



分类号:

Y3332287

密 级 _____

U D C: _____

单位代码 _____ 10151 _____



大连海事大学

全日制应用型硕士研究生学位论文

天津港 L 集装箱码头实际通过能力提升研究

杨 光

指 导 教 师

刘翠莲 教授

申请学位类别

工商管理硕士

学位授予单位

大连海事大学

2017 年 6 月



分 类 号 _____

密 级 _____

U D C _____

单位代码 10151 _____

大 连 海 事 大 学

硕士学位论文

天津港 L 集装箱码头实际通过能力提升研究

(学位论文形式: 应用研究)

杨 光

指 导 教 师 刘翠莲 职 称 教授

学位授予单位 大 连 海 事 大 学

申请学位类别 工商管理硕士 学科(专业) 工商管理(MBA)

论文完成日期 2017 年 3 月 答辩日期 2017 年 6 月

答辩委员会主席 

**Research on The Improvement of Tianjin Port L Container
Terminal Operation Capacity**

A thesis Submitted to

Dalian Maritime University

In partial fulfillment of the requirements for the degree of

Master of Business Administration

by

Yang Guang

(Business Administration)

Thesis Supervisor: Professor Liu Cuilian

March 2017

大连海事大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人郑重声明：本论文是在导师的指导下,独立进行研究工作所取得的成果,撰写成博/硕士学位论文“天津港 L 集装箱码头营运通过能力提升研究”。除论文中已经注明引用的内容外,对论文的研究做出重要贡献的个人和集体,均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表或未公开发表的成果。本声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：杨光

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者及指导教师完全了解大连海事大学有关保留、使用研究生学位论文的规定,即:大连海事大学有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版,允许论文被查阅和借阅。本人授权大连海事大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索,也可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文。同意将本学位论文收录到《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》(中国学术期刊(光盘版)电子杂志社)、《中国学位论文全文数据库》(中国科学技术信息研究所)等数据库中,并以电子出版物形式出版发行和提供信息服务。保密的论文在解密后遵守此规定。

本学位论文属于: 保 密 ☐ 在____年解密后适用本授权书。

不保密 ☒ (请在以上方框内打“√”)

论文作者签名: 杨光 导师签名: 明 宇 蓬

日期: 2017 年 6 月 4 日

摘 要

港口作为交通运输行业中的重要组成部分、世界贸易的关键要素、全球供应链的主要节点，在促进国民经济乃至世界经济的发展中起到了不可小觑的作用。天津港作为国内走在发展前列的先进港口，在各货种的装卸转运，特别是集装箱的运输都有着丰富的发展经验。近年来，在集装箱吞吐量方面，天津港集装箱码头均位列全国前十位，2016 年，天津港与唐山港计划建立合资经营的集装箱码头，以实现资源的共享；与此同时，天津港也在积极拓展集装箱航线，包括欧洲航线、东南亚航线在内的多条航线均已开通，天津港在集装箱方面具有良好的发展前景。而值得注意的是，作为北方的重要港口，天津港特别是联盟国际集装箱码头（下文简称 L 集装箱码头），具有较强的发展势头，其发展仍有一定的上升空间，比如在港口的通过能力方面，港口通过能力是用于衡量港口生产水平与发展程度的重要指标，港口通过能力通常分为设计通过能力、核定通过能力及实际通过能力三部分，而港口实际通过能力是直接反映一定时期内港口实际通过的货运量，在港口资源配置条件一定的情况下，对港口实际通过能力的研究与讨论能够帮助港口缓解由于货运吞吐量的上升而带来的压力。

本文首先主要阐述了港口通过能力的基本概念、系统结构模型及影响因素等关于港口通过能力的相关理论，为后文的论述打下理论基础；其次，通过分析当前集装箱市场的运营状况和天津港 L 集装箱码头的生产作业情况，对天津港 L 集装箱码头的现状有一个清晰地认识，从而得出天津港 L 集装箱码头在发展过程中存在的问题；再次，基于层次分析法以及灰色关联度分析等方法，对天津港 L 集装箱码头实际通过能力做出分析与评价，并根据评价结果对当前码头的发展进行分析；最后，根据评价结果与之前分析得出的问题，对码头实际通过能力的提升提出对策。

关键词：天津港 L 集装箱码头；实际通过能力；评价；灰色关联度分析

ABSTRACT

Port as an important part of the transportation industry, the key hub of domestic and foreign trade, the main node of the global supply chain, in promoting the world economy and national economic development plays a role that cannot be underestimated. Tianjin Port as a domestic walk in the forefront of the development of advanced ports in the loading and unloading of various goods, especially the transport of containers has a wealth of development experience. In recent years, Tianjin Port container throughputs are ranked in the top ten in the year of 2016. Tianjin Port and Tangshan Port plan to establish a joint venture container terminal to achieve the sharing of resources; At the same time, Tianjin Port is also actively expanding container routes. Including the European routes, Southeast Asia routes, a number of routes have been opened, Tianjin Port container berth has a good development prospects. It is worth noting that, as an important port in the north, Tianjin Port has a strong momentum of development, and its development there is still some room for growth, such as the capacity of the port, the port through the capacity is used to measure the level of port production and development The port through the capacity is usually divided into design capacity, approved by the ability and operational capacity through the three parts, and port operations through the ability to directly reflect a certain period of time that actual traffic through the port, in a limited port resource allocation conditions, The study of port operations through capacity will help the port to cope with the increase in cargo throughput caused by the operating pressure.

Based on the theory of port competence, this paper mainly expounds the basic concept, system structure model and influencing factors of port passing capacity, and then lays the theoretical foundation for the later discussion. Secondly, by analyzing the current development of the container market and Tianjin port, the paper analyzes the development problems of the container terminal in Tianjin Port, and obtains the problems in the development process of Tianjin Port L container terminal. Thirdly, based on the analytic hierarchy process and the gray relational analysis, this paper analyzes the development of the current terminal based on the evaluation results. Finally, according to the evaluation results and the problems obtained from the previous analysis,

the author puts forward the improvement of the operational capacity of the terminal counter measure.

Key Words: Tianjin Port L container terminal; Operational capacity; Evaluation; Gray relational analysis

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	1
1.2 国内外研究现状综述	2
1.2.1 国外研究现状综述	2
1.2.2 国内研究现状综述	3
1.3 本文主要研究内容与技术思路	6
第 2 章 港口通过能力相关理论概述	8
2.1 港口通过能力基本概念	8
2.1.1 港口通过能力的定义	8
2.1.2 港口通过能力的分类	8
2.2 港口通过能力的系统结构模型	9
2.2.1 泊位子系统	9
2.2.2 库场子系统	10
2.2.3 集疏运子系统	11
2.2.4 装卸子系统	12
2.3 港口通过能力的影响因素	13
2.3.1 货类及其结构	13
2.3.2 港口设施与设备	14
2.3.3 港口的总体布置	14
2.3.4 来港运输工具的技术性能及其作业条件	15
2.3.5 装卸工人和机械司机	15
2.3.6 港口的自然条件	16
2.4 本章小结	16
第 3 章 天津港 L 集装箱码头发展现状及问题分析	17
3.1 天津港集装箱码头市场形势分析	17
3.1.1 我国集装箱市场发展现状	17
3.1.2 天津港整体集装箱码头市场发展现状	19
3.2 天津港 L 集装箱码头实际通过能力相关要素现状分析	20
3.2.1 天津港 L 集装箱码头基础设施概况	20
3.2.2 天津港 L 集装箱码头装卸机械系统概况	21

3.2.3 天津港 L 集装箱码头装卸工艺系统概况	21
3.2.4 天津港 L 集装箱码头人力资源概况	24
3.3 天津港 L 集装箱码头吞吐量预测分析	25
3.3.1 建立模型	26
3.3.2 估计参数	26
3.3.3 进行检验	26
3.3.4 预测结果及分析	28
3.4 天津港 L 集装箱码头实际通过能力相关要素存在的问题	29
3.4.1 码头基础设施方面	29
3.4.2 码头装卸机械与装卸工艺系统方面	29
3.4.3 码头人力资源方面	30
3.4.4 码头综合经营管理水平方面	30
3.5 本章小结	32
第 4 章 天津港 L 集装箱码头实际通过能力影响因素评价	33
4.1 评价模型分析	33
4.1.1 层次分析法	33
4.1.2 木桶理论	33
4.1.3 灰色关联度分析法	34
4.2 实际通过能力影响因素评价过程	35
4.2.1 实际通过能力影响因素综合评价	35
4.2.2 实际通过能力影响因素内部评价	46
4.3 实际通过能力影响因素评价结果分析	49
4.3.1 综合评价结果分析	49
4.3.2 内部评价结果分析	50
4.4 本章小结	51
第 5 章 天津港 L 集装箱码头实际通过能力提升对策	52
5.1 码头基础设施方面	52
5.1.1 协调码头作业计划	52
5.1.2 加强泊位及相关设施的建设	52
5.2 码头装卸机械与工艺系统方面	53
5.2.1 提高装卸机械的运转效率	53
5.2.2 提升码头机械化水平	53
5.3 码头人力资源方面	54

5.4 巩固码头经营管理水平	54
5.4.1 加强码头信息化建设	55
5.4.2 提升码头的智能化与信息化水平	55
5.5 优化集疏运系统	56
5.5.1 与周边港口合作增强联盟效应	56
5.5.2 积极吸引集装箱中转	56
5.6 本章小结	57
第 6 章 结论与展望	58
参考文献	59
致 谢	63

第1章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

集装箱码头作为港口的关键组成部分，对经济的繁荣起着重要的推进作用，所以，各国以及地区的政府、港务局等机构对集装箱码头的发展都十分重视。集装箱码头的发展，不仅能够带动港口的繁荣建设，更是利用集装箱码头的通道作用将地区经济融入世界经济的大发展与大循环当中。码头作为海陆运输的连接点，是商务贸易、沿海工业以及内陆运输的交汇处，也是区域经济的重要贸易增长点，因此有必要对其作进一步的研究分析。

伴随全球经济一体化的持续推进，我国经济体制与发展环境日益完善，国内经济发展水平与规模均日渐扩大，不仅如此，我国在国际贸易中所处的地位也逐渐提升，而海运作为大环境下主要的运输方式，使得地区内集装箱运输发展的十分迅猛，这一运输方式也逐渐变为当前世界上较为主流的几种运输方式之一。集装箱运输具有装卸效率较高、避免货损货差、车船周转较快、易于实现标准化、可以实现“门到门”运输等优点，但是即使这一运输方式存在较多的优势，但是在我国现有的集装箱码头依然存在例如实际通过能力较低等问题，这些缺陷会阻碍港口的发展，甚至会影响到我国的进出口甚至是经济的未来走向。因此集装箱码头作为运输体系其中的一个关键环节，必须有较高水平的营运能力来适应当前行业发展所提出的日新月异的要求

1.1.2 研究意义

随着国际贸易量的逐年攀升，集装箱运输业也得到了快速发展，集装箱运输凭借着其成本优势，吸引了许多原本由散货船运输的货物，也逐渐形成了取代散货运输的发展趋势，成为当前最重要的运输方式之一。目前，世界集装箱运输市场中百分之九十左右的份额被排名前二十位的班轮公司所垄断。透过这一现象可以反映出，集装箱运输也已经步入规模化与全球化的发展运行当中。

尽管近年来世界经济的发展情况并不乐观，但是我国的集装箱吞吐量仍处于增长的

趋势当中,通过中国港口协会的跟踪统计,在码头能力适应度这一指标方面,国内的主要集装箱码头的表现较差、数据水平较低,从全国来看这一数据指标的水平将会更低,这一情况说明我国部分集装箱码头,在设计通过能力方面并不能适应港口集装箱吞吐量的增长需求,泊位设计通过能力与吞吐量之间是不相匹配的。天津港作为我国较早推行专业化集装箱运输业务的港口之一,港口实际通过能力作为港口通过能力的重要组成部分,如何提升港口的实际通过能力来适应不断增长的集装箱货源,来实现建设国际航运中心的宏伟目标对天津港具有重要而深远的意义。

本文通过对港口通过能力的相关理论进行论述,观察并讨论了天津港及 L 集装箱码头的发展状况,进而对天津港 L 集装箱码头实际通过能力进行研究,根据研究结果,对 L 码头在发展过程中存在的问题加以解决,对 L 码头今后在生产活动中的作业操作具有重要的参考价值。

1.2 国内外研究现状综述

1.2.1 国外研究现状综述

(1) 集装箱码头通过能力相关模型与计算方法

国外对于码头通过能力的相关系统研究开展时间较早。Edmond 等^[1]运用排队论,针对码头的泊位及货物的分派情况做出研究;Rashidi H 等^[2]通过对集装箱码头的规划问题建模,对其通过能力进行了有效的研究;Chen 和 Hsieh^[3]将船舶的到港、在港及离港时间作为研究的必要条件,通过运用时空网络模型这一方法,针对泊位的合理分配问题建模,并利用分支定界法解决问题;Mittal N^[4]以随机需求模型作为研究手段,对于内陆空箱的转运进行了研究,同时对集装箱码头的实际通过能力和堆场的堆存能力进行了分析与规划;Forster 等^[5]通过运用研究树的相关方法对集装箱的实际通过能力及堆场内集装箱的摆放堆存进行优化;Imai 等^[6]将船舶的等待时间的最小化作为问题的最终目标,运用非线性整数规划模型来假设码头泊位的分配情况,以期将问题实现有效地解决;Carrido 等^[7]利用排队论理论建立模型,对差异化作业条件下集装箱码头的通过能力进行计算;KaiM^[8]运用仿真技术,对港口作业环节及港口通过能力进行分析,明确港口通过能力的提升关键在于港口装卸工艺的发展;Pete 和 Erhan^[9]利用混合整数线性规划,对

集装箱堆场的合理堆存问题进行建模并作出优化分析,并运用遗传算法对其中的挂靠时间最小问题进行求解;Zhang Chuqian 等^[10]为了达到从堆场到船舶之间搬运距离最小化的目的,通过人工变动放箱的方法,确定某一时间内某地应堆放的箱量,对工作量进行了均衡分配。

(2) 港口装卸机械等对通过能力的影响

Dass K^[11]以集装箱跨运车为实例,编写仿真调度程序,以用户等待时间最短为目标提高生产效率与管理水平,辅助港口生产管理人员的规划与监控;Lee Byung Kwon 等^[12]以马尔科夫链为理论基础构建模型,分析计算岸桥、场桥等设施资源对于集装箱码头通过能力的影响,并针对港口通过能力的主要作用因子进行了敏感度分析;Chuqiang Zhang 等^[13]提高开发相关的集装箱智能管理工具与软件,来提升港口的通过能力与管理水平;Zheng Shiyuan 和 Negenborn Rudy R^[14]通过运用动态博弈论,论证了港口政策与港口通过能力之间的关系;Kim 等^[15]建立了混合整数规划模型,以场桥为研究对象,分析了其路径问题对集装箱码头通过能力的影响;Kozan 和 Prseton^[16]运用整数规划方法对场桥资源的合理分派进行了建模,并做出了研究,说明场桥的调配与码头通过能力之间的关系。

(3) 港口布局对港口通过能力的作用

Jean 等^[17]为了研究集装箱堆场的布局规划问题,利用整数规划,对堆场与船舶之间的移动距离进行建模,并运用遗传算法解决移动距离最短的问题;Ping Chen 等^[18]运用模拟退火算法对同样的问题进行了求解与研究,通过研究分析,提出利用多种方法混合求解的思路;Byung Kwon Lee 和 Kap Hwan Kim^[19]在研究集装箱码头空间布局的过程中,将堆场的大小及龙门吊等设施机械的生产能力考虑其中,研究码头通过能力的合理性;Etsuko Nishimurajs 等^[20]利用遗传算法与拉格朗日算法,对港口泊位的布局进行研究,来寻找提升港口通过能力的方法。

1.2.2 国内研究现状综述

(1) 集装箱码头通过能力相关模型与计算方法

由于船舶的大型化与集装箱化程度日趋明显,国内主要港口为提升自身竞争水平,纷纷采取有效措施,将码头向着大型化、专业化的方向改造,以提升其通过能力。张利军等^[21]对珠三角的重点港区集装箱码头的通过能力进行研究与核查验证;戈闻怡^[22]深入

研究了遗传算法在解决以船舶在港时间最少为标准的泊位分配问题上的应用；孟文君^[23]通过对国内重点区域集装箱码头吞吐量进行预测，对码头的设计通过能力和实际的运营作业能力进行了分析和研究；周鹏飞等^[24]通过设计相应的解决问题的优化方法，解决了在不确定条件下集装箱港口的资源调配问题；秦固^[25]归纳并改进了关于集装箱码头各系统的生产效率运算准则；刘义发等^[26]总结了关于泊位利用率计算的优化算法；张艳等^[27]主要针对集装箱的翻箱问题进行研究，来提升堆场面积的使用效率；张建新^[28]利用强夯法以及振冲法，对集装箱码头的组织建设进行了规划与运算。

（2）集装箱码头通过能力的影响要素

祁泽鹏^[29]通过建立系统仿真模型，对集装箱港区的作业效率和装卸操作进行模拟分析，进而探寻码头实际通过能力的与码头作业之间关系；肖钟熙^[30]将港口通过能力的含义进行了区分，明确了其与企业实际生产之间的关系，建议相关部门尽快出台港口通过能力的标准计算方法；李光显等^[31]选择出影响集装箱码头通过能力的因素，并将这一概念进行了分类，并且建立了通过能力评价体系；刘小莹^[32]通过研究泊位子系统，分析了其通过能力的组成部分、影响要素以及运算模型，应用排队论对典型港口建模研究，根据研究结果提出相应的发展意见；计明军和靳志宏^[33]将港口的装卸作业时间最小化作为问题需要解决的关键，通过应用进化规划模型解决问题，寻找集卡与岸桥的最优比例模式；曾庆成和杨忠振^[34]运用两阶段禁忌搜索算法对集装箱装卸效率问题进行改进求解，以期提升集装箱港口整体的生产作业效率；杨春霞和王诺^[35]通过应用多目标数学优化模型和遗传算法，对泊位和岸桥的配置优化问题进行求解，来提升集装箱码头的工作效率和通过能力。

（3）影响集装箱码头作业的要害

魏众和申金升^[36]运用混合整数规划理论，将场桥的分配和堆场空间的利用看作一个整体，对集装箱港口的集装箱调度操作进行指导；高鹏等^[37]将集装箱码头堆场中进行的提箱操作作为研究对象，构建了多阶段决策优化模型，根据分析一系列优化算法的运算流程，说明码头操作作业对通过能力的影响。李艳阳等^[38]通过分析大窑湾集装箱码头，运用计算机仿真技术分析影响港口通过能力的要素，根据研究结果编写相应的改进程

序；刘剑等^[39]通过研究我国当前的港口规划方法，分析了船舶集装箱化及大型化等趋势对集装箱码头实际通过能力的影响，并通过建立模型对其进行定量计算与评价；张鲁宁^[40]将排队论与计算机编程语言结合起来，通过分析 2010-2012 年我国三个北方港口船舶到港时间情况，说明船舶到港规律的变化对集装箱码头通过能力的作用情况；吴丽结^[41]针对集装箱码头的泊位利用情况，建立仿真模型，进行分析比较，对于规划集装箱码头泊位、提升码头通过能力具有较大的参考价值；沙梅^[42]通过离散事件系统对集装箱码头的规划布局、生产作业以及装卸工艺做出探究，希望将加强码头管理水平建设作为提升港口实际通过能力的手段。高玮和周强^[43]运用 Petri 网理论和 WITNESS 模型针对集装箱码头的各作业单元进行仿真，通过分析各单元之间联系来寻找提高通过能力的有效方法；李海阔^[44]以大连港集装箱码头为研究对象，对其发展过程和现状进行了分析，并根据码头在发展过程中存在的问题，提出了相应的建议；辜勇^[45]通过对集装箱码头堆场利用和整体管理策略的分析比较，试图寻找二者对港口通过能力的影响作用；金健^[46]通过构建整数规划模型，应用拉格朗日松弛算法，寻找合理的装卸机械调度方案与作业模式，提高集装箱码头的工作效率；杨兴晏和魏恒州^[47]通过研究港口的初始投资，根据相关的经验对码头的装卸机械等资源进行管理；韩凤茹^[48]通过对集装箱码头的集疏运系统的建模研究，并对系统资源优化配置；乐美龙^[49]利用启发式算法配置出口集装箱资源；付强、仲丛友^[50]通过建立仿真模型，对集装箱码头的物流系统的具体运作循环方式做出分析，并针对其所存在的问题提出改进措施；王官强^[51]以龙口港集装箱码头为例，对码头装卸机械设施设备的状况进行分析，并根据当前的设备配置情况提出具体的改进措施。

（4）针对集装箱码头各组成部分的研究

田亮^[52]研究了集装箱码头岸桥与集卡之间的配合关系，分析了码头的装卸效率以及对实际通过能力的影响作用；孙凯^[53]通过对比分析三种堆场容量测算方法，并以釜山港为例进行测算，并讨论了集装箱码头堆场和装卸操作之间的关系，分析码头的经营效果和生产能力；王强^[54]以大连港集装箱场站为研究对象，对该行业的发展状况和未来趋势进行分析研究；桂小娅等^[55]通过研究集装箱码头中的连续型泊位和岸桥集成调度之间的作业关系，研究利于集装箱码头作业效率提升的对策与建议；钱继峰^[56]通过研究岸桥、集卡和堆场这些集装箱码头装卸机械之间的作业协调与配合关系，进而对码头的作业计

划进行改进；谢连禹^[57]通过分析集装箱码头的堆场发展状况，针对堆场建立资源配置模型，并对堆场设计的物流流通过程进行分析优化；毛钧等^[58]通过对堆场空间进行建模分析，对堆场进行资源优化配置；杨超^[59]针对集装箱码头的作业时间和堆场二者的分配问题建立模型进行研究；严伟等^[60]运用聚类分析法对堆场的发展状况进行研究，并根据研究结果提出一定的发展对策；吴宏^[61]通过建立仿真模型，对集装箱码头闸口的作业情况做出一定研究，并根据研究结果提出相应的发展措施；杨青^[62]针对集装箱码头及其堆场的管理方式及资源配置进行分析论证；沙梅等^[63]利用仿真建模的手段，对集装箱码头的生产运作，特别是堆场的布局形式进行研究分析，并针对突出的问题进行改进；谢媛媛^[64]利用仿真模型建模，对集装箱码头的堆场设备在不同箱量情况下的配比运转进行分析处理，并根据相应的结果进行优化分析。

本文认为，通过能力是港口经营发展的关键所在。如果对港口实际通过能力的评估出现偏差，就会使得港口的建设规模不符合实际生产需要，无论是通过能力过大还是过小，都会对港口的未来发展产生制约。不仅会影响港口企业发展的经济效益，还会使港口作业情况出现停滞，不利于港口的竞争发展，因此，针对港口的发展现状，制定相应的对策与措施，提升港口的实际通过能力，是消除港口发展瓶颈的关键所在。

1.3 本文主要研究内容与技术思路

首先以港口通过能力相关理论为基础，主要阐述了其基本概念、系统结构模型及影响因素等，为后文的论述作出理论铺垫。

其次，通过分析当前集装箱市场的发展状况以及天津港及 L 集装箱码头的生产作业情况，对天津港及 L 集装箱码头的发展有一个清晰地认识，从而得出天津港 L 集装箱码头在发展过程中存在的问题。

再次，基于层次分析法以及灰色关联度分析等方法，对天津港 L 集装箱码头实际通过能力进行评价，并根据评价结果对当前码头的发展作出分析研究。

最后，根据评价结果与之前分析得出的问题，对码头实际通过能力的提升提出对策。本文技术思路结构框架图如图 1.1 所示。

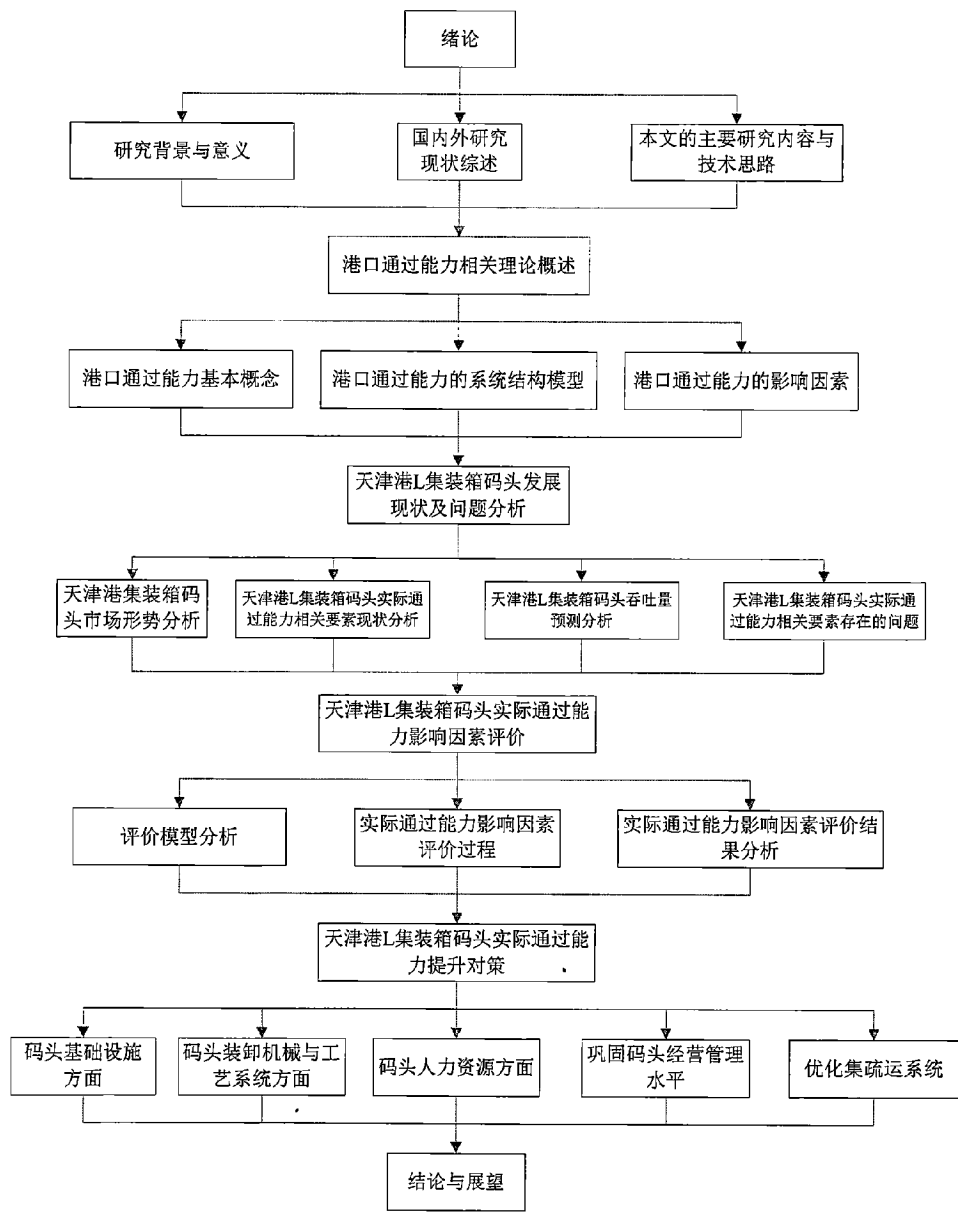


图 1.1 本文的技术思路
Fig.1.1 The idea of the paper

第2章 港口通过能力相关理论概述

2.1 港口通过能力基本概念

2.1.1 港口通过能力的定义

港口通过能力是指泊位、库场、装卸、集疏运各环节通过能力的合理组合而构成的综合能力。上述各环节的计量单位全部使用货物自然吨，这说明港口的各个操作环节的通过能力指的是所允许通过的货运量。所以，港口通过能力应该这样定义，港口在运营期（年、月、日）内在既定的技术装备条件下，按照先进、合理的工艺流程组织装卸生产所允许通过的饱和货运量，计量单位为货物自然吨（在集装箱方面则为标准箱）。^[65]

港口通过能力是港口生产作业不可缺少的一个重要概念，决定港口企业生产状况好坏的关键要素，当外部的环境条件一定时，港口内部的各项运营管理条件与外部的生产要素之间，相互作用，相互影响，最终形成港口通过能力。由于货物需要在换装过程中经历装卸、搬运、储存、改变包装形式以及后续加工等各项工作，所以通过能力实际上是针对上述生产作业环节、对港口的综合生产能力进行一定的概括描述。这一概念是将装卸、存储、中转、换装等作业环节的泊位、堆场、装卸机械设备、运输设施等、这些直接参与到生产作业环节当中的固定资产为基础，换句话说就是依照其现有的生产性固定资产的数量和质量等设施的配备水平来决定其通过能力的大小。所有能够影响港口通过能力的相关因素以及与各种运输方式、货主之间的协作配合等条件都应该处于可以达到的正常合理的、可达到的水平。

2.1.2 港口通过能力的分类

港口通过能力，通常分为设计能力、核定能力和实际能力（现有能力）三类。它们之间一般为互不相等的关系。

（1）设计通过能力

指新建或扩建的港口在设计任务书和技术文件中所规定的应达到的生产能力。若对港口所装备的现有设施进行了影响较大的更新改造，或原本设计的港口的货类构成、货物流向等条件已经出现较大改变，就不可以继续应用设计通过能力的相关数据，必须对

其通过能力进行重新核算。

（2）核定通过能力

一般而言指的是，对于没有对设计通过能力作出规定的建造时间较久的码头，或设备进行了技术改造的码头，或对泊位等专业化分工进行了重新调整的码头，由于上述码头的原有设计通过能力已远远小于其实际通过能力，因此需要根据码头的实际生产作业状况以及设施条件，对其通过能力进行重新审核计算，经过重新确定的这一通过能力就是核定通过能力。

（3）实际通过能力

也叫现有能力。通常指的是港口在计划营运期内，根据当前港口配备的生产设备和技术设备的情况、货运量的构成情况，以及在营运期内能够实现的扩大通过能力的改造措施效果来计算实际可能达到的通过能力或者统计期已经达到的能力。

在日常的生产活动中，这三种通过能力的作用各不相同。设计通过能力与核定通过能力主要是在设计长期港口规划时使用，而实际通过能力则是在编写年度生产计划或短期作业计划时作为指导。

在码头的生产作业中，设计通过能力、核定通过能力和实际通过能力在使用前提上也各不相同。一般来说，在制定长期规划时，设计通过能力与核定通过能力是重要编写根据与指导；而在安排港口的年度或短期生产作业计划时，实际通过能力则是重要的制定基础。由此可见，科学合理的生产作业，对于港口资源的恰当安排与使用，是提升港口通过能力的主要方法。

2.2 港口通过能力的系统结构模型

2.2.1 泊位子系统

泊位子系统实际是由件杂货、集装箱、散货、液体货、危险货物、客船以及浮筒与锚泊泊位等构成的，泊位子系统内部是由码头泊位、前方装卸机械（或船舶吊杆）、水平运输机械和劳动力组成的。泊位子系统货物流动图如图 2.1 所示。

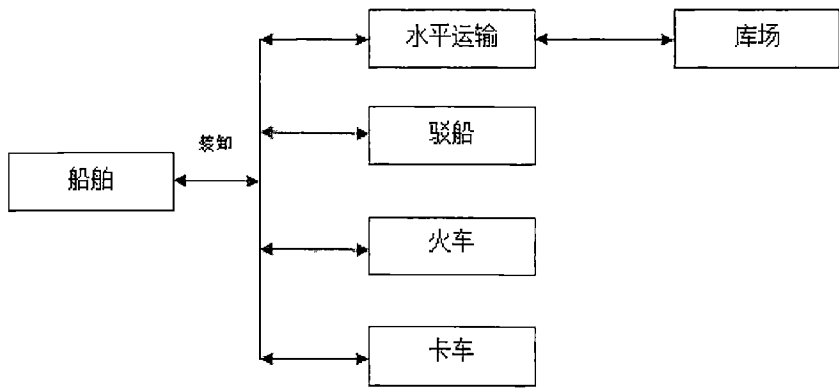


图 2.1 泊位子系统货物流动图

Fig.2.1 The flow of goods of the berth system

装卸环节作为泊位子系统作业的核心，其作业效率的高低会对船舶在码头接受服务的时间长短产生作用，这一作用的效果可以从船舶在港停泊的时间长短观察出来，也就说明船舶在港停泊时间指标是权衡码头服务效率和作业水平高低的重要标度，不仅如此，装卸速率的高低还会作用于码头泊位的使用情况，而码头利用率指标是度量码头设施使用状况的重要标尺，这一指标会对码头及船舶成本造成直接影响，而且还会对船舶的排队等待时间产生一定的影响。

2.2.2 库场子系统

库场子系统由仓库、堆场、库场堆存机械和劳动力组成。库场子系统货物流动图如图 2.2 所示。

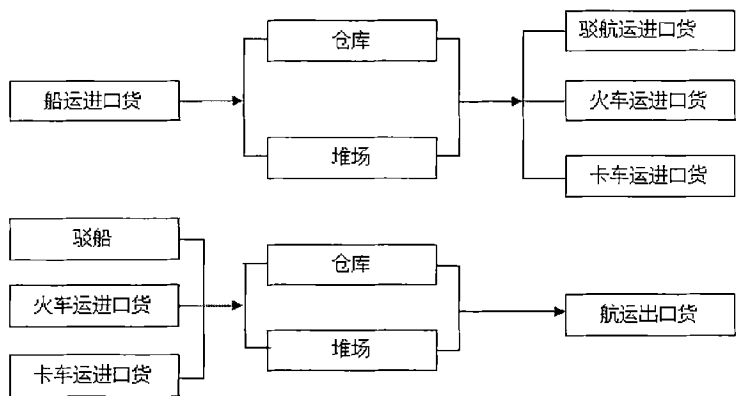


图 2.2 库场子系统货物流动图

Fig.2.2 The flow of goods of the yard system

由于不同的运输工具之间在载重量方面差距较大，因此库场的重要性在于对各运输工具的运输能力上的调节。在港口通过能力系统当中，库场起到的是缓冲器的作用，即作为进口货物在船舶卸货和疏运及出口货物从接受出口货物和船舶装船之间的缓冲器。库场的存储能力不仅会对针对船舶进行的作业服务效率造成影响，还会对船舶的在港时间有一定的影响，库场容量和集疏运情况是库场子系统运转的重要部分，库场容量是否充足会直接影响船舶的装卸及其在港时间。由于集疏运子系统负责进口货物的按时交付以及出口货物的准时入库，因此集疏运子系统能力会对货物存储时间的减少、加速货物周转及库场利用率的提升造成较大的影响。

2.2.3 集疏运子系统

集疏运子系统由集疏运工具、装卸线、后方装卸系统和劳动力组成。集疏运子系统货物流动图如图 2.3 所示。

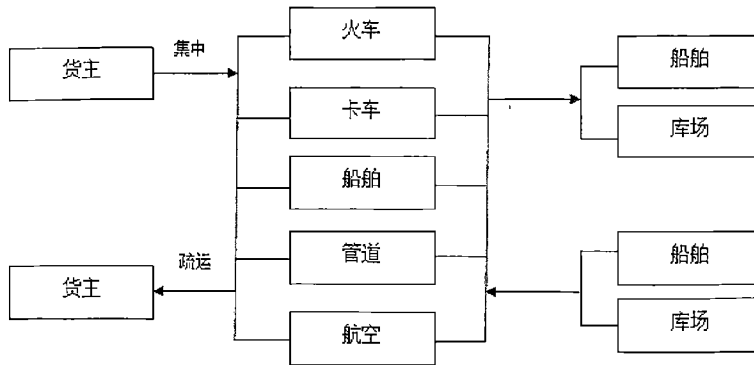


图 2.3 集疏运子系统货物流动图

Fig.2.3 The flow of goods of the inland transport system

货物运入港区被称为集中，从港区运出称为疏散或疏运。集疏运能力是港口通过能力的重要组成部分。其中，铁路和公路是集装箱码头的主要集疏运方式。货物集疏运途径有水路、陆路、空路及地下管道；运输方式有船舶运输、铁路运输、公路运输、管道运输、输送带运输和航空运输。我国集疏运方式主要采用铁路运输、船舶运输、公路运输和管道运输。

集疏运子系统的运作是与装卸子系统密不可分的。由于集疏运子系统需要确保船舶的正常运转及库场的顺畅工作，因此其运输能力的衔接与比例就成为了决定系统通过能力的重要因素。但是在实际的生产过程中，由于货主掌握着对集疏运工具的管理控制权，因此港口是无法掌握与调整集疏运子系统运输能力的衔接与比例的。所以，为了对运输能力的衔接和比例进行合理的优化与调整，港口必须加强与货主之间的联络，协调二者间的管理行为，并且根据港口集疏运与生产作业发展的实际情况来进行调节。

2.2.4 装卸子系统

装卸子系统又称为人一机子系统，其中机是指体现港口生产力的要素，通俗的讲就是在生产作业过程中所使用的机械设备、设施和相配套的工属具等等，而人则是指参与作业过程的人，即直接对机械设备进行操作或者从事辅助性作业的工人。前者是机械司机，后者是装卸工人。它们是港口装卸机械化系统的工艺设备。系统的功能包括装卸、

搬运、堆码、拆装等必须通过人的操作、控制、指挥等组合动作实现。在港口通过能力系统中，装卸子系统起到支持作用。

具体来说，装卸子系统当中的机指的是在生产作业过程中所使用的装卸机械系统当中的各类设备，其中包括各类装卸机械设施、设备及其配套的工属具；人则指的是对机械设备进行直接操作的司机及进行辅助性作业操作的装卸工人。随着港口的机械化与智能化程度越来越高，货物的换装作业也成为了人一机系统的重要工作之一。在这一系统当中，人通过发布指令动作来指导货物的生产作业，而机械则通过进行一连串的作业动作将货物换装的整个过程当中的每个环节衔接起来，同时将人的智慧与体力转化成生产力。装卸设备设施在不断改造与更新的基础上，使用物化劳动来取代人的体力劳动，因此装卸机械系统对人的要求并没有降低，而是对人的操作技术和管控水平提出了更高的要求。装卸子系统通过能力的首要影响要素，在于人一机之间的协调和合作。

在港口通过能力系统结构模型中，以上各个子系统之间的关系表现为：泊位子系统是港口通过能力的关键环节，其他子系统的通过能力要与泊位子系统的通过能力相协调，装卸子系统则是起到重要的支撑作用。

2.3 港口通过能力的影响因素

2.3.1 货类及其结构

货类是影响港口通过能力的主要影响因素之一。港口通过能力一般指的是在货类结构确定时的通过能力，而不存在抽象的能力。在一定的港口生产要素下，不同阶段通过能力发生变化，通常是由货类及其结构的变化而引起的。货类对通过能力的影响主要表现为：货物种类及其特性，货物的批量、包装形式、单件重量、运输的形式（如散装、包装等），货物在流向和时间上的分布特征等。

货物的特性，如容重、易损性、易冻结性、易凝结性等物理特性会直接影响装卸机械及码头工人的生产作业效率。如果是同一货种，使用同一种机械，其效率也会随着流向的不同而不同。通常情况下，卸船的效率一般总会比装船的效率要低。货物运进或运出港口的集疏运方式，采用直接方案装卸所占的比重、货物在港口所要求进行的辅助作业等都会影响到货物的装卸效率，最终影响到港口的通过能力。

货物的容重、包装形式及其强度等因素会对货物在库场里的单位面积堆存定额产生一定的影响，而货物的批量又会影响到货物在库场能够通过的地方的多少，继而影响库场的堆存能力。同时，货物因为包装和其性质的不同，其怕水湿程度也不一样，所以不同货物每年可以进行装卸的天数是不一样的，从而影响港口营运期不同而导致不同的通过能力。

货物到港的不平衡程度会对港口的设计通过能力产生一定影响，但是在吞吐量确定的情况下，货物到港频率越平衡，由船舶到港产生排队时间就会越少，因此设备的合理使用效率就会较高，所以会对港口的实际通过能力产生影响。

2.3.2 港口设施与设备

作为港口生产作业活动的重要作业条件，港口设施与设备的数量、规模、性能及技术状态是通过能力的运算当中的依据。

进港航道的水深、宽度、曲率半径及其可利用的潮位会对进港船舶的最大尺度和抵港船舶的数量形成较大的限制，在一定的限制条件下，上述的指标可能会对多个港口的通过能力造成影响。

锚地的规模、水深、掩护程度及其距港池或装卸泊位的距离是确定港口水上过驳能力、船舶让档时间以及内河港口对船队的编解能力等指标的重要因素。

泊位的数量、结构、水深及其装备情况，包括岸壁机械的数量、技术性能和技术状态都与泊位的通过能力息息相关，而码头的泊位条件则会对泊位的年工作天数产生直接的影响。

仓库和堆场的面积及其布置，仓库的特征，进出库场的方便程度和库场使用的机械不仅会影响库场的堆存能力，还会对装卸效率产生一定的作用，进而影响泊位的通过能力。装卸机械的种类、数量、性能及其技术状态是确定港口各环节装卸效率的重要因素。

其他辅助设备和设施的情况，如供电能力、计量能力、港内运输能力、装卸机械的维修能力、港内导航设备等都会对港口主要的作业设备及设施能力的产生作用。

2.3.3 港口的总体布置

港口平面布置影响通过能力最重要的因素有：

(1) 码头的布置、码头前沿、堆场和仓库之间的相对距离，码头前沿是否有足够的场地供作业操作的实施，机械之间在进行作业操作时是否会相互干扰；

(2) 水域、陆域面积是否满足需要；

(3) 港区内部和外部交通布局情况，是否方便港内转运及集疏运中转，二者之间是否会相互干扰；

(4) 具有水水中转功能的港区，在船舶间的换装是否便捷等等。

2.3.4 来港运输工具的技术性能及其作业条件

来港运输工具的类型及其组成是影响港口通过能力的决定性要素，船舶的尺度数据、载重量、舱口数、舱口载货的不平衡程度、船舱的结构、舱口面积及其与船舱面积之比，以及船上装卸设备的类型、数量、起重量与速度等，这些因素有的会对装卸效率的高低产生作用，有的则会会影响其他生产作业操作时间。

车辆方面主要是车型、载重量和长度。通常而言，来港进行运输作业的车辆、专业化的车辆以及载重量较大的车辆所占的比重越大，港口的通过能力就会越大。就车辆来港之后的管理方式来说，由港口自管车量时的通过能力要大于由车站统管时的通过能力。

运输工具到达和服务时间的分布规律会对运输工具的排队时间造成影响，是影响合理储备能力规模的主要因素。

2.3.5 装卸工人和机械司机

生产作业过程是一系列作业手段和劳动力的融合过程。尽管在码头的作业活动所使用的机械的机械化水平有了较大程度的提升，但依然无法完全替代某些特定体力活动。包括装卸工人和司机在内、直接参与作业的人，在港口的生产活动当中依然起着重要的主导作用。这些人在生产过程中所发挥的作用是通过设施设备的时间利用率和装卸效率上面体现出来的。所以，这些工人的操作水平、人数和工作积极性的调动都会对港口通过能力产生影响。与此同时，这些装卸工人的体力状况对通过能力的作用也不容小视。

包括轮班制度、工组组成在内的港口装卸工人和机械司机的劳动组织对港口通过能力也产生重大的影响。

2.3.6 港口的自然条件

港口的自然条件主要有风、雪、雨、雾、气温、水位变化等因素，这些因素对于港口的作业有较大的影响，例如某些货种在雨雪天气不能进行装卸作业、船舶在大雾天气下不能进出港、大吨位满载的船舶必须乘潮进出港口、严寒酷暑条件下装卸作业效率会受到影响等等，这一系列都会影响港口的通过能力。

2.4 本章小结

本章主要论述了港口通过能力的基本概念、系统结构模型，对港口通过能力的影响因素进行了阐述与分析，为后文天津港及天津港 L 集装箱码头的发展现状及存在的问题、L 集装箱码头的实际通过能力的叙述分析提供了理论基础。

第 3 章 天津港 L 集装箱码头发展现状及问题分析

3.1 天津港集装箱码头市场形势分析

3.1.1 我国集装箱市场发展现状

我国集装箱港口的建设与发展始于上世纪 70 年代中期，经过漫长的成长过程，随着改革开放的步伐逐步加快，国际经济规模日益扩大，国内集装箱码头进入了迅速建设扩张的时代。近年来，由于全球的经济状况低迷、增长速度放缓的影响，我国港口在货物吞吐量的增长，特别是集装箱吞吐量的增长方面，增速也出现了较为明显的下降趋势。

2015 年，我国规模以上港口完成集装箱吞吐量 2.10 亿标准箱，同比增长 4.1%，绝对增量达到约一千万标准箱。2015 年，全球十大集装箱港口为上海港、新加坡港、深圳港、宁波-舟山港、香港港、釜山港、青岛港、广州港、迪拜港、天津港，从这一排名我们可以看到，我国的港口占到六席，而上海港依然是全球第一大集装箱港口。2016 年伊始，由于我国春节假期的影响，我国规模以上港口的集装箱吞吐量在 2 月份出现了负增长，但是之后便渐渐回升，并且保持了一定的增长趋势。前三季度在吞吐量方面，国内排名前十位的集装箱港口分别是：上海港、深圳港、宁波-舟山港、青岛港、广州港、天津港、大连港、厦门港、营口港、连云港港。其中上海港、深圳港与宁波-舟山港前三季度的吞吐量分别为 2760.99 万标箱、1794.02 万标箱和 1641.64 万标箱，广州港与天津港以 6.2% 和 6% 的增幅在国内港口中位于前列。值得注意的是，前三季度也只有广州港和天津港的吞吐量增长率超过了 5%，深圳港和连云港港的吞吐量甚至出现了负增长的情况，说明集装箱港口的低速发展时期已然到来。

我国港口在集装箱运输与配套码头建设方面，总体来说水平较高。部分港口的海铁集装箱转运及联运业务开展的十分顺利，2015 年，大连港与哈尔滨铁路局及沈阳铁路局签署了战略合作协议，开通了“辽满欧”、“连哈欧”两条国际过境班列，促进海铁联运的发展，通过联合发展，大连港已经成功建立起能够辐射东北地区的内陆集疏运网络。青岛港也将海铁联运作为发展重点，截至 2015 年年底，青岛港已经开通了 27 条集装箱班列，帮助青岛港建设布置现代港口物流

体系。伴随国内沿海产业向内陆地区的渐渐转移，内陆地区的货物通过海上运输的情况逐渐增加，集装箱港口与内陆港之间的联系变得日益紧密，形成了包含以大连港、天津港和宁波-舟山港为首要发展对象的东北内陆港群、东中西部内陆港群以及江浙内陆港群在内的许多内陆港群。这其中发展最为迅速的则是天津港，天津港主要选择“一带一路”沿线的核心地区、交通枢纽地域、经济较为发达区域以及边境城市或口岸建设内陆港，与北京、河北、山东等九个省市合作建立了 25 个内陆港，发挥了区域经济的辐射带动作用。而为了适应港口发展增速放缓、利润空间变窄的新态势，集装箱港口企业开始将发展的目光转向集装箱航运业，拓展业务范围，建立集装箱船队，开拓运营线路。2015 年青岛港下设通宝航运公司，并购置了两艘集装箱船舶，于 2016 年 1 月实现了首航。不仅如此，越来越多的集装箱港口在积极践行着国家“走出去”的战略政策，不断开展跨国投资与相关业务，完善自身的业务能力，向着具有较强竞争能力的国际化码头持续发展。比如青岛港，2015 年 11 月，青岛港与马士基签订合资合同，不仅合力建设董家口港区，更将发展的触角伸向了欧洲的瓦多利古雷港，谋求资源的共享与发展的共赢。不仅如此，在同年 12 月，青岛港更是与迪拜环球港务集团达成合作意向，共同合资开发前湾集装箱码头，并在“一带一路”沿线开设了 22 条新航线，班期密度显著提高，进口箱量也明显增长。不仅如此，目前，各集装箱港口为了应对集装箱船舶大型化的挑战，也正采取有效措施，改造泊位设施条件，来满足大型船舶的靠泊需求；通过加宽加高岸桥、使用侧面吊、双吊具改单吊具来满足大型集装箱船舶的装卸要求。

尽管目前国内集装箱港口的发展依然存在许多不足，但是在未来依然有较好的发展势头。就国家的政策层面来看，“一带一路”政策作为国家的重大战略，其沿海发展的关键领域就是从中国沿海港口经过南海到印度洋并延伸到欧洲的这一块。我国的主要沿海港口及集装箱码头，都是建设的重点领域，努力成为海上丝绸之路建设过程中的主要力量。在适应国家的大战略的基础上，也要积极推动集装箱码头向着自动化、智能化的方向不断建设发展，在码头积极应用新技术与新思路，不断探索码头设计改造的新方案。码头的建设也并不局限于此，节能减排作为我国集装箱港口的工作重点，也需要各方的重视与支持。集装箱港口

作为多式联运业务的枢纽，应该完善自身的枢纽功能，发挥自身衔接各类运输方式的优势，健全国内的多式联运体系，积极发展建设各种业务。最重要的一点，集装箱港口需要进一步顺应船舶大型化的前进方向，参与到航运联盟化的进程当中，加强与其他港口以及航运企业的深度合作，维护好与货主企业的关系，建设大型化物流服务平台，统筹布局规划，形成具有竞争力的轴辐式集装箱运输网络，促进各运输方式之间合作发展。

3.1.2 天津港整体集装箱码头市场发展现状

天津港位于京津冀城市群与环渤海经济圈的交界处，是我国十分重要的集装箱港口、综合业务型港口和外贸口岸，是在淤泥质浅滩上挖海建港、吹填造陆建成的世界航道等级最高的人工深水港。在港口实际运营状况方面，天津港主航道水深已达 21 米，可满足 30 万吨级原油船舶和国际上最先进的集装箱船进出港。在 2013 年，天津港货物吞吐量历史性的超越 5 亿吨，集装箱吞吐量达到 1300 万标准箱以上，成为我国北方地区首个 5 亿吨港口。

如今，在整个天津港集团中，有包括太平洋国际码头公司、联盟国际码头公司、欧亚国际码头公司、五洲国际码头公司、天津港集装箱码头和东方海陆码头公司在内的六家公司从事集装箱装卸运输业务，2016 年，天津港全年完成集装箱吞吐量 1450 万标箱，同比增长 2.8%。2016 年 7 月 18 日，唐山港集团与天津港集团正式签约，宣布两家港口集团展开密切合作，共同投资建立唐山集装箱码头有限公司，整合资源，实现两家公司的航线共享；2016 年 12 月 27 日，由两家共同合作组建的津唐国际集装箱码头有限公司正式在唐山市揭牌，标志着天津港将充分发挥其在集装箱运输方面中转港、枢纽港与中心港的长处，在业务上与唐山港相互扶持，努力打造北方航运中心。2016 年 7 月，由马士基航运和地中海航运组成的“2M”联盟，在天津港成功开设了第二条驶向欧洲的集装箱航线，成功拓展了天津港在集装箱运输方面的通达性；2016 年 8 月，随着“现代前进”号集装箱货船的顺利靠泊，标志着天津港第三条东南亚集装箱航线的顺利开通，这一航线也是天津港今年开通的第四条“一带一路”集装箱航线，帮助天津沿线地区及内陆腹地开辟了全新的海上通道。不仅如此，在 2015 年，天津港为全力打造集装箱枢纽港，建立了多条连接包括地中海地区在内的重要的欧亚集装箱航

线，而在 2014 年，当时属于全球最为先进的最大集装箱船“中海环球”号成功在天津港进行首航，展示了天津港集装箱码头优秀的接卸能力，也巩固了天津港集装箱码头在国内集装箱码头中的先进地位和巨大的竞争力与影响力。天津港作为东北亚地区重要的集疏运港口，要想扩大其业务功能渗透范围，必须拓展集装箱运输服务及业务领域，积极完善集装箱运输功能。

3.2 天津港 L 集装箱码头实际通过能力相关要素现状分析

3.2.1 天津港 L 集装箱码头基础设施概况

天津港 L 集装箱码头有限公司成立于 2005 年 3 月 30 日。是由天津港(集团)有限公司、新加坡 PSA 中国有限公司、东方海外货柜码头(天津)有限公司和 APM Terminals Tianjin International Company Limited. (马士基) 四家共同合作、运营、投资、建设、管理的中外合资企业。由于 L 集装箱码头公司属于天津港下属企业，因此在公司成立之初，其管理层人员大多来自总公司及其下属企业，员工码头生产经验丰富，并且具有较为强大的管理才能。尽管 L 集装箱码头公司成立的时间不长，但是在成立之初，公司就严格贯彻着各项管理制度。这一严明有效的行事作风，帮助公司塑造了高效团结的业务与管理团队，形成了有效运营的工作与生产作业环境。

在主营业务方面，L 集装箱码头公司以集装箱码头的建设经营及其他相关业务为主，同时完成船舶、汽车等运输工具的集装箱与其他货物的装卸、集装箱及其他货物的保管、集装箱货物的拆装箱、国际和国内的货运代理等各项业务；与此同时，码头还负责与物流相关的各项业务，比如内陆货运中转站的营运和货物的装卸、堆存及运输等；修箱、洗箱及相关业务数据的技术服务也在码头的服务范围之内。

在码头设施建设方面，码头岸线长 1100 米，前沿水深-15.5 米，码头的岸线与水深条件可供第六代以上的集装箱船舶顺利停靠。其年设计吞吐能力 170 万标箱。在堆场方面，公司拥有主堆场 47 万平方米、附堆场 4.1 万平方米、空箱堆场 5.1 万平方米，共 56.2 万平方米的大型集装箱堆场，可同时容纳 5 万标准集装箱在堆场存放，从事集装箱拼箱、拆装箱业务，同时还可以接卸异形货物，并且

可做到安全、快速作业，码头还具备修箱设备，可以提供集装箱的维修、检验、清洗等服务。由于集装箱船舶的大型化发展趋势，码头在其结构及陆域设施、堆场环境、生产作业辅助设施、供水供电、照明控制、通信及网络管理设施系统等也作出了预留通道，便于更为先进的大型集装箱船舶的停泊。在码头操作管理系统方面，L 集装箱码头使用的是由天津港自主研发的专业系统，该系统集合了比利时 COSMOS 与美国 Navis 操作系统的优点，并且根据天津港各集装箱码头的实际作业特点，将系统的各环节设计的更具有针对性，更加个性化，使得系统的开发设计更符合天津港的作业特色。

3.2.2 天津港 L 集装箱码头装卸机械系统概况

码头装卸机械系统的一个重要任务是完成码头在生产活动过程中所产生的的货物的移动与换装。其作业方式是以一定的劳动组织形式，利用装卸机械等工具，按照现有的标准与技术规范完成货物在各运输方式之间的换装作业过程。L 集装箱码头现有 4 个集装箱泊位可供船舶停泊、进行装卸作业，码头配备有当前我国最为先进的大型集装箱装卸桥，其外伸距可以达到 65 米，起重负荷更是有 65 吨之多；装配有场地桥 33 台，这当中有 20 台可以进行双 20 尺集装箱作业，并且起重负荷能达到 61 吨，另外 13 台的起重负荷也能达到 40.5 吨，能够满足码头的各类生产作业需要。码头还引进了作业功能较为先进的叉车 8 台，正面吊 2 台，空箱堆高机 4 台，来辅助码头的大型装卸机械的正常装卸操作作业。

L 集装箱码头为了满足当前市场上船舶大型化的需要，不仅积极引进先进的机械设备，还投资更换码头内部的老旧设备设施，不断提高码头的作业能力，开展国际航线，与多个海外国家和先进港口达成合作，拓展海外业务，积极联系过境运输及集装箱班列运输业务，并向着内支线运输与内贸运输的方向不断努力发展。

3.2.3 天津港 L 集装箱码头装卸工艺系统概况

根据 L 集装箱码头所配备的堆场作业机械和水平搬运机械来看，在码头内部所存在的装卸工艺方式主要有轮胎式龙门起重机系统、正面吊运机系统和组合系统三种。

3.2.3.1 轮胎式龙门起重机系统

(1) 工艺流程图

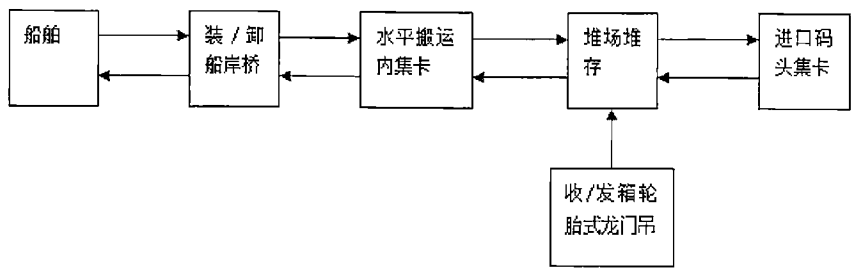


图 3.1 轮胎式龙门起重机系统工艺流程图

Fig.3.1 The flow chart of the type portal-type container crane system

(2) 装卸工艺系统简介

这一工艺系统能够对堆场进行有效的利用，而且总体来说，设备的作业流程比较简单，对工人的作业水平要求不高。在作业过程中，对箱体本身可能产生的损坏也比较少。和轨道式龙门起重机相比，不会受到固定轨道的限制，可以自动控制行走轨迹，采用计算机控制，便于码头自动化与智能化的实现。但是轮胎式龙门起重机由于体积较大，灵活性较差，在作业位置上会受到一定的限制，而且移动也需要较长的时间，使操作环节变得复杂。

3.2.3.2 正面吊运机系统

(1) 工艺流程图

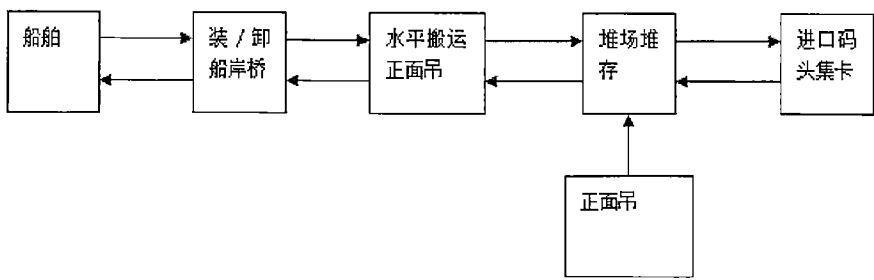


图 3.2 正面吊运机系统工艺流程图

Fig.3.2 The flow chart of the container front carrier system

(2) 装卸工艺系统简介

正面吊运机能够完成包括搬运、堆码、装卸车等多项生产作业，因此可以减少相关的机械种类。由于其结构比较简单，所以在维修保养方面也可以省去很多麻烦。在机械操作方面，正面吊运机可以进行跨箱作业，吊装集装箱层数一般能达到四至五层箱高，具有较高的机械使用效率和场地利用效率。尽管其能够跨箱作业，但是只能跨一箱或两箱来作业，对通道的宽度要求比较宽也比较严格，所以在作业区域上一般较小且略微复杂，与龙门起重机系统相比场地利用率比较低。需要的辅助机械也比较多。

3.2.3.3 组合系统

(1) 工艺流程图

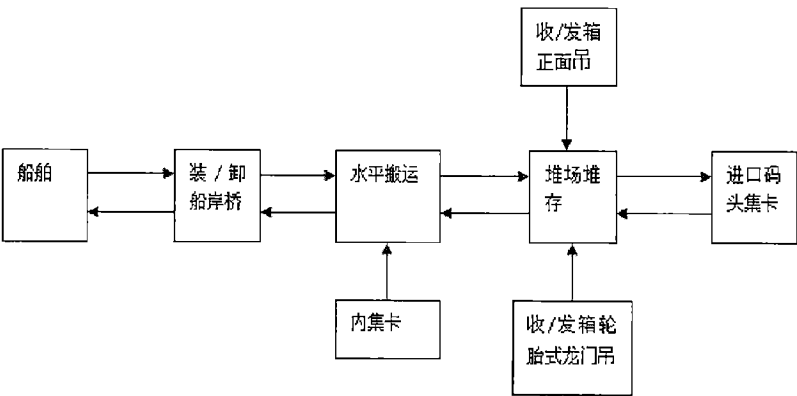


图 3.3 组合系统工艺流程图

Fig.3.3 The flow chart of the combined system

(2) 装卸工艺系统简介

由于各装卸工艺系统各有优点，又各不相同，因此码头经营人会将这些装卸工艺系统组合起来，形成组合系统，这样的组合系统可以充分发挥每个系统的优势，扬长避短，使得码头在装卸作业工艺流程方面更为合理，作业系统也更加完善。

实际上每个工艺系统都有不同的特点，这些特点也是相对说的。码头都需要跟据自身的作业特点和实际生产需要，选择适合其发展的工艺系统。上述各工

艺系统的技术经济比较如表 3.1 所示。

表 3.1 装卸工艺系统技术经济比较表

Tab.3.1 The comparison of the technical economic of the handling process

	轮胎式龙门起重机	正面吊运机系统	组合系统
储存能力	优	好	优
投资费用	好	好	优
工艺简单性	差	优	中
装卸效率	好	中	优
机动性	差	优	中
减轻集装箱损坏	好	好	好
降低维修成本	好	好	中
可扩张性	差	好	好
自动化适应性	好	差	好
与铁路接运	好	好	好

3.2.4 天津港 L 集装箱码头人力资源概况

L 集装箱码头现有在册员工 214 人，其中具有研究生学历的 10 人，占在册员工人数的 4.67%；具有本科学历的 183 人，占在册员工人数的 85.51%；具有专科学历的 21 人，占在册员工人数的 9.81%。码头雇佣劳务工人共 235 人，其中装卸工人 175 人，修理工人 60 人。从码头的人力资源结构我们可以看到，在学历方面，码头员工全部接受过大学教育，其中本科教育的接受程度最高，这说明码头的人才素质普遍较高，但是值得注意的是，接受过研究生教育的员工人数较少。而从劳务工人中装卸工人与修理工人的比例分配来看，尽管修理工人较少，但是对装卸机械的维修和保养仍是码头作业不可缺少的一部分，只有对机械进行合理的使用，码头才会取得长久有效的发展。总体来说，码头的人力资源对其通过能力的影响也不容小觑，好的管理者能够帮助码头提高其生产水平和作业效率，帮助其更好地利用各种机械设施，来提升码头的通过能力。

3.3 天津港 L 集装箱码头吞吐量预测分析

由于要对码头的实际通过能力影响因素进行评价分析，必须要知道码头的吞吐量发展情况。理论上，吞吐量应小于港口的实际通过能力，但是随着港口业务水平和生产能力的不断发展提升，使得吞吐量的增长超过码头的实际负荷能力，造成吞吐量与实际通过能力之间不相匹配，会对码头的发展形成制约。因此，对吞吐量进行预测分析，能够对实际通过能力今后的发展给予参考。

通过查阅港口年鉴等相关资料，可以得到 2009-2015 年 L 集装箱码头的吞吐量数据，如表 3.2 所示。其折线图如图 3.4 所示，通过折线图我们可以看到，成对的两个变量数据在分布上大体上成直线趋势，因此适合采用一元线性回归预测法。

表 3.2 2009-2015 年 L 集装箱码头的吞吐量数据表

Tab 3.2 The data of throughput capacity of L container terminal from 2009 to 2015.

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
吞吐量（万 TEU）	173.8	190.66	220.07	233.01	240.04	261.09	261.13

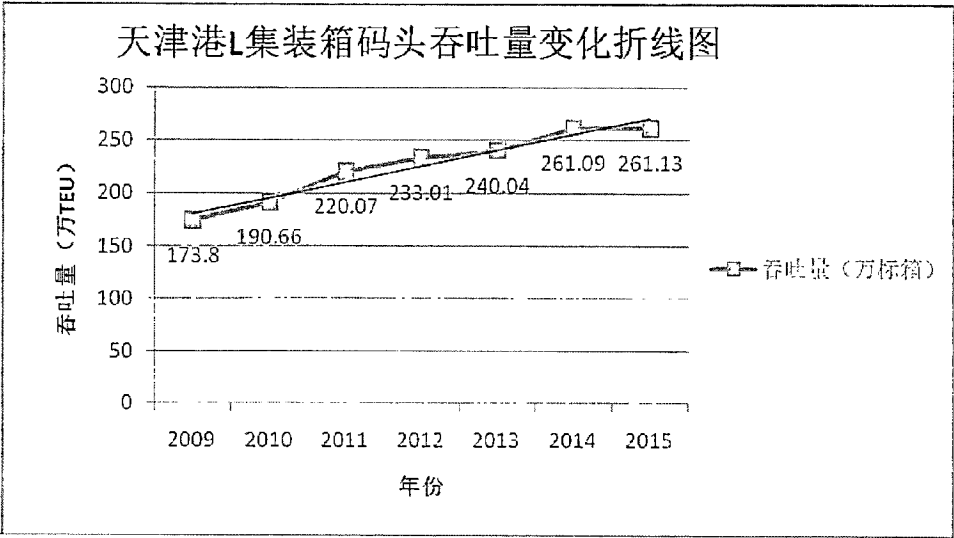


图 3.4 天津港 L 集装箱码头吞吐量变化折线图

Fig 3.4 The line chart of L container terminal throughput change

3.3.1 建立模型

为了方便模型的建立，将2009年以第1年度进行代替，以此类推，则2015年为第7年。以年份作为自变量，吞吐量作为因变量，建立模型。

一元线性回归模型可表述为：

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + u_i \quad (3.1)$$

其中， b_0 、 b_1 是未知参数； u_i 为剩余残差项或称随机扰动项，引进随机扰动项 u_i 是为了包括对因变量 y_i 的变化有影响的所有其他因素。

3.3.2 估计参数

要将一元线性回归模型用于预测，就需要估计出 b_0 、 b_1 是两个未知参数，因此建立如下一元线性回归预测式：

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_i \quad (3.2)$$

一个好的估计量应满足一致性、无偏性和有效性的要求。

通过最小二乘法来估计模型的参数，公式如下。

$$b_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (3.4)$$

由上述公式可求得：

$$b_1 = 15.10$$

$$b_0 = 165.29$$

所以，可得一元线性回归预测模型：

$$\hat{y} = 165.29 + 15.10 x_i \quad (3.5)$$

3.3.3 进行检验

3.3.3.1 标准误差

标准误差是回归直线即估计值与因变量值之间的平均平方误差，其计算公式为：

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{y})^2}{n-2}} \quad (3.6)$$

根据吞吐量数据及上述公式，可得：

$$SE = 8.19 \text{ (万 TEU)}$$

3.3.3.2 相关系数

相关系数是一个被广泛用来测定拟合优度的指标，其计算公式为：

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}} \quad (3.7)$$

因此，年度与吞吐量之间的相关系数为：

$$r = 0.97$$

由于相关系数越接近+1 或-1，因变量与自变量的拟合程度越好，因此可以说明建立的预测模型拟合程度较好。

3.3.3.3 回归系数显著性检验

在求出回归系数后，需要对回归系数进行显著性检验。回归系数的显著性检验是用 t 参数检验的：

$$t_b = \frac{b_1}{S_b} \quad (3.8)$$

其中： $S_b = \frac{SE}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}}$ ， t 服从自由度为 $n-2$ 的 t 分布，取显著性水平 α ，如果

$|t_b| > t_{\alpha}$ ，则回归系数 b 显著。由吞吐量数据和上述公式可得：

$$S_b = 1.55$$

$$t_b = 9.76$$

取 $\alpha=0.05$ ，通过查表可得 $t_{0.05}(5)=2.571$ ，显然 $t_b > t_{0.05}(5)$ ，因此回归系数 b 显著。

3.3.3.4 F 检验

检验统计量 F ，即将回归偏差和剩余残差各自除以它们的自由度后加以比较，公式如下：

$$F = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2 / 1}{\sum(y - \hat{y})^2 / (n-2)} \quad (3.9)$$

F 服从 $F(1,n-2)$ 分布, 取显著性水平 α , 如果 $F > F_{\alpha}(1,n-2)$, 则表明回归模型显著; 如果 $F < F_{\alpha}(1,n-2)$, 则表明回归模型不显著, 回归模型不能用于预测。由吞吐量数据和上述公式可得:

$$F=95.29$$

取显著性水平 $\alpha=0.05$, 查表可得 $F_{0.05}(1,5)=6.61$, 所以 $F > F_{0.05}(1,5)$, 通过 F 检验。

3.3.3.5 德宾-沃森统计量

德宾-沃森统计量($D-W$)是检验模型是否存在自相关的一种有效方法, 由于回归模型的剩余项 u_i 之间应该是相互独立的, 即各 u_i 之间不存在自相关问题。如果存在自相关问题, 用回归模型进行预测就要失真。其公式如下:

$$D-W = \frac{\sum_{i=2}^n (u_i - u_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n u_i^2} \tag{3.10}$$

其中 $u_i = y_i - \hat{y}_i$

根据经验, $D-W$ 统计量在 1.5-2.5 之间时, 表示没有显著自相关问题。

根据吞吐量数据及上述公式, 可得 $D-W=1.61$, $1.5 < D-W < 2.5$, 所以不存在自相关问题。

3.3.4 预测结果及分析

由于所建立的预测模型通过了各项检验, 因此可以用于吞吐量的预测。所预测的 2016-2018 年度 L 集装箱码头吞吐量数据如下表所示。

表 3.3 2016-2018 年度 L 集装箱码头吞吐量预测值
Tab 3.3 The forecast value of L container terminal throughput from 2016 to 2018

年份	2016	2017	2018
吞吐量 (万 TEU)	286.09	301.19	316.29

通过预测我们可以看到, L 集装箱码头在吞吐量方面依然处于不断增长发展的趋势, 而通过查找相关的港口文献资料可知, 在 2016 年, 码头的年通过能力

仅为 170 万 TEU，码头的实际发展水平早已超过其设计能力，因此需要对影响实际通过能力的各因素进行研究，对其进行及时调整，使其与实际的发展情况相适应。

3.4 天津港 L 集装箱码头实际通过能力相关要素存在的问题

3.4.1 码头基础设施方面

通过之前对于天津港 L 集装箱码头的资料查找和现状论述分析我们可以发现，对于其内部的作业计划涉及较少。事实上，码头作业计划也是其日常生产的重要组成部分，能够对码头的作业操作进行有效平衡，科学合理地帮助码头配置生产要素。作业计划是指导码头生产活动的首要因素，也是决定其管理工作顺利与否的重要内容。由于在作业流程中，各作业环节纷繁复杂，流程运行的是否顺畅会受到作业计划制定情况及各作业环节执行准确性与准时性等多方面影响。如果整个码头的作业进程受到影响，会导致作业计划不能按时执行，还会导致港口的作业效率下降，造成例如在船舶抵港前堆场仍未完成出口收箱作业等类似情况的发生，而这一系列的情况会增加堆场的生产运作的管理难度，还会加大作业本身的危险程度，不利于集装箱码头的生产调度。

作为天津港的重要组成部分，L 集装箱码头在基础设施方面还存在例如堆场规划不灵活、泊位利用上存在缺陷等问题，这需要码头管理者引起重视，从基础上解决问题，才有利于码头实际通过能力的不断扩大。

3.4.2 码头装卸机械与装卸工艺系统方面

从 L 集装箱码头的机械组成来看，由于码头的规模较小，因此所拥有的机械类型并不多，也不全面，尽管在当前仍能满足发展要求，但是一旦 L 集装箱码头的规模扩大，现有的机械类型和机械数量停滞不前，无法跟上发展的步伐，会成为束缚码头发展进步的因素。所以，积极引进先进的机械类型，是提高码头的装卸操作水平的重要手段。由于装卸工艺系统的类型直接受到装卸机械的影响，因此，增加机械类型也有利于增加装卸工艺系统类型，使这些机械能够更好地为码头服务。

除了码头机械类型之外，L 集装箱码头还应注意对机械进行及时的维护和保

养,对于机械的修理,不能仅仅限于其出现故障时而进行的维修和检测,实际上,对装卸系统应建立相应的维修保养指南,不仅对装卸系统的维修保养手段进行规定,还明确了定期检查的时间,在平时注重对装卸系统的维护,可以帮助延长机械的使用寿命,还能使码头完善管理制度,提升管理水平。

3.4.3 码头人力资源方面

根据之前的分析我们可以看到,尽管码头在人力资源方面的结构和人才素质都比较合理,但是码头在高级管理人才方面依然比较缺乏,研究生学历的人才在码头员工当中的占比不高,可能会对码头的管理造成不利影响。而在雇佣的劳务工人方面,装卸工人约为修理工人的两倍左右,随着机械智能化与自动化的趋势日益明显,过多的劳务工人也会成为企业发展的负担,不论是企业员工还是劳务工人,在数量上都不能超过企业的实际需要,而在素质方面也要“术业有专攻”,企业需要专业型的人才和具有专长技能的工人。因此,在人员的管理与培养上,码头还需要多投入精力。

3.4.4 码头综合经营管理水平方面

通过分析我们可以了解到,当前,尽管 L 集装箱码头运用了先进的管理系统与管理手段,但是其自身的信息化水平仍然比较低,对提高码头自身的作业效率具有一定的制约作用。主要表现在以下几方面:

(1) 操作系统智能化水平低,先进程度不高

目前,各个港口的操作系统都在向着智能化的方向不断发展进步。例如,针对集装箱在提箱时可能会产生的翻捣问题,系统则会对门式起重机的司机发出提示,说明翻捣的集装箱应该存放在什么位置,以此来避免集装箱的反复翻捣;部分系统的智能化则是体现在分配箱位方面,在箱位分配时,会考虑集卡的压车情况,当某个贝位附近出现压车的可能性较大时,系统会将箱位向属性相同的其他的贝位进行分流。而 L 集装箱码头公司所使用的操作系统缺乏类似功能,会导致进行集装箱提箱操作时出现重复翻捣率较高以及堆场内压车情况严重的状况,使得码头集疏运效率大大下降。

尽管码头使用的操作管理系统已较为先进,但是系统依然存在一定的缺陷,

比如在各项生产作业计划的灵活性方面，特别是在堆场收箱计划当中表现的尤为突出。在集装箱码头，收箱作业是按照各个箱的重量级别来进行的，通常摆放在一个存放场地的一列集装箱属于一个级别，配载系统将各个出口集装箱导入贝图中主要是依靠各集装箱的实际重量进行的，在贝图的导入标准上，二者有着较为明显的差异，因此，当一系列集装箱重量分布不均匀时，会影响箱子的装卸顺序，进而导致翻捣，与此同时，如果级别在划分标准上相差较大，那么出现倒箱的可能性也就越高。目前，许多集装箱码头的操作管理系统都具有重量等级设定功能，这一功能可以帮助码头的堆场计划员，根据出口集装箱的重量情况，并结合堆场的实际环境，制定重量级别的划分标准，摆脱传统的等级划分模式的束缚，更加适应码头实际生产活动的需要。而码头目前使用的系统仍然使用较为传统的重量等级划分模式，因此会产生较大的翻捣几率，同时对数据的处理能力也比较差，当大批量的船图或者生产数据进行传送时，系统可能会出现卡顿的情况，会影响到码头各生产管理部门的操作作业情况。

（2）无线终端利用率不够

随着港口操作管理系统的智能化发展愈发普及，港口信息化也同样需要顺应其发展趋势，比如无线终端系统的在港口信息系统当中的应用，如今，我国许多集装箱港口都采用了这一系统，这种系统的使用，从一个角度来讲，能够提高码头的的数据记录效率，能够帮助码头缩短装卸作业及配载作业的备载时间；从另一个角度来讲，无线终端系统可以帮助港口增加其管理的可视度，提升对于前方作业的监督与管理。由于 L 集装箱码头公司的设备状况有限，因此其无线终端系统的使用并不频繁，只有一部分场地使用这一系统进行作业，所以增加了码头的作业难度，加大了码头数据的录入难度，同时会降低录入的准确性，延长货主提箱的等待时间，不利于提高港口的作业效率。

（3）操作系统缺少对历史数据的统计和分析功能

目前，L 集装箱码头公司的操作管理系统在数据的整合统计上存在一定的缺陷，工作人员往往只能按照以前的操作经验和码头的作业规范来进行作业安排，局限了各项作业计划的制定。实际上，码头作业的历史数据，对于码头今后的生产作业，甚至是发展规划都具有十分重要的意义，这些数据的收集与统计分析，

可以帮助码头分析出作业特点及未来的趋势走向，使得其未来的规划更为合理，帮助码头做大做强。

3.5 本章小结

本章主要分析了国内及天津港集装箱市场的发展状况，同时对天津港 L 集装箱码头的基础设施及装卸机械与装卸工艺系统的情况进行论述与说明，并指出 L 集装箱码头在发展过程中存在的问题，为天津港 L 集装箱码头实际通过能力提升评价及提升对策的提出做出铺垫。

第 4 章 天津港 L 集装箱码头实际通过能力影响因素评价

4.1 评价模型分析

4.1.1 层次分析法

层次分析法是指将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统,将目标分解为多个目标或准则,进而分解为多指标(或准则、约束)的若干层次,通过定性指标模糊量化方法算出层次单排序(权数)和总排序,以作为目标(多指标)、多方案优化决策的系统方法。运用层次分析法解决问题时,首先将与总目标相关的每个要素进行分层,然后将下一层级每个要素相对于上一层级每个要素重要性的两两比较,继而求得下一层级每个要素相对上一层级每个要素的重要性权重,最后通过加权求和的方法,求得方案层每个要素相对目标层要素的重要性权重。该方法是将定性分析和定量计算相结合的方法,各指标权重的确定过程不涉及复杂的数学运算,被人们理解和接受,但是如果选取的各项指标中定量指标较少,而定性指标较多,则确定各要素权重的时候容易受到个人主观判断、个人喜好等因素的影响,当选取的指标增多时,分的层次也会越来越多,各因素的权重难以计算。

4.1.2 木桶理论

通过第二章对港口通过能力的系统结构模型的论述与分析可以得到,港口通过能力系统是由泊位子系统、装卸子系统、库场子系统及集疏运子系统共同组成,各个子系统之间是相互制约、相互平衡的关系,四个子系统当中通过能力最小的系统决定整个港口的通过能力。这一原理与木桶理论的原理是极为相似的。

木桶理论指的是,一个由若干块长短不一的木板拼接组成的木桶,其盛水量的多少,是由这些木板当中最短的那一个决定,而不是由最长的木板决定的。因此,要想增加木桶的容量,必须提高所有模板的平均高度,即加长较短的木板,使其尽量达到最长木板的长度。与此同时,木桶的容量除了与木板的长度有关之外,还与木板之间的缝隙大小,也就是木板连接的紧密程度有关。所以,该理论指出研究对象的评价要参考其所有构成要素中水平最低的一个及要素间的协调配合情况。

用经济学中的边际效用解释木桶理论如下：设系统的总体效用为 TU ，系统某一要素的效用为 $U_i(i=1,2,3,\dots,n)$ ，则该系统要素的边际效用为 MU_i ，数量表示为 Q_i ，因此，该要素的效用函数可以记为 $U_i=f(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n)$ ，系统的效用为各要素效用函数的函数，其函数可以记为 $TU=f[f(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n)]$ ；某一要素的边际效用 MU_i 为单位要素效用的导数，即

$$MU_i = \frac{\partial TU}{\partial Q_i} = \frac{\partial f[f(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n)]}{\partial Q_i} \quad (4.1)$$

由边际效用理论可知，某一要素的 U_i 越小，其边际效用 MU_i 在同等条件下越大，这说明若系统既定增量为 ΔQ ，选择增加该要素的数量对系统总体效用的贡献要比其他要素增加所带来的贡献大。在木桶理论中，最短的木板效用最低，但边际效用最大，根据边际效用递减原理，增加最短木板的长度对木桶盛水量的增加效果最为明显。若将木桶比作港口码头，则港口四个构成子系统为长短不一的木板，所以通过能力最小的子系统决定了港口码头整体通过能力，即

$$P_{港} = \min(P_i) \quad (4.2)$$

其中， $P_{港}$ 表示港口码头整体通过能力， $P_i(i=1,2,3,4)$ 表示四个子系统的通过能力。

用木板理论确定码头实际通过能力就是研究各个子系统通过能力的一致性和差异性，确定制约整个系统能力的薄弱子系统及子系统之间通过能力的协调情况和配合程度。

4.1.3 灰色关联度分析法

关联度指的是，两个系统间的因素，随时间或者其他不同因素发生变化的关联性的度量。在整个系统发展变化的过程中，如果两个因素具有一致的变化趋势，则说明二者的关联程度较高，否则，则说明其关联程度较低。所以，灰色关联度分析法，是通过将不同因素之间的未来走向的相似或相异程度作为评价因素间关联程度的分析方法。

灰色理论的基础是模糊控制理论，主要用来处理信息不完全系统的控制问题，并且可以对不确定的量进行衡量，运用较容易获得的数据及其他资料对灰色

系统的特点进行评价研究。灰色关联度分析法的原理在于，通过对参考序列和比较序列的处理求出关联度，来研究变量之间的关联程度。灰色系统理论提出了对各子系统进行灰色关联度分析的基本理念，希望通过一系列特定的方法，来寻找系统中各因素甚至各子系统之间的数值关系。因此，灰色关联度分析对于一个系统发展变化态势提供了量化的度量，非常适合动态历程分析。

4.2 实际通过能力影响因素评价过程

4.2.1 实际通过能力影响因素综合评价

4.2.1.1 实际通过能力影响因素综合评价指标体系的建立

通过对评价模型进行分析论述，并根据 L 集装箱码头的发展情况，建立了 L 集装箱码头实际通过能力综合评价指标体系如表 4.1 所示。

表 4.1 L 集装箱码头实际通过能力影响因素综合评价指标体系表

Tab.4.1 The comprehensive evaluation indicator system of the L port operating capacity

基本指标 <i>B</i>		具体指标 <i>C</i>
腹地经济指标 <i>B</i> ₁		腹地年贸易进出口总额 <i>C</i> ₁
		腹地 GDP 总量 <i>C</i> ₂
		腹地经济结构 <i>C</i> ₃
		码头对腹地 GDP 的贡献率 <i>C</i> ₄
L 集装箱码头实际通过能力综合发展指数 <i>A</i>	码头经营指标 <i>B</i> ₂	码头年吞吐量 <i>C</i> ₅
		年吞吐量增长速度 <i>C</i> ₆
		年运输供给能力 <i>C</i> ₇
码头设施条件指标 <i>B</i> ₃		集装箱码头泊位数 <i>C</i> ₈
		装卸机械台数 <i>C</i> ₉
		堆场面积 <i>C</i> ₁₀
		码头岸线长度 <i>C</i> ₁₁
		最大靠泊能力 <i>C</i> ₁₂
作业服务指标 <i>B</i> ₄		码头信息化服务水平 <i>C</i> ₁₃
		平均船时装卸量 <i>C</i> ₁₄
		平均桥吊台时装卸量 <i>C</i> ₁₅
		船舶平均在港停时 <i>C</i> ₁₆
		在场平均箱停留时间 <i>C</i> ₁₇
绿色发展指标 <i>B</i> ₅		“油改电”项目推广程度 <i>C</i> ₁₈
		低碳绿色技术引进与研发 <i>C</i> ₁₉
		安全基础设施完善程度 <i>C</i> ₂₀
		单位吞吐量综合耗能 <i>C</i> ₂₁
		低碳绿色管理制度完善程度 <i>C</i> ₂₂

本文所建立的 L 集装箱码头实际通过能力综合评价指标体系，第一层是 L

集装箱码头实际通过能力综合发展指数，为目标层，是 L 集装箱码头实际通过能力综合发展状态；第二层是腹地经济、码头经营、码头设施条件、作业服务和绿色发展五个指标，为准则层，它介于第一层和第三层，是二者的纽带和联系；第三层作为针对评价对象而设计的详细的指标，是对第二层指标的进一步细化，更是针对目标层的具体实现措施。

(1) 腹地经济指标 B_1 ：这一指标主要描述的是码头所处环境的社会经济状况，是一个评价码头综合经济环境的重要指标。主要选取能够表现腹地地区各方面经济能力，以及码头的发展对腹地经济的影响作用的相关指标。

①腹地年贸易进出口总额 C_1 ：指的是进出码头腹地区域内的货物总金额，单位为万元，这一指标可以用来观察地区在对外贸易方面的总规模。

②腹地 GDP 总量 C_2 ：指的是在一定时期内（例如一年或一个季度），码头腹地地区经济产出的全部最终产品和劳务的价值，这一指标是衡量地区经济规模和经济状况的重要度量。

③腹地经济结构 C_3 ：指的是码头腹地地区的经济组成和经济构造。事实上，经济结构的含义较为复杂，本文说的经济结构主要是指经济的产业结构构成。可以从侧面反映了腹地经济的发展对于港口能力的要求，包括针对港口的实际通过能力、设计通过能力和服务发展水平等多方面的要求。

④码头对腹地 GDP 的贡献率 C_4 ：则是指港口群总产出与腹地城市总产出的比值，反映了港口群对腹地经济发展的影响与带动作用，说明了码头的发展状态对腹地经济具有一定的推动效用。

(2) 码头经营指标 B_2 ：主要是从码头经营管理的角度，综合考虑码头的营运情况与社会经济发展之间的关系。主要选取的是能够反映码头经营情况的各项指标。

⑤码头年吞吐量 C_5 ：指经水路运输运进、运出码头区域并经过装卸作业的集装箱总数，单位是标准箱（TEU），该指标主要用于衡量集装箱码头发展规模与生产水平，是计算码头通过能力的基础与标准。

⑥年吞吐量增长速度 C_6 : 指的是吞吐量年度的变化趋势, 通常是本年的吞吐量与上一年的吞吐量之差与上一年码头吞吐量的比值, 主要用来衡量码头各年度之间的发展状况。

⑦年运输供给能力 C_7 : 对于集装箱码头来讲, 主要指的是码头每个年度能够承担的最大运输能力, 单位是标准箱 (TEU), 这一指标主要能够衡量码头的自身营运能力。

(3) 码头设施条件指标 B_3 : 指的是码头所配备的装卸机械的条件和性能情况, 选取了与泊位子系统、装卸子系统、堆场子系统等与通过能力子系统相关的一系列指标, 主要用来说明各通过能力子系统的资源配置条件, 它能够反映出子系统的操作作业水平。

⑧集装箱码头泊位数 C_8 : 泊位是港口装卸作业所必需的重要基础设施, 这一指标指的是码头所建设的泊位数量, 单位为个, 可以从码头的生产统计资料等处获得, 主要用来反映港口基础设施的配置情况和泊位子系统的作业能力。

⑨装卸机械台数 C_9 : 集装箱码头装卸作业需要借助多种类型的机械设施, 装卸机械台数指的是码头所配备的生产作业机械及其相关辅助机械的数量, 单位是台, 可以从码头的生产统计资料等处获得, 这一指标是集装箱码头装卸子系统的作业能力的重要体现。

⑩堆场面积 C_{10} : 堆场是集装箱进行堆存、装卸车的主要场所, 堆场面积衡量的是码头堆场能满足货物堆存的实用面积, 单位平方米, 可以从码头的生产统计资料等处获得, 这一指标可以用来反映集装箱码头堆场系统的作业能力。

⑪码头岸线长度 C_{11} : 码头岸线指的是码头建筑物靠船一侧的竖向平面与水平面的交线, 因此码头岸线长度指的是这一交线也就是停靠船舶的沿岸长度, 单位为米, 数据主要从码头的生产统计资料等处获得, 这一指标是码头规模的重要标志, 同时能说明靠码头作业的船舶数量。

⑫最大靠泊能力 C_{12} : 指的是码头能够停靠的船舶的最大载重吨数, 指标的大小会受到航道宽度、航道水深、码头净空高、码头港池限宽等多个条件的限制, 这一指标可以从港口规范中查找得到, 主要能够反映码头的设计能力与通过能力。

(4) 作业服务指标 B_4 : 主要从码头的作业效率和能力方面来考察其生产作业服务能力, 在这一二级指标下, 主要选取与码头的装卸机械和操作系统的作业效率和服务能力相关的指标, 进而对码头的生产服务水平进行分析。

⑬ 码头信息化服务水平 C_{13} : 指的是码头在操作系统或作业指挥的各环节, 信息化手段的使用与配备情况, 这一指标是码头智能化服务能力的重要表现。

⑭ 平均船时装卸量 C_{14} : 指的是来港停靠和装卸的船舶, 平均每艘船每小时所装卸的货物吨数或集装箱标准箱箱量, 单位为吨/时或标准箱/时, 这一指标受到船型变化影响较大, 是码头作业能力和作业效率的重要反映。

⑮ 平均桥吊台时装卸量 C_{15} : 指的是一台桥吊每小时的装卸量, 单位为自然箱, 这一指标主要是针对码头桥吊这一装卸机械而言, 反映码头的装卸作业效率。

⑯ 船舶平均在港停时 C_{16} : 指的是船舶平均每次在港停泊的时间, 即从船舶进港时起到出港时止的平均每艘船在港的停泊时间, 包括生产性停泊时间、非生产性停泊时间和自然因素引起的停泊时间。这一指标的构成较为复杂, 受到货物流向、船舶吨位、装卸效率以及自然因素等多项条件的影响。是衡量船舶在码头停留时间长短以及装卸作业服务的主要指标。

⑰ 在场平均箱停留时间 C_{17} : 指的是集装箱在堆场平均的停放时间, 是衡量集装箱在码头停留时间长短的指标, 同时能够反映出码头的作业水平和服务效率。

(5) 绿色发展指标 B_5 : 从货种码头对节能减排投入力度和低碳绿色管理组织情况来考核码头低碳工作的落实情况, 体现的主要是码头对于环保的重视和实际的保护情况。

⑱ “油改电”项目推广程度 C_{18} : 装卸机械“油改电”是集装箱码头为实现低碳绿色发展所实施的主要节能减排项目, 该指标是指计算期内码头“油改电”改造机械数量在码头装卸机械总数的比重情况, 可以用来反映集装箱码头对节能减排项目研发与推广的支持程度。

⑲ 低碳绿色技术引进与研发 C_{19} : 指的是码头在工艺流程改善、机械设备改造、管理信息系统建设等方面技术的学习借鉴情况和自主创新情况, 可以用来反映集装箱码头低碳绿色发展技术的先进程度。

⑩安全基础设施完善程度 C_{20} : 指的是码头根据生产特点, 在容易发生危险事故的作业环节或作业区域设置安全警示标志、建设安装安全防护装置的情况, 可以用来衡量集装箱码头安全生产管理能力。

⑪单位吞吐量综合能耗 C_{21} : 指的是计算码头完成单位吞吐量所消耗的能源数量, 是衡量码头能源与资源的耗费强度的重要指标。

⑫低碳绿色管理制度完善程度 C_{22} : 指的是码头为提高低碳绿色管理水平, 在法律法规、节能环保操作规范等各方面的制定情况和完善程度, 以及低碳绿色管理部门职责的明确程度、人员配置合理程度及其对各项管理制度的落实情况。

4.2.1.2 层次分析法确定指标权重

1 建立判断矩阵

首先需要建立判断矩阵, 这一步一般是通过专家打分法得到的, 打分的规则就是利用萨蒂标度法给出某一层级中某些并列的因素的相对重要程度, 它的合理性是能否得出准确的结果的基础, 因此, 我们需要尽可能得到最准确的数据, 来使得结果更加严谨客观, 具有权威性。

假设某层有 n 个因素, $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 而我们要得出的是这些因素之间的相互的重要程度, 这时我们可以用两两因素相比得出的分数来表示它们之间的相对重要程度。如 a_{ij} 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的重要程度, $1/a_{ij}$ 就表示第 j 个因素相对于第 i 个因素的重要程度。矩阵用 $A=(a_{ij})$ 表示, 则称 A 为成对比较判断矩阵(简称判断矩阵)。

上述判断矩阵中元素数值 a_{ij} 通常是各位专家根据其研究和工作经验思考而得, 但是需要有定量的标度, 两两因素之间的比较尺度如表 4.2 所示。

表 4.2 标度列表

Tab.4.2 The meaning of the scales

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性；
3	表示两个因素相比，前者比后者稍重要；
5	表示两个因素相比，前者比后者明显重要；
7	表示两个因素相比，前者比后者强烈重要；
9	表示两个因素相比，前者比后者极端重要；
2、4、6、8	表示两个元素相比，重要为相邻判断的中值

若因素 i 与 j 比较得 a_{ij} ，则因素 j 与 i 比较的结果为 $1/a_{ij}$ 。

2 层次权重值的确定

(1) 将判断矩阵每行元素乘积，见公式 (4.3)，得到向量 $M=[M_1,M_2,\cdots,M_n]^T$ 。

$$M_i=\prod_{j=1}^n a_{ij}(i=1,2,\cdots,n) \tag{4.3}$$

(2) 对向量 M 中的每行元素进行开方，见公式 (4.4)，得到向量 $m=[m_1,m_2,\cdots,m_n]^T$

$$m_i=\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}(i=1,2,\cdots,n) \tag{4.4}$$

(3) 将向量 m 进行归一化处理，见公式 (4.5)，得到相对权重向量 $w=[w_1,w_2,\cdots,w_n]^T$

$$w_i=m_i/\sum_{i=1}^n m_i \tag{4.5}$$

(4) 计算最大特征值，见公式 (4.6)：

$$\lambda_{\max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i} \tag{4.6}$$

3 一致性检验

判断矩阵的合理性是各个相关因素的相对重要程度合理性的重要保障。而判断矩阵一致性指标则能有效的体现判断矩阵的合理性，判断矩阵一致性指标可通过 λ_{\max} 和 n 通过计算得来， λ_{\max} 是判断矩阵的最大特征值， n 为判断矩阵中指标

的个数，具体的计算公式如下所示，结果越大说明一致性越差，结果越小说明一致性越好，也就是判断矩阵合理性越好。

判断矩阵一致性指标 CI 由公式 (4.7)：

$$CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \tag{4.7}$$

CR 是判断矩阵的一致性系数，其中 $CR=CI/RI$ ，式中 RI 是平均随机一致性指标，这个指标与判断矩阵阶数 n 有关， $n=1-6$ 的 RI 值见表 4.3：

表 4.3 平均随机一致性指标 RI 值
Tab.4.3 The number of the average random consistency index

阶数	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0.58	0.92	1.12	1.24

$n\geq 3$ 的情况下，当 $CR<0.1$ 时，则表明判断矩阵的合理性符合要求；反之，说明判断矩阵的合理性不符合要求，需要做进一步的修改。

4 评价指标体系的权重赋值

评价指标的权重可以通过判断矩阵的赋值计算得来，这些赋值均由相关领域的专家、学者、或高级技工根据他们工作经验和研究成果积累得来，具有很强的说服力。由于时间和精力有限，本文数据收集来自学校的专家还有相关领域的从业者，通过数据整理得出以下判断矩阵，具体如下：

(1) 建立判断矩阵

根据调查问卷，建立的判断矩阵如表 4.4-表 4.9 所示。

表 4.4 目标层判断矩阵

Tab.4.4 The judge matrix of the target level

R	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	1	1/4	1/3	1/4	1/5
B_2	4	1	1/2	1	3
B_3	3	2	1	2	3
B_4	4	1	1/2	1	2
B_5	5	1/3	1/3	1/2	1

表 4.5 腹地经济指标判断矩阵

Tab.4.5 The judge matrix of the hinterlands economy index

R_1	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	1	1/2	1/3	1/2
C_2	2	1	1/2	1
C_3	3	2	1	1/2
C_4	2	1	2	1

表 4.6 码头经营指标判断矩阵

Tab.4.6 The judge matrix of the port operation index

R_2	C_5	C_6	C_7
C_5	1	1/4	1/5
C_6	4	1	1
C_7	5	1	1

表 4.7 码头设施条件指标判断矩阵

Tab.4.7 The judge matrix of the terminal facility index

R_3	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_8	1	2	1	3	3
C_9	1/2	1	1	2	3
C_{10}	1	1	1	2	2
C_{11}	1/3	1/2	1/2	1	1
C_{12}	1/3	1/3	1/2	1	1

表 4.8 作业服务指标判断矩阵
Tab.4.8 The judge matrix of the terminal service index

R_4	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}
C_{13}	1	1/3	1/5	1/5	1/5
C_{14}	3	1	1/5	1/5	1/5
C_{15}	5	5	1	3	3
C_{16}	5	2	1/3	1	1
C_{17}	5	3	1/3	1	1

表 4.9 绿色发展指标判断矩阵
Tab.4.9 The judge matrix of the low carbon development index

R_5	C_{18}	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}
C_{18}	1	2	1/5	1/3	1/5
C_{19}	1/2	1	1/3	1/2	1/3
C_{20}	5	3	1	2	1
C_{21}	3	2	1/2	1	1/3
C_{22}	5	3	1	3	1

(2) 计算各判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} 及其对应的特征向量。

以目标层判断矩阵 B 为例，由公式 (4.3) - 公式 (4.7) 可以计算得到判断：

矩阵 B 的最大特征根 $\lambda_{\max}=5.3247$ ，对应的特征向量为
 $w=(0.0566,0.2423,0.3467,0.2234,0.1310)^T$

(3) 一致性检验。

由表可以查得，当 $n=5$ 时， $RI=1.12$ ，从而由 $CR=CI/RI$ ， $CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}$ ，得
 $CR=0.0725<0.1$ ，因此说明构建的判断矩阵具有合理的一致性，判断矩阵的赋值具有合理性。

(4) 确定判断矩阵

按照上面的步骤，可以依次得出腹地经济、码头经营、码头设施条件、作业服务和绿色发展五个评价指标构建的判断矩阵的值，从而得出建立的判断矩阵的合理性。

腹地经济指标评价判断矩阵:

$$w_1=(0.1259,0.2343,0.3084,0.3314), \lambda_{\max}=4.2050, \text{ 其 } CR=0.0768<0.1$$

码头经营指标评价判断矩阵:

$$w_2=(0.1005,0.4330,0.4665), \lambda_{\max}=3.0055, \text{ 其 } CR=0.0053<0.1$$

码头设施条件指标评价判断矩阵:

$$w_3=(0.3230,0.2258,0.2392,0.1103,0.1017), \lambda_{\max}=5.0685, \text{ 其 } CR=0.0153<0.1$$

作业服务指标评价判断矩阵:

$$w_4=(0.0478,0.0743,0.4626,0.1992,0.2161), \lambda_{\max}=5.0152, \text{ 其 } CR=0.0034<0.1$$

绿色发展指标评价判断矩阵:

$$w_5=(0.0795,0.0802,0.3243,0.1643,0.3517), \lambda_{\max}=5.2137, \text{ 其 } CR=0.0477<0.1$$

综上所述, 各指标的权重结果由表 4.10 所示:

表 4.10 L 集装箱码头实际通过能力综合评价指标权重表

Tab.4.10 The comprehensive evaluation indicator weight of the L port operating capacity

基本指标 <i>B</i>		权重	具体指标 <i>C</i>	相对权重	绝对权重
L 集 装 箱 码 头 实 际 通 过 能 力 综 合 发 展 指 数 <i>A</i>	腹地经济指标 <i>B</i> ₁	0.0566	腹地年贸易进出口总额 <i>C</i> ₁	0.1259	0.0071
			腹地 GDP 总量 <i>C</i> ₂	0.2343	0.0133
			腹地经济结构 <i>C</i> ₃	0.3084	0.0174
			码头对腹地 GDP 的贡献率 <i>C</i> ₄	0.3314	0.0187
	码头经营指标 <i>B</i> ₂	0.2423	码头年吞吐量 <i>C</i> ₅	0.1005	0.0243
			年吞吐量增长速度 <i>C</i> ₆	0.4330	0.1049
			年运输供给能力 <i>C</i> ₇	0.4665	0.1130
	码头设施条件指 标 <i>B</i> ₃	0.3467	集装箱码头泊位数 <i>C</i> ₈	0.3230	0.1120
			装卸机械台数 <i>C</i> ₉	0.2258	0.0783
			堆场面积 <i>C</i> ₁₀	0.2392	0.0829
			码头岸线长度 <i>C</i> ₁₁	0.1103	0.0382
			最大靠泊能力 <i>C</i> ₁₂	0.1017	0.0353
	作业服务指标 <i>B</i> ₄	0.2234	码头信息化服务水平 <i>C</i> ₁₃	0.0478	0.0108
			平均船时装卸量 <i>C</i> ₁₄	0.0743	0.0166
			平均桥吊台时装卸量 <i>C</i> ₁₅	0.4626	0.1033
			船舶平均在港停时 <i>C</i> ₁₆	0.1992	0.0445
			在场平均箱停留时间 <i>C</i> ₁₇	0.2161	0.0483
	绿色发展指标 <i>B</i> ₅	0.1310	“油改电”项目推广程度 <i>C</i> ₁₈	0.0795	0.0105
			低碳绿色技术引进与研发 <i>C</i> ₁₉	0.0802	0.0105
			安全基础设施完善程度 <i>C</i> ₂₀	0.3243	0.0425
			单位吞吐量综合耗能 <i>C</i> ₂₁	0.1643	0.0215
			低碳绿色管理制度完善程度 <i>C</i> ₂₂	0.3517	0.0461

4.2.2 实际通过能力影响因素内部评价

通过之前对评价理论的分析可知，码头实际通过能力的内部评价是以木桶理论为基础，来寻找制约码头实际通过能力的关键因素，协调各通过能力子系统之间的平衡。由于港口是一个复杂的生产系统，因此对港口实际通过能力的预测是一个较为困难的工作，由于各系统的量纲各不相同，所以各子系统在作业操作和能力水平方面很难形成一个统一衡量标准。因此运用灰色关联度分析法来对 L 集装箱码头的实际通过能力进行内部评价分析。

表 4.11 数据统计表
Tab.4.11 The statistics of the data

指标	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
年实际通过能力（万标箱）	220.07	233.01	240.04	261.09	261.13
集装箱码头泊位数（个）	4	4	4	4	4
装卸机械台数（台）	49	52	53	58	58
堆场面积（万平方米）	47.7	50.1	52.1	56.2	56.2
吞吐量增长率（万标箱/年）	15.43%	5.88%	3.02%	8.77%	0.02%

表 4.11 是 L 集装箱码头实际通过能力灰色关联度分析所需要的指标数据 2011 年-2015 年的统计表。其中 L 集装箱码头的年实际通过能力（万标箱）作为参考序列，集装箱泊位数（个）、装卸机械台数（台）、堆场面积（万平方米）、吞吐量增长率（万标箱/年）作为比较序列。

灰色关联的分析法主要有以下几个步骤：

（1）确定参考序列与比较序列

反映系统行为特征的数据序列，称为参考序列，通常记为 $x_0^{(0)}$ 。影响系统行为的因素组成的数据序列，称比较序列，通常记为 $x_i^{(0)}$ 。假设有 n 个原序列，有 m 个样本数量，参考序列中各指标记作 $x_0^{(0)}(k)$ ，比较序列中各指标记作 $x_i^{(0)}(k)$ ，其中 $i=1,2,\cdots,n$ ， $k=1,2,\cdots,n$ 。

（2）对每个序列进行无量纲化处理

由于系统中各因素的物理意义不同，导致数据的量纲也不一定相同，不便于比较，或在比较时难以得到正确的结论。因此在进行灰色关联度分析时，一般都要进行无量纲化的数据处理。将进行处理之后的数据记作 $x_i^{(1)}(k)$ ，其公式为：

$$x_1^{(1)}(k) = \frac{\bar{x}_1^{(0)}(k)}{\bar{x}_1} \quad (4.8)$$

其中

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{k=1}^m x_i^{(0)}(k)}{m} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4.9)$$

(3) 求参考数列与比较数列的灰色关联系数 $\zeta(k)$

所谓关联程度,实质上是曲线间几何形状的差别程度。因此曲线间差值大小,可作为关联程度的衡量尺度。对于一个参考序列 x_0 , 各比较序列与参考序列在第 k 项数据的关联系数 $\zeta(k)$ 可由下列公式算出:

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0^{(1)}(k) - x_i^{(1)}(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0^{(1)}(k) - x_i^{(1)}(k)|}{|x_0^{(1)}(k) - x_i^{(1)}(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0^{(1)}(k) - x_i^{(1)}(k)|} \quad (4.10)$$

其中 ρ 为分辨系数,一般在 0~1 之间,通常取 0.5。

(4) 求关联度 r_i

因为关联系数是比较序列与参考序列在第 k 项的关联程度值,所以它的数不止一个,而信息过于分散不便于进行整体性比较。因此有必要将各个关联系数集中为一个值,即求其平均值,作为比较序列与参考序列间关联程度的数量表示,关联度 r_i 公式如下:

$$r_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \zeta_i(k), i=1, 2, 3, \dots, n \quad (4.11)$$

(5) 关联度排序

将(4)中求出的关联度值进行大小排序,值越大,说明该比较序列所代表的因素对参考序列代表的因素影响越大,以此来判断并分析比较序列对参考序列的影响程度。

将表 4.11 中的数据代入上述公式中进行计算,得到的各因素 2011 年-2015 年的关联系数如表 4.12 所示。

表 4.12 各因素关联系数表

Tab.4.12 The correlation coefficient of each factor

指标	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
集装箱码头泊位数（个）	0.883	0.945	0.983	0.906	0.906
装卸机械台数（台）	0.997	0.994	0.992	1.000	1.000
堆场面积（万平方米）	0.995	0.995	0.992	0.996	0.996
吞吐量增长速度（万标箱/年）	0.333	0.909	0.573	0.740	0.399

计算得出各因素相对码头年实际通过能力的关联度及排序如表 4.13 所示。

表 4.13 各因素关联度及排序

Tab.4.13 The correlation and ranking of each factor

指标	关联度	排序
集装箱码头泊位数（个）	0.924	3
装卸机械台数（台）	0.997	1
堆场面积（万平方米）	0.995	2
吞吐量增长速度（万标箱/年）	0.591	4

4.3 实际通过能力影响因素评价结果分析

4.3.1 综合评价结果分析

在综合评价当中，通过构建 L 集装箱码头实际通过能力综合评价指标体系，针对所求的指标权重，采用层次分析法对各指标进行赋权比较分析，可以看到，码头设施条件指标在五个二层指标当中所占的权重最大，因此码头的基础设施建设对码头通过能力的影响是十分关键的，基础设施作为码头的根本，不论是服务水平的提高还是实际通过能力的提升，都必须建立在现有的基础设施的基础上，而在这一指标当中，集装箱泊位数、堆场面积和装卸机械台数这三个指标所占比重较大，泊位的数量决定了单位时间内码头可以停靠的船舶总数，堆场面积是码头堆存能力的重要体现，装卸机械数量则能反应出对于集装箱作业所能调动的机械数量。码头的高质量作业，能够加速船舶与集装箱的周转，使得单位时间集装箱船舶靠泊数量增加，有利于码头实际通过能力的有效提升。码头经营指标和作

业服务指标的权重相当,分别是0.2423和0.2234,说明码头的实际状况与生产作业服务水平也影响着实际通过能力的水平,码头运营状况的日渐提升,会促进码头的管理者认真考虑码头的扩建问题,一旦决定进行码头的扩建,不仅会对其实通过能力有很大的影响,还会对码头的生产服务水平产生一定的作用。作业服务能力的增加,使得码头能够为更多集装箱船舶提供服务,对实际通过能力的上升也会有很大帮助。尽管整体来看,腹地经济指标和绿色发展指标所占的权重不大,分别是0.0566和0.1310,但是二者对于实际通过能力的发展也有一定的推动作用,腹地经济发展迅速,发展水平高,就会推动码头不断发展,有利于实际通过能力的提升,而码头自身及周边的环境不断改善,可以从侧面提升码头生产作业水平。总体来说,综合评价指标体系当中的各项指标实际上都会对实际通过能力产生一定的影响,但是影响的程度是不同的。

4.3.2 内部评价结果分析

通过运用灰色关联度分析法,对码头内部与实际通过能力相关的一些要素做出了分析,根据最后的关联度排序可知,装卸机械台数、堆场面积和集装箱码头泊位数在关联度排序中分别排在前三位,说明作为码头的基础设施,对于实际通过能力有着重要的作用,而集装箱码头泊位数、装卸机械台数、堆场面积三个指标反应的则是码头通过能力三个子系统的对于实际通过能力的关联程度,由评价结果也可以说明这三者、特别是装卸机械台数对于实际通过能力的制约程度最高,因此L集装箱码头也应注意对装卸机械、堆场以及码头泊位的建设。实际上,排在前三位的三个指标之间的关联度相差并不大,因此在码头的建设过程中,对于这三个因素所涉及的内容都要进行合理的发展,相互协调配合。尽管集装箱码头泊位数这一指标的关联度排在第三位,但是泊位作为码头的重要组成部分,适当的码头泊位数可以容纳更多的集装箱船舶的停靠,利于实际通过能力的提高。而在排序中,吞吐量增长速度的关联度最低,尽管如此,吞吐量的增长也会促使码头管理者对码头的实际通过能力情况加以考察,进而通过增加装卸机械数量、提高操作人员技术水平、改善库场布置等手段来提升码头的实际通过能力。由于货主掌握着对集疏运工具的管理控制权,因此港口是无法完全掌握与控制集疏运能力的,因此在现状分析和内部评价中没有把它纳入其中,但是集疏运对于

码头实际通过能力而言也是一个非常关键的因素,港口必须加强与货主之间的联络,协调二者间的管理行为,并且根据港口集疏运与生产作业发展的实际情况来进行调节。

4.4 本章小结

本章以天津港 L 集装箱码头的实际通过能力为主体,应用层次分析法对其进行综合评价,应用灰色关联度分析法对其进行内部评价,根据评价结果进行分析并得出结论,并对结果进行了一定的分析,为下一章码头实际通过能力提升对策与建议的提出提供了理论基础。

第5章 天津港L集装箱码头实际通过能力提升对策

从评价的结果可以得出,码头实际通过能力会受到多个因素的影响,从当前情况来看,L集装箱码头内部泊位子系统、库场子系统以及装卸子系统之间的关系依然需要协调平衡,而在集疏运子系统方面更需要加强建设。因此,本章从基础设施、装卸机械、人力资源、经营管理和集疏运系统这五个方面为L集装箱码头实际通过能力的提升提出对策。

5.1 码头基础设施方面

通过第三章对L集装箱码头发展现状的分析可知,码头在作业计划制定方面有所欠缺。而在码头基础设施的建设上,泊位的利用与建造方面也有不足之处,集装箱码头泊位数在内部评价的结果当中,排序较为靠后,需要重视码头泊位对于实际通过能力的重要影响作用,因此针对L集装箱码头这一发展问题,提出以下解决措施。

5.1.1 协调码头作业计划

通常情况下,集装箱在运抵码头之后,需要在泊位、堆场、集疏运线等各个区域内,完成包括装卸、搬运、堆存、集疏运等各项作业。对此,码头的操作管理人员必须实现制定一系列生产作业计划,以便对码头的各项设施资源进行调度规划,使得集装箱在码头内部的生产活动能够顺利完成。码头的实际通过能力与码头的作业效率之间有着重要的关联,实际通过能力的提高依赖于各子系统内部作业效率的提升,更依赖于各子系统作业活动之间的相互平衡,而作业计划作为能够使各子系统的作业紧密连接的重要条件,更需要科学的制定与严谨的实行。因此L集装箱码头在合理组织货流的前提下,应按照作业计划的要求合理调度生产作业所需要的各类精装卸设施与人力资源,以完成码头日产的作业活动。

5.1.2 加强泊位及相关设施的建设

由于集装箱船舶的大型化趋势日益显著,成长速度不断加快,运力达到3E级别的船舶订单也日趋增多,尽管L集装箱码头具有较好的泊位资源,但是如果止步不前,不能顺应船舶的发展形势,那么该集装箱码头的发展就会陷入停滞,

失去原本的竞争优势。因此，L 集装箱码头需要加快大型化深水化泊位的建设进程，不仅如此，码头还需要积极吸引政府及各个企业的投资，以合作的形式对码头进行有效建设，同时招揽货源，开辟更多更广范围的航线资源。与此同时，码头也应该将发展眼光放得更为长远，为天津港建设北方国际航运中心打下坚实的基础。

5.2 码头装卸机械与工艺系统方面

通过第三章的分析，说明 L 集装箱码头在装卸机械方面存在数量与类型的局限，而通过第四章的评价分析，在综合评价中，装卸机械台数作为一个重要的指标在整个评价指标体系中所占的比重较大，而在内部评价中，装卸机械台数在码头实际通过能力关联度排序当中位列第一，说明码头实际通过能力的提升离不开装卸机械的合理配备与布置，因此针对其与实际通过能力的关联程度较高的特点，要提升装卸机械及工艺系统在码头中的地位，必须从以下几个方面着手，提出具有针对性的对策。

5.2.1 提高装卸机械的运转效率

伴随经济全球化的发展进程，对集装箱班轮的需要也日益增长，班轮挂靠港口在数量上的增加以及在地域范围上分布的广泛程度，也能在一定程度上对不同地区港口的装卸作业效率进行对比。实际上，港口的生产操作效率会影响班轮在整条航线上的航行运输效率，因此，各家船公司与货主也会对停靠码头的作业效率情况格外关心。而为了保持甚至提高 L 集装箱码头的装卸作业效率，必须要根据当前的集装箱运输市场现状，强化各机械设施的操作能力，进而引入更为先进的装卸机械设施，提高装卸效率与操作性能，加强各机械设施的相互配合，对设备设施的操作人员进行培训，提高操作的熟练程度，并借鉴国外先进港口的管理经验，引进更为先进的管理系统，强化对码头的有序有效管理。

5.2.2 提升码头机械化水平

码头现代化发展水平的高低，主要体现在码头作业机械化程度上面。伴随港口装卸机械系统的逐渐完善，人力操作逐渐被日益智能化机械设施替代，这一发展趋势的出现，不仅标志着码头作业水平及工作效率的提升，还使得针对机械管

理和控制程度得到了明显提高。

如今，L 码头在增加相关的机械时，除了需要考虑码头的实际生产活动需要之外，还需要关注机械的操作特性，使其与码头的泊位、堆场等作业条件相适应。除此之外，也要摒弃追求数量多少的购置理念，应在合理的机械水平下提高作业效率，在码头平时的经营当中，也要注意对各类机械进行保养与检测，为了更好地维护操作设施，码头应该制订各类设备的管理准则及应用措施，来延长设备的使用寿命，维护其正常的使用性能。对能源消耗程度高、产生污染较重、作业效率较低的老旧设备进行改造与淘汰。以此来提升码头的机械化水平。

5.3 码头人力资源方面

通过第三章的分析可以看到，L 集装箱码头在人力资源方面需要加强建设，在高级管理人才方面较为欠缺，因此需要强化人才的管理，提升码头管理者和员工的自身素质。

码头的生产作业，一定离不开人的参与。尽管目前许多操作机械都可以实现全自动化和智能化，但是码头作为一个机构是不可能离开人的管理的。为了保证码头的正常运转，必须要求码头的工作人员具有完善的相关知识体系，码头的技术人员也应该积极学习设备的操作与维护技术，码头管理部门也应该引进具有更高学历的管理人才。为了提高员工与劳务工人的素质，码头可以与大学、职业学校进行联络沟通，引进具有专业教学经验的名师为企业员工授课，制定具有针对性和趣味性的课程，还可以引进技能评比大赛、专业知识考核制度等，通过竞争的方式鼓励员工学习与码头设施、作业相关的知识。因此码头管理部门应该对申请继续深造的员工进行一定的奖励和补助，鼓励员工提高自身的学历水平，更好的为码头服务。企业在人才引进方面也应该制定相应的管理办法，对具有留学经历、研究生及以上学历、高级职称的人才的聘用实施奖励机制，吸纳更多的具有先进管理经验和丰富管理制度的人才进入码头工作，使得码头完善其管理部门的建设，提高管理水平，提升工作人员的自身素质和修养，来确保码头机械的正常高效运转。^[66]

5.4 巩固码头经营管理水平

在第三章的分析中我们可以得知,码头在经营管理上存在着操作系统智能化水平较低、无线终端利用程度不够以及操作系统缺乏对历史数据的统计与分析功能。针对存在的这些问题,需要在码头的信息化水平上多下功夫,加强建设,营造一个智能化、信息化码头。

5.4.1 加强码头信息化建设

港口的生产作业需要多方面的协调合作,需要与船公司、货主、海关等多个机构进行沟通交流,开展组织业务。因此,码头生产实际上是一个比较复杂的过程,所以需要利用先进的技术管理手段来对生产作业的信息数据进行记录、维护与传输,来确保码头实时监控与作业流程的正常运行。L 集装箱码头应积极推行码头的信息化建设,提高各类信息的录入与传输的效率和准确率,以此来提高车、船、货的流通效率,避免船、货在码头的积压,提高码头的作业效率及流通性;强化对作业操作场地的监控,同时对场地内各作业环节的运转与衔接状况也能有效的了解,不仅如此,还可以优化码头的资源利用情况,平衡、提升码头的实际通过能力,提高码头运营效率,增加码头生产所产生的经济效益。L 集装箱码头需要针对当前使用的操作系统存在的缺陷进行完善,增加数据的统计分析功能,提升系统的智能化、特别是信息化水平,提高系统运行的流畅性和灵活性,减轻集装箱翻捣率较高和堆场压车情况,提升码头的集疏运效率。完善 L 集装箱码头的设备设施配置,提高无线终端系统的使用效率,简化码头的作业强度和数据录入的难度,提升数据录入的准确性,缩短等待时间,最重要的是提高码头的作业效率。

5.4.2 提升码头的智能化与信息化水平

从当前 L 集装箱码头的发展情况来看,由于港口的智能化与信息化的发展日益加快,因此港口对于信息服务功能也越来越重视,各业务环节信息化的应用程度也越来越高。从集装箱运输所涉及的各个环节各个方面来看,这一环节需要多方面协调配合,这其中更是牵扯到许多信息的整合与交换,例如港口信息与船公司、代理公司之间的信息整合,与海关、海事、边防、检验检疫等政府部门的信息交换,等等。这些信息的互换和共享,每一个环节,都会给集装箱的运输中转造成重要的影响。因此,整合程度高、互换效率高的信息交换系统的开发是十

分必须的。L集装箱码头中转运输效率的提高,不仅会对天津港竞争力的提升有所帮助,还会促进华北地区及环渤海沿线的经济繁荣。

5.5 优化集疏运系统

通过第四章的综合评价和内部评价我们可以发现,由于L集装箱码头在集疏运发面的情况较为复杂,因此并没有纳入评价的内容当中。所以针对L集装箱码头集疏运系统目前的发展状态,应该制定相应的发展策略,帮助码头完善其实际通过能力涉及的发展内容,使得其实际通过能力在发展上取得长足的进步。

5.5.1 与周边港口合作增强联盟效应

L集装箱码头地处京津冀地区重要的对外窗口天津市内,又在环渤海沿线的关键地带,具有较强的发展基础,腹地的经济情况较好,可以依托环渤海地区进行建设,但是值得注意的是,要想提高码头在今后发展中的竞争力,不可以单单局限在这一个地区,而是需要拓宽其经济腹地,并且与周边的港口形成良好的竞争态势,增加规模竞争力,使得码头得到更好更为长远的发展,为建立环渤海港口群投入力量。

“京津冀一体化”作为国家的重要战略,是重大的发展机会,尽管L集装箱码头发展状况较好,但也要抓住这一前所未有的机遇,完善自身的不足之处,积极拓展业务领域,发展业务能力。L集装箱码头与天津港地处中心位置,是重要的贸易窗口,而河北省内的多家港口,也可以为L集装箱码头甚至天津港的发展提供较强的支持作用,两个地区港口的合作合营、联盟化经营,也能使得二者取得共同利益。

5.5.2 积极吸引集装箱中转

由于天津地区的路网规划存在一定的缺陷,因此在码头的集疏运系统方面也与其他港口差距较大,针对港口的这一特点,L集装箱码头也应该强化集疏运系统与水铁联运的优化建设。不仅要合理规划港区附近的交通路网,完善码头的车辆调度制度,更需要与周边港口协作,与各船公司进行沟通交流,完善集疏运的运输网络,拓宽集疏运的运输通道,缩小港口自身的集疏运压力,形成有效率的集疏运模式和集疏运网络。

就大型的国际性枢纽港的发展情况而言,集装箱中转运输业务是全球性集装箱枢纽港重要的基础性业务功能,也是其发展建设的重要部分之一,例如新加坡港、香港港和釜山港都是大型的集装箱中转港与枢纽港,特别是釜山港,在 20 世纪初依靠京釜铁路的通车而迅速得到崛起,继而又利用其东南部靠近朝鲜海峡、西临洛东江的重要的区位优势,并且利用一系列的政策优势,有效吸引集装箱的中转运输。L 集装箱码头当中,中转箱量在整体的集装箱吞吐量中占比很小,但是实际上在其经济腹地存在大量的中转运输需求,因此,L 集装箱码头应该依靠天津港自身以及东疆保税港区的政策优势,积极有效的利用港区内优惠的保税政策,积极拉动相关的保税中转业务,并且学习采纳国际上其他发展先进的港口的政策与战略思想,建立有效的国际与国内的中转业务流程,保证中转货物能够在码头实现高效的运作流转。

5.6 本章小结

本章根据第三章论述的 L 集装箱码头的发展现状及其在发展过程中存在的问题,以及第四章的评价结果,从码头的基础设施建设、集疏运体系完善以及经营管理水平提升三个方面为 L 集装箱码头的实际通过能力的提升提出具有针对性的对策。

第6章 结论与展望

本文首先根据港口通过能力的相关理论,对天津港 L 集装箱码头和当前国内的集装箱运输市场进行论述分析,说明 L 集装箱码头在发展过程中存在的问题,然后以层次分析法、木桶理论和灰色关联度分析法三种方法作为理论基础,对 L 码头的实际通过能力进行评价,并对结果进行分析研究,最后根据评价结果,对 L 集装箱码头实际通过能力的发展提出对策与建议。通过对 L 码头的评价,可以得出,不管是 L 集装箱码头发展的外部环境因素,还是其内部通过能力子系统及其他内部环境因素,都对码头的实际通过能力有一定的影响,特别是装卸子系统、库场子系统和泊位子系统这三个方面,对实际通过能力的作用最为明显。所以, L 集装箱码头应着重从基础设施建设和各子系统的完善入手,适应吞吐量变化所带来的实际通过能力的变化,帮助 L 集装箱码头更好地发展。

随着集装箱船舶大型化的趋势不断深入,也对各港口的营运能力提出了新的要求与挑战,各个集装箱码头应该抓住这个发展机会,从码头的实际通过能力入手,提高码头自身的生产作业水平和装卸效率,拓展码头的发展范围,扩大自身的实力,不断完善自身的业务能力,吸引更多更大型的企业与码头展开合作。

从全文来看,本文还存在一定的不足,由于 L 集装箱码头在集疏运方面的情况比较复杂,因此在现状分析及评价的部分,没有将集疏运纳入到文章的内容当中,由于资料有限,对 L 集装箱码头的分析不够全面,需要在今后更加深入学习掌握。

参 考 文 献

- [1]Edmond, Eric D. Operating Capacity of Container Berths for Scheduled Services by Queue Theory[J]. Dock & Harbor Authority, 2006, 56(661):230-232.
- [2]Rashidi H, Tsang E P K. Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals[J]. Applied Mathematical Modeling, 2013, 37(6):3601-3634.
- [3]Chen C, Yand Hsieh, T-W. A time-space network model for the berth allocation problem[Z]. 19th IFIP TC7 Conference on System Modeling and Optimization, 2010.
- [4]Mittal N, Boile M, Baveja A, et al. Determining optional inland-empty-container depot locations under stochastic demand[J]. Research in Transportation Economics, 2013, 42(1):50-60.
- [5]Forster F, Bortfeldt A. A tree search procedure for the container relocation problem[J]. Computers&Operations Research, 2012,39(2):299-309.
- [6]IMAI A, MAGAIWA R, CHAN W T. Efficient Planning of Berth Allocation for Container Terminals in Asia. Journal of Advanced Transportation, 2004(31):75-94.
- [7]Carrido, Rodrigo A, Allendes Felipe A. Analysis and Modeling of Container Terminals Operations[Z]. Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ICTTS. 2007:232-239.
- [8]KaiM. Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation[J]. Computer and Industrial Engineering, 1988.
- [9]Peter P, Erhan K. An approach to determine storage location of containers at seaport terminals[J]. Computers and Operations Research, 2001, 28(3): 983-995.
- [10]Zhang Chuqian, Liu Jiyin, Wan Yat-wah, et al. Storage space allocation in container terminals[C]. Transportation Research Part B: Methodological, 2003, 37(10):883-903.
- [11]DassK. Scheduling material handling vehicles in a container terminal[J]. Production Planning and Control, 2003.
- [12]Lee Byung Kwon, Lee Loo Hay, Chew Ek Peng. Analysis on container port capacity: a Markovian modeling approach[J]. New York: Journal Citation Reports, 2014.
- [13]Chuqian Zhang, Yat-wah Wan, Jiyin Liu. Dynamic crane development in container storage yards[C]. Transportation Research Part B, 2002.
- [14]Shiyuan Zheng, Rudy R. Negenborn. Centralization or decentralization: A comparative analysis of port regulation modes[C]. Transportation Research Part E: Logistics and transportation Review, 2014(09):21-40.
- [15]Kim K H, Kim K Y. An optional routing algorithm for a crane in transport container terminals[J]. Transportation Science, 1999, 33(1):17-33.

- [16]Kozan, Prseton. Generic algorithm to schedule container transfer at multimodal terminals[J]. International Transaction in Operational Research, 1999, 14(9):311-328.
- [17]Jean-Francois Cordeau et al. Solving Berth Scheduling and Yard Management Problems at the Gioia Tauro[J]. Maritime Terminal, 2001.
- [18]Ping Chen, Zhaohui Fu, Andrew Lim. The Yard Allocation Problem[Z] Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence, 2002:56-65.
- [19]Byung Kwon Lee, Kap Hwan Kim. Optimizing the yard layout in container terminals[J]. Operations Research & Management Science, 2013(03):363-398.
- [20]Esuko Nishimura, Stratos Papadimitriou. The Dynamic Berth Allocation Problem for a Container Port[J]. Transportation, 2008,31:75-417.
- [21]张利军, 陈强, 王健. 珠三角重点港区集装箱码头通过能力复核结果和分析[J]. 中国水运, 2014(8): 50-51.
- [22]戈闻怡. 集装箱港口作业物流资源配置的研究[D]. 上海: 上海海事大学, 2003.
- [23]孟文君. 我国六大区域集装箱码头能力利用与均衡[J]. 中国港口, 2013(10): 7-10.
- [24]周鹏飞, 康海贵. 面向随机环境的集装箱码头泊位-岸桥分配方法[J], 系统工程理论与实践, 2008(1):161-169
- [25]秦固. 集装箱码头装卸效率计算及参数取值分析[J]. 港口装卸, 2007(2):36-38.
- [26]刘义发, 郭创豪. 最佳泊位利用率的计算方法[J]. 珠江水运, 2006(9):41-43.
- [27]张艳, 韩晖. 降低集装箱码头堆场翻箱率[J]. 集装箱化, 2008(4):8-9.
- [28]张建新. 港口堆场的设计与研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2013.
- [29]祁泽鹏. 集装箱港区作业系统仿真研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [30]肖钟熙. 要重视港口通过能力计算方法的研究[J]. 港口经济, 2012(10):5-7.
- [31]李光显, 郭子坚, 宋向群. 基于聚类分析的码头通过能力类型化研究[J]. 港口技术, 2011(3):7-9.
- [32]刘小莹. LK 港集装箱码头泊位系统通过能力研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.
- [33]计明军, 靳志宏. 集装箱码头集卡与岸桥协调调度优化[J]. 复旦学报 (自然科学版), 2007(4): 476-480.
- [34]曾庆成, 杨忠振. 集装箱码头卸船作业调度方案的两阶段禁忌搜索算法[J]. 交通运输工程学报, 2007(2):109-112.
- [35]杨春霞, 王诺. 基于多目标遗传算法的集装箱码头泊位-岸桥分配问题研究[J]. 计算机应用研究, 2010(5):1720-1722.
- [36]魏众, 申金升. 港口集装箱码头轮胎式龙门吊优化调度研究[J]. 中国工程科学, 2007(9):11-15.
- [37]高鹏, 金淳, 韩庆平. 提箱作业优化问题的嵌套启发式算法[J]. 系统管理学报, 2008,

17(2):203-209.

[38]李艳阳, 于军荃, 杨春霞. 大窑湾集装箱码头泊位通过能力影响因素研究[J]. 水运工程, 2010(7):53-56.

[39]刘剑, 王诺, 陈俊虎, 谢春晓. 关于集装箱码头年泊位通过能力核定的几个问题[J]. 水运工程, 2008(4):42-45.

[40]张鲁宁. 集装箱班轮到港规律对通过能力影响研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.

[41]吴丽结. 集装箱码头泊位利用率的仿真研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2011.

[42]沙梅. 集装箱码头工艺方案设计建模与仿真[J]. 系统仿真学报, 2003(9):1240-1244.

[43]高玮, 周强. 集装箱码头集卡作业模式比较及其建模与仿真[J]. 港口装卸, 2003(2):27-29.

[44]李海阔. 大连港集装箱运输发展研究与发展策略[J]. 管理观察, 2013(13): 26-27.

[45]辜勇. 集装箱堆场仿真建模及其在堆场规划设计中的应用[J], 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2007(4):633-636.

[46]金健. 浅析 TPS 的优化[J]. 集装箱化, 2002(4):19-20.

[47]杨兴晏, 魏恒州. 沿海港口集装箱码头合理的泊位利用率分析[J]. 港工技术, 2004(3):5-7.

[48]韩凤茹. 集装箱堆场毗邻交叉口通行能力与配时优化研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.

[49]乐美龙. 考虑箱区利用率的出口箱资源配置启发式算法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 8(1):231-235.

[50]付强, 仲丛友. 基于 HTCPN 的集装箱码头物流系统建模与仿真[J]. 网络与信息化, 2014, 2(1):28-3.

[51]王官强. 龙口港集装箱码头设备配置优化研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.

[52]田亮. 基于同步装卸的岸桥与集卡协同作业优化研究[J]. 上海: 上海海事大学, 2013.

[53]孙凯. 关于集装箱码头堆场容量与码头实际操作能力之间关系的探讨[J]. 中国远洋航务, 2013(12):70-71.

[54]王强. 大连集装箱场站行业发展对策研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2015.

[55]桂小娅, 陆志强, 韩笑乐. 集装箱码头连续型泊位与岸桥集成调度[J]. 上海交通大学学报, 2013, (02):226-229.

[56]钱继峰. 集装箱码头“岸桥-集卡-堆场”作业计划的优化[D]. 北京: 北京交通大学, 2014

[57]谢连禹. 某集装箱码头堆场物流系统优化研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2016.

[58]毛钧, 李娜, 靳志宏. 基于混堆模式的集装箱码头堆场空间资源配置优化[J]. 大连海事大学学报, 2014, 5(1):117-122.

[59]杨超. 进出口集装箱作业时间窗分配和堆区堆位分配研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.

[60]严伟, 朱夷诗. 基于聚类分析的集装箱码头堆场策略[J]. 上海海事大学学报, 2014, 2(1):35-40+59.

- [61]吴宏. 海天集装箱码头闸口作业系统的仿真研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2014.
- [62]杨青. NC 集装箱码头堆场资源管理研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2014.
- [63]沙梅, 周鑫, 秦天保. 集装箱码头堆场布局优化与仿真研究[J]. 工业工程与管理, 2013, 2(1): 24-30.
- [64]谢媛媛. XHCT 集装箱码头堆场资源优化研究[D]. 厦门: 集美大学, 2015.
- [65]陈家源. 港口企业管理学[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1999.
- [66]梁丽, 李维权. 给予职业能力培养的集装箱码头操作系统教学研究[J]. 中国教育技术装备, 2015(12): 80-81

致 谢

时光飞逝，研究生学习的时光转眼就要过去了，在此，我想向在我学习期间帮助过我的人们表达深深的谢意。

首先，我要感谢我的导师，刘老师学识渊博，治学严谨，在工作和科研方面勤勤恳恳兢兢业业，在我学习阶段，特别是论文的写作上，从论文提纲的写作开始，到论文初稿的完成，再到论文的修改过程，都给予了我关心与指导。

其次，我要感谢我的家人，感谢他们一直站在我的身后鼓励我支持我，让我有勇气去面对生活中的挑战，给我前进的精神动力和支撑。

最后，我要感谢各位答辩组的专家和评委老师，感谢各位的悉心指教。

学汇百川 德济四海

