

## 日照市海岸带地质环境质量评价研究

王松涛<sup>1</sup>, 吴振<sup>1</sup>, 衣伟虹<sup>1</sup>, 宋委<sup>1</sup>, 印萍<sup>2</sup>, 刘金庆<sup>3</sup>

(1. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021; 2. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071; 3. 中国海洋大学, 山东 青岛 266100)

**摘要:** 选取层次分析法、综合指数法为主要研究方法, 在充分分析和借鉴前人研究经验的基础上, 建立了适合日照市海岸带地质环境状况的评价指标体系, 对日照市海岸带目前的地质环境质量进行了总体评价, 将日照市海岸带地质环境质量划分为优等区、良好区、中等区和较差区4类。

**关键词:** 地质环境; 层次分析法; 综合指数法; 海岸带; 日照市

**中图分类号:** P641.3

**文献标识码:** B

山东省日照市为新亚欧大陆桥东方桥头堡, 作为鲁南地区的直接出海口, 在国家重点开发建设的沿海主轴线和日(照)西(安)线产业聚集带的交汇点上, 是亚太经济和欧洲经济的重要结合点。日照沿海地区重工业发展历史不长, 海洋动力活跃, 海洋生态环境质量较好。但近年来随着海岸带地区的开发建设和临港工业的迅速发展, 海岸带地区生态环境压力日趋加重<sup>[1-2]</sup>。开展海岸带地区地质环境质量综合评价, 反映海岸带地区地质环境质量现状和变化趋势, 为海岸带地区的生态文明建设提供管理和保护依据具有重要意义。笔者主要利用层次分析法确定指标权重, 建立适合日照市海岸带的评价指标体系, 并用综合指数法对其地质环境质量进行评价, 以期为国土规划及整治工作提供借鉴<sup>[3-7]</sup>。

## 1 环境地质条件

### 1.1 地形地貌

研究区属低山丘陵—滨海平原区, 地形北、西部高, 南、东部低, 微向海倾斜, 大部分山脉呈 NE—SW 向分布, 自东向西基本呈冲海积平原—低山丘陵分布, 区内地貌特征分区明显, 主要地貌类型为中度切割的低山、微切割—强剥蚀丘陵区 and 海积海蚀平原区<sup>①</sup>。

### 1.2 气象水文

研究区属暖温带半湿润大陆性季风气候区, 气候温和, 无酷暑严寒, 夏季以南风、东南风为主, 冬季以北风为主。研究区地表水体发育, 河流为内陆河入海段, 流向多为北西、南东向, 海岸线长度 98.77 km。

### 1.3 基础地质条件

研究区位于郯庐断裂以东, 胶南隆起中段, 胶莱拗陷的西南端。横跨 2 个Ⅲ级大地构造单元。区内岩石主要由侵入岩、变质岩组成, 地层缺失较多, 区内构造以 NE 向的脆性断裂为主, 为日照断裂; 另外发育 1 条 NW 向断裂, 为梭罗树断裂。

### 1.4 水文地质条件

日照海岸带地下水按赋存、埋藏条件和含水层岩性主要分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水 2 种。

### 1.5 工程地质条件

研究区属于鲁东丘陵工程地质区的五莲山侵入岩变质岩较不稳定亚区。区内存在震害及滨海淤泥质土软弱层等不良工程地质问题。

### 1.6 地质灾害及环境地质问题

研究区存在的主要地质灾害及环境地质问题有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、海(咸)水入侵、海岸侵蚀、海底侵蚀(冲蚀沟槽)、埋藏下切谷(古

收稿日期: 2013-12-05; 修订日期: 2014-01-17; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 王松涛(1971—), 男, 吉林长春人, 高级工程师, 主要从事基础地质、水文地质、环境地质研究工作; E-mail: sdwfwst@163.com

①王松涛、吴振等, 山东省日照市海岸带综合地质调查项目, 2012年

河道)和土壤(表层沉积物)重金属污染等。

## 2 评价原则与方法

### 2.1 评价原则

(1)科学性。构建的指标体系应该能够客观地反应日照市海岸带地质环境质量的本质及其差异性,必须建立在科学的基础上,真实地反映各评价区域的地质环境质量。

(2)综合性。地质环境系统是一个融地质基础、地质灾害情况和经济发展状况等于一体的综合系统。这就要求所设置的指标体系既能反映区域地质环境局部的、单向的特征,又能反映该区域全面的、综合的地质环境特征。

(3)简洁性。构建的指标体系要求完备、整洁,尽量选取有代表性的指标和主要指标;各指标要概念明确,简明易行,计算方法简便。

(4)层次性。指标体系应适应评价需要和功能的层次,并在此基础上将指标分类,力求清晰,应用方便。

(5)适用性。构建的指标体系最终是为地质环境质量评价服务的,因此,应既能满足评价的需要,又能保证较容易地取得所需要的数据。

### 2.2 评价方法

对日照市海岸带地质环境质量评价确定用层次分析法(采用 yaahp 软件)和综合指数法相结合,完成日照市海岸带地质环境质量评价。

#### 2.2.1 层次分析法

层次分析法(Alytic Hierarchy Process,简称 AHP)是对一些较为复杂、模糊的问题作出决策的简易方法,它特别适用于解决难于完全定量分析的问题。它是美国运筹学家 T. L. Saaty 教授于 20 世纪 70 年代初期提出的一种简便、灵活而又实用的多准则决策方法(图 1)。

#### 2.2.2 综合评价指数法

该次评价在层次分析法的基础上选用模糊数学综合指数法进行海岸带地质环境质量评价。综合指数法是将一组相同或不同指数值通过统计学处理,使不同计量单位、性质的指标值标准化,最后转化为一个综合指数,以准确地评价工作的综合水平。综合评价指数法计算公式如下:

$$R_k = \sum_{i=1}^n a_i X_i$$

式中: $R_k$  为综合评价指数; $a_i$  为指标要素的权值; $X_i$  为指标要素属性赋值; $n$  为指标要素个数。

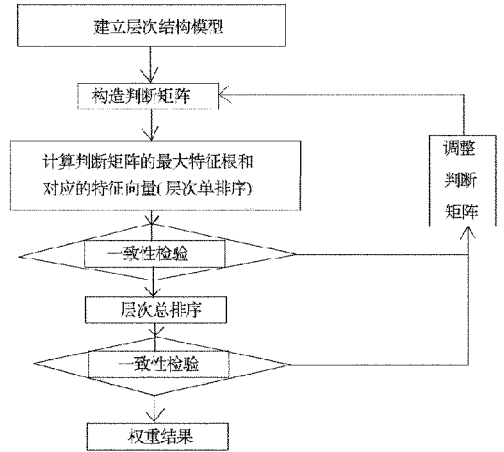
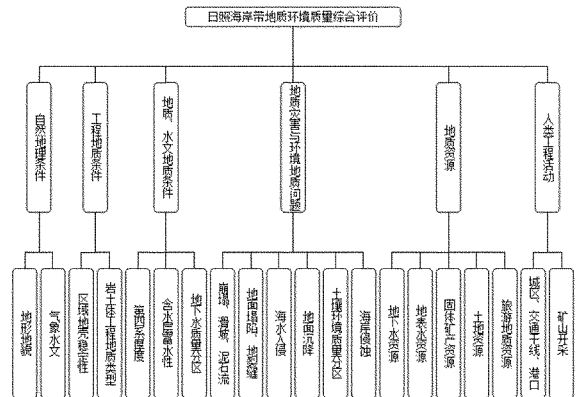


图 1 层次分析法计算步骤程序图

## 3 地下水环境质量评价

### 3.1 评价体系建立

评价体系由 3 层构成,从顶层到底层分别由系统目标层(O, Object),属性层(A, attribute)和要素指标层(F, Factor)3 级层次组成。O 层是系统的总目标,即海岸带地质环境质量综合评价。A 是属性指标层,由自然地理条件、工程地质条件、水文地质条件、地质灾害和环境地质问题、地质资源、人类工程活动等 6 项指标组成。F 是要素指标层,选择地形地貌、区域稳定性、第四系厚度、海水入侵、矿山开采等 20 项指标作为要素指标层,建立层次结构模型(图 2),进行综合评价指标计算,在此基础上进行地质环境质量综合评价分区。



### 3.2 评价因子量化

根据海岸带地质环境特点,将海岸带地质环境质量二级评价因子分为 5 级,即优等、良好、中等、较差、差(表 1)。

各个评价因子的量化分级,在量化过程中既考虑地质环境现状对海岸带建设的适宜性,又要考虑海岸

带建设对地质环境的影响程度(表 2)。

表 1 海岸带地质环境质量评价打分标准

分级	I	II	III	IV	V
分值	10	7	5	3	1
评价分级	优等	良	中等	较差	差

表 2 海岸带地质环境质量评价因子量化分级

一级评价因子	二级评价因子	I	II	III	IV	V
自然地理条件 A	地形地貌 A1	滨海平原	—	丘陵	—	中低山
	气象水文(降水量)A2	>700	600/700	500~600	400~500	<400
工程地质条件 B	区域地壳稳定性(含地震烈度)B1	稳定区	较稳定区	较不稳定	不稳定区、7°	极不稳定区、8°
	岩土体工程地质类型(含不良土体)B2	坚硬侵入岩组	变质岩组	粘性土	砂性土	软弱层
地质、水文地质条件 C	第四系厚度 C1	<5	5~10	10~15	15~25	>25
	含水层富水性(单井涌水量 m <sup>3</sup> /d)C2	>1000	500~1000	200~500	100~200	<100
	地下水质量分区 C3	优良	良好	较好	较差	差
地质灾害与环境地质问题 D	崩塌、滑坡、泥石流 D1	无	—	隐患	—	有
	地面塌陷与地裂缝 D2	不发育	—	—	较发育	发育
	海(咸)水入侵 D3	无	—	—	较重	严重
	地面沉降 D4	无	—	隐患	—	有
	土壤环境质量分区 D5	尚清洁	清洁	轻度污染	中度污染	重度污染
	海岸侵蚀 D6	无	—	—	—	有
地质资源 E	地下水资源 E1	有潜力	—	基本平衡	超采	严重超采
	地表水资源 E2	丰富	较丰富	中等	较贫乏	无
	矿产资源(规模)E3	无	小	中	大	特大
	土地资源 E4	园地、林地等	耕地等	居民、交通、水利用地等	盐田、养殖池、滩涂、沙滩等	未利用地、工矿用地等
	地质旅游资源 E5	无	—	未开发	—	已开发
人类工程活动 F	城区、交通干线、港口 F1	农田、村庄	乡镇	交通干线	城区	港口
	矿山开采 F2	无	较少	中等	较强烈	强烈

### 3.3 评价因子权重确定

该次评价因子权重确定方法:首先组织水工环地质专业的专家根据工作经验对各因子进行打分,按照打分情况进行异常值的剔除,取机率大的分值;然后根据建立的海岸带地质环境质量综合评价体系,利用层次分析法(采用 yaahp 软件)计算出影响地质环境质量综合评价的各评价因子的权重,2 个要素重要性之比采用 1~9 标度法(表 3)。

### 3.4 陆域地质环境质量综合评价

将陆域工作区划分为 1 km×1 km 的单元网格共计 713 个,对每个单元格进行统计打分。该次评价运用计算机编程进行运算,运用 MapGIS 强大的空间分析功能,得到各单元的地质环境质量评价结果,然后根据实际调查情况进行必要的修正。

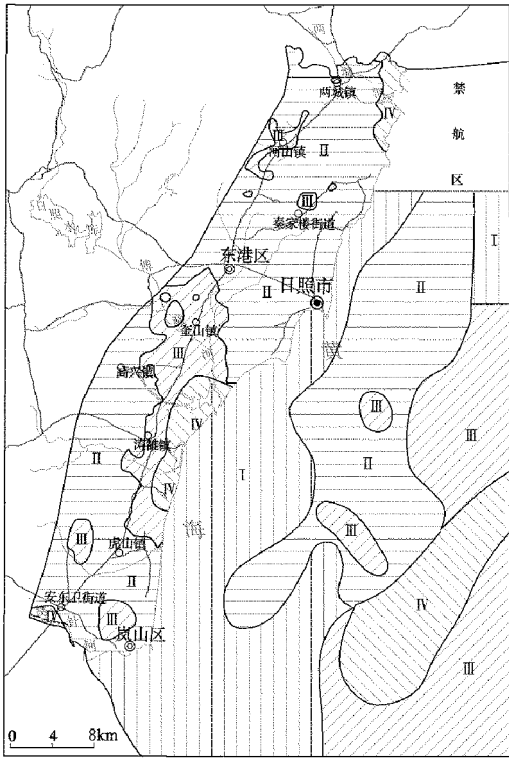
表 3 评价因子权重

评价因子	权重	评价因子	权重
气象水文	0.0080	海水入侵	0.1347
地形地貌	0.0400	地面塌陷、地裂缝	0.0156
岩土体工程地质类型	0.1265	崩塌、滑坡、泥石流	0.1378
区域地壳稳定性	0.0253	地质旅游资源	0.0015
地下水质量分区	0.2189	土地资源	0.0026
含水层富水性	0.0437	固体矿产资源	0.0055
第四系厚度	0.0261	地表水资源	0.0094
海岸侵蚀	0.0208	地下水资源	0.0125
土壤环境质量分区	0.0387	矿山开采	0.0448
地面沉降	0.0651	城区、交通干线、港口	0.0224

根据海岸带地质环境质量评价结果,工作区分为 3 个区(表 4,图 3):海岸带地质环境质量良好区、中等区、较差区。

表 4 海岸带地质环境质量评价分级标准

分级	I	II	III	IV	V
分值	9~10	7~9	5~7	3~5	1~3
评价分级	优等	良好	中等	较差	差



I 优等区 II 良好区 III 中等区 IV 较差区 地质环境质量分区界线

图 3 日照市海岸带地质环境质量综合评价图

(1)良好区(II)。分布在工作区大部分区域,该区面积 541.89 km<sup>2</sup>,占陆域总面积的 75.26%。该区地貌类型以丘陵、滨海平原为主,工程地质条件相对较好,区域稳定性较好,人类工程活动相对较少,区内无大型矿山开采,无严重的地质灾害和环境地质问题,区内仅在局部地带有小型崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害隐患,地下水环境质量较好。

(2)中等区(III)。主要分布在河山西部、丝山、奎山镇、虎山镇梭罗树、岚山南炮台一带等,该区面积 127.43 km<sup>2</sup>,占陆域总面积的 17.70%。

该区地貌类型以丘陵、海积平原为主,工程地质条件中等,部分区域工程地质条件较差,区域稳定性较好,人类工程活动中等,以采石场和海边养殖开采地下水为主。无严重的地质灾害,区内仅在局部地带有小型崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害,奎山镇一带由于受地下水、地表水污染影响,地下水环境质量较差。

(3)较差区(IV)。主要分布在两城河入海口、付疃河入海口、岚山汾水一带,该区面积 50.65 km<sup>2</sup>,占陆域总面积的 7.04%。该区地貌主要为滨海平原,工程地质条件较差,区域稳定性较好,人类工程活动比较强烈,以养殖开采地下水为主,有海(咸)水入侵威胁,局部地带导致地面沉降,造成房屋开裂,地下水环境质量差。

### 3.5 近海地质环境质量综合评价

根据该次调查情况,日照近海地质环境的评价因子主要为海底沉积物重金属污染(Cr 和 As)、海底侵蚀(冲蚀沟槽)和埋藏下切谷(古河道)3种。因此,根据三者的实际调查评价结果,采用叠合的方法,根据不同区域包含的评价因子的多少,将日照近海地质环境质量分为 4 个等级(表 5)。

表 5 海岸带地质环境质量评价分级标准

分级	I	II	III	IV
评价因子	0	1	2	3
评价分级	优等	良好	中等	较差

根据评价结果,调查区可分为 4 个区(图 3):地质环境质量优等区、良好区、中等区和较差区。各区的分布规律及特征叙述如下:

#### (1)优等区(I)

主要分布在近岸区域,即万平口—日照港—傅疃河口—岚山港近岸海域,大致在 10 m 等深线以浅区域,该区面积 630.07 km<sup>2</sup>,占海域总面积 40.47%。海底沉积物质量均为一类,没有污染,底质环境较好,近海工程较少,人类活动影响小,海底地形平坦,无地质灾害问题。

#### (2)良好区(II)

主要分布在调查区中部,从北向南延伸至岚山港东北部,区域范围大致在 10~20 m 等深线包含的区域,与海岸近于平行,该区面积 403.99 km<sup>2</sup>,占海域总面积 25.95%。该区北部海底沉积物重金属 Cr 超过一类标准,南部 Cr 和 As 超过一类标准,其他区域沉积物质量均为一类,但是分布有叉状的埋藏下切谷,基底不稳定,一定程度上影响工程活动。

#### (3)中等区(III)

主要分布调查区东部和东南部,该区面积 365.97 km<sup>2</sup>,占海域总面积 23.51%。该区北部灾害地质类型主要是埋藏下切谷,南部主要是海底侵蚀,另外在石臼港东南部 15 m 等深线处存在抛泥区,整个区域

容易造成海底环境不稳定性,产生工程地质灾害。同时,该区域重金属 As 元素超标,底质环境较差。

#### (4) 较差区(IV)

主要分布在调查区东南部,该区面积 156.80 km<sup>2</sup>,占海域总面积的 10.07%。该区普遍存在海底侵蚀,部分区域出现冲蚀沟槽,工程地质条件较差,区域稳定性较差,容易产生地质灾害,同时,该区 As 超标,底质环境较差。

## 4 结语

(1) 选取自然地理条件、工程地质条件、水文地质条件、地质灾害和环境地质问题、地质资源、人类工程活动等 6 项一级因子,地形地貌、区域稳定性、第四系厚度、海水入侵、矿山开采等 20 项指标作为二级因子,建立层次结构模型,采用专家打分法、层次分析法、模糊数学综合评判法等方法对地质环境质量进行综合评价,在此基础上进行地质环境质量综合评价分区。将地质环境质量分为良好区、中等区和较差区。

(2) 日照近海地质环境的评价因子主要为海底沉积物重金属污染(Cr 和 As)、海底侵蚀(冲蚀沟槽)和

埋藏下切谷(古河道)3 种。根据三者的实际调查评价结果,采用叠合的方法,根据不同区域包含的评价因子的多少,将日照近海地质环境质量分为地质环境质量优等区、良好区、中等区和较差区。

## 参考文献:

- [1] 余运勇,王剑,王艳华,等.南黄海海洋表层沉积物中重金属的分布特征及潜在生态风险评价[J].海洋环境科学,2011,30(5):631-635.
- [2] 夏鹏,臧家业,王湘芹,等.连云港近岸海域表层沉积物中重金属的地球化学特征及其源解析[J].海洋环境科学,2011,30(4):520-524.
- [3] 魏子新,周爱国,王寒梅,等.地质环境容量与评价研究[J].上海地质,2009,(1):40-44.
- [4] 孙杰,贾建业,詹文欢.区域地质环境质量评价及应用研究[J].中国地质灾害与防治学报,2007,18(1):73-76.
- [5] 徐峰,李永吉,胡玉兰,等.山东省地质环境状况评价方法[J].科技信息,2009,(7):442-443.
- [6] 潘懋,李铁峰.环境地质学[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [7] 王学,张祖陆,张超,等.山东省地质环境质量评价研究[J].山东国土资源,2011,27(8):14-18.

## Evaluation of Geological and Environmental Quality of Coastal Zones in Rizhao City

WANG Songtao<sup>1</sup>, WU Zhen<sup>1</sup>, YI Weihong<sup>1</sup>, SONG Wei<sup>1</sup>, YIN Ping<sup>2</sup>, LIU Jinqing<sup>3</sup>

(1. No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China; 2. Qingdao Institute of Marine Geology, Shandong Qingdao 266071, China; 3. Ocean University of China, Shandong Qingdao 266100, China)

**Abstract:** Selecting analytic hierarchy process and comprehensive index method as the main research methods, based on sufficient analysis and referring previous research experiences, coastal geological environment evaluation index system which is suitable for Rizhao City has been established. Coastal geological environment quality at present in Rizhao city has been evaluated comprehensively. Geological environmental quality of coastal zones in Rizhao City can be divided into excellent, good, medium and poor areas.

**Key words:** Geological environment; analytic hierarchy process; comprehensive index method; coastal zone; Rizhao city