

# 港口码头连续泊位—岸桥—集卡调度建模研究

黄恺

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

**摘要:** 本文基于港口码头连续泊位—岸桥—集卡调度构建研究模型, 目标为降低物流作业总成本, 以某码头实际运行情况进行分析, 构建整数线性规划数学模型, 运用 ILOG CPLEX 对码头实际运行数据进行求解, 得出三者综合作用下最优解, 并将其与实际运行情况对比, 证明了该模型运行的准确性、有效性。

**关键词:** 集装箱码头; 连续泊位; 岸桥; 集卡; ILOG CPLEX

**中图分类号:** U651      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 02—0119—02

集装箱码头是当前海上运输的重要依托工具, 码头运行的基础资源主要为泊位、岸桥和集卡。为了提升集装箱码头的运行效率, 要求优化泊位、岸桥和集卡, 实现三个作业环节中的有效调度, 促进三项资源的协同调度, 提升港口的综合运行效率。

## 1 集装箱码头连续泊位—岸桥—集卡调度建模研究

研究中将时间类优化目标转化为以作业形式呈现的目标, 构建数学模型, 目的在于实现作业成本最优化。模型构建中运用码头运行周期、码头可用集卡总数、集卡运输集装箱一次的往返时间、船舶最晚离港时间、船舶等待泊位单位作业时间成本、集卡单位作业时间成本等。本次研究选取我国某码头为例进行分析, 以 48h 为一个周期进行研究<sup>[1]</sup>。

目标函数构建中要求考虑船舶在港时间成本、单位岸桥单位作业时间成本、单位岸桥等待集卡单位时间成本、单位集卡单位作业时间成本、单位集卡等待岸桥单位时间成本、船舶到港时间、延误船期单位时间成本、船舶实际离港时间、岸桥为船舶服务时间、集卡为船舶服务时间、服务于船舶岸桥等待集卡时间、船舶待卸集装箱数量、船舶待装集装箱数量等<sup>[2]</sup>。

表 1 船舶待装集装箱数量

船舶编号	船长/m	进口标箱/TEU	出口标箱/TEU	到港时刻	离港时刻
1	133	455	315	0:00	5:53
2	52	30	55	0:30	2:00
3	62	65	40	1:20	2:53
4	155	980	767	2:50	14:55
5	55	48	35	4:30	5:43
6	105	545	485	4:40	17:30
7	97	258	160	6:50	13:42
8	95	255	338	7:05	11:10
9	53	43	35	8:10	9:15
10	165	955	875	8:35	19:35
11	81	174	155	9:40	13:43
12	58	43	66	10:30	12:02
13	97	195	230	11:15	13:54
14	82	135	120	11:25	14:45
15	150	475	355	12:20	16:19

结合集装箱船舶长度以及集装箱装载量设置相应的安全距离。为了达到最佳的物流运行效果, 在规定的时间内设置集装箱装卸量、集装箱船舶的在港时间、集卡作业效率、岸桥作业效率等参数, 使得不同的参数能够达到最佳配比<sup>[3]</sup>。集装箱码头运行中的原始数据见表 1。

## 2 某码头运行实例分析

本次研究的某码头长度 1200m, 为连续型码头设计形式, 一个周期内有 2880min, 计 48h, 有 15 艘船开展码头作业。

该码头具有 1-9 共计 9 个编号的 9 个岸桥, 每分钟作业 0.5 箱, 共计 44 辆开展集装箱运输作业的集卡, 岸桥配备 4 辆集卡。施工作业中, 船舶在港作业时每分钟 200 元, 每台岸桥作业每分钟成本 40 元, 船舶等待泊位时每分钟成本 283 元, 船舶延迟离港作业时每分钟成本 250 元<sup>[4]</sup>, 集卡等待岸桥时作业成本每分钟 10 元, 每台岸桥作业时间每分钟 40 元。作业过程中, 将作业周期标准为 1-15, 作业过程中的相关参数表示如下表 2。

表 2 到港船舶的相关信息表

船舶编号	船舶长度 (单位: m)	最晚离港时间 (单位: min)	到港时间 (单位: min)	待卸载任务量 (单位: 箱)
1	425	1 325	0	1 035
2	495	505	35	340
3	287	1 500	50	265
4	300	610	100	145
5	285	1310	270	440
6	210	985	325	170
7	425	995	350	160
8	112	1 795	550	266
9	245	1 800	580	307
10	480	1 450	950	94
11	415	2 010	1 005	405
12	445	1 820	1 025	166
13	444	2 800	1 121	214
14	265	2 800	1 200	945
15	225	2 110	1 310	85

针对以上数值, 利用 ILOG CPLEX 进行相应运算,

得出最优解,表现为该算法时间内,具有最佳的开始作业时间、分配的集卡数量、到港船舶的泊位位置、实际离港时间等相关参数。见表3。

表3 案例最优分配方案

船舶编号	岸桥编号	泊位分配 (单位:m)	实际离港时间 (单位:min)	岸桥数量 (单位:台)	开始作业时间 (单位:min)	集卡数量 (单位:辆)
1	1-5	720	1621	5	125	20
2	7	275	1695	1	1385	4
3	8	0	1583	1	1260	4
4	8	265	1634	1	1388	4
5	6、7	255	1370	2	1138	8
6	3	0	1710	1	1581	4
7	4	0	1930	1	1750	4
8	1	0	1265	1	180	4
9	6	240	1250	1	1142	4
10	6、7	410	785	2	90	8
11	1、2	724	1840	2	1335	8
12	8	900	540	1	425	4
13	2	285	996	1	780	4
14	3	785	747	1	545	4
15	4、5	445	1125	2	577	8

结合上文中运用 ILOG CPLEX 求解出的分析结果可知,分配结果达到最优解,通过优化之后可将整体码头物流作业成本降低至 1845930 元<sup>[5]</sup>。

本文中,选择了该码头两天内运输中的真实运营数据,基于验证模型有效性的考量,将上文中得到的真实最优数值与实际操作运行中的实际数值进行对比分析,在实际操作中得到的真实运营数据见表4。

表4 实际操作过程中船舶相关信息

船舶编号	实际岸桥编号	实际离港时间 (单位:min)	实际开始作业时间 (单位:min)	实际岸桥数量 (单位:台)
1	7-9	1622	126	3
2	1、2	1251	1144	2
3	1、2	1796	1261	2
4	1	1690	1380	1
5	1、2	1925	1710	2
6	3、4	1633	1383	2
7	3、4	1780	1580	2
8	3-5	2055	183	3
9	4-6	1124	580	3
10	4-6	1370	1142	3
11	5、7	1840	1330	2
12	5-8	787	92	3
13	1、2	540	420	3
14	1、2	995	780	2
15	1、2	745	545	2

### 3 结果

结合表中已有数据可见,在实际操作过程中,整体作业过程中的物流成本 2845400 元,该数值比模型中数

值高。由此可见,本次研究中运用的 ILOG CPLEX 求解最优数值,实现了在最短时间内达到最优解的目标,验证了整数线性规划数学模型的必要性。可见,运用精确算法在求解码头实际运行中泊位、岸桥和集卡之间协同调度方面运用优势明显。

本文中通过数学模型运算之后得出的总成本与实际操作成本相比降低 35%,显示了其在码头实际运行中的价值作用,显著降低码头作业成本,提升码头作业效率,在码头实际作业中具有重要的指导意义<sup>[6]</sup>。

集装箱码头作业过程中,为了达到最佳的运行效益,促进物流作业达到最佳的运行效益,要求优化泊位、岸桥、集卡资源,达到三种资源的协同调度优化,提升码头整体的运行效率。为此,本文构建整数线性规划数学模型,研究了我国某个码头的实际运行情况,对码头的真实运行情况运用 ILOG CPLEX 软件分析,在一定的时间内范围内达到了最佳运行效率。将研究结果与码头实际运行情况进行对比,发现运行效果良好,证明该工程在实际运行中具有较高的准确性与有效性。

#### 参考文献:

- [1] 徐皖东,刘桂云,王慈云,骆璐瑶.基于复合成本的集装箱码头泊位-岸桥联合调度优化方法[J].宁波大学学报(理工版),2019,32(06):87-91.
- [2] 王智灵,刘桂云,刘明涛.基于服务损失函数的集装箱码头泊位-岸桥联合调度优化[J].水道港口,2017,38(03):313-319.
- [3] 孔钰涵,陈夏中,胡鸿韬.针对双层集装箱码头的三小车岸桥作业性能及集卡调度问题的仿真优化研究[A].中国科学技术协会.2017世界交通运输大会论文集(下册)[C].中国科学技术协会:中国公路学会,2017:11.
- [4] 蒋美仙.集装箱码头连续泊位-岸桥-集卡-堆场-闸口的动态调度研究[D].浙江工业大学,2015.
- [5] 杨华龙,滕山川.基于挤压算法的集装箱码头泊位与岸桥联合调度优化[J].大连海事大学学报,2014,40(03):8-12.
- [6] 桂小娅.不确定性条件下集装箱码头泊位与岸桥集成调度计划建模与优化[D].上海交通大学,2013.