

DOI: 10.3963/j.issn.1671-7953.2010.05.029

新造船 CO₂ 指数计算方法分析

徐善雷, 高 岚, 张 雪, 尹奇志

(武汉理工大学 能源与动力工程学院, 武汉 430063)

摘 要: 介绍新造船 CO₂ 设计指数计算方法, 并根据各参数之间的关系, 运用 VB 语言实现 CO₂ 排放值的计算。该程序可省去人工计算的繁琐和不便, 也为船舶设计人员在满足 CO₂ 指数条件下的设备选型提供方便。

关键词: 新造船舶; CO₂ 指数; 计算方法; VB

中图分类号: U 662

文献标志码: A

文章编号: 1671-7953(2010)05-0102-03

新造船 CO₂ 指数的提出是为了满足新造船舶在设计过程中, 通过对船型、推进器等的优化设计来满足 IMO 提出的新造船强制性 CO₂ 设计指数的要求, 从而在技术措施上保证长期达到减少温室气体排放的目的^[1]。

1 计算原理

船舶 CO₂ 的产生, 主要是因为船舶主机、副机、锅炉等燃油设备消耗燃油所致。因此 CO₂ 指数的计算也主要从这些燃油设备着手。依据日本提案^[2], 新造船 CO₂ 指数计算公式如下:

新造船 CO₂ 设计指数=

$$\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left[\sum_{i=1}^N C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right] + \left[\prod_{k=1}^L f_k \right] \times \left[\sum_{i=1}^N C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right] \times \left(Cap \times V_{ref} \times f_w \right)^{-1} \quad (1)$$

式中: C_F ——基于含碳量的非空间转换因子;

V_{ref} ——船舶设计航速, kn;

Cap ——船舶设计总有效载荷容量;

p ——主机及辅机的设计功率, kW;

SFC ——柴油机(设计)耗油率, g/(kW·h);

f_j, f_k ——船舶特别设计时使用的修正系数, 表示其分别来自于主机和辅机;

f_w ——受海况影响而减速的非空间系数。

2 数据采集

基于我国新造船舶情况, 为取得相关数据, 调研对象应为各大设计院、研究所和船厂等单位。针对以上计算公式分析, 拟定新造船 CO₂ 设计指数调研表格, 见表 1。

表 1 新造船 CO₂ 设计指数调研表

设计航速/kn	总有效载荷/ DWT
主机数量/台	主发电机数量/台
主机轴功率/kW	主发电机轴功率/kW
主机转换因子	辅机转换因子
主机耗油率 /[g·(kW·h) ⁻¹]	辅机耗油率 /[g·(kW·h) ⁻¹]
来自主机的修正系数	来自辅机的修正系数
涡轮发电机电功率/kW	废气锅炉蒸汽量/(kg·h ⁻¹)
正常航行总耗电量/kW	正常航行蒸汽总消耗量 /(kg·h ⁻¹)

3 实例及参数分析

根据计算公式分析和采集的数据, 以 300 000 DWT 油船为例, 介绍在设计过程中各参数之间的关系和指数计算要点^[3]。

船型: VLCC 300 000 DWT;

航速: 16.4 kn;

主机: 14 000 kW (轴功率) × 2,

SFC 170 g/(kW·h);

辅机: 1 100 kW (轴功率) × 2,

1 000 kW (电功率) × 1 (涡轮发电机),

SFC 190 g/(kW·h)。

基于预期的电力设备消耗清单下的总耗电量为 950 kW (夏季正常航行), 燃油锅炉 80 000 kg/h,

收稿日期: 2009-10-15

修回日期: 2009-12-30

作者简介: 徐善雷(1983-), 男, 硕士生。

研究方向: 轮机自动化

E-mail: xushanlei@tom.com

废气锅炉 6 000 kg/h。

基于蒸汽消耗设备清单的蒸汽总消耗量为 6 800 kg/h (冬季正常航行)。

3.1 主机计算部分

1) f_j 。如不是冰区加固船舶, 则 $f_j = 1.0$ 。对于冰区加固等船舶可在设计过程中对该因数进行修正。

2) C_{FME} 。依据 MEPC/Circ. 471 各可燃物类型^[4]选择 C_{FME} 值。

3) SFC_{ME} 。选择主机测试报告和测试数据在 75% 动力/转矩时, 未修正的耗油率值。

4) p_{ME} 。使用 EIAPP 证书规定的额定功率的 75%。另外, 发动机节能装置(例如: 轴带发电机等)如被安装并节约推进功率的话, 该功率应被进一步扣除。

样品船计算。

① $f_j = 1.0$;

② $C_{FME1} = 3.1144 (\text{HFO})$,

$C_{FME2} = 3.1144 (\text{HFO})$;

③ $SFC_{ME1} = 170 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,

$SFC_{ME2} = 170 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$;

④ $p_{ME1} = 14\,000 \times 0.75 = 10\,500 \text{ kW}$,

$p_{ME2} = 14\,000 \times 0.75 = 10\,500 \text{ kW}$ 。

则产生 CO₂ 量为

$$\prod f_j \sum C_{FME} SFC_{ME} p_{ME} = 1 \times 3.1144 \times 170 \times 10\,500 \times 2 \text{ g/h} \quad (2)$$

3.2 辅机计算部分

1) f_k 。如不是使用相关集装箱装卸设备的船舶, 则 $f_k = 1.0$ 。对于使用相关集装箱装卸设备等船舶可在设计过程中对该因数进行修正。

2) C_{FAE} 。与 3.1 2) 同。

3) SFC_{AE} 。

①副机。选择主机测试报告和测试数据在 50% 动力/转矩时, 未修正的耗油率值。

②锅炉。依照各可燃物类型, SFC_{AE} 应为较低加热值乘以 0.9 之后的倒数作为锅炉效率。例如: 依据 2006 IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)国家温室气体总量卷 2 能源 Table 1.2 的指导方针, 可假设每 g 燃料较低加热值为 39.8 kJ。

4) P_{AE} 。

①副机。

步骤 1, 计算所有副机必须电功率。选择在

正常海况下预期电力设备消耗清单所消耗的最大总耗电量值。

步骤 2, 计算所有耗油副机需求电功率。从步骤 1 选择值中, 扣除不消耗燃油的发动机额定功率总量的 75%, 例如: 涡轮发动机。假设由发动机动力转换为电力的转换效率是 0.9。

步骤 3, 计算各 p_{AE} 。分配各发动机的 p_{AE} , 从而使得 p_{AE} 总值与步骤 2 计算值相符。

②锅炉。

步骤 4, 计算所有锅炉必须蒸汽量。选择在正常海况下预期蒸汽设备消耗清单所消耗的最大总蒸汽量值。

步骤 5, 计算所有耗油锅炉需求蒸汽量。从步骤 4 选择值中, 扣除不消耗燃油的锅炉额定功率总量的 75%, 例如: 废气锅炉。

步骤 6, 分配各锅炉必须蒸汽量(步骤和步骤 3 相同)。

步骤 7, 计算各 p_{AE} 。潜热乘以从步骤 6 所得值, 得到锅炉的 p_{AE} , kJ/h。

样品船计算。

1) $f_k = 1$;

2) $C_{FAE1} = 3.1144 (\text{HFO})$;

3) ① $SFC_{AE1} = 190 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$;

② $SFC_{AE3} = 1/(39.8 \times 0.9) = 0.0279 \text{ g/kJ}$;

4) ① $p_{AE1} = (950 - 1\,000 \times 0.75)/0.9 = 222.2 \text{ kW}$;

② $p_{AE3} = (6\,800 - 6\,000 \times 0.75) \times 2\,454.2 = 5\,644\,660 \text{ kJ/h}$ 。

则产生 CO₂ 量为

$$\prod f_k \sum C_{FAE} p_{AE} SFC_{AE} = 3.1144 \times (222.2 \times 190 + 5\,644\,660 \times 0.0279) \text{ g/h} \quad (3)$$

3.3 分母计算部分

1) Cap 。

①对于干货船, 油船和一般货船, 船舶(总)载重吨(DWT)被用来作为 Cap 。

②对于化学品船, 货舱的总容积(m^3)被用来作为 Cap 。

③对于集装箱船, (总)载重(集装箱数的最大值(TEU) × 各箱平均重量)被用来作为其 Cap 。

④对于客船, 滚装客船和滚装货船, 总吨位依据 1969 年《船舶吨位丈量国际惯例》附件 1 中

规章 3 进行丈量, 该总吨位被用来作为 Cap 。

2) V_{ref} 。指在天气晴朗, 海上无风无浪的深水中, 船舶在最大设计载重量(即船舶载重量 Cap)条件下的航速。

3) f_w 。可以通过采用特别船舶在典型海域的性能模拟试验得到。该模拟方法和所得结果应被行政部门或相关组织认可。

如果该模拟试验不能进行, f_w 值应该使用“校准 f_w ”代替。其定义^[5]如下。

油船和散装货船:

$$f_w = 0.024\,23 \ln(DWt) + 0.583\,0 \quad (4)$$

集装箱船:

$$f_w = 0.012\,56 \ln(DWt) + 0.741\,3 \quad (5)$$

$$Cap \times V_{ref} \times f_w =$$

$$300\,000 \times 16.4 \times 0.888\,58 \text{ DWt n mile/h} \quad (6)$$

4 新造船 CO₂ 指数计算程序

基于以上分析, 不难知道船舶 CO₂ 排放主要由主机部分和辅机部分组成。改变主机或辅机部分相关设备的选型和参数, 将影响 CO₂ 指数大小的变化, 新造船 CO₂ 指数计算程序流程见图 1。



图 1 新造船 CO₂ 指数计算程序流程图

在该程序中只需输入主机、副机、锅炉、航速、

载重吨、耗油率、转换因子等值, 就可以计算得出该艘船舶的设计 CO₂ 指数, 并分别得到由主机和辅机部分所产生的 CO₂ 值。如该指数不能达到国际公约对新造船 CO₂ 设计指数的最低基准线的相关要求, 则可通过对船型、推进器等的优化设计来满足要求。

5 结束语

轮机设计人员在满足 CO₂ 指数而进行相关设备选型时, 需要处理繁琐重复的数据, 而该辅助程序可以方便地满足设计人员在满足 CO₂ 指数条件下的设备选型。同时, 通过对新造船 CO₂ 设计指数的分析, 为进一步制定我国新造船船舶温室气体排放清单以及制定适合我国国情的新造船船舶温室气体减排策略及减排指标提供理论依据。

参考文献

- [1] 张 爽, 张硕慧, 李 祯. 国际海运温室气体减排措施及发展趋势 [C]// 船舶安全管理与防污染管理学术研讨会, 2008 船舶防污染管理论文集, 哈尔滨: 2008.
- [2] Draft guidelines for the method of calculation of new ship design CO₂ index [R]. Oslo Norway: 2008.
- [3] IMO MEPC 58/ 4/ 26. Prevention of air pollution from ships calculation procedures of the numerator of the new ship design CO₂ index [R]. London: 2008.
- [4] MEPC / Circ. 471 ANNEX Page9. Interim guidelines for voluntary ship CO₂ emission indexing for use in trials [R]. London: 2005.
- [5] IMO MEPC58/ 4/ 29. Prevention of air pollution from ships draft “standard fw” curves for the new design CO₂ index [R]. London: 2008.

Analysis on the Calculation Method of CO₂ Index for the New Ship

XU Shan lei, GAO Lan, ZHANG Xue, YIN Qi zhi

(School of Energy and Power Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: A calculation method of the design CO₂ index for the new-build ship was introduced. With the relation of each parameter, the VB was used to compile software to calculate the CO₂ index. The trouble of manpower calculation was solved. The software is helpful to improve efficiency on choosing equipment for the ship design on the CO₂ index.

Key words: new-build ship; CO₂ index; calculation method; VB