

# Research on NTOCC's Choice of Transportation Methods

Qian Guo<sup>1,2</sup>, Zikui Lin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing

<sup>2</sup>The Lab of Logistics Management and Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing

Email: guoqianbjtu@163.com

Received: Feb. 16<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 1<sup>st</sup>, 2018; published: Mar. 12<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

For NTOCC (non-truck operating common carrier), efficient organization for multiple modes of transport can reduce costs. From the perspective of NTOCC, this paper studies the choice of different modes of transport in multi-modal transport from four aspects: Transport cost, transit cost, time penalty cost and transportation safety cost. Taking into account capacity constraints, time constraints, the unit cost of different modes of transport and transport speed, we build the model with the lowest total cost, and solve with lingo10. The results show that the mode of transport options can effectively reduce costs.

## Keywords

NTOCC (Non-Truck Operating Common Carrier), Multimodal Transport, Transport Choice, Lingo10

---

# 无车承运人的运输方式选择研究

郭 倩<sup>1,2</sup>, 林自葵<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>北京交通大学经济管理学院, 北京

<sup>2</sup>北京交通大学物流管理与技术北京市重点实验室, 北京

Email: guoqianbjtu@163.com

收稿日期: 2018年2月16日; 录用日期: 2018年3月1日; 发布日期: 2018年3月12日

---

## 摘 要

对于无车承运人来说, 有效的进行多种运输方式的组织可以降低成本。本文站在无车承运人的角度, 从运输成本、中转成本、时间惩罚成本和运输安全成本四个方面研究多式联运中不同运输方式的选择, 考

虑了不同路段之间的运力限制、时间限制, 考虑了不同运输方式的单位成本、运输速度等, 以总成本最低为目标建立模型, 并用lingo10求解。结果表明, 该模式下的运输方式的选择可以有效的降低成本。

## 关键词

无车承运人, 多式联运, 运输方式选择, Lingo10

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2016年8月29日交通部发布了《关于推进改革试点 加快无车承运物流创新发展的意见》, 明确规定无车承运存在的条件和法律地位, 为促进物流货运行业的转型升级和提质增效创造了政策环境。试点的主要目的是期望无车承运人这种组织模式能够释放中国隐藏在地下的庞大的司机群体, 实现组织的效率化和资源的无缝对接, 真正解决物流行业的多年顽疾。通过去中间化, 缩短交易的次数, 实现各种等待时间的优化, 实现真正意义的组织集约化的提升等。无车承运人指的是不拥有车辆而从事货物运输的个人或单位。对于真正的托运人来说, 其是承运人; 但是对于实际承运人而言, 其又是托运人。无车承运一般不从事具体的运输业务, 只从事运输组织、货物分拨、运输方式和运输线路的选择等[1]。无车承运人作为物流行业一种创新的发展模式, 对于提升物流服务能力, 推进物流供给侧结构性改革, 促进物流业“降本增效”具有重要意义。

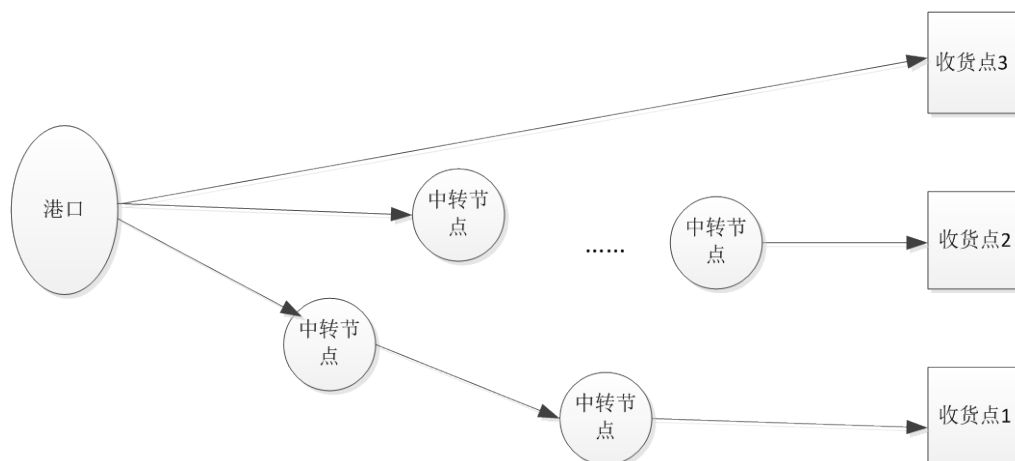
在运输方式的选择研究中, 大多数学者是站在第三方的角度来研究。王薇、张小东(2009)考虑了时间约束和运力限制, 构建了虚拟运输网络图, 并建立了运输方式组合的优化模型[2]; 谢海红(2011)研究了公铁联运中的路径优化问题, 考虑了运输中的运输费用、包装和储存费用, 并以总费用最低建立模型, 从而根据不同需求制定运输方案, 降低成本[3]; 乔新宇(2015)分析了多式联运运输中的影响因素, 明确了内部和外部成本, 建立了软时间窗的混合整数规划模型, 并具体列出了各种成本的核算方法, 得到了不同情况下运输方式的选择等[4]。

无车承运人跟普通第三方物流的区别在于其组织者的身份, 普通第三方物流企业只能从事单一方式的运输。无车承运人可以对运输的全过程进行组织, 尤其是多式联运的运输组织, 包括运输路径的选择、运力的调度、中转点的选择, 运输过程中的监控等。无车承运人对于货主来说, 是承运人。其本身利润, 为与货主协定的价格减去本身运输组织所发生的费用。本身组织运输所花费的费用越低, 无车承运人的利润越高。无车承运人在组织运输中, 不仅要协调各实际承运人, 还要根据不同的路线协调多种运输方式。本文站在无车承运人的角度, 对运输方式的选择进行研究, 以达到成本最低。

## 2. 问题描述与模型

### 2.1. 问题描述

某无车承运人要将其客户在港口的货物运送到客户的各个工厂, 客户的价格已经在实际运输前和无车承运人协商好。由于无车承运人拥有组织“实际承运人”运输的权利, 其考虑如何在满足客户要求的基础上, 合理的组织运力、分配运量、调度车辆, 使得总运输组织成本最低。从港口到各收货点的运输流程见图 1。港口的货物的运输路径一般分为两种。一种是从港口可直接把货物由公路运输到收货点,



**Figure 1.** Port cargo transport routes  
**图 1.** 港口货运运输路线

实现“门对门”的运输，但是对于一些里程较长、运量较大的货物，公路运输成本也相对较高；另外货物可以从港口通过公路运输到中转节点，然后进行铁路运输、水路运输、航空运输等到相应的货运站、码头、机场等，最后再由公路运输到最终的收货点。

## 2.2. 模型的假设

- 1) 将无车承运的成本分为运输成本、中转成本、延迟惩罚成本、运输安全成本[4]四部分。
- 2) 两节点之间只能用一种运输方式运输。
- 3) 一个中转节点只能进行一种运输方式的转换。
- 4) 在中转节点进行转化时，既不发生破损，货运量也不会改变。

## 2.3. 参数说明

$C_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点采用 $a$ 种运输方式的单位运输成本
$C_i^{ab}$	在 $i$ 点由 $a$ 种运输方式转为 $b$ 种运输方式的单位中转成本
$L_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点采用 $a$ 种运输方式的运输距离
$q_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点采用 $a$ 种运输方式的运量
$q_i^{ab}$	在 $i$ 点由 $a$ 种运输方式转为 $b$ 种运输方式运量
$Q_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点 $a$ 运输方式的最大运力
$S^a$	$a$ 种运输方式的运输安全成本
$C_t$	惩罚成本
$C_0$	单位惩罚成本
$t_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点采用 $a$ 种运输方式的运输时间
$v_{ij}^a$	从 $i$ 点到 $j$ 点采用 $a$ 种运输方式的运输速度
$t_i^{ab}$	在 $i$ 点由 $a$ 种运输方式转为 $b$ 种运输方式的运输时间
$t$	总运输时间
$T$	客户要求时间
$Q_m$	$m$ 个需求点
$A$	共有 $A$ 种运输方式

$$x_{ij}^a = \begin{cases} 1 & \text{当 } i \text{ 地到 } j \text{ 地之间采取 } a \text{ 种运输方式时} \\ 0 & \text{当 } i \text{ 地到 } j \text{ 地之间不采取 } a \text{ 种运输方式时} \end{cases}$$

$$y_i^{ab} = \begin{cases} 1 & \text{当 } i \text{ 地由 } a \text{ 种运输方式转为 } b \text{ 种运输方式} \\ 0 & \text{当 } i \text{ 地由 } a \text{ 种运输方式不转为 } b \text{ 种运输方式} \end{cases}$$

## 2.4. 模型

$$Z = \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \sum_{a \in A} C_{ij}^a L_{ij}^a q_{ij}^a x_{ij}^a + \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \sum_{a \in A} C_i^{ab} q_i^{ab} y_i^{ab} + C_t + \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \sum_{a \in A} x_{ij}^a S^a \quad (1)$$

$$C_t = \begin{cases} 0 & t \leq T \\ C_0(t-T) & t > T \end{cases} \quad (2)$$

$$t = \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \sum_{a \in A} t_{ij}^a + \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \sum_{a \in A} t_i^{ab} \quad (3)$$

$$t_{ij}^a = L_{ij}^a / v_{ij}^a \quad (4)$$

$$\sum_{a \in A} x_{ij}^a = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{a \in A} \sum_{b \in B} y_i^{ab} = 1 \quad (6)$$

$$q_{ij}^a \leq Q_{ij}^a \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^a = \sum_{k=1}^n x_{jk}^a \quad (8)$$

$$C_{ij}^a, L_{ij}^a, q_{ij}^a, v_{ij}^a, C_i^{ab}, q_i^{ab}, t_i^{ab}, S^a, Q_{ij}^a > 0 \quad (9)$$

1) 是目标函数, 由运输成本、中转成本、时间惩罚成本和运输安全成本构成。2) 是时间惩罚成本的计算方法。当总运输时间小于客户要求时间, 时间惩罚成本为 0。当总运输时间大于客户要求时间, 时间惩罚成本为单位惩罚成本与延迟时间的乘积。3) 指总时间包括运输时间和中转时间。4) 运输时间等于运输距离除相应运输方式的运输速度。5) 指两个中转点之间只采用一种运输方式。6) 指一个中转节点只能进行一种运输方式的转换。7) 表示在  $i-j$  阶段  $a$  种运输方式的运量不超过其运力限制。8) 在中转节点转运时运入量等于运出量, 保证了运输的连续性。9) 表示各种参数大于 0。

## 3. 模型求解

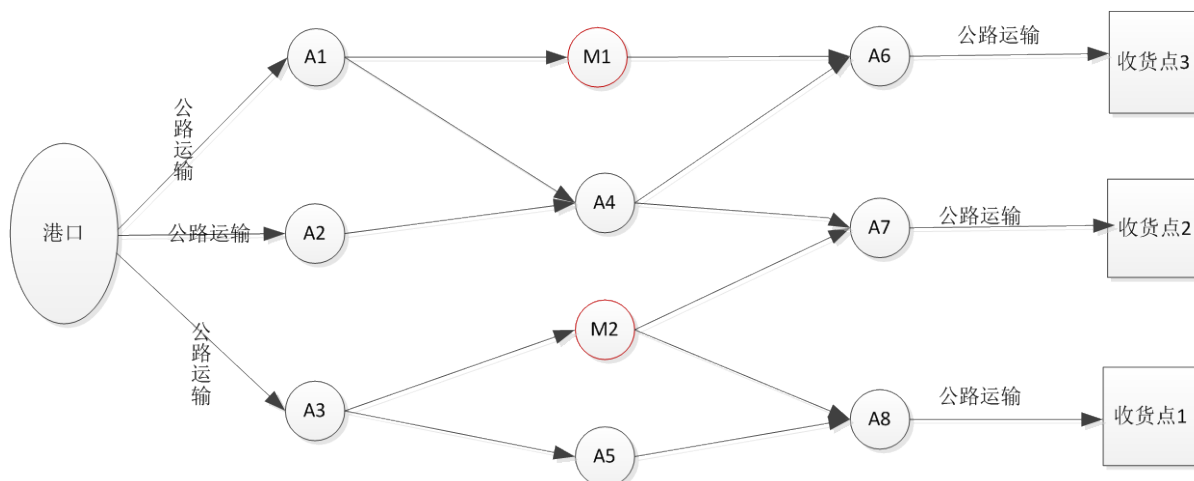
通过虚拟模型所优化的网络, 用数学规划软件 lingo10 求解。

### 3.1. 假设的运输网络图

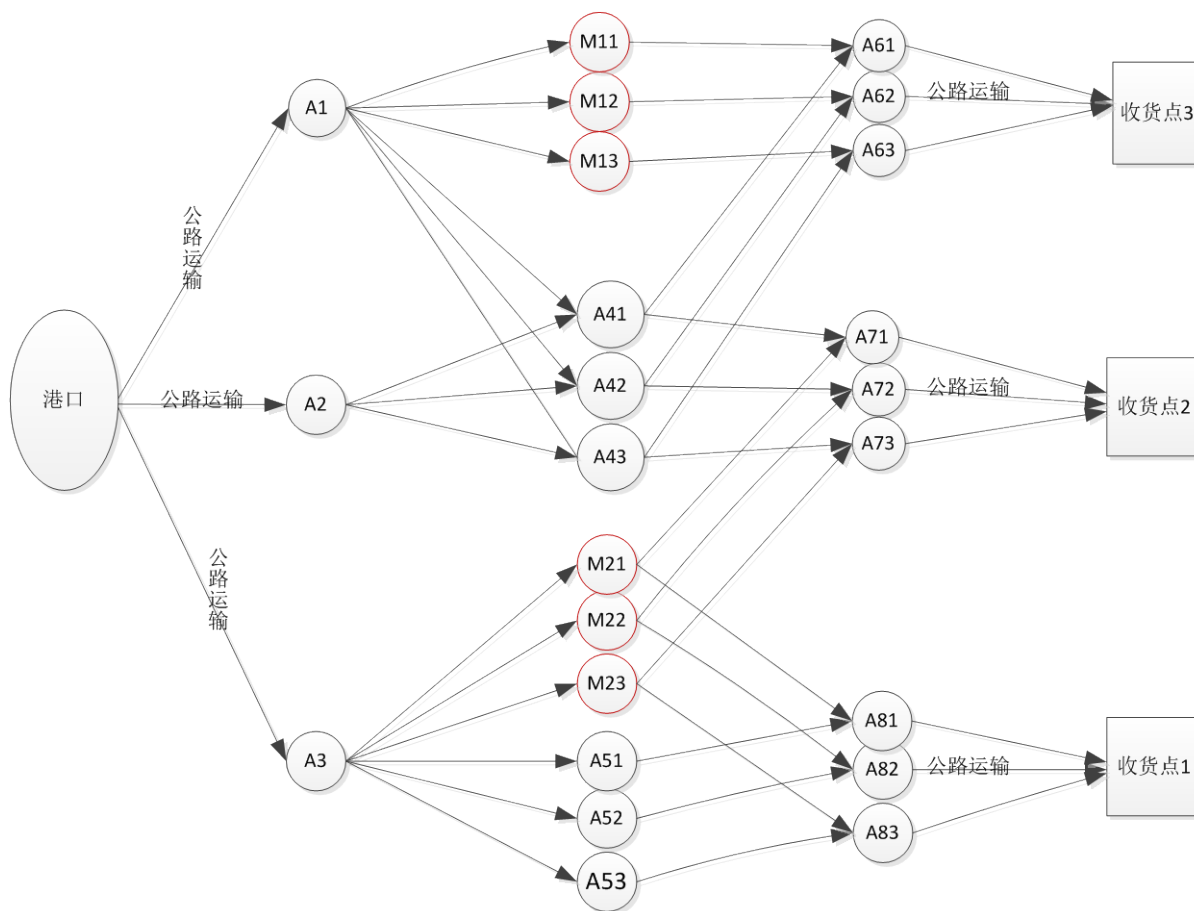
图 2 中, M1、M2 是虚拟的中转节点。由于 A1 和 A6 之间可以直接运输, 不需要在中间进行换装。为了计算方便, 设立虚拟中转节点[2], 用红圈表示。根据上图, 整个货物运输的流程为分为两种, 一种是全程公路运输, 那么上图的中转节点均为虚拟节点; 另一种是货物先从港口通过公路运输运出来, 运到相应的火车货运站、内河码头等, 然后通过装卸搬运等在中转点进行运输方式的转化。中间经过多种运输方式的综合运输之后, 到达收货点所在的火车货运站、内河码头等, 最后再通过公路实现“门到门”的运输, 到达收货地点。

### 3.2. 构建扩展的虚拟网络图

如图 3 所示。



**Figure 2.** Hypothesis of transport network diagram  
**图 2.** 假设的运输网络图



**Figure 3.** Expanded virtual network diagram  
**图 3.** 扩展的虚拟网络图

- 1) 为了简化模型的计算, 在两城市之间有路径相连的城市, 三种运输方式均可到达。
- 2) 为了方便计算, 将城市进行扩展, 每个城市扩展成 3 块, 分别代表公路、水路、铁路运输。例如

将 A1 扩展为 A11/ A12/ A13。

3) 对于虚拟城市 M1, 假设 A1-M1 之间的运输时间、运输距离、运输费用为 A1-A6 之间的运输时间、运输距离、运输费用, 而 M1-A6 之间的运输时间、运输距离、运输费用为 0, 并且 M1-A6 之间的运输能力无限大。

4) 对于没有弧连接的两城市, 假设其运输时间、运输费用无限大, 运输能力为 0。

### 3.3. 求解

用 lingo10 求解。

## 4. 算例分析

现在龙口港有 500 吨货物需要分别运往济南市历城区、滨州市滨城区、莱芜市莱城区, 三个地点的需求量分别为 300 吨, 150 吨和 50 吨。在此案例分析过程中, 只考虑公路和铁路运输的组合。由于只有公路能够实现门到门的运输, 在从港口出来第一阶段和最后阶段到达三个收获地点的过程, 都是公路运输。整体可选择的运输方式如图 4 所示。在满足顾客要求的前提下, 求解最好的运力分配方式。

### 4.1. 成本数据收集

根据查阅资料可得, 公路运输的运输费率为 0.3 元/吨公里, 铁路运输的运输费率为 0.045 元/吨公里; 公路和铁路换装的费率为 5 元/吨; 单位铁路运输安全成本为 0.00007099 元/吨公里, 单位公路运输安全成本为 0.002848 元/吨公里; 在本文中, 设定公路运输速度为 80 km/h, 铁路运输速度为 60 km/h, 单位惩罚成本为 500/h。

### 4.2. 运输数据采集

根据查阅资料可得, 公铁转运时间大约为 10 min/吨。总运输量为 500 t, 假定客户的要求运输时间为 60 h。根据基础数据, 可得各中转节点之间的运输距离和运力限制如表 1。

### 4.3. Lingo 求解

Lingo 运算的编程为:

```
!3 plants,3 warehouse and 3 customers
```

```
transshipment problem;
```

```
sets:
```

```
plant/p1,p2,p3/:produce;
```

```
warehouse/w1,w2,w3/;
```

```
customer/1,2,3/:require;
```

```
link1(plant,warehouse):C11,L11,Q11,C12,L12,Q12;
```

```
link2(warehouse,customer):C21,L21,Q21,C22,L22,Q22;
```

```
...
```

```
[obj]min=@sum(link1:c11*I11*q11)+@sum(link1:c12*I12*q12)+@sum(link2:c21*I21*q21)+@sum(link2:c22*I22*q22)+@sum(link1:q11*s1)+@sum(link1:q12*s2)+@sum(link2:q21*s1)+@sum(link2:q22*s2);
```

```
!the supply constraints;
```

```
@for(plant(i):[sup]
```

```
(@sum(warehouse(j):q11(i,j))+@sum(warehouse(j):q12(i,j)))=produce(i));
```

```

! the mid constraints;
@for(warehouse(j):[mid]
(@sum(plant(i):q11(i,j))+@sum(plant(i):q12(i,j)))-(@sum(customer(k):q21(j,k))+@sum(customer(k):q22(j,k)))
;
!the demand constraints;
@for (customer(k):[dem]
(@sum(warehouse(j):q21(j,k))+@sum(warehouse(j):q22(j,k)))=require(k));
End

```

最终可得到各路线中不同运输方式的运输量, 将数据反映到图 5 中。

此时总的费用最低为 13020.6。

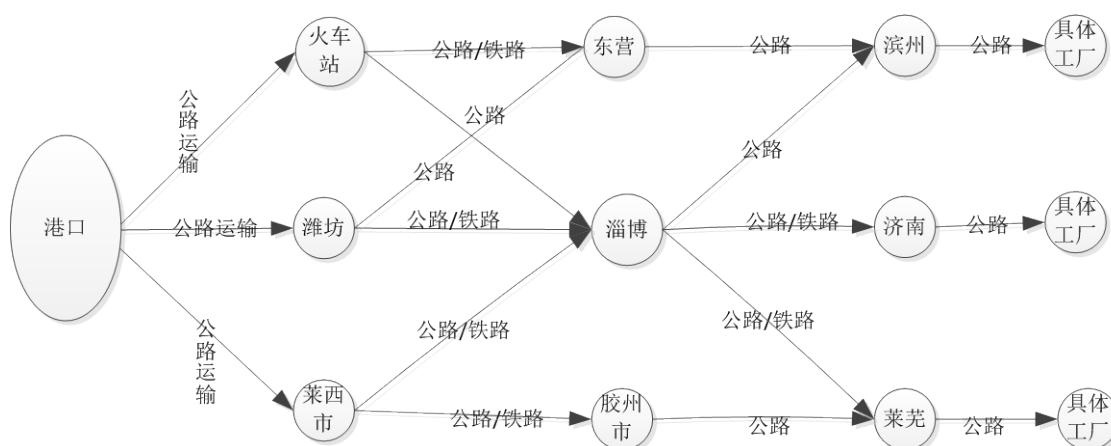


Figure 4. Transport network diagram

图 4. 运输网络图

Table 1. Transit distances and capacity limits between transit nodes

表 1. 各中转节点之间的运输距离和运力限制

运输路径	运距(km)	运力限制(t)
港口 - 龙口站	30	300
港口 - 潍坊	170	200
港口 - 莱西	100	350
龙口站 - 东营	270	200
龙口站 - 淄博	280	400
潍坊 - 淄博	110	500
潍坊 - 东营	120	300
莱西 - 胶州	100	200
莱西 - 淄博	260	150
东营 - 滨州	70	300
淄博 - 济南	110	700
淄博 - 滨州	80	350
淄博 - 莱芜	90	150
胶州 - 莱芜	260	100



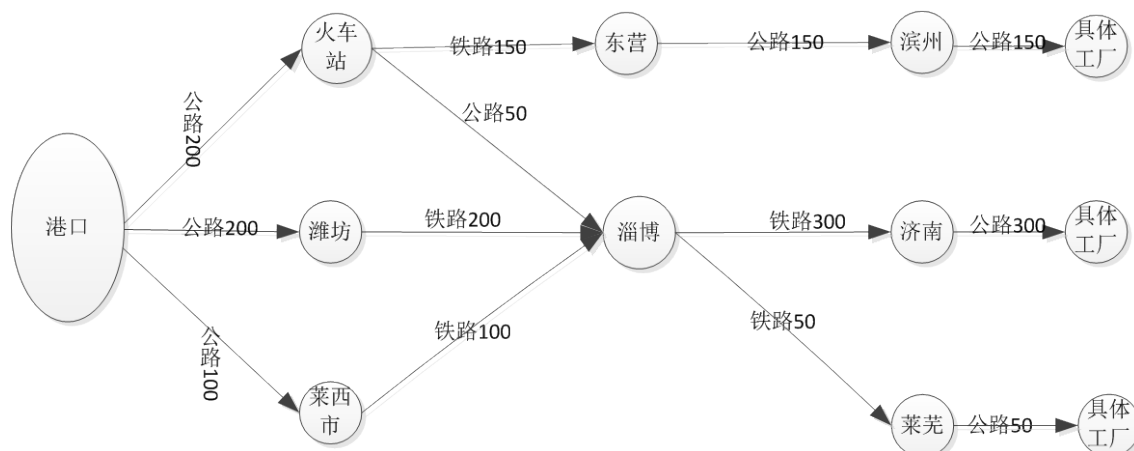


Figure 5. Final solution  
图 5. 最终求解结果

## 5. 结语

本文建立的路径选择模型是站在无车承运人的角度, 通过实现总成本最小化来确定最佳运输方案。研究了无车承运人在进行多式联运中的运输成本、转运成本、时间惩罚成本和运输安全成本等四个方面, 并对每种成本涉及的多种影响因素进行了分析。以总成本最低建立模型, 并用 lingo10 求解。结果表明, lingo10 对于此类规划问题具有较快的求解速度, 并可以得到最优解, 验证了论文的可行性和实用性。但是在研究过程中, 笔者没有将公路货运车型较多且情况复杂、不同的货物规模运输价格不同等不确定因素考虑进去。在今后的研究中, 可以通过考虑多车型、规模运输折扣价格等因素, 来优化运力资源。

## 参考文献

- [1] 常连玉, 陈海燕. 无车承运人运力资源组织优化研究[J]. 公路交通科技, 2016, 33(10): 152-158.
- [2] 王巍, 张小东, 辛国栋. 基于多式联运的组合优化模型及求解方法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(7): 212-214+219.
- [3] 谢海红, 刘璜. 公铁联运配送方案优化[J]. 交通运输工程学报, 2011, 11(6): 89-93.
- [4] 乔欣宇. 基于成本分析的多式联运运输方式选择研究[D]. 西南交通大学, 2015.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-664X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [mse@hanspub.org](mailto:mse@hanspub.org)