

# 团 体 标 准

T/CANSI 24—2021

## 小艇 玻璃钢真空辅助成型工艺要求

Small craft — Technical requirements of vacuum infusion process for FRP

2021 - 11 - 08 发布

2021 - 11 - 08 实施

中国船舶工业行业协会 发布

中国船舶工业行业协会

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出并归口。

本文件起草单位：中国船舶工业综合技术经济研究院、宁德时代新能源科技股份有限公司。

本文件主要起草人：赵江峰、刘伟、张红波、马全林、郭娅、李恒、王卉隼、朱佳帅、宋梦然、隋国策。

中国船舶工业行业协会

中国船舶工业行业协会

# 小艇 玻璃钢真空辅助成型工艺要求

## 1 范围

本文件规定了玻璃钢艇真空辅助成型的工艺准备、工艺流程、工艺要求和检验等。  
本文件适用于ISO 8666规定的艇体长度不大于24m的玻璃钢艇艇体的制造与检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

CB/T180—1998 船用玻璃纤维增强塑料制品手糊成型工艺

中国船级社《材料与焊接规范》 2018年

中华人民共和国海事局 《船舶与海上设施法定检验规则 沿海小型船舶检验技术规则》 2016年

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**真空辅助成型工艺** vacuum infusion process

在单面刚性模具上铺设增强材料，通过布置密封系统和抽真空系统，在模具型腔中形成负压，利用压力将树脂通过预铺设的管路导入增强材料的纤维层中，浸润并充满整个模具，制品固化后脱模，从模具上得到所需制品的成型工艺。

## 4 工艺准备

### 4.1 人员

施工人员应符合下列要求：

- a) 经技能培训并经考试合格；
- b) 遵守工艺要求和现场安全操作规程，施工时加强防护，穿戴防护衣帽、防护手套等。

### 4.2 设备和工具

设备和工具应符合下列要求：

- a) 真空泵的抽速应不小于 60 m<sup>3</sup>/h，并留有至少 6 个附带开关阀门的外接口；
- b) 树脂收集器应满足抽真空后的压力要求；
- c) 其他设备还包括真空表、检漏仪等。

### 4.3 模具

模具应符合下列要求：

- a) 模具应符合艇体结构和形状要求，具有足够硬度保证施工过程中不变形；
- b) 模具表面应保证清洁、光滑且易脱模；
- c) 模具本身以及采取连接方式形成模具的连接处均应保证气密性，并经目视或检测仪器检查合格。若连接处存在漏气，应对漏气处采取封蜡等措施；
- d) 模具应设有不少于 25 cm 的凸缘，并保证给胶衣留有至少 10 cm 的凸缘，见图 1。

单位为厘米

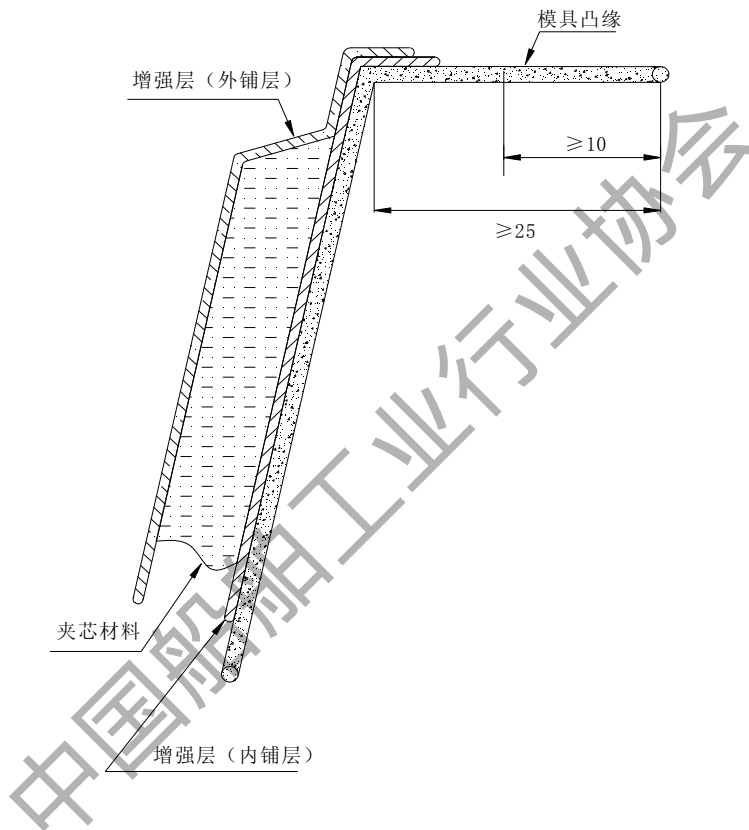


图1 凸缘尺寸要求示意图

### 4.4 材料

#### 4.4.1 增强材料

增强材料应符合下列要求：

- a) 宜采用无碱玻璃纤维、高强/高弹玻璃纤维或其他特种纤维，以及其织物或制品；可以是无捻粗纱、无捻粗纱布、短切原丝毡或其组合；不应使用中碱玻璃纤维及其织物，并符合中国船级社《材料与焊接规范》（2018 版）中第 2 篇第 2 章 2.2.3 的要求；
- b) 应根据不同类型材料的名义玻璃纤维含量，根据《材料与焊接规范》（2018 版）中第 2 篇的相关要求计算层合板的总名义玻璃纤维含量，按《材料与焊接规范》（2018 版）中第 2 篇 2.2.3.4、表 3.1.3.3（5）计算力学性能。

#### 4.4.2 芯材

芯材应符合下列要求：

- a) 芯材宜采用硬质泡沫塑料、轻木、胶合板或松木等，并符合中国船级社《材料与焊接规范》(2018版)中第2篇第2章2.2.6的要求；
- b) 若采用聚氯乙烯(PVC)或苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN)泡沫材料作为夹层板芯材，其密度应不低于 $60\text{ kg/m}^3$ ；若采用松木类作为芯材，应考虑木质纤维的方向性。

#### 4.4.3 预埋材料

预埋材料应符合下列要求：

- a) 对于可以与艇体板整体成型的纵向骨材等结构或组件，应耐腐蚀且与树脂具有良好的粘接性；
- b) 作为预埋件的木质材料应干燥且无毛刺、裂纹等影响工艺施工的缺陷。

#### 4.4.4 树脂

树脂应符合下列要求：

- a) 宜采用经船级社认可的不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂或环氧树脂等；
- b) 应保证较低的放热曲线，与增强材料间具有良好的附着性能，粘度宜为 $120\text{cps}\sim 250\text{cps}$ ；
- c) 有耐火要求的艇体应采用阻燃树脂；
- d) 胶衣树脂应为船用耐水型不饱和聚酯树脂。

#### 4.4.5 其他辅料

- a) 应准备密封胶带、真空袋、脱模布、导流布和导流网、软管、真空抽取接口等辅料；
- b) 真空袋的宽度为模具内宽加上不小于20%的余量；
- c) 用于抽取空气和注入树脂的软管应保证在抽取真空状态下不变形；
- d) 真空抽取接口宜采用尼龙和聚乙烯的T形三通接头。

#### 4.4.6 环境和安全要求

真空辅助成型过程中的施工环境，应符合下列要求：

- a) CB/T 180—1998 中第8章规定的环境和安全要求；
- b) 施工过程中的环境温度宜控制在 $18^{\circ}\text{C}\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应小于80%并保持稳定；
- c) 施工环境应密闭、干燥、清洁，并有适当保护措施，通风充分、照明良好；
- d) 模具周围设置的脚手架应牢固安全。

## 5 工艺流程

### 5.1 流程图

真空辅助成型工艺流程见图2。

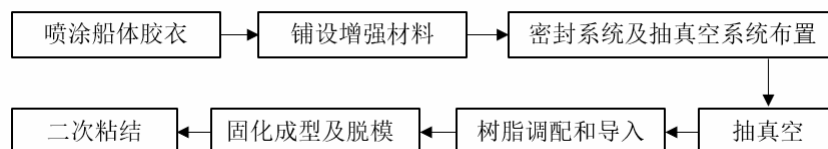


图2 真空辅助成型工艺流程示意图

## 5.2 工艺过程

### 5.2.1 喷涂船体胶衣

- 5.2.1.1 喷涂胶衣前应检查模具周边清洁、干燥、无污染物。
- 5.2.1.2 在模具上涂敷脱模材料，可选择脱模蜡或脱模水。
- 5.2.1.3 采用手刷或喷涂的方式在模具表面涂布胶衣树脂，可根据艇体要求用产品胶衣或打磨胶衣，选用类型有邻苯、间苯和乙烯基。
- 5.2.1.4 胶衣积层之间应保证良好的粘接性，胶衣应保证整个模具系统气密性。

### 5.2.2 铺设增强材料

- 5.2.2.1 铺设前，根据设计要求以及树脂凝胶时间、树脂在不同层数增强材料流动速度，确定树脂进料管路的铺设。
- 5.2.2.2 铺设中，应根据艇体强度要求和制作要求，裁制增强材料，依次铺设成相应层数的增强层（内铺层）、夹芯材料、增强层（外铺层），见图1，每层增强材料铺设应采用喷胶固定立面铺层。

### 5.2.3 密封系统及抽真空系统布置

- 5.2.3.1 先铺上脱模布，再铺上导流布和导流网。
- 5.2.3.2 沿小艇的纵向方向布置管路，导流管的数量及布置形式应视铺层的面积大小及形状而定，保证施工过程中树脂充分浸润无干区；导流管与导流布和导流网采取合适的方式固定。
- 5.2.3.3 铺设真空袋过程中，真空袋的宽度要至少达到模具内宽加上20%的富余，且保证完全包覆铺层结构，富余没有上限。

### 5.2.4 抽真空

- 5.2.4.1 采用真空泵对密封系统抽真空并保持一定真空压力。
- 5.2.4.2 真空系统铺设结束后，用真空泵对整个系统抽真空，30min后压力变化应不超过10%。
- 5.2.4.3 整个过程直至导入树脂前，应实时对真空膜进行检漏，一旦发现泄漏应及时采取措施进行密封。若仍不符合真空压力要求则应重新铺设真空袋，直至满足要求方可进行后续的树脂导入。

### 5.2.5 树脂调配和导入

- 5.2.5.1 根据车间环境条件、艇体厚度、铺敷面积、凝胶时间等按比例调配树脂与固化剂的比例。
- 5.2.5.2 调配好的树脂应满足具体施工作业对于粘度、凝胶时间和固化时间的要求。
- 5.2.5.3 系统真空度满足要求情况下，将树脂导入压力泵。
- 5.2.5.4 树脂收集器的顶端位置宜高出最高的真空抽取点的位置1m左右；树脂收集器的顶部和底部设置软管接口，底部的接口应沿着正对模具的方向连接；树脂收集器的顶部接口与校准仪连接；树脂收集器的盖子宜采用透明材质以便于实时检查内部树脂含量。
- 5.2.5.5 按顺序依次打开注胶口开关，注胶过程中应不断调整泵压，并根据注入顺序调整固化剂调配比例，直至树脂导入并充满模腔。
- 5.2.5.6 定期进行外观检查，若发现气泡、分层、褶皱、树脂流挂或堆积等缺陷，应及时采取补救措施进行修复。

### 5.2.6 固化成型及脱模

- 5.2.6.1 树脂导入结束后，船体在模具中搁置用于固化的时间应不少于24h。
- 5.2.6.2 固化成型及脱模过程中，真空泵应处于开启状态。实时监测并保持模腔内真空压力。



- 5.2.6.3 树脂的巴柯尔硬度不小于 40 后方可脱模。
- 5.2.6.4 脱模时应采取必要的措施避免艇体结构发生变形。
- 5.2.6.5 脱模前可对较小的表面缺陷进行矫正。

#### 5.2.7 二次粘结

- 5.2.7.1 当纵向骨材、舱壁板等内部结构无法实现与艇体整体成型时，可采取二次粘结方式进行施工或修理；
- 5.2.7.2 粘结区域应清洁并无灰尘、污物、油脂等异物；
- 5.2.7.3 粘结施工过程中不损伤任何结构的增强材料；
- 5.2.7.4 二次粘结铺敷的第一层宜采用短切原丝毡。

#### 5.2.8 检验

- 5.2.8.1 施工结束后，应进行外观检查和密性检验。经外观检查产品应无表面缺陷及瑕疵，铺敷部位应无开口、孔隙、凹槽、裂纹或纤维外露等缺陷。
- 5.2.8.2 测量并记录船体主要尺寸，检验的结果应符合《船舶与海上设施法定检验规则 沿海小型船舶检验技术规则》（2016 版）等的要求。

中国船舶工业行业协会