





第十一章 防止船舶有害防污底系统污染

第一节 船舶有害防污底系统及其危害

第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

第三节 船舶防污底控制方法

第四节 船舶防污涂料



第一节 船舶有害防污底系统及其危害

一、船舶海洋污损生物附着

1、海洋环境腐蚀特征

船体表面区域受侵蚀情况不同分为海洋大气区、浪花飞溅区、吃水差区、海水全浸区和海底泥土区（海洋结构物）。

2、船舶海洋污损生物附着危害

相关概念1： 海洋附着生物也称海洋污损生物（*Marine fouling organism*），是生长在船底和海中一切设施表面的动物、植物和微生物的通称。

相关概念2： 附着生物的危害作用称为生物污损（*biofouling*），船舶防除生物污损称为防污底（*antifouling*）。



第一节 船舶有害防污底系统及其危害

一、船舶海洋污损生物附着

1、海洋环境腐蚀特征

2、船舶海洋污损生物附着危害

- (1) 增加船舶航行阻力;
- (2) 堵塞管道;
- (3) 加速金属腐蚀;
- (4) 损坏海洋仪器;
- (5) 影响水产养殖业的产量和质量;
- (6) 影响海上石油平台的安全性;
- (7) 导致海洋病虫害的 传播与扩散。



第一节 船舶有害防污底系统及其危害

一、船舶海洋污损生物附着

3、海洋生物附着过程及其影响因素

1) 船舶不同区域的污损

2) 影响海洋生物附着的因素

海洋生态环境: 周围物种性质, 数量

海水相对速度: 当海水相对流速大于 5Kn , 生物不能附着;

附着表面的性质: 光滑表面不利于附着; 在柔软和不稳定的表面上难以附着; 表面强酸或强碱、防污剂的环境可防止生物附着。

光照、电场及辐射: 电场和辐射可防止生物附着, 但某些植物喜光



第一节 船舶有害防污底系统及其危害

二、船舶有害防污底的危害

1、防污涂料发展简史

初期、中期、近代、现代

2、有害防污底涂料的危害

1) 毒性：急性致死作用

慢性致毒作用

致畸作用，引起畸形、性畸变

2) 降解慢，在海洋环境中残存时间长

3) 生物的富集和积累作用



第一节 船舶有害防污底系统及其危害

二、船舶有害防污底的危害

1、防污涂料发展简史

2、有害防污底涂料的危害

3、各国对有机锡使用的限制措施

世界：1974 年，联合国海洋污染防治公约将有机锡列入优先控制的灰名单；之后世界各国规定停止使用有机锡防污涂料。

我国：

2003年，发布了《不宜在船舶有害防污底系统中使用充当杀虫剂的有机锡化合物》的公告，“提请各有关单位注意，2003 年1 月1 日后，不宜在船舶的防污底系统中再使用充当杀虫剂的有机锡化合物，以免将来就此构成违章责任。”

2011 年6 月7日，《控制船舶有害防污底系统国际公约》正式对我国生效。



第十一章 防止船舶有害防污底系统污染

第一节 船舶有害防污底系统及其危害

第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

第三节 船舶防污底控制方法

第四节 船舶防污涂料

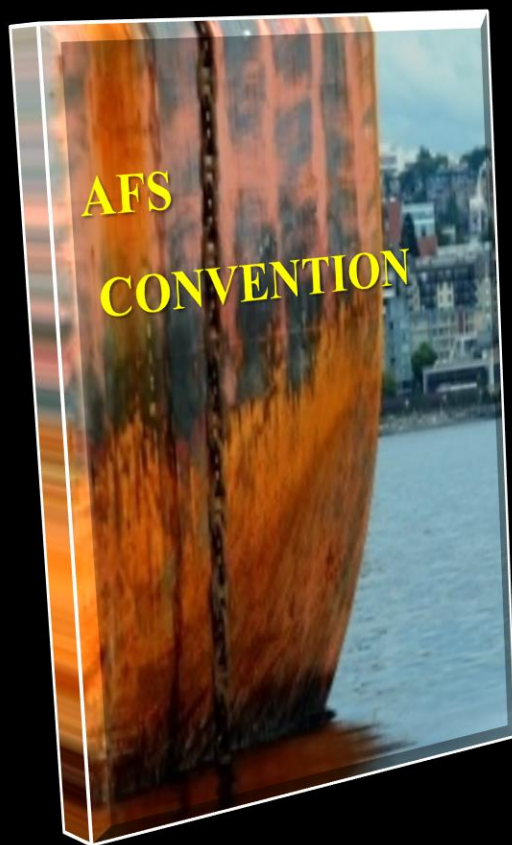


第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

一、国际公约

《控制船舶有害防污底系统国际公约》（AFS 2001）

已于2008年9月18日正式生效。



**International Convention
on the Control of Harmful
Anti-fouling Systems on Ships**



第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

一、国际公约

1、AFS 公约的框架和基本条文

2、适用范围

3、公约对防污底系统的控制

要求各当事国必须禁止和/或限制在公约适用范围内的船舶上施涂、重涂、安装或使用有害的防污底系统。

目前附件1仅列出了在防污底系统中作为杀虫剂的有机锡化合物。2003年1月1日开始船舶在计划更换时不能施涂有机锡化合物；最晚在5年后的2008年1月1日船舶在船壳上或外部构件表面上不得有此类化合物（按照维也纳条约法，此处写明了适用日期，则公约生效晚于该日期时，则公约生效后有追溯力）；



第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

一、国际公约

4、风险预防原则

1) 概念：遇有严重或不可逆转损害的环境威胁时，不得以缺乏确实证据为理由，延迟采取符合成本效益的措施。

2) 前提：有采取措施避免环境进一步恶化的可能性；环境损害的后果是严重的或不可逆的；此威胁在科学上尚未得到最终的证实，但等到经科学证实再采取防范措施就会为时已晚。

5、检验和发证

400总吨及以上从事国际航行的船舶，在投入营运或第一次签发“国际防污底系统证书”前，要求进行初次检验。



第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

二、国内法规

1、交通部海事局关于实施《控制船舶有害防污底系统国际公约》的通知（海船舶〔2011〕277 号）

对船舶证书、船舶涂装、修造船厂及拆船厂提出了相关要求。

2、《国内航行海船法定检验技术规则》

第5 篇第8 章“控制船舶有害防污底系统污染规定”对船舶涂装提出要求。

3、《内河船舶法定检验技术规则》

第7 篇第9 章“控制船舶有害防污底系统对水域的污染”对船舶涂装、证书等提出要求。



第十一章 防止船舶有害防污底系统污染

第一节 船舶有害防污底系统及其危害

第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

第三节 船舶防污底控制方法

第四节 船舶防污涂料



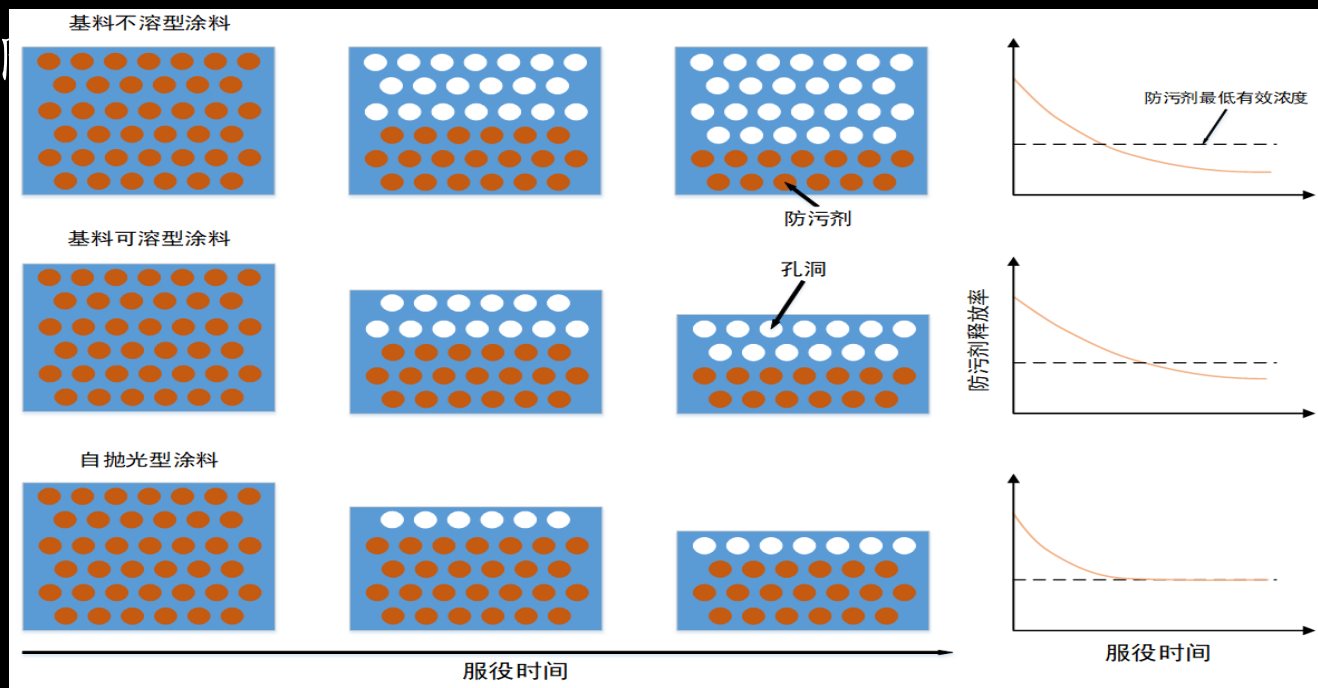
第三节 船舶防污底控制方法

一、物理防污法

二、化学防污法 化学仿生防污法、结构仿生防污法等。

三、仿生防污法

直接加入法、海水直接电解法、电解重金属法、化学防污涂料法（可溶型防污涂料、不溶型防污涂料、扩散型防污涂料、自抛光型）





第十一章 防止船舶有害防污底系统污染

第一节 船舶有害防污底系统及其危害

第二节 公约及法规对船舶有害防污底系统的要求

第三节 船舶防污底控制方法

第四节 船舶防污涂料



第四节 船舶防污涂料

一、含杀虫剂防污涂料

含杀虫剂的防污涂料目前仍是防污涂料的主流，其市场份额为90%~95%。配方中含有大约30%~60%的防污剂，以氧化亚铜为主。

1、可控溶蚀型防污涂料

含亲水性松香、疏水性的乙烯或者丙烯酸树脂、氧化亚铜、少量有机防污剂，在使用中形成水合物的防污表面，通过海水的冲刷作用将表面更新，达到“抛光”的目的。

2、水解型自抛光防污涂料

依照有机锡自抛光防污涂料相似的理，开发不采用有机锡的水解型自抛光防污涂料是一个跨越。通过丙烯酸聚合物在海水中的水解或离子交换来保证防污剂的平稳渗出。可水解或离子交换的丙烯酸聚合物主要有丙烯酸铜聚合物、丙烯酸锌聚合物、丙烯酸硅氧烷聚合物3类。



第四节 船舶防污涂料

2、水解型无锡自抛光防污涂料

第一代：采用可溶和可水解的基料，配低毒氧化亚铜防污剂。主要以氧化亚铜类并加入辅助毒剂为防污剂。铜加辅助毒剂对海洋的危害几乎等同于有机锡，因此该类防污涂料最终也将被禁用。

第二代：其自抛光的产生是以离子交换产生可水解的活性表面层为基础，并在树脂中填加无机纤维确保了对抛光率的有效控制和增强了漆膜的机械强度，添加适量、高效的生物活性化合物，形成稳定更新的活性表面层。

第三代：采用聚合物（丙烯酸金属盐类、羰化物、硅烷丙烯酸酯等）在海水中发生离子交换的水解原理，与基于水合机理的传统无锡防污漆相比，有质的飞跃。其漆膜的机械强度明显增强，防污性能和抛光性能稳定，涂料配套体系的防污周期可从3年延长到5年，已经非常接近传统的SPC。



第四节 船舶防污涂料

3、混合型防污涂料

结合上述两种特点，可提供有限自抛光功能。主要的成膜物是水解（离子交换）型的聚合物树脂。该类涂料避免了自抛光防污涂料固含量低、与底层旧涂膜配套性差、价格高的缺点，具有固体分提高、抛光率和防污剂渗出率可控、与旧涂膜配套性好、机械性能好、价格适中的特点。

4、无铜或低铜的最新技术

降低防污涂料中的铜含量和研制不含铜的长效防污涂料势在必行。



第四节 船舶防污涂料

二、无杀虫剂防污涂料

低表面自由能防污涂料（FRC）是利用漆膜的低表面自由能和较大的水接触角，使液体在其表面难于铺展而不浸润，达到防止海洋生物附着的目的。

1、含氟聚合物防污涂料

有机氟高聚物的表面自由能是高聚物中最低的，它是指碳链上的氢原子被氟全部或部分取代的一类有机氟化物。实验证明，采用氟树脂制备低表面自由能防污涂料，可通过改善材料的表面张力来减少有机物的附着污损。

2、含硅聚合物防污涂料

有机硅的临界表面张力高于氟树脂，且成本较低。涂层表面有机硅材料具有排斥盐分而起到半渗透膜的作用，吸水膜内的水含量低，周围盐分较高，形成与海水盐度差别较大的液膜，从而改变了附着生物的生态环境，减少海洋污损生物的附着。



第四节 船舶防污涂料

三、仿生防污涂料

1、化学仿生防污涂料

- **含天然活性生物材料的涂料：**用海洋生物提取物做防污剂，制备具有生物防污功能的涂料。
- **含人工活性生物材料的涂料：**将生物制剂加入涂料中，可阻断海洋附着生物某一生长环节或改变附着生物的附着环境。
- **含植物提取物的防污涂料：**辛辣型天然防污剂，是一种稳定的生物碱，不受温度的影响，并具有抗菌、防止海洋生物生长的功能。

2、结构仿生防污涂料

设计制备特定的高分子材料，模拟大型动物的表皮结构和几何形貌，形成一系列的人工表面。



第四节 船舶防污涂料

四、其他防污新技术及涂料

- **以碱性硅酸盐为防污剂的防污涂料：**海洋污损生物在强碱性和强酸性的环境下均不宜生存，所以在涂料中添加碱性硅酸盐防污剂。
- **含纳米无机填料的防污涂料：**杀菌机理是带正电荷的抗菌成分接触到带负电荷的微生物细胞后，相互吸附，并有效地击穿细胞核，使细胞蛋白质变性，无法呼吸、代谢和繁殖，直至死亡。。
- **添加天然硅晶体的防污材料：**多面结晶体尖端“正极”，平面“负极”，两极间保有永久电极，经常有微弱电流流通，防止污损生物附着。
- **大分子水凝胶涂料：**具有三维网状结构，在表面形成一道超级吸水的凝胶聚合物网，使海生物无法识别是否是可以附着的表面。
- **导电防污涂料：**涂上数层导电涂料，微小直流电通入导电涂料的表面时，使海水电解产生次氯酸钠，达到防止海洋生物附着的目的。



第四节 船舶有害防污底系统替代产品的研究

Thanks

The end of Chapter 11
