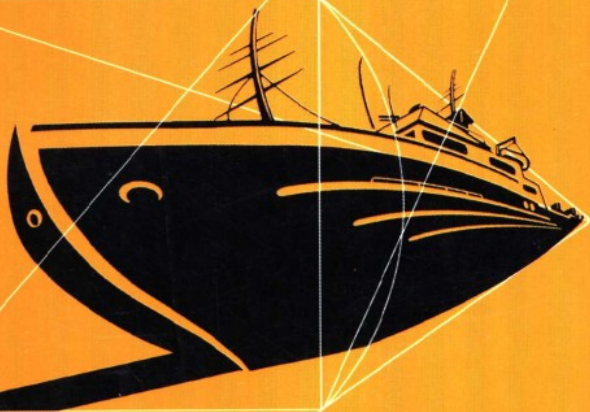
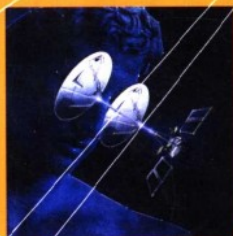


玻璃钢制品手工成型工艺

BOLIGANG ZHIPIN SHOUGONG CHENGXING GONGYI

邹宁宇 编



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

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

玻璃钢制品手工成型工艺 / 邹宁宇编. — 北京: 化学工业出版社, 2002.2

ISBN 7-5025-3677-9

I. 玻… II. 邹… III. 玻璃钢-成型-生产工艺 IV. TQ327.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 004410 号

玻璃钢制品手工成型工艺

邹宁宇 编

责任编辑: 夏叶清 白 洁

责任校对: 凌亚男

封面设计: 张竞文

*

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)

发行电话: (010)64918013

<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 850 × 1168 毫米 1/32 印张 15 3/4 字数 424 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3677-9/TQ·1487

定 价: 36.00 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

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，国内有一些人称玻璃钢，虽约定俗成，却不严谨）是复合材料的重要组成，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，FRP 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，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，在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。FRP 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 FRP 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 FRP 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 Mosque) 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 1000 吨，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等。

国外所谓手工 (台湾地区称为手合) 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，而国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平糊法中，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、树脂粘合的增强型浸润剂，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的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等。使手工制作玻璃钢制品成为风靡一时的 DIY 运动即“自己动手”（Do it yourself）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作出贡献。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 FRP 材料的人士，学习掌握一定的化工知识和力学知识。

笔者曾受陈博、沈开犹等专家指导。写作过程中金陵职业大学李新宁、南京玻璃纤维研究设计院杜寿全给予多方帮助，在此一并致谢。

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

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
第三节 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	42
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	50
八、增强型浸润剂配方实例	51
第二章 基材·树脂与辅助材料	54
第一节 概述	54
第二节 不饱和聚酯树脂 (UP)	58
一、不饱和聚酯树脂性能	58
二、乙烯基酯树脂 (VE)	66

三、通用聚酯树脂	67
四、其他几类不饱和聚酯树脂	69
五、几类特殊用途树脂	73
六、可接触食品级树脂	74
第三节 环氧树脂和酚醛树脂	76
一、环氧树脂 (EP)	76
二、酚醛树脂	80
三、呋喃树脂	81
第四节 填料、色料	82
第三章 工具与材料	87
一、称量工具	87
二、钻孔工具	88
三、切锯工具	90
四、打磨工具	91
五、混合容器 (罐、杯、桶和盆)	93
六、刷抹滚压工具	94
七、几类材料、简单工具	95
八、气动工具	97
九、加热设备	98
十、冷藏设备	99
十一、喷涂设备	99
第四章 模具	102
第一节 模具的结构形式	102
第二节 模具的制造材料	103
第三节 模具的设计制造	107
一、设计原则和方法	107
二、模具制造时注意问题	108
三、母模	110
四、组合玻璃钢模具	116
五、大型模具	121
第四节 模具的保养、维护和保管	126
一、模具保养	126
二、模具的校正	127

三、模具制作示例	128
第五节 脱模剂	129
第五章 装配、修补和增强	132
第一节 连接	132
一、连接形式	132
二、机械连接	132
三、胶接	139
第二节 修补和增强	146
一、修补	146
二、腻子	148
三、对木材的修补	151
四、对金属的修补	154
五、增强	159
第六章 生产工艺及生产工厂（车间）	163
第一节 玻璃钢制品的生产工艺	163
一、制品成型要素	163
二、清洁工作	164
三、手工成型工艺常用配方	165
四、配料	171
五、胶衣的制备	173
六、糊制	176
七、喷射	180
八、固化	181
九、脱模	182
十、加工与装饰	184
十一、手工成型的生产效率	186
十二、手工工艺培训	189
第二节 工艺设计和制品设计	197
一、工厂（车间）布置	198
二、设备布置的原则和要求	201
三、玻璃钢生产线示例	204
四、制品设计	204
五、成型工艺设计原则	211

六、铺层的计算方法	221
第三节 安全生产与环境保护	224
一、聚酯树脂玻璃钢	224
二、酚醛树脂玻璃钢	228
三、环氧树脂玻璃钢	229
四、生产中职业病的防治措施	230
第七章 夹层结构及制备	233
第一节 夹层结构的制造	233
一、夹层结构种类	233
二、泡沫塑料夹层结构	233
三、蜂窝夹层结构	235
第二节 夹层结构制品	243
一、叶片	243
二、飞机机翼及机体	257
三、玻璃钢蜂窝夹层材料抗爆结构	262
四、玻璃钢门	264
五、玻璃钢篮球板	266
六、托盘和集装箱	267
七、雷达罩	269
八、反射体	277
九、吸波结构	283
第八章 容器与管道	286
第一节 玻璃钢管道	286
一、玻璃钢管道的制作	286
二、法兰的制作	287
三、缓弯弯头模具	289
四、玻璃纤维布的裁剪	292
五、通风管道	295
六、管道应用实例	297
第二节 玻璃钢容器	300
一、玻璃钢容器结构	300
二、制造工艺	301
三、技术要求	304

四、玻璃钢容器的加强	306
第三节 容器和管道耐腐蚀构件	307
一、作业条件	307
二、操作工艺	308
三、质量要求	311
第四节 冷却塔、卫生间和水箱	312
一、冷却塔	312
二、卫生间	316
三、浴缸	322
四、玻璃钢水箱	325
第五节 贮罐贮槽	329
一、槽罐制作及结构	329
二、聚酯树脂贮槽罐	330
三、环氧呋喃玻璃钢贮罐	331
四、玻璃钢防腐电解槽	332
五、贮存和输送腐蚀性液体的玻璃钢容器	334
六、粪便净化槽和沼气池	336
七、几类容器	338
第九章 交通工具	344
第一节 玻璃钢汽车	344
一、玻璃钢汽车简介	344
二、玻璃钢汽车车体制作	345
三、玻璃钢汽车车体部件（车门）制作	353
四、玻璃钢槽车	356
五、一种玻璃钢长途客车	358
第二节 玻璃钢船	364
一、玻璃钢船简介	364
二、玻璃钢船制造	370
三、玻璃钢游览船	373
第三节 几类玻璃钢交通器材	375
第十章 建筑材料及其他	386
第一节 几类玻璃钢建材	386
一、波形瓦	386

二、混凝土模板	388
三、防腐蚀地坪	391
四、建筑的修补材料	393
第二节 人造大理石和耐腐蚀胶泥	398
一、人造大理石和胶泥	398
二、胶泥	406
第三节 几类小型玻璃钢建筑	411
一、玻璃钢蒙古包	411
二、玻璃钢仓库	414
三、牛棚、鸡舍	415
四、防护工事	415
第四节 透明玻璃钢材料及建筑	418
一、材料原料	419
二、筒拱结构	420
三、夹层结构	421
四、屋盖结构	424
五、透明玻璃钢成型工艺	431
第五节 其他玻璃钢制品	432
一、雕塑、模特	432
二、安全帽	433
三、游乐设施	437
四、几种新产品	437
五、综合	442
第十一章 玻璃纤维增强其他胶凝材料	460
第一节 玻璃纤维增强水泥 (GRC)	460
一、生产工艺	460
二、GRC 制品	464
第二节 玻璃纤维增强氯氧镁材料 (GRM)	468
一、玻璃纤维增强氯氧镁材料的特点	468
二、GRM 制品	469
三、高性能古雕防火装饰门	473
第三节 玻璃纤维增强石膏	477
第四节 玻璃纤维增强沥青	481

一、沥青的改性	481
二、多彩玻纤瓦	481
三、土工格栅	484
参考文献	486

第一章 筋材·玻璃纤维

远在 5000 年前，古埃及人就从熔融石英、苏打矿物的液体中快速拉出玻璃细丝，作为陶器珍贵装饰材料，到 20 世纪 30 年代，玻璃纤维（下简称玻纤）实现了工业生产。一次人们偶然在玻纤织物上面滴落几滴树脂，一种性能优异的新型复合材料就此诞生。玻璃纤维自出现后用途就与玻璃钢密切相连。玻璃纤维是制造各类纤维增强复合材料的主要筋材。

矿物棉是无序棉状的短纤维，按成分分类有玻璃棉、矿（岩）棉、硅酸铝棉、陶瓷棉等等。矿物棉与粘接剂经搅拌、喷涂混合后也是一类纤维增强复合材料，在建筑、节能、防火、绝热方面发挥着重要作用。

在夏威夷等地喷进而出的岩浆在强风吹拂下生成岩棉（人们正是根据这种原理开始矿物棉的工业生产），但天然岩棉为数不多，自然界中大量存在的天然矿物纤维是石棉。矿物棉纤维经处理也是增强复合材料的筋材。

第一节 玻璃纤维与矿物棉的种类、生产工艺

一、玻璃纤维与矿物棉的种类

按照国际标准定义，玻璃纤维是一种无机非金属的矿物纤维，由于成分不同，可以划分不同种类。常见可以拉制成纤的玻璃种类和主要性能分别如表 1-1、表 1-2 所示。

无碱玻璃纤维在国外为通用玻璃纤维，占据产量的 90% 以上，在国内也是应用最多的类型之一。

无碱玻璃纤维抗拉强度比钢丝还高，与金属材料相比重量较轻，与金属铝相当；抗疲劳强度高，对须经受冲击负荷的结构材料而言也是重要优点；优异的电性能，绝缘强度高，介电常数低；尺

表 1-1 玻璃类型、代号及其性能特征

玻璃类型	代 号	特 征
无碱玻璃	E	碱金属氧化物含量 0.8% 以下, 优异的电性能和力学性能
中碱玻璃	C	碱金属氧化物含量 12% 左右, 良好的力学性能, 耐化学侵蚀
高碱玻璃	A	碱金属氧化物含量 14% 或更高, 耐酸性好
高强玻璃	S	优异的力学性能
高模量玻璃	M	高弹性模量, 良好的电性能和机械强度
低介电玻璃	D	介电性能高于无碱玻璃
耐碱玻璃	AR	增强水泥用

表 1-2 我国几类玻璃纤维主要性能

组分成性能	无 碱	中碱 5 ^a	高 碱	高强 2 ^a	高模量
单丝强度/(kg/mm ²)	312	268		410	
弹性模量/(kg/mm ²)	7300			8500	9500
密度/(g/cm ³)	2.57	2.53	2.51 ^①	2.54	2.77
介电常数	6.6				
损失角正切/(10 ⁶ Hz)	1.1×10^{-3}				
体积电阻率/($\Omega \cdot \text{cm}$)	1.2×10^{15}				
表面电阻率/ Ω	2.2×10^{14}				
电气强度/(kV/mm)	12.8				
耐水性 ^② (析 Na ₂ O)/mg	4.1	9.9	22.2		
耐酸性 ^② (0.5mol/L H ₂ SO ₄ 失重)/mg	1063.9	49.22	38.8		
耐碱性 ^② (0.5mol/L NaOH 失重)/mg	253	543.8	1062.5		

① 为估计值。

② 5000cm² 表面积的纤维, 100℃, 3h。

注: 除玻璃纤维外, 人工矿物棉纤维、碳纤维等也是玻璃钢筋材, 其中几类常用人工矿物棉纤维(无机纤维)性能见表 1-3。

表 1-3 无机纤维型绝热材料的基本性能

材 料	使用温度 /℃	导热系数 /(W/m·K)	纤维直径 /μm	渣球含量/% (> 0.25mm)	容重(制品) /(kg/m ³)
岩 棉	< 650	≤ 0.044 (70℃ ± 5℃)	≤ 4 ~ 7	≤ 12 ~ 18	60 ~ 200
矿渣棉	< 650	≤ 0.044 (70℃ ± 5℃)	≈ 6	≤ 15 ~ 18	80 ~ 200
超细玻璃棉	< 600(无碱) < 400(中碱)	0.033 ~ 0.040 (常温)	< 4	< 4	40 ~ 80

续表

材 料	使用温度 /℃	导热系数 /(W/m·K)	纤维直径 /μm	渣球含量/% (> 0.25mm)	容重(制品) /(kg/m ³)
耐高温棉 (普通硅酸 铝纤维)	< 1000	≈ 0.14 (900℃)	< 5	< 10	60 ~ 150
多晶氧化 铝纤维	< 1600	0.11 ~ 0.16 (600℃) 0.18 ~ 0.28 (1000℃)	3 ~ 6	≈ 0 (英 ICI 公司) 2 ~ 4(国产)	

寸稳定性好，在最大应力条件下，伸长率仅 3% ~ 4%；耐温高，在 343℃时，抗拉强度保留率 50%；化学稳定性好，耐候性好，除强酸外，不受任何化学物侵蚀；导热系数高，用作电绝缘材料时能迅速散热；并且几乎不吸水，遇火不燃烧、不冒烟。无碱玻璃纤维的一系列优异性能使它成为近代工业中应用最广泛的增强材料、电绝缘材料和工业材料。

中碱玻璃纤维与无碱玻璃纤维相比强度较低，在相同的试验条件下，无碱玻璃纤维抗拉强度为 3120MPa (312kgf/mm²)，中碱玻璃纤维抗拉强度为 2680MPa (268kgf/mm²)。玻璃纤维的电性能取决于玻璃成分中的碱金属氧化物含量。试验表明在 300℃时，碱金属氧化物含量为 0.5% 的无碱玻璃纤维电阻为 $12.3 \times 10^{11} \Omega$ ，而碱金属氧化物含量为 2% 的低碱玻璃纤维电阻为 $1.06 \times 10^{11} \Omega$ 。碱金属氧化物含量的增加会显著降低玻璃纤维的电性能。我国早期的无碱玻璃纤维标准规定碱金属氧化物含量不大于 2%，以后根据电绝缘材料部门的要求，将标准定为 0.8% 以下。碱金属氧化物含量是影响电性能的关键指标，国外一些企业为保证产品质量，内部实际严格控制在 0.5% 左右。由此可见中碱玻璃纤维不宜用于电绝缘方面。中碱玻璃纤维的其他性能与无碱纤维相仿。化学稳定性良好，耐酸性优于无碱纤维，而且价格比无碱纤维低，在无有关性能要求的应用领域中，也是一种良好的工业材料和增强材料，至今在我国连续玻璃纤维纺织制品中仍然是用量最大的玻璃纤维类型。