

土工合成材料

制造技术及性能

周大纲
等编著

TUGONG HECHENG CAILIAO ZHIZAO JISHU JI XINGNENG



中国轻工业出版社

土工合成材料制造 技术及性能

周大纲 等编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土工合成材料制造技术及性能/周大纲等编著. — 北京: 中国轻工业出版社, 2001. 3
ISBN 7-5019-3036-8

I. 土… II. 周… III. ①高分子材料: 合成材料: 建筑材料-制造②高分子材料: 合成材料: 建筑材料-性能 N. TU532

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74680 号

责任编辑: 赵红玉 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 燕 杰 责任监印: 崔 科

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 15.5

字 数: 392 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3036-8/TQ·230 定价: 40.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

各章节编著人员名单

绪 论：周大纲（中国农资集团上海公司）

第一章合成材料及选择：周大纲

第二章土工织物：周大纲

第三章土工膜

第一节、第三节、第五节：于东明（北京瑞迪新型建筑材料有限公司）

第二节、第四节：汤建国、韩建强、邓毅东（常州市勤业塑料厂）

第四章特种土工合成材料

第一节：范吉廷（泰安华塑建材有限公司、原山东省泰安塑料一厂）

第二节：曹兆铨、张国春（上海实乾塑胶制品有限公司，原上海塑料制品十七厂）

第三节：张庆明（湖北省宜昌耐特龙土工合成材料公司、湖北力特塑料制品有限公司）

第四节：谷传明、刘进道（河北省沧州亦塑股份有限公司华通工程材料公司，原沧州市东风塑料集团有限公司华通公司）

第五节：张鉴念（江苏省产业用纺织品行业协会）

第六节：唐建川、杨德宏（重庆永固工程拉筋带厂有限公司）

第七节：丁培明、叶品华（常州市增强塑料厂）

第八节：李仁旺、李春亮（太原市龙统塑胶有限公司）

第五章复合土工合成材料

第一节、第二节：周大纲

第三节：巴少正（盐城莫尔基础工程材料有限公司）

第六章土工合成材料工程性能及试验：周大纲

附录：周大纲

主 编 简 介

周大纲,1956年5月20日生,江苏省无锡市人,研究生,高级工程师,历任西北建筑工程学院教师、常州塑料研究所科研室主任、常州塑料编织总厂技术副厂长、常州塑料集团公司技术开发部副主任、常州塑料研究所所长、中国农资集团上海公司企业发展部副经理。并任国际土工合成材料学会会员、中国土工合成材料工程协会理事、中国塑料工程学会改性专业委员会理事、上海市塑料工程学会理事等。自1985年开始从事土工合成材料制造技术和应用研究。曾编著《塑料老化与防老化技术》(中国轻工业出版社,1998年)等。

编写说明

随着土工合成材料应用领域的不断扩大，土工合成材料的制造技术和应用技术也在迅速地提高，使其逐渐形成一门多学科交叉的新边缘性学科。目前，反映土工合成材料制造技术及性能的专著很少，并存在土工合成材料产品性能与工程性能不统一（即各自标准试验方法不同）。本书旨在以土工合成材料制造技术和应用量大的土工合成材料为主，反映国内外最新科技成果，并力求土工合成材料产品性能与工程性能相结合，以促进我国土工合成材料的健康发展。

本书主要内容有：合成材料及选择、土工织物、土工膜、特种土工合成材料、复合土工合成材料、土工合成材料工程性能及试验等。本书介绍了土工合成材料常用的合成材料（塑料、纤维）、添加剂及母料的性能；产品的一般性能；产品的工程性能。这三种性能读者在阅读和选用时，要注意其试验标准和方法。同时，本书还介绍了土工合成材料在制造过程中的性能可调整性，以满足工程要求。本书适于从事土工合成材料树脂及助剂生产、产品制造、工程设计和工程应用方面的工程技术人员参考，也可作为高等院校有关专业的教学参考书。

本书由周大纲主编并统稿整理。在编著过程中，曾得到国际土工合成材料学会中国委员会秘书长、华北水利水电大学研究生部王正宏教授和中国塑料工程学会改性委员会常务理事、清华大学高分子材料研究所博士生导师张增民教授惠予审阅，在此表示深切的谢意。另外，一些国内外厂商提供了最新的资料，在此表示衷心的感谢。

本书编著者虽然都是长期从事土工合成材料制造技术和应用的研究人员，但是由于时间仓促，水平有限，难免有错误和不当之处，欢迎读者批评指正，以便再版时修正。

主编

2000年7月

序

土工合成材料在我国的应用可追溯到 20 世纪 60 年代。最初是用土工膜作渠道、水池等防渗；到 70 年代，编织型土工织物开始用于边坡防护；80 年代初，非织造型土工织物在铁道、水利、冶金和交通等行业推广，替代传统的粒料及滤层；与此同时，塑料排水带、土工膜袋、加筋带、土工格栅和土工网相继用于工程；近年来，土工格室、三维植被网垫等又获得开发。迄今，除少数产品尚待研制，我国土工合成材料生产基本上已形成规模与系列，无论是工程应用，还是产品制造，都已从当初的自发阶段逐渐成为社会上的一个新行业，前进步伐不断加速。

1998 年，长江、松花江和嫩江等流域的特大洪灾，给我国带来巨大的人力、物力和财力方面的损失，但对于土工合成材料技术却迎来了难得的发展机遇。由于这类材料在抗洪抢险中发挥了显著作用，显示其快捷、简便和高效的功能优势，引起了党中央、国务院领导的高度重视和社会的广泛关注。汛后，国务院领导书面批示，要求“土工布一定要符合规范，保证质量”，“首先在今年开始的大修堤防工程中采用”。为落实中央指示精神，在国家经贸委的具体指导下，有关各部积极响应，在很短时间内，涉及应用技术和产品质量的国家标准和行业标准相继批准发布，将我国的该技术纳入了规范化轨道。为了树立榜样，探索经验，又组织了 10 项国家级和 50 项水利部的应用土工合成材料示范工程，它们已陆续竣工验收，并将出版专著和画集。中央的指示与举措有力地推动了该项技术的发展，使其跨入了一个新时期。

面对这一喜人形势，为登上新台阶，从业人员尽快从较高层次上

进行系统学习，很有必要。以往国内出版的关于本领域的专著不多，而且要么是单谈应用技术，要么是专讲产品制造，且又侧重纺织行业方面的内容，与工程联系不紧密。但是，土工合成材料技术的正确方向，应该是在实践经验和理论研究的基础上，将材料的工程应用从“用对”，进而“用好”，最后达到“用精”。这就要求技术人员不仅要懂工程，也要懂材料，反之亦然。搞好工程设计是龙头，材料是保证。懂得材料，才能用得其所，发挥其固有功能；了解工程，方可制造出满足工程要求的产品，并不断改进与创新。产学研相结合是发展工程技术的必由之路。《土工合成材料制造技术及性能》一书的编写与出版，正切合这个大目标的需要。

本书的特点是：内容全面、系统，材料与工程兼顾，实践与理论并重，叙述详尽，实用性强。兹简述如下。

1. 内容丰富

除突出书名所指，还扼要地、重点地讲述了合成材料及其选择，产品分类，材料的基本功能，应用举例，材料的主要性能指标及其测试方法，给读者了解该技术以完整的概念，对生产人员很有帮助。

2. 产品类别齐全

书中罗列的产品品种几乎涵盖了《土工合成材料应用技术规范》GB 50290-1998 国家标准中的四大类：即土工织物、土工膜、土工复合材料和土工特种材料。它们都是当前国内工程应用中应用最广泛的产品。另外，还给出了一些正在发展的新品种。

3. 兼论制造方法与原理

书中对各种产品的制造叙述详尽。对用不同方法生产的产品的性能进行对比和评述，以了解它们的优缺点。还剖析了产品的制造原理，概念清晰，便于生产人员了解批评，不断改进与创新。

4. 设备与工艺阐述透彻

对各种生产和工艺介绍不厌其详，例如设备参数，产品质量出现问题时的处理方法，原料与产品规格等，都提供了丰富资料，对从事生产的人员有很好的指导与参考价值。

总之，本书是一本难得的参考文献，也是一本案头必备的实用手

册，还可以作为专业教材，无论是产品制造人员或本领域的工程技术人员，都很值得一读。

王正宏

2000.9.14

于北京

目 录

绪论	(1)
第一节 土工合成材料的定义及发展史	(1)
一、土工合成材料的定义	(1)
二、土工合成材料发展简史	(1)
第二节 土工合成材料的功能及应用	(7)
一、土工合成材料过滤作用	(7)
二、土工合成材料排水作用	(8)
三、土工合成材料隔离作用	(9)
四、土工合成材料加筋作用	(10)
五、土工合成材料防渗作用	(11)
六、土工合成材料防护作用	(13)
第三节 土工合成材料的分类及产品	(14)
一、土工合成材料的分类	(14)
二、土工合成材料产品	(15)
参考文献	(16)
第一章 合成材料及选择	(18)
第一节 聚乙烯	(18)
一、聚乙烯塑料	(18)
(一) 低密度聚乙烯	(18)
(二) 线形低密度聚乙烯	(19)
(三) 高密度聚乙烯	(20)
(四) 乙烯-醋酸乙烯共聚物	(22)
二、聚乙烯纤维	(23)
第二节 聚丙烯	(24)
一、聚丙烯塑料	(24)

二、聚丙烯纤维	(26)
第三节 聚氯乙烯	(28)
第四节 聚酯	(29)
一、聚酯塑料	(29)
二、聚酯纤维	(31)
第五节 聚酰胺纤维	(32)
第六节 聚乙烯醇缩甲醛纤维	(34)
第七节 可发性聚苯乙烯	(36)
第八节 塑料添加剂及母料	(37)
一、抗氧化剂	(37)
(一) 酚类	(37)
(二) 亚磷酸酯类	(44)
(三) 硫酯类	(46)
二、光稳定剂	(47)
(一) 光屏蔽剂类	(47)
(二) 二苯甲酮类	(49)
(三) 苯并三唑类	(50)
(四) 苯甲酸酯类	(52)
(五) 受阻胺类 (HALS)	(54)
(六) 镍螯合物类	(60)
三、防老化母料	(61)
第九节 合成材料的选择	(63)
参考文献	(64)
第二章 土工织物	(65)
第一节 薄膜切割扁丝机织土工布	(65)
一、概述	(65)
(一) 薄膜切割扁丝机织土工布的定义及分类	(65)
(二) 国内外薄膜切割扁丝机织土工布制造发展简史	(66)
二、薄膜切割扁丝的制造	(67)
(一) 扁丝基本制造方法	(67)

(二) 扁丝制造设备及工艺	(69)
三、扁丝机织土工布的制造	(90)
(一) 圆织机基本织造原理	(90)
(二) 圆织机织造设备及工艺	(91)
四、扁丝机织土工布的性能	(100)
(一) 扁丝机织土工布产品设计	(100)
(二) 扁丝机织土工布一般性能	(105)
第二节 长丝机织土工布	(106)
一、概述	(106)
(一) 长丝机织土工布的定义及分类	(106)
(二) 国内外长丝机织土工布制造发展简史	(107)
二、长丝的制造	(107)
(一) 长丝基本制造方法	(107)
(二) 长丝制造设备及工艺	(108)
三、长丝机织土工布的制造	(116)
(一) 片梭织机基本织造原理	(116)
(二) 片梭织机设备及工艺	(116)
四、长丝机织土工布的性能	(131)
(一) 长丝机织土工布产品设计	(131)
(二) 长丝机织土工布一般性能	(132)
第三节 短纤针刺非织造土工布	(134)
一、概述	(134)
(一) 短纤针刺非织造土工布的定义及分类	(134)
(二) 国内外短纤针刺非织造土工布制造发展简史	(134)
二、短纤针刺非织造土工布的制造	(135)
(一) 短纤针刺非织造土工布制造原理	(135)
(二) 短纤针刺非织造土工布制造设备及工艺	(136)
三、短纤针刺非织造土工布的性能	(164)
(一) 短纤针刺非织造土工布产品设计	(164)
(二) 短纤针刺非织造土工布一般性能	(166)

第四节 长丝纺粘针刺非织造土工布·····	(168)
一、概述·····	(168)
(一) 长丝纺粘针刺非织造土工布的定义及分类·····	(168)
(二) 国内外长丝纺粘针刺非织造土工布制造发展简史·····	(169)
二、长丝纺粘针刺非织造土工布的制造·····	(170)
(一) 长丝纺粘针刺非织造土工布制造原理·····	(170)
(二) 长丝纺粘针刺非织造土工布制造设备及工艺·····	(175)
三、长丝纺粘针刺非织造土工布的性能·····	(188)
(一) 长丝纺粘针刺非织造土工布产品设计·····	(188)
(二) 长丝纺粘针刺非织造土工布一般性能·····	(191)
参考文献·····	(193)
第三章 土工膜·····	(195)
第一节 吹塑法土工膜·····	(195)
一、概述·····	(195)
(一) 吹塑法土工膜的定义及分类·····	(195)
(二) 国内外吹塑法土工膜发展简史·····	(196)
二、吹塑法土工膜的制造·····	(197)
(一) 吹塑法土工膜制造原理·····	(197)
(二) 吹塑法土工膜制造设备及工艺·····	(197)
三、吹塑法土工膜的性能·····	(205)
(一) 吹塑土工膜产品设计·····	(205)
(二) 吹塑土工膜一般性能·····	(216)
四、土工膜选用指南·····	(217)
第二节 压延法土工膜·····	(218)
一、概述·····	(218)
(一) 压延法土工膜的定义及分类·····	(218)
(二) 国内外压延土工膜发展简史·····	(218)
二、压延法土工膜的制造·····	(218)
(一) 压延法土工膜制造原理·····	(218)

(二) 压延法土工膜制造设备及工艺·····	(219)
三、压延法土工膜的性能·····	(226)
(一) 压延土工膜产品设计·····	(226)
(二) 压延土工膜一般性能·····	(229)
第三节 挤压法土工膜·····	(232)
一、概述·····	(232)
(一) 挤压法土工膜的定义及分类·····	(232)
(二) 国内外挤压法土工膜的发展·····	(233)
二、挤压法土工膜的制造·····	(233)
(一) 挤压法土工膜制造工艺流程·····	(233)
(二) 挤压法土工膜制造设备及工艺·····	(234)
三、挤压法土工膜的性能·····	(240)
(一) 挤压法土工膜产品设计·····	(240)
(二) 挤压法土工膜的性能·····	(240)
第四节 层压法土工板·····	(241)
一、概述·····	(241)
(一) 层压法土工板的定义及分类·····	(242)
(二) 国内外土工板发展简史·····	(242)
二、层压法土工板的制造·····	(242)
(一) 层压法土工板制造原理·····	(242)
(二) 层压法土工板制造设备及工艺·····	(243)
三、层压土工板的性能·····	(259)
(一) 层压土工板产品设计·····	(259)
(二) 层压土工板一般性能·····	(261)
第五节 土工膜的焊接及试验·····	(262)
一、土工膜的焊接方法·····	(262)
(一) 热楔焊接·····	(263)
(二) 热风焊接·····	(265)
(三) 挤压焊接·····	(266)
二、焊接机具·····	(268)

(一) 热楔焊机·····	(268)
(二) 挤压焊机·····	(270)
三、挤压焊接与热楔焊接的比较·····	(270)
四、焊接质量的试验·····	(272)
参考文献·····	(275)
第四章 特种土工合成材料 ·····	(276)
第一节 塑料土工格栅 ·····	(276)
一、概述·····	(276)
(一) 塑料土工格栅的定义及分类·····	(276)
(二) 国内外塑料土工格栅制造发展简史·····	(276)
二、塑料土工格栅的制造·····	(277)
(一) 塑料土工格栅制造方法·····	(277)
(二) 塑料土工格栅制造设备及工艺·····	(277)
三、塑料土工格栅的性能·····	(280)
(一) 塑料土工格栅产品设计·····	(280)
(二) 塑料土工格栅一般性能·····	(280)
第二节 土工网 ·····	(281)
一、概述·····	(282)
二、土工网的制造·····	(283)
(一) 土工网制造方法·····	(283)
(二) 土工网制造设备及工艺·····	(284)
三、土工网的性能·····	(292)
(一) 土工网产品设计·····	(292)
(二) 土工网一般性能·····	(294)
第三节 土工垫 ·····	(301)
一、概述·····	(301)
二、土工垫的制造·····	(302)
(一) 土工网垫成型工艺流程·····	(302)
(二) 土工网垫制造设备及工艺·····	(303)
三、土工垫的性能·····	(304)

(一) 土工垫产品设计	(304)
(二) 土工垫一般性能	(304)
第四节 土工格室	(306)
一、概述	(306)
二、土工格室的制造	(307)
(一) 土工格室制造方法	(307)
(二) 土工格室制造设备及工艺	(307)
三、土工格室的性能	(314)
(一) 土工格室产品设计	(314)
(二) 土工格室一般性能	(316)
第五节 机织土工模袋	(318)
一、概述	(318)
(一) 国内外机织土工模袋的发展简史	(319)
(二) 机织土工模袋的特征	(320)
(三) 机织土工模袋的产品类型	(321)
二、机织土工模袋的制造	(323)
三、机织土工模袋的性能	(324)
四、机织土工模袋的应用	(324)
第六节 加筋带	(328)
一、概述	(328)
(一) 加筋带的定义	(328)
(二) 国内外加筋带应用发展简史	(328)
二、CAT 钢塑复合拉筋带的制造	(330)
(一) CAT 钢塑复合拉筋带制造方法	(330)
(二) CAT 钢塑复合拉筋带制造设备及工艺	(331)
三、CAT 钢塑复合拉筋带的性能	(332)
(一) CAT 钢塑复合拉筋带产品设计	(332)
(二) CAT 钢塑复合拉筋带一般性能	(335)
四、CAT 钢塑复合拉筋带的工程应用	(336)
(一) CAT 钢塑复合拉筋带应用范围	(336)

(二) CAT 钢塑复合拉筋带的使用	(336)
第七节 土工管材及管件	(337)
一、概述.....	(337)
二、土工管材的制造.....	(338)
(一) 土工管材制造方法.....	(338)
(二) 土工管材制造设备及工艺.....	(339)
三、管件的制造.....	(352)
(一) 管件的制造方法.....	(352)
(二) 管件制造设备及工艺.....	(353)
四、土工管材性能及管件选择.....	(359)
(一) 土工管材产品设计.....	(359)
(二) 管件选择.....	(364)
(三) 土工管材的一般性能.....	(365)
五、其他土工管材.....	(366)
(一) 聚乙烯管材.....	(366)
(二) 聚丙烯管材.....	(367)
(三) 玻璃钢管材.....	(368)
第八节 土工泡沫板	(369)
一、概述.....	(369)
二、聚苯乙烯泡沫板 (EPS) 的制造	(370)
(一) 可发性珠粒法生产聚苯乙烯泡沫板.....	(370)
(二) 挤出法生产聚苯乙烯泡沫板.....	(372)
三、聚乙烯泡沫板 (EPE 及 XPE) 的制造	(373)
(一) 挤出法生产无交联聚乙烯泡沫板.....	(373)
(二) 交联聚乙烯泡沫板.....	(376)
参考文献.....	(379)
第五章 复合土工合成材料	(381)
第一节 针刺法复合土工织物	(381)
一、概述.....	(381)
(一) 针刺法复合土工织物的定义及分类.....	(381)