



基于港口分拨中心的 进口铁矿石物流系统优化研究*

孙家庆, 唐丽敏, 姜 湄

(大连海事大学 交通运输管理学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 以港口分拨中心为切入点, 从整体优化的角度, 建立了进口铁矿石物流系统优化模型, 并以大连港为例进行优化计算与相关参数的模拟分析, 为我国进口铁矿石物流系统优化提供决策依据。

关键词: 进口铁矿石; 港口分拨中心; 物流系统优化

中图分类号: F 252. 81

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)04-0099-04

Optimization of logistics system for imported iron ore based on port distribution centers

SUN Jia-qing, TANG Li-min, JIANG Mei

(College of Transportation Management, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: This paper establishes the imported iron ore logistics system optimization model based on the port distribution center and from the angle of the overall optimization. Taking Dalian port for example, this paper carries out the optimization calculation and simulation analysis of relative parameters, to provide a decision basis for the optimization of the imported iron ore logistics system in China.

Key words: imported iron ore; port distribution center; logistics system optimization

随着我国进口铁矿石的增多, 港口区域内钢铁企业成本的大幅度提升, 由于运输不畅所导致的压港问题明显, 这对钢铁企业以及港口的进一步发展都是不利的。因此, 应充分发挥港口矿石分拨中心作用, 以港口为切入点, 优化进口铁矿石物流系统。

近年来, 国内外学者针对进口铁矿石运输网络及物流系统优化问题进行了研究, 其中, 国外研究多关注于港口本身, 包括选址、网络协调与敏捷化发展等^[1-3]; 国内研究则往往略重于某一地区的进口铁矿石运输网络优化^[4-7]。但从港口矿石分拨中心的视角, 以包括采购、海运、存储以及分拨运输在内的总物流费用最小为目标, 对进口

铁矿石物流系统进行优化研究还十分缺乏。

1 基于港口分拨中心的进口铁矿石物流系统优化模型

1.1 基本假设

1) 为了使问题简化且符合实际, 把整个研究期分为多个时间段, 将问题变为多个用户多个时段内连续不断的订购和运输问题, 并令各时段长度相等。2) 每个订购计划和运输计划均开始于时段之初。3) 不考虑铁矿石的品质, 且不同种铁矿石的库存费用相同。4) 矿石堆场是多用户共享的。5) 海运方式仅选择 Panamax 和 Capesize 两种船型。6) 各运输阶段的运输能力没有限制。

收稿日期: 2013-07-21

*基金项目: 国家社会科学基金项目 (13BGJ031); 辽宁省社会科学规划基金项目 (L11AJY003); 辽宁省教育科学“十二五”规划项目 (JG12DB085)

作者简介: 孙家庆 (1963—), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为物流工程与管理。

1.2 模型构建

1.2.1 目标函数

本模型的目标在于使整个铁矿石物流系统的总物流费用，即采购费用、海运费、库存费用以及分拨运输费用最小。

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} V_k H_{it} + \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} \Delta t E_{ik} / T_{ik} + \sum_{i=1}^T C_i (W_t + \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} \Delta t / T_{ik} - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^2 Y_{jl} \Delta t / T_{jl}) + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^2 Y_{jl} \Delta t E_{jl} / T_{jl} \quad (1)$$

式中： X_{ik} 为 t 时期内，供应商 i 所在的航线上运输铁矿石所用的 k 船型的配船数量； $k=1, 2$ ，分别代表 Panamax 和 Capesize 的船型； V_k 为第 k 种船型的运输能力； H_{it} 为时间段 t 内供应商 i 铁矿石的售价； Δt 为每个时间段的长度； T_{ik} 为以船型 k 从供应商 i 处将铁矿石运到国内某矿石码头的的时间； E_{ik} 为将铁矿石从供应商 i 通过船型 k 运至国内港口的单位运输费用； C_t 为时间段 t 内铁矿石在港口单位库存费用； W_t 为时间段 t 开始之初铁矿石的库存量； Y_{jl} 为时间段 t 内矿石码头向钢铁厂 j 分拨运输铁矿石所用运输方式的数量； $l=1, 2$ ，分别代表公路运输和铁路方式； T_{jl} 为第 l 种陆运方式从矿石码头到钢铁厂 j 的车次时间； E_{jl} 为将铁矿石从港口堆场通过第 l 种陆运方式运至钢铁厂 j 的单位运输费用。

1.2.2 约束条件

1) 用户需求约束。

分拨运输计划既要满足用户需求，又不造成库存积压，即：

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T V_l Y_{jl} \Delta t / T_{jl} \geq \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T D_j \quad (2)$$

式中： V_l 为第 l 种陆运方式的车辆单位载货量； D_j 为钢铁厂 j 在时间段 t 内对铁矿石的平均需求量。

2) 供应约束。

订购和运输策略必须要在供应商能力范围内，即：

$$\sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} \Delta t V_k / T_{ik} \leq \sum_{i=1}^T S_i \quad (3)$$

式中： S_i 为供应商 i 在时间段 t 内对铁矿石的最大

供应量。

3) 码头库存能力约束。

铁矿石的库存总量不能超过分拨中心的库存总能力，即：

$$W_t + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} \Delta t V_k / T_{ik} - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^2 \sum_{t=1}^T Y_{jl} \Delta t V_l / T_{jl} \leq P \quad (4)$$

式中： P 为矿石码头分拨中心的总库存能力。

4) 港口装车能力约束。

港口的装车数量不能超过港口本身的装车能力，即：

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Y_{jl} \Delta t / T_{jl} \leq L \quad (5)$$

式中： L 为矿石码头分拨中心的总库存能力。

5) 安全库存约束。

设置安全库存目的在于保证对下游用户提供快速、及时、准确的铁矿石供应服务，即：

$$W_{t-1} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 X_{ik} \Delta t V_k / T_{ik} - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^2 \sum_{t=1}^T Y_{jl} \Delta t V_l / T_{jl} = W_t \geq S_t \quad (6)$$

式中： S_t 为时间段 t 内铁矿石在港口的安全库存量。

6) 非负约束。

$$X_{ik}, Y_{jl} \geq 0 \quad \forall i, k, l, j \quad (7)$$

7) 整数约束。

每个时间段内，从铁矿石产地至国内港口的运输船舶艘数以及从港口分拨运输至钢铁厂的火车、汽车数一定是整数，即：

$$X_{ik}, Y_{jl} \in \text{int} \quad \forall i, k, l, j \quad (8)$$

2 基于大连港口分拨中心的进口铁矿石物流系统优化实例

2.1 模型参数的确定

本文以 1 a 为研究期总长度，研究期内采用 12 个时间段，每个时间段长度为 30 d。根据大连港矿石码头的实际情况，模拟并确定模型参数：

1) 供应商及其供应能力。本文选择 3 个供应商，包括 CVRD（巴西）、MMTC（印度）和 BHP（澳大利亚）。根据 2010 年东北三省进口矿来源的统计，澳大利亚约占 50%，巴西约占 31.5%，印度约占 7.4%，则可估算 2013 年腹地

内来自澳大利亚、巴西、印度的铁矿石供应量分别为 2 594 万 t, 1 483 万 t, 371 万 t。

2) 腹地内进口铁矿石用户及其需求量。本文选择腹地内具有代表性的 4 个钢铁企业: 鞍钢、本钢、通钢和鸡钢。根据 2010 年各钢厂进口矿石数量, 可预测这 4 个钢铁企业铁矿石需求量的比例约为 15:5:10:2。根据对东北地区 2013 年铁矿石需求量的估算, 可以推测 2013 年鞍钢、本钢、通钢、鸡钢的铁矿石需求量分别为 2 085 万 t, 695 万 t, 1 390 万 t, 278 万 t。

3) 船型及运价。Panamax 型船载货量为 7 万 t, Capesize 型船载货量为 16 万 t。经调查, 澳大利亚、巴西、印度到大连的航行时间分别为: 15 d, 40 d, 20 d, 澳大利亚、巴西、印度到大连的 Panamax 船的运价分别为 25, 66, 37 万美元/万 t, 澳大利亚、巴西到大连的 Capasize 船的运价分别为 22, 58 万美元/万 t。

4) 分拨运输方式及运价。从大连港矿石码头到各钢铁厂通常采用铁路及公路两种运输方式, 令每列火车载货量 4 000 t, 每辆汽车载货量 40 t。到各用户的运价及时间见表 1。

表 1 分拨运输参数

钢铁企业	运输方式	运输时间/d	运价/(元·车 ⁻¹)
鞍钢	铁路	1	3 052.3
	公路	1	1 192.0
本钢	铁路	1	3 707.5
	公路	1	1 524.0
通钢	铁路	2	6 027.1
	公路	2	2 258.8
鸡钢	铁路	3	11 190.9
	公路	3	5 523.2

5) 库存能力及铁矿石在港单位堆存费用。大连港矿石码头现有堆场堆存能力约为 600 万 t。为了计算方便, 本文计铁矿石港口堆存费用约为 0.016 美元/(t·d)。

6) 港口日均装车能力。这里根据实际情况将其设定为 1 000 车/d。

7) 安全库存的确定。由于本文研究的是关于整个物流系统优化, 因此对安全库存的确定以各

时间段最大需求量的 120% 为标准, 也把它设为码头堆场的初始铁矿石库存量, 约为 125 万 t。

8) 铁矿石价格。由于不同种类不同时间段的铁矿石价格是在不断变化的, 本文取澳大利亚、巴西、印度的铁矿石价格分别为 70, 60, 55 美元/t。

2.2 优化模型的计算和结果分析

1) 优化模型的计算。

将表 1 中所列的各种参数代入到模型中, 即可得到一个混合整数线性规划模型。本文采用 Lingo 软件程序进行计算。程序运行在 Windows7 操作系统上, 芯片为 Intel HM55, 共耗时 1 min 06 s, 进行 13 269 次迭代运算, 产生了 2 603 个分支, 最后得出最优解, 本模型的最优解为 15.203 64 亿美元, 根据所求得解向量可以得出 2013 年大连港进口铁矿石海运和陆运分拨方案 (表 2, 3)。

表 2 采购及海运计划 (船舶数)

船型	澳大利亚	巴西	印度
Panamax	24	12	12
Capasize	108	0	0

表 3 陆运分拨计划 (车辆数)

运输方式	鞍钢	本钢	通钢	鸡钢
铁路	576	60	372	72
公路	168	0	228	0

2) 结果分析。

对于来自澳大利亚的铁矿石, 虽然 Panamax 型船在航次时间上可能较 Capasize 型船要快一些, 但运费成本较 Capasize 型船要高, 因此, 本着成本最优的原则, 对于产自澳大利亚的矿石大部分采用了 Capesize 型船来运输。

对于来自巴西和印度的铁矿石, 虽然距离较远, 而且按照规模效应理论, 大宗干散货运输采用的船舶越大, 成本应该越低, 但是本实例中之所以没有采用 Capesize 型船是出于以下原因: ①进口自巴西和印度的铁矿石数量相对较少, 用户需求相对于澳矿来说也较低, 在这种情况下如果采用 16 万 t 的 Capesize 型船, 势必会造成大量铁矿石积压在码头, 导致库存费用增加; ②码头

库存能力有限, 如果都采用 Capesize 型船可能会出现超出库存能力的情况。

陆运分拨计划中, 从车辆配比数量来看, 基本可以反映出鞍钢和通钢对铁矿石需求量较大的现状。而且对各钢厂进行配送的铁路车皮数均比公路货车数要多, 这也可以反映出铁路进行大宗干散货运输的优势。但是经计算发现, 如果按照优化后的车辆数对鞍钢进行配送, 对其实际运至鞍钢的铁矿石数量约为 2 311 万 t, 高于鞍钢的实际需求。这时因为在建立模型时, 没有将钢厂的库存成本考虑进去的原因。由于到鞍钢的运距短、运输成本较低, 因此基于整体最优的角度, 为了尽可能降低港口库存成本而选择将铁矿石运至库存成本为“零”的钢厂。

3 结语

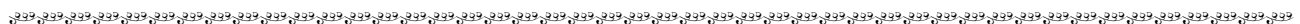
本文在借鉴国内外铁矿石物流系统理论研究的基础上, 以港口为切入点, 从整体优化的角度, 在考虑铁矿石供应商和各钢铁企业等多方利益的前提下, 构建了采购费用、海运费、库存费用以及分拨运输费用最低的进口铁矿石物流系统优化模型, 并以大连港及其腹地的铁矿石物流系统为例, 运用 lingo 程序对模型进行了求解, 得到了相对满意的结果。

研究表明, 港口矿石码头在未来的发展中, 应充分考虑港口的核心作用, 并应着眼于整个铁矿石物流系统的优化。

参考文献:

- [1] Malchow M, Kanafani A. A disaggregate analysis of factors influencing port selection[J]. Maritime Policy&Management, 2001(3): 265-277.
- [2] Lee P D. Port supply chains as social networks[C]//Service operations and logistics and informatics. Shanghai: IEEE International Conference, 2006: 1 064-1 069.
- [3] Khalid B, Richard G. A logistics and supply chain management approach to port performance measurement maritime policy and management[J]. Maritime Policy & Management, 2004(1): 47-67.
- [4] 刘继伟. 我国进口铁矿石物流系统优化研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [5] 陈小南. 湛江港铁矿石运输存在的问题及对策探讨[J]. 水运工程, 2009(7): 17-20.
- [6] 吕靖, 陈超, 沙继东. 基于最小费用理论的进口铁矿石物流系统研究[J]. 大连海事大学学报, 2004(8): 41-44.
- [7] 王彦. 基于物流一体化的我国进口铁矿石海运系统研究[D]. 上海: 上海海事大学, 2004.

(本文编辑 武亚庆)



· 消 息 ·

四航局中标珠海港高栏港区集装箱码头工程

近日, 四航局中标珠海港高栏港区集装箱码头二期工程 2[#]~7[#]泊位, 中标金额约 11.16 亿元, 工期为 48 个月。至此, 包括目前正在实施的 1[#]泊位, 四航局已包揽了该项目 1[#]~7[#]所有泊位的施工工程。

该工程包括 2 个 5 万吨级专业集装箱泊位与 1 个 4 万吨级、2 个 3 万吨级、1 个 1 万吨级杂货泊位, 以及后方 3 个集装箱堆场区、件杂货堆场区、仓库、房屋建筑等配套设施工程。

该工程对完善珠三角集装箱码头布局, 助推珠江口西岸地区经济贸易发展, 促进区域经济升级发展具有重要意义。

摘编自《中国交通报》