

智慧养老领域隐式交互的应用现状及前景

刘梦非, 凌亚利, 何人可
(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 对隐式人机交互在智慧养老领域的应用现状进行梳理, 分析其特征及发展前景。**方法** 综合梳理智慧养老交互设计研究现状, 分析老年群体的生理心理特征及隐式交互理论基础, 结合智慧养老领域典型场景中隐式交互的应用现状及相关课题展开讨论。**结论** 总结出智慧养老领域隐式交互的应用特点, 包括涉及较多关键性操作、长期监护及个人数据实时自动采集、第三方介入交互、系统平台建设和社会的参与。推断智慧养老领域隐式交互未来发展方向, 即在以物联网、大数据、人工智能为依托的智慧养老领域, 隐式交互是满足以人为本设计开发的核心部分, 它可以通过生物感应、环境识别、数据挖掘、机器学习、协同共创等方式来实现。新技术应用与落地, 数据库建设与共享, 将是未来应用研究的关键和热点。

关键词: 智慧养老; 隐式交互; 交互设计; 物联网; 大数据; 人工智能

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)02-0013-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.02.003

Application Status and Prospects of Implicit Interaction in the Field of Smart Care for the Aged

LIU Meng-fei, LING Ya-li, HE Ren-ke
(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The work aims to comb the application status of implicit human-computer interaction in the field of smart care for the aged, and analyze its characteristics and development prospects. The research status of interaction design of smart care for the aged was comprehensively combed and the physiological and psychological characteristics of the elderly and the basis of implicit interaction theory were analyzed. Then, the discussion was conducted in combination with the application status and related topics of implicit interaction in the typical scenes of smart care for the aged. The characteristics of implicit interaction application in the field of smart care for the aged are summarized, including many key operations involved, long-term monitoring and real-time automatic collection of personal data, third-party intervention and interaction, system platform construction and social participation. The future development direction of implicit interaction in the field of smart care for the aged is inferred as follows: based on the internet of things, big data and artificial intelligence, implicit interaction is the core part to satisfy user-oriented design and development. It can be achieved through biosensing, environmental recognition, data mining, machine learning and collaborative co-creation. The application and landing of new technologies and the construction and sharing of databases will be the key and hotspots for future application research.

KEY WORDS: smart care for the aged; implicit interaction; interaction design; internet of things; big data; artificial intelligence

收稿日期: 2019-11-04

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目 (19YJC760054)

作者简介: 刘梦非 (1983—), 女, 湖南人, 博士, 湖南大学助理教授, 主要研究方向为设计评价方法、大健康及养老领域的设计开发。

通信作者: 何人可 (1958—), 男, 湖南人, 湖南大学教授, 主要研究方向为工业设计史、设计管理。

国家统计局最新数据显示,截至2018年年底,我国60周岁及以上人口占总人口的17.9%^[1],达24 949万人。预计到2050年,我国60岁以上的老年人将达到4亿,超过总人口的30%^[2]。“未富先老”、“未备先老”、“高龄少子”、“孤独终老”的挑战加剧^[3],积极应对人口老龄化已成为社会老龄化进程加快背景下必须坚持的国家策略^[4]。2017年2月,工业和信息化部、民政部、国家卫生计生委联合印发《智慧健康养老产业发展行动计划(2017-2020年)》,“智慧养老”成为政府和市场关注的焦点领域,业内普遍认为基于物联网、云计算、大数据、智能硬件的智能信息技术,可通过提供“性价比较好”的辅助服务来满足日益增长的养老服务需求^[5],带来“互联网+”养老服务模式的变革,为养老领域供给总量不足、供需不平衡、供需结构性矛盾等问题,提供有效的创新解决方案。然而,智慧养老概念在全球范围内都还处于初期探索实验阶段,应用较为零散,鲜有长期化、规模化、体量化的先例,就整体而言仍面临着诸多挑战,智慧养老还不够“智慧”^[6]。不过,设备、环境乃至社会服务体系的智能化,毋庸置疑地将从根本上改变人机交互方式与交互行为^[7]。在物联网大数据环境下,探究智慧养老领域合适的人机交互方式,挖掘老年人群体的真实需求,完成自然且符合人的预期及行为习惯的与智慧体的交互,进而实现以人为本的服务,是提升智慧养老产品与服务品质的关键。

1 智慧养老领域的交互设计

1.1 智慧养老概述

“智慧养老”早期叫“全智能老年系统”,是由英国生命信托基金率先提出的^[8],目的是让老年人可以不受时间和地域的限制,享受高质量的服务。在国外,该领域发展较早,1998年至2004年起步,2005年后迅猛发展,至今智慧养老机制已较为完善^[6]。而国内智慧养老起步较晚,胡黎明于2007年首次提出“数字化养老”,随后几年陆续出现了“科技养老”、“智能养老”等概念,直至2012年发展成为“智慧养老”^[9],即充分利用信息化、智能化技术,实现全方位、线上线下、综合性、医养结合养老服务^[10]。2017年三部委印发的《智慧健康养老产业发展行动计划(2017-2020年)》中提到,智慧健康养老利用物联网、云计算、大数据、智能硬件等新一代信息技术产品,能够实现个人、家庭、社区、机构与健康养老资源的有效对接和优化配置,推动健康养老服务智慧化升级,提升健康养老服务质量和效率水平^[11]。这说明在国内,“智慧养老”不仅限于探讨软件、产品层级的智能化,更需要基于大数据、区块链、人工智能等技术发展的模式与服务创新,从而真正实现“有品质的养老”——安养、乐活和善终^[12]。这些都离不开设计的参与。

1.2 智慧养老领域交互设计研究现状

目前适老设计相关文献主要集中在数字图形界面交互研究领域,关于实体交互方式的综合考虑较少^[13]。Holtrc等人针对老年人智能辅助设备进行了包容性设计;Moon M K等人^[14]通过研究60岁左右的老年人,制定了老年人运动支持服务机器人的定量可用性评估标准,以提升用户体验。国内学者李雪亮等人^[15]在分析老年人生理和心理特征的基础上,结合服务设计的方法提出了情景介入、联系构建、用户协作和系统关注的智能产品设计策略与方法;袁芳^[16]通过分析老年人感知系统,从多通道交互角度提出了适老化厨房家电交互设计策略;第烨等人^[17]从情感化设计角度出发,探究了老年人怀旧倾向,从而设计出更人性化的适老产品;张萍等人^[13]探讨了老年智能产品的交互障碍,引入感官代偿设计理论,提出了以知觉为导向的功能认知适老化、以效用为导向的行为交互适老化、以互动为导向的情感体验适老化设计策略与方法;黄甜^[18]通过对老年人健身APP的研究,探究了自然交互在老年人健身领域的适用性;Minggang Yang等人^[19]通过对智能家居的调查和用户分析,研究了智能家居产品的类型及其与老年人之间的交互,找到了产品交互设计的原理和特点。

除上述从情感化设计、多通道设计、感官代偿、自然交互角度进行研究外,也有学者从隐式交互角度研究适老设计。李美等人^[20]指出,机器人通过感知当前的环境情况,可以分析识别用户潜在的需求,在用户无意识的情况下主动提供相应服务,减少非必要用户指令,简化人机交互过程,从而增强用户愉悦感和使用体验。叶喜勇等人^[21]结合老年看护实例,通过对隐式交互系统及日常生活场景的分析,建立了动态上下文模型及ADL-DBN推理模型,进行了动作分析和理解,进而为老年人提供生活辅助;屈芳等人^[22]认为,传感器的普遍部署令老年人得以与互联网相连,与环境相连,老年人接受新事物,使用新设备的能力不断增强,物联网数据的汇聚融合可以获取具有实时性、综合性、移动性的泛在信息,经过大数据挖掘分析和机器学习能力提升,可以使智慧养老服务形成高效、稳定的产业生态环境,并得以可持续发展。国际上,在老年人的社会参与和独立自主生活方面都有相关的国际标准化制订动向^[23],标志着实现老年人社会参与及独立自主生活是国际上普遍关注的热点。

2 智慧养老领域探讨隐式交互的必要性

2.1 老年人生理心理需求

随着年龄的增长,人的生理机能,包括感知能力、行动能力和学习能力,逐渐衰退;人的感观系统包括视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉等都会发生一定程度的退化。在视觉上,老年人常患有老花眼,对近处物

体的辨识能力下降,分辨不清物体的形状、大小、颜色等。在听觉上,老年人耳朵的鼓膜对声音的敏感度开始降低,表现为对声音的分辨能力降低。味觉、触觉和嗅觉也有明显的衰退迹象,表现为吃饭口味变重,对气味、冷热和皮肤刺激等感知减退。医学研究表明,60 岁以上老人的行动力通常只有二三十岁时的 30%~50%,具体表现为老年人肌肉控制力减弱,操作耐久力和反应速度降低,常出现手抖现象,难以精确操作。随着身体的衰老,人脑细胞数量也会逐渐减少,记忆力开始逐渐减退,学习能力变差。老年人更容易接受习惯性操作,对于新的东西往往需要花费大量时间精力去学习、适应。根据维尔福特对老年人行为认知的技能性研究,老年人很难把短时间内记住的知识保存到永久记忆中枢中去,因此降低老年人需要学习内容的复杂程度,减少老年人的认知负荷,显得尤为重要^[24]。

穆光宗^[25]将老年生命历程分为五个时期:退休过渡期、老年活跃期、失能障碍期、重病卧床期和生命临终期。在这五个时期中,老年人的生理和心理需求在不断发生着变化,这是养老产业最大的特征,即用户的差异化和不定性。与之相伴的,是家人、护理员、机构、社区乃至社会的应对。小到假牙盒、老花镜、轮椅、护理床,大到家居空间、社区公共设施,乃至区域信息系统、城市健康监护系统、国家养老服务平台,都需要有更细致入微的体贴关怀和更人性化的设计。需要在产品开发、系统构筑或者平台搭建阶段就导入以人为本的设计方法,以便了解用户的真实需求,包括不断变化的实时需求和有可能的长期需求,并以最直观、便捷、流畅的方式引入用户生活。

2.2 隐式交互理论基础

在万物互联的时代,用户体验越来越受到重视,设计研究更加关注人的生理、心理需求^[26],人们希望机器更加智能,更加主动,希望自己被机器“懂得”。隐式交互的重点是感知和推理,而实现隐式交互也需要多种技术的支持。例如“感知”是设备能够收集当前环境和用户信息,需要运用的相关技术有传感器、语音识别、物体识别、眼动追踪、无声语音等。又如要实现“推理”,就需要设备在“感知”的基础上,有深度学习的能力,通过大数据分析,进行情感计算、信息融合、交互过程建模,从而通过“感知”到的上下文信息,尽可能准确地推断用户意图,提供恰当的服务。

澳大利亚斯威本科技大学的 Kaiyan^[27],早在 1996 年就提出了隐式人机交互 (Implicit Human Computer Interaction, IHCI) 的概念。Schmidt^[28]首次提出了看不见的交互为隐式交互,提出了一种用于描述隐式人机交互的基于 XML 的语言,论证了上下文感知建模,提出了机器系统可以根据上下文揣测人的意图并主动提供服务;Ju W 等人^[29]通过设备主动性和用户注

意力需求两个维度,提出了隐式交互框架,使人机交互研究人员和设计人员能够理解隐式交互与显式交互的不同方式,并为不同类型的隐式交互在何时有用提供了指导;傅婕等人^[30]强调了启示 (Affordance) 在交互设计中的应用,认为隐式交互更贴近使用者,使交互设计更自然生动;王巍、黄晓丹等人^[31]对隐式人机交互的发展进行了全面总结,梳理了隐式交互所涉及的理论和技术,展望了未来的发展方向;Stefan 等人^[32]指出,智能手机与可穿戴设备的体感网结合是隐式交互的有效工具,并分析了当前移动隐式交互中的可穿戴设备;Kobayashi G^[33]从隐式交互对社会关系中相互信任的潜在影响的角度,提供了物联网的伦理观点,在社交网络技术发展的背景下考虑物联网,提出了可供性和社交网络等概念;王巍等人基于对可穿戴设备隐式交互的研究,总结出了隐式交互原则,并展望了隐式交互在可穿戴设备中的未来发展方向^[34];杨林等人针对工业 4.0 环境下,人与周边物联网制造资源交互所具有的临时再配置、网络拓扑复杂多变的特点,研究群集、社会化组织的工业物联网智能设备,以期构建简洁、高效的隐式人机交互机制^[35];Fei Wang 等人^[36]提出了一种将表面肌电图和惯性信息相结合的隐式人机交互技术,以实现对协作机器人的顺应性抓取;Enrico Maier^[37]提出了通过常用姿势识别来进行隐式人机交互的概念,提出了通过诸如智能手机之类的移动计算机对常见姿势的检测和反馈,对人们日常生活和工作中不健康的姿势进行警示,以防止其产生后遗症。

隐式交互在发展迅猛的物联网时代是人机交互领域值得关注的前沿理论。它与自然交互有部分概念重叠,但更关注于对用户具体的自然行为所隐含的特定交互意图的推理,强调设备主动推测用户意图,主动提供服务,在智慧养老领域有很强的应用性,值得被推广。

3 智慧养老领域隐式交互的应用

3.1 现有典型应用案例

在万物互联、智慧养老风靡的大趋势下,智慧养老产品及相关服务层出不穷,按照使用场景,大致分为安全保障、医疗保健、日常起居辅助三类^[38]。以市面上的六种智慧养老产品为例,见图 1—6,将三种典型场景下的智慧养老产品及服务进行简单对比,智慧养老典型应用见表 1。

通过表 1 的对比分析发现,三种典型场景下的智慧养老产品都是用于弥补老年人某一方面的缺陷,表现为监测老年人状态,在发现异常情况时主动给予帮助或将异常情况报告给相关人员,寻求相应的帮助,较多地运用了设备主动推测用户意图,主动提供服务的隐式交互方式。基于对老年人生理心理特点的分析可知,老年人渴望独立生活,不愿给别人添麻烦,但

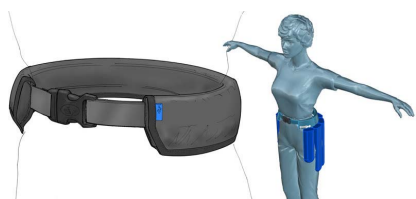


图 1 Active Protective 智能腰带
Fig.1 Active Protective smart belt



图 2 LYKAON for Pepper
Fig.2 LYKAON for Pepper



图 3 VCare Linktop 健康检测仪
Fig.3 VCare Linktop health detector



图 4 雅培 Free Style Libre Pro
Fig.4 Abbott Free Style Libre Pro



图 5 ADAMAAS 智能眼镜
Fig.5 ADAMAAS smart glasses

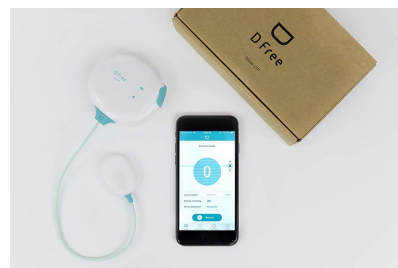


图 6 DFree 超声波传感器
Fig.6 DFree ultrasonic transducer

表 1 智慧养老典型应用

Tab.1 Typical application of smart care for the aged

典型场景	主要功能	代表产品
安全保障	异常情况介护及报警、无拘束监护防走失、安全区域提醒等	Active Protective ^[39] (如图 1)、LYKAON for Pepper ^[23] (如图 2)、松下公司智能家居
医疗保健	生理数据监测采集、健康状况管理、运动情况监测等	VCare Linktop 健康检测仪 ^[40] (如图 3)、Free Style Libre Pro ^[40] (如图 4)
日常起居	提示、帮助老人完成日常任务, 纠正错误行为 ^[41] 等	ADAMAAS ^[42] (如图 5)、DFree 超声波传感器 ^[43] (如图 6)、HAL ^[44] 外动力骨骼机器人

由于身体条件,往往心有余而力不足。主动推测用户意图,主动提供服务的隐式交互让设备更加智能,在关乎老年人生命安全保障和医疗保健领域,能够更及时地发现问题,及时地给出解决策略,减少危险发生。Active Protective^[39]产品包括安全气囊、冷气充气器和检测佩戴者何时坠落并触发系统的传感器,当收到佩戴者即将摔倒的信号后,将在佩戴者腰部弹出安全气囊对佩戴者进行保护。它还可以通过 WiFi 将佩戴者摔倒的信息告知护理人员和家属,以便进行其他潜在干预措施。Free Style Libre Pro^[40]是在患者上臂贴上一枚小巧的圆形传感器,不需要患者做任何操作,专业医护人员就可据此直观、完整地了解患者葡萄糖数据及葡萄糖数据波动趋势和变化图谱,大大减少了患者与医生的沟通成本。在日常起居辅助方面,隐式交互让设备能够自行对老年人因身体条件受限而产生的不当行为进行及时纠正,减少老年人的无措感。DFree 超声波传感器^[43]可以帮助老年人摆脱尿失禁的困扰。它需要用户在下腹部粘贴一个小型感应器,超声波感知膀胱的变化来预判用户排泄的时间。一旦达到可自定义的阈值就会通知用户,或者经由电子终端通知护理人员前去辅助用户排泄。这种通过监

测用户身体生理数据来判断其意图的交互行为,弥补了老年人神经退化等方面的缺陷。

3.2 智慧养老领域隐式交互的应用特点

智慧养老的对象为老年人,隐式交互可以弥补他们由于衰老导致的身体缺陷,主要特点如下。

1) 涉及较多关键性操作。在关键性操作上年轻人往往有明确的操作意图,能给予他们控制感的显式交互更好,且显式交互相对来说更准确,而在智慧养老领域,智能设备往往用来弥补老年人某些身体缺陷和及时处理异常情况,受身体条件及所处状态的限制,老年人难以对设备进行主动性操作,对设备主动性和容错率的依赖程度高。

2) 长期监护及个人数据实时自动采集。智能设备主要用于弥补老年人生理缺陷及处理异常情况,在三个典型场景下,都需要设备实时监测老年人状态,往往需要穿戴性硬件辅助,以方便及时采集数据,推断老年人状态,一旦发现异常,立即予以反馈。

3) 第三方介入交互。年轻人与设备的交互往往是一对一的,即设备通过某种方式,如肢体动作、语音等,从用户处获取数据,经过一系列处理后,反馈

给该用户。而目前在安全保障和医疗保健领域，老年人与设备的交互往往需要第三方人员（如家人、护理人员、医护人员、保障人员）的参与，设备从老年人处采集相应数据，处理后将结果反馈给第三方人员，第三方人员再给老年人相应的辅助反馈，如用药、救护等。

4) 系统平台建设，社会的参与。由于老年人身体状况的不断变化，面向老年人提供的服务，往往要求更高的应变性，这需要政府和社会提供平台，灵活应用区域大数据信息和有限的社会资源，更好地把服务与医养结合。

4 智慧养老领域隐式交互未来发展方向

隐式交互需要理解人在与周围事物之间交互时，肢体动作、话语等在不同环境（氛围）下传达的不同意图，以便对当前及以后的交互行为进行预测^[45]。在智慧养老领域典型场景下，老年人对设备的主动性依赖程度高，隐式交互是用于保障老年人生命安全的关键性操作，为减少关键性操作的失误率，提高推理准确性，需要有完备的历史上下文信息。在医养结合的大趋势下，未来的智慧养老将更加关注居家养老与社区养老的结合，更加重视个人健康数据（PHR, Personal Health Record）的采集，在尊重个人隐私的前提下，共享应用和一体化平台。完善的数据信息可帮助机器深度学习，优化计算程序的性能标准，提供更准确的

服务；也便于家人、护理人员、医护人员等了解老年人状态，更高效地保障老年人的生命安全，减少事故发生。从更高层面来说，一体化的数据平台可以令地区政府/国家有效地规划与指导相关企业，如保健产品/服务公司、制药公司、社区服务中心、医疗机构等，让他们提供更准确有效的服务。

在欧美国家，PHR 系统带来的医疗信息一体化网络环境已经开始慢慢成熟^[46]，2001 年日本政府开始在各医疗机构积极导入电子病历系统，2005 年开始规划医疗信息系统的互通运营，2008 年开始探讨 PHR 数据的收集和应用，经过十年时间的探索，近两年日本的医疗机构还在积极筹备 PeOPLe（Person Centered Open PLaTform for Well-being）系统的建设^[47]。这个系统是以个人为单位，将各企业/机构/服务供应商管理的数据一统化，形成一个在任何地方都可以了解国民个人的保健医疗信息的基础开放信息平台，包含的不仅是个人的体重、心跳脉搏、血糖血压、病历等基础生理信息，而且还有活动量、睡眠、饮食等生活习惯信息，以及社交网络、生活环境、购买习惯等有可能影响个人生理心理情况的相关信息，以期为用户提供更为有效的分析和更为广泛的应用服务等，这些可以称为广义的个人健康数据，对未病预防、健康周边领域均有重要的意义。智慧养老领域 PHR 的应用及隐式交互设计要点见表 2，从中可以发掘未来个人健康数据的可应用领域。

表 2 智慧养老领域 PHR 的应用及隐式交互设计要点
Tab.2 Application of PHR in smart care for the aged area and design chances and points

目的	主体	应用方向	相关产品/服务	隐式交互设计机会及要点
健康管理	个人、家庭	健康状态、患病风险预判；生活品质改善、生活习惯病的预防	健康管理类可穿戴设备；健康/生活监测设备/感应装置；自助式健康监测设备；家庭服务机器人；社会贡献、社交、交流机会的提供等	充分利用多模态感知与反馈、机器学习等技术，令产品/服务操作便捷、直观，可主动收集数据、主动提供服务、反馈清晰、可导入第三方（家人、护理员、医务人员）支持机制、注重个人价值的实现
相关人员的健康管理、健康促进	医疗保险、企业、地方政府	区域/企业内人员的健康管理；经济有效的健康医疗政策的制订	便携式/移动式/共享式健康管理设备；健康综合信息平台等	数据的自动采集、集中管理、个人信息加密处理机制、平台界面的友好性、软硬件的结合
未病预防、病患管理、护理医疗的效率化	医疗从业人员、护理人员、地方政府、个人	预防、治疗、预后的信息管理、病患教育；诊疗支持、护理支持；区域统合护理、居家医疗、远程诊疗、急救医疗；生涯健康护理	健康生活信息平台、手册、活动等复合型宣传机制；健身保健设备；网络化远程支援/诊疗平台等	多方参与的复杂信息自动可视化、广义个人健康数据的采集/分析/统合/共享、可读性提升
健康服务的提质、新商业模式	健康相关行业（保健、食品、送餐、健身机构等）	大健康数据平台的构筑；服务水平的提升；新商品、服务的开发	区域生活信息平台；有针对性的特色产品/服务（线上及线下）等	个人用户/机构/企业外延需求的挖掘、衍生产品/服务的策划、落地、实施
医疗、医药品的改善、开发、革新	医疗机构、研究机构、制药企业、医疗健康相关企业	健康医疗数据平台的构筑；健康医疗准则（改善、革新、效率化）；精密医疗、预防医疗、先导医疗；创药、开发、市场、安全性	医疗数据一体化/区域平台；信息可视化及反馈机制等	数据信息的互通共享机制、新技术新设备的开发、落地、应用

续表 2

目的	主体	应用方向	相关产品/服务	隐式交互设计机会及要点
健康政策、 医疗护理 政策	政府、研究机 构	大数据分析、评价；现状分 析、发现方向；验证性价比； 预测施政效果	可视化数据分析方法/ 工具；宣传方法/工具等	数据可视化、可读性提升、及时到 位的信息反馈、易学、易用的操作 平台

注：前三列翻译、整理自 2017 年由日本制药工业协会及医药产业政策研究所联合发布的医疗健康领域的大数据应用研究会报告书 vol.2^[46]

在广义个人健康数据采集和应用的基础上，智慧养老借助物联网和人工智能设备及技术，可获得长足的发展。未来的市场机会不仅在老年人及其家人、护理人员与机构、医疗机构等传统养老领域，更在日常生活中，以大健康视角贯穿人的一生，涉及许多外延细分领域。无论是针对老年人还是正常人，隐式交互的充分应用，可以实现上下文信息与环境信息的复杂链接，实现自然、及时并且更贴心和智慧的服务，保障安全、提供便利、实现价值，真实有效地帮助人们更好的生活。

5 结语

在对智慧养老领域交互设计研究、隐式交互理论基础及研究现状进行梳理的基础上，分析老年人生理心理特点，探讨智慧养老领域典型场景下，隐式交互的应用优势、特点及发展前景。充分说明在以物联网、大数据、人工智能为依托的智慧养老领域，隐式交互是让智慧养老更“智慧”的关键。如何根据理论基础设计相应的实验，并通过设计原型来验证隐式交互在智慧养老领域典型应用场景中的有效性，将是未来研究的重点。

在 5G 时代^[48]，设计师更希望能通过隐式交互设计方法，将“智慧养老”带向“除龄社会（Ageless Society）^[49]”，从人类生命全周期即大健康视域出发，用技术手段帮助“老年人不老”，创造真正的老年人与年轻人无差别生活的美好时代。

参考文献：

[1] 国家统计局. 中华人民共和国 2018 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 北京: 国家统计局, 2019.
National Bureau of Statistics. National Economic and Social Development Statistics Bulletin of the People's Republic of China in 2018[R]. Beijing: National Bureau of Statistics, 2019.

[2] 李大伟. 智慧养老体系中智能穿戴设备研发展望[J]. 现代信息科技, 2019, 3(4): 145-146.
LI Da-wei. Prospects for the Development of Smart Wearable Devices in the Smart Pension System[J]. Modern Information Technology, 2019, 3(4): 145-146.

[3] 穆光宗. 不分年龄人人健康: 增龄视角下的健康老龄

化[J]. 人口与发展, 2018(1): 11-13.

MU Guang-zong. Everyone is Healthy Regardless of Age: Healthy Aging from the Perspective of Aging[J]. Population and Development, 2018(1): 11-13.

[4] 总报告起草组, 李志宏. 国家应对人口老龄化战略研究总报告[J]. 老龄科学研究, 2015, 3(3): 4-38.
The Drafting Group of General Report, LI Zhi-hong. The General Research Report of Chinese Strategic for Dealing with Population Aging[J]. Scientific Research on Aging, 2015, 3(3): 4-38.

[5] 张丽雅, 宋晓阳. 信息技术在养老服务业中的应用与对策研究[J]. 科技管理研究, 2015(5): 170-174.
ZHANG Ya-li, SONG Xiao-yang. Research on the Application and Countermeasures of Information Technology in the Aged Service Industry[J]. Science and Technology Management Research, 2015(5): 170-174.

[6] 李宝娟, 孙晓杰. 我国“互联网+”居家智慧养老现状分析[J]. 卫生软科学, 2019(3): 8-11.
LI Bao-juan, SUN Xiao-jie. Analysis of the Status Quo of “Internet+” Home Wisdom Support in China[J]. Journal of Hygiene and Soft Science, 2019(3): 8-11.

[7] 廖光继, 易树平, 周佳. 工业 4.0 环境下的人因与工效学[J]. 技术与创新管理, 2016, 37(3): 270-275.
LIAO Guang-ji, YI Shu-ping, ZHOU Jia. Human Factors and Ergonomics in the Environment of Industry 4.0[J]. Technology and Innovation Management, 2016, 37(3): 270-275.

[8] 席恒, 任行, 翟绍果. 智慧养老: 以信息化技术创新养老服务[J]. 老龄科学研究, 2014, 2(7): 12.
XI Heng, REN Xing, ZHAI Shao-guo. Smart Care for the Aged: Innovative Old-age Services with Information Technology[J]. Research on Ageing, 2014, 2(7): 12.

[9] 胡凡. 智慧养老发展现状及对策研究[J]. 经济研究导刊, 2019, 395(9): 55-56.
HU Fan. Research on the Status Quo and Countermeasures of Intelligent Pension Development[J]. Economic Research Guide, 2019, 395(9): 55-56.

[10] 郑世宝. 物联网与智慧养老[J]. 电视技术, 2014(22): 24-27.
ZHENG Shi-bao. IOT and Smart Care for the Aged[J]. Video Engineering, 2014(22): 24-27.

[11] 工业和信息化部, 民政部, 国家卫生计生委. 工信部联电子[2017]25 号, 智慧健康养老产业发展行动计划(2017-2020 年)[S]. 北京: 工信部, 2017.
Ministry of Industry and Information Technology, Min-

- istry of Civil Affairs, National Health Commission. Miit Union Electronics [2017]no.25, Action Plan for the Development of Aged Smart Care Industry (2017-2020)[S]. Beijing: Miit, 2017.
- [12] 穆光宗. 有品质的养老: 新生代城市老人的新追求[J]. 人民论坛, 2019(13): 72-73.
MU Guang-zong. Quality Pension: the New Pursuit of the New Generation of Urban Elderly[J]. People's Tribune, 2019(13): 72-73.
- [13] 张萍, 丁晓敏. 代偿机制下适老智慧产品交互设计研究[J]. 图学学报, 2018, 39(4): 700-705.
ZHANG Ping, DING Xiao-min. Research on Interaction Design of Old Wisdom Products under Compensation Mechanism[J]. Journal of Graphics, 2018, 39(4): 700-705.
- [14] MOON M K, KIM S C. Usability Evaluation of Movement Support Service Robot for Elderly[J]. Advances in Ergonomics Modeling Usability & Special Populations, 2017, 486(7): 517-526.
- [15] 李雪亮, 巩森森. 移动互联网视角下老年人智能产品服务设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 57-60.
LI Xue-liang, GONG Miao-sen. Research on the Design of Intelligent Product Service for the Elderly from the Perspective of Mobile Internet[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 57-60.
- [16] 袁芳. 基于多通道行为特征的适老化厨房小家电交互设计研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2017.
YUAN Fang. Research on Interaction Design of Small Kitchen Appliances Based on Multi-channel Behavior Characteristics[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2017.
- [17] 第焯, 靳文奎. 基于老年人怀旧倾向的交互产品设计研究[J]. 戏剧之家, 2019, 314(14): 143-145.
DI Ye, JIN Wen-kui. Research on Interactive Product Design Based on the Nostalgic Tendency of the Elderly[J]. Theatre House, 2019, 314(14): 143-145.
- [18] 黄甜. 基于自然交互的老年人健身类APP界面交互设计研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2019.
HUANG Tian. Research on Interaction Design of Elderly Fitness APP Interface Based on Natural Interaction[D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2019.
- [19] YANG M, HUANG H, YUAN H, et al. Interaction Design of Products for the Elderly in Smart Home under the Mode of Medical Care and Pension[J]. Springer International Publishing Switzerland, 2016(2): 145-156.
- [20] 李美, 丁满, 袁梦娟. 基于无意识行为的智慧养老型服务机器人交互设计研究[J]. 艺术科技, 2018, 31(11): 80.
LI Mei, DING Man, YUAN Meng-juan. Research on Interaction Design of Wisdom Aged Service Robot Based on Unconscious Behavior[J]. Art Science and Technology, 2018, 31(11): 80.
- [21] 叶喜勇, 陶霖密, 王国健, 等. 基于动作理解的隐式交互[C]. 北京: 第七届和谐人机环境联合学术会议, 2011.
YE Xi-yong, TAO Lin-mi, WANG Guo-jian, et al. Implicit Interaction Based on Action Understanding[C]. Beijing: The 7th Harmonious Human-computer Environment Joint Academic Conference, 2011.
- [22] 屈芳, 郭骅. “物联网+大数据”视阈下的智慧养老模式研究[J]. 信息资源管理学报, 2017(4): 51-57.
QU Fang, GUO Hua. Study on the Intelligent Pension Model under the Visual Threshold of “Internet of Things+Big Data”[J]. Journal of Information Resources Management, 2017(4): 51-57.
- [23] Institute for International Socio-Economic Studies. Research Report about the Health for Which AI IoT was Utilized and Innovation of Medical Treatment and the Nursing Field[R]. Tokyo: Institute for International Socio-Economic Studies, 2018.
- [24] 刘熠. 基于老龄化社会的可穿戴设备的设计的研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2016.
LIU Yi. Research on the Design of Wearable Devices Based on Aging Society[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2016.
- [25] 穆光宗. 成功老龄化: 中国老龄治理的战略构想[J]. 国家行政学院学报, 2015(3): 55-61.
MU Guang-zong. Successful Aging: Strategic Conception of Aging Governance in China[J]. Chinese Academy of Governance, 2015(3): 55-61.
- [26] 任淑愉. 基于情景感知的自然交互界面设计研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
REN Shu-yu. Research on Natural Interaction Interface Design Based on Context Perception[D]. Nanjing: Southeast University, 2016.
- [27] KAIYAN N. Exploratory Study of Implicit Theories in Human Computer Interaction[C]. Computer-Human Interaction, 1996.
- [28] SCHMIDT A. Implicit Human Computer Interaction through Context[J]. Personal Technologies, 2000, 4(2-3): 191-199.
- [29] JU W, LEIFER L. The Design of Implicit Interactions: Making Interactive Systems Less Obnoxious[J]. Design Issues, 2008, 24(3): 72-84.
- [30] 傅婕, 赵江洪, 谭浩. 基于潜意识与行为习惯的交互设计启示性[J]. 包装工程, 2013, 34(2): 50-52.
FU Jie, ZHAO Jiang-hong, Tan Hao. Revelation of Interaction Design Based on Subconsciousness and Behavioral Habits[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(2): 50-52.
- [31] 王巍, 黄晓丹, 赵继军, 等. 隐式人机交互[J]. 信息与控制, 2014, 43(1): 101-109.
WANG Wei, HUANG Xiao-dan, Zhao Ji-jun, et al. Implicit Human-Computer Interaction[J]. Information and Control, 2014, 43(1): 101-109.
- [32] SCHNEEGASS S, OLSSON T, MAYER S, et al. Mobile Interactions Augmented by Wearable Computing: a Design Space and Vision[J]. International Journal of Mo-

- bile Human Computer Interaction (IJMHCI), 2016, 8(4): 104-114.
- [33] KOBAYASHI G. The Ethical Impact of the Internet of Things in Social Relationships[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2016, 5(3): 85-89.
- [34] 王巍, 姚宇双. 可穿戴产品的隐式交互设计浅析[J]. 装饰, 2016(6): 106-107.
WANG Wei, YAO Yu-shuang. Analysis of Implicit Interaction Design of Wearable Products[J]. Zhuangshi, 2016(6): 106-107.
- [35] 杨林, 李文锋, 段莹, 等. 工业物联网环境下隐式人机交互消息传播方法[J]. 中国机械工程, 2018, 29(4): 463-470.
YANG Lin, LI Wen-feng, DUAN Ying, et al. Implicit Human-Computer Interaction Message Propagation Method in Industrial IoT Environment[J]. China Mechanical Engineering, 2018, 29(4): 463-470.
- [36] WANG F, QI H, ZHOU X, et al. Collaboration Robotic Compliance Grasping Based on Implicit Human-Computer Interaction[C]. Shenyang: The 30th China Conference on Control and Decision-making, 2018.
- [37] MAIER E. Implicit Human-Computer Interaction by Posture Recognition[C]. Digital Human Modeling-Third International Conference, ICDHM 2011, 2011.
- [38] 侯文华, 陈婷. 智慧养老服务产业发展和实现路径研究[J]. 现代管理科学, 2019(4): 100-102.
HOU Wen-hua, CHEN Ting. Study on the Development and Realization Path of Smart Old-age Service Industry[J]. Modern Management Science, 2019(4): 100-102.
- [39] HENTSCHEL M A, HAAKSMA M L, BELT T H V D. Wearable Technology for the Elderly: Underutilized Solutions[J]. European Geriatric Medicine, 2016, 7(5): 399-401.
- [40] 万如意. 基于可用性的老年用户家庭数字医疗服务产品设计探析[J]. 工业设计, 2017(6): 68-69.
WAN Ru-yi. Analysis of the Design of Digital Medical Service Products for Elderly Users Based on Usability[J]. Industrial Design, 2017(6): 68-69.
- [41] 姚湘, 胡蓉, 杨熹, 等. 基于用户需求的老年人可穿戴设备功能层次研究[J]. 包装工程, 2018, 39(20): 159-165.
YAO Xiang, HU Rong, YANG Xi, et al. Research on Functional Level of Wearable Equipment for the Elderly Based on User Needs[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(20): 159-165.
- [42] ESSIG K, STRENGE B, SCHACK T. Adamaas: towards Smart Glasses for Mobile and Personalized Action Assistance[C]. Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, ACM, 2016.
- [43] DFree. 产品介绍[EB/OL]. <https://dfree.biz/product.html>.
DFree. Product Introduction[EB/OL]. <https://dfree.biz/product.html>.
- [44] MARUSHIMA A, KAWAMOTO H, UENO T, et al. Robot Suit to Apoplexy Acute Phase Intervention Test by HAL[J]. Japanese Journal of Stroke, 2018, 40: 112-116.
- [45] 王国建, 陶霖密. 支持隐式人机交互的分布式视觉系统[J]. 中国图象图形学报, 2018, 15(8): 1133-1138.
WANG Guo-jian, TAO Lin-mi. Distributed Vision System Supporting Implicit Human-Computer Interaction[J]. Journal of Image and Graphics, 2018, 15(8): 1133-1138.
- [46] Japan Pharmaceutical Manufacturers Association, Office of Pharmaceutical Industry Research. Research Report on Big Data Utilization in Health and Medical Fields Vol.2[R]. Tokyo: Japan Pharmaceutical Industry Association, Pharmaceutical Industry Policy Institute, 2017.
- [47] Japan Pharmaceutical Manufacturers Association, Office of Pharmaceutical Industry Research. Research Report on Big Data Utilization in Health and Medical Fields Vol.4[R]. Tokyo: Japan Pharmaceutical Industry Association, Pharmaceutical Industry Policy Institute, 2019.
- [48] 王宏武. 5G 时代探索智慧城市建设新机遇[N]. 中国建设报, 2019-06-28(7).
WANG Hong-wu. Explore New Opportunities for Smart City Construction in 5G Era[N]. China Construction News, 2019-06-28(7).
- [49] MANDER T. Change in Healthcare Culture, Plans for an Ageless Society[J]. Post Reproductive Health, 2019, 25(2): 53-55.