

丝杆螺杆铣床自动上下料装置设计

王友斌,王慧

(南京工程学院,江苏 南京 211167)

摘要:设计一种丝杆螺杆铣床自动上下料装置,实现丝杆在粗精铣工序的自动上下料,达到预期设计目的。该上下料装置主要由上、下料仓和传动机构、气动夹紧机构、精确送料和夹持机构三个机构组成。通过三部分的协调配合,有效实现丝杆自动加工需求。结合相关机械理论,详细阐述设计过程,进行样机试制,成功满足生产需求,提高了生产质量和效率以及经济效益,节省了大量人工成本。

关键词:丝杆;自动上下料;精确送料;螺杆铣

中图分类号:TH122;TG333.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0059-03

Design of Automatic Loading and Unloading Device of Screw Rod Milling Machine

WANG Youbin, WANG Hui

(Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: An automatic device of screw rod milling machine is designed to realize the automatic loading and unloading of screw rod in rough and finish milling process, which achieves the design purpose as expected. The device mainly consists of loading and unloading bins and transmission mechanism, pneumatic clamping mechanism, accurate feeding and clamping mechanism. Through the coordination of the three parts, the processing requirements of the screw rod is effectively fulfilled. By combination of the relevant mechanical theory, the design process is elaborated, and the prototype trial production is conducted, which meets the production demand, improves the production quality, efficiency and economic benefits with enormous labor saving.

Keywords: screw rod; automatic loading and unloading; accurate feeding; screw milling

0 引言

机械加工中数控机床的普及,不仅提高了产品的加工质量和生产效率,还减轻了工人的劳动强度。但工人在上下料和装夹辅助所用时间依然无法减少,故自动上下料装置的研究越来越迫切。目前,国内大部分自动上下料装置的研究都是针对某一类零件的专机。陕西科技大学的司建星^[1]针对数控车床、料盘和物料箱组成的加工单元设计了一种五自由度机器人对数控车床组进行上下料。中国船舶重工集团公司的李阳、顾欢^[2]针对数控机床落后的手动上下料存在的耗费人力和时间、产品质量无法得到保证等问题,设计了一种机床自动上下料系统,该系统具有生产效率高、工艺修改灵活、产品质量高等特点。丝杆作为城市轨道交通门开启、闭合传动的零件,是城市轨道交通门的核心部件之一,其在中需要生产中进行多次装夹操作,由此消耗的人工上下料、调整和装夹时间超过了生产总时间的1/3^[3]。鉴于现在劳动力成本聚增,提高生产效率,设计出一种螺杆铣床的丝杆自动上下料装置尤为重要。

1 设计需求分析

1.1 产品技术要求和参数

丝杆是轨道车门系统的重要零件之一,其外形是一根长杆,两端有加工出的旋向相反的螺纹,中间有锁闭端。丝杆的质量将直接影响车门的开闭效率和安全性,其加工工序如表1所示。

表1 丝杆加工工序及设备

序号	工序名称	所用设备及台数	预计时间/s
1	加工端面、打孔、打字	数控车床激光打标 1 台	100
2	加工锁闭端	5640 加工中心 2 台	335
3	粗铣正螺纹	螺杆铣床 2 台	330
4	粗铣反螺纹	螺杆铣床 2 台	330
5	精铣正螺纹	螺杆铣床 1 台	141
6	精铣反螺纹	螺杆铣床 1 台	141
7	车螺纹、轴承台阶和键槽	数控车床 2 台	300
8	抛光	普通车床 1 台	150
9	矫正	压机 1 台	10~130
10	时效	震动时效仪 1 台	66

基金项目:江苏省产学研合作项目(BY2020016)

第一作者简介:王友斌(1964—),男,安徽安庆人,工程师,硕士,研究方向为机械制造与装备。

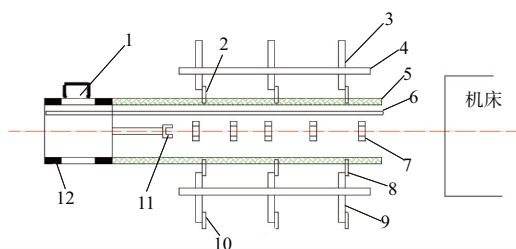
本文设计的是工序3至工序6的自动上下料装置。从表1可知,丝杆的两端正反向螺纹分别在两台数控螺杆铣床上加工。

1.2 设计技术要求

每根丝杆质量 $\leq 20\text{ kg}$;长度 $1\,000\text{ mm} \leq L \leq 2\,500\text{ mm}$, 外径 $(\phi 20 \pm 0.025)\text{ mm}$;底径 $(\phi 13_{-0.3}^0)\text{ mm}$ 。上料至下料整个动作循环时间(去除丝杆加工时间) $< 45\text{ s}$;上下料仓具有储存30根料的能力。

2 自动上下料装置设计方案

丝杆是一种细而长,形状规则的传动零件,所以加工时能够适应自动化设备。上下料仓应有一定的斜度、长度和宽度以便满足储存数量要求。进料分料轮在步进电机驱动下每次仅有一根丝杆进入上料区,通过与带V型气动夹爪的升降气缸和有夹持手的伺服小车之间的有效配合,利用齿轮齿条传动,将丝杆准确取出和送入数控螺杆机床,从而进行正、反牙螺纹加工;下料拨料轮同样在步进电机驱动下将丝杆拨入下料仓,再由气缸推动送料轮,每次仅送出1件,等待机器人取料送入下道工序,如图1所示。



1—伺服小车;2—进料分料轮;3—上料架;4—丝杆;
5—导轨;6—齿条;7—气缸V型夹爪;8—拨料轮;
9—下料架;10—送料轮;11—夹持手;12—滑块。

图1 自动上下料工作原理图

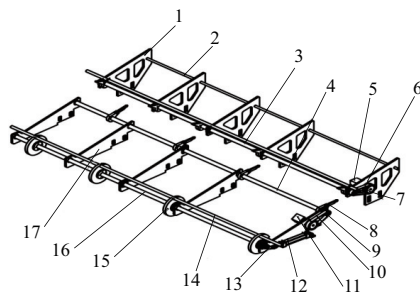
3 自动上下料装置结构设计

3.1 上下料分料机构设计

上下料仓的设置应能够防止机床的等待,提高机床的利用效率,如图2所示。将料仓设计为 12° 斜角,利用丝杆自身的质量,丝杆在重力作用下每次仅有一根丝杆进入分料轮中;步进电机驱动传动轴,带动5个相同的分料轮旋转一定角度,将丝杆送入气动V型夹爪中;拨料轮的拨爪相对拨轮在一定范围内单向运动,由扭簧回复。加工完毕,气动V型夹爪上的丝杆同样由步进电机驱动传动轴带动5个相同的拨料轮旋转一定角度,将丝杆送入下料仓中;气缸推动摇摆机构带动5个送料轮将丝杆送出,等待机器人取走,进行下一道加工工序。

3.2 转运机构计算分析

在送料轮与夹具之间,送料轮需要保持一定的转速,若



1—上支架;2—光杆;3—传动轴1;4—传动轴2
5—电机1;6—同步带;7—带轮;8—拨料轮;9—同步带;
10—带轮;11—电机2;12—气缸;13—摆动臂;14—丝杆。
15—出料轮;16—传动轴3;17—下支架。

图2 上下料料仓和传动机构

转速过快,则工件容易飞出夹具,损坏工件;若转速过慢,则会降低送料效率,因此需要保证工件能够准确地掉入V型夹爪中。根据设计需求,料仓设计为 12° 斜角,分离轮首先旋转一定角度,使工件进入分离轮槽中,如图3所示。

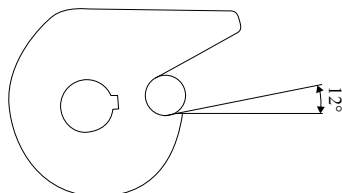


图3 工件滚入分离轮槽中

工件掉入分离轮槽后,分离轮带动工件做匀速旋转。直至分离轮上丝杆工件开始落下的瞬间,杆件中心与夹持杆件中心的 x 方向距离为 $d_x = 68.7\text{ mm} = 0.068\,7\text{ m}$, y 方向距离为 $d_y = 55.7\text{ mm} = 0.055\,7\text{ m}$,如图4所示。

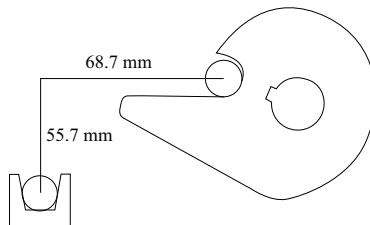


图4 开始落下瞬间距离示意图

在工件落下的过程中,物料分离轮仍以恒定的角速度 ω 进行转动。考虑到丝杆工件表面已经经过加工,且为滚动,为简化计算,忽略其所受摩擦力。其开始落下时的受力分析图如图5所示。

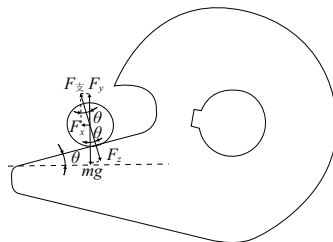


图5 工件受力分解图

其中: $F_{支}$ 为分料轮对工件丝杆的支持力; F_z 为工件丝杆对分离轮的反作用力; mg 为工件丝杆所受重力, 其中, 每根工件丝杆的质量为 $m = 20 \text{ kg}$, 取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

θ 为分离轮平面与水平面之间的夹角, 其为与时间 t 和角速度 ω 相关的函数, 其关系为

$$\theta = \omega t \quad (1)$$

由牛顿第二定律, 对工件丝杆 x 轴与 y 轴方向的加速度进行求解。根据图 5 所示受力分析和牛顿第三定律, 可以得到 $F_{支} = F_z = mg \cos \theta$, 由此可以计算出工件丝杆在 x 轴、 y 轴方向所受力的总和 $F_{x总}$ 、 $F_{y总}$ 。将 $F_{x总}$ 、 $F_{y总}$ 结合牛顿第二定律: $F = ma$, 化简后可得工件丝杆在 x 轴、 y 轴方向的加速度 a_x 、 a_y 为:

$$a_x = g \sin \theta \cos \theta \quad (2)$$

$$a_y = g - g \cos^2 \theta \quad (3)$$

则位移公式为

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (4)$$

其中: v_0 为运动初始速度; t 为时间。在本计算中, 丝杆首先由物料轮从起始位置带动至物料轮平面与水平面平行, 此时工件具有自带的初始线速度 $V_t = \omega r$, 其中 r 为分料轮旋转中心与丝杆中心的距离, 如图 6 所示。根据设计需求, $r = 0.045 \text{ m}$ 。

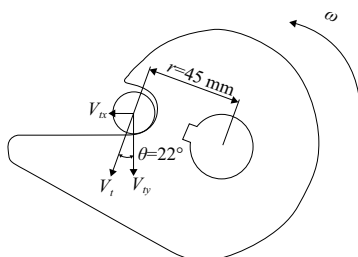


图 6 初始速度分解图

其初始线速度 $V_t = 0.045\omega$, 对其在 x 轴、 y 轴方向上进行速度分解, 可得 x 轴和 y 轴方向初始速度 V_{tx} 和 V_{ty} 。

将 V_{tx} 、 V_{ty} 结合公式(2)和公式(3)代入公式(4), 与公式(1)可联立方程组

$$\begin{cases} dx = \frac{1}{2} g \sin \theta \cos \theta t^2 + 0.045 \omega \sin 22^\circ t \\ dy = \frac{1}{2} (g - g \cos^2 \theta) t^2 + 0.045 \omega \cos 22^\circ t \\ t = \frac{\theta}{\omega} \end{cases} \quad (5)$$

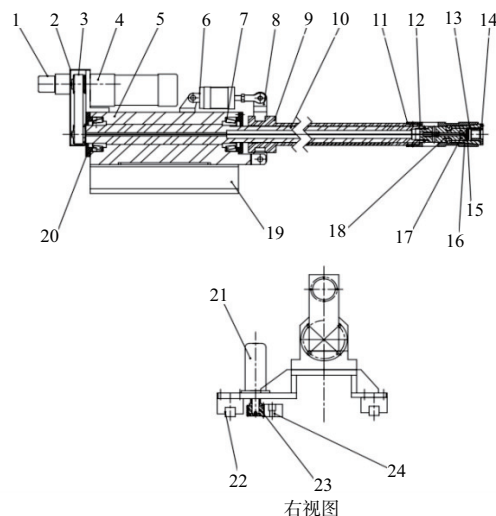
将各数值代入, 求解方程组(5), 可解出 $\theta \approx 0.5079 \text{ rad} \approx 29^\circ$, 时间 $t = 0.1726 \text{ s}$, 由此可得其角速度 $\omega = 2.94 \text{ rad/s} \approx 168.5^\circ/\text{s}$ 。

由计算结果可得: 当分离轮的角速度 $\omega = 2.94 \text{ rad/s}$ 时, 工件刚好可以掉入设计的 V 型夹爪内, 从而提高了送料效率。

3.3 伺服小车设计

伺服小车是自动上下料装置的核心部件, 要求其能准确进行送料(前进)和取料(后退)。夹持夹爪能自动夹紧、松开和旋转。结构如图 7 所示。伺服电机驱动齿轮齿

条实现小车沿直线导轨, 完成送料和取料的运动, 夹持夹爪由气缸推动压臂带动夹持套管和夹持锥套, 实现夹持套和弹性夹头自动夹紧和松开; 恒转矩电机驱动送料主轴和送料芯轴以及夹头实现正反旋转; 位置传感器和编码器的检测用来控制工件夹紧和定位精度。

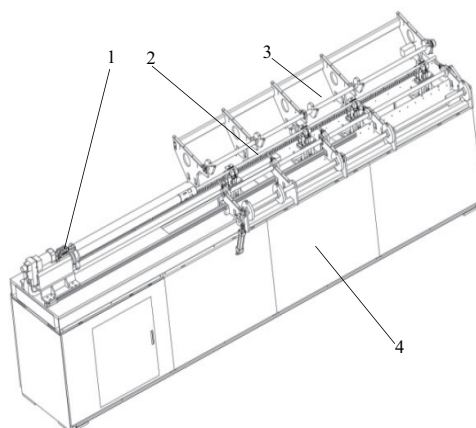


- 1—编码器; 2—罩壳; 3—同步带组件; 4—恒转矩电机; 5—箱体;
6—气缸; 7—轴承; 8—压臂; 9—夹持套管; 10—送料主轴;
11—锁紧螺母; 12—夹持锥套; 13—夹持套; 14—夹头;
15—位置传感器支架; 16—位置传感器; 17—弹簧; 18—送料芯轴;
19—底板; 20—轴承盖; 21—伺服电机; 22—滑块; 23—传动齿轮;
24—齿条。

图 7 伺服小车结构示意图

3.4 上下料装置总体结构

自动上下料装置总体结构如图 8 所示。自动上下料装置由伺服送料小车、气动夹紧、升降机构, 上下料料仓机构以及机架 4 个基本部分组成。能够确保小车正确送料、取料, 从而加工出合格的理想产品。



- 1—伺服送料小车; 2—气动 V 型夹紧、升降机构;
3—上下料料仓机构; 4—机架。

图 8 丝杆自动上下料装置总体结构示意图

(下转第 72 页)

该方位齿轮箱在通用跑合平台上完整地进行了跑合试验,整个过程运转平稳,未出现异常现象。电机速度从0至跑合设定转速逐步递增,在不同速度下均运转正常,最终将速度设置为跑合转速进行跑合。跑合过程运转平稳,未出现异常现象。跑合过程的数据趋势如图17、图18所示。

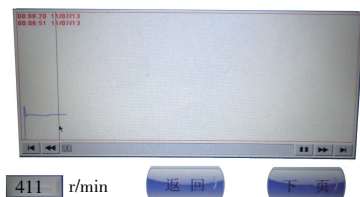


图17 转速趋势图

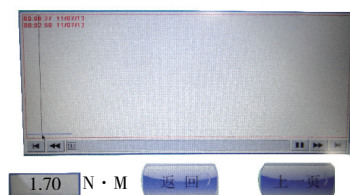


图18 转矩趋势图

3 结语

本项目设计、制造2套齿轮箱通用跑合平台,共8个跑合工位,可同时进行4个齿轮箱的跑合,同时还可进行4个齿轮箱的跑合准备工作;跑合控制界面简洁明了,操

作简单,可实时监测齿轮箱的跑合状态;跑合平台不受齿轮箱产品的限制,现有的齿轮箱均有对应的安装转接板,后续新产品齿轮箱的跑合也只需增加电机与齿轮箱驱动轴间的安装接口即可。

齿轮箱跑合平均准备及实验时间从480 h减少至40 h,提高生产效率约92%,节约工时费用约数万元。后续产品只需通过增加齿轮箱安装支架及电机接口,就可满足齿轮箱跑合需求;预估每个产品投产跑合工装费用约需12万~15万左右,现投产齿轮箱安装支架及电机接口费用约需2万~3万元,可直接节约10万~12万元。

该齿轮箱通用跑合平台可满足现有产品齿轮箱的跑合需要,解决了以往各产品齿轮箱跑合工装复杂多样,跑合效率较低,且存在损坏产品电机的风险等问题。齿轮箱通用跑合平台经应用验证,具有跑合效率高、使用操作简便、通用性、拓展性强等优点,可满足各类产品的齿轮箱跑合需求。

参考文献:

- [1] 齿轮手册编委会. 齿轮手册[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- [2] 宋东升,王晓芳. CRH2型动车组齿轮箱跑合试验工艺研究[J]. 中国机械,2014(4):23-24.
- [3] 方强. PLC可编程控制器技术开发与应用实践[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [4] 刘锦波,张承慧. 电机与拖动[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2015.
- [5] 汝学斌,王刚强,赖育彬,等. 基于试验台架的高铁牵引齿轮箱试验研究[J]. 机械强度,2018,40(3):589-595.

收稿日期:2020-10-13

(上接第61页)

4 样机试制

在螺杆铣床丝杆自动上下料装置设计过程中,已为某企业试制样机一台,通过调试现该样机已开始稳定运作。通过观察自动上下料装置运行情况,验证了设计的合理性,并达到预期使用效果,大幅减少了人力成本,保证了本工序加工精度,提高了效率和质量^[4-5]。样机工作现场如图9所示。

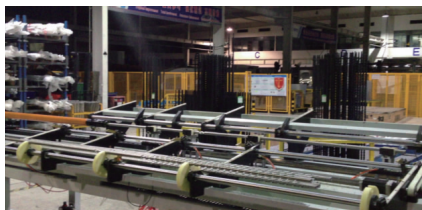


图9 样机试制

5 结语

本文设计螺杆铣床丝杆自动上下料装置,实现了丝杆

粗精铣正反螺纹的自动上下料,克服了传统手工上下料缺陷,提高了产品质量和生产效率。不仅为企业带来可观的经济效益,还减少了上下料时丝杆对工人潜在的人身安全伤害^[6]。通过试制,满足本工序丝杆加工精度要求,且运行稳定可靠,达到预期设计效果。

参考文献:

- [1] 司建星. 数控车床上料机器人的研究[D]. 西安:陕西科技大学,2014.
- [2] 李阳,顾欢. 一种机床自动上下料系统的设计与实现[J]. 智慧工厂,2016(4):69-71.
- [3] 田国富,左嘉翼,刘娅菲. 轴承外圈加工自动上下料机构设计[J]. 机械,2018,45(7):32-35.
- [4] 金燕,刘少军. 圆盘类零件加工自动上下料系统设计[J]. 机床与液压,2018,46(16):41-44.
- [5] 袁平,陈洁,杜勇奕,等. 长轴类数控车加工自动上下料系统开发[J]. 产业与科技论坛,2015,14(22):78.
- [6] 侯志坚,昞向博,王慧. 喷油器球头的自动上、下料机构[J]. 组合机床与自动化加工技术,2004(6):46-46,49.

收稿日期:2021-05-31