

引用格式: 赵云瑞, 高海波, 林治国, 等. 基于组合赋权-TOPSIS法的极地邮轮减摇鳍选型评价[J]. 中国舰船研究, 2021, 16(5): 121-126, 149.

ZHAO Y R, GAO H B, LIN Z G, et al. Selection and evaluation of polar cruise fin stabilizer based on combination weighting-TOPSIS method[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2021, 16(5): 121-126, 149.

基于组合赋权-TOPSIS法的极地 邮轮减摇鳍选型评价



扫码阅读全文

赵云瑞¹, 高海波^{*}, 林治国¹, 郭蕴华¹, 张建峰²

1 武汉理工大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430063

2 招商局重工(江苏)有限公司, 江苏 南通 226100

摘要: [目的] 极地邮轮减摇鳍选型要考虑包括环境适应、设备性能等多方面因素, 主观判断往往难以选出最优的减摇鳍。针对极地邮轮减摇鳍的选型, 提出基于组合赋权-TOPSIS法的综合选型评价方法。[方法] 以满足极地船舶PC6规则作为某8 035 t极地邮轮减摇鳍的选型原则, 通过鳍面积的经验公式计算得出减摇鳍设备选型的约束条件, 进而确定3种设计方案; 咨询业内专家, 构建由5个一级指标和14个二级指标组成的选型评价指标体系; 通过层次分析法(AHP)和熵权法(EWM)确定指标的权重; 运用逼近理想解的排序方法(TOPSIS)计算各方案与理想解的贴近程度。[结果] 根据排序结果, 确定方案1(Aquarius A100减摇鳍)为符合决策者需求的最优减摇鳍。[结论] 该方法对极地邮轮的减摇鳍选型有一定指导意义, 降低了建造者和决策者选型时的盲目性。

关键词: 减摇鳍; 评价指标; 组合赋权; TOPSIS法

中图分类号: U664.72

文献标志码: A

DOI: 10.19693/j.issn.1673-3185.02037

Selection and evaluation of polar cruise fin stabilizer based on combination weighting-TOPSIS method

ZHAO Yunrui¹, GAO Haibo^{*}, LIN Zhiguo¹, GUO Yunhua¹, ZHANG Jianfeng²

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

2 China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd, Nantong 226100, China

Abstract: [Objectives] Many factors should be taken into consideration in the selection of a fin stabilizer for a polar cruise ship, such as environmental adaptation and device performance, and it should not be chosen via subjective judgment. To this end, a comprehensive fin stabilizer selection and evaluation method based on a combined weighting-TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) method is proposed. [Methods] The selection principle of a fin stabilizer for a polar cruise ship with a gross tonnage of 8 035 is confirmed according to the PC6 guidelines for polar class ships, and the initial area of the fin stabilizer is calculated using the experimental mathematical model. Three design schemes are put forward for the fin stabilizer. A selection and evaluation index system is built by consulting experts, including five primary indexes and fourteen secondary indexes. The weights of the indexes are determined using the analytic hierarchy process (AHP) and entropy weight method (EWM), and the TOPSIS method is introduced to calculate the degree of closeness between the alternative and ideal solutions. [Results] According to the ranking results, Design Scheme 1 (Aquarius A100 fin stabilizer) is selected as the optimal fin stabilizer for meeting the decision-makers' requirements. [Conclusions] The method proposed in this study has valuable guiding significance for the selection of fin stabilizers for polar cruise ships by reducing the blindness of the shipbuilders and decision-makers.

Key words: fin stabilizer; evaluation index; combination weighting; TOPSIS method

收稿日期: 2020-07-18

修回日期: 2020-10-14

网络首发时间: 2021-09-03 18:25

基金项目: 工信部高技术船舶科研资助项目(MC-201918-C10)

作者简介: 赵云瑞, 男, 1996年生, 硕士生。研究方向: 邮轮关键系统及设备选型。E-mail: yrzhao@whut.edu.cn

高海波, 男, 1975年生, 副教授。研究方向: 船舶电力推进及系统仿真。E-mail: hbgaio@whut.edu.cn

*通信作者: 高海波

0 引言

极地邮轮航行时需要穿过环境恶劣的海域,其在安全性、舒适性及环保等方面比普通邮轮的要求更高^[1]。

船舶减摇方法包括主动减摇和被动减摇,减摇鳍作为主动减摇设备,在减轻船舶横摇运动、提高航行稳定性、游客舒适度方面有着重要意义^[2-3],从极地环境多变性及极地船舶的安全性考虑,传统的非收放式减摇鳍不足以应对极地航行需求,浮冰等海洋环境可能会对其造成不可逆的伤害。同时,极地邮轮要求船舶在停泊时保持一定的稳定性,所以船舶减摇鳍成为了极地邮轮的关键设备。

在船舶建造过程中,需选出最符合实际需求的减摇鳍设计方案。但目前尚无针对减摇鳍进行整体选型的相关文献。本文拟以某 8 035 t、可承载 254 人、满足极地规则 PC6(夏季/秋季在中等厚度的 1 年冰况下营运)、入级中国船级社的极地邮轮减摇鳍选型为研究目标,设计 3 种符合约束条件的减摇鳍配置方案,使用层次分析法(AHP)-熵权法(EWM)对主、客观指标赋权,通过逼近理想解排序方法(TOPSIS)对 3 种减摇鳍进行综合选型评价,确定基于决策者实际需求的选型方案。

1 设计方案

1.1 极地邮轮减摇鳍选型原则

满足相关规范和公约要求是减摇鳍选型的首要原则^[4]。查阅国际上主要船级社(包括中国船级社(CCS)、挪威船级社(DNV)、法国船级社(BV)、美国船级社(ABS))的规范,符合极地规则 PC6 的邮轮在减摇鳍设计方面应满足船舶减摇性能、材料与焊接、工作条件等方面的要求。入级 CCS, DNV, BV, ABS 的极地船舶都应满足国际船级社协会(IACS)于 2006 年提出的《极地船级要求》中的强制性规定^[5]。

研究对象要入级中国船级社,需满足《CCS 钢质海船入级规范(2018)》、《CCS 邮轮规范 2017》中对船舶设备的要求^[6],以及《极地船舶指南》中的相关规定,还应参阅《GJB2860-97 舰船减摇鳍装置通用规范》。

1.2 鳍面积的计算

1) 初定鳍容量。

本文所研究的 8 035 t 极地邮轮,五月至九月

的年度计划航行区域为从斯瓦尔巴特群岛到法兰士约瑟夫地群岛,格陵兰岛;十月底至三月底的年度计划航行区域为从南极半岛南至南极海峡的埃里伯斯火山,西至特罗尔火山。由于是定航线极地邮轮,环境条件容易掌握,根据其他同等级别的邮轮设计,选定鳍容量 $\phi_{st}=3.21^\circ$ 。

2) 升力系数 C_L 。

假定翼型为 NACA0015,查取升力系数表,对于展弦比为 2 的翼型,最大工作鳍角 30° 时,选定 $C_L=1.2$ 。

3) 鳍面积的计算。

减摇鳍设计过程中主要考虑船舶的总体设计尺寸、初稳心高、重心、横摇周期,船舶航行海况、装载、航速、浪向等。影响船舶减摇鳍升力的主要方面是转鳍角度、减摇鳍面积、航速、升力系数等,本文以减摇鳍面积作为初始约束条件^[7](假定有义波高 $H_{1/3}=3.2\text{ m}$,正常航行减摇效果不小于 80%,零航速时减摇效果不小于 50%,遭遇角 90° 横浪),约束减摇鳍的鳍面积在符合设计目标的范围,以保证减摇鳍可以提供足够的升力,减小船舶横摇运动。由式(1)~式(2)可以计算中、高航速下减摇鳍的鳍面积:

$$\phi_{st} = \frac{m_F \times 57.3}{\Delta \cdot gGM} \quad (1)$$

$$m_F = F_L \cdot d = C_L \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 A_F \cdot d \quad (2)$$

式中: m_F 为稳定力矩, $\text{N} \cdot \text{m}$; Δ 为船舶排水量, t ; GM 为初稳心高, m ; d 为单边扶正力矩的力臂, m ; ρ 为海水密度, kg/m^3 ; v 为水流与船舶的相对速度, kn ; A_F 为鳍面积, m^2 ; F_L 为单边鳍上产生的升力, N 。

本文案例中,当航速 $v=14\text{ kn}$, $\rho=1.02 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$, $d=12.15\text{ m}$, $\Delta=5\,450\text{ t}$, $GM=1.5\text{ m}$ 时,计算得最小鳍面积。当航速 $v=0$ 时,减摇鳍的鳍面积与展弦比、转鳍角速度、转鳍角度、形状阻力系数有关。在设计海况下,最小鳍面积 $A_{F1} \approx 7.41\text{ m}^2$ 。通过零航速时的设计鳍面积来对最终鳍面积进行约束。

通常减摇鳍和舵龙骨同时存在于 1 艘船舶,会对减摇鳍产生干扰,考虑计算误差及失效因子,鳍面积应有所调整,最终选择减摇鳍面积约 8 m^2 ^[8](向大的方向取值)。襟翼鳍在同等鳍面积的情况下比普通鳍提供的升力高约 30%~40%,但考虑到零航速下的减摇效果,襟翼鳍面积也选定为 8 m^2 左右。

1.3 减摇鳍方案设计

1) 备选厂商。根据国内外的减摇鳍设备供

应厂商信息,对 1 家国外厂商和 2 家国内厂商的减摇鳍产品进行对比。KONGSBERG 在极地邮轮减摇鳍制造方面有丰富的经验,其制造的减摇鳍已装备国外多艘极地邮轮,市场口碑好;哈尔

滨哈船减摇自动化设备有限公司在减摇鳍理论研究、创新设计方面造诣较深;上海衡拓船舶设备有限公司在国内有较高的市场占有率,设备稳定性高。厂家对比如表 1 所示。

表 1 厂家对比

Table 1 Comparison of manufacturers

厂家名称	简介	人员规模	资本金	产品系列	产品销售
KONGSBERG	生产研发海洋领域中的自动监测控制系统产品及船舶设备,全球服务范围广	3 000 余人	整个海事板块 440 000 万元,减摇设备是其中一部分	Aquarius 系列 Neptune 系列 Aquarius-ice class 系列	系列产品售出 2 000 余套
哈船减摇	主营减摇鳍,有着多年的设计研发经验	技术人员低于 50 人	注册资金 1 000 万元	NJ3 系列 NJ4 系列 NJ5 系列 NJ6 系列	系列产品 450 余套
衡拓船舶	主营产品减摇鳍、减摇水舱、减摇陀螺,集设计、制造、服务于一体	技术人员 70 余人	注册资金 3 000 万元	JQA 系列 JQB 系列 JQF 系列	系列产品售出 500 余套

2) 方案确定。如表 2 所示,选择 3 家厂商符合条件的减摇鳍作为备选方案,方案 1 为国外品牌,方案 2 和 3 为国内品牌,都为可收放式减摇鳍。

表 2 方案对比

Table 2 Comparison of alternative schemes

方案编号	产品型号	鳍面积 /m ²	功率 /kW	设备总重 /t	价格	体积 /m ³
方案 1	Aquarius A100	8~9	55	42	较贵	42
方案 2	NJ6Z	8~10	45-55	71~95	适中	50
方案 3	JQF-6-460	6~8(襟翼)	60	62	适中	45

划分为 9 个等级,通过打分赋予重要性标度值^[9-10]。1~9 重要性标度如表 3 所示。

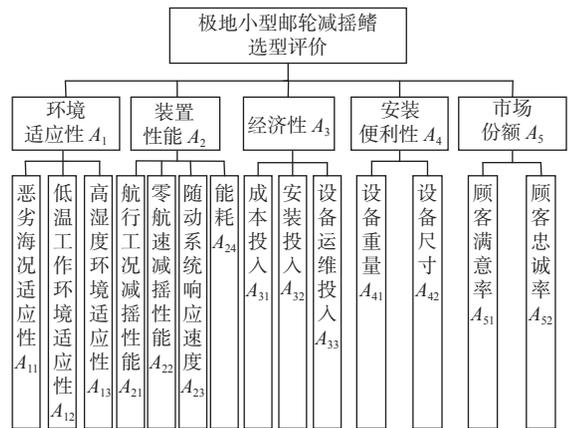


图 1 减摇鳍选型评价指标模型

Fig. 1 Evaluation and selection index model of fin stabilizer

2 组合权重确定

2.1 层次结构模型的建立

减摇鳍作为极地邮轮的关键设备,在选型过程中需要考虑的影响因素广泛且复杂。决策者在考虑减摇鳍环境适应性、自身减摇性能的同时,也希望减摇鳍有较好的经济性和市场口碑,所以应多指标、分层次地构建层次结构模型。

本文构造了极地邮轮减摇鳍的评价指标体系,共计 3 个层次,包括 5 个一级选型指标($A_1 \sim A_5$)、14 个二级选型指标($A_{11} \sim A_{52}$),来对 3 个方案进行评价,具体选型模型图如图 1 所示。

2.2 基于层次分析法(AHP)的定性指标权重

1) 构造判断矩阵。减摇鳍选型层次结构模型构造好后,需要对同一层次的所有指标进行两两重要性比较,计算不同评价指标之间的重要性比较值,利用了 1~9 及其倒数作为标度方法。即根据各层对上层因素影响的相对重要程度或优劣

表 3 成对比较矩阵重要性标度含义

Table 3 Meaning of importance scale of pairwise comparison matrix

标度	含义
1	前者 <i>i</i> 和后者 <i>j</i> 具有同等重要性
3	前者 <i>i</i> 比后者 <i>j</i> 稍微重要
5	前者 <i>i</i> 比后者 <i>j</i> 明显重要
7	前者 <i>i</i> 比后者 <i>j</i> 强烈重要
9	前者 <i>i</i> 比后者 <i>j</i> 极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述判断的中间状态对应的标度值
以上数值的倒数	若元素 <i>i</i> 和 <i>j</i> 重要性之比为 a_{ij} ,则元素 <i>j</i> 和 <i>i</i> 重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

构造出一级指标层对目标层的判断矩阵 A ,共 5 个一级指标, a_{ij} 表示两两指标之间的重要性比较值。二级指标层对一级指标层的关系与此类似。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{25} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{51} & a_{52} & \cdots & a_{55} \end{pmatrix} \quad (3)$$

重要性的比较值可以通过咨询专家获得,也可以由决策者与研究者通过技术咨询确定。

2) 求解出权向量后进行一致性检验。求解判断矩阵 A , 各指标的权重系数就是成对比较矩阵的最大特征值 λ_{\max} 对应的特征向量 w , 求出重要性比较矩阵的最大特征值 λ_{\max} 和特征向量 w 。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

文中一级指标层对目标层的特征向量为 $w = (w_1, w_2, \dots, w_5)^T$ 。

判断矩阵一致性检验是保证矩阵有效、合理的手段, 检验步骤为:

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI(n-1)} \quad (5)$$

式中: RI 为随机一致性指标; CR 为一致性比例。 RI 取值如表 4 所示, 当 $CR < 0.1$ 时认为矩阵一致性检验通过。

表 4 随机一致性指标取值

Table 4 Value of random consistency index

	n								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

2.3 基于熵权法 (EWM) 的定量指标权重

1) 指标数据标准化。给定 n 个评价对象的 m 个指标值, 在进行综合计算求解之前, 需要进行数据标准化处理, 即把具有具体意义的绝对值指标转化为相对值, 进而解决不同指标同质化问题。二级指标中设备重量、设备尺寸是定量指标, 需要标准化后计算。

2) 权重计算。 j 项指标的熵值为

$$e_j = \frac{-\sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}}{\ln(n)}, j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

其中, j 项指标下第 i 个评价对象占该指标的比重为

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (7)$$

如果 $p_{ij} = 0$, 则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

根据各指标的熵值 e_j 确定它们的权重^[11]

$$w_j = \frac{1 - e_j}{m - \sum_{j=1}^m e_j} \quad (8)$$

一级指标安装便利性下的设备重量、设备尺寸权重为 $w^{(4)} = (w_{41}, w_{42})$ 。

2.4 层次分析法-熵权法 (AHP-EWM)

AHP-EWM 的结合形式多种多样, 但在选型评价中有主观、客观指标同时存在的情况。为此, 我们采用一种主客观结合的定权方法, 通过层次分析法确定定性指标权重, 通过熵权法确定定量指标权重, 步骤如图 2 所示。

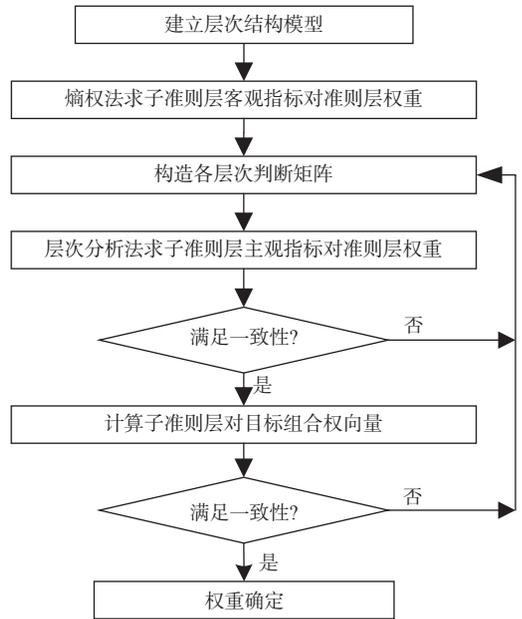


图 2 层次分析法-熵权法定权步骤

Fig. 2 AHP-EWM to determine the weight steps

3 TOPSIS 法综合选型评价

TOPSIS 方法可在具有多个评价指标的情况下对不同方案进行综合评估比较^[12]。该方法不仅可以通过决策者的主观判断对方案进行综合评估, 也可以对具有客观数据的多指标方案进行综合评价, 使用灵活、方便^[13]。TOPSIS 方法通过比较各个方案与不同指标对应理想解的贴近程度来判断方案的优劣并进行排序。

1) 构造初始判别矩阵 R 。假设有 s 个评价对象和 t 个评价指标, b_{vf} 表示第 v 个对象的第 f 个指标的评价值, 则 $R = (b_{vf})$ 为初始评判矩阵。

文中共有 3 个方案, 14 个方案选型评价指标, 构建初始综合评价矩阵为

$$R = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1 \times 14} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2 \times 14} \\ b_{31} & b_{32} & \cdots & b_{3 \times 14} \end{pmatrix} \quad (9)$$

2) 构造标准化加权决策矩阵 Z 。将判别矩阵 R 进行正向化, 然后归一化处理为标准化矩阵 $Q = (q_{vf})_{s \times t}$ 与指标组合权重进行乘积运算^[14], 优化评价结果, 赋权后的矩阵为

$$Z = (z_{vf})_{s \times t} = w_v q_{vf} \quad (10)$$

3) 计算与理想解距离。找出判断矩阵中各个评价指标对应的最大值作为正理想解 z^+ , 最小值作为负理想解 z^- ,

$$\begin{cases} S_v^+ = \sqrt{\sum_{f=1}^t (z_{vf} - z_f^+)^2} \\ S_v^- = \sqrt{\sum_{f=1}^t (z_{vf} - z_f^-)^2} \end{cases} \quad (11)$$

式中: S_v^+ 和 S_v^- ($v = 1, 2, \dots, s$) 分别为方案与正、负理想解之间的欧氏距离; z_f^+ 和 z_f^- ($f = 1, 2, \dots, t$) 分别为正、负理想解所对应元素值; z_{vf} 为 q_{vf} 经权重系数修正后的所得值。

4) 计算各评价对象与最优方案的贴近程度 C_v 为

$$C_v = \frac{S_v^-}{S_v^+ + S_v^-} \quad (12)$$

式中, $0 \leq C_v \leq 1$, C_v 值越接近 1 表明方案越有优势。

4 减摇鳍选型论证

4.1 AHP-EWM 组合权重

对于安装便利性指标下的二级指标, 重量和体积为量化数据, 适合于采用客观的赋权方法即熵权法来进行赋权, 其余指标都通过主观的赋权方法即层次分析法赋权, 根据选型评价模型, 构造判断矩阵, 邀请业内专家对打分合理性评估从而明确主观指标权重。

文中二级指标判断矩阵不再列出, 直接显示其计算后的权重值, 结果如表 5 所示。

4.2 综合评价指标体系

1) 建立指标评分方法, 对无量纲指标对应方案评分。指标评分方法是对各评价指标的一种量化描述, 是业内专家对各评价指标所给出的打分。根据评分标准分为较差、一般、中等、良好、优秀 5 个等级, 对应 1~5 分值, 具体评分方法如表 6 所示。

2) 构建综合评价体系, 由 10 位专家对无量纲指标打分, 取其平均值, 综合评价体系如表 7 所示。

4.3 标准化赋权矩阵

根据表 7 建立了初始评价矩阵, 对初始矩阵

表 5 指标权重表

Table 5 Weight table of indexes

选型目标	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标权重	二级指标相对目标权重
极地邮轮减摇鳍选型评价	环境适应性	0.223 4	恶劣海况适应性	0.619 4	0.129 8
			低温环境适应性	0.284 2	0.069 1
			高湿度适应性	0.096 4	0.024 5
	设备性能	0.449 0	航行工况减摇性能	0.342 1	0.133 0
			零航速减摇性能	0.425 1	0.216 7
			随动系统响应速度	0.140 8	0.067 2
			能耗	0.092 0	0.032 1
	经济性	0.160 7	成本投入	0.346 0	0.049 7
			安装投入	0.110 2	0.017 6
			设备运维投入	0.543 8	0.093 4
安装便利性	0.066 7	设备重量	0.450 8	0.030 1	
		设备尺寸	0.549 2	0.036 6	
市场份额	0.100 2	顾客满意率	0.333 3	0.033 4	
		顾客忠诚率	0.666 7	0.066 8	

表 6 评分方法

Table 6 Scoring method

	标准				
	优秀	良好	中等	一般	较差
分值	5	4	3	2	1

表 7 极地邮轮减摇鳍综合评价

Table 7 Comprehensive evaluation of fin stabilizer for polar cruise

一级指标	二级指标	方案1	方案2	方案3
环境适应性	恶劣海况适应性	3.6	3.4	3.5
	低温环境适应性	3.7	3.4	3.4
	高湿度适应性	2.8	2.7	2.7
设备性能	航行工况减摇性能/%	89	85	87
	零航速减摇性能/%	47	45	40
	随动系统响应速度/s	0.15	0.20	0.12
	能耗/kW	55	50	60
经济性	成本投入	2.2	3.8	3.6
	安装投入	2.5	3.8	3.7
	设备运维投入	3.0	3.3	3.5
安装便利性	设备重量/kg	42	75	60
	设备尺寸/m ³	42	50	45
市场份额	顾客满意率/%	98	92	95
	顾客忠诚率	4.0	3.4	3.6

正向化处理,消除量纲,归一化为标准矩阵,结合组合权重,构建权重标准化矩阵 Z 如下:

$$Z = \begin{pmatrix} 0.0771 & 0.0421 & 0.0145 & 0.0785 & 0.1333 & 0.0382 & 0.0185 & 0.0193 & 0.0075 & 0.0494 & 0.0225 & 0.2300 & 0.0199 & 0.0420 \\ 0.0728 & 0.0387 & 0.0140 & 0.0750 & 0.1277 & 0.0285 & 0.0168 & 0.0333 & 0.0114 & 0.0544 & 0.0122 & 0.0192 & 0.0187 & 0.0357 \\ 0.0749 & 0.0387 & 0.0140 & 0.0768 & 0.1135 & 0.0473 & 0.0202 & 0.0315 & 0.0111 & 0.0577 & 0.0159 & 0.0221 & 0.0193 & 0.0378 \end{pmatrix} \quad (13)$$

由矩阵 Z 得出正理想解为

$$Z^+ = (0.0771, 0.0421, 0.0145, 0.0785, 0.1333, 0.0473, 0.0202, 0.0333, 0.0114, 0.0577, 0.0225, 0.0230, 0.0199, 0.0420) \quad (14)$$

负理想解为

$$Z^- = (0.0728, 0.0387, 0.0140, 0.0750, 0.1135, 0.0285, 0.0168, 0.0315, 0.0111, 0.0544, 0.0122, 0.0192, 0.0187, 0.0357) \quad (15)$$

4.4 结果分析

综合评价结果如表8所示,根据相对贴近度判断大小,判断选型方案的优劣,最终排序优劣为:方案1>方案3>方案2。

表8 综合评判结果
Table 8 Comprehensive evaluation results

方案编号	S_v^+	S_v^-	C_v	排序结果
方案1	0.019	0.026	0.579	1
方案2	0.025	0.021	0.458	3
方案3	0.022	0.025	0.535	2

方案1是Kongsberg旗下的一款减摇鳍产品,在极地邮轮减摇鳍的设计、制造方面有相当丰富的经验,设备性能及环境适应能力更强,但价格较贵、后期维护不便;方案2和3为国产减摇鳍,也有相当丰富的设计建造经验,但是在极地邮轮装船使用的经验相对不足,优点是经济性好、后期维护、保养相对便利。

对本文研究对象的建造者和决策者来说更加看重环境适应性和设备性能,权重分别达到了0.2234和0.4490,经济性的权重占比略低,综合来看方案1(Aquarius A100减摇鳍)以0.579的相对接近度,成为决策者的最优选择。

5 结 语

极地邮轮减摇鳍的选型是极地邮轮设计建造的关键,本文针对某8035t极地邮轮设计了3款减摇鳍方案;构建减摇鳍选型评价的指标体系模型,使用主客观结合的AHP-EWM确定了选型评价模型的权重;最后用TOPSIS方法建立了综合选型评价模型,确定方案1(Aquarius A100减摇

鳍)为符合决策者需求的最优方案。结果对极地邮轮减摇鳍选型有一定参考意义。

参考文献:

- 师桂杰,高大威.我国极地船舶能力分析与发展建议[J].极地研究,2018,30(4):429-438.
SHI G J, GAO D W. China's polar shipping capacity and suggestions for development[J]. Chinese Journal of Polar Research, 2018, 30(4): 429-438 (in Chinese).
- 孙瑞红,汪雪婷,王亚男,等.“绿洲级”豪华邮轮技术应用特点与启示[J].船舶工程,2018,40(8):45-51,111.
SUN R H, WANG X T, WANG Y N, et al. Application and enlightenment of “Oasis-Class” luxury cruise technologies[J]. Ship Engineering, 2018, 40(8): 45-51, 111 (in Chinese).
- 洪超,陈莹霞.船舶减摇技术现状及发展趋势[J].船舶工程,2012,34(增刊2):236-244,298.
HONG C, CHEN Y X. Current situation and tendency of development of ship stabilizer technique[J]. Ship Engineering, 2012, 34(Supp 2): 236-244, 298 (in Chinese).
- 夏登柱.北极东北航道通航船舶应用的规则和规范[J].船舶与海洋工程,2020,36(1):51-56.
XIA D Z. Rules and regulations for ships sailing in the arctic northeast route[J]. Naval Architecture and Ocean Engineering, 2020, 36(1): 51-56 (in Chinese).
- 王燕舞,徐义刚,吴俊,等.极地船型结构规范设计研究[J].舰船科学技术,2020,42(3):43-50.
WANG Y W, XU Y G, WU J, et al. Research on the structural members design of polar vessel[J]. Ship science and Technology, 2020, 42(3): 43-50 (in Chinese).
- 中国船舶工业集团公司.船舶设计实用手册[M].3版.北京:国防工业出版社,2013.
China State Shipbuilding Corporation. Practical manual for shipdesign[M]. 3rd ed. Beijing: National Defense Industry Press, 2013 (in Chinese).
- 高冬冬.客滚船减摇鳍设计及控制系统方法研究[D].大连:大连理工大学,2006.
GAO D D. The design and control system method research of Ro-Ro's fin stabilizer[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006 (in Chinese).
- 宋吉广,金鸿章,孟令卫.全航速减摇鳍鳍型优化设计[J].中国造船,2013,54(2):1-10.
SONG J G, JIN H Z, MENG L W. Optimum design of aerofoil for fin stabilizer at whole speed range[J]. Shipbuilding of China, 2013, 54(2): 1-10 (in Chinese).

(下转第149页)