

生态化工产业发展影响因素分析

——以山东省化工行业为例

王 政, 黄耀国, 罗公利
(青岛科技大学化工学院, 山东 青岛 266042)

摘要: 在收集和分析对生态工业发展研究的文献基础上, 将影响生态化工产业发展的因素归纳为3大因素: 直接因素、间接因素和机制性因素, 6个二级指标, 分别是自然因素、经济因素、技术因素、产业因素、社会因素、政策法规, 同时针对全国第一化工大省山东省不同类型、不同地域的11家化工企业进行了实地调研, 并对问卷调研数据进行了基于SPSS软件的克隆巴哈 α 系数的信度分析以及主成分分析, 结果表明问卷具有良好的信度, 并按各二级指标中所含因素的重要程度确定了影响生态化工产业发展的12个主要因素, 在此基础上提出了化工产业生态化发展的建议, 为化工产业生态化建设提供相应的理论支撑。

关键词: 生态化工产业; 影响因素; 主成分分析; 生态文明

中图分类号: X324

文献标志码: A

Analysis of Influential Factors in Ecological Chemical Industrial Development

—— Taking the Chemical Industry in Shandong Province as an Example

Wang Zheng, Huang Yaoguo, Luo Gongli
(College of Chemical Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: In this paper, on the basis of collection and analysis of the literatures related to researches of ecological industrial development, 3 key factors and 6 secondary indicators influencing the development of ecological chemical engineering industry are concluded. The key factors include direct factors, indirect factors and institutional factors. The secondary indicators consist of natural factors, economic factors, technical factors, industrial factors, social factors and policy and regulation factors. Simultaneously, field investigations are conducted in 11 chemical enterprises of different types in different areas of Shandong Province which is ranked as the first chemical engineering province in China. Then, reliability analysis and principal component analysis are conducted towards the questionnaires by use of Cronbach's coefficient based on SPSS software. The results show that reliability of the questionnaire is good and 12 main influential factors in ecological chemical industrial development are identified according to the significance level of the factors contained in the secondary indicators. Therefore, suggestions of eco-development of chemical engineering industry are proposed, providing a theoretical support to ecological construction of the chemical engineering industry.

产业是城市经济活动的重要组成部分, 同时也是影响城市社会发展和环境质量的重要因素, 生态产业是城市现代工业发展模式的必然选择, 是生态文明建设的一个重要组成部分^[1-2]。

近年来, 不少学者对于影响生态产业发展的

因素已作了研究。尹艳冰等^[3]提出影响生态工业成长的因素涉及技术体系和管理模式等内部影响和市场、自然资源、政府行为及公众对环境问题的认知等外部影响因素; 段宁等^[4]提出了关键种企业、成员距离、成员相互依赖程度、成员多样

收稿日期: 2014-02-13

基金项目: 青岛市软科学(12-1-3-84-(31)-zhc); 山东省自然科学基金项目(ZR2009BL021); 国家自然科学基金项目(41101570)资助

作者简介: 王 政(1968-), 男, 博士、副教授。研究方向: 产业生态学。E-mail: wangzheng@qust.edu.cn

性、领导因素5个影响我国生态工业稳定性的因素；张萌等^[5]从结构型、技术型、外部条件等3大方面提出了影响生态工业系统运行的因素；林云莲等^[6]提出生态工业的建设和发展受到技术、结构、经济和制度等方面的影响；商华^[7]从工业生态系统结构与功能特征出发，提出了影响生态工业建设与发展的优势度、循环度和调节度3个维度；刘玘玘等^[8]针对影响陕北能源化工基地生态建设的自然成因、社会成因和经济成因3个方面对其进行了分析。

化工产业生态化就是模拟和利用动植物、微生物生态系统的功能，建立起相当于生态系统的“生产者、消费者、分解者”的化学工业园区，通过高效的物质循环和能量梯级利用，优化上、下游企业的物质、能量和信息流，达到高效地使用资源和能量，实现化工产业的“生态”循环^[9]。

目前，生态化工产业发展影响因素的研究由于其复杂性和系统性，显示出一定的难度。文章根据学者们对影响生态工业的成长、稳定性以及建设与发展等方面提出的相关因素以及不同的分析角度，结合化工行业的特点，归纳提出影响生态化工产业发展的直接因素，间接因素和机制性因素3大因素，其中，直接因素包括自然因素、产业因素和技术因素，间接因素包括经济因素和社会因素，机制性因素包括政策法规等因素。针对山东省11个不同地域、不同类型和不同规模的化工企业进行了实地调研，获得了相关的调研结果，并对问卷结果进行了基于SPSS软件的信度分析和主成分分析，通过各因素综合主成分值排名，确定了生态化工产业发展的主要影响因素，并对相关结论进行了分析。

1 问卷设计与样本

调研问卷是根据影响我国生态化工产业发展的诸多因素制定的，问卷从影响生态化工产业发展的3大因素入手，将直接因素，间接因素和机制性因素作为一级指标，每个一级因素中包括的内容作为二级指标，其分别是自然因素、产业因素、技术因素、经济因素、社会因素、政策法规

因素。此外，根据六个二级指标涉及的方面，设计了50个相关的题项作为三级指标（详见表3）。对于每一个题项，设定了5个等级，分别为：5=很重要；4=重要；3=一般；2=不重要；1=很不重要。

调研对象主要涉及山东省11家化工相关企业，调研时间为2013年7月，在调研企业的选取上注重体现化工企业的类型、地域、规模差异。调研方式为实地走访调研，共发放调研问卷230份，收回有效问卷228份，有效率为99.13%。调研企业包括：青岛海晶化工集团有限公司、青岛双精细桃化工集团、青岛碱业股份有限公司、山东海化集团、潍坊亚星化学工业有限公司、山东齐鲁石化集团、山东蓝星东大化工有限责任公司、山东新华制药股份有限公司、滨化集团股份有限公司、山东永盛集团、山东兴元集团。

2 主成分分析法原理和方法

主成分分析法是将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要变量的一种多元统计分析方法，其本质是对变量进行降维，设法将原来具有一定相关性的 P 个指标作线性组合，组合成一组新的相互无关的综合指标来代替原来的指标进行分析。具体做法是用某一组分量 F_1 的方差来表达，方差越大，所包含的信息就越多，因此在所有的线性组合中 F_1 的方差应该是最大的， F_1 即是选取的第一主成分。若第一主成分不足以反映全部的信息，则需要选取第二主成分 F_2 ，第三主成分 F_3 ，……，第 P 个主成分 F_p ，为了有效地反映原来的信息， F_1 已有的信息就不需要出现在其他的主成分中。

主成分分析的具体方法：对数据标准化处理；求得相关系数矩阵的特征值 λ_i 及对应的特征向量 a_i ，通过计算方差累计贡献率确定主成分，累计贡献率为：

$$G(m) = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (1)$$

当 $G(m) \geq 85\%$ 时，对应的 m 即是抽取的前 m 个主成分^[10]；计算各主成分载荷和得分。主成

分载荷反映的是主成分 F_i 与原变量 X_j 之间的相互关联程度，原来变量 $X_j(j=1,2,\dots,p)$ 在诸主成分 $F_i(i=1,2,\dots,m)$ 上的载荷为 $l_{ij}(i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,p)$ ；最后进行综合主成分（评价）值 F 的计算及排名。

$$l_{ij} = \sqrt{\lambda_i} a_{ij} \quad (i=1,2,L,m; j=1,2,L,p) \quad (2)$$

$$F_i = a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + \dots + a_{pi}X_p \quad (i=1,2,L,m) \quad (3)$$

3 影响生态化工产业发展因素的主成分分析

3.1 信度检测

首先为了考察调研数据的可靠性，使用SPSS软件对各因素的汇总数据进行克朗巴哈 α 系数的信度分析。自然因素，经济因素，社会因素，政策法规因素，产业因素，技术因素的信度计算结果分别为：0.972、0.978、0.984、0.978、0.974、0.974。各因素的克朗巴哈 α 系数均在0.970以上，大于0.85，因此保证了因子构造的一致性和有效性^[11]。

3.2 描述性统计分析

影响生态化工产业发展的50个三级指标的描述性数据，包括均值、标准差和样本数分别见表3。

从表3可以看出政策法规因素对生态化工产业的发展影响较大，其三级指标均值均大于4.0，而在所有三级指标中水环境约束均值达到了4.6，超过了4.5，说明水环境约束是化工企业生态化发展的最大制约因素。

3.3 主成分分析

为了进一步分析每一个三级指标对生态化工产业发展影响程度的大小，使用SPSS软件对问卷结果进行主成分分析，确定50个三级指标中影响生态化工产业发展的主要因素。下面以自然因素为例，对其包含指标进行综合主成分值 F 的计算。

(1) 使用SPSS软件将自然因素下的指标数据标准化，采用特征值大于1的标准可以得到2个主成分因子，经因子分析后，可得初始因子载荷矩阵见表1和方差分解主成分提取分析见表2。

表1 初始因子载荷矩阵

主成分	系数				
1	-0.869	0.028	0.968	0.949	0.903
2	0.494	-0.992	-0.152	0.281	0.373

表2 方差分解主成分提取分析表

主成分	初始特征值			提取求和的平方载荷		
	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.409	68.175	68.175	3.409	68.175	68.175
2	1.469	29.386	97.561	1.469	29.386	97.561
3	0.091	1.827	99.387			
4	0.031	0.611	99.998			
5	0.000	0.002	100.000			

通过表2可知，方差的累计贡献率达到97.561%对应着2个主成分，因此提取2个主成分，其特征值分别为 $\lambda_1=3.409$ ， $\lambda_2=1.469$ 。

(2) 计算自然因素中各指标的主成分值及综合主成分值排名。根据式(2)可以计算得出自然因素中各指标在选择的2个主成分上的载荷，记为向量 A_1 、 A_2 ，将其代入式(3)，得到自然因素中各指标的主成分表达式：

$$\begin{aligned} F_1 &= -0.471ZX_1 + 0.015ZX_2 + 0.524ZX_3 \\ &\quad + 0.514ZX_4 + 0.489ZX_5 \\ F_2 &= 0.408ZX_1 - 0.818ZX_2 - 0.125ZX_3 \\ &\quad + 0.232ZX_4 + 0.308ZX_5 \end{aligned} \quad (4)$$

其中， $ZX_1 \sim ZX_5$ 分别为自然因素中指标标准化后的数据， F_1 、 F_2 分别为主成分1和2对应的主成分值。以每个主成分与其所对应的特征值乘积占所提取主成分总的特征值的比值作为权重计算

主成分综合模型^[12]:

$$F = \frac{\lambda_1 \times F_1 + \lambda_2 \times F_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (5)$$

将 $\lambda_1=3.409$, $\lambda_2=1.469$ 代入 (5) 式, 即可

得到自然因素调研数据的综合主成分值 F 。同理, 其他因素的综合主成分值也可依此计算。最终, 计算得到的各三级指标综合主成分值及排名见表3。

表3 生态化工产业发展影响因素描述性统计分析 & 主成分值排名

因素分类	因素名称	均值	标准差	综合主成分值 F	F 排名	样本数
自然因素	能源供给	4.368	0.667	-0.924	1	228
	水环境约束	4.623	0.614	-0.783	2	228
	原材料供给	4.335	0.706	-0.763	3	228
	水资源供给	4.404	0.771	-0.355	4	228
	土地环境约束	4.092	0.766	-0.251	5	228
	大气环境约束	4.230	0.806	-0.167	6	227
	土地资源供给	4.009	0.791	0.031	7	228
	海洋环境约束	3.573	1.016	3.212	8	227
经济因素	市场环境状况	4.281	0.808	-1.057	1	228
	产品市场供求状况	4.259	0.875	-0.988	2	228
	循环经济发展状况	4.212	0.787	-0.950	3	227
	区域经济结构	4.101	0.687	-0.479	4	227
	区域经济发展水平	4.018	0.702	-0.134	5	228
	区域经济增长方式	4.004	0.730	-0.073	6	228
	居民收入水平	3.684	0.903	1.341	7	228
	居民消费水平	3.531	0.907	2.339	8	228
社会因素	居民健康意识	4.162	0.724	-0.381	1	228
	居民生存质量	4.145	0.684	-0.375	2	228
	公众生态理念	4.181	0.751	-0.349	3	227
	环保组织发展状况	4.044	0.779	-0.228	4	228
	居民受教育水平	3.917	0.749	-0.179	5	228
	居民医疗条件	3.873	0.806	-0.122	6	228
	社会保障水平	3.983	0.900	-0.114	7	228
	失业率	3.632	0.927	0.167	8	228
	社会文化习俗	3.281	0.876	0.508	9	228
	宗教信仰	2.816	0.856	1.073	10	228
政策法规因素	金融支持政策	4.434	0.690	-0.938	1	228
	财政扶持政策	4.434	0.683	-0.401	2	228
	税收优惠政策	4.364	0.679	-0.301	3	228
	环境保护法规建设情况	4.338	0.680	-0.096	4	228
	能源政策	4.259	0.689	0.167	5	228
	区域经济或产业政策	4.197	0.715	0.388	6	228
	土地政策	4.124	0.714	0.410	7	226
	资源利用法规建设情况	4.066	0.768	0.681	8	228
产业因素	产业(企业)经营管理水平	4.474	0.575	-0.845	1	226
	产业资源消耗强度	4.171	0.658	-0.571	2	228
	污染物排放与处理压力	4.522	0.626	-0.503	3	228
	产业资源综合利用强度	4.167	0.676	-0.487	4	228
	化工产业(产品)结构	4.316	0.681	-0.461	5	228
	产业社会效益	4.207	0.695	-0.387	6	227
	产业盈利能力	4.412	0.694	-0.292	7	228
	相关产业配套能力	3.956	0.714	0.072	8	228
	所有制结构	3.583	0.979	3.475	9	228
技术因素	生态化技术与传统技术	4.377	0.628	-1.224	1	228
	技术引进难度	4.254	0.706	-0.509	2	228
	产业自主创新能力	4.282	0.735	-0.292	3	227
	产业人才资源状况	4.105	0.675	-0.178	4	228
	相关配套产业技术水平	4.110	0.691	-0.149	5	228
	产业生态化技术储备情况	4.062	0.685	0.280	6	225
	产业现有技术水平	3.934	0.813	2.072	7	228

注: 5个等级: 5=很重要; 4=重要; 3=一般; 2=不重要; 1=很不重要; 均值由5个等级算得。

综合主成分值 F 排名反映了三级指标对生态化工产业发展的影响程度，其值越低则表明此指标已经受到更多人的认可，具有较大的影响程度。因此从表3的综合主成分值排名可以得到影响生态化工产业发展的主要因素，主要影响因素的内容见图1。

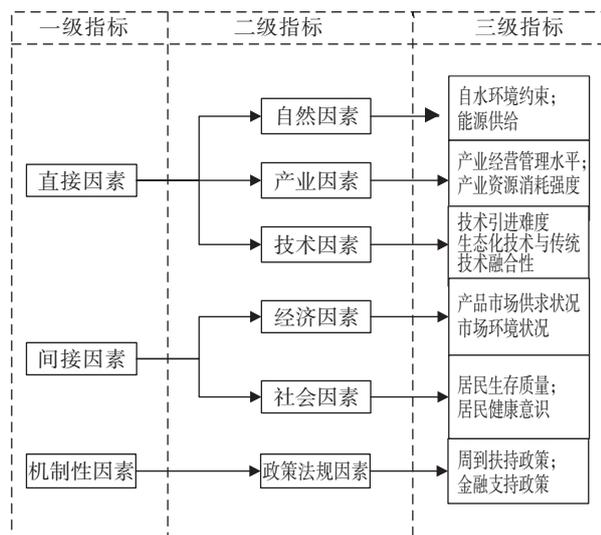


图1 生态化工产业发展主要影响因素

4 结果分析

对生态化工产业发展主要影响因素的重要性进行分析，其主要体现在以下几个方面：

(1) 任何一个地区都具有独特的水环境等自然资源和能源供给状况，不断发生变化的自然资源和能源供给状况，使得对该资源具有较大依赖性的企业会做出较大的调整，因此其对生态化工产业发展影响较大，有时甚至是毁灭性的。

(2) 成本问题在生态化工产业园区的形成过程中非常重要，建立生态化工产业园区的根本目的是通过企业间的相互合作，降低资源的消耗和企业运行成本，提高产业的经营管理水平。

(3) 生态化工产业从形成、发展到成熟并稳定运行的整个过程中，产业的技术体系都起到决定性作用，企业的技术进步会提高原材料的利用率，找到更绿色环保和廉价的新工艺和新原料，反之，则会阻碍企业的健康发展和科技进步，甚至会使整个系统的循环因断链而中止。

(4) 市场条件或市场状况发生变化对生态

化工产业生存的状态有较大影响，生态化工产业链的正常运行主要是基于链上各企业间的相互联系和彼此合作，实际运行中各相关企业对利润的最大化追求，以及要求公平分配收益等行为都将影响到生态化工产业链的稳定性。

(5) 随着社会的发展，公众对追求健康和更高生活质量意识逐步增强，园区企业相邻社区的影响力也应引起相关企业的高度重视，能否处理好与周边社区的关系是企业顺利生产经营的重要保障，也是树立良好社会形象的重要环节。

(6) 企业从追求单一的经济绩效到追求经济绩效与环境绩效共赢的转变过程中，政府的推动作用是不容忽视的，政府通过为生态化工产业园企业提供资金支持和项目扶助，可以引导和调动企业通过追求隐性环境绩效来获取经济绩效的积极性。

5 结论和展望

5.1 结论

本文基于对文献的分析与总结，提出影响生态化工产业发展的因素，并以山东省化工产业为例，通过实地调研的方法取得相关数据，借助SPSS软件，采用主成分分析法，筛选出了12个影响生态化工产业发展的主要因素，分别是：水环境约束、能源供给、产业经营管理水平、产业资源消耗强度、技术引进难度、生态化技术与传统技术融合性、产品市场供求状况、市场环境状况、居民生存质量、居民健康意识、财政扶持政策、金融支持政策。解决了制约生态化工产业发展的相关问题，为指导生态化工产业更好地发展提供了新思路。

5.2 建议与展望

针对影响生态化工产业发展12个主要因素的分析，分别从政府和企业的角度对实现化工产业生态化发展做出了以下几方面的建议与展望。

(1) 政府应该制定强制性法律，严格控制污染、保障水资源和能源的可持续利用，而不仅仅是通过志愿性的法规来对企业进行督促。同时，化工企业要依据产业生态学原理，运用高新

技术、清洁生产技术、资源综合利用等技术改造传统工业生产方式,优化产业结构,逐步提高资源利用率,使废弃物资源化、减量化和无害化,最大程度降低其对环境的负效应,最终实现从传统的化工产业向生态化工产业转变。

(2) 政府应该对生态化工产业园区内的公共环境和生态系统采取统一建设和管理,以减少企业间重复性建设,减少企业与周围社区及单位的谈判成本,减少企业进入生态化工产业园区的建设和运行成本。园区内企业也可借助集聚效应,降低原材料及产品的物流成本,使废弃物、副产品得到合理利用。

(3) 政府为企业技术创新提供资金保证,加强对企业的创新管理,努力培养和吸引创新型人才,为生态化工产业的建立提供相应的技术支持和智力保障。同时,园区内企业也要注重技术进步、技术创新,建立和开发可行的生态化链接技术。

(4) 政府应根据市场供求状况和市场环境状况,坚持以生态化工产业链为导向的招商引资,根据行业环境特点和区域环境特点进行整体规划。企业也应注重引进或建立与之相应的中间体产品生产企业,拉伸产业链,发挥好产业集群的集聚效应,减低生产成本和营销成本。

(上接第83页)

森林生态系统和农田生态系统为主要类型,一级保护区以湿地生态系统类型为主。

2000~2010年间,自然生态系统受人类活动影响,呈减少趋势,森林遭到破坏,且有小面积的水体与湿地存在萎缩,而人工表面类型在增加。说明随着城市化进程的加快,人工生态系统在增加,进而对自然生态系统产生不利影响。

人类活动对自然生态系统的影响主要发生在2000~2005年间,而2005~2010年间,主要表现为农田生态系统的减少和人工表面类型的增加,总体上生态系统变化呈变差趋势,而二级保护区范围内的自然生态系统呈变好趋势。因此,应加强对大伙房水库饮用水源保护区准保护区内自然生态系统的保护。

(5) 政府应该创建良好的政策环境,包括污染收费的税收政策、环境津贴政策和优惠绿色信贷政策等,同时加强对生态化工企业的支持和激励力度,通过减税,设立奖励机制和补助机制等有形资源形式以及宣传表扬等无形资源形式共同作用,实现对生态化工企业的扶持;企业自身应积极响应政府的决策,实现政企双向合作。

参考文献

- [1] 屠凤娜. 发展生态工业 推进生态城市建设[J]. 环渤海经济瞭望, 2013, 27(1): 24-26.
- [2] 左晓利, 李慧明. 生态工业园理论研究与实践模式[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(7): 23-27.
- [3] 尹艳冰, 赵涛, 吴文东. 面向生态工业园的工业共生体成长影响因素分析[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(6): 64-67.
- [4] 段宁, 邓华, 武春友. 我国生态工业系统稳定性的结构型因素实证研究[J]. 环境科学研究, 2006, 19(2): 57-61.
- [5] 张萌, 胡军. 工业生态系统稳定性研究综述[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(6): 77-80.
- [6] 林云莲, 冯丽霞. 生态工业园柔性分析[J]. 内蒙古财经学院学报, 2007, 28(3): 44-47.
- [7] 商华. 生态工业园稳定性评价实证研究[J]. 科研管理, 2012, 33(12): 142-148.
- [8] 刘□□, 解建仓, 张建龙. 陕北能源化工基地生态脆弱性评价[J]. 黑龙江大学学报, 2012, 3(1): 61-64.
- [9] 程磊, 陈郁, 张芸. 等. 化工生态工业园区设计理论及方法研究[J]. 现代化工, 2010, 30(7): 82-85.
- [10] 蒋惠园, 王晚香. 主成分分析法在综合评价中的应用[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2004, 28(3): 467-470.
- [11] 朱庆华. 影响企业实施绿色供应链管理制约因素的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(2): 83-87.
- [12] 白慧强. 主成分分析法在SPSS中的应用——以文峪河河岸带林下草本群落为例[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(9): 173-176.

参考文献

- [1] 史玉强, 刘建东, 金永民, 等. 辽宁大伙房水库水质健康风险评估[J]. 中国环境监测, 2013, 29(3): 60-64.
- [2] 刘冰. 大伙房水库上游重点矿区污染及其潜在生态危害评价[J]. 环境保护与循环经济, 2013, 33(7): 56-58.
- [3] 王仰麟, 赵一斌, 韩荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 235-241.
- [4] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453-1611.
- [5] 郭砾, 杜世宏, 薛达元, 等. 长江源区土地覆盖变化与草地退化格局的时空分异[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1219-1225.
- [6] Liu J Y, Liu M L, Tian H Q, et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990-2000: An analysis based on Landsat TM data[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 98(4): 442-456.
- [7] 许吉仁, 董霁红. 南四湖湿地景观格局变化的生态系统服务价值响应[J]. 生态农村环境学报, 2013, 29(4): 471-477.
- [8] 易秀. 遥感技术在城市生态系统分析和研究中的应用[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(2): 75-78.
- [9] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [10] 徐新良, 刘纪远, 邵全琴, 等. 30年来青海三江源生态系统格局和空间结构动态变化[J]. 地理研究, 2008, 27(4): 829-838.
- [11] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(12): 1031-1040.