机器人接受度的影响因素

许丽颖^{1,2}, 喻丰^{1*}

1. 西安交通大学人文社会科学学院, 西安 710049;

2. 香港城市大学应用社会科学系, 香港

* 联系人, E-mail: yufengx@xjtu.edu.cn

2019-06-02 收稿, 2019-09-15 修回, 2019-09-16 接受, 2019-12-24 网络版发表

国家社会科学基金重大项目(18ZDA307, 17ZDA324)资助

摘要 随着技术发展, 机器人作为人工智能的主要载体会越来越多地出现在人类的生活与工作中. 在这样的背景下, 机器人是否为人所接受, 或者在何种条件下何种机器人更易于被何种人接受, 成为亟须探讨的前瞻性问题. 现有机器人接受度模型或理论过于简略, 或流于简单变量回归. 我们从机器人、人类以及人与机器人交互3个方面评述了机器人接受度的影响因素. 具体而言, 机器人本身的特征, 如视觉形象、拟人化、听觉特征、触觉特征、行为和动作特征等均会不同程度地影响人类对其的接受程度; 同时机器人的工具性能力和社会性能力与机器人的用途交互影响人类对其的接受程度. 在人类因素上, 性别、年龄、文化均会对机器人的接受度产生影响, 同时人类的人格特质、自我效能等个体性因素也显著影响其对机器人的接受度. 在人-机器人交互层面上, 交互经验及反馈、对机器人温暖与能力的知觉均影响人类对机器人的接受度. 我们认为, 实际上人类对机器人的接受程度和反应是正反两面的: 一方面因强调其能力而对其过度信任; 而另一方面却因忽视其体验而对其进行攻击. 综合所有可能因素, 我们也认为拟人化可能是影响人类对机器人接受度的核心变量, 而机器人接受度的最终问题则必然是涉及机器人的道德问题.

关键词 人工智能, 机器人, 社会心理学, 机器人接受度, 人-机器人交互

无论人类喜欢与否, 机器人都在以极为迅速的姿态进入人类的工作与生活. 机器人可以承担简单劳动, 如扫地、举重; 其亦可以承担陪护、看管等社会功能. 人工智能伴随着基于大数据的深度学习发展而快速发展, 机器人在媒体和实际生活中广泛出现^[1]. 实际上, 对于普通民众而言, 机器人还是一个相对新鲜的事物, 其是否喜欢、接收、使用、购买机器人都还需要更为广泛的前瞻性探讨. 毋庸置疑, 现在的机器人还只是基于人工标注大数据的弱人工智能产品, 其并无自我意识, 但随着技术发展, 我们无法拒绝机器人必然飞速发展的观点. 在今后的生活中, 机器人将会越来越成为人类生活的一部分, 那么人类如何接受机器人、何时接受

机器人、接受何种机器人便显得十分重要. 本文意在探索这一问题, 以期对机器人的社会心理研究以及机器人产业提供基础前瞻性的人心基石.

事实上, 普通民众对于机器人的态度是含混的. 如, 大多数老年人对社会辅助机器人及其预期应用持积极态度^[2], 但又对技术保持不安、感到耻辱感或对与机器人使用相关的伦理/社会问题感到困惑^[3]. 总体上来说, 年轻人、男性以及受教育程度高者对机器人的接受程度要更高; 随着时间距今越近, 欧洲人对机器人的接受程度甚至还在下降^[4,5]. 这里可能存在文化差异, 研究缺乏中国的相关数据. 但是日本的研究却发现, 学生对机器人的态度较为消极, 他们普遍认为自己并不孤独, 无

引用格式: 许丽颖, 喻丰. 机器人接受度的影响因素. 科学通报, 2020, 65: 496–510

Xu L Y, Yu F. Factors that influence robot acceptance (in Chinese). Chin Sci Bull, 2020, 65: 496–510, doi: 10.1360/TB-2019-0136

需与机器人相伴^[6]。

当然除了整体态度,自机器人问世以来,影响人们对机器人接受度的因素就受到了学术界和大众的普遍关注。许多研究者从不同的视角出发,结合其所在的时代背景和技术发展状况提出了相应的理论模型。无可否认,这些模型为我们思考和探索影响机器人接受度的因素提供了必要的前提和基础,但它们也或多或少都存在一定的问题。最早提出的与机器人接受度相关的理论是技术接受模型(technology acceptance model, TAM)^[7]。这一模型借鉴了心理学中的理性行为理论(theory of reasoned action, TRA)^[8],试图用信念、态度、意图和行为说明对计算机广泛接受的决定性因素。由于理性行为理论认为人们的行为可以通过行为意向进行推断,而行为意向又基于一定的态度和信念,因此技术接受模型中对实际使用技术的唯一预测变量就是行为意向。具体而言,技术接受模型认为使用者对技术的接受度只取决于两个行为意向因素,即使用者所感知到的有用性(perceived usefulness, PU)和易用性(perceived ease of use, PEOU),其他因素都受到这两个因素的影响。技术接受模型是一个自上而下(top-down)的理论模型,其理论简洁性使得它成为影响和应用广泛、简洁且具有解释力的良好理论。当然,简约理论也必然具有较强的理论基础和测量上的可操作性,但却容易忽视其他因素。

之后的研究者试图采取一种相反的方式去建构模型,即自下而上(bottom-up)的数据驱动方式。他们试图将所有可能影响的变量均变成变量,以统计方式考察这些变量与技术接受度之间的相关,保留显著相关的变量便称其为理论模型。如Venkatesh等人^[9]提出的技术接受与使用整合理论(unified theory of acceptance and use of technology, UTAUT)。这一所谓理论强调其整合性,研究者回顾和整理了已有的能够用来解释技术使用行为的8个理论模型:即技术接受模型、理性行为理论(theory of reasoned action, TRA)、动机模型(motivational model, MM)、计划行为理论(theory of planned behavior, TPB)、复合的计划行为理论和科技接受模型(combined TAM and TPB, C-TAM-TPB)、电脑使用模型(model of PC utilization, MPCU)、创新扩散理论(innovation diffusion theory, IDT)和社会认知理论(social cognitive theory, SCT),并在此基础上提出了技术接受与使用整合理论。不同于科技接受模型的理论推导,技术接受与使用整合理论的形成采用实证研究

路径,在所有可能影响使用者接受度的理论构念之中,只有那些在实证研究中展现出较大显著效应的变量才会被选入这一模型。技术接受与使用整合理论认为,绩效期望(performance expectancy, PE,即个体认为科技对工作的帮助程度)、付出期望(effort expectancy, EE,即个体使用科技需要付出的努力程度)、社会影响(social influence, SI,即个体感受周围群体的影响程度)和配合情况(facilitating conditions, FC,即个体所在群体的支持程度)是影响使用意向和实际使用行为的直接决定性因素。此外,技术接受与使用整合理论还包括4个控制变量:性别、年龄、经验和使用意愿。显然,技术接受与使用整合理论的优势在于其强大的整合性(即包括许多影响技术接受度的心理和社会因素),但其实质是变量杂糅的简单回归,还远不能称之为理论。

上述两个模型都是面向广泛的技术而言的,近年来,也出现了一些专门针对机器人的接受模型。Heerink等人^[10]提出了针对老年群体的辅助社会机器人接受模型(即阿尔梅勒模型,Almere model)。该模型基于技术接受与使用整合理论和4个实证研究的数据,用结构方程模型的方法形成了最终的模型。其中对使用意图产生直接影响的变量包括社会影响、态度、感知有用性、感知易用性、感知愉悦(perceived enjoyment)和信任。而感知适应性(perceived adaptability)、焦虑、社会存在(social presence)和感知社会性(perceived sociality)又分别会对这些变量产生影响。之后,Shin和Choo^[11]提出了一个针对社会互动机器人的模型,这一模型强调了感知适应性和社会性的重要作用,认为这两个因素都会影响态度,并且会分别对感知有用性和感知愉悦性产生影响。de Graaf等人^[12]近期又提出了家庭社会机器人的接受模型。与前两个机器人接受模型不同,这一模型基于计划行为理论,并且采用了更具多样性的被试样本。除了较为常见的实用态度(utilitarian attitudes)以外,该模型还重点强调了享乐态度(hedonic attitudes)对使用意图的影响。并且将影响态度的因素按照计划行为理论的框架分为了个人规范(personal norms)、社会规范(social norms)和控制信念(control beliefs)。

简单来说,这些所谓机器人接受模型都是以自下而上方式进行的简单回归结果罗列,缺乏理论深度与整体分析。当然,现有的相关模型抑或是太过宽泛而面向广义科技产品,抑或又过于狭窄仅限于具体的某一类机器人。本文并非意在提出一个自上而下的机器人

接受理论,而在于系统梳理近期机器人接受的相关影响因素,以期启发研究者进行理论与实践探索. 我们将从机器人接受度的主体出发,从机器人、人以及人和机器人互动的角度分别来论述. 当然,这里需要说明的是,此处所谓“接受”,是一个含混的概念,在下文中,它可能包含了人们对机器人的态度、倾向、接受、使用、购买等反应,我们用“接受”这个词语来统合人类对于机器人的这些知、情、行倾向.

1 影响机器人接受度的机器人因素

毫无疑问,人类对机器人的接受度会受到机器人本身因素的影响. 由于机器人本身因素相对人类因素而言更为可控,且对于机器人的设计者、生产者和售卖者而言也更具有可操作的实践意义,因此机器人因素是目前公众和研究者最为关注的问题,由此产生的研究成果也最为丰富. 具体而言,机器人本身的因素又可以分为特征和能力两部分.

1.1 机器人的外部特征

机器人本身所具有的各种特征会影响人们对机器人的接受程度,这些特征主要包括机器人的外观、触感、声音和行为等.

机器人的外观给使用者所留下的第一视觉印象非常重要,它会影响人们对机器人的最初感知,并由此塑造人们对机器人的不同期望^[13]. 机器人外观的重要性在不同的被试群体中都得到了验证,如社会机器人通常面向的老人群体^[14]和儿童群体^[15]. 此外,对机器人外观的研究也涵盖了许多不同的维度,如机器人的高度^[16]、重量^[14]、性别特征^[17]和拟人化程度^[18]等. 其中,拟人化是在机器人外观研究中最为热点的一个问题. 拟人化是指将人类独有的特征、动机、意向或心理状态赋予非人对象^[19,20],具化在机器人外观研究领域,便是将人类的外貌特征赋予机器人,使得机器人看起来“长得像人”. 研究发现,相对于非拟人化外观的机器人,拟人化外观的机器人不仅会得到人们更为积极的评价^[18],而且更容易诱发人们对其更高的信任度^[21]、感知安全性(perceived safety)^[22]和更强烈的接触欲望^[17]. 机器人外观的拟人化甚至还会影响人们对其道德判断^[23],增加使用者对其犯错的接受程度^[24]. 此外,还有研究者专门分析拟人化外观的各个方面(如面部特征、身体特征等),探讨不同方面对人们感知机器人拟人化程度的影响^[25,26],足可见拟人化外观在机器人研

究中的重要地位. 当然,机器人外观的拟人化程度也并非越高越好,因为当机器人外观的拟人化程度上升到一定水平时,人们对机器人的好感会陡然下降并产生厌恶,即产生我们所熟知的“恐怖谷”(uncanny valley)效应^[27]. 近年来,有许多学者都对机器人外观拟人化可能会产生的“恐怖谷”效应进行了深入探讨. 试图进一步了解其中的机制,但由于切入视角的不同,得到的结论也不尽相同. 例如,有研究者从心智感知(mind perception)理论入手,发现只有人们在赋予机器人体验性(experience,即能够体验欲望、恐惧、快乐等)而非能动性(agency,即自我控制、道德行为、进行计划的能力等)时,机器人外观的拟人化才会产生“恐怖谷”效应^[28];也有研究者直接从美学的角度出发,提出机器人外观的吸引力能够减轻“恐怖谷”效应^[29,30];另外还有研究者则认为是高度拟人化造成了死亡思想的可及性(accessibility),从而导致“恐怖谷”效应的产生^[31]. 虽然关于“恐怖谷”效应机制的研究结论尚未达成一致,但是无可否认的一点是,机器人的研究者和设计者应当在理论和实践中探索拟人化的最佳水平,警惕“恐怖谷”效应可能导致人们对机器人的负面态度^[32].

除了视觉特征以外,机器人的触觉特征和听觉特征也同样不容忽视. 触感是影响人类对机器人印象的关键因素之一^[33],也是目前人-机器人交互研究中十分具有发展前景的一个新领域^[34]. 研究表明,机器人对人类的触碰(touch)不仅能减弱被触摸者在压力事件中的生理应激反应,从而增加人-机器人关系的感知亲密度(perceived closeness)^[35],还能显著提升人们对机器人社会能力(social quality)的评价^[36]. 还有研究者进一步探讨了机器人不同触感或触感的不同方面可能产生的影响. 如Kang^[37]发现人们在与亲密的人交往时,更偏好拟人化触感的机器人;而Yamashita等人^[33]则要求被试在触摸一种名为“Affetto”的机器人之后从19个维度评价其触感,结果发现对机器人触感评价更好的被试对机器人人格印象(personality impression,如likability,可爱)的评价也更积极. 听觉也是重要的感官之一,机器人的声音对于人类感知机器人也很重要^[38,39],这一领域的研究揭示出人们对于机器人不同声音偏好的差异性. 如Chang等人^[40]在对台湾懂技术的婴儿潮一代的研究中发现,大部分被试都倾向于喜欢女性化和外向的声音(extroverted voices),但也有研究者发现人们对与自己同性别声音的机器人态度更为积极^[41]. 除了单纯的态度偏好之外,还有研究发现声音会影响人们对机器

人情感智能(emotional intelligence, EI)^[42]和社会能动性(social agency)的判断^[43]。

机器人的视觉特征、触觉特征和听觉特征相对而言是其静态的特征,而机器人的行为和动作等动态特征同样会影响人们对机器人的接受度。机器人要想被人类所接受,首先需要引起人类的注意(attention),而研究发现迎宾机器人的一系列动作(如挥手、移动等)能够吸引来访者更多的注意^[44]。当然,吸引人类的注意力还远远不够,研究还表明机器人的手势能够让人们将机器人感知为更加友好、快乐和共情(empathic)^[45],能够让人们感受到更多的愉悦(enjoyment)^[46],并引发更多的人-机器人互动^[47]。还有研究者细分了机器人运动的不同维度(如运动速率和运动轨迹等),发现机器人仿人的运动速率就足以影响人与机器人之间的互动^[48]。此外,机器人的不同行为可能产生的具体影响也受到了学者们的关注, Hoffman和Vanunu^[49]在音乐情境下对机器人的行为进行研究,发现机器人随着音乐打节拍不仅会提升人们对音乐的喜爱度,还能够促使人们赋予机器人更多的积极特质(如友好、自信、温暖等)。当然,机器人有时也会做出一些不好的行为,如 Weiss等人^[50]研究了机器人的打扰行为(disturbing behavior),结果发现机器人不同的打扰行为对人们的注意力分散的程度不同,但总体而言并不会对人们评价机器人造成严重的负面影响。

1.2 机器人的内在能力

如果说机器人自身的各种特征对于塑造人们对机器人的印象至关重要,那么机器人自身所展现出的各种能力则是人们在短期和长期内能够接受机器人的关键所在。具体而言,机器人的能力主要表现为工具性能力和社会性能力。

人们设计机器人初衷是使其为人们所用,给人类的生活带来便捷和提升,因此机器人所展现出的是否有用、是否易用、是否好用等工具性能力无疑是机器人的基础能力。机器人的工具性能力体现在其实用主义功能(utilitarian function)和享乐主义功能(hedonic function)两方面。机器人的实用主义功能主要包括其感知有用性和感知易用性。正如科技接受模型所强调的,感知有用性和感知易用性是影响使用者对科技接受度的重要因素^[7],它们无疑也是影响人们接受机器人的重要因素。一些试图探索影响人们机器人接受度的研究表明,感知有用性和感知易用性会影响人们对机器人

的使用态度和使用意向等^[11,51]。也有学者把机器人的工具性能力具体化进行研究。比如, Salem等人^[52]比较了人们对不同能力表现(即是否在任务中犯错)机器人的评价,结果发现犯错会显著影响人们对机器人可靠性和可信度的评价,这一研究结论在儿童被试中也同样得到了验证^[53]。类似地,有研究也发现,与表现的健忘(即记忆能力不佳)的机器人相比,人们对不健忘的机器人评价更好^[54]。当然,机器人的真实能力与人们对其能力的感知之间也可能存在差异。例如,有研究发现机器人能力的真实提升不一定会导致其感知能力的提升^[55],因此如何让机器人的实用性能力被人们所感知也是我们应当关注的问题。相对于机器人的实用主义功能而言,研究者对机器人的享乐主义功能的关注虽然稍显不足,但也不应被忽视。研究表明享乐主义功能(如娱乐功能)对于人们接受机器人十分重要^[56],它会影响人与机器人之间关系的建立^[57]。还有研究者专注于享乐因素中的愉悦性,如 de Graaf等人^[58]在被试的家中放了70个机器人,通过为期6个月的访谈和问卷研究,他们发现,令人愉悦的机器人能够短期内促进被试的使用。

机器人的社会性能力,顾名思义即机器人与人类进行社会交往的能力。与机器人的工具性能力相比,机器人的社会性能力更为复杂。可以说,机器人的社会性能力是基于其各种特征及工具性能力的高阶能力。但概括而言,机器人的社会性能力主要体现为机器人的表达性能力。不过需要强调的是,这里所说的表达性既包括机器人能够与进行良好沟通的能力,也包括其能够向人类表达情绪情感、脆弱性(vulnerability)等社会线索(social cues)的能力。机器人拥有良好沟通的能力能够在很大程度上提升人们对机器人的好感度。研究表明,社会交流能力更强的机器人能够使被试在与机器人的交流中感到更舒适,并且更乐于表达自己^[59]。沟通中的积极反馈也是社会交流能力的一种表现,研究发现能够积极反馈的机器人不仅被认为吸引力更强^[60],而且可以增加人类的非语言接近行为(如身体靠近、向机器人倾斜、目光接触和微笑等)^[61]。研究还发现,在与人类的交流中表达对人类的赞扬,即对正在进行的对话进行积极反馈,能够显著提升人们对机器人友好度的评价^[62]。此外,机器人能够向人类成功地表达情绪情感和脆弱性等社会线索对于人们接受机器人也相当重要。关于机器人情绪情感的表达,研究表明人们更喜欢能够共情的机器人、不喜欢与其表达出相反情

绪的机器人^[63]。还有研究发现机器人表现出的情感行为能够提升人们对机器人的反应速度,从而更快地对陷入困境的机器人提供帮助^[64]。机器人脆弱性的表达也很重要,如研究发现机器人表达脆弱性能够提升人们对其的信任感和友谊感,从而有利于增进人-机器人之间的关系^[65]。并且机器人脆弱性的表达也与情绪表达相关。例如,机器人的脆弱性陈述(如“我很难过”)能够吸引人们更多的目光和投入^[66]。此外,机器人表达的其他社会线索也对人-机器人交互有类似的正面作用。如有研究者^[67]探讨了狗的积极特质及其如何应用于机器人,认为狗对主人表现出的情感和依恋(attachment)是机器人设计者可以参考的优势;还有研究发现表现出亲社会性(prosociality)的机器人会被更积极地评价等^[68]。

2 影响机器人接受度的人类因素

人-机器人交互是人类和机器人两方共同作用的过程,因此除了机器人自身的因素以外,人类相关的因素也同样重要。具言之,人类因素主要包括其人口学变量和心理学变量两大部分。

首先,使用者的年龄、性别和文化等人口学变量会影响对机器人的接受程度。使用者的年龄对于机器人接受度的影响已经得到了许多研究的证实^[69,70]。一般来说,年龄与使用机器人的意愿呈负相关,即年龄越大,使用机器人的意愿越低^[71]。与年轻人相比,老年人对机器人的接受度更低^[69]。有研究将不同年龄段的老人进行比较,也发现相对于较为年轻的老人(65~74岁)而言,年龄较大的老人(75岁以上)更容易放弃使用机器人,接受不使用机器人带来的不便,而不愿意去寻找解决问题的方法,继续使用机器人^[72]。不仅是老人,不同年龄的儿童对机器人的偏好也存在差异^[73]。通过调查6~11岁的儿童对机器人的情感反应和偏好,研究者发现6~7岁的儿童与其他年龄的儿童差异最为显著^[74]。使用者的性别对机器人接受度也会产生影响,相对于女性而言,男性对机器人有更多的使用经验、对机器人的感知易用性更高^[71],并且对机器人的态度更积极^[75]。也有学者认为性别的影响则主要来源于男性和女性不同的社会角色和社会行为^[76]。当面对同样一个机器人Paro时,女性会对与Paro机器人在一起的舒适感给予更高的评价,并且更想与之互动^[77]。还有一项针对“恐怖谷”效应性别差异的研究也发现,男性对女性机器人的“恐怖谷”反应是由感知体验性(perceived experience,即

人们所感知到的机器人能够体验欲望、恐惧、快乐等的程度)驱动的;而女性对男性机器人的“恐怖谷”反应则是由感知能动性(perceived agency,即人们所感知到的机器人能够自我控制、道德行为、进行计划的能力等)驱动的^[78]。这些研究结果都表明性别的影响可能与男性和女性不同的社会角色和行为相关。除了年龄和性别以外,文化也是许多学者关注的人口学变量。文化背景不同,接触到的机器人相关的信息不同,人们对机器人的接受度自然也会存在差异。由于日本的机器人产业较为发达,媒体中也经常渲染日本对于机器人的狂热,因此在文化因素对机器人接受度影响的研究中,将日本与其他国家进行比较的研究占较大比重。一项对7个国家共467名被试的跨文化研究表明,日本被试对机器人的态度其实并没有我们刻板印象中那么积极,而态度最积极和最消极被试则分别来自美国和墨西哥^[79]。相较于美国被试,日本被试另一个研究中虽然报告了更多与机器人互动的经验,但是内隐测试表明,两国被试对机器人的各种态度和反应都很类似^[80]。同样是将日本被试与他国被试做比较,另一项在日本和埃及两地进行的跨文化研究发现,人们更容易接受能够适应他们特定文化的机器人,即埃及被试更喜欢说阿拉伯语的机器人,而日本被试则更喜欢说日语的机器人^[81]。当然,除了对日本被试的研究以外,将其他国家的被试对机器人的态度进行比较也得到了一些有益的结论。例如,阿拉伯语的被试比英语被试对机器人的评价更积极、接受度更高^[82]。韩国被试更偏好拟人化外表的机器人,并且认为可以在社会情境下使用机器人;而美国被试更喜欢机器形态的机器人,更多地认为机器人只是工具^[83]等。

其次,人类因素中的心理学变量也是影响机器人接受度的重要方面。有研究试图以老年人为被试探讨其人格与对机器人态度的关系。结果发现老年人的不同人格类型与对机器人态度倾向相关:外向性(extra-version)人格与老年人对机器人的积极态度、机器人的亲密联系以及心理联系显著正相关;神经质(neuroticism)人格则与老年人和机器人的心理关联呈现显著负相关^[84]。同样作为一种跨情境的稳定个体特质,个体创新性(personal innovativeness)主要是指个体愿意尝试新科技^[85],它与人们对人工智能的接受度也密切相关^[86]。此外,使用者的自我效能(self-efficacy)^[87]等心理学因素同样会对机器人接受度产生影响。自我效能的作用主要体现在还未完全掌握使用机器人技能的新手身上。

Latikka等人^[87]的研究发现,被试使用机器人的自我效能与对机器人的接受度之间存在很强的相关,这意味着自我效能这一心理学变量对于理解人们对机器人的接受十分重要。与人类因素中的人口学变量研究相比,对于心理学变量的研究目前还十分缺乏,但是因其能够揭示人们接受机器人内在心理机制的关键作用,人类因素中的心理学变量值得相关研究者更多的关注。

3 影响机器人接受度的人-机器人交互因素

上文中讨论了人-机器人交互双方因素对机器人接受度的影响,但其实人-机器人交互过程本身的作用也不可小觑。在可能影响人们对机器人接受度的人-机器人交互众多方面、阶段和方式中,较为重要且得到研究验证的主要包括人-机器人交互的经验(experience),以及人-机器人交互中人对机器人的感知和设定。

首先,人-机器人交互的经验会影响人们对机器人的接受。人与机器人交互的经验是指个体与机器人面对面直接互动或者通过媒介间接互动的经验^[80]。个体具有人-机器人交互的经验能够增加机器人的可及性^[88],而缺乏这种经验则会导致人们面对机器人时的不确定感^[89]。对于使用者而言,与机器人的互动不仅能够显著提升对机器人的积极态度和评价^[90-92]以及对机器人的信任^[93,94],还能够提升使用者的自尊^[93]并削弱“恐怖谷”效应^[95]。此外,人与机器人交互之中的一些具体行为也会对接受度产生影响。例如,研究发现参与机器人的制作^[96]或者组装过程^[97]的被试会对机器人给予更积极的评价,并且对机器人的态度更为积极。但如果机器人在对被试失信之后做出抵赖的行为,则会严重影响被试对机器人的信任,甚至更有可能招致对机器人的报复行为^[98]。

其次,人-机器人交互中人对机器人的感知以及角色和类型设定也会影响人们对机器人的接受。上文其实已经提及了一些人对机器人的感知因素(如感知有用性和感知易用性等),但不同的是,在这里我们所说的人对机器人的感知主要包括两个方面:对机器人的社会感知和对人-机器人相似性的感知。对机器人温暖(warmth)和能力(competence)的社会感知与机器人态度密切相关^[99],它能够预测使用者特定的情绪反应(如钦佩、嫉妒、轻蔑和怜悯等),并进而预测特定的行为倾向(帮助或伤害)^[100]。对机器人社会存在的感知也是影响机器人接受度的一个重要因素。机器人的社会存在是指人在与机器人交互的过程中感到机器人是一个社

会实体(social entity)^[101]。研究发现被试对机器人社会存在的感知与其对机器人的使用意图显著正相关^[51,102]。对人-机器人相似性的感知也能够对机器人的接受度产生积极影响。研究表明,感知到机器人与人类的相似性能够促进人们对机器人的信任,从而导致人们愿意与机器人一起工作,甚至最终导致与机器人合作的意愿超过与人类合作的意愿^[103]。人-机器人相似性还会对一些具体的行为产生直接影响,如感知到机器人与人类的相似性可以增加机器人的说服力^[104]。此外,人们对于机器人角色和类型的设定也会对机器人接受度产生一定的影响。研究者比较了设定类型不同的机器人,即人类导向(human-oriented)和产品导向(product-oriented)的机器人,结果发现消费者对产品导向的机器人评价和购买意愿更高^[105]。对于机器人角色设定的研究相对而言更为丰富,有研究在人与机器人共同参与的角色扮演游戏中,将机器人的角色分别设定为与其他被试同样的游戏者或者游戏的协调者,结果发现大部分被试都更喜欢扮演协调者角色的机器人,而非扮演与他们同等角色的机器人^[106]。

4 讨论

作为研究者,理论上我们仅止于考察影响机器人接受度的各种因素,进行一个求真的过程即可,而是否应该促进人们对机器人的接受程度,并非科学描述(descriptive)而是伦理规范(normative)的过程。但是,作为社会心理学者,我们理应顺应时代发展,一方面助力人类心理以适应技术发展,使人类能够在生活与工作中更加接受机器人;另一方面也帮助机器人产业的设计和生产过程,使机器人能够在人类的可接受范围内尽可能多地有益于人类的生活与工作,成为人类的伙伴与帮手。

4.1 人类对机器人的反应是两面的

如上诸多研究所述,许多对机器人的知觉实际其心理过程是套用真实的人类对人类社会知觉过程。如对其温暖与能力的知觉^[107],对能动与体验的知觉^[108],对身体能力、认知能力、情感能力的知觉^[109]等。但其实我们都知道,机器人还不是人,其要发展成为一种智人也许是这个时代至少现在还无法达成之事。人类对机器人的感知有趣,我们在知觉上可能将其当作人,而实际上与其互动时还是会展现出区别,且区别是两面的。

首先,如果用社会知觉观将机器人当作人来看待,那么机器人无论如何的冰冷机械感容易使人对其做出体验性(experience)低的知觉,即认为机器人是个动作承受的客体,且其实际上缺乏对痛苦的感知.这样,人类就会做出攻击和虐待机器人的行为.如大部分儿童就没有把机器人仅仅当作机器,而是当作一个类人的实体^[110].儿童很少虐待其他儿童,但是儿童可能出现虐待机器人的情况,究其原因儿童觉得好奇和有趣以及认为机器人对痛苦的感知很少,这和儿童的共情能力似乎还并无关系^[110-112].当然,对成人的研究也发现,成人亦会对机器人去人性化,权力感高的成年人会对机器人的心智知觉减少,从而攻击和言语虐待机器人^[113].

其次,机器人由于其在计算和理性上的长处,人类使用社会认知观去知觉它时,又可能将其视为行为发出的主体.认为其能动性(agency)高,其能力尤其是理性和身体、物理能力高于人类.基于此,人类在与其互动时,甚至可能做出依从和过度信赖机器人的反应.如人类实际上会不自觉地服从机器人的命令,哪怕一半的被试即使在表达了想停止的愿望之后,仍然会在机器人的指挥下继续做一项乏味的任务^[114].在紧急情况下(如强烟雾和失火条件下),即使有一半的被试看到了同一个机器人在几分钟之前的导航任务中表现很糟糕,所有被试都还是在紧急情况下遵从了机器人的指示;哪怕机器人指了一个没有明显出口的黑房间,大多数人还是没有选择从他们进入的路线安全出去^[115].哪怕直接告诉人类,机器人会进行错误的选择(在蒙眼过迷宫任务中直接增加对机器人错误决策的声音警告,且告诉人类机器人准确率只有60%),人类也不愿意相信自己,还是倾向于继续信任机器人的指引^[116].如果让人类教机器人舞蹈,而机器人在重复时变慢节拍,人类反而会受到机器人影响,调整自己节拍使自己变慢^[117].这些都表明,人会服从机器人.使用阿希^[118]经典范式来研究时也发现,人同时也会对机器人的错误判断表现出从众反应^[119].理论上来说,这些均为简单的计算性任务,人类出于对机器人计算能力的信任服从于它们并不为过,但社会任务呢?研究发现,人们会对机器人的贿赂行为视而不见,也不给予其互惠帮助^[120];但人类与机器人进行任务时会减少腐败^[121]、增加慈善捐助行为^[122],这可能是因为人类忌惮机器人的完全理性监视^[123].对机器人的过度信任可能均源于人类对机器人有不切实际的过高能力期望^[124],人们甚至会因为

与机器人的互动增加自我效能与对完成任务时的自我评价^[125]、增加创造力^[126].

如上分析,在人类心理上降低对机器人能力的神化,增加对机器人体验的感知是可以进行的工作.即,增加人类的觉知,让人了解机器人能力可能的局限以及机器人可能感知的痛苦,这需要媒体和教育共同作用.同时,在机器人设计上让机器人表现出对自己对其可能犯错误的预警(如提示自己犯错的概率与人类判断可能犯错的概率),以及在机器人设计时加入更多体验性的感知维度(如让机器人在跌倒或者被攻击时表达出自己的痛苦).

4.2 拟人化是机器人接受度的核心

当我们在对机器人进行人类知觉时,大多数情况下我们在进行拟人化过程^[20].如若考察人类心理对机器人的接受过程,人类是否将机器人当人或可成为机器人接受度的核心.正如前述,人类对机器人的两面反应均是基于拟人化而将机器人当作人时所做出的.有趣的是,实际上人类会自动化地进行这种对机器人的拟人化加工,当看到机器人时,人类会马上根据其外貌或者言语、非言语特征^[127]判断其年龄、性别甚至其种族^[128],同时还会将适用于人类的社会规则赋予机器人,如性别角色^[42,129,130]、种族偏见^[100]等.这些反应不仅体现在成人身上,在儿童身上也已有体现^[53],在识别拟人化机器人时,类似人类面孔识别的面孔倒置效应都同样会出现^[131].

除了自动化地角色标签与加工,拟人化后机器人的社会行为也会同样影响人类行为^[132].机器人打哈欠的行为可能会传染人类^[133];人们可能会为他们机器人化身的行为感到内疚,哪怕他们自己不是这些行为的真正主体^[134];人类对拟人化的人形机器人的快乐行为有显著的积极情绪反应,对人形机器人的悲伤行为有显著的负面情绪反应^[135];拟人化机器人的拒绝会降低人类自尊^[136];打着节拍的拟人化机器人对人类判断歌曲的喜爱程度有积极影响^[49];拟人化机器人在说服人类时也会产生登门槛效应^[137];只要机器人的头部和躯干可见、其能够拟人化时,机器人作为同事就能影响人类任务的频率,产生他人在场效应^[138].

通过研究可以发现,实际上机器人影响人类社会行为是基于拟人化基础的.而社会行为所产生的基础并非需要机器有多么强大的物理与认知能力,它需要机器人有更好的社会能力或者温暖(warmth)程度.作为

执行社会任务的社会机器人,其当然需要有很好的物理能力,但是其被人类所知觉到的社交能力和温暖必须具备,即机器人所表现出的能够友善、共情等特质^[139]。研究也发现,孩子喜欢那些展现出社会能力和温暖的拟人化社会机器人^[15]。在教育机器人的设计上,大学生更偏好具有人类特征和最小面部特征的机器人,同时还要求机器人能够体现出基本情绪(尤其是积极情绪)以及尽责、随和、开放等积极人类品质^[140]。

这些研究似乎告诉我们,社会机器人在执行社会任务时,尽可能拟人化地表现出社交友善面是影响人类接受度的关键。当然不能不考虑的问题是:第一,太过拟人化可能会导致“恐怖谷”效应。因此对机器人进行形态上的改变是其关键,将人形机器人“萌”(cuteness)化是一种可能的策略^[141]。因为萌化的机器人可以将机器人变得不那么像真人,同时也可以增加人类对其友好和体验性的知觉。第二,那些执行非社会任务的机器人需要拟人化吗?譬如扫地机器人、举重机器人是否真的需要将它们拟人化。按照现有研究结果,也许这些机器人因为任务简单唯一,其形态上无需拟人化似乎更好。

4.3 机器人接受度的最终问题是道德问题

道德对于人类社会的重要性无需多言,它不仅规范着每个个体的行为,也调节着个体与个体之间的关系。而在人机交互的情境中,道德或曰伦理问题对于人们能否真正接受机器人也至关重要。具体而言,机器人接受度受到两方面道德问题的影响。

首先是机器人的道德地位问题。人们对于机器人是否具有道德地位这一问题的认识存在内隐和外显的分离,即一方面外显地认为机器人没有道德地位,而另一方面又内隐地将其作为有道德地位的实体加以评判^[142]。在当今的人工智能发展水平情况下,不赋予机器人道德地位或许还是合理的,因为机器人的行为还并未完全达到自动自发自主自控的程度。但在将来人工智能发展到一定阶段时,机器人的道德地位问题便无法再被忽视。机器人的人工智能程度存在差异,其道德地位必然也不尽相同,这都是我们在未来可以进一步研究的内容。此外,机器人具有道德地位不仅意味着其拥有道德权利和义务,也意味着其应当承担相应的道德责任。实际上,人类并不喜欢让机器人进行道德决策,甚至不喜欢让机器人进行任何决策^[143]。但是麻烦的是,有时候机器人无法不做决策,甚至是道德决

策^[144,145]。如类似的人工智能驾驶汽车在面临“杀一救五”的道德决策时应该如何去选择,人类在这一问题上会表现出跨文化的不一致^[144]。而且研究发现随着机器人变得更加自主,人们也会认为机器人对其错误行为负有更多责任^[146]。对于机器人的接受度而言,至少人类不会接受那些会伤害自己的机器人,而如果伤害真实发生了,机器人的道德地位便会直接决定其是否应负道德责任。

其次是机器人的道德规范问题。如果机器人被赋予道德地位,那么它也必然需要遵守一定的道德规范。人类社会历经漫长的发展过程,以及产生了许多较为成熟的规范系统或曰价值观系统^[142,147]。那么,能否直接将人类的道德规范简单粗暴地加诸于机器人呢?答案似乎是否定的。对于人类而言,适用于人类自己的道德规范似乎不一定也适用于机器人。研究发现,在进行道德决策时,人类更容易谴责机器人的不作为,而更容易谴责人类的作为^[23,148,149]。也就是说,我们对机器人进行道德判断时所依据的道德原则和规范相比于人发生了变化。当然,这一研究结果不一定跨文化成立,如有研究者就发现日本学生在某些问题上对人类和机器人的道德规范是相同的,这可能是由文化或学术背景差异所造成的^[150]。对于机器人的接受度而言,人类必然更加能够接受符合自身道德规范要求的机器人。但即使是人类社会内部也仍然存在着各种道德规范、价值观的差异乃至矛盾冲突,因此机器人究竟应当遵循何种道德规范,以及如何帮助其解决各种道德规则之间的冲突,这也是我们应当考虑的问题。总而言之在未来,如何做出道德的机器人可能成为人类对机器人接受程度的终极问题^[142]。

5 结论

随着科学技术的日新月异,人工智能已经逐渐深入人类生活与工作的方方面面,人类已经无法回避与机器人交互的问题。因此,何种人经由何种心理机制会接受何种机器人,不仅是机器人业界,同时也应该是机器人或者广义人工智能创造、生产甚至使用、销售者所需要仔细思考的前瞻性问题。而由于这一问题不是人工智能本身的技术性数学或者机器学习问题,涉及人,则必然是心理学甚至是社会心理学的问题。因此,本文从社会心理学的视角切入来研究影响人们对机器人接受程度的因素。

我们从机器人、人类以及人与机器人的交互3个

方面系统地综述了影响机器人接受度的因素。首先,毫无疑问,人们对机器人的接受度受到机器人自身因素的影响。与人类因素相比,机器人因素对于机器人的设计者、生产者和销售者来说更加可控且具有实践意义,因此也是目前公众和研究人员最为关注的问题。一方面,机器人的外部特征如视觉特征、触觉特征、听觉特征和行为特征会显著影响人们对机器人的接受程度。在机器人的这些特性中,机器人外形的拟人化是一个研究热点。一系列研究表明,适度的拟人化可以提高人们对机器人的接受度,但过度的拟人化则会引发恐怖谷效应,从而显著降低机器人接受度。另一方面,机器人的内在能力如工具性能力和社会性能力,也会影响人们对机器人的接受度。机器人的工具性能力无疑是其最基本的能力,它不仅包括实用主义功能(如感知有用性和感知易用性),还包括享乐主义功能(如感知愉悦性)。机器人的社会性能力则主要体现在其与人交往的能力上,包括机器人与人交流、表达自己的情感和脆弱性等社会线索的能力。其次,影响人们对机器人接受度的人类因素(如人口统计学变量和心理学变量)也不

容忽视。大量研究表明,个体的年龄、性别、受教育程度和文化背景等人口统计学特征对机器人接受度起着重要作用。总体而言,年轻人、男性和受过高等教育的人相对来说更容易接受机器人。此外,人格、个体创新性和自我效能感等心理特征也会影响人们对机器人的接受程度。最后,除了机器人因素和人类因素外,影响机器人接受度的人机交互因素也越来越受到研究者的重视。大量研究表明,与机器人相关的经验会显著影响人们对机器人的接受程度。使用机器人的经历会对个体对机器人的态度、对机器人的信任等产生积极的影响。同时,人们对机器人的感知(如机器人的温暖、能力和社会存在)也同样重要。

根据心智知觉理论,我们认为人们对机器人的反应具有两面性:一方面,机器人强大的能动性可能会导致人们过度信任机器人;而另一方面,人们也可能会因为忽视机器人的体验性而对机器人进行攻击。综合考虑所有影响机器人接受度的可能因素,我们认为拟人化可能是影响人们对机器人接受度的核心变量,而机器人接受度的最终问题则必然是道德问题。

参考文献

- 1 Yu F, Peng K P, Zheng X J. Big data and psychology in China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2015, 60: 520–533 [喻丰, 彭凯平, 郑先隽. 大数据背景下的心理学: 中国心理学的学科体系重构及特征. *科学通报*, 2015, 60: 520–533]
- 2 Louie W Y G, McColl D, Nejat G. Acceptance and attitudes toward a human-like socially assistive robot by older adults. *Assist Technol*, 2014, 26: 140–150
- 3 Wu Y H, Wrobel J, Cornuet M, et al. Acceptance of an assistive robot in older adults: A mixed-method study of human-robot interaction over a 1-month period in the Living Lab setting. *Clin Interv Aging*, 2014, 9: 801
- 4 Gnambs T, Appel M. Are robots becoming unpopular? Changes in attitudes towards autonomous robotic systems in Europe. *Comput Human Behav*, 2019, 93: 53–61
- 5 Scheutz M, Arnold T. Are we ready for sex robots? In: *Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*. Christchurch: IEEE, 2016. 351–358
- 6 Sakuma M, Kuramochi K, Shimada N, et al. Positive and negative opinions about living with robots in Japanese university students. In: *Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. Daegu: IEEE, 2019. 640–641
- 7 Davis F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quart*, 1989, 13: 319–340
- 8 Fishbein M, Ajzen I. *Belief, Attitude and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, UK: Addison-Wesley, 1975
- 9 Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quart*, 2003, 27: 425–478
- 10 Heerink M, Kröse B, Evers V, et al. Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: The Almere model. *Int J Soc Robot*, 2010, 2: 361–375
- 11 Shin D H, Choo H. Modeling the acceptance of socially interactive robotics: Social presence in human-robot interaction. *Interact Stud*, 2011, 12: 430–460
- 12 de Graaf M M, Ben Allouch S, van Dijk J A. Why would I use this in my home? A model of domestic social robot acceptance. *Hum-Comput Interact*, 2019, 34: 115–173
- 13 Haring K S, Silvera-Tawil D, Takahashi T, et al. How people perceive different robot types: A direct comparison of an android, humanoid, and non-biomimetic robot. In: *Proceeding of the 8th International Conference on Knowledge and Smart Technology*. Chiangmai: IEEE, 2016. 265–270
- 14 Prakash A, Kemp C C, Rogers W A. Older adults' reactions to a robot's appearance in the context of home use. In: *Proceedings of the ACM/IEEE*

- 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 268–269
- 15 Okanda M, Zhou Y, Kanda T, et al. I hear your yes-no questions: Children's response tendencies to a humanoid robot. *Inf Child Dev*, 2018, 27: e2079
  - 16 Rae I, Takayama L, Mutlu B. The influence of height in robot-mediated communication. In: Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Tokyo: IEEE, 2013. 1–8
  - 17 Stroessner S J, Benitez J. The social perception of humanoid and non-humanoid robots: Effects of gendered and machinelike features. *Int J Soc Robot*, 2019, 11: 305–315
  - 18 de Graaf M, Ben Allouch S. Users' preferences of robots for domestic use. In: Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 146–147
  - 19 Epley N, Waytz A, Cacioppo J T. On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychol Rev*, 2007, 114: 864–886
  - 20 Xu L Y, Yu F, Wu J H, et al. Anthropomorphism: Antecedents and consequences (in Chinese). *Adv Psychol Sci*, 2017, 25: 126–138 [许丽颖, 喻丰, 邬家骅, 等. 拟人化: 从“它”到“他”. *心理科学进展*, 2017, 25: 126–138]
  - 21 Zanatto D, Patacchiola M, Goslin J, et al. Priming anthropomorphism: Can the credibility of humanlike robots be transferred to non-humanlike robots? In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 543–544
  - 22 Lee J G, Kim K J, Lee S, et al. Can autonomous vehicles be safe and trustworthy? Effects of appearance and autonomy of unmanned driving systems. *Int J Hum-Comput Interact*, 2015, 31: 682–691
  - 23 Malle B F, Scheutz M, Forlizzi J, et al. Which robot am I thinking about? The impact of action and appearance on people's evaluations of a moral robot. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 125–132
  - 24 Fitter N T, Kuchenbecker K J. How does it feel to clap hands with a robot? *Int J Soc Robot*, 2019, 10: 1–15
  - 25 DiSalvo C F, Gempeler F, Forlizzi J, et al. All robots are not created equal: The design and perception of humanoid robot heads. In: Proceedings of the 4th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques. London: ACM, 2002. 321–326
  - 26 Phillips E, Zhao X, Ullman D, et al. What is human-like? Decomposing robots' human-like appearance using the anthropomorphic robot (ABOT) database. In: Proceedings of the 18th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. New York: ACM, 2018. 105–113
  - 27 Mori M. The uncanny valley. *Energy*, 1970, 7: 33–35
  - 28 Gray K, Wegner D M. Feeling robots and human zombies: Mind perception and the uncanny valley. *Cognition*, 2012, 125: 125–130
  - 29 Hanson D. Exploring the aesthetic range for humanoid robots. In: Proceedings of the ICCS/CogSci-2006 Long Symposium: Toward Social Mechanisms of Android Science. Vancouver: Citeseer, 2006. 39–42
  - 30 Destephe M, Brandao M, Kishi T, et al. Walking in the uncanny valley: Importance of the attractiveness on the acceptance of a robot as a working partner. *Front Psychol*, 2015, 6: 204
  - 31 Koschate M, Potter R, Bremner P, et al. Overcoming the uncanny valley: Displays of emotions reduce the uncanniness of humanlike robots. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 359–365
  - 32 Kim S Y, Schmitt B H, Thalmann N M. Eliza in the uncanny valley: Anthropomorphizing consumer robots increases their perceived warmth but decreases liking. *Mark Lett*, 2019, 30: 1–12
  - 33 Yamashita Y, Ishihara H, Ikeda T, et al. Investigation of causal relationship between touch sensations of robots and personality impressions by path analysis. *Int J Soc Robot*, 2019, 11: 141–150
  - 34 Hu Y, Hoffman G. Using skin texture change to design emotion expression in social robots. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 2–10
  - 35 Willemse C J, van Erp J B. Social touch in human-robot interaction: Robot-initiated touches can induce positive responses without extensive prior bonding. *Int J Soc Robot*, 2018, 11: 285–304
  - 36 Arnold T, Scheutz M. Observing robot touch in context: How does touch and attitude affect perceptions of a robot's social qualities? In: Proceedings of the 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: IEEE, 2018. 352–360
  - 37 Kang D. The effect of tactility and socio-relational context on social presence and user satisfaction. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 718–720
  - 38 McGinn C, Torre I. Can you tell the robot by the voice? An exploratory study on the role of voice in the perception of robots. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 211–221
  - 39 Jewell C I, Elprama S A, Jacobs A, et al. Why children prefer extrovert or introvert robots: A pilot study using pairwise robot comparison. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 590–591
  - 40 Chang R C S, Lu H P, Yang P. Stereotypes or golden rules? Exploring likable voice traits of social robots as active aging companions for tech-savvy baby boomers in Taiwan. *Comput Hum Behav*, 2018, 84: 194–210
  - 41 Eyssel F, De Ruiter L, Kuchenbrandt D, et al. “If you sound like me, you must be more human”: On the interplay of robot and user features on human-robot acceptance and anthropomorphism. In: Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction.

- Boston: IEEE, 2012. 125–126
- 42 Chita-Tegmark M, Lohani M, Scheutz M. Gender effects in perceptions of robots and humans with varying emotional intelligence. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 230–238
- 43 Ghazali A S, Ham J, Markopoulos P, et al. Investigating the effect of social cues on social agency judgement. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 586–587
- 44 Saad E, Neerinx M A, Hindriks K V. Welcoming robot behaviors for drawing attention. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 636–637
- 45 Deshmukh A, Janarthnam S, Hastie H, et al. How expressiveness of a robotic tutor is perceived by children in a learning environment. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 423–424
- 46 Kim A, Han J, Jung Y, et al. The effects of familiarity and robot gesture on user acceptance of information. In: Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Tokyo: IEEE, 2013. 159–160
- 47 Moro C, Lin S, Nejat G, et al. Social robots and seniors: A comparative study on the influence of dynamic social features on human-robot interaction. *Int J Soc Robot*, 2019, 11: 5–24
- 48 Kupferberg A, Glasauer S, Huber M, et al. Biological movement increases acceptance of humanoid robots as human partners in motor interaction. *AI Soc*, 2011, 26: 339–345
- 49 Hoffman G, Vanunu K. Effects of robotic companionship on music enjoyment and agent perception. In: Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Tokyo: IEEE, 2013. 317–324
- 50 Weiss A, Vincze M, Panek P, et al. Don't bother me: Users' reactions to different robot disturbing behaviors. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 320–321
- 51 Heerink M, Kröse B, Evers V, et al. Relating conversational expressiveness to social presence and acceptance of an assistive social robot. *Virtual Real*, 2010, 14: 77–84
- 52 Salem M, Lakatos G, Amirabdollahian F, et al. Would you trust a (faulty) robot? Effects of error, task type and personality on human-robot cooperation and trust. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Portland: ACM, 2015. 141–148
- 53 Geiskovitch D Y, Thiessen R, Young J E, et al. What? That's not a chair! How robot informational errors affect children's trust towards robots. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 48–56
- 54 Packard C, Boelk T, Andres J, et al. The pratfall effect and interpersonal impressions of a robot that forgets and apologizes. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 524–525
- 55 Cha E, Dragan A D, Srinivasa S S. Perceived robot capability. In: Proceedings of the 24th International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Kobe: IEEE, 2015. 541–548
- 56 Sääskilähti K, Kangaskorte R, Pieskä S, et al. Needs and user acceptance of older adults for mobile service robot. In: Proceeding of the 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Paris: IEEE, 2012. 559–564
- 57 Klamer T, Allouch S B. Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment. In: Proceeding of the 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. Munchen: IEEE, 2010. 1–8
- 58 de Graaf M, Ben Allouch S, van Dijk J. Why do they refuse to use my robot? Reasons for non-use derived from a long-term home study. In: Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Vienna: IEEE, 2017. 224–233
- 59 Heerink M, Krose B, Evers V, et al. The influence of a robot's social abilities on acceptance by elderly users. In: Proceeding of the 15th International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Hatfield: IEEE, 2006. 521–526
- 60 Hoffman G, Birnbaum G E, Vanunu K, et al. Robot responsiveness to human disclosure affects social impression and appeal. In: Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: ACM, 2014. 1–8
- 61 Birnbaum G E, Mizrahi M, Hoffman G, et al. Machines as a source of consolation: Robot responsiveness increases human approach behavior and desire for companionship. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 165–171
- 62 Kaptein M, Markopoulos P, de Ruyter B, et al. Two acts of social intelligence: The effects of mimicry and social praise on the evaluation of an artificial agent. *AI Soc*, 2011, 26: 261–273
- 63 Mok B, Yang S, Sirkin D, et al. Empathy: Interactions with emotive robotic drawers. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 250–251
- 64 Daly J E, Bremner P, Leonards U. Robots in need: Acquiring assistance with emotion. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 706–708
- 65 Martelaro N, Nneji V C, Ju W, et al. Tell me more: Designing HRI to encourage more trust, disclosure, and companionship. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 181–188
- 66 Strohkorb Sebo S, Traeger M, Jung M, et al. The ripple effects of vulnerability: The effects of a robot's vulnerable behavior on trust in human-

- robot teams. In: Proceedings of the 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: ACM, 2018. 178–186
- 67 Konok V, Korcsok B, Miklósi Á, et al. Should we love robots? —The most liked qualities of companion dogs and how they can be implemented in social robots. *Comput Hum Behav*, 2018, 80: 132–142
- 68 Correia F, Mascarenhas S F, Gomes S, et al. Exploring prosociality in human-robot teams. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 143–151
- 69 Ezer N, Fisk A D, Rogers W A. Attitudinal and intentional acceptance of domestic robots by younger and older adults. In: Proceedings of the International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. San Diego: Springer, 2009. 39–48
- 70 Skantze G. Predicting and regulating participation equality in human-robot conversations: Effects of age and gender. In: Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Vienna: IEEE, 2017. 196–204
- 71 Heerink M. Exploring the influence of age, gender, education and computer experience on robot acceptance by older adults. In: Proceedings of the 6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Lausanne: ACM, 2011. 147–148
- 72 Giuliani M V, Scopelliti M, Fornara F. Elderly people at home: Technological help in everyday activities. In: Proceeding of the International Workshop on Robot and Human Interactive Communication. Nashville: IEEE, 2005. 365–370
- 73 Sandygulova A, Dragone M, O'Hare G M. Investigating the impact of gender development in child-robot interaction. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: ACM, 2014. 284–285
- 74 Martínez-Miranda J, Pérez-Espinosa H, Espinosa-Curiel I, et al. Age-based differences in preferences and affective reactions towards a robot's personality during interaction. *Comput Hum Behav*, 2018, 84: 245–257
- 75 Kuo I H, Rabindran J M, Broadbent E, et al. Age and gender factors in user acceptance of healthcare robots. In: Proceeding of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Toyama: IEEE, 2009. 214–219
- 76 de Graaf M M A, Ben Allouch S. Exploring influencing variables for the acceptance of social robots. *Robot Auton Syst*, 2013, 61: 1476–1486
- 77 Shibata T, Wada K, Ikeda Y, et al. Cross-cultural studies on subjective evaluation of a seal robot. *Adv Robot*, 2009, 23: 443–458
- 78 Otterbacher J, Talias M. S/he's too warm/agentic! The influence of gender on uncanny reactions to robots. In: Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. New York: ACM, 2017. 214–223
- 79 Bartneck C, Suzuki T, Kanda T, et al. The influence of people's culture and prior experiences with Aibo on their attitude towards robots. *AI Soc*, 2007, 21: 217–230
- 80 MacDorman K F, Vasudevan S K, Ho C C. Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures. *AI Soc*, 2009, 23: 485–510
- 81 Trovato G, Zecca M, Sessa S, et al. Cross-cultural study on human-robot greeting interaction: Acceptance and discomfort by Egyptians and Japanese. *J Behav Robot*, 2013, 4: 83–93
- 82 Salem M, Ziadee M, Sakr M. Marhaba, how may I help you? Effects of politeness and culture on robot acceptance and anthropomorphization. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 74–81
- 83 Lee H R, Sabanović S. Culturally variable preferences for robot design and use in South Korea, Turkey, and the United States. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: ACM, 2014. 17–24
- 84 Damholdt M F, Nørskov M, Yamazaki R, et al. Attitudinal change in elderly citizens toward social robots: The role of personality traits and beliefs about robot functionality. *Front Psychol*, 2015, 6: 1701
- 85 Agarwal R, Prasad J. The antecedents and consequents of user perceptions in information technology adoption. *Decis Support Syst*, 1998, 22: 15–29
- 86 Serenko A. A model of user adoption of interface agents for email notification. *Interact Comput*, 2008, 20: 461–472
- 87 Latikka R, Turja T, Oksanen A. Self-efficacy and acceptance of robots. *Comput Hum Behav*, 2019, 93: 157–163
- 88 Fong T, Nourbakhsh I, Dautenhahn K. A survey of socially interactive robots. *Robot Auton Syst*, 2003, 42: 143–166
- 89 Broadbent E, Stafford R, MacDonald B. Acceptance of healthcare robots for the older population: Review and future directions. *Int J Soc Robot*, 2009, 1: 319–330
- 90 Stafford R Q, Broadbent E, Jayawardena C, et al. Improved robot attitudes and emotions at a retirement home after meeting a robot. In: Proceeding of the 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication. Viareggio: IEEE, 2010. 82–87
- 91 Conti D, Di Nuovo S, Di Nuovo A. Kindergarten children attitude towards humanoid robots: What is the effect of the first experience? In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 630–631
- 92 Stafford R Q, MacDonald B A, Jayawardena C, et al. Does the robot have a mind? Mind perception and attitudes towards robots predict use of an eldercare robot. *Int J Soc Robot*, 2014, 6: 17–32
- 93 Ogawa R, Park S, Umemuro H. How humans develop trust in communication robots: A phased model based on interpersonal trust. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 606–607
- 94 Lohani M, Stokes C, McCoy M, et al. Social interaction moderates human-robot trust-reliance relationship and improves stress coping. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 471–472

- 95 Zlotowski J A, Sumioka H, Nishio S, et al. Persistence of the uncanny valley: The influence of repeated interactions and a robot's attitude on its perception. *Front Psychol*, 2015, 6: 883
- 96 Reich-Stiebert N, Eyssel F, Hohnemann C. Involve the user! Changing attitudes toward robots by user participation in a robot prototyping process. *Comput Hum Behav*, 2019, 91: 290–296
- 97 Sun Y, Sundar S S. Psychological importance of human agency how self-assembly affects user experience of robots. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 189–196
- 98 Sebo S S, Krishnamurthi P, Scassellati B. “I don't believe you”: Investigating the effects of robot trust violation and repair. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 57–65
- 99 Piçarra N, Giger J C. Predicting intention to work with social robots at anticipation stage: Assessing the role of behavioral desire and anticipated emotions. *Comput Hum Behav*, 2018, 86: 129–146
- 100 Mieczkowski H, Liu S X, Hancock J, et al. Helping not hurting: Applying the stereotype content model and BIAS map to social robotics. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 222–229
- 101 Fridin M, Belokopytov M. Acceptance of socially assistive humanoid robot by preschool and elementary school teachers. *Comput Hum Behav*, 2014, 33: 23–31
- 102 Heerink M, Kröse B, Evers V, et al. Influence of social presence on acceptance of an assistive social robot and screen agent by elderly users. *Adv Robot*, 2009, 23: 1909–1923
- 103 You S, Robert Jr L P. Human-robot similarity and willingness to work with a robotic co-worker. In: Proceedings of the 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: ACM, 2018. 251–260
- 104 Winkle K, Lemaignan S, Caleb-Solly P, et al. Effective persuasion strategies for socially assistive robots. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, Daegu: IEEE, 2019. 277–285
- 105 Kwak S S, San Kim J, Choi J J. Can robots be sold? The effects of robot designs on the consumers' acceptance of robots. In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 220–221
- 106 Vázquez M, Carter E J, Vaz J A, et al. Social group interactions in a role-playing game. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts. Portland: ACM, 2015. 9–10
- 107 Fiske S T, Cuddy A J C, Glick P. Universal dimensions of social cognition: Warmth and competence. *Trends Cogn Sci*, 2007, 11: 77–83
- 108 Gray H M, Gray K, Wegner D M. Dimensions of mind perception. *Science*, 2007, 315: 619
- 109 Weisman K, Dweck C S, Markman E M. Rethinking people's conceptions of mental life. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2017, 114: 11374–11379
- 110 Nomura T, Kanda T, Kidokoro H, et al. Why do children abuse robots? *Interact Stud*, 2016, 17: 347–369
- 111 Arluke A. Animal abuse as dirty play. *Symb Interact*, 2002, 25: 405–430
- 112 Davidson R, Sommer K, Nielsen M. Children's judgments of anti-social behaviour towards a robot: Liking and learning. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 709–711
- 113 Keijsers M, Bartneck C. Mindless robots get bullied. In: Proceedings of the 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: ACM, 2018. 205–214
- 114 Geiskkovitch D, Seo S, Young J E. Autonomy, embodiment, and obedience to robots. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts. Portland: ACM, 2015. 235–236
- 115 Robinette P, Li W, Allen R, et al. Overtrust of robots in emergency evacuation scenarios. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 101–108
- 116 Christensen A B, Dam C R, Rasle C, et al. Reducing overtrust in failing robotic systems. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 542–543
- 117 Ciardo F, De Tommaso D, Wykowska A. Humans socially attune to their “follower” robot. In: Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 538–539
- 118 Asch S E. Opinions and social pressure. *Sci Am*, 1955, 193: 31–35
- 119 Salomons N, van der Linden M, Strohkorb Sebo S, et al. Humans conform to robots: Disambiguating trust, truth, and conformity. In: Proceedings of the 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: ACM, 2018. 187–195
- 120 Sandoval E B, Brandstetter J, Bartneck C. Can a robot bribe a human? The measurement of the negative side of reciprocity in human robot interaction. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 117–124
- 121 Roizman M, Hoffman G, Ayal S, et al. Studying the opposing effects of robot presence on human corruption. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 501–502
- 122 Wills P, Baxter P, Kennedy J, et al. Socially contingent humanoid robot head behaviour results in increased charity donations. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 533–534
- 123 Craig M J, Edwards C, Edwards A, et al. Impressions of message compliance-gaining strategies for considering robot rights. In: Proceedings of

- the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Daegu: IEEE, 2019. 560–561
- 124 Kwon M, Jung M F, Knepper R A. Human expectations of social robots. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 463–464
  - 125 Rosenthal-von der Pütten A M, Bock N, Brockmann K. Not your cup of tea? How interacting with a robot can increase perceived self-efficacy in HRI and evaluation. In: Proceedings of the 12rd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Vienna: ACM, 2017. 483–492
  - 126 Kahn Jr P H, Kanda T, Ishiguro H, et al. Human creativity can be facilitated through interacting with a social robot. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Portland: IEEE, 2015. 173–180
  - 127 Saunderson S, Nejat G. How Robots influence humans: A survey of nonverbal communication in social human-robot interaction. *Int J Soc Robot*, 2019, 11: 576–608
  - 128 Makatchev M, Simmons R, Sakr M, et al. Expressing ethnicity through behaviors of a robot character. In: Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Tokyo: IEEE, 2013. 357–364
  - 129 Chung K M, Shin D H. How anthropomorphism affects human perception of color-gender-labeled pet robots. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts. Portland: ACM, 2015. 75–76
  - 130 Reich-Stiebert N, Eyssel F. (Ir) relevance of gender? On the influence of gender stereotypes on learning with a robot. In: Proceedings of the 12rd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Vienna: IEEE, 2017. 166–176
  - 131 Zlotowski J, Bartneck C. The inversion effect in HRI: Are robots perceived more like humans or objects? In: Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Tokyo: IEEE, 2013. 365–372
  - 132 Watanabe M, Ogawa K, Ishiguro H. Field study: Can androids be a social entity in the real world? In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: ACM, 2014. 316–317
  - 133 Obaid M, Kuchenbrandt D, Bartneck C. Empathy and yawn contagion: Can we (humans) catch yawns from robots? In: Proceedings of the ACM/IEEE 9th International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld: IEEE, 2014. 260–261
  - 134 Aymerich-Franch L, Kishore S, Slater M. When your robot avatar misbehaves you are likely to apologize: An exploration of guilt during robot embodiment. *Int J Soc Robot*, 2019, <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00556-5>
  - 135 Guo F, Li M, Qu Q, et al. The effect of a humanoid robot's emotional behaviors on users' emotional responses: Evidence from pupillometry and electroencephalography measures. *Int J Hum-Comput Interact*, 2019, <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1587938>
  - 136 Nash K, Lea J M, Davies T, et al. The bionic blues: Robot rejection lowers self-esteem. *Comput Hum Behav*, 2018, 78: 59–63
  - 137 Lee S A, Liang Y J. Robotic foot-in-the-door: Using sequential-request persuasive strategies in human-robot interaction. *Comput Hum Behav*, 2019, 90: 351–356
  - 138 Vasalya A, Ganesh G, Kheddar A, et al. More than just co-workers: Presence of humanoid robot co-worker influences human performance. *PLoS One*, 2018, 13: e0206698
  - 139 Tsiourti C, Weiss A, Wac K, et al. Multimodal integration of emotional signals from voice, body, and context: Effects of (in) congruence on emotion recognition and attitudes towards robots. *Int J Soc Robot*, 2019, 11: 555–573
  - 140 Reich-Stiebert N, Eyssel F, Hohnemann C. Exploring university students' preferences for educational robot design by means of a user-centered design approach. *Int J Soc Robot*, 2019, <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00554-7>
  - 141 Xu L Y, Yu F, Zhou A Q, et al. Cuteness: Perceptions and consequences (in Chinese). *Adv Psychol Sci*, 2019, 27: 689–699 [许丽颖, 喻丰, 周爱钦, 等. 萌: 感知与后效. *心理科学进展*, 2019, 27: 689–699]
  - 142 Yu F, Xu L Y. How to make an ethical artificial intelligence? Answer from a psychological perspective (in Chinese). *Glob Media J*, 2018, 5: 24–42 [喻丰, 许丽颖. 如何做出道德的人工智能体?——心理学的视角. *全球传媒学刊*, 2018, 5: 24–42]
  - 143 Bigman Y E, Gray K. People are averse to machines making moral decisions. *Cognition*, 2018, 181: 21–34
  - 144 Awad E, Dsouza S, Kim R, et al. The moral machine experiment. *Nature*, 2018, 563: 59–64
  - 145 Rahwan I, Cebrian M, Obradovich N, et al. Machine behaviour. *Nature*, 2019, 568: 477–486
  - 146 Bigman Y E, Waytz A, Alterovitz R, et al. Holding robots responsible: The elements of machine morality. *Trends Cogn Sci*, 2019, 23: 365–368
  - 147 Kluckhohn F R, Strodtbeck F L. Variations in Value Orientations. Evanston, IL: Row, Peterson, 1961
  - 148 Malle B F, Scheutz M, Arnold T, et al. Sacrifice one for the good of many? People apply different moral norms to human and robot agents. In: Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts. Portland: ACM, 2015. 117–124
  - 149 Voiklis J, Kim B, Cusimano C, et al. Moral judgments of human vs. robot agents. In: Proceeding of the 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. New York: IEEE, 2016. 775–780
  - 150 Komatsu T. Japanese students apply same moral norms to humans and robot agents: Considering a moral HRI in terms of different cultural and academic backgrounds. In: Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction. Christchurch: IEEE, 2016. 457–458

Summary for “机器人接受度的影响因素”

Factors that influence robot acceptance

Liyang Xu^{1,2} & Feng Yu^{1*}¹ School of Humanities and Social Sciences, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;² Department of Social and Behavioural Sciences, City University of Hong Kong, Hong Kong, China* Corresponding author, E-mail: yufengx@xjtu.edu.cn

With the development of technology, robots as the main carrier of artificial intelligence will appear more and more in human life and work. However, for ordinary people, robots are still relatively new things. Under such a background, whether people accept robots, under what conditions robots are more acceptable to people, and what kind of robots are more acceptable to people are all important issues that need to be explored. Therefore, this paper focuses on the factors that affect people's acceptance of robots. Specifically, we systematically review the influencing factors of robot acceptance from three aspects: Robot factors, human factors and human-robot interaction factors. Firstly, there is no doubt that people's acceptance of robots is affected by the factors pertaining to robot itself. Compared with human factors, robot factors are more controllable and practical for robot designers, producers and sellers, and thus are currently the most concerned issue for the public and researchers. Secondly, characteristics of robots such as their visual features, tactile features, auditory features and behavioral features can significantly affect people's acceptance of robots. Among these characteristics of robots, the anthropomorphism of robot appearance is a hot research issue. A series of studies indicates that the appropriate degree of anthropomorphism can increase people's acceptance of robot, but inappropriate degree of anthropomorphism can trigger uncanny valley effect, which in turn significantly decrease robot acceptance. Capabilities of robots, such as their instrumental and social abilities have also been proved to play an important in affecting people's acceptance of robots. The instrumental capabilities of robots are undoubtedly the basic abilities, which include not only utilitarian factors (e.g., perceived usefulness and perceived ease of use), but also hedonic factors (e.g., perceived enjoyment). The social capabilities of robots are mainly reflected on their abilities to socialize with people, which include communicating with human and expressing their social cues such as emotions and vulnerability. Secondly, human factors (e.g., demographic variables and psychological variables) influencing people's acceptance of robots should not be neglected. Many studies demonstrate that an individual's demographic characteristics such as age, gender, education and cultural background play an important role in robot acceptance. In general, young people, males, and those with higher education are more likely to accept robots. Individual's psychological characteristics such as personality, personal innovativeness and self-efficacy have also been shown to have an impact on people's acceptance of robots. Thirdly, in addition to robot factors and human factors, human-robot interaction factors affecting robot acceptance have also been paid more and more attention by researchers. Lots of studies indicate that robot-related experience can significantly influence people's acceptance of robots. Previous experience with robots has a positive effect on users' attitudes towards robots, trust in robots and their own self-esteem. Meanwhile, people's perception of robots (e.g., perception of robots' warmth, competence and social presence) is also important. Researchers have suggested that people's perception of robots' warmth and competence is not only relevant to their attitudes towards robots, but also can predict their specific emotional response and behavioral tendency. In sum, we systematically review possible influencing factors of robot acceptance, which include robot factors, human factors and human-robot interaction factors. Based on the theory of mind perception, we suggest that people's acceptance of robots are both positive and negative. On the one hand, people over-trust robots because of the strong capabilities of robots. On the other hand, people also attack robots because of ignoring robots' experience. Having considered all possible factors, we believe that anthropomorphism may be the core variable that affects people's acceptance of robots, and the ultimate problem of robot acceptance is necessarily moral issues concerning robots.

artificial intelligence, robots, social psychology, robot acceptance, human-robot interactiondoi: [10.1360/TB-2019-0136](https://doi.org/10.1360/TB-2019-0136)