

多学科集成下的老年智能产品设计研究

徐 静

(郑州轻工业大学, 郑州 450002)

摘要: **目的** 基于多学科集成理论, 分析老年智能产品设计现状, 在了解老年用户群体对产品需求的基础上, 进行设计实践创新方法研究。 **方法** 通过阐明多学科集成方法中系统化、框架化、协同化、优化算法等理论, 针对使用者、设计者双方进行分析, 寻找出产品设计过程中存在的问题, 在服务设计原则和多学科集成的理论支持下, 进而推导出设计思路和方法。 **结论** 提出老年智能产品设计的基础是用户的操作体验和特定需求, 设计过程涉及多学科、多目标; 以“多目标实现”“多学科综合系统模型”“新技术融合”等应用实例, 解释了如何解决产品设计过程中, 由于用户需求复杂所产生的计算复杂性和选择复杂性等问题, 优化了设计框架, 归纳了设计信息, 提升了设计过程的合理性、高效性和准确性。

关键词: 多学科集成; 老年智能产品; 需求复杂性; 优化框架; 多目标实现

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)18-0144-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.18.018

Process Optimization of Multidisciplinary Integration in Intelligent Product Design for the Elderly

XU Jing

(School of Arts, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT: Based on multidisciplinary integration theory, this paper analyzes the current situation of intelligent product design for the elderly, and studies the process optimization ideas in design on the basis of understanding the product needs of the elderly users. By expounding the theories of systematization, framing, collaboration and optimization algorithm in multidisciplinary integration method, the platform users and designers are analyzed to find out the problems existing in the process of product design, and then the optimization ideas and methods are deduced with the support of service design principles and multidisciplinary integration theory. It is proposed that the design of intelligent products for the elderly is based on the users' operating experience and specific needs, and the design process involves multi-disciplinary and multi-objective. With the application examples of "multi-objective realization", "multi-disciplinary integrated system model" and "new technology integration", this paper explains how to solve the problems of calculation complexity and selection complexity caused by complex user requirements in the product design process, optimizes the design framework, sums up the design information, and improves the rationality, efficiency and accuracy of the design process.

KEY WORDS: multidisciplinary integration; intelligent products for the elderly; complexity of demand; optimization of framework; multi-objective realization

近年来, 国家卫生健康委员会办公厅等部门相继就我国老年产业发展出台相关政策, 具体体现在智慧健康养老产业体系、扩大养老服务消费、建设产学研协同成果转化推广平台、发展银发经济等方面, 持续

推动我国老年产品的生产与发展, 在创新和智慧型老年产品设计、研究、开发等环节深入探讨, 更关注老年用品的品质化、适老化和适用性。党的十九大报告提出: 我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的

收稿日期: 2022-07-15

基金项目: 河南省科技攻关计划项目 (202102310361)

作者简介: 徐静 (1979—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事产品设计创新方法研究。

美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾^[1]。2015 年在国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见中,提出要促进智慧健康养老产业发展,支持智能健康产品创新和应用^[2]。创新设计成为国家创新体系的重要生力军,为经济社会的发展贡献了重要的生产力^[3]。围绕老年用品创新升级、可穿戴老年日用辅助产品、适老化智能终端产品开发,以及便利老年人使用智能化产品和服务应用等老年智能产品的设计研究,顺应了老龄化社会的新需求,也产生了新的设计目标。产业结构不断升级、互联网科技迅速发展更加推动了老年智能产品设计的升级优化。在老年人个体行为变迁、群体变化与社会变迁交织、技术和制度创新及政策改革等相关的社会变革中,利用多学科集成平台,深入研究智能产品设计过程优化,用产品的升级与研发来应对社会生活的发展,是“用设计解决老龄化问题”“用设计改变生活”的实践根基。

1 多学科集成与老年智能产品设计的关系

1.1 老年智能产品设计及产业现状

我国老年智能产品的研究起步较晚,也存在很多问题。以往的老年智能产品设计往往集中在医疗、保健类别中,医疗特性较为明显,有些产品甚至伤害了被护理者的尊严,一定程度上增加了其精神负担。设计研究的目的单一,功能是产品设计的全部,未考虑使用者的心理感受、情感需求等问题;设计研究的过程单一,忽略了其他相关学科对满足用户综合需求的帮助,导致产品使用体验不佳。

针对老年智能产品的研究,在国内,目前哈尔滨工业大学等较为突出,其中外骨骼助力服装等项目,从人体技能衰退等角度介入,解决了一部分需求问题。国外关于老年智能产品的研究主要聚焦于关节助力与多关节协同助力老年群体的安全等方面。比如日本信州大学开发出了采用聚氯乙烯凝胶作为驱动单元的行走助力装置,通过改变驱动助力单元的电压情况,对髋关节运动提供可达 94N 的助力/矩^[4]。以上成果在研究和设计的过程中,都加入了大量相关学科的辅助。随着我国大数据平台的搭建与 5G 通信的发展,人工智能、VR/AR 增强显示技术、高科技材料以及芯片技术等一系列信息科技,为老年智能产品的升级迭代提供了技术支持和更大的发展空间。

然而,面对整个群体的需求复杂性问题,在多学科集成介入产品设计的各个环节中,目前的研究深度和规模还远不能与之匹配。

1.2 多学科集成在产品设计过程中的意义

老年群体的特征和需求随着社会发展也逐步发生了变化。设计研究者应当改变对以往老年群体的消极偏见,从用户视角出发,考虑老年人生理及心理需

求,紧扣痛点进行分析研究,为老年人提供有温度有情感的设计。通过使用产品,提升老年人生活质量,增强在社会发展中的参与度,改变老年群体被社会边缘化的现象^[5]。

随着科技的发展,单一功能和单一关注点的智能产品设计,已经落后于时代需求,服务设计和体验设计已经成为趋势^[6]。新技术、新工艺、新材料等工程与技术科学类学科^[7],艺术、社会、经济、教育等人文类学科,信息科学等自然科学类学科和医药科学类学科,在设计中协同解决用户复杂需求,发挥了各自的重要作用。在新文科、新工科、新设计的思潮推动下,基于多学科集成平台的产品设计研究,将在对应的老年智能产品研发中呈现出巨大的技术创新优势和研究优势。

2 老年智能产品设计及用户研究

2.1 老年用户需求研究

从目前工业设计发展情况的分析来看,产品要结合现有的生活方式和人们不断更新的生活理念,从单一的产品设计本身为中心转变为基于多元、系统化、综合化与智能化、科技化的产品开发设计理念;并行设计、协同设计日益增多,以新技术的导向为产品转型要求,人文关怀设计、用户体验设计、服务设计不断发展。大量增长的老齡人口,对智能产品市场来说是一个重要的需求群体。在互联网与信息化和大数据的发展背景下,全国老龄办在 2012 年就提出了智能化养老的理念^[8],积极支持和鼓励相关科研单位、设计公司等开展老年人智能产品设计,让越来越多的老年人群也可以享受到信息化社会中,智能产品赋予生活的舒适与便捷。如 HUAWEI X Gentle Monster Eyewear II-智能眼镜产品,将眼镜与蓝牙耳机进行一体化设计,通过多学科集成平台,优化设计过程,最终实现通过简单操作解决老年人群的听力障碍、手机交互和视觉生理退化等问题。

随着老年智能产品市场不断扩大,各大生产设计机构也针对性地推出了众多新品,但这些产品或多或少存在操作复杂、界面设计繁琐和用户体验差等情况,不能真正满足特殊群体的需求。老年智能产品除了要充分考虑安全、舒适、易用等原则外,还要针对新时代下老年群体的需求,比如医学健康保养、日常照顾、心理慰藉和财务保障方面^[9],做出更多的研究与分析。老年人生理特征的变化,心理、情绪的转变,往往都趋向衰退和消极,整体运动能力降低,加之日常生活中缺乏陪伴和照顾,不愿意去尝试新事物,渐渐与社会脱节,情感需求逐渐提升^[10],相对于生理上的照顾,心理上的关怀同样值得研究。

另一方面,在过去的半个世纪中,人类的平均寿命有了明显的提高,据专家预测,60~79 岁在十年内

会变为称为“后”中年期；80~99岁为老年期；100岁以上才是“后”老年期。刚经过更替后的50年代、60年代的新老年已被逐渐成为“后”中年期的一代，更加具有现代社会个体发展的特征。更多老年人在65岁到达退休年龄后，退而不休，健康状况良好，还有充沛的精力和充分的时间追求更多的物质和精神需求，并且更加注重个人价值的延续和二次实现。经历了中国的工业时代发展再到信息化时代的变迁，他们中的大部分人熟悉并且愿意接受科技发展影响下不断更新智能产品，老年人感兴趣的智能产品见图1^[11]。

2.2 老年智能产品设计过程中的问题

在智能产品高速发展的市场环境下，许多老年智能产品为了达到抢占市场的目的，强调功能的多样化，这种功能的简单堆砌，对于老年人来说，反而会带来使用上的障碍^[12]。在看似丰富的产品形式中，并未真正考虑用户深层次的需求，在设计过程中，对操作障碍、心理健康等关键性问题也没有提出很好的解决方案。

现代设计中的用户需求已经从单一转向多元，产品设计也应多层次考虑用户需求，从艺术与科学二元

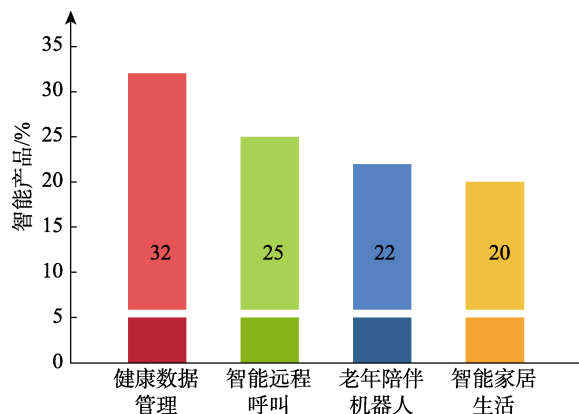


图1 老年人感兴趣的智能产品

Fig.1 Smart products of interest to the elderly

对立，转化为自然、社会科学与艺术设计3种文化^[13]，搭建一个多维有序的问题推导框架（见图2），设计者就能在多学科集成的帮助下更好地梳理设计过程中的问题。比如老年用户需求分析不够详细准确的问题，可以通过“用户、环境、任务、时间”4个情景，配合数据、评估进行推导；并根据用户需求分析和相关利益列表，配合国家政策推导出“产品外观形态、人机交互界面、服务内容”3个方面的设计目标；在

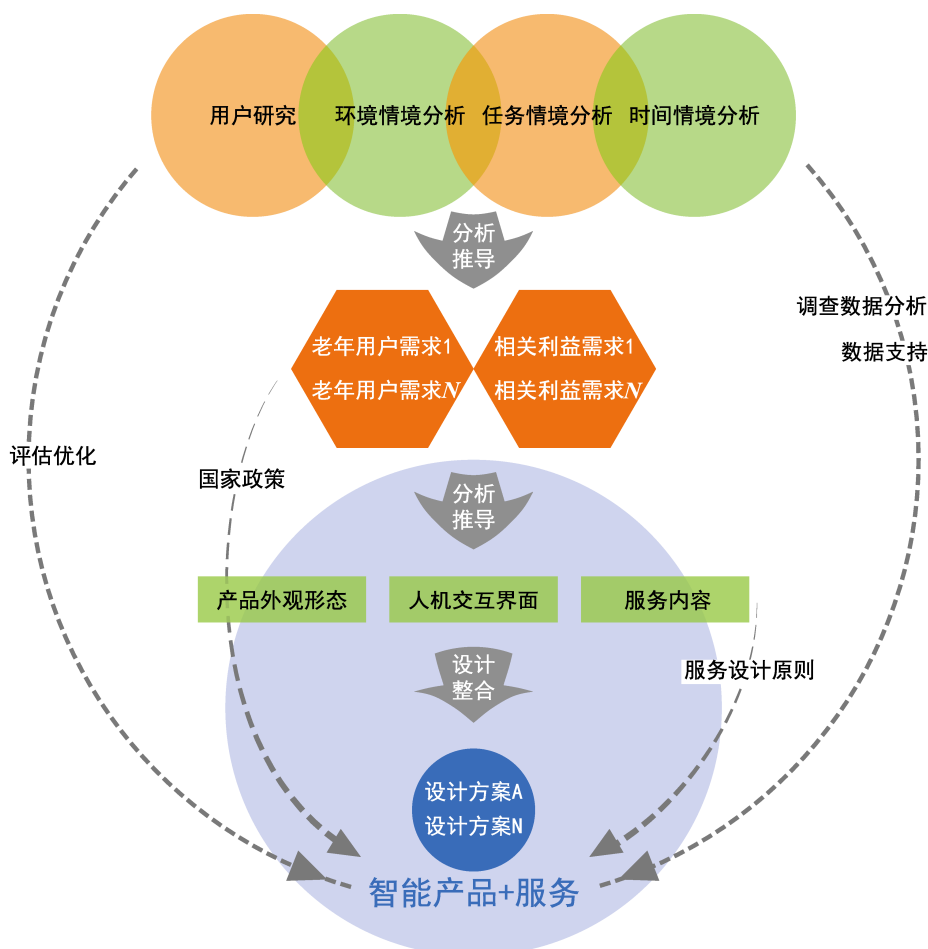


图2 老年智能产品设计过程中的问题推导

Fig.2 Derivation of problem in the design process of elderly intelligent products

服务设计的大原则下，推导出产品最终形态的设计方案。

3 跨学科平台下的老年智能产品设计流程研究

3.1 设计思路

在老年智能产品设计中，安全性是首要问题。在产品造型、结构、零部件设计，以及大型部件的连接、使用等方面都是设计需要考虑的细节。对于这些方面的设计，如果考虑不足将会影响产品性能，产生安全隐患，不利于智能产品的推广。

可调性是智能产品设计的一个重要指标。人体本身重量和人体转动活动尺寸范围等参数，对智能产品的设计具有参考设计价值。人体各部分肢体的尺寸比例存在一定的规律，比如对身高在某个范围内，身体其他部位尺寸也会在一定的范围内浮动。智能产品的设计，需要考虑在面对不同特质使用者时，产品表现出的适应性。比如针对下肢辅助动力的智能产品，最好设计具有可以调节大腿长度、小腿长度及腰部宽度的外骨骼结构^[14]。考虑到老年人身体的灵活度远不及年轻人，智能产品的设计要考虑到老年人弯腰抬腿困难、手指不灵活，下肢助力外骨骼之间最好采用魔术贴或磁力连接的方式，达到快速穿脱的效果。

舒适性是老年用户的一项基本需求。舒适性在此项研究中不仅指伸展，还要考虑设计出的智能产品能解决现有市场上同类产品普遍出现的各类不舒适情况。要针对用户体验舒适感来源进行研究，满足老年

人身心需求，从而提升用户体验，提高内心的满足感^[15]。

人文、情感关怀在老年智能产品设计中的体现，就是要关注使用者心理上情感上的诉求，让用户在使用产品的过程中感受到放松和尊重。这就要求设计师，在设计过程中深入分析老年群体的思想状况、行为习惯、心理需求，以及思想意识、社会价值观等，并基于这些深入的用户研究，使产品设计符合新时代老年人群的心理诉求与健康需求，满足他们心理和生理上的美好愿景。此外，在关注功能、舒适、人文、感情的同时，还应该考虑设计美学，以及新工艺、新材料、先进制造技术等不同学科知识，作为老年智能产品设计的突破口^[16]。

人工智能为个性化服务带来新的可能，实现人与产品之间的双向交流，接收信息囊括了听觉、视觉、触觉、嗅觉和味觉，为老年人智能护理产品提供零负担、无压力的交互方式是产品交互创新的关键点。系统生态作为产品体验的重要组成部分可通过大数据与云计算，以及信息服务为老年人智能护理产品的生态系统形成用户黏性提供支撑。

3.2 设计流程

设计思路的确立和整理是产品设计的第 1 步，接下来从需求、评估、设计、开发几个方面展开多学科集成平台下的产品设计流程，见图 3。

用户需求依然是设计服务的起点。深入研究在特定场景下与老年用户产生连接的各种信息，并进行归类分析，根据不同类别的信息，设计交互通道；再将产品系统功能根据用户生活场景进一步细分，并根据

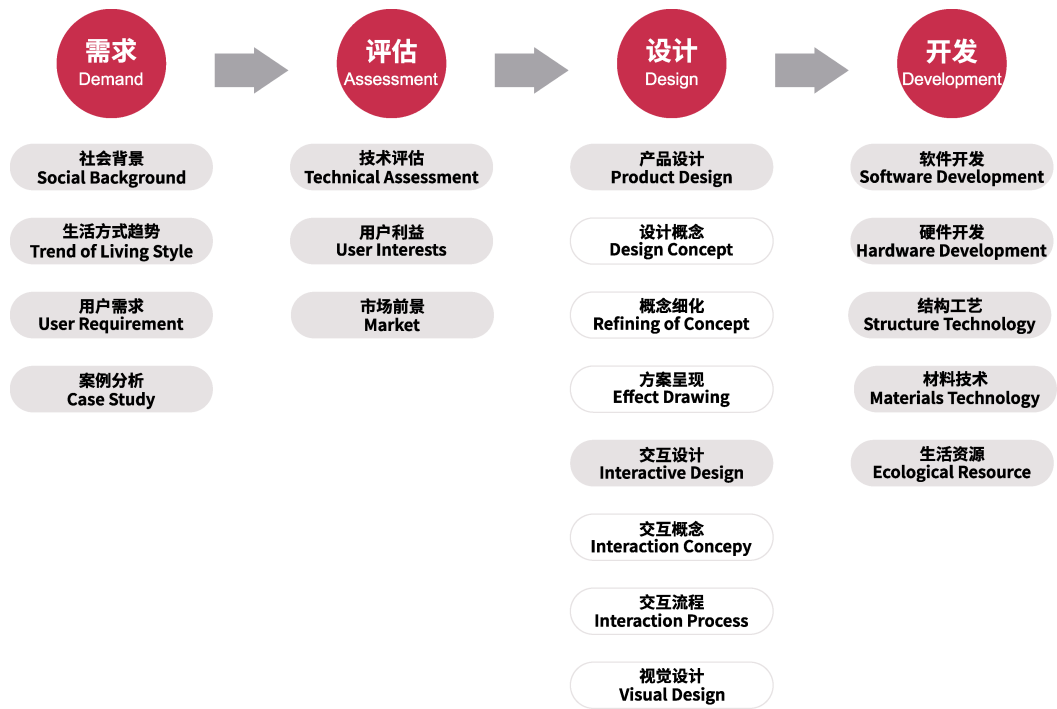


图 3 多学科集成下的产品设计流程
Fig.3 Product design flow chart of interdisciplinary integration

具体功能所需要的技术支持来进行可行性分析,为产品结构打下基础;研究相关技术前沿动态,搜索相关结构件的成本、尺寸,确定结构件的排布,同时与产品造型互为优化更新。

在设计过程中,要充分考虑各学科在不同环节中的位置调配,在适当时发挥最有效的作用。联合科学技术领域与人文领域学科,合理安排出场时间和节点,使优化后的流程将多学科的优势充分发挥出来。

3.3 搭建多学科集成设计平台

多学科集成理论最早是美国高技术企业进行新的管理和生产组织方式的创新理论。目前我国多学科集成在设计中的研究,不深入、不系统、不全面。从资料调研来看,无论是从国外目前多学科集成研究发展及运用情况,还是国内的多学科集成设计研究,多数偏重于理论,很少涉及实践验证方面,这样就无法从设计实际情况出发提出对应的优化措施。多学科集成设计理论,是从概念到应用、从抽象到具体的系统体系。学者欧光军、胡树华结合企业发展情况从技术集成、知识集成、组织集成、管理集成 4 个层面提出了集成动态创新模式^[17]。进行多学科集成设计框架的搭建,有利于科学指导人们进行老年智能产品的设计实践。

多学科集成设计平台的搭建,首先要将相关专业优质力量集成,同时加入一部分真实用户参与到设计研究中,以此整合不同学科和社会力量的资源。强调以用户调研为准则,注重用户研究与体验,将用户的

需求信息加以汇总和反馈,作为最终的设计目标。同时,由于用户需求的多元化,多学科集成设计框架的搭建,也要在多元化需求的指向下,将众多学科一并纳入设计框架。通过优化,整合技术和资源,输出服务及观念。

需要注意的是,多学科集成不是简单的叠加和堆砌,而是多层次、多角度协同合作的整合输出。各学科领域、各种技术及理念有机整合,在产品设计、交互设计、软件工程、机械设计制造及其自动化等专业;在新材料、新科技等方面;在心理学、医学、社会学、美学等领域,做到统一、协调和融合。在关键技术路线设计、产品系统模型构建、基于多学科的研发模型系统、基于良好体验的交互框架构建等重难点方面发现问题、解决问题,从而使过程得到优化,得出更合理的设计方法和过程框架。

在完成技术层面的多学科集成之后,不断生长的商业逻辑,也是多学科集成不可或缺的一项重要内容。全新的商业基础设置(云设计、物联网)、全新的社会分工体系(网状实时协同)、不断变化的现代商业模式、逐渐完善的企业组织模式,再加上新一代的信息技术,全新的能源、材料及加工制造方式,都是多学科集成的环节点,通过各环节要素的有效整合,才能建立面向老年人需求、跨学科参与的智能产品设计研发流程,进行系统的、高效的、有组织的创新,探索老年智能产品的多学科集成设计优化模式。从以上研究分析中设计出多学科集成平台下的老年智能产品设计过程优化流程,见图 4。

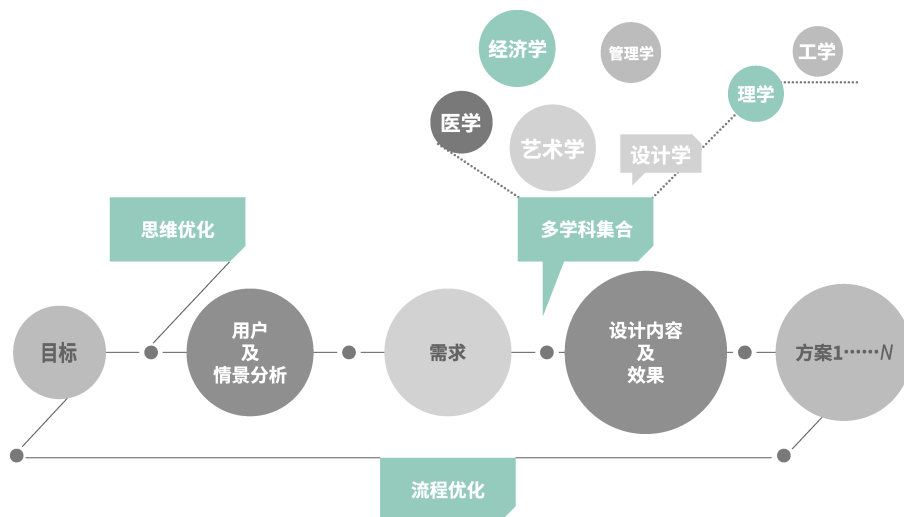


图 4 多学科集成平台下的老年智能产品设计过程优化流程
Fig.4 The optimization process of elderly intelligent product design process under the multi-disciplinary integrated design platform

4 应用实例

4.1 多目标实现—模块化外骨骼辅助设计

由于老年用户需求的逐步多元化,产品设计也从单一目标向多目标实现发展。比如图 5 中的多模块外

骨骼辅助设计,产品的使用场景设定为医院康复中心,针对生活中行动不便的老年人群进行了需求分析。从用户角度得出的需求:轮椅需求、运动辅助、日常康复训练等。从医疗人员角度得出的需求:不同用户数据收集、病情分析、患者身份确认等。



图 5 模块化外骨骼辅助设计
Fig.5 Modular exoskeleton aided design

此设计为满足多方需求，完成多目标实现，采用了模块化产品结构。在模块化设计中，针对不同需求，提出了个体与整体的统一与可调节性。在产品设计过程中，对产品功能模块进行全面整体性的规划，并根据用户调研分析数据，对多学科集成平台的设计流程

进行分解。针对用户的多种需求，建立多目标的功能模块设计，并对系统化的参数和部件进行深入设计。最终实现了日常运动辅助、康养训练、不同病情精准定位与辅助治疗、指纹确认患者信息等多种功能。产品设有可视化操作区域，可对老年用户的康复训练计划进行选择，辅助医生记录使用者数据变化，精准判断康复情况，适时调整治疗方案。运用多学科集成设计平台完成了产品的多目标实现。

4.2 多学科综合系统模型-上肢外骨骼可穿戴式脑卒中康复装置设计

老年智能产品在针对各种老年常见疾病后遗症患者的日常生活辅助方面，也投入了越来越多的关注和研究。这类产品需要更多学科背景的专业人士介入设计过程，以到达安全、专业、有效的设计目标。基于老年群体中容易出现的脑卒中等后遗症一肢体一侧活动障碍，设计的外骨骼智能可穿戴产品，见图 6。

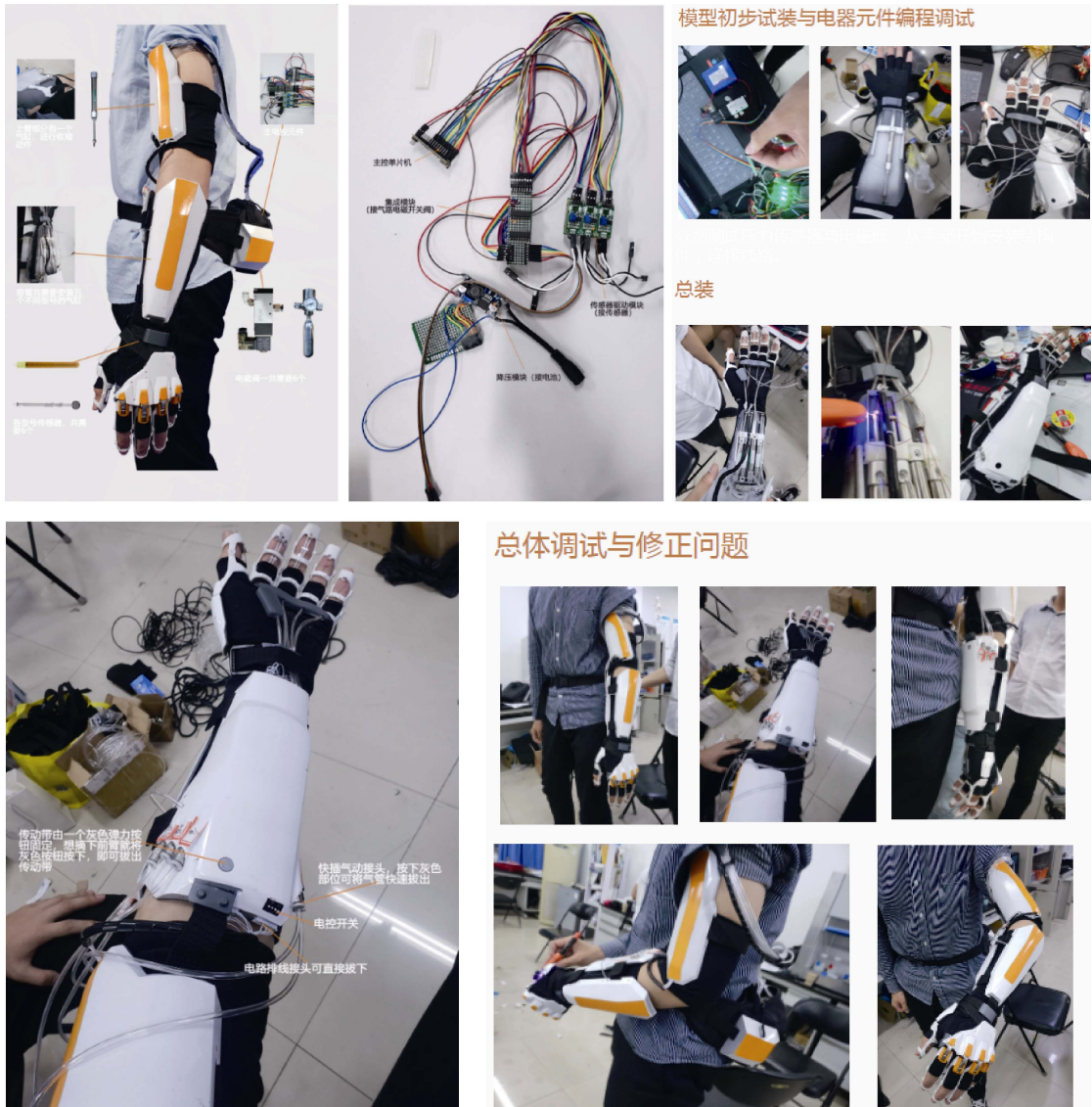


图 6 上肢外骨骼可穿戴式脑卒中康复装置设计
Fig.6 Design of wearable upper limb exoskeleton device for post-stroke rehabilitation

设计综合艺术学、理学、工学、医学、法学等学科,利用智能组件模仿人体腕关节、指关节等手臂活动中所用到的肌腱结构。在使用时,通过传动带的牵引使外骨骼产生运动力,位于手臂内的气缸收缩拉动传动带,从而带动手部增强运动力。在模型调试与组装阶段进行了电器元件的编程和总体调试与修正原型理论模型。运用多学科集成设计平台实现了可穿戴式的老年智能产品研发。

4.3 新技术融合 - 智能运动护膝设计

新技术的发现与利用是多学科集成设计的重要环节,新技术打破了产品设计以往的局限,也让智能产品的功能更加精准和多元化。比如图 7 中的智能运动护膝设计,针对老年人群普遍存在的膝盖生理老化

和损伤问题,对比现有常见设计上普通护膝的加压原理,增加了检测、防护和伤痛感知功能,在膝盖受伤前就进行预防、监测,并根据伤痛反应及时调整,减少运动中对关节骨骼肌肉的物理损伤。

新功能实现的关键技术,得益于膝盖周围的 3 对感应器,可通过实时监测膝部状况及时作出提示。用户在运动后,从配套的 APP 上可以查看运动过程中的膝部状况。还可应用于老年人群的日常生活中,如上下楼梯、起身等助力。在能源上采用磁力发电机原理,利用跑步时膝盖的动能,带动永磁体转动转化为电能,满足装备的使用。

由此可见,新技术的市场化应用正逐步成为老年智能产品开发研究的核心问题之一,也必将促进智能产品的迭代更新。



图 7 智能运动护膝设计
Fig.7 Design of intelligent motion kneecap

5 结语

基于多学科集成平台的老年智能产品设计研究, 目前在国内尚有很多开发和研究的空。从设计创新方式的发展研究分析、相关老龄人口的基础研究与分析、相关智能产品及产业现状研究与分析入手, 构建出老年智能产品设计的多学科集成设计框架和创新方法, 关注更深层的应用需求, 集合更多学科资源, 探索更合理的设计优化路径, 为提升老年人群美好生活指标和推动我国设计产业发展做出更多的努力。

参考文献:

- [1] 方兴起. 新时代社会主要矛盾与创新驱动发展战略[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2019(5): 99-104.
FANG Xing-qi. The Main Contradiction and Innovation-Driven Development Strategy in the New Era[J]. Journal of South China Normal University (Social Science Edition), 2019(5): 99-104.
- [2] 张博, 韩俊江. 人口老龄化背景下发展智慧养老产业研究[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 2018, 35(4): 125-128.
ZHANG Bo, HAN Jun-jiang. Development of the Aged Care Industry in China Against the Background of Its Aging Population[J]. Journal of Yunnan Minzu University (Social Sciences), 2018, 35(4): 125-128.
- [3] 覃京燕. 中国智能设计发展——量子计算人工智能区块链语境下量子创新与元设计方法[J]. 工业工程设计, 2019, 1(1): 9-15.
QIN Jing-yan. Development of Intelligent Design in China: Quantum Innovation and Meta-Design Method in the Context of Quantum Computing Artificial Intelligence Blockchain[J]. Industrial & Engineering Design, 2019, 1(1): 9-15.
- [4] 李剑锋, 李国通, 张雷雨, 等. 穿戴式柔性下肢助力机器人发展现状及关键技术分析[J]. 自动化学报, 2020, 46(3): 427-438.
LI Jian-feng, LI Guo-tong, ZHANG Lei-yu, et al. Advances and Key Techniques of Soft Wearable Lower Limb Power-Assisted Robots[J]. Acta Automatica Sinica, 2020, 46(3): 427-438.
- [5] 王年文, 饶思聪, 席冰, 等. 基于多元共生的社区老龄娱教服务系统设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(14): 100-105.
WANG Nian-wen, RAO Si-cong, XI Bing, et al. Design of Community Aging Recreation and Education Service System Based on Multivariate Symbiosis[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(14): 100-105.
- [6] 辛向阳. 从用户体验到体验设计[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 60-67.
XIN Xiang-yang. From User Experience to Experience Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 60-67.
- [7] 罗晓梅, 黄鲁成, 王亢抗, 等. 区域新兴老年科技制造业竞争力评价研究[J]. 中国软科学, 2020(2): 49-58.
LUO Xiao-mei, HUANG Lu-cheng, WANG Kang-kang, et al. Research on Competitiveness Evaluation of Regional Emerging Gerontechnology Manufacturing Industry[J]. China Soft Science, 2020(2): 49-58.
- [8] 冯桂平, 谢雨红, 刘文静. 服务链视角下的浙江省桐乡市乌镇智能家居养老服务模式[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(14): 3566-3571.
FENG Gui-ping, XIE Yu-hong, LIU Wen-jing. Intelligent Home Care Service Mode in Wuzhen, Tongxiang City, Zhejiang Province from the Perspective of Service Chain[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2019, 39(14): 3566-3571.
- [9] 郭风, 于帆. 基于可持续理念的养老社区服务创新设计[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 203-208.
GUO Feng, YU Fan. Innovative Design of Pension Community Service Based on Sustainable Concept[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 203-208.
- [10] 董端阳, 王克祥. 基于“互联网+”平台的老年人数字化产品服务设计[J]. 工业工程设计, 2020, 2(1): 79-82.
DONG Duan-yang, WANG Ke-xiang. Design of Digital Products and Services for the Elderly Based on "Internet +" Platform[J]. Industrial & Engineering Design, 2020, 2(1): 79-82.
- [11] 徐碧珩, 崔天剑. 适老化智能产品的设计与开发策略[J]. 工业工程设计, 2020, 2(3): 99-103.
XU Bi-jun, CUI Tian-jian. The Design and Development Strategy of the Elderly-Oriented Intelligent Products[J]. Industrial & Engineering Design, 2020, 2(3): 99-103.
- [12] 黄群, 钟煜岚. 基于认知老化的高龄者智能产品设计要则[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 75-80.
HUANG Qun, ZHONG Yu-lan. Design Principles of Elderly Intelligent Product Based on Cognitive Aging[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 75-80.
- [13] LOWATCHARIN G. Book Review: The Three Cultures: Natural Sciences, Social Sciences, and the Humanities in the 21st Century[J]. Quarterly Review of Biology, 2009, 83(1): 155-158.
- [14] 李杨. 助力型人体下肢外骨骼理论分析与实验研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2017.
LI Yang. Theoretical Analysis and Experimental Research of the Power-Support Human Lower Extremity Exoskeleton[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2017.
- [15] DEEPAK S, JAGDIP S, BARRY S. Consumer Trust, Value, and Loyalty in Relational Exchanges[J]. Journal of Marketing, 2002, 66(1): 15-37.
- [16] MAJUMDER S, AGHAYI E, NOFERESTI M, et al. Smart Homes for Elderly Healthcare-Recent Advances and Research Challenges[J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2017, 17(11): 2496.
- [17] 谢清伦. 企业共创共享管理模式及其运行机理——盛隆“群体老板制”实证研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2019.
XIE Qing-lun. Study on the Management Mode and Its Operational Mechanism of Enterprise Co-Creation and Sharing: A Empirical Study of Shenglong Electric's Group Boss System[D]. Wuhan: Wuhan University, 2019.

责任编辑: 陈作