

近 30 a 长三角地区港口规模分布演化分析¹

陈园月 郭建科*

(辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁大连 116029)

【摘要】: 以港口货物吞吐量和港口集装箱吞吐量为指标, 运用首位度、位序—规模法则和 Kernel 密度估计对长三角地区港口规模分布进行研究。结果表明: (1) 长三角地区港口等级规模分布由首位分布向位序—规模分布演变; 港口货物运输与集装箱运输的首位分布特征演变具有内在一致性, 但演变态势、具体时点等方面存在差异; 港口体系结构由单核枢纽演变为双核枢纽, 并有望形成三足鼎立新格局; (2) 长三角地区港口规模分布逐步优化, 等级结构不断趋于合理, 港口体系基本满足位序—规模法则, 但还没有达到理想状态; 港口体系呈现分散化发展态势, 集装箱技术的应用减缓了港口体系的分散化发展; (3) 港口货物吞吐量与港口集装箱吞吐量的核密度曲线由多峰结构分别变为双峰结构和单峰结构, 货物运输和集装箱运输均向协调态势发展。

【关键词】: 长三角港口体系; 规模分布; 港口首位度; 位序—规模法则; Kernel 密度估计

【中图分类号】: K901 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004-8227(2017)11-1743-09

DOI: 10. 11870 /cjlyzyyhj201711003

随着航运技术变革及经济全球化的深入发展, 港口功能由最初的交通枢纽、工贸据点, 相应变为国际物流综合节点和全球资源配置枢纽^[1], 港口对城市、区域作用不断增强。国内外学者对港口的研究主要基于两个方面, 一个是港口体系的研究, 另一个是港城关系的研究, 而对港城关系的研究发轫于港口演化理论^[2]。自 1934 年德国学者高兹发表《海港区位论》以来, 国内外不同学者采用多种方法对港口演变过程和分布特征进行研究, 港口体系理论不断丰富。国外学者对港口体系的研究主要集中于港口体系的集中化与分散化、集装箱港口体系的发展模式以及各港口对腹地的争夺等^[3~7]; 对港城关系的研究则基于港口通用模型的构建, 从不同视角揭示不同国家港城空间关系演化特点^[8, 9]。我国学者对港口的研究集中于港口间的竞争与合作机制^[10~12]、港口体系的演变过程和演化机理^[13~15]、海港城市成长模型及动力机制^[16, 17]。2015 年长三角地区港口共完成货物吞吐量 36. 79 亿 t、集装箱吞吐量 7 326. 78 万 TEU、外贸吞吐量 11. 94 亿 t, 港口经济已成为长三角地区经济发展的重要引擎。作为中国港口体系最为活跃区域之一, 长三角地区成为研究的重点。梁双波等^[18]通过分享—偏移模型对长三角集装箱港口体系的偏移增长状况进行研究, 将长三角集装箱港口体系的发展划分为初步发育阶段、枢纽中心港初步形成阶段和大型深水直挂港加速成长 3 个阶段; 从交通运输成本的角度, 对上海外高桥保税物流园区进行了研究, 得出保税物流园区应该向东南方向拓展^[19]。殷为华^[20]总结长三角地区港口群的发展现状, 并对港口的功能定位进行了分析。王成金等^[21]以上海洋山深水港为例, 分析了其作为离岸枢纽港的发展模式与机理。总体来看, 国内学者多以港口集装箱吞吐量为指标, 运用基尼系数、洛

¹ 收稿日期: 2017-05-10; 修回日期: 2017-07-26

基金项目: 国家社科重大项目(14ZDB131) [Key Project of the National Social Science Foundation of China(14ZDB131)]; 辽宁省社科基金项目(L16BJL007, 20171s1ktjb-039) [Social Science Fund of Liaoning Province(L16BJL007, 20171s1ktjb-039)]

作者简介: 陈园月(1992 ~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为交通经济、海洋经济。 E-mail: 451067475@ qq. com

* **通讯作者 E-mail**: gjianke98@ 126. com

伦兹曲线和偏移一分享模型研究长三角集装箱港口体系的演变过程，对长三角港口的等级规模和空间分布规律的研究相对较少，正确认识长三角港口规模分布特征具有重要意义。

城市首位度和位序一规模法则是研究城市规模分布的重要方法，二者被广泛应用于城市体系^[22~24]、旅游流^[25, 26]、石油资源流^[27]等领域的研究。随着港口的快速发展，我国沿海地区港口体系逐步完善，大中小港口数量明显增加，港口吞吐量在空间上的组织规律满足一定的层次分布模式，近年来也有学者将首位度和位序一规模法则应用于港口研究^[28, 29]，但缺少对港口规模分布特征及变化规律的深入分析。鉴于此，本文以长三角港口群为研究对象，利用港口首位度、位序一规模法则和Kernel 密度估计对长三角地区的港口规模分布及空间特征进行分析，丰富港口体系的理论和研究。

1 研究区概况

以长三角地区为研究区域，选取上海、江苏和浙江三个省市的 15 个主要港口作为研究对象，包括上海港、苏州港、南京港、南通港、镇江港、连云港港、江阴港、泰州港、常州港、扬州港、嘉兴港、宁波港、舟山港、台州港和温州港。2006 年 1 月 1 日宁波港与舟山港合并为宁波一舟山港，因此 2006 年之后两港口的货物吞吐量与集装箱吞吐量合并统计。长三角作为我国最发达的工业地区之一，工业原料、燃料等散货运输货流量大，因此对包含散货在内的整体货物吞吐量进行分析可较全面的反映长三角地区港口规模分布的演变过程；随着集装箱化率的提高，越来越多的适箱货物采用集装箱运输，对港口集装箱吞吐量进行测算不仅反映长三角集装箱港口体系的演变态势，更对长三角未来港口体系的规模变化有重要意义。因此对港口货物吞吐量与港口集装箱吞吐量分别测算，可以更好地认识长三角港口体系规模分布和内部结构的演变状况。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

综合考虑港口发展情况与数据的可得性，以 1981 年和 1988 年为始点分别研究长三角地区港口货物吞吐量与集装箱吞吐量的规模分布，所用数据主要来源于《中国港口年鉴(2001—2015)》和《中国交通年鉴(1981—2000)》，部分数据来源于中国统计局。

2.2 研究方法

2.2.1 港口首位度

城市首位度是衡量一个国家或地区的城市规模和人口集中程度的常用指标，通常用首位城市与第二位城市的比值测算，此后，又有人提出四城市指数和十一城市指数。借鉴城市首位度指数，得到二港口指数、四港口指数、十一港口指数的基本公式如下：

$$\begin{aligned} S_2 &= P_1/P_2 \\ S_4 &= P_1/(P_2+P_3+P_4) \\ S_{11} &= 2P_1/(P_2+P_3+\dots+P_{11}) \end{aligned} \quad (1)$$

式中： P_i 为港口体系中按规模从大到小排序时第 i 位港口的货物吞吐量或集装箱吞吐量规模。按照位序一规模法则，二港口指数若为 2，四港口指数和十一港口指数若为 1 是港口规模结构的理想状态，此时港口的空间分布、资源占有和分配较合理；首位度过大，显示首位港口与其他港口发展水平相差悬殊，结构失衡；首位度过小，说明首位港口地位不突出。

2. 2. 2 位序—规模法则

位序—规模法则是研究等级体系最广泛、经典的方法，用来考察城市规模分布的集散程度，其基本形式和对数形式分别为：

$$P_i = P_1 \times R_i^{-q} \quad (2)$$

$$\ln P_i = \ln P_1 - q \ln R_i \quad (3)$$

式中： P_i 为第 i 位城市的人口规模； P_1 为首位城市的人口规模； R_i 代表城市 i 的位序； q 被称为 Zipf 指数。借鉴 (2) (3) 式得出本文港口货物与集装箱的计算公式为：

$$P_k = P_1 \times K^{-q} \quad (4)$$

$$\ln P_k = \ln P_1 - q \ln K \quad (5)$$

式中： P_k 为第 k 位港口规模； P_1 为首位港口规模； K 为港口的位序； q 为 Zipf 指数。无标度区和 Zipf 指数是齐夫法则的两个重要指标。无标度区是散点图中曲线拟合最好的一段，可以剔除其他尺度区散点的作用，反映位序—规模分布的特征。对于具有分形性质的地理现象，如果点列在双对数坐标图上为一条直线分布，则是单分形，表明港口体系处于均衡发展状态；如果为两个直线段分布，是双分形，即存在两个无标度区，需要分段拟合，具体转折点需要根据每一点的港口吞吐量和位序对数值确定，相关系数最高的曲线即为所求曲线^[20]。Zipf 指数反映港口吞吐量的空间分布形态，当 $q = 1$ 时，此时港口体系处于自然状态下的最优分布； $q > 1$ 时，港口吞吐量集中于高位序港口，港口规模分布差异较大； $q < 1$ 时，港口规模分布相对均衡，中小港口的市场份额扩大。

2. 2. 3 核密度估计理论

核密度估计是一种非参数估计方法，运用核密度估计方法可以对长三角地区港口体系整体的协调程度和演变有更直观的描述，计算公式如下：

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (6)$$

式中： n 为样本数， h 为带宽， $k\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$ 为核函数。根据核密度曲线的变化分析港口体系演变特征：①当密度曲线形态与延伸性不变、位置变动时，表示港口体系整体规模的变动，左移港口整体规模缩小，右移港口整体规模扩大；②当密度曲线形态与位置不变，延伸性改变时，表示港口之间规模差异的变化，曲线“变陡变瘦”表示差异的缩小，“变矮变胖”表示差异的扩大；③当密度曲线位置与延伸性不变，形态变动时，表示港口分布的地区间差异。

3 结果与分析

3. 1 首位分布特征变化

3. 1. 1 基于港口货物吞吐量的分析

根据公式(1) 计算港口货物吞吐量的二港口指数、四港口指数和十一港口指数(图1), 得到近30 a 来长三角地区首位港口与其他港口之间的演变关系。

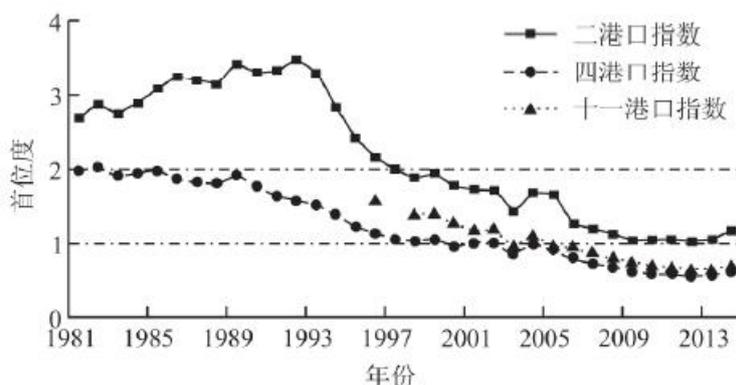


图1 长三角地区港口货物吞吐量的首位度演变
Fig. 1 Transition of the Primacy Index of Port Cargo Throughput in Yangze River Delta

根据首位度的演变结果可知, 长三角地区港口间差距不断缩小, 港口等级规模分布由首位分布向位序一规模分布演变。从港口首位度不同计算方法来看, 1992 年之前二港口指数一直处于大于理论值的波动上升阶段, 从1981 年的2.69 升至1992 年的3.49, 首位港口与第二位港口发展水平相差较大。1992 年, 首位上海港的货物吞吐量为16 297 万吨, 而第二位的南京港为4 671.30 万吨, 首位上海港的规模较大地位较突出, 长三角港口体系为典型的首位分布。此后二港口指数不断下降, 从1993 年的3.31 快速下降至1998 年的1.88, 再从1999 年的1.93 缓慢下降至2007 年的1.19, 上海港的辐射带动作用逐渐弱化。2006 年宁波港与舟山港合并, 宁波-舟山港其货物吞吐量与上海港逐渐持平, 近年来更是超过上海港跃居世界第一, 国际大港地位不断凸显, 因此2008 年以来二港口指数在1 周围波动。四港口指数与十一港口指数经历了波动下降过程, 2007 年以来偏离理论值的幅度增大, 主要原因在于上海港之外其他港口的快速发展, 2007 ~ 2014 年间, 长三角地区苏州港、宁波-舟山港、连云港港、扬州港和泰州港发展迅速, 年均增长率分别为14.63%、9.13%、12.69%、11.83% 和21.11%, 而上海港年均增长率仅为4.33%, 长三角地区港口货物吞吐量的规模分布趋于均衡。

3. 1. 2 基于港口集装箱吞吐量的分析

图2 是基于港口集装箱吞吐量的二港口指数、四港口指数和十一港口指数图。从二港口指数来看, 根据指数变化情况可以分为3 个阶段, 1988~ 1997 年间为波动下降阶段, 从11.20 降为9.83; 1998 ~ 2006 年间为快速下降阶段, 从8.69 降为3.04; 2007 ~ 2014 年间为缓慢下降阶段, 从2.78 降为1.81。2000 年之前首位上海港集装箱箱量占长三角地区市场份额高达70%以上, 因此虽然二港口指数持续下降但仍大于6, 长三角集装箱港口体系属于极强首位分布, 上海港“一枝独秀”, 港口集装箱吞吐量规模集中度高。2012 年接近理想值2, 说明此时首位上海港与第二位宁波-舟山港的集装箱吞吐量的规模分布为理想状态。四港口指数也可分为3 个阶段, 1988 ~1994 年从7.04 快速下降至3.82, 1995 ~ 1998 年从3.85 快速上升至5.04, 1999 ~ 2014 年从4.61 缓慢下降为1.22。十一港口指数自1999 年以来一直处于波动下降态势, 可见长三角地区集装箱吞吐量的规模分布也趋于均衡。

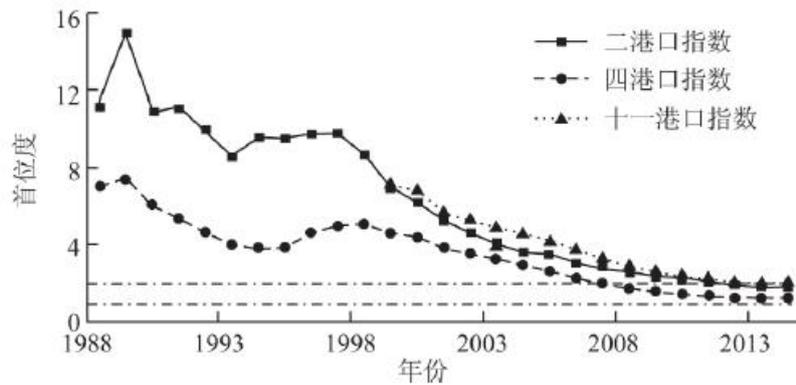


图2 长三角地区港口集装箱吞吐量的首位度演变
 Fig. 2 Transition of the Primacy Index of Port Container Throughput in Yangze River Delta

3. 1. 3 两指标比较分析

从上文的计算结果可知，以港口货物吞吐量和集装箱吞吐量为指标计算的首位度均显示长三角地区港口等级规模分布由首位分布向位序一规模分布演变，可见长三角货物运输与集装箱运输的首位分布特征演变具有内在一致性，但演变态势、具体时点等方面存在差异，如1981 ~ 1992年间，以货物吞吐量为指标计算的二港口指数处于波动上升状态，而集装箱吞吐量为指标计算的二港口指数在1988 ~ 1993年间则为波动下降，这主要在于此时期港口散货运输货流量较大，货物运输的集装箱化程度低，货物运输与集装箱运输没有表现出一致性，集装箱技术的应用并没有改变首位港口与第二位港口规模差距扩大的局面。

3. 2 位序—规模分布特征变化

3. 2. 1 基于港口货物吞吐量的分析

根据公式(5)，绘制长三角地区港口货物吞吐量位序—规模双对数关系图(图3)，并观察其拟合效果。

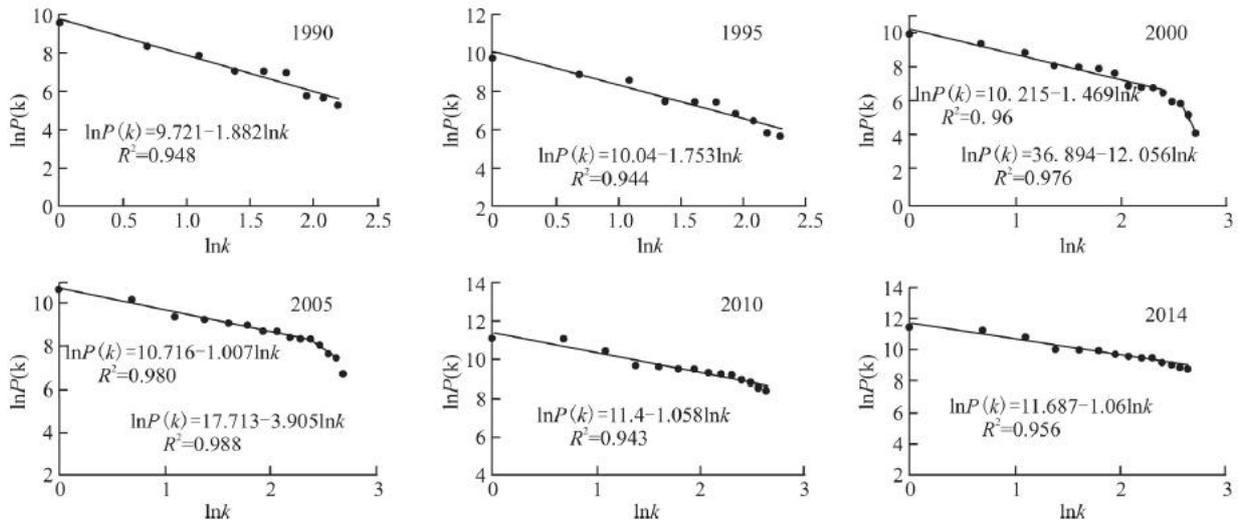


图3 港口货物吞吐量位序-规模分布双对数图

Fig. 3 Ln-ln Graph of Rank-Size Distribution of Port Cargo Throughput

对长三角地区港口货物吞吐量的位序-规模分布特征进行分析可知：①港口货物吞吐量与其位序之间的拟合效果较好，相关系数R²均在0.93以上，长三角地区港口货物吞吐量的位序-规模分布基本满足齐夫法则。②从分形结构来看：1981～1998年为单分形，无标度区基本覆盖了全部港口，此时期长三角货物运输整体发展较均衡。随着新港口的不断涌现，1999年起分形结构为单分形与双分形波动变化，单双分形波动变化说明长三角地区港口体系内部结构较不稳定，大型、中型港口与小型港口之间发展差距大，港口货物吞吐量规模结构发育不完善；2000年第一标度区包含上海港、宁波港、南京港、南通港、舟山港、连云港、镇江港、台州港、嘉兴港和温州港，第二标度区包含扬州港、泰州港和常州港，江阴港则被排除无标度区内。2001年开始，江阴港和泰州港分别是一二标度区的连续分岔点，可见一二标度区的等级结构逐渐递变。2006年以来又变为单分形，全部港口都落在无标度区内，长三角地区港口货物吞吐量的位序-规模分布发育日趋成熟。③从Zipf指数来看：首先，各年Zipf指数均大于1，长三角地区港口体系的空间形态为帕累托分布模式，港口货物吞吐量集中在高位序港口。其次，Zipf指数总体呈下降态势，从1981年的2.15降至2014年的1.06，说明长三角货物运输集中程度逐渐降低。近几年中间位序港口数量增多，港口规模等级结构的差异缩小，Zipf指数趋近于1，港口体系接近于最优分布。

3.2.2 基于港口集装箱吞吐量的分析

绘制长三角地区港口集装箱吞吐量的位序-规模双对数关系图(图4)，并观察其拟合效果。

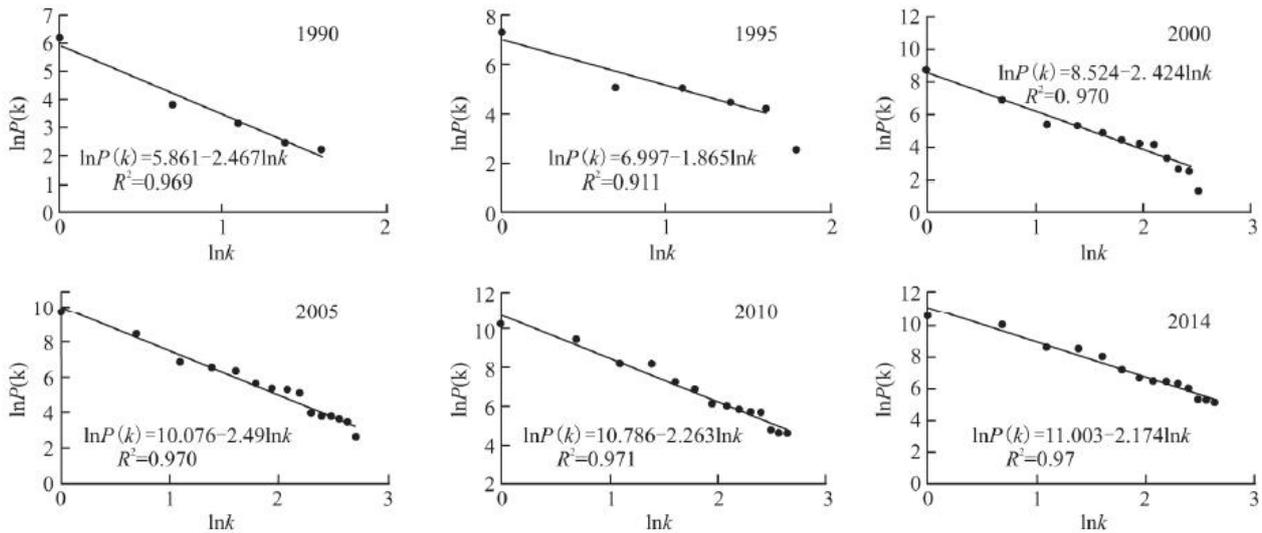


图4 港口集装箱吞吐量位序-规模分布双对数图

Fig. 4 Ln-ln Graph of Rank-Size Distribution of Port Container Throughput

对长三角地区港口集装箱吞吐量的位序-规模分布特征进行分析可知：①港口集装箱吞吐量与其位序之间的拟合效果较好，相关系数R²均在0.88以上，长三角地区港口集装箱吞吐量的位序-规模分布同样满足齐夫法则。②从分形结构来看：1988年以来均为单分形，且2001年后无标度区涵盖了所有港口，说明长三角地区集装箱运输整体发展较均衡，没有引起大的结构调整。③从Zipf指数来看：1988～2014年间Zipf指数一直大于1，长三角地区集装箱港口体系的空间形态为帕累托分布模式，集装箱吞吐量集中在高位序港口，各港口之间集装箱运输规模等级差异较大。1988～1995年间，集装箱吞吐量的Zipf指数波动下降，由3.18降至1.87，下降了41.19%，此时期随着集装箱技术的普及，长三角地区更多的港口运用了集装箱技术，航线不断增加，使得港口集装箱吞吐量的分布趋于分散。1996～2007年间，集装箱吞吐量的Zipf指数呈波动上升态势，由1.92升至2.57，上升了33.85%，显示出规模经济导致枢纽港集装箱的发展速度迅速，上海港的枢纽地位继续强化，2001年上海港的集装箱吞吐量为6339.8千TEU，约占长三角地区集装箱市场份额的73.15%，第二位宁波港集装箱吞吐量约占长三角地区市场份额的13.99%，而其他小型港口的集装箱运输发展较缓慢。2008年以来，集装箱吞吐量的Zipf指数呈下降趋势，显示出随着箱量的扩大，枢纽港面临发展瓶颈，港口间竞争加剧，长三角集装箱港口体系的分散化发展态势。

3. 2. 3 两指标比较分析

从上文计算结果可知，长三角港口体系的位序-规模分布符合齐夫法则，空间形态为帕累托分布模式，但以港口货物吞吐量与港口集装箱吞吐量为指标计算的Zipf指数和分形结构的演变存在差异。港口货物吞吐量计算的Zipf指数总体呈下降态势，集装箱吞吐量计算的Zipf指数经历了波动下降—上升—下降过程，说明港口货物运输一直处于较稳定的分散化发展，而集装箱运输则经历了从分散化发展到集中化发展再到分散化发展的过程。二者规模演变差异的原因在于钢铁、煤炭、铁矿石等件杂货在长三角港口货物运输中所占比重一直较高，而这些件杂货由于体积较大形状不规则加上集装箱运输成本高等原因一直通过散装船舶来运输，散装运输已经形成了相对稳定的等级体系，由此也导致货物运输为较稳定的分散化发展；而集装箱运输发展迅速其等级体系仍处于不断变化之中，因此二者Zipf指数变化并不一致。从分形结构来看，集装箱吞吐量一直为单分形结构，货物吞吐量在个别年份还表现为双分形，长三角货物运输与集装箱运输的空间分形演变存在差异，集装箱运输的规模结构发育更完善、整体性更好。随着长三角集装箱化改造的完成，许多原来由散货船运输的货物采用了集装箱运输，货物的集装箱化成为势不可挡的趋势，因此近年来以货物吞吐量和集装箱吞吐量计算得到的Zipf指数和分形结构又表现出了一致性。此外，相同时期集装箱吞吐量的Zipf指数均大于货物吞吐量的Zipf指数，可见集装箱技术的应用使高位序港口的辐射带动作用增强，减缓了长三角港口体系的分散化发展。

3. 3 核密度估计动态特征变化

3. 3. 1 基于港口货物吞吐量的分析

为了分析长三角地区港口规模分布的动态演变规律,选取研究时段的首末年份和3个中间年份(为了使研究具有连续性且更好进行纵向对比,间隔年份大约为10a),所选年份依次为1981年,1990年,2000年,2010年,2014年。利用核密度估计方法对港口货物吞吐量进行研究,得到其核密度图(图5)。首先,密度曲线经历了由多峰结构到双峰结构的变化。1981年密度曲线为多峰结构,此时期长三角货运量较少且处于港口建设初期,港口数量少,货运量集中于上海港、南京港和宁波港几个港口,小型港口不发育,港口体系整体协调性较差。随着进出口贸易的发展和深化港口体制改革,港口间分工合作进一步明确,使得密度曲线由之前的多峰结构变为双峰结构,长三角地区港口体系整体协调程度提升。其次,密度曲线和主峰位置不断右移,反映了港口整体规模不断扩大。2014年货物吞吐量的双峰峰值在9.5和11左右分布的概率分别为0.53和0.19,说明长三角港口规模分布更多的是大型和中型港口,且中型港口占比更大。再次,从形状来看,密度曲线跨度缩小峰度变高,表明港口间差距不断缩小,这与上文以货物吞吐量为基础得到的Zipf指数不断缩小是一致的,验证了位序-规模法则研究的合理性。

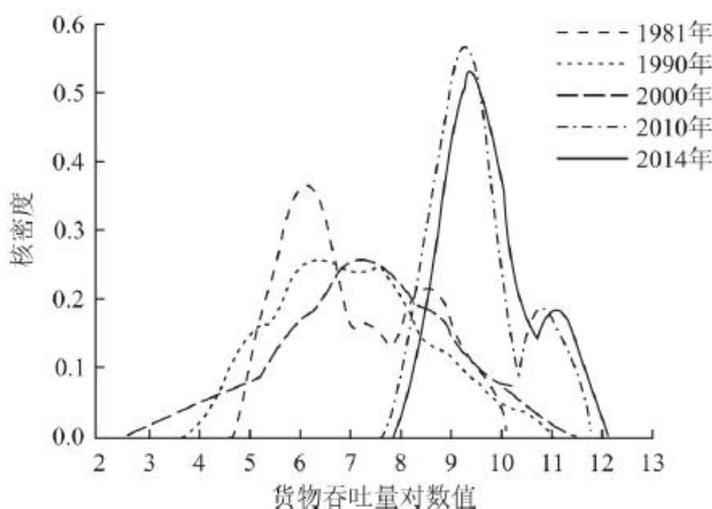


图5 长三角地区港口货物吞吐量规模分布的核密度图

Fig. 5 Kernel Density of Cargo Throughput Size Distribution in Yangze River Delta

3. 3. 2 基于港口集装箱吞吐量的分析

选取研究时段的首末年份和3个中间年份(为了使研究具有连续性且更好进行纵向对比,间隔年份为6a和7a),所选年份依次为1988年,1994年,2000年,2007年,2014年。利用核密度估计方法对港口集装箱吞吐量进行研究,得到其核密度图(图6)。首先,集装箱吞吐量的密度曲线经历了从多峰结构到双峰结构再到单峰结构的变化。1988年密度曲线为多峰结构,说明此时期集装箱运输整体发展较不协调,集装箱港口数量少。1994年密度曲线变为双峰结构且主峰位于集装箱吞吐量较低的区间,主要原因在于此时期长三角地区的大多数集装箱港口规模仍较小,集装箱运输不发育。随着其他中小港口集装箱运输的发展,2000年集装箱吞吐量的核密度曲线变为单峰结构,长三角集装箱运输向协调态势发展。其次,密度曲线和主峰位置向右移动反映了长三角集装箱运输整体规模不断扩大。2014年集装箱吞吐量的峰值在6.5左右分布的概率为0.23,且核密度分布越来越符合正态分布。从形状来看,密度曲线跨度经历了缩小—扩大—缩小过程,峰度经历了升高—降低—升高过程,这与上文以集装箱吞吐量为基础得到的Zipf指数变化过程一致,也验证了上文位序-规模法则研究的合理性。

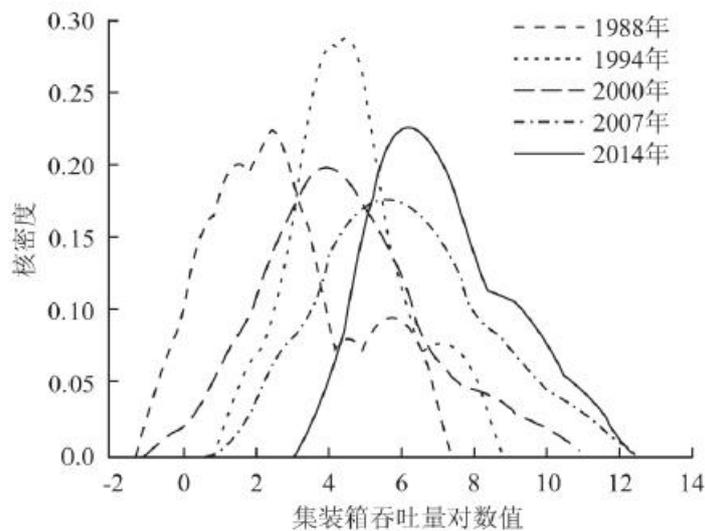


图6 长三角地区港口集装箱吞吐量规模分布的核密度图

Fig. 6 Kernel Density of Container Throughput Size Distribution in Yangze River Delta

3. 3. 3 两指标比较分析

港口货物吞吐量与港口集装箱吞吐量的核密度图分别经历了从多峰结构到单峰结构和从多峰结构到双峰结构的过程，长三角港口体系向协调方向发展。同时期以港口集装箱吞吐量计算得到的核密度图比港口货物吞吐量计算得到的核密度图跨度大且峰值低，这与上文运用位序—规模法则得到的结果一致，即长三角集装箱运输更集中。此外，相对于港口货物吞吐量，港口集装箱吞吐量的核密度分布更符合正态分布。

4 结论

本文通过首位度、位序—规模法则和核密度估计方法，以港口货物吞吐量和集装箱吞吐量为指标，对长三角地区港口规模分布进行研究，结论如下：

(1) 长三角地区港口等级规模分布由首位分布向位序—规模分布演变，枢纽港由上海港单核枢纽演变为上海港和宁波—舟山港双核枢纽，并有望形成上海港、宁波—舟山港和苏州港鼎足而立新格局。

(2) 长三角地区港口规模分布逐步优化，等级结构不断趋于合理，港口体系基本满足位序—规模法则，但还没有达到理想状态。港口体系一直表现为较稳定的分散化发展态势，集装箱港口体系经历了从分散化发展到集中化发展再到分散化发展的演变态势，集装箱技术的应用减缓了港口体系的分散化发展。

(3) 港口货物吞吐量的密度曲线经历了由多峰结构到双峰结构的发展过程，集装箱吞吐量的密度曲线经历了从多峰结构到单峰结构发展过程，显示长三角货物运输和集装箱运输均向协调态势发展。此外二者核密度曲线得到的分析结果与上文运用位序—规模法则得到的结果一致，印证了位序—规模法则在港口体系研究中的合理性。

(4) 近年来,以港口货物吞吐量和港口集装箱吞吐量计算得到的结果,在首位分布、位序—规模分布和核密度特征的演变上表现出一致性,原因在于随着长三角集装箱化改造的完成以及散装运输成本的提高,许多原来由散货船运输的货物采用了集装箱运输,因此二者的结果逐渐表现出一致性。

参考文献:

[1] 董维忠. 港口经济研究 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2003.

【Dong W Z. Port Economy Research [M]. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 2003. 】

[2] 郭建科, 韩增林. 中国海港城市“港—城空间系统”演化理论与实证 [J]. 地理科学, 2013, 33(11) : 1285—1292.

【GUO J K, HAN Z L. The port-city spatial system evolution theory and empirical study of Chinese seaport city [J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(11) : 1285—1292. 】

[3] 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.

[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] HILLING D. The evolution of a port system: the case of Ghana [J]. Geography, 1977, 62(2) : 97—105.

[6] HAYUTH Y. Rationalization and deconcentration of US container port system [J]. The Professional Geographer, 1988, 40(3) : 279—288.

[7] NOTTEBOOM T E, RODRIGUE J. Port regionalization: Towards a new phase in port development [J]. Maritime Policy & Management, 2005, 32(3) : 297—313.

[8] BIRD J H. Sea Port Gate Ways of Australia [M]. London: Oxford University Press, 1968: 27—51.

[9] HOYLE B S. The port-city interface: trends, problems and examples [J]. Geoforum, 1989, 20(4) : 429—435.

[10] 曹有挥, 李海建, 陈雯. 中国集装箱港口体系的空间结构与竞争格局 [J]. 地理学报, 2004, 59(6) : 1020—1027.

【CAO Y H, LI H J, CHEN W. The spatial structure and the competition pattern of the container port system of China [J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(6) : 1020—1027. 】

[11] 王爱虎, 匡桂华. 中国沿海集装箱港口群体体系结构演化与竞争态势 [J]. 经济地理, 2014, 34(6) : 92—99.

-
- 【WANG A H, KUANG G H. The evolution and competition situation of container port cluster system in China [J]. *Economic Geography*, 2014, 34(6) : 92-99. 】
- [12] 周鑫, 季建华. 港口竞争合作策略的演化博弈分析 [J]. *中国航海*, 2008, 31(3) : 293-297.
- 【ZHOU X, JI J H. Evolutionary game analysis of port competition cooperation strategy [J]. *Navigation of China*, 2008, 31(3) : 293-297. 】
- [13] 王成金, C SAR DUCRUET. 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.
- 【WANG C J, DUCRUET C. Theoretical model of container port system and its empirical research in Yangtze River Delta [J]. *Geographical Research*, 2011, 30(3) : 397-410. 】
- [14] 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.
- 【CAO Y H, CAO W D, JIN S S, et al. The evolution mechanism of the coastal container port system of China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(3) : 424-432. 】
- [15] 程佳佳, 王成金. 珠江三角洲集装箱港口体系演化及动力机制 [J]. *地理学报*, 2015, 70(8) : 1256-1270.
- 【CHENG J J, WANG C J. Evolution and dynamic mechanism of container port system in the Pearl River Delta [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(8) : 1256-1270. 】
- [16] 许继琴. 港口城市成长的理论与实证探讨 [J]. *地域研究与开发*, 1997, 16(4) : 11-14.
- 【Xu J Q. On the function of port to the development of port city [J]. *Areal Research And Development*, 1997, 16(4) : 11-14. 】
- [17] 郭建科, 韩增林. 港口与城市空间联系研究回顾与展望 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(12) : 1490-1498.
- 【GUO J K, HAN Z L. Review and prospect of the research on spatial connection between port and city [J]. *Progress In Geography*, 2010, 29(12) : 1490-1498. 】
- [18] 梁双波, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长三角集装箱港口体系的偏移增长与演化模式 [J]. *地理科学进展*, 2008, 27(5) : 95-102.
- 【LIANG S B, CAO Y H, CAO W D, et al. The total shift and evolution of the Yangze River Delta container port system [J]. *Progress In Geography*, 2008, 27(5) : 95-102. 】
- [19] 梁双波, 曹有挥, 吴威. 基于综合交通运输成本的港口后勤区域区位评价——以上海外高桥保税物流园区为例 [J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(7) : 825-831.

【LIANG S B, CAO Y H, WU W. Location evaluation of port backup area based on comprehensive transportation costs-taking WAIGAOQIAO bonder logistics park in Shanghai for example [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2013, 22(7) : 825—831. 】

[20] 殷为华, 徐长乐. 长江三角洲港口群的功能定位探析 [J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(4) : 300—304.

【YIN W H, XU C L. Study on the functional location of port aggregation in the Yangze Delta [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2002, 11(4) : 300—304. 】

[21] 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.

【WANG C J, ZHANG M T, CHENG J J. Spatial pattern of offshore hub port and development mechanism——the case of Yangshan port in mainland China [J]. Economic Geography, 2016, 36(6) : 100—108. 】

[22] 程开明, 庄燕杰. 城市体系位序—规模特征的空间计量分析——以中部地区地级以上城市为例 [J]. 地理科学, 2012, 32(8) : 905—912.

【CHENG K M, ZHUANG Y J. Spatial econometric analysis of the rank-size rule for urban system: a case of prefectural-level cities in China's middle area [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(8) : 905—912. 】

[23] 陈彦光, 胡余旺. 城市体系二倍数规律与位序—规模法则的等价性证明 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(1) : 115—120.

【CHEN Y G, HU Y W. Derivation of the 2n rule from the ranksize rule of city-size distribution [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010, 46(1) : 115—120. 】

[24] 刘继生, 陈彦光. 城镇体系等级结构的分形维数及其测算方法 [J]. 地理研究, 1998, 17(1) : 83—90.

【LIU J S, CHEN Y G. Fractal dimensions of hierarchical structure of urban systems and the methods of their determination [J]. Geographical Research, 1998, 17(1) : 83—90. 】

[25] 杨国良, 张捷, 刘波, 等. 旅游流流量位序—规模分布变化及其机理——以四川省为例 [J]. 地理研究, 2007, 26(4) : 662—672.

【YANG G L, ZHANG J, LIU B, et al. Study on tourists flow rank-size distribution variation and the mechanism: taking Sichuan province as an example [J]. Geographical Research, 2007, 26(4) : 662—672. 】

[26] 朱竑, 吴旗韬. 中国省际及主要旅游城市旅游规模 [J]. 地理学报, 2005, 60(6) : 41—49.

【ZHU H, WU Q T. Study on tourism size of provinces and primary cities in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(6) : 41—49. 】

[27] 赵媛, 牛海玲, 杨足膺. 我国石油资源流流量位序—规模分布特征变化 [J]. 地理研究, 2010, 29 (12) : 2121—2131.

【ZHAO Y, NIU H L, YANG Z Y. Study on the rank-size distribution and variation of crude oil flow in China [J]. Geographical Research, 2010, 29(12) : 2121—2131. 】

[28] 孙世达, 姜巍, 高卫东. 中国港口时空格局演变及影响因素分析 [J]. 世界地理研究, 2016, 25(2) : 62—71.

【SUN S D, JIANG W, GAO W D. Spatio-temporal pattern evolution and factorial analysis on ports in China [J]. World Regional Studies, 2016, 25(2) : 62—71. 】

[29] 陈再齐, 闫小培. 广州港外贸卸货港的空间分布与等级体系 [J]. 经济地理, 2015, 35(7) : 99—104.

【CHEN Z Q, YAN X P. Study on spatial distribution and hierarchical system of discharge ports for foreign trade of Guangzhou Port [J]. Economic Geography, 2015, 35(7) : 99—104. 】