

项目编号：

中华人民共和国化工行业标准

纺织染整助剂 相变整理剂 蓄热和放热 性能的测定

编制说明

（征求意见稿）

杭州传化精细化工有限公司等

2025 年 6 月

《纺织染整助剂 相变整理剂 蓄热和放热性能的测定》

化工行业标准编制说明

1 任务来源

根据纺织染整助剂行业标准体系框架,《纺织染整助剂 相变整理剂 蓄热和放热性能的测定》列入 2024 年推荐性化工行业标准制定计划,该标准由全国染料标准化技术委员会印染助剂分技术委员会(SAC/TC134/SC1)归口,由杭州传化精细化工有限公司等单位负责起草。

2 制定本标准的意义

相变整理剂是一种具有储能调温性能的智能材料,当环境温度变化时,其会发生相应的可逆相转变,通过释放或吸收热量维持体系温度的大致平衡。近年来在储能调温纺织品上的应用已经成为新材料领域的一个研究热点,它可在一定时间内维持人体表面皮肤适宜的温度,从而增强人体对温度变化的适应能力。

相变整理剂中的相变材料直接使用在发生相变形态转变时容易发生泄露,因此必须要对其进行封装,目前封装方法包括多孔材料吸附法和微胶囊法两种,其中微胶囊法因封装效果更好,比表面积大,导热率高,更好的稳定性和兼容性使其应用最为普遍。它是用一种物质包裹住另一种物质,包在内部的物质称为芯材,而用来包裹的物质称为壁材(丙烯酸树脂,三聚氰胺,聚氨酯)。纺织品用 PCM 芯材多选取潜热大,熔点接近人体体温的有机相变材料,如直链烷烃/脂肪酸/复合相变材料。其中正十八烷/正十九烷和正二十烷的固-液相变温度最为接近人体温度(28-36℃)。相变整理剂通过后整理浸轧或者涂层的方式施加到织物中,赋予织物具有蓄热和放热的调温性能。

蓄热和放热性能是相变整理剂应用效果的重要评价指标,亦是判断相变调温整理后织物是否具备相变调温效果的关键,相变材料的蓄热和放热性能一般可测试焓值(熔融焓和结晶焓)来表征,这种测试方法具有测试结果准确可靠,重现性良好,操作简便,适合于各类纺织品种类。

由于相变整理剂本身结构和组成的特殊性,后整理加工方式和条件的不同均会对蓄热和放热调温性能造成影响,而市场上相变整理剂种类繁多,蓄热和放热调温性能参差不齐,且国内外尚无统一的相变整理剂调温性能的评定方法。为了

保证在纺织品染整加工过程中的应用工艺及质量，促进纺织染整助剂产品质量提高，规范相变整理剂调温性能的测定方法，便于行业间的技术交流和沟通，制定行业标准是非常必要的。

3 标准制定工作简况

为了切实做好《纺织染整助剂 相变整理剂 蓄热和放热性能的测定》标准的编制工作，我们成立了标准起草工作组，制订了标准起草工作方案，有计划有步骤地开展了各项工作。主要工作过程如下：

1) 2024 年 1 月-2024 年 3 月，调研行业对此标准的需求，查阅国内外有关文献和标准。对国内外的分析检测标准进行对比分析，确定实验方案，对方法的可行性进行了论证。

2) 2024 年 4 月-2024 年 8 月，根据实验方案，进行有关试验方法的条件选择和系统试验验证工作，确定了试验方法，形成标准草案，并上报标准计划。

3) 2024 年 9 月-2025 年 6 月，持续开展方法验证，完善标准技术方案，积累实验数据，组织起草。经各方的共同努力，对相关实验数据和验证结论进行整理并形成标准征求意见稿和编制说明征求意见稿，发各委员及有关生产单位征求意见。

4 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准编制小组针对相变整理剂蓄热和放热性能测定的标准进行了调查研究，相关标准汇总情况见表1。这些标准均是考察纺织品本身蓄热和放热性能的测定，不具体针对相变整理剂蓄热和放热性能的测试，国内外尚无针对相变整理剂蓄热和放热性能的测定方法。

关于相变整理剂蓄热和放热性能的测定的相关标准，经过对生产企业及用户的调查、相关资料的查阅和专家的咨询，标准起草小组没有查询到国外相关标准资料，本文件未采用国际标准和国外先进标准。

表1相关国内外标准

标准代号	标准名称	适用范围	测试原理	国外标准对应情况
GB/T 43820-2024	纺织品 含相变材料的纺织品蓄热和放热性能的测定	本文件描述了使用差示扫描量热法(DSC)测定含有相变材料的纺织品蓄热和放热性能的方法。本文件适用于含有相变材料的各类纺织品。	在规定的氣氛及程序温度控制下,测定输入试样和参比样的热流速率差随温度和/或时间变化的关系,从而可得到试样的熔融温度、熔融焓值、结晶温度、结晶焓值,以熔融温度和熔融焓值表征试样相变蓄热性能,以结晶温度和结晶焓值表征放热性能。	EN 16806-1:2016
GB/T 19466.3-2004	塑料 差示扫描量热法(DSC)第3部分:熔融和结晶温度及热焓的测定	规定了测试结晶和半结晶聚合物熔融和结晶温度及热焓的试验方法	在规定的氣氛及程度温度控制下,测量输入到试样和参比样的热流速率差随温度和/或时间变化的关系。	ISO 11357-3

5 标准制订的主要内容和依据

5.1 编写格式和原则

本文件严格按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》及 GB/T 20001.4—2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》进行编写。

本文件按照先进性、科学性和实用性相结合的原则进行编制，在对纺织染整助剂产品特性了解的基础上，广泛参考相关行业标准及文献资料，建立适用的分析测试方法，征求行业内的专家、学者以及技术人员的意见和建议，密切联系实际，注重科学性和可操作性的充分结合，以便于标准颁布后的推广和应用。

5.2 标准适用范围的确定

本文件描述了纺织染整助剂中相变整理剂蓄热和放热性能的测定方法。

本文件适用于纺织染整助剂中相变整理剂蓄热和放热性能的测定。

6 试验方法的分析和验证

6.1 方法原理

通过测试相变整理剂固化物和经相变整理剂整理后织物的熔融焓和结晶焓，来表征相变整理剂的蓄热和放热性能。

6.2 方法确认

相变整理剂是一种具备相变调温功能的材料，蓄热和放热性能是相变整理剂应用效果的重要评价指标，亦是判断相变整理剂整理后织物是否具备相变调温效果的关键，相变材料的蓄热和放热性能一般可测试焓值（熔融焓和结晶焓）来表征，这种测试方法具有测试结果准确可靠，重现性良好，操作简便，适合于各类纺织品种类。但是实际应用过程中相变整理织物的蓄热和放热性能会受很多因素会影响，如整理剂种类、织物种类、整理工艺等。

在广泛征求了不同生产行业专家和客户意见的基础上，结合查阅的大量相关文献，本标准根据相变整理剂固化物热焓值的测试来判断产品是否具有蓄热和吸热性能及差异，再从相变整理剂应用在织物上的整理方式选择、实验织物选择、相变整理剂整理工艺、用量等进行分析，并选择市场上有代表性的相变整理剂进行验证，充分保证了相变整理剂蓄热和放热性能测定方法的科学性、准确性和可操作性。

本标准主要考察两个部分，第一，相变整理剂固化物制备对蓄热和放热性能的影响，主要规范相变整理剂固化物制备工艺；第二、相变整理剂在织物上的蓄热和放热性能影响，主要是规范相变整理剂的加工工艺。测试部分包括相变整理剂固化物和相变整理剂整理织物的测试，其中相变整理剂固化物制样按照 GB/T 19466.3 规定的方法进行，固化物焓值测试按照 GB/T 43820 规定的方法进行测定；相变整理剂整理织物制样和测试均按照标准 GB/T 43820 规定的方法进行。

6.3 关于试验方法的规定

6.3.1 仪器设备

- (1) 实验室用小型轧车。
- (2) 实验室用小型定型机。
- (3) 差示扫描量热仪（DSC）及附属器件：符合 GB/T 43820 的规定。
- (4) 称量瓶，扁平带盖， $\phi 50\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。
- (5) 电热恒温干燥箱，能在 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下控温。

(6) 干燥器，内盛适当的干燥剂（如变色硅胶、五氧化二磷等）。

(7) 分析天平：感量 0.01 g、0.1mg 和 0.01mg。

(8) 容量瓶：1 000 mL。

(9) 气源：氮气（纯度 99.999%）。

6.3.2 试验工艺及流程

6.3.2.1 相变整理剂蓄热和放热性能的测定

6.3.2.1.1 含固量的测试

按照 HG/T 4266 的规定测定含固量。

6.3.2.1.2 相变整理剂固化物制备

参考 HG/T 4266 的规定方式，将 1~2 g（精确 0.0001g）相变整理剂放置于称量瓶中，再将其置于一定温度的烘箱中，打开干燥鼓风机，干燥若干小时后，放入干燥器中冷却 30 min，得到相变整理剂固化物。

6.3.2.1.3 相变整理剂固化物熔融焓和结晶焓测定

将 6.3.2.1.2 步骤得到相变整理剂固化物，按照 GB/T 19466.3—2004 中 9.2-9.3 的规定进行取样，按照 GB/T 43820—2024 中 7 的规定测试样品固化物的熔融焓 ΔH_{mp} 和结晶焓 ΔH_{cp} 。

如果需要还可测试熔融峰温 T_{mp1} 、外推熔融起始温度 T_{mp2} 和外推熔融终止温度 T_{mp3} ；结晶峰温 T_{cp1} 、外推结晶起始温度 T_{cp2} 和外推结晶终止温度 T_{cp3} 。

6.3.2.2 相变整理剂在纺织品上的蓄热和放热性能测定

6.3.2.2.1 工作液配制和整理

(1) 浸轧整理方式

准确称取一定质量的相变整理剂样品（精确至 0.01 g），用水稀释至 1 000 mL，混合均匀，配制成一定浓度的工作液。

将配制好的相变整理剂工作液，倒入实验室用小型轧车的轧槽中，将试样织物一浸一轧（轧余率为 70%-90%），在实验室用小型定型机上进行焙烘。

(2) 涂层整理方式

准确称取一定用量的相变整理剂样品（精确至 0.01 g），用水稀释至 100 mL，混合均匀，加入增稠剂，调节工作液一定粘度，配制成一定浓度的涂层工作液。

选择合适的刮刀，将配制好的相变整理剂涂层工作液倒于织物的前端，以固定角度和力度手动将工作液刮涂在织物表面，在实验室用小型定型机上进行焙烘。

6.3.2.2.2 测试方法

按 GB/T 43820 规定的方法，测试每块试样的熔融焓 ΔH_{mf} 和结晶焓 ΔH_{cf} 。

6.3.2.3 结果处理

6.3.2.3.1 相变整理剂有效焓值的计算

对于相变整理剂本身，相变整理剂的有效焓值应为含固量与固化物焓值的乘积，相变整理剂有效熔融焓值 ΔH_{mps} 和有效结晶焓 ΔH_{cps} ，单位以 J/g 表示，按公式（1）和（2）计算：

$$\Delta H_{mps} = \Delta H_{mp} \times S \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta H_{cps} = \Delta H_{cp} \times S \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔH_{mp} —相变整理剂固化物的熔融焓值，单位为 J/g；

ΔH_{cp} —相变整理剂固化物的结晶焓值，单位为 J/g；

S—相变整理剂含固量，单位为%。

通过相变整理剂固化物熔融焓 ΔH_{mps} 表征其蓄热性能， ΔH_{mps} 值越大，表示相变整理剂固化物蓄热性能越好，反之，蓄热性能越差。通过相变整理剂固化物结晶焓 ΔH_{cps} 表征其放热性能， ΔH_{cps} 值越大，表示相变整理剂固化物放热性能越好，反之，放热性能越差。

6.3.2.3.2 相变整理剂整理织物焓值的计算

通过相变整理剂在纺织品上的熔融焓 ΔH_{mf} 表征相变整理剂的蓄热性能， ΔH_{mf} 值越大，表示相变整理剂蓄热性能越好，反之，蓄热性能越差。通过相变纺织品结晶焓 ΔH_{cf} 表征相变整理剂的放热性能， ΔH_{cf} 值越大，表示相变整理剂放热性能越好，反之，放热性能越差。

6.4 试验部分与结果讨论

6.4.1 相变整理剂蓄热和放热性能的测定

目前市场上相变整理剂种类繁多，性能参差不齐。比如一些生产厂家为了提升产品的稳定性，需要复配各种乳化分散剂，为了提升产品的耐洗性，需要添加一些粘合剂，还有因微胶囊包覆技术的差异导致相变材料的含量存在差异。这

些填充物的添加和产品工艺的差异，会很大程度上影响产品本身和应用到纺织面料上的蓄热和放热性能。

6.4.1.1 相变整理剂固化物制备工艺选择

不同烘干条件对相变整理剂固化物的含固量会产生一定影响，从而影响相变整理剂本身的蓄热和放热性能，本实验主要参考 HG/T 4266 含固量的测试方法，选择市售典型不同类型相变整理剂，在不同烘干温度和时间下对含固量和蓄热/放热性能的影响。

表 1 相变整理剂含固量在不同烘干条件的测试结果

温度	助剂	含固量					
		0.5h	1.0h	1.5h	2.0h	2.5h	3.0h
100℃	相变整理剂 a	43.6%	42.1%	42.1%	42.1%	42.2%	42.1%
	相变整理剂 b	40.8%	41.0%	40.7%	40.8%	40.8%	40.7%
	相变整理剂 c	61.0%	50.0%	45.4%	42.1%	41.3%	41.3%
105℃	相变整理剂 a	46.2%	42.5%	42.3%	42.3%	42.1%	42.1%
	相变整理剂 b	41.0%	40.6%	40.6%	40.6%	40.3%	40.3%
	相变整理剂 c	56.7%	48.7%	43.8%	41.7%	40.9%	40.6%
110℃	相变整理剂 a	41.5%	41.4%	41.4%	41.3%	41.3%	41.3%
	相变整理剂 b	40.8%	40.8%	40.7%	40.4%	40.5%	40.2%
	相变整理剂 c	54.3%	42.1%	40.7%	40.2%	40.0%	40.0%
130℃	相变整理剂 a	41.8%	42.0%	41.9%	41.8%	41.8%	41.7%
	相变整理剂 b	40.5%	39.8%	38.9%	38.4%	37.9%	37.9%
	相变整理剂 c	40.5%	39.5%	38.2%	37.3%	36.4%	36.3%
150℃	相变整理剂 a	41.8%	41.5%	41.4%	41.4%	41.4%	41.3%
	相变整理剂 b	40.1%	39.1%	37.9%	36.6%	35.2%	34.9%
	相变整理剂 c	39.6%	37.7%	35.6%	33.9%	32.4%	32.0%

由表 1 可知，随着烘干温度的升高和烘干时间的延长，不同相变整理剂的含固量会存在一定差异。烘干时间在 3 h 时，相变整理剂的含固量数值趋于稳定。而烘干温度的变化对含固量的差异较大，相变整理剂 a 的含固量在 100 °C-150 °C 之间变化相对比较稳定，基本维持在 41%-42%，而相变整理剂 b 在 100 °C-110 °C 比较稳定，含固量维持在 40%-41%，相变整理剂 c 和 b 的变化趋势比较接近，也在 100 °C-110 °C 温度区间的含固量比较稳定。因此选择相变整理剂烘干温度在 100 °C-110 °C 之间，烘干时间为 3 h 的固化物进行焓值测试。

表 2 相变整理剂固化物熔融焓和结晶焓在不同烘干条件的测试结果

助剂	烘干温度	测试	熔融焓 H_{mp} (J/g)	结晶焓 H_{cp} (J/g)
相变整理剂 a	100℃	平行样 1	219.90	215.50
		平行样 2	222.30	216.60
		平行样 3	200.90	197.10
		平均值	214.4	209.7
	105℃	平行样 1	218.20	213.40
		平行样 2	220.80	217.30
		平行样 3	216.60	212.50
		平均值	218.5	214.4
	110℃	平行样 1	215.3	212.2
		平行样 2	231.1	227.1
		平行样 3	207.5	203.7
		平均值	218.0	214.3
相变整理剂 b	100℃	平行样 1	176.20	172.50
		平行样 2	186.80	184.30
		平行样 3	185.90	182.30
		平均值	183.0	179.7
	105℃	平行样 1	193.90	188.60
		平行样 2	191.50	187.30
		平行样 3	200.70	196.60
		平均值	195.4	190.8
	110℃	平行样 1	179.4	176.5
		平行样 2	190.1	187.7
		平行样 3	186.9	184.3
		平均值	185.5	182.8
相变整理剂 c	100℃	平行样 1	90.37	89.41
		平行样 2	90.77	90.29
		平行样 3	93.38	92.33
		平均值	91.5	90.7
	105℃	平行样 1	93.59	92.55
		平行样 2	94.56	93.33
		平行样 3	93.21	82.47
		平均值	93.8	89.5
	110℃	平行样 1	74.38	74.72
		平行样 2	89.48	88.99
		平行样 3	90.64	90.46
		平均值	84.8	84.7

由表 2 可知，烘干温度在 105℃时，不同相变整理剂的焓值相对较高，且

测试的 3 组平行样波动也相对较小，测试的平行性更好。因此，可选择相变整理剂固化物的烘干条件可选择 105 °C，3 小时，与 HG/T 4266 含固量的测试方法一致。

6.4.1.2 不同相变整理剂固化物熔融焓和结晶焓

市场典型相变整理剂固化物的熔融焓、熔融峰温和结晶焓、结晶峰温数据见表 3。

表 3 相变整理剂固化物熔融焓、熔融峰温和结晶焓、结晶峰温测试结果

名 称	含固量 (%)	固化物焓值					
		熔融焓 H_{mp} (J/g)	有效熔融焓 H_{mps} (J/g)	熔融峰温 T_{ma} (°C)	结晶焓 H_{cp} (J/g)	有效结晶焓 H_{cps} (J/g)	结晶峰温 T_{ca} (°C)
相变整理剂 1#	40.0	169.6	67.84	30.12	170.6	68.24	22.76
相变整理剂 2#	40.0	139.7	55.88	31.17	139.4	55.76	17.26
相变整理剂 3#	40.0	158.50	63.40	28.38	156.30	62.52	20.66
相变整理剂 4#	37.8	167.8	63.43	31.07	166.2	62.82	16.98
相变整理剂 5#	34.5	146.6	50.58	30.03	145.4	50.16	15.46
相变整理剂 6#	30.1	56.69	17.06	32.80	53.60	16.13	12.22

由表 3 可以看出，不同的相变整理剂不仅含固量存在明显差异，而且产品本身的熔融焓和结晶焓也存在明显差异，因此对相变整理剂固化物的热焓值（熔融焓和结晶焓）测试很有必要，一方面它可以判断产品是否为真正的相变整理剂，另一方面也可以了解产品的本身焓值大小来判断应用于织物上的相变调温性能（蓄热和放热性能）。以上 6 个相变整理剂有效熔融焓/有效结晶焓一致，排序从大到小为，相变整理剂 1>相变整理剂 3≈相变整理剂 4>相变整理剂 2>相变整理剂 5>相变整理剂 6。

此外，本实验也测试了不同相变整理剂对应的熔融峰温和结晶峰温，发现不同相变整理剂的熔融峰温和结晶峰温存在明显差异，对于焓值的比较，无法规定在相同峰温进行比较，因此本标准只讨论相变整理剂焓值对蓄热和放热性能的影响。

因熔融焓和结晶焓的数值偏差较小，以下讨论对相变整理剂整理到纺织品上

的理论焓值均以表 3 中不同相变整理剂固化物的熔融焓值为基准来计算。

6.4.2 相变整理剂在织物上的蓄热和放热性能的测试

6.4.2.1 整理方式的选择

目前相变整理剂的整理方式主要可分为浸轧、涂层和涂料印花，浸轧整理主要应用于服装类面料，工厂通过浸轧定型的方式即可使织物具备良好的相变调温效果，操作方法简单，加工成本较低，普及度较高。涂层和涂料印花主要应用家纺类面料，需要涂布的相变整理剂量会比较大，从而实现优异的相变调温效果，但是对加工工艺要求较高，加工不当会存在印花堵网，刮涂不匀，色牢度影响等问题，总体加工成本较高，普及度相对较小。从市场调研了解到，涂层打样工艺均无标准的小型涂层机，基本靠手工刮涂，对操作人员的刮涂经验要求较高，而且不同体系的相变整理剂即使调节到相同的粘度，实际织物上的上浆量也明显存在差异，这样就会导致无法准确评价相变整理剂应用于织物上的蓄热和放热性能。印花工艺不作为主要整理方式选择，主要因大部分相变整理剂为微胶囊包覆产品，微胶囊的粒径大小和产品的用量会很大程度影响其透浆量，从而影响助剂实际的蓄热和放热效果评价。浸轧整理工艺和涂层整理工艺的应用于棉标准贴衬上的熔融焓和结晶焓数据（测试方法 GB/T 43820）见表 4-1 和表 4-2。

表 4-1 不同整理方式织物熔融焓和结晶焓测试结果（涂层工艺）

整理工艺	助剂用量	干上浆量 (g)	整理后布重(g)	理论焓值 (J/g)	熔融焓 H_{mf} (J/g)	结晶焓 H_{cr} (J/g)
涂层工艺	相变整理剂 1# 30%	平行样 1 0.26	6.10	7.23	8.28	8.07
		平行样 2 0.32	6.14	8.84	9.18	8.80
		平行样 3 0.33	6.36	8.80	10.80	10.34
	相变整理剂 2# 30%	平行样 1 0.27	6.37	5.92	5.75	5.51
		平行样 2 0.29	6.35	6.38	6.16	5.91
		平行样 3 0.26	6.20	5.86	6.21	6.02

表 4-1 不同整理方式织物熔融焓和结晶焓测试结果（浸轧工艺）

整理工艺	助剂用量	带液率	理论焓值 (J/g)	熔融焓 H_{mf} (J/g)	结晶焓 H_{cf} (J/g)
浸轧工艺	相变整理剂 1# 100g/L	平行样 1 84.5%	5.73	5.09	5.29
		平行样 2 84.6%	5.74	5.18	5.28
		平行样 3 84.6%	5.74	5.12	5.26
	相变整理剂 2# 100g/L	平行样 1 84.7%	4.73	3.91	3.98
		平行样 2 84.6%	4.73	4.12	4.07
		平行样 3 84.7%	4.73	4.05	4.08

注 1：涂层浆料粘度 25000 mPa.s。

注 2：涂层理论布面焓值=相变整理剂固化物焓值×干上浆量/整理后布重。

注 3：浸轧理论布面焓值=相变整理剂固化物焓值×助剂含固量×带液率×浓度。

由表 4-1 和表 4-2 中数据可以看出，相变整理剂经涂层方式整理后，不同整理剂即使相同的含固量和调节至相同粘度后布面的上浆量也存在明显差异，而且相同条件下测试的 3 个平行样热焓值（熔融焓和结晶焓）偏差较大，部分测试值与理论焓值也存在偏高的问题。对比浸轧整理工艺，织物规格一定的情况下不同相变整理剂的带液率基本一致，不同测试平行间虽然较理论热焓值偏低，但 3 个平行样热焓值（熔融焓和结晶焓）偏差不大。因此，考略到操作的简单便捷性与数据平行准确性，选择浸轧整理方式作为本标准的主要整理方式。

6.4.2.2 实验织物的选择

相变整理剂可应用于各种类型的纺织面料，使面料具备相变调温功能。目前相变整理剂主要应用较多的面料有棉、涤、锦针织/梭织面料，考虑到相变整理剂通过浸轧整理到面料上后，因纤维种类或组织结构的不同可能对面料的热焓测试造成一定的影响，因此我们筛选的市场上典型的棉、涤、锦针织/梭织面料进行相变整理剂整理后热焓值的测试。

因不同面料的浸轧带液率不同，需要将带液率和用量进行统一折算至相同的量，常见面料织物的规格和浸轧带液率见表 5。本实验以棉标准贴衬织物 84.6% 带液率，相变整理剂 1# 100 g/L 为基准（理论布面焓值为 5.74 J/g）。其他织物以此为基准，浓度根据带液率进行折算。

工艺条件：用水配制成一定浓度的工作液，一浸一轧，小型定型机 160 °C×1 min 烘干。按照 GB/T 43820 方法测试布面熔融焓和结晶焓，数据详见表 6。

表 5 常见面料的规格、浸轧带液率和基布焓值测试

序号	名称	规格特征	带液率
1	棉标准贴衬织物	符合 GB/T 7568.2	84.6%
2	聚酯标准贴衬织物	符合 GB/T 7568.4	62.1%
3	聚酰胺标准贴衬织物	符合 GB/T 7568.3	71.4%
4	白色棉斜纹布	市售，半漂布，32S*32S/130*70,152g/m ²	71.6%
5	白色涤纶针织布	市售，半漂布，148g/m ²	78.0%
6	锦氨针织布	市售，173 g/m ² ，82%Nylon+18%Spandex	66.0%
7	全棉针织布	市售，181g/m ²	74.5%

表 6 常见面料相同理论焓值下实测熔融焓和结晶焓数据

织物序号	助剂用量	熔融焓 H _{mf} (J/g)	结晶焓 H _{cf} (J/g)
1	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 100 g/L	5.65	5.61
2	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 136 g/L	5.57	5.52
3	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 118 g/L	6.18	6.01
4	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 118 g/L	5.54	5.67
5	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 106 g/L	6.19	6.06
6	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 128 g/L	3.58	3.55
7	相变整理剂 1# 0 g/L	0	0
	相变整理剂 1# 113 g/L	4.60	4.64

注：理论布面焓值为：5.74 J/g。

由表 5 和表 6 可以看出，1-7#未经相变整理剂整理的布面焓值均为 0，相变

整理剂整理织物的焓值可表示其真实焓值。同一相变整理剂以相同的理论布面焓值用量下，经测试不同的面料上实测熔融焓和结晶焓存在一定的差异。其中 1#-5#布样实测热焓值与理论布面热焓值较为接近，6#-7#布样与理论偏差较大，分析可能市售布样可能经过后整理助剂处理，对相变整理剂的浸轧吸附造成一定的影响。因此，考虑到测试结果与理论的一致性、布样的标准化和易获得性，本实验选择焓值为 0 J/g 的标准棉贴衬布作为相变整理剂在纺织品上的蓄热和放热性能测试织物。

6.4.2.3 干燥条件的影响

不同干燥条件对相变整理剂在织物表面的分布和产品本身的耐温性存在一定的影响。本实验选用标准棉贴衬布，对比了市售典型不同类型相变整理剂，在不同干燥温度对织物热黄变和蓄热和放热性能的影响。

工艺条件：用水配制 100g/L 的工作液，不同含固量相变整理剂进行浓度折算，一浸一轧，用小型定型机烘干。按照 GB/T 43820 方法测试布面熔融焓和结晶焓，数据详见表 7。

表 7 相变整理剂不同干燥条件下布面熔融焓和结晶焓数据

处方	烘焙条件	理论焓值 (J/g)	布面白度	熔融焓 H _{mf} (J/g)	结晶焓 H _{cf} (J/g)
相变整理剂 1# 100g/L	120℃*60s	5.74	81.10	5.99	6.12
	140℃*60s		81.79	5.99	5.89
	160℃*60s		80.47	5.61	5.95
	180℃*60s		76.73	5.68	5.95
相变整理剂 3# 100g/L	120℃*60s	5.36	79.05	4.24	4.30
	140℃*60s		78.62	4.52	4.67
	160℃*60s		77.50	4.45	4.59
	180℃*60s		74.40	4.39	4.29
相变整理剂 4# 106g/L	120℃*60s	5.68	79.08	3.28	2.33
	140℃*60s		79.12	3.58	3.33
	160℃*60s		77.84	3.38	3.20
	180℃*60s		74.56	2.63	2.51

由表 7 可以看出，随着干燥温度的升高，相变整理剂 1#和相变整理剂 3#实测布面焓值波动较小，相变整理剂 4#定型温度到 180 °C时明显降低，干燥条件 120 °C-160 °C三个相变整理剂偏差均较小。另外三个相变整理剂实测热焓值与理论热焓值比较，相变整理剂 1#与理论最为接近，其次为相变整理剂 3#，相变整理剂 4#明显偏低。另外布面白度随干燥温度升高逐渐降低，干燥温度 180 °C时白度降低最为明显。因此，综合考虑到布面热焓值波动情况、布面白度控制和实际加工效率，本实验选择干燥条件为 160 °C，60 s。

6.4.2.4 相变整理剂用量的影响

相变整理剂不同用量下，在织物上的分布和含量存在明显差异，这种条件下再去测试布面的热焓值可能因测试仪器的精准度问题会导致测试结果偏差较大情况。本实验选用标准棉贴衬布，对比了不同相变整理剂，在不同用量下对织物蓄热和放热性能的影响。

工艺条件：用水配制不同浓度的工作液，一浸一轧，用小型定型机 160 °C，60 s 烘干。按照 GB/T 43820 方法测试织物熔融焓和结晶焓，数据详见表 8。

表 8 相变整理剂不同用量条件下织物熔融焓和结晶焓数据

处方	理论焓值 (J/g)	平行样	熔融焓 H_{mf} (J/g)	结晶焓 H_{cf} (J/g)
相变整理剂 1# 10g/L	0.57	平行样 1#	0.93	0.85
		平行样 2#	1.00	0.76
		平行样 3#	1.12	1.17
		平均值	1.02	0.93
相变整理剂 1# 50g/L	2.87	平行样 1#	2.66	2.74
		平行样 2#	2.87	2.98
		平行样 3#	3.35	3.15
		平均值	2.96	2.96
相变整理剂 1# 100g/L	5.74	平行样 1#	6.02	6.14
		平行样 2#	5.94	5.95
		平行样 3#	5.90	5.87
		平均值	5.95	5.99

相变整理剂 1# 200g/L	11.48	平行样 1#	10.16	10.31
		平行样 2#	10.03	10.01
		平行样 3#	10.78	10.01
		平均值	10.32	10.11
相变整理剂 3# 10g/L	0.54	平行样 1#	0.50	0.34
		平行样 2#	1.00	0.99
		平行样 3#	0.93	0.78
		平均值	0.81	0.70
相变整理剂 3# 50g/L	2.68	平行样 1#	1.50	1.39
		平行样 2#	1.71	1.58
		平行样 3#	1.34	1.24
		平均值	1.52	1.40
相变整理剂 3# 100g/L	5.36	平行样 1#	4.27	4.22
		平行样 2#	4.46	4.26
		平行样 3#	4.39	4.39
		平均值	4.37	4.29
相变整理剂 3# 200g/L	10.72	平行样 1#	6.98	6.74
		平行样 2#	6.05	5.68
		平行样 3#	5.28	5.35
		平均值	6.10	5.92

由表 8 可以看出，相变整理剂在不同用量下，测试的平行样热焓值随会存在不同程度的波动。相变整理剂 1#在 10 g/L-50 g/L 时波动较大，当用量在 100 g/L-200 g/L 时波动较小，且与理论热焓值较为一致。相变整理剂 3#不同用量的热焓数值波动情况与相变整理剂 1#接近，与理论热焓值较为接近的是助剂用量为 100 g/L。因此综合考虑相变整理剂的实测热焓值的波动偏差情况与理论热焓值的接近程度，本实验选择相变整理剂用量为 100 g/L。

6.4.2.5 不同相变整理剂在织物上的蓄热和放热性能对比

市场上相变整理剂的品类繁多，主要成分类型也各不相同。查阅近几年《中国纺织染料助剂使用指南》《环保纺织化学品使用指南》，结合市场调研信息，整理了 5 支有代表性的相变整理剂（A~E），按照 HG/T 4266 规定的方法测定其含

固量，按照 GB/T 43820 规定的方法测试相变整理剂固化物的熔融焓和结晶焓，每个助剂进行 3 次平行实验，实验结果见表 9。

表 9 不同相变整理剂固化物的熔融焓和结晶焓（3 次平行实验）

相变整理剂 名称	含固量(%)	熔融焓 H_{mp} (J/g)	有效熔融焓 H_{mps} (J/g)	结晶焓 H_{cp} (J/g)	有效结晶焓 H_{cps} (J/g)
A	40.0	167.4	66.96	169.9	67.96
	41.2	171.0	70.45	168.9	69.59
	40.0	169.6	67.84	170.6	68.24
平均值	40.4	169.3	68.42	169.8	68.60
B	40.0	137.9	55.16	136.6	54.64
	40.3	139.4	56.18	141.3	56.94
	40.0	139.7	55.88	139.4	55.76
平均值	40.1	139.0	55.74	139.1	55.78
C	40.0	156.8	62.72	154.2	61.68
	40.1	160.8	64.48	159.4	63.92
	40.0	158.5	63.4	156.3	62.52
平均值	40.0	158.7	63.53	156.6	62.71
D	37.8	165.8	62.67	163.3	61.69
	37.9	169.5	64.24	167.1	63.37
	37.5	167.8	63.43	166.2	62.82
平均值	37.7	167.7	63.4	165.5	62.6
E	34.5	143.3	49.44	146.8	50.6
	34.5	147.8	50.99	142.1	49.0
	34.4	146.6	50.58	145.4	50.16
平均值	34.5	145.9	50.3	144.8	49.9

由表 9 可知，根据相变整理剂固化物有效焓值的大小，相变整理剂 A~E 本身的蓄热和放热性能由大到小排序： $A > C \approx D > B > E$ 。

6.4.2.5.1 实验工艺

(1) 配制 100 g/L 相变整理剂（A~E）的工作液，含固量统一折算成 40%。

(2) 棉标准贴衬织物浸轧工作液（带液率 84.6%），干燥条件 160 °C，60 s。

(3) 将整理织物按照 GB/T 43820 的规定测试织物的熔融焓和结晶焓，每个助剂进行 3 次平行实验，实验结果见表 10。

6.4.2.5.2 实验结果

表 10 不同相变整理剂整理织物蓄热和放热性能（3 次平行实验）

相变整理剂名称	理论焓值 (J/g)	平行样	熔融焓 H_{mf} (J/g)	结晶焓 H_{cf} (J/g)
A	5.73	平行样 1	6.02	6.14
		平行样 2	5.94	5.95
		平行样 3	5.90	5.87
		平均值	5.95	5.99
B	4.70	平行样 1	4.63	4.94
		平行样 2	4.82	4.9
		平行样 3	4.75	4.82
		平均值	4.73	4.89
C	5.37	平行样 1	4.27	4.22
		平行样 2	4.46	4.26
		平行样 3	4.39	4.39
		平均值	4.37	4.29
D	5.67	平行样 1	2.83	2.94
		平行样 2	2.85	2.77
		平行样 3	3.08	3.1
		平均值	2.92	2.94
E	4.94	平行样 1	4.15	4.2
		平行样 2	4.03	4.11
		平行样 3	4.21	4.25
		平均值	4.13	4.19

注：浸轧理论布面焓值=相变整理剂固化物焓值×助剂含固量×带液率×浓度

由表 10 中数据可知，不同相变整理剂整理到织物上后实测的焓值较理论焓值存在明显差异，其中相变整理剂 A、B 的保留率较好，相变整理剂 D 的保留率较差，根据实测织物上的熔融焓和结晶焓的大小比较，蓄热性能/放热性能从大

到小排序为： $A > B > C > E > D$ 。结合表 9 中的数据和结论，相变整理剂整理在织物上的焓值排序和相变整理剂本身固化物的焓值排序存在一定差异。因此，相变整理剂的蓄热和放热性能应按照织物上的热焓值来表示，而相变整理剂固化物的热焓值可用于初步判断相变整理剂是否具有蓄热和放热性能，计算产品的理论有效焓值。

6.5 试验方法的确定

6.5.1 试剂或材料

织物：符合 GB/T 7568.2 的棉标准贴衬织物。

试剂：除非另有规定，仅使用确认为分析纯的试剂和 GB/T 6682 中规定的三级水。

6.5.2 仪器设备

6.5.2.1 差示扫描量热仪（DSC）及附属器件：符合 GB/T 43820 的规定。

6.5.2.2 实验室用小型轧车。

6.5.2.3 实验室用小型定型机。

6.5.2.4 分析天平：感量为 0.01 g、0.1mg 和 0.01mg。

6.5.2.5 称量瓶，扁形带盖， $\phi 50\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。

6.5.2.6 电热恒温干燥箱，能在 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下控温。

6.5.2.7 干燥器，内盛适当的干燥剂（如变色硅胶、五氧化二磷等）。

6.5.2.8 容量瓶：1000 mL。

6.5.2.9 气源：氮气（纯度 99.999%）。

6.5.3 测试步骤

6.5.3.1 相变整理剂蓄热和放热性能的测定

6.5.3.1.1 含固量的测定及相变整理剂固化物的制备

相变整理剂按照 HG/T 4266 的规定测定含固量，结果记为 S，并得到固化物，待用。

6.5.3.1.2 相变整理剂固化物熔融焓和结晶焓测试

将 6.5.3.1.1 制备的相变整理剂固化物，按照 GB/T 19466.3—2004 中 9.2-9.3 的规定进行取样，按照 GB/T 43820—2024 中 7 的规定测试样品固化物的熔融焓 ΔH_{mp} 和结晶焓 ΔH_{cp} 。

6.5.3.2 相变整理剂整理织物的蓄热和放热性能测定

6.5.3.2.1 含固量的换算

相变整理剂按照 HG/T 4266 的规定测定含固量，然后换算为 40%（质量分数）的含固量进行以下试验。

6.5.3.2.2 试样工作液的配制

准确称取相变整理剂样品 100.00 g（精确至 0.01 g），用水稀释至 1 000 mL，使样品溶液浓度达到 100 g/L，混合均匀。

6.5.3.2.3 相变整理

将配制好的相变整理剂工作液，倒入实验室用小型轧车的轧槽中，将织物一浸一轧（轧余率为 70%-90%），在实验室用小型定型机上 160 °C 干燥 60 s。

注：可根据实际生产调整干燥温度和时间。

6.5.3.2.4 织物的熔融焓和结晶焓测试

按照 GB/T 43820 规定方法，测试 6.5.3.2.3 整理织物的熔融焓 ΔH_{mf} 和结晶焓 ΔH_{cf} 。

6.5.4 结果处理

6.5.4.1 相变整理剂有效焓值计算

相变整理剂样品的有效熔融焓值和有效结晶焓值分别以 ΔH_{mps} 和 ΔH_{cps} 计，数值以焦每克（J/g）表示，按式（1）和式（2）计算：

$$\Delta H_{mps} = \Delta H_{mp} \times S \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta H_{cps} = \Delta H_{cp} \times S \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔH_{mp} —相变整理剂固化物的熔融焓值，单位为 J/g；

ΔH_{cp} —相变整理剂固化物的结晶焓值，单位为 J/g；

S—相变整理剂含固量，单位为%。

计算结果以 3 次平行测定结果的算术平均值表示，按照 GB/T 8170—2008 中 3.2 的规定修约至一位小数。

6.5.4.2 相变整理剂整理织物焓值的计算

根据6.5.3.2.4获得的DSC曲线，分别读取每个试样的熔融焓 ΔH_{mf} 和结晶焓 ΔH_{cf} ，计算3个试样熔融焓和结晶焓的平均值，按照GB/T 8170—2008中3.2的规定修约至一位小数。

6.5.4.3 结果表述

通过相变整理剂的有效熔融焓 ΔH_{mps} 和有效结晶焓 ΔH_{cps} 表征相变整理剂是否具有蓄热和放热性能。

通过整理织物的熔融焓 ΔH_{mf} 表征相变整理剂的蓄热性能， ΔH_{mf} 值越大，表示相变整理剂的蓄热性能越好，反之，蓄热性能越差；通过整理织物的结晶焓 ΔH_{cf} 表征相变整理剂的放热性能， ΔH_{cf} 值越大，表示相变整理剂的放热性能越好；反之，放热性能越差。

6.5.5 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 样品来源及描述；
- b) 本文件的编号；
- c) 实验用织物；
- d) 试验仪器型号及主要试验条件和参数
- e) 试验结果；
- f) 试验日期。
- g) 与本文件的差异。

7 协同验证试验

通过浙江理工大学、杭州美高华颐化工有限公司、苏州大学三家单位对实际纺织染整助剂进行检测，对本文件方法进行验证，目前协同验证试验正在进行中，验证实验报告待补充。

8 标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

标准起草人在接受标准起草任务时就曾对相关内容进行专利检索，未发现标准内容涉及专利和知识产权。

9 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

由于相变整理剂本身结构和组成的特殊性，后整理加工方式和条件的不同均会对蓄热和放热调温性能造成影响，而市场上相变整理剂种类繁多，蓄热和放热调温性能参差不齐，且国内外尚无统一的相变整理剂调温性能的评定方法。为了保证在纺织品染整加工过程中的应用工艺及质量，促进纺织染整助剂产品质量提高，规范相变整理剂调温性能的测定方法，便于行业间的技术交流和沟通，制定行业标准是非常必要的。

10 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与我国现行相关的法律、法规、规章等保持协调一致，没有冲突。

11 标准性质的建议说明

建议本标准为推荐性化工行业标准。

12 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准由全国染料标准化技术委员会印染助剂分技术委员会负责解释、组织宣贯。

13 废止现行相关标准的建议

本标准为首次制定，无废止其他相关标准建议意见。

14 其它应予说明的事项

无。

15 主要参考文献

- [1] HG/T 4266 纺织染整助剂 含固量的测定
- [2] GB/T 6529 纺织品调湿和试验用标准大气
- [3] GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- [4] GB/T 7568.2 纺织品 色牢度试验 标准贴衬织物 第2部分：棉和粘胶纤维
- [5] GB/T 8170—2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- [6] GB/T 19466.1 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第1部分：通则

[7] GB/T 19466.3—2004 塑料 差示扫描量热法（DSC）第 3 部分：熔融和结晶温度及热焓的测定

[8] GB/T 43820—2024 纺织品 含相变材料的纺织品 蓄热和放热性能的测定

[9] T/CTES 1045-2021 婴幼儿及儿童相变调温纺织产品

[10] T/CTES 1005-2017 纺织用相变调温微胶囊及其应用功能评价

[11] FZ/T 54140-2023 相变储能粘胶长丝

[12] FZ/T 52028-2013 相变保温粘胶短纤维