

再生涤纶纤维的差别化功能性改性及其应用

●付 明 姚海鹤 张全华 朱 玮* 方叶青



[摘要] 再生涤纶纤维差别化功能性改性的方法主要有三种:化学改性、物理改性以及生物改性。化学改性体现在通过表面接枝聚合与共混的方式来提升纤维性能;物理改性则是借助纳米材料填充及热处理来强化纤维特质;生物改性的关键在于通过酶处理和生物基材料复合以完善纤维的性能。这几种改性工艺均可显著提高再生涤纶纤维的功能性和环保性,被广泛运用于纺织品、工业以及其他领域。

[关键词] 再生涤纶纤维;功能性改性;差别化;应用

随着环保意识日益深化,资源永续利用问题成为全球焦点。尤其在纺织领域,废弃的聚酯(PET)瓶、衣物等进行再利用,已成为实现资源循环之关键途径。作为一种低能耗、轻污染的资源,再生涤纶纤维逐渐获得市场青睐。

再生涤纶纤维的基础性能分析

(一)物理特性

再生涤纶纤维的广泛使用得益于其优良的物理特性,主要包括强度、弹性模量及断裂伸长率等。(1)强度。此项参数表示再生涤纶纤维抵御外力的能力,源于废旧涤纶制品的再利用。尽管回收后的强度稍逊于原生涤纶纤维,但足以应对常规需求。在民用涤纶牵伸丝(FDY)方面,再生涤纶纤维的断裂强度约为 $3.3\sim 4.6\text{cN/dtex}$,原生涤纶纤维则在 $3.4\sim 4.6\text{cN/dtex}$ 范围内。(2)弹性模量(初始模量)。这一数值反映了再生涤纶纤维受应力影响产生形变的难易程度。相较于原生涤纶纤维,其弹性模量略低,适用于各类需具备一定刚性的纤维应用场景。再生涤纶纤维的初始模量通常在 $0.4\sim 4\text{GPa}$ 间,略低于原生涤纶纤维的 $0.4\sim 4.5\text{GPa}$ 。(3)断裂伸长率。该指标代表纤维在拉伸至断裂前可达到的最大变形量。再生涤纶牵伸丝(FDY)的断裂伸长率一般在 $20\%\sim 30\%$,可以通过工艺调整到与原生涤纶纤维相当。较高的断裂伸长率赋予再生涤纶纤维优异的柔软度和耐久性,满足织物在日常使用中的抗撕裂需求。

(二)化学特性

再生涤纶纤维的化学特性,包括对化学品、光照和高热的承受能力,极大地影响着其在复杂环境中的适应性。(1)耐化学品性。再生涤纶纤维具备优异的耐化学品性,可抵

御多种酸碱溶液的腐蚀,特别是对弱酸及中性盐溶液有极好的抵抗力。这使其在化工行业得到广泛应用,例如防护服、过滤材料等。但需注意再生涤纶纤维对强碱和部分有机溶剂的抵抗力较弱,使用时需谨慎。(2)耐光性。由于聚酯自身稳定的化学结构,再生聚酯纤维虽然长期暴晒,但仍能保持良好的色彩稳定性和强度。可在纺丝过程中加入紫外线吸收剂或抗氧化物质,以增强其抗光性。(3)耐热性。通常情况下,再生聚酯的熔点在 250°C 左右,玻璃化温度在 80°C 左右,这就使得它在高温的环境下,依然能保持很好的物理性能。但长时间的高温环境可能造成纤维性能降低,所以在实际应用中应尽量避免长时间的高温处理。

(三)环保性能

再生聚酯纤维由于其结构稳定,自然界中难以被微生物分解。可通过添加降解促进剂或进行化学改造,增强其生物降解性能,如应用酯键分解酵素或紫外光降解剂等方法。利用先进的循环利用技术,废弃聚酯产品可被重塑为优质再生聚酯纤维,从而减少废料产出和资源消耗。目前,再生聚酯纤维已广泛应用于服装面料、家居用品和工业用纺织品的制造。

再生涤纶纤维的差别化功能性改性技术

(一)化学改性

表面接枝聚合方法是利用引发剂激发纤维表层的活性中心,随后导入单体进行聚合,形成新的高分子链。自由基型引发剂,如过氧化物、偶氮化合物等被广泛应用于该过程。常见的接枝单体有丙烯酸、甲基丙烯酸、苯乙烯、丙烯腈等,通过对这些单体的接枝处理,有助于再生涤纶纤维具备额外的特性,如提升亲水性、耐磨性、抗静电性能等。

也就是接枝丙烯酸能增强纤维的吸湿能力,而接枝苯乙烯则能提升其力学强度及耐热性。

常见的共混材料有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚酰胺(PA)、聚氨酯(PU)等,需要根据具体的性能需求来决定选择什么样的混合材料。共混比例一般控制在5%~50%之间,纤维性能也会根据比例的不同而发生变化。如PP与再生聚酯混合使用,可以增强纤维的耐热性能,增强纤维的力学性能;而与PU混合,可使纤维具有更好的弹性及柔韧性。

(二)物理改性技术

(1)纳米材料填充分析。结合溶液混合或熔融共混等手段,常见的纳米基质如纳米二氧化硅(SiO_2)、纳米氧化锌(ZnO)、纳米银(Ag)、纳米碳管(CNTS)等,对纤维抗霉抗菌、抗紫外线、机械强度等特性都有很大的帮助。例如,加入纳米银,就能让纤维有很好的抗菌作用;而纳米二氧化硅的填充物可以使纤维的耐磨性和机械性能得到加强。(2)热处理改性研究。纤维微观结构和宏观性能的调整是通过热处理工艺参数的精确调控来实现的。通常将热处理温度设定在150~250℃的范围内,在几分钟到几个小时的范围内调整处理时长。高温长时间处理可以使纤维内部结构变得更加致密,进而增强其力学性能和耐热性,但这也可能造成纤维弹性和柔软度的降低。例如,再生聚酯纤维经过200℃和1小时的处理后,结晶度和强度都会有明显的提高,但可能会降低柔韧性。

(三)生物改性技术

在纤维的改性方面,利用生物技术可有助于保障其功能性和环保效果。酵素处理改性是利用酵素的催化作用,在纤维表层引起化学反应,纤维特性随之发生变化。酵素中常见的有纤维素酶、蛋白酶、脂肪酶等,其原理是分解杂质或调整分子链结构,使酶与纤维表面特有的化学键发生化学反应。如纤维素酵素,对纤维素有分解作用,促进其亲水性和吸湿性;而蛋白酶能使蛋白质分解,纤维的柔韧性增强,染色效果会得到改善。

聚乳酸(PLA)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)、淀粉等生物基材料的合成开发,常用于当前的科研领域。经过与这些材料的适当组合,再生聚酯纤维的生物降解性能、亲水特性和抗菌性能等方面能得到一定程度的提升。例如,与PLA复合后得到的再生聚酯纤维,不仅生物降解性能优异,而且强度和耐热性都能保持原来的高水平。

Q 差别化功能性改性对再生涤纶性能的影响

(一)多样化功能提升策略

增强再生聚酯纤维的抗菌特性的方法包括加入抗菌添加剂或引入适当的纳米材料(nano-materials)。现阶段,市场

上已有银离子(Ag^+)、铜离子(Cu^{2+})等多种不同类型的抗菌添加剂,能够紧密结合纤维,对细菌、微生物生长起到有效抑制作用,尤其适用于医疗卫生等相关行业的抗菌添加剂。比如,加入银纳米微粒,对纤维的抗菌能力有进一步的增强作用。户外运动服装中大量使用了再生聚酯纤维,需要有较好的防水性、透湿性,如在纤维表面增加涂层处理或共混改性等,纤维的防水透湿性能可显著提高;如聚氨酯涂层的采用或疏水性共聚物的引入,在保证其透气性的同时,也能增强再生聚酯的防水性,为使用者带来更高品质的穿着感受。此外,添加紫外线吸收剂或屏蔽剂,如氧化锌或二氧化钛等,也能强化再生聚酯纤维的抗紫外线性能,进而延长纤维的使用寿命。为了防止因照射过度而导致纤维受损,还会加入纳米级的二氧化钛,这对纤维的抗紫外线性能有明显的增强作用,并延长其使用时间。

(二)环保措施与成效

利用生物降解材料对纤维进行快速分解,使生态压力得到有效缓解。例如,将聚乳酸生物降解添加到纤维素纤维中或选用淀粉基质,可使纤维的生物降解性能得到显著提高,进而发挥最大的环保效益(全过程如图1)。



图1 环保再生示意

环境影响评价再生聚酯纤维的生产工艺,具有明显的环保优势。纤维制造时通过选用绿色制造工艺、精选优质原料,为环保提供强有力的支撑,使能耗和污染物排放大幅度降低。另外,在家居装饰领域应用涤纶纤维的可回收性,也使资源得到可持续利用,从而减少塑料废弃物的产生。再生聚酯纤维被广泛用于制作各类床上用品,因其良好的柔软度和舒适性,有助于提高睡眠质量。另外,对环保再生材料的运用也随着绿色消费的流行趋势而日益突出。再生涤纶纤维制成的窗帘不仅美观,而且可通过改性,赋予纤维

产品卓越的防紫外线功能,在有效阻挡阳光直射的同时,还能对室内家具起到一定的保护作用。再生涤纶纤维还具有良好的耐磨性和易清洁性,成为地毯的理想原料。无论是家用,还是商用的地毯,用再生涤纶纤维作为原料,既能保持长效使用时间和便捷的维护特性,又能得到消费者的认同和信赖,因而在这一领域的应用前景十分广阔。

Q 差别化功能性再生涤纶的应用前景

(一)纺织领域的应用

通过改性,再生涤纶纤维具备优秀的吸湿排汗、抗菌除臭及轻质高强等特性,多用于制造运动装。此类衣物能高效吸收并排出水分,保持使用者的清爽舒适感;且能够抑制细菌繁殖,消除体味,进而提高运动体验。

因再生涤纶纤维的高强度和耐久度,也广泛应用于防护服制造。如消防员制服、化学防护衣等,此类服饰需具备卓越的防护功能与耐磨性,以保障使用者在危险环境下的人身安全。此外,再生涤纶纤维的柔韧性和透气性使其成为制作内衣的优质选择,出色的吸湿排汗能力能保证内衣的干爽舒适,满足了贴身衣物对材质的严格要求。

再生涤纶纤维在家居装饰方面应用非常广泛,可用于制作各种床上用品,如床单、被套、枕套等。其优异的柔软度和舒适感,对提高睡眠质量有很大帮助,同时使用的环保再生材料也是当前绿色消费的一个趋势。用再生涤纶纤维制成的窗帘、地毯等,越来越受到消费者的青睐。

(二)产业界应用

在滤材应用方面,此类产品在空气过滤设备中能对空气中的灰尘、花粉以及各类微小生物进行高效的过滤。适用于各种空气调节系统及空气净化器等相关设备,使室内环境得到充分保障。同时,在液体过滤材料方面也发挥着重要作用,可处理包括工业废水、生活污水在内的各类液体污染物,助力于水质净化,以此保护生态环境。

土工材料方面,由再生涤纶纤维制造而成的土工布具备优异的透水性能与抗腐蚀能力。在水利工程、交通工程等多个领域都有广泛的应用,主要用于防渗、加固、隔离等关键环节。由于再生涤纶纤维的强大韧性及其特殊的强度特征,使其成为土工网这类网状结构材料的首选,且上述网状结构材料经常被应用于堤坝、护坡等重要工程中,担任起加固和防护的重任。

(三)在众多行业中的应用

医学原料方面,该产品常被采用于制作各类医疗级别的衣物,如手套与防护衣、医疗机构的床上用品与清洗设备等。其特有的抑菌特质及高程度的清洁能力,能够在最大程度上降低由手术过程引发的感染风险,从而确保医疗环境的安全性。同时,也广泛运用于生产各种医疗植入材料,如手术缝合线、人造血管等。产品所具备的生物相容性和机械性能均满足了医疗植入物的严格标准。此外,再生涤纶纤维还能被制成环保型的可降解包装材料,以取代传统的塑料包装。这类材料在自然环境下能够自行分解,有助于减轻白色污染问题,符合绿色可持续发展的环保理念。

Q 结束语

再生涤纶纤维的差异化改性,使其在多个领域都得到了广泛的应用,这对资源再利用和环保事业的发展起到了很大的促进作用。随着科技创新的快速更迭以及改性技术的不断进步,再生涤纶纤维在更广阔的领域中将扮演更加重要的角色,在创造巨大经济价值的同时,可为绿色环保事业的推进助力,在可持续发展方面具有显著的社会效益。

参考文献

- [1]冯龙,胡雪敏,李妍,等.再生涤纶与传统涤纶性能对比[J].针织工业,2020(06):64-67.
- [2]魏燕琼.再生涤纶超短纤维的保温性能研究[J].合成纤维,2017,46(07):30-33.
- [3]牛方.浙江海利环保:挺进国际“高端定制”市场提升再生纤维附加值[J].中国纺织,2022(Z2):62-63.

作者简介:

付明(1990—),男,汉族,湖北孝感人,硕士,工程师,浙江海利环保科技有限公司,研究方向:纺织。

姚海鹤(1977—),男,汉族,浙江嘉兴人,大学专科,工程师,浙江海利环保科技有限公司,研究方向:纺织、设备开发与管理。

张全华(1974—),男,汉族,浙江嘉兴人,高中,工程师,浙江海利环保科技有限公司,研究方向:调试与管理。

方叶青(1966—),男,汉族,浙江嘉兴人,大学专科,高级工程师,浙江海利环保科技有限公司,研究方向:轻纺工程。

通讯作者:

朱玮(1982—),男,汉族,浙江嘉兴人,本科,工程师,浙江海利环保科技有限公司,研究方向:纺织。