

基于 FAST 法与 TRIZ 的适老智能陪护机器人设计

石元伍, 潘思颖

(湖北工业大学 工业设计学院, 武汉 430068)

摘要: **目的** 为应对日益加深的老龄化问题, 设计出更适合在家陪护照料老年人的智能陪护机器人。**方法** 针对国内的现状, 通过前期调研分析和黑箱子模型得出需求, 建立 FAST 功能树得出智能陪护机器人的主要功能, 引用 TRIZ 作为补充, 去除无用信息, 确定矛盾冲突, 提高创新设计的质量和效率, 最后结合相关工程技术用于 Rhino 三维软件。**结果** 进行老年智能陪护机器人创新设计, 为相关产品设计提供思路和参考。**结论** 运用 FAST 与 TRIZ 方法结合可以更好地解决功能矛盾, 使用户能有更好的体验。**关键词:** 产品创新设计; 工业设计; 老年智能陪护机器人; FAST 法; TRIZ 冲突模型
中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)16-0129-07
DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.16.022

Design of Elderly Intelligent Companion Care Robot Based on FAST Theory and TRIZ Theory

SHI Yuan-wu, PAN Si-ying

(Hubei University of Technology, Industrial Design Institute, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: In response to the growing aging problem, the intelligent robot more suitable for home care accompanying for the elderly people is designed. According to the domestic situation, through the early investigation and analysis and black box model to get the demand, the main functions of intelligent company nursing robot is obtained by building the FAST feature tree, taking TRIZ as a supplement, so as to remove the superfluous information, determine conflicts effectively, and improve the quality and efficiency of innovative design, finally, combined with related engineering technology for Rhino 3D software. The innovative design of intelligent companion care robot for the elderly can provide the ideas and reference for the relevant product design. The use of FAST and TRIZ methods can better solve the contradiction between functions, allowing users to have a better experience.

KEY WORDS: product innovation design; industrial design; intelligent companion care robot for the elderly; function analysis system technique; TRIZ conflict model

智能陪护机器人是一种新型的多功能服务机器人, 主要辅助老年人生活, 具有服务、安全监护、人机交互以及多媒体娱乐等功能^[1]。随着全球老龄化不断加深, 将来老年人的陪护问题变得十分重要。而随着科技的发展, 智能陪护机器人正成为很多家庭的选择, 以此来照顾老人, 并承担一定的家庭看护陪伴工作^[2-3]。为研究出功能更为明确与实用的智能陪护机器人, 首先对目标群体进行调研分析, 寻找到突破口,

引入功能系统技术法 (Function Analysis System Technique, FAST) 把用户的期望需求作为出发点, 将功能需求进行分析, 建立出产品功能树^[4]。其中一些关键功能会产生一些副作用, 运用发明问题解决理论 (Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ) 解决此问题。然后结合相关工程技术, 利用 Rhino 三维软件进行了智能陪护机器人概念设计。

收稿日期: 2018-04-30

作者简介: 石元伍 (1970—), 男, 湖北人, 硕士, 湖北工业大学工业设计学院教授, 主要研究方向为产品创新设计、工业设计。

通信作者: 潘思颖 (1993—), 女, 湖北人, 湖北工业大学工业设计学院硕士生, 主攻工业设计。

1 智能陪护机器人

1.1 现状分析

智能陪护机器人是目前研究热点,在诸多国家已得到迅速发展^[5]。在不久的将来,人口老龄化日益突出,将会成为全世界各国的负担。除了面临疾病威胁外,日常生活照料和精神抚慰将成为老年人面临的主要困难。有研究表明,包括老年人在内,多半人都愿意将机器人作为家庭管家^[6]。且超声波传感技术,自主控制技术较为成熟,加上技术成本降低,科技的快速发展,目前是发展智能陪护机器人的好时机。

1.2 问题分析

目前机器人前景广阔,但在市场上,低劣的、智能化程度低的机器人充斥着整个市场,见图 1。目前市场上的智能陪护机器人大多数都有着以下几个问题:“移动版 Pad”,跟平板功能类似,无其他功能;缺乏智能化交互;缺乏环境感知能力;造型较为呆板。



图 1 目前市面上机器人
Fig.1 Currently on the market robots

图 1 这些产品在功能上的问题使老年人在使用时更加不便。为了解决适老智能陪护机器人中的功能矛盾问题,采用 FAST 法和 TRIZ 法重新对智能陪护机器人进行创新设计。

2 智能陪护机器人功能设计

2.1 需求分析

目标人群定为 50 岁以上的中高端消费群体,生活在城市中,退休在家独居的老人。首先以问卷形式对 50 位老人生理和心理特点进行了解,见表 1。

表 1 老年人生理和心理需求
Tab.1 Physiological and psychological needs of the elderly

生理需求		心理需求	
衣	买衣、洗衣、更衣	希望买到实惠衣服,希望学会网上购物	
食	买菜、烹饪、吃饭、洗碗	更加注重食物的健康	
住	沐浴、就寝、如厕、打扫	与子女住一起担心被嫌弃,退休后一直在家的适应问题、焦虑和抑郁	
行	出入、交通	身心机能退化引起不安,害怕成为社会无用群体	

从表 1 中得出,一方面独居老人内心较为寂寞,平时很少有人陪伴,生活起居较为吃力。另一方面老人希望能独居,较为自由,但怕子女嫌弃成为他们的负担,因此独居老人需要一个智能陪护机器人,来陪护照顾老人生活起居、生理心理健康等方面内容。

综合整理后,得出老年人最关心的是价格是否便宜,其次是容易操作。将所得结果按照其重要性排列产品需求(1~10 级,10 级最高),见表 2。

表 2 老年人需求等级
Tab.2 Elderly needs level table

需求	重要度(1~10 级)
价格便宜	9
产品信息易获取	9
产品功能可视化	8
产品尺度设计合理	8
易操作	9
安全	9
智能化	9
外美观	8

2.2 智能服务机器人黑箱模型

功能是系统或子系统输入或输出时,参数或状态变化的一种抽象描述^[7]。对于一个产品而言,功能是能量、物质、信息或其他物理特性的转换,即输入与输出的关系。也称作为黑箱子模型。

通过抽象的方式为智能陪护机器人建立一个称为黑箱子的功能模型,见图 2。此模型包含了物质、能量、信息的输入和输出,根据此模型,设计人员可以关注到产品的主要功能和结构技术。

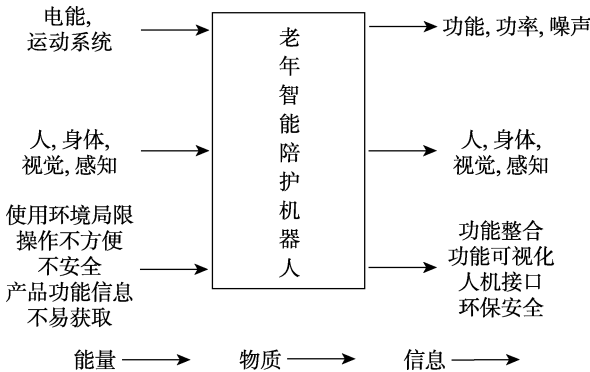


图 2 黑箱模型
Fig.2 Black box model

从图 2 可以看出,此模型将使用者所担心的物质、能量、信息问题转化为所希望的输出。在机器人运动系统中,只有电能和驱动系统相互配合才能使这一过程顺利进行,还需着重考虑机器人信息获取输出,设计应侧重于功能整合、功能可视化、易操作和安全性。

2.3 结合 FAST 功能树的 TRIZ 应用

建立功能树,能使设计人员能充分了解产品的功能原理。设计师需按照输入—运行—输出的模式,将用户对产品的期望需求转化为功能^[8]。FAST 法属于创建产品功能树的一种常用方法。TRIZ 是一套解决各类工程技术问题的工具^[9]。一个系统在某个方面改善的同时使另外一方面变坏。而在解决一个矛盾时,要避免妥协的方式,想办法获得两种对立的收益^[10-11]。FAST 法与 TRIZ 的集成见图 3。

FAST 与 TRIZ 集成的流程,见图 4,其基本建模过程为:(1)用前期研究和头脑风暴法来分析,回答智能陪护机器人的产品的所有功能用来做什么,列出简单的词汇进行定义其功能;(2)选择第一重要功能作为智能陪护机器人的最初基本功能,并构建其他关键功能;(3)实现关键功能会产生一些副作用,与关键功能同时发生或者用于抑制其副作用产生的附加功能列在对应关键功能的下方;(4)对上述功能产生的副作用进行分析,转化为矛盾,运用 TRIZ 解决问题。

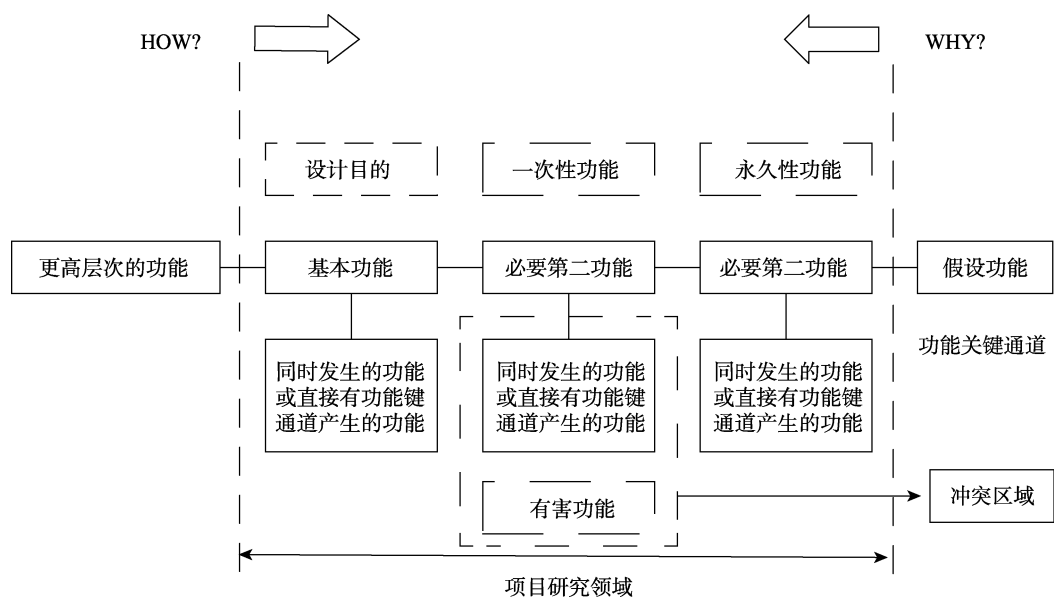


图 3 FAST 法与 TRIZ 的集成
Fig.3 FAST method and TRIZ integration diagram

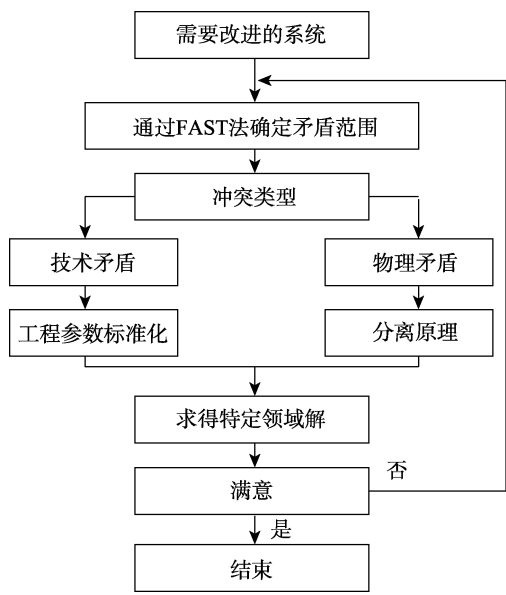


图 4 FAST 法与 TRIZ 的流程
Fig.4 Method flowchart FAST combination with TRIZ

对黑箱模型输出的设计因素进行分析,创建智能服务机器人的 FAST 功能树。从上述分析中可以得知

功能可视化、易操作、安全性是机器人的设计中的关键因素。在此,将通过功能树进一步细化,见图 5。将使用机器人作为最主要的功能,放在功能树的第 1 行第 1 列;因为老年人使用,所以安全性作为次要需求放在第 1 行第 2 列;将易用性和美观性作为另一个次要功能放在第 1 行第 3 列。

根据 FAST 建模过程得出以下矛盾:将智能陪护机器人功能一一整合,如整合不当会导致功能复杂化,而使用对象是老年人,则需要操作简单,界面简洁。

确定以上技术矛盾后,建立问题模型。TRIZ 冲突矩阵见表 3。

查询矛盾矩阵,结合实际问题的,得出问题解决思路,第 4, 10, 28, 32 条发明原理,能帮助解决矛盾,具体解释见表 4。

1) 根据非对称原理,将不同的按键设计成不同的大小,区分主要功能和次要功能。

2) 根据预处理原理,可以预先设定程序,如提醒功能,监测功能等,让机器人主动完成功能任务,节约时间。

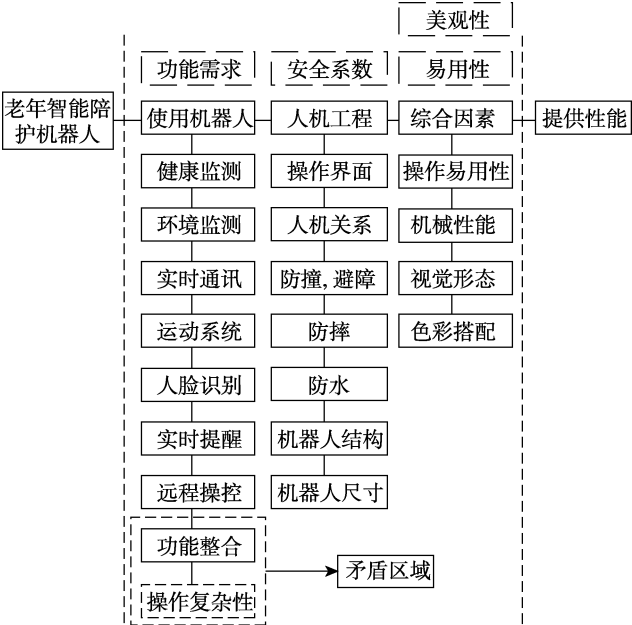


图 5 FAST 功能树
Fig.5 FAST function tree

表 3 TRIZ 冲突矩阵
Tab.3 TRIZ conflict matrix

改善的工程参数	恶化的工程参数	
	25 时间损失	36 复杂性
33 容易操作	4, 10, 28, 34	12, 17, 26, 32

表 4 发明原理及释义
Tab.4 Principle and interpretation of invention

原理号	原理名称	释义
4	非对称原理	改变物体的形状或特性使其从对称变为非对称
10	预处理原理	事先做出安排,使物体能在最方便的地方采取行动,以防止时间上的浪费
28	替代机械系统原理	由一种传感系统代替机械系统
32	改变颜色	改变物体或者周围环境的颜色

3) 根据替代机械系统原理,用发声代替实物障碍,如机器人遇到障碍物时,先自行停止,发出警报声;用指纹或者视网膜读入代替密匙,避免老人忘记密码;用声控拨打电话,取代键入,方便操作。使用上述原理将功能模块区分开后节省了一定的时间,并加入声控模式快速寻找到所需功能,两种功能相结合,达到功能最优化。

4) 根据改变颜色原理,可以将机器人使用界面分割成不同的颜色模块,减少寻找功能的时间。

所得结论为:对于老年人使用相对复杂的问题,可将界面分割成不同颜色模块、区分不同功能键大小、使用语音功能等来使操作更为方便简单。

3 智能陪护机器人设计方案

3.1 关键技术

通过功能树得出的功能可知,智能陪护机器人创新设计需要实现运动系统、视频通讯、远程操控、监测等功能。将关键技术进行整理,见表 5。

表 5 关键技术
Tab.5 Key technologies

用户需求	实现手段	关键技术
运动系统	自主跟随、障碍物检测	视觉识别、多传感器融合技术
视频通讯	—	人脸识别技术
远程操控	—	WiFi 通信
监测	环境监测	摄像头模块、红外传感器模块、超声波传感器模块
	健康监测	软件 APP

再将表 5 整合可得出智能陪护机器人整体结构,包括控制模板、避障模块、定位模块、驱动模块、通讯模块、远程模块和交互模块。具体关系见图 6。

智能陪护机器人需要解决的关键技术有:机器人在室内的避障、定位与导航技术;人脸识别技术;内置 WiFi 模块与手机建立连接。

3.1.1 智能陪护机器人定位与导航技术

1) 超声波传感测距技术。此技术较为成熟,不接受光线等其他因素影响,定位较为精准。在本文中,选用最常用的方法渡越时间检测法,由于设计需要,采取单向测距方法,实现距离测量,即超声波发生器发射超声波,通过空气传播由超声波接收器节点接收超声波,再计算出具体的距离值^[12]。测距公式可表示为:

$$d = S = \frac{1}{2}vt \quad (S = vt) \tag{1}$$

其中: d 为被测得距离; S 为所要测的距离; v 为超声波在空气中的速度; t 为发射波回波后的时间差,见图 7。

2) 多传感器定位系统。本系统是超声波高精度室内定位系统,该系统主要由超声波接收模块、超声波发射模块, ZigBee 无线模块和控制模块组成,见图 8。

3.1.2 人脸识别技术

首先人脸识别是通过数字相机或摄像机来获取新的面孔,将特征提取并通过人脸注册模块添加到数据库中;启动人脸识别,同样从数字照相机或摄像机获取人脸图像,然后通过人脸识别算法和数据库已有的数据进行比较,并返回识别结果^[13],见图 9。

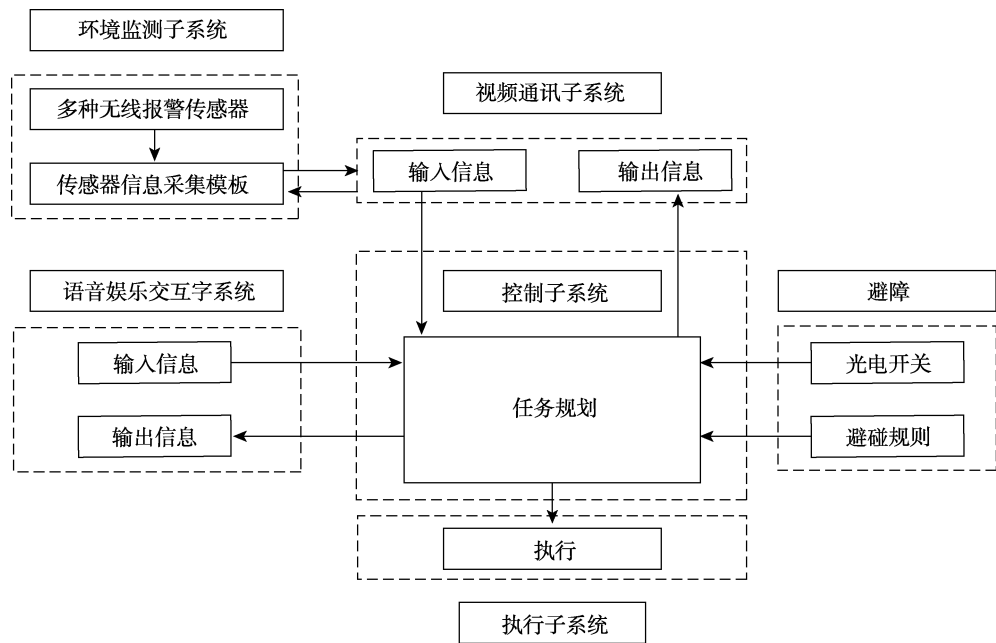


图 6 机器人系统结构
Fig.6 Robot system structure diagram

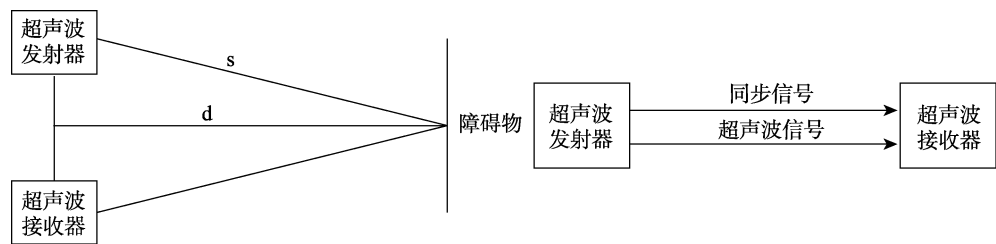


图 7 超声波测距原理
Fig.7 Ultrasonic distance measurement principle

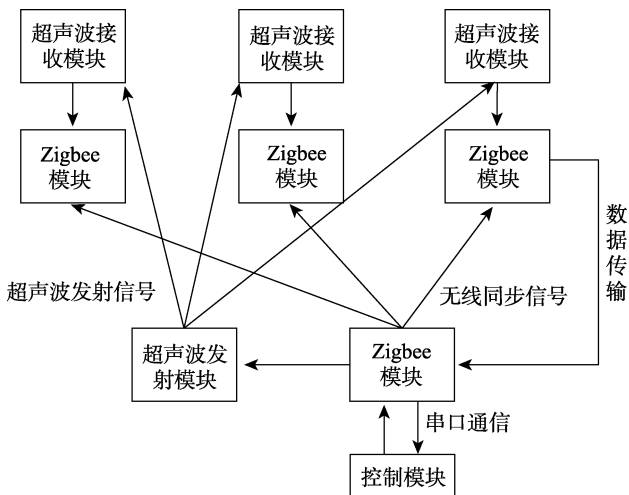


图 8 多传感器定位系统
Fig.8 Multi-sensor positioning system

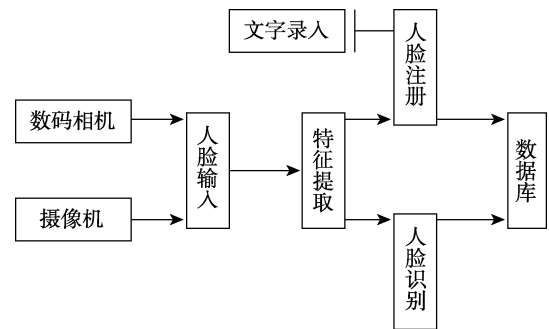


图 9 人脸识别系统
Fig.9 Face recognition system diagram

感器等模块设备位于机器人底部的外壳留缝中，在满足功能的同时不会对产品外观造成影响。智能陪护机器人结构图见图 10。

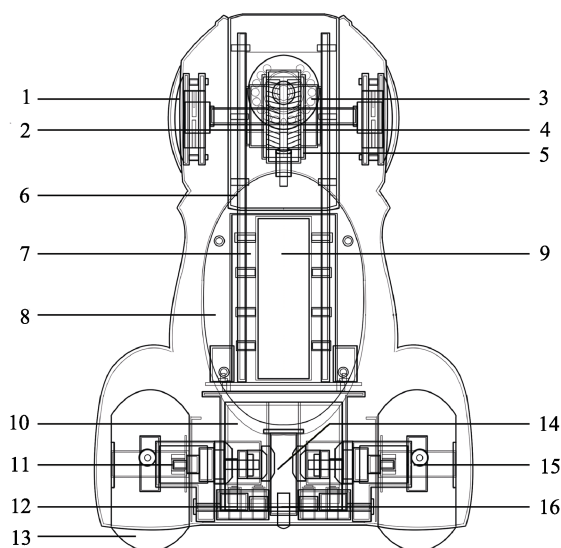
3.2 功能布局

智能陪护机器人在老人独自在家时提供必要的帮助，如健康监测、视频通话、娱乐陪护等功能。摄像头位于机器人顶部，便于识别用户并进行跟随。三轮式搭配圆柱形造型使其视觉上更加稳定。超声波传

3.3 人机工程

应用人机工程学相关知识与解决 TRIZ 冲突模型得出来的结果来进行智能陪护机器人的手操动模块设计。机器人的整体尺寸、操作布局方式、界面大小必须考虑人体测量和心理学和其他因素。接口的设计上遵循用户的习惯，减少用户响应时间，结合 TRIZ

理论得出结论,将功能键分割成不同颜色模块、区分不同功能键大小来进行界面设计,最大程度降低使用者的认知负荷,见图11。



注: 1 喇叭语音输出; 2 中央旋转平台转向器; 3 摄像头; 4 WiFi 模块; 5 氛围灯; 6 结构支撑架; 7 中央主板; 8 外壳盖板; 9 显示屏; 10 电池; 11 动力驱动; 12 Zigbee 定位模块; 13 动力轮; 14 人体红外感应器; 15 超声波传感器; 16 万向轮

图10 机器人结构

Fig.10 Robot structure diagram

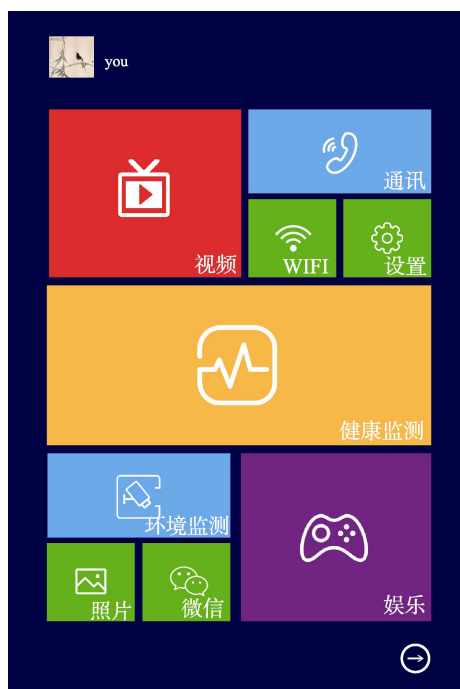


图11 机器人操作界面

Fig.11 Robot operation interface

3.4 外观造型

智能陪护机器人的目标用户为独居在家的老年人,他们希望被陪伴而不是孤立,因此在满足功能的基础上需融入亲和力,同时需保证机器人的完整性,

不仅外形要大气简练,还要将其功能等特点反应到设计上,达到功能与形式的统一。基于此,下部采用三轮式实现其稳定性,再通过上部圆滑造型使其具有亲和力,使造型简洁富有变化。

3.5 色彩搭配

主体采用简洁白色为主要配色,两边浅蓝色氛围灯有点缀装饰作用,使其简洁而又不失活泼,增加产品对于老年人的吸引力。智能服务机器人的造型效果见图12。



图12 机器人外观

Fig.12 Robot appearance picture

4 结语

利用功能技术系统分析结合发明问题解决理论分析出智能陪护机器人的功能需求并解决其中矛盾,完成智能陪护机器人创新设计。(1)通过智能陪护机器人的创新设计,验证了FAST法与TRIZ方法的结合在新产品的设计过程中的可行性,为今后完成此类设计提出一定的方法依据;(2)基于FAST与TRIZ方法结合可以更好的解决功能矛盾,使用户能有更好的体验;(3)进行了智能陪护机器人创新设计,并对该机器人的功能、结构、关键技术等要素进行了分析。下一步工作重点是对智能陪护机器人造型进行进一步的推敲,以便拓宽市场需求。

参考文献:

- [1] 罗志伟. 面向老年社会的健康机器人科学技术——迎接健康文艺复兴时代的到来[J]. 科技导报, 2015(21): 45—53.
LUO Zhi-wei. Healthy Robot Science and Technology for the Elderly Society: to Meet the Arrival of Healthy Renaissance[J]. Science and Technology Herald, 2015 (21): 45—53.
- [2] 王田苗, 陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014(9): 1—13.
WANG Tian-miao, TAO Yong. Study on Industrial Technology and Industrialization Strategy of Industrial

- Robot in China[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2014(9): 1—13.
- [3] 李雪莲. 老年智能轮椅设计研究[J]. 机械设计, 2014(4): 100—105.
LI Xue-lian. Design of Elderly Intelligent Wheelchair[J]. Mechanical Design, 2014(4): 100—105.
- [4] 宋云. 基于 FAST 法的可控滑沙板概念设计[J]. 机械设计, 2013, 30(6): 110—111.
SONG Yun. Design of Controllable Sliding Slab Based on FAST Method[J]. Mechanical Design, 2013, 30(6): 110—111.
- [5] 万霞, 贺亚楠, 周兰姝. 国内外老年家庭护理的发展现状及启示[J]. 中国老年学杂志, 2014(5): 1422—1424.
WAN Xia, HE Ya-nan, ZHOU Lan-shu. The Development Status and Enlightenment of Home Care at Home and Abroad[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2014(5): 1422—1424.
- [6] 石佩玉, 何智, 拜争刚. 中国老年人群焦虑症伴随基础性疾病研究现状系统评价[J]. 中国老年学杂志, 2014(16): 4646—4648.
SHI Pei-yu, HE Zhi, BAI Zheng-gang. Study on the Status Quo of Anxiety Disorder in Chinese Elderly-Population with Basic Disease Research[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2014(16): 4646—4648.
- [7] 陈晨, 孙志学, 张乐. FAST 法在家用智能固体有机废弃物处理机概念设计中的应用[J]. 机械设计, 2017, 34(1): 110—113.
CHEN Chen, SUN Zhi-xue, ZHANG Le. Application of FAST Method in Conceptual Design of Household Intelligent Solid Organic Waste Processor[J]. Mechanical Design, 2017, 34(1): 110—113.
- [8] 吕瑟, 成思源, 杨雪荣, 等. 基于功能分析系统技术与 TRIZ 的牙签包装机设计[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 65—69.
LYU Se, CHENG Si-yuan, YANG Xue-rong, et al. Design of Toothpick Packaging Machine Based on Functional Analysis System Technology and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 65—69.
- [9] GEORGE D, LINDA C S. Engineering Design, Fourth Edition[M]. America: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2009.
- [10] 韩卫国, 苏颜丽, 李辉, 等. 基于 TRIZ 冲突解决理论的抽油烟机创新设计[J]. 机械设计, 2016, 33(11): 114—117.
HAN Wei-guo, SU Yan-li, LI Hui, et al. Innovative Design of Range Hood Based on TRIZ Conflict Resolution Theory[J]. Mechanical Design, 2016, 33(11): 114—117.
- [11] HIPPLE J. The Integration of TRIZ with Other Ideation Tools and Processes as Well as with Psychological Assessment Tools[J]. Creativity and Innovation Management, 2005, 1(14): 22—33.
- [12] 熊剑, 周先赞, 陆泽霖, 等. 基于 CDMA-TDMA 结合的室内超声波定位方法[J]. 压电与声光, 2016(1): 125—129.
XIONG Jian, ZHOU Xian-zan, LU Ze-yuan, et al. A Indoor Ultrasonic Positioning Method Based on CDMA-TDMA[J]. Power & Acoustics, 2016(1): 125—129.
- [13] 马小虎, 谭延琪. 基于鉴别稀疏保持嵌入的人脸识别算法[J]. 自动化学报, 2014(1): 73—82.
MA Xiao-hu, TAN Yan-qi. Face Recognition Algorithm Based on Identification Sparse Preserving Embedding[J]. Acta Automatica Sinica, 2014(1): 73—82.