

干货集装箱空箱调整优化系统分析

李凌燕

(西南交通大学 交通运输与物流学院 四川 成都 610031)

摘要: 由于某些主客观原因,集装箱空箱运转存在时空不平衡性,低效率的干货集装箱空箱调整会增加运输成本,不利于集装箱货运的发展。现从系统混沌的角度分析空箱调整系统的动态发展过程,用熵来量化该系统的稳定性,得出通过优化空箱调整过程来降低系统的熵值,增加系统稳定。在考虑集装箱站空箱调运优先级的情况下,引入径路阻抗的概念,建立一定的空箱调整模型,确定从发送站到终点站的空箱流分配,以总箱阻抗最小化为目标,并用算例验证模型的实用性。

关键词: 混沌系统; 熵; 优先级; 空箱调整模型

中图分类号: U292.3+6 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)01-0074-04

由于地区经济发展水平、资源布局等客观因素的影响,铁路全路空箱的流向具有不平衡的特点,即需求(空箱供给)与供给(投入运输的空箱)之间存在不平衡,而且部分箱型之间是不可代用的,这必然会产生空箱调运的问题。空箱调运效率较低时,既浪费空箱资源,又会增大运输成本,不利于集装箱运输的发展。

此外,部分主观因素也会引起空箱调运不佳,比如,较低的管理水平导致集装箱运转不畅,超期和错用的集装箱、点线的空箱办理能力不协调等。

目前国内对集装箱空箱调运优化问题的研究中,取得了很大进展,方开莎^[1]将空箱调度作为孤岛进行单独的调运分析,建立多目标满意度模型来寻求满意解;段刚等^[2]学者建立空箱调运的总距离最小,利用遗传算法进行优化;还有不少学者利用粗糙集或是模糊数学等工具解决随机性需求的问题,建立规模处理或混合优化等模型,利用现代优化算法进行空箱调整计算;胡晓龙^[3]在环境不确定条件下,建立了机会约束空箱调运模型,并引入时间窗的概念建立空箱优化模型。目前,从系统切入研究集装箱优化的文献较少,现从系统方面讨论空箱调度,并建立相应的模型进行求解。

1 空箱调运系统的优化分析

我国集装箱空箱调运是一个复杂的系统问题,其基本组织功能如图1所示,本质就是系统在边界处对输入的空箱有序地组织为一定的空箱流,满足集装箱货物运输的空箱需求。从组织功能图中可发现,空箱调运始发和终到的中转过程中,功能对象被作用了两次,途中中转时被控制一次,故为了减少能量消耗,要对空箱调运的径路和数量进行优化,避免空箱对流等不合理的运输。

空箱调运系统的发展过程可以进行耗散分析^[4]。首先集装箱运输系统是开放的,系统内外均有明显的物质能量和信息的传递和交换。空箱的产生、搬运装卸设备的使用、空箱运输资源的使用、资金流动、

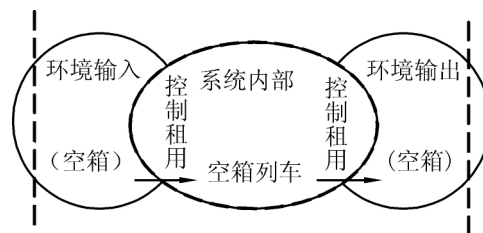


图1 基本组织功能图

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2014.01.15

收稿日期: 2013-03-26

作者简介: 李凌燕 女 1990年出生 硕士研究生

空箱时空移动的机械能、列车运行耗用的能量、空箱供需调查与统计、货运量分布、空箱运单填写、相关规则和方案的对外公布等,都构成空箱调运系统内外的物质、能量或信息交换,而系统在宏观上则表现为动态有序。

其次空箱调运系统处于非平衡态。为了减少这种集装箱供给能力和需求的不平衡、系统设备时空配置与系统需求不平衡以及调度管理方式与系统能力不平衡带来的被动,集装箱空箱调运显得十分重要。若系统属于静态平衡状态,则会产生无序状态。

第三,空箱调运系统存在很多涨落,对外部输入因素的敏感性很强。系统内部的各涨落要素在不断变化中寻求一种非平衡的动态稳定,表现为空箱需求、空箱通过和输送能力、调度管理能力的涨落,这些涨落对空箱调运方式具有重要的影响。

对于集装箱空箱调运的混沌性,可以从熵的角度进行考虑。熵的概念最初是来源于热力学,但是目前它在热力学等之外的交通科学等领域也广泛应用。熵可以对系统的微观状态和宏观状态之间相互关系进行量化,也是一个反映系统不确定性的一个度量,如公式(1)所示

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

式中, p_i 为第 i 种情况发生的概率。

通过熵值的大小,可以看出系统的稳定程度。在空箱调运系统中借用熵的概念,那么该系统的发展实际上是一个熵逐渐增大的过程^[5]。铁路集装箱的发展起于 20 世纪 50 年代,到目前为止,车、站、箱等基础设施得到长足的发展,从一条线路发展到多条线路运输,从一个集装箱办理中心发展到多个办理中心,从点到线,逐步形成全路集装箱运输网络,空箱调运网络也逐渐复杂起来,不确定性因素如径路选择、箱流流向、调运费用等呈现出多元化,这实际上正是系统熵在不断增加。

通过建立恰当的空箱调整模型,优化空箱调整过程,可以降低系统的熵值,增大系统的稳定性。

2 模型分析

2.1 模型构建假设^[6]

(1) 全路空箱调运系统是封闭性的,供需平衡。集装箱运输系统属于耗散结构,所讨论的对象是动态系统,即系统内所有节点产生的集装箱空车数量与需求数量是平衡的。对于局部供需不平衡的空箱调度问题时,可以通过虚设供应站或是需求站来进行优化计算。

(2) 能力利用假设。集装箱供需节点被视为“暗箱”系统,并假设任意节点的到发空箱数量不受站点集装箱办理能力的限制。

(3) 单向性假设。集装箱站对于空箱不能兼具需求和供给的性质,同一有向弧上不能同时有相反流向的空车流,即不允许形成空车对流,确保在研究过程中,集装箱节点站对空车的需求和供给特性不变。

(4) 共同径路假设。对于有唯一 $O-D$ 径路的某支集装箱空车流,其所有组成必须具有共同径路。

2.2 模型构建

空箱调整问题的描述:假定有 n 个空箱发送站,用 O_i 表示 $i \in [1, n]$, O_i 站空车发送量为 a_i ; m 个集装箱空车需求站,用 D_j 表示 $j \in [1, m]$, D_j 站空车需求量为 b_j ,从 O_i 到 D_j 的费用,在此借用公路交通中道路路阻函数的概念,定义为径路阻抗 f_{ij} ,在满足一定约束的情况下,确定一组从发送站到终点站的空箱流 x_{ij} 的分配,达到总箱阻抗最小的目标。

径路阻抗的产生因素主要有距离 l_{ij} 、费用 c_{ij} 、列流 q_{ij} 、不同运输方式竞争的阻抗等, f_{ij} 是一个关于 l_{ij} 、 c_{ij} 、 q_{ij} 等的复杂函数,在文中,为了简化计算,令径路阻抗为空车旅行时间^[7],即为公式(2)。一般地,空箱调整运行径路上是由多种列车占用的,如重车流等,特别是客货混线的径路路段,径路列流更加复杂,径路上列流的增多会增加空箱列车的避让等待时间,使总运行时间增大。

$$f_{ij} = t(q_{ij}) = t_{ij}^0 [1 + \alpha (q_{ij}/c_{ij})^\beta] \quad (2)$$

式中, $t(q_{ij})$ 表示径路上的总列流为 q_{ij} 时,空车车列从 O_i 到 D_j 的运行时间; t_{ij}^0 表示从 O_i 到 D_j 的纯运行时

间; q_{ij} 表示从 O_i 到 D_j 的径路上的所有种类列车如重车、空车等的列流量; c_{ij} 表示从 O_i 到 D_j 的径路上的饱和列流量,即最大通过能力; α β 是回归参数,可以通过参照公路阻抗函数的求法进行拟合。

在实际的空箱调运过程中,通常会考虑服务顺序,这是因为不同的空箱需求站的需求紧急程度是不同的^[8],比如在发生大规模突发事件如雪灾、地震或是疾病暴发等的集装箱站等,它们比一般的集装箱站空箱调运具有更高的优先级,因此在调运的时候要优先进行满足,在满足更高一级的空箱需求之后,再向下一级的空箱需求站调运。

在原有调运模型的基础上,创新性地 will 集装箱站空箱调运优先级,加入到优化模型中,即在集装箱站优先级限制的条件下,考虑调运路网的阻抗值,确定合理调配空箱方案。

数学模型如下

$$\min F = \sum_i^n \sum_j^m x_{ij} f_{ij} \quad (3)$$

$$s. t. \quad \sum_j^m x_{ij} \leq a_i \quad (4)$$

$$\sum_i^n x_{ij} \leq b_j \quad (5)$$

$$\max(r_j - r_k, \rho) \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq M \sum_{i=1}^n x_{ik} \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1, 2, \dots\}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

公式(3)表示模型将空车调度的总箱阻抗最小作为目标函数,即总箱时间最短,公式(4)和(5)是集装箱站供需能力约束条件,公式(6)是集装箱站优先级约束条件, r_j 表示集装箱站 D_j 的优先级,取值为1、2,分别代表紧急空箱需求和一般空箱需求, M 是无穷大的常数,此约束要求在调运时要先满足优先级高的集装箱站的空箱需求,公式(7)表示 x_{ij} 取值为整数,以及 i, j 的取值范围。

3 算例

已知 O_1, O_2, O_3 为集装箱供应站, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 为集装箱需求站,其具体供需情况需求等级 r 如表1。

表1 $O-D$ 供需情况及需求等级

供需	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	供
O_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	70
O_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	80
O_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	125
需	30	60	20	35	50	20	60	—
r	2	2	1	1	2	1	2	—

各 $O-D$ 站之间的道路阻抗计算是一个复杂的问题,有待后续研究,在此假设已得出 f_{ij} ,如表2所示。

表2 $O-D$ 之间的阻抗值

阻抗	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
O_1	30	110	20	20	30	60	100
O_2	10	90	10	55	20	25	80
O_3	70	40	30	15	100	50	50

该算例数据简单,采用表上作业法求解,结果如表3所示。计算得出铁路干货集装箱空箱调整方案。

表3 调整方案

方案	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	供
O_1	—	—	—	—	50	—	20	70
O_2	30	—	20	—	—	20	10	80
O_3	—	60	—	35	—	—	30	125
需	30	60	20	35	50	20	60	275

根据计算结果,可按如下进行空箱调运:首先满足优先级为1的集装箱站,即 O_2 向 D_3 和 D_6 分别调运

20、20 ρ_3 向 D_4 调运 35 ,之后对优先级为 2 即需求一般的集装箱站进行分配 , O_1 分别向 D_5 、 D_7 供应 50、20 空箱 ρ_2 分别向 D_1 、 D_7 供应 30、10 空箱 ρ_3 分别向 D_2 、 D_7 供应 60、30 空箱 ,总阻抗 $F = 9\ 725$ 。

但是在实际问题中 ,一般都是涉及到全路大规模的空箱调运问题 ,集装箱 $O-D$ 数目增多 ,具有复杂、多变等性质 ,传统的表上作业法计算较麻烦 ,可采用混沌 PSO 等启发式算法对寻求优化解更加方便和可行。

4 总结

对路网间集装箱空箱调整优化进行了系统分析之后 ,引入路网阻抗和集装箱站空箱调运优先级的概念 ,给出了一定的空箱优先调运模型 ,并结合算例 ,运用文中提到的模型和算法进行求解。结果表明 ,该模型和算法对于铁路集装箱空箱调整是切实可行的 ,也为解决整个路网上集装箱空箱调整问题提供了新思路。但是 ,对提出的空箱调运道路阻抗和局部非封闭性的空箱调整的研究未深入 ,有待后续研究。

参 考 文 献

- [1]方开莎. 基王满意理论的铁路集装箱[D]. 北京: 北京交通大学 2009.
- [2]段刚, 张慧, 陈莉, 等. 铁路集装箱空箱调运问题的遗传算法[J]. 铁道科学与工程学报 2011 8(3): 111-112.
- [3]胡晓龙. 集装箱空箱调运优化的模型与方法研究[D]. 南京: 东南大学 2005.
- [4]赵添翼, 李红昌. 基于耗散结构理论的铁路货运直达化组织分析[J]. 中国铁路 2008(4): 18-19.
- [5]张春辉. 交通分布模型比较研究[D]. 大连: 大连理工大学 2010.
- [6]王都, 闫海峰, 谭云江. 路网节点间铁路冷藏车空车调整的蚁群算法[J]. 中国铁道科学 2008 29(2): 132-133.
- [7]郑远, 杜豫川, 孙立军. 美国联邦公路局路阻函数探讨[J]. 交通与运输 2007(1): 24-26.
- [8]田军, 马文正, 汪应洛, 等. 应急物资配送动态调度的粒子群算法[J]. 系统工程理论与实践 2011 31(5): 899-904.

Systematic Analysis of Optimization for Empty Dry Goods Containers Adjustment

Li Lingyan

(College of Transportation and Logistics ,Southwest Jiaotong University ,Chengdu 610031 ,China)

Abstract: Due to some objective and subjective reasons , there exist space-time imbalances in the process of empty containers operation. The low efficiency of empty containers adjustment for dry goods containers will increase transportation costs , which is unfavorable to the development of container freight transport. From the angle of the chaos , this paper analyzes the dynamic development process of the empty containers adjustment system , quantifying the stability of the system by entropy. We can draw the conclusion that the system can reduce its entropy , which is to increase system stability through the optimization of the adjustment process for empty container. Taking the priority of container stations into account , this paper establishes a model of empty containers adjustment to determine the flow distribution from the transmitting station to the terminus station which has the lowest impedance for the containers , and verifies it through an example.

Key words: chaotic system; entropy; priority of container stations; empty containers adjustment model

(责任编辑 车轩玉)