

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.04.018

微小螺钉输送和拧紧装置

汲德安, 张敏良, 王 荣, 田 园

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘 要:针对目前电子电器类产品的微小螺钉装配时存在装配精度和速度上的不足,提出一种新型微小螺钉输送和拧紧装置,设计了输送和拧紧装置的组成结构,介绍了装置中主要部件的工作原理,并分析了输送过程中输送轨道的倾斜角度和输送管道的弯曲程度,采用机械振动和气动传输相结合以实现微小螺钉的排序和输送。该装置可以实现微小螺钉装配的自动化,与传统的手工装配或半自动化装配相比,具有工作效率高、产品装配质量高和装配成本低等特点,主要用于工业生产流水线上微小螺钉的自动化装配过程中。

关 键 词:微小螺钉;拧紧装置;螺钉输送;装配精度

中图分类号:TP23 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)04-0073-04

Micro Screw Conveyor and Tightening Device

Ji Dean, ZHANG Minliang, WANG Rong, TIAN Yuan

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201600, China)

Abstract: In view of the shortcomings of assembly accuracy and speed when the present electronic products of the micro screw assembly, a kind of new micro screw conveyor and tightening device was put forward. The composition structure of the conveying and tightened device was designed. The work principle of main components was introduced in the device, and the transmission angle in the process of conveying tracks and the bending degree of pipelines was analyzed. The combination of mechanical vibration and pneumatic transmission was adopted to achieve small screw sorting and conveying. The device can realize automatic micro screw assembly. Compared with the traditional assembly or semi automated assembly, it has high work efficiency, high quality and low cost of product assembly, and it is mainly used for industrial production line automation of micro screws during assembly.

Key words: micro screw; tightening device; screw conveyor; assembly accuracy

随着工业自动化的快速发展,产品装配过程由原来手工装配逐渐向自动化装配发展^[1-2]。传统的螺钉人工装配工作效率低、工人的劳动强度大、产品装配质量不稳定。随着社会和生产的需求,出现了半自动螺钉装配机,如手持式螺钉拧紧机,一定程度上减轻了工人的劳动强度和提高了工作效率,但仍然需要人工的干预,自动化程度不高^[3]。自动化螺钉装配机可以实现螺钉装配过程的完全自动化,装配过程中无需人工干预,装配的效率、产品质量稳定,如通过机械手和螺钉拧紧机组合实现螺钉的自动装配过程^[4-5],或者其它螺钉输送装置和拧紧机构组合使用。对于型号较小

的微小螺钉,因其体积小,在装配过程中会出现诸多问题,例如螺钉的输送过程,通过机械手则难度相对较大且成本高。本文所介绍的输送和拧紧装置,具有结构简单紧凑、尺寸小、效率高、成本低等特点,特别适用于复杂工位的微小螺钉装配。

1 微小螺钉输送和拧紧装置原理

微小螺钉输送和拧紧装置(如图1所示),整个装置由螺钉振动排序盘、输送倾斜轨道、螺钉分配盘、螺钉输送管道、空气压缩机、螺钉拧紧机、控制系统装置等组成。工作时,螺钉放入到排序盘中,通过排序盘内的定向结构和振动作用完成对微小螺钉的排序,随后

收稿日期:2014-01-01;修回日期:2014-03-20

基金项目:上海工程技术大学产学研项目:MT熔断器流水线系统研究和开发(09JX-013)

作者简介:汲德安(1989),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向为机械制造自动化、流体机械。E-mail:jidean2012@163.com

经倾斜输送轨道送至分配盘,通过分配盘转动控制螺钉进入输送管道的时间和数量,分配盘和输送管道之间有一段倾斜轨道,可使螺钉在重力作用下从分配盘滑入至输送管道内,然后经气流输送力作用把微小螺钉输送到指定工位,通过螺钉拧紧机完成螺钉拧紧和固定的装配过程。整个装置工作过程中可实现自动化无需人工干预,同时,控制系统可根据实时工作情况对工作过程进行调整,如某个螺钉在拧紧过程中出现耗费时间稍长,控制系统通过控制分配盘的转动情况,对下一螺钉进入输送管道的时间进行延时,同理还可以

根据工作情况使螺钉进入输送管道的提前。这样可以避免因螺钉进入的时间和数量的不对所造成的工作事故和故障。

2 螺钉排序和输送原理

螺钉在进入输送管道之前需要进行排序,螺钉排序方法一般采用电磁振动盘^[6-7]进行排序(如图2所示),电磁振动盘可根据工作情况设计,其核心是振动盘内的定向和筛选结构(如图3所示),不同型号的螺钉所使用的定向和筛选结构不同;其次是振动盘的振动频率以及振动盘的整体尺寸。

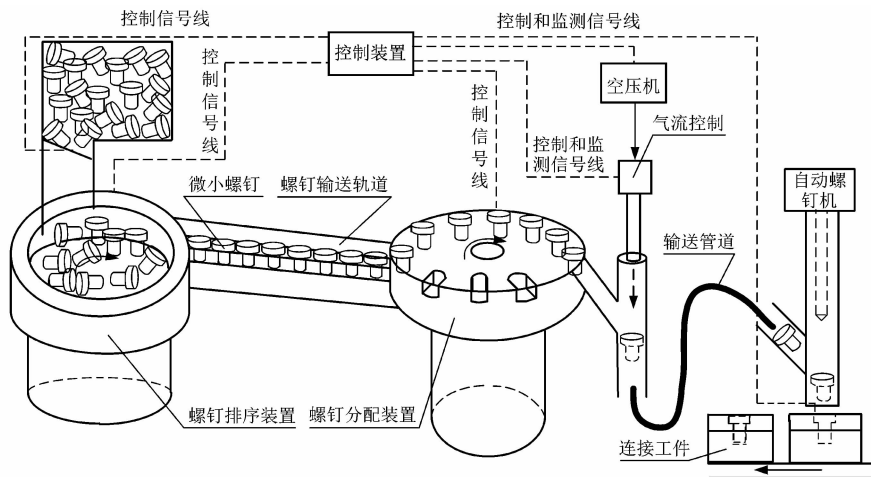


图1 微小螺钉输送和拧紧系统

Figure 1 System of small screws conveying and tighten

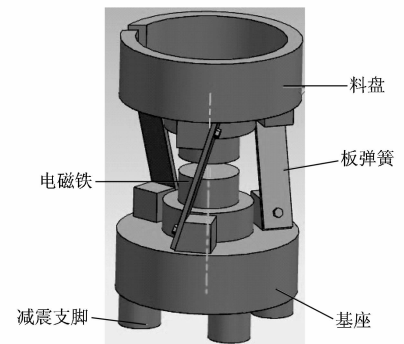


图2 螺钉排序盘

Figure 2 Screw sorting disc

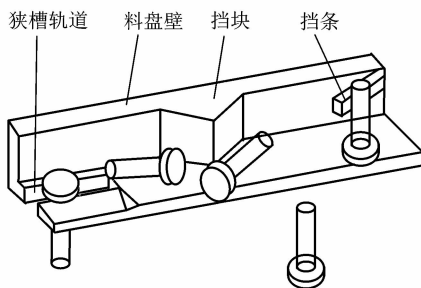


图3 螺钉定向和筛选结构

Figure 3 Structure of screw orientation and screening

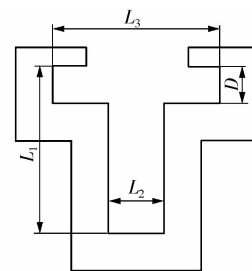


图4 输送轨道截面

Figure 4 Section of conveying track

螺钉倾斜输送轨道的截面如图4所示,其倾斜角度的大小影响螺钉在轨道上的输送,通过分析螺钉输送过程确定临界角度值。倾斜角度临界位置见图5。

如图5所示,随着轨道倾角 θ 逐渐增加,初始螺钉头部角 B 不与轨道封盖上表面接触,螺钉沿斜面方向分力大于螺钉与斜面之间的摩擦力,螺钉正常滑动。随着轨道倾角的进一步增加,当螺钉头部角 B 刚好与轨道封盖表面相接触时,在达到这个条件的瞬时,螺钉

质心将位于接触点的正下方与螺钉轴线相交处,接触点到轴线距离为 z ,则

$$z^2 = \frac{d^2 - s^2}{4}$$

式中: s 为螺钉直径, d 为螺钉头部直径。

通过 $\triangle ACE$ 可得

$$\frac{z}{l} = \tan(\theta - \alpha)$$

式中: l 为螺钉质心到螺钉头部下侧所在平面的距离, α 为螺钉头部下侧面与轨道面的夹角, θ 为轨道倾角。

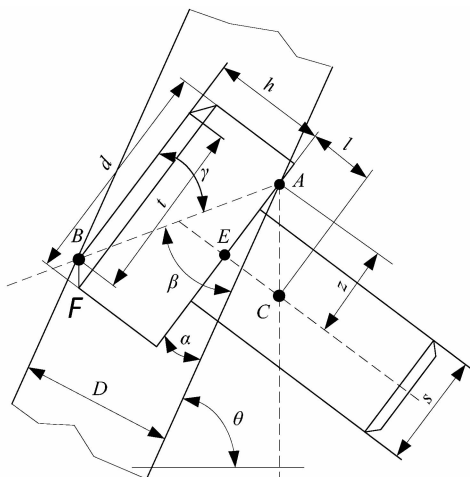


图5 倾斜角度的临界位置

Figure 5 Angle of critical position

由图可知 $\alpha = \beta - \gamma$ 其中,

$$\beta = \arcsin \left\{ \frac{D}{[h^2 + (t/2 + z)^2]^{1/2}} \right\}, \gamma = \arcsin \left(\frac{h}{t/2 + z} \right)$$

D 为轨道深度, h 为螺钉头高度, t 为螺钉头端直径。

综合以上各式可得

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{l} \right) - \arctan \left(\frac{h}{t/2 + z} \right) +$$

$$\arcsin \left\{ \frac{D}{[h^2 + (t/2 + z)^2]^{1/2}} \right\}$$

3 分配盘和输送管理论分析

分配盘结构如图6所示,由分配转盘、分配盘壁、动力和控制部分等组成,分配转盘上所开螺钉槽数目可以根据工作情况而定,图6中为8个螺钉槽,分配转盘每次转过的角度为 45° 。分配盘不仅具有控制螺钉进入输送管道的数量,还可以控制螺钉每次进入管道的间隔时间。通过控制系统协调作用使得分配盘能根据工作情况进行实时的调整,达到精确和快速输送螺钉的功能。

螺钉经分配盘后进入输送管道,螺钉在气流作用下沿管道输送到指定位置。在输送过程中,管道的弯曲程度不能太大,设计时一般根据所输送的螺钉尺寸而定。螺钉与管道间的缝隙要合适,缝隙太大会造成输送过程中能量损失大,缝隙太小则容易出现堵塞^[8]。在管道的弯曲段,分析管道直径和螺钉尺寸以及管道弯曲半径之间的关系,如图7所示。

对于通过弯曲段的某个螺钉,最小管道直径 D_2 由下式给出

$$D_2 = c + d_1$$

式中: c 为临界位置时输送零件与管道的最大间隙, d_1



图6 螺钉分配盘

Figure 6 Screw distributing disc

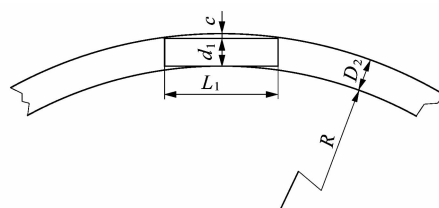


图7 弯曲管道的程度

Figure 7 Degree of bending pipe

为输送零件的最大直径。

由几何关系可得

$$(R + D_2 - c)^2 + \left(\frac{L_1}{2} \right)^2 = (R + D_2)^2$$

$$\text{或} \quad 2c(R + D_2) - c^2 = \left(\frac{L_1}{2} \right)^2$$

式中, R 为管道弯曲半径, L_1 为零件长度, c 为间隙。由于 c 比 $2(R + D_2)$ 小得多,那么上式可简化为

$$2c(R + D_2) = \left(\frac{L_1}{2} \right)^2$$

联立以上各式可得

$$D_2 = 0.5 \left\{ \left[(R + d_1)^2 + \frac{L_1^2}{2} \right]^{1/2} - (R - d_1) \right\}$$

通过上式分析可以确定螺钉尺寸、管道直径和弯曲半径三者之间的关系,从而为设计管道直径和弯曲程度提供理论参考,更好地分析螺钉的输送过程。

4 螺钉拧紧机工作原理

拧紧装置(图8)是由气缸、动力机构、传感器、拧紧轴、控制系统等组成。通过气缸控制拧紧轴的上升和下降,动力机构控制拧紧轴的转动,两者共同作用实现螺钉拧紧功能。装置通过扭矩和拧紧轴下降的距离控制螺钉的拧紧过程,当螺钉从螺钉进口处进入滑落到垂直方向的孔中,并有定位夹对螺钉进行定位,使螺

钉处于有利于拧紧的状态即螺钉拧紧端处在定位夹上与上方拧紧轴轴心对齐,螺钉下方穿过定位夹孔位于工件螺孔的上方。随后经传感器检测到螺钉位于拧紧轴下方,气缸上端进气孔进气,推动活塞向下运动,活塞杆与伺服电机外壳相连,推动整个装置向下运动。当加载头与螺钉接触时拧紧轴转动,开始对螺钉拧紧的过程,当拧紧扭矩达到预设值时,通过判断拧紧轴下降的距离与工作要求下降的距离进行比较,当小于工作要求的距离时,电动机加大输出扭矩带动拧紧轴继续对螺钉进行拧紧;当等于工作要求的距离时,电机停转,拧紧轴上升,完成螺钉拧紧过程^[9-10]。

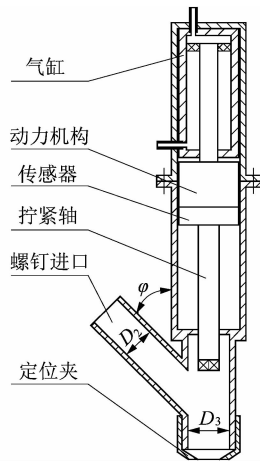


图 8 螺钉拧紧机

Figure 8 Screw tightening machine

螺钉进口处的角度 φ 与螺钉长度 L 以及进口管径 D_2 和 D_3 有关,即

$$D_2 > d, D_3 \geq L \sin \varphi$$

拧紧通过扭矩控制,扭矩大小为

$$T = kd \cdot F$$

式中: F 为螺栓轴向预紧力/N, T 为拧紧力矩/N·m, d

为螺纹的公称直径/m。

螺钉拧紧过程是通过传感器向控制系统传输拧紧过程中扭矩大小,控制系统则根据传感器反馈的值对伺服电机进行控制。

5 结论

通过该螺钉输送和拧紧装置,可以快速方便地实现螺钉的拧紧过程,尤其是在微小螺钉自动化装配过程中。与现有的螺钉自动输送和拧紧机构相比,该输送系统造价低、结构简单、控制精度高;整个装置体积小,可适用于空间较小的工作场合;工作过程容易控制,而且精度和可靠度相对较高;该装置通过气力输送可适应各种复杂路径,而且输送距离长、速度快、效率高。

参考文献:

[1] 卢泽生. 制造系统自动化技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010.

[2] 姜帆,杨振宇,何佳兵. 自动化装配设备的总体设计[J]. 机电工程技术,2011, 40(7):131-133.

[3] 洪欢昌,何其泰. 自动锁紧螺钉装置:中国,201220143915.4[P]. 2013-01-23.

[4] 汪新中. 平面关节型装配机器人拧螺钉手爪的研究[J]. 机电工程,2008,25(6):18-20.

[5] 林巨广,李静. 机械手变矩双轴螺栓拧紧机的设计[J]. 机械设计与制造,2012(10):9-11.

[6] 田忠静,吴文福. 压电振动送料装置的研究现状及其应用[J]. 机械设计与制造,2011(11):54-56.

[7] 蔡建良. 电磁振动给料系统中物料输送速度影响因素的仿真分析[J]. 矿山机械,2010,38(13):74-77.

[8] 杰弗里·布斯罗伊德. 装配自动化与产品设计[M]. 熊永家,山传文,姜文忠,译. 2版. 北京:机械工业出版社,2009.

[9] 唐晓茜. 多传感器螺栓预紧检测方法研究[D]. 浙江:浙江工业大学,2009.

[10] 林巨广,俞琦,任永强,等. 基于IPC的四轴自动对孔拧紧机控制系统设计[J]. 机械工程师,2007(8):130-132.

(上接第72页)

[3] 周俊,张鹏,刘成良. 基于时间序列分析的卡尔曼滤波组合导航算法[J]. 农业工程学报,2010,26(12):254-258.

[4] 黎永键,赵祥喜. [J]. 农业装备与车辆工程,2011(9):3-9.

[5] 李逸昌,胡静涛,高雷,等. 基于模糊自适应纯追踪模型的农业机械路径跟踪方法[J]. 农业机械学报,2013,44(1):205-210.

[6] 周建军,张漫,汪懋华,等. 基于模糊控制的农用车辆路线跟踪[J]. 农业机械学报,2009,40(4):151-156.

[7] 黄沛琛,罗锡文,张智刚. 改进纯追踪模型的农业机械地头转向控制方法[J]. 计算机工程与应用,2010,46(21):216-219.

[8] 白晓鸽,陈军,朱磊,等. 基于神经网络的拖拉机自动导航系统[J]. 农机化研究,2010,32(4):75-77.

[9] 罗锡文,张智刚,赵祥喜,等. 东方红 X-804 拖拉机的 DGPS 自动导航控制系统[J]. 农业工程学报. 2009,25(11):139-145.

[10] 张智刚,罗锡文,赵祥喜,等. 基于 Kalman 滤波和纯追踪模型的农业机械导航控制[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊):6-12.

[11] OLLERO A, HEREDIA G. Stability analysis of mobile robot path tracking[C]. Pittsburgh, PA: International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1995: 461-466.

[12] SUBRAMANIAN V, BURKS T F. Autonomous vehicle turning in the headlands of citrus groves [C]//2007 ASAE Annual Meeting. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007:1015.