

家用环境下高龄失能者的排泄护理产品研究

刘淼, 叶璐, 吴倩, 傅众杰
(华东理工大学, 上海 200237)

摘要: **目的** 对家用环境下高龄失能老人排泄护理产品进行研究, 针对现存产品不适用家用环境、智能性不足等问题提出相应的解决方案。**方法** 运用走访观察法、文献检索法、对比分析法等调研方法, 融合物联网、人机工程学等相关技术。对比分析近5年来国内外相关产品及技术中存在的不足与问题, 同时从产品受众的需求出发, 分析高龄失能者与照料者的行为动作从而得出设计需求。**结论** 聚焦于保持高龄失能者的社会性、自我效能感, 并保证产品的信息可达性, 提出了产品辅助实现高龄失能老人无障碍交互的新型居家养老模式, 设计兼具智能实用性及情感传达性的护理产品, 并提出聚焦于材料研究、尺寸优化、穿戴部分研究以及产品外观风格的研究方向。

关键词: 高龄失能者; 家用; 排泄护理; 智能; 人文关怀

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)08-0166-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.08.023

Excretory Care Products for the Elderly Disabled in Home Environment

LIU Miao, YE Lu, WU Qian, FU Zhong-jie

(East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

ABSTRACT: The work aims to study the excretory care products for the elderly disabled in the home environment, and propose the corresponding solutions to the problems such as the inapplicability of the existing products in the home environment and the lack of intelligence. The deficiencies and problems of relevant products and technologies at home and abroad in the past five years were compared and analyzed by means of visiting and observation, literature retrieval and comparative analysis, and integrated with such related technologies as Internet of Things and ergonomics. At the same time, based on the needs of the product audience, the behaviors and actions of the elderly disabled and the caretakers were analyzed to obtain the design requirements. A new home-based care model for the elderly disabled's barrier-free interaction assisted by the proposed product is put forward by focusing on maintaining the sociality and self-efficacy of the elderly disabled and ensuring the accessibility of product information. A care product with intelligent practicality and emotional communication is designed. The research direction focused on material research, size optimization, part of wearables research and product appearance style research is proposed.

KEY WORDS: the elderly disabled; home; excretory care; intelligence; humanistic concern

丧失生活自理能力的80岁以上老人称为“高龄失能者”。近年来随着高龄失能人口的迅速增长, 我国的专业医护人员资源紧缺, 居家养老必然是未来的发展趋势, 但居家失能护理设备尤其是排泄护理设备

市场仍存在巨大空缺。本文通过深入调研高龄失能者及相应护理者的方式, 对其需求做出真实、恰当的分析; 结合专业的护理要求(包括兼顾高龄失能者生理及心理因素), 设计一款能够真正满足居家护理环境

收稿日期: 2019-12-01

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(51905175); 上海市设计学IV类高峰学科资助项目(DA17014); 华东理工大学大学生课余研究计划项目(20170044)

作者简介: 刘淼(1984—), 男, 浙江人, 博士, 华东理工大学副教授, 主要从事工业设计、计算机辅助设计、感性工学研究。

的产品。

1 研究背景

目前,我国已经进入老龄化快速发展的阶段,其中,高龄老年人口(80岁及以上)占老龄人口的13.9%,老年人的健康状况不容乐观,失能、半失能老年人口数量较大,全国失能、半失能老年人大致4063万人,占老年人口的18.3%^[1]。高龄失能者的增长意味着需要更多的护理人力资源,而我国目前护理人力资源短缺,具体表现在每千人口护士数为1.4以及医护比例为1:0.8^[2]。

《“十三五”国家老龄事业发展和养老体系建设规划》指出,要构建以居家为基础、社区为依托、机构为补充、医养相结合的养老服务体系,支持居家养老,并将其作为支撑。然而,受计划生育政策的影响,我国现有的家庭结构主要为“4-2-1”和“4-2-2”^[3],子女供养高龄失能老人的压力大,这之间的矛盾表现在老年人希望得到子女的照顾,而子女因工作需要,不能长时间照看老人。因此,本文提出家用环境下的高龄失能者清洁护理产品的设计方案。

2 高龄失能者日常生活能力评估

2.1 高龄失能者日常生活能力(ADL)

“失能”是失去最基本日常生活能力(BADL)的略称,BADL包括进食、更衣、沐浴、如厕、控制大小便6项指标。根据世界卫生组织(WHO)推荐的

日常生活能力(ADL)量表进行失能筛查,ADL评分 ≥ 15 分,视为失能,包括部分失能和完全失能。据研究结果发现,高龄失能老年人身心健康水平较差^[4],且随着年龄的增加,老年人躯体功能衰退,患慢病种类和数量增加。生活能力下降也导致失能老人活动能力受限,社交圈子缩小,这与其孤独、无助感增加有关^[5]。综上所述,为提供给高龄失能者照料更好的照料产品,生理因素及心理均需全面考虑。

2.2 高龄失能者如厕及控制大小便问题

BADL中的如厕行为包括尿壶、便盆和厕所的使用及会阴部的清洁和衣服的整理。依据Barthel指数评分表(一种ADL评分方法),在如厕行为上,失能者均处于“依赖别人”或“需要部分帮助”的层次。在大小便行为上,失能者均处于“失禁或昏迷”或“偶尔控制,即小便每周24小时 < 1 次 \cap 每周 > 1 ,大便每周每周 < 1 次”的层次。以上两项行为均涉及个人隐私,在居家养老中是亟需完善和解决的问题。

3 居家排泄的人—机—环境因素分析

3.1 居家环境特点

现有市场上存在的老年人智能排泄护理产品,大多为医用环境设计,但居家环境有着不同于医用环境的特点,相应的居家产品必然有不同的设计需求。项目成员走访了上海康泰之家申园及浙江省湖州市德清第一人民医院,观察并走访了相关的老人群体,所得结论见表1。

表 1 医用环境与家用环境特征分析

Tab.1 Analysis of characteristics of medical environment and home environment

| | 医用环境 | 居家环境 | 居家产品设计要求 |
|------|--|---|--|
| 时间 | 使用周期 产品使用周期长,一台设备可持续给多位老人使用。 | 产品使用周期短,在老人过世后产品将长时间无需使用。 | 成本低;方便收纳 |
| 相关人群 | 人工照料 24小时实时专业人工照料,护理人员可及时接收到老年人的需求。 | 子女有工作无法24小时陪在老人身边安,而聘请全天保姆成本很高,也难有专业人工照料。 | 智能化辅助老年人排泄,能够主动检测、预测到老年人的需求,并予以满足。 |
| | 紧急处理 专业护理人员能够在护理中及时了解老年人的生理信息变动,并对紧急情况做出正确处理。 | 难以做到24小时实时人工监控,非专业人士也难以做出正确的判断。 | 机器能够实时监测老年人的身体状况,将紧急情况及相应解决措施建议反馈给监护人。 |
| | 周围人群 老年人处于同年龄的人群之中,可满足一定的社交需求。 | 现有子女家庭一般邻里关系缺失,子女不在家时老年人很难有与外界的交流通道。 | 产品辅助老年人完成一些社交行为。 |
| 空间 | 气氛 干净、卫生,较严肃的公共环境。 | 温馨、舒适,较轻松的家庭环境。 | 保证干净卫生的前提下,有舒适、令人愉悦的外观及功能,适合家用环境。 |
| | 空间布局 床位固定,整齐排列而高效利用空间。 | 家具用品多,床位布置需不影响正常的居家生活及家具摆设。 | 符合家具产品的人机工程尺寸,外型不宜过于奇特。 |

3.2 高龄失能者心理特点

3.2.1 高龄失能者对亲人的依存

调查中发现 75.4% 的老年人选择家庭养老, 愿意在家庭中与子女一起生活, 度过晚年生活; 70.6% 的老年最需要“亲人”照顾自己^[6]。因此, 选择居家养老的高龄失能者希望可以得到子女(非正规照料者)足够的关怀照顾, 而子女会因工作忙碌等原因无法长时间照看老人。这对之后的设计需求是: 产品能够协调老人与子女之间的需求, 一方面在子女无法照顾高龄失能者时, 产品能够替代子女完成对高龄失能者的一部分排泄照料; 另一方面, 子女仍需参与对到高龄失能者的照料之中。

3.2.2 高龄失能者的心理健康问题

在子女照料高龄失能者时, 高龄失能者又会因其自身身体机能不足而引发一系列心理问题。在排泄护理方面, 高龄失能者的排泄有时间不确定、一次排泄

过程长等特点。这表明高龄失能者需要照料者的时刻关注和照顾, 这在一定程度上会引发高龄失能者的悲观自弃倾向以及自我效能感的丧失, 给其带来“自己无用”“自己是子女的负担”等不良的心理暗示^[7]。除此之外, 还会涉及其隐私与自尊问题。因此应当优化高龄失能者的家庭照护环境, 这对之后的设计需求是: 产品要解决其排泄问题, 给与其自我效能感, 保证隐私与自尊, 同时也要注意产品在老人与子女之间的介入程度, 在不触及其心理敏感的范围, 仍由子女提供照料。

3.3 竞品分析

市场现存的高龄失能者排泄护理产品分为智能与非智能两种, 其中非智能产品可解决部分家用环境需求, 而智能产品现多只存在于医用环境中。笔者对比分析了市场上现存的 4 款有代表性的排泄护理产品, 并对其做出了定量及定性的特点分析(“5”为最佳, “0”为最差), 结果见表 2 和表 3。

表 2 市场现有代表性产品定量特点分析

Tab.2 Quantitative characteristic analysis of existing market representative products

| 现有产品 | 是否智能产品 | 使用便捷性 | 卫生清洁度 | 舒适度 | 环保 | 是否适合家用 |
|---------|--------|-------|-------|-----|----|--------|
| 纸尿裤 | 否 | 5 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 接尿器 | 否 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 便盆 | 否 | 1 | 2 | 0 | 5 | 3 |
| 医用智能护理机 | 是 | 5 | 4 | 3 | 5 | 1 |

表 3 市场现有代表性产品定性特点分析

Tab.3 Qualitative analysis of existing market representative products

| 现有产品 | 优势 | 不足 |
|---------|---|---|
| 纸尿裤 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 一次性产品, 更换清洁的工作量小; 2. 使用时轻便灵活, 佩戴者老龄失能者能够轻松移动, 适合家用; 3. 产品柔软且贴合老人身体, 佩戴舒适, 对皮肤的刺激性小; 4. 立体围护, 有效防侧漏。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 一次性产品, 浪费且不环保; 2. 从排泄到清洁有一定的时间延迟, 不够卫生。 |
| 接尿器 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 尿袋可多次拆卸清洗, 无需对高龄失能者的身体进行多次移动; 2. 护理者的工作量减小, 使用便捷; 3. 高龄失能者的尿液可以及时排出, 减少浸尿的可能。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 贮尿袋容量有限; 2. 会因护理者的误操作导致出现漏尿、尿回流等问题; 3. 只能接尿, 无法处理高龄失能者的粪便; 4. 乳胶硅胶材质, 有过敏的可能性; 5. 高龄失能者无法灵活活动身体。 |
| 便盆 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 便盆可以重复使用, 相对环保; 2. 非排泄时段高龄失能者无需在身上佩戴任何东西, 比较舒适; 3. 护理者时刻关注到高龄失能者的排泄状况, 进而关注其身体状况。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 护理者的工作量比较大; 2. 需要频繁移动高龄失能者的身体, 舒适度不高; 3. 对高龄失能者的排泄观察会存在延迟, 导致排泄物粘在身体上, 细菌感染。 |
| 医用智能护理机 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 配合医用护理床可实现大小便全自动护理, 保证卫生清洁; 2. 通过操控护理床可辅助老人翻身, 能够更科学、全面地照料老人; 3. 护理者的工作量小; 4. 保护老人的排泄隐私。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 老人排泄时易发生侧漏; 2. 连接老人身体部位的装置较硬, 佩戴不舒适; 3. 必须与医用护理床配合使用, 且外形设计偏向医用, 不适合居家使用环境。 |

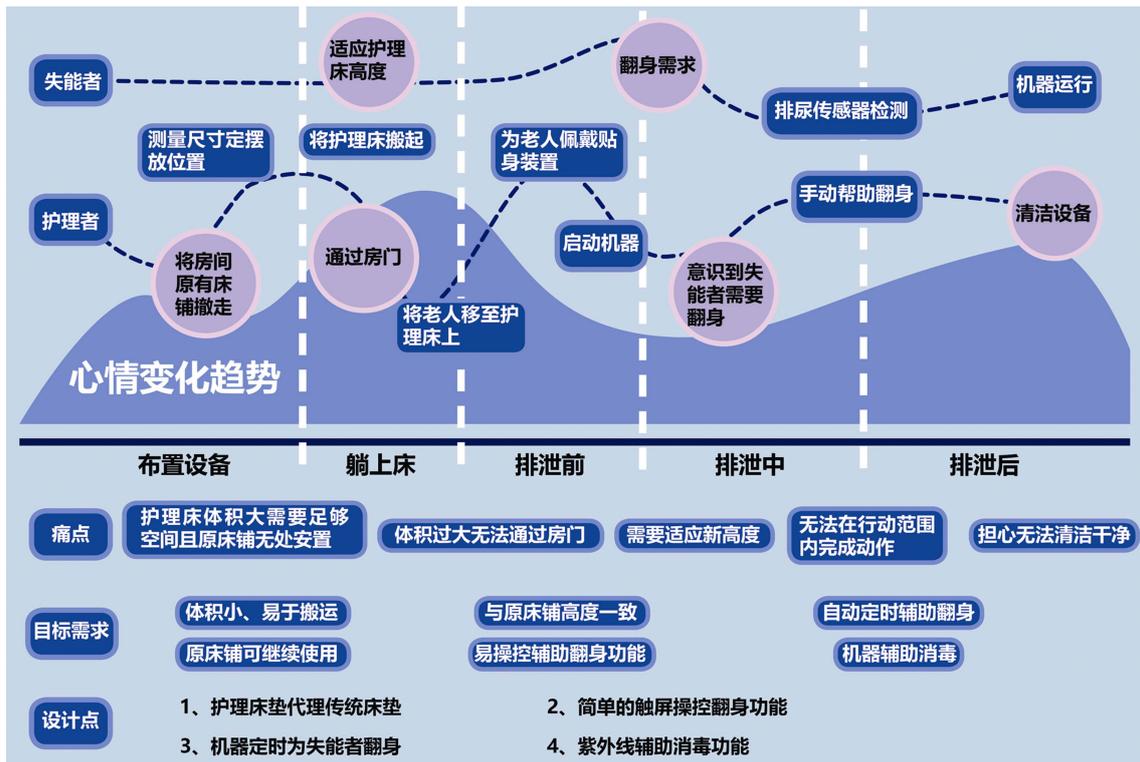


图 1 用户旅程图
Fig.1 User itinerary

市场现有产品均没有完全满足家用环境使用需求，存在着不环保、非智能、使用不舒适、护理者工作量大等问题，故家用高龄失能者排泄护理产品仍存在着巨大的市场空缺。

4 解决方案

4.1 用户旅程图及产品创新点

通过对上文调研及分析的总结，汇总为用户行为及痛点需求的用户旅程图示，见图 1。以目前的护理床为例，从失能者和护理者两方出发，通过对他们动作的分解以及痛点目标的分析，得出相应的解决方案及设计点。

通过分析可知，在现有医用护理床使用过程中，护理床的布置和对高龄失能者的实时看护是两个造成使用者心情变化急剧下跌的痛点，故后续产品设计也将着眼于这两个需求点。

项目成员针对以上调研成果及需求分析，设计了一款智能家用排泄护理机，产品整体外观见图 2。本产品由智能可折叠床垫（执行器）、老年人佩戴装置（检测器）及主机（控制器）组成，可实时监控老年人的生理状况，预测护理失能者排泄，对意外状况采取相应的反应措施。

产品主要创新点有 2 个。

1) 取代现有非智能家用高龄失能者排泄护理产品，采用检测器、执行器、控制器三位一体流程的护



图 2 产品整体外观
Fig.2 Overall appearance of the product

理形式为失能者提供自动化护理，减轻监护人的护理负担，并能够提供更专业、及时的护理措施；

2) 用可折叠床架取代现有医用可折叠床，减少家用产品购买成本，即购买者只需将产品置于原有普通床位之上；床架可折叠而便与收纳；采用了更符合体感、颜色温和的材料，适合居家环境使用。

4.2 主机

主机组成部分：机箱、主机控制面板、空气加热管、紫外线消毒灯、污水管/清水管、污水存放桶及清水存放桶、基本操作按钮&紧急停止按钮、滚轮，组成部件拆分见图 3，组合顺序见图 4。

主机能够实现清洗液储存容器和污废液收纳箱的空间优化：本产品通过优化设置储存器及收纳箱空间

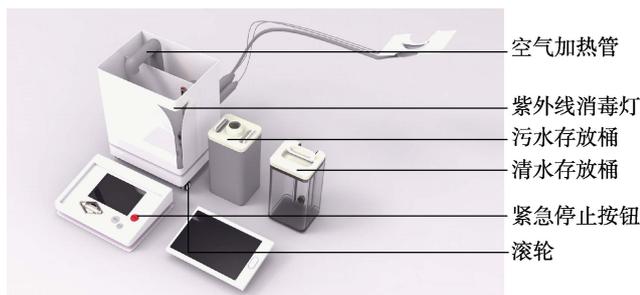


图3 主机组成部件图
Fig.3 Host component diagram



图4 主机组合顺序
Fig.4 Host combination sequence

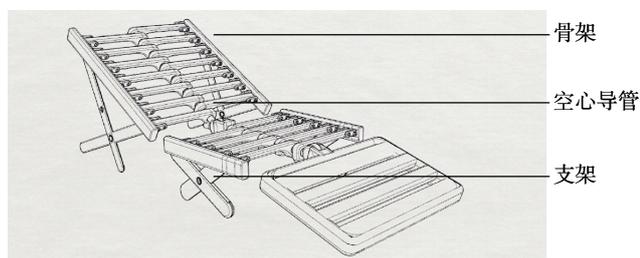


图5 可折叠床架结构图
Fig.5 Structure diagram of folding bed frame

的方法最大限度存储清洗液和污废液,且容器可手动取出清洗,让子女参与照料高龄失能者排泄护理的部分内容,增加双方互动的同时避开高龄失能者心理敏感的范围,实现了智能护理与资源存储一体化的设计构想。

主机增添了紫外线消毒装置:解决排泄物长期储存带来的卫生问题。选用紫外线消毒技术原因如下:该物理消毒方式已较为成熟,不会产生二次污染;杀菌效果好、操作维护方便简单;消毒效果不受水体pH和温度的影响^[8-10],故适用于高龄失能者的排泄护理,可清理减少细菌,避免高龄失能者皮肤感染。

主机设置有紧急停止控制键:具备紧急处理能力,当产品操作出现错误,可一键停止,保障高龄失能者的安全。

主机下方增设减震万向轮:用添置万向滚轮的主机取代现有医用设备的半固定式主机,符合家用环境下主机灵活可调的需求,减轻子女负担,减少产品对

正常居家生活的影响。

空气加热管实现水温可控:产品对高龄失能者的护理不应造成二次伤害。本设计方案对清水管输出的水进行加温,保证在42℃的人体适宜水温,当水温升高超过43℃时立即停止加热,超过45℃时智能切断水源防止烫伤人体^[11],不刺激高龄失能者的皮肤,保证体感舒适。

4.3 强化人机佩戴接口的可用性

实现老年人贴身佩戴,上有湿度检测器、重力感应器可检测老年人排泄状况,及时反馈信息给主机后,通过秽物管道将排泄物导入主机中,并启动连接在其上的清水通风管道,辅助老年人排泄。

4.4 运用折叠结构增加空间可用率

针对医用护理床难以进入家用环境的问题,本产品使用折叠护理床架代替了普通床架,可将床架置于家用普通床架之上,见图5。折叠护理床架降低了购买成本,使床架同样能够给普通人使用;折叠结构也解决了收纳的问题。

折叠床垫通过可转动骨架、空心导管、支架以及床垫的材质提高了对高龄失能者的护理质量,使得护理符合人体工学。

可转动骨架辅助翻身:老人长期卧床缺少活动,姿势单一,易在骨突处出现压疮;为卧床老人每两个小时定时翻身^[12]可缓解压疮的发生。家用环境下照料者难以实现全天24小时照料,故本产品增设辅助翻身智能设备来释放人工,解决久卧引发的压疮问题。可转动骨架分为上左、上右、中左、中右和下5个板块,机器会在一定时间段内为老年人进行一定幅度的翻身。而失能者同样能够通过主机面板的操作,实现床垫辅助翻身的功能。

增加空心导管:床架中部下方有一空心导管,排泄污秽物管道及清水通风管道可经由通过,一侧连接贴身佩戴装置,一侧连接主机清洗液储存容器和污废液收纳箱。

增设支架实现坐位排泄:人体排泄时,坐位为最佳体位,卧床者如能坐起也应采取坐位^[13],但现有高龄失能者排泄护理产品均只能实现使用者的卧姿排泄,本产品通过增加支架的设计,使床架能够支撑在床上,可藉由主机控制抬起一定的角度。通过检测传感器反馈失能者的排泄信号,床架即可通过主机控制抬高一定角度,辅助排泄。

符合家用环境的床垫外观及材质:选用棉麻作为床垫材料。棉麻保暖贴身,吸湿性、透气性较好,且不易起球易于护理,将材料对高龄失能者带来的二次伤害减小到最低,并适合家用温馨、轻松的环境。

4.5 产品使用流程与人机分析

表4将使用者使用流程与产品功能一一对应,并对以上产品功能特点进行汇总表述。

表 4 使用流程与功能特点
Tab.4 Usage flow and functional characteristics

| 使用流程 | 功能特点 |
|--------------------|---|
| 护理者将护理床垫安置在家中 | 1. 床垫尺寸能够适应大多数家庭用床, 护理者只需将产品架于床的主体之上; 2. 主机下方的减震万向轮设置可让护理者在家中轻松移动主机。 |
| 失能者平躺于产品之上, 佩戴相关设备 | 1. 床垫表层选用棉麻材料, 保证舒适性、透气性, 满足卫生要求; 2. 佩戴装置与失能者身体贴合, 选用柔软、可透气的防水材料, 在使用过程中防止液体外泄的同时, 保持透气性与失能者身体的干燥洁净。 |
| 护理者为产品水箱添水并启动机器 | 护理者为主机中的清洗液储存容器装满清水, 可保证 24 小时左右产品的正常使用。 |
| 失能者排泄 | 1. 佩戴装置中的湿度检测器、重力感应器感应到失能者即将排泄的状态, 并将信息反馈给主机; 2. 主机控制床架抬起一定高度, 使失能者坐位排泄; 3. 佩戴装置中的清水通风管道, 辅助失能者排泄, 通过秽物管道将排泄物导入主机之中, 并用温水、热风完成失能者身体的清洁干燥。 |
| 护理者清洗污废液收纳箱 | 1. 24 小时左右的持续使用后, 护理者需取出主机中的污废液收纳箱进行清洗; 2. 紫外线消毒灯设计, 减少细菌滋生。 |
| 失能者翻身 | 1. 根据失能者的生理习惯与护理要求, 机器可每隔一定时间辅助老年人翻身; 2. 失能者同样能够通过主机面板的操作, 实现床垫辅助翻身的功能。 |
| 失能者身体数据反馈 | 产品在每日护理失能者的过程中收集其身体信息, 如排泄频率、排泄物健康状况等, 护理者可查看信息数据实现对失能者身体状况的监控。 |
| 突发状况紧急制动 | 主机上有紧急制动按钮, 当产品操作出现错误, 可一键停止。 |
| 产品收纳 | 在不使用本产品时, 可以折叠收纳成更小的体积放置在家中。 |

5 结语

应对当下高龄失能者医护比例不足的问题, 针对社会居家养老的发展趋势, 本文从人(包括高龄失能者、护理人、监护人等)、机、环境出发, 明确了市场现存的需求与痛点, 并提出了相应可能的解决方案。同时, 本文对市场现存产品进行了定量和定性的分类剖析, 发现现存产品已解决和尚未完全解决的用户需求点。本文提出了一款现有技术可实现的智能家用排泄护理机。产品的“智能”和“可折叠床架”两个创新点解决了市场现存产品“非智能”、“不适合家用”的两个弊端。此外, 产品的其他各个设计细节也均从前文分析得出的需求出发, 转化为了相应的可实现的解决方案。

产品的未来研究方向主要为 4 个方面: 材料研究、尺寸优化、穿戴部分以及产品外观风格。在材料方面, 未来研究将对比更多材料, 兼顾防水与透气, 优化材料的选择。在尺寸优化方面, 将进一步搜集最新的高龄失能者身体尺寸大数据, 按照人机工程学的要求, 优化尺寸范围。在穿戴部分的研究方面, 适应使用者的胖瘦以及骨盆的大小等方面, 确定穿戴部分腰围等的可调尺寸范围。在产品外观风格的研究方面, 本产品将确定更多的配色以及产品外观的升级以适应更多的居家风格。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国民政部, 中华人民共和国财政部, 全国老龄办. 第四次中国城乡老年人生活状况抽样调查成果[Z]. [2016-12-22].
Ministry of Civil Affairs of the PRC, Ministry of Finance of the PRC, The National Working Commission on Aging. The Fourth Sampling Survey of the Living Conditions of Chinese Elderly in Urban and Rural Areas[Z]. [2016-12-22].
- [2] 刘宇, 郭桂芳. 我国老年护理需求状况及对老年护理人才培养的思考[J]. 中国护理管理, 2011(04):8-12.
LIU Yu, GUO Gui-fang. Demand status of elderly nursing in China and thoughts on the cultivation of elderly nursing talents[J]. China nursing management, 2011(04): 8-12.
- [3] 王瑞竹. 老年人长期护理保险发展中的政府行为研究——以海拉尔地区为例[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
WANG Rui-zhu. Government Behavior in the Development of Long-term Care Insurance for the Aged a Case Study of Hailar Region[D]. Nanning: Guangxi University, 2017.
- [4] 陈长香. 应对老年人健康问题的家庭/社区/社会支持体系[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(23): 3-5.
CHEN Chang-xiang. Family/Community/Social Support System for Coping with Health Problems of the Elderly[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2013, 33(23): 3-5.

- [5] 王黎. 养老机构老年人总体健康状况及影响因素[J]. 中国老年学杂志, 2016, 36(8): 5-6.
WANG Li. General Health Status and Influencing Factors of the Elderly in Nursing Institutions[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2016, 36(8): 5-6.
- [6] 李婧, 罗茹茹, 董茂江, 等. 老年人护理需求调查研究[J]. 医学与哲学, 2016(23): 55-58.
LI Jing, LUO Ru-ru, DONG Mao-jiang, et al. Investigation and research on elderly care needs[J]. Medicine and philosophy, 2016(23): 55-58.
- [7] 徐慧蓉. 家庭养老模式下失能老年人心理健康问题及其影响因素探究——基于河北省张家口市的访谈调查[J]. 老龄科学研究, 2017(4): 55-62.
XU Hui-rong. Research on Mental Health Problems of Incapacitated Elderly under the Family Endowment Model and Its Influencing Factors Based on the Interview Survey in Zhangjiakou, Hebei Province[J]. Scientific Research on Aging, 2017(4): 55-62.
- [8] LAZAROVA V, SAVOYE P, JANEX M L, et al. Advanced wastewater Disinfection Technologies: State of the Art and Perspectives[J]. Water Science & Technology, 1999, 40(4/5): 203-213.
- [9] LAZAROVA V, JANEX M L, FIKSDAL L, et al. Advanced Wastewater Disinfection Technologies: Short and Long Term Efficiency[J]. Water Science & Technology, 1998, 38(12): 109-117.
- [10] LIBERTI L, NOTARNICOLA M, LOPEZ A. Advanced Treatment for Municipal Wastewater Reuse in Agriculture[J]. Ozone Science & Engineering, 2000, 22(2): 151-166.
- [11] 程润东. 智能马桶设计的要点及原则[J]. 江西建材, 2016(19): 249-251.
CHENG Run-dong. Key Points and Principles of Intelligent Toilet Design[J]. Jiangxi Building Materials, 2016(19): 249-251.
- [12] 上海福苑养老事业发展中心. 失能老人长期照护实务——压疮护理[J]. 社会福利, 2010(11): 40-41.
Shanghai Fuyuan Center for the Development of Elderly Care. Long-term Care Practice for Disabled Elderly People Pressure Ulcer Care[J]. Social Welfare, 2010(11): 40-41.
- [13] 张影. 失能失智老年人的排泄照料[J]. 社会福利, 2015(4): 45-46.
ZHANG Ying. Discharge Care for Incapacitated and Mentally Retarded Elderly[J]. Social Welfare, 2015(4): 45-46.

(上接第 153 页)

- ZHANG Yi, LU Chao, ZHANG Hu, et al. Workshop Layout Optimization Based OB Differential Cellular Multi-objective Genetic Algorithm[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(4): 727-734.
- [8] COSKUN A. Simulated Annealing Algorithm and Layout Optimization for the Contents of a Web Page[C]. International Conference on Electronics Computer Technology. IEEE, 2011.
- [9] BALAKRISHNAN J, CHENG C H, WONG K F. FACOPT: a User Friendly Facility Layout Optimization System[J]. Computers & Operations Research, 2003, 30(11): 1625-1641.
- [10] 许彧青, 孟庆鑫, 杨治, 等. 基于粒子群优化算法的控制面板布局优化方法研究[J]. 高技术通讯, 2012, 22(8): 869-874.
XU Yu-qing, MENG Qing-xin, YANG Zhi, et al. An Optimizing Method of Control Panel Layout Based on Particle Swarm Optimization[J]. High Technology Letters, 2012, 22(8): 869-874.
- [11] 周娜, 徐克林, 郭爽. 基于遗传算法的车间布局多目标优化[J]. 工业工程, 2011, 14(5): 104-109.
ZHOU Na, XU Ke-lin, GUO Shuang. GA-Based Multi-objective Optimization of Workshop Layout[J]. Industrial Engineering Journal, 2011, 14(5): 104-109.
- [12] TROIANO L, BIRTOLO C, ARMENISE R, et al. Optimization of Menu Layouts by Means of Genetic Algorithms[C]. European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization. Springer-Verlag, 2008.
- [13] COLBORNE G. 简约至上: 交互式设计四策略[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
COLBORNE G. Simple and Usable Web, Mobile, and Interaction Design[M]. Beijing: Post & Telecom Press, 2011.
- [14] GOLDBERG D E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning[M]. MA: Addison-Wesley, 1989.
- [15] 金菊良, 杨晓华, 丁晶. 标准遗传算法的改进方案——加速遗传算法[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(4): 8-12.
JIN Ju-liang, YANG Xiao-hua, DING Jing. An Improved Simple Genetic Algorithm: Accelerating Genetic Algorithm[J]. System Engineering Theory and Practice, 2001, 21(4): 8-12.
- [16] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
ZHOU Ming, SUN Shu-dong. Genetic Algorithms Theory and Applications[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1999.