

Book of Papers



論文集

22-25 JUNE 1999

SHANGHAI, CHINA

Organized by

4172



000000 4172 ZL0050

目 录

1. 中国土工合成材料应用与发展前景	迟景魁	1
2. 高性能经编土工合成材料在我国的生产及应用	吕伟元 王光华 吴为初	7
3. 土工织物在长江口深水航道治理工程中的应用	朱剑飞 金 镠 范期锦	12
4. 长江口深水航道治理工程一期工程土工织物研究与应用	陈学良 张景明	26
5. 土工合成材料在港口工程中的应用	叶柏荣	39
6. 土工织物在城市废弃物处理中的应用	胡中雄	48
7. 土工合成材料在市政及环卫工程中的应用	郑健吾	50
8. 土工织物特性测试与研究	迟景魁 白建颖	55
9. 土工合成材料老化试验研究报告	白建颖 张伟 王琦等	66
10. 乍浦港海堤工程软基织物加筋及观测	郑祖桢 章香雅	78
11. 使用土工膜临时控制低放射性废弃物堆放区水的渗透	M. R. Weishan 等著	87
12. 预测垃圾填埋场中聚丙烯土工布抗紫外老化性能	O. Artieres 等著	98
13. 非织造土工布过滤层在压缩应力下孔径的分布	O. G. Vermeersch 等著	106
14. PVC 土工膜作为废物填埋场覆盖物的益处	选自 GFR	116
15. 剪切伸长性的鉴定	Ted Fox 著	118
16. 用于初级和次级遏制的喷洒聚脲涂层	J. Winn Darden 等著	121
17. 欧洲对高强度土工合成材料拉伸蠕变性能的研究	D. Cazzuffi 等著	130
18. 容易铺设的分离型土工布	Brian Mckeown 等著	139
19. 部分非织造土工布生产企业		
①乘风破浪改革时, 直挂云帆济苍海	成都无纺布二厂	145
②非织造布领域的佼佼者	湖南湘维有限公司无纺布厂	146
③铺天盖地银山牌	核工业湖南无纺布厂	147
④北望油城有龙新	大庆石油管理局建材部龙新无纺布厂	148
⑤莱芜市华泰地毯非织造布有限公司	莱芜市华泰地毯非织造布有限公司	149
⑥河南中州普兰太克斯化纤工业有限公司	河南中州普兰太克斯化纤工业有限公司	150

中国土工合成材料应用与发展前景

迟景魁 (中国土工合成材料工程协会)

[摘要] 本文叙述了土工合成材料的类型、功能、特性以及生产应用概况、发展前景。

一、新型岩土工程材料——土工合成材料

土工合成材料(Geosynthetics)这一名词从八十年代兴起,最早称“土工布”,后又称“土工织物”,系应用于土木工程中的合成纤维织物的统称。随着高分子化学工业的飞速发展,合成纤维新品种和高分子合成的新型材料均不断出现,这种新型材料已超越“织物”的范畴,如:土工膜、土工格栅、土工网、土工板及其组合产品等,这些产品相继在岩土工程中应用,故而统称之谓“土工合成材料”。

(一) 土工合成材料的类型

土工合成材料目前总体可分为四大类型,即有纺型(织造型)、无纺型(非织造型)、合成型以及复合型。

1、有纺型(织造型)

按其织造方法又可分为:编织型、机织型、针织型。

2、无纺型(非织造型)

按其生产方式又可分为:机械法(主要是针刺法)、化学粘合法、热粘合法。

3、合成型

按其产品类型可分为:土工膜、土工格栅、土工网格、土工片、土工板等。

4、复合型

主要是二种或二种以上的材料,采用不同方法复合而成的。如:复合土工膜、排水板、土工垫块等。

(二) 土工合成材料的功能

土工合成材料是一种多功能的材料,主要具有六种基本功能,在实际工程中应用时,往往是一种功能起主导作用,而其他功能也相应的、不同程度地在起作用。

1、滤层作用

滤层作用又称反滤作用或过滤作用,是一项主要功能。土工织物(有纺或无纺织物)具有良好的透水或透气性能,当水流垂直织物平面方向流过时,可有效地阻止土颗粒不被水流带走,起到滤层作用,防止土体破坏,保证土体稳定。目前已广泛应用于水利、铁路、公路、机场、建筑等各项工程中,特别是水利工程中用作堤、坝基础或边坡的反滤层,已极为普遍。

2、排水作用

无纺土工织物是良好的导水材料,将其置于土体内,能将土体中的水积聚到织物内部,并沿织物平面方向形成一排水通道,将水排出土体外部。现已广泛应用于土坝、路基、挡土

墙、建筑等工程以及软土基础排水固结等方面。

3、隔离作用

将土工织物放在两种不同的材料之间，或同一种材料不同粒径之间以及土体表面与上部建筑结构之间，使其隔离开来。当受外部荷载作用时，不使互相混杂或流失，保持材料的整体结构和功能，已广泛应用于铁路、公路路基、机械跑道、土石坝工程、河道整治工程以及软弱基础处理等方面。

4、加筋作用

将土工合成材料埋置在土体之中，可改善土体的整体受力条件，增强地基的承载能力，提高建筑结构的稳定性。较多地应用于陡坡、挡土墙、边坡稳定、软弱地基处理等方面。

5、防护作用

土工合成材料能将比较集中的应力扩散或应力分解，防止土体受外力作用破坏。主要应用于护岸、护底工程、海岸防潮、河道整治以及道路坡面防护等方面。

6、防渗作用

采用土工膜或复合防水材料，防止水或其他液体渗漏，以保护环境和建筑工程的安全稳定。目前作为防渗材料已广泛应用于堤、坝、水库工程中，可代替粘土心墙、防渗斜墙及防止库底渗漏等。同时也作为防渗防漏、防潮材料应用于渠道、蓄水池、污水池、游泳池、房屋建筑、隧道、地下建筑物、环境工程等方面。

（三）土工合成材料特性与测试

土工合成材料本身的特性与选用的高分子聚合物材料、加工工艺及类型规格等有密切的关系，而在各项工程中应用时，由于应用目的、工程地质条件、工程结构设计等各种因素不同，对土工合成材料类型的选择及技术指标的要求，也就有所不同。因此，必须通过测试，了解土工合成材料的工程特性，以供工程设计部门应用，达到合理选择和应用土工合成材料的目的。同时生产厂家进行产品质量控制，提高改进产品质量以及新产品开发时，均需通过测试掌握必要的技术资料。

目前测试内容主要是物理特性、力学特性、水力学特性三方面。根据工程要求可进行专项工程特性测试。常规测试内容主要有以下几项：

1、单位面积质量

单位面积土工合成材料具有的重量。单位以 g/m^2 表示。

2、厚度

系指在承受一定压力的条件下，材料两个平面之间的距离。由于不同材料在受压条件下，其厚度变化很大，规定需在固定压力下测定厚度，规定分：2Kpa、20Kpa、200Kpa 三种压力下测其厚度。常规以 2Kpa 压力测定厚度，单位以 mm 表示。

3、抗拉强度

系指试样在无侧限条件下，受拉力作用至拉伸断裂时，承受的最大拉力。目前是采用条带拉伸法，条宽采用 50mm 或 200mm，同时要测定纵、横向抗拉强度及相应的延伸率（%）。抗拉强度单位通常以 N/50mm 或 KN/50mm 表示。

4、梯形撕裂强度

系指采用梯形撕裂法，以已剪有裂口的试样施加拉力，使其裂口扩展至试样破损所需的最大拉力，同时要测定纵、横向撕裂强度。单位以 N 或 KN 表示。

5、顶破强度

系指织物受垂直于平面方向上的顶压荷载作用，使之产生变形直至破坏时所需的最大顶破压力。通常采用 CBR 顶破试验法，单位以 N 表示。

6、刺破强度

系指织物受垂直于平面方向上的小面积高速率的集中荷载作用，直至将织物刺破所需的最大力。单位以 N 表示。

7、落锥穿透孔径

系指金属锥体从垂直织物平面上部一定高度处自由落下时，锥尖穿透织物的孔眼大小。评价织物抵御穿透能力，单位以 mm 表示。

8、孔径

孔径反映织物的透水性能和保护土颗粒的能力。目前国内以干筛法测试为主。孔径以 O_e 表示，单位以 mm 表示。

9、渗透系数

表示织物的透水性能。当水流渗透方向垂直织物平面时，称垂直渗透系数。当水流渗透方向沿织物平面平行渗透时称水平渗透系数。渗透系数以 K 表示，单位以 cm/s 表示。

二、土工合成材料在工程中的应用

土工合成材料由于本身所具有的特性和优异功能，使其得以在岩土工程中广泛应用，特别是水利工程应用更为广泛，用量也较多。但不同类型的材料生产能力、应用技术、应用范围也不相同。目前生产、应用情况也不平衡，总的来讲都是向前发展的，生产的品种、质量、数量在不断地增加，应用范围也从一般工程应用向大中型工程发展，每年上千个工程，应用的土工合成材料突破一亿平方米，其中编织布与针刺无纺布所占比例较大。

（一）有纺型土工织物在工程中的应用

工程中应用主要是编织布和机织布，尤以编织布应用量较大，生产厂家较多，分布较广。以江浙一带较为集中。编织布早期产品主要供商品包装用，达不到工程应用要求。八十年代开始向美国、德国、日本、瑞士、奥地利等国家先后引进了一批设备或全套生产线，使产品结构发生了很大的变化，产品的品种、数量、质量都相应的增加和提高，给工程应用创造了良好的选择条件。

编织布选用原材料以聚丙烯为主，产品以白色较多，另外有黑色、褐色、天蓝色等，而机织布所用原材料则以涤纶为主，其次为丙纶或涤丙混合。

编织布生产幅宽一般为 2~4m 左右，工程选用时，除强度等主要技术指标满足工程要求条件外，主要是选用幅宽产品。因幅宽大面积施工方便，减少拼接，既能保证施工质量，又比较经济。

编织布产品重量一般为 100~300g/m²，工程中选用较多的为 120~150g/m² 之间。对于工程要求较高或应用于工程中重要部位时，则需要较高强度，一般选用 200~250g/m² 之间的产品。

编织布是工程中特别是水利工程中应用量较大的一种产品。目前国内专门生产编织型的生产厂家较多，而较大的厂家有 10 多家，其产品主要供各项工程应用。

机织布是选用锦纶丝、涤纶丝或丙纶丝等材料织造而成的产品，强度较高，对于工程中需要较高抗拉强度时，常选用机织布，应用较多的是用作反滤布和土工模袋布。由于价格较高，应用范围和数量较少。

有纺型土工织物应用较广的工程主要是以下几个方面：

1、水利工程

主要应用于堤、坝、河岸、海岸护坡的滤层、护底软体排或砂被以及围堤充砂管袋等方面。例如：上海陈行水库工程、江苏太仓中远国际城工程、长江口深水航道整治工程、上海浦东国际机场护场河道整治工程等等。

2、电厂灰坝

主要用于充填管袋筑堤、灰坝基础护底及灰坝护坡等部位。目前国内电厂灰坝的扩建新建工程基本上均采用了土工织物方案。如：上海石洞口电厂灰坝、上海外高桥电厂灰坝及嘉兴电厂灰坝等等较多的工程。

3、围海造地

利用编织布作充砂管袋，就地取材将袋内充砂筑堤，围堤内充填成地，固结后建设工程。在江、浙、沪沿海一带较多。如：上海金山化工基地、上海华夏旅游度假村、江苏太仓中远港区等均属国内土工织物用量较多的大型工程。

4、防洪抢险

应用于修建防汛墙、防洪堤等防汛工程。如：上海的防汛工程、浙江宁波地区、湖北武汉地区的一些防汛工程，另外作为防汛抢险物资及防汛备用物资。

5、公路、铁路、海港

部分工程选用编织布作路基滤层，海港堆场基础滤层等方面应用。

(二) 无纺型土工织物在工程中应用

中国无纺型土工织物的生产与应用起步较晚，但发展速度较快，尤其是八十年代后期，从德国、意大利、奥地利等国引进了一批生产设备，同时国内也自行研制了一些生产设备，使国内无纺布的生产起了很大的变化。目前国内较大的生产厂家已有数十家，其中以生产涤纶短纤维针刺无纺布较多，生产长纤维针刺无纺布的仅有 4 家厂，另外纺粘法生产厂家已超过 30 家。

目前国内在工程中应用的无纺布则以涤纶短纤维针刺无纺布为主，尤以 300~450g/m² 的产品应用较多，主要是用作反滤层，其效果较好。而 70~250g/m² 的薄型产品直接用于工程中较少，多数是加工成复合产品后再用于工程。

无纺布产品幅宽一般是 4m 左右，而国内设备已可生产 6m 以上、重 200~800g/m² 的涤纶短纤维针刺无纺布，质量较好，可供工程选用。较大工程选用无纺布时一般均选择宽幅，既经济又有利于工程施工。但是门幅的选择除考虑工程应用要求外，尚要考虑到目前的运输条件和施工条件的可行性，否则将会劳民伤财，不利于生产与应用。

近年来，无纺布在工程中的应用范围越来越广，用量也逐年增加，水利工程中应用量最大，其次电力、公路、铁路、海港、机场等各项工程中均有不同程度应用。

水利工程中主要是利用无纺布作反滤层替代砂石料，施工方便、经济、效果好。京杭大运河岸坡反滤层、上海陈行水库堤坡反滤层等。

公路、铁路方面主要是利用无纺布解决路基沉陷、防治翻浆冒泥、防止沥青路面产生反射裂缝、防止路基冻融等方面。如：东北的锦大公路、上海的沪嘉公路、辛松公路、京九铁路等。无纺布在公路、铁路中应用不仅是反滤层作用，而且起隔离作用、加筋作用。

(三) 合成型土工织物在工程中应用

近年来，合成型材料的生产与应用有所发展，但类型、品种较少。目前国内生产较多的

是土工塑料网格，以聚丙烯材料为主，生产厂家已有 10 多家，其中大多数厂家是引进英国耐特龙有限公司（NETLON）的生产设备，也有从意大利引进生产设备生产塑料土工格栅，其它类型产品较少，高强度产品较少。目前工程中应用较多的是土工网格，主要应用于软土基础加固及护坡、护堤等工程。如：三峡工程护坡、上海金山护岸防冲工程、上海集装箱码头软基加固等。

（四）复合型土工织物在工程中的应用

复合型材料近年来发展很快，类型、品种较多，用途也各不相同。目前工程中应用较多的是复合土工膜和塑料排水板。

复合土工膜主要解决工程中防渗问题，可视工程需要选择不同厚度土工膜或不同类型的土工膜。常规应用的有一布一膜、二布一膜或三布二膜。复合用无纺布一般比较薄，主要起保护膜的作用，另外也有用较厚型无纺布复合，起双重作用，膜的一面防渗而无纺布一面则起排水作用。

水利工程中主要应用于大坝围堰防渗心墙，替代常规的粘土心墙。如：福建水口电站围堰、三峡工程围堰均采用复合土工膜。另外用在土石坝防渗墙，渠道防渗，库区防渗等方面。

近年来，复合土工膜应用于垃圾堆放场防渗方面较多，以防止有害废液渗入地下水层造成污染。

塑料排水板是由滤膜和芯板复合组成的，滤膜一般用涤纶无纺布，芯板用聚丙烯或聚乙烯材料，芯板形状有六、七种，较多的为口琴型和城墙型。工程中主要应用于软土基础排水固结处理，水利工程及铁路、公路软弱路基处理等方面。目前国内生产厂家已有 10 几家，主要分布在江、浙一带。

三、土工合成材料发展前景

今年三月份与国内同行业专家学者参加了在美国亚特兰大市召开的第六届国际土工合成材料学术会议，其目的是了解目前国际土工合成材料的生产、应用、研究、施工等各方面的技术水平和发展方向，以便推动中国土工合成材料的应用与发展。总的来讲国外产品类型较多，规格较全，工程应用较为广泛，与之相比国内尚有一定的差距。

目前国内一些较大工程、跨世纪工程中均不同程度应用了土工合成材料。如：长江三峡工程、长江口深水航道整治工程、上海浦东国际机场、江苏太仓中远国际城等，可以看出中国是土工合成材料应用与销售的最大市场，世界各国对中国土工合成材料的应用与发展都十分关注，有些国家的一些公司的设备和产品已经打入中国市场，有的还正在积极筹划之中，这也是充分说明中国土工合成材料市场的潜在能力很大，前景是非常广阔和美好的。

今后几年，土工合成材料应用量较大的工程，主要是以下几个方面：

1、水利建设工程方面

目前国家非常重视水利建设，指出“兴修水利，造福人民，加快大江、大河、大湖的治理，不仅是今年和明年的任务，也是今后长期的任务”。近年来，国家对水利建设方面的投资不断增加，开展了长江、黄河、淮河、太湖流域等大江、大河的长期治理、改造。东南沿海一带水利工程及广大的农田水利建设一直不停地在进行，现又进一步提出向中西部发展。

目前正在进行的较大的跨世纪工程有：长江三峡工程、治淮工程、长江口综合开发整治工程、太湖流域整治工程、长江口深水航道整治工程等等都需要使用各类型的土工合成材料。另外浙江钱塘江下游、广东珠江三角洲等地区也都是土工合成材料应用前景较好的地区。

历年来水利工程都是土工合成材料最大应用市场，而上海是历年来土工合成材料销量最

人的市场。随着浦东新区的开发,进行了大量的基础工程建设,土工合成材料用量也逐年增加。“长江口深水航道整治工程”是目前国内土工合成材料用量最大的工程,预计一期工程用复合土工织物 1400 万 m^2 , 无纺布土工织物 67 万 m^2 , 土工模袋 59 万 m^2 , 其中还不包括其它方面用量,整个工程的用量更是非常可观了。

2、环境工程方面

近年来,国家非常重视环境保护,防止污染,确保人民生命安全。环境工程主要是进行固体、液体、气体废料的处理和污染的防治等方面,同时要扩大绿化面积,改善生态环境。

根据环境保护的要求,对工厂排放的有害废液及生活垃圾都要安全可靠的处理,因此需要建造垃圾堆场和废水池,目前选用土工合成材料建造垃圾堆场的越来越多。大都市每天生活垃圾有 1.0~1.5 万吨,解决生活垃圾是每个都市十分困难的问题,而且每个城市不是建造一、二个垃圾场就能解决的。从全国来看,垃圾堆场的数量则是极为可观的,而且建造垃圾场时土工合成材料是最佳的选择材料。

另外环境绿化采用土工合成材料是当前最佳方案,效果极佳,特别是立体绿化环境,建造屋顶花园采用复合土工合成材料最理想,即可防渗不使屋顶漏水,又可供植物用水。这一项目的开发有很大的发展前景。

3、防洪抢险工程方面

洪涝灾害是我国范围较广、损失较大的自然灾害,受洪水威胁地区总的土地面积约 73.8 万 km^2 , 占全国总土地面积的 8%。全国各地每年都要耗费大量的防汛经费和防汛物资。国家防汛总指挥部和水利部都十分重视推广土工合成材料在防洪抢险中的应用。有的省市和地区已将土工合成材料列为防汛备用物资。今后须进一步开发新的结构材料,适应防洪抢险的应急要求。

4、其它工程方面

公路建设方面,据悉国内将新增公路 2 万公里,高速公路 900 公里,一、二级汽车专用公路 1000 公里。目前国家提出发展中、西部地区,公路也将由东南沿海地区向内地延伸发展。公路建设需用材料主要是无纺布和排水板。铁路建设方面主要是利用无纺布解决路基翻浆冒泥等病害,效果很好,成功率可达 90% 以上。另外利用排水板解决软弱路基加固。目前铁路要向内地延伸和提高车速,因此首先需改善路基稳定条件。

机场建设方面,国家计划九五期间即 5 年内将建成 41 个机场,其中正在新建机场 10 个,改建、扩建机场 15 个,项目前期工作阶段 7 个。华东地区新建、扩建机场占 13 个。机场建设不单是跑道、滑行道、停机坪的建设需用土工合成材料,而大量的机场配套工程和机场周围建设都需要应用土工合成材料。

港口建设方面,拟在沿海地区建成投产深水泊位 28 个,新增吞吐能力 5000 万吨。

内河航运建设将改善航道 360 公里。另外农业、市政建设等各个方面都将不同程度地应用土工合成材料。

综上所述,土工合成材料是一种非常有生命力的新型岩土工程材料,经济效益、社会效益均都非常显著,有很高的推广应用价值。

目前国内土工合成材料发展的总趋势是产品向系列型、合成型、复合型方向发展,应用向大、中型工程发展。相应的理论研究、测试技术、设计准则、施工工艺等各个方面都在不断提高和完善。今后尚需进一步开发应用土工合成材料,科学地、合理地、有效地应用土工合成材料,应抓住有利时机,使土工合成材料的生产与应用进入一个新阶段。

高性能经编土工合成材料在我国的生产及应用

吕伟元 王光华 (浙江纺织工程学会)

吴为初 (浙江锦达土工合成材料有限公司)

[摘要] 经编土工合成材料与机织土工合成材料相比, 具有强度高、延伸率小、撕裂强度大、抗蠕变性好和生产率较高等特点, 经编复合土工布、土工膜和土工格栅等系列产品在岩土工程中已经应用, 效果良好。

[关键词] 土工合成材料经编 性能应用

在基础建设中, 岩土工程量很大, 岩土工程传统用材为钢铁、水泥、木材, 还有大量的砖、土、砂、石等, 随着岩土工程规模、规格、质量和使用要求的提高和科学技术的发展, 国际工程界将纺织品作为工程新材料用于岩土工程, 在实践中已显示其有提高工程质量、简化施工、缩短工期、降低工程造价的优越性, 因而近 30 年来发展很快。岩土工程中使用的纺织品, 即过去常说的土工布, 土工布主要用化学纤维作原料, 而且好些产品已不是单纯布的范畴, 因此目前国际上统一称作土工合成材料。我国在 70 年代后期开始使用, 但由于仅靠科技人员的知识和经验, 产品无标准, 设计、施工、验收无规范, 发展较缓慢。1998 年特大洪灾之后, 引起了国务院领导的充分关注, 连续三次批示, 国家经贸委、建设部、铁道部、交通部、水利部、民航总局和质量技监局七部委就“提高工程质量, 加大力度推广应用土工布”联合发出通知; 国家纺织工业局发布了八项土工布产品的试验方法及五项土工布产品标准; 水利部、交通部、铁道部也发布了相应行业的土工合成材料设计、施工、验收的规范, 使土工合成材料的应用有据可依, 可以说正规地、大量地应用土工合成材料的时期正在到来, 这也为纺织工业结构调整带来了一个良好的机遇。

1. 土工合成材料在基础建设中所起的作用

公路、铁路、航道、港口、水库、堤坝、水利、电力、采矿、城建、民航等的岩土工程中, 有下列问题要解决, 用传统方法不尽人意, 而土工合成材料则为解决这些问题找到了更科学的办法。

1. 1 加固或加强

在软土地带、沼泽地带施工, 地基的承载能力弱或不足, 往往要作加固或加强处理, 以往的办法是换土(挖去软土填进新土)和抛石(投入块石, 靠块石的压力将软土挤去), 这样施工的工程量、时间长、投资高, 使用土工合成材料可把机织(编织)土工布或土工格栅按设计要求垫入软土中, 靠土工布或土工格栅在软土中的加筋来提高地基的承载能力, 称加固或加强处理。向土中加筋来提高承载能力是我国劳动人民的创造, 很早以前用粘土筑墙时, 人们就知道将切短的稻草拌入粘土中可提高墙的强度, 在修建万里长城时则在城墙中埋入树枝, 以提高城墙的强度都是这个原理。

1. 2 过滤排水

公路、铁路、水库、堤坝、隧道、地铁、地下工程等均有排水的问题, 水的浸泡使地基

土强度下降,水的流动又将细粒状的砂土带走,使工程地基被水淘空造成结构失稳,危及安全,因此工程要求水必须排走,而砂土仍留原处,工程上称作排水过滤。以往是靠分层填铺粒径不同的砂石料来形成过滤排水层,以满足过滤排水的要求,做这样的工程比较细致,首先要求将运来的砂石料按粒径不同分开堆放,然后按级配要求,粒径从小到大逐步分层铺上,以保证过滤良好,若粒径不同的砂石料混杂在一起,过滤效果将大为下降,甚至起不到过滤的作用,所以做排水过滤工程费用较高,如当地无砂石料,远距离运送的费用也是很大的。若使用土工合成材料,施工变得方便和容易,可按工程设计要求选用针刺非织造布在工程现场铺设,即可保证砂土粒料保留而水可排走,可以说非织造针刺土工布是过滤排水的好材料。

1. 3 隔离

在岩土工程中,为了保证砂石料级配效果的发挥和工程体之间的隔断,需要隔离材料。如北方冻土地带公路、铁路的路基,容易出现翻浆冒泥,有些地方在雨季雨水流入地基土中,列车经过时的突然压后又松开,同样也使路基出现翻浆冒泥现象,这是我国公路和铁路的常见病害,我国仅铁路每年就需治理上千千米。此病害以往是很难治理的,现在有了土工合成材料,根据需要使用隔离、过滤排水、加强等措施,用一种或几种土工合成材料或复合土工材料,翻浆冒泥就可根治。

1. 4 防渗

渗漏是工程中的常见问题,但又是一直难以解决的重大问题,既危害工程又危害环境,传统的防渗工程主要使用粘土、沙浆混凝土、油毛毡垫层、沥青涂抹嵌缝等,但都解决不好。现在采用土工合成材料中不透水的土工膜,问题较易解决。

土工合成材料还有其他一些功能(如防护)。在岩土工程中,以上四种功能可能是独立出现,但较多的是几种功能同时均有要求,为此近年发展了多功能的复合土工材料及专用土工合成材料。

2. 经编土工合成材料的特点

土工合成材料在我国的应用开始于70年代后期,国际上的应用比我国早10多年,至今我国已在近万项工程中使用了近5亿 m^2 的土工合成材料。随着对土工合成材料特性的进一步了解,不少大型工程和重要工程开始使用的土工合成材料,对强伸性能要求提高,因高强可减少材料用量,低伸能最大限度控制工程变形,有利工程质量稳定。经编织物由于结构上的特性,正好符合了高强低伸的要求,同时可以经编织物为基布生产出土工布、土工膜、土工格栅系列产品,从而使经编织物进入了土工合成材料的范畴,成为国际上最为流行的土工合成材料。

经编布与机织布是两种结构完全不同的产品,传统的机织布是靠经纬线相互交叉来构成织物,经纬线的相互交叉,必定使经纬线在织物中都处于弯曲状态。而无论是双轴向还是多轴向的经编布,其经纬线(与对角线)在织物中是各自平直排列互无联系的,利用较细的经编线将经纬线(和对角线)捆扎在一起,从而形成织物。经编布中经纬线与经编线的结合关系,与钢筋混凝土中粗钢筋与细铁丝的关系相似,钢筋即经纬线,对外起承力的骨架作用。机织布中的纱线是弯曲的,经编布中的纱线是平直的,这种织物结构上的差异使经编布的机械物理性能大大优于机织布。

2. 1 强度高

机织布中各根纱线的弯曲程度不同,在受力被拉直时不可能都伸得一样直,不够直的纱线就不能充分承受外力,故全部纱线的强力得不到充分利用,因而经编布强力大于机织布。

2.2 延伸率小

当机织布受拉伸时,织物中的纱线要由弯变直后才能承力,由弯弯直的过程就使机织布的延伸大于经编布,故经编布延伸率小于机织布。

2.3 撕裂强度大

经编布中经纬线的相对位置是由经编线用捆扎的方式来固定的,当经编布受到撕裂作用时,纱线会沿裂口滑动,使较多的纱线聚集在裂口处,增加了抵抗撕裂的纱线根数,从而提高经编布的撕裂强度;机织布中经纬线的相互交叉,在受到撕裂作用时纱线很难相对滑动而聚集在裂口处,从而导致撕裂强度较低,故经编布的撕裂强度大于机织布。

2.4 抗蠕变性好

机织布在长时期承受较小的固定拉力作用时,织物的延伸,除纤维自身的延伸外,还要加上织物中纱线逐渐变直而产生的延伸,故机织物蠕变较大;经编布中因纱线没有弯曲,受拉力时产生的延伸只有纱线自身的延伸,故经编布延伸小,从而使经编布的蠕变小于机织布。

2.5 生产率高

就编织和机织工艺相比较,经编生产率较高。

3 经编复合土工布

非织造针刺土工布过滤排水的性能良好,但强度较低,伸长率偏大,当受力较大时变形增大不能符合工程要求。为提高非织造针刺土工布的强度,近年国内出现了非织造布加筋复合土工布,多数是采用将编织布(机织布)垫入非织造布中的方法,通过针刺工艺,使两者结合成一体,然而刺针在编织布(机织布)中的反复穿刺,其结果又刺伤或刺断了布中的纤维,降低了编织布(机织布)的强度,故这种复合方法并不可取。现使用经编工艺进行复合,就没有强度降低的问题。

经编复合土工布是由衬经衬纬的经编布与非织造布复合而成,见图1。从图1可见,经纬线各自平直排列,互不交叉,非织造布则垫在纬线之下,利用经编工艺控制经编线在经纬线和非织造布纤维层间反复穿行,从而将三者固结成一体。这种复合土工材料既有经编布高强度低伸的优点,又有非织造布过滤排水性能优越的特点,是一种多功能的复合土工材料,可广泛用于加筋、隔离、排水、过滤的各种场合。

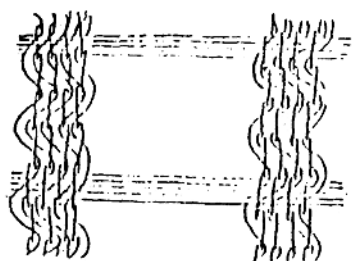


图1 经编复合土工布

例如某经编复合土工布的工艺条件是:

原料: L_1 280dtex

L_2 280dtex

L_3 6600dtex

MSU 6600dtex

组织: L_1 1-0/1-0/1-2/2-1//

L_2 1-2/2-1/1-0/1-0//

L_3 0-0/0-0/0-0/0-0//

经编布: 480g/m²

非织造布: 220g/m²

门幅: 530cm

车速: 500rpm

南京水利科学研究院对该产品的检测结果:

重量: 683g/m² 厚度: 2.72mm
强力纵向: 9.4kN/5cm 横向: 2.9kN/5cm 伸长纵向: 14.8% 横向: 13.3%
梯形撕裂强度纵向: 4.1kN 横向: 4.5kN
CBR 顶破强度: 9kN 垂直渗透系数: 0.146cm/s 等效孔径: O₉₅0.087mm

经编复合土工布在浙江省重点水利工程的水库上作了实用考核, 该水库主坝高、截面大、地基承载重, 而地质条件为冲积沙土层, 为加强地基, 减少局部不均匀沉降, 设计要求采用特高强 180 kN/m 的复合土工布。由于市售土工布达不到该强度且门幅又窄, 故选用了门幅为 530cm 高强的经编复合土工布 2 万 m², 工程单位反映使用效果良好。

4 经编复合土工膜

经编复合土工膜的剖面见图 2。该土工膜以经编布为基材, 以聚氯乙烯 (PVC) 作涂层处理, 在基材上形成不透水的防渗土工膜, 非织造布的复合则是在 PVC 涂上经编布处于粘流态尚未塑化固结之前, 将非织造布加压贴合到 PVC 上, 在 PVC 的塑化过程中, 把非织造布和 PVC 牢固粘在一起。经编布的高强低伸保证了使用中没有因基材的过度延伸使 PVC 变薄而导致防渗性能下降的危险, PVC 选材恰当, 涂布工艺合理, 渗透系数极小, 约为 1.06×10^{-11} cm/s, 故防渗效果良好。非织造布在复合土工膜中的作用, 主要是作平面排水排气, 使土工膜不致因地基中的水压或气压顶托作用, 使土工膜与土体脱开。土工膜的粗糙表面, 又增加了土工膜与土面的啮合, 使土工膜与土体结合紧密。若工程不需非织造布, 也可不贴合非织造布。

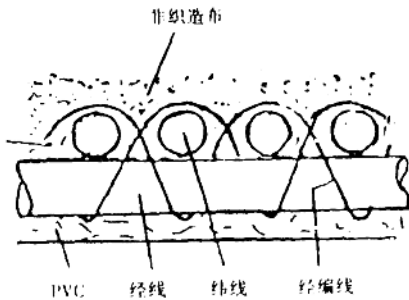


图 2 经编复合土工膜

强力纵向: 2.74kN/5cm 横向: 2.66kN/5cm
伸长纵向: 23.5% 横向: 27.7%
圆球顶破强度: 3.18kN
垂直渗透系数: 1.06×10^{-11} cm/s
抗渗强度: 730kPa

经编复合土工膜在浙江省重点围海工程中作了实用考核, 该工程围海面积 800 万 m², 海堤和水闸均面向东海要能经受台风、大潮、巨浪的考验, 作为防渗材料的经编复合土工膜应用在水闸围堰工程上。

例如某一经编复合土工膜的工艺条件是:

原料: L₁ 80 dtex 组织: L₁ 1-0/1-2//
 L₃ 1100 dtex L₃ 0-0/0-0//
 MSU 1100dtex
经编布: 180g/m² 非织造布: 200g/m²
 PVC: 400g/m²
门幅: 210cm 车速: 800rpm
南京水利科学研究院对该产品的检测结果:
重量: 738g/m² 厚度: 2.02mm

5 经编土工格栅

土工格栅是一种加筋材料,在工程中起加固增强作用,与机织布的区别在于格栅网孔尺寸较大,见图 3。土石之类可嵌入网孔中,增加了格栅与土石之间的咬合,提高了地基的剪切强度,使应力分布均匀,减少不均匀沉降,水可在格栅间双向流动,增加了地基的整体性,可广泛用于加筋工程的各个领域,如加筋土挡墙、加筋土垫层、加筋土斜坡、公路或机场道面防止反射裂缝的加筋等。然而目前使用的格栅,绝大多数是纯塑料的,PVC、PP、PE 均是强度小而延伸率大,现用高强工业丝以经编工艺加工成格栅,再涂以 PVC 作外层保护,性能大大优于纯塑料格栅。

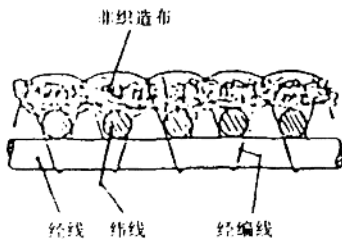


图 3 经编土工格栅

例如某一经编土工格栅的工艺条件是:

原料: L_1 280 dtex

L_3 6600 dtex

MSU 6600dtex

组织: L_1 0-0/4-4//

L_3 0-0/0-0//

经编格栅: 520g/m²

PVC: 680g/m²

门幅: 530cm

车速: 500rpm

南京水利科学研究院对该产品的检测结果:

重量: 1183g/m²

厚度: 2.2mm

网孔尺寸: 15mm×17mm

拉伸强度纵向: 112kN/5cm

横向: 75.9kN/5cm 伸长纵向: 15% 横向: 15%

5%伸长时强度纵向: 55.4kN/m

横向: 34.9kN/m

10%伸长时强度纵向: 82.6kN/m

横向: 52.8kN/m

12%伸长时强度纵向: 93.2kN/m

横向: 61.0kN/m

经编土工格栅在浙江省一大桥的引桥工程中作了实用考核,引桥工程地段属冲积性沙土层,地表有许多池塘,引桥的路基处理是工程的关键,按设计采用 80kN/m 的土工格栅,该工程共用 2 万 m²,为对比可靠性,同时也使用了部分纯塑料格栅,结果发现纯塑料格栅在填土压实后,有部分格栅断裂,而经编土工格栅无此现象,施工后经一段时间观察未见异常现象。

土工合成材料既是新材料又是新技术,它的应用解决了一些工程中的复杂问题,提高了工程技术和质量水平。经编土工合成材料系列产品,由浙江锦达土工合成材料有限公司在国内首先开发成功,并投入批量生产,使土工合成材料家族增加了一个新型的高强低伸的系列产品,无疑使我国土工合成材料的生产与应用提高到了一个新的水平。1998 年 10 月经编土工合成材料系列产品通过了省级新产品鉴定,到会的国内知名土工合成材料专家及国际著名的经编机制造商和化纤原料供应商一致认为,锦达公司生产的经编土工合成材料系列产品,技术上已达国际先进水平,今年国家已将锦达公司列入我国土工合成材料生产的重点企业。

土工织物在长江口深水航道治理工程中的应用

朱剑飞 金 镠 范期锦 (长江口航道建设有限公司)

1. 引言

长江口是大型多沙河口,与一般河口水沙运动规律一样,由于咸淡水交汇,形成河口环流系统并产生细颗粒泥沙絮凝,在河口某一区段出现最大浑浊带和相应的浅水区,即“拦门沙”区段。长江口航道浅水段滩顶自然水深为 5.5~6.0m,形成上海港通海航道的碍航段。由于单纯依靠疏浚无法大幅度提高航道水深,多年来,对整治与疏浚相结合的航道治理方案投入了大量的研究,最终形成了选择南港北槽,通过建设分流口鱼咀工程、总长为 100km 的南北双导堤工程、丁坝工程,辅以疏浚成槽的长江口深水航道治理方案并经国务院批准。目前一期工程已付诸实施。一期工程包括分流口鱼咀,总长为 40km 的南北导堤以及 6 座丁坝,航道疏浚至 8.5m。

众所周知,长江口河床组成物质主要为 $d_{50} \approx 0.01\text{mm}$ 的粉、细砂,在水动力作用下有很高的可动性。因此,与一般的海工建筑物设计不同,长江口的整治建筑物必须考虑护底,籍以防止建筑物附近因水动力场改变引起冲刷而危及建筑物自身的稳定和造成河势的不良变化。护底措施的及时、有效,往往是整治建筑物设计、施工成败的关键,也是整治建筑物能否发挥预期效果的保证。历史上采用柴排加抛石的传统护底结构在长江下游及长江口建造了许多护岸工程以及少量导堤工程(如吴淞导堤、横沙东滩导堤)。受材料来源及工效等的限制,这种结构无法达到目前长江口深水航道治理工程施工强度(导堤年进尺 25km 以上)的要求。土工织物以其可以低成本、大批量工厂化生产及加工的特点,从根本上保证了长江口深水航道整治建筑物护底结构快速施工的要求。采用土工织物护底结构,是实施这项宏伟工程的唯一选择。

在长江口航道治理工程中,土工织物另一项重要的创新应用是用于大型充砂袋堤心结构。由于大量替代堤心石料,且具有较高施工效率,充砂袋堤心斜坡堤成为适用于水深较浅区段的主力堤型。

土工织物在本工程的应用,是一项系统工程,它由设计、材料、施工工艺、质量监控及研究开发(R&D)等子系统组成。以系统的理念来指导运作,才使土工织物在本工程中的应用取得了成功。本文主要介绍以土工织物为主要材料的新型护底结构及大型袋装砂堤心结构的开发应用。

2. 设计

2.1. 护底结构

2.1.1 一般要求

土工合成材料是近年来应用于土木工程的一种新型材料,它具有造价低、储运方便、施

由图可知,护底软体排由堤身下部份和堤身外部分(余排)组成,设计思想主要是:

- 必须具有足够的强度以满足堤身及水动力荷载的要求;
- 必须具有良好的泌水、保砂性能;
- 余排必须具有对滩面冲刷变形的适应性;
- 具有与整治建筑物设计使用年限相一致的使用寿命;
- 排体的加工、运输、沉放,应满足大规格、大批量、标准化、高效、安全的要求。

2. 1. 2. 护底结构设计

按照上述设计指导思想,以上海航道勘察设计院为主的设计单位创新开发了:

- 机织加无纺的针刺复合土工布排体布结构;
- 用作堤身下软体排及余排的砂肋软体排结构;
- 用作导堤及坝头、堤头余排的砼联锁块软体排结构;
- 混合排结构。

① 排体布结构

本工程中的排体布包括针刺复合型和单一机织布两类。针刺复合型由机织布提供强度,由无纺布泌水保砂。大部份软体排采用这类排体布。单一机织布主要用于堤身下软体排和制作砂肋。规格、数量及应用部位见下表:

长江口深水航道治理工程一期工程护底结构土工合成材料应用情况

表 1

编号	名称	规格	应用部位	单位	试验段工程	主体工程	合计
1	丙纶机织加涤纶无纺针刺复合布	380g/m ²	护底软体排余排及砂肋	万 m ²	72.83	467.0	539.83
2	涤纶机织加涤纶无纺针刺复合布	380 g/m ²	南线堤护底软体排余排	万 m ²		3.6	3.6
3	丙纶长丝机织土工布	230g/m ²	护底软体排堤身排及砂肋	万 m ²		81.3	81.3
4	防老化丙纶机织加涤纶无纺针刺复合布	380g/m ²	高滩地护底软体排	万 m ²		25.0	25.0
5	防老化丙纶长丝机织土工布	230g/m ²	高滩地护底软体排砂肋	万 m ²		0.5	0.5
6	丙纶加筋带	3、5、7cm	护底软体排加筋	万 m	88.26	600	688.26
7	防老化丙纶加筋带	5cm	高滩地护底软体排加筋	万 m		100	100
8	丙纶绳	Ø14mm	联锁块护底软体排	万 m	182.08	1387.78	1569.9

组成护底软体排排体的针刺复合土工布与机织布幅宽为 3~4m,长度按设计断面确定,一般为 50~140m。缝制时先根据设计要求,将不同规格和间距的加筋带,缝制在单块土工布上,然后按铺排船可铺排宽拼接成整块。每缝的缝线要求至少 2 道,针距不大于 10mm。

排体拼接缝制方法可选用包缝、丁缝法(见图 3)。缝制后接缝处强度不低于原织物强度的 80%。

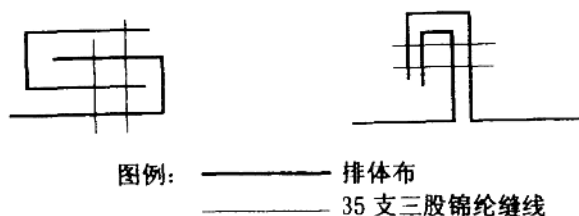


图3 排体拼接缝制方法示意图

② 砂肋软体排

为保证排体布在波浪和水流作用下的稳定性，排体布需加压载。设计考虑了三种压载方式：抛石、砂肋及砼连锁块。试验段使用情况表明，抛石压载厚度较大，对周围流场有一定干扰而引起排体外侧床面冲刷，排体随床面变形时，抛石容易滚落。因此，在主体工程中取消了抛石压载。

砂肋软体排系采用长管状砂肋（ $\phi 300\text{mm}$ ），由 $\phi 280\text{mm}$ 丙纶加筋带制成的砂肋套固定在排体布上。根据使用要求，砂肋采用 1500mm 及 500mm 两种间距。堤身下砂肋采用同筒型丙纶长丝机织布一次织成。

砂肋软体排主要应用于丁坝坝身，结构及采用部位如图。

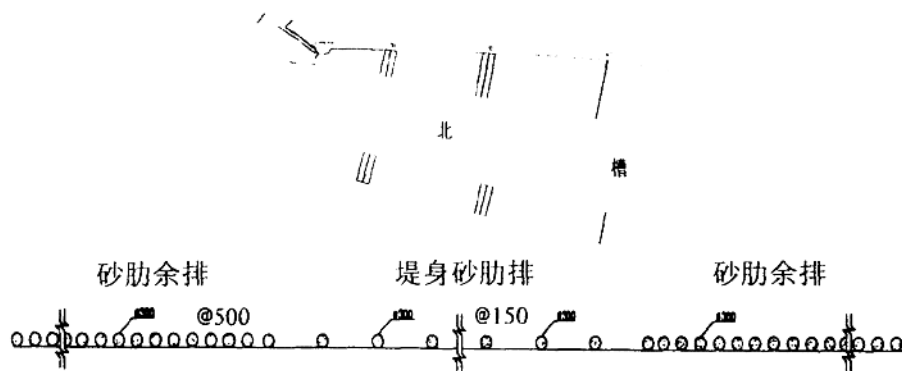


图4 全砂肋软体排结构图

③ 砼连锁块软体排

采用成片（每片 $4\text{m} \times 5\text{m}$ 或 $6\text{m} \times 9\text{m}$ ）砼连锁块（一片称一个单元）作为排体布的压载。砼连锁块单块规格为 $400 \times 400 \times 160\text{mm}$ ，砼标号 C20，每平方米 4 块；各块之间用预埋的 $\phi 14\text{mm}$ 丙纶绳纵横联接，如图示。连锁块单元在预制场生产。