

一种双边自行车停车装置的设计

杨丽新^a,贾茹沅^b,李虹^b,文宗明^b

(华南理工大学 a. 机械与汽车工程学院,广东 广州 510640; b. 广州学院,广东 广州 510800)

摘 要:针对共享单车停放困难影响交通秩序的现状,迫切需要研发自行车停车装置。设计了一种“摩天轮”式新型双边立式自行车停车装置,由机械执行机构和控制系统两大部分组成。前者通过大转矩步进电机和蜗轮蜗杆减速箱带动圆盘转动形成旋转执行机构,可提供6个自行车车位;后者利用32位闪存微控制器STM32系列单片机来处理停车装置运行过程中产生的数据,实现用户在存取自行车过程中6个车位顺畅地切换以及定位。该装置具有空间利用率高、存取简便快捷、美观防盗等特点,为解决共享单车的停放管理问题提供一种可参考的解决方案。

关键词:自行车停车装置;机械结构;控制模块

中图分类号:TP273 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)02-0060-04

Design of Double-sided Parking Device for Bicycles

YANG Lixin^a, JIA Ruyuan^b, LI Hong^b, WEN Zongming^b

(a. School of Mechanical and Automotive Engineering, Guangzhou 510640, China and b. Guangzhou college, South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: The shared bicycles are in urgent need of developing a parking device, which is used to solve the traffic disorder problem caused by difficulties in parking shared bicycles. This paper designs a double-sided Ferris wheel type bicycle parking device. It mainly consisting of mechanical actuator and control system. Through a large torque stepping motor and worm reduction gearbox, the mechanical actuator drives the disc to rotate, thus providing six bicycle parking spaces. A 32-bit flash microcontroller STM32 is used in the control system to process data generated during the operation of the parking device, and also to realize the smooth switching and accurate positioning of the six bicycle parking spaces. The device is characteristic of high space utilization, convenient access, beauty, and anti-theft, etc. A solution is provided for the parking management of the shared bicycles.

Keywords: bicycle parking device; mechanical structure; control module

0 引言

随着我国经济社会的高速发展,交通拥堵、环境污染等问题日益严重,2017年国务院印发的《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》中,强调要推动节能低碳发展,优化交通运输结构,完善城市交通运输服务系统,完善自行车等慢行服务系统建设^[1-6]。因此,近年来共享单车迅猛发展,然而,大量自行车乱停,严重影响交通秩序,成为城市管理的严峻挑战,迫切需要研发新型自行车停车装置^[7-11]。本文基于机械装置的优化方法和控制技术^[12-13],设计了一种“摩天轮”式新型双边立式自行车停车装置。

1 总体方案设计

本文旨在设计一款用在城市各类小区、公共场所,通

过刷卡实现存取自行车功能的自动停车装置。通过机械结构与控制模块相结合的方式,实现自行车停放和取出的过程控制,并最终达到空间利用率高、安全、便捷等方面的使用需求。方案设计主要包括两个方面:机械结构设计、控制模块设计。

如图1所示,在保证整体结构强度和稳定性的前提下,单边等间距设置3个停车位,实现一种仿“摩天轮”式的停车结构,双边可提供6个自行车车位。自行车通过夹持机构夹紧固定在圆盘上,通过大转矩步进电机和蜗轮蜗杆减速箱带动圆盘转动,根据需要 will 将自行车转动到合适位置以方便存取。

传统的停车方式一般分三步进行:1)寻找合适的停放空间;2)停放并调整位置;3)锁车。本文所设计的自行车停车装置控制模块采用32位闪存微控制器STM32系列单片机,在停放车的过程中应用RFID无线射频技术刷卡存取,将自行车转到指定位置。该停车装置场地适应能力强,灵活装卸,停车过程人机交互体验良好。

基金项目:广州市高校创新创业教育项目(2019KC221);广东省本科高校创新创业项目(2019);华南理工大学“探索性实验”教学项目(201703)

第一作者简介:杨丽新(1986—),女,讲师、实验师,博士,研究方向为机构设计、机器人动力学。



(a) 车位布置



(b) 整体效果



(c) 样机

图1 双边自行车停车装置

2 承载能力分析

根据设计的需求,电机作为动力源需要提供整个装置旋转的动力,通过其转动实现自行车的存取,需要选择合适的输出转矩。停放的自行车是电机的主要负载,由于该设计采用对称式结构,因此分析停车装置单侧的受力情况即可。

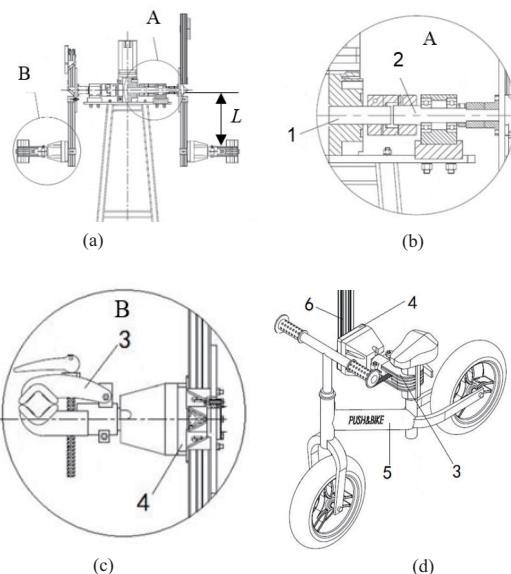
本装置在设计和样机制作过程中,选用儿童自行车为对象,该儿童自行车车重为 3.5 kg。如图 2 所示,夹持机构、连接块及与之相连的连接件质量之和为 4.5 kg,力臂 L 为 0.6 m。从单侧来看,分为停放 1 辆、2 辆、3 辆自行车的 3 种停车情况。如图 3 所示,虚线表示停放了自行车车位所在转动杆,黑色粗实线表示未停放自行车车位所在转动杆。忽略转动杆的质量,将自行车、夹持机构、连接块及与之相连的连接件看成一个整体,其质量为 m 。假设质心在转动杆末端,则单侧停放 1、2、3 辆自行车时,由受力分析可分别建立自行车停车装置单侧的转矩平衡方程:

$$T_1 = m_1 g \times \cos\left(\theta \times \frac{\pi}{180}\right) \times L \quad (1)$$

$$T_2 = -m_1 g \times \cos\left(\left(60 - \theta\right) \times \frac{\pi}{180}\right) \times L + m_2 g \times \cos\left(\theta \times \frac{\pi}{180}\right) \times L \quad (2)$$

$$T_3 = -m_1 g \times \cos\left(\left(60 + \theta\right) \times \frac{\pi}{180}\right) \times L - m_2 g \times \cos\left(\left(60 - \theta\right) \times \frac{\pi}{180}\right) \times L + m_3 g \times \cos\left(\theta \times \frac{\pi}{180}\right) \times L \quad (3)$$

其中: θ 为自行车旋转角度; m_1 、 m_2 和 m_3 分别为第 1、第 2 和第 3 辆自行车、夹持机构、连接块及与之相连的连接件的质量之和; g 为重力系数; L 为力臂。



1—主动轴;2—从动轴;3—夹持机构;
4—连接块;5—自行车;6—转动杆。

图2 局部结构

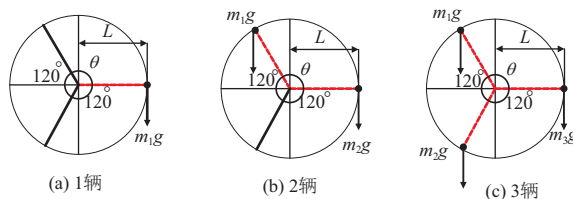


图3 单侧停放不同数量自行车时的受力情况分析

由式(1)~式(3)的计算结果发现,当停放 1 辆车时,其转动所需要的转矩最大为 $48 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($\theta = 90^\circ$ 或 270°);当停放 2 辆车时,其转动所需要的转矩最大为 $48 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($\theta = 30^\circ$ 或 210°);当停放 3 辆车时,所需要的转矩最小,几乎可以忽略不计。因此,单边停放情况下,电机需要带动 1 辆或 2 辆自行车在某个角度时为电机需要提供的最大转矩。由于采用对称式设计,双边停放情况下,电机需要提供的最大转矩为单边停放的 2 倍,即 $96 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

本文所设计的自行车停车装置选用材料 6061 合金。如图 4 所示,从动轴属于转轴,它既承受弯矩又承受转矩。因此,作为重要构件,运用 SolidWorks Simulation 仿真软件有限元分析对轴进行强度校核,材料参数如表 1。

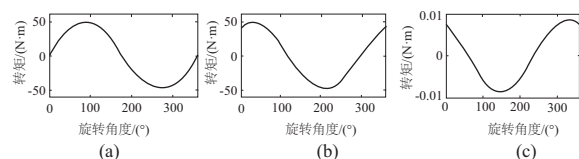


图4 受力分析结果

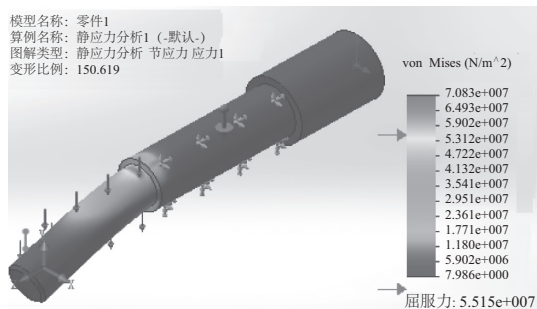
表1 材料参数表

名称	参数值	名称	参数值
质量/kg	0.14	密度/(kg/m ³)	2 700
体积/m ³	5.03×10 ⁵	负载/kg	100
屈服强度/(N/m ²)	5.51×10 ⁷	张力强度/(N/m ²)	1.240 84×10 ⁸
弹性模量/(N/m ²)	6.9×10 ¹⁰	泊松比	0.33
抗剪模量/(N/m ²)	2.6×10 ¹⁰	热胀系数/Kelvin	2.4×10 ⁻⁵
抗拉强度/(N/m ²)	2.05×10 ⁸	受拉屈服强度/(N/m ²)	5.52×10 ⁷
弯曲强度/(N/m ²)	2.28×10 ⁸		

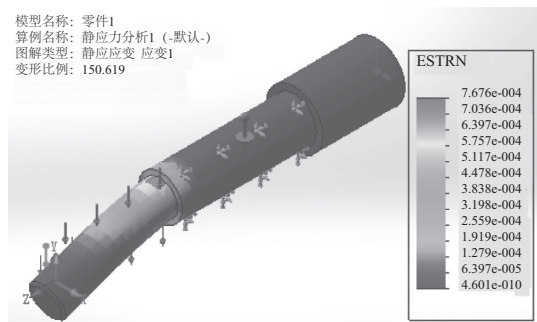
仿真结果如图5和表2所示,最大应力为 7.08×10^7 N/m²,最大位移为0.10 mm。轴主要承受径向压力,弯曲变形,其最大应力远小于弯曲极限强度,轴的设计满足强度要求。

表2 仿真结果

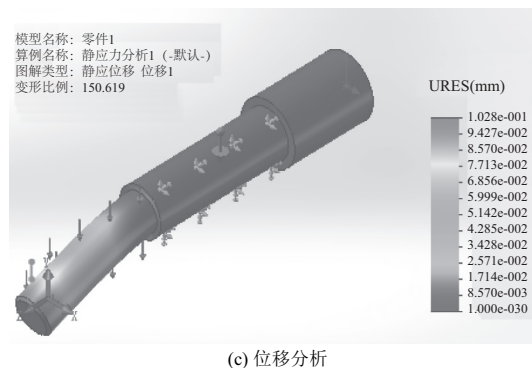
名称	类型	最小值	最小值位置	最大值	最大值位置
应力分析	von Mises	7.99 N/m ²	124 节	7.08×10^7 N/m ²	8 264 节
应变分析	对等应变	4.60×10^{-10}	2 554 单元	7.68×10^{-4}	3 004 单元
位移	合位移	0 mm	197 节	0.10 mm	3 节



(a) 应力分析



(b) 应变分析



(c) 位移分析

图5 静应力分析

3 控制系统模块设计

控制系统模块是双边自行车停车装置的核心部分。在运行的过程中,控制系统模块处理用户在存取自行车过程中6个车位的顺畅切换以及定位,记录用户刷卡输入的指令、响应并输出脉冲实现相应动作。本文所设计的自行车停车装置控制系统模块采用32位闪存微控制器STM32系列单片机来处理停车装置运行过程中产生的数据,采用RFID-RC522射频感应模块作为用户与装置之间的交互媒介,缩短用户存取车的时间,操作简单易上手。STM32的硬件定时器经过初始化配置,稳定输出固定频率的脉冲信号,供步进电机工作所用。STM32与RC522无线射频模块通过SPI通讯协议进行相互通信,实现操作过程中数据的解码与转换,实时检测用户是否输入信号。相较于其他控制芯片,STM32系列单片机大大地提高了装置的稳定性。RFID-RC522射频感应模块可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触,是一种较为成熟的通信技术。

控制系统模块的程序编写基本框架如图6所示。首先对单片机进行系统初始化,分配模块所需的引脚输入输出,RC522模块初始化完成后,整体装置准备工作已经完毕。等待用户使用装置上的钥匙扣形状的卡片进行刷卡,刷卡动作完毕后,装置会自动判断卡号并且将与卡号对应的车位调节至最低点,此时用户便可以进行存车的动作,待用户存车完成后,用户再次刷卡便可告知装置对车位进行复位,同时将用户所存的自行车转移至较高位置,增强安全性。同理,用户取车过程与上述操作一致,至此,完成一整套存取车动作。

4 结语

本文基于机械装置的优化方法和控制技术,设计了一种“摩天轮”式新型双边立式自行车停车装置。该装置由机械执行机构和控制系统两大部分组成,机械执行机构通过大转矩步进电机和蜗轮蜗杆减速箱带动圆盘转动形成旋转执行机构,可提供6个自行车车位;控制系统利用32位闪存微控制器STM32系列单片机来处理小车运行过程中产生的数据,实现用户在存取自行车过程中6个车位顺畅地切换以及定位。该装置具有空间利用率高、存取简便快捷、美观防盗等特点,可在有限空间内存储更多自行车,

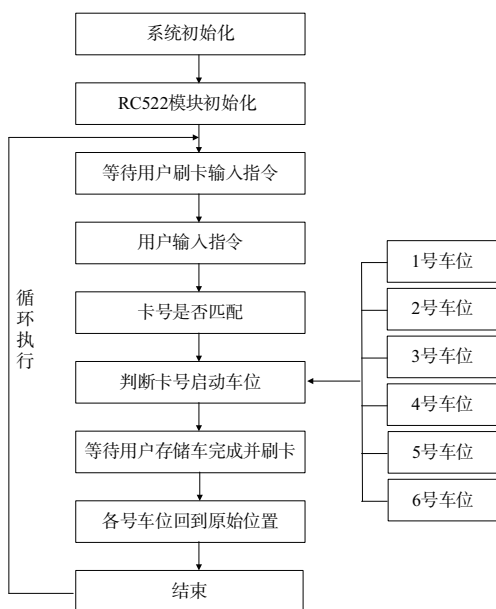


图6 工作流程图

解决了自行车停放杂乱无章、占地面积大、影响通行的问题,可为大多数城市小区内自行车的管理提供一种可参考的解决方案。

参考文献:

- [1] “十三五”现代综合交通运输体系发展规划[EB/OL]. (2017-02-03). http://www.china.com.cn/guoqing/shisanwu/2017-02-01-03/01/content_40381181.htm.

- [2] 卢倚天. 基于规划文件分析的当代美国大学校园动态更新规划设计方法初探[D]. 广州:华南理工大学, 2016.
- [3] 叶洋. 基于绿色交通理念的城市中心区空间优化研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2016.
- [4] 王思明. 自行车与城市轨道交通换乘(B+R)系统的空间设计研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2013.
- [5] 夏天. 城市区域慢行交通系统化研究[D]. 北京:北京交通大学, 2011.
- [6] 李伟. 哥本哈根自行车交通政策[J]. 北京规划建设, 2004(2):46-51.
- [7] 姜斌, 赵祎乾. 基于物联网基础的校园自行车服务系统研究[J]. 包装工程, 2015(12):37-40.
- [8] 姜洋, 陈宇琳, 张元龄, 等. 机动化背景下的城市自行车交通复兴发展策略研究——以哥本哈根为例[J]. 现代城市研究, 2012(9):7-16.
- [9] 王琴, 杨连发, 张震, 等. 自行车停放装置的开发应用现状及发展趋势[J]. 现代机械, 2009(5):82-84.
- [10] 吴瑶, 陈红, 鲍娜, 等. 基于多项 logit 模型的城市公共自行车租借需求预测模型[J]. 大连交通大学学报, 2013(1):19-24.
- [11] 刘颖, 李克平, 张振华. 城市商业区自行车停车需求预测方法及应用[J]. 华东交通大学学报, 2007(2):52-54.
- [12] 丁亚东, 熊刚. 基于单片机的智能防酒驾装置设计[J]. 机械制造与自动化, 2018, 47(5):130-133.
- [13] 许乃星, 戢晓峰. “U&B”模式下自行车停车需求预测研究[J]. 道路交通安全, 2009(5):37-40.

收稿日期:2018-12-07

(上接第21页)

2) 建立适合斜齿面齿轮接触问题的线性规划模型, 对单纯形算法加以改进, 求得齿面载荷分布和各接触位置的弹性变形, 给出了基于有限元和线性规划求解斜齿面齿轮副啮合刚度的方法。

3) 通过与传统的 Hertz 接触理论计算出的接触应力进行对比, 得到的误差均在 8% 以内, 证明了本文方法的有效性。

本文为斜齿面齿轮齿面接触问题提出了一种行之有效的计算方法, 给出了一种计算斜齿面齿轮副啮合刚度的途径, 为斜齿面齿轮传动中接触强度的分析提供了一定的理论基础。

参考文献:

- [1] 靳广虎. 正交面齿轮传动的强度与动力学特性分析研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
- [2] LITVIN. F. L., EGELJA. A., TAN. J., et al. Handbook on face gear drives with a spur involute pinion[M]. USA: HASA, 2000.
- [3] LITVIN F. L., FUENTES. A. Face-gear drive with spur involute pinion: geometry, generation by a worm, stress analysis[J]. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2002, 191(25/26):2785-2813.
- [4] 沈云波, 方宗德, 赵宁, 等. 斜齿面齿轮齿宽的设计[J]. 航空动力学报, 2008(4):754-758.
- [5] 赵宁, 曾晓春, 郭辉, 等. 斜齿面齿轮齿面仿真及其轮齿接触

分析[J]. 航空动力学报, 2008(10):1927-1932.

- [6] 方宗德. 斜齿轮齿面柔度矩阵与修形的有限元计算[J]. 航空动力学报, 1994(3):242-244.
- [7] WU S H., TSAI S. J. Contact stress analysis of skew conical involute gear drives in approximate line contact[J]. Mechanism and Machine Theory, 2009, 44(9):1658-1676.
- [8] YE. S. Y., TSAI S. J. Loaded tooth contact analysis of power-split gear drives considering shaft deformation and assembly errors[C]. ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 2015.
- [9] SHUTING. L. I. Gear contact model and loaded tooth contact analysis of a three-dimensional, thin-rimmed gear[J]. Journal of Mechanical Design, 2002, 124(3):511-517.
- [10] 纪名刚. 用有限元-线性规划法解弹性接触问题[J]. 机械设计, 1983(1):1-11.
- [11] T. F. Conry, A. Seireg. A mathematical programming method for design of elastic bodies in contact[J]. Journal of Applied Mechanics, 1971, 38(2):387-392.
- [12] 唐有光. 弹性体接触问题的线性规划解法[J]. 洪都科技, 2002(3):6-11.
- [13] 唐进元, 蒲太平. 基于有限元法的螺旋锥齿轮啮合刚度计算[J]. 机械工程学报, 2011, 47(11):23-29.

收稿日期:2018-12-20