

智能可穿戴领域研究现状和发展趋势

沈雷, 孙湉

(江南大学 设计学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:为了系统地梳理与整合智能可穿戴领域学术研究现状、产业变革及其设计研发趋势,对智能可穿戴领域的专利及文献进行检索;并采用 VOSviewer 及 Citespace 等软件开展聚类分析,从科研聚焦及创新、产业发展现状、设计与趋势 3 个方面对现阶段智能可穿戴服装发展加以归纳总结;提出了未来智能可穿戴服装将着重在安全、温控、运动、保健、医用、变幻、特种等方向深化发展,并具体分析各方向设计前沿案例。该研究将为未来智能服装发展及设计提供帮助。

关键词: 智能服装;可穿戴技术;产业分析

中图分类号: TS 941.73; TP 212 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2023)02-0125-09

Intelligent Wearable Research Status and Its Development Trend

SHEN Lei, SUN Tian

(School of Design, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Aiming at systematically combing and integration of the academic research status, industrial transformation, and design and development trends in the field of intelligent wearable technology, patents and literature in the wearable technology field were searched. Cluster analysis was conducted using software such as VOSviewer and Citespace to summarize the current development of intelligent wearable clothing from three aspects namely research focus and innovation, industry development status, design and trends. It was proposed that future intelligent wearable clothing will focus on deepening its development in areas such as safety, temperature control, sports, healthcare, medical, transformation, and specialty. And specific analysis of cutting-edge design cases had been analyzed in various fields. This study will provide assistance for the development and design of intelligent clothing in the future.

Key words: intelligent clothing, wearable technology, industry analysis

近年来,智能可穿戴服装的研发工作已进入快速发展阶段,并影响到健康、医疗、军事及商业等领域,体现出其学术价值和产业价值。目前,智能可穿戴服装研究主要是可穿戴传感技术^[1]和面料创新技术^[2]的迭代,还有基于包容性理念^[3]的可穿戴服装设计理论探索,以及基于新型设计技术的智能服装产业化研究^[4],但立足于最新科研成果及产业发展的纵观性研究略显不足,还缺少针对可穿戴不同应用领域的创新设计及技术组合的梳理和分析。为此,文中从科研技术创新、产业发展现状及智能可穿戴服装设计与趋势 3 方面展开综述。

1 智能可穿戴领域创新成果

1.1 全球智能可穿戴领域专利现状

中国及多国专利查询系统资料显示,在智能可穿戴领域全球范围内共有 58 个国家或地区申请专利,1992—2022 年该领域全球专利发展趋势如图 1 所示。由图 1 可以看出,近 10 年智能可穿戴领域专利申请呈现迅猛增长态势。

截至 2022 年 11 月,全球智能可穿戴领域公开专利的分布情况如图 2 所示。对比各国情况,该领域专利总数排名靠前的是中国(24 092 项)和美国(20 793 项),其次是韩国、日本、澳大利亚、加拿大、

收稿日期:2023-02-10; 修订日期:2023-02-28。

基金项目:国家重点研发计划重点专项项目(2019YFB1405700); Humanities and social sciences planning fund project of the ministry of education(20YJAZH087)。

作者简介:沈雷(1963—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为智能服装设计、服装品牌研究。Email:sl999@163.com

英国。值得关注的是,虽然中国智能可穿戴领域专利的申请总量已赶超美国,但在 2022 年我国的授权数量(1 548 项)还未赶超美国(2 326 项),这说明在国际上我国所申请专利的创新性及国际认可度仍与美国存在一定的差距^[5]。

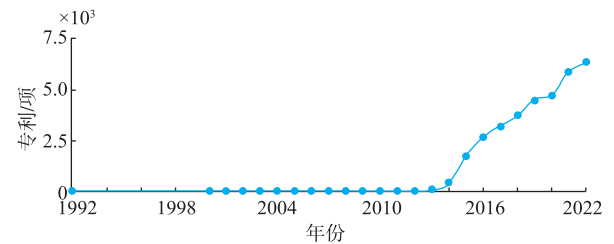


图 1 1992—2022 全球智能可穿戴领域专利发展趋势
Fig. 1 Global patent trends for intelligent wearable devices from 1992 to 2022

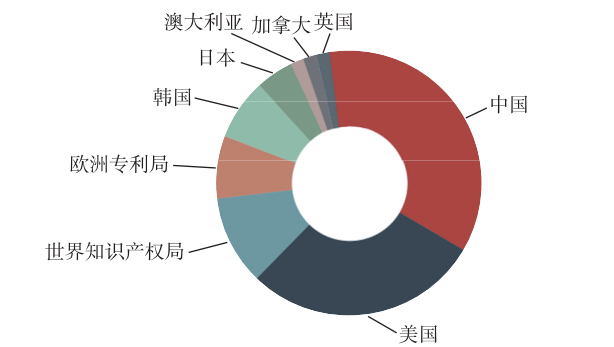
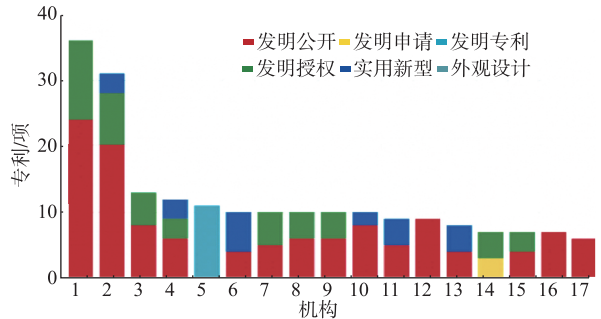


图 2 截至 2022 年全球智能可穿戴领域公开专利分布情况
Fig. 2 Global public patents in the field of intelligent wearable technology by 2022

图 3 为截至 2022 年全球智能可穿戴服装领域专利机构排名情况。由图 3 可以看出,在该领域全球专利排名前 17 位的机构中,中国占有 8 个席位,其中包括东华大学、武汉纺织大学、江西服装学院和江南大学等高等院校。另外,发明专利申请的企业机构呈现多元化特征,既有服装新材料研发公司(Nike,三星、太仓碧奇新材料研发有限公司等),也有互联网科技公司(广东小天才科技有限公司、歌尔科技有限公司等),还有电子设备公司(华为、oppo等)。

截至 2022 年国内智能可穿戴服装领域专利分类比较如图 4 所示。在国内可穿戴服装领域的专利中,实用新型专利和外观专利的授权专利占比较高,约为 57.4%。

图 5 为截至 2022 年国内智能可穿戴服装及相关设备领域公开专利聚焦热点。我国人机智能交互相关新技术分支的专利申请已拥有一定规模^[6],包含语音智能识别、手势交互智能控制、增强现实等新型智能交互技术及应用等方向。这些技术目前在智能穿戴式手表相关设备研发中已逐渐实现较广泛且可商业推广的应用^[6]。



1—耐克创新有限合伙公司;2—东华大学;3—皇家飞利浦电子股份有限公司;4—E. I. 内穆尔杜邦公司;5—三星电子株式会社;6—江阴市协和针织有限公司;7—武汉纺织大学;8—金伯利-克拉克环球有限公司;9—尚科纺织企业工业及贸易公司;10—ZOLL 医疗公司;11—江西服装学院;12—太仓碧奇新材料研发有限公司;13—深圳柔微传感科技有限公司;14—George Marmaropoulos;15—佐尔医药公司;16—英特尔公司;17—江南大学。

图 3 截至 2022 年全球智能可穿戴服装领域专利机构排名
Fig. 3 Patent institution ranking of intelligent wearable clothing field in China by 2022

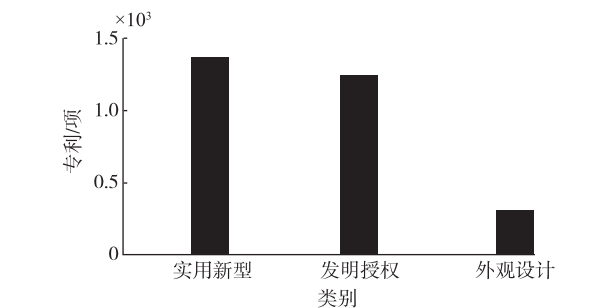
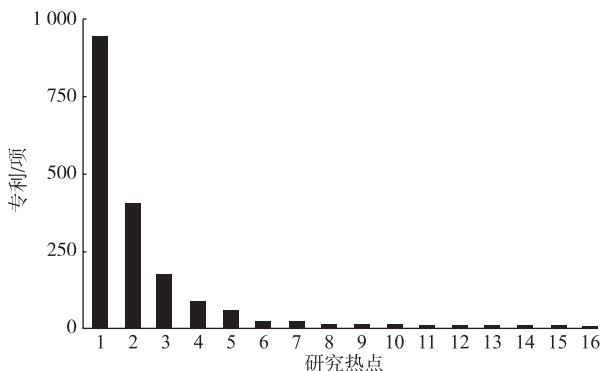


图 4 截至 2022 年国内智能可穿戴服装领域专利分类
Fig. 4 Domestic patent classification of intelligent wearable clothing field by 2022



1—可穿戴设备;2—可穿戴;3—存储介质;4—交互方法;5—移动终端;6—电子设备;7—图形用户界面;8—显示方法;9—交互装置;10—交互系统;11—智能终端;12—控制装置;13—检测方法;14—定位方法;15—手势识别;16—制备方法。

图 5 截至 2022 年我国智能可穿戴服装及相关设备领域公开专利聚焦热点
Fig. 5 China's public patent focus in intelligent wearable field by 2022

1.2 全球智能可穿戴设备研究现状
采用 web of science 网站和中国知网对文献数

据进行梳理,以“wearable devices”“柔性可穿戴技术”“智能可穿戴材料”为关键词,共计检索并筛选

出 495 条文献,用 VOSviewer 及 Citespace 等软件进行聚类分析,具体结果如图 6 所示。



图 6 全球可穿戴设备研究关键词分析

Fig.6 Research keywords of wearable devices at home and abroad

智能可穿戴设备研究主要涉及 5 个宏观领域,具体包括:

- 1)健康医疗领域 涉及医疗器械、移动医疗、防跌倒、心率监测、健康评估等设备。
- 2)商业交互穿戴领域 涉及智能手表、智能眼镜、功能鞋、残障交互手套和头戴式可穿戴设备,以及人工智能、运动评估和手势交互技术。
- 3)智能材料技术领域 涉及电极材料、超级电容器、柔性传感器、石墨烯、柔性智能记忆材料、智

能服装设备。

4) 可穿戴信息技术深度学习领域 涉及帕金森监测、卷积神经网络、深度学习、隐私安全威胁。

5)传感器制备领域 涉及生物传感器、物理传感器等设备及技术。

1.3 智能可穿戴技术创新进展

对智能可穿戴研究所涉及的 5 个宏观领域文献关键词进行时域分析,具体结果如图 7 所示。

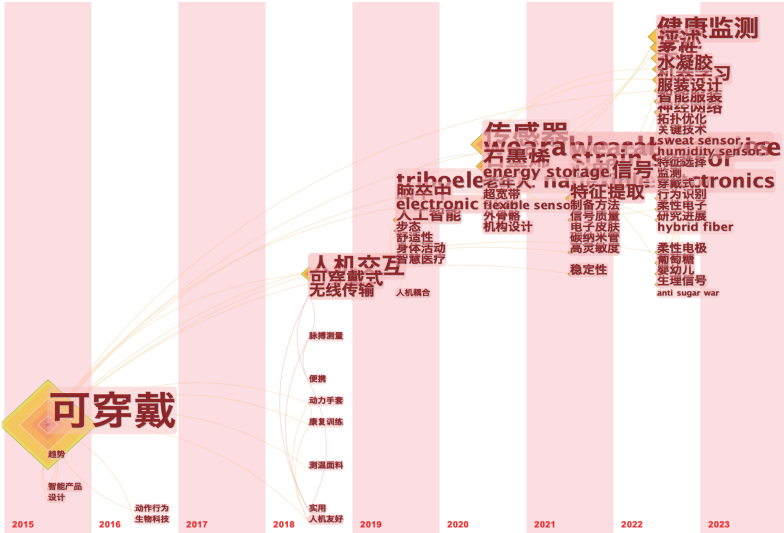


图 7 全球可穿戴设备研究关键词时域分析

Fig.7 Time domain analysis of research keywords of wearable devices at home and abroad

由图 7 可以看出,近 5 年人机交互、柔性传感、健康监测、生理信息提取等研究方向受到重点关注,并映射到智能手表、传感面料等设备部件的创新研发中。在时域图研究关键词的迭代变化中,可以观察到智能可穿戴制备要求芯片和操作系统更轻巧和低功耗等,同时还需要符合人体功效学的穿戴舒适性及适用性。为此,智能可穿戴服装及设备可依托人机交互技术、传感技术和电子信息技术等,达到低功耗、轻巧便携及舒适性和适用性的要求^[7]。人机交互技术及智能设备传感器分类如图 8^[8]所示。



图 8 人机交互技术及智能设备传感器分类
Fig. 8 Human-computer interaction technology and intelligent device sensor classification

1) 交互技术创新技术进展 可穿戴设备的交互技术包括手势识别技术、骨传导技术及新型显示技术等。国际上已有许多手势识别技术的专利和研究,主要涉及手势特征识别技术、手部动作特征识别控制技术、手部动作采集传感器群组及数据分析技术、智能手势交互监测模组制备技术^[6]以及可穿戴手势交互设备的外观设计与新型材料制备技术 5 个方面。

骨传导技术是一种独立于传统耳机、扬声器、气传导等声学传导技术的新一代智能终端听觉及交互信息控制技术,可根据人体骨头形状和压力分布自动调整声音的传递方式,使其更加适合人的听觉感知^[9]。这使得用户可以更好地感受到低音效果,从而提高整体听觉体验。由于骨传导对耳道的干扰性小,该技术具有普适性,许多涉及通信或交互应用功能的智能可穿戴产品都需要使用骨传导技术,因此其市场开发和应用范围广泛。

在新型显示技术中,柔性曲面显示技术是一种主要应用于智能手表或智能手环等产品中的特有技术,其弧形显示屏的设计符合人体工学,是智能人机信息交互应用领域内的技术热点^[6]。可穿戴交互技术的深入研发可给予消费者更智能化的操控体验,增加佩戴使用时的舒适性和娱乐性。

2) 传感器创新技术进展 运动类传感器主要

包括加速度传感器、重力感应传感器、磁力传感器和陀螺仪传感器等。在智能可穿戴领域,运动类传感器应用于智能可穿戴手表、游戏体感服装等终端设备,构成体感游戏智能设备辅助系统。通过这些传感器监测人体运动姿态、步数、距离等指标,帮助用户实现更加精准、全面的运动监测和健康管理。如:磁力传感器可以检测手表运动的方位,重力感应传感器可以检测传感器运动的轨迹方向,陀螺仪传感器可通过转动速度检测运动力度。

可穿戴环境传感技术中,温湿度传感技术已广泛用于智能手环中,以检测室内外环境温度;又可用于智能体温计中,以检测体表温度。气体传感技术可监测环境中的二氧化碳、一氧化碳、甲烷等多种气体信息,用于防护服的环境监测及健康监测等可穿戴项目^[4]。

柔性电子技术及其衍生出的生物传感技术,具有更大的灵活性和空间延展性,已有取代传统电子技术的可能性,可适用于不同类型的可穿戴设备及各种环境,满足现代用户对穿戴设备在各环境下的需求。此外,柔性生物传感器检测技术也逐渐应用于智能手表和手机的运动类远程健康监测、安全预警及健康信息在线动态监测环节^[10]。目前,柔性电子技术已广泛应用于医疗健康、智能服装等领域,如柔性电子皮肤、柔性隐形眼镜电路、传感面料等^[4]。这些新型柔性传感器技术为人体生理信号传输和智能交互服务提供了大量的基础支持。

3) 电子信息技术创新技术进展 随着智能可穿戴移动产品趋于成熟,电池性能及续航时间成为普通消费者选择与购买此类产品时考虑的基本因素之一。因此,涉及智能可穿戴设备的电池技术研究聚焦于储能电池类产品,主要包括能量收集器、薄膜电池、石墨烯储能电池等。其中,石墨烯储能电池因其能量密度利用率最高、电量信息存储管理能力相对较强受到重点关注。

智能可穿戴设备是基于移动互联网、具有高性能和低功耗特点的智能终端,需要依托无线数据通信技术完成智能化数据的接收、发送及应用分析^[11]。目前智能可穿戴设备与其他终端设备的短距离通信方式主要基于无线、蓝牙、RFID 技术等。这些技术的发展和运用,为智能可穿戴设备的数字化、智能化提供了强有力的支持^[12]。

2 智能可穿戴产业现状

中国智能可穿戴设备行业从原材料及配套元器件供应商到设备设计研发机构及设备生产商,再

到产品销售和配套服务提供商^[9,13],已构成完整的供应链,可穿戴设备上中下游企业概况如图9^[14]所示。



图9 可穿戴设备上中下游企业

Fig. 9 Upstream, midstream and downstream enterprises of wearable devices

2.1 智能可穿戴产业链上游

产业链上游包括核心智能硬件零件和材料供应商以及智能化配套服务软件供应商,如磁性材料供应商、纺织材料供应商、电池供应商、传感器供应商等。供应商提供高性价比的可穿戴产品所需的各种核心硬件物料和元器件,包含智能芯片、传感器、电池组件模块等。

2.2 智能可穿戴产业链中游

产业链中游主要有智能可穿戴设备生产厂商、生产线提供商以及提供智能穿戴产品软件技术支持的科技企业。生产企业对材料和元器件进行加工和组装,并最终生产出可穿戴设备;科技性公司主要提供核心智能硬件语音控制软件系统和智能化人机交互技术系统、数据平台,以及交互可视化软件等穿戴设备配套服务。

2.3 智能可穿戴产业链下游

产业链下游主要涵盖智能可穿戴品牌销售商及服务提供商,如医疗组织机构、医护服务机构等。他们负责经营和销售可穿戴产品,并提供相关的解决方案和售后服务,或对升级方案进行个性化定制。

国内外可穿戴设备下游公司产品可分为两大类:①消费级穿戴产品,主要涉及智能手环等商业交互穿戴领域产品;②慢病监测健康医疗领域可穿戴设备,包含体温、血压、血糖及心电监测产品。

3 智能可穿戴服装的设计与发展趋势

3.1 安全服装

香港理工大学智能可穿戴系统研究院陶肖明教授团队研发的高性能柔性发电衣如图 10^[15]所示。他们通过“热挤压”技术,在高温高压下直接将硬塑料磁铁制成新型柔性纱线,改变其材料纤维原

有形态,实现了磁性织物的柔性化。这样不仅可以有效控制成本,实现磁性织物的批量生产,还使发电衣具有很强的环境适应性,在极端寒冷的环境下,穿戴者可通过手臂快速摆动为设备提供紧急供电,确保人身安全^[2]。

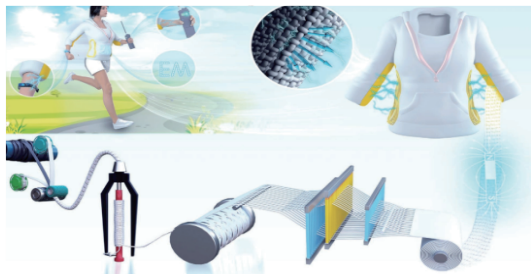


图 10 柔性发电衣

Fig. 10 Flexible power suit

笔者所带领的江南大学智能可穿戴研发中心团队主持设计了太阳能充电智能登山服(见图 11)。该登山服在不影响户外登山者正常活动的情况下,可增大太阳能转化面积,为电子设备进行高效充电;同时具备与 App 连接提供包括定位在内的户外险情急救功能,为登山爱好者和专业户外工作人员提供了安全保障。



图 11 太阳能充电智能登山服

Fig. 11 Solar charging smart climbing suit

美国费城的 ActiveProtective 医疗保健初创公司 Robert Buckman 博士设计和开发了一种安全气囊腰带系统,可以直接系在上衣、外套或其他衣物上。它利用三维运动传感器检测人体异常动作,达到阈值瞬时通过增压液泵充气,快速形成安全气囊对人体脆弱的关键区域进行保护。当穿戴者受到强力撞击时,此装置可迅速减轻髋骨关节受到的冲击力,从而保护老人免受骨折和擦伤等伤害。该智能腰带的技术关键部分是 3D 运动传感器和安全气囊^[16],3D 传感器可以实时识别老人在摔倒时可能的各种常规运动姿态和运动速度,并通过安全气囊系统进行保护。

3.2 温控服装

可穿戴发热型智能服装产品已在欧美发达国家广泛应用。图 12^[17]为 Ardica 发热夹克及 warmX 发热内衣。Ardica 发热夹克采用锂离子电池为导电

银纤维供电加热,可保持身体温暖 3 ~ 8 h; warmX 发热内衣采用导电银纤维加热系统,锂离子电池可直接充电,连续使用时间约为 2.5 ~ 5.5 h^[4]。此外还有 Columbia 的发热外衣、Venture 的发热外套等,均采用不同导电发热纤维材料制备成加热织物垫、并配备个性化温度控制器等,这是该类产品设计的共有特点。



图 12 Ardica 发热夹克及 warmX 发热内衣
Fig. 12 Ardica heating jacket and warmX heating underwear

温度响应型智能服装是由蓄热调温纤维制备而成。蓄热调温纤维因其纤维中含有一定量的相变材料,当外界温度发生变化时,纤维中的相变材料则产生可逆相变,同时吸收(或放出)热量。当温度高于相变材料的熔点时,它会从固态变成液态,同时吸收热量;反之,当温度低于相变材料的熔点时,则会由液态变成固态,并放出热量。通过这种相变物质在温度变化时的吸、放热量,可以在纤维周围形成相对稳定的微气候环境,在 10 ~ 40 ℃ 范围内实现温度调节^[18]。最早的中空蓄热调温纤维是由美国化学家 Hans 设计制造的,随后美国南方实验室和德国 Boulder 公司等也成功实现了相变纤维材料微胶囊化,将其加工并制成了可调温纺织品。

3.3 运动服装

中国首家智能服装企业智裳科技历经 5 年潜心研究,于 2022 年在海外发布了 EMS 智能健身系列产品,荣获韩国最佳科技健身创新奖,首月突破百万销售额,得到国际服装界及服装市场的高度认可。EMS 智能健身系列产品的核心技术在于体感科技的运用,在大肌群部位内置的 WIEMS 核心高科技脉冲系统(见图 13^[19]),可释放脉冲波刺激肌肉组织,带动高速运动,达到快速健身、塑形的双重目标。其内嵌的运动检测传感芯片,可监测用户运动量以及运动所消耗的卡路里等数据,帮助用户进行精细、科学的运动分析和指导^[20]。

经过两年辛勤努力,北京服装学院刘莉团队为北京冬奥会研发出减阻类运动服装。他们基于服装空气动力学结构,通过 CFD 算法模型进行数字模拟仿真,并对服装的空气阻力系数展开有限元分

析^[21]。这一创新技术为复杂服装系统的微观结构参数提供了数学和理论基础,有助于更好地设计减阻面料和服装结构。他们在织造减阻面料时采用计算机仿真成型技术,同时使用 3D 打印和胶印的方式,得到了具有凹坑型机理的面料,并就面料的凹坑深度、密度与阻力的关系开展深入研究,甚至还尝试用激光雕刻在面料上刻出凹坑形状,最大限度地达到减阻的功效。最终,他们将多种制造方式应用于冬奥运动员的“战服”中。这些冬奥运动员“战服”的设计实现了机械摩擦学、生物力学、材料学等多学科的融合,多个指标已超越海外订购的服装。



图 13 WIEMS 核心高科技脉冲系统
Fig. 13 WIEMS core high-tech pulse system

3.4 保健服装

中国腾飞科技的 Body + 柔性可穿戴技术解决了基于服装的生理电信号采集问题,在保证体感舒适度的同时又兼顾高精度,利用导电银浆、TPU 等材料实现脑电、心电、肌电等生理电信号的采集,在疾病筛查、睡眠修复/监测、慢病管理、EMS 康复等方面已有成熟的解决方案。

1) 房颤早筛 穿戴式心电记录仪可捕捉到用户发生房颤等恶性心律失常事件并给出报告,方便快捷;通过心电图筛查,建立用户心电档案,使其了解自身风险,进行早期预防;对于筛查出的房颤人群,可长期监测管理。

2) 睡眠修复/监测 Body + 的睡眠修复方案是运用编码音波调节交感神经与副交感神经的平衡,帮助用户身体尽快达到自然放松状态。Body + 柔性穿戴心电产品可实时监测睡眠质量,并生成睡眠报告,让穿戴者身体保持最佳状态。

3) 慢病管理 通过长期、不间断的数据采集,患者可随时将心电数据上传,形成连续的心电数据。在云端形成患者的多维度数据,能够帮助医生全面了解其病情,从而实现院外随访管理,方便专业监测者对患者数据进行分析评估,制定个性化诊疗方案,实现医患互动。

3.5 医用服装

米兰理工大学齐雯教授团队将智能可穿戴服装应用到医学领域,他们研发的智能监测背心如图 14 所示。这种背心可对尘肺病人和慢性肺阻病人的呼吸进行全面监控,并在临床测试中取得了非常

满意的效果。

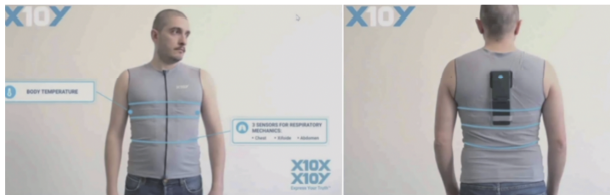


图 14 尘肺病智能监测背心

Fig. 14 Intelligent surveillance vest for pneumoconiosis

由德雷克塞尔大学团队研发的针织孕妇产前监测腹带,可以实时监测婴儿在子宫内的心率和压力水平^[22],以及孕妇的身体状况,这些数据通过无线传输,可使相关人员快速了解孕妇及婴儿身体状态,有利于对其进行长期观察并减少孕期烦琐的检查,确保母婴安全,同时提高了看护人员的工作效率^[22]。

呼吸正常与否是判断婴儿健康状况的一项重要指标,婴儿一旦发生呼吸暂停或瞬时屏气,可能造成非常严重的后果。传统的婴儿呼吸监测产品通常只能通过非接触方式,平铺于床铺或嵌入床垫等,监测效果并不理想。为此,JAKUBAS A 等研发的 Textronic 系统,可以通过呼吸节律传感器实时感应导电罗纹织物形变时电阻的变化,从而监测婴儿的呼吸状况。因为婴儿在呼吸时腹部的起伏明显^[2],这种直接接触的监测方式使得所测数据更为准确^[23],该系统能够减轻看护者的压力,同时提高婴儿睡眠时的安全性。

3.6 变幻服装

发光聚合物材料是一种可以应用于智能可穿戴服装领域的前沿材料,目前相关技术仍处于研发试验阶段。CSEM 公司和美国 Sefar 公司联合研发的一种新型织物电极,采用了发光导电聚合物材料,这种完全透明的柔性织物电极可运用 R2R 工艺等进行连续生产^[4]。

目前,商业化使用的发光纺织品主要有基于有机发光的二极管、柔性有机聚合物发光的二极管、聚合物光纤二极管和有机发光的聚合物。发光薄膜二极管纱线具有发光效率高、不易老化、发光反应速率快等优点。发光聚合物的织物电极工作原理如图 15^[24]所示。将彩色 LED 灯嵌入纺织纱线中,可以制备单色光源和彩色发光薄膜纺织的纱线,并可通过编程语言进行个性化控制。这些新型发光聚合物材料将极大地丰富智能服装的形态和功能,为人们的生活带来更多便利及视觉感官享受,在智能服装行业中具有广泛的应用前景。发光纺织品可以用于户外运动服装中,使动态效果更加

突出,提高夜间行走或运动的安全性^[4];同时,发光纺织品也可以应用于智能医疗领域,制成疗光服装,帮助人们调节身体能量,缓解病痛;此外,发光聚合物材料还可用于制作智能家居产品,如智能窗帘、智能床垫等,为人们带来更多智能体验。

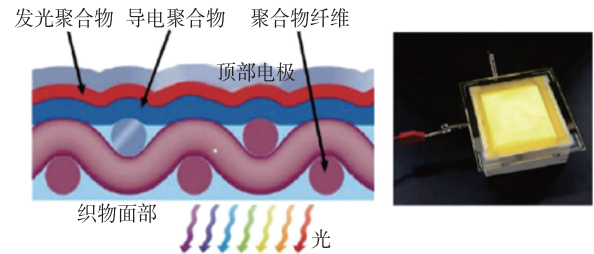


图 15 发光聚合物的织物电极工作原理

Fig. 15 Working principle of fabric electrode with luminescent polymer

东丽公司在热敏变色服装领域进行了长期的研究,开发出新型热敏变色织物 Sway。Sway 的制造原理非常先进,先将新型热敏材料均匀地密封在特殊微胶囊材料结构层内,再通过特殊变色涂层技术分散附着到织物基材表面,制成颜色变化多样的织物。这种微胶囊内含有色素、显色剂和消色剂 3 种成分,三者的不同比例是制造出颜色变化的关键。Sway 织物具有很强的灵活性,可以根据不同的需要进行温度波动的设定。如在滑雪服上使用 Sway 织物,可以通过设定不同的变色温度适应气温变化。这样,它不仅可以增加滑雪服的时尚感,还能提高滑雪运动的舒适度和安全性。这种热敏变色织物的成功应用,向我们展示了科技与时尚的完美结合^[25]。

3.7 特种服装

George Tech Research 公司与 Sensa Tex 公司研制了一种能及时监测穿着者心率、呼吸、体温和其他生理指标的“智能马甲”。该马甲由光导纤维和导电纤维织成,并与置于人体特定部位的传感器相连,通过传输数据到特殊接收器,以此实现信息的存储和监测。如果穿着者受伤,受伤部位的光导纤维信号会中断,此信息及一些关键的生理指标会通过传感器自动传输到医护人员处,医生可以根据实际情况进行救助,这样就可以大大减少伤亡人员^[26]。

由于消防员在灭火时所处环境复杂且存在不确定性,消防员的安全面临严峻的挑战。Blecha 等开发了一套智能消防服系统,为消防员提供全面的防护和监测。该系统由高度集成的传感器模块、室内和户外定位系统、人体运动捕捉模块、电子织物线束、体域网和广域网通信模块等组成,能够监测

消防人员心率、追踪运动轨迹、探测火灾现场环境气体、温度和湿度等指标^[27]。所有监测数据都存储在服装控制模块的信息存储单元中,一旦数据超出预设阈值,服装控制模块将自动触发声光报警装置。该智能防护服装系统还具备“黑匣子”功能,可以将数据同步上传至云服务器,在指令控制模块中断联系时仍可保证独立工作。这套集成式智能防护可穿戴服装有助于提高消防员的防护水平^[27]。

由波司登推出的配置有北斗定位搜救系统的登峰2.0智能登山羽绒服如图16^[28]所示。



图16 登峰2.0智能登山羽绒服

Fig. 16 Summit 2.0 smart mountaineering down jacket

登峰2.0智能登山羽绒服采用了PCM新型的智能材料,可根据环境温度的变化自动调节衣物内部的温度,使得人体在极端低温环境下免受伤害^[29]。该系列羽绒服还配备了快速定位营救的导航通信系统,其核心为40 nm的高性能基带射频一体化芯片,可连接智能手机,被卫星定位,这套羽绒服装备能够对极端地域活动中的穿戴者起到防护和保暖作用。

4 结 语

随着人们对可穿戴技术的需求不断提高,产品创新已成为智能可穿戴产业核心竞争力的关键,设计和技术的协同合作起到了至关重要的作用。设计专家可以提供更具创意和实用价值的设计理念,而技术人员则可以将这些理念转化为实际的技术应用。这种开放式合作方式不仅加速了技术的创新和迭代,还为智能可穿戴产品的市场推广提供了更多的可能性。未来,可穿戴技术还将与人工智能、大数据、云计算等先进技术相结合,呈现出更加智能化、个性化的发展趋势。智能可穿戴产品将不仅是人们的生活辅助工具,更是人们日常生活中不可或缺的一部分。

参考文献:

- [1] DONG Y, LI Q J, ZHAO Z Q, et al. A wearable pressure shangmonitoring[J]. *Fibers and Polymers*, 2022, 23(8): 2351-2363.
- [2] 陶肖明, 刘苏, 杨宝, 等. 织物电子器件及系统的发展现状、科学问题、核心技术和应用展望[J]. *科学通报*, 2021, 66(24): 3071-3087.
TAO Xiaoming, LIU Su, YANG Bao, et al. Recent advances, scientific issues, key technologies and perspective of textile electronics[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2021, 66(24): 3071-3087. (in Chinese)
- [3] 王露. 适合之道——英国老龄功能性服装设计实践[J]. *装饰*, 2013(9): 88-89.
WANG Lu. The way to fit—design practice of functional clothing for the aged in Britain[J]. *Art and Design*, 2013(9): 88-89. (in Chinese)
- [4] 莫崧鹰, 何继超. 崭新电子纺织品技术的发展[J]. *纺织导报*, 2019(5): 34-41.
MO Songying, HE Jichao. Technological development of advanced electronic textiles[J]. *China Textile Leader*, 2019(5): 34-41. (in Chinese)
- [5] 李蓓, 吴令珂, 马诗惠. 智能可穿戴式医疗设备的专利申请分析[J]. *佛山科学技术学院学报(自然科学版)*, 2018, 36(3): 10-18.
LI Bei, WU Lingke, MA Shihui. The patent analysis of smart wearable devices in the medical area[J]. *Journal of Foshan University (Natural Science Edition)*, 2018, 36(3): 10-18. (in Chinese)
- [6] 徐丹, 李文字, 张俊霞. 可穿戴智能设备领域专利分析[J]. *电信网技术*, 2016(1): 15-20.
XU Dan, LI Wenyu, ZHANG Junxia. Patent analysis in the field of wearable smart devices[J]. *Information and Communications Technology and Policy*, 2016(1): 15-20. (in Chinese)
- [7] 颜延, 邹浩, 周林, 等. 可穿戴技术的发展[J]. *中国生物医学工程学报*, 2015, 34(6): 644-653.
YAN Yan, ZOU Hao, ZHOU Lin, et al. The development of wearable technologies[J]. *Chinese Journal of Biomedical Engineering*, 2015, 34(6): 644-653. (in Chinese)
- [8] 2021 中国智能可穿戴设备产业研究报告[EB/OL]. (2021-06-08) [2023-01-12]. <http://www.199it.com/archives/1308868.html>.
- [9] 逢淑宁. 可穿戴设备技术产业发展研究[J]. *电信网技术*, 2014(5): 21-24.
PANG Shuning. Study on technology and industry development of wearable devices[J]. *Information and Communications Technology and Policy*, 2014(5): 21-24. (in Chinese)
- [10] 卢忠花, 王卿璞, 鲁海瑞, 等. 柔性可穿戴电子的新进展[J]. *微纳电子技术*, 2014, 51(11): 685-691, 701.
LU Zhonghua, WANG Qingpu, LU Hairui, et al. New progress in flexible wearable electronics[J]. *Micronano-electronic Technology*, 2014, 51(11): 685-691, 701 (in Chinese)
- [11] 丁磊. 浅析智能穿戴设备技术及其发展趋势[J]. *数码世界*, 2017(3): 56.
DING Lei. Analysis of smart wearable device technology and its development trend[J]. *Digital Space*, 2017(3): 56. (in Chinese)
- [12] SUN X D, ZHAO C Y, LI H, et al. Wearable near-field

- communication sensors for healthcare: materials, fabrication and application [J]. *Micromachines*, 2022, 13(5): 784.
- [13] 黄亨奋, 仇军. 新时代智能可穿戴体育用品产业高质量发展的战略选择[J]. *北京体育大学学报*, 2021, 44(7): 36-46.
- HUANG Hengfen, QIU Jun. Strategic choice for the high-quality development of the smart sports wearable industry in the new era [J]. *Journal of Beijing Sport University*, 2021, 44(7): 36-46. (in Chinese)
- [14] 华经情报网. 中国智能穿戴设备行业发展历程、上下游产业链及行业竞争格局 [EB/OL]. (2022-11-15) [2022-12-16]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1749523768349750465&wfr=spider&for=pc>.
- [15] 深圳市智能穿戴产业联合会: 华科大等交叉学科团队研发柔性电磁“发电衣”, 助力可穿戴电子持续性发展 [EB/OL]. (2022-10-27) [2022-11-26]. <http://fswi.org.cn/wap/news-detail-5536.html>.
- [16] 张兆鹏. 智能穿戴设备适老设计研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.
- [17] 纺织导报. 电子智能纺织品的发展现状及应用展望(五)——电致发热类 & 能量收集类智能纺织品 [EB/OL]. (2021-09-01) [2022-10-26]. http://www.cipnet.cn/bs_info/Resource/Information?piiType=Industry&id=3bd47ceb-0d04-499b-afed-88ecf18ec425.
- [18] 巩继贤. 智能服装的现状 & 展望 [J]. *现代纺织技术*, 2004, 12(1): 47-49.
- GONG Jixian. Present situation and prospect of smart clothing [J]. *Advanced Textile Technology*, 2004, 12(1): 47-49. (in Chinese)
- [19] EMS Workout at Gym [EB/OL]. [2022-11-29]. <https://www.dreamstime.com/closeup-o-two-women-squatting-ems-workout-gym-ems-workout-gym-image127431991>.
- [20] 唐迅. EMS 科技健身与传统健身的差异及互补性研究 [J]. *当代体育科技*, 2020, 10(9): 14-16.
- TANG Xun. Study on the differences and complementarities between EMS scientific fitness and traditional fitness [J]. *Contemporary Sports Technology*, 2020, 10(9): 14-16. (in Chinese)
- [21] 李永华. 我为冬奥做“龙服”0.01 秒优势背后的服装科技力量 [J]. *中国经济周刊*, 2022 (增刊 1): 103-105.
- LI Yonghua. I am a "dragon suit" for the Winter Olympics. The clothing science and technology force behind the advantage of 0.01 seconds [J]. *China Economic Weekly*, 2022 (Sup 1): 103-105. (in Chinese)
- [22] 张荫楠. 智能安全防护用纺织品的研究和应用新进展 [J]. *纺织导报*, 2017 (增刊 1): 94-103.
- ZHANG Yinnan. Latest progress in the research and applications of intelligent safety and protective textiles [J]. *China Textile Leader*, 2017 (Sup 1): 94-103. (in Chinese)
- [23] 刘明月, 李金强, 马建伟. 智能服装的应用现状及展望 [J]. *棉纺织技术*, 2021, 49(9): 80-84.
- LIU Mingyue, LI Jinqiang, MA Jianwei. Application status and prospect of smart clothing [J]. *Cotton Textile Technology*, 2021, 49(9): 80-84. (in Chinese)
- [24] 新式织物电极可取代 ITO 大幅简化柔性 OLED 制造 [EB/OL]. (2017-02-07) [2022-11-14]. <http://m.yejibang.com/news-detail.html?id=17249>.
- [25] 黄玲, 邱白玉. 微胶囊整理剂在纺织品后整理中的应用 [J]. *毛纺科技*, 2006, 34(3): 57-62.
- HUANG Ling, QIU Baiyu. Application of micro capsulation reagent in textile finishing [J]. *Wool Textile Journal*, 2006, 34(3): 57-62. (in Chinese)
- [26] 李绘丽. 智能服装中传感器的应用与研究 [J]. *西部皮革*, 2017, 39(24): 10, 16.
- LI Huili. Application and research of sensors in smart clothing [J]. *West Leather*, 2017, 39(24): 10, 16. (in Chinese)
- [27] 何海洋. 智能纺织品及其在安全防护服装中的应用进展 [J]. *河南工程学院学报(自然科学版)*, 2019, 31(3): 13-19.
- HE Haiyang. Advances in smart textiles and their applications in safety and protective clothing [J]. *Journal of Henan University of Engineering*, 2019, 31(3): 13-19. (in Chinese)
- [28] 登峰 2.0 再升级. 波司登是怎样将航空科技玩到极致的? [EB/OL]. (2021-11-26) [2022-10-20]. <https://www.163.com/dy/article/GPO0DC8Q051884MP.html>.
- [29] 马亮, 李俊. 多种智能技术在防寒服装功能研发中的应用进展 [J]. *纺织学报*, 2022, 43(6): 206-214.
- MA Liang, LI Jun. Application progress in cold protective clothing based on multiple intelligent technologies [J]. *Journal of Textile Research*, 2022, 43(6): 206-214. (in Chinese)

(责任编辑:邢宝姝)