

SHUILI

GONGCHENG SHIGONG YU
ZHILIANG KONGZHI JIANXI

水利工程施工与 质量控制简析

主编 侯鸿飞



黄河水利出版社

水利工程施工与质量控制简析

主 编 侯鸿飞
副主编 王虎军 郭 敬 付春友
主 审 龙振球

黄河水利出版社

· 郑州 ·

图书在版编目(CIP)数据

水利工程施工与质量控制简析/侯鸿飞主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 80734 - 706 - 4

I. 水… II. 侯… III. ①水利工程 - 工程施工 ②水利工程 - 工程质量 - 质量控制 IV. TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148366 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.75

字数:318 千字

印数:1—1 000

版次:2009 年 8 月第 1 版

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

目 录

第一章 土工合成材料在水利工程中的施工	(1)
第一节 土工合成材料综述	(1)
第二节 土工合成材料的性能指标及防护保养	(9)
第三节 土工织物的反滤、排水与隔离功能	(14)
第四节 土工膜的防渗功能	(21)
第五节 土工合成材料的加筋功能	(36)
第六节 土工合成材料的防护功能	(40)
第二章 新型防水材料在水利工程中的施工	(51)
第一节 改性沥青防水卷材	(51)
第二节 合成高分子防水卷材	(57)
第三节 新型防水涂料	(62)
第四节 密封胶	(67)
第五节 新型防水材料应用的工程设计	(71)
第六节 新型防水材料应用的工程施工	(76)
第三章 振冲法基础加固加密施工	(84)
第一节 概 述	(84)
第二节 振冲法加固坝体及坝基的作用机理	(88)
第三节 振冲加固法的适用范围	(93)
第四节 施工技术管理	(95)
第五节 施工质量的检验与验收	(101)
第四章 引水闸工程施工	(104)
第一节 工程概况	(104)
第二节 施工准备	(105)
第三节 围堰施工方案	(106)
第四节 引水闸桩基施工	(107)
第五节 引水闸混凝土施工	(108)
第六节 砌石、复合土工膜及砂垫层施工	(110)
第七节 金属构件安装	(111)
第八节 土方回填	(111)
第九节 质量、工期保证措施	(111)
第十节 安全及环境保护措施	(112)

第十一节 后勤保障措施	(113)
第五章 土石方开挖工程	(114)
第一节 水工建筑物岩石基础开挖工程的质量控制	(114)
第二节 水工建筑物地下开挖工程的质量控制	(118)
第三节 疏浚工程的质量控制	(129)
第六章 水工混凝土工程	(132)
第一节 对原材料的质量控制	(132)
第二节 配合比选定的质量要求	(136)
第三节 混凝土拌和的质量控制要点	(137)
第四节 混凝土运输的质量控制	(138)
第五节 混凝土浇筑的质量控制	(140)
第六节 混凝土养护的质量控制	(142)
第七节 特殊气候条件下混凝土施工的质量控制	(142)
第七章 灌浆工程	(148)
第一节 岩石基础灌浆	(148)
第二节 水工隧洞灌浆	(152)
第三节 混凝土坝接缝灌浆	(155)
第八章 土石坝工程	(159)
第一节 碾压式土石坝	(159)
第二节 土石坝碾压式沥青混凝土防渗墙	(163)
第三节 浆砌石坝	(172)
第四节 水利水电工程混凝土防渗墙的质量控制	(180)
第九章 碾压混凝土工程	(185)
第一节 施工质检与质量管理	(185)
第二节 碾压混凝土坝各项工序的质量控制要求	(189)
第三节 全面质量管理	(208)
第四节 施工安全管理	(213)
参考文献	(216)

第一章 土工合成材料在水利工程中的施工

第一节 土工合成材料综述

一、概述

土工合成材料是指以人工合成的聚合物为原料制成的各种类型的产品,是岩土工程中应用的合成材料的总称。目前,主要包括土工织物、土工膜、土工复合材料和土工特种材料等。

千百年来,在水利工程中,人们广泛采用的材料主要是木、竹、土、石等天然材料以及一些金属材料,但它们都有一些固有的缺陷,例如性能单一、质量大、寿命不长、价格昂贵等,故不能全面满足工程的特定需要。同时天然材料毕竟数量有限,而且不少天然植物材料若过分利用还会影响自然界的生态平衡,破坏人们赖以生存的环境。随着近代化学工业的迅速发展,品种繁多的人工合成材料陆续问世。它们具有多种能满足工程需要的性能,可制成各种符合实用目的的产品,而且由于其质量轻、施工简易、运输方便、价格低廉、料源丰富等优点,为土木工程提供了一种崭新的、较为理想的材料,并由此而带来一种实施简便和经济有效的技术途径。

鉴于这种人工合成材料的强大生命力,近三四十年来在全世界范围内得到迅速的发展和广泛的使用。据不完全统计,它们已在数十万项工程中得到成功的应用,取得了良好的经济、社会效益和环境效益;在一些抗御自然灾害的斗争中,更显出其快捷、有效、简便的特点。因此,这一项新材料和新技术被人们誉为 20 世纪土木工程中的一项技术革命。当前,国际上已习惯地将木材、水泥、钢材和土工合成材料并列称为“四种工程材料”。

土工合成材料因主要用于岩土工程,故冠以“土工”两字,称为土工合成材料,以区别于天然材料。

土工合成材料的原材料是高分子聚合物。它们是由煤、石油、天然气或石灰石中提炼出来的化学物质制成,再进一步加工成纤维或合成材料,最后制成各种产品。制造土工合成材料的聚合物主要有聚乙烯(PE)、聚酰胺(PA)、聚酯(PER)、聚丙烯(PP)和聚氯乙烯(PVC)等。

聚乙烯是在 1931 年前后,首先由英国 ICI 公司研制成功的,1939 年成为商品在市场上出售,它是聚合物中分子结构最简单的一种,可分为低分子量和高分子量两类。聚乙烯的相对体积质量为 0.92,耐酸碱、抗化学剂能力强,吸湿性低,低湿时仍具柔性,电绝缘性极好。在 1950 年前后,又开发出了高密度聚乙烯(HDPE)材料,其相对体积质量、机械强度、熔点和硬度等都比低密度的为优。

聚酰胺约在 1935 年研制成功,俗名为尼龙,吸湿性较高,干燥时有一定绝缘性,机械性能好。

聚酯于 1941 年前后问世,它包括聚酯树脂、聚酯纤维和聚酯橡胶等。

聚丙烯于 1954 年研制出来,1957 年成为商品出售。它的相对体积质量为 0.90 ~ 0.91,耐温范围为 30 ~ 140 ℃,耐化学剂性能较好、惰性强、价格低廉,是目前应用最多的原材料之一。

此外,常用的原材料还有聚氯乙烯,它的相对体积质量为 1.4,具有极好的化学稳定性,不燃烧,可用于制造透明薄膜、管道、板材等。

二、土工合成材料发展史

土工合成材料的最早应用可追溯到 20 世纪二三十年代。1926 年美国公路部门曾采用过在棉布上洒沥青而制成的材料,其形式类似于土工膜。其后,人们曾采用聚氯乙烯土工膜作为游泳池的防渗材料。20 世纪 50 年代初,美国垦务局采用 PVC 土工膜作防渗衬砌。苏联以聚乙烯膜进行渠道防渗也有较长历史。

以近代人工聚合物为原料的土工织物最早应用实例是 20 世纪 50 年代初的荷兰三角洲工程。据估计,该工程土工织物用量超过了 1 000 万 m²,大大促进了土工合成材料的工程应用。

20 世纪 60 年代,美国逐渐扩展到采用土工织物修建护坡下的垫层和反滤层以及护岸等,并将土工织物铺在沥青路面中以防止路面反射裂缝。土工网于 1968 年在日本开始应用,主要用在填土坡,帮助坡缘填土压实,以增大其强度和稳定性。与此同时,土工网也被用在软基上筑堤,以后又发展为在堤底全面铺设。

非织造土工合成材料技术于 1967 年在美国、法国、英国开始应用,它是一种较厚的聚酯非织造土工织物,作为大坝上游抛石护坡下的反滤层,或作为基土与其上覆盖的粗粒料之间的隔离层。非织造织物的出现为土工织物的应用开辟了较为广阔的天地。

20 世纪 80 年代后出现了排水带、路堤下用非织造织物做加筋,以及土工织物加筋挡土墙等应用实例。我国应用土工合成材料开始较晚,但发展速度快。目前,几乎在各种类型的岩土工程和大量的水利工程及堤防工程中都得到应用。1974 年江苏省江都市嘶马镇用织造型土工织物制成的软体排,结合混凝土块压重,进行长江护岸。稍后江都西闸和湖北省长江堤防也都采用了软体排。非织造土工织物用做反滤料的工程实例更多,其中云南省麦子河水库用得最早。20 世纪 80 年代中期,非织造土工织物在尾矿坝和灰堤等工程中得到应用。塑料排水带早在 20 世纪 80 年代初在天津新港用于加固软基,目前排水带在高速公路工程和机场工程中已应用得十分广泛。加筋挡土墙已修建不少,辽宁省石佛寺水库工程就采用了这一技术。近年来,我国已能生产土工格栅,其工程需求量很大,大大促进了该项技术的快速发展。聚苯乙烯(PS)板块在我国寒冷地区早已用于工程防冻。近年来土工格室、植被土工网垫等新技术也已开始应用。

20 世纪 90 年代以来,在我国各领域大量使用了土工合成材料。据粗略统计,应用土工织物滤层应用技术的工程超过 10 000 个;应用加筋垫层技术的超过 1 000 个,使用加筋技术修建的高大挡土墙和码头岸壁超过 100 个,仅重庆市的加筋岸壁的长度已超过 20 km;土工织物软体排已应用于所有的航道整治工程;模袋混凝土技术仅在苏南运河已有

30 年的应用历程,近几年也在海湾工程中得到大规模的使用;长江堤防工程和许多堆石坝已大量使用土工膜防渗墙;高速公路广泛采用土工织物综合治理路基和路面病害,均取得了显著的技术经济效益。

三、土工合成材料种类

我国《土工合成材料应用技术规范》(GB 50290—98)将土工合成材料分为以下四大类:土工织物、土工膜、土工复合材料和土工特种材料,它们又各分为数种。

(一) 土工织物 (geotextile)

土工织物是一种透水性材料,按制造方法不同可分为两类。

1. 织造 (机织) 型土工织物 (woven geotextile)

这类产品又称有纺土工织物,是最早的土工织物产品。机织是一种传统的制造工艺,它是利用梭织机或无梭织机将两组平行的纱线交叉而制成的土工织物。它的制造分两道工序:先将聚合物原料加工成丝或纱或带,再借织机制成平面结构的布状产品。织造时常包括相互垂直的两组平行丝,如图 1-1 所示。这种织物看来简单,却有着不同的丝种和不同的织法。

丝种包括单丝、多丝及二者的混合。单丝是单根丝,典型直径约为 0.5 mm,它是将聚合物热熔后从模具中挤压出来的连续长丝。在挤出同时或刚挤出后将丝拉伸,使其中的分子定向,以提高丝的强度。多丝是由若干根单丝组成的,在制造高强土工织物时常采用多丝。多丝也有用切割成的短丝 (一般长 100 mm) 搓拧而成的。

早期的土工织物由单丝织成,后来发展为采用扁丝。扁丝是由聚合物薄片经利刀切成的薄条,厚度比单丝薄得多,且在切片前后都要牵引拉伸以提高强度。扁丝宽度约为 3 mm,是自身厚度的 1~20 倍。目前,大多数纺织土工织物是由扁丝织成的,也有圆丝和扁丝结合织成的织物 (见图 1-2)。

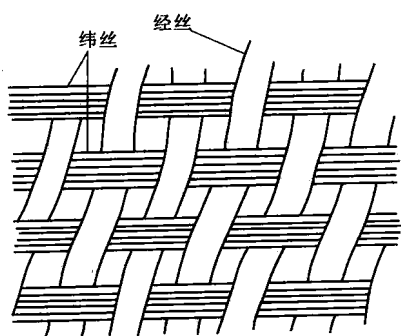


图 1-1 土工织物的经纬丝

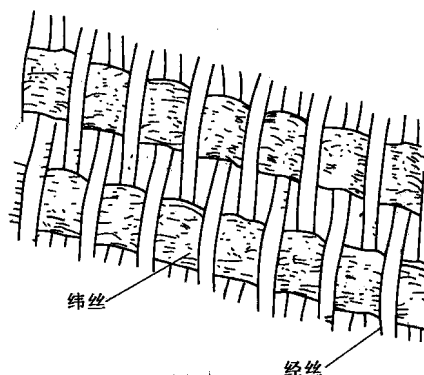


图 1-2 圆丝和扁丝织成的织物

有一种特殊的扁丝叫裂膜丝,它是将一根扁丝剖成许多根连在一起的细丝。由裂膜丝织成的织物较为密实、柔软而渗透性小。多丝和裂膜丝结合织成的编织物厚度可达 1~2 mm,比扁丝织成的要厚。

织造型土工织物有三种基本织造形式:平纹、斜纹和缎纹。平纹织法是一种最简单、

应用最多的织法,其形式是经、纬丝一上一下。斜纹织法则是经丝跳越几根纬丝,最简单的形式是经丝二上一下。缎纹织法是经丝和纬丝长距离跳越,例如经丝五上一下,这种织法适用于衣料类产品。

2. 非织造型土工织物 (non-woven geotextile)

这类产品又称无纺土工织物。根据黏合方式的不同,非织造型土工织物分为热黏合、化学黏合、机械黏合等三种。

热黏合非织造型土工织物的制造是将纤维在传送带上成网,让其通过两个反向转动的热辊之间热压,纤维网达到一定温度后,部分纤维软化熔融,互相黏连,冷却后固化。该法主要用于生产薄型土工织物,厚度一般为 0.5 ~ 1.0 mm,由于纤维是随机分布的,织物中形成无数大小不一的开孔,又因为无经纬丝之分,故其强度的各向异性不明显。

化学黏合非织造型土工织物是通过不同工艺,将黏合剂均匀地施加到纤维网中,待黏合剂固化,纤维之间便互相黏连,使纤维网得以加固,厚度可达 3 mm。常用的黏合剂有聚酯、聚酯乙烯等,也可以在施加黏合剂前加以滚压,得到较薄的和孔径较小的产品,这类产品在工程中的应用较少。

机械黏合非织造型土工织物是以不同的机械工具将纤维网加固,应用最广的是针刺法和水刺法。针刺法利用装在针刺机底板上的许多截面为三角形或棱形且侧面有钩刺的针,由机器带动,作上下往复运动,让纤维网内的纤维互相缠结,从而织网得以加固。产品厚度一般在 1 mm 以上,孔隙率高,渗透性大,反滤排水性能均佳,在水利工程中应用很广。水刺法利用高压喷射入纤维网,使纤维互相缠结加固。其产品较为柔软,主要用做卫生用品,工程中尚未应用。

(二) 土工膜 (geomembrane)

土工膜是一种基本不透水的材料。根据原材料不同可分为聚合物和沥青两大类。为满足不同强度和变形需要,又有不加筋和加筋的区分。聚合物膜在工厂制造,沥青膜则大多在现场制造。制造土工膜的聚合物有热塑塑料(如聚氯乙烯)、结晶热塑塑料(如高密度聚乙烯)、热塑弹性体(如氯化聚乙烯)和橡胶(如氯丁橡胶)等。

工厂制造土工膜的方法主要有挤出、压延或加涂料等。挤出是将熔化的聚合物通过模具制成土工膜,厚 0.25 ~ 4 mm。压延则是将热塑性聚合物通过热辊压成土工膜,厚 0.25 ~ 2 mm。加涂料是将聚合物均匀地涂在纸片上,待冷却后将聚合物揭下来而成土工膜。

现场制造土工膜是在地面喷涂或敷一层冷、热的黏滞聚合物而成。沥青土工膜用的是沥青聚合物或合成橡胶。

制造土工膜时还需要掺入一定量的添加剂,使在不改变材料基本特性的情况下,改善其某些性能和降低成本。例如,掺入碳黑可以提高抗日光紫外线能力,延缓老化;掺入铅盐、钡、钙等衍生物以提高材料的抗热、抗光照稳定性;掺入滑石等润滑剂以改善材料可操作性;掺入杀菌剂可防止细菌破坏等。对于沥青类土工膜,其主要的掺入材料是一些填料或纤维。填料为细矿粉,它能增加膜的强度且降低其成本,加入纤维也是为提高膜的强度。

(三) 土工复合材料 (geocomposite)

土工复合材料是两种或两种以上的土工合成材料组合在一起的制品。这类制品将各组合料的特性相结合,以满足工程的特定需要。不同的工程有不同的综合功能要

求,故土工复合材料的品种繁多。可以说,土工复合材料是当前和今后一段时期发展的方向。

1. 复合土工膜 (composite geomembrane)

复合土工膜是将土工膜和土工织物(包括织造型和非织造型)复合在一起的产品。应用较多的是非织造型针刺土工织物,其单位面积质量一般为 $200 \sim 600 \text{ g/m}^2$ 。复合土工膜在工厂制造时可以有两种方法:一是将织物和膜共同压成;二是在织物上涂抹聚合物以形成二层(俗称一布一膜)、三层(二布一膜)、五层(三布二膜)的复合土工膜。

复合土工膜有许多优点,例如,以织造型土工织物复合,可以对土工膜加筋,保护膜不受运输或施工期间的外力损坏;以非织造型织土工物复合,不仅对膜提供加筋和保护,还可起到排水、排气的作用,同时提高膜面的摩擦系数,在水利工程和交通隧洞工程中有广泛的应用。

2. 塑料排水带 (prefabricated strip drain)

塑料排水带是由不同截面形状的连接塑料心板,外面包裹非织造型土工织物(滤膜)而成。心板截面有多种形式,常见的有城垛式、口琴式和乳头式等(见图 1-3)。心板起骨架作用,截面形成的纵向沟槽供通水之用,而滤膜多为涤纶无纺布,作用是滤土、透水。塑料排水带的宽度一般为 100 mm ,厚度 $3.5 \sim 4 \text{ mm}$,重约 0.125 kg/m 。目前,我国排水带的宽度最大达 230 mm ,国外已有 2 m 以上的宽带产品。

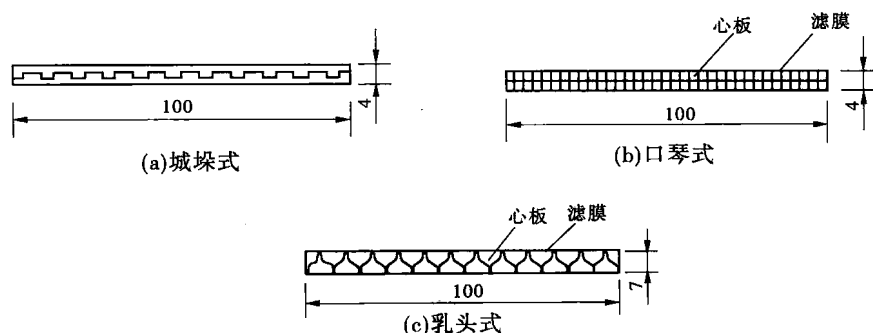


图 1-3 塑料排水带断面图 (单位:mm)

塑料排水带的施工是利用插带机将其埋设在土层中的预定位置。塑料带前端与锚靴相连,用插带机导杆顶住锚靴,插入土层中,达到预定深度后拔出导杆,但排水带仍留在预定位置,在高出地面一定高度(0.5 mm 左右)时剪断排水带。施工时可用静荷或动荷送杆,静荷送杆对土层扰动小,较为常用。我国插带机的插入深度可达 25 m ,入土速率可达 6 m/min 。排水带的平面分布间距可借理论计算确定,一般为 $1 \sim 2 \text{ m}$ 。排水带插入软基后,为排除土中的多余水量提供了捷径,多余水量可水平向通过排水带的滤膜进入心板沟槽,再向上由地表的透水料垫层排走。排水带在公路、码头、水闸等软基加固工程中应用广泛,以加速软土固结。

3. 软式排水管

软式排水管又称渗水软管,是由高强钢丝圈作为支撑体,以及具有反滤、透水及保护作用的管壁包裹材料两部分构成的(见图 1-4)。高强钢丝由钢线经磷酸防锈处理,外包

一层 PVC 材料,使其与空气及水隔绝,避免氧化生锈。包裹材料有三层:内层为透水层,由高强特多龙纱或尼龙纱作为经纱,特殊材料由纬纱制成;中层为非织造型土工织物过滤层;外层为与内层材料相同的被覆层。为确保软式排水管的复合整体性,支撑体和管壁外裹材料之间,以及外裹各层之间都采用了强力黏结剂黏合牢固。目前,市场出售的管径分别为 50.1 mm、80.4 mm 和 98.3 mm,相应的通水量(坡降 $i = 1/250$)分别为 $45.7 \text{ cm}^3/\text{s}$ 、 $162.7 \text{ cm}^3/\text{s}$ 和 $311.4 \text{ cm}^3/\text{s}$ 。

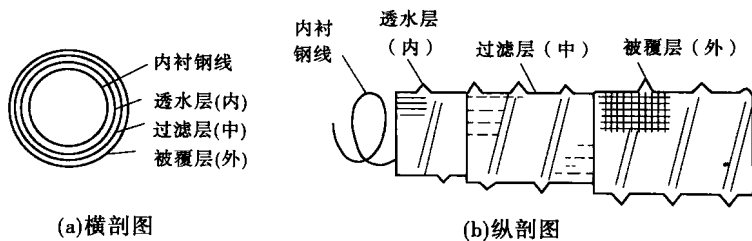


图 1-4 软式排水管构造示意图

软式排水管兼有硬水管的耐压与耐久性能,又有软水管的柔性和轻便特点,过滤性强、排水性好,可用于各种排水工程中。

4. 其他复合排水材料

现在已生产出各种形式心材和外包滤膜的复合排水材料。心材有平板上设立管柱的,有做成各种奶头形的,有土工网的,还有用塑料丝缠成网状体的等(见图 1-5),它们均具有较强的排水能力,可按工程需要选用。

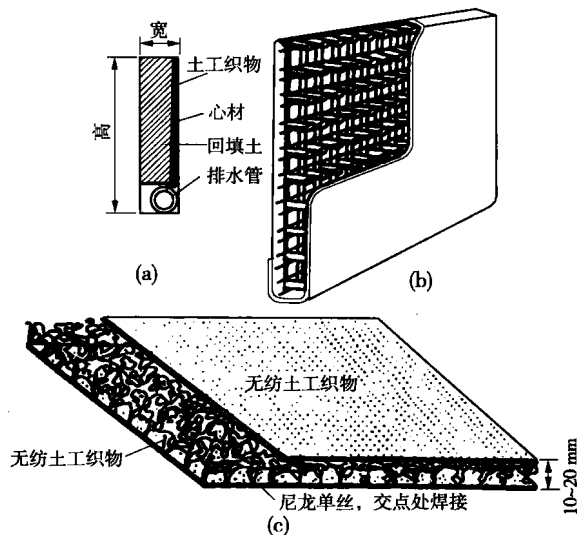


图 1-5 复合排水材料

(四) 土工特种材料

土木特种材料是为工程特定需要而生产的产品,品种多,现选择介绍几种主要产品。

1. 土工格栅 (geogrid)

土工格栅是在聚丙烯或高密度聚乙烯板材上先冲孔,然后进行拉伸而成的带长方形

或正方形孔的板材(见图 1-6)。加热拉伸是让材料中的高分子定向排列,以获得较高的抗拉强度和较低的延伸率。按拉伸方向不同,格栅分为单向拉伸(孔近矩形)和双向拉伸(孔近方形)两种。前者在拉伸方向上有较高的强度。

土工格栅因其高强度和低延伸率而成为加筋的好材料,例如,英国奈特龙公司生产的产品纵、横向抗拉强度分别为 80 kN/m、13 kN/m,延伸率分别为 9%、15% (常温下)。土工格栅埋在土内,与周围土之间不仅有摩擦作用,而且由于土石料嵌入其开孔中,还有较高的咬合力,它与土的摩擦系数可以高达 0.8 ~ 1.0。

土工格栅的品种和规格很多,目前开发的新品种有用加筋带纵横相连而成的(见图 1-7),也有用高强合成材料丝纵横连接而成的,等等。

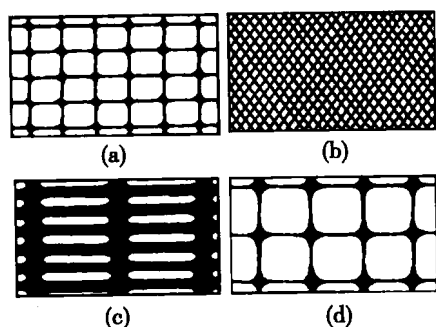


图 1-6 土工格栅

2. 土工网 (geonet)

土工网是以聚丙烯或聚乙烯为原料,应用热塑挤出法生产的具有较大孔径和较大刚度的平面结构材料(见图 1-8)。因网孔尺寸、形状、厚度和制造方法的不同,其性能有很大差异。一般而言,土工网的抗拉强度仅为 2 ~ 8 kN/m,延伸率一般达到 2% 以上。

这类产品常用于坡面防护、植草、软基加固层,或用于制造复合排水材料。一般来说,它只有在受力水平不高的场合才能用于加筋。

3. 土工模袋 (fabreform)

土工模袋是由上下两层土工织物制成的大面积连续袋状材料,袋内充填混凝土或水泥砂浆,凝固后形成整体混凝土板,可用做护坡。这种袋体代替了混凝土的浇筑模板,故而得名。模袋上下两层之间用一定长度的尼龙绳来保持间隔,可以控制填充的厚度。浇筑在现场用高压泵进行。混凝土或砂浆注入模袋后,多余水量可从织物孔隙中排走,故而降低了水分,加快了凝固速度,使强度增高。

按加工工艺的不同,可将模袋分为两类,即机织模袋和简易模袋。前者是由工厂生产的定型产品,而后者是用手工缝制而成的。机织模袋按其有无排水点和充填后成型的形

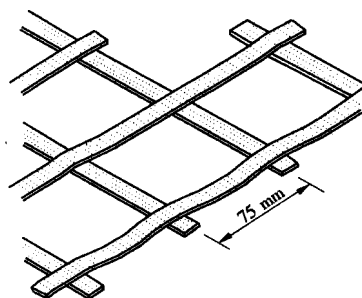


图 1-7 用加筋带焊成的土工格栅

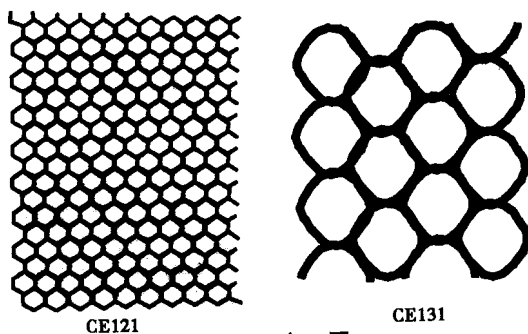


图 1-8 土工网

状分成许多种,我国现行的机织模袋有下列五种(见图 1-9)。

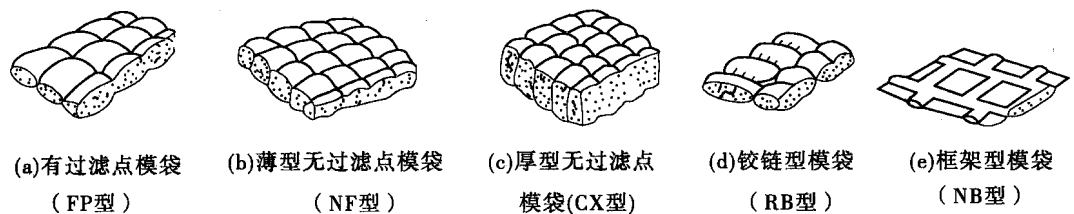


图 1-9 土工模袋

1) 有过滤点模袋(FP 型)

过滤点将上下两片织物连在一起,滤点处不让浆液进入,它所形成的透水通道可供排除土坡渗水、消除孔隙水压力。

2) 薄型无过滤点模袋(NF 型)

这类模袋只有接缝排水,充填料用砂浆,适用于无水位骤降和无防渗要求的护坡。

3) 厚型无过滤点模袋(CX 型)

这类模袋充填细砂混凝土,厚度大,用于重型防护工种,如海湾、码头护岸。

4) 铰链型模袋(RB 型)

这类模袋充填砂浆凝固后,形成许多独立而又以尼龙绳相连的块体,块与块间能自由转动,排水通畅,适用于有较大不均匀沉降和地形变化大的坡面或地基防冲。

5) 框架型模袋(NB 型)

这类模袋充填砂浆后形成正方形或长方形格子,格中可种植花草,既可护坡,又可美化环境。

此外,近年来美国 HYDROTES 公司还生产一种称为 AB 型的模袋,其中插有钢筋,为铰链式,强度高,适用于岸坡防护。

4. 土工格室(geocell)

土工格室是由强化的高密度聚乙烯宽带,每隔一定间距以强力焊接而形成的网状格室结构。典型的条带厚 1.2 mm、宽 100 mm,每隔 300 mm 进行焊接。土工格室闭合和张开时的形状如图 1-10 所示。格室张开后可填以土料,由于格室对土的侧向位移的限制,

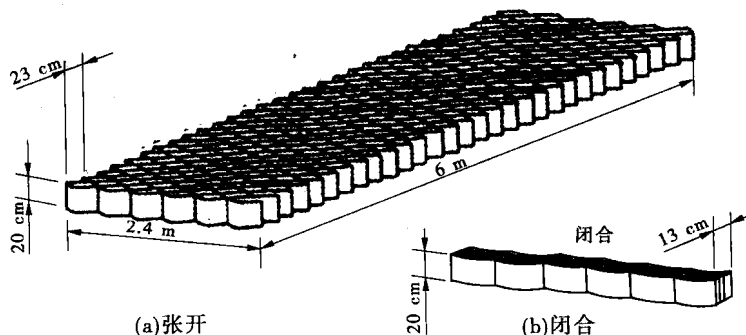


图 1-10 土工格室

可大大提高土体的刚度和强度。它可用于处理软弱地基,增大其承载力,沙漠地带可用于固沙,还可用于护坡等。

5. 土工管(geotex tube)、土工包(geocontainer)

土工管、土工包是用经防老化处理的高强土工织物制成的大型管袋及包裹体,可有效地护岸和用于崩岸抢险,或利用其堆筑堤防,解决疏浚弃土的放置难题。

土工包是将大面积高强度的土工织物摊铺在可开底的空驳船内,充填 $200 \sim 800 \text{ m}^3$ 料物,将织物包裹闭合后运到一定部位,沉至预定位置。在国外,该技术大量用于环保工程。

6. 聚苯乙烯板块(EPS)

聚苯乙烯板块又称泡沫塑料,是以聚苯乙烯聚合物为原料,加入发泡剂制成的。它的主要特点是质量极轻、导热系数低、吸水率小,且有一定抗压强度。其单位体积质量仅 $20.4 \sim 40.8 \text{ kg/m}^3$,为砂和混凝土的 $1/100 \sim 1/50$,属超轻型材料;导热系数为 $0.0348 \sim 0.0441 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$,吸水率仅为 $0.15 \sim 0.2 \text{ g/100 cm}^3$ 。由于其质量轻,可用它代替土料,填筑桥端的引堤,解决桥头跳车问题。其导热系数低,故在寒冷地带可用该材料板块防止结构物冻害,例如,在挡墙背面或闸底板下放置泡沫塑料以防止冻胀等。

7. 土工合成材料黏土垫层(GCL)

土工合成材料黏土垫层是由两层或多层土工织物(或土工膜)中间夹一层膨润土粉末或其他低渗透性材料以针刺缝合或黏结而成的一种复合材料。它与压实黏土垫层相比,具有体积小、质量轻、柔性、密封性良好、抗剪强度较高、施工简便、适应不均匀沉降等优点,可以代替一般的黏土密封层,用于水利或土木工程中的防渗或密封设计。国外大量用于废料坑的底部防渗衬砌和顶部封盖。

第二节 土工合成材料的性能指标及防护保养

一、土工合成材料性能指标的分类

土工合成材料被广泛应用于水利和岩土工程的各个领域。不同的工程对材料有不同的功能要求,并因此而选择不同类型和不同品种的土工合成材料。为使土工合成材料在施工期和运用期能正常工作,必须有合理的设计方法和使用规范以及统一的设计指标,并通过试验验证。土工合成材料的指标一般分为物理性能指标、力学性能指标、水力性能指标、土工织物与土相互作用性能指标及耐久性指标等。

(一) 物理性能指标

1. 单位面积质量

单位面积质量是 1 m^2 土工织物的质量,称为土工织物的基本质量,单位为 g/m^2 。它是土工织物的一个重要指标。对于任何一种系列产品来说,土工织物的单价与单位面积质量大致成正比,其力学强度随质量增大而提高。因此,在选用产品时单位面积质量是必须考虑的技术、经济指标。

2. 厚度

厚度指土工织物在 2 kPa 法向压力下,顶面与底面之间的距离,单位为 mm 。土工织

物厚度随所作用的法向压力而改变,不同类型土工织物的压缩量差别很大,其中针刺非织造型土工织物的压缩量最大。

3. 孔隙率

孔隙率定义为非织造型土工织物所含孔隙体积与总体积之比,以百分数(%)计。该指标不直接测定,由单位面积质量、密度和厚度计算得到。可按式(1-1)计算

$$n_p = 1 - \frac{M}{\rho\delta} \quad (1-1)$$

式中: n_p 为孔隙率(%); M 为单位面积质量, g/m^2 ; ρ 为原材料密度, g/m^3 ; δ 为厚度,mm。

土工织物常用原材料的密度为聚丙烯 $0.91 \text{ g}/\text{m}^3$, 聚乙烯 $0.94 \sim 0.96 \text{ g}/\text{m}^3$, 聚酯 $1.22 \sim 1.38 \text{ g}/\text{m}^3$, 聚酰胺 $1.05 \sim 1.14 \text{ g}/\text{m}^3$, 聚乙烯醇 $1.26 \sim 1.32 \text{ g}/\text{m}^3$, 聚氯乙烯 $1.39 \text{ g}/\text{m}^3$ 。

孔隙率与厚度有关,所以孔隙率也随压力增大而变小。有时织造型土工织物与非织造型土工织物的孔径和渗透系数很接近,但不能认为两者水力性能相似。非织造型土工织物的孔隙率远大于织造型土工织物,因此其具有更好的反滤、排水性能。

(二) 力学性能指标

针对土工织物在设计 and 施工中所受荷载性质不同,其力学强度指标分为下列几种:抗拉强度、握持强度、撕裂强度、胀破强度、CBR 顶破强度、圆球顶破强度、刺破强度等。在前三项试验中,试样为单向受力,其纵、横向强度需分别测定;在后四项试验中,试样为圆形,承受轴对称荷载,纵、横双向同时受力。在上述众多力学指标中最基本的是抗拉强度。

1. 抗拉强度和延伸率

抗拉强度也称为条带法抗拉强度,为单向拉伸。纵、横向抗拉强度表示土工织物中纵、横向单位宽度范围能承受的外部拉力,单位为 kN/m 。对应抗拉强度的应变为土工织物的延伸率,以百分数(%)计。抗拉强度是力学性能中的重要指标。在各种功能的应用中对抗拉强度都有一定的要求。当用于加筋和隔离功能时,抗拉强度虽不是主要指标,但由于铺设过程中会受到扯拉、顶压、撕破等各种施工荷载,运用过程中也可能因建筑物变形而受拉,所以对强度也有一定要求。

2. 握持强度

握持强度是表征土工织物分散集中荷载能力的一种力学特征。因为土工织物在铺设过程中可能承受抓拉荷载,当织物铺放在软土地基中,织物上部相邻块石的压入也会引起类似于握持拉伸的过程。握持强度的测试与抗拉强度基本相同,只是试样的部分宽度被夹具夹持,故该指标除反映抗拉强度的影响外,还与握持点相邻纤维提供的附加强度有关。握持强度试验的试样尺寸和夹持方法参见图 1-11,试验拉伸速率取 $100 \text{ mm}/\text{min}$ 。

3. 撕裂强度

撕裂强度反映了试样中已有裂口继续扩大所需要的力,用以估计撕裂土工织物的相对难易程度。

梯形撕裂强度的测试方法是將梯形轮廓画在试样上(见图 1-12(a)),并预先剪出 15 mm 长的裂口,然后沿梯形的两个腰夹在拉力机的夹具中(见图 1-12(b)),以 $100 \text{ mm}/\text{min}$

的速度位伸,使裂口扩展到整个试样宽度。

4. 胀破强度、CBR 顶破强度、圆球顶破强度、刺破强度

这四个强度的试验都表示土工织物抵抗外部冲击荷载的能力,其共同特点是试样为圆形,用环形夹具将试样夹住;其差别是试样尺寸、加荷方式不同(见图 1-13)。

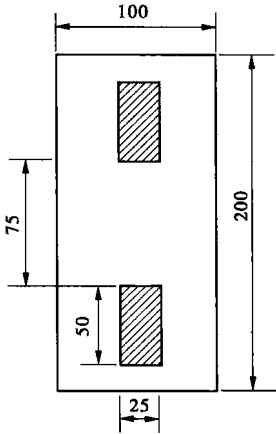
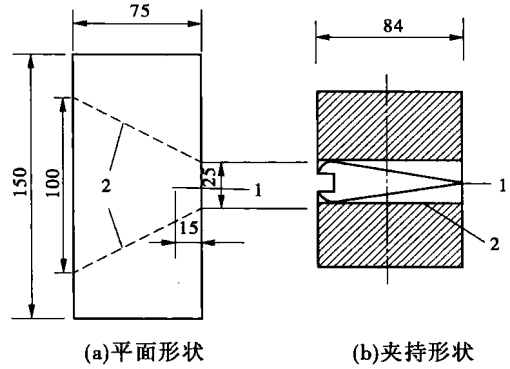


图 1-11 握持强度试验 (单位:mm)



1—切缝; 2—夹持线

图 1-12 梯形撕裂试验 (单位:mm)

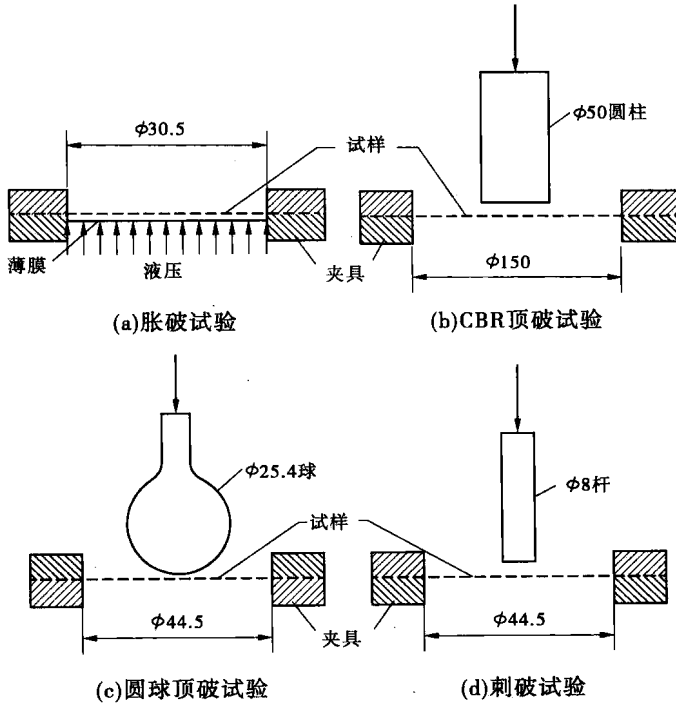


图 1-13 顶破类试验 (单位:mm)

除抗拉强度外,其他各力学强度指标直接用于设计的情况还不多见,它们主要是作为参考指标,根据工程实际情况,便于对产品进行比较和选择。

(三) 水力性能指标

水力性能指标主要为等效孔径及渗透系数,是土工织物两个很重要的特性指标。由于土工织物是与土共同工作的,对织物的基本要求是既能保土又能排水,这就要求土工织物的孔径很小(能挡住土),而且排水又很通畅,两者看来是有矛盾的,而土的多变性更增大了问题的复杂性。可能会出现某一土工织物对这种土是合适的,而对另一种土却是不合适的情况。

目前,常用保土准则和透水准则来选择土工织物的等效孔径及渗透系数,即将土工织物的等效孔径和土的特征粒径建立关系式,同时将织物的渗透系数与土的渗透系数建立关系式,以达到既保土又排水的目的。保土准则和透水准则由试验得到,由于试验时控制的条件不同,得到的准则也有差异,可按具体情况选择准则,有条件进行模拟试验准则更好。鉴于目前仍以保土和透水作用作为选择土工织物反滤层的准则,因此等效孔径和渗透系数两个水力特性指标是反滤、排水功能中的重要指标。

1. 等效孔径(表观孔径)

以土工织物为筛布,用某一平均粒径的玻璃珠或石英砂进行振筛,取通过土工织物的过筛率(通过织物的颗粒质量与颗粒总投放量之比)为5%(留筛率为95%)所对应的粒径为织物的等效孔径,表示该土工织物的最大有效孔径,单位为mm。

2. 垂直渗透系数和透水率

垂直渗透系数为水力梯度等于1时,水流垂直通过土工织物的渗透速率,单位为cm/s。透水率为单位面积、单位水头时的渗透速率,单位为L/s。

3. 水平渗透系数和导水率

水平渗透系数为水力梯度等于1时,水流沿土工织物平面的渗透速率,单位为cm/s。导水率为沿土工织物单位宽度内的输水能力,单位为cm²/s。

(四) 土工织物与土相互作用性能指标

1. 土-织物界面摩擦系数

埋在土中的土工织物,通过土-织物界面摩擦力将外荷传递至土工织物,使土工织物承受拉力,形成加筋土。工程实例有加筋挡土墙、堤基加筋垫层等。按试验方法可分为直剪摩擦系数和拉拔摩擦系数。

2. 土-织物渗透特性

土-织物联合应用时,如何使土工织物长期保持良好的保土及排水性能,不发生淤堵,目前还没有满意的理论准则。为判断织物是否会发生淤堵,可进行自淤堵试验或梯度比试验,前者试验历时达500~1000h,后者需测试24h或更长。两种试验都还存在一些问题,有待积累经验逐步改进。

(五) 耐久性能指标

耐久性能指标主要有耐磨、抗紫外线、抗生物、抗化学、抗大气环境等多种指标。这些指标大多没有可遵循的规范、规程,一般按工程要求进行专门研究或参考已有工程经验来选取。

二、影响土工合成材料耐久性的主要因素

土工合成材料的原材料是高分子聚合物。这种物质是链节结构,它对氧化十分敏感,