

# 舟山岛礁区船舶事故分析及应对策略

徐燕, 庞少杰

南通理工学院汽车工程学院, 江苏 南通 226300

**摘要:**为减少宁波舟山岛礁区的水上交通事故,以2014—2021年舟山岛礁区发生的一般等级及以上的水上交通事故为研究对象,根据不同类型事故发生的频次,按等比例抽样的原则抽取20起典型水上交通事故案例,采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP),从船员素质、船舶状况、航行环境及管理因素4个方面进行定性与定量分析。结果表明:船舶驾驶与值班人员因素是导致舟山岛礁区发生水上交通事故的主要原因,影响权重为0.586,优先级最高。强化值班人员的安全意识,健全规章制度,提升船员的综合素质,是降低船舶发生水上交通事故概率的主要措施。

**关键词:**舟山岛礁区;水上交通事故;事故分析;AHP

**中图分类号:**U468.6

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2023)03-0156-06

**引用格式:**徐燕,庞少杰.舟山岛礁区船舶事故分析及应对策略[J].山东交通学院学报,2023,31(3):156-161.

XU Yan, PANG Shaojie. Analysis and countermeasures of ship accidents in Zhoushan islands and reef[J].

Journal of Shandong Jiaotong University, 2023, 31(3): 156-161.

## 0 引言

港口的发展建设显著促进邻近区域的经济繁荣。通行船舶逐年激增,航道资源日趋紧张,港口附近海域特别是岛礁区成为船舶触礁、搁浅和船舶碰撞等水上交通事故的多发地带,船舶事故经常造成较多人员伤亡或较大经济损失<sup>[1]</sup>。

舟山港位于长江黄金水道和南北海运大通道的交汇地带,面向太平洋靠近国际航线,年货物吞吐量蝉联全球第一<sup>[2-3]</sup>。浙江海事局公布的2014—2021年舟山水域一般等级及以上交通事故统计如表1所示<sup>[4]</sup>。如何有效降低船舶在舟山岛礁区发生事故的概率,日益成为船舶航行安全工作中迫切需要解决的难题。

表1 2014—2021年舟山水域一般等级及以上的水上交通事故统计

年份	一般等级及以上的水上交通事故/起	死亡人数	沉船数量/艘	直接经济损失/万元
2014	10	22	8	3 782
2015	11	18	7	4 580
2016	12	13	9	4 205
2017	9	13	6	1 495
2018	13	17	10	3 915
2019	10	18	7	2 912
2020	17	30	12	3 666
2021	9	23	7	2 915
合计	91	154	66	26 970
年平均	11	19	8	3 371

收稿日期:2022-04-15

基金项目:南通理工学院科研成果反哺大学生学科竞赛专项(2022XK(K)51)

第一作者简介:徐燕(1995—),女,江苏南通人,工学硕士,主要研究方向为交通运输规划与管理,E-mail:937783136@qq.com。

发生水上交通事故的过程和原因较复杂,采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)可将复杂问题简易化、条理化,将定性与定量分析相结合处理各种决策因素,在我国社会经济各领域内<sup>[5]</sup>,如能源系统分析、城市规划、经济管理和科研评价等得到广泛应用。

根据事故统计分析,舟山岛礁区航行时发生船舶水上交通事故的主要因素包括船员素质、船舶状况、航行环境及船舶管理等<sup>[6]</sup>,据此将水上交通事故分类,采用定性与定量相结合的方式分析舟山岛礁区发生的水上交通事故中各因素的权重,提出应对策略,以期提高舟山岛礁区的船舶航行安全。

## 1 水上交通事故的原因分析

### 1.1 船员素质

船员素质因素主要指船舶驾驶人员或值班人员的行为违反相应的规章制度并造成严重后果。船舶驾驶人员或值班人员的综合素质包括船员技艺水平、船舶操纵经验、职业道德、文化素质等<sup>[7]</sup>。

船舶驾驶人员未遵循海上避碰规则,在瞭望和判断碰撞风险时存在疏忽,未采取良好船艺,未按安全船速航行,不熟悉岛礁区通航环境、经验不足等是引发事故的主要因素。

### 1.2 船舶状况

船舶及船舶上安全设备的异常状态是导致水上交通事故发生的重要物质因素。船舶因素包括船舶尺度、吨位、载态、船龄、船体结构、船舶设备、船舶操纵性能和船舶稳定性等。在舟山岛礁区航行,如果船舶缺少相应的航海图书资料、未按规定配备或使用船舶自动识别系统(automatic identification system, AIS),且船舶安全状况差,或受伤航行,也会导致船舶在舟山岛礁区发生水上交通事故。

### 1.3 航行环境

环境因素是限制船舶安全航行空间的重要因素,包括水文气象因素、航道因素、交通状况因素和交通助航环境因素<sup>[8]</sup>。舟山岛礁区岛屿众多,且存在浅滩、明礁、暗礁、干出礁、沉船及跨海大桥等众多碍航物<sup>[9]</sup>,船舶航行时不易被附近船舶和相向船舶观察到,对船舶航行造成较大隐患<sup>[10]</sup>。舟山海域在春季有海雾生成,能见度较低,夏季台风频发,对船舶安全通航造成较大影响。

在舟山岛礁区陆续建立跨海大桥,浅滩礁石可能移位,航海图书资料需不断更新,若航行船舶未及时更新相关资料,在舟山岛礁区航行的危险系数显著提高。舟山岛礁区大多数航道水深有限,航道弯曲程度较大,航道交叉口较多,航道狭窄,受涡流、潮流等水流影响均较显著,船舶操纵较困难<sup>[11]</sup>。因建立舟山宁波江海联运服务中心,舟山岛礁区的水上交通运输更加繁忙,进出和经过舟山海域的船舶增多,航道拥挤,船舶交通事故发生的概率明显增大。

### 1.4 船舶管理

船舶管理因素主要包括委托性经营企业和船东管理脱节,严重违反船舶安全配员的有关规定,船上船员未取得合格的船员职位证书,船舶未持有有效期内的船舶检验证书。船舶委托管理经营实际上是变相挂靠,船舶的实际经营权属于船东,维管公司无法完全落实管理措施,特别是载质量1 000 t以下船舶和运沙运石船的安全问题已成为避免船舶事故中的突出问题<sup>[12]</sup>。管理人员文化程度较低,船舶航行安全知识欠缺,船长对船舶管理缺位,缺乏按规定开展船舶开航前安全自查的意识。

## 2 基于 AHP 的事故因素权重分析

### 2.1 层次结构模型

采用 AHP 的分析步骤是:根据相关因素的不同属性,将实际问题从上往下分成若干层次;通过两两比较因素的相对重要性,构造判断矩阵;计算其最大特征根和特征向量,得到每个因素的权重;分析问题各因素的相对重要性<sup>[13-15]</sup>。

根据对船员素质、船舶状况、航行环境及船舶管理4因素的分析,对造成船舶在舟山岛礁区发生水上

交通事故的因素构建层次结构模型,如图1所示。

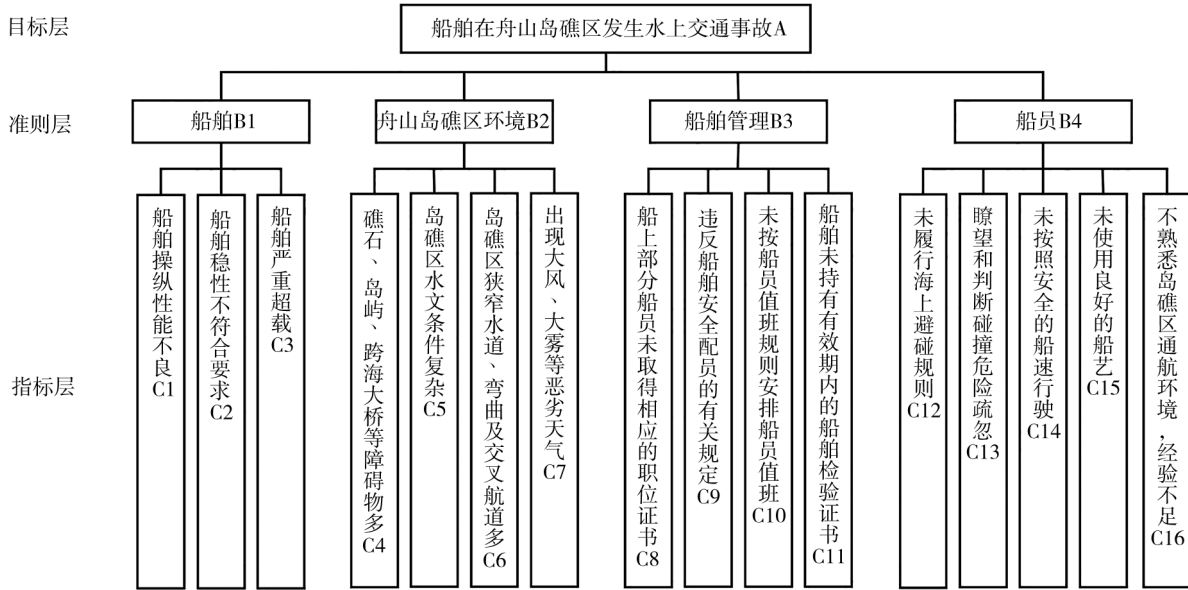


图1 舟山岛礁区船舶事故的层次结构图

## 2.2 判断矩阵构造

为尽可能减少不同性质的因素相互比较的困难,将同层次中的各因素进行两两比较,并按其重要程度评定等级<sup>[16]</sup>。例如,比较某层次中第*i*个因素 $K_i$ 和第*j*个因素 $K_j$ 的重要性程度,令 $a_{ij}$ 为 $K_i$ 对 $K_j$ 的相对重要性系数,则 $K_j$ 对 $K_i$ 的相对重要性系数为 $a_{ji}$ ,且满足 $a_{ij}a_{ji}=1$ 。

认为同一因素对自身的相对重要性系数 $a_{ii}=1$ ,构造该层次下的因素重要性判断矩阵

$$T = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

其中, $a_{ij}$ 参考AHP常用的1~9标度方法进行赋值<sup>[17]</sup>,如表2所示。

## 2.3 权重分析与一致性检验

### 2.3.1 步骤与方法

计算判断矩阵各因素权值,公式为:

$$TW = \lambda_{\max} W,$$

式中: $\lambda_{\max}$ 为矩阵 $T$ 的最大特征根, $W$ 为 $\lambda_{\max}$ 对应的特征向量, $W$ 的分量元素 $W_i$ 为因素*i*的权值<sup>[18]</sup>。

对判断矩阵进行一致性检验,计算随机一致性指标 $E_{CI} = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ <sup>[19]</sup>。

计算判断矩阵的一致性比例 $E_{CR} = \sum_{i=1}^n E_{CRi}/(n-1)$ <sup>[20]</sup>。

当 $E_{CR} \leq 0.1$ 时,判断矩阵通过一致性检验。

### 2.3.2 计算结果

对2014—2021年舟山岛礁区发生的一般等级及以上水上交通事故的统计分析,事故类型主要包括碰撞、触礁、自沉、触损和火灾爆炸等,其中碰撞、触礁和自沉事故次数总和占全部事故的98%,分别占全部事故的56%、30%、12%。以碰撞、触礁和自沉3类水上交通事故为分析对象,根据3类水上交通事故发生的频次,按等比例抽样原则,从91起事故中选取20起典型事故作为样本进行事故原因分析,选取样

表2 判断矩阵标度及其含义

重要性等级	赋值(标度)
$K_i, K_j$ 同等重要	1
$K_i$ 比 $K_j$ 稍重要	3
$K_i$ 比 $K_j$ 明显重要	5
$K_i$ 比 $K_j$ 强烈重要	7
$K_i$ 比 $K_j$ 极端重要	9
上述两相邻判断的中间值	2,4,6,8

本同时涵盖特别重大事故、重大事故、较大事故和一般事故等不同的水上交通事故等级。受篇幅所限,仅列举部分事故及事故原因分析,如表 3 所示。

表 3 部分水上交通事故原因分析

船名	事故类型	事故等级	原因
恒帆 178, 浙临机 621	碰撞	一般事故	C8、C13
GREATSEA, 鲁荣渔 58999	碰撞	一般事故	C13、C12、C8
YMMILESTONE, 浙象渔 43003	碰撞	一般事故	C8、C13、C15
浙岱渔运 01589, 新星河	碰撞	较大事故	C13、C12
浙岱渔 4206, 拓中 22	碰撞	一般事故	C8、C13、C14、C10
NORTHRN TASPEP, SAFMAPINE MERU	碰撞	一般事故	C6、C15、C12、C13、C14
鸿源 02	触礁	一般事故	C13、C4、C16
荣昌 98	触礁	一般事故	C4、C8、C11、C13
浙普工 777	自沉	重大事故	C11、C9、C8、C7
浙定 58189	自沉	特别重大事故	C8、C3、C2、C5、C6、C15、C1

由表 3 可知:有 15 起事故的部分引起原因是 B4,有 6 起事故的部分引起原因是 B2,其中 4 起事故是由 B2 直接导致;有 11 起事故的部分引起原因是 B3,但非导致事故的直接原因;有 1 起事故的部分引起原因是 B1。可认为 B4 比其他 3 个因素强烈重要,B2 比 B3 稍重要,B3 比 B1 稍重要。

将各因素的重要性在矩阵中赋值,列出目标层的判断矩阵

$$M_A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1/8 \\ 3 & 1 & 2 & 1/5 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/6 \\ 8 & 5 & 6 & 1 \end{bmatrix}。$$

采用上述方法并结合表 2,分析指标层,得到对应的判断矩阵  $M_{B1}$ 、 $M_{B2}$ 、 $M_{B3}$ 、 $M_{B4}$  分别为:

$$M_{B1} = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/2 \\ 4 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, M_{B2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 \\ 1/2 & 1/2 & 1/4 \end{bmatrix},$$

$$M_{B3} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}, M_{B4} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 7 & 5 & 5 \\ 1/4 & 1/7 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 1/5 & 2 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/5 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}。$$

进行一致性检验, $M_A$ 、 $M_{B1}$ 、 $M_{B2}$ 、 $M_{B3}$ 、 $M_{B4}$  的  $E_{CR}$  分别为 0.023、0.015、0.078、0.008、0.037,均小于 0.100,表明构造的判断矩阵均通过一致性检验。

计算准则层对目标 A 的相对权重,及指标层对准则层的相对权重,如表 4 所示。

由表 4 可知:B1~B4 中,B4 是导致舟山岛礁区发生水上交通事故的主要原因,权重为 0.586,优先级最高,超过其他因素的总和;其次为 B2,权重为 0.254;权重最低的是 B1,仅为 0.069。因此船舶在舟山岛礁区发生水上事故,需优先考虑 B4。B4 中权重最高的是 C13,权重为 0.455,其次是 C12,权重为 0.332。舟山岛礁区环境因素中权重最高的是 C6,权重为 0.373。

### 3 对策

为降低船舶在舟山岛礁区发生水上事故的概率,须加强对船舶驾驶人员及值班人员的监管与培训。

#### 3.1 强化安全意识,健全规章制度

在舟山岛礁区航行时,船舶驾驶员应采用安全航速行驶,积极履行避碰规则,始终将安全放在第一位。在水文环境复杂及出现台风、大雾等恶劣天气时,应尽量避免通过岛礁区。继续完善健全法律,加强对船员的管理,建立健全岗位监督、值班巡查的规章制度,值班人员加强了望,必要时可派多名船员到船头协助了望,敦促船员始终将安全意识放在第一位。

#### 3.2 提升综合素质,加强责任意识

对船员进行船艺培训,积累船舶操纵经验,组织驾驶人员和船员学习主要航线的水文资料,了解航行区域内船舶及岛礁的分布概况。成立相关组织或专业机构,组织船员船艺比赛,定期对船员技艺进行等级评定和审核。船员和船东间不是纯粹的雇佣关系,船员和船长间也不是简单的上下级关系,应加强船员、船长、船东间的相互交流,增强船员的责任意识。

### 4 结束语

抽取典型舟山岛礁区水上交通事故案例,采用层次分析法分析船舶事故原因,采用定性与定量相结合的方式分析船员素质、船舶状况、航行环境及船舶管理等因素对水上交通事故发生的权重,及4因素子因素权重。对比各因素的权重可知,船员因素是舟山岛礁区发生水上交通事故最主要因素,子因素中最重要因素是船员瞭望与判断碰撞危险疏忽。分析结果可为船员培训及船舶在舟山岛礁区航行管理提供决策依据。

#### 参考文献:

- [1] 郑罗坤. 船舶过岛礁区水域的航行环境风险分析与对策[D]. 大连:大连海事大学, 2015.  
ZHENG Luokun. Environmental risk analysis and countermeasures when ship sailing a reef waters [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2015.
- [2] 中国新闻网. 浙江舟山启动江海联运服务中心 2.0 版 拟实现运量 2.8 亿吨[N/OL]. (2021-02-03) [2022-02-03].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1690657760598348763&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 浙江省商务厅. 宁波舟山港货物吞吐量连续十三年全球第一[N/OL]. (2022-03-30) [2022-04-02]. [http://www.zcom.gov.cn/art/2022/3/30/art\\_1384592\\_58935256.html](http://www.zcom.gov.cn/art/2022/3/30/art_1384592_58935256.html).
- [4] 浙江海事局. 搜救应急统计[R/OL]. [2022-03-20]. <https://www.zj.msa.gov.cn/ZJ/ggfw/sjfw/sjtj/sjyj/>.
- [5] 甘伯惠, 胡国超, 蒋林勇, 等. 基于层次分析法的船体舱部分段划分方案评价及优化[J]. 航海工程, 2022, 51(1): 51-55.  
GAN Bohui, HU Guochao, JIANG Linyong, et al. Evaluation and optimization of block division scheme of hull bilge construction based on the analytic hierarchy process[J]. Ship & Ocean Engineering, 2022, 51(1): 51-55.
- [6] 曹久华, 席永涛, 胡甚平, 等. 基于系统动力学的港口船舶通航风险成因耦合模型[J]. 安全与环境学报, 2015, 15(3):

表4 舟山岛礁区船舶交通事故的各因素权重

准则层	准则层权重	指标层	指标层权重	总权重
B1	0.069	C1	0.237	0.016
		C2	0.399	0.025
		C3	0.364	0.016
B2	0.254	C4	0.195	0.050
		C5	0.202	0.039
		C6	0.373	0.073
		C7	0.230	0.045
B3	0.091	C8	0.466	0.042
		C9	0.205	0.019
		C10	0.119	0.011
		C11	0.210	0.019
B4	0.586	C12	0.332	0.194
		C13	0.455	0.151
		C14	0.026	0.012
		C14	0.026	0.012
		C15	0.107	0.036
		C16	0.080	0.026

- 65-71.
- CAO Jiuhua, XI Yongtao, HU Shenping, et al. Coupling model for risk formation on ship navigation at port water areas using system dynamics[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2015, 15(3):65-71.
- [7] 李超,霍中艳,艾万政. 船员心理素质对船舶驾驶的影响[J]. *水运管理*, 2016, 38(11):17-18.
- [8] 赵玲丽. 桥区安全通航保障技术研究[D]. 舟山:浙江海洋大学, 2017.
- ZHAO Lingli. Research on safety navigation support technology in bridge area [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2017.
- [9] 张浩,俞斌,肖英杰,等. 通航安全管理规划研究[J]. *中国航海*, 2010, 33(3):42-46.
- ZHANG Hao, YU Bin, XIAO Yingjie, et al. Study on navigation safety management planning[J]. *Navigation of China*, 2010, 33(3):42-46.
- [10] 江涛,王立锋,于忠涛,等. 淮安水利枢纽通航渡槽船舶航行三维数模分析[J]. *水运工程*, 2022(1):125-130.
- JIANG Tao, WANG Lifeng, YU Zhongtao, et al. Three-dimension mathematical model analysis of ship navigation in the navigable aqueduct of Huai'an water control project[J]. *Port & Waterway Engineering*, 2022(1):125-130.
- [11] 刘清,王冠雄. 复杂水域船舶通航安全风险耦合机理分析[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工版)*, 2014, 38(1):59-63.
- LIU Qing, WANG Guanxiong. Complex waters of ship navigation safety risk coupling mechanism analysis[J]. *Journal of Wuhan University of Technology(Transportation Science & Engineering)*, 2014, 38(1):59-63.
- [12] ALTAMIRANO-CORRO A, PENICHE-VERA R. Measuring the institutional efficiency using DEA and AHP: the case of a Mexican University[J]. *Journal of Applied Research and Technology*, 2014, 12(1):63-71.
- [13] 李蔚然,徐一源,聂聪,等. 基于层次分析法的“浙江制造”标准化运行机制影响因素分析[J]. *中国标准化*, 2019(11):64-69.
- LI Weiran, XU Yiyuan, NIE Cong, et al. Analysis of the influencing factors in Zhejiang standardization operation mechanism based on analytic hierarchy process[J]. *China Standardization*, 2019(11):64-69.
- [14] DARKO A, CHAN A P C, AMEYAW E E, et al. Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction[J]. *International Journal of Construction Management*, 2018, 19(5):436-452.
- [15] RUSSO R D F S M, CAMANHO R. Criteria in AHP: a systematic review of literature[J]. *Procedia Computer Science*, 2015, 55:1123-1132.
- [16] MA Xiaoxue, SHEN Jun, LIU Yang, et al. A methodology to evaluate the effectiveness of intelligent ship navigational information monitoring system[J]. *IEEE Access*, 2020(8):193544-193559.
- [17] PENG Y, WU L, ZUO Q, et al. Risk assessment of water inrush in tunnel through water-rich fault based on AHP-cloud model[J]. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2020, 11(1):301-317.
- [18] 许树柏. 实用决策方法:层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社, 1988.
- [19] LI Tianhong, DING Yao, XIA Wei. An integrated method for waterway health assessment: a case in the Jingjiang reach of the Yangtze River, China[J]. *Physical Geography*, 2018, 39(1):67-83.
- [20] SHEN Lixin, SU Zinchaw, XU Yang, et al. Study on evaluation of transport routes between China and Myanmar in the context of Belt and Road Initiative by fuzzy AHP-TOPSIS[J]. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 2022, 14(4):432-461.

## Analysis and countermeasures of ship accidents in Zhoushan islands and reef

*XU Yan, PANG Shaojie*

*School of Automotive Engineering, Nantong Institute of Technology, Nantong 226300, China*

**Abstract :** To reduce the water traffic accidents in Zhoushan island and reef area of Ningbo , the water traffic  
(下转第 172 页)