

# 导热增强相变微胶囊在棉织物上的应用研究

刘佳瑜, 崔延如, 贾凌云, 刘鹏涛

(中国轻工业造纸与生物质精炼重点实验室, 天津市制浆造纸重点实验室, 生物基纤维材料国家重点实验室, 纺织行业高性能纤维湿法非织造材料重点实验室, 天津科技大学轻工科学与工程学院, 天津 300457)

**摘要:**以棉织物为载体,使用纳米氧化铝、纳米碳化硅、石墨烯纳米片改性正十八烷/纳米纤维素/三聚氰胺甲醛树脂相变微胶囊制成微胶囊悬浮液与其混合,通过超声处理制得导热增强相变微胶囊调温织物,并测试分析了该织物的微观形貌、相变性能、调温性能、导热性能和透气性。结果表明:导热增强相变微胶囊调温织物与未处理的棉织物相比,具备良好的导热性能和调温性能,透气性则下降;添加石墨烯纳米片改性相变微胶囊处理的棉织物M3,导热系数最佳,为 $87.0 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,在 $30 \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$ 内有一定的调温功能;M3透气性下降最小,下降率为20.4%。经导热增强相变微胶囊处理的织物,具备更优异的调温效果。

**关键词:**微胶囊;导热强化;调温纺织品;纤维素;相变材料

过去几十年,对纺织品的研究主要侧重于产品开发与工艺优化。在此过程中,纺织品设计已不再局限于单一的美观性,而是美观与性能兼顾。随着全球环保意识提升与政策监管趋严,纺织品生产对低污染、可循环、低能耗的工艺需求显著增加,传统涂层制造技术难以满足此方面需要。在这种背景下,微胶囊技术应运而生,其可以在纺织涂层制造技术中发挥重要作用,在纺织领域的应用不断扩展<sup>[1]</sup>。该技术的核心是微囊化工艺,即利用聚合物壁材将固体、液体或气体等活性物质包封,形成微米至纳米级的微小胶囊,并能稳定地附着在纤维或织物上<sup>[2]</sup>。微囊化可以保护活性物质免受外部环境的影响,防止降解反应;并且提高了功能物质与纺织基材之间的相容性;此外,它还提高了整理处理过程中不稳定或不溶性活性成分的加工性能<sup>[3]</sup>。

织物是一种由细而软的纤维通过交错编织、缠绕等方法而形成的柔软平面材料<sup>[4]</sup>。调温织物则是一种能在一定温度范围内通过主动吸收、储存、释放热量来调节自身温度,从而在人体或物体周围形成一个相对稳定的微气候环境的智能纺织品。在

各种类型的织物中,棉织物因其柔软性、透气性、再生性能、生物可降解性和亲水性而广受欢迎<sup>[5]</sup>。但是,棉织物的多孔结构中蕴含大量静止空气,而空气是热的不良导体,其导热性能相对较低,这使得传统棉织物难以有效调节人体与外界环境的热量交换,限制其作为调温织物的应用。

相变材料具有自主吸/放热的特点,循环使用率高,通过纳米材料(如氧化铝、碳化硅、石墨烯等)改性相变微胶囊,可构建导热通路,填补孔隙并提升热传递效率,将其与服装面料结合制成调温织物,能够实现对人体周围环境温度的调节。ZHANG等<sup>[6]</sup>选择酸化的单壁碳纳米管作为支撑材料,用正十八烷制备复合相变材料来提高棉织物热导率和形状稳定性;WEN等<sup>[7]</sup>在织物表面掺入铁聚多巴胺涂层和碳纳米管制备了一种具有光热效应和自洁性能的新型超疏水棉织物;DUBEY等<sup>[8]</sup>加入合成的1-十四醇(TD)相变材料(PCM)微胶囊来增强棉织物的导热性能。

因此,通过相变微胶囊与光热材料的复合,并将其应用于纺织材料的处理,是制备调温织物的一

作者简介:刘佳瑜(2000—),硕士研究生;通信作者:刘鹏涛,副研究员, pengtaoliu@tust.edu.cn。

种兼具创新性与应用前景的有效方法。本研究团队前期制备了正十八烷/纳米纤维素/三聚氰胺甲醛树脂相变微胶囊。在此基础上,本文将纳米氧化铝、纳米碳化硅、石墨烯纳米片材料引入到这种微胶囊中,制备出具有较好导热性能的相变微胶囊,并利用该相变微胶囊,通过超声波辅助浸渍法<sup>[9]</sup>处理棉织物,旨在制备一种导热增强型相变微胶囊调温棉织物;对导热增强相变微胶囊调温织物的表面形貌、热性能、调温性能、导热性能和透气性进行了分析,以期为开发高性能智能调温纺织品提供新的思路和实践参考。

## 1 实验

### 1.1 原料与试剂

棉织物,市场购买;三聚氰胺,化学纯,国药集团化学试剂有限公司;甲醛,分析纯,天津市津东天正化学试剂厂;正十八烷、三乙醇胺、纳米氧化铝、纳米碳化硅,分析纯,上海市麦克林生化公司;石墨烯,分析纯,东京化成工业株式会社;聚乙烯醇,无水乙醇,分析纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;去离子水,实验室自制。

### 1.2 仪器与设备

EL204型电子分析天平,梅特勒-托利多集团公司;BCD-257SL型冰箱,青岛海尔股份有限公司;IKA-T18型数显型高速分散机,德国IKA仪器设备有限公司;SCIENTZ-IID型超声波细胞破碎仪,宁波新芝生物科技股份有限公司;IKA RW20型磁力搅拌器,德国IKA仪器设备有限公司;Scientz-N型超声波清洗机,宁波新芝生物技术有限公司;H3021D型电热鼓风干燥箱,上海知信实验仪器有限公司;JSM-IT300 LV型扫描电子显微镜,日本电子株式会社;DSC8000型差示扫描量热仪,美国珀金埃尔默仪器;TC3000E型导热系数仪,西安夏溪电子科技有限公司;YG461E型数字式透气量仪,宁波纺织仪器厂。

### 1.3 导热增强相变微胶囊调温织物的制备

#### 1.3.1 导热增强相变微胶囊的制备

在烧瓶中加入3 g正十八烷,置于60℃水浴中加热至熔化,添加0.2%的纤维素纳米纤丝(CNF),高速分散20 min,用超声波细胞破碎仪处理3 min,形成水包油乳液。将2.43 g甲醛、1.26 g三聚氰胺和15 mL去离子水混合在三颈烧瓶中,70℃反应30 min后用三乙醇胺调节混合液pH为8~9。当预聚体开

始形成时,向反应液中分别加入0.221 4 g纳米氧化铝、0.221 4 g纳米碳化硅、0.147 6 g石墨烯纳米片<sup>[10-11]</sup>,继续反应1 h后,将改性三聚氰胺甲醛树脂预聚体溶液逐滴加到含有已熔化正十八烷的圆底烧瓶中,85℃搅拌反应3~4 h,形成均匀的微胶囊。采用无水乙醇和去离子水多次洗涤反应产物,抽滤得到的微胶囊置于65℃烘箱中干燥处理12 h<sup>[12]</sup>。将添加纳米氧化铝、纳米碳化硅和石墨烯纳米片制备得到的改性相变微胶囊分别标记为m1、m2、m3。

#### 1.3.2 导热增强相变微胶囊调温织物的制备

将棉织物裁剪成10 cm×7 cm的样品,加入质量分数为40%的相变微胶囊水悬浮液,与10%的黏合剂溶液混合后,超声分散30 min,得到的样品在120℃下干燥处理3 min。将添加纳米氧化铝、纳米碳化硅和石墨烯纳米片改性相变微胶囊处理的棉织物分别标记为M1、M2、M3。M1、M2、M3的微胶囊浓度和黏合剂浓度均一致,当相变微胶囊的吸附达到织物极限时,继续增加微胶囊用量和黏合剂用量,织物的增重和负载量不会发生较大变化,保证了三者的附着量。

### 1.4 测试与表征

#### 1.4.1 导热增强相变微胶囊

(1)微观形貌表征:通过超声波分散技术将微胶囊粉末均匀地分散在乙醇中,将悬浮液滴加到粘有导电胶的硅片上,随后进行喷金处理,用扫描电子显微镜(SEM)对微胶囊表面形貌进行观察。

(2)相变性能测试:用差示扫描量热仪(DSC)在氮气环境中对相变微胶囊样品进行测试,升温速率为5℃/min,温度范围10~50℃。

(3)导热性能测试:采用导热系数仪对相变微胶囊进行导热系数测试。通过施加恒定的温度差,测量热量在样品中的传递速率,从而得到导热系数。平行测试3次,取平均值。

#### 1.4.2 导热增强相变微胶囊调温织物

(1)微观形貌表征:剪取0.5 cm×1 cm的空白棉织物和浸渍处理后的调温织物,用导电胶粘贴到样品台上,在真空环境下进行喷金处理,用扫描电子显微镜(SEM)对其表面形貌进行观察。

(2)相变性能测试:在与1.4.1中相同的测试条件下,对调温织物样品进行相变性能测试。

(3)导热性能测试:采用导热系数仪对片状织物样品进行导热系数测试,测试原理见1.4.1节。平

进行测试3次,取平均值。

(4)调温性能测试:将经导热增强相变微胶囊悬浮液超声浸渍处理的棉织物与未处理的空白棉织物(对照组)分别放入50℃的加热装置内,每隔30s测量织物样品的表面温度,样品的初始温度为15℃。根据测量结果绘制温度-时间曲线。

(5)透气性测试:用数字式透气量仪对调温织物的透气性进行测试,压差为200Pa,喷嘴选择06#,每个试样选取3个不同位置进行测试,取平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 导热相变微胶囊的表征

#### 2.1.1 表面形貌

图1展示了改性相变微胶囊的形貌。在所有改性相变微胶囊中,球状结构得到保持,同时显示出了不同程度的聚集现象。然而,添加不同导热材料对相变微胶囊的微观形貌的影响并不显著。

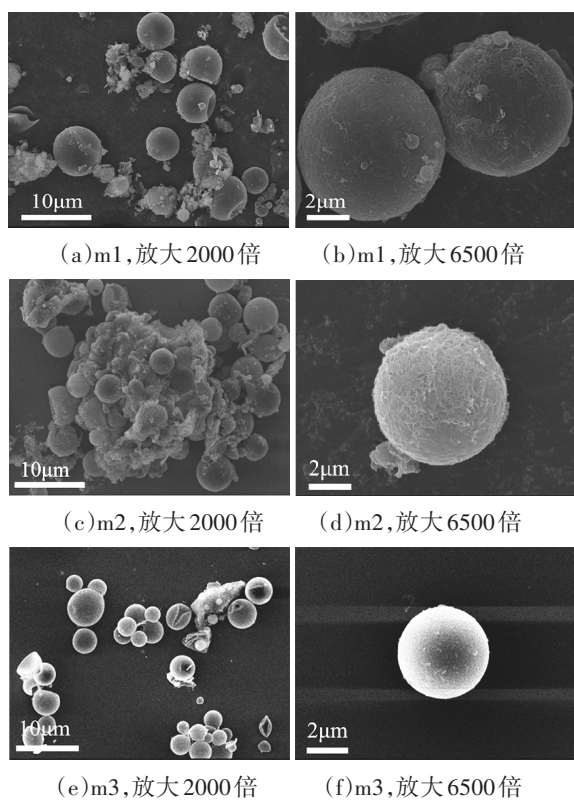


图1 改性相变微胶囊的SEM图像

#### 2.1.2 相变性能

相变微胶囊是一种能够存储和释放潜热的微型封装材料,其在特定温度范围内发生固-液或液-固相变,从而实现能量的存储和调节。正十八烷、

改性相变微胶囊的热流-温度曲线见图2。从图2中可以看出:在加热和冷却过程中,正十八烷和3种相变微胶囊都表现出显著的吸收和释放能量的现象。这证明芯材在壳材的封装下实现了稳定的固-液可逆相变,具备重复进行热能存储与释放的基本功能。3种微胶囊的熔化和结晶峰比正十八烷更平滑,此现象或可归因于三聚氰胺甲醛树脂外壳封装技术的应用,其有效减缓了正十八烷的吸热和放热过程。

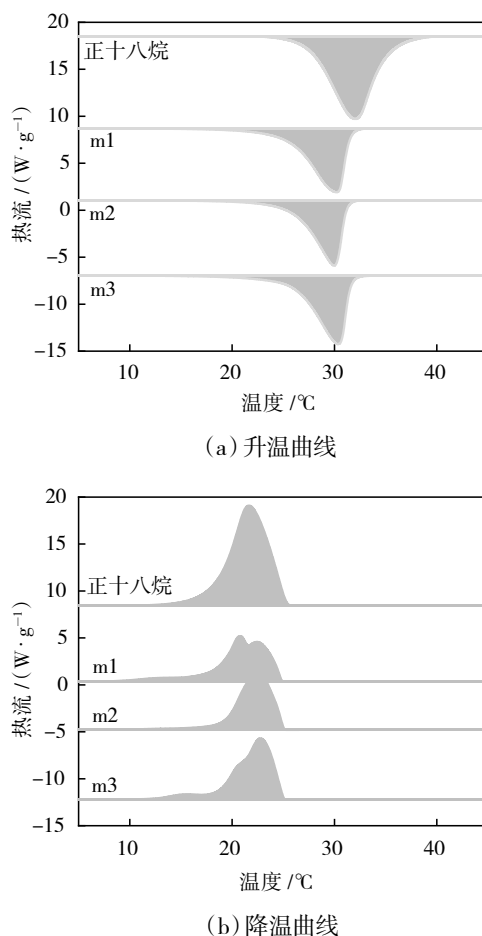


图2 正十八烷、改性相变微胶囊的热流-温度曲线

正十八烷和改性相变微胶囊的相变特性参数见表1。由表1可知:正十八烷具有较高的相变热焓,其熔融焓和结晶焓分别为232.7 J/g和231.7 J/g。无机材料改性相变微胶囊的潜热值与正十八烷相比有所降低,原因是微胶囊中只有芯材参与相变过程,从而实现储热和放热,而三聚氰胺甲醛树脂外壳不参与相变,导致微胶囊中有效潜热储存材料的含量减少。

表1 正十八烷和改性相变微胶囊的相变特性参数

样品	熔化过程		结晶过程	
	$T_m/^\circ\text{C}$	$\Delta H_m/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$	$T_c/^\circ\text{C}$	$\Delta H_c/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$
正十八烷	30.7	232.7	23.0	231.7
m1	30.1	177.7	21.6	176.8
m2	30.0	167.5	20.8	151.1
m3	30.0	176.5	22.9	162.1

注： $T_m$ 和 $T_c$ 分别为样品的熔融温度和结晶温度； $\Delta H_m$ 和 $\Delta H_c$ 分别为样品的熔融焓和结晶焓。

### 2.1.3 导热性能

纳米颗粒具有独特的物理和化学性质,添加纳米颗粒可以增大相变微胶囊与周围环境的接触面积,使得热量更快地传递到周围环境中,提高相变微胶囊的传热速率,导热性能进一步提升。在室温条件下,未改性和改性相变微胶囊的导热系数如图3所示。

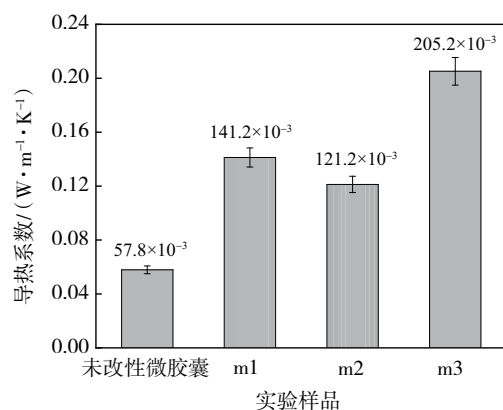


图3 未改性和改性相变微胶囊在室温下的导热系数

从图3中可以看出:未改性微胶囊的导热系数为 $57.8\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,数值相对较低,表明其导热性能有限。在添加纳米颗粒材料后,m1、m2和m3的导热系数分别为 $141.2\times 10^{-3}$ 、 $121.2\times 10^{-3}$ 和 $205.2\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,与未改性相变微胶囊相比,分别提高了144%、110%和255%。其中,石墨烯对材料导热系数的提升效果远超过了纳米氧化铝和碳化硅,展示了石墨烯在导热增强方面的巨大潜力。

## 2.2 导热增强相变微胶囊调温织物的表征

### 2.2.1 表面形貌和导热性能

空白棉织物和导热增强相变微胶囊调温织物(简称调温织物)的电镜图像见图4,各织物的导热系数见图5。由图4和图5可知:空白棉织物表面疏松且含大量空隙,由于空气的导热性能差,导致热量在织物中的传递受阻,空白棉织物的导热系数仅

为 $57.8\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。调温织物表面的空隙被改性相变微胶囊填充,表面也黏附大量相变微胶囊,由于改性相变微胶囊具有较好的导热性能,在织物上能形成热通路,因而提高了调温织物的导热性能。不同调温织物的微观结构和导热系数存在差异:M1因纳米氧化铝的高表面能而发生部分团聚,使其主要嵌入织物基材中,导致覆盖不均,导热系数为 $81.7\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。M2中的微胶囊在织物表面清晰可见,分散比较均匀。由于碳化硅具备优异的导热性能,使得材料整体呈现出较好的导热性能,导热系数为 $76.7\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。M3中的石墨烯的二维片状结构优先包覆于纤维交叉节点,同时微胶囊颗粒自身保持了完整的球形形态。石墨烯构建了导骨架并可为微胶囊提供结构支撑,而完整的微胶囊则作为高效的导热单元,二者共同构建了覆盖最完整的高效导热网络。因此,M3的导热性能最佳,导热系数为 $87.0\times 10^{-3}\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,显著高于空白棉织物。

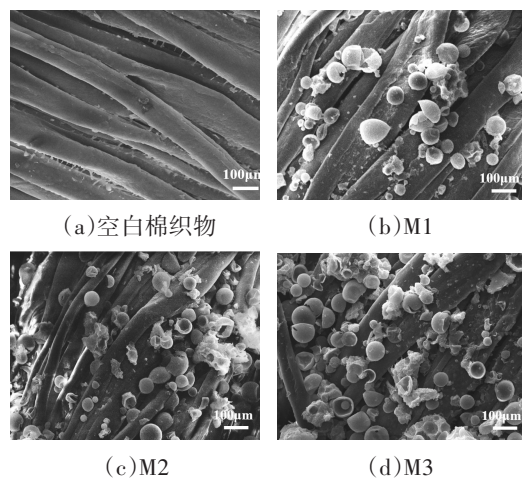


图4 空白棉织物和调温织物的SEM图像

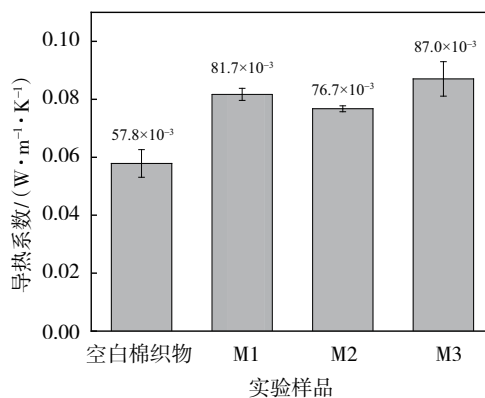


图5 空白棉织物和调温织物在室温下的导热系数

需要关注的是,微胶囊的覆盖程度直接决定了孔隙减少和导热通路的形成,从而显著提升织物的导热性能,但同时也降低了透气性。

### 2.2.2 相变性能

利用DSC分析了调温织物的相变性能,图6是其DSC曲线,表2列出了其相变特性参数。由图6和表2可知:调温织物在10~50℃范围出现吸收峰和放热峰,分别对应于改性正十八烷/纳米纤维素/三聚氰胺甲醛树脂相变微胶囊的熔融过程和结晶过程。这表明经微胶囊处理的织物具备与外界环境进行热量交换的能力,并且具备实现温度调节的功能。3种调温织物中,M3展现出最优的热性能,其熔融焓为12.68 J/g,结晶焓为10.90 J/g,均显著高于M1和M2,表明其具有更高的热能储存和释放能力。尽管三者的相变温度相近,熔化温度在28.6~30.1℃,结晶温度在23.9~24.1℃,但M3的焓值优势使其在温度调节应用中表现更出色,所以M3的整理效果最好。

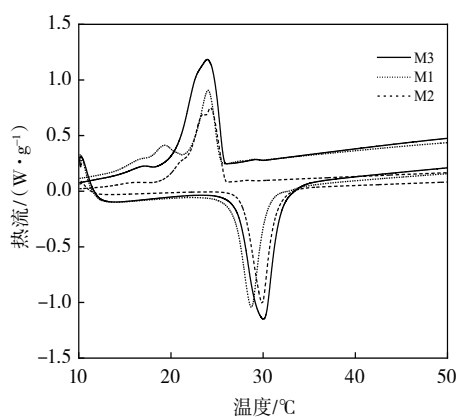


图6 调温织物的DSC曲线

表2 调温织物的相变特性参数

样品	熔化过程		结晶过程	
	$T_m/^\circ\text{C}$	$\Delta H_m/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$	$T_c/^\circ\text{C}$	$\Delta H_c/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$
M1	28.6	9.75	24.0	8.50
M2	29.9	10.95	24.1	9.45
M3	30.1	12.68	23.9	10.90

注: $T_m$ 和 $T_c$ 分别为样品的熔融温度和结晶温度; $\Delta H_m$ 和 $\Delta H_c$ 分别为样品的熔融焓和结晶焓。

### 2.2.3 调温性能

调温织物M3中的微胶囊颗粒基本上没有被破坏,而且整理效果最好,因此以M3为代表分析其调温性能。对空白棉织物和M3的调温性能测试结果

见图7。由图7可以看出:空白棉织物和M3在恒温50℃下的温度变化经历了4个阶段:(1)初始阶段,当空白棉织物和M3同时放在加热装置上时,由于外部热源的作用,两者的表面温度都逐渐上升。由于温度尚未达到相变微胶囊的熔点,其未发挥调温作用,空白棉织物和M3的温度变化基本一致。(2)相变阶段,当温度上升至30℃时,M3中的改性相变微胶囊开始熔化。由于相变材料在熔化过程中需要吸收大量热量,这使得M3的表面温度上升速度减缓,甚至出现短暂的下降。相比之下,空白棉织物的温度则继续以较快的速度上升。因此,在3 min时,尽管两者的温度都接近30℃,但M3的表面温度略低于空白棉织物。(3)最大温差阶段,随着时间的推移,空白棉织物的温度持续上升,而M3由于相变微胶囊的持续吸热熔融,其表面温度上升速度受到限制。因此,在4 min时,空白棉织物和M3之间的表面温差达到最大值。这一阶段充分展示了M3中相变微胶囊的调温效果。(4)稳定阶段,5 min时,M3中的相变材料已充分熔化,吸热过程结束。此后,M3的表面温度以与空白棉织物相近的速度上升,两者之间的温差逐渐减小,相变微胶囊的调温作用基本结束。

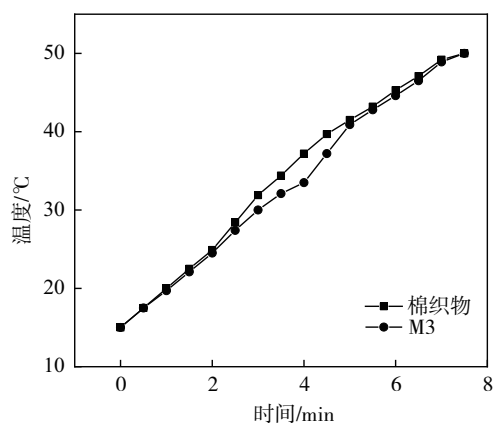


图7 M3与空白棉织物的温度变化曲线

综上所述,在单次升温过程中,M3在30~35℃内表现出明显的调温功能,这主要归功于改性相变微胶囊的熔化吸热作用。这一特性使得M3在面临外部热源时能够保持较低的表面温度,在30~35℃表现出温度缓冲作用。同时,纳米材料石墨烯可以用于增强微胶囊的导热性,加速相变材料的热量传递,优化其调温效果。需要说明的是,虽然实验结

果证明了调温织物具备基于相变的热管理潜力,但是其功能的长期重复性有待于通过多次热循环实验进一步验证。

#### 2.2.4 透气性

对空白棉织物和调温织物的透气性进行测试,结果如表3所示。从表3可以看出:M1、M2和M3的透气性均低于空白棉织物,这是由于微胶囊填充在织物的孔隙中,导致织物单位面积内的孔隙数量减少,进而透气量下降。其中,M3的透气性最好,但仍需通过优化微胶囊粒径分布、采用透气性黏合剂等方式来改善织物的透气性。

表3 调温织物与空白棉织物的透气性对比

样品	透气量/(mm·s <sup>-1</sup> )	变化率/%
空白棉织物	621.43	—
M1	370.05	-40.4
M2	456.95	-26.5
M3	494.75	-20.4

### 3 结论

通过对改性相变微胶囊的表面形貌分析和相变性能、导热性能、调温性能测试发现,经石墨烯纳米片改性的相变微胶囊综合性能最优。将该相变微胶囊有效地整理到棉织物上后,织物的导热系数明显提高,达到 $87.0 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;织物在 $30 \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$ 内显示出较好的调温功能。但是,透气性相比空白棉织物稍有下降,下降率为20.4%。

本文研究证实,采用石墨烯纳米片改性相变微胶囊是构建兼具高效调温与高导热性智能棉织物的有效策略,在智能服装、户外防护等领域展现出应用潜力。为进一步推动其实际应用,后续还应重点考察材料在模拟使用环境下的长期循环稳定性,系统评估其调温性能的耐久性。

#### 参考文献:

- [1] TÖZÜM M S, ALAY AKSOY S. Investigation of tactile comfort properties of the fabrics treated with microcapsules containing phase change materials (PCMs microcapsules)[J]. The journal of the textile institute, 2016, 107(9): 1203-1212.
- [2] 熊丽娜, 都鹏飞, 楼佳佳, 等. 微胶囊技术及其在乳品行业的应用研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(3): 103-106, 117.
- [3] RUIZ-CALLEJA T, BONET-ARACIL M, GISBERT-PAYÁ J, et al. Analysis of the influence of graphene and phase change microcapsules on thermal behavior of cellulosic fabrics[J]. Materials today communications, 2020, 25: 101557.
- [4] SHAHID M A, SAHA C, MIAH M S, et al. Incorporation of MPCM on cotton fabric for potential application in hospital bed sheet[J]. Heliyon, 2023, 9(6): e16412.
- [5] 李东昇. 导热增强十八烷/聚甲基丙烯酸甲酯相变微胶囊的制备及调温织物的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2022.
- [6] ZHANG W, WENG J L, HAO S, et al. Fabrication of temperature-regulating functional fabric based on n-octadecane/SWCNTs composite phase change material[J]. Pigment & resin technology, 2022, 51(6): 564-573.
- [7] WEN H, LIANG L Z, XU N Y, et al. Multi-functional self-cleaning superhydrophobic cotton fabric as photothermal-reinforced crude oil separator, oil skimmer and underwater oil absorbent[J]. Separation and purification technology, 2024, 337: 126258.
- [8] DUBEY I, KADAM V, BABEL S, et al. 1-Tetradecanol phase change material microcapsules coating on cotton fabric for enhanced thermoregulation[J]. International journal of biological macromolecules, 2024, 280: 135926.
- [9] 汪婷. 相变微胶囊的制备及其在调温织物中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2019.
- [10] WANG X G, ZHANG C Y, WANG K, et al. Highly efficient photothermal conversion capric acid phase change microcapsule: silicon carbide modified melamine urea formaldehyde[J]. Journal of colloid and interface science, 2021, 582: 30-40.
- [11] KANG L, REN L C, NIU H Y, et al. Paraffin@SiO<sub>2</sub> microcapsules-based phase change composites with enhanced thermal conductivity for passive battery cooling[J]. Composites science and technology, 2022, 230: 109756.
- [12] JIA L Y, LIU W L, WANG W X, et al. Synthesis and characterization of cellulose nanofibers improved melamine formaldehyde resin shell microcapsules for phase change thermal storage materials[J]. Journal of applied polymer science, 2024, 141(31): e55742.

# Application of Thermal Conductivity Enhanced Phase Change Microcapsules on Cotton Fabrics

LIU Jiayu, CUI Yanru, JIA Lingyun, LIU Pengtao

(China Light Industry Key Laboratory of Papermaking and Biorefinery, Tianjin Key Laboratory of Pulp and Paper, State Key Laboratory of Bio-based Fiber Materials, China Textile Industry Key Laboratory of High-performance Fibers Wet-laid Nonwoven Materials, College of Light Industry Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** Nano-alumina, nano-silicon carbide and graphene nanosheets were used to modify the n-octadecane/nanocellulose/melamine formaldehyde resin phase change microcapsules. Then the microcapsules were applied on cotton fabric, and the thermoregulation fabrics were prepared by ultrasonic-assisted impregnation. The microscopic morphology, phase change properties, temperature regulating properties, thermal conductivity and air permeability of this fabric were analyzed. The results showed that, compared with the untreated cotton fabric, the microcapsule temperature regulating fabric had good thermal conductivity and temperature regulating properties, but its air permeability decreased. The cotton fabric M3 treated with graphene nanosheets modified phase change microcapsules had the best thermal conductivity coefficient of  $87.0 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , and it had a certain temperature regulating function within the temperature range of 30–35 °C. For M3, the air permeability decreased the least, with a decrease rate of 20.4%. The fabric treated with thermally conductive enhanced phase change microcapsules had a better temperature regulating effect.

**Key words:** microcapsules; thermal conductivity enhancement; thermoregulated textiles; cellulose; phase change materials

## 《造纸与纤维材料》征稿启事

### 期刊简介

《造纸与纤维材料》(原《天津造纸》)创刊于1979年,是由天津市教育委员会主管、天津科技大学与天津市造纸学会主办的专业性中文学术期刊(国内统一连续出版物号:CN12-1484/TS,国际标准连续出版物号:ISSN 2097-6011)。

《造纸与纤维材料》以刊发造纸与纤维材料领域新技术、新工艺等科研成果,服务造纸行业技术进步和可持续发展为办刊宗旨。主要刊载制浆造纸新技术、纸基与纤维基功能材料、木质纤维生物质材料的开发与应用、造纸及纸基材料应用中的碳排放管理、制浆造纸废弃物资源化利用与治理等方面的优秀学术论文;设置有特邀专稿、文献综述、研究论文、企业生产、纸文化等栏目。

### 投稿须知

1. 稿件格式和内容应符合科技论文一般规范,具有与内容一致的中文标题、摘要、关键词,并请附中文标题、摘要、关键词的英文翻译;图表应简洁、美观,表格

采用三线表形式;度量衡单位一律使用中华人民共和国法定计量单位;参考文献按引用顺序著录,格式参照最新国家标准要求。具体参见稿件模板,或咨询编辑部。

2. 来稿请附第一作者和通信作者简介(包括姓名、职称、学历、研究方向、电子信箱、联系电话等)。

3. 稿件应为作者原创,不涉密。请勿一稿多投,2个月未收到本刊回复,作者可自行处理。

4. 作者向本刊投稿即视为同意以下授权:(1)本刊编辑部有权对稿件进行文字修改、删节。(2)本刊刊载论文被国内数据库和检索机构(包括印刷版、光盘版、网络版)收录,不再另行征求作者意见。

### 联系方式

通信地址:天津市河西区大沽南路1038号天津科技大学109信箱

邮政编码:300222

电子信箱:tjzz@tust.edu.cn

联系电话:022-60601455

投稿网址:https://tjzz.cbpt.cnki.net