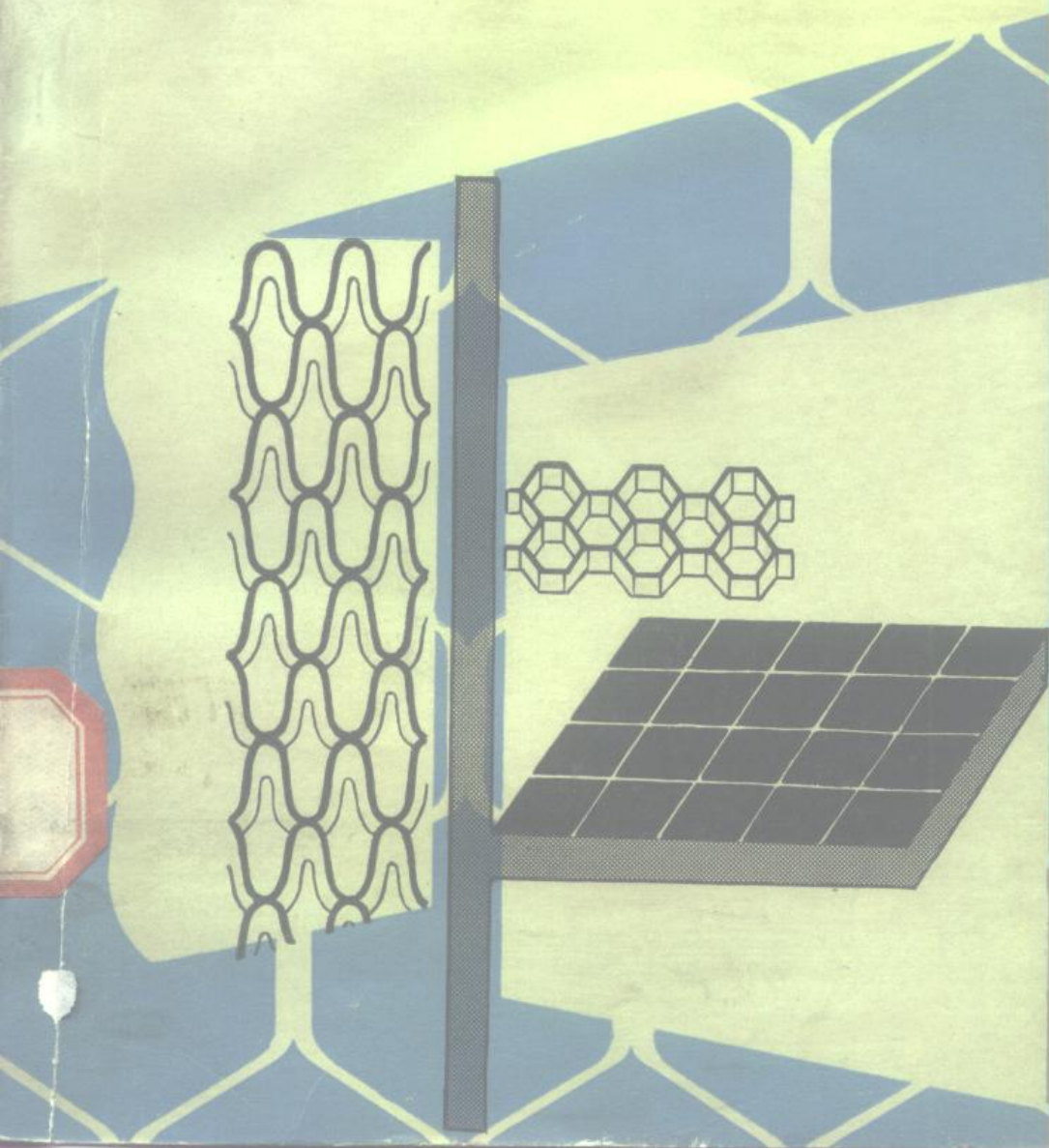


玻璃钢船体结构的设计



玻璃钢船体结构的设计

〔苏〕A. M. 瓦加诺夫

A. II. 卡尔梅奇科夫 著

M. A. 弗利德

丁 玮 译

陆 鑫 森 校

国防工业出版社

内 容 简 介

书中介绍了作为一种结构材料的玻璃钢的性能特点, 引用了许多苏联和其他国家设计和建造的玻璃钢船的结构资料, 阐述了玻璃钢船体结构的设计和强度计算方法, 其中还特别注意了玻璃钢结构的连接方法和典型节点实例。本书最后还介绍了玻璃钢船体结构的制造工艺及机械化生产的前景。

本书可作为从事玻璃钢造船工作的工人、技术人员、干部参考。

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

А. М. Ваганов

А. П. Калмычков

М. А. Фрид

Судостроение 1972

玻璃钢船体结构的设计

丁 玮 译

陆 鑫 森 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 10 212 千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷 印数: 0,001—2,200册

统一书号: 15034·1574 定价: 1.05元

目 录

第一章 作结构材料用的玻璃钢

- §1 玻璃钢概述 7
- §2 玻璃钢结构制造的原则工艺 10
- §3 玻璃钢的物理-机械性能 15
- §4 长期承载情况下玻璃钢的变形特点 23
- §5 作为结构材料的玻璃钢的特点 50

第二章 塑料船体结构型式及其元件的设计基础

- §6 玻璃钢船体结构设计的一般原则 53
- §7 选择船体构件强度尺寸的方法 57
- §8 船体结构型式 62
- §9 单层外板和甲板 72
- §10 单层外板船体的骨架 83
- §11 三层板船体结构 95

第三章 玻璃钢船体结构

- §12 苏联建造的塑料船 107
- §13 国外建造的船舶 125
- §14 关于塑料造船的现状与发展的一般结论 143

第四章 玻璃钢船体的连接及结构节点

- §15 连接的型式和方法 144
- §16 成型连接 148
- §17 螺栓、螺钉和铆钉连接 156
- §18 船体结构节点 162

第五章 船体构件连接的基本型式的参数选择和计算

§ 19	船体构件胶接连接的分类	201
§ 20	连接的类型	204
§ 21	采用喷涂法时骨架与板的T形 (角形)连接参数的确定	213
§ 22	决定连接强度的因素相似条件	220
第六章 小船结构设计		
§ 23	概述	232
§ 24	《小船》的定义	234
§ 25	救生艇外载荷的确定	238
§ 26	材料及成型方法的选择	254
§ 27	结构元件的选择	268
第七章 玻璃钢船体结构的工艺性及其建造的机械化		
§ 28	船体结构的工艺性	281
§ 29	玻璃钢船体结构制造的机械化	284
§ 30	机械化成型时对板材结构的要求	292
§ 31	机械化成型时对骨架结构的要求	296
§ 32	玻璃钢船体的分段划分	303
参考文献		318

玻璃钢船体结构的设计

〔苏〕A. M. 瓦加诺夫

A. II. 卡尔梅奇科夫 著

M. A. 弗利德

丁 玮 译

陆 鑫 森 校

国防工业出版社

内 容 简 介

书中介绍了作为一种结构材料的玻璃钢的性能特点, 引用了许多苏联和其他国家设计和建造的玻璃钢船的结构资料, 阐述了玻璃钢船体结构的设计和强度计算方法, 其中还特别注意了玻璃钢结构的连接方法和典型节点实例。本书最后还介绍了玻璃钢船体结构的制造工艺及机械化生产的前景。

本书可作为从事玻璃钢造船工作的工人、技术人员、干部参考。

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

А. М. Ваганов

А. П. Калмыков

М. А. Фрид

Судостроение 1972

玻璃钢船体结构的设计

丁 玮 译

陆 鑫 森 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 10 212 千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷 印数: 0,001—2,200册

统一书号: 15034·1574 定价: 1.05元

出版者的话

本书对船用玻璃钢材料、玻璃钢船体结构和建造工艺作了较详细的介绍，对我们有一定的参考价值。遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，我们组织翻译了这本书，以供广大读者参考。在译校过程中，对书中所发现的缺点和排印错误，我们均已作了改正，加上译校者注。即使这样，仍可能有一些错误未能发现和改正，希望广大工农兵读者批判地阅读。

目 录

第一章 作结构材料用的玻璃钢

- §1 玻璃钢概述 7
- §2 玻璃钢结构制造的原则工艺 10
- §3 玻璃钢的物理-机械性能 15
- §4 长期承载情况下玻璃钢的变形特点 23
- §5 作为结构材料的玻璃钢的特点 50

第二章 塑料船体结构型式及其元件的设计基础

- §6 玻璃钢船体结构设计的一般原则 53
- §7 选择船体构件强度尺寸的方法 57
- §8 船体结构型式 62
- §9 单层外板和甲板 72
- §10 单层外板船体的骨架 83
- §11 三层板船体结构 95

第三章 玻璃钢船体结构

- §12 苏联建造的塑料船 107
- §13 国外建造的船舶 125
- §14 关于塑料造船的现状与发展的一般结论 143

第四章 玻璃钢船体的连接及结构节点

- §15 连接的型式和方法 144
- §16 成型连接 148
- §17 螺栓、螺钉和铆钉连接 156
- §18 船体结构节点 162

第五章 船体构件连接的基本型式的参数选择和计算

§ 19	船体构件胶接连接的分类	201
§ 20	连接的类型	204
§ 21	采用喷涂法时骨架与板的T形 (角形) 连接参数的确定	213
§ 22	决定连接强度的因素相似条件	220
第六章 小船结构设计		
§ 23	概述	232
§ 24	《小船》的定义	234
§ 25	救生艇外载荷的确定	238
§ 26	材料及成型方法的选择	254
§ 27	结构元件的选择	268
第七章 玻璃钢船体结构的工艺性及其建造的机械化		
§ 28	船体结构的工艺性	281
§ 29	玻璃钢船体结构制造的机械化	284
§ 30	机械化成型时对板材结构的要求	292
§ 31	机械化成型时对骨架结构的要求	296
§ 32	玻璃钢船体的分段划分	303
参考文献		318

第一章 作结构材料用的玻璃钢

§ 1 玻璃钢概述

由于制成了专门的一类塑料材料——玻璃钢，使得在船体结构中采用塑料成为可能。这类材料与金属及木材相比，具有高的比强度，无磁性，不腐蚀，能防蛀，使用经济等优点。

玻璃钢结构（即使形状很复杂）可以用很简单的方法成型而不需要其他加工及精制工序，因而制造比较便宜。

玻璃钢的主要缺点是：性能受到外界介质条件、温度及水份的影响会发生变化；弹性参数较低以及易于蠕变。玻璃钢的物理-机械性能在很大程度上取决于制造的工艺程序和精细度。

玻璃钢作为一种复杂的组合材料，其主要成分是粘结剂（加有各种附加剂的树脂）和增强玻璃材料。船用玻璃钢的粘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结构。

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连结成一个整体，并保护其不受水份的破坏。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粘度以便在倾斜的及垂直的表面上

工作。粘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，也取决于粘结剂的类型。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）。

玻璃毡分为两种：化学粘连的及机械钩连的。在造船中广泛采用化学粘连玻璃毡，系由杂乱的短切纤维用特制乳胶粘结而成。

玻璃毡易于被树脂浸透，是接触成型的好材料。它较玻璃布便宜许多。用玻璃毡制的玻璃钢其强度相对来说是不高的，但其层间剪切强度和刚度以及抗冲能力却很高。

玻璃毡制玻璃钢宜于制造承载较小的小船和船体结构。由于玻璃毡厚度相对较大，用它制造各种结构时劳动量可大大降低。

采用所谓“无捻粗纱”或“合股玻璃纱”（无捻单向纤维）可得到最高的单向强度。这类增强材料应用于要求明显地在某一方向加强的结构，如构架梁的自由缘。合股玻璃纱是最便宜的玻璃增强材料。

合股玻璃纱可用于接触成型以及用机械化方法（连续拉制法）制造T形或球缘型材。由于在这类型材中，无捻粗纱方向均相同，故型材复板抗剪能力较弱。所以这类型材应该用于法向应力（而非切应力）起决定作用的构件。

当采用喷涂法制造玻璃钢时，还利用粗纱以获得短切纤维。用这种方法制成的玻璃钢，其性能与以玻璃毡增强的玻璃钢接近，因而在相同的结构上采用。

用无捻粗纱织成的布（粗纱布或玻璃席）的性能和价格介于玻璃布和玻璃毡之间。由它制成的玻璃钢的抗冲击性很高。这种材料往往与玻璃毡配合使用：外层板用玻璃席，内层板用玻璃毡。在这种场合下，中间层能很好承受剪切力，而外层能很好承受拉力或压力。

为了获得高强度的玻璃钢材料可以用玻璃布作为其增强材料。玻璃布可分为平纹织、缎纹织、单向布等。

用缎纹玻璃布增强的玻璃钢，其强度和刚度最高：这种布的每一根经纱都在一定数量的纬纱上通过，而只压在一根经纬纱下面。因而这种布就没有平纹布所有的那种急剧的挠曲。缎纹布有弹性，可以很好地与模型的外形贴合，易于浸透树脂。所以在造船业中得到广泛应用。

为了得到在某一方向强度和刚度特别高的玻璃钢，制成了单向布。它可以用有捻纱或无捻纱织成。单向布的经纱由较弱的纬纱联结，在很长的一段上没有挠曲。单向布制玻璃钢用于在一定方向上要加强的构件上（如甲板边板、舷侧顶板、龙骨板、梁的面板等）。

玻璃钢成型时相邻各层布的经向配置得不同时，可使玻璃钢各个方向的强度和弹性有相当大的差异。

经常用组合增强材料，如玻璃布和玻璃席来制造玻璃钢。采用组合增强材料可以降低材料价格和制造玻璃钢结构时的劳动量。

玻璃填料在制造好以后不能直接使用，因为玻璃纤维上包含着油浸润剂，妨碍玻璃纤维与树脂的胶结，影响纤维与树脂的粘附，使制成的玻璃钢的其他性能变坏。

为了获得高质量的玻璃钢，就要把浸润剂除去，并在纤

维上涂以防水的中间粘合剂，可使玻璃纤维与粘结剂具有坚固的结合。这种防水中间粘合剂要根据树脂种类配制，不能随意使用。

从上述玻璃钢简单特征可知，由于其性质和制造方法不同而具有一系列特点，这些必须在计算、设计和制订船体建造工艺程序时考虑到。

§ 2 玻璃钢结构制造的原则工艺

根据成型方法和制品用途的不同，可采用各种不同工序来制造玻璃钢结构。下面列举一些基本的工序。

模具的准备 检验模具是否符合给定的形状和尺寸以后，将其工作表面弄干净并涂上脱模剂，防止模具与固化玻璃钢表面的粘着。

粘结剂的准备 在树脂中添加专门的附加原料，加入使树脂在室温下能固化的加速剂与活化剂和防止树脂从倾斜面流下并降低放热反应强度的触变剂（阻滞剂）。

玻璃增强材料的准备 玻璃增强材料应按专门的样板落料，使得制造时废料和缺陷最少（皱折，重叠等）。

成型 使原来分开的粘结剂和玻璃增强材料随着玻璃钢的固化而形成玻璃钢制品。船体结构的基本成型方法有：接触（手工）成型，喷涂成型，袋模成型（弹性成型），刚性成型和连续成型。选择那一种成型方法取决于结构的形状与尺度，对结构的要求以及其他一些因素。

制造船体及其结构的基本方法是接触成型法，这个方法的实质是连续地将一层层玻璃增强材料放在模型表面上，浸以粘结剂并压紧实。也可以在模型上放置预先浸过粘结剂的

玻璃增强材料块片。制造平板时，各层的敷设和浸渍过程可以机械化。

接触成型法的优点是简单易行。可在任何生产场地进行工作。这个方法的缺点是所得材料的物理-机械性能不高，质量差，机械化过程复杂等。

制造舢板、小艇艇体和其他小型结构时，可局部地采用机械法——喷涂法，即利用喷射设备将短切纤维与粘结剂的混合物喷注在模型表面上。

使用这种方法，可以实现制品的大量生产，大大提高劳动生产率和降低成本。

应用最便宜的玻璃增强填料（无捻玻璃纱）还可以简化建造工作。此时可省去增强材料的预先落料和配料工序并减少废料。主要缺点是由于玻璃纤维既短而又参差不齐，致使玻璃钢的强度性能变低。

袋模成型是接触成型的改进。该法只要用一个模型（阳模或阴模），往模型上逐层地铺上玻璃纤维材料（预先或临时浸以树脂）。利用沿模型四周固封的橡皮制（或其他弹性材料制）膜袋压实。在弹性膜袋和模型表面之间形成真空：借助大气压力的作用将铺在模型上的材料压实。

在膜袋中加注压缩空气或有压力的水也可使材料压紧。用这种方法可得到高强度制品。

有时还混合采用袋模成型的两种不同方式。

采用袋模成型法可得到强度高、内外表面光滑的制品。其缺点是设备成本高，聚酯树脂损耗量大以及受制品尺度限制等。

刚性成型法是所有制造塑料方法中最古老的一种。它同

时需使用刚性的阴模与阳模。用此法得到的制品具有光得发亮的内外表面。由于粘结剂含量较低而且分布较均匀，因而制品的物理-机械性能较所有上述方法所得者为高且均匀。

采用预热模型时制造周期可大大缩短，因成型时间只持续 10~20 分钟；成型温度为 110~130°C。

型材、管材和板材可用机械化连续成型法制造。

连续成型法是连续地将无捻玻璃粗纱或玻璃布片块放在槽内浸以粘结剂，然后一边通过一定形状的孔或辊子予以拉制，一边同时加热，以加速玻璃钢的固化。

玻璃钢结构成型过程中室内空气温度应保持在 18~20°C，而相对湿度不大于 65%。

固化 玻璃钢在模型上固化，过 1~3 昼夜脱模并继续固化。当制品脱模以后，在 15 昼夜内应使其保持成型时的外部条件（温度，湿度）。

为加速固化过程以提高劳动生产率和模型利用率，可将结构用高频电流、红外线灯或在专门的烘箱中加热（至 80~100°C）。

从阴模或阳模上取下制成品时，可能有损坏结构的危险（特别是整体式结构）。为了防止这种损坏，对于形状复杂和尺度较大的结构可由分段制成，构架尽可能在脱模以前装上；结构尺度和重量特别大时应设置吊环。可以利用往阴模和制件之间空隙里灌水或空气的办法进行脱模。

机械加工 机械加工包括某些零件的切割、切边、钻孔、开口、清理和磨光表面。

一般应用手提机动工具进行上述操作。有时也利用装有特种切削刀具的木工机床进行加工。机械加工一般要在成型

结束后 7 昼夜才能进行。

装配 装配时要完成各种形式的连接。例如，分开制造的骨架与外板的连接就利用连接角材来实现。板表面上安装骨架地方于划线后用风动工具磨净到出现第一层玻璃布为止。在该处清除脏物后进行脱脂处理。在安装线上每隔 700~800 毫米胶上固定件——木块。利用夹钳将骨架固定到木块上。骨架腹板与外板之间的间隙中应填以浸过粘结剂的无捻玻璃纱。此后，先在没有木块的一边成型连接角材，再将木块敲去，在另一边成型连接角材。

连接外板与外板，甲板与舷板用的搭板，也应在连接表面进行上述处理之后再行安装。

不同材料之间（例如金属-玻璃钢之间）的胶合工艺程序为：胶结表面的清理与脱脂，涂胶，利用荷重或支撑将连接元件（零件，部件）压紧并保持一定时间。

玻璃钢船体最好整体制造而不要有安装接缝，但这样做受到模型与制件尺度的限制。在划分分段时，应该在保证安装接缝最少的条件下，力求减少或不用复杂的工艺装备。

例如，对于小船可以由两个分段制成——外板与甲板。

对于长 10~20 米的船舶，外板可以分为左、右舷两个分段，然后在中线面连接起来。隔壁分段可单独制造。对大些的船，可分为底部分段和艏、艉主体分段。

分段送到船台去安装时分段内的骨架已成型好。此时分段应力求不带余量。

船体装配从安装底部分段开始，然后借助于专门的安装框和金属桁材将隔壁固定到底部分段上。最后再安装甲板分段。