

共享策略下甩挂车辆调度问题的分析及求解

王恩童, 赵鲁华, 管德永, 窦新禹, 李洋

(山东科技大学 交通学院, 青岛 266590)

摘要: **目的** 为了克服现阶段下甩挂货运过程中存在的空载率高、牵引车利用率低等问题, 从服务点间的货运关系出发, 对货运单循环系统中共享策略下甩挂车辆调度问题进行设计研究。**方法** 以牵引车行驶总里程为目标函数, 构建共享策略下甩挂车辆调度模型, 并基于模拟退火算法对其进行优化求解。**结果** 以山东省的 2 家小型运输企业为案例进行了仿真分析, 与普通车辆调度模式分析比较可知, 共享策略下调度模式的空载率、单位货运成本、单位货运油耗、牵引车利用率分别优化了 79.6%, 50%, 22.6%, 171.4%。**结论** 文中构建的共享策略下甩挂车辆调度模型及其求解算法可行有效, 在减少空载行程、提高燃油利用率等方面具有良好的效果。

关键词: 公路甩挂运输; 共享策略; 车辆调度建模; 模拟退火算法

中图分类号: U492.3⁺.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)07-0142-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.021

Vehicle Scheduling Problem with Sharing Strategy

WANG En-tong, ZHAO Lu-hua, GUAN De-yong, DOU Xin-yu, LI Yang

(College of Transportation, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

ABSTRACT: To overcome the problem of high idling rate and low utilization rate of tractors in loading and unloading at the current stage, the design of the vehicle scheduling problem under the sharing strategy in the freight order circulation system was studied from the freight relationship between service points. With the total mileage of the tractor as the objective function, the vehicle scheduling model with shared strategy was constructed and optimized based on simulated annealing algorithm. Simulation analysis was carried out with two small transport enterprises in Shandong Province as a case. Compared with the common vehicle scheduling mode, the no-load rate, unit freight cost, unit fuel consumption and tractor utilization rate of the shared mode were optimized by 79.6%, 50%, 22.6%, and 171.4%, respectively. The shared strategy swing and hang vehicle scheduling model and its solving algorithm were feasible and effective. In addition, it has good effect in reducing no-load stroke and improving fuel efficiency.

KEY WORDS: highway drop and hang transportation; sharing strategy; vehicle scheduling modeling; simulated annealing algorithm

现阶段甩挂运输模式下, 尤其对甩挂多式联运而言, 货物装载过程中的换乘环节对装载半挂车的安全性和标准要求较高^[1-2]。据调研潍坊港口可得: 港口

各运输企业的半挂车标准不一, 客户点自行送货过程所采用的半挂车达不到装载滚装船的标准, 往往要进行“卸载-重装”的环节, 增加了运输过程的繁杂性^[3];

收稿日期: 2018-12-06

基金项目: 山东省重点研发项目 (2017GGX50104); 山东科技大学教学拔尖人才项目 (BJRC20170505)

作者简介: 王恩童 (1993—), 男, 山东科技大学硕士生, 主攻交通运输规划与管理。

通信作者: 赵鲁华 (1979—), 女, 博士, 山东科技大学副教授, 主要研究方向为交通运输规划与管理。

另一方面, 运输企业提货过程的空载率高达 50%, 机车牵引比例低, 进一步削弱了甩挂运输的运载优势^[4]。在该现象的启发下, 结合“车辆共用、信息共享、线路共建”的原则, 减少各运输企业间的标准差异, 协调运输线路, 减少空程运输。文中在共享策略分析的基础上对甩挂车辆调度问题 (Vehicle Routing Problem, VRP) 进行研究。

共享是运输企业互惠合作的一种策略, 是在自发达成协议的基础上实施的。通过组建联盟的形式整合资源, 优化甩挂运输的条件^[5]。自 2014 年以来, 共享策略成为众多甩挂试点企业的主题, 先后形成山东甩挂联盟、鲁辽甩挂联盟等, 使运输市场结构逐渐规范, 初步奠定了区域间社会化甩挂运输的网络体系^[6]。共享策略下的甩挂车辆调度模式更为复杂, 是 NP 难题, 国内外相应的研究文献资料较少。范小文^[7]提出甩挂联盟车辆调度成本最优和群决策选择的双层规划模型, 并用改进遗传算法和群层次分析法进行求解。其他关于甩挂车辆调度的研究, 如李红启等^[8]对城际干线模式下的车辆调度模式进行研究, 实现运输网络中牵引车数量的确定和路线的选择; XUE 等^[9-10]通过蚁群优化算法对同一任务的 2 项子任务的调度问题进行研究; 胡志华等^[11]对港口集装箱的集散过程进行分析, 通过两阶段优化方法对其循环甩挂模式的调度问题进行求解。范小文所述甩挂联盟调度求解思路受客观因素影响较大, 其他文献的调度模式与共享策略下的调度模式在组成部分与运行思路方面存在差异, 因此均不适用于共享策略下甩挂车辆调度问题的求解。

通过上述文献分析可知, 空挂行程的大小是由重挂调度方案决定的, 运输企业间的隔阂造成空挂调运的加剧^[12]。共享策略的实施拓展了货运模式, 服务点 (客户点和运输企业的合称) 间构成区域性网络, 服务能力得到提升。文中从服务点间的货运需求为出发点, 建立车辆调度模型, 设计求解算法, 并以实例进行仿真分析。

1 问题描述

某运输系统中存在多个运输企业和客户点, 运输企业具有牵引车存放的职能, 即牵引车只能由运输企业出发, 完成货运任务后返回运输企业停放; 各服务点均拥有足够数量的半挂车以完成货物的装卸, 并可对过往牵引车指挥调度; 牵引车在运输企业间可相互调换, 要求数量保持不变; 半挂车在各服务点可通用, 要求数量保持不变。基于信息共享原则, 结合车辆行驶位置, 依据各服务点间的货运关系实现车辆调度。调度过程分为 2 阶段: 第 1 阶段是依托货运关系进行重挂任务的调度; 第 2 阶段是在第 1 阶段的基础上, 对剩余货运点进行空车调度, 以完成整个系统的货物运输。

1) “多对多”的服务模式。区别于现阶段下的 VRP 问题, 共享策略改变传统模式下固有的搭配模式, 运

输系统的任务由运输企业合作完成。即运输企业不局限于自身客户点, 货运节点均可存在货运需求, 呈现出“多对多”的服务模式, 增加了牵引车的可选择性, 便于灵活调度。

2) 共享策略下车辆调度过程。共享策略下车辆调度过程见图 1, 服务点根据车辆定位实时掌握车辆信息, 对驶来的车辆进行调度, 以增加调度过程的灵活性, 减少空挂任务的产生。当到达某服务点时, 运输任务完成, 驶来的牵引车暂作停留, 等待空车调度; 因各服务点的容载量和货运量不同, 会出现某服务点运力不足的状况^[13], 此时, 该服务点要对临近服务点的空车进行调度。

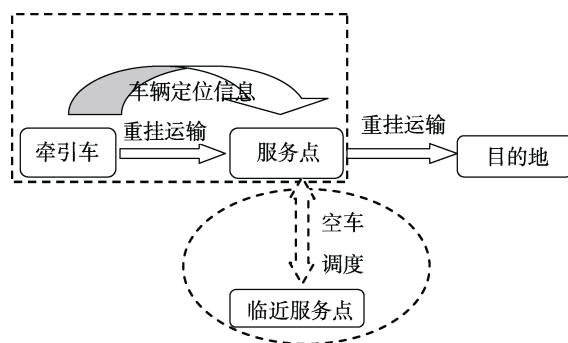


图 1 甩挂共享策略下车辆调度过程

Fig.1 Vehicle scheduling process under the sharing strategy

3) 空车调度过程。空车调度过程是以信息交流为基础、车辆导航定位为依据实现的, 见图 2。在进行空车调度过程中, 以“临近服务点调度”为优先原则, 最大限度地减少调度过程中产生的时间和成本。当车辆数量不能满足服务点货运需求时, 以辐射式增加空车调度距离, 直至满足服务点的需求^[14]。

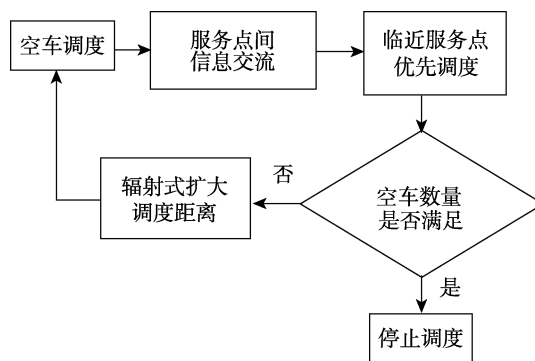


图 2 甩挂共享策略下空车调度过程

Fig.2 Empty car scheduling process under the sharing strategy

2 共享策略下调度模型

2.1 假设条件

对构建模型进行几个基本假设如下所述。

1) 服务点间的货运关系均为直达运输, 货物以半挂车为货运单位^[15], 由牵引车拖挂货物直接运送到目的地。

2) 所有半挂车的性质无差异, 符合运输方式换乘的标准。

3) 牵引车行驶路线多为高等级线路, 因此文中假设牵引车行驶的平均速度是相同的。

2.2 数学模型

牵引车行驶总里程最短的目标函数为:

$$z = \min \sum_{k \in K} \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} d_{ij} x'_{ijk} + d_{ij} x''_{ijk} \quad (1)$$

牵引车 k 的运输距离在最佳运距范围内:

$$\sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} d_{ij} x'_{ijk} + d_{ij} x''_{ijk} \leq d \quad (2)$$

服务点 i 的货运流出量等于牵引车从服务点 i 运出的货物总和:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in I \cup J} x'_{ijk} q = Q_i \quad (3)$$

服务点 i 的货运流入量等于牵引车运送到服务点 i 的货物总和:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in I \cup J} x'_{jik} q = D_i \quad (4)$$

确保每个服务点都完成了货物运输, 则:

$$\sum_{i \in I \cup J} x'_{ijk} + x'_{jik} \geq 1 \quad (5)$$

达服务点 j 的牵引车数量等于离开服务点 j 的牵引车数量:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I \cup J} [x'_{ijk} + x'_{jik}] = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I \cup J} [x'_{jik} + x'_{ijk}] \quad (6)$$

返回运输企业 d 的牵引车数量不变:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in I \cup J} [x'_{dkj} + x'_{jkd}] = \sum_{k \in K} \sum_{j \in I \cup J} [x'_{jkd} + x'_{dkj}] \quad d \in I \quad (7)$$

式中: I 为运输企业集合; K 为牵引车集合; J 为客户点集合; x'_{ijk} 为牵引车 k 在服务点 i 的调度下, 牵引重挂车从服务点 i 到服务点 j 的行驶次数; x'_{jik} 为牵引车 k 在服务点 i 的调度下, 牵引空挂车在服务点 i 到服务点 j 的行驶次数。

3 算法

3.1 模拟退火算法

模拟退火算法 (Simulated Annealing) 是解决组合优化问题的常用搜索方法。在固体退火处理过程中, 通常将其加温, 使粒子处于自由运动状态; 粒子系统以足够慢的速率降温, 随着固体的逐渐冷却, 粒子渐趋有序, 在每个温度点均能达到一个平衡点; 最后系统达到能量最低状态, 即基态, 相当于目标函数

的全局最小点。为解决算法运行过程中局部最优问题, 在一个温度状态下, 搜索状态的随机变化会通过随机接受准则 (Metropolis 准则) 进行判断, 且接受概率随温度下降而增大。当温度很低时, 则接受最优解的概率为 1。

3.2 算法设计

1) 更新各服务点的参数, 包括货运流出量 Q_i 、货运流入量 D_i 、牵引车数量 k 。

2) 以牵引车作为出发点, 构造牵引车行驶路线集合 $(v_1, v_2, \dots, v_k)$ 。

3) $v_1, v_2, \dots, v_k$ 间相互组合, 构建初始调度方案集合 v 。

4) 随机选择 1 个方案作为初始解 x 。

5) 设定初温 $T=T_0$; 外循环计数变量 $w=0$, 内循环计数变量 $q=0$; 货运满足率设定为解 x 的货运成本 $z_{\text{best}}=z(x)$ 。

6) 外循环计数 $w=w+1$ 。

7) 内循环计数 $q=q+1$ 。

8) 从 v 中随机选取 1 个方案, 替换初始解为 x 的调度方案, 生成新的解 x' 。

9) 根据 Metropolis 准则^[16-17], 比较 $z(x)$ 和 $z(x')$ 的货运满足率, 若 $\Delta=z(x)-z(x') \geq 0$, 则将 x 替换为 x' , 即 $x=x'$; 若 $\Delta=z(x)-z(x') \leq 0$, $\exp\left(-\frac{\Delta f}{T}\right) > r$ ($r \in (0, 1)$; Δf 为货运代价变化), 则将 x 替换为 x' , 即 $x=x'$ 。

10) 计算当前解 x_{best} 下的 z_{best} , 并得到最优车辆调度方案。

11) 内循环终止准则是达到设定的内循环次数。若等温下 q 达到内循环次数 N_e , 即 $q=N_e$, 则进入下一次外循环, T 依照 $T=\partial T$ (文中 ∂ 取 0.9) 的降温函数改变, q 置零; 若 $q < N_e$, 回到步骤 7)。

12) 外循环终止准则是达到外循环末温。若外循环未达到终止温度 T_F , 即 $T-T_F > 0$, 则返回到步骤 6); 若 $T-T_F \leq 0$, 终止 SA 算法外循环过程。

4 实例分析

文中以济南、淄博 2 家小型运输企业为例, 对共享策略下甩挂调度进行求解说明, 与其所属的 5 个客户点构成具有 7 个网络节点的甩挂运输系统。两运输企业牵引车数量分别为 3 辆和 2 辆, 用 A—E 进行编号。各服务点间的货运距离、货运需求见表 1—2。假设甩挂运输的最佳运距为 960 km^[18], 以货运总里程为目标函数进行求解。

将济南等 7 个城市分别用数字 1—7 表示, 分别以济南、淄博为初始点, 依据货运关系分别求取到其他服务点的运输路径, 构成集合 v'_1, v'_2 ; 客户点为货运起始点的路径分别与 v'_1, v'_2 中的运输路径相衔接, 最终赋予各运输路径终点, 构建行驶路线集合 v_1, v_2 。

表 1 各城市载货半挂车客流量
Tab.1 Exchange volume of semi-trailers in each city

城市	济南	淄博	潍坊	泰安	莱芜	德州	滨州
济南	0	1	1	0	2	0	0
淄博	1	0	0	2	0	0	0
潍坊	0	1	0	0	1	0	0
泰安	0	0	0	0	0	2	0
莱芜	0	0	0	0	0	0	2
德州	1	0	1	0	0	0	0
滨州	0	0	0	1	0	0	0

通过python定义选择函数 choose 和组合函数 combine 从 2 个集合中分别抽取 3, 2 条路径组建 1 个调度方案, 并依据运距约束条件和服务点间的运输次数的约

表 2 各城市货运距离
Tab.2 Freight distance of each city km

城市	济南	淄博	潍坊	泰安	莱芜	德州	滨州
济南	0	109	208	89	85	126	163
淄博	109	0	112	157	86	206	83
潍坊	208	112	0	283	226	304	180
泰安	89	157	283	0	57	163	208
莱芜	85	86	226	57	0	215	150
德州	126	206	304	163	215	0	197
滨州	163	83	180	208	150	197	0

束来完成初始方案的构建。
文中对实例中初始方案构建、筛选以及利用模拟退火算法求取最优化方案的伪代码进行示意。

Step 1: Initialization. Input set V_1' , set V_2' , set D , element a , element b , limits of adjacent times between a and b Times.

Step 2: For v_1, v_2, v_3 in V_1' , run the following procedure.

```
PROCEDURE Enumerate_3_path( $V_1'$ )
{
    Set  $V_a = V_a \cup \{[v_1, v_2, v_3]\}$ ;
}
For  $v_1, v_2$  in  $V_2'$ , run the following procedure.
PROCEDURE Enumerate_2_path( $V_2'$ )
{
    Set  $V_b = V_b \cup \{[v_1, v_2]\}$ ;
}
Set  $V = V_a \times V_b$ ;
For  $v$  in  $V$ , run the following procedure.
PROCEDURE Set_Filter( $V$ )
{
    Calculate the sum  $S$  of distance between adjacent elements in  $v$ ;
    Count the adjacent times  $T_{ab}$  of  $a$  and  $b$ ;
    if( $S < 960 \& \& T_{ab} == \text{Times}$ ) {Set  $V_f = V_f \cup \{v\}$ ;}
```

Step 3: $\forall x \in V_f$, run the following procedure;

```
PROCEDURE Simulated_Annealing ( $V_f$ )
{
    while(  $T > T_{\text{last}}$  )
    {
        Calculate the value Value_x of  $x$  and the value Value_x' of  $x'$ 
        if(Value_x' - Value_x  $\geq 0$ ) {Set  $x' = x$ ;}
        else if( $\exp((\text{Value}_x' - \text{Value}_x)/T) > \text{random}(0,1)$ ) {Set  $x' = x$ ;}
        Select next potential set new_x;
        Set  $x = \text{new\_x}$ ;
        Calculate next temperature  $T'$ ;
         $T = T'$ ;
    }
}
```

Step 4: Output Card(x)

如图 3 所示, 通过模拟退火算法输出最佳调度方案。算例中空挂任务 3 项, 重挂任务 16 项, 总运输行程为 2769 km。调度方案如下所述。

$\begin{cases} A: 1 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \\ B: 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 1 \\ C: 1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 2 \end{cases}$

车辆 A, B, C 的调度方案可互换。

$\begin{cases} D: 2 \rightarrow 1 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \\ E: 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \end{cases}$

车辆 D, E 的调度方案可互换。

文中以最大输出功率为 312 kW 的沃尔沃某型号牵引车为例进行说明。该牵引车重挂运输的成本为

50 元/km, 空车运行成本为 35 元/km; 重挂运输的油耗为 45 L/100 km, 空挂运输的油耗为 30 L/100 km。如表 3 所示, 与普通货运相比较, 共享模式甩挂运输的空载率降低 79%, 单位货运成本降低 49.9%, 单位货运的油耗量减少 22.6%, 牵引车与半挂车的比例提升 1.7 倍。算例结果表明, 文中所构建的车辆调度模型及求解算法对现阶段甩挂模式的转变具有一定的指导意义。

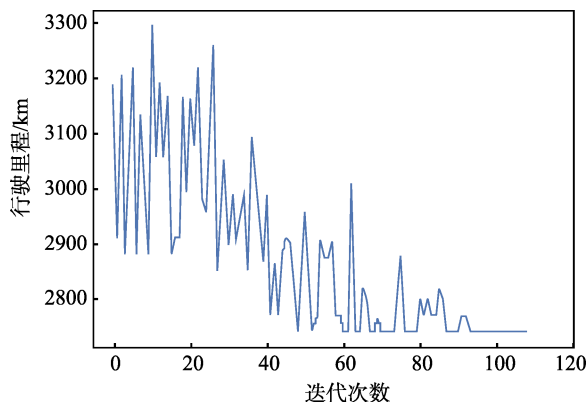


图3 模拟退火算法求取最优解

Fig.3 Simulated annealing algorithm to obtain the optimal solution

表3 普通货运与共享策略下甩挂货运对比

Tab.3 Comparison of common freight and sharing strategies

货运类型	空载率/%	单位货运的成本/ (元·(100 km) ⁻¹)	单位货运油耗/ (L·(100 km) ⁻¹)	牵引比
普通货运	50	607.1	97.5	1 : 1.4
共享货运	10.2	303.8	75.47	1 : 3.8
优化百分比	79.6%	50%	22.6%	171.4%

5 结语

现阶段甩挂运输存在的不足, 主要是由于运输企业间的隔阂、运输设施差异化所导致。这也决定了共享策略是甩挂运输未来的发展方向。结合相关甩挂运输试点的调研结果, 文中以货运总距离为目标函数, 对前期调度方案进行相应的筛选处理, 以模拟退火的求解算法进行求解。算例表明, 文中所构建共享策略下甩挂调度模型及其求解方法是可行的。从实例分析来看, 在大范围内开展共享策略下甩挂运输的车辆调度组合是极具复杂性, 传统的调度模式并不适应其灵活多变性, 文中的调度方式借助信息共享技术更能实现统筹优化。

参考文献:

- [1] 董千里. “一带一路”背景下国际中转港战略优势、条件及实现途径[J]. 中国流通经济, 2017, 31(2): 46—54.
DONG Qian-li. The Advantage, Condition and Realization Way of International Transit Hub Strategy under the Background of the Belt and Road Initiative[J]. China Business and Market, 2017, 31(2): 46—54.
- [2] 冯冠军, 王淑云. “一带一路”战略下的陆海甩挂运输模式研究——服务创新的视角[J]. 东岳论丛, 2015, 36(8): 136—140.
FENG Guan-jun, WANG Shu-yun. Lu Haiyu's Transportation Mode under the "Belt and Road" Strategy——From the Perspective of Service Innovation[J]. Dongyue Tribune, 2015, 36(8): 136—140.
- [3] 顾宇民. 关于开展水陆甩挂运输的思考[J]. 中国航海, 2015, 38(4): 125—128.
GU Yu-min. The Thinking About Swap Trailer Shipping[J]. Navigation of China, 2015, 38(4): 125—128.
- [4] 薛亮, 马健霄, 余伟. 甩挂运输具体应用分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(5): 200—205.
XUE Liang, MA Jian-xiao, YU Wei. Application Analysis of Drop and Pull Transport[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 11(5): 200—205.
- [5] 赵鲁华, 王恩童. 基于博弈论的甩挂共享策略分析[J]. 物流科技, 2017, 40(9): 77—79.
ZHAO Lu-hua, WANG En-tong. Analysis on the Sharing Strategy of Roving Vehicle Based on Game Theory[J]. Logistics Sci-Tech, 2017, 40(9): 77—79.
- [6] DREXL M. Applications of the Vehicle Routing Problem with Trailers and Transshipments[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 227(2): 275—283.
- [7] 范小文. 甩挂运输联盟车辆协调调度模型研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
FAN Xiao-wen. Research on Vehicle Coordination Scheduling Model of Hanging Transportation Union [D]. Changchun: Jilin University, 2016.
- [8] 李红启, 常馨玉, 朱晓宁, 等. 城际干线甩挂运输的公路牵引车调度问题及其求解[J]. 公路交通科技, 2016, 33(2): 151—158.
LI Hong-qi, CHANG Xin-yu, ZHU Xiao-ning, et al. Intercity Line-haul Tractor Dispatching Problem in Trailer Pick-up Transport and Its Solving Method[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016, 33(2): 151—158.
- [9] XUE Z, ZHANG C, YANG P, et al. A Combinatorial Benders' Cuts Algorithm for the Local Container Drayage Problem[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2015(7): 1—7.
- [10] XUE Z, ZHANG C, LIN W H, et al. A Tabu Search Heuristic for the Local Container Drayage Problem under a New Operation Mode[J]. Transportation Re-

- search Part E, 2014, 62(1): 136—150.
- [11] 胡志华, 曹杨, 王云霞. 集装箱集散的轻重箱循环甩挂调度方法[J]. 武汉理工大学学报, 2012, 34(10): 68—73.
HU Zhi-hua, CAO Yang, WANG Yun-xia. Cyclic Tractor-and-trailer Scheduling for Consolidation and Distribution of Loaded and Empty Containers[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2012, 34(10): 68—73.
- [12] LAI M, CRAINIC T G, FRANCESCO M D, et al. An Heuristic Search for the Routing of Heterogeneous Trucks with Single and Double Container Loads[J]. Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review, 2013, 56: 108—118.
- [13] 李红启, 赵文聪, 李嫣然. 时效要求下的甩挂牵引车调度问题与求解[J]. 交通运输工程学报, 2016, 16(5): 95—102.
LI Hong-qi, ZHAO Wen-cong, LI Yan-ran. Trailer Pick-up Tractor Routing Problem with Timeliness Requirement and Solving[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2016, 16(5): 95—102.
- [14] 杨光敏, 罗志勇, 杨珍花, 等. 轴辐式网络结构下的集装箱甩挂运输调度优化[J]. 大连海事大学学报, 2016, 42(3): 63—69.
YANG Guang-min, LUO Zhi-yong, YANG Zhen-hua, et al. Scheduling Optimization of Container Tractor-and-trailer Transportation under Hub-spoke Network[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2016, 42(3): 63—69.
- [15] 杨光敏, 曹馨湖, 杨珍花, 等. 集装箱甩挂运输车辆调度优化模型的三阶段启发式算法[J]. 上海海事大学学报, 2016, 37(1): 42—48.
YANG Guang-min, CAO Xin-hu, YANG Zhen-hua, et al. Three-stage Heuristic Algorithm of Container Tractor and Trailer Transportation Scheduling Optimization Model[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2016, 37(1): 42—48.
- [16] DERIGS U, PULLMANN M, VOGEL U. Truck and Trailer Routing—Problems, Heuristics and Computational Experience[J]. Computers & Operations Research, 2013, 40(2): 536—546.
- [17] 马华伟, 胡明明, 胡笑旋. 基于模拟退火算法的甩挂运输路径规划[J]. 中国管理科学, 2016, 24(11): 1—6.
MA Hua-wei, HU Ming-ming, HU Xiao-xuan. Swap Trailer Path Planning Based on Simulated Annealing Algorithm[J]. Chinese journal of Management Science, 2016, 24(11): 1—6.
- [18] 李红启. 甩挂运输试点工作进展分析[J]. 物流技术与应用(货运车辆), 2012(2): 74—75.
LI Hong-qi. Analysis on the Progress of Pilot Transportation Project[J]. Logistics Technology and Application(Cargo Vehicle), 2012(2): 74—75.