

# 社会辅助型机器人:探索老年心理健康护理的新方法

李思佳<sup>1,2</sup>, 倪士光<sup>2</sup>, 王学谦<sup>2</sup>, 彭凯平<sup>1,3</sup>

(1.清华伯克利深圳学院,深圳 518055;2.清华大学深圳研究生院,深圳 200062;3.清华大学心理学系,北京 100875)

**【摘要】** 全球和中国老龄化加剧,老年人的心理健康问题不容忽视,面对匮乏的人力和医疗资源,研究者们需要探寻新的突破。社会辅助型机器人(SAR, Socially Assistive Robot)是以社会性交互的方式为用户提供身心帮助的机器人,机器人疗法已逐渐成为一种前沿的老年心理健康护理方法。未来研究将从SAR的用户友好程度、探讨老年人的真实心理问题等开展跨学科合作的机器人心理学研究,从而发展面向中国社会情境的研究范式。

**【关键词】** 社会辅助型机器人;老年人;心理健康;健康护理;交叉学科

中图分类号: R395.5

DOI: 10.16128/j.cnki.1005-3611.2017.06.043

## Socially Assistive Robot: Explore a New Method of Psychological Healthcare for the Elderly

LI Si-jia<sup>1,2</sup>, NI Shi-guang<sup>2</sup>, WANG Xue-qian<sup>2</sup>, PENG Kai-ping<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Tsinghua-Berkeley Shenzhen Institute, Shenzhen 518055, China; <sup>2</sup>Graduate School at Shenzhen, Tsinghua, Shenzhen 200062, China; <sup>3</sup>Department of Psychology, Beijing 100875, China

**【Abstract】** The world population is aging with an inevitable decline in caregivers and medical resources to meet the healthcare need of increasing elderly people and those living with dementia or other mental problems, which has been well documented in recent decades. Psychological healthcare for elderly people has become a common problem worldwide, resulting in incalculable costs with regard to human suffering and societal burden. To alleviate this situation, researchers are working on new and efficient methods to facilitate the process of caregiving, one of which is technologies such as socially assistive robot(SAR). SAR has been empowered to expand mental healthcare services and change how people receive healthcare services. This paper presents a systematic overview of the literatures, showing that SAR potentially enhances the well-being of the greying population and lighten the workload for family members or nurses. With research evidences, SAR warrants concerted attention among researchers from diverse fields to develop the mechanism that robot may help aged people with psychological problems. Given these encouraging outcomes and positive findings, applications and friendly tools for the elderly people who are experiencing loneliness, disturbance, stress, or other psychological problems are endorsed by more and more researchers from multidisciplinary fields, although this field is still in an early developmental phase with limitations.

**【Key words】** Socially Assistive Robot; Senior people; Psychological health; Healthcare; Multidiscipline

## 1 问题提出

心理健康护理(psychological health care)是为人们提供有效、有针对性的干预方法(例如认知行为疗法等),以消除或减缓人们的心理问题或障碍。针对老年群体的心理健康护理是老年护理的核心问题之一。因为老年人经历了更多艰难的“生理-心理-社会”等因素,如亲密关系丧失、身体机能衰退等,从而导致抑郁症、老年痴呆症等诸多问题。例如, WPA(World Psychiatric Association)的一项报告指出,抑郁症已成为居住在养老院的老年群体中的普遍的心理疾病。即便是医疗保障体系非常健全的美国,也只有不到三分之一的

心理疾病患者能够得到心理健康护理,而适合且有效的护理方式更是少之又少。老年痴呆患者也遭受着一系列精神及行为的障碍,这些障碍严重影响了老年人及其照料者的生活质量<sup>[1]</sup>。此外,患有老年痴呆症的人数在迅速增长,据世界卫生组织2016年报告,全球共有47,500,000位老年痴呆症患者,且每年有7,700,000新增病患。这一严峻趋势导致了对专业护理者的大量需求。因此,如何为老人提供合理、易行的心理健康护理是中国迫切需要解决的重大问题。

### 1.1 老龄化与传统老年人心理健康护理方式

中国老龄人口比例持续快速上升,使尚未成熟的老年健康护理系统的问题变得更为严峻<sup>[2]</sup>,是否有足够的医疗资源来保障老年人健康将是一个巨大考验。中国社会的老龄化问题也反映了全球所面临的人口老龄化危机。根据联合国《世界人口老龄化报告2015》,人口老龄化已经成为21世纪最重大的社会变革之一,到2030年老年人的数量(14亿)会超过10岁以下儿童的数量(13亿),而2050年,老年人达到21亿,将超过10到24岁的青少年(20亿)<sup>[3]</sup>。

**【基金项目】** 广东省自然科学基金青年项目(2015A030310215)、深圳市2017年科技计划项目基础研究(自由探索)(JCYJ20170307153032483)和深圳市教育科学“十三五”规划2016年招标重点课题(zdzz16002)的成果

通讯作者:倪士光, E-mail: ni.shiguang@sz.tsinghua.edu.cn; 彭凯平, E-mail: pengkp@tsinghua.edu.cn

目前由专业医护人员、老年福利机构或家庭成员来照料老年人群体是较为普遍的传统方式。照料者或医护人员除了帮助他们进行身体锻炼,一般会试图与其保持交流沟通。然而很多老年人对这些互动的参与性并不强,与照料者之间的交流沟通也往往因缺乏共同话题而难以实现<sup>[1]</sup>。更为严峻的是适龄劳动力短缺导致传统方法也将无法保障。为此人们尝试了用动物替代人力的动物辅助治疗(AAT, Animal-Assisted Therapy)及动物辅助活动(AAA, Animal-Assisted Activity)体系<sup>[4]</sup>。例如研究表明AAT能够减轻接受长期治疗的老年患者的孤独感<sup>[5]</sup>,或减少老年痴呆患者的躁动行为、语言攻击和焦虑,同时增强其社会互动<sup>[6]</sup>。但将动物引入医疗或疗养场所始终让人们有诸多顾虑,如安全卫生、咬伤、过敏、致病、感染等风险,甚至还有动物权益的伦理问题<sup>[7]</sup>。所以即便承认AAT对老年人具有一定效果,也通常为了规避风险而在医院严禁动物。

## 1.2 机器人疗法在老年人心理健康护理中的尝试

在全球老龄化趋势加剧的大背景下,“借助”科技创新的发展趋势,探索颠覆性的老年护理新途径势在必行<sup>[8]</sup>。技术革新是首要或许也是唯一的解决方案。

机器人疗法(roboto-therapy)是一种新兴的技术,通过人机交互的方式实现干预,目的是将机器人应用于老年护理,以弥补日益短缺的医疗资源、并扩展传统心理治疗的干预范围,从而惠及更多患者<sup>[1]</sup>。例如,老年痴呆患者的护理中一个关键挑战在于如何帮助患者保持与家人和医护人员的交流,这对患者家属是长期且繁杂的负担,而研究证实护理机器人解决了上述需求<sup>[9]</sup>。虽然目前相关研究尚处于初级阶段,但已有一系列证据证明机器人的使用能够增强老年痴呆患者的情感、改善其情绪并减少躁动行为、提供陪伴、丰富社会互动及改善生活质量。因此机器人疗法可以被视为动物辅助干预的一种替代,其中海豹机器人Paro,以及机器狗Aibo是众多研究者的关注热点<sup>[10]</sup>。

也有研究者对比了机器人与其它新兴技术:一般信息通讯技术、传感器技术、远程医疗、配药技术和视频游戏,对一些常见的老年问题(慢性疾病、老年痴呆、抑郁、跌倒风险、独立生活、社会隔离和幸福感)的效用。分析显示机器人在抑郁、独立生活、社会隔离和幸福感等心理层面有显著效果;而远程医疗对慢性疾病、一般通讯技术对抑郁、传感器技术对跌倒风险和独立生活有明显优势<sup>[11]</sup>。机器人已从其最初的简单功能逐渐发展成为一种重要的辅助疗法(adjunct therapy),不仅可以产生与动物疗法相似的效果且在一定程度上弥补了后者的局限,还能够以机器人系统为平台开发创新性的交互模式,如加入虚拟现实、增强现实、全息投影等技术,从而创造了巨大的研究空间。因此本文对近年来机器人疗法应用于老年心理健康护理领域的文献进行分析,通过对其效果和机理的探讨,提出未来的研究方向,从而让国内学者进一步了解这种老年人心理健康护理的前沿方法。

## 2 研究方法

交互型机器人是机器人心理学(robotic psychology)的研

究重点,旨在研究人与机器人在情感、认知和社会领域的相容性<sup>[12]</sup>,在心理学而非技术的语境中探索人机关系,也是机器人疗法的研究基础。机器人疗法,依托于一种特定类型的机器人(见下文SAR),从人机交互框架出发,帮助老年人在与机器人交互的过程中建立更多的积极应对方法。众多研究开始探索人们如何与机器人进行互动以及机器人疗法的潜力,其中的研究热点是机器人疗法对老年人心理健康的干预效果。

### 2.1 研究对象

社会辅助型机器人(SAR, Socially Assistive Robot)<sup>[13]</sup>是指以社会性交互方式为用户提供帮助,实现可测量的康复、学习等过程。这是SAR区别其他传统机器人的核心特征<sup>[14]</sup>。SAR是一个涉及心理学、机器人科学、医学等领域的交叉学科主题,SAR已被应用于心理健康护理,特别是面向老年人和自闭症儿童的应用最为普遍<sup>[15]</sup>。

老年人SAR可分为三个子类:复健机器人,重点在于就身体层面实现辅助的功能,如帮助训练行走、活动等<sup>[16]</sup>;服务机器人,用来帮助老年人独立生活中的基本活动或任务,如吃饭、打扫、安全监控等,如Care-o-bot<sup>[17]</sup>;陪伴机器人,旨在通过与老年人进行交流和互动来改善心理健康,如Paro<sup>[18]</sup>、Aibo<sup>[19]</sup>等。SAR作为一种拥有巨大潜力的老年人心理健康护理工具,能够改善医护质量、减轻医护人员和家属负担、并为个性化护理提供了广阔空间。

### 2.2 文献收集过程

本文依据Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Intervention<sup>[20]</sup>的原则,系统分析了SAR在老年人心理健康护理上的应用研究。

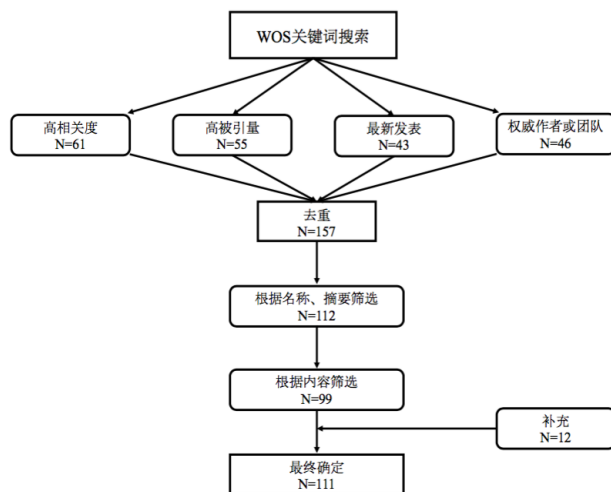


图1 文献收集流程

本文使用Web of Science数据库系统地收集了最近15年的相关文献。①关键词模糊搜索,关键词设定为主题(robot / socially assistive robot)及目标(elderly / old people / senior / dementia);②文献整理,依据相关度、被引量、发表日期、权威作者或团队这四个原则进行分类收集,合并去重,并排除非权威出处的文献(如区域性会议、未注明发表出处等);③文献选定,两名研究者根据文献名称、摘要、全文内容

进行三轮筛选<sup>[21]</sup>,具体筛选标准<sup>[22]</sup>为(a)排除机器人特点的科技报告,(b)实验参与者为老年人,(c)干预方式为机器人与参与者之间的交互,(d)对机器人的自动化程度不设限制,(e)选择具有明确的定性、定量方法论的研究;④文献补充,增加 robo\* therapy / psychology / mental health 关键词搜索,补充相关文献(详见图1)。

### 3 研究总结与分析

#### 3.1 SAR的功能:陪伴和指导是主流设计

3.1.1 陪伴 SAR的陪伴角色,主要针对有认知障碍、抑郁、社会隔离等问题的老年人,通过人机交互行为起到临床康复效果。提供陪伴的SAR有动作识别、交流对话、情感支持、娱乐游戏、抚摸接触等功能,主要解决老年人的孤独、情绪低落、低幸福感等心理问题。尽管已有许多宠物外形的陪伴机器人设计,以小海豹 Paro 以及机器狗 Aibo 为典型代表。

3.1.2 指导 SAR为老年人提供改善健康的指导或训练,典型的机器人是 Bandit<sup>[23]</sup>。主要有认知或锻炼指导、用药或其它医疗提醒、心理干预、导航、支持独立生活等功能。此外一些系统功能更为全面的SAR还具备护理任务的描述及建模,记录并评估使用者的表现、测量使用者生理指标,并生成及时准确的反馈,同时提供支持鼓励。这些功能弥补了医护人员或其他照料者在人力、能力、精力及时间上的局限。虽然大部分研究的被试人数过少且研究方法及实验设计略显单一,但仍然证明SAR能够胜任多样性的医护角色,能够对老年人的心理健康产生积极效果。

#### 3.2 SAR的效果:有效促进得到了初步证实

诸多代表性研究证实了SAR对老年人的作用有:改善心情缓解压力,促进积极情绪;提高锻炼身体的意愿;充当媒介增加人际互动和社会交流,从而降低孤独感和隔离感;改善血压、大脑皮层神经元活动、皮质醇水平等生理指标;减少消极行为。此外对护理者的作用有:放松;减少消极行为和恐惧感;提高专注能力;降低职业倦怠感。可见,SAR对老年人的一些心理症状的改善产生了临床效果,具有良好的社会意义<sup>[24]</sup>。基于这些积极的研究结果,SAR在老年人心理健康护理领域的应用是乐观且充满前景的,并最终为实现老年人整体生活质量的改善以及全家的健康幸福提供可能。

#### 3.3 SAR的机理:多通道的持续人机交互

3.3.1 作用机制分析 在老年人心理健康护理领域实现临床效果的第一步在于保证人机交互的进行,确保用户对健康护理计划具有较高的参与度。而SAR基于互动性(interactivity)、多路径(equifinality)和多元性(multimodality),能够实现高维度的复杂交互系统(CIS, Complex Interactive System)及多样化的干预功能,用来唤起情绪(evoke emotions)以及多感官交互<sup>[9]</sup>,并在更短的时间内实现专业的治疗效果<sup>[25]</sup>。SAR根据不同目的可以有多样化的外观和功能,具有定制性、同时性和长期性的特点,因此能够取得积极的干预效果。其机理因素包括:

(1)外形:外形决定了使用者对SAR的接受程度和参与

意愿<sup>[26]</sup>。一般来说,老年人更易接受其生活经验之内的事物,因此动物外形是主流设计,也兼有人形和卡通设计。但需要指出的是,针对类人化程度个体差异明显<sup>[27,28]</sup>,应在更具体的研究基础上,为不同情况的使用者提供合适的外形设计,才能获得更好的交互效果。

(2)模式调整:SAR的定制化显著提高了使用者的参与程度,使心理健康护理得以更加顺利地进行<sup>[29]</sup>。例如,SAR的外观和功能可以根据使用者的要求,选择合适的模式,如音色、音高、语调等指导风格,频率、时长等互动风格;甚至一些具备面部表情功能的SAR还根据特定情境呈现出合适的情绪以模拟与人之间的共情<sup>[30]</sup>等等。这些通过灵活的模式调整而建立的人机之间的“性格匹配”(personality match),增进了SAR的交互效果<sup>[31]</sup>。

(3)科学交互:针对老年人的心理健康需求,SAR能够精确地执行事先由专业人员设计好的已被临床证实有效的护理方案。此外SAR也通过提供身体支持和精神鼓励令老年人更多地参与户外行走、锻炼等有益于身心健康的活动<sup>[32,33]</sup>,并记录护理的全部过程,从而分析用户表现,用以设计进一步的护理方案。

(4)反馈机制:SAR并不是单纯的替代人们完成一些任务,它需要引发使用者心理层面的持续变化。SAR在执行这一目标的同时也在接收来自外界的信息,比如使用者的情况反馈。这样的机制使得机器人的行为具有一定的智能性。SAR的良好反馈功能,不仅能够实现肢体、语言等方面的交流反馈;而且对使用者在治疗过程中的表现显示出即时评估。基于反馈机制理论,这两方面“因果循环”(cause-effect loop)式的交互提高了用户的参与度和使用粘性,从而保证了治疗方案的有效进行。

(5)更好的人力替代:SAR能够在任何地点(医院、养老院、其它护理机构、家庭、室外灯)及任何时间(24小时)为老年人提供服务,弥补了医护人员和家人的局限,也大大减轻了他们的工作负担<sup>[34]</sup>,具有有显而易见的优势和价值。

3.3.2 SAR的实例:Matilda增进老年人社交活动并提升幸福感 澳大利亚的研究者们设计了机器人 Matilda,一款让人机交互以更自然、更简单的方式进行的SAR,旨在改善老年人心理健康,提高幸福感。Matilda高39厘米,重6公斤,主要应用于养老院等老年护理场所,具有发声与声音识别、动作、音乐播放、情绪表达、移动、面部追踪与记录、触摸传感等功能,并且能够进行无线网络连接,实现与其它设备的集成和云计算,可作为统一通讯网络的一部分<sup>[34]</sup>。

在澳大利亚的某家养老院,研究人员用 Matilda 进行了两个实验:1.改善老年人的社会参与度;2.鼓励老年人进行健康的生活方式。并分别设计了以小组形式和一对一形式的人机交互。第一个实验发现,由于 Matilda 能够边报数字边做动作、跳舞和播放音乐,因此增加了纸牌游戏的趣味性,使老年被试比平时进行该游戏时更有热情、参与度更高、彼此之间有更广的社会互动范围,同时 Matilda 也减轻了护理人员的工作负担(比如为每位老人发牌等),从而更好地为老年人组织游戏。此外 Matilda 的图像展示功能也在游戏中减



轻老年痴呆患者的认知负担,使他们能以一种较为轻松的方式参与其中。综合分析后发现,相比于医护人员,基于多元交流模式的 Matilda 对存在身体障碍的老年人(耳聋、健忘等)的吸引和引导更为有效。

第二个实验通过 Matilda 的情绪识别功能(基于人脸识别和面部特征映射,计算表情变化的方向和强度以确定情绪变化),实现针对老年被试五种行为状态下不同风格的对话(不同的表情、肢体动作和沟通策略),以劝说老年被试改变不健康的饮食习惯。例如在对话开始时,Matilda 识别出使用者情绪不佳(情绪值=-0.999489),此时就会针对该情况说“……如果能够看到您的微笑就更好了(It would be even better to see you smiling as well)……”。在对话过程中 Matilda 会继续进行情绪值的计算,并根据计算结果决定后面的交流内容和劝说策略。在实验最后研究者通过对 SAR 的功能参数建模以及多路径数据收集,确定了 Matilda 对老年被试幸福感的积极影响。

### 3.4 研究局限

(1)大部分 SAR 研究来自日本,以 Paro 做为研究工具的文献居多<sup>[35]</sup>;(2)样本量过小,例如有研究结果<sup>[36]</sup>显示 SAR 没有作用,但考虑到样本量只有 3 位老年人,因此结论的可靠性也并不高,或有研究<sup>[37]</sup>使用 Bandit 的音乐游戏功能激发认知反应,但参与者人数过少,也在一定程度上削弱了研究结果的说服力;(3)横断研究居多,未能够充分证明其效果或因果关系;(4)实验场景单一,大部分研究在医疗机构或养老院进行,未来需要更多家庭环境中的研究;(5)对于用来确定 SAR 效果的某些指标有待商榷,例如许多文献都选择了干预前后被试的一些生理数据,如 EEG、血液或验尿报告等,但面部刻度(face scales measuring affect)指标在某些研究<sup>[38]</sup>中作为一种对情感变化的测量缺乏可验证性;(6)研究设计不够明确;(7)此外还有诸如随机控制试验不够充分、无法避免霍桑效应(Hawthorne effect)、新奇效应等问题。因此,未来的研究需要改进研究方法,完善研究范式<sup>[39]</sup>,为机器人疗法的临床效果提供更科学的证据<sup>[9]</sup>。

## 4 挑战与展望

### 4.1 挑战

4.1.1 技术挑战 机器人硬件技术及系统设计尚未足够成熟,无法完全满足心理健康护理机器人的需求。例如,Paro 对老年使用者的反馈形式单一,提供的心理支持有限。此外,对使用者技术要求有一定门槛。例如,在治疗过程中可能要求医护人员能够熟悉治疗型机器人的系统原理以便对其进行操作来实现某种功能,增加了学习负担和操作的时间成本<sup>[40]</sup>。

4.1.2 老年人对机器人的接受程度 他们是否认可机器人的优势,是否会参与机器人主导的服务?尽管本文文献证实了机器人在老年人心理健康护理的积极作用,但将其广泛应用还有很长的距离。这个过程需要经历长期临床效果的积累并取得技术和成本上的突破。

4.1.3 道德伦理问题 比如担心与 SAR 的交互会取代真实

的社会接触<sup>[41]</sup>,或者对老年人产生错误的情感引导<sup>[42]</sup>。

4.1.4 社会影响 机器人具有“替代人力”的固有属性,因此人们担心将 SAR 大规模应用在护理领域,会导致大量专业医护人员失去工作。然而,SAR 天然地需要依赖人的设计和指导,同时也有研究证实了专业医护人员对 SAR 效果的中介作用<sup>[43]</sup>。

因此有效的心理干预离不开专业医护人员的管理,合格的健康护理也需要根据不同患者的情况、同一患者在治疗过程中的不同反馈、或是不同的环境中,有针对性地选择 SAR 的相应功能,这些都需要专业人士的决策和更多的实证研究,以作为 SAR 系统的重要输入。

### 4.2 展望

4.2.1 技术进步,提升 SAR 的用户友好程度 升级编程平台,使老年人以及其他无相关专业背景的使用者无需了解系统或程序上的原理,仍能够根据不同的使用目的对其进行简易操作<sup>[44]</sup>。但这需要建立在大量实验的基础上,只有通过对各种临床健康问题的可重复性验证,SAR 的系统设计才能够有章可依,进而升级和改良,最终实现用户友好的交互模式。同时 SAR 的各种定制化功能也需要收集大量个人用户的使用数据,因此这将是一个长期动态优化的自学习过程,基于深度学习<sup>[45]</sup>的研究也将会是未来该领域发展的一个重要方面。

SAR 需要更好地容纳老年心理健康护理的多元角色<sup>[46]</sup>,包括为专业医护人员进行即时评估反馈信息,为 SAR 研究团队的数据分析处理提供接口,更重要的是建立老年使用者与机器人背后的医疗和技术支持之间的桥梁。此外,SAR 的定制化服务也需要收集、存储和分析用户长时程数据,然而目前机器人硬件的计算存储能力有限,因此建立 SAR 数据中心,将批量生产的 SAR 机器人作为终端,通过网络实现 SAR 的云计算也将是未来的发展方向。

4.2.2 开展跨学科合作的机器人心理学研究,探讨老年人的真实心理问题 SAR 机器人是一种人工智能技术,其核心是让机器能够像人类一样思考,具有学习、分析、解决问题的能力,从而实现更自然的交互,涵盖了视觉图像、自然语言处理、决策理论、学习算法等,这些均来自对人类认知机制的探索和模拟。因此,SAR 不仅需要上述技术依托,还需要对人类心理机制的模拟研究。

相比于其它人工智能,SAR 更需要具备“人的属性”,以提升使用者的接受程度,进而促进人机交互行为。第一,人类具有两种认知机制:基于逻辑的和非逻辑的,计算机系统是严格基于逻辑的,然而人类有时候不基于逻辑分析的行为反而是最优化选择,这也是进化的体现,那么像人类一样拥有两套认知机制的机器人也许会比传统只基于逻辑执行程序的机器人具有更智能的体现。第二,情绪是人类与生俱来的复杂能力<sup>[47]</sup>,识别他人情绪以及表达自我情绪是人际交往的核心维度,在人机交互中引入情感计算(affective computing),如情绪识别和表达功能,也能有助于实现更深度和真实的效果<sup>[34,48]</sup>。第三,心理学和机器人科学的跨学科合作应贯彻从需求分析、软件开发、硬件设计、使用测试到用户反馈

的全流程,开发更加“类人”的SAR系统。

4.2.3 关心中国特定社会情境下的老年人心理健康护理问题 SAR的文化契合性同样至关重要。老年心理健康护理需求的文化差异尚未充分探讨,中国文化与西方文化在认知、价值等方面均有显著差异<sup>[49]</sup>,甚至不同于日本等东亚国家。因此SAR外观及系统设计应充分考虑中国文化的偏好,例如使用更具有中国文化标识的熊猫、中华田园犬等动物外观,其陪伴效果可能会优于小海豹外型的Paro机器人。此外,交互中的社会性距离(如心理安全距离、交流互动频率等)也有来自文化背景的影响,同样应该纳入机器人交互功能设计的考虑中。

### 参 考 文 献

- Shibata T, Wada K. Robot therapy: A new approach for mental healthcare of the elderly—a mini-review. *Gerontology*, 2011, 57: 378–386
- Wang F, Zhao L, Zhao Z. China's family planning policies and their labor market consequences. *Journal of Population Economics*, 2017, 30: 31–68
- UN. World population aging report 2015. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015
- Schaffer CB. Enhancing human–animal relationships through veterinary medical instruction in animal-assisted therapy and animal-assisted activities. *Journal of Veterinary Medical Education*, 2008, 35: 503–510
- Banks MR, Banks WA. The effects of animal-assisted therapy on loneliness in an elderly population in long-term care facilities. *Journals of Gerontology Series A—Biological Sciences and Medical Sciences*, 2002, 57: M428–M432
- Richeson NE. Effects of animal-assisted therapy on agitated behaviors and social interactions of older adults with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 2003, 18: 353–358
- Shibata T. Therapeutic seal robot as biofeedback medical device: Qualitative and quantitative evaluations of robot therapy in dementia care. *Proceedings of the Ieee*, 2012, 100: 2527–2538
- Bemelmans R, Gelderblom GJ, Jonker P, et al. Socially assistive robots in elderly care: A systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2012, 13: 114–U142
- Mordoch E, Osterreicher A, Guse L, et al. Use of social commitment robots in the care of elderly people with dementia: A literature review. *Maturitas*, 2013, 74: 14–20
- Broekens J, Heerink M, Rosendal H. Assistive social robots in elderly care: A review. *Gerontechnology*, 2009, 8: 94–103
- Khosravi P, Ghapanchi AH. Investigating the effectiveness of technologies applied to assist seniors: A systematic literature review. *International Journal of Medical Informatics*, 2016, 85: 17–26
- Libin AV, Libin EV. Person–robot interactions from the robopsychologists' point of view: The robotic psychology and robototherapy approach. *Proceedings of the Ieee*, 2004, 92: 1789–1803
- Fong T, Nourbakhsh I, Dautenhahn K. A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 2003, 42: 143–166
- Feil-Seifer D, Mataric MJ. Defining socially assistive robots. In: *Proceedings of the IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics*, Chicago, IL, 2005
- Moyle W, Cooke M, Beattie E, et al. Exploring the effect of companion robots on emotional expression in older adults with dementia: A pilot randomized controlled trial. *Journal of Gerontological Nursing*, 2013, 39: 46–53
- Lee H, Kim W, Han J, et al. The technical trend of the exoskeleton robot system for human power assistance. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 2012, 13: 1491–1497
- Graf B, Hans M, Schraft RD. Care-o-bot ii—development of a next generation robotic home assistant. *Autonomous Robots*, 2004, 16: 193–205
- Wada K, Shibata T, Saito T, et al. Effects of robot assisted activity to elderly people who stay at a health service facility for the aged. 2003
- Kanamori M, Suzuki M, Oshiro H, et al. Pilot study on improvement of quality of life among elderly using a pet-type robot. 2003 Ieee International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Vols I–III, Proceedings, 2003. 107–112
- Higgins JPT GSe. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0*. The Cochrane Collaboration, 2011
- Edwards P, Clarke M, DiGuseppi C, et al. Identification of randomized controlled trials in systematic reviews: Accuracy and reliability of screening records. *Statistics in Medicine*, 2002, 21: 1635–1640
- Kachouie R, Sedighadeli S, Khosla R, et al. Socially assistive robots in elderly care: A mixed-method systematic literature review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 2014, 30: 369–393
- Fasola J, Mataric MJ. Using socially assistive human–robot interaction to motivate physical exercise for older adults. *Proceedings of the Ieee*, 2012, 100: 2512–2526
- Sasama R, Yamaguchi T, Yamada K. An experiment for motivating elderly people with robot guided interaction. *Universal Access in Human–Computer Interaction: Users Diversity*, Pt 2, 2011, 6766: 214–223
- Kimura S, Musha T, Kaneko K, et al. Effectiveness of the

- creative art therapy by using diagnosis method of neuronal dysfunction(dimension). *Neurobiology of Aging*, 2002, 23: S389-S389
- 26 Okamura AM, Mataric MJ, Christensen HI. Medical and health-care robotics achievements and opportunities. *Ieee Robotics & Automation Magazine*, 2010, 17: 26-37
  - 27 Stafford RQ, Broadbent E, Jayawardena C, et al. Improved robot attitudes and emotions at a retirement home after meeting a robot. *2010 Ieee Ro-Man*, 2010. 82-87
  - 28 Gee FC, Browne WN, Kawamura K, et al. Uncanny valley revisited. *2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN)*, 2005, 151-157
  - 29 Kim Y, Kwak SS, Kim M-s. Am i acceptable to you? Effect of a robot's verbal language forms on people's social distance from robots. *Computers in Human Behavior*, 2013, 29: 1091-1101
  - 30 Leite I, Pereira A, Martinho C, et al. Are emotional robots more fun to play with? *2008 17th Ieee International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, Vols 1 and 2, 2008. 77-82
  - 31 Tapus A, Mataric M. User personality matching with hands-off robot for post-stroke rehabilitation therapy. *Proceedings of the 10th International Symposium on Experimental Robotics(ISER)*, 2006, Tapus A, Mataric M. Socially assistive robots: The link between personality, empathy, physiological signals, and task performance. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence(wwwaaaiorg)*, 2007
  - 32 Fasola J, Mataric MJ, Ieee. Robot exercise instructor: A socially assistive robot system to monitor and encourage physical exercise for the elderly. *2010 Ieee Ro-Man*, 2010. 416-421
  - 33 Tapus A, Ieee. The role of the physical embodiment of a music therapist robot for individuals with cognitive impairments: Longitudinal study. *2009 Virtual Rehabilitation International Conference*, 2009. 203-203
  - 34 Khosla R, Chu M-T, Kachouie R, Yamada K, Yamaguchi T. Embodying care in matilda-an affective communication robot for the elderly in australia. *the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*, 2012
  - 35 Wada K, Ikeda Y, Inoue K, et al. Development and preliminary evaluation of a caregiver's manual for robot therapy using the therapeutic seal robot paro. *2010 Ieee Ro-Man*, 2010. 533-538
  - 36 Klammer T, Ben Allouch S. Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment. *2010 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare(Pervasive Health 2010)*, 2010. 8
  - 37 Tapus A, Tapus C, Mataric M. The role of physical embodiment of a therapist robot for individuals with cognitive impairments. *IEEE International Symposium on Robot & Human L...*, 2010, 10(10): 103-107
  - 38 Roger K, Guse L, Mordoch E, et al. Social commitment robots and dementia. *Canadian Journal on Aging-Revue Canadienne Du Vieillissement*, 2012, 31: 87-94
  - 39 Gelderblom GJ, Bemelmans R, Spierts N, et al. Development of paro interventions for dementia patients in dutch psychogeriatric care. *Social Robotics, Icsr 2010*, 2010, 6414: 253-258
  - 40 Giullian N, Ricks D, Atherton A, et al. Detailed requirements for robots in autism therapy. In: *Ieee International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2010
  - 41 Calo CJ, Hunt-Bull N, Lewis L, et al. Ethical implications of using the paro robot with a focus on dementia patient care. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence Human-Robot Interaction in Elder Care: Papers from the 2011 AAAI Workshop (WS-11-12)*, 2011. 20-24
  - 42 Sharkey A, Sharkey N. Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, 2012, 14: 27-40
  - 43 Chang W-L, Sabanovic S, Huber L. Situated analysis of interactions between cognitively impaired older adults and the therapeutic robot paro. *Social Robotics, Icsr 2013*, 2013, 8239: 371-380
  - 44 Gorostiza JF, Salichs MA. End-user programming of a social robot by dialog. *Robotics and Autonomous Systems*, 2011, 59: 1102-1114
  - 45 LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*, 2015, 521: 436-444
  - 46 Jayawardena C, Kuo I, Datta C, et al. Design, implementation and field tests of a socially assistive robot for the elderly: Healthbot version 2. *IEEE Ras & Embs International Conference on Bio...*, 2012, 49(4): 1837-1842
  - 47 Zeng ZH, Pantic M, Roisman GI, et al. A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 2009, 31: 39-58
  - 48 Breazeal C. Emotion and sociable humanoid robots. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2003, 59: 119-155
  - 49 Zheng WW, Yang Q, Peng KP, et al. What's in the chinese babyface? Cultural differences in understanding the babyface. *Frontiers in Psychology*, 2016, 7: 11

(收稿日期:2017-04-10)