

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术(四)

玻 璃 钢 成 型 工 艺

刘雄亚 张 垣 编

中国建筑工业出版社

本书是“玻璃钢实用技术”第四分册，其他分册为：《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》和《玻璃钢性能测试与产品检验》。

本书介绍了玻璃钢的各种成型方法，包括手糊成型工艺、夹层结构成型工艺、层压工艺、卷管成型工艺、模压工艺、缠绕成型工艺、连续制管工艺、拉挤成型工艺、连续波板生产工艺及其他一些新型的成型方法。对每一种成型工艺都介绍了原材料的选用、机具、工艺操作，出现的问题及解决办法。全书以手糊与模压为主，对中小玻璃钢厂较少用到工艺方法只作了一般性介绍。

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。

本书由刘雄亚编写绪论、第一章和第二章，其余各章由张垣编写。

《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 朱 景 九 应 曰 璠

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4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，中小玻璃钢厂象雨后春笋，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

绪论

一、国内外成型工艺发展概况	1
二、选择成型方法的原则	4
第一章 手糊成型工艺	8
第一节 概述	8
第二节 原材料选择	10
一、增强材料选择	10
二、树脂选择	12
三、辅助材料选择	14
第三节 模具及脱模剂	14
一、模具设计的基本原则	15
二、模具的构造与选材	15
三、脱模剂的选择	20
第四节 施工前的准备工作	21
一、纤维增强材料的准备	21
二、树脂配方及胶液制备	22
三、胶衣糊准备	29
四、手糊成型工具的准备	30
第五节 糊制成型	36
一、成型工艺路线制定	36
二、铺糊施工	37
三、固化	39

四、脱模、修整及装配	40
第六节 铺层拼接、厚度控制及含胶量计算	41
一、铺层拼接	41
二、厚度控制	43
三、含胶量计算	44
第七节 喷射及袋压成型	45
一、喷射成型	45
二、袋压成型	49
第八节 手糊成型易出现的疵病、产生原因及防止措施	52
一、制品表面发粘	52
二、起皱	52
三、针眼	53
四、光泽不佳	53
五、胶衣层剥落	53
六、制品内部出现干斑	54
七、分层	54
八、颜色不均	54
九、斑点、鱼眼及凹陷	55
十、纤维显露	55
十一、表面起泡	55
十二、开裂或龟裂	56
十三、凹痕	56
十四、白化和黄化	56
十五、鼓起和变形	57
十六、制品硬度和刚度不足	57
第九节 玻璃钢贴面	58
一、原材料选择	58
二、基层处理	59
三、贴面施工	59
第十节 修补	61

一、强度要求不高的小修补	61
二、强度要求高的破损修补	62
第十一节 安全防护	64
一、易燃易爆物品的安全管理	64
二、对有毒物品的防护	65
三、防护膏的配制	67
第二章 夹层结构成型工艺	70
第一节 概述	70
一、玻璃钢夹层结构的特点	70
二、玻璃钢夹层结构的种类	70
三、夹层结构的应用	72
第二节 玻璃钢蜂窝夹层结构	72
一、玻璃钢面板制造	72
二、玻璃布蜂窝	73
三、玻璃钢蜂窝夹层结构制造	79
第三节 泡沫塑料夹层结构	80
一、泡沫塑料的种类	81
二、泡沫塑料的基本性能	81
三、泡沫塑料制造	83
四、玻璃钢泡沫塑料夹层结构的制造	90
五、聚氨酯泡沫塑料生产中的安全防护	91
第四节 玻璃钢夹层结构制造举例	93
一、材料选择	93
二、制造工艺	94
第三章 玻璃钢层压工艺	100
第一节 概述	100
第二节 玻璃胶布的制备	101
一、玻璃布的浸渍上胶	101
二、胶布的烘干	106

第三节 胶布的质量指标.....	114
一、含胶量.....	114
二、挥发物含量.....	116
三、可溶性树脂含量.....	117
四、流动度.....	118
第四节 胶布的存放.....	119
第五节 层压工艺.....	120
一、胶布的裁剪.....	120
二、胶布的叠合.....	121
三、热压.....	123
四、冷却.....	124
五、后处理.....	124
第六节 层压工艺参数讨论.....	125
一、成型压力的控制.....	125
二、压制温度的控制.....	126
三、压制时间的控制.....	127
第七节 生产中易出现的问题和解决方法.....	129
一、层压板表面花麻.....	129
二、层压板表面开裂或破碎.....	129
三、层压板与钢板粘接.....	130
四、板材分层.....	130
五、坯布滑出.....	130
六、层压板两边厚度偏差过大.....	131
七、层压板翘曲过大.....	131
八、板芯发黑, 四周发白.....	132
九、表面积胶.....	132
第八节 覆铜箔层压板的生产.....	132
一、概述.....	132
二、覆铜板生产所用原材料.....	133
三、覆铜板的生产.....	134

第四章 卷管成型工艺	137
第一节 玻璃胶布及模具	137
一、玻璃胶布	137
二、对玻璃胶布的质量要求	139
三、模具	140
第二节 卷管工艺过程及条件	141
一、卷管成型基本原理及特点	141
二、卷管成型工艺过程及工艺条件	142
第三节 各种因素对管材性能的影响	148
一、胶布质量对管材性能的影响	148
二、卷管工艺条件对管材性能的影响	149
三、烘焙对管材性能的影响	149
四、表面加工对管材性能的影响	149
第四节 卷制管材易产生的问题及原因	150
一、管材分层	150
二、内壁起泡	150
三、烘焙后管材起泡或起棱	150
四、表面局部起翘	150
五、筒体变形	151
六、耐电压不合格	151
七、比重大、吸水性大	151
第五章 模压工艺	152
第一节 模压成型工艺的分类	152
一、纤维料模压法	152
二、层压模压法	153
三、缠绕模压法	153
四、织物模压法	154
五、毡料模压法	154
六、碎布料模压法	154

第二节 模压料的制备	155
一、模压料的组成	155
二、模压料的制备	156
三、模压料的质量指标及存放	158
第三节 模压料的工艺性	160
一、模压料的流动性	160
二、模压料的收缩率	162
三、固化性能	164
四、比容	164
五、压缩率	164
第四节 片状模塑料和团状模塑料的制备	165
一、聚酯型模压料的组成	165
二、聚酯模压料制备工艺过程	179
三、片状模压料的技术指标	184
第五节 聚酯模压料制品的特性及其影响因素	184
一、聚酯模压料制品的特性	184
二、影响模压料制品性能的主要因素	185
第六节 模压成型工艺	189
一、概述	189
二、压制成型的基本过程	190
三、模压成型的工艺条件	193
四、模压玻璃钢制品的基本性能	196
第七节 模压中易出现问题及解决方法	198
一、制品表面起泡或内部鼓起	199
二、制品变形、翘曲	199
三、裂缝	199
四、制品欠压, 局部缺胶	199
五、制品粘模	200
六、制品废边过厚	200
七、制品尺寸不合格	200

第六章 其它成型工艺	201
第一节 缠绕成型工艺简介	201
一、概述	201
二、原材料的选择	204
三、纤维缠绕玻璃钢工艺流程及工艺参数	207
第二节 连续制管工艺	212
一、概述	212
二、成型原理及工艺过程	213
三、原材料选择	213
四、连续制管的工艺方法	214
五、连续制管工艺参数讨论	217
六、玻璃纤维缠绕管道的性能	218
第三节 挤出和注射成型工艺	219
一、挤出成型工艺	219
二、注射成型工艺	221
第四节 拉挤成型工艺	225
一、概述	225
二、原材料选用	226
三、拉挤工艺过程及工艺参数介绍	227
四、拉挤模具特点及固化方式	229
第五节 连续波板生产工艺	229
一、概述	229
二、纵向波板成型设备及工艺过程	230
三、波板连续成型所用原材料及工艺参数	231
第六节 其它新型成型方法	232
一、增强反应注射模塑法	232
二、树脂注射法	235
三、离心成型法	236
四、冷压成型法	237

第七章 玻璃钢的连接 239

第一节 概述 239

第二节 胶接基本概念和胶接机理 240

第三节 胶接工艺 242

一、被胶件的准备 242

二、胶粘剂的配制 249

三、胶的涂布 249

四、晾置与叠合 250

五、胶粘剂的固化 251

第四节 胶粘剂 252

一、胶粘剂的分类 252

二、胶粘剂的基本组成 254

三、几种常用胶粘剂 257

第五节 玻璃钢的机械连接 262

一、玻璃钢构件对接 262

二、玻璃钢构件的搭接 263

三、机械连接接点设计 263

绪 论

玻璃钢制品的成型方法与树脂性能关系极大，1925年发明酚醛木粉塑料时，成型方法主要是热压模塑工艺。1937年研究成功不饱和聚酯树脂后，1941年开始出现手糊成型（低压接触成型）。此后，随着树脂品种增多、性能改进及适应特殊产品的性能要求和大尺寸、大批量工业生产的需要，不断的研究出许多新的成型工艺，到目前为止，比较成熟的成型方法不下十余种，例如：

1. 手糊成型（亦称低压接触成型）；
2. 喷射成型；
3. 压制成型，包括：预成型对模、SMC法、预混料法、冷压法、层压法；
4. 卷管成型；
5. 注射成型；
6. 连续成型，包括：波板、平板连续成型法、拉挤成型法；
7. 纤维缠绕成型；
8. 加压、真空袋压法；
9. 离心法等。

在这些成型方法中，国内以手糊（包括喷射）成型、压制成型和连续成型应用最为普遍。

一、国内外成型工艺发展概况

玻璃钢成型工艺的发展与所用材料、产品形状，规格及

产量大小密切相关，由于各国的产品发展方向及应用情况不同，各种成型方法在玻璃钢企业生产中所占的比例也不一样。

（一）我国玻璃钢成型方法发展概况

我国玻璃钢成型方法的发展历史是和产品开发及原材料生产状况分不开的。50年代，我国的玻璃钢主要用于电工绝缘材料的生产，当时所用的增强材料是纸、木粉、棉布、石棉、云母等，树脂则以酚醛，三聚氰胺及尿素树脂为主。因此，生产工艺则多采用模压、层压和卷管等方法。

1958年开始研究玻璃钢，发展了玻璃纤维和不饱和聚酯树脂，开始有了手糊工艺，60年代发展了链条式缠绕机，生产出压力容器等缠绕制品。1977年研究成功了连续制板机组、拉挤成型机组和片状模压料（SMC）生产机组。分别在上海、武汉和北京投产，首次在我国生产出机制玻璃钢波板，绝缘棒和客车窗框，椅座等制品。现在可以这样说，国外有的工艺方法，我们都已掌握。但从全行业来看，90%的玻璃钢制品仍是以手糊成型为主。为了提高我国玻璃钢生产工艺的技术水平，缩小与国外的差距，先后从国外引进大型自控缠绕机（哈尔滨），波板连续生产机组（秦皇岛）、拉挤成型机组（西安），人造聚酯装饰石材机组（天津）及喷射成型工艺等。最近还在谈判引进片状模压料机组，大口径制管机组以及池窑拉丝等先进技术。应该指出，手糊成型工艺今后仍应是我们国家玻璃钢生产中的主要方法，只是应特别强调提高操作工人的技术水平和加强产品质量管理等。

（二）国外成型工艺发展概况

成型方法的发展与产品种类关系极大，例如美国玻璃钢

用于陆上交通方面的数量较大，因而压制成型工艺所占比例最大，日本的玻璃钢产品主要是渔船及建筑用品，因而手糊，喷射工艺占的比例较大，意大利的波板产量很高，故连续成型工艺较为发达。

各国各种生产工艺所占比例逐年有改变，这主要是因为产品结构发生变化而引起的正常现象。表 0-1 为日本历年玻璃钢成型方法所占的比例。因为日本的玻璃钢船舶和建筑用品的产量，历年来总是占总产量的50%以上，因此，手糊成型工艺所占比例也在50%以上，但在手糊工艺中，喷射成型的比例有所增加。

日本历年玻璃钢成型方法所占比例

表 0-1

成 型 方 法	1980	1981	1982	1983	1984
简单手糊	44	46	45	39	37
喷 射	10	13	13	15	16
模 压	26	22	25	28	29
纤维缠绕	7	5	5	5	5
连续成型	11	11	10	10	11
其它成型技术	2	3	2	3	4
总 计	100	100	100	100	100

从技术水平方面分析，国外近年来很注意发展大型拉挤工艺，其模具断面达4170平方厘米，可拉挤45×78厘米不同壁厚的长方形断面制品，拉挤速度为60~90米/分钟，此外，反应注塑成型和复合管连续成型等也得到了迅速发展。

模压成型技术主要向压制大尺寸产品和提高成型速度方向发展，如压制整体卫生间底盘和小汽车外壳等。其压制速