

游艇系列



游艇制造工艺

● 彭 辉 主编
李 洁 副主编

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

游艇制造工艺

主 编 彭 辉
副主编 李 洁

内 容 简 介

本书是根据高职游艇设计制造专业教学大纲的要求而编写的一本专业课程教材,系统地介绍了游艇制造工艺流程和游艇最新制造技术。全书由玻璃钢游艇建造工艺、金属游艇建造工艺两大部分组成,内容的选取和工艺方法的引用以先进性、通用性和实用性为原则,力争做到内容全面,重点突出,便于理解和自学。

本书可作为高职游艇设计制造专业的教材,也可供其他相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

游艇制造工艺/彭辉主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5661 - 1304 - 7

I. ①游… II. ①彭… III. ①游艇-造船法 IV. ①U674. 910. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 154573 号

选题策划 史大伟

责任编辑 叶 津

封面设计 恒润设计

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451 - 82519328

传 真 0451 - 82519699

经 销 新华书店

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 21. 5

字 数 547 千字

版 次 2016 年 6 月第 1 版

印 次 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 49. 80 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

游艇制造是复杂的系统工程,游艇的建造工艺过程涉及很多专业技术知识,要求游艇制造工程技术人员不仅在专业水平上不断提高,并且要不断拓展相关专业知识,成为具备综合能力的游艇制造人才。

《游艇制造工艺》编写的背景是,高职游艇设计制造专业为新开设专业,目前国内还没有完整、系统的教材可供选用,所以编写本教材。本教材编写力求适应当前的高等职业学院教学改革需要,根据船舶类职业学院的教学特点和培养目标,以及企业应用现代游艇制造技术、缩短制造周期、增强企业竞争力的需要,并考虑到了近年来游艇制造企业对高素质技术技能人才知识、能力结构的要求。

游艇制造工艺是一门由多种专业知识交叉、具有很强综合性的课程,它的内容十分丰富,涉及游艇设计、游艇材料、游艇结构、游艇制图、游艇性能、游艇制造以及相关设备与设施;该课程需要了解和掌握各种游艇建造技术、玻璃钢糊制技术、游艇焊接技术、游艇舾装技术、船舶涂装技术、控制变形和精度控制技术、船舶 CAD/CAM 技术、人机工程技术、安全生产技术等诸多应用技术。为了进一步加强学生对工艺内容的掌握,提高实践能力,书中安排了大量应用案例。

本书由彭辉担任主编,李洁担任副主编。彭辉负责编写项目二,李洁负责编写项目三至项目六,卢馨负责编写项目一和项目七,王宏负责编写项目八和项目九,黄晓雪负责编写项目十,王璞负责编写项目十一的任务一和任务二,张盛龙负责编写项目十一的任务三。

本书由孙健担任主审,其对本书内容进行了认真审阅并提出了修改意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,望读者和同行专家给予批评指正,在此表示由衷的谢意。

编 者

2016 年 3 月

目 录

第一篇 玻璃钢游艇建造工艺

项目一 玻璃钢游艇材料与工艺	3
任务一 了解国内外玻璃钢在游艇方面的应用情况	3
任务二 初步了解玻璃钢游艇材料工艺	5
任务三 选择、管理及使用玻璃钢材料	6
任务四 掌握玻璃钢固化特性	23
任务五 识别玻璃钢优劣	26
任务六 计算玻璃钢厚度	30
任务七 比较玻璃钢游艇结构胶接与铺层两种连接方式	30
任务八 玻璃钢船的玻璃构成	34
思考与练习题	36
项目二 玻璃钢游艇建造工艺	37
任务一 掌握玻璃钢造船特点	37
任务二 熟悉玻璃钢船厂的设备与设施	39
任务三 玻璃钢游艇建造程序	46
任务四 工艺设计与工艺管理	50
任务五 掌握玻璃钢成型方法	52
任务六 掌握手糊成型工艺及船体成型要点	55
任务七 掌握积层法作业要领	61
任务八 玻璃钢游艇船体层施工工艺	65
任务九 模具制造	76
任务十 掌握脱模技术	85
任务十一 船体成型用模具的制作	89
任务十二 掌握游艇浮力舱泡沫塑料灌注技术	101
任务十三 船壳的成型和组装	104
任务十四 船壳玻璃钢铺层作业注意事项	142
任务十五 船体舾装	145
思考与练习题	147
项目三 玻璃钢游艇质量检验及维护	148
任务一 玻璃钢游艇质量监控与检验	148
任务二 玻璃钢制作质量分析	150
任务三 掌握玻璃钢的修补技术	154
任务四 玻璃钢制品常见的缺陷及补救方法	156

任务五 玻璃钢游艇的质量检验	162
任务六 安全环保及游艇的维修保养	168
任务七 玻璃钢救生艇的检修	171
任务八 玻璃钢游艇的使用寿命预测	174
思考与练习题	175
项目四 玻璃钢游艇生产新技术及应用	177
任务一 玻璃钢游艇材料的改进	177
任务二 玻璃钢游艇生产新技术	181
任务三 真空辅助成型工艺在玻璃钢复合游艇中的应用	184
任务四 玻璃钢船体设计的改进	186
任务五 我国玻璃钢渔船的开发与研制	188
思考与练习题	193

第二篇 金属游艇建造工艺

项目五 艇体放样与号料	197
任务一 理解艇体放样	197
任务二 艇体型线放样	198
任务三 艇体结构线放样	208
任务四 艇体构件展开	210
任务五 样板与号料	220
思考与练习题	231
项目六 艇体钢料加工	236
任务一 艇体钢材预处理	236
任务二 艇体构件的边缘加工	240
任务三 艇体型材构件的成型加工	247
任务四 艇体板材构件的成型加工	250
思考与练习题	257
项目七 艇体装配的工艺装备	258
任务一 了解平台的种类和用途	258
任务二 理解胎架的种类和用途	260
任务三 胎架的设计、选取和制造	264
任务四 掌握艇体装配工具	272
思考与练习题	276
项目八 艇体部件、分段和总段的装焊	277
任务一 肋骨框架的装焊	277
任务二 主、辅机基座和舵叶的装焊	278
任务三 艇体分段和总段的装焊	283
思考与练习题	293

项目九 船台装配及船舶下水	295
任务一 船台和船坞类型及其工艺装备	295
任务二 船台装焊	300
任务三 密性试验	305
任务四 船舶下水的主要方法和设施	309
思考与练习题	315
项目十 船舶试验与交船	317
任务一 船舶试验与交船的组织与要求	317
任务二 系泊试验	319
任务三 航行试验	321
任务四 交船	324
思考与练习题	326
项目十一 铝合金游艇制造工艺	328
任务一 铝合金的制造工艺特性	328
任务二 铝合金游艇的结构设计规范要求	330
任务三 铝合金游艇焊接规范及工艺	331
思考与练习题	333
参考文献	335

第一篇 玻璃钢游艇建造工艺

项目一 玻璃钢游艇材料与工艺

【学习目标】

1. 了解国内外玻璃钢在游艇方面的应用情况。
2. 初步了解玻璃钢游艇材料工艺。
3. 掌握选择、管理及使用玻璃钢材料的相关知识 with 技能。
4. 掌握玻璃钢固化特性。
5. 能够识别玻璃钢优劣。
6. 能够计算玻璃钢厚度。
7. 通过比较玻璃钢游艇结构胶接与铺层两种连接方式,掌握玻璃钢游艇结构特点。
8. 掌握运用玻璃钢船的玻璃钢构成提高玻璃钢性能的方法。

任务一 了解国内外玻璃钢在游艇方面的应用情况

游艇制造是复合材料(composite material, CM)应用最多的领域之一。目前游艇中用量最大、范围最广的复合材料是玻璃纤维增强材料,即玻璃钢(glass fiber reinforced plastics, GFRP),简称 FRP。玻璃钢自 20 世纪 40 年代开始用于造船以来,至今已有七十多年的历史。由于玻璃钢的强度高,耐水、耐腐蚀,有一定的弹性,电性能、防磁性及整体性能好,这些优点是一般造船材料难以具备的,因此在它问世后,很快受到世界造船界的重视。

船用玻璃钢具有下列优点:

- (1) 质轻,强度大;
- (2) 耐腐蚀,抗海洋生物附着;
- (3) 无磁性;
- (4) 介电性和微波穿透性好;
- (5) 能吸收高能量,冲击韧性好;
- (6) 导热系数低,隔热性好;
- (7) 船体表面能达到镜面光滑,并可具有各种色彩;
- (8) 可设计性好;
- (9) 整体性好,船体无接缝和缝隙;
- (10) 成型简便,批量生产性特别好;
- (11) 维修保养方便,全寿命期的经济性能好。

由于玻璃钢具有传统造船材料所无法比拟的优点,因此受到造船界的重视。经多年的开发应用,玻璃钢已成为一种重要的船用材料。但因其弹性模量低和受成型技术等限制,尚不能建造太大的舰船,加之价格较高,故在整个造船工业中的用量比钢材少。

自 20 世纪 40 年代中期第一艘玻璃钢船问世以来,世界各国相继开始研究各种玻璃钢船舶,几十年间,CM 船舶开发的业绩超过了钢质船舶一个世纪的发展历程,尤其是美、英、

日、意等国迄今仍然保持强劲的势头。美国的玻璃钢造船量居世界首位;日本 1993 年玻璃钢渔船的数量已超过 32 万艘,玻璃钢游艇则超过了 20 万吨;据统计,英国 20 m 以下的船有 80% 是采用玻璃钢制造,而且还批量建造了世界上最大的玻璃钢反水雷舰;意大利和瑞典分别建成了各具特色的新颖硬壳式和夹层结构的大型玻璃钢猎扫雷舰;中国从 1958 年开始试制玻璃钢船,迄今已制造了数以万计的各种玻璃钢游艇。

下面对一些玻璃钢游艇产品主要国家的研制和开发情况做一些介绍。

一、美国

美国是使用 CM 最早和最多的国家,20 世纪 40 年代初就宣告 CM 研制成功。1946 年美国海军建成了长 8.53 m 的世界第一艘聚酯玻璃钢游艇,拉开了 CM 造船的序幕。1954 年前后,美国的手糊成型工艺日趋成熟,即开始开发玻璃钢游艇,次年就大量生产游艇、帆船等。1956 年美国建造了 2 艘不同结构形式的小型扫雷艇,开始了玻璃钢在扫雷艇中的应用研究。美国迄今最大的 CM 舰船是于 1991 年建成的 Osprey 号。美国还建造了许多玻璃钢游艇,最大的长达 44 m。1966 年美国开始批量生产大型渔船,1979 年就建造了 390 艘。

二、英国

英国的造船工业是最早使用玻璃钢的工业,1962 年英国船舶登记局颁布了劳式船级社关于 6~36 m 长玻璃钢船的技术规范。英国不仅是大型玻璃钢反水雷舰艇的先驱国家,在 CM 高速艇的研制技术方面也属于世界一流水平,建造了不少军用高速艇。除此之外,它还研制了航速很高的轻型气垫船和横渡英吉利海峡的 HM-2 型气垫渡船。

三、意大利

意大利的玻璃钢游艇工业不但发展较早,而且技术非常先进。它是欧洲制造 35 m 以上大型豪华游艇的中心之一,除了采用玻璃纤维外,还使用芳纶纤维和碳纤维增强,以提高游艇的性能。

四、瑞典

瑞典也很重视玻璃钢在游艇中的使用。瑞典的夹层结构 CM 技术堪称世界一流,20 世纪 80 年代中期澳大利亚的 2 艘 Bay 级双体猎雷艇就是引进瑞典夹层结构技术建成的。瑞典运用夹层结构技术还建造了不少高速军用艇和巡逻艇,如 TV171,TC172 和 CG27 型海岸巡逻艇。瑞典在 1991 年研制成功世界第一艘 CM 隐形试验艇——“斯迈杰”号,该艇集先进 CM 技术、夹层结构技术、隐身技术及双体气垫技术于一体,实属游艇中的高科技产品。

五、日本

日本的玻璃钢工业始于 20 世纪 50 年代。CM 主要用于渔船,仅海洋机动渔船的用量就占 76.3%。日本的高性能碳纤维的研制水平及生产能力均居世界首位,主要用于高性能船舶、赛艇及豪华游艇。日本的第一艘玻璃钢渔船建于 1953 年,20 世纪 60 年代初玻璃钢游艇得到很大发展,日本成为美国游艇承包建造基地,为建造玻璃钢渔船和大型艇奠定了基础。20 世纪 60 年代末日本开始大量生产 16~18 m 高速作业船、装载船、救生船、渔业监督船及高速客船。整个 20 世纪 70 年代是日本玻璃钢渔船大发展的时期,平均每年增加

1.8 万艘,且向大型化发展,吨位达到 99 t。至 1993 年日本玻璃钢渔船已有 32.77 万艘,占机动渔船的 84.5%。

六、中国

中国第一艘聚酯玻璃钢工作艇于 1958 年在上海诞生。次年,北京研制出环氧玻璃钢汽艇。这 2 条艇分别从南方和北方拉开了中国玻璃钢造船的序幕。经过几十年的研制和开发,我国已建造了大小不一的各种型号玻璃钢游艇。其中,有总长近 39 m 的扫雷艇;高速滑翔艇中有 982 型边防巡逻艇,其已建造数百艘;渔船中有 20 世纪 80 年代中后期批量建造的总长近 20 m 的海洋渔船,其多数被派往南太平洋进行远洋捕捞作业;游艇中有 52 ft(16 m) 的豪华游艇。自 1992 年中国在蛇口召开第二届国际高性能船舶会议以来,广东地区掀起了研制 CM 高速客船的热潮,先后研制了 40~100 客位的单体高速船,1995 年还建成了 160 客位和 225 客位的高速双体气垫船,并与法国合作开发了双体机动帆船,此外,还研制了航速高达 80 km/h 的 CM 水翼艇。

据不完全统计,中国已有几百家玻璃钢造船厂和制品厂,玻璃钢游艇的年生产能力已经超过万艘。值得注意的是,在这为数众多的玻璃钢船舶中,近年来已出现一批几何尺度较大、技术要求较高的高性能船舶。特别是国家决定将“大型玻璃钢船舶的研制及产业化”项目列入国家重点科技攻关计划,这将有力地推动中国船舶中数量最多的渔船的玻璃钢化进程,从而将促进 CM 工业和玻璃钢造船业的发展。

中国台湾省的玻璃钢造船业始于 20 世纪 60 年代中期,1966 年年用量仅 360 t,此后,以平均增长率为 10.9% 的速度增长,到 1988 年玻璃钢年用量已超过 40 000 t。台湾省的船用树脂和玻璃纤维已有多家厂商获得英国劳氏船级社的证书。台湾游艇生产不断走向专业化和现代化,经过几十年的努力,目前玻璃钢游艇已成为重要的出口产品。台湾早在 1968 年开始试制渔船,初期主要生产 2 t 以下的小型船舶和玻璃钢包覆木制渔船,以后逐渐建造较大的渔船。台湾省的玻璃钢游艇和渔船起步早,发展快,特别是游艇,在质量和数量上表现突出。

总之,从玻璃钢的性能及其船舶设计和建造技术的现有水平与发展前景来看,CM 在造船中的应用将日益广泛,当前已能用它来建造各种中小型民用游艇和军用舰船。从数量来看,使用最多的是游艇、渔船、救生艇、高速艇、工作艇以及水雷舰艇等。

任务二 初步了解玻璃钢游艇材料工艺

对于玻璃钢游艇而言,其船体材料、结构与建造工艺这三者之间是密切相关而不可分割的。玻璃钢原材料品种很多,可供选择和组合的方案则更多。玻璃钢与木材和金属的根本差异在于,其结构材料和船体结构是在工艺过程中同时形成的,结构形式的选择及设计技巧的发挥对船体的性能有至关重要的影响,而这又与建造方法、工艺过程、操作水平及环境条件等有关。舰船设计师的任务是如何充分利用各种玻璃钢原材料和结构形式的优点,扬长避短,有选择地将它们应用于各种特定的舰船,使之各得其所;也可以根据特定游艇的不同要求,在同一艘船上混合采用几种结构形式。近年来,玻璃钢游艇材料、设计与建造技术发展又呈现出一些新特点。国外一些发达国家已较广泛地使用自动化、半自动化铺敷技术。近十几年来,国际上又开发了真空辅助成型新工艺,该工艺已在游艇建造中得到了较大规模的应用。近几十年来,各种新型游艇制造原材料层出不穷,可供选择的余地

很大。可以预见,随着玻璃钢船的材料、设计和建造工艺的深入发展,以及各种类型玻璃钢游艇的研究开发,在玻璃钢游艇领域中将会出现新的设计概念,推出更新颖的玻璃钢材料、船体结构形式及相应的建造工艺。

由于玻璃钢游艇的原材料、结构设计和建造工艺三者密切相关,所以当材料和设计确定后,建造工艺和质量控制就成为决定船体性能的主要因素。迄今为止,玻璃钢船体建造最常用的方法是在开式阴模中使用接触成型法。在我国,玻璃钢船体建造工艺仍是薄弱环节,绝大部分船厂仍用手糊成型辅以喷射成型方法建造船舶。

玻璃钢船体主要构成材料为纤维增强材、基体树脂和芯材。

在增强纤维方面,除大量采用的玻璃纤维及其织物外,现已开发了多种高性能纤维,比如玄武岩纤维、芳纶纤维、碳纤维和超高相对分子质量聚乙烯纤维及其织物。近年来,国外又开发出一种比传统编织物(无捻粗纱布)性能高得多的先进多轴向缝编织物,打破了几十年来普通方格布一统天下的局面。这使低成本玻璃纤维织物有了更高的科技含量。国内某些航天复合材料公司已能批量生产多轴向缝编织物,航天领域已率先应用该种织物。目前,由于大多数船厂仍采用性价比低的方格布,所以在很大程度上影响了我国玻璃钢游艇性能的提升。相信在不久的将来,游艇设计制造企业会不断选用新材料,应用新技术、新工艺。

在基体树脂方面,除了最常用的聚酯外,近年来国外还开发了几种船用高性能树脂,以满足不同游艇的需要。为适应夹层结构的发展,近年来已有多种轻质高性能结构芯材可供选用,主要包括:泡沫塑料,如 PVC, PS, PUR, SAN, PEI 和 PME 等;Balsa 轻木;各种蜂窝材,如铝蜂窝、玻璃钢蜂窝和 Nomex 蜂窝等。其中,Balsa 是美洲热带产的一种轻质木材;Nomex 是一种间位芳纶,也称芳纶 1313,特点是耐热性好,强度高,在 250 °C 的温度下,材料性能可较长时间保持稳定,其针刺产品主要用作高温过滤材料及绝缘材料。

任务三 选择、管理及使用玻璃钢材料

目前,游艇制造中用量最大、使用范围最广的复合材料是玻璃纤维增强材料,即玻璃钢。玻璃钢由增强材料、基本材料和辅助材料组成。

一、增强材料

增强材料是提高机体材料受力性能的材料。在玻璃钢中,增强材料是各种无机和有机纤维,目前普遍采用的是玻璃纤维,高档次的有碳纤维、芳纶纤维等。

玻璃纤维材料是纤维增强塑料制品中的主要组成部分,是以玻璃为原料在熔融状态下通过漏板孔高速拉制而得。目前,用于增强塑料的纤维材料很多,其中大量应用的是玻璃纤维,此外,还有石棉纤维、天然纤维、合成纤维、碳纤维、玄武岩纤维、芳纶纤维、超高分子聚乙烯纤维和硼纤维等。

1. 玻璃纤维

玻璃纤维的制造方法很多,目前常用的工艺方法是把熔融的玻璃液以极快的速度从白金喷丝头中拉制成很细的连续纤维并集束成原纱。将集束纱加捻、退解并股成玻璃纤维线,一般用于玻璃钢的玻璃纤维单丝直径为 5 ~ 20 μm 。在拉丝和纺织过程中,为了使纤维黏合集束、润滑耐磨、消除静电,以保证拉丝和纺织顺利进行,往往在玻璃纤维束上覆一层玻璃纤维浸润剂。浸润剂一般分为两类:一类称为纺织型浸润剂,主要适应拉丝、纺织加工

的需要;另一类是增强型浸润剂,可避免玻璃纤维及制品在处理过程中的强度损失。它的单纤维拉伸强度高达 $1\,500\sim4\,000\text{ MPa}$,比一般合成纤维高约10倍,比高强度合金钢还高两倍,是理想的增强材料。但其强度及老化性能均与玻璃的化学成分有关。玻璃纤维的弹性模量与铝相当。但不足之处是耐磨性较差,经揉搓摩擦后易损伤、断裂,且耐磨性受湿度影响较大。玻璃纤维耐热性好,在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下强度不受影响。

玻璃纤维按形态和长度可分为如下类别:

- ①连续纤维(理论上可无限长)。
- ②定长纤维(切成 $300\sim500\text{ mm}$)。
- ③玻璃棉(吹成长 50 mm 以下的棉絮状)。

玻璃纤维按玻璃成分可分为如下类别:

- ①E玻璃 成分中碱金属氧化物含量极少,俗称无碱玻璃。
- ②C玻璃 成分中碱金属氧化物含量较多(约为12%),俗称中碱玻璃。
- ③A玻璃 成分中碱金属含量高,俗称高碱玻璃,常用于玻璃窗,不能用于玻璃钢。
- ④D玻璃(介电性能优良)、S玻璃(高强度)等 造船中较少使用。

从拉丝漏板上的每个漏空中拉出的玻璃丝称为单纤维。单纤维的直径不能过大,一般为 $3\sim10\text{ }\mu\text{m}$ 。如用玻璃钢的增强材料时,可用较粗的 $9\sim14\text{ }\mu\text{m}$ 直径的玻璃纤维,如捻粗纱、短切纤维毡和无捻粗纱布等。

玻璃纤维按玻璃纤维直径可分为如下类别:

- ①初级纤维 单纤直径 $>20\text{ }\mu\text{m}$ 。
- ②中级纤维 单纤直径为 $10\sim20\text{ }\mu\text{m}$ 。
- ③高级纤维 单纤直径为 $3\sim10\text{ }\mu\text{m}$ 。

直径越细,强度越高,单纤生产效率也相对较低。目前以中级纤维为主。

从坩埚漏板拉丝孔中拉出的多根纤维浸以浸润剂集束而成的一般纤维束,称为玻璃纤维原纱。可由50,100,200,400或者更多的单纤维组合成一般原纱。表示玻璃原纱粗细的量度常用公制号数表示,以代替以往的支数单位。号数的定义是 $1\,000\text{ m}$ 纤维纱质量的克数;支数的含义是 1 g 原纱长度的米数。

为使用方便,玻璃纤维生产厂均将其加工成玻璃纤维制品出售,主要有以下品种:

①无捻粗纱 无捻粗纱将多股玻璃纤维原丝在不加捻的状态下并成。玻璃纤维无捻粗纱,一般采用增强型浸润剂,由捻络纱机将原纱平行并股而成。无捻粗纱中的单纤维是平行排列的,其拉伸强度比同成分的捻纱高。由于无捻纱没有捻度,单纤维比较疏松,容易浸透树脂,适合于玻璃钢制品,在手糊成型工艺中,可用于单向强度要求高的制品。无碱无捻纱有许多品种的产品,其中有无碱直接无捻粗纱、无碱合胶无捻粗纱、无捻粗纱布、无碱加捻纱、中碱加捻纱、无碱玻璃纤维带、无碱玻璃纤维布、中碱玻璃纤维布、短切毡、原丝连续毡、复合毡和表面毡等,其规格较多。

②无捻粗纱布 也称方布格、玻璃席,由无捻粗纱按平纹织成,是手糊成型玻璃的主要增强基材。

③平纹布 织法与方格布同,由纬纱与经纱每隔一根交错织成,但用加捻纱。特点为致密,强度好,但因加捻,树脂浸润性相对差些。

④斜纹布 纬纱与经纱每隔两个交织而成,较平纹布柔软,便于曲面制品成型。

⑤单向布 纬纱密度与经纱密度之比范围为 $2:1$ 至 $7:1$,适合于单向受力大的制品。

⑥锻纹布 类似绸缎织法,纬纱与经纱间隔更大,更加柔软,易于铺覆。

⑦无纺布 将无捻纱束按经向排列,用粘贴剂黏合,无纬纱,不必织造。

⑧缝编织物 将经纱与成一定交角的两组纬纱用细编线编制而成,是新型织物,强度高。

⑨毡 有原丝毡(即表面毡)、连续纤维毡及短切纤维毡等品种,常用的有原丝毡、短切毡。短切纤维毡是将玻璃纤维原丝、无捻粗纱或加捻纱按一定长度(一般为 50 mm)切断并在平面上无序地交叉重叠,用胶黏剂将它们连成整体,胶黏剂用量为 5% ~ 10%。纤维毡比织物成本低,变形性好,工艺上使用方便,用它造的玻璃钢制品具有平面各向同性特点,但强度低,一般用来制造强度要求高或荷载随机性很大的制品,常用于制造耐腐蚀结构中的高树脂层,可使该玻璃钢层中的树脂含量达到 80% ~ 85%。复合毡是将毡与布置的经纱、纬纱通过纺织复合到一起,起到毡布结合的效果,可提高生产效率。

(1) 玻璃纤维毡和布的规格

①玻璃纤维毡

其规格一般为 380 g/m², 450 g/m², 600 g/m², 此外,尚有 300 g/m², 900 g/m² 规格的。玻璃纤维毡一般宽度为 1 860 mm, 尚有 960 mm, 2 080 mm 宽度的, 长度为 50 ~ 100 m, 带状的材料尚有 300 mm, 250 mm, 200 mm, 150 mm, 100 mm 宽度的, 长度为 60 ~ 70 m。

②玻璃纤维布

其规格一般有 580 g/m², 810 g/m² 两种, 其宽度为 1 000 mm, 也有宽度为 2 400 mm 的, 长度为 50 m。与 580 g/m² 规格接近的还有 570 g/m², 600 g/m² 规格的, 与 810 g/m² 规格接近的还有 800 g/m², 860 g/m² 规格的, 带状的宽度为 300 mm, 250 mm, 200 mm, 150 mm, 100 mm, 长度为 50 m。产品两端都切割成鸟羽状边缘。

玻璃纤维的直径有下列品种: 玻璃纤维毡 10 ~ 15 μm, 玻璃纤维布 13 ~ 18 μm, 玻璃纤维束 10 ~ 13 μm。

(2) 玻璃纤维的化学成分

玻璃纤维的性能与它的化学成分有关。玻璃纤维的化学组成主要是氧化硅、氧化钙、三氧化二铝、三氧化二硼等(表 1-1)。它们对玻璃纤维的性质和工艺特性起决定作用。以氧化硅为主的称为硅酸盐玻璃纤维, 以三氧化二硼为主的称为硼酸盐玻璃纤维。

表 1-1 几种典型玻璃纤维的成分及含量(质量分数)

(%)

序号	名称	代号	二氧化硅	三氧化二铝	三氧化二硼	氧化钙	氧化镁	氧化钠	氧化钙	其他
1	无碱玻璃纤维	E	53.5	15.3	10.0	16.3	4.5	<0.5	2.0	
2	无碱玻璃纤维	E	54.3	14.0	8.0	17.3	4.7	0.6	0.1	
3	低碱玻璃纤维	E	54.0	4.1	10.0	16.0	4.0	<2		
4	中碱玻璃纤维	C	64.5	24.8	4.7	13.7	3.3	7.9		2.6
5	高强玻璃纤维	S	64.3			<0.01	10.3	0.27		0.21
6	高弹玻璃纤维	M	53.7	1.07		12.9	9.0			24.5
7	高硅氧纤维	L	98.6			0.24				

注: 1. 国内无碱玻璃纤维成分; 2. 美国通用无碱玻璃纤维成分; 3. 俄罗斯低碱铝硼硅酸盐玻璃纤维成分; 4. 国外通用中碱玻璃纤维成分; 5. 美国高强度玻璃纤维成分; 6. 美国高弹性模量玻璃纤维成分; 7. 高硅氧玻璃纤维成分。

目前,国内外把玻璃纤维的成分一般分为7类:A(含碱)、C(耐化学)、D(低介质)、E(无碱电绝缘)、S(高强度)、M(高弹性模量)、L(含铅)。前述7类玻璃纤维不包括特种纤维的玻璃成分。

有碱玻璃纤维含有较多的碱金属氧化物,被水分浸湿后会产生某些导电介质,因此,它的电绝缘性能比无碱玻璃纤维差,强度比无碱玻璃纤维低。玻璃钢所用的玻璃纤维多数为无碱玻璃纤维和中碱玻璃纤维。

按成分分类有各种玻璃纤维,玻璃钢渔船使用的玻璃纤维是无碱纤维,又叫作E玻璃。以此类推,玻璃纤维毡用EM表示,玻璃纤维布用ERC表示。这些符号分别冠在质量规格的前面,这是比较标准的表示方法。另外,各厂家有的还采用其他符号表示。

(3) 玻璃纤维的性能

玻璃纤维性能主要由其成分决定,同时也受生产方式和热处理过程的影响。如果工艺得当,则玻璃纤维具有如下固有性能:

① 外观和相对密度

玻璃纤维与各种天然和人造纤维不同,其外观是光滑的圆柱体状,其截面多呈完整的圆形,而有机纤维的表面都带有很深的皱纹,截面呈不规则形状。

玻璃纤维的相对密度比有机纤维大,但比金属纤维小,近似于铝纤维。玻璃纤维截面直径一般为 $2.4 \sim 2.7 \mu\text{m}$ 。

② 耐热性能

玻璃纤维比有机纤维耐热性好,玻璃的软化点一般为 $550 \sim 850^{\circ}\text{C}$,在高温下玻璃纤维不会燃烧,但随着加热温度和时间增加,强度损失也将增大。

③ 抗化学性

玻璃纤维不受大多数化学物品的侵蚀,也不受真菌、细菌或昆虫的腐蚀。

④ 不吸潮性

玻璃纤维是不吸湿的,因而遇水后不会溶胀和分解,在潮湿的环境中仍能保持最高的强度和其他力学性能。

⑤ 热稳定性

玻璃纤维具有低的热膨胀系数和高的导热系数,而且在热环境下具有极好的热稳定性。

⑥ 电绝缘性

由于玻璃纤维是不导电的,因而是一种理想的电绝缘体。

⑦ 高拉伸强度

玻璃纤维具有比其他纺纱纤维高得多的拉伸强度,它的强度质量比大于钢丝。

(4) 按化学成分划分的玻璃纤维种类

玻璃纤维制品种类很多,某些制品已有国家标准,生产单位也有企业标准。生产玻璃钢制品时,可以从上述标准中选择合适的玻璃纤维制品。市场上销售的玻璃纤维有以下几种:

A玻璃,即高碱玻璃,是最普通的一种规格,具有良好的耐化学性,用于制作玻璃器皿;

E玻璃,系低碱玻璃,它是卓越的电绝缘体,玻璃纤维编织品多用此种玻璃;

C玻璃,具有良好的抗化学性;

S玻璃,具有较高的拉伸强度,常用于结构材料中,它的强度约为E玻璃纤维的1.4倍,

且高温性能也比E玻璃好。 S_2 是S玻璃的改良品种,兼有高性能和中等成本的优点。

M玻璃、D玻璃、L玻璃是特殊的玻璃纤维,仅限于特殊玻璃钢制品使用。

2. 玻璃纤维的选择

要选好玻璃纤维基材就得了解它们的优劣和是否适用,下面介绍大致的选择标准,而实际上还有有关树脂的浸润性的问题,所以最好的办法是在玻璃钢造船厂进行浸润性试验以加以确认。

一般使用表面处理剂将玻璃纤维和聚酯牢固地胶接到一起,玻璃钢船多采用强度保持率高的硅烷系处理剂。

手糊成型玻璃钢用的玻璃纤维必须具备以下条件:玻璃纤维与树脂间有良好的黏结性、玻璃纤维易被树脂润湿以及玻璃纤维的物理性能适于成型工艺的操作。为了达到这些要求,就要对玻璃纤维进行表面处理。表面处理的方法一般有三种:前处理、后处理、直接与树脂掺和。前处理如上所述,是在纤维拉丝过程中改变所使用的浸润剂,改用增强型浸润剂来拉丝。后处理是先除去原纤维表面的纺织型浸润剂,然后用偶联剂来进行化学处理。直接与树脂掺和则在玻璃钢成型时,在玻璃钢中直接掺入偶联剂。

(1) 玻璃纤维毡

玻璃纤维毡主要用于手工积层成型,一般具备下列条件的被认为是好产品:

①单位面积质量均匀。这个条件很重要,它既影响厚度也影响强度,严重不均匀的产品用肉眼可以看出来。

②股线分布均匀,无局部堆积过多的情况。表面无股线脱落或表面剥离现象,无污垢。

③经过充分干燥。如果受潮湿,将其摊开再拿起来就会拆散。

④树脂浸润充分。树脂浸润后股线无松弛现象。

⑤易于脱泡。

(2) 玻璃纤维布

玻璃纤维布是在手工积层成型时起最重要作用的产品。从施工角度来讲,浸润性、贴膜性好的产品才是好产品。织纹均匀,纵横股线的密度平均。无污垢,经过充分干燥。玻璃纤维的直径越细越好。回弹力小,柔软。浸润树脂时浸润性好,树脂浸润充分。易于脱泡,特别是易于擀平皱纹。

(3) 玻璃纤维束

玻璃纤维束供喷涂用,要求喷涂机械、树脂、玻璃纤维束三者很好匹配。对其选择需要经验,至少应满足下述条件:硬度适宜,切割性好;切断的碎玻璃纤维分布均匀、不成团;与树脂的浸润性好。

(4) 玻璃纤维表面毡

供平滑表面用。

(5) 玻璃纤维毡和玻璃纤维布混合编制物

供积层用。

3. 玻璃纤维的保管与使用

玻璃纤维基材成卷状装在聚酯袋中,再装入硬纸箱中销售。很多用户购买这种产品后,不注意好好保管,随便放在一边。下边将购买这种产品后到现场积层使用前需要做的工作叙述如下: