

基于 EEOI 的船舶能效管理措施节能分析

易 辉¹, 武 燊², 安 超²

(1. 深圳华威近海船舶运输股份有限公司 船务部, 广东 深圳 518067; 2. 上海海事大学 商船学院, 上海 201306)

摘 要:为了构建船舶能效运营体系,指导船只运营管理实践,以新美洲轮为例,利用实船数据结合能效运营指数(EEOI)公式,分别从增压器数量、船舶航速、装卸货以及主机气缸注油率等方面进行了理论计算和实验,得到各因素对船舶能效运营指数的影响。结果显示,优化增压器数量、航速、装卸货以及主机气缸注油率的方法可以有效地减少船舶油耗,为今后船舶运营以及节能减排管理提供参考。

关键词:船舶能效运营指数;节能减排;船舶能耗

中图分类号:U676.3

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2019)01-0030-04

0 引言

世界经济的发展对矿产能源的需求越来越大。能源消耗过程中产生大量的碳排放,破坏了地球环境。尽管大船单位能耗极大下降,经济效益特征明显,但是单船排放量仍十分巨大。譬如,14 000 箱位的大型集装箱船每天消耗燃油 300 t 左右,碳排放量每天为 996.608 t。^[1]

对于减少船舶排放的问题,国内众多研究从船舶动力技术、船舶阻力优化、复合环保技术以及其他节能环保技术的角度进行了研究。漆福洁介绍了船舶能效设计指数(EEDI)的由来,详细分析了其计算公式及 EEDI 基线公式,提出了降低 CO₂ 排放措施。^[2] 郑宝成提出了具体的措施,包括修改喷油器、住宿、导航、供暖,安装和使用最佳主机的可能解决办法。连廷耀分析了能效管理计划制定所存在的问题,并在此基础上从船舶航行与设备、船舶运营管理与人员两个角度提出船舶能效管理的具体优化措施,具有较强的参考意义。^[3] 苏一提出基于能效管理的船舶航速系统优化设计,计算船舶营运的经济航速,与航行航线、航空公司的气象、水门等相结合,持续调整船舶航行速度的模型。^[4] 上述研究多集中于理论研究,针对船舶能效运营指数(EEOI)不同方面的影响因素进行分析并给出改进措施。

本研究从 EEOI 的定义出发,考虑船舶运行中 EEOI 的影响因素,通过对新美洲轮实际运行数据的分析,结合理论计算,对能效指标进行进一步研究,探索降低船舶能效运营指数的有效途径,从而为船舶节能减排提供参考。

1 船舶能效运营指数(EEOI)

1.1 基本概念

船舶能效运营指数(ship energy efficiency operation indicator, EEOI)是指船舶单位运输作业所排放的 CO₂ 量,是消耗燃油所排放的 CO₂ 与货物周转量的比值。

1.2 EEOI 公式解析

2009 年 IMO 发布 MEPC.1/Circ.684 指南,其中 EEOI 可表示为:

$$EEOI = \frac{M_{CO_2}}{Q} EE \quad (1)$$

式中: M_{CO_2} 表示船只营运二氧化碳排放量, Q 表示船只运输所做的功。^[5]

从公式(1)可以看出,EEOI 反映了船舶载货量与运输距离的乘积即单位货物周转量的二氧化碳排放

收稿日期:2018-12-11

作者简介:易辉(1978—),男,湖南益阳人,深圳华威近海船舶运输股份有限公司船务部工程师,轮机长。

量,因此公式(1)也可以变为:

$$EEOI = \frac{\sum_i SFC_i \times C_{Fi}}{M_{cargo} \times D} \quad (2)$$

式中: i 为燃油类型, FC_i 为一个航次某类燃油的消耗量, C_{Fi} 为燃油 i 的燃油量与 CO_2 量转换系数, M_{cargo} 为客船所载货物(t)或所做的功(标箱或乘客数量)或总吨, D 为对应所载货物或所做的功的距离(海里)。

在计算船舶一段时间或几个航程的 EEOI 平均值时,公式可变为:

$$\overline{EEOI} = \frac{\sum_i \sum_j SFC_i \times C_{Fi}}{\sum_j M_{cargo} \times D} \quad (3)$$

从以上公式各项因子的含义可以看出,船舶能效营运指数(EEOI)主要与主副机、锅炉等燃料消耗导致的排放、船舶航行距离及载货量有关;对于主机、副机和锅炉的 CO_2 排放不但要计算船舶航行期间的排放值,还要计算在港停泊期间的排放值。因此,要降低船舶能效营运指数值,除了需要总体上考虑如何降低主副机和锅炉的燃油消耗量外,船舶航线的优化、船舶总能系统效率的提高也是降低船舶能效营运指数的有效方法。^[6]

2 EEOI 的影响因素

2.1 新美洲轮柴油机技术参数

本研究以新美洲轮为例,从增压器数量、船舶航速、装卸货以及主机气缸注油率等方面进行实验,探究各因素对船舶能效运营指数的影响。该轮柴油机技术参数如表1所示。该轮机舱为配备轴带发电机,除废气锅炉和废气涡轮增压器等常规的节能装置,其他的节能减排装置未另外安装。

表1 新美洲轮柴油机技术参数

常用功率/kW	最大持续功率/kW	燃油消耗率/ $g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$	碳转换系数
51 390.0	68 520.0	171.5	3.2

2.2 增压器运行数量

船舶行驶过程中需要根据船舶吃水、船体清洁状况、海况及航道状况等调整主机转速。^[7]合理配置增压器数量是调整主机转速的主要方法,这可以有效提高船舶能效。

在航行中测得3台增压器工况下的能效数据,再减少增压器数量,得到2台增压器工况下的能效数据,如图1所示。从图1可以看出,3台增压器工况下的效率最大值为105%左右,2台增压器工况下的效率最大值为123%左右;同时,曲线幅值对应的角相位并没有发生变化。这表明通过适当减少增压器的运行数量,例如将增压器数量从3台减少为2台,可以有效提高运行效率。

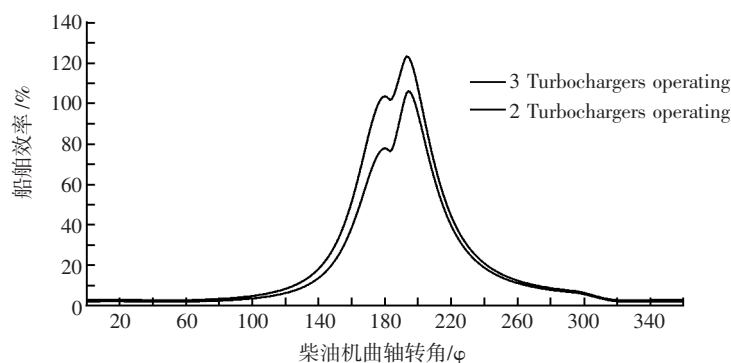


图1 2台增压器与3台增压器的效率对比

同时,项目组也研究了从不同数量增压器工况下切断单个增压器的能效变化状况。如图2所示,相比标准曲线,分别从2台、3台、4台增压器工况切断单个增压器的能效有不同程度的降低;从最优发动机低负载性能上对比,2台增压器中切断1台,能够承受最大负载为40%;3台增压器中切断1台,能够承受最大负载为65%;4台增压器中切断1台,能够承受最大负载为75%。

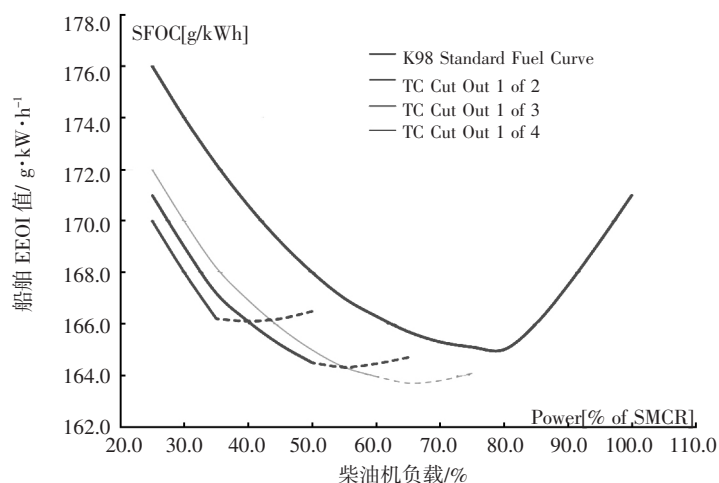


图2 从多个增压器中切断单个增压器后的能效变化

2.3 船舶航速

船舶航速优化是提升能效的重要手段,在规定时间内,以低速航行的船舶能耗率比中高速航行的船舶能耗率低,以较低的负载行驶能够大大地提升能效。^[8] 根据新美洲轮航行数据可得负载与耗油率的关系,如图3所示。在低于75%的负载下,单位功率耗油量随着负载的增加而减小;在75%处降到最低点181.5g/kW·h左右,在75%以上工况下,单位功率耗油量急剧上升。

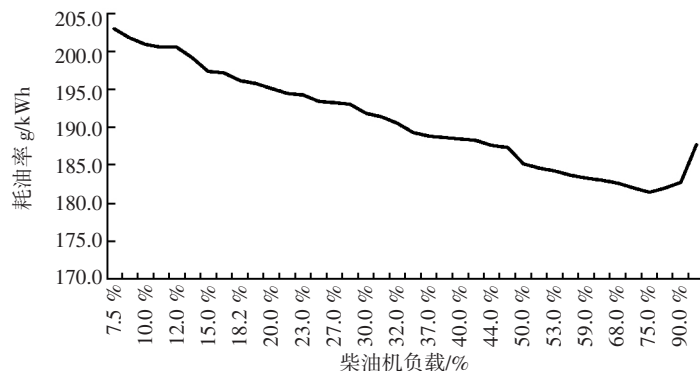


图3 负载对耗油率的影响

以巴生到苏伊士航段为例,航行里程大约为4 800 n mile,可将负载取25%、50%和75%进行计算,平均滑失率为15%,25%负载对应的实际航速为15.6 kn,功率为17 130 kW,耗油率为193.4 g/kW·h;50%负载对应实际航速为19.6 kn,功率为34 260 kW,耗油率为185.2 g/kW·h;75%负载对应的实际航速为22.4 kn,功率为51 390 kW,耗油率为181.5 g/kW·h。

$$25\% \text{ 负载耗油量} = \frac{4\,800 \times 193.4 \times 17\,130}{15.6 \times 1\,000\,000} = 1\,019 \text{ t} \quad (4)$$

$$50\% \text{ 负载耗油量} = \frac{4\,800 \times 185.2 \times 34\,260}{19.6 \times 1\,000\,000} = 1\,554 \text{ t} \quad (5)$$

$$75\% \text{ 负载耗油量} = \frac{4\,800 \times 181.5 \times 51\,390}{22.4 \times 1\,000\,000} = 1\,999 \text{ t} \quad (6)$$

通过计算可得,25%负载能够在相同航行里程中省几百吨燃油,较大地提升能量使用率,能够满足船舶正常行驶的最低航速。新美洲轮实际航行时,在规定时间内完成航行任务情况下时,使用25%负载航行,中间使用50%负载运行1 h为最佳。

2.4 装卸货时间

为了节省燃油消耗,船舶正常航行时需要降速行驶。在固定航段有固定的时刻表,为了能够充分降速行驶并且不耽误航行时间,减少港口的装卸货时间是关键环节。

以巴生到苏伊士航段为例, 总长 4 800 n mile, 正常行驶 12 天, 若装卸货每天节省 2 h, 则节省 24 h。在不节省 24 h 的情况下, 航行负载相当于 32%, 耗油量为 1 172 t, 而节省 24 h 的情况下, 航行负载相当于 25%, 耗油量为 1 019 t, 总共节省 153 t 燃油。因此, 优化装卸货时间也是提升能效的重要途径。

2.5 主机气缸油注油率

船舶的节能减排不只体现在燃料油的节省, 对主机气缸油的节约控制也是一笔可观的成本节约, 能够有效改善 EEOI。以 MAN B&W12K98MC-C 型主机为例, 额定功率为 68 520 kW, 额定转速为 104 r/min, 使用 SHELL 牌 ALEXIA50 气缸油, TBN 值为 70。按主机 50% 负载运行(当前普遍降低负载运行, 功率为 34 260 kW, 转速为 83 r/min), 每月主机运行 520 h 计, 若注油率从 1.2 g/kW·h 调低到 0.70 g/kW·h(减少 0.50 g/kW·h), 则主机一年总做功 213 782 400 kW·h, 可节约气缸油 106 891 200 g, 约 106.9 t, 按保守价每吨 1 万元计算, 可节约 106.9 万元。

3 结束语

在综合国内众多理论研究的基础上, 通过船舶能效运营指数公式结合实船运行分析数据, 从优化增压器数量、航速、装卸货以及主机汽缸油注油率等方面探讨了改善船舶能效运营指数的效果, 验证了相关计算理论的正确性, 可以作为船舶运营管理的参考。海况、气象等外部因素对船舶航行成本有较大影响, 因此对其成本的控制还需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 郑宝成. 航运公司船舶能效管理措施节能分析[J]. 世界海运, 2013, (3): 4-8.
- [2] 漆福洁. 船舶能效设计指数介绍与分析[J]. 江苏船舶, 2013, (1): 42-44.
- [3] 连廷耀. 浅谈营运船舶能效管理措施的优化[J]. 南通航运职业技术学院学报, 2015, (2): 35-39.
- [4] 苏一, 张倩墨. 基于能效管理的船舶航速系统优化设计[J]. 上海船舶运输科学研究所学报, 2014, (2): 43-49.
- [5] 海上环境保护委员会. 船舶能效运营指数(EEOI)自愿使用指南[R]. 海上环境保护委员会, 2009.
- [6] 刘中泰, 郑士君. 船舶营运能效管理[J]. 水运管理, 2011, (5): 11-12.
- [7] 黄京民. 船舶能效运营指数和能效管理实践分析[J]. 世界海运, 2016, (7): 26-30.
- [8] 黄凯旋, 陈飞燕. 改善船舶能效指数的途径探讨[J]. 科技创新导报, 2016, (20): 56-57.

(责任编辑: 顾力豪)

Energy Saving Analysis of Ship Energy Efficiency Management Measures Based on EEOI

YI Hui¹, WU Shen², AN Chao²

- (1. Dept. of Marine Services, Shenzhen Huawei Offshore Shipping Transport Co., Ltd., Shenzhen 518067, China;
2. Merchant Marine College, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to construct ship energy efficiency operation system and provide guidance for ship operation and management practice, taking vessel *New American* as an example, it uses the real ship data and ship energy efficiency operation indicator (EEOI) formula to calculate and test from the variable factors of the number of turbochargers, ship speed, loading and unloading, and oil injection rate of main engine cylinder, as a result of which the influence of each factor on the ship EEOI is obtained. The results show that, by optimizing the number of turbochargers, speed, loading and unloading, and oil injection rate of main engine cylinder, the ship's fuel oil consumption can be effectively reduced, which provides reference for future ship operation, energy conservation and emission reduction.

Key words: ship energy efficiency operation indicator; energy conservation and emission reduction; ship's energy consumption