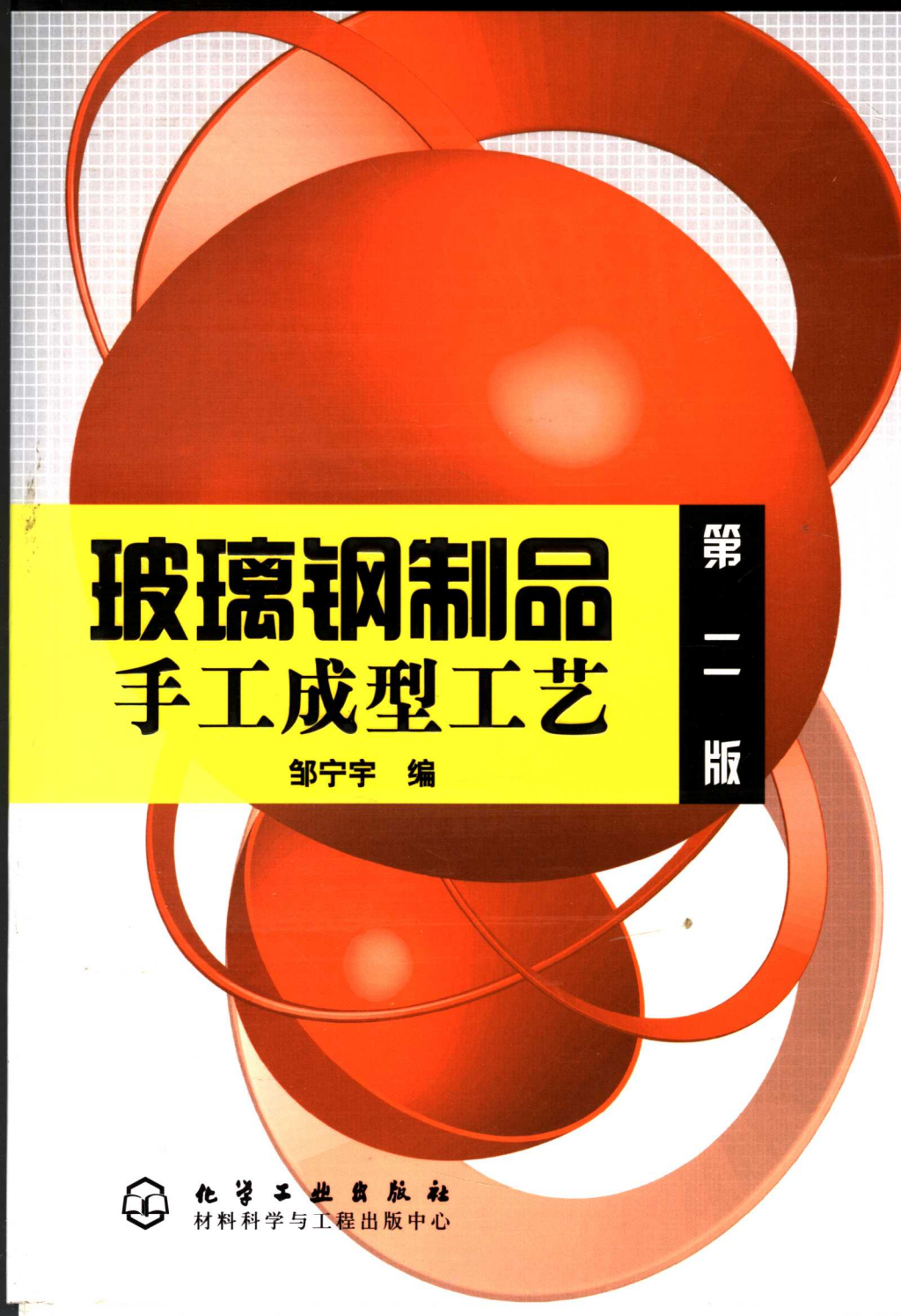




玻璃钢制品 手工成型工艺

邹宁宇 编

第
二
版



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

玻璃钢制品 手工成型工艺

邹宁宇 编

第
一
版



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

玻璃钢制品手工成型工艺/邹宁字编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2006. 2
ISBN 7-5025-8273-8

I. 玻… II. 邹… III. 玻璃钢-成型-生产工艺
IV. TQ327.106.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011865 号

玻璃钢制品手工成型工艺

第 二 版

邹宁字 编

责任编辑: 夏叶清 曾照华

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 尹琳琳

*

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

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 528 千字

2006 年 4 月第 2 版 2006 年 4 月北京第 5 次印刷

ISBN 7-5025-8273-8

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

纤维复合材料兼备纤维筋材和树脂基材的综合性能，在自然界和人类社会早已发挥重要作用。有人认为：追根溯源复合材料的故乡应在中国，敦煌壁画里的泥胎、宫殿建筑里圆木表面的披麻覆漆、享誉海外的福建脱胎漆器，乃至民间建筑里用稻草掺入泥中的砖坯，现在看来都是纤维复合材料。实际在国外，纤维复合材料也历史久远，古巴比伦人用沥青裹着麻布修补船只，古埃及人用麻布和涂料层层包覆制成木乃伊，保护着千年不毁、期待复生的法老尸体，也是纤维复合材料的具体应用。

现代意义上的纤维复合材料工业源于20世纪初期开始材料革命，在1906年，酚醛树脂人工合成以后，人们就用其与石棉纤维、纸张、木棉、木屑制成复合材料，成为早期的玻璃钢。工业玻璃纤维在1893年由Ribi制成，但直到20世纪30年代美国欧文斯科宁公司利用迅速发展的冶炼技术、合成化学和机械加工技术，耗时8年，才实现了玻璃纤维的工业生产。随后，人们发现玻璃纤维与新研制的树脂能够密切结合，一种新的纤维复合材料就此诞生，并且锋芒毕露，二次大战中立下汗马功劳。在航空、电子等领域获得应用，美国立即用其制造飞机零件和雷达罩、海军舰艇。

二战以后，玻璃纤维复合材料（玻璃钢）迅速由军事转为民用，并且向世界各地普及，纤维复合材料经过了半个多世纪的发展，已经基本形成了集科研、教学、设计、生产和应用一整套的体系。自从20世纪40年代初，美国推出玻璃钢雷达罩以来，首先在军工产品上得到应用，第二次世界大战以后发展很快。玻璃钢最初是从美国开始的，随后传入到英国、德国、法国、前苏联和日本等国家。我国是从1958年兴起，到了60年代以后，由于玻璃钢的优异特性，许多国家都在广泛地应用和发展。

有的专家认为我国玻璃钢工业是20世纪50年代末期为配合试制“两弹一星”开始创建发展，经历了军工配套、军民结合、以民为主的几个阶段。有的专家分析，我国玻璃钢可以划分作为其他材料的简单替代，如材料的“三代”（代棉、代木、代铁）时期；初露锋芒时期如玻璃钢冷却塔出现以后，其他同类产品全部销声匿迹。

目前我国的产品、品种仅次于美国，并继续不断发展，在国民经济和国防建设中发挥着越来越重要的作用。

可以通过手工制作，生产满足设计需要、异型，或很大体积的制品，同时投资不大，易于见效，制品质轻、高强，不惧酸、碱、盐分侵蚀，原料易得，这是玻璃钢工业发展迅速的主要原因，同时也是不同于其他材料工业的突出特点。

有的学者强调指出，玻璃钢是一门涉及专业 and 知识很广的复杂技术。虽是手工成型，但需要从模具制作开始，具有选材、配方、结构、设计、固化、工艺、表面处理、修复维护等一整套技术，它应是一种劳动密集、知识密集、工业密集的综合技术，是集古老、传统和现代化于一体的边缘学科，是手工工艺、机械化、自动化相辅相承的专门技术。

从技术应用的角度证明，由于玻璃钢质轻高强、结构造型以及设计自由等特点，如果发挥这方面的长处，可以适应艺术和形象构体的需要，得到意想不到的效果，如各种艺术形象、雕塑制品等。因此，它不仅具有专业化程度很高的工程结构材料的特点，而且是一种具有“得之于心，应之于手”的艺术造型材料。这一领域发展前景也是非常广阔的。

近年来，伴随行业的蒸蒸日上，有关书籍也大量涌现。本书这次能够再版，编者不由喜出望外。考虑到读者需要，本书内容较第一版进行了适当的增减。

一、增加了其他各类玻璃钢生产工艺，如拉挤、缠绕、袋压工艺的简介，使读者了解玻璃钢手工工艺和其他生产工艺主要区别在于常压和加压、间断或连续，从而更多掌握手工工艺的生产特点。

二、增加了一些新的手工制品介绍。

三、增加了对铺层方法的介绍。铺层是影响手工工艺、RTM工艺产品质量的重要环节，虽然其重要性随玻纤缝编毡等新型纺织制品的出现有所下降，但还应予以强调引起注意。

四、增加了制品统计和图形内容，使用规范图形符号，便于设计，进行统计，利于控制产品质量。

五、增加了制品着色、涂装和表面装饰介绍，这应是制品最后一道对外观影响甚大的生产工序。

六、增加了对碳纤维、石墨纤维性能简介。严格说来，碳纤维、石墨纤维增强材料不属于玻璃钢，但因产量较少，常和玻璃纤维混用，现在各类复合材料介绍和学术会议中都将其归入玻璃钢范畴，有人将 CFRP 译为碳玻璃钢，碳纤维增强塑料的手工制品也在陆续出现。

本书出版以后，许多读者来信、来电、来访，对编者多方鼓励。本书在编写过程中，承蒙全国建材科技期刊《玻璃纤维》编辑郝忠敏、王熙艳，南京玻璃院科技处王建、林迎、冯南，江苏省复合材料学会石斌，中国玻璃钢工业协会陈博提供部分资料；中国工程院院士、中国硅酸盐学会副理事长兼玻纤分会理事长张耀明，河海大学材料科学与工程系主任蒋林华等审阅指导，在此一并致谢。

编者

2006 年 3 月

第一版前言

本书所要介绍的是玻璃纤维增强塑料和其他玻璃纤维增强材料的手工成型工艺及各类制品。

玻璃纤维增强塑料（以英文缩写 FRP 流行于世，国内俗称玻璃钢）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。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 21 世纪仍有巨大发展空间。

当今世界上产量多达数百万吨的纤维增强复合材料中，玻璃钢材料和其他玻璃纤维增强材料，拥有 99% 以上的巨大比重。而在玻璃钢等材料林林总总、相差悬殊的制品中间，手工成型工艺制品又占据 80% 以上的压倒优势，可以毫不夸张地说，没有手工成型，也就没有现代玻璃钢工业，没有复合材料的进步。

综上所述，手工制作，既可以和落后、简陋、效率低下、粗制滥造联系在一起，也可以和知识经济时代中独具匠心、突出个性，有别于工业经济时代千篇一律、毫无特色产品联系在一起。事实上，所谓手工制造，本身并非一成不变的概念，这与人们的素质、知识、掌握工具密切相关，史前先民的双手只能挥动石块、木棒，而今日能工巧匠的双手却能绣出如画似锦的绸缎和工艺制品。两者都是手工制造，彼此之间却有天壤之别。玻璃钢材料自出现起，就是科技革命的产物之一，就是人们施展才华的新型材料，在短短数十年间，人们已用玻璃钢和自己双手制造出有别于千百年来手工艺品迥然不同的制品。如：

世界上第一台雷达罩；

世界上第一架玻璃钢军用飞机；

世界上第一颗人造地球卫星的有关部件；

巴林大清真寺（The Ctramd Mosqne）直径 25m 的金顶；

美国波士顿港耗资 70 亿美元，长 14.5km、直径 0.75~8m 的污水处理管道；

世界上第一艘披风斩浪的玻璃钢船艇；

澳大利亚悉尼直通海底 55m 的重量超过 1000t，使用寿命超过 100 年的管道。

世界上第一辆风驶电掣的玻璃钢汽车、玻璃钢竖井和扩散器等。

境外所谓手工成型工艺是指使用个人或数人体力可以承受的工具设备生产玻璃钢材料的方式，是一种与机械、自动生产定型制品的对立方式，而境内形形色色的有关介绍中，未窥全貌，大多将手工成型又细分为手糊、喷射、简单袋法、注模工艺等，一面令人产生挥动几公斤的喷枪就已步入机械生产的印象，而对被称为完全人工的手糊法中，对模具的精雕细刻，往往需要设备参与这一事实绝少过问。

现在，我国玻璃钢制品确有众多质量低劣，甚至发生事故的现象。但主要原因不在于手工工艺本身，而在部分企业利用手工工艺粗制滥造，或者使用劣质原料所致。例如，一些企业仍在大量采用高碱玻璃纤维（即废旧窗玻璃、瓶玻璃，因碱含量高，纤维在数月至一年即老化丧失强度）；一些工厂仍在使用成分多年故步自封、不是用于制造玻璃钢的 711 型浸润剂、石蜡型浸润剂或一些聚合程度极差、填料添加过量的树脂，这些原料，有的已被明确禁止，有的被判定并无增强效果。

有关书籍、刊物宣传也难对症下药，例如自 20 世纪 50 年代沿袭至今的石蜡型浸润剂，是前苏联研制、供生产纺织纤维使用，现在宣传重点不应是对这种性能欠佳的浸润剂制品进行改良，如对石蜡涂覆的玻璃纤维进行表面处理，加热清除石蜡（同时纤维也丧失强度），而应是强调必须使用能和玻璃纤维、树脂黏合的增强型浸润剂，应该声讨、鞭挞的不是手工成型工艺（机械生产同样不乏伪劣产品）而是一些企业低下的管理水平、技术水平。

至于手工成型工艺及制品本身仍显示出勃勃生机这一论断至今

可从如下几个方面给予证实。

一、虽然手工成型工艺效率较低，但在数量较少，体积较大或运输不便，需要现场施工的场合，仍然具有难以替代的作用。

二、手工成型工艺需要较多人力，投入较少，符合中国国情。

至今为止手工成型制品效益、数量仍远远超过众多引进或国产的缠绕、拉挤、SMC、BMC 工艺制品，手工成型制品在很大程度上是一种工艺制品。

以手工工艺与拉挤工艺等机械工艺相比，制品依赖操作人员个人技术的熟练程度要高出 10 倍，模具制造的难易程度要高出 10 倍，制品形状的复杂程度要高出 10 倍，而制品的重复程度仅为 1/10。

我国众多能工巧匠更能发挥聪明才智，必将使手工成型工艺制品成为我国玻璃钢出口的主导产品。

三、在我国千方百计摆脱手工，采用机械生产的同时，工业发达国家却引人注目地出现了材料多功能化、设备小型化而更适于手工制作的倾向，例如可以用手工铺覆取代过去必须机械缠绕效果的单向织物、缝合织物、立体织物、纺形织物，可以取代大型加工设备的小型喷射和注模机械，取代必须高温固化或反应釜制造的可以在常温固化的、色彩鲜艳的、管装膏状能够任意挤出的各色树脂或其他胶凝材料等，使手工制作玻璃钢制品成为风靡一时的 DIY (Do it yourself) 运动即“自己动手”运动的组成部分。在一些工业发达国家的不少居民，已经能够发挥自己的聪明才智，用玻璃钢材料，自己设计、装修、改善具有自己特色、个性、标志的住房、汽车外壳、游艇、雕像以及形形色色的东西，这种趋势还在有增无减。随着科学技术的进步，新的玻璃钢制品将大量涌现，为社会经济发展和人民生活水平改善做出贡献。我国众多的工厂和有志从事玻璃钢制品加工的个人，毫无疑问将有大有作为的广阔空间。

笔者长期在玻璃纤维科技信息中心工作，耳闻目睹不少玻纤玻璃钢企业兴衰故事，深感质量管理与工艺提高的必要。这需要由各个方面进行宣传、介绍，但愿本书能成为其中一个小小的组成。本书

主要介绍玻璃钢及其他玻纤增强手工成型工艺和用途较广的几类制品，希望能对从事玻璃钢生产的企业、个人提供一些参考、启发。

本书偏重具体操作和制品，对于理论没有涉及。不少专家指出，玻璃钢复合材料既是一种材料，更是一种结构。良好工艺尤其是形状特异、数量较少的开拓产品所采用的手工成型工艺，立足于对制品的精细设计。而材料设计需要材料科学、工程科学方面的专业知识，限于篇幅限制这些内容在本书中没有过多涉及，建议有志涉足玻璃钢材料的人士，学习掌握一定的化工知识和力学知识。

由于笔者水平有限，纤维增强复合材料又是一门迅速发展的学科，新的概念、工艺、产品层出不穷，书中不足与错误在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2001 年 11 月

内 容 提 要

本书主要介绍玻璃纤维增强塑料和其他玻璃纤维增强材料的手工成型工艺及各类制品。通过介绍材料、工具、模具、翻新与修补、工艺、结构及各种制品，较为全面、系统性地叙述了玻璃钢手工制品的最新发展方向、工艺技术及具体应用，使读者基本掌握玻璃钢手工制品的各方面知识并可实际操作。

本书可供玻璃钢行业的从业人员，广大应用玻璃钢制品的用户及相关大专院校师生参考。

目 录

第一章 筋材·玻璃纤维	1
第一节 玻璃纤维与矿物棉的种类、生产工艺	1
一、玻璃纤维与矿物棉的种类	1
二、玻璃纤维与矿物棉的生产工艺	5
三、玻璃纤维制品分类	6
第二节 玻璃纤维的主要种类和用途	8
一、玻纤增强材料主要种类及用途	8
二、玻璃纤维纺织纱产品	17
三、玻璃纤维织物	19
四、组合玻璃纤维增强材料	25
第三节 玻璃纤维原丝系列和代号	26
一、玻璃纤维纱的基本纱支号数与原丝直径及单丝根数的搭配	26
二、玻璃纤维纱和织物代号	29
第四节 浸润剂	34
一、浸润剂的作用	34
二、浸润剂组分及分类	37
三、浸润剂发展简史	40
四、增强型浸润剂	41
五、成膜剂的特征及其作用	43
六、偶联剂	45
七、润滑剂和润湿剂	49
八、增强型浸润剂配方实例	50
第五节 碳纤维	52
第二章 基材·树脂与辅助材料	56
第一节 概述	56
第二节 不饱和聚酯树脂 (UP)	60

一、不饱和聚酯树脂性能	60
二、乙烯基酯树脂 (VE)	68
三、通用聚酯树脂	69
四、其他几类不饱和聚酯树脂	71
五、几类特殊用途树脂	75
六、可接触食品级树脂	76
第三节 环氧树脂和酚醛树脂	78
一、环氧树脂 (EP)	78
二、酚醛树脂	82
三、呋喃树脂	83
第四节 填料、色料	84

第三章 工具与材料	89
一、称量工具	89
二、钻孔工具	90
三、切锯工具	92
四、打磨工具	93
五、混合容器 (罐、杯、桶和盆)	95
六、刷抹滚压工具	96
七、几类材料、简单工具	97
八、气动工具	99
九、加热设备	100
十、冷藏设备	101
十一、喷涂设备	101

第四章 模具	104
第一节 模具的结构形式	104
第二节 模具的制造材料	105
第三节 模具的设计制造	109
一、设计原则和方法	109
二、模具制造时注意问题	110
三、母模	113
四、组合玻璃钢模具	119

五、大型模具	124
第四节 模具的保养、维护和保管	129
一、模具保养	129
二、模具的校正	130
三、模具制作示例	131
第五节 模具翻新与修补	132
一、模具翻新	132
二、原模表面处理	134
三、模具局部修补	135
第六节 脱模剂	136
第五章 装配、修补和增强	139
第一节 连接	139
一、连接形式	139
二、机械连接	139
三、胶接	145
第二节 修补和增强	153
一、修补	153
二、腻子	155
三、对木材的修补	158
四、对金属的修补	161
五、增强	166
第三节 着色、涂装和表面装饰	169
一、着色	169
二、涂装	171
三、表面装饰	173
第六章 生产工艺及生产工厂（车间）	178
第一节 玻璃钢制品的生产工艺	178
一、制品成型要素	178
二、清洁工作	179
三、手工成型工艺常用配方	180
四、配料	187

五、胶衣的制备	189
六、糊制	192
七、喷射	196
八、固化	196
九、脱模	198
十、加工与装饰	204
十一、手工成型的生产效率	206
十二、手工工艺培训	208
第二节 工艺设计和制品设计	216
一、工厂(车间)布置	217
二、设备布置的原则和要求	220
三、玻璃钢生产线示例	223
四、制品设计	223
五、成型工艺设计原则	230
六、铺层的计算方法	240
第三节 安全生产、环境保护与统计	248
一、聚酯树脂玻璃钢	248
二、酚醛树脂玻璃钢	252
三、环氧树脂玻璃钢	253
四、生产中职业病的防治措施	254
第四节 统计标准符号	256
一、统计	256
二、统计工具与方法	258
三、工程标准符号	260
第七章 夹层结构及制备	263
第一节 夹层结构的制造	263
一、夹层结构种类	263
二、泡沫塑料夹层结构	263
三、蜂窝夹层结构	265
第二节 夹层结构制品	273
一、叶片	273
二、飞机机翼及机体	287

三、玻璃钢蜂窝夹层材料抗爆结构	293
四、玻璃钢门	294
五、玻璃钢篮球板	295
六、托盘和集装箱	297
七、雷达罩	299
八、反射体	306
九、吸波结构	313
第八章 容器与管道	316
第一节 玻璃钢管道	316
一、玻璃钢管道的制作	316
二、法兰的制作	317
三、缓弯弯头模具	320
四、玻璃纤维布的裁剪	323
五、通风管道	325
六、管道应用实例	328
第二节 玻璃钢容器	333
一、玻璃钢容器结构	333
二、制造工艺	334
三、技术要求	337
四、玻璃钢容器的加强	342
第三节 容器和管道耐腐蚀构件	342
一、作业条件	343
二、操作工艺	343
三、质量要求	347
第四节 冷却塔、卫生间和水箱	350
一、冷却塔	350
二、卫生间	353
三、浴缸	360
四、玻璃钢水箱	364
第五节 贮罐贮槽	367
一、槽罐制作及结构	367
二、聚酯树脂贮槽罐	368

三、环氧呋喃玻璃钢贮罐	369
四、玻璃钢防腐电解槽	370
五、贮存和输送腐蚀性液体的玻璃钢容器	372
六、粪便净化槽和沼气池	374
七、几类容器	375
第九章 交通工具	391
第一节 玻璃钢汽车	391
一、玻璃钢汽车简介	391
二、玻璃钢汽车车体制作	393
三、玻璃钢汽车车体部件(车门)制作	400
四、玻璃钢槽车	403
五、一种玻璃钢长途客车	404
第二节 玻璃钢船	411
一、玻璃钢船简介	411
二、玻璃钢船制造流程	418
三、玻璃钢游览船	421
四、铺层	425
第三节 几类玻璃钢交通器材	437
第十章 玻璃钢建筑与建材	448
第一节 几类玻璃钢建材	448
一、玻璃钢桁架	448
二、围护结构	450
三、波形瓦	454
四、混凝土模板	456
五、防腐蚀地坪	458
六、建筑的修补材料	461
第二节 包覆与衬层	466
一、木材的包覆、包裹	466
二、金属和水泥玻璃钢衬层	471
第三节 人造大理石和耐腐蚀胶泥	474
一、人造大理石和胶泥	474