械手靠近取料口,向前靠近的过程中压下取料口压板,物料滑入机械手平台中,随即缓冲隔料块复位,辊道中的物料依次向下滑动一个料位。当机械手离开取料口时,取料口压板在复位弹簧的作用下复位,挡住即将滑下的物料,等待机械手下一次取料。



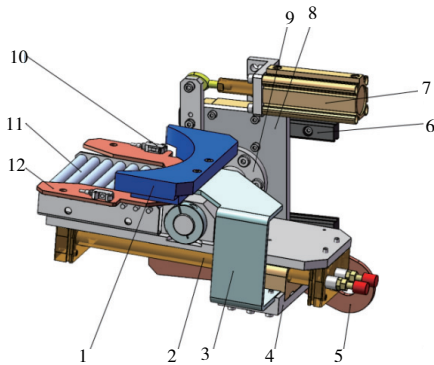
1—取料口挡板;2—取料口压板;3—复位弹簧;
4—固定环;5—挡板轴。

图7 取料口机构结构图

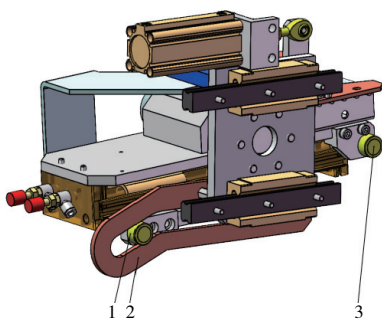
3.3 取料送料气动机械手机构

取料送料气动机械手机构结构如图8、图9

所示。该机构具有平稳送料功能,取料过程中机械手辊道为倾斜(倾斜角度与料仓辊道倾斜角度一致),送料时又由倾斜变为水平(因为磨床入料传送带角度为水平)。具体流程为:取料时,前伸气缸向前伸出,滑座整体向前运动,压轮压下料仓机构的取料口压板,物料滑落到机械手辊道上;之后前伸气缸缩回,搬运机构带动机械手移动到磨床入料口传送带位置;送料时送料气缸滑座上连接推板向前伸出,伸出时,由于滚子在内凸轮中的滑动,机械手平台由倾斜变为水平,实现平稳送料功能。



1—推料块;2—送料气缸;3—推板;4—送料气缸滑座;
5—内凸轮滑槽;6—直线滑轨;7—前伸气缸;8—滑座;
9—转轴;10—传感器;11—辊道;12—工件定位板。
图8 取料送料气动机械手机构结构图(正面)

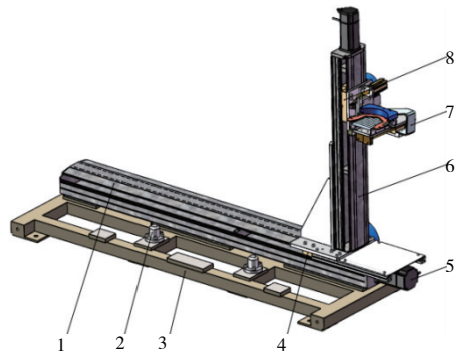


1—滚子;2—内凸轮滑槽;3—压轮。
图9 取料送料气动机械手机构结构图(背面)

3.4 搬运机构

搬运机构结构如图10所示。搬运机构由两个滚珠丝杠副连接而成,可以完成一个平面上水平和竖直两个方向上的运动。滚珠丝杠副有很多优点,主要为传动效率高,约为92%~96%,可消除轴向移动产生的间隙,定位精度高,刚度好,运动平稳,无爬行现象,传动精度高^[4]。搬运机构的作用为使安装在其滑台上的取料送料气动机械手

机构在料仓取料口和磨床入料传送带之间移动。



1—横向移动滚珠丝杠;2—料仓连接轴;3—底座;
4—横向滑台;5—伺服电机;6—纵向移动滚珠丝杠;
7—气动机械手机构;8—纵向滑台。

图10 搬运机构结构图

4 关键零部件模态分析

模态分析即分析机械结构的固有频率,使装置的激励频率区别于该固有频率,达到避免共振的一种分析方法。本装置的激励频率来源于带动搬运结构的滚珠丝杠运动的伺服电机,其激励频率 $f = n_m / 60$,其中 f 为激励频率,Hz, n_m 为伺服电机转速,min。由于滚珠丝杠的长度限制,本装置的伺服电机转速控制在2000 r/min以下,求得每台伺服电机的激励频率最高约为33 Hz。

为避免发生共振,影响取料精度,取装置的取料送料机械手的托板作为分析对象,该托板材质为铝合金7075,密度为 $2.81 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,弹性模量为71 GPa,泊松比为0.33,使用ANSYS Workbench的model模块对该零件进行模态分析,得出前6阶的固有频率。如表1及图11所示。该零部件最低的固有频率也远远大于激振频率,所以初步排除该设计的共振隐患。

表1 前6阶模态的固有频率

阶数	1	2	3	4	5	6
频率/Hz	537	951	1 458	1 967	2 745	2 919

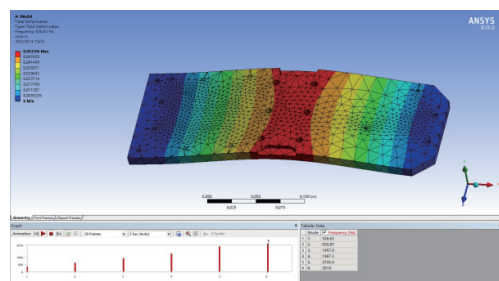


图11 托板模态分析

5 自动送料装置控制系统设置

5.1 系统硬件

电气控制系统采用 PLC 控制系统,其可以完成基本的继电器逻辑电路控制系统,具有体积小、控制量大、无触点开关等特点,完全可以代替现有继电器系统,实现直接对电气元件的控制^[5]。设计电气程序输入点数 36 个,输出点数 27 个,选用三菱 FX3U-80M,其输入输出各有点数 40 个,符合使用需求。自动搬运装置控制系统硬件图如图 12 所示。

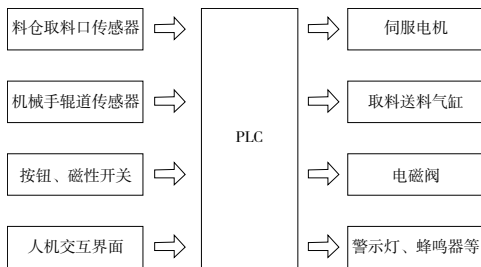


图 12 自动搬运装置控制系统硬件图

5.2 系统控制程序

系统控制流程如图 13 所示,当料仓中有料时,搬运机构的伺服电机带动滚珠丝杠,将滑台上的机械手机构送至取料位置,传感器检测到取料完成后,机械手机构移动到送料位置进行送料。

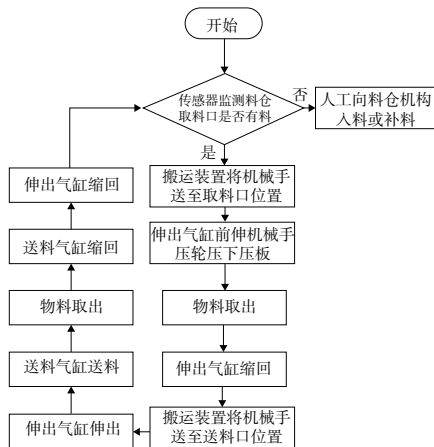


图 13 自动搬运装置控制总流程图

5.3 现场调试及试用

自动搬运装置实际现场工作图如图 14 所示。研制完成的自动送料装置在汽车轮毂轴承制造现场进行调试及试用,装置运行正常平稳,搬运成功率接近 100%,搬运一件物料用时约在 14 s,满足实际生产需要。



图 14 自动搬运装置实际工作图

6 结语

研制了一种汽车轮毂轴承内、外圈磨床自动送料装置,采用 PLC 控制气动系统、传感器检测系统、伺服电机驱动滚珠丝杠机构实现了自动送料作业。经使用证明,该自动送料装置适用于相关企业送料需求,解决了生产实际问题,实现了送料的自动化,提高了生产效率,降低了人工成本,满足工程需要。该装置也可推广于类似的送料场合。

参考文献:

- [1] 肖晖. 国外汽车轮毂轴承的发展[J]. 现代零部件, 2003(1):67-68.
- [2] 轮毂轴承的发展趋势和最新技术[J]. 轴承, 2007(3): 46-50.
- [3] 刘汝卫,张钢,殷庆振,等. 汽车轮毂轴承的发展现状及趋势[J]. 现代机械, 2009(6):78-80.
- [4] 杨淑启,王志民. 滚珠丝杠的使用与发展趋势[J]. 机电产品市场, 2005(7):65-67.
- [5] 王起. 论 PLC、单片机、工控机在工业现场中的应用及选用方法[J]. 广西轻工业, 2011, 27(1):60-61.

收稿日期:2022-08-17