

# 东营市土地生态安全评价

林珍铭<sup>1,2</sup>, 徐超平<sup>1,2,3</sup>, 夏斌<sup>1,4</sup>, 高惠君<sup>5</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 广发证券东营营业部, 山东东营 257100; 4. 中山大学海洋学院, 广东广州 510275; 5. 华南理工大学生物科学与工程学院, 广东广州 510275)

**摘要** 运用层次分析法, 构建了东营市土地生态安全评价的指标体系, 对东营市进行评价。研究结果显示, 2003~2008年, 东营市生态安全指数由等级Ⅲ提高到等级Ⅳ, 即由土地生态安全的一般状态改善到良好状态; 次一级的土地生态安全指数显示, 东营市土地自然安全指数和土地社会经济安全指数提高较快, 而土地环境生态安全指数提高较慢。

**关键词** 东营市; 土地生态安全; 层次分析法

中图分类号 F301.24 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2011)18-11195-03

## Land Ecological Security Evaluation of Dongying City

LIN Zhen-ming et al. (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640)

**Abstract** By means of AHP, the study worked out an index system of land ecological security evaluation to evaluate Dongying City. The result showed that the index of Dongying City went up from stand III to stand IV during the study period (from 2003 to 2008), which means that the land ecological security was improved from a state of so-so to a state of much better. And as to the three sub-hierarchy indexes, the indexes of land nature security and land social security went up faster than that of land environmental ecological security.

**Key words** Dongying City; Land ecological security; Analytic Hierarchy Process (AHP)

现阶段我国学术界关于土地利用与生态安全的研究主要集中在作用机理研究、影响评价与安全格局构建 3 个方面。关于土地利用生态安全的评价研究, 既是生态安全研究的基础, 也是生态安全格局构建的主要依据<sup>[1]</sup>。土地生态安全评价对于避免规划造成的环境影响和维护区域生态安全有着重要的意义。东营市地处黄河入海口, 是新兴的石油工业城市, 在区域经济中起着支柱作用。油田矿井及其相关产业成为东营市大气、水体、土壤、植被等的污染源, 使得环境的自净能力、抵抗能力和恢复能力逐渐减弱, 该地区土地生态安全正遭到严重的威胁<sup>[2]</sup>。国务院于 2009 年正式批复《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》, 黄河三角洲开发建设上升为国家战略。因此, 对东营市土地利用的生态安全进行评价有着极为重要的现实意义。

### 1 研究区域概况

东营市位于山东省北部黄河三角洲地区, 黄河在此流入渤海。东营市地理位置坐标为 36°55'~38°10'N, 118°07'~119°10'E, 总面积 7 923 km<sup>2</sup>。属暖温带半湿润大陆性季风气候区, 全年平均气温 11.7~12.6℃, 年均降雨量 530~630 mm, 并且 70% 集中在夏季。处于大气、河流、海洋与陆地的交接地带, 形成了特有的多种物质交汇、多种动力系统交互作用的多重生态界面, 常有旱、涝、风、雹、黄河凌汛、风暴潮、咸水入侵以及土壤侵蚀等自然灾害, 是自然灾害多发区, 生态环境脆弱。区内土壤主要为潮土和盐土, 发育了广阔的河口新生湿地和滨海湿地。

2009 年全市年末户籍人口 184.59 万人, 年末全市常住人口 201.78 万人, 其中, 城镇常住人口 118.04 万人, 城镇化率为 58.5%。2008 年, 东营市生产总值 2 052.62 亿元, 较 2007 年增长 13.7%。第一产业增加值为 70.08 亿元, 较 2008

年增长 5.0%, 对 GDP 的贡献率为 1.2%; 第二产业增加值为 1 570.93 亿元, 增长了 13.2%, 对 GDP 的贡献率为 74.3%; 第三产业增加值为 411.61 亿元, 增长了 17.2%, 对 GDP 的贡献率为 24.5%。三次产业结构为 3.4:76.5:20.1<sup>[3]</sup>。

### 2 数据来源、研究方法 with 指标体系的构建

土地生态安全评价作为一个较新的研究领域, 尚处于起步阶段<sup>[3]</sup>。从研究的对象、尺度、方法、指标体系以及基础理论体系等方面都还有待进一步完善。随着生态安全研究的进一步深入, 其评价工作在借鉴和吸收各相关学科、领域研究成果基础上, 评价方法由最初定性的简单描述发展为现今定量的精确判断<sup>[4]</sup>。

**2.1 数据来源** 研究主要以 2000~2009 年《东营统计年鉴》、2005~2009 年《东营市环境质量报告书》、《东营生态市建设规划(2003-2020)》为主要数据来源, 对东营市进行土地生态安全评价。

**2.2 研究方法** 层次分析法(AHP)是一种对复杂现象的决策思维过程进行系统化、模型化、数量化的方法, 又称之为多层次权重分析决策法。它能将定性和定量结合起来, 在实际工作中操作性强、分析效果较好。由于土地生态安全系统是一个复杂的系统, 所以研究采用层次分析法, 将主观与客观结合起来, 将定量与定性结合起来, 对东营市土地利用生态安全进行评价。运用层次分析法对城市土地生态安全进行评价, 首先要确定城市土地生态安全评价的准则; 其次是构建城市土地生态安全评价的指标体系, 并确定各指标的权重; 最后是选择合理的综合评价方法对城市土地生态安全进行评价。

### 2.3 指标体系构建

**2.3.1 指标选取的原则。**土地生态安全的状况对土地持续利用十分必要, 它是正确土地管理决策的基础, 客观地评价需要科学的评价原则作为指导。在选取生态安全评价指标时, 需要考虑统计学和土地利用系统的特点等多方面因素。综合起来考虑, 土地生态安全评价需要遵循以下原则<sup>[5]</sup>。

作者简介 林珍铭(1977-)女, 湖南新宁人, 讲师, 博士研究生, 从事资源环境与可持续发展研究。

收稿日期 2011-03-15

**2.3.1.1 科学性原则。**指标体系需要具有科学性,能客观地和真实地反映土地生态系统发展的状态,能反映各个子系统和所选指标间的相互联系,并能较好地度量研究目标的实现程度。

**2.3.1.2 针对性原则。**指标的选取应具有针对性,科学地反映土地生态系统安全的内涵,为土地利用的可持续发展提供决策依据。

**2.3.1.3 可操作性原则。**评价指标的选取要考虑所选指标的可度量性、可比性、易得性和常用性等。这样所选的指标才是有效的,才具有可操作性。

**2.3.1.4 整体性原则。**土地生态安全是受多因素影响的复杂系统,因此土地安全系统是一个有机的整体,评价指标应该真实反映系统的整体性。

**2.3.1.5 层次性原则。**为了较完整地描述和反映系统的整体,需要将系统分解成相互关联的多个层次。指标体系通常根据这个层次结构而设定。在选择评价指标的时候,必须使评价目标和评价指标有机地联系起来,组成一个层次分明的整体,这样才能保证评价结果的真实性和可靠性。

**2.3.2 构建评价指标体系。**土地作为一种复杂的生态系统,同时具有自然属性和社会属性。因此对土地生态安全进行评价时,需要构建一个能够反映这 2 个属性的评价指标体系,即土地生态安全评价系统应是区域社会、经济、资源与环境协调发展的评价指标体系。由于我国土地类型众多,各区域经济社会发展水平差异大,生态环境问题不尽相同等众多因素,我国土地生态安全的评价指标体系也相应较多,并且对于各指标所赋予的权重也有较大差异。因此,如何遵循上述原则科学有效地选取评价指标,组成一个科学有效的评价指标体系,是一项探索性很强的工作。

研究根据上述 5 项原则,结合东营市土地生态环境现状和经济、社会发展水平,参考国内评价指标体系的设计,建立了东营市土地生态安全评价指标体系。东营市土地生态安全评价指标体系是一个由目标层、准则层、子准则层和指标层构成的层次结构。东营市土地生态安全评价需要选择描述性指标和评估性指标,使其在时间尺度上反映变化趋势,在空间尺度上反映结构特征,在数量上反映影响程度。该指标体系与层次结构如表 1 所示。

表 1 东营市土地生态安全评价体系

Table 1 The evaluating index system of land ecological safety in Dongying City

目标层 Destination layer	准则层 Criterion level		子准则层 Sub-criteria level		指标层 Index layer		标准值 Reference value				
	指标名称 Index name	权重 Weight	指标名称 Index name	权重 Weight	指标名称 Index name	权重 Weight					
土地生态安全 Land ecological security	土地自然生态安全系统 B <sub>1</sub>	0.411 1	土地自然数量 C <sub>1</sub>	0.205 6	人均耕地 D <sub>1</sub> // hm <sup>2</sup> / 人	0.064 2	0.08				
					土地利用率 D <sub>2</sub> // %	0.025 7	90				
	土地社会经济安全系统 B <sub>2</sub>	0.327 8	土地经济投入 C <sub>3</sub>	0.163 9	森林覆盖率 D <sub>3</sub> // %	0.038 5	34				
					林地比例 D <sub>4</sub> // %	0.038 5	25				
					园地比例 D <sub>5</sub> // %	0.025 7	2				
					自然保护区面积比 D <sub>6</sub> // %	0.012 8	15				
					土地自然产出 C <sub>2</sub>	0.205 6	农民人均纯收入 D <sub>7</sub> // 元 / 人	0.044 0	9 000		
					农业总产值 D <sub>8</sub> // 亿元		0.058 7	75			
					土地环境生态安全系统 B <sub>3</sub>	0.261 1	土地环境承载能力 C <sub>5</sub>	0.130 6	粮食总产量 D <sub>9</sub> // 万 t	0.073 4	80
									有效灌溉面积 D <sub>10</sub> // 万 hm <sup>2</sup>	0.029 4	9
									农用薄膜使用数量 D <sub>11</sub> // kg / hm <sup>2</sup>	0.032 8	5
									农药施用 D <sub>12</sub> // t	0.049 2	2107
									施用化肥 D <sub>13</sub> // t	0.049 2	91149
									旱涝保收面积 D <sub>14</sub> // 10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	0.016 4	68.57
									机械化 D <sub>15</sub> // kw	0.016 41	964 424
									土地经济产出 C <sub>4</sub>	0.163 9	人均 GDP D <sub>16</sub> // 元 / 人
	地区生产总值 D <sub>17</sub> // 亿元	0.054 6	1 888								
	土地环境生态安全系统 B <sub>3</sub>	0.261 1	土地环境承载能力 C <sub>5</sub>	0.130 6					城镇化水平 D <sub>18</sub> // %	0.036 4	65
					单位建设用地 GDP D <sub>19</sub> // 万元 / hm <sup>2</sup>	0.036 4	150				
					人均道路面积 D <sub>20</sub> // m <sup>2</sup> / 人	0.018 7	30				
					人口密度 D <sub>21</sub> // 人 / km <sup>2</sup>	0.037 3	400				
					人均工业废水排放总量 D <sub>22</sub> // t / 人	0.028 0	15				
					人均工业废气排放总量 D <sub>23</sub> // 标准干 // m <sup>3</sup> / 人	0.028 0	0.002 54				
					人均工业 SO <sub>2</sub> 排放量 D <sub>24</sub> // m <sup>3</sup> / 人	0.018 6	0.242 7				
					土地环境整治能力 C <sub>6</sub>	0.130 6	人均工业废水排放达标量 D <sub>25</sub> // t / 人	0.029 0	15		
					工业固体废弃物处理比例 D <sub>26</sub> // %		0.043 5	100			
					土地环境生态安全系统 B <sub>3</sub>	0.261 1	土地环境承载能力 C <sub>5</sub>	0.130 6	人均污染治理使用资金 D <sub>27</sub> // 元 / 人	0.043 5	60
	饮用水达标率 D <sub>28</sub> // %	0.014 5	100								

**2.3.3 确定指标权重。**因为每个指标对区域土地生态安全影响的大小(即每个指标的权重)不一样,同时同一个指标对不同区域的土地生态安全影响大小也不尽相同,所以各个指标的权重的确定是一件困难的事情。研究将层次分析法

(AHP)和德尔斐法(Delphi method)结合起来,从而实现了确定各因素的权重。确定指标权重的主要过程是:①首先请多名有关专家对各层指标的相对重要性进行两两比较、判断,然后在汇总了专家评价结果的基础上,计算分值;②按层

次分析法原理和指标评价体系,可以得到评价指标的相对重要性判断矩阵;③通过判断矩阵的计算,对所得指标权重进行逐层递加,从而得到各层次的权重。东营市土地生态安全评价指标权重如表 1 所示。

**2.3.4 土地生态安全评价指标的安全指数确定。**因为所构建的土地生态安全评价指标的纲量不尽相同,所以需要对各指标的数据进行标准化,才能进行逐级加权求和,从而确定土地生态安全指数。研究采用以下方法来计算土地资源各指标的安全指数:①安全趋向性为正向(即越大越安全)。如以“安全”为标准值(S),且实际值 $X \geq S$ 则安全指数为 1;否则,安全指数就为 $X/S$ 。如以“不安全”为标准值,且 $X \leq S$ 安全指数就为 0;否则,安全指数就为 $1 - S/X$ 。②安全趋向性为逆向(即越小越安全)。如以“安全”为标准值,且 $X \leq S$ 则安全指数为 1;否则,安全指数为 $X/S$ 。如以“不安全”为标准值,且 $X \geq S$ 则安全指数为 0;否则安全指数为 $1 - S/X$ 。

标准值(S)的选取是评价指标安全指数确定的前提。研究根据相关学者的研究成果<sup>[4-8]</sup>、《国家生态园林城市标准(暂行)》与《东营生态市建设规划(2003-2020)》中的相关建设指标,结合东营市的实际情况,综合考虑形成了东营市土地生态安全评价指标的标准值(表 1)。

**3 结果与分析**

**3.1 土地生态安全变化趋势** 由图 1 可知,研究期间东营市土地生态安全逐渐增强,其评价分值由 2003 年的 0.669 3 增加到 2008 年的 0.797 6。其中,土地自然安全指数和土地社会经济安全指数提高较快,分别由 2003 年的 0.275 0 和 0.192 7 增加的 2008 年的 0.331 2 和 0.257 4;而土地环境生态安全指数提高较慢,评价分值由 2003 年的 0.201 6 增加的 2008 年的 0.209 0。究其原因,其中土地自然生态安全指数逐年提高主要与土地利用、森林覆盖率、农民人均纯收入、

农业总产值和粮食总产量这些指标逐年提高有关;土地社会经济安全指数提高较快主要与年末全市农业机械总动力、人均 GDP、地区生产总值、城镇化水平、单位建设用地 GDP 等指标的快速增长有关。土地环境生态安全指数是先降后升,这主要与人均工业烟尘排放量、人均工业 SO<sub>2</sub> 排放量、人均污染治理施用资金等指标先增后减,以及人均工业废水排放总量逐年增加有关。

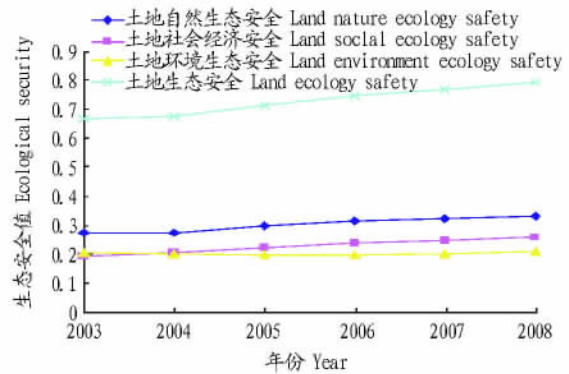


图 1 2003 ~ 2008 年东营市土地生态安全变化趋势

Fig. 1 Land ecological security variation trends in Dongying City from 2003 to 2008

**3.2 土地生态安全评价** 由表 2 可知,东营市的土地生态安全逐渐增强,其评价分值由 2003 年的 0.669 3 增加到 2008 年的 0.797 6,土地生态安全指数由等级 III 提高到等级 IV,即由土地生态安全的一般状态改善到良好状态。自从《东营生态市建设规划(2003-2020)》(以下简称《规划》)实施以来,东营市投入大量人力、物力、财力改善生态环境,试图把东营市建设成为以生态产业为主体的卓越的生态城市。自从《规划》实施以来,东营市土地生态安全由一般状态改善到良好状态,这表明《规划》实施取得了一定的成果。

表 2 土地生态安全标准综合评判<sup>[5-6]</sup>

Table 2 Land comprehensive evaluation of ecological safety standards

区间 Segment	等级 Degree	表征状况 State	特征 Characteristics
< 0.4	I	恶劣	土地生态系统功能几乎崩溃,生态过程很难逆转;生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,功能散失,生态环境功能恢复与重建很困难;生态环境问题极为严重,并经常演变成生态环境灾害
0.4 ~ 0.6	II	较差	土地生态系统服务功能严重退化;生态环境受到较大破坏,生态系统结构破坏较大,功能退化不全,受外界干扰恢复困难,生态环境问题较严重,生态环境灾害较多
0.6 ~ 0.7	III	一般	土地生态系统服务功能开始退化;生态环境受到一定破坏,生态系统结构有变化,但尚可维持基本的功能,受外界干扰易恶化,生态环境问题显著,生态环境灾害时有发生
0.7 ~ 0.9	IV	良好	土地生态系统服务功能较为完善;生态环境受到较少破坏,生态系统结构尚完善,功能尚好,受外界干扰后一般可恢复,生态环境灾害不大
> 0.9	V	理想	土地生态系统服务功能完善;生态环境基本未受到破坏,生态系统结构尚完善,功能性强,系统恢复再生能力强,生态环境问题不显著,生态环境灾害较少

**3.3 东营市土地生态安全分析** 城市土地生态安全状况的变化与自然地理环境、土地利用变化、经济发展、人口的增加均有着密切的关系。东营市所处的黄河三角洲区域自然灾害频繁,土地盐渍化严重,生态系统脆弱。东营市同时又是我国第二大油田胜利油田所在地,石油大量开采、社会经济快速发展与生态系统保护矛盾突出。石油工业是造成东营市生态环境恶化的主要因素,长期以来的石油开采、各种大型化工厂和发电厂的建设以及耕地盐渍化等都导致环境污

染加剧,油田所在区域生态系统服务功能已经严重退化。

城市赖以生存发展的石油资源的开发导致工矿用地面积大幅上涨,这是石油资源型城市土地利用具有的独特性<sup>[9]</sup>。2003 ~ 2008 年,东营市土地利用发生了较大变化,总体趋势是耕地、牧草地和未利用地的减少,林地、园地、其他农用地和建设用地的增加<sup>[1]</sup>。其中最明显的是建设用地的快速增加;居民点及工矿用地由 2003 年的 60877 hm<sup>2</sup> 增加

(下转第 11212 页)

不均匀度。

测试条件: 谷物玉米, 对比样本量 30, 初始平均含水率 18% 波动区间为 16% ~ 25% 热风温度 90 ~ 120 °C; 测试手段: 单个样本为 10 t 玉米, 记录初始含水率, 将单个样本以 5 t 为单位分 2 批次进行干燥, 分别采用智能控制和人工控制, 采集出口谷物含水率, 并计算期望  $E$  和方差  $\delta$  结果见图 5。

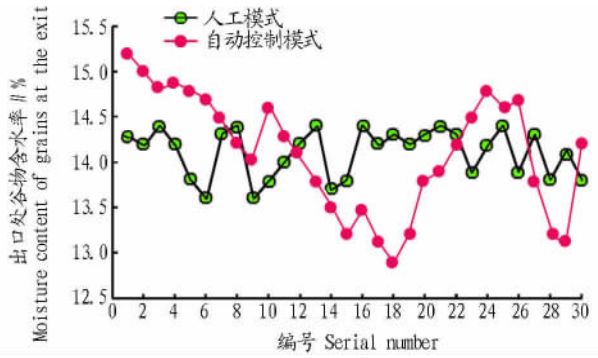


图 5 期望值对比

Fig. 5 Comparison of expectation value

测试结果表明, 智能控制效果明显优于人工控制, 出口处谷物平均含水率  $E$  控制在  $(14 \pm 0.4)\%$  内; 不均匀度  $\delta$  不超过 1%。

#### 4 结语

谷物干燥在粮食生产中占有重要地位, 对干燥后品质如爆腰率、裂纹率、破碎率等均有严格要求, 该研究设计的干燥机智能控制系统能高精度实时控制谷物的含水率, 进而有效提高干燥后谷物的品质。同时系统测试表明 Elman 神经网络和自适应粒子群优化算法在对谷物干燥过程的建模和控制变量寻优时是有效策略之一。系统的研发对提升谷物干燥机控制系统的智能水平具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 方建军, 曹崇文. 利用神经网络建立谷物干燥模型[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(6): 35.
- [2] 王士军, 毛志怀. 连续流粮食干燥控制系统变量分析与结构设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 116-117.
- [3] 张吉礼, 陆亚俊, 刘辉, 等. 谷物干燥过程参数在线检测与智能预测控制[J]. 农业机械学报, 2003, 34(2): 52-53.
- [4] 田雨波. 混合神经网络技术[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [5] 潘咏金, 孙德龙, 夏秀峰. C8051F 单片机应用解析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.

(上接第 11197 页)

到 2008 年的 70 846  $\text{hm}^2$ , 年均增长率为 3.08%; 交通运输用地由 2003 年的 8 559  $\text{hm}^2$  增加到 2008 年的 9 253  $\text{hm}^2$ , 年均增长率为 1.57%; 建设用地规模激增、人口的聚集规模大、胜利油田生产开发比较集中, 给东营市的生态环境产生了巨大压力<sup>[9]</sup>。

#### 4 结语

研究运用层次分析法构建了东营市土地生态安全评价指标体系, 对 2003 ~ 2008 年东营市的土地生态安全进行评价。结果表明, 东营市土地生态安全的一般状态改善到良好状态, 土地自然安全和土地社会经济安全指数提高较快, 而土地环境生态安全指数提高较慢; 土地利用、森林覆盖率、农民人均纯收入、农业总产值和粮食总产量等指标的逐年提高使得东营市土地自然安全指数的逐年提高; 年末全市农业机械总动力、人均 GDP、地区生产总值、城镇化水平、单位建设用地 GDP 等指标的快速增长使得土地社会经济安全指数提高较快; 人均工业烟尘排放量、人均工业  $\text{SO}_2$  排放量、人均污染治理施用资金等指标先增后减, 以及人均工业废水排放总量逐年增加使得土地环境生态安全指数是先降后升、提高缓慢。结合评价指标进行分析可知, 人口增长、经济快速发展、城市扩张、土地利用变化和石油开采给东营市脆弱的生

态环境带来了巨大压力。虽然自《规划》实施以来, 东营市的生态环境得到了一定的改善, 但是现状仍不容乐观。东营市应进一步加强石油污染防治, 严格控制污染物排放, 积极开展石油开采区生态环境的保护与生态重建, 实现“生态建设产业化, 产业发展生态化”, 以保护生态环境健康发展, 提高生态环境的服务能力, 进而建立适合黄河三角洲可持续发展模式<sup>[9]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 徐超平. 资源型城市土地利用变化及生态安全研究——以东营市为例[D]. 广州: 广州地球化学研究所, 2010.
- [2] 韦仕川, 冯科, 邢云峰, 等. 资源型城市土地利用变化及生态安全数字模拟[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 65.
- [3] 吴未, 谢嗣频. 中国土地生态安全评价研究进展与展望[J]. 河北农业科学, 2010, 14(5): 99-102.
- [4] 刘红, 王慧, 张兴卫. 生态安全评价研究述评[J]. 生态学杂志, 2006, 25(1): 74-78.
- [5] 曾海燕. 经济快速发展地区土地利用变化及生态安全评价——以芜湖市为例[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2007.
- [6] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全评价指标与标准研究[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(1): 70.
- [7] 谢花林, 李波. 城市生态安全评价指标体系与评价方法研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(5): 705-710.
- [8] 郭斌, 任志远. 城市土地利用变化与生态安全动态测评[J]. 城市规划, 2010(2): 25-29.
- [9] 韦仕川, 吴次芳, 杨杨, 等. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究——以东营市为例[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 187-189.