

基于 QFD&TRIZ 的帕金森患者助行器优化设计研究

韦艳丽, 冀源, 王超凡, 陈昱立

(合肥工业大学 建筑与艺术学院, 合肥 230601)

摘要: **目的** 帕金森病作为常见神经类病症, 严重影响着病患群体的生活。为提高帕金森病患者使用助行器产品的便利性, 提出基于 QFD&TRIZ 的帕金森患者助行器优化设计方法。**方法** 将 QFD&TRIZ 理论组合作为优化帕金森助行器的研究方法。通过对用户特点和助行器功能的分析获取用户需求, 并采用访谈调研总结出重点需求。运用 QFD 理论方法, 构建出帕金森患者助行器功能质量屋, 将用户的重点需求转化为技术需求; 运用 TRIZ 理论进行冲突问题的分析与转化, 并针对设计层面产品特性的矛盾提出解决方案。**结果** 优化帕金森患者助行器, 让患者在实现助力行走的同时, 可不完全依赖产品进行一定程度的运动康复训练; 为患者提供震颤反馈及短期休息功能, 实现产品功能多维度的转化。**结论** 通过对帕金森患者助行器的整体分析和优化设计, 提出了将 QFD&TRIZ 理论融合并应用于帕金森患者助行器产品设计的可能。

关键词: 助行器; 帕金森患者; QFD; TRIZ; 优化设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)02-0158-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.02.018

Design of Walking Aid for Parkinson Patients Based on QFD&TRIZ

WEI Yan-li, JI Yuan, WANG Chao-fan, CHEN Yu-li

(School of Architecture and Arts, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

ABSTRACT: Parkinson's disease, as a common neurological disorder, seriously affects the life of patients. The work aims to propose a design method of walking aid for Parkinson's patients based on QFD&TRIZ, in order to improve the ease of patients in using walking aid. The combination of QFD&TRIZ theories was used as the research method to optimize the walking aid for Parkinson's patients. Through the analysis of user characteristics and walking aid's function, the user needs were obtained, and the key needs were summarized by interview survey. QFD theory was applied to construct the functional house of quality of the walking aid for Parkinson's patients to transform the key needs of users into technical needs. Then, TRIZ theory was adopted to analyze and transform conflict issues and propose solution to the conflict of product characteristics in design layer. The optimized walking aid could enable Parkinson's patients to walk under assistance and exercise a certain degree of sports rehabilitation training without completely relying on product, thus providing patients with tremor feedback and short-term rest function, and realizing multi-dimensional transformation of product functions. Through the overall analysis and optimization design of walking aid for Parkinson's patients, the possibility of combining the QFD and TRIZ theories and applying them to the design of walking aid for Parkinson's patients is proposed.

KEY WORDS: walking aid; Parkinson's patients; QFD; TRIZ; optimization design

帕金森病是一种神经退行性疾病, 其发病率仅次于阿尔茨海默病^[1]。随着我国人口老龄化和老年人口

高龄化情况的加剧, 帕金森病患者数量始终处于上升趋势^[2]。为实施老年人居家适老化改造, 构建医养康

收稿日期: 2022-09-09

基金项目: 安徽省社会科学创新发展研究课题(2018CX023)

作者简介: 韦艳丽(1977—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为交互设计。

通信作者: 冀源(1998—), 男, 硕士生, 主攻工业设计。

养相结合的养老服务体系, 应坚持以需求为导向, 增强居家生活设施设备安全性、便利性和舒适性^[3]。帕金森病患者群体与老年人群体高度重合, 目前针对帕金森病, 主要治疗手段只能改善患者症状, 不能阻止病情的发展。因此, 运用科技产品(如助行器等)辅具成为主流的改善病患生活的手段。当前的帕金森病症程度分级模糊, 且在实践过程中存在着评价主观等问题。而随着微机电系统运动传感技术的发展, 各种设备端的运动传感器可以针对患者症状进行自动化、客观化的量化评估研究。助行器作为帮助帕金森患者实现稳定步行的辅具, 在设计研发环节存在着相关功能拓展的可能, 在自身结构端亦存在着改善和提升的空间。

1 QFD&TRIZ 理论分析与应用

1.1 QFD&TRIZ 理论分析

QFD 理论即质量功能配置, 是由赤尾洋二(Yoji Akao)和水野滋(Shigeru Mizuno)两位日本学者提出的, 作为一项质量管理系统的多层次演绎分析方法, 致力于通过让客户满意来提高市场占有率^[4], 其核心内容是需求转化。在产品创新和研发的过程中, 设计师可以通过质量屋(HOQ)把用户需求进行分解转化, 将其准确转化为包含设计创新、工艺制作和零件开发等在内的技术需求^[5]。

TRIZ 意指发明问题的解决理论, 是由根里奇·阿奇舒勒(Genrich S. Altshuler)在深入分析研究数千项技术专利的研究成果后, 总结出的一套系统性的解决方法和指导原则^[6], 其主要特征是系统化的问题处理流程, 在运用此理论研发和生产新产品时, 需将核心问题描述成 TRIZ 理论系统的表达方式, 然后通过 TRIZ 理论中解决问题的基本工具, 找到其问题的理想解决方案^[7]。

1.2 QFD&TRIZ 理论应用

在将 QFD&TRIZ 理论整合并应用的过程中, 通过 QFD 理论进行前期产品分析, 研究用户需求, 指明研究方向。通过 TRIZ 理论进行产品开发后期的实践和制作, 寻找解决问题的方法, 来有效解决痛点问题。

通过 QFD 理论和 TRIZ 理论的集成应用来解决帕金森患者助行器设计过程中的问题, 构建解决冲突流程框架图, QFD&TRIZ 集成应用框架见图 1。首先进行需求分析, 通过 QFD 理论获取用户需求和特性; 其次建立质量屋, 完成相关矩阵得出核心问题; 再次进行矛盾分析, 通过 TRIZ 理论将问题描述为冲突并确定冲突类型; 最后通过“TRIZ 40 条发明原理”找出适合的发明原理解决矛盾, 构建产品整体创新方案, 并进行可行性测试, 在得到产品最终方案的同时, 构建出基于 QFD&TRIZ 理论的优化设计模型, 从而优化帕金森患者助行器的设计。

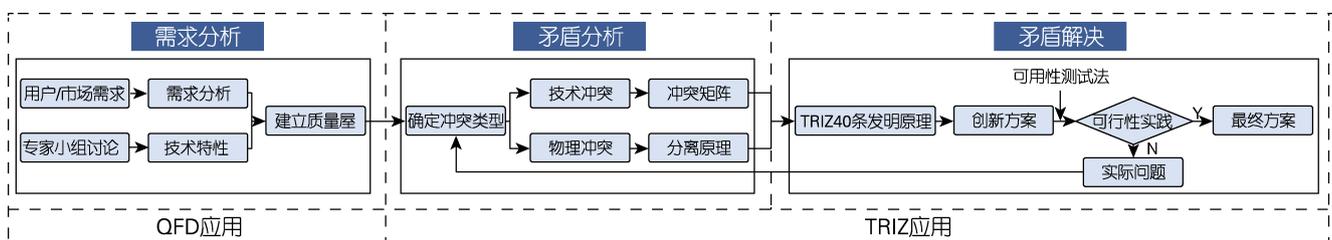


图1 QFD 和 TRIZ 的综合运用

Fig.1 Comprehensive application of QFD and TRIZ

2 基于 QFD 的帕金森患者助行器痛点分析

2.1 帕金森病患者行走特点分析

帕金森病作为一种低病死率、高病残率的疾病, 严重威胁老年人群的健康, 其临床表现主要包括震颤、运动迟缓、肌强直和姿势步态障碍等运动症状^[8]。患者行走能力的逐渐丧失具体表现为以下三点。

1) 行走前: 肢体张力过高、启动困难、从坐立到行走的切换过程极为困难、抬腿迈步过程困难并伴有发涩的感觉。

2) 行走中: 步态前冲、身体前倾、出现蹒跚碎步、运动状态发僵、容易跌倒、无上肢联动、拐弯动作时常出现脱节。

3) 行走后: 行走到坐立的切换过程同样极为困

难、发生静止性震颤, 并且行走后会出现较强酸涩感。

2.2 助行器产品助行功能分析

助行器是指辅助人体支撑、平衡和行走的工具。老年人群体往往伴随着不同程度的失能, 独自出行具有一定困难, 通常需要助行器的帮助才能实现。市面上助行器种类繁多, 主要包含四角框式、阶梯框式、差动框式、两轮式和四轮式等。基于市面上助行器产品的分析, 其整体功能主要分为助力行走和危险防控。助力行走功能类别中包含了支撑身体、稳定平衡、助力起身和停住脚步等; 危险防控功能类别中包含扶手与滚轮的防滑和摔倒后的紧急求助等。除此之外, 助行器还有如储物等在内的相关辅助功能。区别于一般无法承受自身体重的偏瘫或截瘫患者, 帕金森病患者在行走上可以维持一定的步态, 故其通常会选择

四轮式助行器,以期将身体维持在一个较灵活的状态。

2.3 助行器产品助行痛点分析

帕金森患者的病症严重程度主要由神经科医生根据统一帕金森病评分量表进行评估,根据病情严重程度分为5个等级^[9],0:正常;1:轻微;2:轻度;3:中度;4:重度。助行器设计过程中需要采用适合患者病症程度的治疗手段以适合不同震颤等级,也需要为患者出行过程中提供运动康复训练的机会。因此,在帕金森患者助行器的设计过程中应该注意的问题如下。

1) 结构改进。助行器的设计要考虑到结构对于患者的便捷性,方便患者的使用。针对助行器的设计需要完善产品结构以适应不同病症程度的患者需求。通过针对步态、步速和平衡等能力的训练,改善姿势的不稳定性,降低跌倒风险。通过助行器这类辅具治疗有利于患者提升康复体验感,增强患者及其家庭的康复信心,从而提升患者的康复效果^[10]。

2) 造型实用。患者在使用助行器过程中通常需要自主施加一定的力量来实现助行功能。在功能方面,助行器需要足够的支撑结构,以保持患者的步态

稳定;在视觉方面,需要减少助行器的视觉冗余感,以实现轻巧的感觉,避免交互记忆的复杂性。这便要求助行器的造型应当将易用性和安全性放在首位,在设计上注重实用、美观和耐用,把握部件与整体之间的统一,消除安全隐患。

2.4 助行器产品质量屋的构建

通过对帕金森病患者行走特点、市面上助行器的功能和使用痛点进行分析,得出部分典型用户需求。随后采用访谈与问卷的调研方法,在与帕金森病患者及其家属进行沟通交流过程中,记录需求信息点。访谈过程中除了对典型用户需求进行深入了解之外,更应当着重关注患者在出行过程中的实际需求,如在出行过程中的休息情况和助行器的放置问题;在产品外观上考虑用户心理需求,如不同产品色彩带给用户的感受,都需要通过了解帕金森患者心理状态来进行相关设计。访谈后通过 kano 模型进行问卷设计,针对帕金森患者(或其家属)共发放问卷40份,其中男性28例,女性12例,年龄57~83岁,以此获取用户需求并确定其重要性排序,基于 kano 模型所设计的部分问卷见表1。

表1 针对用户需求重要性的问卷设计(部分)
Tab.1 Questionnaire design for the importance of user needs (partial)

需求	问题	选项
安全可靠	您觉得助行器产品中包含安全可靠这一特性如何?	A. 我很喜欢 B. 理应如此 C. 无所谓 D. 勉强接受 E. 我不喜欢
	您觉得助行器产品中不包含安全可靠这一特性如何?	
方便易用	您觉得助行器产品中包含方便易用这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含方便易用这一特性如何?	
简要清晰	您觉得助行器产品中包含简要清晰这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含简要清晰这一特性如何?	
功能多样	您觉得助行器产品中包含功能多样这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含功能多样这一特性如何?	
平衡稳定	您觉得助行器产品中包含平衡稳定这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含平衡稳定这一特性如何?	
材质优良	您觉得助行器产品中包含材质优良这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含材质优良这一特性如何?	
识别度高	您觉得助行器产品中包含识别度高这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含识别度高这一特性如何?	
大小适宜	您觉得助行器产品中包含大小适宜这一特性如何?	
	您觉得助行器产品中不包含大小适宜这一特性如何?	

通过对帕金森患者(或其家属)进行问卷调查后,得出如表2所示的选择对应表和如表3所示的选择占比数据。如表2所示A表示魅力质量要素,M表示必备质量要素,O表示期望质量要素,I表示无差异质量要素,R表示逆向质量要素,Q表示问题质量要素^[11]。

在对用户选择占比数据统计整理后,引入 kano 模型中的 Better-Worse 计算公式。

$$\text{Better} / \text{SI} = (\text{TA} + \text{TO}) / (\text{TA} + \text{TO} + \text{TM} + \text{TI})$$

$$\text{Worse} / \text{DSI} = -1 * (\text{TO} + \text{TM}) / (\text{TA} + \text{TO} + \text{TM} + \text{TI})$$

Better 系数指的是当产品中具备该需求时,能极大提升用户的满意度;Worse 系数指的是当不具备此类需求时,用户的满意度将大幅度下降^[11]。将问卷调查后的选择占比代入公式计算可得出如表4所示的 Better-Worse 值。

表 2 用户需求重要性问卷选择对应表
Tab.2 Corresponding selection of user need importance questionnaire

问题	您觉得助行器产品中不包含某一特性如何?					
	选项	我很喜欢	理应如此	无所谓	勉强接受	我不喜欢
您觉得助行器产品中 包含某一特性如何?	我很喜欢	Q(A1B1)	A(A1B2)	A(A1B3)	A(A1B4)	0(A1B5)
	理应如此	R(A2B1)	I(A2B2)	I(A2B3)	I(A2B4)	M(A2B5)
	无所谓	R(A3B1)	I(A3B2)	I(A3B3)	I(A3B4)	M(A3B5)
	勉强接受	R(A4B1)	I(A4B2)	I(A4B3)	I(A4B4)	M(A4B5)
	我不喜欢	R(A5B1)	R(A5B2)	R(A5B3)	R(A5B4)	Q(A5B5)

表 3 用户需求重要性问卷选择占比数据表
Tab.3 Selection proportion data of user need importance questionnaire

需求特性	用户问卷选择占比
安全可靠	A1B4:0.025; A1B5:0.175; A2B5:0.800
平衡稳定	A1B5:0.100; A2B4:0.025; A2B5:0.875
方便易用	A1B4:0.025; A1B5:0.250; A2B4:0.025; A2B5:0.700
大小适宜	A1B3:0.050; A1B4:0.125; A1B5:0.225; A2B3:0.025; A2B4:0.075; A2B5:0.450; A3B4:0.025; A3B5:0.025
简要清晰	A1B3:0.100; A1B4:0.075; A1B5:0.350; A2B3:0.025; A2B4:0.025; A2B5:0.275 A3B3:0.025; A4B2:0.025; A4B3:0.025; A4B4:0.050; A5B1:0.025
功能多样	A1B3:0.125; A1B4:0.050; A1B5:0.4000; A2B3:0.05; A2B5:0.150; A3B2:0.025 A3B3:0.025; A3B4:0.050; A4B1:0.025; A4B3:0.025; A5B1:0.025; A5B2:0.025 A5B4:0.025
材质优良	A1B3:0.175; A1B4:0.200; A1B5:0.225; A2B3:0.075; A2B4:0.075; A2B5:0.175 A3B3:0.050; A3B4:0.025
识别度高	A1B4:0.075; A1B5:0.150; A2B4:0.100; A2B5:0.125; A3B3:0.150; A3B4:0.050 A4B2:0.050; A4B3:0.075; A5B1:0.125; A5B2:0.100

注: 单一需求选择占比数值总计为 1。

表 4 各需求特性 Better-Worse 值
Tab.4 Better-Worse value for each required feature

需求特性	Better 值	Worse 值
安全可靠	0.200	-0.97 5
平衡稳定	0.100	-0.97 5
方便易用	0.275	-0.95 0
大小适宜	0.400	-0.70 0
简要清晰	0.525	-0.62 5
功能多样	0.575	-0.55 0
材质优良	0.600	-0.40 0
识别度高	0.225	-0.27 5

得出各需求 Better 和 Worse 值后, 构建帕金森患者用户需求的 Better-Worse 坐标轴, 由于其中 Worse 值为负数, 为方便显示取 Worse 系数绝对值进行绘制, 见图 2。由此确定用户需求重要性等级, 其中需求依照重要性排序由大到小可为必备需求、期望需求、魅力需求和无差异需求。

在确立用户需求并进行重要性排序后, 从实际的用户需求中提取出具体的设计要素, 建立起有关帕金森病患者助行器的功能质量屋, 见图 3。

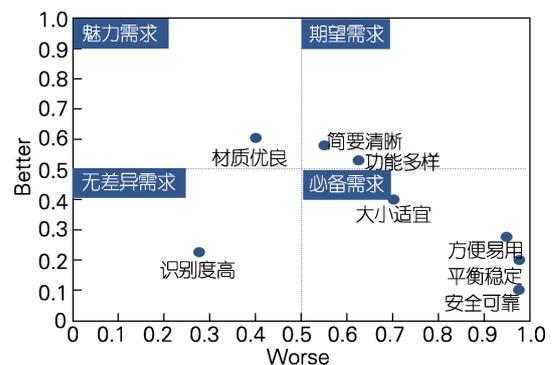


图 2 帕金森助行器用户需求 Better-Worse 系数
Fig.2 Better-Worse coefficient of user needs for walking aid of Parkinson's patients

3 基于 TRIZ 的帕金森患者助行器优化分析

3.1 产品冲突问题的 TRIZ 转化

产品冲突问题的 TRIZ 问题转化是依据 TRIZ 理论将冲突问题转化为标准问题模型, 从前期所构建的功能质量屋中可以得知如下。

1) 用户综合需求之中安全可靠、多功能、平衡稳定所占比重最大。

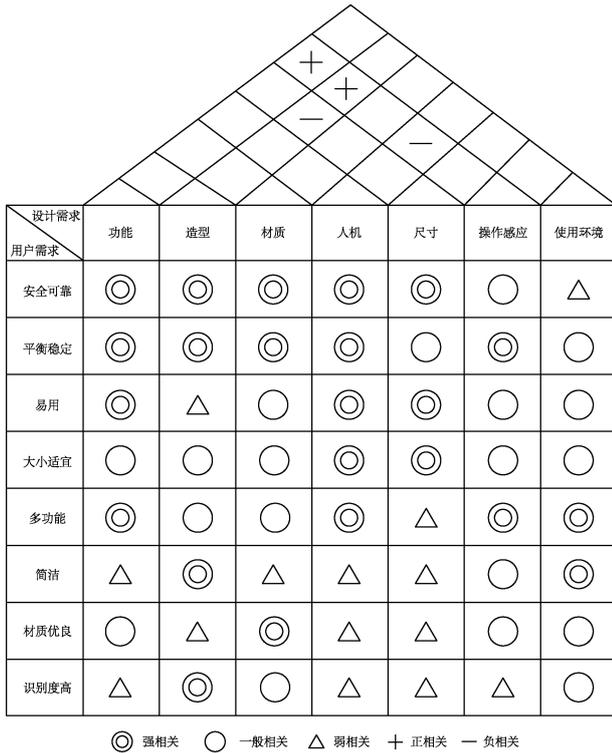


图3 帕金森助行器功能质量屋
Fig.3 Functional house of quality of walking aid for Parkinson's patients

2) 主要有两对矛盾, 即产品的造型设计与尺寸大小、结构的稳定性与结构的强度, 冲突问题的 TRIZ 转化见表 5。

3) 在产品外观方面要实现一定的可适性, 以保障帕金森患者的心理健康。

在 TRIZ 理论框架的基础上, 结合产品设计的外观、结构与功能需求, 运用 TRIZ 理论中的“39 条标准工程技术参数”, 将冲突问题转化为: No.5 运动物体的面积, 即拓展产品的操作空间, 实现为患者提供驻足休息的功能空间; No.7 运动物体的体积, 即减轻产品的体积实现轻巧化, 便于患者独立使用; No.13 结构的稳定性, 即让产品的结构合理化, 实现整体稳定, 并尽可能减少帕金森病症带来的震颤, 抵消负面振动对行动的影响; No.14 结构的强度, 即提高结构的强度, 实现整体系统的适宜性与耐用性, 见表 5。

表 5 冲突问题的 TRIZ 问题转化

负相关特性	(标准) 工程技术参数	矛盾类型
造型尺寸	(No.05) 运动物体的面积 (No.07) 运动物体的体积	物理矛盾
人机操作感应	(No.13) 结构的稳定性 (No.14) 结构的强度	技术矛盾

3.2 产品 TRIZ 问题的解决方案

根据矛盾类型, 查找 TRIZ 理论中的“40 条发明

原理”发现, 与之矛盾类型对应的可用发明原理有 No.09 预先反作用和 No.17 多维化原理, 见表 6。

表 6 TRIZ 问题的解决方案
Tab.6 Solution to the TRIZ issues

矛盾类型	相应的 TRIZ 解决方案
物理矛盾	No.17 多维化原理
技术矛盾	No.09 预先反作用

康复运动训练可以改善帕金森病患者的肌肉力量平衡、步态和身体机能, 帮助患者恢复一定程度的运动和工作能力, 从而提高患者生活质量, 维持更久的工作时间和生活自理能力^[12]。依据对帕金森病患者在康复运动训练过程中的技术分析, 确保患者在助行过程中得到必要的休息和锻炼。在此需求基础上, 对助行器的结构与现有的技术手段进行耦合, 并提供适宜的切换方式, 帮助患者在不同行动模式之间进行切换。

通过 No.17 多维化原理, 考虑增加产品维数, 即生成一个方便用户进行短期休息的空间, 同时避免带来体积的增加, 保持产品轻巧感。在实际出行过程中, 帕金森病患者往往面临着震颤带来的步态失衡风险。因此, 在产品的设计过程中需要减小或消除震颤的抖动, 以达到平衡稳定的效果。

鉴于当前医疗技术无法根治患者的震颤症状, 故通过 No.09 预先反作用原理, 提前设计好与震颤抖动相反的作用机制, 利用传感技术接收震颤信息并及时给予反馈。在这一过程中, 首先通过对帕金森患者震颤程度进行区分, 主观描述震颤程度为肉眼难观察的震颤信号幅度范围在 $[-0.01, 0.01]$ (单位为 g 指重力加速度, 可取 9.8 m/s^2), 轻微震颤信号幅度范围在 $[-0.015, 0.015]$, 明显震颤信号幅度范围在 $[-0.025, 0.025]$, 大幅度震颤信号幅度范围在 $[-0.5, 0.5]$ ^[13]。基于此将震颤幅度 (记做 D) 与震颤程度之间进行量化描述, 对应关系见表 7^[13]。

表 7 震颤程度与震颤信号幅度的关系
Tab.7 Relationship between degree of tremor and amplitude of tremor signal

主观描述震颤程度	震颤信号幅度方差值/g
肉眼难观察	$D < 0.015$
轻微震颤	$0.015 < D < 0.023$
明显震颤	$0.025 < D < 0.300$
大幅度震颤	$0.300 < D$

其次, 需对帕金森患者震颤程度进行有效监控。目前, 在医疗领域中最常见的微机电系统是惠斯顿电桥压阻式硅微压传感器, 可依据压力变化提供电信号, 能够较好地监测敏感部位的压力; 硅加速度传感器可以用来很好地测量震动频率和震幅^[14]。最后, 利用预先反作用原理, 在患者使用产品过程中, 加上大小相等、方向相反的修正量^[15]。在一定程度上减小或

消除抖动, 将矛盾化解, 为患者带来尽可能稳定的出行体验。

4 基于 QFD&TRIZ 的优化模型构建和应用

4.1 优化设计模型的构建

在帕金森患者助行器设计过程中, 通过 QFD 理

论获取用户需求并识别设计要素, 构建关系矩阵并搭建功能质量屋, 通过 TRIZ 理论将问题描述为冲突并确定冲突类型, 然后在“TRIZ 40 条发明原理”中找出合适的发明原理来解决矛盾, 通过发明原理确定解决方案, 构建产品整体的创新方案, 并进行可用性测试, 从而得到产品最终方案, 基于 QFD&TRIZ 理论的帕金森患者助行器设计理论模型, 见图 4。

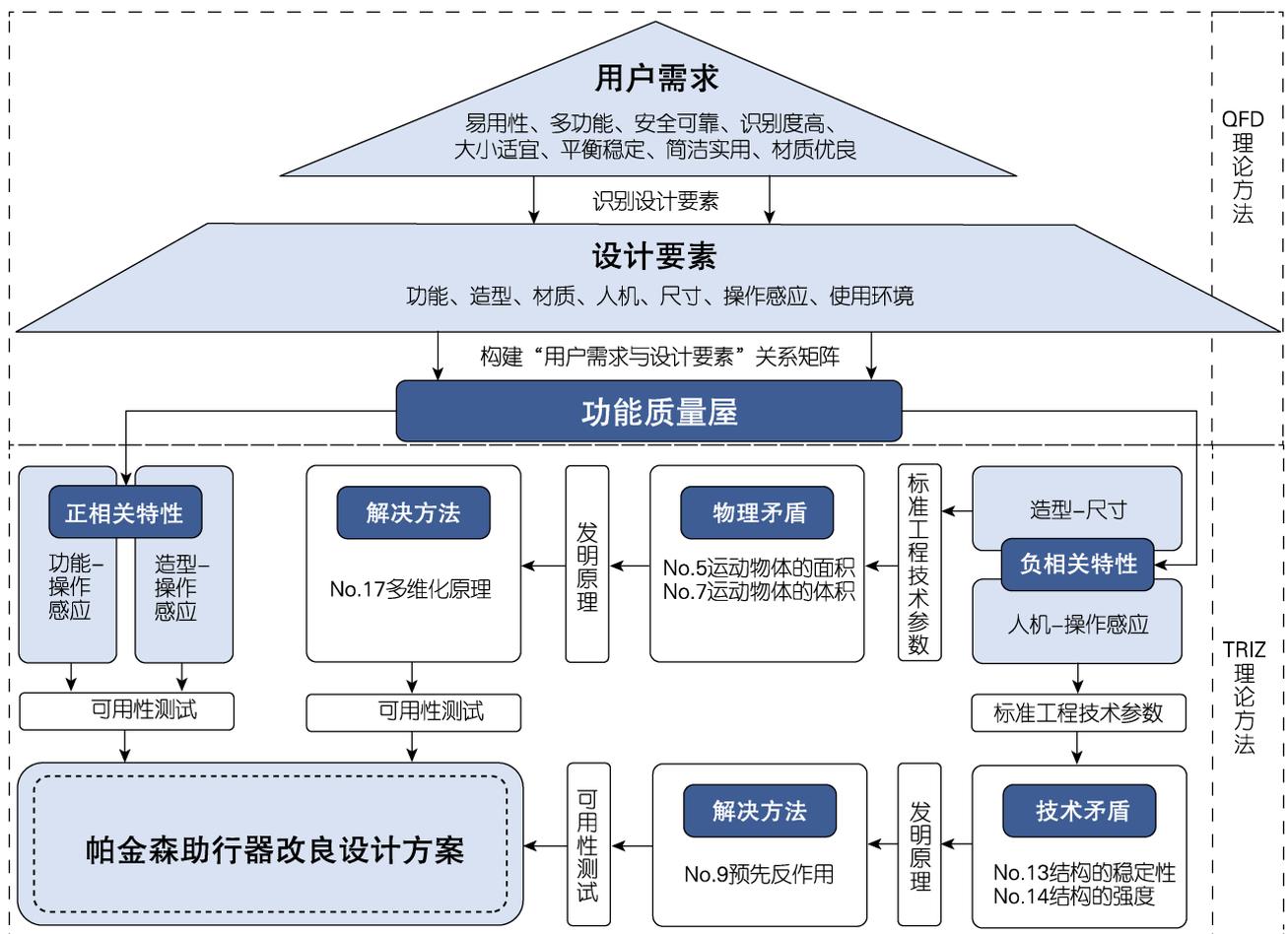


图 4 基于 QFD&TRIZ 的帕金森患者助行器设计理论模型

Fig.4 Theoretical design model of walking aid for Parkinson's patients based on QFD&TRIZ

1) 用户需求分析。在设计之初, 用户需求决定了产品导向, 目标用户需求分析包含用户角色分析、场景分析和路径分析。只有找出用户的真实需求并加以满足才能吸引用户。

2) 识别设计要素。在明确用户需求后, 需要将其提取出具体的产品设计要素。产品设计要素的识别是产品设计研究中不可或缺的重要环节, 设计要素的拆解与组合能够帮助理清主要矛盾并形成完善的整体设计方案。

3) 构建功能质量屋。用户需求的确和设计要素的识别, 是构建功能质量屋的铺垫与关键。功能质量屋的建立, 确定了用户需求与设计要素之间潜在的相互作用, 并将其直观呈现。

4) 负相关特性转化。依据 TRIZ 理论中的标准

工程技术参数, 将功能质量屋中产品负相关特性进行冲突描述, 并将其 TRIZ 转化为物理矛盾和技术矛盾, 这一过程的深入为矛盾的解决指明了方向。

5) 解决矛盾。矛盾的解决是依据矛盾类型, 从“TRIZ 40 条发明原理”找出合适的发明原理来确定解决方案, 有效解决矛盾是生成优化改良设计方案的核心。

4.2 优化设计模型的应用

复安易行是一款针对帕金森患者的助行器, 设计之初, 考虑患者对震颤等级的理解缺乏和外行走需要休息为出发点, 通过传感器的抖动来抵消整体机器的抖动, 保持稳定的同时为出行提供休息空间。

1) 用户需求分析。根据帕金森患者与助行器产品的调研分析, 整理出包含易用性、多功能、安全可

靠、识别度高、大小适宜、平衡稳定、简洁实用和材质优良在内的典型用户需求。

2) 识别设计要素。在确立了用户需求并明确其重要性后,从中提取出包含功能、造型、材质、人机、操作感应和使用环境在内的产品设计要素。

3) 构建功能质量屋。通过用户需求与设计要素之间的关系分析,找出其相互作用,依据 QFD 理论构建出帕金森患者助行器的功能质量屋,其直观呈现了以下两组特性:正相关特性(功能与操作感应、造型与操作感应);负相关特性(造型与尺寸、人机与操作感应)。

4) 负相关特性转化。通过 TRIZ 理论中的“39 条标准工程技术参数”,将负相关特性之间的冲突问题转化为矛盾。即造型与尺寸冲突问题可描述为 No.5 运动物体的面积和 No.7 运动物体的体积之间的物理矛盾;人机与操作感应冲突问题可描述为 No.13 结构的稳定性和 No.14 结构的强度之间的技术矛盾。

5) 解决矛盾。针对帕金森患者助行器,在物理矛盾层面上,可选择 TRIZ 理论“40 条发明原理”中

No.17 多维化原理:利用多维化原理将产品的维数增加,从而生成一个方便用户进行短期休息的空间,同时避免体积的增加,保持产品的轻巧感,见图 5。

在技术矛盾层面上,可选择 TRIZ 理论“40 条发明原理”中 No.9 预先反作用,让产品能够提前对患者的震颤做好应对与反作用,以保障足够的强度并实现结构的稳定。采用微机电系统,在对运动的精确测量基础上,通过电机的反向运动实现抵消振幅产生防抖的效果^[16],而相对于较为严重的震颤情况则可以采用绑带将用户的手臂进行一定程度的固定,见图 6。

基于 QFD&TRIZ 理论的设计流程,最终得到完整的帕金森患者助行器改良设计方案。产品的目标是减轻病症的影响并帮助用户进行康复运动训练,对应不同震颤等级的帕金森患者提供不同程度的帮助,提升患者的出行体验。在设计过程中发现用户感官知觉上的衰退,因此在模式切换环节设置有较大的提醒按钮,醒目地告知 4 个功能按键分别为跟随模式、灯光模式、检测模式和轮椅模式,中间部分为开关启动按键,为整机的电力输入提供保障,见图 7。

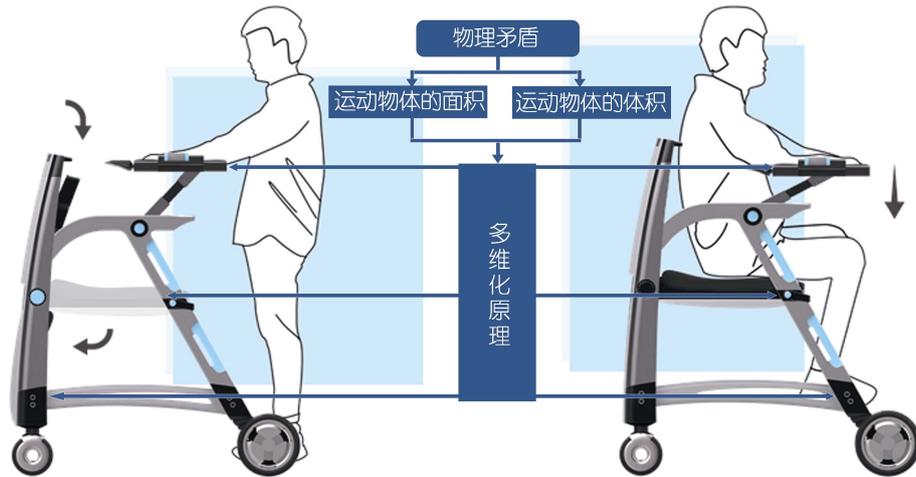


图 5 产品物理矛盾方案
Fig.5 Physical contradiction scheme of product

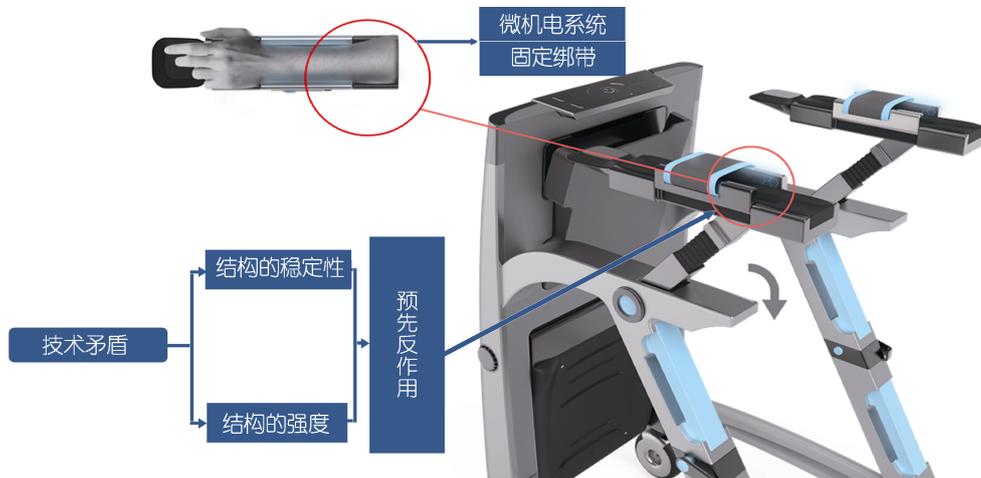


图 6 产品技术矛盾方案
Fig.6 Technical contradiction scheme of product

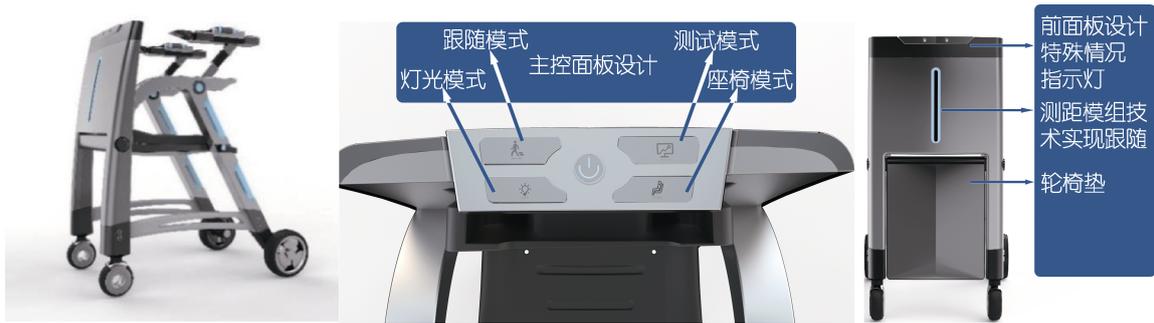


图 7 产品效果
Fig.7 Product effect

4.3 优化设计案例的评估

基于 QFD&TRIZ 的帕金森患者助行器设计理论模型的应用, 已经完成了助行器产品的优化设计, 为

验证优化后产品的可行性与有效性, 通过李克特量表对该产品相关特性进行逐一评分。同时, 选取市面中较为常见的 3 种助行器采用同样的评分标准进行对比, 问卷中样本案例, 见图 8。



图 8 比对样本案例
Fig.8 Comparison case of samples

在确定样本案例后, 从前期调研所得出的典型用户需求中, 提取包含安全性、易用性、稳定性、轻便性、空间合理性和功能完善性在内的产品特性进行问卷设计。为保证问卷的有效性, 共发放 25 份问卷, 其中接受问卷调查的人包含 8 名长期使用助行器的帕金森患者, 5 名帕金森患者家属和 12 名从事工业设计工作的设计师。评价结果见表 8, 其中样本 1、样本 2、样本 3 和样本 4 分别对应图 8 中的比对样本案例, 样本 4 为文中助行器优化设计实例。

3.9 分以上, 可以证明此次优化后的助行器产品用户较为满意。

5 结语

综上所述, 帕金森患者作为慢病人群, 区别于普通老年人的行为特点, 通过 QFD&TRIZ 理论的结合能够精准分析用户需求, 把握产品关键问题, 从而消除用户痛点。基于 QFD&TRIZ 理论所构建的帕金森患者助行器设计理论模型, 在用户调研分析、产品结构与功能的实现和产品技术的整合等方面均具有指导意义。经由帕金森患者助行器设计理论模型所指导的设计案例, 通过用户评估和产品比对, 证明了产品优化结果的可行性和有效性。

表 8 助行器产品特性评分结果
Tab.8 Scoring results of walking aid characteristics

产品特性	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4
安全性	1.840	4.060	3.750	4.320
易用性	4.140	1.630	3.980	3.920
稳定性	3.260	4.210	3.490	4.050
轻便性	4.270	2.300	3.510	3.970
空间合理性	3.190	3.420	4.600	4.270
功能完善性	1.760	3.650	3.710	4.180
平均分	3.077	3.505	3.840	4.118

基于助行器产品特性用户评分结果来看, 通过 QFD&TRIZ 理论模型优化后的设计实例平均分均在

参考文献:

[1] 王庆志. CDK5 磷酸化依赖的 gp78 泛素化降解在帕金森病中的机制研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
WANG Qing-zhi. Phosphorylation of gp78 by CDK5 Promotes Its Ubiquitination and Degradation in Parkinson's Disease[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017.

- [2] 毛斌, 李怡, 杨旸. 帕金森康复辅具设计综述[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 23-29.
MAO Bin, LI Yi, YANG Yang. Parkinson's Rehabilitation Aid Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 23-29.
- [3] 民政部网站. 关于加快实施老年人居家适老化改造工程的指导意见[EB/OL]. (2020-08-27)[2021-11-13]. http://smzt.gd.gov.cn/zwgk/zcfg/zhfg/content/post_3073900.html
- [4] 易雪峰, 游娅娜. 基于 QFD 和 TRIZ 的儿童床改良设计[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 246-251.
YI Xue-feng, YOU Ya-na. Improved Design for Children's Beds Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 246-251.
- [5] 王佳帅, 江牧. 基于 QFD 和 TRIZ 的视障者药品标签器设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(12): 62-66.
WANG Jia-shuai, JIANG Mu. Design of Drug Label for Visually Impaired Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(12): 62-66.
- [6] 檀润华. TRIZ 及应用: 技术创新过程与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
TAN Run-hua. TRIZ and Applications[M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [7] 侯士江, 袁旭梅, 陈国强. 基于 TRIZ 理论的产品服务系统概念创新研究[J]. 机械设计, 2016, 33(3): 109-114.
HOU Shi-jiang, YUAN Xu-mei, CHEN Guo-qiang. Concept Innovation Research of Product Service System Based on TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(3): 109-114.
- [8] 李朝龙. 中医流体力学理论与实践: 疑难病“清补运”通用治则临床验证[M]. 广州: 羊城晚报出版社, 2016.
LI Chao-long. Theory and Practice of Fluid Science in Traditional Chinese Medicine: Clinical Verification of the General Treatment Principle of "clearing and Supplementing and Transporting" for Difficult Diseases[M]. Guangzhou: Yangcheng Evening News Press, 2016.
- [9] GOETZ C G, TILLEY B C, SHAFTMAN S R, et al. Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale Presentation and Clinimetric Testing Results[J]. Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society, 2008, 23(15): 2129-2170.
- [10] 陈武善, 刘红波. 推拿联合现代康复治疗技术对脑卒中后肩关节半脱位的疗效观察[J]. 按摩与康复医学, 2020, 11(10): 17-19.
CHEN Wu-shan, LIU Hong-bo. Observation on Therapeutic Effect of Massage Combined with Modern Rehabilitation Technology on Shoulder Subluxation after Stroke[J]. Chinese Manipulation and Rehabilitation Medicine, 2020, 11(10): 17-19.
- [11] 赵熙钰, 梁惠萍, 黄东东, 等. 基于 KANO 模型的智能老年陪护机器人设计[J]. 艺术品鉴, 2021(15): 90-91.
ZHAO Xi-yu, LIANG Hui-ping, HUANG Dong-dong, et al. Design of Intelligent Elderly Escort Robot Based on KANO Model[J]. Appreciation, 2021(15): 90-91.
- [12] 邵明. 帕金森病的康复锻炼[J]. 中国实用内科杂志, 2019, 39(9): 758-761.
SHAO Ming. Rehabilitation in Patients with Parkinson's Disease[J]. Chinese Journal of Practical Internal Medicine, 2019, 39(9): 758-761.
- [13] 廖静. 帕金森震颤检测分析关键技术研究[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2017.
LIAO Jing. Key Technologies Study of Tremor Detection and Analysis for Parkinson's Disease[D]. Chongqing: Chongqing University of Technology, 2017.
- [14] 陈寅, 林良明, 高立明, 等. 微机电系统在医疗领域中的应用[J]. 医疗卫生装备, 1999, 20(1): 16-17.
CHEN Yin, LIN Liang-ming, GAO Li-ming, et al. Application of MEMS in Medical Field[J]. Medical Equipment Journal, 1999, 20(1): 16-17.
- [15] 李艳, 杨大勇, 刘建勇, 等. CAD/CAE 技术在电火花加工机床设计中的应用研究[J]. 电加工与模具, 2013(5): 9-12.
LI Yan, YANG Da-yong, LIU Jian-yong, et al. Research on the Application of CAD/CAE Technology in EDM Machine Tools Design[J]. Electromachining & Mould, 2013(5): 9-12.
- [16] SHAEFFER D K. MEMS Inertial Sensors: A Tutorial Overview[J]. IEEE Communications Magazine, 2013, 51(4): 100-109.

责任编辑: 陈作