

T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSE XXX—2025

环保型超高分子量聚乙烯纤维性能试验方法

Test methods for the performance of environmentally friendly ultra-high molecular weight polyethylene fibers

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发 布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试样制备 1

 4.1 取样 1

 4.2 预处理 1

5 试验项目及方法 1

 5.1 物理性能 1

 5.2 环保性能 3

 5.3 热性能测试 3

6 试验报告 4

 6.1 试样信息 4

 6.2 试验条件 4

 6.3 试验结果 4

 6.4 异常记录 4

 6.5 结论判定 4

前 言

本文件按照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》的规定起草。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

环保型超高分子量聚乙烯纤维性能试验方法

1 范围

本文件规定了环保型超高分子量聚乙烯纤维（以下简称“环保型UHMWPE纤维”）的物理性能、机械性能及环保性能的试验方法。

本文件适用于线密度范围55 dtex~6650 dtex的环保型UHMWPE纤维

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）适用于本文件。

- GB/T 14343 化学纤维 长丝线密度试验方法
- GB/T 17593.3 纺织品 重金属的测定 第3部分：六价铬 分光光度法
- GB/T 19975 高强化纤长丝拉伸性能试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1
环保型 UHMWPE 纤维 environmentally friendly ultra-high molecular weight polyethylene fibers
采用可降解助剂或清洁生产工艺制备，满足特定环保指标的UHMWPE纤维，其分子量 $\geq 1 \times 10^6$ g/mol。
- 3.2
热蠕变性能 Thermal creep performance
纤维在恒定温度和载荷下随时间产生的塑性变形量。
- 3.3
生物降解率 Biodegradation rate
在 (58 ± 2) °C堆肥条件下，纤维经微生物作用后的质量损失百分比。

4 试样制备

- 4.1 取样
按照规定的要求进行取样。

- 4.2 预处理
试样在温度 (23 ± 2) °C、湿度 (50 ± 5) %环境中调节24 h。

5 试验项目及方法

- 5.1 物理性能
 - 5.1.1 线密度
线密度试验按照下列步骤执行：

- a) 从同一批次超高分子量聚乙烯纤维中随机抽取至少 5 个卷装，去除表层 100 m 纤维后，每个卷装剪取长度大于等于 1 m 的试样，总数量大于等于 50 根。试样需无毛丝、无损伤，避免因捻度不均或局部缺陷影响测试结果；
- b) 电子天平：精度不低于 0.1 mg；缕纱测长仪：量程 0~1000 m，精度 ±0.1%；切断器：长度误差小于等于 ±0.1 mm；
- c) 预加张力：按纤维名义线密度的 (0.5 ± 0.1) cN/dtex 施加；
- d) 按 GB/T 14343，线密度大于等于 55 dtex 的粗纤维采用绞纱法试验，将试样绕取 100 m 长度，形成绞纱；称量绞纱质量，精确至 0.01 g；按照公式 (1) 计算线密度；
- e) 线密度小于 55 dtex 的细纤维采用单根法试验，单根试样长度 1 m，测试 20 根；称量每根纤维质量，计算平均值；
- f) 合格判定：线密度允许偏差为 ±2%；

$$T = \frac{10 \times m}{L} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m——绞纱质量，单位为毫克 (mg)；

L——绞纱长度，单位为米 (m)。

5.1.2 断裂强度与初始模量

断裂强度与初始模量的试验按照下列步骤执行：

- a) 从同批次产品中随机抽取至少 10 个卷装，去除表层 50 m 纤维后，每个卷装剪取有效长度大于等于 300 mm 的试样，总数量大于等于 50 根。试样表面应无毛丝、无损伤，避免捻度不均或局部缺陷影响测试结果；
- b) 采用符合 GB/T 19975 要求的电子万能材料试验机，力值传感器精度大于等于 1 级，量程覆盖试样断裂强力范围（建议选择量程的 20%~80%）；
- c) 安装防滑夹具（如绳线用夹具或气动夹头），确保夹持长度大于等于 50 mm，避免打滑或断口发生在夹持区；
- d) 设置拉伸速度为 100 mm/min，预张力为试样线密度的 0.5 cN/dtex；
- e) 将试样两端垂直夹入夹具，确保长轴与夹具中心线重合，夹持后检查初始有效长度为 (250 ± 1) mm；
- f) 启动试验机，以恒定速度拉伸至试样断裂，实时记录断裂强力和应力-应变曲线；
- g) 按照公式 (2) 计算断裂强度；
- h) 合格判定：断裂强度 ≥ 36 cN/dtex（普通型）或 ≥ 40 cN/dtex（超高强型）；初始模量 ≥ 1300 cN/dtex。变异系数 (CV) 小于等于 5% 为合格，若同一批次试样变异系数 (CV) > 5%，需重新取样复测。

$$\text{断裂强度} = \frac{\text{断裂强力}}{\text{线密度}} \times 10 \quad \dots\dots\dots (1)$$

按照公式 (3) 计算初始模量，在应力-应变曲线初始线性段（通常为伸长率 0.2%~1.0% 区间），计算斜率

$$M = \frac{\Delta \text{应力}}{\Delta \text{应变}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

5.1.3 断裂伸长率

断裂伸长率按照下列步骤执行：

- a) 与断裂强度试验共用同一批试样，避免重复取样导致误差；
- b) 试验环境与断裂强度测试一致，拉伸速度 100 mm/min，确保数据可比性；
- c) 使用非接触式光学引伸计（精度 ±0.1%）实时监测试样标距段（通常标距 100 mm）的形变；
- d) 装夹后施加预张力至试样伸直，清零位移传感器，启动拉伸程序；
- e) 当试样断裂时，记录断裂瞬间的伸长量 ΔL ，单位为 mm；
- f) 按照公式 (4) 计算断裂伸长率，断裂伸长率应控制在 3.0%~5.0%；

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_0 ——初始标距，单位为毫米（mm）；

ΔL ——断裂瞬间的伸长量，单位为毫米（mm）。

5.2 环保性能

5.2.1 生物降解率

生物降解率按下列步骤执行：

- 堆肥温度（ 58 ± 2 ）℃，氧气浓度大于等于 6%，湿度 50%~55%，试验周期 45 天（可延长至 180 天）；
- 将纤维剪碎至粒径小于等于 2 mm，称取 10 g 试样与 200 g 成熟堆肥（含水率 50%~55%）混合，另设空白对照组（仅堆肥），参照物：使用粒径小于 20 μm 的纤维素作为阳性对照。
- 将混合物置于密闭堆肥容器中，温度控制在（ 58 ± 2 ）℃，氧气浓度大于等于 6%，湿度 50%~55%。
- 定期通入无二氧化碳空气，收集释放的 CO₂，通过重量法或红外分析仪测定其累积量。试验周期：标准为 45 天（可延长至 180 天），每 5 天记录一次数据。
- 按照公式（5）计算生物降解率，合格判定：45 天降解率大于等于 30%，且空白组 CO₂释放量小于 5%。

$$D = \frac{CO_{2(试样)} - CO_{2(空白)}}{CO_{2(理论)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：理论 CO₂量由纤维碳含量计算

5.2.2 有害物质限量

有害物质限量按GB/T 17593.3和下列步骤执行：

- 取 1 g 纤维样品，加入 10 mL 浓硝酸和 2 mL 过氧化氢，微波消解（温度 180℃，时间 30 min）；
- 采用原子吸收分光光度法（AAS）或电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）检测铅（Pb）、镉（Cd）、汞（Hg）的含量，按 GB/T 17593.3 分光光度法检测六价铬（Cr⁶⁺）的含量，显色后测定吸光度。
- 合格判定：铅含量小于等于 10 mg/kg，镉含量小于等于 5 mg/kg，汞含量小于等于 1 mg/kg，六价铬不得检出。

5.2.3 可分解致癌芳香胺染料

可分解致癌芳香胺染料检测试验按下列步骤执行：

- 将纤维剪碎至 1 cm 以下，称取 1 g 与 20 mL 柠檬酸缓冲液（pH=6）混合，70 ℃水浴振荡 30 min；
- 加入连二亚硫酸钠（Na₂S₂O₄），于（70±2）℃还原裂解 30 min，冷却后过滤萃取；
- 使用气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）分析萃取液，比对 24 种禁用芳香胺清单；
- 合格判定：所有芳香胺均未检出（检测限小于等于 5 mg/kg）。

5.2.4 甲醛含量

甲醛含量检测试验按下列步骤执行：

- 取 2 g 纤维试样，加入 100 mL 蒸馏水，40 ℃水浴振荡 60 min，过滤收集萃取液；
- 取 5 mL 萃取液，加入乙酰丙酮试剂，60 ℃水浴显色 30 min，用分光光度计测定 412 nm 处吸光度，通过标准曲线计算甲醛浓度。
- 甲醛含量小于等于 20 mg/kg。

5.3 热性能测试

5.3.1 热蠕变性能

热蠕变性能试验按下列步骤执行：

- a) 从同一批次纤维中随机抽取 6 个卷装，去除表层 100 m 丝后，每个卷装剪取 500 mm 丝束作为试样，共制备 12 个试样；单卷装样品去除表层 100 m 丝后剪取 500 mm 丝束，共制备 6 个试样。试样表面需整齐无毛丝，避免损伤。
- b) 试验温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，其他温度需与供需方协商确定；
- c) 将试样一端固定在万能材料试验机上，另一端缠绕于辅助链条，确保初始有效长度为 $300\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ ；
- d) 缓慢向托盘添加砝码至目标负荷，避免冲击力导致试样损伤，同一批次试样应同步加载，确保试验条件一致性；
- e) 启动恒温装置，将测试环境升温至设定温度并保持稳定，升温后保温 $\geq 60\text{ min}$ ；
- f) 记录初始长度 L_0 ，实时监测并保存试样形变数据（时间-伸长率曲线）；
- g) 达到预设加载时间立即终止试验（如 24 h、72 h）；
- h) 按照公式（6）计算热蠕变伸长率：

$$\varepsilon = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_t ——试验后长度，单位为毫米（mm）；

L_0 ——初始长度，单位为毫米（mm）。

5.3.2 耐温性

将纤维置于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中 30 min，观察表面无熔融、变形。

6 试验报告

6.1 试样信息

试样信息应包含名称、批次、线密度范围及环保工艺类型。

6.2 试验条件

试验报告中应包含下列试验条件：

- a) 物理性能：试验机型号、拉伸速度、温湿度；
- b) 环保性能：堆肥容器参数、检测仪器（如 GC-MS 型号）；
- c) 热蠕变性能：恒温装置精度、加载负荷值。

6.3 试验结果

试验报告中应包含下列试验结果：

- a) 线密度偏差率、断裂强度分布图；
- b) 生物降解率曲线（ CO_2 累积释放量-时间关系）；
- c) 热蠕变伸长率及蠕变速率表。

6.4 异常记录

如试样断裂位置偏移、数据离散性分析。

6.5 结论判定

依据标准条款明确“合格”或“不合格”，并附签名及日期。