

基于共享经济理念的空箱调运平台模式

孙 杰

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2022年9月19日; 录用日期: 2022年10月11日; 发布日期: 2022年10月21日

摘 要

由于集装箱的空箱需求是实时的、复杂多变的, 就算同一家公司在不同时间地点对空箱的需求可能也是不同的, 这就导致了空箱资源的供需端的信息不对称等问题, 某些航运公司空箱过剩, 而某些公司的空箱紧缺。如何合理地通过集装箱空箱的调运去解决这一现实问题成为企业运营的重中之重。通过分析共享经济平台运作模式, 结合空箱调运特点, 以共享经济体内系统成本最低为模型目标, 建立基于共享经济理念的空箱调运平台模式。利用Lingo软件求解, 比较共享与非共享两种模式下空箱调运的系统成本, 以此验证模型的合理性与有效性, 还可发现基于共享经济理念的空箱调运模式有利于降低成本、空箱率, 并发挥共享经济体内的规模效应使得共享经济内部成员实现资源共享合作共赢。

关键词

共享经济, 集装箱, 空箱调运平台, LINGO

Empty Container Dispatch Platform Model Based on the Concept of Sharing Economy

Jie Sun

College of Foreign Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Sep. 19th, 2022; accepted: Oct. 11th, 2022; published: Oct. 21st, 2022

Abstract

Since the demand for empty containers is real-time, complex and changeable, even the same company may have different demand for empty containers at different times and places, which leads to problems such as information asymmetry between the supply and demand sides of empty container resources. Some shipping companies have a surplus of empty containers, while some companies have a shortage of empty containers. How to reasonably solve this practical problem through the transportation of empty containers has become the top priority of enterprise opera-

tions. By analyzing the operation mode of the sharing economy platform, combined with the characteristics of empty container transportation, and taking the lowest system cost in the sharing economy as the model goal, an empty container transportation platform model based on the concept of sharing economy is established. Use Lingo software to solve the problem, compare the system cost of empty container dispatching under the two modes of sharing and non-sharing, so as to verify the rationality and effectiveness of the model. It can also be found that the empty container dispatching mode based on the concept of sharing economy is conducive to reducing costs and the empty box rate, and the scale effect in the sharing economy enables the internal members of the sharing economy to achieve resource sharing, cooperation and win-win.

Keywords

Sharing Economy, Container, Empty Container Dispatch Platform, LINGO

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

海运运输在国际贸易中的地位与日俱增，国际集装箱运输相对其他的海运运输方式具有标准统一，装卸效率高，便于管理等优势，成为海运运输的首要选择。全球集装箱运输在过去的二十年中呈指数型增长，然而由于船舶本身和集装箱的局限性。不可避免地会出现一些集装箱运输的问题，而这些问题主要是由集装箱运输的灵活性和集装箱在特定区域之间的贸易量决定的。如何合理地调运这些集装箱空箱是每个企业需要面对的现实问题。通信网络技术的发展，改变了传统集装箱运输的竞争模式和生存方式。在这种新型竞争模式下，企业必须以创新为基础，构建新型的集装箱空箱共享商业模式，深度整合利用内外部的创新资源，构建集装箱共享创新平台，通过商业模式的创新，实现技术的潜在经济价值。

2. 研究基础

2.1. 共享经济概述

共享经济，又称分享经济或协同消费，是一种新兴的经济范式，帮助人们以协调的点对点(P2P)模式获取或提供获取事物和服务的途径(Hamari, Sjöklint, & Ukkonen, 2016)。共享经济的雏形发端于国外，最早可追溯到 Felson & Spaeth (1978)所提及的协同消费理念。据中国共享经济发展报告(2021)共享经济是指利用互联网等现代信息技术，以使用权分享为主要特征，整合海量、分散化资源，满足多样化需求的经济活动总和。

2.2. 空箱调运研究现状

Chao 等[1]将集装箱分为特殊集装箱与标准集装箱，并为其分配不同的权重，在空箱调运过程中考虑了租赁策略并构建了一个时空模型。Zheng 等[2]提出了两阶段优化算法，将班轮公司之间的关系纳入考虑范围。Song 等[3]建立了一个两阶段马尔科夫链模型，并假设集装箱流向是连续的，采用了动态规划方法求解模型。Long 等[4]建立了一个两阶段随机规划模型，将不确定因素纳入考虑的范围，采用了样本近似平均(SAA)方法求解模型。Brouer [5]等构建了多商品流动模型并采用延迟列生成算法求解模型。采用丹齐格-沃尔夫分解算法分解路径流公式。刘爽阳[6]等提出基于“价值-成本”的空箱调运模型并把空

箱需求你按照客户关系管理的方式进行优先别划分。汪传旭[7]等从空箱需求与供给模糊的条件下,提出了多阶段空箱优化模型。赵雅琦[8]等建立了基于机会约束规划的空箱调运优化模型,分析了可折叠集装箱对空箱调运成本的影响。肖青[9]等从空箱与重箱运输的角度,提出了空箱调运模糊规划模型,分析了重箱需求与成本参数对空箱调运的影响。田昌彪[10]等从集装箱类型角度出发,提出了基于最近原则优先的空箱调运优化算法。

2.3. 基于共享经济的空箱调运研究现状

此外,随着共享经济理念的发展,共享经济也逐渐渗透到空箱调运问题中,从共享角度出发进行空箱调运研究也受到了广泛的关注。汪传旭[11]等提出了基于多船运公司合作空箱转运的多阶段空箱调运优化模型。江玉杰等[12]从资源不共享、空箱共享、运力共享等角度建立了航运联盟空箱调运决策模型。徐文思[13]从共享空箱和舱位的角度出发提出来基于航运公司资源共享的海运冷链空箱调运优化模型。苏志豪[14]将多种空箱调运方式相结合,建立了相关数学模型,并利用改进的模拟退火算法对模型进行求解。翁丽贞[15]通过货物订单进行指标分类,将共享、一般订单进行比较,发现基于共享模式下的集装箱利用率增加、空箱率降低。朱星龙等[16]针对集装箱共享的中欧班列问题,建立了基于集装箱共享的动态空箱调租优化模型,发现集装箱共享策略可以减少中欧班列空箱费用。尽管目前基于共享经济理念的空箱调运在学界已有一定研究,然而基于共享平台的空箱调运研究仍相对较少,但是它对相关行业的发展至关重要。

3. 基于共享经济理念的空箱调运平台模式

3.1. 空箱调运资源共享平台发展

随着共享经济的发展,共享经济也逐渐影响着集装箱运输业。比如 Blocking shipping 建立了全球共享集装箱平台(GSCP)。GSCP 平台通过提供一个完整的区块链启用的集装箱资产注册机制来记录集装箱信息,涵盖了全球 2700 万套集装箱实时信息,共享主体(运营商、货主、码头公司和运输公司)之间可以根据动态信息,做到实时反馈,降低成本并有效减少库存。GSCP 平台通过使用区块链智能合约保障了平台内部的全部流程以及支付实现自动化。根据以上的现实基础以及共享经济平台的理论基础,本文提出了空箱调运资源共享平台模式。由于空箱调运资源共享平台对于闲置空箱并不掌握所有权,因此使得平台具有较低的投入成本的特性。

3.2. 空箱调运资源共享平台的工作流程

通过共享平台的运作模式和空箱调运资源共享平台进行分析,空箱调运资源共享平台的工作流程包括空箱资源整合的过程与空箱运输的过程。

- 1) 空箱资源供应方接入平台。
- 2) 空箱调运需求描述。
- 3) 进行供需匹配然后达成交易合同。
- 4) 在空箱调运过程中进行实时监控反馈信息。
- 5) 空箱到货与订单结算。

3.3. 基于共享经济理念的空箱调运特点

基于共享经济理念的空箱调运有以下几个方面的特点:

- 1) 降低了成本和舱位的闲置率。

- 2) 有利提高客户满意度, 扩大市场。
- 3) 有利于加强合作理念达到合作共赢。
- 4) 具有规模效应。

3.4. 空箱调运共享模式价值分析

资源从某种程度上来说是一种经济资源, 因此可以借助市场进行交易从而实现其经济价值。共享经济下的空箱调运模式是基于市场化的, 可以产生价值。通过分析基于共享条件的价值和传统调运模式进行对比分析, 有助于说明新模式的合理性。在空箱调运共享平台上存在多个企业参与空箱资源的共享。本文从共享经济角度出发, 在空箱调运资源共享平台上进行资源、匹配。对于空箱供给方可以有效减少空箱在堆场存放的费用, 同时由于空箱的转运也会获得利益。对于空箱需求方来说可以有效减少租用集装箱的费用。

4. 基于共享经济理念的空箱调运平台模型分析

4.1. 模型假设与参数

以减少空箱调运成本为模型目标, 建立如下模型。本模型有以下基本假设:

假设 1: 共享经济体内的公司在航期以及船期固定前提下, 不考虑空箱中转以及一定时间内完成一次运输, 开展单箱种空箱资源共享运输。

假设 2: 共享经济体内的公司在满足自身需求后再用剩余运力去调运空箱。

假设 3: 共享经济体内的公司空箱需求数和供给数已知。

假设 4: 共享经济体内的公司在各港口租箱费用已知, 空箱运输费率等成本参数已知。

假设 5: 平台的运输成本以及用箱成本已知, 且决策期长度有限, 所以认为该参数在模型中是稳定不变的。

其中参数含义如表 1 所示。

Table 1. Meaning of parameters

表 1. 参数含义表

参数含义	
$l, k \in L \neq k$	共享经济体内的班轮公司集合
$i, p \in S$	空箱供给港的集合
$j, q \in D$	空箱需求港的集合
S_i^l, S_i^k	各公司在供给港 i 的空箱供给量
D_j^l, D_j^k	各公司在需求港 j 的空箱需求量
C_{ij}^l, C_{ij}^k	各公司从供给港 i 调运空箱至需求港 j 的运费港 j 的运输费
R_j^l, R_j^k	各公司在需求港 j 的租箱费率
U_{ij}^l, U_{ij}^k	共享经济体内的成员在港口 i 和 j 之间的空箱运力约束
x_{ij}^l, x_{ij}^k	公司从港口 i 调运自有的空箱至港口 j 的运量
y_{ij}^k	l 在供给港 i 处借 k 的空集装箱数量司 k 的空集装箱数量
W_j^l, W_j^k	各公司在需求港 j 的租箱量约束

$$U_{ij}^l = \text{船舶的运输能力} - \text{重箱量}$$

$$r_{ij}^l, r_{ij}^k = \begin{cases} 1, j \text{港为} i \text{港后的挂靠港,} \\ \text{且能在要求时间内到达} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

$$t_{pqij}^l, t_{pqij}^k = \begin{cases} 1, \text{航线} [p, q] \text{段} \supseteq [i, j] \text{段} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

其中参数 r_{ij} ，保障了 i 港到 j 港的路径是可达的，也要满足空箱到港时间要早于缺箱港口的重箱出口时间这个约束。同时，空箱从 i 港运输至 j 港的到港时间 $T_{ij\ in}^l$ 与 j 港重箱出口时间 $T_{ij\ out}^l$ 是已知对的。寻找 i 港到 j 港的最短航行时间 $\min T_{ij}$ 。假设开始发班时间为 T ，可得 $T_{ij\ in}^l = \min T_{\text{发班}} + \min T_{ij}$ 。 j 港重箱出口时间为 $T_{ij\ out}^l$ 。若 $T_{ij\ in}^l < T_{ij\ out}^l$ ，此时满足约束。本文省略以上计算过程在此直接给出了 r_{ij} 的取值。

针对参数 t_{pqij} ，区域 $[i, j]$ 段的运量约束等价于所有从 p 出发通过区域 $[i, j]$ 段到达 q 的空箱运输量之和。比如某航线： $S_1 \rightarrow D_1 \rightarrow S_2 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4$ ，此时 $i=1, j=1$ ，区域 $[S_1, D_1]$ 段的运量约束 U_{11} 需满足约束 $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq U_{11}$ ， $t_{1111} + t_{1211} + t_{1311} + t_{1411} \leq I$ 。

4.2. 数学模型

以下建立基于共享经济理念下的集装箱空箱调运优化模型，其目标为所有共享经济体内参与的企业总空箱获取的成本最低。

目标为：

$$\min \sum_i \sum_j C_{ij}^l x_{ij}^l + \sum_i \sum_j C_{ij}^k y_{ij}^{kl} + \sum_j w_j^l R_j^l \tag{1}$$

约束条件：

$$\sum_j x_{ij}^l r_{ij}^l + \sum_j y_{ij}^{kl} r_{ij}^{kl} \leq S_i^l \quad \forall i, l \tag{2}$$

$$\sum_i x_{ij}^l r_{ij}^l + \sum_i y_{ij}^{kl} r_{ij}^{kl} + w_j^l = D_j^l \quad \forall j, l \tag{3}$$

$$\sum_p \sum_q x_{pq}^l t_{pqij}^l + \sum_p \sum_q y_{pq}^{kl} t_{pqij}^{kl} \leq U_{ij}^l \quad \forall i, j, l \tag{4}$$

$$x_{ij}^l, y_{ij}^l, w_j^l \geq 0 \text{且为整数} \forall i, j \tag{5}$$

其中决策变量是 x_{ij}^l ， y_{ij}^l ， w_j^l 。目标函数为式(1)，总空箱获取成本包括运输费以及租箱费；式(2)是第一个约束条件， l 公司从供给港调运的空箱数量以及给共享经济体内其他公司的空箱数量的和要低于 l 公司在此港口的空箱存量；式(3)是 l 公司在需求港的得到空箱数量需达到此港的空箱需求，可得到空箱量 = 来自供给港调运的自有空箱量 + 租箱量 + 来自供给港调运其他公司借给的空箱量；式(4)是船舶最大空箱容量要大于各航段上的空箱运输量；式(5)是非负性约束。

假设当前空箱资源共享调运平台有 l 和 k 两家公司参与，假设每个调运计划周期为 7 d。其中相关数据如下：

- 1) 挂靠航线排列顺序，假设航线相同的 l 和 k 两家公司。如图 1 所示，其中， $S_1 \sim S_4$ 为供给港， $D_1 \sim D_4$ 为需求港。
- 2) l 和 k 在供给港 i 的空箱供应量 S_i^l 和 S_i^k 如表 2 所示。
- 3) l 和 k 在需求港 j 的空箱需求量 D_j^l 和 D_j^k 如表 3 所示。
- 4) 由图 1 可得， l 和 k 在不同航线间的可达性 r_{ij} 是一致的，如表 4 所示。

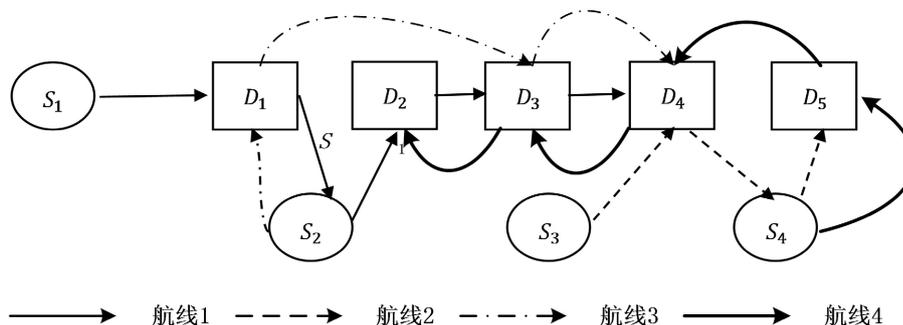


Figure 1. Order of affiliated routes

图 1. 挂靠航线排列顺序

Table 2. Empty container supply of supply port i (unit TEU)

表 2. 供给港 i 的空箱供应量(单位 TEU)

供应量	S_1	S_2	S_3	S_4
S_i^l	800	400	600	600
S_i^k	700	700	300	500

Table 3. Empty container demand of demand port j (unit TEU)

表 3. 需求港 j 的空箱需求量(单位 TEU)

供应量	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
D_j^l	700	600	500	400	400
D_j^k	700	650	200	200	200

Table 4. Accessibility between points of the route

表 4. 航线各点之间的可达性

r_{ij}	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	1	1	1	1	0
S_2	1	1	1	1	0
S_3	0	0	0	1	1
S_4	0	1	1	1	1

5) l 和 k 空箱运输费 C_{ij}^l 和 C_{ij}^k 如表 5 所示。

Table 5. Empty box transportation fee

表 5. 空箱运输费

	C_{ij}^l					C_{ij}^k				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	120	260	300	320	/	90	220	280	300	/
S_2	150	140	150	170	/	130	120	180	200	/
S_3	/	/	/	80	190	/	/	/	80	190
S_4	/	180	150	120	100	/	180	150	120	100

6) l 和 k 在需求港的租箱费率 R_j^l 和 R_j^k 如表 6 所示。

Table 6. Box rental rate for port of demand i
表 6. 需求港 i 的租箱费率

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
R_j^l	150	250	250	200	180
R_j^k	150	250	250	200	180

7) l 和 k 空箱运输能力 U_{ij}^l 和 U_{ij}^k 如表 7 所示。

Table 7. Residual capacity for empty containers
表 7. 空箱运输能力

	U_{ij}^l					U_{ij}^k				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	800	600	400	300	/	700	600	550	200	/
S_2	600	500	500	600	/	600	700	400	500	/
S_3	/	/	/	500	200	/	/	/	400	600
S_4	/	600	300	600	600	/	600	500	550	300

使用求解软件 Lingo 17.0 进行求解得到 l , k 两家公司最低获取空箱成本分别是 315,000 美元和 213,500 美元, 总成本为 528,500 美元。分别如图 2 和图 3 所示。

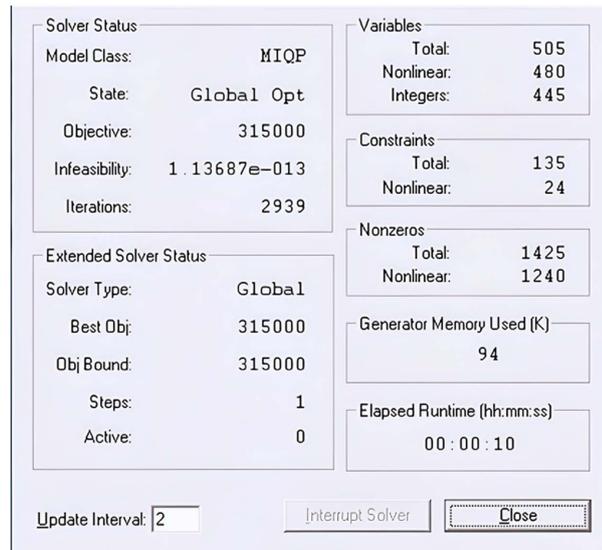


Figure 2. l company minimum cost of obtaining empty containers
图 2. l 公司最低获取空箱成本

l , k 两公司的具体自有空箱调运和借入空箱调运情况如表 8~11 所示。

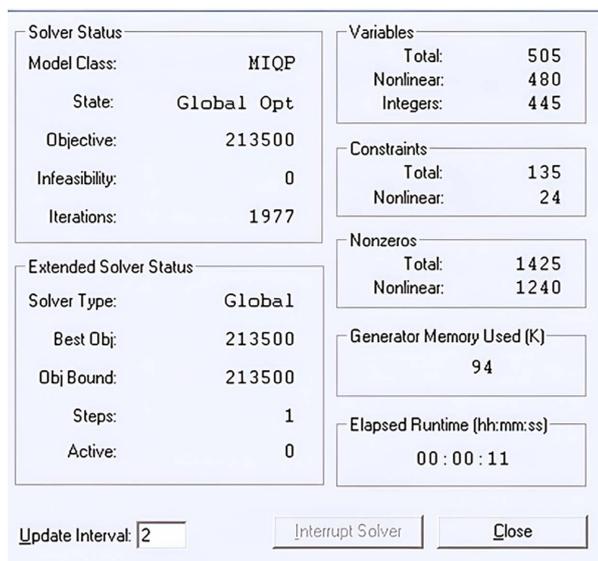


Figure 3. *k* company minimum cost of obtaining empty containers

图 3. *k* 公司最低获取空箱成本

Table 8. Self empty container allocation situation

表 8. 自有空箱调运情况表

	x_{ij}^l					x_{ij}^k				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	700	0	0	0	0	700	0	0	0	0
S_2	0	400	0	0	0	0	650	0	0	0
S_3	0	0	0	400	0	0	0	0	200	0
S_4	0	0	300	0	300	0	0	200	0	200

Table 9. Borrowing empty container transportation situation

表 9. 借入空箱调运情况表

	y_{ij}^{lk}					y_{ij}^{kl}				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_2	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
S_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_4	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0

Table 10. Demand port *j* rent box situation table (unit TEU)

表 10. 需求港 *j* 的租箱情况表(单位 TEU)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
w_j^l	0	150	200	0	0
w_j^k	0	0	0	0	0

Table 11. The remaining empty container volume of the port i (unit TEU)
表 11. 港口 i 的剩余空箱量(单位 TEU)

	S_1	S_2	S_3	S_4
S_i^l	100	0	200	0
S_i^k	0	0	100	0

通过对该模型进行修改来计算针对不进行空箱资源共享情况下的空箱调运成本。去除某一参与企业的相关变量与参数，此时模型就是针对单公司空箱调运优化模型。将刚才两家公司的各项参数分别代入更改后的模型得到 l 、 k 公司独立进行的空箱调运方案。采用 Lingo 17.0 求解，得到 l 公司的最低空箱获取成本为 345,000 美元、 k 公司为 213,500 美元，总成本为 558,500 美元，调运情况如表 12~14 所示。

Table 12. Empty container transportation situation
表 12. 空箱调运情况表

	x_{ij}^l					x_{ij}^k				
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
S_1	700	0	0	0	0	700	0	0	0	0
S_2	0	400	0	0	0	0	650	0	0	0
S_3	0	0	0	400	0	0	0	0	200	0
S_4	0	0	300	0	300	0	0	200	0	200

Table 13. Box rental situation table (unit TEU)
表 13. 租箱情况表(单位 TEU)

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
w_j^l	0	200	200	0	100
w_j^k	0	0	0	0	0

Table 14. The remaining empty container volume of port i (unit TEU)
表 14. 港口 i 的剩余空箱量(单位 TEU)

剩余量	S_1	S_2	S_3	S_4
S_i^l	100	0	200	0
S_i^k	0	50	100	100

4.3. 结果分析比较

与表 8~11 进行比较，可发现，在班轮公司资源共享的情况下，公司获得空箱的总成本显著降低。就具体案例而言，资源共享下的空箱调运过程中可节省 3 万美元。其差异如图 4 所示。

与不考虑资源共享情况下的空箱调运相比，共享经济由于在空箱共享平台上的空箱供需双方通过空箱共享大大降低了空箱的获取成本，这不仅体现在价格价值上，还体现在时间成本价值以及成本价值上。通过空箱调运共享平台的范围经济效应和规模效应有效减少了共享成本，从而降低共享价格。

4.4. 空箱调运资源共享的瓶颈

通过对空箱调运的可能以及特点进行分析，可以发现空箱调运资源共享模式的发展优势，然而要最终实现，还需要解决如下一些问题存在以下瓶颈：

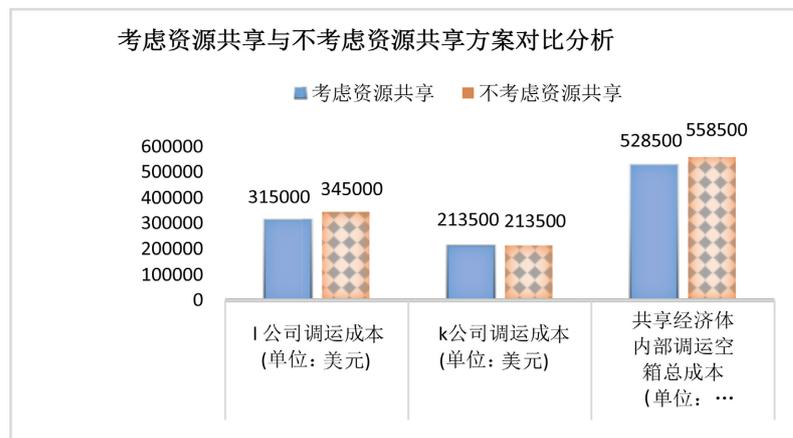


Figure 4. Comparison and analysis of schemes
图 4. 方案对比分析

- 1) 空箱共享需求与供给动态匹配问题。
 - 2) 通信技术瓶颈。
 - 3) 在保证共享闲置集装箱得到充分利用的前提下，空箱在运输过程中按期交付问题。如遇到自然环境、集装箱相关的文件存在问题等……
 - 4) 各区域政策限制。由于空箱调运资源共享涉及的范围是全球各地，而各个国家可能为了保障本国的利益以及航运发展，会有不同的政策。
 - 5) 共享空箱和未共享空箱资源的动态配比问题。由于空箱需求(包括通过共享空箱调运平台中获得的需求，以及通过自己的渠道获得需求)具有波动性，某种程度上很难做到准确预测。
 - 6) 集装箱和船舶不可分离的限制。在许多传统的班轮公司，都会存在集装箱和船舶是不可分离的，共享集装箱的出现推翻了原先集装箱运作的基本模式，使得船舱脱离。
- 总之，共享经济是否能有效应用到集装箱运输中，从发展来看，共享集装箱模式仍然在不断的发展，因此，通过研究集装箱空箱调运资源共享模式具有重要的理论指导意义和实用价值。

5. 总结与展望

通过针对性分析空箱资源调运流程过程，结合集装箱空箱调运的特点，提出基于共享理念的空箱调运资源共享模式，进一步分析共享背景下空箱调运资源共享模式价值优势分析，以所有共享经济体内参与共享的企业总空箱获取的成本最低为目标建立模型，利用 lingo 软件求解，通过共享与不共享两种模式下的空箱调运成本分析，验证了基于共享经济的空箱调运可以降低成本、提升集装箱利用率。因为基于共享经济背景下，各公司达成合作关系，避免了过多投入集装箱和船舶成本，实现了优势互补，不仅提升了自己的效益，还加强了企业之间的联系。通过进行资源整合使得企业具有规模效应，提高自己与港口、航运公司的议价能力，使得企业可以以较低的价格进行合作。并且通过空箱调运资源共享平台，整个共享经济体内的成员都可以获取到大量的集装箱信息以及舱位信息。空箱调运资源共享平台是基于互联网、大数据、物联网等信息技术为支撑，共享闲置的集装箱资源和舱位资源，满足了供需双方的需求，这也体现了共享经济的本质。所以可以得知共享经济模式下的空箱调运具有实际应用价值与理论价值。最后讨论了当前环境下，空箱调运资源共享存在的瓶颈和局限。

本文构建的模型是典型的线性规划模型，利用 LINGO 软件进行求解时具有一定局限性，使用它的前提条件是数据规模较小。从实际的集装箱空箱调运研究的角度来说，本文所研究的内容与现实情形仍有

一定差距,如假设条件比较理想化、考虑因素相对较少,研究比较单一,现实中面对的情况更加复杂多变。本文研究的基于共享经济理念的空箱调运平台,仍需要更多数据、理论支持,这还有待提高。

参考文献

- [1] 张明超,孙新波,钱雨,李金柱. 供应链二元性视角下数据驱动大规模智能定制实现机理的案例研究[J]. 管理学报, 2018, 15(12): 1750-1760.
- [2] Kuhnle, A., Röhrig, N. and Lanza, G. (2019) Autonomous Order Dispatching in the Semiconductor Industry Using Reinforcement Learning. *Procedia CIRP*, **79**, 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.101>
- [3] Hjortnaes, T., Wiegmans, B., Negenborn, R.R., Zuidwijk, R.A. and Klijnhout, R. (2017) Minimizing Cost of Empty Container Repositioning in Port Hinterlands, while Taking Repair Operations into Account. *Journal of Transport Geography*, **58**, 209-219. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.015>
- [4] Chao, S.L. and Chen, C.C. (2015) Applying a Time-Space Network to Reposition Reefer Containers among Major Asian Ports. *Research in Transportation Business & Management*, **17**, 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.006>
- [5] Zheng, J., Sun, Z. and Gao, Z. (2015) Empty Container Exchange among Liner Carriers. *Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review*, **83**, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.09.007>
- [6] Ahmad, H. and Tobias, S. (2019) An Optimization Model for Management of Empty Containers in Distribution Network of a Logistics Company under Uncertainty. *Journal of Industrial Engineering International*, **15**, 585-602. <https://doi.org/10.1007/s40092-018-0286-2>
- [7] Moon, I. and Hong, H. (2016) Repositioning of Empty Containers Using both Standard and Foldable Containers. *Maritime Economics & Logistics*, **18**, 61-77. <https://doi.org/10.1057/mel.2015.18>
- [8] Zhen, L., Wang, S.A. and Zhuge, D. (2017) Analysis of Three Container Routing Strategies. *International Journal of Production Economics*, **193**, 259-271. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.011>
- [9] Xie, Y., Liang, X., Ma, L., et al. (2017) Empty Container Management and Coordination in Intermodal Transport. *European Journal of Operational Research*, **257**, 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.07.053>
- [10] 汪传旭,汪琬,陈飞燕,许长延. 船公司合作下港口空箱调运研究[J]. 山东大学学报(理学版), 2015, 50(9): 61-68+83.
- [11] 赵雅琦,胡坚堃,黄有方. 不确定环境下可折叠集装箱内陆空箱调运优化[J]. 上海海事大学学报, 2018, 39(2): 28-33+49.
- [12] 肖青,胡豪. 模糊需求下空箱调运问题研究[J]. 包装工程, 2018, 39(19): 124-128.
- [13] 朱咏秋. 基于“时间-运费”双成本的铁路空箱调运模型[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2013, 26(2): 96-100.
- [14] 苏志豪. 基于共享经济理念的空箱调运优化研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2018.
- [15] 翁丽贞. 基于共享模式的物流集装箱空箱利用率问题研究[J]. 森林工程, 2021, 37(2): 117-122. <https://doi.org/10.16270/j.cnki.slgc.2021.02.017>
- [16] 朱星龙,汤银英,陈思. 基于集装箱共享的中欧班列空箱调租优化[J]. 铁道科学与工程学报, 2020, 17(6): 1571-1577. <https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20190854>