

8 指导学生发表论文

序号	论文名称	期刊名称	学生	指导教师	时间
1	整经机的技术特点与发展现状	纺织器材	王琛	杜宇	2017
2	浅析整经机恒张力控制技术	棉纺织技术	王琛	杜宇	2016
3	基于 PLC 的整经机双闭环张力控制系统	科协论坛	范立松	杜宇	2022
4	基于位置阻抗的机器人接触碰撞控制研究	机械设计	袁秋杰	刘国华	2016
5	基于同性异形演变的羽毛球击球机构运动分析	中国机械工程学报	焉台郎	赵地	2017
6	爬楼车的现状和发展前景	工业技术	石佳明	岳建锋	2017
7	爬楼小车结构设计	科技资讯	石佳明	岳建锋	2017

(支撑材料如下)

• 综述

整经机的技术特点与发展现状

王琛¹, 杜宇¹, 杨涛¹, 王凌鹏², 邓先明¹

(1.天津工业大学,天津 300387;2.杭州匡时科技有限公司,杭州 311217)

摘要:为提高装轴质量和织机生产效率,对比分析纱线整经机、聚酯单丝整经机和金属丝整经机的发展现状、技术特点,详细介绍金属丝的整经工艺及整经张力控制方式,展现了整经机的发展趋势。指出:国产整经机未来发展必然趋向于高精度、高效率化,并在特种材料整经技术方面进行完善。

关键词:整经机;分类;技术特点;整经工艺;张力控制方式

中图分类号:TS103.322 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-9634(2017)05-0049-04

Technical Characteristics and Development Status of Warping Machine

WANG Chen¹, DU Yu¹, YANG Tao¹, WANG Lingpeng², DENG Xianming¹

(1.Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China;

2. Hangzhou Council Technology Co., Ltd., Hangzhou 311217, China)

Abstract: To improve the quality of the sizing shaft and efficiency of looms, comparative analysis is done of yarn warping machine, warping machines of polyester monofilament and metal wire regarding their technology development status and characteristics. Details introduction is made to the metal wire warping technology and warp tension control method. The development of warping machine is prospected. It is pointed out that the future development of domestic warping machine is bound to be high precision and high efficiency, and the special material warping technology will be further consummated.

Key Words: warping machine; classification; technical characteristics; warping process; tension control method

0 引言

整经是织造准备工序,是将一定数量的经纱按照工艺要求的长度和幅宽,以均匀、适当的张力平行卷绕到经轴上的过程。当今整经技术将机、电、气与计算机技术一体化,实现了整经设备的智能化、高速

化、高质量化和控制技术的自动化^[1-4]。整经机从形式上可分为分条整经机和分批整经机,笔者按整经材料又将整经机分为纱线整经机、聚酯单丝整经机和金属丝整经机等,下文将对分析整经机的技术特点、发展现状,介绍金属丝整经工艺及整经张力控制方式,以展现整经机的发展趋势。

1 整经机分类及发展现状

1.1 纱线整经机

纱线整经机,是应用较多的整经机。目前,国产各类纱线整经机技术水平已基本满足纺织企业对整经生产的要求,而在自动化控制、张力控制、整经速度方面与国外先进的整经机还存在一定差距。瑞士贝宁格(Benninger)公司以其独创的分条整经技术

收稿日期:2016-12-08

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(201510058068)

作者简介:王琛(1994—),男,湖北赤壁人,主要从事纺织机电一体化技术与装备方向的研究。

网络出版时间:2017-01-05 16:36

http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1131.TS.

20170105.1636.002.html

浅析整经机恒张力控制技术

杜宇 王琛 杨涛 赵利川

(天津工业大学,天津,300387)

摘要: 总结当前整经机采用的恒张力控制技术。阐述了整经张力模型和张力控制原理。介绍了磁粉恒张力控制、变频调速恒张力控制和伺服闭环恒张力控制,对比分析了三种恒张力控制技术的特点。认为:伺服闭环恒张力控制系统控制功率较小,过载能力强,可靠性好,精度较高,应用较为广泛。

关键词: 整经机;恒张力控制;磁粉控制;变频调速控制;伺服控制

中图分类号:TS103.322 **文献标志码:**B **文章编号:**1001-7415(2016)08-0082-03

Analyses of Constant Tension Control Technology in Warping Machine

Du Yu Wang Chen Yang Tao Zhao Lichuan

(Tianjin Polytechnic University, Tianjin, 300387)

Abstract Constant tension control technologies used in current warping machine were summarized. The warping tension model and tension control principle were introduced. Three kinds of constant tension control technology characteristics were contrasted and analyzed, including magnetic powder constant tension control, frequency constant tension control and servo closed-loop constant tension control. It is considered that servo closed-loop constant tension control system have lower power, higher overload capability, better reliability and higher accuracy. It has been widely applied.

Key Words Warping Machine, Constant Tension Control, Magnetic Powder Control, Frequency Control, Servo Control

整经是织造前的一道重要工序,它是将一定数量的经纱按照工艺规定的长度和幅宽,以均匀、适宜的张力平行卷绕到经轴上的过程^[1-3]。当今整经技术发展迅速,将机、电、气及计算机技术一体化,具有设备智能化、整经速度高速化、整经质量高质量、控制技术自动化等特点^[4]。整经机分为分批整经和分条整经,张力过大或者过小都会影响整经质量,进而影响下一道工序的顺利进行^[5-6]。因此,在整经过程中,保持张力恒定是控制的关键。

张力控制是整经设备控制系统中很重要的一个环节,主要是运用电子齿轮对经纱卷绕过程中的张力进行控制,保持整经张力的恒定。无论在生产效率方面还是在自动化操作方面,都在不断地改进和提高。恒张力控制技术主要包括磁粉恒张力控制、变频调速恒张力控制和伺服闭环恒张力控制。恒张力控制系统主要是以 PLC 或者单

片机为控制核心,将速度和张力传感器采集来的信号进行处理,通过与最初设定的纱线张力值进行对比,按照 PID 控制策略对数据进行处理与计算,实时地调整反馈控制信号,通过调整交流伺服电机或者变频电机的转速保持整经张力的恒定控制。本文对比分析了上述三种恒张力控制技术特点,并对应用较为广泛、控制精度较高的伺服闭环张力控制系统进行介绍,探讨整经机恒张力控制技术的发展趋势。

1 整经机张力模型分析

张力控制系统是一种输入量按照某种特定并可实时调节的规律而发生变化的特殊随动系统。张力的控制实质上是整个卷绕系统的核心,要实现较好的恒张力控制,建立一个张力数学模型是十分有必要的。通常,假设纱线在传动辊上传动时不发生滑动摩擦,只有黏滞摩擦,纱线的线速度与传动辊的线速度相等。考虑到两个连续的传动辊,从前一个传动辊的第一接触点到后一个传动

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(201510058068)

作者简介:杜宇(1988-),男,助教,duyu2219@163.com

收稿日期:2016-04-02

(3) 基于 PLC 的整经机双闭环张力控制系统

基于 PLC 的整经机双闭环张力控制系统

范立松 杜宇* 邓先明

天津工业大学 天津 300387

摘要: 本文设计了基于 PLC 的整经机双闭环张力控制系统, 介绍了控制系统的组成及工作原理。系统包括两个闭环: 速度闭环和张力闭环。张力可粗调, 也可微调, 同时能动态的调整张力, 使张力保持恒定。在收卷线速度闭环控制中, 采用卡尔曼滤波的 PID 控制算法, 对收卷伺服电机进行速度控制, 保证收卷线速度恒定。在片纱张力闭环控制中, 采用积分分离式 PID 控制算法, 使系统更加稳定, 避免过大的超调, 保证片纱张力恒定。

关键词: 恒张力控制; 双闭环; PID 控制

Double closed loop tension control system of warping machine based on PLC

Fan Lisong Du Yu Deng Xianming

Tiangong University, Tianjin, 300387

Abstract: This paper designs the Double closed-loop tension control system of warping machine based on PLC, and introduces the composition of the control system and working principle. The system consists of two closed loops: velocity loop and tension loop. The tension can be coarsely adjusted or fine adjusted, and the tension can be dynamically adjusted to keep the tension constant. Winding line speed closed-loop control, the PID control algorithm of kalman filter is adopted to control the speed of winding servo motor to ensure the speed is constant. Close loop control of tension of sheet yarn, the integral separation PID control algorithm is adopted to ensure the rapidity, stability and accuracy of the system response, avoid excessive overshoot, and ensure the tension of sheet yarn is constant.

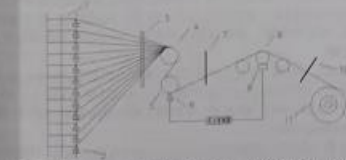
Keywords: Constant tension control; Double closed-loop; PID control

1 引言

整经是纱线织造前的一个重要工艺过程, 它是将数量一定的经纱按照工艺要求的幅宽和长度, 以恒定、适宜的张力按照平行的方式卷绕在经轴上的工艺流程^[1-3]。张力控制是纱线整经机控制系统中一个非常重要的环节^[4], 而由于随着整经会发生收卷根和放卷根上经纱缠绕直径发生变化, 故而单纯保证两个电机匀速运动并不能满足恒张力控制要求。张力控制包括两方面: 一方面是随着纱线卷绕长度的不断增加, 整经轴的直径也逐渐变大。收卷伺服电机要保证纱线收卷轴的线速度保持恒定, 张力不断的调整保持片纱恒张力在误差允许范围内波动; 另一方面, 收卷过程中收卷整经轴的直径、质量的递增, 收卷电机的转矩也随之递增, 以此来维持纱线整经过程中的卷绕张力稳定。

本文设计了以 PLC 为控制核心, 输入输出稳压直流电源、伺服驱动器、交流伺服电机以及断路器开关等执行元件和张力传感器电路共同组成的双闭环张力控制系统。采用卡尔曼滤波的 PID 控制算法, 保证收卷线速度恒定控制。采用积分分离式的 PID 控制算法, 保证片纱张力的恒定控制。张力传感器和张力控制器与磁粉制动器进行相互之间的检测及其反馈, 通过实时调整伺服电机的输出转速进而对整经张力进行恒定控制。

2 整经的工艺流程



注释: 筒子架 (1)、电磁制动器 (2)、屏风箱 (3)、导纱辊 (4)、张力调整辊 (5)、磁粉离合器 (6)、分绞箱 (7)、张力传感器 (8)、导纱辊 (9)、定幅箱 (10)、经轴 (11)

图1 整经机的工艺流程结构框图

整经机的工艺流程结构框图如 1 所示, 主要包括以下:

- 一、将纱线管安装到筒子架 (1) 的纱线轴上, 通过调整电磁制动器 (2) 板簧、摩擦片与铝片之间的位置, 对摩擦盘的摩擦阻力矩进行调整, 进而对单纱张力进行调控。
- 二、进行牵经。筒子架 (1) 上面的纱线, 依次由上到下, 从前到后的, 从左到右穿入屏风箱 (3) 内形成纱线片纱。片纱绕过导纱辊 (4)、张力

调整辊 (5), 依次穿过分绞箱 (7) 插孔内。将片纱穿过张力检测部分, 然后再经过定幅箱 (10), 最后将片纱带缠绕在经轴 (11) 上。

三、启动开关按钮, 查看触摸屏界面是否会出现报警故障信息。

四、点击触摸屏上的下一条带按钮, 水平移动伺服电机驱动丝杠使得整经轴移动到下一条带的整经起始位置。

五、依次重复上述四步骤, 就可以得到整个纱线缠绕的整经轴。

2 张力检测及控制原理

2.1 张力检测

在图 1 所示结构中, 张力检测元件为张力传感器 (8) 和导纱辊 (9), 测量原理为将张力转化为压力。用压力传感器充当张力传感器。

将纱线正确安装到装置后, 张力的大小将反应为纱线对导纱辊 (9) 的压力, 导纱辊 (9) 将压力作用在张力传感器 (8) 上, 忽略小变形影响, 张力传感器 (8) 所测量压力可以表达经纱张力大小, 完成对经纱张力的检测。

2.2 张力控制

张力控制装置为张力调整辊 (5) 和磁粉离合器 (6)。磁粉离合器现已广泛应用于造纸、印刷、塑料、橡胶、纺织、印染、电线电缆、冶金以及其他有关卷取加工行业中的放卷和收卷张力控制。若纱线张力经测量后经过计算有调整需求, 则又磁粉离合器 (6) 控制张力调整辊 (5) 对纱线张力进行调整。

3 控制系统组成及工作原理

整经机张力控制系统主要由参数输入部分、人机界面交互部分、控制部分、驱动部分、执行部分、检测部分组成。如图 2 所示, 人机界面交互部分是上位机, 上位机部分要完成参数设置、故障诊断、运行监控等; 控制部分采用可编程控制器 PLC 和张力控制器等; 执行部分主要有收卷和横移伺服电机、磁粉制动器、检测部分主要有限位开关、旋转编码器、张力传感器等。



图2 控制系统组成

基于位置阻抗的机器人接触碰撞控制研究*

刘国华^{1,2},袁秋杰¹

(1.天津工业大学 机械工程学院,天津 300387;
2.天津市现代机电装备技术重点实验室,天津 300387)

摘要:针对机器人分钢过程中末端与环境接触瞬间冲击振荡和力的不稳定性问题,提出了一种基于鲁棒自适应的位置阻抗控制方法。该方法通过内环的PD自适应控制器来跟踪期望轨迹,通过外环的阻抗控制器实现机器人末端与环境之间接触力的稳定性控制,实现了机器人由自由空间到约束空间快速、平稳的过渡和力的稳定性控制。在ADAMS与MATLAB/Simulink中搭建了联合仿真平台,对比分析了控制前后接触力的变化,联合仿真结果表明控制方法的有效性。

关键词:机器人;冲击振荡;阻抗控制;联合仿真

中图分类号:TP273 文献标识码:A 文章编号:1001-2354(2016)12-0063-05

DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2016.12.013

Contact impact control study between the robots based on position-impedance

LIU Guo-hua^{1,2},YUAN Qiu-jie¹

(1.School of Mechanical Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387;
2.Key Laboratory of Tianjin Advanced Mechatronics Equipment Technology, Tianjin 300387)

Abstract:Aiming at the unstable problem of shockwave and force at the tail end in the steel process. A kind of position impedance control method was proposed based on robust self-adapted proposed. In this method, the expected trajectory was tracked using the inner loop PD self-adapted controller. The stability control of the contact force between the terminal and environment was realized using the impedance controller of the outer loop. The co-simulation platform was established using ADAMS and MATLAB/Simulink. The variation of contact force before and after control was compared and analyzed. The co-simulation result showed that the control method was effective.

Key words:robot; impact oscillation; impedance control; co-simulation

棒材的自动化生产是钢铁企业亟待解决的一个问题,而分钢机器人^[1-2]的应用实现了对该问题的解决。然而当分钢机器人进行分钢时,与棒材接触碰撞会出现严重的冲击、振荡甚至不稳定问题,从而对机器人和接触环境造成损害,因此研究快速稳定、冲击力小的机器人接触碰撞控制是十分有意义的。文献[3]针对接触脱离问题,通过实时检测接触力,设计了机器人力前馈控制;文献[4]将机器人末端与环境接触碰撞过程分为:接近运动阶段、冲击振荡阶段、阻尼振荡阶段和稳定阶段;文献[5]提出利用加速度反馈为力控制提供阻尼,克服了单纯依靠速度反馈控制的局限,进而稳定力控制系统的方法;文献[6]设计了一种基于系统能量快

速衰减的机器人力/速度控制方法;文献[7]利用变参数控制,通过调整接触碰撞过程中不同状态的力反馈参数以实现力快速稳定的控制;文献[8]设计了自适应阻抗控制方法,实现了柔性机器人在不规则表面的稳定接触和运动。

为了实现机器人末端与环境接触过程的快速稳定控制,文中根据阻抗控制的离线任务规划少、鲁棒性好等优点,针对分钢机器人^[9]在实现棒材的全自动分钢过程中机器人末端与棒材相互接触时产生的冲击振荡和不稳定性问题设计了基于位置的阻抗控制方法,并利用ADAMS与MATLAB/Simulink搭建了未知环境下可对机器人进行鲁棒自适应控制的联合仿真平台。通

* 收稿日期:2015-08-04;修订日期:2016-06-20
基金项目:天津市科技计划资助项目(16YFFCZC00200)

基于同性异形演变的羽毛球击球机构运动分析

赵地, 杜玉红, 焉台郎, 王鹏超

(天津工业大学 机械工程学院, 天津 300387)

摘要: 依据羽毛球击球机构原理, 从同性异形原则出发得到演变机构, 对其运用复数法进行运动分析. 结合真实运动建立等效力学模型, 并利用仿真输出前后不同角度下的角速度, 直观反映了运动规律, 分析等效后的运动状态, 对比等效前后的角速度, 得出结果: 等效力学模型击球首末角速度具有良好的对称性, 为以后的机构分析与实际结构设计打下基础.

关键词: 同性异形演变; 等效力学模型; 运动分析; 功能关系

中图分类号: TH 122

文献标志码: A

文章编号: 1672-5581(2017)01-0021-06

Motion-reversion-based motional analysis on badminton batting mechanism

ZHAO Di, DU Yuhong, YAN Tailang, WANG Pengchao

(School of Mechanical Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: According to badminton batting principle, an evolutionary mechanism via motion reversion is proposed using complex-number for motional analysis. In combination with actual motions, an equivalent mechanical model is established. By using the angular velocity with various angles, the movement laws are intuitively reflected. With comparison of motional states, the good symmetry is detected between the initial and last batting angular velocities. Accordingly, this approach sets a basis on mechanism analysis and structural design.

Key words: motion reversion; equivalent mechanical model; motional analysis; functional relationship

羽毛球机器人作为一种新兴的体育类机器人, 在国内外均有一定的发展. 国外目前主要以结合视觉、机械手臂等高度机电一体化设备为基础, 设计出精度高、灵活度高、稳定性良好的羽毛球机器人, 如 Universal Robots 公司制造的 UR5 型机器人, 可以自主识别羽毛球的运动轨迹, 通过计算机预判处理来确定羽毛球的落点, 进而控制机械手让球拍运动到落点实现击球. 国内机器人主要侧重于机械机构并配以简单的机电传动系统, 比如大连理工大学采用通过离合器闭合电机带动击球机构运动完成击球.

本文讨论以气缸为动力源驱动连杆转动的“单级对心气缸平面连杆机构”为羽毛球击球机构的运

动分析. 运用同性异形演化原理^[1]将击球机构与其他结构对比, 为寻找类似功能提供一种方法, 并列出现机构的运动方程, 为以后的机构尺寸设计、气缸选型等改进提供帮助.

1 羽毛球发球击球机构原理与分析

相比力量与速度, 羽毛球比赛中竞技技巧更为重要, 所以为羽毛球机器人选择合适的机构来完成发球显得尤为重要. 本文选择气缸作为动力元件, 推动固定有羽毛球的连杆来进行击球, 可通过调整不同的气压来对击球的力度进行调整, 并通过调整

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 预)资助项目(2010CB334711); 国家自然科学基金资助项目(51205288); 国家级大学生创新创业训练计划资助项目(201510058053).

作者简介: 赵地(1985-), 男, 助教, 硕士. E-mail: 1345389794@qq.com

(6) 爬楼车的现状和发展前景

工业技术

2017 NO.12 科技资讯
SCIENCE & TECHNOLOGY INFORMATION

ISSN 1672-3791/2017/12-0099

爬楼车的现状和发展前景^①

石佳明 项佳磊 田爽 侯永涛
(天津工业大学 天津 300387)

摘要: 浅谈爬楼车的发展现状和未来的发展趋势,该文从爬楼车的现状和发展前景两个方面对爬楼车这一作品进行了全面的分析,在现状方面从爬楼车的机械爬楼原理开始介绍,从步行式爬楼车到履带式爬楼车,再到行星轮结构爬楼车,最后介绍复合式爬楼车,基本上把全球所有已有爬楼车的类型全部介绍了一下,在发展前景方面则是从我国建筑的基本国情和需求量两方面来说明发展前景的可见性。

关键词: 爬楼车 发展现状 发展趋势

中图分类号: F416.47

文献标识码: A

文章编号: 1672-3791(2017)08(a)-0099-02

Status and Prospects of Climbing Stairs Car

Shi Jiaming Xiang Jialei Tian Shuang Hou Yongtao
(Tianjin Polytechnic University, Tianjin, 300387, China)

Abstract: This paper analyzes the present situation and the development prospect of the climbing car from the two aspects of climbing car and the development trend of climbing car. In the current situation, we began to introduce the principle of climbing cars from the mechanical climbing. From the introduction of walking pedestrian climbing car and then to the crawler climbing car to the planetary wheel structure climbing car finally introduced compound climbing car. Basically all of the world has been climbing all the types of cars introduced a bit. In terms of development prospects, we are from the construction of China's basic national conditions and needs in two aspects to illustrate the development prospects of the observability.

Key Words: Climbing car, Development status; Development trend

综合目前市场已有的各类爬楼梯装置,分析其各自优缺点以后,再加上我国的发展现状以及使用和开发条件的限制,在此提出一种更加实用的爬楼方案,该文主要针对爬楼小车的主要结构进行设计。

1 轮组结构设计

轮组结构依照车轮的数量不同可以分为双轮式、三轮式、四轮式及多轮式等,该设计采用三轮式的行星轮结构,具体示意图如图1,该装置虽然上下楼时平稳性较低,然而其运动灵活,装置轻便,活动范围广,可适用于各种场合,而且由于在爬楼过程中有一个轮子可以作为支点,因此更加省力方便。

如图1所示,在两片行星轮夹板之间具有一个行星块,行星块中间开有键槽,然后通过螺栓与行星板连接,可以实现行星轮结构与主轴的同步转动,行星块上方为减震机构,该机构在爬楼时可以减轻车体震动,尽量避免承载物的损坏,该机构由减震弹簧、弹簧底板固定件、上端套筒件构成,其中减震弹簧主要实现搬运过程中减少车体震动的功能,弹簧底板固定件主要的功能就是固定弹簧,上端套筒部分实现减震部分与车轮固定件套轴的配合(图2)。

另外,在行星片上面还有一个狭长的孔,它的作用就是能够让轮子在承受重载,需要用到减震作用时,能够实现轮子的上下移

动,这样不但可以起到配合减震的作用,还能够适用于各种尺寸的楼梯。

2 防倒退结构设计

当人们应用爬楼小车进行运载重型货物时,难免会出现一些突发状况,比如工人体力不支,货物过重导致货车后退等,因此防倒退机构必不可少,该设计为应对这种情况采取了棘轮防倒退机构,它实现的功能为只允许小车单向运行,通过调整棘轮齿的



图1 行星轮结构



图2 减震结构

(下转101页)

①课题来源:国家级大学生创新创业训练项目(项目编号:201510058017)。

爬楼小车结构设计^①

石佳明 项佳磊 田爽 侯永涛
(天津工业大学 天津 300387)

摘要:文章简述爬楼小车的结构设计,从爬楼车轮组结构设计开始介绍,具体介绍了行星轮的减震功能;然后介绍了防侧滚结构设计;再介绍了载货面结构设计,对其中上下车架调节装置的作用作具体说明,最后得出结论,说明这款小车的可行性和合理性。

关键词:爬楼小车 行星轮 结构设计

中图分类号:F416.47

文献标识码:A

文章编号:1672-3791(2017)08(b)-0090-02

Abstract: Briefly introduce to the structure design of climbing car, This paper introduces the design of the structure of the cargo plane, and introduces the design of the cargo plane structure. The function of the upper and lower frame adjustment devices is described in detail. Finally concluded. Describe the feasibility and rationality of our car.

Key Words: Climbing car; Planetary wheel; Structure design

随着国家楼房高度的提高,人们对货物的搬运需求也在日渐提高,然而电梯高昂的成本并不能让电梯普及,所以迫切的需要设计出一款合理的爬楼小车来满足人们的需求。接下来笔者会从爬楼车的目前现状和发展前景两个角度来介绍一下爬楼车的魅力。

1 爬楼车的结构原理

首先从爬楼车的目前现状来了解一下爬楼车。其实在国内外这个课题发展得已经很不错了,国外第一架爬楼轮椅早在1892年就已经被一个叫做Bray的美国人申请专利^[1],此后许多国家对这个爬楼项目纷纷投入研究,其中以美国、英国、德国、日本等国家的设计结果最突出。在那些设计师的智慧下,大体出现了4种主流爬楼机构。

1.1 步行式爬楼车

这个结构的原理就是用腿爬楼,通过模仿人类或者动物的爬楼过程来设计出的成果。不只是类似于人类的双足左右配合爬楼,先将轮椅抬高,再平移一段距离来爬楼^[2],也可以模仿猫的四足配合爬楼过程。这按成果说应该是爬楼最稳、震动最小、结构最合理的结构,但是这种机构有一个通病,那就是控制太复杂。就拿人型爬楼机构来说,它的两条腿中每一条腿至少都有3个关节,也就是3个自由度,说明在这些关节的地方都是需要电机来提供动力的,这些外部结构的设计不难,但是对于它们的控制就难了,因为它是一个平稳爬楼的过程,所以需要涉及PID算法控制。在这个过程中需要反复地计算出3个电机之间的合适旋转角度来使抬腿和伸腿不会使整个机构倾倒。日本长崎大学机械工程系研究了一

种高阶爬楼梯装置^[3],它由一系列液压操作杆和前后两组星型轮构成,集步行式与轮组式设计理念于一体。装置通过星型轮的翻转上下楼梯,座椅底部的传感器检测装置的平衡情况,控制操作杆自动调节使装置在爬楼过程中始终位于稳定状态。不得不说在这一种步行式结构领域我国的发展现状令人堪忧。

1.2 履带式爬楼车

顾名思义这种车的结构模仿的是坦克履带结构,这种结构的优势很明显,它运行平稳,震动极小,可以在各种不规则地形上如履平地,还有就是它的传动效率极高,这个说明它在相同容量电池下的续航能力很强。毕竟电池这一领域的研究全世界都是一个大问题。当然它的缺点同样明显,它太笨重了,这是履带式结构的通病,在狭小的楼道里,转弯会是一个大问题。而且履带式的爬楼受力点是楼梯的边缘部分,这对楼梯必定是有损伤的,所以这种结构在民用这一领域很难推广。

1.3 行星轮结构爬楼车

这应该算是比较简单的一种机构,它相当于把圆形轮子分割了,平均分成二到四部分,就拿三行星结构作为例子,它是把一个三角形(三角形的边往内部成一个弧度,角部分向外突出)作为小轮支架,3个角的地方安装轮子,通过轮子交替作为支撑点来爬楼^[4]。这种结构很普遍,成果也很多,而国外的设计师在这种结构设计中的着重点在于平衡感的控制。在一种叫陀螺仪感应器件的帮助下,达到自动调节爬楼车的重心平衡。经过许多年的研究,美国设计师Dean Kamen率先发明了这种能够自动调整重心的两轮组式轮椅IBOT。但是这种主要用于病人之类的行动不便之人,所以它的设计理念核心在于加强人,所以成本在设计时

①基金项目:国家级大学生创新创业训练项目(项目编号:201510058017)。