

起坐辅助产品功能分析与设计研究

李伟湛, 杨先英, 胡琴
(重庆交通大学, 重庆 400074)

摘要: **目的** 研究基于动作过程的产品设计模式。**方法** 通过观察人们起立、坐下的过程, 开展功能分析, 描述腿部各支点变化的规律, 构建多点支撑, 形成设计参考指标, 利用工业设计的方法进行产品设计。**结论** 完成了草图、数字化模型、3D 打印模型的设计构建, 展现设计过程, 为后续研究及同类产品提供有效的指导建议。

关键词: 起坐辅助; 行为分析; 工业设计; 多点支撑

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)14-0128-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.14.024

Analysis and Design Research of the Aided Product for "Stand-Sit"

LI Wei-zhan, YANG Xian-ying, HU Qin
(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

ABSTRACT: It aims to make a research on product design mode based on the action. By observing the process of people's standing and sitting, the function analysis is carried out, the rules of the variation of each leg in the leg are described, the multi point support is constructed, the design reference index is formed, and the product design is designed by the method of industrial design. The design and construction of the sketch, digital model and 3D printing model are completed, showing the design process and providing effective guidance for subsequent research and similar products.

KEY WORDS: stand-sit aided; action analysis; industrial design; multi-points supporting

目前, 面向老年人、残障人士的无障碍设计与通用性设计备受关注。许多城市、社区在护栏、扶手、楼梯等位置设计了无障碍设施。日本借助发达的机器人技术, 研发了辅助人行走的步行装置, 极大减少体重对膝盖的压力, 帮助人们登上台阶, 携带重物。国内外学者对此类人机交互产品进行了广泛研究。Gero 提出 FBS 框架, 在功能层和结构层之间引入了行为层, 由交互方式产生创新方案^[1]。从结构、行为、功能之间的关系, 获得功能与概念方案的映射关系。另外研究人员也提出了 FBS 模型^[2-3]。本文基于老年人的运动机能, 进行起坐过程的行为分析, 观测力支点的转移过程, 研究过程辅助的装置创意, 为同类产品的设计提供指导和建议。

1 老年人的身体机能

目前, 世界老年人口数量庞大且增长速度快。据联合国专题项目研究估算, 到 2050 年, 平均每 5 个人中将会出现一个老年人, 2010—2050 年世界老龄人口历史数据及预测数据见表 1。我国目前也正面临社会老龄化的严峻问题, 虽然二胎政策开放, 但短

表 1 2010—2050 年 世界老龄人口历史数据及预测数据
Tab.1 Historical data and forecast data of the world's aging population from 2010 to 2050 year

2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2050年
7.7亿	7.9亿	8.2亿	8.5亿	8.9亿	10.3亿	20亿

收稿日期: 2018-01-21

基金项目: 重庆市教委项目 (KJ1500525); 重庆市基础与前沿研究计划项目 (cstc2017jcyjAX0248)

作者简介: 李伟湛 (1980—), 男, 广东人, 硕士, 重庆交通大学副教授, 主要研究方向为工业设计方法、计算机辅助设计和产品创新方法。

期内仍然无法减缓老龄化的趋势。预计到 2020 年，我国 65 岁以上的老年人数量将占全国总人口的 11.8%。

老年人由于身体机能衰退，在行动过程中动作缓慢，特别是下肢肌肉力量下降的情况较为明显。他们在起立和蹲下的动作过程中，若稍有不慎，则容易跌倒或昏厥，因此，腿部的支撑及动作过程的力量辅助是设计师需要关注的问题。

2 设计分析

首先通过拍摄视频对人在站立到坐下的运动过程进行实时捕捉和分析，研究人在运动过程中的生物力学特征变化，探讨老年人下肢肌肉力量衰退对站立和坐下等动作的影响，揭示人体的运动轨迹，为老年人辅助产品的设计提供理论依据和启示^[4-6]。设计人员需在工业设计的研究范围内，关注产品与动作之间的交互关系，了解用户行为的规律以及和各类产品之间的关系，只有这样，才能设计出合理、便利、愉悦的产品^[7-8]，进而创造更好的用户体验。

2.1 动作过程分析

进行侧面角度的视频拍摄，记录人坐下和起立的过程。坐下与起立的过程是互逆的，在许多研究中，大多认为行为是连接产品结构和功能之间的桥梁^[4-5]。

将站立到坐下的运动过程分为 4 个阶段，见图 1。第一阶段：身体完全直立，处于站立平衡状态；第二

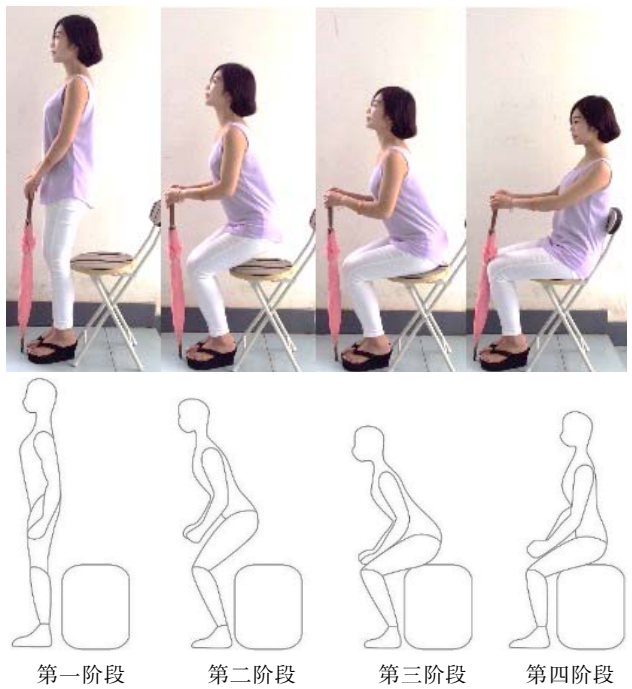


图 1 站立到坐下过程的 4 个阶段
Fig.1 Four phases of "stand-sit" process

阶段：身体向椅面靠近，直到髋、膝关节达到最大值；第三阶段：身体前倾，产生一个向上和向前的动力；第四阶段：人此时坐在椅子上，处于一种静止的平衡状态。由上图分析可以得出，第二和第三阶段是重要的阶段，也是肌肉力量变化较为复杂的阶段。

通过分析人体从站立到坐下的运动过程，以及肘关节、髋关节、膝关节的曲线变化，可以看出髋关节力矩基本在未离开椅面的时候就已经达到了最大值。各关节运动轨迹线见图 2。结合该运动过程，笔者对视频记录的动作过程进行了叠加分析，见图 3。

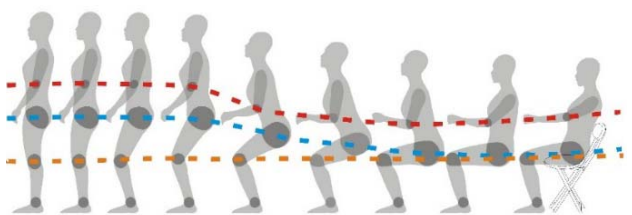


图 2 各关节运动轨迹线
Fig.2 The moving points of joint

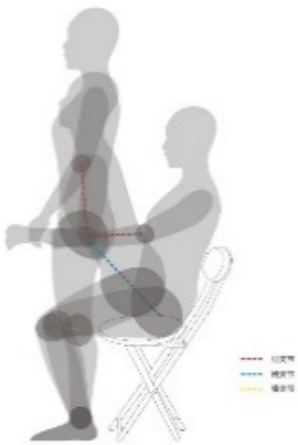


图 3 动作过程叠加
Fig.3 Action process superposition

在对老年人的调查中，可以发现，老年人经常出现“膝盖发软”、“腿不听使唤”等问题，膝关节控制能力逐渐减弱。部分老年人在运动过程中身体前倾的角度大于年轻人，下肢肌肉力量严重不足。图 2 上方的红色虚线表示肘关节的运动轨迹，中间的蓝色虚线表示髋关节的运动轨迹，下方的黄色虚线表示膝关节的运动轨迹；图 3 可以看出膝关节是人体最复杂的关节，也是人体下肢最重要的关节。人体的站立运动主要依靠人体下肢的力量，但这种力量是一种重心从静止到动态平衡的连续运动的过程。在运动过程中髋关节的运动幅度是最大的，因此，在设计产品的时候一定要考虑髋关节到膝关节的力矩大小，这样产品才能支撑和辅助老年人完成从站立到坐下的运动过程。

通过对人体站立与坐下的运动轨迹的分析，可以发现，老年人下肢肌肉力量的衰退是老年人站立困难

的主要原因,需要对老年人的膝关节力矩进行辅助,从而增加力矩的输出,帮助老年人完成从座椅站立起来的动作,减轻膝关节的负重。

2.2 功能分解

通过动作过程分析,提出一种多支点支撑的方式。从图3中获得多点支撑的变化位置,对两个关键部分的辅助支撑进行功能设置。动作过程的功能分解见图4,黑色虚线为肘部支撑过程中的(a)、(b)、(c)3个位置的支持功能标识;蓝色虚线为腿部3个位置①、②、③的支撑功能标识。通过功能的分解与连贯,获得辅助产品的基本功能简图,(j)、(k)分别是站立、坐下两个状态的示意。其中,腿部的支撑位置随着身体进行旋转^[9-10]。为验证结构的可行性,笔者对基本的功能结构进行了模型制作,采用16 mm×16 mm的方形管材、15KG的气压支撑管、魔术贴绷带、螺杆螺栓、方管塞等部件,制作了简易的功能结构模型,见图5。

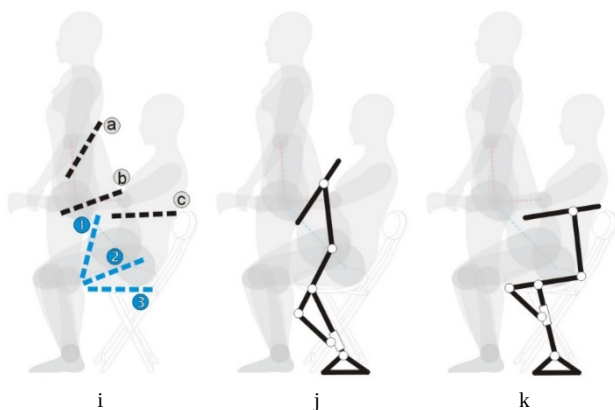


图4 功能分解

Fig.4 Functional decomposition



图5 功能结构模型

Fig.5 Function structure

3 设计创意及细化

设计人员进行了产品的创意设计与细化分析。为适应生活中的多种场景,该产品的坐面仅针对腿部、膝盖、手肘做多点支撑设计,臀部不做整体支撑设计。对设计方案进行构思展现,其整体造型采用具有亲和力的设计风格。其中扶手位置采用圆润且贴合手部抓握的造型;腿部位置采用一体化成型的塑料材质,贴合腿部的肌肉曲面;支撑装置整体结构可变,适应老年人在坐下、起立时的动作过程;下方竖向支撑杆内部安装空气压杆,可减缓大腿肌肉的支撑力,在起立过程中,给腿部一定的支撑;底部采用防滑支撑结构,防止设施打滑。创意草图见图6。

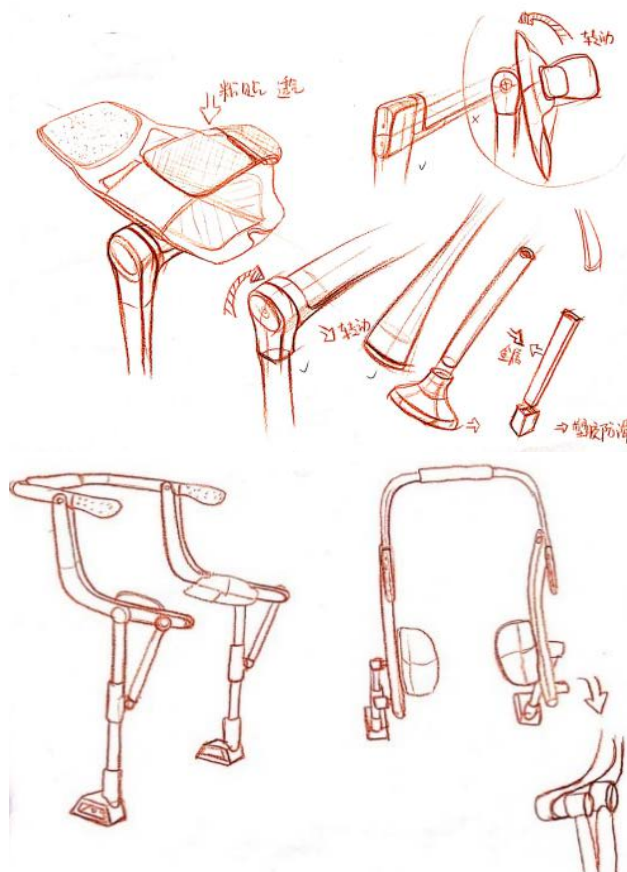


图6 创意草图

Fig.6 Idea sketches

4 数字化设计及模型制作

经过对设计方案的反复讨论、推敲、细化,确定了设计方案三视图,进一步构建的数字化三维模型,数字化、实物模型制作见图7。利用3D打印技术,进行等比例的实物模型制作。整体外观造型采用圆润且具有亲和力的设计特征,产品主色采用耐脏的浅灰色,局部采用清新、干净的天蓝色。



图 7 数字化和实物模型
Fig7 Digital and solid models

5 结语

随着老龄化社会的发展,人们越来越需要更多的动作辅助设施及产品。本文针对起坐辅助产品进行了功能分析与设计过程的探索,为同类产品的设计提供了一定参考;提出一种起坐辅助的概念性设计装置,目前主要针对固定的厕所及沙发两处较为常用的场景。为了适应更多的使用场景,可考虑采用折叠结构实现便携的方式。由于研究条件的限制,所以目前该研究方案仅对结构方式进行了实物模型的测试,后期将开展相关研究。同时,由于产品和人机工程的复杂性,较难适用于所有场景,后续笔者将会作进一步的创新与探索。

参考文献:

- [1] GERO J S. Function Behavior Structure Paths and Their Role in Analogy Based Design[J]. Artificial Intelligence in Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 1996, 10(4): 289—312.
- [2] SHIMOMURA Y, YOSHIOKA M, Takeda H, et al. Representation of Design Object Based on the Functional Evolution Process Model[J]. Journal of Mechanical Design, 1998, 120(7): 221—229.
- [3] GOEL A, RUGABER S, VATTAM S. Structure, Behavior and Function of Complex Systems: the SBF Modeling Language[J]. International Journal of AI in Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Special Issue on Developing and Using Engineering Ontologies, 2009, 23: 23—55.
- [4] 邓益民, 郑堤. 机电产品功能与行为表达方法综述[J]. 工程设计学报, 2008, 15(3): 164—169.
DENG Yi-min, ZHENG Di. Review on Function and Behavior Representation Methods for Mechatronic Products[J]. Journal of Engineering Design, 2008, 15(3): 164—169.
- [5] 石亮, 邓益民. 辅助装配装置行为过程研究及其“笨环”特性[J]. 机械设计, 2009, 28(4): 1—4.
SHI Liang, DENG Yi-min. Research on Behavioral Process of Auxiliary Assembly Devices and Their Phenyl-Loop Behavior Characteristics[J]. Journal of Machine Design, 2009, 28(4): 1—4.
- [6] 郑林欣. 基于用户行为的产品设计原则[J]. 包装工程, 2016, 37(14): 73—76
ZHENG Lin-xin. Product Design Rules Based on the User Behaviors[J]. Packaging Engineering, 2016(14): 73—76
- [7] 马跃. 限制因素在交互设计中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(10): 55—57.
MA Yue. Application of Limiting Factor in Interactive Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(10): 55—57.
- [8] 辛向阳. 交互设计: 从物理逻辑到行为逻辑[J]. 装饰, 2015(1): 58.
XIN Xiang-yang. Interaction Design: from Logic of Things to Logic of Behaviors[J]. Zhuangshi, 2015(1): 58.
- [9] SURESH K. A 199-line Matlab Code for Pareto-Optimal Tracing in Topology Optimization[J]. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2010, 42(5): 665—679.
- [10] ZHAO F. A Meshless Pareto-optimal Method for Topology Optimization[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2013, 37: 1625—1631.