

# 石墨烯及其衍生物在抗菌纤维中的应用进展

宋长远<sup>1,2,3</sup>,王煦漫<sup>1,\*</sup>,王瑄<sup>2</sup>,王魁<sup>3</sup>

(1.西安工程大学 纺织与材料学院,陕西 西安 710048;

2.浙江纺织服装职业技术学院 宁波市先进纺织技术与服装 CAD 重点实验室,浙江 宁波 315211;

3.中国科学院宁波材料技术与工程研究所 中国科学院海洋新材料与应用技术重点实验室

浙江省海洋材料与防护技术重点实验室 宁波市高分子材料重点实验室,浙江 宁波 315201)

**摘要:**石墨烯及其衍生物抗菌性能被发现,为抗菌纤维的研究开辟了新的方向。介绍了石墨烯及其衍生物的抗菌机理,石墨烯在抗菌纤维中的应用,展望了抗菌纤维的发展。

**关键词:**石墨烯;复合纤维;抗菌

**中图分类号:**TS102.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2017)10-0001-05

抗菌纤维及抗菌纺织品不仅可以避免纺织品因微生物的侵蚀而受损,还可以有效地阻止致病菌在纺织品中的繁殖和传播,减少疾病的发生<sup>[1]</sup>。抗菌纤维大致分为天然抗菌以及人工抗菌纤维两种,天然抗菌纤维指本身具备抗菌功能的抗菌纤维,包括壳聚糖纤维、竹纤维及麻纤维等;人工抗菌纤维是纤维本身不具备抗菌性能,需要添加抗菌剂来实现抗菌功能<sup>[2]</sup>。

石墨烯是一种由单层碳原子紧密堆积排列且具有二维蜂窝状结构的新材料,具备良好的力学、热学、光学及电性能<sup>[3]</sup>,已在电子、信息和能源<sup>[4]</sup>等领域广泛地研究与应用。同时,在载药、抗菌、细胞成像以及肿瘤治疗<sup>[5]</sup>等生物医药方面的研究也取得了进展。2010年,中科院上海应用物理所黄庆林课题组首次提出氧化石墨烯(GO)的抗菌作用<sup>[6]</sup>,令石墨烯及其衍生物在制备新型抗菌剂方面显现出巨大的潜力。根据石墨烯及其衍生物的特点,介绍其抗菌机理以及在制备抗菌纤维方面的研究进展。

## 1 石墨烯的抗菌机理

传统的抗菌剂不但会导致微生物的抗药性,而且会造成严重的污染,相较之下,石墨烯及其衍生物不仅是一种潜在的无耐药性物理抗生素,生物毒性低,同时

也是抗菌活性物质的良好载体。石墨烯及其衍生物的抗菌机理,目前有3种理论解释<sup>[7]</sup>。

### 1.1 机械破坏理论

2011年 Akahavan 等<sup>[8]</sup>提出,将氧化石墨烯(GO)片层分散在一定浓度的大肠杆菌悬液中,加入 N-5-甲氧基色胺乙酰还原得到还原氧化石墨烯(rGO),通过 AFM 观察发现,4~8 nm 片层厚度的 rGO 能很好地覆盖在细菌表面,由此提出 GO 能够将细菌包裹起来,使其与外界环境隔离无法吸取营养而达到抑菌效果。Cheney Juanni 等<sup>[9]</sup>则使用 2 种细菌病原体 and 2 种真菌孢子与 GO 接触,在 SEM 中发现,细菌病原体都被 GO 包裹住而变形,而真菌孢子则被 GO 缠住。通过流式细胞仪观测发现,同 GO 作用后细菌病原体的红绿荧光密度比明显下降,证明了 GO 确实破坏了细菌病原体的膜完整性。在真菌孢子电解质量检测中发现,50%以上的电解质在同 GO 反应的过程中泄露出去,电解质作为真菌孢子发芽的重要物质,大量的流失能够有效地抑制孢子生长,从而证明了 GO 的抗菌性。

Akahavan 等也提出,石墨烯锋利的边缘对细菌细胞膜的物理切割是其能够抑菌的重要原因。他们首先用电泳沉积法和部分肼还原的方法得到 GO 纳米墙 GONMs 和 rGO 纳米墙,通过 TEM 发现,GO 纳米墙边缘有很多的褶皱并且很多是垂直沉积在基体上,而 rGO 纳米墙则较为平坦且无太多凸起结构。滴加革兰氏阴性和阳性菌一段时间后发现,GO 纳米墙有很强的抑菌效果而且革兰氏阴性菌的死亡率更高。随后,Chen<sup>[10]</sup>用类似的方法加以证明,并采用紫外的手段表征细菌细胞的 DNA 和 RNA 流出物,其结果与 Akahavan 一致。

收稿日期:2017-08-22;修回日期:2017-08-30

基金项目:宁波市高校协同创新项目(2050305);浙江纺织服装职业技术学院科研创新团队资助项目(2012-7-002);宁波市科技局科研创新团队项目(2012B82014);宁波市重点实验室开放基金项目(2016ZDSYS-A-P-002)

作者简介:宋长远(1993-),男,回族,河南南阳人,在读硕士研究生,主要从事高性能纤维的制备及功能化研究。

\*通信作者:王煦漫(1970-),男,汉族,陕西汉中,副教授,主要从事高分子复合材料的研究,E-mail:38823561@qq.com。

## 1.2 氧化应激理论

2010年,Zhang YB等<sup>[11]</sup>根据碳纳米管和C<sub>60</sub>的抗菌机理<sup>[12]</sup>,提出石墨烯的细胞毒性同样是基于氧化应激(图1),碳系材料会通过破坏或氧化细胞内的结构及组分,来扰乱微生物代谢的过程。2011年Liu等<sup>[13]</sup>基于此,将GO和大肠杆菌放置在盐溶液中,考察孵化不同时间和GO浓度对大肠杆菌的影响。结果表明GO对大肠杆菌的抑制效果随时间及GO浓度的增加而增加,对此,他们用谷胱甘肽(GSH)来表征溶液中的氧化机制。实验结果表明确实有部分GSH被氧化,因此证明GO可以产生氧化基团让微生物产生氧化应激。2012年,Gurunathan等<sup>[14]</sup>用假单胞菌与GO作用,印证了石墨烯抗菌的氧化应激理论。

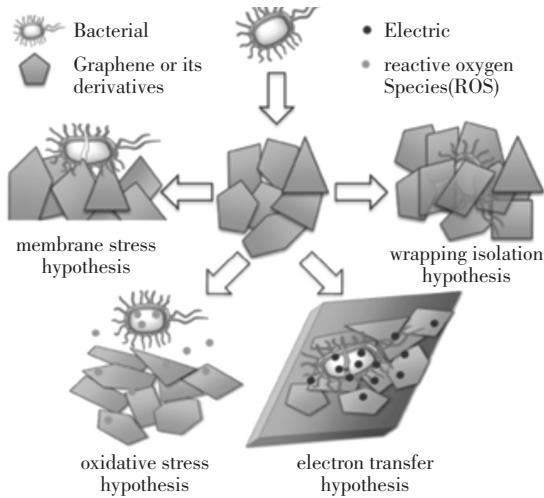


图1 机械破坏理论及氧化应激理论示意图

## 1.3 磷脂抽提理论

2013年Tu等<sup>[15]</sup>提出了一种新的石墨烯抗菌机理:石墨烯可以通过大规模的直接抽提细胞膜上的磷脂分子,来破坏细胞膜并杀死细菌。该研究将理论模拟和实验结果相结合,指出石墨烯独特的二维结构使其可以与细菌细胞膜上的磷脂分子发生超强的相互作用,导致大量磷脂分子脱离细胞膜并吸附到石墨烯的表面,细胞膜被严重损坏,胞内基质大量外泄而致使细胞死亡。Liu<sup>[16]</sup>进一步研究GO与磷脂双分子层的作用关系,表明了GO对磷脂确实存在抽提作用,并且GO尺寸越大,效果越好。

## 2 石墨烯复合抗菌纤维

基于石墨烯良好的抗菌效果,石墨烯复合抗菌纤维的制备也成为近年来的研究热点。目前,石墨烯复合纤维的制备方法主要包括熔融纺丝、溶液纺丝和表

面涂覆<sup>[17]</sup>。但在熔融纺丝中存在高分子熔体的黏度高,以及石墨烯堆密度极低且与多数高分子亲和性差等问题,无论是共混造粒还是直接喂入螺杆,均有很大的困难<sup>[18]</sup>;溶液纺丝法制备石墨烯复合纤维成为目前的主流方法,其又细分为湿法纺、液晶纺、凝胶纺、干湿纺以及静电纺<sup>[19]</sup>等,可行性高,性能优异但工艺复杂;采用浸渍、刷涂等工艺在纤维表面涂覆石墨烯,工艺简单,不仅能够修复表面缺陷,也能够赋予纤维新的功能。介于此,石墨烯抗菌复合纤维主要使用后2种方法得到。

### 2.1 湿法纺丝法

马君志等<sup>[20]</sup>利用短流程Brodie's氧化还原法制备rGO原料,以黏胶原液为基体,加入rGO充分研磨、搅拌后,采用湿法纺丝的方法制得石墨烯黏胶纤维。测试结果显示,当石墨烯含量达到3%时,复合纤维的抗菌效果最佳,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌以及白色念珠菌的抑菌率分别达到了99.2%、99.6%和99.3%。此外,复合纤维也具备优异的抗紫外性能,纤维UPF值远超过50+且T(UVA)小于5%。

张华<sup>[21]</sup>利用丙酮与DMF混合液分散石墨烯作为皮层,将丙烯腈-偏氯乙烯共聚物的丙酮溶液作为芯层按比例1:1进料,利用类同轴纺技术将功能化的石墨烯复合在纤维表面,之后利用非溶剂成孔技术,成功制备出多孔、分布均一的纳米纤维。抗菌结果显示,复合纤维对大肠杆菌的抗菌率高达83%,对金黄色葡萄球菌的抗菌率达到87%。

除了传统的湿法纺丝外,静电纺丝制备的一维纤维或二维纤维毡相比传统的抗菌材料展现出了很大的优势,大比表面积和高孔隙率带来的较高的吸液性和透气性,使其在抗菌敷料领域有巨大的应用潜力<sup>[22-23]</sup>。黎云玉<sup>[24]</sup>采用改进hummer法制备石墨烯,之后与PAN共同加入到DMF溶液中充分搅拌制得纺丝液,电压设置为16kv,溶液流出速度为0.1ml/h,接收距离为12cm得到纳米纤维,干燥后得到纳米纤维毡。在对大肠杆菌的测试中,石墨烯-PAN复合纳米纤维抑菌带的宽度为0.16mm,而在金黄色葡萄球菌的抗菌测试中,纤维放入了24h后却没有明显的抑菌带出现。这是由于复合纤维对金黄色葡萄球菌的抗菌效果有限,且细菌繁殖浓度加大导致超过17h以后抗菌性能减弱,而对大肠杆菌则有明显的抑制效果。

董青<sup>[25]</sup>选用生物可降解的聚乳酸作为基体,分别加入石墨烯和氧化石墨烯后溶于DMF中制得纺丝液,

电压设置为 15 kV,接受距离为 15 cm,静电纺丝制得石墨烯掺杂聚乳酸和氧化石墨烯掺杂聚乳酸复合纤维。对大肠杆菌的抗菌结果发现,石墨烯掺杂聚乳酸复合纤维的抗菌效果不太明显,而经 GO 掺杂的复合纤维抑菌率达到 90% 以上。

梁红培<sup>[26]</sup>采用静电纺丝的方法,制备了明胶/壳聚糖/羟基磷灰石/氧化石墨烯四元复合纤维。实验结果显示,加入氧化石墨烯后可使纤维形态均匀、光滑。在抗菌实验中,当各组分浓度分别是 Gel 为 15%、CS 为 1%、HA 为 5% 以及 GO 为 2% 时,复合纤维对大肠杆菌的抑菌率达到 100%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率则为 73.24%;同时保持其他条件不变,将 GO 组分还原为 rGO 后发现,复合纤维对大肠杆菌的抑菌率降至 38.6%,而金黄色葡萄球菌只有 3.4%。同样也证明了 Akahavan 等提出的 GO 抗菌效果优于 rGO 的观点。

## 2.2 表面涂覆法

相对于工序复杂的湿法纺丝,简单有效的表面涂覆法更受青睐。制备方法通常是将织物或纤维浸入 GO 的水分散液中,通过纤维表面的活性基团同 GO 表面的羟基和羧基等官能团之间的分子间作用力,实现 GO 在纤维表面的吸附从而得到复合纤维,也可以进一步将 GO 用还原得到 rGO 复合纤维。苗广远等<sup>[27]</sup>通过此方法制得石墨烯复合棉织物,测试其抗菌性能。结果表明:当氧化石墨烯浓度为 5 g/L,浸渍温度 60 °C,浸渍时间 100 min,还原剂浓度 4 g/L,还原温度为 100 °C 时,其抗菌效果最佳,对大肠杆菌的抑制率达到 85% 以上。王曙东<sup>[28]</sup>以蚕丝纤维作为基体,使用氧化石墨烯溶液对纤维进行抗菌改性,结果表明细菌在经由 GO 改性的纤维面料上的存活率显著下降,且随 GO 质量分数的提高而下降,当 GO 质量分数为 2.0 mg/ml 时,大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的存活率最低,分别为(14.2±4.1)%和(4.8±1.6)%。

但此方法仅限于表面活性强的纤维基体,且得到的复合纤维存在吸附石墨烯量少以及牢度差等问题而影响其抗菌性能,因此,很多研究都会对纤维进行活化处理,从而使基体同 GO 片层形成更牢固的结合力。

Jinming Zhao 等<sup>[29]</sup>分别使用  $\gamma$  射线辐射和三烯丙基异氰尿酸酯溶液改性的方法对棉织物进行活化处理,织物将 2 种改性棉织物同纯棉织物放入 GO 溶液中浸渍,得到 3 种抗菌织物。抗菌菌结果显示:Cotton-GO、Cotton-rx-GO 和 Cotton-cx-GO 3 种织物大肠杆菌的抑菌率分别为 99.2%、99.8% 以及 99.6%,但进

行 100 次水洗后,Cotton-GO 织物的抑菌率依然保持在 98% 以上,而 Cotton-rx-GO 和 Cotton-cx-GO 2 种织物却下降至 64% 和 25.5%。说明 2 种改性方法能够使基体吸附更多的 GO 片层而到达较好的抗菌效果,但稳定性很差,远不及棉与 GO 之间的分子间作用力。

李景焯等<sup>[30]</sup>首先将 N,N-亚甲基双丙烯酰胺以及三羟甲基丙烷三-(3-乙烯亚氨基)-丙酸酯等交联剂均匀地吸附到天然麻织物上,实现对麻织物的活化,再用过滤方式,使氧化石墨烯(GO)的水溶液透过滤布,得到含有交联剂以及氧化石墨烯的织物,最后用辐射交联法或热交联法引发聚合反应,得到抗菌麻织物。采用该方法制备的抗菌织物克服了氧化石墨烯与织物无法相连,难以工业化生产等缺陷,经过 100 次水洗后,织物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌率仍然大于 99%,牢度极佳并且细胞毒性为 0 级,对皮肤无刺激。

赵铁侠<sup>[31]</sup>则分别使用乙二醛、戊二醛以及二缩水甘油醚为交联剂对棉织物的表面进行改性,采用二浸二轧的工艺先后将交联剂和 GO 涂覆在织物表面。其中,以戊二醛为交联剂,GO 溶液粒径分布范围为 580 nm,浸渍时间为 60 min,轧液率 90% 时,织物的抗菌效果最好,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌率分别为 99.46% 和 99.65%,经由 50 次洗涤后,依然能够有 98% 以上的抑菌率。

## 3 结语

目前,制备无毒性、稳定高效且广谱抗菌的复合纤维已成为关注的热点,石墨烯在抗菌纤维领域也展现出重要的科学价值以及巨大的应用前景。但仍然存在一些问题:(1)在研究领域,关于石墨烯复合纤维的报道多集中于其功能化改性,在抗菌性上,石墨烯的广谱特性没有被深入地研究,并且石墨烯及其衍生物与不同菌种之间的反应机理仍然存在一定的争议,值得进一步的探索;(2)在生产方面,如何更好地解决石墨烯及其衍生物与纤维基体的相容性问题,保证石墨烯复合纤维在稳定生产的基础上,提高石墨烯在复合纤维中的比重从而达到更高的抗菌效果,依然值得我们深入研究;(3)在应用方面,除了满足服装、家纺以及产业用纺织品的抗菌需求外,应当利用好石墨烯的优异性能尤其是生物医药领域的卓越特性,实现抗菌医疗保健品开发的智能化、系列化以及专业化,使抗菌纤维的研究朝着抗菌性更为优异、功能性更齐全的方向发展。

## 参考文献:

- [1] 葛婕,王军,徐虹. 抗菌纤维的最新研究进展[J]. 纺织导报, 2006,(3):50-52.
- [2] 冯德才,刘小林,杨其,等. 抗菌剂与抗菌纤维的研究进展[J]. 合成纤维工业, 2005, 28(4):40-42.
- [3] GEIM A K, NOVOSELOV K S. The rise of graphene[J]. Nature Materials, 2007, 6(3):183.
- [4] YU Y J, ZHAO Y, RYU S, *et al.* Tuning the graphene work function by electric field effect[J]. Nano Letters, 2009, 9(10):3 430.
- [5] YANG K, ZHANG S, ZHANG G, *et al.* Graphene in mice: ultrahigh in vivo tumor uptake and efficient photothermal therapy[J]. Nano Letters, 2010, 10(9):3 318.
- [6] HU W, PENG C, LUO W, *et al.* Graphene-based antibacterial paper[J]. Acs Nano, 2010, 4(7):4 317.
- [7] 邵文尧,闫梦文,谢全灵. 氧化石墨烯抗菌机理研究进展[J]. 化工技术与开发, 2016, 45(10):32-36.
- [8] AKHAVAN O, GHADERI E, ESFANDIAR A. Wrapping bacteria by graphene nanosheets for isolation from environment, reactivation by sonication, and inactivation by near-infrared irradiation[J]. Journal of Physical Chemistry B, 2011, 115(19):6 279.
- [9] CHEN J, PENG H, WANG X, *et al.* Graphene oxide exhibits broad-spectrum antimicrobial activity against bacterial phytopathogens and fungal conidia by intertwining and membrane perturbation [J]. Nanoscale, 2014, 6(3): 1 879.
- [10] CHEN J, WANG X, HAN H. A new function of graphene oxide emerges: inactivating phytopathogenic bacterium *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*[J]. Journal of Nanoparticle Research, 2013, 15(5):1-14.
- [11] SHI L, CHEN J, TENG L, *et al.* The antibacterial applications of graphene and its derivatives[J]. Small, 2016, 12(31):4 165-4 184.
- [12] ZHANG Y, ALI S F, DERVISHI E, *et al.* Cytotoxicity effects of graphene and single-wall carbon nanotubes in neural pheochromocytoma-derived PC12 cells[J]. Acs Nano, 2010, 4(6):3 181.
- [13] MA W, CUI Y, ZHAO Y, *et al.* Progress of antibacterial mechanisms study on nanoparticles[J]. Acta Biophysica Sinica, 2010, 26(8):638-648.
- [14] LIU S, ZENG T H, HOFMANN M, *et al.* Antibacterial activity of graphite, graphite oxide, graphene oxide, and reduced graphene oxide: membrane and oxidative stress [J]. Acs Nano, 2011, 5(9):6 971.
- [15] GURUNATHAN S, HAN J W, DAYEM A A, *et al.* Oxidative stress-mediated antibacterial activity of graphene oxide and reduced graphene oxide in *Pseudomonas aeruginosa*[J]. International Journal of Nanomedicine, 2012, 7:5 901.
- [16] TU Y, LV M, XIU P, *et al.* Destructive extraction of phospholipids from *Escherichia coli* membranes by graphene nanosheets[J]. Nature Nanotechnology, 2013, 8(8):594.
- [17] LIU X, CHEN K L. Interactions of graphene oxide with model cell membranes: probing nanoparticle attachment and lipid bilayer disruption[J]. Langmuir, 2015, 31(44): 12 076.
- [18] 刘明巧,颜世峰,顾群,等. 高分子/石墨烯纳米复合纤维研究进展[J]. 高分子通报, 2016,(10):1-9.
- [19] KALANTARI B, MOHADDES MOJTAHEDI M R, SHARIF F, *et al.* Effect of graphene nanoplatelets presence on the morphology, structure, and thermal properties of polypropylene in fiber melt-spinning process[J]. Polymer Composites, 2015, 36(2):367-375.
- [20] 马君志,曲丽君,李昌垒,等. 石墨烯粘胶纤维制备及性能研究[J]. 人造纤维, 2016, 46(6):2-9.
- [21] 张华,宋少波,张雯,等. 一种新型高性能功能化石墨烯复合多孔纳米抗菌纤维材料及其制备方法:106435819 A[P]. 2017-02-22.
- [22] 罗益锋. 高科技纤维在医疗领域的应用[J]. 纺织导报, 2012,(5):52-58.
- [23] 张志杰,王治华,孙磊,等. 静电纺丝法制备纳米抗菌纤维的研究进展[J]. 化学研究, 2016,(1):12-20.
- [24] 黎云玉,郭领军,秦剑斌. 石墨烯-聚丙烯腈复合纳米纤维的开发及其抗菌性[J]. 合成纤维, 2014, 43(1):24-28.
- [25] 董青. 石墨烯掺杂 PLA 纳米纤维膜的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2015.
- [26] 梁红培,王英波,粟智,等. 电纺制备明胶/壳聚糖/羟基磷灰石/氧化石墨烯抗菌复合纳米纤维的研究[J]. 无机材料学报, 2015, 30(5):516-522.
- [27] 苗广远,韩伟伟,柴梦倩,等. 氧化石墨烯在纯棉织物上的抗菌应用[J]. 纺织导报, 2016,(12):58-61.
- [28] 王曙东. 蚕丝氧化石墨烯复合功能材料的制备及性能研究[D]. 苏州:苏州大学, 2016.
- [29] ZHAO J, DENG B, LV M, *et al.* Graphene oxide-based antibacterial cotton fabrics[J]. Advanced Healthcare Materials, 2013, 2(9):1 259-1 266.
- [30] 李景焯,黄庆,樊春海,等. 一种抗菌织物及其制备方法:102168370B[P]. 2012-10-10.
- [31] 赵铁侠,刘龙敏,刘志麟,等. 一种抗静电、抗菌、石墨烯增强的复合聚酯纤维及其制备方法:103710790 A[P].

2014-04-09.

## Application Progress of Graphene and Its Derivatives in Antibacterial Fiber

SONG Chang-yuan<sup>1,2,3</sup>, WANG Xu-man<sup>1,\*</sup>, WANG Xuan<sup>2</sup>, WANG Kui<sup>3</sup>

(1.Faculty of Textiles & Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2.Ningbo Key Laboratory of Advanced Textile Technology & Fashion CAD,

Zhejiang Fashion Institute of Technology, Ningbo 315211, China;

3.Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering, CAS, Key Laboratory of Marine Materials and Related Technologies, CAS, Zhejiang Key Laboratory of Marine Materials and Protective Technologies, Ningbo Key Laboratory of Polymer Materials, Ningbo 315201, China)

**Abstract:** The discovery of antimicrobial properties of graphene and its derivatives opened up a new direction for the study of antibacterial fiber. The antibacterial mechanism of graphene and its derivatives, and the application of graphene in antibacterial fiber were introduced. The development of antibacterial fiber was prospected, simultaneously.

**Key words:** graphene; composite fiber; antibacterial

### 《聚酯工业》2018年征订启事

《聚酯工业》是国家新闻出版广电总局批准,由全国聚酯生产技术协作组、大连合成纤维研究设计院股份有限公司主办的跨专业领域的化工科技刊物。由大连合成纤维研究设计院股份有限公司负责编辑、出版、发行。现已入编《中国学术期刊(光盘版)》、《万方数据—数字化期刊群》,并被国际著名检索系统美国《化学文摘》(CA)、《剑桥科学文摘》(CSA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)列入刊源。

《聚酯工业》报道的主要内容是:国内外聚酯原料、聚酯、聚酯纤维和非纤维产品的制造技术、科研成果、文献综述、技术发展动态、设备制造、分析测试、新产品的开发和应用、经济分析、企业管理、环境保护和市场动态等。设有“专论及综述”、“科学研究”、“生产技术交流”、“设备及控制”、“讲座”、“动态报道”等栏目。《聚酯工业》是广大生产、科研、管理工作者及大专院校师生进行技术信息交流的园地,是各图书馆、资料室以及有识之士收藏的佳品。

《聚酯工业》为双月刊,单月25日出版,A4版本,公开发行,国际标准刊号:ISSN1008-8261,国内统一刊号:CN21-1249/TQ,邮发代号为8-263,可通过邮局订阅,也可通过编辑部订阅。国内每期定价15元,全年6期,定价90元(含邮费)。如果通过编辑部订阅2017年的《聚酯工业》杂志,请于2017年12月31日前将订购款通过邮局汇到《聚酯工业》编辑部。

本刊尚有少量1993~2017年的过刊,需要者请联系。本刊广告宣传效果良好,欢迎合作。

地址:大连市七贤岭任贤街1号《聚酯工业》编辑部

邮编:116023

电话:(0411)84820531 84793322

传真:(0411)84793322

联系人:石铮

E-mail:jzgydlcn@163

### 欢迎订阅《天津纺织科技》

《天津纺织科技》于1962年创刊,是由国家新闻出版广电总局批准设立的纺织科技综合性学术期刊。2017年在天津纺织控股集团深化改革、整合内部优势资源的调整中,改由全国针织科技信息中心负责出版运营,并全新改版为双月刊。依托天纺标检测认证股份有限公司的优势资源,《天津纺织科技》将“服装工程”与“服装设计”列为重要学科方向,以提升服装设计水平,推动服装行业品牌建设。

《天津纺织科技》主要栏目包括服装设计、服装工程、标准检测、纺织材料、纺织工程、印染工程、纺织专利、综述等。它是阐述学术观点的平台、跟踪技术热点的窗口,在加强学术信息交流,推广行业技术创新,促进我国纺织工业发展等方面起着重要作用。该刊目前已被《中国学术期刊(网络版)》(中国知网)、《万方数据—数字化期刊群》、《维普资讯网全文数据库》等收录,在行业内具有广泛的学术影响力。

《天津纺织科技》为双月刊,国内外公开发行,刊号CN12-1110/TS,广告许可证号1201924000001。国内定价16元/期,全年6期,共计96元(含邮费),读者可直接与编辑部联系订阅。

电话:022-27382711(编辑部)

022-27385020(市场部)

022-27492725(新媒体部)

022-60116988-8116

传真:022-27384456

E-mail:tjzkbj@126.com

投稿平台:www.bigtextilepub.com

购书网店:http://zhengshishuwu.taobao.com

地址:天津市南开区鹊桥路25号(300193)