

# 全球集装箱航运的空间组织网络

王成金

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 集装箱运输网络是经济全球化背景下物质要素资源在全球进行配置的主要承载体, 而航运企业是航运网络的组织者; 基于航运企业的组织行为, 可以考察全球航运网络的基本格局与空间体系。本文选取全球主要的 24 家集装箱班轮公司和 530 个港口为研究样本, 以集装箱船月度运营表为研究对象, 构筑数理评价模型, 剖析全球集装箱航运组织网络的空间格局和主要港口的集装箱组织能力, 探讨了全球港口的运输联系格局和主要空间系统。研究表明: 东亚和东南亚为重点组织区域, 以此为核心构筑全球集装箱航运网络; 全球港口的航线设置和航班组织及运输联系形成东亚、东南亚、西北欧和美东四大集聚区域, 航运组织尚未形成全球性空间系统, 但形成许多区域性系统, 区域化明显。

**关键词:** 集装箱航运; 航运企业; 航线和航班; 集装箱港口; 空间组织网络

文章编号: 1000-0585(2008)03-0636-13

## 1 引言

20 世纪 60 年代中期欧美航线班轮试验以来, 集装箱航运迅速发展, 并深刻影响了全球航运业; 对此, 地理学者从 70 年代始就进行了持续研究。综合分析, 港口体系演化是学者们关注的焦点, 如 Taaffe、Rimmer、Hilling 等<sup>[1~3]</sup>, 侧重于发展中国家如何建立门户枢纽港。80 年代末, 港口体系融入集装箱化的理念, 侧重于集装箱港口体系的演化研究, 以 Hayuth 的理论为代表<sup>[4]</sup>, Airriess、Kuby、Baird、Notteboom 等对此进行完善和修正<sup>[5~8]</sup>, 我国学者曹有挥等介绍了相关理论, 并对我国进行实证<sup>[9]</sup>。同时, 枢纽港也成为研究重点, 如 Notteboom、Mayer、Slack、Baird、Song、Cullinane 和安筱鹏等<sup>[8,10~15]</sup>; 以上研究关注集装箱港口体系的演变, 以枢纽港为核心, 但侧重于集装箱航运的结果分析, 忽视了运输组织的企业行为和过程分析, 尤其是航运企业未得到体现, 这也是 Rimmer<sup>[2]</sup>和 Hayuth<sup>[4]</sup>理论未解决的重要问题<sup>[16]</sup>。航运企业是集装箱承运者, 掌控着全球航线组织和班轮运营; 随着航运资源的整合, 主要航运联盟控制全球 1/3 的运力<sup>[14,17]</sup>, 成为重塑全球航运业的关键力量<sup>[18]</sup>。学者们开始关注航运企业对集装箱组织和港口体系的影响<sup>[14,19~21]</sup>, Ridolfi 和 Notteboom 等认为航运市场和航线网络存在等级结构<sup>[21,22]</sup>, Rodrigue 提出全球各地的港口集装箱化程度存在差异<sup>[18]</sup>; Bergantino 探讨了航运联盟的网络效应<sup>[23]</sup>, Rimmer 认为航运联盟加速了枢纽化进程, 形成复杂的港口等级体系<sup>[20]</sup>; Baird 等认为集装箱航运由多港挂靠向轴辐模式发展<sup>[12]</sup>。学者们注意到了航运企业的重要意义, 但研究较少且分析简单, 主要考察航运企业重组和全球运力的重新分配,

收稿日期: 2007-06-28; 修订日期: 2008-01-14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40701045, 40371035) 和中国博士后基金资助项目 (2005038112)

作者简介: 王成金 (1975-), 男, 山东沂水人, 博士后。主要从事交通地理研究。E-mail: cjwang@igsrr.ac.cn

忽视了企业的航运网络，尤其未能考察航运组织所透视出的全球空间系统。本文力图通过集装箱船期表的模型分析，深入剖析集装箱航运组织网络，勾勒全球空间系统，为全球港口发展和集装箱运输系统的优化提供借鉴。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据与样本

Veenstra 认为交通网络应从三个层面分析，首先是包括节点和线路的基础设施分析，指标为距离和承载容；其次是交通即运输联系，指标为交通工具的联系矩阵；再次是服务，包括频率、安全性等<sup>[24]</sup>；本文属于第二个层面的分析。研究集装箱航运网络有多种方法，归纳起来主要有两类：（1）利用 O—D 表，通过因子分析或投入产出等方法，以不同港口间某时段的双向集装箱流为研究对象，考察集装箱航运网络；该方法侧重于运输终端—港口间的空间关系，强调最终结果和格局分析。（2）利用运营时刻表，通过航运企业的组织即航线和航班组织，分析集装箱航运的空间系统，侧重企业行为和运输组织的过程分析<sup>[24]</sup>，Notteboom 和 Cullinane 均赞同该方法<sup>[14,25]</sup>。本文采用方法 2，选用的研究对象为全球主要班轮公司的船期表，具体选取 2006 年 7 月 1~31 日的航线和航班；原始数据均源自各企业网站。

样本的多少直接决定研究效果，本文以全球 24 家主要集装箱班轮公司为样本，包括马士基/海陆、长荣、韩进、总统轮船、澳大利亚航运、德国胜利、东方海外、汉堡南方、阳明、南美航运、日本川崎、瑞土地中海、现代商船、意大利航运、中远等居国际排名前列的班轮公司。这些班轮公司拥有全球 70% 以上的集装箱航运运力，其数据可充分反映全球集装箱运输的组织格局。关于港口，本文选取 530 个样本，其中西北欧 58 个，地中海 65 个，东亚 79 个，东南亚 46 个，南亚中东 42 个，澳新地区 33 个，北美东西海岸分别有 65 和 30 个，南美东西海岸分别有 37 和 17 个，非洲东西海岸分别有 23 和 35 个。

### 2.2 研究方法

随着对运输过程分析的增多，越来越多的学者开始采用运营时刻表研究相关问题<sup>[26]</sup>，以 Veenstra 为代表<sup>[24]</sup>；但对运营时刻表的应用，目前尚未形成较好的模型。本文在相关研究的基础上，力图通过简单的数学模型进行深入分析<sup>[24]</sup>。

时刻表主要用于交通工具的运营，其中航空主要是“点—点”的运营，其他交通工具要停靠众多节点，航线由不同节点串连而成。Veenstra 认为该方法的难点是数据的积累与精确；原始船期表为文字资料，航线和航班不能直接用于数理分析，须转化为数据资料，然后根据模型再转换成矩阵等数据，方可应用。（1）整理择选：首先从船期表中按一定运营期限进行择选，整理符合研究需求的航线和航班。Veenstra 曾以三周作为期限<sup>[24]</sup>；作者认为集装箱航运主要是洲际远洋运输，航行周期长，三周与月度的班轮运营存在很大差距，所以本文按月度进行数据整理。（2）航区划分：根据海洋格局和航运惯例，将全球分为西北欧、地中海、非洲西岸（简称非西）和东岸（非东）、北美东岸（美东）和西岸（美西）、东亚、南亚（含中东）、东南亚、南美西岸（南美西）和南美东岸（南美东）12 大航区，由此决定航线矢向组：78 组。（3）归类计算：按航线的起始港和目的地港确定航线的宏观走向，将其归并为不同矢向组，计算各矢向组的航线数量和航班密度。（4）模型构筑：根据航线串连的不同港口，构筑矩阵模型，将航线和航班转化成矩阵，实现文字资料转换为数理数据。（5）应用分析：根据研究需要，进一步设计空间分析模型，深入研

究全球集装箱运输的组织网络。

设  $l_{ij}$  为港口  $i$  和  $j$  间的航线,  $l_i$  为  $i$  港口的航线总量, 则  $L_{IJ}$  为 “ $I \leftrightarrow J$ ” 方向的航线矢向集合,  $L$  为不同矢向集的航线集合。则

$$L = \sum_{I=1}^k L_{IJ} = \sum_{I=1}^k \sum_{i=1}^{m-1} l_i = \sum_{I=1}^k \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} l_{ij} \quad (1)$$

设航线  $l_{ij}$  的航班次数是  $n_{ij}$ , 则  $N_i$  为港口  $i$  的集装箱班轮航班数量,  $N_{IJ}$  是 “ $I \leftrightarrow J$ ” 方向的航班总量,  $N$  为不同矢向航线集的总航班数量。则

$$N = \sum_{I=1}^k N_{IJ} = \sum_{I=1}^k \sum_{i=1}^{m-1} n_i = \sum_{I=1}^k \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} n_{ij} \quad (2)$$

以上仅对集装箱航线作表面描述, 未能揭示组织网络的深层次机制。集装箱航运组织会使港口间产生不同的联系强度, 而这种联系可反映港口在集装箱网络的地位。为了分析港口联系, 以集装箱船为主线, 构筑港口完全联系矩阵  $M$ , 将航线资料转化为矩阵数据; Veenstra 设计 RAS 模型时, 将港口联系分为直接和间接联系, 后者通过赋予权重换算成前者, 再设计完整联系矩阵<sup>[24]</sup>; 作者认为, 同条航线上不存在直接与间接联系, 这种划分仅体现于中转运输, 而船期表的分析则回避了以往学者无法考虑中转运输的难题。矩阵表示为:

$$M = [l_{ij}]_{530 \times 530} \quad (3)$$

根据  $M$  矩阵, 将港口  $i$  到  $j$  的集装箱联系定义为  $O_{ij}$ , 港口  $j$  到  $i$  的集装箱联系为  $D_{ji}$ ,  $R_{ij}$  为港口  $i$  和  $j$  两港集装箱联系的总和即  $O_{ij}$  和  $D_{ji}$  的合计值; 则  $O_i$  为港口  $i$  发往到其他所有港口的集装箱联系, 而  $D_i$  是港口接受来自其他港口的集装箱联系;  $H$  是一个 “0—1” 的变量, 当班轮在港口  $j$  挂靠时, 则认为港口  $i$  和  $j$  间存在运输联系, 则设为 1, 反之设为 0。

$$R_i = O_i + D_i = \sum_{j=1}^{n-1} (R_{ij} + R_{ji}) \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, (n-1) \quad (4)$$

$$H_i \in \{0, 1\} \quad (5)$$

集装箱组织的分析, 重点在于考察空间系统; 目前全球航运网络逐步向轴辐系统转变, 有必要考察这种网络的全球格局<sup>[12, 22]</sup>。但受数据限制, 枢纽港的界定和区域集装箱运输系统的划分, 目前仍未形成理想的数理方法。为了考察集装箱网络中各港间联系的密切程度及归属系统, 本文采用首位联系度  $L_{ik}$  进行分析, 公式为:

$$L_{ik} = \text{Max} \left[ \frac{R_{ij} + R_{ji}}{R_i} \right] = \text{Max} \left[ \frac{R_{ij} + R_{ji}}{O_i + D_i} \right] \quad j = 1, 2, 3, \dots, n-1, k \in n \quad (6)$$

式中,  $L_{ik}$  为  $i$  港的首位联系度,  $k$  代表  $i$  港的首位联系港。

### 3 全球集装箱航运网络的空间组织

航运企业实施空间组织有多种途径, 但归纳起来主要有两类。(1) 企业网络组织: 主要指企业总部、区域总部、分公司等不同功能机构的空间设置。(2) 航运组织: 指基于箱源和货主需求的船舶组织和航行频次。下文主要针对航运组织进行分析。

#### 3.1 全球集装箱航运组织的宏观格局

航线是船舶自始发港向目的港沿途依次挂靠港口时的航行路线, 而航班是某航线的船舶航行频次, 两者均是矢量指标。某方向的航线多少和航班密度强弱, 可反映两个宏观区

域或某方向的运输密度，进而判断经济联系<sup>[24,26]</sup>。通过整理主要航运企业的航线和航班，根据前文公式，按 12 个航区进行整理，结果见表 1。

表 1 全球主要航区间的航线和航班组织

Tab. 1 Organization of lines and schedules among world main regions

航区	航区	航线	航班	航区	航区	航线	航班
东南亚	东亚	145	1363	澳新	西北欧	27	179
东亚	东亚	97	1073	地中海	西北欧	26	163
东亚	美东	105	1038	西北欧	西北欧	22	163
东南亚	东南亚	53	971	地中海	东南亚	14	162
东亚	西北欧	129	872	非西	地中海	22	149
东亚	美西	100	671	东南亚	美西	24	142
澳新	东南亚	66	666	中东	中东	12	131
东南亚	西北欧	37	612	澳新	澳新	21	124
中东	东亚	81	595	中东	澳新	13	111
地中海	东亚	70	444	澳新	美东	13	110
南美东	美东	53	402	澳新	美西	15	107
中东	东南亚	30	393	南美西	美东	19	105
澳新	东亚	55	357	美东	美东	18	96
东南亚	美东	25	351	南美东	东亚	10	91
美东	西北欧	50	344	南美东	南美西	10	90
地中海	美东	48	269	南美东	地中海	15	85
南美东	西北欧	43	260	地中海	美西	9	85
地中海	地中海	39	234	中东	地中海	11	82
中东	西北欧	27	216	南美东	南美东	7	70
中东	美东	14	199	非东	中东	8	69

通过表 1 可发现，全球集装箱的航线和航班组织主要呈以下特点：（1）理论上集装箱组织的区域为 12 个，航线和航班宏观矢量组为 78 组，但数据显示仅有 67 组，其中美东—美西、南美西—东南亚、南美西—澳新、南美西—中东、南美东—东南亚、非东—南美西、非西—美西、非西—东南亚、非西—澳新、非西—中东、非西—南美西等很少设置航线和航班。（2）航线主要集中在少数航区间，其中东南亚—东亚、东亚—西北欧、东亚—美东、东亚—美西等航区间航线较多，尤其以东南亚—东亚航线最多，达 145 条/月；其次，东亚—东亚、东亚—中东、东亚—地中海等航区间航线也较多。（3）航班组织呈现同航线组织的类似特征，东南亚—东亚、东亚—东亚、东亚—美东、东南亚—东南亚、东亚—西北欧等航区间航班较多，尤其以东南亚—东亚航班最多，达 1363 次/月；其次，东亚—美西、澳新—东南亚、东南亚—西北欧、中东—东亚、地中海—东亚、南美东—美东等航班也较多。这种结论同航线的分析相吻合。（4）部分地区成为集装箱组织的“冷区”，包括南美西和南美东、非西和非东等航区；以上航区间航线和航班设置较少，同其他航区的航线和航班也较少，这反映了目前全球集装箱航运的组织格局。以上说明，全球集装箱航运组织的重点区域是北半球，南半球除澳新外航线和航班组织较少，这同世界经济格局基本吻合；其中，北半球以东亚和东南亚港口为重点，构筑同其他区域或港口的组织网络，形成全球集装箱航运网络的核心区域。以上结论反映了全球集装箱航运市场和运输联

系的等级性,验证了 Ridolfi 和 Notteboom 的论点<sup>[21,22]</sup>,进一步证实:西北欧、北美、东亚(尤其中国)是集装箱航运的重点组织地区,相互间形成一类航线,而非洲、南美和地中海是二类航运市场,相互间形成二类航线;同时,说明全球各区域的集装箱化程度存在差异,且透视出全球集装箱航运“大西洋→太平洋”的格局演变<sup>[18]</sup>。

### 3.2 全球集装箱港口的航线组织

港口是航运网络的基本节点,航线和航班组织的分析只有具体到港口才有意义<sup>[27]</sup>。拥有航线(包括始发和挂靠航线)的多少可反映港口的集装箱组织能力,并说明港口在全球集装箱网络的枢纽地位<sup>[24,26]</sup>。对样本企业的航线进行整理,根据公式(1)进行计算,并绘制图1。(1)全球港口的航线组织呈现四大组团,分别为东亚、东南亚、西北欧和美东,这些地区的港口拥有较多的航线,是集装箱航线组织的主要集聚区域。此外,地中海、澳新和美东等地区的港口拥有较多的航线。这与前文分析相吻合,全球航运市场与航线网络存在等级结构<sup>[21,22]</sup>,并同港口的集装箱吞吐量格局有高度的空间耦合<sup>[28]</sup>。(2)从具体港口看,集装箱航线主要始终或挂靠于少数港口,多数港口的航线规模较小。其中,香港和新加坡的航线最多且相当,分别为503和502条,并同其他港口相差较大。这说明香港和新加坡在全球集装箱网络中具有最高的枢纽度和组织能力,这同 Song 和 Rimmer 的论点相符<sup>[13,20]</sup>。(3)深圳、上海、高雄等中国港口拥有较多的航线,均在300~380条间,说明三港有较高的枢纽度和组织能力;同时,鹿特丹、安特卫普、汉堡、釜山、宁波、纽约等港拥有航线均处于280~200条间,反映了这些港口具有一定的枢纽地位和组织能力,并多分布在西北欧、北美和东亚。(4)此外,勒尔弗尔、巴生、青岛等24个港口航线规模处于200~100条间,具有一定的枢纽地位和集装箱组织能力;雅加达、天津等52个港口的航线处于99~50条间,枢纽地位和组织能力较低;其他港口航线均低于50条,其中低于10条的港口有227个,占港口总量的42.8%,这些港口基本不具有枢纽地位,集装箱组织能力很低。(5)从前20位港口看,东亚港口较多,且有7个居前十位;同时,欧洲有5个,澳新有4个,美东和东南亚分别有2个;这种分布透视出航线组织的

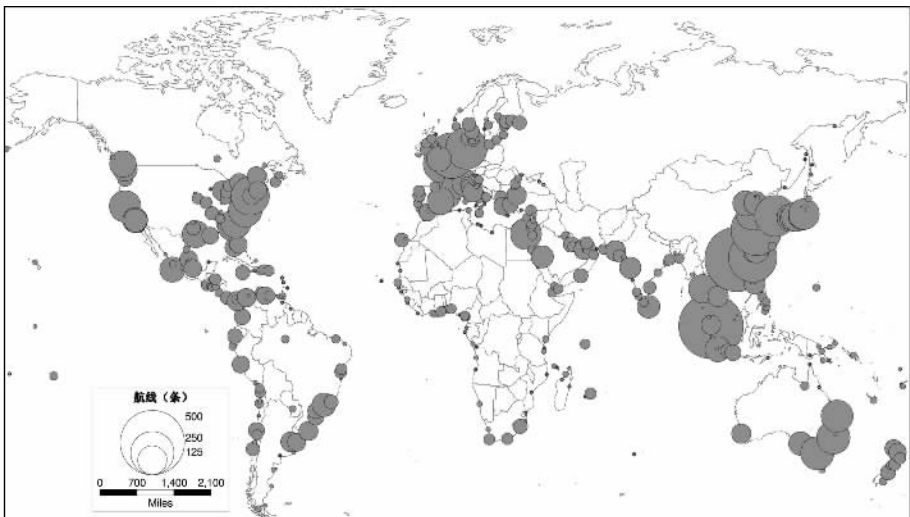


图1 全球集装箱港口航线的空间格局

Fig. 1 Spatial distribution of container transportation lines of world ports

区域集聚性特征。以上说明，集装箱航线主要始终或挂靠于少数主要港口，尤其东亚港口的航线较多，在全球集装箱航运网络的枢纽地位较高。

### 3.3 集装箱港口的联系覆盖范围

航线通过船舶将不同集装箱港相串联，而航线挂靠港口的多少直接影响港口的联系范围<sup>[12,17]</sup>；前文分析中，一个港口联系其他港口(NCP, Navigable Container Port)的数量未得到反映，而该指标说明了集装箱港的空间组织范畴，是反映集装箱组织能力和通达性的重要指标。通过计算，全球主要港口的联系港口数量如表2所示。(1)全球内，所有港口的航运通达范围未突破70%，均低于66%，这说明全球港口的集装箱组织能力相对有限。(2)港口的NCP呈现一定层级结构，突破300个的港口6个，占样本的1.2%；处于200~299的港口有72个，占14.5%；处于100~199的港口有130个，占26.1%；处于50~99的港口有74个，10~49的港口142个，呈现逐步增加的规模结构；这反映了全球集装箱航运网络中，各港口有不同的通达性，但仅少数港口有较高的通达性。(3)样本港口中，香港、新加坡、安特卫普、上海、深圳和釜山6港的NCP最多，均突破300个，覆盖率超过60%，在全球集装箱网络中有很高的通达性，尤其前两者最高，说明这些港口有很高的枢纽地位<sup>[13,20]</sup>；这些港口多分布在东亚、东南亚和西北欧，这与前文分析基本吻合。(4)汉堡、鹿特丹、纽约、查尔斯顿、费力克斯托、休斯顿、高雄、勒尔佛尔、巴生、宁波、青岛等港的NCP居200~300间，港口联系率达40~60%，在全球集装箱网络中有较高的通达性；这些港口多分布在东亚、欧洲、美东、地中海和东南亚，尤其集中在东亚；这说明以上港口有较高的枢纽地位。超巴拿马船的使用导致全球航线网络发生改变，促使地中海港口从边缘地带融入全球航运网络，其港口联系范围不断扩大<sup>[21]</sup>。

表2 全球主要集装箱港的NCP及覆盖率

Tab. 2 Relative ports and scope of world main container ports

港口名称	NCP	覆盖率(%)	港口名称	NCP	覆盖率(%)
香港	325	65.26	雅加达	264	53.01
新加坡	320	64.26	巴尔的摩	261	52.41
安特卫普	317	63.65	巴塞罗那	259	52.01
上海	312	62.65	诺福克	259	52.01
深圳	306	61.45	林查班	257	51.61
釜山	300	60.24	厦门	256	51.41
汉堡	292	58.63	热那亚	253	50.8
鹿特丹	291	58.43	神户	253	50.8
纽约	289	58.03	名古屋	252	50.6
查尔斯顿	285	57.23	东京	249	50
费力克斯托	276	55.42	福斯	245	49.2
休斯顿	276	55.42	胡志明	244	49
高雄	273	54.82	奥克兰(美)	244	49
勒尔佛尔	273	54.82	马尼拉	243	48.8
巴生	272	54.62	悉尼	242	48.59
宁波	272	54.62	墨尔本	241	48.39
青岛	270	54.22	布里斯班	240	48.19
瓦伦西亚	267	53.61	大连	238	47.79

(5) 此外, 福斯、胡志明、奥克兰(美)、马尼拉、悉尼、墨尔本、布里斯班和大连等港也有很高的联系率, 具有一定的通达性和枢纽地位, 并多分布在澳新地区; 这同澳新地区在 70 年代就采用集装箱技术和目前的经济规模相关<sup>[22]</sup>。

### 3.4 全球集装箱港口的航班组织

航线可粗略反映港口的集装箱组织能力, 但不同航线间的组织能力未得到体现; 港口的 NCP 虽透视出各港口的通达性, 但不能反映其联系频率。航班是某航线的船舶航行次数, 其频率可反映港口在不同航线的组织能力, 不同方向航线的航班总和可反映港口的集装箱组织能力, 进而考察在全球集装箱网络的枢纽地位<sup>[24,26]</sup>。

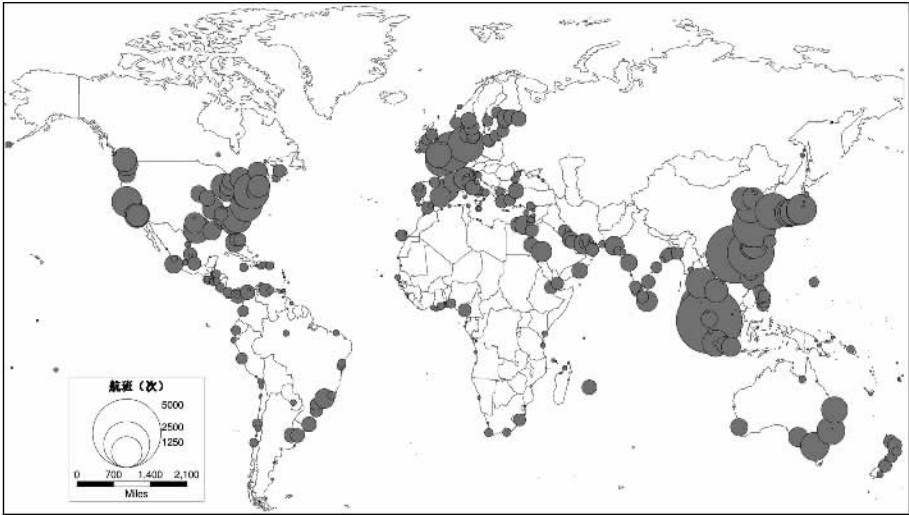


图 2 全球集装箱港的航班组织

Fig. 2 Schedules organization of world container ports

如图 2 所示, 港口的航班组织主要呈以下特征: (1) 全球港口的集装箱航班组织呈现四大组团的格局, 分别为东亚、东南亚、西北欧和美东, 这些地区的港口设置了较高的航班, 是世界多数集装箱船的集中出发或挂靠区域<sup>[18,21]</sup>。此外, 地中海和澳新及美东有较高的航班频率<sup>[21]</sup>。这进一步说明全球航运市场与航线网络存在等级结构<sup>[21,22]</sup>。(2) 从航班组织的频率看, 高于 3000 次/月的港口有 2 个, 2000~3000 次/月的港口有 3 个, 1000~2000 次/月的港口有 22 个, 500~1000 次/月的港口有 44 个, 159 个港口介于 100~500 次/月, 268 个港口低于 100 次/月。这说明全球内, 仅有少数港口有较高的船舶出发或挂靠频率, 而多数港口的航班组织能力相对有限, 这进一步证明了全球枢纽港仅为少数港口。(3) 从具体港口看, 新加坡有最高的航班频率, 达 4703 次/月和 157 次/日; 其次, 香港有很高的航班频率, 达 3787 次/月和 126 次/日; 两者远高于其他港, 说明两者在全球航运网络中有绝对的枢纽地位。但对比分析, 两者的航班频率有较大差距, 香港的枢纽地位弱于新加坡<sup>[13,20]</sup>。(4) 同时, 深圳、高雄和上海有较高的航班规模, 分别达 2826、2572 和 2346 次/月, 尽管与新加坡和香港形成较大差距, 但仍说明三者有较高的集装箱组织能力。结合香港可看出, 中国港口开始具备很强的集装箱组织能力, 在全球航运网络中具有重要地位, 这也是 James、Rimmer 等国际学者高度关注中国港口的原因<sup>[16,20]</sup>。(5) 此外, 欧洲主要港口的航班频次较高, 包括鹿特丹、安特卫普、汉堡、勒尔佛尔; 部分东亚包括中日韩港口的航班频次也较高, 如宁波、釜山、巴生、林查班、东京、青岛、

厦门、神户、名古屋、大阪等<sup>[18]</sup>；北美港口包括纽约、诺福科、奥克兰（美）、查尔斯顿、休斯顿等有较高的航班频次，并主要分布北美东海岸；澳大利亚的悉尼和墨尔本港也有较高的航班频次。

## 4 全球集装箱航运网络的空间系统

### 4.1 全球主要港口的集装箱联系格局

分析全球集装箱组织系统前，应首先考察港口集装箱联系的空间格局。港口联系是因国际贸易而产生的运输联系，由集装箱船挂靠不同港口而实现<sup>[24]</sup>。分析港口间集装箱联系的空间格局，目的在于考察全球集装箱的主要组织方向和区域；但因港口联系数量过多，难以逐一分析，本文选择前 200 位港口联系进行分析。

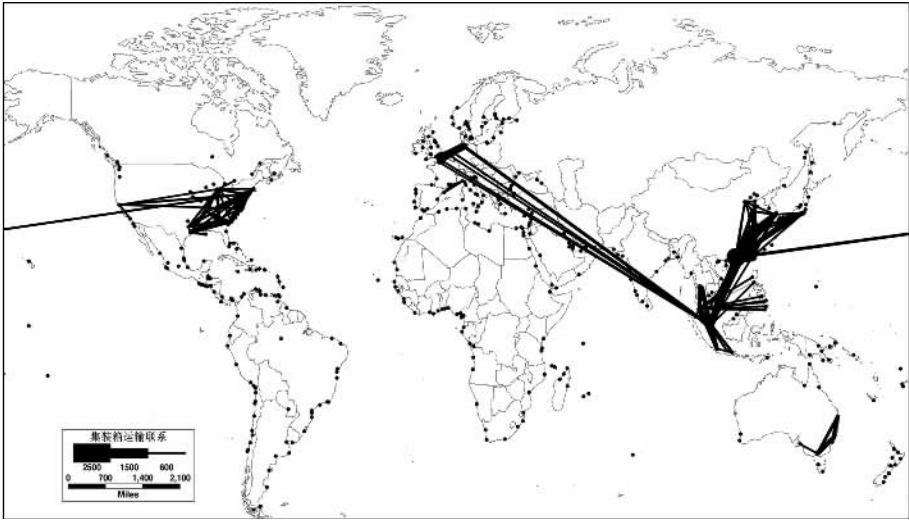


图 3 全球前 200 位港口联系的空间格局

Fig. 3 Spatial structure of 200 port relation in the world

通过分析港口间的集装箱联系，主要得出以下结论：（1）港口样本为 530 个，理论上港口间应形成  $530 \times 530$  个矢量对（即  $O_{ij}$  和  $D_{ji}$ ），经过整合处理后的  $R_{ij}$  应为 140185。但通过企业的航线和航班整理，有效联系对（ $R_{ij}$ ）为 48399，实际联系率达 34.5%；这因港口距离过远或经济联系较少而箱源较少，部分港口间不能形成运输联系，反映了集装箱航运的有限性和各区域集装箱化程度的差异<sup>[21]</sup>。（2）港口联系主要集中在少数港口间，港口间集装箱联系结构呈倒对数式分布；其中，大于 1000 的  $R_{ij}$  为 11，800~999 的  $R_{ij}$  为 21，600~799 的  $R_{ij}$  为 61，400~599 的  $R_{ij}$  为 341，200~399 的  $R_{ij}$  为 2184，100~199 的  $R_{ij}$  为 2337，50~99 的  $R_{ij}$  为 4357，1~49 的  $R_{ij}$  为 38852，占联系总量的 80.3%。这说明多数港口间的集装箱联系比较松散，仅少数港口联系紧密，这同集装箱流主要发生在经济组团间的结论相吻合<sup>[22]</sup>；同时，反映了全球集装箱轴辐系统的空间组织，尤其枢纽港的特征<sup>[4]</sup>。（3）前 200 位港口联系呈明显的区域化特征，形成西欧、东南亚和东亚、美东和澳新四个区域联系组团，以上区域尤其前三者集中了前 200 位的主要港口联系；且港口联系主要集中在各区域内部，除东南亚和东亚港口间的联系相对紧密外，其他航区港口间的联系较弱。这种差异是由全球航运市场和航线网络的空间等级体系及集装箱化程度所决定<sup>[18,21,22]</sup>。（4）从主要港口的联系看，规模较大的主要发生在香港、深圳、上海、高雄、



宁波、新加坡、鹿特丹、汉堡、诺福科、纽约、巴生、釜山、墨尔本、悉尼、安特卫普等港口间；但不是所有港口对都存在大规模的联系，仅部分港口联系规模较大。其中香港—深圳、上海—香港、香港—高雄、深圳—上海、宁波—上海、香港—新加坡、鹿特丹—汉堡、诺福科—纽约、香港—宁波、高雄—深圳、巴生—新加坡等联系规模较大，均超过1000，尤其香港—深圳联系规模最大，达2367。

#### 4.2 全球集装箱网络的空间系统

国外很多学者指出，目前航运企业多通过轴辐系统组织集装箱运输，这对全球航运的空间系统产生深远影响<sup>[12]</sup>。集装箱航运的重要空间意义是促使枢纽港和支线港产生分化，形成以枢纽港为核心、以支线港为腹地的航运系统<sup>[10,11]</sup>。为了确定各港间联系的密切程度及归属系统，利用公式（6）计算其首位联系度，并绘制图4和5。

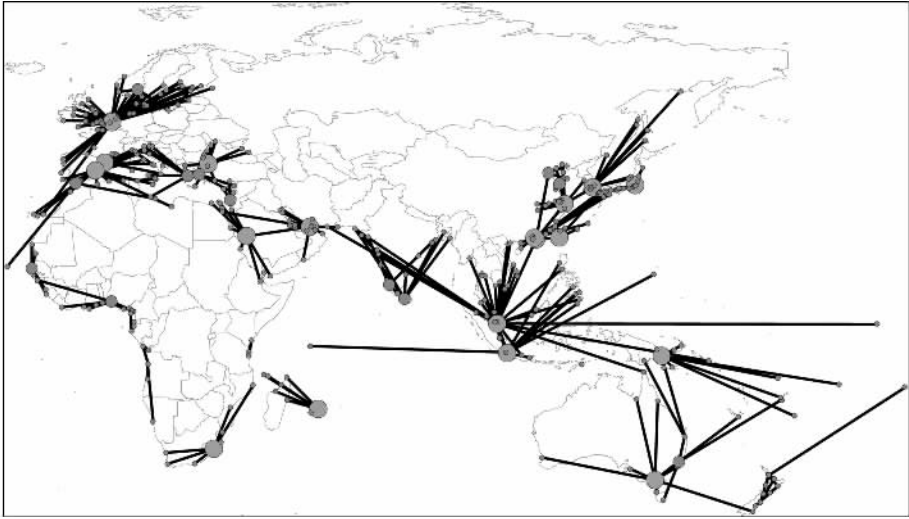


图4 亚非欧澳洲集装箱组织的空间系统

Fig. 4 Spatial organization of marine container in Asia, Europe, Africa and Oceania

目前集装箱航运网络呈现以下基本特征。(1) 集装箱航运组织尚未形成全球性或大规模的空间系统；这说明，尽管集装箱航运是远洋或洲际运输，但相对完整的单一组织系统仍难以覆盖全球空间，单一航运企业的运力或多个企业组织网络的重叠仍未能实现大规模的空间系统。这同国际学者认为轴辐系统难以在全球大规模采用的结论相符合。(2) 集装箱航运组织的区域化特征明显<sup>[17]</sup>。目前全球形成42个组织系统，其中西北欧3个，地中海7个，南亚4个，东南亚2个，东亚8个，东非2个，西非2个，澳新3个，美国内陆1个，美东4个，美西3个，南美东3个，南美西2个；但规模较大的主要是西北欧、东南亚、东亚。这种格局从全球层面验证了 Gilman、Notteboom 等认为单一区域难以存在单一枢纽或组织系统的论点<sup>[8]</sup>，并透视出 Rodrigue 总结的全球航运演变规律<sup>[18]</sup>。(3) 枢纽港是集装箱系统的核心，以上系统的枢纽港分别为安特卫普、鹿特丹、奥斯陆、瓦伦西亚、巴塞罗那、比雷艾夫斯、伊兹密尔、海法、伊斯坦布尔、阿尔赫西拉斯、迪拜、吉达、科伦坡、德里、新加坡、雅加达、香港、深圳、高雄、东京、釜山、上海、天津、青岛、德班、路易斯、达喀尔、拉各斯、墨尔本、悉尼、莱城、芝加哥、纽约、查尔斯顿、科特斯尔、利蒙、温哥华、奥克兰(美)、曼萨尼亚(墨)、卡塔赫纳、桑托斯、蒙得维的亚、卡亚俄和圣安东尼奥。对比前文可发现，航线规模和航班密度较大的港口不一定是枢

纽港，两者存在分异；Notteboom指出，枢纽港尤其非洲、地中海、拉美等二类航运市场的枢纽港往往不是大型港<sup>[22]</sup>，本文验证了这种论点；同时反映了全球航线采用轴辐系统并促使枢纽港沿主要航线呈东西和南北分布的格局<sup>[22]</sup>。(4) 一个枢纽港决定了一个集装箱组织系统，从全球看，航运系统的近邻性比较明显，或区域性航运组织的双枢纽港现象突出，这在各航区都有体现。西北欧的鹿特丹和安特卫普系统、东南亚的新加坡和雅加达系统、地中海的巴塞罗那和瓦伦西亚系统、东亚的香港和深圳系统等均形成近邻分布，枢纽港邻近布局。(5) 海岸线的南北延伸决定了航线和航班设置的纵向性，形成南北两个航运系统相对布局的区域特征，这种特征同样体现于枢纽港的南北相对布局；如西非的达喀尔和拉各斯系统、北美东的纽约和查尔斯顿系统、南美东的桑托斯和蒙得维的亚系统、南美西的卡亚俄和圣安东尼奥系统等集装箱组织系统。(6) 部分地区的航运组织呈多元化格局，主要包括地中海和东亚及加勒比海；地中海存在瓦伦西亚和巴塞罗那两个较大的系统，并形成伊斯坦布尔、比雷艾夫斯、伊兹密尔、阿尔赫西拉斯和海法等系统；东亚形成香港、深圳、上海、高雄、东京、釜山、青岛、天津等系统，但以香港系统为大；中美形成卡塔赫纳、利蒙和科斯特尔等系统，以卡塔赫纳系统为主。这说明海洋破碎地带的航运市场较为零散，形成了众多小型航运市场和枢纽港<sup>[21]</sup>。(7) Baird 等认为集装箱船逐渐由多港挂靠向轴辐模式转变<sup>[12]</sup>，王成金等也认为轴辐系统已成为集装箱的主要组织模式<sup>[26]</sup>；但本文却发现，全球航运网络尚未形成严格意义的轴辐系统；因为，轴辐系统要求区域层面形成区域轴辐系统，各系统间的运输由区域枢纽港通过干线航班来实现，而本文结论是不同枢纽港间的集装箱联系相对薄弱，仅相邻系统枢纽港间的集装箱联系较为密切。(8) 距离衰减规律在全球航运网络中有所体现，表现为部分港口的首位联系港不是枢纽港而是周边的第二或三位港；同时，对于多数区域性枢纽港，最大运输联系的生成港往往是各系统内部的周边港口。

从具体区域和组织系统看，各系统形成不同的规模和辐射范围<sup>[22]</sup>。(1) 西北欧：安特卫普系统主要辐射西北欧港口及少数西南亚港，规模最大；鹿特丹主要辐射西北欧少数港口，奥斯陆系统主要辐射北欧港口，两者规模较小。这符合 Gilman 等认为欧洲难以存在单一超级枢纽港的结论<sup>[8]</sup>。(2) 北美：在内陆和东海岸，芝加哥系统主要辐射密西西比河和五大湖的港口，形成庞大的内河航运网络；查尔斯顿主要辐射美国东岸及少数加勒比海港，规模较大；纽约系统主要辐射周边少数港口，规模相对较小；科尔特斯系统主要辐射中美港口，利蒙系统主要辐射中美东岸和加勒比海港。在西海岸，曼萨尼亚系统主要辐射美国以南的中美港口，规模较大；奥克兰系统主要辐射美国西岸少数港



图 5 美洲集装箱组织的空间系统

Fig. 5 Spatial organization system of American marine container transportation

口, 而温哥华主要辐射美加交界处的港口, 两者规模较小。(3) 南美: 在东海岸, 桑托斯系统主要辐射巴西港口, 规模较大; 蒙得维的亚系统主要辐射阿根廷港口, 规模较小; 卡塔赫纳系统主要辐射加勒比海和南美北部港口, 规模相对较大。西海岸, 卡亚俄系统主要辐射南美西岸中北部的港口, 规模较大; 圣安东尼奥系统主要辐射智利南部少数港口, 规模较小。这符合 Slack 和 Notteboom 认为拉美为二类航运市场和航线网络的结论<sup>[11,22]</sup>。(4) 澳新: 墨尔本系统主要辐射大洋洲港口, 规模较大; 悉尼系统规模较小, 主要辐射周边区域和太平洋港; 莱城系统主要辐射太平洋港, 规模相对较大。(5) 东南亚: 新加坡系统最大, 支线港较多, 可与安特卫普系统媲美, 主要辐射东南亚港和印度洋、波斯湾的少数港口及太平洋港<sup>[13]</sup>; 雅加达系统主要辐射菲律宾、印尼等少数港口。(6) 非洲: 在东海岸, 德班系统主要辐射东非南部港口, 而路易斯系统主要辐射东非岛港; 在西海岸, 达喀尔系统主要辐射西非北部港口, 拉各斯主要辐射西非中部海港。(7) 中东及南亚: 在中东, 迪拜系统主要辐射波斯湾港口, 规模较大; 吉达系统主要辐射红海港口, 规模较小。在南亚, 科伦坡辐射较多的南亚港口, 德里系统主要辐射少数南亚港口。(8) 地中海: 瓦伦西亚系统规模最大, 主要辐射地中海的欧洲、北非港口; 巴塞罗那系统主要辐射地中海的欧洲港, 规模相对较大; 伊斯坦布尔系统主要辐射黑海和爱琴海港口, 规模相对较大; 比雷艾夫斯系统主要辐射亚得里亚海和少数北非港口, 伊兹密尔系统主要辐射爱琴海和中东西海岸港口, 阿尔赫西拉斯系统主要辐射少数的北方港口, 三者规模都较小。这验证了地中海航运市场分散且为二类市场的结论<sup>[21,22]</sup>, 同时反映了地中海存在众多中转型枢纽港<sup>[8,12]</sup>。(9) 东亚: 香港系统主要辐射中国、韩国和日本港口, 规模最大<sup>[20]</sup>; 深圳系统主要辐射中国华南和日本南部港口, 规模相对较小; 上海系统主要辐射长江流域、华东沿海和北部海港, 规模较大; 釜山系统主要辐射韩国南部和远东港口, 规模相对较小; 东京系统主要辐射日本中北部港口, 规模相对较小; 天津系统主要辐射少数渤海港口, 青岛辐射山东海港, 高雄系统主要辐射台湾海峡港口, 三者规模较小。

## 5 结论与讨论

集装箱航运网络是物质要素进行全球化配置的基本途径, 本文基于航运企业的船期表对全球集装箱航运网络的空间组织进行了数理分析, 主要得出以下结论: (1) 全球集装箱航运网络存在区域差异, 北半球是重点组织区域, 又以东亚和东南亚为重点构筑同其他区域的组织网络, 形成全球航运网络的核心区域。(2) 全球港口的航线和航班组织形成东亚、东南亚、西北欧和美东四大集聚区, 成为多数集装箱船的集中出发和挂靠区域, 香港、新加坡、深圳、上海、高雄等少数港口有很高的组织能力, 并集中在东亚和东南亚。(3) 全球港口运输联系的覆盖率较低, 仅少数港口联系紧密, 形成西欧、东南亚和东亚、美国东部和澳大利亚东海岸四个组团, 区域化特征明显。(4) 集装箱航运组织尚未形成全球性空间系统, 但形成许多区域性系统, 集装箱航运组织的区域化明显, 安特卫普、新加坡和香港等系统庞大。(5) 集装箱航运组织系统的近邻性明显, 区域性的双枢纽港现象突出, 同时形成两个集装箱系统南北相对布局的区域特征, 且部分地区的航运组织呈多元化的空间格局。(6) 全球集装箱航运组织网络尚未形成严格意义的轴辐系统, 同时距离衰减规律在全球集装箱运输网络中有所体现。通过本研究, 可以强化对全球经济运行系统的空间认识, 并丰富了交通地理学的研究方法。须指出的是, 受样本数量和数据处理局限, 全球航运网络仍未能得到精确刻画, 尤其运营表是动态的, 且航运联盟和相互代理也造成

一定的数据重复计算，影响了研究的精确性，可能导致部分港口和航运系统未能充分体现。因此，未来研究应加强航运企业的长期关注，补充不定期航线和航班的考察，修正或补充本文的相关结论，增强航运网络研究的精确性。

### 参考文献：

- [ 1 ] Taaffe E, Morril R. Transport expansion in underdeveloped countries. *Geographical Review*, 1963, 53(4): 503~529.
- [ 2 ] Rimmer P J. The changing status of New Zealand seaports, 1853~1960. *Annals of the Association of American Geographers*, 1967, 57(1): 88~100.
- [ 3 ] Hilling D. The evolution of a port system: The case of Ghana. *Geography*, 1977, 62(2): 97~105
- [ 4 ] Hayuth Y. Rationalization and concentration of the U. S. container port system. *The Professional Geographer*, 1988, 40(3): 279~288.
- [ 5 ] Airriess C A. The spatial spread of container transport in a developing regional economy. *Transportation Research*, 1989, 23(6): 453~461.
- [ 6 ] Kuby M, Reid N. Technological change and the concentration of the U. S General Cargo Port System; 1970-1988. *Economic Geography*, 1992, 68(3): 272~289.
- [ 7 ] Baird A J. Rejoinder; Extending the lifecycle of container main ports in upstream urban locations. *Maritime Policy & Management*, 1997, 24(2): 299~301.
- [ 8 ] Notteboom T E. Concentration and load centre development in the European container port system. *Journal of Transportation Geography*, 1997, 5(2): 99~115.
- [ 9 ] 曹有挥. 集装箱港口体系的演化模式研究. *地理科学*, 1999, 9(6): 485~490.
- [ 10 ] Mayer H M. Current trend in Great Lakes shipping. *GeoJournal*, 1978, (2): 117~122.
- [ 11 ] Slack B. Intermodal transportation in North America and the development of inland load centers. *The Professional Geographer*, 1990, 42(1): 72~83.
- [ 12 ] Baird A J. Optimising the container transshipment hub location in northern Europe. *Journal of Transport Geography*, 2005, 14(3): 195~214.
- [ 13 ] Song D W. Regional container port competition and co-operation: The case of Hong Kong and South China. *Journal of Transport Geography*, 2002, 10(2): 99~110.
- [ 14 ] Cullinane K, Khanna M. Economies of scale in large containerships: Optimal size and geographical implications. *Journal of Transport Geography*, 2000, 8(3): 181~195.
- [ 15 ] 安筱鹏, 韩增林, 等. 国际集装箱枢纽港的形成演化机理与发展模式研究. *地理研究*, 2000, 19(4): 383~390.
- [ 16 ] James Jixian Wang. A container load center with a developing hinterland: A case study of Hong Kong. *Journal of Transport Geography*, 2002, 10(3): 171~198.
- [ 17 ] McCalla R J. Global change, local pain: Intermodal seaport terminals and their service areas. *Journal of Transport Geography*, 1999, 7(4): 247~254.
- [ 18 ] Rodrigue J P, Comtois C, Slack B. Transportation and spatial cycles: Evidence from maritime systems. *Journal of Transport Geography*, 1997, 5(2): 87~98.
- [ 19 ] Brian Slack. Across the pond: Container shipping on the North Atlantic in the era of globalization. *GeoJournal*, 1999, 48: 9~14.
- [ 20 ] Rimmer P J. The Asia-Pacific Rim's transport and telecommunications systems: Spatial structure and corporate control since the mid-1980s. *GeoJournal*, 1999, 48: 43~65.
- [ 21 ] Ridolfi G. Containerisation in the Mediterranean: Between global ocean routeways and feeder services. *GeoJournal*, 1999, 48: 29~34.
- [ 22 ] Notteboom T E. Container shipping and ports: An overview. *Review of Network Economics*, 2004, 3(2): 86~107.
- [ 23 ] Bergantino A S, Veenstra A W. Interconnection and co-ordination: An application of network theory to liner shipping. *International Journal of Maritime Economics*, 2002, (4): 231~248.
- [ 24 ] Veenstra A W, Mulder H M, Sels R A. Analysing container flows in the Caribbean. *Journal of Transport Geogra-*

phy, 2005, 13(4):295~305.

- [25] Notteboom T E. Traffic inequality in seaport systems revisited. *Journal of Transport Geography*, 2006, 14(2):95~108.
- [26] 王成金, 金凤君. 中国海上集装箱运输的组织网络研究. *地理科学*, 2006, 26(4):392~401.
- [27] Marcadon J. Containerisation in the ports of Northern and Western Europe. *GeoJournal*, 1999, 48:15~20.
- [28] 王成金, 于良. 世界集装箱港的形成演化及与国际贸易的耦合机理. *地理研究*, 2007, 26(3):557~568.

## Spatial organization networks of world marine container transportation

WANG Cheng-jin

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Shipping companies are well aware of the growing importance in global container shipping network. Much attention is directed to the configuration and spatial system of container shipping service by studying schedule tables. In this paper, we chose 24 container shipping corporations, taking monthly container shipping schedule and 530 ports as studying objects, and constructed the spatial analyzing model and appraised the spatial regularity of marine container transport network in detail. This paper demonstrated that there are great diversities among the different regions and Northern Hemisphere. Especially, East Asia and Southeast Asia are the core regions of global shipping network. East Asia, Southeast Asia, Northwest Europe and east coastal region of North America become four port clusters of container shipping lines and schedules starting or calling, only several ports including Hong Kong, Singapore, Shenzhen, Shanghai and Kaohsiung located largely at East Asia and Southeast Asia have uppermost service ability. But global container shipping service system has not been yet developed and there are many regional container shipping networks, and three systems with hubs of Antwerp, Singapore and Hong Kong are most important. The spatial contiguity of marine container shipping networks is obvious and there are often two hub ports in a region. In some regions, there are two container shipping networks with north and south location on the same coast. But in several regions such as Mediterranean Sea, there is spatial configuration of multi-networks of container shipping service. Many literatures point out hub-and-spoke system has been developing in marine container transport. However this paper reveals that it doesn't yet develop a completed and pure hub-and-spoke system. But limited to observed ports and data, this paper could not reveal and describe accurately global container shipping networks, and the importance of some ports may not be reflected. Future study of container shipping network should pay more attention to shipping companies and complement data to modify the conclusion of this paper.

**Key words:** marine container transportation; shipping corporation; line and schedule; container ports; organization networks