

大中型水利水电工程技术丛书

包承纲 编著

土工合成材料 应用原理与工程实践

The Principle and Application of
Geosynthetics in Engineering

The Principle and
Application
of
Geosynthetics in
Engineering



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

包承纲 编著

土工合成材料 应用原理与工程实践

The Principle and
Application
of
Geosynthetics in
Engineering

The Principle and Application of
Geosynthetics in Engineering



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一本全面介绍土工合成材料应用原理与工程实践的论著。书中首先列举了土工合成材料的种类、功能和作用,接着分章阐明了它们在防渗、反滤和排水,加筋和加固,防护和护岸以及包裹等方面的应用原理。在此基础上,对若干重要的工程场合,如垃圾填埋场、膨胀土边坡工程以及道路工程等作了重点的叙述。最后,选择了10余个不同类型的典型岩土工程的使用情况作了综合介绍。

本着理论原理和应用实践并重的原则,书中对土工合成材料在土木工程各个方面的应用现状、存在问题以及近10年来国际和国内的新进展不仅作了详细介绍,而且作了必要的评论,并指出了可以发展的空间。

本书可供工程技术人员,科研、设计人员,高等学校师生,以及从事产品研发和生产的企业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土工合成材料应用原理与工程实践 = The Principle and Application of Geosynthetics in Engineering /

包承纲编著. —北京:中国水利水电出版社,2008

(大中型水利水电工程技术丛书)

ISBN 978-7-5084-5616-4

I. 土… II. 包… III. 土木工程—合成材料—研究
IV. TU53

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第080516号

书 名	大中型水利水电工程技术丛书 土工合成材料应用原理与工程实践 The Principle and Application of Geosynthetics in Engineering
作 者	包承纲 编著
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 27印张 640千字
版 次	2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	68.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

我国土工合成材料及其应用技术在广大岩土工程技术人员、高校、科研单位和生产厂家的共同努力下，经历自发应用、技术改进、行业组织建立，特别是 SL/T225—98《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》颁布的 20 余年来的发展，已经形成了独立的领域，拥有一定规模的产品制造、工程设计、工程施工以及技术教育队伍。1998 年，长江、松花江和嫩江流域发生了历史上的特大洪水，造成巨大的人力、物力、财力损失，但同时也为土工合成材料技术的发展带来前所未有的机遇。鉴于该材料在当年抗洪斗争中发挥了显著的作用，洪灾过后，国务院领导多次发布书面指示，大力提倡在水毁工程修复中优先采用这种新材料，并要求材料应符合规范，保证质量。为了落实中央的精神，在原国家经贸委的领导下，有关部委积极响应，在较短的时间内，涉及应用技术的国家规范、行业规范以及材料产品质量的国家标准相继发布。至此，土工合成材料行业步入了规范化阶段。继而，国家和有关部委又组织了应用该类材料的大量示范工程的相关人员，编写出版了各种专著和画册，还在全国范围内组织了多次规范宣讲会，使该项技术的推广应用迈上了一个新台阶。

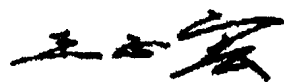
近十多年来，除各种规范外，国内出版了多种有关土工合成材料的专著和教材，期刊上的有关论文也日见增多。但有关该项技术的原理和应用的报道，大都局限于国内外现有的机理认识，现有的技术准则、设计方法和施工要求等。对于土工材料和周围土体相互作用的机理剖析较少，释理欠透；结合工程案例，特别是国内工程的详尽报道不多；再有，关于近年来发表的新材料、新观点和新技术的动态更是罕见。有鉴于此，该书作者不辞笔耕之劳，以极大毅力博览了国内外大量文献，并结合他个人多年来的丰富经验，完成此巨著，令人敬佩。包承纲先生毕生致力于水利和岩土工程事业，治学严谨，目光犀利，实践积存渊博，学术造诣深厚，他以机理剖析为利器，论述和评判问题，故该书具有许多特点，能给读者以莫大助益。

首先，该书在阐述问题时，脉络清晰，论理有据。例如关于织物的反滤和排水功能，从反滤定义、国内外反滤准则，到影响反滤的因素、淤堵机理和防治、反滤设置，乃至在地面、地下到软基的深层加固中的应用，环环紧扣，使读者不仅知道该材料在工程中的实际应用，而且能通晓材料功能发挥之所系。从而使材料的应用，不仅能做到“用对、用好”，并且还能“用精”。

全书的另一个特点是，当介绍某一理论或方法时，在交代了现行或传统的论点后，还尽量广纳各家之言，此点十分可贵。众所周知，土的工程性质非常复杂，且随其存在状态和外界条件会有很大变化，当土与介入的土工合成材料共同工作时，其性状规律更难准确预测。例如现行的软基加筋效果评价方法和反滤准则等，都可能由于建模时考虑的因素未必触及全面的客观本质，使评价的可靠性有时难以保证。这就意味着传统的某些标准尚有改进和思考的空间。该书的这一优点有别于一般的著作，是值得提倡的文风。

再有，该书收集了众多的最新研究成果和工程实例，特别是国内的研究资料。例如，织物淤堵可能性的试验方法和判别、加筋土的本构关系、纤维土的试验研究、桩网式加筋路堤以及第12章的众多典型工程实例等。对于当前最热门的垃圾卫生填埋场和土工包裹系统也都有较详细的论述。所有这些都表明，土工合成材料的用武之地犹在不断扩大，而且在许多重要工程中都能被成功应用，其发展空间有待我们进一步去开拓。

诚如该书书名所标示的那样，书中内容如实反映了作者“应用原理与工程实践”两相结合的写作初衷，包罗了土工合成材料类别、功能和特性、材料各种功能发挥的机理（和各家之说）、功能和工程应用的配合以及部分设计算例、多项典型工程实录和评价等。全书内容全面充实，道理说得清楚，且有相当深度，既陈述技术现状，又广引诸家论点，指出可思考的空间，写作思路摆脱了凡俗文风。由此可认为，此书的出版对土工合成材料的发展必将有较大的推动；同时，对于高校土建类本科生、研究生和教师，对于设计施工人员以及科研人员，也都是一部不可多得的好书。



2008年5月
于北京

前言

国际上从 20 世纪 60 ~ 70 年代起土工合成材料在土木工程中得到广泛应用，并被誉为“在岩土工程中引发了一场革命”。我国在 70 年代后期开始也相继引入了多种类型的土工合成材料产品，并在水利、铁路、港口和公路等方面陆续得到应用，从 90 年代起更在环保领域受到重视，并成为不可或缺的防渗防漏材料之一。1998 年长江、松花江和嫩江全流域的大洪水，为土工合成材料在我国的应用提供了良好的契机，它的发展和推广受到了国家主管部门的重视。自此以后，一批相关的规范、规程相继颁布，以《土工合成材料工程应用手册》为代表的多本工具书和教材也陆续问世，为土工合成材料应用的规范化和普及化起了极大的推动作用。我国土工合成材料事业的规模达到了一个新的水平，与此同时，土工合成材料的相关产品也同步地发展，产品的质量不断提高，种类日趋齐全。

但是以往出版的技术文献，有的时隔已久，有的在应用原理方面不够深入详尽，因此编写一本较多地叙述应用原理方面的内容，并包含近十余年来国际上的新发展，尤其是国内有关研究的新成果的书，将对我国从事土工合成材料研究、教学和应用的科技人员有所帮助。

由于土工合成材料是一项发展不久的新技术，有不少原理（尤其像加筋、反滤等方面）至今尚未弄得很清，因此，会有不同的认识存在，在书中，把这些不同观点加以介绍，以期抛砖引玉引起读者兴趣，有助于把有关问题的讨论引向更加深入。

本书经长江水利委员会科学技术委员会组织委内专家审查，并承王正宏教授、李广信教授、王铁儒教授、马时冬教授、王园研究员、丁留谦教授级高工和陈轮副教授等审阅。

刘宗耀前理事长，王正宏、李广信、王铁儒、马时冬等教授为本书提供许多宝贵资料，在此一并表示感谢。

参加本书编著工作的有：

包承纲（负责全书编写）

王铁儒（负责第4章4.9节“塑料排水带在软基加固中的应用”编写）

丁金华（负责第5章5.8节“纤维加筋土”编写并协助全书编写）

童军（参加了书稿的部分校对工作）

由于水平和时间有限，书中不当与疏漏之处在所难免，敬请指正。

著 者

2008年2月

目 录

序 前言

第1章 绪论	1
1.1 土工合成材料的定义和含义	1
1.2 土工合成材料的发展和应用现状评述	1
1.3 编写本书的目的和内容安排	3
第2章 土工合成材料的种类、功能和特性	5
2.1 土工合成材料的聚合物（原材料）	5
2.2 土工合成材料的添加剂	6
2.3 土工合成材料的类型及主要功能	6
2.4 常用的几种土工合成材料产品及其性能	7
2.4.1 土工织物（土工布）	7
2.4.2 土工膜	9
2.4.3 土工格栅和土工网	10
2.4.4 土工格室	12
2.4.5 加筋带（或称拉筋带、土工带）	14
2.4.6 土工管材	14
2.4.7 复合排水带	15
2.4.8 土工泡沫板	15
2.4.9 土工网垫	16
2.5 土工合成材料的主要性能	17
第3章 防渗和防渗工程	21
3.1 概述	21
3.1.1 一般叙述	21
3.1.2 国内外应用概况	22
3.1.3 土工膜防渗设计中的关键问题	23
3.2 土工膜的特性	25
3.2.1 土工膜的种类和型式	25
3.2.2 土工膜的工程性质	27
3.3 土工膜防渗层的结构和布置型式	33
3.3.1 保护层	33

3.3.2	支持层	35
3.3.3	土工膜防渗层的类型	35
3.4	土工膜防渗层的渗漏量估算	36
3.4.1	土工膜的渗透量	36
3.4.2	缺陷渗漏量	37
3.4.3	对渗漏量估算的评价	38
3.5	土工膜的厚度	38
3.5.1	垫层颗粒粒径与膜厚的关系	39
3.5.2	土工膜的局部大应变问题	40
3.6	复合土工膜的性能研究	40
3.6.1	复合土工膜的试验	40
3.6.2	复合土工膜的性能	44
3.6.3	复合膜黏接的施工工艺与黏接强度研究	45
3.7	使用土工膜工程的稳定性分析	46
3.7.1	堤坝上游坡土工膜的抗滑稳定分析极限平衡法	46
3.7.2	堤坝上游坡土工膜稳定性分析的有限元法	47
3.8	土工膜的施工要点	47
3.8.1	连接	47
3.8.2	接缝的检测	48
3.8.3	土工膜的铺设	49
3.8.4	土工膜的锚固	49
3.9	土工合成材料膨润土衬垫 (GCL)	50
3.9.1	GCL 简介	50
3.9.2	GCL 的若干特性	51
3.9.3	GCL 的应用	52
3.9.4	GCL 施工中的注意事项	53
3.10	土工膜在防渗工程中的新应用	53

第4章	反滤与排水工程	56
4.1	织物反滤设计的概念和方法	56
4.1.1	反滤与排水的意义	56
4.1.2	反滤的定义	56
4.1.3	反滤设计中的若干概念	57
4.1.4	织物滤层设计的方法	60
4.2	国内外反滤准则的研究和应用概况	61
4.2.1	国外有关反滤准则的研究	61
4.2.2	国内关于反滤准则的研究	65
4.3	影响织物反滤设计的主要因素	66

4.3.1	反滤土工织物的种类及特性	66
4.3.2	被保护土的性质和状态	67
4.3.3	水流条件	68
4.3.4	土—土工织物系统的其他外部条件	70
4.4	土工织物反滤的机理和淤堵现象	71
4.4.1	土工织物反滤机理的研究	71
4.4.2	反滤准则研究的新进展	73
4.4.3	土工织物滤层的淤堵机理	74
4.5	淤堵的试验研究与防治措施	74
4.5.1	梯度比试验及其评述	75
4.5.2	改进的梯度比试验	76
4.5.3	其他的淤堵试验	77
4.5.4	考虑淤堵等因素的透水性折减系数	78
4.5.5	淤堵可能性的经验判断	79
4.5.6	预防淤堵的措施	79
4.6	土工织物反滤层的施工	79
4.6.1	土工织物反滤层的铺设	79
4.6.2	混合反滤层的设置	80
4.6.3	复合土工材料反滤层的设置	80
4.7	土工合成材料排水	80
4.7.1	排水的目的	80
4.7.2	排水设施的具体形式举例	81
4.7.3	用于排水的土工合成材料	81
4.7.4	土工结构物的织物排水设计	84
4.8	地下埋管排水和地面侵蚀控制	91
4.8.1	地下埋管排水	91
4.8.2	地面侵蚀控制	93
4.9	塑料排水带 (PSD _s) 在软土地基处理中的应用	94
4.9.1	概述	95
4.9.2	塑料排水带地基的固结沉降及强度增长	97
4.9.3	塑料排水带地基处理的设计	104
4.9.4	工程应用实例	112
4.9.5	塑料排水带技术的新发展	119
4.10	几点结论性的意见	121
第5章	土的加筋与加固	123
5.1	概述	123
5.1.1	加筋的定义和意义	123

5.1.2	加筋的主要形式	123
5.1.3	加筋的作用	124
5.2	土工加筋材料	125
5.2.1	常用的加筋材料	125
5.2.2	加筋材料的主要作用	125
5.2.3	对加筋材料性能的要求	125
5.3	加筋机理研究	127
5.3.1	现有关于加筋机理的观点	127
5.3.2	加筋机理的若干新观点	128
5.3.3	加筋对土体特性的影响	131
5.4	加筋土本构关系的研究	132
5.4.1	弹塑性损伤本构模型 (EPDI 模型)	132
5.4.2	位移—软化模型	132
5.4.3	非线性本构模型	135
5.5	加筋土应力应变关系的试验研究	136
5.5.1	加筋土的三轴试验和平面应变试验	137
5.5.2	加筋土应力应变试验的成果分析	137
5.5.3	加筋土的离心模型试验	139
5.6	筋材与土之间界面特性的试验研究	141
5.6.1	界面特性试验的类型	141
5.6.2	加筋土的拉拔试验和直剪试验	142
5.6.3	关于拉拔试验的讨论	147
5.6.4	加筋土界面特性的其他试验	152
5.7	加筋土破坏的主要型式和筋材布置的原则	154
5.7.1	概述	154
5.7.2	加筋土体主要失稳型式的讨论	154
5.7.3	加筋材料的间距	155
5.8	纤维加筋土	155
5.8.1	纤维加筋土的含义	155
5.8.2	纤维的特性和有关参数	155
5.8.3	纤维土的作用机理	156
5.8.4	纤维土的试验研究	157
5.8.5	影响纤维土加筋效果的主要因素	160
5.8.6	纤维加筋膨胀土的特性	161
第6章	加筋土工程	166
6.1	概述	166
6.1.1	加筋土工程的结构类型	166

6.1.2	加筋土结构的主要特点	166
6.1.3	加筋土工程设计的一般原则	167
6.1.4	实用计算方法的考虑	167
6.1.5	加筋土工程稳定性验算的内容和方法	168
6.2	加筋土挡墙的设计	169
6.2.1	加筋土挡墙的基本型式	169
6.2.2	设计的基本资料	169
6.2.3	加筋土挡墙的设计步骤	170
6.2.4	加筋挡墙的破坏形式和作用荷载	171
6.2.5	加筋土挡墙的常用设计方法	173
6.2.6	加筋土挡墙设计欧洲国家的方法	176
6.2.7	加拿大 Bathurst 法	177
6.2.8	模块式加筋土挡墙的设计问题	183
6.2.9	加筋土挡墙工作性状的现场研究	189
6.3	加筋土陡坡	191
6.3.1	概述	191
6.3.2	常用设计方法简述	191
6.3.3	加筋陡坡设计的规范法 (SL/T225—98《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》) 简介	191
6.3.4	位移法简介	193
6.4	软土地基的加筋和加固	193
6.4.1	加筋土地基的效果	194
6.4.2	加筋垫层的加固机理	195
6.4.3	加筋土软基的计算	195
6.4.4	加筋地基土中筋材的布置	197
6.4.5	加筋垫层的“深基础效应”	199
6.5	地震和动荷载下加筋结构的设计问题	200
6.5.1	加筋土动力特性的研究	200
6.5.2	地震荷载作用下加筋挡墙的设计	200
6.5.3	加筋土的液化研究简述	209
6.6	加筋土结构设计中的若干重要问题	210
6.6.1	加筋土结构设计中筋材的容许强度	210
6.6.2	加筋土结构的蠕变变形	210
6.6.3	筋材的施工破损强度降低问题	214
6.6.4	加筋土结构的老化问题	218
6.7	加筋土结构的应力应变研究	221
6.7.1	分析方法简述	221
6.7.2	加筋土挡墙的自重应力	222

6.7.3	外荷的影响	223
6.7.4	举例分析	224
6.8	加筋土结构的应变和位移	225
6.9	加筋土结构工程实践中的若干经验	227
6.9.1	加筋土结构施工的一般步骤	227
6.9.2	若干重要的施工事项	228
6.9.3	机械破损的可能原因	229
附录		230
附录 A	塑性分析的上、下限定理	230
附录 B	加筋土挡墙的承载力问题	232
第7章	防护和护坡工程	238
7.1	防护的含义和护坡(岸)工程	238
7.1.1	防护的含义	238
7.1.2	护坡(岸)工程的重要性	238
7.1.3	护坡(岸)工程的结构型式	240
7.2	土工合成材料的护坡工程结构物	240
7.2.1	生态护坡与土工合成材料的应用	240
7.2.2	常用的土工合成材料护坡结构物种类	241
7.3	软体排	241
7.3.1	软体排的构成	241
7.3.2	排体尺寸的确定	243
7.3.3	软体排的结构设计	244
7.3.4	软体排的施工和锚固	247
7.4	铰接联锁块软体排	249
7.4.1	概述	249
7.4.2	联锁块沉排结构的型式和应用	249
7.4.3	施工要点	250
7.5	土工石笼(Geo-Gabion)	250
7.5.1	概述	250
7.5.2	土工石笼的结构设计	251
7.5.3	土工石笼的施工和应用	252
7.6	土工模袋(Geoform)	254
7.6.1	概述	254
7.6.2	土工模袋的种类	255
7.6.3	土工模袋的设计计算	256
7.6.4	充填材料	258
7.6.5	施工要点	258

7.6.6	关于模袋应用的评价	259
7.7	土工格室 (Geocell)	260
7.7.1	概述	260
7.7.2	土工格室的作用和特点	260
7.7.3	工程应用	261
7.8	植被护坡	262
7.8.1	概述	262
7.8.2	草种选择	263
7.8.3	施工要点	263
7.9	土工网垫	263
7.10	其他新型的护坡	266
7.10.1	尼龙加筋网垫	266
7.10.2	沥青铺材	266
7.10.3	Berosin 促淤网	266
7.11	长江中下游的护岸工程	267
第8章	土工包裹系统	269
8.1	概述	269
8.2	土工包	270
8.2.1	一般叙述	270
8.2.2	土工包的特点	272
8.2.3	土工包的投放过程和受力分析	272
8.2.4	土工包所需的周长	274
8.2.5	土工包的外裹材料	275
8.2.6	粒状材料的充填和施工	276
8.2.7	土工包系统设计中的若干问题	276
8.2.8	土工包系统使用中的若干经验	279
8.2.9	污染物透过土工包的迁移研究	279
8.2.10	工程应用	282
8.3	土工长管袋 (Geo-tube)	286
8.3.1	概述	286
8.3.2	土工长管袋的应用	286
8.4	土工袋 (Soil bag)	286
8.4.1	土工袋的特点	288
8.4.2	土工袋的应用范围	288
8.4.3	土工袋的应用实例	289
第9章	土工合成材料在垃圾卫生填埋场中的应用	290
9.1	我国城市垃圾问题的现状和垃圾处理的主要方法	290

9.2	典型城市生活垃圾的成分和特性	291
9.2.1	生活垃圾的成分	291
9.2.2	城市垃圾的主要特性	291
9.3	垃圾填埋场的环境问题	295
9.4	垃圾填埋场的结构	297
9.5	土工合成材料在垃圾卫生填埋场中的应用	299
9.5.1	土工膜、复合土工膜和 GCL 在填埋场中的应用	300
9.5.2	土工网、土工管和无纺布在填埋场中的应用	305
9.5.3	土工格栅及其他加筋材料在填埋场中的应用	305
9.6	土工合成材料在填埋场使用中的若干问题	305
9.6.1	材料选择	305
9.6.2	土工材料的寿命	306
9.6.3	结构设计	307
9.6.4	施工方面	308
9.7	国内若干填埋场简介	310
9.7.1	杭州天子岭垃圾填埋场	310
9.7.2	苏州七子山垃圾填埋场	313
第 10 章	土工合成材料在膨胀土工程中的应用	316
10.1	膨胀土的含义、特征及其分布	316
10.2	膨胀土的特殊性质	317
10.2.1	胀缩性	317
10.2.2	多裂隙性	318
10.2.3	超固结性	318
10.3	膨胀土边坡的稳定问题	318
10.4	膨胀土工程的病害处治	320
10.4.1	病害的处治原则	320
10.4.2	膨胀土边坡病害的处治思路	321
10.4.3	膨胀土地基病害的处治思路	321
10.5	土工合成材料在膨胀土边坡处治中的应用	322
10.5.1	土工膜	322
10.5.2	三维土工网和土工格室	322
10.5.3	土工格栅	322
10.5.4	土工袋	324
10.5.5	纤维土	326
10.5.6	其他	326
10.6	几个边坡工程实例	326
10.6.1	水（任）—南（宁）高速公路	326

10.6.2	南(宁)—友(谊关)高速公路	327
10.6.3	鄂北岗地引丹五千渠的膨胀土边坡	329
10.6.4	南水北调中线膨胀土(岩)渠道边坡处理方案的研究	330
第11章	土工合成材料在道路工程中的应用	334
11.1	概述	334
11.2	软基上的加筋路堤工程	334
11.2.1	软基上加筋土堤的破坏形式	334
11.2.2	软基上加筋路堤的设计	336
11.2.3	软基上加筋路堤设计中若干重要问题的讨论	345
11.2.4	PVD _s 和加筋联合作用的土堤设计	348
11.2.5	不同地基土性质对加筋土堤设计的影响	349
11.2.6	加筋材料的性状对加筋堤设计的影响	352
11.3	无铺砌道路(Unpaved Road)的加筋土路堤	353
11.3.1	路堤加筋的作用	353
11.3.2	J. P. Giroud的设计方法	353
11.3.3	关于Giroud法的评论	362
11.3.4	实例	362
11.4	有铺砌道路的设计	362
11.4.1	加筋的目的	362
11.4.2	加筋的材料	362
11.4.3	加筋有铺砌道路的研究	364
11.4.4	加筋有铺砌道路的设计方法	364
11.5	土工合成材料防治道路的反射裂缝	367
11.5.1	反射裂缝的机理	367
11.5.2	土工合成材料罩面的设计指南	368
11.5.3	地沥青协会土工织物罩面的设计方法	368
11.6	桩网式加筋路堤工程	369
11.6.1	定义与分类	369
11.6.2	桩网式路堤的结构和受力机理	370
11.6.3	桩网式加筋路堤的试验研究	371
11.6.4	桩网式加筋路堤的适用条件	373
11.6.5	应用情况	373
第12章	典型工程实例	375
12.1	长江口深水航道治理工程一期工程(国家级示范工程)	375
12.1.1	概况	375
12.1.2	软体排	377
12.1.3	袋装砂斜坡堤	378

12.1.4	模袋混凝土护面	379
12.1.5	效果评价	379
12.2	汉江王甫洲枢纽围堤防渗工程（国家级示范工程）	380
12.2.1	概况	380
12.2.2	复合土工膜的作用	380
12.2.3	土工织物反滤层的应用	381
12.2.4	评价	382
12.3	深圳河治理第二期工程（国家级示范工程）	383
12.3.1	概况	383
12.3.2	土工合成材料的应用	383
12.3.3	土工合成材料的规格和性能	384
12.3.4	试验研究、现场取样测试和监测成果	387
12.3.5	评价	393
12.4	长荆铁路（国家级示范工程）	393
12.4.1	概况	393
12.4.2	设计与施工	394
12.5	青藏铁路	395
12.5.1	概况	395
12.5.2	土工合成材料应用情况	396
12.5.3	应用效果评价	396
12.6	三峡库区多级高加筋土挡墙	397
12.6.1	概况	397
12.6.2	多级挡墙的设计	397
12.6.3	局部损坏与修复	398
12.6.4	效果评价	399
12.7	长江崩岸治理工程的现场试验	399
12.7.1	概况	399
12.7.2	江新洲试验工程使用的新护岸技术	400
12.7.3	效果评价	401
12.8	舟山东港海涂上筑堤	402
12.8.1	概况	402
12.8.2	加筋材料设置	402
12.8.3	观测资料	402
12.8.4	效果评价	403
12.9	昆明滇池草海滨疏浚工程的现场试验	403
12.9.1	概况	403
12.9.2	设计和施工	404
12.9.3	效果评价	404