DOI: 10.16725/j.1673-808X.202390
引用本文: 闫茹, 李龙. 基于价值敏感设计方法的中国老龄护理机器人伦理问题分析[J]. 桂林电子科技大学学报, 2026, 46(3): 303-314.
Yan Ru, Li Long. Analysis of ethical issues in China's aging care robots based on value-sensitive design method[J]. Journal of Guilin University of Electronic Technology, 2026, 46(3): 303-314.

基于价值敏感设计方法的中国老龄护理机器人伦理问题分析

闫　茹[1]，李　龙[1,2]

（1. 桂林电子科技大学 广西可信软件重点实验室, 广西 桂林　541004；
2. 暨南大学 信息科学技术学院/网络空间安全学院, 广州　510632）

摘　要： 为研究老龄护理机器人在中国的伦理实践问题, 利用价值敏感设计方法进行研究, 该方法系统地结合了伦理考虑和社会影响。首先, 确定了利益相关者, 在 Web of Science 及 CNKI 数据库中提取 87 篇相关文献, 得出他们所支持的价值观。根据所得价值观对利益相关者进行半结构化访谈以及问卷调查, 并在 CNKI 数据库筛选出 61 篇相关文献进行技术调查, 分析技术实践过程中的伦理问题。结果显示, 大部分技术重视社会福祉价值较多, 涉及隐私、尊严价值的较少, 支持自主权、社交及情感、社会正义伦理等价值的极少。根据调查结果, 为更好地支持利益相关者所注重的价值, 提出 4 点建议: 增强隐私保护程度; 平衡自主权与护理间关系; 尊重老年群体, 维护其情感及社交; 关注社会正义伦理。

关键词： 价值敏感设计; 老龄智能护理机器人; 伦理; 中国市场
中图分类号： TP18　　**文献标志码：** A　　**文章编号：** 1673-808X(2026)03-0303-12

Analysis of ethical issues in China's aging care robots based on value-sensitive design method

YAN Ru[1]，LI Long[1,2]

（1. Guangxi Key Laboratory of Trusted Software, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China；
2. College of Information Science and Technology/ College of Cyber Security, Jinan University, Guangzhou 510632, China）

Abstract: To investigate the ethical issues associated with elderly care robots in China, this study adopts the value-sensitive design(VSD) approach, which systematically incorporates ethical values and social considerations into technology design. First, stakeholders were identified, and 87 relevant studies were collected from the Web of Science and CNKI databases to identify the values emphasized by different stakeholder groups. Semi-structured interviews and questionnaire surveys were then conducted to further examine stakeholder values and concerns. Additionally, 61 relevant publications were selected from the CNKI database to analyze ethical issues arising from the practical deployment of elderly care robots. The results indicate that most technologies prioritize social well-being while paying insufficient attention to privacy and dignity, and provide limited support for autonomy, social-emotional interaction, and social justice. Based on these findings, several recommendations are proposed to better support stakeholders' values, including strengthening privacy protection, balancing autonomy and caregiving, respecting older adults and fostering their emotional and social engagement, and promoting social justice in elderly care.

Key words: value sensitive design; aging care robots; ethics; Chinese market

收稿日期: 2023-03-30
基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金(2023A1515012846); 广州市科技计划(202201011128); 认知无线电与信息处理省部共建教育部重点实验室基金(CRKL220208); 广西精密导航技术与应用重点实验室基金(DH202230)
通信作者: 李龙(1989—), 男, 教授, 博士, 研究方向为可信机器学习、人工智能安全、大数据隐私保护。E-mail: lilong@guet.edu.cn

20 世纪 90 年代以来，中国的老龄化进程加快。65 岁及以上老年人口从 1990 年的 6 299 万增加到 2000 年的 8 811 万，占总人口的比例由 5.57% 上升为 6.96%，第七次全国人口普查数据显示，2020 年全国 65 岁及以上人口占比为 13.5%。目前中国社会已经进入老龄化阶段。同时，我国的老龄化还伴随着高龄化、独居、空巢和失能等现象，北京大学一项研究显示，到 2030 年，我国失能老人预计将超过 7 700 万，失能老人平均失能时长 7.44 年[1]。随着 20 世纪中期出生高峰的人口陆续进入老年，21 世纪为人口老龄化发展最快的时期是显而易见的。

面对日益严峻的人口老龄化挑战，中央和地方政府采取了多项有力的政策和举措。其中，党的十九大报告明确表示：“要加速建立健康、孝敬、敬老的体系和社会环境，推动医养融合，促进老龄工作发展”；党的十九届五中全会把“积极应对人口老龄化”列为重大国家发展战略，而党的二十大报告更是重点突出，要加大投入，改善民众的生活水平，推动“健康中国”的建设。同时，我国老年护理行业面临起步时间晚、护理人员资源匮乏、老年护理从业人员相关知识掌握不够等问题[2]，在此背景下，智慧养老逐渐进入公众视野，在各类智慧养老类别中，护理机器人有望成为解决我国养老问题并提升老年人生活质量及幸福感的重要手段。

关于护理机器人，目前尚无一个统一的定义。Robinson 等[3] 认为智能护理机器人是为了减轻医护人员工作量，以监测健康状况为主要功能，同时帮助失能患者完成自身无法完成的日常活动的一类机器人。Liu 认为智能护理机器人是能够以完全自主或半自主的方式为病残者提供护理服务的机器人，它们可以根据人类的需求和设备的状况，提供有效的护理服务，但不涉及任何实际的工业操作。在当今社会背景下，护理机器人更多指能代替护理人员对目标人群提供服务的机器人。其主要特征可归纳为提供日常生活帮助和健康监控及预警。但在其面对老年人的过程中，存在大量伦理问题，如过度读取数据造成隐私侵犯、对老年人强加干涉造成自主权丧失、拟人化过度造成情感欺骗等。因此，如何在护理机器人普适化进程中避免上述问题，值得相关研究者关注。

作为解决人工智能中伦理问题的主要方法，价值敏感设计在国外文献及研究中被广泛使用。价值敏感设计概念是 1996 年美国华盛顿大学的 Friedman 教授首次提出，将“价值敏感设计”这一理论引入信息系统的设计中，它强调以一种有效的、全面的方式来考虑人类的需求[4]，以此来实现更高效的设计，它通过在信息系统中嵌入利益相关者的价值来平衡技术及伦理之间的关系。随着社会的发展，中国的智能医疗应用领域已经迈出了扎实的第一步，许多先进的技术已经被开发，并且已在实际生活和社会环境中得到广泛使用。许多科技公司正努力把智能技术和养老服务相融，开展多种多样的护理机器人开发。而对于智能护理机器人在使用过程中出现的各种伦理问题，相关研究略显匮乏。

价值敏感设计强调在整个设计过程中都考虑人类价值。对智能护理机器人使用过程中的伦理问题不仅可以进行前瞻性考虑，而且可把符合伦理的价值观嵌入整个设计过程。因此，采用价值敏感设计方法对我国老龄护理机器人市场中的伦理问题进行分析，并对现有智能护理机器人市场提出建议以及展望，以期推动我国智能医疗行业符合伦理的发展。

1 价值敏感设计

价值敏感设计方法用于协调技术和伦理之间的关系，被定义为“一种以价值理论为基础的设计方法，强调在整个设计过程中以一种有原则的、全面的方式考虑人类价值[4]”。该概念推崇人的价值观是由设计师有意或无意地嵌入设计过程中的。上述“价值”是一个广义的术语，定义为“对人们生活重要的东西，重点在伦理和道德”[5]，包括人类福利、隐私、普遍可用性、信任等[4]。价值敏感设计在计算机技术研究领域中最为常见[6]，因为它起源于信息和计算系统设计的需求。随着 VSD 理论和方法的逐步完善，其研究领域已扩展到能源技术[7-9]、纳米技术[10-11]、人工智能[12-15] 等，特别是价值敏感设计方法已广泛应用于医疗技术。研究领域从身体健康护理到精神健康护理，如患者自我管理[16]、护理机器人[17]、痴呆护理[18] 以及基于网络的生活质量仪器[19]。

价值敏感设计在研究及使用过程中采用三方迭代的方法，即概念调查、经验调查和技术调查在研究使用过程中任意迭代，其工作原理如图 1 所示。

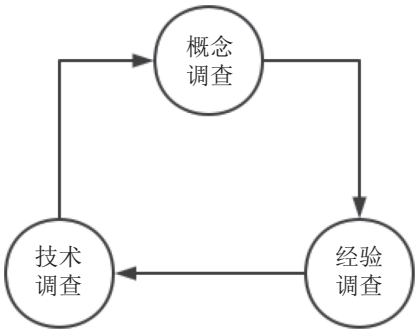

图 1 三方迭代过程

概念调查是对人类价值的概念化过程, 包括对主要结构和问题的探寻和哲学解释。在这个阶段, 需要系统地识别 2 种类型的利益相关者: 直接利益相关者以及间接利益相关者。直接利益相关者指的是系统以及技术交互直接作用的或受直接影响的人; 间接利益相关者指的是系统以及技术交互不直接作用的或受直接影响较少但可能会受到影响的人。经验调查注重的是该技术及信息系统所处的人类环境, 同时借助社会科学研究中使用的定量和定性方法, 例如问卷调查以及半结构化访谈。通过经验调查, 可以更加明确研究对象在所处环境中的角色位置并将其量化。技术调查则是通过对现有技术的回顾性分析以及对新技术的前瞻性分析来权衡多个价值, 以对不同技术所支持或者阻碍的价值进行分析[20]。

2　国内外使用 VSD 在老龄护理机器人方面的研究现状

国外将价值敏感设计方法用于护理机器人方面的研究开始时间较早, 早在 2013 年, Van Wynsberghe[21] 就基于价值敏感设计提出了以护理为中心的价值敏感设计伦理评估框架(CCVSD), 该框架由应用场景、工作内容、利益相关者、机器人类型、道德要素 5 个部分构成。他指出, 在不具备实体护理机器人的情况下, 该框架不仅可用于设计之初嵌入伦理价值并向技术人员提出建议, 也可以在实体机器人产出后, 用于进行回顾性分析。在后续研究中, Van Wynsberghe[22] 又提出了将该伦理评估框架用于更广范围上的医疗保健服务机器人的 2 个条件: 护理就是满足被护理者的合理需求; 护理者和被护理者需要相互反馈交流才能完成上述护理需求。Filippo 等[23] 将活动本质方法与智能老龄护理机器人相结合, 促进了 CCVSD 的发展: 1)进一步奠定了 VSD 的哲学基础; 2)用具体实践行为对护理机器人所需进行的护理活动进行描述, 扩展了护理伦理价值的范围; 3)利用细分价值概念来应对价值冲突问题。Cheon 等[24] 提出应将机器人专家的价值观利用 VSD 方法整合到人形机器人的设计框架中, 并对部分机器人专家进行试点访谈, 深入了解机器人专家的价值观。该学者还表示需要对社交价值给予更多重视。Battistuzzi 等[25] 受 VSD 的启发, 开发了一个旨在将伦理嵌入护理核心的程序: 调查与老年护理社交辅助机器人技术相关的伦理价值观; 了解与老年护理社交辅助机器人的交互如何阻碍或促进第一步中确定的价值观。该程序使 VSD 发挥了更大的前瞻性作用。Poulsen 等[26] 在 CCVSD 的基础上, 参考机器伦理, 提出了动态设计价值 (VMD) 方法, 并对护理过程中产生的内在价值和外在价值加以区分, 供学者们对涉及内外价值的护理政策进行区分择优, 设计出符合伦理的护理机器人。Adam 等[27] 提出了 Attento 模型, 并将其作为对动态设计价值方法的补充说明, 补充之后, 模型可以根据不同价值优先程度对不同类型利益相关者进行智能分析, 并对护理实践行为进行排序。为了在护理机器人运行时通过外部护理价值排序做出符合实践的决策, Adam 等[28] 提出的注意框架, 旨在帮助护理机器人根据外部护理价值排序, 做出更加符合实际情况的决策。它将 CCVSD 和计算意识信息系统结合起来, 从而更深入地研究用户对已有人工智能决策的信任程度, 以及对未知人工智能决策的信任程度。Steven 等[29] 在 CCVSD 的基础上, 将联合国可持续发展目标 (SDGs)、人工智能高级专家组制定的可信 AI 道德准则以及与有益的自治系统设计特别相关的“规范”等国际价值规范纳入 VSD 价值来源, 并采用人工智能设计的多层方法[29] 来实现 VSD, 对老年护理机器人的伦理设计进行了全面分析。

目前国内将价值敏感设计方法用于老龄护理机器人的研究较少, 相关研究基本都为综述类研究, 可以分为以下两部分内容: 1)对国外利用价值敏感设计方法针对老龄护理机器人的研究进行内容阐述; 2)对老龄护理机器人使用过程中会出现的伦理问题进行阐述, 并提倡用价值敏感设计作为解决方法。但缺乏利用价值敏感设计方法对中国市场的系统研究。

3　研究过程

目前国内缺乏利用 VSD 方法的三方方法论对实际问题的系统研究。因此, 采用三方迭代方法对中国的老龄护理机器人进行伦理分析以及反思。

3.1　概念调查

为了调查利益相关者所注重的价值观, 进行了概念调查, 调查内容分为以下 2 个部分。

1)直接和间接利益相关者分析。

确定老龄护理机器人的利益相关者对分析其所涉及的伦理价值观至关重要, 老龄护理机器人的直接服务对象为需要护理的中老年人, 同时老年人的子女极为注重老年人的健康及情感, 护理人员也会因护理机器人的出现转变护理责任。因此确定老龄护理机器人的直接利益相关者为需要护理的中老年人, 间接利益相关者为老年人子女及护理人员。

2)相关价值分析。

各价值哲学定义及问题示例如表 1 所示。

表 1 各价值哲学定义及问题示例

价值	哲学定义	问题示例说明
社交	在一定的历史条件下,个体之间相互往来,进行物质、精神交流的社会活动。	机器人形态和交流的潜在欺骗、过度依赖或依附于机器人造成与正常人类交流困难的问题。
尊严	不被轻视,提高自身在他人眼中的评价,以期提高社会生存力。	机器人物化老年人现象、系统易用性过低不便操作。
情感	人对客观现实的一种特殊反映形式，是人对于客观事物是否符合人的需要而产生的态度的体验。	机器人陪伴给予的幸福感存在虚假，具有一定的欺骗性。
隐私	指个人决定关于自己的信息可以传达给他人的主张、权利或权利；获得人们的同意，包括披露和理解的标准和自愿、能力和同意。	未经知情同意使用护理机器人的风险和潜在的隐私侵犯。
社会福祉	指维持生态系统，使它们满足当前的需求而不损害后代以及人的身体、物质和心理健康。	环境友好、造成护理人员失业、影响社会现行护理规范。
社会正义伦理	主要指社会制度的公正性、合理性。	考虑使用者经济承受能力及分配正义等。
自主权	指人们以他们认为会帮助他们实现目标的方式进行决定、计划和行动的能力。	机器人过度干预老年人生活、限制自由等。

注：哲学定义参考价值敏感设计价值量表及文献 [30-31]。

以 CNKI 和 WOS 数据库中收录的 2005—2022 年护理机器人伦理价值相关文献作为研究对象，在 WOS 网站以“care robot value”及“care robot ethic”为搜索词，检索到 510 篇文献，从中逐一阅读，筛选出 72 篇与利益相关者价值相关的文献，在 CNKI 网站以“护理机器人”为检索词检索到 325 篇文献，从中逐一阅读，筛选出 15 篇文献，涉及以下价值：

各价值的文献数量占比如图 2 所示。从图 2 可看出，在护理机器人伦理相关的研究中，隐私、自主性以及情感价值占比较大，将在经验调查中进一步验证相关价值的优先级顺序。

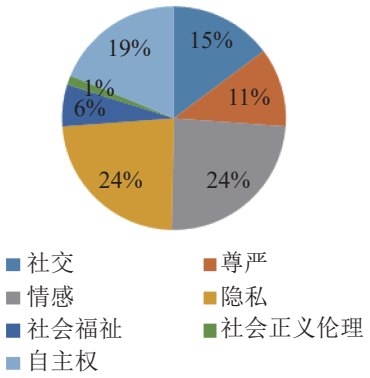

图 2 涉及各价值的文献数量占比

3.2 经验调查

经验调查环节旨在分析利益相关者对现实环境中相关价值的理解与权衡，由于国内护理机器人市场尚处于发展初期，技术研发仍在推进中。因此，在经验调查环节使用价值场景方法，并采用半结构化访谈及问卷调查相结合的方式，在使利益相关者深入了解护理机器人的使用环境以及实践操作内容之后分别对直接以及间接利益相关者进行调查。

3.2.1 直接利益相关者

在直接利益相关者部分，由于其群体的特殊性，可能对线上问卷操作困难。因此，采用半结构化访谈的方式进行价值观提取。另外，当前我国智能护理机器人市场受制于诸多因素，如技术难关无法攻克，研发所需资源投入较高从而造成产品市场价过高等影响，在市场上还未大量推广。因此，大部分老年人对智能护理机器人缺乏了解。所以，访谈初始部分，访谈者先向受访者简单介绍智能护理机器人，然后采取价值敏感设计方法中的价值场景方法，为直接利益相关者创造智能护理机器人使用的相关场景，并将概念调查部分得出的价值观嵌入其中，从而调查直接利益相关者在使用智能护理机器人的过程中对相关价值观的认知差异。

在广西壮族自治区桂林市各养老院选取了 61 位 50~80 岁及 80 岁以上的老年人作为访谈样本进行访谈，访谈过程采用录音软件全程记录，并利用语音转录软件对音频进行文字转录。得到转录文本后，将其导入质性分析软件 Nvivo12 进行编码分析，首先由一位研究人员进行主题编码，再由另一位研究人员进行编码复核。在预访谈部分，由于大部分老人对社交及情感的界定模糊，并对社会福祉以及社会正义伦理等问题不敏感，同时访谈内容过长易引起被访谈者精神倦怠，因此在后续正式访谈中，将社交及情感价值进行合并，提取了概念调查部分与直接利益相关者最为相关的隐私、自主、尊严、社交情感 4 个伦理价值。并采用价值场景的方法将其嵌入进访谈过程中，同时将一级编码节点分为隐私、自主权、尊严、社交情感 4 部分，每个一级节点下设 2 个子节点，如表 2 所示。

表 2　各节点编码数及编码覆盖率

伦理价值	节点名称	节点编码数	编码覆盖率/%
隐私	注重隐私	100	67.57
	不注重隐私	48	32.43
自主权	注重自主权	76	74.51
	不注重自主权	26	25.49
尊严	注重尊严	15	42.86
	不注重尊严	20	57.14
社交情感	注重社交情感	31	55.36
	不注重社交情感	24	44.64

按编码个数多少进行比较，隐私节点编码个数最多，尊严节点编码个数最少。各节点下属子节点编码覆盖率相差最大的为自主权部分，而社交情感节点下属子节点注重与不注重的比例约为 6∶4，相差最小。可看出，直接利益相关者对隐私价值最为注重，其后依次为自主权、社交情感、尊严。在关于自主权以及隐私方面，大部分直接利益相关者较为注重，在社交方面，注重该价值的直接利益相关者与不注重的呈持平趋势，在尊严方面，注重该价值的直接利益相关者少于不注重该价值的利益相关者，原因将在下述表格开展进一步分析。

各节点编码数在受教育程度上的差异如表 3 所示。

表 3　各节点编码数在受教育程度上的差异

节点名称	编码参考点数		
	高等教育	中等教育	初等教育及以下
注重隐私	46	31	22
不注重隐私	20	17	11
注重自主权	32	29	15
不注重自主权	8	8	10
注重尊严	8	4	3
不注重尊严	10	5	5
注重社交情感	11	13	7
不注重社交情感	16	5	3
对机器人持接受态度	11	10	10
对机器人持拒绝态度	19	10	11
对机器人持中立态度	4	3	3

从表 3 可看出，按受教育程度划分，3 种受教育程度人群在隐私方面并未出现明显差异。而在自主权部分，初等教育及以下人群对自主权重视程度相较于其他 2 种人群明显降低。结合访谈内容，大部分初等教育及以下直接利益相关者表示对高科技产品有天然信任，因此对于自主性要求较低。在尊严部分，更多的直接利益相关者持不注重态度，结合访谈内容以及我国国情，大部分中老年人对物化现象以及自身尊严问题不甚注重，并认为健康问题以及实用性才是需要注重的关键价值，因此对尊严此类价值重视程度较低。在社交情感方面，中等教育及初等教育及以下人群对此价值相对重视，但是高等教育人群对此价值呈现不注重的趋势，结合访谈内容，大部分受高等教育人群对社交持自信态度，表示并不担心机器人对社交情感的影响。

直接利益相关者分为表 4 中的 4 个年龄阶段，并统计在不同年龄阶段编码节点个数的差异。

表 4　各节点编码数在年龄阶段上的差异

节点名称	编码参考点数			
	50~<60 岁	60~<70 岁	70~<80 岁	80 岁及以上
注重隐私	37	20	27	16
不注重隐私	15	8	14	11
注重自主权	29	17	19	11
不注重自主权	12	8	3	3
注重尊严	6	5	2	2
不注重尊严	8	6	2	4
注重社交情感	12	8	8	3
不注重社交情感	10	4	7	3
对机器人持接受态度	11	9	7	3
对机器人持拒绝态度	17	7	7	3
对机器人持中立态度	4	3	0	0

在隐私节点部分，可以发现，随着年龄阶段的增长，利益相关者中不注重隐私的比例逐渐上升，结合访谈内容，对于尚处于中年阶段的直接利益相关者，大部分表示隐私相当重要，尤其是涉及比较私密的视频音频等，而随着年龄增长，更多的高龄直接利益相关者认为隐私对于自身来说可有可无，身体的健康以及能随时将自身信息传递给相关人员更加重要。但在提及如果对隐私部分进行完善时，大部分利益相关者都表示赞同。

在自主权节点部分，可看到大部分利益相关者对自主权都比较重视，但是高龄阶段对其尤为重视，结合样本特征分析，大多数高龄利益相关者受教育程度较高，对自主权要求较高。在尊严以及社交情感节点部分，各年龄阶段直接利益相关者并未表现出明显差异，注重与不注重人数比呈现持平趋势。

综上所述，直接利益相关者最为注重的价值为隐

私，受教育程度对该价值注重与否并无显著影响，而年龄阶段越大，对该价值的注重程度越小。其次为自主权部分，大部分利益相关者对自主权价值持重视态度，随着受教育程度逐渐提高，利益相关者对该价值重视程度也不断提高。对于尊严价值，更多的利益相关者表示对此价值并不敏感，并表示尊严价值在他们的认知中远不如隐私自主性等价值重要。而在社交部分，受高等教育的利益相关者表现出比其他利益相关者人群更不注重的态度。

3.2.2 间接利益相关者

关于间接利益相关者部分，在确定主要间接利益相关者（被护理老人子女亲人、护理人员）后，采用线上发放问卷调查的方式。

问卷遵循概念调查部分的价值观进行设计，将间接利益相关者划分为护理人员及非护理人员，问卷总共包含 20 个问题，其中有 4 个基础信息问题，2 个隐私价值相关问题，2 个自主性相关问题，2 个尊严相关问题，4 个社交情感类问题，2 个社会福祉类问题，2 个社会正义伦理类问题，2 个技术安全类问题。除基础信息题外，其余伦理价值相关题均采用李克特五级量表记值。

问卷进行预调查后，其信效度符合所需标准。问卷回收数量为 233 份，其中有效问卷 222 份。利用线上问卷软件导出数据，将数据导入统计分析软件 SPSS 22.0，进行统计分析。

3.2.3 间接利益相关者价值观经验调查

1) 人口学变量频率分析。

人口学变量频率分析结果如表 5 所示。

表 5 人口学变量频率分析结果

变量	选项	频率	百分比	平均值	标准差
受教育水平	初等教育及以下	43	19.4	1.94	0.57
	中等教育	150	67.6		
	高等教育	29	13.1		
年龄	25 岁及以下	68	30.6	1.96	0.82
	>25~<40 岁	106	47.7		
	40~<55 岁	37	16.7		
	55 岁及以上	11	5.0		
是否为护理人员	护理人员	67	30.2	1.70	0.46
	非护理人员	155	69.8		

通过对间接利益相关者人口学变量的分析，发现它们的分布具有一定的集中性，且具有一定的波动性。此外，这些变量的分布频率也能够满足抽样调查的基本要求。

2) 信度及效度检验。

a.信度检验。

表 6 为信度检验结果。从表 6 可看出，在各价值维度上克隆巴赫系数都大于 0.7，总体信度系数为 0.950，且该系数在 0~1 之间越接近 1 说明信度可靠性，因此问卷可信度较好。

表 6 信度检验结果

变量	标准化后的 α 系数
隐私价值调查信度分析	0.744
尊严价值调查信度分析	0.758
自主权价值调查信度分析	0.778
社交价值调查信度分析	0.762
情感价值调查信度分析	0.773
社会福祉价值调查信度分析	0.708
社会正义伦理价值调查信度分析	0.753
技术安全价值调查信度分析	0.734
总体信度分析	0.950

b.效度检验。

本次问卷效度分析是通过统计分析软件 SPSS22.0 探索性因子分析的方法实现检验过程的。

表 7 为效度检验结果。从表 7 可看出，KMO 检验的系数结果为 0.971，该系数取值范围在 0~1，越接近 1 说明问卷的效度越好；本次检验显著性系数无限接近于 0，所以问卷具有良好的效度。

表 7 效度检验结果

KMO 检验测量取值	Bartlett 球形检验		
	上次读取的卡方	自由度	显著性
0.971	2 155.82	0.527	0

3) 描述性统计。

图 3 为各价值维度得分平均值。从图 3 可看出，在各价值维度中，隐私维度得分平均值最高，其次为

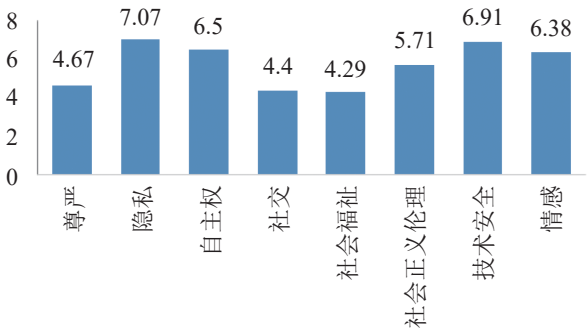

图 3 各价值维度得分平均值

社会正义伦理以及技术安全社会福祉等现实类价值, 尊严、社交以及情感得分明显低于其他项, 且三项价值维度平均值差别不大。

4) 差异性检验。

a.是否为护理人员在社会福祉价值维度上的差异。

表 8 为社会福祉维度在是否为护理人员上的差异。从表 8 可看出, 是否为护理人员在社会福祉价值维度上的差异, 显著性检验值为 0.007, 明显小于 0.05, 说明护理人员与非护理人员对社会福祉维度存在差异, 结合均值, 护理人员对社会福祉的注重程度远超过非护理人员。

表 8　社会福祉维度在是否为护理人员上的差异

是否为护理人员	数字	平均值	标准偏差	t	sig
护理人员	67	6.33	1.834	−2.735	0.007
非护理人员	155	4.27	1.162		

b.不同受教育水平在各价值维度上的差异。

表 9 为受教育水平在各价值维度上的差异。从表 9 可看出, 在各个价值维度方面, sig 值都明显小于 0.05, 因此认为受教育水平在各价值维度上存在明显差异, 结合均值以及多重比较结果可发现, 受教育水平越高的间接利益相关者, 对各价值重视程度也越高。

c.不同年龄阶段在各价值维度上的差异。

表 10 为不同年龄阶段在各价值维度上的差异。从表 10 可看出, 不同年龄阶段在尊严、社交、情感、技术安全价值维度上并未表现出明显差异。而在隐私以及自主权价值维度上, 40 岁以下间接利益相关者对隐私注重程度明显高于其他年龄阶段人群。在社会福祉价值维度上, 25 岁及以下的间接利益相关者对此价值的注重程度明显高于其他人群, 结合样本特征分析, 样本中的护理人员(包括接受过系统护理教育的人群)60% 为 25 岁及以下年龄阶段人群, 所以对该价值注重程度较高。在社会正义伦理价值维度上, 25~55 岁年龄阶段对该价值注重程度明显高于其他人群, 结合当前我国养老现状, 处于这个年龄阶段的间接利益相关者由于承担的生活压力更大, 对该价值敏感程度较高。

综上所述, 间接利益相关者最注重的价值为隐私, 其次为社会正义伦理以及技术安全社会福祉等现实类价值, 相比之下尊严社交情感等价值注重程度较低; 随着受教育水平的上升, 间接利益相关者对各价值的重视程度也增加; 相比其他间接利益相关者, 护理人员更注重社会福祉价值。

表 9　受教育水平在各价值维度上的差异

变量	选项	N	平均值	标准差	F	sig	多重比较
尊严	初等教育及以下	43	2.95	0.84	37.728	0	1<2<3
	中等教育	150	4.79	1.95			
	高等教育	29	6.62	1.84			
隐私	初等教育及以下	43	5.3	1.36	29.244	0	1<2<3
	中等教育	150	7.2	2.32			
	高等教育	29	9	1.20			
自主权	初等教育及以下	43	4.7	1.21	33.757	0	1<2<3
	中等教育	150	6.68	2.11			
	高等教育	29	8.28	1.22			
社交	初等教育及以下	43	2.6	0.96	33.328	0	1<2<3
	中等教育	150	4.55	2.15			
	高等教育	29	6.28	1.60			
情感	初等教育及以下	43	2.47	0.77	36.397	0	1<2<3
	中等教育	150	4.45	2.08			
	高等教育	29	6.17	1.69			
社会福祉	初等教育及以下	43	3.91	0.92	40.473	0	1<2<3
	中等教育	150	5.92	1.82			
	高等教育	29	7.28	1.46			
社会正义伦理	初等教育及以下	43	5.14	1.66	34.652	0.002	1<2<3
	中等教育	150	7.12	1.87			
	高等教育	29	8.41	0.78			
技术安全	初等教育及以下	43	4.63	1.09	39.812	0	1<2<3
	中等教育	150	6.55	1.86			
	高等教育	29	8.07	1.16			

注：1 代表初等教育及以下，2 代表中等教育，3 代表高等教育。

3.3　技术调查

为了调查当前国内老龄护理机器人相关技术对上述价值观持支持还是阻碍态度, 结合中国现在老龄护理机器人市场以及研发现状(国内护理机器人研发技术大多集中在高校, 且以样机为主, 大部分并未上市推广)。因此, 在 CNKI 网站以“护理机器人”为关键词进行文献检索, 涉及文献总计 327 篇, 筛选出与相关价值有关的文献 61 篇, 并在各购物平台及机器人博览会等站点搜索相关信息, 由其相关技术及机器人具体功能分析对上述价值观的支持或阻碍并给

表 10 不同年龄阶段在各价值维度上的差异

伦理价值	年龄阶段	N	平均数	标准偏差	F	sig	多重比较
尊严	25 岁及以下	68	3.18	1.132	35.764	0.327	—
	>25~<40 岁	106	4.82	2.046			
	40~<55 岁	37	3.49	1.387			
	55 岁及以上	11	3.36	1.748			
隐私	25 岁及以下	68	8.32	1.597	40.039	0.008	1>3，1>4，2>4
	>25~<40 岁	106	7.26	2.261			
	40~<55 岁	37	5.97	1.04			
	55 岁及以上	11	5.55	0.522			
自主权	25 岁及以下	68	7.76	1.613	46.619	0.046 9	1>3，1>4，3>4
	>25~<40 岁	106	7.75	1.957			
	40~<55 岁	37	6.46	0.836			
	55 岁及以上	11	5.36	0.924			
社交	25 岁及以下	68	2.69	0.935	36.793	0.490	—
	>25~<40 岁	106	4.75	2.217			
	40~<55 岁	37	5.78	1.652			
	55 岁及以上	11	6.91	1.446			
情感	25 岁及以下	68	2.79	1.1	34.511	0.652	—
	>25~<40 岁	106	4.41	2.15			
	40~<55 岁	37	6.16	1.573			
	55 岁及以上	11	6.18	1.537			
社会福祉	25 岁及以下	68	7.25	1.238	32.925	0.007	2>1，2>3，2>4
	>25~<40 岁	106	4.31	1.912			
	40~<55 岁	37	4.22	1.228			
	55 岁及以上	11	3.92	1.168			
社会正义伦理	25 岁及以下	68	6.47	1.757	31.644	0.036	1>2，1>3，2>4
	>25~<40 岁	106	8.69	1.896			
	40~<55 岁	37	8.41	0.599			
	55 岁及以上	11	5.64	0.505			
技术安全	25 岁及以下	68	6.95	1.396	47.011	0.327	—
	>25~<40 岁	106	7.53	1.719			
	40~<55 岁	37	7.11	1.1			
	55 岁及以上	11	7.55	1.214			

出前瞻性建议。

3.3.1 隐私

隐私作为利益相关者较看重的价值，在国内护理机器人研究中相对不被重视，在 61 篇文献中，涉及隐私价值的有 22 篇，诸多学者的技术设计没有考虑到尊重老人的隐私。

辛绍杰等[32]设计的多功能电动护理床的排便系统，在老人无法下床进行排便时将接便容器移至老人臀部接便，虽然减轻了护理人员的负担，但外置接便装备移动时噪声过大，易引起他人注意致使老人隐私暴露。而陈新宇等[33]设计的二便护理机器人将主机与工作头分开，实现低噪音运作，并可根据被护理人体型差异定制臀部清洗装置，对患者隐私部位进行保护。杭州麦芽糖网络科技公司推出的失能老年人智慧看护机器人，通过先进的微电子技术、涡旋流清洗技术，可有效减少老年人排便，同时还能够保护老年人的个人信息安全，有助于保护老年人的隐私和人权[34]。贺雪峰[35]研制的护理机器人全自动转运系统，无需专职护理人员或家人陪伴，护理工作强度小，满足了利益相关者希望拥有相对隐私的生活愿望。我国洛阳圣瑞机电技术有限公司与河南科技大学等联合开发的轮椅式洗澡机器人[36]，采用半封闭卧式舱体结构，保护了利益相关者的隐私。

胡振圆等[37]提出的一款基于树莓派并通过 Open CV 进行人脸识别判断谈话对象的医用护理机器人系统，可对被护理人进行心理辅导、生成电子病历、语音视频记录谈话内容、数据记录等。对于这些隐私数据，系统会不经直接利益相关者同意直接传输给护理人员，损害了被护理人的隐私和自主性。王叔杰[38]、贺清云[39]、乐升华等[40]研制的护理机器人系统中也存在相似损害隐私价值的问题。

3.3.2 自主权

在自主权价值部分，61 篇相关文献中，涉及该价值的有 6 篇。

Zhang 等[41]设计的一款多功能护理床，可以监测老人的血压、呼吸率、心率、体温等生理参数，并且具备报警功能，可在生理参数出现异常时，立即通知相关护理人员，但并未尊重老人的自主权，且在参数波动范围正常时预警失误会导致人过度紧张。2017 年，杭州市社会福利中心引入“阿铁”AI 护理机器人，但是这款设备仍然存在上述问题。该设备能够实时监控老年人的心跳、血压以及其他重要生命指标，一旦有异常情况，该设备会及时通知相关医疗工作者，以便及时做出应急处置[42]。

当前占据护理机器人大半市场的多功能护理床[43]，大多数可以根据患者实际需求提供相应辅助功能，如坐卧姿态转换、辅助翻身、温度检测等，这为卧床患者自行处理日常生活提供了便利，增加了患者自主护理能力，支持了自主权价值。

3.3.3 尊严

在尊严价值部分，61 篇相关文献中，涉及该价值的有 25 篇。

所谓“物化现象”指的是：“像对待无生命物质那样对待人：推、拉、拽一个人，不将他当作一个有生命的个体[44]。”在护理机器人服务老人的过程中，如果出现物化现象，会使老人的尊严受损进而损害心理健康。多项关于转运护理机器人柔性移动的研究，为消除被护理人在 2 种设备间转移时的不安全因素做出努力，致力于在完成任务过程中有效兼顾被护理人的安全和舒适感受[45-49]，维护被护理人的尊严。

崔红力[50]利用正交实验法，通过调整变量、限定条件，精心调整浴室的入口、出口的尺寸，从而实现最佳的入口、排气等系统，从而提高整体的洗澡质量。洛阳圣瑞机电技术有限公司[51]开发的个性化的多功能护理机器人，利用模糊理论，实现精细的洗澡控制，从而实现在特定的洗澡场景中，让每个肌肤接触到的力度都得到有效平衡。上述两项研究都提高了老年人的舒适度，避免了老人被物化的可能。

宁波智能机器人研究院研发的智能护理机器人“白泽”[52]，其核心技能是能抱起、搬运老人及协助其如厕，而且与老人所有的接触面都是柔软的，内嵌海绵，真皮包裹，避免了物化现象的产生，尊重了老人的尊严价值。

3.3.4　社会福祉

社会福祉类价值包括环境友好、对间接利益相关者就业影响等。61 篇文献中，涉及此类价值的文献有 35 篇。

韩征峰[53]在个人卫生护理机器人洗浴系统电机选型时，预选了 100 W 的台达伺服节能电机，对环境更加友好，支持了社会福祉类价值。中国正快速进入老龄化社会，越来越多的年长者需要专人看护。孔庆莹[54]提出一种适用于轮椅式护理机器人上的低成本室内自主定位系统，可实现较好的室内定位，实现室内的自主巡航，降低了人工护理费用负担，缓解了家庭养老压力，提高社会福祉的同时也支持了社会正义伦理。

在 35 篇文献中，几乎都提到了所研究的技术致力于减轻护理人员负担，降低护理人员工作强度（在此参考文献不一一列出），如多功能护理床辅助翻身、转运等。但当智能护理机器人在市场上大规模推广应用时，可能导致部分护理人员面临失业风险。

3.3.5　社交及情感

因涉及社交及情感类文献数量较少，共 6 篇，且社交情感有相对交叉部分，因此将两价值并为一部分分析。

王秋惠等[55]在从人因工程视角述评了老龄服务机器人人机界面（HRIs）设计研究与应用进展，旨在减少 HRIs 冰冷的机械感，增添人机交互中的人文关怀和情感呵护。王强等[56]对护理机器人控制系统的结构与硬件电路设计进行调试，结果表明：该系统能够实现语音提醒与动作交互，适用于老年人的精神陪护，减轻老年人的孤独感，支持了社交及情感价值。胡振圆等[37]设计的基于机器学习和图像处理的护理机器人可以根据医疗要求对老年人进行心理辅导，缓解其心理问题。崔红力[50]在基于 CFD 的卫生护理机器人浴舱结构优化设计研究的设计过程中，在机器和人体接触的地方，采用质感较好、无毒安全的材料，在产品外观造型设计中，寻求符合大众审美习惯的产品外部曲线，突显稳健、大方、亲切的感觉。不仅满足了老年人的生理需求，还满足了心理需求，支持了情感价值。

3.3.6　社会正义伦理

对于社会正义的伦理而言，最为突出的就是财富的公平均衡，尤其是对于中国城乡之间的贫富悬殊，这一点尤为突出[57]。为了解决该问题，开发出具有高度可靠性的智能护理机器人，必须从使用者的实际财务状况出发，以确保其公平的财务利益。护理机器人的价格普通家庭是否能负担得起？智能护理机器人在市场上普及时，会不会供不应求从而导致需要的人购买不到机器？即智能护理机器人的价格以及社会分配顺序。涉及该价值的文献有 6 篇。

山东旭日清洁器械有限公司研发的各种系列的个人卫生护理机器人[58]，吸座硅胶护罩采用了分体设计，新患者在使用前，可更换硅胶护罩，避免了交叉感染，同时也节约了成本。为避免患者在转移过程中受到二次伤害，市面的二便护理机器人多采用嵌入式便袋或电动升降盆帮助患者在卧床状态下完成二便护理，该方式因其结构简单、价格便宜，在各种护理场景下得到广泛应用。上述研究都降低了成本，支持了分配正义。但也有部分样机采用更高级的装置，如苏州伊利诺护理机器人[43]，基于现有智能护理技术对产品用料作出创新，在护理机器人工作头与人体连接处包裤采用特种抗菌纤维，虽高度智能，但价格高昂，普通家庭难以承担。

4　讨论

综上可知，我国智能护理机器人市场对伦理问题重视程度不够，特别是在获取数据的隐私权和对老年人自主性较低等方面。但多数技术设计并未顾及利益相关者之间比较强调的社会公正与伦理价值。面对以智慧养护机器人为核心的智能与老龄养护领域的主要伦理问题，怎样合理应用管理，是一项重大课

题,各方必须积极参与、深入探讨、通力合作、逐步推进,才能够形成合理有效的管理措施。根据实际,给出如下建议:

1)增强隐私保护注重程度。

目前,通过计算机视觉、语音处理、自然语言处理等技术,智能系统突出智能应对,对目标用户的行为也必须深入了解。首先,在客户端将一些涉及隐私的传感数据挖掘,得到高层的语义信息,能在很大程度上减少需要传输的隐私敏感数据。其次,对机器人进行的护理活动进行非必要隐私性获取限制,对不涉及护理内在要求的数据,鼓励以不透明的方式进行传输,如通过 Wi-Fi 信号来判断老龄人是否跌倒。在国家应制定一系列政策法规,用以规范对隐私数据采集、传输、加工、存储的全过程,建立风险预警机制。

2)平衡自主权与护理间关系。

首先,应该将使用者安全放在首位,在确保老年人安全的基础上,尊重他们的自主权利。此外,还应积极探索和研究如何有效地识别和处理危机状况,以确保社会稳定和发展。当老年人无法独立做出决定或面临危险时,应该采取干预措施。

3)尊重老龄群体,维护其情感及社交。

为了解决智能护理机器人给老年人带来的心理影响,在设计过程中,应该全面考虑产品的外观,并开展深入调研,以确定老年人对外观的接受程度;同时,在人机交互方面,需尊重老年人的权利,特别是他们的心理和社会情感需求。

4)关注社会正义伦理。

通过大力支持、引导、鼓励,把一些先进的智能护理技术应用于我国的养老服务,不断拓展智能护理的应用范围,激发更多的消费者参与,从而有效地提高消费者的满意度。同时,应采取有效措施,合理规划、引导、支撑智能护理机器人的发展,将它们融入整个社会的发展之中,以促进社会公平。

5 限制因素

在概念调查及经验调查部分,本调查并不全面,在概念调查时,一些更深层次的利益相关者未进行调查挖掘。当前中国智能护理机器人市场还未完全打开,基本以样机及技术研发为主,进行经验调查的环境不够成熟,与实际情况可能会有部分出入。当前获取的技术数据完全依赖于学术网站及网络,对技术人员的价值观念了解不够。

6 结束语

将 VSD 应用于中国市场上的老龄智能护理机器人,并为智能护理机器人后续设计提供了伦理建议。通过三方迭代,获取了中国市场上直接或间接利益者的价值观,并对当前中国市场上现存老龄智能护理机器人做出技术评估。研究结果表明,当前我国市场上老龄智能护理机器人在设计上存在诸多伦理问题,如侵犯老年人隐私、违背老年人自主意愿等。未来的研究可能会致力于直接分析技术人员背后所支持的价值并考虑各种价值冲突,以此进一步扩展研究。

参考文献:

[1] 项鑫, 王乙. 中国人口老龄化现状、特点、原因及对策[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(18): 4149-4152.

[2] 王欢欢. 人口老龄化背景下江苏省养老服务的现状问题和建议[J]. 人口与健康, 2021(12): 41-45.

[3] Robinson H, Macdonald B, Broadbent E. The role of healthcare robots for older people at home: a review[J]. International Journal of Social Robotics, 2014, 6(4): 575-591.

[4] Friedman B, Khan P H, Borning A, et al. Value sensitive design and information systems[J]. Early Engagement and New Technologies: Opening up the Laboratory, 2013, 11(1): 55-95.

[5] Friedman B, Hendry D G. A survey of value sensitive design methods[J]. Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction, 2017, 11(2): 63-125.

[6] Jesscia K M, Batya F, Gavin J, et al. Value tensions in design: the value sensitive design, development, and appropriation of a corporation's groupware system[C]//Proceedings of the 2007 International ACM Conference on Conference on Supporting Group Work - GROUP '07. New York: ACM Press, 2007: 281.

[7] Iise O. Applying value sensitive design (vsd) to wind turbines and wind parks: an exploration[J]. Science and Engineering Ethics, 2015, 21(2): 359-379.

[8] Luisa M, Sampsa H. Designing for energy transition through value sensitive design[J]. Design Studies, 2018, 54: 162-183.

[9] Niek M, Auke D G, Neelke D. A values-based approach to energy controversies: value-sensitive design applied to the Groningen gas controversy in the Netherlands[J]. Energy Policy, 2018, 122: 639-648.

[10] Job T, Zhao Yinghuan, Jeroen V D H. Ethics and nanopharmacy: value sensitive design of new drugs[J]. NanoEthics, 2011, 5(3): 269-283.

[11] Steven U. Atomically precise manufacturing andresponsible innovation: a value sensitive design approach toexplorative nanophilosophy[J]. International Journal of-Technoethics, 2018, 10(2): 1-21.

[12] Pam B, Lisa T. An inclusive, value sensitive design per-

spective on future identity technologies[J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2015, 22(5): 1-28.

[13] Flipse S M, Puylaert S. Organizing a collaborative development of technological design requirements using a constructive dialogue on value profiles: a case in automated vehicle development[J]. Science and Engineering Ethics, 2018, 24(1): 49-72.

[14] Sarah M T, Francis E L, Zhang vivian, et al. Value sensitive design for autonomous vehicle motion planning[C]//IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2018: 1157-1162.

[15] Dylan C, Van Wynsberghe A. From HealthDrone to FrugalDrone: value-sensitive design of a blood sample transportation drone[C]// IEEE International Symposium on Technology and Society. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2019: 1-7.

[16] Dadgar M, Joshi K D. The role of information and communication technology in self-management of chronic diseases: an empirical investigation through value sensitive design[J]. Journal of the Association for Information Systems, 2018, 19(2): 86-112.

[17] Christian B. Special issue ieee international conference on pervasive computing and communications (PerCom) 2016[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2017, 38: 279-280.

[18] Van Wynsberghe A. Designing robots for care: care centered value-sensitive design[J]. Science and Engineering Ethics, 2013, 19(2): 407-433

[19] Maathuis I, Niezen M, Buitenweg D, et al. Exploring human values in the design of a web-based QoL-instrument for people with mental health problems: a value sensitive design approach[J]. Science and Engineering Ethics, 2020, 26(2): 871-898.

[20] 古天龙, 马露, 李龙, 等. 符合伦理的人工智能应用的价值敏感设计: 现状与展望[J]. 智能系统学报, 2022, 17(1): 2-15.

[21] Van Wynsberghe A. A method for integrating ethics into the design of robots[J]. Industrial Robot: An International Journal, 2013, 40(5): 433-440.

[22] Van Wynsberghe A. Service robots, care ethics, and design[J]. Ethics and Information Technology, 2016, 18(4): 311-321.

[23] Filippo S D S, Van Wynsberghe A. When should we use care robots?the nature-of-activities approach[J]. Science and Engineering Ethics, 2016, 22(6): 1745-1760.

[24] Cheon E J, Su N M. Integrating roboticist values into a design framework for humanoid robots[C]//2016 11t ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2016: 603-604.

[25] Battistuzzi L, Sgorbissa A, Papadopoulos C, et al. Embedding ethics in the design of culturally competent socially assistive robots[C]//2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2018: 1996-2001.

[26] Poulsen A, Burmeister O, Tien D. A new design approach and framework for elderly care robots[C]// Proceedings of ACIS. Atlanta, GA: AIS, 2018: 1-12.

[27] Adam P, Oliver B, Kreps D. The ethics of inherent trust in [C]//This Changes Everything – ICT and Climate Change: What Can We Do? . Cham: Springer, 2018: 314-328.

[28] Adam P, Oliver K B. Overcoming carer shortages with care robots: dynamic value trade-offs in run-time[J]. Australasian Journal of Information Systems, 2019, 23: 1-18.

[29] Steven U, Marianna C, Maurizio B, et al. Value sensitive design to achieve the UN SDGS with AI: a case of elderly care robots[J]. Minds and Machines, 2021, 31(3): 395-419.

[30] Steven U, Van D P I. Mapping value sensitive design onto AI for social good principles[J]. AI and Ethics, 2021, 1(3): 283-296.

[31] Friedman B, Kahn P H, Borning A, et al. Value sensitive design and information systems[M]//The Ethics of Information Technologies. London: Routledge, 2020: 289-313.

[32] 辛绍杰, 张欢欢, 马西沛. 多功能电动护理床的研制[J]. 上海电机学院学报, 2013, 16(06): 322-329.

[33] 陈新宇, 胡冰山, 苏颖兵, 等. 二便护理机器人的方案设计[J]. 生物医学工程学进展, 2021, 42(3): 141-143.

[34] Yvette. 失能老人智能护理机器人[J]. 设计, 2019, 32(2): 52-53.

[35] 贺雪峰. 转运护理机器人系统的设计与研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2017.

[36] 李奇林, 曹宇, 茆宁, 等. 护理机器人技术发展综述[J]. 江苏理工学院学报, 2020, 26(4): 62-70.

[37] 胡振圆, 王路平, 于晗, 等. 基于机器学习和图像处理的护理机器人[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(5): 46-47.

[38] 王叔杰. 基于 ARM 的康复护理机器人床控制系统的设计与开发[D]. 上海: 上海工程技术大学, 2016.

[39] 贺清云. 基于 ARM 的护理服务机器人远程监护控制系统[D]. 南昌: 南昌大学, 2011.

[40] 乐升华, 张华, 彭向东, 等. 智能护理机器人近距离无线监控系统设计[J]. 电视技术, 2013, 37(21): 63-66.

[41] Zhang Tie, Xie Cuixi, Li Lin. Research on tele-monitoring system and control sytem of intelligent nursing bed based on network[C]// 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. Piscataway, NJ: IEEE Press,

2006: 9434-9438.
[42] 东鑫渊, 张正武. 一种 AI 智能移动式护理机器人的应用[J]. 计算机产品与流通, 2020(7): 105.
[43] 李素姣, 朱华瑞, 胡冰山, 等. 多功能护理床智能技术的研究进展[J]. 生物医学工程研究, 2021, 40(4): 440-447.
[44] Mark C. Moral appearances: emotions, robots, and human morality[J]. Ethics and Information Technology, 2010, 12(3): 235-241.
[45] 汪烨. 多功能电动护理床控制系统研制[J]. 制造业自动化, 2009, 31(6): 70-71.
[46] 白建军. 多功能护理服务机器人的设计与研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
[47] 尹宇霆. 仿人背抱移乘护理机器人阻抗控制方法研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2020.
[48] 苏博文. 双向转运护理机器人的设计与研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2021.
[49] 钟彩意. 医疗护理机器人多臂协同控制研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2021.
[50] 崔红力. 基于 CFD 的卫生护理机器人浴舱结构优化设计研究[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2011.
[51] 赵志伟, 王思臣. 国内首台个人卫生护理机器人在洛诞生[N]. 洛阳日报, 2010-11-26(002).
[52] 王哲. 养老机器人市场会爆发吗?[J]. 中国报道, 2019(6): 84-85.
[53] 韩征峰. 个人卫生护理机器人测控系统研究[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2013.
[54] 孔庆莹, 王波, 李青云, 等. 轮椅式机器人室内自主定位系统研究[J]. 电子世界, 2015(14): 145-148.
[55] 王秋惠, 张一凡, 刘力蒙. 老龄服务机器人人机界面设计研究进展[J]. 机械设计, 2018, 35(9): 105-113.
[56] 王强, 王丽, 李宏亮, 等. 一种护理机器人控制系统的设计与实现[J]. 化工自动化及仪表, 2018, 45(4): 340-342.
[57] 罗定生, 吴玺宏. 浅谈智能护理机器人的伦理问题[J]. 科学与社会, 2018, 8(1): 25-39.
[58] 周祖茗. 智能护理机器人的设计与研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2012.

编辑：张所滨