

区域承载力与海洋产业集聚的动态效应

——以天津市为例

滕欣¹, 徐伟^{1,2}, 董月娥¹, 胡恒¹

(1. 国家海洋技术中心 天津 300112; 2. 中国海洋大学 环境科学与工程学院 青岛 266100)

摘要: 文章首先界定了区域承载力的内涵, 分析了区域承载力与海洋产业集聚的关系, 构建复合系统区域承载力计量模型测算区域承载力, 并选用区位熵测度各海洋产业的集聚水平, 进而运用灰色综合分析和 Pearson 关联模型相结合的方法研究了 2000—2012 年天津区域承载力与海洋产业集聚水平的动态效应。通过研究证实: 初级阶段的海洋产业集聚对区域承载力具有抑制效应, 二者呈负相关关系; 中级阶段和高级阶段的海洋产业集聚对于区域承载力具有刺激效应, 二者呈正相关关系。

关键词: 沿海区域; 复合系统区域承载力; 海洋产业集聚; 灰色综合分析; 动态效应

中图分类号: F207 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9857(2016)01-0027-06

On the Dynamic Effect between Regional Carrying Capacity and Marine Industrial Agglomeration Level: A Case Study of Tianjin

TENG Xin¹, XU Wei^{1,2}, DONG Yue'e¹, HU Heng¹

(1. National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China; 2. College of Environment Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The connotation of regional ecological carrying capacity was defined and the relation between regional carrying capacity and marine industrial agglomeration was analyzed in this paper. A regional carrying capacity measurement model of compound system was then constructed for the quantitative analysis of regional ecological carrying capacity. The agglomeration level of each marine industry was measured by adopting the location quotient. Furthermore, the dynamic effect of regional carrying capacity and marine industrial agglomeration during 2000 to 2012 of Tianjin was studied by utilizing gray comprehensive analysis and Pearson related coefficient. The results showed that the primary stage of the marine industries agglomeration with regional carrying capacity is negative correlation, but with the intermediate stage and advanced stage are positive correlations.

Key words: Coastal area, Ecological carrying capacity of compound systems, Marine industrial agglomeration, Gray comprehensive analysis, dynamic effect

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目子任务“基于生态系统的区划实施效果评价技术与辅助决策系统开发(201505001-5)”; 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放基金项目“海域集约利用评价及潜力预测技术研究(201506)”; 中国海洋发展研究会重点项目“我国新一轮海洋功能区划生态环境目标实施效果评估(CAMAZD201504)”。

作者简介: 滕欣, 助理研究员, 博士, 研究方向为海洋技术经济与海洋资源管理, 电子信箱: tengxinnew@163.com

近年来,随着生态文明建设和沿海区域发展战略的落实,海洋产业发展与生态环境保护越来越受到社会各界的关注,区域承载力与海洋产业集聚的动态关联关系成为研究的热点问题。传统观点认为产业的空间集聚有利于节约资源和保护环境,从而对区域承载力产生积极的影响。但事实并非如此,海洋产业对区域承载力的影响因产业性质和产业集聚水平而异。因此,在海洋产业空间集聚的趋势下,厘清区域承载力与不同特性的海洋产业集聚之间的关系,成为海洋产业转型升级需要着力研究和解决的重要课题。

国内外众多学者对区域承载力和产业集聚进行了研究。国外学者主要侧重于区域承载力的应用研究^[1-3],国内学者则偏向于对区域资源环境承载力的测度评价^[4-5]和具体资源承载力的预警和仿真研究^[6-9]。资源环境承载力测度方法主要有:状态空间法、综合评价指标体系法^[10]、生态足迹法^[11]、相对资源承载力模型^[12]和能值分析法^[13]。资源环境承载力预警和仿真方法主要有:系统动力学^[14]和 BP 神经网络^[15]等。国内外关于区域承载力与产业集聚关系的研究较少,国外研究主要集中在产业发展对环境的影响^[16-19]。国内的研究偏重于资源环境在产业集聚形成过程中发挥的作用^[20]。总体来看,目前学术界在区域承载力和产业集聚方面的研究取得了大量的成果,但有关二者相互关系的理论模型和定量分析方法的研究鲜见,需要进一步探讨。

基于此,文章首先从系统的角度界定了区域承载力的内涵,并运用复合系统区域承载力计量模型测度区域承载力的支撑力指数、压力指数和调控力指数,然后应用区位熵测度各海洋产业集聚度,最后采用灰色综合关联分析和 Pearson 相关系数相结合的方法对区域承载力与海洋产业集聚进行动态响应分析。以期进一步丰富区域承载力与产业发展的研究。

1 区域承载力与产业集聚的动态效应

1.1 区域承载力概念界定

对区域承载力概念的界定,国内外学者和研究机构尚未达成一致意见。目前区域承载力的定义

主要侧重在能力和阈值两个方面^[21],而区域承载力具有系统效应,文章拟从系统效应的角度将区域承载力定义为:由沿海区域支撑力系统、压力系统和调控力系统相互作用、相互影响而形成的区域发展的总体水平,它受沿海区域资源、环境、社会发展水平、人口素质、人口密度、产业结构、投资水平、科技水平以及居民生活质量等多种因素的制约和影响,是资源环境约束下区域发展能力总体水平的集中体现,如图 1 所示。

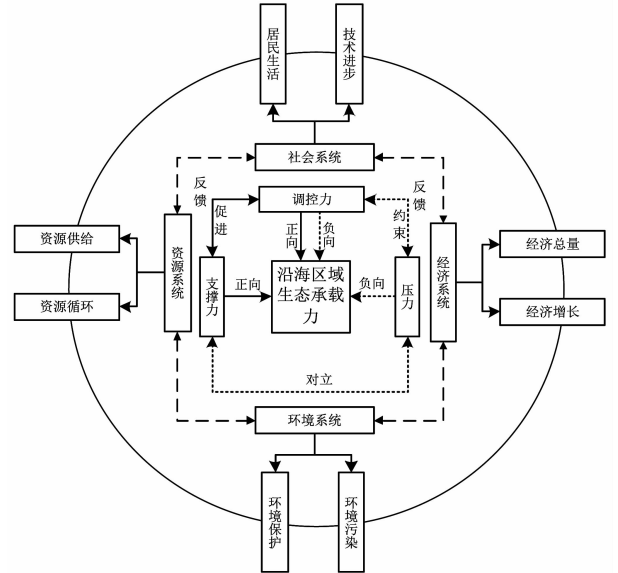


图 1 区域承载力影响因素关联图

1.2 区域承载力与产业集聚水平的关联效应分析

区域承载力与产业集聚水平具有相互影响的动态关系,二者相互间具有促进或抑制作用。将海洋产业集聚的水平按照集聚结构、生产要素、技术水平等要素分为初级、中级和高级 3 个阶段。在产业集聚的初级阶段产业间联系松散、产业链短,企业间关联度低,一般难以形成生态化组织的路径^[22]。到产业集聚的中级阶段,随着产业集聚的不断高级化,产业对区域承载力的负面效应都会因为物质循环、生态效率提高而缓解。进入产业集聚发展的高级阶段,形成循环产业链和复杂的网状资源利用和生产模式,生态效率实现最大化,对区域承载力的抑制作用达到最小。根据海洋产业集聚发展水平与区域承载力之间的关系,可以将区域承载力对应地划分为低承载力、较高承载力和高承载力 3 个阶段,如图 2 所示。

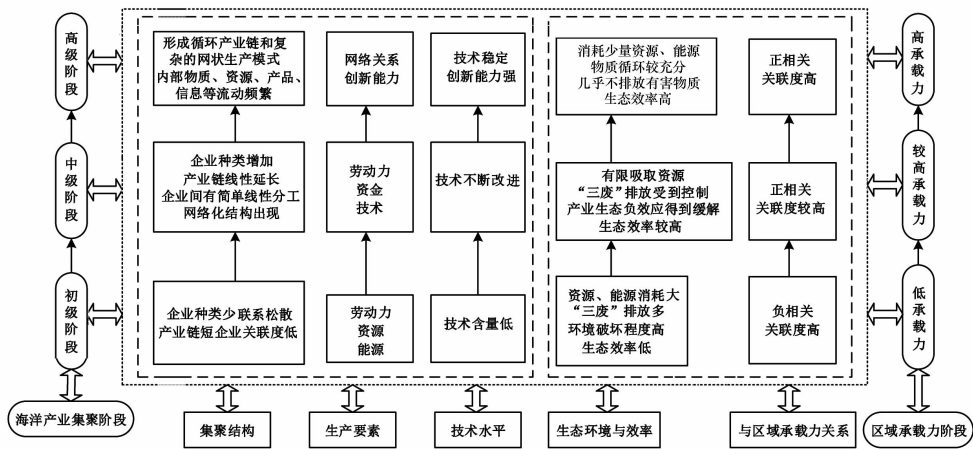


图 2 区域承载力与海洋产业集聚的关联效应

1.3 研究方法

1.3.1 研究方法

运用复合系统区域承载力计量模型测度区域承载力。采用区位熵(LQ)度量海洋产业集聚程度。选用灰色综合关联度分析区域承载力和海洋产业集聚的动态响应关系。区域承载力和海洋产业集聚是两个信息不完备的不确定性系统。关联度数值本身并不是本文研究的关键,而是以此得出各海洋产业与区域承载力关联度大小的排序,从而找出未来海洋产业发展方式转变和产业结构调整的方向与重点。通过 Pearson 相关系数判断区域承载力和海洋产业集聚的关联方向。

1.3.2 测度模型构建

(1) 复合系统区域承载力计量模型。基于承载力的定义和内涵,区域承载力受资源环境、人口经济发展和政府、社会的干涉和系统的自主调节 3 方面的影响,所以复合系统区域承载力指数 F 是支撑力指数 S 、压力指数 P 、调控力指数 A 的函数,即:

$$F = f_{S,P,A} \tag{1}$$

将区域承载力与压力之间的关系设定为指数的倒数关系,即区域承载力随压力的增大而呈指数减小,并且随着其增加对区域承载力的影响逐渐强化;将区域承载力与调控力之间的关系设置为对数关系,即区域承载力随调控力的增加而呈对数增加,并且随着其增长对区域承载力的影响力逐渐减弱,复合系统区域承载力计量模型如下:

$$F = Se^{(-P)} + \ln(A + 1) \tag{2}$$

式中: F 为沿海区域复合系统区域承载力指数; S 为沿海区域支撑力指数; P 为沿海区域压力指数; A 为沿海区域调控力指数。

(2) 海洋产业区位熵的测量。区位熵是产业的效率与效益分析的定量工具,是一种较为普遍的集群识别方法,是用来衡量某一产业的某一方面,在特定区域的相对集中程度,公式如下:

$$L_Q = (E_i/E)/(N_i/N) \tag{3}$$

式中: E_i 为研究区域中第 i 种经济活动水平,采用沿海区域各海洋产业产值; E 为研究区域总经济活动水平,采用区域海洋产业总产值; N_i 为上个层次整个区域经济活动水平,采用全国各海洋产业产值; N 为上一层总体经济活动水平,采用全国海洋产业总产值。若 $L_Q > 1$,则说明研究区域该产业集群形成,其值的增大反映区域产业集聚程度的升高。

(3) 区域承载力与海洋产业集聚综合关联模型。灰色关联度的基本思想是根据序列曲线几何形状来判断不同序列之间的联系是否紧密。基于邓聚龙教授提出的灰色系统理论,参考现有研究灰色关联度的实证模型,本文设定区域承载力为系统特征母序列,记为 X_0 ,各海洋产业区位熵代表产业集聚度作为相关因素序列,记为 X_i 。灰色综合关联度既体现了序列 X_0 与 X_i 的相似程度,又反映出 X_0 与 X_i 相对于始点的变化速率的接近程度,是较为全面地表征序列之间是否联系紧密的一个数量指标。

$$\rho_{oi} = \alpha \epsilon_{oi} + (1 - \alpha)r_{oi} \tag{4}$$

式中： ϵ_{0i} 为灰色绝对关联度； r_{0i} 为灰色相对关联度； α 为待辨参数，可取 $\alpha = 0.5$ ，表示对绝对量和变化速率同等关注。

(4) Pearson 相关系数。Pearson 相关系数 r 适用于评价两个连续变量是否线性相关， r 介于 -1 和 $+1$ 之间。 $|r|$ 越接近 1，说明线性关系越强。当 $r > 0$ 时，两个连续变量是正向的关系；当 $r < 0$ 时，两个连续变量是负向关系； $r = 0$ 时，两个连续变量线性无关 r 。

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right]\left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]}}$$

(5)

式中： x 为区域承载力； y 为海洋产业集聚程度； r 为 Pearson 相关系数。

1.3.3 指标体系的构建

区域承载力是一个综合性、系统性的指标体系，涉及资源、环境、经济和人类活动等各个方面。在指标的选取上，首先采用频度统计法、专家咨询法和理论分析法，建立普适性的承载力评价指标体系，然后运用集对分析中的对立度，对指标体系进行定量筛选，对立度反映了实际值与理想值的对立程度，其值的大小可以反映各因素对区域承载力制约程度的高低，最后将评价指标体系分为压力指标、支撑力指标和调控力指标 3 大类。其中，压力指标用于反映社会经济发展对海洋生态环境的压力，主要包括：经济总量、经济增长、经济结构环境污染以及人口等方面的评价指标；支撑力指标主要反映资源对经济发展的承载能力，主要是指海洋资源总量；调控力指标是指政府和社会的干涉和系统的自主调整及适应，包括环境治理、经济发展程度以及技术支持方面的评价指标。共构建了一级指标 3 个，二级指标 8 个，三级指标 20 个，整个指标体系如表 1 所示。

1.3.4 数据标准化与权重确定

结合选择指标及其属性，应用离差标准化法对指标进行标准化处理，当指标为正向指标时， $x'_{ij} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min})$ ，当指标为负向指标时， $x'_{ij} = (x_{ij} - x_{j\max}) / (x_{j\min} - x_{j\max})$ ，其中 x'_{ij} 为指标

标准化值， $x_{j\min}$ 、 $x_{j\max}$ 分别为指标的最大值和最小值。各指标的权重采用熵权法进行确定(见表 1)。

表 1 区域承载力指标及权重

一级指标	二级指标	三级指标	权重
压力指标	经济发展	沿海区域人均 GDP/元	0.049 3
		沿海区域 GDP 增长速率/%	0.041 7
		海洋 GDP/亿元	0.047 0
		人均海洋 GDP/万元	0.044 9
		固定资产投资/亿元	0.055 9
	环境污染	工业废水排放总量/万 t	0.047 8
		直接排入海的废水/万 t	0.040 8
		工业废水中氨氮排放量/t	0.044 1
		工业废水中 COD 排放量/t	0.039 7
		万元 GDP 废水排放量/t	0.043 4
支撑力指标	人口规模	沿海区域人口密度/人/m ²	0.043 5
		沿海区域人口增长率/%	0.043 5
	资源供给	盐田总面积/hm ²	0.043 9
		海洋盐业产量/万 t	0.049 1
		海洋天然气/万 m ³	0.049 6
	环境纳污	工业固体废物处理量/t	0.060 4
		工业固体废弃物综合利用量/万 t	0.047 0
	科技发展	海洋 R&D 经费/亿元	0.109 1
	居民生活	沿海区域人均可支配收入/元	0.049 1
	产业结构	沿海区域海洋第三产业产值占海洋 GDP 的比重/%	0.050 4

1.3.5 数据来源及预处理

研究采用的数据主要来源于 2001—2013 年《中国海洋统计年鉴》《天津市统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》等。人均数据基于当年人口数据计算，为保证数据连续性和全面性，对于个别缺失数据采用回归替换法进行数据插补。数据预处理包括：由于统计数据统计时间限值和部分中断现象，主要选择海洋产业增加值代替海洋生产总值，增强数据的连续性与完备程度。

2 计算结果与分析

2.1 区域承载力分析

天津是我国重要的沿海城市，对沿海的开发和海洋资源的需求具有代表性。根据上文构建的区域承载力模型，计算 2000—2012 年天津市生态压力

指数(P_1)、支撑力指数(S_1)、调控力指数(A_1)和区域承载力指数(C_1),计算结果如表 2 所示。通过计算可知,从 2000—2012 年天津市复合系统区域承载力指数(C_1)不是一直上升的,经历了先升后降再上升的变化。压力指数(P_1)从 2000 年的 0.210 0 上升到 2012 年的 0.3755。支撑力指数(S_1)呈缓慢下降趋势,调控指数(A_1)上升趋势明显,成为现阶段天津区域承载力持续上升的主要推动力。

表 2 2000—2012 年天津市复合系统区域承载力指数				
年份	P_1	S_1	A_1	C_1
2000	0.210 0	0.093 2	0.071 5	0.144 6
2001	0.195 8	0.073 6	0.052 9	0.112 1
2002	0.203 5	0.065 1	0.072 6	0.123 2
2003	0.229 1	0.037 6	0.118 2	0.141 6
2004	0.241 0	0.047 5	0.059 2	0.094 8
2005	0.285 7	0.030 0	0.050 7	0.072 0
2006	0.253 2	0.051 4	0.067 4	0.105 1
2007	0.259 5	0.080 5	0.086 3	0.144 9
2008	0.282 8	0.063 2	0.102 7	0.145 4
2009	0.297 0	0.051 0	0.118 9	0.150 2
2010	0.372 0	0.047 7	0.213 7	0.226 6
2011	0.375 0	0.035 5	0.220 5	0.223 7
2012	0.375 5	0.034 9	0.230 0	0.231 0

2.2 海洋产业集聚水平分析

分别计算 2012 年天津市海洋渔业、海洋盐业、海洋油气业、海洋船舶工业、海水利用业、海洋化工业和滨海旅游业的区位熵,计算结果如表 3 所示。

表 3 天津市区域承载力与海洋产业集聚水平的关联效应					
海洋产业	2012 年 区位熵	集聚状态	关联方向	综合 关联度	灰关 联序
海洋渔业	0.028 5	未集聚	—	—	—
海洋盐业	2.551 2	中级集聚	正向	0.770 2	2
海洋油气业	8.152 1	高级集聚	正向	0.848 2	1
海洋船舶工业	0.233 5	未集聚	—	—	—
海水利用业	0.855 0	未集聚	—	—	—
海洋交通运输业	0.458 8	未集聚	—	—	—
海洋化工业	1.987 5	初级集聚	负向	0.749 9	4
滨海旅游业	2.225 7	中级集聚	正向	0.753 4	3

对区位熵的计算结果进行静态的分析可以看

出,2012 年形成产业集聚的海洋产业有:海洋盐业、海洋油气业、海洋化工业和滨海旅游业。这 4 个海洋产业在地理上显示出高度集中的特征,但是不同海洋产业的集聚程度也显现出较大的差异,区位熵较大的是海洋油气业达到了 8.152 1,其次为海洋盐业达到了 2.551 2,滨海旅游业和海洋化工业分别为 2.225 7 和 1.987 5。

2.3 二者的动态效应分析

通过上文构建的综合关联模型,计算天津市区域承载力与海洋产业集聚水平的关联度和关联方向,结果如表 3 所示。

海洋化工业集聚度与区域承载力的灰色综合关联度为 0.749 9,但关联方向为负,这说明天津市海洋化工业处于产业集聚的初级阶段,2012 年天津市海洋化工业的区位商为 1.987 5,集聚度不高也验证了海洋化工业处于初级集聚阶段。海洋化工业处于初级集聚阶段与区域承载力呈负向关联关系,说明在现阶段产业条件下,海洋化工业集聚规模越大对区域承载力的抑制性越强。目前条件下,产业集聚带来经济规模扩大,经济收益增加的同时,其对环境的污染,资源的消耗也在成倍的增加,对环境污染大于对环境的保护,对资源的消耗也大于对资源的循环利用。

滨海旅游业与区域承载力的灰色综合关联度为 0.753 4,关联方向为正。考虑到 2012 年天津市滨海旅游业的区位商为 2.225 7,这说明天津市滨海旅游业处于产业集聚的中级阶段,滨海旅游业与区域承载力的关系是正向的。滨海旅游业集聚水平提高可以调节海洋第一产业和第二产业对资源环境的不良影响,海洋第三产业集聚发展也是天津市建设生态城市和实现可持续发展的有效途径,因此大力发展海洋三产,进一步提高集聚水平是实现天津市经济社会可持续发展的重要举措。

海洋盐业、海洋油气业与区域承载力的灰色综合关联度分别为 0.770 2 和 0.848 2,关联方向为正,考虑区位商的大小,判定海洋盐业处于产业集聚的中级阶段,而海洋油气业处于产业集聚的高级阶段。海洋盐业、海洋油气业与区域承载力呈正向相关关系,两产业发展与天津区域承载力相互刺

激,相互促进,说明两产业处于内生增长阶段。通过科技进步推动产业集聚发展,有益于提高沿海区域的区域承载力。

3 结语

本文构建区域承载力与海洋产业集聚水平动态效应测度模型,运用复合系统区域承载力指数和区位熵,结合灰色综合关联度模型和 Pearson 相关系数,对天津市的区域承载力和产业集聚水平进行了测度和分析。计算结果表明,天津市海洋化工业处于初级集聚阶段,与沿海区域生态承载力呈负向关联关系,在现阶段产业条件下,海洋化工业集聚规模越大对区域承载力的抑制性越强。滨海旅游业处于产业集聚的中级阶段,滨海旅游业与区域承载力的关系是正向的。滨海旅游业集聚水平提高可以调节海洋第一、二产业对资源环境的不良影响。

海洋盐业处于产业集聚的中级阶段,而海洋油气业处于产业集聚的高级阶段。海洋盐业、海洋油气业与区域承载力均呈正向相关关系,两产业发展与天津区域承载力相互刺激,相互促进,产业处于内生增长阶段。通过科技进步推动产业的集聚发展,有益于提高沿海区域的区域承载力。计算结果与天津市海洋产业的实际发展水平相吻合。

参考文献

- [1] JUNGHO N, WONKEUN C, DAESEOK K. Carrying capacity of an uninhabited island off the southwestern coast of Korea [J]. *Ecological Modeling*, 2010, 221(17): 2102—2107.
- [2] HAN Hongyan, LI Keoang, WANG Xiulin, et al. Environmental capacity of nitrogen and phosphorus pollutions in Jiaozhou Bay, China: Modeling and assessing [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, 63(12): 262—266.
- [3] RIBEIRO M F, FERREIRA J C, SILVA C P. The sustainable carrying capacity as a tool for environmental beach management [J]. *Journal of Coastal Research*, 2011(64): 1411—1414.
- [4] 毛汉英, 余丹林. 环渤海地区区域承载力研究[J]. *地理学报*, 2001, 56(3): 363—371.
- [5] 邓宗成, 孙英兰, 周皓, 等. 沿海地区海洋生态环境承载力量化研究: 以青岛市为例[J]. *海洋环境科学*, 2009, 28(4): 438—441, 459.
- [6] 董成森, 陈端吕, 董明辉, 等. 武陵源风景区区域承载力预警[J]. *生态学报*, 2007, 27(11): 4766—4776.
- [7] QUICOY A R, BRIONES N D. Beach carrying capacity assessment of coastal ecotourism in Calatagan, Batangas, Philippines [J]. *Journal of Environmental Science and Management*, 2009, 12(2): 11—27.
- [8] 刘树锋, 陈俊合. 基于神经网络理论的水资源承载力研究[J]. *资源科学*, 2007, 29(1): 99—105.
- [9] 卢超, 王蕾娜, 张东山, 等. 水资源承载力约束下小城镇经济发展的系统动力学仿真[J]. *资源科学*, 2011, 33(8): 1498—1504.
- [10] 郭娜, 王伯铎, 崔晨, 等. 榆林市生态环境承载力评价分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(3): 104—107.
- [11] 刘子刚, 郑瑜. 基于生态足迹法的区域水区域承载力研究: 以浙江省湖州市为例[J]. *资源科学*, 2011, 33(6): 1083—1088.
- [12] 傅鼎, 宋世杰. 基于相对资源承载力的青岛市主体功能区划[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(4): 148—152.
- [13] DANG Xiaohu, LIU Guobin. Emergency measures of carrying capacity and sustainability of a target region for an ecological restoration program: A case study in Loess Hilly Region, China [J]. *Journal of Environmental Management*, 2012, 102(5): 55—64.
- [14] 王俭, 李雪亮, 李法云, 等. 基于系统动力学的辽宁省水环境承载力模拟与预测[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(9): 2233—2240.
- [15] 郭晶, 何广顺, 赵昕. 因子分析—BP 神经网络整合方法的沿海地区环境承载力预测[J]. *海洋环境科学*, 2011(5): 707—710.
- [16] SEPPALA J, KOSKELA S, MELANEN M. The Finnish metals industry and the environment [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2002, 35(1): 61—76.
- [17] CHU Bo, ZHANG Hua, JIN Fengjun. Identification and comparison of aircraft industry clusters in China and united States [J]. *Chinese Geographical Science*, 2010, 20(5): 471—480.
- [18] ANBUMOZHI V, GUNJIMA T, ANANTH A. An assessment of inter-firm networks in a wood biomass industrial cluster: lessons for integrated policymaking [J]. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2010, 12(4): 365—372.
- [19] 冯薇. 产业集聚与生态工业园的建设[J]. *中国人口·资源与环境*, 2006, 16(3): 51—55.
- [20] HUANG Lei, WAN Wenbo, LI Fengying. A two-scale system to identify environmental risk of chemical industry clusters [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, 186(1): 247—255.
- [21] 简雪芹, 方创琳. 城市群地区产业集聚的生态环境效应研究进展[J]. *地理科学进展*, 2008, 27(3): 110—118.
- [22] 刘思峰, 党耀国, 方志耕等. 灰色系统理论及其应用[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2010: 73—85.