



大连海事大学

DALIAN MARITIME UNIVERSITY



硕士学位论文

MASTER DISSERTATION

(非全日制专业学位)

论文题目: TECT 集装箱码头营运通过能力提升研究

英文题目: Research on the Improvement of TECT
Operation Capacity

作者: 高 丰

指导教师: 刘翠莲 教授

行(企)业指导教师: 孙继荣 高级经济师

专业学位类别: 工 程 硕 士

专 业 领 域: 交通运输工程

研 究 方 向: 交通运输系统规划与设计

2017 年 11 月



分 类 号 _____
U D C _____

密 级 _____
单位代码 10151

大 连 海 事 大 学
工程硕士学位论文

TECT 集装箱码头营运通过能力提升研究
(学位论文形式：应用研究)

高 丰

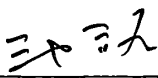
指 导 教 师 刘翠莲 职 称 教 授

企 业 导 师 孙继荣 职 称 高级经济师

学位授予单位 大 连 海 事 大 学

申请学位类别 工程硕士 工程领域 交通运输工程

论文完成日期 2017 年 9 月 答辩日期 2017 年 11 月

答辩委员会主席 

Research on the Improvement of TECT Operation Capacity

A thesis Submitted to

Dalian Maritime University

In partial fulfillment of the requirements for the degree of

Master of Engineering

by

Gao Feng

(Communications and Transportation Engineering)

Thesis Supervisor: Professor Liu Cuilian

Assistant supervisor: Senior Economist Sun Jirong

September 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,撰写成硕士学位论文“TECT 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: 高丰

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: 高丰

导师签名: 刘翠莲

日期: 2017 年 11 月 25 日

摘要

随着世界各国以及各地区间的贸易合作日益密切,经济全球化和区域经济一体化的发展趋势日益突出,此外由于近 10 年来“电商”的巨大发展,更是促进了国际间的贸易。目前,在国际贸易货物运输过程中,集装箱海洋运输以其不可比拟的种种优势已经成为国际贸易物流过程中最重要的运输方式之一。集装箱运输行业的快速发展推动了集装箱港口的发展。2016 年一系列整合和新联盟的成立促进集运市场改善的同时也加剧了集装箱码头之间的竞争。因此,在航运市场低迷与船公司整合的环境下,港口群间的竞争态势也对集装箱码头作业优化等多个方面提出了高质量的要求。只有不断提升码头的通过能力才能确保自己的核心竞争力,争取到更多的船舶到港作业。

本文在基于国内外研究成果的基础上,首先对集装箱和集装箱船进行简要概述,接着对港口通过能力基本理论进行了详细阐述;再对天津港和 TECT 集装箱码头发展现状进行了介绍,通过 SWOT 分析法分析了 TECT 集装箱码头自身存在的优势和劣势以及所面临的机遇与挑战;应用 AHP-模糊综合评价对 TECT 集装箱码头的营运通过能力进行评价,根据评价结果得出 TECT 集装箱码头营运通过能力处于“中等”水平,并确定出影响 TECT 集装箱码头营运通过能力的重要影响因素是社会环境和码头基础设施;最后本文在基于 SWOT 分析和 AHP-模糊综合评价结果的基础上,从社会环境、码头基础设施、码头服务水平以及码头低碳绿色发展能力四个方面提出提升码头营运通过能力的对策,有利于提升码头的竞争力。

关键词: TECT 集装箱码头; 营运通过能力; SWOT 分析; AHP-模糊综合评价

ABSTRACT

As the world's countries and regions trade cooperation is increasingly close, the development trend of economic globalization and regional economic integration is increasingly outstanding, moreover because of the great "electricity" in recent 10 years development, the international trade is promoted. At present, in the process of international trade cargo transportation, the container ocean transportation has become one of the most important means of transportation in international trade and logistics. The rapid development of container transportation industry has promoted the development of container ports. In 2016, the establishment of a series of consolidation and new alliances has also enhanced competition between container terminals as well as improved market improvement. Due to shipping market downturn and ship company integration, the competitions between ports group put forward the higher requirement for some aspects, such as container terminal operation optimization and so on. Improving the port operational through capacity of pier will guarantee the core competence of pier, and attract more ships.

The paper based on existing results at home and abroad, firstly the paper introduces the concept of container and the container ship, then expounds the basic theory of port through capacity in detail, including basic concept of port through capacity, port through capacity system structure model and main influence factors; then introduces the development status of Tianjin port and TECT container terminal, and analyzes the advantages and disadvantages of TECT container terminal and its opportunities and challenges by SWOT; and applying AHP-fuzzy comprehensive evaluation method to evaluate TECT container terminal operational through capacity and the evaluation results is in the "medium" level, and determine the important factors are social environment and port infrastructure; finally, based on the SWOT analysis and the results of AHP-fuzzy comprehensive evaluation, puts forward measures to promote the terminal operational through capacity from the social environment and port infrastructure, service level and terminal low carbon green development, and then promoting the competitiveness of the terminal.

Key Words: TECT; Operational through capacity; SWOT analysis; AHP-fuzzy comprehensive evaluation; Measures

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	1
1.1.1 选题背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究现状	2
1.2.2 国内研究现状	3
1.3 主要研究内容	4
第 2 章 相关基础理论	5
2.1 集装箱与集装箱船概述	5
2.2 港口通过能力基本概念	7
2.2.1 港口通过能力定义	7
2.2.2 港口通过能力分类	8
2.3 港口通过能力系统结构模型	8
2.3.1 泊位子系统	9
2.3.2 库场子系统	11
2.3.3 集疏运子系统	12
2.3.4 装卸子系统	13
2.4 港口营运通过能力主要影响因素	13
2.4.1 港口设施与设备	13
2.4.2 社会环境	14
2.4.3 自然条件	14
2.4.4 码头服务水平	14
2.5 本章小结	14
第 3 章 TECT 集装箱码头发展现状分析	16
3.1 天津港概况	16
3.2 TECT 集装箱码头发展现状	16
3.2.1 TECT 集装箱码头平面布局	16
3.2.2 TECT 集装箱码头装卸机械	17
3.2.3 TECT 集装箱码头系统管理	17
3.2.4 TECT 集装箱码头主要班轮航线	17

3.3 TECT 集装箱码头 SWOT 分析	18
3.3.1 优势分析	18
3.3.2 劣势分析	19
3.3.3 机遇分析	19
3.3.4 威胁分析	20
3.4 TECT 集装箱码头发展中存在的问题	22
3.4 本章小结	23
第 4 章 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价	24
4.1 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价模型	24
4.1.1 AHP-模糊综合评价模型构建	24
4.1.2 层次分析法确定指标权重	24
4.1.3 模糊综合评价	27
4.2 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价指标体系建立	30
4.3 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价过程	31
4.3.1 指标权重确定	31
4.3.2 隶属度确定	35
4.3.3 模糊综合评价计算	37
4.4 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价结果分析	39
4.5 本章小结	39
第 5 章 TECT 集装箱码头营运通过能力提升对策	40
5.1 科学规划码头发展	40
5.2 加强码头基础设施建设	40
5.3 提升码头服务水平	41
5.4 提升码头低碳绿色发展能力	42
5.5 本章小结	42
结论与展望	43
参 考 文 献	44
附录 A 评价指标权重专家调查表	47
附录 B 评价指标等级调查表	50
致 谢	51

第 1 章 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 选题背景

21 世纪以来,国际间产业加剧转移,地区间不断深化经贸合作,经济全球化和区域经济一体化的发展趋势日益突出。另外由于近 10 年来“电商”的巨大发展,国际间的贸易往来更加频繁,随之而来的贸易量也迅猛增加。目前,在国际贸易货物运输过程中,集装箱海洋运输以其不可比拟的种种优势已经成为国际贸易物流过程中最重要的运输方式之一。集装箱运输行业的快速发展推动了集装箱港口的发展。英国《劳氏日报》近日公布 2016 世界集装箱港口 100 强榜单,前十榜单中,全部地处亚洲,并且中国占据了七大席位,分别是上海港(第一)、深圳港(第三)、宁波舟山港(第四)、香港港(第五)、广州港(第七)、青岛港(第八)和天津港(第十)。中国共有 22 个港口上榜。可以预见,在未来中国港口的集装箱吞吐量还会继续保持相对较高的增长速度,全球集装箱的海运重心已经向亚洲转移,尤其是中国,然而,集装箱吞吐量的大幅增加对码头的通过能力提出了巨大的挑战,与此同时,2017 年国内外经济形势错综复杂,对港口企业发展也带来诸多挑战。中国社科院 2017 年《经济蓝皮书》中预测,未来几年,中国宏观经济形势下行压力将持续加大,特别是华北地区及珠三角地区将呈现比较大幅度的下降。航运市场情况依然不乐观,市场继续维持低迷状态,港口竞争加剧,港口企业经营压力普遍加大,在刚刚过去的 2016 年,集装箱航运业震动,以“五场婚礼和一场葬礼”的方式,减少了七家全球承运商。另外,亚洲和欧洲的六家集装箱运输商商议同意结成联盟,新联盟名称为“THE Alliance”。新联盟成员包括赫伯罗特(Hapag-Lloyd)、韩进海运(Hanjin Shipping)、台湾阳明海运(Yang Ming Marine Transport)、商船三井(Mitsui O.S.K. Lines)、日本邮船(Nippon Yusen Kaisha)和川崎汽船(Kawasaki Kisen Kaisha)。这是继 2M 和 OCEAN Alliance 联盟之后,全球集装箱运输市场第三大联盟的形成,同时也预示着原有的航运四大联盟已重新结盟,然而短短几个月后由于韩进海运的破产,“THE Alliance”联盟成员又发生了变化,随后日本的三家航运企业宣布整合集装箱运输业务形成新的小联盟。

2016 年一系列整合和新联盟的成立促进集运市场改善的同时也加剧了集装箱码头之间的竞争。因此,在航运市场低迷与船公司整合的环境下,港口群间的竞争态势也对集装箱码头作业优化等多个方面提出了高质量的要求,只有不断提升码头的通过能力才能确保自己的核心竞争力,争取到更多的船舶到港作业。

1.1.2 研究意义

本文将 TECT（天津港欧亚国际集装箱码头）作为研究对象，应用了 SWOT 法对 TECT 的发展现状进行了分析，总结出码头的优势、劣势、机遇和挑战，再利用 AHP-模糊综合评价方法评价出 TECT 集装箱码头营运通过能力水平，最后根据评价结果提出具有针对性的措施，进一步丰富了我国集装箱码头营运通过能力研究理论，并且对提升 TECT 集装箱码头营运通过能力具有现实的指导性意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

国外关于港口通过能力的研究较早，本节主要从港口通过能力计算、港口通过能力仿真优化进行介绍。

（1）港口通过能力计算相关研究

国外学者 Edmond 深入研究了集装箱泊位通过能力，建立了相应分析模型，并提出了计算集装箱泊位通过能力大小的计算方法^[1]。Etsuko Nishimurajs 对港口泊位中的排队问题进行了深入分析，并运用遗传算法进行优化^[2]。R.peterkofsky 在研究集装箱港口通过能力时，将研究重点放到了码头机械设备配置问题上，并采用分支界定方法进行了优化^[3]。Pyung Hoi Koo 针对集装箱码头集卡数量配置问题进行了深入研究，在研究中应用两阶段禁忌算法进行集卡数量优化^[4]。Garrido, Rodrigo A.为研究码头效率与相关因素的关系，应用排队论，构建数学模型进行了深入分析^[5]。Sanjay 为研究码头机械设备数量的合理值，将船舶等待时间最小作为前提，运用排队论进行估算^[6]。IMAIA 深入研究了如何配置顺岸港口的泊位，利用启发式算法进行优化计算^[7]。Martin Grunow 指出码头 AGV 调度方案对码头通过能力的重要性，建立了以装卸任务等待时间为目标的数学模型，并通过算法进行优化计算，得出最优方案^[8]。Preston 和 Kozan 研究了堆场策略与船舶装卸时间的关系，并运用遗传算法进行检验^[9]。Byun Jae-Woo 利用排队网络模型进行集装箱码头泊位计划与码头设备配置问题的组合优化，并借助 Visual SLAM 语言实现优化^[10]。Kim 通过建立动态规划模型对集装箱堆场问题进行了深入研究^[11]。Nam-kyu Park 等人利用传统计算方法和新计算方法计算散杂货码头通过能力，再与实际数据进行对比，指出传统方法的不足之处，并针对不足之处提出修改建议^[12]。Carrido 等人深入分析了集装箱码头系统，指出泊位子系统、运输子系统以及仓储子系统是其主要构成，并利用排队论分别在不同的方案下研究码头通过能力^[13]。Negenborn, Rudy R 和 Zheng, shiyuan 等人为探究港口通过能力在港口分散化和集中化政策下的变化，运用动态博弈论进行了深入研究^[14]。

（2）港口通过能力仿真优化相关研究

Chung YC, Randhawa SU, McDowell ED 将波兰港作为研究对象,借助图形仿真分析了约束集装箱码头通过能力的因素^[15]。Daganzo, C 在假设集装箱岸桥一定条件下,利用仿真手段研究了集装箱码头运输问题^[16]。Kozan, E 等人为探究集装箱码头存在的风险以及瓶颈,通过建立仿真系统动态监控集装箱码头,密切关注内外环境^[17]。Shabayek 将 Kwaichung 集装箱码头作为研究对象,通过 WINESS 进行码头作业流程仿真^[18]。

KiaM 对港口各个作业环节进行仿真,指出提升港口通过能力的关键在于优化港口装卸工艺^[19]。Chuan Zhang 以面向对象的方法,建立模拟平台,研究出集装箱智能管理工具^[20]。Chin I.Liu 和 P.A.Ioannou 以鹿特丹港为研究对象,建立了 Maasvlakte 码头仿真系统以支持港口决策^[21]。Dassk 深入研究了码头跨运车作业流程,应用仿真调度程序最小化客户等待时间和空时距离为目标,为码头生产调度人员提供辅助决策^[22]。Ng Wing-cheong 利用模拟技术分析了港口通过能力与到港船舶密度的关系并突出了二者的关联性^[23]。

1.2.2 国内研究现状

(1) 港口通过能力计算相关研究

国内学者计明军为解决集装箱拖车和岸桥配比问题,运用进化规划算法进行计算^[24]。曾庆成通过两阶段禁忌算法优化码头拖车调度,进而提升码头效率^[25]。杨静蕾对影响集装箱码头机械设备配比的影响因素进行了简化,并建立了集装箱码头排队网络模型,为决策者提供优化机械设备配比数量的指导^[26]。张玮借助图形搜索技术和模型识别方法建立了“混合时序作业堆场贝位模型”,从而实现对集装箱堆场问题的优化^[27]。金健针对轮胎式场桥调度问题进行了深入研究,通过构建整数规划模型进行调度方案优化^[28]。刘小莹通过排队模型研究了集装箱码头泊位子系统能力,并提出了相应的对策^[29]。张鲁宁通过 FORTRAN 语言编程检验港口船舶到港记录数据,指出使用不同的统计方法会影响得出的船舶到港规律,并分析其中原因^[30]。李俊深入研究了件杂货码头泊位与货场分配问题,建立了分层模型并进行求解优化^[31]。林嘉宏将岸桥调度与泊位分配作为整体研究对象,研究在不确定环境下如何获得成本低并且安全的调度方法^[32]。关立勋利用泊位通过能力计算公式计算了 DCT 集装箱码头泊位系统的通过能力,并分析了影响泊位通过能力因素的敏感性^[33]。肖钟熙着重指出计算港口通过能力具有十分重要的意义,要区分开港口设计通过能力和港口营运通过能力,呼吁政府尽快出台统一的计算方法^[34]。唐国磊,王文渊,郭子坚^[34]以在进行港口生产作业仿真时考虑了船舶引航作业环节^[35]。王丹丹研究了双周期集装箱岸桥调度问题,应用了基于空隙消除的贪心启发式算法进行岸桥调度优化^[36]。乐美龙等人深入分析了集装箱码头岸桥

工作时间和作业量均衡问题，并建立相应的岸桥调度模型进行优化^[37]。桂小娅、陆志强、韩笑乐以最小化船舶在港时间为目标，建立了综合岸桥和泊位的调度模型以优化岸桥和泊位分配问题^[38]。

(2) 港口通过能力仿真相关研究

杨静蕾、丁以中通过排队论方法研究了上海外高桥码头机械设备配比^[39]。沙梅从集装箱码头管理的角度出发，在基于离散事件系统理论的基础上，建立了仿真模型以分析码头工艺方案^[40]。韩晓龙为研究码头设备的合理数量，以事件驱动的角度，利用 VB6.0 进行模拟仿真^[41]。真虹通过仿真技术研究集装箱码头岸桥分配的问题，指出动态自动均匀分配岸桥能够有助于提高码头效率^[42]。董胜利为研究码头规模与码头机械合理数量之间的关系，借助仿真技术进行了验证^[43]。别社安通过对港口装卸工艺进行仿真，探究影响港口机械利用率的因素，并对调度方案进行了优化^[44]。鲁子爱借助仿真方法分析了港口吞吐量与港口服务效率之间的关系^[45]。高纬深入研究了集装箱码头各单元之间的关系，在基于 Petri 网建模理论和合理的调度规则之下，对集装箱码头进行了仿真^[46]。刘翠莲和肖青通过对港口作业进行仿真模拟，指出优化港口装卸工艺是提升港口通过能力的关键^[47]。辜勇利用 EM-Plant 对集装箱码头的堆场进行模拟仿真，比较分析不同的管理策略所产生的效果^[48]。杨文芳通过仿真模型分析了港口服务水平与港口通过能力之间的关系^[49]。吴立新等人研究了影响大型煤炭码头装船能力的主要因素，重点研究了装船线数量和泊位数量对装船能力的影响^[50]。吴丽以大连港大窑湾一期码头泊位利用率为研究对象，通过计算和经验判断得出码头泊位利用率的计算值和经验值，并进行了对比，最后验证了仿真技术在提高集装箱码头泊位利用率上的有效性^[51]。王熹芳从考虑港方和船方综合效益最大的角度出发，研究了港口泊位数和装卸机械数量配比问题^[52]。

1.3 主要研究内容

本文首先对国内外关于港口通过能力相关研究进行了阐述，接着介绍了港口通过能力相关的基本理论，为后文打下坚实的理论基础；再对 TECT 集装箱码头进行了 SWOT 分析，分析出码头目前存在的优势、劣势、机遇和挑战；进而利用 AHP-模糊综合评价模型对 TECT 集装箱码头营运通过能力进行模糊综合分析，在这一过程中，建立了 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系，通过向专家发放调查问卷获得评价指标权重的判断矩阵和指标模糊评价矩阵，最后进行模糊综合评价，获得码头营运通过能力综合评价结果，确定影响码头营运通过能力综合评价结果的主要因素，最后以模糊综合评价结果为依据，提出提升码头营运通过能力的对策。

第2章 相关基础理论

2.1 集装箱与集装箱船概述

1. 集装箱基本概念

集装箱（货柜）是专门用于周转货物的大型容器，具有一定规格、强度以及刚度。随着集装箱运输的蓬勃发展，集装箱的种类和用途也越来越广泛，对集装箱种类的划分的方法也较多，在本文将以集装箱所装载的货物种类来进行划分，目前，普遍应用的集装箱有散货集装箱、杂货集装箱、冷藏集装箱以及液体集装箱等，其中杂货集装箱使用较为广泛。

2. 集装箱船概述

（1）集装箱船类型

集装箱运输的发展促进了集装箱船的发展，目前，对集装箱船种类的划分方法较多，本文中以集装箱船装卸方式将集装箱船划分为滚装式集装箱船、吊装式集装箱船以及载驳式集装箱船等，具体划分如下：

滚装式集装箱船：滚装式集装箱船一般在船侧或船尾设置了吊门和跳板，将集装箱和底盘车当作一个货物运输单元，托盘车通过吊门和跳板将集装箱运进或运出。

吊装式集装箱船：吊装式集装箱船一般设有装卸设备，因此此类集装箱船通常利用码头装卸设备进行集装箱装卸。

载驳式集装箱船：载驳式集装箱船又被称为子母船，当母船达到装卸港口时不去进入泊位进行装卸作业，而是通过一种能够运载集装箱的驳船进行集装箱转运，当母船需要卸载集装箱时，只需将集装箱卸到驳船上，再由驳船运送到内河港，当母船需要装载集装箱时，再由驳船从内河港口运来集装箱，并装载到母船上。这类船一般适用于海河联运等。

（2）集装箱船的主要参数

集装箱船吨位较大、功率较大、航速较快，并且货舱尺寸规范，表 2.1 所示为历代集装箱船主要参数^[53]。

表 2.1 集装箱船的主要参数

Tab.2.1 The parameters of container ship

主要参数	第一代 (1957)	第二代 (1968)	第三代 (1972)	第四代 巴拿马 (1988)	超巴拿马 (1991)	第五代 (1995)	第六代 (1997)
总长(m)	170	210	250	275	249	318.2	347
型宽(m)	26.5	32.2	32.2	32.2	32.25	42.5	45
吃水(m)	9.5	10.2	11.0	11.5	13.25	14.0	14.5
航速(kn)	22.6	26	19.5	24.5	24.2	22.5	-
舱内成数	6	7-9	8	8	8	9	-
甲板层数	2	2-3	3	5	4	6	-
舱内横列	7	9	10	11	12	14	-
甲板横列	9	12	13	13	15-16	16-17	17-18
载 箱 量 (TEU)	<1000	1000- 2499	2500- 3499	3500- 3999	4000- 4799	4800- 6600	>6000

资料来源：《集装箱运输基本知识》徐淑芬

(3) 集装箱船运营方式

集装箱船一般实行班轮运营，即事先制定船期表，计划好航线、挂靠港等，集装箱船舶按照船期表往返于航线上各港口的营运方式。班轮运营规定了集装箱船舶的开航日期、时间和挂靠港，运价相对稳定。班轮航线一般分为远洋航行，如中国到欧洲、非洲以及美洲的航线；近洋航线，如中日韩航行等；国内航线，如中国沿海或江河各港口之间的航线。

(4) 集装箱船大型化趋势

集装箱船的发展历程已经走过半个世纪，尤其在近十几年得到了蓬勃发展，越来越多超大型的集装箱船问世。各船公司为了获取更大的利润，通常利用大型船舶的规模经济来使得运输成本降低，进一步获取更高利润。如表 2.2 所示，从 1957 年以来至今，集装箱船舶的运载能力逐步增大，这组数据中可以看出集装箱船舶大型化的趋势。

表 2.2 集装箱船大型化趋势
Tab.2.2 The tendency of large-size of container ships

阶段	年份	载运能力(TEU)
第一代	1957	<1000
第二代	1968	1000-2499
第三代	1972	2500-3499
第四代	1988	3500-4799
第五代	1995	4800-6600
第六代	1997	6000-10000
万箱船时代	2006	15000-20000

2.2 港口通过能力基本概念

想要提升港口通过能力，首先就要深刻理解港口通过能力的基本含义，本节中，通过对港口通过能力定义、分类，港口通过能力系统结构模型以及影响港口通过能力的影响因素的介绍，加深对港口通过能力的理解，为后文打下坚实的理论基础。

2.2.1 港口通过能力定义

在港口生产作业中，其主要任务是提供货物换装位移服务，在这过程中需要泊位、库场、装卸、集疏运各个环节紧密而有序配合，并且还需有序地协调各种机械设备，这使得港口生产作业充满复杂性和特殊性。随着港口行业蓬勃发展。相关专家对港口的研究也逐渐深入，从国内专家学者对港口通过能力定义的研究来看，主要分为以下几种：

国内学者杨华龙认为港口通过能力是在符合一定运输质量要求下，合理利用港口各生产要素所能装卸一定结构的货物自然吨数^[54]。该定义在基于港口生产目的的的基础上，强调了货物换装要满足安全和高效，但过分强调了机械设备作业，这不利于港口协调发展。

学者韦桂昌将港口通过能力定义为在一段时期内，港口在基于所配备资源的基础上所能装卸货物的最大量^[55]。该定义指出了港口通过能力的本质是港口所能通过的最大货物量，但对于资源配置没有深入解释，未能体现港口生产作业的特殊性和复杂性。

学者沈志云认为港口通过能力是指在一定外部条件下，港口经营管理与各生产要素相互作用而产生的结果，并通过分析港口各生产要素的利用程度，将港口通过能力分成理论通过能力、营运通过能力和后备通过能力^[56]。该定义重点研究和讨论了港口生产要素的利用程度，这在实践中是很难确定和把握的。

学者陈家源给出的定义是在营运期内，在当前的技术条件下，港口利用先进

的工艺流程进行装卸作业所能通过的饱和货物数量，衡量数量的单位可以是自然吨也可以是标准箱^[57]。该定义不仅指出了要在各生产要素的基础上，还指出要组织配合各生产要素，较为全面的描述的港口通过能力，因此本文以陈家源关于港口通过能力的定义为理论基础。

2.2.2 港口通过能力分类

陈家源将港口通过能力分为三种类型，分别是设计通过能力、核定通过能力和营运通过能力（现有能力），并详细的阐述了三种通过能力的含义同时还指出三种通过能力在一般情况下是不相等的。

（1）港口设计通过能力

指新建港口或扩建港口在设计任务书和技术文件中规定能达到的生产能力。如果港口作业货类构成、流向等条件发生改变或者港口机械设备进行重大技术改造，则需重新核定港口通过能力。

（2）核定通过能力

一般是指针对没有设计通过能力的老旧码头、或经过港口机械设备进行重大改造的码头、又或经过重新调整过港口专业化泊位作业区域布局的码头，码头的实际通过能力已经超原设计通过能力，需要重新测算码头的通过能力，经过重新测算的通过能力即为核定通过能力。

（3）营运通过能力

营运通过能力（现有能力），一般是指在计划年度内，综合考虑港口现有生产设备、技术组织措施和货运量的实际构成，以及在营运期间，改造港口通过能力，测算港口实际可能达到或者已达到的能力。

三种通过能力在实际生产中具有不同的用途和意义，其中港口设计通过能力和核定通过能力一般作为制定港口长期发展的理论依据，而营运通过在实际生产中，三种定义有着不同的用途和意义。设计通过能力与核定通过能力主要作为港口长期发展规划的依据，而港口营运通过能力一般是作为指导港口短期或年度发展计划的理论依据。

2.3 港口通过能力系统结构模型

陈家源在《港口企业管理学》一书中，基于国内外研究成果基础上，对港口通过能力进行了系统性、层次性划分，装卸子系统、泊位子系统、库场子系统以及集疏运子系统协调配合，构成了港口通过能力系统结构模型，如图 2.1 所示，

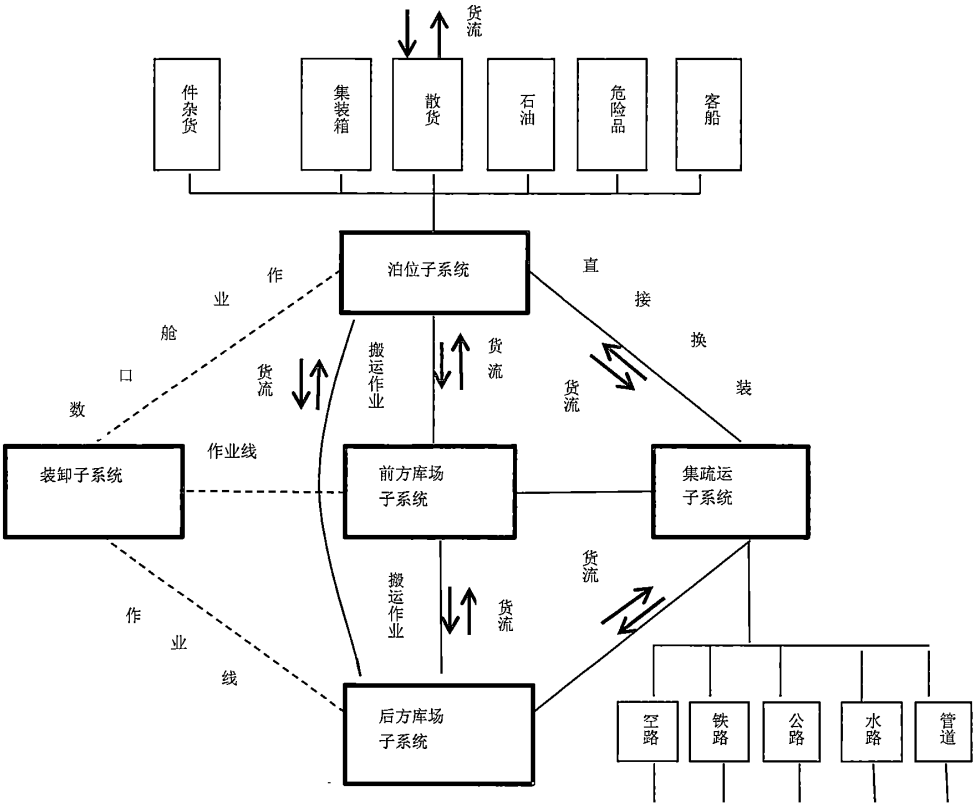


图 2.1 港口通过能力系统结构模型

Fig.2.1 The structure model of the port capacity system

2. 3. 1 泊位子系统

在泊位子系统中，进行船舶进出港、货物装卸等基本生产作业，还进行船舶燃料、淡水补充、船舶维护保养等辅助性作业。当运输货物的船舶进入码头并进行靠泊作业后，开始对货物进行卸载作业，当货物进行直接换装作业时，通过岸边装卸设备将货物卸载到货车、火车或驳船上，再由这些运载工具直接运出港口；当货物进行间接换装作业时，则通过岸边装卸设备将货物卸载到码头水平运载工具上，再由水平运载工具运到库存，货物存储在库场一定时间后，再由货车、火车或驳船运出港口，如图 2.2 所示货物在泊位子系统的流动情况。

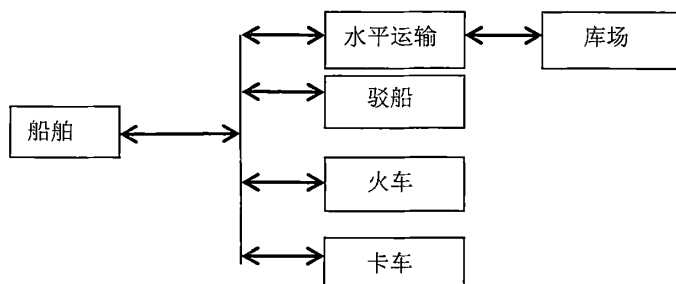


图 2.2 码头前沿货物流动

Fig.2.2 The flow of goods in the quay

在泊位子系统中，泊位装卸机械对船舶货物装卸的效率影响着码头对船舶的服务时间，同时也影响着码头泊位利用率，当码头装卸效率和泊位利用率较低时，会增加其他等待作业船舶的等待时间，这就使得码头基础设施利用率不高，增加了船舶和港口运营成本。可以说泊位子系统是港口通过能力系统结构模型的中心环节，想要提升港口通过能力，首先就要提升泊位子系统通过能力。通过对泊位子系统的进一步分析，可将泊位子系统通过能力划分为泊位设计通过能力和泊位营运通过能力，泊位设计通过能力指在泊位设计时按照具体货种、作业线确定的，是泊位营运通过能力的基础，其公式如下：

泊位设计通过能力公式

$$P_{\text{设计}}^{\text{泊}} = T_{\text{营}} \cdot n \cdot p \quad (2.1)$$

$$p = 24 \times a_{\text{利}} \times q_{\text{额}} \times \beta$$

式中： $P_{\text{设计}}^{\text{泊}}$ —泊位年设计通过能力 (t)；

$T_{\text{营}}$ —泊位年营运期 (d)；

n —泊位设计作业线数 (条)；

p —每条作业线的昼夜生产率 (t/条·d)；

$a_{\text{利}}$ —装卸设备理论利用率 (t/h)；

β —装卸设备负载利用率 (载荷利用率)。

泊位营运通过能力是指港口在营运期内，在泊位子系统中实际通过货物的能力，在基于泊位设计通过能力的基础上表示泊位营运通过能力，其计算公式为

$$P_{\text{营}} = P_{\text{设计}} \cdot \eta \quad (2.2)$$

其中： η —泊位利用率；

$P_{\text{营}}$ —泊位营运通过能力。

又由于船舶港规律和装卸作业时间对泊位设计通过力有影响，因此泊位营运通过能力又可表示为：

$$p_{\text{营}} = M \cdot q \quad (2.3)$$

M—营运期装卸船舶艘数（艘）；

q—船舶平均载货量（t/艘）。

2.3.2 库场子系统

库场机械、堆场、仓库以及劳动人员是库场子系统的主要组成部分，货物在库场子系统的流动情况如图 2.3 所示。

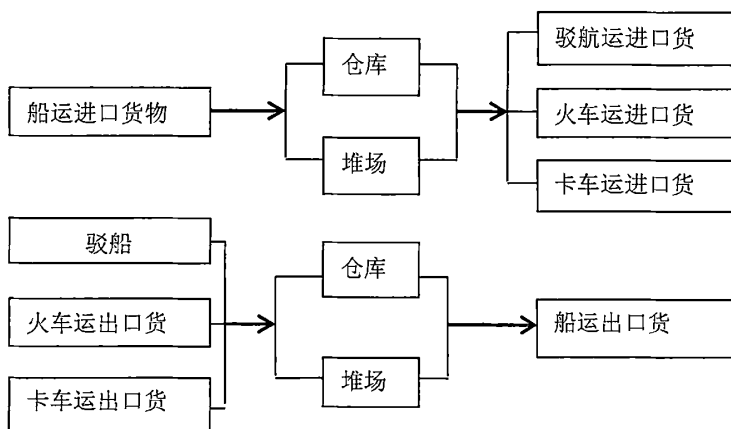


图 2.3 库场货物流动图

Fig.2.3 The flow of the goods in the storage

由于船舶装载货物量与货车、火车以及驳船的装载量存在巨大差异，库场在这一过程中起到了衔接、缓冲的作用。在库存子系统中，库存的容量和集疏运是关键环节，船舶在港时间和船舶效率受到库场容量的影响，进出口货物交付和入库受到集疏运的影响，因此，港口的库场子系统影响着货物在堆场的堆存时间、货物周转率以及库存的利用率。

泊位子系统的通过能力是计算库场子系统通过能力的基础，因此库场子系统的通过能力要满足泊位子系统通过能力，即应满足 $P_{\text{库场}} > P_{\text{泊}} \cdot K_{\lambda}$ 。

$$P_{\text{库场}} = E \cdot K_E \cdot n_{\text{库场}} \quad (2.4)$$

其中： K_{λ} —货物入库系数，且 $K_{\lambda} \leq 1$ ；

E—库场一次容量（吨/平方米）；

$n_{\text{库场}}$ —库场在营运期周转次数;

K_E —库场容量利用系数。

2.3.3 集疏运子系统

集装箱码头的集疏运子系统包括码头装卸线、后方装卸系统、运输工具以及码头工作人员，在图 2.4 中展示的是集疏运子系统中货物的流动情况。

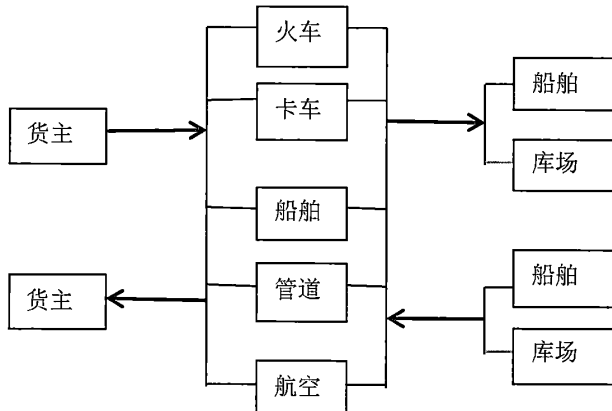


图 2.4 集疏运系统货物流动图

Fig.2.4 The flow of the goods in the collection and distribution system

集疏运子系统保证进出港货物在港口顺畅流动的重要部分，集运指将货物由外界运进港区的过程，疏运是指将港区内货物运出到外界的过程，在图 2.4 中可以清楚看到，集疏运系统的运输途径包括水、陆、空以及地下，具体的运输载体包括火车、卡车、船舶、管道以及飞机。

在集疏运子系统中，最为需要关注的就是运输能力的比例和衔接问题，协调好码头运输能力的比例和衔接是保障库场顺畅周转和船舶正常装卸的关键。但是在实际生产中，集疏运运载工具的管理权往往不在港方，而是由货主管理，使得港口不能随时根据库场情况调整运载工具运输能力比例和衔接，不利于港口进行高效的生产作业。因此港方要与货主加强协同能力，优化运输能力比例和衔接，促进港口生产顺利进行。

目前，港口集疏运的主要方式是通过铁路和公路进行的，下面对铁路装卸线通过能力和公路装卸线通过能力进行介绍。在港口集疏运子系统中，铁路装卸线通过能力要确保铁路运输完成的集疏运货物量占港口通过总量的比重要满足所要求的比重，其计算公式为：

$$P_{\text{铁}} = n_{\text{铁}} \cdot T_{\text{铁}} \cdot q_{\text{铁}} \cdot a_{\text{铁}} \quad (2.5)$$

其中: $P_{\text{铁}}$ — 铁路装卸线通过能力(吨);

$n_{\text{铁}}$ — 昼夜所需的车辆数量 (辆);

$T_{\text{铁}}$ — 铁路装卸线营运天数 (天);

$q_{\text{铁}}$ — 车辆平均载重量 (吨);

$a_{\text{铁}}$ — 车辆平均载重利用率。

公路通过能力是指指在遵循相关法律法规以及确保安全的情况下, 在运输车辆断面单向每小时所通过的最多汽车数量, 除了可以用车数量来衡量, 还可以用最大货物通过量来衡量, 其具体计算公式如公式 2.6。

$$N_T = 3600 \frac{v}{L} \quad (2.6)$$

其中: N_T — 单条车道的理论通过能力 (辆/小时)

v — 设计速度 (m/s)

L — 相邻两辆汽车前保险杠之间的距离 (米)

2.3.4 装卸子系统

港口装卸子系统由劳动人员和装卸机械构成, 又称为人—机系统, 其中人指的是直接操作装卸机械或进行辅助作业的劳动者, 机指的是各装卸机械设备以及相应从属工具等。在装卸子系统中, 工人通过控制和操作港口的机械设备, 来完成货物的装卸、搬运、堆码和拆垛等, 使得港口的货物顺畅地进出港口以及在港口内部流通。伴随着科技进步, 越来越多的科技用于港口, 使得港口的机械化程度不断提高, 港口装卸机械趋向程序化、自动化, 节省了大量的体力劳动, 极大地提升了港口的装卸效率, 但与此同时, 也提高了对操作人员的要求, 人与机械协调配合才是港口装卸子系统的关键。

通过对港口通过能力子系统的详细分析, 可以看出各子系统之间存在紧密的联系, 不同的子系统具有不同系统功能, 这些子系统协调发展, 互相配合, 共同组成港口通过能力系统^[57]。

2.4 港口营运通过能力主要影响因素

港口生产作业是一个具有复杂性和特殊性的过程, 为探究影响港口营运通过能力的主要因素, 本节将从港口企业内外分析影响港口营运通过能力的主要因素。

2.4.1 港口设施与设备

港口的基础设施和技术设备是港口企业正常生产作业的物质基础, 通常以港口设施和设备的规模、数量、现代化程度等作为计算港口通过能力的基本依据。

港口设施和设备的规模、数量、技术经济性以及先进性都影响着港口生产作业的效率，充分发挥好它们的特性，以提高港口的作业效率。

进港船舶的吨位和数量会受到进港航道的技术参数的限制，例如航道的宽度、水深以及曲率半径等，进而影响了整个港口的通过能力；码头泊位数量、结构码头前沿水深以及泊位上的装卸机械影响泊位的通过能力；码头仓库与堆场的整体布局、存储面积以及库存机械影响着库场子系统通过能力；港口锚地和装卸泊位的距离影响着港口的过驳能力、船舶让档时间以及对船队的编解能力，这些能力影响着港口的生产作业效率；港口装卸机械设备的先进性、自动化程度以及运行状态影响着整个港口的装卸效率；还包括其他的辅助性设施和设备，包括机械维修应急能力、港内运输能力等，都将影响整个港口生产作业的效率。

2.4.2 社会环境

社会环境主要指码头外部环境对码头货物周转影响程度，包括国家产业政策、宏观经济环境以及腹地货源情况等，均对码头实际货物通过量具有一定的影响。国家产业政策能够体现国家对港口行业扶持政策以及技术规范等；宏观经济环境能够体现国民经济周期性波动对港口行业的影响，影响港口货物通过量；腹地货源量反映了码头所在腹地集装箱货物充足程度，影响着码头集装箱实际通过量。

2.4.3 自然条件

自然条件主要是指码头地理位置、气象条件以及水、陆域情况等，地理位置因素影响货主或船东对码头的选择，进而影响着码头的货物通过量；自然环境反映了码头水文、气象等情况，影响着码头的营运天数；进港航道最大水深是进入港口航道的最大水深，该指标影响进港船舶的吨位。

2.4.4 码头服务水平

码头服务水平从多方面来衡量码头对客户服务水平的高低，是影响码头在激烈的港口行业竞争中的优势体现，其包含码头信息化程度、码头服务费率水平以及码头的综合效率等。码头信息化程度用于衡量码头企业信息化建设是否完善，该指标影响着码头的作业效率；码头服务收费水平是指因向客户提供作业服务而收取相应费用，该因素影响客户盈利的重要因素之一，码头争取客户源的重要因素；码头综合效率用于衡量码头企业在业务办理以及各项生产作业中的工作效率水平，该因素是影响客户满意度的重要因素。

2.5 本章小结

本章首先对集装箱和集装船进行了简要概述，接着阐述了港口通过能力基本

理论。在港口通过能力基本理论中，先介绍了港口通过能力的定义以及分类，然后详细的叙述了港口通过能力系统结构模型以及各个子系统模型，包括泊位子系统、库场子系统、集疏运子系统以及装卸子系统，最后介绍了影响港口营运通过能力的主要因素。

第 3 章 TECT 集装箱码头发展现状分析

3.1 天津港概况

天津港发展历史悠久，如今已成为是我国北方最大的综合性港口，其地理位置优越，位于京津等城市圈交叠处，又处于环渤海经济带之中，是我国重要的枢纽港，具有重要的战略意义。天津港共拥有泊位总数达 173 个，在这些泊位当中泊位等级超过万吨级的有 119 个，并且通过对天津港的不断改正，目前天津港的人工深水港是世界等级最高的，可允许 30 万吨级船舶进出。根据 2016 年的统计数据显示，2016 年一整年天津港的总货物吞吐量已经突破了 5.5 亿吨，在集装箱方面也是取得了不错的成绩，2016 年的集装箱吞吐量为 1450 万 TEU，位居世界港口排名的第十位。

3.2 TECT 集装箱码头发展现状

2007 年 9 月 4 日，TECT 集装箱码头公司正式成立，其注册资本为 12.6 亿人民币，是一个专业的集装箱码头公司。该公司是由天津港集团、天津港发展有限公司、中远码头（天津北港池）有限公司以及 APM TERMINALS TIANJIN COMPANY LIMITED 共同投资组建的。于 2007 年 7 月 20 日开工建设，2009 年 7 月 1 日开始试运行，2010 年 7 月 1 日正式进入生产经营期以来，TECT 集装箱码头的集装箱吞吐量持续增长，表 3.1 所示的是 2012 年至 2016 年 TECT 集装箱码头的集装箱吞吐量。从表中可以看出 TECT 集装箱码头的集装箱吞吐量呈稳步增长趋势。

表 3.1 2012-2016 TECT 集装箱码头公司集装箱吞吐量

Tab.3.1 The cargo throughput of Tianjin port E terminal from 2012 to 2016

年份	2012	2013	2014	2015	2016
吞吐量 (万 TEU)	170.6	180.1	200.4	203.2	223.3

3.2.1 TECT 集装箱码头平面布局

TECT 集装箱码头前沿水深-16 米，码头前沿水深-16 米，陆域纵深 752 米，码头占地约 82 万平方米，其岸线长度达 1100 米，年设计吞吐能力 170 万 TEU，堆场的最大堆存量为 7.5 万 TEU，其中包括 6 万 TEU 的重箱和 1.5 万 TEU 的空箱。

TECT 集装箱码头共拥有三个集装箱泊，11 台装卸岸桥分布在码头沿线，负责到港船舶的货物装卸，码头 7 万吨级的泊位由一个 3 台组的装卸岸桥负责装卸，其它两个 10 万吨级的泊位分别配备了一个 4 台组的装卸岸桥，最大程度上提高岸桥使用效率，保障装卸作业顺畅。

TECT 集装箱码头拥有较大面积的堆场，这也是码头的核心区域。码头堆场划分为 4 个主箱区、3 个后方次箱区以及 2 个后备箱区。码头 4 个主箱区又划分为两个出口箱区和两个进口箱区。对堆场箱区进行隔离有助于提升集装箱装卸效率，但也提高了对码头堆场的要求。

3.2.2 TECT 集装箱码头装卸机械

目前，TECT 集装箱码头具有装卸超大型集装箱船的能力，可用于靠泊及作业第 6 代集装箱船。集装箱装卸机械是到港船舶装卸作业顺利进行的保障，是码头的主要机械设备。由于 TECT 集装箱码头建设较晚，在建设初期就购置了先进的设备，2008 年、2009 年分别购进了 11 台装卸桥和 33 台 E-RTG 型号的电动轮胎式场桥。

3.2.3 TECT 集装箱码头系统管理

2012 年 TECT 进行了包括质量、环境、职业健康安全管理体系、业内风险管理体系在内的四体系工作。将原本多达 300 余条的流程进行了归纳整理，编写了作业操作流程 316 个，程序文件 30 个。公司的行政、生产部门编写了适合 TECT 的操作手册，内容涉及整个港口作业全部内容。有 102 个流程、共 300 多页。这也是整个天津港唯一一本以集装箱业务为核心的作业指导书。在进行系统化、无纸化系统管理的同时，编制操作指南，是 TECT 优化管理的良好举措。

3.2.4 TECT 集装箱码头主要班轮航线

TECT 的主要班轮航线总共有 9 条，这 9 条航线基本上囊括了从亚洲的东南亚、东北亚到欧洲、非洲的主要区域。其中亚洲航线 6 条，非洲航线 1 条，欧洲航线 2 条。目前还没有直通美洲的航线。

波斯湾线：该条线路是 TECT 母公司一直在经营的线路，对于 TECT 码头比较重要。调整运营战略之后，改用 14000TEU 的大船之后，成为港口的主要班轮航线。

欧洲线：该条航线是欧洲航线中的精品航线，是从五洲国际码头调拨到 TECT 的，该航线具有货物多样化的特点，集中了拆箱、超限箱、危险箱等多种作业项目箱。

日本线：本航线是从东方海陆码头调拨到 TECT，该航线的班轮一般为 200 米长，载重 35000 吨的货船，目前由东方海陆集装箱码头和 TECT 共同经营。

西非线：本航线是由五洲国际码头调拨而来，由于是仅有的一条非洲航线，航线较长，不能保证周班运营，而且只能通行 200TEU 左右的小型货船。每个班次的进出口箱量只有 500TEU 左右。

中海韩国线：该航线的开通时间比较晚，2014 年 8 月刚正式开通，是为了解

决中海舱位非中海船舶紧张而开通。本航线的特点就是没有具体的班期，一般只有中海的船来的情况下或者出口箱量比较多的情况下有班次停靠。

达飞东南亚线：该航线是从五洲国际调拨过来，采用稳定的周班运营，全部船舶由达飞公司安排，由于船舶公司航线不稳定，经常性的调整船只。一般情况下保持 4 条船的运营循环，以出口为主，进口的船只携带空箱回天津。

穆勒马士基东南亚线：该航线 2014 年 6 月由联盟国际调拨过来，主要由东南亚运营，该航线需要到俄罗斯进行加油，所以顺便在天津港进行停靠。该航线的进口箱量比较少，船舶多为 150 米以内的小船，出口箱量也不是很大。该航线归穆勒马士基独有。

3.3 TECT 集装箱码头 SWOT 分析

为探究影响公司发展的相关因素，本文采用 SWOT 分析法对 TECT 集装箱码头公司进行深入分析。SWOT 分析法可以全面的剖析 TETC 集装箱码头公司的发展情况，S 代表企业的优势、W 代表企业的劣势、O 代表企业的机遇、T 代表企业的威胁，从这四方面入手可以使企业认清目前自身在整个行业中的优势和劣势，再分析企业当前和未来要遇见的机遇和挑战，适时调整企业发展策略，抓住机遇，应对挑战^[58]。

借助 SWOT 分析法，TECT 集装箱码头公司可以分析出企业内外部存在的有利和不利因素，充分发挥 TECT 公司的优势，改进自身短处，跟随行业动态，抓住港口行业发展机遇，制定出符合企业发展的规划。根据 SWOT 分析法可以获得一个策矩阵（如表 3.2），在表格中是四种策略，企业可根据各个因素的影响程度来选择一种或几种策略^[59]。

表 3.2 SWOT 分析的四种备选方案
Tab 3.2 Four options of SWOT analysis

外部 \ 内部	优势（S）	劣势（W）
机会（O）	SO 战略	WO 战略
威胁（T）	ST 战略	WT 战略

3.3.1 优势分析

（1）地理位置优势

位于天津港北疆港区的 TECT 集装箱码头具有较好的地理位置，拥有广泛的腹地，其腹地范围涵盖了京津冀地区、内蒙古、山西、陕西、宁夏、甘肃等多地。此外，TECT 集装箱码头占据了京津地区发达的交通网络，借助京津冀地区发达的交通网络实现码头高效的集疏运，将港区与内陆腹地紧密联系。

（2）码头的管理系统优势

在天津港中，TECT 集装箱码头率先采用了“油电双动力”场桥，利用了先进的 ERTG 工艺，不仅使场桥在生产作业中高效、灵活，还满足节能减排的要求，符合国家节能减排的号召。公司建立一个包含生产管理、自动控制、通信以及图形处理“四位一体”的网络平台，并引进了先进的集装箱码头应用管理系统，确保船舶和货物的安全。

3.3.2 劣势分析

（1）基础设施规模不足

TECT 集装箱码头设计吞吐能力为 170 万 TEU，码头发展较快，而初始设计吞吐能力偏小，不能满足未来码头发展趋势。TECT 整体集装箱吞吐量现在拥有岸桥 11 台，场桥 11 台，集装箱泊位 3 个，与其他天津港各集装箱码头相比，在规模数量上处于劣势，尤其与天津太平洋国际集装箱码头相比，劣势更明显。因此，设计吞吐量不足、码头基础设施规模、泊位以及装卸能力匹配升级等问题是制约着 TECT 集装箱码头吞吐量的增加重要原因。

（2）人力资源结构欠佳

从公司员工的学历来看，公司员工总体学历水平还不够高，航运、物流港口相关人才不足。在企业竞争中，人才起到非常关键的作用，缺乏人才不利于公司发展壮大。TECT 集装箱码头应加强对企业员工进行集装箱业务和港口相关业务的培训，还可以引进相关人才，优化企业人力资源结构，建立完善的管理体系。

（3）信息化、自动化程度不够

TECT 集装箱码头信息化、自动化程度不够，尚没有先进的信息管理系统，信息不能很好的共享、管理自动化、电子化水平不够高、各部门联网程度低，这使得装卸等作业效率得不到充分提高，制约公司进一步发展^[60]。

3.3.3 机遇分析

（1）航线结构调整，东南亚港口呈现新机遇

欧债危机使得欧美国家港口受到严重影响，港口的贸易量和挂靠量都有所下降，一些航运企业较少了欧亚航线的运力。欧美较高的物力成本和人力成本也使得全球制造业向东南亚转移，并且随着“一带一路”战略不断实施，中国与沿线各国加强合作，促进双方贸易来往，为港口发展带来了重大发展机遇。

（2）政策支持

我国政府以及相关部门重视港口行业发展，交通运输部和铁道部于 2011 年 10 月 12 日共同发布了《关于加快铁水联运发展的指导意见》，在《意见》中指出铁水联运信息平台的重要性，并强调国家支持对信息平台的建设，还鼓励地方政府

加强基础设施建设,并完善相应的价格体系和扶持政策,促进我国铁水联运发展。同年 11 月 8 日,交通运输部又发布了《关于促进沿海港口健康持续发展的意见》,该《意见》中为我国沿海港口可持续发展指明的方向,要求我国沿海港口进行节能减排措施,促进我国沿海港口可持续健康发展。

2015 年 3 月 23 日,中央财经领导小组审议通过了《京津冀协同发展规划纲要》,在《纲要》中指出,要大力发展天津港口行业,打造北方国际航运核心区,天津在京津冀地区的交通、物流等行业发挥了重要作用,打造天津作为北方国际航运核心区有利于推动京津冀地区协同发展。

(3) 技术和管理优势:

天津港在港口技术研发和管理经验具有较好的基础,研发出来适用于现代集装箱码头作业的控制系统和管理系统,进而不断提升天津港的服务水平。TECT 集装箱码头可以充分借助天津港这个平台,引进天津港的计算机控制系统和管理系统,结合自身需求,逐渐发展壮大。

3.3.4 威胁分析

(1) 同地区同类型公司的竞争威胁

随着天津港下属的各集装箱公司不断发展壮大,各个子公司的竞争日益加剧。在天津港的北疆港区,存在三个大型集装箱码头,分别位于保税区东、北突堤以及东突堤。三个集装箱码头拥有 9.96 公里岸线和 7.80 平方公里的陆域面积,集装箱泊位达 32 个,具有 1600 万 TEU 的通过能力,是 TECT 集装箱码头强有力的竞争对手。

东突堤集装箱码头包括东突堤南北两侧和四港池的泊位都已经建成,拥有 3164 米的码头岸线长度,380 万 TEU 的通过能力。其中东突堤南侧的东方海陆集装箱码头拥有 1136 米的海岸线,230~400 米的陆域纵深,通过能力达到了 130 万 TEU;东突堤北侧的五洲国际集装箱码头拥有 300 米的陆域纵深,2102 米的码头岸线,其通过能力达到 150 万 TEU;四港池集装箱码头公司拥有 430 米的陆域纵深,826 米的码头岸线,其通过能力达到 100 万 TEU。这些同地区的集装箱码头与 TECT 集装箱码头形成了激烈的竞争关系,腹地交叉严重,对 TECT 集装箱码头发展壮大起到了威胁作用。

(2) 集装箱船舶大型化趋势增加了对港口专业化和深水化的要求

近十几年,集装箱运输行业快速发展,全球集装箱运输网络逐步完善,并且集装箱船舶技术也突飞猛进,使得集装箱船舶吨位逐步增大。为了降低成本,产生更大的经济规模,越来越多的承运人倾向于使用巴拿马集装箱船或更大的集装箱船舶进行集装箱运输。集装箱船大型化趋势给集装箱码头公司带来了诸多的挑

战，一方面船舶大型化码头水深的要求更加苛刻，另一方面对码头专业化水平也有较高的要求。与天津港其他集装箱码头相比，TECT 集装箱码头的在码头设施、设备以及配套设施规模等存在不足，在岸线长度、泊位数量上亦处于劣势，因此集装箱船舶大型化进程对 TECT 集装箱码头发展提出了挑战。

（3）天津港与其他港口的竞争日益加剧

改革开放以来我国港口产业迅猛发展，新兴港口如雨后春笋，天津港不仅需要面对大连港、青岛港等实力雄厚港口的竞争，还面临环渤海地区新兴港口对天津港货源分流的压力，尤其曹妃甸港、黄骅港等港口，与天津港腹地交叉严重，对天津港产生一定的冲击。天津港与周围港口竞争日益加剧，对天津港发展规划产生了一定影响，这也会给 TECT 集装箱码头公司发展带来影响。

（4）宏观经济环境变化带来的威胁

改革开放以来，中国经济迅猛发展，中国已成为第二大经济体，我国港口行业货物吞吐量快速增长，2016 年，中国有七个港口跃居世界前十名。宏观经济发展对港口发展具有重要的推动作用，然而宏观经济的周期性波动也给港口行业带来了诸多威胁。自 2008 年世界经济危机以来，世界经济增长疲软，中国经济增速放缓，加上航运市场持续低迷，港口发展受到影响。天津港位于环渤海经济圈与京津等主要城市带的交叠之处，对宏观经济变动较为敏感，因此宏观经济波动给天津港发展带来一定风险。

（5）国家行业政策变动的风险

国家政策对港口行业发展具有重要的影响，一些推进港口建设和扶持政策将有利于港口进一步扩大发展，然而随着港口行业规范化、标准化以及国家对港口节能减排的重视，对港口设施设备、技术规范的要求更加严格，一系列政策变动势必影响港口发展。

根据对 TECT 集装箱码头的 SWOT 分析，得出 TECT 集装箱码头的分析战略表，如表 3.3 所示。

表 3.3 TECT 集装箱码头 SWOT 分析战略表

Tab 3.3 SWOT analysis strategy of TECT		
外部	内部	
	优势 (S)	弱势 (W)
	地理位置优越,腹地广泛,交通发达,码头管理系统先进。	人力资源结构不佳,码头自动化、信息化程度不高。
机会 (O)	SO 战略	WO 战略
东南亚新机遇,国家政策支持,天津港技术和管理优势。	充分发挥企业自身优势,响应国家政策;加快码头基础设施建设;完善货物中转、出口等业务;开展内支线运输业务。	加强企业人才培养,引进新人才,调整好企业人力资源结构;推进码头信息化、自动化建设。
威胁 (T)	ST 战略	WT 战略
与同地区同类集装箱码头的竞争,船舶大型化对码头专业化和深水化要求,天津港与其他港口的竞争,宏观经济环境波动带来的威胁。	借助地理优势,加强码头之间协调发展,建立发展联盟,避免恶性竞争;充分利用好 TECT 集装箱码头先进的管理理念。	制定应对外部威胁的策略,争取更多发展空间;加强码头信息化、自动化建设;加快企业管理模式改革,提升企业服务水平,增强企业竞争力。

3.4 TECT 集装箱码头发展中存在的问题

港口营运通过能力是影响港口进一步发展的重要因素之一,结合 3.3 节的 SWOT 分析,可以总结出 TECT 集装箱码头在提升营运通过能力中存在的一些问题,主要包括以下问题:

(1) 基础设施规模不足、人力资源结构欠佳、信息化、自动化程度不够

TECT 集装箱码头初始设计吞吐能力偏小,仅为 170 万 TEU,随着码头快速发展,码头基础设备成为制约码头营运通过能力的进一步提升的主要因素之一;从公司员工的学历来看,公司员工总体学历水平还不够高,航运、物流港口相关人才不足,需要进一步优化企业人力资源结构;码头信息化、自动化程度不够,尚没有先进的信息管理系统,信息不能很好的共享、管理自动化、电子化水平不够高、各部门联网程度低,这使得装卸等作业效率得不到充分提高,制约公司进一步发展

(2) 与同地区同类型码头的竞争、与周边港口的竞争

随着天津港下属的各集装箱公司不断发展壮大,各个子公司的竞争日益加剧,与此同时,天津港还需要面对大连港、青岛港等实力雄厚港口的竞争,以及环渤海地区新兴港口对天津港货源分流的压力,尤其曹妃甸港、黄骅港等港口,与天津港腹地交叉严重,对天津港产生一定的冲击。

2016 年一系列整合和新联盟的成立促进集运市场改善的同时也加剧了集装箱码头之间的竞争。因此,在航运市场低迷与船公司整合的环境下,港口群间的竞

争态势也对集装箱码头作业优化等多个方面提出了高质量的要求，TECT 集装箱码头应该抓住机遇、迎接挑战，通过提升码头的营运通过能力来保持企业的核心竞争力。

3.4 本章小结

本章对天津港和 TECT 集装箱码头基本情况进行了概述，接着对 TECT 集装箱码头进行了 SWOT 分析，分析出 TECT 集装箱码头当前自身存在的优势和劣势以及面临来自外部环境的机遇与挑战，为提出 TECT 集装箱码头通过能力提升对策作出铺垫。

第4章 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价

4.1 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价模型

4.1.1 AHP-模糊综合评价模型构建

(1) 层次分析法(AHP)

20世纪80年代,萨蒂(T.L.Saaty)提出了层次分析法。层次分析法的基本思路:首先依据目标、准则及方案建立结构层次模型;再将各层指标进行对比,结合1—9比较标度法对各层指标的重要性进行打分,构造判断矩阵;利用权重计算公式计算指标权重并做一致性检验,当出现不符合判断标准的矩阵时,则调整矩阵中的元素,直到满足要求;最后计算合权向量并进行一致性检验。层次分析法的优点在于将复杂的决策问题进行层次化处理后,可以利用较少的定量信息使决策思维过程简单化,通过简单的解决思路解决错综复杂的问题。该方法是介于定性与定量之间,属于一种定性定量相结合的方法,降低了主观因素影响,有较高的科学性,然而计算过程较为复杂,对可量化的指标较为模糊。

(2) 模糊综合评价法

模糊综合评价法,主要应用了模糊数学确定隶属度的原理,通过构造模糊子集,对于评价对象的定性结果转化为定量结果。模糊综合评价的基本思路:首先根据评价对象确定因素集和评价集;依据指标权重确定方法确定指标权重,并通过隶属度确定方法获得隶属度向量,得到模糊判断矩阵;最后选择合适的模糊算子,运算指标权重和模糊矩阵,得到模糊综合判断的结果。模糊综合评价法具有结果清晰、系统性强的优势,对于模棱两可难以量化的问题提供了解决思路,对于解决非确定性问题非常适用。

(3) AHP-模糊综合评价模型

AHP-模糊综合评价模型是结合了层次分析法与模糊综合评价,在模糊综合评价中需要确定各指标权重,在这一步骤中,引用了层次分析,借助层次分析,确定模糊评价中指标权重,再一步进行指标权重和模糊矩阵的综合运算,得出综合评价结果,二者相辅相成,提高了评价结果的有效性和可靠性。

4.1.2 层次分析法确定指标权重

应用层次分析法时,首先要对复杂问题进行深入分析,找出问题中的因果关系,进行分层处理;采用专家调查问卷的方法获得指标判断矩阵;利用指标权重计算公式计算判断矩阵的最大特征根以及对应的正交特征向量,获得指标的权重后在进行一致性检验;当指标判断矩阵不满足一致性应对判断矩阵进行修改,直到判断矩阵满足一致性要求后,在计算各层指标对目标问题的组合权重,最后依

据计算结果解决评价、排序等问题。

在计算指标权重之前先对目标问题建立相应的指标权重，确定各层次指标的结构关系，如图 4.1 所示，将目标层设置为 A，准则层设置为 B，指标层设为 C。

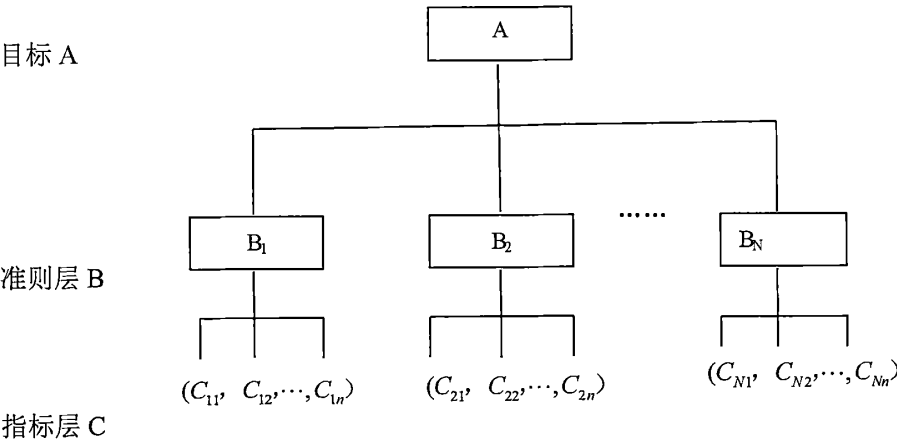


图 4.1 指标层次结构图
Fig.4.1 Framework of hierarchical indicators

利用运用层次分析法确定指标的权重具体步骤如下：

(1) 构造判断矩阵

向行业专家发放调查问卷，请专家对评价指标体系中各层次指标之间的重要程度进行定性描述并根据指标标度排列（如表 4.1 所示）对每一层次指标两两比较的相对重要性进行量化，通过反复反馈，获得专家统认可的结果，最终获得各层指标的判断矩阵。用 a_{ij} 表示因素 x_i 相对于 x_j 的重要性大小之比，即 $a_{ij} = \frac{x_i}{x_j}$ ，因

此构造成判断矩阵 A 如下：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \tag{4.1}$$

其中：1) $a_{ij} > 0$ ；2) $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ ；3) $a_{ii} = 1$

表 4.1 标度排列
Tab.4.1 Sort of measures

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	表示两个因素相比，重要程度为相邻判断的中值
倒数	若因素 i 与 j 比较得 u_{ij} ，则因素 j 与 i 比较的结果为 $1/u_{ij}$

(2) 对判断矩阵进行求解

首先得到的准则层 B 对单一目标层 A 的相对权重被称为层次单排序：

①将通过调查问卷获得的判断矩阵按行分别相加

$$w_i = \sum_{j=1}^N \frac{a_{ij}}{N} \tag{4.2}$$

得到列向量，

$$\bar{w} = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_N] \tag{4.3}$$

②将在步骤①中获得的所得的 \bar{w} 向量进行归一化处理，分别做归一化处理，获得单一准则下两两相比较指标的排序权重向量。

(3) 一致性检验^[61]

判断矩阵 A 会出现不一致情况，为确保最终结果的可靠性，要通过计算判断矩阵的一致性来判断各个关联因素的相对重要程度是否合理。

进行一致性检验，首先利用公式 4.4 计算判断矩阵的最大特征值，在将计算的结果代入公式 4.5 和公式 4.6，通过计算获得一致性指标 CI。CI 越小，代表判断矩阵的一致性程度越高，当 CI=0 时，说明判断矩阵完全满足一致性。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^N \frac{(Aw_i)_i}{nw_i}, i=1, 2, \dots, N \tag{4.4}$$

其中：A—为判断矩阵

n—判断矩阵阶数

λ_{\max} —判断矩阵最大特征根

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{4.5}$$

判断矩阵的一致性随着 n 的增大则会越差，因此应该放宽对高维判断矩阵一致性的要求。于是引入修正值 RI ，将一致率的计算定义如下

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{4.6}$$

RI 是修正系数，用于消除矩阵阶数对断矩阵不一致的影响，具体数值参见表 4.2。

表 4.2 一致性指数
Tab.4.2 Random consistency index

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

在 $n \geq 3$ 时， $CR < 0.10$ 表明判断矩阵一致性合理；反之不合理，需要进一步修改矩阵。

4.1.3 模糊综合评价

模糊综合评价法以模糊数学和模糊统计理论为基础，通过将边界模糊、难以量化的因素做量化处理，遵照模糊变化原理和最大隶属原则对影响评价对象的各种影响因素进行分析，并可以科学地评判各个层次指标选取的优劣程度，最后将会获得最终评价结果。

1.确定评价对象论域

设某层上共有 N 个指标，第 i 项指标的评的因素记为 $u_i(i=1,2,\dots,N)$ ，则 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$ 表示评价因素的集合，

2.确定评语等级论域 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

用 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 表示评语等级集合，其中评价标准记为 $v_j(j=1,2,\dots,n)$ ， n 表示评语等级个数。语等级个数要适宜，不宜过少，也不宜过多，评语等级过少，则会导致综合评级质量变低，评语等级过多，则会导致很难确定评价因素属于哪个等级。通常来说， m 的取值是 4—9，本文中 m 取 4。

3.确定隶属度

(1) 定性指标隶属度确定

定性指标是指人们在对一个指标不能用定量的方式进行描述时通常采用具有模糊意义的词汇进行表达的指标，如好、不好等。

对于定性指标，采用打分法，建立评价因素集和评语集，设计评价指标等级调查表，邀请专家进行指标因素等级确定，统计专家统计结果，计算指标的隶属度。

(2) 定量指标隶属度确定

对于定量指标，本文采用中间型为三角形，偏大、偏小为半梯形分布的隶属图（如图 4.4）和隶属度函数确定（如表 4.3）。

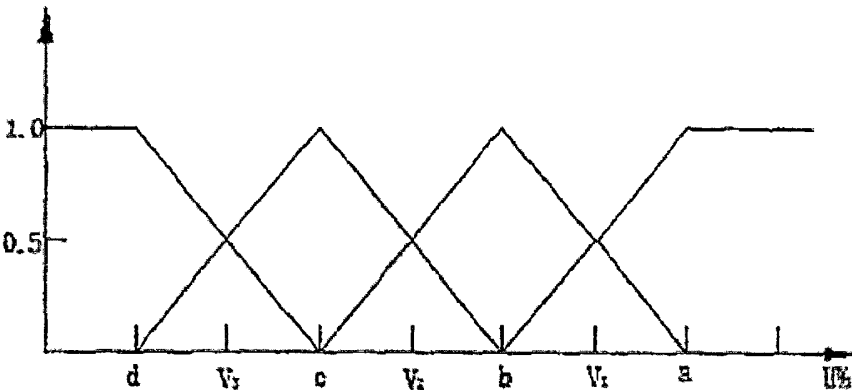


图 4.2 定量指标模糊隶属度图

Fig 4.2 Fuzzy membership degree of quantitative indicators

表 4.3 定量指标隶属度函数

Tab.4.3 membership function of quantitative index

等级	标准	隶属度函数	
好	$u \geq V_1$	$\frac{u-b}{V_1-V_2}$	$b \leq u < a$
	$V_1 + \frac{V_1-V_2}{2} = a$	1	$u \geq a$
	$V_2 + \frac{V_1-V_2}{2} = b$	0	其他
较好	$V_2 \leq u < V_1$	$\frac{u-c}{V_1-V_2}$	$c \leq u < b$
	$V_3 + \frac{V_2-V_3}{2} = c$	$\frac{a-u}{V_1-V_2}$	$b \leq u < a$
	$V_1 - V_2 = V_2 - V_3$	0	其他
中	$V_3 \leq u < V_2$	$\frac{u-d}{V_2-V_3}$	$d \leq u < c$
	$V_3 - \frac{V_2-V_3}{2} = d$	$\frac{b-u}{V_2-V_3}$	$c \leq u < b$
		0	其他
较差	$u \leq V_3$	$\frac{c-u}{V_2-V_3}$	$d \leq u < c$
		1	$u \leq d$
		0	其他

根据确定定性指标方法和定量指标的方法，逐个确定指标 i 相对于评级等级 j

的隶属度 r_{ij} ，获得模糊评价矩阵 $R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$

r_{ij} 表示因数 u_i 对应等级 v_j 的隶属度，属于单因素对被评价对象对应模糊子集的隶属度，是模糊综合评价的基础。

4. 多级模糊综合评价

本文以二级综合评价为例。

(1) 一级因素的综合评价，即综合评价某一类中的各个因素。设对第 $i(i=1,2,\cdots,N)$ 类中的第 $j(j=1,2,\cdots,n)$ 元素进行综合评价，评价对象隶属于评价结果集合中的第 $k(k=1,2,\cdots,m)$ 个元素的隶属度为 $r_{ijk}(i=1,2,\cdots,N; j=1,2,\cdots,n; k=1,2,\cdots,m)$ ，则单因素隶属度矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & \cdots & r_{i1n} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & \cdots & r_{i2n} \\ r_{i31} & r_{i32} & r_{i33} & \cdots & r_{i3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{im1} & r_{im2} & r_{im3} & \cdots & r_{imn} \end{bmatrix}, i=1,2,\cdots,N$$

于是第 i 类的模糊评价集合为：

$$B_i = W_i * R_i = (w_{i1}, w_{i2}, \cdots, w_{in}) \bullet R = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & \cdots & r_{i1n} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & \cdots & r_{i2n} \\ r_{i31} & r_{i32} & r_{i33} & \cdots & r_{i3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{im1} & r_{im2} & r_{im3} & \cdots & r_{imn} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, \cdots, b_{im}) \quad (4.7)$$

式中 $i=1,2,\cdots,N$;

B_i — B 层第 i 个指标所包含的各下级因素相对于它的综合模糊运算结果

b_i — 为 B 层第 i 个指标下级各因素相对于它的权重

R_i — 为模糊评价矩阵

(2) 二级因素模糊评价

通过最底层模糊综合评价获得了某一类的评价结果，因此在进行二级评价时，要考虑各类因素之间的影响，这就需要进行类之间的评价。综合评价各类之间因素时，所进行的评价为单

因素评价，而单因素评价矩阵应为最底层模糊综合评价矩阵：

$$B = W \bullet (B_1, B_2, \cdots, B_N)^T = (w_1, w_2, \cdots, w_N) \bullet (B_1, B_2, \cdots, B_N)^T \quad (4.8)$$

4.2 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价指标体系建立

通过查阅相关文献资料，并在结合 TECT 集装箱码头的实际情况的基础上，建立了 TECT 集装箱码头营运通过能力评价指标体系，如表 4.4。

表 4.4 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系

Tab.4.4The evaluation index system of TECT container terminal operating capacity

目标层 A	准则层 B	指标层 C
TECT 集装箱 码头 营运 通过 能力 评价 体系	自然条件 B ₁	地理位置优势 C ₁
		自然环境 C ₂
		进港航道最大水深 C ₃
	社会环境 B ₂	国家产业政策 C ₄
		宏观经济环境 C ₅
		腹地货源情况 C ₆
	码头基础设施 B ₃	集装箱泊位个数（个） C ₇
		岸桥台数（台） C ₈
		场桥台数（台） C ₉
		集疏运能力 C ₁₀
	码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁
		码头服务收费水平 C ₁₂
		码头综合效率 C ₁₃
	低碳绿色发展能力 B ₅	政府支持力度 C ₁₄
		环保技术投入程度 C ₁₅
		低碳绿色宣传与培训 C ₁₆

自然条件指标 B₁ 用来反映码头地理位置、气象条件以及水、陆域情况对码头通过能力的影响程度，其包含了地理位置优势 C₁、自然环境 C₂ 以及进港航道最大水深 C₃。地理位置优势指标 C₁ 是反映码头地理位置的优势程度，该指标影响货主或船东对码头的选择，进而影响着码头的货物通过量；自然环境指标 C₂ 反映了码头水文、气象等情况，该指标影响着码头的营运天数。进港航道最大水深 C₃ 是进入港口航道的最大水深，该指标影响进港船舶的吨位。

社会环境指标 B₂ 用于衡量码头外部环境对码头货物周转影响程度，其包含了国家产业政策 C₄、宏观经济环境 C₅ 以及腹地货源情况 C₆。国家产业政策指标 C₄ 反映国家对港口行业扶持政策以及技术规范等，该指标对港口发展具有一定影响；宏观经济环境指标 C₅ 国民经济周期性波动对港口行业的影响，影响港口货物通过量；腹地货源量指标 C₆ 是反映码头所在腹地集装箱货物充足程度，该指标是影响码头集装箱实际通过量。

码头基础设施指标 B_3 用来衡量码头通过能力系统中的基础设施和设备资源情况, 包含了集装箱泊位个数指标 C_7 、岸桥台数指标 C_8 、场桥台数指标 C_9 以及集疏运能力 C_{10} 。集装箱泊位个数指标 C_7 指专业的集装箱泊位个数, 该指标影响着码头泊位通过能力; 岸桥台数指标 C_8 指码头沿线负责装卸到港集装箱船的装卸设备, 该指标用于衡量泊位装卸作业能力; 场桥台数指标 C_9 是指堆场中进行集装箱装卸的装卸设备, 该指标用于衡量集装箱码头堆场通过能力; 集疏运能力指标 C_{10} 用于衡量集装箱码头货物集中和疏散能力。

码头服务水平指标 B_4 从多方面来衡量码头对客户服务水平的高低, 该指标是影响码头在激烈的港口行业竞争中的优势体现, 其包含码头信息化程度 C_{11} 、码头服务费率水平 C_{12} 以及码头的综合效率 C_{13} 。码头信息化程度指标 C_{11} 用于衡量码头企业信息化建设是否完善, 该指标影响着码头的作业效率; 码头服务收费水平指标 C_{12} 是指因向客户提供作业服务而收取相应费用, 该指标影响客户盈利的重要因素之一, 码头争取客户源的重要因素; 码头综合效率 C_{13} 用于衡量码头企业在业务办理以及各项生产作业中的工作效率水平, 该指标是影响客户满意度的重要因素。

低碳绿色发展能力 B_5 是衡量港口综合竞争力指标重要指标, 包含了政府支持力度 C_{14} 、环保技术投入程度 C_{15} 以及低碳绿色管宣传与培训 C_{16} 。政府支持力度 C_{14} 用于衡量政府在港口企业低碳绿色发展中给予政策、技术帮助以及监督、引导作用; 环保技术投入程度 C_{15} 用于衡量港口企业在环保技术方面的投入情况; 低碳绿色管宣传与培训 C_{16} 用于衡量码头企业对员工低碳绿色意识的培训程度。

4.3 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价过程

4.3.1 指标权重确定

为获得指标权重判断矩阵, 向相关专家和企业内部专业人士发放了 30 份指标重要性调查问卷 (附录 A), 回收了 28 份, 统计了各位专家的调查问卷, 并与专家进行沟通反馈, 以获得各位专家一致认可的结果, 通过整理调查数据结果获得各层指标的判断矩阵, 具体下。

表 4.5 目标层判断矩阵

Tab. 4.5The judgment matrix of Target layer

目标层 A	自然条件 B ₁	社会环境 B ₂	码头基础设施 B ₃	码头服务水平 B ₄	低碳绿色发展能力 B ₅
自然条件 B ₁	1	1/4	1/4	1/3	3
社会环境 B ₂	4	1	2	2	4
码头基础设施 B ₃	4	1/2	1	3	4
码头服务水平 B ₄	3	1/2	1/3	1	3
低碳绿色发展能力 B ₅	1/3	1/3	1/4	1/3	1

表 4.6 码头自然条件判断矩阵

Tab.4.6 The judgment matrix of pier nature conditions

码头自然条件 B ₂	地理位置优势 C ₁	自然环境 C ₂	进港航道最大水深 C ₃
地理位置优势 C ₁	1	2	1/2
自然环境 C ₂	1/2	1	1/3
进港航道最大水深 C ₃	2	3	1

表 4.7 社会环境判断矩阵

Tab.4.7 The judgment matrix of the society

社会环境 B ₃	国家产业政策 C ₄	宏观经济环境 C ₅	腹地货源情况 C ₆
国家产业政策 C ₄	1	1/2	1/2
宏观经济环境 C ₅	2	1	1/2
腹地货源情况 C ₆	2	2	1

表 4.8 码头基础设施作业能力判断矩阵

Tab.4.8 The judgment matrix of the work capacity in terminal infrastructure

码头基础设施	集装箱泊位个数	岸桥台数 C ₈	场桥台数 C ₉	集疏运能力 C ₁₀
B ₃	C ₇			
集装箱泊位个数	1	2	2	2
C ₇				
岸桥台数	1/2	1	1	2
C ₈				
场桥台数	1/2	1	1	2
C ₉				
集疏运能力	1/2	1/2	1/2	1
C ₁₀				

表 4.9 码头服务水平判断矩阵

Tab.4.9 The judgment matrix of pier service level

码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁	码头服务收费水平	码头综合效率 C ₁₃
		C ₁₂	
码头信息化程度	1	1/2	1/2
C ₁₁			
码头服务收费水平	2	1	1/2
C ₁₂			
码头综合效率	2	2	1
C ₁₃			

表 4.10 低碳绿色发展水平判断矩阵

Tab. 4.10 The judgment matrix of the level of low-carbon green growth

低碳绿色发展能力	政府支持力度 C ₁₄	环保技术投入程度	低碳绿色宣传与培训
B ₅		C ₁₅	C ₁₆
政府支持力度 C ₁₄	1	2	2
环保技术投入程度	1/2	1	2
C ₁₅			
低碳绿色宣传与培训	1/2	1/2	1
C ₁₆			

根据获得的评价指标判断矩阵进行指标权重计算和一致性检验，本文采用 yaahp6.0 软件进行权重计算，并检验各个判断矩阵的一致性。
准则层指标权重计算：

$$w_A = (w_{B1}, w_{B2}, w_{B3}, w_{B4}, w_{B5}) = (0.0924, 0.3697, 0.3038, 0.1745, 0.0596)$$
$$CR_A = 0.0680 < 0.1, \text{ 满足一致性。}$$

指标层权重计算

自然条件 B₁:

$$W_{B1} = (w_{C1}, w_{C2}, w_{C3}) = (0.2970, 0.1634, 0.5396)$$

$$CR_{B1} = 0.0088 < 0.10, \text{ 满足一致性。}$$

社会环境 B₂:

$$W_{B2} = (w_{C4}, w_{C5}, w_{C6}) = (0.1958, 0.3108, 0.4934)$$

$$CR_{B2} = 0.0516 < 0.10, \text{ 满足一致性检验。}$$

码头基础设施 B₃:

$$W_{B3} = (w_{C7}, w_{C8}, w_{C9}, w_{C10}) = (0.3933, 0.2338, 0.2338, 0.1390)$$

$$CR_{B3} = 0.0226 < 0.10, \text{ 满足一致性检验。}$$

码头服务水平 B₄:

$$W_{B4} = (w_{C11}, w_{C12}, w_{C13}) = (0.1959, 0.3108, 0.4934)$$

$$CR_{B4} = 0.0516 < 0.10, \text{ 满足一致性。}$$

低碳绿色发展能力 B₅:

$$W_{B5} = (w_{C14}, w_{C15}, w_{C16}) = (0.4934, 0.3108, 0.1958)$$

$$CR_{B5} = 0.0516 < 0.10, \text{ 满足一致性。}$$

通过汇总以上权重计算结果, 获得准则层指标权重和指标层各指标权重, 如表 4.11 所示。

表 4.11TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系指标权重

Tab.4.11 The weight of the evaluation index system of Tianjin E terminal operating capacity

目标 层 A	准则层 B	决策层 C	相对权重	绝对权重
TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系	自然条件 B ₁	地理位置优势 C ₁	0.2970	0.0274
	(0.0924)	自然环境 C ₂	0.1634	0.0151
		进港航道最大水深 C ₃	0.5396	0.0499
	社会环境 B ₂	国家产业政策 C ₄	0.1958	0.0724
	(0.3697)	宏观经济环境 C ₅	0.3108	0.1149
		腹地货源情况 C ₆	0.4934	0.1824
	码头基础设施 B ₃	集装箱泊位个数 C ₇	0.3933	0.1195
	(0.3038)	岸桥台数 C ₈	0.2338	0.0710
		场桥台数 C ₉	0.2338	0.0710
		集疏运能力 C ₁₀	0.139	0.0422
	码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁	0.1959	0.0342
	(0.1745)	码头服务收费水平 C ₁₂	0.3108	0.0542
		码头综合效率 C ₁₃	0.4934	0.0861
	低碳绿色发展能力 B ₅	政府支持力度 C ₁₄	0.4934	0.0294
	(0.0596)	环保技术投入程度 C ₁₅	0.3108	0.0185
		低碳绿色宣传与培训 C ₁₆	0.1958	0.0117

4.3.2 隶属度确定

(1) 采用专家打分法获得定性指标评语集

对于定性指标，参考相关研究文献，将定性指标的评价标准确定四个等级，分为“好”、“较好”、“一般”以及“较差”。设置了定性指标等级确定调查问卷（如附录 B），向港口企业专业人士以及相关专家，共发放了 30 份，回收了 28 份问卷，将回收问卷结果进行统计，最终确定定性指标评语集。

(2) 由隶属度函数计算定量指标评语集

本文所涉及定量指标包括进港航道最大水深 C₃、集装箱泊位个数 C₇、岸桥台数 C₈ 以及场桥台数 C₉。

以“进港航道最大水深 C₃”的评语集为例，按照表 4.12 所示的定量指标评价标准，应用隶属度函数计算隶属度。由表 4.3 公式计算：

a=27.35，b=22.65 且 V₁-V₂=4.7 则

$$r_1 = \frac{u-b}{V_1-V_2} = \frac{23-22.65}{4.7} = 0.07$$

$$r_2 = \frac{c-u}{V_1-V_2} = \frac{27.35-23}{4.7} = 0.93$$

因此进港航道最大水深 C3 的评语集为 (0.07,0.93,0,0)，其他定量指标同理进行计算，获得如此结果：

集装箱泊位个数 C7 的评语集 (0,0,0.83,0.17)

岸桥台数 C8 的评语集 (0,0,0.5,0.5)

场桥台数 C9 的评语集 (0,0.33,0.67,0)

表 4.12 定量指标评价标准

Tab.4.12 The criterion for quantitative evaluation indicators

定量指标	评价等级			
	好	较好	中	较差
进港航道最大水深 C ₃	≥25	20.3~25	16~20.1	≤16
集装箱泊位个数 C ₇	≥7	5~7	2~5	≤5
岸桥台数 C ₈	≥300	270~300	241~270	≤241
场桥台数 C ₉	≥57	48~57	36~44	≤36

综合以上对于定性指标与定量指标求评语集的步骤，最终获得 TECT 集装箱码头营运通过能力评价指标的模糊综合评价矩阵，如表 4.13 所示。

表 4.13 模糊综合评价矩阵

Tab.4.13 Matrices for fuzzy comprehensive evaluation

目标层 A	准则层 B	指标层 C	模糊综合评价矩阵			
			好	较好	中	较差
TECT 集装箱 码头 营运 通过 能力 综合 评价 体系	自然条件 B ₁	地理位置优势 C ₁	0	0.31	0.69	0.
		自然环境 C ₂	0.66	0.34	0	0
		进港航道最大水深 C ₃	0.07	0.93	0	0
	社会环境 B ₂	国家产业政策 C ₄	0.22	0.78	0	0
		宏观经济环境 C ₅	0	0.42	0.68	0
		腹地货源量情况 C ₆	0	0.25	0.75	0
	码头基础设施 B ₃	集装箱泊位个数 C ₇	0	0	0.83	0.17
		岸桥台数 C ₈	0	0	0.5	0.5
		场桥台数 C ₉	0	0.33	0.67	0
		集疏运能力 C ₁₀	0	0.57	0.43	0
	码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁	0	0.24	0.76	0
		码头服务收费水平 C ₁₂	0	0.22	0.66	0.12
		码头综合效率 C ₁₃	0.26	0.48	0.26	0
	低碳绿色发展水平 B ₅	政府支持力度 C ₁₄	0.69	0.31	0	0
		环保技术投入程度 C ₁₅	0.16	0.36	0.48	0
		低碳绿色宣传与培训 C ₁₆	0	0.43	0.57	0

4.3.3 模糊综合评价计算

(1) 一级模糊综合评价

根据公式，运行 MATLAB，输入权重矩阵和模糊评价矩阵进行运算，计算结果如下：

$$\begin{aligned} B_1 &= W_{B1} \times R_1 = (0.2970, 0.1634, 0.5396) \begin{bmatrix} 0 & 0.31 & 0.69 & 0 \\ 0.66 & 0.34 & 0 & 0 \\ 0.07 & 0.93 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &= (0.1456, 0.6495, 0.2049, 0) \\ B_2 &= W_{B2} \times R_2 = (0.1958, 0.3108, 0.4934) \begin{bmatrix} 0.22 & 0.78 & 0 & 0 \\ 0 & 0.42 & 0.68 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 & 0 \end{bmatrix} \\ &= (0.0431, 0.4066, 0.5814, 0) \\ B_3 &= W_{B3} \times R_3 = (0.3933, 0.2338, 0.2338, 0.1390) \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.83 & 0.17 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0.33 & 0.67 & 0 \\ 0 & 0.57 & 0.43 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (0,0.1564, 0.6598, 0.1838) \\ B_4 &= W_{B_4} \times R = (0.1959, 0.3108, 0.4934) \begin{bmatrix} 0 & 0.24 & 0.76 & 0 \\ 0 & 0.22 & 0.66 & 0.12 \\ 0.26 & 0.48 & 0.26 & 0 \end{bmatrix} \\ &= (0.1283,0.3522,0.4823,0.0373) \\ B_5 &= W_{B_5} \times R_5 = (0.4934,0.3108,0.1958) \begin{bmatrix} 0.69 & 0.31 & 0 & 0 \\ 0.16 & 0.36 & 0.58 & 0 \\ 0 & 0.43 & 0.57 & 0 \end{bmatrix} \\ &= (0.3901,0.3490,0.2608,0) \end{aligned}$$

将一级模糊评价结果进行汇总，获得一级评判结果，如表 4.14 所示。

表 4.14 一级模糊评价结果

Tab.4.14 The first of result level evaluation

准则层 B	评价等级			
	好	较好	中	较差
自然条件 B ₁	0.1456	0.6495	0.2049	0
社会环境 B ₂	0.0431	0.4066	0.5814	0
码头基础设施 B ₃	0	0.1564	0.6598	0.1838
码头服务水平 B ₄	0.1283	0.3522	0.4823	0.0373
低碳绿色发展水平 B ₅	0.3901	0.3490	0.2608	0

(2) 二级模糊综合评价

与一级模糊评价同理，采用的是算子 $M(\bullet,+)$ 进行运算，再利用公式 4-9 计算目标层 A 的模糊综合评价，计算结果为：

$$\begin{aligned} B &= W \bullet (B_1, B_2, \dots, B_N)^T = (w_1, w_2, \dots, w_N) \bullet (B_1, B_2, \dots, B_N)^T \\ &= (0.0924, 0.3697, 0.3038, 0.1745, 0.0596) \begin{bmatrix} 0.1456 & 0.6495 & 0.2049 & 0 \\ 0.0431 & 0.4066 & 0.5814 & 0 \\ 0 & 0.1564 & 0.6598 & 0.1838 \\ 0.1283 & 0.3522 & 0.4823 & 0.0373 \\ 0.3901 & 0.3490 & 0.2608 & 0 \end{bmatrix} \\ &= (0.0750, 0.3401, 0.5340, 0.0623) \end{aligned}$$

(3) 评价结果

根据(2)可知，TECT 集装箱码头营运通过能力评价结果为“好”、“较好”、“中”、“较差”四个等级的隶属度分别为 0.0750、0.3401、0.5340、0.0623，根据最大隶属度原则确定 TECT 集装箱码头营运通过能力水平为“中”。

4.4 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价结果分析

由模糊综合评价结果可知，TECT 集装箱码头营运通过能力水平为“中”。影响 TECT 集装箱码头营运通过能力的准则层由自然条件指标、社会环境指标、码头基础设施指标、码头服务水平以及低碳绿色发展能力构成，根据一级模糊评价结果（如表 4.14 所示）和最大隶属度原则，可以判断自然条件指标的评价结果处于“较好”水平，社会环境指标、码头基础设施指标以及码头服务水平指标处于“中等”水平，低碳绿色发展能力处于“好”的水平。根据准则层各指标权重可知，社会环境指标权重（0.3697）和码头基础设施指标权重（0.3038）处于第一和第二位置，可见社会环境指标权重和码头基础设施指标对 TECT 集装箱码头营运通过能力的影响程度最大。

进一步通过对比指标层中各指标绝对权重（如表 4.11 所示），可以看出腹地货源情况（0.1824）、集装箱泊位个数（0.1195）、宏观经济环境（0.1149）、码头综合效率（0.0861）、国家产业政策（0.0724）、岸桥台数（0.0710）以及场桥台数（0.0710）等指标的绝对权重较大，即对 TECT 集装箱码头营运通过能力的影响较大，因此为提升 TECT 集装箱码头营运通过能力，应重点关注这七个指标。

腹地货源情况、宏观经济环境以及国家产业政策是社会环境的指标层指标，是影响社会环境评价结果为“中”的主要因素，这主要是由于在当前航运市场持续低迷，并且 TECT 集装箱码头与同地区集装箱码头存在激烈的竞争关系，存在腹地交叉重叠，这影响了 TECT 集装箱码头货源的充足性；集装箱泊位个数、岸桥台数以及场桥台数是码头基础设施的下属指标，是影响码头基础设施评价结果为“中”的主要影响因素，这些指标反映了 TECT 集装箱码头泊位个数较少，装卸设备不充足，TECT 集装箱码头的设计通过能力为 170 万 TEU，但在 2012 年码头就完成了 170.57 万 TEU，年设计通过能力小、配套设施规模不足是 TECT 集装箱码头面临的问题之一；码头综合效率是影响码头服务水平的重要指标，码头服务水平处于“中”主要是由于 TECT 集装箱码头没有先进的信息管理系统，各部门不能很好的信息共享，影响码头综合服务效率，制约了 TECT 集装箱码头进一步发展。

4.5 本章小结

在本章介绍对 AHP-模糊综合评价模型的原理以及构建方法，然后结合 TECT 集装箱码头实际情况建立相应的营运通过能力评价指标体系，利用 AHP-模糊评价方法对码头营运通过能力进行评价，确定其营运通过能力处于“中等”水平，并确定出影响码头营运通过能力的重要影响因素是社会环境和码头基础设施指标，为后文提出提升 TECT 集装箱码头营运通过能力的对策提供了重要依据。

第 5 章 TECT 集装箱码头营运通过能力提升对策

通过对 TECT 集装箱码头进行 SWOT 分析,并基于 TECT 集装箱码头营运通过能力模糊综合评价结果的基础上,从社会环境、码头基础设施、码头服务水平以及低碳绿色发展能力四方面提出科学的、合理的营运通过能力提升对策,进而提升码头的竞争力。

5.1 科学规划码头发展

根据表可 4.11 和 4.14 以看出,社会环境指标权重为 0.3697,是所有准则层中权重最大的指标,说明了社会环境对码头营运通过能力的影响程度最大,并且通过模糊评价结果可知,TECT 集装码头社会环境指标评价结果处于“中等”水平,因此为提升码头营运通过能力,首先要制定科学的码头发展规划应对社会环境因素。

随着我国经济水平不断发展,我国贸易进出口量不断增加,港口行业在国民经济发展中的作用与地位越来越突出。作为各种交通方式的交汇点,港口的迅速发展崛起降低了货物成本、提升国民生活水水平、带动了周边相关产业的发展,增加了就业机会、对区域经济发展和国民经济发展起到重要推动作用。虽然经济全球化发展和我国经济快速发展为我国港口行业快速发展提供了较好的发展条件,但随着全球经济增速疲软以及我国经济增速放缓,港口行业发展面临着诸多挑战,此外我国港口发展还面临着港口行业政策变动带来的风险。

TECT 集装箱码头应深入分析国家关于港口行业的政策,掌握宏观经济动态,制定争取货源的策略,利用自身优势,整合资源,科学规划码头发展,探究合适自身的发展战略。

5.2 加强码头基础设施建设

根据表 4.11 和表 4.14 可以看出,码头基础设施指标的权重为 0.3038,在准则层中处于第二位,其模糊综合评价结果处于“中等”水平,码头基础设施指标是制约 TECT 集装箱码头营运通过能力的重要因素之一,应加强码头基础设施建设。结合码头实际发展情况,主要从以下三方面提出对策。

1. 引进新设备,提升作业能力

TECT 集装箱码头发展迅速,码头的装卸设备以及配套设施在规模上的已经不能满足码头的发展趋势。TECT 集装箱码头现应以科学的市场预测为基础,引进更加高效、先进的装卸设备以及配套设施;TECT 集装箱码头还应适当增加泊位个数、提升泊位的专业化水平,合理规划不同大小泊位的使用,满足各类船舶对装卸作业的要求,充分发挥泊位作业能力,提高船舶的装卸效率,尽可能缩短船舶在港时间、确保集装箱货物高效、安全的进行中转和运输,提升码头的竞争力。

2.加强设备和生产组织管理

加强码头设备管理，确保码头机械设备处于较好的工作状态，提高码头机械设备的完好率和利用率，在日常中，加强机械部门对码头机械管理的重视程度；制定科学、合理的机械设备使用办法和严格的管理标准；加强对码头装卸设备的维护和保养，确保装卸设备在良好的技术经济性能下运行；积极引进和开发先进的技术，对装卸设备进行改造，对于效率低、能耗高以及污染重的老旧设备应逐步淘汰，最终提升码头装卸系统整体的技术水平，有利于充分发挥码头的装卸子系统的作业能力，进一步提高码头的通过能力。

同时还有加强对生产组织的管理，在实践中进一步探索更高效码头的装卸工艺流程，制定严格的装卸规范，确保生产和组织过程有序进行，进而提升码头企业的管理水平，提升码头企业的竞争力。

3.加强码头集疏运能力

集疏运系统由水路、公路、铁路、航空以及相关场站组成，集疏运子系统将码头与腹地紧密联系一起，将腹地货物集中到港口进行出口，将进口货物由港口疏运到腹地，集疏运系统对提升码头的装卸能力和中转速度有着重要的作用。

TECT 集装箱码头应加强与集疏运工具部门的沟通与协作，做到信息通畅，同时根据码头内部生产布局，加强各个作业点的连通性，并且合理衔接外部通道，加强与码头腹地的沟通；制定科学、合理的集疏运计划，要与铁路车皮和汽车供给计划相互匹配；优化集疏运网络，借助京津唐地区优势和发达交通条件，充分发挥好码头自身优势，强化码头水水换装和海铁换装的作业能力，衔接好铁路、公路以及水路等多种运输方式的连接，提高码头集疏运作业效率。

5.3 提升码头服务水平

码头服务水平是码头企业的软实力，是吸引船东或货主的重要因素之一，影响着码头的竞争力。根据表 4.11 和表 4.14 可以看出码头服务水平指标的权重为 0.1745，且其模糊评价结果处于“中等”水平。随着世界经济增长疲软以及码头企业之间竞争日益加剧，提升码头服务水平可以增强码头企业的竞争力，有利于码头企业发展。为提升 TECT 集装箱码头服务水平，结合码头实际现状，应从以下两方面提升码头服务水平。

1.加强信息化管理

港方、货主、船方以及海关等等之间密切的业务往来大多发生在港口，港口的整个生产作业涉及因素众多，使得港口整个生产过程充满复杂性，高效的信息化管理有助于提高码头的营运效率。现代化信息技术在记录、维护以及传输庞大且复杂的信息中得到越来越广泛的应用，实现了港口生产的实时监控和作业程序

化。TECT 集装箱码头应充分借助现代化信息技术，包括 GIS、GPS 以及 RS，解决生产管理的空间分布、位置服务以及可视化管理等问题，保证集装箱货物装卸、进出、堆放等作用顺利完成，降低机械设备之间的碰撞；将 GIS、GPS 以及 RS 技术应用到作用控制和管理层面，向电子商务化、操作图形化、功能全面化方向发展；利用 RFID 技术加强对运输集装箱车辆进出管理，深入分析集装箱作用效率，将信息反馈给船公司，有利于优化集装箱作业效率；码头还应建立完善信息交换体系，致力于与各生产相关方建立快捷、方便的信息交换，提升货、船以及车各类信息的准确性和高效性，尽可能缩短船、货不必要的在港时间，增加货物流通性，最终提升了港口的营运通过能力

2. 建立集装物流综合服务体系

TECT 集装箱码头应致力于以码头为中心建立起高效、优质的集装箱物流综合服务体系，推动集装箱码头自动化、信息化、服务优质化以及国际化发展，可以从以下几个方面开展。

(1) 建立信息共享平台，推动船公司、货主、码头以及相关部门之间无缝连接，提高物流供应链管理水平和优化产业结构，综合提升物流服务水平。

(2) 推动 TECT 集装箱码头自动化、电子化、无纸化，保证优质服务的基础上最大程度降低码头的服务成本，进而提升码头的经济效益，增强码头的竞争力。

(3) 与海事局、海关等政府部门加强信息沟通，推动信息一体化建设，简化流程，提升港口通关效率和服务水平。

(4) 推动集装箱码头物联网建设，实现传感器自动收集信息，并利用码头的信息技术对信息进行存储和整理，通过对信息的整合和分析，寻求优化码头作业流程的方案，提升码头决策水平，进而增强码头的竞争力。

5.4 提升码头低碳绿色发展能力

港口产业蓬勃发展带来了巨大的经济发展，同时也产生诸多负面影响，如环境污染以及资源浪费等。人们开始意识到港口发展不能一味追求经济效益，要同时兼顾与自然协调发展，港口低碳绿色发展正逐渐成为影响港口竞争力的重要构成因素。我国陆续出台了一系列政策法规促进我国港口低碳绿色发展。TECT 可把握此契机，积极发挥“油电双动力”场桥设备的节能优势，力争将节能减排措施推广到其他港口装卸工艺中，并降低成本，作为本码头的长期发展的独特竞争优势。

5.5 本章小结

本章根据 TECT 营运通过能力评价结果，分别从社会环境、码头基础设施、码头服务水平以及码头低碳绿色发展能力四方面提出提升 TECT 集装箱码头营运通过能力的对策，为提升我国码头营运通过能力提供了指导依据。

结论与展望

2016 年一系列整合和新联盟的成立促进集运市场改善的同时也加剧了集装箱码头之间的竞争。因此，在航运市场低迷与船公司整合的环境下，港口群间的竞争态势也对集装箱码头作业优化等多个方面提出了高质量的要求，只有不断提升码头的通过能力才能确保自己的核心竞争力，争取到更多的船舶到港作业。

本文首先对国内外关于港口通过能力相关研究进行了阐述，接着介绍了港口通过能力相关的基本理论，为后文打下坚实的理论基础；再对 TECT 集装箱码头进行了 SWOT 分析，分析出码头目前存在的优势、劣势、机遇和挑战；应用 AHP-模糊综合评价对 TECT 集装箱码头进行营运通过能力评价，根据评价结果得出 TECT 集装箱码头营运通过能力处于“中等”水平，并确定出影响 TECT 集装箱码头营运通过能力的重要影响因素是社会环境和码头基础设施。本文在基于 SWOT 分析和模糊综合评价结果的基础上，从社会环境、码头基础设施、码头服务水平以及码头低碳绿色发展能力四个方面提出提升码头营运通过能力的对策，有利于增加码头的竞争力

由于本人研究水平有限和研究条件的限制，在该论文的研究过程中还存在着许多不足，以下几点需进一步研究：

（1）在对 TECT 集装箱码头进行 SWOT 分析时没有考虑竞争对手在未来对 TECT 集装箱码头发展的影响，需要进一步分析竞争对手在未来与 TECT 集装箱港口的竞争情况。

（2）本文对 TECT 集装箱码头通过能力系统结构模型中各个子系统内部没有进一步深入研究，还需要进一步探索各个子系统的关系以及对码头的影响程度。

（3）码头生产过程是一个复杂的过程，影响码头通过能力的影响因素众多，因此多数是靠参考文献和经验对指标进行细化，指标不够全面、不够客观，需要更进一步探究。

参考文献

- [1] Edmond, Eric D. Operating Capacity of Container Berths for Scheduled Services by Queue Theory[J]. Dock & Harbour Authority, 1975, 56(661):230-234.
- [2] Etsuko Nishimura. The Dynamic Berth Allocation Problem for a Container Port Transportation, 1997.
- [3] Peterkofsky, R., Daganzo C.F. A branch and bound solution method for the crane scheduling Problem. Transportation Research, 1990.
- [4] Pyung Hoi Koo. Fleet sizing and routing for container transportation in a static environment. OR Spectrum, 2004.
- [5] Garrido, Rodrigo A, Allendes, Felipe A. Analysis and Modeling of Container Terminals Operations. Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ICTTS, 2000:232-239.
- [6] Sanjay K. Bose. An Introduction to Queueing Systems. India: Indian Institute of Technology, Kanpur, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001.
- [7] IMAI A, NAGAIWA K, CHAN W T. Efficient Planning of Berth Allocation for Container in Asia. Journal of Advanced Transportation, 1997.
- [8] Martin Grunow. Dispatching multi-load AGVs In highly automated seaport container terminals. OR Spectrum, 2004.
- [9] Kozan, E. and Preston, P. Genetic algorithm to multimodal terminals. International [8] Transactions schedule container transfers at in Operational Research, 1999.
- [10] Byun Jae-Woo, Jo Kang-Hyun, Lee Young-Suk. Optimal Supervisory control system for automated unmanned container transporters in the automated container terminals. In: Proceedings Korus 2000, The 4th Korea-Russia International Symposium On Science and Technology. IEEE, Piscataway, NJ, USA.2000.
- [11] Kim, K.H., Park, Y.M., Ryu, K.R. Deriving decision rules to locate export containers in container yards. European Journal of Operational Research, 2000.
- [12] Nam-kyu Parka, Dae-gwun Yoonb, Sang-kook Park. Port Capacity Evaluation Formula for General Cargo. The Asian Journal of Shipping and logistics. 2014(02):175-192.
- [13] Garrido, Rodrigo A; Allendes, Felipe A. Analysis and Modeling of Container Terminal Operations. Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ICTTS, 2007:232-239.
- [14] Shiyuan Zheng, Rudy R. Negenborn. Centralization or decentralization: A comparative analysis of port regulation modes. Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review. 2014(09):21-40.
- [15] Chung, Y.G. A Simulation analysis for a transtainer-based container handling facility. Computer and Industrial Engineering, 1988.
- [16] Daganzo, C.F. The Crane scheduling Problem. Transportation Research, 1989.
- [17] Kozan, E. and Preston, P. Genetic algorithm to schedule container transfers at multimodal terminals. International Transportation Operational Research, 1999.

- [18] Shabayek. AA, Yeung WW. A simulation model for the Kwai Chung container terminals in HongKong. European Journal of Operational Research.2002.
- [19] KiaM. Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation. Computers and Industrial Engineering,2002.
- [20] Chuqian Zhang, Yat-wah Wan, and Jiyin Liu. Dynamic crane deployment in Container storage yards. Transportation Research Part B, 2002.
- [21] Chin I.Liu and P.A.Ioannou. A comparison of different AGV dispatching rules in an automated container terminal. Proceedings of The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Singapore, September3-6, 2002.
- [22] DassK. Scheduling material handling vehicles in a container terminal. Production Planning and Control,2003.
- [23] Ng Wing-Cheong, Wong Chin-Sze. Evaluating the Impact of Vessel-traffic Interference on Container Terminal Capacity. Dept. of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, 2006.
- [24] 计明军, 靳志宏. 集装箱码头集卡与岸桥协调调度优化. 复旦学报(自然科学版), 2007.
- [25] 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. 交通运输工程学报, 2007.
- [26] 杨静蕾, 丁以中. 一种基于闭排队网络的集装箱码头设备配置优化模型. 中国管理科学, 2006.
- [27] 张玮等. 船闸通过能力计算中的若干问题研究. 武汉理工大学学报, 2005(10):68-78.
- [28] 金健. 浅析 TPS 的优化. 集装箱化, 2002.
- [29] 刘小莹. LK港集装箱码头泊位系统通过能力研究 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.
- [30] 张鲁宁. 集装箱班轮到港规律对通过能力影响研究: (硕士学位论文). 大连: 大连海事大学, 2013.
- [31] 李俊. 件杂货码头连续泊位调度与货场分配协同优化研究: (硕士学位论文). 武汉: 武汉科技大学, 2015.
- [32] 林嘉宏. 不确定环境下泊位与岸桥的协同调度研究: (硕士学位论文). 北京: 清华大学, 2014.
- [33] 关立勋. DCT 集装箱码头泊位系统通过能力研究: (硕士学位论文). 大连: 大连海事大学, 2013.
- [34] 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.
- [35] 唐国磊, 王文渊, 郭子坚. 航道尺度对集装箱码头泊位有效利用率的影响[J]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学学报, 2016, 37(1):127-131.
- [36] 王丹丹. 面向集装箱码头岸桥调度的可重叠流水作业优化: (博士学位论文). 南京: 东南大学, 2014.
- [37] 乐美龙, 徐根龙, 文洪蕊. 基于作业均衡的集装箱码头岸桥作业调度优化. 重庆交通大学学报 (自然科学版), 2016, 35(3):155-161.
- [38] 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. 上海交通大学学报, 2013(47):226-229.
- [39] 杨静蕾, 丁以中. 集装箱码头设备配置的模拟研究. 系统仿真学报, 2003.
- [40] 沙梅. 集装箱码头工艺方案设计建模与仿真. 系统仿真学报, 2003.
- [41] 韩晓龙, 丁以中. 集装箱港口装卸作业仿真系统. 系统仿真学报, 2006.

- [42]真虹.集装箱码头生产过程动态图形仿真优化的研究.中国图象图形学报, 1999.
- [43]董胜, 洪承礼.从水运系统的观点浅谈矿石码头规模的确定.港口工程, 1996.
- [44]别社安, 武港生.港口工程施工和港口营运过程的计算机模拟方法.水运工程, 1997.
- [45]鲁子爱.排队论在港口规划中的应用.水运工程, 1997.
- [46]高玮, 周强.集装箱码头集卡作业模式比较及其建模与仿真.港口装卸, 2003.
- [47]肖青, 刘翠莲.港口通过能力系统理论研究—港口通过能力计算方法的分析和评价.大连海运学院院报, 1994.
- [48]辜勇.集装箱堆场仿真建模及其在堆场规划设计中的应用.武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2007.
- [49] 杨文芳.基于港口服务水平的沿海港口通过能力研究[J].四川水泥, 2015(10).
- [50] 吴立新, 于洋, 刘珊.大型连续布置煤炭泊位装船能力影响因素分析[J].水运工程, 2016(10):100-105.
- [51] 吴丽结. 集装箱码头泊位利用率的仿真研究:(硕士学位论文).大连:大连海事大学, 2011.
- [52] 王熹芳. 基于排队论的集装箱码头泊位与装卸机械配置仿真研究:(硕士学位论文).天津:天津大学, 2014.
- [53] 徐淑芬.集装箱运输基本知识[M].北京:中国铁道出版社, 2002.
- [54] 杨华龙, 李德源.港口通过能力发展战略研究.大连海事大学学报, 1998(3).
- [55] 韦桂昌.论提高港口通过能力的途径.水运工程.2002(7):20-22.
- [56] 沈志云.交通运输工程学.北京:人民交通出版社, 2003.
- [57] M.Kia, E. Shayan. Investigation of port capacity under a new approach by computer & industrial Engineering, 2002, 42.
- [58]白茹莉, 沈雪龙.SWOT 分析方法在企业情报战略中的应用.农业图书情报学刊, 2006, 5:85-86.
- [59] 刘勤, 杜冰.上海远洋渔业发展的 SWOT-PEST 分析.中国渔业经济, 2011, 2:69-75.
- [60]陈家源, 吴国忠.港口企业管理学, 大连:大连海事大学出版社, 2013.
- [62] 许雪燕.模糊综合评价模型的研究及应用:(硕士学位论文).成都:西南石油大学, 2011.

附录 A 评价指标权重专家调查表

尊敬 _____

您好！我是读于大连海事大学交通运输工程的一名在职研究生。为对 TECT 集装箱码头营运通过能力进行综合评价，邀请您对此调查问卷进行填写。请您结合您的工作经验和专业使用以下法则对 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价指标体系中的各个指标进行打分。

层次分析法利用 1 到 9 作为标度，来衡量各准则间的相对重要性，表 1 显示了将两个准则的相关重要性由语言描述转化为数字描述。

表 A1 标度排列

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	表示两个因素相比，重要程度为相邻判断的中值
倒数	若因素 i 与 j 比较得 u_{ij} ，则因素 j 与 i 比较的结果为 $1/u_{ij}$

表 A2 准则层指标权重判断矩阵

目标层 A	自然条件 B ₁	社会环境 B ₂	码头基础设施 B ₃	码头服务水平 B ₄	低碳绿色发展能力 B ₅
自然条件 B ₁					
社会环境 B ₂					
码头基础设施 B ₃					
码头服务水平 B ₄					
低碳绿色发展能力 B ₅					

表 A2 码头自然条件判断矩阵

码头自然条件 B ₂	地理位置优势 C ₁	自然环境 C ₂	进港航道最大水深 C ₃
地理位置优势 C ₁			
自然环境 C ₂			
进港航道最大水深 C ₃			

表 A3 社会环境判断矩阵

社会环境 B ₃	国家产业政策 C ₄	宏观经济环境 C ₅	腹地货源情况 C ₆
国家产业政策 C ₄			
宏观经济环境 C ₅			
腹地货源情况 C ₆			

表 A4 码头基础设施作业能力判断矩阵

码头基础设施 B ₅	集装箱泊位个数 C ₇	岸桥台数 C ₈	场桥台数 C ₉	集疏运能力 C ₁₀
集装箱泊位个数 C ₇				
岸桥台数 C ₈				
场桥台数 C ₉				
集疏运能力 C ₁₀				

表 A5 码头服务水平判断矩阵

码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁	码头服务收费水平 C ₁₂	码头综合效率 C ₁₃
码头信息化程度 C ₁₁			
码头服务收费水平 C ₁₂			
码头综合效率 C ₁₃			

表 A6 低碳绿色发展水平判断矩阵

低碳绿色发展能力 B ₆	政府支持力度 C ₁₄	环保技术投入程度 C ₁₅	低碳绿色宣传与培训 C ₁₆
政府支持力度 C ₁₄			
环保技术投入程度 C ₁₅			
低碳绿色宣传与培训 C ₁₆			

附录 B 评价指标等级调查表

尊敬的_____

您好!我是读于大连海事大学交通运输工程的一名在职研究生。为对 TECT 集装箱码头营运通过能力进行综合评价，邀请您对此调查问卷进行填写。此调查问卷是为确定 TECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系中定性指标的隶属度，请您在仔细阅读后，根据 TECT 集装箱码头营运通过能力的实际情况，对下表所示的各个定性指标的等级进行打分，并在对应位置标准“√”。

表 B1 模糊综合评价矩阵

目标层 A	准则层 B	指标层 C	模糊综合评价矩阵			
			好	较好	中	较差
ECT 集装箱码头营运通过能力综合评价体系	自然条件 B ₁	地理位置优势 C ₁				
		自然环境 C ₂				
	社会环境 B ₂	国家产业政策 C ₄				
		宏观经济环境 C ₅				
		腹地货源量情况 C ₆				
	码头基础设施 B ₃	集疏运能力 C ₁₀				
	码头服务水平 B ₄	码头信息化程度 C ₁₁				
		码头服务收费水平 C ₁₂				
		码头综合效率 C ₁₃				
	低碳绿色发展水平 B ₅	政府支持力度 C ₁₄				
		环保技术投入程度 C ₁₅				
		低碳绿色宣传与培训 C ₁₆				

致 谢

毕业论文完成到这基本就快结束了，论文之所以能够顺利完成，首先要感谢我的导师刘翠莲老师，老师严谨治学、知识渊博、平易近人，给我很深的印象。从论文选题、开题一直到最后完成论文，刘老师都悉心指导。在论文写作过程中，不仅跟刘老师学习到了专业知识，也学到了很多做人的道理，对我今后工作与做人上都有很深的影响。

还要感谢在读研期间，学校的领导、老师以及同事们的在我学习、工作以及生活上的关心和帮助。

还要感谢家人的支持我，是家人的默默支持和无私奉献才使得我能够走到今天！

最后，向各位评阅本论文的专家和教授表示衷心的感谢，感谢您在百忙之中抽出时间来评阅我的论文！



大连海事大学
DALIAN MARITIME UNIVERSITY

硕士学位论文