

无障碍设计方法研究现状综述

贺孝梅, 杨颖

(中国矿业大学, 江苏 徐州 221116)

摘要: **目的** 概述国内外无障碍设计的发展状况, 理清国内外关于无障碍设计的相关方法与理论模型, 探讨未来无障碍设计方法发展的趋势, 为研究者提供相关设计思路与发展动向。**方法** 通过对国内外相关文献的研究, 梳理了无障碍设计的概念与发展现状, 归纳了当前无障碍设计中包括适应性设计、参与式设计、基于感官信息的设计、情感化设计和基于 QFD 理论与 TRIZ 理论设计的 5 种主要方法与理论模型。**结论** 目前无障碍设计方法的用户参与度低, 很难满足用户的不同需求, 且缺乏具体针对性的完整理论体系与设计方法。未来在进行无障碍设计时, 可结合体验与交互等多种设计理念与方法, 探索创新无障碍设计方法, 以便更好地从用户需求出发设计能帮助残障群体更便利生活的无障碍产品。

关键词: 无障碍设计; 设计方法; 理论模型; 发展趋势

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0060-014

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.007

Review of Barrier-free Design Methods and Research Status

HE Xiao-mei, YANG Ying

(China University of Mining and Technology, Jiangsu Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The work aims to summarize the development status of barrier-free design in China and abroad, sort out the relevant methods and theoretical models of barrier-free design in China and abroad, discuss the development trend of barrier-free design methods in the future, and provide design methods and development trends for researchers. Based on the research of relevant literature in China and abroad, the concept and development status of barrier-free design were sorted out and the main methods and theoretical models in the current barrier-free design were summarized, including adaptive design, participatory design, design based on sensory information, emotional design, and design based on QFD theory and TRIZ theory. At present, the user participation of barrier-free design methods is low, so it is difficult to meet the different needs of users, and there is a lack of specific and targeted complete theoretical systems and design methods. In the future, various design concepts and methods such as experience and interaction can be combined to explore innovative barrier-free design methods, so as to better design barrier-free products that can help disabled groups to live more conveniently from the needs of users.

KEY WORDS: barrier-free design; design method; theoretical model; development trend

随着社会经济与科技的发展, 提高生活质量已成为人们普遍的追求。目前, 世界各国人口老龄化不断加深, 在由联合国人口基金会 (UNFPA) 发布的报告《2021 世界人口状况 (State of World Population 2021)》中的数据显示, 2021 年 65 岁及以上老年人

口占当年世界总人口的比例已达 9.6%。有数据指出, 在许多发达国家或人口稠密的国家, 如中国, 到 2050 年, 这一比例甚至可以达到 30%^[1]。另一方面, 据世界卫生组织 (WHO) 最新估计, 目前全球有超过 10 亿人身患某种残疾, 而生活中很多限制和不便之处,

收稿日期: 2022-10-22

作者简介: 贺孝梅 (1981—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为产品结构设计、人机工程学设计、情感化设计、交互设计等。

通信作者: 杨颖 (1999—), 女, 硕士生, 主攻工业设计。

经常会给有重大功能障碍的残疾人带来痛苦和困难。因此, 为让老年人群和残障人群更平等、更便利地参与社会生活, 开展无障碍设计具有至关重要的意义。

无障碍设计最早出现在建筑领域, 发展至今, 无障碍设计已经涉及生活中的各个领域, 很多学者也正在展开无障碍设计的相关研究。通过分析可知, 目前在进行无障碍设计方面还存在着一些问题: (1) 设计师在为残疾人、老年人等弱势群体进行相关设计工作时, 虽然兼顾了他们的生理与心理需求, 但很少让他们参与到设计的过程中, 因此难以发现用户的真实需求, 从而不能有针对性地指导无障碍产品的设计; (2) 无障碍设计的相关方法还没有比较完整的理论体系。本文将概述国内外无障碍设计的进展情况, 分析相关设计案例, 梳理目前常用的无障碍设计方法, 总结未来无障碍设计方法的发展趋势, 从而为进行无障碍设计的相关研究者提供设计思路与发展动向。

1 无障碍设计概述

无障碍设计源自 20 世纪初的人道主义思想, 最先出现于建筑学领域, 主张依据人机工程学基本原理, 运用现代科技建设便于残疾人行动和进行社交活动的安全空间^[2]。丹麦人卡·麦克逊在 20 世纪 50 年代提出的“正常化”观念被认为是无障碍设计概念的雏形^[3]。1974 年, 在联合国举行的国际残障者生活环境专家会议上, 美国设计师罗纳德·梅斯提出了“无障碍设计”的设计新主张^[4], 由此, 无障碍设计的概念被正式提出。

狭义的可无障碍设计以残疾人、老年人等社会弱势群体为设计对象, 旨在消除或减少他们在行动、操作和获取信息方面遇到的障碍, 并强调这类特殊群体参

与社会生活权利的重要性。残障表示功能缺失和障碍, 每个人都会在日常生活中遇到很多临时性或情境性的障碍。因此, 从广义上讲, 无障碍设计的对象不仅包括残障人士和正常功能衰退者, 也包括遇到暂时性障碍或情境性障碍的健康者, 旨在通过产品设计、辅助装置或专用空间等来创造一个“所有残障者”都能安全、方便、平等地参与社会生活的环境, 确保让他们感到舒适, 且能最大程度地自由活动^[5-6]。

在无障碍设计基础上, 罗纳德·梅斯在 20 世纪 80 年代提出了通用设计的概念^[7], 强调针对已有的能力而非缺陷进行设计, 主张设计的考量对象不再局限于残障者或老弱妇女, 而应考虑到所有人, 让设计的环境、空间与设备产品可供所有人使用。因此, 通用设计是无障碍设计的发展和改进, 是无障碍设计的未来发展方向和目标, 即通过设计不断接近“通用化”这一理想状态^[8]。

在 90 年代中期出现于英国的包容性设计^[9]是指不需要为特定人群进行特别设计, 只针对特别人群进行优化设计, 而使主流产品和服务能为尽可能广泛的用户所使用的设计方法和过程, 是对通用设计的进一步发展。

通用设计、包容性设计等设计方法存在一定局限性, 主要还是以解决人们生理变化和身体功能障碍方面的问题为主, 但在满足特殊群体对生活福祉的全面需求上仍然存在局限性。为此, 近几十年来出现了福利设计, 这是一种通过产品或服务设计来帮助社会弱势群体追求他们的个人目标或人生理想, 实现个人价值, 以提高他们的幸福感和生活满意度的方法^[10-11]。

以上提到的无障碍设计相关概念之间也存在一些相似性和差异, 表 1 中展示了这 4 种相关概念的主要特征。

表 1 4 种相关概念的主要特征
Tab.1 Main features of the four related concepts

概念	起源	研究对象	目标
无障碍设计	20 世纪 80 年代	不同程度生理伤残缺陷者和正常活动能力衰退者	无障碍设计的核心是无障碍性。旨在通过设计确保空间和服务能让“所有残障者”都可以到达、进入和利用
通用设计	20 世纪 50 年代	所有人	通过一种设计, 满足所有人的需要
包容性设计	90 年代中期	所有人(尽可能广泛的人群)	设计以满足尽可能多的受众需求
福祉设计	21 世纪初	弱势群体	帮助社会弱势群体建立社会联系和实现个人价值, 提高他们在生活中的幸福感

2 无障碍设计进展与应用案例分析

2.1 国外无障碍设计进展

无障碍设计根据其发展过程, 可以划分为三个阶段, 分别为萌芽期、形成期和发展期。目前, 国外的无障碍设计发展较为完善, 主要是欧美、日韩等国家, 设计的无障碍相关产品功能较齐全, 且能同时兼顾到

残障人群、老年人、孕妇等弱势群体的生理与心理需求^[12]。国外无障碍设计的成就得益于他们较早开始关注无障碍设计理念, 并制定了一系列标准的与无障碍设计相关的规范及法规, 见表 2。由于这些完善的法规助推, 国外许多企业也参与到无障碍产品设计中, 例如, 苹果公司在手机功能中加入了“旁白”模式, 这是一种基于手势的屏幕阅读器, 用语音朗读、各种音效作为操作反馈提示音, 这能很好地帮助视障人士使用手机。

表 2 国外无障碍设计主要相关事件
Tab.2 Main events related to barrier-free design abroad

无障碍设计 发展阶段	时间段	主要事件和相关法规
萌芽期	1900—1961	20 世纪初，作为一种新的建筑设计方法 1961 年 美国制定标准规范 A117.1 ^[13]
形成期	1961—1974	1968 年 美国《建筑障碍法案》 1974 年 联合国正式提出“无障碍设计”的名称
发展期	1974—2018	1981 年 国际残疾人年 1983—1992 年 联合国“残障者十年计划” 1990 年 《美国残疾人法（ADA）》要求公共交通和公共建筑无障碍 ^[14] 1991 年 《美国残疾人法》无障碍指南 ^[15] 1993—2002 年 亚太残疾人十年 1994 年 日本颁布《无障碍建筑物法》 1995 年 英国颁布《残疾人反歧视法》 1997 年 万维网联盟（W3C）制定了一系列的关于网络无障碍的标准。 2000 年 日本颁布《无障碍公共交通法》 2002 年 英国《商品、设备、服务无障碍的权利：实施纲要》 2004 年 英国提出《Web：对残疾人的无障碍和包容性》报告，推进了网站的无障碍建设 2006 年 日本颁布《交通与建筑无障碍法规》 2006 年 《联合国残疾人权力公约》发布 2011 年 ISO 发布国际标准 ISO 21542：建筑环境的可达性和可用性 ^[16] 2013 年 日本颁布《消除对残疾人的歧视法》，并于 2016 年开始实施 2018 年 万维网联盟公布了最新的 Web 内容无障碍指南（WCAG）2.1 推荐标准

美国是世界上第一个制定无障碍标准的国家，该标准旨在“使建筑物可供残疾人无障碍使用（ANSI 117.1）”，在法律保障体系与无障碍设计标准上是相对健全的。美国的无障碍设计在建筑环境和公共设施领域都非常普及且质量很高，除了这些领域，还渗透到了教育、旅游和信息交流等方面。另外，美国的电子信息工业领域处于全球领先地位，为保障残疾人在信息时代可以顺利使用电子设备以获取信息，美国在此方面做了很多探索与研究，信息产品的无障碍设计已成为美国无障碍设计领域的重点研究方向。

在亚太地区，日本的无障碍设计已经比较成熟和完善了，其设计在细节上处理周到，体现人性化。因此，日本的残疾人能够像正常人一样自由地参与社会生活。他们国家推行实施较为完备的无障碍设计规范，是日本无障碍设计的依据^[17]，例如，日本的相关法规规定在建造公共设施时必须配备完善的无障碍设施，包括残障人士专门的厕所、电梯，遍布整个城市的盲道，轮椅使用者的出入口斜坡设计等。

日本的无障碍设计已经从早期的从单体出发进行设计，发展到现在从整体系统出发进行设计^[18]。另外，日本的无障碍设计重点关注城市公共空间，但设

计领域包括包装设计、产品设计、指示标识设计等，无障碍设计也在不断地向通用设计发展，设计健康人与残障人群可互用的产品。日本完备的无障碍设计体系对我国进行无障碍设计有很好的借鉴意义。

2.2 国内无障碍设计进展

与国外相比，我国开始建设无障碍环境的时间较晚。1985 年 3 月，在一场名为“残疾人与社会环境”的研讨会中，“无障碍”概念首次进入中国。之后，通过学习国外无障碍环境建设的相关经验，中国首个无障碍设计规范《方便残疾人使用的城市道路和建筑设计规范（试行）》于 1986 年编制完成，并于 1989 年 4 月实施，这也标志着我国无障碍设计法治建设开始起步。

目前，我国无障碍设计多集中在建筑与公共环境设施领域，个体无障碍产品的设计还较单一，缺乏良好的无障碍体验。虽然我国无障碍设计已经取得了较大的进展，但整体研究的重视程度仍然不够，缺乏更完善与更系统的设计方法。下面将从无障碍设计为主题的知网发文量及关键词聚类来分析我国无障碍设计的进展。

2.2.1 发文量分析

目前无障碍设计已经在中国实行了三十多年, 可以从文献量的变化来分析无障碍设计在我国整体的研究状况。以 CNKI 收录的中文期刊为主要数据源, 将“无障碍设计”为主题词进行检索, 限定年份为 1985—2021 年, 得到我国近 30 年来关于无障碍设计的文献量(见图 1)。1985—2000 年, 这 15 年是我国无障碍设计的早期阶段, 发文量少, 相关研究进展缓慢。从 2000 年至今, 是我国无障碍设计的发展期, 相关文献量总体上呈上升趋势, 人们逐渐重视无障碍设计研究。2000—2009 年, 这 10 年间发文量迅速增加, 无障碍设计成为研究的热门领域, 且关注度持续上升, 究其原因, 是 2008 年在北京举办的奥运会与残奥会带动下, 建设了一批优秀的无障碍化建筑物、公共设施和体育场馆的设计, 这也推动了我国现代无障碍设计的发展。2009 年之后, 无障碍设计相关文

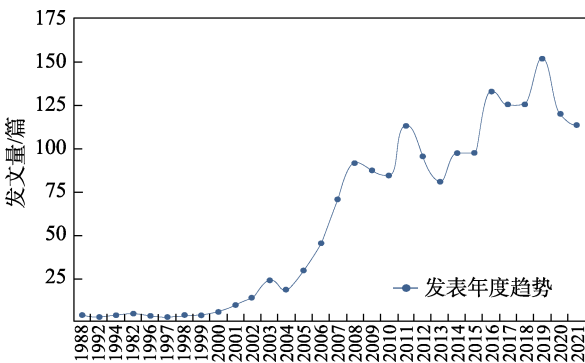


图 1 1985—2021 年知网无障碍设计相关发文量年度趋势
Fig.1 Annual trend of the number of publications related to barrier-free design on HowNet from 1985 to 2021

献量在总体上呈上升趋势, 虽然期间发文数量有波动, 近年来甚至有下降趋势, 但仍然维持在较高水平, 每年的发文量在 100 篇以上, 这表明在无障碍设计方面的研究持续受到关注, 且随着我国老龄化问题的显现, 老年人口不断增多, 无障碍设计日益受到重视, 仍然会是将来研究的热点方向。

2.2.2 研究热点分析

为综合分析不同阶段国内无障碍设计的发展历程及研究热点, 将使用由陈超美教授主导开发的 Citespace 可视化分析软件(5.8.R3 版本)生成“无障碍设计”关键词聚类时区图与突现词探测知识图谱^[19]。分析的文献来源于知网数据, 限定时间为 2000—2021 年, 检索主题词为“无障碍设计”。

文献关键词聚类时区图谱见图 2 所示, 可以明显看出从 2000 至今共有 9 个聚类, 是这些年研究的主题, 分别为#0 无障碍, #1 老年人, #2 老龄化, #3 人性化, #4 设计, #5 城市道路, #6 以人为本, #7 通用设计, #8 市政道路, #9 公共建筑。关键词出现的频次越高, 对应的节点越大, 图中“无障碍”出现的频次最高, 且相关研究贯穿所有聚类, 说明无障碍方面的研究涉及领域非常宽阔。同时, 无障碍设计最早针对的是残疾人等弱势群体, 但国内更多针对老年人群进行适老化设计, 研究主题包括助行器、老年住宅、居家养老、适老化等。在 2001 年后出现了包括以人为本、人文主义等关键词, 在 2004 年后出现了交互设计、设计理念、人性化和可持续等关键词, 由此可以发现这时无障碍设计理念发生了转变, 研究主题更多地关注以人为本的人性化设计, 无障碍设计也开始向通用设计发展。

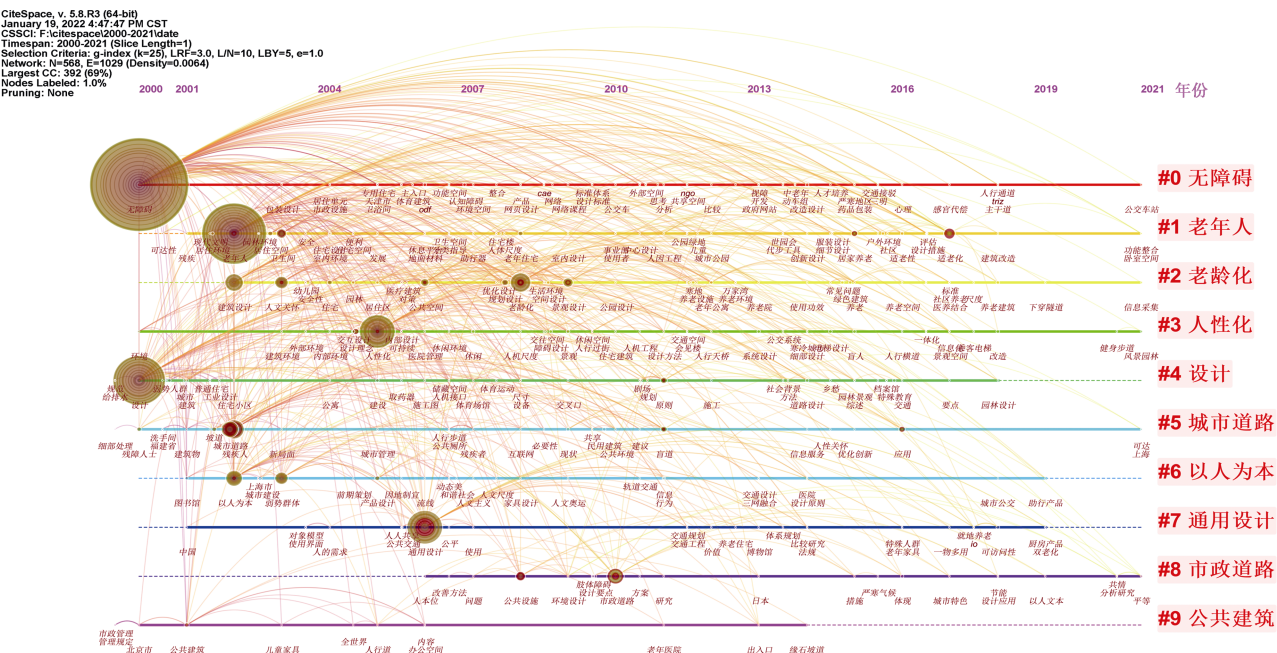


图 2 无障碍设计关键词聚类时区图谱
Fig.2 Time zone diagram of key word clustering in barrier-free design

关于无障碍设计历年的突显关键词排名，可以用来识别关键词或主题词在时间上的研究变化趋势，图中红色条纹区域为热点词活跃年份（见图 3）。2000—2011 年突显强度最强的关键词是残疾人，可见这一时期无障碍设计更多地关注残疾人，且进行无障碍设计研究的主要地区是北京市，而研究领域则集中在公共建筑及环境空间领域，包括图书馆、卫生间等的无障碍设计。2011—2013 年更多研究集中在无障碍设计的相关设计方法，以及通用设计等方面。2014 年之后，突现的市政道路、居家养老、适老化、景观设计等关键词具有较强的突显强度，是当下研究的热点，并且研究热度可能会继续保持，这一现象也充分表明，无障碍设计与时代变化是息息相关的，随着我人口国老龄化的不断加深，未来无障碍设计也将更多地与适老化设计相结合。

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

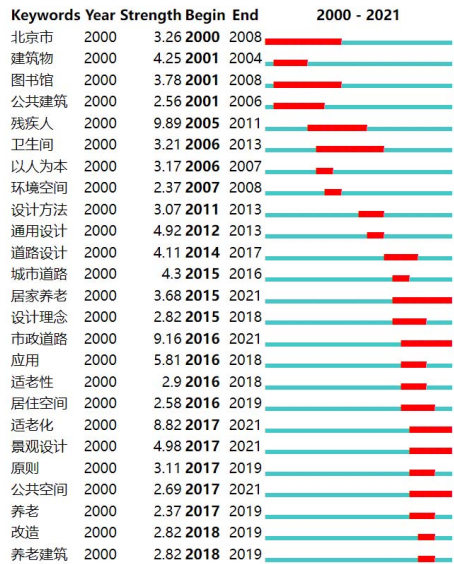


图 3 2000 年-2021 年突显关键词排名

Fig.3 Ranking of prominent key words from 2000 to 2021

2.3 无障碍设计应用及案例分析

无障碍设计的出发点就是改善弱势群体的生活环境，让他们生活更便利，最早实施无障碍设计的领域是和这一群体生活、居住与出行相关的建筑、交通、公共环境设施及指示标识。而随着时代的进步和人们思想的发展，现今的无障碍设计以为实现所有人在任何环境下的无障碍为目标，设计出更人性、更合理、更科学的产品，设计师在进行无障碍设计时，除了关注有障碍群体的基本生理需求，也更关注他们的心理与精神需求。因此，无障碍设计的相关领域也在不断拓展，其涵盖范畴十分广泛，基本囊括了人类日常工作、生活与玩乐的方方面面，从建筑环境到室内空间，从公共设施到生活娱乐用品，从物质环境到信息交流无障碍^[20]，在我们身边随处可见无障碍设计。

日本在无障碍公交方面的设计是非常出色的，下面以公交停靠站和公交车无障碍设计来进行分析。日本公交车站的盲道设计与站点设计融合在一起，并且在站台处设有专门的残疾人等候区，公交站牌上也都有相应的盲文来帮助盲人获取乘车信息，这种设计不仅方便了视觉障碍群体前往公交等候区，也能在一定程度上避免残疾人与普通乘客产生的拥挤摩擦。另外，日本大部分的站台都有无高差设计，且大部分公交车会在车门处设专用坡道以方便轮椅使用者上车，这种坡道可以抽出使用，还能根据需要调节坡度，见图 4。此外，还有大部分公交车被设计成能在停靠点倾斜 10°左右的方式（见图 5），以帮助残疾人，行动不便的老年人更便利地上车，这种设计还能惠及所有人。在公交车内部，设有残疾人专用座位，如果是乘坐轮椅的乘客，这些座位可以折叠收起，并且提供固定轮椅的皮带，且为了方便使用轮椅的乘客呼叫司机，公交车上还在较低的高度处设了专用按钮^[17]。



图 4 公交车轮椅专用坡道

Fig.4 Ramp for the bus wheelchair

图片来源 <https://www.163.com/dy/article/FKG468BQ05149FK0.html>



图 5 停车倾斜的公交车

Fig.5 Bus at an inclined parking lot

图片来源 https://www.sohu.com/a/231293678_160890

在无障碍产品设计方面，更关注残障人士的日常生活，旨在通过设计相关产品来帮助残障人士解决生活中的一些痛点问题，让残障人士更好地自立生活。

韩国 Dot 公司设计和发布的专为盲人设计的搭载盲文提示系统的智能手表 (见图 6), 这款产品荣获了 2016 年戛纳创意节产品设计类金奖、创新狮子奖。它具有包括闹钟、短信、导航在内的多种功能, 屏幕上最多可同时显示 4 个盲文, 其显示速度可按需求进行设置。盲人能够通过手指触摸 Dot 手表上凸起的盲文来更方便地获取信息。



图 6 Dot 盲人专用智能手表
Fig.6 Dot smart watch for the blind

图片来源 <https://www.digitaling.com/projects/24670.html>

近年来, 越来越多人开始关注残障人士在休闲娱乐活动方面遇到的问题。比如, 有设计师设计了盲人魔方, 用 6 种不同的材质代替不同颜色的方式, 让盲人也能享受魔方的快乐。为了让身体有障碍的玩家能更好地体验多样化的游戏带来的乐趣, 微软专为行动不便的人设计研发了一款多功能且有多种配件的 Xbox Adaptive Controller (自适应手柄控制器, 见图 7), 这是一套可拓展性非常强的控制系统, 它给残疾人士提供了更多的个人定制空间, 比如它允许玩家创建独特的操作配置, 让有不同身体功能障碍的玩家都能轻松设置符合个人习惯的游戏操作方式。Xbox 在设计中提出了一种新的设计思路: 提供最大限度的可拓展性, 让所有人在各种场景中都可以使用, 让手柄去适应人。

数字化与智能化时代的到来, 改变了人们的生活

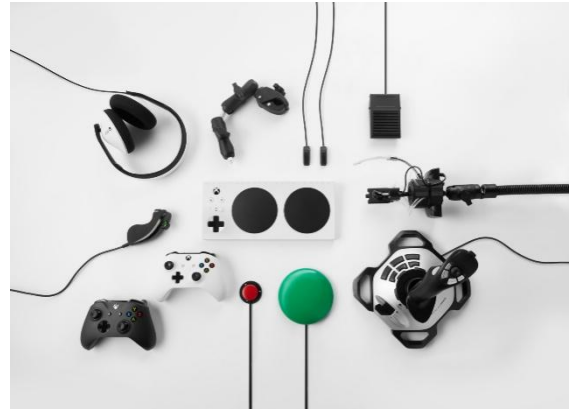


图 7 适应式手柄控制器
Fig.7 Xbox adaptive controller

图片来源 <https://www.ithome.com/0/573/965.html>

方式, 但却给老年人的生活带来了很多不便。为帮助老年人跨越“数字鸿沟”, 让他们在社会中更好地交流, 很多企业响应国家政策, 开始进行互联网适老化与无障碍改造。例如, 2021 年上线的讯飞输入法 APP V10.0.9 真正实现了在人机交互上的“适老”“帮老”“助老”。讯飞输入法从视觉和交互方面出发, 解决老年人存在的视力不佳、打字慢的问题, 其功能界面设置简洁, 输入面板和候选字体更大, 并且提高了配色对比度, 界面更醒目; 针对老年人说话慢的问题, 默认开启长文本语音输入模式 (见图 8); 针对老年人爱说方言的习惯, 提供方言识别能力 (见图 9); 考虑到老年人的聊天心理, 还设置了老年人常用的表情包等。且只要在手机系统开启“大字模式”, APP 能自动适配, 减少手动设置。这种无障碍改造能提升老年用户的使用体验, 见图 10。

从以上的案例中, 可见在为特殊群体进行设计时, 要从功能和情感上进行全面考虑, 让设计的产品能帮助弱势群体更有尊严, 有生活意义, 并让他们感受到温暖。无障碍设计能让弱势群体的生活更便捷, 帮助他们更好地融入社会, 且能促进人文关怀在设计中的发展。



图 8 讯飞输入法长辈模式界面
Fig.8 Xunfei input method elderly mode interface



图 9 讯飞输入法方言识别选择界面
Fig.9 Xunfei input method dialect recognition selection interface



图 10 讯飞输入法内置老年表情包
Fig.10 Xunfei input method built-in emoticon package for the elderly

3 无障碍设计方法

3.1 适应性设计方法

适应性设计是一种设计适应性强的产品或系统的方法,其模块、配置和参数值可以在不同使用阶段进行更改,以此来满足不同和不断变化的客户要求^[21]。刘建军和徐威^[22]指出适应性设计的方法能为特殊人群提供多种帮助,满足他们在生活、工作中的不同需求。刘斐^[23]在对老年人使用的出行产品系统开展设计研究时,提出了直观适应、渐进适应、容错适应、补偿适应和安全适应性的原则。Hu 等^[24]提出应用环境适应性理论的无障碍设计具有可变性、长期性和普遍性的特点,能为健康人和残疾人都提供便利。Chen 等^[25]通过挖掘轮椅使用者使用厨房时的特殊需求,采用组合式设计的方式来设计高度可调和功能灵活的无障碍厨房工作台,并提出经过无障碍改造的家庭空间设备可以为残疾人提供便利,避免更多事故发生,同时,也能帮助他们适应生活方式的改变。另外,基于适应性设计方法进行无障碍设计时,一个重要的方法就是模块化设计,模块化设计是一种使用称为模块的组件组来创建产品的方法^[26-27]。由于这些模块相对独立,可以很容易地从产品上拆卸下来进行升级、修理、回收或重复使用,这样设计的无障碍产品具有更高的适应性^[28],可在各种情形下互换选用的模块式组件,以满足各类人群的需要,同时,还能节约产品开发成本。目前,在为残障群体、老年群体等特殊人群开展模块化设计的应用研究方面,李佳研和宣炜^[29]分析了不同类型视障人群的收纳需求,并基于人体工学基本原理,探索在视障群体房屋收纳体系中进行模块化设计的具体方法,认为引入系统的模块化设计能有效解决视障人群住宅收纳的现存问题,且能协助视障群体更方便地完成房屋收纳工作。许世虎和翁世熠^[30]对模块化设计原则在老年人手杖设计中的应用方法展开研究,认为模块化设计方法能在充分利用资源的同时满足用户的个性化需求。邝思雅等^[31]研究者主张,采用对不同功能模块的扩展、组合重构、位置变换与替换等模块化设计的方式,来实现老年人整体厨房的设计目标,提升他们的使用体验。

传统的一些设计方法,容易忽视用户的动态性,设计的产品不能适应用户不断变化的需求。采用适应性设计方法设计的产品,有足够的灵活性,能适应环境或者用户需求的变化,对有障碍群体和老年群体更友好。在合理范围内,设计师可以根据个别用户的要求修改调整现有产品,以实现他们对产品新的功能需求,而不用再购买新产品,与再制造和回收利用相比,适应性强的产品可以进一步减少再制造和回收过程中产生的浪费,延长产品使用寿命,减少环境浪费^[32]。另外,在为特殊人群进行适应性设计时,设计过程更

为复杂,需要更仔细地考虑他们需求的多样性,且在设计过程中考虑后期如何进行配置优化、功能拓展,模块升级方面存在一定难度^[33]。

3.2 基于感官信息设计的方法

在生活中,人们主要是通过视觉、触觉、听觉、嗅觉和味觉等感官来获取信息。目前,很多学者都将视觉、触觉、听觉等感官信息的有效传达作为无障碍设计的基础^[34],来研究适合不同程度感官障碍群体使用的产品设计方法。从相关研究文献来看,基于感官信息设计,主要可以分为感官信息强化和感官代偿设计两种方法。

3.2.1 感官信息强化

进行无障碍设计时,考虑到产品的功能性,设计师需要细化探究受众的感官信息,且需要挖掘出不同情境中受众获取信息的特征差异,从而在差异中找到产品设计的切入点。感官信息强化的设计方法主要是针对一些感觉功能下降或受损而造成某种感官能力下降及感官功能存在缺陷的人群,如正常身体功能衰退者、色盲群体、视听等感官能力低下的人群,采用感官信息强化的方法能让他们更好地获取信息。这种设计方法使用简单,多从色彩对比、图形字体方面出发进行设计来强化用户感受,近年来这种方法更多地应用于信息无障碍设计领域。例如,王雪皎^[35]研究不同类型色盲人群的色彩识别特征,并通过进行相关实验探讨能弥补色盲用户色彩缺陷的方法,包括采用明度对比强烈的色彩组合,注重色彩与图形的搭配等导视系统色彩无障碍设计的方法。为解决异常色觉用户在日常生活和工作中,进行界面人机交互时会出现的某些颜色识别问题,Wang 等^[36]对数字界面中的交互颜色进行研究,并从理论上提出了数字化交互中的无障碍色彩设计的 6 个方法。为提升老年用户使用互联网产品的体验,王乃馨等^[37]从老年人使用互联网的现存问题出发,研究并总结出适老化产品的 3 个交互策略:视觉界面层次化,交互信息简明化,关注情感化交互。目前,很多企业产品也应用了无障碍设计,例如百度大字版,就是通过放大字体,增强视觉感知的方法有利于老年用户更简单、更快捷地获取所需的信息。这种方法一般适用于障碍程度较轻的群体,不太适合有严重残疾或者功能障碍的用户群体。

3.2.2 感官代偿设计

感官代偿是指当人的某些感觉器官受损,导致感官功能降低甚至缺失时,就会通过利用人体其他感官的功能来补偿因受损感官导致的功能低下的现象,同时这也会使相应倚重的某一感官的感知能力得到强化。在设计中充分考虑身体的感官代偿特征并加以运用,使设计的产品更易被感官障碍者使用,同时也能在使用过程中锻炼并增强他们本身的感官代偿功能,

这便是感官代偿设计^[38]。

从相关研究文献看来,研究者多将感官障碍类群体作为设计对象,通过分析他们的生理与心理特征,研究感官代偿设计的方法与实现途径。熊兴福和李姝瑶^[38]通过分析产品设计与人体感官代偿功能之间的关系,以及感官代偿在各类产品中的应用与实现方式,提出感官代偿设计不仅能帮助感官障碍群体,也能帮助有临时障碍的健康人群,是一种体现人本关怀特征的有效设计方法。为帮助残疾用户在使用产品时获得更好的情感体验,文艳群和董继先^[39]通过研究并提出一种能提供残障群体情感体验的“使产品性感起来”的设计方法。为帮助特殊学生克服其感官障碍,张钰墨和陈洋^[40]将感官代偿理念引入特殊教育中,分析不同类型特殊学生的障碍特征并研究其感官代偿途径,从而提出特殊教育学校空间环境无障碍的相关设计策略。黄凌玉和刘天理^[41]通过调研,整理并分析了视障者在日常生活中遇到的问题,并基于他们在触觉、听觉和嗅觉上的特征和现代交互设计的理念与原则,提出能为视障者带来良好体验的产品交互创新设计方法。吴新林^[42]基于无障碍设计与通用设计的基本原理,提出在为视障者进行无障碍家居设计时可以采用感官代偿法,并提出了具体的设计方法。寇树芳和武帅^[43]在对盲人手杖进行人性化设计时,提出将信息以震动的方式来提醒盲人避障。

从相关文献可见,目前研究者在进行感官代偿设计时,多以满足感官障碍类群体基本生活需求为主,从五感出发探索感官代偿设计的具体应用方法。然而,随着人们经济与生活水平的提高,更多的残障群体开始追求获得精神满足,比如娱乐方面的需求。国外已经在休闲娱乐方面进行研究,比如 Miyakawa H. 等^[44]利用听觉代偿视觉的方法设计了一种听觉纸牌游戏系统,通过听觉刺激将纸牌内容呈现给所有玩家,无论他们是否有视觉障碍,都能够平等地与他人玩游戏。Cavazos 等^[45]通过将多种感官联合代偿视觉的方法,让盲人和视障人士在艺术展览中更好地体验和理解视觉艺术作品。国内在为残障人士休闲娱乐方面进行设计的研究还较少。

大多数感官障碍者由于残疾会经历更多的社会孤独和人际关系困难,产生更多负面情绪。因此,通过感官代偿设计,有助于提高感官障碍者的生活能力,进一步加强他们的自主性,还能提高他们的满意度和恢复力,让他们更好地融入社会,更积极地参与生活^[46]。值得注意的是,在用感官代偿方式进行产品设计时,需要评估不同感官的时空连续性问题,并且设计过程中更关注与目标用户群体预期任务最相关的内容。

从相关文献中对视障及听障人群感官代偿设计的主要与次要代偿途径(见图 11)和主要感官代偿方法(见表 3)进行总结^[41-42,47]。可知,针对视障人

群,要合理运用各类方法去增强他们的触觉感知和听觉感知,而针对听障人群,设计时主要考虑增强他们的视觉感知。

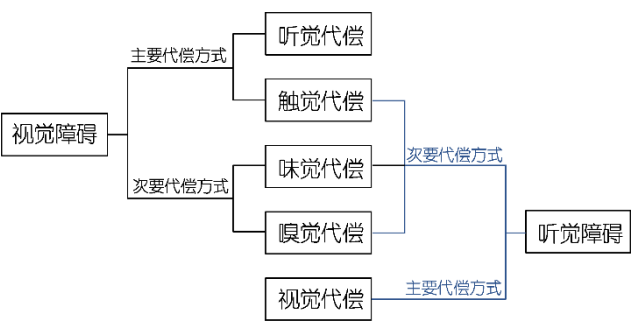


图 11 视障与听障人群感官代偿途径
Fig.11 Sensory compensatory pathways for visually impaired and hearing-impaired people

表 3 视障与听障人群主要感官代偿方法
Tab.3 Main sensory compensatory methods for visually impaired and hearing-impaired people

障碍类型	主要代偿方式	主要方法
视觉障碍	触觉代偿视觉	利用皮肤感觉: 压觉、温度觉、疼痛觉、振动觉
		产品表面处理: 表面肌理, 触感反馈
		产品造型差异化处理
		设计材料的触觉感受: 不同材质, 不同硬度
听觉障碍	听觉代偿视觉	语音播报
		声波刺激: 声音次数, 声音长短频率
	视觉代偿听觉	手语交流
		图标频闪 文字移动播放

3.3 参与式设计方法

早在 70 年代, Henry Sanoff 建立了“环境设计研究协会”, 并开始发展参与式的设计方法, 即在早期的设计阶段引入广泛的利益相关者参与^[48]。参与式设计^[49-50]是一种将用户更深入地融入设计过程的理念, 目标用户可以直接和主动地参与设计全过程, 这个过程通常可以分为建立理解, 产生想法, 原型和评估。研究者会使用各种不同程度的参与方法, 以适应不同的问题^[51], 例如观察、头脑风暴、技术探索和迭代原型。Phillips 和 Zhao^[52]认为, 如果在设计过程中没有考虑有特殊需求用户的意见, 就容易放弃技术辅助。因此, 至关重要的是使残障用户能够参与辅助技术的设计。对视觉障碍人群的迭代原型, Tanhua-Piironen 和 Raisamo^[53]提出使用有形模型(如塑料模

型和纸板模型)和触觉界面,而 Miao 等^[54]提出触觉纸原型,来帮助视障人群参与设计过程。在设计适合老年群体使用的产品时,曹玉青^[55]引入了参与式的设计方法,将老年群体从设计的被研究者转为创新设计的参与者和主体,并通过分析这种设计方法在老龄产品设计中的应用,验证了用户参与式设计方法能挖掘更多用户需求,是更有效的老龄产品设计方法。王伟伟等^[56]以老年智能手表的设计为例,提出用户参与式产品设计的研究框架与流程,在实例中验证了协同设计和拼贴法能帮助老年群体简单、清晰地表达他们真正想法,这种方法有助于可视化用户需求,帮助设计师从中了解用户行为特征,设计满足老年用户真实需求的产品。曾韵筑^[57]采用参与式设计方法,让老年人从设计的被研究者,转变为参与产品设计研发的主体,探讨老龄产品设计原则,并通过实践证明了这种方法对老龄产品设计的确具有积极的作用。从对相关文献进行的研究来看,很多帮助用户有效表达需求的设计工具被研究者提出。目前,这种参与式设计的方法大多用于为老年群体设计无障碍产品方面,在残障群体中使用还较少。

这种参与式设计方法能让更大范围的人群参与到产品设计和研发的过程中,避免结果的片面和不合理,且设计师能从中获得对用户的第一手资料,这能帮助设计师更好地了解目标用户的真实感受和偏好,并挖掘用户的潜在需求。参与式设计要求设计团队广泛参与到各种潜在用户中,与他们进行更多密切的互动。然而,在考虑设计对象为残疾人和老弱群体时,存在非常多的用户多样性,在寻找代表用户方面存在一定限制和困难,且设计师很难与他们进行有效互动。另外,从残疾人、老年人等边缘化群体中获取需求和评估数据并不简单,在沟通与交流方面可能存在困难,比如残疾用户可能存在一些鲜为人知的需求,而他们也许无法传达自己的想法^[58]。

3.4 情感化设计方法

情感化设计是指把人的情感放在首位去创造符合人们特殊习惯和激发使用者自我思考的一种设计过程^[59],设计能引导用户获得情感认知愉悦及良好体验的产品。情感化设计充分考虑了用户的心理感受,从产品的形态、颜色等方面出发进行设计,让设计的产品更富趣味性,这种设计方法能真正地照顾到用户的情感需求,让用户与产品产生情感共鸣。

越来越多的研究者关注用户的心理需求,提出将情感化设计引入到无障碍设计中。李青云^[60]等基于情绪认知理论,分析老年人的情绪特征及使用老年产品的情感交互模式,提出包括引导明确有效,明确的操作结果现实与反馈,产品容错性好及使用情境的隐喻因素这4个老年情感交互模式选用原则,这为今后设计老年情感化产品提供了参考。黄楚峰^[61]提出将情感

元素引入无障碍设计中,运用感官代偿设计与感官交互设计方法,设计能消除用户生理与心理障碍的情感化产品,从而全面提升残障群体使用产品的愉悦体验。仝幅英^[62]以老年用户的体验需求为目标,从情感化设计的三层次出发,研究老年人可穿戴产品的设计方法,并提出相关设计策略。府榕和张仲凤^[63]对情感化设计在老年人家具功能中的三个层面进行深入研究,提出了辅助性、灵活性、舒适性和便利性的4种老年人家具情感化设计原则。刘佳蕾^[64]等从具身认知的视角出发,探讨了康复机的情感化设计策略。唐向飞等^[65]基于情感化设计的本能水平、行为水平以及反思水平,研究并分析能增加视障群体使用产品的体验与乐趣的视觉代偿设计方法。

在为特殊群体进行无障碍设计时,使用这种情感化设计方法设计的产品不仅能给他们增加乐趣,留下美好的用户体验,而且还能缓解他们对自身障碍问题而产生的负面情绪。

3.5 基于功能质量展开理论与发明问题解决理论的设计方法

发明问题解决理论(Theory of the Solution of Inventive Problems, 又称 TRIZ)能为解决设计过程中的矛盾提供新思路,能系统地进行创新设计,且 TRIZ 理论适用于各种技术领域的创新^[66]。TRIZ 有多种工具,常用的有矛盾矩阵法和物场变换法。质量功能展开理论(Quality Function Deployment, 又称 QFD)是一种基于用户需求驱动的产品创新方法,它采用系统和标准化的方法来调查和分析用户需求^[67-68],多在研究活动的概念设计阶段提供指导。QFD 架构下有很多典型工具,如亲和图、关系图、层级分析法(Alytic Hierarchy Process)、蓝图、质量屋等。其中,质量屋(The House Of Quality, 简称 HOQ)是 QFD 理论的核心工具,但也只是一个基础工具,对复杂产品设计体系仍有局限。

QFD 能解决做什么的问题,TRIZ 能解决如何做的问题。将 QFD 和 TRIZ 有机集成能满足顾客需求并解决技术矛盾。因此,目前越来越多的学者开始将 QFD 理论和 TRIZ 理论应用到无障碍设计研究中。张芳兰等^[69]通过分析盲人手机用户的需求,构建盲人手机 HOQ,从冲突问题出发设计盲人手机,并论证了 HOQ 方法是有效且可行的。王秀红等^[70]学者利用 QFD 理论建立视障儿童用玩具的质量屋,寻找到两对技术矛盾,并利用 TRIZ 理论解决矛盾,将听觉与触觉相结合设计了一款适合视障儿童的创新型玩具。为了满足老年人或残疾用户对辅助行走的需求,辜俊丽等^[71]研究者详细阐述了 AHP-TRIZ 模型设计流程,依据调研法、亲和图法和层次分析法得到的残障人士轮椅使用需求及设计重点,通过 TRIZ 方法解决技术冲突,实现了残障人士轮椅创新设计,同时验证了结

合多理论进行设计是科学有效的。Zhang 等^[72]则提出了一种基于 Kano-QFD-TRIZ 组合的产品创新过程模型,并采用此方法设计了满足老年人旅行需求的无动力助行器。在研究老年人设计信息无障碍方面,Wang^[73]利用半结构化问卷收集老年人的需求,采用层次分析法(AHP)对访谈数据进行分层分析,对不同项目进行排序,最后提出针对老年人的无障碍界面改善建议。另外,在进行视障者药品标签器的设计研究时,王佳帅和江牧^[74]构建了结合 QFD 理论和 TRIZ 理论的应用流程图,其中,将 QFD 理论应用于需求分析阶段,之后用相应的 TRIZ 理论,解决从构建的产品需求质量屋中得到的核心矛盾冲突,并指出这种方法有助于设计满足用户特殊需求的个性化产品。

从相关文献中,可以发现 QFD 方法是基于用户需求进行设计的,并且通过创建质量屋,能够建立体现用户需求和工程参数之间关系的矩阵,这种方法能将用户愿望转化为工程参数,避免需求和技术的不匹配现象^[75],因此能有效提高为特殊群体设计的产品质量,更好地提升他们的使用满意度。基于逻辑和数据的问题解决方法 TRIZ,对指导进行无障碍设计创新方面有重要作用,但这种方法更适用于对设计的产品提出优化改善,在进行突破性设计方面略显不足。

除了以上主要的设计方法,Newell 等^[76]提出用户敏感包容性设计信息的一个主要内容是,鼓励设计师通过在社交场合和实验环境中与他们会面,与老年人和残疾用户产生同理心。Newell 和 Gregor 等^[77]建议使用一种名为“用户敏感包容性设计”的新方法,这种方法适用于为老年人或残疾人是潜在用户群体的一部分所进行的设计。

4 无障碍设计方法的发展趋势

4.1 多学科理论交叉融合的方法

为使设计研究有更全面的理论支撑,让设计更好地适应社会经济的发展,设计学除了应用传统的心理学、行为学研究方法,也在不断引入生态学及信息论等各种新学科的理论方法。近年来,越来越多的研究者开始从不同理论方法中探索更多适合无障碍设计的相关方法,实现跨学科研究。比如,史耀军等人引入 WSR 系统方法论到视障儿童早期教育辅助用具的设计中,总结了产品物理性(W)、事理性(S)、人理性(R)设计流程。胡飞等^[78]在进行无障碍设计时,引入具身认知理论方法,以连续导向指引的传动触感作为交互方式,提出可穿戴式连续触感导向设计方案。胡新明等^[79]提出用以系统性和易用性为设计原则的模块化设计方法、以教育性和娱乐性为设计原则的情趣化设计和以普适平等为主导的包容性设计方法,来指导视障儿童玩教具的设计。在国外,有研究者提出残疾是一个足够深刻的问题,值得使用批判性设计

方法,这种方法不直接提供解决方案,但能作为一种工具,用于询问有关未来技术发展路径的问题。除此之外,研究者已经将具身认知,用户体验与交互设计及服务设计等理论方法应用在无障碍设计中^[78,80-81]。近年来,许多研究者在进行无障碍设计时,还会将多个学科理论进行结合,实现不同研究方向的交叉融合,比如将模块设计方法、情趣化设计方法及包容性设计方法结合,以指导相关无障碍产品的设计。多学科理论交叉融合的方法不仅能拓宽设计师进行无障碍设计的思路,还能扩大无障碍设计的研究领域,有助于设计师更好地进行创新设计。

在未来进行无障碍设计时,可以将更多不同学科理论方法引入无障碍设计,或者将多个学科理论方法结合来进行综合研究,以实现不同领域中无障碍设计方法的创新。

4.2 个性化设计的方法

近年来,在使用个性化设计方法进行无障碍设计方面的理论与应用研究都较少。个性化设计作为一种能满足不同用户个性化需求的设计方法,必然会成为新时代条件下无障碍设计方法发展的方向。虽然未来的无障碍设计必然会向通用设计发展,但面对有极其广泛特征和残疾的特殊群体,过于宽泛的设计会导致产品功能过多,反而不易被老年群体、残障群体等特殊群体学习,且不同残疾的用户群体,其特征需求可能会产生矛盾,这都会加大设计难度。个性化设计方法要求设计师不能仅关注产品的功能和用户身体特征,要更加关注“人性”和“个性”,这不是要求设计的产品只为满足“个体”或“少数人”的需求,而是要求设计师精确产品受众,然后挖掘受众群体生理与心理需求,再进行设计^[82]。个性化设计方法能根据特定人群的特征需求,实现产品设计的精准定位,让设计目标更容易实现,这种设计方法有助于提高设计效率,并能为特定用户群体创建更精简集中的体验。

目前,我国无障碍设计更关注城市公共设施方面,而在他们的家居生活及娱乐方面关注较少。未来,可以将个性化设计方法应用到这些领域,设计不仅能满足有障碍群体个人使用需求和精神需求,而且能帮助他们享受日常生活的产品。

4.3 多模态交互设计的方法

随着科技的发展,新材料、新技术和新工艺的出现与应用,为进行无障碍设计创造了更多可能性。目前人工智能技术赋予了产品更多的功能,可为残障人群和在生活中遇到临时性或情境性残障的正常人带来更多便利。

多模态交互,简单来说,就是用户可以通过多种方式来完成某件事。目前,生活中已经有一些技术被用于进行多模态交互设计,比如就输入方式而言,可以通过键盘打字输入、手写输入甚至是语音输入方式

来实现。另外 Quero 等^[45]以交互式多模态引导原型,使用音频和触觉模式,以提高信息和视觉艺术品的自主访问和体验,并证明了多模态方法是简单且易于使用的,这种设计方法能提高残障人群独立探索视觉艺术品的信心。然而目前已有的多模态交互操作有局限,多停留在视觉、听觉和触觉方面,如今应用最成熟的是语音交互,能满足残障人群的基本需求,但还很难实现在不同模块之间无缝切换。当今人们需要更多样、动态的交互方式来满足他们遇到的障碍情况。Feiz 等^[83]对与可穿戴设备交互的手腕手势的可实行性问题进行研究,指出这种手势也是未来在进行多模态交互设计时可研究的新交互模态。由此可见,多模态交互设计为进行无障碍设计提供了更多可行的交互方式,也能为设计师进行无障碍创新设计提供灵感。

理想状态的多模态交互,是能够任意切换成不同的模态,且交互模态能随着人的变化而变化。为实现这种背景式交互体验,还要在设计中加入环境计算,让科技变成环境中的一部分。因此未来的无障碍设计要与科技结合,研究将多模态交互与环境计算结合进行设计的方法,同时探索更多更自然的交互模态,例如手势、眼神等更自然的操作,这些自然交互模态能为残障用户提供更多的操作选择,让他们的操作更简单高效,同时也能提升用户的交互体验。

未来,多模态交互设计的方法可以更多地应用于智能产品和信息产品领域的设计中,比如在网页和应用程序上进行无障碍设计时,使用这种方法能更好地帮助在各种障碍情境下,用户更好地获取信息或进行交流,以实现用户自己的需求目标。

5 结语

随着老年群体、残障群体人数的增多,社会将给予这些特殊群体更多关怀,帮助他们更便利地生活,因此,未来对无障碍设计的需求也将变得更迫切。在进行无障碍设计时,研究者首先需要了解残障用户的生理、心理与行为特征,使用各种方法获取用户真实需求。通过研究国内外无障碍设计的进展可知,针对老年用户进行适老化与无障碍改造、市政道路的无障碍设计等是目前国内研究的热点,今后,我国在进行无障碍设计时应更加关注残障人群,同时不断完善无障碍设计标准,探索无障碍设计的创新方法。此外,设计者在为特殊人群进行产品设计时,要注重推动用户更积极地参与设计过程,以挖掘用户的实际需要,并设计出满足他们生理与心理需求的产品。未来在开展无障碍设计研究时,可从不同学科理论方法中探寻适合无障碍设计的方法,同时,在无障碍设计向通用设计发展的态势下,也要注重探索将普遍性与个性相结合的设计方法。在人工智能时代,利用科技探索更

自然的交互模式,来进行无障碍设计,也是未来的发展趋势。

参考文献:

- [1] BAKKES S, MORSCH R, KRÖSE B. Telemonitoring for Independently Living Elderly: Inventory of Needs & Requirements[C]// Proceedings of the 5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. Dublin: IEEE, 2011: 152-159.
- [2] 张茫茫. 视觉信息无障碍设计[J]. 装饰, 2007(9): 66-67.
ZHANG Mang-mang. Obstacle Free Design of Visual Information[J]. Art & Design, 2007(9): 66-67.
- [3] 张茫茫. 智能城市背景下的无障碍设计研究[J]. 残疾人研究, 2016(1): 39-44.
ZHANG Mang-mang. Research of Barrier-Free Design under the Background of Building Smarter Cities[J]. Disability Research, 2016(1): 39-44.
- [4] 吴冬梅. 无障碍设计研究概况[J]. 设计艺术(山东工艺美术学院学报), 2007(4): 44-46.
WU Dong-mei. A Survey of Barrier-Free Design Research[J]. Art of Design, 2007(4): 44-46.
- [5] 曹儒, 张琲. 无障碍设计与无障碍服务设施[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 151-153.
CAO Ru, ZHANG Bei. Barrier-Free Design and Barrier-Free Service Facilities[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 151-153.
- [6] ZHANG Xin, YANG Mei, WANG Cheng-long, et al. Study of Sustainable Factors in Universal Design[C]// 2009 IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design. Wenzhou: IEEE, 2010: 1412-1415.
- [7] 李京擎. 从无障碍设计到通用设计[J]. 艺术评论, 2014(9): 143-146.
LI Jing-bo. From Barrier-Free Design to Universal Design[J]. Arts Criticism, 2014(9): 143-146.
- [8] 李斌, 万莉君. 从无障碍设计迈向通用设计[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 186-188, 225.
LI Bin, WAN Li-jun. From Barrier Free Design to Universal Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 186-188, 225.
- [9] LLOYD-ESENKAYA T, LLOYD-ESENKAYA V, O'NEILL E, et al. Multisensory Inclusive Design with Sensory Substitution[J]. Cognitive Research: Principles and Implications, 2020, 5(1): 37.
- [10] ZONG M, LI C. Well-Being Design for an Aging Society[C]. CCD 2018: Cross-Cultural Design. Applications in Cultural Heritage, Creativity and Social Development. Springer International Publishing, 2018.
- [11] JI Xing. Elderly People's Living Space and Well-being Design Based on Ergonomic Applications[M]// Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare and Medical Devices. Cham: Springer International Publishing,

- 2021: 320-325.
- [12] 裴雪原. 基于无障碍理念下的盲用感温杯的设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2018.
PEI Xue-yuan. Research on blind thermal cup design based on barrier-free concept[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2018.
- [13] American National Standards Institute. ASA A117.1, American National Standard Specifications for Making Buildings and Facilities Accessible to, and Usable by, the Physically Handicapped[S].
- [14] PARDECK A J T. Americans with Disabilities Act of 1990[J]. The Clinical Supervisor, 1997, 15: 147-161.
- [15] U.S. Department of Justice. ADAAG, Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines[S].
- [16] ISO. ISO 21542:2011, Accessibility and Usability of the Built Environment[S].
- [17] 邓凌云, 张楠. 浅析日本城市公共空间无障碍设计系统的构建[J]. 国际城市规划, 2015, 30(S1): 106-110.
DENG Ling-yun, ZHANG Nan. Study on the Barrierfree System of Public Spaces in Japan[J]. Urban Planning International, 2015, 30(S1): 106-110.
- [18] 高桥仪平. 日本无障碍设计[J]. 设计, 2010(10): 62-65.
LINAN. The Development of Japanese Barrier-Free Design[J]. Design, 2010(10): 62-65.
- [19] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
CHEN Yue, CHEN Chao-mei, LIU Ze-yuan, et al. The Methodology Function of Cite Space Mapping Knowledge Domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.
- [20] 任航. 无障碍设计现状及改进方案的研究——以长春市为例[D]. 长春: 东北师范大学, 2011.
REN Hang. Barrier-free Designing Research on Present Situation and Improvement Programme— of Changchun as an example[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2011.
- [21] ZHANG Jian, XUE De-yi, GU Pei-hua. Adaptable Design of Open Architecture Products with Robust Performance[J]. Journal of Engineering Design, 2015, 26(1-3): 1-23.
- [22] 刘建军, 徐威. 无障碍产品设计适应性原则理论研究[J]. 美术大观, 2012(11): 117.
LIU Jian-jun, XU Wei. Theoretical Study on Adaptability Principle of Barrier-Free Product Design[J]. Art Panorama, 2012(11): 117.
- [23] 刘斐. 现代城市老年人出行产品系统适应性设计研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2015(6): 160-169.
LIU Fei. Study on Adaptable Design of Outdoor Products for Elders in Modern City[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2015(6): 160-169.
- [24] HU xin yu, LEI zu kang, WANG Yao. Research of City Recreational Facilities for Handicapped People Based on Environmental Adaptability Theory[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 437: 1046-1049.
- [25] CHEN Xue, WU Jing. Accessible Design of the Kitchen Table for Wheelchair Users[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 641-642: 1105-1108.
- [26] Ali K. Kamrani, Saed M. Salhie, Product Design for Modularity[M]. Norwell: Kluwer Academic, 2002.
- [27] SAND J C, GU P, WATSON G. HOME: House of Modular Enhancement—A Tool for Modular Product Redesign[J]. Concurrent Engineering, 2002, 10(2): 153-164.
- [28] LIPSON H, POLLACK J B, SUH N P. Promoting Modularity in Evolutionary Design[C]// Proceedings of ASME 2001 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Pittsburgh: ASME, 2002: 825-831.
- [29] 李佳妍, 宣炜. 模块化设计在视障人群住宅收纳系统中的运用[J]. 包装工程, 2020, 41(4): 195-199.
LI Jia-yan, XUAN Wei. Application of Modular Design in Residence Storage System for Visually Impaired People[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(4): 195-199.
- [30] 许世虎, 翁世煜. 老年人手杖模块化设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(9): 123-126.
XU Shi-hu, WENG Shi-yu. Study on Walking Stick Modularization Design for Elderly People[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(9): 123-126.
- [31] 邝思雅, 吴志军, 杨元. 基于模块化的适老性厨房设计[J]. 家具, 2020, 41(2): 94-99.
KUANG Si-ya, WU Zhi-jun, YANG Yuan. Design of Kitchen for the Elderly Based on Modularization Theory[J]. Furniture, 2020, 41(2): 94-99.
- [32] GU P, XUE D, NEE A C. Adaptable Design: Concepts, Methods, and Applications[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2009, 223(11): 1367-1387.
- [33] VARL M, DUHOVNIK J, TAVČAR J. Changeability and Agility Enablers in One-of-a-Kind Product Development and Design Processes[J]. Research in Engineering Design, 2022, 33(1): 111-128.
- [34] 曲欣, 何海燕. 基于感官信息建立无障碍设计方法[J]. 艺术评论, 2012(5): 126-128.
QU Xin, HE Hai-yan. Method for Establish Barrier-Free Design Based on Sensory Information[J]. Arts Criticism, 2012(5): 126-128.
- [35] 王雪皎. 面向色盲人群的导视系统色彩无障碍设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 54-59.
WANG Xue-jiao. Color Barrier-Free Design of Guide System for the Color Blind[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 54-59.
- [36] WANG Xi, HUANG Zhao-hui. A Research on the Barrier-Free Color Design in Digitalized Interaction [M]// Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer International Publishing, 2017: 327-

- 334.
- [37] 王乃馨, 陈建新. 互联网产品适老化交互设计策略研究[J]. 艺术与设计(理论), 2021, 2(4): 88-90.
WANG Nai-xin, CHEN Jian-xin. Research on Interactive Strategies of Internet Products for the Elderly[J]. Art and Design, 2021, 2(4): 88-90.
- [38] 熊兴福, 李姝瑶. 感官代偿设计在产品中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(10): 131-132, 139.
XIONG Xing-fu, LI Shu-yao. Application of Sensory Compensatory Designs on Products[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(10): 131-132, 139.
- [39] 文艳群, 董继先. 初探视觉障碍者的产品设计方法[J]. 美与时代(上), 2011(1): 76-78.
WEN Yan-qun, DONG Ji-xian. A Preliminary Study on Product Design Methods for Visually Impaired People[J]. Designs, 2011(1): 76-78.
- [40] 张钰璽, 陈洋. 基于感官代偿的特殊教育学校公共空间无障碍设计策略研究[J]. 建筑学报, 2017(S2): 56-62.
ZHANG Yu-zhao, CHEN Yang. Research on Accessible Design Strategies of Public Spaces in Special Education School Based on Sense Compensation[J]. Architectural Journal, 2017(S2): 56-62.
- [41] 黄凌玉, 刘天理. 视障者无障碍产品的交互创新设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(24): 108-113.
HUANG Ling-yu, LIU Tian-li. Interactive Innovative Design of Barrier-Free Products for the Blind[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(24): 108-113.
- [42] 吴新林. 基于视障者家居特征的无障碍设计原则与方法[J]. 包装工程, 2020, 41(22): 83-88, 94.
WU Xin-lin. Principles and Methods of Barrier-Free Design Based on Home Characteristics of the Visually Impaired[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(22): 83-88, 94.
- [43] 寇树芳, 武帅. 无障碍设计中的盲人用户产品研究[J]. 科教导刊(上旬刊), 2013(13): 171-172.
KOU Shu-fang, WU Shuai. Blind Users Product Research in Barrier-Free Design[J]. The Guide of Science & Education, 2013(13): 171-172.
- [44] MIYAKAWA H, KURATOMO N, SALIH H E B, et al. Auditory Uta-Karuta: Development and Evaluation of an Accessible Card Game System Using Audible Cards for the Visually Impaired[J]. Electronics, 2021, 10(6): 750.
- [45] QUERO L C, JI BARTOLOMÉ, CHO J. Accessible Visual Artworks for Blind and Visually Impaired People: Comparing a Multimodal Approach with Tactile Graphics[J]. Electronics, 2021, 10(3): 297.
- [46] JESSUP G M, CORNELL E, BUNDY A C. The Treasure in Leisure Activities: Fostering Resilience in Young People who are Blind[J]. Journal of Visual Impairment & Blindness, 2010, 104(7): 419-430.
- [47] 胡新明, 陈紫嫣. 盲人用品触觉感性化设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(10): 103-107.
HU Xin-ming, CHEN Zi-yan. Tactile Sensation Perceptual Design of Blind Activities[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(10): 103-107.
- [48] 胡飞, 张曦. 为老龄化而设计: 1945 年以来涉及老年人的设计理念之生发与流变[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2017(6): 33-44, 235.
HU Fei, ZHANG Xi. Design for Aging: Development and Evolution of the Design Concept Involving the Elderly since 1945[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2017(6): 33-44, 235.
- [49] Michael J. Muller, Participatory design: the third space in HCI[M]. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2002.
- [50] MULLER M J, KUHN S. Participatory Design[J]. Communications of the ACM, 1993, 36(6): 24-28.
- [51] HALSKOV K, HANSEN N B. The Diversity of Participatory Design Research Practice at PDC 2002–2012[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2015, 74: 81-92.
- [52] PHILLIPS B, ZHAO H. Predictors of Assistive Technology Abandonment[J]. Assistive Technology: the Official Journal of RESNA, 1993, 5(1): 36-45.
- [53] TANHUA-PIIROINEN E, RAISAMO R. Tangible Models in Prototyping and Testing of Haptic Interfaces with Visually Impaired Children[C]// NordiCHI Workshop on Guidelines for Haptic Lo-Fi Prototyping, Lund: Sweden, 2008.
- [54] MIAO Mei, KÖHLMANN W, SCHIEWE M, et al. Tactile Paper Prototyping with Blind Subjects[C]// Altinsoy ME, Jekosch U, Brewster S. International Conference on Haptic and Audio Interaction Design. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009: 81-90.
- [55] 曹玉青. 参与式设计方法在老龄产品设计过程中的研究与实践[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
CAO Yu-qing. The Research and Practice of Participatory Design Involving the Elderly[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2015.
- [56] 王伟伟, 黄琳. 面向老年人群的参与式产品设计方法[J]. 机械设计, 2016, 33(7): 117-120.
WANG Wei-wei, HUANG Lin. Design Approach on Participatory Products for the Elderly[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(7): 117-120.
- [57] 曾韵筑. 参与式设计方法在老龄产品设计中的应用[J]. 艺术大观, 2020(17): 49-50.
ZENG Yun-zhu. Application of Participatory Design Method in the Design of Aging Products[J]. Grand View of Art, 2020(17): 49-50.
- [58] MALINVERNI L, MORA-GUIARD J, PARES N. Towards Methods for Evaluating and Communicating Participatory Design: A Multimodal Approach[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2016, 94: 53-63.
- [59] 刘叶青. 面向视障人群情感需求的无障碍餐具设计[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2021.
LIU Ye-qing. Design of Barrier Free Tableware for the

- Emotional Needs of Visually Impaired People[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2021.
- [60] 李青云, 姜斌. 基于情绪认知的老年产品情感交互模式研究[C]// 2015 年工业设计与协同创新学术会议暨第 20 届全国工业设计学术年会论文集. 天津, 2015: 193-195.
- LI Qing-yun, JIANG Bin. Affective Interaction Mode of Products for the Elderly Based on Emotional Cognition[C]// collected Papers of 2015 Academic Conference for Industrial Design and Collaborative Innovation & The 20th National Industrial Design Academic Annual Conference. Tianjin, 2015: 193-195.
- [61] 黄楚峰. 探讨感官障碍类群体的产品情感化[J]. 艺术科技, 2016, 29(6): 265-266.
- HUANG Chu-feng. Discussion on Product Emotionalization of Sensory Disorder Groups[J]. Art Science and Technology, 2016, 29(6): 265-266.
- [62] 仝帼英. 基于用户体验的老年人可穿戴智能产品情感化设计研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2019.
- TONG Guo-ying. Research on Emotional Design of Elderly Wearable Smart Products Based on User Experience[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2019.
- [63] 府榕, 张仲凤. 老年人家具功能情感化设计研究[J]. 林产工业, 2019, 46(5): 46-49.
- FU Rong, ZHANG Zhong-feng. Research on Emotional Design of Furniture Function for the Elderly[J]. China Forest Products Industry, 2019, 46(5): 46-49.
- [64] 刘佳蕾, 刘子建. 具身认知视角下膝关节康复机的情感化设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 203-207, 218.
- LIU Jia-lei, LIU Zi-jian. Emotional Design of Knee Rehabilitation Machine from the Perspective of Embodied Cognition[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(22): 203-207, 218.
- [65] 唐向飞, 赵冯冯. 基于情感化的视障群体感官代偿设计研究[J]. 设计, 2020, 33(19): 10-12.
- TANG Xiang-fei, ZHAO Feng-feng. Research on the Design of Sensory Compensation for Visually Impaired People Based on Emotion[J]. Design, 2020, 33(19): 10-12.
- [66] 任工昌, 张魏, 张强, 等. TRIZ 理论综述及在轻工装备领域研究展望[J]. 包装工程, 2019, 40(7): 156-161.
- REN Gong-chang, ZHANG Wei, ZHANG Qiang, et al. Summary of TRIZ Theory and Research Prospect in Light Industry Equipment[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(7): 156-161.
- [67] LI Zhi-jun, LI Jun-jun, ZHAO Su-na, et al. Adaptive Neural Control of a Kinetically Redundant Exoskeleton Robot Using Brain-Machine Interfaces[J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2019, 30(12): 3558-3571.
- [68] LUO Jing, YANG Chen-guang, SU Hang, et al. A Robot Learning Method with Physiological Interface for Teleoperation Systems[J]. Applied Sciences, 2019, 9(10): 2099.
- [69] 张芳兰, 彭婷, 王年文. 基于 HOQ 的盲人手机创新设计[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 208-210.
- ZHANG Fang-lan, PENG Ting, WANG Nian-wen. Innovative Design of the Blind Mobile Phone Based on HOQ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 208-210.
- [70] 王秀红, 唐淑珍, 李淑方, 等. 基于 TRIZ 和 QFD 理论的视障儿童玩具创新设计[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 168-172.
- WANG Xiu-hong, TANG Shu-zhen, LI Shu-fang, et al. Innovative Design of Toy for Visually Impaired Children Based on TRIZ and QFD[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 168-172.
- [71] 辜俊丽, 宋端树, 崔天琦, 等. 基于 AHP 与 TRIZ 的残疾人轮椅设计[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 187-193.
- GU Jun-li, SONG Duan-shu, CUI Tian-qi, et al. Design of Wheelchair for the Disabled Based on AHP and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 187-193.
- [72] ZHANG Xin, LI Jie-hao, FAN Ke, et al. Neural Approximation Enhanced Predictive Tracking Control of a Novel Designed Four-Wheeled Rollator[J]. Applied Sciences, 2019, 10(1): 125.
- [73] WANG Shao-feng. Research on Web Interface Barrier-Free Design for Elderly People[C]// 2020 International Conference on Intelligent Design (ICID). Xi'an: IEEE, 2021: 157-159.
- [74] 王佳帅, 江牧. 基于 QFD 和 TRIZ 的视障者药品标签器设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(12): 62-66.
- WANG Jia-shuai, JIANG Mu. Design of Drug Label for Visually Impaired Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(12): 62-66.
- [75] BÖRKLÜ H R, BOZBUĞA F, SEZER H, et al. A Novel Conceptual Design of a Stairlift for Elderly and Disabled People[J]. Gazi University Journal of Science, 2018, 5(1): 17-29.
- [76] NEWELL A F, GREGOR P. User Sensitive Inclusive Design—in Search of a New Paradigm[C]// Conference on Universal Usability. Washington: Proc A.C.M.2000: 39-44.
- [77] NEWELL A F, GREGOR P, MORGAN M, et al. User-Sensitive Inclusive Design[J]. Universal Access in the Information Society, 2011, 10(3): 235-243.
- [78] 张晓晨, 姚小玉, 胡飞. 具身认知视角下连续触感导盲导向产品设计[J]. 包装工程, 2021, 42(16): 113-119.
- ZHANG Xiao-chen, YAO Xiao-yu, HU Fei. Embodied Cognition Based Design and Verification of Continuous Tactile Guiding Products for the Visually Impaired[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(16): 113-119.