

文章编号:1005-9679(2019)02-0023-08

# 上海港内河水-水中转集疏运模式研究

黄一展<sup>1</sup> 马江浩<sup>1</sup> 朱道立<sup>1,2</sup> 王晓蕾<sup>3</sup>

(1. 上海交通大学 中美物流研究院, 上海 200030; 2. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200052;  
3. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 上海港在国家“一带一路”倡议和长江经济带战略背景下面临重大发展机遇,同时也面临缺乏后备土地、集疏运体系结构失衡、受城市可持续发展制约等发展瓶颈和问题,大力开展内河水-水中转集疏运对于上海港解决上述问题有重要意义。建立了 Logit 流量分配模型,并通过案例数值计算,得出内河水-水中转在整个集疏运体系中的分担率和流量,并揭示了内河水-水中转集疏运模式对降低社会物流总成本、减少交通碳排放量和缓解上海港周边地区公路拥堵的重要作用。

**关键词:** 上海港;内河水-水中转;Logit 流量分配模型;运输碳排放;公路拥堵

**中图分类号:** U 6      **文献标志码:** A

## Study on Inland River Water-Water Transfer Pattern of the Port of Shanghai

HUANG Yizhan<sup>1</sup> MA Jianghao<sup>1</sup> ZHU Daoli<sup>1,2</sup> WANG Xiaolei<sup>3</sup>

(1. Sino-US Global Logistics Institute, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;  
2. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;  
3. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The port of Shanghai is facing fundamental development opportunity under the strategic background of the national strategy of “One Belt One Road” and the regional strategy of the Yangtze River Economic Zone. However, it also faces development bottlenecks and problems such as lack of reserve land, imbalance of transport structural system and restriction of the urban sustainable development. This paper takes the view that carrying out inland river water-water transfer is important for the port of Shanghai to solve the above problems. This paper established a logit traffic flow assignment model, obtained the market share and flow of water-water transfer by numerical case calculation, and finally revealed the contribution that water-water transfer pattern brought in reducing the total cost of social logistics, reducing traffic emissions and easing the surrounding road congestion of the area the port of Shanghai.

**Key words:** the port of Shanghai; inland river water-water transfer; Logit flow distribution model; transport carbon emissions; highway congestion

上海港是全球集装箱第一大港。2014 年上海港的集装箱吞吐量达到 3529 万 TEU,上海关区进出口总额更是达到 8635 亿美元。

国家“一带一路”倡议给上海带来了新的定位和机遇。2015 年 3 月 28 日国家发改委发布《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景

收稿日期:2019-01-22

基金项目:国家自然科学基金(71471112;71401102;71871140)

作者简介:黄一展(1992—),上海交通大学物流工程硕士研究生,研究方向:多式联运与物流;马江浩(1992—),上海交通大学物流工程硕士研究生,研究方向:多式联运与物流;朱道立(1985—),博士,教授,研究方向:管理决策、物流与供应链;王晓蕾(1986—),同济大学经济与管理学院副教授,研究方向:交通经济学。

与行动》,明确指出应加强上海城市港口建设;2014 年 9 月 25 日国务院发布《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》,强调充分发挥上海国际大都市的枢纽功能作用,形成以上海国际航运中心为龙头、长江干线为骨干、干支流网络衔接、集疏运体系完善的长江经济带综合立体交通走廊,打造中国经济新支撑带。在上述有利的宏观形势下,上海应当抓住历史机遇,加强国际航运中心建设,推进“21 世纪海上丝绸之路”和“长江经济带”的物流大通道建设。

在目前国内众多港口城市中,上海无论是港口设施硬环境还是航运服务软环境的发展水平都居于首位。但与此同时,上海在进一步建设国际航运中心的过程中也面临着不少问题与挑战,主要体现在如下:

### (1) 上海港发展缺乏后备土地支持

上海港当前已缺乏可开发的深水岸线和陆域发展空间。上海在长江口、杭州湾的深水岸线已开发殆尽,洋山港区新泊位建设步履艰难;陆域空间方面,外高桥、罗泾等港区紧邻市区,相邻土地早已规划他用;洋山港区面积仅 7.2 平方公里,也已开发完毕。因此,上海港的进一步发展缺乏后备土地支持。

### (2) 上海港集疏运体系结构失衡

上海港目前公路、铁路、水路三种集疏运方式的占比分别为 54.3%、0.3%、45.4%。公路集疏运的比例仍然很高,水路集疏运的比例虽然比前十年有了大幅提高,但和国外成熟港口如鹿特丹港和安特卫普港的 50%~60% 的比例依然差距较大。铁路集疏运比例则过低,远远低于国外成熟港口的 20%。

(3) 过量的集装箱公路运输对城市可持续发展造成负面影响

上海港集疏运目前主要依靠公路运输,这大大加剧了城市公路的拥堵。据统计,外高桥进出港集卡日均达 2.7 万辆,其对外集散道路主要依靠 S20 外环线,外环隧道成为其联系浦西堆场及出省的唯一通道,高峰时每小时交通流量达到 1.1 万 PCU,饱和度已超过 1,拥堵极为严重;洋山港进出集装箱车辆日均达 1.1 万辆,其对外唯一通道为东海大桥,高峰时每小时 PCU 流量为 0.23 万辆,由于这条通道是进出洋山港的唯一通道,因此一旦出现意外的情况,极易出现交通堵塞。此外,公路集装箱卡车还会产生大量碳排放,严重污染了上海的城市空气环境,不利于上海向低碳化、绿色化的国际航运中心发展。

针对以上问题与挑战,上海港和上港集团也一直在积极应对。其中重要的应对策略和措施便是依托长江内支线和长三角内河航道,大力开展内河水-水中转多式联运。上海港的货源地主要是江苏省和浙江省。2014 年,上海港已经分别与江苏省的太仓港和浙江省的安吉港实现合作,利用太仓港-洋山港和安吉港-外高桥的内河驳船运输分流原先江浙地区通过公路运输直接到达上海港的流量,然而目前上海港与江浙内河港口的合作才刚刚开始,内河驳船航线也尚未形成网络。

本文认为,大力开展内河水-水中转对促进上海港进一步发展、调整上海港集疏运比例、减少上海市碳排放量和缓解上海市公路拥堵等方面均起到了重要作用。因而,上海港应当进一步发展内河水-水中转,建设完善公路-内河相结合的集疏运网络。

本文将分析内河水-水中转集疏运模式对上海港的价值。本文结构如下:第一节将回顾国内外已有的内河运输相关的学术研究成果,第二节提出内河水-水中转流量分配模型及经济和社会效应计算方法,第三节基于太仓港和安吉港案例进行数值分析,第四节为总结和建议。

## 1 现有研究回顾

目前,国内外学者对于内河集装箱多式联运取得了一定的研究成果。

鹿特丹港是国外开展多式联运最为成功的国际港口之一。Behdani(2014)回顾了鹿特丹港包含铁路、内河和公路的多式联运集疏运体系,提出应该设计和发展协同多式联运体系。Kuipers(2010)分析了连接鹿特丹港的几条公路通道的拥堵状况,提出应大力发展内河驳船运输以缓解拥堵状况。Pielage(2007)分析并设计了鹿特丹港内河驳船的运营体系。Zhang(2009)通过对比上海港和鹿特丹港内河航运基础设施建设和运营情况,指出了上海港目前多式联运的发展程度和鹿特丹港相比存在较大差距。

国内相关研究中,陈飞儿(2006)分析了上海市内河现状,提出内河集疏运网络优化方案。张凌(2013)通过比较内河运输和公路运输的成本来分析内河集装箱运输的竞争力。周凯捷(2014)从运营层面分析了内河运输市场情况,以及运营时应当配备的船型。姚国梁(2010)从发展水平、协调水平和持续水平的角度建立了内河集装箱多式联运综合评价的指标体系,并应用 AHP-Fuzzy 评价方法进行了定量评价。

然而已有的研究存在如下不足:(1)没有从货主和市场竞争的角度来分析内河运输在整个运输体系中的分担率;(2)没有从上海港可持续发展的角度分析内河运输对减少碳排放和缓解上海市公路拥堵状况的重大战略意义。

## 2 内河水-水中转流量分配模型

### 2.1 包含内河水-水中转在内的上海港多式联运网络

作为国际枢纽港,上海港的直接经济腹地是长三角地区,间接经济腹地是江西、湖北、湖南、河南、陕西、四川等省。

作为上海港直接经济腹地的长三角地区,货物前往上海港出口,主要通过公路直达运输,也有部分通过铁路或水路转运。近年来,上海港与部分内河港通过业务合作和资本合作,实现了以上海港为母港、内河港为喂给港的运营模式。内河港整合了原本在上海港进行的海关、检验、存放等操作和功能,缓解了上海港的作业压力,也为客户提供了便利。顾客在内河港内可以如同在上海港那样直接取/送进出口货物,内河水-水中转模式的发展也为长三角地区货物运输到上海港提供了一种新的选择方式。

一般地,本文研究的是内河水-水中转模式对国际枢纽港的影响,为此选取国际枢纽港的国际门户港区、特定的内河喂给港,以及喂给港对应的国际枢纽港货源地为网络节点,构建国际枢纽港多式联运网络,如图 1 所示。

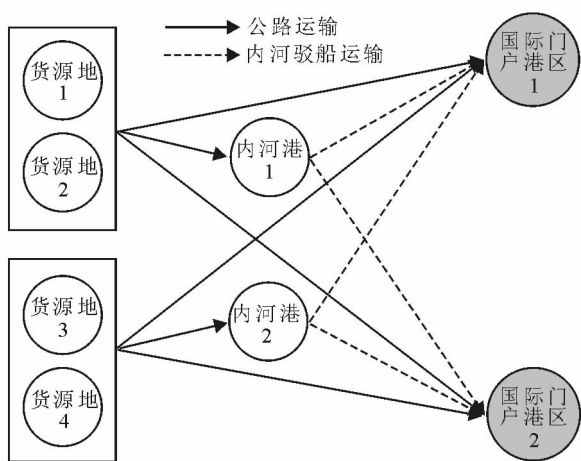


图 1 包含内河水-水中转在内的国际枢纽港多式联运网络

在选取的国际枢纽港多式联运网络中,货源地前往国际门户港区有两种运输方案:(1)公路直达运输;(2)公路运输到内河喂给港,再从内河喂给港搭载内河驳船到达国际门户港区。货源地是货物运输

的起点,国际门户港区是货物运输的终点。不同的运输起点和终点构成不同的 O-D 对,不同的 O-D 对所对应的内河喂给港不一定相同。为简单起见,本文暂不考虑网络外部性的影响,每个 O-D 对其对应的内河喂给港构成各个独立的子网络。

### 2.2 基于 Logit 模型的子网络流量分配模型

如上节所述,本文不考虑网络整体的外部性,从而每一个 O-D 对其对应的内河喂给港构成独立的子网络。本节将针对每个 O-D 对构成的独立子网络进行流量分配。

设独立子网络中,货物运输需求为  $Q$ ,内河港根据现有港口条件和驳船条件所能承担的最大运量为  $Q_c$ 。货源地前往国际门户港区,第 1 种运输方案为公路直达运输,第 2 种运输方案为先公路运输到内河港,再搭载内河驳船到国际门户港区。

从托运人和货代等集装箱用户的视角来看,这两种方案提供相似但不完全同质的服务。托运人和货代将根据这两种方案的效用值来决定选择哪种方案。影响运输方案效用值的确定性因素主要有三个:运输总费用、运输总时间和运输可靠性和便捷性。

效用函数如下:

$$U_i = V_i + \epsilon_i \tag{1}$$

$$V_i = \theta(C_i + \alpha * t_i + A_i) \tag{2}$$

其中: $V_i$  为确定性效用; $\epsilon_i$  为随机效用; $\theta$  为总费用因数; $C_i$  为第  $i$  种运输方案的运输总费用,包含运输过程费用和中转费用; $t_i$  为第  $i$  种运输方案的运输总时间,包括运输时间和中转等待时间; $\alpha$  为时间价值因数; $A_i$  是运输方案的安全性和便捷性的补偿成本,运输方案越安全和便捷,补偿成本越低; $C_i + \alpha * t_i + A_i$  为广义运输总成本。

用户根据两种方案的效用值来决定选择哪一种方案。用户选择方案  $i$  的概率为

$$P_i = P(U_i \geq U_j) \tag{3}$$

麦克法登教授(1973)在理论上证明了当  $\epsilon_i$  符合二重指数分布时,

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}} \tag{4}$$

即为 Logit 选择模型,其中  $P_i$  表示运输方案  $i$  的分担率或市场份额。

在内河港具有最大运输能力约束  $Q_c$  的条件下,内河港所能吸引的流量为

$$Q_2 = \min(P_2 Q, Q_c) \tag{5}$$

公路直达运输的流量为

$$Q_1 = Q - Q_2 \tag{6}$$

Logit 模型涉及的各项参数计算方法说明如下:

### (1) 运输总费用

公路集装箱运输费用(含装卸费):根据交通部 1987 年颁布的《国际集装箱汽车运输费收规则》、1990 年 4 月上海市交通运输局公布的《整顿本市汽车运价》,以及中铁设计院 2012 年 11 月撰写的《推进上海港集装箱海铁联运与交通节能效应》报告,公路集装箱运输费用计算公式及参数如下:

$$F_{road} = (C_{road} + \gamma) * L_{road} + 2\alpha_1 + \alpha_2 \quad (7)$$

其中: $F_{road}$  为公路集装箱运输费用; $C_{road}$  为公路每箱公里运费(20 英尺箱子为 4.0 元/箱公里); $\gamma$  为集卡高速公路通行费(20 英尺箱子为 1.2 元/箱公里); $L_{road}$  为集卡运输里程; $\alpha_1$  为装卸费(20 英尺箱子为 60 元/箱); $\alpha_2$  为箱次费(20 英尺箱子为 40 元/箱)。

内河集装箱穿梭驳船运输费用(含装卸费):根据实地走访,目前上港集团使用的是容量为 250TEU 的穿梭驳船。对穿梭驳船收取的是驳运包干费,其中包含了驳运费和码头装卸费用。

容量为 250TEU 的内河集装箱船(太仓港-洋山港驳运时使用),单箱集装箱运输费用及参数如下:

$$F_{river} = C_{river} * L_{river} + \alpha \quad (8)$$

其中: $F_{river}$  为内河驳运费; $C_{river}$  为内河运费率(20 英尺箱为 0.6756 元/箱公里); $\alpha$  为驳运两岸码头装卸费(20 英尺箱为 250 元/箱);

容量为 48TEU 的内河集装箱船(安吉港-外高桥驳运时使用)装卸费用不变,单位距离运输费用比 250TEU 的船上浮 30%。

### (2) 运输总时间

公路集装箱运输时间:根据中铁设计院 2012 年 11 月撰写的《推进上海港集装箱海铁联运与交通节能效应》报告以及公路承运人访谈,公路集装箱运输时间计算公式及参数如下:

$$t_{road} = \frac{L_{road}}{S_{road}} + t_{waiting} \quad (9)$$

其中: $t_{road}$  为公路集装箱运输总时间(小时); $L_{road}$  为公路运输总里程(公里); $S_{road}$  为公路运输平均速度(公里/小时),取 50 公里/小时; $t_{waiting}$  为公路集装箱运输拥堵和排队时间(拥堵和排队主要发生在进入港区前的公路路段,前往外高桥的取 5 小时,前往洋山港的取 2 小时)。

内河集装箱运输时间:根据上港集团实地调研和访谈,内河运输时间及计算公式如下:

$$t_{river} = \frac{L_{road}}{S_{road}} + t_{waiting} \quad (10)$$

其中: $t_{river}$  为内河集装箱运输总时间(小时); $L_{river}$  为内河运输总里程(公里); $S_{road}$  为内河运输平均速度(内河运输速度为 11 节,约合 20 公里/小时); $t_{waiting}$  为内河集装箱运输装卸等待时间。

### (3) 其他参数

根据 Michiel Minderhoud(2011) 等学者的研究,总费用因数  $\theta$  值取 -0.0045 时,能最准确地反映广义运输总成本和效用值的关系。

根据孟强(2011)等学者的已有研究,结合市场调研,前往外高桥的近洋出口货物时效性要求较高, $\alpha$  取 30 元/小时,前往洋山港的远洋出口货物时效性要求相对较低,取 15 元/小时。

根据市场调研,公路直达运输的时效性和可靠性较好,故取  $A_1 = 0$ ,而内河水-水中转由于运转尚不成熟,在时效性和可靠性方面略有不足,故取  $A_2 = 100$ 。

## 2.3 公路运输流量转移的经济、社会效益分析

内河水-水中转模式为江苏和浙江省出口货物运输到上海港提供了新的选择,能分流掉一部分原先通过公路直达运输到上海港的流量,为全社会带来了经济和社会价值。

经济价值主要体现在降低全社会的物流总成本方面。物流成本计算方法见 2.2 节,其中内河运输的单位运输成本远低于公路运输。

社会价值主要体现在降低全社会的运输碳排放量和缓解上海港周边公路的拥堵状况方面。

根据毛晓颖(2013)的相关研究,公路货运能耗系数为 0.04795 千克/吨公里,内河水运能耗系数为 0.01733 千克/吨公里。内河水运的单位能耗仅为公路货运能耗的 1/3。

根据卢玮(2011)的相关研究,公路集装箱运输量转移所引起的日均集卡交通减少量按下式计算:

$$\Delta AADT = \frac{ET \times \Delta TJ}{AJ \times (1 - \alpha) \times 365} \quad (11)$$

其中: $\Delta AADT$  为日均集卡交通减少量(pcu/d); $ET$  为车辆换算系数(整箱集卡取 4); $\Delta TJ$  为年公路集装箱转移量(TEU); $AJ$  为每辆集卡的平均装箱量(单位 TEU,取值 1.86); $\alpha$  为集卡单程的空驶比例,近期取值 0.2,远期取值 0.1。

## 3 太仓港和安吉港案例数值分析

上海港自 2014 年以来,积极拓展内河水-水中转业务,取得了不错的成效。上海港目前开通了太仓港-洋山港、安吉港-外高桥、安吉港-洋山港的穿梭驳船业务,为江苏和浙江出口货物运输到上海港提

供了新的选择。其中,太仓港-洋山港航线主要使用了长江航道,安吉港-外高桥、安吉港-洋山港航线主要使用了长三角内河航道。

### 3.1 太仓港案例分析

太仓港地处长江和沿海开放交汇处,拥有 38.8 公里的长江岸线,以及-12.5 米的深水航道,是江苏仅有、中国难得、世界少见的天然良港。

2014 年初,太仓港与上海港成功签署了战略合作框架协议,双方合作经营太仓港集装箱三期码头下游两个泊位。2014 年 7 月 21 日,太仓港开辟了每 8 小时一班至洋山港的“定点、定时、定线、定航次、定价”穿梭驳船业务,主要经营重庆、武汉等长江中上游地区和江苏苏南地区外贸集装箱中转业务。这也是上海港积极利用长江内支线拓展水-水中转业务的典型案例。

太仓港所对应的上海港货源腹地主要是苏州市。苏州市是上海港重要的出口货源地之一。苏州市拥有九大出口加工区,主要出口货种有高精机电仪器、电子产品、服装等。根据相关调研,2014 年苏州地区通过洋山港出口的外贸集装箱箱量为 91 万 TEU。

为便于计算,统一假设货物出口的出发地为苏州市。太仓港-洋山港穿梭驳船业务开通后,苏州经由洋山港出口货物将有如图 2 所示的两条运输路线:

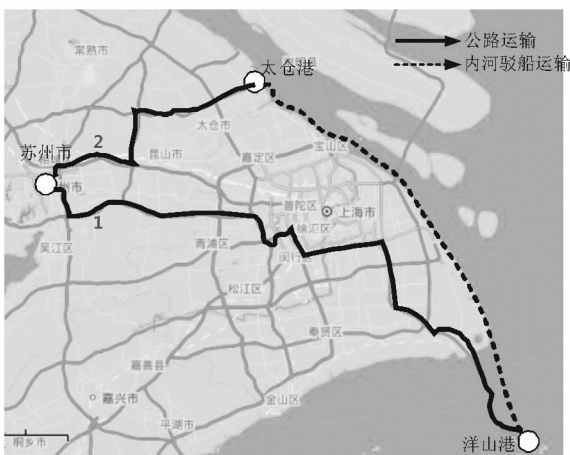


图 2 苏州-洋山港两种运输方案路线

线路 1 对应的是全程公路直达运输。苏州的货物进入上海境内后主要通过 S20 外环高速公路和 G1501 绕城高速进行运输,行驶路线依次为 G42 京沪高速—S20 外环高速—S2 沪芦高速—东海大桥。

线路 2 对应的是公路和驳船结合的多式联运。苏州的货物公路运输到太仓港,再通过穿梭驳船送至洋山港出口。

根据 2.2 和 2.3 节的计算公式,可以得出 1 个 20 英尺标准集装箱从苏州到洋山港,采用公路直达运输和公-水多式联运各自对应的运输费用、运输时间、运输碳排放量和市场份额,如表 1 所示。

表 1 太仓港-洋山港两种运输方案对应的参数

运输方案	运输费用/ 元	运输时间/ 小时	碳排放量/ 千克	理论市场 份额/%
公路直达运输	1274	9.3	205.5	46.8
公-水多式联运	1035	16.6	163.3	53.2

由表 1 可知,内河水-水中转方案和公路直达运输方案相比,虽然运输时间较长,但运输成本每标准箱能便宜 200 元,便宜比率达到 16%,这对于对运输时间并不十分敏感的远洋货主来说,具有很大的吸引力。

根据表 1,利用 Logit 模型计算出的公-水联运方案的市场份额为 53.2%,即对于苏州前往洋山港的 91 万 TEU 出口箱源来说,理论上能有近 50 万 TEU 选择公-水多式联运。考虑到太仓港港口的实际运营能力和穿梭驳船的运营能力有限,目前太仓港开行的每天 3 班、每周 21 班、每班 300TEU 的穿梭驳船业务,每年只能消化约 16 万 TEU 来自苏州地区的出口箱源,从而太仓港每年实际能吸引约 16 万 TEU 的货量前来中转。货量转移情况如图 3 所示。

太仓港-洋山港的驳船业务投入运营后,苏州市每年预计将有 16 万 TEU 出口集装箱采用内河水-水中转模式前往洋山港。根据 2.3 节,可以计算得到内河水-水中转模式所带来的经济和社会效益情况,如表 2 所示。

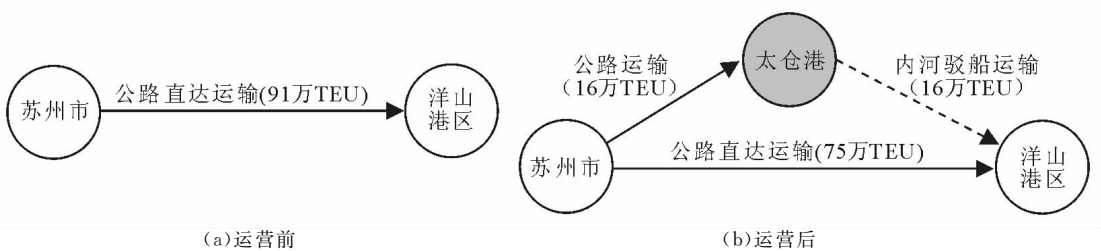


图 3 太仓港水-水中转模式引起的货量转移情况

表 2 太仓港内河水-水中转带来的经济和社会效益情况

指标	减少量	减少的比例/%
运输总成本/年	3823.85 万元	3.3
碳排放/年	6756 吨	3.6
集卡流量/天	754 辆	6.8

由表 2 可知,依托太仓港的内河水-水中转模式所带来的经济和社会效益巨大,每年可以降低 3.3% 的物流总成本,减少 3.6% 的碳排放量。此外,内河水-水中转模式减少了公路直达洋山港的流量,引起的每日集卡流量减少量达到总流量的 7%,对洋山港周边 S20 和 G15 等路段的拥堵状况有着明显的缓解作用。

### 3.2 安吉港案例分析

安吉港位于浙江省湖州市安吉县,拥有沿河岸线 265 米,设有 500 吨级集装箱船泊位 5 个,年设计吞吐量为 20 万 TEU,具备海关及检验检疫监管功能、船务代理功能、订舱与提单签发功能、报关及报检功能、集装箱堆场功能。

2014 年 7 月 16 日,安吉港与上港集团合资成立的安吉上港国际港务有限公司正式挂牌。安吉港

目前拥有 7 艘 36 标箱和 16 艘 48 标箱的运输船舶,开通了平均每天 4 班,往返安吉港和外高桥的内河驳船运输业务。

安吉港对应的上海货源腹地主要是浙北的安吉县、德清县和皖南的广德县。根据相关调研,2014 年浙北和皖南地区的出口总箱量为 13.2 万 TEU,按照前往外高桥和洋山港 6:4 的比例,通过外高桥出口的外贸集装箱箱量为 8 万 TEU,通过洋山港出口的外贸集装箱箱量为 5.2 万 TEU,对应的主要出口货种为竹制品、木制品、家具、服装、纸张和电子产品。其中,竹制品产业是安吉县的特色产业。安吉县得天独厚的自然环境和丰富的竹业资源成就了该县发达的竹制品产业,这里制造的竹地板、竹家具、竹日用品、竹工艺品等畅销全球,每年出口的各种竹制品货值达 2.4 亿美元。

为便于计算,统一假设货物出口的出发地为安吉县。

安吉港-外高桥内河驳船业务开通后,安吉县经由外高桥进出口货物将由如图 4 所示的两条运输路线进行运输。



图 4 安吉县-外高桥两种运输方案路线

线路 1 对应的是全程公路直达运输。安吉的货物进入上海境内后通过 S20 外环高速公路到达外高桥。

线路 2 对应的是公路和驳船结合的多式联运。安吉的货物经公路运输到安吉港,再通过内河驳船,经由梅湖线航道、长湖申线内河航道和黄浦江送至外高桥出口。

安吉港-外高桥内河驳船业务开通后,安吉县经由洋山港进出口的货物将有如图 5 所示的两条运输路线:线路 1 对应的是全程公路直达运输。安吉的

货物进入上海境内后通过 G15 高速公路和东海大桥到达洋山港。线路 2 对应的是公路和驳船结合的多式联运。安吉县的货物经公路运输到安吉港,再通过内河驳船,经由梅湖线航道、长湖申线内河航道和黄浦江送至外高桥,再搭乘外高桥-洋山港的穿梭驳船到达洋山港。

根据 2.2 和 2.3 节的计算公式,可以得出 1 个 20 英尺标准集装箱从安吉县到外高桥,采用公路直达运输和公-水联运各自对应的运输费用、运输时间、运输碳排放量和市场份额如表 3 所示。

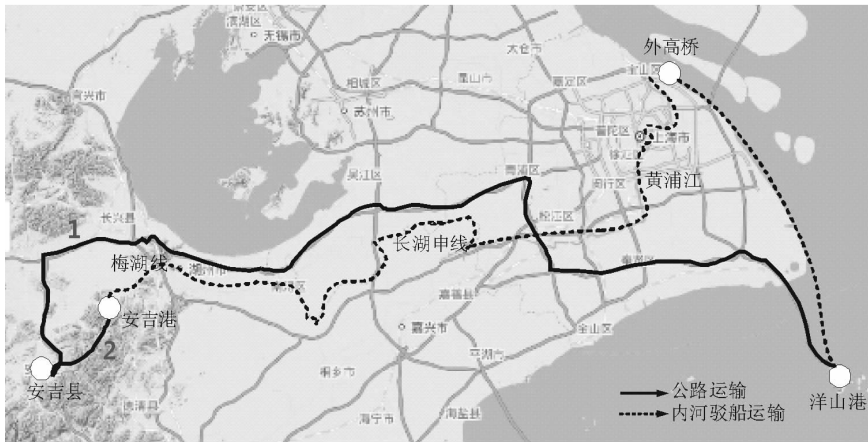


图 5 安吉县-洋山港两种运输方案路线

表 3 安吉县-外高桥两种运输方案对应的参数

运输方案	运输费用/ 元	运输时间/ 小时	碳排放量/ 千克	理论市场 份额/%
公路直达运输	1465	10	240.8	25.2
公-水联运	699	24	103.1	74.8

由表 3 可知,公-水联运方案和公路直达运输方案相比,虽然运输时间较长,但运输成本每标准箱能便宜 765 元,便宜比率达到 52.2%。

根据 2.2 和 2.3 节的计算公式,可以得出 1 个 20 英尺标准集装箱从安吉县到洋山港,采用公路直达运输和公-水联运各自对应的运输费用、运输时间、运输碳排放量和市场份额,如表 4 所示。

表 4 安吉县-洋山港 两种运输方案对应的参数

运输方案	运输费用/ 元	运输时间/ 小时	碳排放量/ 千克	理论市场 份额/%
公路直达运输	1842	11.5	310.1	24.8
公-水联运	1079	39.2	154.5	75.2

由表 4 可知,内河水-水中转方案和公路直达运输方案相比,虽然运输时间较长,但运输成本每标准箱能便宜 763 元,便宜比率达到 41.4%。

根据表 3 和表 4,安吉县前往外高桥的 8 万 TEU 出口箱源,理论上能有近 5.98 万 TEU 选择内河水-水中转,安吉县前往洋山港的 5.2 万 TEU 出口箱源,理论上能有 3.91 万选择内河水-水中转,总计货量近 10 万 TEU。

考虑到安吉港港口的实际运营能力和内河驳船的运营能力限制,目前安吉港开行每天 4 班、每周 28 班、每班 48TEU 的内河驳船业务,每年只能消化约 7 万 TEU 的出口集装箱。从而,安吉港每年实际能吸引 7 万 TEU 的货量前来中转,其中前往外高桥的货量为 4.2 万 TEU,前往洋山港的货量为 2.8 万 TEU。货量转移情况如图 6 所示。

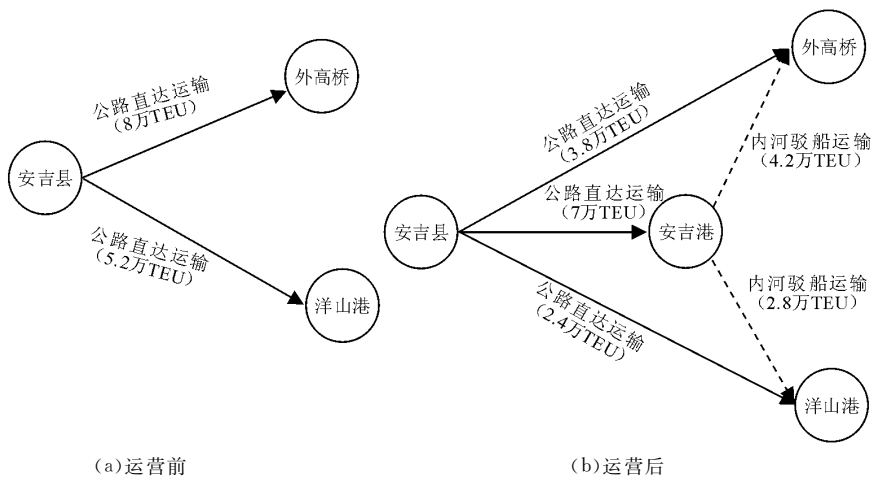


图 6 安吉港水-水中转模式引起的货量转移情况

安吉港-外高桥的驳船业务投入运营后,安吉县每年预计将有总计 7 万 TEU 的出口集装箱采用内河水-水中转模式前往外高桥和洋山港。根据 2.3

节,可以计算得到内河水-水中转模式所带来的经济和社会效益情况,如表 5 所示。

表 5 安吉港内河水-水中转带来的经济和社会效益情况

	减少量	减少的比例/%
运输总成本/年	5354.77 万元	25.13
碳排放/年	10139 吨	28.6
集卡流量/天(至外高桥)	197.9 辆	1
集卡流量/天(至洋山港)	131.9 辆	1.2

由表 5 可知,依托安吉港的内河水-水中转模式所带来的经济和社会效益巨大,每年可以降低当地货主 25.13% 的物流总成本,减少 28.6% 的碳排放量。此外,内河水-水中转模式减少了公路直达外高桥的流量,引起的每日集卡流量减少量达到总流量的 1%,对外高桥周边 S20 等路段的拥堵状况起到了一定的缓解作用;减少了公路直达洋山港的流量,引起的每日集卡流量减少量达到总流量的 1.2%,对 G15 和东海大桥等路段的拥堵状况起到一定的缓解作用。

## 4 结论

本文在暂不考虑网络外部性的情况下,建立了 Logit 流量分配模型,分析了内河水-水中转模式对集疏运系统中公路直达运输流量的分流作用,并评估了分流作用带来的经济和社会效益。分析表明:

(1)开展内河水-水中转对降低社会物流总成本有重要作用。

数值计算表明:太仓港的内河水-水中转业务每年能为苏州地区到上海港的货物出口节省 3.3% 的物流总成本,安吉港的内河水-水中转业务每年能为浙北、皖南地区到上海港的货物出口节省 25.13% 的物流成本,这对货主和整个社会来说是一个双赢的结果。

(2)开展内河水-水中转对减少社会物流碳排放量有重要作用。

数值计算表明:太仓港的内河水-水中转业务每年能减少苏州地区到上海港的货物出口碳排放量的 3.3%,安吉港的内河水-水中转业务每年能减少浙北、皖南地区到上海港的货物出口碳排放量的 28.6%,这对社会的可持续发展起到了重要作用。

(3)开展内河水-水中转对缓解上海港周围公路的拥堵状况有重要作用。

数值计算表明:太仓港的内河水-水中转业务分流了洋山港周边公路每日流量的 7%,安吉港的内河水-水中转业务分流了外高桥周边公路每日流量的 1%,洋山港周边公路每日流量的 1.2%,这对缓解上海港区周围的交通拥堵状况起到重要作用。

内河水-水中转模式能为上海港带来重要的经济和社会价值,上海港应该继续现有战略,积极建设高效连接上海的内河水-水转运网络,加强与长三角内河港的合作并将其建设为服务于上海港的喂给

港,积极开辟内河港到上海港的内河航线,从而最大程度发挥上海港作为国际枢纽港的重要货运作用,在国家“一带一路”倡议和“长江经济带”战略中发挥自身的最大价值。

对于内河水-水中转的流量分配问题,今后的进一步研究可以考虑网络的外部性,从而得出更为精确和切合实际的分配结果。

## 参考文献:

- [1] BEHDANI B, FAN Y, WIEGMANS B, et al. Multimodal schedule design for synchromodal freight transport systems [J]. Available at SSRN 2438851, 2014.
- [2] KUIPERS B. Transitions in the global container system[C]//Port Infrastructure Seminar 2010, Delft, The Netherlands, 2010. TU Delft: Section Hydraulic Engineering, 2010.
- [3] PIELAGE B J, KONINGS R, RIJSENBRIJ J, et al. Barge hub terminals: A perspective for more efficient hinterland container transport for the Port Rotterdam [C]//48th Annual Transportation Research Forum, Boston: Boston University, 2007: 19-27.
- [4] ZHANG M, WIEGMANS B, TAVASSZY L A. A comparative study on port hinterland intermodal container transport: Shanghai and Rotterdam[J]. 2009.
- [5] 陈飞儿, 张仁颐. 上海港集装箱内河集疏运网络优化[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40(6): 1019-1023.
- [6] 张凌, 翟剑峰, 朱智敏. 苏锡常地区集装箱运输成本比较[J]. 水运管理, 2011, 33(7): 15-17.
- [7] 周凯捷. 长江干线集装箱运输市场及船型问题研究[D]. 大连:大连海事大学, 2014.
- [8] 姚国梁. 内河集装箱运输可持续发展综合评价研究[J]. 物流技术, 2010, 29(19): 14-16.
- [9] MCFADDEN D. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior[J]. 1973.
- [10] 中华人民共和国交通部. 国际集装箱汽车运输收费规则[Z]. 1987.
- [11] 上海市交通运输局. 整顿本市汽车运价[Z]. 1990.
- [12] 中铁设计院. 推进上海港集装箱海铁联运与交通节能效应[R]. 2012.
- [13] TAVASSZY L, MINDERHOUD M, PERRIN J F, et al. A strategic network choice model for global container flows: Specification, estimation and application[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(6): 1163-1172.
- [14] WANG X, MENG Q. The impact of landbridge on the market shares of Asian ports[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2011, 47(2): 190-203.
- [15] 毛晓颖. 基于低碳视角的上海港集装箱多式联运中转站布局优化研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2013.
- [16] 卢玮, 严晓雯, 卢春霞. 长三角集装箱公路运输与水陆联运比较[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2013, 32(2): 274-279.