

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.01.006

自动穿鞋带机的柔性精准高效鞋面夹具与上下料机构设计

陈勉¹, 王进¹, 陆国栋¹, 方杰¹, 刘强¹, 温云²

(1. 浙江大学 流体动力与机电系统国家重点实验室, 浙江 杭州 310027;
2. 宁波舒普机电科技有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要:针对目前传统手工穿鞋带时鞋面夹具定位精度低、适应性差、拆装效率低下等缺点,设计了基于自动穿鞋带机的新式鞋面夹具,采用梳齿结构,实现了贴近鞋孔附近区域鞋面的有效支撑;提出可动滑块式及可拆卸式2种柔性化夹具方案,实现了鞋孔支撑结构间距可变。针对可行性更高的可拆卸式方案,设计了鞋孔支撑结构与配套的定位机构,实现了鞋孔快速、精准定位;设计了基于双边对称同时夹紧方式的梳齿板式夹紧机构,实现了鞋面高效、平整的夹紧;设计了鞋面单机、流水线高效上下料机构,实现一人分管多台机器时的连续鞋面装夹。结果表明可拆卸式夹具不仅具有精度高、适应性广等特点,且可有效提高鞋面装夹、穿系效率。本夹具能改善鞋面的鞋带穿系现状,提高制鞋业自动化程度。

关键词:柔性夹具;梳齿板;定位机构;夹紧机构;上下料机构

中图分类号:TS943.5 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2016)01-0023-05

Flexible Accurate Efficient Vamp Fixture and Feeding Blanking Mechanism Design of Auto-Lacing Machine

CHEN Mian¹, WANG Jin¹, LU Guodong¹, FANG Jie¹, LIU Qiang¹, WEN Yun²

(1. State Key Laboratory of Fluid Power and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;
2. Ningbo Supreme Electronic Technology, Ningbo, Zhejiang 315000, China)

Abstract: Aiming at current traditional manual shoe lacing fixture disadvantages such as low positioning accuracy, poor adaptability and low efficiency, this paper designed a new vamp fixture which was based on auto-lacing machine. This paper adopted comb dent structure which effectively supported vamp area near the hole. This paper put forward the movable gliding block scheme and the removable scheme, and realized the eyelet support structure space variable. With regard to the removable scheme which was more feasible, this paper designed the eyelet support structure and matching fixing position mechanism, realizing the eyelet rapidly and accurately positioned. This paper designed comb plate shape of clamping mechanism which was based on clamping way of bilateral symmetry at the same time, realizing the efficiently and smoothly clamping of vamp. Finally, this paper designed the efficient vamp feeding and blanking mechanism of single machine and assembly line which realized one person in charge of continuous vamp clamping of several machines. The result shows that the removable scheme not only has the characteristics of high precision, wide adaptability, but also can improve the efficiency of vamp clamping and wearing. This fixture can improve present situation shoe lacing of vamp, and improve the shoe industry automation.

Key words: flexible fixture; comb dent plate; fixing position mechanism; clamping mechanism; feeding and blanking mechanism

收稿日期:2015-08-06;修回日期:2015-10-12

基金项目:2013年度宁波市产业技术创新及成果产业化科技项目(2013B10013)。

作者简介:陈勉(1992),男,浙江瓯海人,硕士研究生,主要研究方向为机器人技术。通信作者:王进(1980),浙江东阳人,博士,副教授。E-mail:dwjcom@zju.edu.cn

我国是世界上最大的鞋业生产国及出口国,全世界鞋类产量每年大约有 120 亿双,中国鞋业已占到世界鞋类产量的 60% 左右,其中 50% 进入国际市场,贸易额达 300 亿美元,位居世界第一^[1]。与国外鞋面缝制装备相比,国内装备自动化水平较低,装备功能单一^[2],因此提高国内制鞋工业的自动化程度是迫在眉睫的事^[3]。其中,自动穿鞋带是自动化制鞋中的重要一环。

严楠^[4]设计了一款 4 自由度的新型穿鞋带机械手,采用双手协同工作来解决穿鞋带问题。张欣蔚等^[5]也设计了一种自动穿鞋带机构。为了实现鞋带自动穿系,必须设计一套与之配套的夹具。

目前的一些夹具研究主要集中在鞋楦的装夹上面^[6-8]。丁宇宁^[9]设计了一种鞋面定型机构,采用与楦头座形状相配合的束紧环,跟随压头往下压贴鞋面与楦头贴合。施伟斌^[10]设计了一种穿鞋带辅助装置,能够在鞋带端部松散时手工完成穿鞋带的工作,解决鞋带扎头脱落后不便穿入鞋眼的问题。

目前的穿系鞋带以手工为主,故对鞋面装夹的精度、对不同款鞋的鞋孔间距不一致等没有特殊要求,但是通过机械机构自动穿系,则鞋面夹具设计存在如下挑战:

1) 鞋面款式的适应性。不同的尺码,其鞋孔的空间距离往往不同,同时不同的鞋面款式,鞋孔的高度不一。为满足自动穿鞋带的需要,支撑鞋孔附件区域的夹具部件,必须具有一定的柔性,能适用于不同尺码和款式的鞋面。

2) 鞋面装夹的精准性。待加工鞋面形状不规则,鞋孔孔径较小,分布也不尽均匀,同时由于鞋面是柔性体,装夹不平整也容易影响装夹精度。传统手工穿系对装夹精度要求不高,而自动穿鞋带则要求鞋孔精确定位,以方便夹爪能带动鞋带通过鞋孔。

3) 鞋面装夹的高效性。由于鞋面装夹的特殊性,国内外现有技术还是以手动装夹为主,鞋面装夹是否快捷、鞋孔定位是否快速,将直接影响生产效率。

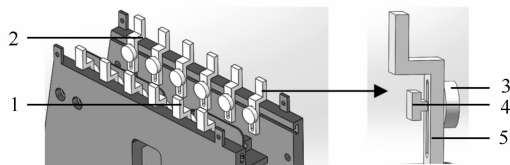
围绕上述问题,本文设计了一种柔性、精准、高效的鞋面夹具及上下料机构,满足鞋带自动穿系的要求。

1 鞋孔支撑定位结构设计

1.1 鞋孔支撑结构调距设计

为了增强夹具的实用性和市场竞争力,夹具必须能夹持不同尺码和款式的鞋面,然而不同种鞋面意味着鞋孔位置不同,鞋孔支撑结构须间距可变。由此,在保证高效装夹的原则下,本文提出了 2 种解决方案。

1) 可动滑块式方案。首先在夹具主体上设计 2 条横向的导轨,各个梳齿沿导轨排列,实现梳齿的间距调节,如图 1 所示。其中,为保证梳齿与导轨互相垂直,连接滑块设计成 T 字型,连接滑块与螺母配合,可沿梳齿内槽滑动,实现梳齿高度调节。梳齿结构放大图如图 1 所示。

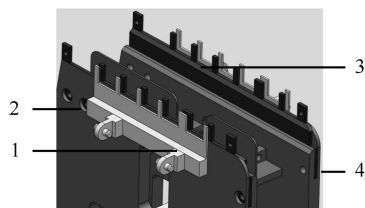


1—梳齿;2—导轨;3—螺母;4—连接滑块;5—梳齿内槽。

图 1 可动滑块式方案

Figure 1 Movable gliding block scheme

2) 可拆卸式方案。根据鞋面尺寸,设计一系列的夹紧梳齿板与主体梳齿板,根据实际需求选取合适尺寸的夹紧梳齿板,同时将配套的主体梳齿板插入主体两侧的内槽中,通过紧定螺钉固定,如图 2 所示。



1—夹紧梳齿板;2—紧定螺钉孔;3—主体梳齿板;4—主体内槽。

图 2 可拆卸式方案

Figure 2 Removable scheme

方案对比:对于可动滑块方案,可以快速响应鞋面尺寸结构的变化,适应性广。缺点是梳齿较多,调整耗时。而可拆卸式方案中夹紧梳齿板和主体梳齿板可实现快速安装与拆卸,不足之处是特制梳齿板存在设计周期,响应略有滞后。综合对比可知,可拆卸式方案能更好地满足实际生产需求。

下文针对可拆卸式夹具方案深入开展后续设计。

1.2 鞋孔支撑结构刚性设计

拨带杆拨动鞋带临近极限位置时,鞋带会对鞋孔产生较大摩擦力,当梳齿板压紧鞋面时,梳齿板将直接受鞋面作用力而产生变形。由于鞋带头长度较短,为保证机械手夹爪夹持鞋带头顺利穿孔,梳齿板厚度越薄越有利于夹爪进行穿孔,而在梳齿板受较大作用力后容易发生折弯甚至断裂,因此,需要对梳齿板进行静力分析。

梳齿板的结构信息比较多,由于倒角、螺纹孔细节结构对于整体的影响不大,所以参数化建模时将其忽

略。当前梳齿板的厚度为 1 mm,底板厚度为 6 mm。材料选用 9Cr18MoV 不锈钢材料,其弹性模量 E 为 232 GPa,泊松比 μ 为 0.29,密度 ρ 为 7 700 kg/m³。对模型采用 Hex Dominant Method 算法划分网格,所用单元类型为六面体,控制梳齿板的单元尺寸为 1 mm,划分的有限元模型局部图如图 3 所示,共含有节点 37 660 个,单元 8 277 个。

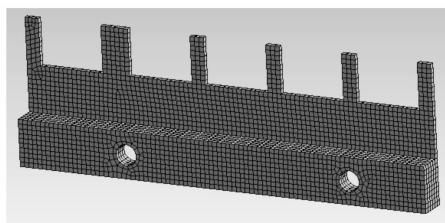


图 3 梳齿板有限元模型

Figure 3 Finite element model of comb dent plate

由于梳齿板通过螺栓与压臂相连接,因此在底板的螺栓压紧面及螺纹面同时施加固定约束。当鞋带头成功穿孔并作停留时,拨带杆拨动鞋带临近极限位置时,鞋带会对鞋孔产生较大摩擦力,而实际工况复杂多变,再加上梳齿板的预紧力,经实验测量取单侧梳齿板的作用力保守估计值 F 为 100 N。根据受力分析对模型施加约束与载荷,如图 4 所示。

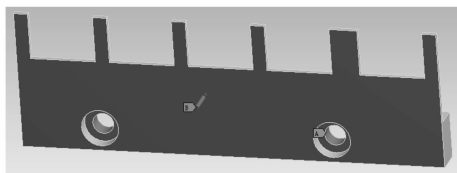


图 4 梳齿板的约束与载荷

Figure 4 Constraints and load of comb dent plate

经 ANSYS Workbench 计算求解,得到梳齿板的变形云图以及应力云图,分别如图 5、6 所示。

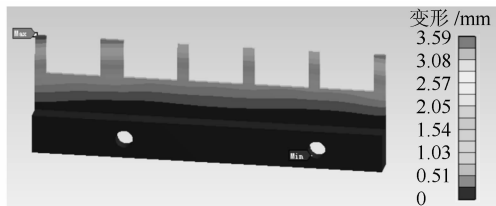


图 5 梳齿板总变形

Figure 5 Total deformation of comb dent plate

由图 5 可知,最大变形发生在梳齿上顶端,最大位移变形为 3.59×10^{-2} mm,远小于样机设计要求设定的局部定位精度 0.1 mm。由于梳齿板材料选用 9Cr18MoV,条件屈服强度 ≥ 205 MPa,抗拉强度 ≥ 520

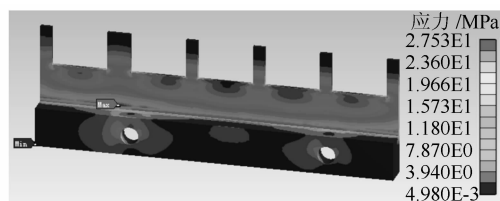
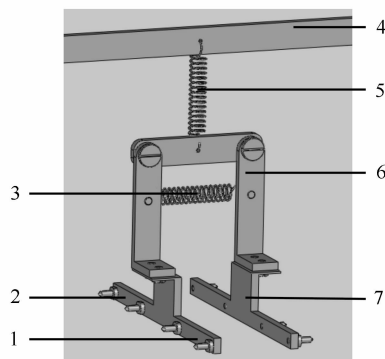


图 6 梳齿板等效应力

Figure 6 Equivalent stress of comb dent plate MPa,取安全系数为 2,则最大许用应力为 260 MPa。由图 6 可知,应力集中发生在上梳齿板与底板相连接的边缘处,最大等效应力为 27.53 MPa,其值远小于许用应力。

1.3 鞋孔快速精准定位设计

由于通过人眼观察对鞋孔进行定位与装夹的方式效率低下且位置精度差,本文设计了一种鞋孔快速精准定位机构,如图 7 所示。



1—外侧销钉;2—内侧销钉;3—弹簧;4—机架;5—弹簧;6—摆臂;7—定位板。

图 7 定位机构

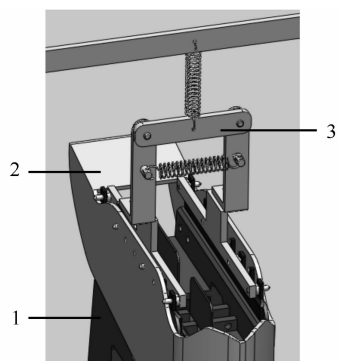
Figure 7 Fixing position mechanism

定位机构上端连接孔通过弹簧与机架相连接,因而取放便捷,定位机构下端每一排的销钉都分别与夹具主体上边沿的梳齿孔及鞋孔配合,实现鞋面与夹具主体的快速精确定位。机构中间的弹簧可使这 2 排销钉的间距因弹簧压紧而变小,便于两侧的销钉伸入夹具主体上边沿的 2 排梳齿之间。而当弹簧松开时,又可借其弹性力防止鞋面夹紧时定位的跑偏。定位板通过螺栓与摆臂连接,方便更换其他种类的定位板以适应不同款式和大小的鞋面。定位机构工作状态如图 8 所示。

2 鞋面高效、平整夹紧机构设计

2.1 夹紧机构设计

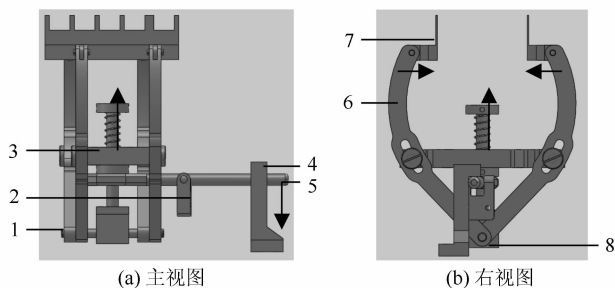
夹具采用双边对称同时夹紧的机构。工作原理:当压杆下压至挡块下方并被卡住时,主支架上移一段



1—夹具主体;2—鞋面;3—定位机构。

图8 定位机构工作状态

Figure 8 Working status of fixing position mechanism 距离,同时,由于主支架4个角上的螺钉头分别嵌入了周围4个压臂中,压臂下端均套于固定轴上,压臂上端将连同梳齿板向中间挤压,实现鞋面高效、平整夹紧,如图9所示。



1—固定轴;2—固定支架;3—主支架;4—挡块;5—压杆;6—压臂;7—梳齿板;8—固定底座。

图9 夹紧机构工作原理

Figure 9 Operating principle of clamping mechanism

2.2 鞋面平整夹紧设计

平整夹紧原理如图10所示,梳齿板可以绕着销钉做旋转运动,因此梳齿板可以较好地贴合鞋面,避免鞋面起皱,实现平整夹紧。鞋面夹紧示意如图11所示,当使用该夹具时,员工可以快速完成装夹,大幅提升生产效率。

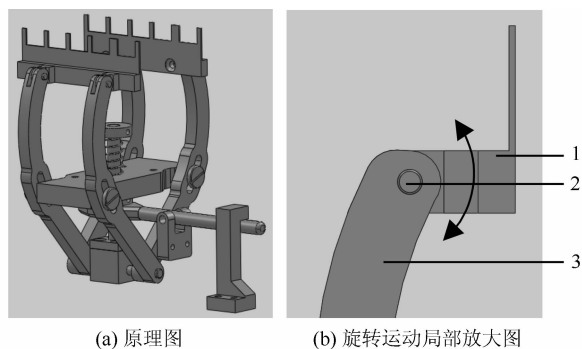
3 鞋面高效上下料机构设计

鉴于实际生产的高效大批量要求,实现一名员工在同一个工位进行不间断装夹工作并同时分管多台机器,本文进一步设计了一条上下料流水线。

3.1 单机上下料机构设计

在自动穿鞋带机所有动作中, X 、 Y 、 Z 3方向的自动上下料是非常重要的环节。为实现单台设备自动上下料,以夹具为对象,现将整体运动方案阐述如下:

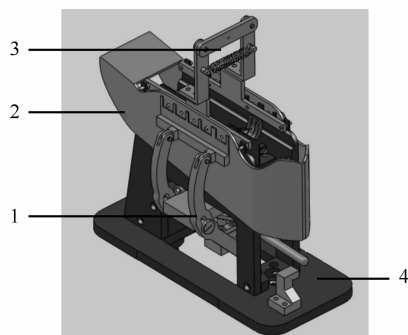
- 1) 夹具从装夹位置出发,在 X 方向移动1/2行程;
- 2) Z 方向进给机构上升一段距离,将夹具抬起;



1—梳齿板;2—销钉;3—压臂。

图10 平整夹紧原理(局部)

Figure 10 Smooth clamping principle(part)



1—夹紧机构;2—鞋面;3—定位机构;4—夹具主体。

图11 鞋面平整夹紧

Figure 11 Smooth clamping of shoe

3) 夹具沿 Y 方向移动,到达穿鞋带机械手工作位置下方;

4) 穿鞋带结束后,夹具返回 Y 方向初始位置;

5) Z 方向进给机构下降为初始高度;

6) 夹具继续沿 X 方向移动到行程终点,单机上下料结束。

单机上下料机构的模型如图12所示。

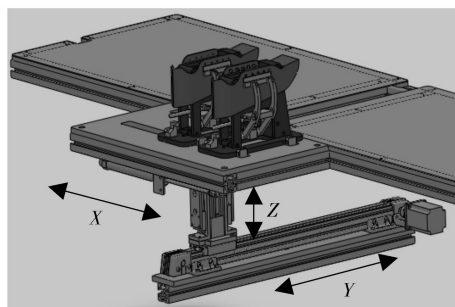
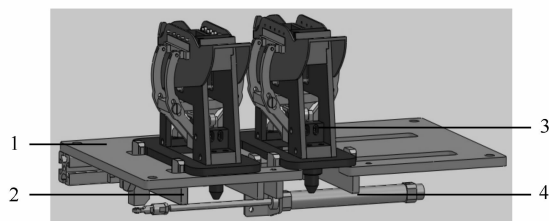


图12 单机上下料机构

Figure 12 Single machine feeding and blanking mechanism

其中, X 方向进给机构主要由开槽平板、片状拨叉和直线气缸等组成。支撑板上开有2条 X 方向的长

槽,用于放置夹具底部的2个销钉。当需要夹具在 X 方向运动时,片状拨叉向上穿过槽口,在直线气缸的带动下,推动夹具运动一段距离。 X 方向进给机构模型如图13所示。



1—开槽平板;2—片状拨叉;3—夹具;4—直线气缸。

图13 X 方向进给机构

Figure 13 Feeding mechanism of X direction

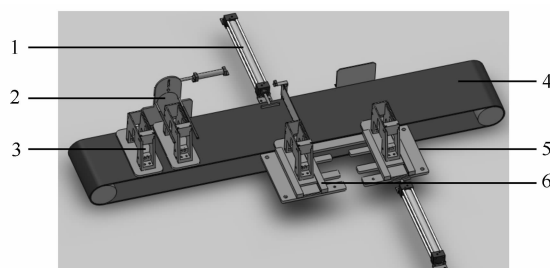
Y 方向进给机构主要由1条直线导轨、直线电机、联轴器和支撑板等组成。不同于 X 方向进给机构,直线导轨可以保证夹具在 Y 方向运动具有更高的位置精度和稳定性。 Z 方向进给机构主要由直行程电动执行器、支撑块等组成。直行程电动执行器下端安装在 Y 方向直线导轨的滑块上,上端与支撑块固定,可使支撑块在 Z 方向上平稳往返运动。支撑块上表面开有2个与夹具底部销钉配套的孔,用于套接夹具,即实现了夹具在 Z 方向的进给运动。

3.2 流水线上料机构设计

在单机上下料机构的基础上,本文设计了相应的流水线上、下料机构,并与单机上下料机构组成一整条流水线。流水线上、下料机构主要包括传送带、夹具、夹具座、断续输送机构和上下料机构等,如图14所示。从各机构运动的先后顺序来看,流水线上、下料的工作流程如下:

- 1) 员工将装夹好鞋面的夹具依次摆放至传送带上;
- 2) 断续输送机构每接收到1次光电传感器信号,传递1套夹具至上料机构;
- 3) 上料机构将夹具传递至自动穿鞋带机工作平台,并将光电传感器信号反馈给断续输送机构;
- 4) 单机上料机构将夹具从工作平台传递至自动穿鞋带机内部;
- 5) 自动穿鞋带机独立完成全部穿带操作;
- 6) 单机下料机构将夹具送回传送带,单程上下料流水线到此结束。

流水线上、下料机构使得在自动穿鞋带机进行穿带的同时,员工可以不间断的进行鞋面装夹,而且可以一人分管多台机器,大幅提高了生产效率。



1—上料机构;2—断续输送机构;3—夹具;4—传送带;5—下料机构;6—夹具座。

图14 流水线上料机构

Figure 14 Production-line feeding and blanking mechanism

4 结语

1) 提出了可动滑块式及可拆卸式2种方案使夹具更具柔性,适用于各种不同尺码和款式的鞋面。针对可拆卸式方案,创新性地设计了鞋孔刚性支撑结构与鞋孔快速精准定位机构,实现鞋孔精确定位。

2) 设计了双边对称同时夹紧机构,实现了鞋面高效、平整地夹紧。对梳齿板的静力分析表明梳齿板的最大变形小于局部定位精度要求,最大等效应力小于零件材料的许用应力,达到预期效果。

3) 设计了一整条包括单机上下料机构在内的流水线上、下料机构,实现一名员工在同一个工位进行不间断装夹工作并同时分管多台机器,大幅提高了生产效率。

参考文献:

- [1] 刘环,张矢的,阎娟.美国鞋类进口市场及各国竞争态势分析[J].国际贸易问题,2006,287(11):64-71.
- [2] 张瑜.国产鞋机发展概览及其生产功能浅述[J].西部皮革,2012,34(19):37-39.
- [3] 刘星宇.中国鞋机产业:产销失衡升级乏力[J].西部皮革,2011,33(13):11-13.
- [4] 严楠,高晓丁,陈罡,等.基于ANSYS的穿鞋带机械手的结构优化[J].轻工机械,2014,32(5):8-11.
- [5] 张欣蔚,王进,温云,等.基于形态学矩阵与模糊综合评价的自动穿鞋带机构[J].轻工机械,2015,33(3):20-25.
- [6] LUCIANO M. Automatic shoe edge processing machine: AU5440701D [P]. 2001-07-03.
- [7] CELESTE C. Device for manufacturing shoes: DE20016017238 [P]. 2006-04-20.
- [8] NEMEC B, LENART B, ZLAJPAH L. Automation of lasting operation in shoe production industry [C]//2003 IEEE International Conference on Industrial Technology. Maribor, Slovenia: IEEE. 2003: 462-465.
- [9] 丁宇宁. DS807鞋面定型机三维设计与运动学动力学仿真分析[D].南昌:江西理工大学,2012:18.
- [10] 施伟斌,陈超湛,张东亚,等.一种穿鞋带辅助装置[J].河南科技,2014(15):110-111.