



OD流仿真模型在珠三角集装箱港口群 布局规划中的应用研究

刘杰晓, 王志民

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 构建由珠三角集装箱运输OD流运输网络、港口模糊综合评价模型、中转港选择的Logit模型3大部分构成的OD流仿真模型。在2020年珠三角集装箱生成量预测基础上, 应用该模型对区域内集装箱运输需求在各OD流路径中的运输量进行仿真模拟测算, 科学合理预测该年度珠三角各港的集装箱吞吐量, 为2020年度的珠三角集装箱港口群的合理布局规划提供指引。

关键词: OD流仿真模型; 模糊综合评价模型; Logit模型; 珠三角集装箱港口群; 集装箱吞吐量

中图分类号: U 169

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0031-06

Application of OD flow simulation model applied to layout planning for container port group in Pearl River Delta

LIU Jie-xiao, WANG Zhi-min

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: OD flow simulation model constructed in the paper consists of container transport OD flow network in the Pearl River Delta, fuzzy synthesis assess model for port evaluation, and Logit model for the transshipment port selection. The paper applies the models to simulate and calculate the container transport demand in different OD flow paths based on the container generating volume forecast in the Pearl River Delta in 2020 and forecasts the annual throughput of container ports in the Pearl River Delta, so as to provide a guidance for the rational layout planning for container ports in the Pearl River Delta in 2020.

Key words: OD flow simulation model; fuzzy synthesis assess model; Logit model; container port group in Pearl River Delta; container throughput

珠三角地区濒江临海, 港口密集程度较高, 在珠江口方圆100 km内, 分布着香港港、广州港、深圳港、珠海港、惠州港、虎门港等多个现代化港口, 港口过于集中, 因此在货源、航线等方面均存在相当程度的先天性竞争, 集装箱码头建设在布局上存在长期性的协调问题, 为使港口建设资源能得到更好的利用, 促进港口运输与国民经济协调发展, 需对珠三角集装箱码头建设进行长期性、系统性的布局规划研究。

珠三角集装箱运输涉及货源地、公路、铁路

和内河等内陆运输、港口及远近洋运输等多种运输环节、运输方式、运输路径, 它是一个复杂的运输网络系统, 要想科学地预测各港集装箱吞吐量, 需在各市集装箱生成量预测的基础上, 建立运输网络模型, 通过合理运输系统论证, 寻求各货源地集装箱生成量在网络间各条运输路径上的合理运输量, 才能进一步科学地估算预测出各港集装箱吞吐量, 并以此作为对珠三角各港集装箱功能定位、发展规模、建设规划等决策问题的重要依据。因此, 为了能更为客观、科学地分析珠

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 刘杰晓(1979—), 男, 高级工程师、注册咨询工程师, 主要从事技术经济研究工作。

三角区域内集装箱需求在运输网络中经济合理的运输情况，本文以四航院与上海海运学院在相关研究报告^[1]中合作构建的珠三角OD流仿真模型为基础，进一步优化该模型后对2020年度珠三角集装箱港口群布局规划进行研究。

1 珠三角外贸集装箱运输OD流仿真模型

本文以定性定量相结合的思路，首先建立珠三角外贸集装箱运输OD流系统网络，其次建立了多目标港口评价模型，最后通过基于Logit模型构建的中转港选择模型，对珠三角未来的集装箱需求量在各条运输OD流路径上运输量进行了仿真模拟分配，最后汇总计算出该地区需求量通过区域内各大港口的运输量估算值。仿真模型研究的基本框架见图1。

1.1 珠三角外贸集装箱运输系统网络

珠三角地区集装箱运输OD流运输网络是以珠三角的9个行政市分别作为外贸集装箱的出发地或

目的地；根据不同的规划研究年度，选取香港、深圳、广州、珠海、东莞虎门、惠州、江门港作为外贸集装箱直航海港，沿海及内河喂给港考虑九市港口；内陆运输主要考虑公路和内河两种运输方式；海洋运输考虑远洋直接运输和近洋直接运输两种运输方式；海运目的地或出发地分为美洲、欧洲、亚洲、大洋州和非洲及其他。见图2。

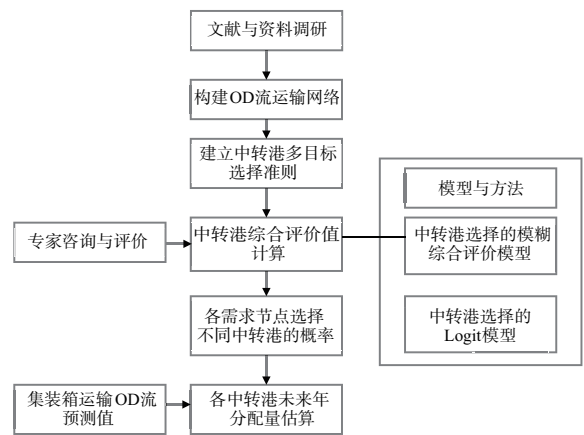


图1 珠三角外贸集装箱OD流仿真模型研究框架

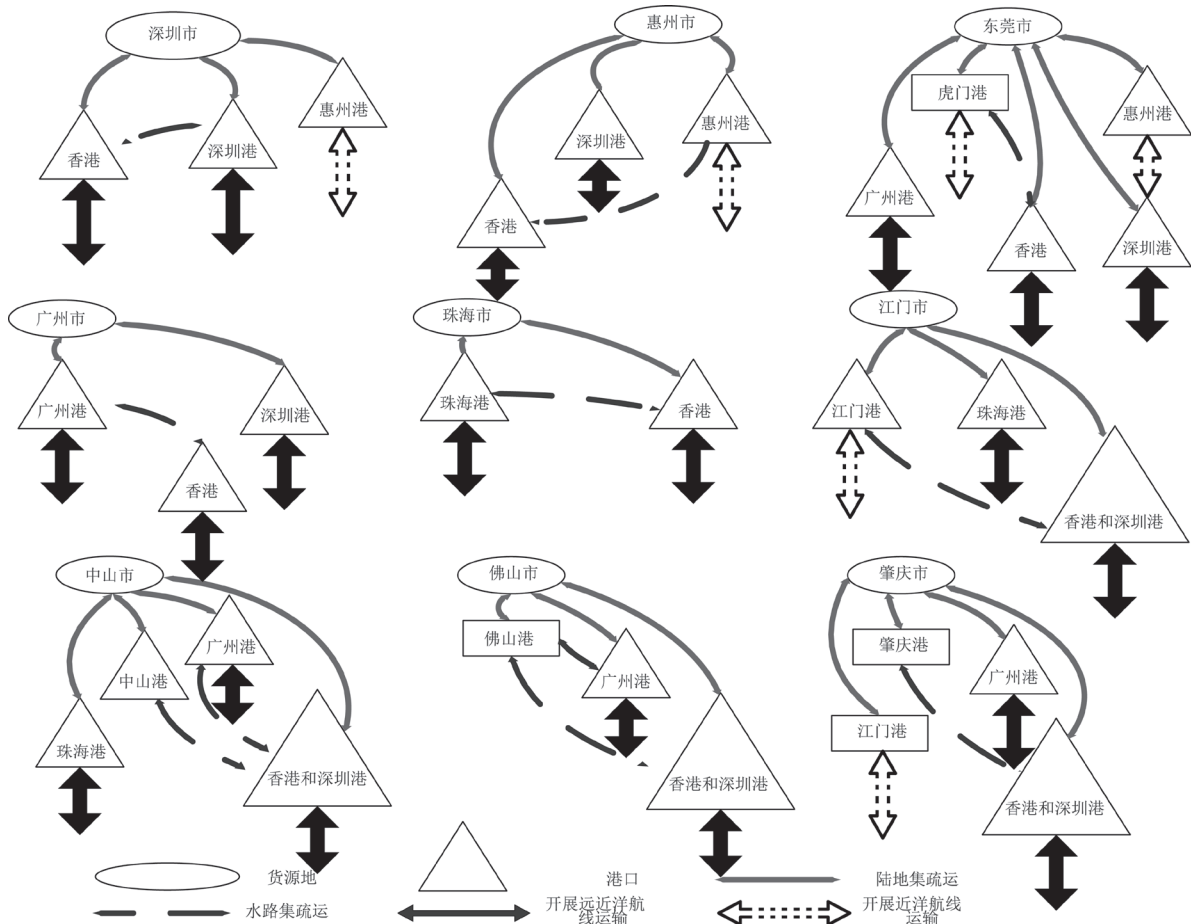


图2 珠三角各市OD流路径网络

1.2 集装箱中转港的多目标选择准则

根据问卷调查情况, 影响货主选择路径的主要因素包括: 在途时间、在途成本、港口区位、港口规模、港口集疏运条件、港口通过时间、港口服务水平、在港费用共8个因素, 分析这些因素的综合最优值可寻求用户效用最佳网络运输系统, 确定合理的流量流向。

1.3 中转港选择的模糊综合评价模型

本文模型中模糊综合评价的主要步骤如下:

1) 确定评价因素集 U 及其权重向量 P 。

评价因素集 U 是评价因素 (即评价指标) 的集合, 而权重向量 W 是各个评价因素的相对重要性权值。本模型中的评价指标集合 U 为:

$U = \{ \text{在途时间, 在途成本, 港口区位, 港口规模, 港口集疏运条件, 港口通过时间, 港口服务水平, 在港费用} \}$ (1)

其权重向量为:

$W(U) = \{ 0.1072, 0.1194, 0.1256, 0.1548, 0.1113, 0.1340, 0.1279, 0.1199 \}$ 。

2) 设定评价尺度集 A 。

评价尺度集 A 是在评价打分时的评分等级, 设有 m 个评分的等级, 则 $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_m \}$ 。本研究评分等级分为5个, 即: $A = \{ 2, 4, 6, 8, 10 \}$ 。

3) 构造模糊评价矩阵 \tilde{R} 。

模糊评价矩阵 \tilde{R} 反映从评价因素 U 到评价尺度 A 之间的模糊评价关系, 这种评定是一种模糊映射, 它可通过专家投票等方法获得。

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} & r_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nj} & r_{nm} \end{pmatrix}_{n \times m} \quad (2)$$

其中: r_{ij} 为第 i 个评价因素 U_i 的评价得分等级为 a_j 的专家票数百分比。

4) 计算评价方案的综合评定向量 \tilde{S} , 并对其

归一化, 得到向量 \tilde{S}' 。

综合评定向量 $\tilde{S} = (S_1, S_2, \dots, S_m)$ 是根据评价因素的权重 W 对 \tilde{R} 加权, 得到各评价因素加权后的综合评价向量。然后对向量 \tilde{S} 归一化, 得到向量 \tilde{S}' 。向量 \tilde{S}' 的含义是: 认为方案的综合评价得分为各评价得分等级的专家票数百分比。

1.4 应用Logit模型对中转港的选择概率进行分析

Logit模型是一种常用于交通运输方式的选择离散型数学模型, 文献[2-3]对此进行过介绍与研究, 常用的运输方式划分的Logit模型如下:

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}} \quad (3)$$

式中: P 为用户选择第 i 种运输方式的概率; V_i 为第 i 种运输方式的客观效用值。

结合本文中仿真模型设置情况, 适当变换上述等式, 珠三角集装箱中转港选择的Logit模型如下:

$$P_i^m = \frac{1}{1 + \sum_{j \neq i} V_j^m - V_i^m} \quad \forall i \quad (4)$$

式中: P_i^m 是第 m 个需求节点选择第 i 个集装箱中转港的概率; V_i^m 为第 m 个需求节点关于第 i 个集装箱中转港的效用值。本文采用各中转港的模糊综合评价 (经归一化后的值) 作为该港的效用值。则第 i 个中转港的分配量为:

$$Q_{i \text{进口}} = \sum_m P_i^m Q_m^{\text{进口}} \quad (5)$$

$$Q_{i \text{出口}} = \sum_m P_i^m Q_m^{\text{出口}} \quad (6)$$

$$Q_i = Q_{i \text{进口}} + Q_{i \text{出口}} \quad (7)$$

式中: $Q_{i \text{进口}}$ 为第 i 个集装箱中转港的进口分配量; $Q_m^{\text{进口}}$ 为第 m 个节点的集装箱进口总量; $Q_{i \text{出口}}$ 为第 i 个集装箱中转港的出口分配量; $Q_m^{\text{出口}}$ 为第 m 个节点的集装箱出口总量; Q_i 为第 i 个集装箱中转港的总分配量。

2 珠三角集装箱港口群发展概况

2.1 吞吐量增长概况

珠三角集装箱港口历年吞吐量见表1。

表1 珠三角集装箱港口历年吞吐量

万TEU

港口	2008年		2010年		2011年		2012年	
	总量	外贸	总量	外贸	总量	外贸	总量	外贸
广州	1 172	403	1 270	421	1 442	490	1 474	578
深圳	2 142	2 044	2 251	2 144	2 257	2 140	2 294	2 158
珠海	65	52	70	61	81	64	81	50
东莞	15	15	50	22	58	15	145	16
惠州	27	24	27	20	40	31	36	27
江门	53	42	71	50	88	65	83	62
中山	114	104	125	115	129	112	124	92
佛山	278	228	306	235	292	224	267	203
肇庆	8	7	45	15	61	21	71	30
合计	3 874	2 919	4 214	3 084	4 447	3 162	4 576	3 218

2.2 珠三角主要港口集装箱码头的建设情况。

据广东省交通厅统计数据，截至2012年底，广东省集装箱码头能力为4 979万TEU，其中珠三角能力为4 857万TEU，占全省的97.5%，珠三角仍然是广东省集装箱运输的中心（表2）。

当前，珠三角区域内集装箱基本上是通过公路和水路来开展集疏运运输，铁路集疏运尚处于起步阶段，而从该区域2020年前的基础发展规划情况来看，预计2020年前珠三角地区的集装箱仍将主要依赖于公路和水路开展集疏运运输，铁路集疏运将主要针对省外的中转集装箱运输需求。

表2 2012年珠三角各市港口集装箱码头能力 万TEU

地市	合计	沿海	内河
广东省	4 979	4 307	672
珠三角合计	4 857	4 206	651
广州市	1 218	1 179	39
深圳市	2 401	2 401	
珠海市	147	147	
佛山市	578		578
惠州市	76	76	
东莞市	79	79	
中山市	168	168	
江门市	156	156	
肇庆市	34		34

3 OD流仿真模型在珠三角各港外贸集装箱吞吐量预测中的应用

3.1 珠三角外贸集装箱生成量预测

根据珠三角历年的统计数据，结合珠三角地

区的经济及产业发展趋势，结合文献[4]采用多因素动态生成法综合预测珠三角未来年份的集装箱生成量情况见表3。

表3 珠三角本地外贸集装箱生成量预测

年份	外贸进出口总额/亿美元	外贸集装箱生成量/万TEU	综合生成系数/(TEU·万美元 ⁻¹)
2006年(实际)	5 069	2 931	0.58
2007年(实际)	6 101	3 135	0.51
2008年(实际)	6 570	3 128	0.48
2020年(预测)	12 300	4 900	0.40

据珠三角外贸进出口格局现状分析与未来区域协调发展形势，在珠三角地区本地生成量的总体框架下进一步预测珠三角地区外贸集装箱生成量的区域分布见表4。

表4 2020年珠三角地区外贸集装箱生成量区域分布预测

地区	外贸总额/亿美元	生成量/万TEU
深圳	5 540	2 000
东莞	1 990	900
惠州	590	200
广州	1 690	650
佛山	900	450
肇庆	140	80
中山	560	250
珠海	590	220
江门	300	150
合计	12 300	4 900

3.2 外贸集装箱生成量在各运输路径的流量预测

根据本文构建的珠三角集装箱OD流仿真模型，测算2020年珠三角九市的外贸集装箱生成量在

各条主要运输路径上运输量, 如珠三角东部的深圳市、中部的广州市、西部的佛山市的情况见表5。

表5 深圳市、广州市、佛山市集装箱
OD流运输量测算结果

地区	生成量/ 万TEU	路径	各条路径运 输量/万TEU	路径选择 率/%
深圳	2 000	经公路到惠州港	77	3.8
		经公路到深圳港	838	41.9
		经公路到香港港	631	31.6
		先经公路到深圳港后 由水路到香港港	454	22.7
广州	650	经公路到广州港	251	38.6
		经公路到深圳港	223	34.3
		先经公路到广州港后 由水路到香港港	176	27.1
		经公路到广州港	72	16.0
佛山	450	先经公路到佛山港后 经水路到广州港	48	10.7
		先经公路到佛山港后 经水路到香港港	82	18.1
		先经公路到佛山港后 由水路到深圳港	122	27.0
		先经公路到广州港后 经水路到香港港	50	11.1
		先经公路到广州港后 经水路到深圳港	32	7.1
		经公路直接到香港港	30	6.8
		经公路直接到深圳港	14	3.1

将各市OD流的预测结果汇总, 得出珠三角集装箱运输需求在区域内各港口形成的外贸吞吐量(表6)。

表6 2020年珠三角外贸集装箱需求在

港口	各港形成的吞吐量		万TEU
	进出口总量	进口	
广州港	980	490	490
深圳港	2 590	1 295	1 295
珠海港	270	135	135
东莞港	190	95	95
惠州港	170	85	85
江门港	100	50	50
中山港	130	65	65
佛山港	300	150	150
肇庆港	30	15	15
合计	4 760	2 380	2 380

3.3 珠三角各港外贸集装箱吞吐量预测

由于上述分析仅仅是珠三角地区的集装箱生成量在珠三角港口群内形成的集装箱港口吞吐量, 还未考虑广东省其它地区及省外集装箱转运量和国际集装箱中转量, 因此还需要做进一步的预测分析。从以往的历史数据来看, 这一部分量主要是通过深圳港、广州港来完成, 依据未来的港口发展趋势, 预计未来该部分运输需求仍将主要通过深圳港、广州港来完成, 预计该部分运输需求可在两港形成400万TEU吞吐量(广州港150万TEU, 深圳港250万TEU)。根据以上分析, 综合预测规划2020年珠三角港口的外贸集装箱吞吐量见表7。

表7 2020年珠三角各港外贸集装箱吞吐量预测 万TEU

港口	进出口	进口	出口
广州港	1 130	565	565
深圳港	2 840	1 420	1 420
珠海港	270	135	135
东莞港	190	95	95
惠州港	170	85	85
江门港	100	50	50
中山港	130	65	65
佛山港	300	150	150
肇庆港	30	15	15
合计	5 160	2 580	2 580

4 珠三角集装箱运输港口布局规划建议

4.1 珠三角主要港口集装箱码头吞吐能力平衡分析

2008—2012年, 珠三角的内贸集装箱吞吐量从955万TEU增长至1 358万TEU, 保持了年均9.2%的较为稳定的增长率。未来, 随着国家经济调结构、增内需的发展方针持续推进, 珠三角内贸集装箱吞吐量仍将保持较为稳定快速的增长, 预计2020年达到1 840万TEU。2020年珠三角港口集装箱码头能力见表8。根据适度超前建设的原则, 结合交通部“十二五”规划要求, 预测期码头规划能力需求按预测吞吐量的1.1倍考虑。5万~15万吨级泊位能力按60万~80万TEU考虑; 3 000~5 000吨级泊位能力按12万~15万TEU考虑。

表8 2020年珠三角港口集装箱码头能力平衡分析

港口	吞吐量/万TEU			规划能力需求/万TEU	现有能力/万TEU	缺口/万TEU	新建泊位/个	规模/吨级	新增能力/万TEU
	合计	外贸	内贸						
广州港	2 130	1 130	1 000	2 340	1 218	1 122	19	7万~15万	1 140~1 520
深圳港	2 990	2 840	150	3 290	2 401	889	15	10万~20万	900~1 200
珠海港	350	270	80	390	147	243	4	5万~15万	240~320
东莞港	420	190	230	460	79	381	6	5万~7万	360~480
惠州港	220	170	50	240	76	164	3	5万~10万	180~240
江门港	190	100	90	210	156	54	5	3 000~1万	60~75
中山港	190	130	60	210	168	42	4	3 000~5 000	48~60
佛山港	400	300	100	440	578	-138	0	3 000~5 000	
肇庆港	110	30	80	120	34	86	7	3 000~5 000	84~105
合计	7 000	5 160	1 840	7 700	4 857	2 843	63		3 012~4 000

4.2 珠三角集装箱运输港口布局规划建议

根据上述对珠三角区域港口群2020年运输需求分析,结合当前的发展格局,建议2020年珠三角港口群中的各港定位为:香港为亚太国际航运中心和国际集装箱枢纽港;深圳为珠三角重要国际集装箱干线港;广州为华南地区综合性枢纽港、内贸集装箱枢纽港,并发展成为珠三角重要的国际集装箱干线港;珠海为开辟近远洋航线的珠三角的重要外贸集装箱支线港,远期随着泛珠三角经济的发展,具有向干线港发展的潜力;虎门逐步发展成为珠三角的外贸集装箱支线港;惠州和江门两港则逐渐发展成为喂给和支线并举的集装箱运输的重要港口;其它各港为喂给港。

5 结语

1) 在充分调研及分析广东省集装箱运输发展情况的基础上,构建了由珠三角集装箱运输OD流运输网络、港口模糊综合评价模型、中转港选择的Logit模型3部分组成的珠三角OD流仿真模型。

2) 在2020年珠三角集装箱生成量预测基础上,应用该模型对区域内集装箱运输需求在各OD流路径中的运输量进行仿真模拟测算,同时结合腹地其它需求分析,科学合理地对综合预测该年度珠三角各港的集装箱吞吐量。

3) 对2020年珠三角主要港口集装箱码头吞吐能力进行了平衡分析,并据此进一步对珠三角集装箱运输港口布局规划提出合理建议,为2014—2020年的珠三角集装箱港口群的合理布局规划提供良性指引。

4) 珠三角OD仿真模型能比较科学客观地模拟珠三角集装箱运输需求在珠三角运输网络中的运输情况,对各港的集装箱吞吐量预测总体精度较高,对区域内集装箱运输各类交通方式的转换也有较为直观的反馈,在区域港口规划布局中应用该模型可以取得比较好的效果。

参考文献:

- [1] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 珠江三角洲集装箱码头发展布局规划研究[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2004.
- [2] 高自有, 孙会君. 现代物流与交通运输系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [3] 邵春福, 周伟. 交通规划原理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 珠三角地区集装箱生成量研究[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2010.

(本文编辑 武亚庆)