

## 海运交通经济带系统演化及平衡点研究

王 文, 周 妮, 裴彩月, 邢 蒙

(集美大学航海学院, 福建 厦门 361021)

**[摘要]** 为研究海运通道与其沿海经济区域发展的相互作用关系和演化趋势, 在交通经济带理论中拓展海运部分, 以海运通道运输量和经济带陆向纵深为共生规模变量, 建立海运交通经济带单方非独立共生演化的 Logistic 模型, 以运输经济、烟羽模型、微积分等方法提出其变量作用系数的量化途径和形式, 解决未知参数, 实现交通运输和地理空间不同范畴、无法直接关联的量的量化联系, 并得到作用系数的增长因素和减少因素。研究表明两规模变量的作用系数都随其值增长而减小。由近似线性法, 系统演化的非零平衡点存在, 并得到对演化平衡点稳定性有纯负面影响的因素, 这些因素较大时经济带系统在平衡状态更容易发生相变, 适当的海运通道长度有利于保持其经济带的稳定发展。

**[关键词]** 海运交通经济带; Logistic 演化方程; 烟羽模型; 平衡点稳定性

**[中图分类号]** U 6-9; N 949

## Research on System Evolution Equation and Equilibrium Point of Maritime Transportation Economic Belt

WANG Wen, ZHOU Ni, PEI Caiyue, XING Meng

(Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** To study the development interaction and evolutionary trend of shipping passage and its coastal economic area, the part of maritime transportation is expanded in the theory of transportation economic belt. Taking the shipping volume of the shipping passage and the landward depth of the economic belt as the symbiotic scale variables, a unilateral non independent symbiosis evolution Logistic equation of maritime transport economic belt is established. This article proposes a quantitative approach and forms of the interaction coefficients of the variables with theories of transportation economy, plume model, and calculus etc., solving the unknown coefficients, and realizing the quantitative connection between different categories of transportation and geographical space that cannot be directly related, then obtaining the increasing and decreasing factors of the interaction coefficients. Results show that the interaction coefficients of both scale variables decrease with the increase of their values. By the approximate linear method, the non-zero equilibrium point of system evolution is proved to exist, and the factors that have a pure negative effect on the stability of the evolution equilibrium point are obtained. The economic belt system is more prone to phase transition in the equilibrium state when those factors are large. A proper length of shipping passage is conducive to the stable development of its economic belt.

**Keywords:** maritime transportation economic belt; Logistic evolution equation; plume model; stability of e-

**[收稿日期]** 2020-04-20

**[基金项目]** 福建省自然科学基金项目(2019J01687); 福建省教育厅科技项目(JT180258); 福建省教育厅科技项目(JT180257); 国家自然科学基金项目(51879119)

**[作者简介]** 王 文(1978—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为交通运输规划与管理。

<http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/zkb>

quilibrium point

## 0 引言

“21 世纪海上丝绸之路”的提出,使得海运交通经济带及其演化规律和发展模式成为我国经济、贸易、外交、产业发展和海上安全等众多领域的重要研究热点。目前相关研究已形成了较为系统的理论框架,主要包含增长极理论、生长轴理论、点-轴空间结构理论,以及“交通经济带”的概念和基础理论<sup>[1]</sup>。

近期国际相关研究着重在于交通走廊的评价、政策与法律以及对港口的影响等方面,如 Wiegmanns 等<sup>[2]</sup>对长途洲际陆路联运和海运货运走廊供应链的性能进行了分析、建模和评估;Dong 等<sup>[3]</sup>通过问卷,评估了 2 个远东至欧洲贸易走廊——中欧海陆快线和新亚欧大陆桥的性能和绩效;Brooks 等<sup>[4]</sup>研究了智利沿海航运的潜力,提出了北部、南部和组合沿海走廊并评估沿海航运的需求;Maria 等<sup>[5]</sup>对欧盟主要交通走廊建设跨欧洲运输网络的立法进行了研究;Zeng 等<sup>[6]</sup>预测了卡拉特运河通道对枢纽港间转运市场份额的影响等。

国内近期的研究对象主要集中在长江、黄河等内河经济带和丝绸之路经济带,如文献 [7-9] 研究丝绸之路经济带交通基础设施的空间溢出效应;李发莹等<sup>[10]</sup>的研究表明交通运输能力对长江经济带城市集聚经济促进作用显著;娜仁图雅等<sup>[11]</sup>研究了沿黄河经济带区域物流发展优势因素;汪德根等<sup>[12]</sup>研究了长江经济带陆路交通可达性与城镇化耦合协调度空间格局;黄勤<sup>[13]</sup>讨论了内河产业带的空间结构和集聚扩散、区域协调、海陆统筹等多重空间效应;鲁小丫等<sup>[14]</sup>对长江经济带交通网络密度、便捷度和通达性进行了空间化、定量化的分析。

综上所述,已有的交通经济带的研究基本针对陆上交通方式进行,明显缺少海运方式的相关研究。本文研究的海运交通经济带,是在一段沿海区域内,以沿海若干港口及港口城市构成的海运通道为主轴,以轴辐射和吸引陆域区域内联系密切的城镇、城镇群和产业群为主要依托,构成的带状区域经济系统。为获得其演化机制,选取海运通道与沿线经济带发展的规模参量,建立种群共生理论的 Logistic 模型,并解决模型中两个规模参量之间作用系数的量化形式,以及系统演化平衡状态稳定性影响因素。

## 1 海运通道与其经济带的共生关系

共生是生态学理论,指不同种属按某种物质联系生活在一起,后来其意义指两个共生单元为提高各自对环境的适应,在功能上合作,形成互为依存、优势互补、联系密切、共同发展的关系<sup>[15]</sup>。运输通道与其经济带显然具有类似的关系,经济带内各类产业的生存和发展需要运输通道提供客货运输的服务,运输通道的存在和发展也需要相关产业客货流的支撑,因此它们是相互依存、需求互补的。产业为实现利润增长,就会扩大规模或投资,从而产生更多运输需求,运输通道的经济效益便会增加,使用效率也会提高,这会促进资本对运输通道的投资,从而扩大运输通道的能力和规模,并提升技术水平,下降单位运输成本,这样贸易机会就会增加,促进产业获利,也扩大运输通道和经济带的影响范围,因此它们之间也是良性循环,相互促进的。

本文选择海运通道运输量和经济带陆向纵深为规模变量,定量研究海运通道与经济带的相互作用和发展关系。海运交通经济带分布如图 1 所示。其中: $H_1$  与  $S_2$  或  $H_2$  与  $S_4$  之间的距离即为陆向纵深,是经济带向内陆延伸的宽度; $H$  为枢纽港,也是海运通道的干线要素; $h$  为卫星港。

建立海运通道与其经济带的 Logistic 共生方程:

$$\begin{cases} \frac{dL_e}{dt} = a_e L_e [ -1 - (L_e/K_e) + \sigma_e (Q_s/K_s) ], \\ \frac{dQ_s}{dt} = a_s Q_s [ 1 - (Q_s/K_s) + \sigma_s (L_e/K_e) ]. \end{cases} \quad (1)$$

其中: $L_e$  为海运交通经济带的陆向纵深; $Q_s$  为海运通道的运输量; $a_e$ 、 $a_s$  分别为  $L_e$  和  $Q_s$  的自然增长率;

$K_e$ 、 $K_s$  分别为环境资源所能承受的单独的  $L_e$  和  $Q_s$  的最大值;  $\sigma_e$ 、 $\sigma_s$  分别为  $Q_s$  对  $L_e$  和  $L_e$  对  $Q_s$  的影响系数, 根据共生方程的意义,  $\sigma_e$  表示单位数量  $Q_s$  可以增加  $L_e$  的数量,  $\sigma_s$  表示单位数量  $L_e$  可以增加  $Q_s$  的数量;  $t$  表示时间。根据交通经济带定义, 没有海运通道, 海运交通经济带也不能存在, 因此  $L_e$  的增长方程中  $a_e L_e$  项的系数是  $-1$ 。 $\sigma_e$  和  $\sigma_s$  的表达形式就是需要解决的问题。

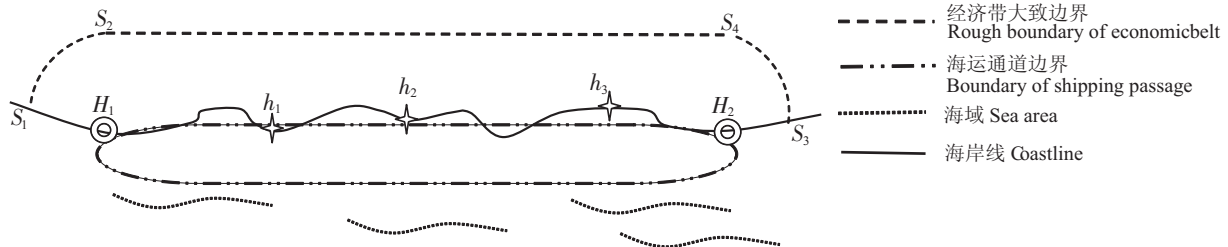


图1 海运交通经济带分布概念图

Fig.1 Conceptual map of maritime transport economic belt

## 2 海运通道与其经济带规模变量相互作用系数

一般来说, 货物运输以海运为主是因为运输成本较陆运方式低, 而且满足运输时间的要求, 否则便会以陆运为主。随着陆上运输起讫点与港口距离的增加, 如果陆运能力增加或变化不大, 海运通道的优势将逐渐降低, 直至不再有竞争力, 这是海运交通经济带边界和范围形成的基本原理。当  $L_e$  增加, 经济带的地理面积增大, 会有更多的产业和经济体进入海运通道的经济范围,  $Q_s$  会增加, 由于一定通道能力范围内港口和航运公司的固定成本比例较高, 海运方式具有规模经济, 单位运输成本会降低, 陆运成本一般视为无规模经济, 如果没有变化, 走海运的总成本就有下降空间,  $L_e$  就会增加。

### 2.1 海运通道货运量对经济带陆向纵深的作用系数

假设有海港  $H_1$ 、 $H_2$ ,  $P_1$ 、 $P_2$  为经济带内陆边界上的点,  $P_1$  至  $P_2$  的运输成本须满足式 (2), 且时间满足供应链要求, 才会选择海运通道, 因海运货物相对时间不敏感, 这里暂不考虑时间。

$$L_e c_1 + L c + L' c_2 \leq L_0 c_0 \quad (2)$$

其中:  $L_e$  和  $L'$  分别为  $P_1$  至  $H_1$ 、 $H_2$  至  $P_2$  的距离;  $L$  为  $H_1 H_2$  间距离;  $L_0$  为  $P_1 P_2$  间陆运距离;  $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c$  和  $c_0$  分别为  $P_1$  至  $H_1$  陆运、 $H_2$  至  $P_2$  陆运、 $H_1$  至  $H_2$  海运、 $P_1$  至  $P_2$  陆运的单位运输成本, 包含装卸成本。

设海运成本采用平均总成本 + 利润定价<sup>[16]</sup>, 若  $C_s$  为海运总成本,  $r$  为单位运量利润, 则  $c = C_s/Q_s + r$ , 代入式 (2), 并将式 (2) 取等号, 则有

$$L_e = \{L_0 c_0 - L' c_2 - L[(C_s/Q_s) + r]\} / c_1 \quad (3)$$

于是  $L_e$  对  $Q_s$  的变化率  $\sigma_e$  为

$$dL_e/dQ_s = LC_s/c_1 Q_s^2 \quad (4)$$

由式 (3)、式 (4) 可知,  $L_e$  与  $Q_s$  同向变动, 即海运通道的运输量增加会使经济带陆向纵深增加, 但  $L_e$  增加的幅度随着  $Q_s$  增加逐渐减小, 也就是说, 海运通道运输量对经济带扩张的作用是减缓的, 且经济带范围的增长有限度, 不会无限扩张。若  $L$  较长,  $L_e$  增长幅度较大。 $c_1$ 、 $c_2$  对  $L_e$  都有反向作用, 说明提高港口集疏运的能力和通畅性有助于扩大经济带范围。 $L_e$  与  $L'$  之间的反向作用说明经济带不同地区的陆向纵深有此消彼长的关系。若  $r$  较高,  $L_e$  会较小, 所以航运公司对利润水平的态度会影响经济带的范围, 如果较重视经济利益, 经济带变窄, 会促使适合海运的产业聚集到港口附近, 海运通道的货物结构也会简单且稳定, 但可能损失运输方式替代性较高的远距离货源。

### 2.2 经济带陆向纵深对海运通道货运量的作用系数

经济带陆向纵深的增加使得海运通道的运输策略适合更远的产业贸易,  $Q_s$  必然会增加, 但产业分布的疏密程度或者说运输需求的分布一般空间不是均匀的。本文以目前应用于港口腹地研究中的烟羽

模型<sup>[17]</sup>为基础, 研究  $\sigma_s$  的形式。烟羽模型原用于计算、预测和描述污染源下风处空间污染物浓度, 本文用它来描述以海运通道及其港口为中心的运输需求“浓度”的空间分布, 以确定  $Q_s$  随  $L_e$  增加的增加量。

设  $\beta_1$  为  $H_1$  的陆域运输需求浓度, 简化的烟羽模型为:  $\beta_1 = \alpha_1 \theta_1 \mu_1 R_1 / (4\pi L_e^2)$ 。其中:  $\alpha_1$  为  $H_1$  的条件系数, 一般与港口的基础条件和服务水平有关, 取值区间为 (0.15, 1.00);  $\theta_1$  为  $H_1$  的强度, 这里以港口运输量表示;  $\mu_1$  为  $H_1$  与内陆区域的交通条件系数, 取值区间为 (1, 2);  $R_1 = \sqrt{n_1 v_1 n_p v_p} / L_e^2$  为  $H_1$  与需求点  $P$  的关联度, 其中  $n$ 、 $v$  分别为  $H_1$  和  $P$  的城市常住人口数和工业产值<sup>[17]</sup>。

作为这类问题一般性的初步研究, 这里采用 2 个 1/4 圆和一个直角梯形围成的区域表示海运交通经济带的大致范围, 如图 2 所示。

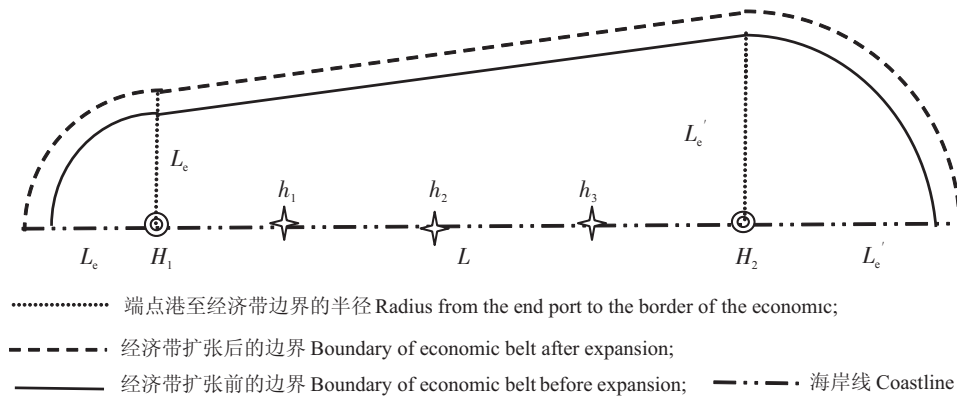


图 2 海运交通经济带运输需求量计算几何示意图

Fig.2 Geometric diagram for calculating transport demand in maritime transportation economic belt

2 个 1/4 圆的运输需求量分别由两个端点港  $H_1$  和  $H_2$  的需求浓度烟羽模型表示, 梯形区域的运输需求量由海运通道  $L$  产生的需求浓度烟羽模型表示。 $\beta_1$  随  $L_e$  变化而变化, 因此  $H_1$  周围一定区域内的运输量  $Q_1$  为区域面积  $S_{H1}$  上  $\beta_1$  的积分, 可将它转化为陆域纵深  $L_e$  上的积分,  $H_1$  端 1/4 圆区域内的运输量见式 (5)。 $H_2$  端同理。

$$Q_1 = \int_0^{\pi L_e^2/4} (\alpha_1 \theta_1 \mu_1 R_1) / (4\pi L_e^2) dS_{H1} = \int_0^{L_e} [(\alpha_1 \theta_1 \mu_1 R_1) / (4\pi L_e^2)] \cdot [(\pi/2)L_e] / 2 dL_e. \quad (5)$$

为得到  $Q_s$  对  $L_e$  的变化率, 需要将  $L'_e$  用  $L_e$  表示, 设初始状态  $L_e^{(0)} = \lambda L_e^{(0)}$ , 经济带陆向纵深增加  $\Delta$  意味着  $L_e^{(0)}$  和  $L_e^{(0)}$  都增加  $\Delta$ , 则  $L'_e/L_e$  变为  $(\lambda L_e^{(0)} + \Delta) / (L_e^{(0)} + \Delta)$ ,  $\Delta$  与  $L_e^{(0)}$  相比足够小, 因此, 计算中仍可将  $L'_e$  近似为  $\lambda L_e$ 。则  $H_2$  端  $Q_2$  为:  $Q_2 = \int_0^{L'_e} [(\alpha_2 \theta_2 \mu_2 R_2) / (4\pi L_e^2)] \cdot (\pi/2) L'_e dL'_e = \int_0^{L_e} [(\alpha_2 \theta_2 \mu_2 R_2) / (4\pi (\lambda L_e)^2)] \cdot (\pi/2) \lambda L_e \lambda dL_e$ 。

$L$  上可能分布有若干其他港口, 为具有一般理论性, 以  $L$  上各港的加权平均状态产生的需求浓度代表梯形区域内的运输需求分布, 由海岸线以同样的浓度变化向内陆扩散, 其运输量  $Q_T$  为区域面积  $S_T$  上  $\beta_T$  的积分, 同样可转化为  $L_e$  上的积分, 即:

$$Q_T = \int_0^{(L_e + L'_e)L/2} \beta_T dS_T = \int_0^{(\lambda+1)L_e/2} \left( \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\alpha)} \alpha_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\theta)} \theta_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\mu)} \mu_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(R)} R_i \right) / (4\pi L_e^2) dS_T = \int_0^{L_e} \left[ \left( \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\alpha)} \alpha_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\theta)} \theta_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(\mu)} \mu_i \sum_{i=1}^m \gamma_i^{(R)} R_i \right) / (4\pi L_e^2) \right] \cdot (\lambda+1)L/2 dL_e$$

其中:  $m$  为  $L$  上的港口数量;  $\gamma_i^{(\alpha)}$ 、 $\gamma_i^{(\theta)}$ 、 $\gamma_i^{(\mu)}$ 、 $\gamma_i^{(R)}$  分别为各港在  $\alpha$ 、 $\theta$ 、 $\mu$ 、 $R$  上的权重。

令  $\alpha_i \theta_i \mu_i R_i = f_i$ ,  $L$  中各港参数的加权平均量的积为  $F$ , 则  $\sigma_s$  为

$$\sigma_s = d(Q_1 + Q_2 + Q_T) / dL_e = (f_1 + f_2) / (8L_e) + F(\lambda+1)L / (8\pi L_e^2). \quad (6)$$



可以看出,  $Q_s$  的增加幅度随着  $L_e$  的增加而减小, 经济带范围扩张对海运通道运输量的增长作用同样是减缓的。港口的综合能力、海运通道长度和经济带纵深差异都对  $\sigma_s$  有正向作用。

### 3 海运通道与其经济带系统演化平衡点稳定性因素分析

将式 (4)、式 (6) 代入式 (1), 得到以海运通道运输量和经济带陆向纵深为规模变量的共生演化方程形式为:

$$\begin{cases} dL_e/dt = a_e L_e [-1 - (L_e/K_e) + (LC_s/(c_1 Q_s^2)) \cdot (Q_s/K_s)], \\ dQ_s/dt = a_s Q_s \{1 - Q_s/K_s + [(f_1 + f_2)/(8L_e) + F(\lambda + 1)L/(8\pi L_e^2)](L_e/K_e)\}. \end{cases} \quad (7)$$

可见, 海运通道与其经济带的相互作用系数  $\sigma_e$ 、 $\sigma_s$  是随规模变量变动的, 不像一般 Logistic 演化方程那样是常系数, 说明其相互作用力跟规模变量值的大小有关, 在海运交通经济带的系统演化过程中不恒定, 且都随规模变量自身值的增加而减小, 表明其他因素不变的情况下, 海运交通经济带发展初期两个子系统相互推动的作用较大, 发展成熟, 具有较大规模后, 两个子系统相互推动作用就不明显了, 此时投资建设的效果不如初期。

$\sigma_e$ 、 $\sigma_s$  为非常系数, 因此式 (7) 的稳定性不能直接用种群共生 Logistic 模型平衡点及稳定性的结论, 这里采用二阶非线性微分方程平衡点稳定性的近似线性法 (也称直接法) 分析。式 (7) 右端不含  $t$ , 是自治方程, 因其由 Matlab 9.4 求出的非零平衡点表达式过长, 多项式达 18 行 60 多个项, 这里以  $(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})$  表示。设式 (7) 的两个式子分别为  $u$ 、 $v$ , 它们对两个规模参量在平衡点处的导数分别为  $u_{L_e}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})$ 、 $u_{Q_s}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})$ 、 $v_{L_e}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})$ 、 $v_{Q_s}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})$ , 则其近似线性方程为

$$\begin{cases} dL_e/dt = u_{L_e}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})(L_e - L_e^{(0)}) + u_{Q_s}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})(Q_s - Q_s^{(0)}), \\ dQ_s/dt = v_{L_e}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})(L_e - L_e^{(0)}) + v_{Q_s}(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})(Q_s - Q_s^{(0)}). \end{cases}$$

其系数矩阵为  $A = \begin{vmatrix} u_{L_e} & u_{Q_s} \\ v_{L_e} & v_{Q_s} \end{vmatrix}_{(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})}$ 。

特征方程系数  $x$ 、 $y$  分别为:  $x = -(u_{L_e} + v_{Q_s})|_{(L_e^{(0)}, Q_s^{(0)})} = a_e - a_s + 2a_e L_e^{(0)}/K_e + 2a_s Q_s^{(0)}/K_s - a_e LC_s/(c_1 K_s Q_s^{(0)}) - a_s(\lambda + 1)FL/(8\pi K_e L_e^{(0)}) - a_s(f_1 + f_2)/(8K_e)$ ;  $y = \det A = -1 + 2Q_s^{(0)}/K_s - FL(\lambda + 1)/(8\pi K_e L_e^{(0)}) - (f_1 + f_2)/(8K_e) - 2L_e^{(0)}/K_e + 4L_e^{(0)}Q_s^{(0)}/(K_e K_s) - FL(\lambda + 1)/(4\pi K_e^2) - (f_1 + f_2)L_e^{(0)}/(4K_e^2) + LC_s/(c_1 K_s Q_s^{(0)}) - 2LC_s/(c_1 K_s^2) + LC_s(f_1 + f_2)/(8K_e K_s c_1 Q_s^{(0)})$ 。

由于平衡点稳定性由  $x$ 、 $y$  的正负决定, 若  $x, y > 0$ , 则平衡点稳定。将  $x$ 、 $y$  分别通分, 因分母都是正数, 只需考察分子。 $x$ 、 $y$  通分分子  $\rho_x$ 、 $\rho_y$  分别为

$$\begin{aligned} \rho_x &= 8\pi a_e c_1 K_e K_s L_e Q_s + 16\pi a_e c_1 K_s L_e^2 Q_s + 16\pi a_s c_1 K_e L_e Q_s^2 - 8\pi a_s c_1 K_e K_s L_e Q_s - \\ &\quad 8\pi a_e LC_s K_e L_e - a_s(\lambda + 1)FLc_1 K_s Q_s - a_s(f_1 + f_2)\pi c_1 K_s L_e Q_s, \\ \rho_y &= 32\pi c_1 K_e K_s L_e^2 Q_s^2 + 16\pi c_1 K_e^2 K_s L_e Q_s^2 + 8\pi C_s LK_e^2 K_s L_e + \pi C_s L(f_1 + f_2)K_e K_s L_e - \\ &\quad 16\pi c_1 K_e K_s^2 L_e^2 Q_s - 16\pi LC_s K_e^2 L_e Q_s - 8\pi c_1 K_e^2 K_s^2 L_e Q_s - 2\pi c_1 K_s^2(f_1 + f_2)L_e^2 Q_s - \\ &\quad \pi c_1 K_e K_s^2(f_1 + f_2)L_e Q_s - 2c_1 K_s^2 FL(\lambda + 1)L_e Q_s - c_1 K_e K_s^2 FL(\lambda + 1)L_e Q_s. \end{aligned}$$

分析  $\rho_x$ 、 $\rho_y$  的正负项,  $L$ 、 $C_s$ 、 $\lambda$ 、 $F$ 、 $f$  这几个因素只存在于  $\rho_x$  的负项中,  $\lambda$  和  $F$  这两个因素只存在于  $\rho_y$  的负项中, 说明它们对平衡点稳定性具有纯负面作用, 即在系统自然发展的状态下, 海运通道长度、海运总成本、经济带陆向纵深差异、海运通道总体及两端港口的综合能力这几个因素越大, 系统平衡点不稳定的可能性越大, 有扰动因素时越容易发生相变, 演化为新有序态, 使海运通道与其经济带的相互作用以新的系数函数关系进行演化, 即两个规模参量的相对增长率发生变化, 且不易回到平衡点的关系状态。因此在这些因素值相对较大时, 海运运量与经济带陆向纵深的关系在平衡点附近实现跃迁发展的可能性更大。

## 4 结论

海运通道与其沿海经济带具有共生关系,共同构成海运交通经济带,可用 Logistic 模型研究其演化过程,其中经济带的独立自然增长系数为负。当规模变量为海运通道运输量与其经济带陆向纵深时,它们的相互作用系数可由烟羽模型表达需求浓度,用成本比较的方法得到。研究发现:这两个规模变量都是彼此的增函数,但相互作用都随其规模增长而逐渐减缓。提高港口集疏运的能力和通畅性有助于扩大经济带范围,航运公司的利润水平的增加会使经济带内陆纵深减少,较长的海运通道、较高的海运总成本以及较低的陆运成本会使海运量的影响系数较大。较强的港口综合能力、较长的海运通道以及较大的经济带纵深差异会使经济带纵深的的影响系数较大。由近似线性法分析海运通道与其经济带演化平衡点的稳定性,非零平衡点存在,对其稳定性具有纯负面作用的因素是海运通道长度、海运总成本、经济带陆向纵深差异、海运通道港口的综合能力。由此知道,由于新“海丝”线路较长,如果划分为若干区段,则较容易保持沿线各段经济带的稳定的影响力,同时为了使其经济带空间形态较均匀较规则,所选区段端点港应实力相当,并尽量降低航运公司成本;而港口综合能力的显著提升有利于海运交通经济带演化的跃迁。

## [ 参考文献 ]

- [1] 张文尝,金凤君,樊杰. 交通经济带 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 5-28.
- [2] WIEGMANS B, JANIC M. Analysis, modeling and assessing performances of supply chains served by long-distance freight transport corridors [J]. Journal of Sustainable Transportation, 2019, 13(4): 278-293.
- [3] DONG Y, LI P J, ADOLF K Y N. One belt one road, but several routes: A case study of new emerging trade corridors connecting the far east to europe [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2018, 117: 190-204.
- [4] BROOKS M R, WILMSMEIER G. A chilean maritime highway: Is it a possible domestic transport option? [J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2017, 2611(1): 32-40.
- [5] MARIA Ö, CHARLOTTA J. Governance of major transport corridors involving stakeholders [J]. Transportation Research Procedia, 2016, 14: 860-868.
- [6] ZENG Q C, WANG W Y, QU C R, et al. Impact of the Carat Canal on the evolution of hub ports under China's Belt and Road initiative [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2018, 117(SEP.): 96-107.
- [7] 刘瑞娟,王建伟,黄泽滨. 交通基础设施、空间溢出效应与物流产业效率——基于“丝绸之路经济带”西北 5 省区的实证研究 [J]. 工业技术经济, 2017(6): 21-27.
- [8] 陈文新,潘宇,马磊. 交通基础设施、空间溢出与全要素生产率——基于丝绸之路经济带面板数据的空间计量分析 [J]. 工业技术经济, 2017(10): 22-30.
- [9] 张海涛. 丝绸之路经济带交通基础设施建设的空间效应研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2017: 91-100.
- [10] 李发莹,张治栋. 长江经济带交通运输对集聚经济的外部性效应研究 [J]. 兰州财经大学学报, 2019, 35(3): 26-34.
- [11] 娜仁图雅,和金生. 基于“一带一路”倡议的沿黄河交通干线经济带区域物流发展空间布局实证分析 [J]. 内蒙古财经大学学报, 2016, 14(5): 24-31.
- [12] 汪德根,孙枫. 长江经济带陆路交通可达性与城镇化空间耦合协调度 [J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1089-1097.
- [13] 黄勤. 论内河产业带的空间结构、空间演进及空间效应 [J]. 四川大学学报 (哲学社会科学版), 2015(2): 132-139.
- [14] 鲁小丫,彭颖,石磊,等. 长江经济带核心交通网络空间格局变化分析 [J]. 西南民族大学学报 (自然科学版), 2019, 45(2): 192-199.
- [15] 袁纯清. 金融共生理论与城市商业银行改革 [M]. 北京: 商务印书馆, 2002: 35-40.
- [16] 杨靳. 国际航运经济学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2014: 109-112.
- [17] 李振福,汤晓雯. 港口腹地划分的腹地烟羽模型研究 [J]. 地理科学, 2014, 34(10): 1169-1175.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 周云龙)