

# 丙纶长丝非织造土工布的性能及其应用

黄顺伟, 钱晓明, 周 觅

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

**摘要:** 简述了涤纶和丙纶长丝的生产技术现状, 比较分析了涤纶与丙纶非织造土工布的耐碱性、力学性能、抗穿刺性及沥青浸渍后性能, 以及丙纶长丝非织造土工布的应用前景。

**关键词:** 丙纶长丝; 土工布; 产品性能; 应用前景

**中图分类号:** TS172

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2016)11-0012-04

土工布具有良好的加固、防护、隔离、排水、过滤、防渗、防漏等功能, 被广泛用于公路铁路、土木工程、水利工程、环保工程等领域, 并同木材、钢材、水泥一起被称为四大建筑材料<sup>[1-2]</sup>。根据加工和生产方式不同土工布分为机织土工布、编织土工布、非织造土工布和复合土工布<sup>[3]</sup>, 其中非织造土工布按成网和加固方法不同又分为纺黏法针刺非织造土工布、短纤针刺非织造土工布和热熔黏合法非织造土工布。前者具有质地均匀, 强力高, 伸长率好, 生产率高, 成本最低等优点, 应用范围广; 中者具有质地松软, 结构蓬松, 吸水渗水性能好等优点, 多应用于各种渗水、排水系统, 但其强力较差, 抗撕裂性差, 具有局限性; 后者因其黏合点不能产生滑移, 布面比较僵直, 抗撕裂性较差, 在土木工程中应用很少。

土工布主要以涤纶、丙纶、锦纶、维纶、乙纶和氯纶为纤维原料, 其中涤纶和丙纶的纤维用量占纤维总量的95%以上。涤纶非织造土工布强力高、熔点高、韧度和蠕变特性优良, 且具有能满足严格工程要求的抗紫外线性和抗老化性, 但耐碱性能较差; 丙纶非织造土工布强度较高, 耐酸碱性好、耐腐蚀、耐霉变、耐低温、具有较好的芯吸效应和渗水性能, 但其抗紫外线和抗老化性能欠佳。

## 1 涤纶和丙纶长丝非织造布生产技术现状

合成纤维长丝的生产通常有一步法和二步法之分<sup>[4]</sup>, 目前国内工业长丝生产基本上都采用了纺丝牵伸卷绕一步法, 其主要生产工艺流程为:

切片→干燥→螺杆挤压机→熔体过滤器→纺丝箱

→侧吹风冷却→上油→热对辊牵伸→后整理→成品

纺黏非织造布生产作为一种将化纤纺丝与非织造成网、加固有机结合的新技术, 由美国 Dupont 和德国 Freudenberg 于上世纪 60 年代率先研制成功。随着科技的发展该技术日趋成熟且门类更多<sup>[5]</sup>, 其主要生产工艺流程为:

切片→干燥→螺杆挤压机→熔体过滤器→纺丝箱→侧吹风冷却→气流牵伸→气流输送摆丝→成网→加固→储布卷绕→包装、成品

不管是传统化学熔融纺丝还是纺黏法纺丝, 其中最为核心的是牵伸技术。通过纺丝成形的初生纤维由于强力都很低, 伸长大, 结构不稳定, 不能在纺织加工中。在拉伸过程中纤维的大分子链或聚集态结构单元沿着纤维轴向发生舒展, 取向度大大提高; 在取向的同时通常伴随着相态(密度、结晶度)的变化, 分子间作用力增加; 由于纤维承受外加张力的分子量数目增加, 纤维的断裂强度显著提高, 延伸度下降, 耐磨性和疲劳强度提高。

在化学纺丝牵伸技术中, 按拉伸装置不同可分为拉伸辊牵伸、热盘牵伸、热板牵伸、热箱牵伸、热管牵伸五类。目前熔体化学纺丝多采用拉伸辊牵伸技术, 如工业涤纶长丝常用四对不同速度、不同温度的热牵伸辊对初生纤维进行牵伸和热定型<sup>[6]</sup>; 生产熔体直纺细旦涤纶长丝 FDY 的拉伸工艺主要是由第一热辊速度、温度和第二热辊的速度、温度组成<sup>[7]</sup>; 国内丙纶、涤纶膨体变形长丝(BCF)的牵伸系统分别由 4 个热辊和 5 个热辊组成<sup>[8]</sup>。

纺黏法纺丝牵伸技术特点决定了世界各国的纺黏法生产线基本上不再采用机械拉伸, 而是采用气流拉伸方式<sup>[9-11]</sup>。根据牵伸器结构不同可将气流牵伸技术分为管式牵伸、窄狭缝式牵伸和宽狭缝式牵伸三大类。

窄狭缝式牵伸技术的典型代表为意大利 NWT 公

收稿日期: 2016-09-14

基金项目: 国家科技支撑项目(2014BAE09B00)

作者简介: 黄顺伟(1990-), 男, 安徽淮南人, 在读硕士研究生, 主要从事非织造土工布结构与性能研究, E-mail: 985897189@qq.com。

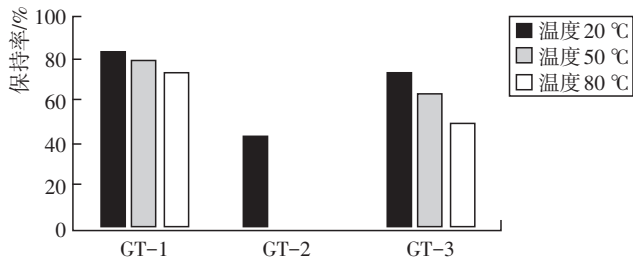
司,宽狭缝式牵伸技术的典型代表是德国 Reiefen-hauser(莱芬索舍)公司。管式牵伸技术的典型代表是意大利 STP 公司、Modem(摩登公司)、ORV 公司等。目前丙纶纺黏和涤纶纺黏产品采用的均是管式牵伸技术。

## 2 涤纶和丙纶非织造土工布性能比较

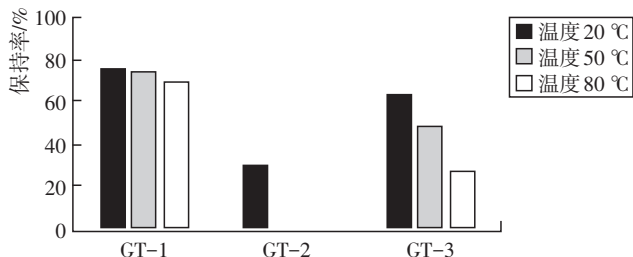
### 2.1 耐化学性能

图1为 Han Yong Jeon<sup>[12]</sup>模拟垃圾填埋场的环境,克重均为 600 g/m<sup>2</sup>的丙纶短纤维针刺土工布(GT-1)、再生涤纶短纤维针刺土工布(GT-2)、涤纶纺黏针刺土工布(GT-3)浸泡在温度分别为 20、50、80 °C 垃圾填埋场的渗沥液中 180 天后,测试得到的结果。

从图1(a)、(b)可看出,丙纶短纤针刺土工布的耐化学性能明显好于涤纶短纤维针刺和涤纶纺黏针刺土工布。即丙纶土工布相比涤纶土工布更符合垃圾填埋场的使用要求。



(a) 拉伸强力保持率



(b) 延伸率保持率

图1 土工织物经垃圾渗沥液浸泡 180 d 后的性能变化

### 2.2 阻隔穿刺性能

George R Koerner 等<sup>[13]</sup>分别选用丙纶短纤维针刺土工布(PP-staple)、丙纶长丝针刺土工布(PP-cont)、涤纶长丝针刺土工布(PET-cont)三种试样,在穿刺标准 ASTM D4833(针头为“Pin”)条件下,分别进行不同克重值穿刺,测试结果如图2所示。

从图2可看出,在 ASTM D4833 实验条件下,长丝和短纤丙纶土工布的针刺阻力值趋势大致相同,且显著高于涤纶长丝土工布。即用于保护或缓冲作用

时,丙纶针刺土工布要比涤纶针刺土工布效果好。

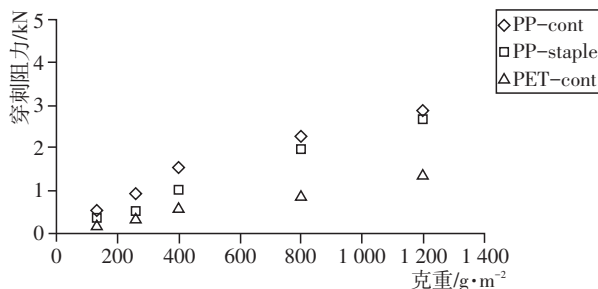


图2 针刺土工布克重与穿刺阻力的关系

### 2.3 沥青浸渍后初始刚度和透水性能

土工合成材料的夹层系统是用来控制反射裂缝破坏路面的有效方法,可减少裂纹的传播,延长路面使用寿命,因此土工布的使用效果直接与土工布浸渍沥青后的性能有关。Natália de Souza Correia<sup>[14]</sup>模拟了土工布的公路使用环境,将克重均为 180 g/m<sup>2</sup>的丙纶短纤土工布(PP-staple)、涤纶短纤土工(PET-staple)、涤纶长丝针刺土工布(PET-cont)分别进行沥青浸渍,浸渍残留量分别为 0.60、0.90、1.10 L/m<sup>2</sup>,其刚度与渗透性能测试结果如图3和表1所示。

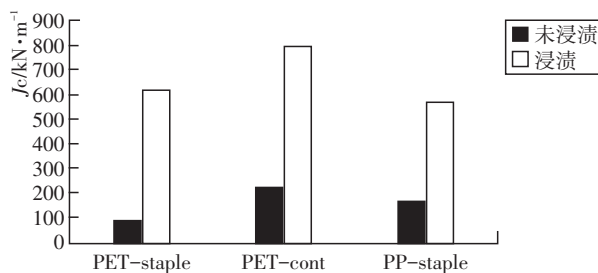


图3 在 0.03% 应变水平下的刚度值

从图3可看出,三种土工布经沥青浸渍后的刚度都明显增加,其中涤纶长丝土工布增加值显著大于涤纶短纤土工布和丙纶短纤土工布,而涤纶短纤刚度增加值比丙纶短纤增加值稍大。即在用于控制公路反射裂化保护上涤纶长丝土工布明显优于涤纶短纤土工布和丙纶短纤土工布,而涤纶短纤土工布只稍优于丙纶土工布。

表1 沥青浸渍土工布的渗透性测试值 单位: cm·s<sup>-1</sup>

土工布	未浸渍	浸渍/L·m <sup>-2</sup>		
		0.60	0.90	1.10
PET-staple	3.00×10 <sup>-1</sup>	4.80×10 <sup>-10</sup>	3.77×10 <sup>-10</sup>	1.68×10 <sup>-10</sup>
PP-staple	2.40×10 <sup>-1</sup>	9.60×10 <sup>-10</sup>	5.96×10 <sup>-10</sup>	2.17×10 <sup>-10</sup>

从表1可看出,土工布经沥青浸渍后其渗透性能急剧下降,且浸渍量越大渗透性能越差。丙纶土工布未浸渍的渗透性能要略小于涤纶土工布,而经沥青浸

渍后的渗透性能要优于涤纶土工布。即在渗透性方面,丙纶土工布要优于涤纶土工布。

### 3 丙纶长丝非织造土工布的应用前景

#### 3.1 垃圾填埋场

随着经济的发展城市垃圾不断增加,常见的垃圾处理方式有卫生填埋、焚烧、堆肥等。垃圾填埋场采用卫生填埋方式集中堆放垃圾,具有成本低、卫生程度好的优点,因此在国内被广泛应用。通常垃圾填埋场由覆盖系统、衬垫系统、渗滤液收集系统、气体收集和过滤系统、渗滤液排放系统组成<sup>[15-16]</sup>,衬垫系统起到横向排水、防渗的作用,要求材料具有优良的耐高温、抗冷冻、耐腐蚀、耐酸碱性能。由丙纶长丝土工布与防渗土工膜结合使用的衬垫完全符合衬垫系统要求,因此丙纶长丝非织造土工布在垃圾填埋场具有非常好的应用前景。

#### 3.2 污水处理厂

随着工业的发展水污染问题日益严重,污水处理水平的高低直接影响到城市环境质量、居民饮用水安全和大自然的水循环系统。根据全国城市污水处理管理信息系统统计数据,到2013年12月国内已建污水处理厂达到4 136座<sup>[17]</sup>;丙纶长丝土工布与防渗土工膜的复合材料具有优良的防渗功能,同时耐高温、抗冷冻、耐腐蚀、耐酸碱性能优良,因此在污水处理厂构筑物防渗漏控制措施中具有非常好的应用前景。

#### 3.3 粉煤灰堆场

中国的煤炭储量最大且能源结构以煤炭为主,由燃煤产生的粉煤灰总堆存量已超过10亿t,且还在以每年0.8~1.0亿t的速度增加,成为了世界上最大的排灰国<sup>[18]</sup>。粉煤灰的主要成分是酸性氧化物,遇水后随着时间的延长pH值增加最大可达12以上,呈强碱性,因此在建设粉煤灰堆场时必然使用丙纶长丝非织造土工布。

#### 3.4 尾矿库堆场

我国是一个产矿大国,每年因选矿而产生的尾矿石可达数亿t,其中小部分作为充填材料在矿山巷道中进行了回填或综合利用,而产生的绝大部分尾矿堆存于尾矿库中<sup>[19]</sup>。大多数金属尾矿库如金、铅、铜、氧化铝、汞、镉、铬和钼等的渗沥液基本呈碱性,有的呈强碱性。宜采用耐酸碱的丙纶土工布做防渗膜,辅助采用丙纶土工布复合排水网,可起到加固、排水和反滤作用。

### 3.5 其他应用领域

在涤纶长丝非织造土工布应用领域方面,几乎可用丙纶长丝非织造土工布代替的有公路、铁路路基铺设、堤坝加固等。

## 4 结语

丙纶长丝非织造土工布具有强度高、耐酸碱、耐腐蚀、耐霉变,耐低温等优点。根据丙纶长丝非织造土工布的特性,其在公路、铁路路基铺设、堤坝加固、污水处理厂、垃圾填埋场、水工结构防渗、建筑防渗等领域有很好的应用前景。

近20年来国内长丝土工布发展相对滞后,且现今应用的也只有涤纶这一种。而在欧美等发达国家,丙纶长丝土工布相对成熟且占纺黏土工布的比例达30%~40%。目前国内也只有绍兴励达无纺布有限公司成功开建首条国产丙纶土工布生产线。我国每年进口丙纶长丝土工布高达4万t,每吨价格在3.5~4万元之间。由于丙纶长丝加工工艺、设备制造等许多方面不同于涤纶长丝,相关生产关键技术尚未获得突破,因此国内丙纶长丝非织造土工布尚未产业化。为满足市场需求国内必须加快相关技术和设备的引进、开发,突破粗旦高强聚丙烯纤维的纺丝技术及土工布针刺加工技术,实现产业化发展。

### 参考文献:

- [1] 杨思让,张家铭.土工布应用技术[M].北京:纺织工业出版社,1991.
- [2] 卢士艳.土工布的功能、性能研究及其设计[J].黑龙江纺织,2005,(2):1-3.
- [3] 熊 藏.非织造土工布的发展和应[J].轻纺工业与技术,2010,(4):19.
- [4] 华东纺织工学院化纤教研组.化学纤维成形原理[M].上海:上海科学技术文献出版社,1981.
- [5] 邹荣华.纺粘法非织造布生产技术现状及发展趋势[J].纺织导报,2005,(9):29-34.
- [6] 张丙红.涤纶工业长丝及其生产工艺设备[J].纺织机械,2004,(4):10-13.
- [7] 武 伟.熔体直纺细旦涤纶FDY 44 dtex/48f生产工艺[J].合成技术及应用,2006,(1):50-53.
- [8] 陈自强.国产涤纶膨体变形长丝一步法纺丝机及技术探讨[J].合成纤维,2013,(9):28-30.
- [9] 徐占祥.纺粘法的关键技术[J].产业用纺织品,2001,(7):20-22,25.
- [10] 邹荣华.纺粘法非织造布生产技术现状及发展趋势[J].纺织导报,2005,(9):29-30,32-34,93.

- [11] 柯勤飞, 靳向煜. 非织造学[M]. 上海: 东华大学出版社, 2010, 8.
- [12] Han Yong Jeon. Chemical resistance and transmissivity of nonwoven geotextiles in waste leachate solutions[J]. *Polymer Testing*, 2006, 25: 176–180.
- [13] George R Koerner, Robert M Koerner. Puncture resistance of polyester (PET) and polypropylene (PP) needle-punched nonwoven geotextiles [J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2010, 29: 360–362.
- [14] Natália de Souza Correia, Benedito de Souza Bueno. Effect of bituminous impregnation on nonwoven geotextiles tensile and permeability properties [J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2011, 29: 92–101.
- [15] 何文君. 垃圾填埋场的设计与防渗处理技术研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007.
- [16] 郭志恒. 垃圾填埋场的设计与防渗处理技术研究[J]. *中小企业管理与科技(上旬刊)*, 2015, (3): 102–103.
- [17] 国家环境保护部. 2013 全国投运城镇污水处理设施清单 [EB/OL]. [http://zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201404/t20140415\\_270550.htm](http://zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201404/t20140415_270550.htm), 2014–05–10.
- [18] 康晓妮, 马文举, 马涛, 等. 320MW 机组锅炉加装低温省煤器的经济性研究[J]. *热力发电*, 2012, (5): 8–11.
- [19] 王宪军, 郭宁, 王同勋. 尾矿库的尾砂回采研究[J]. *江西建材*, 2016, (18): 221–222.

## Property and Application of Polypropylene Filament Nonwoven Geotextiles

HUANG Shun-wei, QIAN Xiao-ming, ZHOU Mi

(School of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

**Abstract:** The production technology status of polyester and polypropylene filament was introduced. The chemical resistance, mechanical properties, punctures resistance and performance of asphalt impregnated of polyester and polypropylene nonwoven geotextiles were comparative analyzed. The application prospect of polypropylene filament nonwoven geotextile was proposed.

**Key words:** polypropylene filament; geotextile; product property; application prospects

(上接第 8 页)

## Research Progress of Firefighting Uniform Protective Property

NIU Li, QIAN Xiao-ming\*, ZHANG Wen-huan

(College of Textiles, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

**Abstract:** Firefighting uniform was one of the great important apparatus to firemen. It can protect them from a variety of injuries in the fire scene as they were routinely exposed to heat and fire. The protective property was optimized from the materials and clothing structure. The microclimate cooling system was installed in firefighting uniform to decrease heat stress. The protective performance was evaluated.

**Key words:** firefighters' clothing; thermal protective; cooling; heat stress

(上接第 11 页)

## Developent Status of Foreign Air Jet Loom

HU Yu-cai

(Yancheng Industry Vocational Technology College, Yancheng 224000, China)

**Abstract:** The development of foreign new type air jet loom was introduced. The technical progress and performance characteristics of Japanese models represented by Toyota and Tsudakoma, and European model represented by Picanol's and Sulzer were detailed. The analysis results showed that Japanese models had advantages of simple operation, strong network function and high degree of automation, intelligence and other advantages, and European model had the advantages of high speed, the frame as a whole, high strength, firm structure and vibration of loom small.

**Key words:** the international exhibition of textile machinery; air jet loom; technology progress; performance characteristics