

国内外土工布发展与研究现状

黄顺伟,钱晓明,周 觅

(天津工业大学 纺织学院,天津 300387)

摘要:阐述了土工布的概念、分类及原料,以及国内外土工布性能研究现状及其应用发展情况,并介绍了几种新型土工布现状。

关键词:土工布;性能;应用;现状

中图分类号:TS106.2

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2017)01-0011-04

美国材料试验协会(ASTM)规定:一切和地基、土壤、岩石、泥土以及其他土建材料一起使用,并作为工程结构组成部分的纺织品,均称为土工布(geotextile)^[1]。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,因此被广泛地应用于公路铁路、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^[2]。1926年,土工布被荷兰首次应用在岩土工程领域;20世纪50年代末,美国首次在海滩护岸工程领域中使用土工织物,用来代替传统的砂石滤料;20世纪80年代初,土工布才开始在我国的铁路、水利部门中广泛应用。

1 土工布概况

1.1 分类

按照加工和生产方法的不同,土工布大致分为纺织土工布、非织造土工布、合成土工布和复合土工布4大类^[3]。其中,纺织土工布主要分为针织、机织和编织土工布3种。非织造土工布也可分为纺粘土工布、短纤针刺土工布及热熔粘合土工布3种^[4]。非织造土工布加工简单、生产效率较高、成本较低,并且产品有良好的延伸性、力学性能和水平渗透过滤性能,因此应用领域最广,应用量最大。合成土工布按产品分类分为土工膜、格栅、网格、絮片及土工板等。复合土工布按复合工艺的不同分为针刺复合土工布、针织缝编复合土工布、粘合复合土工布及超声波复合土工布^[5]。复合土工布既有非织造土工布特点,又兼顾机织、编织土工布的优势,其综合性能优良并能够满足各类工程的

特殊需要,因此在工程中广泛使用。

1.2 使用的原料

应用环境中所需要的物理性能、化学性能、使用寿命等是选择土工布原料的首要考虑因素,由于土工布的使用量很大,因此还须考虑到成本。一般而言,天然纤维相比合成纤维在强度、抗老化性、耐酸碱性和耐腐蚀性等方面要差,因此土工布所用原料多采用合成纤维,如聚酯纤维(涤纶)、聚丙烯纤维(丙纶)、聚酰胺纤维(锦纶)、聚乙烯醇缩醛纤维(维纶)和聚丙烯腈纤维(腈纶)等,其中应用最多的是聚酯纤维和聚丙烯纤维。

近年来,某些天然纤维、可生物降解纤维和无机纤维逐渐在国内外土工布原料中开始采用。相关研究表明,某些天然纤维可应用于路基、排水、护岸、控制土壤侵蚀等领域^[6-7],比如黄麻、红麻、椰子壳纤维、竹浆纤维等。Amit Rawal等^[8]对黄麻与涤纶非织造土工布的结构进行分析,结果表明前者的各向异性较小且织物紧密。DS Technical Nonwove公司开发了一种用于保护植被的聚乳酸土工布,该产品的优点是可生物降解^[9]。

2 国内外土工布发展与应用

据市场研究公司 Transparency Market Research 的研究报告,全球土工用纺织品市值预计在2018年达到64亿美元。据预测,2018年全球土工用纺织品的需求将增至33.98亿m²。

2.1 国外土工布应用与发展现状

在土工布的应用方面,欧美国家作为先驱,早在20世纪60年代就开始将其应用于道路建设。70年代以来,铁路建设、河堤、海岸的防护等工程中陆续使用了土工布。2013年,美国和加拿大土工合成材料市场规模为22亿美元,与2012年相比增长了3%。预计未来5年,北美市场的销售额以每年9.9%的速度增长,2018年欧洲土工用纺织品市场需求将达到16.477亿

收稿日期:2016-10-12

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的研究。

*通信作者:周 觅(1993-),女,湖北仙桃人,在读硕士研究生,主要从事服装工效学的研究,E-mail:985897189@qq.com。

美元。据 Transparency Market Research 预测,海湾合作委员会(不含阿拉伯)地区的土工用纺织品市场达 1.01 亿美元,2013—2019 年的市场销售额以 10.3% 的速度增长,预计到 2019 年将超过 2 亿美元;2012 年,土工布产品市场需求量为 5 200 万 m^2 ,2013—2019 年期间,产品需求量的年均增长率为 7.6%,预计到 2019 年将达 8 680 万 m^2 。

2.2 国内土工布应用与发展现状

土工布的生产与应用在我国起步较晚,直到 70 年代末土工布才开始在我国生产及应用。1986 年前,我国土工布产品主要为丙纶编织物,累计用量不到 100 万 m^2 。80 年代末,我国土工布的生产和应用速度加快,特别是非织造土工布生产技术日益成熟。据统计,2006—2010 年期间,我国土工布的产量年均增长率高达 35%。直到 2015 年,我国土工布消费量已经超过 3 亿 m^2 。近年来,随着我国不断加大铁路、公路、垃圾填埋场等基础设施建设,实施“一带一路”发展战略,为土工布的发展提供了强劲动力。2016 年上半年,我国在交通上的固定资产投资持续增长,公路水路行业完成固定资产投资高达 7 813 亿元,同比增长 8.7%;铁路方面,我国 2016 年计划投资 8 000 亿元,在 1—5 月期间,铁路的固定资产投资同比增长了 11.8%。我国计划构建“八纵八横”的高速铁路网络,到 2025 年高速铁路里程将达到 3.8 万 km,大规模的铁路建设将给土工材料带来巨大的应用市场。

3 土工布产品性能研究

3.1 物理机械性能

宋钦杰等^[10]分别测试热点黏合与热压黏合聚丙烯非织造土工布的断裂强度、断裂伸长率、抗拉强度及蠕变性能。结果表明:热压黏合非织造土工布只有在抗拉强力性能上要差于热点黏合非织造土工布,其他性能均优于热点黏合非织造土工布。

Natália de Souza Correia 等^[11]评估 2 种经常在抗反射裂缝系统中使用的非织造土工布聚酯和聚丙烯土工布。根据 ABNT-NBR12824(1993)规格进行沥青浸渍后的宽幅拉伸试验,测试土工布初始刚度的增加。结果表明拉伸强度值显著增加,在应变小于 0.05% 的时候,强度值突增,应变增加,获得的刚度减小。

Amit Rawal 等^[12]提出了关于各向异性混合针刺非织造土工布的轴对称拉伸强度的简单模型,通过从在较弱方向大宽度拉伸试验得到其内部拉伸性能;采用轴对称拉伸强度模型测试不同比例的聚丙烯/黏胶

纤维混合土工布。测试结果发现,轴对称拉伸强度理论和实验结果有很好的相关性。

3.2 渗透性能

王向钦等^[13]讨论了纺黏针刺非织造土工布渗透性能与孔径特征和压缩性能之间的联系。结果表明:土工布的平均孔径减小导致流速指数减小;压强相同时,土工布面密度的增大导致垂直渗透系数增大;面密度不变时,垂直渗透系数随着压强的增大而减小。

李志宏等^[14]探讨了机织土工织物的渗透性与织物组织、纱线细度、经纬纱密度等因素之间的联系,确定了土工布的渗透系数与织物组织结构参数的回归关系。

Yiping Zhang 等^[15]在 20~30 kN/m 拉伸强力条件下对聚丙烯机织土工布进行一系列透水实验。实验结果表明,在张力条件下,土工布的介电常数在经纱方向先迅速减小,然后接近一个值,该值是在没有张力条件下水的介电常数的 10%~25%。与此相反,在纬纱方向随着张力的增加,水的介电常数增加并且没有一个稳定的值。根据结果,可以在经纱与纬纱方向施加合理的负载,使土工布具有最佳的透水性能。

3.3 界面强度

刘湘元等^[16]以 2 种聚酯有纺土工布为加筋材料,黏土为填料,采用直剪拉拔摩擦试验系统(TUH-2C)进行一系列直剪试验和拉拔试验。结果表明:土工布与黏土的拉拔界面强度和直剪界面强度均符合莫尔库仑强度型,直剪摩擦因数在 0.87~1.71 之间,拉拔摩擦因数在 0.38~0.81 之间。从数据可知,在应用工程加筋时其界面摩擦性能可以满足工程的需要。

MMA Sayeed 等^[17]以沙土为填料,分别以聚丙烯非织造土工布和黄麻/聚丙烯混合非织造土工布为加筋材料,在 3 种正应力条件下进行直剪试验,以确定沙土与土工布的界面剪切特性。结果表明:在较高的正应力条件下,聚丙烯土工布与沙土的界面相比混合土工布与沙土的界面有较高初始剪切刚度。尽管如此,沙土与混合土工布相比沙土与聚丙烯土工布的接触效率相似。

Andreia Moreira 等^[18]进行了实验,基于循环加载和循环位移的条件下进行的大型直剪试验,界面摩擦测试是在土工布与土工布之间、砂土填装的土工布袋之间、砂土层与砂土填装的土工布袋之间。结果表明,从土工标本得到的摩擦参数(即剪切强度和摩擦角)低于砂土填装的砂袋。砂层界面测试表明,砂土填装的土工布袋埋入砂层的剪切面的变化是可能发生的。形

变可导致底部不稳定,最终导致损害累积以及整个结构的塌陷。

3.4 环境对土工布的影响

Han Yong Jeon^[19]模拟土工布在垃圾填埋场的应用环境,在pH值分别为3、8、12的溶液和垃圾填埋场沥出液中,运用修正的EPA9090测试方法,分别测试涤纶非织造土工布、丙纶非织造土工布和复合土工布等8种土工布的耐化学性能。

José Ricardo Carneiro等^[20]研究了聚丙烯土工布的一些降解剂之间协同作用的存在。将土工布分别浸没在一些液体中(水、硫酸和硝酸、氢氧化钠和金属离子溶液),再进行热氧化和人工气候老化。结果表明,在一些情况下,2种降解剂的联合作用比每种药剂的单独使用更具破坏性。比如:(1)浸没在氢氧化钠和热氧化;(2)浸渍在硝酸铁和热氧化;(3)浸没在镉或铜硝酸盐和人工老化。

钱程等^[21]采用Y802A型八篮恒温烘箱对丙纶机织土工布进行加热处理,研究温度对土工布性能的影响。结果表明,随温度升高,土工布的强力先升高后降低,而收缩率不断增加。

4 国内外几种新型土工布现状

4.1 玻璃纤维土工材料

玻璃纤维土工材料产品具有强度高、伸长率低、耐高温、模量高、重量轻、韧性好、耐腐蚀、寿命长等特点,通常发挥其增强加筋功能。玻纤土工材料可分为玻纤格栅、玻纤网络布、玻纤复合土工布3种类型。该产品特点决定其在路面改造、机场跑道维修、堤坝、河岸、边坡防护等工程领域有良好的应用前景^[22-24]。

4.2 黄麻土工布

黄麻纤维作为一种天然纤维,有很多优点适合于生产土工布,其强力较高、适合纺织粗厚土工布、吸水性好、环保、价格低廉。例如:Ghosh等^[25]设计出一种适用于护岸工程的黄麻土工布;设计并开发出一种在岩土工程领域有潜在应用的编织黄麻土工织物^[26]。黄麻土工布的生态和谐性以及优越的控制土壤侵蚀能力使其在各种工程领域中有很好的应用前景。

4.3 丙纶纺黏针刺土工布

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。然而,近20年来,我国长丝土工布

发展相对滞后,实际应用的只有涤纶这一种。目前,我国只有绍兴励达无纺布有限公司^[27]成功开建了首条国产丙纶长丝土工布生产线。

4.4 土工布改性

含有机化合物和重金属等有害成分的沉积物的存在可能影响周围的环境,在一些港口,大量含有高浓度的重金属如砷、镉、铬、铜、汞、镍、铅和锌的泥沙和淤泥虽然可以被疏通,但无法进一步使用它们。土工织物是一种有过滤和排水能力具渗透结构的常用材料,当土工布接枝一些生物分子,可以从污染水捕获重金属。M.Vandenbossche等^[28]将壳聚糖接枝到聚丙烯非织造土工布上,可以从污染液中有效地捕获金属铜。M.Vandenbossche等^[29-30]将半胱氨酸接枝到聚丙烯非织造土工布上,可以有效地捕获金属铜、铅、铬。

5 结语

土工用纺织品(土工布)是产业用纺织品中的重要品种,其在世界各国的土木工程领域发挥着越来越重要的作用,比如水利、公路、铁路、海港、建筑等。随着不断加大工业和基础设施建设和改造力度,我国的土工用纺织品产业已初成规模,但与欧美等先进国家和地区的整体技术水平及配套标准体系相比,仍处于较低阶段。要与国际接轨,国内必须加快相关技术和设备的引进和开发,做到吸收再创新,国家标准要将科学性与实用性、先进性与成熟性、统一性与差别性、严肃性与灵活性矛盾地统一,以促进我国企业经营与管理规范化,使产品质量达到较高水平。

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):27-30.
- [3] 《纺织导报》编辑部,赵永霞.国内外土工用纺织品的发展现状及前景[J].纺织导报,2014,(5):35-43.
- [4] 姜瑞明,钱竞芳.聚丙烯纺粘法针刺非织造土工布应用前景分析[J].山东纺织科技,2015,(4):39-42.
- [5] 本德萍,郭晓玲,沈艳琴,等.新型复合土工布性能的实验研究[J].上海纺织科技,2003,(1):47-48.
- [6] Lekha K R. Field instrumentation and monitoring of soil erosion in coir geotextile stabilised slopes-a case study[J]. Geotextiles and Geomembranes,2004,(22):399-413.
- [7] Lekha K R, Kavalha V. Coir geotextile reinforced clay dykes for drainage of low-lying areas[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2006, (24): 38-51.

- [8] Amit Rawal, Rajesh Anandjiwala. Comparative study between needlepunched nonwoven geotextile structures made from flax and polyester fibres [J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2007, (25): 61-65.
- [9] 赵永霞. 非织造土工布的发展与应用[J]. *纺织导报*, 2009, (3): 79-84.
- [10] 宋钦杰, 王利平, 高晓平. 非织造土工布力学性能的研究[J]. *天津纺织科技*, 2014, (1): 19-21.
- [11] 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.
- [12] Amit Rawal M M, Alamgir Sayeed, Harshvardhan Saraswat, *et al*. A comparison of wide-width tensile strength to its axi-symmetric tensile strength of hybrid needlepunched nonwoven geotextiles [J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2013, (36): 66-70.
- [13] 王向钦, 倪冰选, 张 鹏. 长丝纺黏针刺非织造土工布的垂直渗透性能[J]. *东华大学学报(自然科学版)*, 2014, (2): 234-237.
- [14] 李志宏, 李 淳, 岳向丽. 机织土工织物结构参数与渗透性关系探讨[J]. *纺织科技进展*, 2006, (3): 54-55.
- [15] Yiping Zhang, Weichao Liu, Weiyun Shao, *et al*. Experimental study on water permittivity of woven polypropylene geotextile under tension[J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2013, (37): 10-15.
- [16] 刘湘元, 彭 立, 杜勇立, 等. 有纺土工布与粘土的界面摩擦特性试验研究[J]. *中外公路*, 2014, (2): 229-232.
- [17] M M A. Sayeed, B Janaki Ramaiah, Amit Rawal. Interface shear characteristics of jute/polypropylene hybrid nonwoven geotextiles and sand using large size direct shear test [J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2014, (42): 63-68.
- [18] Andreia Moreira, Castorina Silva Vieira, Luciana das Neves, *et al*. Assessment of friction properties at geotextile encapsulated-sand systems' interfaces used for coastal protection[J]. *Geotextiles and Geomembranes*, 2016, (44): 278-286.
- [19] Han Yong Jeon. Chemical resistance and transmissivity of nonwoven geotextiles in waste leachate solutions[J]. *Polymer Testing*, 2006, (25): 176-180.
- [20] José Ricardo Carneiro, Paulo Joaquim Almeida, Maria de Lurdes Lopes. Some synergisms in the laboratory degradation of a polypropylene geotextile[J]. *Construction and Building Materials*, 2014, (73): 586-591.
- [21] 钱 程, 储才元. 温度对丙纶机织土工布性能的影响[J]. *棉纺织技术*, 2001, (3): 152-154.
- [22] 刘 磊. 浅谈玻璃纤维土工格栅复合土工布在道路工程中的应用[J]. *四川水泥*, 2015, (9): 309.
- [23] 范开翼, 杜 伟. 玻纤复合土工布充填袋施工技术[J]. *中国水运(下半月)*, 2015, (6): 308-310.
- [24] Bahador M, Evans T M, Gabr M A. Modeling effect of geocomposite drainage layers on moisture distribution and plastic deformation of road sections [J]. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2013, (139): 1 407-1 418.
- [25] Ghosh, Swapan Kumar, Sanyal, *et al*. Designing and engineering of jute geotextile (JGT) for river bank protection and its subsequent implementation in river phulahar[J]. *Journal of Natural Fibers*, 2016, (13): 192-203.
- [26] Ghosh, Swapan Kumar, Bhattacharyya, *et al*. Design and development of woven jute geotextiles for potential applications in the field of geotechnical constructions[J]. *The Journal of The Textile institute*, 2015, (106): 550-563.
- [27] 王俊辉. 首条国产丙纶土工布生产线问世[N]. *中国纺织报*, 2016-04-18(007).
- [28] M Vandenbossche, M Jimenez, M Casetta, *et al*. Chitosan-grafted nonwoven geotextile for heavy metals sorption in sediments[J]. *Reactive & Functional Polymers*, 2013, (73): 53-59.
- [29] M Vandenbossche, M Casetta, M Jimenez, *et al*. Cysteine-grafted nonwoven geotextile: A new and efficient material for heavy metals sorption; Part A[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, (132): 107-112.
- [30] M Vandenbossche, M Casetta, M Jimenez, *et al*. Cysteine-grafted nonwoven geotextile: A new and efficient material for heavy metals sorption; Part B[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, (143): 99-105.

Development and Research Status of International and Domestic Geotextiles

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

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

Abstract: The concept, classification and raw materials of geotextiles were introduced. The properties research status and the application and development of international and domestic geotextiles were summarized. The present situation of several new types of geotextiles was proposed.

Key words: geotextiles; performance; application; present situation