





**Y1896003**

**Research on index system of Container Port Competitive as  
well as the method of evaluation**

**A thesis Submitted to**

**Dalian Maritime University**

**In partial fulfillment of the requirements for the degree of**

**Master of Science**

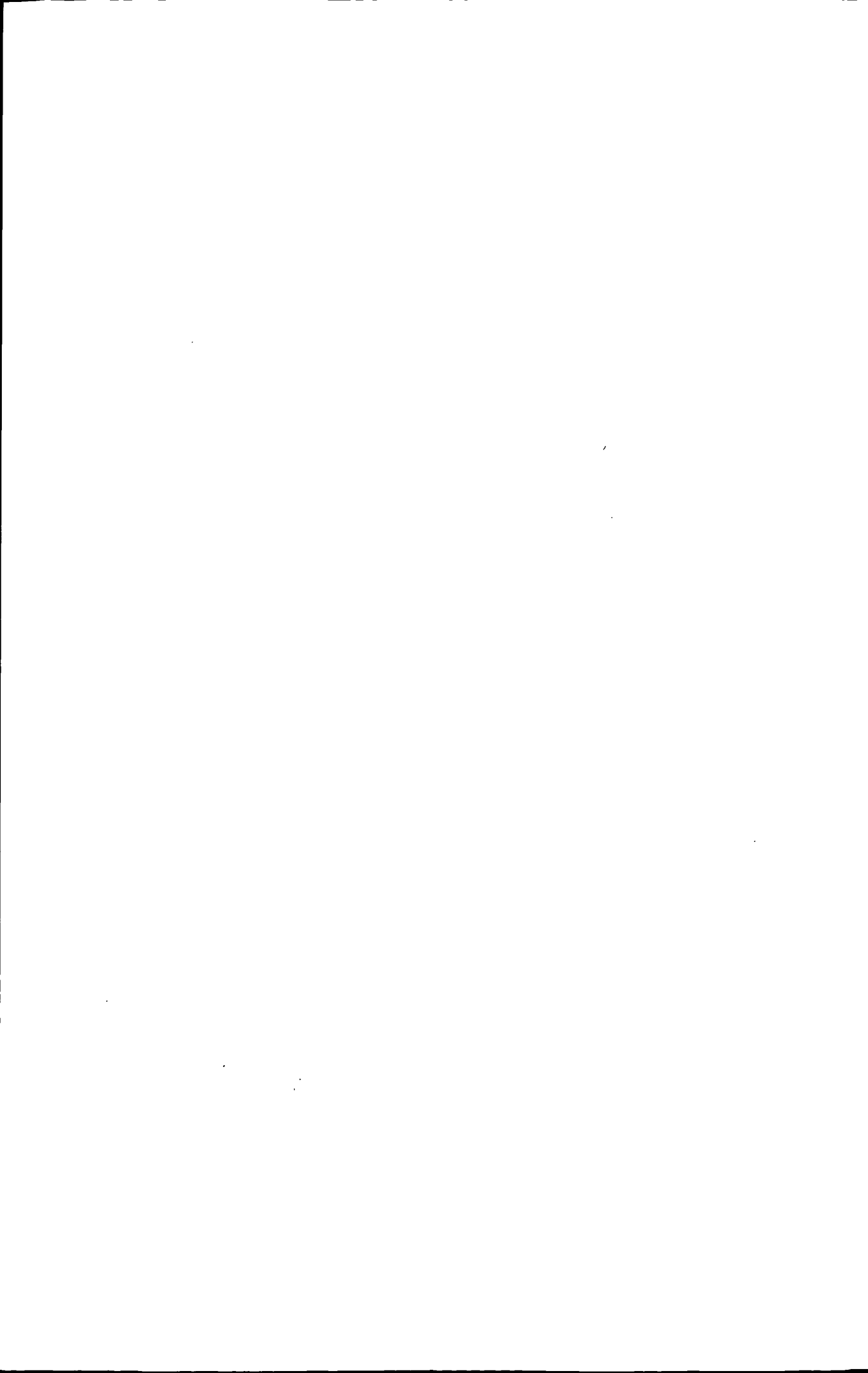
**by**

**Li Haijuan**

**( Applied Mathematics )**

**Thesis Supervisor: Professor Yang Yanbing**

**June 2011**



# 大连海事大学学位论文原创性声明和使用授权说明

## 原创性声明

本人郑重声明：本论文是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，撰写成博/硕士学位论文“集装箱港口竞争力指标体系及其评价方法研究”。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：李海娟

## 学位论文版权使用授权书

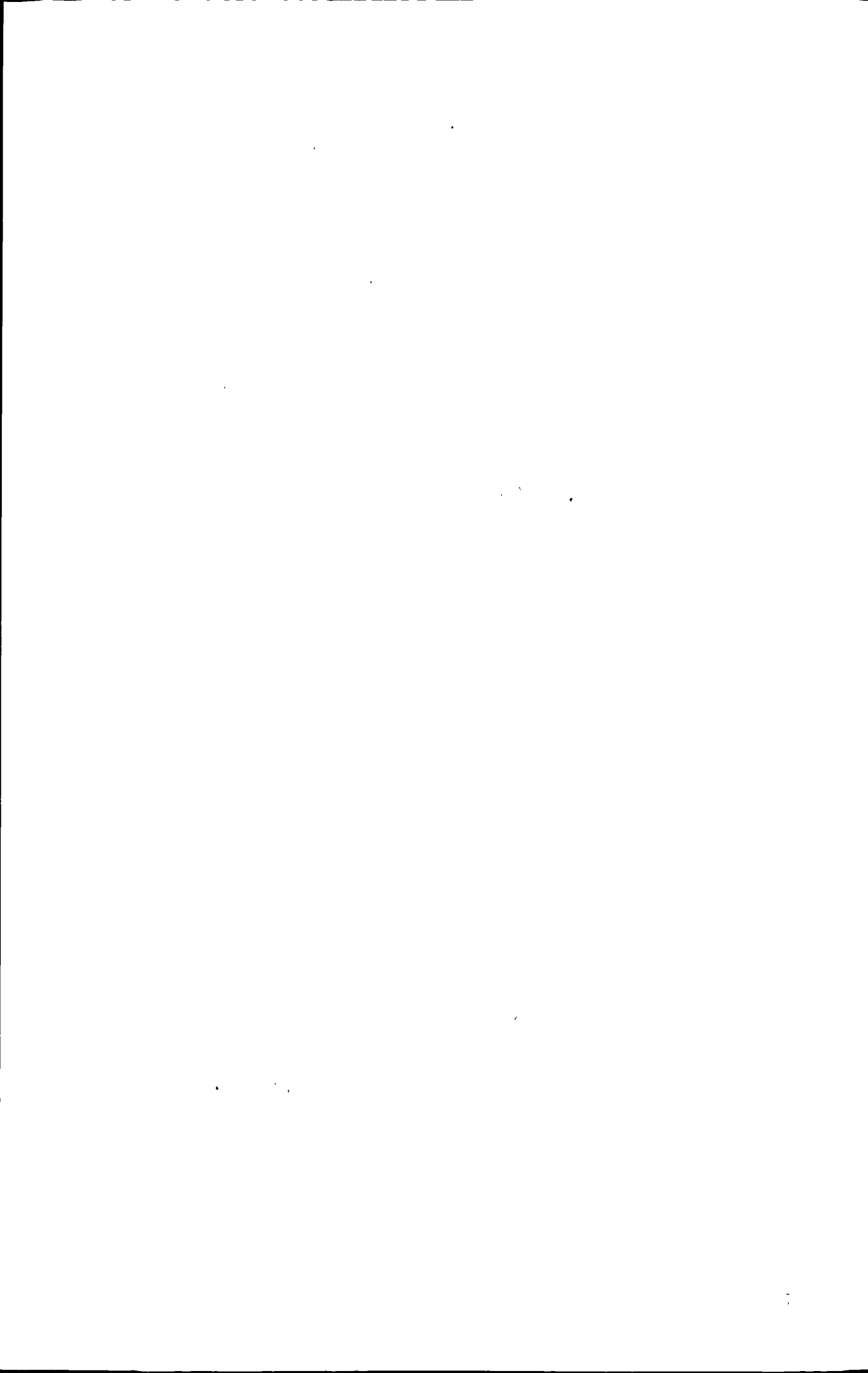
本学位论文作者及指导教师完全了解大连海事大学有关保留、使用研究生学位论文的规定，即：大连海事大学有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权大连海事大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，也可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文。同意将本学位论文收录到《中国优秀硕士学位论文全文数据库》（中国学术期刊（光盘版）电子杂志社）、《中国学位论文全文数据库》（中国科学技术信息研究所）等数据库中，并以电子出版物形式出版发行和提供信息服务。保密的论文在解密后遵守此规定。

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：李海娟 导师签名：杨晓子

日期：2011年6月25日



## 摘要

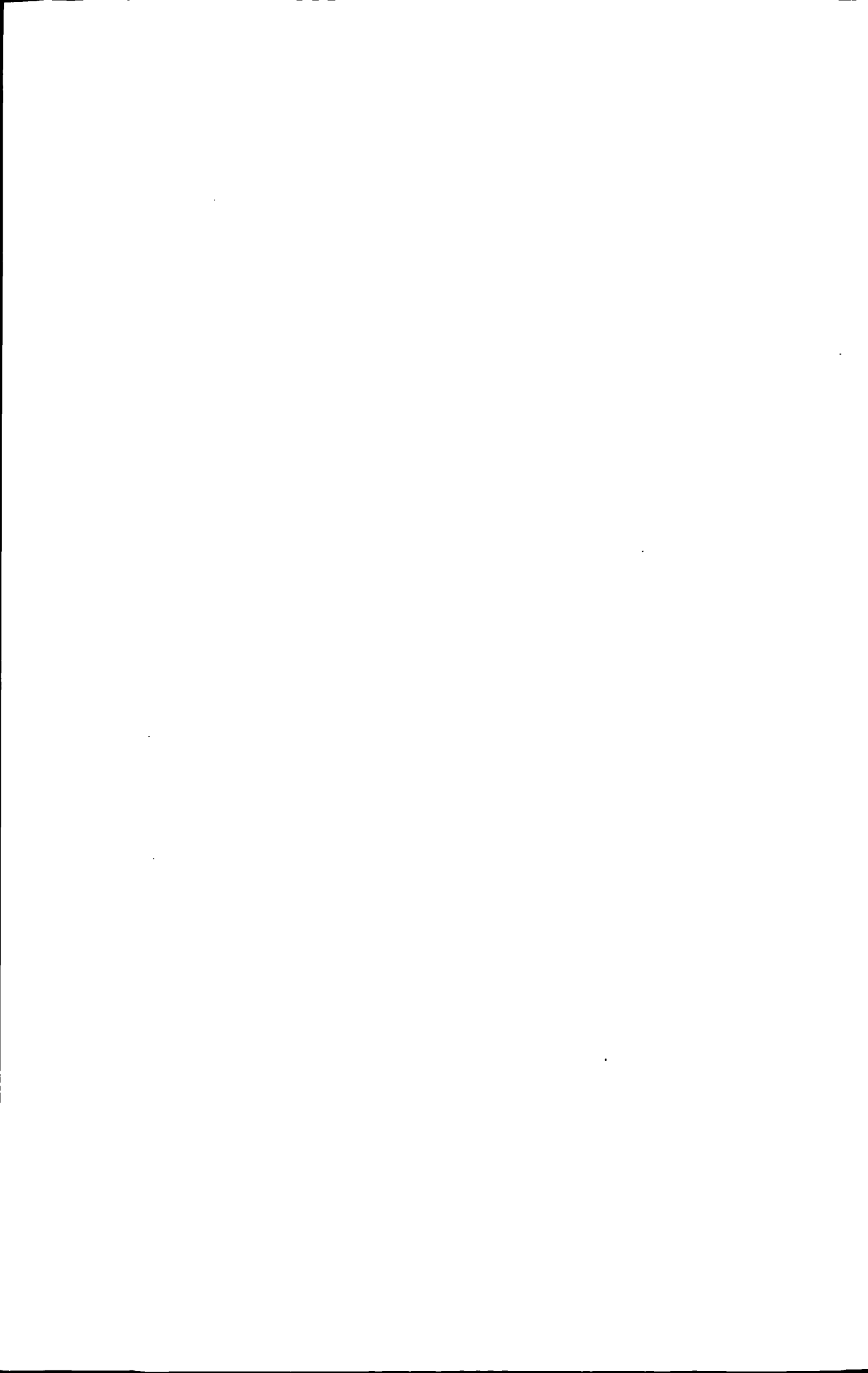
在 20 世纪 60 年代, 美国把集装箱用于运输行业. 而在 20 世纪 70 年代, 港口之间的竞争才被很多学者研究. 最近几年, 随着国际化的发展, 很多港口都在努力发展完善自己, 向国际化枢纽港方向发展, 为此, 港口之间的竞争引起更多学者关注.

本文采用理论与实践相结合的方法, 对港口竞争力的各种评价方法进行比较研究, 从而优化港口竞争力综合评价方法, 使集装箱港口的竞争力评价方法更加科学, 可信.

本文所做的主要工作为:

首先, 本文介绍了我国港口群的划分, 分析了我国港口发展的现状和趋势, 阐述了, 港口市场的竞争态势和竞争的主要内容; 其次, 针对港口竞争力的影响因素进行了详细分析, 在参考文献【20】的基础上, 对竞争力指标体系进行了改进, 建立了更加合理的指标体系; 接着, 对改进的指标体系, 利用从 AHP, FCE, 模糊一致综合评价方法等不同的竞争力指标评价方法, 对环渤海港口各港的竞争力进行评价, 给出了基于各种评价方法的排名, 进行了数值分析; 最后, 结合评价结果对不同的评价方法进行了分析比较.

**关键词:** 港口; 竞争力; 评价; 方法; 指标体系



## ABSTRACT

In the 1960s, the container are used to transport industry in the U.S. But as long as to the 1970s, the competition between the ports is studied by many scholars. In recent years, with the development of internationalization, many ports are been trying to develop perfectly and to be international hub of the port. Therefore, more and more scholars pay much attention to the competition between the ports.

By combining the theory with practice, in this paper, the method is to be studied, of which the evaluation about the competitive between the ports. So as we can optimize the evaluation method of the competitive between the ports, to make the evaluation method of the container ports competitiveness more scientific and credible.

This paper main work as follow:

First, this paper introduces the port group division, analysis current situations and trends of our country port development, explains current situations and content of market competition. Secondly, it analyzes in great detail the influenced factors of port competition. On the basis of the twenty reference, it improves the index system of Container Port Competitive and sets up the more reasonable index system. On account of the improved index system, in this paper, the methods of AHP and FCE and Fuzzy Consistent Comprehensive Evaluation and others are used to appraise the competitiveness of the ports around Bohai. The list is gained according to a variety of the competitiveness evaluation methods. In this paper, it verifies by a numerical. Finally, with the result, a comparative study is made and their merits and demerits are analyzed.

**Key Words: Port; Competitiveness; valuation; methods; Index system**





## 目 录

第1章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 文献综述.....	3
1.3 本文所做的主要工作.....	4
1.4 本文结构框架.....	5
第2章 港口的发展与竞争.....	6
2.1 港口发展现状.....	6
2.1.1 集装箱港口群的划分.....	6
2.1.2 集装箱港口网络规模机构.....	9
2.1.3 集装箱港口发展趋势.....	9
2.2 集装箱港口竞争.....	11
2.2.1 港口竞争的主要内容.....	11
2.2.2 港口市场竞争态势分析.....	11
第3章 港口竞争力指标体系评价模型.....	12
3.1 竞争力指标因素分析.....	12
3.1.1 港口规模.....	12
3.1.2 运营条件.....	12
3.1.3 设备条件.....	13
3.1.4 理货质量.....	13
3.1.5 现代化管理水平.....	13
3.2 竞争力指标体系构建.....	14
3.2.1 问卷结果统计分析.....	14
3.2.4 竞争力指标体系层次分析结构图.....	15
3.3 评价模型.....	16
3.3.1 常用综合评价函数方法.....	16
第4章 港口竞争力主要评价方法及其应用举例.....	17
4.1 FCE 方法.....	17
4.1.1 FCE 评价方法的理论基础.....	17
4.1.2 方法概述.....	17
4.1.2 因素集分类.....	18
4.1.3 权重确定.....	18
4.1.4 数值测试.....	19
4.1.5 评价结果.....	23

---

4.2 模糊一致综合评价方法.....	23
4.2.1 模糊一致综合评价方法的理论基础.....	23
4.2.2 模糊一致评价方法概述.....	24
4.2.3 权重确定.....	25
4.2.5 评价结果.....	26
4.3 AHP 法.....	27
4.3.1 方法概述.....	27
4.3.2 权重确定.....	30
4.3.4 评价结果.....	32
4.4 其他评价方法.....	33
第 5 章 结论及展望.....	34
5.1 结论.....	34
5.2 展望.....	35
参考文献.....	36
致 谢.....	40
附录一 专家调查问卷.....	41

## 第1章 绪论

### 1.1 研究背景

在 20 世纪 60 年代, 美国把集装箱用于运输行业.而在 20 世纪 70 年代, 港口之间的竞争才被很多学者研究. 近年来集装箱多式联运正日益成为国际物流活动的主导运输组织形式, 其功能和效益将更大程度地得到发挥. 国际港口是物流中心体系中的重要节点, 是多种运输方式的变换地点, 也是货物与信息的集散地, 具有连接内陆与水运、贯通国内与国外两个市场的功能. 因而对港口集装箱运输竞争力的研究有重要意义. 由于影响港口集装箱运输竞争力的因素众多, 它们有着不同的层次和类别, 需要用多层次、多指标来刻划其本质与特征. 因而, 国际港口集装箱运输竞争力的评价是一个复杂的大系统问题, 因此认识港口、研究港口, 使港口更好地为国民经济服务就显得尤为重要.

世界集装箱运输的需求越来越大, 船舶规模越来越大, 港口也越来越向大型化方向发展.港口发展的速度不断加快, 大型化趋势越来越明显. 如: 1990 年, 世界集装箱港口吞吐量超过 500 万 TEU 的港口才两个, 而到了 2001 年增加到 8 个, 其中 2 个港口吞吐量超过了 1000 万 TEU, 分别为香港和新加坡港, 到 2009 年底超过 500 万 TEU 的港口, 就已经达到 18 个, 其中有 9 个港口的吞吐量超过了 1000 万 TEU, 见表 1.1.

中国港口的发展从无到有, 一直稳步发展, 到现在中国已经成为世界港口最发达的国家之一. 中国集装箱港口的吞吐量在 1990 年仅为 156 万 TEU, 从 1981 年到 1999 年, 由 10.3 万 TEU 增长到 1553 万 TEU.2002 年, 中国集装箱吞吐量 3721 万 TEU, 世界第一. 2006 年 9361 万 TEU, 2007 年达到了 1.14 亿 TEU, 又一次世界第一, 平均每年增长 1100 万 TEU, 取得了令世人瞩目的成绩.2008 年, 达到 1.3 亿 TEU, 连续六年位居世界第一, 2009 年中国港口吞吐量超过一亿的港口就有 22 个(上海港、宁波港、舟山港、天津港、广州港、青岛港, 大连港、香港、苏州港, 深圳港、日照港等).历时 16 年中国大陆集装箱吞吐量从 0 到 100 万 TEU, 历时 8 年从 100 万 TEU 到 1000TEU, 历时 7 年从 1000 万 TEU 到 6000 万 TEU, 仅 3 年就从 6000 万 TEU 到突破一亿 TEU.

排序	港口	国家	2009	2007	2005	2003	2001	2000
1	新加坡	新加坡	2586.6	2793.2	2319.2	1810.0	155.2	170.4
2	上海	中国	2500.2	2615.0	1808.4	1137.0	63.34	56.13
3	香港	中国	2098.3	2388.1	2242.7	2045.0	178.0	181.0
4	深圳	中国	1825.0	2109.9	1619.7	1065.0	50.76	39.93
5	釜山	韩国	1195.4	1327.0	1184.3	1036.8	79.06	不详
6	广州	中国	1119.0	920.0	468.5	276.0	15.28	14.267
7	迪拜	阿联酋	1112.4	1065.3	761.9	515.2	33.16	30.59
8	宁波	中国	1050.2	934.9	520.8	277.2	12.0	9.02
9	青岛	中国	1026.0	946.2	630.7	423.0	25.24	21.16
10	鹿特丹	荷兰	974.3	1079.1	928.7	711.8	60.97	63.0
11	天津	中国	870.0	710.3	480.1	302.0	18.15	17.084
12	高雄	中国台湾	858.1	1025.7	947.1	884.4	75.40	74.26
13	巴生	马来西亚	730.9	712.0	554.4	484.0	35.02	不详
14	安特卫普	比利时	730.9	817.6	648.2	544.5	37.60	40.82
15	汉堡	德国	700.7	989.0	808.3	613.8	44.63	42.48
16	洛杉矶	美国	674.8	835.5	748.5	714.9	51.84	48.79
17	坦戎帕拉帕斯	马来西亚	600.0	550.0	417.7	不详	2011	不详
18	长滩	美国	506.7	731.6	671.0	465.8	44.63	46.0
19	厦门	中国	468.0	462.7	334.2	233.0	123.24	10.85
20	拉加班	泰国	462.1	464.2	383.4	不详	22.99	不详
21	不莱梅港	德国	456.4	491.2	373.6	319.1	27.50	27.12
22	纽约	美国	456.1	529.9	478.5	406.8	28.96	30.06
23	大连	中国	455.2	457.4	266.5	167.1	12.00	10.12
24	尼赫鲁港	印度	406.10	406.0	266.7	226.9	13.42	11.25
(24)	雅加达	印度尼西亚	不详	390.0	328.2	275.8	不详	不详
25	东京	日本	374.4	381.8	359.3	331.4	26.39	26.38

表 1.1 2009 年全球前 25 强集装箱港口历年吞吐量表 单位: 万 TEU

Tab 1.1 2009 years before the world container port throughput 25 strong over the scale

资料来源: 国际集装箱年鉴<sup>[35]</sup>

《2010 年全球 15 大集装箱港吞吐量统计排名》<sup>[1]</sup>显示, 中国港口在全球集装箱大港中, 收获了过半数席位, 上海港(第一)、香港港(第三)、深圳港(第四)、宁波-舟山港(第六)、广州港(第七)、青岛港(第八), 中国大部分港口位次比 2009 年前移, 说明中国港口在全球的份量进一步加强, 中国集装箱港口的发展前景非常可观。

## 1.2 文献综述

集装箱的运输起源于美国,在 20 世纪 60 年代,开始把集装箱用在货物的运输.改变了运输的形态,不再只是临近的港口间的往来.从 20 世纪 70 年代开始,很多学者对港口竞争问题进行了大量研究.目前,得到公认的主要有两个:其一,WEF(世界经济论坛)和 IMD(瑞士洛桑国际国际管理发展学院)的世界竞争力研究,其二,Michael E.Porter<sup>[2][3][4][5]</sup>教授的竞争力理论.

Bardi<sup>[6]</sup>、Foster<sup>[7][8]</sup> 最早研究港口选择问题.Bardi<sup>[6]</sup>发现运输者选择港口的重要依据是:可靠性、通过能力、运输时间、安全性、可利用性.Foster<sup>[7][8]</sup>做过两次调查,分别在 1978、1979 年,只有 30%的运输者关心所选港口是不是船舶的最后挂靠港,第一次,运输者看重服务质量,第二次,看重运输费用和费率.

Michael E.Porter<sup>[2][3][4][5]</sup> 深刻研究了国际竞争力的发展、成长以及核心要素,及相互关联,他认为一个企业的要想获得竞争优势,必须获得三大主导战略,即:创新性、目标一致性、成本优势性,一个企业的竞争优势存在并发展的必然因素是:企业的价值链和行业形式.

Willingale<sup>[9]</sup>1981 根据对英法之间的航运进行了研究,他认为船公司决策的关键因素归为 7 个方面,即:港口价格、定价策略、交通便利性、港口工作效率、港口工人的满意程度、港口对新事物的接受能力、港口特权.

Murphy<sup>[10]</sup> 等人在研究港口选择行为时,利用了单、多变量的方法,他发现不同的运输者选择港口的侧重点不同,具体可以概括以下几个因素:装卸设备的灵活性、舱位的运载力、货物处理的费用、货物的折损率、收发货的便利性、设备的可利用率、货物运输信息的可执行、理赔的便利性、可进行特殊处理的柔性.

Dong-WookSong<sup>[11]</sup> (2002)对珠江三角洲地区的竞争与合作进行了研究,重点分析了香港港口的发展面临的问题与压力,分析了香港与周边港口之间的竞争与合作.

Hayuth<sup>[12]</sup>在 1993 年首次利用数据包络法(DEA),评价了欧洲的一些港口.Tongzon<sup>[13]</sup>在 2001 年再次利用 DEA 法,对欧洲、亚洲、大洋洲的一些港口进行了排序评价.

Nazery Khalid<sup>[14]</sup> 在 2004 年对马来西亚的一些港口,利用 SWOT 法,进行了

竞争与合作之间的分析.

Legato.Gambardella<sup>[15]</sup>等在 2001 年利用离散系统模型,对一些集装箱码头进行了模拟.

Carlos Perez-Labajos<sup>[16]</sup>等人在 2004 年对欧洲的一些港口的研究和分析了它们之间的竞争,经分析,他们认为港口的竞争力和决策地位由一些商业因素决定.

Yang Zan<sup>[17]</sup>就港口的管理,利用数学规划和博弈论相结合的方法,讨论了货主、航运公司和港口管理之间的联系.

黄健元,严以新<sup>[18]</sup>在《东亚地区国际港口集装箱运输竞争力系列研究》<sup>[26]</sup>中,从竞争优、劣两方面,分析了我国大陆有关港之间的竞争.

张联军,宗蓓华<sup>[19]</sup>,利用 FCE,对亚洲主要港口市场竞争力进行分析评价.

杨艳冰<sup>[20]</sup>,利用 P 选择模型,对环渤海港口竞争力进行评价,并讨论了腹地货源的计算模型.

倪旭华<sup>[21]</sup> 张仁颐<sup>[21]</sup>,对上海港、釜山港和高雄港的之间的评价进行了研究,建立基于五项准则层的评价体系,运用 AHP 法分析了港口间的竞争.

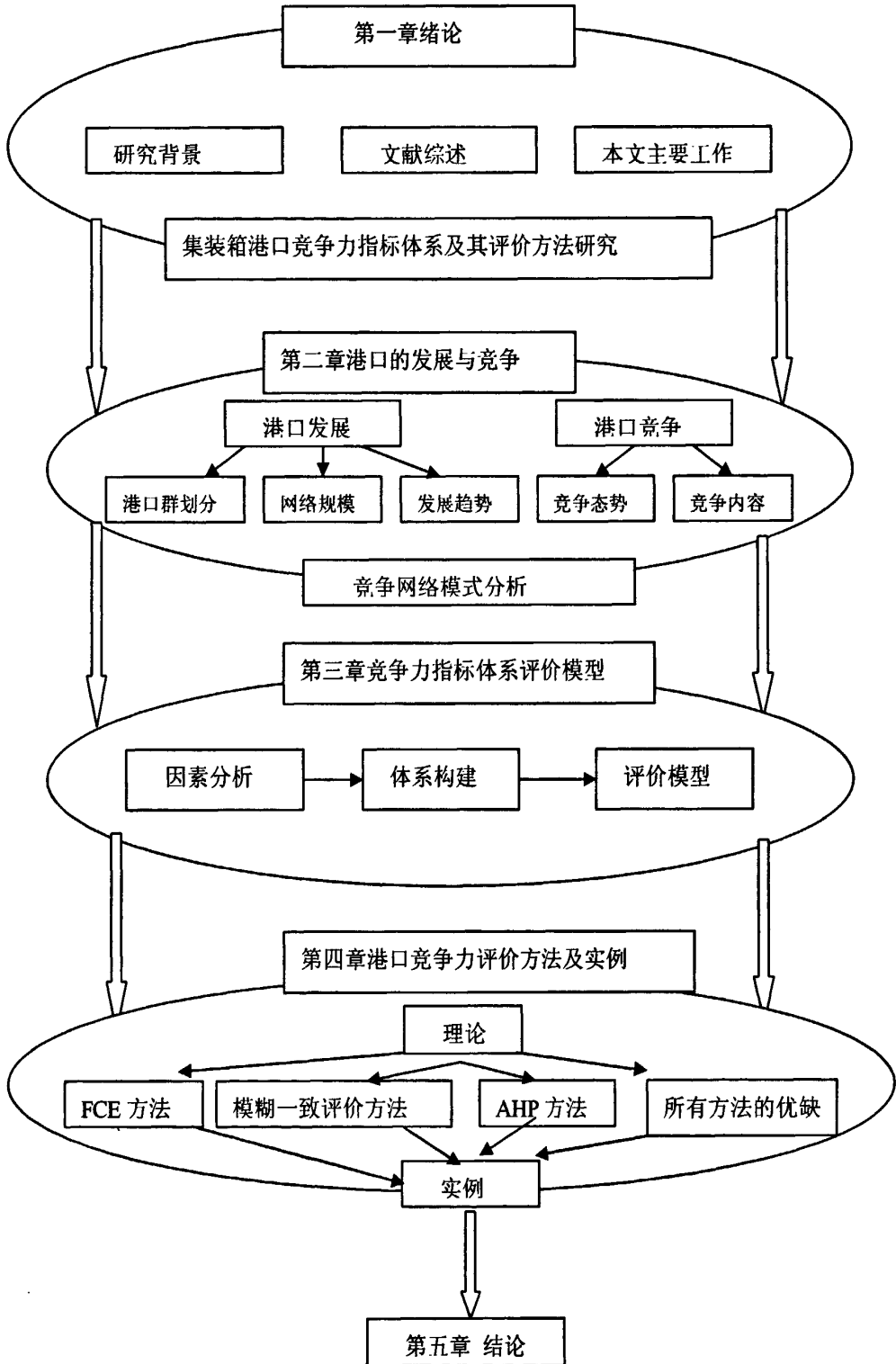
陆成云<sup>[22]</sup>,采用通过专家咨询意见的信度分析方法,删除部分信度不高的指标,确定最终的指标体系,评价方法采用结构方程模型的方法,分析了港口间的竞争关系.

### 1.3 本文所做的主要工作

首先,本文介绍了我国港口群的划分,分析了我国港口发展的现状和趋势,阐述了,港口市场的竞争态势和竞争的主要内容;其次,针对港口竞争力的影响因素进行了详细分析,在参考文献【20】的基础上,对竞争力指标体系进行了改进,建立了更加合理的指标体系;接着,对改进的指标体系,利用从 AHP,FCE,模糊一致综合评价方法等不同的竞争力指标评价方法,对环渤海港口各港的竞争力进行评价,给出了基于各种评价方法的排名,进行了数值分析;最后,结合评价结果对不同的评价方法进行了分析比较.

## 1.4 本文结构框架

图 1.2 论文的整体结构体系  
Figure 1.2 The framework of the whole dissertation





## 第2章 港口的发展与竞争

### 2.1 港口发展现状

#### 2.1.1 集装箱港口群的划分

我国集装箱港口群划分:

2006年8月16日,国务院修订了新的《全国沿海港口布局规划》<sup>[23]</sup>,该规划规定我国沿海港口划分为五大沿海港口群,分别为珠江三角洲港口群、长江三角洲港口群、环渤海港口群、东南沿海港口群、西南沿海港口群。其中,珠江三角洲港口群以香港港、深圳港、广州港为核心;长江三角洲港口群以上海港、宁波港为核心;环渤海港口群以大连港、天津港、青岛港为核心。这标志着我国沿海港口的建设和发展进入了新的发展阶段,具体见图1.1。

在《全国沿海港口布局规划》<sup>[23]</sup>中,对环渤海港口群又进行了更进一步的划分,将其分为3个次级港口,即:以大连为主导的辽宁港口群;以天津为主导的津冀港口群;以青岛为主导的山东沿海港口群。并对于这三大次级港口群又进行了更深一步的布局,明确了大连、天津、青岛这三大港口在环渤海港口群中的主导地位。

辽宁沿海港口群<sup>[23]</sup>包括丹东港、锦州港、大连港、营口港等,主要为内蒙古东部、东北三省服务。其中辽宁沿海主要有三大布局:其一,大宗散货的中转储运,包括液化天然气、石油、粮食、铁矿石等;其二,集装箱干线,主要以大连港为主,相应涉及丹东、锦州、营口等及其喂给港;其三,旅客、商品汽车、陆岛滚装的中转储运,主要以大连港为主。

津冀沿海港口群<sup>[24]</sup>主要包括黄骅港、唐山港、秦皇岛港、天津港等。主要为华北、京津,以及华北向西的部分地区服务。津冀沿海港分为四种港口:其一,专业化煤炭港,主要以天津港、唐山港、秦皇岛港、黄骅港为主;其二,大宗散货中转储运港,主要包括:天津港、秦皇岛港、唐山港等;其三,主要包括天津港、秦皇岛港、唐山港、黄骅港,以及支线或者喂给港口;其四,汽车中转储运,旅客运输港,主要包括天津港。

山东沿海港口群<sup>[25]</sup>主要为山东半岛服务,还包括山东向西延伸的一些地区,其港口主要包括日照港、青岛港、威海港、烟台港等。其布局主要有四条:其一,

专业化煤炭装船港，主要以日照港、青岛港为主，还涉及烟台港等；其二，大宗散货中转储运，主要为烟台港、日照港、青岛港，还涉及威海港等港口；其三，集装箱干线港，主要包括青岛港、还涉及威海港、日照港、烟台港等支线以及其喂给港；其四，旅客运输、陆岛滚装港，主要包括威海港、烟台港、青岛港。

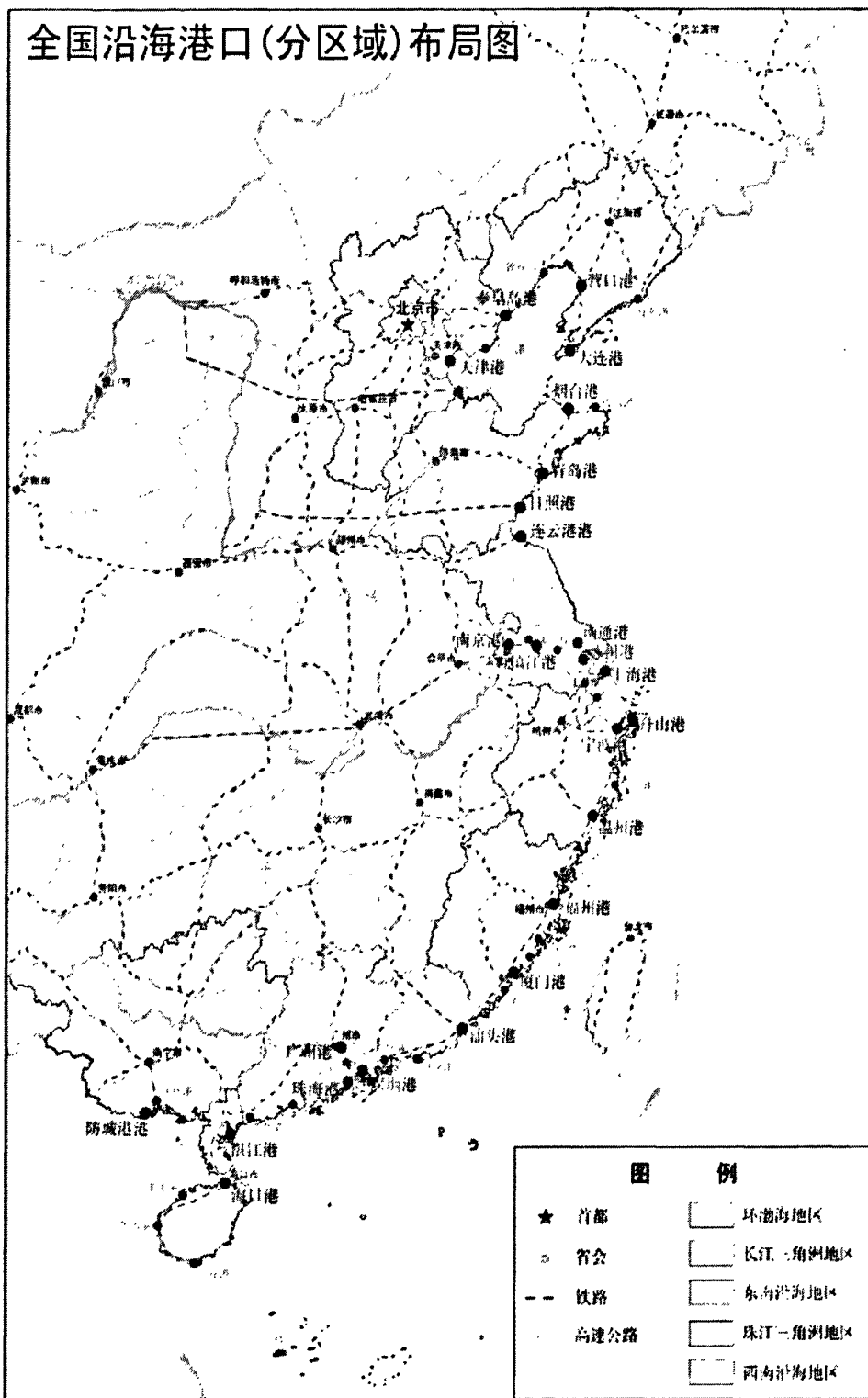


图 2.1 全国沿海港口分布图

Figure 2.1 Distribution of coastal ports of China

### 2.1.2 集装箱港口网络规模机构

港口市场供给与需求的不平衡,以及港口市场结构上的不足,构成了港口网络规模的不平衡,进一步构成港口之间的矛盾.

### 2.1.3 集装箱港口发展趋势

世界港口发展趋势:

#### (1)集装箱港口深水化建设加速

从第一代集装箱船舶投入运营,到现在,船舶不断向大型化方向发展,而从2000年到2009年,第五代、第六代相继投入运营.向极大型化方向发展的主型船舶,要求国际主线港口必须要向深水化方向发展,而非国际干线港为了争夺中转船舶的挂靠也开始建设深水码头深水航线.据分析,一些主要港口的码头前沿水深和进港航道必须在15米以上,才能满足第五代、第六代集装箱船运营.

#### (2)集装箱港口日益大型化

世界集装箱运输的需求越来越大,船舶规模越来越大,港口也越来越向大型化方向发展.港口发展的速度不断加快,大型化趋势越来越明显.如:1990年,世界集装箱港口吞吐量超过500万TEU的港口才两个,而到了2001年增加到8个,其中2个港口吞吐量超过了1000万TEU,分别为香港和新加坡港,到2009年底超过500万TEU的港口,就已经达到18个,其中有9个港口的吞吐量超过了一千万TEU,见表2.1.

随着港港联盟,港行联盟的不断推进,从2000年到2009年,十年时间里,全球集装箱吞吐量基本处于上升趋势.货运量不断向枢纽港靠近.前10大集装箱港口的吞吐量所占比重不断上升,从2000年的40%增加到2009年的52%.集装箱中转量也随之不断增加,这些都加速了集装箱港口规模的增大.

#### (3)集装箱港口信息化加强

随着信息化技术的不断发展、世界经济的全球化、港口向大型化、规模化方向的发展,港口的信息化管理显得越来越重要,许多港口纷纷引进现代化信息技术,如:EDI系统技术, GPS海上引航系统或安全监控系统,电子数据交换等,这些都加强了港口的管理,从而增加了集装箱港口的综合竞争力水平.

#### (4)集装箱港口竞争更加激烈

随着世界经济的全球化,港口大型化建设的不断推进,以及先进的信息技术

的不断应用,港口间的竞争将会更加激烈.另外,许多港口间都在纷纷相互拉拢,相互结合,从而形成港港联盟,港行联盟的局面,港口间的垄断形式不断加剧,港口间的竞争将更加激烈.

#### 中国港口发展趋势:

中国集装箱港口的起步相对较晚,发展相对缓慢.中国在1975年,建设第一座集装箱港口码头,天津港集装箱码头.自此,全国各主要港口相继步入,集装箱码头建设.到1980年以后,随着改革开放步伐的推进,国家在政策和资金方面大力鼓励沿海地区建设,并且一些沿海地区还引进外资,一些中外合资企业相继兴起,例如:上海港.

从1975年到2007年,我国集装箱吞吐量一直保持高速增长.2001年,我国港口集装箱吞吐总量2748万TEU,比上一年增长17%.2008年国际金融危机的爆发,世界的经济贸易都受到严重影响,自到2009年底世界经济才出现回暖.据IMF报告,世界经济集中下降1.1%,但是中国和印度,不但不会下降,还增加8%和5%,在世界经济回暖中起着重要作用.我国港口集装箱运输却受到重大撞击,2009年集装箱吞吐量121000万TEU,同比下降6%,但集装箱吞吐总量仍然是世界第一.我国集装箱港口历年吞吐量如表2.2,发展趋势如图2.3.

表 2.2 我国历年集装箱吞吐量

Tap2.2 Our country container throughput

年份	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
集装箱吞吐量(万TEU)	2748	3700	4800	5660	7564
年份	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
集装箱吞吐量(万TEU)	9361	11400	12830	12240	17000

资料来源:《2002中国港口年鉴》<sup>[26]</sup>《2003中国港口年鉴》<sup>[27]</sup>《2004中国港口年鉴》<sup>[28]</sup>《2005中国港口年鉴》<sup>[29]</sup>《2006中国港口年鉴》<sup>[30]</sup>《2007中国港口年鉴》<sup>[31]</sup>《2008中国港口年鉴》<sup>[32]</sup>《2009中国港口年鉴》<sup>[33]</sup>《2010中国港口年鉴》<sup>[34]</sup>.

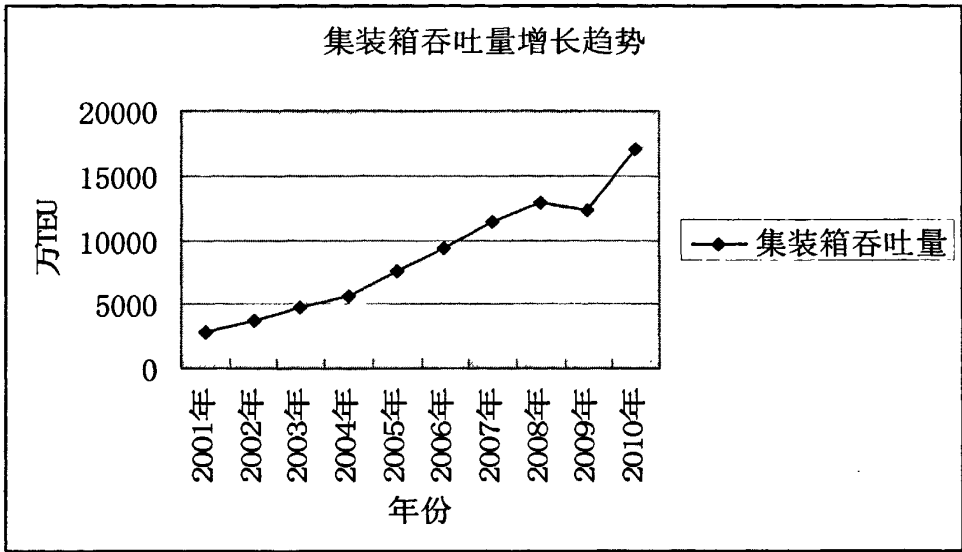


图 2.3 我国港口集装箱吞吐量增长趋势图

Figure 2.3 China port container throughput growth trend chart

## 2.2 集装箱港口竞争

### 2.2.1 港口竞争的主要内容

港口竞争可分为：港间竞争、港内竞争，又可分为：不同国家间竞争，同一国家内不同港口群竞争；同一群内不同港口竞争，同一港内不同企业竞争。港口与港口间的竞争是最为激烈的；其次为港口群间的竞争；再次为国家之间的竞争。本文研究的主要对象为港口之间的竞争。港口间的竞争主要是争夺腹地货源，以及中转货源，中转船舶挂靠等。港口作为一个服务型行业，只有找出自己与别的港口的差异，不断完善自己，才能在激烈的市场竞争中不断壮大。

### 2.2.2 港口市场竞争态势分析

随着国际化港口群不断发展，许多占据国际航线的港口群都在争夺国际港口枢纽港，从而争夺国际中转船舶的挂靠。不同港口群的内陆货源会有一定的交叉，因此，港口群间主要以争夺交叉的内陆货源、国际中转船舶的挂靠。对于同一港口群内的港口，内陆港口腹地货源基本相同或是有交叉。因此，同一港口群内的港口主要以争夺内陆货源为主，以及争夺成为群内港口枢纽港等。而本文主要研究是同一群内不同港口之间的竞争。另外，同一港口不同企业之间主要是争夺群内货源。

## 第3章 港口竞争力指标体系评价模型

### 3.1 竞争力指标因素分析

港口建设是国民经济的基础建设,与社会经济的各个方面都有密切的联系,尤其是对外贸易和国际物流市场经济,因此,港口的发展关系到一个国家的对外经济实力.港口的竞争力水平直接影响一个港口的市场货源.为了了解港口的竞争力水平,就要对其进行全面的评估,这就需要建立评价指标体系.在建立指标体系前,需要对影响港口竞争力的主要因素进行全面分析,进一步进行定量分析.

通过对港口的调查、船运公司的调查、专家咨询、航运客户的调查等手段,再结合中国港口的特点,本文分析了集装箱港口竞争力的影响因素.主要有以下几个方面.

#### 3.1.1 港口规模

在一定程度上,一个港口规模( $C_1$ )的大小代表了一个港口的实力.它包括:港口自然条件 $C_{13}$ ,货物吞吐量 $C_{12}$ ,以及,集装箱的吞吐量 $C_{11}$ .

港口自然条件包括:吃水、区位优势、腹地辐射面等.船舶容纳能力是一个港口在一定时间内船舶通过能力.

集装箱吞吐量(单位:TEU)是一个港口在一定时间内装卸船舶的集装箱货物总量.港口集装箱吞吐量是一个港口生产任务大小的主要标志,反映港口现有的规模,表现了一个港口的综合实力.一个港口的货物类别、数量、流向,这些都反映了一个港口在国内外物流中的作用.另外,由于国际化港口建设步伐的加快,以及船舶大型化的发展,越来越多的港口都以集装箱的发展为主.因此,集装箱吞吐量是影响港口竞争力的一个指标.

#### 3.1.2 运营条件

港口运营条件 $C_2$ ,是一个港口在与船舶公司、货代公司交流运作中所产生的因素.主要包括一下几方面:

(1) 班轮密度 $C_{21}$ ,如果班轮密度覆盖到世界上一些主要航线,则集装箱能快速地运送到世界各地.货物运输的直达性越好,对货主的吸引力越大.

(2) 港口费率 $C_{22}$ ,港口费率是指港口公司和船舶公司在货物中转过程中,所产生的港口作业费用.直接影响货主最终运输的费用.因此,港口费率是影响

港口竞争力的最直接因素。

(3) 外运运输系统 $C_{23}$ ，港口货物与外界的集疏运条件的方便、快捷程度，直接影响到港口的效率，影响港口对货主的吸引力。港口与外界集疏越方便，越能节省运输时间，越能节省船舶公司的费用，从而做到效益最大化，吸引船舶公司。

### 3.1.3 设备条件

港口企业作为一个服务性行业，其设备条件( $C_3$ )直接影响到服务的优劣，从而，影响到港口的综合实力。设备条件主要包括下面内容：

(1) 泊位能力 $C_{31}$ ，泊位数直接影响港口的在港时间，当泊位数不足时，港口的通过能力降低，造成船舶排队等待，影响船舶公司的利益。因此，泊位数是影响船舶挂靠的重要因素。所以，泊位数是评价港口竞争力的一个重要指标。

(2) 仓储设备能力 $C_{32}$ 。

(3) 装卸设备能力 $C_{33}$ 。装卸设备包括：吊桥等，设备的能力大小直接影响到港口对货物的处理能力，装卸货物的时间。装卸能力越大，货物处理的时间越短，越能节省货代公司的时间，越能吸引货代公司。

(4) 集装箱堆场 $C_{34}$ 。

(5) 机械作业效率 $C_{35}$ 。机械作业效率直接与港口的在岗停止时间相关。机械效率越高，船舶在港停留时间越短，越能节省船舶公司的成本，越能吸引船舶公司，吸引中转船舶的挂靠。

### 3.1.4 理货质量

港口作为一个服务性行业，其理货质量高低 $C_4$ 直接影响货主选择港口的概率。理货质量越高，越能吸引货主或船舶挂靠，或中转，竞争力也就越大。而直接影响理货质量的方面包括：进港延滞时间 $C_{41}$ ，船舶平均在港时间 $C_{42}$ ，理货数值准确率 $C_{43}$ ，输运完好率 $C_{44}$ ，理货船舶满意率 $C_{45}$ 。

### 3.1.5 现代化管理水平

港口物流化、全球化的发展，对港口的现代化管理 $C_5$ 提出了更高的要求。通过现代化的管理设备直接对货物实时跟踪查询，既保证了货物的安全性，又提高了港口的通关效率。从而，吸引船舶公司的挂靠中转。



现代化管理主要包括: EDI 系统 $C_{51}$ , 安全监控 $C_{52}$ , 管理信息 $C_{53}$ , GPS 系统 $C_{54}$ .

## 3.2 竞争力指标体系构建

根据以上分析本文构建了拟采用的指标体系如图 3.9, 本文通过找相关专家, 针对拟采用的指标给出专家意见, 见附录(一).

### 3.2.1 问卷结果统计分析

实发放问卷 30 份, 收回 29 份, 有效问卷 28 份, 将专家调查结果汇总, 再归一化. 在收回的 29 份中, 有 27 份同意所给出的指标体系, 2 份基本同意, 因此, 拟采用的指标体系可取.

3.2.4 竞争力指标体系层次分析结构图

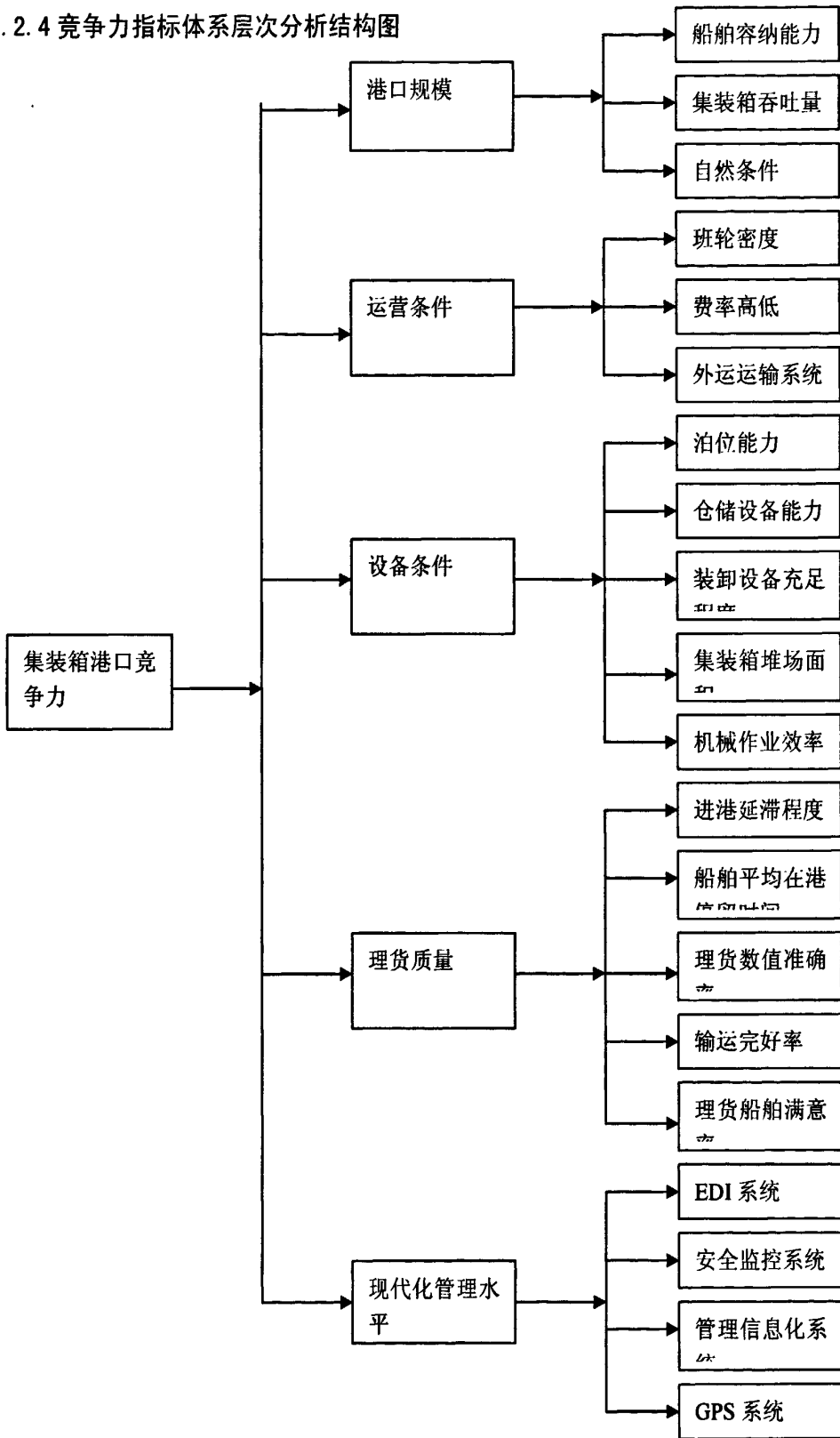


图 3.9 指标体系层次分析结构图

Figure 3.9 Competitiveness index system hierarchical analysis structure

### 3.3 评价模型

#### 3.3.1 常用综合评价函数方法

##### (1) 线性加权综合法<sup>[37]</sup>

即利用线性模型

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_j x_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (3.1)$$

作为综合评价函数.

##### (2) 非线性加权综合法<sup>[37]</sup>

即利用模型

$$y_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{\omega_j} \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.2)$$

作为综合评价函数.说明, 式中的属性值要求  $x_{ij} \geq 1$ , ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ).

##### (3) 理想点法<sup>[37]</sup>

假设理想方案的指标为  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , 那么被评价对象指标值最接近  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  的方案, 即为最优方案.其数学模型为:

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_j f(x_{ij}, x_j^*), \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (3.3)$$

其中  $f(x_{ij}, x_j^*)$  表示  $x_{ij}$  与  $x_j^*$  之间的某种距离.若是欧式距离, 则为

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_j (x_{ij} - x_j^*)^2, \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (3.4)$$

这里综合评价模型我们采用线性加权法, 即利用线性模型

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_j x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.5)$$

## 第4章 港口竞争力主要评价方法及其应用举例

### 4.1 FCE 方法

FCE 法<sup>[38, 39, 40]</sup>是利用模糊数学原理和最大隶属度原则, 对于一些不易定性和量化的因素, 进行模糊定性和定量, 对被评价事物的各个因素, 进行综合评价的一种方法. 模糊数学是有美国著名控制论专家 L.A.Zadeh<sup>[41]</sup>教授在 1965 年提出的. 后来经过各国学者的不断努力和探索, 最终成为一门理论学科. 由于模糊数学能解决一些经典数学难以解决的大系统的复杂问题, 以及一些日常生活中普遍存在的模糊性问题, 而被大量应用于综合评价中.

#### 4.1.1 FCE 评价方法的理论基础

1965 年, 美国控制论专家 L.A.Zadeh 教授建立模糊集理论. 现在模糊理论在社会各个领域发挥着重要的作用. FCE 就是以模糊集理论为基础.

#### 4.1.2 方法概述

FCE 方法的具体步骤如下<sup>[38-46]</sup>:

(1) 给出一级指标因素集  $U = (U_1, U_2, U_3, U_4 \dots U_n)$ , 以及每个因素  $U_i$  所包含的二级指标因素  $U_i = (u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{ik})$ ;

(2) 给出每一个因素集  $U_i$  的评语集  $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, \dots, v_{im})$ ;

(3) 一级模糊综合评判;

专家打分确定每一个  $U_i$  的指标因素的重要程度模糊子集  $\omega_i = (\omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{im})$ ,

构造模糊综合评价矩阵

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}. \quad (4.1)$$

采用加权平均模型  $M(·, +)$  进行一级综合评判的  $\omega_i \cdot R_i$ , 把结果归一化得一级综合评判结果  $B_i$ .

(4) 二级模糊综合评判;

由上述一级模糊综合评价集  $B_i$  得二级综合评判矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

专家打分确定  $U = (U_1, U_2, U_3, U_4 \dots U_n)$  的因素重要程度模糊集  $\varpi = (\varpi_1, \varpi_2, \dots, \varpi_n)$ , 采用加权平均模型  $M(\cdot, +)$  进行二级模糊综合评判的二级模糊综合评价, 即:

$$B = \max(\varpi \cdot R). \quad (4.3)$$

#### 4.1.2 因素集分类

利用 FCE 方法评价港口的竞争力的具体过程如下, 指标因素我们继续采用第三章建立的层次分析图, 则因素集分别为:

$U =$ (港口规模  $U_1$ , 运营条件  $U_2$ , 设备条件  $U_3$ , 理货质量  $U_4$ , 现代化管理  $U_5$ );

$U_1 =$ (货物吞吐量  $u_{11}$ , 集装箱吞吐量  $u_{12}$ , 自然条件  $u_{13}$ );

$U_2 =$ (班轮密度  $u_{21}$ , 费率高低  $u_{22}$ , 外运运输系统  $u_{23}$ );

$U_3 =$ (泊位能力  $u_{31}$ , 仓储设备能力  $u_{32}$ , 装卸设备能力  $u_{33}$ , 集装箱堆场  $u_{34}$ , 机械作业效率  $u_{35}$ );

$U_4 =$ (进港延滞时间  $u_{41}$ , 船舶平均在港停留时间  $u_{42}$ , 理货数值准确率  $u_{43}$ , 输运完好率  $u_{44}$ , 理货船舶满意率  $u_{45}$ );

$U_5 =$ (EDI 系统  $u_{51}$ , 安全监控系统  $u_{52}$ , 管理信息系统  $u_{53}$ , GPS 系统  $u_{54}$ );

对于评语集我们都采用下面的:

$V =$ (非常好  $v_1$ , 好  $v_1$ , 一般  $v_1$ , 不好  $v_1$ ).

#### 4.1.3 权重确定

评议的调查问卷见附录一中的表 1.10.

经专家评议得各因素重要程度模糊子集为:

$$\varpi = (0.2300, 0.2100, 0.1922, 0.2633, 0.1045);$$

$$\varpi_1 = (0.5090, 0.3290, 0.1620);$$

$$\varpi_2 = (0.5285, 0.2030, 0.2045);$$

$$w_3 = (0.1020, 0.1180, 0.1505, 0.0520, 0.5775);$$

$$w_4 = (0.1713, 0.1663, 0.2137, 0.2257, 0.2230);$$

$$w_5 = (0.3720, 0.3020, 0.0930, 0.2330);$$

#### 4.1.4 数值测试

##### (1) 数据搜集

某些原始数据的搜集非常困难,但是数据的可信度与评价结果的准确性直接相关.为了做到数据的真实性,本文的数据主要来源于:

- 1、《中国港口年鉴 2009》<sup>[33]</sup>;
- 2、各省市海关、海事局、引航站网站;
- 3、《中国统计年鉴 2009》<sup>[57]</sup>;
- 4、交通部季度发布的季度数据汇总;
- 5、各大港口网站;
- 6、专家问卷调查.

各港口的指标数据如下表:

表 4.1 各港口的相关数据如下表

Tab 4.1 Ports related data in the list below

二级指标	大连	青岛	天津	丹东	营口	锦州	烟台	汇总
船舶容纳能力	24600	30029	35600	3470	15085	4723	11189.2	124696.2
集装箱吞吐量(万 TEU)	452.5	1002.3	850.27	22.2	203.6	65	153.2	5076.34
自然条件	12	11	10	6	9	5	12	65
班轮密度	11	12	11	2	5	3	10	54
费率高低(元)	16210	16240	16560	16190	16020	16120	16220	113560
外运运输系统功能	11	9	12	4	7	6	8	57
泊位能力(个)	198	61	139	30	61	18	81	794
仓储设备能力	10	12	12	4	7	5	6	56
装卸设备能力	11	11	12	3	5	4	3	49
集装箱堆场(万 m <sup>2</sup> )	180.0	81.30	116.0	75.0	76.6	113.2	150.0	792.10
机械作业效率	88.0	94.9	51.09	22.0	28.0	28.9	29.0	341.89
进港时间延滞程度	10	10	10	6	6	10	6	58
船舶平均在港停时间	10	10	10	11	11	12	10	74
理货数值准确率	12	12	12	9	8	5	8	132
输运完好率	11	12	11	9	8	8	7	66
理货船舶满意率	10	10	10	6	6	10	10	62
EDI 系统	12	12	12	6	10	10	9	91
安全监控系统	12	12	12	5	9	8	7	65
管理信息系统	12	12	12	5	8	7	6	62
GPS 系统	12	12	12	12	0	0	5	53

## (2) 数据标准化

由于各指标的单位不相同,如集装箱吞吐量是万 TEU,泊位数是个,为了消除单位的影响,需把各个指标的数据进行处理,而一般的处理办法如下:

<1>相对隶属度法<sup>[58]</sup> (标准的 0—1 变换法)。

越大越好指标:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (4.4)$$

越小越好指标:

$$r_{ij} = \frac{\max_j x_{ij} - x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (4.5)$$

中间型指标:

$$r_{ij} = 1 - \frac{|x_{ij} - x_j|}{\max_j |x_{ij} - x_j|} \quad (4.6)$$

<2>向量归一化<sup>[58]</sup>

矩阵:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (4.7)$$

对矩阵的第  $j$  列, 计算

$$\bar{r}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (4.8)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{r}_j)^2, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.9)$$

再变换

$$r'_{ij} = \frac{r_{ij} - \bar{r}_j}{\sigma_j}, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.10)$$

最后矩阵平均值  $\mu = 0$ , 方差  $\sigma = 1$ .

<3>均值规格化<sup>[58]</sup>

对矩阵的第  $j$  列, 计算  $\sigma_j$ , 然后, 做变换

$$r'_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sigma_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.11)$$

<4>中心规格化<sup>[58]</sup>

对矩阵的第  $j$  列, 计算  $\bar{r}_j$ , 然后作变换

$$r'_{ij} = r_{ij} - \bar{r}_j, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m. \quad (4.12)$$

本文采用向量归一化方法.

(3) 数据标准化后结果如下表:



表 4.2 标准化后数据为

Tab 4.2 After standardization for data

二级指标	大连	青岛	天津	丹东	营口	锦州	烟台	汇总
船舶容纳能力	0.1973	0.2408	0.2855	0.0278	0.1210	0.0379	0.0897	1
集装箱吞吐量(万 TEU)	0.1646	0.3646	0.3093	0.0081	0.0741	0.0236	0.0557	1
自然条件	0.1846	0.1692	0.1538	0.0924	0.1385	0.0769	0.1846	1
班轮密度	0.2037	0.2222	0.2037	0.0370	0.0925	0.0555	0.1852	1
费率高低	0.1427	0.1430	0.1458	0.1426	0.1411	0.1420	0.1428	1
外运运输系统功能	0.1930	0.1579	0.2105	0.0702	0.1228	0.1053	0.1404	1
泊位能力(个)	0.3322	0.1158	0.2332	0.0503	0.1023	0.0302	0.1359	1
仓储设备能力	0.1786	0.2143	0.2143	0.0714	0.1250	0.0893	0.1071	1
装卸设备能力	0.2245	0.2245	0.2449	0.0612	0.1020	0.0816	0.0612	1
集装箱堆场(万 $m^2$ )	0.2272	0.1026	0.1464	0.0947	0.0967	0.1429	0.1894	1
机械作业效率	0.0234	0.2776	0.1494	0.0643	0.0819	0.0845	0.0848	1
进港时间延滞程度	0.1724	0.1724	0.1724	0.1034	0.1034	0.1724	0.1034	1
船舶平均在港停时间	0.1351	0.1351	0.1351	0.1486	0.1486	0.1622	0.1351	1
理货数值准确率	0.1818	0.1818	0.1818	0.1364	0.1212	0.0758	0.1212	1
输运完好率	0.1667	0.1818	0.1667	0.1364	0.1212	0.1212	0.1061	1
理货船舶满意率	0.1613	0.1613	0.1613	0.0968	0.0968	0.1613	0.1613	1
EDI 系统	0.1690	0.1690	0.1690	0.0845	0.1408	0.1408	0.1268	1
安全监控系统	0.1846	0.1846	0.1846	0.0769	0.1385	0.1231	0.1077	1
管理信息系统	0.1935	0.1935	0.1935	0.0806	0.1290	0.1129	0.0968	1
GPS 系统	0.2264	0.2264	0.2264	0.2264	0	0	0.0943	1

把数据代入如下模型:

$$\begin{aligned}
 M^k &= |\beta X| = \sum_{i=1}^7 \beta_i \sum_j \omega_{ij} x_{ij}^k \\
 &= \beta_1 \sum_j \omega_{1j} x_{1j}^k + \beta_2 \sum_j \omega_{2j} x_{2j}^k + \dots + \beta_7 \sum_j \omega_{7j} x_{7j}^k \quad (4.13)
 \end{aligned}$$

其中  $k = 1, 2, 3, \dots$  分别代表各个港口.  $M^k$  代表各港口的竞争力评价指标值,

$x_{ij}^k$  为第  $i$  个一级指标下的第  $j$  个二级指标的经归一化后的数值。

#### 4.1.5 评价结果

最终各港口的综合评价结果为：

表 4.3 港口竞争力指标

Tab4.3 The Market competition indicators of the ports

港口名称	大连	青岛	天津	丹东	营口	锦州	烟台
竞争力指标值	0.1644	0.2091	0.1981	0.0776	0.1063	0.0879	0.1172
竞争力排名	3	1	2	7	5	6	4

因此，竞争力排名依次为：青岛第一、天津第二、大连第三、烟台第四、营口第五、锦州第六、丹东第七。该排名只是在环渤海港口群内相对而言。

## 4.2 模糊一致综合评价方法

### 4.2.1 模糊一致综合评价方法的理论基础

定义<sup>[47-53]</sup>1: 若矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，满足  $0 \leq a_{ij} \leq 1, i, j = 1, 2, \dots, n$ ，则称矩阵  $A$  是模糊矩阵。

定义<sup>[47-48]</sup>2: 若模糊矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，满足  $a_{ij} + a_{ji} = 1, i, j = 1, 2, \dots, n$ ，则称  $A$  是一个模糊互补矩阵。

定义<sup>[52-53]</sup>3: 对  $n$  个对象  $x_1, x_2, \dots, x_n$  中的对象  $x_i$  与  $x_j$  的重要性进行二元对比，如果：

(1)  $x_i$  比  $x_j$  重要，则排序标度  $a_{ij} > 0.5, a_{ji} = 1 - a_{ij}$ ；

(2)  $x_i$  比  $x_j$  一样重要，则  $a_{ij} = a_{ji} = 0.5$ ；

(3)  $x_i$  不比  $x_j$  重要，则  $a_{ij} < 0.5, a_{ji} = 1 - a_{ij}$ 。

定义<sup>[50-53]</sup>4: 由定义 3 产生的模糊互补矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，满足：

若  $a_{ik} > a_{ij}$ ，则  $a_{ki} < 0.5$ ；

若  $a_{ik} < a_{ij}$ ，则  $a_{ki} > 0.5$ ；

若  $a_{ik} = a_{ij}$ ，则  $a_{ki} = 0.5$ ，

则称  $A = (a_{ij})_{n \times n}$  为模糊一致矩阵。

模糊一致矩阵的性质<sup>[47-53]</sup>:

- (1)  $a_{ii} = 0.5, i=1,2,\dots,n$ ;
- (2)  $A = (a_{ij})_{n \times n}$  的第  $i$  行与第  $i$  列元素之和为  $n$ ;
- (3) 从  $A = (a_{ij})_{n \times n}$  中化去第  $i$  行和第  $i$  列后, 所得矩阵仍然是模糊一致矩阵.

$A = (a_{ij})_{n \times n}$  满足传递性, 即:

- ①若  $a_{ij} > 0.5, a_{jk} > 0.5$  则  $a_{ik} > 0.5$ ;
- ②若  $a_{ij} < 0.5, a_{jk} < 0.5$ , 则  $a_{ik} < 0.5$ ;
- ③若  $a_{ij} = 0.5, a_{jk} = 0.5$ , 则  $a_{ik} = 0.5$ .

由模糊一致矩阵的性质, 知由模糊一致法得出的判断矩阵满足一致性要求, 符合人们决策思维的一致性.

#### 4.2.2 模糊一致评价方法概述

- (1) 建立指标体系;
- (2) 找一些有经验的专家, 针对指标的重要性给出每一个指标的重要性分值. 标度如表 4.4<sup>[48-53]</sup>:

表 4.4 因素重要程度判断值  
Tab 4.4 Factors determine judgment value

标度	含义
1.0	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 严重重要
0.85	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 强烈重要
0.75	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 明显重要
0.65	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 稍微重要
0.5	$i$ 与 $j$ 相比, 具有相同的重要性

当要增加等级时, 可在相邻等级间插入模糊标度值.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}. \quad (4.14)$$

$a_{ij}$  表示  $i$  与  $j$  相比的重要性程度;

#### (3) 权重的确定<sup>[53]</sup>

利用下面的公式计算矩阵的每一行的元素之和,

$$b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (4.15)$$

归一化处理:

$$w_i = b_i / \sum_{i=1}^n b_i, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (4.16)$$

所得结果为每个指标的权重.

#### 4.2.3 权重确定

具体的调查问卷见附件(一)

调查结果如下:

二级指标各结果为:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.58 & 0.87 \\ 0.42 & 0.5 & 0.77 \\ 0.13 & 0.23 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

经计算:

$$w_1 = (0.4333, 0.3756, 0.1911).$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.29 & 0.67 \\ 0.71 & 0.5 & 0.35 \\ 0.33 & 0.65 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

经计算:

$$w_2 = (0.3244, 0.3467, 0.3289).$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.45 & 0.37 & 0.67 & 0.29 \\ 0.55 & 0.5 & 0.36 & 0.42 & 0.33 \\ 0.63 & 0.54 & 0.5 & 0.21 & 0.42 \\ 0.33 & 0.58 & 0.79 & 0.5 & 0.12 \\ 0.71 & 0.67 & 0.58 & 0.88 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

经计算:

$$w_3 = (0.1839, 0.1742, 0.1855, 0.1871, 0.2694).$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.58 & 0.37 & 0.36 & 0.33 \\ 0.42 & 0.5 & 0.48 & 0.33 & 0.35 \\ 0.63 & 0.52 & 0.5 & 0.55 & 0.47 \\ 0.64 & 0.67 & 0.45 & 0.5 & 0.56 \\ 0.67 & 0.65 & 0.53 & 0.44 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

经计算:

$$\omega_4 = (0.1712, 0.1664, 0.2136, 0.2256, 0.2232).$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.52 & 0.61 & 0.49 \\ 0.48 & 0.5 & 0.54 & 0.45 \\ 0.39 & 0.46 & 0.5 & 0.42 \\ 0.51 & 0.55 & 0.58 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

经计算:

$$\omega_5 = (0.2650, 0.2463, 0.2213, 0.2675).$$

一级指标为:

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.38 & 0.33 & 0.65 & 0.58 \\ 0.62 & 0.5 & 0.55 & 0.75 & 0.65 \\ 0.67 & 0.45 & 0.5 & 0.89 & 0.78 \\ 0.35 & 0.25 & 0.11 & 0.5 & 0.77 \\ 0.42 & 0.35 & 0.22 & 0.23 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

$$\omega = (0.1952, 0.2456, 0.2632, 0.1584, 0.1376).$$

#### 4.2.5 评价结果

采用表 4.1 和表 4.2 中的数字进行测试

利用如下模型:

$$\begin{aligned} M^k &= |\beta X| = \sum_{i=1}^7 \beta_i \sum_j \omega_{ij} x_{ij}^k \\ &= \beta_1 \sum_j \omega_{1j} x_{1j}^k + \beta_2 \sum_j \omega_{2j} x_{2j}^k + \dots + \beta_7 \sum_j \omega_{7j} x_{7j}^k \quad (4.17). \end{aligned}$$

其中  $k=1,2,3,\dots$  分别代表各个港口。  $M^k$  代表各港口的竞争力评价指标值,

$x_{ij}^k$  为第  $i$  个一级指标下的第  $j$  个二级指标的经归一化后的数值。

表 4.5 港口竞争力指标

Tab4.5 The Market competition indicators of the ports

港口名称	大连	青岛	天津	丹东	营口	锦州	烟台
竞争力指标值	0.1813	0.2007	0.2024	0.0813	0.1089	0.0901	0.1215
竞争力排名	3	2	1	7	5	6	4

因此,竞争力排名依次为:天津第一、青岛第二、大连第三、烟台第四、营口第五、锦州第六、丹东第七。2009年中国港口竞争力排名<sup>[54]</sup>为:青岛第一、天津第二、大连第三、烟台第四、营口第五、丹东第六、锦州第七。因此,后五位的排名与2009年相同,前两位位置相反,说明,FCE评价方法带有一定的误差。

### 4.3 AHP法

AHP是T.L.Satty<sup>[55]</sup>(美国运筹学家)在20世纪70年代末提出,是一种将定量分析与定性分析相结合的分析方法。它认为一个复杂问题是有几个主要要素构成的,每一个要素又包含几个次级要素,从而形成一个阶梯层次结构,然后利用专家打分的方法,构造判断矩阵,计算每一个要素在决策层中的重要性。

#### 4.3.1 方法概述

其步骤为<sup>[40-56]</sup>:

- (1) 构建层次结构;
- (2) 专家打分构造判断矩阵;
- (3) 利用特征向量法计算权重向量;
- (4) 利用加权平均法计算综合评价值。

其具体过程为<sup>[40-56]</sup>:

1. 建立层次分析图;

将决策对象分为几个层次,一般分为3个层次:目标层、准则层、决策层。

如下:

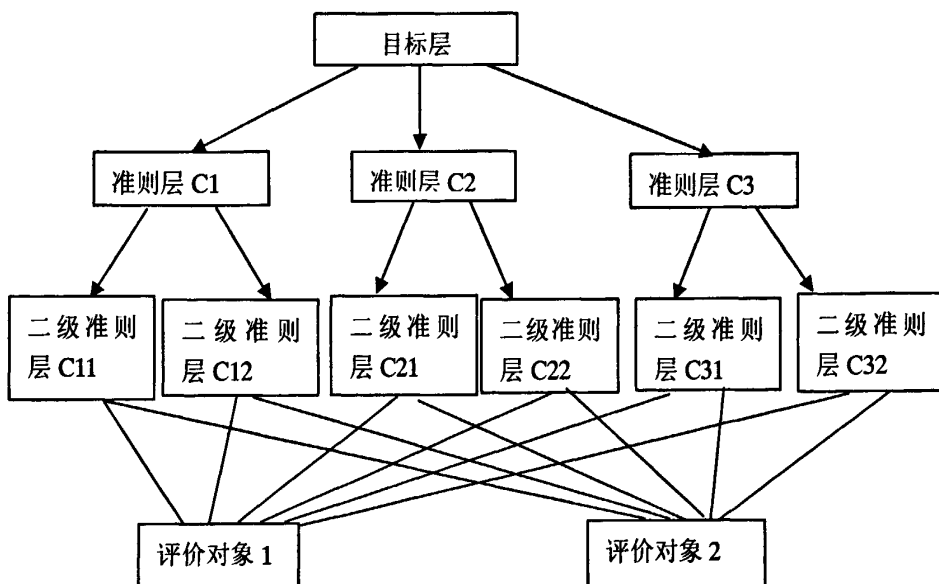


图 4.6 层次分析图

Figure 4.6 hierarchical analysis structure

(2) 构造判断矩阵;

采用 Santy 等人的一致矩阵法, 即所有因素在一起, 采用两两相互比较, 各因素间采用 1---9 标度法<sup>[55]</sup>.

表 4.7 1---9 标度法

Tab4.7 Random consistency index1-9

标度	含义
1	<i>i</i> 与 <i>j</i> 相比, 具有相同的重要性
3	<i>i</i> 与 <i>j</i> 相比, <i>i</i> 比 <i>j</i> 稍微重要
5	<i>i</i> 与 <i>j</i> 相比, <i>i</i> 比 <i>j</i> 明显重要
7	<i>i</i> 与 <i>j</i> 相比, <i>i</i> 比 <i>j</i> 强烈重要
9	<i>i</i> 与 <i>j</i> 相比, <i>i</i> 比 <i>j</i> 严重重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中间值

说明: 倒数, 如果因素 *i* 与 *j* 比较的判断值为  $a_{ij}$ , 则 *j* 与 *i* 的较的判断

$$\text{为 } a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}.$$

则得判断矩阵为

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} . \quad (4.18)$$

其中  $a_{ii} = 1$ ,  $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ .

然后再求判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{\max}$  及其对应的特征向量, 即有特征方程

$$|A - \lambda E| = 0 . \quad (4.19)$$

求出最大的  $\lambda = \lambda_{\max}$  代入齐次线性方程组

$$(A - \lambda E)X = 0 . \quad (4.20)$$

即

$$\begin{cases} (a_{11} - \lambda)x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = 0 \\ (a_{21} - \lambda)x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = 0 \\ \dots \\ (a_{m1} - \lambda)x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = 0 \end{cases} . \quad (4.21)$$

解  $x_1, x_2, \dots, x_n$  得最大非零特征值  $\lambda_{\max}$  对应的特征向量为

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T . \quad (4.22)$$

对其进行归一化后作为权重向量.

### (3) 一致性检验

由于比较的过程中有可能会出现问题, 前后比较一致性, 因此需要对判断矩阵进行一致性检验, 如果符合一致性, 权重可接受, 如果不符合, 需要对判断矩阵进行调整. 通常一致性检验方法为:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} . \quad (4.23)$$

其中  $n$  为评价指标的个数.

一致性比率为

$$CR = \frac{CI}{RI} . \quad (4.24)$$

一般当一致性比率  $CR < 0.1$  时, 认为判断矩阵满足一致性, 否则需对判断矩阵进行调整, 直到满足一致性要求.



表 4.8 随机一致性指标<sup>[56]</sup>

Tab 4.8 Random consistency index

n	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24
n	7	8	9	10	11	12
RI	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54

4.3.2 权重确定

利用 AHP 法确定权重具体如下：

表 4.9 港口竞争力评价指标的 5 个要素的相对权重

Tab.4.9 Relative Importance of Five Factors in Port Competitive Ability

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$C_1$	1	1	3	1/2	5
$C_2$	1	1	3	1/3	5
$C_3$	1/3	1/3	1	1/5	3
$C_4$	2	5	1	1	7
$C_5$	1/5	1/5	1/5	1/3	1
$w$	0.2300	0.1070	0.2270	0.0410	0.3950

表 4.10 港口规模评价

Tab 4.10 Urban Environment

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$
$C_{11}$	1	1/2	2
$C_{12}$	2	1	3
$C_{13}$	1/2	1/3	1
$w_1$	0.3090	0.5290	0.1620

表 4.11 运营条件

Tab4.11 Operating Condition

	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$
$C_{21}$	1	3	3
$C_{22}$	1/3	1	1
$C_{23}$	1/3	1	1
$w_2$	0.6000	0.2000	0.2000

4.12 港口设备条件评价值

Tab.4.12 Facility Condition

	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$	$C_{35}$
$C_{31}$	1	1	1	2	1/9
$C_{32}$	1	1	1	2	1/9
$C_{33}$	1	1	1	2	1/9
$C_{34}$	1/2	1/2	1/2	1	1/9
$C_{35}$	9	9	9	9	1
$w_3$	0.0930	0.0930	0.0930	0.0480	0.6730

表 4.13 理货质量  
Tab 4.13 Tally Quality

	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{45}$
$C_{41}$	1	1	3	5	7
$C_{42}$	1	1	3	5	7
$C_{43}$	1/3	1/3	1	1	1
$C_{44}$	1/5	1/5	1	1	1
$C_{45}$	1/7	1/7	1	1	1
$w_4$	0.3777	0.3777	0.0976	0.0778	0.0693

表 4.14 现代化管理评价  
Tab 4.14 Management Qualities

	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$
$C_{51}$	1	2	3	2
$C_{52}$	1/2	1	3	2
$C_{53}$	1/3	1/3	1	1/3
$C_{54}$	1/2	1/2	3	1
$w_5$	0.3720	0.3020	0.0930	0.2330

通过计算知各指标权重为:

$$\begin{aligned} \text{令 } \beta = w &= (0.230, 0.107, 0.227, 0.041, 0.395)^T, \quad w_1 = (0.3090, 0.5290, 0.1620)^T, \\ w_2 &= (0.6000, 0.2000, 0.2000)^T, \quad w_3 = (0.0930, 0.0930, 0.0930, 0.0480, 0.6730)^T, \\ w_4 &= (0.3777, 0.3777, 0.0976, 0.0778, 0.0693)^T, \quad w_5 = (0.3720, 0.3020, 0.0930, 0.2330)^T. \end{aligned}$$

#### 4.3.4 评价结果

采用表 4.1 和表 4.2 中的数字进行测试.

由于数值比较复杂,我们采用 MATLAB 编程计算各港口的综合评价结果.其

最终各港口的综合评价结果为：

表 4.15 港口竞争力指标

Tab4.15 The Market competition indicators of the ports

港口名称	大连	青岛	天津	丹东	营口	锦州	烟台
竞争力指标值	0.1640	0.2250	0.2047	0.0786	0.1019	0.0818	0.1081
竞争力排名	3	1	2	7	5	6	4

因此，竞争力排名依次为：青岛第一、天津第二、大连第三、烟台第四、营口第五、锦州第六、丹东第七。

#### 4.4 其他评价方法

除以上提到的 AHP 方法、FCE 方法、模糊一致评价方法外，评价港口竞争力的方法还有如下：

因子分析法、主成份分析法、TOPSIS 方法、SWOT 法<sup>[59]</sup>、基于 BP 神经网络的方法<sup>[60]</sup>、MDEA 方法<sup>[61]</sup>等。

## 第5章 结论及展望

### 5.1 结论

FCE 法:

优点: 1. 与 AHP 法相比, 计算过程简单.

2. 由于每个指标的权重和每个港口的量化都是依靠专家经验资历打分确定, 因此量化就有一定的可继承性.

缺点: 由于不同专家资历经验不同, 以及不同专家对每个港口的偏好不同, 对港口的量化就会存在一定的误差.

AHP 法:

优点: 1. 通过调查问卷确定层次结构, 从而使层次结构具有一定的可继承性.

2. 通过问卷调查确定, 决策层中各个要素, 在人们的主观意识中的重要性, 从而量化每一个要素在人们决策时的主观意识.

3. 对每一个港口都采用实际数据量化的, 因此具有一定的客观性.

缺点: 1. 在利用 AHP 法时, 权重的确定完全依靠人们的主观意识, 其客观性不明确.

2. AHP 法中, 对于权重向量的求法, 先是利用特征向量法, 求每个判断矩阵的权向量; 然后对每个判断矩阵进行一致性检验, 决定是取还是舍; 再利用权向量综合法求判断矩阵的合成权向量. 这种算法下的综合判断矩阵, 已经没有互反性了, 很容易造成系统误差.

3. 对每个港口的量化都只是采用了一年的数据, 都只是当年排名比较, 不具有系统性.

因子分析法:

优点: 通过计算每个因子的比重, 来确定每个因子对总体的贡献率, 从而确定每个因子的可取性.

SWOT 评价方法: 是完全定性分析港口间的竞争关系, 定性描述港口间的竞争力. 没有客观的刻画竞争力大小.

MDEA 方法:

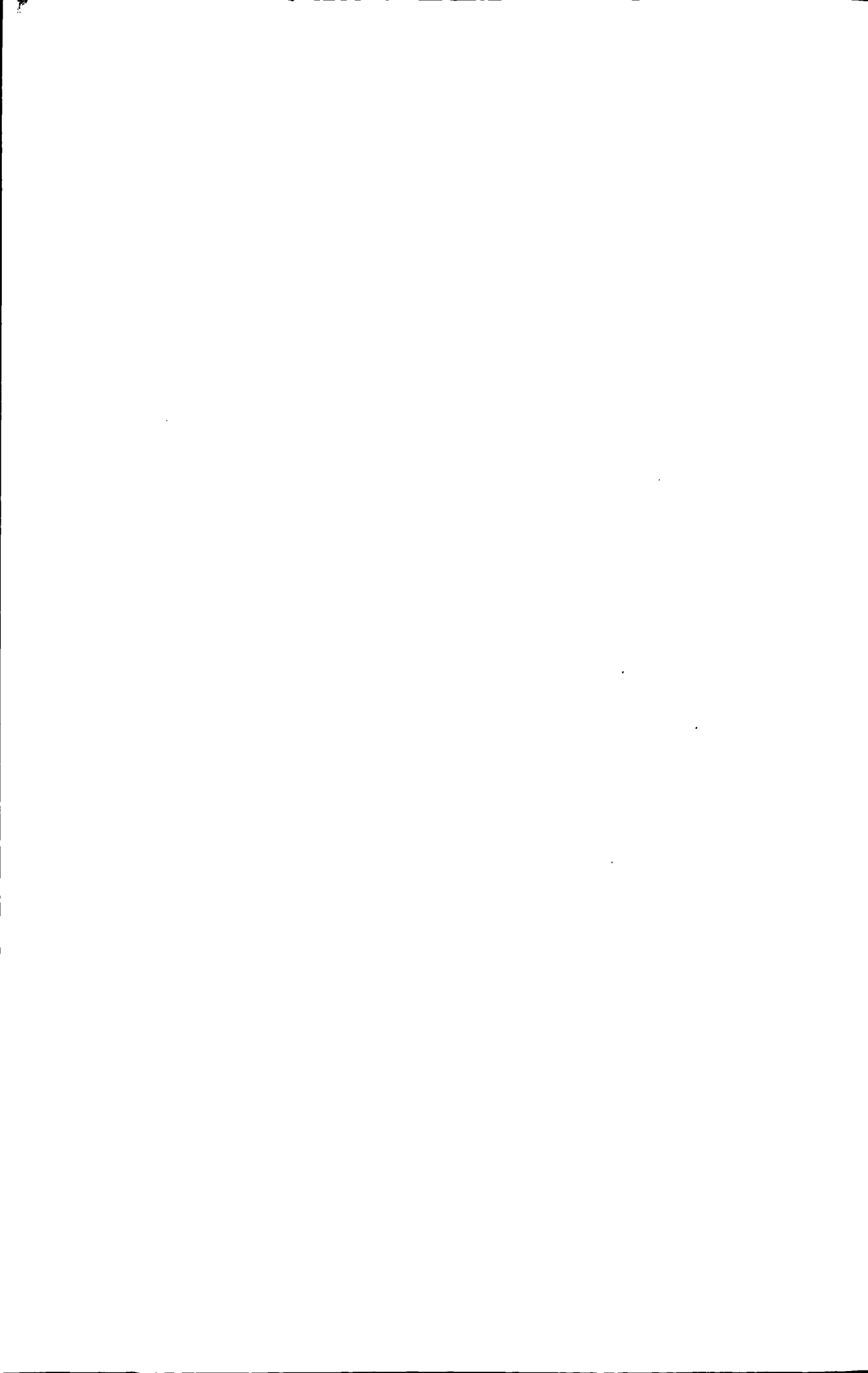
优点: 都是采用实际数据量化港口, 并计算排名的, 具有一定的客观性.

缺点：计算复杂，具体该选用几个指标，以及，改选那几个指标，该方法没有明确给出。

## 5.2 展望

(1). 本文已经从港口的设施服务和顾客满意度方面出发，对于港口的竞争力建立了指标体系，并针对这一指标体系，计算了各指标的权重，但是对于其他影响因素，比如环保方面等，还没有研究。

(2). 本文针对建立的指标体系，利用 AHP 法、FCE 法、模糊一致评价方法，计算了其权重，并应用在环渤海主要港口上，对其进行评价。但是由于时间有限，对于指标权重的灵敏性分析还没有研究。



## 参考文献

- [1] 中国港口网. [www.chinaports.com](http://www.chinaports.com). 2010.
- [2] Michael E Porter. *Competitive Strategy*. New York: The Free Press, 1980. 中译本, 华夏出版社版. 1997.
- [3] Michael E Porter. *Competitive Advantage*. New York: The Free Press, 1985. 中译本, 华夏出版社版. 1997.
- [4] Michael E Porter. *The competitive Advantage of nations*. London: Macmillan Press Ltd, 1990.
- [5] Michael E Porter. *On Competitive . a Harvard Business Review Book*. Boston, Ms. USA: Havard Business School Publishing, 1998, 39-76.
- [6] Bardi E J. Carrier selection from one mode. *Transportation Journal*, 1973, 13(1): 23-29.
- [7] Foster, T Ports. What shippers do look for. *Chilton' s Distrubution Word-wide*. 1978, 77(1): 44-48.
- [8] Foster, T What' s important in a port. *Chilton' s Distribution Word-wide*. 1979, 78(1): 32-36.
- [9] Yan bingyang. AHP and Fuzzy Evaluation of the Competitiveness of China' s Auto Industrial Clusters. *Journal of Southwest Jiao tong University(Social Sciences)*, 2007, (4): 15-16.
- [10] Murphy P R and Hall P K. Carrier Selection: Do Shippers and Carriers Agree Or Not. *Transport Research Part E*. 1997, 33(1): 67-72.
- [11] Dong-Wook Song. Regional container port competition and co-operation : the case of Hong Kong and South China. *Journal of Transport Geography*. 10(2002): 99-110.
- [12] Hayuth Y Port performance comparison applying date envelopment analysis. (DEA). *M-aritime policy and Management*. 1993. 20(2): 161-163.
- [13] Tongzon J L. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transport Research A*. 2001, 35(2): 113-128.
- [14] Chen Jinshan, LV Haizhen. Analytical Hierarchy Process Applied to Port Logistics Efficiency. *Judgement*. 2010,231-234.
- [15] Legato P, Firm M, Mazza. Berth Planning and Resources Optimization at a Container Terminal Via Discrete Event Simulation, *European Journal of Operational Research*. 2001, 133(3): 537-547.
- [16] Carlos Perez-Labajos , Beatriz Blanco. Competitive policies for commercial sea ports in the EU. *Marine Policy*. 2004, 28: 553-556.
- [17] Yang zan. Analysis of container port policy by the reaction of an equilibrium shipping market, *International Journal of Maritime Policy and Management*. Vol. 26, 1999(4): 369-381.



- [18] 黄健元, 严以新. 港口集装箱运输竞争力综合评价指标体系的设计方案. 水运管理. 2004, 26(9): 8—10.
- [19] 张联军, 宗蓓华. 港口竞争力评价指标体系研究. 世界海运. 2003, 26(4): 23—25.
- [20] 杨艳冰. 基于博弈论的集装箱港口竞争均衡分析及宏观调控方法研究. 大连海事大学. 2009.
- [21] 倪旭华, 张仁颐. 层次分析法在评价上海港、釜山港和高雄港中的运用. 水运管理. 2003, 12: 29—33.
- [22] 陆成云. 港口竞争力评价模型的构建及应用. 大连海事大学, 2004.
- [23] 中华人民共和国交通部. 全国沿海港口布局规划. 中华人民共和国交通部网. 2006. <http://www.moc.gov.cn/2006/jiaotongji/gangkough/>.
- [24] 中华人民共和国交通部. 全国沿海港口布局规划. 中华人民共和国交通部网. 2006. <http://www.Moc.gov.cn/2006/jiaotongjj/gangkough/>.
- [25] 中华人民共和国交通部. 全国沿海港口布局规划. 中华人民共和国交通部网. 2006. <http://www.moc.gov.cn/2006/jiaotongjj/gangkough/>.
- [26] 中国港口年鉴编辑部. 中国港口年鉴 2002 版. 北京: 中国港口杂志社. 2002, 9. 48-105.
- [27] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2003 版. 北京: 中国港口杂志社, 2003, 9. 45-110.
- [28] 中国港口年鉴编辑部. 中国港口年鉴 2004 版. 北京: 中国港口杂志社. 2004, 9. 56-130.
- [29] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2005 版. 北京: 中国港口杂志社, 2005, 9. 73-210.
- [30] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2006 版. 北京: 中国港口杂志社, 2006, 9. 73-103.
- [31] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2007 版. 北京: 中国港口杂志社, 2007, 9. 44-67.
- [32] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2008 版. 北京: 中国港口杂志社, 2009. 77-104.
- [33] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2009 版. 北京: 中国港口杂志社, 2009, 9. 36-64.
- [34] 中国港口年鉴编辑部, 中国港口年鉴 2010 版. 北京: 中国港口杂志社, 2010, 9. 44-72.
- [35] 国际港口年鉴编辑部, 国际集装箱化年鉴, 北京: 中国港口杂志社.
- [36] 陈水利, 李敬功, 王向公, 模糊集理论及其应用, 科学出版社, 2005, 9. 244.
- [37] Li Ya, Li Chuazhi. Analytical Hierarchy Process Model Applied to Port Logistics Efficiency Commentary. 2010, 476-479.
- [38] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用. 北京: 科学出版社. 2005, 9. 187-231.
- [39] Liu puyin, Wu mengda. Fuzzy Theory and Application. National University of Defense and Technology Publishing House. 2000: 199.
- [40] Robinson D. Measurement of port productivity and container terminal design. A Cargo system report. London: IIR Publications. 1999.
- [41] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用. 北京: 科学出版社, 2005, 9. 2.

- [42] Wang Qing, Qi ershi. Matching Degere Calculation of Talents Post Based on AHP—Fuzzy Comprehensive Evaluation. Chinese Journal of Ergonomics. 2007, (2): 19.
- [43] Cai chengong, Jing guoxun. Study on Way of Predicting Coal and Gas Outburst Scale by Fuzzy Synthesis Evaluation. Journal of Safety and Environment . 2004, 4(2): 55-56.
- [44] F Zhang, J T Kang. " Research on the container port' s market competition power based on Fuzzy Comprehensive Assessment " . Journal of Wu Han University of Technology. No. 12, ppt. 997-998.
- [45] X Y Wang, N Liu. " Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Applied in the port logistics Evaluation " . China Business. 2009, (2): 37-39.
- [46] Zou kaiji, Jin zhengda. Fuzzy Mathematics Method. Dalian Maritime University Publishing House. 1990.
- [47] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用, 北京: 科学出版社. 2005, 9. 187-231.
- [41] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用, 北京: 科学出版社. 2005, 9. 61.
- [42] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用, 北京: 科学出版社. 2005, 9. 65.
- [43] Cai chengong, Jing guoxun. Study on Way of Predicting Coal and Gas Outburst Scale by Fuzzy Synthesis Evaluation. Journal of Safety and Environment. 2004, 4(2): 55-56.
- [44] F Zhang, J T Kang. " Research on the container port' s market competition power based on Fuzzy Comprehensive Assessment " . Journal of Wu Han University of Technology. No. 12, ppt. 997-998.
- [45] Teng J, Tzeng G. Fuzzy multicriteria ranking of urban of urban transportation investment alternatives. Transportation Planning and Technology 1996. 20 (1): 15-31.
- [46] Zou kaiji, Jin zhengda. Fuzzy Mathematics Method. Dalian Maritime University Publishing House. 1990.
- [47] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用. 北京: 科学出版社. 2005, 9. 187-231.
- [48] 黄健元. 模糊一致矩阵在多层次多因素决策方案优选中的应用. 河海大学学报. 1999(5).
- [49] 姚敏, 张森. 模糊一致矩阵在科学中的应用. 系统工程. 1997. 15(2).
- [50] 吴小欢, 吕跃进, 杨芳. 模糊互补判断矩阵的一致性检验及修正. 模糊系统与数学, 2010(2).
- [51] 胡伟文. 模糊一致矩阵的判定定理. 海军工程学院学报. 1998, 85(4): 39-42.
- [52] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序一种算法. 系统工程学报. 2001, 16(4);311-314.
- [53] 张燕姑. 基于模糊一致矩阵的认知权重综合确定法. 计算机工程与设计. 2004, 25(6): 1027-1028.
- [54] 中国港口年鉴 2009 版. 北京: 中国港口杂志社. 2009.
- [55] Song D, Yeo K. A comparative analysis of Chinses container ports using the analytical

hierarchy process. *Maritime Economics and Logistics*. 2004, 6: 34-52.

[56] Y W Sun, M Ding. " Analysis on competitiveness of lian yun gang port based on AHP " .

*Journal of Chinese Ports* . Vol. 10, pp. 16-17, (2007).

[57] 郭栋, 熊自力. 中国统计年鉴 2009. 中国统计出版社. 2009, 9. 28-209.

[58] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用. 科学出版社. 2005, 9, 95-98.

[59] 徐静. 基于 SWOT 分析的中国港口物流发展战略探究. 中国优秀硕士学位论文全文数据库.

[60] 赵冰. 基于 BP 神经网络的港口竞争力评价研究. 中国优秀硕士学位论文全文数据库.

[61] 曾渊. DEA 和 MDEA 模型在港口功能评价方法中应用的研究. 中国优秀硕士学位论文全文数据库.

## 致谢

日月如梭，时光荏苒，转眼即将毕业。

首先，我衷心的感谢我可敬可爱的导师杨艳冰老师！两年来，杨老师对我学习、研究的耐心指导，以及杨老师严谨的治学态度、渊博的学识，平易近人的态度都令我受益匪浅。在老师的悉心指导下，我不仅学到了更多知识，开阔了更多视野，更重要的是，我学会了如何学习、如何做研究课题。在此，向我的导师杨艳冰老师表示深深地敬意和感谢！谢谢您，杨老师！

其次，要衷心感谢数学系全体老师，尤其是数学系王志平老师、刘巍老师、张运杰老师、杨晓春老师、桑琳老师、朱克久老师等等，衷心的感谢他们在我研究生学习期间，授予我知识、给予我帮助和支持。谢谢！老师们辛苦了！

再次，感谢我的同窗好友，尤其感谢廖微、任锐、卢丹、王磊、冯志芳，谢谢！两年来无论是在学习上，还是在生活中，这些同学都给予了我无私的帮助，从他们身上，让我学到了很多东西。两年海大生活匆匆而逝，流去的是时间，沉淀的是点点美好的回忆。

最后，感谢我的父母、姐姐、姐夫、妹妹，两年来对我的关心，鼓励和支持，感谢你们对我生活和学习做出的奉献，你们的关怀是我成长和学习的动力，是我学业有成的重要保证。谢谢你们！

## 附录一 专家调查问卷

尊敬的各位专家:

您好!为了研究环渤海港口集装箱竞争力,我们设计了如下各层指标,请您根据每个指标的重要性,给出指标的重要性分值,并请提出您的宝贵意见,如果您认为该指标体系还不够完善,还需要增添指标,添在表格相应位置,或您认为是某些指标对竞争力评价的影响可以忽略,也请您指出,我们会认真考虑.谢谢您在百忙中填写,谢谢!

表 1.1—表 1.7 填写说明:根据填写规则分值表,将指标的重要程度分值,填入以下各表(表 1.1---表 1.7).

其填写规则如表 1.1<sup>[36]</sup>

表 1.1 因素重要程度判断值

Fig 1.1 Factors determine judgment value

分值	含义
9	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 严重重要
7	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 强烈重要
5	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 明显重要
3	$i$ 与 $j$ 相比, $i$ 比 $j$ 稍微重要
1	$i$ 与 $j$ 相比,具有相同的重要性
2, 4, 6, 8	$i$ 与 $j$ 的重要程度介于各等级之间

另:若 $i$ 与 $j$ 相比,重要程度为 $a_{ij}$ ,则 $j$ 与 $i$ 相比的重要程度为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ .

表 1.2 一级指标重要程度分值表

Fig 1.2 Port scale score table of each index importance

指标	港口规模	运营条件	设备条件	理货质量	现代化管理水平
港口规模					
运营条件					
设备条件					
理货质量					
现代化管理					

表 1.3 港口规模各指标重要程度分值表

Fig 1.3 Operating conditions of each index score table importance

指标	船舶容纳能力	集装箱吞吐量	自然条件
船舶容纳能力			
集装箱吞吐量			
自然条件			

表 1.4 运营条件各指标重要程度分值表

Fig 1.4 Operating Condition

指标	班轮密度	费率高低	外运运输系统
班轮密度			
费率高低			
外运运输系统			

表 1.5 设备条件各指标重要程度分值表

Fig 1.5 Equipment condition of each index score table importance

指标	泊位能力	仓储设备能力	装卸设备充足程度	集装箱堆场面积	机械作业效率
泊位能力					
仓储设备能力					
装卸设备充足程度					
集装箱堆场面积					
机械作业效率					

表 1.6 理货质量各指标重要程度分值表

Fig 1.6 Customer satisfaction score table of each index importance

指标	进港延滞时间	船舶平均在港停留时间	理货数值准确率	输运完好率	理货船舶满意率
进港延滞时间					
船舶平均在港停留时间					
理货数值准确率					
输运完好率					
理货船舶满意率					

表 1.7 现代化管理各指标重要程度分值表

Fig 1.7 Modern management of each index score table: how important

指标	EDI 系统	安全监控系统	管理信息化系统	GPS 系统
EDI 系统				
安全监控系统				
管理信息化系统				
GPS 系统				

表 1.8 为环渤海各个港口定性指标指标的评价分值,请您根据自己的经验,在各个港口的对应处,打"√"。谢谢!

表 1.8 环渤海各集装箱港口的定性指标指标评分表

Fig 1.8 The Bo-Hai rim each container ports scoresheets each index

评价指标		班轮密度	外运运输系统	仓储设备能力	装卸设备充足程度	进港延滞时间	船舶平均在港时间	理货数值准确率	运输完好率	理货船舶满意率	EDI 系统	安全监控系统	管理信息化系统	GPS 系统
大连港	1 差													
	2 一般													
	3 好													
	4 较好													
青岛港	1 差													
	2 一般													
	3 好													
	4 较好													
天	1 差													

津港	2	一般																
	3	好																
	4	较好																
	1	差																
丹东港	2	一般																
	3	好																
	4	较好																
	1	差																
营口港	2	一般																
	3	好																
	4	较好																
	1	差																
锦州港		差																
		一般																
		好																
		较好																
烟台港		差																
		一般																
		好																
		较好																



表 1.9 其他建议

Fig 1.9 Other proposals

意见栏:

表 1.10 填写说明：请对影响港口竞争力的各级指标的重要性进行判断，并把各指标的相应权重填入表中相应位置，使各级指标的权重之和为 1。

表 1.10 竞争力各级指标权重打分表

Fig 1.10 target system about container port' s competitiveness and the method of evaluation

目标	一级指标	权重	二级指标	权重
港口竞争力	港口规模		船舶容纳能力	
			集装箱吞吐量	
			自然条件	
	运营条件		班轮密度	
			费率高低	
			外运运输系统	
	设备条件		泊位能力	
			仓储设备能力	
			装卸设备充足程度	
			集装箱堆场面积	
			机械作业效率	
	理货质量		进港延滞程度	
			船舶平均在港停留时间	
			理货数值准确率	
			输运完好率	
			理货船舶满意率	
	现代化管理		EDI 系统	
			安全监控系统	
			管理信息化系统	
			GPS 系统	