

环境地质

## 东营市湿地资源分布及地质环境脆弱性评价

姚英强<sup>1</sup>, 杨全城<sup>1</sup>, 李宁<sup>2</sup>

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 临沂市国土资源局, 山东 临沂 276000)

**摘要:**通过遥感解译、水土样测试、环境地质调查,从地表水、坑塘水、平原水库、浅层地下水、土壤环境的质量评价入手,查明了东营市湿地的分布现状,分析湿地演变与地质环境条件之间的相关性,构建东营湿地地质环境脆弱性评价体系并进行了脆弱性评价,为促进湿地生态系统与区域地质环境协调发展提供科学依据。

**关键词:**湿地分布;水土环境质量;脆弱性评价;山东东营

**中图分类号:**X37

**文献标识码:**B

湿地是介于陆生生态系统和水生生态系统的过渡地带,长年或季节性积水的区域,是自然界最富生物多样性的景观之一。东营市湿地位于黄河入海口及黄河故道附近,是黄河携带的大量泥沙在入海口处沉积所形成,是我国温带最广阔、最完整、最年轻的湿地,其特有的景观和文化价值是构成东营城市特色的关键因素之一。湿地生态系统的可持续健康发展,尤其离不开地质环境的支持。

## 1 东营市湿地资源分布特征

东营市湿地沿海地区面积广阔、分布集中;随着向内陆的深入,湿地面积逐渐减少,分布也较零散。主要类型为:近海及海岸带湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽和沼泽化草甸湿地。

### 1.1 近海及海岸带湿地

近海及海岸带湿地分布面积 1 385.03 km<sup>2</sup>,主要包括低潮时水深 6 m 以浅海域及其沿岸海水浸湿地带。沿东营市沿海一带呈半环状分布,该湿地分布广,是东营市重点发展的水产品养殖基地。分为浅海水域湿地、潮间带泥滩湿地、滩涂湿地、河口水域湿地、盐田湿地。

### 1.2 河流湿地

仅限于平均宽度 > 10 m,长度 5 km 的四级以上支流,分布面积 112.79 km<sup>2</sup>。分为永久性河流湿地和季节性或间歇性河流湿地 2 种类型。该类型主

要以自然湿地为主,部分是在天然的基础上经后期的人工改造而成,局部地段主要为人工开挖和修筑的湿地。

### 1.3 湖泊湿地

分布面积 430.21 km<sup>2</sup>,分为库塘湿地、稻田湿地、鱼虾池湿地。其中库塘湿地类型尚有极少部分水塘湿地局部保存有自然湿地的特征外,其余均为人工湿地。

### 1.4 沼泽和沼泽化草甸湿地

沼泽是水草茂密的泥泞地带,结合东营市沼泽湿地的分布特征,仅划分出 1 种湿地类型为:芦苇草本沼泽湿地,分布面积 65.99 km<sup>2</sup>。

## 2 湿地水土环境质量评价

水是湿地赖以生存的基础,土壤则是各种湿地动植物生存的载体,水土环境质量的优劣直接关系到湿地生态环境质量现状,湿地为地表长年或季节性积水的区域,而区内地下水多为盐水,无利用价值。所以该次水环境质量评价主要针对地表水(河流、坑塘、水库),对地下水仅做一般调查<sup>[1]</sup>。

### 2.1 评价方法

地表水质量现状参照地表水环境质量Ⅲ类标准,评价采用单因子污染指数法,计算公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

\* 收稿日期:2012-12-31;修订日期:2013-05-27;编辑:王秀元

作者简介:姚英强(1980—),男,山东沂水人,工程师,主要从事水工环地质及地质灾害防治技术工作;E-mail:yayaqiu@sina.com。

式中： $P_i$  为  $i$  污染物的单因子污染指数； $C_i$  为  $i$  污染物的实测浓度，mg/L； $S_i$  为  $i$  污染物的评价标准，mg/L。

对于浓度处于一定范围之内的 pH 值评价公式为：

$$I_{pH} = \frac{C_{pH} - \bar{S}_{pH}}{S_{pH} - \bar{S}_{pH}} \quad (2)$$

式中： $I_{pH}$  为 pH 值的单因子污染指数； $C_{pH}$  为 pH 值的实测值； $\bar{S}_{pH}$  为标准的最高限值与最低限值的平均值；当  $C_{pH} > \bar{S}_{pH}$  时， $S_{pH}$  取最高限值；当  $C_{pH} < \bar{S}_{pH}$  时， $S_{pH}$  取最低限值；当  $C_{pH} = \bar{S}_{pH}$  时， $I_{pH} = 1$ 。

单因子指数法是根据国家《地表水环境质量标

准》(GB3838-2002)2.2 条水质要求形成的评价方法。它遵循以下水体质量定级原则：标准值单项超标，则说明水质级别或水体功能不能保证，即当评价参数有一项  $P_i > 1.0$  时，则水体不符合级别水质要求。

## 2.2 评价结果

### 2.2.1 河流水质评价

区域内流主要有黄河、黄河故道、神仙沟、小岛河、张镇河。分别布设了黄河 3 个水质监测断面，黄河故道 4 个断面，神仙沟 3 个断面，小岛河 2 个断面，张镇河 2 个断面，评价结果见表 1。

表 1 河流水质评价结果 ( $P_i$  值)

断面	氨氮	NO <sub>3</sub> -N	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	硫酸盐	总硬度	高锰酸钾指数	总氮	石油类	pH 值
黄河上游	< 1	0.32	0.8	0.47	0.32	0.66	1.10	1.37	< 1	0.20
黄河中游	0.16	0.01	0.7	0.53	0.30	0.63	0.80	0.27	1.2	0.33
黄河下游	< 1	0.27	0.7	0.47	0.31	0.63	1.07	0.72	< 1	0.20
故道上游	< 1	0.04	0.40	1.56	0.32	1.06	0.26	0.31	< 1	1
故道中游 1	0.08	0.02	0.40	2.55	0.33	1.24	0.47	0.20	0.15	0.20
故道中游 2	< 1	0.09	1.33	90.86	5.17	18.06	1.28	0.46	0.38	0.80
故道下游	< 1	0.08	1.07	98.42	6.70	18.48	0.27	0.38	0.25	0.40
小岛河上游	0.04	0.11	0.40	13.37	1.02	4.55	0.71	0.69	< 1	0.21
小岛河下游	0.18	0.14	0.40	12.92	0.94	3.78	0.62	0.98	0.09	0.33
张镇河上游	0.12	0.02	0.40	5.42	0.64	1.68	0.42	0.26	< 1	0.40
张镇河下游	< 1	0.11	0.43	21.19	1.40	6.09	0.66	0.66	0.14	0.20
神仙沟上游	0.17	< 0.04	0.50	2.12	0.27	1.01	0.42	0.17	0.07	0.13
神仙沟中游	2.33	0.02	0.40	6.58	0.42	2.02	0.65	2.43	0.84	0.07
神仙沟下游	0.39	0.03	0.43	8.98	0.53	2.19	0.56	0.67	0.84	0.07

由表 1 可以看出各河流 Cl<sup>-</sup>、硫酸盐、总硬度含量均较高，究其原因主要是沿海地区水环境复杂，其本底值含量高。各河流评价如下：①黄河水质除总氮、高锰酸钾指数、石油类轻微超标外，其余组分均符合Ⅲ类水质标准，水质轻度污染；②黄河故道主要污染组分为 F<sup>-</sup>、高锰酸钾指数，部分河段为劣 V 类水，其下游水质较差为重度污染；③小岛河主要污染组分为高锰酸钾指数、总氮、石油类，未出现超标组分，为 V 类水质，中度污染；④张镇河主要污染组分为高锰酸钾指数、总氮、石油类，为 IV 类水质，轻度污染；⑤神仙沟主要污染组分为氨氮、总氮，部分河段为劣 V 类水，水质为重度污染。

### 2.2.2 坑塘水水质评价

湿地为常年或季节性积水的区域，因此区内广布的坑塘地表水能最直观地体现湿地的地质环境现状，该次工作沿垂直海岸的走向，分别在大汶流管理

站、黄河口管理站、一千二管理站布设 15 个水质监测点，评价结果见表 2。

参考“一般景观区”及“农灌用水区”区划功能，该次评价采用地表水 V 类标准。可以看出：坑塘水超标组分主要为高锰酸钾指数和石油类，由于工作区内地处沿海地区，所以氯化物、硫酸盐、总硬度含量均较高，常年积水地段地表水中腐殖质较多，造成高锰酸钾指数超标，部分地段油井分布较多，造成地表水中石油类含量较高。

### 2.2.3 平原水库水质评价

区域内孤北水库、孤东水库规模大且距湿地集中分布区最近，与湿地水联系相对密切，因此水质评价主要针对此 2 个水库。根据当地水环境功能区划，孤北、孤东水库做为饮用水源，执行地表水Ⅲ类标准，评价结果见表 3。

表 2 坑塘水质评价结果( $P_i$  值)

监测点	氨氮	硝酸盐	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	硫酸盐	总硬度	高锰酸钾 指 数	总氮	石油类	pH 值
B7	0.08	0.31	0.60	32.39	2.03	6.83	2.55	0.42	0.32	0.07
B9	0.04	< 1	0.50	0.46	0.31	0.66	0.53	0.04	0.18	0.27
B10	0.04	< 1	0.50	0.79	0.32	0.59	0.46	0.04	< 1	0.33
B11	0.12	< 1	0.43	0.58	0.30	0.72	1.08	0.12	0.31	0.20
B12	0.04	0.16	0.50	0.95	0.36	0.80	0.53	0.24	0.05	0.20
B13	0.04	0.31	0.33	3.58	0.59	2.27	0.50	0.42	0.31	1
B21	< 1	0.35	0.93	60.44	4.25	11.94	0.46	0.42	0.15	0.27
B22	< 1	0.33	0.63	29.60	1.92	7.96	1.27	0.37	0.71	0.13
B23	0.06	0.08	0.40	1.29	0.37	1.12	0.72	0.15	0.15	0.33
B24	< 1	0.16	0.43	4.31	0.20	1.57	0.59	0.18	0.19	0.27
B27	< 1	0.31	0.73	52.99	3.48	11.84	0.54	0.36	0.25	0.33
B29	< 1	0.22	1.07	85.38	5.86	15.95	0.23	0.25	0.32	0.40
B30	0.05	< 1	0.43	1.29	0.17	0.66	0.99	0.05	1.78	0.07
B31	0.08	0.07	0.37	4.09	0.63	1.76	0.98	0.16	0.1	0.20
B33	< 1	0.45	0.87	90.76	5.96	21.03	1.57	0.51	0.55	0.33

表 3 平原水库评价结果( $P_i$  值)

监测点	氨氮	硝酸盐	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	硫酸盐	总硬度	高锰酸钾 指 数	总氮	石油类	pH 值
孤北	< 1	0.03	1.20	6.76	0.86	2.01	1.51	0.31	2.2	0.33
孤东	< 1	0.11	0.90	0.63	0.38	0.67	0.52	1.08	< 1	0.4

表 4 土壤环境质量分析结果(1:5 土水比例,mg/L)

编号	氨氮	Cl <sup>-</sup>	硫酸盐	F <sup>-</sup>	总硬度	石油类
T2	< 0.1	2535.44	17.91	< 0.1	2465.57	0.16
T3	0.26	81.75	8.96	0.4	36.58	0.19
T4	< 0.1	1521.26	35.30	< 0.1	391.2	0.32
T7	< 0.1	538.13	35.30	0.65	202.68	0.19
T13	0.43	439.82	97.21	1.35	512.26	0.16
T14	0.12	120.05	23.79	0.9	36.58	0.47
T15	0.16	1790.33	61.65	0.7	312.38	0.14
T16	< 0.1	2276.72	32.23	0.55	951.31	9.48
T25	< 0.1	522.78	66.51	0.3	196.48	0.26

孤北水库的主要超标因子为 F<sup>-</sup>、高锰酸钾指数、石油类,污染均较轻,为Ⅳ类水质,轻度污染;孤东水库仅总氮超标 0.08 倍,为Ⅳ类水质,轻度污染。

#### 2.2.4 浅层地下水环境质量评价

根据区内地下水开发利用现状和污染现状,结合已有资料,选择了石油类、酚类、氰、砷、汞、镉、六价铬、铅等 8 项为评价因子。采用污染综合指数法进行评价。区内地下水主要污染组分为石油类。其中,重度污染区主要分布在孤岛镇—集贤农场一带,中度污染区主要分布在其外围,轻度污染区主要分布在孤北水库及其西南区域和工作区内黄河以南的大部分地区,其余地段均为未污染区。

#### 2.2.5 土壤环境质量评价

区内土壤污染主要为石油类污染,据其在表层(1~20 cm)污染最重的特征,该次调查集中于 0~40 cm 土层,共布设了 25 个表层土壤易溶盐取样点,分析结果如表 4。除该地区土壤中 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、F<sup>-</sup> 4 种组分本底值含量较高外,主要污染物为油类,尤其是油井密布地区如桩西采油大队附近,土壤石油类含量为 0.26 mg/L,孤东油田内部,土壤石油类含量高达 9.48 mg/L。

## 3 东营市湿地地质环境脆弱性评价

### 3.1 评价因子分值及权重的确定

该次地质环境脆弱性评价包括包气带岩性、地表水质量、地下水质量、土壤环境质量、海岸带情况、植被发育等 6 个评价因子,根据调查结果及资料分析确定各因子分值见表 5。

采用傅勒三角形法确定各个评价因子的权重<sup>[2,3]</sup>,经比较和统计分析,各因子权重见表 6。

### 3.2 地质环境脆弱性评价及分区

将评价区进行网格剖分,运用栅格数据处理方

法对该区进行剖分,每个单元面积 5 km×5 km,全区共划分为 129 个单元,根据分值标准和权重计算得出单元内各因子的分值,然后用公式(3)计算出各个评价点的总分值<sup>[4]</sup>:

表 5 评价因子分值标准

评价因子	分值标准			
	100	70	40	10
包气带岩性	粉砂	粉土	粉质粘土	粘土
地表水质量	超 V 类	V	IV	III 类
地下水质量	极差	差	良好	优良
土壤环境质量(以石油类含量 mg/L 表示)	>5.0	0.5~5.0	0.05~0.5	<0.05
海岸带	蚀退	蚀略强淤	淤略强蚀	淤积
植被发育状况	不发育	一般	较发育	发育

表 6 评价因子权重

代号	评价因子	权重	代号	评价因子	权重
A	包气带岩性	0.20	B	地表水质量	0.25
C	土壤环境质量	0.20	D	地下水质量	0.14
E	海岸带	0.12	F	植被发育情况	0.09

$$\text{总分值} = \sum_{i=1}^n \text{单个因子的分值} \times \text{因子权重} \quad (3)$$

式中: $n$  为评价因子个数。

根据打分结果将每个单元地质环境脆弱性划分为脆弱性高、脆弱性较高、脆弱性一般、脆弱性低 4 级<sup>[5]</sup>(表 7)。

表 7 地质环境脆弱性评价分级标准

脆弱性分级	脆弱性高	脆弱性较高	脆弱性一般	脆弱性低
	I	II	III	IV
评价指标	>80	60~80	40~60	≤40

经评价,全区地质环境脆弱性共划分为地质环境脆弱性较高、地质环境脆弱性一般和地质环境脆弱性低 3 个级别,无地质环境脆弱性高区。

### 3.2.1 地质环境脆弱性较高区(II 区)

分布于北部沿海一带、孤岛镇—集贤农场一带的地下水重度污染区、孤东油田集中分布区,面积 244.86 km<sup>2</sup>,占全区面积的 8.59%。脆弱性总体特征:海岸带蚀退严重、地下水重度污染、土壤石油类污染严重,共分为 3 个亚区。

(1)工作区北部海岸蚀退区(II<sub>1</sub>区):该亚区分布于北部沿海地带,面积 83.26 km<sup>2</sup>。包气带岩性为砂性土单层结构区,浅层地下水轻度污染,土壤环境质量良好,植被不发育。沿海滩涂一带,由于黄河改道后受黄河泥沙补充不足的影响,海岸线和滩涂大

面积蚀退,湿地面积随之迅速减少。

(2)孤岛镇—集贤农场一带的地下水重度污染区(II<sub>2</sub>区):分布于湿地区中部,主要在孤岛镇—集贤农场一带,面积 113.38 km<sup>2</sup>。该区包气带为砂性土单层结构区,地表水质量一般为 V 类水,土壤环境质量良好,植被发育情况一般,浅层地下水重度污染,水质较差。属于人口密集区,企业分布较多,外排生活及工业废水较多,并对地表水及周边土壤产生不同程度的污染。

(3)孤东油田分布区(II<sub>3</sub>区):分布于中东部,主要在孤东油田一带,面积为 49.22 km<sup>2</sup>。包气带岩性为砂性土单层结构区,浅层地下水轻度污染,植被发育一般。该区地处孤东油田主产区,油井分布较多,开采过程中对土壤造成不同程度的石油类污染,局部污染比较严重。

### 3.2.2 地质环境脆弱性一般区(III 区)

分布于工作区北部,面积为 1 232.32 km<sup>2</sup>,占全区面积的 43.24%。分布面积较广,包气带大部为砂性土单层结构区,局部为砂性土—粘性土双层结构区,地表水质量一般为 V 类水,土壤环境质量良好,浅层地下水大部分为轻度污染区,小部分为未污染区,植被较发育。局部地带人类活动频繁,生态环境相对较好。

### 3.2.3 地质环境脆弱性低区(IV 区)

主要分布于南部,即黄河以南的大部分地区,面积为 1 372.82 km<sup>2</sup>,占全区面积的 48.17%。包气带为砂性土单层结构区,地表水质量一般为 V 类水,土壤环境质量良好,浅层地下水为未污染区,植被发育较好,局部地带有人类活动,生态环境较好。

## 4 结 语

(1)工作区内湿地资源面积为 19.94 万 hm<sup>2</sup>,除去浅海水域湿地资源面积后,占该次工作区陆地总面积的 42.69%。湿地类型主要可以分为:①近海及海岸带湿地 13.85 万 hm<sup>2</sup>(包括浅海水域湿地面积 7.77 万 hm<sup>2</sup>),占湿地总面积的 69.46%;②河流湿地 1.13 万 hm<sup>2</sup>,占湿地总面积的 5.66%;③湖泊湿地 4.30 万 hm<sup>2</sup>,占湿地总面积的 21.57%;④沼泽和沼泽化草甸湿地 6 599.27 hm<sup>2</sup>,占湿地总面积的 3.31%。

(2)东营市湿地总面积近 10 年略有增长,由

1996 年的 17.52 万  $\text{hm}^2$  上升至 2006 年的 19.94 万  $\text{hm}^2$ , 增长了 13.84%, 但总面积增加的同时个别类型湿地面积却不断减少, 库塘湿地、永久性河流湿地、潮间带泥滩、盐田湿地、鱼虾池湿地的面积有了明显的增加, 而滩涂湿地、芦苇草本沼泽湿地等天然湿地的面积却有了不同程度的减少。

(3) 区内地表水中氯化物、硫酸盐、总硬度含量均较高, 部分地段油井分布较多, 造成地表水中石油类含量较高; 地下水主要污染组分为石油类; 土壤中氯化物、硫酸盐、氟化物、总硬度含量均较高, 主要污染物为油类, 石油类污染明显。

(4) 该次地质环境脆弱性评价采用综合指数法, 评价因子包括包气带岩性、地表水质量、地下水质量、土壤环境质量、海岸带情况、植被发育等 6 个。全区地质环境脆弱性共划分为地质环境脆弱性较

高、地质环境脆弱性一般和地质环境脆弱性低 3 个级别, 无地质环境脆弱性高区。

### 参考文献:

- [1] 李晓华. 湿地水环境安全及其评价指标体系研究[J]. 湿地科学与管理, 2009, 5(3): 21-24.
- [2] 尚二萍, 摆万奇. 湿地脆弱性评价研究进展[J]. 湿地科学, 2012, (3): 378-384.
- [3] 付延玲, 骆祖江, 王增辉. 用聚类分析模糊综合评判评价地质环境质量[J]. 煤田地质与勘探, 1999, 27(6): 47-50.
- [4] 张永伟, 刘怀念, 刘元本, 等. 专家聚类法在青岛市城市地质环境脆弱性评价中的应用[J]. 山东国土资源, 2008, 24(10): 21-24.
- [5] 刘勇, 吴次芳, 杨志荣. 在快速城市化地区湿地脆弱性评价[J]. 资源科学, 2009, 31(2): 243-249.

## Wetland Resource Distribution and Geological Environment Vulnerability Assessment in Dongying City

YAO Yingqiang<sup>1</sup>, YANG Quancheng<sup>1</sup>, LI Ning<sup>2</sup>

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Liyi Bureau of Land and Resources, Shandong Liyi 276000, China)

**Abstract:** Through remote sensing interpretation, soil sample testing, environmental geological survey, from surface water, pond water, plains reservoirs, groundwater, soil environmental quality assessment start, current distribution of wetlands has been identified, correlation between wetland evolution and geological environmental condition has been analyzed. Wetland vulnerability assessment system of geological environment in Dongying city has been built. It will provide scientific basis for promoting coordinated development between wet ecological system and regional geological environment.

**Key words:** Wetland distribution; soil environment quality; vulnerability assessment; Dongying city in Shandong province