

基于非遗纹样与多模态感知的智能适老鞋设计研究

崔婷婷 韩云笑 韩云帆

北京柯飞金诚科技有限公司, 中国·北京 102442

摘要: 本文基于非遗纹样文化转译及多模态感知技术结合, 提出一种智能化适老鞋设计方案。从老人足部特点、步行安全性以及情感审美出发, 设计出具有足底压力检测、姿态分析、摔倒报警并融入文化的鞋子。目的是提高适老鞋的安全性、舒适性和人文关怀, 对智能穿戴设备适老化进行探索。

关键词: 非遗纹样; 多模态; 适老鞋; 步态监测; 跌倒预警

Intelligent Elderly-Friendly Shoe Design Based on Intangible Cultural Heritage Patterns and Multimodal Sensing

Cui Tingting, Han Yunxiao, Han Yunfan

Beijing Kefei Jincheng Technology Co., Ltd., China Beijing 102442

Abstract: This paper proposes an intelligent design for elderly-friendly shoes by integrating the cultural translation of intangible cultural heritage patterns with multimodal sensing technology. Taking into account the characteristics of elderly feet, walking safety, and emotional aesthetics, the designed shoes incorporate features such as foot pressure detection, posture analysis, fall alarm, and cultural integration. The goal is to enhance the safety, comfort, and humanistic care of elderly footwear, thereby exploring the aging adaptation of smart wearable devices.

Keywords: Intangible cultural heritage patterns; Multimodal; Elderly-friendly shoes; Gait monitoring; Fall prediction

0 引言

当适老鞋不再是简单的“防滑耐磨”生活用品而是成为一种融合健康监护、安全防护以及文化的产物时, 它所具有的意义就被赋予新的内涵。对于老人行走安全、足部健康以及审美的追求, 传统的鞋类产品已经不能很好地适应这个现实的需求。而非遗纹样具有特殊的文化价值, 同时多模态感知技术可以实现对人的步态进行分析, 还可以及时发现老人是否摔倒并且提供相应的帮助。因此, 本文主要从三个方面进行阐述: 即文化转译、感知功能及适老化设计。

1 智能适老鞋设计的需求分析

1.1 老年群体足部生理特征分析

进入 60 岁以后, 老年人足部脂肪垫厚度、足弓弹性和踝关节活动度以及下肢肌肉力量都会有所降低, 在行走过程中更容易出现足底压力集中在前掌和后跟的情况, 单脚站立时平衡感变差。另外一些老年人会有拇外翻、扁平足、足底疼痛等疾病, 因此对鞋子的要求是在结构上要有一定的包容性和支撑性。智能适老鞋的设计可以让鞋底的缓冲层厚度为 25-35mm, 鞋底硬度为邵氏硬度 45-60A, 既要有一定的柔软性也要有较好的稳定性; 鞋楦前掌宽度

要加宽 5%-8%, 避免足趾受压^[1]。此外, 鞋面要具有良好的柔韧性和透气性, 开合方式可以是魔术贴、弹性鞋口或者旋钮系带等便于弯腰穿着脱下。

1.2 老年用户出行安全需求分析

老年人步幅减小、步频减慢、重心移动缓慢, 在行走时容易因湿滑路面、台阶高度以及自身失衡而摔倒。智能适老鞋需以“防滑—监测—预警”为宗旨设计安全性。鞋底防滑纹深度应在 3~5mm 之间, 接触地面部分占比较大, 增加湿地或光滑路面上摩擦力; 鞋底前后掌弯折点不宜过大, 防止过于柔软造成支撑力不足。在感知方面, 在鞋垫前掌、足弓及足跟处加入压力传感器, 采样速率为 50~100 次/s, 获取用户的每一步长度、最大受力以及左右脚间压力差等信息; 配合使用三轴加速度计与陀螺仪可检测出倾斜、急停、拖步以及即将发生跌倒等情况, 提前发出警报提醒用户, 且反应时间不超过 1~3 秒, 提升其应对突发状况的能力。

1.3 老年用户情感与审美需求分析

智能适老鞋不仅是功能性用品, 也是老年人生活中一种情感寄托。老年人对于鞋子外观更倾向于颜色端庄、图案常见以及有积极寓意。非遗纹饰如回纹、云纹、团花纹、

寿纹等都代表了吉祥如意、团圆美满等含义，可以应用于鞋面上不同区域、鞋底纹理甚至是智能部件外表面上，形成具有一定文化标识性的外观设计。从色彩方面考虑，可以选择低饱和度的红色、灰色、蓝色、米黄色或者深蓝色等颜色，避免过于鲜艳给老年人带来不适感。纹样大小不超过整个鞋面可视范围的15%–30%，既能起到点缀作用，也不会显得太过繁复^[2]。借助这些传统文化符号与智能化相结合，可以使产品除了安全性以外还有亲切感、信赖感以及美观性。

2 非遗纹样在适老鞋设计中的文化转化

2.1 非遗纹样的文化内涵提取

非遗纹样是人们的生活经验和风俗观念的集中体现，广泛应用于刺绣、织锦、剪纸、蓝印花布等各类非物质文化遗产项目中。花鸟纹常常代表生机勃勃、欣欣向荣之意境；云纹寓喻流动、吉祥、平安之寓意；回纹表示连绵不断、生生不息之意象；团花纹寄予团圆、团聚以及祝福的美好愿望。而智能适老鞋的目标客户以60岁以上老年人为主，他们对于“健康、安全、长寿、陪伴”等方面有着较高的认同感，所以在纹样的选取上可以优先考虑纹样识别度较高、寓意明确且稳定性的纹样种类并进行“图形元素——文化寓意——产品位置”的匹配，让这些文化符号服务于适老鞋的安全性和舒适性。同时纹样的选择也要充分考虑到地方特色，避免符号使用的滥觞，可以从纹样的出处、意思以及应用环境三者之间的关联出发来丰富产品的文化故事性^[3]。

2.2 非遗纹样的形式语言再设计

非遗纹样用于智能适老鞋时，要由传统的平面装饰转为适用于鞋身曲面的设计方式。传统纹样一般线条繁琐、层次丰富，在鞋面上使用会带来视觉压力以及加工困难等问题。设计上可以将纹样线条减少为原来40%–60%，保留主要轮廓及特征点；纹样的最细线条建议为1.5–2.5mm，以便于热压、刺绣、激光雕刻和织物印花等工艺操作。颜色上可以从传统高饱和的颜色中选取主色调并转化为低饱和度和中明度的颜色，如靛蓝、米白色、大红色、灰色等，使它更加符合老年人沉稳、柔和的审美需求。纹样的排布要顺着鞋身受力方向以及视觉重心，不在弯曲处出现过多装饰。而且纹样的大小也要根据鞋面大小来分等级，主纹样不超过整个鞋面的20%，而次级纹样用于填充边缘部分，保证层次感的同时也便于穿脱。

2.3 非遗纹样与适老功能的融合表达

非遗纹样的价值不单是起到点缀作用，还应该与适老

鞋的功能结合。在鞋面上可以使用简化后的云纹或者花鸟纹进行分隔，增加鞋子辨识度；在鞋舌和后跟提拉部位可以加入小面积纹样标志，方便穿脱；鞋垫可以使用柔软印花纹样区分脚趾、脚弓以及脚后跟受力位置，提升功能性。而在鞋底纹路上，可以将回纹、波纹等连续图形变成防滑纹路，纹路深度为3–5毫米，纹路之间距离为4–8毫米，以便于排水及防滑。智能模块外部可以用浮雕纹样减少电子产品工业风感觉，让传感器、提示灯与传统纹饰看上去一致，进而达到文化传播、安全性以及智能化目的统一。另外，在制作工艺方面，鞋面纹样要选用耐磨、耐水洗材料，表面耐磨次数要在5000次以上，以保证长期穿着后纹样完整。

3 多模态感知技术在智能适老鞋中的应用

3.1 足底压力感知与步态监测

足底压力感知是智能适老鞋进行步态分析的重要手段，在设计上可在鞋垫前掌、第一跖骨处、足弓处、足跟处放置4–8个柔性压力传感器，量程为0–500kPa，采样率为每秒50至100次，以便获得站立、起步、支撑、摆动各阶段信息。根据压力最大值、受力时间长短、左右脚之间的压力差异以及重心变动路径情况可以识别出老年人是否出现拖步、偏载、步长不对称等问题。如果左右脚之间压力差大于15%–20%，或者一次支撑时间突然增加很多，则认为有可能发生危险。此部分除了能帮助判断摔倒风险外还可以对足弓承重能力、鞋垫减震效果以及后续定制化服务起到参考作用。此外还可以按天、周、月统计这些压力数据的变化规律来反映步态稳定性的改变以便让家人或者照护者清楚了解老人活动状况。如图1所示。



图1 智能适老鞋多模态感知系统架构

3.2 姿态感知与跌倒预警

姿态感知主要是通过三轴加速度计、陀螺仪以及惯性测量单元来检测老人的姿态及身体的变化情况，传感器可以放置在鞋跟中底或者鞋帮后方，取样率需要大于等于

50Hz 以便及时获取行走、转身、上楼、下楼、突然停止以及倾斜等情况的动作特征,在加速度突变、角速度过大并且足底的压力短时间内变化或者抬离地面的情况下便可以判定老人有摔倒的风险,报警的时间最好不超过 1~3 秒并且可以通过蓝牙 5.0 或低功耗蓝牙将该信息发送给手机端、家人端或者社区平台,提醒的方式可以选择振动、鸣叫、APP 提示等,简化老人的操作,在突发情况下能够更快做出反应,为了防止误报可以增加姿态的角度、足底的压力以及运动时间来进行综合判断,使设备在转身、坐下、上楼等日常生活的行为中具有良好的鲁棒性^[4]。

3.3 温湿度与足部健康感知

温湿度感知用于监测鞋内微环境,是提高老年人穿着舒适度以及足部健康的重要手段。老年人足部末梢血液循环较差,对于温度和湿度的变化感知不足,在鞋子内部长时间处于较大湿度的情况下会导致脚感闷热、有异味、皮肤不适等问题发生。智能适老鞋可以在鞋垫中部或者鞋舌内侧设置温湿度传感器,温度量程为 0~50℃,误差不大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;湿度量程为 20%~95%,误差不超过 $\pm 3\%$ 。如果鞋子内的温度低于 18℃或者湿度大于 70%,可以通过手机等设备给老人发送消息提醒他们及时更换袜子、开窗通风、使用保暖部件等措施。配合使用透气网布、抗菌鞋垫以及分区导湿材料可以做到“感知-提醒-调节”。同时还可以结合穿鞋时间长短进行判断,在连续穿戴 6~8 个小时并且湿度较高时自动发出提醒老人暂停行走或脱掉鞋子休息、换鞋等活动,减少因长时间穿着鞋子导致足部不适的可能性。

4 基于非遗纹样与多模态感知的设计策略

4.1 功能适老化设计策略

智能适老鞋功能设计主要考虑安全性、舒适性和便捷性。鞋重不超过单只 250~350g,减轻长时间站立对下肢的压力;鞋底厚度 25~35mm,前掌弯曲角度为 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$,既保证减震又便于行走。防滑性能上,鞋底凹槽深度一般在 3~5mm,前掌和后跟分别有不同方向纹理,以便于在湿滑路面上行走。鞋面材质可用弹性织物、透气网布以及少量热压支撑片,保证舒适的同时透气良好。开启方式以魔术贴、弹性鞋口或者旋钮为主,防止过于繁琐而难以穿脱。智能部件体积要小,能耗低,连续工作时间不少于 7 天,保证正常使用。此外,鞋身中部加强防侧翻能力,可将抗扭片厚度设为 1.5~2.5mm,降低左右摇摆;后跟高为 45~60mm,保证脚踝稳定。鞋内有足够余地让脚部伸缩自如,在前掌宽度上比标准鞋宽出 5%~8%,

以符合老人一天中不同的脚部大小。

4.2 文化情感化设计策略

文化情感化设计应将非遗纹样从单纯的装饰变为有辨识度及情感指向性的视觉符号。纹样选取可以以“平安、长寿、团圆、陪伴”为主题进行选择,优先使用云纹、回纹、团花纹、花鸟纹等形状较为规整且含义明确的图案。纹样的面积不宜过大,在整个鞋面上占据比例不超过 15%~30%,过多会喧宾夺主。颜色方面可采用低饱和度的颜色,如米白色、灰色蓝色、深蓝色、棕色红色等,亮度差在 30%~50%,更加温馨。材质上面可以使用刺绣、织纹压印、激光切割和热转印等方式,让传统纹样与现代鞋款和谐统一。用文化的元素、柔和的颜色以及舒适的材质相结合的方式提升老年人对这款产品的亲和力和归属感。另外纹样布置要避免开鞋面上经常弯曲的地方以及传感器放置处以免图案变形或者给后续维护带来不便。局部标识可以设置在鞋舌、后跟提拉带或者鞋侧面支撑片上面,这样既起到指引的作用又可以作为文化符号存在^[5]。如图 2 所示。



图2 非遗纹样在智能适老鞋中的设计应用

4.3 智能交互友好化设计策略

智能交互设计应减轻老年人学习负担,减少复杂操作步骤。多模态感知模块能够将足底压力、姿态变化、温度及湿度等信息转换成直观信号,“采集-识别-警报-存储”。鞋体内可以有震动提醒,震动频率在 100 到 200 赫兹之间,用来表示摔倒危险、反常走路姿势或者鞋子内部潮湿程度等问题;手机端或者家庭成员使用的微信小程序上可以看到行走数量、受力情况、风险级别以及电池剩余量等。字号不应低于 18 磅,重要信息用图形或者颜色以及少量文字显示,减轻阅读难度。通讯方式建议使用蓝牙 5.0,通信距离约在十米以内;报警反应时间不超过一到三秒。简单易懂交互可以使老年人更愿意使用智能防跌倒老人鞋。为了减少误报,可以将压力传感器、加速度计以及陀螺仪

的数据进行综合分析，只有连续两三次以上都存在异常才会发出警告。同时也可以增加一键呼救按钮，按钮大小至少为 12 毫米乘以 12 毫米，方便老年人遇到突发状况时快速按下。

5 结语

基于非遗纹样及多模态感知开发智能适老鞋的设计理念，是传统非遗文化与现代智能科技相结合的价值所在。非遗纹样赋予产品更多的文化意蕴以及情感价值，而多模态感知技术提升对步态监测、跌倒报警以及足部护理等功能性方面的性能。同时，在功能性适老化、纹样现代化以及人机交互友好性的基础上，智能适老鞋可以更好地服务于老年人的安全、舒适及审美要求。此外，未来可以进一步融合智能化技术和精细化分析来实现更精准、更人性化的适老鞋设计。

参考文献：

- [1] 朱思蓓. 基于包容性设计理念的公交站适老化设计——以上海市静安区为例[J]. 大观, 2025(06): 46-48.
 - [2] 王艺. 人工智能辅助下的传统纹样生成及其在环境设计中的应用[J]. 大观, 2025(06): 55-57.
 - [3] 方岩. 基于情感化理论的适老化设计研究[J]. 大观, 2025(06): 6-8.
 - [4] 钟凡. AI 视觉设计在中国传统文化元素创意应用中的实践[J]. 鞋类工艺与设计, 2024, 4(16): 69-71.
 - [5] 郭燕齐, 许晓. 数字文创产品中非遗文化传承与创新设计融合研究[J]. 鞋类工艺与设计, 2024, 4(03): 96-98.
- 作者简介：崔婷婷（1993.02-），女，汉族，河南省林州市，硕士研究生，讲师，研究方向：物联网、人工智能、模式识别。