

企业自备车过轨直达运输组织优化运行研究

王 龙¹, 林柏梁¹, 彭 辉², 李 建¹, 陈 雷¹, 温旭红¹

(1. 北京交通大学交通运输学院, 北京 100044;

2. 长安大学公路学院, 西安 710064)

摘要: 针对企业自备车过轨运输的特殊性, 结合传统装车地车流组织理论, 拓展企业过轨站直达运输组织模式, 在综合分析自备车过轨站组织直达列车的可能性、合理性及费用参数选择的基础上, 构建企业自备车过轨站直达列车开行方案的优化模型。模型以装车地车流组织总费用最小为优化目标, 以单股车流组织方案唯一性为约束条件, 较好地解决了企业自备车过轨运输组织问题。最后以西北地区延长石油公司自备车过轨运输为案例背景, 验证了模型的合理性。

关键词: 铁路运输; 企业自备车; 装车地; 车流组织; 直达列车

中图分类号: U292.3 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2015)14-1509-07

Optimal operation of direct train for enterprise-owned cars transport by national railroad

WANG Long¹, LIN Boliang¹, PENG Hui², LI Jian¹, CHEN Lei¹, WEN Xuhong¹

(1. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: According to the particularity of enterprise-owned cars transportation by national railroad, and on account of the traditional railcar blocking theory from loading area, we expand the modes for enterprise-owned cars direct transport by rail. On the basis of analyzing the possibility and rationality of operating direct trains for enterprise-owned cars as well as studying the cost parameters, we construct the optimal model for the enterprise-owned cars' blocking plan. For the target of minimizing the total cost for operating enterprise-owned cars from loading area, and regarding of the uniqueness of single shipment's blocking plan as constraint, the model can well solve the enterprise-owned cars blocking problem. Finally, in order to verify the rationality of the model, we give the solution for the Yanchang petroleum enterprise-owned cars transportation by rail.

Key words: railway transport; enterprise-owned cars; loading area; railcar blocking; direct train

0 引言

企业自备车作为铁路车辆的有益补充, 对缓解运能与运量的矛盾, 提高企业经济效益, 发挥着重要的作用。然而长期以来, 企业自备车的周转时间过长、运用效率低下, 不仅使企业货物难以及时装车运达目的地, 同时也不利于铁路网点线能力的充分利用, 影响整个路网机车车辆的正常运转。

企业自备车经国家铁路过轨运输, 需要自备车所属企业与铁路局共同合作管理。组织企业自备车运

基金项目: 铁道部科技研究开发计划课题 (2012X006-E)

作者简介: 王龙 (1988—), 男, 博士研究生, 主要研究方向: 铁路运输组织

通信联系人: 林柏梁, 教授, 主要研究方向: 铁路运输组织. E-mail: bllin@bjtu.edu.cn

输直达化不仅能够为企业带来规模性的经济效益,同时也是铁路拓展市场、加强货运营销工作的重要保证。在日常运输工作中,加强企业自备车直达列车日历装车计划的编制与执行,广泛实行按阶段、分去向、集中出车等先进作业组织方法,可提高自备车的运用效率、减轻沿途技术站的中转改编压力。因此,一定条件下,组织企业自备车的直达运输也是铁路自身挖潜提效的重要途径之一。

对于企业自备车的运用组织,国内外缺乏较为系统的研究。目前,针对自备车管理组织的研究也仅停留在理论分析的层面,难以形成有效的量化解决方法。宋文国等^[1]分析了成品油经铁路运输的特点和影响自备车运行效率的主要因素,从自备车定期检修和日常维护、罐车运力的优化调整和运行过程的实时监控等方面进行总结,提出了一系列提升自备车运行效率的措施和方法。谢金宝^[2]在深入分析企业自备车运能与运量相互制约关系的基础上,提出了企业自备车运用的最小费用最大流网络优化模型和算法。谢元勋^[3]从实现企业效益最大化的角度出发,分析了企业自备车在铁路体制改革形式下存在和发展的价值,提出了提高企业自备车运用管理水平的建议。

综上所述,目前针对改进和优化企业自备车运用管理的研究基本停留在管理层次的制度分析层面,缺乏对自备车经铁路过轨运输组织的实质性研究。因此,这里借鉴上述研究的部分理论经验,基于铁路装车地车流组织基本理论,并在此基础上结合企业自备车过轨运输的特殊性进行扩展,提出了一套合理的优化理论与方法。

1 组织企业自备车过轨直达运输的可能性与合理性

1.1 组织直达列车的必要条件

根据传统的装车地直达列车组织理论,在企业自备车过轨站组织直达列车,对于发货企业的装车能力和收货方的卸车能力、企业仓储等条件都提出了一定的要求,同时自备车的及时返空也应有所保证。否则,在过轨站组织开行直达列车就可能造成装卸困难、自备车的停时过长、企业库存仓储费用增加等弊端。因此,企业自备车过轨站组织直达列车应当满足以下必要条件:

- 1) 若组织某一过轨站始发的单股车流、合并车流以及多站的合并车流开行直达列车,则该直达去向所吸引的各股车流的总车流强度满足一定的流量底线。
- 2) 发货企业或发站(指一条专用线、一个车站或同一枢纽/区段内联合组织开行阶梯直达列车的若干过轨车站)的厂库容量、装车能力和配线长度能够保证整列出车。
- 3) 收货企业的厂库容量能满足整列或成批卸车的要求。
- 4) 企业自备车的保有量有保证。相关企业要配备足够数量符合货种装运要求的自备车,以保证车辆的正常周转以及货物的及时装运。

1.2 衡量直达运输效益的标准

直达列车的开行不仅需要具备上述必要条件,而且也应视所达到的经济效益而定。通常情况下,衡量自备车直达运输经济效益的标准为:1) 是否有利于加速自备车的周转、提高车辆运用效率;2) 权衡车辆在装卸车站停留等待与在沿途有关技术站进行改编作业之间的费用消耗,主要着眼于减少自备车的停时与中时。

因此,在确定企业自备车过轨运输方案时,将每股车流全部组织成直达列车的形式并非最优选择。至于针对每股车流采取何种直达方案或者非直达方案,需在考虑设备硬件条件的基础上,顾全整体效益,综合比较分析不同种车流组织形式的车小时消耗而定。

2 模型构建

企业自备车过轨运输组织方案的确定是要解决某一企业自备车的各个过轨站组织开行哪些直达列车和如何组织直达的问题。目标是通过直达和非直达的组织模式,使车辆在装车地、卸车地及沿途技术站总停留车小时消耗最小。

企业自备车存在 2 种重车流,一种是可以直接从装车地组织直达列车的重车流,另一种是不适合编组直达列车的技术车流^[4-6]。结合企业自备车过轨车流的特殊性,可将自备车装车地的车流组织划分为如下 4 种模式:1) 推送至前方技术站的非直达组织模式;2) 组织到达途中某一技术站解体的直达列车;3) 多个过轨站联合组织到达卸车地的阶梯直达列车;4) 组织从装车地到卸车地的点到点始发直达列车。

2.1 变量及参数定义

令 L 表示企业自备车过轨站集合; $V(s)$ 表示路网上与企业自备车过轨站 s 相邻的技术站集合; $P(s)$ 表示除与过轨站 s 相邻的技术站以外的技术站集合; $Q(s)$ 表示装车地 s 出发的车流所到达的卸车地集合, $Q(s) = \{t: N_{st} \neq 0\}$, 其中, N_{st} 表示从装车地 s 到卸车地 t 的日均车流量(车); $\rho(s, t)$ 表示车流 N_{st} 可能经过的技术站集合,不包含与过轨站 s 相邻的技术站; $V(k, t)$ 表示车流 N_{st} 在 k 站改编后到达卸车地 t 前可能改编的技术站集合,且 $k \in V(k, t)$ 。

根据上文所述的 4 种企业自备车过轨运输组织方式,定义 0-1 决策变量为

$$x_{st}^k = \begin{cases} 1, & \text{若车流 } N_{st} \text{ 在沿途技术站 } k \text{ 改编,} \\ 0, & \text{其他,} \end{cases} \quad k \in V(s) \cup P(s).$$

注:当 $k \in V(s)$ 时,若 $x_{st}^k = 1$,表示其中 N_{st} 通过摘挂或小运转列车送至前方相邻技术站,以非直达的组织方式送至目的地;当 $k \in P(s)$ 时,若 $x_{st}^k = 1$,表示过轨站 s 组织开行到达途中技术站 k 解体的直达列车。

$$y_{st} = \begin{cases} 1, & \text{若车流 } N_{st} \text{ 与其他过轨站联合组织开行到达卸车地 } t \text{ 的阶梯直达列车;} \\ 0, & \text{其他.} \end{cases}$$

$$z_{st} = \begin{cases} 1, & \text{若车流 } N_{st} \text{ 组织开行到达卸车地 } t \text{ 的点到点直达列车;} \\ 0, & \text{其他.} \end{cases}$$

相关参数定义如下: ω_{st}^I 表示车流 N_{st} 组织非直达列车的情况下,单位车辆在装卸车地的平均停留时间(h); ω_{st}^{II} 表示车流 N_{st} 组织到达途中某技术站解体的直达列车的情况下,单位车辆在装卸车地的平均停留时间(h); ω_{st}^{III} 表示车流 N_{st} 与其他过轨站联合组织开行到卸车地的阶梯直达列车的情况下,单位车辆在装卸车地的平均停留时间(h); ω_{st}^{IV} 表示车流 N_{st} 组织从装车地 s 到达卸车地 t 的点到点直达列车的情况下,单位车辆在装卸车地的平均停留时间(h); t_i 表示在技术站 i ,车辆进行改编作业相对于无改编作业的额外中转时间消耗(h)。

2.2 不同种过轨运输组织模式下的费用体系

直达运输的经济效益是通过与非直达运输相比较体现出来的。因此,在分析过轨运输组织方案的费用体系时,需比较每一种车流组织模式下的车小时节省与额外消耗,顾全各个方面而确定^[7]。鉴于传统车流组织理论中通常以车小时消耗为成本目标,所以这里仍以此作为费用当量。

2.2.1 组织非直达列车情况下的费用消耗

当车流 N_{st} 以非直达的组织模式送至目的地时,车流首先以摘挂列车、小运转列车或其他非直达形

式从过轨站 s 送往前方相邻技术站进行改编与集结, 然后按照该技术站的编组计划编入相应的列车编组, 最后经过沿途一系列的中转改编, 最终送至卸车地 t , 如图 1 所示。

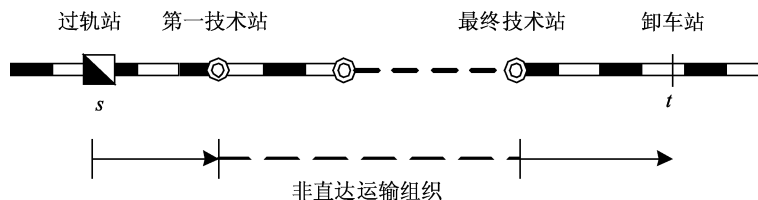


图 1 自备车非直达运输组织模式

Fig. 1 Indirect transport mode for enterprise-owned cars

由于车流 N_{st} 不仅在装卸地产生停留车小时消耗, 而且也将途中技术站产生有调中转车小时消耗, 所以此种情况下, 过轨运输组织费用 F_1 为

$$F_1 = N_{st} \sum_{k \in V(s)} \omega_{st}^I x_{st}^k + N_{st} \sum_{k \in V(s)} \sum_{i \in V(k,t)} t_i x_{st}^k. \quad (1)$$

2.2.2 组织到达途中技术站解体的直达列车情况下的费用消耗

同一过轨站始发的多股同方向车流合并开行到达途中技术站解体的直达列车, 将会一定程度地弥补单股车流强度较小的不足, 也将克服非直达组织模式改编作业过多的缺陷, 具体的组织模式如图 2 所示。

该种车流组织方式下, 列车除在装、卸车地产生滞留时间外, 也将产生途中改编作业消耗, 但相比于前一种组织模式, 车流在途中至少减少改编作业一次, 从而一定程度上减少了在技术站的中转时间, 所以此种组织模式下, 其中的单股车流费用消耗 F_2 为

$$F_2 = N_{st} \sum_{k \in \rho(s,t)} \omega_{st}^{II} x_{st}^k + N_{st} \sum_{k \in \rho(s,t)} \sum_{i \in V(k,t)} t_i x_{st}^k. \quad (2)$$

2.2.3 多个过轨站联合组织阶梯直达列车情况下的费用消耗

同一企业可能存在不止一个装车点, 则该企业的专用线将与多个不同的国铁过轨站相衔接。由同一区段内 (包括衔接支线) 或同一枢纽内的几个过轨站所装自备车辆组成, 到达同一目的站的直达列车, 则为阶梯直达列车。自备车阶梯直达运输组织模式如图 3 所示。

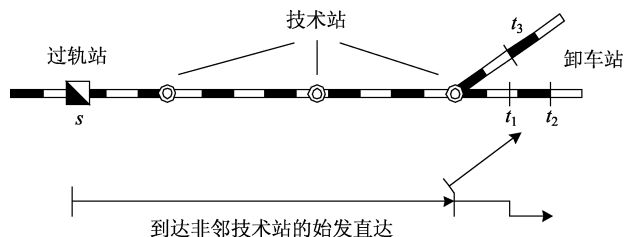


图 2 自备车到达途中技术站解体的直达组织模式

Fig. 2 Direct transport mode that enterprise-owned cars arrive at a classification yard

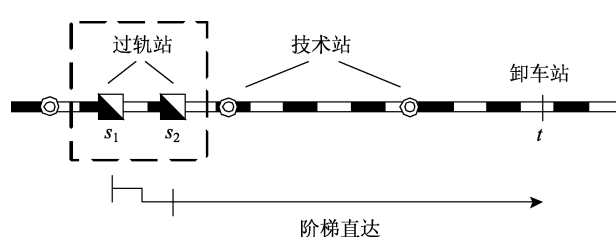


图 3 自备车阶梯直达运输组织模式

Fig. 3 Ladder direct transport mode for enterprise-owned cars

此种组织模式下, 不同过轨站始发的同到站车流将无改编越过沿途各技术站, 获得了大量的有调中转车小时节省, 但同时也一定程度地增加了车辆在装车站的停时。在此说明, 这里未区分组合开行阶梯直达的各过轨站车辆滞留时间上存在的差别。所以此种组织模式下, 其中单股车流的费用消耗 F_3 为

$$F_3 = N_{st} \omega_{st}^{III} y_{st}. \quad (3)$$

2.2.4 组织装车地到卸车地始发直达列车情况下的费用消耗

所谓点到点始发直达运输组织模式，是指在同一装车站，由同一发货单位所装车辆组成，且到达同一卸车站的直达列车，如图 4 所示。

若车流 N_{st} 为大股车流，直接组织开行至卸车地的直达列车将获得可观的经济效益，则车流 N_{st} 在装、卸车站产生的车小时消耗为

$$F_3 = N_{st} \omega_{st}^{\text{IV}} z_{st}. \quad (4)$$

根据上述分析，可获得车流 N_{st} 在装车地、卸车地及途中的总消耗（ F_{st} ）为

$$F_{st} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4. \quad (5)$$

因此，企业自备车过轨运输组织优化目标为

$$\min \sum_{s \in L} \sum_{t \in Q(s)} F_{st}. \quad (6)$$

2.3 模型约束条件

这里假设任一企业自备车过轨站和卸车站均满足整列装车的能力，并且企业自备车运输沿途的各技术站均不存在能力紧张状况。所以，在此不对车站的装卸能力和改编能力加以约束限制。因此，此处根据铁路车流组织特点，单股车流不可拆分，任意车流 N_{st} 的组织方式具有唯一性，即

$$\sum_{k \in P(s)} x_{st}^k + y_{st} + z_{st} = 1, \quad \forall k \in V(s) \cup P(s). \quad (7)$$

增设一组关联变量

$$\delta_{ss'} = \begin{cases} 1, & \text{过轨站 } s \text{ 与 } s' \text{ 位于同一区段内,} \\ 0, & \text{其他,} \end{cases} \quad s, s' \in L.$$

则有

$$\delta_{ss'} (y_{st} - y_{s't}) = 0, \quad s, s' \in L, t \in Q(s) \cap Q(s'). \quad (8)$$

2.4 模型的综合表达

基于上述分析，企业自备车过轨直达运输组织优化模型可表述为

$$\begin{aligned} & \min \sum_{s \in L} \sum_{t \in Q(s)} F_{st} \\ & \text{s.t.} \quad \sum_{k \in P(s)} x_{st}^k + y_{st} + z_{st} = 1, \quad \forall k \in V(s) \cup P(s). \\ & \quad \delta_{ss'} (y_{st} - y_{s't}) = 0, \quad s, s' \in L, t \in Q(s) \cap Q(s'). \\ & \quad x_{st}^k, y_{st}, z_{st} \in \{0, 1\}, \quad \forall t, k. \end{aligned}$$

3 案例分析

以西北地区延长石油企业的自备车过轨运输组织为模拟实例，进一步验证模型的可行性和有效性。黄陵和延安北为延长石油企业的 2 个主要国铁过轨站，延长石油企业装车油品的主要去向分布于西

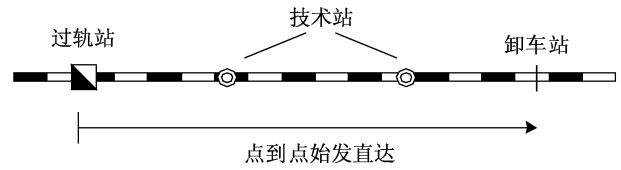


图 4 自备车点到点始发直达运输组织模式

Fig. 4 Point-to-point direct transport mode for enterprise-owned cars

南地区和华北地区，这里以其中发往西南地区的油罐车流为主要分析对象，绘制相关的自备车运输通道路网结构示意图，如图 5 所示。

延长石油企业的 2 个自备车过轨站黄陵和延安北，发往西南地区各地的油罐车流共计 99 股，此处限于篇幅未予全部列出。而且，图 5 中仅对路网中的相关主要技术站予以标注，以便能够对路网结构拥有较为清晰的了解。

路网中各技术站的改编参数 t_i 如表 1 所示。

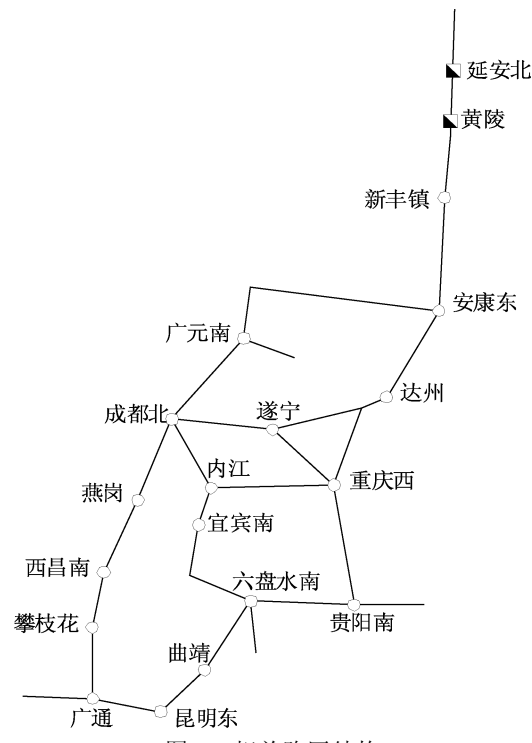


图 5 相关路网结构

Fig. 5 Related network structure

表 1 路网中各技术站的改编参数

Tab. 1 Classification parameters of each yard in the network

序号	技术站	改编参数
1	新丰镇	4.6
2	安康东	5.8
3	广元南	6.9
4	成都北	4.7
5	遂宁	6.8
6	达州	6.8
7	重庆西	4.3
8	内江	7.0
9	宜宾南	7.2
10	六盘水南	7.0
11	贵阳南	4.5
12	燕岗	7.2
13	西昌南	6.8
14	攀枝花	7.4
15	广通	6.8
16	曲靖	7.5
17	昆明东	4.9

同时，设定任一股车流在 4 种组织模式下于装卸地的平均停留时间 (h) 分别为： $\omega_{st}^I=12$ ， $\omega_{st}^{II}=14$ ， $\omega_{st}^{III}=15$ ， $\omega_{st}^{IV}=18$ 。

将相关参数代入模型，利用运筹学优化软件对模型进行求解，可得延长石油企业过轨直达运输组织优化方案如表 2 所示。

表 2 延长石油企业过轨直达运输优化方案

Tab. 2 Optimal plan of operating direct trains for Yanchang petroleum enterprise

序号	发站	到站	直达种类
1	延安北	留庄	点到点始发直达
2	延安北	重庆西	到达技术站解体的直达
3	黄陵	天回镇	点到点始发直达
4	黄陵	皂角铺	点到点始发直达
5	黄陵	成都北	到达技术站解体的直达
6	黄陵	广通	到达技术站解体的直达
7	延安北、黄陵	伏牛溪	阶梯直达

4 结论

基于传统的装车地车流组织理论, 深入解析企业自备车过轨运输组织的特点, 提出了企业自备车过轨站始发车流的 4 种组织模式, 并据此构建了 0-1 整数规划模型; 结合实际案例对模型的合理性和有效性进行了验证, 获得了自备车过轨直达列车优化开行方案。

除重流去向的直达组织, 企业自备车的过轨运输组织还包括铁路局管内企业自备车运输路径的优化调整、自备车卸后返空组织等, 如何将这些因素均纳入研究范畴, 构建更加完整的企业自备车过轨运输组织优化模型, 有待于后续的深入研究。

[参考文献] (References)

- [1] 宋文国, 孙永凤. 铁路自备轻油罐车运行效率提升策略探析[J]. 西南石油大学学报: 社会科学版, 2012, 14 (3): 12-16.
SONG W G, SUN Y F. Research on strategies for improving running efficiency of self-provided light oil rail tanker[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Social Sciences Edition, 2012, 14(3): 12-16. (in Chinese)
- [2] 谢金宝. 企业自备车运用方案的优化模型及其算法[J]. 铁道学报, 2007, 29 (4): 23-26.
XIE J B. Optimal model of enterprise wagon application and its algorithm[J]. Journal of the China Railway Society, 2007, 29(4): 23-26. (in Chinese)
- [3] 谢元勋. 关于企业自备车运用管理的思考[J]. 铁道运输与经济, 2002, 24 (6): 28-30.
XIE Y X. Reflections on utilization management of enterprise-owned wagons[J]. Railway Transport and Economy, 2002, 24(6): 28-30. (in Chinese)
- [4] 曹学明, 林柏梁, 严贺祥. 装车地直达列车开行方案优化模型[J]. 铁道学报, 2006, 28 (4): 6-11.
CAO X M, LIN B L, YAN H X. Optimization of direct freight train service in the loading place[J]. Journal of the China Railway Society, 2006, 28(4): 6-11. (in Chinese)
- [5] 林柏梁, 朱松年, 史德耀, 等. 装车地直达列车编组计划的优化模型[J]. 中国铁道科学, 1995, 16 (2): 108-114.
LIN B L, ZHU S N, SHI D Y, et al. The optimal model of the direct train formation plan for loading area[J]. China Railway Science, 1995, 16(2): 108-114. (in Chinese)
- [6] 纪丽君, 林柏梁, 王志美. 基于物流成本的装车地车流组织优化模型研究[J]. 铁道学报, 2009, 31 (2): 1-6.
JI L J, LIN B L, WANG Z M. Study on the optimization of car flow organization for loading area based on logistics cost[J]. Journal of the China Railway Society, 2009, 31(2): 1-6. (in Chinese)
- [7] 钱亚渠, 王海军. 炼油企业自备车管理的数据模型及决策[J]. 铁道运输与经济, 2006, 28 (9): 75-77.
QIAN Y Q, WANG H J. Data model and decision on management of car owned by refining enterprises[J]. Railway Transport and Economy, 2006, 28(9): 75-77. (in Chinese)