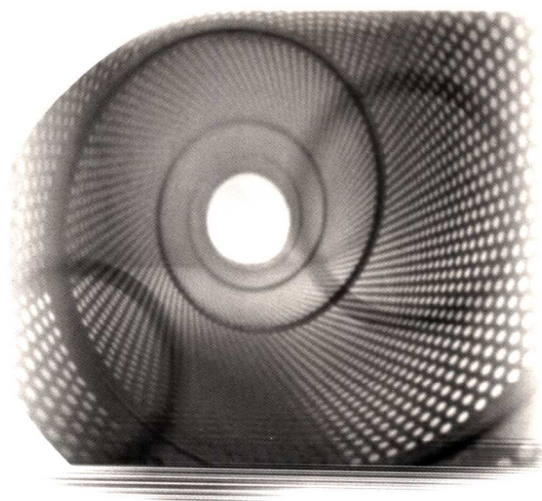


鲁博 张林文 曾竟成 等编著

天然纤维 复合材料



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

天然纤维复合材料

鲁 博 张林文 曾竟成 等编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

天然纤维复合材料/鲁博, 张林文, 曾竟成等编著.
—北京: 化学工业出版社, 2005. 8
ISBN 7-5025-7603-7

I. 天… II. ①鲁…②张…③曾… III. 天然纤维-
复合材料 IV. TB332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 101375 号

天然纤维复合材料

鲁博 张林文 曾竟成 等编著

责任编辑: 王苏平

文字编辑: 王琪

责任校对: 陈静 宋玮

封面设计: 潘虹

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 16¼ 字数 437 千字

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7603-7

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

目前,环境材料已成为新材料领域中的一个新的研究方向。在环境材料中,天然纤维扮演着越来越重要的角色。高性能天然纤维及其复合材料的研究、开发与应用已成为全球研究热点。究其原因,是因为天然纤维具有许多突出的优点,来源丰富、价格低廉、可再生、可降解、高比性能等。

天然纤维复合材料(natural fiber reinforced plastics,简称NFRP)是利用天然纤维(麻纤维、木纤维等)与热塑性树脂基体或热固性树脂基体复合而成的一种新型材料。天然纤维复合材料是复合材料领域的一朵奇葩,与玻璃纤维增强复合材料相比,具有密度低、隔音效果好、比性能高、可回收、价格低廉、人体亲和性好等优点。广泛应用于汽车工业、建筑业、日用消费品等领域。今后随着人们环保意识的增强,各行各业特别是与人们生活密切相关的建筑业和汽车工业,将特别青睐“绿色产品”。因此,作为“绿色产品”的天然纤维复合材料将有很大的发展机遇。

采用现代复合工艺,将天然纤维与树脂基体复合成型为代木或代玻璃钢材料是综合利用天然植物纤维的最主要方法。事实上,大部分植物纤维复合材料性能较低,只有一些性能较高的植物纤维增强的复合材料才具有较高的工业利用价值。麻类纤维和竹类纤维因其拉伸强度比其他天然纤维高,可以称为高性能天然纤维。我国麻类纤维资源极为丰富,其中,苧麻和亚麻产量占世界第一,黄麻等产量也居世界前列。但天然纤维一直以来仅作为纺织工业的原料,应用领域局限于纺织行业,开发天然纤维作为复合材料增强体,可以拓宽天然纤维的应用范围,刺激天然纤维的农业生产,对调整农村产业结构,发展以天然纤维为基础的高新技术产业,提高农副产品的附加价值,促进我国材料科学的发展有着十分积极的意义。

编者在收集和参阅了大量国内外天然纤维复合材料文献和资料

的基础上,并结合国家“863”项目“高性能天然纤维复合材料及其应用技术研究”(2002AA334120)的研究进展编写了此书。本书主要介绍了天然纤维的结构及性能、适合制备天然纤维复合材料的树脂基体、天然纤维复合材料的成型工艺、天然纤维复合材料的设计及性能测试以及天然纤维复合材料的应用等内容。

本书第1章由鲁博和曾竟成编写,第2章由曾竟成和李再轲编写,第3章由王秀梅和杜志花编写,第4章由高红梅和李文仿编写,第5章由李再轲和张长安编写,第6章由王春齐和李卫中编写,第7章由张林文和杨德旭编写。张德镛教授在本书编写过程中提出了许多宝贵意见。全书由鲁博、张林文和曾竟成负责审校和统稿。

在本书编写过程中,科技部“863”高性能结构材料主题专家组的专家和主题办公室的傅殿霞、朱衍平两位老师给予了许多指导和帮助,同时得到了北京玻璃钢研究设计院薛忠民院长、陈淳高工等的支持和热心帮助,也得到了化学工业出版社材料科学与工程出版中心的大力支持和帮助。编者在编写过程中参考了大量书刊和文献,在此对被参考的文献作者和对本书编写提供过帮助的同仁表示真诚的敬意和衷心的感谢!

由于本书编者水平和经验有限,书中难免会有不足或错误之处,敬请业内专家和广大读者不吝指正。

编著者

2005年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 天然纤维复合材料的研究历史及现状	2
1.2 天然纤维复合材料的分类	5
1.3 天然纤维复合材料的性能特点	6
1.4 天然纤维复合材料的研发意义	8
1.5 天然纤维复合材料的研究热点	10
参考文献	12
第 2 章 天然纤维	16
2.1 概述	16
2.2 几类常用天然植物纤维概况	17
2.2.1 麻纤维	17
2.2.2 草茎纤维	25
2.2.3 木纤维	26
2.3 天然纤维的化学组成与结构	27
2.3.1 天然纤维的化学组成	27
2.3.2 天然纤维的细胞结构	31
2.3.3 纤维素的化学结构	33
2.3.4 纤维素大分子的聚集态结构	36
2.4 天然纤维的主要性能	37
2.4.1 天然纤维的力学性能	37
2.4.2 天然纤维的物理性能	39
2.4.3 天然纤维的化学性能	42
2.5 增强用天然纤维的提取、处理和改性	51
2.5.1 天然纤维的提取	51
2.5.2 天然纤维的表面处理和表面改性	58
2.5.3 表面处理及改性对天然纤维性能的影响	68
2.6 天然纤维增强体的制备	72
2.6.1 天然纤维增强体概述	72

2.6.2	短切天然纤维原丝毡的制备	74
2.6.3	短切无纺针刺麻毡的制备	75
2.6.4	天然纤维有捻纱无纺毡的制备	77
2.6.5	天然纤维增强体的贮存	79
	参考文献	80
第3章	天然纤维复合材料基体树脂	87
3.1	基体树脂发展概述	87
3.1.1	复合材料基体树脂的发展历史	87
3.1.2	复合材料基体树脂的分类	88
3.1.3	复合材料基体树脂的研究现状	89
3.1.4	用于天然纤维复合材料中的主要基体树脂	91
3.2	脲醛树脂	92
3.2.1	脲醛树脂化学	93
3.2.2	脲醛树脂的改性	105
3.2.3	脲醛树脂应用	114
3.3	酚醛树脂	128
3.3.1	酚醛树脂的发展历史	128
3.3.2	酚醛树脂的性能特点	133
3.3.3	适合于天然纤维的酚醛树脂	136
3.3.4	酚醛树脂的改性	143
3.3.5	酚醛树脂的应用	145
3.4	聚丙烯	147
3.4.1	聚丙烯的发展历史	147
3.4.2	聚丙烯的基本性质	148
3.4.3	聚丙烯在天然纤维复合材料中的应用	148
3.5	不饱和聚酯树脂	157
3.5.1	不饱和聚酯树脂发展历史	157
3.5.2	不饱和聚酯树脂的基本特性	159
3.5.3	不饱和聚酯树脂的改性	160
3.6	可生物降解树脂基体	167
3.6.1	可生物降解高分子的概念	167
3.6.2	降解高分子材料的分类	168
3.6.3	生物降解高分子材料的降解过程及研究现状	168

3.6.4 可降解高分子材料的研究	169
参考文献	171
第4章 天然纤维复合材料成型工艺	173
4.1 概述	173
4.1.1 天然纤维复合材料成型工艺的选择依据	173
4.1.2 成熟的天然纤维复合材料成型工艺	174
4.2 模压成型工艺	176
4.2.1 概述	176
4.2.2 热固性树脂基复合材料模压成型工艺	176
4.2.3 热塑性树脂基复合材料模压成型工艺	212
4.2.4 成型压机	220
4.3 层压成型工艺	222
4.3.1 概述	222
4.3.2 典型层压成型工艺	223
4.3.3 层压设备	236
4.4 注射成型工艺	238
4.4.1 注射成型工艺简介	238
4.4.2 热固性注射模塑料注射成型工艺	239
4.4.3 热塑性注射模塑料制备工艺	246
4.5 其他成型工艺	257
4.5.1 树脂传递模塑	257
4.5.2 挤出成型工艺	262
参考文献	268
第5章 天然纤维复合材料的性能及设计	271
5.1 麻纤维复合材料的性能	271
5.1.1 麻纤维增强热塑性树脂复合材料的性能	271
5.1.2 麻纤维增强热固性树脂复合材料的性能	284
5.2 竹纤维复合材料的性能	299
5.2.1 竹长纤维增强树脂复合材料的性能	300
5.2.2 竹短纤维增强树脂复合材料的性能	303
5.2.3 竹短纤维增强树脂复合材料的性能	306
5.3 木塑复合材料的性能	308
5.3.1 软木纤维增强 PP 复合材料的性能	308

5.3.2 木粉填充改性热塑性树脂	313
5.4 混杂天然纤维复合材料的性能	319
5.5 天然纤维增强水泥基体复合材料的性能	325
5.6 天然纤维复合材料设计条件和设计步骤	331
5.6.1 天然纤维复合材料结构设计特点	332
5.6.2 天然纤维复合材料结构设计条件	333
5.6.3 天然纤维复合材料结构设计步骤	335
5.7 天然纤维复合材料设计	336
5.7.1 材料设计原则	336
5.7.2 纤维选择	337
5.7.3 树脂选择	338
5.7.4 天然纤维复合材料制造方法的选择	338
5.8 天然纤维复合材料工艺设计	339
5.9 天然纤维复合材料典型结构设计	340
5.9.1 天然纤维复合材料层合板的铺层设计	340
5.9.2 天然纤维复合材料夹层结构的设计	341
5.10 竹席/UP天然纤维复合材料船体设计及制备	342
5.10.1 原材料选择与处理	342
5.10.2 船体结构与铺层设计	343
5.10.3 RTM 模具设计与制备	344
5.10.4 船体制备工艺	344
参考文献	346

第 6 章 天然纤维复合材料的性能测试

6.1 原料与半成品的性能测试	354
6.1.1 天然纤维的性能测试	354
6.1.2 树脂基体的性能测试	360
6.1.3 天然纤维复合材料预浸料、预混料质量检测	376
6.2 天然纤维复合材料的一般性能测试	380
6.2.1 天然纤维复合材料力学性能测试	380
6.2.2 天然纤维复合材料物理性能测试	398
6.2.3 天然纤维复合材料耐化学腐蚀性测试	411
6.3 天然纤维复合材料界面性能测试	412
6.3.1 界面结构及化学成分	412

6.3.2	天然纤维对树脂基体的润湿性	414
6.3.3	界面黏结强度	424
6.4	天然纤维复合材料的特殊性能测试	428
6.4.1	生物降解性	428
6.4.2	耐燃烧性	432
6.4.3	吸水性	436
6.4.4	老化性能	437
	参考文献	439
第7章	天然纤维复合材料的应用	446
7.1	概述	446
7.1.1	发展历程及研究现状	446
7.1.2	天然纤维复合材料的应用领域	447
7.1.3	天然纤维的市场需求	448
7.2	天然纤维复合材料在汽车工业中的应用	451
7.2.1	国外的应用现状和趋势	451
7.2.2	国内市场需求及研究应用情况	458
7.3	天然纤维复合材料在建筑领域的应用	463
7.3.1	保温吸声材料在建筑装饰上的应用	463
7.3.2	天然纤维人造板在建筑装饰上的应用	467
7.3.3	木纤维塑料复合材料在建筑工程中的应用	474
7.3.4	竹纤维复合材料在建筑上的应用	476
7.4	天然纤维复合材料在包装运输领域的应用	484
7.5	天然纤维复合材料在其他领域的应用	489
7.6	天然纤维复合材料的回收及再生利用	492
7.6.1	复合材料回收的必要性	492
7.6.2	热固性复合材料回收现状	494
7.6.3	热固性复合材料回收及再生利用途径	497
7.6.4	天然纤维复合材料的回收及再生利用途径	498
7.7	天然纤维复合材料应用前景展望	500
	参考文献	501

第 1 章 绪 论

鲁博 曾竟成

复合材料技术是 20 世纪 40 年代兴起的一门新技术，经过半个多世纪的发展已形成一套较为完整的体系。复合材料有广义和狭义之分。广义的复合材料是指由两种或两种以上具有不同性能、不同形态的组分组合而成的一种多相材料，包括的范围十分广泛，如天然材料竹、木，动物的血管、骨骼，人工材料的合金等。狭义的复合材料是指由两种或两种以上不同性质或不同形态的原材料，通过复合工艺组合而成的一种材料，它既保持了原组分材料的性能特色，又可以通过材料设计使各组分的性能相互补充、彼此关联，形成复合效应，获得原组分材料所不具备的性能。由此可见，狭义复合材料的突出特点是可设计性。

复合材料包含三个彼此分离而又相互作用的相，即基体、增强体和界面相。基体是复合材料中的连续相，包括金属、陶瓷和聚合物等；增强体是复合材料中的分散相，被基体材料所包围；而界面相介于基体和增强体之间，它是基体材料和增强体材料在复合过程中形成的，其成分和性能既不同于基体材料，又不同于增强体，厚度从几纳米至几十微米不等。界面的结构和性能对复合材料的宏观性能具有十分重要的影响。

复合材料的分类方法有很多种。按照增强体材料的化学组成，可以将复合材料分为碳纤维增强复合材料、玻璃纤维增强复合材料、芳纶纤维增强复合材料等。天然纤维增强复合材料，简称天然纤维复合材料，是由天然存在的纤维材料为增强体，以树脂、水泥等材料为基体的复合材料，是复合材料大家族中的重要组成部分。其中由麻纤维、竹纤维等高性能天然纤维为增强体的复合材料又被称为高性能天然纤维复合材料，其突出特点是具有较高的比强度和比刚度。

与复合材料的定义类似，天然纤维复合材料亦有广义、狭义之

分。广义的天然纤维复合材料是指由天然存在的纤维材料与基体材料组成的复合材料，包括天然竹、木等天然材料。狭义的天然纤维复合材料是指由天然纤维（如麻纤维、竹纤维、木纤维等）和基体材料（如树脂、水泥等），经一定的复合工艺组合而成的复合材料。由于狭义复合材料突出了复合材料的可设计性，因此本书仅就上述狭义的天然纤维复合材料加以介绍，其中以高性能天然纤维复合材料作为介绍的重点。

1.1 天然纤维复合材料的研究历史及现状

人们制造和利用天然纤维复合材料的历史由来已久。从现存的历史遗迹和史籍考察，在距今 7000 年前的西安半坡村遗址中曾发现用草拌泥做成的墙壁和砖坯，这是人类最早使用复合材料的例证。大约出现在 4000 年以前的漆器更是一种典型的纤维增强复合材料，它是用丝、麻及其织物为增强相，以生漆作黏结剂一层一层铺敷在底胎（模具）上，待漆干固后挖去底胎成型，这种工艺方法与现代复合材料的手糊工艺十分相近。漆器表面光洁，具有良好的抗老化性能，现保存在扬州平山堂的鉴真法师漆器像，距今约有 1000 多年，仍保存完好。据圣经中的“创世纪”和“出埃及记”中记载，早在公元前 4000 年左右，巴比伦人就开始使用增强的沥青/硬柏油脂构建房屋。还有古代资料表明，公元前 3000 年，埃及和美索不达米亚的河船是用许多捆束稻草、芦苇埋封在沥青基料里制造的。公元前 2000 年前，美索不达米亚人把芦苇编织物与泥砖结合起来修建大型庙宇，以稳定结构。公元前大约 1000 年，中国开始使用木材和角质薄片制造复合材料弓，这种弓设计得小而有力，且可配合在战车上发射。

到了 20 世纪 40 年代，复合材料技术发展成为新兴技术，集科研、设计、生产和应用为一体，在国民经济建设和国防建设中发挥着基础作用和先导作用。但在这一阶段是以玻璃纤维增强树脂基体为重点，天然纤维仅作为一种填充材料偶尔被使用。进入 20 世纪 80 年代，随着地球上资源的日益枯竭和人们对环境保护意识的增

强，人们把目光重新集中到天然纤维上来，并逐渐成为世界各国关注和开发的热点。

天然纤维复合材料是近年来所有复合材料中需求增长最快的产品之一，年均增长率高达 25%。2000~2005 年间天然纤维复合材料汽车零部件的平均年增长率为 50% 左右。到 2005 年，汽车工业对天然纤维的年需求量将超过 4.5 万吨。据预测，北美地区包括木塑复合材料在内的天然纤维复合材料及产品正以年增长率超过 60% 的速度发展。天然纤维复合材料的各种优势已吸引了美国和加拿大政府、大学、研究机构、军方以及企业的大量资金和研究方面的投资。在美国，从事天然纤维复合材料的研究机构和开发公司超过 100 多家，已形成一個从研发、原材料收集、设备制造、模具、制成品，到市场营销的完整产业。产品已遍及各个工业领域，包括建材、汽车、基本建设等。

国外对高性能天然纤维增强复合材料的应用研究始于 10 多年前，其中德国、比利时、英国、丹麦和意大利关于麻纤维复合材料的研究、开发与应用的报道较多。经过 10 多年的发展，人们在麻纤维表面处理、合成专用树脂、成型工艺等方面取得了显著的成果。例如，在麻纤维表面处理方面，对麻纤维进行碱液浸泡处理、用偶联剂进行偶联处理、用聚合物溶液包润、对纤维进行接枝等改善麻纤维与基体树脂的浸润性和界面性能。在合成专用树脂方面，已有合成麻纤维增强复合材料的专用树脂的报道。在成型工艺方面，已有用热压、RTM、注塑等技术成功研制出各种商业化产品的报道。

汽车工业在不断地寻求价钱更便宜、质量更轻的新材料，国外一些公司对麻纤维在汽车加固材料上的应用研究已经取得了较大的进展，并逐步走向产业化。Bayer 与其子公司 Hennecke 公司合作开发了一种利用亚麻纤维增强聚氨酯生产汽车装饰物的技术。采用树脂传递模塑工艺 (RTM)，用天然纤维毡生产壁厚仅为 1.5~2.0mm 的部件，其最终产品的质量比传统注塑材料生产的产品轻约 45%。

Kafus 环境工业公司开发了洋麻增强材料用于汽车工业，该种材料可代替聚合物复合材料，如玻璃纤维增强塑料 (GFRP)。洋麻复合材料具有良好的冲击强度，质量比玻璃纤维增强材料轻

20%~30%，在高温、高湿下很少变形，可循环使用等特点。该公司多年在欧洲汽车工业的研究、开发证明，洋麻纤维可与聚合物（如聚丙烯）结合用来生产汽车装饰部件，如车门面板、座椅靠板、顶篷、行李架等，Volvo、Saab、Renault 和 Ford 汽车公司生产的汽车就使用了这种材料作为内饰件。Kafus 环境工业公司已投资 1 亿美元生产洋麻非织造毡、板产品，该产品将首先用于北美的汽车工业。

比利时 Procotex 公司在纺织品技术展览会上展出了一种以亚麻和聚丙烯为基体的生物复合材料。它是用 50% 亚麻和 50% 聚丙烯混合制成的毡，毡厚 2cm，把它制成压缩平板或模压成组件用于汽车工业。这种新材料具有密闭的边缘，可防止因透水导致天然纤维的损坏。

为了减少汽车工业和运输业对环境造成的污染，法国国家科学研究中心正在研制以大麻为原料的新型高强度材料，以期用这种新型材料取代汽车生产中使用的玻璃纤维。这种材料的特点除具有金属和玻璃纤维各自的优点外，其价格更便宜，质量更轻，韧性更强，而且可以生物降解。现在该中心正在对该种材料的强度及其他特性进行测试，以期用该种材料生产出汽车车门。

近年来，我国在天然纤维复合材料方面的研究也有不少进展。北京化工大学和北汽福田汽车股份有限公司进行了生产天然纤维复合材料产品专用设备的开发；中石化北京化工研究院在木粉填充塑料挤出成型的工艺、配方、专用设备、制品模具设计等方面已取得较大突破；中国林科院木材所在压制工艺木塑板材制品开发上取得可喜进展；安徽蒙城县铝塑型材有限公司与蒙城县铝塑研究所合作，研制成功并建设了国内首条木塑材料大型生产线，并申请了国家专利；无锡市南丰塑业有限公司研制成功的组合型木塑托盘通过了由中国包装协会组织的技术鉴定，并申请了国家专利。此外，山东、浙江等地也有企业对木塑材料的生产工艺及专用设备进行研究。加拿大未来技术有限公司于 1998 年在北京成立了技术开发中心，全面开展天然纤维复合材料的研发和生产。四川大学、国防科学技术大学、华中师范大学、中国科学院广州纤维素化学研究所、广东工业大学等对麻纤维增强树脂等天然纤维复合材料进行了研

究、开发。其国防科学技术大学先后与湖南益鑫泰有限责任公司和北京玻璃钢设计研究院等单位合作，相继申请了湖南省科技攻关项目和国家“863”计划项目，对麻纤维的前处理、表面改性、增强体的制备、天然纤维复合材料制备及工业化应用进行了全面攻关研究，其研究成果处于国内先进水平，近年内有望实现产业化生产。

尽管我国在天然纤维复合材料的研发和生产上得到了一定的发展，但是仍有一些不足。总体上看，目前开发的天然纤维复合材料仍主要以木塑板材为主，其他天然纤维复合材料产品的研发及生产并不多；天然纤维复合材料生产工艺的改进、专用设备的开发及添加剂的选择，还需要进一步加强研究；少数企业生产模压压制的木塑包装材料，因木质填量比例小，成本较高，缺乏市场竞争力。此外，实现技术产业化、规模化的关键，是能否有效地解决废旧材料的回收问题，而在这方面，我们还有许多工作要做。

1.2 天然纤维复合材料的分类

天然纤维复合材料的品种繁多，人们为了更好地研究和使用的天然纤维复合材料，需要对其进行分类。天然纤维复合材料的分类方法很多，常见的分类方法有以下几种。

(1) 按天然纤维增强体的形态分类

① 天然纤维纱线增强复合材料 作为分散相的天然纤维，先经纺织工艺成为有捻纱线，然后与基体材料复合成天然纤维复合材料，每根纱线的两个端点都位于复合材料的边界处。

② 短切天然纤维增强复合材料 天然长纤维经一定的工艺短切后，均匀分散在基体材料中制成的天然纤维复合材料。

③ 天然纤维颗粒增强复合材料 微小天然纤维颗粒分散在基体中制成的复合材料。

④ 天然纤维毡增强复合材料 天然纤维经一定的工艺制成具有一定厚度和面密度的天然纤维毡，然后与基体材料制成的复合材料。

⑤ 天然纤维织物增强复合材料 以二维平面或立体三维纤维天然纤维编织物为增强材料与基体复合而成的复合材料。

(2) 按增强纤维的种类分类

① 麻纤维增强复合材料，包括黄麻纤维增强复合材料、苧麻纤维增强复合材料、亚麻纤维增强复合材料、大麻纤维增强复合材料、剑麻纤维增强复合材料等。

② 竹纤维增强复合材料。

③ 木纤维增强复合材料，又称木塑复合材料或塑木复合材料。

④ 椰纤维增强复合材料。

⑤ 棉纤维增强复合材料。

⑥ 混杂天然纤维增强复合材料，它是由两种或两种以上的天然纤维（如黄麻+剑麻，黄麻+苧麻，黄麻+苧麻+竹纤维等）或是由天然纤维与合成纤维（如苧麻+玻璃纤维等）一起增强同一种基体制成的复合材料。

⑦ 其他天然纤维增强复合材料，如麦秸增强复合材料等。

(3) 按基体材料的不同分类

由于天然纤维的耐热性差，具有易氧化、易燃烧等缺点，可用作天然纤维复合材料基体的材料并不多，主要有树脂和水泥两类。据此天然纤维复合材料按基体材料的不同可以分为以下两种。

① 天然纤维增强树脂基复合材料 按照树脂基体性能的不同，又可以将其分为天然纤维增强热塑性树脂基复合材料和天然纤维增强热固性树脂基复合材料。

② 天然纤维增强无机非金属复合材料 主要有天然纤维增强水泥基复合材料、天然纤维增强石膏基复合材料等。

1.3 天然纤维复合材料的性能特点

20 世纪 90 年代，天然纤维复合材料在许多应用领域开始取代玻璃钢，如大麻/环氧树脂，亚麻/PP（聚丙烯），苧麻/PP 等。与玻璃钢相比，天然纤维复合材料具有以下优点。

① 密度小。天然纤维的相对密度为 1.5 左右，而玻璃纤维的相对密度为 2.6。

② 价格低。天然纤维复合材料每公斤造价约为 0.22~1.10 美

元，而玻璃钢每公斤造价约为 1.30~2.00 美元。

③ 能耗低。生产同一种制品，用天然纤维复合材料比用其他材料所消耗的非再生性能源要低（见表 1.1 和表 1.3）。

表 1.1 生产不同纤维制品所消耗的非再生性能源 单位：MJ/kg

玻璃钢		亚麻纤维毡		苧麻纤维	
生产步骤	能源消耗	生产步骤	能源消耗	生产步骤	能源消耗
原材料	1.7	种子种植	0.05	培育	2.50
混合	1.0	肥料	1.0	植株运输	0.40
运输	1.6	运输	0.9	纤维处理	0.48
熔化	21.5	培育	2.0	纤维运输	0.26
纺织	5.9	纤维处理	2.7		
制毡	23.0	制毡	2.9		
总计	54.7	总计	9.55	总计	3.64

④ 天然纤维复合材料的物理力学性能受基体树脂、天然纤维种类、天然纤维处理方法、加工工艺等多方面影响，其综合性能介于合成树脂和天然木材之间，是一种理想的以塑代木材料。

⑤ 天然纤维复合材料具有传统木材所不及的优越特性，如无木节疤、斜纹；制品表面光滑、平整、坚固，并可压制出各种立体图案和形状，不需要复杂的二次加工；可加入各种制品；抗水性、抗虫蛀性、防腐性和抗污染性均大大优于木材；采用低品质的木材作为原料却能得到具有优质木材性能的制品。

⑥ 天然纤维复合材料具有吸潮、隔音、减震、降噪、耐冲击性高、手感好等特点，在室内装饰等领域具有其他材料（如玻璃钢等）无可比拟的优点。

⑦ 天然纤维复合材料是一种新型的优良环保型材料。

天然纤维制品废弃后可以自然降解，因此天然纤维复合材料废料对环境的影响较小（见表 1.2）。制备具有同样性能的复合材料，天然纤维的含量往往要远高于玻璃纤维，也就是说所需要的对环境破坏较大的聚合物基体的用量较少，因此也可以减少对环境 3 的污染。天然纤维复合材料制品的质量较轻（见表 1.3），在汽车工业中替代玻璃钢后，可以减小所需动力，从而减少污染物的排放。天然纤维燃烧所排放的二氧化碳量与天然合成时所吸收的量相同，对自然界的能量和物质循环有重要的意义。