



Gangkou yu Chanye  
Hudong Guanxi Shizheng Yanjiu

# 港口与产业



## 互动关系实证研究

本书以系统动力学和区域经济学的相关理论为基础，对港口与产业各要素之间的关系进行因果分析，并构建港口与产业互动的系统动力学模型。系统动力学模型不仅可以在设定周期内对系统运行情况进行模拟，而且可以分析系统中不同变量变动时系统的相应变化。

陈洪波 ◎等著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

*Gangkou yu Chanye*  
*Hudong Guanxi Shizheng Yanjiu*

港口与产业



互动关系实证研究

陈洪波 ◎等著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

港口与产业互动关系实证研究 / 陈洪波等著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-308-11030-3

I. ①港… II. ①陈… III. ①港口经济—研究—中国  
IV. ①F552

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 006394 号

## 港口与产业互动关系实证研究

陈洪波 等著

- 
- 丛书策划 吴伟伟 weiweiwu@zju.edu.cn  
责任编辑  
文字编辑 卢 川  
封面设计 春天书装  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)  
排 版 浙江时代出版服务有限公司  
印 刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司  
开 本 710mm×1000mm 1/16  
印 张 15.25  
字 数 234 千  
版 印 次 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-11030-3  
定 价 42.00 元
- 

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

# 目 录

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 第一章 港口与产业互动理论研究 .....          | (1)   |
| 第一节 港口、产业互动理论基础 .....          | (1)   |
| 第二节 港口、产业互动发展的实现路径 .....       | (15)  |
| 第三节 研究意义与研究内容 .....            | (29)  |
| 第二章 港口与产业互动指标体系与模型研究 .....     | (38)  |
| 第一节 港口与产业互动发展的机理分析 .....       | (38)  |
| 第二节 模型建立的基础与方法 .....           | (43)  |
| 第三节 港口、产业互动指标体系设立 .....        | (49)  |
| 第四节 港口、产业互动系统 .....            | (58)  |
| 第五节 港口、产业互动模型构建 .....          | (65)  |
| 第三章 宁波港口与产业互动关系实证分析 .....      | (69)  |
| 第一节 宁波港口与产业互动发展历史与现状 .....     | (70)  |
| 第二节 宁波港口与产业互动数据采集 .....        | (84)  |
| 第三节 模型运算与结果分析 .....            | (92)  |
| 第四节 港口与产业互动发展中宁波港口功能提升对策 ..... | (100) |
| 第四章 上海港口与产业互动关系实证分析 .....      | (109) |
| 第一节 上海港口与产业互动发展概述 .....        | (109) |

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 第二节  | 基于系统动力学的上海港口与产业互动实证分析 | (134) |
| 第三节  | 上海港口与产业互动发展与宁波的比较分析   | (141) |
| 第五章  | 青岛港口与产业互动关系实证分析       | (151) |
| 第一节  | 青岛港及临港产业发展            | (151) |
| 第二节  | 基于系统动力学的青岛港口与产业互动实证分析 | (178) |
| 第三节  | 宁波与青岛对比分析             | (187) |
| 第六章  | 宁波港口与产业互动的路径          | (195) |
| 第一节  | 宁波产业升级过程中港口功能提升的路径和选择 | (195) |
| 第二节  | 宁波港口功能提升过程中产业升级的路径选择  | (208) |
| 第三节  | 从港口与产业互动角度推进产业升级的若干思考 | (232) |
| 参考文献 |                       | (239) |
| 后 记  |                       | (241) |

# 第一章 港口与产业互动理论研究

产业是港口城市的物质基础,港口与产业互动关系是港城关系最集中的表现。在第一章中对港口与产业的互动关系进行整体的理论研究,探讨港口和产业互动发展的实现路径,为本书运用系统动力学原理、分析港口与区域产业结构的互动关系提供理论基础。

## 第一节 港口、产业互动理论基础

世界的经济发达地区都与港口结合在一起,如在莱茵河两岸出现了伦敦、汉堡、鹿特丹等港口城市和莱茵河产业带,在美国东西海岸和五大湖区形成了洛杉矶、蒙特利尔等著名的港口城市和经济区。沿海国家和地区港口城市都十分重视在港口及港口附近发展依赖于港口的工业、商业、服务业等各种临港产业,迅速实现工业化,进而走上发达富强之路。总结这些地区的发展规律可以发现,这些港口城市都存在一些共性特征,即港口、产业、城市发展三者紧密相连:以港口为核心的综合交通体系的开发和建设,带动了相关产业的兴起和发展;产业的兴起又促进了港口的繁荣,带动城市的发展和繁荣;城市作为载体,为各种产业以及港口提供物质基础和发展空间,城市文化也是港口经济发展极其重要的条件。

## 一、港口经济系统理论

港口是具有水陆联运条件和设备的交通枢纽,是客货运输集散、贸易商品生产和交换的场所。港口经济是指以优良港口及临近区域为中心、港口城市为载体、综合运输体系为动脉、港口相关产业为支撑、海陆腹地为依托,展开生产力布局,发展与港口密切相关的特色经济,以实现彼此间相关联系、密切协调、有机结合、共同发展,进而推动区域繁荣的开放型、优选型的经济模式。<sup>①</sup>

港口经济系统是整个社会的一个子系统,从系统工程的角度看又是一个可分系统,它同时跨越社会系统中多个子系统,涉及国家和地区的经济子系统、人口子系统、环境子系统、土地子系统、综合运输网子系统等。系统中各个子系统内部要素以及各子系统之间、子系统与外部环境之间存在着复杂的非线性的联系。港口经济系统是一个复杂的动态系统,所包含的各因素,如人口的变化、就业人数的增减、港口建设过程、产业结构的调整以及污染物的排放、可再生和不可再生资源的开采等,都是随时间变化而变化。

在港口经济系统时空演化过程中,其机理表现为一系列因素的综合机制:动力机制、互动机制、变异机制。<sup>②</sup>

### (一)动力机制

动力机制是自然与人为、内部与外部、经济与社会的多重驱动力组成的一个非对称性的均衡系统。在港口经济系统演化进程中,港口区位的地理位置、完善的基础设施、进出口和集装箱货源是系统原始动力机制,科学技术基础和政策激励体制是外在推动机制,产业结构的优化是综合驱动机制。

#### 1. 港口经济系统的原始动力机制

港口的自然资源条件、港口城市的经济实力和港口腹地经济是港口经济系统发展的原始动力。自然资源条件是港口经济系统的自然基础,

---

① 查贵勇:《港口经济与上海港口经济发展》,《港口经济》2003年第5期。

② 张萍、杨勇:《港口经济系统演化及其机制分析》,《可持续发展的中国交通——2005全国博士生学术论坛(交通运输工程学科)论文集(上册)》2005年,第199页。

自然资源禀赋程度不同,造成港口经济系统拥有资源的数量、丰度、种类、质量以及空间组合不同,从而奠定了相互需求、交换的客观基础。港口区位条件是港口与产业经济互动关系的天然禀赋,港口区位的优越与否决定着港口经济系统与其他经济地域系统的联系频度、强度与便捷度的大小或高低,从而推动或制约港口经济系统的发展。如具有良好航运条件的水路运输,则利于港口经济系统的对外联系,进而对港口本身的发展产生良好的影响。另外,港口城市的经济实力也是港口经济系统互动发展关系的现实基础,港口城市商品经济发展水平及社会分工的深度与生产社会化、专业化、现代化的程度都是港口经济系统互动关系的重要平台,将直接影响着港口经济系统发展的速度和质量,港口城市工业水平的高低与港口经济系统的规模、发展速度均呈正相关关系。最后,港口腹地货运量的产生是港口存在和发展的直接动力。一方面,任何港口经济系统的发展必须以腹地范围的开拓和腹地经济的发展为后盾;另一方面,港口是腹地的门户,港口的建设与发展也会对腹地经济的发展产生重要的促进作用。

## 2. 港口经济系统的外在推动机制

政策体制和科学技术进步是港口经济系统的外在推动机制。政策体制是港口经济发展的外在动力,有利的国际政治环境与国家颁布的一些政策,有利于港口与港口城市发展经济,扩大港口经济、港口城市和对外贸易,促进航运业的发展。

科学技术是港口经济系统发展的助推器。科学技术进步就是技术伴随着社会生产的发展过程,港口生产技术、装卸技术、船舶大型化技术、港口管理系统以及服务技术等全面进步,构成了港口经济系统发展外在的强大推动力。生产函数是采用数学形式描述一组投入要素转化为生产成果过程的经济数学模型。

$$Y=A \cdot f(K,L)$$

式中  $Y$  表示港口吞吐量,  $K$  与  $L$  分别表示投入的资本与劳动,  $A$  表示技术水平。得到技术进步港口吞吐量函数对上式两端求  $t$  的全微分,

$$\alpha = \frac{K}{Y} \frac{\partial Y}{\partial K} \text{ 为资本的产出弹性, } \beta = \frac{L}{Y} \frac{\partial Y}{\partial L} \text{ 为劳动的产出弹性, 得到著名的 So-$$

low 改进增长速度方程:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \alpha \frac{\Delta K}{K} + \beta \frac{\Delta L}{L}$$

从而得到技术进步对港口经济增长作用的增长速度方程为:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta K}{K} - \beta \frac{\Delta L}{L}$$

### 3. 港口经济系统的综合驱动机制

产业结构的优化是港口经济系统的驱动机制。区域竞争力与要素集聚能力持续提升,客观上要求港—城基础设施不断完善,经济发展水平不断提高,经济结构不断优化,产业结构逐步升级,经济实力不断加强,分工协作不断深入。产业结构是影响货运生成密度和货运强度的主要因素,重工业的货运强度高于轻工业,轻工业的货运强度又高于服务业,随着城市产业结构,产业布局的优化,货运强度将逐步下降。如美国的货运强度从1960年的1.91吨/公里下降至1980年的1.69吨/公里,而1960年至1996年的36年间,美国的客货运输周转量与工业生产总值的弹性系数为0.4与0.33,货物运输周转量与工业生产总值的弹性系数为0.76,社会经济进入成熟期后,产业结构得到优化,货运量相对稳定,而客货运输对经济发展的弹性系数相对较小,因此港口经济系统将处于稳定状态。

#### (二)互动机制

港口对城市经济的作用有通过港口的区位优势集聚资源要素,带动城市产业经济发展,创造就业岗位,上缴税款等。突出表现为:港口独特的区位优势可以提升城市经济的辐射能力,有效吸引国内外大量的生产要素资源流入,形成人员流、资金流、技术流和信息流的集中,为城市经济的发展注入新鲜血液和强大动力;港口的临港优势促进城市产业结构更趋合理,带动银行业、金融保险业、信息咨询、物流等产业的发展,促进该地区三产结构向高级化演进。同时,城市的规模制约着港口的规模,城市的基础设施是港口发展的基本物质条件,城市的产业结构影响港口的性质和规模。

蒋柳鹏、封学军、王伟等在“港口—产业—城市”复合系统协调度研

究中,<sup>①</sup>根据协同学的役使原理,构建序参量变量演化方程来说明港口经济系统的互动过程及效用:

$$q = A_q + B(F) + C(F) \quad (1)$$

在上式中, $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 为港口经济系统的序参量, $F$ 为系统外的作用力; $A, B(F), C(F)$ 分别为相应的序参量系数集, $B(F), C(F)$ 为 $F$ 的线性或非线性函数,且有: $\lim_{F \rightarrow 0} B(F) = \lim_{F \rightarrow 0} C(F) = 0$ 。

式(1)说明了在其他系统外部作用力 $F$ 的影响下,港口经济系统内部序参量之间的协同效果是 $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 的一组具体取值;当其他组织影响消失以后,系统内部序参量之间的互动效果仅取决于系统内部的自组织过程。港口经济系统就是在时空演化过程中,通过互动机制所发挥的自组织功能即转换功能和协调功能来实现其系统的渐变。

互动机制是港口经济系统自组织的作用方式和能力,在港口经济系统的时空运动过程中,每个演化阶段的主导影响因素往往是不一样的,因而会在不同的时间段上产生不同的互动机制。

### (三) 变异机制

港口经济系统是一个动态的开放的系统,在其时空演化过程中,不断受到外界环境的干扰和影响以及内部因素的作用,通过内部互动机制所发挥的自组织功能,能维持其系统稳定有序的状态。但是这种自组织功能是有一定条件和一定限度的,即有一个阈值。如果超过这个阈值,其系统就会通过变异机制所发挥的异化功能使其系统发生突变过程,实现其系统的质的跃迁即为响应过程。

在港口经济系统的演化过程中,港口面临着更加激烈的外部市场竞争,应借鉴国外先进的港口生产经营管理成功经验,加强现代企业制度建设,注重人才资源开发,不断提高港口的管理水平、服务质量。为了争夺更多货源,吸引更多船公司挂靠,加快港口建设的速度,增大港口综合通过能力,促使港口供给的增大的动态均衡过程分析,产生了“压力—状态—响应”规律下港口经济系统演化的测度体系。因此,变异机制使港

<sup>①</sup> 蒋柳鹏、封学军、王伟:《“港口—产业—城市”复合系统协调度模型》,《水利经济》2011年第1期。

口经济系统的发展必然经历从低级均衡到不均衡、再到高级相对均衡的过程,在时间尺度和空间尺度上均表现出不同的变异特征。

## 二、临港产业集聚理论

当今世界,无论是发达国家还是发展中国家,无论是高技术产业还是一般的劳动密集型产业,均存在着产业集群现象。成功的产业集群对于一个城市、一个地区的成长有着举足轻重的作用,成为衡量一个城市、一个地区乃至一个国家、一个区域的竞争力及发展潜力的重要标准。临港产业的发展形成产业集群带,成为经济增长的新引擎,带动腹地经济增长,促进区域经济的全面发展。临港产业集群的形成和发展正日益受到学者、政府、企业等各方面的重视,临港产业集群形成及其竞争优势成为研究热点。

### (一)港口产业集群的概念

国际上第一个提出港口产业集群并将集群理论引入港口产业分析的专家是比利时安特卫普大学的 E. Haeezndonck 教授。她对港口产业集群定义如下:一系列从事于港口相关服务的相互独立的企业,聚集在同一港口区域,并且采用几乎相同的竞争战略,以获得相对于集群外部的联合的竞争优势。

但国际上相关专家指出,她的理论具有一定的局限性,如没有涉及行业组织、教育培训机构等。综合有关学者的意见及我国港口情况,我国学者刘志强给港口产业集群下的定义是:港口产业集群是指大量在地理位置上集中的且相互关联的行业、企业、协会、研究机构和大学等,以特殊的经济区域(港口)为核心,提供整体的一站式的港口相关服务的产业群体。<sup>①</sup>

港口集群以与众不同的专门化吸引货物和船舶到港,如拥有适航江海航道,深水避风锚地和港口设备的规模经济相结合,使得货物集中到达有限数量的港口或港口群,并进行必需的货物装卸、储存和船舶的所有经济活动,这些活动包括终端货物装卸、引水和拖船,以及船舶和货物

---

<sup>①</sup> 刘志强、宋炳良:《港口与产业集群》,《上海海事大学学报》2004年第6期。

到港吸引了相关经济活动等。依据集群中各产业与集群核心——港口的关联程度以及各产业的属性,临港产业集群可以分为临港物流产业集群、临港重化工业集群、临港加工制造业集群、临港服务业集群。

### 1. 临港物流业集群

临港物流业是直接参与港口核心业务(货物和旅客中转)的各种企业和组织群体,是临港产业的核心内容,既包括港口企业提供的各种与港口装卸服务和运输相关的活动,也包括政府职能部门和港口提供的装卸、仓储、驳船、货运代理、海关、边防、海监、引航、消防、保险等服务活动。港口服务业独有的特性在于产业链的可逆性,其产业链与作业流程直接相关,货物出港与货物进港的过程刚好相反。

### 2. 临港重化工业集群

临港重化工业集群是以港口设施为基础的大运输的重化工业群,该集群内的企业主要是利用港口的自然资源优势以及区位优势组织生产的大运输重化工业企业。重化工业包括石化、冶金、电力、造船等行业,是临港依存产业。其本身具有依托港口对原料大进、大出的现实需求,港口运输有运量大、成本低、可直达、高效率的比较优势,对“大进大出”的重化工业具有很强的吸引力。世界上著名的港口城市,无不经历过依托港口发展临港重化工业的过程。

### 3. 临港加工制造业集群

临港加工制造业集群包括以港口设施为基础的大运量的加工制造业和建立在临港区域良好产业发展环境基础上的其他加工制造业群。与临港重化工业相比,该集群内部企业与港口的直接关联度相对较弱,且大多数规模小于重化工业企业,依托开放性较强的港口,多数企业开展加工贸易。典型的行业有:精细化工与生物医药、装备制造和关键机械基础件、汽车零部件、家用电器、精密仪器仪表、电子信息、纺织服装等。

### 4. 临港服务业集群

临港服务业集群的范围很广,除了以上两方面的内容,还包括金融、保险、房地产、餐饮、商业等服务业。像酒店餐饮等服务业虽然并不直接参与港口的核心业务,也不与港口物流产业直接相关,然而其发展却直接得益于港口所带来的人流的增加,同时也对港口直接相关产业的发展

起到辅助作用。

## （二）临港产业集群形成机理

许多学者对产业集群形成原因进行了多层次、多角度的研究：马歇尔运用“外部性”论述了企业区位集群的主要原因。韦伯的工业区位理论从企业的区位选择角度阐明了集聚是通过企业对集聚好处的追求自下而上形成的。以克鲁格曼为代表的新经济地理学理论认为，本地专业化劳动力的发展，大量增加的相关企业和生产服务活动对核心产业产生共享利益是产业集群的动力。波特强调，集群内企业间的竞争是产业集群发展的推动力。根据这些研究成果，产业集群形成的主要影响因素有规模经济和专门化、集聚经济、地区禀赋作用和其他非经济因素等。临港产业集群的形成机理主要有以下几个方面。

### 1. 港口的业务专门化和外部规模经济

经济专门性或者说业务专业化是产业集群形成的首要条件。港口产业集群是以港口为主导产业，港口以其业务的专门化和关联性带动着港口相关产业和区域的发展，产生强大的外部经济性。港口业及相关产业，自发聚集在港口的区域范围内，依托港口发展产业，可以降低运输成本，以获得有利的成本优势和竞争优势。当然，只有当港口发展到一定阶段，实现自身的转变，完善港口功能，才能发挥核心主导作用，否则港口产业集群不可能形成和发展。

随着港口功能的提升和现代物流体系的变化，港口在产业发展中的作用正发生质的改变。一开始港口产业以向货物和船舶到达、离开和转运提供全方位的服务为核心，随着港口与腹地经济相互影响、相互渗透，逐渐形成从原材料进口到生产、流通加工、配送分拨乃至逆向回收的整个物流供应链。当港口作为国际贸易运输的重要节点，将港口装卸、港口物流、分拨转运及与港口有关的生产制造和贸易在空间上产生集聚，就会形成港口产业集群，获取外部经济规模带来的利益。

### 2. 港口的位置独特性

货物和船舶选择有限的港口停靠，很大程度上源于港口优越的地理位置和地理条件，如良好的适航条件、足够的水深泊位条件以及良好的内陆通达性等。以荷兰的鹿特丹港口产业集群为例，鹿特丹港口位于欧

洲航运的中心区域,与世界主航线紧密相连,同时拥有网状的水道和良好的交通条件。港口往往凭借其独特的自然地理条件和良好的水深条件、集疏运系统、装卸效率和强大的腹地经济,以较优惠的成本和便捷性吸引船舶与货物到港停靠,在港口加工,再运送到内陆各地或转运至其他港口。

### 3. 港口的聚集效应

产业的集聚效应是一种常见的经济现象,最典型的例子当数美国硅谷,聚集了几十家全球 IT 巨头和数不清的中小型高科技公司。港口所提供的服务具有明显的集聚效应,如拖船、理货、装卸、船舶检验、船员服务、燃油和淡水添加,等等,大量提供港口相关服务的企业自发地聚集在港区周围,构成一个为船舶和货物提供服务的完整产业群体。如黄浦江畔的上海东大名路航运一条街就具有典型的港口相关产业集群的特征,在此云集了港方、船方、货方、代理方等 100 多家企业,在航运街及周边地区也有 600 多家航运、货运、货代等相关企业。

### 4. 政府政策等其他非经济因素

市场在产业集群的形成与发展中起主导作用,但其他非经济因素尤其是政府的政策导向在港口产业集群形成的过程中同样扮演着重要的角色。无论在港口基础设施的初建时期,还是产业集群在萌芽和发展初期,政府可以颁布具有积极作用的产业政策,加以强化或提供协助。建成以后的招商引资过程,以及促进产业集群顺畅发展和升级,都与政府的政策息息相关。我国许多港口城市都制订了以港兴市、发展临港产业的中长期发展规划,并采用一定程度的保税港政策或划定保税区的形式吸引港口及相关企业入驻,对港口产业集群的形成起到了推动作用。

## (三) 临港产业集群对区域经济的带动作用

临港产业集群对于港口的开发开放和城市经济、区域经济的发展具有巨大的支撑带动作用。用港口产业集群来带动区域经济的发展,实际上是通过集群所能产生的规模效应和创新效应来实现的。

### 1. 加速港口建设

港口开发建设需要大量的资金投入支撑,实质上依赖的是经济发展和货物贸易产生的市场需求。临港产业集群发展可以对港口建设产生

直接的动力支撑,也直接推动港口功能的转变,促进港口专业化、规模化、多元化。奥克兰港之所以成为美国第四大集装箱货运港口和西部货运中心,最主要是得益于经济贸易发展的推动。顺应美国经济发展和国际贸易的需要,奥克兰港自1927年建港以来先后耗资28亿美元建设港口基础设施。特别是二战期间,军事造船业迅速兴起,金属加工、炼油、电动设备加快发展,对港口发展提出了更高的要求,于是奥克兰港积极加强港区建设、改善港口设备、提高港口作业效率和装卸能力,乃至建设港区现代化国际机场。

## 2. 促进城市经济发展

港口产业集群的主要组成部分是港口企业,它们是集群中创造价值的主体,也是创新的主体,庞大的临港产业群为港口城市的崛起和经济发展注入了强劲的推动力。王缉慈教授指出:“相关企业集聚可以促进专业知识的传播和扩散,尤其是隐含经验类知识的交流,能激发新思想、新方法的应用,促进学科交叉和产业融合,不断出现新产业和新产品。”<sup>①</sup>集群内企业的不断协作与创新,有利于形成港口产业集群的核心竞争力,并带动和强化整个区域的竞争优势。

## 3. 促进区域开放程度

产业外向度是区域开放度的衡量标准和决定因素,临港产业外向度决定着港口区域的开放度。港口的装卸、仓储、中转等基本功能,决定了其开放的基地和窗口作用,确立了其在国内外经济交流和贸易往来中的枢纽地位。与港口相伴而生的临港产业特别是现代物流业,更是吸引中外投资、接受国际产业转移、与国际经济接轨、建设国际化港口城市的重要组成部分。随着港口功能的不断增强和生产要素的加速集聚,临港产业集群逐渐形成,促进临港产业外资投资率的逐步提高,产品出口量和港口外贸货物吞吐量相应节节攀升,区域整体开放度不断提高。

# 三、协调发展理论

城市产业的发展、科学技术的进步、生产力的提高、交通网络的完善,为港口的发展提供了坚实的基础;而港口是城市的重要基础设施,是

---

① 王缉慈、童昕:《简论中国地方企业集群的研究意义》,《经济地理》2001年第5期。

促进城市其他产业发展的重要因素,港口发展的最终目标是达到港城协调发展。因此,分析与研究港口建设与产业经济这两个子系统之间的协调关系十分重要。只有港口与产业协调发展,才能获得港口产业城市整个系统持续、稳定、高效益、可持续的发展。

### (一)港口产业协调度定义及分析

#### 1. 协调度评价指标的选择与构建

港口与城市产业系统协调发展指标体系包括城市评价指标和港口评价指标。根据表 1-1 中的各类指标及其相互关系,通过两个步骤确定港口产业协调度的评价指标体系。第一步:宏观定性分析,通过层次分析法计算序参量  $q_i (i=1,2,\dots,n)$  的权重  $\omega_i (i=1,2,\dots,n)$ ,选择那些对港口产业协调度有决定性影响的独立指标。可以选取港口规模、港口服务能力、产业规模、产业结构、城市经济规模、城市土地、政府政策导向等作为指标参量。

#### 2. 港口产业协调度定义及分析

对港口产业协调度作如下定义:设港口产业系统的序参量由  $\{q_i | i=1,2,\dots,n\}$  组成,序参量  $q_i$  的发展水平分别由  $\{E_i | i=1,2,\dots,n\}$  来表示,序参量发展水平  $E_i$  是序参量  $q_i$  的函数,而系统整体发展水平由  $E^*$  来表示。设港口产业整体发展水平与各序参量发展水平满足以下关系:

$$E^* = \sum_{i=1}^n \omega_i E_i \quad (2)$$

式(2)中: $E^*$  为港口产业整体发展水平; $E_i$  为序参量发展水平。 $\omega_i$  为各序参量对于复合系统整体的权重。

在时间点  $t$  可以定义序参量衰变速度为:

$$\left[ \frac{dE_i}{dt} \right] = \frac{(E_i)_t - (E_i)_{t-1}}{(E_i)_{t-1}} \quad (3)$$

式(3)中: $(E_i)_t$  和  $(E_i)_{t-1}$  分别为序参量在时间点  $t$  和  $t-1$  时的发展水平。

那么,序参量  $q_i$  在时间  $t$  点的协调度  $H_i$  可以定义为:

$$H_i(t) = \begin{cases} \exp\left[\frac{dE_i}{dt} - \frac{dE^*}{dt}\right], & \frac{dE_i}{dt} < \frac{dE^*}{dt} \\ 1, & \frac{dE_i}{dt} = \frac{dE^*}{dt} \\ \exp\left[\frac{dE^*}{dt} - \frac{dE_i}{dt}\right], & \frac{dE_i}{dt} > \frac{dE^*}{dt} \end{cases} \quad (4)$$

在上式中:  $H_i(t)$  为序参量  $q_i$  在时间  $t$  点的有序度,  $\frac{dE^*}{dt}$  为港口产业系统整体的发展速度。当  $\frac{dE_i}{dt} < \frac{dE^*}{dt}$  时, 说明序参量  $q_i$  在  $t$  时刻的衰变速度大于港口产业系统整体发展速度, 即序参量  $q_i$  衰变过速; 当  $\frac{dE_i}{dt} = \frac{dE^*}{dt}$  时, 说明序参量  $q_i$  在  $t$  时刻的衰变速度与港口产业整体发展速度相等, 港口与产业处于协调发展状态; 当  $\frac{dE_i}{dt} > \frac{dE^*}{dt}$  时, 说明序参量  $q_i$  衰变缓慢, 其发展速度落后于港口产业整体发展速度。根据式(3), 序参量  $q_i$  的协调度  $H_i \in [0, 1]$ , 且仅当  $\frac{dE_i}{dt} = \frac{dE^*}{dt}$  时, 序参量  $q_i$  的协调度达到最大。<sup>①</sup>

## (二) 协调发展度的计算

“协调”是指系统之间或系统内各要素之间和谐一致、配合得当的关系, 是描述事物之间良性相互关系的概念。根据对港口产业协调度定义及分析, 序参量是时间的函数,  $H_i(t)$  是  $q_i$  在时间  $t$  点的有序度, 港口和产业系统是处于动态变化之中的, 系统之间的关系也处在不断调整中。

由于在港口与产业发展的不同时期, 各个序参量对系统协调度的重要程度并不相同, 有的并不起作用, 而有的则起关键作用。因此还应该有一个表示每个序参量作用程度大小的系数, 称之为权系数。基于以上分析, 序参量向量与系统协调度之间的关系可以表示为

$$H_s(t) = F(q(t), \omega(t)) \quad (5)$$

式中:  $H_s(t)$  为港口产业系统在  $t$  时刻的协调度,  $q(t)$  为序参量向量,

<sup>①</sup> 蒋柳鹏、封学军、王伟:《“港口—产业—城市”复合系统协调度模型》,《水利经济》2011年第1期。