

玻璃钢 渔船建造工艺

Construction Technology of
FRP Fishing Boat

孙风胜 张维英/编著

 科学出版社

玻璃钢渔船建造工艺

孙凤胜 张维英 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍玻璃钢渔船的整体建造工艺。内容包括玻璃钢渔船概述；玻璃钢材料；玻璃钢渔船建造场地及设备；玻璃钢渔船船体成型用模具；玻璃钢渔船成型工艺；玻璃钢渔船船体构件的接头及组装；玻璃钢渔船船体结构的安装；玻璃钢渔船船体舾装；玻璃钢渔船施工过程中常见的缺陷及对策；玻璃钢渔船的日常使用、保养及维修等。

本书可作为船舶与海洋工程专业的本科生和专科生的参考用书，也可作为玻璃钢渔船修造企业的施工工艺参考用书，以及船舶检验工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

玻璃钢渔船建造工艺/孙凤胜, 张维英编著. —北京: 科学出版社, 2018.3
ISBN 978-7-03-055406-2

I. ①玻… II. ①孙… ②张… III. ①玻璃钢船-渔船-造船法-教材
IV. ①U671.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 282152 号

责任编辑: 张 震 杨慎欣 / 责任校对: 郭瑞芝
责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

石家庄继文印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018 年 3 月第一次印刷 印张: 11 3/4

字数: 237 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

中国是世界第一渔船大国,渔船数量超过 100 万艘,水产品总产量已突破 4000 万吨,连续十年位居世界渔业产量第一。但是中国渔业装备发展相对滞后,渔业主要装备是渔船,中国的渔船 80%以上是木质渔船,先进节能的玻璃钢渔船不到 1%。而目前世界上的发达国家,早已实现了渔船玻璃钢化,日本和欧美国家都制定了一系列的扶持政策,使玻璃钢渔船有了快速的发展。

国务院转批农业部《关于进一步加快渔业发展意见》的通知中指出:“加快渔船技术改造步伐,特别是中小型渔船玻璃钢化的推广普及,是实现我国渔业现代化的一项重要措施,各级政府要在政策及资金、信贷方面给予必要的扶持。”这一决定有力地推动了中国玻璃钢渔船的发展。

目前,中国玻璃钢渔船产业的发展受到了广泛的关注,但发展速度仍不尽如人意。制约玻璃钢渔船发展的一个很重要的原因就是玻璃钢渔船的建造质量不能满足使用要求,也就是玻璃钢渔船在建造工艺上仍有许多不足,中国缺少一本专门论述玻璃钢渔船建造工艺的书籍。编写本书是为了系统提升玻璃钢渔船建造的整体工艺水平,加快中国渔船技术装备的整体提升速度。本书填补了国内玻璃钢渔船类图书的空白,有一定的参考价值。

本书由大连海洋大学孙风胜、张维英编著,系统介绍玻璃钢渔船发展情况、玻璃钢材料、玻璃钢渔船建造场地及设备、玻璃钢渔船船体成型用模具、玻璃钢渔船成型工艺、玻璃钢渔船船体构件的接头及组装、玻璃钢渔船船体结构的安装、玻璃钢渔船船体舾装、玻璃钢渔船施工过程中常见的缺陷及对策,以及玻璃钢渔船的日常使用、保养及维修等。全书共 10 章,孙风胜编写了第 1 章、第 4~8 章、第 10 章,张维英编写了第 2 章、第 3 章和第 9 章。

作者长期从事玻璃钢渔船建造工艺研究，对玻璃钢渔船的建造工艺有着较为系统的掌握。由于作者水平有限，不足之处在所难免，敬请各位读者指正。

作者

2017年9月

目 录

前言

第 1 章 玻璃钢渔船概述	1
1.1 玻璃钢材料概述	1
1.1.1 玻璃钢材料的复合效应	1
1.1.2 玻璃钢材料性能	5
1.1.3 玻璃钢渔船特点	6
1.2 玻璃钢渔船的发展	7
1.2.1 国外发展状况	7
1.2.2 国内发展状况	9
1.3 玻璃钢渔船的类型	11
1.3.1 玻璃钢拖网渔船	11
1.3.2 玻璃钢围网渔船	12
1.3.3 玻璃钢钓捕渔船	13
1.3.4 渔业辅助船	15
第 2 章 玻璃钢材料	16
2.1 玻璃钢材料的基本性能	16
2.1.1 玻璃钢材料的优良性能	16
2.1.2 玻璃钢材料的缺点	19
2.2 玻璃钢材料的组成	20
2.2.1 树脂	21
2.2.2 玻璃纤维增强材料	23
2.2.3 固化剂	29
2.2.4 促进剂	30

2.2.5	玻璃钢夹层结构	30
2.2.6	脱模剂	33
2.2.7	防磨材	36
2.3	船用玻璃钢材料的选用与保存	36
2.3.1	玻璃钢材料的选用	37
2.3.2	玻璃钢材料的保存	40
2.4	玻璃钢的固化特性及质量判别方法	41
2.4.1	玻璃钢的固化特性	41
2.4.2	玻璃钢的质量判别方法	44
第3章	玻璃钢渔船建造场地及设备	49
3.1	生产环境与场地要求	49
3.2	玻璃钢渔船生产的设备与工具	51
3.2.1	积层施工用工具	51
3.2.2	涂敷脱模剂用工具	55
3.2.3	劳动保护用具	55
3.2.4	脱模及施工作业用具	56
3.2.5	储藏设备	57
3.2.6	计量器具	58
3.2.7	其他作业用具	58
第4章	玻璃钢渔船船体成型用模具	60
4.1	成型用模具的种类及特点	60
4.2	主要模具的制作要点	65
4.2.1	木制阴模制作	66
4.2.2	玻璃钢阴模制作	68
4.2.3	简易玻璃钢阴模制作	71
4.2.4	简易框架式阳模制作	72

4.3	模具的尺寸精度标准	75
4.3.1	木制阴模精度标准	75
4.3.2	玻璃钢阴模精度标准	76
4.3.3	框架式阳模精度标准	77
4.4	模具表面加工标准	77
4.4.1	木制阴模表面加工标准	78
4.4.2	玻璃钢阴模表面加工标准	78
4.5	成型用模具的分割	80
4.5.1	模具的分割方法	80
4.5.2	分割模具的接头	81
4.6	模具的保存	82
第5章	玻璃钢渔船成型工艺	83
5.1	概述	83
5.2	常用玻璃钢船舶具体成型工艺	85
5.2.1	手工积层成型	85
5.2.2	喷射成型	86
5.2.3	真空袋压成型	87
5.2.4	真空树脂导入成型	89
5.2.5	机械浸渍成型	91
5.3	具体手工积层成型工艺流程介绍	92
5.3.1	积层施工程序概述	92
5.3.2	玻璃纤维的裁剪	92
5.3.3	模具的整理准备	93
5.3.4	脱模剂的涂覆与干燥	93
5.3.5	胶衣的喷涂与固化	95
5.3.6	积层作业	98
5.3.7	成型后脱模	103
5.3.8	检查、修补与存放	104

5.3.9	夹层结构的积层要领	105
5.4	具体喷射成型工艺	106
5.4.1	喷射成型工艺对材料的要求	106
5.4.2	喷射成型操作	107
5.5	积层施工的管理	109
5.5.1	施工管理	109
5.5.2	工程管理	111
5.5.3	质量管理	114
第 6 章	玻璃钢渔船船体构件的接头及组装	118
6.1	接头形式	118
6.1.1	黏接头	118
6.1.2	固定接头	121
6.2	船体结构构件的组装	124
6.2.1	船体结构构件的组装工序	124
6.2.2	构件的胶接	124
第 7 章	玻璃钢渔船船体结构的安装	126
7.1	纵材、肋板和肋骨的安装	126
7.1.1	纵横骨架安装要点	126
7.1.2	帽型结构的成型	127
7.1.3	交叉部位的成型	128
7.2	舱壁的结构安装	131
7.2.1	舱壁安装要点	131
7.2.2	舱壁结构的施工方法	132
7.3	甲板的制作与安装	133
7.4	双层底的组装	135
7.5	油水柜的制作	137
7.6	主机基座与齿轮箱底座的组装	138

7.7	艏部施工、艏柱结构形式及艏轴管的施工	140
7.8	舵的制作及舵轴承的安装	142
7.9	玻璃钢渔船舳部施工	145
7.10	上层建筑的结构形式、制作与安装	146
7.11	舱围壁的施工	147
7.12	舷墙的施工及护舷材的形式及安装	148
7.13	接地与避雷装置的安装	151
7.14	防腐锌块的安装	152
7.15	防火及船底防污的施工	153
第 8 章	玻璃钢渔船船体舾装	155
8.1	船体舾装施工原则	155
8.2	系缆桩、导缆钳的安装	157
8.3	渔捞设备、起重设备的安装	158
第 9 章	玻璃钢渔船施工过程常见的缺陷及对策	159
9.1	易产生施工不良及缺陷的部位	159
9.2	玻璃钢渔船施工过程中常见缺陷及解决方法	160
第 10 章	船体使用、保养及维修	166
10.1	玻璃钢渔船的使用	166
10.2	玻璃钢渔船的保养	166
10.3	玻璃钢渔船的维修	167
10.3.1	表面轻度划伤的维修	167
10.3.2	表面一般破损的维修	167
10.3.3	重大损伤	169
10.4	玻璃钢渔船使用中易损伤部位及其修复方法	172
	参考文献	178

第 1 章 玻璃钢渔船概述

1.1 玻璃钢材料概述

玻璃钢渔船就是采用玻璃纤维增强塑料作为主要船舶建造材料的渔船。

玻璃纤维增强塑料又称玻璃钢，属于复合材料。所谓复合材料，就是指由两种或两种以上具有不同物理和化学性质的材料组合而成的一种多相的固体材料。这种组合材料不但具有比它的组成材料更优越的性能，而且由于它的性能可以随其组成材料的具体情况而变化，因此它又具有其他材料所不具备的可设计性。所以，这是一种不同于普通金属和非金属的独特的工程材料，有着广阔的发展前景^[1]。

复合材料是由多种物质组成的，因此具有极复杂的多相结构。为方便起见，一般把复合材料中连续的、韧性的、强度和弹性模量较低的组成相称为基体，而把其中分散的、脆性的、强度和弹性模量较高的组成相称为增强材料。在多数情况下，增强材料为颗粒状或纤维状，有时也可以是二维的层状物，基体则是无定形的，只能随制品的形状而变化。

从理论上讲，复合材料的组成物质可以是有机物、无机非金属、金属等一切材料。因此，它的研究涉及材料、化工、物理、数学、冶金、机械以及生物等学科，是一门典型的复合边缘科学。从目前的研究状况看，复合材料在工艺方面比较成熟，但基本理论的研究仍然有很大的拓展性，有很大的研究空间。

1.1.1 玻璃钢材料的复合效应

把不同的材料复合在一起，在工程上的目的是获得比单一材料更优良的机械性能和使用性能，这种性能被称为复合材料的复合效应。然而，由于目前人们尚未掌握所有的复合规律，而复合材料在提高某些性能的同时，也会导致一部分性能的下降。因此，研究材料的复合效应，对于复合材料的设计和使用具有特别重要的意义。

材料的复合效应可以分为线性效应和非线性效应。

1. 线性效应

线性效应主要有以下几种：平均效应、并有效应、互补效应和相抵效应。

1) 平均效应

平均效应指复合材料的性能等于各组分的性能乘以各自体积分数之和。例如，弹性模量：

$$E=E_1V_1+E_2V_2 \quad (1.1)$$

式中， E 为复合材料的弹性模量； E_1 为复合材料中某种组分的弹性模量； V_1 代表该组分的体积分数； E_2 为复合材料中另一组分的弹性模量； V_2 代表该组分的体积分数。

2) 并有效应

并有效应指复合材料仍保持其组分的原有性能。例如，高分子材料具有耐腐蚀性能，则以它为基体组成的复合材料同样具有耐腐蚀性能。

3) 互补效应

互补效应指各组分组成复合材料后可以互相补充并弥补各自的不足。例如，以硬而脆的玻璃纤维和强而韧的纤维混合作为增强剂，则复合材料既有较好的刚度又有满意的韧性。

4) 相抵效应

相抵效应指复合后各组分间出现相互制约的情况而使性能比预计的结果差。例如，以玻璃纤维和碳纤维混合的增强塑料，其断裂功小于混合率的估算值。

在玻璃钢中，当玻璃纤维表面选用适宜的硅烷偶联剂处理后，与树脂基体组成复合材料，由于强化了界面的结合，因此材料的拉伸强度可比未处理纤维组成的复合材料高出 30%~40%，而且湿态强度保留率也明显提高。但是，这种强结合的界面同时也导致了复合材料冲击性能的降低。

互补效应和相抵效应常常是共同存在的。

2. 非线性效应

非线性效应包括相乘效应、诱导效应、共振效应和系统效应，其中有的效应已经被人们认识和利用，并为功能复合材料的设计提供了很大自由度，而有的效应则尚未被人们充分地认识和利用。

1) 相乘效应

两种具有转换效应的材料复合在一起，即可发生相乘效应。

例如，把具有电磁效应的材料与具有磁光效应的材料复合时，将可能产生具有电光效应的复合材料。

因此，通常可以将一种具有两种性能且可以相互转换的功能材料 (X/Y) 和另一种功能材料 (Y/Z) 复合起来，可用下列通式来表示：

$$(X/Y)(Y/Z) = X/Z \quad (1.2)$$

式中， X 、 Y 、 Z 分别为三种不同的材料功能特性。上式符合乘积表达式，所以称为相乘效应。

2) 诱导效应

诱导效应是指在一定条件下，复合材料中的一个组分材料可以通过诱导作用使另一个组分材料的结构改变，从而改变整体性能或产生新效应。

3) 共振效应

两个相邻的材料在一定条件下，会产生机械的或电、磁的共振。

由不同材料组成的复合材料，其固有频率不同于原组分的固有频率，当复合材料中某一部位的结构发生变化时，复合材料的固有频率也会发生改变。

4) 系统效应

系统效应是材料的一种复杂效应。截至目前，这一效应的机理人们尚不清楚，但在实际现象中已经发现这种效应的存在。

平均效应、并有效应、互补效应、相抵效应、相乘效应、诱导效应、共振效应、系统效应等各种复合效应，都是复合材料科学所研究的对象和重要内容。这也是开拓新型复合材料，特别是功能型复合材料的基础理论问题。

复合材料的这些效应特性决定了其材料本身的可设计性，因此，玻璃钢材料的性能也是可以进行设计的。

玻璃钢，俗称纤维增强塑料（fiber reinforced plastic, FRP），见图 1.1。根据采用的纤维不同分为玻璃纤维增强塑料（glass fiber reinforced plastic, GFRP），碳纤维增强塑料（carbon fiber reinforced plastic, CFRP），硼纤维增强塑料（boron fiber reinforced plastic, BFRP）等。它是纤维及其制品（玻璃布、带、毡、纱等）作为增强材料，以合成树脂作基体材料的一种复合材料。纤维增强材料是由增强纤维和基体组成。基体相对于纤维来说，强度、模量都要低很多，但可以经受住大的应变，往往具有黏弹性和弹塑性，是韧性材料。

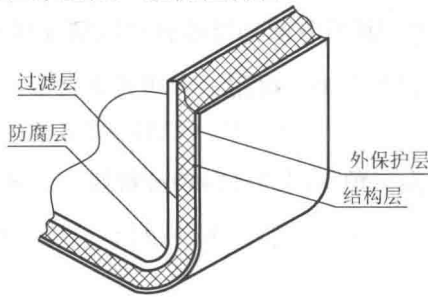


图 1.1 纤维增强塑料结构

玻璃钢的基本性能主要取决于其两大组分和它们之间的结合，即玻璃纤维、热固性树脂或热塑性树脂、纤维和树脂的界面。使用最广泛的热固性树脂是不饱和聚酯树脂，此外还有环氧树脂、乙烯基树脂和酚醛树脂，以及某些特种用途的树脂（如有机硅、聚酰亚胺、苯并咪唑等）。由热固性树脂制成的玻璃钢俗称热固性玻璃钢。把不同树脂和各种玻璃纤维制品复合，就可制成各种不同性能的玻璃钢制品。用玻璃纤维增强热塑性树脂称为热塑性玻璃钢。常用的热塑性树脂有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、饱和树脂、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（acrylonitrile butadiene styrene, ABS）树脂等。中国目前大量生产的是热固性玻璃钢。常用的玻璃纤维制品有无碱、中碱的玻璃纤维布，无碱、中碱的无捻玻璃纤维布（方格布），无碱、中碱的无捻玻璃纤维纱等^[1]。

1.1.2 玻璃钢材料性能

玻璃钢是可以设计的复合材料，所以物理、化学性质并不完全绝对，玻璃钢集中了玻璃纤维及合成树脂的特性，具有质量轻、强度高、耐化学腐蚀、电绝缘性好、能透过电磁波、隔音、减震和耐瞬时高温烧蚀等特点。与其他渔船建造材料相比具有密度小、比强度大、易成型、表面光滑、吸水性小、导热系数低、耐海水腐蚀、不被虫蛀、易于保养和维修等优点。用于建造渔船可比木质渔船减少船体自重 20%~30%，能增加渔船装载量、减少阻力、增加航速、节省燃料、提高经济效益，同时还有利于鱼品保鲜，易于批量生产，维修费用是木质渔船的 60%，寿命是木制渔船的 3~4 倍。另外，玻璃钢渔船的稳心和重心距离较远，回复力矩较大，稳定性好，在大风浪中航行起伏性、复原性、安全性好。近代科技发展和国内外经验证明，玻璃钢渔船具备诸多木质渔船所没有的优点，尤其在排水量、速度、马力耗损、成型性等各方面的性能，更非木质和钢质渔船所能比。因此，玻璃钢被认为是较为理想的渔船建造材料。

玻璃钢的主要缺点是性能受外界介质条件、温度及水分的影响会发生变化，弹性参数较低以及易于蠕变。

玻璃钢的物理-机械性能主要取决于玻璃纤维填料的形式和数量，也取决于黏结剂的类型。采用玻璃毡作增强材料时，玻璃钢的性能在各个方向上最为均匀和相同（接近于各向同性材料）。制造的工艺程序和精细度也在很大程度上影响玻璃钢的物理-机械性能。

玻璃钢作为一种复杂的组合材料，其主要成分是黏结剂（加有附加剂的树脂）和增强玻璃材料。船用玻璃钢的黏结剂主要采用冷固化不饱和聚酯树脂，也可以采用环氧树脂基玻璃钢来制造构件。

可以采用许多品种的玻璃纤维填料作为增强材料，如玻璃毡、玻璃粗纱及不同织法的玻璃布等。机械性能较玻璃纤维低的树脂将增强材料纤维黏接成一个整体，并保护其不受水的破坏。它决定着玻璃钢的毒性、可燃性、耐热性和蠕变性能。

树脂在很大程度上决定了玻璃钢的工艺性。在树脂中加入适当的触变剂可控制其黏度以便在倾斜的及垂直的表面上施工。黏结剂固化时间的长短可以用加入相应的加速剂或阻滞剂来调节。

玻璃毡分为两种：化学粘连的及机械勾连的。在造船中广泛采用化学粘连玻璃毡，它是由杂乱的短切纤维用特制乳胶粘连而成。

1.1.3 玻璃钢渔船特点

与钢制渔船相比，玻璃钢渔船船体为整体一次成型，船体表面光滑、阻力小，比同功率、同尺度钢质渔船航速可提高 0.5~1 节。玻璃钢比重是钢材的 1/4，玻璃钢渔船压载重心低，在其他参数不变的情况下，玻璃钢渔船的横摇周期与同类钢质渔船相比可缩短 2~3 秒，在风浪中起浮性好，回复能力强，相对而言抗风能力较强。玻璃钢具有良好的隔热性，导热系数只有钢质的百分之一，与钢质渔船相比，玻璃钢冰鲜渔船节冰可达 20%~40%。玻璃钢渔船航速较快，因此可缩短航行时间，提高出海率，增加捕鱼航次，达到节油的目的，与同尺度、同马力钢质拖网渔船比较，可节油 10%~15%。玻璃钢渔船使用寿命较长，有着良好的耐腐蚀性，船体永不锈蚀，理论上使用寿命可达 50 年之久，而且如无损伤不需像钢质渔船那样每年进行维护。经过多年比较，30m 左右玻璃钢渔船年均维修费用只有钢质渔船的十分之一。

玻璃钢渔船初始投资要高于钢质渔船和木质渔船。与钢质和木质渔船相比，玻璃钢渔船受糊制工作量大、原材料价格偏高等因素影响，船舶造价较高。在规模批量建造前提下，玻璃钢渔船造价一般是同尺度钢质渔船的 1.3~1.5 倍，是同尺度木质渔船的 1.5~3 倍。玻璃钢渔船的耐磨性要低于钢质渔船，船舶停泊较多的码头，容易被钢质船划伤，且玻璃钢渔船在有礁石等坚硬物体的海滩坐滩时容易损坏玻璃钢船底。因此，玻璃钢渔船锚泊时受到一定限制，需要提供一定的港口配套设施或在建造时采取防护措施，如在艏及艉角部用不锈钢板外包、在艏部下端与岸边触碰处设置金属或非金属防磨板、船舷使用护舷材料等，防止碰撞受损，但其中长期经济效益仍高于钢质渔船。

玻璃钢渔船开发的重点是如何有效地取代木质渔船和钢质渔船，期望其在性能与稳定方面、在经济与安全方面胜过木质渔船和钢质渔船。与钢质船和木质船相比，玻璃钢船的历史很短。钢质船和木质船是把材料连接起来形成船体。而玻璃钢船是用原料和材料制成船体，在合成材料的同时就形成了船体。要制作质量好的玻璃钢渔船，必须在温度、湿度保持一定且又无尘埃的洁净场所制造，必须严格地执行积层和固化工艺程序，并且因为渔业生产作业风险较高，所以必须慎重地制件以确保安全。

1.2 玻璃钢渔船的发展

作为复合材料的玻璃钢，是20世纪40年代发展起来的。当时的美国已经有了发展玻璃钢的物质基础，从1935年起，连续玻璃纤维已有了较大发展，1939年又发明了常温常压下成型的不饱和聚酯树脂。当时的玻璃钢首先用在航空工业方面，如飞机的雷达罩、副油箱等。

20世纪50年代开始用玻璃钢建造船舶以来，玻璃钢渔船发展十分迅速，是渔船发展史上的又一次重大变革。20世纪70年代，各主要工业国陆续开始大批量建造玻璃钢渔船，截至目前，美国、日本、俄罗斯、英国、法国、德国、加拿大、西班牙、瑞典、韩国等国家中小型渔船都已经淘汰了木质渔船，实现了玻璃钢化。各主要工业国都趋向于玻璃钢船舶大型化，尤其是玻璃钢工作艇，其长度在10m以上。不仅美国、日本、英国等发达国家大力发展玻璃钢渔船，而且印度、泰国等发展中国家也相继开发建造。很多国家采取措施，限制木质船舶生产并制定了扶持玻璃钢船舶发展的优惠政策。近年来，中国也针对玻璃钢渔船制定了发展规划。

1.2.1 国外发展状况

美国是世界上第一个建成并使用玻璃钢渔船的国家。1959年，美国率先建成了9m长的玻璃钢捕虾船，此后对玻璃钢渔船的研制做了大量工作，到20世纪60年代就批量生产了25~28m的拖网渔船，玻璃钢渔船开始大面积推广。1969年，