

徐又建 李希宁
孟祥文 郭学鑫
编 著

水利工程土工合成材料

应用技术

SHUILIGONGCHENG
TUGONGHECHENG
CAILIAO
YINGYONGJISHU

黄河水利出版社



水利工程土工合成材料应用技术

徐又建 李希宁 孟祥文 郭学鑫 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了土工合成材料在水利工程应用中的有关原理、设计、施工及管理等内容,在吸收国外先进技术的同时,尽可能反映国内近期土工合成材料的工程实践经验和有关科研成果,并与我国最新发布的有关规范、规程接轨。全书共分绪论、土工合成材料的种类及工程特性、反滤与排水、土工膜防渗结构、土工合成材料加筋工程、江河堤岸与坝坡防护、防汛抢险及土工合成材料工程的施工与运用等八章。内容翔实,融科学性和实用性于一体,既有严谨的理论分析,又有丰富的工程实例,图文并茂。本书适合从事水利工程设计、施工、科研及管理人员,大专院校相关专业师生及土建技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程土工合成材料应用技术/徐又建,李希宁等
编著. —郑州:黄河水利出版社,2000.10
ISBN 7-80621-400-3

I. 水… II. ①徐… ②李… III. 水利工程:土木工程-合成材料 IV. TV4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42784 号

责任编辑:王路平

封面设计:朱 鹏

责任校对:赵宏伟

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮编:450003

发行部电话:(0371)6302620 传真:(0371)6302219

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.25

版 次:2000 年 10 月 第 1 版

印 数:1—3 500

印 次:2000 年 10 月 郑州第 1 次印刷

字 数:350 千字

定 价:30.00 元

前 言

土工合成材料是 20 世纪 50 年代末期发展起来的一种新型土工建筑材料,它以高分子聚合物为原料制成,包括土工织物、土工膜、土工网、土工格栅、土工排水板及土工垫等众多产品,在水利水电、公路、铁路、海港、采矿、军工等工程各个领域都得到广泛的应用。由于土工合成材料用途多样,性能卓越,施工方便,可以大幅度降低工程造价,大量减少砂石料用量(这对缺少砂石料的平原地区意义更为重大),大量减少劳力消耗和材料运量,因而受到工程界的普遍重视和欢迎,被誉为岩土工程的一次革新。

与国外相比,我国土工合成材料事业起步较晚,从 20 世纪 70 年代末算起,只有 20 多年的历史,最近 10 年发展较快,特别是 1998 年长江、松花江抗洪抢险斗争以后,在我国国家领导人亲自关注下,颁布了有关土工合成材料工程设计、施工等方面的技术规范,极大地推动了我国土工合成材料工程事业的发展,并使之进入了一个快速发展的新时期。

目前,土工合成材料工程作为一项新技术,经过大量的生产实践和科学试验,已经积累了丰富的实践经验和大量的科研成果,有了一套比较系统的设计计算理论。但是,由于高分子合成材料性质的特殊性和它与土体相互作用的复杂性,不少作用机制还有待于进一步揭示,结构构造和设计计算方法亦有待改进、完善和创新。

因此,出版一部能系统反映土工合成材料工程的最新成果,指导工程技术人员应用现有资料,正确领会规范精神实质,搞好设计、施工及管理的专门著作,克服目前此类专著数量少、未能反映新规范的技术要求等缺点,对于推广和发展该项工程学科是非常必要的,也是从事水利水电、公路、铁路、港口、建筑等有关工程技术人员的迫切要求。作者长期从事土工合成材料工程应用的科研和工程实践,希望此书能成为从事水利及有关土建工程技术人员学习土工合成材料工程的基础理论,了解当前国内外该项技术的发展水平,比较系统地掌握工程设计、施工和管理中的具体技术问题的专业参考书。

本书除供水利水电及治河专业工程技术人员参考外,还可作为专业培训和大专院校相关专业师生及土建技术人员学习用书。

本书内容大体可分为两大部分,第一部分包括绪论和土工合成材料的种类及工程特性等两章,主要阐述土工合成材料的基本概念、名称由来、发展简史、产品种类、土工合成材料的基本物理力学性能和它在工程应用中所发挥的基本功能。读者通过这部分内容可以基本了解土工合成材料的基本知识及其在水利及土建工程中的应用概况,并为深入学习专业技术知识打下基础。

第二部分包括反滤与排水、土工膜防渗结构、土工合成材料加筋工程、江河堤岸与坝坡防护、防汛抢险及土工合成材料工程的施工与运用等六章,主要介绍土工合成材料在水利水电及治河工程应用中的工作机理、结构构造、设计计算原理和方法,以及规范要求,等等。显然,学习这些具有共性的基本理论、原则,对于在具体工程中应用土工合成材料,选择合适的结构造型、细部构造,正确判定其工作情况,选择合理的设计计算方法等是具有

指导性意义的。

本书注重理论联系实际,在阐述原理的同时,列举了大量的工程实例,介绍了土工合成材料在水库、闸坝工程、河道治理工程和防洪抢险中的具体应用,引导读者应用专业知识去解决工程的实际问题,提高设计、施工、管理等实际应用能力。

本书由徐又建、李希宁、孟祥文、郭学鑫共同编著,具体分工如下:

徐又建:第一章、第二章、第四章;

李希宁:第五章、第六章;

孟祥文:第七章、第八章、第四章部分内容;

郭学鑫:第三章、第一章部分内容、第五章部分内容。

在编著过程中,作者曾多次对全书内容进行过讨论修改,最后由徐又建统一修改定稿。山东黄河河务局火传斌、李莉、李民东、周万军、赵衍湖、李明、曹洪海、张庆彬、陈庆胜和山东工业大学宋素贞等同志在插图绘制、校对及资料提供和核查等方面做了大量工作,在此表示衷心感谢。

由于土工合成材料在水利水电、治河工程中的不少技术问题有待发展、研究,加上作者的水平和经验有限,难免有疏漏和不当之处,望读者批评指正。

编著者

2000年5月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 土工合成材料及土工合成材料工程	(1)
第二节 土工合成材料工程发展简史	(1)
第三节 土工合成材料的主要功能	(3)
第四节 土工合成材料在土建工程中的应用与展望	(7)
第二章 土工合成材料的种类及工程特性	(10)
第一节 高分子聚合物	(10)
第二节 土工合成材料的种类	(12)
第三节 土工合成材料的工程特性和试验方法	(18)
第三章 反滤与排水	(35)
第一节 概 述	(35)
第二节 土工织物滤层的工作机理	(35)
第三节 土工织物反滤准则	(36)
第四节 应用实例	(43)
第五节 土工合成材料排水	(50)
第六节 土工织物排水的设计方法	(52)
第四章 土工膜防渗结构	(59)
第一节 概 述	(59)
第二节 土工膜的工程特性	(60)
第三节 土石坝土工膜防渗	(64)
第四节 土工膜防治库区渗漏	(80)
第五节 渠道及蓄水池土工膜防渗	(91)
第六节 土工膜防渗在混凝土闸坝工程中的应用	(106)
第七节 土工膜垂直截渗	(110)
第五章 土工合成材料加筋工程	(114)
第一节 概 述	(114)
第二节 加筋土工程的设计与施工	(120)
第三节 安全系数	(136)
第四节 黄河冻口加筋土砌石坝岸试验研究	(136)
第六章 江河堤岸与坝坡防护	(159)
第一节 概 述	(159)
第二节 河道工程与传统坝岸出险原因	(160)

第三节	土工模袋护坡护底设计与施工	(166)
第四节	连锁块体护岸护坡设计与施工	(175)
第五节	塑料编织袋土枕筑坝施工	(183)
第六节	长管袋沉排坝的设计与施工	(188)
第七节	土石坝的护坡	(192)
第七章	防汛抢险	(197)
第一节	概 述	(197)
第二节	堤防漏洞抢护	(198)
第三节	管涌抢护	(211)
第四节	散 浸	(213)
第五节	坍塌险情抢护	(215)
第六节	裂缝险情抢护	(219)
第七节	大堤漫顶	(219)
第八节	堤防背水坡滑坡抢险	(221)
第九节	堤防跌窝抢险	(222)
第十节	风浪抢险	(223)
第十一节	引水闸闸门失控抢护	(226)
第八章	土工合成材料工程的施工与运用	(228)
第一节	概 述	(228)
第二节	土工合成材料的储存保管	(228)
第三节	土工合成材料工程施工与质检要求	(229)
第四节	土工合成材料工程的运行管理	(233)

第一章 绪 论

第一节 土工合成材料及土工合成材料工程

土工合成材料(或称土工聚合物)是土木建筑工程(以下称土建工程)中以高分子聚合物为原料制成的各种人工合成材料的总称。它包括各种塑料、合成纤维、合成橡胶制成的土工织物、土工膜、土工塑料板、土工网、土工格栅、土工垫、土工绳索制品以及由两种以上的土工合成材料或与其他有关材料复合(或组合)而成的复合型土工材料。例如,由土工织物与土工膜复合而成的复合土工膜及由塑料槽形板与土工织物组合而成的土工排水板,等等。而以土工合成材料为主体构筑而成的工程结构,则可称其为土工合成材料工程。例如,用土工膜或复合土工膜为主体构筑的堤坝防渗结构;用土工织物、土工带、土工网或土工格栅构筑而成的各种加筋挡墙、加筋土陡坡和用土工排水板及其他土工合成材料构筑而成的土工排水系统,等等。

第二节 土工合成材料工程发展简史^①

土工合成材料作为一种新的土建工程建筑材料的历史不长,即使自1930年首次由美国杜邦公司制成现代聚酰胺(尼龙)合成纤维,1940年成为商品以来,也只有60多年的历史。但由于合成纤维发展速度很快,在很短时间内不仅在民用上风靡全球,而且很快就超出民用范围,扩大到工业、土建工程和军事等部门,发展成为一种新型的土建工程材料。土工合成材料最早用于土建工程的确切年代尚待考证。但土工薄膜的应用则可追溯到20世纪30年代,先用于游泳池和灌溉渠道防渗,然后发展到土石坝、水闸及其他土建工程。至于将合成纤维材料真正应用于土建工程,则是从20世纪50年代末期开始的。

1957年,荷兰用尼龙有纺织物做成充砂管袋用于护岸和堵口工程。

1958年,美国在佛罗里达州大西洋海岸防护工程中,将聚氯乙烯有纺织物代替传统的砂砾石滤层置于土与块石之间,经过27年的运用,情况仍然良好。

1959年,在日本伊势湾修复围堤沉排时,采用维尼纶编织布替代沉排。5年后检查未发现腐蚀现象,强度也没有明显下降。

1962年,美国杜邦公司开发纺粘法长纤维无纺布以取代短纤维无纺布,作为滤层和导水体应用于道路和护岸等土木工程。

● 刘宗耀,土工合成材料在我国的应用,全国第二届土工合成材料学术讨论会论文,1989

● J.P.Giroud,从土工织物到土工合成材料——岩土工程领域的一场革命,王正宏译,水利科技译文集,河北省水利勘测设计院,1986

1967年,英国、日本应用土工格栅修建加筋土堤,并予以推广。

总之,从20世纪50年代末期开始至60年代期间,有纺和无纺土工织物在土建工程(特别是水利工程)中成功地用作反滤、排水及隔离材料,推动了土工合成材料的应用,形成了产品市场,品种和质量都得到进一步的发展和提高。

20世纪70年代,由于纺粘法无纺布的大量生产,使土工织物的应用有了新的发展,其特点首先是应用范围日益广泛,在水利水电、海港、公路、铁路、建筑和国防等各个领域中都得到应用;其次,像美国陆军工程师兵团水力学研究室等科研、教学单位都针对土工合成材料的应用开展了系统的试验和理论研究工作,大大促进了土工合成材料科学的发展。例如,1970年法国修建的法拉克罗斯(Viacros)土坝,就在上游块石护坡底层和下游坝趾排水体周围铺设了土工织物;以后,几乎每座土石坝出于不同原因都使用了土工织物,土工织物在法国得到了广泛应用。

1977年,在法国召开了首届国际土工织物会议。

从1978年开始,在坝高达80m的土坝中也采用土工织物排水和反滤系统,如西德的佛朗奥(Frauncu)坝和南非的斯特里基多姆(Strijdom)坝。

20世纪80年代以后,土工合成材料的应用又有了新的飞跃,产品型式不断革新,各种复合型、组合型土工合成材料不断涌现。据统计,1985年国外生产土工织物的大公司就接近40家,其中美国的杜邦公司、法国的罗纳普朗克公司等都在国际上享有盛名,前者年产土工织物4.6万t,可提供24种不同性能和用途的土工织物。到1984年,全世界使用土工合成材料的工程超过10万项,铺设土工织物面积超过3亿 m^2 。

1982年,在美国召开了第二届国际土工织物会议(会后每4年召开一次)。1983年成立了国际土工织物学会(简称IGS)。土工合成材料工程逐渐形成一门以岩土力学和工程力学为基础,与高分子聚合物及纺织工业生产相联系,应用于土建各个领域的新的边缘学科。

土工合成材料在我国的应用开始于20世纪60年代中期,首先是把塑料薄膜用于灌溉渠道防渗,较早的工程有山东打渔张灌区、河南人民胜利渠、陕西人民引渭工程等,主要是聚氯乙烯(个别为聚乙烯),以后推广到蓄水池、水库和闸坝工程。1965年,桓仁水电站用沥青聚氯乙烯热压膜锚固并粘贴于混凝土支墩坝上游面,防治裂缝漏水获得成功,是我国采用土工合成材料处理混凝土坝裂缝的首例。同年,河北省子牙新河献渠枢纽工程,采用粘土夹塑料薄膜构筑进洪闸上游铺盖的防渗结构。此后,宁夏、陕西、北京、河北、山东、辽宁、黑龙江等地也都在中小型(后来推广到大型)水库及土石坝(包括补强除险工程)中使用土工膜或复合土工膜防渗,并取得了良好效果。

我国在土工织物应用方面起步较晚,但发展速度很快。1974年,在江苏省长江嘶马护岸工程中,首先使用由聚丙烯扁丝编织布为排体,结合聚氯乙烯绳网和混凝土块压重组成软体沉排,防止河岸冲刷。

80年代以后,土工织物的应用日渐增多,尤其是针刺型土工织物在水利工程中的应用,发展更为迅速。仅1984~1986年3年时间,云南麦子河水库、江苏昆山暗管排水、内蒙的翰嘎利水库、天津鸭淀水库、黑龙江的引嫩工程、河北的庙宫、山东省牟山水库、广北引黄平原水库等,都用其做反滤排水,效果良好。不久,无纺土工织物的应用范围很快扩展到储灰坝、尾矿坝、港口码头、海岸护坡及储油罐等地基处理领域。一大批生产针刺无

纺织物的工厂也应运而生,纷纷建成投产。

此外,土工排水板、土工网、土工格栅和土工模袋等土工合成材料在我国也得到长足发展。土工合成材料的应用领域已扩大到高速公路、铁路、飞机场、电厂、井灌、民用建筑等几乎所有土建工程行业。

及至 20 世纪 90 年代末期,由于土工合成材料所具有的功能和特性及其在工程实践中的卓越成效,引起了全国有关部门的充分重视,土工合成材料开始在一些国家大型重点工程中得以应用。如三峡工程、秦山核电工程、长江口整治工程、治黄工程、治淮工程、京杭大运河、大型引黄平原水库工程和江河防汛抢险等,并获得了较大的技术经济效益和社会效益。国内有关科研机构、大专院校、设计部门结合工程实际建立专项研究课题,进行长期系统的科学研究,培养出一批专攻土工合成材料工程技术的硕士研究生、博士研究生。

据初步统计,到 1995 年,我国应用土工织物的工程项目累计超过 1 万个,使用土工织物近 5 亿 m^2 。

1995 年,在 1984 年成立的全国土工合成材料技术协作网的基础上,成立了中国土工合成材料工程协会。1996 年在上海召开了第四届全国土工合成材料学术讨论会暨第一届国际土工合成材料展览会,有力地推动了土工合成材料工程技术的发展。

1998 年末至 1999 年初,在我国国家领导人关注下,国家有关部门用最快的速度制定并颁布了第一个土工合成材料应用技术国家标准《土工合成材料应用技术规范》(GB50290—98)以及水利部发布的《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》(SL/T225—98)和《土工合成材料测试规程》(SL/T235—1999)、铁道部发布的《铁路路基土工合成材料应用技术规范》(TB10118—99)、交通部发布的《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T019—98)和《水运工程土工织物应用技术规程》(JTJ/T239—98)等 6 个专门规范及规程。这些规范及规程科学地总结了国内外土工合成材料工程技术的经验教训,为今后土建工程领域内全面推广应用该项技术提供了依据,成为我国土工合成材料工程技术发展的里程碑。从此,工程设计、施工部门把土工合成材料技术正式列入了工程设计、施工议程。

第三节 土工合成材料的主要功能

土工合成材料在土建工程中应用时,不同的材料,用在不同的部位,能起到不同的作用,这就是土工合成材料的功能。这些功能主要可归纳为六类,即反滤、排水、隔离、防渗、防护和加筋。应当指出,在实际使用时,一种土工合成材料往往兼有数种功能,随着复合土工合成材料的发展,材料的多重功能将会更为突出。现概括简述如下。

一、反滤功能

由于土工织物具有良好的透水性和阻止颗粒通过的性能,是用作反滤设施的理想材料,在土石坝、土堤、路基、涵闸、挡墙等各种土建工程中,用以替代传统的砂砾反滤设施,不仅可以获得巨大的经济效益,而且技术性能亦将大为提高。

用作反滤的土工织物一般是非织造型(无纺)土工织物,有时也可使用织造型土工织物。

二、排水功能

具有一定厚度的土工织物或土工席垫,具有良好的垂直和水平透水性能,可用作排水设施,有效地把土体中的水分汇集之后予以排出。例如,用以降低坝身浸润线,控制渗透变形的坝身及坝基排水;减小孔隙压力,防止土坡失稳的土坡排水;消减墙后水压力,提高墙体稳定性的挡墙墙背排水;以及加速土体固结,提高地基承载力的软土地基排水,等等。

三、隔离功能

将土工合成材料放置在两种不同材料之间,或两种不同土体之间,使其隔离开来。隔离可以产生很多好的工程技术效果,当结构承受外部荷载作用时,隔离作用使材料不致互相混杂或流失,从而保持其整体结构和功能。例如,土石坝、堤防、路基等不同材料的各界面之间的分隔层;在冻胀性土中,用以切断毛细水流以消减土的冻胀和上层土融化面引起的沉陷或翻浆现象,以及防止粗粒材料陷入软弱路基和防止开裂反射到表面的作用,等等。显然,如果从更广泛的角度考虑,用土工织物作反滤和用土工膜防渗也是一种隔离作用。

四、防渗功能

土工膜及复合土工膜防渗性能很好,其渗透系数一般为 $10^{-11} \sim 10^{-15} \text{ cm/s}$ 。土工膜可以用于各种防水、防气以及防有毒害物质的地方,例如土石坝及堤防的防渗结构、闸坝工程的水平防渗铺盖及垂直防渗墙、渠道和蓄水池防渗衬砌、碾压混凝土坝及浆砌石坝的防渗面层等。

五、防护功能

防护功能是指土工合成材料及由土工合成材料为主体构成的结构或构件对土体起到的防护作用。例如,目前应用最多的表面保护措施,就是把拼成大片的土工织物,或者是用土工合成材料做成土工膜袋、土枕、石笼或各种排体铺设在需要保护的岸坡、堤脚及其他需要保护的地方,用以抵抗水流及波浪的冲刷和侵蚀。此外,将土工织物置于两种材料之间,当一种材料受力时,它可使另一种材料免遭破坏。例如,干砌石护面的土工织物垫层就是内部接触面保护的一个典型。

六、加筋功能

所谓加筋就是将具有高拉伸强度、拉伸模量和表面摩擦系数较大的土工合成材料(筋材)埋入土体中,通过筋材与周围土体界面间摩擦阻力的应力传递,约束土体受力时侧向位移,从而提高土体的承载力或结构的稳定性。用于加筋的土工合成材料有编织土工织物、土工拉筋带、土工网和土工格栅,较多地应用于软弱地基处理、陡坡、路堤、挡土墙等边坡稳定方面。在填土中随机地掺入人工合成短纤维则成为加筋纤维土,其作用仍然是提高土体承受荷载能力。

最后再次指出,在实际应用中,土工合成材料通常同时发挥着数种功能,例如排水和反滤、隔离和防冲,经常是联系在一起的。上述功能的划分则是为了探讨土工合成材料在

实际应用中所起的主要作用。此外,有的土工合成材料还有一些不包括在上述六大功能之内的功能。例如,利用泡沫塑料质量轻、变形特大的特点,用以替代工程结构中某些部位的填土,则可大幅度减少其荷载强度和填土产生的压力,这就是所谓减荷功能。

同样,有的土工合成材料具有很好的隔热、保温性能,在严寒地区修建的大型渠道和道路工程中,使用这种土工合成材料作为渠道保温衬砌和道路隔离层时,主要是利用其隔热、保温功能。

图 1-1 至图 1-7 就是土工合成材料各种主要功能的应用示意。

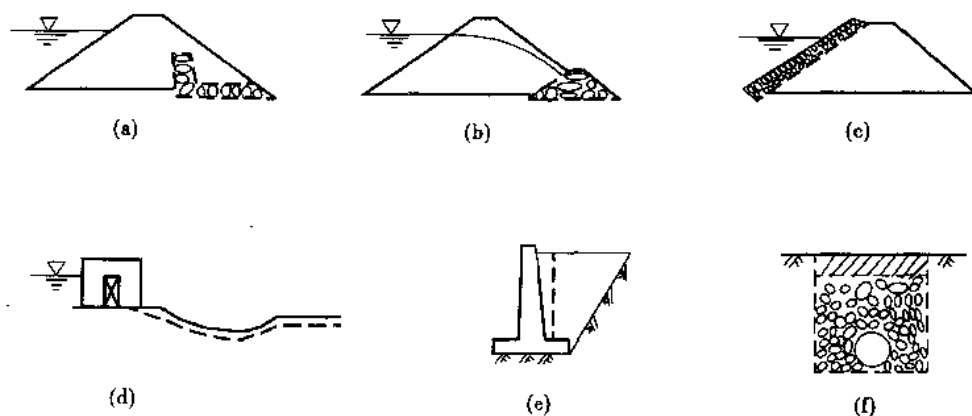


图 1-1 反滤功能应用

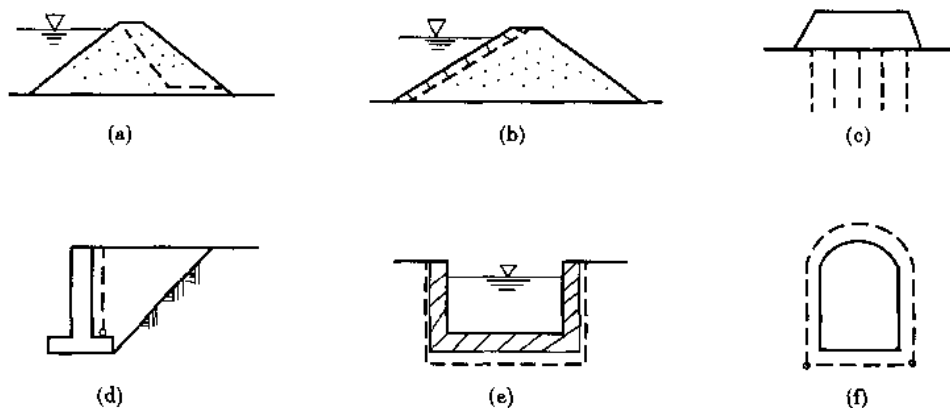


图 1-2 排水功能应用

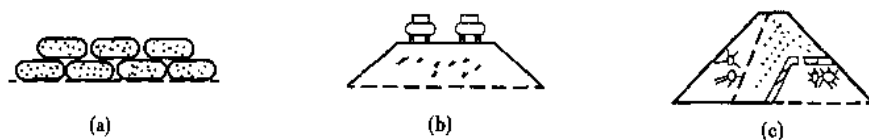


图 1-3 隔离功能应用

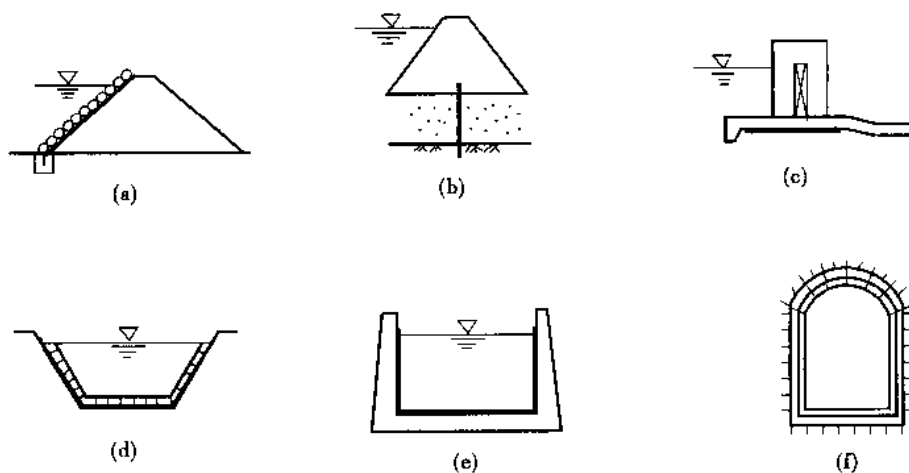


图 1-4 防渗功能应用

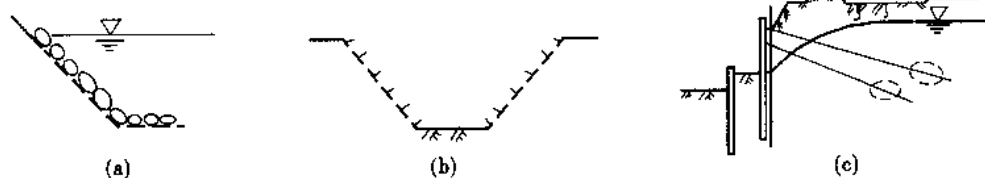


图 1-5 防护功能应用

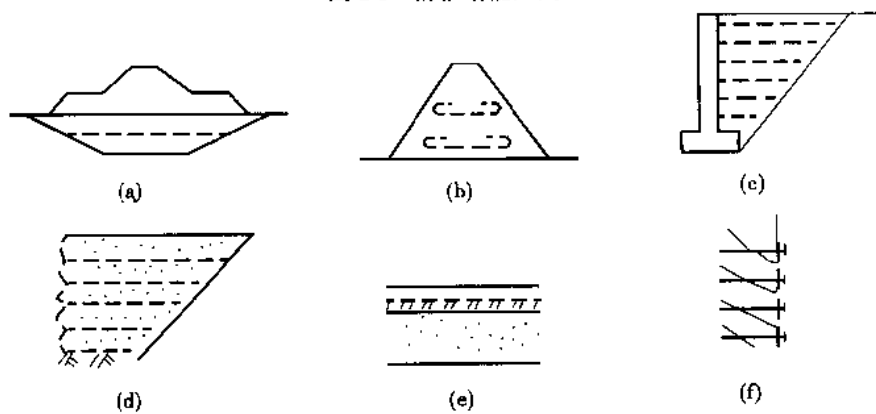


图 1-6 加筋功能应用

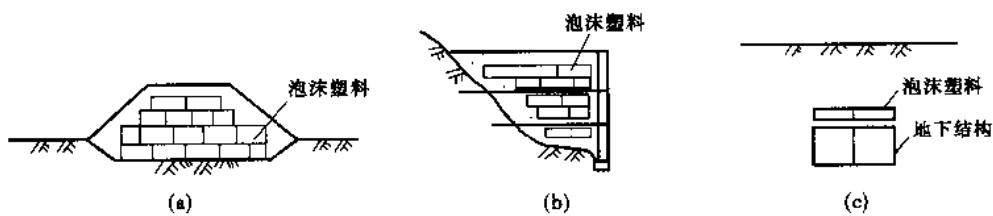


图 1-7 减压功能应用

第四节 土工合成材料在土建工程中的应用与展望

土工合成材料作为一种新型的建筑工程材料,已经显示其独特的优越性和强大的生命力。随着我国国民经济的发展和高分子聚合物生产工业及纺织工业技术进一步提高,将会在更多的工程领域内,更大规模地予以使用。土工合成材料所具有的强度高,重量轻;防渗、反滤、隔离、排水、加筋、防护性能可靠;施工简易,速度快,节省劳力,便于运输,与传统的砂、石材料相比可以大大减少运输量(这在缺少砂石料的平原地区,优点更为突出);耐腐蚀、耐久性好,使用寿命较长和能够大幅度降低工程造价等优点也将进一步得到发挥。

根据云南麦子河水库土坝和山东引黄平原水库围坝建设等工程实践,用土工织物代替砂砾反滤料,可节省投资 30%~50% 以上。

青岛前湾港区工作船港池防波堤,为保证施工和使用时的稳定,采取了部分清淤、换填砂垫层和土工织物垫层结合反压台的方案,较原设计少填筑 2 m 砂垫层,仅此一项就节省投资 100 万元,并使工期缩短 1 年还多,经济效益和社会效益均十分可观。

我国土工合成材料事业,从原材料生产、工程应用到科学研究等各个方面,都取得了显著成绩。我们从德国、英国、瑞士、日本、意大利等国家引进了一大批先进生产设备和全套流水线,国内也自行设计加工生产了一些新型设备。目前,无论是产品的品种、规格,还是产品的质量、数量均可基本满足国内各项工程的需求。同时,我国在土工合成材料工程的设计理论、施工技术、试验及测试技术等方面也取得不少突破,为正确应用该项技术提供了基本保证。但是,与世界发达国家相比,无论是产品质量、品种类型,还是设计、施工技术都还有一定的差距,尚需进一步提高产品质量,增加品种,深化试验研究,扩大应用范围,提高设计水平,加强施工技术研究,强化施工管理,确保施工质量的可靠性,也就是说需要在提高现有产品质量的前提下,进一步开发新产品、新技术,扩大应用领域,完善和发展符合土工合成材料工程实际的设计理论和施工方法,土工合成材料工程前景是广阔的。

以下从土建工程角度考虑,提出今后土工合成材料应用潜力较大的几个领域,供读者参考。

一、水利水电建设方面^①

就当前我国而言,水利水电是土工合成材料应用最广泛、用量最大、应用品种最多的工程部门。主要用于土石坝、堤防、水闸、护岸、河道整治及农田水利等工程建筑物和软弱地基加固、反滤、加筋、防渗等方面。但是,囿于技术、经济等各种原因,发展很不平衡。总的情况是东南沿海地区和技术比较先进的地区推广应用较多,技术落后(包括思想保守)地区则应用较少。此外,技术信息短缺、业务的欠缺、主管部门推广不力和缺乏可以遵循

① 徐又建,山东土工合成材料进展与思考,山东省水利系统土工合成材料应用技术研讨会论文,2000

的技术规范规程等也是造成这种不平衡的一种原因。

近年来,随着国内土工合成材料工程技术的成熟和国家技术规范规程的发布,并在长江三峡工程、长江口综合开发整治工程、治黄工程和一些大型水利水电工程得到应用,标志着今后土工合成材料在水利水电领域内的应用,将从中小型发展到大型,从试用发展到正常使用甚至是优先使用,应用部位也从比较次要的部位、中低水头,发展到高水头、关键部位。因此,提高质量,增加品种,满足水利水电工程各种要求,将是今后一个阶段的主攻方向,产量也将会逐年有较大增长,有人估计近年来土工织物产量年增长为 20% 左右。

二、防汛抢险方面^①

自古以来,洪涝灾害就是中华民族的心腹之患。据不完全统计,自西汉至中华人民共和国成立的 2 155 年间,共发生可考证的洪水灾害有 1 092 次,黄河决溢 1 000 余次,重大改道 26 次,波及范围北抵天津,南达江淮,纵横 28 万 km^2 ,长江较大洪水 200 余次,平均 10 年 1 次。因此,历代都把防治洪水作为治国安邦的大事。中华人民共和国成立后,对主要江河进行了大规模治理,防洪减灾成效显著,但是由于气候的异常变化,人类活动对生态环境的影响,我国的防洪形势仍十分严峻,例如 1954 年长江,1963 年海河,1975 年淮河,1991 年江、淮,1994 年珠江,1995~1996 年湘、资、沅水及赣江,1998 年长江及松花江等相继发生大洪水,经济损失均以千亿计。特别是 1998 年的特大洪水,受淹面积达 6 610 km^2 ,受害人口 2.3 亿,直接经济损失高达 2 600 多亿元。因此,增强水患意识,更有效地防治洪水灾害,已成为我国日益迫切的任务。由于我国主要江河现已达到的防洪标准普遍较低,洪灾频发区经济发达,人口密集,因此,全国各地每年都要在防汛上投入大量的人力、财力和物力。

防汛抢险的大量实践表明,土工合成材料是一种比较理想的防汛抢险材料。它与传统防汛材料(草袋、梢料、木桩、抛石等)相比,具有强度高、重量轻、工业化生产、供应有保证、耐久性好、耐摩擦、抗滑稳定性好和便于运输、便于加工、便于铺设及投放等优点。例如,我国每年汛期各地都要储备大量草袋、麻袋,以备抢险急需,仅中央防办就要储备 300 万只。由于草袋、麻袋极易腐烂,常需年年更换,耗费甚巨,而土工编织袋体积及重量只有麻袋的 1/8,耐储存,柔性好,经过特殊处理的土工编织袋与土工布和细砂之间的摩擦系数分别为 0.567 和 0.584,均高于麻袋。至于像柳枝、梢料和木桩等材料不仅费用高,而且破坏生态环境,来源日益枯竭。至于土工合成材料在质量和技术效果方面的优越性则更是传统材料所无法比拟的。根据我国近 20 年在防汛抢险中的实践,可概括为效果好、速度快、耗费省等三大优点。例如,在防汛抢险中比较难处理的散浸、管涌险情,现在只要铺一块土工布(排),就能很快堵住漏洞,效果好,速度快,工料都比较节省。

可以预见,随着社会对防汛要求的提高,大量采用工业化生产、适合防汛抢险需要的土工合成材料防汛是必然的趋势。例如,专用的编织袋,抗冲、防漏及抗管涌的土工布排及采用土工网、土工格栅和土工绳网做成的各种碎石枕、石笼及防冲体,等等。

● 王正宏:全国土工织物在防汛抢险中的应用经验交流会总结,全国土工织物在防洪抢险中的应用经验交流会文集,中国水利学会岩土力学专业委员会水利部长江水利委员会编印,1990

三、港湾与海岸工程建设方面

港湾与海岸工程是最早使用土工合成材料的工程部门之一,情况与水利水电工程类似,主要用作反滤材料、软土地基加固、海岸防护及防波堤工程。随着经济建设的发展和海岸防护工程标准的提高,土工合成材料的应用前景十分广阔,而且具有工程规模大、技术要求高等特点。另外,港区集装箱堆场、场内排水盲沟及港区内部道路等也可以广泛采用土工合成材料,比较著名的如长江口航道整治、天津新港东突堤软基处理及码头滤层、青岛前港湾区防波堤、上海卢潮港及金山石化防波堤等。

四、环境工程方面

众所周知,随着世界经济的发展,大量的工业废渣、建筑垃圾、生活垃圾及废水、废气等,严重污染着城市和乡村的整个生态环境,严重影响人们的正常生活和生产,危害全人类的生存和安全,环境问题已引起全世界各国的重视。保护环境、防止并治理污染已成为我国的基本国策。土工合成材料是环境工程中比较理想的建筑材料,采用土工合成材料构筑工业废料库、垃圾场、废水处理池等工程,在国外早已获得极大成功。国内随着环保意识的增长和有关环保法规的制定,此类工程在我国城市和乡镇都将有很大的发展前景。

此外,土工合成材料在水土保持、保护水源和造林绿化等方面也都有广泛的应用。

五、铁路、公路、市政建设及其他工业与民用建筑方面

土工合成材料在铁路和公路工程中,主要用于路基加固、防治翻浆冒泥、防治严寒地区路基冻融、加筋路堤、加筋挡墙以及边坡防护、路基排水等方面。另外,利用薄型无纺土工织物防止沥青路面产生反射裂缝,效果也很显著。

目前,在铁路、公路和高速公路建设中,均在不同程度上应用了土工合成材料,并取得了良好的技术经济效果,发展亦比较迅速。

至于在市政和其他建筑工程方面,土工合成材料的应用尚处于开始阶段。虽然应用尚不广泛,但是也有很好的发展前景。

近年来,在地下工程(隧洞、地铁、廊道及压力矿井等)防渗、减压,建筑物及构筑物地基排水固结、加筋垫层、基坑支护、水下基础托换,均化沉井基底压力分布,地面防渗、防裂,地面排水和屋面防水等方面,都有成功的范例。可以预见,在其他土建工程实践带动下,随着设计、施工技术的提高和传统观念的改变,土工合成材料在市政和建筑工程其他部门的推广应用速度将会迅速加快。

参考文献

- 1 顾淦臣.土工薄膜在坝工建设中的应用.水力发电,1985,(10)
- 2 朱诗鳌.土工织物在国外水利工程中的应用.水利水电技术,1986,(3)
- 3 刘宗耀.土工合成材料近期发展概况和存在问题.水利管理技术,1993,(1)
- 4 徐又建.土工织物在水利工程中的应用.山东水利科技,1987,(2)

第二章 土工合成材料的种类及工程特性

第一节 高分子聚合物

一、基本概念

土工合成材料是用高分子聚合物为原材料制成的。所以,要了解土工合成材料的种类及工程特性,就必须对高分子聚合物有一个粗略的了解。

高分子聚合物是 20 世纪开始出现,30 年代得到蓬勃发展的新型材料。它是由一种或几种低分子化合物通过化学聚合反应,以共价键结合而形成的高分子化合物。其分子量一般都大于 5 000。聚合物的力学性能和加工性能都和聚合物的分子量的平均值及其分布有密切关系。

二、聚合物的名称

聚合物的命名习惯上主要是根据聚合物的化学组成来命名的。如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯,等等。“聚”字表示是由一个单体聚合而得到的聚合物。聚合物也有以其结构特征来命名的,如聚酯、聚酰胺、聚氨酯,等等。具体品种还有其商品上的名称,例如尼龙(商品名,为聚酰胺中的一大类)。我国还以“纶”字作为合成纤维商品的后缀字,如锦纶(尼龙—6)、腈纶(聚丙烯腈)、氯纶(聚氯乙烯)、丙纶(聚丙烯)、涤纶(聚对苯二甲酸乙二酯),等等。

聚合物还可以采用代号(英文缩写)代表其名称。土工合成材料中最常见到聚合物的代号如表 2-1 所示。

表 2-1 常见聚合物的代号

名 称	英文名称	代 号
氯化聚酯	Chlorinated polyethylene	CPE
聚酰胺	Polyamide	PA
聚乙烯	Polyethylene	PE
聚 酯	Polyester	PES
聚烯烃	Polyolefin	PO
聚丙烯	Polypropylene	PP
聚苯乙烯	Polystyrene	PS
聚氯乙烯	Polyvinyl chloride	PVC
氯丁橡胶	Chloroprene Rubber	CR
顺丁橡胶	Butadiene Rubber	BR