



大连海事大学

DALIAN MARITIME UNIVERSITY



Y3348159

硕士学位论文

MASTER DISSERTATION

(非全日制专业学位)

论文题目: 天津港集装箱堆场安全问题研究

英文题目: Research on the Safety of Container Yard in
Tianjin Port

作 者: 李 嵌

指导教师: 杨华龙 教 授

行(企)业指导教师: 周 咏 高级工程师

专业学位类别: 工 程 硕 士

专 业 领 域: 交通运输工程

研 究 方 向: 交通运输规划与管理技术

2017年11月



Y3348159

分 类 号 _____

密 级 _____

U D C _____

单位代码 10151

大 连 海 事 大 学

工程硕士学位论文

天津港集装箱堆场安全问题研究

(学位论文形式：应用研究)

李 嵌

指 导 教 师 杨华龙 职 称 教 授

企 业 导 师 周 咏 职 称 高级工程师

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 10 月 答辩日期 2017 年 11 月

答辩委员会主席

Research on the Safety of Container Yard in Tianjin Port

A thesis Submitted to

Dalian Maritime University

In partial fulfillment of the requirements for the degree of

Master of Engineering

by

Li Qian

(Communications and Transportation Engineering)

Thesis Supervisor: Professor Yang Hualong

Assistant Supervisor : Senior Engineer Zhou Yong

October 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“天津港集装箱堆场安全问题研究”。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 李歆

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 李歆 导师签名 杜齐达

日期 2017 年 11 月 25 日

摘要

在全球经济一体化进程脚步不断加快的背景下，全球货物海运贸易量庞大，我国与世界上各个城市的经济往来不断深入。港口作为海洋运输的主要交通枢纽，在我国经济的快速发展中扮演了至关重要的作用。集装箱运输作为海运中的主要运输方式，除了在运输中扮演重要角色外，还涉及到装卸、搬运以及堆存等问题。港口集装箱堆场是集装箱在整个运输环节中一个重要的场所，其提供集装箱转运、堆存、检验以及检修等功能。

这些年来，我国港口存在不同程度的安全问题，尤其体现在港口集装箱堆场方面。具有代表性的事故是天津港滨海新区爆炸事故，其造成的人员和财产损失十分巨大，暴露出港口在安全管理方面的漏洞，因此加强集装箱堆场的安全管理工作显得至关重要。

针对集装箱堆场存在的安全问题，本文首先介绍集装箱堆场相关概念和功能，在对集装箱堆场安全管理现状进行深入了解后，以天津港欧亚国际集装箱有限公司为研究对象，深入分析造成各类事故发生的原因。然后把影响集装箱堆场安全的影响因素分为三个方面，分别是安全设施、管理技术以及安全保障，从上述三方面选取 12 个影响集装箱堆场安全指标；接着依据构建的堆场安全指标体系，采用层次分析法建立模型，得到各安全评价指标的权重系数，通过专家打分对天津港集装箱堆场的安全水平进行评价；最后提出将“本质安全管理体系”加入到天津港集装箱堆场的安全管理中，并根据计算结果提出一系列的解决办法和措施，以指导企业对集装箱堆场实施有效的管理，辅助国家执法部门进行统一监管。

关键词：集装箱堆场；层次分析法；安全评价；本质安全管理体系

ABSTRACT

In the context of the pace of global economic integration is accelerating, the global trade in goods is huge, and the economic exchanges between China and the cities in the world are deepening. Port as the main transport hub of marine transport, in the rapid development of China's economy plays a vital role. Container transport as the main mode of transport in the shipping, in addition to playing an important role in the transport, but also involves handling, handling and storage and other issues. Port container yard is an important place for containers in the whole transport link, which provides container transport, storage, inspection and maintenance functions.

Over the years, China's ports have varying degrees of security issues, especially in the port container yard. The representative incident is the explosion of Tianjin Binhai New Area, which has caused huge losses of personnel and property, exposing the loopholes in the safety management of the harbor. Therefore, it is very important to strengthen the safety management of the container yard.

In order to solve the safety problems in the container yard, this paper firstly introduces the related concepts and functions of the container yard. After further understanding the present situation of the container yard safety management, taking the Tianjin Eurasian International Container Co., Ltd. as the research object, The cause of the accident. Then, the influencing factors that affect the safety of the container yard are divided into three aspects: safety facilities, management technology and safety and security. 12 from the above three aspects are selected to affect the safety index of the container yard. Then, according to the constructed yard safety index system, The AHP method was used to establish the model, and the weight coefficient of the safety evaluation index was obtained. The safety level of the container yard in Tianjin Port was evaluated by expert scoring. Finally, the "Intrinsic Safety Management System" was added to the safety of the container yard in Tianjin Port Management, and based on the results of a series of solutions and measures to guide enterprises to implement the effective management of the container yard to assist the national law enforcement departments to conduct unified supervision.

Key Words: Container yard; Analytic Hierarchy Process; Safety Evaluation; Intrinsic safety management system

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究	2
1.2.2 国内研究	3
1.3 研究内容	4
1.4 本章小结	6
第 2 章 集装箱堆场安全相关问题概述	7
2.1 集装箱堆场及其功能	7
2.1.1 集装箱堆场概述	7
2.1.2 集装箱堆场功能	7
2.2 集装箱堆场安全及其影响因素	8
2.2.1 集装箱堆场安全管理概念	9
2.2.2 集装箱堆场安全的影响因素	10
2.3 本章小结	10
第 3 章 天津港集装箱堆场安全管理现状及问题分析	12
3.1 天津港集装箱堆场安全管理现状	13
3.1.1 堆场设施设备现状	13
3.1.2 堆场人员管理现状	14
3.1.3 其他安全管理现状	15
3.2 结合天津港集装箱堆场内外环境的安全管理问题分析	16
3.2.1 天津港集装箱堆场外部安全管理问题分析	16
3.2.2 天津港集装箱堆场内部安全管理问题分析	18
3.3 本章小结	20
第 4 章 天津港集装箱堆场安全评价模型构建	22
4.1 构建天津港集装箱堆场安全评价体系	22
4.1.1 天津港集装箱堆场安全评价指标选取	22
4.1.2 天津港集装箱堆场评价指标体系构建	23
4.2 建立天津港集装箱堆场安全评价模型	26
4.2.1 确定天津港集装箱堆场安全评价指标权重	26
4.2.2 建立天津港集装箱堆场安全评价模型	33

4.3 本章小结	34
第 5 章 天津港集装箱堆场“本质安全管理体系”构建	35
5.1 “本质安全管理体系”概述	35
5.1.1 “本质安全管理体系”定义	35
5.1.2 “本质安全管理体系”作用	36
5.2 “本质安全管理体系”引入天津港集装箱堆场管理	36
5.2.1 对天津港集装箱堆场危险源进行分析	36
5.2.2 遵循“本质安全管理体系”原则	37
5.2.3 实行分级预警机制	38
5.2.4 组织具有保障性管理	39
5.3 本章小结	40
第 6 章 天津港集装箱堆场安全运营的保障措施与支持政策	41
6.1 保障天津港集装箱堆场安全运营的措施	41
6.1.1 加强集装箱堆场应急措施实施	41
6.1.2 扩大堆场安全作业警示标志的覆盖范围	42
6.1.3 采用先进的消防安全技术	42
6.1.4 强化堆场作业设施的安全性	43
6.1.5 强化对堆场工作人员的培训	43
6.2 堆场安全运营与发展的支持政策	43
6.2.1 制定集装箱堆场运营的最低安全标准	43
6.2.2 开设堆场安全问题研究部门	44
6.2.3 政府部门加大监管力度	44
6.3 本章小结	45
第 7 章 总结	46
7.1 归纳总结	46
7.2 论文不足之处和今后的展望	46
参 考 文 献	48
致 谢	51
作 者 简 介	52

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

随着全球经济一体化进程的加快推进，国际货物海运贸易量庞大，我国与世界上各个城市的经济往来不断深入。港口作为海洋运输的主要交通枢纽，在我国经济的快速发展中扮演了至关重要的作用。集装箱运输作为海运中的主要运输方式，除了存在于海洋运输方面外，还涉及到装卸、搬运以及堆存等问题。港口集装箱堆场是集装箱在整个运输环节中一个重要的场所，其提供集装箱转运、堆存、检验以及检修等功能。

近些年来，我国港口存在不同程度的安全问题，尤其体现在港口集装箱堆场方面。具有代表性的事故是天津港滨海新区爆炸事故，造成 165 人死亡、798 人受伤，7533 个集装箱破损，直接经济损失达到了 68 亿人民币。事故造成的人员伤亡和经济损失数量过于庞大，给国家稳定和人民生命财产带来了巨大损失。天津港特大事故的发生的原因，除了在政府人员和企业管理人员的个人原因外，更是存在港口安全管理方面的漏洞。该事故是由于天津港的瑞海公司处于集装箱堆场的危险品库发生爆炸引起的，因此加强集装箱堆场的安全管理工作至关重要。

天津港是我国北方最大的综合性港口，在对外经济贸易上起着至关重要的作用。随着我国经济的不断加速发展，天津港集装箱吞吐量日益增加，如下图 1.1 所示：

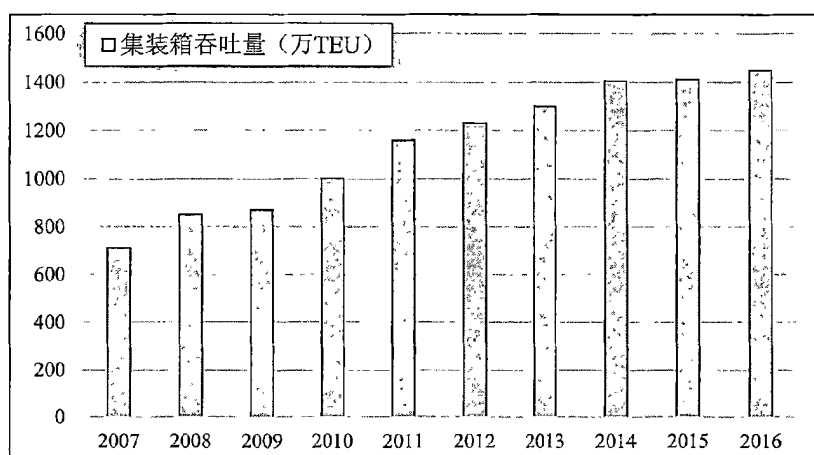


图 1.1 天津港历年集装箱吞吐量

Fig. 1.1 Tianjin Port Container throughput over the years

如图 1.1 所展示的内容所示, 天津港集装箱吞吐量逐渐增加。2007 年天津港集装箱吞吐量为 710 万 TEU, 到 2016 年时, 天津港集装箱吞吐量达到了 1450 万 TEU, 10 年时间增长比例达到 104%, 预计未来几年天津港集装箱吞吐量也将不断增长。天津港集装箱数量的加剧, 致使集装箱堆场的安全管理工作更加复杂。因此针对天津港集装箱堆场的安全管理研究十分必要。

为此, 本文就天津港集装箱堆场存在的安全问题进行研究, 深入分析造成各类事故发生的原因, 据此提出一系列的解决办法和措施, 以指导企业对集装箱堆场实施有效的管理, 辅助国家执法部门进行统一监管。

1.2 国内外研究现状

关于港口集装箱堆场安全管理方面的研究, 国内外的学者采用不同的方法和角度进行了研究。下面将从国外研究和国内研究两大类研究进行阐述。

1.2.1 国外研究

在国外有关集装箱堆场安全问题方面的研究比较少, 较多地研究集装箱堆场的运营、管理与优化, 这在一定程度上有利于集装箱堆场的安全。JS Park 提出将 RFID 技术运用到集装箱堆场的安全管理系统中, 进而应用在集装箱堆场, 使堆场集装箱的识别工作和安全管理工作更加便捷, 从而最大限度的保障集装箱堆场的安全^[1]。EWT Ngai 提出将整合移动商务的 RFID 原型系统运用到集装箱堆场, 进而改善港口集装箱堆场的运营效率^[2]。Tsertou A 使用一种成本较低、精度较高的客户服务器系统, 将其应用在港口集装箱堆场, 通过对堆场工作设备以及集装箱的监控, 提高堆场的工作效率和安全管理水平^[3]。Liang Y 通过将 RFID 技术引入到集装箱堆场的安全管理中, 提出现代化的港口安全管理体系^[4], 其他学者基于港口安全也进行了类似的研究^[5-10]。Pak J Y 结合韩国港口的实例, 提出了港口安全的评价方法^[11], Arghami A 等学者也提出了不同的港口安全的模型方法^[12-15]。Berkowitz C 针对港口的安全和安保问题, 提出了将高级计算机模拟技术应用到港口安全管理中^[16]。Packer M 等学者针对特定的港口安全问题, 进行了港口结构化研究^[17-20]。

上述对国外研究的方法，主要是将安全管理相关技术运用在港口集装箱堆场管理中，通过先进管理模式以及互联网技术，加强对港口集装箱堆场的安全管理。

1.2.2 国内研究

在国内学者的研究中，主要分为技术管理类以及安全管理方法类。技术管理类研究侧重于数学方法的应用，对港口集装箱堆场的物理和空间布局等提出改进办法；安全管理方法类研究主要通过大量分析，对港口集装箱堆场的安全管理方法提出创新和改进。

关于集装箱堆场安全技术方面的研究，丁少鹏通过广州港南沙港区一期工程中危险货物集装箱堆场的实例作为依据，对集装箱堆场安全设计思路进行论述^[21]。颜华锟，李艳阳以大连港的大窑湾集装箱堆场的现状作为例子，对大连港集装箱堆场中危险集装箱的空间布局以及安全要求等内容进行讨论，最后给出危险品集装箱的合理放置位置和原则^[22]。王贵斌，楼军良认为应该通过港口集装箱堆场的硬件设施和软件设施这两个具体方面入手，消除和降低潜在的危险源因素，从而提高港口集装箱堆场的安全性能^[23]。元明认为应该积极开展港口集装箱堆场危险集装箱以及相关堆场设备管理、安全作业、预防措施等相关的堆场安全研究工作，从而降低堆场事故的发生，保障集装箱堆场的安全运营^[24]。张武军依据港口集装箱堆场的特征，提出集装箱布置的基本安全距离的原则与依据，以相关的法律法规为依据，针对特殊集装箱和危险品集装箱的摆放位置和安全距离，进行了较为详细的研究，从微观的角度上对集装箱堆场的安全管理提出建议^[25]。

关于集装箱堆场安全管理方面的研究，任强将精益管理的思想融入到港口集装箱堆场的安全管理中，港口集装箱堆场精益管理对集装箱堆场的安全管理具有建设性意义^[26]。刘杰强，王玮为降低和消除港口集装箱堆场的事故发生率，将计算机技术运用到堆场管理中，为集装箱堆场设计了一套符合集装箱堆场安全质量管理的自动化网络安全管理系统，适用于其他相似的集装箱堆场安全管理^[27]。庄辉以港口集装箱堆场为研究对象，提出适合于现今集装箱堆场管理的安全措施，从而确保港口企业在生产运营时，能够达到安全稳定、高效率的生产目的，保障港口企业的稳定发展^[28]。邢广英提出利用堆场相关的高架设施建设无线基站，例如用于照明的高杆灯架等。另外在堆场的作业机械设备内安装车载电脑，通过计

计算机技术实现两者的交互转换,有效地避免集装箱处理过程中的重叠和悬空的现象,从而提高港口集装箱堆场的作业效率和服务水平^[29]。程峰提出将“本质安全管理体系”的思想加入港口集装箱堆场相关企业的安全管理建设中,并对建立的集装箱堆场本质安全管理体系进行了详细叙述和分析,证明了本质安全管理体系的思想在港口集装箱堆场安全管理工作中的可行性^[30]。胡广霞等学者针对集装箱堆场存在的不同类型安全问题,提出相应的方法和解决措施^[31-36]。隋晓等研究者就近几年堆场在箱位分配、堆场作业等方面存在的问题,提出风险控制措施^[37-44]。王阳根据天津港集装箱堆场的现状,提出将信息系统应用到集装箱堆场管理中^[45]。任现元等学者针对堆场倒箱、消防等安全问题提出相应解决措施^[46-52]。公双雷提出将物联网技术应用到集装箱堆场管理中^[53]。立卷等研究者在对集装箱堆场管理进行探究的前提下,提出将先进的科学技术应用于集装箱堆场管理中^[54-60]。

1.3 研究内容

集装箱堆场的安全运作是保障港口进行有序运营的前提。通过加强对集装箱堆场安全管理工作,可以从根本上保障企业员工人身和财产的基本安全,进而保障企业在工作生产中的顺利运营,提高企业的经济收益,增强企业在市场竞争中的优势。为此,本文通过研究集装箱堆场存在的安全问题,并提出相应的解决办法和措施,以保障集装箱堆场的安全运作,促进港口安全快速的发展。

为了使天津港集装箱堆场的安全问题研究条理清晰,本文关于天津港集装箱堆场的研究分为六大部分。第一部分为绪论,对文章的研究背景和国内外学者的相关研究进行介绍;第二部分为集装箱堆场安全相关问题概述,介绍有关港口集装箱堆场的相关概念以及可能的影响因素;第三部分为天津港集装箱堆场安全管理现状及问题分析,先对天津港集装箱堆场的安全管理现状进行描述,再结合内外部环境来分析天津港集装箱堆场的安全问题;第四部分为方法论,在构建天津港集装箱堆场安全评价指标体系的基础上,提出适合于天津港集装箱堆场的安全评价模型,最后就计算的结果展开分析;第五部分在分析天津港集装箱堆场安全评价模型计算结果的基础上,提出将“本质安全管理”思想加入到集装箱堆场的安全管理中,构建“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”;第六部分是根据第

四章的分析结果，提出具体的政府支持政策和安全保障措施，从而保障天津港集装箱堆场的安全运营。

本文按照层次递进的研究路线进行研究，如下图 1.2 所示。首先介绍堆场安全管理相关概述，接着对天津港集装箱堆场的安全管理现状进行描述，然后构建天津港集装箱堆场的安全评价模型，最后基于计算结果，提出构建“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”以及相关的解决措施。

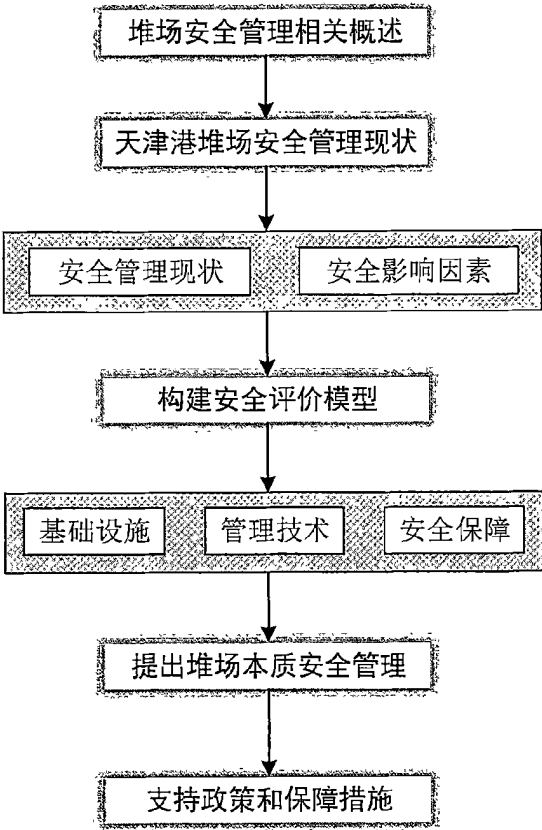


图 1.2 技术路线图

Fig. 1.2 Technical route

依据上述研究路线进行，本文的研究在介绍天津港集装箱堆场安全管理现状的基础上，将会找出其在安全管理方面的漏洞，最终提出解决措施，从而确保天津港集装箱堆场的安全运营。

1.4 本章小结

本章首先介绍了研究背景，就天津港集装箱堆场存在的安全问题进行阐述，提出需要对港口集装箱堆场的安全问题加以重视。之后，针对港口集装箱堆场的安全问题研究进行介绍，通过对国内外学者的相关研究进行分析，了解近些年的研究趋势。最后介绍本文的研究内容和技术路线图，下面将进行文章研究的主体部分。

第2章 集装箱堆场安全相关问题概述

本文研究的对象是港口集装箱堆场，研究的主题是港口集装箱堆场存在的安全问题，因此在进行研究之前，有必要对集装箱堆场的相关概念以及安全问题进行介绍。下面将分为两部分进行介绍，分别是集装箱堆场的概念及其功能、集装箱堆场安全及其影响因素。

2.1 集装箱堆场及其功能

2.1.1 集装箱堆场概述

港口集装箱堆场（场站）是指进行集装箱空、重箱装卸、搬运、储存、转运以及交接等一系列功能的场所，是港口的重要组成部分，在集装箱运输中扮演着至关重要的作用。

集装箱堆场按照空间位置可以分解为前方集装箱堆场、后方集装箱堆场以及空箱堆场。集装箱前方堆场在空间位置上处于港口码头的前方，提供集装箱进行暂存的功能。为了使船舶在作业时能够加快作业效率，将需要装卸的集装箱暂时堆存在集装箱前方堆场。集装箱前方堆场的主要作用是：当集装箱船舶在挂靠港口时，按照装卸计划将需要装卸的集装箱有序堆存在集装箱前方堆场，从而提高集装箱船舶的装卸效率。集装箱后方堆场在空间位置上处于港口码头的后方，提供集装箱堆存、交接和保管的功能。空箱堆场在空间位置上也处于集装箱堆场的后方，按照集装箱的类型将其划分出来，主要功能是：进行空箱保管、堆存、交接以及收集的工作。

2.1.2 集装箱堆场功能

集装箱堆场是进行集装箱装卸、搬运、储存、交接、保管等一系列工作的场所，其功能主要分为集装箱保管与堆存、集装箱交接、制定集装箱作业计划、特殊集装箱处置以及与船公司协调业务。

（1）集装箱保管与堆存

当集装箱船到达港口时，需要在集装箱前方堆场进行卸货，在进行暂时的堆存后，需要将集装箱运送到后方堆场。集装箱后方堆场提供集装箱堆存及保管功

能，根据集装箱的类型、目的地以及特殊性进行区域堆存，从而保障集装箱进行有序的转运。

（2）集装箱交接

堆场除了进行集装箱堆存和保管工作外，还是实现集装箱交接的场所。当发货人将装载的集装箱货物运到港口时，前方堆场工作人员需要对货物进行核对，包括订舱单、收据、装箱单等等一系列单据，在检查无误后，与收货方进行联系，实现集装箱的交接工作。

（3）制定集装箱作业计划

集装箱堆场需要制定集装箱的作业计划，保障堆场的正常稳定运营。集装箱作业计划一般包括 3 方面，分别是集港作业、进口作业以及其他作业。集港作业的目的在于加强堆场中各层面信息追踪以及对收箱系统进行分析，堆场的工作人员需要对集装箱堆场进行规划和分类，在进行收箱前，根据集装箱船舶出口箱量的特点制定集港时间，根据集装箱的特点类型进行箱位划分等。

（4）特殊集装箱处置

集装箱堆场在进行收箱时，会根据集装箱的特殊性进行划分，例如危险品集装箱会划分在特定的区域进行安全堆存，且堆存方式不同于一般集装箱。大部分集装箱堆场对危险品集装箱的处理方式分为两种，一种是进行暂时堆存，应堆存在具有安全防护措施的措施；另一种是不能进行暂时堆存，要在装船预定时间内进行及时装船。

（5）与船公司协调业务

集装箱堆场企业作为一个主体，应该与船公司处理好集装箱业务的协调问题。集装箱堆场应该向船公司保证：根据船期表提供挂靠泊位、船舶靠港后提供机械设备保障、提供足够的集装箱堆存空间、保障船方设备。船公司应向集装箱堆场做出以下承诺：船期改变时及时通知集装箱堆场、装船前 5-10 天提供载运数据、提供船图。

2.2 集装箱堆场安全及其影响因素

在对集装箱堆场的相关概念进行叙述后，本文将引进集装箱堆场安全管理的相关概念，并在 2.2.2 部分就集装箱堆场存在安全问题进行简单叙述。

2.2.1 集装箱堆场安全管理概念

由于集装箱堆场事故频发，且造成的人身伤害和财产损失较大，因此有必要将安全管理技术应用到集装箱堆场的管理中。集装箱堆场安全管理是指将科学、系统、现代化的管理技术运用到集装箱堆场，保证集装箱堆场的安全稳定运营。

集装箱堆场安全管理主要分为 4 方面管理：集装箱堆场检查口安全管理、集装箱堆场场区安全管理、集装箱安全管理、集装箱查询安全管理。下面就这 4 方面的内容进行具体介绍。

（1）集装箱堆场检查口安全管理

检查口安全管理对集装箱的去向进行监管，在集装箱进出检查口时，需要出示进出场小票，在进出场票据上进行签章后，才能准许集装箱通行。当集装箱进入检查口时，将与其相关的信息进行填写并录入系统，表明集装箱的不同属性和去向；当集装箱出检查口时，需要检验员检查票据，核对完成后允许放行。加强对集装箱堆场检查口安全管理，能够保证集装箱的安全和有序出入。

（2）集装箱堆场场区安全管理

集装箱堆场场区安全管理是指合理对堆场进行规划和安排。堆场场区划分的原则依据是在保证安全的基础上，提高堆场场区的利用率。集装箱堆场场区一般可以分为集装箱堆存区、冷箱区、集装箱验收区、集装箱检修区。通过加强集装箱堆场场区安全管理，可以促进堆场集装箱的安全有序转移。

（3）集装箱安全管理

集装箱安全管理主要包括集装箱的信息管理、集装箱流动状态管理以及超期集装箱管理。集装箱信息管理是指当集装箱进入堆场时，需要进行信息的录入，之后进行集装箱检查，确认无破箱后才能进入堆场。集装箱流动状态管理是指当集装箱在堆场进行堆存后，需要对集装箱的提取、转移等动态信息进行及时录入和汇总。超期集装箱管理是指当到期集装箱没有进行提取时，需要进行及时的处理。

（4）集装箱查询安全管理

集装箱查询安全管理是指对集装箱信息系统的的海理管理，一般集装箱信息系统所包含的信息有集装箱的箱号、类型、入场日期、集装箱所属公司、出场日期

等等。为保证集装箱堆场的稳定运营，需要保证集装箱信息系统的稳定性，加强集装箱查询安全管理。

2.2.2 集装箱堆场安全的影响因素

由于其系统的复杂性，集装箱堆场在运营过程中存在诸多安全问题。造成集装箱堆场安全事故的原因可以分为主观因素和客观因素，也就是人为因素和非人为因素。下面我们将从主观和客观的角度对造成集装箱堆场安全事故的影响因素进行简单介绍。

(1) 造成集装箱堆场安全事故的主观因素分析

造成港口集装箱堆场事故的主观因素是指堆场人员的不安全行为，堆场人员的不安全行为主要包括人的不安全操作行为以及人的违规操作行为等。人的不安全操作行为是指在遵循规章制度的前提下，容易造成堆场安全事故的行为，比如吸烟行为、工作期间接听电话等行为；人的违规操作行为是指在堆场工作人员在工作期间违反规章制度的违规行为，比如集装箱装卸时工作人员防护不当、工作人员违规站位、用手去抛掷设备部件等等一系列违规操作行为。

(2) 造成集装箱堆场安全事故的客观因素分析

造成港口集装箱堆场事故的客观因素主要是指堆场中物的不安全行为，堆场中物的不安全的行为主要包括设备破损严重、设备防护装置不到位、堆场安全设施保障缺失等等。设备破损严重是指堆场操作设备破损严重，可能造成堆场事故的发生，比如装卸设备陈旧、桥锁以及松紧器设备破损等；设备防护装置不到位是指堆场中保证设备安全运行的防护装置为起到相应的安全作用，比如防风准备工作差、设备与船舶相撞、高压电缆意外破损漏电等等；堆场安全设施保障缺失是指在堆场进行运营时，相关安全配套设施没有起到相应的作用，比如堆场内安全提示牌少、安全桥墩数量不达标以及防护设备缺失等等。

2.3 本章小结

在本章第一部分，先就集装箱堆场的相关概念及功能进行介绍，在了解集装箱堆场概念和功能作用的前提条件下，引出本文的研究主题——集装箱堆场安全

问题。在第二部分，对集装箱堆场的安全管理方式进行简单介绍后，从主观和客观的角度上，指出现在港口集装箱堆场可能存在的安全影响因素。

第 3 章 天津港集装箱堆场安全管理现状及问题分析

天津港是渤海湾港口群中的一个至关重要的港口，濒临北京等大城市，港口腹地资源丰富，是国际海上货物贸易中的一个重要交通枢纽。在 1992-2002 年间，港口集装箱年吞吐量从仅仅 35 万标箱增长到 240 万标箱，实现净增长 200 万标箱的目标，年平均增长幅度达到 15%以上；2004 年，天津港的集装箱年吞吐量达到 350 万标箱；到 2013 年时，天津港的年集装箱吞吐量打破 1300 万标箱，货物吞吐量打破 5 亿吨。不断增长的集装箱吞吐量给天津港带来发展的同时，也带来了相应的安全管理问题，尤其是在港口集装箱堆场安全管理方面。

天津港集装箱堆场毗邻集装箱码头，配套设备设施齐全，提供堆存、转运、拆箱、拼箱、装卸等服务。然而，近些年，由于集装箱数量的剧增，天津港集装箱堆场面临一定程度的安全问题。2015 年 8 月 12 日的天津港特大爆炸，人员伤亡和财产损失巨大（详见表 3.1），证明急需加强集装箱堆场的安全管理工作。

表 3.1 爆炸事故损失
Tab. 3.1 Explosion accident loss

类别	数量/金额
死亡人员	165 人
受伤人员	798 人
受损建筑物	304 幢
受损商品汽车	12428 辆
受损集装箱	7533 个
直接经济损失	68.66 亿元

在总结国内外学者研究方法以及了解港口集装箱堆场安全相关问题后，本文将结合天津港集装箱堆场的安全现状进行分析，对可能造成天津港集装箱安全事故的影响因素进行阐述。在分析可能存在的潜在风险时，采取内外部环境进行结合分析方法，从天津港集装箱堆场主要外部环境影响因素和内部环境影响因素进行分析，从而使分析更加详细具体，有利于下一章方法论的进行。

3.1 天津港集装箱堆场安全管理现状

首先，对天津港集装箱堆场的安全管理现状进行介绍，主要包括以下内容：天津港集装箱堆场设施设备现状、天津港堆场人员管理现状以及天津港其他安全管理现状。天津港隶属子公司较多，不能全面的对港口集装箱堆场的安全现状进行描述，因此本文将以天津港欧亚国际集装箱码头有限公司为研究对象进行阐述。天津港欧亚国际集装箱码头有限公司是天津港的一家外资企业，由三家公司共同出资成立的公司，分别是中远码头有限公司、丹麦 AP 穆勒-马士基天津公司以及天津港发展控股有限公司。

3.1.1 堆场设施设备现状

天津港集装箱堆场一般由以下三部分组成，分别是集装箱前方堆场、集装箱后方堆场以及集装箱空箱堆场。集装箱前方堆场位于港口码头前方，主要进行船舶的装卸作业等工作；集装箱后方堆场是指在港口码头后方，主要进行集装箱堆存、交接、保管等工作；集装箱空箱堆场是空箱进行保管、堆存、交接等一系列工作的地点。

天津港欧亚国际集装箱码头有限公司，成立于 2007 年 9 月，占据天津港北港池 5#-7#的泊位，属于天津港中的一家能够提供集装箱装卸、保管、交接、堆存等一系列功能的专业的集装箱码头公司。在设施设备等方面，欧亚国际集装箱码头公司所占港口的码头岸线长度为 1100 米，承台宽约 73 米，在未来几年将彻底建成 1 个 7 万吨级以及 2 个 10 万吨级的集装箱泊位，有能力泊靠六代以上的集装箱船舶，具备对超大型集装箱船舶的装卸能力。从码头的设施来看，天津港欧亚国际集装箱码头公司拥有岸桥 11 台，拥有电动轮胎式龙门吊 33 台。下表展示欧亚国际集装箱码头公司的设施设备现状：

表 3.2 公司设施设备现状

Tab. 3.2 The company status of facilities and equipment

设施建设	相关数据
岸线长度	1100 米
承台宽度	73 米
7 万吨级集装箱泊位	1 个
10 万吨级集装箱泊位	2 个
设备建设	相关数据
岸桥数量	11 台
电动轮胎式龙门吊数量	33 台

如上表所示，从天津港欧亚国际集装箱码头有限公司的设施设备的数量现状来看，其设施建设在短时间内不会有重大的变化；设备建设方面，拥有岸桥数量 11 台，电动轮胎式龙门吊数量为 33 台，这些设备的正常运行能够保障集装箱前方堆场的安全运营，进而保障集装箱后方堆场对于重箱的堆存、保管、交接等工作。因此，加强对欧亚国际集装箱码头有限公司的设施设备建设，能在很大程度上保障堆场的安全稳定运行。

3.1.2 堆场人员管理现状

在分析堆场的安全现状时，需要将人的因素考虑进去，本节将针对天津港欧亚国际集装箱码头有限公司的人员情况进行分析。相关研究表明，文化水平在一定程度上能够促进企业的安全稳定运营。通过对天津港欧亚国际集装箱码头有限公司所有员工的文化水平进行统计，我们得到如下图 3.1 所示的信息：

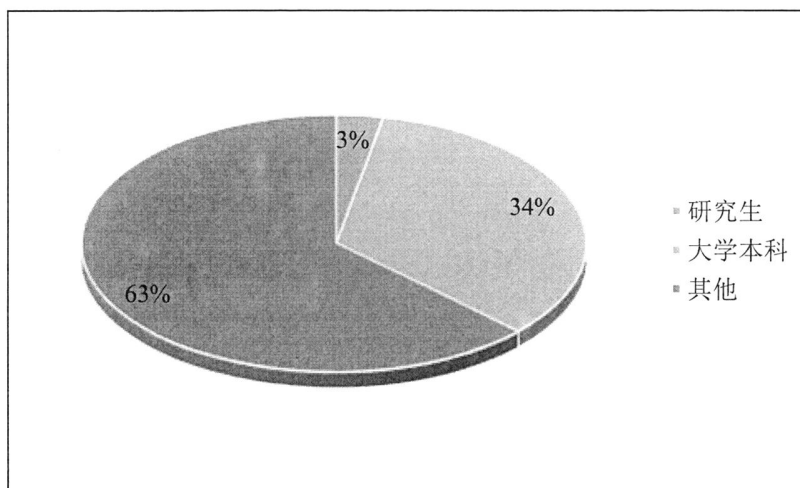


图 3.1 公司员工文化水平

Fig. 3.1 Company employees level of culture

从图 3.1 公司员工的文化水平来看，可以看出大学本科以下学历的员工占到欧亚国际公司员工总数的 63%；本科学历的员工占到公司员工总数的 34%；研究生及以上学历占到公司员工总数的 3%。通过整体的角度来看，公司员工的受教育程度偏低，研究生及以上学历所占的比例过小。虽然目前能够满足欧亚国际集装箱码头公司的发展需求，但是不利于公司的长期发展。因此，未来天津港欧亚国际集装箱码头有限公司需要加大对高学历人才的招聘力度，并且积极的鼓励公司员工前往国内外高校进行继续深造。

除了公司员工自身的受教育程度外，需要对公司员工的管理工作进行分析，从而观察员工对堆场的安全运营存在的影响。2017 年 8 月，欧亚国际集装箱码头有限公司召开了 2017 年以来的第四次安委会，对在上一阶段的安全工作进行总结，提出将进一步加强人员管理的安全要求。由此可见，对公司员工的管理工作十分重要。

3.1.3 其他安全管理现状

通过对天津港欧亚国际公司的设施设备以及员工管理进行介绍后，还需要对另外一些安全管理内容进行介绍，比如欧亚国际公司所面临的政策环境以及安全保障环境等。政策环境方面，各大港口集装箱堆场基本上在同一个政策环境下运

营；安全保障方面，天津港欧亚国际公司每年积极开展安全宣传活动以及消防安全专项整治工作、召开安委会等。

3.2 结合天津港集装箱堆场内外外部环境的安全管理问题分析

在 3.1 小节，本文通过设施设备现状、堆场人员现状以及其他现状对天津港欧亚国际集装箱码头公司的安全现状进行介绍。接下来，将从天津港集装箱堆场的外部环境和内部环境进行分析，对影响天津港集装箱堆场安全运营的影响因素进行说明。

3.2.1 天津港集装箱堆场外部安全管理问题分析

天津港集装箱堆场的外部安全管理环境主要包括国家制定的堆场安全政策以及相关的外部安全保障措施，下面，我们从堆场外部安全政策和堆场外部安全保障进行分析。

（1）堆场外部安全政策

堆场外部的安全政策主要是指国家制定的有关堆场安全的政策措施，由于堆场属于港口管辖范围，因此本文将从有关天津港的安全政策进行阐述。

在应对安全事故问题上，我国采取的主要方针是：以安全为首要，以预防为主。对于港口的安全管理上，天津港遵循我国港口安全管理的相关规定。依据我国的相关安全法律法规以及规定，交通部制定了《港口安全评价管理办法》，从而对我国港口在安全运营和管理上进行统一监管和治理。

该管理办法共包括 26 条内容，从不同的角度对港口的安全管理提出相关的管理办法，下面本文对该安全政策内容进行简单介绍：

- 该办法的本质是对港口的安全管理和运营进行指导和监督，所依据的法律法规包括《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国港口法》以及《中华人民共和国海上交通安全法》等。
- 该办法的目的是促进港口的安全建设，通过采用科学系统的方法对与港口建设相关的危险源以及有害因素进行判断和分析，进而对港口安全建设进行安全评价，主要包括建设项目的安全预评价、项目验收安全评价、运营安全现状评价以及专项工作评价。

- 港口建设项目的安全预评价，是指在港口企业根据自身的发展状况，采取科学的方法，对将要进行的港口建设项目进行分析，对可能造成危害的风险源进行及时程度判断，从而做出相应的解决措施和建议。
- 项目安全评价的主要涉及到的内容包括：项目建设过程中遇到的技术难题以及建设现状。详细内容是指：在开始施工过程中，安全配套技术和设施是否同时展开；建设项目的配套安全技术和设施是否符合相关的法律法规以及管理办法等。
- 对港口进行安全评价的同时需要实行专家评审的办法以及文件备案的制度。港口安全评价进行专家评审通常是采用会议的形式，通过专家对评价方案进行分析和判断，最终统一将要实行的安全评价方案。港口安全评价的文件进行及时备案，是保障港口运营安全的必要条件，需将备案文件报送给我国交通部以及国家安全监管局主管司局进行备案。

（2）堆场外部安全保障

堆场外部的安全保障是指外部环境涉及堆场安全的保障措施，同上一小节的内容，本文将从天津港的外部安全保障措施进行阐述。

港口企业为保障安全运营和管理，需执行 ISO9000 标准质量体系，该体系可以保证港口企业安全有效运营。只要港口企业能够通过 ISO9000 标准质量体系，就表明企业拥有一定的安全管理能力，可以保障企业的安全稳定运营。以港口 ISO9000 标准质量体系建设的安全保障系统，利用计算机技术对企业安全文化进行普及等，将保障港口企业的生产效率以及安全问题，从而实现港口的现代化水平管理。主要通过以下几个方面来介绍该安全保障系统：港口安全保障系统的主要结构、港口安全保障系统的核心技术、港口安全保障系统的运行方式。

➤ 主要结构

港口安全保障系统的主要结构包括安全知识子系统、安全政策法律子系统、人员安全保障子系统、设备安全子系统、安全监管子系统。如下图 3.2 所示：

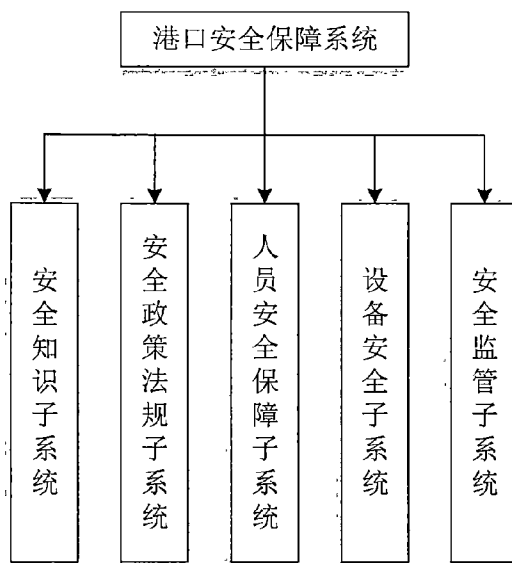


图 3.2 港口安全保障系统

Fig. 3.2 Port security system

➤ 核心技术

从港口安全保障系统的定义可以得知，其核心技术是 ISO9000 标准质量体系的内容，然而港口在实行安全保障系统时，主要通过计算机技术进行控制。港口安全保障系统的 5 个子系统的安全运行需要计算机技术的辅助，比如设备安全子系统以及安全监管子系统的安全运行需要计算机技术的支持，才能达到监管的目的；安全知识子系统、安全政策法规子系统以及人员安全保障子系统的安全运营需要利用计算机技术的平台功能，实现宣传和教育的目的。

➤ 运行方式

在港口安全保障系统中，需要建立港口安全生产的操作规章、紧急情况应对方案以及生产安全责任人员的数据库，利用 ISO9000 标准质量体系中的资料和内容。再通过建立不同类型的数据库后，通过日常基础作业不断丰富数据库的内容，根据数据库内容，对港口安全运营进行指导。

3.2.2 天津港集装箱堆场内部安全管理问题分析

在对天津港堆场的外部环境进行分析后，接下来将针对天津港堆场的内部环境展开分析。本文以天津港欧亚国际集装箱码头有限公司作为研究对象，介绍欧

亚公司的内部设备以及人员存在的潜在风险，从以下 4 个方面进行介绍：堆场工作人员的不安全环境、堆场设施以及货物的不安全状态、不安全的环境因素、管理水平存在的缺陷。

(1) 堆场工作人员的不安全行为

天津港欧亚国际集装箱码头有限公司为保障企业的安全运营，对堆场工作人员的不安全行为进行分类和辨识。人员的不安全行为主要涉及到的作业活动包括：设备设施维修、装卸作业、司机操作等。欧亚国际集装箱码头有限公司对存在的人员风险进行了等级标定，如下表 3.3 所示。

表 3.3 人员风险等级评价
Tab. 3.3 Personnel risk rating evaluation

作业活动	内容描述	可能导致的结果	风险等级
设备设施维修	高空坠落	人身伤害	显著危险，不可接受
装卸作业	勾线下人、车通过	人身伤害	高度危险，不可接受
装卸作业	箱子坠落	人身伤害，财产损失	高度危险，不可接受
司机操作	带病机械	人身伤害	稍有危险，可以接受

(2) 堆场设施以及货物的不安全状态

堆场设施以及货物的不安全状态涉及到的作业活动包括：设备设施、设备作业、拆打加固等。欧亚国际集装箱码头有限公司对存在的堆场设施及物的不安全状态的风险程度进行了等级标定，如下表 3.4 所示。

表 3.4 设施货物等级评价
Tab. 3.4 Facilities and cargoes rating evaluation

作业活动	内容描述	可能导致的结果	风险等级
设备设施	防护装置缺损	人身伤害	稍有危险，不可接受
设备作业	勾线下被舱盖板砸伤	人身伤害	一般危险，需要注意
设备作业	岸桥高压电缆破损漏电	人身伤害	稍有危险，可以接受
拆打加固	松紧器没有摆放好	人身伤害	一般危险，需要注意

(3) 不安全的环境因素

堆场的不安全的环境因素涉及到的作业活动包括：日常工作、上下船舶、维修作业等。欧亚国际集装箱码头有限公司对存在的不安全的环境因素的风险程度进行了等级标定，如下表 3.5 所示。

表 3.5 环境等级评价
Tab. 3.5 Environmental rating evaluation

作业活动	内容描述	可能导致的结果	风险等级
日常工作	由于吸烟发生火灾	人身伤害，财产损失	一般危险，需要注意
日常工作	高温天气人员中暑	人身伤害	稍有危险，可以接受
上下船舶	雨天湿滑坠落伤亡	人身伤害	稍有危险，可以接受
维修作业	岸桥处被雷电击伤	人身伤害	稍微危险，可以接受

（4）管理水平存在缺陷

堆场管理水平存在的问题涉及到的作业活动包括：司机操作、现场施工、故障抢修等。欧亚国际集装箱码头有限公司对存在的不安全的管理因素的风险程度进行了等级标定，如下表 3.6 所示。

表 3.6 管理水平等级评价
Tab. 3.6 Management level rating evaluation

作业活动	内容描述	可能导致的结果	风险等级
司机操作	作业时饮酒	人身伤害	稍有危险，可以接受
司机操作	作业时打电话	人身伤害	一般危险，需要注意
现场施工	上下基坑时精神不注意	人身伤害	稍有危险，可以接受
故障抢修	未在维修机车周围安放隔离墩	人身伤害	稍微危险，可以接受

3.3 本章小结

在本章部分，以天津港欧亚国际集装箱码头有限公司作为研究对象，首先分析了其在堆场安全管理方面的现状，包括集装箱堆场设备现状、集装箱堆场人员管理现状以及其他安全管理现状，对拥有的设备、堆场人员的文化水平、堆场的安全保障等进行简单介绍。之后结合天津港欧亚国际集装箱码头有限公司的内外安全环境展开分析，欧亚公司堆场的外部安全环境从安全政策法规、安全保障

进行介绍，欧亚公司堆场的内部安全环境从 4 个方面进行介绍，分别是：堆场工作人员的不安全环境、堆场设施以及货物的不安全状态、不安全的环境因素、管理水平存在的缺陷。在对影响集装箱堆场的安全因素进行分析后，将在下一章选取安全评价指标进行下一步分析。

第4章 天津港集装箱堆场安全评价模型构建

在前三章部分，通过分析国内外学者对堆场安全问题的研究，介绍集装箱堆场安全相关问题，结合天津港集装箱堆场存在的安全问题以及安全影响因素，本文提出了以天津港集装箱堆场为研究对象的天津港集装箱堆场安全评价模型，从而有效地分析天津港集装箱堆场的安全水平。

4.1 构建天津港集装箱堆场安全评价体系

通常在对港口集装箱堆场进行安全问题研究时，人们普遍采取定性的方法，通过对安全问题进行分类，然后就安全影响因素进行逐一分析，最后给出对应的解决措施。本文将构建天津港集装箱堆场的安全评价体系，也就是对影响天津港集装箱堆场安全的影响因素进行层次划分，尽量将影响因素刻画完善，使分析有理有据。

4.1.1 天津港集装箱堆场安全评价指标选取

通过对天津港集装箱堆场的安全问题进行层次性分析，本文决定从天津港集装箱堆场基础设施、天津港集装箱堆场安全管理技术、天津港集装箱堆场安全保障这3方面的内容进行安全评价指标选取，下面我们将进行指标的详细说明。

（1）天津港集装箱堆场基础设施安全评价指标选取

选取堆场布局设施、安全作业警示标志、作业设施以及应急设施四项。堆场布局设施主要包括集装箱进行堆存所涉及到的基础设施，可以从设施的新旧程度、破损程度进行评判。堆场安全作业警示标志指的是与堆场生产运营有关的安全警示牌，比如禁止烟火等警示类牌板，可以从安全作业警示牌的覆盖率进行评判。堆场作业设施是指与堆场进行作业相关的设备设施，如装卸设施等，可以通过设施的新旧程度以及破损程度进行评判。堆场应急设施主要指当堆场出现事故时，能够及时提供技术上的支持和保障，可以通过其应急效率进行评判。

（2）天津港集装箱堆场安全管理技术安全评价指标选取

选取消防安全技术、通信与监控安全技术、装卸工艺安全技术以及工作人员安全意识四项。堆场消防安全技术主要包括火灾等安全风险控制技术，消防安全技术的实施效果可以作为该因素的评判依据。堆场的通信与监控安全技术是指

在堆场进行运营管理中，实施以计算机技术为基础的安全技术，其效果和效率可以作为该因素的评判依据。堆场的装卸工艺安全技术主要是指在前方堆场进行装卸操作时的安全操作技术，其安全效率和事故发生率可以作为评判依据。堆场工作人员的安全意识是指工作人员自身的教育和文化水平，其文凭和安全意识水平等级可以作为评判依据。

（3）天津港集装箱堆场安全保障安全评价指标选取

选取堆场管理信息系统、应急机制、预防机制以及法律法规保障四项。堆场的管理信息系统是指在堆场运营过程中，实施信息化的管理技术。管理信息系统的稳定性和先进性可以作为该因素的评判依据。堆场的应急机制是指堆场在处理突发事件时的系统性的应急措施，一般都以流程图的形式表示出来。应急机制的全面性和安全性可以作为该因素的评判因素。堆场的预防机制一般指在分析得到堆场危险源的前提下，对风险要素采取及时的预防措施。预防机制的应对性可以作为该因素的评判因素。堆场的法律法规保障涉及到国家相关政策以及港口自身的管理办法等，堆场法律法规的全面性可以作为该因素的评价依据。

4.1.2 天津港集装箱堆场评价指标体系构建

上一小节，我们共选取 12 个对天津港集装箱堆场安全有影响的因素，属于天津港集装箱堆场基础设施、天津港集装箱堆场安全管理技术、天津港集装箱堆场安全保障这三方面的内容。

天津港集装箱堆场基础设施方面包括 4 个影响因素，分别是堆场布局设施、堆场安全作业警示标志、堆场作业设施以及堆场应急设施；天津港集装箱堆场安全管理技术方面同样包括 4 个安全影响因素，分别是消防安全技术、通信与监控安全技术、装卸工艺安全技术以及工作人员的安全意识；天津港集装箱堆场安全保障方面也包括 4 个安全影响因素，分别为堆场管理信息系统、应急机制、预防机制以及相关法律法规保障。

为了对天津港集装箱堆场安全问题进行全面透彻分析，本文根据安全影响因素的层次性以及相关性，构建天津港集装箱堆场安全评价体系。下表 4.1 为堆场安全评价体系表：

表 4.1 堆场安全评价体系
Tab. 4.1 Yard safety evaluation system

一级指标层	序号	二级指标层
堆场设施	1	堆场布局设施
	2	安全作业警示标志
	3	作业设施
	4	应急设施
管理技术	5	消防安全技术
	6	通信与监控安全技术
	7	装卸工艺安全技术
	8	工作人员安全意识
安全保障	9	堆场管理信息系统
	10	应急机制
	11	预防机制
	12	法律法规保障

如表 4.1 所示，在对天津港集装箱堆场安全进行评价时，首先对 3 方面的因素进行评价，分别为堆场设施、管理技术以及安全保障，我们称其为一级指标层；接着对一级指标层的因素进行细分，每个一级指标层的因素对应 4 个安全影响因素，共计 12 个影响因素，我们称其为二级指标层；最后对建立的天津港集装箱堆场安全评价体系进行定量分析。

在构建天津港集装箱堆场安全评价体系后，需要对该体系进行编码，以便在接下来的分析和计算中更加清楚。下图 4.1 为天津港集装箱堆场安全评价指标体系编码：

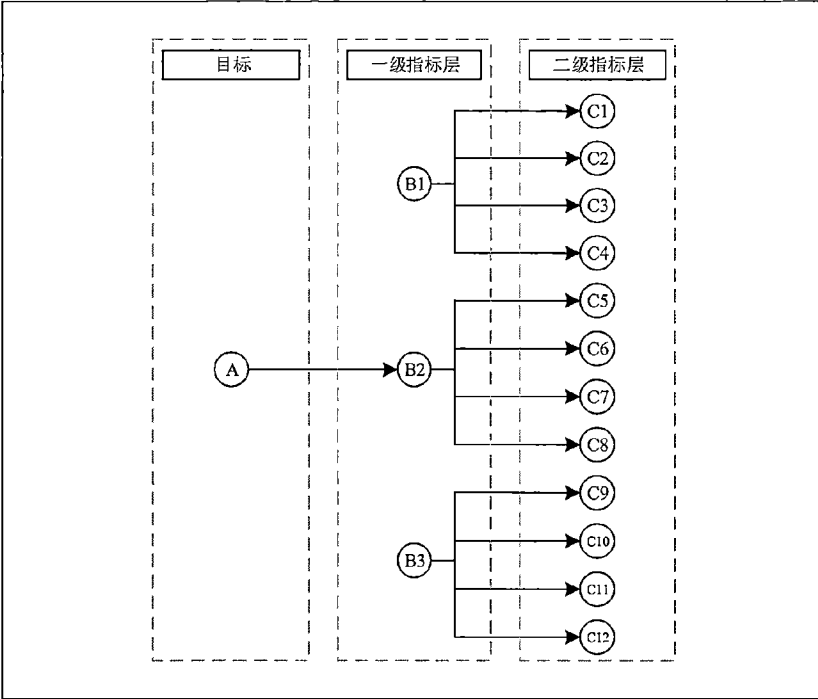


Fig. 4.1 Codes of yard safety evaluation system

在上图所示，天津港集装箱堆场安全评价体系分为三个层次，A 代表目标层，B 代表一级指标层的因素，C 代表二级指标层的因素。下表 4.2 为各个编码所对应的安全评价指标：

表 4.2 堆场安全评价体系编码

Tab. 4.2 Codes of yard safety evaluation system

一级指标层 (B)	二级指标层 (C)
目标 (A)	堆场布局设施 (C1)
	安全作业警示标志 (C2)
	作业设施 (C3)
	应急设施 (C4)
	消防安全技术 (C5)
	通信与监控安全技术 (C6)
	装卸工艺安全技术 (C7)
	工作人员安全意识 (C8)
	堆场管理信息系统 (C9)
	应急机制 (C10)
	预防机制 (C11)
	法律法规保障 (C12)

通过构建天津港集装箱堆场的安全评价指标体系，可以系统的得到影响天津港集装箱堆场安全的影响因素。接下来，根据建立的天津港集装箱堆场安全评价指标体系，将进行定量分析。

4.2 建立天津港集装箱堆场安全评价模型

在对天津港集装箱堆场存在的安全问题进行定性分析后，已经构建了天津港集装箱堆场安全评级指标体系。在该体系中，有 12 个基本指标需要进行评价，本章首先就它们对天津港集装箱堆场的安全影响程度进行分析，然后在确定 12 个指标的影响程度后，邀请天津港的专家进行打分，最后得到天津港集装箱堆场的安全水平。

4.2.1 确定天津港集装箱堆场安全评价指标权重

建立天津港集装箱堆场安全评价指标体系后，需要进行定量分析，得到此 12 个安全影响因素的权重，评价指标权重代表其对天津港集装箱堆场安全的影响程度。在确定安全评价指标权重的定量方法选择中，本文采取层次分析法来进行求解。

层次分析法（AHP）是定性分析与定量分析相结合的运筹学方法，在对具体问题进行分析时，将与决策相关的因素一般分为目标层、准则层与方案层等多个层次。通过对不同层次的因素进行分析，依据其自身方法由上及下求不同层次因素的权重，最后求得最底层的影响因素相对目标层的权重。

根据层次分析法的思路，结合天津港集装箱堆场的相关安全问题，确定各个安全评价指标的权重。层次分析法一般分为三个步骤，第一步是确定问题层次结构，第二步是构造两两因素进行比较的判断矩阵，第三步是对计算结果进行一致性检验。下面，本文将结合天津港集装箱堆场的实际安全情况，运用层次分析法求安全指标权重。

（1）确定问题层次结构

在本章 4.1 部分，已经构建天津港集装箱堆场安全评价指标体系。在该指标体系中，分 3 个层次对天津港集装箱堆场安全问题进行分析，分别是目标层、一级

指标层以及二级指标层。下图 4.2 将详细展现天津港集装箱堆场安全评价指标体系的层次结构：

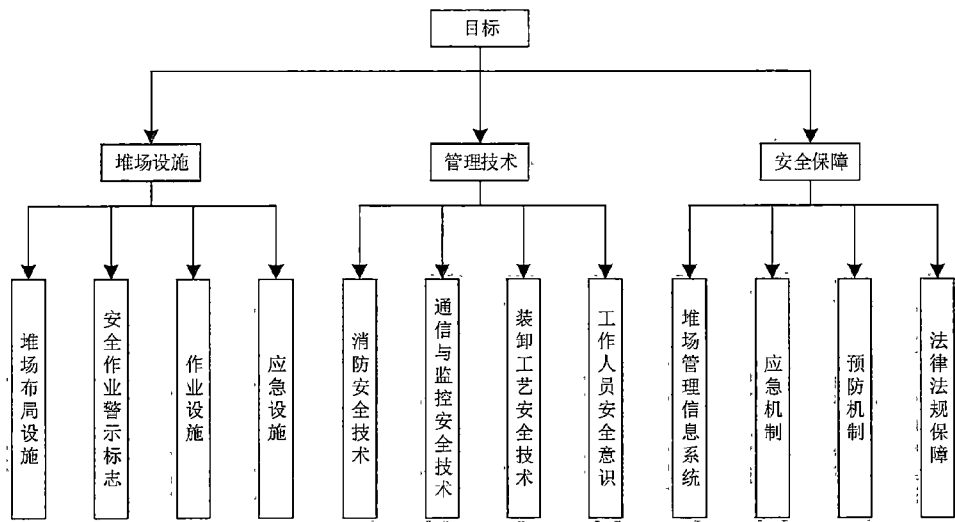


图 4.2 层次结构图

Fig. 4.2 Hierarchical graphs

(2) 构造判断矩阵

确定不同层次的安全指标后，需要对同一层次的安全指标进行两两比较，根据不同安全指标的相对重要程度来构造相应的判断矩阵。在确定判断矩阵中两两安全评价指标的重要性程度时，需要运用标度法进行赋值。两两评价指标赋值标准见下表 4.3：

表 4.3 两两因素比例标度表

Tab. 4.3 Two factors proportional scale table

因素相对于另一个因素	进行量化后的值
两个因素同等重要	1
前者因素比后者因素稍微重要	3
前者因素比后者因素较强重要	5
前者因素比后者因素强烈重要	7
前者因素比后者因素极端重要	9
两相邻判断标准的中间值	2、4、6、8

依据上表的标度标准，本文以天津港集装箱堆场的相关专家的评价为基础，对不同层次的安全评价指标建立判断矩阵。首先建立一级指标层安全评价指标两两之间的判断矩阵，即堆场设施、管理技术、安全保障这三个一级指标层因素相对于目标的判断矩阵。判断矩阵如公式（4.1）。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

对于二级指标层判断矩阵的构建，需要就堆场设施、管理技术以及安全保障三方面进行分析。二级指标层安全评价指标相对堆场设施的判断矩阵如公式（4.2）；二级指标层安全评价指标相对管理技术的判断矩阵如公式（4.3）；二级指标层安全评价指标相对安全保障的判断矩阵如公式（4.4）。

$$B1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$B2 = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 & 2 \\ 1/4 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$B3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1 \\ 2 & 1 & 1/2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

构建完判断矩阵后，需要对矩阵进行列规范化，见公式（4.5）。本文采用和法求权重，运用 MATLAB 数学软件进行计算和一致性检验。对判断矩阵列规范化后，根据层次分析法和法计算矩阵中各因素的权重，具体计算公式如（4.6）、（4.7）。

$$a_y = \frac{a_y}{\sum a_y} \quad (4.5)$$

$$w_i = \sum_{j=1} a_{ij} \quad (4.6)$$

$$w_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1} w_j} \quad (4.7)$$

根据公式 (4.5)、(4.6)、(4.7) 对矩阵 A、B1、B2、B3 进行计算，在 MATLAB 中求得的对应矩阵的各因素权重如下图 4.3、4.4、4.5、4.6 所示：

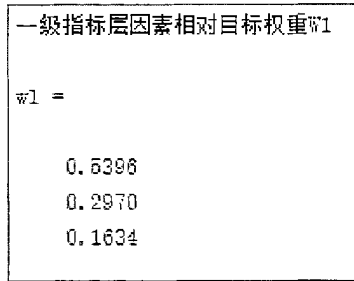


图 4.3 一级指标层各因素权重

Fig. 4.3 Each factor weight of level 1 indicator layer

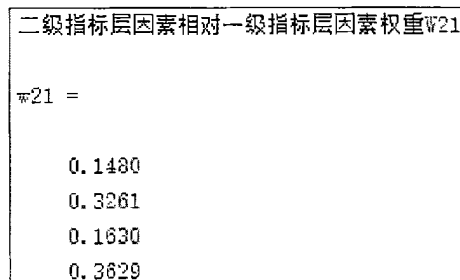


图 4.4 二级指标层各因素权重

Fig. 4.4 Each factor weight of level 2 indicator layer

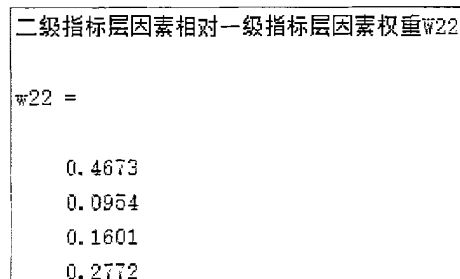


图 4.5 二级指标层各因素权重

Fig. 4.5 Each factor weight of level 2 indicator layer

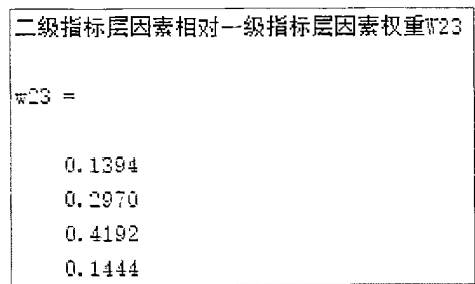


图 4.6 二级指标层各因素权重

Fig. 4.6 Each factor weight of level 2 indicator layer

在求得各判断矩阵安全评价指标的权重后，需要计算二级指标层安全评价指标相对目标层的权重，通过 MATLAB 计算后，二级指标层 12 个安全评价指标相应的权重见下图 4.7 所示：

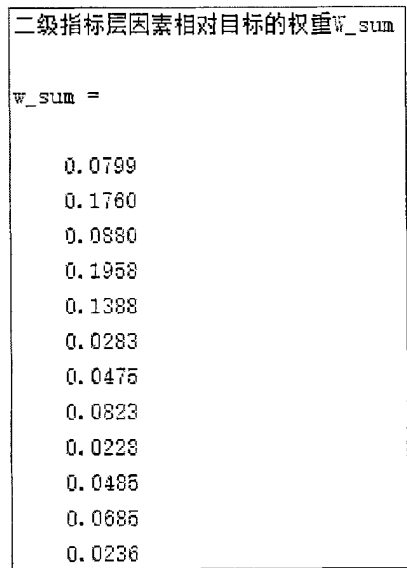


图 4.7 二级指标层相对目标层各因素权重

Fig. 4.7 Each factor weight of level 2 indicator layer compared with target layer

图 7 中二级指标层各安全指标的权重是通过层次分析法和法计算得到的结果，通过其对应的编码，将结果进行还原。如表 4.4 所示：

表 4.4 计算结果

Tab. 4.4 Calculation results

B 层	指标含义及权重	C 层	评价指标	权重
B1	安全设施 (0.5396)	C1	堆场布局设施	0.0799
		C2	安全作业警示标志	0.1760
		C3	作业设施	0.0880
		C4	应急设施	0.1958
B2	管理技术 (0.2970)	C5	消防安全技术	0.1388
		C6	通信与监控安全技术	0.0283
		C7	装卸工艺安全技术	0.0475
		C8	工作人员安全意识	0.0823
B3	安全保障 (0.1634)	C9	堆场管理信息系统	0.0228
		C10	应急机制	0.0485
		C11	预防机制	0.0685
		C12	法律法规保障	0.0236

得到二级指标层 12 个安全评价指标的权重后,需要对其进行重要性程度排序,从而能够更加直观地分析天津港集装箱堆场安全影响因素的重要程度,以便在制定策略和提供解决措施时具有针对性。权重排序后的计算结果如下表 4.5 所示:

表 4.5 计算结果排序

Tab. 4.5 Order of calculation results

编码	评价指标	权重
C4	应急设施	0.1958
C2	安全作业警示标志	0.1760
C5	消防安全技术	0.1388
C3	作业设施	0.0880
C8	工作人员安全意识	0.0823
C1	堆场布局设施	0.0799
C11	预防机制	0.0685
C10	应急机制	0.0485
C7	装卸工艺安全技术	0.0475
C6	通信与监控安全技术	0.0283
C12	法律法规保障	0.0236
C9	堆场管理信息系统	0.0228

天津港集装箱堆场安全评价指标权重进行排序后,可以发现,应急设施所占权重为 0.1958,位于第一位;安全作业警示标志所占权重为 0.1760,居于第二位;消防安全技术所占权重为 0.1388,位于第三位。处于前五位的还有作业设施以及工作人员安全意识。通过对排序后的安全评价指标进行分析,可以有针对性地解决和预防天津港集装箱堆场的安全问题。

层次分析法的第二个步骤--确定天津港集装箱堆场安全评价指标权重计算完后,需要对计算结果进行一致性检验,只有符合检验标准,上述权重的计算结果才具有可信度。

(3) 计算结果进行一致性检验

每一个判断矩阵在求得相应安全评价指标的权重后,需要进行一致性检验。由于不同的安全评价指标存在客观性和复杂性的特点,构造的判断矩阵不一定符合客观事实,所以有必要对判断矩阵进行一致性检验,一致性检验指标 CI 的计算公式如下式(4.8):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.8)$$

式(4.8)中 n 为判断矩阵的阶数, λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根, λ_{\max} 的计算公式如下式(4.9):

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{n \cdot w_i} \quad (4.9)$$

最后需要计算平均随机一致性比率 CR,如果 $CR = CI / RI < 0.1$,那么我们就认为构建的判断矩阵具备满意的一致性,否则需要对判断矩阵进行相应的调整。RI 为平均随机一致性指标,其赋值跟随矩阵阶数 n 的变化而变换,具体赋值见下表 4.6:

表 4.6 RI 取值
Tab. 4.6 The value of RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

通过在 MATLAB 中计算,我们得到四个判断矩阵的平均随机一致性比率分别为 0.0079、0.0076、0.0115、0.0382,CR 的值全部小于 0.1,因此认为构建的判断矩阵具备满意的一致性,其最终得到的权重系数具备可靠性。

4.2.2 建立天津港集装箱堆场安全评价模型

4.2.1 部分,构建了天津港集装箱堆场安全评价指标体系,利用层次分析计算二级指标层相对于目标层的权重系数,并通过一致性检验。本节将建立天津港集装箱堆场安全评价模型,咨询天津港集装箱堆场安全专家对 12 个安全评价指标进行打分,采用百分制打分标准,具体打分情况见下表 4.7:

表 4.7 专家打分
Tab. 4.7 Expert scoring

编码	评价指标	权重	专家打分
C4	应急设施	0.1958	85
C2	安全作业警示标志	0.1760	90
C5	消防安全技术	0.1388	75
C3	作业设施	0.0880	80
C8	工作人员安全意识	0.0823	60
C1	堆场布局设施	0.0799	85
C11	预防机制	0.0685	75
C10	应急机制	0.0485	70
C7	装卸工艺安全技术	0.0475	90
C6	通信与监控安全技术	0.0283	85
C12	法律法规保障	0.0236	70
C9	堆场管理信息系统	0.0228	80

表 4.8 评分标准
Tab. 4.8 Evaluation standard

安全水平分值	安全水平等级
90~100	优秀
80~90	良好
70~80	中等
60~70	及格
<60	不及格

$$V = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i \quad (4.10)$$

对天津港集装箱堆场安全指标评价体系进行专家打分后，需要计算天津港集装箱堆场安全评价模型，模型的具体计算方法如公式（4.10），最后得到天津港集装箱堆场的安全水平分值为 80.3531，处于评分标准中的良好水平（安全评分标准见表 4.8）。

4.3 本章小结

本章首先构建了天津港集装箱堆场安全指标评价体系，对影响天津港集装箱堆场的因素进行层次划分，分为目标层、一级指标层以及二级指标层三个层次，接着运用层次分析法计算出二级指标层 12 个安全评价指标相对于目标层的权重系数，并进行权重系数排序，得到影响天津港集装箱堆场安全影响因素的重要性程度排名，最后通过专家对天津港集装箱堆场 12 个安全评价指标进行打分，建立天津港集装箱堆场的安全评价模型，计算得到天津港集装箱堆场的安全水平分值为 80.3531，安全水平等级处于良好的状态。

针对得到的 12 个安全评价指标的权重系数以及安全水平分值，将有针对性地解决天津港集装箱堆场的安全问题，下面将在第五章提出建设天津港集装箱堆场“本质安全管理体系”，将先进的管理体系运用到天津港集装箱堆场安全建设中。第六章将针对天津港集装箱堆场存在的具体安全问题，提出解决措施。

第5章 天津港集装箱堆场“本质安全管理体系”构建

通过对第四章的计算结果进行分析，天津港集装箱堆场还存在一些安全问题。面对天津港集装箱堆场存在的安全问题，本文提出将“本质安全管理体系”运用到天津港集装箱堆场的安全建设和管理中。

5.1 “本质安全管理体系”概述

5.1.1 “本质安全管理体系”定义

“本质安全管理体系”是一套先进的安全管理体系，其主要目的是以风险预防控制为核心，通过管理工作人员不安全的行为来控制不安全事故的发生。其中“本质安全”的核心是能够有效控制和制止潜在危险事故的发生，“本质安全”分为狭义和广义的概念。狭义概念下的“本质安全”是指工作环境与工作设备的安全特性，考虑设备与环境的安全风险，及时地进行控制与管理；广义概念下的“本质安全”是指工作设备、环境、人员操作、安全管理等各个环节的协调统一，致力于在控制安全风险的前提下，实现企业的稳定发展。

本质安全管理体系强调对潜在危险因素进行控制，实施稳定、全面、持续、集体参与、闭环式的安全管理工作。在进行工作的过程中，切断工作安全事故的因果链，实现管理不失误、设备无故障、人员不失误以及系统没有漏洞的目的。

本质安全管理体系一般包括六部分的内容，分别为风险管理、工作人员工作管理、组织运营管理、安全文化宣传管理、本质安全管理评价以及本质安全管理信息系统。风险管理包括对工作中潜在的危险因素的一系列管理，比如潜在危险源识别、风险控制、风险预防、风险监控等；工作人员工作管理主要是对人的不安全行为的管理，通过分析不安全人的行为的产生原因，实施人员分类管理，达到及时的预防和控制的目的；组织运营管理是指为了保障企业的正常运营，进而设置的一系列组织部门以及机构，相互监督，相互制约，为企业控制安全事故的发生；安全文化宣传管理主要是研究企业在安全文化宣传过程中的模式、内容、措施以及效果；本质安全管理评价是指对企业在安全运营过程中的情况进行评估，通过进行定期考核以及不定期考察，从而确保企业在安全运营管理中取得成效；

本质安全管理信息系统是指企业在安全管理方面需要实现信息化管理，通过高效的信息化管理，实现对企业的有效监管，减少安全事故的产生。

5.1.2 “本质安全管理体系”作用

企业通过实施“本质安全管理体系”，可以有效预防和控制潜在危险源的影响，对企业的安全运营起到保护作用。“本质安全管理体系”可以保障企业中设备和工作环境的稳定；“本质安全管理体系”能够促使企业中管理人员和工作人员的安全意识，减少工作上不必要的失误；“本质安全管理体系”在实现企业各个部门协调同一方面起核心作用，确保相关部门相互监督，对企业的安全管理起促进作用。

5.2 “本质安全管理体系”引入天津港集装箱堆场管理

通过第四章的分析，得到天津港集装箱堆场安全评价指标的权重系数以及天津港集装箱堆场的安全水平等级，发现天津港集装箱堆场还存在不同程度的安全问题，在管理技术方面和安全保障方面存在的问题不容小觑。因此，本文提出将“本质安全管理体系”的理念注入到天津港集装箱堆场的安全管理中。

“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”主要包括四方面的内容，第一方面是加强对天津港集装箱堆场危险源进行分析；第二方面是在天津港集装箱堆场安全管理过程中，需要遵循“本质安全管理体系”的基本原则；第三方面是对天津港集装箱堆场实行分级预警机制；第四方面是对天津港集装箱堆场组织具有保障性的管理。通过具体实施以上四个方面的内容，实现对天津港集装箱堆场本质安全管理，从而构建“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”。

5.2.1 对天津港集装箱堆场危险源进行分析

在对天津港集装箱堆场危险源进行分析时，主要是通过不同的类型进行分类并分析。天津港集装箱堆场危险源主要包括堆场相关人员、堆场相关设备、堆场环境以及堆场管理这四方面的内容，需要在这四方面的内容进行仔细划分与分析，从而达到对危险源进行有效分析的目的。天津港集装箱堆场危险源的情况介绍及其相关措施见下表 5.1：

表 5.1 天津港集装箱堆场危险源介绍
Tab. 5.1 Introduction of 天津港 container yard hazard source

危险源分类	危险源特征	安全管理对策及措施
堆场相关人员	管理人员、工作人员等	培训、管理等
堆场相关设备	装卸、搬运等	定期检查、更新等
堆场环境	自身环境、自然环境等	环境评估等
堆场管理	设备管理、人员管理等	实施先进管理机制

只有对天津港集装箱堆场的危险源进行详细划分及分析，才能准确全面的得到天津港集装箱堆场的潜在安全问题。在得到危险源的详细信息和情况后，才能针对性的提出解决措施，广义的角度上，对堆场相关人员进行培训和管理，对堆场的设备进行定期、不定期检查、更新等，对堆场环境进行安全性评估，及时做出调整，堆场管理方面，采用先进的管理机制，实现安全有效管理。

5.2.2 遵循“本质安全管理体系”原则

天津港集装箱堆场实施“本质安全管理体系”，需要对安全风险采取预防的措施。虽然潜在的风险未必会引起事故的发生，但是一旦发生事故，事故形成的原因必然是风险因素所导致。因此在“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”的执行过程中，需要预见风险、控制风险直至消除风险。

“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”的实施，遵循十二个基本原则。具体内容如下表 5.2 所示：

表 5.2 原则介绍
Tab. 5.2 Introduction of principle

序号	本质安全管理体系原则
1	降低潜在风险因素数值的原则
2	消除风险因素的原则
3	冗余性原则
4	闭锁原则
5	能量屏障原则
6	距离防护原则
7	时间防护原则
8	薄弱环节原则
9	坚固性原则
10	个体防护原则
11	代替作业人员原则
12	警告与禁止原则

上述 12 个原则作为“天津港集装箱堆场本质安全管理体系”的基本原则，需要积极落实到天津港集装箱堆场的安全管理中。第 1、2 项原则旨在消除与降低潜在风险的影响；第 3 项原则冗余性原则，是指在设备故障时，拥有重复的设备或者系统，能够独立完成工作；第 4 项原则闭锁原则是指采用一定的方法，是设备的一些原件能够产生相互作用，从而保证设备的安全操作；第 5 项原则能量屏障原则，指在堆场工作人员、堆场集装箱货物与危险环境之间设置安全屏障，控制和防止危险作用在工作人员或者货物上，从而保障堆场相关工作人员和堆场货物的安全；第 6 项原则距离防护原则，如果潜在危险因素对工作人员以及货物的负面作用随距离的减小而增大时，需要增大人和货物距离危险因素的距离；第 7 项原则时间防护原则，指人以及货物处在潜在危险环境下的时间缩短到安全范围以内；第 8 项原则薄弱环节原则，是指在系统中设置专门的薄弱环节，在将损失降到最低的情况下，保证系统环境的安全性；第 9 项原则坚固性原则，与第 8 项原则相悖，该原则强调系统的整体性强度；第 10 项原则个体防护原则，指采用被动的防护措施，减少事故等危险因素带来的损失；第 11 项原则代替作业人员原则，指在不可消除的危险环境的情况下，使用非人类工具代替作业人员，保证人员的人身安全；第 12 项原则警告和禁止原则，是指最大限度的使用警示和禁止标志传递安全信息，保证整个工作系统的安全运营。

5.2.3 实行分级预警机制

为了对天津港集装箱堆场的安全环境进行详细评估，决定对其实行分级预警机制。天津港集装箱堆场分级预警机制主要针对面临的气象灾害，包括浪涌、风暴潮、大雾、暴雨、雷电、低温冰冻等比较严峻的天气，根据不同类型的天气情况制定不同的预警等级。天津港集装箱堆场分级预警机制如下图 5.1 所示：

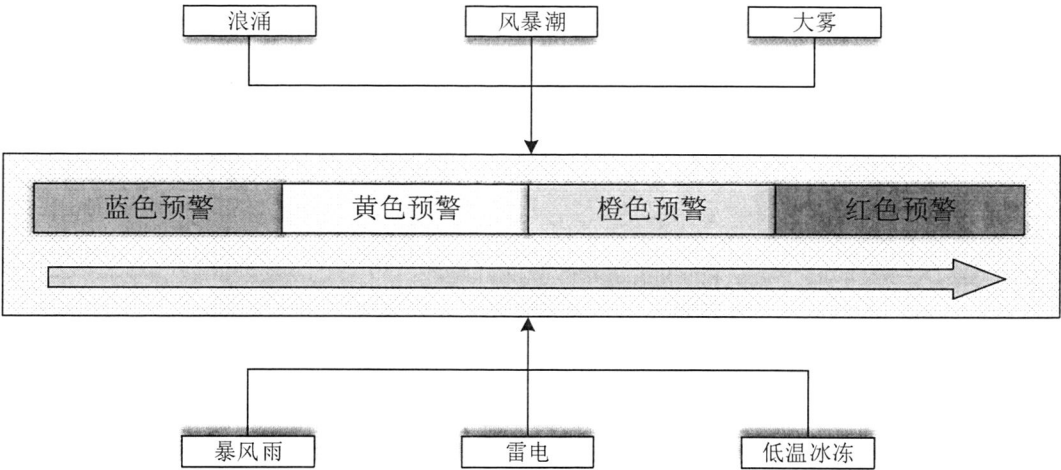


图 5.1 堆场分级预警机制
Fig. 5.1 Yard grading early warning mechanism

如图 5.1 内容所示，将天津港集装箱堆场预警等级分为四个等级，分别是蓝色预警、黄色预警、橙色预警以及红色预警。蓝色预警是四级预警，表示针对对应气象环境需要进行密切关注；黄色预警是三级预警，表示针对对应气象环境需要进行准备工作；橙色预警是二级预警，表示针对相应的气象环境进入局部预警和应急的状态；红色预警是一级预警，表示针对相应的气象环境需要进行全面的应急状态。

5.2.4 组织具有保障性管理

随着国家相关安全管理政策的颁布，企业在安全管理方面的相关责任制度也日益健全。企业中上至战略制定层、下至工作执行层的安全意识不断深化，企业的安全文化宣传力度也不断加大。政策的支持、企业安全责任制度的健全以及企业安全文化的宣传，都是组织具有保障性管理的具体表现。

天津港集装箱堆场本质安全管理体系的构建，使得天津港集装箱堆场在安全管理工作上更加便捷。在堆场企业进行安全管理的过程中，始终围绕本质安全管理体系的基本原则和流程进行运营，组织具有保障性的管理工作。

5.3 本章小结

本章提出将“本质安全管理体系”加入到港口集装箱堆场的安全管理中，首先介绍了本质安全管理体系的概念和作用，之后提出将“本质安全管理体系”的思想应用到天津港集装箱堆场安全管理中的具体方式，主要分为四项，分别是：对天津港集装箱堆场危险源进行分析、遵循“本质安全管理体系”原则、实行分级预警机制、组织具有保障性管理，从而构建出“天津港集装箱堆场安全本质管理安全体系”。“天津港集装箱堆场安全本质管理安全体系”的构建，对天津集装箱堆场的安全运营起到了指导意义。

第 6 章 天津港集装箱堆场安全运营的保障措施与支持政策

针对第四章的计算结果，可以得到影响天津港集装箱堆场的安全因素的重要程度排序为应急设施、安全作业警示标志、消防安全技术、作业设施、工作人员安全意识、堆场布局设施、预防机制、应急机制、装卸工艺安全技术、通信与监控安全技术、法律法规保障、堆场管理信息系统。在第五章部分，提出将“本质安全管理体系”引入天津港集装箱堆场安全管理中，在宏观管理方面引领天津港集装箱堆场进行安全运营。在本章部分，我们将针对计算得到的安全影响因素的重要性程度，首先制定相应的解决措施和办法，接着在政府和港口发展的宏观角度，提出相应的安全政策类建议。

6.1 保障天津港集装箱堆场安全运营的措施

基于计算结果，本文选取在重要程度上排名前 5 位的因素进行制定相关的措施，这 5 个因素分别是应急措施、安全作业警示标志、消防安全技术、作业设施、工作人员的安全意识，针对上述 5 个重要的安全影响因素，本文提出以下几个措施，分别为加强集装箱堆场应急措施实施、扩大堆场安全作业警示标志的覆盖范围、采用先进的消防安全技术、强化堆场作业设施的安全性、强化对堆场工作人员的培训。

6.1.1 加强集装箱堆场应急措施实施

当集装箱堆场发生紧急事故后，救援人员应该在第一时间赶到事发地点，且需要装备个人安全防护装置。救援人员在采取行动时，严禁个人行动，需要与救援小组进行团队救援。如果发生火情，可采用水枪、水炮等灭火设施进行处理；如果发生危险化学品泄漏的事故，救援人员需要穿着防护服、防毒面罩等安全装置。当堆场发生较为严重的安全事故时，需要堆场管理人员组织对事故现场进行维护、隔离等措施，设定好安全警戒区域。如果交通事故发生在堆场作业区域，需要在第一时间采取停业措施。

如果港口发生重大人员伤亡的事故时，比如堆场危险货物事故、自然灾害事故(台风、地震等)等，针对重大人员伤亡的事故时，需要采取的措施可以分为以下几个措施：

(1) 首先集装箱堆场需要采取紧急停业工作，并在第一时间采取相应的自救工作，与此同时将事故的相关信息上报部门以及政府公安、消防等等相关救助部门。

(2) 堆场人员自行组织营救，对伤亡人员进行转移，及时送至附近医院进行抢救工作。

(3) 对于处于危险事故区域内的工作人员进行及时撤离。

(4) 第一时间消除危险源，从最大程度上控制事故扩展的态势。

(5) 如果在港船舶收到事故波及，需要及时驶离港口。

6.1.2 扩大堆场安全作业警示标志的覆盖范围

堆场安全作业警示标示是保证集装箱堆场安全运营的重要条件，其存在的价值是知道工作人员进行安全操作，以及预防违规操作的发生。因此，扩大集装箱堆场安全作业警示标志的覆盖范围对集装箱堆场的安全稳定运营起到了至关重要的作用。集装箱堆场需要设置安全作业警示标志的地点分别包括集装箱前方堆场作业区、集装箱堆场后方堆场堆存区以及空箱堆场。涉及到的安全作业警示标志包括禁止烟火、禁止吸烟、严禁站人、禁止停留等一系列安全警示标志，根据工作性质的不同需要设置专用的安全作业警示标志，保证堆场的安全运行。

6.1.3 采用先进的消防安全技术

由于堆场事故造成的人员伤亡较为严重，因此需要采取先进的消防安全技术来控制事故的发生。关于集装箱堆场的消防安全技术，堆场企业需要做到以下几点：

(1) 在堆场作业区域，严禁烟火，对于违反规定的员工进行严肃处理 and 警告。

(2) 集装箱堆场火情事故多发区域需要设置灭火设备，并且灭火设备需要放置在明显以及突出的位置，便于事故发生时应急使用。管理人员应会熟练使用。

(3) 定期和不定期对集装箱堆场火灾频发区域进行安全检查，从根源上遏制火灾事故的发生，保证堆场的安全稳定运营。

6.1.4 强化堆场作业设施的安全性

集装箱堆场在进行安全管理和操作上，需要遵循一定的方针和原则。堆场安全运营的方针是“根除一切可能造成事故的危险操作”，堆场进行安全运营需要遵循的原则是“运用科学的理论和方法，进行安全工作和管理”。定期和不定期对集装箱堆场的作业设施设备进行安全检查，受损设备设施及时进行检修和更换，保障作业设施的安全性。通过科学的管理和检查、合理进行利用、定期检查维修，对集装箱堆场的作业设施实行系统安全管理和检测，最大程度保证堆场的安全运营。

6.1.5 强化对堆场工作人员的培训

加强对堆场工作人员的安全培训工作，只有在保证工作安全意识的前提下，才能保证堆场运营不出现安全问题。对工作人员采取定期和不定期培训，培训内容包括安全技能和安全意识的培训，使堆场工作人员保持基本的安全工作意识。

逐步建立集装箱堆场企业安全文化理念。港口作为一个企业，需要在对安全问题足够重视的前提下，逐步建立自己的企业安全文化。企业安全文化的建立对企业中工作人员的工作具有指导意义，要求大家严格按照规章制度进行工作，为企业的安全生产建立良好的思想基础。只有在加强对工作人员进行培训和建立企业安全文化的前提下，才能最大限度的制止违规行为的产生，维持堆场的安全运营。

6.2 堆场安全运营与发展的支持政策

在针对前 5 个安全影响因素制定相应的解决措施后，接下来，本文将从政府和港口层面的角度，题出有利于港口集装箱堆场安全的指导建议，分别为：制定集装箱堆场运营的最低安全标准、开设堆场安全问题研究部门、政府部门加大监管力度。

6.2.1 制定集装箱堆场运营的最低安全标准

集装箱堆场从港口的角度来讲，就是企业管理的一部分。企业在经营发展中，都需要满足其所属性质企业运营的最低安全标准。因此，港口堆场的安全运营需要拥有自身进行安全运营的最低安全标准。为此，建议政府在评估安全性能时，

制定集装箱堆场的最低安全标准体系。最低安全标准体系可以从集装箱堆场的设施、安全教育、防护措施等角度进行评估，只有通过最低安全标准的集装箱堆场，才能进行安全运营。

6.2.2 开设堆场安全问题研究部门

在当前有关集装箱堆场的安全问题研究中，大部分涉及的都是危险品集装箱在堆场中的安全问题研究，研究比较单一且简单。然而在设计集装箱堆场安全全面性方面，很少有相关学者和机构进行研究。天津港特大事故的发生给港口集装箱堆场的安全问题带来挑战，因此政府在对港口堆场的安全问题加大监管力度的同时，需要投入更大的资金在港口集装箱堆场安全问题研究中来，保证港口堆场的安全稳定运营。

6.2.3 政府部门加大监管力度

港口集装箱堆场安全问题目前面临着比较严峻的形式，除了企业自身管理存在问题外，政府部门缺乏对堆场的监管力度也是一项重要的原因。港口局作为管理港口企业的政府单位，应该行使其监管的义务，对港口集装箱堆场的日常工作和运营进行定期和不定期检查，并且在集装箱堆场设定特定的监管人员，保证集装箱堆场时刻处于政府部门的安全监管下，从而最大限度的降低港口运营的违规操作和不安全操作。在对特殊集装箱（尤其是危险品集装箱）的监管中，应采取24小时监管制度，杜绝应危险品集装箱造成的堆场安全事故。

对于危险品集装箱的处置，如危险化学品集装箱等，需要按照港口的安全实施条例进行检查和堆放，没有经过核对手续和备案手续的危险品集装箱不能进入集装箱堆场中。港口的行政管理部门需要履行其应有的职责，在控制和管制危险品集装箱安置工作上，应积极进行核对和审查。在审查中，如果发现存在违反国家安全标准以及港口安全标准的危险品集装箱堆场建设问题时，应当禁止建设项目的实施，并进行通报。通过行政部门加大对集装箱堆场的监管力度，从而保证堆场的安全稳定发展。

6.3 本章小结

本章是针对计算结果的天津港集装箱堆场安全问题解决措施，主要从具体解决措施和政策类建议进行叙述。集装箱堆场的具体解决措施包括加强集装箱堆场应急措施实施、扩大堆场安全作业警示标志的覆盖范围、采用先进的消防安全技术、强化堆场作业设施的安全性、强化对堆场工作人员的培训，这些措施能从堆场工作的安全细节上提供解决办法，保证集装箱堆场的工作安全进行。集装箱堆场的政策类建议包括制定集装箱堆场运营的最低安全标准、开设堆场安全问题研究部门、政府部门加大监管力度，这些宏观层面的建议，可以促使港口局加大对集装箱堆场的安全工作进行指导和监督，使集装箱堆场时刻处于政府的帮助和监管下，从本质上杜绝安全事故的产生。采取具体的解决措施和实行政府监管机制可以保障港口企业的安全运营。

第 7 章 总结

7.1 归纳总结

本文以近些年来港口集装箱堆场存在安全问题为研究背景，以天津港欧亚国际集装箱码头公司为研究对象，通过对集装箱堆场的概念和安全问题进行介绍，建立天津港集装箱堆场安全指标体系，构建天津港集装箱堆场评价模型，之后得到安全影响因素的排序以及天津港集装箱堆场的安全分值以及等级（见下表 7.1），最后提出将“本质安全管理体系”注入到天津港集装箱堆场的安全管理中，并根据模型计算的结果提出相应的解决措施。

表 7.1 计算结果
Tab. 7.1 calculation results

编码	评价指标	权重	专家打分
C4	应急设施	0.1958	85
C2	安全作业警示标志	0.1760	90
C5	消防安全技术	0.1388	75
C3	作业设施	0.0880	80
C8	工作人员安全意识	0.0823	60
C1	堆场布局设施	0.0799	85
C11	预防机制	0.0685	75
C10	应急机制	0.0485	70
C7	装卸工艺安全技术	0.0475	90
C6	通信与监控安全技术	0.0283	85
C12	法律法规保障	0.0236	70
C9	堆场管理信息系统	0.0228	80
总计		1	80.3531（良）

根据上表中前 5 个指标，本文制定的相关解决措施为：加强集装箱堆场应急措施实施、扩大堆场安全作业警示标志的覆盖范围、采用先进的消防安全技术、强化堆场作业设施的安全性、强化对堆场工作人员的培训。

7.2 论文不足之处和今后的展望

本文以天津港欧亚国际集装箱码头为研究对象进行研究，采用层次分析法针对选定的因素进行计算和分析。从模型方法上来讲，本文采取的方法符合本文的

研究背景，但是，在进行指标选取的过程中，由于安全影响指标数量较大，本文从安全设施、管理技术以及安全保障三方面进行选取，所以本文在指标选取这块可能不全面，需要在接下来的研究中，就指标选取方面进行丰富。

参考文献

- [1] Park J S, Oh S, Cheong T, et al. Freight Container Yard Management System with Electronic Seal Technology[C]// IEEE International Conference on Industrial Informatics. IEEE, 2006:67-72.
- [2] Ngai E W T, Cheng T C E, Au S, et al. Mobile commerce integrated with RFID technology in a container depot[J]. Decision Support Systems, 2007, 43(1):62-76.
- [3] Tsertou A, Amditis A, Daioglou C, et al. Low-cost-high-accuracy yard equipment tracking for improved container monitoring and assignment[C]// Urban Transport. 2015:423-434.
- [4] Liang Y, Bai X. Design of RFID-Enabled Container Yard Management System[J]. Advances in Intelligent & Soft Computing, 2010, 66:1751-1758.
- [5] Yang B F, Yi-Jun Y E, Wang W Q. The System Analysis of the Management Information System of Container Yard[J]. Logistics Engineering & Management, 2013.
- [6] Zhou P F. Research on Multi-Agent system of container reception and distribution management of container yard[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2013, 53(3):382-389.
- [7] Zhen L, Jiang X, Lee L H, et al. A Review on Yard Management in Container Terminals[J]. Industrial Engineering & Management Systems, 2013, 12(4):289-304.
- [8] Yan W, Zhu Y, Huang Y, et al. Container terminal yard strategy based on clustering analysis[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2014.
- [9] Wang X H, Xun-Mei G U. Research and Implementation of Port Container Yard Management System Based on Mobile Devices[J]. Computer Knowledge & Technology, 2015.
- [10] Zhang Y, Huang Y, Yan W. Yard function division and simulation for container terminals[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2014.
- [11] Pak J Y, Yeo G T, Oh S W, et al. Port safety evaluation from a captain's perspective: The Korean experience[J]. Safety Science, 2015, 72:172-181.
- [12] Arghami A, Dy B M, Bingener J, et al. Single-Port Robotic-Assisted Adrenalectomy: Feasibility, Safety, and Cost-Effectiveness[J]. Jsls, 2015, 19(1).
- [13] Vidmar P, Perkovič M. Methodological approach for safety assessment of cruise ship in port[J]. Safety Science, 2015, 80:189-200.
- [14] Fabiano B, Currò F, Reverberi A P, et al. Port safety and the container revolution: a statistical study on human factor and occupational accidents over the long period.[J]. Safety Science, 2010, 48(8):980-990.
- [15] Alyami H, Lee T W, Yang Z, et al. An advanced risk analysis approach for container port safety evaluation[J]. Maritime Policy & Management, 2014, 41(7):634-650.
- [16] Berkowitz C, Bragdon C. Advanced Simulation Technology Applied to Port Safety and Security[C]// International Conference on Applications of Advanced Technology in Transportation. 2006:516-521.

- [17] Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens[J]. Clinical Ophthalmology, 2016, 10(Issue 1):1059-1077.
- [18] Zhang S, Liu Y, Zhuang R, et al. Basic Framework and Significance on the Economics of Port Safety[J]. 2016, 81:02002.
- [19] Che C Y, Liu J G, Jian L I. Entropy weight-TOPSIS based port safety assessment[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2016.
- [20] Tseng P H, Pilcher N. Maintaining and researching port safety: a case study of the port of Kaohsiung[J]. European Transport Research Review, 2017, 9(3):34.
- [21] 丁少鹏. 集装箱危险品堆场安全设计——以广州港南沙港区一期工程为例[J]. 水运工程, 2008,(02):61-65.
- [22] 颜华锬,李艳阳. 港口危险品集装箱堆场规划与布置研究[J]. 港工技术,2010,(03):19-21.
- [23] 王贵斌,楼军良. 港口危险货物集装箱堆场安全技术及其发展趋势[J]. 集装箱化,2011,(07): 7-9.
- [24] 元明. 港口危险货物集装箱及堆场安全管理标准化的关键问题[J]. 港口科技,2014,(08): 33-36.
- [25] 张武军. 港口危险货物集装箱堆场安全距离分析[J]. 水道港口,2015,(03):264-267.
- [26] 任强. DL 公司集装箱码头堆场精益管理改进研究[D].大连理工大学,2014.
- [27] 刘杰强,王玮. 集装箱堆场交通自动化网络安全管理系统[J]. 港口科技,2014,(10):10-12.
- [28] 庄辉. 浅谈集装箱堆场安全质量管理[J]. 中国水运(下半月),2015,(02):43-44.
- [29] 邢广英. 集装箱堆场车载无线管理系统[J]. 港口科技,2016,(03):27-29.
- [30] 程峰. 港口企业本质安全管理体系构建[J]. 科技与创新,2016,(21):56-57.
- [31] 胡广霞, 彭玉生, 段晓瑞. 区域定量分析方法在危险货物集装箱堆场安全评估中的应用[J]. 水运工程, 2017(6):87-91.
- [32] 曹仪明. 简析高架滑触线供电集装箱堆场安全保护系统的应用[C]// 2010 中国港口集装箱码头高峰论坛. 2010.
- [33] 仪月丰. 集装箱堆场物流企业风险管理的研究[D]. 天津大学, 2010.
- [34] 于兵. 关于集装箱堆场危险品库管理的研究[D]. 北京化工大学, 2008.
- [35] 胡广霞, 段晓瑞. 危险货物集装箱堆场爆炸地震效应对地下结构的安全影响分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(4):142-147.
- [36] 卫剑飏, 左大为, 黄诚,等. 基于事故先兆识别的危险货物集装箱堆场人机分离控制系统[J]. 集装箱化, 2017, 28(5):24-26.
- [37] 隋晓. 自动化集装箱码头堆场作业模式[J]. 集装箱化, 2016, 27(2):19-21.

- [38] 范厚明, 姚茜, 马梦知. 多场桥分区域平衡策划下的集装箱堆场箱位分配问题[J]. 控制与决策, 2016, 31(9):1603-1608.
- [39] 杨志新, 褚英双. 集装箱码头安全隐患排查系统设计及应用[J]. 集装箱化, 2016, 27(7).
- [40] 陈跃山. 集装箱码头设备安全隐患及技术改造案例探讨[J]. 起重运输机械, 2016(3):87-89.
- [41] 周聂, 冯云. 集装箱堆场管理风险评价研究[J]. 中国储运, 2016(5):126-130.
- [42] 杨希华. 集装箱堆场强化管理策略探究[J]. 经济视野, 2016(14):150-150.
- [43] 李淑娟. 集装箱堆场场桥调度优化研究[D]. 集美大学, 2016.
- [44] 高嵩. RFID 技术在铁路集装箱堆场进出口的应用[J]. 工业, 2016(8):00217-00217.
- [45] 王阳. 天津港集装箱堆场管理信息系统的设计与实现[D]. 天津工业大学, 2016.
- [46] 任现元, 高学玲. 集装箱堆场倒箱产生的原因及解决方法[J]. 集装箱化, 1999(9):20-21.
- [47] 吴翊. 集装箱堆场的功能[J]. 集装箱化, 1998(3):22-24.
- [48] 张艳伟, 石来德, 宓为建. 出口集装箱堆场翻箱问题优化模型研究[C]// 2007 全国机械工程博士生学术论坛. 2007.
- [49] 马强. 集装箱堆场管理系统的设计与实现[D]. 山东大学, 2011.
- [50] 郑在. 我国国际集装箱堆场(仓储)业存在问题与建议[J]. 集装箱化, 2008, 19(9):15-16.
- [51] 陈刚, 李洪. 对集装箱堆场消防设计的建议[J]. 水运工程, 2005(11):57-58.
- [52] 黎晓光. 基于二维码的集装箱堆场电子放箱系统[J]. 港口科技, 2015(10):35-36.
- [53] 公双雷. 物联网环境下集装箱堆场管理系统解决方案[J]. 集装箱化, 2013, 24(6):11-14.
- [54] 立卷. 集装箱堆场管理初探[J]. 中国远洋航务, 2003(2):92-93.
- [55] 杨卫华. 基于计算机网络及 RFID 技术的曹妃甸集装箱堆场管理系统[J]. 数字技术与应用, 2016(1):52-52.
- [56] 刘琨. 手机物联网在集装箱堆场管理中的应用性研究[J]. 中国包装工业, 2014(2).
- [57] 杨波峰, 叶怡君, 王文琦. 集装箱堆场管理信息系统的系统分析[J]. 物流工程与管理, 2013, 35(7):67-71.
- [58] 邵莉. 集装箱堆场管理初探[J]. 大科技·科技天地, 2010(9).
- [59] 周港, 刘锟. 集装箱码头设备安全管理措施探讨[J]. 大科技, 2017(19).
- [60] 王海建, 闻君, 宓为建, 等. 港口危险货物集装箱监控管理信息化框架设计[J]. 集装箱化, 2017, 28(5):21-23.

致 谢

论文的研究工作是在导师杨华龙教授的精心指导和悉心关怀下完成的，在我的学业和论文研究工作中无不倾注着恩师辛勤的汗水和心血。杨老师严谨的治学态度，深邃而活跃的学术思想，勤勉的学习工作态度，创造性的思维方法使我深受启迪并终生受益。在研究生学习生活期间，杨老师在学习和生活上都给予了我莫大的关心和无私的帮助。值此硕士论文完成之际，向杨老师致以衷心的感谢和深深的敬意！

最后，感谢对我论文成稿提供帮助的老师和同学们，再一次感谢杨老师对我论文的指导和肯定。

作者简介

姓名：李崧

性别：男

出生年月：1987.04

民族：汉族

籍贯：河北省秦皇岛市

研究方向：交通运输工程

简历：

学习经历

2005.09—2009.07 中国地质大学长城学院机械设计制造及其自动化专业学生

2015.04— 大连海事大学交通运输工程专业在职研究生

工作经历

2009.12— 天津港公安局北港分局临海路派出所科员



大连海事大学
DALIAN MARITIME UNIVERSITY

硕士学位论文