

基于柔性传感器的智能服装研究进展

岳欣琰¹, 杨雅晴¹, 韩 潇^{1,2}, 洪剑寒^{1,2,*}, 葛焯倩^{1,2}

(1. 绍兴文理学院 纺织服装学院, 浙江 绍兴 312000;

2. 浙江省清洁染整技术研究重点实验室, 浙江 绍兴 312000)

摘要:柔性传感器因具有延展性好、柔软且易于其他材料集成等优点,与开发智能服装的设计需求相契合,在智能化可穿戴产品中具有广阔发展前景。根据柔性传感技术在纺织服装领域的发展,详述柔性传感器的分类及其研究进展;分析归纳国内外基于柔性传感器在体育运动、医疗健康、休闲娱乐与特殊环境领域下智能服装的研究进展。总结基于柔性传感器智能服装开发应用研究中存在的问题,提出解决措施,以实现兼具智能化与舒适性的服装,发挥智能服装的实际应用价值。

关键词:柔性传感器;智能服装;传感器应用;健康监测

中图分类号:TP 212

文献标志码:A

文章编号:1673-0356(2023)06-0004-05

柔性传感器是指采用柔性材料制成能感知收集外界信息,将其转换成某种信号的器件,具有柔性、延展性好、贴体性等优点。服装作为柔性传感器的载体之一,具有透气、适形、可长期穿戴等特性。使服装实现智能化的关键之一便是传感技术,而柔性传感器则是智能服装的重要组成部分。在早期智能服装中,传感器通常为柔性较差的硬质电子器件,体积相对较大且功能性单一,贴体性差,甚至难以集成在服装中,人体在进行活动时传感器易发生位移,从而采集的数据准确性较低,其应用范围受限。

因此,如何制备具有功能性的柔性传感器并与服装有效结合便成为智能服装研究的重点。详述了柔性传感器分类,分析梳理了国内外关于柔性传感器在医疗健康、体育运动及休闲娱乐、特殊环境等领域的智能服装的研究应用进展。总结分析了基于柔性传感器在智能服装应用中所具备的优势和局限性,提出解决措施的同时就其未来发展作出展望。

1 柔性传感器的分类

根据感知机制将柔性传感器主要分为柔性电容式传感器、柔性电阻式传感器、柔性压电式传感器、柔性摩擦电性传感器和柔性光纤传感器。

收稿日期:2023-02-23

基金项目:中国纺织工业联合会科技指导性计划项目(2021004);浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划(2022R432A020)

第一作者:岳欣琰(2000—),女,硕士研究生,主要研究方向为智能服装柔性器件的设计开发与应用。

* 通信作者:洪剑寒(1982—),男,教授,博士,主要研究方向为新型纺织材料的制备与应用,E-mail:jhhong@usx.edu.cn。

1.1 柔性电容式传感器

柔性电容式传感器主要是基于电容器原理而制成的柔性器件。其中,最典型的“三明治结构”是由介电层夹在由导电聚合物、纤维纱线等柔性材料制成的上下2个平行板电极之间构成,碳纳米管^[1]、炭黑、石墨烯^[2]等低维碳是柔性传感器常用碳系材料。当外界给予一定的刺激时,将引起介电层的变形,此时将外部压力变化转化为平行板间电容的变化。平板电容的计算如式(1):

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (1)$$

式中, ϵ_r 为介电层的相对介电常数; ϵ_0 为真空介电常数; A 为两电极板间有效面积; d 为两电极之间的距离。

首先,从介电层发生变形引起电容的改变来看,增强介电层的弹性可以提高柔性传感器的灵敏度,例如聚二甲基硅氧烷(PDMS)^[3]、聚氨酯(PU)^[4]、离子电膜等。同样基于介电层的视角来看,通过改变介电层的微结构来也可以改变传感器的灵敏度响应。Shi等^[5]利用图形化微结构AgNWs/PDMS复合介质,将介质层微结构化,制备出柔性电容压力传感器的灵敏度更高、检出限更低。胡瑞明^[6]设计出复眼微结构的介电层,基于此介电层制备的传感器灵敏度达到 0.28 kPa^{-1} ,并且经过12 000次的撞击后,输出信号仍保持稳定。此外,关于柔性电容式传感器不同的组装形式对其传感性能也有较大影响,Chhetry等^[7]运用导电纤维交叉堆叠制备一种简易柔性电容式传感器,介电层为涂覆在导电纤维外的微孔结构PDMS层,其在低压区($<2 \text{ kPa}$)的灵敏度达至 0.278 kPa^{-1} 。佑晓露^[8]利用静电纺丝技术构建柔性电容式传感器,分别制备出以纳米纤

维气凝胶为介质层的薄膜型电容传感器,基于纳米纤维包芯纱结构的织物型电容传感器,对人体呼吸与微小物体识别等方面得到实际应用。

1.2 柔性电阻式传感器

柔性电阻式传感器是基于外界施加外力时,通过改变导电材料间的接触电阻和长度电阻引起电信号的变化^[9],将其转换成电阻值变化。表征电阻式压力传感器的灵敏度常用灵敏度系数 S 表示,如式(2):

$$S = \frac{(R - R_0)/R_0}{P - P_0} \quad (2)$$

式中, R 、 R_0 分别表示施加压力前后的传感器电阻值, P 、 P_0 分别表示施加外力前后传感器所受压力值。

一般由衬底和导电材料组成柔性电阻式传感器的基本结构,常见材料有半导体硅、锗及石墨烯^[10]填充高聚物等。张轩豪等^[11]在氨纶包覆纱表面包裹了一层迈科烯(MXene)导电材料,制备一种氨纶纤维应变式电阻传感器。应变范围为 $0 \sim 40\%$ 时,其灵敏度为 5.82,在进行手势变化时,实现对数字 1 到 10 的手势识别。Pizarro 等^[12]提出了由低密度聚乙烯制成的抗静电片和导电织物制成的织物压力电阻传感器,制备 5 个传感器分别在不同的场景下进行评价,在 $1 \sim 70$ kPa 内线性稳定。卢韵静等^[13]利用浸渍法在三维聚酯非织造布上接枝氧化石墨烯和 PDMS,制备了一种新型三维网状非织造结构传感器。Lian 等^[14]用浸渍法得到 AgNWs 涂层棉,在两层 AgNWs 涂层棉之间插入棉网间隔物来构筑一种全织物柔性压力传感器,充分利用了纤维/纱线/织物多层接触的协同效应,提高其传感性能。

1.3 柔性压电式传感器

柔性压电传感器的感应机理是压电材料受到外力作用时产生压电效应,将压力信号转换为电压信号。聚偏氟乙烯(PVDF)^[15]、陶瓷和氧化锌(ZnO)等是压电传感器常用压电材料。其中,压电常数表示压电材料机械能与电能二者相互转化的能力,一般压电常数值越大,压电性能越好^[16]。Chen 等^[17]构筑了能够检测静态压力的纳米线/石墨烯异质结构的压力传感器,其灵敏度达到 9.4×10^{-3} kPa⁻¹。池喆敏等^[18]利用静电纺丝法和高温烧结法制备了锆钛酸铅纳米纤维(PZ-TNFs),将其与聚酰亚胺(PI)复合得到 PI/PZTNFs 材料,制备出柔性压电传感器。当温度在 $20 \sim 250$ °C 内仍具有稳定的信号输出,在 1 N 压力作用下,输出电压为 0.52 V,灵敏度达至 198 mV/N,有望应用于高温柔

性传感领域。陈广州等^[19]构筑了一种基于 PVDF 加入氧化石墨烯(GO)的柔性压电传感器。利用静电纺丝技术和热蒸镀法制备加入了质量分数 0.5%GO 后的 PVDF/GO 复合压电薄膜,在 120 N 的压力作用下,“三明治”结构的柔性压电传感器灵敏度提升至 43.1 mV/N。

1.4 柔性摩擦电型传感器

柔性摩擦电型传感器基于摩擦起电的原理由上下 2 个电极和中间负责摩擦生电的材料构成,具有成本低、易制备和输出电压高的优点,还可制作自供能传感单元。柔性摩擦电型传感器历经基于薄膜式基底、纤维与织物基底结构发展而来,可通过与可穿戴设备结合监测人体运动。Fan 等^[20]报道可用于监测生理信号的摩擦电机织物品传感器阵列。其响应时间短(20 ms),同时满足可洗涤需求。

王跃^[21]以 MXene/TPU 柔性电极为摩擦层制备了摩擦电型传感器,该方法制备的 MXene/TPU 电极具有良好的透气性。

1.5 柔性光纤传感器

柔性光纤传感器是利用光学性质通过光纤将外界物理量转变为光信号^[22-23]。将光纤传感器应用于纺织服装,其能够代替人们从事特殊环境工作进行压力、温度等物理量测量。Abro 等^[27]通过光纤布拉格光栅(FBG)传感器研制光纤布拉格光栅智能传感带,监测膝关节运动的姿势。隋丹丹等^[24]对光纤传感器的微结构进行优化,提出倒凹槽结构的模型来提高柔性光纤传感器的灵敏度,实现对压力的实时监测。Hao 等^[25]结合了光纤光栅传感器和 3D 打印技术,开发了一种智能鞋垫,其中光纤布拉格光栅是由锆硼加光敏硅纤维制作而成,鞋垫内的纤维布拉格光栅会随着足底压力的变化而变化,进而完成步态姿势的监测。Romano 等^[26]制备了可用于监测射箭运动员心率和呼吸频率的柔性纤维布拉格光栅传感器,根据身体运动变化对反馈的数据进行分析,实现了心跳和呼吸频率的监测,同时还提出优化弓箭手的传感器定位的方法。

2 基于柔性传感器的智能服装应用

2.1 基于柔性传感器在体育运动的智能服装

Abro 等^[27]开发了一种基于柔性传感技术的新型智能服装。通过将柔性传感器缝制在身体各关节部位,监测处于不同角度下身体关节的变化,在膝部和肘

部的最小灵敏度可达 0.94 和 0.8,感知静态姿势和动态中的屈曲角度,但存在的问题是该智能服装不能进行洗涤。针织物具有丰富的组织结构变化,可以更方便地实现服装智能化设计,其应变性能和结构组织适合人体运动的应用。Li 等^[28]研究了应用镀银导电纤维在高弹针织运动裤上直接制作柔性传感器。通过 4.0 蓝牙将测量数据传输到计算机,实现了对不同步态下腿部运动的状态监测,但是该研究缺乏运动多样性在传感区域相互之间的测试。温雯等^[29]实现了智能跑步运动裤的基础原型制作。在人体下肢选取 3 个部位放置柔性传感器,通过采集的应变-电阻变化信号表征人体下肢运动状态。孟子征等^[30]研制了两种规格的可监测呼吸的智能运动背心,以改性碳纳米管/聚氨酯(m-MWNT/PU)作为导电膜制备柔性应变传感器,并分析了影响智能背心的柔性传感器性能因素,确保对人体呼吸进行动态监测的数据准确,通过子母扣的连接方式实现智能背心设计制作。杨晓红等^[31]运用 D2027 柔性压阻式压力传感器,设计了监测运动训练中身体部位压力分布的智能运动服。柔性压力传感器被嵌入服装中,当人体进行运动时传递出的信号通过特定线路、无线通信技术和数据处理系统被转换为显示设备上的数据,在满足服装功能性基础上实现了智能化应用。王侠^[32]结合了膝关节健康监测的需求,主要基于织物基底使用编织结构的柔性压力传感器来研究智能运动裤设计。但未构成完整的检测系统,需进一步利用信号处理和无线技术,并且该研究中的柔性传感器并未完全贴合监测部位,试验结果存在一定程度的误差。

2.2 基于柔性传感器在医疗健康上的智能服装

基于柔性传感技术的智能服装应用于医疗健康领域,有利于收集人体发射出的生理信号,如心率、呼吸、体温、血压等参数。实时评估个人的生理状况,适当预防一些身体不适的问题。

周艺颖^[33]设计了可用于胳膊动态监测的智能 T 恤和膝盖运动监测的智能紧身裤。分别制备了叉指型和三明治结构的 2 种柔性传感器,对 2 种结构的传感性能进行分析,将运用多孔 MWNT/PU 复合膜研制出三明治结构的柔性压阻传感器与服装集成,可用作监测人体的胳膊和腿部运动状态以及受伤人员肘关节和膝部康复训练阶段检测。何崑^[34]制备了 3 种类型的柔性压阻传感器,利用 m-MWNT/PU 复合导电膜

制作的柔性压阻传感器设计一种监测呼吸频率的智能背心,其余 2 种柔性压阻传感器分别用来制作了监测手部活动的智能手套和检测足部压力的智能鞋垫。Yu 等^[35]对儿童智能体温监测服的设计进行了探讨,通过嵌入不同类型的微型传感器,实现对微气候和体温、心律、血压等生理参数的监测。针织结构智能服装具有特殊的线圈结构,当织物在日常活动中发生形变时,很大程度上使得智能化纱线的性能不会因织物变形损坏,确保了智能服装的性能稳定^[36]。Fan 等^[20]运用导电纱线和尼龙纱线编织而成柔性摩擦电型传感器与羊毛衫相结合组成智能针织服装。这种柔性摩擦电全织物传感器阵列(TATSA)具备高灵敏度的压力捕捉,具有超 100 000 个高稳定性周期,实现了高摩擦起电效应。同时,该团队研究开发了一种无线移动的健康监护系统,该系统具有连续采集生理信号并为患者提供专业建议的能力。

2.3 柔性传感器在休闲娱乐上的应用

智能服装应用在休闲娱乐上加强了人与服装的交互性,给人们带来别致的生活体验。蒙特利尔大学和伦敦大学联合设计了一款智能情绪感知衣物 Wearable Absence Project (WAp),通过生物传感器来监测使用者的生理变化,分析判断其情绪变化,进而利用扩音器播放音乐舒缓心情。Wang 等^[37]建立了交互式服装的研发理论模型,利用传感技术将微型传感器和发光二极管(LEDs)集成到情侣装原型中,并将其制作的智能服装与其他类型的智能服装进行评估,做出初步的情感评价。Danilo 等^[38]提出一款智能 Pacer 连体服,内置监测人体动态变化的传感器,将得到的数据转化为音乐旋律,作为一种全新的趣味体验。

2.4 柔性传感器在特殊环境领域应用

服装有着人体的“第二皮肤”之称,是人身安全的最后防线,对人体起着一定的保护作用。然而在某些特殊场合需要一定的性能赋予服装之上,这时智能服装的出现就不仅仅是提供基本的安全防护作用。

在从事特殊职业时,面对着高风险的工作环境,例如煤矿工人需下井开采时,其服装带有可穿戴的瓦斯气体柔性传感器可以实时测量危险气体的浓度。齐慧^[39]设计开发一系列用于煤矿井下作业环境的可监测瓦斯浓度的智能矿工服。分析不同类型智能电子元器件与服装结合的柔性互连技术,运用 MQ-4 气体传感器和 DHT12 传感器,并使用 3D 打印外壳对其进行

封装,通过嵌入的方法与矿工服形成瓦斯浓度监测系统相结合制成智能矿工服。Meike^[40]等为执法人员设计了一款智能防护服装,具有集成心率传感器、控制系统和定位模块,通过纺织品天线进行无线数据传输。消防员在火场进行救援时,随时面临高温发生爆炸以及体力耗尽等情况,卜宇^[41]提出了监测消防员的生理状态和环境信息的智能消防服。在嵌入生理传感器和环境传感器后,利用无线网络传输数据,对消防员的生理状态与周围环境加以判断,为消防员提供更大的安全保障。邱昫梵^[42]以安全防护服装为基础,采用PDMS聚合物材料为柔性基底制备柔性压力传感器与气囊相结合,从其安全防护性和舒适性的角度出发研究气囊防护功能服装。

3 结束语

目前,智能服装在纺织服装行业发展非常迅速,但同时也存在一定的弊端。例如,电子类智能服装的通讯信息存在信息泄露的风险,功能性单一。对于一些智能器件被嵌入或者集成在服装上时,存在了未满足服装可洗涤性、透气性和舒适性的基本需求问题,因此集成智能服装的成本高、服用性较低,循环利用性差。面对以上问题,可以采取一些解决方法,坚持可持续设计的理念,以满足人体舒适性和美观度为前提,关注最前沿的研究动态,加强新型材料的研发,提高数据收集与处理能力,优化智能服装应用制作工艺方法。信息技术多元化创新发展,未来的智能服装也将朝着多功能化、舒适性更高以及多种技术相结合的方向发展,在纺织服装行业具有更大的发展前景。

参考文献:

- [1] SHAO N, WU J, YANG X, et al. Flexible capacitive pressure sensor based on multi-walled carbon nanotube electrodes[J]. *Micro & Nano Letters*, 2017, 12(1): 45-48.
- [2] 药芳萍,黎相孟,石强盛杰,等. 石墨烯-聚合物柔性电容传感器制备及性能研究[J]. *中国机械工程*, 2021, 32(24): 2909-2914.
- [3] 徐先亮,陈昕,吴杰,等. 柔性电容式压力传感器制作与性能优化分析[J]. *林业机械与木工设备*, 2021, 49(5): 66-69, 74.
- [4] 李雪萍,杨晓锋,卿新林. 一种柔性电容传感器的压力传感特性及其机理研究[J]. *传感技术学报*, 2019, 32(8): 1189-1193.
- [5] SHI R, LOU Z, CHEN S, et al. Flexible and transparent capacitive pressure sensor with patterned microstructured composite rubber dielectric for wearable touch keyboard application[J]. *Science China Materials*, 2018, 61(12): 1587-1595.
- [6] 胡瑞明. 基于复眼微结构的柔性压力传感器制备及测试[J]. *固体电子学研究进展*, 2022, 42(5): 400-404.
- [7] CHHETRY A, YOON H, PARK J Y. A flexible and highly sensitive capacitive pressure sensor based on conductive fibers with a microporous dielectric for wearable electronics[J]. *Journal of Materials Chemistry C*, 2017, 5(38): 10068-10076.
- [8] 佑晓露. 基于纳米纤维的柔性电容式传感器的构建与研究[D]. 郑州:中原工学院, 2019.
- [9] 王军庆,李龙,吴磊. 柔性纺织电阻传感器的研究进展[J]. *高分子材料科学与工程*, 2021, 37(2): 184-190.
- [10] PARK J J, HYUN W J, MUU S C, et al. Highly stretchable and wearable graphene strain sensors with controllable sensitivity for human motion monitoring[J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2015, 7(11): 6317-6324.
- [11] 张轩豪,陈金伍,刘孙辰星,等. 基于MXene的应变纤维传感器制备及其表征[J]. *电子器件*, 2022, 45(1): 117-122.
- [12] PIZARRO F, VILLAVICENCIO P, YUNGE D, et al. Easy-to-build textile pressure sensor[J]. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 2018, 18(4): 1190.
- [13] 卢韵静,于星元,田明伟,等. 石墨烯/聚二甲基硅氧烷三维非织造结构压阻柔性压力传感器[J]. *传感技术学报*, 2018, 31(9): 1337-1340, 1353.
- [14] LIAN Y, YU H, WANG M, et al. Ultrasensitive wearable pressure sensors based on silver nanowire-coated fabrics[J]. *Nanoscale research letters*, 2020, 15(1): 1-8.
- [15] 张旭,覃双,杨舒棋,等. PVDF压电传感器及敏感单元设计关键技术[J]. *高压物理学报*, 2020, 34(2): 43-49.
- [16] 侯星宇,郭传飞. 柔性压力传感器的原理及应用[J]. *物理学报*, 2020(17): 70-85.
- [17] CHEN Z, WANG Z, LI X, et al. Flexible piezoelectric-induced pressure sensors for static measurements based on nanowires/graphene heterostructures[J]. *ACS nano*, 2017, 11(5): 4507-4513.
- [18] 池喆敏,赵婷婷,琚艳云,等. 聚酰亚胺/铅钛酸铅柔性压电传感器的制备及性能[J]. *电子元件与材料*, 2022, 41(8): 816-821.
- [19] 陈广州,陈刚,潘莉,等. 基于PVDF/GO纳米复合薄膜的柔性压电传感器[J]. *微纳电子技术*, 2022, 59(3): 236-241.

- [20] FAN W, HE Q, MENG K, et al. Machine-knitted washable sensor array textile for precise epidermal physiological signal monitoring[J]. *Science Advances*, 2020,6(11): eaay2840.
- [21] 王跃. 柔性透气电极的制备及其可穿戴摩擦电传感应用研究[D]. 南京:南京邮电大学,2022.
- [22] 吴海燕,李艳梅. 柔性传感器在纺织服装上的应用[J]. *毛纺科技*, 2020, 48(9): 94-98.
- [23] 徐小强,杜阳,冒燕,等. 光纤布拉格光栅柔性传感器研究进展[J]. *应用光学*,2021(5):932-940.
- [24] 隋丹丹,张会新,张利平,等. 柔性光纤压力传感器的增敏结构设计[J]. *仪表技术与传感器*,2021(3):19-22,53.
- [25] HAO Z, COOK K, CANNING J, et al. 3-D printed smart orthotic insoles: monitoring a person's gait step by step[J]. *IEEE Sensors Letters*, 2019, 4(1): 1-4.
- [26] ROMANO C, PRESTI D L, SCHEANA E, et al. A wearable system based on fiber Bragg grating for monitoring respiratory and heart activity of archers[C]//2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA). IEEE, 2019: 1-6.
- [27] ABRO Z A, YI-FAN Z, NAN-LIANG C, et al. A novel flex sensor-based flexible smart garment for monitoring body postures[J]. *Journal of Industrial Textiles*,2019,49(2):262-274.
- [28] LI Y, MIAO X, NIU L, et al. Human motion recognition of knitted flexible sensor in walking cycle[J]. *Sensors*, 2019,20(1):35.
- [29] 温雯,方方,董金依. 基于柔性应变传感器的人体下肢运动监测分析[J]. *纺织科技进展*,2019(2):30-36.
- [30] 孟子征,刘莉,何崑,等. 基于柔性传感器的智能背心呼吸监测技术研究[J]. *北京服装学院学报(自然科学版)*, 2021(4):36-41.
- [31] 杨晓红,韩志清,胡雪睿,等. 应用 D2027 型柔性压力传感器的运动服装设计[J]. *纺织科技进展*,2021(1):23-26,35.
- [32] 王侠. 基于柔性传感的膝关节受力监测运动裤设计与机理[D]. 青岛:青岛大学,2020.
- [33] 周艺颖. 智能服饰中柔性压阻传感器的制作及应用研究[D]. 天津:天津工业大学,2019.
- [34] 何崑. 微纳米碳材料柔性压阻传感器的研究及在智能服饰中的应用[D]. 天津:天津工业大学,2018.
- [35] WANG Y, DENG Y M, YANG X Y, et al. Design and research of intelligent temperature monitoring clothing for children[C]//The 10th Textile Biengineering and Informatics Symposium,2017.
- [36] 刘于维,丛洪莲,赵博宇. 针织结构智能产品的开发与应用[J]. *纺织科学与工程学报*,2021,38(4):72-76,82.
- [37] WANG W, NAGAI Y, FANG Y, et al. Interactive technology embedded in fashion emotional design: Case study on interactive clothing for couples[J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018.
- [38] 杜劲松,李司琪,余雅芸,等. 智能化服装设计与研发[J]. *纺织高校基础科学学报*,2020,33(3):58-63.
- [39] 齐慧. 智能服装的设计研究——以监测瓦斯浓度矿工服为例[D]. 太原:太原理工大学,2020.
- [40] REIFFENRATH M, HOERR M, GRIES T, et al. Smart protective clothing for law enforcement personnel [J]. *Materials Science. Textile and Clothing Technology*, 2014, 9: 64-68.
- [41] 卜宇. 基于传感器的消防员体征监测系统设计[J]. *信息安全与技术*,2016,7(2):46-48.
- [42] 邱昉梵. 基于柔性压力传感器的气囊防护功能服研究[D]. 重庆:西南大学,2020.

Research Progress on Smart Clothing Based on Flexible Sensors

YUE Xinyan¹, YANG Yaqing¹, HAN Xiao^{1,2}, HONG Jianhan^{1,2,*}, GE Yeqian^{1,2}

(1. School of Textile and Apparel, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China;

2. Key Laboratory of Clean Dyeing and Finishing Technology of Zhejiang Province, Shaoxing 312000, China)

Abstract: Flexible sensors have the advantages of good ductility, softness and easy integration with other materials, which are compatible with the design needs of developing smart clothing and have a promising future in smart wearable products. According to the development of flexible sensing technology in the field of textile and apparel, the article details the classification of flexible sensors and their research progress. Summarizes the problems in the current research on the development and application of intelligent clothing based on flexible sensors, and proposes solution measures, for the realization of both intelligent and comfortable clothing, the maximum value of the practical application of intelligent clothing.

Key words: flexible sensors; smart clothing; sensor applications; health monitoring