

# 基于 DEA 评价模型的港口航道通航效率分析

柯桂强

(泉州海洋职业学院, 福建泉州 362700)

**摘要:** 基于数据包络分析方法 (DEA), 建立港口航道通航效率评价体系, 对某沿海港口的航道通航效率进行了评价分析, 结果表明: 当航道船舶总吨数达到 4030 万吨、航道空间占有率达到 0.035、航道利用率达到 87%、阻抗值为 0.175、阻塞率为 77.6%、船舶排队长度为 1.6 艘、平均等待时间为 5.93h 以及船舶平均航行时间间距为 2.2h 时, 该港口的航道通航效率达到最佳, 相关研究成果可为航道建设和船舶调度管理提供科学依据。

**关键词:** DEA 模型; 评价体系; 港口航道; 通航效率

**中图分类号:** U612      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0074—03

加快推进港口建设、完善航道规划是我国由航运大国向航运强国迈进的重要过程, 也是响应“海上丝绸之路”的重要一环。随着吞吐量和船舶规模的快速增长, 航道成为制约港口发展的主要因素之一。与内河航道不同的是, 沿海港口的航道系统更加复杂, 影响其通航效率的因素也多种多样<sup>[1-3]</sup>, 开展沿海港口的通航效率分析研究, 不仅能科学地对沿海港口航道通航能力进行准确评估, 同时也可对航道建设和船舶调度管理提供科学依据<sup>[4-6]</sup>。

本文选取航道利用情况、航道拥堵情况以及航道安全与舒适度三个评价指标, 在 DEA 理论上建立沿海港口航道通航效率评价体系, 分析了通航效率与各因素之间的相互关系, 可为沿海港口航道建设与船舶调度提供借鉴。

## 1 港口概况

某规划沿海港口分为东部、中部和西部三个主体作业区, 其中东部主体作业区规划 43 个泊位 (50000t 级泊位 28 个, 30000t 级泊位 4 个, 5000t 级泊位 11 个), 包含客轮、游轮、汽车、钢铁、木材、石油化工等多个种类。主航道长度约为 27km, 支航道长度共计 16km, 设计通航宽度 180m, 航道设计底标高为 -14m。港口当地年平均气温 11.8℃, 年平均降雨量 708mm, 年平均雾日数 210d, 年平均雷雨天气为 29d, 7 级以上大风概率出现概率为 1.5%, 潮汐为不规则半日潮。

## 2 基于 DEA 的评价指标体系

### 2.1 DEA 方法介绍

数据包络分析法, 简称 DEA 法, 根据多项投入和产出指标, 利用线性规划的分析方法, 对具有可比性的同类问题进行有效性评价的一种量化分析法。该方法具有如下特点: ①在多输出-多输入等综合有效性问题评价方面具有较好的适应性, 较其它评价方法具有绝对的优势; ② DEA 模型分析时不需要对数据进行无量纲化处理; ③不需要像层次分析法、模糊综合评价分析法那样进行权重假设。DEA 评价法基本思路与效率的定义相吻合, 具有“非参数性、多指标性、客观性和相对性”, 且不需要设置生产函数, 能够达到对航道通航效率的客观评价, 故本文选择 DEA 方法进行评价分析。

### 2.2 体系建立

根据研究航道的相关特征, 确定对应的评价指标, 评价指标包括航道阻抗值、航道阻塞率、船舶排队长度、船舶等待时间、航道轴线风流偏角、通过航道的船舶总吨数、航道利用率、航道空间占有率以及船舶平均间距等 9 个指标, 其中前五项为成本型指标, 后四项为效益型指标, 根据各指标的特点, 再将其分为三个方面: ①航道拥堵情况方面, 包括航道阻抗值、航道阻塞率、船舶排队长度、船舶等待时间等四项指标; ②航道利用情况方面, 包括通过航道的船舶总吨数、航道利用率、航道空间占有率三项指标; ③航道安全与舒适

[5] Saremi S, Hosseini-Motlagh S M, Sadjadi S J. A reschedule design for disrupted liner ships considering ports demand and CO<sup>2</sup> emissions: the case study of Islamic Republic of Iran Shipping Lines [J]. International Journal of Industrial & Systems Engineering, 2016, 9 (1): 126-148.

[6] Yu G, Qi X, Disruption Management: Framework, Models and Applications[M]. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2004.

[7] Fatemeh Cheraghchi, Ibrahim Abualhaol, Rafael Falcon, et al. Modeling the speed-based vessel schedule recovery

problem using evolutionary multiobjective optimization [J]. Information Sciences, 2018, 448: 53-74.

[8] Hamed Hashemini, Changmin Jiang. Strategic trade-off between vessel delay and schedule recovery: an empirical analysis of container liner shipping [J]. Maritime Policy & Management, 2017, 44 (4): 458-473.

[9] 邢江波, 钟铭, 王天旻. 考虑集装箱流恢复的班轮运输船期恢复模型 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17 (2): 183-188.

度方面，包括航道轴线风流偏角和船舶平均间距两项指标。  
建立基于交叉效率的 DEA 评价指标体系见图 1。

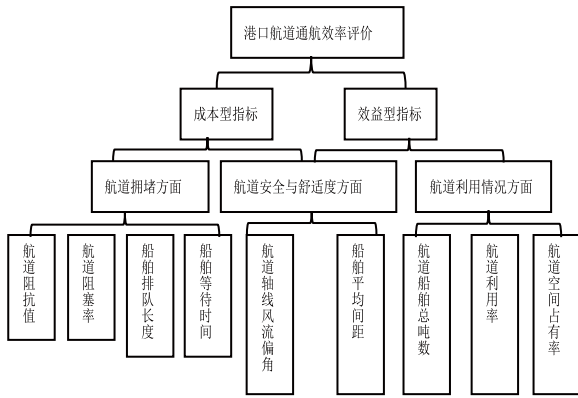


图 1 港口航道通航效率评价

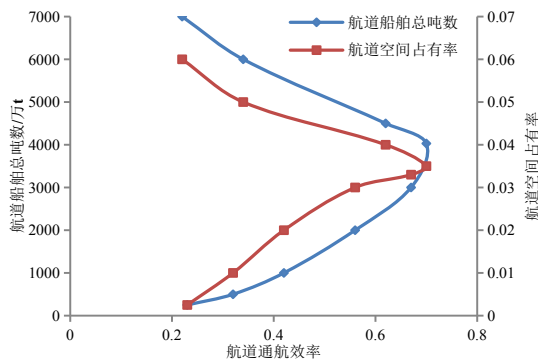
### 2.3 模型求解过程

首先是明确评价目标和准则，建立评价指标体系；然后是对评价指标属性进行判断，确定输入和输出指标，同时进行指标数据的收集；接着，进行评价数据的初步分析处理，确保每组数据均准确可靠；随后，建立多指标输入、输出矩阵；最后进行交叉评价效率计算，若能进行有效排序，则输出结果，若不能则返回重新进行计算。

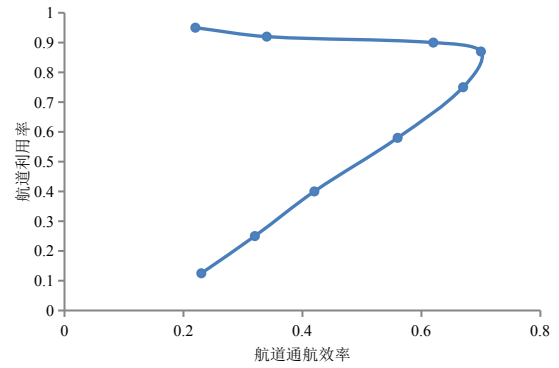
## 3 结果评价分析

### 3.1 航道利用情况

对航道船舶总吨数、航道空间占有率以及航道利用率三种指标与航道通航效率的关系进行了计算分析，结果见图 2。从图中可以看到：由于航道船舶总吨数与船舶吨级和船舶数量有关，而航道空间占有率则与船舶长度有关，实质上也与船舶数量相关，因此，两者在变化趋势上具有一致性，而航道利用率反映了航道的使用状态，与航道中有船舶航行的时间长短相关；随着航道船舶总吨数、航道空间占有率以及航道利用率的增加，航道通航效率呈现增大后减小的变化特征，特别的航道利用率与航道通航效率基本呈两阶段线性变化关系，当航道船舶总吨数达到 4030 万吨、航道空间占有率达到 0.035、航道利用率达到 87% 时，港口航道的通航效率达到最大值 70%，表明航道利用在超过上述情况后将出现拥堵现象，将不利于航道通航效率的提升。



(a) 航道船舶总吨数、空间占有率与通航效率关系

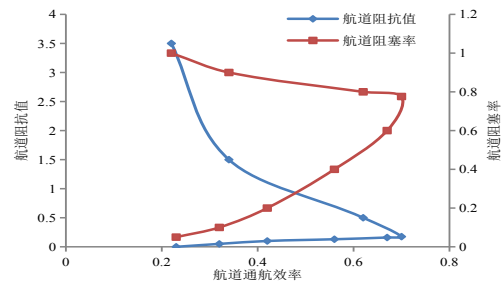


(b) 航道利用率与通航效率关系

图 2 航道利用情况分析结果

### 3.2 航道拥堵情况

对航道阻抗值、航道阻塞率、航道排队长度以及航道等待时间与通航效率的关系进行分析，结果见图 3。航道通行效率随阻抗值的增加先迅速增大，而后逐渐降低并最终趋于稳定，航道阻抗值较小时，对于通航效率的影响更为明显，当阻抗值为 0.175 时（阻抗值 = 船舶等待时间 / 码头作业时间），航道通行达到最佳状况，当超过这一值后，航道通行将成为影响港口作用高效运行的关键性约束；航道阻塞率并不仅是带来航道通航效率的下降，当阻塞率小于 77.6% 时，航道通行效率将随阻塞率的增大而增大，随后才开始降低，即当港口作业时，有超过 77.6% 的船舶在等待进出时，才会造成通航效率的降低，即使有一般的船舶处于等待中也是合理现象；船舶排队长度和等待时间对通行效率的影响基本相似，当船舶排队长度小于 1.6 艘、平均等待时间小于 5.93h 时，通航效率逐渐增大，当船舶排队长度大于 1.6 艘、平均等待时间大于 5.93h 后，通航效率逐渐减小，从变化趋势可以预见的是，当排队长度和等待时间超过某一值时，航道通行效率将不受两者的影响（或者说影响很小）。



(a) 航道阻抗值、阻塞率与通航效率关系

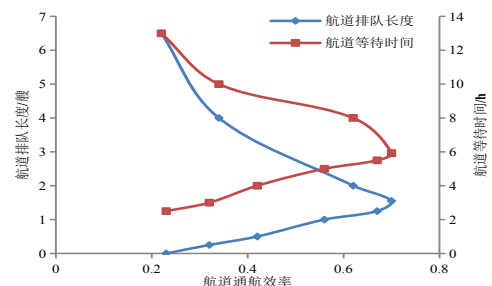


图 3 航道拥堵情况分析

# 极地破冰船的破冰技术发展趋势研究

何纤纤, 夏鑫, 刘雨鸣

(武汉理工大学交通学院, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 本文对国内和国外目前先进破冰技术和学者们对破冰技术的研究进行归纳和整理, 重点介绍新涌现的极地破冰船的破冰技术, 并对未来破冰船的发展趋势进行研究, 为极地破冰船未来发展的研究方向提供有益参考。

**关键词:** 破冰技术; 发展趋势; 破冰船

**中图分类号:** U674.21

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0076—05

全球气候变暖导致北冰洋冰川融化加剧, 北冰洋的冰域面积不断缩小, 这使得北极航道的通航成为可能。北极航道的开通意味着全球航运格局将发生巨大变化。2019年1月, 中国政府发表了《中国的北极政策》白皮书, 以加强北极地区基础设施建设和数字化建设为核心纲领, 以北极航道和能源合作开发作为经济投资重心, 并与多方共同建设“冰上丝绸之路”。

作为担负开辟航道、运输物资、科研考察任务的极地船舶, 在开拓北极航道和发展北极经济圈中扮演着重要角色。目前中国仅有两艘具有破冰能力的极地破冰船, 分别是破冰等级为PC6级的“雪龙”号和PC3级的“雪龙2”号, 无法满足日益增长的极地科学研究和战略发展的需求, 因此发展和提高各类极地船舶的自主设计能力刻不容缓。

### 3.3 航道安全与舒适度

由于港口区所有航道的基本情况相同, 故航道轴线风流偏角对航道通航效率影响可忽略不计, 仅对船舶平均间距与通航效率关系进行分析, 结果见图4。从图4中可以看到: 船舶平均间距对通航效率的影响与阻抗值对其的影响有些类似, 即在平均间距较小时, 对通航效率的影响较大, 随平均间距的增大而迅速增大, 之后逐渐减小并最终趋于稳定; 当船舶平均航行时间间距为2.2h时, 航道达到最佳的通行状态。

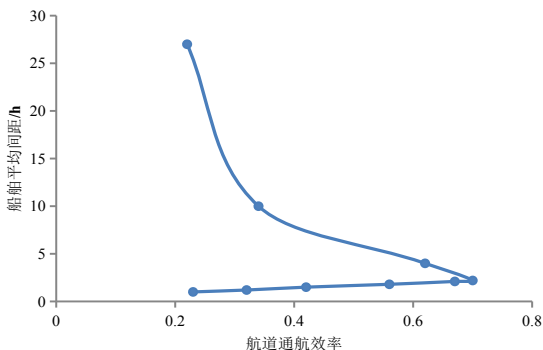


图4 航道安全与舒适度分析

## 4 结论

(1) 基于DEA分析法, 建立起港口航道通航效率评价指标体系, 该体系包括航道利用情况、航道拥堵情况以及航道安全与舒适度等三个方面共计9个评价指标。

## 1 国内破冰船技术

### 1.1 破冰船的特点及破冰等级

破冰船一般依赖船体线型和动力推进破碎冰层, 开辟航道。为获得更大的破冰宽度, 船身長宽比值较小, 首柱较为尖削, 以一定角度前倾。总体强度高, 首尾和水线区具有结构加强。破冰船的推进系统多采用多螺旋桨, 对螺旋桨和舵有防护装置。破冰船以柴油机或核动力为动力推进。总体来说, 船体短而宽, 船体强度高是破冰船的主要特点<sup>[1]</sup>。

极地船舶的冰级划分可参考IACS冰级要求, 见表1。

### 1.2 破冰船的破冰方式

破冰船在破冰作业时, 船艏担任主要的破冰任务, 受到集中载荷的作用; 船体与海冰发生碰撞, 受到冲击载荷的作用。传统的破冰方式主要有连续破冰法和冲撞破冰法<sup>[2]</sup>。

(2) 根据航道利用情况分析结果, 得出当航道船舶总吨数达到4030万吨、航道空间占有率达到0.035、航道利用率达到87%时, 航道的通航效率最佳。

(3) 根据航道拥堵情况分析结果, 认为当阻抗值为0.175、阻塞率为77.6%、船舶排队长度为1.6艘以及平均等待时间为5.93h时, 通航状态最佳。

(4) 根据航道安全与舒适度分析结果, 得到船舶平均航行时间间距为2.2h时, 航道达到最佳的通航状态。

## 参考文献:

- [1] 程升鹏, 阮荣斌, 王锐锋. 提高三峡船闸过闸效率的通航组织模式[J]. 水运工程, 2020(02):57-61.
- [2] 周引平, 侯国佼, 杨佐夫. 应用虚拟化技术提高三峡通航监管指挥工作效率浅探[J]. 中国水运, 2019(12):38-39.
- [3] 周引平, 王士健, 肖圣魁. 基于船舶远程申报系统提高三峡通航效率和安全的实践[J]. 中国水运, 2019(11):50-51.
- [4] 曾石营. 基于交通波理论的吴淞口警戒区通航效率分析[J]. 青岛远洋船员职业学院学报, 2019, 40(02):49-53.
- [5] 杨旭刚, 杨星, 陈蜀喆, 王展, 刘克中. 基于Arena仿真的单线航道通航效率[J]. 中国航海, 2018, 41(03):101-104+118.
- [6] 王伟, 王维印, 问皓. 影响天津大港港区通航安全和效率的因素分析及对策[J]. 天津航海, 2018(02):20-21.