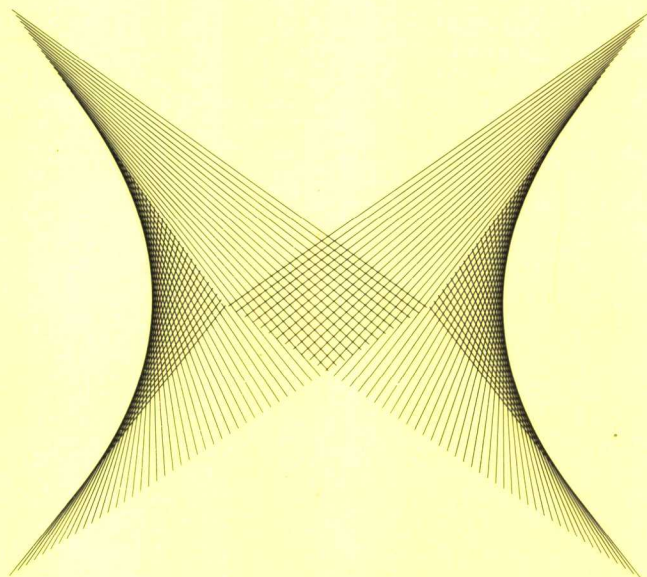


土工合成材料

郭秉臣 李亚滨 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

土工合成材料

郭秉臣 李亚滨 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要讲述了土工材料即土工布的定义、分类及加工方法,各类土工布的加工工艺;介绍了土工布的质量控制测试;列举了土工布的应用实例,供读者参考。

本书既可作为大专院校教材,也可供一些生产和施工单位的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土工合成材料/郭秉臣,李亚滨主编. —北京:国防工业出版社,2006.4

ISBN 7-118-04395-8

I. 土... II. ①郭... ②李... III. 土木工程—建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 017742 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10 $\frac{1}{2}$ 字数 242 千字

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 20.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

鸟筑巢时用树枝或羽毛插在泥土中以增强鸟巢的强度,人类借鉴了这个原理,在土木、水利、铁路、公路、桥梁、隧道等大型工程设施中加入一种工程材料,以提高工程质量,这种材料就是土工材料,即土工布。土工布已经广泛得到了应用,早在几千年前人类就开始借助于一些土工材料,尤其是从土工布近 30 年的发展可以看出土工布的应用历史。我国 1998 年发生的特大水灾给人们敲响了警钟,促使人们越来越重视各种工程的施工。我国是一个具有巨大发展潜力的国家,各种工程的修复及巨大而广泛的新工程的建设都面临着大量土工布的应用。土工布在我国的发展是必然的,大量应用土工布势在必行。实践证明,土工布是一种具有广泛生命力的产品,对国家建设具有非常大的作用。

土工布是一种新型的土工材料。了解土工布的基本知识,掌握土工布的应用很有必要。

本书系统介绍了土工布的各种加工方法、加工过程及应用,并介绍了一些具体应用实例,内容上力求通俗易懂,尽量精练。本书既可作为大专院校教材,也可供一些生产和施工单位的工程技术人员参考。由于作者水平有限,难免存在一些错误,欢迎读者批评指正。

本书由郭秉臣、李亚滨主编,范松林、刘亚、康卫民、辛长征、刘超颖等参加部分内容编写。全书由郭秉臣策划、组织、统稿。

在编写过程中得到有关专家及一些设备厂家的大力支持,在此向这些专家及单位表示衷心感谢! 这些单位是:

江苏仪征海润纺织机械有限公司梅宝成、凌爱平。

江苏扬州南扬机械制造有限公司扬州永泰无纺印染机械厂王玉田、邹扬。

江苏常熟伟成非织造成套设备有限公司王伟成总经理。

江苏迎阳无纺机械有限公司范立元总经理。

河南光山白鲨针布有限公司张永刚董事长、余晓光总经理。

目 录

第一章 概述	1
第二章 土工布的加工技术	7
第一节 土工布使用的原料及选用	7
第二节 短纤维针刺非织造土工布的加工	9
第三节 针布与刺针	28
第四节 纺粘法非织造土工布的加工	40
第五节 机织土工布的加工	50
第六节 经编土工布的加工	54
第七节 土工膜	57
第八节 加筋土工布	60
第九节 复合土工布	60
第三章 土工布的功能及应用	62
第一节 土工布的特性及功能	63
第二节 土工布的工程应用	70
第三节 国内外土工合成材料的应用实例	84
第四章 土工布的质量要求及测试	91
第一节 土工布的规格和质量要求	91
第二节 土工布物理性能的测试	93
第三节 土工布的拉伸性能试验	96
第四节 土工布握持强度的测定	99
第五节 梯形撕裂强力的测定	100
第六节 顶破强力的测定	102
第七节 孔径的测定(干筛法)	107
第八节 垂直渗透系数试验	109
第九节 水平渗透系数的试验	113
第五章 其他土工合成材料	118
第一节 特种土工合成材料	118
第二节 复合型土工合成材料	130
附录 土工布国家标准	139
附录 A(标准的附录) 渗透性能的测定	160
参考文献	163

第一章 概 述

随着科学技术的不断进步,纺织技术也在不断发展。纺织工业的产品结构在变化,并且由大比例的服用型逐渐向装饰型和产业型转化。目前,世界发达国家的比例为服用型占 1/3、装饰型占 1/3、产业型占 1/3。从 1980 年~1990 年产业用纺织品的纤维消耗量来看,美国增长 56%,日本增长 63%,西欧增长 6%。从 1986 年~1990 年全世界的统计数字来看,产业用纺织品增长 6%,装饰用纺织品增长 1%,服装用纺织品下降 7%。全世界产业用纺织品总产量由 1988 年的 280 亿 m^2 增长到 1993 年的 410 亿 m^2 ,增长率为 45%,其中土工布年增长率竟达到 20%。而我国服用型占 70%、装饰型占 20%、产业型占 10%。由此看来,我国纺织工业产品结构的调整、产业化的任务任重而道远。但是,由于国家有关领导部门的重视及高瞻远瞩的发展规划,我国纺织工业已经向产业化大步迈进。尤其是被誉为第五大建筑材料的新型土工合成材料——土工布,已经被应用在水利、土木建筑等上万个建筑工程中。目前我国年耗用土工布已达 6000 多万 m^2 。根据国内外大量应用土工布的实例证实,并已经被公认:土工布对国家经济建设起着巨大的作用,是一种很有发展前途的纺织品。国际上有关专家预测“土工布是多种类型纺织品中唯一有广泛生命力的产品。”

一、土工布的定义

土工布是土、木建设中的一种工程材料或工程用布,也称土工织物、土工合成材料、土工材料。土工布的英文名称为 geotextiles,即把土地、土壤和纺织品连在了一起。所以使用土工布最早的美国的一个材料实验学会(ASTM)给土工布下的定义为:“一切和地基、土壤、岩石、泥土或任何其他土建材料一起使用,并作为人造工程、结构、系统的组成部分的纺织物,即叫做土工布。”然而随着科学技术的不断进步,土工布的概念或者土工布的内在含义也在发生变化。比如,纺织工业中非织造布这个新的领域的出现,非纺织型即非织造型的土工布产品日益增加。于是土工布的类型、品种增多,应用领域也不断扩宽。

二、土工布的类型及特征

土工布的种类很多,但还没有一个标准的分类方法,所以其说不一。有的按厚薄分为厚型土工布、薄型土工布;有的按使用的纤维分为短纤维土工布、长丝纤维土工布;有的按应用领域分为水利用土工布、道路用土工布;按制造过程有、无纺纱可分为有纺土工布和无纺土工布等。但通常按加工和生产的方法来划分,具体如下。

(一) 机织土工布

利用织布机(多数用新型织机,如剑杆织机、片梭织机)来织造的土工布,其幅宽趋向于宽幅如 4m、6m、12m 等,使用的原料为纱线或化纤单丝、复丝,克重范围 $100\text{g}/\text{m}^2 \sim$

1 000g/m²不等。

机织土工布的结构是由经、纬向的纱线编织而成,表现出的结构特点为:

(1) 经向、纬向都是纱线或长丝,所以土工布的纵、横向的拉伸强度和模量都比较大,断裂伸长较小,但顶破强力较低。

(2) 机织土工布经、纬向的纱线或长丝都是紧密挤压在一起的,所以经、纬向结构稳定,抗蠕变性好,而弹性不足。

(3) 机织土工布的空隙尺寸较大,最小间距在 0.05mm。尤其对角线方向纱线的位置易改变土工布的空隙尺寸。由于空隙大,而影响过滤性能。

(4) 机织土工布生产流程长、工艺复杂、产量低、成本高。

但总体讲,强度大是机织土工布的独有特征。

从机织土工布的应用特点来说,它比较适用于增强、加固的功能,用于分离、增强、挡制侵蚀等,适合沙土地带。比如,软基增强、海底加固、护坡等工程。近年来的科技情报报道,机织土工布的应用范围在扩大,用量在增加。

(二) 经编土工布

利用针织经编机加工制造的土工布称为经编土工布,这类土工布目前生产量、用量都较少,但有大发展的趋势。

经编针织品按其结构可分为传统结构、三维经编结构、定向结构、多层复合结构。由于其结构形式多,所以经编土工布的结构品种就多,性能各异,应用范围就广。从这种意义上讲,经编土工布可能将会有更大的市场。

经编土工布可以设计成单轴向结构、双轴向结构、多轴向结构、网眼结构、组合结构、双层结构、条带结构等。其产品还可加工经编土工膜、经编复合土工布、复合土工膜、经编复合格栅等产品。

由于经编土工布的特有结构决定了产品的性能,一般经编土工布的经、纬向是各自平行排列,纱线承受外力的利用率高,故强度高达 140kN/m²,其延伸率为 20%,经编土工布多用于增强、加筋、隔离等。经编土工布与非织造型土工布复合后其性能特点更加优异,且可以发挥经编、非织造型两方面的优势。这种复合型土工布用于增强、加筋、隔离、反滤、排水,效果很好。

(三) 非织造土工布

非织造土工布是一种非织造产品,即它不经过纺和织而加工成的产品,而是利用短纤维或长丝加工成为纤维网,然后再经过机械、热粘合或化学粘合加固的方法制造成的布状材料。

非织造土工布按其加工方法可分为 3 种。

1. 纺粘法土工布

纺粘法土工布也称为长丝成网法土工布。它是利用聚丙烯或聚酯、聚酰胺等聚合物经熔融纺丝,长丝铺成网再经交叉铺网、针刺机械加固或热轧粘结加固成土工布。这种方法加工的土工布的特点是:

(1) 在土工布的结构中纤维都是以长丝纤维状态存在,并且是按一定规律互相叠合在一起的。

(2) 土工布的纵、横向强度大,各向同性好,伸长小,尺寸稳定性好。

(3) 厚、薄范围大。

(4) 加工流程简单、生产量高、成本低。

纺粘法土工布适用于加固、分离、过滤、排水等各种工程中。且趋向于宽幅发展,目前已有 3m、4m、6m 宽度的土工布,也可加工复合膜型土工布。由于以上种种优点,在世界上纺粘法土工布在非织造土工布中约占 75%,在所有各种土工布中发展快、用量大,当数第一位。

2. 针刺法土工布

针刺法土工布也称短纤维针刺法土工布,是利用丙纶、涤纶或是维纶短纤维,经梳理、成网、铺网,再针刺加固成的土工布。这种土工布的特点是:

(1) 纤维是三维排列存在,尤其是通过杂乱或气流成网的情况下,纤维杂乱且立体相互纠结。

(2) 产品为厚型结构较蓬松的产品。

(3) 强度大,但伸长也大,有一定的弹性。

(4) 透气性、吸水性和透水性能好,抗变形能力大。

针刺法土工布比较适用于过滤和排水工程。目前也趋向于宽幅发展 2m、3m、4m、6m、7m 等,克重范围 $200\text{g}/\text{m}^2 \sim 1\,000\text{g}/\text{m}^2$,国内生产的土工布大部分是这种短纤、克重在 $300\text{g}/\text{m}^2 \sim 500\text{g}/\text{m}^2$ 针刺型的土工布。

3. 热粘合法土工布

热粘合法土工布利用涤纶等短纤维,进行开松、梳理、成网、铺网,再经热轧而成。在涤纶纤维中加入一种低熔点纤维,或撒入一种低熔点的热熔粘合粉,当轧辊达到一定的温度时同样能实现热粘合的效果,以加工成土工布。在纤维网中喷洒化学粘合剂来实现加固成土工布称为化学粘合法土工布。这几种方法一般用的较少,主要原因是这些土工布各方面的综合性能不及纺粘法土工布和针刺法土工布。

(四) 土工膜

土工膜也称复合土工膜,它是将聚氯乙烯等高分子聚合物薄膜经特殊加工,并复合在土工布的表面或中间而形成的土工用产品。从结构上讲又可分为一布一膜或两布一膜。土工膜具有很高的防渗性能,它可以根据需要加工成不同尺寸和不同形状或经充分或无级膨胀构成各种围墙、水闸等,也可用于废水池、废物堆放、水坝、水下栅栏等。由于它的结构特点沿平面方向可滤水、导水,而垂直方向可防水,所以也用于屋顶、建筑、涵洞、隧道防水材料。

复合土工膜的加工方法有 PVC 涂层土工膜、粘合法土工膜、热复合土工膜等。复合土工膜克重一般在 $200\text{g}/\text{m}^2 \sim 1\,500\text{g}/\text{m}^2$,幅宽在 2m~6m。强度大,尺寸稳定性好。

(五) 复合土工布

复合土工布利用不同功能的土工布及其他材料复合而成。其中土工布可选用机织、编织或非织造土工布。根据工程需要可以复合各种结构形式的复合土工布如采用两层针刺非织造布内夹机织稀疏布(或机织网)的所谓加筋土工布、表面复合一层聚氯乙烯编织带型复合土工布、两面机织物中间加非织造布或网格的土工布等。它们都能充分提高和发挥各自的性能,而且叠加后其功能互补,性能会更好,如均匀性、高强度、高模量,可实现分离、加固、过滤等功能。

国外在土工布的复合上采用土工布/格栅复合(TN)型,非织造布/格栅/非织造土工布(YNT)复合型、非织造土工布/格栅/拒水薄膜复合(MNT)型。

(六) 其他土工合成材料

根据土木工程建设的需要,在使用各种土工布的实践过程中,为了发挥土工布的作用,使工程建设更加稳固、合理,更加科学化,人们又不断发明设计和制造了与土工布相配套及相关的其他土工合成材料,如土工网、土工格栅、土工格室、土工袋、排水板、排水管、软式弹性渗水导管等产品。其功能和作用主要是加固、滤水、导水等和土工布配套使用,能确保工程质量,一劳永逸、安全可靠。

随着科学技术的不断提高,土工合成材料发展很快、品种增加、功能增强、品质越来越好。它们已经成为各种土木工程中不可缺少的土工材料。

三、土工布的发展

(一) 土工布的起源

利用纺织品或者各种纤维制品结合土木工程的修筑技术,已具有悠久的历史。它可以追溯到遥远的古代。我国古人早在 5 000 年前,在砌筑土层和泥墙时,受鸟儿筑巢的启示,学会了在泥土中加入麦秸和芦苇加筋粘土混合建造住房技术,利用树枝、芦苇、干草、麻刀等天然材料来增加泥土建筑物的强度。利用芦苇来铺筑通过沼泽地带的道路,利用麻杆铺路,利用稻草包填土来堆造堤岸、保护斜坡,利用绿化植树来保土,增强河岸的渠道等水利设施。人类的聪明才智在与大自然的斗争中不断进步。后来人们就懂得了用编制的草袋来填充泥土,来堆砌堤岸,以防止水流的冲蚀和沙土的流失;利用纺织物来加固路面。在战国末期都江堰工程中就利用“竹笼”,这显然是纤维材料和土石材料组合的范例。早在欧洲,罗马人较早地使用芦苇来铺筑经过沼泽地的道路,从原理上说应当是土工布应用的先驱。芦苇毕竟不是布,1926 年在美国南卡罗来纳州的公路建设中最先使用了纺织物,即把棉布铺放在地面上,在棉布上浇上沥青,再在沥青上铺上黄沙,经实践检验,路面减少了龟裂和损坏。第二次世界大战时,美国也曾利用黄麻植物铺筑飞机跑道。把纺织物与土壤、砂石、泥土有机地结合在一起应用于土木工程中,这种纺织物也就是土工布。

(二) 土工布的应用发展史

土工布的发展与应用是紧密相关的。土工布的发展开拓了其应用,而应用又促进了发展。所以讲发展离不开应用,谈应用必涉及发展。

自从土工布诞生起就被各国工程建设领域所重视。但真正使用不到百年的历史,即 20 世纪 30 年代末才开始批量用于工程。50 年代初,美国生产出了机织土工布,并用于佛罗里达州海岸混凝土护岸的翻修工程中,用以代替常规的砂石反滤层,而且扩大应用于南培尔姆海滩的护岸等工程中。欧洲也先后使用土工布在大西洋海岸护岸工程中应用获得成功。由于 50 年代~60 年代化纤工业的蓬勃兴起,大量的聚酯纤维、聚丙烯纤维及聚酰胺纤维等的出现,大大推动了非织造工业的发展,作为非织造型的化纤土工布获得了飞速发展的条件。1958 年,土工布开始向其他工程推广,加拿大在修理水库的水坝时,第一次用土工布作为水泥的成型袋取得成功。60 年代欧洲开始把非织造布用于铁路建设,并又发展到铁路路基河岸和海岸的防护工程等,美国于 1996 年秋在宾夕法尼亚州利用水下

土工布技术解决了桥墩下基底被洪水淘刷而形成的空洞。进入 70 年代,应用又有增加,1976 年已有 49 个国家和地区约 3 500 个大型土木工程项目大规模采用了土工布。在这个时期,由于土工布在土建工程中应用使传统的岩石工程充满了生机和活力。尤其是其经济效益和社会效益显著,从而得到了世界纺织业及工程界的重视。美国、日本和西欧土工布的产量和用量急剧增加。1975 年,西欧土工布的总产量超过 10 000t,到 1978 年欧洲土工布销售量达 4.5 亿 m^2 。到 80 年代,土工布的生产使用火热,1980 年西欧土工布消耗量达 30 000t。美国土工布生产的增长速度较快,1980~1984 年美国土工布产量的平均增长率达 30% 以上,1982 年美国土工布消耗近 1 亿 m^2 ,其中非织造土工布约占 2/3。1986 年为 2 亿 m^2 ,比 1983 年土工布产量增长 61%,1995 年美国土工布用量约 3.64 亿 m^2 ,1998 年用量 4.18 亿 m^2 ,其中 85% 为非织造型,机织占 14%,其他占有 1%。据预测,美国及日本、德国、法国、英国、奥地利、瑞士、意大利、荷兰等国家的用量也都在逐年增长。世界上土工布产量见表 1-1。

表 1-1 世界土工布产量

年份	1985	1990	1995
产量/亿 m^2	4	8	16.75

据预测世界非织造土工布在今后的数年内将以年增长率为 6% 的速度发展。世界已在 10 万多个工程采用了土工布。

中国土工布的开发和应用起步于 20 世纪 70 年代,70 年代末期对土工布进行研究并开始试用于河道及闸涵工程。80 年代在铁路上试验了美国杜邦公司提供的几千平方米非织造土工布,1981 年~1984 年在全国开始生产和试验,在整治铁路路基、翻浆病害工程、水利、港口、林农及围垦等 40 余项工程中,经实际验收检验都取得了较好效果。如京广、邯长、三白、广茂、桂山、沪宁等铁路线都使用了土工布,到 1986 年全国铁路用土工布达 4 万 m^2 。水利工程用量更多已达 500 万 m^2 ,进入 90 年代用量获得更快的发展,到 1991 年总用量突破 1 亿 m^2 。1993 年用量约 4600 万 m^2 ,到 1994 年累积用量约 5 亿 m^2 。1995 年全国针刺土工布用量为 4 000 万 m^2 ,防洪抢险用量达上亿平方米。1998 年全国遭受百年不遇的水灾,其用量估计超过 1 亿 m^2 。也有人预测,到 2065 年世界土工布的用量可能达到覆盖地球表面的 1/2 以上。这种预测看上去是一个天文数字,但它确实说明土工布的应用前景十分广阔。

从土工布在近 30 多年的应用史即可知道土工布的发展历史。我国是一个具有巨大发展潜力的国家,各种工程的修复及巨大而广泛的新的工程建设都面临着大量土工布的应用,由此看来,土工布在我国的发展是必然的,大量应用土工布势在必行。

(三) 土工布未来的发展趋向

土工布的应用逐渐被认识,但还有相当大的应用领域需要去开拓。为了国家建设还需要去宣传、去推广和发展土工布技术。为此,对未来土工布的发展趋向提以下观点。

(1) 土工布的技术应走向科学化、标准化及更加经济合理化。为了使土工布更进一步科学化,生产部门和应用部门应密切联合,根据铁路、公路、水利、建筑等工程的具体功能要求,来生产更加适用的土工布材料。科研院所、大专院校应进一步研究土工布的不同品种的结构及性能,增加技术力度及高科技化。例如,土工布的抗老化性、使用寿命及保

险系数等技术难点。为了使应用领域用的放心,应当使土工布更加规范化、标准化,分门别类制定标准和质量检验指标及方法。目前已出台一部分标准,为了推动土工布技术的应用,国家有关部门非常重视这一工作,这对土工布的推广应用将是一种巨大的推动力。土工布加工部门力争要从原料选用、加工工艺等方面精工细作,使土工布的价格更加经济和适用,质量进一步提高。

(2) 土工布品种应向多样化、多能化、系列化发展。目前几大类主要品种中还需要增加,比如百年大计重点工程中的应用。机织土工布还较少,应当有所发展,尤其直接利用化纤长丝织造的宽幅机织土工布。在一些大型基础工程,如港口海底土工布有一定用量。机织土工布将有较大的发展潜力,需要尽早开拓。经编土工布是经编定向结构,其结构形式多,可以作为多种不同性能的基材及土工材料,具有较好的前景,开发此类产品很有必要。纺粘型宽幅土工布在国外比例较大,而我国应迎头赶上,要生产不同功能的土工布隔离型、过滤型、排水型、加筋增强型、保护型和密封型等,并且应当有更高、更多的技术投入去研究原料及工艺,实现其功能;土工布要系列化,不同克重、不同厚度,不同材料,不同规格、款式、色泽等,土工膜、复合土工布应进一步深入,土工网、土工格栅、土工格室、软式弹性渗水导管等其他土工合成材料都应形成系列,从而更加适应应用部门的选择。

(3) 土工布机械设备加工应规范化、标准定型化,国家有关部门应关注。提高机械设计的合理性以及机械加工精度,不能粗制滥造,影响土工布的质量乃至应用部门的使用。

(4) 土工布的应用在我国还是刚刚开始,土工布及土工合成材料必须进一步开拓应用领域,这样才能促进土工布技术发展和提高。必须进一步与其他工程技术密切合作,联合攻关,土工布技术才会进一步发展。

第二章 土工布的加工技术

第一节 土工布使用的原料及选用

土工布应用范围较广,使用要求也各异,有的是作为工程的基础材料使用,因此对耐久性要求较高,一般要在 20 年~50 年保持正常作用发挥;有的则是在工程建设过程中临时使用,对各种性能的要求不高,因此,制做土工布的原料选用一般是按照工程建设的要求,适当考虑加工工艺而确定的。

目前,生产土工布使用的原料主要有涤纶(PET)、丙纶(PP),也有采用锦纶(PA)或维纶(PVA)的。这些合成纤维都具有各种较好的耐腐蚀性,适合于在各种条件下的长期使用。根据土工布加工方法的不同,可以采用短纤维或长丝、膜裂丝等。

纤维的种类和规格对最终土工布的各项物理机械性能都有重要影响。土工布使用在不同的土质、起不同的作用时,对各项性能指标的要求是不一样的。例如防止水土流失的护坡土工布,要选择合适的渗透系数,保证排水作用,同时孔径应小于 $40\mu\text{m}$ (微米),防止较小的土颗粒通过;作为铁路路基用土工布,主要起隔离作用,要求它具有较高的顶破强力和拉伸断裂强度;对于酸性土质的地方,如果选用锦纶纤维土工布,则酸性水溶液将对聚酰胺产生水解作用,耐久性将受到影响。因此,纤维的选择,应根据土工布使用的土质酸碱性、颗粒度、含水量及其他将起主要作用等因素进行设计和选用。

非织造土工布由于具有各种优良的性能,在各种工程中使用最多,它由纤维经过非织造技术加工成布,因此除了加工工艺外,纤维的种类、规格和性能对其性能影响更明显。

影响土工布性能的纤维规格和性能指标主要有以下几种。

1. 纤维强度

纤维是土工布的基本构成材料。纤维的强度、断裂伸长率自然会影响产品的强伸度。一般来说,所用纤维的强度高,产品的强度也大。当然这与产品中纤维之间的连接方式也有关,如果纤维之间的连接力小于纤维强度本身,那么土工布的强度将取决于纤维之间的连接力,纤维的强度将体现不出来,纤维之间的连接力的大小直接与加固工艺有关。

在非织造布加工中,单丝纤维作为纤网中最基本的单元,因此它的强度与伸长率的大小都会直接影响到非织造布的强度和伸长率大小。如果单丝强度和伸长率过小,在生产过程中,纤维会发生断裂,造成产品的强度下降。因而要求单丝强度通常不应该低于 4g/d ,伸长率一般不应低于 30%。

2. 纤维卷曲度

土工布生产中大都采用针刺加固方法,针刺法是依靠所用的纤维之间相互缠结的抱合力,卷曲、抱合、压紧得以加固的。纤维的卷曲有利于纤网中纤维的抱合,对于纤维在纤网结构中的稳定能够起到积极的作用。卷曲度不足的纤维,抱合力差;而卷曲度高,非织造布的弹性也好,成网易于均匀,产品强度高。一般选用卷曲度在 $4\text{个}/\text{cm}^2 \sim 10\text{个}/\text{cm}^2$ 为宜。

3. 纤维长度

一般地说,纤维长度对针刺法非织造土工布的强度有重要影响。纤维长有利于纤维相互缠结,使纤维与纤维之间的抱合点增多,所以随着纤维长度的增加,土工布的强度也相应地增大。但纤维长度的选择要受梳理和成网加工条件的限制,因为纤维太长会影响梳理性能,不能发挥设备应有的效能,会造成机器缠辊停车,且在针刺过程中会造成大量的纤维被刺断或断针,从而使产品强力下降,反而降低土工布的品质。因此纤维长度的选择,除考虑土工布强度的要求外,还应考虑所采用的具体成网工艺的要求。一般应选用长度为50mm~70mm的纤维为佳。

4. 纤维线密度

纤维的线密度对土工布的强力、通透性、孔径、厚度等多项性能都有影响。一般地说,在相同定量纤网条件下,所用纤维越细,土工布的强度越高。因为采用细纤维,在相同定量的纤网中纤维根数增加,这就有利于纤维之间的缠结。同样,采用细纤维,最终产品的孔隙小,通透性也就差。反之,纤维越粗,土工布的孔径越大,渗透系数就会增高。因此,在土工布生产中,往往需要根据对其透水性、有效孔径等性能的要求,合理选择不同线密度的纤维,并进行合理搭配,以满足产品要求。一般要选用线密度在6.6dtex以上的纤维。

5. 其他性能

因为土工布的工作环境恶劣,所以要求土工布具有良好的机械性能。而在很多情况下,土工布是泡在水中或铺于湿度很大的土中,所以必须具有良好的抗水解性能和湿态机械性能;又由于水和土质很不相同,有的呈碱性,有的呈酸性,有的含盐分多,有的含多种元素,因此必须具有化学稳定性。土工布具有的过滤和排水功能都需要透水,因此还必须具有良好的透水性。

同时由于有的土工布要暴露于日光下,因此要求具有相应的耐紫外线性能;土工布要适应与沥青等材料接触时的温度,因此要求熔点较高。

因此,纤维原料的良好的物理机械性能、透水性、耐热性、耐化学及生物腐蚀性和耐紫外线辐射等性能决定了最终土工布的这些性能。表2-1列出了涤纶、丙纶和锦纶性能的比较。

表 2-1 涤纶与丙纶、锦纶性能比较

指标项目		涤纶	丙纶	锦纶
断裂强度 /(g/d)	干	4.7~6.5	4.5~7.5	4.5~4.5
	湿	4.7~6.5	4.5~7.5	3.7~6.4
伸长率/(%)		20~50	30~60	25~63
吸湿率(20℃,相对湿度为65%)/(%)		0.4~0.5	0	3.5~5.0
湿强/干强/(%)		100	100	82~85
软化点/℃		238~240	140~150	180
熔点/℃		255~260	165~173	215~220
耐日光性		良好	不好	不好
耐磨性		良好	较好	最好
抗虫蛀及耐腐蚀性		良好	良好	良好

由表 2—1 可知,锦纶纤维虽具有优良的耐磨性,但遇水后强度下降;丙纶纤维的耐日光性能差,其他特性良好,只要不是过分暴露在阳光(紫外线)下,一般强度损失较小;涤纶的各项指标均符合要求,而且有一定的伸长率,因此是土工布较理想的纤维材料。由于土工布在使用时,一般都是与土体结合并埋置于地下,较少受到紫外线照射,因此如果不是长期暴露在日光下或有特殊要求,丙纶也是土工布的较好纤维原料。如果考虑成本,再生涤纶是加工土工布常用的纤维原料。

表 2—2 列出了几种不同用途土工布的纤维选用情况。

表 2—2 几种不同用途土工布的纤维选用

土工布用途	功 能	产品规格/(g/m ²)	纤维及其线密度/dtex
地下排水	过滤排水	470	5.5~11 丙、涤短纤维或纺粘长丝
筑堤	过滤排水	450	11~16.5 丙纶纺粘长丝
护岸	过滤排水	470	3.5~5.5 丙纶短纤维或纺粘长丝
护岸	加固	800	11~18.7 丙纶纺粘长丝
道路中型	分隔与加固	300	5.5~7.7 丙、涤短纤维或纺粘长丝
道路重型	分隔与加固	400	11~16.5 丙、涤纺粘长丝
铁路路轨	分隔与加固	450	11~16.5 丙、涤纺粘长丝
铁路路基	排水	270	3.5~5.5 丙、涤短纤维或纺粘长丝

第二节 短纤维针刺非织造土工布的加工

非织造土工布的出现比织造土工布晚,但由于其加工技术的生产工艺流程短、生产效率高,产品具有较大的延伸率,能适应较大的变形,可以根据需要制成适当大小的孔隙,并在水平与垂直方向均具有较好的渗透力等特点,因此非织造土工布的发展速度很快,产品品种不断更新,应用越来越广泛,已成为土工布的主要组成部分,占到土工布消费量的 50% 以上。现已广泛应用于解决路基沉陷及翻浆冒泥的工程中,用做土石坝的排水系统、地下排水管道、软弱地基加固,各种堤岸的护岸垫肩等工程的滤层。此外,还可用于土工加筋材料,使软基加固或修筑轻型挡土墙,同时还能降低路堤下的孔隙水压。

非织造土工布在制造工艺原理上不同于传统的纺织品加工,它的制造工艺可分成纤维准备、成网、固网、后整理、卷装等过程。目前广泛应用于生产土工布的方法主要有两种,即短纤维针刺法和纺粘结。

短纤维针刺土工布是目前应用最广泛的非织造土工布之一,在我国所占的比例较大。采用的原料以涤纶为主,其次是丙纶和维纶,克重为 100g/m²~800g/m²。它主要是将短纤维原料经过开松、混合、梳理、铺网和针刺等工序加工完成的。针刺形成的缠结强度足以满足铺放时的抗张应力,不会造成撕破、顶破。由于它的厚度较大、结构蓬松,且纤维通道呈三维结构,过滤效率高,排水性能好。它的渗透系数为 1×10⁻¹cm/s~1×10⁻²cm/s,与沙粒滤料的渗透系数相当,但铺放起来更方便,价格也不贵,因此用做反滤和排水最为合适。同时短纤维针刺土工布还具有一定的增强和隔离功能,也可以和其他土工合成材料复合,具有防护等多种功能。其生产工艺为:

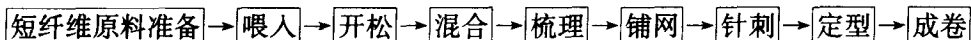


图 2-1 示意了短纤维针刺土工布的生产流程,它由开松机、混棉机、梳理机、交叉铺网机以及多道针刺机组成。

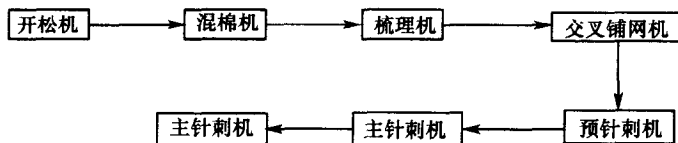


图 2-1 短纤维针刺土工布的生产流程

短纤维针刺土工布的生产线投资少、灵活性强,且产品适用面广、生产工艺过程简单、产品的均匀度易于保证。最终产品的最大幅宽取决于针刺线的幅宽。目前国内生产的土工布针刺机幅宽有 4.4m、6.6m,最大可达 8.8m,而国外已可达 12m 或更宽。土工布的幅宽越大,越有利于减少工程中的搭头,保证工程质量,加快工程进度,因此土工布的生产有向宽幅、高速方向发展的趋势。为了提高生产速度,特别是充分发挥针刺机的生产能力,也常选用图 2-2 所示的机台配置。这种配置适合生产克重为 $400\text{g}/\text{m}^2 \sim 800\text{g}/\text{m}^2$ 或更大的厚型土工布。

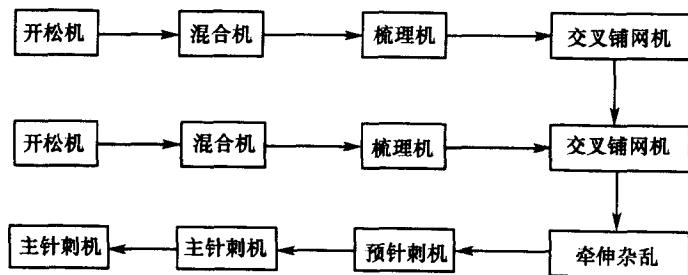


图 2-2 厚型针刺土工布的生产流程

下面简要介绍各工序的主要任务和所用设备及其对产品品质的影响。

一、开松和混合

像传统的纺织工艺一样,非织造土工布生产的第一步是纤维准备。纤维在成网之前必须经过开松、除杂、混合、加油润滑以及喷洒防静电剂等。开松和混合也就是梳理前的准备工序,它是将开包后的纤维喂入到开松机,利用撕扯和打击作用,使纤维变得蓬松,分解纤维成小的团块,以便于进一步的梳理加工。图 2-3 就是纤维的开松过程。

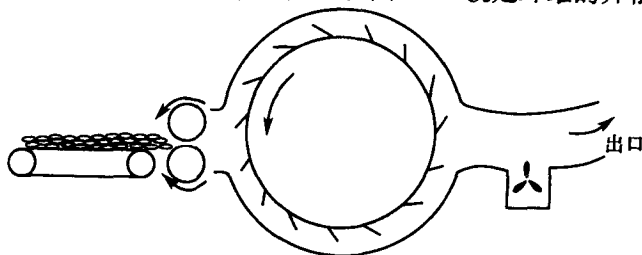


图 2-3 纤维的开松过程

这是一种干法非织造土工布专用开松机,喂入帘上的纤维经压辊压紧后由一对喂入罗拉握持喂入,经高速回转的滚筒上的角钉不断地对纤维进行撕扯和打击,使纤维块逐渐变小,从而达到蓬松的目的。开松后的纤维由气流吹送出机,通过管道直接喂入下一道工序。

另外毛纺厂用的 B261 型、BC261 型毛型开松机和棉纺厂用的 FA106 型、FA106A 型“豪猪”式开棉机及多辊开松机等都可用于非织造纤维原料的开松,尤其是“豪猪”式开棉机,在开松的同时也兼有混合与除杂的作用。

开松后的纤维为了便于梳理和成网时消除静电,常常要喷洒一定量的抗静电剂,一般加入 3%~5%。然后存放一定的时间,这个过程称为闷毛,其目的是为了使纤维进行梳理时达到均匀的回潮率。

纤维开松的好坏,直接影响到梳理成网后纤网的均匀度。开松得越好,越有利于梳理,并能提高纤网的均匀度。但过度的开松作用,会损伤纤维,从而使纤维平均长度变短。

混合作用的目的是将不同种类、批号、规格的纤维充分混合均匀,保证产品性能的均一稳定。在土工布生产中,经常需要根据产品要求,选用不同规格或种类的纤维,例如将粗、细不同的两种纤维按一定比例混合,以便使最终产品的有效孔径达到某一范围。

虽然有时开松和混合在同一机台实现,不仅如此,在梳理铺网过程中也伴随有混合和开松作用,但开松机在开松纤维的过程中兼有的混合作用效果并不大。为了达到色泽均匀或几种原料的均匀混合,一般开松后再进行混合,从而达到梳理的要求及最终产品的品质指标。

混合机械也有两种形式:箱混和仓混。

箱混是利用气流将纤维原料沿管道进入 6 个立式混棉箱中,经混棉箱中气流和机械的压缩作用,再经 90°转向形成水平的纤维层。这样 6 个纤维层因在混棉箱内到达斜帘的路径不同,从而实现将不同时间喂入的纤维进行混合的目的。

仓混是利用储存仓进行间断铺层混合。它是将各种需要混合的纤维原料依次开松后,由管道送到毛仓中间的 S 形喷头中喷出,S 形喷头可由电机带动转动,或由气流和纤维形成的反冲力的作用转动,转动时将纤维原料一层一层铺于仓中。铺完后打开毛仓,由人工将纤维原料由上向下截取送入毛仓地板上的地道孔中,然后再用风机将纤维原料由地道孔中吸出,或送入开松机再开松混合,或送入梳理机梳理铺网。

二、梳理

梳理是利用包覆针布的滚筒对纤维进行细致分梳,使纤维成单根状,形成均匀纤维网的过程。最早都是采用传统设计的棉纺用梳理机或毛纺用梳理机,现已在此基础上开发出许多型号的非织造布专用梳理机。但梳理的基本原理是相同的,图 2-4 是梳理机的组成。

梳理机主要由 3 部分组成:喂入部分、梳理部分、输出部分。

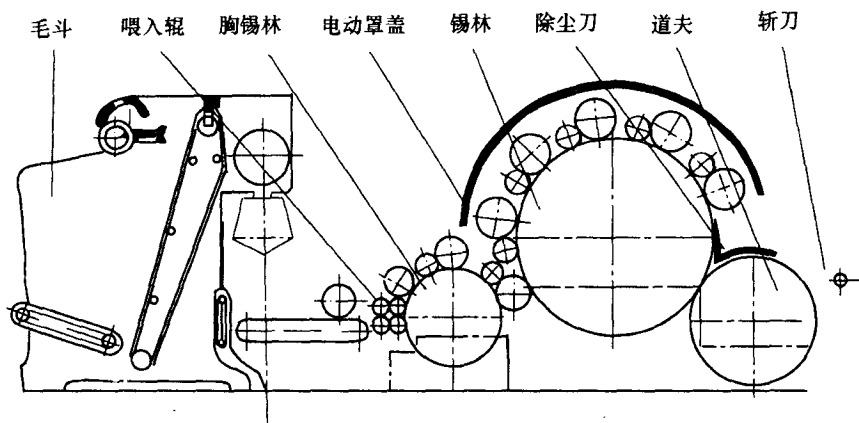


图 2-4 梳理机的组成

喂入部分：主要作用是将开松混合后的纤维按照一定量均匀稳定地喂入到梳理机内。喂入是否均匀直接影响梳理后形成的纤网的均匀度，而定量喂入是保证梳理机下机的纤网质量一定且均匀的重要前提。目前，在控制喂入量及其均匀性方面，主要有两类喂入方式。

一类喂入方式是容积式喂入机构。这种机构主要是通过控制喂入纤维层的厚度和松紧度，使单位时间内的喂入量保持恒定和均匀。控制方法有机械式、光电式和微型计算机控制等。可以连续喂入，使梳理机喂入的纤维原料稳定，从而保证输出的纤网品质，这也是目前非织造梳理中采用较多的一种喂入机构。

另一类喂入方式是定重式喂入机构。采用一称重斗，控制喂入的纤维质量，将等重的纤维一斗一斗喂入到喂毛帘上，形成纤维层喂入到梳理机内。这种方式可以有效控制长片段的不均匀，但对短片段不均匀的改变不大。现在也有采用连续称量纤维层质量的微型计算机控制的定重喂入机构，对减小长片段和短片段不均匀都有良好的作用效果。非织造布生产速度高，纤维在梳理机内滞留的时间短，这意味着梳理机消除不均匀的能力下降。因此，保证喂入尽可能均匀是提高纤网均匀度的关键。

目前较先进的梳理机都装有一闭环自调匀系统，可根据输出纤网的定量与设定值之间的偏差，及时调节喂入量，保证纤网的定量在设定值范围之内。

梳理部分：目前用于非织造土工布工业的梳理机主要有 3 大类，即罗拉式梳理机（毛纺用的梳毛机）、盖板式梳理机（棉纺用的梳棉机）及非织造布专用梳理机（大部分为罗拉式）。但由于土工布使用的纤维原料长度一般大于 50mm，因此大多采用罗拉式梳理机。这种梳理机由包缠针布的大锡林、工作辊、剥毛辊 3 者组成一个对纤维进行连续的、反复梳理的作用区，称做梳理环。多个梳理环对纤维进行分梳和混合，最后由输出部件将梳理好的纤维转移输出。

梳理环对纤维的连续分梳、转移是依靠 3 个针面之间不同的针向配置、回转速度和方向配置来实现的。图 2-5 是梳理机的梳理原理示意图。

其中锡林和工作辊之间针向的配置称为平行配置（在工作区内，两针面上针的指向是相互平行的），其速度大小及回转方向如图 2-5 所示。这种情况下，两针面间产生的是分