资源与环境综合承载力分析

——以银川滨河新区总体规划为例

王 敏

(沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110167)

摘要: 从自然、经济、社会环境承载力3个方面构建资源与环境承载力评价指标体系, 利用层次分析法和相对比较法, 确定指标体系的权重; 利用模糊综合评价法和关联分析法, 计算评价体系中各指标的承载力指数, 最后, 得出环境承载力指数, 此外, 对自然、经济和社会环境承载力之间的协调度进行分析。结果表明: 伴随着区域发展模式的优化调整, 银川滨河新区资源与环境承载力指数呈上升趋势, 区域环境承载能力逐步增强, 各承载力系统之间属于良好协调状态, 自然、经济、社会环境系统呈良性循环的可持续发展态势。

关键词: 资源与环境; 承载力; 指标体系

中图分类号: X24

文献标志码: A

DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2016.06.008

Comprehensive Bearing Capacity of Resource and Environment in Riverfront District of Yinchuan

Wang Min

(Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110167, China)

Abstract: In this paper, an evaluation index system of comprehensive bearing capacity of resource and environment was established from the aspects of natural, economic and social environmental bearing capacities. Weight of the index system was determined by use of AHP and relative comparison method. Bearing capacity index of each indicator in the evaluation system was calculated by application of fuzzy comprehensive evaluation and association analysis. Then, environmental bearing capacity index was obtained. In addition, the coordination degree between natural, economic and social environmental bearing capacities was analyzed. The results showed that with optimization and adjustment of the regional development pattern, the bearing capacity index of resource and environment in Riverfront District of Yinchuan appeared with a rising trend. The regional environmental bearing capacities were enhanced gradually with the bearing capacity systems in good coordination conditions. Natural, economic and social environment systems showed a sustainability tendency in a virtuous cycle.

Keywords: Resource and Environment; Bearing Capacity; Index System

CLC number: X24

银川滨河新区位于宁夏中东部、银川市东南部、灵武市北部, 西距银川市17 km, 南距灵武市36 km, 其依托银川市, 沿黄河两岸发展。规划包括“临空经济区、国际商贸区、新兴产业区和生态休闲区”四大板块, 规划区总面积约275 km²。至2017年, 新区规划总人口20万, 常住人口14万, GDP超过400亿; 至2030年, 总人口达50万, 常住人口35万, GDP超过1 280亿。规划期限: 近期2013~2017年,

远期2018~2030年。

文章参考《开发区区域规划环评技术导则》(HJ/T131-2003)、《规划环评技术导则》(HJ130-2014)中制定的一般性评价指标集, 兼顾指标方便选取和具有区域代表性的原则, 构建资源与环境承载力评价指标体系, 从自然环境承载力、经济环境承载力、社会环境承载力3方面对银川滨河新区的资源与环境承载力进行评价。

收稿日期: 2016-01-06

作者简介: 王 敏 (1977-), 女, 硕士。研究方向: 规划环评、环境规划。

1 评价指标体系的建立与量化方法

1.1 建立评价指标体系

将滨河新区区域的可持续发展作为目标层,并针对目标层进行分解,得到不同准则层,最后,针对不同准则层设计指标。具体方法如下:

综合指标体系由目标层:区域综合环境承载力(A),准则层(B)、领域层(C)、指标层(D)4个层次构成:准则层B包括自然环境承载力(B₁)、经济环境承载力(B₂)、社会环境承载力(B₃)3个子系统;领域层C包括自然资源与能源指数(C₁)、环境容量指数(C₂)、污染控制指数

(C₃)、资源节约利用指数(C₄)、经济效益指数(C₅)、生活适宜度指数(C₆)、环境管理指数(C₇)7个指标;指标层D为28个可量化的区域环境承载力评价指标。

1.2 确定指标权重的方法

将相对比较法与层次分析法^[1-3]相结合,构造各指标的成对比较矩阵,通过咨询环保、规划、经济方面的专家,对各指标的重要性进行打分,利用层次分析法计算各指标的权重。相对重要性通常由Saaty1-9值法决定, Saaty1-9值方法,见表1。

表1 Saaty的1-9值

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有相同重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若因素1与因素2的重要性之比为 a_{ij} ,那么因素2与因素1的重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

1.3 各指标环境承载力指数计算

在汤金来等^[4-6]关于承载力量化研究成果的基础上,运用模糊综合评判法和关联分析法相结合的方法,计算各指标环境承载力指数。根据不同的指标类型,采用不同的函数确定其指数。具体方法如下:

(1) “效益型”指标的函数关系式:

$$C_i = \begin{cases} 1 & (P_i \geq P_{i\max}) \\ \frac{P_i - P_{i\min}}{P_{i\max} - P_{i\min}} & (P_{i\min} < P_i < P_{i\max}) \\ 0 & (P_i \leq P_{i\min}) \end{cases}$$

其中, C_i : 第*i*项指标环境承载力; P_i : 第*i*项指标实际值; $P_{i\max}$: 第*i*项指标的最高值; $P_{i\min}$: 第*i*项指标的最低值。

该指标为属性值越大越好的指标,当指标实际值达到理想值或超过理想值时,该指标环境承载力的指数达到最大值1;当指标实际值向最低标准方向接近或超过最低标准值时,指标环境承载力指数为最小值0。

(2) “成本型”指标的函数关系式:

$$C_i = \begin{cases} 1 & (P_i \leq P_{i\min}) \\ \frac{P_{i\max} - P_i}{P_{i\max} - P_{i\min}} & (P_{i\min} < P_i < P_{i\max}) \\ 0 & (P_i \geq P_{i\max}) \end{cases}$$

其中, C_i : 第*i*项指标环境承载力; P_i : 第*i*项指标实际值; $P_{i\max}$: 第*i*项指标的最高值; $P_{i\min}$: 第*i*项指标的最低值。

当指标实际值向理想方向达到或低于理想值时,该指标环境承载力指数达到最大值;当指标实际值向最低标准方向接近或超过最低标准值时,指标环境承载力指数为最小值。

(3) “指数”关系型指标:

$$C_i = \begin{cases} 1 & (P_i \leq P_1) \\ \left(\frac{P_i}{P_1}\right)^{\frac{1}{P_1}} & (P_i > P_1) \end{cases}$$

其中, C_i : 第*i*项指标环境承载力; P_i : 第*i*项指标实际值; P_1 : 第*i*项指标的最优值。

当指标值劣于或等于目标理想值时, 其指标环境承载力指数达到最大值1, 当指标值高于目标理想值时, 其指标的环境承载力指数以指数的增长方式递减, 直至递减为0。

(4) “剩余承载率”表示的指标:

$$C_i = \begin{cases} 0 & (R_i \geq S_i) \\ 1 - \frac{R_i}{S_i} & (0 < R_i < S_i) \\ 1 & (R_i = 0) \end{cases}$$

其中, C_i : 第*i*项指标环境承载力指数; R_i : 第*i*项指标实际值; S_i : 第*i*项指标的限值标准值。

指标为污染物容量指数, 当指标排放值超过环境容量时, 指标环境承载力指数为0, 当指标值为0时, 指标环境承载力指数为1。

(5) “承载强度”表征的指标:

$$C_i = \begin{cases} 0 & (S_i \leq 0.5D_i) \\ \frac{S_i}{D_i} - \frac{1}{2} & (0.5D_i < S_i < 1.5D_i) \\ 1 & (S_i \geq 1.5D_i) \end{cases}$$

其中, S_i : 资源可供量; D_i : 资源需求量。

采用此种方式建立的函数关系式指标为水资源承载力指数。根据有关研究成果, 当资源供给量低于需求量的1/2时, 资源环境承载力指数为0; 当资源供给量高于1.5倍需求量时, 资源环境承载力指数为1。

1.4 资源与环境综合承载力指数的计算与评价

根据1.2、1.3方法计算出评价指标体系中各指标的环境承载力指数及权重, 采用加权平均法计算资源与环境综合承载力指数, 公式为:

$$D = \sum_{i=1}^N C_i W_i$$

其中, D : 环境承载力指数; C_i : 第*i*项指标环境承载力; W_i : 第*i*项指标的权重。

对各系统评价进行汇总, 数值区间为[0,1], 区间内的环境承载力指数由高到低可划分为4个等级, 用来表示环境承载力的饱和度, 当

环境承载力指数 ≤ 0.2 时, 表示区域的环境承载力已经超饱和, 开发强度过高, 系统处于不可承载状态, 可持续发展水平低; 当 $0.2 < \text{环境承载力指数} \leq 0.6$ 时, 表示区域的环境承载力已经饱和, 需注意控制开发, 系统处于弱承载状态, 可持续发展水平较低; 当 $0.6 < \text{环境承载力指数} \leq 0.8$ 时, 表示区域的环境承载力处于亚饱和, 适宜开发, 系统处于可承载状态, 可持续发展水平处于中等水平; 当 $0.8 < \text{环境承载力指数} \leq 1$ 时, 表示区域的环境承载力处于不饱和状态, 适宜大量开发, 系统处于强承载状态, 可持续发展水平高。

1.5 子系统环境承载力协调度分析

由于资源与环境综合承载力体系是由自然、经济、社会3大子系统环境承载力共同构成, 各承载力系统协调关系在评价中表现为三个子系统环境承载力指数间的相互均衡, 区域环境承载力各子系统环境承载力发展协调度(C)计算公式^[7]如下:

$$C = 1 - \frac{S}{\frac{1}{3}(V_1 + V_2 + V_3)}$$

式中, C : 各子系统环境承载力协调度; S : 标准差; V_1 、 V_2 、 V_3 : 3个子系统承载力指数。

C 值在0~1之间变化, 三者越协调, C 值越接近于1, 三者越不协调, C 值越接近于0。区域环境承载力各子系统之间协调度划分标准见表2。

表2 自然经济社会系统环境承载力协调度划分标准

区间	标准
0~0.2	濒临失调
0.2~0.4	勉强失调
0.4~0.6	一般失调
0.6~0.8	良好失调
0.8~1.0	优质失调

2 银川滨河新区应用实例

2.1 指标体系及权重

按照1.1中的方法选取评价指标, 按照1.2的方法对银川滨河新区进行权重计算, 结果见表3。

表3 银川滨河新区区域环境承载力评价指标体系及权重

目标层	准则层	领域层	指标层	权重
区域 综合 环境 承载力 A	自然环境承载力 B_1 (0.4579)	自然资源与能源指数 C_1 (0.5)	D_1 土地利用适宜度	0.443 4
			D_2 能源消费弹性系数	0.169 2
			D_3 水资源利用强度	0.387 4
		环境容量指数 C_2 (0.5)	D_4 废水 COD 排放总量/t·a ⁻¹	0.250 0
			D_5 废水 NH ₃ -N 排放总量/t·a ⁻¹	0.250 0
			D_6 SO ₂ 排放总量/t·a ⁻¹	0.250 0
			D_7 NO ₂ 排放总量/t·a ⁻¹	0.250 0
			D_8 单位 GDP 废水排放量/t·万元 ⁻¹	0.067 8
			D_9 单位 GDP COD 排放量/kg·万元 ⁻¹	0.166 0
			D_{10} 单位 GDP NH ₃ -N 排放量/kg·万元 ⁻¹	0.166 0
	经济环境承载力 B_2 (0.4161)	污染控制指数 C_3 (0.5)	D_{11} 废水处理达标率/%	0.081 8
			D_{12} 单位 GDP SO ₂ 排放量/kg·万元 ⁻¹	0.144 7
			D_{13} 单位 GDP NO ₂ 排放量/kg·万元 ⁻¹	0.157 8
		资源节约利用指数 C_4 (0.5)	D_{14} 单位 GDP PM ₁₀ 排放量/kg·万元 ⁻¹	0.157 8
			D_{15} 生活垃圾无害化处理率/%	0.058 2
			D_{16} 工业用水循环利用率/%	0.139 1
			D_{17} 再生水回用率/%	0.163 6
			D_{18} 工业固体废物综合利用处置率/%	0.070 4
			D_{19} 单位 GDP 能耗/tec·万元 ⁻¹	0.284 8
			D_{20} 单位 GDP 水耗/t·万元 ⁻¹	0.342 1
	社会环境承载力 B_3 (0.1260)	经济效益指标 C_5 (0.310 8)	D_{21} 人均 GDP/万元·人 ⁻¹	0.500 0
			D_{22} 第三产业占 GDP 比例/%	0.500 0
		生活适宜度指标 C_6 (0.493 4)	D_{23} 建成区绿化覆盖率/%	0.500 0
			D_{24} 城镇人均公共绿地面积/m ²	0.500 0
			D_{25} 建设项目环境影响评价执行率/%	0.236 4
		环境管理指数 C_7 (0.195 8)	D_{26} 建设项目“三同时”执行率/%	0.198 8
			D_{27} 规划环评执行率/%	0.167 2
			D_{28} 公众对城市环境的满意率/%	0.397 6

2.2 指数的计算

环境承载力时，需首先明确指标体系中各指标的

2.2.1 各指标数值的确定及阈值选取原则

计算 数值及其阈值范围。具体数值见表4。

表4 银川滨河新区区域环境承载力评价指标体系及权重

指标层	规划值		标准值		阈值选取原则
	近期 2017a	远期 2030a	最低值	最高值	
土地利用适宜度 / 分	84.5	84.5	40	85	土地利用适宜度等级指标
能源消费弹性系数	0.38	0.38	0.4	1.00	历年全国能源消费弹性系数值
水资源利用强度/×10 ⁸ m ³ ·a ⁻¹	1.71	1.95	0.31	2.56	滨河新区水资源可供给总量
COD 排放总量/×10 ⁴ t·a ⁻¹	0	0	0	2.03	环境容量
NH ₃ -N 排放总量/×10 ⁴ t·a ⁻¹	0	0	0	0.09	环境容量
SO ₂ 排放总量/×10 ⁴ t·a ⁻¹	0.86	1.25	3.65	3.65	环境容量

续表4

指标层	规划值		标准值		阈值选取原则
	近期 2017a	远期 2030a	最低值	最高值	
NO ₂ 排放总量/ $\times 10^4 \text{t}\cdot\text{a}^{-1}$	1.34	1.96	2.06	2.06	环境容量
单位 GDP 废水排放量/ $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$	0	0	0	0	银川滨河新区规划废水零排放
单位 GDP COD 排放量/ $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$	0	0	0	0	银川滨河新区规划废水零排放
单位 GDP NH ₃ -N 排放量/ $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$	0	0	0	0	银川滨河新区规划废水零排放
单位 GDP SO ₂ 排放量/ $\text{kg}\cdot\text{万元}^{-1}$	2.15	0.977	0.2	10	《综合类生态工业园区标准》
单位 GDP NO ₂ 排放量/ $\text{kg}\cdot\text{万元}^{-1}$	3.35	1.53	0.2	10	《综合类生态工业园区标准》
单位 GDP PM ₁₀ 排放量/ $\text{kg}\cdot\text{万元}^{-1}$	0.425	0.195	0.2	10	《综合类生态工业园区标准》
废水处理达标率/%	100	100	80	100	银川滨河新区现状与规划
生活垃圾无害化处理率/%	100	100	85	100	银川滨河新区现状与规划
工业固体废物综合利用处置率/%	100	100	85	100	《综合类生态工业园区标准》
工业用水循环利用率/%	100	100	75	100	《综合类生态工业园区标准》
再生水回用率/%	100	100	0	100	银川滨河新区现状与规划
单位 GDP 能耗/ $\text{tec}\cdot\text{万元}^{-1}$	1.52	0.868	0.5	2.3	《综合类生态工业园区标准》
单位 GDP 水耗/ $\text{m}^3\cdot\text{万元}^{-1}$	52.75	15.23	9	40	《综合类生态工业园区标准》
建成区绿化覆盖率/%	45	48	40	60	《城市园林绿化评价标准》及《国务院关于 加强城市绿化建设的通知》
城镇人均公共绿地面积/ m^2	15	16	9	25	《全国城镇小康生活水平的基本标准》及国 外城市现状
人均 GDP 指数/ $\text{万元}\cdot\text{人}^{-1}$	28.57	36.57	15	50	《综合类生态工业园区标准》
第三产业占 GDP 比重/%	40	42.5	35	60	《生态城市建设标准》
建设项目环境影响评价执行率/%	100	100	80	100	银川滨河新区现状与规划
建设项目“三同时”执行率/%	100	100	90	100	银川滨河新区现状与规划
规划环评执行率/%	100	100	80	100	银川滨河新区现状与规划
公众对城市环境的满意率/%	85	90	75	90	《综合类生态工业园区标准》

2.2.2 各领域层环境承载力指数表 进行承载力指数计算时,需利用实际的区域环境承载状况与理想的区域承载力之间的偏差值来定量描述区域

环境承载情况。银川滨河新区各领域层环境承载力指数见表5。

表5 银川滨河新区各领域层环境承载力指数表

目标层	环境承载力指数		准则层	环境承载力指数		领域层	环境承载力指数	
	2017a	2030a		2017a	2030a		2017a	2030a
区域环境 承载力A	0.708 6	0.811 7	自然环境承载力 B_1	0.796 7	0.795 3	自然资源与能源指数 C_1	0.814 9	0.913 7
						环境容量指数 C_2	0.778 5	0.676 8
			经济环境承载力 B_2	0.706 7	0.919 9	污染控制指数 C_3	0.917 0	0.966 6
						资源节约利用指数 C_4	0.496 4	0.873 2
						经济效益指数 C_5	0.294 0	0.458 0
			社会环境承载力 B_3	0.394 6	0.513 7	生活适宜度指数 C_6	0.312 5	0.419 0
						环境管理指数 C_7	0.761 4	0.841 0

3 计算结果分析

3.1 各子系统环境承载力计算结果分析

3.1.1 自然环境承载力 近期至2017年, 远期至2030年, 自然环境承载力指数分别为0.642 3和0.795 3。其中, 自然资源与能源指数高于环境容量指数。

水资源方面, 对黄河用水指标进行积极调配落实, 同时确保再生水资源100%有效利用, 可达到水资源供水平衡。此外, 需明确各供水设施水源, 积极开展节水型社会建设, 从农业、工业、生活等方面降低水资源消耗; 土地资源方面, 近期现状农林用地基本保留, 不涉及建设用地占用耕地问题, 远期农林用地面积较近期减少79.5 km², 占用这部分农林用地必须依法取得相关用地手续后方可实施建设, 因此, 远期土地利用受到一定制约, 需协调落实远期建设用地指标, 保障远期土地资源, 结合银川市城市总体规划和土地利用总体规划逐步对区域用地规划进行调整。

3.1.2 经济环境承载力 银川滨河新区总体规划近期至2017年, 远期至2030年, 经济环境承载力指数分别为0.706 7和0.919 9。其中, 从各领域层及指标层承载力指数看, 污染控制系数分别为0.917 0和0.966 6。这是由于滨河新区规划废水集中处理率和回用率均达到100%, 废水及污染物“零”排放; 同时, 通过产业结构优化升级、降低能耗水平等方法, 使滨河新区规划近、远期区域大气环境容量均能够承载规划发展需求, 因此2017~2030年污染控制系数变化平稳。

滨河新区主要能源消费为煤和电, 由宁夏自治区提供, 其单位GDP能耗和能源消费弹性系数近期能够满足宁夏能源和节能减排“十二五”规划, 但与全国平均水平还有一定差距。规划近期2017年至远期2030年, 单位GDP能耗由1.52 t标煤/万元下降至0.868 t标煤/万元, 单位GDP水耗由52.75 m³/万元下降至15.23 m³/万元, 因此, 资源节约指数由0.496 4增加至0.873 2。

3.1.3 社会环境承载力 银川滨河新区近期至2017年, 远期至2030年, 社会环境承载力分别为

0.394 6和0.513 7。其中, 经济效益指标分别为0.294 0和0.458 0; 生活适宜度指标为0.312 5和0.419 0; 环境管理指数指标为0.761 4和0.841 0。其主要原因为滨河新区尚处于开发建设阶段, 一些基础设施建设仍不够完善, 从而影响了规划区域环境改善和居民生活质量水平的进一步提高。规划实施后, 将逐步完善现代化城市基础设施系统, 为经济快速发展提供保障和动力, 同时促进社会承载力的提高。

3.2 资源与环境综合承载力计算结果分析

近期规划至2017年, 远期规划至2030年, 银川滨河新区资源与环境综合承载力指数分别为0.741 6和0.811 7。由此可见, 从2017~2030年, 伴随着区域发展模式的优化调整, 银川滨河新区资源与环境综合承载力指数呈上升趋势, 区域环境承载能力逐步增强。利用模糊综合评判法对环境承载力等级进行划分可知, 银川滨河新区资源与环境综合承载力指处于亚饱和状态, 区域开发强度适中, 环境承载力系统处于可承载状态, 区域可持续发展水平为中等水平。

3.3 各子系统环境承载力协调度分析

由1.4中环境协调度计算公式计算银川滨河新区总体规划近期至2017年, 远期至2030年自然、经济、社会环境承载力协调度分别为0.727 7和0.771 3。按照划分标准, 各子系统环境承载力之间属于良好协调状态, 自然、经济、社会环境系统呈良性循环的可持续发展态势。

3.4 综合结论

文章在前人研究成果基础上, 采用相对比较、层次分析、模糊综合评价和关联分析相结合的方法, 从自然、经济、社会环境承载力3个方面构建了综合环境承载力评价指标体系; 并对量化模型的选择, 指标权重、环境承载力指数、环境承载力综合指数的计算方法进行了介绍。

将研究成果应用于银川滨河新区总体规划, 通过计算不同规划时期环境承载力状况, 分析出区域发展中存在的问题、产生的原因及对区域未来发展可能造成的影响, 得出结论: 规划实

(下转第48页)

- 影响[J]. 环境工程学报, 2010(7): 1519-1524
- [35]倪晓荣, 张玉秀, 魏源送, 等. 微波及其组合工艺污泥预处理上清液中碳酸盐对磷回收的影响[J]. 环境工程学报, 2014, 11(4): 4913-4918.
- [36]Yoshino M, Yao M, Tsuno H, et al. Removal and recovery of phosphate and ammonium as struvite from supernatant in anaerobic digestion[J]. Water Sci Technol, 2003, 48(1): 171-178.
- [37]Johnston A E, Richards I R. Effectiveness of different precipitated phosphates as sources of phosphorus for plants[J]. Soil Use and Management, 2003, 19(1): 45-49.
- [38]Stratful I, Scrimshaw M D, Lester J N. Conditions influencing the precipitation of magnesium ammonium phosphate[J]. Water Res, 2001, 35(17): 4191-4199.
- [39]Adnan A, Dastur M, Mavinic D S, et al. Preliminary investigation into factors affecting controlled struvite crystallization at the bench scale[J]. Journal of Environmental Engineering and Science, 2004, 3(3): 195-202.
- [40]Zhang D M, Chen Y X, Jilani G, et al. Optimization of struvite crystallization protocol for pretreating the swine wastewater and its impact on subsequent anaerobic biodegradation of pollutants[J]. Bioresour Technol, 2012, 116: 386-395.
- [41]Ohlinger K P E, Young T, Schroeder E D. Kinetics effects on preferential struvite accumulation in wastewater[J]. J Environ Eng, 1999, 125(8): 730-737.
- [42]Liu Z, Zhao Q, Lee D J, et al. Enhancing phosphorus recovery by a new internal recycle seeding MAP reactor[J]. Bioresour Technol, 2008, 99(14): 6488-6493.
- [43]Shimamura K, Ishikawa H, Tanaka T, et al. Use of a seeder reactor to manage crystal growth in the fluidized bed reactor for phosphorus recovery[J]. Water Environ Res, 2007, 79(4): 406-413.
- [44]Ali M I, Schneider P A. An approach of estimating struvite growth kinetic incorporating thermodynamic and solution chemistry, kinetic and process description[J]. Chemical Engineering Science, 2008, 63(13): 3514-3525.
- [45]Rahaman M S, Mavinic D S. Recovering nutrients from wastewater treatment plants through struvite crystallization: CFD modelling of the hydrodynamics of UBC MAP fluidized-bed crystallizer[J]. Water Sci Technol, 2009, 59(10): 1887-1892.
- [46]Suzuki K, Tanaka Y, Kuroda K, et al. Removal and recovery of phosphorus from swine wastewater by demonstration crystallization reactor and struvite accumulation device[J]. Bioresour Technol, 2007, 98(8): 1573-1578.
- [47]Battistoni P, De Angelis A, Prisciandaro M, et al. P removal from anaerobic supernatants by struvite crystallization: long term validation and process modelling[J]. Water Res, 2002, 36(8): 1927-1938.

(上接第42页)

施虽然会对区域环境质量造成一定程度的影响, 但通过采取适当的环境保护措施, 影响程度可降到最低, 达到可以接受水平。滨河新区规划主要的资源环境制约因素是水资源、土地资源和生态环境, 应抓紧落实供水水源和土地资源, 加强生态环境保护。

参考文献

- [1]张祥娟, 李新, 李秀霞, 等. 用层次分析法建立京杭大运河苏州高新区段水环境承载力指标体系研究[J]. 环境保护与循环经济, 2011(2):

42-44.

- [2]孙晓蓉, 邵超峰. 基于DPSIR模型的天津滨海新区环境风险变化趋势分析[J]. 环境科学研究, 2010, 23(1): 69-73.
- [3]王洪翠, 吴承祯, 洪伟, 等. P-S-R指标体系模型在武夷山风景区生态安全评价中的应用[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(3): 123-126.
- [4]汤金来. 开发区的环境承载力评估研究—以巢湖经济技术开发区为例[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006.
- [5]赵玉强, 张丽君, 宋海宇, 等. 沈阳市浑南新区规划环境影响评价的环境承载力研究[J]. 环境保护科学, 2005, 31(128): 61-63.
- [6]李磊, 贾磊, 赵晓雪, 等. 层次分析-熵值定权法在城市水环境承载力评价中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 4(23): 456-459.
- [7]胥清波. 环境承载力分析在规划环境影响评价中的应用研究—以天津市滨海新区先进制造业产业园区规划环评为例[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.