

有机硅防污漆 Hempaguard 对实船 EEXI 和 CII 的案例分析

赵海励¹, 李善文², 张达天¹, 张铁城², 朗明鋈², 谈利², 王刚²

(1.中国船舶集团青岛北海造船有限公司, 山东 青岛 266520; 2.海虹老人北亚投资有限公司, 上海 215600)

摘要: 为实现航运温室气体减排战略, EEXI 和 CII 已是当前短期目标的评估措施, 同时各种节能技术也应运而生。本文将融合水凝胶技术的有机硅防污漆 Hempaguard 产品作为一种节能措施, 应用在某散货船上, 在采取主机功率限制的基础上, 进行了实船 EEXI 和 CII 案例分析。结果显示: 与常规自抛光防污漆对比, 有机硅防污漆明显提高了试航速度, 使 EEXI 和 CII 指数均有所降低, 为优化船舶能效提供了助力。

关键词: 现有船能效指数; 碳强度指标; 有机硅防污漆; 水凝胶硅酮技术; 节能技术

中图分类号: TQ637 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)01-0021-03

A Case Study of Silicone-Based Antifouling Coating Hempaguard on EEXI and CII

ZHAO Hai-li¹, LI Shan-wen², ZHANG Da-tian¹, ZHANG Tie-cheng², LANG Ming-jun²,
TAN Li², WANG Gang²

(1.CSSC Qingdao Beihai Ship building Co., Ltd., Qingdao 266520, Shandong, China;

2.Hempel North Asia Holding Co., Ltd., Shanghai 215600, China)

Abstract: For achieving greenhouse gas (GHG) emission reduction strategies for maritime transport, EEXI and CII have been utilized as short-term targets, and then kinds of energy efficiency technologies are innovated. In this paper, hydrogel silicone-based antifouling coating Hempaguard was used as an energy efficiency technology on a real bulk carrier, and then EEXI and CII were analysed under reducing power limit of main engine. The results showed that reference speed was increased obviously during sea trial and EEXI & CII values was optimized, comparing with the marketing self-polishing coatings. The silicone-based antifouling coatings can be regarded as an effective solution for increasing energy efficiency.

Key words: EEXI; CII; silicone-based antifouling coating; hydrogel silicone technology; energy efficiency technology

0 引言

为实施航运温室气体减排战略, 自 2023 年 1 月 1 日起, 国际海事组织 IMO 采取现有船舶能效指数

(EEXI) 限值要求和营运碳强度指标(CII)作为评估措施, 来约束所适用的船舶。EEXI 对已经按照 EEDI 2/3 阶段标准建造的船舶影响不大, 而对于剩下的无法直接满足的, 目前市场上出现了多种改良措施, 简述如下:

1) 采用低碳替代燃料, 如液化天然气(LNG)、甲醇、生物燃料等^[1], 现阶段甲醇正逐步推广, 双动力双燃料也不断涌现, 但改装成本较大^[2]。同时, 极低碳或零碳燃料(如液化氨和氢等^[3])也正在开发中。

收稿日期: 2024-04-22

作者简介: 赵海励(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事船舶及海洋工程涂装工艺设计、油漆性能及合理化配置研究、涂装专业的设计及施工标准制定等工作。E-mail: beihai-zhao@163.com。

2) 主机功率限制 Engine Power Limitation (EPL), 是当前最有效的方式, 备受船东青睐, 并且该措施对船体基本结构和布置几乎无影响, 但降低主机功率也会导致船速的降低, 还需要获得承租人的支持。

3) 应用节能技术 Energy Efficiency Technologies (EET), 为抵消主机功率限制带来的速度降低, 各种节能技术也层出不穷。如安装节能配置 ESD (Energy-Saving Device), 如前置导流罩、毂帽鳍、节能鳍、空气润滑系统等, 改装球鼻艏等, 这也是近些年来为何大量船舶入坞改装的原因。此外, 主辅机节能技术, 如优化燃烧、采用轴发 PTO 及余热回收装置^[2]; 回水动力节能技术、加装风力辅助推进系统(如旋筒风帆、转子帆、翼帆等)、太阳能、燃料电池、优化航线与载荷, 升级船壳水下防污涂层技术(低摩擦涂料或表面光滑涂料 Low Friction Coatings)等。

其中, 在上述诸多改良措施中, ABS 船级社研究报告^[4]指出: 使用表面光滑的有机硅防污漆是船舶运营投资回报率最快的措施之一。

1 主要术语简介

1.1 现有船能效指数 (EEXI)

EEXI 的施行是 IMO 促进环保技术和减少航运业碳排放最重要措施之一, 是衡量船舶能源效率的指标。对于某些船舶来说, EEXI 非常重要, 实际上它是一种“贸易许可证”。

EEXI 分析基于两个不同的值: Attained EEXI (针对每艘船计算的) 和 Required EEXI (针对每种船型和尺寸计算的)。如果 Attained EEXI 小于等于 Required EEXI, 船舶合规, 可批准营运; 如果 Attained EEXI 高于 Required EEXI, 则船舶不合规, 要么停止营运, 要么采取改良措施。

1.2 碳强度指标 (CII)

CII 是最具挑战性的指标, 它反映了真实的营运和排放情况, 是一项持续的任务, 需要每年对大多数船舶进行营运改进和评级。

营运碳强度 Attained CII 评级是一个标签, 可划分 5 个评级: A、B、C、D、E, 分别表示优、次优、中等、较低或低水平。为便于评级, 自 2023 年到 2030 年的每一年, 5 级评级机制都定义了 4 个边界: 优秀边界、良好边界、及格边界和较差边界。可将船舶 Attained CII 与边界值进行比较来确定评级。若船舶 Attained CII 评级有 1 年为 E 级或连续 3 年为 D 级, 则被视为低评级船舶, 现在起及未来几年内, 承租人不会选择低评级船舶, IMO 已宣布, 所有低评级船舶必须在船舶能效管理计划 (SSEMP) 中制定纠正措施计划, 以提高其 CII 性能, 否则此类船舶无法进行贸易。

1.3 有机硅防污漆

目前市场上应用的有多款有机硅防污漆产品, 主要分为两大类:

1) 不含防污剂的有机硅防污漆产品, 如 Hempasil X3+、Hempablue 87750、Sigmaglide 1290、Sigmaglide 2390、BioClean HB、AQUATERRAS 系等。

2) 含防污剂的有机硅防污漆产品, 其防污剂的含量远低于常规自抛光防污漆, 且在实际应用中表现出更佳的防污效果, 如 Hempaguard X8、Hempaguard X7 和 Hempaguard X5、Bioclean Plus、SeaQuest Endura 等。

本案例使用的有机硅防污漆是 Hempaguard 系列中的一种产品。该产品是一代基于 ActiGuard® 技术的高级防御型防污漆, 充分利用了先进的水凝胶硅酮技术和理想的防污剂增强效果, 既有效地延长了防污寿命, 又确保了船舶水中运行时的超低表面摩擦力, 具有较高的节能效果。

1.4 出坞性能^[5]

出坞性能是指船舶出坞后最初始阶段的船壳性能指标, 此时船壳表面光滑还没有海生物附着, 机械损伤也极其有限, 即出坞航行 10~12 个月内的性能, 在相同速度条件下对比所使用的功率, 使用的功率会降低, 进而节能。

1.5 参考船速

参考船速以 kn 为单位, 可从 MEPC.334(76) 号决议附录 8^[6] 速度-功率曲线获得。为了实现 EEXI 目标, 国际船级社协会 (IACS) 认为唯一接受的验证低摩擦力涂层对参考速度影响的方法是试航。通过试航, 将产生新的速度-功率曲线与新船的初始速度-功率曲线进行比对。

2 EEXI 实船案例分析

以 2023 年 10 月份坞修的散货船 (基本信息见表 1) 作为案例, 在采取主机功率限制的条件下, 使用有机硅防污漆 Hempaguard 作为一种节能技术, 对实船 EEXI 和 CII 分别进行分析。坞修时, 该船水线间、直底和平底的表面处理结果: 清洁度为 100% Sa2 (ISO 8501-1), 中等粗糙度 Medium (G) (ISO 8503-2)。

2.1 Hempaguard 产品对实船 EEXI 的影响

该船 Attained EEXI 为 5.10, 而同类型船队的 Required EEXI 为 4.15, Attained EEXI 高于 Required EEXI, 不符合该类型船队 EEXI 的标准要求, 需采取主机功率限制及节能技术等优化措施。优化前后的主机功率、参考速度及 EEXI 数值变化见表 2。

由表 2 可知: 以 75% MCR_{ME} 对应的功率和速度做为参考线, 采取主机功率限制, 当主机功率由 7 470 kW 降至 5 675 kW 或功率降幅 24%, 参考船速由 14.16 kn

降至12.92 kn 或降速 9%时,该船 Attained EEXI 为 4.15, 刚刚达标。

表 1 实船散货船的基本信息

项目	信息
船名	XXXXX
船的类型	散货船 Bulk Carrier
建造年份	2009
载重(DWT)/t	56 780
总吨(GT)/t	29 573
水线间面积/m ²	2 660
直底面积/m ²	2 520
平底面积/m ²	4 490
最大持续功率(MCR _{ME})/kW	9 960
主机功率(75%MCR _{ME})/kW	7 470

表 2 主机功率限制前后的 EEXI 相关参数对比

项目	参数	
同类型船队的最大 功率、航速及 EEXI 相关参数状况	最大持续功率(MCR _{ME})/kW	9 960
	最大航速/kn	15.6
	EEXI 容量(DWT)/t	56 780
	Required EEXI/(g-CO ₂ (t·nmil) ⁻¹)	4.15
采取主机功率限制 前,该实船 EEXI 相 关参数状况	主机功率/kW	7 470
	参考船速/kn	14.16
采取主机功率限制 后,该船 EEXI 达标 时的相关参数状况 (75% MCR 为参考 线)	Attained EEXI/(g-CO ₂ (t·nmil) ⁻¹)	5.10
	Attained EEXI/(g-CO ₂ (t·nmil) ⁻¹)	4.15
	参考船速/kn	12.92
	主机功率/kW	5 675
	船速降幅/%	9
	主机功率降幅/%	24

当 Attained EEXI 达标后,为补偿主机功率限制带来的速度损失,需辅助使用一种或多种节能技术进行提速,该船使用了表面光滑的 Hempaguard 产品作为节能技术,替代了之前常规自抛光防污漆,在试航期间相同功率 5 675 kW 的条件下,结果发现速度由 12.92 kn 提高到 13.26 kn,提速 2.67%,见图 1 所示。

根据 MEPC.336(76)号附录 8 计算^[6],参考速度提高 2.67%后,Attained EEXI 由 4.15 g-CO₂/(t·nmil) 进一步降至 4.04 g-CO₂/(t·nmil),通过了船级社对 EEXI 的批准。

2.2 Hempaguard 产品对实船 Attained CII 的影响

CII 相关计算和评级可参考 MEPC.336(76)号附录 10^[7]。在贸易量(航行的海里数)相等的情况下,所选船体涂料层预期 CII 百分比与 2024 年度 Attained CII 相比,2024 年度 Attained CII 为 5.24,将其作为参考

线,即 2024 年度 CII 差值为 0。5 年保养期内 CII 变化见图 2 所示。

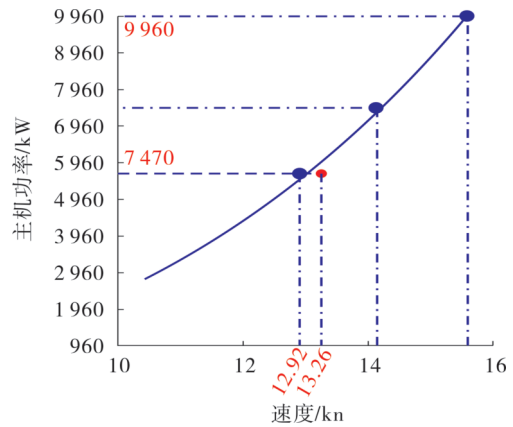


图 1 主机功率曲线(有机硅防污漆 Hempaguard 使用前后)

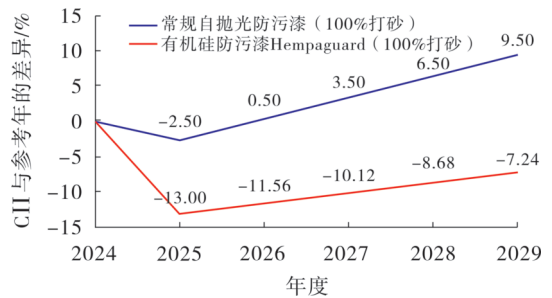


图 2 Hempaguard 与常规自抛光防污漆对 CII 的对比影响

由图 2 可知,有机硅防污漆 Hempaguard 与常规自抛光防污漆相比,作为节能技术可更有效降低年度 Attained CII。

在贸易量(航行的海里数)相等的情况下,有机硅防污漆 Hempaguard 与常规自抛光防污漆对年度 Attained CII 指标及评级的影响见图 3。

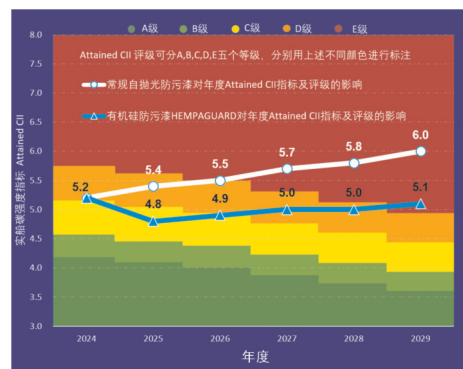


图 3 Hempaguard 与常规自抛光防污漆对年度 Attained CII 指标及评级的影响

(下转第 40 页)