

土工合成材料 工程应用手册

(第二版)

《土工合成材料工程应用手册》编写委员会



中国建筑工业出版社

土工合成材料工程应用手册

(第二版)

《土工合成材料工程应用手册》编写委员会

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土工合成材料工程应用手册 / 《土工合成材料工程应用手册》
编委会编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 10
ISBN 7-112-04331-X

I. 土... II. 土... III. 建筑材料: 合成材料 - 手册
IV. TU52-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 35578 号

本书系统地介绍了土工合成材料 (包括土工织物、土工膜和其他有关品种) 的特性、设计、施工及其在我国岩土工程中的应用, 反映了国内外当前达到的水平。书中附有大量工程实例。全书由我国 30 多位专家、学者、工程师编写, 是一部有参考价值的工具书。

本书共分绪论; 材料及其特性篇; 设计与施工要点篇 (包括防渗、隔离、加筋、过滤与排水、防护等章); 工程应用篇 (包括路、桥与支挡工程、闸、坝工程、护岸工程、港湾及海岸工程、防汛抢险工程、地下工程、农田水利工程、环境工程、建筑工程, 其它工程等章) 四部分, 书末附有关土工合成材料国际国内学术组织、名词中英文对照、材料技术指标等四个附录、全书编有索引。

本书可供从事岩土工程设计、施工、教学人员使用, 亦可供土工合成材料试验与制造人员参考。

* * *

责任编辑: 石振华

土工合成材料工程应用手册

土工合成材料工程应用手册 编写委员会

中国建筑工业出版社出版 (北京朝阳门内大街 25 号)

新华书店经销

有色曙光印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 55³/₄ 字数: 1426 千字

2000 年 10 月第二版 2002 年 2 月第三次印刷

印数: 9,301—10,800 册 定价: 75.00 元

ISBN 7-112-04331-X

TU · 3752 (9776)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编写委员会及各章编写人、审阅人名单

《土工合成材料工程应用手册》编写委员会

顾问：黄文熙、潘家铮、卢肇钧、顾淦臣、蒋国澄、郑德明

主编：刘宗耀、杨灿文、王正宏、陈环

编委：王正宏、王育人、王铁儒、包承纲、石振华、叶柏荣、刘宗耀、刘祖德、
陈环、陈镇威、杨灿文、张诚厚、胡文昆、徐伯孟、钱曾望

秘书：王育人（兼）、郑玉琨、俞锡健、彭一江

各章编写人（审阅人）名单

绪论：

刘宗耀 (顾淦臣、郑玉琨)

第一章：土工合成材料的种类及特性

杨灿文 (王育人、王正宏)

第二章：土工合成材料的工程特性与试验

郑玉琨 (陈环、王钊)

第三章：防渗

张诚厚、顾淦臣、吴景海 (陈环、刘宗耀)

第四章：隔离

陈镇威、钱曾望 (王正宏、刘宗耀)

第五章：加筋

王铁儒、陈文华 (杨灿文、王正宏、包承纲)

第六章：过滤与排水

陆士强、王钊 (刘宗耀、尚全夫)

第七章：防护

包承纲、许仲生、洪有伟 (王正宏)

第八章：路、桥与支挡工程

俞锡健、杨灿文 (史存林、王中生)

第九章：闸、坝工程

顾淦臣、张诚厚、徐伯孟、尚全夫 (刘宗耀、胡文昆)

- 第十章：护岸工程
徐伯孟、陈关庆 (王正宏)
- 第十一章：港湾及海岸工程
陈环、曾锡庭、陈洪江 (刘宗耀、叶柏荣)
- 第十二章：防汛抢险工程
包承纲、伍碧秀、戴德仲 (王正宏)
- 第十三章：地下工程
叶柏荣、钱曾望 (陈环、胡文昆)
- 第十四章：农田水利工程
余玲、王育人 (陈环、胡文昆)
- 第十五章：环境工程
王钊、陆士强 (王正宏、杨灿文、刘祖德)
- 第十六章：建筑工程
王铁儒、石振华 (杨灿文)
- 第十七章：其它工程
王正宏、彭一江 (杨灿文、陆士强)
- 附录一：有关土工合成材料的国际和国内学术组织、刊物和技术标准
刘宗耀
- 附录二：土工合成材料技术名词中英文对照
王正宏
- 附录三、国内土工合成材料技术指标
王育人
- 附录四：有关土工膜计算公式的推导
顾淦臣、吴景海
- 索引

序

合成材料应用于岩土工程是近二十年来发展起来的一门新技术。自从七十年代末被引进我国，经过众多生产、科研单位和高等院校的实践与研究，尤其是在中国土工合成材料技术协作网等组织的积极宣传和推动下，已在国内的水利、冶金、电力、石油、海港、铁路、公路、机场、市政、建筑等十多个基础产业部门兴建的 5000 多个工程中加以应用，并已召开过三届全国土工合成材料学术会议和多次专业性研讨会，出版了会议论文集，工程实录，经验总结、通讯和多种文献。给予广大土建技术人员以深刻的启迪，发展形势十分喜人。

土工合成材料以其多功能优点潜藏着相当宽阔的开拓前景。但要进一步推进，基础工作非常需要。目前国内土工合成材料生产厂家已有百余家之多，在品种上除高档土工格栅和一些特殊复合材料外，产品已能满足用户需求，并不断有新品种问世。对于材料性能测试方法，也已出版了一本参考性标准——《土工合成材料测试手册》，可以说初步形成了有章可循；而急待填补的是设计准则的制定。正是针对这个任务，土工合成材料技术协作网组织了长期从事该技术研究和应用的许多专家学者，合作编写了这本以设计原则和方法为主的《土工合成材料工程应用手册》，其中还包含了材料特性、施工要点和在各领域应用的国内外工程实例。这本手册无疑是我国工程实践的总结和专家们的智慧与经验的结晶，反映了该学科当前达到的水平；内容新颖、充实而具体，学了就能用。我相信，本书的出版必将使该技术的推广跃上一个新台阶；为其应用提供科学的理论与实践基础。

当然该技术毕竟还年轻，正处于发展阶段，加上材料的特殊性和它们与土相互作用机理的复杂性，许多作用机制有待揭示，分析计算方法尚待改进。本书中的一些讨论正为此提出问题和指明方向，从这个意义说，它对促进该技术的提高，也将作出历史性贡献。

我相信《手册》的问世，对我国社会主义建设将产生重要影响，一定会带来显著的社会效益和经济效益，故乐为之撰序。

齐之斌

第二版前言

本“手册”第一版于1994年出版，两年之内即已售罄。几年以来，土工合成材料的应用在我国发展很快，1998年，长江、松花江、嫩江曾发生历史上罕见的洪水，土工合成材料在抗洪抢险中发挥了很大的作用，中央领导同志极为重视，责成有关单位大力推广。各职能部门共同合作编制了国家标准，分别制定了各行业技术规范，并相继发布。设计和施工单位对本“手册”的需求日益迫切，希望早日再版发行。编委会有鉴于此，决定编写第二版。在这一版中，除修正原版中的一些错误之外，并根据最近几年的发展情况，介绍了一些新的产品和应用技术；摘录了一部分新制定的规范内容；增添了一些新建工程的实例。我们衷心感谢很多热心的同志提供了大量的资料，编委会根据本书的特点进行了适当的删改。本版的编审工作，由刘宗耀、杨灿文、王正宏、陈环同志主持，胡文昆、俞锡健、王育人、石振华、黄广军等同志参加。由于时间紧迫，难免有错误或不当之处，希望广大读者提出意见，以便再版时改正。

在编辑第二版的过程中，曾参与主编本书的杨灿文同志不幸因病逝世，我们特表示深沉的哀悼与怀念。

《土工合成材料工程应用手册》编写委员会

2000.4

第一版前言

土工合成材料是以合成纤维、塑料、合成橡胶等聚合物为原料制成的用于岩土工程的新产品，包括土工织物、土工膜和其它有关品种，在我国已有十几年的应用历史，最近几年发展很快，广泛应用于基本建设工程的各个领域。

改革开放以来，我国国民经济以空前的速度发展，基本建设规模不断增大，土工合成材料的应用相应地也愈来愈多。为满足广大设计、施工人员和生产厂家的迫切需求，土工合成材料技术协作网组织了有关专家共同编写了这本《土工合成材料工程应用手册》。要求内容系统、充实、资料翔实、实用，且能充分反映出国内外当前达到的水平。为此，编写者广泛搜集国内外最新经验和工程实录资料，整理分析，写出初稿，然后经专家初审，根据初审意见修改成第二稿，由主编再对第二稿进行复审，经过必要的调整和补充，然后定稿。

《土工合成材料工程应用手册》内容分“绪论”、第1篇“材料及其特性”、第2篇“设计与施工要点”、第3篇“工程应用”等四部分，除“绪论”外，第1、2、3篇共分17章，书末附有“附录”和“索引”。“绪论”概述了土工合成材料的应用历史、各种材料的功能和应用范围，以及发展前景。第1篇主要介绍了合成材料的基本知识、简单的制造工艺、工程特性、试验方法和一些物理力学性质指标。第2篇侧重于从理论上阐述不同材料的应用范围和作用机理、设计计算原理和方法，材料的合理选择和施工方法与设备等。第3篇则是从不同的工程应用领域，报道了国内外一些可资借鉴的工程实例；还介绍了一些国外已开始应用，在我国却尚未起步，或是在国外也才开发的新材料和新技术，它们的工程应用实例还少见，但是掌握这些技术信息对读者无疑能起借鉴和启迪作用。

《土工合成材料工程应用手册》经全体编写者的不懈努力，搜集的资料很多，内容丰富，可满足有关人员参考和应用。但由于土工合成材料的应用是一种新技术，历史尚短，有些理论还不够成熟；对一些设计准则，各家存有不同的观点；不少设计原理都沿用了土力学理论，有些计算公式带有一定的经验性；有些专门名词尚未统一。为此，希望读者在使用时要根据不同工程的具体情况，分别对待。

《土工合成材料工程应用手册》是一部工具书，同时亦是一本教材，内容涉及土工合成材料的各个方面，在理论上有些还不够成熟，有待今后从实践中总

结提高。同时限于编写者的经验和水平，难免存在不足甚至是错误之处，请广大读者提出宝贵意见，以便今后改正。

《土工合成材料工程应用手册》编写委员会

1994

目 录

序

第二版前言

第一版前言

绪论	1
0.1 土工合成材料的定义与发展史	1
0.1.1 什么是土工合成材料	1
0.1.2 古代的岩土工程材料	1
0.1.3 现代土工合成材料简史	2
0.2 土工合成材料的功能与应用	4
0.2.1 过滤作用	5
0.2.2 排水作用	5
0.2.3 隔离作用	6
0.2.4 加筋作用	7
0.2.5 防渗作用	8
0.2.6 防护作用	9
0.3 近期发展概况和存在问题	10
0.3.1 材料品种	10
0.3.2 力学特性试验与加筋设计	11
0.3.3 水力学特性试验与滤层设计	12
0.3.4 蠕变、老化和其它特性的研究	13
0.3.5 施工技术	14
参考文献	14

第一篇 材料及其特性

第1章 土工合成材料的种类及一般特性	18
1.1 综述	18
1.2 合成材料基本知识简介	20
1.2.1 合成材料常用的高分子聚合物（高聚物）	20
1.2.2 化学纤维	23
1.2.3 合成材料条、板、带	25

1.2.4 合成材料素材纤维等的一般性能	25
1.3 土工织物	34
1.3.1 土工织物的种类	34
1.3.2 制造方法和工艺简介	34
1.3.3 土工织物的一般特性	38
1.4 土工膜	43
1.4.1 土工膜的种类	43
1.4.2 制造土工膜的基本材料	43
1.4.3 土工膜制造工艺简介	44
1.4.4 土工膜的一般特性	45
1.5 土工特种材料	48
1.5.1 土工格栅	48
1.5.2 土工模袋	54
1.5.3 土工网	58
1.5.4 土工网垫和土工格室	60
1.5.5 超轻型土工合成材料	63
1.5.6 土工合成材料膨润土垫(GCL)	64
1.5.7 土工管袋和土工包	67
1.6 土工复合材料	69
1.6.1 复合土工膜	70
1.6.2 土工复合排水材	72
1.6.3 土工排水管	77
参考文献	79
第2章 土工合成材料的工程特性与试验	81
2.1 综述	81
2.2 物理特性	82
2.2.1 厚度	82
2.2.2 单位面积重量	83
2.3 力学特性	84
2.3.1 抗拉强度	84
2.3.2 握持力	87
2.3.3 梯形撕裂力	87
2.3.4 顶破强度	89
2.3.5 刺破强度	91
2.3.6 落锥穿透试验	92
2.3.7 蠕变特性	93
2.4 土工合成材料与土相互作用时界面摩擦特性与试验	95
2.4.1 直剪摩擦试验	96
2.4.2 拉拔摩擦试验	97

2.5 水力学特性与试验	100
2.5.1 土工织物的孔隙率	100
2.5.2 土工织物的孔径	101
2.5.3 土工合成材料的渗透特性	103
2.5.4 淤堵试验	108
2.6 塑料排水带(板)的特性与测试	111
2.7 土工合成材料的耐久性	113
2.7.1 抗老化特性与试验	113
2.7.2 抗化学腐蚀的能力与试验	114
2.7.3 铺设损伤	115
2.7.4 温度、冻融及干湿度变化对合成材料性能的影响	115
2.8 《99 测试规程》新增加的其他测试项目	115
参考文献	117

第二篇 设计与施工要点

第3章 防渗	118
3.1 综述	118
3.1.1 土工膜应用发展概况	118
3.1.2 土工膜防渗的应用范围	119
3.2 土工膜的选择	121
3.2.1 土工膜的种类	121
3.2.2 基本特性	123
3.2.3 土工膜的选择	127
3.3 土工膜防渗层结构	127
3.3.1 膜上保护层	127
3.3.2 支持层	128
3.3.3 土工膜防渗层的类型	129
3.4 土工膜防渗层渗漏量的计算	130
3.4.1 土工膜的渗漏量	130
3.4.2 缺陷渗漏量	131
3.4.3 算例	134
3.4.4 讨论	138
3.4.5 土工膜铺盖下透水地基渗流计算	138
3.4.6 土工膜铺盖的底部排水排气和上部压重	139
3.5 水压力作用下土工膜厚度的计算	141
3.5.1 薄膜理论公式	141
3.5.2 前苏联的经验公式	143
3.5.3 Giroud 公式	144
3.5.4 厚度计算算例	144

3.6 边坡稳定与锚固	148
3.6.1 稳定分析概述	148
3.6.2 堆石坝坡土工膜抗滑稳定分析	148
3.6.3 土坝坝坡铺土工膜抗滑稳定分析	150
3.6.4 锚固槽的细部设计	153
3.7 施工要点	154
3.7.1 土工膜接头	154
3.7.2 土工膜的拼接	155
3.7.3 拼接缝的质量检查	158
3.7.4 土工膜铺设	158
3.8 有关规范内容摘录	159
3.8.1 说明	159
3.8.2 《国标》中的有关规定	160
3.8.3 《水利行标》中的有关规定	161
参考文献	164
第4章 隔离	165
4.1 综述	165
4.2 作用机理	166
4.2.1 概述	166
4.2.2 隔离材料孔径和渗透性分析	166
4.2.3 受力分析	166
4.3 土工织物隔离层在道路工程中的应用	169
4.3.1 在未铺砌道路中的应用	170
4.3.2 在铺砌道路中的应用	174
4.4 施工技术要求	174
4.4.1 土工织物的展铺和连接方法	174
4.4.2 防止土工织物破坏的施工要求	176
4.5 有关规范内容摘录	177
4.5.1 说明	177
参考文献	177
第5章 加筋	179
5.1 综述	179
5.1.1 土工合成材料加筋材	179
5.1.2 土工合成材料加筋工程	180
5.1.3 加筋设计方法	184
5.2 加筋机理和筋材的选用	185
5.2.1 加筋的机理	185
5.2.2 加筋材料的选择	189
5.3 加筋支挡结构设计与施工	193

5.3.1	结构的组成和类型	193
5.3.2	计算模型和理论	193
5.3.3	基本资料	194
5.3.4	条带式挡墙设计方法	196
5.3.5	筋材满铺并具有面板的加筋挡墙设计	205
5.3.6	施工要点	217
5.4	加筋陡坡设计与施工	218
5.4.1	计算模型与理论	218
5.4.2	基本资料	219
5.4.3	设计方法与步骤	219
5.4.4	施工要点	225
5.5	软土地基上的加筋堤	226
5.5.1	计算模型与计算方法	226
5.5.2	基本资料	228
5.5.3	设计方法和步骤	228
5.5.4	施工要点	235
5.6	有限单元法在加筋堤分析中的应用	237
5.7	有关规范规定摘录	240
	参考文献	269
第 6 章	过滤与排水	271
6.1	综述	271
6.2	过滤	272
6.2.1	作用机理	272
6.2.2	设计方法	275
6.2.3	材料的选择	287
6.3	排水	288
6.3.1	土工合成材料的渗透性	288
6.3.2	设计方法	291
6.3.3	材料选择和设计参数的确定	306
6.3.4	施工技术要求	307
6.4	有关规范规定摘录	307
6.4.1	说明	307
6.4.2	《国标》中的有关规定	307
6.4.3	《水利行标》中的有关规定	308
6.4.4	《公路行标》中的有关规定	309
6.4.5	《水运行标》中的有关规定	312
6.4.6	《铁路行标》中的有关规定	314
	参考文献	318
第 7 章	防护	322

7.1 综述	322
7.2 防水流冲蚀防护结构的设计	323
7.2.1 土工织物软体沉排	323
7.2.2 联锁压块软体沉排	335
7.2.3 土工合成材料石笼和沉枕	337
7.2.4 土工模袋	343
7.2.5 三维网垫植被护坡	350
7.3 防冻结构的设计与施工	354
7.3.1 概述	354
7.3.2 防冻结构设计	355
7.4 道路反射裂缝的防治	358
7.4.1 路面使用质量的评价	358
7.4.2 土工合成材料防治反射裂缝所起的作用	360
7.4.3 织物层厚度、强度及耐温性	361
7.4.4 施工要点	361
7.5 有关规范规定摘录	363
7.5.1 说明	363
7.5.2 《国标》中的有关规定	363
7.5.3 《水利行标》中的有关规定	366
7.5.4 《公路行标》中的有关规定	367
7.5.5 《水运行标》中的有关规定	375
7.5.6 《铁路行标》中的有关规定	381
参考文献	384

第三篇 工程应用

第8章 路、桥与支挡工程	386
8.1 综述	386
8.1.1 土工合成材料在铁路工程中的应用	386
8.1.2 土工合成材料在公路工程中的应用	389
8.1.3 土工合成材料在机场工程中的应用	390
8.1.4 土工合成材料在支挡结构中的应用	390
8.2 工程实例	391
[实例 8-1] 应用土工合成材料防治铁路路基基床翻浆冒泥	391
[实例 8-2] 用土工合成材料防护铁路路基边坡	393
[实例 8-3] 土工合成材料在软土地基筑堤中的应用	394
[实例 8-4] 土工合成材料加筋土桥台	399
[实例 8-5] 土工合成材料加筋土挡墙	401
[实例 8-6] 采用土工合成材料防治道路路面反射裂缝	411
[实例 8-7] 土工合成材料用于公路路面、机场道面裂缝修复	415

[实例 8-8]	土工合成材料在林区公路、沙漠公路中的应用	418
[实例 8-9]	土工合成材料在日本大分机场工程中的应用	423
[实例 8-10]	应用土工织物防治路基冻害	426
[实例 8-11]	土工合成材料整治路基病害和在特殊土筑堤中的应用	433
[实例 8-12]	排水软管在路基工程中的应用	440
	参考文献	440
第 9 章	闸、坝工程	443
9.1	综述	443
9.1.1	应用范围	443
9.1.2	发展概况	445
9.1.3	前景展望	449
9.2	工程应用实例	450
9.2.1	堤防的反滤排水	450
[实例 9-1]	内蒙古半拉山堤防段护坡	450
[实例 9-2]	鸭绿江赵氏沟堤防护坡	453
[实例 9-3]	渭河曹家滩堤防工程	454
[实例 9-4]	安庆市长江丁马段大堤减压井土工织物滤层	456
9.2.2	闸	457
[实例 9-5]	江苏江都西闸利用土工织物治理冲刷的效果	457
[实例 9-6]	江苏施桥二线船闸工程中应用土工织物的效果	459
[实例 9-7]	土工合成材料在河北王帽圈蓄水闸的应用	461
[实例 9-8]	土工合成材料在承德市橡胶坝工程上的应用	464
9.2.3	挡水坝与跌水坝	465
[实例 9-9]	摩洛哥 Ait Chouarit 坝	465
[实例 9-10]	广西田村水库土石坝	466
[实例 9-11]	尼日利亚 Jibiya 坝	470
[实例 9-12]	福建水口水电站上下游围堰	472
[实例 9-13]	引滦入津黎河段模袋混凝土跌水坝	475
9.2.4	尾矿坝	480
[实例 9-14]	辽宁柴河铅锌矿尾矿坝工程	480
[实例 9-15]	辽宁北台钢厂张家沟尾矿坝工程	482
[实例 9-16]	山西毛家湾尾矿库应用土工织物情况	485
9.2.5	煤灰坝	486
[实例 9-17]	辽宁本钢电厂大清沟灰坝土工织物滤层	486
[实例 9-18]	江苏谏壁电厂真观山灰坝土工织物滤层	487
9.2.6	堤坝防渗	489
[实例 9-19]	孤东水库围坝截渗工程	490
[实例 9-20]	山东孤河水库垂直铺膜防渗工程	493
[实例 9-21]	江苏省骆马湖南堤	495

[实例 9-22]	大海子水库	496
[实例 9-23]	辽宁省浑河砂基上土堤垂直铺膜防渗工程	497
[实例 9-24]	浆砌石工程土工膜防渗技术	501
[实例 9-25]	汉江王甫洲水利枢纽围堤防渗工程	502
	参考文献	506
第 10 章	护岸工程	509
10.1	综述	509
10.2	护岸工程实例	510
[实例 10-1]	泰州船闸引航道的模袋护坡	510
[实例 10-2]	铰链式混凝土模袋沉排护底	511
[实例 10-3]	南引红土山防洪堤预制混凝土板护坡	518
[实例 10-4]	嫩江防洪工程简易模袋混凝土护坡	520
[实例 10-5]	卫运河土工织物结合生物护坡	523
[实例 10-6]	绿色挡土护坡工程	526
[实例 10-7]	三峡古树岭高边坡加筋草皮防护	530
[实例 10-8]	抽砂充填土工织物长管袋褥垫沉排坝	532
[实例 10-9]	黄河下游用织物长管袋软体排护底护岸	535
[实例 10-10]	下六家子冰上沉排护岸工程	539
[实例 10-11]	辽河康平县兰家段护岸工程	541
[实例 10-12]	山东黄河塑料编织袋土枕护脚工程	545
[实例 10-13]	长江下游护岸工程	547
[实例 10-14]	下荆江后洲编织物土枕护岸	548
[实例 10-15]	治理深圳河土工合成材料示范工程	549
10.3	丁坝工程实例	554
[实例 10-16]	辽河新发堡丁坝	554
[实例 10-17]	松花江夹津沟丁坝	556
	参考文献	557
第 11 章	港湾及海岸工程	558
11.1	综述	558
11.1.1	码头工程	558
11.1.2	防波堤工程	561
11.1.3	堆场与道路工程	562
11.1.4	海岸护岸工程	562
11.2	堆场、防波堤、码头工程	565
11.2.1	堆场的加固方法及实例	565
[实例 11-1]	天津新港东突堤软基处理工程	566
11.2.2	防波堤软基加固及实例	569
[实例 11-2]	青岛前湾港区工作船港池防波堤工程	571
11.2.3	码头工程中反滤层应用实例	573