



国家中等职业教育改革发展示范学校项目建设成果
冀州市职教中心高分子加工工艺专业课程校本教材

玻璃钢加工工艺 手糊成型与缠绕成型操作手册

BOLIGANG JIAGONG GONGYI
SHOUHUCHENGXING YU CHANRAOCHENGXING CAOZUO SHOUC

主 编 樊保才

副主编 周永胜 刘爱华



河北科学技术出版社

玻璃钢加工工艺手糊成型与缠绕成型操作手册

责任编辑：刘建鑫 美术编辑：张帆



主 编 樊保才

副主编 周永胜 刘爱华

图书在版编目 (C I P) 数据

玻璃钢加工工艺手糊成型与缠绕成型操作手册 / 樊保才主编. -- 石家庄 : 河北科学技术出版社, 2014. 6
ISBN 978 - 7 - 5375 - 7111 - 1

I. ①玻… II. ①樊… III. ①玻璃钢 - 塑料成型 - 技术手册 IV. ①TQ327. 1066 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 143372 号

玻璃钢加工工艺手糊成型与缠绕成型操作手册

樊保才 主编

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 (邮编: 050061)
印 刷	石家庄燕赵创新印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
印 张	8.25
字 数	187700
版 次	2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
定 价	26.00 元

前言

QIAN YAN

为带动全国中等职业学校深化改革、加快发展、提高质量、办出特色,实现中等职业教育发展从注重扩大规模到全面提高质量的根本转折,推动新时期中等职业教育的科学发展,提高中等职业教育的市场针对性、国家贡献率和社会吸引力,增强其服务经济社会发展的能力,2010年6月17日,教育部、人力资源社会保障部、财政部下发《关于实施国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划的意见》(教职成[2010]9号),确定从2010年起实施“国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划”,项目计划期为4年,从2010年到2013年,中央财政重点支持1000所中等职业学校改革创新,形成一批代表国家职业教育办学水平的中等职业学校,大幅度提高这些学校办学的规范化、信息化和现代化水平,使其成为全国中等职业教育改革创新的示范、提高质量的示范和办出特色的示范,在中等职业教育改革发展中发挥引领、骨干和辐射作用。2012年6月,经层层申报与审核,我校被列入第二批示范建设项目学校行列。

正如教育部副部长鲁昕在2013年国家中等职业教育改革发展示范学校建设现场交流会上所指出的,中等职业教育改革发展示范学校建设计划是教育规划纲要提出的重大项目。经过3年的不断探索,项目建设打造了一批职业教育优质资源,成为改革的试验田和先行军;形成了一批典型经验和做法,包括部门协同推进机制、凝聚行业企业力量、坚持市场需求导向、深化培养模式改革、建设双师型教师队伍、突出职业教育特色、面向社会开展服务和助力职教整体改革等。随着示范校改革经验的宣传、示范校发展成果的展示、示范校建设理念的传播,围绕“改革、创新、示范”的核心主线,国家中等职业教育改革发展示范学校建设“骨干、引领、辐射”的作用正在不断加深和增强。

在近两年的改革探索中,作为项目学校,我校依据国家、河北省



职业教育发展政策和示范校建设要求, 脚踏实地开展示范校创建实践, 推动示范校建设工作扎实推进、健康发展, 学校各方面工作都取得长足进步: 适应区域经济发展和企业需求, 积极探索适应不同专业特点的多样化专业人才培养模式和以岗位核心能力培养为主要内容的课程体系改革, 教学内容不断创新, 考核评价方式不断改进, 教学质量、管理水平等方面有了较大提高。在 2012 年全国职业院校技能大赛农业技能大赛上, 我校学生获得全国二等奖, 为河北省参赛史上个人最好成绩。2013 年、2014 年河北省中等职业学校学生农业技能中连续获得团体一等奖, 其中 2014 年种子质量检测、动物外科手术学生代表队均为团体总分第一名; 推进课程体系改革, 开展国家示范学校数字化资源共建共享工作, 畜牧兽医专业教学软件获省教育厅二等奖。承担的九项河北省职业教育科学研究“十二五”规划课题项目通过结题鉴定并获奖。在中国职教学会 2013 年会上我校德育论文获河北省唯一一篇一等奖。师资队伍建设上, 制定完善了《建设与培养规划》, 一批专业带头人和骨干教师在教学改革、培养培训和企业实践过程中得到锻炼和提升, 畜牧兽医专业团队、果蔬花卉专业团队先后被命名为河北省首届、第二届中等职业学校优秀团队。兼职教师队伍管理机制逐步健全。校企合作不断深化, 各专业成立由高校、行业企业技术专家、能工巧匠、专业带头人、骨干教师参加的专业建设委员会, 推动了专业内涵发展。畜牧兽医专业被省教育厅认定为 2013 年河北省中等职业学校省级骨干专业, 机械加工技术专业、果蔬花卉专业被衡水市教育局认定为市级骨干专业, 高分子加工工艺专业为市级特色专业; 继续加强校外实训基地建设, 与市域内和市外经济发达地区大中型企业建立了稳固的合作关系。抓住示范校建设契机, 积极优化学校内部管理体制, 进一步提高学校管理的现代化、信息化水平。

加强校本教材建设工作是创新教学内容的重要内涵。校本教材建设是学校专业建设、课程建设、校园文化建设的重要载体, 按照《关于实施国家中等职业教育改革展示范学校建设计划的意见》(教职成[2010]9号)确定的七项“重点任务”要求和教育部等三部委批复的《冀州市职业技术教育中心“国家中等职业教育改革展示范学校建设计划”项目建设任务书》建设目标内容, 我校积极以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位、教材对接技能为切入点, 深化教学内容改革, 开展了校本教材开发与建设。通过试用、完善, 形成了二十余册校本教材, 对提高教育教学质量, 全面培养学生综合职业能力, 起到了重要作用。教材编写本着“行动导向, 任务引领, 理实一体, 学做结合, 校企共建”的原则, 以提高学生职业素质、培养学生职业能力为核心, 从种植、养殖、机械加工、高分子复合材料加工等相关岗位的工作实践中选取典型任务, 有针对性传授专业知识和训练操作技能。各册教材的学习内容分别划分为若干个项目, 再分为若干个学习任务, 每个学习任务包括任务描述及知识链接、操作实践、拓展阅读、思考与训练等。为便于学生更直观地学习, 力求做到图

文并茂。

衡水玻璃钢企业主要集中在冀州、枣强、故城三市县，产品涉及高压管道、反应塔、汽车配件、贮罐、建材、航空、电器等多领域，虽然从业人员众多，但技术工人欠缺。如中意、可耐特、枣玻等较大型企业技术工人不到26%，行业认证的中级工仅为3%，而中小型企业技术工人仅为17%且几乎没有经认证的中级以上技工。这已成为我市及周边地区玻璃钢行业产品向高、精、尖方向发展的瓶颈。《玻璃钢加工工艺手糊成型与缠绕成型操作手册》侧重玻璃钢成型工艺中最常见的手糊成型和拉挤成型两种工艺进行基本知识和技能训练，力求语言简洁、内容完整、有实用性。既适用于本专业学生学习，又可提升在岗工人理论水平。冀州市职教中心高分子材料加工工艺专业带头人樊保才老师任本书主编，河北福胜玻璃钢有限公司周永胜工程师、本专业高级教师刘爱华任本书副主编。由于时间和水平制约，书中难免有不足之处，恳请同仁和学员指正。

冀州市职教中心示范校项目建设办公室

2014年3月

项目一 玻璃钢成型工艺基础知识	(1)
学习任务1 玻璃钢基础知识	(1)
一、玻璃钢 (FRP) 与复合材料 (CM) 定义	(1)
二、玻璃钢材料的优缺点	(2)
三、玻璃钢产品的应用	(4)
四、常用玻璃钢/复合材料的英文符号	(6)
学习任务2 玻璃钢原材料及产品介绍	(7)
一、玻璃钢成型用的原材料	(7)
二、纤维增强材料	(8)
三、玻璃纤维及其应用	(8)
四、不饱和聚酯树脂	(16)
学习任务3 玻璃钢成型工艺	(28)
一、玻璃钢成型工艺	(28)
二、四种常见成型工艺	(28)
项目二 玻璃钢手糊成型工艺	(33)
学习任务1 玻璃钢手糊成型工艺	(33)
一、手糊成型工艺的定义	(33)
二、手糊成型工艺的流程	(34)
三、手糊成型工艺的优点	(34)
四、相关名词解释	(34)
学习任务2 手糊成型工艺生产前的准备	(40)
一、劳动保护	(40)
二、生产工具准备	(41)
三、增强材料准备	(41)
四、胶液准备 (基体树脂/胶衣树脂)	(41)



五、模具准备	(41)
学习任务3 手糊成型工艺的生产操作	(44)
一、胶衣层喷涂	(44)
二、玻璃钢层糊制	(44)
三、固化及脱模	(45)
四、后处理	(45)
五、生产常见缺陷、原因以及解决方法	(46)
学习任务4 手糊成型工艺的安全和劳动防护	(49)
一、从业人员的权利和义务	(49)
二、生产车间注意事项	(50)
三、部分化学品安全说明	(50)
学习任务5 手糊成型工艺 5S 管理	(54)
一、5S 管理目标	(54)
二、5S 管理具体实施内容	(54)
三、5S 管理后期检查要点	(56)
项目三 玻璃钢缠绕成型工艺	(57)
学习任务1 缠绕成型工艺的工作原理	(57)
一、缠绕成型工艺的概念	(57)
二、纤维缠绕制品的优点	(58)
三、缠绕成型工艺的分类	(58)
学习任务2 缠绕成型工艺的原材料	(60)
一、增强材料	(61)
二、树脂基体	(61)
学习任务3 缠绕成型工艺的流程	(63)
一、缠绕成型工艺示意图	(63)
二、湿法缠绕成型工艺的流程	(63)
三、玻璃钢缠绕成型工艺	(63)
学习任务4 缠绕成型工艺的缠绕规律	(65)
一、缠绕规律	(65)
二、缠绕线型的要求	(66)
三、缠绕方法的类型	(66)

学习任务5 缠绕成型工艺的设备	(70)
一、缠绕机的主要结构	(75)
二、芯模	(75)
项目四 中国复合材料/玻璃钢工业 55 年	(83)
学习任务1 中国复合材料/玻璃钢工业发展综述	(83)
学习任务2 复合材料工艺技术与产品发展历程	(86)
一、艰苦创业、自力更生、成绩斐然的 20 年 (1958 ~ 1978 年)	(86)
二、技术引进、厚积薄发、发展壮大的 20 年 (1979 ~ 1998 年)	(88)
三、自主创新、突飞猛进、走向辉煌的 15 年 (1999 ~ 2013 年)	(89)
学习任务3 中国复合材料/玻璃钢工业的可持续发展	(92)
一、复合材料低成本技术	(92)
二、功能复合材料	(92)
三、热塑性复合材料 (FRTP)	(92)
四、环境友好复合材料	(93)
项目五 真空导入——玻璃钢前沿最新工艺	(94)
一、真空导入工艺定义及其理论基础	(94)
二、真空导入工艺流程	(95)
三、影响工艺质量的因素	(95)
四、真空导入工艺的优势与不足	(96)
五、VIP 工艺的应用领域	(96)
项目六 合作办学企业及其产品	(98)
学习任务 校企合作企业及其产品	(98)
一、校企合作企业巡礼	(98)
二、校企合作企业主要产品介绍	(102)
主要参考文献	(119)

项目一

玻璃钢成型工艺基础知识

项目提示 XIANGMU TISHI

玻璃纤维增强塑料（英文缩写 FRP）国内简称玻璃钢，是常见的重要复合材料，是 20 世纪影响深远的材料革命中的一枝新秀。它是能够综合几种材料功能、同时能够形成新的特性的纤维增强复合材料，在 20 世纪仍有巨大的发展空间。成为一名熟练的玻璃钢企业员工，了解相关基础知识是非常必要的。如玻璃钢基本概念、英文符号等等。

学习任务 1

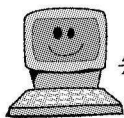
玻璃钢基础知识



任务描述

玻璃钢是一种新型复合材料。在生活中我们经常接触到这个词汇。那么，什么是玻璃钢，什么是复合材料，玻璃钢又有什么性能和应用呢？

本任务主要帮助大家掌握关于玻璃钢的基础知识。



知识链接

一、玻璃钢（FRP）与复合材料（CM）定义

复合材料的概念是指由两种或两种以上的材料复合在一起，组成另一种新材料，其性能比单一材料性能优越，称为复合材料。



玻璃钢学名玻璃纤维增强塑料。它是以玻璃纤维及其制品（玻璃布、带、毡、纱等）作为增强材料，以合成树脂作为基体材料的一种复合材料。由于所使用的树脂种类不同，因此有聚酯（邻苯、间苯、乙烯基等）玻璃钢、环氧玻璃钢、酚醛玻璃钢之称。

（一）玻璃钢的两大组成材料

1. 玻璃纤维

一般认为它主要起承载作用。

2. 树脂

目前主要指合成树脂，它起粘接纤维，把松散纤维粘拢在一起，形成整体的作用。由玻璃纤维与合成树脂两种组分构成玻璃钢。这两种组分关系十分密切，缺一不可。它们之间就像人体上骨骼与肌肉的关系。

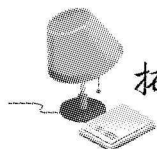
（二）玻璃钢/复合材料的三大要素

玻璃钢是由玻璃纤维和合成树脂两大组分构成整体的，那么树脂作为黏结剂它是怎样把松散的玻璃纤维连成坚硬的玻璃钢体呢？玻璃钢在成型制作过程中，呈液体状的树脂液包围和浸渍了玻璃纤维，然后固化，形成固定形状的坚硬体。如果玻璃纤维表面和树脂不亲和，就不能做成强度高的整体，增强材料的作用就无法发挥。由此可见，玻璃纤维表面，即玻璃纤维和树脂的交界面称为界面，是极其重要的部分。所以把玻璃纤维、合成树脂及其界面称为复合材料的三大要素。

二、玻璃钢材料的优缺点

（1）玻璃钢材料与其他材料相比有很多优点，如：轻质高强、耐腐蚀性能好、电性能好、热性能好、可设计性好（结构的可设计性、材料的可选择性）、工艺性能好等；

（2）玻璃钢材料也有一些缺点，如弹性模量低、长期耐温性能差、老化现象、层间剪切强度低等。



拓展阅读

玻璃钢的基本特性

一、力学性能

玻璃钢的力学性能突出的一点是比强度高，这是金属材料和其他材料无法相比的。这里，我们要提一下比强度的概念。强度通常是指单位面积所能承受的最大载荷，超过

了最大载荷材料就破坏了。强度又分为拉伸强度、压缩强度、弯曲强度、剪切强度。例如说聚酯树脂玻璃钢抗拉强度 290MPa，是指每平方厘米截面可以承受 2900kg 的拉力。

玻璃钢轻质高强的性能，来源于较低的树脂密度（浇注体密度 1.27 左右）以及玻璃纤维的高抗拉强度（普通钢材的 5 倍以上）。玻璃钢的密度随着树脂含量的不同而有所不同。从高树脂含量的玻璃纤维毡制品到低树脂含量的玻璃纤维缠绕制品（密度 2.2），玻璃钢的密度只有普通碳钢的 $1/4 \sim 1/5$ ，比铝还轻 $1/3$ 。

二、物理性能

玻璃钢具有密度小，良好的介电绝缘性能、隔热性能、抗吸水和抗热膨胀性能等。

(1) 密度 玻璃钢密度介于 1.5~2.0 之间，只有普通炭的 $1/4 \sim 1/5$ ，比轻金属铝还要轻 $1/3$ 左右，而机械强度却很高，某些方面甚至能接近普通碳钢的水平。例如某些环氧玻璃钢，其拉伸、弯曲和压缩强度均达到 400MPa 以上。按比强度计算，玻璃钢不仅大大超过普通碳钢，而且可达到和超过某些特殊合金钢的水平。

(2) 电性能 玻璃钢有优良的电绝缘性能，可作为仪表、电机及电器中的绝缘零部件，在高频作用下仍然保持良好的介电性能。在绝缘材料中，用玻璃纤维布代替纸及棉布，可提高绝缘材料的绝缘等级，在用相同树脂的情况下，至少能提高一个等级。玻璃钢占绝缘材料用量的 $1/3 \sim 1/2$ 。在一些大型电机中，如 12.5 万 kW 电机，要用几百千克玻璃钢作绝缘材料。此外玻璃钢不受电磁影响，而且有良好的透微波性能。

(3) 耐热性能 玻璃钢有良好的耐热性能，它的比热大。是金属的 2~3 倍。导热系数比较低，只是金属材料的 $1/100 \sim 1/1000$ 。此外，某些品种玻璃钢的耐瞬时高温性能也十分突出，如酚醛型高硅氧布玻璃钢，在遇极高温度时，产生碳化层，可有效地保护火箭、导弹及宇宙飞船在穿过大气层时需要承受的 5000~10000K 高温及高速气流的作用。下表列出了几种材料的热性能。

材料	比热 (kJ/kg·k)	导热系数 (W/m·K)	线膨胀系数 α ($10^{-1}/^{\circ}\text{C}$)
聚酯浇铸体	0.17	0.17	6~13
铁	0.46	75.6	1.2
铝	0.92	222	2.4
木材	1.38	0.09~0.19	0.06~0.16
玻璃钢	1.26	0.40	0.7~6

从表中可以看出，玻璃钢具有良好的绝热性能，这是金属材料无法比拟的。

(4) 长期耐温性及耐热性

玻璃钢的耐温性及耐热性取决于所用的树脂。长期的使用温度不能超过树脂的热变形温度。通用的环氧及聚酯玻璃钢，都是易燃的，对于有防火要求的结构物，要用阻燃树脂或加阻燃剂，因此在使用玻璃钢时，应充分注意。



一般玻璃钢不能在高温下长期使用。如聚酯玻璃钢在 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 以上, 环氧玻璃钢在 60°C 以上强度开始下降。近年来出现了一些耐高温的玻璃钢, 如脂环族环氧玻璃钢, 聚酰亚胺玻璃钢等。但长期工作温度也只能在 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 以内, 远较金属的长期使用温度为低。

综上所述五个方面的物理性能, 可见玻璃钢和金属、陶瓷等材料不同, 因此在使用上要发挥其长处, 注意合理使用。

三、化学性能

玻璃钢主要的化学性能就是它有突出的耐腐蚀性。它不仅不会像金属材料那样生锈腐蚀; 同时, 也不会像木材那样腐烂, 而且几乎不被水、油等介质所侵蚀, 可以代替不锈钢在化工厂中用来制造贮罐、管道、泵、阀等, 不仅使用寿命长, 而且不需采取防腐、防锈或防虫蛀等防护措施, 减少了维修费用。玻璃钢在耐腐蚀方面的应用是很广泛的, 国外一些主要工业国家, 玻璃钢用作耐腐制品方面都在 13% 以上, 其用量有逐年增高趋势。国内用量也不少。大都用作金属设备的衬里, 以保护金属。

玻璃钢的耐腐蚀性, 主要取决于树脂, 作为玻璃钢用的树脂, 其耐腐蚀性是好的, 但单纯的用树脂涂覆在金属表面上, 会出现较严重的龟裂裂缝, 起不到防渗漏和保护金属的作用。在树脂中添加一定量的玻璃纤维后, 将树脂中出现较严重龟裂的可能性转化为数量众多的微小裂缝, 而这些小裂缝形成一个贯串裂缝的概率是很小的, 而相互间还有止裂作用, 这样可以阻止化学溶液介质的渗透腐蚀。

三、玻璃钢产品的应用

随着玻璃钢产业的发展, 各种玻璃钢制品广泛应用于国民经济的各个领域, 解决了工程中众多技术难题, 对促进国民经济建设和国防建设发挥了重要作用:

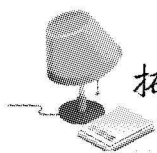
(1) 建筑工业中, FRP 广泛应用于各种轻型结构房屋, 建筑装饰、卫生洁具、冷却塔、储水箱、门窗及其门窗构件、落水系统和地面等。

(2) 化学工业中, FRP 主要应用于防腐蚀管、罐、泵、阀等。

(3) 交通运输方面, 如汽车制造业中, FRP 主要应用于各种车身结构件、引擎罩、仪表盘、车门、底板、座椅等; 在铁路运输中用于客车车厢、车门窗、水箱、卫生间、冷藏车、储藏车、集装箱、逃生平台等。

(4) 造船工业中, FRP 用于生产各种工作艇、渔船、摩托艇、扫雷艇、潜水艇、救生艇、游艇以及船上舾装件等。

此外, FRP 在电气工业、军械、航空、体育用品、农渔业及机械制造工业等都有较广泛应用。



拓展阅读

玻璃钢的应用

玻璃钢作为一种新型的工程材料,由于具有比较突出的优良性能,随着生产技术发展的需要,无论从尖端技术到国民经济各个部门,石油化工、交通运输、电气工业、建筑业、机械工业、军械与装备等方面,都应用越来越广泛。比如利用玻璃钢耐酸、碱、油、有机溶剂的性能可应用于石油输油管道、阀门、泵、贮罐、塔器及作为金属、混凝土、木材等基本设备的衬里;利用玻璃钢质量轻、强度高、耐化学腐蚀、抗微生物作用以及成型方便等优点,在造船、汽车、铁路车辆、航空等工业部门应用广泛;利用玻璃钢具有优良的电绝缘性能,可以制造各种开关装置、电缆管道、印刷电路、插座等,在电讯工程上还可用来制造各种雷达罩波导管和反射面等;利用玻璃钢具有隔音、隔热、防水等特点,在建筑行业可以用来制作波形瓦、窗柜、门、落水斗、落水管、隔墙、地面、装饰面板、活动房屋、通风与空调设备、冷却塔、道路灯具及路标、壁雕、工艺雕塑、整体欧式雕花吊顶棚、采光屋面、大型饮用水箱、防渗漏化粪池和污水处理池衬、卫生设备和各种家具等;机械工业方面简单的护罩类制品如:电动机罩、发电机罩、空气压缩机罩、泵罩、风机罩、纺织机罩、皮带轮防护罩、仪器罩等,较复杂的结构件如柴油机、造纸机、水轮机、风机、磁选机、拖拉机的各种部件,以及轴承、法兰圈、轴承套、齿轮、接线板螺丝、螺帽等各种机械零件也都采用了玻璃钢这种新型材料;玻璃钢还可应用于常规武器和装备,既减轻了重量,又节省了大量木材和各种钢材,而且提高了武器装备的机动灵活性,是一种军工武器上很有发展前途的新型材料。

以下为部分附玻璃钢产品图片:





四、常用玻璃钢/复合材料的英文符号

FRP——Fiber - Glass Reinforced Plastics 译为玻璃纤维增强塑料，F 代表纤维，R 代表增强，P 代表塑料。或者写成 GRP，G 代表玻璃纤维，也有人把 GRP 译成“玻璃增强塑料”意思也就是玻璃钢。

CFRP——即碳纤维增强塑料，其中 C 为 Carbon，代表碳的意思。

COM——Composite Materials 表示复合材料。

SMC——片状模压塑料。

任务小结

本任务主要掌握玻璃钢的概念、性能、应用，了解玻璃钢/复合材料的常用的英文符号。

思考与训练

1. 什么是玻璃钢？玻璃钢有什么性能？
2. 玻璃钢的应用有哪些？
3. 玻璃钢的英文符号是什么？

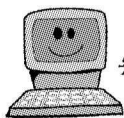
学习任务2

玻璃钢原材料及产品介绍



任务描述

掌握玻璃钢生产工艺，必须了解玻璃钢生产的原材料及相关辅料。本任务主要介绍玻璃纤维、不饱和聚酯树脂、浸润剂、填料、辅料等生产玻璃钢的原材料，并介绍一些相关产品及用途。



知识链接

一、玻璃钢成型用的原材料

玻璃钢的原材料分为增强材料和基体材料两类。玻璃钢的增强材料由玻璃纤维及其织物组成，是玻璃钢主要的承载组分材料，对玻璃钢强度和刚度有着直接的影响。玻璃钢的基体材料是指经过物理和化学变化而将增强材料包覆并牢固黏结的组分材料。玻璃钢基体材料由合成树脂和辅助材料组成，其中合成树脂是主要组分，基体材料在玻璃钢中的作用是在纤维间传递载荷，并使载荷均衡，基体材料的性能，如耐腐蚀性、耐热性等，直接影响玻璃钢的性能，玻璃钢工艺性则决定其所选择的成型工艺，合成树脂是一类由人工合成的分子量比较大的聚合物，通常称之为高分子化合物，也称之为聚合物，合成树脂以其受热后所表现的性能不同，可分为热固性树脂和热塑性树脂两大类，热固性树脂是指在热或固化剂（包括引发体系）的作用下，能发生交联而变成不溶、不熔状态的固体的一类树脂，如环氧树脂、酚醛树脂、不饱和聚酯树脂、呋喃树脂等，这类树脂的固化物受热后不能软化，温度过高则分解破坏，热塑性树脂是指具有线型或支链型结构的一类树脂，如聚酰胺树脂、聚氯乙烯树脂、聚苯乙烯树脂、聚碳酸酯等，这类树脂可被反复加热软化（或熔化）和冷却凝固，尽管近几年来，以热塑性树脂为基体的热塑性玻璃钢发展很快，但目前玻璃钢仍是以热固性树脂基体为主，其中最常用的热固性树脂是聚酯、环氧树脂和酚醛树脂等，



二、纤维增强材料

在复合材料中，凡是能增强基体力学性能的物质称为增强材料。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。20 世纪 40 年代复合材料用的纤维增强材料，绝大多数是玻璃纤维；50 年代研制了模量的碳纤维、硼纤维；60 年代改变了玻璃成分，研究了 S 及 R 型高强度的玻璃纤维；从 70 年代到目前，先后开发了聚芳香酰胺纤维、碳化硅纤维等。随着应用领域的扩大，将会有更多的新型增强材料问世。目前用玻璃纤维作增强材料的复合材料（即玻璃钢）仍然占主要地位。

纤维增强材料是复合材料的骨架，复合材料的力学性能，很大程度上取决于增强材料的性能、含量和使用状态。

玻璃纤维增强合成树脂，就制成了玻璃纤维增强塑料，俗称玻璃钢。在玻璃钢中，玻璃纤维起着骨架作用，而合成树脂主要是黏结纤维，使其有共同承载的作用。玻璃纤维具有较高的拉伸强度和弹性模量，对于常用的树脂而言，玻璃纤维的拉伸强度为树脂的 30 倍左右，也有达 50 倍的；而其弹性模量为树脂弹性模量的 20 倍左右，也有达 30 倍的。所以玻璃钢的拉伸强度、刚度主要是由玻璃纤维决定的。

作为结构材料使用的玻璃钢及其他复合材料，常用纤维状增强材料。其种类很多，按其化学组成，大致分为无机纤维和有机纤维两大类。

无机纤维：玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、晶须、石棉纤维及金属纤维等。

有机纤维：合成纤维如芳纶纤维、奥纶纤维、聚酯纤维、尼龙纤维、维尼纤维、聚丙烯纤维、聚酰亚胺纤维等；天然纤维如棉纤维、剑麻、纸等。

目前增强材料中应用最广泛的是玻璃纤维及其制品。玻璃纤维的种类很多，除了常用的无碱纤维、中碱纤维外，还在高强度玻璃纤维、高弹玻璃纤维和耐化学介质腐蚀玻璃纤维等。玻璃纤维制品的种类达 120 多种，用于玻璃钢的主要有玻璃布、玻璃带、玻璃纤维合股纱、无捻粗纱、无捻粗纱布、短切毡、单向布、表面毡、短切纤维和磨碎纤维等。本书我们主要对玻璃纤维作重点讲述。

三、玻璃纤维及其应用

玻璃纤维是以玻璃为原料，在高温熔融状态下制成的一种人造无机纤维。采用不同的生产方法，可以制成形态不同的各种玻璃纤维。有像蚕丝那样的连续玻璃纤维，有像羊毛似的玻璃棉和各种定长纤维，其制品形态更是多种多样。

玻璃纤维具有一系列的优越性能，如轻质、高强、耐高温、耐腐蚀、吸声、吸湿性低、伸长小、电绝缘性能好、价廉及原料易得等优点，因此被认为是优良的玻璃纤维。在电气、机械、冶金、石油、化工、汽车、造船、飞机、冷藏、建筑以及国防工业中得到了广泛的应用。