doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2023.01.002

基于层次分析法的海洋站(点)综合评价体系研究

王 鹏，王 斌，郭 海，张翼飞

（国家海洋技术中心，天津 300111）

摘 要：本文针对目前海洋观测网业务化运行的海洋站（点）缺少评价体系的现状，首次应用层次分析法进行海洋站（点）观测能力、运行质量等综合能力评价的研究。通过构建评价指标层次结构，结合定性和定量分析，构建判断矩阵，建立了层次分析法模型。对海洋站（点）的特点和影响其运行质量的主要因素进行分析，从海洋站（点）的布局、观测环境代表性、仪器设备、基础设施和运行管理等方面，设计了海洋站（点）综合评价体系，评价指标权重合理准确，可为海洋站（点）的综合评价和分级管理提供理论依据。

关键词：层次分析法；海洋站（点）；综合评价

中图分类号：X834 **文献标识码：**A **文章编号：**1003-2029（2023）01-0016-07

海洋站（点）是以掌握、描述海洋状况为目的，对海洋水文、气象等要素进行长期、定点、连续观察测量活动，以及由此获取相关海洋环境监测基础数据的场所。海洋站（点）的观监测数据是开展海洋观测预报和防灾减灾、全球气候变化研究、全球海洋气候预测和中国海平面变化研究的重要基础。

近年来，我国日益重视对海洋的观测，目前我国沿海有国家和地方省市建设运行的海洋站（点）500 余个，获取了大量海洋观测数据，在环境保护、科学研究、防灾减灾、国防安全等方面起到了重要的服务和保障作用[1-2]。但是有些海洋站（点）在站点布局合理性、观测环境代表性、基础设施和仪器设备标准规范符合性等方面存在不足，影响了海洋站（点）的正常业务化运行。

针对此问题，国内气象、海洋领域专家学者对气象站、海洋站（点）的评估评价方法开展了大量研究。林同勇等[3]从观测设施、仪器设备、人力资源、运行管理、质量控制等方面，对影响海洋站（点）观测数据准确性的问题进行分析，提出提升海洋站（点）观测数据质量的对策。2017 年，中国气象局颁布了《地面气象观测站探测环境调查评估方法》，该评估方法根据评估指标，由专家直接赋予权重的方式对气象站的探测环境进行评估，对我国气象站的探测环境进行了全面的综合调查评估[4]。近年来，自然资源部海洋预警监测司通过海洋站观测环境代表性评估[5]、国家基本海洋观测网优化整改、地方海洋观测站（点）纳入国家全球海洋立体观测网入网评估等工作对国家和地方海洋观测网进行了现状摸底和能力评估，并有针对性地对海洋站（点）业务化运行中出现的问题进行了优化整改，提升了海洋站（点）的业务化运行质量。但是这些工作多侧重于海洋站（点）某个方面进行评估，缺少对海洋站（点）的综合评价，因此，建立海洋站

收稿日期：2022-07-15
基金项目：自然资源部业务化项目（92000YJ10）
作者简介：王鹏（1985—），男，硕士，工程师，主要从事海洋观测技术研究。E-mail：wp200441060@163.com
通讯作者：王斌（1981—），男，硕士，工程师，主要从事海洋观测技术研究。E-mail：yueweiiu@126.com

(点）的综合评价体系势在必行。影响海洋站（点）观测能力和运行质量的部分因素的定量表达难以用单一目标函数表达，必须从多层次多角度进行评价。本文基于层次分析法对海洋站（点）进行综合评价，能够比较准确地确定影响海洋站（点）观测能力和运行质量的主要要素，对海洋站（点）的建设运行和分级管理具有参考价值。

1　层次分析法的原理及基本流程

层次分析法是 20 世纪 70 年代美国运筹学家 SAATY T L 提出的一种层次权重决策分析方法。该方法把一个复杂的问题表示为有序递阶层次结构，通过主观思维结合客观事实判断并利用数学方法对决策方案的优劣进行分析，能够处理决策方法中的定性与定量影响因素，具有系统性、层次性和可操作性等优点，可解决多目标、多层次、多准则的决策问题，尤其适用于各评价指标权重因子的确定。近年来，层次分析法被越来越多地应用于科研评价、设备评估、城市规划、区域土地可持续利用评价等领域[6]，本文主要利用层次分析法建立海洋站（点）综合评价体系。

层次分析法基本原理是：根据问题的性质和要达到的总目标，把影响问题的各种因素分解，使之条理化，形成一个多层次的分析结构模型；依据人们对客观事实的判断，对每一层次各个因素的相对重要性进行定量表示；利用数学方法确定每一层次的全部因素相对重要性权重[4]。层次分析法流程图如图 1 所示。

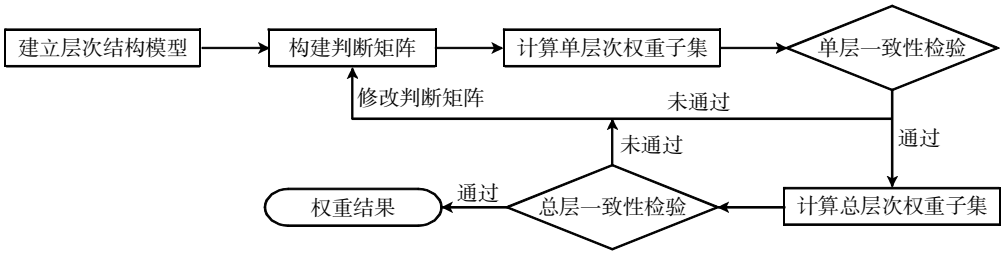

图 1　层次分析法流程图

是以一定的数据信息为基础。层次分析法的数据信息基础主要来自决策者就每一层因素的相互重要程度给出的判断，即判断矩阵。判断矩阵表示上层某一因素与所支配的下层有关因素之间的相对重要性，即下层各因素两两比较，哪个因素比较重要，重要程度如何[7-9]。为了使决策判断定量化，形成数值判断矩阵，本文采用 SAATY T L 建议的 1~9 刻度法，如表 1 所示。

表 1　判断矩阵的数字定量及含义

定性比较结果	数字定量
因素 1 相较于因素 2 重要性相同	1
因素 1 比因素 2 重要性稍强	3
因素 1 比因素 2 重要性强	5
因素 1 比因素 2 重要性明显强	7
因素 1 比因素 2 重要性绝对强	9
因素 1 与因素 2 相比，相对重要性处于上述等级之间	2、4、6、8
因素 1 与因素 2 相比，后者的重要性要稍强、强、明显强、绝对强于前者	1/3、1/5、1/7、1/9

(1）构造判断矩阵。任何系统的分析、评价都

(2）计算各判断矩阵的最大特征值和特征向量，对特征向量进行归一化处理，得到权重排序，并依据各个层次的权重排序，得出权重总排序。假设某一因素的下一层受影响的因素数量为 n，判断矩阵为 $\boldsymbol{A}$，每次取两个因素 a_i 与 a_j 进行比较，a_{ij} 为比较结果。将 $\boldsymbol{A}$ 的每一列归一化得到式(1)，$\overline{\omega}_{ij}$ 表示 a_{ij} 按列归一化后的值。

$$\overline{\omega}_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}a_{kj}} \tag{1}$$

对 $\overline{\omega}_{ij}$ 按行相加得到式(2)。

$$\overline{\omega}_i=\sum_{j=1}^{n}\overline{\omega}_{ij} \tag{2}$$

将向量 $\overline{\boldsymbol{\omega}}_i=(\overline{\omega}_1,\overline{\omega}_2,\cdots,\overline{\omega}_n)^{\mathrm{T}}$ 归一化得到式(3)。

$$\boldsymbol{\omega}_i=\overline{\omega}_i/\sum_{i=1}^{n}\overline{\omega}_i \tag{3}$$

归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_i=(\omega_1,\omega_2,\cdots,\omega_n)^{\mathrm{T}}$，求判断矩阵的最大特征向量 $\boldsymbol{\lambda}_{\max}$ 如下。

$$\lambda_{\max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(A\omega)_i}{n\omega_i} \tag{4}$$

（3）对权重向量进行一致性检验。由于客观事物的复杂性或对事物认识的片面性，致使判断矩阵会存在一定的误差，为了确定误差的大小及生成的判断矩阵是否合理，需要对判断矩阵进行一致性检验。考虑到因素个数的影响，定义一致性指标 $CI=(\lambda_{\max}-m)/m-1$，定义平均随机一致性指标 $CR=CI/RI$，其中 RI 表示同阶平均随机一致性指标。当 $CR<0.1$ 时，认为判断矩阵合理[10]，具体RI 值见表 2。

表 2 平均随机一致性指标 *RI* 的数值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

2 海洋站（点）综合评价指标体系

对影响海洋站（点）观测能力和运行质量的相关因素进行分类，构造一个各因素之间相互联结的递阶层次结构。处于最上面的层次一般是评价的预定目标，通常只有一个因素，中间层的因素一般是准则层，最低层是指标层。根据海洋站（点）综合能力评价指标的科学性、可获取性、简单实用性等原则，参考相关规范标准和国内外专家学者的研究结论，经广泛征求海洋、气象、水文等多领域专家意见和建议，充分听取海洋站（点）管理人员和一线值班人员意见，并结合海洋站（点）环境代表性评估和地方海洋站（点）纳入国家全球海洋立体观测网的实践经验进行综合分析，将海洋站（点）综合能力评价影响因素分三层，第一层为海洋综合评价总目标 A，第二层准则层分为 5 项一级指标，分别为站点布局 B_1、观测环境代表性B_2、基础设施 B_3、仪器设备B_4 和运行管理B_5，每项准则层（一级指标）又包含若干个二级评价指标 C[11]。影响因素层次结构包括 5 项一级指标，26 项二级指标，具体如表 3 所示。

表 3 海洋站（点）综合评价影响因素层次结构

目标层 A	准则层 B	指标层 C
海洋站（点）综合评价	站点布局 B_1	所在区域重要城市、重大工程、气候和环境敏感区分布情况 C_{11}
		所在区域海洋灾害危险等级情况 C_{13}
		所在区域其他站点布局情况 C_{12}
	观测环境代表性B_2	潮汐、温盐观测代表性 C_{21}
		波浪观测点代表性 C_{22}
		海滨气象观测环境代表性 C_{23}
	基础设施B_3	验潮井和温盐井设计使用寿命 C_{31}
		验潮室、验潮井和温盐井规范性 C_{32}
		验潮井破损、淤积情况 C_{33}
		水准点设置及水准联测 C_{34}
		海滨气象观测场内配套基础设施 C_{35}
		海滨气象观测场设计布局 C_{36}
		用海用地确权情况 C_{37}
	仪器设备B_4	观测项目齐全性 C_{41}
		观测要素规范性 C_{42}
		有效数据接收率 C_{43}
		供电保障能力 C_{44}
		数据通信能力 C_{45}
		系统故障率 C_{46}
		防雷系统规范性 C_{47}
	运行管理B_5	人员资质 C_{51}
		观测资料积累年限 C_{52}
		故障恢复时间 C_{53}
		备品备件管理 C_{54}
		设备检定 C_{55}
		定期对比观测、巡视检查与维护 C_{56}

站点布局B_1是指海洋站及观测点在近岸、沿海和深远海域的分布。主要评估站点在防灾减灾和海洋科学研究中能起到的作用，兼顾站点的重复建设性[12–13]，包括所在区域重要城市、重大工程、气候和环境敏感区分布情况，所在区域海洋灾害危险等级情况，以及所在区域其他站点布局情况等 3 项指标。

观测环境代表性B_2是指为避开各种干扰，保证水文气象设备设施准确获得水文气象探测信息所必需的最小距离构成的环境空间[14]。主要评估观测点周边观测环境对观测数据代表性、准确性和连续性的影响，包括潮汐、温盐、波浪、气象等观测项目的环境代表性等 3 项指标。

基础设施B_3是指能保障水文气象仪器正常运行的验潮室、验潮井和气象观测场等设施。主要评估基础设施对海洋站（点）观测能力、业务运行的保

障能力，包括验潮井和温盐井设计使用寿命，验潮室、验潮井和温盐井规范性，验潮井破损、淤积情况，水准点设置及水准联测，海滨气象观测场内配套基础设施，海滨气象观测场设计布局，用海用地确权情况等 7 项指标。

仪器设备 B_4 是指用于海洋站（点）水文气象观测的传感器、采集器及配套的供电防雷设备等。主要评估仪器设备对海洋站（点）观测能力、业务运行的影响，包括观测项目齐全性、观测要素规范性、有效数据接收率、供电保障能力、数据通信能力、系统故障率、防雷系统规范性等 7 项指标。

运行管理 B_5 是指海洋站（点）业务运行过程中的管理工作。主要评估观测资料、运行管理制度及制度落实方面对海洋站（点）综合能力的影响，包括人员资质，观测资料积累年限，故障恢复时间，备品备件管理，设备检定，定期对比观测、巡视检查与维护等 6 项指标。

3　海洋站（点）观测能力综合评价

3.1　构建判断矩阵

由自然资源部海洋业务中心和海区局长期从事海洋观测工作的相关专家对各层指标进行打分。专家人数 5 人，分别对具体指标重要性两两进行比较打分，该分值作为 a_{ij}，各个专家打分值有差异时，取相同分值人数最多的值作为 a_{ij}，本次打分过程中没有出现 5 位专家打分值都不一致的情况，最后构建判断矩阵如下。

（1）各准则层 B_i 之间重要性比较，得出判断矩阵 $\boldsymbol{A}_1$。

$$\boldsymbol{A}_1=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 4 & 3 \\ 1/2 & 1 & 4 & 3 & 2 \\ 1/5 & 1/4 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/4 & 1/3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

（2）各子指标 C_{1i} 之间的相对重要性比较，得出站点布局判断矩阵 $\boldsymbol{B}_1$。

$$\boldsymbol{B}_1=\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

（3）各子指标 C_{2i} 之间的相对重要性比较，得出观测环境代表性判断矩阵 $\boldsymbol{B}_2$。

$$\boldsymbol{B}_2=\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \tag{7}$$

（4）各子指标 C_{3i} 之间的相对重要性比较，得出基础设施判断矩阵 $\boldsymbol{B}_3$。

$$\boldsymbol{B}_3=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 7 & 9 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 & 5 & 7 \\ 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1/7 & 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \tag{8}$$

（5）各子指标 C_{4i} 之间的相对重要性比较，得出仪器设备判断矩阵 $\boldsymbol{B}_4$。

$$\boldsymbol{B}_4=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/6 & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/6 & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \tag{9}$$

（6）各子指标 C_{5i} 之间的相对重要性比较，得出运行管理判断矩阵 $\boldsymbol{B}_5$。

$$\boldsymbol{B}_5=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/6 & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \tag{10}$$

3.2　矩阵特征向量计算及一致性检验

计算各判断矩阵的特征向量，并对特征向量矩阵进行归一化处理，计算 CR，对结果进行一致性检验。

（1）海洋站（点）综合评价判断矩阵 $\boldsymbol{A}_1$

最大特征根 $\lambda_{max}=5.068\,1$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_A=$[0.510 3，0.253 4，0.048 0，0.073 0，0.115 2]，$CI=0.017\,2$，$RI=1.12$，一致性比例 $CR=0.004\,3<0.1$。

（2）站点布局判断矩阵 $\boldsymbol{B}_1$

最大特征根 $\lambda_{max}=3.038\,5$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_1=$[0.916 1，0.371 5，0.150 6]，$CI=0.019\,3$，$RI=0.52$，

一致性比例 $CR = 0.037 < 0.1$。

（3）观测环境代表性判断矩阵 $\boldsymbol{B}_2$

最大特征根 $\lambda_{max} = 3.073\,5$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_2 =$ [0.902 7，0.394 3，0.172 2]，$CI = 0.036\,8$，$RI = 0.52$，一致性比例 $CR = 0.070\,7 < 0.1$。

（4）基础设施判断矩阵 $\boldsymbol{B}_3$

最大特征根 $\lambda_{max} = 7.296\,2$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_3 =$ [0.357 3，0.235 9，0.164 7，0.101 9，0.075 6，0.041 3，0.023 2]，$CI = 0.049\,4$，$RI = 1.36$，一致性比例 $CR = 0.036\,3 < 0.1$。

（5）仪器设备判断矩阵 $\boldsymbol{B}_4$

最大特征根 $\lambda_{max} = 7.195\,5$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_4 =$ [0.354 3，0.239 9，0.158 6，0.103 6，0.067 6，0.044 8，0.031 2]，$CI = 0.032\,6$，$RI = 1.36$，一致性比例 $CR = 0.024 < 0.1$。

（6）运行管理判断矩阵 $\boldsymbol{B}_5$

最大特征根 $\lambda_{max} = 6.122\,5$，归一化特征向量 $\boldsymbol{\omega}_5 =$ [0.382 5，0.250 4，0.159 6，0.100 6，0.064 1，0.042 8]，$CI = 0.024\,5$，$RI = 1.26$，一致性比例 $CR = 0.019\,4 < 0.1$。

3.3 综合评价因素权重计算

综上计算海洋站（点）综合评价因素及权重表如表 4 所示。

3.4 讨论

由以上结果可以看出，从方案层 B 对目标层 A 构成的判断矩阵 $\boldsymbol{A}_1$ 计算结果可以看出，影响海洋站（点）观测能力和运行质量的指标权重依次是站点布局（0.418 5）、观测环境代表性（0.262 5）、运行管理（0.160 0）、仪器设备（0.097 2）、基础设施（0.061 8）。通过对所有指标层的层次总排序可以看出，最能影响海洋站（点）能力和运行质量的前 5 大因素是所在区域重要城市、重大工程、气候和环境敏感区分布情况（0.266 6）、潮汐、温盐观测代表性（0.161 3）、所在区域海洋灾害危险等级情况（0.108 1）、波浪观测点代表性（0.070 5）和人员资

表 4 海洋站（点）综合评价因素及权重表

目标层 A	准则层 B	B-A 权重	指标层 C	C-B 权重	C-A 权重	权重排序
海洋站(点)综合评价	站点布局 B_1	0.418 5	所在区域重要城市、重大工程、气候和环境敏感区分布情况 C_{11}	0.637 0	0.266 6	1
			所在区域海洋灾害危险等级情况 C_{13}	0.258 3	0.108 1	3
			所在区域其他站点布局情况 C_{12}	0.104 7	0.043 8	6
	观测环境代表性 B_2	0.262 5	潮汐、温盐观测代表性 C_{21}	0.614 4	0.161 3	2
			波浪观测点代表性 C_{22}	0.268 4	0.070 5	4
			海滨气象观测环境代表性 C_{23}	0.117 2	0.030 8	9
	基础设施 B_3	0.061 8	验潮井和温盐井设计使用寿命 C_{31}	0.357 3	0.022 1	12
			验潮室、验潮井和温盐井规范性 C_{32}	0.235 9	0.014 6	15
			验潮井破损、淤积情况 C_{33}	0.164 7	0.010 2	16
			水准点设置及水准联测 C_{34}	0.101 9	0.006 3	21
			海滨气象观测场内配套基础设施 C_{35}	0.075 6	0.004 7	22
			海滨气象观测场设计布局 C_{36}	0.041 3	0.002 5	25
			用海用地确权情况 C_{37}	0.023 2	0.001 4	26
	仪器设备 B_4	0.097 2	观测项目齐全性 C_{41}	0.354 3	0.034 5	8
			观测要素规范性 C_{42}	0.239 9	0.023 3	11
			有效数据接收率 C_{43}	0.158 6	0.015 4	14
			供电保障能力 C_{44}	0.103 6	0.010 1	18
			数据通信能力 C_{45}	0.067 6	0.006 6	20
			系统故障率 C_{46}	0.044 8	0.004 4	23
			防雷系统规范性 C_{47}	0.031 2	0.003 0	24
	运行管理 B_5	0.160 0	人员资质 C_{51}	0.382 5	0.061 2	5
			观测资料积累年限 C_{52}	0.250 4	0.040 1	7
			故障恢复时间 C_{53}	0.159 6	0.025 5	10
			备品备件管理 C_{54}	0.100 6	0.016 1	13
			设备检定 C_{55}	0.064 1	0.010 2	16
			定期对比观测、巡视检查与维护 C_{56}	0.042 8	0.006 8	19

质（0.061 2）。

海洋站（点）的站点布局和观测环境代表性两个一级指标对于海洋站（点）综合能力影响权重和达到 0.681，能直接决定该海洋站（点）的优劣。科学合理地做好建站前期论证，做好观测点的观测环境保护对海洋站（点）的观测能力、观测质量，以及在海洋科学研究、防灾减灾、应急管理发挥的作用具有决定性的影响。对已经建成运行的海洋站(点)，则可以在运行管理、仪器设备和基础设备等方面提高海洋站（点）综合能力[15]，在经费、人员条件有限的情况下可依据各个二级指标的影响权重高低，结合海洋站（点）的实际情况和特点有针对性地重点提升某几项能力以提高海洋站（点）的综合能力。

4　结　论

定期开展海洋站（点）综合能力评估是不断完善海洋站（点）运行质量的重要手段。本文首次运用层次分析方法，把定性分析与定量分析结合，进行海洋站（点）综合能力评价的研究。从站点布局、观测环境代表性、仪器设备、基础设施和运行管理 5 个方面建立海洋站（点）综合能力评价模型，既充分考虑了海洋站（点）综合评价的科学合理性，又兼顾了指标模型使用的通用性和简易实用性。

基于层次分析法可明确各因素对海洋站（点）综合能力的相对重要性，可为今后进行海洋站(点)综合能力评估或单个指标层能力评估评价提供必要的理论依据，对海洋站（点）建设运维和分级分类管理同样具有参考价值，对保障海洋站（点）业务化运行具有重要的理论意义和现实意义。当然，对海洋站（点）综合能力评价的很多工作仍需继续完善，在下一步工作中，需结合实际评估工作数据对评价指标进行进一步优化筛选，采用不同的分析方法对评价模型进行比较和改进。

参考文献：

[1]　林春梅，余麒祥，曹宇峰. 浅谈海洋台站工作的管理[J]. 海洋开发与管理，2013，30(4)：44–47.
[2]　姜军成，宁璇璇，杨曰，等. 海洋站“一站多能”建设的浅析与思考[J]. 海洋开发与管理，2017，34(S2)：119–124.
[3]　林同勇，陈宇东，傅艳红. 影响海洋站观测数据准确性因素分析及对策[J]. 海洋开发与管理，2015，32(5)：113–116.
[4]　王成刚，魏夏潞，严家德，等. 气象探测环境等级评估方法及应用[J]. 应用气象学报，2019，30(1)：117–128.
[5]　叶颖，成方林，李博，等. 海洋站（点）观测环境代表性调查与评估[J]. 海洋开发与管理，2015，32(10)：52–55.
[6]　王洪伦，张邦双，张东玖，等. 基于层次分析法的腐蚀影响因素综合评价[J]. 腐蚀与防护，2019，40(1)：66–70.
[7]　冯长根，李杰，李生才. 层次分析法在中国安全科学研究中的应用[J]. 安全与环境学报，2018，18(6)：2126–2130.
[8]　许强，章守宇. 基于层次分析法的舟山市海洋牧场选址评价[J]. 上海海洋大学学报，2013，22(1)：128–133.
[9]　陈凤桂，王金坑，方婧，等. 海洋生态文明区评估方法与实证研究[J]. 海洋开发与管理，2016，34(6)：22–39.
[10]　彭张林，张爱萍，王素凤. 综合评价指标体系的设计原则与构建流程[J]. 科研管理，2017，38(4)：209–214.
[11]　洪志国，李焱，范植华，等. 层次分析法中高阶平均随机一致性指标(RI)的计算[J]. 计算机工程与应用，2002，38(12)：45–47，150.
[12]　钱建利，杨斌，张贺，等. 基于立体综合观测的湿地资源观测指标体系构建[J]. 资源科学，2020，42(10)：1921–1931.
[13]　周圆，袁晓彬，罗珮珍，等. 基于层次分析法的惠州市海洋减灾能力评估研究[J]. 海洋信息，2021，36(1)：59–64.
[14]　孙倩，于大涛，鞠茂伟，等. 海洋生态文明绩效评价指标体系构建[J]. 海洋开发与管理，2017，34(7)：3–8.
[15]　权维俊，姚波，刘伟东，等. 我国大气本底观测站创新发展的思考和建议[J]. 中国科学，2021，66(19)：2367–2377.

Research of Marine Stations Comprehensive Evaluation System Based on Analytic Hierarchy Process

WANG Peng, WANG Bin, GUO Hai, ZHANG Yifei
(National Ocean Technology Center, Tianjin 300111, China)

Abstract: Aiming at the current situation of lack of an evaluation system for the ocean stations operating in the operational operation of the ocean observation network, the analytic hierarchy process is used to comprehensively evaluate the marine stations. By constructing the evaluation index hierarchy, combining qualitative and quantitative analysis, a judgment matrix is constructed, and an AHP model is established. The characteristics of the marine station and the main factors affecting its operation quality are analyzed, and the comprehensive evaluation system of the marine station is designed from the aspects of the layout of the marine station, the representativeness of the observation environment, instruments and equipment, infrastructure and operation management, and the weights of the evaluation indicators are reasonable. It provides the theoretical basis for the comprehensive evaluation and hierarchical management of marine stations.

Key words: Analytic Hierarchy Process; marine stations; comprehensive evaluation