

智能旋转式鞋柜的设计

李明亮 朱晨旭 赵蕴琪 刘潇阳 廉法博

辽宁科技大学机械工程与自动化学院 辽宁 鞍山 114000

摘要: 本文设计了一种将机械传动和单片机控制充分融合的智能旋转式鞋柜。采用 solidworks 软件对齿轮、双面传动齿带及鞋盒套件等零部件进行了精确建模并装配,对步进电机进行了选型计算。最终设计的鞋柜可按照人们需求控制每双鞋子的停止位置,使用户不用弯腰伸手便可取到鞋子。该鞋柜可以在根本上解决传统鞋柜占地面积大,不易取放的缺点。

关键词: 智能鞋柜; 旋转; 单片机; 带传动; 齿轮传动

Design of intelligent rotary shoe cabinet

Mingliang Li, Chenxu Zhu, Yunqi Zhao, Xiaoyang Liu, Fabo Lian

College of Mechanical Engineering and Automation, Liaoning University of Science and Technology, Anshan, Liaoning, 114000

Abstract: This paper designs a kind of intelligent rotary shoe cabinet that integrates a mechanical drive and single-chip microcomputer control fully. By using solidworks software, precise modeling and assembly of gear, a double-sided gear belt, and a shoe box kit were carried out, and a selection calculation of the stepping motor was carried out. The final design of the shoe cabinet can control the stopping position of each pair of shoes according to people's needs so that the user does not have to bend over to reach the shoes. The shoe cabinet can fundamentally solve the shortcomings of the traditional shoe cabinet, which covers a large area and is not easy to take.

Keywords: smart shoe cabinet; Revolve; single-chip microcomputer; belt drive; Gear transmission

一、研究意义

1984 年,美国联合科技公司首次发明“智能家居”概念,而国内对于其的发展则始于 20 世纪 90 年代。目前智能家居产业已经渗透到各行各业,为人们便利生活起到重要作用^[1]。鞋子作为人们的穿着、出行的必需品,在人们的日常生活中扮演着至关重要的角色,因此鞋柜在家具中也有着举足轻重的地位。而传统式鞋柜都是放置在地面上的长方体柜体,这种结构有着明显缺点,比如:(1)占地面积大;(2)需要长方体等规则的空间布置要求;(2)鞋柜中高处的鞋子不易取放,低处的鞋子需要弯腰才能拿到。这些缺点对于安装维护以及身体不好的老年人和身高矮小的儿童极为不方便,因此基于传统鞋柜的缺点,本文设计一款智能旋转式鞋柜,该鞋柜属于半封闭式鞋柜,内部设计有齿轮和皮带传动装置从而实现鞋盒的半自动运行,由于采用软性皮带传动,鞋柜整体形状可以不固定,即可按实际空间形状需求变化,消除传统鞋柜四四方方且占空间大的问题。这款智能鞋柜将会改善人们对鞋子收纳空间紧缺,不易取拿的问题。

二、市场调研

通过对所住社区内用户的问卷调查,我们得出以下结论:

(1) 大部分人都能了解到智能家居,并认为智能家居会

为生活带来便利。

(2) 大部分人在装修时未选择智能家居的原因是智能家居过于昂贵。

(3) 大部分的年轻人都拥有超过七双鞋子,并且每双鞋子使用频率都很高。

(4) 约有一半人对于现在正在使用的鞋柜表达了不满,觉得现在的鞋柜过于死板,并且极度拉低了空间利用率。

通过针对住在宿舍中的特殊人群(学生、工人)的问卷调查,我们得出以下结论:

(1) 宿舍的空间狭小,有些空间难以利用。

(2) 由于宿舍住的人多,人均可摆放鞋子的空间少,人多鞋杂。

(3) 大部分人表示:假如在宿舍能用上智能家居是一件很幸福的事情。

综上所述,我们的市场调研结果是:

(1) 智能家居具有很好的市场前景,尤其是在年轻人当中。

(2) 一个好的鞋柜对于大部分人来说是很重要的。

(3) 我们需要的是便捷的,空间利用率高的,可以轻松

拿取的智能鞋柜。

三、总体方案设计

3.1 控制手段分析及选择

常见的控制手段有 PLC 和单片机。PLC 可编程逻辑控制器大多数被应用于工业过程控制中，而单片机作为数字控制的核心技术，硬件电路具有很强的通用性，简单且成本较低，人机交互性良好。所以本次设计的鞋柜选择单片机来对鞋柜进行智能控制。

由于本产品采用的单片机自带按键，所以将整个控制系统放在鞋柜的中间位置，方便操作。在操作键盘上点击鞋盒所对应的数字按钮，便可以通过距离传感器传递该鞋盒距离信息，单片机控步进电机智能的将其运送到合适位置，方便拿取。同样的，红外遥控器也具有按键盘的功能，多了一种控制方式，使得身高不同的人也能享受到相同的效果。控制流程图见图 1；

由于需要智能控制电机的启停，以达到让鞋柜按照使用者的需求转动到合适位置的，我们对单片机控制步进电机的电路进行了设计，如下图 2 所示；所使用的主要元件有：与门 AND_5(5 路)，ULN2003A(放大电压用来驱动电机)，AT89C52，步进电机 MOTOR-STEPPER。

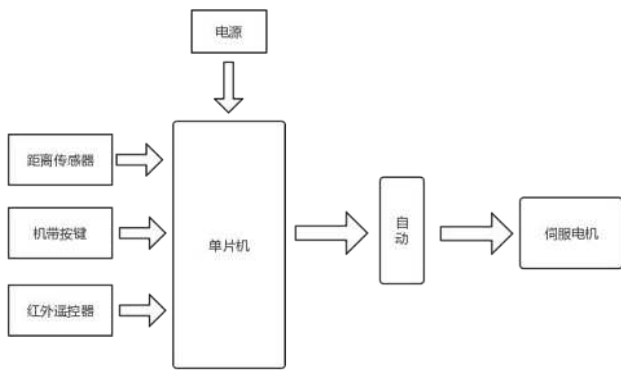


图 1 控制流程

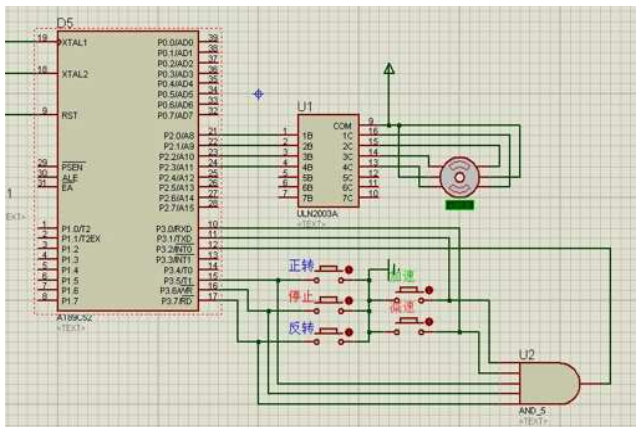


图 2 设计电路

3.2 机械传动部分结构设计

该智能旋转鞋柜采用 solidworks 软件对每个部件进行精确建模并组装。本产品主体尺寸可设计为：环状内齿式底座高度为 2000mm，宽度为 1000mm，厚度为 70mm。每个鞋盒长度为 400mm，宽度为 300mm，深度为 400mm。本设计暂定 8 个鞋盒，真实场景下可按实际需求增减鞋盒数量。

智能鞋柜主体由一个环状内齿式底座 (1.1)、一个双面传动齿带 (1.2)、四个大支撑齿轮 (1.3)、四个大齿轮轴 (1.4)、N 个鞋盒配套组件 (1.5、1.6) 和一个动力输出单元 (1.7) 组成。如图 3 所示。单片机固定在电动机尾端，用以对整个设备的智能控制。

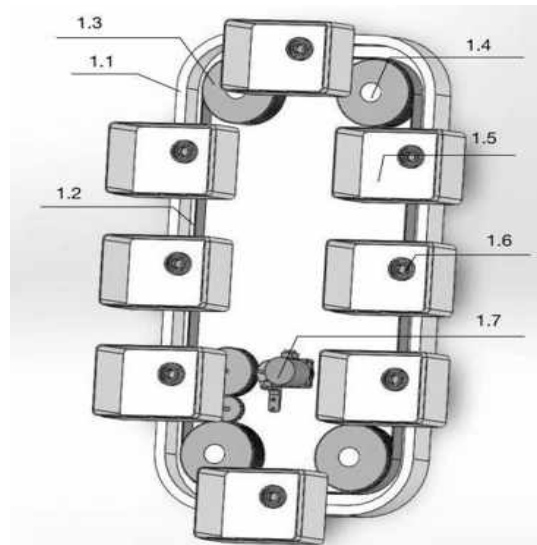


图 3 鞋柜主体

图 4 为鞋盒套装组件的内部结构，将鞋盒主体进行透明处理后看到鞋盒后面的结构。单个鞋盒配套组件由鞋盒主体 (2.1)、轴承 (2.2) 和连接齿轮轴 (2.3) 组成。连接齿轮轴前端柱状部分与轴承嵌套，轴承与鞋盒开孔嵌套，连接齿轮轴后端部分为齿轮，可插入双面传动齿带与环状内齿式底座形成的槽中与二者啮合，连接齿轮轴随着双面传动齿带的运动而转动。鞋盒安装轴承的位置在中间偏上，以此保证在运行过程中，鞋盒始终处于竖直状态，鞋在鞋盒内不会偏置。

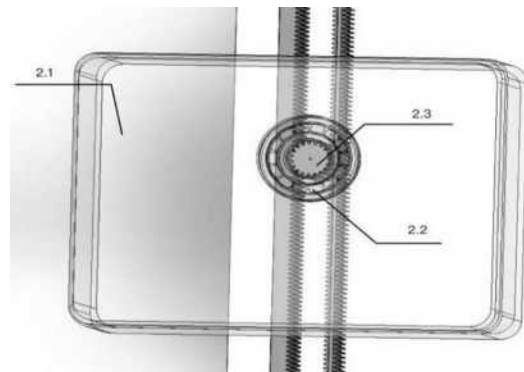


图 4 鞋盒套件

动力输出单元是由一个步进电机（3.1）、传动齿轮（3.2、3.3、3.4、3.8、3.9）、电机支架（3.5）、角铁（3.6）以及六颗固定螺丝（3.7）组成。整体采用四级减速传动进行减速和传递扭矩。如图 5 所示。传动齿轮的选型见表 1。

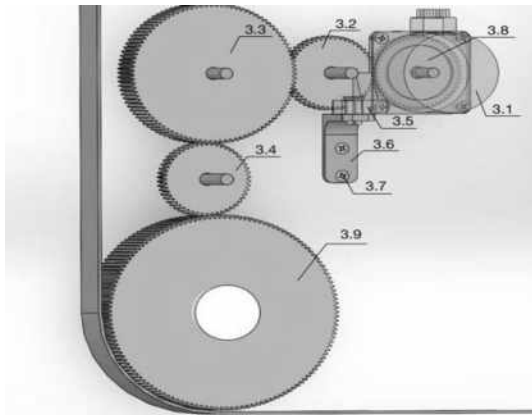


图 5 动力输出单元

齿轮	模数	齿数	分度圆直径 D/mm
齿轮 3.2	1	52	52
齿轮 3.3	1	100	100
齿轮 3.4	1	52	52
齿轮 3.8	1	52	52
齿轮 3.9	1	140	140

表 1 齿轮选型

3.3 步进电机的选型计算

为了精确的控制鞋盒上升高度，我们选择了步进电机作为动力输出组件。步进电机有优秀的启停和反转响应，且没有电刷，性能可靠，使用寿命长。当电机停转时，有最大扭矩，可以使整个系统停稳。而且电机在选择上应该满足体积小，方便布置安装的特点。

由于鞋盒是旋转式设计，一侧上升的重力势能与另一侧下降的重力势能相抵消，由此，只需要取齿轮皮带最大摩擦力和单侧放满鞋而另一侧不放鞋时重力势能出现不平衡力的极限力，用以计算电机功率。

每双鞋 1kg，单侧最多鞋盒的情况下五双鞋，即为 5kg，而且啮合型带传动效率最低为 0.92，共有两级啮合型带传动。

$$\text{则通过公式：} F_f = \frac{F}{\eta^2} = \frac{mg}{\eta^2} = \frac{5 \times 9.8}{0.92^2} = 57.89 \text{ N}$$

其中：

F_f ——为摩擦力；

F ——为鞋的总重力，重力加速度 g 取 9.8m/s^2 ；

η ——为啮合型带传动效率。

进一步可得，有效拉力： $F_e = F_f = 57.89 \text{ N}$

则可得功率：

$$P = F_e \cdot V = 57.89 \text{ N} \times 0.2\text{m/s} = 11.58 \text{ W}$$

其中： V ——为皮带运行速度，本文设定皮带速度为 $V=0.2\text{m/s}$ 。

由于齿轮传动效率为 0.94，且齿轮传动为四级传动，所以四级齿轮传动后的功率为

$$P_{\text{电机}} = \frac{P}{\eta_{\text{齿轮}}^4} = \frac{11.58 \text{ W}}{0.94^4} = 14.83 \text{ W}$$

综上，该鞋柜步进电机的功率选择应大于 14.83W 才能是鞋柜稳定运行。

由表 1 可以计算出减速机构的传动比 $i = 2.69$

由皮带转速 $V = 0.2\text{m/s}$ ， $D_{\text{齿轮}(3.9)} = 140 \text{ mm}$ ，

可得

$$N_{\text{齿轮}(3.9)} = \frac{V_{\text{皮带}}}{\pi D_{\text{齿轮}(3.9)}} = \frac{0.2 \times 60 \times 1000}{3.14 \times 140} = 27.29 \text{ r/min}$$

则选择电机的转速为

$$N_{\text{电机}} = i \cdot N_{\text{齿轮}(3.9)} = 2.69 \times 27.29 = 73.4 \text{ r/min}$$

则由公式

$$T_{\text{电机}} = 9.549 \frac{P_{\text{电机}}}{N_{\text{电机}}} = 9.549 \times \frac{14.83}{73.4} = 1.93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

因此在选择电机参数时应该大于所计算的参数，这样才能以使鞋柜运行时更安全更平稳。因此查文献选择出一款减速式步进电机，输出扭矩 $10\text{N} \cdot \text{m}$ ，输出转速最大值为 150rpm 。

四、鞋柜工作过程

在操作键盘上点击鞋盒所对应的数字按钮，便可以通过距离传感器传递该鞋盒距离信息，单片机控制步进电机驱动传动齿轮机构工作，传动齿轮带动双面传动齿带沿着环状内齿式安装槽进行周向旋转，进而驱动鞋盒套件中的连接齿轮轴随着双面传动齿带进行转动，则鞋盒套件也随之匀速运动，由于每个鞋盒装有轴承，并且轴承安装位置靠上，则能保证鞋盒在运动转弯过程中不会倾翻，这样就可以将上方的箱体运送到下方，方便用户取鞋或者放鞋，当然，也可以根据实际需要，将下方的箱体运送到上方，例如当用户在下方的盒体内放好鞋子后，可将装载有鞋子的箱体输送到上方，将上方的空箱体输送到下方，方便用户下次使用。

五、小结

本文设计的智能旋转式鞋柜将机械传动和单片机控制充

分融合在一起,采用单片机控制步进电机的停止位置,并驱动齿轮机构和双面传动齿带的方式使装有连接齿轮轴的鞋盒进行环式旋转,使用户在不弯腰不伸手的情况下拿取鞋子。该鞋柜的设计从根本上解决了传统鞋柜占空间、不易取拿的问题,可以满足人们对于现阶段智能家居用品性能的需求。

参考文献:

- [1] 秦川,孙沐钰,袁嘉鑫.智能家用自动存取鞋柜的设计[J].南方农机,2020,51(05):238+240.
- [2] 汤俊杰,陈建岑,张文长,梁鸿杰,汪朋飞.一种智能存取鞋柜的结构设计[J].机械,2022,49(08):62-68.
- [3] 柳锦宏,薛琴,何伟鸿,陈国庆,宫立达,胡志超.家用小型旋转式智能鞋柜设计[J].现代工业经济和信息化,2021,11(02):44-45.
- [4] 宋仁银,廖建庆,郑乃清.基于单片机的家用电器集中供电遥控开关设计[J].宁德师范学院学报(自然科学版),2016,28(3):296-301;313.
- [5] 刘宁,隋秀梅,方振龙,于济群,王珊珊.一种新型多功能智能鞋柜设计与实现[J].武汉交通职业学院学报,2022,24(03):126-130.
- [6] 汤俊杰,陈建岑,张文长,梁鸿杰,汪朋飞.一种智能存取鞋柜的结构设计[J].机械,2022,49(08):62-68.
- [7] 魏志君,何颖,李雨浪,刘煜.一种新型智能杀菌鞋柜系统[J].电子制作,2022,30(12):41-43+46.DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2022.12.012.
- [8] 李凯,孙亮波,姚嘉伟,吴广卓,陈望成.多功能一体化智能鞋柜创新设计[J].机械研究与应用,2022,35(02):84-88.DOI:10.16576/j.cnki.1007-4414.2022.02.024.

第一作者简介:李明亮(2002-),男,辽宁大连人,本科,研究方向:机械设计。

通讯作者简介:廉法博(1988-),男,辽宁鞍山人,硕士,工程师,研究方向:机械设计

使人们生活更加舒适、方便。

基金项目:2022年辽宁科技大学校级大学生创新创业训练计划(X202210146104)。