

XINCAI LIAO

公路工程

新材料
及其应用指南

廖正环 主编



人民交通出版社

China Communications Press

Gonglu Gongcheng Xincailiao Jiqi Yingyong Zhinan

公路工程新材料及其应用指南

廖正环 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书汇集了近年来在我国公路工程建设中被广泛采用的新型建筑材料,主要有土工织物、粉煤灰、乳化沥青、改性沥青、沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA、硅粉混凝土、玻璃钢、高性能混凝土等各种材料的工程特性、制备方法、适用条件、应用实例,以及相应的设计方法和施工方法。本书密切结合公路工程建设的实际,可供从事公路工程设计、施工和管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程新材料及其应用指南 / 廖正环主编. —北京:
人民交通出版社, 2004. 8

ISBN 7-114-05155-7

I. 公... II. 廖... III. 道路工程-建筑材料

IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 070187 号

书 名: 公路工程新材料及其应用指南

著 作 者: 廖正环

责任编辑: 曲 乐

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.5

字 数: 448 千

版 次: 2004 年 9 月第 1 版

印 次: 2004 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05155-7

印 数: 0001~4000 册

定 价: 34.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

材料是公路、桥梁、房屋等一切土木建筑工程的物质基础。公路和桥梁工程所耗用的建筑材料,不仅数量大,而且种类多。工程实践表明,材料是影响工程质量和造价的重要因素。由于新材料在力学特性、加工制造、设计和施工等方面的诸多优势,因而对提高工程质量、降低工程造价和促进科技进步等都具有十分特殊的作用。因此开发和使用新材料是公路建设者的一项重要任务。

随着我国高速公路建设的大规模开展,各种新型材料在不同的地区相继投入使用。这些新材料已经在特殊路基处治、高级路面、特大跨径桥梁、高边坡加固、隧道衬砌等技术复杂的工程建设中显示了巨大的优越性。本书将近年来在我国公路工程建设中被成功应用的几种主要新材料或混合料汇集成册,希望在加速新材料的推广、促进公路科技进步、提高工程建设速度等方面能有所贡献。

本书介绍的新型材料有土工合成材料、工业废料、乳化沥青、改性沥青、SMA、硅粉混凝土、高性能混凝土、玻璃钢和金属材料。内容包括各种材料的工程特性、技术要求、制备或加工方法、适用环境和条件、工程应用实例,以及应用于公路工程结构的设计方法和施工方法。由于相当一部分新材料目前尚无相应的技术规范,因此,对新材料的机理、国内外的发展情况和存在问题等,也作了概略介绍,供读者在使用本书时参考。此外,本书内容涉及技术规范的强制性条文部分,在引用参考资料时,已按新颁布的现行技术规范或标准对相关数据(如水泥的强度等级)进行了转换。

全书共十二章,由廖正环主编。各章的编写人员如下:第一章由廖正环编写,第二章由王燕编写,第三、四章由叶巧玲编写,第五、六、八章由田文玉编写,第七章由罗玉虎编写,第九章由王卫花编写,第十、十一、十二章由夏泽林、杜佐光编写。

我国公路建设发展迅速,新材料、新技术不断涌现,本书所收录的资料难免有所疏漏,加之编者水平所限,不足之处恳请同行专家和使用本书的读者批评指正,以便适时修订。

编 者

2004年4月

目 录

第一章 新材料与公路建设	1
第一节 新材料在公路工程中的作用	1
第二节 公路工程材料的分类	2
一、按材料的化学组成分类	2
二、按材料的工程应用特性分类	2
三、按材料的使用目的分类	3
第三节 公路工程新材料的开发	3
主要参考文献	4
第二章 土工合成材料	5
第一节 常用土工合成材料	5
一、土工合成材料的作用	5
二、路用土工合成材料的类型	6
第二节 加筋	9
一、路堤加筋	9
二、台背路基填土加筋	14
三、工程实例	16
第三节 过滤与排水	16
一、过滤设计	17
二、排水设计	19
三、施工要点	21
第四节 路基防护	22
一、坡面防护	22
二、冲刷防护	23
第五节 路面裂缝防治	26
一、土工合成材料的选择	26
二、旧沥青路面裂缝防治	27
三、旧水泥混凝土路面裂缝防治	28
四、新建道路路面裂缝防治	28
主要参考文献	29
第三章 工业废料	30
第一节 工业废料的类型	30

第二节 硫铁矿废渣	30
一、混合料组成设计	30
二、施工工艺	31
三、工程实例	31
第三节 钢渣	32
一、钢渣的物理、力学性质	32
二、钢渣的路用特点	33
三、钢渣的板结机理	33
四、钢渣在路基路面工程中的应用	34
五、钢渣桩加固公路软土地基	34
第四节 煤矸石	36
一、煤矸石的物理、化学性质	36
二、设计和施工中应注意的问题	36
三、工程实例	37
第五节 矿渣	38
一、矿渣的物理、化学性质	38
二、矿渣作路面基层材料的使用范围	38
三、应用实践	39
第六节 磷矿尾矿沙	39
一、尾矿沙的性质	39
二、尾矿沙作路基填料	39
三、施工工艺	40
主要参考文献	40
第四章 粉煤灰	41
第一节 粉煤灰的基本路用性能	41
一、粉煤灰的化学性质	41
二、粉煤灰的物理性能	41
三、粉煤灰的力学特点	42
第二节 粉煤灰路堤	44
一、粉煤灰的击实特性	44
二、粉煤灰的渗透性和毛细水上升高度	45
三、粉煤灰的压缩特性	45
四、粉煤灰路堤设计	45
五、粉煤灰路堤施工	49
六、粉煤灰路堤试点工程	51
第三节 粉煤灰基层	61
一、原材料的一般性质与质量要求	62
二、配合比设计	62
三、混合料路用性质	63

四、混合料基层设计	64
五、混合料基层施工	65
第四节 粉煤灰混凝土路面	65
一、粉煤灰混凝土的特性	65
二、配合比设计	66
三、耐磨试验	68
四、施工工艺	68
五、工程实例	68
第五节 加筋粉煤灰挡墙	69
一、加筋粉煤灰挡墙设计	70
二、加筋粉煤灰挡墙施工工艺	70
三、工程实例	70
第六节 粉煤灰钢渣混凝土	72
一、基本特性	72
二、工程实例	72
第七节 高钙粉煤灰沥青混合料	73
一、高钙粉煤灰改善沥青与石料的粘结力	73
二、高钙粉煤灰可以增加沥青的粘度	74
三、高钙粉煤灰对沥青混合料性能的影响	74
主要参考文献	74
第五章 乳化沥青	76
第一节 乳化沥青的制备、分裂和技术要求	76
一、乳化沥青的制备	76
二、乳化沥青的分裂	81
第二节 乳化沥青的分类与技术要求	81
一、乳化沥青的分类	81
二、乳化沥青和聚合物改性乳化沥青的技术要求	82
第三节 乳化沥青性能检验	83
一、检验项目	83
二、筛上剩余量试验	84
三、蒸发残留物含量试验	85
四、乳液粘度试验	86
五、粘附性试验	87
六、拌和试验	87
七、贮存稳定度(CH)试验	89
八、沥青微粒的离子电荷试验	90
九、水泥拌和试验	91
十、低温贮存稳定度试验	92
十一、蒸发残留物试验(延伸度、针入度、溶解度)	93

十二、粘韧性及韧性试验	93
十三、聚合物改性乳化沥青蒸发残留物的灰份试验	95
第四节 乳化沥青路面施工技术	96
一、沥青表面处治施工	96
二、沥青贯入式路面施工	101
三、乳化沥青碎石混合料施工	102
四、透层、粘层和封层	103
五、乳化沥青稀浆封层	104
六、旧沥青路面材料的冷再生	106
主要参考文献	106
第六章 改性沥青	107
第一节 改性沥青性能	107
一、改性剂的种类	107
二、聚合物改性剂的改性效果及改性剂的选择	108
三、改性沥青的制备	110
四、改性沥青生产工艺实例	111
五、几种主要改性沥青	114
六、改性沥青使用中应注意的问题	115
第二节 改性沥青技术性质评价方法及技术指标	115
一、改性沥青技术性质评价方法分类	115
二、改性沥青性能试验方法	115
三、改性沥青技术指标	121
第三节 改性沥青在道路工程中的应用	126
一、国内外的应用情况	126
二、SBS 改性沥青混凝土	126
三、SBS 乳化改性沥青治理路面裂缝	129
四、改性沥青用于 SMA	130
主要参考文献	134
第七章 沥青玛蹄脂碎石混合料	135
第一节 SMA 的基本概念与特性	135
一、SMA 的基本概念及形成机理	135
二、SMA 的特性	135
第二节 SMA 的材料选择	136
一、集料	136
二、填料	140
三、沥青结合料	141
四、纤维稳定剂	148
第三节 SMA 混合料配合比设计方法与原理	150

一、混合料设计的任务与要求	150
二、压实混合料体积分析	151
三、应用体积分析法的注意事项	155
第四节 SMA 混合料配合比设计标准	157
一、设计原则	157
二、SMA 混合料的标准级配	158
三、SMA 马歇尔试验技术标准	161
四、沥青用量	164
五、配合比设计检验指标	167
第五节 SMA 混合料配合比设计阶段及程序	170
一、目标配合比设计	170
二、生产配合比设计和试拌试铺验证	174
第六节 SMA 混合料配合比设计实例	174
一、材料选择	174
二、设计集料级配	176
三、设计沥青用量	179
四、混合料性能评价	179
五、混合料设计小结	181
第七节 SMA 路面的施工	182
一、SMA 施工的特点	182
二、施工准备工作	183
三、施工环境条件	185
四、施工温度	186
五、混合料拌和	187
六、混合料运输	189
七、混合料摊铺	190
八、混合料压实	192
九、接缝施工	194
十、开放交通及其他	195
第八节 SMA 施工质量管理 and 验收	195
一、材料质量检验	196
二、试验段铺筑	196
三、混合料的取样与试验	197
四、SMA 路面构造深度	198
五、路面厚度与平整度	198
六、路面的施工质量检验要求	198
七、施工过程中的问题检查与处理	199
八、施工过程质量控制要点	200
主要参考文献	202

第八章 硅粉混凝土	203
第一节 硅粉	203
一、硅粉的生产	203
二、硅粉的物理性质及作用	203
第二节 硅粉的试验方法和质量标准	205
一、取样	205
二、硅粉的试验方法	205
三、硅粉的质量标准	206
第三节 硅粉砂浆	207
一、硅粉砂浆配合比设计	207
二、硅粉砂浆的技术性能	208
三、硅粉砂浆适用范围	208
第四节 硅粉混凝土	209
一、混凝土配合比设计	209
二、硅粉混凝土性质	209
三、硅粉混凝土的适用范围及注意事项	210
四、硅粉混凝土的应用实例	210
主要参考文献	210
第九章 钢纤维混凝土	211
第一节 纤维混凝土	211
第二节 钢纤维混凝土的材料组成及性能	211
一、材料组成	211
二、基本性能	213
第三节 钢纤维混凝土的配合比设计	215
一、配合比设计的基本要求和特点	215
二、配合比设计的基本原理	215
三、配合比设计的方法	216
四、配合比设计示例	221
第四节 钢纤维混凝土的应用及施工	222
一、在公路路面和机场道面上的应用	222
二、钢纤维混凝土施工中的几个问题	222
第五节 喷射钢纤维混凝土	223
一、喷射钢纤维混凝土的主要特点	224
二、对原材料的要求	225
三、配合比设计	226
四、施工工艺及工程应用	229
主要参考文献	231

第十章 高性能混凝土	232
第一节 高性能混凝土的技术途径	232
一、高性能混凝土的概念	232
二、实现高性能混凝土的技术途径	233
第二节 高性能混凝土的组成材料	233
一、水泥	233
二、矿物掺合料	235
三、高效减水剂	236
四、集料	237
第三节 高性能水泥混凝土混合料的特性	237
一、坍落度损失大	237
二、特殊的高粘性	239
三、高性能水泥混凝土混合料的和易性与评价	239
第四节 高性能混凝土的施工工艺	241
一、高性能混凝土的试配	241
二、原材料管理	241
三、搅拌和输送	242
四、浇筑和振捣	244
五、拆模和养护	245
第五节 高性能混凝土的试配与配合比调整	246
一、配合比设计方法	246
二、配合比设计要求	248
第六节 高性能混凝土配合比设计实例	249
一、高性能混凝土的试配及配合比调整	249
二、配合比设计实例	250
三、高性能混凝土的应用	252
主要参考文献	254
第十一章 有机高分子材料	255
第一节 有机高分子材料的基本知识	255
一、有机高分子材料在工程中的应用	255
二、有机高分子材料的特性	255
第二节 玻璃钢	256
一、玻璃钢的组成	256
二、玻璃钢的性能	257
三、玻璃钢护栏	260
主要参考文献	261

第十二章 金属材料	262
第一节 工程用金属材料的分类	262
第二节 钢材	262
一、钢材的分类	262
二、钢材的力学性能	263
三、钢材的冷加工和热处理	265
第三节 土木工程常用钢材	266
一、碳素结构钢	266
二、低合金高强度结构钢	268
三、桥梁结构用钢	271
四、钢板、管材、型材	273
五、钢筋	274
六、焊接材料	278
第四节 铝材及铝合金	279
主要参考文献	280

第一章 新材料与公路建设

第一节 新材料在公路工程中的作用

公路工程建设需要耗用大量的原料和材料。高速公路需用的材料更是种类繁多、数量巨大。本书所指的材料包括由某种物质构成的建筑材料,如石料、钢材、石灰等,也包括由多种性能不同的物质组成的混合料如水泥混凝土、沥青玛蹄脂碎石混合料等。所谓新材料,是指近十余年在公路工程建设中被广泛采用的新型建筑材料,其中有些材料早已存在,并在其他科学技术领域成功应用。

土是远古人类最早用于筑路的材料,在缺乏砂石材料的地区,至今仍有不少“土路”。随着人类社会生产力的发展和科学技术水平的提高,木材、石料、水泥、钢材、沥青等相继用作修筑道路、建造桥梁的材料,这些特性各异的材料,也可以说是那个时代的道路工程新材料。20世纪70年代以来,石灰、粉煤灰、乳化沥青、矿渣、土工织物等在我国公路工程建设中逐步推广应用,出现了新材料应用的高潮。每一种新材料的问世,对公路工程的设计和施工都将带来技术的革新和进步。

首先,新材料的应用提高了公路工程的质量和使用品质。材料是构成公路工程结构的基础,也是工程质量的重要保障条件。沥青和水泥的应用,使路面工程的质量和公路的使用品质大大提高,实现了公路的全天候通车,这是土路和砂石路面无法与之相比的。在桥梁工程中,石料和钢筋混凝土的应用,代替木料出现了强度高、经久耐用的永久性桥梁结构。由此可见,提高公路工程质量,新材料起很重要的作用。

其次,新材料的研制和开发促进了公路工程的技术进步。材料、能源和信息是当代科学技术和生产飞跃发展的三大支柱。在工程建设过程中,材料是基础,是决定工程结构形式和施工方法的主要因素。公路工程的任何一项技术成果,几乎都与某种起着关键作用的材料有关。有了沥青材料,才能有沥青混凝土路面,有了高强钢丝,才能出现预应力混凝土结构。随着土工合成材料的开发和应用,在公路软土地基处理、高挡土墙结构、防水排水工程等方面先后出现了若干实用技术。石灰虽是一种古老的材料,但石灰土作为路面结构层仅在30多年前,它对防治路面翻浆、提高路面基层的整体强度等方面具有独特的效果。因此,公路工程的技术进步,新材料的作用是必不可少的。

第三,新材料能更有效地使用自然资源,降低工程造价。公路工程中用量最大的是土、石、砂等天然材料,合理而有效地使用这些自然资源,对保证工程质量和降低工程造价都是十分重要的。例如,在砂砾或土中掺入一定量的石灰、水泥后,强度大大提高,从而减薄了路面结构层的厚度,而钢纤维混凝土路面差不多可以比普通混凝土路面少用一半的材料。由于材料费用占公路工程成本的50%以上,减少材料的用量也就降低了工程造价。更重要的是,某些工程结构(如特大跨径桥梁、特殊路基处治等)必须使用某些新材料才能达到预期的效果,这不仅仅是一个造价问题。同时,使用新材料的新结构,在力学性能、使用寿命等方面都优于一般常规

材料。综合考虑这些因素,新材料对于降低工程造价的作用就是十分明显的了。

此外,新材料对于废物利用、净化环境、化害为宝等方面具有特殊的作用。20 世纪 50 年代以来,随着工业经济的发展,各种工业废料曾经是侵占耕地、污染环境的一大公害。随着二灰土、二灰砂、多渣等路面新材料和新结构的研究与应用,粉煤灰、矿渣等工业废渣作为筑路材料被大量使用于公路建设中,起到了化害为利、净化环境的作用。如今,粉煤灰、炉渣等已成为修建高强度公路路面基层的主要材料。

第二节 公路工程材料的分类

公路和桥梁是土木工程的重要组成部分,公路工程材料也基本是土木建筑工程材料。公路工程材料同样可以根据不同的化学组成、功能特性、应用特点等进行分类。

一、按材料的化学组成分类

按材料的化学组成可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。各类材料的具体品种见表 1-1。

材料按化学组成分类表

表 1-1

无机材料	非金属材料	土:粗粒土、细粒土、巨粒土等 天然石料:砂、砾、片石、块石、料石等 烧土制品:砖、饰面陶瓷等 胶凝材料:石灰、水泥、石膏等 混凝土及硅酸盐制品:砂浆、混凝土、硅酸盐制品等 工业废料:粉煤灰、炉渣、矿渣等
	金属材料	黑色金属:钢、铁、合金钢等 有色金属:铝、铜等及其合金
有机材料	植物材料	木材、竹材、草皮等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、液体沥青等
	合成高分子材料	塑料、涂料、橡胶、胶粘剂等
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	玻璃钢、聚合物混凝土、沥青混合料、水泥刨花板等
	无机非金属材料与金属材料复合	钢筋混凝土、钢纤维混凝土、钢丝网混凝土、塑铝复合板等
	其他复合材料	人造花岗岩、人造大理石、水泥石棉制品等

二、按材料的工程应用特性分类

公路工程各组成部分(路基、路面、桥梁等)所使用的材料,在力学特性、施工技术等方面有很大的差异,公路工程中的常用材料按其应用特性可划分为以下类型。

1. 土及砂石材料

天然的土及砂石材料是构成路基工程主体的建筑材料,经过人工开采或加工的砂石材料,是配制水泥混凝土或沥青混合料的矿质集料,砂性土或粘性土还是路面基层或底基层的组成

材料之一。

2. 无机结合料及其制品

公路工程中最常用的无机结合料主要是石灰和水泥。用无机结合料稳定的路面基层和底基层,已成为使用效果良好的路面结构类型。水泥与集料配制的水泥混凝土是钢筋混凝土和预应力混凝土结构的主要组成材料,广泛应用于桥涵构造物。水泥混凝土路面已成为高等级公路的主要路面类型之一。水泥砂浆是各种砌体结构物的粘结物。

3. 沥青材料及其混合料

沥青材料也称为有机结合料,是修筑各类沥青路面的主要材料。高速公路大都采用沥青混凝土路面,可以说沥青混合料是路面工程中最重要的一种材料。

4. 钢材

公路工程中使用的钢材包括钢筋、型钢、钢管、钢缆、钢丝、钢绞线等,是钢桥、钢结构、钢筋混凝土或预应力混凝土结构的重要材料。此外,在隧道衬砌、岩石高边坡加固等工程中也要使用钢材。

5. 新型材料

指新开发的应用于公路工程的材料或采取专门技术措施对传统材料的路用性能进行改善后的材料,如土工织物、改性沥青、钢纤维混凝土等。

三、按材料的使用目的分类

按材料在公路工程中的使用目的,可分为结构材料、功能材料和辅助材料三类。结构材料用于承受荷载(拉、压、剪、扭等)的作用,要求力学强度高、路用品质好。功能材料具有某种特性,如排水、抗冻、保温、装饰、防风化等。辅助材料指在施工时起模板、拱架、支架等辅助作用,是可以周转、回收的材料。

钢材、水泥、沥青、石料等在公路工程中主要作为结构材料使用。有些结构材料也可以作为功能材料使用,如沥青除了作为沥青路面的材料外,还可作为结构物伸缩缝的防水材料使用。在现代公路工程中,木材和竹材一般只作为辅助材料。本书主要介绍结构材料。

第三节 公路工程新材料的开发

公路工程是耗用大量土、石和一定的水泥、沥青、钢材等修建的线形人工构筑物。公路修建于地表,受各种自然因素(水、冰冻、高温等)的影响很大。因此,任何一种公路工程材料除具备结构或功能特性外,还必须满足可用量大、价格低廉、不污染环境和可以再生利用等要求。公路工程新材料还应在某些方面有其独特的优点和作用。

根据近年来工程实践的经验总结,开发公路工程新材料有发现新的材料来源、研制复合材料、改性材料等方式。

发现新的材料来源,包括发掘或研制专门用于公路工程的材料和将其他科技领域的材料引入公路工程。土工织物、粉煤灰、炉渣、硅粉等就属于新发掘或研制的材料,而石灰土、水泥土等则是从其他领域引入公路工程中的材料。开辟新的材料来源,增加公路工程材料的类型和品种,始终是开发新材料的重要途径。

复合材料是由两种或多种不同性质的材料经恰当组合而成。复合材料一般由基体材料和增强材料组成,它克服了单一材料的弱点,扬长避短,从而发挥各组成材料的综合特性,成为工

程性能更好的材料,如钢筋混凝土、玻璃钢、人造石料、沥青混凝土等。材料的复合化已成为当今材料科学发展的趋势。

改性材料是在传统材料中掺加某种改性剂,从而获得的改善或提高其工程特性的材料。目前已在公路工程中成功应用的改性沥青就属于这一类型的新材料。改性剂的作用机理目前尚在进一步研究中,但工程应用的实践确是相当成功的。因此,通过改性获得比原有材料性能更优或施工更方便的材料,亦是开发新材料的一条新途径。

主要参考文献

- 1 赵方冉主编.土木建筑工程材料.北京:中国建材工业出版社,1999
- 2 黄晓明等编著.土木建筑工程材料.南京:东南大学出版社,2001
- 3 彭小芹主编.土木工程材料.重庆:重庆大学出版社,2002

第二章 土工合成材料

第一节 常用土工合成材料

一、土工合成材料的作用

土工合成材料是指在岩土工程中应用的以人工合成的聚合物为原料制成的各种类型合成材料的总称。最初的土工合成材料主要是“土工织物”(Geotextile)和“土工膜”(Geomembrane),后来随着工程需要,出现了种类繁多的新品种,例如土工格栅、土工网和土工模袋等。为了采用一个适当的名称准确地涵盖这些继水泥、木材之后的第四种建筑材料,1994 年在新加坡召开的第五届国际土工合成材料学术会议上,正式确定这类材料的名称为“土工合成材料”(Geosynthetics)。土工合成材料具有抗拉能力强、成批生产、质量稳定、施工简易等优点。

最早的土工合成材料应用可追溯到 20 世纪 20~30 年代。1926 年美国南卡罗来纳州公路部门采用在棉布上洒沥青而制成的材料,其形式类似于土工膜。土工合成材料真正应用于土建工程,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。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。1970 年法国修建的法拉克斯(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。我国应用土工合成材料开始较晚,但发展速度很快。1974 年江苏省江都嘶马采用织造型土工织物制成的软体排,结合混凝土块压重,进行长江护岸。随后江都西闸和湖北省长江堤防也都采用了软体排。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 亿平方米。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。

土工合成材料的原材料是高分子聚合物(Polymer)。它们是由煤、石油、天然气或石灰石中提炼出来的化学物质制成,再进一步加工成纤维或合成材料片材,最后制成各种产品。制造土工合成材料的聚合物主要有聚酯纤维(即涤纶)、聚丙烯纤维(即丙纶)、聚酰胺纤维(即锦纶)、聚乙烯醇纤维、聚氯乙烯等。以上五种原材料的性能对比如表 2-1 所示。

几种高分子聚合物性能对比

表 2-1

名称性能	聚酯纤维	聚丙烯纤维	聚酰胺纤维	聚乙烯纤维	聚氯乙烯
单位质量	高	中	低	低	高
强度	高	中	低	低	低