



全国“星火计划”丛书

闻荻江 张 垣 编

玻璃钢实用技术(二)

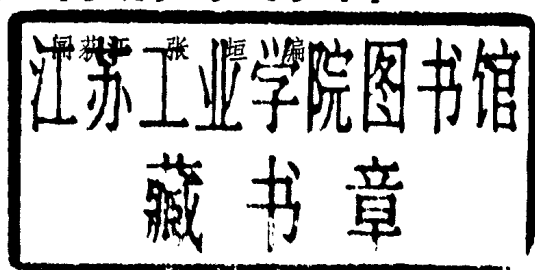
玻璃钢原材料

中国建筑工业出版社

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术(二)

玻璃钢原材料



中国建筑工业出版社

本书是“玻璃钢实用技术”第二分册，其他几个分册为：《玻璃钢应用》、《玻璃钢结构、设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》、《玻璃钢性能测试及产品检验》。

本书介绍玻璃钢生产用的原材料，内容包括增强材料、粘结剂、偶联剂及其他一些辅助材料。重点介绍了玻璃纤维增强材料，不饱和聚酯树脂、环氧树脂等粘结剂，各种常用的偶联剂等。适当介绍了一些新型材料。对每一类材料一般都介绍了特点、品种、配方、用法等，对一些需要玻璃钢厂自制的材料，也适当介绍了生产方法。

本书第一章由张垣编写，其余各章由闻荻江编写。

本书可作中小玻璃钢厂培训工人教材，也可供玻璃钢专业人员参考。

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术(二)

玻璃钢原材料

闻荻江 张垣 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：5 1/2 字数：131千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数：1—3,360册 定价：4.30元

ISBN 7-112-00591-4/TU·420

(5748)

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员（以姓氏笔划为序）

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员（以姓氏笔划为序）

王晓方 向华明 米景九 应曰琰

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对于《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年1月28日

前 言

玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢，它是以玻璃纤维为增强材料，合成树脂为基体的塑料基复合材料。除玻璃纤维外，用作塑料基复合材料的增强材料还有碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维及其他有机和无机纤维。用碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维制成的复合材料，具有比玻璃钢更高的技术性能，故称为先进复合材料。本丛书虽然介绍了先进复合材料的一些情况，但主要是介绍玻璃钢（玻璃钢占复合材料总产量的99%以上），故书名仍统称为“玻璃钢”。

玻璃钢在我国已有近30年的发展历史，从原材料的生产和选用、制品成型工艺、产品性能检测及设计、机械装备的设计和制造，直到产品的开发应用等，都取得了很大成绩。特别是十一届三中全会以后，中小玻璃钢厂像雨后春笋，发展十分迅速，据1986年统计，全国从事玻璃钢/复合材料的研究和生产单位已有二千余家，年产量达到6万吨，各种玻璃钢产品已广泛用于国民经济的各个领域，成为发展现代工业不可缺少的新材料。当然，我国与经济发达的国家相比，仍有相当的差距，如产量低、品种少、工艺落后、产品质量不够稳定等。为了振兴我国的玻璃钢工业，满足中小玻璃钢企业广大职工的学习要求，我们编写了这套玻璃钢实用技术，并列入全国“星火计划”丛书。

玻璃钢实用技术包括《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、

《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》、《玻璃钢性能测试及产品检验》共七个分册，由武汉工业大学刘雄亚教授主编。在编写过程中，我们尽量总结国内外的最新实践经验和研究成果。期望本套玻璃钢实用技术能对我国中小玻璃钢企业的发展有所贡献，但限于作者水平，书中难免有不妥之处，希望广大读者批评指正。

编者 1987年8月

目 录

序	
前言	
概述	1
第一章 增强材料	4
第一节 玻璃纤维	4
一、概况	4
二、玻璃纤维及其制品的应用	5
三、玻璃纤维简单的生产工艺	7
四、玻璃纤维所用的浸润剂	8
五、玻璃纤维的化学组成及其性能	11
六、玻璃纤维制品及规格	25
七、玻璃纤维织物性能及适用范围	29
八、玻璃纤维及其制品的脱蜡处理	38
第二节 其它类型的纤维增强材料	39
一、碳纤维增强材料	39
二、合成纤维增强材料	49
三、特种玻璃纤维	52
第二章 粘结剂	56
第一节 不饱和聚酯树脂	57
一、不饱和聚酯树脂的特征、国产品种及生产 工艺简介	57
二、不饱和聚酯树脂的固化及辅助剂	72
三、玻璃钢生产中配方和固化工艺条件的确定	87
四、自熄性树脂	80

第二节	环氧树脂.....	97
一、	环氧树脂的一般特性和类型.....	97
二、	环氧树脂生产工艺简介.....	101
三、	环氧树脂的常用固化剂及固化过程.....	104
四、	环氧树脂的固化及固化剂的选择.....	115
五、	环氧树脂的稀释剂、增韧剂.....	116
第三节	其它粘结剂.....	118
一、	酚醛树脂.....	118
二、	改性酚醛树脂.....	123
三、	呋喃树脂.....	128
四、	有机硅树脂.....	130
五、	热塑性树脂.....	131
第三章	偶联剂.....	133
第一节	玻璃钢中的界面特性.....	134
一、	玻璃纤维的表面.....	135
二、	水对玻璃-树脂界面的作用.....	136
第二节	偶联剂的作用效果.....	139
第三节	偶联剂的品种及其选用.....	142
一、	铬络合物.....	143
二、	硅烷偶联剂.....	145
三、	钛酸酯偶联剂.....	147
四、	常用偶联剂的配制方法.....	151
五、	偶联剂的选用.....	153
六、	偶联剂化学处理的方法.....	155
第四章	其它辅助材料.....	157
第一节	泡沫塑料.....	157
一、	泡沫塑料的构造及分类.....	158
二、	泡沫塑料的制造方法.....	158
三、	玻璃钢常用泡沫塑料的特性及几种典型	

泡沫塑料	160
第二节 脱模剂	169
一、薄膜状脱模剂	169
二、溶液型脱模剂	170
三、石蜡、油膏类脱模剂	172
四、复合型脱模剂	172
第三节 填料、色料及其它	173
一、填料	173
二、色料	174
三、触变剂	175
四、光稳定剂	176

概 述

在玻璃钢中，纤维起着骨架作用，而合成树脂主要是粘结纤维，使其起共同承载的作用，故纤维材料又称为骨材或增强材料，树脂称为基体材料（简称基体）或粘结剂。

一般来说，在玻璃钢中，纤维和树脂各自起着独立的作用，但同时又相互依赖。例如，单纯的纤维状态是无法作为工程结构材料的，而纯树脂的力学性能又不是令人满意的。然而，当把两者结合起来，形成一个整体，就能有效地发挥它们各自的作用。因此可以说玻璃钢综合了纤维和树脂两种材料的优点，从而成为一种新型的材料。这种材料既可以满足在高温高强条件下使用，也可以提高制品在一般条件下的性能，发挥了一材多用的效果。这是单一材料所不能比拟的。

各种纤维及其制品是组成玻璃钢的一种重要原材料。例如，玻璃纤维的含碱量的高低、纤维直径的粗细、织物的结构形式以及纤维的表面处理等，均会对玻璃钢赋予不同的物理机械性能及化学性能。纤维及其制品因品种不同，适用范围也不同。因此，必须根据制品的强度、性能以及成型的工艺方法等各方面的要求选择使用。常见的有碱玻璃纤维和织物可用于一般强度要求和酸性介质的制品；无碱纤维和织物则适用于较高强度或电气性能要求高的制品；碳纤维和芳纶纤维（Kevlar纤维）则用于比强度及弹性模量要求更高的制品。无捻粗纱及玻璃布带常用于缠绕工艺中，而单向布则常用于

要求某一个方向机械强度特别高的制品。近年来，随着片状模塑料（SMC）、挤拉成型和注射成型技术的发展，国外已广泛采用高集束根数、粗单丝直径和低支数的无捻粗纱。无捻粗纱毡、无捻粗纱布和单向布也成了手糊成型船艇和贮罐等大型制品的主要增强材料。

合成树脂作为粘结剂，是玻璃钢的另一种重要材料，目前可供选用的合成树脂品种及牌号很多，在生产玻璃钢制品时，过去多采用热固性树脂：不饱和聚酯树脂、环氧树脂、酚醛树脂、呋喃树脂、有机硅树脂以及近年来发展起来的聚酰亚胺树脂等二十余种。其中酚醛树脂应用得最早。目前又以不饱和聚酯树脂用量最多，用途也最为广泛。现在国内外都在大力发展具有不同特性的不饱和聚酯树脂。此外，国外从60年代开始发展热塑性玻璃钢，随着石油化学工业的发展，聚烯烃类树脂将作为热塑性玻璃钢的主要原材料而广泛应用。

相对于树脂而言，纤维则具有较高的拉伸强度和弹性模量。以玻璃纤维为例，其拉伸强度为树脂的30倍左右，也有达到50倍的；而其弹性模量约为树脂弹性模量的20倍左右，也有达到30倍的。所以，玻璃钢的拉伸强度、刚度主要由玻璃纤维所确定的。玻璃钢的压缩强度、弯曲强度则不仅取决于玻璃纤维，而且也与树脂的性能有密切关系，层间剪切强度主要由树脂的内聚强度及它对纤维的粘结力决定。玻璃钢的耐温性、耐化学腐蚀性和阻燃性主要由树脂所确定，并随所用树脂的不同而变化。

由于合成树脂和无碱玻璃纤维都是非金属绝缘材料，所以玻璃钢有优良的电绝缘性、抗磁性和电波透过性。若在树脂中加入导电、导热的粉状填料（如金属粉、石墨粉等）或经过特殊处理，也可以制得具有一定导电率和导热性的玻璃

铜 入其他填料，可以起到改性和降低成本的作用。因此，适当地选择树脂、玻璃纤维以及填料，可以制得各种性能的玻璃钢，以满足不同的使用要求。

热固性树脂在固化前，其分子为线型结构，在一定条件下都是可溶、可熔的。为了使树脂固化，并且在固化以后具有优良的特性，往往需要向树脂中加入多种辅助材料才能实现。其中，固化剂、交联剂、引发剂和促进剂等辅助材料最为重要。此外，还有稀释剂、增韧剂、增稠剂、着色剂等也是常用的辅助材料。

玻璃钢是一种新型材料，它可以同时兼有功能材料和结构材料的特点，应该特别强调它的物理、化学及力学性能的可设计性，这也是玻璃钢优于传统材料的又一特点。因此，玻璃钢产品设计应该包括两个内容：即材料性能设计和结构设计。所谓材料性能设计，就是根据产品的使用要求，合理的选择组分，设计出能满足产品使用要求的各种物理、化学、力学性能。这部分内容，将在本书的最后一章中举例说明。结构设计将另列一册介绍。

第一章 增强材料

在复合材料中，凡能提高基体材料机械强度的材料都称为增强材料。如玻璃钢中的玻璃纤维，碳纤维复合材料中的碳纤维，都称为增强材料。增强材料不仅能提高基体材料的强度和弹性模量，而且能降低其收缩，提高热变形温度等。

作为结构材料使用的玻璃钢及复合材料，常用纤维状增强材料，按其性能和化学组成，大致可分为两大类：

无机纤维：如玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、石棉纤维等。

有机纤维：如芳纶纤维、尼龙纤维、维尼纶纤维、聚丙烯纤维、聚酰亚胺纤维、棉、麻和纸等。

在前述的增强材料中，应用最广泛的为玻璃纤维，因此本章将重点介绍玻璃纤维，对其它纤维增强材料仅做简单介绍。

第一节 玻璃纤维

一、概 况

玻璃纤维是由不同成分的玻璃为原料，经熔融后拉丝而制得的。其直径为0.1~30微米不等。它是应用很广的一种无机材料。

玻璃纤维于本世纪30年代开始工业化生产，至今有50多

年的历史。目前，全世界玻璃纤维的年产量已达100多万吨的规模，其产品和规格更加多样化，新用途不断出现。除用于生产玻璃钢外，尚可用于制造汽车轮胎帘子线，增强水泥预制件等。

与国外相比，我国玻璃纤维的生产始于1958年。但是经过20多年的发展，目前，全国有二十三个省、市、自治区已建立不同规模的玻璃纤维厂。生产工艺以坩埚拉丝为主，亦有池窑拉丝。漏板孔数多数为200孔，单丝直径为8~11微米，单台炉日产量100~140公斤。

二、玻璃纤维及其制品的应用

（一）电气绝缘材料

作为电气绝缘材料主要是利用玻璃纤维及其制品的绝缘电阻高、耐高温、强度大及吸湿性小的特点。通常所用多为无碱连续纤维及制品，有纱、布、带、管、绳和无纬带等。

玻璃纤维及其制品所制造的电气绝缘材料，在电气设备中主要用于：电机定子线圈包扎线，集电环、变压器导线、印刷电路板、机身的绝缘等。

（二）保温、隔热材料

玻璃纤维用于隔热材料的主要是中级玻璃棉及其制品或超细玻璃棉及其制品。根据不同的要求和用途可制成原棉、棉毡、棉绳、保温板、管壳、网垫等，广泛用于石油、化工、冶金、交通运输、电力、建筑、航空、食品加工等部门。

采用轻质、高效、耐久的玻璃棉隔热，可大幅度的降低运载工具的重量和外形尺寸，提高载重量和速度。

（三）过滤材料

过去许多工厂采用棉、毛、丝、麻等天然纤维做过滤材

料，由于玻璃纤维耐温性、耐燃性、耐腐蚀性好，因此，目前已成为冶金、化工、建材、医药卫生等部门重要的过滤材料之一。例如，用玻璃纤维套筒布过滤炭黑，比丝绸的使用寿命长6倍。利用玻璃纤维过滤酸、碱介质，比用帆布寿命长1.5到3倍，比棉布寿命长20倍。由于玻璃纤维表面光滑，所以用后易于清洗，过滤效率高达80~98%。

玻璃纤维用作过滤材料的有玻璃布、玻璃棉、玻璃纤维毡及玻璃纤维纸等。可视不同要求制成各种制品。

（四）防火、防水材料

由于玻璃纤维具有耐高温、不燃烧和化学稳定性好的特点，因此玻璃纤维及其制品可用作优良的防火、防水材料。例如，用无碱玻璃布涂覆聚氯乙烯、阻燃剂和杀虫剂的胶料而制成的三防布，具有良好的防火、防水和防腐性能，用做帐篷布、盖布、垫布、防雨布等。用玻璃纤维布可制成玻璃纤维油毡，是一种新型的防水材料，目前已在屋面防水、地下建筑、水电站防水层工程中广泛使用。亦可用玻璃布、玻璃带、毛纱浸渍沥青，用做石油、天然气、煤气管道或其它工程的防水材料。

（五）玻璃纤维包装材料

这是一种由玻璃布涂覆乳胶而制成的乳胶布，它具有防潮、防腐蚀、使用寿命长、价格低等优点。可代替棉布、麻袋等，用于化工产品，矿物粉料的包装。

（六）吸声材料

玻璃纤维具有良好的吸声性能，尤其对频率较高的声音，其最高吸声系数可达95%以上。

（七）民用纺织材料

玻璃纤维经表面涂层后，可用于制造窗帘、窗纱、台布

等。“贝他”纤维^①具有柔软、保温、耐洗等特点，可制做宇航服。

（八）增强材料

用于玻璃钢的玻璃纤维主要是玻璃布、玻璃带、玻璃纤维合股纱和玻璃纤维表面毡等。

玻璃钢工业是玻璃纤维及其织物的最大市场。玻璃钢具有轻质高强、耐热性好、耐腐蚀性优良、电绝缘性高，以及优良的成型加工性等，已广泛用于石油、化工、车辆制造、船舶、电气、机械、军事工业等技术部门，并取得显著效果。

三、玻璃纤维简单的生产工艺

玻璃纤维的生产方法有棒拉法、漏板法（又分坩埚拉丝法和池窑拉丝法两种）、离心法、喷吹法等等。近年来又出现了挤压拉丝等新工艺。喷吹法生产的为定长玻璃纤维，漏板法生产的为连续玻璃纤维。玻璃钢用的多数为连续玻璃纤维及其织物。

目前，国内连续玻璃纤维的生产有坩埚拉丝和池窑拉丝两种生产方法。

坩埚拉丝法首先根据纤维的性能要求，配料制成直径约为1.9厘米的玻璃球，然后用铂金坩埚将球熔融后拉丝。其生产流程示意图见图1-1。

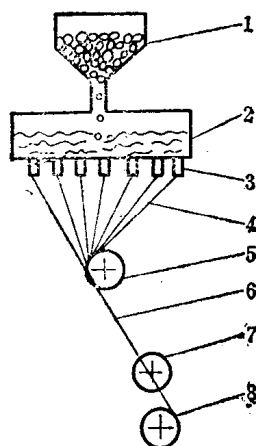


图 1-1 玻璃纤维生产流程示意图

① 贝他纤维指单丝直径为2.5~3.8微米的玻璃纤维。