

文章编号: 1009-6094(2019)06-1884-08

“平安海区”建设评价指标体系研究——以浙江省为例*

袁志涛^{1,2}, 李敏³, 何子英⁴, 刘克中^{1,2}, 辛旭日¹

(1 武汉理工大学航运学院 武汉 430063;

2 内河航运技术湖北省重点实验室 武汉 430063;

3 中华人民共和国浙江海事局 杭州 310015;

4 浙江大学公共管理学院 杭州 310058)

摘要:为推进“平安海区”建设,客观评价“平安海区”的建设成效及相关措施的落实情况,促进软、硬件资源配置优化,引导和推动“平安海区”建设深入可持续发展,构建“平安海区”建设评价指标体系。以浙江省为例,通过调研相关部门、专家函询及会议咨询,按照指标体系选取的基本原则,对选取指标进行了多次优化调整,运用德尔菲法(DM)和层次分析法(AHP)构建的评价指标体系包含三个层次,其中,一级指标3个,分别为否决指标、定性指标和定量指标;二级指标12个;三级指标26个。根据专家评价尺度表取均值建立各级元素的标定值矩阵,得出同级指标的相对重要度,经一致性检验后确定各指标的权重系数。经专家咨询、试用评判,结果表明:构建的指标体系能较为全面、客观地反映浙江“平安海区”的建设成效,凸显出后期建设需关注的重点,与经验评价结果较为一致,验证了提出的评价指标体系的科学性及其可行性,可为“平安海区”建设评价指标体系的推广提供参考。

关键词:安全管理工程;平安海区;评价;指标体系;德尔菲法(DM);层次分析法(AHP)

中图分类号: X959 文献标志码: A

DOI: 10.13637/j.issn.1009-6094.2019.06.003

0 引言

海洋是世界经济发展的重要资源,也是水路运输的重要载体。在“一带一路”“海洋强国”“交通强国”等国家战略背景下,在加快“四个交通”建设的进程中,切实需要平安稳定的港口海洋环境作为支撑与保障。近年来,交通运输部及山东、上海、浙江等沿海省(市)积极开展“平安交通”及“平安海区”建设等活动^[1-2]。2015年,张宇等^[3]最先构建了较为全面、客观的“平安交通”评价指标体系,该体系主要用于评价交通运输系统安全建设和管理状况,分为否决指标、定性指标和定量指标3类指标,涵盖

了水运船舶百万吨吞吐量死亡事故件数年增减率、水上人命救助成功率等“平安海区”相关指标。2018年,高颢^[4]运用AHP法及问卷调查法确定平安指标的权重,并确定了各平安指标合成的算法,首次构建了平安浙江指数体系框架。文献[3-4]包含了“平安海区”建设部分相关评价指标,但是其指标选取覆盖面还不够全面。李生^[5]利用解释结构模型法辨识出影响山东沿海“平安海区”建设的关键性风险因素,分析了山东沿海“平安海区”建设内容和建设过程中面临的重要问题,但未给出评价建设成效的指标。

目前关于评价指标体系研究主要集中于生态、经济、文化、社会服务、交通安全、风险评价等领域^[6-12],暂未形成全面、统一的“平安海区”建设成效评价指标体系。2019年, Yang等^[13]基于运动特性和误差源,首先提出了一种驱动系统精度评估分析方法和指标,利用敏感性分析方法(Sensitivity Analysis Method SAM)对精度评价指标的敏感参数进行了讨论,并提出了相应的改进措施。张素丽等^[14]在总结归纳现有指标体系中的关键指标因素的基础上,结合调查问卷的方式,构建了浙江省突发事件应急预案评价指标体系。孙雅波等^[15]通过调查问卷,应用信度和效度分析对调查问卷进行研究,确定了包含海运业宏观发展环境、法律法规和安全与保障等8个方面的海运强国评价指标体系。胡翔等^[16]采用频度分析法和改进的德尔菲法筛选指标,建立了一套主客观相结合、五类四层次的可持续发展实验区建设期评价指标体系。文献[6-16]中的评价指标选取方法及原则可为“平安海区”建设评价指标体系构建提供一定的参考。

如何全面、系统、合理、准确地评价“平安海区”建设成效,对于海区安全管理和稳定发展具有重要的现实意义。为打造具有浙江特色、可复制推广的“平安海区”建设评价指标体系,本文以浙江省为例,运用德尔菲法(DM)和层次分析法(AHP)构建“平安海区”建设评价指标体系,并对指标体系的可靠性和准确性进行验证,以期能够较为全面、客观、精细化地评价“平安海区”建设水平及相关措施落实的科学性和有效性,有助于促进相关部门落实责任以监测影响“平安海区”建设中的矛盾和问题,也有助于及时发现建设过程中存在的偏差,为相关部门加强重点部位、时段、环节监管,合理配置资源,提高海区保障水平等提供决策依据。

* 收稿日期: 2019-03-26

作者简介: 袁志涛, 馆员, 博士研究生, 从事水上交通环境与安全保障研究, ztyuan@whut.edu.cn。

1 “平安海区”建设内涵分析

1.1 “平安海区”基本特征

“平安”就是没有或只有较少事故、险情,“海区”是指一定海洋区域内人文、自然、港口、交通等要素的组合。“平安海区”是一个系统集成概念,包含了海区运行安全、生态环境良好、经济发展稳定、水上交通有序、人际关系和谐等。“平安海区”是需广大民众积极参与建设,全社会共同推动、设置和维护的良好水上交通环境。其特征可简述为一种安全、清洁、畅通、文明、和谐的海区运行状态,“平安海区”特征见图 1。其中“安全”指整个海区系统的安全,包括船舶航行、旅客运输、港口作业、水工设施营运及水上水下活动安全等。“清洁”指海洋环境无污染,未受到或较少受到油化品、毒害物质、生活垃圾等污染,排污依法、合规、有序。“畅通”指船舶航行高效有序,航道(航路)水域宽阔、水深良好、无碍航设施或礁石、导助航设施分布完善。“文明”指在发展海洋经济、建设海洋强国中,须树立尊重自然、保护自然、可持续发展的绿色生态文明理念。“和谐”指海区社会环境稳定、人-机关系和谐、管理有序、服务完善、航行安全、水域清洁、水运交通便利等。

1.2 浙江“平安海区”建设内涵

浙江是海洋强省,区位优势突出,产业基础较好,拥有丰富的港口、航运、渔业、旅游、海岛等资源,组合优势十分明显,在全国海洋经济发展中具有重要地位。同时,浙江海区具有南北纬度跨度大、岛屿众多、航路错综复杂等特点,船舶通航密度大,船舶类型多样且大型化的特征突出,历来是我国水上交通“六区一线”高风险区域之一,特别是具有保障客运安全、旅游安全、通航桥梁安全、防治海洋环境污染及防范商渔船碰撞等任务艰巨。结合浙江省实际

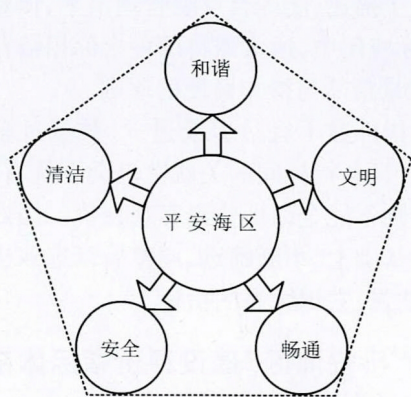


图1 “平安海区”特征

Fig.1 Feature of “the Safety Sea”

构建浙江“平安海区”建设评价指标体系,可为浙江省“平安浙江”“港航强省”“海洋经济示范区”及交通运输部“平安交通”战略提供有力支撑,有助于主管部门加强对“平安海区”建设的宏观把控,有效提升港口海区的安全监管水平,也有助于提高海上预警水平,提升海上搜救能力,把浙江海域的通航保障、社会管理、公共服务、文明建设等提高到新的层次。

浙江“平安海区”建设以“一带一路”“海洋强国”“交通强国”等国家战略为出发点,围绕“四个交通”总体要求,在“平安中国”“平安浙江”及“平安交通”建设的基础上,紧扣“部省深化合作意见”相关精神,运用文献查阅、调查研究、咨询访问、大数据统计等方法全面剖析浙江“平安海区”建设面临的主要困难和问题。“平安海区”建设的各个方面是一个内容具体、相互联系、相互影响的统一整体。为创建“安全、清洁、畅通、文明、和谐”的水上通航环境,立足浙江海区发展现状,结合相关发展和规划的建设需求及要求,在“平安浙江”的建设背景下,按照部省提出的发展重点,总结出浙江“平安海区”的建设内涵见图2;浙江“平安海区”特征与其建设内涵的对应关系见图3。

2 研究方法 with 指标选取原则

2.1 德尔菲法与层次分析法

德尔菲法(Delphi Method, DM)是一种结构化的决策支持技术,可集中各专家的智慧,采用匿名发表意见的方式,专家各自进行独立的定性判断。通过一系列调查表或问卷,向各专家进行多次问询,并计划地对每一轮专家意见进行汇总和反馈,最终形成趋于一致、相对客观、可靠的结论或方案。

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种定性和定量相结合的、系统化、层次化的分析方法,它将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则分解为不同的层次结构,然后用求解判断矩阵特征向量的办法,求得每一层次各元素对上一层次某元素的优先权重,最后再用加权和方法通过递阶归并得出最终权重。

2.2 “平安海区”建设评价指标选取原则

为全面、客观评价浙江“平安海区”建设情况,为海区的建设提供指导方向及决策依据,在评价指标选取、指标体系构建及应用的过程中,遵循如下基本原则。

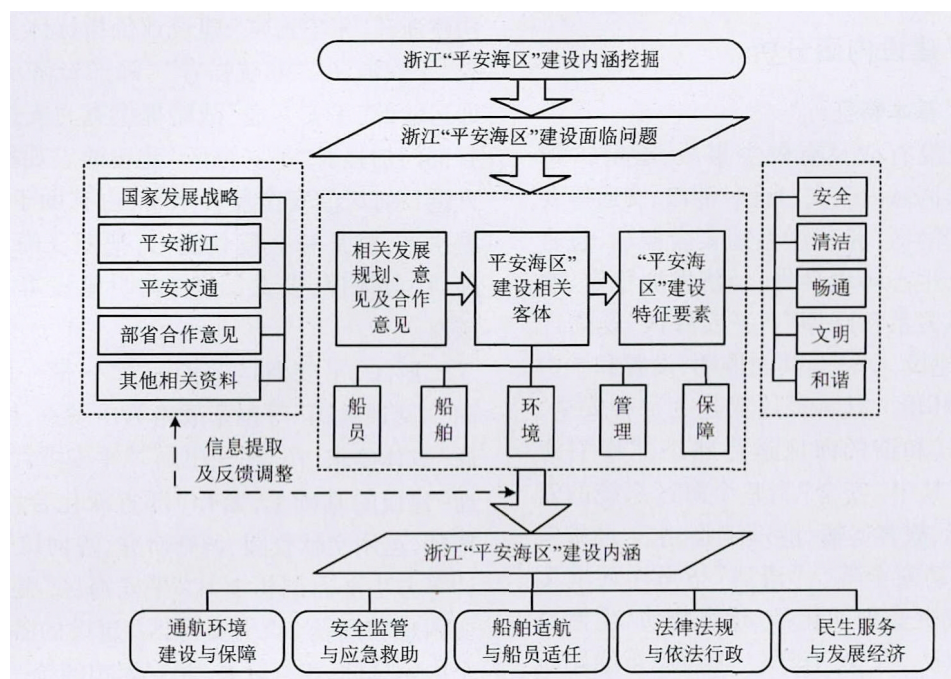


图2 浙江“平安海区”建设内涵

Fig. 2 Connotation of the construction of Zhejiang “the Safety Sea”

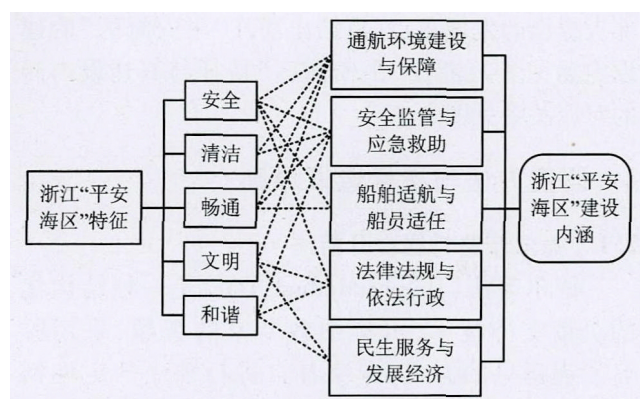


图3 浙江“平安海区”特征与其建设内涵对应关系

Fig. 3 Corresponding relationship between the characteristics of Zhejiang “the Safety Sea” and its construction connotation

1) 科学性与客观性相结合的原则。

选取指标应能涵盖“平安海区”建设的基本内涵,符合“平安海区”建设的目标和要求。指标的选择、指标权重的确定、数据的采集、计算与分析等应以科学的评价、计算方法为依据。

2) 全面性与代表性相结合的原则。

指标体系应能反映“平安海区”建设的各个方面,并能充分揭示各类指标间的内部关联性。评价目标和评价指标应为一个由目标层、准则层、指标层构成的有机整体。指标选取在全面性的基础上,应充分结合海区建设实际及区域特殊性,选取的指标

应能反映问题的本质。

3) 动态性与静态性相结合的原则。

“平安海区”建设是一个动态发展的过程,其是否满足安全、清洁、畅通、文明、和谐发展的要求,要综合分析各要素的静态水平和动态趋势才能作出客观、科学、合理的评价。

4) 可比性与可操作性相结合的原则。

指标体系构建应以理论分析为基础,充分考虑资料的可获取性、指标的可测性及可比性。指标体系应包含表述特征的定性指标和评价性的定量指标,应尽可能减少难于量化或者定性指标的数量。

5) 定量指标与定性指标相结合的原则。

定量指标通常易于评价,能较为准确地给出评价结果,但常因内容过于具体而覆盖面不全;定性指标通常易于描述,能综合反映管理水平,但难于准确评价;实际应用中,通常需将两种指标相结合。

6) 数量精简与操作简便的原则。

评价指标数不宜过多或过少,数量过多则可操纵性不大,且各指标间的关联性也会干扰有效评价;数量过少则不能全面地作出客观评价。因此应在全面调研的基础上,不断筛选、调整后以选取出精简适量、可操作性强、共识度高的指标。

3 浙江“平安海区”建设评价指标体系构建

3.1 问卷调查分析

通过现场调研或邮件咨询等方式,将浙江“平安

海区”建设评价指标体系问卷调查表(初步筛选指标,专家可做删减或增加)发放给相关部门和专家,根据专家反馈意见,调整部分指标,初步确定评价指标体系的结构和各级指标。对第一轮调查的结果进行梳理、分析、补充、完善后,再反馈给专家继续咨询,进一步筛选指标。

在第一轮问卷调查中,共邀请了海事、港航、海洋与渔业、公安边防、高等院校、科研院所、港口企业、船舶公司等单位的 120 位专家参与评价,其中收回调查表 112 份,有效专家调查表 110 份,有效率为 91.67%。第 2 轮共咨询 110 位专家,收回有效调查表 106 份,有效率为 96.36%。

3.2 指标评价体系构建

结合浙江海区实际情况,通过调研相关部门,经多次专家函询及会议咨询,按照指标体系选取的全面性、客观性、操作性等基本原则,对选取指标进行了多次优化和调整,最终构建出浙江“平安海区”建设评价指标体系,见图 4。该体系分为 3 个层次,其中一级指标 3 个;二级指标 12 个;三级指标 26 个(3

个否决指标、5 个定性指标和 18 个定量指标),具体见表 1~3。

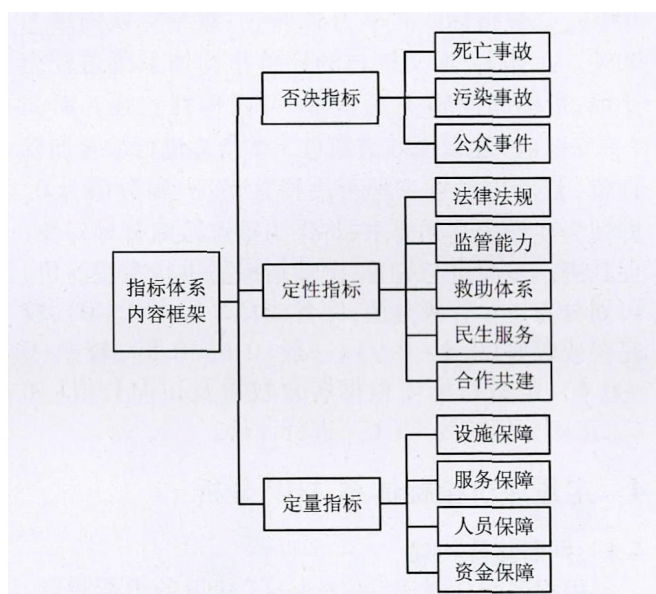


图 4 浙江“平安海区”建设评价指标体系总体框架
Fig. 4 Overall framework of the evaluation index system of the construction of Zhejiang “the Safety Sea”

表 1 否决指标
Table 1 Veto index

编号	指标名称	指标内容
1	死亡事故	水路交通运输特别重大死亡责任事故 1 起以上或重大死亡责任事故 2 起以上或较大死亡责任事故 10 起以上
2	污染事故	水路交通运输特别重大环境污染事故 1 起以上或重大环境污染事故 2 起以上或较大环境污染事故 10 起以上
3	公众事件	由于水路交通运输行业原因引发严重社会公众事件 1 起以上

表 2 定性指标
Table 2 Qualitative index

编号	指标名称	指标内涵	定性指标说明	判定标准等级
1	法律法规	水上安全生产法规制度体系建立情况	采用定性的语言表述当地水上交通运输相关部门安全生产法规制度体系建立情况、法规制度的完整性情况等	完善、较完善、一般、较差
2	监管能力	水上安全监督管理体制机制建立及运行情况	采用定性的语言表述当地水上交通运输相关部门安全监督管理体制建立情况、安全监督管理机制运行情况等	完善、较完善、一般、较差
3	救助体系	水上应急救助体系建立及运行情况	采用定性的语言表述当地水上交通运输相关部门应急救助体系建立情况及运行情况等	良好、较好、一般、较差
4	民生服务	水上客运、航海教育培训、港航企业、服务业引导帮扶情况	采用定性的语言表述当地民生服务工程建设情况及社会公众满意度情况指标等	完善、较完善、一般、较差
5	合作共建	参与建设相关方协同机制建立及运行情况	采用定性的语言表述浙江“平安海区”建设多方合作共建协同机制建立及运行情况等	完善、较完善、一般、较差

在第二轮问卷调查中,根据专家意见对指标体系进行了优化与完善,其中一级指标认同率为100%,二级指标认同率为92%,三级指标认同率为90%。总体上,本文构建的评价指标体系覆盖较为全面,指标间逻辑关系紧密,可操作性较强。浙江“平安海区”建设成效需通过3类指标进行综合加权评价,若发生任意一种否决指标情况,则分值为0,即视为建设未达到要求,将作为重点跟踪督导对象,促其进一步改进与完善;定性指标需进行主观评价,可划分为4个等级分值,完善或良好(0.9~1.0)、较完善或较好(0.8~0.9)、一般(0.6~0.8)、较差(0~0.6);定量指标需根据各自权重及正向分值(如 C_4 ,正向分值应为 $1 - C_4$)进行评价。

4 定量评价指标体系 AHP 分析

4.1 判断矩阵构建

根据各指标对于“平安海区”建设的重要程度,第三轮共咨询106位专家,采取德尔菲法向专家咨询每个定量评价指标的重要度,收回有效评价尺度

表102份,有效率为96.23%。根据各评价尺度表取均值建立各级元素的标定值矩阵,得出同级指标的相对重要度,经一致性检验后确定出各指标的权重系数,见表4。

将表4中每一层指标的重要度进行两两比较,得出指标间的判断矩阵,见式(1)。式中 a_{ij} 为指标 i 相对于指标 j 的重要程度。

表4 AHP 评价尺度表

Table 4 Table of AHP evaluation scale

相对系数	含义
1	两个指标同等重要
3	一个指标相对另一个指标稍微重要
5	一个指标相对另一指标重要度较强
7	一个指标相对另一指标明显重要
9	一个指标一定重要于另一指标
2、4、6、8	介于上述标准间的折中值

表3 定量指标

Table 3 Quantitative indexes

编号	二级指标	三级指标
1	设施保障 B_1 (5个)	通航老旧码头、渡口占码头、渡口总数比率 C_1
		已实施渡改桥工程占需实施渡改桥工程比率 C_2
		旅游客船及游艇适航、船员适任、停靠训练活动水域规范占营运船舶的比率 C_3
		老旧、“三无”营运船舶占船舶总数的比率 C_4
		重要通航桥梁的非通航孔防撞设施建设比率 C_5
2	服务保障 B_2 (8个)	水上交通基础设施平安施工合格率 C_6
		运输船舶百万吨港口吞吐量水上交通事故下降比例 C_7
		水上交通事故发生后人命救助成功率 C_8
		重大水上水下活动通航安全评估率 C_9
		采砂船违法作业率 C_{10}
		应急搜救专职管理人员数量 C_{11}
3	人员保障 B_3 (3个)	开展“平安海区”或水上交通安全科学研究情况 C_{12}
		港口、航道、锚地规划编制及落实情况 C_{13}
		支持渔民参加航海职业教育培训数量 C_{14}
4	资金保障 B_4 (2个)	推行渡工技能培训、游艇驾驶培训、水上作业人员安全培训数量 C_{15}
		水上安全监管人员与需要监管船舶数量比例 C_{16}
		水路交通安全方面投入占当地基础设施总投入比例 C_{17}
		支持中国海员技能比武基地建设或海员文化建设力度 C_{18}

$$A_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中 a_{ij} 为指标 i 相对于指标 j 的重要程度。

据此,可得出 5 个定量指标的判断矩阵见式(2)~(6)。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 9 & 7 \\ 1/2 & 1 & 4 & 4 \\ 1/9 & 1/4 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/3 & 1/2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 5 \\ 3 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 5 \\ 2 & 1 & 1/2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 4 \\ 2 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1 & 1/2 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 4 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/5 & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1/3 \\ 2 & 3 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$B_4 = \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 1/9 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

4.2 判断矩阵的一致性检验

定量指标矩阵是正互反矩阵,根据 Perron-Frobenius 定理,可知矩阵只有一个特征值为非零,其余均为零,因此唯一特征值为最大特征根,用 $\lambda_{\max}$ 表示,其所对应的特征向量为 ω ,标准化处理后即为各观测元素的权重值。

利用和积法计算各判断矩阵的特征值,将矩阵每列归一化,即 $\bar{a}_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj}$,则矩阵的特征向量

为 $\omega_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}$ 。

矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 的计算公式为

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A\omega)_i}{w_i} \quad (7)$$

判断矩阵的一致性指标 CI 的计算公式为

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (8)$$

一致性比率 CR 的计算公式为

$$CR = CI / RI \quad (9)$$

对于判断矩阵 A_0 而言,通过一致性比率 CR 来对计算结果进行一致性检验,当 $CR < 0.1$ 时,认为矩阵 A_0 具有满意一致性;当 $CR > 0.1$ 时,矩阵不具有 consistency,还需要对判断矩阵进行诱导修正,直至通过一致性检验为止。

平均随机一致性指标见表 5。

表 5 平均随机一致性指标

Table 5 Index of mean random consistency

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

4.3 评价指标的综合权重

在定量评价指标体系中,经计算,目标层 A 判断矩阵一致性指标 $CR = 0.0339 < 0.1$,准则层 B_1 、 B_2 、 B_3 判断矩阵一致性指标 CR 值依次为 0.059 7 0.010 5, 0.007 9, 均小于 0.1,通过一致性检验, B_4 判断矩阵不考虑一致性检验。定量评价指标的综合权重指标见表 6。

由表 6 可知,定量指标中 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_5 、 C_8 、 C_{17} 、 C_4 相对较为重要,建设浙江“平安海区”需大力推进“撤渡建桥”,严格加强老旧船、“三无”船、游船治理,增加水路交通安全资金投入。结果表明:该指标体系能够较为全面地凸显浙江“平安海区”建设的现状和重点,与浙江海事局和浙江省交通运输厅联合对各辖区“平安海区”状况组织的评价结果相差较小。该指标体系涵盖面较广,层级清晰,可从多角度对浙江“平安海区”建设水平进行综合评判,精确分析其建设过程中存在的具体问题和不足,为后期浙江“平安海区”建设的重点提供决策依据。

5 结 论

1) “平安海区”建设评价指标体系选取的指标应简明扼要、科学合理,能较为全面地涵盖“平安海区”建设的相关信息,客观多维反映海域的安全稳定状况。其目的在于检验建设措施的落实情况和实际成效,增强相关部门的责任意识及社会的公众认识,凸显建设重点,促进海区平安程度提升到更高的层次。

2) 以评价指标体系构建理论和方法为指导,采用 AHP 法明确各指标间的逻辑关系和层次定位。

表 6 定量评价指标体系权重
Table 6 Weight of quantitative index system

单向 权重	B_1 0.570 4	B_2 0.282 6	B_3 0.084 1	B_4 0.062 9	综合 权重
C_1	0.345 1				0.196 8
C_2	0.271 8				0.155 0
C_3	0.162 3				0.092 6
C_4	0.095 4				0.054 4
C_5	0.125 4				0.071 5
C_6		0.070 0			0.019 8
C_7		0.174 7			0.049 4
C_8		0.201 0			0.056 8
C_9		0.143 2			0.040 5
C_{10}		0.116 8			0.033 0
C_{11}		0.178 7			0.050 5
C_{12}		0.077 8			0.022 0
C_{13}		0.037 8			0.010 7
C_{14}			0.297 0		0.025 0
C_{15}			0.163 4		0.013 7
C_{16}			0.539 6		0.045 4
C_{17}				0.900 0	0.056 6
C_{18}				0.100 0	0.006 3

通过调研相关部门,经多次专家函询及会议咨询,优化和调整后的浙江“平安海区”建设评价指标体系包含 3 个层次,其中一级指标 3 个;二级指标 12 个;三级指标 26 个。根据各评价尺度表取均值,建立各级元素的标定值矩阵,进而确定出了各定量指标的综合权重。

3) “平安海区”建设是不断深入的动态过程,其指标选取和评价标准并非一成不变,因此需根据实际情况不断更新和调整。不同海区也可根据特定情况,补充、完善或删减指标,定量指标权重值的确定也应充分考虑当地相关部门和专家的经验。

References(参考文献):

- [1] ZHENG Hui(郑慧), WEI Xiaoguang(韦晓光). Ministry of Transport and Zhejiang Province build “Safety Sea” to provide a strong support for the Zhejiang “Maritime Port Province” strategy [J]. *China Maritime Safety*(中国海事), 2008(11): 78.
- [2] Ministry of Transport of the People’s Republic of China(交通运输部). *Evaluation index system for safety traffic (draft)*(平安交通评价指标体系) [R]. 2014.
- [3] ZHANG Yu(张宇), CHEN Zongwei(陈宗伟), ZHANG Qingsong(张青松). Building of assessment indicator system of safe transport [J]. *Transport Research*(交通运输研究), 2015, 1(6): 8-13.
- [4] GAO Hao(高颢). *Study on the Index of “Peace Zhejiang” and its indicators system from the perspective of governance theory*(治理理论视域下平安浙江指数及其指标体系研究) [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.
- [5] LI Sheng(李生). *Research on countermeasures for the construction of safety sea adjacent to Shandong Province*(山东沿海平安海区建设对策研究) [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2017.
- [6] LIANG Zheng(梁政). Research on index system of ecological risk assessment for railway planning and design [J]. *China Safety Science Journal*(中国安全科学学报), 2018, 28(S1): 161-165.
- [7] ZHANG Huan(张欢), CHENG Jinhua(成金华), FENG

- Yin (冯银), et al. An evaluation index system for ecological civilization construction in megacities and its research applications: the case of Wuhan City [J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 2015, 35(2): 547-556.
- [8] CHEN Ming (陈铭), WANG Qianchen (王乾晨), ZHANG Xiaohai(张晓海), et al. Study on the system of evaluation for wisdom city construction: Nanjing as the case [J]. *Urban Studies* (城市发展研究), 2011, 18(5): 84-89.
- [9] CAO Bin(曹斌), LIN Jianyi(林剑艺), CUI Shenghui(崔胜辉). Review on assessment index of sustainable development [J]. *Environmental Science & Technology*(环境科学与技术), 2010, 33(3): 99-105, 122.
- [10] LI Hao(李昊), ZHANG Qingnian(张庆年). Study on monitoring and index system for inland navigation safety [J]. *China Safety Science Journal*(中国安全科学学报), 2014, 24(10): 94-100.
- [11] MA Yue(马跃), FU Gui(傅贵), ZANG Yali(臧亚丽). Research on evaluation index system of enterprise safety culture construction level [J]. *China Safety Science Journal*(中国安全科学学报), 2014, 24(4): 124-129.
- [12] LIU Yu(刘裕), YUAN Daishu(袁代树), CHEN Chao(陈超). Study on construction of evaluation index system for governmental public service capacity of work safety [J]. *Journal of Safety Science and Technology*(中国安全生产科学技术), 2016, 12(S1): 246-252.
- [13] YANG Xiaojun, LIU Hui, YANG Qingyu, et al. A novel precision evaluation and analysis method for the direct driven high-speed feed system [J]. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2019, 121(1): 689-710.
- [14] ZHANG Suli(张素丽), KANG Quansheng(康泉胜), FANG Yuan(方元). Study on evaluating index system for Zhejiang Province contingency plan [J]. *China Safety Science Journal*(中国安全科学学报), 2012, 22(10): 164-169.
- [15] SUN Yabo(孙雅波), FAN Houming(范厚明), LIU Yiyi(刘益迎), et al. Construction of maritime power evaluation index system based on reliability and validity analysis [J]. *Journal of Shanghai Maritime University* (上海海事大学学报), 2014, 35(4): 26-31.
- [16] HU Xiang(胡翔), LIU Haiyan(刘海燕), GAN Qining(甘启宁), et al. Establishment of evaluation index system for sustainable development experimental zones during construction period [J]. *Safety and Environmental*

Engineering(安全与环境工程), 2014, 21(6): 13-17, 28.

Study on the evaluation index system of “the Safety Sea” construction—a case study by taking Zhejiang Province as the typical sample

YUAN Zhi-tao^{1,2}, LI Min³, HE Zi-ying⁴, LIU Ke-zhong^{1,2}, XIN Xu-ti¹

(1 School of Navigation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China; 2 Hubei Key Laboratory of Island Shipping Technology, Wuhan 430063, China; 3 Zhejiang Maritime Safety Administration of the People's Republic of China, Hangzhou 310015, China; 4 School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: This paper is aimed at constructing an evaluation index system which is conducive to assessing the construction effectiveness of “the Safety Sea” and the implementation of the relevant measures, so as to promote the construction of the environment of “the Safety Sea”. Meanwhile it is useful to optimize the allocation of the software and hardware resources and guide its construction in the sustainable development environment. Taking the construction of “the Safety Sea” in Zhejiang as a sampling case through extensive investigation in the relevant aspects and questionnaire surveys from the experts according to the basic principles of selection of indicator system, the chosen indicators have been optimized and adjusted for a few times. The evaluation index system has been set up with Delphi method (DM) and Analytic Hierarchy Process (AHP) consisting of 3 levels with 3 1st-class indicators covering the veto index, qualitative index and quantitative index, 12 2nd-class and 26 3rd-class indicators. The matrix of the calibration values for each level of elements has also been proposed based on the average expertise indexes. And then, the same level indicators of the relative importance have been gained whereas the weight coefficients of each indicator have been certified and confirmed through the consistency test. All the aforementioned results help us to verify that the index system can truthfully reflect the construction effectiveness of “the Safety Sea” in Zhejiang comprehensively and objectively, which is qualified enough to highlight the essential points needed to pay attention to. Moreover, the above gained results turn out to be basically consistent with the empirical assessment results of the relevant experts and departments. Hence, the evaluation index system should be qualified enough to provide needed reference to promote the evaluation index system of “the Safety Sea” construction.

Key words: safety control; Safety Sea; evaluation; index system; Delphi Method (DM); Analytic Hierarchy Process (AHP)

CLC number: X959 **Document code:** A

Article ID: 1009-6094(2019)06-1884-08