

指南编号/Guideline No.A-01([202603](#))



# A-01

# 涂料

生效日期/Issued date:[2026年3月1日](#)

## 前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 [service@ccs.org.cn](mailto:service@ccs.org.cn)。

历史发布版本及发布时间：A01(201510) 2015年10月20日

A01(202204) 2022年04月24日

A-01(202307) 2023年7月1日

[A-01\(202407\)](#) 2024年7月1日

本版本主要修改内容：

[修改了5.2.2\(4\)~\(6\)、5.2.3\(1\)~\(4\)、5.3.2\(3\)①、5.3.3\(6\)、5.3.4试验方法和验收指标；](#)

[修改了5.3.1防污漆的分类；](#)

[明确了5.3.2\(1\)③验收指标，5.10.1\(3\)试验方法；](#)

[增加了1.3、1.4、7.5.4。](#)

[修改了表7.4.1 船舶涂料型式试验项目表的内容。](#)

## 目 录

1	适用范围 .....	4
2	规范性引用文件 .....	5
3	术语及定义 .....	6
4	图纸资料 .....	6
5	技术要求 .....	7
6	原材料及零部件 .....	27
7	型式试验 .....	28
8	单件/单批检验 .....	32
9	现场审核 .....	33
附录 1	船用车间底漆的焊接与切割试验 .....	36
附录 2	船体防污漆的总锡量和有机锡含量测定方法 .....	41
附录 3	防污漆中防污活性物质的环境风险评估方法 .....	46
附录 4	防污漆常用防污活性物质清单 .....	60
附录 5	船舶压载舱涂料的模拟压载舱条件试验 .....	63
附录 6	船舶压载舱涂料的冷凝舱试验 .....	68
附录 7	模拟装载货舱的蒸气相的气密柜试验 .....	70
附录 8	模拟原油舱装载状态的浸没试验 .....	73

## 涂料

### 1 适用范围

1.1 本指南适用于船舶涂料的工厂认可和检验。

1.2 本指南将船舶涂料按在船舶上的使用部位和用途，分为船用车间底漆、船体防锈漆、船体防污漆、阳极屏涂料、船用防锈漆、船用水线漆、船壳漆、甲板漆、船用货舱漆、舱室内部饰面涂料、船用饮水舱漆、船舶压载舱涂料、机舱舱底涂料、船用油舱漆、原油油船货油舱漆，船舶涂料分类及用途见表 1.2:

船舶涂料分类及用途表 1.2

分类及名称		用途
船用车间底漆		适用于船用钢板、型钢和成型件经抛(喷)丸表面处理达到等级要求后的施涂，用作钢材的临时保护。
船舶 水线 以下 涂料	船体防锈漆、船体连接漆	适用于船舶设计水线以下的外表面，包括船体水线部位。
	船体防污漆	适用于船舶设计水线以下的外表面，包括船体水线部位，用于船舶控制或防止污损生物附着的涂料。
	阳极屏涂料	适用于船舶外加电流阴极保护系统辅助阳极的屏蔽涂料。
船舶 水线 以上 涂料	船用防锈漆	适用于船舶设计水线以上部位及内部结构（液舱除外）。
	船用水线漆	适用于船舶满载水线和轻载水线之间船壳外表面的水线漆，不适用于具有防污作用的水线漆。
	船壳漆	适用于涂敷在船舶满载水线以上的建筑物外部，亦可用于桅杆和起重机械等。
	甲板漆	适用于船舶甲板等的钢铁表面保护。
	船用货舱漆	适用于船舶干货舱及舱内的钢结构防护，部分可用于装运散装谷物食品的货舱。
	舱室内部饰面涂料	适用于机舱、上层建筑和/或甲板室内部外露表面。
船舶 液舱 涂料	船用饮水舱漆	适用于船舶饮水舱内表面。
	船舶压载舱涂料	适用于所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所的内表面保护。

	机舱舱底涂料	适用于船舶主机、辅机及泵舱舱底。
--	--------	------------------

续表 1.2

分类及名称		用途
船舶液舱涂料	船舶油舱漆	适用于装载除航空汽油、航空煤油等特种油品外的石油烃类油舱内表面。
	原油油船货油舱漆	适用于原油油船货油舱的内表面保护。

1.3 新技术产品，按照本社《新技术应用认可指南》进行。

1.4 本指南所述国标为推荐性标准，可按公认的其他标准验收，但须经本社确认。

## 2 规范性引用文件

2.1 本社《钢质海船入级规范》、《船舶结构防腐蚀检验指南》、《材料与焊接规范》；

2.2 IMO《1974年国际海上人命安全公约》及其修正案；IMO《国际耐火试验程序应用规则》(2010 FTP Code Parts 2 and 5)。

2.3 IMO《2001年国际控制船舶有害防污底系统公约》（简称 AFS）及其修正案

2.4 IMO MSC.215(82)《所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准（PSPC）》、MSC.244(83)《散货船和油船空舱处所保护涂层性能标准》、MSC.288(87)《原油油船货油舱保护涂层性能标准》。

2.5 ISO 13073-1 船舶和海洋技术—船舶防污底系统风险评估第 1 部分：使用在船舶防污底系统中防污活性物质的海洋环境风险评估方法。

2.6 国家强制标准及本社接受的标准。

~~以上标准发生变动，本社遵循最新有效标准的规定。~~

### 3 术语及定义

就本文而言，公约中的定义适用，且下述定义适用：

3.1 涂料：涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能(如绝缘、防腐、标志等)的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称，又称“漆”。

3.2 船用车间底漆：是指加工前涂在钢板表面的底漆，该涂层的喷涂通常在自动化车间。

3.3 防污剂（防污活性物质）：指船体防污漆中对污损生物能起到普遍的或具体作用的化合物，具有一般的或者特殊的作用，例如对有害的污损生物的致死性，生长抑制或者排斥性，应用于防污体系防止附着生物附着的物质。本指南对防污剂、防污活性物质、杀生剂、杀生物剂等名词不做严格区分。

3.4 船体防污漆防污活性物质环境风险评估：指对船体防污漆防污活性物质通过检查化学品排放或释放造成的暴露以及这种暴露对海洋环境生态系统结构和作用的影响，定量或者定性地提出该物质对环境的潜在影响。

### 4 图纸资料

通知方向本社提交认可服务通知单，同时提交下列文件供审查：

4.1 制造厂概况：名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标、主要生产设备和检测设备、简要生产工艺。

4.2 认可产品明细：认可产品的名称、型号、分类和用途(多种用途时应列明)、主要成膜物质，涉及的涂层配套系统方案。本社可受理完整的油漆配套系统(船用车间底漆除外)。

4.3 交货验收技术条件/企业标准：产品技术要求应满足公约、规范和本社接受的标准要求。若采用其它标准的试验方法判定产品性能，应经本社同意。

4.4 产品说明书：包含与涂料及其涂装有关的详细技术性说明和数据，以指导用户进行涂层选择、施工和维护。至少包括产品名称、识别标记和 / 或编号；涂层系统的材料、成份和组成，颜色；涂装间隔；最小和最大干膜厚度；涂装的方式、工具和/或机械；涂装前的表面状况(除锈等级、清洁度、粗糙度等)和环境限制条件(温度和湿度)。

4.5 试验大纲：明确试验项目、试验方法和相应的技术指标、技术标准、试验场所、试验不合格时的处理原则。

4.6 其他：质量管理文件、企业注册登记证明、资质证明和/或安全生产许可证、质量管理体系证书、材料的化学品安全技术说明书 MSDS（必要时）、主要原材料合格供方清单、产品质量证明书样本、无石棉声明等。

4.7 船体防污漆申请认可时，还应提供不含有机锡、[西布曲尼](#)和 DDT 等公约禁用物质的声明，并提供防污漆使用的防污剂（防污活性物质）的活性成分名称和化学文摘社登记号(CAS 登记号)。

## 5 技术要求

### 5.1 船用车间底漆

5.1.1 船用车间底漆的成分应不影响以后的焊缝质量，也不致于在以后的焊接工作中产生重大的有害影响，并应与以后使用的结构防腐蚀系统有关的油漆或涂料相适应。船用车间底漆应对下道漆种具有广泛的配套性，并对长期暴露的车间底漆旧漆膜有良好的重涂性。车间底漆分为含锌粉底漆(I 型)和不含锌粉底漆(II 型)两种。

5.1.2 船用车间底漆试验项目和结果要求如下：

- (1) 干燥时间：按 GB/T1728 表面干燥测定时间法乙法，表干不大于 5min。
- (2) 附着力：按 GB/T1720 进行，不低于 2 级。
- (3) 漆膜厚度：按 GB/T13452.2 进行，对流水线中施涂于钢板上漆膜厚度的测定按 GB/T6747 附录 A.1 进行。含锌粉的车间底漆 15 $\mu$ m-20 $\mu$ m，不含锌粉的车间底漆 20 $\mu$ m-25 $\mu$ m。
- (4) 不挥发物中金属锌含量(含锌粉车间底漆)：按 HG/T3668 进行，符合产品技术要求。
- (5) 耐候性：按 GB/T9276 进行，结果评定按 GB/T1766 进行，耐候性要求见表 5.1.2：

**车间底漆耐候性要求表表 5.1.2**

车间底漆	等级	试验条件	验收要求
	I-12	在海洋性气候环境中曝晒 12 个月	

含锌粉车间底漆	I-6	在海洋性气候环境中曝晒 6 个月	生锈不大于 1 级
	I-3	在海洋性气候环境中曝晒 3 个月	
不含锌粉车间底漆	II	在海洋性气候环境中曝晒 3 个月	生锈不大于 1 级

- (6) 焊接与切割：可参考“船用车间底漆的焊接与切割试验”（见本指南附录 1）编写试验大纲，本社监督试板制备、确认试验单位焊接质量、见证机械性能试验，在焊接、切割、火工校正时漆膜受热破坏的面积（热影响区）应较小，切割速度的减慢不应超过 15%。

### 5.1.3 船用水性车间底漆还应满足以下试验项目和结果要求：

- (1) 闪锈抑制性：按产品要求施涂一道，干膜厚度为 15-20  $\mu\text{m}$ ，样板制备后并养护 24h，试验养护环境应符合 GB/T 9278 规定的温度和湿度，然后目视检查（即观察）涂膜表面有无透锈；之后立即将试板浸泡在 甲乙酮（或二甲苯：丁醇（体积比）=3：1）溶剂中去除漆膜（必要时可用木质工具），观察底材上是否有锈点；若漆膜表面无透锈、底材上也无锈点，则表明闪锈抑制性合格，评定为“正常”，否则评定为“不合格”；应为“正常”。
- (2) 早期耐水性：按产品要求施涂一道，干膜厚度为 15-20  $\mu\text{m}$ ，样板制备后并养护 24h，试验养护环境应符合 GB/T 9278 规定的温度和湿度；将样板的涂层的一半浸入蒸馏水中 3h，然后取出试板进行目视观察；如浸泡区域未出现起泡、生锈、开裂和剥落等漆膜病态现象，而且试板在标准条件下恢复 2h 后浸泡区域与未浸泡区域相比未观察到明显变色，则认为“无异常”；应为“无异常”。
- (3) 冻融稳定性：按 GB/T 9268 中的 A 法进行，仅测试含水组分，试验循环次数为 3 次；应为“不变质”。
- (4) 挥发性有机化合物（VOC）含量：按 GB 30981 进行，限量值应满足国家相关标准要求。

## 5.2 船体防锈漆、船体连接漆

5.2.1 船体防锈漆体系可以是多道的单一防锈漆产品，也可以由防锈底漆和防锈面漆组成的体系，按防锈漆的成膜机理分为双组分油漆—(I型)—和单组分溶剂挥发型油漆—(II型)—。连接漆通常是单一的油漆产品。

## 5.2.2 船体防锈漆、船体连接漆的技术性能:

- (1) 不挥发物体积分数: 按 GB/T9272 进行, 符合产品技术要求。
- (2) 挥发性有机化合物 (VOC) 含量: 按照 GB/T 23985 或 GB/T 23986 的方法进行, 船体防锈漆限量值应 $\leq$ 550g/L, 船体连接漆限量值应 $\leq$ 500g/L。
- (3) 密度: 按 GB/T6750 进行, 符合产品技术要求。
- (4) 漆膜颜色及外观: 颜色按 GB/T 9761 进行, 外观按 GB/T 1727—2021 中 6.5 条进行。结果按 GB/T9761 进行,符合产品技术要求。
- (5) 黏度: 按 GB/T17232794 或 GB/T9269 或 GB/T9751.1 或按产品规定的测试方法进行, 符合产品技术要求。
- (6) ~~闪点: 按 GB/T5208 进行, 符合产品技术要求。~~
- ~~(7)~~干燥时间: 按 GB/T 1728 进行, 表干, 不大于 4h 符合产品技术要求; 实干, 不大于 24h。

## 5.2.3 船体防锈漆体系的涂层性能:

- (1) 附着力~~(II 型沥青系除外)~~: 船体防锈漆体系与基体材料的附着力, 按 GB/T5210 方法, 含单组分产品不小于 33.0MPa; 不含单组分产品不小于 5.0MPa。
- (2) 耐浸泡性~~(II 型沥青系除外)~~: 按 GB/T 10834—2008 的规定进行。将 3 块试板全部浸入试验溶液中。试验溶液为符合 GB 3097—1997 中第一类经过滤的天然海水或符合 GB/T 10834—2008 规定的人造海水。试验温度为 (27 $\pm$ 6) °C。浸泡 140 d 后, 在 GB/T 37356 中规定的自然日光或人造日光下目视观察并按 GB/T 1766—2008 的规定评价漆膜生锈、起泡的情况。如漆膜锈点数量等级不超过 1 级、锈点大小等级不超过 S2 级、起泡密度等级不超过 2 级、起泡大小等级不超过 S3 级, 则用软布和自来水擦洗试板, 干燥后用 P100 金刚砂布打磨试板中心向上的二分之一区域。打磨区域清洗、干燥后, 重新施涂防锈漆体系面漆一道, 并封闭试板边缘。在 GB/T 9278 规定的条件下放置 7 d 后, 将试板放入试验槽中继续进行 35 d 浸泡试验。试验结束后, 在 GB/T

37356 中规定的自然日光或人造日光下目视观察重涂区域漆膜起泡、剥落的情况。同时,按(1)的规定,分别在试板重涂区域及非重涂区域进行附着力测试。如至少有 2 块试板未出现起泡、剥落等漆膜缺陷且重涂区域附着力不小于未重涂区域附着力的 50%,则耐浸泡性评为“通过”。如浸泡 140 d 后,漆膜锈点数量等级超过 1 级、锈点大小等级超过 S2 级、起泡密度等级超过 2 级、起泡大小等级超过 S3 级,或重涂后经 35 d 浸泡,重涂区域出现起泡、剥落等漆膜缺陷,按 GB/T 1766—2008 进行描述。按 GB/T10834 制备试样,结果按照 GB/T 1766 方法评定。浸泡试验的前 10 个周期(70 d)起泡不超过 1(S2)级或其他表面缺陷,但增长速率很慢或不明显,可以不计在内。浸泡 20 周期(140d)结束后,漆膜生锈不超过 1(S2)级,起泡不超过 2(S3)级,外观颜色变化不超过 1 级。浸泡后重涂面防锈漆体系附着力应不小于未重涂面附着力的 50%。

- (3) 抗起泡性(适用于双组分防锈漆):按 GB/T 10834—2008 的规定进行。试板数量为 3 块。试验溶液为符合 GB 3097—1997 中第一类经过滤的天然海水或符合 GB/T 10834—2008 规定的人造海水。第一个周期试验温度为(88±3) °C,试验时间为 14 d。试验结束后,在 GB/T 37356 中规定的自然日光或人造日光下目视观察,如漆膜未起泡(试板边缘 6 mm 范围内的起泡忽略不计),则用软布和自来水擦洗试板,干燥后用 P100 金刚砂布打磨试板。打磨区域清洗、干燥后,施涂防锈漆体系面漆一道,并封闭试板边缘。在 GB/T 9278 规定的条件下放置 7 d 后,进行第二个周期试验,试验温度为(38±2) °C,试验时间为 14 d。试验结束后,在 GB/T 37356 中规定的自然日光或人造日光下目视观察,如至少有 2 块试板漆膜未起泡(试板边缘 6 mm 范围内的起泡忽略不计),则抗起泡性评为“不起泡”。如出现起泡现象,按 GB/T 1766—2008 进行描述。

制板和盐水溶液按 GB/T10834 进行,第 1 个周期试验温度 88°C±3°C,条件保持 14d。取出样板,洗涤、干燥,然后用金刚砂布(100#)手工轻磨每块样板其中的一面,对磨面再清洗、干燥,再涂面漆一道,干燥 7d 后,进行第 2 周期试验,样板浸入 38°C±2°C 盐水或天然海水中 14d。取出样板,检查并记录起泡程度(边缘向内 6mm 不计),防锈漆体系经热盐水浸泡试验,不应出现起泡。

- (4) 耐阴极剥离性:按 GB/T 7790—2008 中方法 B 的规定进行。制备 3 块

带有阴极保护的试板，人造漏涂孔直径为 6 mm，试验时间为 182 d。试验后在人造漏涂孔边缘用锋利的小刀划刻，制作 4 条透过漆膜直达基材的等间距“米”字形切线（交叉于人造漏涂孔），长度至少为 30 mm，用刀尖尽可能地挑起并剥离人造漏涂孔周围的漆膜，以评估人造漏涂孔处漆膜附着力的降低情况。沿 8 条射线测量被剥离漆膜距人造漏涂孔外缘的剥离宽度，计算每块试板的平均剥离宽度，结果以平均剥离宽度较小的 2 块试板的平均值表示。结果不大于 8.0mm。按 GB/T7790 的方法进行，防锈漆体系应与船舶的阴极保护方法相适应，采用锌阳极，试验时间 182d。试验后被剥离涂层距人造漏涂孔外缘的平均距离应不大于 8mm，即在整个人造漏涂孔周围被剥离涂层的计算等效圆直径为 19mm 范围内。如防锈漆体系与配套的防污漆一同进行耐阴极保护性试验，不再单独做防锈漆的耐阴极剥离性试验。

### 5.3 船体防污漆

5.3.1 船体防污漆应能抑制海生物的附着但不应对非目标生物或人类健康有过度潜在不利影响，防污漆按防污机理分为 I 型：含有生物杀伤剂的自抛光型或磨蚀型防污漆；II 型：含有生物杀伤剂的非自抛光型或非磨蚀型防污漆；III 型：含有生物杀伤剂的污损脱附型防污漆；IV 型：不含生物杀伤剂的污损脱附型防污漆；V 型：不含生物杀伤剂的自抛光型、磨蚀型或其他类型（污损脱附型除外）防污漆。按防污剂的化学组成分为 A 类：铜和铜化合物；B 类：不含铜和铜化合物；C 类：其他。按防污漆体系的使用期效分短期效、中期效和长期效。

#### 5.3.2 船体防污漆的防污剂（防污活性物质）的技术要求

- (1) 船体防污漆使用的防污剂不得使用有机锡防污剂（TBT）、滴滴涕（DDT）、西布曲尼（Cybutryne, CAS No. 28159-98-0, 商品名：Irgarol 1051）及国家有关部门禁用的化学物质，试验项目及结果要求如下：
  - ① 有机锡（TBT）：按“船体防污漆的总锡量和有机锡含量测定方法”（见本指南附录 2）进行检测，当锡总含量小于 2500mg/kg 干油漆样品（允差范围为±500mg/kg 干油漆样品）时，可判定为未添加有机锡作为防污剂。

- ② 滴滴涕 (DDT)：按照 GB/T 25011 方法检测到的 DDT 含量 $\leq 1000$  mg/kg，可判定为未添加 DDT 作为防污剂。
- ③ 西布曲尼：按照 MEPC.331 (76) AFS 公约修正案要求，[测试的西布曲尼含量 \$\leq 200\$  mg/kg,可判定为未添加西布曲尼作为防污剂](#)  
[防污剂不得使用西布曲尼。](#)

- (2) 船体防污漆使用的防污活性物质应经环境风险评估证明不会对环境  
和生物造成高关注风险的影响。

所有申请认可的防污漆，应对其使用的防污活性物质按照基于 AFS 公约附则 2、附则 3 及 ISO 13073-1 的评估方法进行评估。本指南附录 3“防污漆中防污活性物质的环境风险评估方法”给出了如何进行环境风险评估的指导。

本指南附录 4“船体防污漆常用防污活性物质清单”给出了常见的用于防污漆的防污活性物质，使用表中防污活性物质作为防污剂的防污漆，在现阶段申请认可时可暂免于进行环境风险评估，但不排除未来随着技术进展和进一步的发现而要求进行进一步评估的可能性。该清单并不意味着本社推荐使用这些防污活性物质作为防污漆的防污剂，特别是对于清单中表 4.2 的防污活性物质建议谨慎使用。

- (3) 防污漆中防污剂的含量建议使用量不超过经环境风险评估后的建议值，防污剂含量测定和要求如下：

- ① 铜类（铜和铜化合物）防污剂：进行铜总量的测定，[按 GB/T 6822 附录 E“船舶防污漆铜总量测定法—火焰原子吸收光谱法”进行，按 GB/T 31409 的规定进行。](#)结果符合产品技术要求。
- ② 其它各类防污剂：符合产品技术要求。

### 5.3.3 船体防污漆的技术性能要求

- (1) 不挥发物体积分数：按 GB/T 9272 进行，符合产品技术要求。
- (2) 挥发性有机化合物 (VOC) 含量：按照 GB/T 23985 或 GB/T 23986 的方法进行，I 型和 II 型限量值应 $\leq 500$ g/L，III 型限量值应 $\leq 450$ g/L。

- (3) 密度：按 GB/T6750 进行，符合产品技术要求。
- (4) 颜色：按 GB/T9761 进行，符合产品技术要求。
- (5) 黏度：按 GB/T1723 或 GB/T9269 或 GB/T9751.1 或按产品规定的测试方法进行，符合产品技术要求。
- ~~(6) 闪点：按 GB/T5208 进行，符合产品技术要求。~~
- (7) 干燥时间：按 GB/T 1728 进行，表干，不大于符合产品技术要求 4h；实干，不大于 24h。

#### 5.3.4 船体防污漆体系的涂层性能要求

##### (1) 防污性能：

- ① 浅海浸泡性(仅适用于 I 型、II 型和 III 型和 V 型防污漆)：按 GB/T 5370 的规定进行。采用 I 型、II 型和 III 型防污漆的防污防锈漆体系试验周期为：短期效、中期效、长期效分别进行 1 个、2 个和 3 个海生物生长旺季浅海浸泡；采用 V 型防污漆产品的防污防锈漆体系试验周期为：短期效、中期效、长期效均进行 1 个海生物生长旺季浅海浸泡。试验结束后，分别对每块试板的防污性及漆膜物理状态进行评定，结果以 3 块试板所有评定结果中最低的百分评定值表示。试板边缘 20 mm 范围内不计入评定面积。按 GB/T5370 防污漆样板浅海浸泡试验方法进行，符合浅海浸泡性要求（见表 5.3.4.1）。

船体防污漆浅海浸泡性要求表表 5.3.4.1

船体防污漆体系	使用期	试验周期	验收要求指标
短期效防污漆	三年以下	一个海生物生长旺季	至少半年检查评级一次，防污涂层应无剥落和片落评分不小于 85 分。
中期效防污漆	三年和三年以上，五年以下	二个海生物生长旺季（采用 I 型、II 型和 III 型防污漆的防污防锈漆体系）；一个海生物生长旺季（采用 V 型防污漆产品的防污防锈漆体系）	
长期效防污漆	五年和五年以上	三个海生物生长旺季（采用 I 型、II 型和 III 型防污漆的防污防锈漆体系）；一个海生物生长旺季（采用 V 型防污漆产品的防污防锈漆体系）	

- ② 防污涂层抛光（磨蚀）性（仅适用于I型和V型中自抛光型或磨蚀型防污漆）：按 GB/T31411 进行，采用转鼓动态模拟试验装置进行测试。调整试板线速度为 $(33.3\pm 0.9)$  km/h [ $(18.0\pm 0.5)$  n mile/h]，转鼓连续运转 9 d，再将试板转移到海水中浸泡 21 d，此为一个试验周期。连续进行 5 个周期试验，每个试验周期结束后均测定磨蚀率，结果以 5 次磨蚀率数值的平均值表示。I 型防污漆防污涂层的抛光或磨蚀率应与鉴定特征性能相一致，结果应符合产品技术要求。该要求不适用于 II 型和 III 型防污漆。
- ③ 动态模拟试验：按 GB/T 7789 的规定进行。采用 I 型、II 型和 V 型防污漆的防污防锈漆体系按 GB/T 7789 规定的试验程序进行。采用 III 型和 IV 型防污漆的防污防锈漆体系试验程序为：先将试板放入试验浮筏进行浅海浸泡试验 10 d~60 d（浸泡时间根据产品技术要求确定，并在试验结果中注明产品适用的最长静态浸泡试验时间），检查试样表面的硬壳污损生物（藤壶、牡蛎、硬壳苔藓虫和盘管虫等）覆盖面积和其他类型的污损生物，并记录拍照；然后将试板转移到动态试验装置上，调整试板表面的线速度为 $(33.3\pm 0.9)$  km/h [ $(18.0\pm 0.5)$  n mile/h]，试板连续运转 3 d 后停止试验，检查试板表面保留的硬壳污损生物覆盖面积并记录拍照，此为一个试验周期。动态模拟试验要求见表 5.3.4.2。按照 GB/T 7789 方法要求进行，其中 I 型和 II 型防污漆的试验程序按照 GB/T 7789 的第 4.3 节试验程序要求，III 型防污漆的试验程序是先将试样放入试验浮筏进行防污漆浅海浸泡试验 10 天到 2 个月（根据产品技术要求确定，并在检验结果中注明适用的最长的海港静态浸泡时间），检查试样表面的硬壳污损生物（藤壶、硬壳苔藓虫、盘管虫等）覆盖面积和其他类型的污损生物，并记录拍照；然后将样板移到动态试验装置，调整试样表面的线速度为 $(18\pm 2)$  knot(简称 Kn)，试样连续运转相当于航行 $(4000\pm 50)$ 海里（n mile），检查试样表面保留的硬壳污损生物（藤壶、硬壳苔藓虫、盘管虫等）覆盖面积并记录拍照，依此作为动态试验的一个周期。动态模拟试验要求见表 5.3.4.2。

船体防污漆动态模拟试验要求表表 5.3.4.2

船体防污漆体系	试验周期	验收要求
短期效防污	3 个试验周期，最后一个周	1) 在每个试验周期结束后检查评级一次，防锈涂

漆体系	期应在海生物生长旺季。	层应无剥落和片落。 2) 试验结束后, 分别对每块试板的防污性及漆膜物理状态进行评定, 结果以 3 块试板所有评定结果中最低的百分评定值表示。试板边缘 6 mm 范围内不计入评定面积。评分不小于 85 分。防污漆的性能按 GB/T 5370 方法评定。在试验结束时, I 型和 II 型防污漆应符合 GB/T 5370 的要求; III 型防污漆的试验样板的硬壳污损生物(藤壶、硬壳苔藓虫、盘管虫等)覆盖面积应不大于 25% (注明适用的最长的海港静态浸泡时间)
中期效防污漆体系	5 个试验周期, 最后一个周期应在海生物生长旺季。	
长期效防污漆体系	8 个试验周期, 最后一个周期应在海生物生长旺季。	

## 5.4 阳极屏涂料

### 5.4.1 阳极屏涂料试验项目和结果要求如下:

- (1) 颜色外观: 自然光下目测, 光滑均匀。
- (2) 密度: 按 GB/T6750 进行, 1.2~1.4g/mL。
- (3) 干燥时间: 按 GB/T1728 进行, 23±2°C, 表干, 不大于 4h; 实干, 不大于 24h。
- (4) 附着力: 按 GB/T5210 进行, 不小于 10MPa。
- (5) 耐冲击试验: ASTM D2794 进行, 耐冲击值不小于 0.408Kg·m。
- (6) 耐盐雾性: 按 GB/T1771 进行, 1000h, 漆膜不起泡、不脱落、不生锈。
- (7) 耐电位试验: 按 GB/T7788 附录 A 进行, 试验电位为(-3.5±0.02)V(相对于银/氯化银参比电极), 30d, 漆膜不起泡、不脱落、不生锈。

## 5.5 船用防锈漆

5.5.1 船用防锈漆的干燥时间、柔韧性试验用底材为马口铁板, 耐盐雾性、耐盐水性试验用底材为钢板, 附着力试验用底材为钢板或金属试柱, 试验项目和结果要求如下:

- (1) 不挥发物含量(固体含量): 按 GB/T1725 进行, 符合产品技术要求。
- (2) 密度: 按 GB/T6750 进行, 符合产品技术要求。

- (3) 粘度：按 GB/T1723 或 GB/T9269 或 GB/T9751.1 或商定方法进行，符合产品技术要求。
- (4) 闪点：按 GB/T5208 进行，符合产品技术要求。
- (5) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，涂装一道，漆膜厚度为 20 $\mu$ m-26 $\mu$ m，表干，符合产品技术要求；实干，不大于 24h。
- (6) 附着力：按 GB/T5210 进行，涂装一道，漆膜厚度为 40 $\mu$ m-70 $\mu$ m，单组分油漆，不小于 3MPa；双组分油漆，不小于 5MPa。
- (7) 柔韧性：按 GB/T1731 进行，涂装一道，漆膜厚度为 20 $\mu$ m-26 $\mu$ m，柔韧性不大于 2mm。
- (8) 耐盐水性：按 GB/T10834 进行，可单道涂装，也可多道涂装，每道间隔 24h，干膜总厚度为 100 $\mu$ m-150 $\mu$ m，27 $\pm$ 6 $^{\circ}$ C，涂层浸 96h 漆膜无剥落、起泡和锈点，允许颜色轻微变浅、失光。
- (9) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，可单道涂装，也可多道涂装，每道间隔 24h，干膜总厚度为 100 $\mu$ m-150 $\mu$ m，单组分油漆，168h；双组分油漆，336h，漆膜无起泡、无脱落、不锈蚀。
- (10) 对面漆的适应性：按 GB/T1727 进行。选用相应配套的面漆，先涂刷一道船用防锈漆，按产品技术要求干燥后，涂刷一道面漆，在涂刷时观察涂刷性。待面漆干燥 24h 后，观察漆膜表面，如无缩孔、裂纹、针眼、起泡、剥落、咬底和渗色等现象，则判定为无不良现象。

#### 5.5.2 船用水性防锈漆还应满足以下试验项目和结果要求：

- (1) 闪锈抑制性：按产品要求施涂一道，干膜厚度为 23 $\pm$ 3  $\mu$ m，将试板放置 24h 后目视检查（即观察）涂膜表面有无透锈。之后立即将试板浸泡在甲乙酮（或二甲苯：丁醇（体积比）=3：1）溶剂中去除漆膜（必要时可用木质工具），观察底材上有无锈点。若漆膜表面无透锈、底材上也无锈点，则表明闪锈抑制性合格，评定为“正常”，否则评定为“不合格”。应为“正常”。
- (2) 早期耐水性：按产品要求施涂一道，干膜厚度为 23 $\pm$ 3  $\mu$ m，样板制备后并养护 24h，将样板的涂层的一半浸入蒸馏水中 5h，然后取出试

板进行目视观察。如浸泡区域未出现起泡、生锈、开裂和剥落等漆膜病态现象，而且试板在标准条件下恢复 2h 后浸泡区域与未浸泡区域相比未观察到明显变色，则认为“无异常”。应为“无异常”。

- (3) 冻融稳定性：按 GB/T 9268 中的 A 法进行，仅测试含水组分，试验循环次数为 3 次；应为“不变质”。
- (4) 挥发性有机化合物（VOC）含量：按 GB 30981 进行，限量值应满足国家相关标准要求。

## 5.6 船用水线漆

5.6.1 船用水线漆性能和测试方法均指水线漆与船用防锈漆的配套系统。除另有规定外，所有试板制板后在 GB/T9278 规定条件下放置 7d 后进行，试验项目和结果要求如下：

- (1) 漆膜外观：样板在散射日光下目视观察，如果涂膜均匀，无流挂、发花、针孔、开裂和剥落等涂膜病态，则为正常。
- (2) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，表干，不大于 4h；实干，不大于 24h。
- (3) 耐冲击性：按 GB/T20624.1 进行，采用直径为  $20\pm 0.3\text{mm}$  的球形冲头，重锤质量为 1kg，不安装深度控制环，调整重锤自 500mm 处落下，如在冲击的变形区域内无漆膜脱落和开裂，则该冲击点通过。试验两块试板，每块板上冲击 5 个点，如其中有一块试板上有 3 个点及以上无漆膜脱落和开裂，则该试验项目通过。
- (4) 附着力：按 GB/T5210 进行，不低于 3MPa。
- (5) 耐盐水性：按 GB/T10834 进行，天然海水或人造海水， $27\pm 6^\circ\text{C}$ ，7d，漆膜不起泡、不生锈、不脱落。
- (6) 耐油性：按 GB/T9274 进行，浸于 15W-40 号柴油机润滑油中 48h，漆膜不起泡、不脱落。
- (7) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，单组分漆 400h，双组分漆 1000h，漆膜不起泡、不脱落、不生锈。

- (8) 耐人工气候老化性: 紫外老化按 GB/T14522 进行, 辐照度为  $0.68\text{W}/\text{m}^2$ , 紫外 UVB-313: 200h 或商定; 或, 氙灯老化按 GB/T1865 进行 300h 或商定, 漆膜颜色变色不超过 4 级, 粉化不超过 2 级 (环氧类漆可商定), 裂纹 0 级。
- (9) 耐候性: 按 GB/T9276 进行, 结果评定按 GB/T1766 进行, 经海洋大气曝晒 12 个月, 漆膜颜色变化不超过 4 级, 粉化不超过 2 级 (环氧类漆可商定), 裂纹 0 级。
- (10) 耐划水性: 按 GB/T9260 附录 A 进行, 2 周期, 漆膜不起泡、不脱落。

## 5.7 船壳漆

5.7.1 船壳漆应能和船用车间底漆及防锈漆配套, 下述试验样板干膜厚度底漆控制在  $(50\pm 10)\mu\text{m}$ , 船壳漆控制在  $(60\pm 10)\mu\text{m}$ , 总干膜厚度控制在  $(100\pm 10)\mu\text{m}$ , 除另有规定外, 所有试板制板后在 GB/T9278 规定条件下放置 7d 后进行, 试验项目和结果要求如下:

- (1) 漆膜外观: 样板在散射日光下目视观察, 如果涂膜均匀, 无流挂、发花、针孔、开裂和剥落等涂膜病态, 则为正常。
- (2) 细度: 按 GB/T1724 进行, 不大于  $40\mu\text{m}$ 。
- (3) 不挥发物含量 (固体含量): 按 GB/T1725 进行, 双组分漆按产品配比混合均匀后测定, 不挥发物质量分数不小于 50%。
- (4) 干燥时间: 按 GB/T1728 进行, 表干, 不大于 4h; 实干, 不大于 24h。
- (5) 耐冲击性: 按 GB/T20624.1 进行, 采用直径为  $20\pm 0.3\text{mm}$  的球形冲头, 重锤质量为 1kg, 不安装深度控制环, 调整重锤自 500mm 处落下, 如在冲击的变形区域内无漆膜脱落和开裂, 则该冲击点通过。试验两块试板, 每块板上冲击 5 个点, 如其中有一块试板上有 3 个点及以上无漆膜脱落和开裂, 则该试验通过。
- (6) 柔韧性: 按 GB/T1731 进行, 不大于 1mm。
- (7) 光泽: 按 GB/T9754 进行, 符合产品技术要求。

- (8) 附着力：按 GB/T5210 进行，不低于 3MPa。
- (9) 耐盐水性：按 GB/T10834 进行，天然海水或人造海水， $27\pm 6^{\circ}\text{C}$ ，48h，漆膜不起泡、不生锈、不脱落。
- (10) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，单组分漆 400h，双组分漆 1000h，漆膜不起泡、不脱落、不生锈。
- (11) 耐人工气候老化性：紫外老化按 GB/T14522 进行，辐照度为  $0.68\text{W}/\text{m}^2$ ，紫外 UVB-313：300h 或商定；或，氙灯老化按 GB/T1865 进行 500h 或商定，漆膜颜色变色不超过 4 级，粉化不超过 2 级（环氧类漆可商定），裂纹 0 级。
- (12) 耐候性：按 GB/T9276 进行，结果评定按 GB/T1766 进行，经海洋大气曝晒 12 个月，漆膜颜色变色不超过 4 级，粉化不超过 2 级（环氧类漆可商定），裂纹 0 级。

#### 5.7.2 船用水性船壳漆还应满足以下试验项目和结果要求：

- (1) 早期耐水性：钢板上预涂 1 道配套底漆，干膜厚度为  $23\pm 3\mu\text{m}$ ，干燥 168h，再施涂船壳漆，干膜厚度为  $23\pm 3\mu\text{m}$ ，样板制备后并养护 24h，将样板的涂层的一半浸入蒸馏水中 5h，然后取出试板进行目视观察。如浸泡区域未出现起泡、生锈、开裂和剥落等漆膜病态现象，而且试板在标准条件下恢复 2h 后浸泡区域与未浸泡区域相比未观察到明显变色，则认为“无异常”。应为“无异常”。
- (2) 冻融稳定性：按 GB/T 9268 中的 A 法进行，仅测试含水组分，试验循环次数为 3 次；应为“不变质”。
- (3) 挥发性有机化合物(VOC)含量：按 GB 30981 进行，限量值应满足国家相关标准要求。

## 5.8 甲板漆

5.8.1 甲板漆系统分为通用型系统和防滑型系统，以下所述涂料性能和测试方法均指甲板漆配套系统，干膜厚度底漆控制在  $(50\pm 10)\mu\text{m}$ ，甲板漆控制在  $(60\pm 10)\mu\text{m}$ ，总干膜厚度控制在  $(100\pm 10)\mu\text{m}$ ，除另有规定外，所有试板制板后在 GB/T9278 规定

条件下放置 7d 后进行，试验项目和结果要求如下：

- (1) 漆膜外观：样板在散射日光下目视观察，如果涂膜均匀，无流挂、发花、针孔、开裂和剥落等涂膜病态，则为正常。
- (2) 不挥发物含量（固体含量）：按 GB/T1725 进行，双组分漆按产品配比混合均匀后测定，不挥发物质量分数不小于 50%。
- (3) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，表干，不大于 4h；实干，不大于 24h。
- (4) 耐冲击性：按 GB/T20624.1 进行，采用直径为  $20\pm 0.3\text{mm}$  的球形冲头，重锤质量为 1kg，不安装深度控制环，调整重锤自 500mm 处落下，如在冲击的变形区域内无漆膜脱落和开裂，则该冲击点通过。试验两块试板，每块板上冲击 5 个点，如其中有一块试板上有 3 个点及以上无漆膜脱落和开裂，则该试验通过。
- (5) 附着力：按 GB/T5210 进行，不低于 3MPa。
- (6) 耐磨性：按 GB/T1768 进行，所用橡胶砂轮的型号为 CS-10，500 克 500 转失重不大于 100mg。
- (7) 耐盐水性：按 GB/T10834 进行，天然海水或人造海水， $27\pm 6^\circ\text{C}$ ，48h，漆膜不起泡、不生锈、不脱落。
- (8) 耐油性：按 GB/T9274 进行，介质为 0#柴油，48h，漆膜不起泡、不脱落。
- (9) 耐十二烷基苯磺酸钠：按 GB/T9274 进行，介质为 1%的十二烷基苯磺酸钠溶液，48h，漆膜不起泡、不脱落。
- (10) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，单组分漆 400h，双组分漆 1000h，漆膜不起泡、不脱落、不生锈。
- (11) 耐人工气候老化性：紫外老化按 GB/T14522 进行，辐照度为  $0.68\text{W}/\text{m}^2$ ，紫外 UVB-313：300h 或商定；或，氙灯老化按 GB/T1865 进行 500h 或商定，漆膜颜色变色不超过 4 级，粉化不超过 2 级（环氧类漆可商定），裂纹 0 级。

- (12) 耐候性：按 GB/T9276 进行，结果评定按 GB/T1766 进行，经海洋大气曝晒 12 个月，漆膜颜色变色不超过 4 级，粉化不超过 2 级（环氧类漆可商定），裂纹 0 级。
- (13) 防滑性：防滑型甲板漆应测定该漆对橡胶的干态摩擦因数，橡胶应是 60-80(邵 A)硬度范围的硫化橡胶。对试验样板均匀地施加 15Kg 负载，按照 GB/T9263 中 5.2 进行，干态摩擦因子不小于 0.85。

## 5.9 船用货舱漆

5.9.1 船用货舱漆应能与车间底漆、防锈漆及中间层漆配套，完整的货舱漆配套系统应由车间底漆、防锈漆、中间层漆及面漆组成，货油舱漆及化学品舱漆试验项目根据装运货品参考进行。干燥时间、柔韧性试验用底材为马口铁板，耐磨性底材为玻璃板或铝板，耐冲击性、耐盐雾性试验用底材为钢板，附着力试验用底材为金属试柱。除另有规定外，干燥时间、柔韧性、耐冲击性（单组分）三项试验涂装一道，干膜厚度为(20~26) $\mu\text{m}$ ，耐磨性试验涂装两道，每道间隔 24h，干膜厚度(70~80) $\mu\text{m}$ ；附着力试验为底漆、面漆配套后测试，每道间隔 24h，底漆干膜厚度为(35~40) $\mu\text{m}$ ，面漆干膜厚度为(35~40) $\mu\text{m}$ ，总干膜厚度(70~80) $\mu\text{m}$ 。耐盐雾试验为底漆、面漆配套后测试，每道间隔 24h，底漆干膜厚度为(75~100) $\mu\text{m}$ ，面漆干膜厚度为(75~100) $\mu\text{m}$ ，总干膜厚度(150~200) $\mu\text{m}$ 。单组分漆放置 48h 后测试，双组分漆放置 7d 后测试。

### 5.9.2 试验项目和结果要求如下：

- (1) 漆膜外观：样板在散射日光下目视观察，如果涂膜颜色均匀，表面平整，无气泡、缩孔及其它涂膜病态现象，则为正常。
- (2) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，表干，不大于 4h；实干，不大于 24h。
- (3) 附着力：按 GB/T5210 进行，不低于 3MPa。
- (4) 耐磨性：按 GB/T1768 进行，所用橡胶砂轮的型号为 CS-10，500 克 500 转失重不超过 100mg。
- (5) 柔韧性：按 GB/T1731 进行，不大于 3mm(适用于单组分漆)。
- (6) 耐冲击性：按 GB/T1732 进行，不小于 40cm。

- (7) 耐盐雾：按 GB/T1771 进行，结果评定按 GB/T1766 进行，单组分漆 500h 无剥落，允许变色不大于 3 级，起泡 1(S2)，生锈 1(S3)，双组分漆 1000h 无剥落，允许变色不大于 3 级，起泡 1(S1)，生锈 1(S1)。
- (8) 卫生要求：装载散装谷物食品的货舱漆应对货品不产生污染，对人体不产生危害，持有国家认可试验机构的卫生检测报告。在冷藏货舱的油漆涂层应不致释放会引起货物污染或腐蚀变质的气味。

## 5.10 舱室内部用饰面涂料

### 5.10.1 舱室内部用饰面涂料应满足以下试验项目和结果要求：

- (1) 外露表面使用的油漆、清漆及其它饰面涂料应不致产生过量烟及毒性产物，符合1974 年SOLAS 公约及其修正案第II-2章第3，5，6 条和 IMO 2010年FTP规则第2部分和第5部分。
- (2) 细度、外观及颜色：细度按GB/T1724 进行，[目测](#)外观及颜色[按目测进行](#)，符合产品技术要求。
- (3) 有机物含量：[按试验方法按照](#)IMO 2010年FTP规则第1部分[3.8条](#)进行，符合产品技术要求。

### 5.10.2 水性舱室内部用饰面涂料还应满足以下试验项目和结果要求：

- (1) 防霉性能：按GB/T 1741 进行，应不大于1 级。
- (2) 冻融稳定性：按GB/T 9268 中的A 法进行，仅测试含水组分，试验循环次数为3次；应为“不变质”。
- (3) 挥发性有机化合物（VOC）含量：按 GB 30981 进行，限量值应满足国家相关标准要求。

## 5.11 船用饮水舱漆

5.11.1 船用饮水舱漆应对人体安全无害，并注意不得与含铅、铬等有毒材料的车间底漆相配套。

5.11.2 饮水舱漆系统的组成由制造厂确定，以下规定的涂料性能、测试方法等均指饮水舱漆配套系统，试验项目和结果要求如下：

- (1) 细度：按 GB/T1724 进行，不大于 70 $\mu$ m。
- (2) 附着力：按 GB/T5210 进行，涂层与底材及涂层之间附着力不得低于 3MPa，漆膜制备按符合产品技术要求。
- (3) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，表干，不大于 4h；实干，不大于 24h。
- (4) 柔韧性：按 GB/T1731 进行，不大于 5mm。
- (5) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，涂层经过连续 600h 盐雾试验后，无起泡、无脱落、无生锈。
- (6) 耐水性：按 GB/T1733 进行，经过 25 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C 蒸馏水浸泡 700h 后，不得出现起泡、生锈及剥落现象。
- (7) 卫生要求：应存有[国家认可试验机构](#)[国家权威机构](#)的卫生检测报告。按 GB5369 附录 A 进行，浸泡水的水质除符合生活饮用水卫生标准的规定外，还应根据涂料成分检验水中溶出物，并对浸泡水和涂层中溶出的有毒物质进行毒理学实验，以确保涂层对人体安全无害。
- (8) 不挥发物含量（固体含量）：按 GB/T1725 进行，不小于 70%。

## 5.12 船舶压载舱涂料

5.12.1 船舶压载舱涂层的目标使用寿命为 15 年，产品按基料和固化剂组分分为环氧涂层体系和非环氧基涂层体系。

### 5.12.2 单独的船舶压载舱涂料：

不挥发物含量（按 GB/T1725 进行）、密度（按 GB/T6750 进行）、基料和固化剂组分鉴定（按 GB/T6040 进行）：符合产品技术要求。

### 5.12.3 完整的船舶压载舱涂层系统：

(1) 完整的船舶压载舱涂层系统试验项目和结果要求如下：

- ① 外观与颜色：漆膜平整，多道涂层系统，每道涂层的颜色要有对比，面涂层应为浅色。

- ② 名义干膜厚度：按 GB/T13452.2 进行。环氧基涂层体系涂层在 90/10 规则下达到 320 $\mu\text{m}$ ，非环氧基涂层体系符合产品技术要求。样板的平均干膜厚度不应超过标称值的 15%。
- ③ 模拟压载舱条件试验：试验条件和要求按附录 5“船舶压载舱涂料的模拟压载舱条件试验”进行。
- ④ 冷凝舱试验：试验条件和要求按附录 6“船舶压载舱涂料的冷凝舱试验”进行。
- ⑤ 与车间底漆的兼容性：模拟压载舱条件试验和冷凝舱试验带有车间底漆进行，合格后，认可证书中明确描述配套的车间底漆和压载舱涂层，该车间底漆应为本社认可品种。模拟压载舱条件试验和冷凝舱试验也可在经处理的裸钢板上不与车间底漆一起进行试验，合格后，认可证书将注明只允许在经处理的裸钢板上使用。

如果一种车间底漆作为压载舱涂层系统的一部分已通过模拟压载舱条件试验和冷凝舱试验，该底漆可和其他的通过模拟压载舱条件试验和冷凝舱试验的环氧涂层组合使用，只要该底漆的兼容性得到主涂层供应商的确认，并通过附录 5 第 1.7 段所述的无浪运动条件下的试验（称为“交叉试验”）。

- (2) 当涂料满足下列两种情况时，可作为替代 5.12.3(1)的方案，同时在证书上注明所采用的替代方案。根据未来情况，本社有可能会不再接受第二种替代方案。由此有可能会该认可证书的失效或要求制造厂重新按 5.12.3(1)要求进行试验。

- ① 五年现场暴露核查按下列要求进行：
  - (a) 应对涂料制造厂的记录进行检查，以确认涂层系统经历了 5 年现场暴露。
  - (b) 应对选定船舶的所有压载舱(由涂料制造厂和本社)进行联合检验，以验证其符合 a 款和 e 款的要求。涂料制造厂代表应至少要有 2 年涂层检验经历并具有 NACE-II 或 FROSIO-III 或主管机关承认的同等资格的检查员资格。

- (c) 选定的船舶的压载舱应是正常使用的舱，其中：至少有一个舱的容积约为 2000m<sup>3</sup>；至少有一个舱与受热液舱相邻；以及至少有一个舱在暴露于阳光的甲板下。
  - (d) 如果选定的船舶不满足上述 c 款的要求，则应在认可证书上作出明确的限制。例如，相应的涂料不能用于与加热液舱相邻的舱或甲板下的舱或容积大于受检尺寸的舱。
  - (e) 所有压载舱均应处于“良好”状况，并且在之前 5 年中没有对涂层进行修补或修理。“良好”状况的定义为：仅有小的点状锈斑，其分布少于所计及面积的 3%，且无可见的涂层破坏。边缘或焊缝处的锈蚀，其分布须小于所计及面积内的边缘或焊缝的 20%。所计及面积内的涂层状况的报告范例应参照 IACS REC.87 附录 1。如果使用的 NDFT 大于 PSPC 的要求，NDFT 应是建造时使用的最小厚度，这应在认可证书上显著标明。
- ② 现已得到 Marintek B1\*认可的涂料应具有下述条件：这类涂料应按 PSPC 表 1 进行涂装，而不能用进行认可试验时所采用的不同于 PSPC 的涂装条件，除非认可试验的涂装条件比 PSPC 表 1 更严格。

### 5.13 机舱舱底涂料

机舱舱底涂料应能和常用车间底漆配套，试验项目和结果要求如下：

- (1) 细度：按 GB/T1724 进行，不大于 80μm（鳞片涂料除外）。
- (2) 不挥发物含量（固体含量）：按 GB/T1725 进行，不挥发物质量分数不小于 70%。
- (3) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，表干，不大于 8h；实干，不大于 24h。
- (4) 附着力：按 GB/T5210 进行，不低于 3MPa。
- (5) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，经过连续 600h 盐雾试验后，漆膜无起泡，龟裂，剥落，起皱和锈斑等。

- (6) 耐热盐水性：按 GB/T10834 进行， $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，336h 热盐水试验后，漆膜无起泡，龟裂，剥落，起皱和锈斑等。
- (7) 耐柴油性：按 GB/T9274 进行， $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  半年，漆膜无起泡、软化、剥落和锈斑等。

#### 5.14 船用油舱漆

油舱漆的试验项目和结果要求如下：

- (1) 干燥时间：按 GB/T1728 进行，干燥时间试验用底材为马口铁板，表干不大于 6h，实干不大于 24h。
- (2) 涂膜外观：在散射日光下目视观察样板，如果涂膜颜色均匀，表面平整，无气泡、缩孔及其它涂膜病态则评为正常。
- (3) 附着力：按 GB/T5210 进行，附着力试验用底材为金属试柱，不低于 3MPa。
- (4) 耐盐雾性：按 GB/T1771 进行，结果评定按 GB/T1766，涂层经过连续 800h 盐雾试验后，漆膜不起泡、不生锈、不脱落，允许轻微变色。
- (5) 耐盐水性：按 GB/T10834 进行，试验样板在温度为  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  的盐水中浸泡 7d，然后将样板移入温度为  $80\pm 2^{\circ}\text{C}$  的热盐水中浸泡 2h，这样一个过程为一个周期，共进行三个周期，漆膜不起泡、不脱落。
- (6) 耐油性：按 GB/T9274 进行，常温 21d 耐汽油(120#)；耐柴油 (0#)，漆膜不起泡、不脱落、不软化。

#### 5.15 原油油船货油舱漆

5.15.1 原油油船货油舱保护涂层应符合 MSC.288(87)“原油油船货油舱保护涂层性能标准”的要求，目标使用寿命为 15 年。

##### 5.15.2 单独的原油油船货油舱漆：

不挥发物含量（按 GB/T1725 进行）、密度（按 GB/T6750 进行）、基料和固化剂组分鉴定（按 GB/T6040 进行）：符合产品技术要求。

### 5.15.3 原油油船油舱保护涂层:

- (1) 外观与颜色: 多道涂层系统, 每道涂层的颜色要有对比, 表面涂层应为浅色。
- (2) 名义干膜厚度: 按 GB/T13452.2 进行。环氧基涂层体系涂层在 90/10 规则下达到 320 $\mu\text{m}$ , 非环氧基涂层体系符合产品技术要求。
- (3) 模拟装载状态下原油舱蒸汽相的气密柜试验: 试验条件和要求按本指南附录 7“模拟装载货舱的蒸气相的气密柜试验”进行。
- (4) 模拟原油舱装载状态的浸没试验: 试验条件和要求按本指南附录 8“模拟原油舱装载状态的浸没试验”进行。
- (5) 与车间底漆的兼容性: 气密柜试验和浸没试验带有车间底漆进行, 合格后, 认可证书中明确描述配套的车间底漆和货油舱涂层, 该车间底漆应为本社认可品种。气密柜试验和浸没试验也可在经处理的裸钢板上不与车间底漆一起进行试验, 合格后, 认可证书将注明只允许在经处理的裸钢板上使用。

如果一种车间底漆作为原油船货油舱涂层系统的一部分已通过气密柜试验和浸没试验, 该底漆可和其他的通过气密柜试验和浸没试验的环氧涂层组合使用, 只要该底漆的兼容性得到主涂层供应商的确认, 并通过附录 8 的浸没试验或按照“所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷处所保护涂层性能标准”进行了试验。

5.16 所有船舶涂料不得含有石棉成分。

## 6 原材料及零部件

6.1 主要原材料合格供方清单应提供本社备查, 该清单列出影响该产品主要性能的主要原材料(如树脂、固化剂、防污活性物质等)的名称、型号/规格、控制方式及供方的名称。

6.2 纳入合格供方清单的主要原材料涉及变更应报告本社, 制造厂应确保所有当前生产产品和获得认可证书时产品采用相同配方, 否则会导致证书的撤销。

## 7 型式试验

7.1 型式试验应按本社批准的试验大纲进行，试验大纲由通知方与本社协商确定。

7.1.1 试验大纲应明确认可产品的名称、型式试验项目、试验方法和相应的技术指标、技术标准、试验场所、试验不合格时的处理原则。

7.1.2 试验结果应符合本指南要求和/或产品交货验收技术条件/企业标准要求。

7.1.3 试验不合格时的处理原则：当任一项目的试验结果不合格时，可对同一取样样品进行复试，如复试结果不合格，经本社同意，可重新抽样，再进行一次全部规定项目的试验。

7.2 试验样品的选取和制备：

7.2.1 试验样品由本社验船师到制造厂生产线或成品仓库现场监督抽取，并加以标识、封样和记录。样品标识应包括：制造厂名、样品名称、型号及生产批号、生产日期和取样日期、交货产品的总数、取样地点和取样者。

7.2.2 试验样品应按制造厂规定条件及留样管理制度贮存和使用，数量应足够完成全部试验和必要时的复验。若样品用以考核制造厂检测水平时，应将同一取样样品分别送制造厂试验室和本社认可或承认的试验验证机构进行相同项目的试验。

7.2.3 对于需制板后送样的，应在本社验船师的见证下进行制板，并记录以下合适参数：车间底漆、涂层道数、涂装间隔、干膜厚度、稀释剂、湿度、环境温度、钢板温度，制备试板时的涂层干膜厚度应符合相关标准的要求和涂料制造厂建议值，配套系统的组成由涂料制造厂确定。

7.2.4 对于同一制造商在不同的地点制造相同名称的涂料，如制造商可证明其为相同的涂料（包括但不限于通过红外分析和比重测量手段），可以不必要求对每一地点制造的涂料进行单独的形式试验。

7.2.5 冬用型和夏用型涂料被视为不同涂料，除非红外（IR）鉴定和比重（SG）证实两者相同。

7.3 试验场所：

试验样品应送本社认可或承认的试验机构进行型式试验。如制造厂具备齐全、计量有效的检测试验设备和经培训合格的试验人员，经本社同意可在制造厂试验室在本社验船师见证下进行，首次认可或需要对比制造厂和验证试验机构就相同项目进行试验的结果，以评价制造厂在其现有条件下进行有关测试的可靠性时除外。

#### 7.4 型式试验项目：

7.4.1 试验按本社批准的试验大纲进行，试验项目可参考“船舶涂料型式试验项目表”（见表 7.4.1），打 X 者为型式试验项目，试验项目可视具体情况调整。

7.4.2 若产品申请多种用途，型式试验项目则应包括申请用途品种涂料的试验项目。

7.4.3 对于船用水线漆、船壳漆和甲板漆的耐候性试验、船体防污漆的浅海浸泡性试验，如制造厂可提供原始试验报告或使用经历证明，在考核制造厂产品研发应用的质量管理制度的基础上，本社可接受耐人工气候老化性试验结果、防污漆的动态模拟试验结果作为临时发证依据。同时耐候性试验、浅海浸泡性试验还应继续进行，若试验到期时结果不合格，则取消该品种的认可。制造厂应提供在试验结果不合格时对已出厂产品的召回保证。

7.4.4 若制造厂申请减免型式试验项目，应向本社提交评估报告和支撑材料。

船舶涂料型式试验项目表表 7.4.1

序号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	型式试验项目	试验方法采用的标准	船用车间底漆	船体防锈漆，船体连接漆	船体防污漆	阳极屏涂料	船用防锈漆	船用水线漆	船壳漆	甲板漆	船用货舱漆	舱室内部饰面涂料	船用饮水舱漆	船舶压载舱涂料	机舱舱底涂料	船用油舱漆	原油油船货油舱漆

1	涂料细度	GB/T1724							X			X	X		X		
2	干燥时间	GB/T1728	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	
3	不挥发物含量(固体含量)	GB/T1725					X		X	X			X	X	X		X
4	密度	GB/T6750		X	X	X	X							X			X
5	不挥发物体积分数	GB/T9272		X	X												
6	附着力	GB/T1720	X														
		GB/T5210		X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	
7	柔韧性	GB/T1731					X		X		X		X				
8	耐磨性	GB/T1768									X	X					
9	漆膜颜色及外观			X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	X
10	粘度	GB/T1723 或 9269、 9751.1、 <a href="#">2794</a>		X	X		X										
11	耐冲击性	GB/T 20624.1						X	X	X							
		ASTM D2794				X											
		GB/T1732										X					
12	耐盐水性	GB/T10834					X	X	X	X					X	X	
13	耐盐雾性	GB/T1771				X	X	X	X	X	X		X		X	X	
14	耐水性	GB/T1733											X				
15	耐油性	GB/T9274						X		X					X	X	
16	耐候性	GB/T9276	X					X	X	X							

续表 7.4.1

序号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	型式试验项目	试验方法 采用的标准	船用 车间底漆	船体 防锈漆， 船体连接 漆	船体 防污漆	阳极 屏涂 料	船用 防锈 漆	船用 水线 漆	船壳 漆	甲板 漆	船用 货舱 漆	舱室 内部 饰面 涂料	船用 饮水 舱漆	船舶 压载 舱涂 料	机舱 舱底 涂料	船用 油舱 漆	原油 油船 货油 舱漆

17	耐人工气候老化性	GB/T14522 或 GB/T1865							X	X	X							
18	焊接与切割	GB/T6747	X															
19	漆膜厚度	GB/T13452.2	X										X					X
20	不挥发物中金属锌含量	HG/T3668	X															
21	耐划水性	GB/T 9260						X										
22	耐十二烷基苯磺酸钠	GB/T 9274									X							
23	低播焰性、烟气及毒性	IMO 2010 FTP Code Parts 2,5										X						
<del>24</del>	<del>闪点</del>	<del>GB/T 5208</del>		X	X		X											
<del>25</del> <u>4</u>	光泽	GB/T 9764								X								
<del>26</del> <u>5</u>	耐浸泡性	GB/T 10834		X														
<del>27</del> <u>6</u>	抗起泡性	GB/T 10834		X														
<del>28</del> <u>7</u>	耐阴极剥离性	GB/T7790		X														
<del>29</del> <u>8</u>	防污剂（铜）	GB/T31409			X													
<del>30</del> <u>29</u>	浅海浸泡性	GB/T5370			X													
<del>31</del> <u>0</u>	防污涂层抛光性	GB/T31411			X													
<del>32</del> <u>1</u>	动态模拟试验	GB/T7789			X													
<del>33</del> <u>2</u>	对面漆的适用性	GB/T1727						X										
<del>34</del> <u>3</u>	耐电位性能	GB/T7788				X												
<del>35</del> <u>4</u>	防滑性	GB/T9263									X							
<del>36</del> <u>5</u>	卫生要求	GB5369										X		X				
<del>37</del> <u>6</u>	组分鉴定	GB/T6040													X			X
<del>38</del> <u>7</u>	与车间底漆兼容试验	MSC.215(82)													X			X

续表 7.4.1

序号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
----	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

	型式试验项目	试验方法采用的标准	船用车间底漆	船体防锈漆，船体连接漆	船体防污漆	阳极屏涂料	船用防锈漆	船用水线漆	船壳漆	甲板漆	船用货舱漆	舱室内部饰面涂料	船用饮水舱漆	船舶压载舱涂料	机舱舱底涂料	船用油舱漆	原油油船货油舱漆
39 8	模拟压载舱条件试验	MSC.215(82)												X			
40 39	冷凝舱试验	MSC.215(82)												X			
41 0	气密柜试验	MSC.288(87)															X
42 1	浸没试验	MSC.288(87)															X
43 2	有机物含量	IMO 2010 FTP Code Parts 1										X					
44 3	闪锈抑制性 <sup>①</sup>	本指南第 5 条中的相应要求	X				X										
45 4	早期耐水性 <sup>①</sup>	本指南第 5 条中的相应要求	X				X	X									
46 5	冻融稳定性 <sup>①</sup>	GB/T9268 之 A 法	X				X	X				X					
47 6	挥发性有机物含量 <sup>①</sup>	GB 30981	X				X	X				X					
48 7	防霉性能 <sup>①</sup>	GB/T 1741										X					

注：①适用于水性涂料。

## 8 单件/单批检验

8.1 对经认可的涂料产品，本社以定期审核方式确认被认可产品的质量及与初始认可时的一致性，不再进行产品的单件/单批检验和发证，制造厂可凭认可证书副本和制造厂质量证明文件交货。在必要情况下或用户需要产品证书的情况下，经制造厂提交检验申请后按认可时所确认的检验计划对认可产品进行检验发证。

8.2 对未经认可的涂料产品，本社原则上不受理单件/单批检验，除非单件/单批检验经过工艺过程确认、现场监督、工艺记录审查及型式试验项目合格。

## 9 现场审核

9.1 结合认可试验，本社验船师到制造厂有关的部门、车间、试验室和仓库等生产场所进行质量保证体系审核，以：确认产品的制造和相关的控制是按提交文件的规定执行，并符合适用规范的要求；核查申请方认可范围所涉及的实际组织机构和相互关系，以及人力资源；确认用于认可产品制造的主要生产设备的适宜性；确认质量保证体系的符合性、充分性和有效性；见证制造厂对其制造产品的检验和试验操作的符合性、确认建立和实施文件化的采购和供方选择评价的控制程序和制度。对涂料制造厂的要求：

- (1) 制造厂应具备与产品制造要求和质量控制相适应的生产设备和检测设备，具备与环境条件相适宜的试验室、计量室及相应的检测手段，具有经过必要的培训和取得与其承担工作相适应资格的理化操作人员，计量有效的检测设备在品种与精度方面能满足出厂检验要求。
- (2) 除从实验室到全面生产的早期“按比例增加”外，除非经涂层系统发展计划的测试或后续试验证实合理，超出下述 QC 须知所列限制以外的调整不被接受。任何调整须由配方技术中心同意。
- (3) 对于生产过程中预期的配方调整，最大许用限制应由配方技术中心认可，并在 QC 工作程序中明确标明。
- (4) 制造厂的质量控制系统应确保所有当前生产产品和获得认可证书时产品采用相同配方。只有按相关规定重新进行试验并由本社签发认可证书，才允许配方的改变。
- (5) 批量制造记录，包括所有试验结果如粘度、比重和无空气喷涂特性应予以精确记录。任何附加试验项目的详细情况也应被包括。
- (6) 可行时，每批涂料的原材料供应和分配应可追溯。但对于大宗原料，如储存于储罐中的溶剂或预先溶解的固态环氧例外，在这种情况下，可能只能记录供货商的配料。
- (7) 每份涂料合同的日期、批号和数量应予以明确记录。
- (8) 包装桶应明确标有本社认可证书所述的细节，如名称、型号、认可证书号等。

(9) 制造厂应建立产品留样制度，对每批产品进行留样并妥善保存。

9.2 审核发现不合格，应通知制造厂责任人员采取纠正措施。针对不合格的纠正措施，应予以跟踪验证。

附录:

附录 1 船用车间底漆的焊接与切割试验

附录 2 船体防污漆的总锡量和有机锡含量测定方法

附录 3 船体防污漆中防污活性物质的环境风险评估方法

附录 4 船体防污漆常用防污防污活性物质清单

附录 5 船舶压载舱涂料的模拟压载舱条件试验

附录 6 船舶压载舱涂料的冷凝舱试验

附录 7 模拟装载货舱的蒸气相的气密柜试验

附录 8 模拟原油舱装载状态的浸没试验

## 附录 1 船用车间底漆的焊接与切割试验

### 1 船用车间底漆对焊接性能影响的试验

#### 1.1 试验条件:

- (1) 试板: 试板材料为船用钢板, 厚度为 20mm。
- (2) 焊接材料: 焊接材料等级和试验用钢级别可按《材料与焊接规范》下表 1.1.1 选取。

焊接材料等级和试验用钢级别表表 1.1.1

焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别
1	A	4Y42	E420	3Y62	D620
2	B、D	5Y42	F420	4Y62	E620
3	E	3Y46	D460	5Y62	F620
1Y	AH32、AH36	4Y46	E460	3Y69	D690
2Y	DH32、DH36	5Y46	F460	4Y69	E690
3Y	EH32、EH36	3Y50	D500	5Y69	F690
4Y	FH32、FH36	4Y50	E500	0.5Ni	0.5Ni
2Y40	DH40	5Y50	F500	1.5Ni	1.5Ni
3Y40	EH40	3Y55	D550	3.5Ni	3.5Ni
4Y40	FH40	4Y55	E550	5Ni	5Ni
3Y42	D420	5Y55	F550	9Ni	9Ni

- (3) 焊接方法: 手工电弧焊或 CO<sub>2</sub> 焊。
- (4) 试板表面状态: 切割后, 试板经坡口加工、喷砂(或抛丸)处理达 Sa2½ 级后, 涂装车间底漆, 涂漆部位包括坡口。
- (5) 漆膜厚度分别为: 甲: 按制造厂的说明书喷涂; 乙: 喷涂厚度大约为制造厂说明书厚度的两倍; 丙: 喷砂不喷涂
- (6) 试板接头形式: 对接焊、角接焊。
  - ① 对接焊: 对接焊试板经火焰切割后, 宽度不小于 150mm, 长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样, 再按甲、乙、丙三种要求涂漆, 待船用车间底漆晾干后装配。步骤: 采用平对接焊, 用 4mm

焊条焊接。焊满反面铲根，并用 4mm 焊条封底，正反焊缝加强高不大于 3mm。按《材料与焊接规范》截取 2 个横向拉力试样，2 个弯曲试样和冲击试样 3 组(每组 3 个)，进行拉伸、正反弯曲和冲击试验。

- ② 角接焊：按甲、乙种要求涂漆和丙种要求不涂漆然后装配焊接，试板宽度为 150mm，长度应能保证充分焊完直径最大焊条的全部长度。

## 1.2 试验结果要求

### 1.2.1 对接焊试验的项目和结果要求

- (1) 外观检查：用 5 倍放大镜进行焊缝全长观察，焊缝表面应成形均匀，无裂纹、无明显的焊瘤和咬边等有害缺陷。
- (2) 无损检测：焊缝内部应无不允许存在的缺陷。
- (3) 力学性能检验，见表 1.2.1：
- ① 拉伸试验：横向拉伸试样 2 个，其抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度。
- ② 正反弯曲试验：正反弯曲试样各 1 个，试样的受拉表面上出现的裂纹或缺陷长度不大于 3mm。
- ③ 冲击试验：冲击试样 3 组(每组 3 个)，缺口位置分别位于焊缝中心、熔合线和距熔合线 2mm 的热影响区。冲击试验的单个值应不低于规定值的 70%，三个平均值应大于规定值。

**结构钢焊接材料的力学性能表 1.2.1**

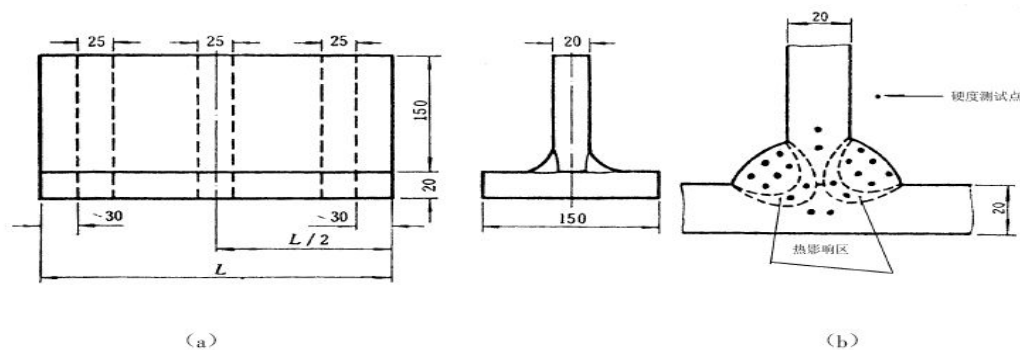
焊接材料级别		1、2、3	1Y、2Y 3Y、4Y	2Y40 3Y40 4Y40	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69
对接焊试验	接头抗拉强度 % (N/mm <sup>2</sup> )	≥400	≥490	≥510	≥530	≥570	≥610	≥670	≥720	≥770
	夏比 V 型缺口冲击试验 试验温度(°C)	1、1Y 级焊接材料的冲击试验温度为 20°C；2、2Y、2Y40 级焊接材料的冲击试验温度为 0°C；3、3Y、3Y40、3Y42、3Y46、3Y50、3Y55、3Y62、3Y69 级焊接材料的冲击试验温度为 -20°C；4Y、4Y40、4Y42、4Y46、4Y50、4Y55、4Y62、4Y69 级焊接材料的冲击试验温度为 -40°C；5Y42、5Y46、5Y50、5Y55、5Y62、5Y69 级焊接材料的冲击试验温度为 -60°C。								

续表 1.2.1

焊接材料级别			1、2、3	1Y、2Y 3Y、4Y	2Y40 3Y40 4Y40	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69
对接 焊接 试验	夏比 V 型缺口 冲击试 验	平均冲 击功(J)	≥47			≥47		≥50	≥55	≥62	≥69
	弯曲试验		试验后, 试样表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于 3mm。								

### 1.2.2 角接焊试验的项目和试验结果要求

- (1) 按《材料与焊接规范》截取 3 个长度为 25mm 的断面宏观检查试样, 见图(a)。



- (2) 硬度试验: 将 3 个断面宏观检查试样的端面磨光, 做硬度测试。
- (3) 角焊缝破断试验: 在余下的 2 个分段中, 取 1 个分段将第 1 侧的角焊缝凿槽或刨尽, 另 1 个分段将第 2 侧的角焊缝凿槽或刨尽。破断面应显示出焊缝熔合良好, 无裂纹和疏松等缺陷, 若焊缝中出现夹渣或气孔, 应将这类缺陷的数量大小、位置和密集程度记入报告, 送交本社审核。角接焊应显示出焊缝成形良好、完全熔合。

1.2.3 结果要求: 经过上述试验, 试验结果满足《材料与焊接规范》和上述要求, 并且, 采用甲、乙方式涂漆后焊接的试验数据与丙方式不涂漆焊接的试验数据相差不大, 说明在焊接前涂漆不会对焊接工作产生有害影响。

### 1.3 试验报告:

应包含制造厂名称、车间底漆的产品名称/标识、批号、钢板表面处理的数据、试验单位、试验日期及下表内容:

试验记录表 1.1.3.1

编号	接头形式	焊接方法	数量(组)	试板材料	试板尺寸(mm)	焊接材料	钢材等级	设计膜厚	实测膜厚(μm)
1-1	对接焊	手工焊	1					甲	
1-2			1					乙	
1-3			1					丙	
1-4	角接焊		1					甲	
1-5			1					乙	
1-6			1					丙	

对接焊试验试板机械性能试验报告表 1.1.3.2

试板编号	焊接位置	横向拉伸试验		冷弯试验(180°)		冲击试验			
		抗拉强度	断口位置	正弯	反弯	缺口位置	冲击功(J)		
1-1	对接焊					焊缝中心			
						交界			
						热影响区			
1-2	对接焊					焊缝中心			
						交界			
						热影响区			
1-3	对接焊					焊缝中心			
						交界			
						热影响区			

试验设备表 1.1.3.3

试验设备	型号	设备编号	设备有效期
焊接设备			
万能材料试验机			
冲击试验机			
硬度计			

## 2 切割对船用车间底漆漆膜影响的试验

2.1 试验条件：试板 2 块，305mmX300mmX20mm，切割要求：氧气压力不大于 0.6Mpa，切割速度为 20cm/min，将试板切割成 150mmX305mm。

2.2 试验结果和验收标准：按制造厂说明书漆膜厚度要求喷涂船用车间底漆后试验，其切割速度的减慢不超过 15%，且焊接或切割缝两边漆膜的损坏宽度不超过 20mm。

2.3 试验报告：应包含制造厂名称、车间底漆的产品名称/标识、批号、钢板

表面处理的数据、试验日期、气割机型号、试板尺寸、以及下表内容：

**试验报告表 1.2.3**

割缝号	割嘴号	燃气压力(Mpa)	氧气压力(MPa)	切割速度(cm/min)	割嘴与工件距离(mm)	割缝宽度(mm)	影响漆膜宽度(mm)
1							
2							

## 附录 2 船体防污漆的总锡量和有机锡含量测定方法

本试验根据 IMO《国际控制船舶有害防污底系统公约》、MEPC.104(49)《船舶防污底系统简单取样指南》附录船舶防污底漆系统简单取样和分析的适用方法-有机锡-制定。

### 1 方法 1

本方法是为了描述适合于识别含有有机锡化合物作为杀生物剂的船壳防污底系统能够快速的方法。本方法采用两个步骤进行分析，第一步，测出显示有机锡的锡总含量；第二步，测出特殊的有机锡化合物。第二步要在第一步证明肯定的情况下才有必要进行。

1.1 取样：平行取样两个部分，明确标识为试样 A 和试样 B，以用于分析程序的检测。

#### 1.2 分析程序

1.2.1 构成分析程序的二个部分在下图 2.1.4.1 中表示。二个部分或步骤如下：

步骤 1 对试样 A 的锡总量进行分析。

步骤 2 对试样 B 进行较昂贵和较费时的分析，只有当步骤 1 获得肯定的结果时才适用。此试验涉及由通过衍生后的气相色谱法/质谱分光光度测定法(GC/MS)对有机锡分析，并提供有机锡各种类的具体数据。

1.2.2 步骤 1：对试样 A 全部有机锡含量的分析试样 A 是通过应用感应耦合等离子体/质谱分光光度测定法(ICP/MS)，对每公斤干油漆中锡的总含量(或每个样品中的锡总量)进行分析，前提是该材料已用王水予以增溶溶解。应注意，进行锡分析的任何其它科学认可的程序(诸如原子吸收光谱法 AAS，X 射线荧光分析 XRF 和 ICP-OES)都可接受。

#### 1.2.3 步骤 2：在试样 B 中有机锡的特征

对试样 B 的分析：如果试样 A 的结果是肯定的，应对试样 B 的有机锡化合物定性和定量。试样 B 宜用下列程序进行分析：

(1) 在超声浴器中通过声处理方法对试样 B 溶剂提取；

- (2) 溴化乙基镁的衍生；
- (3) 提取物清除；
- (4) 用高分辨气相色谱法/质谱分光光度测定法(GC/MS)进行分析；以及
- (5) 用三丙锡作为定量分析的标样。

任何同等可靠的有机锡化合物的定性和定量的方法都可接受。

### 1.3 极限和容许范围

1.3.1 极限：这里描述的简单取样方法的极限值是“每公斤干油漆含 2500mg 锡 (Sn)”

1.3.2 容许范围：容许范围是除了极限值外每公斤干油漆含 500mg Sn(20%)。

1.3.3 含有生物杀伤剂或催化剂化合物的有机锡

- (1) 非生物杀伤剂的有机锡化合物：正如在 MEPC.102(48)决议附录中所述的那样，就确定符合本公约附则 1 而言，应注意到，假如它们不作为生物杀伤剂，则允许有少量的有机锡化合物作为化学催化剂(诸如单基取代和双基取代有机锡化合物)。
- (2) 油漆成分中的无机杂质：应考虑油漆成分中的无机杂质。
- (3) 各种生物杀伤剂的防污漆的区别：目前，无论有机锡催化剂还是无机杂质，都没有发现其浓度接近极限标准(每公斤干油漆含 2,500mg Sn)或更高。但是，当为了作为生物杀伤剂在油漆中出现时，已发现含有有机锡的化合物在每公斤干油漆含 50,000 mg Sn 的浓度。这样，在含作为生物杀伤剂的有机锡化合物的防污漆系统和不含这些化合物的防污漆系统或作为生物杀伤剂的浓度中不含这些化合物的防污漆系统之间很有可能存在区别。

1.4 符合的定义：二个步骤的程序

1.4.1 符合本公约的分析验证根据流程图 2.1.4.1 用二个步骤的程序执行。

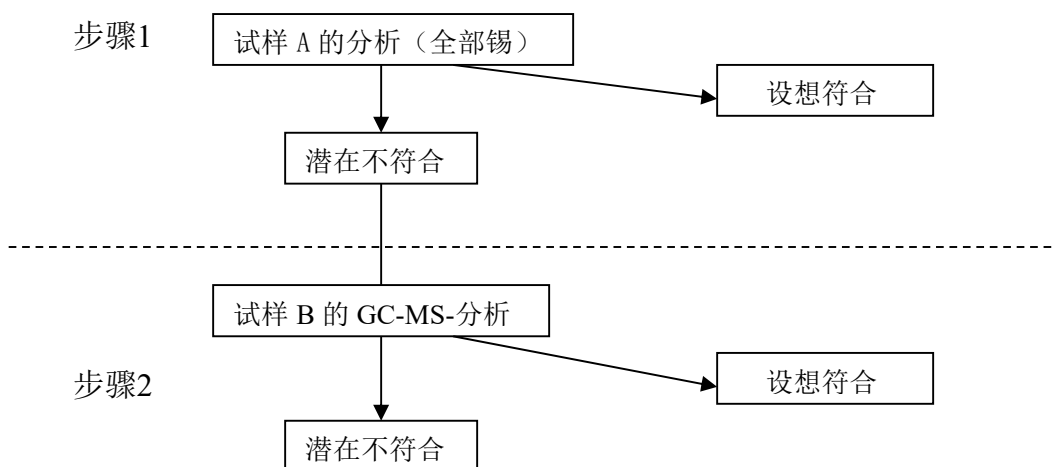


图 2.1.4.1 二个步骤分析程序的流程图

#### 1.4.2 符合步骤 1-含量范围

当步骤 1 中所分析的试样 A 的结果符合下列要求，则假定符合本公约：

- (1) 总数不超过 25% 的样品试验结果是每公斤干油漆中锡的总含量超过 2,500mg(每公斤干油漆含 2,500mg Sn)；和
- (2) 总数至少八个样品中，没有一个显示出锡总量的浓度高于极限值和容限范围的总和，即，没有样品一定超过每公斤干油漆含 3,000mg Sn 的浓度。

如果试样 A 的结果表明不存在作为生物杀伤剂的有机锡，那么步骤 2 就没有必要了。

#### 1.4.3 不符合步骤 1—含量范围

如果不符合 1.4.2 的规定，则结果表明是不符合。应采取步骤 2，且标有试样 B 的样品应予分析以确定和表征存在的有机锡(见图 2.1.4.1)。

#### 1.4.4 符合步骤 2—含量范围

当步骤 2 中所分析的试样 B 的结果同时符合下列要求时，设想符合本公约：

- (1) 总数不超过 25% 的样品试验结果是每公斤干油漆中锡的总含量超过 2,500mg(每公斤干油漆含 2,500mg Sn)；和

- (2) 总数至少八个样品中,没有一个显示出锡总量的浓度高于极限值和容限范围的总和,即,没有样品一定超过每公斤干油漆含 3,000mg Sn 的浓度。

#### 1.4.5 不符合步骤 2—含量范围

如果不符合 1.4.4 的规定,则步骤 2 的结果表明不符合公约,该结果意味着在防污漆系统中存在有机锡化合物,其在某一水平作为一种生物杀伤剂。

## 2 方法 2

### 2.1 第一阶段分析

2.1.1 假定第一阶段分析是在检验或检查现场进行,如干船坞和海港。为了完成现场分析,采用 X 射线荧光分析(XRF)方法来测得锡的总含量。

2.1.2 对于诸如测量范围和精确性范围的分析特征,主要取决于仪器的类型,如 X 射线管、光谱仪、光学装置(滤光器或视准仪)等。在几种 XRF 仪器类型中,一种紧凑型的、能进行无液氮操作的带有硅漂移探测仪的能力分散光谱仪(SDD),被优先用于现场分析系统。如果分析是实验室进行的话,则也可使用波长分散系统或固态探测仪。

2.1.3 为锡分析制定的软件可用于帮助验船师或当事国港监官员(PSCO)的操作员测量试样中的锡总含量。

2.1.4 按要求定制的软件可预先需要一个与锡含量有关的锡 X 射线密度特征的标准曲线,特别是在 0.1 到 0.5% 的范围内。

2.1.5 在包括 XRF 仪器预热和计算机启动的准备工作后,一个试件(取样盘)被置于仪器的取样阶段。然后,用定制软件进行分析。一个试件的单批分析一般需要 5 min,其结果在显示屏上自动出现。

2.1.6 由于 XRF 分析不会影响试样性能,采集的所有试件(6 到 9 个试件),包括那些用于第二次分析和储藏的试件,都能用于这种分析。

### 2.2 第一阶段分析结果的说明

- (1) 根据上述程序,每个取样点都获得 6 或 9 个试件的 XRF 资料。从数

据中去掉最高值和最低值，锡的平均含量就可以根据中间值这些取样点的代表值计算而得。

- (2) 当样品中的锡含量(平均值)不超过极限数量(每公斤 2,500mg)和容量(每公斤 500mg)的和，可假定符合本公约。
- (3) 当一个或一个以上来自不同取样点样品的平均值不符合上述标准，这些样品应送到实验室进行第二阶段的分析。不管结果如何，当验船师或 PSCO 认为有必要这么做，则也有可能进行第二阶段分析。

### 2.3 第二阶段分析

2.3.1 由于第二阶段分析提供样品的最终和确切结果，其方法应由专家依据科学证据予以彻底审阅。下面是对第二阶段分析暂用方法的简述。

2.3.2 收集的油漆试件取自砂纸，而总质量是由精确到 0.1mg 的电子秤测得。试件由氢氧化钠含水溶液水解，由有机溶剂提取，然后由丙基溴化镁派生出来。把提取物弄干净后，用高分辨率的气相色谱法/质谱分光光度测定分(GC/MS)进行分析。对于定量分析，内部标准应增加 d36 的四丁基锡。

2.3.3 这些分析提供了化学种类及其含量的数据(每公斤试件的 mg)。有机锡含量以每公斤干油漆的 mg 为单位获取。

### 2.4 符合本公约的判定

2.4.1 符合公约：当第二阶段分析结果同时符合下列要求时，则可假定为符合本公约：

- (1) 总数不超过 25% 的样品试验结果是每公斤干油漆中有机锡含量超过 2,500mg(每公斤干油漆含 2,500mg Sn)；以及
- (2) 至少八个试样的总数试件中，没有一个显示出有机锡浓度高于极限值和容限范围的总和，即没有样品超过每公斤干油漆含 3,000mg Sn 的浓度。

2.4.2 不符合公约：当结果不符合上述标准时，就意味着在防污漆系统中存在有机锡化合物，其在一定程度上起到生物杀伤剂作用。

## 附录 3 防污漆中防污活性物质的环境风险评估方法

### 1 目的

旨在提供对防污漆中使用的防污活性物质进行环境风险评估的方法。

### 2 评估方法

本办法是基于 AFS 公约附则 2、附则 3 及 ISO 13073-1 的基础上，并参考了欧盟杀生剂法令（BPD）所制定的。在评估范围上涵盖了 AFS 公约附则 2、附则 3 的要求，在评估步骤和要求上等效于 ISO 13073-1。

### 3 防污剂

#### 3.1 分类

应用在船舶防污涂料体系的防污活性物质从材料本质特性上可以分成有机和无机两大类。

#### 3.2 防污活性物质风险表征基本数据要求

为开展风险评估活动，申请方应依据表 3.3.1 的要求，分阶段提供相应的数据信息。

防污漆防污活性物质海洋环境风险评估最基本数据信息需求表 3.3.2

数据项	需要数据	有机物			无机物
		阶段 1	阶段 2		
			步骤 1	步骤 2	
申请单位	名称，地址和联系方式	×	×	×	×
	生产厂家和地址	×	×	×	×
物质和产品的鉴定	通用名和同义名	×	×	×	×
	化学名称（IUPAC）*	×	×	×	×

续表 3.3.2

数据项	需要数据	有机物			无机物
		阶段 1	阶段 2		
			步骤 1	步骤 2	
物质和产品的鉴定	CAS 号和其他注册号	×	×	×	×
	分子式和结构式*	×	×	×	×
	分子量*	×	×	×	×
	生产方法、物质的纯度、原料和前体物的鉴定 (例如: UV/VIS、IR、NMR 或 MS)	×	×	×	×
	杂质和添加剂的鉴定	×	×	×	×
物理和化学性质	熔点*、沸点*、密度*	×	×	×	×
	蒸气压*、闪点, 和表面张力	×	×	×	×
	物理状态和颜色	×	×	×	×
	水中溶解性*(pH 和温度的影响)	×	×	×	×
	热稳定性和分解产物*	×	×	×	×
检测方法	分析方法、回收率和对纯物质、异构体、杂质、 添加剂和分解产物的环境中检测限:  —海水  —海泥	×	×	×	×
	—动物身体组织及食物	×	×	×	×
	对污损生物的作用影响	×	×	×	×
对目标生物的作用和预计的用途	代表产品的物质有效浓度	×	×	×	×
	渗出率*和测定方法	×	×	×	×
	作用方式 (包括时间延迟)	×	×	×	×
	使用者	×	×	×	×

续表 3.3.2

数据项	需要数据	有机物			无机物
		阶段 1	阶段 2		
			步骤 1	步骤 2	
对目标生物的作用和预计的用途	开发过程中遇到的阻力	×	×	×	×
	市场上的年产量（包括生产和进口）	(×)	(×)	(×)	(×)
	有效防污周期	×	×	×	×
生态毒性研究	急性毒性,半数致死（或有效）浓度, L(E)C <sub>50</sub> * —对于鱼类的急性毒性 —对于无脊椎动物的急性毒性 —对藻类生长抑制	×	×	×	×
	慢性毒性, Chronic <sub>sed</sub> 是由长期试验得到的最低无影响浓度、10%致死浓度(LC <sub>10</sub> )或 10%有效浓度(EC <sub>10</sub> ) (mg/kg)* —对于鱼类的慢性毒性 —对鱼类的繁殖和生长速率的影响*	×	×	×	×
	—对无脊椎动物的繁殖和生长速率的影响*	×	×	×	×
	生物富集(生物蓄积系数,BCF) * —对鱼类和无脊椎动物的生物富集*	×	×	×	×
	—在适当地方的生物放大作用*	(×)	(×)	(×)	(×)
	—正辛醇/水分配系数(K <sub>ow</sub> )* (pH 和温度的影响)	×	×	×	×
	生物降解(半衰期 t)* —生物降解能力, 在合适的地方	(×)	(×)	(×)	(×)
	—固有的生物降解性, 在适当地方	(×)	(×)	(×)	(×)
	—在海水中的生物降解性	×	×	×	(×)

续表 3.3.2

数据项	需要数据	有机物			无机物
		阶段 1	阶段 2		
			步骤 1	步骤 2	
生态毒性研究	非生物降解 —在 pH 作用下水解*	×	×	×	(×)
	—在海水中光转化*	×	×	×	(×)
	降解产物的确认			×	×
	在必要的地方水/沉积物的降解*			(×)	(×)
	降解过程中初始剂量的杀生活性, 合适的地方			(×)	(×)
	吸附/解吸的筛选试验		×	×	×
	沉积物/水的分配, 需要的地方*		(×)	(×)	(×)
二次中毒的毒性和代谢的研究	对鸟类的影响 (Tox <sub>pred</sub> 是较高营养级生物的中毒值(mg/kg)) —食物毒性 —对生殖的影响			(×)	(×)
	相关数据 —急性毒性 —代谢研究 —重复剂量毒性 —慢性毒性 —致突变性研究 —致癌性研究 —繁殖研究 —毒性研究			(×)	(×)

续表 3.3.2

数据项	需要数据	有机物			无机物
		阶段 1	阶段 2		
			步骤 1	步骤 2	
二次中毒的毒性和代谢的研究	—毒性研究 —代谢研究 —医疗数据 —对哺乳动物的毒性作用，包括家畜，宠物和人类			(×)	(×)
分类和标签	在 GHS 中对防污活性物质的分类 对水生环境危害（急性或慢性）的标签内容（分类，符号，危害和预防声明）	×	×	×	×
风险表征	重要性，背景浓度，适应性，生物药效率				(×)
	校正因子及其理论基础，在适当的地方	(×)	(×)	(×)	(×)
	不确定因素，这些水平的量化表*	×	×	×	×
	防污活性物质在环境介质中的 PEC/PNEC*	×	×	×	×
	防污活性物质的降解产物的 PEC/PNEC			×	×
风险管理	一个有代表性的防污产品名称和药效试验结果	(×)	(×)	(×)	(×)
总结		×	×	×	×

注 1: 本表是以 BPD 附件 IIA 和 IIIA 制定，并考虑了 AFS 公约附件 3 的要求。

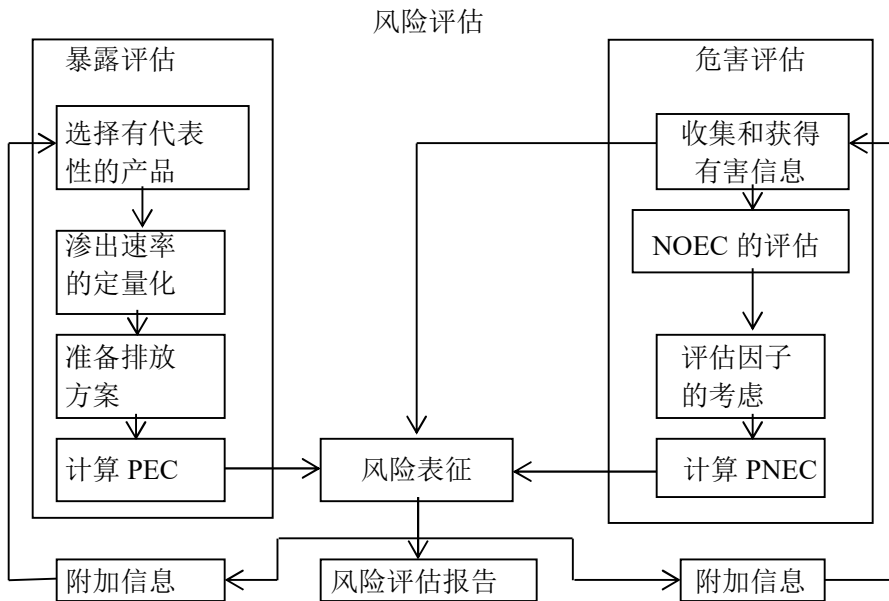
注 2: 标有\*的项目是对应 AFS 附录 3 的相应项目。下列项目包含在 AFS 附录 3 中,但是按照 ISO 13073, 对于防污活性物质的环境风险评估并不是必须的:

- pH 值/解离常数
- 氧化还原电位
- 质量平衡
- 食物网/种群的影响
- 残留的海洋食物

GHS:全球化学品统一分类和标签制度  
X: 必须提供的最少数据  
(X): 按需要提供合适的数据

#### 4 防污涂料防污活性物质的环境风险评估程序框图和步骤

防污活性物质的环境风险评估包括三个步骤：暴露评估、危害评估、和风险表征。通过暴露评估得到 PEC，通过危害评估得到 PNEC。PEC 对 PNEC (PEC/PNEC) 的比值是风险评估的定量指数，评估程序框图和步骤见图 3.4。评估程序框图和步骤见图 1。



注 \* 当有机防污活性物质的富集系数（BCF）超过 2000 时被认为是非常容易在生物体内蓄积，属于“高关注风险”。

图 3.4 防污漆中防污活性物质海洋环境风险评估方法和结构框图

#### 5 暴露评估

暴露评估是分析防污活性物质和其转化物或降解产物的排放途径和运动速率，用以评估其对人类种群或者环境体系造成暴露的浓度/剂量。以预测环境浓度（PEC）表示。

5.1 代表产品的选择依据：以最不利的情况来评估。

5.2 渗出率的定量分析

防污涂料暴露至水环境中的一条重要途径就是防污活性物质从涂膜中渗入到水

环境。因此，在环境风险评估中，防污活性物质的渗出率是一个很重要的参数指标。

目前确定防污活性物质渗出率的主要方法包括计算方法、实验室方法和现场测试方法。但是，目前对通过实验得到的渗出率数据存在很大的争议。

- (1) 实验室方法：依据 ISO、GB、ASTM 标准方法。
- (2) 质量平衡方法(计算方法)：依据 ISO 10890《用质量平衡方法计算防污涂料中杀生物剂的渗出率模型》计算。
- (3) 现场测试法

### 5.3 排放模式的选择和计算：

#### 5.3.1 排放模式的选择

选择典型的海洋环境作为有代表的模型，例如一个典型海港的规模，相应的物理化学和水动力参数，作为 PEC 的计算模型。参数的设定应考虑实际最不利的情景。

#### 5.3.2 设定排放情景模式的有关参数

- (1) 防污剂的渗出率 ( $t\text{ ug/ cm}^2\cdot\text{d}$ )。
- (2) 船舶排放防污剂的参数：停泊船舶和航行船舶的总数、船舶航行和停泊的比例、船舶浸水面积(每一种长度级别船舶的表面积)、船舶防污涂层的面积比。
- (3) 目标海域的范围：海域的长，宽(或者表面积)和深度；与非目标海域之间边界的宽度和深度。
- (4) 水质：温度、盐度、pH、泥沙浓度(泥沙分数 $< 63\mu\text{m}$  每  $\text{mg/L}$ )、有机碳分数[沉积物中的有机碳容量(干质量)]、POC 和 DOC 浓度[微粒和溶解的有机碳(OC)浓度每  $\text{mg OC/L}$ ]以及在水柱中悬浮的微粒物质。
- (5) 水文：潮汐交换速度和连接目标海域的河流和溪流的流速。
- (6) 环境介质：混合沉积层的深度和溶解的有机碳。
- (7) 其他。

## 5.4 PEC 典型参量设定

根据海洋环境参数和设定排放情景模式的相关参数，确定每个排放情景和相关的环境区域的 PEC 典型参量：

- (1) 降解速率：防污活性物质在海水中会发生生物的和非生物的(水解、光解)降解，降解速率用半衰期  $t$  表示。
- (2) 颗粒物吸附率(或者防污活性物质包裹的微粒和溶解在海水中物质的比率)。
- (3) 有机碳分配系数(KOC)。
- (4) 防污活性物质的生物富集系数(BCF)：防污活性物质在生物体内的浓度与介质中该防污活性物质浓度之比。

## 5.5 可选择的数学模型

可采用已经过应用验证的模型：MAMPEC 和 REMA。通过选择的数学模型来计算 PEC

# 6 危害评估

## 6.1 预期无影响浓度(PNEC)的确定

### 6.1.1 海水中 PNEC 的设定(PNECSW)

- (1) 利用慢性毒性试验结果估算 PNEC<sub>sw</sub>

PNEC<sub>sw</sub> 通过下面公式进行计算：

$$PNECSW=NOECC/AF$$

式中：

PNECSW 是海水中的 PNEC (mg/L)；

NOECC 是通过慢性毒性试验得到的最低无可见效应浓度(mg/L)；

AF 是评估因子。

(2) 利用急性毒性试验结果估算 PNEC<sub>sw</sub>

PNEC<sub>sw</sub> 使用下面公式进行计算:

$$PNEC_{sw} = L(E)C_{50} / AF$$

式中:

PNEC<sub>sw</sub> 是海水中的 PNEC (mg/L);

L(E)C<sub>50</sub> 是半数致死浓度(LC<sub>50</sub>)或者半数抑制浓度(EC<sub>50</sub>)(mg/L);

## (3) 对许多已有大量毒性数据的防污活性物质

对许多已有大量毒性数据的防污活性物质,尤其是重金属,可以采用概率方法对收集的毒性数据进行筛选和分析获得 PNEC<sub>sw</sub>。

## (4) 统计外推法

统计外推法是一种模型预测方法,可参考有关欧盟委员会的技术指南文件 (2003)。

6.1.2 沉积物栖息生物的 PNEC 的设定(PNEC<sub>sed</sub>)(1) 利用慢性毒性试验数据估算 PNEC<sub>sed</sub>

PNEC<sub>sed</sub> 通过下面公式进行计算:

$$PNEC_{sed} = Chronic_{sed} / AF$$

Chronic<sub>sed</sub> 是由慢性毒性试验得到的最低无影响浓度、10%致死浓度(LC<sub>10</sub>)或10%抑制浓度(EC<sub>10</sub>) (mg/kg);

(2) 利用急性毒性试验结果估算 PNEC<sub>sed</sub>

PNEC<sub>sed</sub> 由以下公式计算

$$PNEC_{sed} = \frac{L(E)C_{50}}{AF}$$

式中:

### 6.1.3 鸟类及哺乳类的 PNEC 设定(PNEC<sub>pred</sub>)

比鱼类营养级高的生物的 PNEC 由以下公式计算：

$$PNEC_{pred} = \frac{Tox_{pred}}{AF}$$

式中：

Tox<sub>pred</sub> 是较高营养级生物的中毒值(mg/kg)；

### 6.2 评估因子 AF(assessment factor)

为了修正由有限的水生生物计算出的 PNEC 的不确定性，需要引入一种以实验类型、测试物种数和测试物种的营养级数为基础的 PNEC 的评估因子。

### 6.3 用于风险表征的 PNEC 的确定

用于风险表征的 PNEC 采用毒性试验数据 NOEC、L(E)C<sub>50</sub> 以及 AF 计算，计算结果的可靠性取决于 NOEC 或 L(E)C<sub>50</sub> 可信度以及 AF 值的合理性。

## 7 风险表征

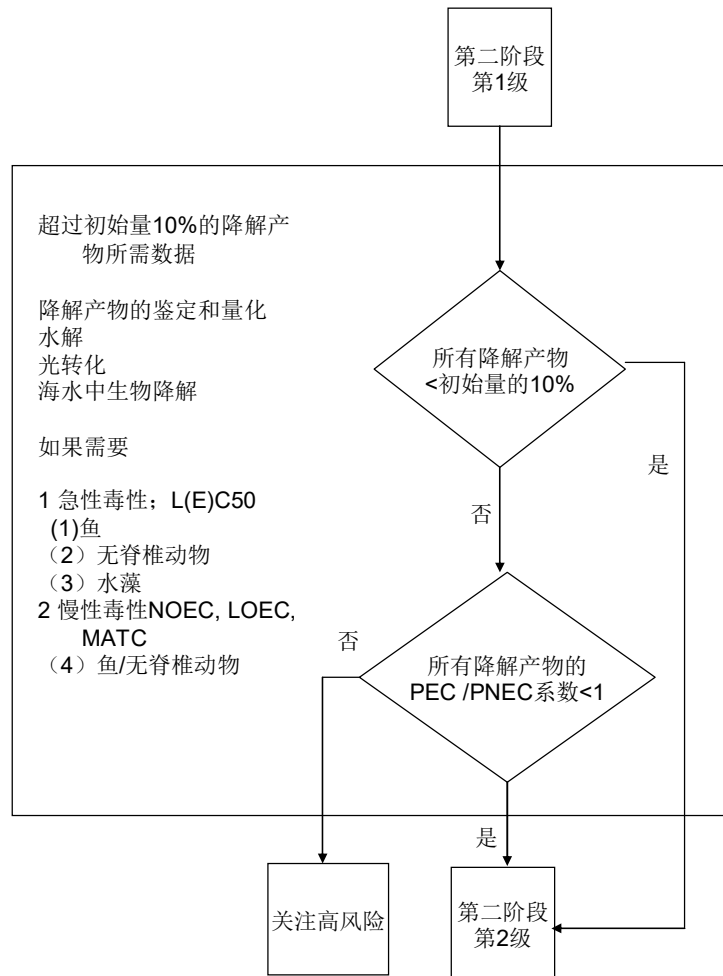
### 7.1 船舶防污底系统中有机防污活性物质环境风险评估的风险表征过程

风险表征过程是一个分阶段分级的过程，从第一阶段开始，然后逐步进行到第二阶段的第 2 级结束，以第一阶段、第二阶段的第 1 级和第 2 级的顺序实施，直至经评估过程后每一个防污活性物质能够被评估为“低风险”、“较低风险”或者“高关注风险”。见图 3.7(1)和图 3.7(2)。

在第一阶段，以 3 项评估指标：生物富集因子（BCF 或 BCF<sub>p</sub>）<100、降解半衰期<15 天和 PEC/PNEC 的比值<1 作为判断依据，若均达到，则评估为低风险，允许在防污涂料配方中使用，若不通过，需要进入第二阶段进行评估。

在第二阶段，第 1 级评估要求，除进一步补充和细化上述 3 项指标外，增加有机碳分配系数（K<sub>oc</sub>）指标，若达到要求，则通过第二阶段第 1 级评估，可以在限定时间内、限定数量应用在防污涂料产品中，应用期间还需要继续补充新的数据继续进行风险评估（见图 3.7(2)）。若不通过，需要进入第 2 级进行评估，以更多的数据来补充或修订第一阶段的 3 项指标（见图 3.7(1)）。





注1 降解产物PNEC毒性数据通过QSAR方法获得

注2 此处降解是指初级生物降解。风险评估是根据主要代谢物的降解产物高于杀生剂初次剂量的10%所得

图 3.7 (2) 有机防污活性物质的降解产物风险特征程序图

## 7.2 应用于船舶防污系统中无机防污活性物质的风险特征评估

由于无机防污活性物质通常是不能降解的，无机物质的性质、与生物的相互作用机理，可能与合成的有机物质不同，因此采用的危险评估也会不同于有机防污活性物质。

由于许多无机物质已有大量的实验数据，并且可以采集使用，因此需要对大量采集到的数据进行筛选后，分别从暴露评估和危害评估获得 PEC 和 PNEC，以

PEC/PNEC 的比值来评判，若  $PEC/PNEC < 1$ ，为相对低风险，若  $PEC/PNEC > 1$ ，为高风险，。评估程序见图 3.7(3)。

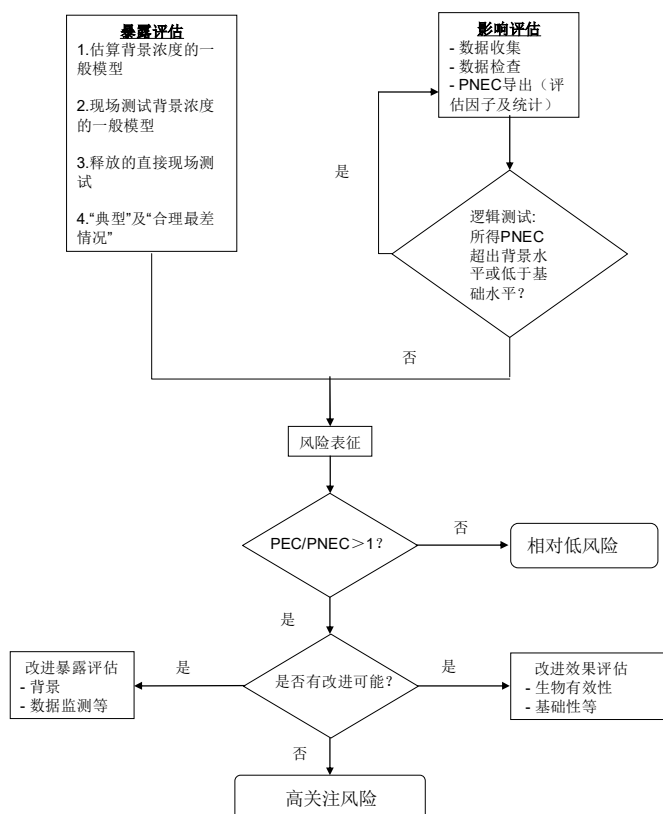


图 3.7(3)无机防污活性物质的风险特征程序图

### 7.3 评估结果

以下几点用来表征使用防污活性物质的风险特性。

#### 7.3.1 低风险

如果这个物质被评估为“低风险”，那么应用于船舶的防污体系所采用的防污活性物质对海洋环境的风险被认为是可忽略的。

#### 7.3.2 高关注风险

如果这个物质被评估为“高关注风险”，那么就认为对海洋环境的生态风险很高（不可忽略），对防污体系中防污活性物质的应用表示担忧。

### 7.3.3 相对低风险

如果防污活性物质被评估为“相对低风险”，这意味着这种船舶防污体系所采用的那种防污活性物质对海洋环境的生态风险不能被忽略，而是在一个可接受范围内。

## 8 风险评估报告

### 8.1 防污活性物质的鉴定和基本性质

### 8.2 使用该防污活性物质的防污漆基本性质

### 8.3 环境归宿及分析

根据相关文献对防污活性物质在实际环境条件下的环境归宿及分析，包括降解、累积和对环境生物的效应（急性和长期毒性）

### 8.4 环境暴露预测：水体和沉积物中的预测环境浓度（PEC）

### 8.5 风险表征：水体和沉积物中的 PEC/PNEC

### 8.6 评估结果总结

防污漆含有的防污活性物质能否通过初步的海洋环境风险评估。

综合以上论断，该防污活性物质在海洋环境中使用为“××风险”，该产品能（或者不能）通过海洋环境风险评估。

## 附录 4 防污漆常用防污活性物质清单

本附录给出了常见的用于防污漆的防污活性物质，使用表中防污活性物质作为防污剂的防污漆，在现阶段申请认可时可暂免于进行风险评估，但不排除未来随着技术进展和进一步的发现而要求进行进一步评估的可能性。该清单并不意味着中国船级社推荐使用这些防污活性物质作为防污漆的防污剂，特别是对于表 4.2 中的防污活性物质建议谨慎使用。

防污漆常用防污活性物质清单表 4.1

序号	中文名称	英文名称	中文别名	英文别名	CAS No	主要理化性能
1	氧化亚铜	Cuprous oxide	一氧化二铜	Copper hemioxide Copper oxide, red Copper protoxide	1317-39-1	1.分子质量 (g/mol): 143.09 2.熔点: 1235°C 3.沸点: 1800°C 4.水中溶解性: 不可溶 5.解离常数: 无 (Kd = 131) 6.分配系数 Log KOW: 无 7.分配系数 Log KOC: 1235
2	双(2-巯基吡啶氧化物)铜盐	copper pyrrithione	吡啶硫酮铜	Copper pyrrithione	14915-37-8	1.分子量 (g/mol): 315.86 2.熔点: 262°C 3.水中溶解性: 0.06 mg/l 4.分配系数 Log KOW: 0.97 5.分配系数 Log KOC: 0.70
3	吡啶硫酮锌	Zinc, bis(1-hydroxy-2(1H)-pyridinethionato-O,S)-, (T-4)-		Zinc pyrrithione	13463-41-7	1.分子量 (g/mol): 317.68 2.熔点: 262 3.水中溶解性: 6 mg/l 4.解离常数: 5.9 5.分配系数 Log KOW: 0.97 6.分配系数 Log KOC: 0.7



防污漆常用防污活性物质清单表 4.2

序号	中文名称	英文名称	中文别名	英文别名	CAS No	主要理化性能
1	N'-(3,4-二氯苯基)-N,N-二甲基脲	Urea, N'-(3,4-dichlorophenyl)-N,N-dimethyl-	敌草隆;3-(3,4-二氯苯基)-N,N-二甲基脲	Diuron;3-(3,4-Dichlorophenyl)-N,N-dimethyl urea	330-54-1	1.分子量 (g/mol): 233 2.熔点: 159°C 3.沸点: 180°C 4.蒸汽压: 0.009mPa (25°C) 5.亨利定律常数: 5.110-6Pa m <sup>3</sup> /mol 6.水中溶解性: 42 mg/L 7.分配系数 Log KOW: 2.8 8.分配系数 LogKOC: 2.6
2	吡啶三苯基硼	Pyridine-triphenylborane		TPBP	971-66-4	1.分子量 (g/mol): 321.22 2.熔点: 136°C 3.沸点: 347°C 4.蒸汽压: 1.19 × 10 <sup>-5</sup> mmHg 5.亨利常数: 1.56 × 10 <sup>-5</sup> atm·m <sup>3</sup> /mol 6.水中溶解度: 9.895 × 10 <sup>-2</sup> mg/L 7.分配系数 Log KOW: 5.52 8.分配系数 Log KOC: 5.65
3	N-(2,4,6-三氯苯)马来酰亚胺	N-(2,4,6-Trichlorophenyl)maleimide		TCPM	13167-25-4	1.分子量 (g/mol): 276 2.熔点 128-131°C 3.沸点: 4.蒸汽压: 5.亨利常数: 6.水中溶解度: 7.分配系数 Log KOW: 8.分配系数 Log KOC:
4	吡咯睛	Tralopyril (Econea)	4-溴-2-(4-氯苯基)-5-三氟甲基-1H-吡咯-3-甲腈	4-Bromo-2-(4-chlorophenyl)-5-(trifluoromethyl)-1H-pyrrole-3-carbonitrile	122454-29-9	1.分子量 (g/mol): 349.53 g·mol <sup>-1</sup> 2.熔点 252.3°C 3.蒸汽压: 1.9×10 <sup>-8</sup> Pa 4.亨利常数: 5.4×10 <sup>-8</sup> 5.水中溶解度: 0.16 g·m <sup>-3</sup> 6.分配系数 Log KOW: 3.47 7.分配系数 Log KOC: 3.66
5	美托咪啶	Medetomidine(Selektop)		(RS)-4-[1-(2,3-dimethylphenyl)ethyl]-1H-imidazole	86347-14-0	1.分子量 (g/mol): 200.28 g·mol <sup>-1</sup> 2.熔点 110 – 116°C 3.蒸汽压: 3.5×10 <sup>-6</sup> Pa 4.亨利常数: 8.3 x 10 <sup>-6</sup> 5.水中溶解度: 200 g·m <sup>-3</sup> 6.分配系数 Log KOW: 3.1 7.分配系数 Log KOC: 3.33

## 附录 5 船舶压载舱涂料的模拟压载舱条件试验

本试验依据 IMO MSC.215(82) 所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准的附件 1 制订。

### 1 试验条件

模拟压载舱条件试验应满足下列各项条件：

1.1 试验期为 180 天。

1.2 制作 5 块试板。

1.3 每块试板尺寸为 200mm×400mm×3mm。其中的两块试板(下述试板 3 和 4)焊上 U 型条，U 型条距一条短边 120mm，距长边各 80mm。



图 1.3：试板

试板涂层系统的选择应由各有关方面结合涂层的使用条件和有计划的保养加以考虑，应按照 IMO MSC.215(82) PSPC 的表 1.1、1.2 和 1.3 处理，涂层系统的涂装按 IMO MSC.215(82) PSPC 表 1 的 1.4 和 1.5 进行。每道涂层颜色要有对比，面涂层应为浅色。应至少进行两道预涂和两道喷涂，可在平滑的自动焊道处进行一道预涂，但须确认在第二道喷涂后的涂层测厚已达到 NDFT。车间底漆露天老化至少 2 月并用低压水清洗或其它温和的方法清洁。不应采用扫掠式喷砂或高压水清洗，或其它去除底漆的方法。露天老化方法和程度应考虑底漆是 15 年目标使用寿命系统的基础。为了鼓励创新，经明确说明后可以采用替代的处理方法、涂层系统和干膜厚度。

1.4 试验试板的背面应适当涂装，避免对试验结果产生影响。

1.5 作为模拟真实压载舱的条件，按二周装载天然或人工海水和一周空载进行循环试验。海水温度应保持在大约 35°C。

1.6 试板 1: 该试板应在 50°C 加热 12 小时, 在 20°C 冷却 12 小时, 以模拟上甲板的条件。试板周期性的用天然或人工海水泼溅, 模拟船舶纵摇和横摇运动。泼溅间隔为 3 秒或更短。试板上有横贯试板宽度且深到底材的划线。

1.7 试板 2: 该试板上安装一块锌牺牲阳极以评估阴极保护效果。在距离阳极 100mm 处的试板上有裸露底材的直径 8mm 圆形人工漏涂孔, 以评估阴极保护的效果。试板循环浸泡在天然或人工海水中。

1.8 试板 3: 该试板应背面冷却, 形成一个温度梯度, 以模拟一个顶边压载舱的冷却舱壁; 用天然或人工海水泼溅, 以模拟船舶纵摇和横摇运动。温度梯度大约为 20°C, 泼溅间隔为 3 秒或更短。板上有横贯试板宽度且深至底材的划线。

1.9 试板 4: 该试板应用天然或人工海水循环泼溅, 以模拟船舶纵摇和横摇运动, 泼溅间隔为 3 秒或更短, 板上有横贯试板宽度且深至底材的划线。

1.10 试板 5: 该试板应在干燥且温度为 70°C 条件下暴露 180 天, 以模拟双层底加热的燃料舱和压载水舱之间的舱壁。

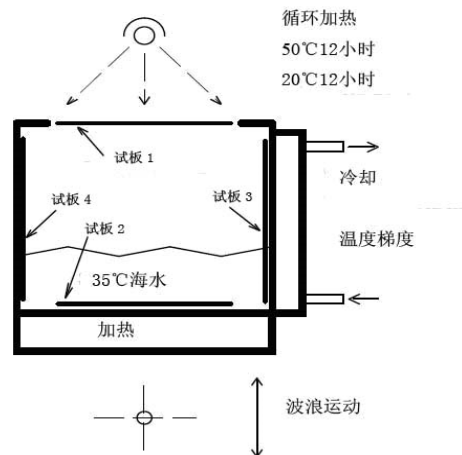


图 1 压载舱涂层试验的波浪舱

## 2 试验结果

2.1 试验前, 应报告涂层系统的下列测量数据:

- (1) 该涂料的基料和固化剂组分的红外鉴定

- (2) 该涂料的基料和固化剂组分的比重：参照 ISO2811-4 色漆和清漆—密度的测定
- (3) 针孔数量，以 90V 低电压探测器测定。

2.2 试验后，应报告下列测量资料：

- (1) 起泡和锈蚀：参照 ISO 4628-2 色漆和清漆-涂层老化的评定—缺陷的数量、大小、外观均匀变化强度的评定—第二部分 ISO 4628-3 色漆和清漆-涂层破坏的评价—常见类型缺陷的数量和大小的评定—第三部分：锈蚀等级的评定；
- (2) 干膜厚度(DFT)（使用模板）：样板大小 150mm×150mm 均匀分布 9 个测量点，样板大小 200mm×400mm 均匀分布 15 个测量点；
- (3) 附着力：参照标准 ISO4624 色漆和清漆—附着力的拉开法试验；
- (4) 按板厚调整后的柔韧性：参照 ASTM D4145 预涂钢板的涂层柔韧性试验方法标准。3mm 板，300 $\mu$ m 涂层，150mm 圆柱轴，达到 2%延伸率，仅作为一种参考数据；
- (5) 阴极保护的重量损失/电流需要/人工漏涂处的剥离；
- (6) 划痕附近的腐蚀蔓延。测量每块试板沿划痕两边的腐蚀蔓延并确定腐蚀蔓延的最大值，三个最大值的平均值作为验收值。

### 3 验收标准

3.1 第 2 节的试验结果应满足下列标准：

船舶压载舱涂料的模拟压载舱条件试验结果要求

表 5.3.1

项目	依据 PSPC 表 1 涂装的环氧基系统的验收标准	替代系统的验收标准
试板起泡	无起泡	无起泡
试板锈蚀	Ri0 级(0%)	Ri0 级(0%)
针孔数量	0	0
附着力	>3.5MPa，基材和涂层间或各道涂层之间的脱开面积在 60%或以上。	>5.0MPa，基材和涂层间或各道涂层之间的脱开面积在 60%或以上。

续表 5.3.1

项目	依据 PSPC 表 1 涂装的环氧基系统的验收标准	替代系统的验收标准
内聚力	>3.0MPa 涂层中的内聚破坏面积在 40%或以上	>5.0MPa 涂层中的内聚破坏面积在 40%或以上
按重量损失计算的阴极保护需要电流	<5mA/m <sup>2</sup>	<5mA/ m <sup>2</sup>
阴极保护；人工漏涂处的剥离	<8mm	<5mm
划痕附近的腐蚀蔓延	<8mm	<5 mm
U 型条	若在角上或焊缝处有缺陷、开裂或剥离都将判定系统不合格。	若在角上或焊缝处有缺陷、开裂或剥离都将判定系统不合格。

3.2 按 PSPC 表 1 涂装的受试环氧基系统应满足上表对环氧基系统的标准。

3.3 不一定是环氧基的替代系统和 / 或不一定按 PSPC 表 1 涂装的替代系统应满足上表对替代系统的要求。

#### 4 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- 4.1 制造商名称；
- 4.2 试验日期；
- 4.3 涂料和底漆的产品名称/标识；
- 4.4 批号；
- 4.5 钢板表面处理的数据，包括：
  - (1) 表面处理方式；
  - (2) 水溶性盐含量；
  - (3) 灰尘；

(4) 磨料嵌入物；

4.6 涂层系统涂装的数据，包括下列数据（其中涂装间隔、试验前的干膜厚度、稀释剂、湿度、气温包括实际样板数据和制造商要求/建议值）。

(1) 车间底漆；

(2) 涂层道数；

(3) 涂装间隔；

(4) 试验前的干膜厚度；

(5) 稀释剂；

(6) 湿度；

(7) 气温，

(8) 钢板温度。

4.7 按第 2 节试验的试验结果；和

4.8 按第 3 节判断的结果。

## 附录 6 船舶压载舱涂料的冷凝舱试验

本试验依据 IMO MSC.215(82) 所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准的附件 2 制订。

### 1 试验条件

冷凝舱试验依据适用标准进行，参照标准 ISO6270-1 色漆和清漆—耐湿性测定—第一部分：连续冷凝法。

1.1 暴露时间为 180 天。

1.2 应有两块试板。

1.3 每块试板尺寸为 150mm×150mm×3mm。试板的处理应按 IMO MSC.215(82) PSPC 性能标准表 1 的 1、2 和 3 条，涂层系统的涂装按 IMO MSC.215(82) 性能标准表 1 的 1.4 和 1.5 条，车间底漆至少露天老化 2 月并用低压水清洗或其它温和的方法清洁。不应采用扫掠式喷射或高压水清洁或其它的底漆去除方法。应考虑露天老化方法和程度，因为底漆是 15 年目标使用寿命体系的基础。为了鼓励创新，替代的处理方法、涂层系统和干膜厚度在清楚详细说明后可以采用。

1.4 试板的反面应适当涂装，以避免对试验结果产生影响。

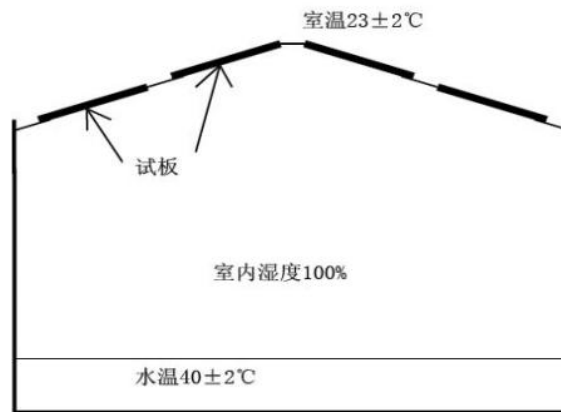


图 2 冷凝舱试验

### 2 试验结果

依据附录 3 的第 2 节，划痕附近的腐蚀蔓延和阴极保护的重量损失/电流需要/人工漏涂处的剥离除外。

### 3 验收标准

3.1 基于第 2 节试验的结果应满足下列标准：

**船舶压载舱涂料的冷凝舱试验结果要求** **表 6.3.1**

项目	依据 PSPC 表 1 涂装的环氧基系统的验收标准	替代系统的验收标准
试板起泡	无起泡	无起泡
试板锈蚀	Ri0 级 (0%)	Ri 0 级 (0%)
针孔数量	0	0
附着力	>3.5MPa, 基材和涂层间或各道涂层之间的脱开面积在 60%或以上。	>5.0MPa, 基材和涂层间或各道涂层之间的脱开面积在 60%或以上。
内聚力	>3.0MPa, 涂层中的内聚破坏面积在 40%或以上	>5.0MPa 涂层中的内聚破坏面积在 40%或以上

3.2 按 IMO MSC.215(82) PSPC 表 1 涂装时, 受试的环氧基系统应满足上表对环氧基系统的标准。

3.3 不一定是环氧基和 / 或不一定按 PSPC 表 1 涂装的所有替代系统应满足上表所示的对替代系统的要求。

### 4 试验报告

依照附录 5 第 4 节。

## 附录 7 模拟装载货舱的蒸气相的气密柜试验

本试验依据 IMO MSC.288(87) 原油油船货油舱保护涂层性能标准的附录 1 制订。

### 1 试验条件

蒸气试验应在气密柜内进行。在下述 1.6 至 1.10 的要求得以满足的前提下，气密柜的尺寸和设计不是关键。试验气体设计成模拟压载状态下原油货舱内的实际环境和原油货舱装载时的蒸气条件。

1.1 暴露时间为 90 天。

1.2 应使用 2 块相同的样板进行试验；应准备好第 3 块样板储存在周围环境条件下，作为对试验样板进行最终评估时的参考样板。

1.3 每块试验样板的尺寸为 150 mm×100 mm×3 mm。

1.4 样板应按 IMO MSC.288(87)性能标准表 1 中 1.2 的要求进行处理，涂层系统按 IMO MSC.288(87)性能标准表 1 中 1.4 和 1.5 的要求涂装。

1.5 如使用硅酸锌车间底漆，则应至少露天老化 2 个月并用低压淡水冲洗干净。应对涂层涂装前车间底漆处理的确切方法进行报告，并针对该系统签发书面判定。为不影响试验结果，应对试板的背面和边缘适当进行涂装。

1.6 气密柜内应设有 1 个水槽。该水槽内应注有  $2 \pm 0.2$  l 水。每次更换新鲜试验气体前，都应排尽并换新槽里的水。

1.7 气密柜内的蒸气层应按 IMO MSC.288(87)性能标准附件 1 中 5 的要求充注试验气体混合物。柜内大气应在整个试验期间保持不变。如果气体超出了试验方法的范围，则应更换。监控频率和方法、以及更换试验气体的日期和时间应记录在试验报告中。

1.8 试验气密柜内的大气应在任何情况下保持  $95 \pm 5\%$  相对湿度。

1.9 试验大气的温度应为  $60 \pm 3^\circ\text{C}$ 。

1.10 应有 1 个由合适惰性材料制成的试验样板架，用来垂直放置样板，每个样板间距至少 20mm。样板架在气密柜内的位置应能确保样板的底部边缘距离水面高

度至少 200mm，并距离柜壁至少 100mm。如果气密柜内架子有 2 层，应小心确保溶液不会滴到下层样板上。

## 2 试验结果

2.1 试验前，应报告组成涂层系统的每道涂层的下列测量数据，包括硅酸锌车间底漆（如使用在涂层系统下）：

2.1.1 该涂料的基料和固化剂组分的红外鉴定；

2.1.2 该涂料的基料和固化剂组分的比重；和

2.1.3 平均干膜厚度（DFT）（使用模板）。

2.2 试验阶段结束后，应将样板从气密柜中移走并用温自来水漂洗。应用吸水纸吸干样板，然后试验结束时在 24 小时内对样板上的锈蚀和起泡进行评估。

2.3 试验后，应报告下列测量数据：起泡和锈蚀。

## 3 验收标准

3.1 基于第 2 节的试验结果应满足下列标准，报告中应采用 2 块试验样板的最差试验结果：

验收标准表		3.1
项目	环氧基系统的验收标准	替代系统的验收标准
样板起泡	无	无
样板锈蚀	Ri 0 级（0%）	Ri 0 级（0%）

3.2 对试验样板进行评估时，距离样板边缘 5mm 以内的起泡或锈蚀应忽略。

## 4 试验报告

试验报告应包括下列内容：

4.1 涂料生产商的名称和生产地点；

4.2 试验日期；

4.3 每道涂层和硅酸锌车间底漆（如适用）的产品名称/标识；

4.4 每个产品的每个组分的批号；

4.5 车间底漆涂装前钢板表面处理的细节，和涂层涂装前的车间底漆处理（如相关），应至少包括下列内容：

4.5.1 表面处理，或经露天老化的车间底漆的处理，和任何其他会影响性能的重要处理信息；和

4.5.2 车间底漆涂装前钢板上测得的水溶性盐的水平；

4.6 涂层系统的细节，包括下列内容：

4.6.1 硅酸锌车间底漆（如相关），其第2次表面预处理和涂装条件，露天老化时间；

4.6.2 涂层道数，包括车间底漆，和每道涂层的厚度；

4.6.3 试验前平均干膜厚度（DFT）；

4.6.4 稀释剂（如使用）；

4.6.5 湿度；

4.6.6 气温；和

4.6.7 钢板温度；

4.7 更换试验气体的详细时间表；

4.8 按第2节试验的结果；和

4.9 按第3节得到的结果。

## 附录 8 模拟原油舱装载状态的浸没试验

本试验依据 IMO MSC.288(87) 原油油船货油舱保护涂层性能标准的附录 2 制订。

### 1 试验条件

设计浸没试验是为了模拟原油舱在装载状态时的条件。

1.1 暴露时间为 180 天。

1.2 应按本指南附录 5 的 1.6 的要求调配试验液体。

1.3 应将试验液体倒入内底平坦的容器中,直到试验液体的高度达到 400mm,得到的水相为 20mm。也可以接受任何其他采用相同试验液体使试验样板浸没在 20mm 的水相中的试验布置。例如,可以使用惰性大理石达到此效果。

1.4 试验液体的温度应为  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 并应通过经认可的方法,如,能够将浸没液体保持在要求的温度范围内的水浴或油浴或热风循环式烘箱,保持这一温度均匀和恒定不变。

1.5 试验期间,试验样板应垂直放置并完全浸没。

1.6 应采用 2 块相同样板进行试验。

1.7 应采用不会覆盖试验区域的惰性隔离装置来隔开试验样板。

1.8 每块试验样板的尺寸为  $150\text{mm}\times 100\text{mm}\times 3\text{mm}$ 。

1.9 样板应按 IMO MSC.288(87)性能标准表 1 中 1.2 的要求进行处理,涂层系统按 IMO MSC.288(87)表 1 中 1.4 和 1.5 的要求涂装。

1.10 如使用硅酸锌车间底漆,则应至少露天老化 2 个月并用低压淡水冲洗干净。应对涂装前车间底漆处理的确切方法进行报告,并针对该系统签发书面判定。为不影响试验结果,应对试板的背面和边缘适当进行涂装。

1.11 当完全浸没试验完成后,应将样板从试验液体中移走,并在对样板进行评估前用干净的干布擦干。

1.12 对试验样板的评估应在试验结束后 24h 内进行。

## 2. 试验结果

2.1 试验前，应报告组成涂层系统的每道涂层的下列测量数据，包括硅酸锌车间底漆（如使用在涂层系统下）：

2.1.1 该涂料的基料和固化剂组分的红外鉴定；

2.1.2 该涂料的基料和固化剂组分的比重；和

2.1.3 平均干膜厚度（DFT）（使用模板）

2.2 试验后，应报告下列测量数据：起泡和锈蚀

## 3 验收标准

3.1 基于第 2 节的试验结果应满足下列标准，报告中应采用 2 块试验样板的最差试验结果：

项目	环氧基系统的验收标准	替代系统的验收标准
样板起泡	无	无
样板锈蚀	Ri 0 级（0%）	Ri 0 级（0%）

3.2 对试验样板进行评估时，距离样板边缘 5mm 以内的起泡或锈蚀应忽略。

## 4 试验报告

试验报告应包括下列内容：

4.1 涂料生产商的名称和生产地点；

4.2 试验日期；

4.3 每道涂层和硅酸锌车间底漆（如适用）的产品名称/标识；

4.4 每个产品的每个组分的批号；

4.5 车间底漆涂装前钢板表面处理的细节，和涂层涂装前的车间底漆处理（如相关），应至少包括下列内容：

4.5.1 表面处理，或经露天老化的车间底漆的处理，和任何其他会影响性能的重要处理信息；和

4.5.2 车间底漆涂装前钢板上测得的水溶性盐的水平；

4.6 涂层系统的细节，包括下列内容：

4.6.1 硅酸锌车间底漆（如相关），其第 2 次表面预处理和涂装条件，露天老化时间；

4.6.2 涂层道数，包括车间底漆，和每道涂层的厚度；

4.6.3 试验前平均干膜厚度（DFT）；

4.6.4 稀释剂（如使用）；

4.6.5 湿度；

4.6.6 气温；和

4.6.7 钢板温度；

4.7 按第 2 节试验的结果；和

4.8 按第 3 节得到的结果