

# 长三角港口腹地动态演变及耦合协调度研究

宋敏, 史婷, 王茜

(河海大学商学院, 江苏 南京 211100)

**摘要:**明确港口腹地演变趋势、分析港腹耦合协调度,对长三角地区港腹联动发展具有重要意义。量化港口系统—腹地系统综合指标评价体系,运用高斯烟羽模型在2006、2011、2016年3个时间节点上测算长三角地区主要港口影响强度,并对腹地范围进行划分,利用耦合协调模型定量分析港口系统和直接腹地经济系统耦合协调度。研究结果表明:长三角地区港口呈现“一超多强”的格局,以上海港为中心,各港口多极发展;港口腹地范围整体稳定,局部波动,上海港的边缘腹地不断缩减;港口与腹地的耦合协调度处于上升态势,宁波—舟山港腹耦合协调度最高。

**关键词:**港口腹地;高斯烟羽模型;动态演变;耦合协调

**中图分类号:**F552

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-9511(2018)06-0020-06

随着我国经济建设和对外贸易的不断扩大,货物运输量不断增加。在航运方面,港口发挥着不可替代的作用,港口的功能与建设影响着腹地区域的经济发展,而腹地作为港口的一个服务区域,承担着供货、中转的重要功能,是港口兴衰的根基所在。长三角地区是“一带一路”与长江经济带的重要交汇地带。随着国家沿海港口布局规划的实施和港口体系的不断建设,已形成以上海港为中心,北起连云港,西溯南京港的港口系统。伴随中美贸易冲突频发的现状,港口面临的国际贸易形势日益严峻。如何避免港口间恶性竞争,提升长三角地区港口竞争力,需要合理分析各港口的腹地范围,分析港口与腹地城市经济协调发展态势。

## 1 研究现状

国外学者对于港口和腹地的研究比较早,对于港口与腹地间的作用关系进行了有益的探索。高兹于1934年在《海港区位论》中首次探讨了港口与腹地的内在联系<sup>[1]</sup>。Weigend<sup>[2]</sup>通过分析汉堡港的陆向腹地和海向腹地范围对港口建设提供指向标。Patton<sup>[3]</sup>和Morgan<sup>[4]</sup>以纽约港为例,研究发现港口发展动力来源于腹地,腹地是港口形成与发展过程中有着关键作用。Hayuth<sup>[5]</sup>和Slack<sup>[6]</sup>深层次剖析

了港口腹地变化原因,认为经济发展和政府管制解除是导致海港和其竞争对手腹地范围发生较大变化的主要原因。国内研究内容主要包括两个方面:一是港口与腹地之间的互动关系研究。学者们通过构建港口与腹地经济协同发展指标评价体系,测度港口与腹地经济协同度<sup>[7-9]</sup>。宋敏等<sup>[10]</sup>、杨留星等<sup>[11]</sup>通过分析港口对腹地的效应机理,构建面板数据模型测算了港口对直接腹地、间接腹地经济的影响。王洪清等<sup>[12]</sup>实证发现宁波港口对腹地经济贡献弹性呈U型变化。二是港口腹地的划分以及空间演变。姜晓丽等<sup>[13]</sup>运用Huff模型计算辽宁省沿海6个港口对腹地城市影响势能值,并对辽宁沿海港口腹地空间演变进行定量研究。董晓菲等<sup>[14]</sup>在Huff模型基础上,综合考虑港城引力、时间成本因素,分别利用实际最短时间距离和加权时间距离,探究港口群腹地的范围划分问题。李振福等<sup>[15]</sup>以烟羽模型为出发点,对辽宁省各港口、大渤海圈港口的腹地范围进行了划分。

综上所述,已有的研究大多把港口腹地空间演变和港口腹地互动关系作为两个独立的部分进行研究,而通过划分港口腹地进而研究港腹协调性则更具有科学性。因此,笔者通过选取长三角地区2006、2011和2016年3个时间断面港口系统、腹地

**基金项目:**教育部人文社会科学研究规划基金项目(15YJA790052);中央高校基本科研业务费项目(2018B31214)

**作者简介:**宋敏(1975—),女,副教授,博士,主要从事金融理论与基础设施投资研究。E-mail:songmin@hhu.edu.cn

**通信作者:**史婷(1994—),女,硕士研究生,主要从事国际贸易理论与实务研究。Email:shiting2016@126.com

表1 港口—腹地指标评价体系

| 系统   | 一级指标     | 二级指标           | 权重                |          |
|------|----------|----------------|-------------------|----------|
| 港口系统 | 港口规模     | 港口泊位数/个        | $W_{11}$          |          |
|      |          | 港口航线数/条        | $W_{12}$          |          |
|      |          | 港口码头长度/m       | $W_{13}$          |          |
|      |          | 港口货物吞吐量/万 t    | $W_{14}$          |          |
|      |          | 港口集装箱吞吐量/万 TEU | $W_{15}$          |          |
|      | 港口结构     | 外贸货物比重/%       | $W_{21}$          |          |
|      |          | 集装箱货物比重/%      | $W_{22}$          |          |
|      | 港口可持续发展力 | 吞吐量增长率/%       | $W_{31}$          |          |
|      |          | 集装箱增长率/%       | $W_{32}$          |          |
|      | 腹地经济系统   | 经济增长           | GDP/亿元            | $W_{41}$ |
|      |          |                | 财政收入/亿元           | $W_{42}$ |
|      |          |                | 商品进出口总额/亿元        | $W_{43}$ |
|      |          | 经济结构           | 人均 GDP/元          | $W_{51}$ |
|      |          |                | 外贸依存度/%           | $W_{52}$ |
|      |          |                | 第三产业增加值占 GDP 比重/% | $W_{53}$ |
| 经济质量 |          | 城镇居民恩格尔系数/%    | $W_{61}$          |          |
|      |          | 环境支出占财政支出比例/%  | $W_{62}$          |          |

经济系统相关数据,引入能综合反映港口城市与其他城市联系强度的烟羽模型厘定各港口的腹地范围,并运用耦合模型测算港口—腹地经济系统的协调发展度,以期为长三角港口—腹地协调发展提供建议。

## 2 指标选择和分析方法

### 2.1 研究对象选择

(1) 港口选择。目前长江三角洲地区主要有沿海港口 19 个,内河港口 10 个。以上海港为中心,江浙为南北两翼,服务于长三角及长江沿线地区的经济社会发展。其中上海港、宁波—舟山港、连云港、苏州港、南通港、南京港为长三角地区主要港口,根据相关统计数据,2016 年上述 6 个港口的货物吞吐量总量超过 28.06 亿 t,外贸货物吞吐量达到 12.79 亿 t,集装箱吞吐量达到 6825.6 万 TEU,占长三角地区港口货物吞吐量、外贸货物吞吐量、集装箱吞吐量总量的 67.22%,82.10% 和 87.42%,选择上述 6 个港口为研究对象具有典型性和可操作性。

(2) 腹地选择。腹地直接位于港口陆上交通的后方,任何一个港口都必须以一定的区域作为它的腹地。根据 2016 年 5 月国务院批准的《长江三角洲城市群发展规划》,长三角城市群包括:上海,江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州,浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州,安徽省的合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城等 26 市。2016 年地区生产总值 15.02 万亿元,同比增长 8.98%,经济总量占全国比重为 20.4%。因连云港属于长江三角洲主要港口,腹地加入连云港。

### 2.2 指标选择与数据来源

#### 2.2.1 指标体系构建

港口与腹地经济是复杂的系统工程,选择指标体系应该呈现出结构的层次性,能完整系统反映港口与腹地之间的耦合关系。因此,指标的选择应该遵循以下原则:一是基础性。选择的指标能反映港口和腹地经济的发展水平及系统各重要的部分。二是相关性。所选的指标应该体现港口和腹地经济的支撑、促进和反馈的互动关系。依据上述原则,笔者根据指标进行进一步的设置和筛选,从港口规模、港口结构、港口可持续发展力、经济增长、经济质量、经济结构六大方面初步确定两大系统,再对其进行指标的分解和细化。在对长三角港口—腹地系统进行科学、系统的分析的基础上,构建指标体系,如表 1 所示:

#### 2.2.2 数据来源

研究数据来源于 2007、2012 年、2017 年《中国港口统计年鉴》《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及上海市、江苏省、浙江省政府网站发布的统计公报和数据以及中国港口网发布的一些即时信息等。

### 2.3 研究方法

#### 2.3.1 高斯烟羽模型

烟羽模型最初用于计算污染物在某一地区的扩散浓度和极限扩散距离,基本方程如式(1)所示。

$$U(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad (1)$$

式中: $U(x, y, z)$  表示坐标为  $(x, y, z)$  点的污染物浓度; $Q$  为污染物的排放源强; $\bar{u}$  为污染物排放处的平均风速; $\sigma_y$  和  $\sigma_z$  分别为污染物在  $y$ 、 $z$  方向的扩散系数。

从港口与周边地区关系来看,港口或者港口所在城市可看成是一个辐射点源,烟羽模型中污染物点源的扩散浓度类似于港口对周边地区的影响强度。在港口密度较高的情况下,通过计算、比较港口对各地区的影响强度,进一步实现港口腹地尤其是交叉腹地的划分。参考李振福等<sup>[15]</sup>的研究,根据公式(1)简化模型,将  $U_{ij}$  定义为港口  $i$  对地区  $j$  的影响程度,  $U_{ij}$  最大时,则判定  $j$  为  $i$  的腹地;地区  $j$  的坐标为  $(x, y, z)$ ,由于研究不涉及三维角度,故令  $z=0$ ;  $Q_i$  定义为港口  $i$  的自身强度,并且假设其是连续、均匀的;  $\sigma_y$  和  $\sigma_z$  分别定义为港口影响力在  $y$ 、 $z$  方向的扩散系数,按照无限空间扩散的规律,假设  $\sigma_y = \sigma_z = \sigma$ ,又根据扩散系统的性质,  $\sigma = \sqrt{2}$ , 设  $k_i = x_{ij}/\alpha_i$ ;  $\alpha_i$

大小一般与港口  $i$  的基础条件、服务水平等因素有关,  $\alpha_i \in (0.15, 1)$ ;  $x_{ij}$  为港口  $i$  到地区  $j$  的最佳运输距离。 $\bar{u}_{ij}$  定义为由港口  $i$  到地区  $j$  的交通可达系数, 并将其提到分子中, 这是因为烟羽模型中风力与污染物浓度呈反比例关系, 而港口交通便利程度与港口的影响程度呈正比例关系。 $R_{ij}$  代表了港口  $i$  与地区  $j$  的关联度。基于分析得出港口腹地划分的腹地烟羽模型:

$$U_{ij} = \frac{\alpha_i Q_i \bar{u}_{ij} R_{ij}}{4\pi x_{ij}^2} \quad (2)$$

### 2.3.2 耦合协调评价模型

首先利用熵值模型计算港口、腹地系统各指标权重, 运用线性综合加权法计算出港口系统-腹地经济系统综合评价指数:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^p g_i} \quad (3)$$

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_j u_{ij} \quad (4)$$

式中:  $w_j$  为第  $j$  项指标的权重;  $U_i$  为系统  $i$  的综合发展评价价值, 取值范围是  $[0-1]$ , 数字越大说明综合发展水平越高;  $U_{ij}$  为系统中第  $i$  年第  $j$  项指标对系统的功效贡献。

求出港口与腹地综合发展指数后, 借鉴已有学者建立的耦合度模型对长三角地区港口和腹地系统的耦合关系进行评价, 并对耦合等级进行划分和分类, 详见表 2。

$$C = \{(u_1 \times u_2) / (u_1 + u_2)\}^{1/2} \quad (5)$$

$$D = \sqrt{CT}, T = \alpha u_1 + \beta u_2 \quad (6)$$

式中:  $C$  为耦合度, 当  $C=1$  时, 表明子系统处于最佳耦合状态;  $D$  为耦合协调度, 可反映出各系统间的协调水平;  $T$  为系统间综合协调指数;  $\alpha, \beta$  为待定系数, 参考相关学者的研究<sup>[16]</sup>, 笔者认为两个子系统同等重要,  $\alpha, \beta$  均取值 0.5。

表 2 港口-腹地系统协调等级划分

| 耦合度        | 耦合水平  | 耦合协调度      | 协调等级     |
|------------|-------|------------|----------|
| (0, 0.3]   | 低水平耦合 | (0, 0.3]   | 严重失调     |
| (0.4, 0.6] | 拮抗型耦合 | (0.4, 0.5] | 中度失调     |
|            |       | (0.5, 0.6] | 低度失调     |
| (0.6, 0.8] | 磨合型耦合 | (0.6, 0.8] | 初级协调     |
| (0.8, 0.9] |       | (0.8, 0.9] | 良好协调     |
| (0.9, 1]   |       | 高水平耦合      | (0.9, 1] |

## 3 实例分析

### 3.1 港口直接腹地演变分析

#### 3.1.1 港口影响强度测算

(1) 港口源强和关联度分析。高斯烟羽模型简

化后可以得到计算港口的影响强度的具体指标, 要想求出港口影响强度  $U_{ij}$ , 首先需要先求出港口源强  $Q_{ij}$ 、港口关联度  $R_{ij}$ 。

港口源强是影响港口腹地范围的决定性因素, 取决于港口的规模和发展水平, 港口源强的大小决定了对腹地范围的辐射能力的高低。根据表 1 所构建的港口系统的指标评价体系测算港口源强。采用 SPSS 20.0 对港口强度指标体系进行降维的因子分析。以各因子的方差贡献率作为权重, 计算港口因子综合得分的公式为:

$$F = 0.66009 F_1 + 0.22263 F_2 + 0.08321 F_3 + 0.03020 F_4 \quad (7)$$

由此得到长三角地区 2006 年、2011 年、2016 年主要港口的源强值, 详见表 3。

表 3 各个港口的源强值  $F$

| 港口源强   | 2006 年  | 2011 年  | 2016 年   |
|--------|---------|---------|----------|
| 上海港    | 515.067 | 845.942 | 1022.729 |
| 宁波-舟山港 | 176.199 | 389.530 | 570.315  |
| 连云港    | 30.002  | 112.082 | 145.093  |
| 苏州港    | 23.498  | 105.992 | 129.082  |
| 南通港    | 10.339  | 16.349  | 23.320   |
| 南京港    | 21.488  | 47.088  | 84.307   |

港口与地区之间的关联度反映了港城之间联系的紧密程度。港城之间是一个复杂的动态的演变体系, 两者互相影响。关联度作为一个需要被量化的指标, 在综合考虑各方面因素下, 笔者选用城市工业产值和常住人口数作为代表性指标量化港口与城市的关联度。

$$E_{ij} = \frac{\sqrt{P_i V_i P_j V_j}}{x_{ij}^2} \quad (8)$$

式中:  $E_{ij}$  为港口城市与腹地城市的关联度;  $P_i, P_j$  分别为 2006、2011、2016 年港口所在城市和长三角地区(本文选取上海、江苏、浙江各地市)年末常住人口数; 分别表示  $V_i, V_j$  表示 2016 年港口所在城市和长三角各地市工业产值。计算得出港口与各地市间的关联度。

(2) 港口的影响强度。得出港口源强和港口之间关联度后, 使用 MATLAB 计算 2006 年、2011 年、2016 年各个港口的影响程度以及各个港口影响强度占综合影响强度的百分比, 通过比较各港口综合影响强度占比, 可以推测出港口在 10 年间的发展概况以及未来可能的发展趋势, 结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出, 港口综合影响强度呈现上升、稳定、下降 3 种态势, 其中上海港综合影响强度特征明显, “一支独大”的优势逐步被削弱, 呈现不断下降的态势, 港口影响强度由 2006 年的 80.78% 下降到 2011 年的 71.16%, 下降了 9.62%; 2011 年到

表 4 2006、2011、2016 年长三角主要港口影响强度

占综合影响强度的百分比

| 港口     | 2006 年 | 2011 年 | 2016 年 |
|--------|--------|--------|--------|
| 上海港    | 80.78% | 71.16% | 59.51% |
| 宁波-舟山港 | 8.57%  | 10.03% | 10.70% |
| 连云港    | 0.09%  | 0.33%  | 0.67%  |
| 苏州港    | 4.20%  | 9.21%  | 12.95% |
| 南通港    | 0.87%  | 0.95%  | 1.21%  |
| 南京港    | 5.62%  | 7.69%  | 10.85% |

2016 年由 71.16% 变为 59.51%，下降了 11.25%，比前 5 年下降幅度大。尽管上海港的腹地范围呈逐渐缩小的态势，但目前仍占据主导地位，在长三角区域内仍旧处于中心位置，整体来说，整个长三角地区都可以看成是上海港的腹地；温州港在长三角地区中位于边缘港口的的位置，影响强度综合占比不高并且越来越低，腹地范围呈现缩小的趋势，2016 年港口的影响强度只占综合影响强度的 0.11%；宁波一舟山港作为浙江省规模最大和建设力度最强的港口中心，腹地波动不是特别明显，基本保持稳定态势，在整个长三角地区综合影响强度占到 10% 左右，宁波一舟山港的腹地主要稳定在浙江省内，所以上升趋势不是很明显；连云港、南通港尽管发展起步较晚，目前所占综合影响强度不大，但是呈现上升的趋势；苏州港、南京港的港口影响强度上升趋势明显，并且港口影响强度占综合影响强度越来越高，两个港口都达到 10% 以上，在长三角港口群中的地位越来越重要，未来可能腹地范围会进一步扩大。

长三角地区各港口对各地市的具体影响强度如图 1、图 2、图 3 所示。2006 年上海港的腹地包括了 15 个城市，从图 1 中可以看出，除无锡为苏州港的腹地，扬州、镇江、芜湖、马鞍山、滁州为南京港腹地，台州为宁波一舟山港腹地，南通港、连云港腹地为自身所在城市，其余皆为上海港腹地。而且可以看出，2006 年离上海较远的安徽省的滁州、安庆，浙江省的绍兴、金华等市受上海港的影响强度大，而不是距离较近的南京港、苏州港、宁波港的腹地，原因主要是上海港的建设周期最长，政策扶持时间长、力度大，自改革开放以来，国家重视上海港的发展，政策制定清晰、发展规划明确，建设上海国际航运中心战略决策的提出使上海港的发展步入了新的阶段，尤其是洋山深水港区开始建设后，上海港开始从河口港向真正的海港跨越，货物吞吐量和集装箱吞吐量都有较大幅度的提升，而其他港口在这一时期无论是所在城市的经济建设还是自身规划发展都与上海港存在差距，因此影响强度低、范围窄。

2011 年上海港的腹地已经开始缩减，从图 2 中可以看出，泰州已经变成南京港的腹地，常州、湖州

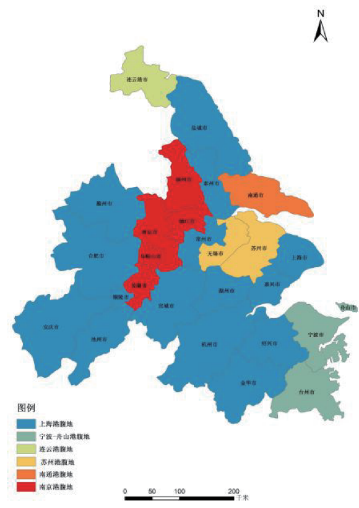


图 1 2006 年长三角主要港口腹地范围

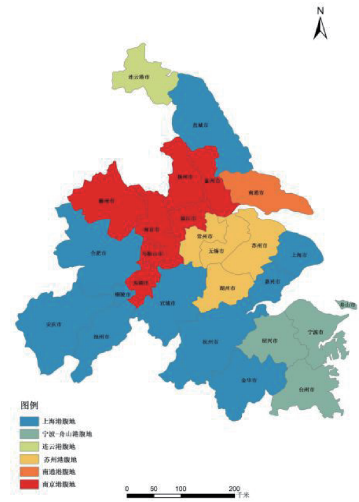


图 2 2011 年长三角主要港口腹地范围

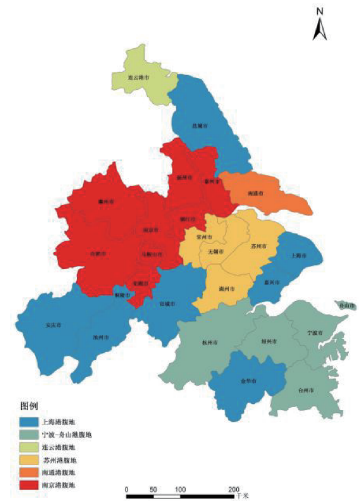


图 3 2016 年长三角主要港口腹地范围

已经变成苏州港的腹地，绍兴已经变为宁波一舟山港的腹地，其他腹地没有发生变化。主要原因是在这一时期以苏州港、宁波一舟山港为代表的港口凭借独特的区位、资源优势以及腹地经济的有力支撑，加快打造枢纽港口的重要战略位置，同时对周边港

口进行整合合并,苏州港由张家港、太仓港、常熟港3个独立港口合并而成,宁波港、舟山港也合并为宁波—舟山港,不仅避免了港口“内耗”,提升了港口竞争力,整合了港口岸线资源,同时也成为腹地经济发展的重要依托。

2016年上海港的腹地进一步缩减,从图3中可以看出,合肥已经变成南京港的腹地,其他港口的影响强度正在逐步增强。除了上文提到的上海港的部分原因,另一部分原因是南京港作为内河港,发展初期的功能定位是以水陆中转为主,主要服务于南京及南京周边城市,对于其他地区的影响强度不高,包括距离较近的安徽省的某些城市,从影响强度来看,属于上海港的腹地。随着港区的建设,在合理的规划和清晰的布局定位下,南京港凭借其独特的地理位置,逐渐拥有完善的转运、联运功能和集输体系,发展成为服务长江经济带的核心载体,因此,其腹地范围呈现进一步扩大的趋势。

### 3.1.2 港口腹地演变特征分析

通过对港口综合影响强度占比和分港口影响强度进行整体分析,我们可以得出长三角港口腹地的演变特征:

(1) 总体演变特征。从划分结果来看,上海港的腹地数量始终处于长三角主要港口的首位,这是由于长三角地区货物运输一直以上海港为中心,上海港的地理位置优越,建设周期较长,配置比较完备。但随着各个地区港口的建设和港口功能的不断完善,加上上海港的体量已经过于庞大,发展速度比不上体量比较小的港口,导致上海港的影响强度呈现一种递减的态势,腹地范围不断缩小。腹地由2006年的14个变为2016年的10个,常州、绍兴、湖州、合肥不再是上海港的腹地。由此可见,上海港的中心地位不变,但边缘腹地会有所波动,整体稳定,局部波动应是长三角地区港口腹地演变的基本特征。

(2) 分港口演变特征。从时间序列来看,整个研究区的各港口影响力呈递增态势,这离不开腹地经济为港口发展提供的科技、管理的有力支撑,但是各个港口的变化差异较大;从空间分布来看,港口对腹地的影响呈现“中心—外围”结构,高影响程度区分布在各港口的周边地区,低影响程度区分布于远离港口的外围地区。

### 3.2 港口与直接腹地耦合协调分析

在对长三角主要港口直接腹地进行划分后,笔者采用熵值法对各项指标及综合指标进行赋权(表5)。港口规模、港口结构、港口可持续发展力的权重加总后分别为69.84%、16.69%、14.23%。经济

增长、经济结构、经济质量权重加总后分别为52.79%、33.80%、13.41%。

表5 港口—腹地指标权重

| 系统            | 一级指标     | 二级指标            | 权重     |
|---------------|----------|-----------------|--------|
| 港口系统          | 港口规模     | 港口泊位数/个         | 0.1121 |
|               |          | 港口航线数/条         | 0.1308 |
|               |          | 港口码头长度/m        | 0.0983 |
|               | 港口结构     | 港口货物吞吐量/万t      | 0.1954 |
|               |          | 港口集装箱吞吐量/万TEU   | 0.1618 |
|               |          | 外贸货物比重/%        | 0.0701 |
|               | 港口可持续发展力 | 集装箱货物比重/%       | 0.0968 |
|               |          | 货物吞吐量增长率/%      | 0.0718 |
|               |          | 集装箱增长率/%        | 0.0705 |
|               |          | GDP/亿元          | 0.1352 |
| 腹地经济系统        | 经济增长     | 财政收入/亿元         | 0.1719 |
|               |          | 商品进出口总额/亿元      | 0.2208 |
|               | 经济结构     | 人均GDP/元         | 0.1282 |
|               |          | 外贸依存度/%         | 0.1648 |
|               |          | 第三产业增加值占GDP比重/% | 0.0450 |
|               | 经济质量     | 城镇居民恩格尔系数/%     | 0.1020 |
| 环境支出占财政支出比例/% |          | 0.0321          |        |

根据权重计算2006、2011、2016年上海港、宁波—舟山港、连云港、苏州港、南通港、南京港港口系统、腹地经济系统的综合发展指数;基于综合指数对港口、经济系统的耦合协调水平进行分析,并对6个港口的耦合协调程度进行分析。

表6 长三角港口—腹地综合发展指数

| 地区     | 港口综合发展指数 |       |       | 腹地经济发展指数 |       |       |
|--------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|        | 2006年    | 2011年 | 2016年 | 2006年    | 2011年 | 2016年 |
| 上海港    | 0.637    | 0.872 | 1.000 | 0.431    | 0.604 | 0.811 |
| 宁波—舟山港 | 0.595    | 0.821 | 1.000 | 0.562    | 0.803 | 0.942 |
| 连云港    | 0.361    | 0.664 | 0.867 | 0.235    | 0.585 | 0.742 |
| 苏州港    | 0.488    | 0.739 | 0.932 | 0.606    | 0.875 | 0.957 |
| 南通港    | 0.383    | 0.682 | 0.854 | 0.439    | 0.731 | 0.867 |
| 南京港    | 0.449    | 0.703 | 0.872 | 0.365    | 0.580 | 0.765 |

(1) 港口与腹地经济综合发展指数评价。由表6可见,从港口、腹地经济发展指数整体来看,苏州、南通的港口综合发展指数小于腹地经济发展指数,其他港口的港口综合发展指数大于腹地经济发展指数。原因在于,苏州港的腹地基本位于苏南地区,经济发展水平较高,腹地经济推动了港口设施的进一步完善、港口功能进一步健全。南通港腹地为南通,经济增速领先于港口建设。从港口综合发展指数看,在2006、2011、2016年3个时间节点上,各地区港口综合发展指数都呈现上升态势,说明在2006—2016期间长三角港口规划建设稳步推进;整体来看,港口综合发展指数可分为3个等级,上海港和宁波港综合发展指数最高,苏州港较高,连云港、南通港、南京港综合发展指数较前两级较低;从腹地经济发展指数分析,苏州、宁波—舟山经济指数较高,上海、南京、连云港经济发展指数较低。原因在于上海

港、南京港虽然自身经济发展水平较高,但是通过烟羽模型测算出的港口直接腹地的经济发展水平拉低了腹地整体经济水平。

表7 长三角港口—腹地耦合度与耦合协调度

| 地区     | 耦合度   |       |       | 耦合协调度 |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | 2006年 | 2011年 | 2016年 | 2006年 | 2011年 | 2016年 |
| 上海港    | 0.981 | 0.983 | 0.995 | 0.710 | 0.832 | 0.949 |
| 宁波—舟山港 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.760 | 0.898 | 0.984 |
| 连云港    | 0.977 | 0.998 | 0.996 | 0.540 | 0.789 | 0.889 |
| 苏州港    | 0.994 | 0.996 | 1.000 | 0.737 | 0.897 | 0.974 |
| 南通港    | 0.998 | 0.999 | 1.000 | 0.640 | 0.840 | 0.928 |
| 南京港    | 0.995 | 0.995 | 0.998 | 0.636 | 0.799 | 0.904 |

(2) 港口与腹地经济耦合度分析。根据表7得知,长三角港口—腹地耦合度一直维持在较高水平,实现了高水平耦合,宁波—舟山港耦合程度最高。

(3) 港口与腹地经济耦合协调度分析。整体来看,2006年长三角港腹耦合协调度位于0.540~0.760之间,2016年耦合协调度位于0.889~0.984之间,耦合协调度整体呈现上升态势。分地区来看,2006年宁波—舟山港、苏州港、上海港达到了良好协调,南京港、南通港实现了初级协调,连云港处于低度失调;2011年除南京港、连云港位于初级协调阶段,其他港口都实现了中级协调,宁波—舟山港协调度最高,达到了0.898;2016年除连云港外,其他港口基本实现优质协调,随着上海港腹地的缩减,上海港港口腹地耦合协调度超过了南通港,重新上升至第三位。

## 4 结论

笔者运用烟羽模型,综合港口各项指标,以长三角地区主要港口为例,在2006、2011、2016年3个时间节点上实现了对上海港港、宁波—舟山港、连云港、苏州港、南通港和南京港腹地范围划分,并在此基础上构建耦合协调模型测算了各港口与腹地经济的耦合协调度,研究结果显示:

(1) 长三角地区港口呈现“一超多强”的格局。上海港港口影响程度最强,处于第一层级,从整体来说,上海港的直接经济腹地为上海市、浙北和苏南地区,通过长江运输大动脉,间接腹地可以拓展到整个长江流域;宁波—舟山港、苏州港、南京港港口实力也较强并且还在不断提升,处于第二层级;其余港口的影响程度暂时还比较弱。

(2) 港口腹地范围呈现扩大、稳定、缩小3种态势。上海港仍处于中心位置,但边缘腹地不断缩减;苏州港、连云港、南通港、南京港的腹地范围有扩大态势;宁波—舟山港的腹地演变趋于稳定,浙江大部

分地区都是宁波港的腹地。

(3) 长三角主要港口与腹地经济之间耦合协调度呈现出整体持续上升的态势,2016年除连云港外基本实现优质协调。其中宁波—舟山港腹协调度最高,苏州港其次,随着上海港腹地缩减,2016年协调度重新超过南通成为第三位,连云港腹协调度最低。

基于以上结论,提出如下政策建议:①加强港口资源整合。长三角主要港口存在对腹地的竞争,可通过资源整合统筹协作,推进区域港口一体化和深度融合发展,提高长三角港口运行效率;②关注港口—腹地联动发展。拓展港口的空间和功能,依托腹地资源支撑基础,实现港—产—城良性有序互动发展。

## 参考文献:

- [1] 杨吾扬,梁进社. 高等经济地理学[M]. 北京:北京大学出版社,1997:116-119.
- [2] WEIGEND G. The Problem of hinterland and foreland as illustrated by the port of Hamburg[J]. *Economic Geography*, 1956,32(1):1-16.
- [3] PATTON D J. General cargo hinterlands of New York, Philadelphia, Baltimore, and New Orleans[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1958,48(4):436-455.
- [4] MORGAN F W. Ports and harbors [M]. London: Hutchinson Press, 1958.
- [5] HAYUT Y. Containerization and the load center concept [J]. *Economic Geography*, 1981,57(2):160-176.
- [6] SLACK B. Domestic containerization and the load center concept [J]. *Maritime Policy & Management*, 1994,21(3):229-236.
- [7] 李谭,王利,王瑜. 辽宁省港口物流效率及其与腹地经济协同发展研究[J]. *经济地理*, 2012,32(9):108-113.
- [8] 孟飞荣,高秀丽. 港口与直接腹地经济耦合协调度及其影响因素研究:以环北部湾港口群为例[J]. *地理与地理信息科学*, 2017,33(6):94-100,127.
- [9] 于子晴,曹小曙,柳婕妤. 1990—2010年中国主要港口与港城发展及其关联度特征研究[J]. *现代城市研究*, 2014(5):116-120.
- [10] 宋敏,李剑,蒋苗苗. 上海港对间接腹地经济的作用研究:基于资本路径和物流路径[J]. *长江流域资源与环境*, 2016,25(2):180-189.
- [11] 杨留星,田贵良,王珏. 基于VAR模型的海港对腹地影响实证研究:以连云港港为例[J]. *管理评论*, 2016,28(9):250-259.
- [12] 王洪清,祁春节,刘欢. 港口对腹地经济贡献弹性的U型曲线及其理论解释[J]. *地域研究与开发*, 2013,32(2):22-26.

(下转第30页)

36.2%,2025年较2020年下降31.5%。在最严格水资源管理约束下,各分区的万元GDP用水量和万元工业增加值用水量可以达到水利部要求的控制指标。

#### 4 结论及建议

综合利用时间序列预测法和灰色等维递补模型两种方法,对海南省用水效率进行测算,预估2020年万元GDP用水量、万元工业增加值用水量分别为 $88.2\text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $66.7\text{ m}^3/\text{万元}$ ,2025年预测值为 $46.5\text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $31.9\text{ m}^3/\text{万元}$ 。用水效率逐年增加,但从全国范围来看,海南省用水效率处于中等居下水平,与国外先进水平相比仍存在较大差异。从节水角度考虑,用水效率有较大的提升空间。结合水利部、国家发展和改革委员会的《“十三五”水资源消耗总量和强度双控方案》对用水效率可达性进行了分析,认为在海南省产业结构调整以及节水措施有效实施的前提下,2020年万元GDP用水量、万元工业增加值用水量分别较现状年下降27.7%和36.2%,能够达到国家要求的25%控制目标。

农业产业结构比重较大是导致分区用水效率较低的主要原因,要逐步提高地区用水效率,需积极引导产业结构调整,优化产业结构布局。总的来说,分析结果为未来海南省水系统的运行和可持续利用提供参考依据,并为海南省经济的发展和水资源优化配置提供强有力的技术支撑。

#### 参考文献:

[1] 周祖光. 海南省水资源现状与开发利用[J]. 水利经济, 2004, 22(4): 35-38.

[2] 张祥云, 陈晓宏, 颜毓南. 海南省“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案浅析[J]. 水利发展研究, 2017(8): 25-30.

[3] 王浩, 马滇珍, 张象明, 等. 我国的用水效率与节水潜力[J]. 水利规划, 1998(增刊1): 37-45.

[4] 杜焱强, 苏时鹏, 王育平, 等. 基于DEA-Tobit模型的福建用水效率及影响因素分析[J]. 资源开发与市场, 2015(1): 44-48.

[5] 鲍超, 陈小杰, 梁广林. 基于空间计量模型的河南省用水效率影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2016(7):

1138-1148.

[6] 唐建军. 陕西省灌溉用水技术效率及其影响因素研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.

[7] 耿献辉, 张晓恒, 宋玉兰. 农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析: 基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J]. 自然资源学报, 2014(6): 934-943.

[8] 佟金萍, 马剑锋, 王慧敏, 等. 中国农业全要素用水效率及其影响因素分析[J]. 经济问题, 2014(6): 101-106.

[9] 沈杰. 江苏省万元工业增加值用水量影响因素研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2014.

[10] 李俊. 河南省工业用水总量的驱动分析与工业用水效率影响因素的研究[D]. 开封: 河南大学, 2015.

[11] 黄丽萍. 中国工业用水效率的动态演进及驱动因素研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.

[12] 王学渊, 赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素: 基于1997—2006年省区面板数据的SFA分析[J]. 农业经济问题, 2008(3): 10-18.

[13] 赵姜, 孟鹤, 龚晶. 京津冀地区农业全要素用水效率及影响因素分析[J]. 中国农业大学学报, 2017(3): 76-84.

[14] 洪昌红, 黄本胜, 邱静, 等. 广东省工业用水效率影响因素分析[J]. 广东水利水电, 2011(8): 27-29.

[15] 姜蓓蕾, 耿雷华, 卞锦宇, 等. 中国工业用水效率水平驱动因素分析及区划研究[J]. 资源科学, 2014(11): 2231-2239.

[16] 孙才志, 王妍, 李红新. 辽宁省用水效率影响因素分析[J]. 水利经济, 2009, 27(2): 1-5.

[17] 刘庆生. 浙江省水资源利用效率研究[J]. 水利经济, 2010, 28(2): 28-30.

[18] 潘登, 黄薇, 王树鹏, 等. 基于DEA模型的用水效率研究: 以云南省为例[J]. 长江科学院院报, 2011(12): 15-18.

[19] 郝永红, 王学萌. 灰色动态模型及其在人口预测中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2002(5): 813-820.

[20] 刘开宁. 浅论水利工程建设成本预测与控制[J]. 江苏水利, 2006(7): 18-20.

[21] 邓聚龙. 灰色系统理论简介[J]. 内蒙古电力, 1993(3): 51-52.

[22] 汪妮, 孙博, 张刚. 改进的灰色模型在城市工业需水量预测中的应用[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2009, 39(2): 313-316.

(收稿日期: 2018-06-27 编辑: 胡新宇)

(上接第25页)

[13] 姜晓丽, 张平宇. 基于 Huff 模型的辽宁沿海港口腹地演变分析[J]. 地理科学, 2013, 33(3): 282-290.

[14] 董晓菲, 韩增林. 东北沿海港口群腹地空间格局及驱动机理[J]. 经济地理, 2016, 36(5): 33-39.

[15] 李振福, 汤晓雯. 大渤海圈港口腹地演变的腹地烟羽模

型研究[J]. 经济地理, 2016, 35(6): 116-123.

[16] 叶雷, 焦华富, 曹贤忠. 港口能级与城市经济协调发展评价及对策研究: 以安徽省沿江5市为例[J]. 世界地理研究, 2018, 27(2): 76-84.

(收稿日期: 2018-10-15 编辑: 陈玉国)