

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

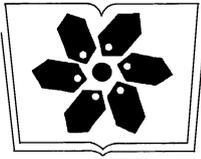
## Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 10 期 Vol.32 No.10 **2012**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 10 期 2012 年 5 月 (半月刊)

## 目 次

基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响.....	李旋旗,花利忠 (2965)
居住-就业距离对交通碳排放的影响.....	童抗抗,马克明 (2975)
经济学视角下的流域生态补偿制度——基于一个污染赔偿的算例.....	刘涛,吴钢,付晓 (2985)
旅游开发对上海滨海湿地植被的影响.....	刘世栋,高峻 (2992)
汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响.....	廖丽欢,徐雨,冉江洪,等 (3001)
江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局.....	黄麟,邵全琴,刘纪远 (3010)
伊洛河流域草本植物群落物种多样性.....	陈杰,郭屹立,卢训令,等 (3021)
新疆绿洲农田不同连作年限棉花根际土壤微生物群落多样性.....	顾美英,徐万里,茆军,等 (3031)
荒漠柠条锦鸡儿 AM 真菌多样性.....	贺学礼,陈杰,郭辉娟,等 (3041)
彰武松、樟子松光合生产与蒸腾耗水特性.....	孟鹏,李玉灵,尤国春,等 (3050)
中亚热带常绿阔叶林粗木质残体呼吸季节动态及影响因素.....	刘强,杨智杰,贺旭东,等 (3061)
盐土和沙土对新疆常见一年生盐生植物生长和体内矿质组成的影响.....	张科,田长彦,李春位 (3069)
长白山北坡林线灌木草本植物与岳桦的动态关系.....	王晓东,刘惠清 (3077)
不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响.....	颜侃,陈宗瑜 (3087)
基于因子分析的首蓿叶片叶绿素高光谱反演研究.....	肖艳芳,官辉力,周德民 (3098)
三峡库区消落带水淹初期土壤种子库月份动态.....	王晓荣,程瑞梅,唐万鹏,等 (3107)
三种利用方式对羊草草原土壤氨氧化细菌群落结构的影响.....	邹雨坤,张静妮,陈秀蓉,等 (3118)
西洋参根残体对自身生长的双重作用.....	焦晓林,杜静,高微微 (3128)
不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响.....	张静,闫明,李钧敏 (3136)
山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价.....	张菊,陈诗越,邓焕广,等 (3144)
太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响.....	刘丽贞,秦伯强,朱广伟,等 (3154)
不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替.....	唐以杰,方展强,钟燕婷,等 (3160)
江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征.....	邵明勤,曾宾宾,尚小龙,等 (3170)
秦岭森林鼠类对华山松种子捕食及其扩散的影响.....	常罡,王开锋,王智 (3177)
内蒙古草原小毛足鼠的活动性、代谢特征和体温的似昼夜节律.....	王鲁平,周顺,孙国强 (3182)
温度和紫外辐射胁迫对西藏飞蝗抗氧化系统的影响.....	李庆,吴蕾,杨刚,等 (3189)
“双季稻-鸭”共生生态系统 C 循环.....	张帆,高旺盛,隋鹏,等 (3198)
水稻籽粒灌浆过程中蛋白质表达特性及其对氮肥运筹的响应.....	张志兴,陈军,李忠,等 (3209)
<b>专论与综述</b>	
海水富营养化对海洋细菌影响的研究进展.....	张瑜斌,章洁香,孙省利 (3225)
海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述.....	刘洪军,张振东,官曙光,等 (3233)
入侵种薇甘菊防治措施及策略评估.....	李鸣光,鲁尔贝,郭强,等 (3240)
<b>研究简报</b>	
渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究.....	孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等 (3252)
2009 年冬季东海浮游植物群集.....	郭术津,孙军,戴民汉,等 (3266)
新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物.....	付勇,庄丽,王仲科,等 (3279)
塔里木盆地塔里木沙拐枣群落特征.....	古丽努尔·沙比尔哈孜,潘伯荣,段士民 (3288)
矿区生态产业共生系统的稳定性.....	孙博,王广成 (3296)



**封面图说:** 哈巴雪山和金沙江——“三江并流”自然景观位于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区,由怒江、澜沧江、金沙江及其流域内的山脉组成。它地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是世界上生物物种最丰富的地区之一。哈巴雪山在金沙江左岸,与玉龙雪山隔江相望。图片反映的是金沙江的云南香格里拉段,远处为哈巴雪山。哈巴雪山主峰海拔 5396 m,而最低江面海拔仅为 1550 m,山脚与山顶的气温差达 22.8℃,巨大的海拔差异形成了明显的高山垂直性气候。

**彩图提供:** 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201104090461

孙博,王广成. 矿区生态产业共生系统的稳定性. 生态学报, 2012, 32(10): 3296-3302.

Sun B, Wang G C. Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3296-3302.

## 矿区生态产业共生系统的稳定性

孙 博<sup>1,2</sup>, 王广成<sup>2,\*</sup>

(1. 山东师范大学管理与经济学院, 济南 250014; 2. 山东工商学院, 烟台 264005)

**摘要:**以矿区生态产业共生系统为研究对象,重点研究了影响其稳定性的因素。从矿区生态产业共生系统的共生模式及其共生策略两方面对系统稳定性进行了深入探讨。利用 Logistic 模型分析共生模式对系统稳定性的影响;利用博弈论分析共生策略对系统稳定性的影响。在此基础上,提出了相应的解决方案,从而有助于解决矿区生态产业共生系统的稳定性问题。

**关键词:**矿区;共生系统;稳定性;共生模式;共生策略

### Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system

SUN Bo<sup>1,2</sup>, WANG Guangcheng<sup>2,\*</sup>

1 School of Management and Economics, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

2 Shandong Institute of Business and Technology, Yantai 264005, China

**Abstract:** This study describes the perpetuation of the Mine Ecological Industrial Symbiotic system. Influential factors maintaining its stability are discussed and corresponding solutions are put forward to advance the stability of the Mine Ecological Industrial Symbiotic system. The reader is invited to examine evidence gathered by Logistic modeling to access the impact of the Symbiotic model on stability. Game theory is analyzed to show how Symbiotic Strategy enables stability of the system.

**Key Words:** mineral areas; symbiotic system; stability; symbiotic model; symbiotic strategy

随着矿区生态产业共生系统的发展,其产生的经济效益和环境效益日益明显,但是系统存在的稳定性问题也越来越突出。稳定性是矿区生态产业共生系统的一种重要维生机制,稳定性越好,系统的维生能力就会越强。稳定性是整个矿区生态产业共生系统存在和健康发展的基础,维持系统的稳定对整个共生系统的长期发展及其能否实现预定目标至关重要,因此,研究矿区生态产业共生系统的稳定性变得尤为重要和迫切。目前国内外有关生态产业共生系统稳定性研究较少,处于探索阶段,尚未形成较为系统的理论成果。邓华博士从技术维度、结构维度、外部维度三方面对生态产业共生系统稳定性进行了探讨,具体分析了三类共 11 个因素对稳定性的影响<sup>[1]</sup>。徐立中、秦荪涛运用了波特的价值链理论,研究生态产业共生在价值上建立稳定机制的方法和理论框架<sup>[2]</sup>。喻宏伟等人从博弈论角度对生态产业园的稳定性进行了探讨,指出影响其稳定性的根源为制度创新<sup>[3]</sup>。蔡小军等人提出了一种基于合作博弈的利益分配模型,对生态产业共生链条的稳定性进行了分析,并给出了其稳定性的必要和充分条件<sup>[4]</sup>。周浩借用 logistic 方程,讨论卫星式和网状式两种集群达到稳定共生的条件和经济解释,提出企业集群达到稳定共生的关键是集群内部激烈的竞争<sup>[5]</sup>。高伟从多学科角度对产业生态系统稳定性进行了研究,建立了稳定性影响因素的调整三维理论模型,并进一步从技术

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70973069);山东省自然科学基金项目(ZR2009HL008)

收稿日期:2011-04-09; 修订日期:2011-11-15

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gcwang658@yahoo.com.cn

因素和政府支持因素对自主实体共生和复合实体共生进行了深入的分析<sup>[6]</sup>。本文针对矿区生态产业共生系统的稳定性进行了探讨,系统分析了影响共生系统稳定性的两个主要因素,提出共生模式和共生策略对共生系统稳定性影响机理,进而给出了相应对策。

## 1 矿区生态产业共生及其系统

矿区生态产业共生,是指共生体中的共生单元之间,在一定的共生环境中以一定的共生模式形成的相互依存的关系<sup>[7]</sup>。矿产资源是矿区生态产业共生的主导资源,在系统中处于中心地位,支配或影响系统的整体行为。其赋存数量及开采条件基本决定了矿区生态产业共生发展演变规模、速度与效益,决定了矿区生态产业共生发展演变的方向。矿区生态产业共生也受到生态环境的约束,无视矿区环境承载力的现实后果是矿产资源的加速枯竭,矿区生态产业共生的发展将受到挑战。

根据共生系统三要素理论,矿区生态产业共生系统由共生单元、共生关系(共生模式)和共生环境(外部环境)三者构成<sup>[8]</sup>。共生单元是指构成共生关系的基本能量和交换单位;共生关系也称作共生模式,是指共生单元相互作用的方式或相结合的形式;共生环境也称作外部环境,是指共生单元以外的所有因素的总和。

矿区生态产业系统,是指把矿区生态产业视为生物圈的有机组成部分,在生态学、产业生态学等原理的指导下,按物质循环、生物和产业共生原理,通过对产业链横向和纵向系统优化耦合而形成的高效率、低消耗、无(低)污染、经济增长与生态环境相协调,具有和谐的生态功能的网络型、进化型产业。最终达到减少环境负担,获取经济和环境双重效益的目的<sup>[9]</sup>。矿区生态产业系统作为一种新型的产业组织,在其运行中受内、外因素的影响,系统的不稳定现象越来越突出,因此,对其稳定性的研究紧迫性日益显现,从而有助于解决整个产业系统的稳定和长远发展问题。

## 2 矿区生态产业共生系统不稳定的原因及其影响因素

区别于一般的产业系统,矿区生态产业共生系统内部企业之间的连接纽带有两个:一是上下游之间流动的废物(同时也是原材料),视为有形资源连接纽带;二是各企业内部的生态化连接技术,它必须针对不同的有形废物资源,进行物理、化学状态的再塑,从而使得上下游流动的物质在新的生产环节进行使用价值的更新,由于连接技术并非是不可视的物质,因此可以将其视为系统内部无形的连接纽带。

同时,区别于一般产业系统,矿区生态产业共生系统的运营有两个目标:经济效益和环境效益。传统经济学与管理学思想追求经济利益最大化,而矿区生态产业共生系统同时也注重这一经济过程的外部性,以系统的思想把自身运营的环境效益也纳入规划和评价目标中。

由上可见,矿区生态产业共生系统特殊的内部结构和外部目标,使得它与一般产业聚集群相比,在内部结构、技术构成和外部影响因素等方面存在更苛刻的稳定边界条件,也导致了更加脆弱的系统稳定性。

维持矿区生态产业共生系统的稳定性是为了取得经济和环境效益的“双赢”。如果说技术可行性是矿区产业共生网络系统存在的物质前提,那么成员之间的竞争、交流、合作关系则提供了其存在的基础。没有这个基础的存在,共生系统的形成和稳定的发展是不可能实现的。通过这个基础,才能够协调好各方技术之外的利益,从而保证共生系统内部有序的竞争和合作。而这种竞争和合作关系在实质上来讲就是各个成员相互依赖的决策问题。

影响矿区生态产业共生系统稳定性的因素很多,本文主要讨论其中两个主要因素,即共生模式及共生策略。

## 3 共生模式和共生策略对矿区生态产业共生系统稳定性的影响机理

### 3.1 基于共生模式的稳定性分析与研究

矿区生态产业共生系统具有一定的结构模式。根据系统建设的基础、规模、功能和目标的不同,其结构模式具有从简单到复杂的不同类型。按行为方式(行为模式)划分,可分为寄生关系、偏利共生关系、对称互惠共生关系和非对称互惠共生关系;而按组织化程度(组织模式)划分,可分为点共生、间歇共生、连续共生和一体化共生;从共生的运作方式角度,共生模式可分为:依托型工业共生、平等型工业共生和嵌套型工业共

生<sup>[10]</sup>,分别如图 1—图 3 所示。

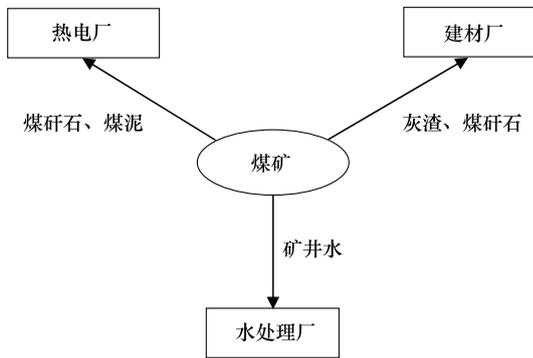


图 1 依托型工业共生模式

Fig. 1 Model based on type of industrial symbiosis

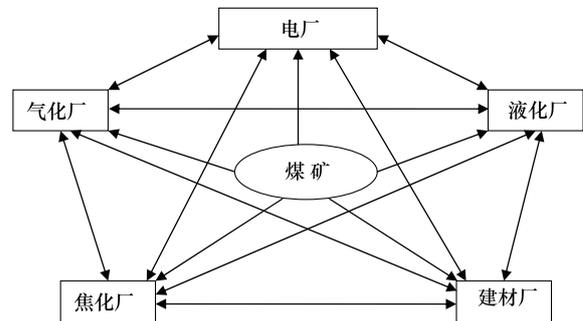


图 2 平等型工业共生模式

Fig. 2 Equality-based model of industrial symbiosis

本文借用生物学中描述不同种群共生现象的 Logistic 模型<sup>[11]</sup>来进行稳定性分析。在模型中将处于共生演化过程中企业所经历的经济、环境绩效的变化简化为共生效益。共生效益,是对企业经济和环境双赢状态的客观描述。

模型的几个前提假设:(1)用  $x_i(t)$  表示企业  $i$  的共生效益,即假定企业的共生效益是时间  $t$  的函数。(2)用  $r$  表示企业  $i$  所在行业的生态效益的平均增长率,设定为常数。(3)在一段时间内,矿区产业共生系统内,假定原材料、资本和市场规模等一定,每个企业都存在一个最大生态效益,记做  $N$ 。(4)假定在共生系统中,对于一方而言,另一方的存在都是对自身生态效益起到促进作用,则用  $\sigma_{ji}$  ( $\sigma_{ji} \geq 0$ ) 表示企业  $j$  对企业  $i$  的促进作用。(5)企业的市场规模饱和度对企业的生态效益的增长率有阻滞作用,定义企业  $i$  的自然市场规模饱和度为  $x_i/N_i$ 。6. 因为产业共生系统有生态系统的一些特征,所以可以借鉴生物学对生物种群关系的分类方法,将企业大致分为两个类型:独立性企业和依赖性企业。

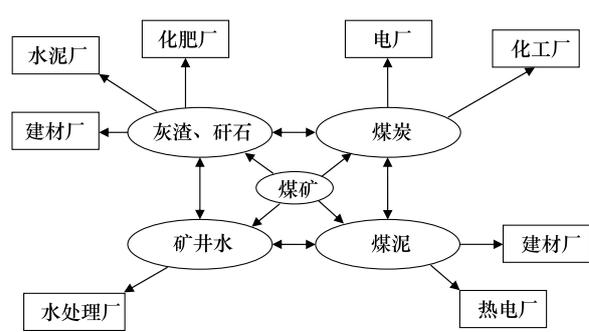


图 3 嵌套型工业共生模式

Fig. 3 Nested-based model of industrial symbiosis

$$\text{独立性企业: } \frac{dx_i(t)}{dt} = r_i x_i \left[ 1 - \frac{x_i}{N_i} + \sum_{j \neq i} \sigma_{ji} \frac{x_j}{N_j} \right] \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\text{依赖性企业: } \frac{dx_i(t)}{dt} = r_i x_i \left[ -1 - \frac{x_i}{N_i} + \sum_{j \neq i} \sigma_{ji} \frac{x_j}{N_j} \right] \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

根据企业间不同的合作关系将产业共生合作分为平等型共生合作、依托型共生合作和依赖型共生合作。本文通过 Logistic 模型来讨论以上 3 种合作方式的稳定性,并给出了相关分析和对策。

(1) 平等型共生合作

独立性企业 A 和 B 共生合作时,其模型为:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{cases} \quad (3)$$

方程组(3)为自治的非线性方程组,对于这样共生结构达到稳定水平的微分方程组,可以用线性化方法讨论其平衡点稳定性。令(3)两式为零,即:

$$\begin{cases} f(x_1, x_2) = \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) = 0 \\ g(x_1, x_2) = \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

可以求解出平衡点为:  $P_1 \left( \frac{N_1(1 + \sigma_{21})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}}, \frac{N_2(1 + \sigma_{12})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} \right)$ ,  $P_2(0, 0)$

对方程组(4)在平衡点  $P(x_1^*, x_2^*)$  展开泰勒级数, 省略掉二次及其以上各项, 得:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 \left( 1 - \frac{2x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) (x_1 - x_1^*) + r_1 \sigma_{21} \frac{x_1}{N_2} (x_2 - x_2^*) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 \left( 1 - \frac{2x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) (x_2 - x_2^*) + r_1 \sigma_{12} \frac{x_2}{N_1} (x_1 - x_1^*) \end{cases} \quad (5)$$

可以得到其系数矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} r_1 \left( 1 - \frac{2x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) & r_1 \sigma_{21} \frac{x_1}{N_2} \\ r_2 \sigma_{12} \frac{x_2}{N_1} & r_2 \left( 1 - \frac{2x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{pmatrix}$$

将均衡点  $P_1$  和  $P_2$  带入系数矩阵  $A$ , 依据微分方程的稳定性可知,  $P_2$  并不是稳定的平衡点,  $P_1$  成为平衡点的条件是  $\sigma_{12}\sigma_{21} < 1$ , 由于企业 A 和 B 是平等型的, 那么稳定的条件可以成为:  $\sigma_{12} < 1$  并且  $\sigma_{21} < 1$ , 进而可知  $\frac{1 + \sigma_{21}}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} > 1$ 。因此在稳定条件下, 企业 A 和 B 的效益分别为  $\frac{1 + \sigma_{21}}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} > 1$  和  $\frac{N_2(1 + \sigma_{12})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} > N_2$ , 这就说明了两者的共生效益大于各自独立时的经营效益。

### (2) 依托型共生合作

独立企业 A 和依赖企业 B 共生合作时, 其模型为:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 x_2 \left( -1 - \frac{x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{cases} \quad (6)$$

求解的过程和平等共生模型相同, 得到平衡点为:

$$P_1 \left( \frac{N_1(1 - \sigma_{21})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}}, \frac{N_2(-1 + \sigma_{12})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} \right), P_2(0, 0)$$

将(6)各方程在平衡点处展开泰勒级数, 省略掉二次及其以上各项, 根据微分方程稳定性可知,  $P_2(0, 0)$  是不稳定平衡点,  $P_1$  为稳定平衡点条件为:  $\sigma_{21} < 1, \sigma_{12} > 1, \sigma_{21}\sigma_{12} < 1$ 。在稳定平衡状态的时候,  $\frac{N_1(1 - \sigma_{21})}{1 - \sigma_{21}\sigma_{12}} > N_1$ , 这就说明了独立性企业共生得到的效益要大于其独自经营时候的效益。

### (3) 依赖型共生合作

依赖性企业 A 和 B 共生合作时, 其模型为:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 x_1 \left( -1 - \frac{x_1}{N_1} + \sigma_{21} \frac{x_2}{N_2} \right) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 x_2 \left( -1 - \frac{x_2}{N_2} + \sigma_{12} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{cases} \quad (7)$$

求解的过程和平等共生模型相同,得到平衡点为:

$$P_1 \left( \frac{N_1(1 + \sigma_{21})}{\sigma_{21}\sigma_{12} - 1}, \frac{N_2(1 + \sigma_{12})}{\sigma_{21}\sigma_{12} - 1} \right) \quad P_2(0,0)$$

将(7)各方程在平衡点处展开泰勒级数,省略掉二次及其以上各项,根据微分方程稳定性可知,  $P_1$  是不稳定平衡点,  $P_2(0,0)$  在任何情况下都为稳定平衡点。从理论上讲,依赖型的共生合作方式不存在,但是实际中存在这种现象,比如在卡伦堡生态工业园中这种现象是存在的,其目的是为了保证系统的安全性和完整性。这种现象在其他共生系统中也有可能存在。

对于上述几种共生模型,如果现实中给定促进作用系数  $\sigma$ 、平均增长率  $r$ 、最大生态效益  $N$ ,那么就可以用数学软件来绘出各个成员之间的共生效益的曲线图,就会更加清晰的展示成员间的共生关系。

相关分析及其对策:

首先,对于平等型共生而言,企业之间的共生度一般不高,企业与外界发生的大量物质、能源和信息交换并不来自于系统内,各个企业有着很高的独立性,平等型共生提高企业生态效率的空间是有限的。如果企业之间的共生度要求达到较高的程度,为了满足平等型共生关系稳定运行的需要,无论是同类型企业还是异类型企业数量都要足够多,保证对于任何一个共生企业而言,其共生的候选对象不是唯一的。一旦目前的共生关系出现问题,它还可以通过调整与其他共生企业的关系得到弥补,并不会对其正常运行造成很大的影响。与此同时,共生企业应该充分挖掘内部资源的优势,不断延伸和拓展共生链条,以便扩展提高生态效率的途径。

其次,对于依托型共生而言,核心的企业处于主导地位,卫星企业处于依附地位,核心企业对卫星企业发挥支配的作用。一般而言,核心企业都是特大型矿业企业,对于矿区生态产业来说,矿业企业主要依托丰富的矿产资源储量,同时采矿的副产品为卫星企业提供原材料,具有规模优势。核心企业往往被视为依托型共生模式的关键企业,决定了共生模式能否持续发展的可行性。一旦核心企业经营环境发生了变化,都会对卫星企业产生很大影响,最终直接影响共生关系的安全性和稳定性。依托型共生关系一般要求卫星企业分布比较广泛,其目的是保证卫星企业的数量和企业之间的适度竞争,要求核心企业促进卫星企业的类型、数目和关联的多样性,其目的是保证某一节点出现问题,可通过产业链的调整或者搭建来保证系统的正常运行,进而提高共生系统的整体稳定性。

第三,对于依赖型共生而言,其共生系统一般处于不稳定的状态。稳定性受节点企业的经营状况影响较大,企业应该慎重选择依赖型共生模式。对于已经形成依赖型共生的企业而言,有两条演化道路:一是拓宽行业范围和地域空间范围,扩充候选企业数目,向平等型共生模式转变;二是通过成员企业的兼并和重组,实现资源的优化配置,向依托型共生模式转变。

### 3.2 基于共生策略的稳定性分析与研究

根据共生参与企业的所有权关系划分,共生可分为自主实体共生和复合实体共生<sup>[12]</sup>。所谓自主实体共生,是指参与企业都具有独立的法人资格,双方不具有所有权上的隶属关系,均是独立的,它们的合作关系不是依靠上级公司的行政命令来约束的,完全是受利益机制驱动的。复合实体共生是指所有参与共生的企业同属于一家大型公司,它们是该大型公司的分公司或某一生产车间。这种共生模式的和与散完全取决于总公司的战略意图,或者是出于总公司优化资源、整合业务的需要,或者是迫于对环保要求的压力而进行的,参与实体往往没有自主权。

当企业以自主实体共生模式进行合作时,由于合作是完全受利益驱动的,因此很有可能出现各成员为了追

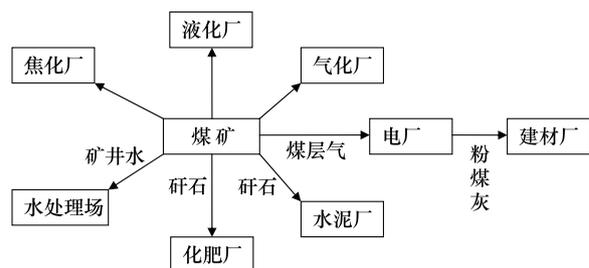


图4 复合实体共生模式

Fig. 4 Symbiotic model of complex entities

求自己的利益而存在投机心理, 从而造成矿区生态产业共生系统不稳定的现象。各成员间合作策略的选择是相互依赖的决策问题, 可以应用博弈论理论来探讨自主实体共生中成员之间的策略选择对共生系统稳定性的影响<sup>[13]</sup>。

系统稳定性的标志就是各成员之间能否长期的进行合作, 因此建立博弈模型的目标就是分析成员间如何才能长期的合作。假定自主实体共生系统中成员 A 和 B, 两者有相同的策略空间: 不合作与合作。不合作者可以理解为机会主义者, 即违约、逃逸或者进行敲竹杠者, 这类成员的不合作行为可能会引发其他成员采取相同的措施。成员 A 和 B 可以由四个策略组合表示:

		成员 B	
		不合作	合作
成员 A	不合作	$C_1, C_1$	$C_2, C_3$
	合作	$C_3, C_2$	$C_4, C_4$

当一方不合作一方合作时, 不合作方的收益  $C_2$  不仅高于合作方的  $C_3$ , 而且高于双方都合作时的  $C_4$ , 合作方会因为对方的不合作而使自己的收益受损, 从而可以得出  $C_3 < C_4$ , 当双方都不合作时, 则有  $C_4 > C_1 > C_3$ , 进而得到  $C_2 > C_4 > C_1 > C_3$ 。从上述双方博弈组合策略来看, 这是一个典型的“囚徒困境”的博弈模型, 其一次博弈的结果只有唯一一个纳什均衡, 无法达到较优效用水平 ( $C_4, C_4$ ) 的策略组合。如果将这个一次博弈扩展为有限次完全且完美重复博弈, 结果将会发生变化。利用博弈理论对有限次完全且完美重复博弈的总结, 对有唯一的纳什均衡的博弈而言, 有限次重复博弈的结果是一次性博弈均衡结果的简单重复。这个有限重复博弈结果只是(不合作, 不合作)策略的反复出现。但是, 如果将这个博弈扩展为无限次重复博弈, 则结果就会发生变化。经过无限次的重复博弈, 有理性的双方将会在对选择合作与不合作策略下对所得的效用进行比较之后再行抉择。如果博弈重复无限次且每个人有足够的耐心, 任何短期的机会主义行为的所得都是微不足道的, 参与人希望为自己建立一个乐于合作的声誉, 同时也愿意惩罚对方的机会主义行为。也就是说, 只要双方看重未来收益, 有足够的耐心, 看重合作给双方未来带来较大收益时, 彼此采取合作与信任的态度。这样就符合了各组织成员结合为共生网络的精神本质: 长期、稳定的合作而非着眼于短期的交易, 可以充分利用并发挥对方的资源优势来使自己获得较大收益, 而这又可以反过来促进自身优势领域的进一步加强。

然而现实中成员的耐心是有限的, 一般对长远的收益考虑较少, 不考虑以后的发展, 而是急功近利, 更加看重的是眼前的利益。所以说, 共生系统难以持续稳定的合作关系。成员的投机行为会经常对共生系统的稳定性产生影响。

相关分析及其对策:

成员间短期的合作行为和一次性交易促使了投机行为的产生, 成员仅仅注重短期利益, 追求自己利益的最大化, 根据博弈中个体理性下的最大利益原则, 一般来说博弈方不会相互考虑对方的利益, 只要能实现自身的最大利益, 每个成员都是可以“欺骗”、“伤害”其他成员的, 进而影响共生系统的安全性和稳定性。对此, 要制定契约制度来防范投机行为。不仅如此, 还要发挥政府的协调和管理功能, 发挥政策优势, 制定相应的政策和规章制度, 规范共生企业的行为, 鼓励诚信合作, 增强系统内各个成员的凝聚力; 在系统内建立信用和惩罚机制, 制定信用评级制度, 形成有力的失信约束惩罚机制, 使之成为防止成员采取投机行为的外在威慑力量; 加强各个成员之间的沟通, 形成共同的组织文化, 提高成员行为的一致性, 减少成员之间的矛盾和冲突, 降低投机行为的可能性, 从而保证共生系统的安全性及其稳定性。

#### 4 结语

矿区生态产业共生系统作为一种基于资源、环境与社会三方面高度协作的先进产业集聚模式, 在其发展的过程中不可避免的存在稳定性隐患。稳定性对于矿区生态产业共生系统的良好运转至关重要, 是系统的一

种重要维生机制,稳定性越好,系统的维生能力就越强。影响矿区生态产业共生系统稳定性的因素很多,通过对矿区生态产业共生系统不稳定的原因及其影响因素的分析,深入探讨了共生模式和共生策略对稳定性的影响机理,从两个角度对系统稳定性进行了研究,结果表明保证矿区生态产业共生系统的稳定性不仅要从系统内部各个成员自身出发,相互合作,形成较强的凝聚力,在获取利益的同时长期稳定的发展;还要加强系统外部的政府管控能力,发挥政策优势,鼓励诚信合作,建立信用机制,提高各个成员信用水平,减少成员间矛盾和冲突,从而带动成员企业长期稳定的发展。由此,共生系统内、外部的有机结合,为矿区生态产业共生系统的安全性和稳定性提供了有力保障,从而保证了系统中各成员企业稳定良好的发展下去。

#### References:

- [ 1 ] Deng H. Research on the Influence Factors of Industrial Ecosystem(IES) Stability in China[D]. Dalian: Dalian university of Technology, 2006.
- [ 2 ] Xu L Z, Qin S T. On Eco-industrial Symbiosis System Stability Strategy Analysis Based on Value Chain. Collected Essays on Finance and Economics, 2007, (2): 90-95.
- [ 3 ] Yu H W, Qi Z H, Feng Z N, Xu W. From the perspective of Game Theory Empirical Research on the stability of Ecological Industrial Park. Industrial Technology & Economy, 2007, 26(9): 71-73.
- [ 4 ] Cai X J, Li S J, Liu Q H. Study on Estalblishing Mechanism and Stability of Symbiotic Industry Chain in Eco-industry Parks. Soft Science, 2006, 20(3):12-14.
- [ 5 ] Zhou H. Enterprises Cluster Co—existence Model and Stability Analysis. Systems Engineering, 2003, 21(4): 32-37.
- [ 6 ] Gao W. Research on the Stability of the Two Typical Symbiosis Patterns in Industrial Eco-Networks [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [ 7 ] Jin Z X. The research about the industry intergrowth systems of sustainable development for mine. China Mining Magazine, 2008, 17(5): 29-32.
- [ 8 ] Cheng H Q. Research on Industrial symbiosis mechanism of the Eco-Industrial Park[D]. Beijing university of Technology, 2009.
- [ 9 ] Sun S L, Zhou K P, Hu X L. The study of the stability of Mine Industrial Ecosystem. Ecological Economy, 2007, (10): 79-81.
- [ 10 ] Wu Z J. A Research on Regulating Industrial Symbiosis Network of the Eco-industrial Park. Contemporary Finance & Economics, 2006, (9): 84-87.
- [ 11 ] Jiang Q Y, Xie J X, Ye J. Mathematical Model. Beijing: Higher Education Press, 2003: 12-14.
- [ 12 ] Wang Z H, Wu C Y. Comparative Study on Two Industry Entergrowth Models in Ecology Industry Parks. Science of Science and Management of S. & T., 2002, 23(2): 66-69.
- [ 13 ] Xie S Y. Economics Game Theory. Shanghai: Fudan University Press, 2003: 68-73.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 邓华. 我国产业生态系统(IES)稳定性影响因素研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [ 2 ] 徐立中, 秦荪涛. 基于价值链的生态产业共生系统稳定性对策研究. 财经论丛, 2007, (2): 90-95.
- [ 3 ] 喻宏伟, 齐振宏, 冯智能, 徐为. 博弈论视角下生态工业园稳定性实证研究. 工业技术经济, 2007, 26(9): 71-73.
- [ 4 ] 蔡小军, 李双杰, 刘启浩. 生态工业园共生产业链的形成机理及其稳定性研究. 软科学, 2006, 20(3): 12-14.
- [ 5 ] 周浩. 企业集群的共生模型及稳定性分析. 系统工程, 2003, 21(4): 32-37.
- [ 6 ] 高伟. 产业生态网络两种典型共生模式的稳定性研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [ 7 ] 金智新. 煤矿可持续发展工业生态共生系统研究. 中国矿业, 2008, 17(5): 29-32.
- [ 8 ] 程会强. 生态工业园的工业共生机理研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.
- [ 9 ] 孙顺利, 周科平, 胡小龙. 矿区产业生态系统(MIES)稳定性分析. 生态经济, 2007, (10): 79-81.
- [ 10 ] 吴志军. 生态工业园共生网络治理研究. 当代财经, 2006, (9): 84-87.
- [ 11 ] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型. 北京: 高等教育出版社, 2003: 12-14.
- [ 12 ] 王兆华, 武春友. 基于工业生态学的工业共生模式比较研究. 科学学与科学技术管理, 2002, 23(2): 66-69.
- [ 13 ] 谢识予. 经济博弈论. 上海: 复旦大学出版社, 2003: 68-73.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 10 May, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology ..... LI Xuanqi, HUA Lizhong (2965)

Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis ..... TONG Kangkang, MA Keming (2975)

The watershed eco-compensation system from the perspective of economics: the cases of pollution compensation ..... LIU Tao, WU Gang, FU Xiao (2985)

The tourism development impact on Shanghai coastal wetland vegetation ..... LIU Shidong, GAO Jun (2992)

Effects of the Wenchuan Earthquake on shoot growth and development of the umbrella bamboo (*Fargesia robusta*), one of the giant panda's staple bamboos ..... LIAO Lihuan, XU Yu, RAN Jianghong, et al (3001)

Forest carbon sequestration and carbon sink/source in Jiangxi Province ..... HUANG Lin, SHAO Quanqin, LIU Jiyuan (3010)

Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin ..... CHEN Jie, GUO Yili, LU Xunling, et al (3021)

Microbial community diversity of rhizosphere soil in continuous cotton cropping system in Xinjiang ..... GU Meiyang, XU Wanli, MAO Jun, et al (3031)

Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Caragana korshinskii* Kom. in desert zone ..... HE Xueli, CHEN Zheng, GUO Huijuan, et al (3041)

Characteristics of photosynthetic productivity and water-consumption for transpiration in *Pinus densiflora* var. *zhangwuensis* and *Pinus sylvestris* var. *mongolica* ..... MENG Peng, LI Yuling, YOU Guochun, et al (3050)

Seasonal dynamic and influencing factors of coarse woody debris respiration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest ..... LIU Qiang, YANG Zhijie, HE Xudong, et al (3061)

Influence of saline soil and sandy soil on growth and mineral constituents of common annual halophytes in Xinjiang ..... ZHANG Ke, TIAN Changyan, LI Chunjian (3069)

Dynamics change of *Betula ermanii* population related to shrub and grass on treeline of northern slope of Changbai Mountains ..... WANG Xiaodong, LIU Huiqing (3077)

Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco ..... YAN Kan, CHEN Zongyu (3087)

A study on the hyperspectral inversion for estimating leaf chlorophyll content of clover based on factor analysis ..... XIAO Yanfang, GONG Huili, ZHOU Demin (3098)

Monthly dynamic variation of soil seed bank in water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water ..... WANG Xiaorong, CHENG Ruimei, TANG Wanpeng, et al (3107)

Effects of three land use patterns on diversity and community structure of soil ammonia-oxidizing bacteria in *Leymus chinensis* steppe ..... ZOU Yukun, ZHANG Jingni, CHEN Xiurong, et al (3118)

Autotoxicity and promoting: dual effects of root litter on American ginseng growth ..... JIAO Xiaolin, DU Jing, GAO Weiwei (3128)

Effect of differing levels parasitism from native *Cuscuta australis* on invasive *Bidens pilosa* growth ..... ZHANG Jing, YAN Ming, LI Junmin (3136)

Heavy metal concentrations and pollution assessment of riparian soils in Shandong Province ..... ZHANG Ju, CHEN Shiyue, DENG Huanguang, et al (3144)

Effect of decomposition products of cyanobacteria on *Myriophyllum spicatum* and water quality in Lake Taihu, China ..... LIU Lizhen, QIN Boqiang, ZHU Guangwei, et al (3154)

Succession of macrofauna communities in wetlands of *Sonneratia apetala* artificial mangroves during different ecological restoration stages ..... TANG Yijie, FANG Zhanqiang, ZHONG Yanting, et al (3160)

Group characteristics of Chinese Merganser (*Mergus squamatus*) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province ..... SHAO Mingqin, ZENG Binbin, SHANG Xiaolong, et al (3170)

Effect of forest rodents on predation and dispersal of *Pinus armandii* seeds in Qinling Mountains ..... CHANG Gang, WANG Kaifeng, WANG Zhi (3177)

Circadian rhythms of activity, metabolic rate and body temperature in desert hamsters (*Phodopus roborovskii*) ..... WANG Luping, ZHOU Shun, SUN Guoqiang (3182)

Effects of temperature stress and ultraviolet radiation stress on antioxidant systems of *Locusta migratoria tibetensis* Chen ..... LI Qing, WU Lei, YANG Gang, et al (3189)

Carbon cycling from rice-duck mutual ecosystem during double cropping rice growth season ..... ZHANG Fan, GAO Wangsheng, SUI Peng, et al (3198)

Protein expression characteristics and their response to nitrogen application during grain-filling stage of rice (*Oryza Sativa*. L) ..... ZHANG Zhixing, CHENG Jun, LI Zhong, et al (3209)

**Review and Monograph**

Advances in influence of seawater eutrophication on marine bacteria ..... ZHANG Yubin, ZHANG Jiexiang, SUN Xingli (3225)

A review of comprehensive effect of ocean acidification on marine fishes ..... LIU Hongjun, ZHANG Zhendong, GUAN Shuguang, et al (3233)

Evaluation of the controlling methods and strategies for *Mikania micrantha* H. B. K. .... LI Mingguang, LU Erbei, GUO Qiang, et al (3240)

**Scientific Note**

Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on Remote Sensing ..... SUN Qian, TASHPOLAT. Tiyp, ZHANG Fei, et al (3252)

Phytoplankton assemblages in East China Sea in winter 2009 ..... GUO Shujin, SUN Jun, DAI Minhan, et al (3266)

On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild Ferula in Xinjiang ..... FU Yong, ZHUANG Li, WANG Zhongke, et al (3279)

The community characteristics of *Calligonum roborovskii* A. Los in Tarim Basin ..... Gulnur Sabirhazi, PAN Borong, DAUN Shimin (3288)

Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system ..... SUN Bo, WANG Guangcheng (3296)

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

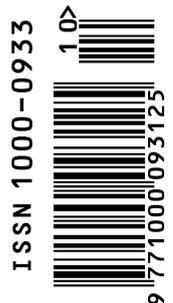
第 32 卷 第 10 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 10 (May, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100071, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100071, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元