

碳纤维发热网络的制备及其在散香服装面料中的应用

董科, 赵晨, 朱焱陌陌, 钱坤, 肖学良*
(江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏无锡 214122)

摘要:在发热面料中探索不同参数的“∞”型和“#”型碳纤维发热网络结构和相应电阻,对研究其发热性能有良好的指导作用。通过改变碳纤维导电结构的外接电压,利用热成像仪观察发热网络温度-时间变化,研究不同结构参数对碳纤维网络发热性能的影响规律。结果表明:相同电压下,增加发热结构单位网格周长,发热能力下降;增加外接电压,则发热结构达到的最高温度随之增加;当单位网格参数相同时,“∞”型发热结构发热速率最快,50 s内可升至最高发热温度并稳定,而“#”型发热结构的发热时间较长,约为125 s,稳定状态下“#”型发热结构能达到较高的发热温度。将发热网络与含温控缓释散香微胶囊的面料复合,制备具有电热温控散香的功能面料,并表征不同网络结构功能面料的散香性能。

关键词:碳纤维发热结构;发热效果;电阻模型;仿真电阻;发热散香

中图分类号:TS 102.4.3 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2020)06-0475-07

Preparation of Carbon Fiber Heating Network and Its Application in Fragrance-Release Fabric

DONG Ke, ZHAO Chen, ZHU Yanmomo, QIAN Kun, XIAO Xueliang*
(Key Laboratory of Eco-Textile, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to study the heating performance of the heating fabrics, the heating network structure and corresponding resistance of "∞" type and "#" type carbon fiber with different parameters were explored. By changing the external voltage of the conductive structure and observing the temperature time change of the heating network with the thermal imager, the influence of different structural parameters on the heating performance of the carbon fiber network were studied. The results showed that under the same voltage, an increase of the unit grid perimeter of the heating structure element would decrease the heating capacity, an increase of the external voltage would increase the maximum temperature of the heating structure reached. When the unit grid parameters were the same, the heating rate of "∞" type heating structure was the fastest, and it could rise to the maximum heating temperature and mantain stable within 50 s, while the heating time of "#" type heating structure was longer with about 125 s and could reach a higher heating temperature in a steady state. Finally, the heating network and the micro capsule fabric with temperature controlled and slow-release fragrance were combined to prepare functional fabric with temperature controlling fragrance, and the fragrance dispersion performance of the functional fabrics with different network structures were characterized.

Key words: heating structure of carbon fiber, heating effect, resistance model, artificial resistance, heating and fragrance-release diffusion

收稿日期:2020-02-01; 修订日期:2020-06-19。
基金项目: 国家大学生创新训练计划基金项目(1062050205195353)。
作者简介:董科(1996—),男,硕士研究生。
*通信作者:肖学良(1984—),男,副教授,硕士生导师。主要研究方向为柔性传感器材料、智能可穿戴电子服装材料、智能高分子聚合物和织物结构力学。Email:xiao_xueliang@jiangnan.edu.cn

随着社会的发展和水平的提高,人们开始崇尚健康的生活方式,对具有抗菌、防护及保健效果的功能纺织品需求日益增加^[1-2]。其中,散香面料将含药物成分的芳香剂与织物结合,能改善人们生理和心理健康状况,同时具有医疗保健功效,为缓解忧郁、镇静安神等提供有效途径^[3]。

碳纤维是一种高性能纤维^[4],力学性能优异,耐腐蚀性强,使用寿命较长,被广泛应用于航空、航天、汽车等领域^[5-6]。同时,碳纤维具有优异的电热性能^[7],相对于金属发热材料,碳发热材料的电热转化效率高,辐射传热效果好,空间制热速度快,在 1.5 ~ 12 V 低电压区工作时便能达到良好的发热量^[8],符合发热面料的要求。此外,碳纤维发热的电磁辐射量极小,对人体基本无害^[9-10]。

将碳纤维发热结构应用于芳香面料中,利用发热碳纤维快速改变面料温度,从而控制芳香微胶囊散香速率。随着面料温度的变化,壳芯中填充的芳香精油、芳香剂等通过微胶囊壳壁的微孔不断释放出来^[11]。与普通芳香型静态挥发面料相比,温控散香面料留香性能更好^[12],散香具有可控性,能够根据不同情况释放出不同浓度的香味,是一种安全环保的新型材料^[13]。因此,基于发热碳纤维研发的温控芳香微胶囊发热散香面料,具备独特的温控发热性能,在医疗保健方面具有一定的应用价值^[14]。

然而,目前较为成熟的碳纤维组合发热模式比较单一,发热面积小,发热均匀性待考察^[15],且关于应用碳纤维发热结构温控散香面料的研究并不成熟,因而如何控制碳纤维均匀发热使面料稳定散香是要解决的重点问题。文中将碳纤维制备成“∞”型和“#”型两种发热网络结构,通过调控结构参数与外接电压对发热网络的发热性能进行研究,最后将碳纤维发热网络与经温控缓释微胶囊整理过的棉布复合,制备电热温控散香的功能面料,并研究不同发热结构对面料散香性能的影响,探索碳纤维发热网络在功能面料中的应用。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

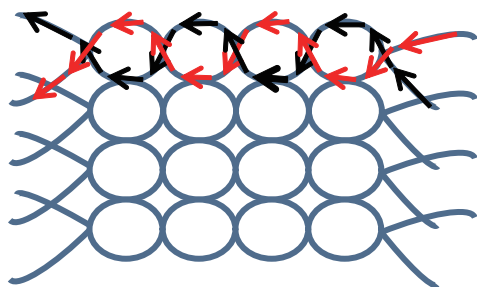
1.1.1 材料 3K 碳纤维长丝(1.44 Ω/cm),上海碳辰新材料科技有限公司生产;棉布(经密 320 根/dm、纬密 280 根/dm 的平纹织物),山东华纺股份有限公司生产。

1.1.2 仪器 Victor VC890D 数字万用表,深圳驿

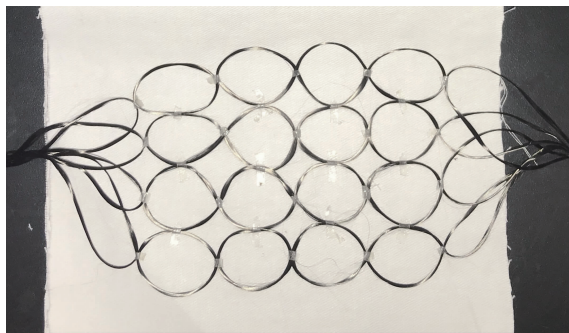
生胜利科技有限公司制造;温控散香微胶囊(PERF-NANO,香橙味),苏州喜宝纺织助剂有限公司制造;FLIR E5 红外热成像仪,美国菲利尔公司制造;电热鼓风干燥箱(220 V),余姚星辰仪表厂制造;J1202 型稳压电源,泰州沪江教学设备有限公司制造;梅特勒 ME204E 型电子天平测量仪,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司制造。

1.2 测试准备

1.2.1 “∞”型碳纤维发热网络制备 图 1 为“∞”型碳纤维网络结构。以两根碳纤维长丝为一组,制成单个条状“∞”型线路结构[见图 1(a)];进一步将 4 组条状结构组合,形成 4 × 4 规格的碳纤维网络,其中碳纤维交叉处使用胶带固定,使其接触良好。以单位圆形周长为参数,将圆形网孔周长分别设置为 6, 7, 8, 9, 10 cm,使用碳纤维长丝制备 4 × 4 规格的碳纤维“∞”型网络,并将碳纤维发热网络结构固定在棉布上[见图 1(b)]。



(a)“∞”型碳纤维网络结构模型



(b)“∞”型碳纤维网络结构实物

图 1 “∞”型碳纤维网络结构

Fig. 1 “∞” type carbon fiber network structure

1.2.2 “#”型碳纤维发热网络制备 图 2 为“#”型碳纤维网络。使用 10 根碳纤维长丝,组成 4 × 4 规格的“#”型方格状网络结构[见图 2(a)],并使用胶带固定碳纤维交叉节点。以单位方格周长为参数,制备单位方格周长为 4, 6, 8, 10, 12 cm 的 4 × 4 规格碳纤维“#”型网络。为防止碳纤维脱散,用胶带将碳纤维发热网络固定在棉布上[见图 2(b)]。

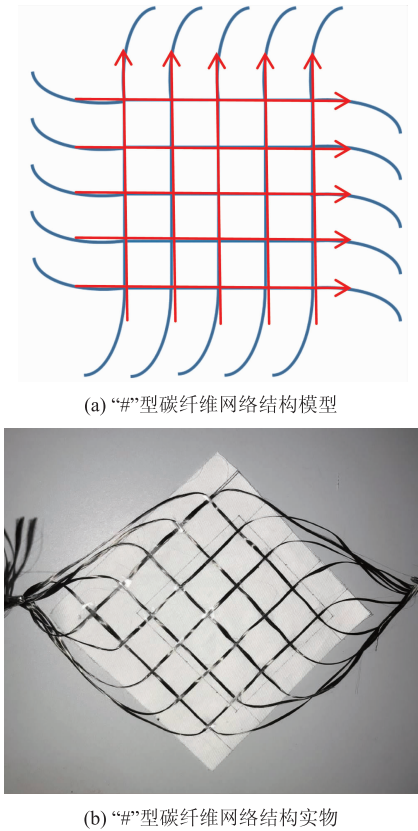


图 2 “#”型碳纤维网络结构

Fig. 2 “#” type carbon fiber network structure

1.3 测试方法

1.3.1 碳纤维网络电阻的测定与仿真验证 碳纤维发热网络的阻抗是评估发热性能的重要参数。根据焦耳定律,在相同电压条件下,电阻越小,通电时所产生的焦耳热越多,其决定了发热量以及发热速率。碳纤维交织网络的串并联比较复杂,因此有必要建立能准确预测相关结构中通用碳纤维网络电阻的阻抗模型。

利用 Multisim 软件制作“∞”型与“#”型碳纤维网络电阻模型,并进行仿真实验,算出不同结构不同参数下的碳纤维网络电阻。此外,使用数字万用表分别测试并记录各个碳纤维网络的总体电阻(见图 3)。

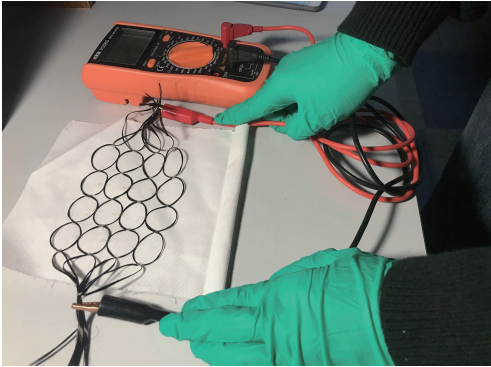


图 3 碳纤维网络阻抗测试

Fig. 3 Impedance test of carbon fiber network

1.3.2 碳纤维网络电热性能测试

1)多种单位网格参数下碳纤维网络发热性能测试。将不同单位网格参数的“∞”型和“#”型碳纤维发热网络外接上稳压电源,设置稳压电源的电压为 8 V,通电发热时间为 240 s,在测试过程中使用热成像仪持续记录碳纤维网络发热过程,并每隔 10 s 取一次红外热成像图内最高温度与最低温度数据。

2)不同电压下碳纤维网络发热性能测试。为比较“∞”型和“#”型的碳纤维发热网络,选用单位网格周长为 6 cm 的“∞”型与“#”型碳纤维网络进行测试与对比。将外接稳压电源的电压分别调整为 2,4,6,8,10,12 V,通电发热时间为 240 s,使用热成像仪每 10 s 记录其发热状态,并收集温度随通电时间变化的数据(见图 4)。

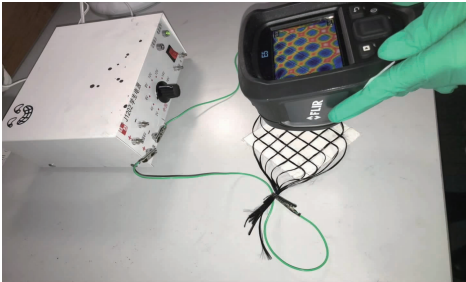


图 4 碳纤维网络实验

Fig. 4 Carbon fiber network experiment

1.3.3 碳纤维网络发热散香性能测试 配置芳香微胶囊整理液,其中水与芳香剂的体积比为 1:1,取 1 块纯白棉布,将棉布在配制好的芳香微胶囊整理液中处理 30 min 后取出,再将棉布在 80 ℃烘箱中烘干处理 30 min,取出后剪裁成相同大小的 3 块布,分别与单位网格周长为 6 cm 的“∞”型与“#”型碳纤维网络复合,编号为 1[#],2[#],另将 3[#]布设置为空白样。将 3 块样品置于烘箱中处理 10 min,分别测其质量。1[#],2[#]分别通 8 V 电源,3[#]布不进行处理,使其自然散香,240 s 后分别测试并记录剩余质量。

2 结果与讨论

2.1 碳纤维网络的电阻与仿真验证

根据等效电阻电路图,利用 Multisim 软件制作“∞”型与“#”型碳纤维网络的电阻模型,将单位长度碳纤维的电阻参数带入,并设置电压为 220 V,进行仿真模拟实验,计算并模拟出不同结构不同单位网格参数下的碳纤维网络电阻。图 5 为单位网格参数为 6 cm 的碳纤维网络电阻模型模拟。使用万用电表测试真实条件下碳纤维网络的电阻,模拟测试的结果见表 1、表 2。

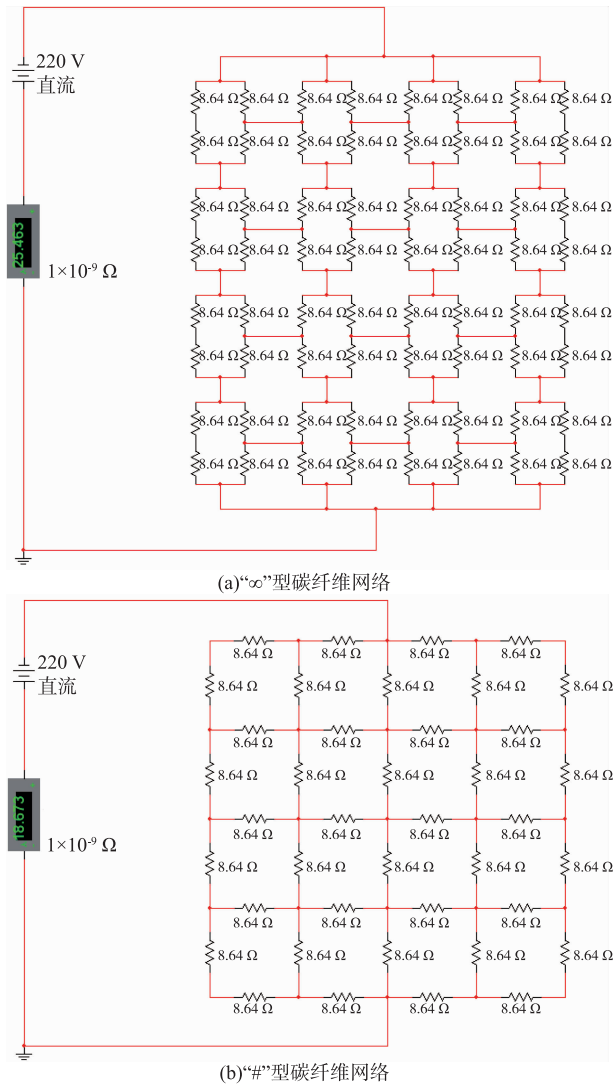


图 5 碳纤维网络的电阻模型模拟

Fig. 5 Resistance model simulation of carbon fiber network

表 1 “∞”型碳纤维网络阻抗

Tab. 1 "∞" type carbon fiber network impedance			
单位网格	阻抗/Ω		
参数/cm	模拟值	测试值	误差值
6	8.64	8.07	0.57
7	10.08	9.10	0.98
8	11.52	11.42	0.10
9	12.96	12.90	0.06
10	14.40	13.97	0.43

表 2 “#”型碳纤维网络阻抗

Tab. 2 "#" type carbon fiber network impedance			
单位网格	阻抗/Ω		
参数/cm	模拟值	测试值	误差值
4	7.85	7.40	0.45
6	11.78	11.07	0.71
8	15.70	14.97	0.73
10	19.64	19.40	0.24
12	24.20	23.60	0.60

由表 1 和表 2 可以看出,模拟测试与实际测试的电阻值相近,其误差都小于 1 Ω,这表明建立的阻抗模型与实际碳纤维网络吻合性良好,可以预测该种碳纤维网络的阻抗,同时也证明了实际测试电阻值的准确性。

另外,随着单位网格参数的增加,所测得的网络阻抗值增加。这是由于不同结构参数的碳纤维网络中,并联结构并未变化,而单个网格周长增加使得单位网格内电阻增加,从而导致整个网络阻抗呈上升趋势。对比具有相同单位网格参数(6, 8, 10 cm)的“∞”型与“#”型碳纤维网络,发现“∞”型碳纤维网络的阻抗小于“#”型碳纤维网络,这可能是由于“∞”型碳纤维网络内产生了更多的并联网格,因此相同参数下表现出更小的阻抗。

2.2 “∞”型碳纤维网络发热性能

2.2.1 多种单位网格参数下“∞”型网络发热性能 在外接电压为 8 V 的稳压电源下测试不同单位网格参数的“∞”型碳纤维网络发热性能,其中 T_H 为热成像图的最高温度, T_L 为最低温度,测试结果如图 6 所示。

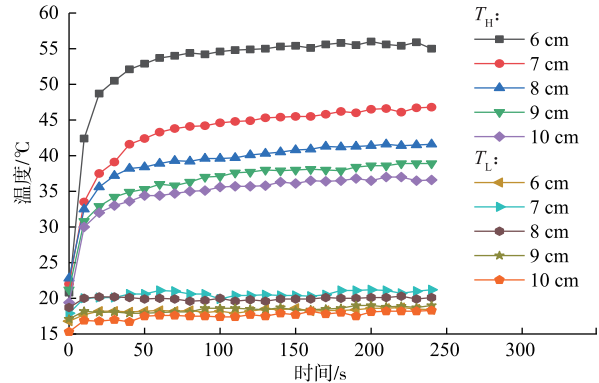


图 6 “∞”型碳纤维网络相同电压不同单位网格参数的温度变化

Fig. 6 Temperature variations in the "∞" type carbon fiber network with the same voltage and different unit grid parameters

由图 6 可以看出,所有“∞”型碳纤维网络均具有优异的发热速率,10 s 内可迅速升温,之后温度缓慢上升,在 50 s 左右达到并保持最高温度。这是碳纤维网络与外界热交换平衡(即发热速率与散热速率平衡)的结果。此外,随着单位网格参数的减小,其所能达到的最高温度升高。对比不同单位网格参数的发热网络,发现单位网格参数为 6 cm 时的碳纤维网络表现出最好的发热速率以及发热性能,其温度能在 10 s 内达到最高温度 43.2 °C。这是由于随着单位网格参数的减小,碳纤维网络的阻抗值减小,根据焦耳定律 $Q = (U^2/R)t$,碳纤维网络单位时

间能产生更高的热量,因此单位网格参数越小,网络发热性能越好。

2.2.2 不同外接电压下“∞”型网络发热性能
选择单位网格参数为 6 cm 的“∞”型碳纤维网络,测试在不同外接电压下的发热性能,测试结果如图 7 所示。由图 7 可知,随着外接电压的增加,碳纤维网络所能达到的最高发热温度升高,达到最高温度所需的时间也有一定程度的减少;且温度升高的速率也与电压大小呈正相关,碳纤维发热结构能在 12 V 电压下达到最高温度 94 ℃。

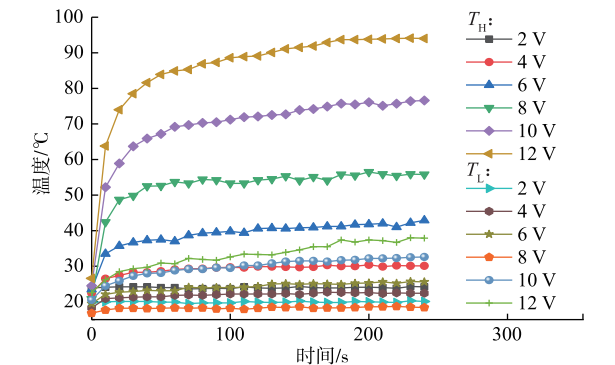


图 7 “∞”型碳纤维网络相同单位网格参数不同电压的温度变化
Fig. 7 Temperature variations in the “∞” type carbon fiber network with the same unit grid parameter and different voltages

2.3 “#”型碳纤维网络发热性能

2.3.1 不同单位网格参数下“#”型网络发热性能
在外接电压为 8 V 的条件下测试不同单位网格参数的“#”型碳纤维网络发热性能,结果如图 8 所示。

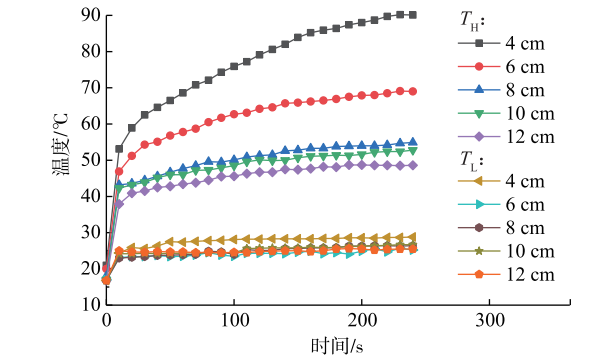


图 8 “#”型碳纤维网络相同电压不同单位网格参数的温度变化
Fig. 8 Temperature variations in the “#” type carbon fiber network with the same voltage and different unit grid parameters

由图 8 可知,在开始阶段,“#”型碳纤维网络的温度迅速上升,能在 10 s 内到达最高温度与最低温

度的中间值,随后温度上升趋势减缓,并在 200 s 左右达到最高温度并保持稳定。单位网格参数越小,其所能达到的最高温度越高,单位网格参数为 4 cm 时最高温度有显著上升。所有碳纤维网络达到最高温度与最低温度中间值所用的时间都很短,大约在 10 s 以内,且随着单位网格参数缩小,所用时间也有所缩短。不同单位网格参数“#”型碳纤维网络的最低温度基本一致,可能是由于该棉布的导热性能较差。

2.3.2 不同外接电压下“#”型网络发热性能
选择单位网格参数为 6 cm 的“#”型碳纤维网络,测试不同电压下的发热性能,结果如图 9 所示。由于该单位网格参数的碳纤维网络在 8 V 以上的电压下过载,因此并未列在图 9 中。由图 9 可知,随着电压的增加,碳纤维发热网络所能维持的最高发热温度升高,且初始的升温速率也相应升高,说明“#”型碳纤维网络的升温速率与最高发热温度及电压呈正相关。

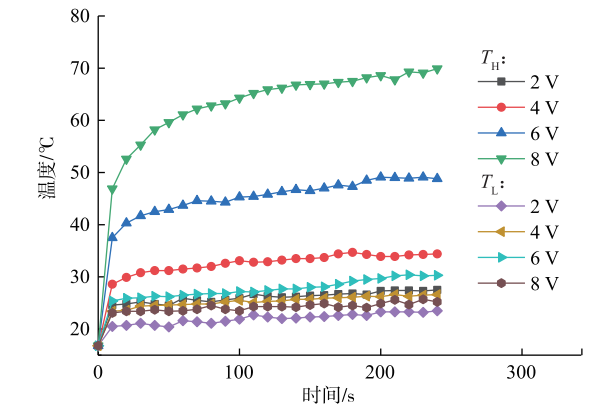


图 9 “#”型碳纤维网络相同单位网格参数不同电压的温度变化
Fig. 9 Temperature variations in the “#” type carbon fiber network with the same unit grid parameter and different voltages

2.4 “∞”型与“#”型碳纤维网络发热性能对比

在外接电压为 8 V、单位网格参数为 6 cm 的条件下,比较“∞”型与“#”型碳纤维网络的温度变化情况,结果如图 10 所示。由图 10 可以发现,相同电压、相同单位网格参数下,“#”型碳纤维结构的发热效果更好。图 10 中,“#”型比“∞”型碳纤维网络所能达到的最高温度高,即在交叉点处,“#”型比“∞”型碳纤维网络的最高温度高。这是因为热成像仪所测的最高温度就是交叉点温度,就单一碳纤维而言,“∞”型比“#”型实际参与发热的碳纤维长度更长,所含电阻更大,实际经过一根碳纤维的电流更

小。无论是哪种碳纤维网络,其交叉点处均为两根碳纤维交叠而成,故“#”型比“∞”型在交叉点处的电流大,根据焦耳定理 $Q = I^2 Rt$,“#”型碳纤维网络交叉点处温度更高,即相同电压、相同单位网格参数下,“#”型碳纤维网络的发热温度更高。

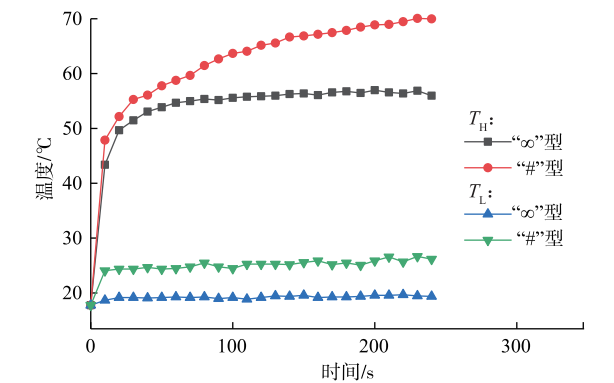


图 10 “∞”型与“#”型碳纤维网络相同条件下的温度变化

Fig. 10 Temperature variations in the "∞" type and "#" type carbon fiber network with the same parameter and the same voltage

2.5 散香实验

表 3 为分别使用“∞”型与“#”型碳纤维发热网络复合面料的发热散香性能。

表 3 “∞”型与“#”型碳纤维发热网络复合面料的散香情况

Tab. 3 Fragrance diffusion of "∞" type and "#" type carbon fiber heating network composite fabrics before and after electrification

项 目	发热结构	试样质量/g		
		通电前	通电后	减少值
1#布	“∞”型	4. 933 4	4. 899 7	0. 337 0
2#布	“#”型	4. 781 3	4. 764 5	0. 168 0
3#布		4. 099 9	4. 099 6	0. 000 3

由表 3 可知,在相同电压条件下,散香速率:1#布>2#布>3#布,由于芳香微胶囊在常温下散香速率较慢,因此 3#布质量几乎没有变化;而 1#布表现出最大的散香量,这是因为“∞”型结构的碳纤维发热网络能在短时间内较快达到其最高温度,这与碳纤维网络发热测试的结果相匹配。测试结果表明,可通过设计碳纤维发热网络的结构以及参数来调控散香面料的散香速率。

3 结 语

综上所述,“∞”型和“#”型碳纤维发热网络结构均表现出优异的快速发热性能。随着单位网格参数的增加,两种导电网络的总电阻逐步上升,所能达到的最高温度呈下降趋势;随着外接电压的增

加,发热网络结构所能达到的最高温度也随之增加。在单位网格参数与外接电压均相同的条件下,“∞”型碳纤维网络能以较快的升温速率达到相对应的最高温度;“#”型碳纤维发热网络所能达到最高温度(69.9℃)高于“∞”型碳纤维发热网络的最高温度(55.9℃)。

此外,基于碳纤维发热网络制备了自散香的服装面料。研究发现,可以通过改变碳纤维发热网络的结构或参数调节其升温速率以及最高温度的大小,从而控制温控散香面料的散香速率。文中实验旨在为碳纤维发热网络的研究提供理论依据与数据支撑。

参考文献:

[1] 徐欣祥,李冰,胡毅,等. 芳香微胶囊整理工艺优化与表征及留香效果研究[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版), 2017, 37(2):175-179.

XU Xinxiang, LI Bing, HU Yi, et al. Research on fragrant microcapsule finishing process optimization representation and fragrant effect [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Natural Sciences), 2017, 37 (2) : 175-179. (in Chinese)

[2] 杨勇,杨一,杨胜林. 薄荷油微胶囊在芳香纤维和织物中的应用[J]. 印染,2017,43(9):35-37.

YANG Yong, YANG Yi, YANG Shenglin. Preparation of peppermint oilmicrocapsule and its application to fragrant fiber and fabric[J]. China Dyeing and Finishing, 2017, 43(9):35-37. (in Chinese)

[3] 钱伯章. 碳纤维应用的最新进展[J]. 国外塑料,2009, 27(10): 58-62.

QIAN Bozhang. Recent progress in the application of carbon fiber[J]. World Plastics, 2009, 27(10): 58-62. (in Chinese)

[4] 胡心怡,王韶辉,张焕然. 针织物芳香微胶囊整理后留香效果分析[J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2009, 24(3):64-68.

HU Xinyi, WANG Shaohui, ZHANG Huanran. Analysis on aroma reserving effect of aroma finished knitted fabrics [J]. Journal of Qingdao University(Engineering Technology Edition), 2009, 24(3): 64-68. (in Chinese)

[5] 徐硕,王卓,王亚平,等. 浅论应用碳纤维的领域[J]. 广州化工, 2018, 46(20):29-30.

XU Shuo, WANG Zhuo, WANG Yaping, et al. Discussion on specific application of carbon fiber [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2018, 46(20):29-30. (in Chinese)

[6] 储长流,朱宁. 碳纤维的性能与应用[J]. 北京纺织, 2001, 22(6):39-41, 60.

CHU Changliu, ZHU Ning. The properties and applications

- of carbon fiber[J]. Beijing Textile, 2001, 22(6): 39-41, 60. (in Chinese)
- [7] 张猛, 富秀荣. 碳纤维发热织物的电热性能研究[J]. 合成纤维, 2015, 44(11): 25-27, 57.
ZHANG Meng, FU Xiurong. Study on electrothermal performance of carbon fiber heating fabric[J]. Synthetic Fiber in China, 2015, 44(11): 25-27, 57. (in Chinese)
- [8] 李峻, 李灵炘, 曹霄洁, 等. 碳纤维发热服装设计的研究[J]. 纺织报告, 2007(9): 48-51.
LI Jun, LI Lingxin, CAO Xiaojie, et al. The research on the design of carbon fiber heating apparel [J]. Textile Reports, 2007(9): 48-51. (in Chinese)
- [9] 杨小平, 荣浩鸣, 沈曾民. 碳纤维面状发热材料的性能研究[J]. 高科技纤维与应用, 2000, 25(3): 39-42, 48.
YANG Xiaoping, RONG Haoming, SHEN Zengmin. Study on the properties of carbon fiber facial heating material [J]. High-Tech Fiber and Applications, 2000, 25(3): 39-42, 48. (in Chinese)
- [10] 周亮, 姚玲玲, 贺君, 等. 抗电磁辐射碳纤维复合吸波材料优化设计与制备[J]. 矿冶工程, 2017, 37(2): 136-139.
ZHOU Liang, YAO Lingling, HE Jun, et al. Optimal design and preparation of carbon-fiber composite absorbing material[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2017, 37(2): 136-139. (in Chinese)
- [11] 王玲芳. 温度响应型自封闭芳香缓释聚氨酯微胶囊的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2006.
- [12] 崔贞超, 刘国金, 周岚, 等. 温控缓释芳香微胶囊的制备及其性能[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版), 2018, 39(5): 521-525.
CUI Zhenchao, LIU Guojin, ZHOU Lan, et al. Preparation and properties of the thermostatic sustained-release fragrant microcapsules [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Natural Sciences), 2018, 39(5): 521-525. (in Chinese)
- [13] 倪昭玉, 王煊, 王建华, 等. 缓释型芳香微胶囊的制备及其应用进展[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(8): 1-4.
NI Zhaoyu, WANG Xuan, WANG Jianhua, et al. The preparation and application of sustained fragrant microcapsules [J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2015, 43(8): 1-4. (in Chinese)
- [14] 张美艳. 茉莉香精微胶囊的结构调控及其在抗抑郁功效纺织品中的应用[D]. 上海: 东华大学, 2011.
- [15] 吴官正, 张玲, 范佳璇, 等. 服装用发热碳纤维串并联模型对发热效率及均匀性的影响[J]. 服装学报, 2018, 3(4): 294-300.
WU Guanzheng, ZHANG Ling, FAN Jiaxuan, et al. Study on heat efficiency and uniformity of heating carbon fiber series parallel model [J]. Journal of Clothing Research, 2018, 3(4): 294-300. (in Chinese)
- (责任编辑: 沈天琦)
-
- (上接第 474 页)
- [3] RYU H S, ROH E K. Preference and subjective evaluation of washed fabric hand using conjoint analysis[J]. Textile Research Journal, 2010, 80(20): 2167-2175.
- [4] DAS A, MAJUMDAR A, GUOTA P. Fabric hand characteristics by nozzle extraction technique[J]. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 2016, 41(2): 115-120.
- [5] 孙晶晶, 成玲, 张代荣. 织物手感风格客观评价方法的比较[J]. 现代纺织技术, 2010, 18(2): 55-60.
SUN Jingjing, CHENG Ling, ZHANG Dairong. Comparison of the objective evaluation methods for the fabric handle [J]. Advanced Textile Technology, 2010, 18(2): 55-60. (in Chinese)
- [6] 缪华丽, 时春华, 周晖, 等. 涤纶织物手感风格的量化表征[J]. 印染助剂, 2017, 34(5): 57-60.
MIAO Huali, SHI Chunhua, ZHOU Hui, et al. Qualitative characterization on handle of polyester fabrics [J]. Textile Auxiliaries, 2017, 34(5): 57-60. (in Chinese)
- [7] 张洁, 王强, 范雪荣, 等. 棉织物的复合酶退浆工艺[J]. 印染, 2016, 42(15): 1-5.
ZHANG Jie, WANG Qiang, FAN Xuerong, et al. Desizing process of cotton fabric by compound enzymes [J]. Dyeing and Finishing, 2016, 42(15): 1-5. (in Chinese)
- [8] 廖银琳, 罗胜利, 张宇群, 等. PhabrOmeter® 织物评价系统简介及其应用探讨[J]. 中国纤检, 2015(13): 84-86.
LIAO Yinlin, LUO Shengli, ZHANG Yuqun, et al. Introduction of PhabrOmeter® system and its application [J]. China Fiber Inspection, 2015(13): 84-86. (in Chinese)
- (责任编辑: 邢宝妹)