

团 体 标 准

T/CGIA 007.2-2024

石墨烯改性纤维 第2部分：定性鉴别 与性能评价

Graphene-modified fibers Part 2: Performance evaluation and qualitative
identification

2024-12-30 发布

2024-12-30 实施

中关村华清石墨烯产业技术创新联盟 发布

目 录

目 录.....I

前 言II

引 言III

1. 范围.....1

2. 规范性引用文件.....1

3. 术语和定义1

4. 基础物性2

5. 功能特性2

6. 石墨烯改性纤维的鉴别7

7. 安全性8

附 录 A.....9

附 录 B.....10

参 考 文 献.....11

前 言

本文件参照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任，不对涉及专利权的纠纷负责。

本标准由中关村华清石墨烯产业技术创新联盟提出并归口。

本文件起草单位：宁波石墨烯创新中心有限公司（国家石墨烯创新中心）、中关村华清石墨烯产业技术创新联盟、南通强生石墨烯科技有限公司、南通长江石墨烯科技有限公司、常州恒利宝纳米材料科技有限公司、烯源科技无锡有限公司、盛意成石墨烯科技（苏州）有限公司、绍兴富妮诺科技有限公司、江苏清大际光新材料有限公司、北京阿德迈新材料有限公司、北京市科学技术研究院分析测试研究所（北京市理化分析测试中心）、北京清大际光科技发展有限公司。

本文件主要起草人：刘兆平、戴石锋、周旭峰、马立国、蒋焱、孙建友、张伟夫、秦继恩、刘伟丽、朱新超、孙清友、杨丽莉、夜莉萍、孟芳。

引 言

纤维与纺织品是人类生活和生产中不可或缺的重要物质。从天然纤维到化学纤维，每一次技术的进步都推动了社会的发展和人们生活品质的变革。在当今科技日新月异的时代背景下，人们对衣物的舒适性、耐用性、功能性以及智能穿戴的需求与日俱增。石墨烯材料作为一种集光、电、热、力和超大比表面积等优异性质于一体的新材料，融合应用于纤维和纺织品，不仅可以赋予新的功能或大幅提升纤维原有性质，而且在未来智能网联服的应用领域具有显著的应用价值。经过近几年的发展，石墨烯改性纤维呈现出的多功能和（或）高性能，在家纺、高端运动服饰和特种服装等领域开始崭露头角，市场认可度不断提高。

然而，新技术新产品的发展与应用，总是伴随着一些不良市场乱象的发生。少数企业利用公众对石墨烯材料的认知信息差，有意夸大宣传石墨烯改性纤维具有的功能，或对纤维产品的名称、石墨烯的信息标识不准确，存在误导性。更有甚者，一些无良企业在纤维中未使用石墨烯材料却虚假宣传使用，以低劣的假冒产品充斥市场，透支了石墨烯改性纤维市场的信誉度，不仅给消费者带来了很大的困惑，而且严重影响了真正从事石墨烯改性纤维企业的市场推广和创新投入。

为了促进石墨烯改性纤维产业化和市场化健康发展，石墨烯联盟联合真正从事石墨烯改性纤维研发、生产和应用的企业，针对市场出现的痛点、堵点以及引领产业发展需求，共同制定本标准，围绕石墨烯改性纤维建立统一、准确、可识别的产品标识，建立石墨烯改性纤维定性鉴定和评价标准，从而方便纺织应用企业甄别，方便消费者选购。

本标准针对石墨烯改性纤维产业化和市场化过程中面临的上述问题，制定了下列 2 部分内容：

第 1 部分：分类、命名和标识

第 2 部分：定性鉴别与性能评价

本标准将根据石墨烯改性纤维的技术和产品发展，陆续制定相关内容的标准。

本部分是针对石墨烯改性纤维中如何鉴别是否含有石墨烯材料及其具有的性能评价而制定的。当前，由于石墨烯材料在纤维中添加量通常为百分级或更少，以及石墨烯材料与纤维分子通过界面化学聚合后可能形成新的组织结构，因此通过溶解纤维、过滤、表征等测试流程来鉴别纤维中是否含有石墨烯材料是一件较为困难的技术难题。本部分提出了一种新型定性鉴别方式，即根据石墨烯材料具有的 sp^2 杂化结构和超大比表面积等特性，以及产生的必备多功能现象，来综合鉴定是否含有石墨烯材料。在性能评价方面，为了提升石墨烯改性纤维的市场竞争力以及促进产业行稳致远，在符合现有国标、行标的基础上，建立了更高要求的指标。

石墨烯改性纤维 第2部分：定性鉴别与性能评价

1. 范围

本部分规定了石墨烯改性纤维在基础物性、功能特性和生物安全性三大方面应满足的技术要求，确定了石墨烯改性纤维必备功能和可选功能，建立了纤维中是否含有合格的石墨烯材料的定性鉴别方法。

注：纤维中不是添加了石墨烯材料就称之为石墨烯改性纤维，而是以石墨烯材料为关键介质产生特定性能的，才能称之为石墨烯改性纤维，这样的石墨烯材料也才能称之为合格的石墨烯材料。

本文件适用于以石墨烯材料为介质进行功能化和（或）高性能化改性的各类纤维（天然纤维、人造纤维和合成纤维）的评价。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款，其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单位）适用于本文件。

GB/T 6503 化学纤维回潮率试验方法

GB/T 6504 化学纤维含油率试验方法

GB/T 6506 合成纤维变形丝卷缩性能试验方法

GB/T 14335 化学纤维 短纤维线密度试验方法

GB/T 14336 化学纤维 短纤维长度试验方法

GB/T 14337 化学纤维 短纤维拉伸性能试验方法

GB/T 14338 化学纤维 短纤维卷曲性能试验方法

GB/T 14339 化学纤维 短纤维疵点试验方法

GB/T 14342 化学纤维 短纤维比电阻试验方法

GB/T 14343 化学纤维 长丝线密度试验方法

GB/T 14344 化学纤维 长丝拉伸性能试验方法

GB 18401-2010 国家纺织产品基本安全技术规范

GB/T 18885-2020 生态纺织品技术要求

GB/T 20944 纺织品 抗菌性能的评价

GB/T 24253 纺织品 防螨性能的评价

GB/T 30127 纺织品 远红外性能的检测和评价

GB/T 31713 抗菌纺织品安全性卫生要求

GB/T 43823 纺织品 抗病毒活性的测定

FZ/T 12071 导电纱线

FZ/T 52032 导电锦纶短纤维

FZ/T 52050 导电涤纶短纤维

T/CGIA 007.1 石墨烯改性纤维 第1部分：分类、命名和标识

3. 术语和定义

T/CGIA 007.1 中界定的术语和定义适用于本文件。

4. 基础物性

基础物性是指纤维具有通用物理特征性质，包括机械性能、线密度、回潮率等等。

4.1 机械性能

4.1.1 通则

机械性能是纤维的基础性质，原则上应符合相应的国家标准或行业标准要求，其测试项目见表1。

4.1.2 强度保留率

对于多功能型石墨烯改性纤维，供方应主动提供**强度保留率**数据。

注：对于主打多功能型的石墨烯改性纤维，机械性能可能会下降，因为有时某些特定功能和机械性能难以同时兼顾。

表1 纤维的机械性能项目

序号	项目	高性能型纤维	多功能型纤维	测试方法
		提升率	保留率	

1	断裂强度			短纤按 GB/T 14337 规定执行 长丝按 GB/T 14344 规定执行
2	断裂伸长率			
3	断裂强力变异系数			

4.2 其他基础物性

其他基础性能的项目包括但不限于表 2 中列出的项目。不同基材的纤维，可能有不同的基础性
质要求，供方应按照相关的国家标准或行业标准中给出的项目进行测试并提供报告值。

表 2 石墨烯改性纤维的基础性能评价指标

序号	项目	测试方法
1	线密度偏差率	短纤按 GB/T 14335 规定执行 长丝按 GB/T 14343 规定执行
2	长度偏差率	短纤按 GB/T 14336 规定执行
3	卷曲数	GB/T 14338
4	卷曲收缩率	GB/T 6506
5	卷曲稳定性	GB/T 6506
6	含油率	GB/T 6504
7	回潮率	GB/T 6503
8	疵点含量	GB/T 14339

5. 功能特性

5.1 总则

5.1.1 根据石墨烯材料特定 sp^2 结构和超大比表面积特性，以及具备的电学、热学、力学、光学基本
性质，石墨烯改性纤维常见的功能有抑制微生物繁殖、远红外效应、防紫外、提升强度、导电、导热
或负离子发生等。

5.1.2 根据石墨烯改性纤维是否一定具有特定功能，分为**必备性能**和**可选性能**。

必备性能：抑制微生物繁殖、远红外效应、防紫外。即只要添加合格的石墨烯材料，石墨烯改性
纤维原则上应具有上述 3 种功能。

可选性能：提升强度、导电、导热、负离子发生。这是根据应用需求，对石墨烯材料的结构和表
面进行特殊设计和功能化处理方可获得的性能。

5.1.3 对于石墨烯改性纤维只具有必备性能的，其性能要求应按照从优的原则确定高要求。对于具有
可选性能的，其必备性能的要求值为最低要求值。

5.2 必备性能

5.2.1 抑制微生物（细菌、真菌、病毒和螨虫）

5.2.1.1 机理

石墨烯改性纤维的抑制微生物机理存在很多理论。目前，较为普遍接受的说法是主要由于石墨烯
材料的超大比表面积，表面具有较高的表面能，将细菌等微生物牢牢吸附，使其无法自由移动（此现
象可以通过光学显微镜观察到），从而无法获取营养物质，进而阻断其增殖，最终导致微生物的凋亡。

由于石墨烯材料具有超大的比表面积特性，因此只要添加了石墨烯材料的纤维，都具有抑制微生物的功效。

5.2.1.2 评价

对于抑制微生物繁殖，可选择表 3 中 1-2 项测试项目作为验证项。其测试值应符合最低要求。

表 3 石墨烯改性纤维必备性能：抑制微生物

测试项目		必备性能要求	试验方法
抗菌	金黄色葡萄球菌	$\geq 70\%$	GB/T 18319-2019
	大肠杆菌	$\geq 70\%$	
	白色念珠菌	$\geq 60\%$	
防螨	趋避率	$> 60\%$	GB/T 24253-2009
	抑制率	$> 60\%$	
抗病毒	抗病毒活性值	≥ 2	GB/T 43823-2024
	抗病毒活性率	$\geq 99\%$	

5.2.2 远红外性能

5.2.2.1 机理

石墨烯具有独特的电子结构，其 $\pi-\pi$ 键能够与电磁波相互作用，从而增强其对红外线的吸收和发射能力。

由于石墨烯材料中的碳元素和 sp^2 结构，因此只要添加了石墨烯材料的纤维，原则上应具有远红外性能。

5.2.2.2 评价

石墨烯改性纤维应符合表 4 中的最低值要求。

表 4 石墨烯改性纤维的必备性能要求：远红外性能

远红外发射率	远红外辐照温升	试验方法
≥ 0.88	$\geq 1.4^{\circ}\text{C}$	GB/T 30127

5.2.3 防紫外性能

5.2.3.1 机理

石墨烯中碳原子组成的共轭结构能够与紫外线的能量匹配，使得它在 200-400nm 间的全波段紫外线有强烈的吸收能力，并能将这些能量转化为热能释放。此外，石墨烯的二维平面结构使其对各类光线具有高效的反射能力，从而减少了紫外线透过织物的机会，进一步增强了防紫外效果。

5.2.3.2 评价

当样品的 $UPF > 40$ ，且 $T(UVA)_{AV} < 5\%$ 时，可称为“防紫外线产品”。对于不以抗紫外为主要性能

的石墨烯改性纤维，其防紫外性能的必备要求应符合表 5 的要求。

表 5 石墨烯改性纤维的必备性能要求：防紫外性能

UPF	试验方法
>40	GB/T 18830-2009
注：测试试样准备及结果表示见附录 A。	

5.3 高性能纤维

5.3.1 总则

石墨烯材料的强度最高，具有提高纤维的力学性能的可行性；石墨烯独特的单原子二维片层结构，比表面积大，可在高分子材料中平面覆盖和层层看加，形成致密的物理隔热层，起到物理隔绝作用，可以提高高分子材料的阻燃性。

石墨烯改性纤维的高强或阻燃的特性，是可选性能。能否实现上述性能，是与石墨烯材料物性参数（如片厚、片径、团聚体大小等）、以及石墨烯材料在纤维基体中的分散状态、与基体的界面结合情况等因素有关。

5.3.2 高强纤维

对于高强型石墨烯改性纤维，因此供方应主动报告**强度提升率**等数据。

5.3.3 阻燃纤维

对于阻燃型石墨烯改性纤维，应报告氧指数测试值。

5.4 多功能石墨烯改性纤维

5.4.1 抑制微生物

当石墨烯改性纤维主打宣传具有抗微生物（细菌、真菌、病毒和/或螨虫）性能时，其宣传的抗菌、防螨、抗病毒性能要求应分别按照表 6、表 7 和表 8 的要求进行报告。

表 6 石墨烯改性纤维的抗菌性能评价指标

水洗次数	抑菌率			抗菌性能评价	试验方法
	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌	白色念珠菌		
0	≥70%	≥70%	≥60%	具有抗菌性能	GB/T 20944.3
50	≥80%	≥80%	≥80%	具有较好的抗菌性能	
100	≥90%	≥90%	≥90%	具有极好的抗菌性能	

表 7 石墨烯改性纤维的防螨性能评价指标

项目	性能指标		试验方法
趋避率	95%	具有极好的防螨效果	GB/T 24253
	80%	具有较好的防螨效果	

	60%	具有防螨效果	
抑制率	95%	样品具有极好的防螨效果	
	80%	样品具有较好的防螨效果	
	60%	样品具有防螨效果	

表 8 石墨烯改性纤维的抗病毒性能评价指标

抗病毒活性值 M	抗病毒活性率 M ¹ /%	性能评价	试验方法
2≤M≤3	99.0≤M ¹ <99.9	具有较好的抗病毒性效果	GB/T 43823
M≥3	99.9≤M ¹	具有极好的抗病毒性效果	

5.4.2 防紫外性能

当石墨烯改性纤维宣称具有防紫外性能时，其性能应符合表 9 的要求进行报告。

表 9 石墨烯改性纤维防紫外性能评价指标

T (UVA) _{AV}	UPF	防紫外线评价	试验方法
<5%	>60	具有极好的防紫外功能	GB/T 18830
<5%	>50	具有较好的防紫外功能	
<5%	>40	具有防紫外功能	

5.4.3 远红外性能

当石墨烯改性纤维宣称具有远红外性能时，其远红外应按照表 8 的要求进行报告。

表 10 石墨烯改性纤维的远红外性能评价指标

远红外发射率	远红外辐照温升	远红外性能评价	试验方法
≥0.88	≥1.4℃	具有远红外性能	GB/T 30127
≥0.9	≥2.2℃	具有较好的远红外性能	
≥0.92	≥3℃	具有极好的远红外性能	

5.4.4 导电性能

结构完整且无表面化学改性的石墨烯材料具有高电子迁移率，如在纤维中形成有序分散和排列方式，可展现出优异的导电性能。导电纤维的导电性应表 11 的要求进行报告。

注：石墨烯材料的大量结构缺陷、超小片径都可能会导致石墨烯材料在纤维中无法表现出导电性。

表 11 石墨烯改性纤维的导电性能评价指标

项目	性能指标			试验方法
导电性	单位电阻 Ω/cm	A 类	≤10 ⁵	FZ/T 12071
		B 类	10 ⁵ ~10 ¹¹	
	比电阻 Ω·cm	优等品	M ₁ ×10 ⁵	FZ/T 52050
		一等品	M ₁ ×10 ⁵	

	表面电阻率 Ω	合格品	$M_1 \times 10^6$	FZ/T 52032
		优等品	$M_2 \times 10^6$	
		一等品	$M_2 \times 10^7-10^{11}$	
		合格品	$M_2 \times 10^7-10^{11}$	

5.4.5 导热性能

石墨烯改性纤维的导热机理主要基于石墨烯本征的高导热性能以及其在纤维中的分布和结构设计。导热纤维的导热性能应参照表 12 的要求进行报告。

表 12 石墨烯改性织物的导热性能评价指标

项目	性能指标		试验方法
凉感系数 J/ (cm² · s)	>0.15	具有接触瞬间凉感性能	GB/T 35263-2017
导热系数 W/ (m · K)	/	/	GB/T 3139-2005
热阻 clo	/	/	GB/T 11048-2008
注：测试试样准备及结果表示见附录 A。			

5.4.6 驱蚊性能

石墨烯作为一种薄而坚固的二维纳米材料，具有极高的硬度和强度，这使得它能够形成一个蚊子无法穿透的屏障，此外，石墨烯还能阻断蚊子感知血液的化学信号传递，石墨烯通过干扰蚊子感知血液中的化学信号来定位并叮咬宿主这一过程从而达到防蚊的效果。

宣称有驱蚊功能的石墨烯改性纤维，应参照表 13 的要求进行报告。

注：氧化石墨烯材料在干燥状态下才具备良好的防蚊效果，一旦遇水，其驱蚊效果会大打折扣。

表 13 石墨烯改性纤维驱蚊性能评价指标

防蚊评级	趋避率 R	评价	试验方法
A 级	R>70%	具有极强的驱避效果	GB/T 30126—2013
B 级	70%>R>50%	具有良好的驱避效果	
C 级	50%>R>30%	具有驱避效果	
注：测试试样准备及结果表示见附录 A。			

5.4.7 负离子发生性能

石墨烯改性纤维由于其优良的电学性能，可能会在高压电场下促进空气中的氧气分子电离，从而产生负离子。其次，石墨烯改性纤维的表面可能会因为其独特的结构和化学性质，在高压电场下释放负离子。宣传具有负离子发生性能的纤维应参照表 14 的要求进行报告。

表 14 石墨烯改性纤维负离子发生性能评价指标

负离子发生量/ (个/cm³)	评价	试验方法
>1000	负离子发生量较高	GB/T 30128-2013
550-1000	负离子发生量中等	

<550	负离子发生量偏低	
注：测试试样准备及结果表示见附录 A。		

6. 石墨烯改性纤维的鉴别

6.1 通则

- 石墨烯改性纤维的鉴别由拉曼光谱法 6.2 和必备性能 5.2-5.4 两部分组成。
- 由于制备石墨烯改性纤维时所选用的石墨烯材料不同，导致其功能有所差异，故石墨烯改性纤维的抑制微生物性能（5.2）、远红外性能（5.3）、防紫外（5.4）为必测项目。由于测试方法不同，纤维只测试抑制微生物性能、远红外性能，防紫外由石墨烯改性纤维组成的纺织品进行测试（试样准备及结果表示见附录 A）。
- 必备性能中的要求值为石墨烯改性纤维应能达到的最低值，如产品所宣传的性能时应符合相应性能评价中的要求。

6.2 拉曼光谱法

当一束激光照射样品时，样品分子与光子之间产生非弹性碰撞，即产生拉曼散射。借助于仪器将拉曼散射的强度值与相应拉曼位移值作图，即可获得该样品的拉曼光谱，光谱每一个拉曼位移特征峰都包含了样品分子结构的信息。不同物质有不同的拉曼光谱图。石墨和单层石墨烯的拉曼谱图中，G 峰和 2D 峰都非常明显，而石墨和石墨烯的谱图差别非常小，因此可以借助拉曼光谱法判定样品中是否含有石墨或石墨烯。其拉曼光谱图如图 1 所示。试验方法可按照 SN/T 1690.3-2019 6.3 执行。

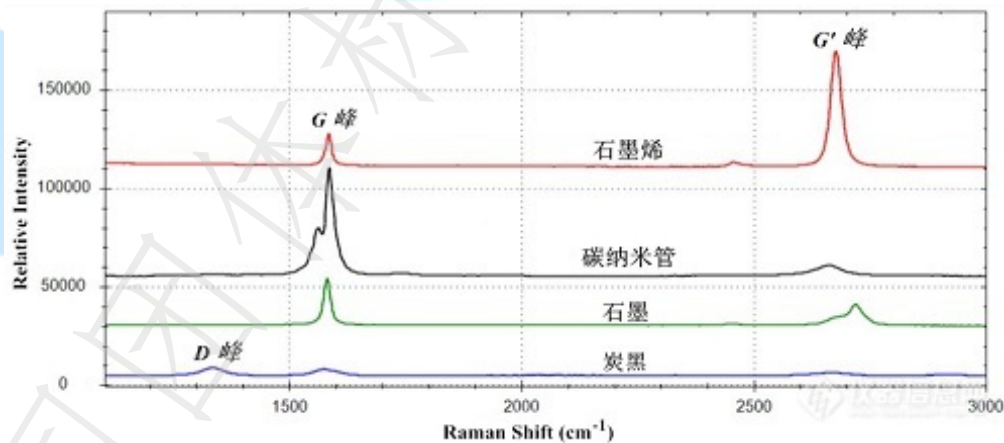


图 1 石墨烯等碳材料的拉曼光谱图

7. 安全性

7.1 总则

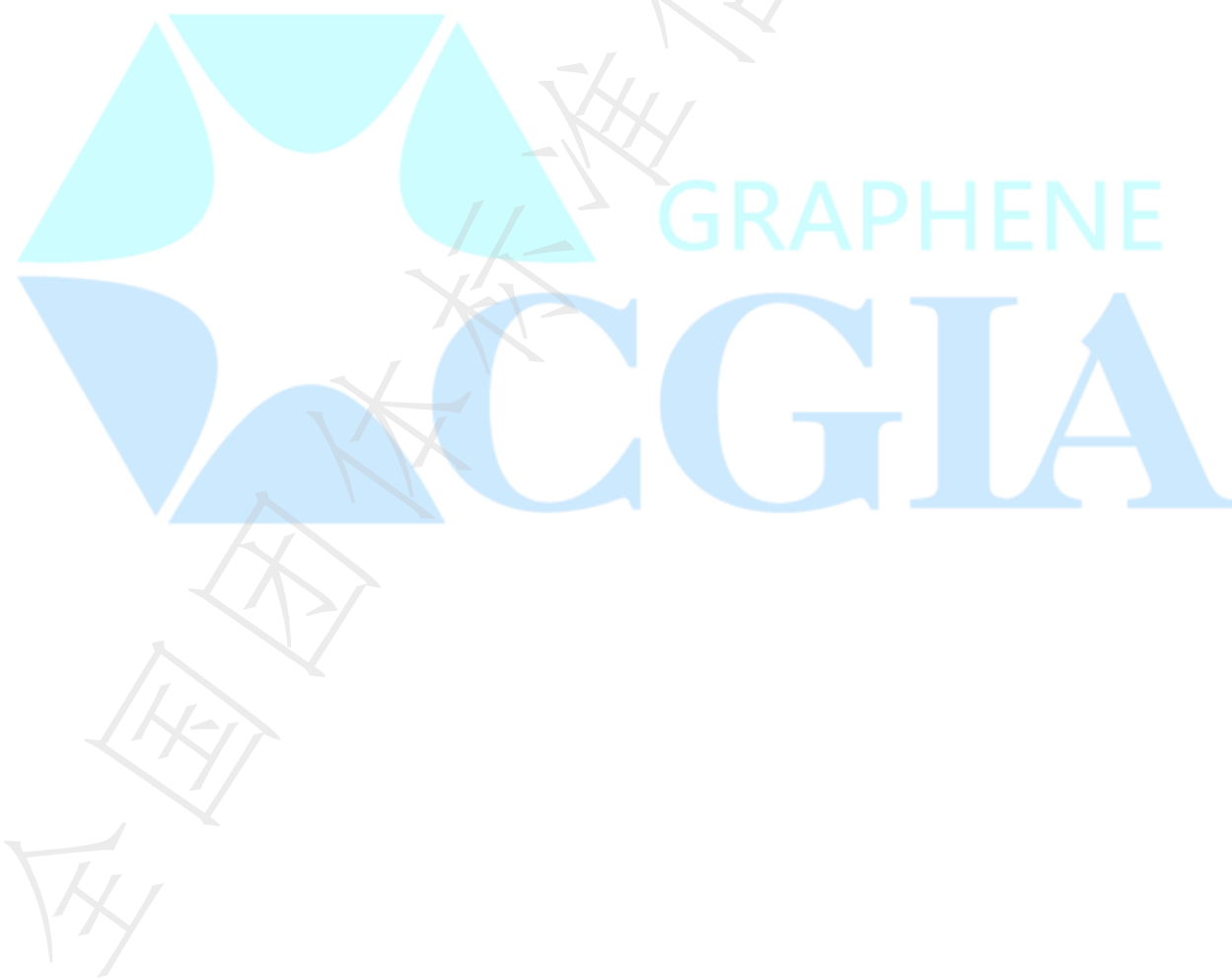
石墨烯材料作为纳米材料以及具有天然的抗菌性能，其应用在纤维产品时应开展相关生物安全和毒理学测试，以证明石墨烯改性纤维对人体的安全性和低风险性。

7.2 抗菌纤维应符合的标准和要求

石墨烯改性纤维应严格按照 GB 18401 和 GB/T 18885 要求执行。抗菌类产品应符合 GB/T 31713 要

求。根据要求,石墨烯改性纤维应注意以下事项:

- 1) 抗菌纺织品应进行抗菌物质溶出性、毒理学指标、皮肤菌群测试。
- 2) 与人体皮肤直接接触的抗菌纺织品,不应长时间大面积贴肤使用,避免对人体皮肤正常菌群产生影响。
- 3) 具有抗菌功能的石墨烯改性纤维不应用于制作 3 周岁以内婴幼儿的用品。
- 4) 具有抗菌功能的石墨烯改性纤维制作的妇女贴身用品应有忌用标志。



附录 A

(资料性)

测试面料准备建议

A.1 测试面料准备

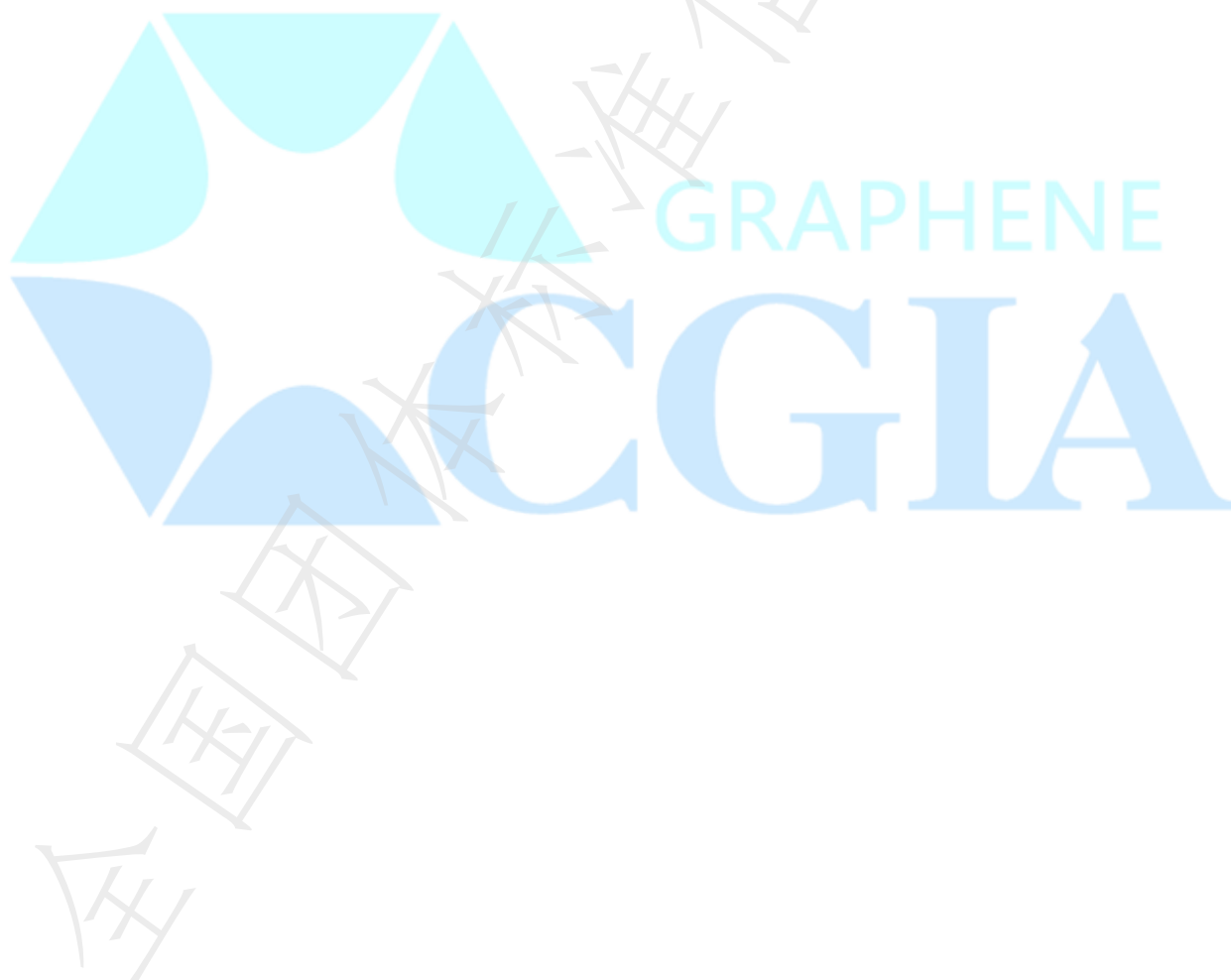
仅由石墨烯改性纤维制备的试样至少两块，由基材纤维制成的同组织结构、厚度、密度的试样至少两块。

A.2 试验方法

按照所需要进行的测试项目及标准进行检测。

A.3 计算和结果表达

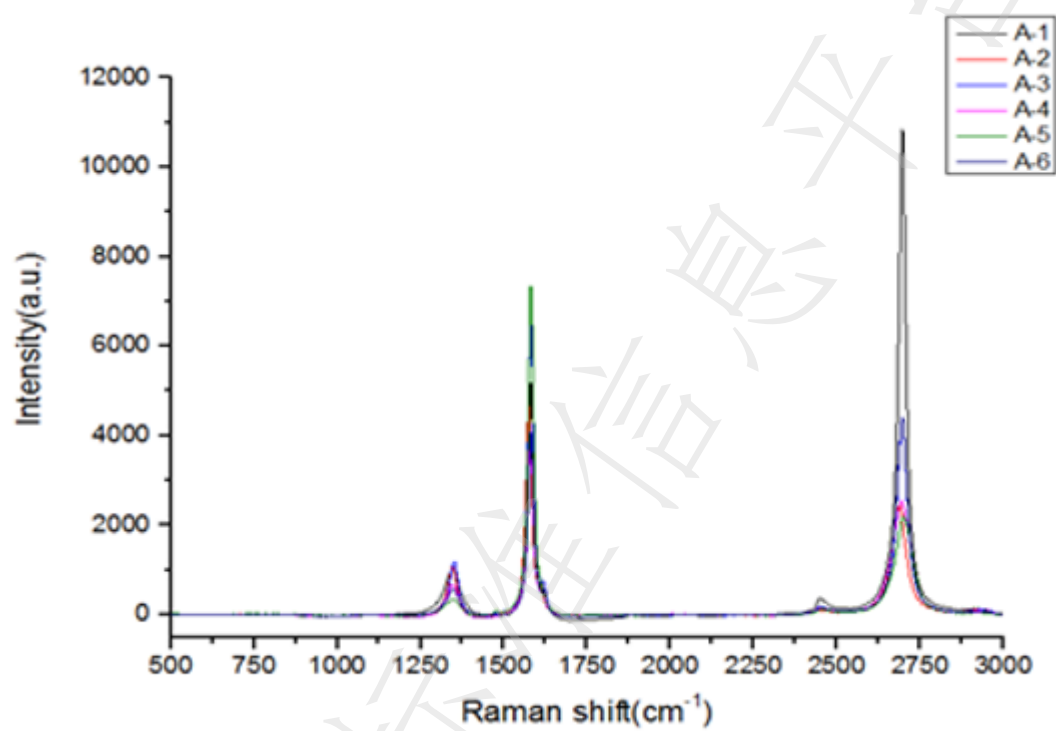
石墨烯改性纤维制成的织物测试值-同组织由基材纤维组成的织物测试值|=石墨烯改性纤维的测试值。



附录 B

(资料性)

单层石墨烯典型的拉曼图



参 考 文 献

- [1] GB/T 3139-2005 纤维增强塑料导热系数试验方法
- [2] GB/T 4146 纺织品 化学纤维
- [3] GB/T 11048-2008 纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定
- [4] GB/T 18830-2009 纺织品 防紫外线性能的评定
- [5] GB/T 30126—2013 纺织品 防蚊性能的检测和评价
- [6] GB/T 30128-2013 纺织品 负离子发生量的检测和评价
- [7] T/CGIA 001-2018 石墨烯材料术语和代号
- [8] T/CGIA 002-2018 含有石墨烯材料的产品命名指南
- [9] T/NTTIC 018-2019 家用床品面料 远红外性能的检测和评价
- [10] 石墨烯纤维：制备、性能与应用，物理化学学报，刘忠范
- [11] 石墨烯及石墨烯远红外棉针织物制备及性能研究，纺织科学与工程学报，王进
- [12] 石墨烯改性智能调温纤维的制备及性能表征，高科技纤维与应用，张征标

