

非织造土工布的功能及应用

王鑫竹, 钱晓明, 黄顺伟

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

摘要:介绍了非织造土工布的隔离、反滤、排水、加筋、防护和防渗基本功能,分析了其在水利、环境和道路工程中的应用,简述了非织造土工布在收集重金属、使用天然纤维和构建海绵城市方面的发展。

关键词:非织造土工布;功能;应用;发展

中图分类号:TS174

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2017)11-0001-04

非织造土工布以其加工工艺简单、成本低、产量大、生产效率高、性能优异等特点逐渐成为了土工布的主要品种。目前我国土工布用量已超过3亿 m^2 ,其中约40%为非织造土工布^[1]。按成网和固着方法的不同,非织造土工布可分为纺黏土工布、短纤针刺土工布和热熔黏合土工布三大类。非织造土工布主要以合成纤维为原料,产品经济耐用,功能多样,应用广泛^[2]。

1 非织造土工布的功能

非织造土工布具有隔离、反滤、排水、加筋、防护和防渗等基本功能,不同工程对非织造布功能的需求不同,其设计及选取的侧重点也不一样。

1.1 隔离功能

隔离功能对非织造土工布的孔隙率有一定要求,粒径尺寸、密度、分布等物理性质不同的建材颗粒可通过非织造土工布彼此分离,从而使整体结构及功能保持完整、各材料间相互独立,避免受到外力作用时材料相互挤压彼此掺杂造成污染和腐蚀,提高工程效率。隔离功能主要用于堤坝、软土层上修建公路或铁路地基等,如用于混凝土路面的隔离层时,非织造土工布可减小面层与基层间的结合性,从而减小层间摩擦力、消除或减少混凝土面层底面在施工过程中产生的薄弱过渡层、延长混凝土路面的使用寿命^[3]。此外隔离层还具有减震缓冲作用,作为混凝土面层与基层和路基间的弹性元件,可减少车辆行驶震动中引起的路面微振动带来的破坏作用^[4]。相较于沥青混合料类隔离材料,二者隔离性能相近,但非织造土工布兼具减震、排水等功能,且经济实惠、施工快捷,应用范围广泛。

1.2 反滤功能

非织造土工布具有细小的孔隙通道,土体中地下水可以通过织物而土粒被阻挡住,从而避免土颗粒流失和空隙水压力过大而造成的土体失稳。非织造土工布做反滤功能时主要考虑以下因素:(1)保土性。由于非织造土工布的孔隙大小出现的频率呈正态分布而非均匀一致,所以引入有效孔径 O_{95} 表示织物中95%的孔径低于该值,非织造布的等效孔径 O_{95} 应不大于被保护土的特征粒径 d_{85} ,以防止土粒流失产生渗透变形。(2)透水性。这要求土工布的渗透系数 K_g 大于10倍被保护土料的渗透系数 K_s ,以保证渗透水顺畅排走。(3)防堵性。要求土工布与土料淤堵实验所得梯度比 GR 不大于3,以防止长期使用中因淤堵而造成土工布失效;此外非织造土工布的抗拉强度、延伸率及撕裂强度也应符合国家标准要求。非织造布因其纤维杂乱排列的三维网络状结构使其成为理想的反滤、排水材料,但其受力时易产生压缩变形而影响其反滤、排水性能,故在实际工程应用中必须要考虑到土壤、岩石等工程材料和结构压力对非织造土工布的影响^[5]。

1.3 排水功能

非织造布的纤维网络状结构使其孔隙率大、透水性好,水在压差作用下得以通过纤维间水平和垂直的联通孔隙排出,从而起到水平和垂直排水作用。影响非织造土工布排水性能的主要因素是厚度、孔径大小及孔隙分布。非织造布的规格不宜过低,否则极易在施工过程中因其厚度和抗拉强度过低而被撕破,非织造布的规格过高其排水能力也未必最好,因此需依据行业规范要求及工程中的实际情况,选择合适规格的非织造布。排水功能主要应用于土石坝、地下、路基、挡土墙及软土基础等的排水中。如隧道工程中常将孔隙率达90%以上的针刺无纺布铺设在隧道衬砌中的防水层后,利用其双向透水能力对侵入初衬后的地下水

收稿日期:2017-09-12;修回日期:2017-09-21

基金项目:天津市科技计划项目(14TXGCCX00014)

作者简介:王鑫竹(1992-),女,在读硕士研究生,主要研究方向:防水透气保暖非织造布,E-mail:739182414@qq.com。

进行引排,排水的同时还起到了缓冲和保护的作用。实际工程中非织造布对水压的卸载作用十分明显,具体卸载程度还在进一步研究中^[6]。

1.4 加筋功能

将非织造土工布按照一定的方式埋入土中,利用土工布较高的强度重新分布土体应力,限制土体变形,增强土体的抗剪强度,提高结构稳定性和地基承载力。土工布作加筋设施时常用于加筋挡土墙,软基筑堤加筋、加筋土坡等工程中,需针对不同工程应用情况进行相应的物理力学性能分析。如加筋土坡时除需满足土坡内部的稳定要求,还应满足滑坡稳定的要求^[7],且需确定加筋材料的作用位置及摩擦性质后才能选取筋—土界面参数^[8]。又如高围压下土工布加筋黄土时,筋土复合体只有在承受较大的轴向应变时土工布的加筋效果才能充分发挥;而高围压下土体较小的侧向变形使土工布对土体的加固效果相对很小,因此必须根据具体的围压范围来选择合理的加筋方式^[9]。

1.5 防护功能

为满足工程中特定的需求,常将非织造土工布制成各种土工制品,如土工模袋、土工织物填充袋、软体排等。这时受到外力作用的土工布可将集中应力分解并传导出,从而有效起到防护作用,避免土体因被冲击而结构破坏。防护功能的非织造土工布必须具备足够的强度、耐久性及稳定性,主要应用于路基建设、挡土墙及护坡工程中。在公路边坡生态防护工程中,传统的结构护坡方法生态效果不佳,而常规的喷播植草方法在南方又难以抵抗强降雨的冲刷,非织造布起到了良好的边坡防护效果,将非织造布置入土体后铺盖适当宽度的土层,强降雨时可帮助雨水渗透又可防止土粒流失,同时避免径流侵蚀坡面土壤,确保边坡工程中结构的稳定。实际工程中采用间距 20 cm 凸起构造的防护效果最佳,凸起构造在减缓雨水流速的同时还能拦截泥沙防止流失,从而使非织造土工布在护坡工程中达到最佳的生态和经济效益^[10]。

1.6 防渗功能

非织造布本身并不具备防渗性能,必须与其他材料结合成复合土工防渗膜,土工防渗膜分为一布一膜和两布一膜两种。一布一膜即将树脂、增塑剂、抗老化剂等与非织造布结合;两布一膜是将 PE 膜与非织造布结合从而具有防水、防渗的功能,拦截通过土体的渗透水流,防止流体渗透流失,而土工布起到导水作用。为避免产生气泡和在施工中受损防渗膜厚度要求不小

于 0.25 mm,铺设时采用埋入法以避免紫外线照射带来损伤;同时避免铺设过紧或过松起皱,土工布置于土工膜之下以对土工膜起到保护作用。用于防渗的非织造土工膜对接缝的处理十分严格,对四种接缝方式均有要求:(1)搭接宽度宜大于 15 cm;(2)缝后加防水涂料处理;(3)热焊是适用于非织造布基材较厚时,焊缝搭接宽度不宜大于 10 cm;(4)粘接接缝长度宜大于 10 cm,且无尘土、油脂和水分^[11]。地形复杂时土工膜拼接质量难以保证,要求受损后易于自愈时常采用土工合成材料膨润土防渗垫。非织造土工布防渗功能常应用于堤坝、输水渠道等水利工程及环境工程中。

2 非织造土工布的应用

2.1 在水利工程中的应用

近几年来国家对水利工程投入日益增长,大江、大河等大规模改造工程使得非织造土工布被大量地投入使用。在堤坡和河底护砌中,将非织造土工布与块石或混凝土预制板结合在一起构成稳定的防护结构,避免潮水直接渗进土壤、减小水流的冲击力、增强护坡对水流的承载力,防止水土流失^[12-14]。此外,非织造土工布可与混凝土组成模袋护坡结构,防止堤岸岸坡的基土被水流冲刷或侵蚀,从而避免塌岸、滑坡^[14-15]。

在水利工程中应用最广的是非织造土工布的排水及反滤功能。在广东博罗庙滩水库加固工程中,曾考虑过两种降低坝体浸润线的方案,方案一是使用施工简单易行的干砌块石排水棱体,但因石块运输费昂贵而放弃;方案二是选用非织造布作为坝内暗沟排水体的反滤层,包裹碎石、中间置入 PVC 滤水管。通过竣工后持续跟踪观测表明,非织造土工布的反滤效果和坝体暗沟排水均达到了预期效果,且这一方案与棱体排水方案相比工程造价降低了 52%^[16]。

2.2 在环境工程中的应用

城市化建设的不断推进在带动了经济发展的同时也带来了诸多问题,如城市垃圾的不断增多如何处理一直是大家讨论的焦点,其中用垃圾填埋法处理垃圾逐渐取得了大家的认可。除此之外,建筑、农业、工厂的废物池中处理也十分重要。采用防渗复合土工膜不仅可以避免由于垃圾长时间堆放产生的有害气体和液体下渗污染土壤及地下水,还可降低工程造价,真正做到经济实用环保^[17-19]。

用矿区废弃物填补塌陷区是煤矿区土地复垦工程中十分常见的做法,但废弃物如煤矸石中富含的酸性

污染物和大量有毒重金属离子与氧气和水分接触后,易产生富硫酸性矿区废水对环境产生二次污染。Kevin D. Park 等将两层细粒石粉之间夹上一层非织造针刺土工布以切断毛管水运输,将这一材料铺在填充后的砾石上后能降低非织造布上部对水的吸收能力,从而降低水氧渗透,有效防止了二次污染;胡振琪等也通过实验证明非织造土工布具有吸附重金属能力,可有效降低淋出液中重金属的含量^[20]。

非织造土工布在环境绿化中也起着十分重要的作用,如将非织造土工布用于屋顶花园工程中,在防止水渗透引起屋顶潮湿的同时还可将自然水回收进行再利用。随着生态环保越来越受到人们的重视,非织造土工布用于工程护坡、植被种植方面也在不断尝试^[21]。柔性生态边坡环境系统是一种基础建设和坡面绿化为一体的新型建植方式,其中由非织造布制成的土工种植袋也称生态袋,可有效避免昆虫、老鼠啃咬造成的破坏,抵抗环境腐蚀和紫外线造成的伤害,同时却不阻碍植物的根系透过土工布向外生长。这种非织造土工种植袋既透地下水又可防止袋中土壤泻出,给与了植物自由生长环境,对绿化有非常重要的意义^[22]。

2.3 在道路工程中的应用

道路工程是基础设施建设中的重要环节,也是非织造土工布的主要应用之处。2017 年在全国交通运输工作会议上对 2017 年的道路建设提出了新目标:公路、水运完成固定资产投资 1.8 万亿元,新增高速公路 5 000 km,新建农村公路 20 万 km,以及新增贫困地区 7 000 个建制村通硬化路。非织造土工布在大量道路工程建设中有着不可或缺的作用。

首先非织造土工布是养护维修沥青路面的理想材料。非织造土工布具有强度高、结构均匀、收缩系数小、韧性强、延伸率大等特点,通过浸渍或喷洒方法将其与沥青结合后可同时起到防水和加筋的效果,铺设在待维护的路面上操作简单且坚固耐用。其次,非织造土工布可用于软弱路基的稳定加固。在道路施工时将非织造土工布铺设在含水率高的软弱路基中,可防止微小土粒转移到高强路基材料中去,同时排出土壤中的水分避免土壤软化松散。此外,土工布还可修复路面延缓反射裂缝。在包头市钢铁大街道路改造中,为了解决混凝土路面破损、混凝土板块间伸缩缝加大等问题,选用热熔聚酯长纤土工布,其单位面积质量为 180 g/m²,厚度 < 1 mm,断裂强力纵向 > 10.5 kN/m,横向 > 9.5 kN/m;纵向 5% 的拉伸力 ≥ 4.5 kN/m,横

向 5% 的拉伸力 ≥ 5.0 kN/m。通过对破损路面及伸缩缝进行清扫找平及填缝处理后洒布沥青,并在沥青尚未冷却仍有黏结性时将土工布平整地铺上去,再用轮胎压路机碾压至二者密切结合,洒砂、摊铺热沥青混合料后碾压至满足要求。整个工期只有 78 d,效率高、质量好^[23]。

3 非织造土工布的发展

非织造土工布的应用越来越广,同时对其要求也越来越高,天然环保、高强耐用是其发展方向。

3.1 收集重金属

M. Vandenbossche 将壳聚糖接枝到丙纶土工布上后,观察到 pH 值为 4.8 时非织造布对铜的吸收达到最高值;用一种接枝半胱氨酸的非织造布可吸收水介质的铜、铅、铬等重金属,这种非织造土工布作为环境保护材料很值得更进一步研究与开发^[24-25]。

3.2 天然纤维

天然纤维非织造土工布的开发正在不断进行中。研究发现煮沸的椰壳纤维非织造增强水泥板在耐热性、抗弯强度和抗压强度等方面非常优秀^[26],黄麻纤维非织造材料在质轻、环保的同时,其力学性能更是与一些常见的玻璃纤维增强复合材料相当^[27];混合有玻璃纤维的天然纤维土工布能够改善水土流失,增强对河水冲蚀的抵抗力,坚固堤坝、保护河堤^[28];环境友好型可生物降解聚乳酸非织造土工布更是在市场中具有强大的竞争力^[29]。

3.3 海绵城市

针对水资源短缺,构建海绵城市,做好地面及地下水的收集工作对未来城市的发展及解决全球水资源短缺问题有着至关重要的作用。而非织造土工布在海绵城市的构建中将扮演着重要作用。

4 结语

随着全球人口的不断增长需要大量的基础设施建设,加之环保意识的增强,作为重要建筑材料的土工布其用量也日益增涨。目前我国土工布的用量已超过 3 亿 m²,其中非织造土工布占到近 40%,预计在未来 15 年我国土工布仍将持续以双位数增长^[30]。在国内非织造土工布发展初具规模,但整体技术水平仍较欧美等先进国家和地区有一些差距,除了需要政策支持与引导外,更需要当代科技人员付出更多努力,促使国内非织造土工布的发展越来越好。

参考文献:

- [1] 安 华. 道路建设将推动非织造土工布产业发展[N]. 中国工业报, 2014-08-13(B03).
- [2] 熊 葳. 非织造土工布的发展和应[J]. 轻纺工业与技术, 2010, (4): 19-21.
- [3] 林天干, 姚佳良, 于远征, 等. 土工布作水泥混凝土路面隔离层应用研究[J]. 公路, 2012, (7): 1-5.
- [4] 马天柱, 姚佳良, 吴从师, 等. 冲击荷载作用下有隔离层的水泥混凝土路面动态响应模拟试验研究[J]. 公路, 2015, 60(2): 12-19.
- [5] 魏取福. 非织造土工布反滤性能的研究[J]. 安徽机电学院学报, 2000, (3): 52-54.
- [6] 蒋雅君, 杨其新, 刘东民, 等. 隧道工程非织造土工布的水平排水特性探讨[J]. 新型建筑材料, 2013, 40(1): 57-61.
- [7] 陈周与, 马时冬. 超软地基上土工布加筋土挡墙的试验研究[J]. 长江科学院院报, 2001, (6): 29-32.
- [8] 杨 敏, 李 宁, 刘新星, 等. 土工布加筋土界面摩擦特性试验研究[J]. 西安理工大学学报, 2016, 32(1): 46-51.
- [9] 刘少博, 顾强康, 梁建伟, 等. 土工布加筋黄土力学性能研究[J]. 建筑结构, 2015, 45(14): 99-102.
- [10] 侯永盛, 王桂尧. 土工布边坡生态防护结构的抗冲刷室内模拟试验研究[J/OL]. 公路与汽运, 2014, (6): 118-120. (2014-12-02)[2017-09-07]. <http://211.81.27.45/19596/kcms/detail/43.1362.u.20141202.1400.073.html>.
- [11] 姚玉程. 土工布膜在渠道防渗工程中的应用[J]. 科技风, 2009, (10): 41.
- [12] 黄子伟. 浅析土工布的性能和应用及检测[J]. 技术与市场, 2012, (5): 66-67.
- [13] 蔡永东. 土工布的应用与发展[J]. 棉纺织技术, 1999, (7): 14-17.
- [14] 苗青纯, 杨宏建. 土工布在水利工程中的应用与实例[J]. 黑龙江水利科技, 2010, (3): 227-228.
- [15] 储咏梅. 土工布在水利工程中的应用[J]. 扬州职业大学学报, 2000, (3): 32-35.
- [16] 陈永强, 贺事忠. 无纺土工布在庙滩水库坝体暗沟排水中的应用[J]. 广东水利水电, 2010, (1): 54-56.
- [17] 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(下旬刊), 2015, (3): 102-103.
- [18] 郭智勇, 周代军, 罗 刚. 浅谈城市污水处理厂构筑物防渗漏控制措施与管理要点[J]. 建设监理, 2015, (3): 71-73.
- [19] 邵河南. 水利工程防渗处理施工技术的探析[J]. 黑龙江水利科技, 2015, (6): 127-128.
- [20] 王 萍, 胡振琪. 煤矿区土地复垦中土工布技术应用浅谈[J]. 中国煤炭, 2008, 34(12): 101-104.
- [21] 靳向煜, 吴海波, 任慕苏, 等. 我国土工织物技术及应用前景[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2014, (2): 157-160.
- [22] 申新山. 柔性生态边坡工程系统(上)[N]. 中国花卉报, 2009-03-19(007).
- [23] 杜 彤, 王春龙. 浅谈土工布在道路工程中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2007, (24): 98-99.
- [24] VANDENBOSSCHE M, JIMENEZ M, CASSETTA M, *et al.* Chitosan-grafted nonwoven geotextile for heavy metals sorption in sediments[J]. *Reactive & Functional Polymers*, 2013, 73(1): 53-59.
- [25] VANDENBOSSCHE M, CASSETTA M, JIMENEZ M, *et al.* Cysteine-grafted nonwoven geotextile: a new and efficient material for heavy metals sorption—part A[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, 143(10): 99-105.
- [26] KATKAR P M, PATIL C A, KHUDE P A, *et al.* 椰壳纤维/水泥复合材料[J]. 国际纺织导报, 2013, 41(2): 56, 58-59.
- [27] 杨 彬, 王剑英, 奚柏君. 制备工艺对黄麻纤维针刺非织造布增强 PHBV 复合材料力学性能的影响[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(11): 14-15, 48.
- [28] 甄亚洲, 封 严. 非织造土工材料的发展现状及趋势[J]. 天津纺织科技, 2016, (3): 1-3, 7.
- [29] 赵耀明. 绿色纤维及环保型非织造布[J]. 非织造布, 2006, (3): 8-11.
- [30] 王 静, 俞 丽, 胡祝红. 非织造布在建筑工程中的应用及发展[J]. 上海建材, 2014, (5): 14-17.

Functions and Applications of Nonwoven Geotextiles

WANG Xin-zhu, QIAN Xiao-ming, HUANG Shun-wei

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

Abstract: The basic functions of nonwoven geotextiles were introduced such as insulation, filtration, drainage, reinforce, protection and seepage prevention. The applications of nonwoven geotextiles in hydraulic engineering, environment engineering and road engineering were analyzed, the developments of nonwoven geotextiles in collecting heavy metals, using natural fibers and building sponge city were described briefly.

Key words: nonwoven geotextile; function; application; development