

# 视障者无障碍产品多感官交互设计实践与优化

张宇博

广州城市理工学院 广东广州 510850

**摘要:** 在城市和数字空间, 视障者仍然面临着信息断链的困境, 视觉通道被遮挡后, 环境线索和操作反馈瞬时失效, 造成安全隐患、社会隔离和数字化排斥。传统无障碍设计仅停留于补偿的层面, 即通过单点语音或点字来代替视觉, 而忽略了触、听、嗅甚至本体觉的协同作用, 导致认知负荷增加, 愉悦感减弱。随着材质、传感和空间计算等技术的广泛应用, 多重感知交互为打破替代逻辑提供了可能, 通过温度、振动、气味、声纹等多通道并行传输信息, 重构视障者对环境的掌控感和情感体验, 推动无障碍由可及走向可感和可享。

**关键词:** 视障者; 无障碍产品; 多感官交互设计; 实践与优化

## 引言

多感觉交互并不是简单的叠加刺激, 而是在神经可塑性和认知心理学的基础上, 对感知权重进行重新匹配, 形成通感层次的经验体验。为此, 可采用“功能适配”向“情境共创”转变的思路, 即硬件层提供灵活多变的物理界面, 计算层实现低时延高冗余性的跨通道编码, 从而突破城市物联网与穿戴设备之间的语义鸿沟。只有两种感知渠道互为备份, 互为补充, 才能减少单一失效的风险, 为视障者保留自主选择 and 审美表达的权利, 使无障碍产品真正融入社会生活。

## 一、视障者多感官感知特性与设计基础

### 1. 核心感官代偿机制分析

视障者在长时间的代偿过程中, 其触、听、嗅的感知能力形成了特有的信息加工方式。作为交互的核心通道, 触觉的空间分辨能力和纹理识别能力明显强于一般人, 指尖皮肤的触觉感受器能够精确识别凸起0.1mm、间隔0.5mm的纹理, 是文字阅读和形态感知的主要依托<sup>[1]</sup>。听觉是空间定位和信息解码的核心, 视障者可以根据声音的响度、频率、相位差等参数, 对1kHz-4kHz范围内的声音信号敏感度高于一般人30%以上, 能快速捕捉语音指令和环境提示音; 虽然嗅觉的应用范围比较有限, 但是可以作为一种辅助感知通道(如有害气体预警、物品识别等), 实现对特定环境的快速预警。

### 2. 多感官交互设计原则

多感觉交互设计应遵循四个核心原则: 补偿性互补、冗余增强、场景适应和低认知负荷。补偿互补原理是指

各感觉通道功能互补, 避免单一感觉通道出现故障, 如触觉精确定位、听觉提示等。冗余强化原理是指对关键信息进行多通道重复呈现以提高信息传递的准确性, 如在重要操作过程中同时提供触觉反馈和语音提示; 场景自适应原则是指设计要符合视障者的日常使用场景, 如家庭、旅行、办公室, 并根据场景特征对感知通道进行优化组合。降低认知负荷的原则是: 简化交互逻辑, 避免多通道信息冲突, 减轻脑信息处理负荷, 保证操作过程的可视化和高效率。

## 3. 设计约束与痛点解析

视觉障碍者无障碍产品的多感觉交互设计面临着三个核心限制: 生理上, 不同视障者(全盲、低视)感知能力存在明显差异, 需要兼顾普适性和个性化。在技术层面上, 多感知硬件的集成和信号同步存在困难, 容易产生反馈延时和信息冲突; 场景层次上, 复杂环境, 如公共场所噪声、强光/暗光等会对人的感知产生影响, 降低交互的可靠性<sup>[2]</sup>。目前的设计难点主要体现在单一的触觉交互反馈, 缺乏层次, 听觉信息超载, 容易忽视关键线索; 多通道协同不够充分, 存在信息冲突, 场景适应性差, 难以应对不同使用环境。

## 二、视障者无障碍产品多感官交互设计实践优化

### 1. 锚定核心需求: 构建感知适配体系

视障者因视觉功能所限, 对听觉、触觉等替代感知高度依赖, 设计优化应围绕感知无障碍这一核心标准, 充分考虑不同视障人群的使用场景和能力差异。在需求挖掘方面, 需要突破单维功能诉求调查, 对视障者在信息获取、操作执行、环境感知等全过程中的核心痛点

进行深入剖析，兼顾全盲、低视者等不同人群的感知偏好，并充分考虑用户在记忆、注意力等认知层次上的特点，保证设计方案在满足基本使用需求的同时，减少认知负荷<sup>[3]</sup>。

感知适配系统的构建需要围绕多感觉互补展开，明确各感觉之间的功能定位和协作逻辑。听觉是视障者获取信息的主要途径之一，需要对信息传递的清晰性和层次感进行优化，利用语音合成、语音增强等方法提高反馈的准确度，并构建标准化的语音指令集，使信息传递更加有规律和可预见性。触觉交互需要聚焦于操控反馈的清晰性，借助振动频率、压力、温度等多维感知信号，辅助用户感知工作状态和产品反馈，形成操控-反馈闭环感知。应充分考虑多种感知的协同和互补作用，避免单一感觉承载过多信息造成的感知疲劳，将听觉和触觉有机融合，构建全方位无死角的信息传输网络，保证用户在复杂环境中仍能快速、准确地获取关键信息。

同时，感知自适应系统还需要兼顾安全和隐私保护两方面的需求，在设计优化过程中，应设置多重确认机制和紧急停机功能，以避免因误操作而引发的风险，并从技术上保证交互过程中用户个人信息的安全性，防止信息泄漏。通过需求锚定和感知适配系统的构建，为多感觉交互设计提供明确的指导，保证设计实践始终围绕用户的核心需求展开，真正实现以人为本的设计思想。

## 2. 优化感官协同：强化交互逻辑连贯

感知协同并不是简单的功能叠加，而是建立起一套科学的互动规则，使听觉、触觉等感觉器官在信息传递、操作指导、反馈确认等各个环节各司其职，有机协作。在信息传递层次上，需要明确各个感知节点的信息承载侧重点，将复杂的语义信息通过语音进行传递，通过触觉反馈进行简单的操作状态信息传递，形成语义+状态双层次的信息传递模式，确保信息传递的全面性和有效性。

交互逻辑一致性的优化需要聚焦于流程的顺畅性和一致性，在设计过程中，应尽量简化操作步骤，减少不必要的交互，使用户能在连续的感觉反馈下迅速了解操作逻辑。建立统一的交互规则和反馈准则，保证同一种动作有统一的感觉反馈方式，比如固定的语音提示格式，统一的振动反馈频率，帮助用户形成动作记忆，减少学习代价<sup>[4]</sup>。与此同时，还需要注意感知反馈的时效性和准确性，在操作完成之后，给出清晰的听觉和触觉反馈，避免由于反馈延迟或者模糊而引起的操作混乱，

让使用者可以清楚地感知到手术的效果，从而增强使用者的信心。

感知协同优化也需要考虑环境自适应能力，保证多感知交互在不同场景下的稳定和高效。采用语音识别方法，以减少环境噪声对语音交互的干扰，提高语音识别系统的抗噪性，优化触觉交互灵敏度调节功能，使用户能够根据使用环境和自己的需要调节触觉反馈的强度，保证用户在不同场景中都能获得良好的交互体验。通过提高感知协作效率和交互逻辑，使其更符合视障者的使用习惯和感知规律，简化操作流程，提升用户体验。

## 3. 迭代技术应用：提升交互精准效能

对于触觉交互技术，需要对其应用进行优化，通过材料创新和结构设计，提高触觉反馈的丰富和可辨识性，使用户可以根据触感迅速辨别出产品的各个功能区和操作按键。在此基础上，结合振动、压力、温度等多元触觉反馈技术，实现不同操作指令和反馈信号的准确对应，提高动作识别精度，同时，通过人机工学优化，保证产品外形和操作模式符合视障者手部特点，减少操作疲劳。

语音交互技术的迭代应该围绕优化语音识别和语音合成技术进行，通过降噪、回波消除等语音增强技术，提高语音识别的准确性和稳定性，使用户能够在复杂的环境中进行高效的语音交互<sup>[5]</sup>。优化语音合成技术的自然度和可懂度，以适应不同的使用场景，对语音的语速和语调进行调整，同时还支持个性化的语音设置，以满足不同用户的听觉偏好。引入环境感知技术，利用传感器实时获取周边环境信息，并给出有针对性的语音提示，以提高用户对环境变化的适应性和安全性。

通过合理利用超声定位、红外传感等技术，可以帮助视障者感知产品所在位置及周边环境障碍，辅助作业执行。在技术迭代的过程中，需要注意兼容性和实用性，保证新技术能够与屏幕阅读器、盲文输入法等已有的辅助工具相兼容，规避技术壁垒造成的使用壁垒。

## 4. 完善设计闭环：保障持续优化迭代

构建一套科学的测试评价体系，引入视障者参与全过程测试，从感知体验、操作便利性、安全性等多个方面收集用户反馈信息，并结合专业用户可用性评价指标，对多感知交互的实际效果进行综合评价。在测试过程中，需要特别注意不同视障者在使用体验上的差异，并对测试结果进行精确定位和原因分析，为设计调整提供数据支持。

在设计的迭代过程中，需要建立快速的响应机制，

根据测试评价的结果，对设计方案进行优化和调整<sup>[6]</sup>。针对用户反馈的感知不明确、操作不便等问题，有针对性地调整感知协作逻辑、技术应用参数或者交互流程，以保证每次迭代都切实解决核心痛点。与此同时，需要注意设计方案之间的兼容性和可扩展性，为技术升级和功能扩展预留空间，使产品能够适应未来视障者的需求变化和技术的发展，延长产品的寿命。

设计闭环纳入工业标准和规范中，以保证优化后的产品满足无障碍设计相关标准，并具有较广的适用性和通用性。加强与行业组织和科研队伍的合作与交流，了解国内外无障碍设计领域的最新研究成果和发展趋势，将先进的设计思想和技术方法融入到产品的优化过程中。在不断收集用户反馈、测试评价和设计迭代的基础上，形成调研-设计-测试-优化的闭环，实现对视障者无障碍产品的多维度感知交互设计，始终跟上用户需求和发展的步伐，为视障者提供更高质量、更人性化的产品体验。

### 三、案例分析

某科技公司针对视障者户外出行的核心痛点，基于“感知适配+感知协同”的设计理念，提出“智能导航手环多感官交互优化”版本。项目以听觉语音导航为核心，结合触觉振动反馈和环境声效增强技术，构建语音语义传递+振动方向引导+触觉状态验证的三重交互系统，通过标准化语音指令和不同振动频率的组合，实现视障者对行进方向、障碍距离和操作反馈的快速识别。

在硬件方面，手环对触觉反馈模块进行优化，利用微型直线电机实现多档振动调节，设定不同振动频率（100Hz-500Hz）、振动持续时间（0.2秒-1.0s），并通过腕关节不同触点的振动触发，帮助视障者准确辨别方向。同时，集成环境声学传感器，利用声纹增强算法，对关键环境声如行人提示、汽车鸣笛声等进行放大，减弱背景噪音，使用户即使在嘈杂的环境中，也能清晰地捕捉到安全提示。项目针对传统导航产品存在的信息传递不清晰、操作繁琐等问题，有效降低视障者户外出行的认知负担和迷路风险。

在软件方面，优化后的系统建立一套自适应语音播放机制，可以根据使用者的行走速度，动态调整命令播放间隔时间，避免高速运动时信息过载，低速探索时信

息缺失。同时，新增加紧急求助功能，通过特殊振动方式和声音确认，保证了用户在遇到紧急情况时，可以迅速发出求救信号，求救信号会自动与实时位置相关联，并同步到预定的联系人。该案例通过硬件升级与软件优化的深度融合，验证了多感官协同设计在视障者户外出行产品中的实践价值，为无障碍产品中的应用提供借鉴（优化前后指标对比如表1）。

表1 优化前后指标对比

优化指标	优化前表现	优化后表现	提升幅度
语音识别准确率 (嘈杂环境)	68%	92%	24个百分点
核心操作学习时长	45分钟	12分钟	73.3%
障碍物识别响应时间	1.8秒	0.6秒	66.7%
用户出行安全感评分 (10分制)	5.2分	8.7分	3.5分

### 结束语

综上所述，面向视障者的多感知交互设计，不仅可以填补信息鸿沟，提高安全性和工作效率，还可以通过丰富细致的感官叙事重构其情感认同和社会参与度，为无障碍事业注入人文关怀和商业价值。未来，需要不断深化交叉学科协作，将神经科学、物质智力和伦理规范等纳入设计闭环，构建开放、可进化、去标签的多元感知生态系统，使看见不再只有一个，感知所有人都是平等的，促进包容城市和数字化文明的共同发展。

### 参考文献

- [1]任星颐.情感化包装设计的美学价值研究[J].中国包装, 2024, 44(11): 63-66.
- [2]史方正, 陈晓华.面向听障青年的智能设备多感官体验设计研究[J].设计, 2024, 37(19): 124-127.
- [3]张萌, 张杨.服务设计视角下养老机构老年助浴产品设计[J].工业设计, 2024, (08): 28-32.
- [4]刘勇.老旧社区外部公共空间无障碍设计策略研究[J].城市建筑, 2024, 21(14): 95-98.
- [5]李晓英, 熊晨昕.基于介助老人需求的无障碍洗浴产品设计研究[J].包装工程, 2024, 45(14): 137-148.
- [6]张博慧, 战丽.基于CiteSpace的无障碍设计研究[J].工业设计, 2024, (06): 58-62.