

# 基于穴位刺激的医疗保健智能服饰的研究进展

崔玉梅, 林子琦

(东华大学服装与艺术设计学院, 上海 200051)

**摘要:**为探究中医经络理论与智能穿戴技术的融合路径,采用文献调研法,对现有穴位刺激智能服饰进行系统梳理与分类。根据不同的穴位刺激方式,将穴位刺激智能服饰划分为电刺激、远红外热敷、按摩、艾灸与综合治疗5类,并对各类技术的研究进展进行分析。在此基础上,从实际应用出发将穴位刺激智能服饰分为健康理疗和辅助医疗两大类,总结其各自优势与局限。同时,对实现穴位刺激智能服饰的关键技术及其原理进行阐述。研究表明,穴位刺激智能服饰在服用舒适性、安全性及耐久性方面仍存在不足。未来应向功能集成化、数据化方向发展,并进一步拓展在既病防变及病后防复方面的应用。

**关键词:** 穴位刺激; 医疗保健; 中医经络; 智能服饰

**中图分类号:** TS 941.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2026)01-0045-08

## Research Progress of Medical Treatments and Health Care Intelligent Clothing Based on Acupoint Stimulation

CUI Yumei, LIN Ziqi

(College of Fashion and Design, Donghua University, Shanghai 200051, China)

**Abstract:** This study explored pathways for integrating traditional Chinese medicine meridian theory with intelligent wearable technology. A literature review was conducted to systematically collate and classify existing smart garments designed for acupoint stimulation. Based on different acupoint stimulation methods, these garments were categorized into five types: electrical stimulation, far-infrared thermal therapy, massage, moxibustion, and combination therapy; research progress in each category was analyzed. From a practical standpoint, the acupoint-stimulating smart apparel were further divided into two major application fields: wellness therapy and assisted medical treatment, with their respective advantages and limitations summarized. The key technologies and their principles for implementing acupoint-stimulating smart apparel were also elaborated. The findings indicate that there are still deficiencies in the comfort, safety and durability of intelligent clothing for acupoint stimulation. Future development should focus on functional and datafication, with further expansion of applications in preventing disease progression and recurrence.

**Key words:** acupoint stimulation, healthcare, traditional Chinese medicine meridian theory, smart textiles

随着科技发展,中医经络理论和智能服饰的融合备受关注。在“十四五”规划推动“健康保健”理念及“互联网+”向医疗领域发展的背景下<sup>[1]</sup>,穴位刺激疗法已在多学科领域得以探索与应用。但传统穴位刺激疗法因需频繁就医且属于有创操作,

易致病体损伤而发展受限。而柔性织物与传感器技术在智能服饰中的应用,为无创、舒适、便捷的穴位刺激提供了新的实现路径<sup>[2]</sup>。

文中基于穴位刺激的作用原理,从电刺激、远红外热敷、按摩、艾灸与综合治疗5个方面,对相关

收稿日期:2024-05-23; 修订日期:2025-12-20。

基金项目:国家重点研发计划项目(2023YFC3011705);上海市教育科学研究项目(C2025235)。

作者简介:崔玉梅(1973—),女,教授,博士生导师。主要研究方向为时尚流行趋势与前沿科技。Email:cymyhez@126.com

智能服饰进行系统的分类与总结,并进一步归纳其面临的问题及未来发展趋势。

# 1 穴位刺激智能服饰的概述

## 1.1 穴位刺激智能服饰

智能服饰指将微型电子设备嵌入服装,实现功能集成的科技产物<sup>[3]</sup>。基于此,融合中医穴位刺激理论而形成的穴位刺激智能服饰,借助新型柔性元件模拟传统中医穴位疗法以达到医疗保健效果。

传统的穴位刺激方式主要包括针灸、拔罐、艾灸、按摩推拿等,但其普遍存在患者配合治疗效率较低的问题<sup>[4]</sup>。如针灸穴位刺激效果受医师经验和手法等多种因素影响,可重复性较难保证<sup>[5]</sup>;加之该疗法属于有创操作,易使患者产生畏惧心理,从而限制了其应用与推广<sup>[4]</sup>。在此背景下,无创型穴位刺激智能服饰的出现,为解决传统穴位刺激法的局限提供了新的技术路径。

## 1.2 穴位刺激智能服饰的刺激方式

穴位刺激智能服饰按刺激方式,可分为电刺激、远红外、按摩、艾灸与综合治疗 5 类,具体见表 1。

表 1 穴位刺激智能服饰的刺激方式

Tab. 1 Functional categories of intelligent apparel with acupoint stimulation

编号	穴位刺激方式	功能
1	电刺激	使用电极片,通过经皮穴位电刺激患者相应穴位,达到保健与治疗的目的
2	远红外	使用具有远红外放射特性的可纺颗粒共纺织成面料,达到远红外刺激穴位的作用
3	按摩	使用机械动力装置控制按摩头进行移动与振动,从而达到模拟传统按摩手法中按压、揉捏的效果
4	艾灸	使用智能程序,替代或辅助艾灸的人工操作,从而解决传统艾灸疗法存在的安全风险与环境限制问题
5	综合治疗	通过智能服饰设备集成多种穴位刺激方式,实现复合型、多模态的中医治疗与保健功能

## 1.3 穴位刺激智能服饰的应用领域

1.3.1 健康理疗类 健康理疗类的产品主要面向轻症或亚健康人群,旨在通过简单、舒适的方式实现日常自我健康管理,如改善睡眠、缓解肌肉疲劳等。

王红星<sup>[6]</sup>利用穴位刺激组件和生物信号监测

系统,制作了一款可穿戴式睡眠管理装置,可根据使用者的实时生理信号,智能调控对睡眠相关穴位的刺激。朱光彩等<sup>[7]</sup>设计了一种内置规律排列按摩珠的眼罩,通过按摩佩戴者双侧太阳穴,帮助缓解眼部疲劳。

1.3.2 辅助医疗类 辅助医疗类穴位刺激智能服饰属于医疗辅助设备,主要面向需长时间监管和治疗的患者。其可移动、便捷化的特点,能有效提高患者依从性与治疗效率,从而优化医疗资源的配置与使用。

李立红等<sup>[8]</sup>利用 AI 和电刺激技术,研发了一款高柔性智能弹性衣裤。该系统通过置于腰包的智能芯片,以 zigbee(一种应用于短距离和低速率下的无线通信技术)方式无线传输交互信息,并上传至人机交互平台进行分析,实现帕金森病的远程监测与实时调控,为慢性病症的长期管理提供了便捷高效的解决方案。师宁宁<sup>[9]</sup>设计了一套穿戴式戒毒康复装置,它以坎肩为载体,通过低频脉冲电极片刺激经络,为戒毒康复提供了新的辅助治疗手段。李莹辉等<sup>[10]</sup>以棉袜为载体,通过电极片输出远红外与经皮电刺激,用于辅助调控血糖,适合用于糖尿病等慢性病患者的日常辅助治疗。

# 2 穴位刺激智能服饰的技术原理

## 2.1 穴位刺激智能服饰的工作原理

在中医学理论中,俞穴是脏腑经络之气输注于体表的特定部位,也是实泻虚补的调气之处。针灸与艾灸疗法均可通过刺激这些关键穴位来达到医疗保健效果。而按摩推拿则主要借助温通经络、行气活血的方式发挥疗效<sup>[11-13]</sup>。

穴位刺激智能服饰的基本原理如图 1 所示。该类服饰能够感知外界信息或人体状态,通过信息交互实现智能反馈<sup>[14]</sup>。

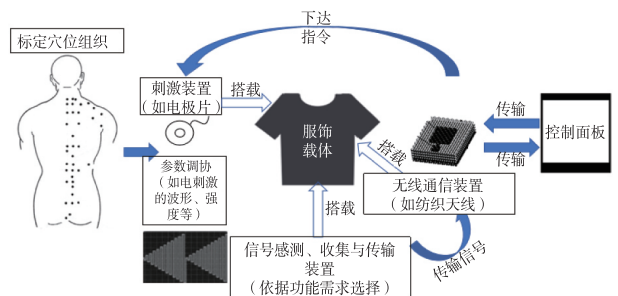


图 1 穴位刺激智能服饰基本原理示意

Fig. 1 Schematic diagram of the basic principle of acupoint stimulation intelligent clothing

## 2.2 穴位刺激智能服饰的装置技术

穴位刺激智能服饰的设备构成与多数智能穿戴产品类似,主要包括信号感测(指信号感应和测算)与传输装置、能量收集与管理模块以及无线通信单元<sup>[15]</sup>。此外,其核心在于集成了能够实现医疗保健功能的刺激装置。

**2.2.1 刺激装置** 在穴位刺激智能服饰中,刺激装置根据不同的刺激形式可分为脉冲装置、远红外发热装置、按摩装置 3 类。

1) 脉冲装置。脉冲电通常指持续时间较短,幅度较高的电压或电流信号,也可以指按照特定时间间隔发生的电荷涌动现象<sup>[16]</sup>。临床实践表明<sup>[17]</sup>,电刺激的关键参数包括波形、波宽、幅度(强度)、频率、节律及持续时间,其中强度与频率尤为重要。

在频率方面,该类服饰多采用低频脉冲(0 ~ 1 kHz)。低频脉冲虽可促进血液与淋巴循环,但单独作用时易引起明显痛感;而中频脉冲(1 ~ 100 kHz)虽能作用于深层组织,但对肌肉的刺激效应却较弱。因此,在实际应用中常采用低频与中频调制形成的复合脉冲,以兼顾疗效与舒适性<sup>[17]</sup>。在强度方面,研究显示低强度电针对穴位的镇痛作用具有局限性与穴位特异性;而高强度电针的镇痛效应则更为广泛,不受穴位特异性限制<sup>[17]</sup>。在治疗时间方面,频次过高且单次治疗时间过长易加剧炎症反应,反之则难以达到预期疗效,现有研究表明,每 3 天一次、每次持续 30 min 的治疗方案效果较为理想<sup>[17]</sup>。在波宽方面,韩济生<sup>[18]</sup>认为刺激频率不同,波宽也需进行相应调整。在波形方面,常见类型包

括密波、疏波、断续波、疏密波等,不同波形对人体生理调节作用具有差异,可根据治疗目标进行选择,具体见表 2。

表 2 脉冲波形分类

编号	波形名称	原理
1	密波	该波形可降低神经应激反应,具有止痛、镇静,缓解肌肉和血管痉挛的作用
2	疏波	该波形使肌肉收缩,提高肌肉韧带张力,对神经抑制作用时间较长,可用于治疗痿症
3	疏密波	该波形结合了疏波与密波的优点,避免了各自局限,具有较强的动力效应,在治疗过程中以产生兴奋性反应为主导。对促进血液循环以及新陈代谢具有良好效果
4	断续波	断续波能够有效避免机体产生适应性,因此对横纹肌具有良好的刺激与收缩效果。可用于治疗痿症、瘫痪,及电肌体操训练

2) 远红外发热装置。远红外发热装置采用低电压安全电源驱动发热元件,并通过调节电压实现精准温控。将发热元件作用于特定穴位,可显著增强理疗效果。石墨烯加热片智能服饰衣身电路设计如图 2<sup>[19]</sup>所示。基于经络理论设计的这款智能服饰,凭借其合理的石墨烯加热区域布局与电路排布,凸显了电路设计对于远红外发热装置实现精准理疗的重要性。

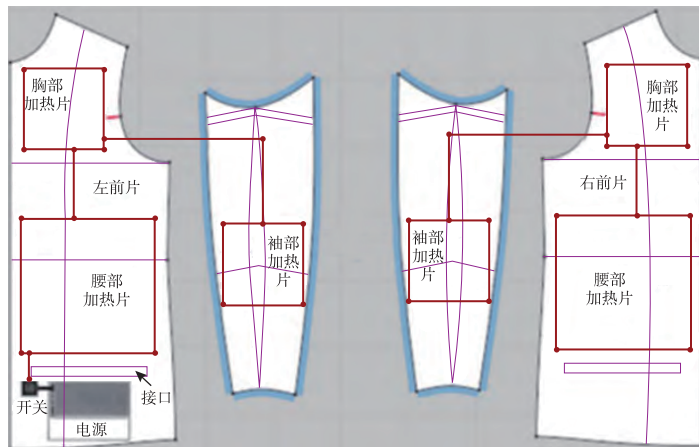


图 2 石墨烯加热片智能服饰衣身电路设计

Fig. 2 Design of intelligent clothing body circuit with graphene heating plates

3) 按摩装置。按摩装置通常采用按摩单元模拟传统按摩手法,常与远红外热敷、低频脉冲等功能模块结合使用,以达到复合刺激效果。如龙国云<sup>[20]</sup>开发了一款集成微电流刺激的按摩器,通过协

同运用微电流与机械按摩对穴位进行双重刺激。

**2.2.2 信号感测、收集与传输装置** 传感器通过采集外部生理信号并将其转换为电信号,再借助无线通信模块实现数据传输与人机交互。当前柔性传

传感器主要以电阻式为主,少数采用压电式或电容式。电阻式传感器的工作原理为当人体呼吸、脉搏等生理活动引起体表形变时,传感器内部织物的接触电阻与长度电阻随之改变,从而导致整体电阻变化,最终实现生理信号到电信号的转换<sup>[21]</sup>。电阻式传感器作用原理如图 3 所示。

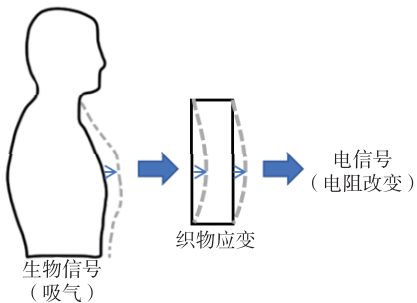


图 3 电阻式传感器作用原理

Fig. 3 Working principle of resistive sensors

在穴位刺激智能服饰中,信息监测类装置通常根据具体功能需求进行配置。如在脊椎形态矫正电刺激可穿戴设备中,需通过 ATK - IMU901 六轴角度传感器实时监测姿势信息<sup>[22]</sup>;而在以日常保健为主的足底穴位按摩鞋中,则不需要配置监测模块,直接通过无线遥控器实现功能控制<sup>[23]</sup>。

**2.2.3 能量收集与管理装置** 能量收集与管理主要通过两种途径实现:一是提升电池容量,二是通过系统设计降低能耗。如王天舒等<sup>[24]</sup>提出了一种可穿戴设备分簇方法,将采集的数据以成簇方式汇总处理,从而有效降低通信与计算能耗,延长设备的整体使用时间,具体如图 4 所示。此外,吴长旺等<sup>[25]</sup>研制了一种超薄自黏电极片,其在保证低刺激、高贴合度的同时,也具有较轻的质量与较低的自身功耗,有助于从部件层面优化设备的能耗与穿戴体验。

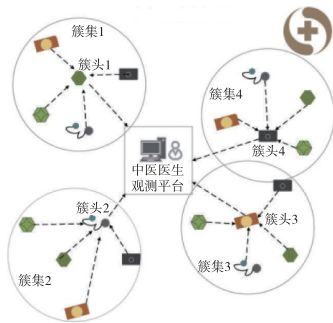


图 4 中医可穿戴设备网络

Fig. 4 Traditional Chinese medicine wearable device network

**2.2.4 无线通信装置** 利用织物介质构建人体无线通信网络是未来可穿戴领域的重要发展方向之

—<sup>[26]</sup>, 纺织天线的出现正顺应了这一趋势。三维织物的微带贴片天线如图 5 所示。在纺织天线中,微带天线的相关研究较多,其可依托不同纤维材料,将介质基板、辐射贴片及接地板一体化织造成型<sup>[27]</sup>。这类天线具备柔软、轻质和易共形等特点,不仅为可穿戴设备的设计提供了空间,也显著提升了服装的穿着舒适性。

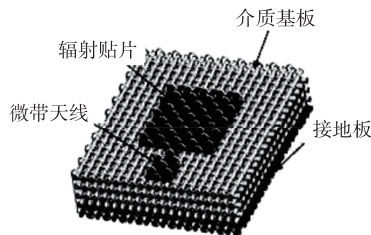


图 5 三维织物的微带贴片天线

Fig. 5 Schematic diagram of microstrip patch antenna with three-dimensional fabric

### 3 穴位刺激智能服饰的研究现状

#### 3.1 穴位电刺激智能服饰

穴位电刺激智能服饰是目前应用较为广泛、技术相对成熟的一类产品。多项研究证实,该类产品对于疼痛管理、躯体疲劳等症状具有良好的缓解与治疗效果<sup>[28]</sup>。

**3.1.1 穴位电刺激智能服饰的载体** 韩国宁<sup>[29]</sup>针对下肢肌肉萎缩的治疗,设计了一款绑带型可穿戴电刺激装置。研究采用双相刺激波形,通过对 40 名健康受试者进行测试发现,该智能服饰可显著提升小腿后肌群力量表现。李颖<sup>[30]</sup>则利用类似电刺激穴位装置,作用于双侧内关、外关、足三里及阴陵泉穴位,以评估其对心律失常的干预效果,具体如图 6 所示。



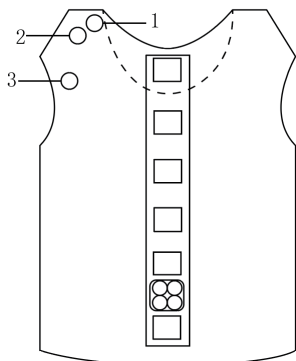
(a) 经穴电刺激器 (b) 服装载体

图 6 电刺激穴位刺激智能可穿戴服饰示意

Fig. 6 Schematic of a smart wearable garment with electrical acupoint stimulation

**3.1.2 穴位电刺激智能服饰的安全性设计** 在电刺激类智能服饰设计中,人体电流安全性为重点考虑因素。因此,贺足翔等<sup>[22]</sup>开发了一款可通过小程序调控电极片输出频率、强度与波形的系统,并设

置了安全断电保护装置,从而有效保障了电刺激过程的安全性,具体如图7所示。



注:1,2,3 为电极片的安装位置

图7 项目硬件整体设计

Fig.7 Overall hardware design diagram of the project

### 3.2 远红外热敷穴位刺激智能服饰

远红外热敷主要利用远红外线的辐射热效应作用于人体穴位。该类服饰通常将具有远红外放射特性的功能材料(如石墨烯、托玛琳等)织入面料<sup>[31]</sup>,从而实现兼具热疗与穿戴功能的一体化设计,其材质往往具备良好的亲肤性与舒适度。

**3.2.1 远红外热敷穴位刺激智能服饰的载体** 为使远红外更好地贴合体表发挥作用,此类产品多以内衣、护膝、护腰等贴身衣物为载体,技术相对成熟,相关研究较为丰富。如浙江大学研发了一款用于颈腰膝关节痛康复的装置,通过微磁振模块调控远红外发热温度,并可灵活集成于内衣、床被等日常用品中<sup>[32]</sup>。

**3.2.2 远红外热敷穴位刺激智能服饰的远治应用** 与电刺激类产品不同,远红外热敷在智能服饰中的应用较少针对单一穴位进行精确刺激,而更多采用大面积的温敷设计。如赵露等<sup>[33]</sup>将可发热的石墨烯片置于内衣夹层中,通电后释放6~15 μm的远红外线,作用于腰、腹、胸等多个包含调理生理期相关穴位的区域,从而对女性痛经起到明显的缓解作用。

### 3.3 按摩穴位刺激智能服饰

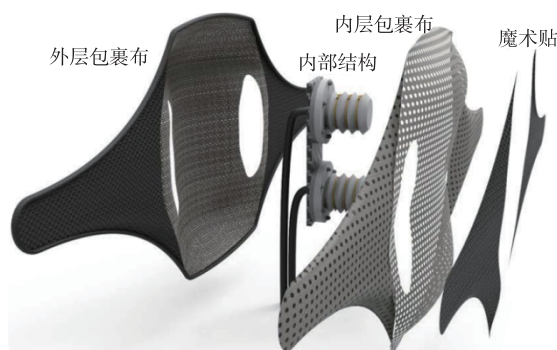
目前,按摩类穴位刺激智能服饰的主要应用部位集中在腰背部,同时在腕部、足底及头部等局部也有少量产品。该类设备基于中医经络理论,通过内置的机械驱动单元控制按摩头进行移动与振动,以模拟传统按压、揉捏等手法,多用于日常保健。如Sajapin S N等<sup>[23]</sup>设计了一款足底按摩鞋,用户可以通过无线遥控器调节鞋内6个按摩头,从而促进足部气血流通,达到舒缓疲劳的效果。

**3.3.1 按摩穴位刺激智能服饰的远治应用** 按摩

类穴位刺激智能服饰按其作用范围可分为两类:一是大范围覆盖式,满足以保健为主的理疗需求;二是小范围定点式,针对特定穴位或症状进行精准干预。大范围覆盖式设计作用区域更广,侧重于整体调理。如蔡晓琳等<sup>[34]</sup>采用柔性气囊作为按摩执行单元,设计了一款腿部缠绕式裤装,用于改善青年人群的亚健康状态,具体如图8<sup>[34]</sup>所示。



(a) 用户穿戴场景图



(b) 产品爆炸图

图8 腿部按摩装置

Fig.8 Leg massage device

**3.3.2 按摩穴位刺激智能服饰的近治应用** 按摩类智能服饰在小范围定点应用方面,通常具有更明确的功能针对性与疗效指向性。如肖晖等<sup>[35]</sup>针对恶心呕吐症状设计了一款可穿戴穴位刺激腕表,其按摩单元精准覆盖内关穴,通过电能与机械协同作用实现症状的定向缓解。

### 3.4 艾灸穴位刺激智能服饰

艾灸穴位刺激智能服饰的设计核心在于实现安全防护与操作便利。传统艾灸疗法需点燃艾绒,操作过程中医护人员须全程监控燃烧状态,以防明火过近灼伤皮肤,该过程耗时较长且需专人看护,在一定程度上限制了医疗效率。为此,可穿戴式艾灸刺激装置旨在通过安全可控的发热与温度管理机制,降低操作风险,减轻医护人员负担,从而提升治疗可操作性与整体医疗效率。

**3.4.1 艾灸穴位刺激智能服饰的安全性设计** 保持温灸盒与皮肤的稳定贴合是保证疗效与安全的关键。赖光昆等<sup>[36]</sup>设计了一款穿戴式艾灸衣,其核

心温灸盒通过压板、夹持块及复位弹簧结构,能够对内部艾草袋施加持续且适宜的压力,从而使其紧密贴合目标穴位,并确保有效热传导,提升疗效。

着火点的安全隔离是另一设计重点。赵景升等<sup>[37]</sup>开发了一款可穿戴组合式艾灸设备,该设备采用独立点火单元,并设有带金属阻隔件的旋转刮灰机构,可在清除灰烬、维持艾条有效燃烧状态的同时,有效隔绝明火与皮肤的接触,防止灼伤,从而提升操作安全性并减少对专人全程看护的依赖。

**3.4.2 艾灸穴位刺激智能服饰的康复技术** 冯静等<sup>[38]</sup>以背心为载体,开发了一种用于肩周炎康复的艾灸热敷一体化装置。该装置通过在盒体内设置艾炷放置盒与扇叶,实现艾烟定向输送与热敷,同时利用按摩抚触头与按摩辊对患者肩部进行机械按摩,二者同步作用于患者肩部,从而达到辅助康复的目的。

### 3.5 综合治疗穴位刺激智能服饰

综合治疗类穴位刺激智能服饰指将多种刺激技术(如恒温热敷、气动按摩、远红外与低频电刺激等)集成于单一载体中的设备。如徐飞妮等<sup>[39]</sup>针对女性生理期疼痛开发了一款多功能腰腹带,融合了按摩、远红外热敷与电刺激 3 种方式。其中,远红外热敷采用兼具发热与远红外释放功能的托玛琳材料;同时,通过内置迷你按摩贴对相关穴位施加低频电流,实现多模式协同。何丹等<sup>[40]</sup>则设计了一款集成热敷、气压按摩与低频脉冲的智能帽,该设备各项功能均可通过蓝牙无线单元进行反馈与调控。

## 4 穴位刺激智能服饰的问题及展望

### 4.1 穴位刺激智能服饰的问题

基于中医穴位理论的穴位刺激智能服饰正处于快速发展阶段,但其在技术实现与服饰融合方面仍面临诸多挑战。

**4.1.1 服用舒适性** 服用舒适性是智能服饰领域普遍面临的问题,当前设计往往优先考虑功能,而将穿着体验置于次要位置,导致用户在实际使用此类产品时舒适度欠佳。尤其当各类功能芯片与模块被集成到服装中时,其尺寸、硬度及布局未能充分融合纺织材料的特性与人体工效学,降低穿着舒适性,因此从纺织与穿戴融合的视角全面提升舒适性,已成为该领域亟待突破的瓶颈<sup>[41]</sup>。

**4.1.2 服用安全性** 智能服饰的服用安全性是设计过程中必须重视的核心问题。由于产品普遍集成柔性传感器、电子元件及控制芯片等模块,其用电安全需在设计阶段进行系统考量与充分验证<sup>[42]</sup>。

尤其对于多数贴身使用的穴位刺激智能服饰,安全性尤为重要。这不仅关系到用户的身体安全,也是提升用户信任、推动该产品被广泛接纳的关键。

**4.1.3 使用耐久性** 穴位刺激智能服饰的使用耐久性同样是设计阶段的关键考量。由于智能服饰以日常衣物为载体,频繁清洗与晾晒,其耐水洗性会成为影响产品可靠性与使用寿命的重要技术瓶颈。

### 4.2 穴位刺激智能服饰的展望

穴位刺激智能服饰在健康管理与辅助医疗方面已展现出显著潜力,然而其未来发展仍面临机遇与挑战并存的局面。

**4.2.1 功能集成化** 功能集成化是智能服饰发展的主要趋势。当前市场产品虽层出不穷,但大多功能单一,普适性不强。因此,如何系统整合用户需求,将多种功能合理集成于同一设备,成为智能服饰设计的关键课题。

**4.2.2 数据归纳整理** 目前,基于中医经络理论的穴位刺激疗法仍缺乏系统性的数据整理与客观的统计分析。因此,在开发相关智能服饰时,应重视对人体整体调节效果的评估,并加强对用户个性化生理数据的采集。通过规范化、结构化的数据汇总与分析,可为治疗效果提供可靠的医疗数据支撑,从而增强产品的可信度与接受度<sup>[2]</sup>。

**4.2.3 既病防变及病后防复** 目前,穴位刺激可穿戴设备及多数中医智能服饰主要聚焦于“未病先防”的健康管理领域,在“既病防变”与“病后防复”方面的应用仍显不足<sup>[42]</sup>。同时,由于制造工艺复杂、成本较高,此类产品多用于专业场所,尚不支持家庭使用。未来发展中,需进一步关注疾病治疗与康复阶段的需求,推动产品向轻量化、普惠化方向演进,以拓展其应用范围与服务能力。

## 5 结语

目前,智能可穿戴服饰在穴位刺激方面的研究取得了显著进展。该领域主要聚焦于利用现代技术模拟传统穴位刺激手法,已形成电刺激、远红外热敷、按摩、艾灸及综合治疗 5 类穴位刺激智能服饰。通过对 5 类穴位刺激智能服饰的关键技术及作用原理进行系统的梳理发现,其服饰能够实现无创、便捷的穴位刺激,在疼痛管理、慢性病调理和日常保健等方面展现出广阔的应用前景。然而,该领域仍存在一定局限,如服饰舒适性不足、穿戴安全性未能经过充分验证、功能相对单一等。为进一步推动其发展,未来研究可从以下方向着手:①强化

产品的功能集成与人机工效设计,提升穿戴舒适度与使用便捷性;②推动医疗数据的规范化采集与标准化处理,增强公众对该类产品的接受度与信任感;③拓展其在疾病辅助治疗、慢病管理与康复医学等领域的应用场景,扩大产品适用范围。通过持续的技术创新与跨学科协作,穴位刺激智能可穿戴服饰有望在个性化与精准化医疗保健中发挥更为重要的作用。

## 参考文献:

- [1] 柳娜,黄韬,刘晋熙,等. 探究可穿戴医疗设备的研究热点与发展趋势[J]. 中国设备工程, 2023(16): 243-245.  
Liu Na, Huang Tao, Liu Jinxi, et al. Explore the research hotspots and development trends of wearable medical devices[J]. China Plant Engineering, 2023(16): 243-245. (in Chinese)
- [2] 张嘉琰,温良恭,张立平,等. 近5年可穿戴技术在中医方面的应用[J]. 世界中医药, 2022, 17(16): 2358-2365.  
Zhang Jiayan, Wen Liangong, Zhang Liping, et al. Application of wearable technology in traditional Chinese medicine in the recent five years[J]. World Chinese Medicine, 2022, 17(16): 2358-2365. (in Chinese)
- [3] 张灏,周晓帆. 智能可穿戴服饰设计新技术及其应用[J]. 针织工业, 2022(1): 57-60.  
Zhang Hao, Zhou Xiaofan. New technology and application of intelligent wearable clothing design[J]. Knitting Industries, 2022(1): 57-60. (in Chinese)
- [4] 江冰,李昭莹,南睿铭,等. 踝部低频电刺激对女性原发性痛经疼痛的影响[J]. 中外医疗, 2023, 42(22): 5-9.  
Jiang Bing, Li Zhaoying, Nan Ruiming, et al. Effects of low-frequency electrical stimulation of the ankle on primary dysmenorrhea pain in women[J]. China and Foreign Medical Treatment, 2023, 42(22): 5-9. (in Chinese)
- [5] 冯杰,温川飙,梁繁荣,等. 基于STM32的可穿戴式中医电针治疗仪系统设计[J]. 成都中医药大学学报, 2019, 42(2): 64-68.  
Feng Jie, Wen Chuanyao, Liang Fanrong, et al. Design of wearable traditional Chinese medicine electro-acupuncture therapeutic instrument system based on STM32 chip[J]. Journal of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2019, 42(2): 64-68. (in Chinese)
- [6] 王红星. 一种可穿戴式睡眠管理装置: CN202320547604.2 [P]. 2023-08-25.
- [7] 朱光彩,栗凤. 一种可穿戴近视治疗眼罩: CN202320145654.8 [P]. 2023-06-16.
- [8] 李立红,张威,季葆华,等. 帕金森病可穿戴AI穴位电刺激治疗和运动监测一体设备: CN202210053100.5 [P]. 2022-11-11.
- [9] 师宁宁. 一种可穿戴经络刺激戒毒康复按摩仪: CN202121096728.0 [P]. 2021-12-24.
- [10] 李莹辉,汪德生,陈延航,等. 一种可穿戴式经皮电极近红外线穴位刺激血糖调理仪: CN201810110501.3 [P]. 2018-07-24.
- [11] 林茂樟. 针灸作用生理学原理的探讨(三)关于穴位结构与功能的特征[J]. 医药科技资料, 1977(1): 62-68.  
Lin Maozhang. Discussion on physiological principles of acupuncture action (III) characteristics of acupoint structure and function [J]. Journal of Zunyi Medical University, 1977(1): 62-68. (in Chinese)
- [12] 莫等闲,张华,王重新. 从“壮火散气,少火生气”理论浅析艾灸补泻原理[J]. 四川中医, 2023, 41(2): 15-17.  
Mo Dengxian, Zhang Hua, Wang Chong, et al. Analysis on the principle of moxibustion reinforcing and reducing from the theory of "strong fire dispersing qi, less fire getting angry" [J]. Journal of Sichuan of Traditional Chinese Medicine, 2023, 41(2): 15-17. (in Chinese)
- [13] 吕艳芬,王冬杰,吕桂凤. 浅析中医足部按摩法的原理与功能[J]. 中外医疗, 2008, 27(20): 94.  
Lü Yanfen, Wang Dongjie, Lü Guifeng. On the principle and function of foot massage in traditional Chinese medicine[J]. China Foreign Medical Treatment, 2008, 27(20): 94. (in Chinese)
- [14] 刘清清,郭荣辉. 智能服装的应用及发展趋势[J]. 纺织科学与工程学报, 2019, 36(3): 102-108.  
Liu Qingqing, Guo Ronghui. Application and development of intelligent garments [J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2019, 36(3): 102-108. (in Chinese)
- [15] 孙悦,范杰,王亮,等. 可穿戴技术在纺织服装中的应用研究进展[J]. 纺织学报, 2018, 39(12): 131-138.  
Sun Yue, Fan Jie, Wang Liang, et al. Research progress of wearable technology in textiles and apparels[J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(12): 131-138. (in Chinese)
- [16] 林蓓茵. 电针仪设计技术及其参数的相关因素研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2010.
- [17] 王雪洁. 中低频家用电子理疗仪的设计与实现[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [18] 韩济生. HANS的设计和应[用][J]. 中国针灸, 1994, 14(S1): 358-362.  
Han Jisheng. Design and application of HANS [J]. Chinese Acupuncture and Moxibustion, 1994, 14(S1): 358-362. (in Chinese)
- [19] 陶鹤玉,苏静,吴圆圆,等. 基于人体经络理念的智能电热服装设计[J]. 纺织导报, 2024(1): 81-82, 84-86.  
Tao Heyu, Su Jing, Wu Yuanyuan, et al. Design of intelligent electric heating garment based on human meridian concept [J]. China Textile Leader, 2024(1): 81-82, 84-86. (in Chinese)
- [20] 龙国云. 带微电刺激功能的按摩头组件及按摩器: CN202321410206.2 [P]. 2023-11-17.
- [21] 缪旭红,刘青. 针织应力传感器的研究与应用进展[J]. 纺织导报, 2020(5): 26-30.  
Miao Xuhong, Liu Qing. Research and application progress of knitting stress sensor [J]. China Textile Leader, 2020(5): 26-30. (in Chinese)
- [22] 贺足翔,万浩,叶涛,等. 基于动态监测脊柱形态与穴位电刺激的可穿戴矫姿系统研发[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(17): 26-29.  
He Zuxiang, Wan Hao, Ye Tao, et al. Development of wearable posture correction system based on dynamic monitoring of spinal shape and acupoint electrical stimulation [J]. Technology Innovation and Application, 2023, 13(17): 26-29. (in Chinese)
- [23] Sajapin S N. Smart parallel robots for massage [J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 468(1): 012028.
- [24] 王天舒,杨曦晨,胡孔法,等. 基于G-Means的中医药可穿戴设备的数据汇聚方法研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2020, 22(6): 1983-1991.  
Wang Tianshu, Yang Xichen, Hu Kongfa, et al. The research of the G-Means based data transmission method for the wearable devices for traditional Chinese medicine [J]. Modernization of

- Traditional Chinese Medicine and Materia Medica—World Science and Technology, 2020, 22(6): 1983-1991. (in Chinese)
- [25] 吴长旺, 林梅, 田长玲. 一种具有超薄电极的可穿戴电刺激系统: CN202022558603.7[P]. 2021-08-03.
- [26] 周祥. 织物电磁特性及纺织天线的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2010.
- [27] 杨福慧, 杜成珠. 基于三维织物的四元阵纺织天线[J]. 电子元件与材料, 2014, 33(7): 52-54.  
Yang Fuhui, Du Chengzhu. Textile microstrip four-element array antenna integrated in three dimensional orthogonal woven fabrics [J]. Electronic Components and Materials, 2014, 33(7): 52-54. (in Chinese)
- [28] 李莹颀, 方娟, 陈采益, 等. 经皮穴位电刺激镇痛机制及应用的最新研究进展[J]. 中国医药导报, 2023, 20(1): 61-64.  
Li Yingsi, Fang Juan, Chen Caiyi, et al. Research progress on analgesic mechanism and application of transcutaneous electrical acupoint stimulation[J]. China Medical Herald, 2023, 20(1): 61-64. (in Chinese)
- [29] 韩国宁. 经皮穴位电刺激装置研制及对健康人小腿前后肌群肌力储备的影响[D]. 天津: 天津中医药大学, 2022.
- [30] 李颖. 经皮穴位电刺激对心悸患者及正常人心肺耐力、心率变异性影响的研究[D]. 天津: 天津中医药大学, 2021.
- [31] 代艳梅, 刁习羽, 郑迎春, 等. 保健功能性内衣肚兜的变迁探析[J]. 服饰导刊, 2023, 12(1): 58-64.  
Dai Yanmei, Diao Xiyu, Zheng Yingchun, et al. Analysis on the change of health functional underwear bellyband [J]. Fashion Guide, 2023, 12(1): 58-64. (in Chinese)
- [32] 周海玲. 中高龄智能防护性服装设计研究[J]. 辽宁丝绸, 2024(2): 37-39.  
Zhou Hailing. Research on the design of intelligent protective clothing for middle-aged and elderly people[J]. Liaoning Tussah Silk, 2024(2): 37-39. (in Chinese)
- [33] 赵露, 黎林玉, 罗蕊, 等. 石墨烯材料应用于女性保暖内衣的探究[J]. 福建茶叶, 2019, 41(5): 215.  
Zhao Lu, Li Linyu, Luo Rui, et al. Research on the application of graphene material in women's thermal underwear [J]. Tea in Fujian, 2019, 41(5): 215. (in Chinese)
- [34] 蔡晓琳. 软体气动可穿戴按摩产品设计研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [35] 肖晖, 辛欣, 钟政, 等. 一种用于治疗恶心呕吐可穿戴的穴位刺激器: CN202210657525.7[P]. 2022-09-16.
- [36] 赖光昆, 王振锋, 赖硕. 一种穿戴式艾灸衣: CN202010572446.7[P]. 2023-01-13.
- [37] 赵景升, 赵鑫. 一种可穿戴的组合式艾灸设备: CN202321870190.3[P]. 2024-07-26.
- [38] 冯静. 一种可穿戴式肩周炎康复训练与热敷一体化装置: CN202510857472.7[P]. 2025-09-23.
- [39] 徐飞妮, 羊玲玲, 刘莺, 等. 一种女性生理期功能腰腹带的设计与开发[J]. 纺织科技进展, 2021, 43(6): 44-47.  
Xu Feini, Yang Lingling, Liu Ying, et al. Design and development of a new type of functional waist and abdomen belt for women in physiological period[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2021, 43(6): 44-47. (in Chinese)
- [40] 何丹, 秦亚芳, 梁盈莹, 等. 移动医疗下的智能可穿戴设备健康智能帽的研究[J]. 电子世界, 2022(1): 102-104.  
He Dan, Qin Yafang, Liang Yingying, et al. Research on health smart cap of smart wearable device under mobile medical care[J]. Electronics World, 2022(1): 102-104. (in Chinese)
- [41] 吴洁, 徐增波. 智能理疗服装研究现状和发展趋势[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报, 2023, 22(3): 35-41.  
Wu Jie, Xu Zengbo. Research status and development trend of smart physiotherapy clothing[J]. Journal of Zhejiang Textile and Fashion College, 2023, 22(3): 35-41. (in Chinese)
- [42] 郑思思, 郭华玲, 张夏天, 等. 可穿戴设备在中医药健康管理中的应用与展望[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2019, 21(12): 2678-2683.  
Zheng Sisi, Guo Hualing, Zhang Xiatian, et al. Application and prospect of wearable devices in health management of traditional Chinese medicine[J]. World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2019, 21(12): 2678-2683. (in Chinese)

(责任编辑:张雪)