

长三角集装箱港口体系的集疏演化^{*1}

蒋自然¹ 曹有挥²

(1. 浙江师范大学经济与管理学院, 中国浙江金华 321004;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 中国江苏南京 210008)

【摘要】: 以长三角 12 个集装箱港口为研究对象, 选取 2000—2015 年各港口的吞吐量数据, 采用基尼系数及其分解技术、重心偏移法和半径维数法等对长江三角洲集装箱港口体系的总体极化—离散格局、区域中心—外围格局、港口收敛—发散格局进行综合测度, 并运用 R/S 分析法研判港口体系的空间集疏演化趋势。研究表明: 2000—2015 年间, 长三角集装箱港口体系总体上由极化向离散转型, 其中组间差异是港口体系空间分异的主要原因; 港口运量集中分布于港口体系的运量重心, 但呈现出由中心向外围扩散的态势; 多数港口属于向上收敛或向下收敛型港口, 对港口体系空间集疏起到均衡化作用; 另外, 长三角集装箱港口体系在未来的空间疏散化现象和边缘港挑战效应将长期持续下去。

【关键词】: 集装箱港口; 港口体系; 空间集疏; 演化趋势; 长三角; 长江经济带

【中图分类号】: F552 **【文献标志码】**: A **【文章编号】**: 1000 - 8462 (2017) 08 - 0114 - 08

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.08.015

港口体系概念的提出发轫于港口地理学和系统论的有机结合, 是指一定地域内一系列规模不等、职能各异、腹地交叉、相互联系的港口空间组合, 是在一定程度上服务于重叠腹地的港口集群^[1]。港口体系的空间集疏演化一直是国内外港口地理学的热点研究领域, Taaffe 等通过对加纳、尼日利亚沿海诸港空间相互作用过程的实证分析, 发现港口体系内货流存在集中化趋势, 并据此归纳出港口体系演化六阶段模型^[2]。Rimmer 分别对新西兰和澳大利亚港口进行百年时序演化对比研究, 结果表明, 相较于新西兰港口体系空间的“四阶段”演化模式, 澳大利亚明显多了一个去中心化 (Decentralization) 的阶段^[3-4]。Hayuth 对集装箱港口体系的研究中, 首次提出“边缘挑战现象 (‘Challenge of the Periphery’ Phenomenon)”^[5], 这对之后的港口体系研究产生较大的影响, 学者们在 Hayuth 理论的基础上通过实证研究进一步完善了 Hayuth 模型^[6-8]。在国内, 陈航提出了“海港地域组合”概念, 并对其内涵、成因和区划进行了初步的探讨与研究^[9-10]。曹有挥等对集装箱港口体系的形成与演化机制进行了梳理, 并提出了“低级均衡—非均衡相对集中—非均衡高度集中—高级均衡”的四阶段模型^[11]。王成金将长三角集装箱港口体系空间集疏演化过程分为“集装箱化前期与技术试验阶段—技术船舶与集中化阶段—中心枢纽港阶段—扩散化与离岸枢纽阶段—港口区域化阶段”五个阶段^[12]。还有学者发现国内不同区域、不同尺度的港口体系都存在边缘港挑战现象^[13-15]。

1990 年以来, 随着全球化的不断深入, 作为全球价值链的重要环节, 港口已深深嵌入全球生产与流通过程中^[16-17]。特别是

¹ 收稿时间: 2017 - 02 - 22; 修回时间: 2017 - 04 - 10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (41271136、41671132); 国家自然科学基金青年基金项目 (41501142、41301126)

作者简介: 蒋自然 (1983—), 男, 安徽全椒人, 博士, 讲师。主要研究方向为区域经济与港口物流。E-mail: jzr729@163.com。

在跨国生产网络形成、全球供应链建立、国际班轮航线重组和航运服务业兴起等一系列新因素作用下，港口空间组织发生嬗变转型，突出表现为：中心枢纽港向全球供应链管理（Global Supply Chain Management Center）转型升级^[18]，多港口门户区域（Multi-port Gateway Regions）不断涌现^[19]，港腹联结深度重构下的港口区域化（Regionalization）现象等。在此背景下，港口体系内各港口的规模等级和职能分工必然进行相应调整，具体表现为空间结构的集疏变动。与此同时，随着世界经济重心和航运中心不断向以中国为代表的亚太地区转移，并且中国集装箱港口体系的空间集疏过程必然与其独特的政经体制相联系，从而可能呈现出与西方有所不同的现象。因此，立足我国集装箱港口发展的客观实际，系统探讨其空间集疏规律，不仅可以为我国沿海集装箱港口体系持续发展提供科学依据，还可以为世界港口地理学研究提供中国视角和新范例。

纵观国内外港口地理研究可以发现，港口体系空间集疏演化的相关研究已构成港口地理学领域一支绵延不断的主流，研究方法主要包括洛伦茨曲线、基尼系数、赫希曼—赫芬达尔指数和 Moran 指数，但这些方法多是对港口体系空间集疏总体演化特征的刻画，既没有落到具体的空间层面，也缺乏对分类港群的集疏状况和具体港口的收敛与发散格局进行测度。基于此，本文尝试从总体“极化—离散”格局、区域“中心—外围”格局、港口“收敛—发散”格局等多个视角对区域集装箱港口体系的空间集疏演化特征进行测度，以期从不同视角、多个尺度、更加全面地反映这一空间格局集疏过程。

1 研究对象和方法

1.1 研究区域与数据来源

长三角地区历来是重要的港口集聚区，也是中国最早进行集装箱化试点的区域，在国家港口发展和开发开放中占有举足轻重的地位。随着集装箱技术深入推广、港口之间长期相互竞合以及区域集疏运体系的逐渐完善，长三角集装箱港口体系日臻成熟。2000—2015 年期间，该区域集装箱港口的吞吐总量始终占据全国的 30% 以上，年均增长率达 11.6%。其中，上海港和宁波舟山组合港都成为国际性集装箱大港，上海港的集装箱吞吐量已连续 7 年稳居全球第一。但是，各港口的增速存在着明显的空间分异，尤其是受 2008 年金融危机的持续影响，有些港口运量的增速明显放慢（如上海港、南通港等），而仍有港口保持高速的发展态势（如嘉兴港、苏州港等），港口体系内的空间分异现象表现得更加显著。在全球化、信息化、分权化、市场化以及国际新形势、国内新常态的交互作用下，长三角集装箱港口体系的空间格局是趋向集中还是分散？演化过程中是否存在新的变化动向？这些都是亟待研究的现实问题，也具有很强的时代性和理论意义。

本文根据港口体系形成机制并参考已有文献做法^[20]，选取长三角地区腹地交叉、联系紧密的上海港、宁波舟山港、嘉兴港等 6 个海港以及南通港、苏州港等 6 个河港共 12 个集装箱港口为研究对象（图 1），以各港口年度标准箱吞吐量为表征参数，从总体“极化—离散”格局、区域“中心—外围”格局和港口“收敛—发散”格局三个方面对长三角集装箱港口体系空间集疏规律进行测度。数据主要来源于历年各港口统计公报。

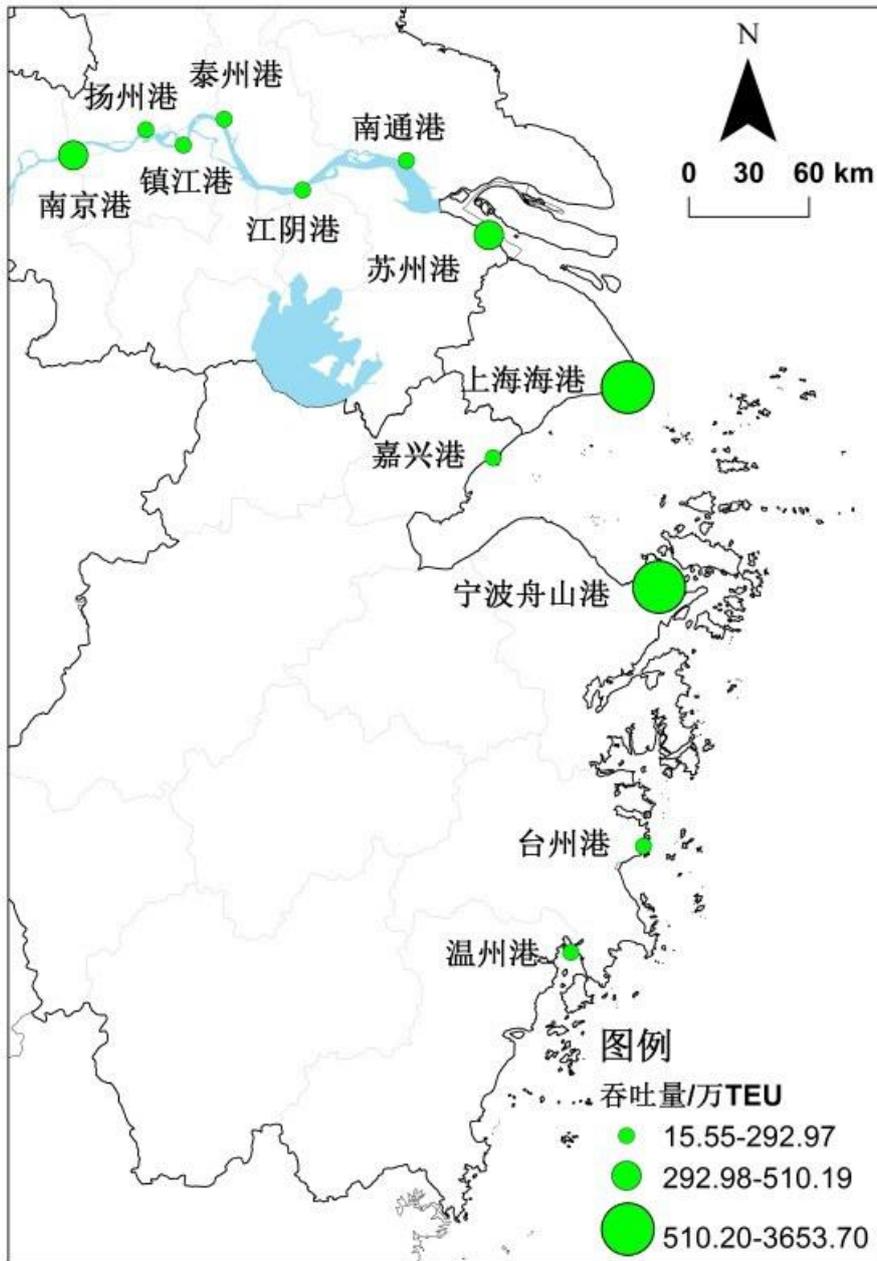


图1 长三角集装箱港口体系概图

Fig.1 The schematic diagram of container port system in Yangtze River Delta

1.2 研究方法

1.2.1 基尼系数及其分解

运用基尼系数测算长三角地区集装箱港口运量在不同截面年份的集散程度，具体采用如下计算公式：

$$G = \sum_{j=1}^m \mu_j \times (2Q_j - s_j) \quad (1)$$

式中： G 为基尼系数，其值位于 $0 \sim 1$ 之间， G 值越大表明空间极化程度越强，反之表明空间离散程度越强； m 为港口的数量； μ_j 为各港口吞吐量在长三角地区绝对均匀分布时的比重； s_j 为各港口吞吐量的实际份额； Q_j 为至第 j 个港口的吞吐量累计份额。

进一步将长三角集装箱港口吞吐量的基尼系数分解成组内差异、组间差异和重叠项 3 个部分：

$$G = G_a + G_b + G_o \quad (2)$$

式中： G_a 反映组内港口吞吐量不平衡； G_b 反映组间港口吞吐量不平衡； G_o 为重叠项，即两个分组之间存在着数值交叉。3 个分项的计算公式为：

$$G_a = \sum_{j=1}^k a_j b_j G_j \quad (3)$$

$$G_b = 1 - \sum_{j=1}^k (a_j \times (2Q_j' - s_j')) \quad (4)$$

$$G_o = G - G_a - G_b \quad (5)$$

式中： G_j 为组内的基尼系数，其计算方法与公式 (2) 相同； k 为组内港口个数； j 为样本序号； a_j 为各组的港口数占长三角港口体系所有港口数的比重； b_j 为组内的港口吞吐量份额； s_j' 为各组的吞吐量份额； Q_j' 为各组的吞吐量累计份额。

1.2.2 “中心—外围”格局分析

①运量重心偏移法。基尼系数只从整体上对港口体系运量的空间差异进行刻画，忽略了揭示运量空间集疏的方位变动。因此，本文先采取基于运量加权的地理重心法测度长三角集装箱港口体系的运量重心演化轨迹；然后以历年地理重心为参照中心进行半径维数测算，进一步分析长三角集装箱港口体系的“中心—外围”结构。运量重心的计算公式为：

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (6)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (7)$$

式中： n 为区域港口数目； (x_i, y_i) 为每个港口的地理坐标，这里是各港口的主港区地理坐标； P_i 为港口集装箱吞吐量。

②半径维数法。作为一种较成熟的分形理论，半径维数能够简洁明了地反映地理分布的空间结构变化^[21-22]，本文用半径维数来测算长三角集装箱港口体系运量的中心—外围格局及其空间演化。具体做法是：以运量重心为圆心，以各港口到重心的距离为搜索半径，随着搜索半径的增加，区域港口累积运量也相应增加，据此判定港口累积运量与半径的指数次方呈正相关关系^[23]，它们之间的关系可以表示成如下公式：

$$T = \varphi \cdot r^D \quad (8)$$

式中： r 为搜索半径； T 为不同搜索半径下的集装箱累积吞吐量； φ 为常系数。对公式（8）两边取自然对数可得：

$$\ln T = c + D \ln r \quad (9)$$

式中： c 为常数，一次项系数 D 即为分维指数，通过 D 值的大小可以反映随着搜索半径变大港口运量增加的态势，进而判别港口体系运量的中心—外围格局变化。 D 值越小，说明港口运量集中在区域中心附近，空间上呈集聚分布；反之 D 值越大，说明运量集中在区域外围，空间上呈分散分布。分维指数 D 具体的空间意义见表 1。

表 1 半径维数的空间意义
Tab.1 The spatial meaning of the radius dimension

D 值	空间意义	中心—外围结构
$D = 0$	运量规模与搜索半径没有关系,例如区域只有一个港口的情况	无规律
$0 < D \leq 1$	随着搜索半径的增加,外围运量也增加,但增加幅度很小	强集聚分布
$1 < D < 2$	随着搜索半径的增加,外围运量也增加,但增加幅度仍小于面积增大速度	弱集聚分布
$D = 2$	搜索半径和面积增幅相同	均衡分布
$2 < D \leq 3$	随着搜索半径的增加,外围运量也增加,且运量增速大于面积增速	弱分散分布
$D > 3$	随着搜索半径的增加,外围运量也增加,且运量增速显著大于面积增速	强分散分布

1.2.3 R/S 趋势分析

长三角集装箱港口体系的运量格局演化具有复杂性、非线性和不确定性等特征，传统的回归模型很难对其进行趋势分析。因此，本文尝试将 R/S 分析法（Rescaled Range Analysis）应用到港口体系的运量格局的演化中，以期反映未来港口体系空间集疏变化动向。该方法是英国水文学家 Hurst 于 1951 年提出并经 Mandelbrot 等人逐渐完善和发展的一种对时间序列分形特征和长期记忆过程进行的有效研究，该方法能找出时序演化规律并预测其未来发展的趋势^[24]。具体计算过程如下：对于时间序列 $\{B(t)\}$ ， $t=1, 2, \dots, n$ ，对于任意正整数 $\tau \geq 1$ ，则：

$$\langle \xi \rangle_{\tau} = 1/\tau \sum_t^{\tau} B(t)$$

①计算均值序列:

$$X(t, \tau) = \sum_{\mu=1}^t \{ \xi(\mu) - \langle \xi \rangle_{\tau} \}$$

②计算累积离差:

$$R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau)$$

③计算极差:

$$S(\tau) = \left[1/\tau \sum_{t=1}^{\tau} (\xi(t) - \langle \xi \rangle_{\tau})^2 \right]^{1/2}$$

④计算标准离差:

$$R/S \equiv R(t)/S(t)$$

⑤则有:

若存在关系: $R/S \propto \tau^H$, 则表明时间序列 $\{B(t)\}$ 存在 Hurst 现象, H 即为 Hurst 指数。根据 H 值可判断时间序列趋势是持续性 (Persistence) 或反持续性 (Anti-Persistence) 特征: 若 $H=0.5$, 则时间序列是一个随机游走序列; 若 $0.5 < H \leq 1$, 则时间序列演变具有持续性, 且 H 值越大, 持续性越强; 若 $0 \leq H < 0.5$, 则时间序列演变具有反持续性, 且 H 值越小, 反持续性越强。根据 $R/S \propto \tau^H$ 可得:

$$\ln R/S = H \cdot \ln \tau + C \quad (10)$$

式中: c 为截距项, H 为斜率。因此, 可以在双对数坐标系 ($\ln R/S$, $\ln \tau$) 中用最小二乘法进行拟合, 求得 Hurst 指数 H 。

2 空间集疏格局演化

基于多视角、多尺度、更全面的考虑, 本文从以下三个方面对长三角集装箱港口体系空间格局的集疏演化进行刻画: 其一, 运用基尼系数对港口体系的空间集疏规律进行总体上测度; 其二, 先测算港口体系历年的运量重心及其演化轨迹, 再利用半径维数法计算运量格局由中心向外围的区域集疏态势; 其三, 以各港口为基本单元, 从时序视角分析不同港口的收敛与发散趋势, 并阐释其空间集疏效应。

2.1 “极化—离散”格局分析

根据公式 (1) 计算出长三角集装箱港口体系历年的基尼系数 (图 2), 可以发现自 2000 年以来基尼系数整体上呈现出明显的下降趋势, 表明长三角集装箱港口体系空间离散化的态势已十分明显。可将长三角集装箱港口体系的空间集疏过程分成 3 个阶段: 第一阶段为 2000—2005 年, 这段时间内港口体系的基尼系数缓慢下降, 说明其运量在空间上具有缓慢离散化的特征; 第

二阶段为 2005—2013 年，基尼系数逐年下降态势十分显著，表征港口体系空间离散程度加速；第三阶段为 2013—2015 年，基尼系数值呈现出一定的回升趋势，港口体系空间结构由离散转为极化，说明 2013 年以后港口体系的运量又向大型港口集聚，这也表明在金融危机持续后效应的影响下，大型港口的抗风险能力明显更强。

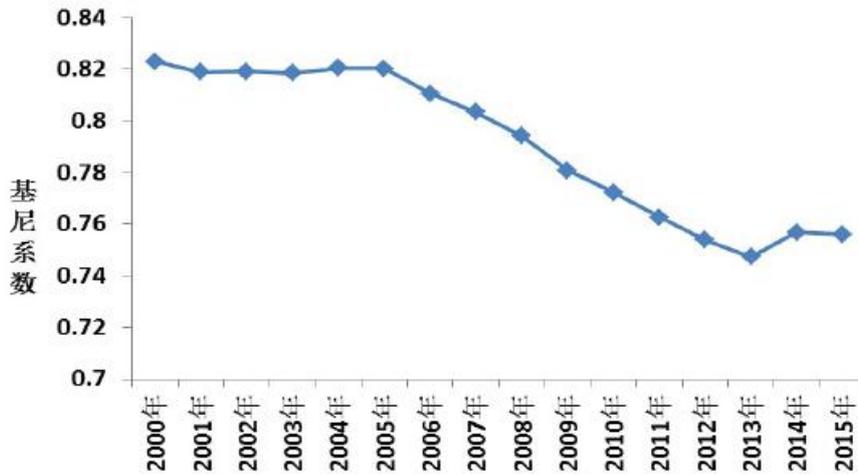


图2 长三角港口体系运量的基尼系数
Fig.2 The Gini coefficient of port system in Yangtze River Delta

根据集装箱吞吐量大小并参考梁双波等的方法，将长三角地区的集装箱港口分成大型港口（包括上海港和宁波舟山港）、中型港口（包括南京港、苏州港和南通港）和小型港口（包括镇江港、扬州港、泰州港、江阴港、嘉兴港、台州港和温州港）3个类别^[20]。将3类港口的集装箱吞吐量比重绘制成图3，结果表明：大型港口的占比总体在下降，由2000年的88.9%下降到2015年的82.1%；而中、小型港口的占比总体在上升，分别由2000年的7.9%和3.1%上升到2015年的12.6%和5.2%。由此可见，长三角集装箱港口体系的空间极化效应在衰减，而空间离散效应在不断提升，出现了类似于西方的“边缘港挑战”现象^[25]。但是，与西方不同的是，上海港和宁波舟山港两个大型港口的吞吐量在长三角地区始终占绝对主导地位，每年的份额均达到80%以上，这一方面表明长三角地区边缘港口的“挑战”效应十分有限，主要表现在第二大港口宁波舟山港对第一大港口上海港的挑战，另一方面也说明长三角集装箱港口体系吞吐量的空间离散化是一个漫长、复杂的过程。

根据公式(2)~(5)对长三角集装箱港口体系历年的基尼系数进行分解(图3)，可以看出大、中、小港口组间差异是引起长三角集装箱港口体系空间分异的主要原因，其历年贡献率均在92%以上，而组内差异的历年贡献率均不到8%，再次表明大、中、小港口之间的分异格局存在明显的稳定性，港口体系的边缘港挑战效应影响有限。另外，重叠项从2008年开始大于0，说明组间港口吞吐量值出现了交叉，即小型港口里江阴港的集装箱吞吐量从2008年开始大于中型港口里的南通港。

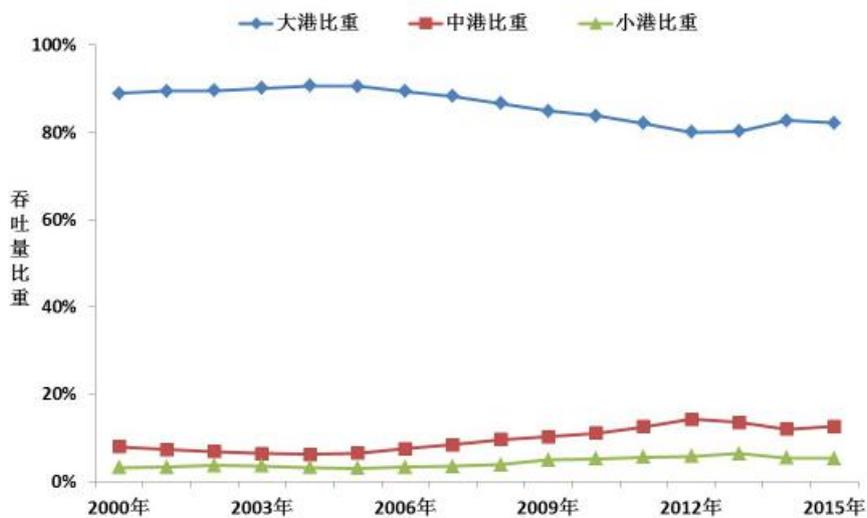


图3 大、中、小3类港口吞吐量历年占比
Fig.3 The throughput ratio of large, medium and small ports over the years

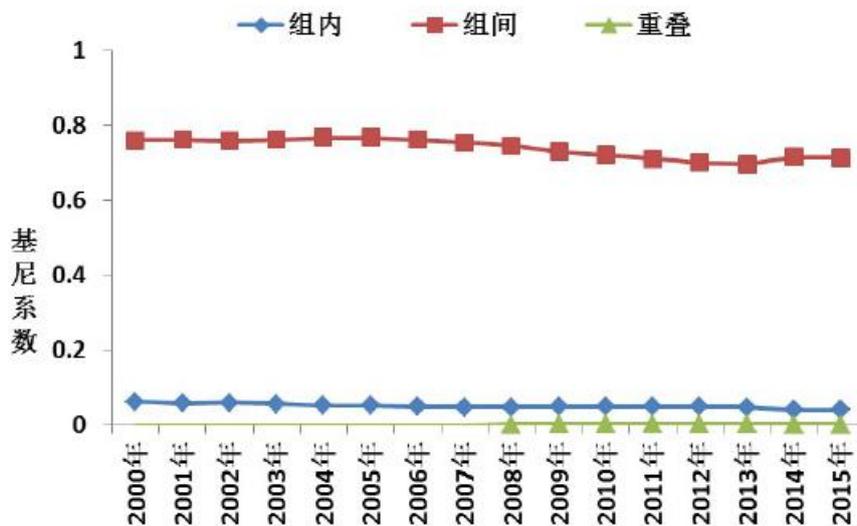


图4 港口体系的基尼系数分解
Fig.4 Decomposition of Gini coefficient in port system

2.2 “中心—外围”格局分析

2.2.1 运量重心空间位移特征

运用 ArcGIS10.2 软件的统计分析工具测算出长三角集装箱港口体系的地理重心（几何重心）为（30.08° N, 120.67° E），再以各港口历年集装箱吞吐量为权重计算出历年的运量重心并绘制成图 5。

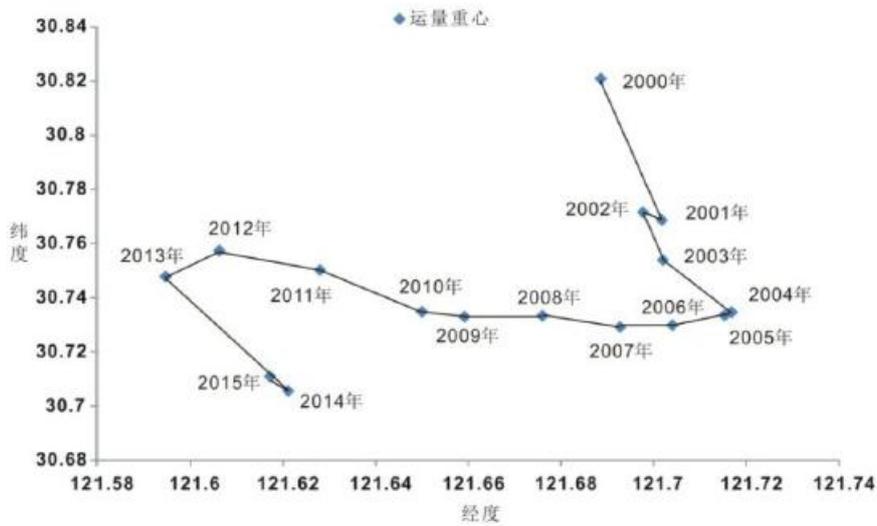


图5 长三角集装箱港口体系的运量重心及其演化
Fig.5 The gravity center and its evolution of container port system in Yangtze River Delta

从图5看出，长三角集装箱港口体系的运量重心空间位移的轨迹与基尼系数测算的结果类似，大致亦可以分成三个阶段：第一阶段为2000—2004年，运量重心向东南方向迁移，这段时期东南区域的宁波舟山港集装箱吞吐量快速增加，其在整个港口体系中的份额由2000年的12.5%提升到2004年的19.8%。第二阶段为2004—2013年，运量重心一直向西偏移，南京、镇江、扬州、台州和江阴5个研究区域西部的港口运量份额占比由2004年的4.1%上升至2013年的7.9%。这一方面是因为在这10年间江苏省沿江港口快速发展、集装箱化程度显著提高以及腹地货源充足；另一方面是在我国外向型经济导向的背景下，相当部分长江中上游的货源需要在南京港等下游沿江港口进行中转，这期间南京港的运量份额近乎增加了一倍。第三阶段是2013—2015年，在金融危机持续效应以及我国经济由外向型经济向内外双向驱动型经济转型发展的双重背景下，长三角地区港口整体增速乏力，部分港口（如镇江港、江阴港、苏州港等）的集装箱吞吐量甚至一度出现负增长。但上海港和宁波舟山港对抗危机和环境影响的调适能力明显较强，在保持大运量的基础上仍然保持较高的增长态势，尤其是宁波舟山港的运量在该阶段仍能保持9%的年均增长率，直接导致运量重心再次向东南方位移动。

2.2.2 “中心—外围”格局特征

运用Eviews7.2软件并根据公式(9)对长三角集装箱港口体系的累积运量和搜索半径进行拟合，发现其拟合优度介于0.776~0.879之间，除2000年之外，其他年份的R²水平均大于0.8，说明线性相关较好，搜索半径与累积运量关系的分形特征明显。通过分维指数值及其变化可以得出两个结论：其一，D值处于0.101~0.272之间，说明运量空间分布上具有强集聚特征，即吞吐量始终集中分布在运量重心附近的上海港和宁波港附近；其二，分维指数呈持续增长态势，说明随着边缘港口条件的完善和竞争的挑战，长三角集装箱港口体系的运量格局存在由中心向外围扩散的趋向。

表2 运量分形拟合方程及分维指数

Tab.2 The spatial meaning of the radius dimension

年份	拟合方程	R^2	分维指数
2000	$y = 0.101x + 5.995$	$R^2 = 0.776$	0.101
2001	$y = 0.117x + 6.088$	$R^2 = 0.842$	0.117
2002	$y = 0.113x + 6.408$	$R^2 = 0.842$	0.113
2003	$y = 0.121x + 6.652$	$R^2 = 0.835$	0.121
2004	$y = 0.130x + 6.880$	$R^2 = 0.823$	0.130
2005	$y = 0.136x + 7.081$	$R^2 = 0.818$	0.136
2006	$y = 0.155x + 7.200$	$R^2 = 0.826$	0.155
2007	$y = 0.172x + 7.325$	$R^2 = 0.832$	0.172
2008	$y = 0.191x + 7.330$	$R^2 = 0.841$	0.191
2009	$y = 0.213x + 7.140$	$R^2 = 0.857$	0.213
2010	$y = 0.230x + 7.232$	$R^2 = 0.861$	0.230
2011	$y = 0.245x + 7.270$	$R^2 = 0.870$	0.245
2012	$y = 0.267x + 7.216$	$R^2 = 0.874$	0.267
2013	$y = 0.272x + 7.232$	$R^2 = 0.879$	0.272
2014	$y = 0.265x + 7.309$	$R^2 = 0.859$	0.265
2015	$y = 0.272x + 7.322$	$R^2 = 0.859$	0.272

2.2.3 “收敛—发散”格局分析

本文借鉴 Max、沈惊宏等的做法^[26-27]，作如下界定：选择 2000—2015 年各港口的集装箱吞吐量与长三角港口体系相应年份吞吐量的均值做比较，假设任何一个港口的吞吐量不论高于还是低于整个港口体系的均值，只要其在样本时期内趋于港口体系的平均水平就认为它是收敛的，吞吐量大于均值的收敛为向下收敛，吞吐量小于均值的收敛为向上收敛，这些港口对港口体系空间格局具有疏散化影响；反之则认为其是发散的，吞吐量大于均值的发散为向上发散，吞吐量小于均值的发散为向下发散，发散型港口能引起港口体系的空间集聚作用。依据上述法则对 2000—2015 年长三角集装箱港口体系内各港口运量进行收敛和发散分析，结果见表 3。

表3 各港口的收敛、发散类型

Tab.3 The spatial meaning of the radius dimension

类型	效应	港口
向上发散	空间集聚	宁舟港
向下收敛	空间疏散	上海港
向上收敛	空间疏散	南京港、苏州港、江阴港、泰州港、扬州港、嘉兴港
向下发散	空间集聚	南通港、镇江港、温州港、台州港

由表 3 看出，只有上海港和宁波舟山港的吞吐量始终大于港口体系的运量均值，所以上海港和宁波舟山港的运量变化对长三角集装箱港口体系空间格局的集疏演化具有主导影响。其中，上海港属于向下收敛型，其吞吐量占港口体系的比重由 2000 年的 76.3% 下降到 2015 年的 52.5%，在港口体系空间上起到明显的疏散化影响；宁波舟山港属于向上发散型，作为长三角地区的集装箱大港，其在港口体系中的吞吐量份额始终保持快速上升的发展势头，由 2000 年的 12.5% 上升到 2015 年的 30%，空间效应上具有典型的集聚作用。集聚和疏散这两种方向相反的影响也促使长三角集装箱港口体系空间格局保持相对稳定的演化进程。另外，两港口在长三角地区的运量格局演化也表明上海港的功能转型和宁波舟山港的迅速崛起，随着港口经营逐渐参与全球生产网络中去，上海港的部分运输功能也将逐渐向周边港口转移，在此的背景下，各方面条件优越的宁波舟山港的运量显然会得到更快的增长。其他港口中，南京等 6 个港口属于向上收敛型，说明在过去的 16 年我国以外向型经济的战略导向下，这些港口得到快速发展，也促进港口体系运量的空间疏散化；而南通等 4 个港口属于向下发散型，其运量低于港口体系的平均水平且发展相对缓慢，推动了港口体系运量的空间集聚效应。需要说明的是，在向下发散型港口中，除了南通港以外，镇江港、温州港和台州港的实际“向下”趋势非常有限，对港口体系的空间集疏效应并没有明显的影响；而南通港的势弱主要是由于其腹地制成品工业不够发达以及上海港甚至苏州港对其集装箱货源的长期虹吸效应造成的。总之，在长三角集装箱港口体系中，少数港口（宁波舟山港和南通港）促进港口体系空间集聚发展，而多数港口（上海港等 7 个港口）促进港口体系空间疏散发展，镇江港、温州港、台州港 3 个港口对港口体系的空间格局集疏演化没有显著性影响。

3 演化趋势的分析

基于 2000—2015 年的港口运量数据，运用 Mat-lab 程序分别对各港口时间序列进行计算和拟合发现，除宁波舟山港的拟合系数 (0.678) 较小以外，其他港口均具有较高的拟合度，说明它们的分形特征明显，将其绘制成 R/S 分析图 (图 6)。图 6 显示：①各港口的 Hurst 指数均大于 0.5，说明这 11 个港口运量的时间序列不是马尔科夫过程，而具有明显的持续性，即未来将继续保持高速增长的趋势。②不同港口的持续性存在强弱差异，其中苏州、南京、台州、江阴、嘉兴和台州 6 个港口的 Hurst 指数大于 0.7，表明这些港口运量延续未来呈增长态势的可能性相当大；而南通、扬州和温州 3 个港口的 Hurst 指数仅仅略大于 0.5，说明它们运量序列发展具有一定的历史持续性，但增长态势相对较弱。③尽管 R/S 分析没能对宁波舟山港的演化趋势进行有效研判，但依据前文分析可预测，随着宁波舟山港自身具备优越的区位条件以及上海港功能升级和“去航运化”进程的加快，其未来运量将继续保持高位增长的发展态势。

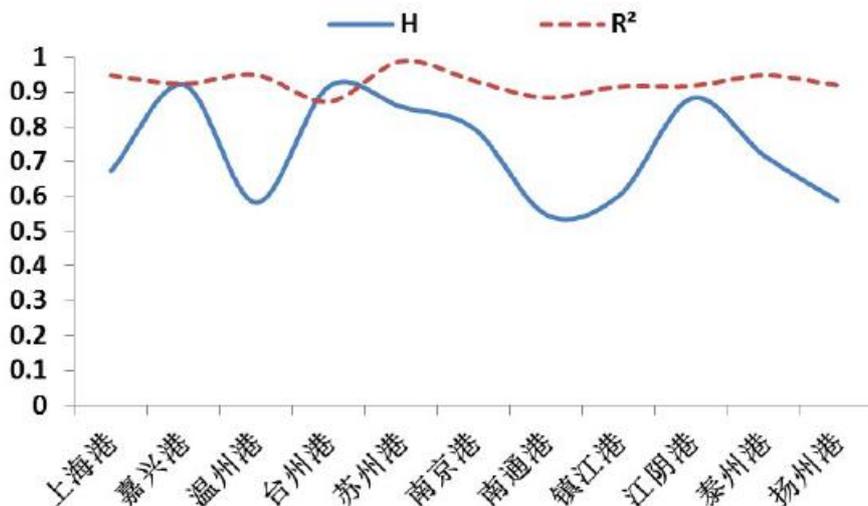


图 6 港口运量时序的 R/S 分析
Fig.6 R/S analysis of time series of port traffic

继续用 R/S 分析法对长三角港口体系运量的基尼系数、半径分维指数进行研究（图 7），可以发现：①总体基尼系数和组间基尼系数的 Hurst 指数始终大于 0.5 且呈明显的增长态势，说明过去 16 年里基尼系数下降的趋势将继续保持。与此同时，组内基尼系数的 Hurst 指数处于 0.4~0.6 区间里呈先下降后上升的波动变化，Hurst 指数在 0.5 附近波动表明其空间演化具有马尔科夫过程的特征，但由于组内基尼系数对港口体系空间集疏演化的贡献率较小，也说明这一随机演化过程不会对长三角港口体系的格局集疏产生明显的影响。②半径分维指数的 Hurst 指数也一直大于 0.5 并呈增长态势，表明港口体系的“中心—外围”格局演化具有显著的持续性，即运量由中心向外围扩散的态势将延续下去。

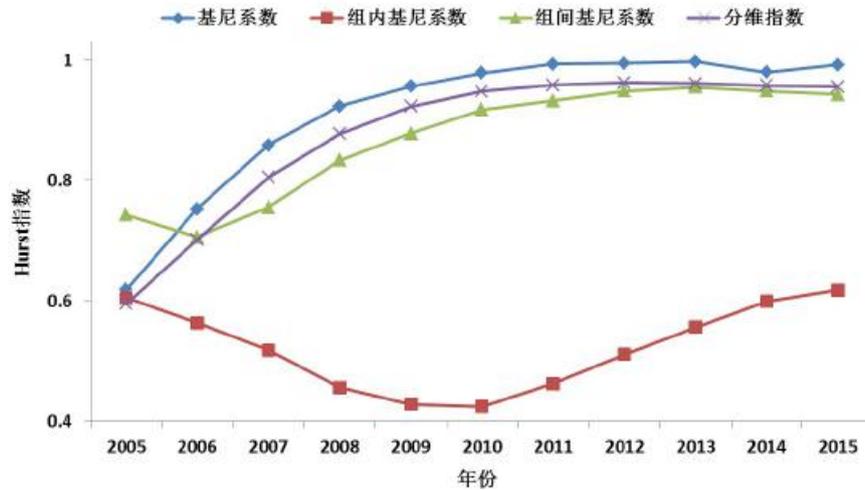


图7 运量基尼系数和半径分维指数的 R/S 分析
Fig.7 R/S analysis of Gini coefficient and radius dimension of port traffic

总之，长三角集装箱港口体系中每个港口的吞吐量将继续保持较快的增长，同时运量格局的集疏演化将继续保持疏散化和边缘港挑战的发展趋势，即未来的长三角集装箱港口体系在运量快速增长的同时，其空间分布上将逐渐由集聚格局向疏散格局转型。

4 结果与讨论

运量集散是港口体系空间格局集疏演化的最直接体现，因此本文以港口运量为关键表征参数，采用基尼系数等空间分析技术测度了 2002—2015 年长三角集装箱港口体系的空间集疏过程，研究表明其正在由集中收敛格局向均衡分散格局转型。具体地：①首先，港口体系总体上呈现出明显的均衡化趋向，大、中、小港口的组间差异是其空间分异的主要原因。②其次，相较于长三角的几何重心，运量重心明显偏向东南方位并呈现出西移为主的动态演化趋势，说明运量分布由东向西扩散；半径维数测算发现，尽管长三角港口运量具有强集聚的空间分布特征，但这种集聚效应正不断弱化。③再次，大多数港口促进了港口体系趋向于均衡疏散，只有少数港口推动了港口体系集聚化发展。④最后，由 Hurst 指数可知，随着中心枢纽港上海港开展运输职能的各项交易成本不断上升以及外围边缘港的基础设施、口岸服务、政策配套等逐渐完善，这种边缘港挑战效应将长期持续下去。长三角集装箱港口体系空间格局的集疏演化受到多重因素的共同影响，总体上可概括为两个方面：一方面，全球化、信息化等背景因素促进了长三角港口业务转型升级和向内陆纵深推进；另一方面，市场化、分权化等中央和地方政府的制度改革推动了长三角外围边缘港的快速发展与激烈竞争。

此外,长三角集装箱港口体系空间格局的集疏演化还有如下特点值得关注:第一,尽管从多方面测度长三角集装箱港口体系均呈现出均衡化和疏散化特征,但与欧美等西方国家不同的是,这一空间疏散过程是在运量保持高度集中的背景下进行的。第二,长三角集装箱港口体系的空间集疏过程中受到外部环境的显著影响,例如在金融危机的影响下,港口体系的吞吐量增速在2009年出现明显下滑,但直到2013年才在空间上表现出由分散向集聚演化转型,这表明外部环境的空间效应还具有一定的时滞性。第三,由于受我国独特的政治经济体制及其变迁的影响,长三角港口体系空间集疏演化是在高度时空压缩的背景下展开的^[28],因而演化过程中呈现出多阶段并存的特征:整体上介于Ha-yuth“五阶段”模型中的枢纽中心阶段和边缘港挑战阶段,部分港口已具有Notteboom模型的区域化阶段特征,但仍有一些吞吐量较大的港口(如杭州港、湖州港)才处于集装箱化的初期。另外,洋山离岸枢纽港的形成也是长三角集装箱港口体系不同于经典港口体系演化的重要特征,尽管已有对其演化模式和驱动机理的少量研究^[12, 29-31],但洋山深水港产生的空间效应及其与国外其他类似案例的实证比较,仍有待进一步深入探究。

参考文献:

- [1] 曹有挥. 安徽省长江沿岸港口体系的初步研究 [J]. 地理科学, 1995, 15(2): 154 - 162.
- [2] Taaffe E J, Morrill R L, Gould P R. Transport expansion in underdeveloped countries: A comparative analysis [J]. Geographical Review, 1963, 53(4): 503 - 529.
- [3] Rimmer P J. The changing status of New Zealand seaports, 1853-1960 [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1967, 57(1): 88 - 100.
- [4] Rimmer P J. The search for spatial regularities in the development of Australian seaports 1861-1961/2 [J]. Geografiska Annaler. Series B, Human Geography, 1967, 49(1): 42 - 54.
- [5] Hayuth Y. Containerization and the load center concept [J]. Economic Geography, 1981: 160 - 176.
- [6] McCalla R J. From St. John's to Miami: Containerisation at eastern seaboard ports [J]. GeoJournal, 1999, 48(1): 21 - 28.
- [7] Wang J J, Slack B. The evolution of a regional container port system: The pearl river delta [J]. Journal of Transport Geography, 2000, 8(4): 263 - 275.
- [8] Notteboom T E, Rodrigue J P. Port regionalization: Towards a new phase in port development [J]. Maritime Policy and Management, 2005, 32(3): 297 - 313.
- [9] 陈航. 海港地域组合及其区划的初步研究 [J]. 地理学报, 1991, 46(4): 480 - 487.
- [10] 陈航. 论海港地域组合的形成机制与发展过程 [J]. 地理学报, 1996, 51(6): 501 - 507.
- [11] 曹有挥, 曹卫东, 金世胜, 等. 中国沿海集装箱港口体系的形成演化机理 [J]. 地理学报, 2003, 58(3): 424 - 432.
- [12] 王成金. 现代集装箱港口体系演进理论与实证 [J]. 地理研究, 2011, 30(3): 397 - 410.
- [13] 陈斓, 伍世代, 陈培健. 福建港口体系结构研究 [J]. 热带地理, 2007, 27(3): 249 - 253.

-
- [14] 杨静蕾, 吴晓璠, 罗梅丰. 地区经济、交通基础设施与集装箱港口体系集中度变迁——基于 1979-2010 年中美集装箱港口体系的对比 [J]. 经济地理, 2014, 34(2): 80 - 85.
- [15] Lee T, Yeo G, Thai V V. Changing concentration ratios and geographical patterns of bulk ports: The case of the Korean west coast [J]. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 2014, 30(2): 155 - 173.
- [16] Gereffi G, Humphrey J, Sturgeon T. The governance of global value chains [J]. Review of International Political Economy, 2005, 12(1): 78 - 104.
- [17] 曹有挥, 蒋自然, 陈欢, 等. 长江沿岸港口体系的形成过程与机制 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1 430 - 1 440.
- [18] Wang J J, Cheng M C. From a hub port city to a global supply chain management center: A case study of Hong Kong [J]. Journal of Transport Geography, 2010, 18(1): 104 - 115.
- [19] Notteboom T E. Concentration and the formation of multi-port gateway regions in the European container port system: An update [J]. Journal of Transport Geography, 2010, 18(4): 567 - 583.
- [20] 梁双波, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长三角港口物流经济空间差异及演化分析 [J]. 经济地理, 2009, 29(7): 1081 - 1086.
- [21] 姜世国, 周一星. 北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义 [J]. 地理研究, 2006, 25(2): 204 - 212.
- [22] 郭建科. 中国海港空间效应 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2014.
- [23] 陈再齐. 珠江三角洲地区港口发展与港—城关系研究 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2015.
- [24] 田存志, 程富强, 付辉. 关于金融市场长记忆性研究的若干争论 [J]. 经济学动态, 2016(6): 141 - 149.
- [25] Pan K Y, Cao Y H, Liang S B, et al. New tendency of Chinese container port system: 1998- 2010 [J]. GeoJournal, 2014, 79(3): 373 - 384.
- [26] Fan C C. Of belts and ladders: state policy and uneven regional development in post-Mao China [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1995, 85(3): 421 - 449.
- [27] 沈惊宏, 余兆旺, 石张宇, 等. 多尺度的泛长江三角洲经济空间格局演变 [J]. 经济地理, 2016, 36(2): 19 - 26.
- [28] 王缉宪. 中国港口城市的互动与发展 [M]. 江苏: 东南大学出版社, 2010.
- [29] Wang C, Ducruet C. New port development and global city making: emergence of the Shanghai- Yangshan multilayered gateway hub [J]. Journal of Transport Geography, 2012, 25(7): 58 - 69.
- [30] Shen J, Kee G. Development and planning in seven major coastal cities in southern and eastern China

[M] . Springer, 2016.

[31] 王成金, 张梦天, 程佳佳. 离岸枢纽港口的发展模式与机理——以洋山深水港为例 [J] . 经济地理, 2016, 36(6): 100 -108.