

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—2026

船舶用防污减阻涂料

Anti-Fouling and drag-Reducing coating for ships

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
4.1 产品分类	2
4.2 一般要求	2
5 技术要求	2
5.1 技术指标	2
5.2 有害物质限量	3
5.3 防污减阻耐久性	3
5.4 防污性能	3
6 试验方法	3
6.1 取样	3
6.2 试板制备	3
6.3 在容器中状态	3
6.4 粘度	3
6.5 干燥时间	3
6.6 附着力	3
6.7 耐冲击性	3
6.8 弯曲试验	3
6.9 减阻率	3
6.10 耐盐水性	3
6.11 耐油性	3
6.12 贮存稳定性	3
6.13 挥发性有机物 (VOC) 含量	3
6.14 有机锡	4
6.15 西布曲尼	4
6.16 有害物质限量试验	4
6.17 低阻耐久性	4
6.18 防污性能试验	4
7 检验规则	4
7.1 检验分类	4
8 标志、包装、运输和贮存	5
8.1 标志	5

8.2 包装	5
8.3 运输	5
8.4 贮存	5
附 录 A (规范性) 减阻率测试方法	6
附 录 B (规范性) 低阻耐久性试验方法	7

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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

船舶用防污减阻涂料

1 范围

本文件规定了船舶用防污减阻涂料的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于船舶用防污减阻涂料。

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。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 1723 涂料粘度测定法
- GB/T 1727—2021 漆膜一般制备法
- GB/T 1728—2020 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法
- GB/T 5210—2006 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 5370—2007 防污漆样板浅海浸泡试验方法
- GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验（圆柱轴）
- GB/T 6822—2024 船体防污防锈漆体系
- GB/T 7789 船舶防污漆防污性能动态试验方法
- GB/T 8170—2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 9265 建筑涂料 涂层耐碱性的测定
- GB/T 9271 色漆和清漆 标准试板
- GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 9286—2021 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 9751.1 漆和清漆 用旋转黏度计测定黏度 第1部分：以高剪切速率操作的锥板黏度计
- GB/T 12466—2019 船舶及海洋工程腐蚀与防护术语
- GB/T 13491 涂料产品包装通则
- GB/T 34706 涂料中有机锡含量的测定 气质联用法
- GB 38469—2019 船舶涂料中有害物质限量
- HG/T 2458 涂料产品检验、运输和贮存通则
- ASTM D1141 Standard Practice for Preparation of Substitute Ocean Water

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

涂料 paint

涂布于物体表面在一定的条件下能形成固化薄膜而起保护、装饰或其他特殊功能（绝缘、防腐、防霉、耐热等）的一类液体或固体材料。

[来源：GB/T 12466—2019，4.29]

3.2

防污减阻涂料 anti-fouling and drag-reducing coating
是一种兼具阻止生物污损附着与降低流体摩擦阻力功能的涂料。

3.3

减阻率 drag reduction rate

在相同流动条件下，涂覆防污减阻涂料的表面与标准光滑参考板（表面粗糙度 $Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$ ）的摩擦阻力减少的百分比。

4 基本要求

4.1 产品分类

- 4.1.1 有机硅树脂基：以聚二甲基硅氧烷（PDMS）等有机硅弹性体为基料。
4.1.2 氟碳树脂基：以含氟聚合物为基料。
4.1.3 聚氨酯树脂基：以改性聚氨酯为基料。
4.1.4 有机-无机杂化树脂基：以有机聚合物与无机纳米粒子或硅烷化合物通过化学键合形成的杂化树脂为基料。

4.2 一般要求

- 4.2.1 涂料应能适应船舶运营的海洋环境条件，在海水中保持性能稳定。
4.2.2 涂料应对人体和环境无害，施工及固化过程中释放有毒有害物质应符合 GB/T 6822—2024 中 5.1 的要求。

5 技术要求

5.1 技术指标

船舶用防污减阻涂料的技术指标应符合表1的规定。

表 1 技术指标

项目	指标要求
在容器中状态	搅拌后均匀无硬块
粘度（涂—4杯，25℃）	商定
干燥时间（表干），h	≤ 4
干燥时间（实干），h	≤ 24
附着力（划格法），级	≤ 1
耐冲击性，cm	≥ 35
弯曲试验，mm	≤ 2
减阻率，%（常规防污期）	≥ 5
耐盐水性（ $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 的3.5%NaCl，热海水加速浸泡72 h）	无起泡、无脱落
耐油性（0#柴油，2个月）	无异常
贮存稳定性（ 50°C 加速贮存，等效12个月）	无结块、无凝胶
挥发性有机物（VOC）含量	符合GB 38469—2019的要求
有机锡	不得含有
西布曲尼	不得含有

5.2 有害物质限量

防污减阻涂料中有害物质限量应符合GB 38469—2019中5.2的要求。

5.3 防污减阻耐久性

防污减阻耐久性试验包括浅海浸泡试验和动态试验，应符合GB/T 5370和GB/T 7789的要求。

5.4 防污性能

应符合GB/T—6822的要求，浅海挂板试验365天后，生物附着覆盖率应<15%。

6 试验方法

6.1 取样

应按GB/T 3186的规定进行试验。

6.2 试板制备

应按照本文件6.1和GB/T 9271的要求制备试板。

6.3 在容器中状态

应按GB/T 1727—2021中6.1的规定进行，应分别检验各组分。

6.4 粘度

应按GB/T 1723的规定进行试验。

6.5 干燥时间

6.5.1 表干：按GB/T 1728—2020中7.2的规定，按表面干燥时间乙法的规定进行试验。

6.5.2 实干：按GB/T 1728—2020中7.3的规定，按实际干燥时间甲法的规定进行试验。

6.6 附着力

应按GB/T 9286—2021中的画格法进行试验。

6.7 耐冲击性

应按GB/T 1732的规定进行试验。

6.8 弯曲试验

应按GB/T 6742的规定进行试验。

6.9 减阻率

应按附录A的要求进行试验。

6.10 耐盐水性

试板浸泡于 $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的3.5%NaCl溶液中，热海水加速浸泡72 h进行试验。

6.11 耐油性

应按照GB/T 9274的规定进行试验。

6.12 贮存稳定性

将约0.5 L试样装入合适的塑料或玻璃容器中，瓶内留有约10%的空间，密封后放入 $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 恒温干燥箱中，30 d后取出，在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下放置3 h，按7.3的方法检查“在容器中状态”。如果搅拌混合后无硬块，是均匀状态，则评为“通过”，应分别检验各组分。

6.13 挥发性有机物（VOC）含量

应按照GB 38469—2019的规定进行试验。

6.14 有机锡

应按照GB/T 34706的规定进行试验。

6.15 西布曲尼

应按照GB/T 6822的规定进行试验。

6.16 有害物质限量试验

应按GB/T 5370的规定进行试验。

6.17 低阻耐久性

应按附录B进行试验。

6.18 防污性能试验

应按照GB/T 6822—2024中附录A的规定进行试验。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

7.1.1 出厂检验

7.1.1.1 产品出厂检验取样方法按 GB/T 3186 的要求进行。

7.1.1.2 出厂检验项目包括：在容器中状态、干燥时间、附着力、耐冲击性。

7.1.1.3 每批产品抽取两个样品进行检验，如有一项不合格，应加倍抽样复查，如仍不合格，则判定该批产品不合格。

7.1.2 型式检验

型式检验项目见表2。在正常生产情况下，中期效、长期效产品的浅海浸泡性项目每8年至少检验1次；其他项目每4年至少检验1次。有下列情况之一时，也应进行型式检验：

- a) 新产品投产时；
- b) 原材料或生产工艺有较大改变时；
- c) 停产后恢复生产时；
- d) 正常生产时每半年应至少进行一次；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 供需双方合同有要求时；
- g) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

7.1.3 检验项目

出厂检验和型式检验的检验项目见表 2。

表 2 检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验
在容器中状态	√	√
粘度（涂—4杯，25℃），s	√	√
干燥时间（表干），h	√	√
干燥时间（实干），h	—	√
附着力（划格法），级	—	√
耐冲击性，cm	—	√
弯曲试验，mm	—	√

减阻率, %	—	√
耐盐水性 (40±2℃的3.5%NaCl, 热海水加速浸泡72 h)	—	√
耐油性 (0#柴油, 2个月)	—	√
贮存稳定性 (50℃加速贮存, 等效12个月)	—	√
挥发性有机物 (VOC) 含量	—	√
有机锡	—	√
西布曲尼	—	√
有害物质限量	—	—
低阻耐久性要求	—	√
防污性能	—	√
注: “√”需进行检验, “—”无需进行检验。		

7.1.4 检验结果判定

判定规则应符合以下要求:

- a) 检验结果的判定按 GB/T 8170—2008 中数值修约值比较法进行;
- b) 所有应检项目的检验结果均达到本文件要求时, 该试样符合本文件要求。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志应在包装上标明, 并且符合 GB/T 191 中的规定。

8.1.2 产品标志应包括:

- a) 产品名称、型号和标准编号;
- b) 生产厂名、地址;
- c) 生产日期和批号;
- d) 净含量;
- e) 颜色;
- f) 使用说明;
- g) 贮存期;
- h) 安全说明。

8.2 包装

按GB/T 13491中一级包装要求的规定进行。

8.3 运输

按HG/T 2458的规定进行, 运输中严防雨、曝晒, 禁止接近火源, 防止碰撞, 保持包装完好。

8.4 贮存

8.4.1 产品贮存的环境应保证通风、干燥, 应防止日光直接照射, 并应隔绝火源, 远离热源。

8.4.2 冬季气温过低时应采取适当防冻保温措施。

8.4.3 产品应根据类型设定贮存期, 并在包装标志上明示。

附录 A
(规范性)
减阻率测试方法

A.1 范围

本附录规定了在循环水槽中测定船舶用防污减阻涂料减阻率的测试方法。

A.2 原理

在循环水槽中,通过测量安装有涂覆待测涂料试样的测试段与安装有标准光滑参考板的测试段在相同流速下的摩擦阻力(或压差),计算待测试样的减阻率。

A.3 仪器和设备

- A.3.1 循环水槽:具有稳定流速控制功能,测试段流速范围宜为1 m/s~10 m/s,流速稳定性偏差不大于±1%。
- A.3.2 摩擦阻力测量系统:可采用应变式天平、压差传感器等,测量精度不低于满量程的0.5%。
- A.3.3 标准光滑参考板:材质为抛光不锈钢,表面粗糙度 $Ra \leq 0.05 \mu m$ 。
- A.3.4 试样板:尺寸与标准板相同,通常为平板或曲率半径较大的曲面板。
- A.3.5 恒温系统:控制水温在 $23^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 。
- A.3.6 数据采集与处理系统。

A.4 试验步骤

- A.4.1 试样制备:按7.2制备涂有待测涂料的试样板,并测量其平均厚度和表面形貌。
- A.4.2 安装试样:将标准板和试样板依次安装于水槽测试段,确保安装牢固,板面与水流方向平行,接缝处平滑。
- A.4.3 设定流速:选择至少3个特征流速点进行测试。
- A.4.4 测量:待水流稳定后,测量并记录标准板和各试样板在不同流速下的摩擦阻力值。每个流速点至少测量3次,取平均值。

A.5 结果计算

减阻率应按公式(A.1)计算:

$$DR = \frac{F_S - F_C}{F_S} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- DR——减阻率, %;
- F_S ——标准光滑板在某一流速下的平均摩擦阻力, N;
- F_C ——涂覆待测涂料的试样板在相同流速下的平均摩擦阻力, N。

A.6 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 试样信息;
- b) 测试条件(水温、流速等);
- c) 测试结果(减阻率及曲线);
- d) 测试日期和人员。

附录 B (规范性) 低阻耐久性试验方法

B.1 范围

规定了船舶用仿生减阻涂料低阻耐久性的两种试验方法：动态模拟试验和强化浸泡试验。

B.2 动态模拟试验法

B.2.1 原理

将涂有样品的转盘或圆筒状试样浸入含砂人工海水中高速旋转，模拟水流冲刷和颗粒磨损，经过规定时间后，测试其减阻性能的衰减情况。

B.2.2 装置

旋转圆盘或旋转圆筒装置、恒温槽、颗粒物添加系统、速度控制系统。

B.2.3 条件

应符合以下条件：

- a) 介质：按 ASTM D1141 配制的人工海水，加入适量石英砂；
- b) 温度：25℃±2℃；
- c) 线速度：15 m/s~20 m/s；
- d) 时间：100 h~500 h。

B.2.4 步骤

B.2.5 计算

按公式 (B.1) 计算减阻率保持率：

$$R = \frac{DR_1}{DR_0} \times 100\% \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- R——减阻率保持率，%；
 DR_0 ——初始减阻率，%；
 DR_1 ——试验后减阻率，%。

B.3 强化浸泡试验法

B.3.1 原理

将试样浸泡在特定化学介质或较高温度的海水中，加速涂层老化，评估其减阻性能的耐久性。

B.3.2 条件

60℃±2℃人工海水，浸泡30 d。

B.3.3 步骤

试样经附录A测试初始减阻率后，安装于装置上，在设定条件下运行规定时间。取出试样，清洗、干燥后，再次按附录A测试其减阻率。

B.3.4 试验报告

报告应包括以下内容：

- a) 试验方法；

T/CWDPA XXXX—2026

- b) 条件；
 - c) 初始减阻率；
 - d) 试验后减阻率；
 - e) 保持率及外观变化描述。
-