



Y3540965

東北大學



NORTHEASTERN  
UNIVERSITY

# 硕士学位论文

THESIS FOR MASTER'S DEGREE

论文题目 锦州港口集装箱码头堆场布局及  
运输系统设计研究

作者 刘珍珠  
学院 工商管理学院  
专业 物流工程  
指导教师 崔升波 副教授

备注

二〇一六 年 六 月 日

分类号\_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_



# 学 位 论 文

锦州港口集装箱码头堆场布局及运输系统设计研究

作 者 姓 名：刘珍珠

指 导 教 师：崔升波副教授

东北大学工商管理学院

申请学位级别：硕士                      学 科 类 别：专业硕士学位

学科专业名称：物流工程

论文提交日期：2016年6月              论文答辩日期：2016年6月

学位授予日期：                      答辩委员会主席：郭伏教授

评 阅 人：张川副教授、张青山教授

东 北 大 学

2016年6月

**A Thesis for the Degree of Master in Project Management**

**Research on layout and transportation system design of container  
terminal yard of Jinzhou port**

by Liu zhenzhu

Supervisor: Associate Professor Cui shengbo

**Northeastern University**

**January 2016**

# 独创性声明

本人声明，所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：刘珍珠

日期：2016.6.24

# 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

作者和导师同意网上交流的时间为作者获得学位后：

半年 ☐    一年 ☐    一年半 ☐    两年 ☒

学位论文作者签名：刘珍珠

导师签名：崔升波

签字日期：2016.6.24

签字日期：2016.6.27

# 锦州港口集装箱码头堆场布局及运输系统设计研究

## 摘 要

随着经济全球化和世界一体化,集装箱码头的作用越来越重要。集装箱码头的物流系统运作效率引起了越来越多学者和经营者的关注。而在物流系统中集装箱的堆场布局问题和场内集装箱的运输问题是整个物流系统中非常重要的两个环节。本文对集装箱堆场和运输系统规划设计两个问题进行了研究,主要内容如下:

首先,阅读了大量文献资料并参考其他先进码头的规划案例,找到了本论文的研究思路和研究方法。其次,分析了锦州港的现状和存在的问题,进而确定了堆场布局和运输系统规划是本文研究的主要问题,再次在分析历史数据和结合锦州港的特点重新划分了堆场的功能区域,并使用了 SLP 的方法对堆场布局进行了规划。接着对锦州港的运输设备进行匹配。

本文研究的目的是对锦州港的堆场布局和运输设施进行规划设计,以期通过上述的研究结果,使集装箱码头的区域规划更合理、从而提高设备利用率和降低翻箱率。以期能使整个码头的运作效率有所提高,从而降低成本。提高整个港口的竞争力。

**关键词:** 集装箱码头、集装箱堆场布局、运输系统规划

## Research of logistics system planning on container terminal of Jinzhou port

### Abstract

With the rapid development of container transport, the rapid growth of container throughput to the scale of port and port logistics efficiency proposed the new challenge. The port logistics facilities planning and construction of become one of the concerns of the enterprises and design units. But at present, our country the actual construction of logistics park, the pursuit of scale and image, and lead to operation stages appeared a lot of problems.

This paper first from the purpose and significance of port logistics system planning is analyzed, then the present situation of the Jinzhou container terminal logistics system is introduced in this paper, based on the status quo and the Jinzhou container terminal logistics system planning goals. Logistics system planning involves seven aspects. In this paper mainly, the layout planning and transportation are introduced. Pier concrete planning, in order to improve both in hardware equipment and technology, management in modern port logistics industry reflects the strong competitiveness, and economic benefits and the development of their own will be a new change, making terminal become modern container terminals.

Based on SLP method as a starting point, from the improvement of the system input data type, the determination of type system layout and material flow lines factor three aspects to improve and get layout optimization scheme. And according to the technological process of container terminal, container terminal logistics transportation route optimization model is proposed. The model set card to walk as the goal, the shortest mileage in satisfies the requirement of container yard storage and vessel is requirements, under the condition of optimal solution set card walk path. The example calculation shows that the optimization model can provide a certain decision help for terminal managers

**Key words:** container terminal, Container yard layout, Transportation system plannin

目 录

独创性声明..... I

摘 要..... II

Abstract..... III

第 1 章 绪 论..... 1

    1.1 研究背景..... 1

    1.2 研究的目的和意义..... 2

    1.3 研究内容..... 3

    1.4 研究思路与方法..... 3

        1.4.1 研究思路..... 3

        1.4.2 研究方法..... 4

第 2 章 文献综述与理论基础..... 5

    2.1 文献综述..... 5

        2.1.1 国外学者对港口码头布置规划的研究..... 5

        2.1.2 国内学者对港口码头布置规划的研究..... 5

    2.2 集装箱码头概述..... 6

        2.2.1 集装箱码头的布局..... 6

        2.2.2 集装箱码头的作业流程..... 7

        2.2.3 集装箱码头的装卸设施..... 9

    2.3 集装箱码头规划的原则和方法..... 9

        2.3.1 集装箱码头堆场规划的原则..... 9

            2.3.1.1 集装箱堆场规划的要求与原则..... 9

            2.3.1.2 集装箱码头堆场设施规划过程中所应遵循的原则..... 10

        2.3.2 SLP 规划方法介绍..... 10

            2.3.2.1 SLP 理论的构成..... 11

            2.3.2.2 SLP 具有的优点..... 11

            2.3.2.3 SLP 实施步骤..... 11

第 3 章 锦州港口概况..... 13

    3.1 锦州港港口简介..... 13

    3.2 锦州港集装箱码头简介..... 14

    3.3 锦州港集装箱码头存在问题..... 16

第 4 章 集装箱堆场布局的规划设计..... 18

    4.1 集装箱堆场布局规划流程..... 18

    4.2 集装箱堆场功能区划分和各单位面积估算..... 18

        4.2.1 集装箱堆场功能区的划分..... 19

        4.2.2 集装箱堆场的功能区面积估算..... 20

            4.2.2.1 锦州港集装箱吞吐量预测..... 20

            4.2.2.2 集装箱堆场功能区实际面积估算..... 24

    4.3 SLP 规划布局..... 25

4.3.1 物流关系分析.....26

4.3.2 非物流关系分析.....31

4.3.3 功能区之间的综合相互关系.....28

4.3.4 集装箱堆场的总平面布局.....31

    4.3.4.1 作业单位位置相关图.....31

    4.3.4.2 作业单位面积相关图.....33

    4.3.4.3 集装箱堆场布局可行方案.....33

4.3.4 方案的评估与选择.....33

**第 5 章 集装箱堆场运输系统的规划.....36**

5.1 装卸机械的配置.....36

    5.1.1 岸桥的技术参数与数量配备.....36

    5.1.2 场桥的技术参数与数量配备.....37

    5.1.3 正面吊的技术参数与数量配备.....38

    5.1.4 空箱堆高机的技术参数与数量配备.....38

5.2 运输车辆配置设计.....39

    5.2.1 运输车辆数量.....39

    5.2.2 运输车辆技术参数.....40

**第 6 章 结论与展望.....43**

6.1 结论.....43

6.2 展望.....43

参考文献.....44

致谢.....47



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 研究背景

### (1) 全球的集装箱港口化迅速发展

港口对于每个国家或地区来讲都是很重要的基础设施,是各个国家和地区进行经济贸易和交流的重要节点。20 世纪 50 年代之后,由于水上运输量更大,单位成本更低,于是集装箱的重心开始由陆地运输转向水路运输。水上集装箱技术因其运量大、价格低廉、安全等因素逐步成为主流的运输方式。据统计,世界上有 700 多个港口建设了集装箱码头。进行集装箱的运输业务。

随着经济全球化和信息化的普及,许多港口已经开始转型,由单一功能变成多功能港口。开始变得更加规模化,经济化和系统化。所以,如何做好物流系统规划,融合各种技术,整合各种资源,形成港口物流系统的智能化,是港口物流发展的趋势。

### (2) 全球航运的重心不断转移

全球港口集装箱系统虽然呈现快速发展的状态,但各地存在很大的差异,集装箱航运的重点在不断迁移。在港口集装化的早期阶段,北美国家是集装箱运输的重心地区,随后欧洲逐步发展并在规模上大大超过北美,在 20 世纪 70 年代中期超越北美而跃居第一。从 20 世纪 90 年代开始,发展中的国家经济增长迅速,随着市场需求增加,发展中国家的集装箱运量增大。

改革开放以来,尤其是加入世贸以后,我国已经成为各个国家经济贸易的对象,中国集装箱的航运市场也开始快速增长。从 70 年代开始,逐年增加的集装箱吞吐量使我国的港口建设也开始蓬勃发展。很多港口开始由单一功能向多功能的综合性港口发展。2014 年,全球 10 大集装箱港口吞吐量排行榜,有七个港口属于中国。

### (3) 中国集装箱港口面临的问题

我国港口建设起步较晚,上个世纪 80 年代,我国运输业才注意到海上运输的重要,于是正式港口的规划与建设。但我国有很长的海岸线,天然的地理条件使我国的港口物流有很大的发展空间。近些年,在市场经济的推动下,整个港口

物流系统呈现快速增长的态势,各个港口不同程度都加大了基础设施和物流系统的规划的力度,并引入了大量的先进的设备和管理技术,从而很好的应对了吞吐量迅速增长的需求。随着国际贸易一体化的发展,作为运输贸易中最活跃的港口,开始逐步适应物流行业的需求,相当一大部分的港口已经开始从传统港口向集仓储、配送、流通加工等综合性港口转变。

我国的港口集装箱码头其有如下特点:

(1) 港口的物流设施和装备良莠不齐。近些年新投资建设的港口集装箱码头的综合程度很高,其水平与发达国家相近。但部分港口发展处水平相当于 80 年代的,很多港口的仍处于运输方式为杂件货物的阶段。

(2) 港口集装箱码头的机械设备配置低,而且其标准也不统一,这直接使得各种联运方式运输不畅,降低总体的效率。

(3) 港口中集装箱堆存、装卸搬运、配送、信息等都处于无序状态,各部门沟通不畅使得物流效率低下,成本较高。

在经济利益的驱动下,许多船公司开始制定大型集装箱船,运量超过 8000 标准箱越来越多。这些庞然大物在港口码头不仅占据空间较大,而且对港口码头的装卸能力,运输能力,配送能力等在内的物流系统提出了巨大的挑战。当前,我国港口集装箱码头的物流系统规划比较混乱,导致港口拥堵严重,降低港口装卸效率,等待时间较长间接使得运费上涨。系统的物流系统规划势在必行。

## 1.2 研究的目的和意义

海上运输是几种运输方式中成本相对最低的。而海上集装箱运输对于一些商品来说是最好的一种运输方式。风险低,成本低,于是很多客户选择了集装箱运输。有需求才有市场,集装箱吞吐量的大增直接导致了集装箱港口数量增加。港口数量增多必然导致了港口间的激烈竞争。为了吸引更多的客户,获得经济利益,港口开始考虑通过减少船舶在港口的装卸时间来提高效率,降低运营成本。为了提高码头的综合实力,吸引更多船舶到港,集装箱码头开始转变策略,开始由基础的,单纯的改变基础设施,扩大港口码头规模,到用最低的成本,改善现有物流系统,来提高港口的运作效率。

锦州港，作为辽西一个重要的港口，竞争对手有大连港、营口港等港口，如果港口想要发展下去，必须提高自身条件，在资源整合的今天，无论是作为竞争对手还是合作者，锦州港集装码头都需要改善状态。

## 1.3 研究内容

本文的研究的主要内容包括六个部分。由于集装箱码头物流系统规划内容较多，本文主要研究和规划集装箱堆场布局和集装箱运输系统两个方面。

### (1) 绪论

主要内容包括论文研究的背景介绍，研究的目的是意义，研究的主要内容和主要使用的研究方法。

### (2) 集装箱码头的相关理论介绍

内容包括集装箱码头介绍以及集装箱码头的作业流程，另外还有码头规划的基本原则，最后是在堆场规划中使用的有关方法的理论介绍。

### (3) 锦州港的基本情况和存在问题

内容包括锦州港的基本情况，集装箱码头的现状以及在目前状态下存在的问题。

### (4) 集装箱堆场布局规划

内容包括针对锦州港目前的需求状况，首先把堆场的功能进行重新划分；其次对锦州港的吞吐量以及使用面积进行了预测；最后使用 SLP 的方法对功能区域进行布局；最后确定了比较合适的规划布局。

### (5) 集装箱码头运输系统规划

内容包括针对锦州港机械设备的配置设计以及运输的规划设计。

## 1.4 研究思路与方法

### 1.4.1 研究思路

通过学习和分析国内外学者的研究成果，并结合锦州港的调研基础，发现堆场的规划布局以及运输系统问题是提高集装箱运输效率的关键点。本文的思路是以基本理论作为基础，然后分析锦州港的现状和存在问题，然后根据存在问题以及目前的需求状况，对布局重新划分功能区域，在预测了未来 10 年的吞吐量后

估算出各个功能区域的使用面积，接着用 SLP 规划出功能区域的布局情况。最后在功能区域划分的基础之上，对机械设备进行配置，并对运输进行简单规划。

#### 1.4.2 研究方法

本论文采用了资料分析法、专家调查法、回归分析预测法、SLP 等方法。

首先用资料分析法查阅相关资料确定了研究的思路；

其次用专家调查法结合码头作业流程综合分析出功能区域的划分；

再次用回归分析法预测了锦州港集装箱的吞吐量，为各区域的面积估算提供了数据；

最后用 SLP 的方法对各个功能区域进行规划，得出了堆场的布局方案。

## 第2章 文献综述与理论基础

### 2.1 文献综述

集装箱运输是几种运输方式中成本最低的一种方式。它发展较快、贡献大，但其发展却经历了漫长的过程。这期间，很多国内外的学者对于集装箱运输，港口码头规划都有很多成果。本论文在写作之初查阅了很多资料，虽然不都能研究通透，但对于本论文的写作提供了很大帮助。

#### 2.1.1 国外学者对港口码头布置规划的研究

Richard Muther<sup>[1]</sup>在1961年提出SLP（Systematic layout planning 系统布局设计）理论，第一次在布局规划问题中引入定量的处理方法，从此SLP成了规划布局的基本方法。系统布局设计SLP是解决布局问题的基础，各国的学者在使用中结合了各种方式和算法，改良的SLP更加贴合了今天的发展需求。Luigi Mocia<sup>[2]</sup>通过将遗传算法进行改进，利用选择、交叉、变异等操作将相邻设施进行描述并连接，对多层设施布局问题进行求解。Huang S C 等人<sup>[3]</sup>研究堆场最优布局，以成本为基础，建立有关龙门吊相对位置和集卡行走路程的模型，来确定堆场的布局和行走路线等，同时综合考虑空间成本和基本运输和装卸设备成本研究了堆场集装箱箱位空间分配问题，建立了一个基本的混合整数规划模型以及两个启发式算法，解决了集装箱动态存储，提高了集装箱空间利用率。Shigeru Yurimoto 和 Naoto Katayama 为了解决日本东京地区的物流中心选址、数量和布局问题，用线性数学模型求解。Bierwirth, C 等<sup>[4]</sup>研究了一种减少物料搬运和减少设备行程的三维布局方法，在一定程度上节省了成本；传统的SLP方法只适用于推动计划型生产，而现代生产模式大多是需求拉动式生产，即不能直接采用传统的SLP方法研究现在实际中的问题。

#### 2.1.2 国内学者对港口码头布置规划的主要研究

国内研究者党小红<sup>[5]</sup>研究了集装箱码头物流系统的复杂性。其研究结果显示，水平布局的方式更好的提高整个港口的运作效率；而箱区分块形式的复杂性

则表现在对堆场内机械运作的影响、码头路网结构的影响和堆场通过能力的影响。赵宁、徐子奇、宓为建<sup>[6]</sup>在《集装箱码头数字化运营管理》中对于码头装卸设备的配备,堆场集装箱的管理,集卡的调度都有创新研究。刘戈<sup>[7]</sup>研究了辽宁众多港口的现状存在的问题和发展的方向和规模,并且对堆场规划进行了研究。董刚<sup>[8]</sup>在《完善上海国际集装箱堆场行业的对策研究》种对于堆场行业进行了详细分析,并提出了对策。对本论文的写作提供了一定的参考价值。杨静蕾<sup>[9]</sup>利用系统和集成的观点,将集装箱码头内部物的作业过程引入到物流网络中,她采用了排队网络和仿真技术对集装箱码头内部集装箱运作提供了帮助。

## 2.2 集装箱码头概述

集装箱码头是专门用来停靠集装箱船舶、而且有专用的设备和设施装卸集装箱的港口作业场所。集装箱是一种特殊的搬运对象,所以集装箱码头是专用的码头。在现代物流发展快速的今天,集装箱码头是在集装箱运输过程中,水路和陆路运输的桥梁和纽带,也是集装箱多式联运的重要节点。集装箱码头一般设有泊位、集装箱堆场、检查口、集装箱专用设备和其他专用设备。

### 2.2.1 集装箱码头布局

集装箱码头的布局主要是确定码头的泊位数量、码头前沿的宽度、堆场的大小、堆场的布局、装卸搬运机械的性能参数和数量等等。堆场的布局和机械设备以及运输线路的配合对于一个集装箱码头来说至关重要,它决定了整个码头的运作效率。一个合理的码头布局会带来如下好处:

#### (1) 降低码头运营成本

合理的布局会提高堆场利用率、减少机械的移动距离和转场次数、降低翻箱率,从而有助于降低码头的运营成本。

#### (2) 降低码头机械能耗

由于场地机械来回移动次数、专场次数和翻箱率的降低,相关能源得到降低。

#### (3) 降低船舶在港时间

合理的布局会有助于提高装船和卸船的效率,降低船舶在港口的停泊时间。

#### (4) 减少集卡的排队时间

(5) 提高码头服务质量

评价码头服务质量的两个标准就是船舶在港的停留时间和外集卡在港的停留时间，这两个指标的降低充分说明了码头服务质量的提高。

集装箱码头应该具备的必要设施有泊位、码头前沿、集装箱堆场、闸口、装卸搬运的设备、道路系统。除了这些主要的设施之外可能还有办公区、油库等相关设施

2.2.2 集装箱码头的作业流程

集装箱码头在整个集装箱运输过程中占据中心位置，所有的运输过程都在这里汇集，并且集装箱码头在很大程度上控制着国际运输、多式联运的速度和效率。集装箱码头作业流程分为进口和出口流程。

(1) 集装箱码头出口作业流程如图 2.1

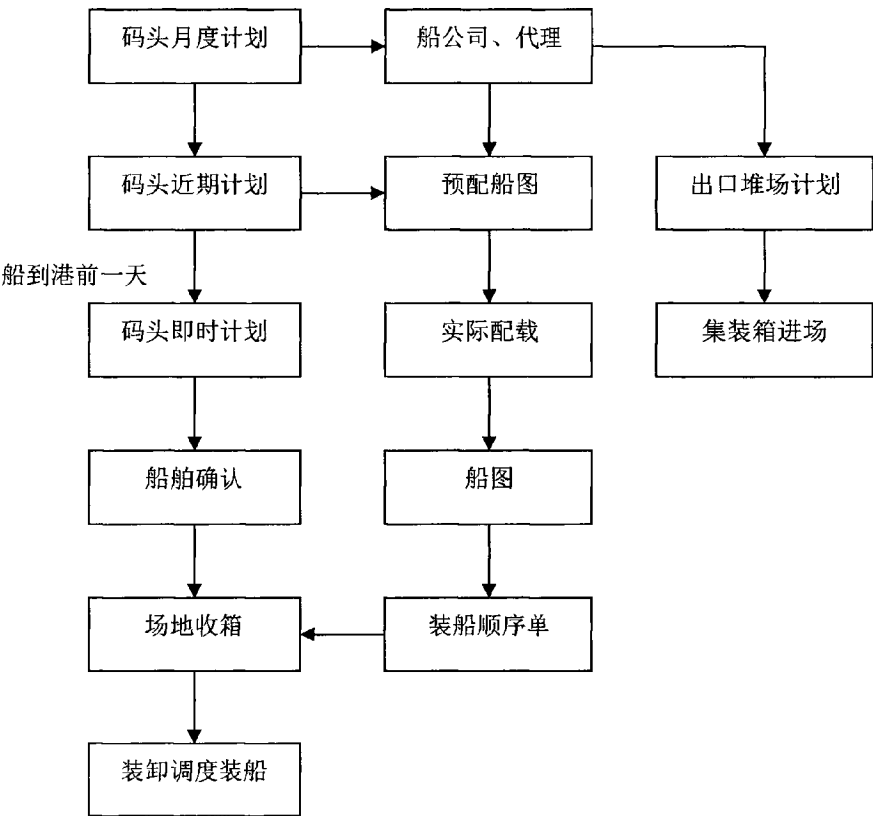


图 2.1 集装箱码头出口作业流程

Fig.2.1 The container export process of container terminal

船公司或者代理人员在出口箱进场的前一天,将船舶预配图交给码头计划配载。码头配载的工作人员根据场站收据和配载图进行配载。配载完成后制作出装船顺序单,发给控制室,由控制室的人员指挥装船。

这是出口的基本流程,当然,随着港口的信息化,配载的手段会越来越先进,装船的流程也可能会发生变化。

(2) 集装箱的进口流程如图 2.2

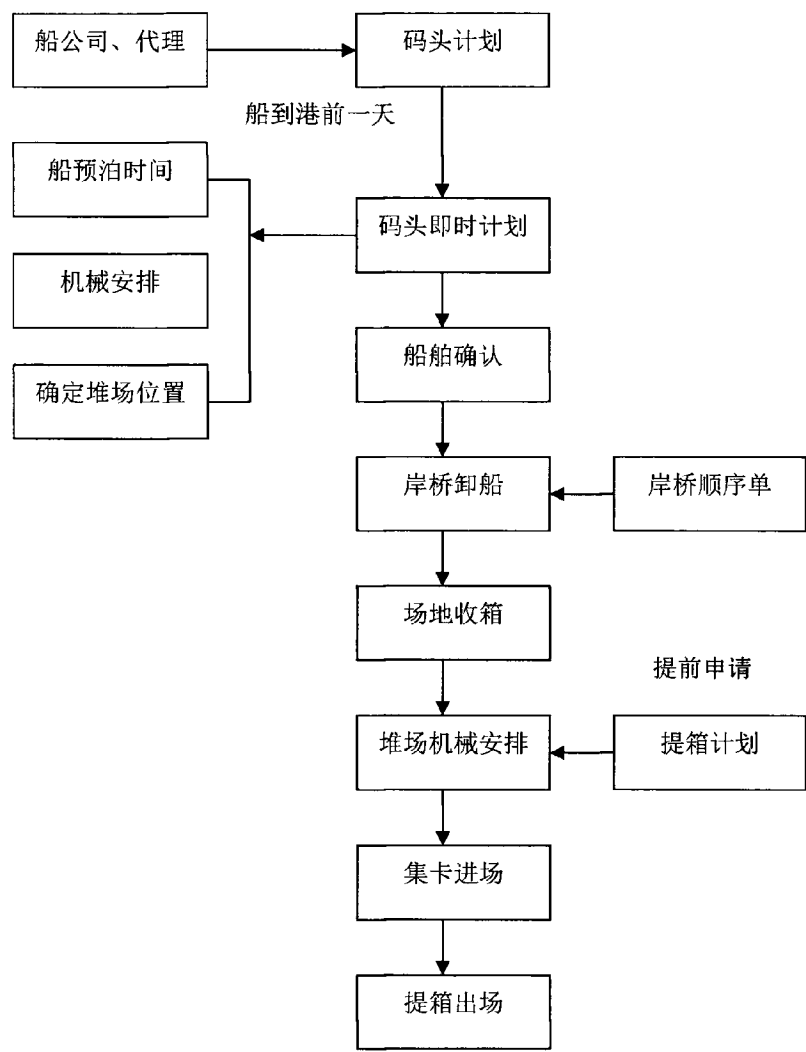


图 2.2 集装箱码头进口作业流程

Fig.2.2 The container import process of container terminal

船公司在收到集装箱货运资料后,按照码头的要求,在集装箱码头规定的时间内将资料送往集装箱码头。相关人员收到资料后,认真核对和确认船次和时



间并且按照实际情况编制好卸船顺序单。并根据取货时间的先后顺序制定好堆场计划，在集装箱堆场上预先计划留好集装箱位置，同时安排岸桥按计划卸船。

另外，还需要按照货运计划，通知调度安排好集卡，集卡将集装箱运送到预先安排好的堆场位置，堆场管理员按照顺序接单，并安排进场。最后如果有提箱，则提前预约，管理员按计划安排外集卡进场或者配送。

### 2.2.3 集装箱码头的装卸设备

集装箱是特殊的搬运对象，所以集装箱码头除了有一些泊位等基础设施之外，在码头前沿、堆场和其他地方还必须要配备各种类型的机械设备，这些机械设备保证了集装箱完成高效的装卸工艺流程，满足集装箱在码头的装卸、搬运、和拆箱等要求。目前集装箱码头的主要设备有：岸桥、集卡、场桥、正面吊、叉车等。

## 2.3 集装箱码头规划的原则和方法

### 2.3.1 集装箱码头堆场规划的原则

集装箱码头堆场的设施规划就是对集装箱码头堆场的具体设施进行规划和布局，比如前方堆场放哪、办公区放哪、检验区放哪等等。目标就是使各个区域按照工艺流程来说的空间利用率最大、车辆的运输距离最短、运输时间最少，并且没有无效运输和交叉。

#### 2.3.1.1 集装箱堆场规划的要求与原则

集装箱堆场是集装箱码头的存储之地。等待发货的集装箱、想要配送给客户的集装箱、拆箱配送等等都需要这个场地来进行周转。集装箱堆场布局应该有以下具体要求：

(1) 平面布局规划要合理紧凑，使空间利用率最大，减少浪费。另外还要根据远期港口发展战略的规划堆场要预留出一部分作为机动面积，以保证将来堆场的灵活性。

(2) 严格遵循集装箱运作的工艺流程的要求。使集装箱流动顺畅，避免交叉运作，无效运作，以此来减少设备投资。

(3) 按照作业流程和吞吐量,合理做好功能划分。堆箱位置的安排,流转集装箱的道路要注意合理性,减少交叉装卸机械的选择要和吞吐量想匹配。

(4) 良好的适应组织结构和管理方便。

(5) 最后也要以人为本,要考虑到区域划分是否合乎工作人员的心里和生理要求。

### 2.3.1.2 集装箱码头堆场设施规划过程中所应遵循的原则

(1) 最短距离的原则:各个功能区域之间要移动距离最短,这样可以减少搬运时间,提高效率,降低成本。

(2) 优化布局的原则:在集装箱堆场的规划布局中,按照吞吐量来看,集装箱流动大的功能区要布置在一起,流动量小的功能区布局要相对远些。在布置中还要注意减少迂回运输和倒流的问题。

(3) 系统优化原则:系统,就是要强调整体。要考虑到各个物流环节的标准化和统一化,同时还要考虑堆场布局的整体化和充分利用化,另外还要考虑到运作成本,在一定的低成本情况下,如何提高客户的服务水准。这些都是一个系统中应该考虑的问题。

(4) 柔性化原则:堆场的规划无论从面积还是区域之间的相互关系,都应该具有弹性。因为吞吐量和种类可能在特定情况下发生变化。所以堆场的设计规划应该能够根据相关东西的变化而随时进行调整。

(5) 满足工艺、生产和管理要求的原则:布局要符合工艺流程和约定习惯。对于管理者来讲方便管理也是需要考虑的因素。

### 2.3.2 SLP 规划方法介绍

SLP 方法,是由美国学者 Richard Muther 在 1961 年提出的。系统布置规划理论 (SLP, Systematic Layout planning), 是专门用来解决布局规划问题。该理论以基本要素作为分析研究的切入点,并且查找各个对象在活动中与之相关联的单位的活动密切程度,画成相关图表。规划处集中可能性的预备方案,最后规划出合理的布局的解决方案。最后,对选定的方案记性评价和评估得到评估报告,并且对评估报告进行重新安排和调整。今儿得到满意的规划方案。

### 2.3.2.1 SLP 理论的阶段构成如下

#### 第一阶段：位置

确定规划布局的地点，并分析地点的可操作性以及周边环境情况；

#### 第二阶段：总体布局

按照工艺流程，确定作业活动区域。确定对象流动路线。

#### 第三阶段：细节布置

各个区域设置好之后要进行设备安装。

#### 第四阶段：安装装置

设置好相关的图表和详细安装流程。对相关人员进行培训。比如安全方面，操作注意事项等等。

在这四个阶段中，二、三阶段是具体的规划布局。对于第一、四阶段，是一个前提，在规划中规划人员对这两个阶段干涉性较弱。必须规划出满足这些条件的布局方案。

### 2.3.2.2 SLP 具有的优点

(1) SLP 方法既有定性分析，又有定量分析。两种分析相结合，使得具有实际操作性。

(2) 这种分析方法主要利用图表模型，优点是直观、一目了然。

(3) 严密的系统分析手段，规范的设计步骤、使整个分析过程具有逻辑性和合理性。

(4) 立足于整个系统。

(5) 适用范围较广。它可以用于某部门的新建、改建、和扩建。

### 2.3.2.3 SLP 的步骤

系统平面布局设计是一种具有条理性方法，其基础依据一般为下列三种：

(1) 相互关系：是指布局中的对象之间在一定条件下的关系远近的程度。

(2) 面积：所规划的对象大小、形状、类别。

(3) 调整：根据一定条件和需求调整对象之间的位置。

在 SLP 方法中，实施 SLP 的过程包括 4 个步骤。SLP 方法实施的步骤和每

个步骤的具体内容如下:

### (1) 准备原始资料

在开始系统布局规划的时候,必须要确定系统规划布局方法(SLP)的基本要素一对象 P,数量 Q,生产工艺过程 R,辅助服务部门 S 以及时间安排 T 等这些原始资料。

### (2) 物流分析与作业单位的关系分析

系统分析中的物流关系分析和非物流关系分析是 SLP 中重要的内容。两种关系都用图表来进行表示。然后分析物流关系和非物流关系各站比重,用简单的加权法来综合考虑物流关系与非物流关系。其最后结果就是综合成综合的相互关系图表。

### (3) 绘制作业单位位置相关图

根据综合物流关系图表,综合分析各个作业单位之间的相互关系和密切程度,来确定作业单元的布置情况,得出各个作业之间的相对位置关系。

### (4) 方案评价与择优

对于得出的几种方案,要在方案中选择一个最优的方案,所以要确定一种评价方式,对几种方案进行评估。最后得到最好的布置方

## 第 3 章 锦州港口概况

### 3.1 锦州港港口简介

锦州港于建设于 1986 年，正式使用是 1990 年。锦州港是辽宁省重点发展的港口。目前，锦州港与其他国家和地区建立通航关系达 80 多个，世界各地的港口都有联系。

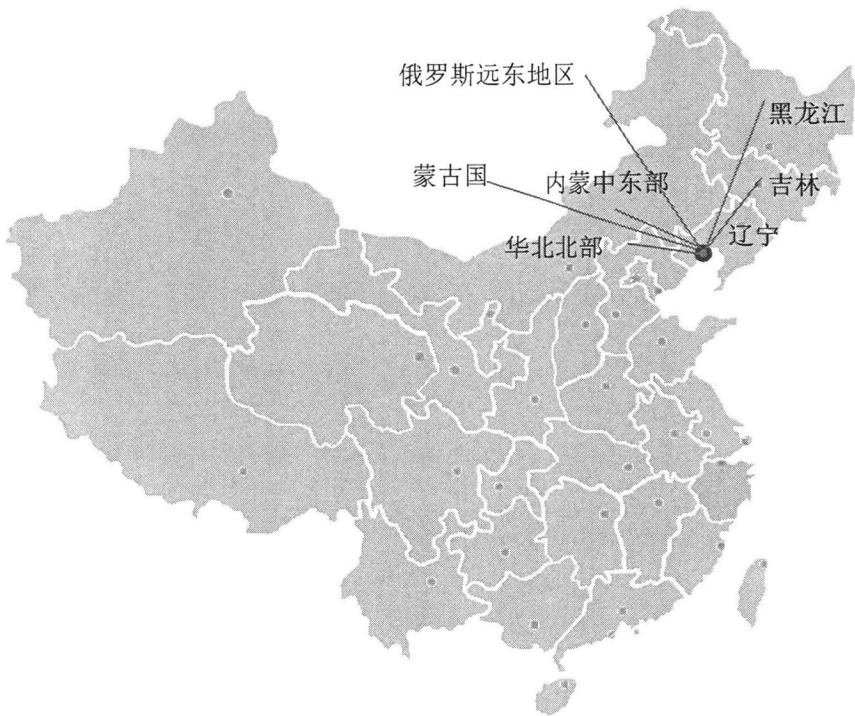


图 3.1 区位优势图解

Fig.3.1 Advantage of location illustration

从地理位置来看，如图 3.1。它处于辽宁的西北部，是辽宁省发展的重点港口之一。经过这么多年的发展，锦州港现在已经成欧亚大陆桥的必经之地。

锦州港的腹地经济辐射有 40 多个城市，面积大约为 20 万平方公里，是锦州港为这些城市的经济发展提供了一个发展基础。

锦州市有着“以港兴市，工业立市，外向牵动”的三大战略。以此来奠定作为辽西中心城市的基础。同时，也是锦州以港兴市的重要目标和举措。

3.2 锦州港集装箱码头简介

1996 年锦州港开始了集装箱运输。锦州港腹地经济的发展成就了锦州港集装箱业务。从 1996 年开始集装箱吞吐量飞速增长。

2001 年锦州新时代集装箱码头有限公司成立，主要由三家公司共同投资组建：中海码头发展有限公司、锦州港股份有限公司、大连港集装箱发展有限公司。它可以装卸第六代集装箱船舶，年通过能力 80 万 TEU，它的装卸设备有：轮胎式龙门吊 12 台，配置岸桥 6 台，堆高机 3 台，正面吊 4 台，大小叉车 8 台，集卡车 28 辆；全封闭堆场面积 30 万平；两个码头总长度为 533 米，纵深为 550 米。

2010 年锦州港集装箱码头投产，209 号和 210 号为集装箱专用泊位。年通过能力 120 万 TEU，它的装卸设备有：正面吊 3 台，岸桥 4 台，场桥 12 台，大小叉车 3 台，堆高机 4 台，场内集卡车 16 辆；全封闭堆场面积 40 万平；两个码头全长 677 米。

锦州港集装箱业务近几年发展快速，锦州港集装箱吞吐量的增涨趋势如以下的数据列表 3.1 所示：

表 3.1 2006---2014 年锦州港集装箱吞吐量（单位：万 TEU）  
Tab.3.1 Container throughout of Jinzhou port from the years 2006 to 2014

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
吞吐量	31	45	65	74	75	84	87	90	91
同比增涨 (%)		45	44.2	13.5	2.2	11.1	3.5	3.7	0.9

将上述表格内容转换为直观的图标，如图 3.2 所示：

锦州港现在拥有 11 家船舶公司，开辟了多条班轮航线。如表 3.2

锦州港目前已经构成贯通南北沿海主要港口、全面辐射珠江水系和长江水系的两个 T 形集装箱运输网络。内外贸航线网络严密覆盖以广东黄埔为中心的华南、西南沿海地区和以上海港为中心的华东地区。外贸内支线可通过大连港、天津港中转至世界各地。见图 3.3。

锦州港集装箱码头已经成为一个经济载体，承担着历史使命。



图 3.2 2006—2014 年锦州港集装箱吞吐量

Fig.3.2 Container throughput of Jinzhou port from the years of 2006 to 2014

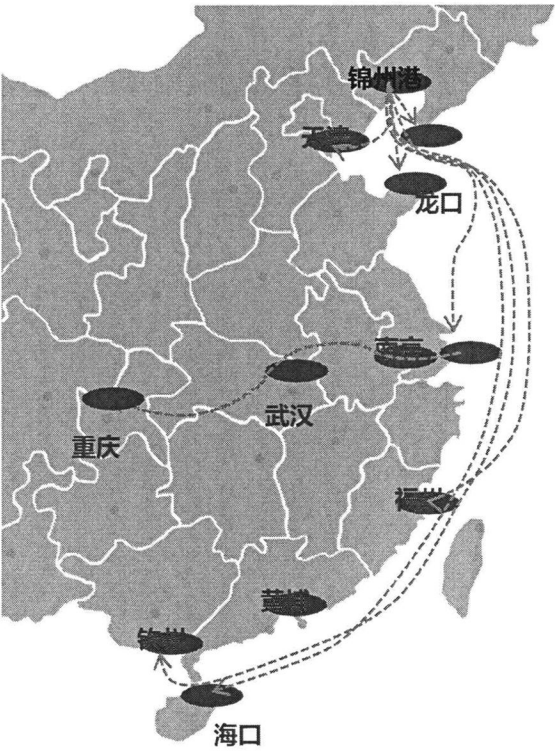


图 3.3 锦州港航线布局

Fig.3.3 Route layout of Jinzhou port

表 3.2 航线分布表

Tab.3.2 Route distribution

航线	航公司	运力	班期	是否直航	挂港顺序
黄埔航 线	中海	4250TEU/48000T	4 天班	直航	锦州-大连-南沙-宁波
	中运	5100TEU/65000T	3 天班	直航	锦州-营口-南沙-天津
	上海合德	1200TEU/20000T	7 天班	京唐中转	锦州-京唐-黄埔
	泉州安通	1500TEU/25000T	5 天班	直航	锦州-南沙-海口
	中谷新良	5100TEU/65000T	2 天班	上海中转	锦州-上海-虎门
上海航 班	中海	4250TEU/48000T	5 天班	大连中转	锦州-大连-上海
	中远	5100TEU/65000T	4 天班	直航	锦州-宁波-上海
	南青	600TEU/10000T	5 天班	直航	锦州-上海
	中谷新良	600TEU/10000T	5 天班	直航	锦州-上海
漳州泉 江	中海	4250TEU/48000T	5 天班	大连中转	锦州-大连-江阴-漳州-泉州
	中运	2760TEU/42000T	5 天班	大连中转	锦州-大连-厦门-漳州-泉州
	上海合德	1200TEU/20000T	4 天班	大连中转	锦州-京唐-漳州-泉州
	泉州安通	180TEU/5000T	8 天班	直航	锦州-漳州-福州
海口航	安通物流	1500TEU/25000T	5 天班	海口直航	锦州-南沙-海口
	中海	180TEU/5000T	3 天班	南沙中转	锦州-南沙-海口
	中远	180TEU/5000T	3 天班	南沙中转	锦州-南沙-海口
山东线	上海合德	180TEU/5000T	天天班	南沙中转	锦州-京唐
青岛线	青岛致通	180TEU/5000T	7 天班	青岛	锦州-青岛（日照）
宁波线	青岛致通	200TEU/6000T	7 天班	宁波	锦州-宁波
	宁波镇海	360TEU/10000T	7 天班	宁波	锦州-宁波（转上海）

3.3 锦州港集装箱码头存在问题

目前，锦州港集装箱堆场的主要功能有以下 3 方面：

（1）前方堆场，又称出口箱堆场，临时堆场，编排堆场，调度堆场，过渡堆场和缓冲堆场，它的位置在码头前沿和后方堆场之间。功能是，船靠港之前，预先放好将要装船的集装箱，卸船时，临时堆存进口集装箱。这部分的占地面积比较大；

（2）后方堆场，拆箱和装箱、存储和保管重箱的场地。重箱，冷藏箱，危险品箱，全部放在后方堆场；

（3）空箱堆场。

锦州港的集装箱堆场装卸搬运流程如下图 3.4。

在调研的时候，锦州港虽然有这几个功能区域划分，但界限并不明显，所以没有办通过调查分析，锦州港集装箱码头存在问题如下：

（1）两个公司管理的集装箱堆场，管理比较混乱。有时候一方堆场已满，而另一方堆场空置很多，但由于是分别管理，无法进行统一管理，造成设备，空间，人员的浪费。还有流通上形成瓶颈。法绘制堆场划分平面图。



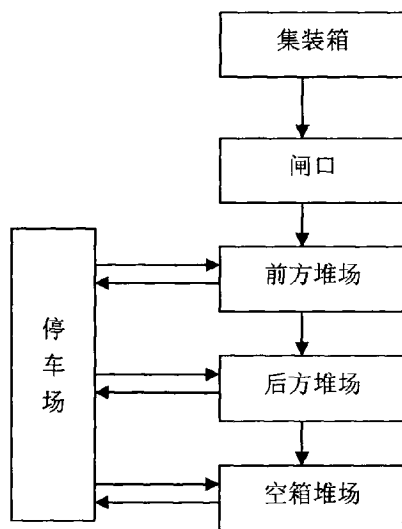


图 3.4 集装箱堆场装卸搬运流程图

Fig.3.4 Flow diagram of container yard handling

- (2) 堆场区域划分不明显，功能分区太简单，太笼统，造成翻箱率比较大。
- (3) 装卸设备的载重量和伸展长度满足不了装卸超大型船舶的要求。缺少大型的专业岸桥，而且数量搭配不合适。
- (4) 相关运输车辆的配置不合理。
- (5) 集卡数量不匹配，而且在调度问题上效率比较低，经常出现货等集卡或者集卡等货，使堆场运输效率低，成本增加。

另外有很多不足，比如信息管理落后，管理人才缺乏，这都是集装箱码头存在的问题。

## 第4章 集装箱堆场布局的规划设计

堆场规划是集装箱码头提高运作效率最关键所在。锦州港集装箱码头需要利用原有优势,同时也要结合自身情况,改善目前的运作状况,在的进一步规划中,还要考虑到集装箱码头的长远发展,使集装箱码头改造之后具有柔性,以备将来可能出现的一些变化。

### (1) 集装箱堆场布局的规划

要实现的目标是堆场功能区域重新合理划分,最大限度的降低翻箱率,提高整体堆场的运作效率。

### (2) 运输系统的规划

首先装卸搬运作为运输系统中的辅助工具,配合集装箱的装卸搬运时非常重要的,所以要根据锦州港的实际情况配备合适的和数量匹配的装卸搬运工具。其次要提运输系统的规划。

通过两方面的规划研究,使锦州港的整体运作效率提升,提高锦州港的服务质量,从而吸引更多客户,提高锦州港的整体竞争能力。

在整个港口系统中,堆场码头是物流活动最频繁且占地面积最大的区域。堆场的布局情况直接影响着物流效率。合理的堆场布局规划有利于发挥降低建设和运营成本、提高整体运作效率和服务水平。规划需要完成各个作业单位区域的类型和数量、功能、服务对象以及相互关系等内容。

## 4.1 堆场布局规划流程

集装箱堆场是集装箱中转的场所,对其进行布局规划是集装箱码头物流系统中非常重要的一个部分,在进行规划时,首先要做好准备工作,也就是功能区域的划分,其次要计算出各个功能区域的面积,有了功能区域和区域的面积,就可以对集装箱堆场进行规划了。具体规划的流程图如下图4.1。

## 4.2 堆场功能区划分和各单位面积估算

锦州港集装箱码头的区域划分简单而且不规范,增加了装卸搬运的次数和翻

箱率。所以需要对堆场进行功能区域的划分，这里采取专家意见法。

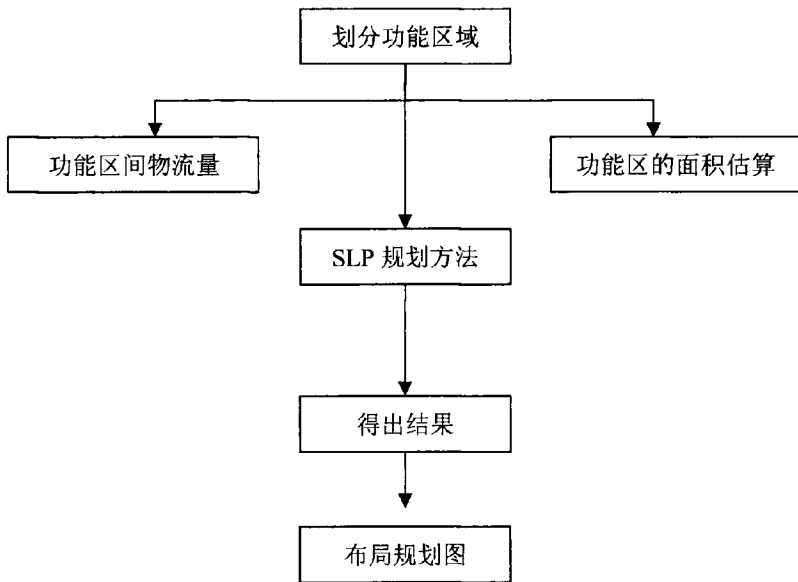


图 4.1 堆场布局规划流程图

Fig.4.1 The flowchart about the optimaion of container yard

锦州港集装箱码头的区域划分简单而且不规范，增加了装卸搬运的次数和翻箱率。所以需要对堆场进行功能区域的划分，这里采取专家意见法。

4.2.1 堆场功能区域的划分

集装箱码头堆场区域的划分，区域面积的大小，区域的布局摆放，决定了堆场运行效率高低，所以划分好功能区域是进行布局规划的先决条件。

锦州港集装箱码头，原有的区域划分不合理，降低了运作效率。现在的集装箱码头有很多功能，包括集装箱运输、集装箱配送、集装箱拆分、集装箱维修和处理等等功能，所以为了满足这些集装箱的功能，现将集装箱堆场分成七个功能区域：临时缓冲区、重箱区、拆装箱区、检查区、维修区、空箱区、特种区。

(1) 临时缓冲区

是为了在集装箱装吞吐量特别大的时候，集装箱堆场内部不能满足周转，并且集卡运输不能及时将集装箱运送出去，这个时候就需要一个区域来让集装箱等待，或者等待装船，或者等待集卡运输。方便停靠的集装箱船舶停泊时间最短。

(2) 重箱区

专门用来堆放集装箱重箱的区域。对于进口重箱和出口重箱按照箱子型号来划分。

### (3) 拆装箱区

进行装箱和拆箱的场所。这个区域的位置尽量靠在集装箱码头的前边，避免和堆场其他的区域有运输干扰。

### (4) 检查区

负责集装箱的检查、交接、提箱之前的一些单据审核的区域。

### (5) 维修区

专门进行集装箱维修、清洗等区域。

### (6) 空箱区

放置拆分完的空箱或者新的空集装箱。

### (7) 特种箱区

对于锦州港来说主要是冷藏箱。

## 4.2.2 功能区面积估算

### 4.2.2.1 锦州港集装箱吞吐量预测

锦州港的实际使用面积，需要有数据预测来进行估算。根据对前面锦州港集装箱吞吐量的趋势分析，在数值预测上采用了回归分析法来预测锦州港集装箱的未来 10 年的吞吐量，然后根据吞吐量来估算规划面积的大小。

这里用回归分析法来预测未来 10 年的集装箱吞吐量。

回归分析的模型如下：

$$\hat{Y} = a + bx \quad (4.1)$$

$\hat{Y}$  --由自变量  $x$  推算因变量  $Y$  的估计值；

$a$  --回归直线在  $Y$  轴上的截距；

$b$  --样本的回归系数；

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (4.2)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i Y_i) - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2} \tag{4.3}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \tag{4.4}$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \tag{4.5}$$

通过 EXCEL 计算得出如下结果：  
X 为周期：X={1,2,3.....n}； Y 为吞吐量；

表 4. 1 锦州港 2006-2013 年吞吐量数据

Tab.4.12006-2013 annual throughput data of Jinzhou port

年份	周期	吞吐量
2006	1	31
2007	2	45
2008	3	65
2009	4	74
2010	5	75
2011	6	84
2012	7	87
2013	8	90
2014	9	91

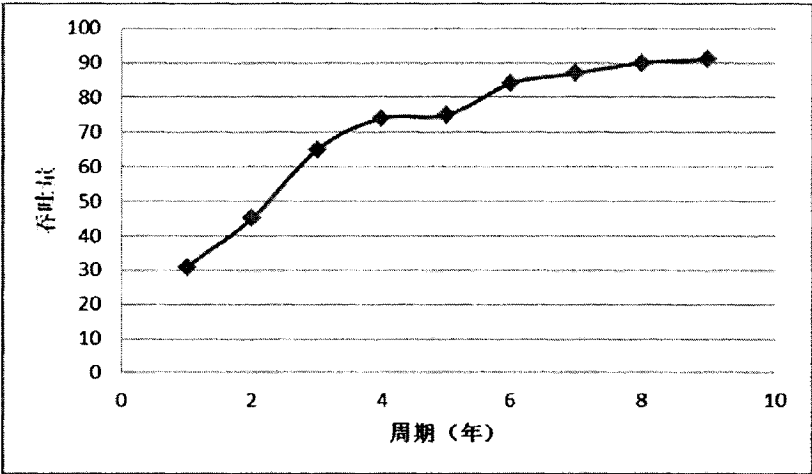


图 4. 2 锦州港吞吐量散点图

Fig.4.2 Jinzhou port throughput scatter plot

首先利用表 4.1 的数据做散点图,如图 4.2 所示。根据散点图进行定性判断其相关性。判断结论是呈现比较强的线性正相关。

其次利用 Excel 表格中的数据分析功能,进行回归分析。回归分析的结果如下:

表 4.2 回归分析摘要表

回归统计	
Multiple R	0.933226
R Square	0.870911
Adjusted R Square	0.85247
标准误差	8.059156
观测值	9

从表 4.2 中可以看出,复相关系  $R=0.933$ ,说明周期和年吞吐量,呈现较强的线性正相关。 $R\ Square=0.871$ ,说明锦州港年吞吐量的变化 87.1%可以通过周期变化来解释。

表 4.3 方差分析表

Tab.4.3 Table of variance analysis					
	df	SS	MS	F	Significance F
回归分析	1	3067.35	3067.35	47.22633	0.000237
残差	7	454.65	64.95		
总计	8	3522			

从方差分析表中可以看出,  $F=47.23$ ,查 F 检验临界值表,如图 4.2 所示。黑色矩形框中的数值  $F_{\alpha}=5.991$ ,  $F>F_{\alpha}$ ,说明显著相关的判断结论可靠。

表 4.4 回归系数表

Tab.4.4 Table of regression coefficient						
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	35.58333	5.854841	6.077591	0.000502	21.73883	49.42783
周期	7.15	1.040433	6.872141	0.000237	4.689768	9.610232

表 4.4 是回归系数表。根据表 4.4 可以得到  $a=35.58$ ,  $b=7.15$ 。根据表中第 5 列的数据可以判断出,  $a$  和  $b$  的值显著不等于零。回归方程:

$$Y=35.58+7.15x$$

(4.6)

预测结果如表 4.5 所示。

F 检验临界值表 (2a)

自由度 (df)	自变量数目 (m)										显著性水平: $\alpha=0.05$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$n-m-1$											
1	161.448	199.500	215.707	224.583	230.162	233.986	236.768	238.883	240.543	241.882	
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396	
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	

图 4.3 F 检验临界值  
Fig.4.3 Critical value of F test

表 4.5 2016-2025 年锦州港年吞吐量预测  
Tab.4.5 Annual throughput forecast of Jinzhou port in 2016-2025

年份	周期	吞吐量	预测值
2006	1	31	42.73
2007	2	45	49.88
2008	3	65	57.03
2009	4	74	64.18
2010	5	75	71.33
2011	6	84	78.48
2012	7	87	85.63
2013	8	90	92.78
2014	9	91	99.93
2015	10		107.08
2016	11		114.23
2017	12		121.38
2018	13		128.53
2019	14		135.68
2020	15		142.83
2021	16		149.98
2022	17		157.13
2023	18		164.28
2024	19		171.43
2025	20		178.58

#### 4.2.2.2 实际面积估算

功能区域划和预测数值之后，还需进行估算各个功能区域的面积。在进行 SLP 之前进行各个功能区域的面积计算。

集装箱码头堆场的面积可以分为两个部分：集装箱堆场的实际堆存面积和通道使用面积。

##### (1) 集装箱堆垛的实际面积

实际面积的大小需要考虑两个问题：堆垛层数和平均堆放时间。

集装箱中功能区域的实际使用面积可以使用下列公式计算：

$$M_m^1 = \frac{Q_m \times G \times S}{H \times H_g} \times B \times \frac{1}{w} (m^2) \quad (4.7)$$

$$B = \frac{T}{t_m} \quad (4.8)$$

$Q_m$ ：第  $m$  功能区日作业集装箱的数量；

$G$ ：集装箱平均重量；

$S$ ：堆放集装箱每吨需要的面积；

$H$ ：堆码层数；一般为四层；

$H_g$ ：堆码高度的利用系数，一般是 0.75~0.95 之间；

$W$ ：面积利用系数；

$B$ ：集装箱堆放时间；

$T$ ：集装箱平均堆存期；

$t_m$ ：年工作天数。

根据对历史资料的统计，未来数据的预测数值，并结合上述面积公式，对集装箱堆场的各个功能区域面积进行了估算，具体数值如下表 4.6。

##### (2) 通道宽度和辅助作业区域

除了实际使用面积之外，主要还是要考虑通道宽度和辅助作业区域，这里的通道宽度一般要考虑设备的转弯半径等等。集装箱为纵向堆放，这样节省空间，初始设置为 100 米有 25 米的通道。

辅助作业区域的面积公式为：

$$M_m^2 = M_m^1 \times \mu \quad (4.9)$$



表 4.6 集装箱码头各个区域的面积

Tab.4.6 The area of container terminal each function

区域编码	区域名称	面积
1	重箱区域	18.41
2	空箱区域	15.05
3	拆装箱区域	7.14
4	缓冲区域	2.52
5	检查区域	4.62
6	特种箱区域	1.4
7	维修区域	0.7

$M_m^1$ --功能区的面积；  
 $\mu$ --辅助作业面积占功能区的比例系数。

4.3 SLP 规划布局

在堆场布局规划中的基本内容是：首先是分析各个区域之间的物流关系；其

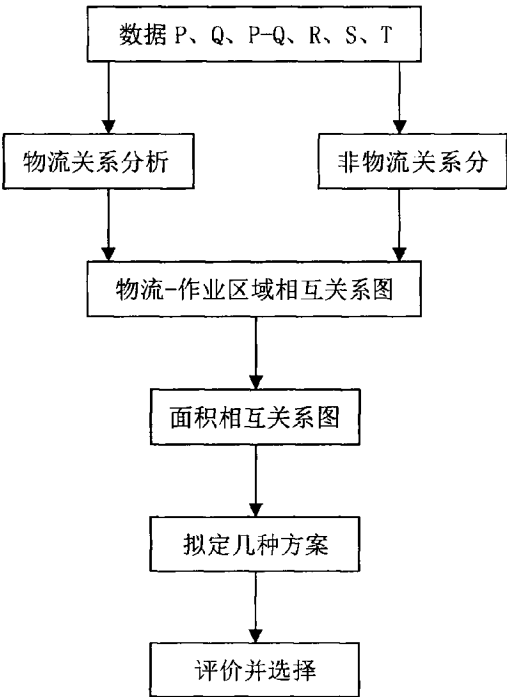


图 4.4 SLP 的工作流程图

Fig. 4.4 The procedures about SLP

分析各个区域之间的非物流关系；最后根据两者的关系分析出作业区域相互关系；最后绘制出多个方案，最终选择一个方案。它的工作流程如图 4.4。

4.3.1 物流关系分析

集装箱搬运的工作量与成本跟堆场布置有很大的关系，根据有关资料统计如果场地的规划如果布置合理，那么装卸搬运的成本会降低 30%，所以对各作业单位之间进行物流分析显得尤为重要。物流分析包括集装箱移动方向和移动量两个方面。

对集装箱堆场进行规划时，要按照工艺流程来进行安排。堆场内涉及到大量的搬运集装箱作业，港口堆场存在着明显的货物流动路线，作业单位区之间的集装箱搬运以及装卸是堆场中的重要物流活动。因此，物流关系分析集装箱堆场布局是必需的。在划分物流强度等级时，需要统计各个作业区域之间的正向和反向的物流量。

堆场内各个区域的物流活动和数量变化比较大，没办法准确量化各个作业区域之间的物流强度，在这里用各个区域之间的相对物流强度进行量化关系等级的思想。结合堆场业务的作业流程、集装箱流量和流动频率，划分成五个等级并用相应的字母表示。

表 4.7 功能区之间的物流量表（单位：万 TEU）

Tab.4.7 The quantity between function areas

编号		1	2	3	4	5	6	7
编号	名称	重箱	空箱	拆箱	缓冲	检查	特种	维修
1	重箱			12.9	8.47			
2	空箱			5.11				
3	拆箱	2.1	0.84					1.47
4	缓冲	8.47						
5	检查	21	13.9	22.89				
6	特种							
7	维修			1.47				

从表 4.7 中可以看到各个作业区域之间的物流量，结合集装箱作业的流程，估算出各个作业区域的集装箱的流向和流量，现在将物流强度分成五个等级，用

字母 A、E、I、O、U 来表示他各个区域的相关程度。A 代表物流相关度最强，越往后相关强度越弱。他们之间的对应关系具体如下表 4.8。

表 4.8 物流强度等级划分表

Tab.4.8 classification of the logistics in tensity

物流强度等级	符号	物流量比例（%）
超高物流强度	A	40
特高物流强度	E	30
较大物流强度	I	20
一般物流强度	O	10
可忽略搬运	U	

由表 4.7 和 4.8 得出如图 4.5 所示。

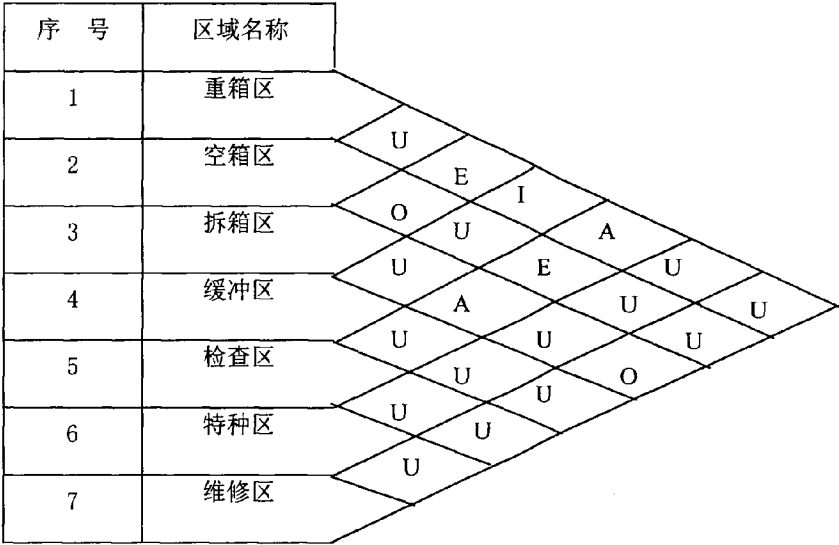


图 4.5 作业单位物流相关图

Fig.4.5 Logistics relation graph of operation units

4.3.2 非物流关系分析

对堆场的布局规划的重点物流分析应是很重要的重点，但在规划中不只是物流因素在起作用，也可能有其他的因素在决定功能区域之间的关系。堆场在进行物流系统规划可能还包括管理场所、服务场所、工人休息地等等。这些联系可以称之为非物流关系。非物流关系可以从以下的方面概括：

(1) 组织关系：这里指各个功能区域之间的组织从属关系；

(2) 程序联系：例如在物流、信息流和资金流上的联系；

(3) 环境关系：指在作业单位区之间考虑安全因素而建立的联系；

(4) 业务关系：指从作业工艺来看各个区域之间的关系。

在进行非物流因素分析时，大致和物流关系分析差不多。也要画出非物流关系的相互关系图，并进行等级评定。把任意两个作业区之间不同的非物流关系的紧密性程度划分成五个等级，然后利用相应的字母来分别表示相互关系的重要程度等级。

(1) 作业单位相互关系等级

作业单位相互关系等级如下表 4.9 所示。

(2) 作业单位之间相互关系程度的理由

根据通过对以往资料和分析总结，确定以下四种关系要素，得相互关系等级因素，如下表 4.5 所示。

(3) 作业单位区非物流关系图

根据表 4.8 和表 4.9 得出集装箱堆场各作业单位区间非物流关系如下图 4.6 所示。

表 4.9 各类作业单位区相互关系程度因素

Tab.4.9 Reason to relationship level of operation units

编号	理由
1	工作流程的连续性
2	运输方便
3	管理方便
4	人员联系

4. 3. 3 各功能区之间综合相互关系

从图 4.5 和图 4.6 可知，对集装箱堆场的各作业单位区的物流相关与非物流关系的结果不完全一致。因此要把两种关系综合对比来确定综合相互关系程度。分析过程如下：

(1) 选取加权值

依据两种关系在港口堆场的实际运行状况的相对重要性,利用加权的方式对两种关系进行综合分析。加权比值反映的是堆场规划的侧重点。在这个系统规划分析中,物流因素( $m$ )的影响度要大于其他非物流因素( $n$ )。因此,综合考虑之后采用的加权数为  $m:n=2:1$ 。

(2) 综合相互关系的计算

由上文可知,锦州港口的集装箱堆场的作业区域是 6 个。作业区域对数为:

$$P=\frac{6\times(6-1)}{2}=15$$

(4.1)

式中,  $p$  为作业单位对数。 因此, 表 4.5 中有 15 个作业单位对。

根据上文的分析,用 $R_{ij}$ 表示各作业单位区的综合相互关系程度, 则有:

$$R_{ij}=m\cdot MR_{ij}+n\cdot NR_{ij}$$

(4.2)

其中,  $MR_{ij}$  表示物流关系的等级,  $NR_{ij}$  表示非物流关系的等级,  $m$  和  $n$  分别

表4.10表示物流关系和非物流关系的权重。

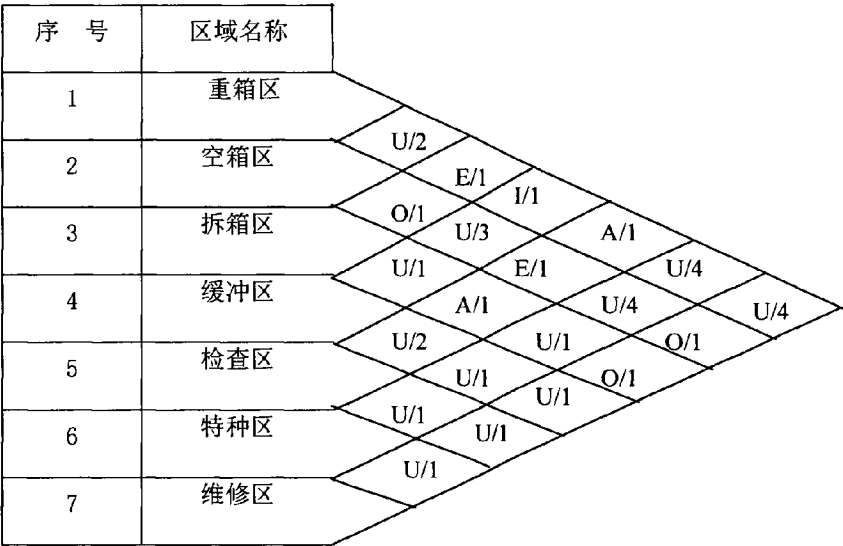


图 4.6 各作业区间非物流关系

Fig.4.6 Non-logistic relationship between operation units

参照下表的作业单位区之间的关系等级所评定出的具体分数,进行综合关系程度的加权计算求和。得到综合相互关系如下表4.6。

将表 4.10 中的各作业单位区的关系程度等级,详细列分出来,根据表 4.10

综合关系等级的划分比例，确定如表 4.11 所示的各分段值内作业单位对的比例。

最后根据表 4.10 绘制成综合相互关系图，如下图 4.7 所示。除上述的布局规划外，堆场内部功能区布置时还需考虑其他因素，例如内部关联和外部控制因素。

表 4.10 作业单位之间综合相互关系计算表  
Tab.4.10 Calculation of comprehensive relationship between operation units

作业单位 对数	关系密切程度				综合关系	
	物流关系加权值：2		非物流关系加权值：1			
	分数	等级	分数	等级	分数	等级
1-2	0	U	0	U	0	U
1-3	3	E	3	E	9	E
1-4	2	I	2	I	6	I
1-5	4	A	4	A	12	A
1-6	0	U	2	I	2	O
1-7	0	U	0	U	0	U
2-3	1	O	1	O	2	O
2-4	0	U	0	U	0	U
2-5	0	U	0	U	0	U
2-6	0	U	0	U	0	U
2-7	0	U	0	U	0	U
3-4	2	I	2	I	6	I
3-5	4	A	4	A	12	A
3-6	0	U	0	U	0	U
3-7	1	O	1	O	2	O
4-5	0	U	1	O	1	O
4-6	0	U	0	U	0	U
4-7	0	U	0	U	0	U
5-6	0	U	2	I	2	O
5-7	0	U	0	U	0	U
6-7	0	U	0	U	0	U

表 4.11 作业区域综合相互关系表

Tab.4.11 Comprehensive relationship between operation areas

综合关系分数值	作业单位对数	百分比	关系等级
12	2	10%	A
9	1	5%	E
6	2	10%	I
1-2	5	25%	O
0	11	55%	U

(1) 外部控制因素：布局规划还需考虑堆场外部的交通等因素，应该首先

考虑与外部因素关系最大的作业单位区进入总布局区，并与外部相近布局；

（2）内部关联因素：寻找与外部控制因素具有最大联系的一对作业单位进入布局总区，假设进入布局的作业单位区与外部控制因素确定出的作业单位区相同，则重合这个位置；

（3）布局剩余的作业单位区时，确定出与已经布局作业单位区中具有最大关联的作业单位区，并与之相邻布置；如果两个因素确定的是同一个作业单位区，应以外部控制因素为主，内部关联因素为辅进行综合考虑；以此类推直到单位区布置结束。

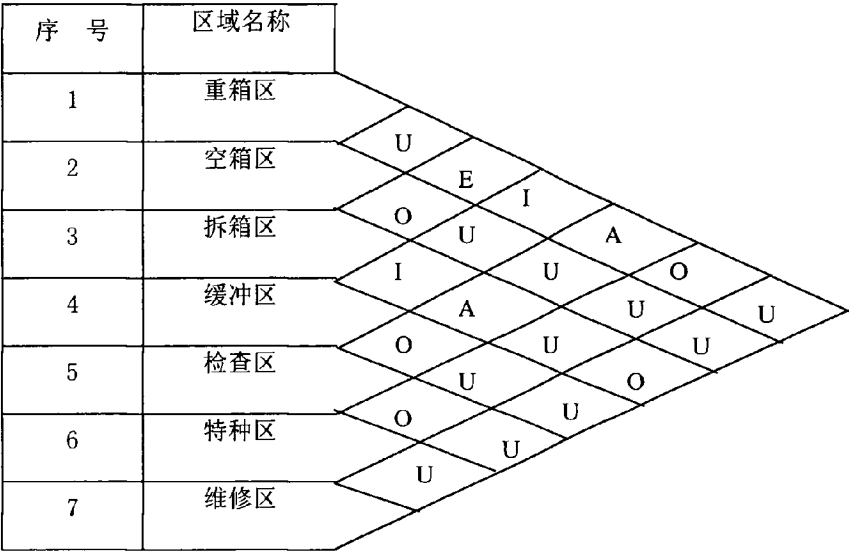


图 4.7 作业单位综合相互关系图

Fig.4.7 Comprehensive relationship diagram of operation units

4. 3. 4 集装箱堆场总平面布局

4. 3. 4. 1 作业单位位置相关图

在 SLP 中，堆场的平面布局要考虑各作业区域之间的相互关系强度，关系强度越高的作业区域要靠的越近，相互关系强度弱的要远离，综合接近程度分值越高的越靠近中心，反之则要远离中心。

在绘制区域位置关系图时，用不同的连线型表示各个区域之间的不同关系如表 4.12 所示。

（1） 功能区域关系紧密程度为 A 的作业对

从表 4.10 中可以看出（1-5）和（3-5）为 A 级对数，综合面积来看，虽 1 功能区的面积比较大，5 功能区面积比较小，但是 5 是检查区域，但从功能重要性来说，还是以 5 为核心区，1 距离 5 相对应。

（2） 功能区域关系紧密程度为 E 的作业对

从表 4.10 中只有一个（1-3）位 E 级作业对，综合来看 1、3、5 关系相对比较密切，其他可以围绕 1、3、5 区来进行安排位置。

（3） 功能区域关系紧密程度为 I 的作业对

从表 4.10 来看有两个作业对，（1-4）和（3-4）所以 4 可以接近 1、3、5 来安排其位置。

表 4.12 作业单位位置关系等级表示方式

Tab.4.12 Job unit location relation level representation

符号	数值	线条样式	密切程度
A	4	4	绝对必要
E	3	3	特别重要
I	2	2	重要
O	1	1	一般
U	0		不重要

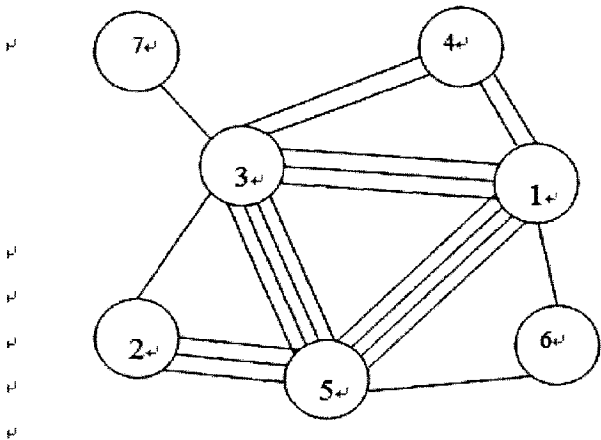


图 4.8 作业单位位置相关图

Fig.4.8 Relevant position relevant of operation units

（4） 功能区域关系紧密程度为 O 的作业对



从表 4.10 看紧密才横渡为 O 的作业对有 (1-6)、(2-3)、(3-7)、(4-6) (5-6) (6-7) 是 U，所以 6 和 7 可以远离。

最后，得到集装箱堆场各区域位置相关图如图 4.8 所示。

4. 3. 4. 2 作业单位面积相关图

绘制堆场的各类作业单位区的面积相关图，如下图 4.9 所示。

4. 3. 4. 3 集装箱堆场布局可行方案

基于锦州港装箱堆场的特点，并结合相关的规定以及各方面条件的限制，得到集装箱堆场的备选平面布置方案图，如图 4.10、图 4.11。

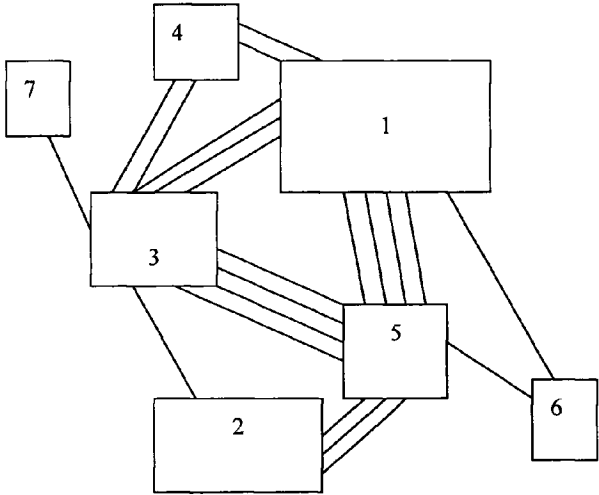


图 4.9 作业单位面积相关图  
Fig.4.9 Area related operation units

4. 3. 4 方案的评价与选择

根据方案评价与选择的综合性、系统性的特点通过从社会、经济、技术等方对各种可行的方案予以面综合考察给出评价结果来体现。

进行评价时通常需要考虑方案的物流效率、场地和设备利用率、工作环境及员工满意程度等。加权能够较好法体现出各评价因素对规划方案的影响程度或适应程度。设定相应的数值对应每一等级。最后通过得出分数的高低来选取方案。

运用加权法对锦州港的集装箱堆场的备选方案进行评价，其评价过程和评价结果如表 4.13 所示。

由表 4.13 可以看出，A 方案为最佳方案，所以选 A 方案为锦州港集装箱码头布局规划的总体方案。

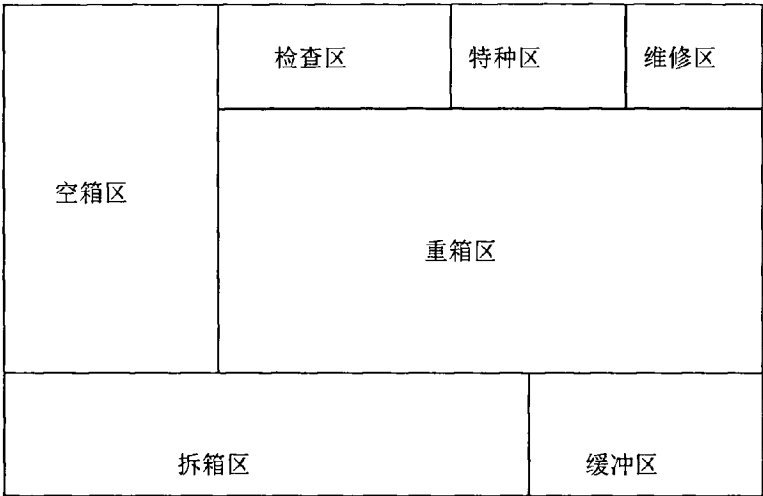


图 4.10 锦州港集装箱堆场平面布局方案一  
Fig. 4.10 First of container yard layouts of Jinzhou port

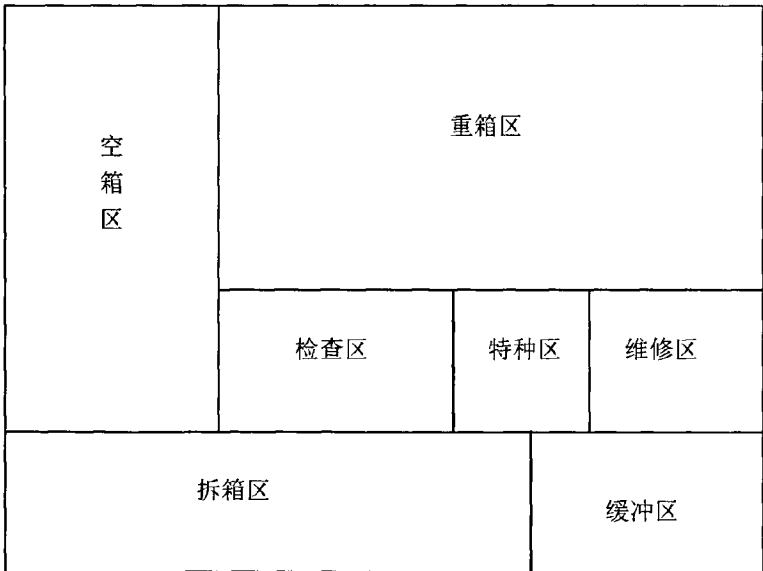


图 4.11 锦州港集装箱堆场平面布局方案二  
Fig.4.11 Second of container yard layouts of Jinzhou port

表 4.13 加权因素评价表  
Tab.4.13 Weighted factor evaluation

	A		B		赋予的权重
	等级	得分	等级	得分	
效率与方便	A	4	E	3	10
空间利用率	E	3	E	3	9
辅助的效率	I	2	I	2	8
环境安全性	E	3	I	2	7
管理方便性	I	2	I	2	6
方案扩展性	O	1	I	2	5
其他因素	I	2	A	4	3
综合得分	127		121		
排序	1		2		

第 5 章 集装箱堆场运输系统设计

在堆场的运输系统中，堆场装卸设备是重要的组成部分，在港口码头的集装箱作业过程中起到是在岸边和堆场之间转移集装箱位置的作用。堆场装卸和运输的工艺流程具有系统性，能够大大减少运输系统的空余时间，从而提高堆场设备的作业效率。在运输设备成本水平降低的同时能够有效的保障堆场的服务水平。

5.1 装卸机械的配置设计

锦州港堆场原有的装卸机械由于本身的各方面的技术参数不高，即使配备由相对合理还是导致了原有的物流效率无法承担预测出堆场的年吞吐量。

5.1.1 岸桥的技术参数与数量配备

随着需要应对的集装箱年吞吐量的快速增长，对堆场所具备的物流能力定

表 5.1 岸桥技术参数

Tab.5.1 Technical parameters of gantry cranes		
跨 距	单位：(m)	31
前 伸 长 度	单位：(m)	66
后 展 长 度	单位：(m)	18
起 吊 高 度	单位：(m)	40
起 吊 重 量	单位：(t)	65
满载起升速度	单位：(m/min)	100
小车空载行走速度	单位：(m/min)	240
小车满载行走速度	单位：(m/min)	150
大车空载行走速度	单位：(m/min)	60
大车满载行走速度	单位：(m/min)	45
工作回程时间	单位：(min)	3
单 机 效 率	单位：(TEU/小时)	40

会提出更高的要求。要提高物流能力，码头堆场就必须更新原有的装卸机械。所以必须对装卸设备的技术参数进行优化配置。

岸桥，是专门用于在泊位区装卸船舶货物的起吊机械。规划中配备了 16 台新的岸桥，每个泊位各配置 4 台新岸桥，岸桥的间距为 28 米。所新配备的岸桥的优点是：装卸准确率高、起吊高度高、跨度大、自动化程度高、操作简单方便、运行速度快、单机效率高，能够轻松的装卸马六甲型和超巴拿马型船。具体参数如表 5.1。

5.1.2 场桥的技术参数与数量配备

场桥主要配置于堆场。场桥的作用是在堆存区内将集装箱卡车或拖车上的集装箱起吊并进行堆码或从堆存区起吊装载集装箱到运输车辆上。所新配备的场桥的优势是：场桥上的车运行快，起吊重量大，是原有的场桥装卸效率的 1.5 倍，而且对单箱和双箱都可进行作业。配备的新型场桥将对提高码头的整体的生产效率起到重要作用。新的岸桥具体参数如下表 5.2。

表 5.2 场桥技术参数

Tab.5.2 Technical parameters of transtainer

跨 距	单位：(m)	33
起 吊 重 量	单位：(t)	61
起 吊 高 度	单位：(m)	25
满载起升速度	单位：(m/min)	40
堆 高 层 数	单位：(层)	6
小车空载行走速度	单位： (m/min)	70
小车满载行走速度	单位： (m/min)	50
大车空载行走速度	单位： (m/min)	120
大车满载行走速度	单位： (m/min)	80
工作回程时间	单位： (min)	3—5
轨 道 长 度	单位：(m)	
单 机 效 率	单位：(TEU/小时)	25

5.1.3 正面吊的技术参数与数量配备

正面吊是用于码头堆场内堆码和水平运输集装箱的一种主要的辅助设备。正面吊与叉车相比，所新配备的正面吊的优点是：机动灵活性高，方便操作，稳定性高，可进行高层堆码，起吊速度快，还可跨箱作业。配备的新型正面吊将极大的方便配送和仓储等相关作业。下表 5.3 为新配置的正面吊参数。

表 5.3 正面吊技术参数

Tab.5.3 Technical parameters of reach stacker

载 重 重 量	单位：(t)	45
吊 臂 臂 长	单位：(m)	12
跨 箱 跨 距	单位：(排)	3
堆 高 层 数	单位：(层)	6
空载时行驶速度	单位：(km/h)	25
满载时行驶速度	单位：(km/h)	20

新配置的正面吊可以实现带载变幅、整车行走、臂架伸缩等作业。码头规划配备 8 台新型正面吊。

5.1.4 空箱堆高机的技术参数与数量配备

新配备的堆高机的主要作用是在堆场内进行集装箱空箱的堆码和搬运作业。

表 5.4 空箱堆高机技术参数

Tab.5.4 Technical parameters of Empty Container Handle

载 重 重 量	单位：(t)	9
堆 高 层 数	单位：(层)	7
起 升 高 度	单位：(m)	19
轮 距（前/后）	单位：(m)	3.3/2.2
最小转弯半径	单位：(m)	6
空载时行驶速度	单位：(km/h)	30
满载时行驶速度	单位：(km/h)	28
满载起升速度	单位：(m/min)	36

规划中所配备的新型堆高机可对其使用情况和状态进行长期的跟踪监测,码头配备 8 台新空箱堆高机,新堆高机完善了堆场整个的装卸搬运系统的功能。新的堆高机的具体参数如表 5.4。

整个装卸搬运除了配置以上几种主要装卸的设备外,还相应的配置辅助装卸设备,例如 12 台叉车,其具有体积小、灵活性高、方便操作等优点。它的配备对于整个运输系统是必不可少的。

## 5.2 运输车辆配置设计

### 5.2.1 运输车辆数量

运输车辆的合理配备在规划中同样非常重要。合理的车辆配备将会使货物的转移更加快速方便,提高整个码头的生产效率。

根据锦州港码头的年吞吐能力以及码头的月最大作业量,规划得出至少需要 25 台柴油机集装箱拖车,21 辆 4×2 拖车,4 辆 6×4 拖车以满足码头生产。还配备了 100 辆半挂柴油机的集装箱专用卡车,其中 20 辆单箱卡车,80 辆双箱卡车。

需根据堆场泊位数量,具体对专用集装箱卡车进行平均分配。堆场存在 4 个泊位,每个泊位分配 20 辆双箱集装箱卡车,5 辆单箱集装箱卡车。

运输车辆的具体的分配情况需要依据车辆转运货物的一个回程用时(从岸桥下面停车位接载集装箱,运送到指定的场桥下进行卸载,最后空车行驶回到岸桥下面的停车位,完成这一过程所需要的时间称为一个回程用时)来制定。

当需外运集装箱相关业务时,码头配备专用的拖车。港口外部运输的车辆可以运送集装箱进入港口,但禁止再进入港口码头的内部。在检查桥处,集装箱将由码头专用拖车负责运送进行检查和进入堆场。

根据堆场的检查桥的进口检查线的数量,对专用拖车具体实施方法是按照平均分配的方式进行分配。根据锦州港的实际情况,码头共有 7 条检查线,每条检查线各随即分配了 3 辆 4×2 的拖车,4 辆 6×4 的拖车。

### 5.2.2 运输车辆技术参数

#### (1) 单箱集装箱卡车的技术参数

单箱集装箱卡车载重量是 25T，可以装载一个 20 尺货柜，单箱集装箱卡车比较灵活，在堆场中处于机动位置，具体参数见表 5. 5。

表 5.5 单箱集装箱卡车的技术参数

Tab.5.5 Technical parameters of single container truck		
整 备 质 量	单位：(kg)	18000
额 定 载 重 质 量	单位：(kg)	25000
拖挂外形尺寸	单位：(mm)	9650×2470×1620
总 轴 数	单位：(轴)	4
拖 挂 轴 数	单位：(轴)	2
轴 距	单位：(mm)	2500+7500+1310
发动机功率	单位：(kw)	196
最 高 车 速	单位：(km/h)	100
轮 胎		12. 00-20

(2) 双箱集装箱卡车的技术参数

双箱集装箱卡车可以放置两个 20 尺货柜或者一个 40 尺货柜，在堆场的规划中，主要运输由双箱集装箱卡车来完成，具体参数见表 5. 6。

表 5.6 双箱集装箱卡车的技术参数

Tab.5.6 Technical parameters of double container truck		
整 备 质 量	单位：(kg)	21000
额 定 载 重 质 量	单位：(kg)	45000
拖挂外形尺寸	单位：(mm)	13220×2470×1620
总 轴 数	单位：(轴)	6
拖 挂 轴 数	单位：(轴)	3
轴 距	单位：(mm)	3200+1400+9100+1310
发动机功率	单位：(kw)	293
最 高 车 速	单位：(km/h)	100
轮 胎		12.00-20

(2) 4×2 集装箱拖车的技术参数



4×2 集装箱卡车是双轴驱动，4 轮承重。载重量是 30T，它自重轻，在使用上 4×2 更灵活，而且节能，具体参数见表 5.7。

表 5.7 4×2 集装箱拖车的技术参数

Tab.5.7 Technical parameters of 4 x 2 container trailer

整 备 质 量	单位：(kg)	7120
额 定 载 重 质 量	单位：(kg)	30000
外 形 尺 寸	单位：(mm)	6170×2480×3058
总 轴 数	单位：(轴)	2
轴 距	单位：(mm)	3500
发动机功率	单位：(kw)	213
最 高 车 速	单位：(km/h)	93
轮 胎		12.00-20

(3) 6×4 集装箱拖车的技术参数

6×4 集装箱拖车的技术参数是四轴驱动，6 轮承重。载重量是 38T，载重量更大，而且优点就是在湿滑路面不易打滑，运行比较稳，具体参数见表 5.8。

表 5.8 6×4 集装箱拖车的技术参数

Tab.5.8 Technical parameters of 6 x 4 container trailer

整 备 质 量	单位：(kg)	9210
额 定 载 重 质 量	单位：(kg)	38000
外 形 尺 寸	单位：(mm)	6800×2496×3668
总 轴 数	单位：(轴)	3
轴 距	单位：(mm)	3200+1400
发动机功率	单位：(kw)	247
最 高 车 速	单位：(km/h)	95
轮 胎		12.00-20

集装箱卡车运输中的回程用时，如图 5.1 所示。

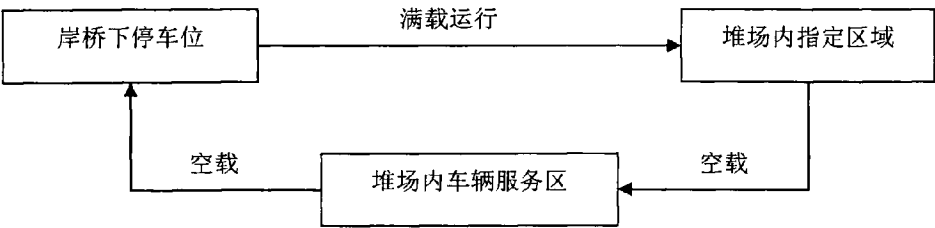


图 5.1 集装箱卡车回程用时图  
Fig.5.1 Driving cycle time of container trucks

根据新型岸桥的单机作业效率和集装箱卡车的配置参数，得出集装箱卡车的最佳回程周期为 12 分钟。结合堆场的实际情况，每个泊位的装卸流量为 160TEU 左右，通过理论上计算得出需要每个泊位配备 16 辆双箱集装箱卡车。而每个泊位多配备了进行替换的 4 辆集装箱卡车。因为集装箱卡车在满负荷工作中需要应解决及时保养维修和相关补给等问题。这样既保障可以正常工作又不影响车辆的维护。同时，码头专门配备的 5 辆单箱集卡以可以满足会随机装卸 40 英尺的大集装箱的这种需要。还对每辆装卸运输机械安装专用的车辆的通讯系统、跟踪定位系统以及运送线路安排系统。这样可以根据堆场内的实际整体运输条件以及车辆所在实时位置对车辆进行合理的实时管理调度，使货物准确高效的转运到各个指定位置。

## 第6章 结论与展望

### 6.1 结论

随着世界经济一体化的发展,一方面我国集装箱码头的吞吐量迅速增长,很多集装箱码头由于码头规划不合理,效率低下,不能快速反应吞吐量快速增长的集装箱运输的要求。另一方面,由于市场的需求,现代物流的快速发展,为了节约成本和提高效率,多式联运也快速发展,多式联运要求各个港口在连接上实现无缝连接,这就对港口的运作效率提出了更高的要求。如何在现有港口资源,提高管理水平,充分利用资源,使港口提高运作效率,增强码头的竞争力,这是现代港口发展需要迫切解决的问题。

本文主要研究了集装箱码头的堆场布局规划和运输设施的设计。首先对锦州港的现状进行了各种资料的查阅,确定了研究方法和思路;其次运用 SLP 的方法成功规划出集装箱堆场的新布局。最后根据布局情况配备了运输系统中需要的一些装卸搬运设备。规划设计后,不仅使锦州港的资源得到合理规划,并且能提高码头的运作效率,加快集装箱的周转率,使码头的服务质量有一个新的提升,从而给码头带来了一定的经济效益。本文的研究,使船方和港口达到双赢。

### 6.2 展望

通过近几个月对锦州港集装箱码头堆场规划和运输系统的设计,使我对国内外港口码头的现状和以后的发展方向有了很深刻的认识,对于 SLP 的运用以及港口的一些相关知识更加的了解。在论文写作的过程中,查阅了大量的文献、看了很多书、综合运用了很多所学的基本理论和专业知识,使我在专业领域中的综合运用能力有了大大的提升。

论文存在很多不足之处,由于本人属于跨专业研究,所以很多函数的应用不是很熟练,比如吞吐量预测,使用方法比较简单,可能在预测数值上偏差比较大,另外有关运输系统,将来可以使用仿真系统,对于集卡调度的问题进一步研究,从而提高效率。总之在此基础上,我会继续专研,希望在专业领域有更多的收获。

## 参考文献

1. 理查德·缪瑟著.系统布置设计[M], 北京, 机械工业出版社, 1988
2. Luigi Mocia, Jean Francois Cordeau, Manlio Gaudioso, Gilbert Laparte. A Branch-Cut Algorithm for the Quay Crane Scheduling Problem in a Container Terminal[J], Naval Research Logistics, 2006, 53(1).
3. Huang S C, Huang Y M, Shieh S M. Vibration and stability of a rotating shaft containing a transverse crack [J], J Sound and Vibration, 1993, 162(3): 387-401.
4. Bierwirth, C, Meisel, F. A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals[J], European Journal of Operational Research, 2010, 202(3).
5. 党小红. 面向平面布置的集装箱码头物流系统复杂性研究[D], 武汉: 武汉理工大学, 2012
6. 赵宁, 徐子奇, 宓为建. 集装箱码头数字化运营管理[M], 上海科学技术出版社, 2014
7. 刘戈, 陈燕. 辽宁港口群集装箱运输协调发展策略[J], 集装箱化, 2012, 23(12): 1.5
8. 董刚. 完善上海国际集装箱堆场行业的对策研究[J], 科学发展, 2013, 6
9. 杨静蕾. 集装箱码头物流路径优化研究[J], 水运工程, 2006, 1: 32-35
10. M.P.M.Hendrik, D.Armbruster, M.Laumanns, E.Lefeber, J. T.Udding. Strategic allocation of cyclically calling vessels for multi-terminal container operators. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2012, 24(3).
11. Lun, Y.H.V. Green management practices and farm performance: A case of container terminal operations[J], Resour, Conservation and Recycling, 2011, 56(6).
12. Taejin Park, Ri Choe, Young Hum Kim, Kwang Ryel Ryu. Dynamic adjustment of container stacking policy in an automated container terminal[J], 2011, 33(1).
13. Awasthi, A., Chauhan, S. S., Goyal, S. K. A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty [J], Math Comput Model, Jan, 2011, 53 (1-2): 98-109.
14. 周丽. 机械式挖掘机工作装置的优化与仿真[D], 沈阳: 东北大学, 2000

15. 肖鹏.集装箱港口集疏运交通需求预测研究[J], 中国水运, 2012, 12(12): 28—29
16. 王正彬, 郑康立. 集装箱多式联运组合优化研究[J], 大连交通大学学报, 2012, 33(5): 63—67
17. 彭庆. 长沙集装箱海铁联运的现状分析[J].科技经济市场, 2012, 12: 54-56
18. 王洪雪, 雷黎黎. 集装箱堆场箱位最优分配[J]. 交通科技与经济, 2013, 15(1): 50. 54
19. 马文娜, 李宗峰. 后危机时代二线集装箱港口发展策略[J], 集装箱化, 2012, 23(10): 15-18
20. 吴汪友, 孙秋高. 基于 SWOT 分析法的湖州港口发展研究[J], 重庆交通大学学报(自然科学版), 2012, 31(5): 1050. 1053
21. 司玉军. 唐山曹妃甸港区集装箱码头发展策略研究[D], 天津: 天津大学, 2012, 3
22. 陈超, 冯春焕. 基于混合交叉作业的码头集卡路径优化模型[J]. 武汉理工大学学报, 2011,35(6):1183-1186
23. 王小变. 中转港口集装箱堆场合理布局的模拟研究[J].水运管理, 2011,33(11):23-28
24. 李丽丽. 集装箱堆场布局与场桥调度优化研究[D], 大连:大连海事大学,2011
25. 肖矫矫. 集装箱码头路网交通研究[D], 武汉: 武汉理工大学,,。
26. 杨静蕾. 集装箱码头内部物流网络运作研究[D], 海运学院交通运输规划与管理,2003,6
27. 朱新伟. 基于遗传算法的布局研究在企业物流系统优化中的应用[D], 上海: 上海交通大
28. 周松艳. .基于的集装箱运输设备优化调度研究[D], 武汉: 武汉理工大学, 2005,3
29. 严政. 基于动态优化组合的集装箱专用卡车自动化调度系统的仿真、优化与监控[D], 武汉: 武汉理工大学 2005
30. 高玮. 基于的集装箱码头物流系统建模与仿真[D], 武汉: 武汉理工大学, 2005,
31. 朱新伟. 基于遗传算法的布局研究在企业物流系统优化中的应用[D], 上海: 上海交通大 2007,5

32. 邓华.成功实施仓库管理系统的关键[J], 物流技术与应用, 2003,3(1):67-69
33. 郭凌.仓库管理信息系统及技术[J], 商品储运与养护, 2000,5(3):33-35
34. Liam Murphy. Emphasis on supply-chain in regional strategy[J], Logistics &Transport Focus, 2003,3(2):24-29
35. 王焰. 配送中心规划与管理[M].长沙: 湖南人民出版社, 2006,3.
36. 赵林度. 物流系统分析[M].北京: 科学出版社, 2012,2.
37. 蒋晶晶. 多指标综合评价理论在配送中心规划方案优选中的应用[D], 大连: 大连海事大学硕士学位论文, 2008,3.
38. 关健. 基于多目标规划的物流中心设施布置设计的研究[D], 成都: 西南交通大学硕士学位论文, 2008,5.
39. 杨柯.物流配送中心作业特点及其建设规划方法[D], 上海: 复旦大学硕士学位论文, 2001,5.
40. 吴琨.LX 集团 RDC 布局规划研究[D], 北京: 北京交通大学硕士学位论文, 2008,11.

## 致谢

由于工作原因，本人论文的写作历时了一年之久。由于是跨专业写作，本论文对于我来说有很大难度，但是在各位老师、同学、和朋友的帮助下，本人的论文终于完成。在论文完成之际，由衷的感谢大家的慷慨帮助。

首先要感谢我的导师崔升波老师对我论文的指导和建议。在专业知识缺乏的情况下，老师的耐心指导和鼓励给予我很大的精神鼓舞，让我有勇气把本篇论文继续下去。其次，我还要感谢锦州港股份有限公司。非常感谢他们给了我实地考察和手机数据的机会。在调研期间他们给予了我最大的权限，使我在各个部门都得到了很好的帮助。感谢学校图书馆的老师，在我做资料收集时给提供了各种方便条件。感谢管理中心陈老师，对于我这个外地学员她给予了很多帮助。

最后，感谢评阅论文和答辩指导的各位老师！