

针织物柔性传感器的传感性能探讨

韩 潇,龙海如*

(东华大学,上海 201620)

摘 要:以镀银锦纶导电纱线作为面纱的添纱组织,制备了针织物柔性传感器试样。采用定伸长拉伸及储存式万用电表同步记录试样的电阻变化。研究了传感器的电阻与应变的关系及反复拉伸电阻的重复性。试验结果表明对于传感区域来说,在横列数相同的情况下,电阻随纵行数的增加而线性增加;在纵行数相同的情况下,电阻随横列数的减少而线性增加,电阻与应变的拟合曲线斜率也具有同样的规律。针织物柔性传感器的线性度、灵敏度和重复性能够满足作为传感器的要求。

关键词:针织物;柔性传感器;导电纱线;添纱组织;传感性能

中图分类号:TS195.2

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2014)06-0012-03

目前已出现了各种各样的家用医疗监护产品,但这些产品在长期实时监护方面还存在不足,不能满足人们日益增长的对健康保健的需求。由于服装特别是内衣本身与人有着密切关系,将服装制成监控人体的医疗设备,可实现随时随地长时间对健康进行监护,这是目前研究的一个热点^[1]。本文选用针织结构的织物作为柔性传感器的载体,即由导电纱线编织的针织物本身作为柔性传感器。针织物柔性传感器的传感机理是拉伸过程中纱线间接触电阻和纱线伸长电阻的变化引起织物电阻的相应变化^[2]。当人体心跳、呼吸时表面皮肤会伸缩,引起导电针织物的应变,导致针织物电阻的变化。由于传感区域的大小对传感性能有影响^[3],本文针对具有不同横列数和纵行数的传感区域的电阻与应变之间的关系进行了实验研究,以期选择出传感性能相对较好的传感器。

1 针织物柔性传感器的制备

本文中针织物柔性传感器的制备采用的是纬平针添纱组织,涉及到的纱线有三种,规格如表1所示。

针织物柔性传感器的试样在意大利圣东尼公司SM8-TOP2无缝内衣机上进行编织,如图1所示为试样的正面,由两个区域组成,黑色区域为镀银导电纱线为面纱的传感器部分,白色区域为以锦纶纱线为面纱的传感器的载体部分,两个区域的地纱均为锦包氨纱线。图2为试样的反面,由于要进行镀银导电纱线

线圈区域的电阻测量,所以将织物反面的镀银纱线浮线剪断,可夹持两端并联的导电纱线,用万用电表测量其电阻。

表1 纱线规格及类型

纱线名称	纱线细度 /tex	纱线电导率 /S·m ⁻¹	纱线类型
镀银锦纶丝	11.1	20.0	面 纱
锦包氨纱线	锦 4.4/氨 3.3		地 纱
锦纶加弹纱线	7.8		面 纱

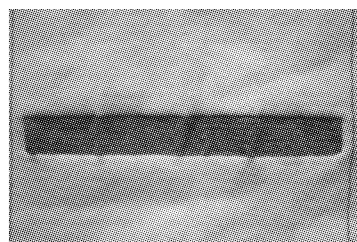


图1 针织物柔性传感器试样正面

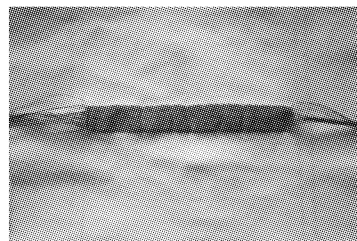


图2 针织物柔性传感器试样反面

共制备了9种不同横列数×纵行数的针织柔性传感器试样,横列数分别为15、22、30,纵行数分别为160、200、240。

2 针织物柔性传感器的性能测试

传感器的基本特性是指传感器输入输出关系的特

收稿日期:2014-08-21

作者简介:韩 潇(1990-),女,在读硕士研究生,研究方向为智能纺织品。

*通信作者:龙海如(1955-),男,教授,博士生导师,研究方向:智能纺织材料,E-mail: hrlong@dhu.edu.cn.

性,本文中对应的就是应变与电阻的关系特性,主要是针对传感器的静态特性,主要指标有线性度、灵敏度和重复性。

2.1 线性度与灵敏度

线性度是指传感器的电阻与应变间成线性关系的程度。传感器的理想应变—电阻曲线特性应该是线性的,有助于简化传感器的理论分析、数据处理、制作标定和测试。灵敏度是传感器在稳态下电阻的变化量对应变的变化量的比值,通常用拟合直线的斜率表示系统的平均灵敏度^[4]。

通过真人实际穿着同样密度的无缝针织内衣测得的数据可知,织物的伸长率不到15%,且织物穿在身上时已有一定的应变,所以此次试验测量的是传感器试样在伸长率为2%~15%过程中电阻的变化。试验中用到的仪器有X—Y型双轴向电子拉伸仪,DM3068数字化万用表。对于9种试样,均沿着纬向拉伸,与此同时,万用电表的测试笔与试样反面的镀银纱线的两端连接,同步记录传感器的电阻值变化。

2.2 重复性

重复性表示传感器在应变按同一方向作全量程多次测试时所得应变—电阻曲线一致的程度^[5]。在重复性测试中,为了更贴合心跳频率高,形变小的特点,将针织柔性传感器在应变10%的范围内重复拉伸45次,方法与灵敏度测试方法相同。

3 结果和分析

3.1 线性度和灵敏度

如图3~图5所示分别为相同纵行数(160、200、240)与不同横列数(15、22、30)的针织柔性传感器的电阻值随拉伸应变变化的关系曲线。图中的点代表实测电阻值,实线为Matlab拟合结果,其中a、b、c分别代表横列数为30、22、15的传感器电阻与拉伸应变的关系曲线。

在Matlab拟合过程中,有一个参数可用来表征数据的拟合程度,即确定系数R—Square,确定系数的取值范围在[0,1]之间,其数值越接近于1,则表示数据拟合的越好^[5]。在9种传感器试样的应变—电阻的拟合中,其拟合成线性关系的确定系数都高达0.99以上,可看作传感器试样的应变—电阻呈线性关系。

传感器的灵敏度可用拟合直线的斜率表征,可以通过表2来对比不同传感器试样的灵敏度。

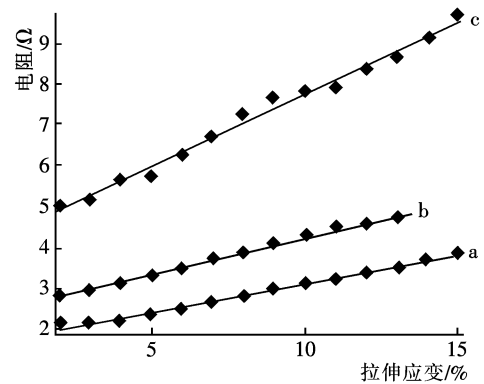


图3 纵行数为160的传感器电阻与拉伸应变的关系曲线

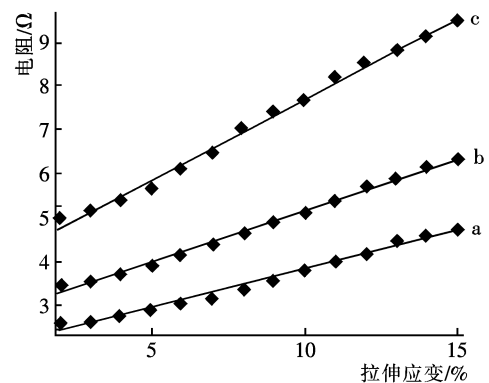


图4 纵行数为200的传感器电阻与拉伸应变的关系曲线

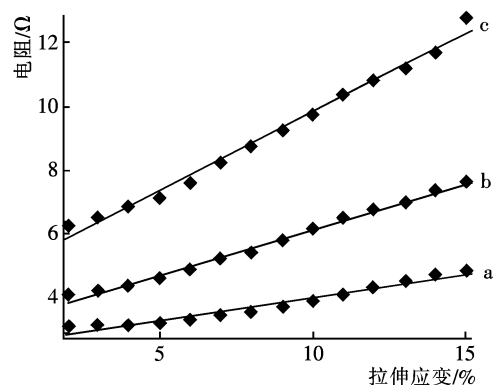


图5 纵行数为240的传感器电阻与拉伸应变的关系曲线

从图3~图5中可直观的看到,传感器纵行数相同时,电阻随着横列数的减小而增大;横列数相同时,电阻随着纵行数的增加而增加。从表2中亦可看到,传感器纵行数相同时,灵敏度随横列数的减小而增大;横列数相同时,灵敏度随纵行数的增加基本呈增大趋势。在传感器的选择上,应考虑两个方面,即灵敏度和实际需求。从数据中基本可得出,传感器试样的横列数越少,纵行数越多,则传感器的灵敏度越好,但灵敏度越高,越容易受到外界的干扰,还要结合测心跳及呼吸时测量部位的尺寸需求,选择最合适的尺寸。

表2 试样的电阻与应变的函数关系

试样编号	传感区域尺寸 (纵行数×横列数)	电阻R与应变ε的拟合关系	灵敏度
1	160×15	$R = 36.74\epsilon + 4.451$	36.74
2	160×22	$R = 17.72\epsilon + 2.466$	17.72
3	160×30	$R = 14.27\epsilon + 1.715$	14.27
4	200×15	$R = 37.05\epsilon + 3.974$	37.05
5	200×22	$R = 26.60\epsilon + 2.795$	23.60
6	200×30	$R = 17.70\epsilon + 2.065$	17.70
7	240×15	$R = 47.43\epsilon + 5.006$	47.43
8	240×22	$R = 28.53\epsilon + 3.296$	28.53
9	240×30	$R = 14.40\epsilon + 2.576$	14.40

3.2 重复性

在结合了针织柔性传感器的线性度和灵敏度测试结果和实际尺寸需要的基础上,对传感区域尺寸(纵行数×横列数)为160×15、200×15、240×15的试样进行了重复性的试验,结果如图6~图8所示。

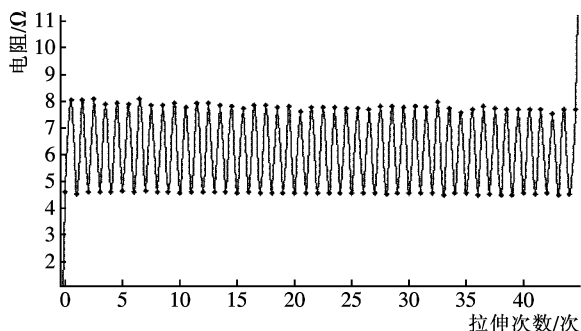


图6 160×15 试样反复拉伸次数与电阻变化的关系曲线

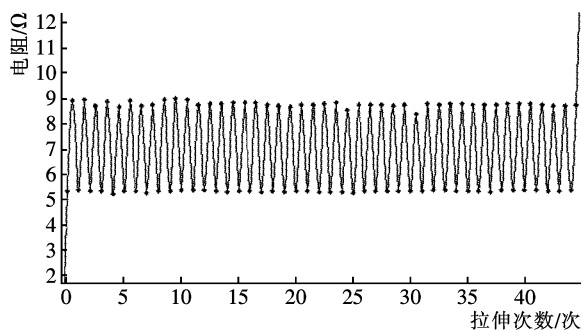


图7 200×15 试样反复拉伸与电阻变化的关系曲线

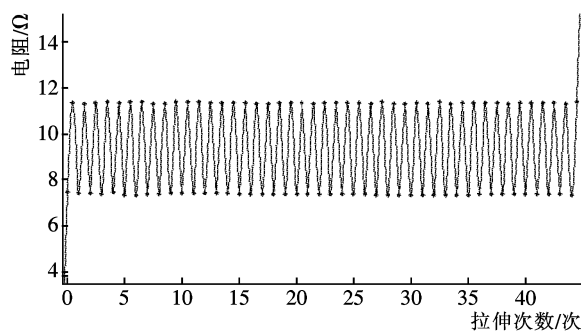


图8 240×15 试样反复拉伸次数与电阻变化的关系曲线

从图6~图8中可看出经过多次拉伸以后,电阻值没有明显的波动,能够满足传感器对其重复性的要求。

4 结论

通过对不同横列数和纵行数的针织物柔性传感器进行拉伸试验,研究其应变与电阻的关系,得出试验中所采用的试样的应变—电阻关系曲线的线性度良好,在其他条件相同时,传感器的电阻值和灵敏度随着纵行数的增加而增大,随着横列数的减少而增加,试样的重复性也能很好的满足作为传感器的要求。对纬平针添纱组织的针织物柔性传感器的传感性能做了基本的测试和研究,为之后针织物柔性传感器的应用和人体健康智能监测服的开发奠定了一定的基础。

参考文献:

- [1] 陈环. 面向智能服装的健康监护系统的研究与开发[D]. 上海: 东华大学, 2008.
- [2] 杨斌, 陶肖明, 俞建勇. 不锈钢纤维织物的电阻与应变关系[J]. 稀有金属材料与工程, 2006, 35(1): 96—99.
- [3] 王金凤, 龙海如. 导电针织柔性传感器的电—力学性能及内衣压力测试研究[D]. 上海: 东华大学, 2013.
- [4] 胡向东, 李锐, 程安宇, 等. 传感器与检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013. 16.
- [5] 王建, 崔书华, 邱鹏. 传感器使用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013. 4.

Investigation on the Sensing Properties of Knitted Flexible Sensor

HAN Xiao, LONG Hai-ru*

(Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: The knitted flexible sensors samples were prepared with silver-plated conductive fiber used as the face yarn of plating stitch. The relationship between strain and resistance of the sensors and the repeatability of resistance were investigated by tensile test of fixed-extension and digital multimeter recording resistance. The test results showed that the resistances of sensing area increased linearly as rise of wale number under the same course number, and the fitting curves of strain-resistance had the same trend. The knitted flexible sensor could meet the demands of the linearity, sensitivity and the repeatability as a sensor.

Key words: knitted fabric; flexible sensor; conductive fiber; plating stitch; sensing property