

## 海岛地区抗台减灾综合能力定量评估研究——以平潭岛为例

陈淳<sup>1</sup>, 何岩雨<sup>1,2</sup>, 周昌懋<sup>1,2</sup>, 王立辉<sup>2</sup> (1. 国家海洋局海岛研究中心, 福建平潭 350400; 2. 福州大学土木学院, 福建福州 350112)

**摘要** 针对海岛地区缺少能体现海洋灾害特点的海洋减灾能力评估指标体系和方法, 以平潭岛为研究对象, 按照科学性、代表性和数据可得性的原则构建了海岛地区抗台减灾综合能力评价指标体系。从区域防御能力、预警监测能力、应急响应能力和恢复重建能力 4 个方面进行评价, 在此基础上运用主观、客观相结合的方法计算了各指标的综合权重, 然后引入模糊综合评价法计算了近 10 年平潭岛抗台减灾综合能力的得分。结果表明, 2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力得分随时间的推进不断提高, 说明平潭综合实验区对于加强自身抗台减灾综合能力建设的重视, 影响抗台减灾综合能力的大部分重点指标的数值均在社会经济发展过程中持续不断的生长。平潭岛抗台减灾综合能力得分在上升过程中增长速率也存在着明显的波动, 主要可以分为平缓增长期、快速增长期 a、增长瓶颈期和快速增长期 b 4 个阶段。

**关键词** 台风风暴潮; 抗台减灾能力; 定量评估; 海岛地区; 平潭岛

**中图分类号** P 444 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)31-0056-06

## Quantitative Evaluation of Comprehensive Capability of Typhoon Disaster Prevention and Mitigation in Island Area—A Case Study of Pingtan Island

CHEN Chun<sup>1</sup>, HE Yan-yu<sup>1,2</sup>, ZHOU Chang-mao<sup>1,2</sup> et al (1. Island Research Center SOA, Pingtan, Fujian 350400; 2. College of Civil Engineering of Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350112)

**Abstract** In view of the lack of marine disaster prevention and mitigation capability assessment indicator system and method that can reflect the characteristics of marine disasters in the island area, the evaluation indicator system for the comprehensive capability of the typhoon disaster prevention and mitigation in island area had been constructed according to the principles of science, representativeness and data availability, and Pingtan Island had been taken as the research case. Four aspects had been evaluated which were respectively the capability of regional defense, the capability of early warning monitoring, the capability of emergency response and the capability of recovery and reconstruction. On this basis, the combination of subjective and objective methods was used to calculate the comprehensive weight of each index, and then the fuzzy comprehensive evaluation method was introduced to calculate the score of Pingtan Island's comprehensive ability of the typhoon disaster prevention and mitigation in the past 10 years. The results showed that the scores of Pingtan Island's comprehensive ability of the typhoon disaster prevention and mitigation from 2008 to 2017 had been improved with time, indicating that the Pingtan Comprehensive Experimental Area attaches great importance to strengthening its comprehensive capacity building for the typhoon disaster prevention and mitigation, and the values of most of the key indicators affecting the comprehensive capacity of the typhoon disaster prevention and mitigation had continued to grow in the process of social and economic development. The growth rate of Pingtan Island's comprehensive ability of the typhoon disaster prevention and mitigation in the process of rising also had obvious fluctuations, which could be divided into four stages: smooth growth period, rapid growth period a, growth bottleneck period and rapid growth period b.

**Key words** Storm surge; Ability of disaster prevention and mitigation; Quantitative evaluation; Island Area; Pingtan Island

作为第二海洋经济带的海岛, 是全球气候变化和陆海各动力作用最迅速最敏感的界面之一, 更是一个灾害频发的区域。随着海洋经济的蓬勃发展, 海岛地区重要承灾体目标逐步增多, 受灾风险逐步加大。与大陆沿海相比, 海岛相对孤立地散布于海上, 交通不便, 基础设施共享性差, 其防灾减灾设施和技术保障严重不足, 这些不利因素导致海岛发生灾害时受灾更加严重<sup>[1-3]</sup>。影响我国的所有海洋灾害中, 造成直接经济损失最严重的是风暴潮灾害, 约占总直接经济损失的 99.8%<sup>[4-6]</sup>。海洋灾害与地震、火灾等灾害不同, 海洋灾害具有一定的可预见性, 在同等破坏强度下, 灾害损失大小很大程度上决定于防灾减灾能力的强弱。减轻海洋灾害损失, 亟需提高海洋减灾能力<sup>[7-10]</sup>。因此, 笔者通过建立一套适用于我国海岛地区抗台减灾能力综合评估方法, 并以平潭岛为例开展实证研究, 旨在为我国海岛地区海洋减灾能力的短期和长期建设提供应对策略。

## 1 资料与方法

## 1.1 研究区概况 福建省是 2008—2017 年台风风暴潮灾害

造成的直接经济损失年平均值(亿元)第二高的省份<sup>[5]</sup>(图 1), 达 17.58 亿元, 其海岛数量亦居全国第二位<sup>[11]</sup>(图 2)。平潭岛隶属于福建省平潭综合实验区, 地处台湾海峡西北侧, 濒临太平洋(图 3), 它是福建省第一大岛(系平潭综合实验区主岛, 也称海坛岛)、全国第五大岛。自 2008 年国家决定建立平潭综合实验区以来, 经济快速发展, GDP 年平均增

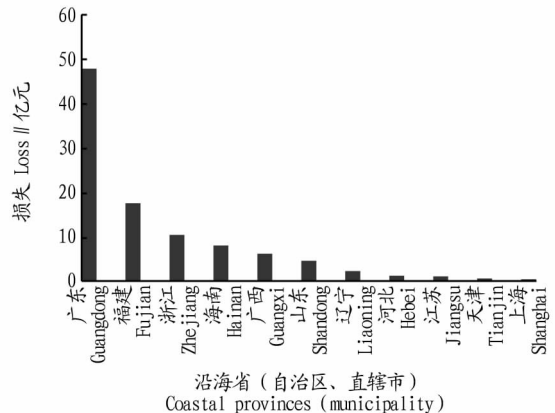


图 1 2008—2017 年沿海地区风暴潮灾害造成的直接经济损失年平均值

Fig. 1 Annual average of direct economic losses caused by storm surges in coastal areas from 2008 to 2017

**基金项目** 自然资源部海洋防灾减灾业务运行项目“海岛生态减灾效益研究”; 福建省科技计划项目(2018Y0061)。

**作者简介** 陈淳(1986—), 男, 湖北孝感人, 工程师, 博士, 从事海岛海

**收稿日期** 2018-08-31

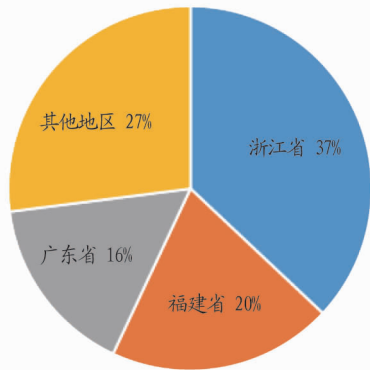


图2 全国海岛数量分布百分比

Fig.2 Distribution percentage of national island number

长率约为 14.5%<sup>[12]</sup>(图 4)。固定资产投资力度不断加大,累积已达 2 390 多亿元。平潭综合实验区重要承灾体目标逐步增多,脆弱性和受灾风险逐步加大<sup>[13-15]</sup>。选择平潭岛作为实证研究区,较具有典型性和代表性。

**1.2 评估指标体系的建立** 我国沿海地区海洋减灾能力评估已逐步开展,并取得丰富的研究成果和试点经验,如李莉等<sup>[16]</sup>以山东省沿海城市为例,开展了风暴潮灾害防灾减灾能力评价;张颖超等<sup>[17-18]</sup>使用逼近理想解的排序法(加权 TOPSIS 法)和集对分析法分别对浙江省和福建省抗台风减灾能力进行了评估;栗健等<sup>[19]</sup>采用专家问卷及层次分析法构建了我国区域海洋减灾能力评估指标体系。这些成果和经验对于海岛防灾减灾工作十分重要,但海岛海洋灾害具有



图3 研究区地理位置

Fig.3 Location of the study area

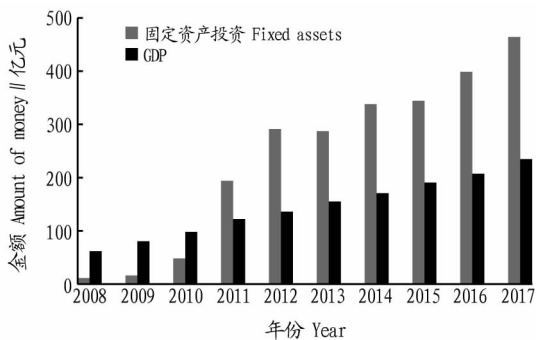


图4 海岛地区固定资产投资额和地区生产总值

Fig.4 The fixed assets investment and the gross domestic product in coastal areas

一定的独特性,其在地理空间、承灾体和防灾减灾等方面与大陆沿海有较明显的差异。如果直接套用大陆沿海区域海洋减灾能力评估研究成果,难以准确反映海岛自然环境特征和防灾减灾特点,应用中难免会带来较大的误差甚至错误。因此,结合国内外减灾能力评估工作成果,综合考虑海岛地区减灾能力评估指标的科学性、代表性和数据可得性等要求,该研究采用层次分析法,构建了涵盖灾害管理灾

前、灾中和灾后 3 个阶段的海岛地区抗台减灾综合能力评估指标体系。海岛地区抗台减灾综合能力为目标层 a,4 个一级指标为准则层 b,20 个二级指标为指标层 c,如图 5 所示。

(1)区域防御能力( $b_1$ )。主要指标有森林覆盖率(% ,  $c_1$ )、百千米岸线海滩长度(km,  $c_2$ )、百千米岸线海堤长度(km,  $c_3$ )和二级以上渔港比重(% ,  $c_4$ )。

(2)预警监测能力( $b_2$ )。主要指标有海洋预报人员数量(个,  $c_5$ )、年宣传防灾减灾次数(次,  $c_6$ )、海洋环境监测站数量(个,  $c_7$ )和气象站数量(个,  $c_8$ )。

(3)应急响应能力( $b_3$ )。主要指标有区域行政级别(3/2/1;市=3、县=2、镇(乡)=1;  $c_9$ )、灾害应急预案累计数(个,  $c_{10}$ )、与大陆连通桥梁数(座,  $c_{11}$ )、交通货运总量(万 t,  $c_{12}$ )、货运周转量(亿 t · km,  $c_{13}$ )、万人拥有病床数(张,  $c_{14}$ )和万人拥有卫生技术人员数(个,  $c_{15}$ )。

(4)恢复重建能力( $b_4$ )。主要指标有万人拥有教师数(% ,  $c_{16}$ )、城市化率(% ,  $c_{17}$ )、单位面积固定资产投资额(亿元/ $m^2$ ,  $c_{18}$ )、地方财政收入(亿元,  $c_{19}$ )和城镇居民人均可支配收入(万元,  $c_{20}$ )。

58

安徽农业科学

2018 年

图5 海岛地区抗台减灾综合能力评估指标体系

Fig. 5 The evaluation indicator system for the comprehensive capability of typhoon disaster prevention and mitigation in island area

**1.3 数据处理** 数据来源于福建省福州市和平潭综合实验区统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报等<sup>[12,20-21]</sup>,见 表 1。为消除量纲的影响,对指标用公式  $Z_{ij} = x_{ij} / \max(x_{ij})$  (2008 ≤ i ≤ 2017) (公式 1) 进行变换。其中,  $x_{ij}$  为第 i 年第 j 个指标的取值,  $z_{ij}$  为变换后的取值,见表 2。

表 1 平潭综合实验区 2008—2017 年相关数据

Table 1 The related data in Pingtan Comprehensive Experimentation Area from 2008 to 2017

年份 Year	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$	$c_7$	$c_8$	$c_9$	$c_{10}$	$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{14}$	$c_{15}$	$c_{16}$	$c_{17}$	$c_{18}$	$c_{19}$	$c_{20}$
2008	32.7	9.2	1.5	27.3	13	0	1	1	2	0	0	493	89.9	18.8	19.1	110.3	19.5	0.23	2.4	1.5
2009	32.9	9.2	1.5	27.3	13	0	1	1	2	0	0	528	95.9	17.1	21.6	107.7	33.9	0.30	3.5	1.6
2010	32.9	9.2	1.5	27.3	13	0	1	1	2	0	1	577	104.0	18.0	21.4	102.4	31.8	0.37	5.7	1.9
2011	35.2	9.2	1.5	27.3	13	0	1	1	2	0	1	663	118.1	18.2	22.2	100.1	37.8	0.45	8.2	2.2
2012	35.1	9.2	1.5	27.3	13	1	1	1	2	1	1	675	125.2	18.9	24.3	95.1	39.2	0.51	10.4	2.5
2013	37.0	9.2	2.1	27.3	13	2	1	1	3	1	1	736	134.0	27.1	28.8	93.6	40.7	0.58	13.4	2.8
2014	37.3	9.2	2.1	27.3	13	2	1	2	3	1	2	909	159.4	26.5	27.7	89.0	42.6	0.64	14.0	2.8
2015	35.3	9.2	2.3	27.3	13	3	1	2	3	2	2	1 014	175.5	26.3	28.6	84.7	44.3	0.71	19.5	3.1
2016	35.8	9.2	2.4	27.3	13	9	1	2	3	18	2	1 245	202.2	25.9	30.2	85.1	46.4	0.77	26.5	3.3
2017	35.8	9.2	2.5	27.3	13	17	1	2	3	22	2	1 787	277.3	28.5	36.1	85.2	48.4	0.88	29.7	3.6

表 2 标准化后的数据

Table 2 The standardized data

年份 Year	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$z_6$	$z_7$	$z_8$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{12}$	$z_{13}$	$z_{14}$	$z_{15}$	$z_{16}$	$z_{17}$	$z_{18}$	$z_{19}$	$z_{20}$
2008	0.88	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	1.00	0.50	0.67	0.00	0.00	0.28	0.32	0.66	0.53	1.29	0.40	0.26	0.08	0.42
2009	0.88	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	1.00	0.50	0.67	0.00	0.00	0.30	0.35	0.60	0.60	1.26	0.70	0.34	0.12	0.44
2010	0.88	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	1.00	0.50	0.67	0.00	0.50	0.32	0.38	0.63	0.59	1.20	0.66	0.42	0.19	0.53
2011	0.94	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	1.00	0.50	0.67	0.00	0.50	0.37	0.43	0.64	0.61	1.17	0.78	0.51	0.28	0.61
2012	0.94	1.00	0.60	1.00	1.00	0.06	1.00	0.50	0.67	0.05	0.50	0.38	0.45	0.66	0.67	1.12	0.81	0.58	0.35	0.69
2013	0.99	1.00	0.84	1.00	1.00	0.12	1.00	0.50	1.00	0.05	0.50	0.41	0.48	0.95	0.80	1.10	0.84	0.66	0.45	0.78
2014	1.00	1.00	0.84	1.00	1.00	0.12	1.00	1.00	1.00	0.05	1.00	0.51	0.57	0.93	0.77	1.04	0.88	0.73	0.47	0.78
2015	0.95	1.00	0.92	1.00	1.00	0.18	1.00	1.00	1.00	0.09	1.00	0.57	0.63	0.92	0.79	0.99	0.92	0.81	0.66	0.86
2016	0.96	1.00	0.96	1.00	1.00	0.53	1.00	1.00	1.00	0.82	1.00	0.70	0.73	0.91	0.84	1.00	0.96	0.88	0.89	0.92
2017	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

**1.4 权重的确定** 采用层次分析法和 Critic 法<sup>[22-23]</sup>, 分别计算出各评估指标的主观、客观和综合权重。建立各评估指标的隶属函数, 将综合权重值分别与各指标相应的隶属度值相乘并累加<sup>[16,24]</sup>, 得出平潭岛各年度抗台减灾综合能力的

得分。

该研究选取 3 位海洋工程与防灾减灾方面的专家, 采用 1/9-9 标度法对准则层 b 和指标层 c 各项指标分别进行打分, 得出打分矩阵  $B$ 、 $C_1$  (4 阶矩阵, 包括  $c_1 \sim c_4$ )、 $C_2$  (4 阶矩

阵,包括  $c_5 \sim c_8$ )、 $C_3$ (7 阶矩阵,包括  $c_9 \sim c_{15}$ ) 和  $C_4$ (5 阶矩阵,包括  $c_{16} \sim c_{20}$ )。采用和积法分别求出准则层  $b$  和指标层  $c$  的

主观权重:设  $n$  阶判断矩阵为  $B = \begin{Bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{Bmatrix}$ , 将  $B$

的每一列向量归一化得  $\bar{\omega}_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^n b_{ij}$  (公式 2); 对  $\bar{\omega}_{ij}$  按行求和得  $\bar{\omega}_i = \sum_{j=1}^n \bar{\omega}_{ij}$  (公式 3); 归一化  $\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_n)^T$ ,  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ,  $\omega_i = \bar{\omega}_i / \sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i$  (公式 4) 计算  $B\omega$ , 再将准则层  $b$  的权重分别乘以对应指标层  $c$  的权重<sup>[20]</sup>。根据公式  $\omega^{(1)} = 1/3(\omega^{(A1)} + \omega^{(B1)} + \omega^{(C1)})$  (公式 5), 求出最终的主观权重。

采用 Critic 法求客观权重,各指标的客观权重值根据指标的变异性和冲突性来确定。指标的变异性(即标准差)用  $\delta_j$  表示,其反映了同一指标不同观测对象取值的离散程度, $\delta_j$  越大离散程度越大。指标的冲突性与指标之间的相关性相反,若 2 个之间具有较强的正相关,则 2 个指标之间的冲突性较低。冲突性以  $R_j$  表示,  $R_j = \sum_{i=1}^n (1-r_{ij})$  (公式 6), 其中,  $r_{ij}$  为指标  $i$  与  $j$  之间的相关系数。设  $C_j$  为第  $j$  个指标所包含的信息量,其计算公式为  $C_j = \delta_j R_j$  (公式 7)。  $C_j$  越大,则第  $j$  个指标所包含的信息量越大,该指标的相对重要性越大,客观权重  $w_j$  就越大<sup>[22-23]</sup>。将表 2 中标准化后的数据分别代入公式 6 和公式 7,求标准差和相关系数。然后根据公式  $C_j = \delta_j \sum_{k=1}^n$

$(1-R_{kj})$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) 和  $\omega_j = C_j / \sum_{k=1}^n C_k$  (公式 8) ( $j = 1, 2, \dots, n$ )<sup>[22-23]</sup>, 求客观权重  $\omega^{(2)}$ 。最后,运用线性评价方法计算各指标的综合权重:  $\omega_j = \alpha \omega_j^{(1)} + (1-\alpha) \omega_j^{(2)}$  (公式 9), 其中,  $\alpha$  为主观、客观赋权法权重的比例系数,  $0 < \alpha < 1$ , 这里  $\alpha$  取 0.4<sup>[16]</sup>。

**1.5 隶属函数的确定** 该研究采用较为直观的梯形隶属函数,根据评价指标与最终评价目标之间的相关关系,可分为偏小型、偏大型和中间型种。在构建的评价体系中,评价指标与抗台减灾能力都呈正向变化关系。因而,在确立评价指标隶属度函数的模糊分布时,评价指标使用偏大型分布函数形式,将其最小值的隶属度定为 0,最大值的隶属度定为

$$1^{[16]}。其计算公式为: F_x = \begin{cases} 0, & x \leq x_{min} \\ \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}}, & x_{min} < x < x_{max} \\ 1, & x \geq x_{min} \end{cases} \text{ (公式 10),}$$

其中,  $x$  是评价指标测定值,  $x_{max}$ 、 $x_{min}$  为该统计指标的最大值和最小值。

**1.6 综合评价得分** 将基于层次分析法和 Critic 法求得的综合权重值,与根据模糊数学理论建立的评价指标隶属度函数值相乘并累加,计算出 2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力的得分。

**2 结果与分析**

根据“1.4”中权重确定的步骤,使用公式 2、公式 3 和公式 4 计算出 3 位专家打分的各准则层和各指标层的主观权重,计算结果见表 3。

表 3 专家打分的各准则层和各指标层的主观权重

Table 3 The subjective weights of each criterion layer and each indicator layer of expert scoring

准则层 Criterion layer	权重 Weights			指标层 Indicator layer	权重 Weights		
	专家 A Expert A	专家 B Expert B	专家 C Expert C		专家 A Expert A	专家 B Expert B	专家 C Expert C
区域防御能力 Capability of regional defense ( $b_1$ )	0.200	0.293	0.435	森林覆盖率( $c_1$ )	0.200	0.387	0.430
				百千米岸线海滩长度( $c_2$ )	0.329	0.140	0.145
				百千米岸线海堤长度( $c_3$ )	0.329	0.198	0.098
				二级以上渔港比重( $c_4$ )	0.142	0.275	0.327
预警监测能力 Capability of early warning monitoring ( $b_2$ )	0.329	0.412	0.250	海洋预报人员数量( $c_5$ )	0.165	0.275	0.419
				年宣传防灾减灾次数( $c_6$ )	0.165	0.387	0.248
				海洋环境监测站数量( $c_7$ )	0.392	0.198	0.195
				气象台站数量( $c_8$ )	0.279	0.140	0.137
应急响应能力 Capability of emergency response ( $b_3$ )	0.329	0.108	0.210	区域行政级别( $c_9$ )	0.060	0.169	0.240
				灾害预案累计数( $c_{10}$ )	0.060	0.090	0.202
				与大陆连通桥梁数( $c_{11}$ )	0.227	0.070	0.161
				交通货运总量( $c_{12}$ )	0.105	0.193	0.137
				货运周转量( $c_{13}$ )	0.105	0.237	0.066
				万人拥有病床数( $c_{14}$ )	0.169	0.132	0.082
				万人拥有卫生技术人员数( $c_{15}$ )	0.273	0.109	0.112
				万人拥有教师数( $c_{16}$ )	0.080	0.339	0.325
恢复重建能力 Capability of recovery and reconstruction ( $b_4$ )	0.142	0.187	0.105	城镇化率( $c_{17}$ )	0.124	0.184	0.243
				单位面积固定资产投资额( $c_{18}$ )	0.124	0.240	0.071
				地方财政收入( $c_{19}$ )	0.299	0.141	0.209
				城镇居民人均可支配收入( $c_{20}$ )	0.373	0.096	0.152

使用公式 5 计算主观权重,结果为:  $\omega^{(1)} = (0.341 \ 0.170 \ 0.166 \ 0.252 \ 0.272 \ 0.276 \ 0.259 \ 0.184 \ 0.088 \ 0.072 \ 0.116 \ 0.084 \ 0.074 \ 0.087 \ 0.125 \ 0.109 \ 0.078 \ 0.070 \ 0.091 \ 0.087)$ 。

根据公式 6 和公式 7 计算各评价指标的变异性、冲突性、信息量和客观权重,结果见表 4。

表 4 各评价指标的变异性、冲突性、信息量和客观权重

Table 4 The variability, conflict, information and objective weight of each evaluation indicator

序号 No.	指标 Indicators	冲突性( $R_j$ ) Conflict	标准差( $\delta_j$ ) Standard deviation	信息量( $C_j$ ) Information	客观权重( $\omega_j$ ) Objective weight
1	森林覆盖率( $c_1$ )	1.000	0.042	0.000	0.000
2	百千米岸线海滩长度( $c_2$ )	0.000	0.000	0.000	0.000
3	百千米岸线海堤长度( $c_3$ )	0.678	0.162	0.052	0.036
4	二级以上渔港比重( $c_4$ )	0.000	0.000	0.000	0.000
5	海洋预报人员数量( $c_5$ )	0.000	0.000	0.000	0.000
6	年宣传防灾减灾次数( $c_6$ )	0.370	0.307	0.194	0.134
7	海洋环境监测站数量( $c_7$ )	0.000	0.000	0.000	0.000
8	气象台站数量( $c_8$ )	0.544	0.245	0.112	0.077
9	区域行政级别( $c_9$ )	0.787	0.167	0.035	0.025
10	灾害预案累计数( $c_{10}$ )	0.300	0.356	0.249	0.172
11	与大陆连通桥梁数( $c_{11}$ )	0.729	0.374	0.101	0.070
12	交通货运总量( $c_{12}$ )	0.507	0.213	0.105	0.073
13	货运周转量( $c_{13}$ )	0.555	0.198	0.088	0.061
14	万人拥有病床数( $c_{14}$ )	0.795	0.154	0.032	0.022
15	万人拥有卫生技术人员数( $c_{15}$ )	0.716	0.136	0.039	0.027
16	万人拥有教师数( $c_{16}$ )	-0.787	0.106	0.189	0.131
17	城镇化率( $c_{17}$ )	0.769	0.166	0.038	0.027
18	单位面积固定资产投资额( $c_{18}$ )	0.752	0.227	0.056	0.039
19	地方财政收入( $c_{19}$ )	0.626	0.299	0.112	0.077
20	城镇居民人均可支配收入( $c_{20}$ )	0.781	0.189	0.041	0.029

根据公式 8 计算客观权重,结果为:

$$\omega^{(2)} = (0.000 \ 0.000 \ 0.036 \ 0.000 \ 0.000 \ 0.134 \ 0.000 \ 0.077 \ 0.025 \ 0.172 \ 0.070 \ 0.073 \ 0.061 \ 0.022 \ 0.027 \ 0.131 \ 0.027 \ 0.039 \ 0.077 \ 0.029)$$

使用公式 9 计算最终的综合权重,计算结果见表 5。

表 5 各指标的综合权重

Table 5 The comprehensive weights of each indicator

序号 No.	指标 Indicator	权重 Weight
1	森林覆盖率( $c_1$ )	0.136
2	百公里岸线海滩长度( $c_2$ )	0.068
3	百公里岸线海堤长度( $c_3$ )	0.088
4	二级以上渔港比重( $c_4$ )	0.101
5	海洋预报人员数量( $c_5$ )	0.109
6	年宣传防灾减灾次数( $c_6$ )	0.191
7	海洋环境监测站数量( $c_7$ )	0.104
8	气象台站数量( $c_8$ )	0.120
9	区域行政级别( $c_9$ )	0.050
10	灾害预案累计数( $c_{10}$ )	0.132
11	与大陆连通桥梁数( $c_{11}$ )	0.088
12	交通货运总量( $c_{12}$ )	0.077
13	货运周转量( $c_{13}$ )	0.066
14	万人拥有病床数( $c_{14}$ )	0.048
15	万人拥有卫生技术人员数( $c_{15}$ )	0.066
16	万人拥有教师数( $c_{16}$ )	0.122
17	城镇化率( $c_{17}$ )	0.047
18	单位面积固定资产投资额( $c_{18}$ )	0.051
19	地方财政收入( $c_{19}$ )	0.083
20	城镇居民人均可支配收入( $c_{20}$ )	0.052

根据公式 10 建立各指标的隶属函数,结果见表 6。

根据“1.6”中综合评价得分计算方法,将基于层次分析法和 Critic 法求得的综合权重值,与根据模糊数学理论建立各评价指标隶属度函数值相乘并累加,计算出 2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力的得分,结果见图 6。

从图 6 可以看出,2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力得分随时间的推进不断提高,说明平潭综合实验区对于加强自身抗台减灾综合能力建设的重视,影响抗台减灾综合能力的大部分重点指标的数值均在社会经济发展过程中持续不断的增长,该结果符合平潭综合实验区的实际情况<sup>[12,21]</sup>。平潭岛抗台减灾综合能力得分在上升过程中增长速率也存在着明显的波动,主要可以分 4 个阶段。

(1) 平缓增长期(2008—2012 年)。该阶段年均增长率为 9.9%。从表 1 中的数据可见,该阶段地方财政收入、单位面积固定资产投资额和城镇化率这 3 个指标的数值增长较快,年均增长率分别为 44.3%、22.0% 和 19.0%,但这 3 个指标的评估权重均相对较小(权重分别为 0.083、0.051 和 0.047),故该阶段整体抗台减灾综合能力呈现为平缓增长。

(2) 快速增长期 a(2012—2014 年)。该阶段年均增长率为 23.6%。从表 1 中的数据可见,该阶段除地方财政收入和单位面积固定资产投资额这 2 个指标的数值增长较快以外,评估权重值相对较大的年宣传防灾减灾次数、气象台站数量和与大陆连通桥梁数(权重分别为 0.191、0.12 和 0.088)这 3 个指标的数值增长也较快,年均增长率均为 41.4%,故该阶段整体抗台减灾综合能力呈现为快速增长。

(3) 增长瓶颈期(2014—2015 年)。该阶段年均增长率为 0.2%。从表 1 中的数据可见,该阶段除地方财政收入和年宣传防灾减灾次数这 2 个指标的数值增长较快以外,评估

表 6 指标隶属函数

Table 6 The membership function of each indicator

序号 No.	指标 Indicator	隶属函数 Membership function
1	森林覆盖率( $c_1$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 32.7 \\ \frac{x-32.7}{37.3-32.7}, 32.7 < x < 37.3 \\ 1, x \geq 37.3 \end{cases}$
2	百公里岸线海滩长度( $c_2$ )	$F_x = 1$
3	百公里岸线海堤长度( $c_3$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 1.5 \\ \frac{x-1.5}{2.5-1.5}, 1.5 < x < 2.5 \\ 1, x \geq 2.5 \end{cases}$
4	二级以上渔港比重( $c_4$ )	$F_x = 1$
5	海洋预报人员数量( $c_5$ )	$F_x = 1$
6	年宣传防灾减灾次数( $c_6$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 0 \\ \frac{x-0}{17-0}, 0 < x < 17 \\ 1, x \geq 17 \end{cases}$
7	海洋环境监测站数量( $c_7$ )	$F_x = 1$
8	气象站数量( $c_8$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2-1}, 1 < x < 2 \\ 1, x \geq 2 \end{cases}$
9	区域行政级别( $c_9$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 2 \\ \frac{x-2}{3-2}, 2 < x < 3 \\ 1, x \geq 3 \end{cases}$
10	灾害预案累计数( $c_{10}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 0 \\ \frac{x-0}{22-0}, 0 < x < 22 \\ 1, x \geq 22 \end{cases}$
11	与大陆连通桥梁数( $c_{11}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 0 \\ \frac{x-0}{2-0}, 0 < x < 2 \\ 1, x \geq 2 \end{cases}$
12	交通货运总量( $c_{12}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 493 \\ \frac{x-493}{1787-493}, 493 < x < 1787 \\ 1, x \geq 1787 \end{cases}$
13	货运周转量( $c_{13}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 89.9 \\ \frac{x-89.9}{277.3-89.9}, 89.9 < x < 277.3 \\ 1, x \geq 277.3 \end{cases}$
14	万人拥有病床数( $c_{14}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 17.1 \\ \frac{x-17.1}{28.5-17.1}, 17.1 < x < 28.5 \\ 1, x \geq 28.5 \end{cases}$
15	万人拥有卫生技术人员数( $c_{15}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 19.1 \\ \frac{x-19.1}{36.1-19.1}, 19.1 < x < 36.1 \\ 1, x \geq 36.1 \end{cases}$
16	万人拥有教师数( $c_{16}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 85.1 \\ \frac{x-85.1}{110.3-85.1}, 85.1 < x < 110.3 \\ 1, x \geq 110.3 \end{cases}$
17	城镇化率( $c_{17}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 19.5 \\ \frac{x-19.5}{48.4-19.5}, 19.5 < x < 48.4 \\ 1, x \geq 48.4 \end{cases}$
18	单位面积固定资产投资额( $c_{18}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 0.23 \\ \frac{x-0.23}{0.88-0.23}, 0.23 < x < 0.88 \\ 1, x \geq 0.88 \end{cases}$
19	地方财政收入( $c_{19}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 2.4 \\ \frac{x-2.4}{29.7-2.4}, 2.4 < x < 29.7 \\ 1, x \geq 29.7 \end{cases}$
20	城镇居民人均可支配收入( $c_{20}$ )	$F_x = \begin{cases} 0, x \leq 1.5 \\ \frac{x-1.5}{3.6-1.5}, 1.5 < x < 3.6 \\ 1, x \geq 3.6 \end{cases}$

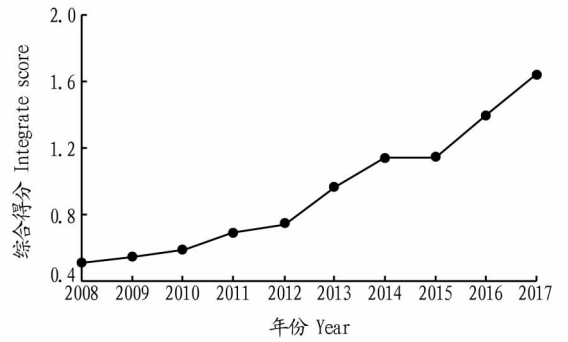


图 6 2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力得分

Fig. 6 Pingtan Island's comprehensive ability of typhoon disaster prevention and mitigation from 2008 to 2017

权重值相对较大的森林覆盖率和万人拥有教师数这 2 个指标的数值呈负增长,年均增长率分别为-5.4%和-4.8%,故该阶段整体抗台减灾综合能力呈现为增长瓶颈。

(4)快速增长期 b(2015—2017 年)。该阶段年均增长率为 19.8%。从表 1 中的数据可见,该阶段除地方财政收入这个指标的数值增长较快以外,评估权重值相对较大的年宣传防灾减灾次数、灾害预案累计数和交通货运总量(权重分别为 0.191、0.132 和 0.077)这 3 个指标的数值增长也较快,年均增长率分别为 138.1%、231.7%和 32.8%,故该阶段整体抗台减灾综合能力呈现为快速增长。

3 结论

以平潭岛为研究对象,按照科学性、代表性和数据可得性的原则构建了海岛地区抗台减灾综合能力评价指标体系。从区域防御能力、预警监测能力、应急响应能力和恢复重建能力 4 个方面进行评价,在此基础上运用主观、客观相结合的方法计算了各指标的综合权重,然后引入模糊综合评价法计算了近 10 年平潭岛抗台减灾综合能力的得分。结果表明,2008—2017 年平潭岛抗台减灾综合能力得分随时间的推进不断提高,说明平潭综合实验区对于加强自身抗台减灾综合能力建设的重视,影响抗台减灾综合能力的大部分重点指标的数值均在社会经济发展过程中持续不断的增长。平潭岛抗台减灾综合能力得分在上升过程中增长速率也存在着明显的波动,主要可以分为平缓增长期、快速增长期 a、增长瓶颈期和快速增长期 b 4 个阶段。各指标综合权重的大小和意义可为该地区下一步抗台减灾综合能力建设的工作方向提供参考,建立的评估指标体系也可为我国其他海岛地区海洋主管部门防灾减灾的短期和长期建设工作提供技术支持。

参考文献

[1] 蓝虹,卢君峰,曹宇峰,等. 浅析平潭岛主要海洋灾害及防治对策[J]. 海洋开发与管理,2014,31(2):55-58.  
 [2] 徐元芹,刘乐军,李培英,等. 我国典型海岛地质灾害类型特征及成因分析[J]. 海洋学报,2015,37(9):71-83.  
 [3] 陈鹏,蔡晓琼,廖连招. 海岛灾害及其防灾减灾策略[J]. 海洋开发与管理,2013,30(11):8-12.  
 [4] 董月娥,左书华. 1989 年以来我国海洋灾害类型、危害及特征分析[J]. 海洋地质动态,2009,25(6):28-33.  
 [5] 国家海洋局. 中国海洋灾害公报[R]. 2008-2017.  
 [6] 李阔,李国胜. 风暴潮风险研究进展[J]. 自然灾害学报,2011,20(6):104-111.

失殆尽<sup>[14-15]</sup>，“双控”制度也尚不完善，实际效果并不理想<sup>[16]</sup>。

**2.5.3 渔业管理阶段(2010—2016年)**。该阶段捕捞努力量经过下降后趋于稳定水平,捕捞产量和 CPUE 经过小幅上升后也趋于稳定,目前广东海洋捕捞努力量维持在约 200 万 kW,捕捞产量维持在 150 万 t 左右。2009 年南海伏季休渔时间提早至 5 月 16 日开始<sup>[17]</sup>。2011 年《农业部关于“十二五”期间进一步加强渔船管理控制海洋捕捞强度的通知》明确提出“十二五”期间继续实施海洋捕捞渔船数量和功率总量控制制度,海洋捕捞渔船数量和功率总量“十二五”末不突破 2010 年实际控制数,2011 年后广东海洋捕捞机动渔船总功率基本保持稳定。虽然“伏季休渔”和“双控制度”实施遏制了广东海洋捕捞力量的无序扩张,有效降低了捕捞强度,但捕捞力量过剩的现状没有改变。孙吉亭等<sup>[18]</sup>根据数据包络分析(DEA)理论考察我国海洋捕捞渔船数量和总功率以及海洋捕捞专业从业人员的具体调整情况,广东海洋捕捞业若要在 2014 年发展成效的基础上达到 DEA 有效,海洋捕捞渔船数量、总功率和海洋捕捞专业从业人员数量总体上需要削减的比例分别高达 62.68%、54.38% 和 65.67%。

### 3 小结与管理建议

通过对广东省海洋捕捞生产状况分析评价,结合 3 个发展阶段投入要素变化和渔业资源管理制度对广东海洋捕捞生产影响分析,得出以下结论及管理建议。

(1) 各投入要素尤其是海洋捕捞机动渔船总功率和总吨位驱动广东海洋捕捞生产加速发展阶段的快速增长,渔业资源管理制度影响较小,进入过度开发阶段后盲目提高捕捞努力量已无法提高海洋捕捞产量,单位捕捞努力量持续降低,“伏季休渔”“零增长”和“双控”等渔业资源管理制度有效降低了海洋捕捞强度,优化了捕捞结构,渔业资源得到一定程度恢复,但捕捞力量过剩的现状没有根本改变,渔业资源保护任重道远。因此有必要进一步评价各管理制度的实施效果,明确广东海洋捕捞渔船“双控”的理想调控目标、“伏季休渔”的时间、海区等,合理调整各项渔业管理制度。

(2) 通过渔业资源管理制度降低海洋捕捞强度的同时,妥善处理好渔业资源保护与渔民生计的突出问题。一方面

严格执行禁渔区禁渔期制度、伏季休渔制度和捕捞许可制度等渔业管理制度,严厉打击非法捕捞、电鱼炸鱼等违法行为,开展增殖放流、人工鱼礁和海洋牧场建设,养护渔业资源。另一方面要大力扶持发展远洋捕捞,引导渔民发展水产养殖、水产品加工和休闲渔业,推动广大渔民转产专业,调整好燃油补贴和转产专业两项政策间的关系,切实保护广大渔民的利益,建立幸福和谐新渔村。

(3) 开展渔业资源专项调查,根据渔业资源再生能力摸清广东海域的总可捕量,完善渔业资源监测网络体系,推进渔捞日志电子化,推行渔获物定点上岸制度,建立上岸渔获物监督检查机制,最终落实限额捕捞制度。

### 参考文献

- [1] 杨岁岁. 广东海洋渔业竞争力研究[D]. 湛江:广东海洋大学,2013.
- [2] 庞金周. 广东海洋渔业可持续发展机制研究[D]. 湛江:广东海洋大学,2014.
- [3] 唐议,邹伟红,胡振明. 基于统计数据的中国海洋渔业资源利用状况及管理分析[J]. 资源科学,2009,31(6):1061-1068.
- [4] 张忠,杨文波,陈新军,等. 基于渔获量平均营养级的东南大西洋渔业资源状况分析[J]. 海洋渔业,2015,37(3):197-207.
- [5] 丁琪,陈新军,耿婷,等. 基于渔获统计的太平洋岛国渔业资源开发利用现状评价[J]. 生态学报,2016,36(8):2295-2303.
- [6] 李继龙,曹坤,丁放,等. 基于渔获物统计的中国近海鱼类营养级结构变换及其与捕捞作业的关系[J]. 中国水产科学,2017,24(1):109-119.
- [7] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴(1980—2016)[M]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [8] 广东省水产局. 广东省水产统计资料简编 1978—1984[M]. 广州:广东省水产局,1985.
- [9] 农业部南海区渔政渔港监督管理局资源环保处. 南海区渔业统计资料汇编 1985—2005[M]. 广州:农业部南海区渔政渔港监督管理局资源环保处,2006.
- [10] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [11] 余远安. 我国渔船“双控”制度完善对策初探[J]. 中国水产,2009(12):29-30.
- [12] 史赞荣,李永振,孙冬芳,等. 从资源变化、生态保护、经济效益和社会影响分析南海伏季休渔十年效果[J]. 中国水产,2008(9):14-16.
- [13] 吴壮. 南海休渔十年的回顾与思考[J]. 中国水产,2008(8):4-6.
- [14] 张忠国. 控制海洋捕捞强度所面临的问题与对策研究[D]. 北京:中国农业科学院,2010.
- [15] 李勇,李辉权,黎小国,等. 惠来近岸海域游泳动物群落结构特征[J]. 安徽农业科学,2017,45(25):112-116.
- [16] 欧焕康,虞聪达. 渔船“双控”制度成效研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2011,30(5):432-435,470.
- [17] 邹建伟,王强哲,黄俊秀,等. 南海北部大陆架渔场 2016 年伏季休渔效果评价[J]. 水产科技情报,2016,43(6):318-323.
- [18] 孙吉亭,卢昆. 中国海洋捕捞渔船“双控”制度效果评价及其实施调整[J]. 福建论坛(人文社会科学版),2016(11):49-55.
- [19] 李莉,沈琼. 风暴潮灾害防灾减灾能力评价:以山东省沿海城市为例[J]. 中国渔业经济,2011,29(6):98-106.
- [20] 张颖超,范金平,邓华. 基于加权 TOPSIS 法的浙江省抗台风减灾能力评估[J]. 灾害学,2013,28(4):74-80.
- [21] 张颖超,王璐,熊雄,等. 基于 SPA 的福建省抗台风减灾能力评估[J]. 灾害学,2015,30(2):85-88.
- [22] 栗健,方伟华,国志兴,等. 区域海洋减灾能力评估指标体系构建与权重量化[J]. 海洋科学,2016,40(9):117-127.
- [23] 福州市统计局. 福州统计年鉴[R]. 2008—2016.
- [24] 平潭综合实验区. 平潭综合实验区国民经济和社会发展统计公报[R]. 2017:1-17.
- [25] 徐萍. CRITIC 法在医疗工作质量评价中的应用[J]. 价值工程,2011,30(1):200-201.
- [26] 田敏丽,关雪,郭阁萍,等. CRITIC 法在医院医疗质量评价中的应用[J]. 解放军医院管理杂志,2014,21(9):862-863.
- [27] 龙海涛,李丽梅,谢泽虹,等. 综合隶属函数法评价花生品种抗旱性与 AhNCE1 基因表达的关系[J]. 植物学报,2015,50(6):706-712.

(上接第 61 页)

- [7] 陈胜昌. 福建省登陆台风分布及与暴雨关系分析[J]. 水利科技,2010(1):1-3.
- [8] 刘俊. 关注风暴潮、巨浪、潮汐[M]. 北京:军事科学出版社,2011:1-215.
- [9] 李超超,李娜,杜晓鹤,等. 福建省台风灾害损失影响因素分析[J]. 中国防汛抗旱,2016,26(2):41-46.
- [10] 张显东,沈荣芳. 灾害与经济增长关系的定量分析[J]. 自然灾害学报,1995(4):23-26.
- [11] 国家海洋局. 海岛统计调查公报[R]. 2016:2.
- [12] 平潭综合实验区. 平潭统计年鉴[R]. 2008—2016.
- [13] 陈金华,秦耀辰,何巧华. 自然灾害对海岛旅游安全的影响研究:以平潭岛为例[J]. 未来与发展,2007(8):62-65.
- [14] 金星星,叶士琳,吴小影,等. 海岛型城市人居环境质量评价:基于厦门市和平潭综合实验区的对比[J]. 生态学报,2016,36(12):3678-3686.
- [15] 赵锐,杨娜. 中国海岛县域经济发展特征及优势产业分析[J]. 海洋经济,2011,1(5):8-15.