

基于变胞机构原理的老年自助椅设计

孙技伟, 曹巨江

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要:以变胞机构在运行过程中的多功能阶段的特性为启示,结合平面连杆机构的构造方法,分析了变胞机构在自助椅设计及功能实现中的可行性。在进一步分析了我国老龄化社会现状的基础之上,提出了一种老年自助椅的原理设计模型,该机构综合了变胞机构和平面连杆机构的主要特点,可实现辅助老年人起立的功能。对此新型自助椅的结构和工作过程进行了详细的描述,同时给出了自助椅的典型变形构态。

关键词:变胞机构;平面连杆机构;自助椅;老人椅;设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)18-0054-04

Design of Self-help Chair for the Old Based on the Principle of Metamorphic Mechanism

SUN Ji-wei, CAO Ju-jiang

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: For the enlightenment from the characteristics of multi-functional stages of metamorphic mechanism, combined with the constructed methods of planar bar linkage mechanism, it analyzed the feasibility of design and function in the self-chair. Based on the further analysis of the status of our aging society, firstly, it proposed a design model of the principle of a self-help chair for the old. The mechanism combines key features of metamorphic mechanism and flat bar linkage mechanism, and it can achieve the function of assist the elderly to stand up. It described the structure and working process of the new self-help chair in detail, and gave the typical deformation structures.

Key words: metamorphic mechanism; planar bar linkage; self-help chair; chair for the old; design

由变胞机构的起源和发展历程可知,变胞机构应用在具有多个不同工作阶段的场合,并且从一个工作阶段到另一个工作阶段中,总是以改变机构的拓扑结构(由此改变机构的自由度)呈现出不同机构类型或运动性能来实现功能要求^[1]。因此变胞机构具有多功能阶段、多拓扑结构的特性,综合平面连杆机构的构造方法,可设计一种能辅助老年人起立的自助椅。这种自助椅可帮助老年人轻松自如地从坐姿转化为站姿,且能满足老年人靠立的需求。

1 老年自助椅的需求分析

2010年第六次全国人口普查主要数据公报显示,我国65岁及以上人口占总人口的8.87%,按照联合国

老龄化社会中65岁以上老人占总人口的7%以上的标准,我国已经进入老龄化社会^[2]。老年人一个很大的障碍就是下肢行动能力减弱,最后连正常的起立都比较吃力。“以人为本”是工业设计的出发点,工业设计不仅仅是产品设计,还应是对人类生活方式的设计^[3],老年人这个庞大的弱势群体需要一种能帮助他们起立的工具来满足日常生活的需要。另外,很多老年人都有坐姿困乏时靠立的习惯,但目前并没有专门的适合靠立的工具来满足老年人的这种需求。

面对庞大的老年人用品市场,目前并没有专门辅助老年人起立的座椅,而大部分具有辅助功能的座椅都是专门为行走不便且无法站立的下肢残疾人设计的。如手动轮椅和电动轮椅,这些主要是用来帮助残疾人实现自由移动的需求。部分智能型电动轮椅,如

收稿日期: 2011-04-05

作者简介: 孙技伟(1984-),男,陕西汉中,陕西科技大学硕士生,主攻先进制造技术和变胞机构。

美国的“iBOT3000独立机动系统”^[4]具有防滑越障和自由升降的功能,其售价高达18.5万元,但也不具备辅助人起立的功能,而国内市场的相关产品更是缺乏轮椅功能创新设计和技术研发,较之国外企业品牌差距大、开发滞后。因此,开发一种具有辅助起立功能的老人自助椅具有相当巨大的市场潜力。

2 老年自助椅的原理分析

基本机构特征信息是机械系统型综合的必要信息,可依功能约束条件和设计需求,通过特征匹配与寻找^[5],因此把研究对象分为四部分来设计:升降装置、座位翻转装置、靠背角度的调整装置和具有控制功能的变胞构件^[6]。以人从座椅上起立运动为依据,综合了重心升高、臀部由水平变竖直和背部角度小范围变化这3种运动,所以需要设计3种不同的装置来分别实现这些功能。同时需要考虑的是,这3种运动是有时间先后顺序的,因此利用变胞机构具有多个不同工作阶段的特性来实现其运动顺序的控制,先是重心升高,到一定高度后,座位开始翻转使得臀部由水平变为竖直;座位翻转的同时,靠背也随座位运动,其运动方式类似于平行移动,但有小角度的转动。为解决3种运动时间上的先后顺序,故采用具有控制功能的变胞构件将3种装置综合到一起。按此顺序运动符合人体起立过程的位置变化,使人能够轻松自如地由坐姿转化为站姿,实现辅助人起立的功能,并且在站姿状态下能靠立在椅子上。

老年自助椅的机构示意图1,其总体结构的设



图1 老年自助椅的机构示意

Fig.1 Diagram of the self-help chair

计思想为:(1)采用杆 l_1 和杆 l_2 组成的剪式机构作为升降装置,杆 l_2 与杆 l_3 通过铰链 D 相连,杆 l_1 与滑块2通过铰链 E 相连,将杆 l_3 作为整个自助椅的升降平台^[7];(2)

采用曲柄滑块机构作为座位翻转装置,杆 l_4 与杆 l_2, l_3 通过铰链 D 相连,杆 l_5 与滑块3通过铰链 G 相连,并将滑块 G 套在杆 l_3 上,杆 l_4' 与杆 l_4 以角度 θ_1 固定连接,将杆 l_4' 设计为自助椅座位的支承面;(3)采用移动导杆双滑块机构作为靠背角度的调整装置,杆 l_4' 与杆 l_8 通过铰链 I 相连,坐姿位置时,杆 l_4' 与杆 l_8 的角度为 θ_2 ,杆 l_6 与滑块3以角度 θ_3 固定连接,杆 l_6 与滑块4通过铰链 J 连接,把滑块4套在杆 l_8 上,将杆 l_8 设计为自助椅的靠背;(4)采用杆 l_6 与杆 l_7 作为变胞构件, l_6 与滑块2通过铰链 E 连接,杆 l_7 与滑块3通过铰链 G 连接,坐姿位置时,滑块2与滑块3相接触,杆 l_6 与杆 l_7 具有一个大于零度的夹角,上升过程中,杆 l_6 与杆 l_7 逐渐被拉平在同一水平线上,因此合并成一个杆承受拉力。

2.1 升降装置的原理分析

升降装置的机构示意图2,杆 l_1 与杆 l_2 等长,铰链

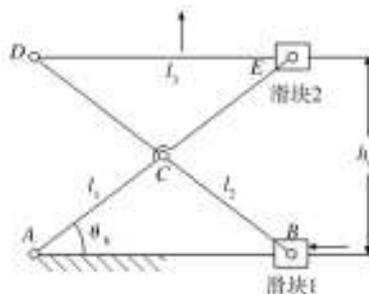


图2 升降装置的机构示意

Fig.2 Diagram of the mechanism for going up and down

C 的位置恰为两杆的中点,当滑块1水平移动时,杆 l_3 可随之做竖直升降运动。当自助椅为坐姿时,杆 l_1 与地水平线夹角为 θ_0 ,杆 l_3 与地水平线平行,高度为 h_0 ,且有 $h_0=l_1 \cdot \sin \theta_0'$;当自助椅完全展开为立姿时,杆 l_1 与地水平线夹角为 θ_0' ,杆 l_3 高度为 h_0' ,且有 $h_0'=l_1 \cdot \sin \theta_0'$,故该装置可调节的高度范围为:

$$\Delta h_0 = h_0' - h_0 = l_1 \cdot (\sin \theta_0' - \sin \theta_0) \quad (1)$$

2.2 座位翻转装置的原理分析

座位翻转装置的机构示意图3,杆 l_3 是翻转装置

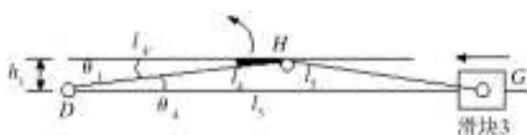


图3 翻转装置的机构示意

Fig.3 Diagram of the mechanism for rolling-over

的工作平台,在此可视为机架;杆 l_4 与杆 l_5 等长;铰链 H 位于杆 l_4' 的 $2/3$ 处,恰为人体重心所在位置。杆 l_4 和杆 l_4' 以角度 θ_1 固定连接在一起,可视为一个构件,并

将杆 l_4' 设计为座位的支撑面。当滑块3水平移动时, 杆 l_4 和杆 l_4' 就以铰链 D 为中心在一定角度内旋转, 便实现了座位的翻转运动。当自助椅为坐姿时, 杆 l_4 与杆 l_3 的夹角为 θ_4 , 且有 $\theta_4 = \theta_1$, 重心高度为 h_1 , 且有 $h_1 = l_4 \cdot \sin \theta_4$; 当自助椅完全展开为立姿时, 杆 l_4 与杆 l_3 的夹角为 θ_4' , 重心高度为 h_1' , 且有 $h_1' = l_4 \cdot \sin \theta_4'$, 故该装置可调节重心的高度范围为:

$$\Delta h_1 = h_1' - h_1 = l_4 \cdot (\sin \theta_4' - \sin \theta_4) \quad (2)$$

可使座位翻转的角度为:

$$\Delta \theta = \theta_4' - \theta_1 \quad (3)$$

综合考虑升降装置和座位翻转装置, 可得出自助椅整体升高的变化范围为:

$$\Delta h = \Delta h_0 + \Delta h_1 = l_1 \cdot (\sin \theta_0' - \sin \theta_0) + l_4 \cdot (\sin \theta_4' - \sin \theta_4) \quad (4)$$

2.3 靠背角度调整装置的原理分析

靠背角度调整装置的机构示意图4, 背部调整

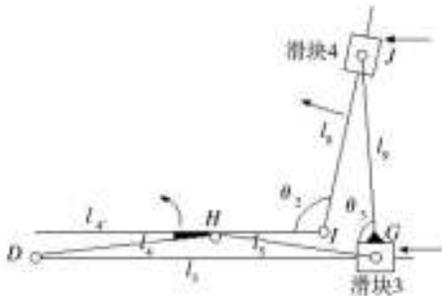


图4 靠背角度调整装置的机构示意

Fig.4 Diagram of the mechanism for adjusting the angle

装置是在座位翻转装置的基础上增加了杆 l_8, l_9 与滑块4, 并将杆 l_8 设计为自助椅靠背的支承面。当滑块3水平移动时, 铰链 I 随杆 l_4' 转动, 铰链 J 随杆 l_9 平行移动, 因而杆 l_8 综合了这2种运动的性质, 其运动轨迹近似于沿弧线的平行移动, 但有一个小角度的摆动, 与人体起立时背部的角度变化近似吻合。当自助椅为坐姿时, 杆 l_4' 与杆 l_8 的夹角为 θ_2 , 且有:

$$\theta_2 = 180^\circ - \arctan \frac{l_9 \sin \theta_3 - l_4 \sin \theta_4}{2l_4 \cos \theta_4 - l_9 \cos \theta_3 - l_4'} \quad (5)$$

当自助椅为立姿时, 杆 l_4' 与杆 l_8 的夹角为 θ_2' , 且有:

$$\theta_2' = 180^\circ - \arctan \frac{l_9 \sin \theta_3 - l_4 \sin \theta_4' - l_4' \sin(\theta_4' - \theta_4)/3}{l_4 \cos \theta_4' - l_9 \cos \theta_3 - l_4' \cos(\theta_4' - \theta_4)/3} + \theta_4' - \theta_4 \quad (6)$$

2.4 变胞构件对运动过程的控制原理分析

由于起立过程中, 自助椅的上升运动最先开始, 座位的翻转和靠背的角度调整是在座位上升到一定高度之后才发生的, 所以还需要采用变胞构件来解决运动过程的控制问题。

自助椅的工作过程: 用电机带动螺杆旋转推动滑块1沿箭头方向做水平运动, 滑块1水平移动时剪式机构开始工作, 使得升降平台杆 l_3 做竖直上升运动; 随着杆 l_3 的上升, 滑块2将水平向左运动, 杆 l_6 和杆 l_7 将被拉直合并成杆 l_6' , 见图5, 此时自助椅已经上升到



图5 变形后

Fig.5 After deformation

了一定高度; 同时滑块2与滑块3已通过杆 l_6' 连接, 滑块2可带动滑块3水平向左移动, 由杆 l_4, l_5 和滑块3组成的曲柄滑块机构开始运行, 座位支承面杆 l_4' 最终被翻转成的位置见图6。

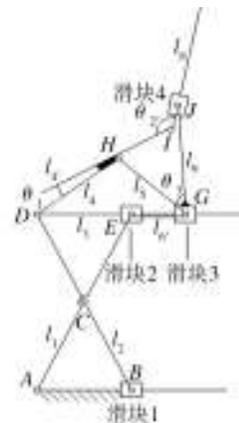


图6 完全展开

Fig.6 Complete unfolded

杆 l_6 随着滑块3一起水平移动, 从而带动滑块4也做水平移动, 而铰链 I 是随着杆 l_4' 一起旋转, 2种运动拟合在一起, 由铰链 I 和滑块4的空间位置决定了靠背杆 l_8 的角度, 自助椅完全展开之后, 座位支承面杆 l_4' 与靠背杆 l_8 之间的夹角变为 θ_2' 。

3 变胞机构的原理分析

该机构采用了杆件结合的变胞方式^[8-9],其变胞构件是实现自助椅不同功能阶段和运动控制的核心,因此是典型的变胞机构。在自助椅的展开过程中,由于几何尺寸的限制,使杆 l_6 和杆 l_7 被拉直合并成杆 l_6' ,改变了有效杆件数,同时改变了机构的拓扑结构。

变胞过程还将动力传递到座位翻转装置和靠背角度调整装置,使自助椅从单纯的上升运动变为3种运动同时进行,实现了不同功能阶段的转化。用计算机进行三维机械辅助设计和制造(CAD/CAM),是改善机械产品的一个有效的手段^[10]。应用三维软件对此自助椅建立了模型,验证了其功能的可行性,见图7。

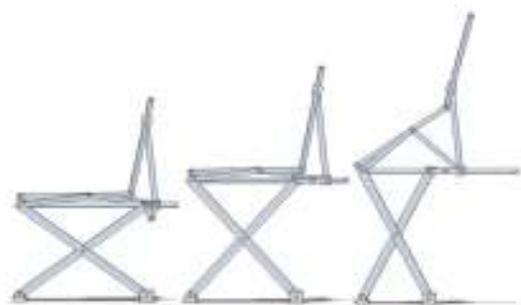


图7 自助椅的三维模型

Fig.7 3D model of self-help chair

4 结语

笔者在变胞机构具有多功能阶段和多拓扑结构特性的启发之下,通过改变有效杆件数达到改变机构拓扑结构,最终改变机构不同阶段功能的目的,并充分利用平面连杆机构的构造方法,简要提出了一种老年自助椅的原理设计模型。变胞机构不但具有很高的机构学理论价值,而且还具有十分广泛的应用价值,特别是对其多功能阶段和多拓扑结构特性的研究,将会设计出更多有实用价值的机构。目前对变胞机构研究还处于发展阶段,随着对变胞机构

研究的深入,将有更多的发现,也将在更广阔的领域得到应用^[11]。

参考文献:

- [1] 王德伦,戴建生.变胞机构及其综合的理论基础[J].机械工程学报,2007,43(8):32-42.
- [2] 马建堂.人口年龄结构的变化说明我国老龄化进程逐步加快[EB/OL].2010年第六次全国人口普查主要数据公报(第1号).[2011-04-28].http://www.gov.cn/wszb/zhibo449/content_1854006.htm.
- [3] 李琳,薛艳敏,张磊.机构置换设计方法研究[J].包装工程,2010,31(20):7-10.
- [4] 袁华祥,刘香香.基于马斯洛需求层次理论电动轮椅创新设计探析[J].包装工程,2009,30(7):85-87.
- [5] 张丽萍,王德伦.二自由度基本机构特征状态方程及其应用[J].中国机械工程,2007,18(2):130-135.
- [6] 柯江岩,林荣川.变胞机构的结构组成及实现方法[J].机电技术,2007(3):36-37.
- [7] 葛永飞,郑晨升,白路.舞台升降机构的分析和设计[J].陕西科技大学学报,2004,22(6):108-111.
- [8] LIU C H, YANG T L. Essence and Characteristics of Metamorphic Mechanisms and Their Metamorphic Ways[M]. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [9] 李端玲,张忠海,戴建生,等.变胞机构的研究综述与展望[J].机械工程学报,2010,46(13):14-21.
- [10] 高波,张晓桂.结合MATLAB仿真的可视化包装机械创新设计[J].包装工程,2006,27(6):43-45.
- [11] 陶兴旺,曹巨江.基于变胞机构特性的汽车遮阳篷原理设计[J].包装工程,2010,31(6):39-42.