

中图分类号:U169.65

单位代码: 10425

申请号: Z13080521



中国石油大学

# 工商管理硕士学位论文

China University of Petroleum Degree Thesis of MBA

基于排队管理的 DY 集装箱堆场闸口系统优化研究

Research of DY Container Yard Gate System Optimization

Based on the Queuing Management

学科专业: 工商管理硕士

研究方向: 企业战略与管理

作者姓名: 张河山

指导教师: 王文铭 副教授

二〇一六年五月

# **Research of DY Container Yard Gate System Optimization Based on the Queuing Management**

A Thesis Submitted for the Degree of MBA

**Candidate: Zhang Heshan**

**Supervisor: Adjunct Prof. Wang Wenming**

School of Economics & Management

China University of Petroleum (EastChina)

## 关于学位论文的独创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在指导教师指导下独立进行研究工作所取得的成果，论文中有关资料和数据是实事求是的。尽我所知，除文中已经加以标注和致谢外，本论文不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含本人或他人为获得中国石油大学（华东）或其它教育机构的学位或学历证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对研究所做的任何贡献均已在论文中作出了明确的说明。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

学位论文作者签名： 张河山

日期： 2016 年 5 月 28 日

## 学位论文使用授权书

本人完全同意中国石油大学（华东）有权使用本学位论文（包括但不限于其印刷版和电子版），使用方式包括但不限于：保留学位论文，按规定向国家有关部门（机构）送交、赠送和交换学位论文，允许学位论文被查阅、借阅和复印，将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，采用影印、缩印或其他复制手段保存学位论文。

保密学位论文在解密后的使用授权同上。

学位论文作者签名： 张河山

日期： 2016 年 5 月 28 日

指导教师签名： 张河山

日期： 2016 年 5 月 28 日

## 摘 要

集装箱堆场（简称堆场）是集装箱物流链中的重要节点。闸口系统是堆场重要组成部分，是集装箱进出堆场的必经之处，也是划分交接双方对集装箱责任的分界点。其服务能力和服务质量直接影响到堆场运营情况与顾客的满意度。

近些年，我国集装箱物流行业迅猛发展，我国集装箱吞吐量已经连续多年稳居世界第一。但是，当前堆场闸口的管理仍旧大多停留在依靠传统习惯和历史经验的层面，缺乏科学有效的管理手段。在此背景下，各堆场闸口的车辆拥堵问题越来越严重，严重降低了堆场的服务质量，导致顾客满意度下降；同时严重影响了闸口周边的交通状况。因此，如何提高堆场闸口的通过能力，减少车辆和司机的等待，提升顾客满意度是一个亟待解决的问题。

本文以 DY 集装箱堆场的闸口系统为具体研究对象。通过对其现实情况的调查、统计、分析，根据排队论理论和排队心理学理论，从缩短顾客实际等待时间和顾客感知等待时间两个维度进行探讨和研究，优化闸口的设置与流程，增强企业竞争力，提高顾客满意度。本文首先说明论文所需要解决的问题，以及选题的背景和意义，前人在相关领域的研究成果，论文的主要内容与结构。其次对相关理论进行介绍，介绍排队论相关理论，排队系统的构成，M/G/S 排队模型的相关计算公式；介绍顾客容忍区间相关理论，引申出顾客等待容忍区间的概念；介绍排队心理学理论，阐述“等待心理十原则”。然后，介绍 DY 堆场闸口系统现状，包括闸口系统的组成与布局，闸口系统的服务内容和流程，闸口系统的服务规则，分析目前闸口系统存在的问题。接下来，建立了 DY 堆场闸口系统排队模型，进行实地调查和统计研究，定量计算闸口排队模型的相关参数，定量分析进场闸口当前状况。然后，分别应用费用优化模型和愿望优化模型对进场闸口进行优化计算，取得最优值。这两章是本文的重点和难点。最后，从缩短顾客实际等待时间和感知等待时间两个维度，分别提出 DY 堆场闸口系统优化的具体措施以及相应的保障措施。

**关键词：**集装箱堆场，闸口，排队论，排队心理学，M/G/S

# **Research of DY Container Yard Gate System Optimization**

## **Based on the Queuing Management**

Zhang Heshan (MBA)

Directed by Adjunct Prof. Wang Wenming

### **Abstract**

Container yard (hereinafter referred to as yard) is the important node of container logistics chain. Yard gate system (hereinafter referred to as gate) is its important component, it is only the place of gating in and gating out of the containers, it is the dividing point for dividing the containers responsibility of transfer of the two sides. The service ability and service quality made direct influence to the yard operation status and the customer satisfaction.

In these years, our country's container logistics industry made a rapid development, our country's container throughput has occupied the world first for many years. However, the current gate management is still mostly stay on depends on the level of priori knowledge, lacking of a scientific and effective management methods. On this background, the yard gate traffic congestion problem became more and more serious every day, it severely reduced the service quality of the yard, resulting in a decline in customer satisfaction, at the same time seriously affected the traffic conditions surrounding the gate. Therefore, how to improve the ability of the yard gate through, reduce the waiting time of the vehicle and the driver, improve the customer satisfaction is a problem demanding prompt solution.

This article based on the DY container yard gate system as its specific study object. Through investigation, statistics and analysis the current situation of the DY gate system, studied and discussed from, the customer actual waiting time and customer feel waiting time, the two dimensions, to optimize gate setting and process, enhance enterprise competitiveness, improve customer satisfaction.

This article first showed the problem which needing to be solved, and the selected topic background and significance, the research results of predecessors in the related field, the main content of the thesis and structure of this article.

Secondly to introduce related theories, such as queuing theory related theory, the composition of the queuing system, related calculation formula of M/G/S queuing model, customer tolerance zone related theory (extended to the concept of customers waiting for the tolerance zone), queuing system optimization model (including cost model and desire model), the related theory of waiting for psychology.

Then, introduce the current situation of the DY container yard gate system, Including the gate system composition and layout, service content and process of the gate system, service rules of the gate system, the problems existing in the current gate system. Next, in the fourth chapter, set up the queuing model of the DY container yard gate systems, make field investigation and statistical research, make quantitative analysis of the related parameters of the gate queuing system, make quantitative calculation of the optimization parameters of the gate system, this chapter is the focus and difficult of this article. Finally, put forward the detailed optimization measures of DY container yard gate system.

**Key words:** Container Yard, Gate, Queuing Theory, Queuing Psychology, M/G/S

# 目 录

第一章 绪 论.....	1
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	2
1.2.1 排队论研究现状.....	3
1.2.2 排队心理学研究现状 .....	5
1.2.3 顾客等待容忍区间理论研究现状 .....	5
1.3 研究内容与技术路线.....	6
1.4 本章小结.....	8
第二章 相关理论概述.....	9
2.1 排队论及其优化理论 .....	9
2.1.1 排队系统的构成.....	9
2.1.2 排队系统的符号表示方法 .....	11
2.1.3 排队系统的主要数量指标.....	12
2.1.4 几个重要的概率分布 .....	12
2.1.5 M/G/1/∞/∞/FCFS 排队系统.....	15
2.1.6 M/G/S/∞/∞/FCFS 排队系统 .....	16
2.1.7 排队系统的优化模型 .....	16
2.2 排队心理学理论 .....	19
2.3 顾客容忍区间理论.....	19
2.4 本章小结.....	20
第三章 DY 堆场闸口系统现状分析 .....	21
3.1 DY 堆场闸口系统组成与布局 .....	21
3.2 进场闸口的服务内容与流程 .....	22
3.3 进场闸口存在的问题分析.....	24
3.4 本章小结 .....	25
第四章 DY 堆场进场闸口排队模型的构建 .....	26
4.1 进场闸口 M/G/S/∞/∞/FCFS 模型的建立 .....	26
4.1.1 测定车辆到达的分布 .....	27
4.1.2 测定服务时间的分布 .....	28

4.2 顾客等待容忍区间指标的测定 .....	31
4.3 进场闸口排队模型主要指标计算 .....	32
4.4 本章小结.....	33
第五章 DY 堆场进场闸口排队模型的优化 .....	34
5.1 进场闸口排队模型的费用优化计算 .....	34
5.2 进场闸口排队模型的愿望优化计算 .....	36
5.2.1 改变服务通道数量的优化目标 .....	36
5.2.2 改变服务时间分布的优化目标 .....	37
5.3 本章小结.....	43
第六章 DY 堆场进场闸口的具体优化措施及保障措施 .....	44
6.1 缩短顾客实际等待时间的优化措施 .....	44
6.1.1 改进操作流程，提升服务效率 .....	44
6.1.2 改进堆场的 ERP 系统，提升信息化水平 .....	45
6.1.3 加强培训，提高服务人员能力 .....	47
6.2 缩短顾客感知等待时间的优化措施 .....	47
6.3 优化实施的保障措施 .....	48
6.4 本章小结.....	49
第七章 结 论.....	51
参考文献 .....	52
附 录.....	55
致谢.....	62



# 第一章 绪 论

## 1.1 研究背景及意义

集装箱堆场（简称堆场）是指办理集装箱空箱或重箱装卸、转运、检修、保管、交接、存储的场所，它是集装箱物流链中的重要节点<sup>[1]</sup>。在堆场的众多设施中，闸口系统是其重要组成部分。闸口系统（简称闸口）是由通道、服务台、箱顶检查桥、服务人员、ERP 终端等几部分按照一定规则构成的一个整体，是集装箱进出堆场的必经之处，同时还是划分交接双方对集装箱责任的分界点<sup>[2]</sup>，集装箱从码头卸船或者目的地拆货后需要由集卡车辆运输至堆场闸口，接受一系列服务后进入堆场内。其主要工作包括区分集装箱进场性质、审核相关单证、检验集装箱箱况、维护 ERP 系统集装箱信息、确定进箱或提箱区位、打印相关票据等。闸口是堆场所有服务的起点，其服务能力与服务质量直接影响到堆场运营情况与顾客的满意度。

近些年，我国的集装箱物流发展迅猛，2004-2014 年我国集装箱吞吐量连续十年稳居世界第一，其中 2014 年青岛港以 1662 万 TEU 的吞吐量排名世界第七大集装箱港口。另一方面，当前堆场闸口的管理仍旧大多停留在依靠传统习惯和历史经验的层面，缺乏科学有效的管理手段。在此背景下，各堆场闸口的车辆拥堵问题越来越严重。漫长的排队拥堵不但严重降低了堆场的服务质量，延误了物流的效率，导致顾客满意度下降并引起投诉事件频发；而且影响了闸口周边的交通状况，增加了集卡车辆的能源消耗，产生一系列的社会问题。因此，不论是从企业管理角度，还是从社会管理角度来看，如何提高堆场闸口的通过能力、减少车辆和司机的等待、降低闸口的拥堵状况是一个亟待解决的问题。

本文以 DY 集装箱堆场的闸口系统为具体研究对象。DY 集装箱堆场成立于 1996 年，是青岛地区规模较大、服务功能较齐全、综合实力较强的物流场站，面积约 30 万平方米，平均集装箱堆存量 5 万 TEU，平均每月集装箱吞吐量 3.5 万 TEU。其闸口系统有 6 条服务通道，27 名工作人员。目前 DY 堆场闸口存在的具体问题表现为：

（1）集卡车辆随机到达，服务需求随机变化，无法做到能力与需求的匹配。如果一段时间内车辆集中达到，服务人员与服务通道不足时，容易造成排队拥堵的情况。如果一段时间内没有或者很少车辆到达，又会使得服务人员与服务通道空闲，增加企业运营成本。

(2) 堆场土地资源稀缺, 以及企业成本控制的要求, 不可能按照需求上限设置服务通道和服务人员数量。

(3) 极少关注集卡司机的等待感知体验, 服务设施简陋, 降低了顾客容忍区间, 容易激化顾客不满情绪, 对闸口的服务质量造成不利影响。

本文希望通过排队管理相关理论的研究与应用, 以及现场数据的实地调查, 优化闸口的设施与流程, 增强企业竞争力, 改善顾客服务体验, 提高顾客满意度。同时, 为集装箱堆场以及相类似企业提供一种提升服务质量、优化企业运营的管理思路和方法。

本文研究意义: 一方面排队论在集装箱堆场运营方面的应用研究比较少, 本文通过应用排队论理论对 DY 堆场闸口系统的分析与研究, 拓展了排队论的应用范围。另一方面本文统计分析了 DY 堆场进场闸口的集卡车辆到达分布规律、服务时间分布规律和顾客等待容忍区间, 综合排队论理论和排队心理学理论探究闸口的优化问题, 为堆场提供了一种较为科学的、系统的闸口管理思路和改善措施, 对 DY 公司及其子公司乃至同行业具有实践指导意义。

## 1.2 国内外研究现状

排队等待现象是日常生活中普遍存在的社会现象, 是由于顾客需求的波动性与服务企业接待能力的相对固定性之间不匹配引起的<sup>[3]</sup>。排队管理的内涵就是控制和管理顾客排队等待的时间, 而顾客等待时间包含两个维度, 顾客实际等待时间和顾客感知等待时间。顾客实际等待时间是指顾客从进入服务系统到实际开始接受服务的客观等待时长, 它是以真实时间为衡量标准, 不受其它因素影响, 是不变的<sup>[4][5]</sup>。顾客感知等待时间是指顾客对实际等待时间的估计, 虽然它以实际等待时间为基础, 但它主要以顾客主观的感受为度量标准, 更多的受到顾客感受、情绪、心理的影响, 是可变的<sup>[4][5][6]</sup>。

对顾客实际等待时间的研究主要是排队论理论, 排队论理论是以概率论和数理统计为基础发展起来的一门应用数学学科, 通过建立排队系统的数学模型, 定量计算排队系统的性态问题和最优化问题。

对顾客感知等待时间的研究主要包括排队心理学和顾客等待容忍区间理论, 其从顾客心理感知的角度分析了如何使顾客在排队等待的过程中感到更加舒适、愉悦, 从而提高顾客感知服务质量, 为排队管理的优化提供了另一个思路。同时, 顾客等待容忍区间理论也为排队论理论中的愿望优化模型提供了优化的目标。

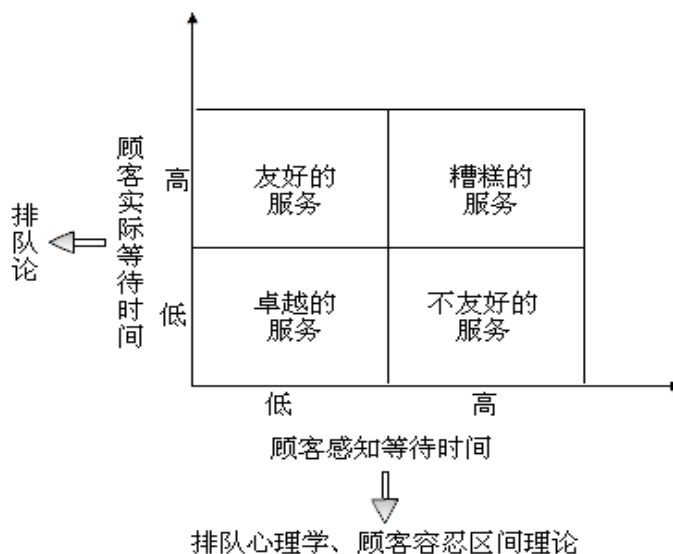


图 1-1 排队管理理论体系

Fig1-1 Queuing Management Theory System

### 1.2.1 排队论研究现状

20 世纪 20 年代，丹麦电气工程师 A. K. Erlang 用概率论的方法研究电话通话中的损失问题，并推导出著名的 Erlang 电话损失率公式，从而开创了排队论这门应用数学学科<sup>[7]</sup>。20 世纪 30 年代中期，W. Feller 将生灭过程引入到排队论，使得排队论成为一门公认是数学学科。20 世纪 50 年代，D. G. Kendall 对排队论进行了进一步研究，通过嵌入马尔可夫链的方式研究排队论，使排队论得到了进一步的完善与发展<sup>[8]</sup>。目前排队论在通讯、交通、军事、计算机、公共服务、抢险救援等很多领域得到了实践应用。在企业运营管理方面，排队论在超市、银行、港口等服务类企业运营管理中的应用研究，前人已经取得了丰富的成果，同时众多学者也对排队系统优化问题进行了深入的探讨，提出了费用优化模型和愿望优化模型，这些都为本文的研究奠定了良好的基础。

F. Robert Jacobs 和 Richard B. Chase （2011）在运营管理中，将排队论作为第七章服务流程的一部分给予了重点介绍，对排队论的基本模型、分析指标、计算应用等内容进行了阐述，并指出对于复杂的排队问题可以使用计算机仿真解决。

董婧和乐美龙（2006）的基于串联排队网络的集装箱码头系统分析，介绍了串联多服务台排队模型的目标参量计算公式和计算思路，探讨了将串联排队网络模型应用于集装箱码头内部运输网络节点服务台数量优化配置的问题，并将设备利用率高、排队长度短做为优化结果的评定标准，对某码头进行了定量优化分析<sup>[9]</sup>。这种研究思路是比较典型的排队论、愿望优化模型的应用模式。

杨欢(2011)的  $M/M/n$  等待制排队模型在景区售票点的应用,比较了  $n$  个并列  $M/M/1$  排队模型与 1 个  $M/M/n$  排队模型的通过效率,通过定量计算,在相同条件下,  $M/M/n$  排队模型的顾客平均等待队长  $L_q$ 、顾客平均等待时间  $W_q$  等指标均优于  $n$  个并列  $M/M/1$  排队模型,为管理者的科学决策提供了数据支持<sup>[10]</sup>。

麦宇雄(2007)的随机服务系统(排队论)在集装箱码头大门设计中的应用,分析了基于传统经验的集装箱码头闸口车道数量计算公式存在的缺陷与局限,进而采用排队论对集装箱码头闸口车道数量的计算过程进行探讨与研究,根据费用优化模型确定了某码头的最佳车道数量和停车缓冲区长度<sup>[35]</sup>。

张雅清(2007)的排队论在超市收银服务系统中的应用研究,详细介绍了超市收银系统  $M/M/S/\infty/\infty$  模型的构建过程,以及顾客到达分布、服务时间分布的统计分析过程,绘制了收银台数量  $S$  与排队等待队长  $L_q$  之间的关系图,直观反映出二者变化规律。针对排队模型的优化问题,其指出真实的顾客平均等待成本是难以测算的,因此费用优化模型的应用受到了客观条件的制约,而愿望优化模型通过对排队系统关键数量指标的控制达到优化目的,更加符合超市经营管理的现实情况<sup>[11]</sup>。

陆传赓(2009)的排队论,对顾客到达分别为泊松分布、定长分布、一般分布,排队规则分别为等待制、损失制、混合制,服务台为单服务台、多服务台,服务时间为指数分布、一般分布的排队系统的目标参量计算公式进行了推倒,并详细介绍了费用模型和愿望模型两种优化方式。

蔡敏振(2010)的多服务台排队问题研究及其利润最大化讨论,根据优化目标将排队系统的最优化问题分为了设计的最优化(静态优化)和控制的最优化(动态优化)两种,建立了系统利润最大化模型,详细阐述了多服务台排队模型以系统利润最大化为目标的静态优化计算过程<sup>[12]</sup>。

刘翠莲和计明军(2011)的集装箱码头闸口作业系统通过能力研究,建立了码头闸口系统的  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$  排队模型,并对该模型进行量化的性态分析,找出影响闸口通过能力的敏感性因素,提出了改善交箱服务时间分布与提箱服务时间分布的具体优化措施,并对优化措施的实施效果进行验证计算<sup>[13]</sup>。

曹旭敏(2012)的银行服务系统排队问题研究,明确提出银行服务的优化目标是为顾客提供满意服务的同时实现自身利润的最大化,顾客的满意程度与顾客的期望、感受密切相关,因此他把“客户等待时间容忍度”与  $M/M/S/\infty/\infty$  排队模型相结合进行研究,丰富了服务型企业的排队管理的改进措施<sup>[14]</sup>。但是其通过假设的方式将“客户等待时间

容忍度”设定在 8 分钟，缺少相关数据支持。

### 1.2.2 排队心理学研究现状

David Maister（1984）对排队等待心理做了比较全面的总结和研究，并提出了顾客等待心理八条原则<sup>[15][23]</sup>，广泛被大家认可并应用，为改善顾客等待体验提供了理论依据。此后，M. Davis、J. Heineke（1994）提出了“不舒适的等待比舒适的等待时间更长”；P. Jones（1996）提出了“熟悉的等待比陌生的等待时间更长”，两条补充原则<sup>[16]</sup>。

G. 佩里切利在其《服务营销学》中明确将顾客等待时间分为两个维度：实际等待时间与感知等待时间，指出服务机构不但要关注实际等待时间，更要关注顾客感知等待时间，要使排队等待变得充实、有趣、可控制，从而缩短顾客的感知等待时间，提高顾客满意度<sup>[17]</sup>。

Hornik（1984）在其《主观与客观时间的测量——关于消费行为中时间观念的一点注解》中认为在大多数情况下顾客并不能准确的估计真实等待时间，因此真正影响顾客服务感受的是感知等待时间，顾客是通过感知等待时间与自身期望的差距来评价服务的优劣<sup>[18]</sup>。

魏燕荣（2009）的缩短感觉等待时间提高顾客满意程度——浅析商业银行顾客等待心理，提出顾客感知等待时间决定着顾客情绪的波动，进而影响了顾客满意度，可以通过准确把握顾客的期望、塑造良好服务形象、及时提供等待信息等措施缩短顾客感知等待时间，提高顾客满意程度<sup>[19]</sup>。

陈羽（2014）的优化用户等待体验的服务系统设计研究，系统分析了顾客实际等待时间和顾客感知等待时间对顾客满意度的影响，从优化服务系统功能设计和优化服务系统信息处理两个角度给出了一系列改善措施，为服务机构的服务设计、服务运营提供了多方面的参考意见<sup>[20]</sup>。

### 1.2.3 顾客等待容忍区间理论研究现状

Parasuraman、Zeithaml 和 Berry（简称 PZB，1991）发现顾客对服务持有两种不同层次的期望，一种是理想的服务，一种是适当的服务，两种期望水平构成了顾客对服务整体期望的上下限，在两种期望水平之间的区域被称为容忍区间<sup>[5]</sup>。PZB 指出理想的服务是顾客心中渴望的服务水平，如果实际服务水平达到或者超过这个标准，顾客会就感到非常的愉悦、惊喜，增加了忠诚；适当的服务是顾客能够接受的最低水平的服务，当实际服务水平低于这一标准时，顾客会感到愤怒、气恼，产生强烈的不满。PZB 同时提

到容忍区间是一个易于产生满意惰性的区间，如果服务提供者的对服务水平的改进恰巧落在顾客的容忍区间内，那么他的投入对顾客满意度的提升没有根本性的影响。

郭国庆（2005）在其《服务营销管理》中，详细介绍了顾客容忍区间理论的主要内容、研究进展和研究意义。渴望的服务水平是由持久的服务加强因素和个人需要决定的。适当的服务水平是区分顾客满意与不满意的认知态度的分水岭，是由暂时的服务加强因素、感觉到的服务选择、服务中角色的自我意识和环境因素决定的<sup>[5]</sup>。

Yan R. N., Lotz S.（2006）明确提出了等待容忍区间的概念，它的上下限分别是顾客的渴望等待时间和顾客的适当等待时间，研究显示顾客等待容忍区间会对服务评价会产生非常显著的影响，人格特质、顾客对服务的认知、服务过程中的情景因素均可能不同程度的影响顾客等待容忍度<sup>[21]</sup>。因此通过干预顾客的等待体验，提高顾客等待容忍度，能够提高顾客对服务的满意度，为企业赢得竞争优势。

张辉（2012）的基于等待容忍度的银行动态排队服务系统，指出顾客的适当等待时间是顾客所能接受的等待时间底线，如果超出了这个时间，即便顾客仍旧停留在系统中进行排队，但是已经开始产生不悦<sup>[22]</sup>，如果服务机构不能够很好的加以关注和干预必将导致顾客的抱怨与不满。其通过问卷调查的方法，对调查结果经过统计分析，测定了国内银行顾客的适当等待时间为 10 分钟，以此作为银行排队模型中顾客平均排队等待时间  $L_q$  的优化目标。

一直以来，众多学者从应用数学、心理学、服务营销学等不同的角度对排队等待现象进行研究，并从各自不同的角度提出解决问题的方法<sup>[29]</sup>。近年来，综合各学科对排队等待现象的研究，形成较为全面的排队管理理论，并且把排队管理作为服务管理的重要章节，逐渐成为一种趋势。通过排队论的定量计算，利用技术手段减少顾客的实际等待时间；应用心理学的研究成果，采取相关心理干预措施缩短顾客的感知等待时间，两路并举，优化服务机构的服务管理。本文希望通过相关理论的学习和应用，能够为相关理论应用范围的拓展和堆场服务质量的提升起到一点作用。

### 1.3 研究内容与技术路线

本文主要应用排队管理的相关理论，从顾客实际等待时间和顾客感知等待时间两个维度，通过定量分析和定性分析相结合的方式，寻找优化闸口服务的措施。以 DY 集装箱堆场为例，在缩短顾客实际等待时间维度，将排队论相关模型应用于闸口的管理，结合概率论与数理统计等数学方法确定排队模型参数，同时结合服务管理学中的“顾客等

待容忍区间”理论确定愿望优化目标，对 DY 闸口进行定量分析。在缩短顾客感知等待时间维度，应用排队心理学和顾客等待容忍区间理论，对 DY 闸口进行定性分析，改善顾客等待体验，优化闸口的管理与服务，以达到控制企业成本，提高客户满意度的目的。

本文主要内容如下：

（1）第一章绪论部分，说明论文所需要解决的问题，以及选题的背景和意义，前人在相关领域的研究成果，论文的主要内容与结构。

（2）第二章相关理论的介绍，介绍排队论相关理论，排队系统的构成，M/G/S 排队模型的相关计算公式，费用优化模型和愿望优化模型。介绍排队心理学，以及顾客等待容忍区间方面的理论。

（3）第三章 DY 集装箱堆场闸口系统现状介绍，包括闸口系统的组成与布局，闸口系统的工作内容和 workflows，闸口系统的服务规则，目前闸口系统存在的问题。

（4）第四章构建 DY 集装箱堆场闸口系统的排队模型，进行实地调查和统计研究，确定模型中的相关数学参数。应用假设实验与 SPSS 统计软件，确定顾客到达分布类型和服务时间分布类型。对模型进行计算和求解，定量展现当前闸口的运行情况。

（5）第五章分别应用费用优化模型和愿望优化模型对进场闸口进行优化计算，通过专家访谈和阅读企业资料，获取必要数据，确定模型中各个参数。根据已有数学公理与定理推导相关计算公式，使用数学语言描述优化条件与优化目标。通过数学计算分别求解出最优的通道数量与服务率。

（6）第六章结合前面的研究分析，从实际等待时间和感知等待时间两个维度提出 DY 集装箱堆场闸口系统优化改进的具体措施，以及相应的保障措施。

（7）最后给出结论，总结本文的主要研究成果。

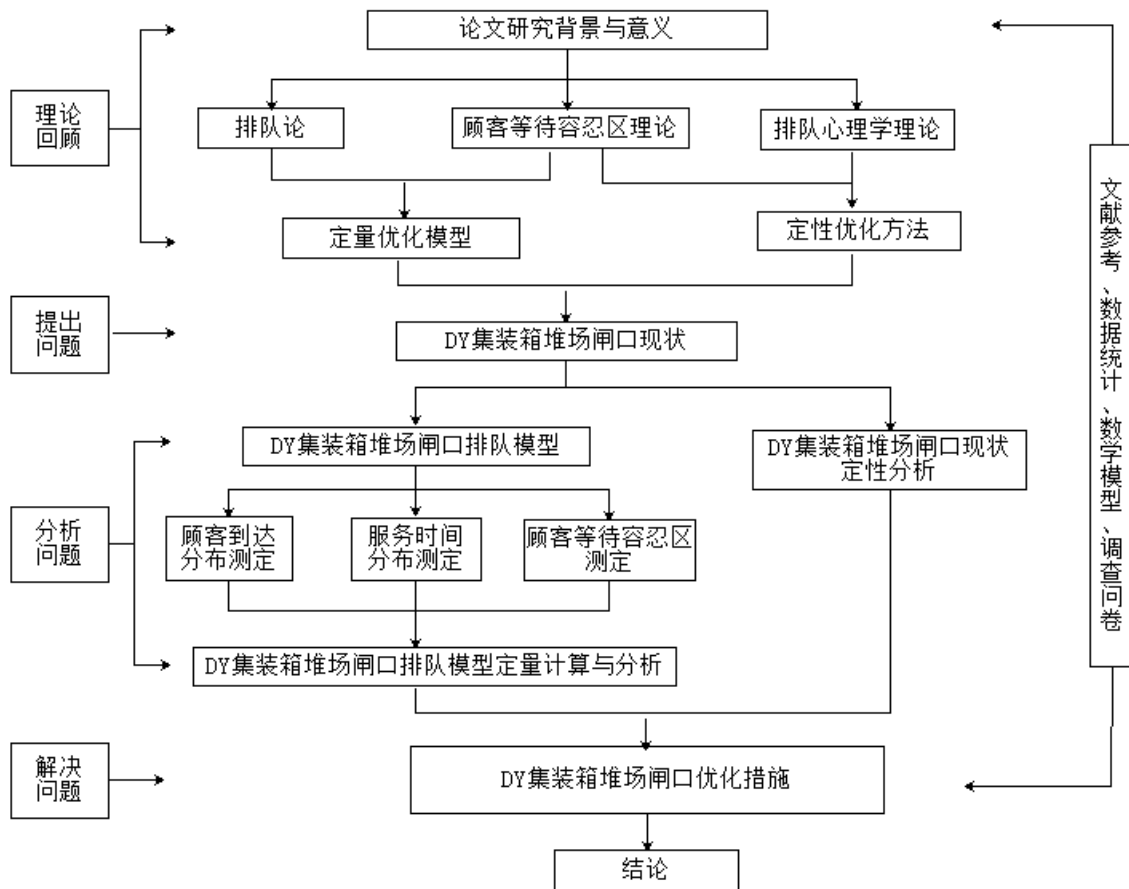


图 1-2 技术路线

Fig1-2 Technical Route

## 1.4 本章小结

本章通过介绍集装箱物流行业发展背景以及堆场的发展现状，指出集装箱堆场闸口系统存在的瓶颈，然后提出本文的研究目的，将排队管理理论应用到闸口的日常工作中，从而对闸口服务实现科学高效的管理，提高企业服务质量。最后，通过对国内外学者对相关问题研究成果的学习研究，勾画出本文的框架结构和技术路线。



## 第二章 相关理论概述

### 2.1 排队论及其优化理论

排队论（Queuing Theory）又名随机服务系统理论，是研究系统随机聚散现象和随机服务系统工作过程的数学理论和方法，是应用数学与运筹学的一个重要分支。它起源于 20 世纪初丹麦电气工程师 A.K.Erlang 对电话通话损失问题的研究，经过众多数学家和运筹学家的努力，其已经成为一门成熟的理论体系。

#### 2.1.1 排队系统的构成

一个排队系统一般主要由四部分构成：

- （1）顾客源和顾客到达的方式，
- （2）排队规则，
- （3）服务机构，
- （4）顾客离开系统的方式。

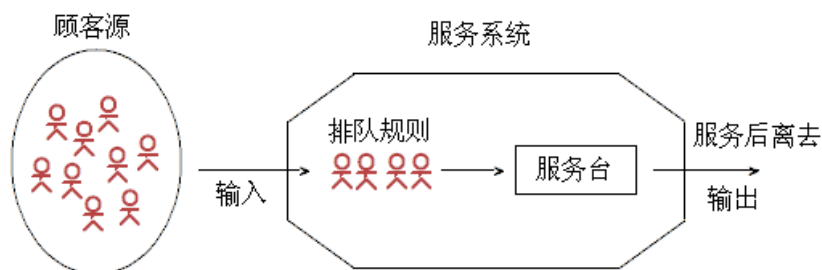


图 2-1 排队系统

Fig2-1 Queuing System

##### 2.1.1.1 顾客源与顾客到达的方式

我们将要求得到服务的人或物统称为顾客，所有的顾客构成了顾客源。顾客源可能是有限的（比如工厂里等待修理的机床），也可能是无限的（比如游乐场中等待娱乐项目的游客）。这种有限与无限的分类是非常重要的，对于有限顾客源，如果有一位顾客离开其位置，顾客数量就减少一个，下一次需要服务的概率会随之发生变化；而对于无限顾客源，相对服务系统来讲顾客的数量非常大，顾客数量一时的增加或减少不会引起

顾客总体规模的太大变化，不会对排队系统的概率分布产生显著影响。因此，解决有限顾客源排队系统与解决无限顾客源排队系统的公式是不同的<sup>[7]</sup>。

顾客到达类型是指，顾客是单个到达，还是批量到达。比如等待靠泊码头的船只可以认为是单个到达，而在库存问题中，等待入库的货物可以看作是批量到达的例子。

顾客到达的相关性是指，顾客到达是相互独立的、互不影响的，还是相互关联、相互影响的。独立到达是指先前到达的顾客对后续到达的顾客没有影响，否则就是相关联的。

顾客到达规律一般可以从两方面来分析。首先，可以分析相继到达顾客的时间间隔服从什么样的概率分布，分布参数是什么。其次，可以设定一个单位时间段  $T$ ，统计在  $T$  时间段内有多少顾客到达，然后确定  $T$  时间段内  $n$  位顾客到达的概率。顾客到达规律是刻画输入过程最为重要的内容。

#### 2.1.1.2 排队规则

排队规则是指服务机构是否允许排队，允许排多长的队伍；顾客是否乐意排队；在允许排队的情形下，服务的顺序又是什么。包括：

损失制：顾客到达时，如果所有服务台均已经被占，服务机构又不允许顾客等待，此时该顾客自动离开<sup>[7]</sup>。例如损失制电话系统。

等待制：顾客到达时，如果所有服务台均被占，他们就按照服务顺序排队等待，直到得到服务<sup>[7]</sup>。在等待制系统中，服务顺序又可以分为：先到先服务（FCFS: first come first service）、后到先服务、随机服务、优先权先服务。

混合制：损失制与等待制系统的结合，一般是指允许排队，但是队长容量有限制或者等待时间有限制的排队系统<sup>[7]</sup>。

#### 2.1.1.3 服务机构

服务机构是指提供服务的人员或设施的数量（单服务台还是多服务台）与排列形式（并联还是串联）。对于服务机构的描述还有很重要的一個方面，就是探讨顾客所需的服务时间服从什么样的概率分布，每个顾客所需的服务时间是否相互独立，以及是单个接受服务还是成批接受服务。

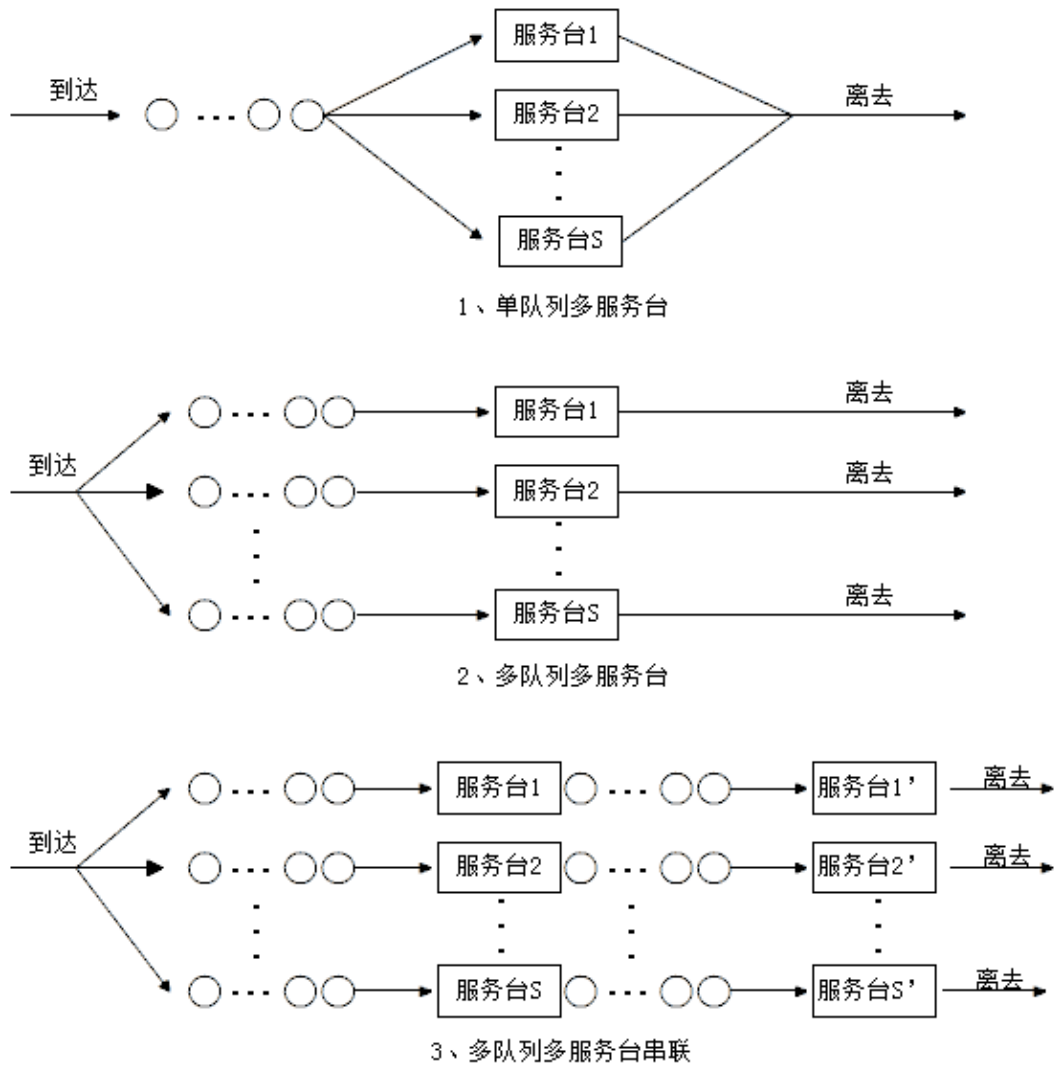


图 2-2 服务机构类型

Fig2-2 The Types of Service agency

#### 2.1.1.4 顾客离开系统的方式

顾客离开的情况基本上有两种，一是顾客马上回到顾客源，成为一名等待服务的新顾客；二是顾客彻底离开，基本不会再次要求服务。对于有限顾客源，回头客影响排队系统的输入概率，计算时要考虑存在的变化；对于无限顾客源，基本不存在这类问题。

#### 2.1.2 排队系统的符号表示方法

目前，排队系统中一般采用“Kendall 记号”，一般形式为：

$X/Y/Z/A/B/C$

X 表示顾客相继到达时间间隔的分布，

Y 表示服务时间的分布，

$Z$  表示服务台的数量,

$A$  表示排队系统的容量, 即系统可容纳的最多客户数,

$B$  表示顾客源的数量, 即可能顾客的总数量,

$C$  表示服务顺序<sup>[7]</sup>。

例如: $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$  表示顾客到达服从泊松分布, 服务时间服从负指数分布, 单个服务台, 系统容量无限, 客户源无限, 服务顺序为先到先服务的排队系统模型。

$M/G/S/K/\infty/LCFS$  表示顾客到达服从泊松分布, 服务时间服从一般分布,  $S$  个服务台, 系统最大容量为  $K$ , 客户源无限, 服务顺序为后到先服务的排队系统模型。

同时约定, 当  $A=\infty$ ,  $B=\infty$ ,  $C=FCFS$  时, 可以省略。

如  $M/M/1$  等同于  $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$ ,  $M/G/S/K$  等同于  $M/G/S/K/\infty/FCFS$

### 2.1.3 排队系统的主要数量指标

(1) 系统平均等待队长  $L_q$ : 指排队系统达到稳定状态时, 系统中平均排队等待的顾客数量。

(2) 系统平均队长  $L_s$ : 指排队系统达到稳定状态时, 系统中的顾客数量 (包括正在接受服务的顾客数量  $n$ )。显然平均队长等于平均等待队长加正在接受服务的顾客数量。

(3) 顾客在系统中的平均等待时间  $W_q$ : 指从顾客进入排队系统的时刻开始, 直到开始接受服务的时刻为止, 这段时间的长度。

(4) 顾客在系统中的平均逗留时间  $W_s$ : 指从顾客进入系统的时刻起直到顾客离开系统的时刻止的这段时间。或者说是顾客在排队系统中的平均等待时间  $W_q$  与服务时间  $\tau$  之和。

(5) 系统忙期  $B$ : 指从顾客到达空闲的系统时, 服务即刻开始, 一直到系统再次变为空闲, 系统连续繁忙的这段时间。

(6) 系统闲期  $I$ : 这是与系统忙期  $B$  相对的概念, 即服务机构连续保持空闲的时间, 在排队系统中, 忙期与闲期总是交替出现的。

### 2.1.4 几个重要的概率分布

#### 2.1.4.1 泊松分布与泊松过程

如果离散型随机变量  $X$  的概率分布律为:

$$p_i = P\{X = i\} = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda} \quad i=0, 1, 2, 3 \cdots \cdots$$

其中  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) 为常数, 则称  $X$  服从参数为  $\lambda$  的泊松分布, 其期望值为  $E[X] = \lambda$  (2-1),

方差为  $D[X] = \lambda$  (2-2) [7]。

验证某个离散型随机变量的分布率为泊松分布的过程叫泊松过程，用数学的方式表达：考虑单个到达的输入过程，令  $N(t)$  表示在时间  $(0, t]$  内到达的顾客数，则  $\{N(t), t \geq 0\}$  是连续时间参数的随机过程。如果其满足：

(1)  $N(0)=0$ ;

(2)  $\{N(t), t \geq 0\}$  是独立增量，即对于任何的  $n$  个时刻：  $0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$ ，随机变量  $N(t_1) - N(0)$ ，  $N(t_2) - N(t_1)$ ，  $N(t_3) - N(t_2)$ ，  $\dots$ ，  $N(t_n) - N(t_{n-1})$  是相互独立的；

(3)  $\{N(t), t \geq 0\}$  具有平稳增量，且对任意  $t \geq 0$  和  $s \geq 0$ ，有

$$P\{N(t+s) - N(t) = k\} = \frac{(\lambda s)^k}{k!} e^{-\lambda s}, \quad k=0, 1, 2, 3, \dots$$

其中  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) 为常数，则称  $\{N(t), t \geq 0\}$  是泊松过程 [7]。

泊松过程具有如下特性：

(1) 平稳性：在任何一段长度为  $t$  的时间区间内，出现任意数量事件的概率只与  $t$  的长度有关，而与起始时刻无关。

(2) 无记忆性：在互不相交的两时间区间内（如  $t_n - t_{n-1}$ ，  $t_m - t_{m-1}$ ，  $n \neq m$ ），所出现的事件数是相互独立的。

(3) 普通性：在同一瞬间，有两个或者两个以上顾客同时达到系统的概率基本为 0，可以忽略不计。

#### 2.1.4.2 正态分布

正态分布又名高斯分布，是一个在数学、物理、生物、工程、金融等领域应用都非常广泛的概率分布，在统计学的诸多方面有着举足轻重的影响力。

如果连续型随机变量  $X$  具有概率密度

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < X < +\infty \quad (2-3)$$

其中  $\mu$ ，  $\sigma$  ( $\sigma > 0$ ) 为常数，则称  $X$  服从参数为  $\mu$ ，  $\sigma$  的正态分布，记作  $X \sim (\mu, \sigma^2)$  [7]。

正态分布有极其广泛的实际应用背景，生产、生活与科学实验中很多随机变量的概率分布都可以近似地用正态分布来描述。例如，在生产条件不变的情况下，产品的强度、宽度、长度、质量等指标；同一种生物体的身长、体重等指标；同一种种子的重量；测量同一物体的误差；弹着点沿某一方向的偏差；某个地区的年降水量；以及理想气体分

子的速度分量，等等。一般来讲，如果一个变量是受许许多多微小且独立的随机因素影响而产生的结果，那么这个变量就可以认为具有正态分布特征。

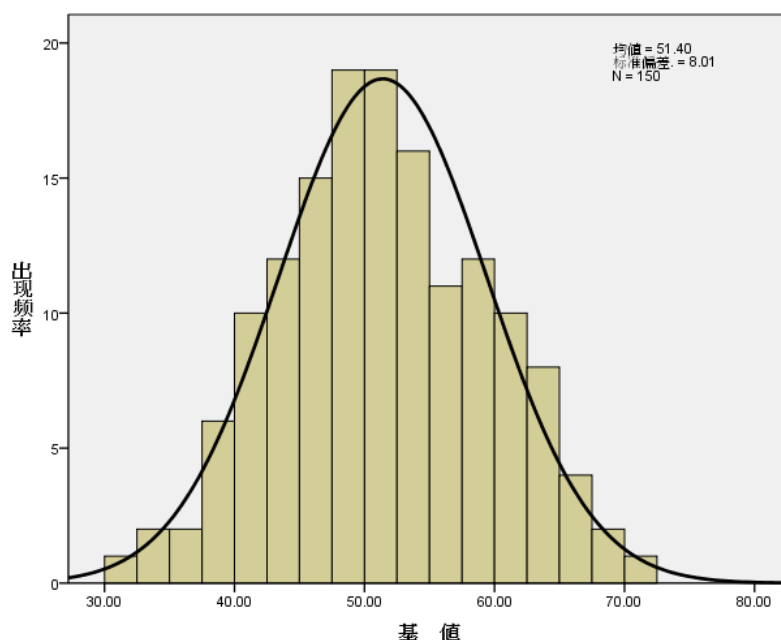


图 2-3 正态分布频率直方图

Fig2-3 Normal Distribution Frequency Histogram

图 2-3 是由正态分布的频数资料所绘制的频率直方图，可以看出，其高峰位于中部，左右两侧逐渐降低并且大致对称。我们设想，如果观察次数逐渐增多，接近无穷多，组段无穷分细，那么直方图顶端的连线就会逐渐形成一条高峰位于中央（均数所在处），两侧逐渐降低且左右对称，不与横轴相交的光滑曲线图，这条曲线称为频数曲线或频率曲线。我们可以根据样本的频数直方图，直观的推断其是否近似于正态分布。

正态分布的数学期望  $E(X) = \mu$  (2-4)，方差  $D(X) = \sigma^2$  (2-5)

### 2.1.4.3 双峰分布

在表述某个变量的分布时，两个高频区被一个低频区隔开，这种分布称为双峰分布。其一般是由两个分布混合而成的，其概率密度函数为：

$$f(x) = \alpha f_1(x) + (1 - \alpha) f_2(x) \quad (2-6)$$

其中  $f_1(x)$  是第一分布概率密度函数， $f_2(x)$  是第二分布概率密度函数， $\alpha$  是权重系数，表示第一分布在总分布中所占比重<sup>[34]</sup>。最常见的双峰分布是由两个正态分布混合而成的，其频率直方图如图 2-4 所示。

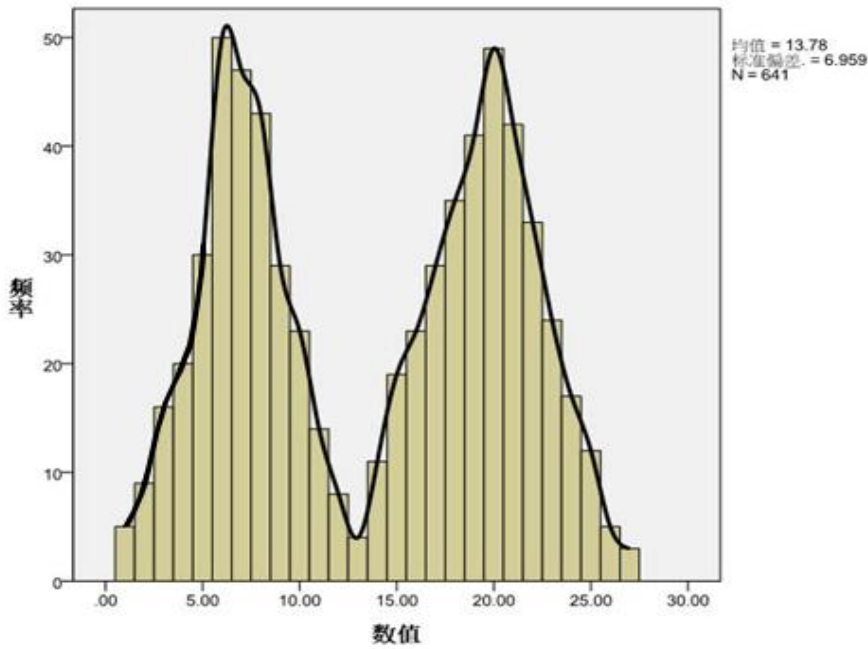


图 2-4 双峰分布频率直方图

Fig2-4 Bimodal Distribution Frequency Histogram

### 2.1.5 M/G/1/∞/∞/FCFS 排队系统

顾客到达为参数 $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) 的泊松过程；顾客所需的服务时间序列 $\{\chi_n, n \geq 1\}$ 独立，且服从一般分布  $G(t), t \geq 0$ ，记每位顾客的平均服务时间为 $\frac{1}{\delta}$  ( $\delta$ 表示单位时间内服务完的顾客数量，即服务率)，服务时间分布的方差为  $\sigma^2$ ；系统中只有一个服务台，其容量为无穷大，顾客源为无穷大且为等待制原则，服务规则为先到先服务。那么系统的服务强度：

$$\rho = \frac{\lambda}{\delta} \quad [7] \quad (2-7)$$

当 $\rho \geq 1$  时，意味着单位时间内到达服务台的顾客多于或等于离开服务台的顾客，那么服务台会永远处于忙期，排队的人数越来越多，此排队系统不存在稳定状态。只有当 $\rho < 1$  时，才能够形成稳态排队系统。在系统平衡的条件下：

$$\text{系统平均队长: } L_s = \rho + \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2(1-\rho)} \quad [7] \quad (2-8)$$

$$\text{系统平均等待队长: } L_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2(1-\rho)} \quad [7] \quad (2-9)$$

$$\text{顾客平均等待时间: } W_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2\lambda(1-\rho)} \quad [7] \quad (2-10)$$

$$\text{顾客平均逗留时间: } W_s = \frac{1}{\delta} + \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2\lambda(1-\rho)} \quad [7] \quad (2-11)$$

$$\text{系统忙期: } B = \frac{1}{\delta - \lambda} \quad [7] \quad (2-12)$$

$$\text{系统闲期: } I = 1 - \frac{1}{\delta - \lambda} \quad [7] \quad (2-13)$$

### 2.1.6 M/G/S/∞/∞/FCFS 排队系统

如果系统有  $S$  个服务台, 并且每个服务台工作是相互独立的, 顾客到达为参数  $\lambda (\lambda > 0)$  的泊松过程; 每个顾客所需的服务时间序列  $\{\chi_n, n \geq 1\}$  独立, 且服从一般分布  $G(t), t \geq 0$ , 记每位顾客的平均服务时间为  $\frac{1}{\delta}$  ( $\delta$  表示单位时间内每个服务台服务完的顾客数量, 即每个服务台的服务率), 其容量为无穷大, 顾客源为无穷大且为等待制原则, 服务规则为先到先服务。

因为每个台的服务率为  $\delta$ , 那么我们可以得到  $S$  个服务台的服务率为  $S\delta$ 。由公式 (2-7), 可以得到系统的服务强度为:

$$\rho_1 = \frac{\lambda}{S\delta} \quad [13] \quad (2-14)$$

当  $\rho_1 < 1$  时, 存在稳定分布状态。由于顾客源为无穷大, 所以我们可以认为  $S$  个服务台同时都在工作, 或者同时空闲, 由此  $M/G/S$  排队系统可以近似看成  $M/G/1$ , 而此时系统的服务率为  $S\delta$ , 每个顾客的平均服务时间为  $\frac{1}{S\delta}$ , 服务时间的分布方差为  $\sigma_1^2 = \frac{\sigma^2}{S^2}$

根据公式 (2-8) (2-9) (2-10) (2-11) (2-12) (2-13), 可以得到此系统达到平衡时:

$$\text{系统平均队长: } L_s = \rho_1 + \frac{\lambda^2 \sigma_1^2 + \rho_1^2}{2(1-\rho_1)} \quad [13] \quad (2-15)$$

$$\text{系统平均等待队长: } L_q = \frac{\lambda^2 \sigma_1^2 + \rho_1^2}{2(1-\rho_1)} \quad [13] \quad (2-16)$$

$$\text{顾客平均等待时间: } W_q = \frac{\lambda^2 \sigma_1^2 + \rho_1^2}{2\lambda(1-\rho_1)} \quad [13] \quad (2-17)$$

$$\text{顾客平均逗留时间: } W_s = \frac{1}{S\delta} + \frac{\lambda^2 \sigma_1^2 + \rho_1^2}{2\lambda(1-\rho_1)} \quad [13] \quad (2-18)$$

$$\text{系统忙期: } B = \frac{1}{S\delta - \lambda} \quad [13] \quad (2-19)$$

$$\text{系统闲期: } I = 1 - \frac{1}{S\delta - \lambda} \quad [13] \quad (2-20)$$

### 2.1.7 排队系统的优化模型

我们研究排队系统的重要目的之一就是为了系统设计的优化, 即在服务系统正式运行之前, 根据一定的质量指标, 探寻参数的最优值。排队系统的设计优化理论主要包括



费用优化模型和愿望优化模型。

费用优化模型主要研究如何达到排队系统总成本最低，排队系统的总成本一般包括两个方面，一方面是服务机构设置服务台的运营成本，一方面是顾客因为等待而造成的机会成本。一般来说，服务机构的运营成本与顾客的机会成本存在负相关关系，增加服务台数量，提高服务台“能力”会减少顾客机会成本，但会增加服务机构运营成本。

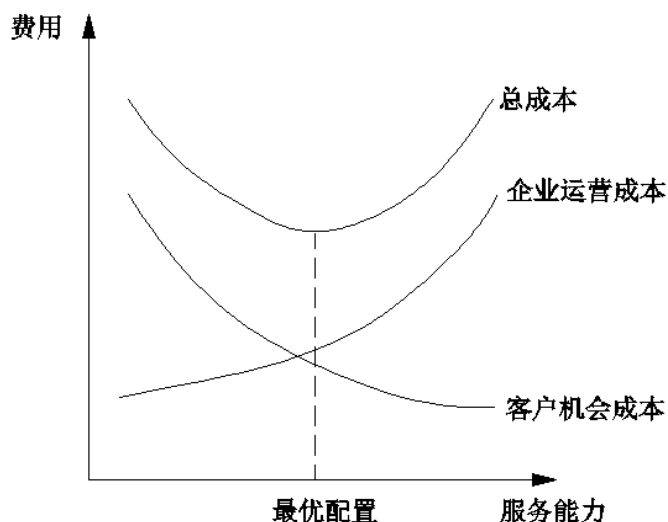


图 2-5 费用优化模型

Fig2-5 Cost Optimization Model

费用优化模型中的一种常见的形式是：同时确定服务台数量  $S$  和服务率  $\delta$  使费用达到最小的算法。假设存在  $s$  种服务设施可以作为服务通道，其服务率分别为  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_s$ ，那么提供服务的总费用包括服务设施的购置等固定成本和服务开展产生人工、水电等运营费用。设  $e_k$  为开设一组第  $k$  种服务设施的固定成本，令  $s_k$  为第  $k$  种服务设施选用的数量，那么  $e_k s_k$  则表示开设第  $k$  种服务设施在单位时间内的全部固定成本。又设  $v_k$  表示第  $k$  种服务设施运行一个单位时间的运营费用，那么  $v_k s_k$  为  $s_k$  个第  $k$  种服务设施在单位时间内的运营费用。最后设每位顾客逗留期间单位时间的机会成本为  $\omega$ ，则所有顾客在排队系统中逗留的平均机会成本为  $\omega L_s(s_k) W_s(s_k)$ 。综上所述，排队模型的总成本为：

$$f(s_k, \delta_k) = e_k s_k + v_k s_k + \omega L_s(s_k) W_s(s_k) \quad (2-21)$$

对于有限个  $(s_k, \delta_k)$ ，可以通过枚举法分别计算出对应的  $f(s_k, \delta_k)$ ，再进行比较，进而得出使得  $f(s_k, \delta_k)$  最小的最优  $(s_k, \delta_k)$  值。

需要注意的是，上述计算过程存在一个前提约束条件，那就是排队系统必须能够达到稳定状态，即： $\rho_k = \frac{\lambda}{s_k \delta_k} < 1$ 。

然而在实际应用中，人们发现要想准确的测定每位顾客在系统中逗留单位时间的机会成本 $\omega$ ，是非常困难的。因为不同的顾客、同一顾客在不同时间的机会成本变化很大，并且没有规律，这使得费用模型的应用受到较大限制。因此，有关学者提出了另外一种优化方法——愿望优化模型。在愿望优化模型中如果要确定某个参数 $\beta$ 的优化值，首先要找到影响 $\beta$ 的两个或两个以上相互矛盾的关联变量，根据决策者意愿或者统计数据设定关联变量的取值范围，求解满足关联变量取值范围的 $\beta$ 的范围值。比如，在确定排队模型中最优服务台数量 $S$ 的问题上，涉及两个相互制约的参数，一是顾客的平均等待时间 $W_q$ ，二是服务台的闲期 $I$ 。决策者可以根据企业实际情况或者相关调查数据分别确定其意愿值 $m_1$ 、 $m_2$ 。对于满足方程组：

$$\begin{cases} W_q \leq m_1 \\ I \leq m_2 \end{cases} \quad (2-22)$$

的 $S$ 值既可以被认为是最优的服务台数量。

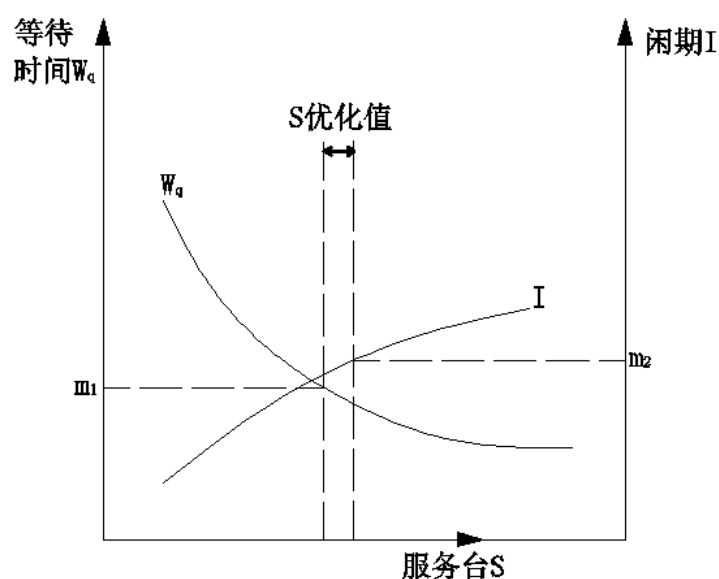


图 2-6 愿望优化模型

Fig2-6 Wishes Optimization Model

需要说明注意的是，如图 2-6 所示， $S$  的优化值是一个范围；同时如果意愿值 $m_1$ 、 $m_2$ 的取值不合适，可能会出现无解的情况，这时应该适当提高 $m_1$ 或者适当提高 $m_2$ ，以寻求合适的结果。

## 2.2 排队心理学理论

人们对服务质量的评价不仅取决于服务本身的水平与结果，同时受到人们的心情、感受、外部的环境等一系列因素的影响。于是，有学者从认知心理学的角度研究顾客等待过程中的心理变化，希望能够影响和改善人们的等待心理感受，从而提高满意度。实践证明，顾客对等待时间的心理感受比实际等待时间的长度更重要。顾客往往是依据他们等待的心理感受，即感知等待时间，来对服务进行评价<sup>[6]</sup>。因此，服务企业不仅要切实减少顾客的实际等待时间，还应该考虑顾客的等待体验，减少顾客的感知等待时间。对于感知等待时间的研究为排队管理提供了一条全新的思路，并逐渐形成了排队心理学理论。

对排队心理的实验主义研究最早至少可以追溯到 20 世纪 50 年代。1984 年，美国学者 David Maister 对排队心理作了比较全面的总结和研究 提出了被广泛认可和采用的顾客等待心理八条原则：

- (1) 无所适事的等待比有事可干的等待感觉要长；
- (2) 服务过程前、过程后的等待比服务过程中等待的时间感觉要长；
- (3) 焦虑使等待感觉上比实际时间更长；
- (4) 不确定的等待比已知的、有限的等待时间感觉更长 ；
- (5) 没有说明理由的等待比说明了理由的等待时间感觉更长；
- (6) 不公平的等待比平等的等待时间感觉要长；
- (7) 服务的价值越高 人们愿意等待的时间就越长；
- (8) 一个人等待比许多人一起等待感觉时间要长；

另外，在 1994 年 M.Davis 及 J.Heineke 对排队心理理论做了补充，提出了：

- (9) 令人身体不舒适的等待比舒适的等待感觉时间要长；

在 1996 年 P.Jones 及 E.Peppiatt 进一步进行补充，提出了：

- (10) 不熟悉的等待比熟悉的等待感觉时间要长<sup>[16][26]</sup>。

总体来说，这十条原则可以作为实施等待体验管理的理论依据。

## 2.3 顾客容忍区间理论

美国服务问题专家 Parasuraman, Zeithaml 和 Berry（简称 PZB）在 1985 年提出了著名的服务质量差距分析模型，他们将服务质量定义为顾客期望与顾客感知的差距。

1993 年, PZB 在对服务质量差距分析模型进行修正时, 提出了顾客容忍区间理论, 即顾客期望被分解为两部分——渴望的服务和适当的服务, 顾客的心理接受是一个跨度, 渴望的服务和适当的服务分别是顾客期望的上下限, 在这个跨度中顾客认为所得到的服务是可接受的<sup>[5][27][28]</sup>。

认识顾客容忍区间理论对本文的意义,

(1) 容忍区间是顾客认为接受的服务执行范围。低于容忍区间下限的执行水平将会使顾客产生沮丧的心理并导致顾客的愤怒、投诉甚至离开。高于容忍区间上限的执行水平将会使顾客感到惊喜并增强他们的忠诚。

(2) 顾客在容忍区间内对服务质量变化的感知敏感性不如在容忍区间外的情形。如果服务机构服务质量的改善范围落在了顾客的容忍区间内, 那么改善的效果是不明显的<sup>[30]</sup>。容忍区间理论为服务机构如何进行营销策略的选择与服务成本控制提供了很好的指导意义。

## 2.4 本章小结

本章介绍了排队论的发展历程、主要内容、数量指标, 以及与之相关的三种重要随机变量分布函数。对典型的  $M/G/1/\infty/\infty/FCFS$ 、 $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$  排队模型主要参数、计算公式进行了介绍。对费用优化模型、愿望优化模型的计算过程进行了介绍。然后对排队心理学、顾客容忍区间理论进行了概述。本章为全文提供了理论依据。

### 第三章 DY 堆场闸口系统现状分析

#### 3.1 DY 堆场闸口系统组成与布局

集装箱堆场闸口系统俗称道口、检查口等，它是堆场系统管理中最关键的环节之一，是很多堆场操作得以顺利进行的前提条件之一，其管理的核心任务是对集装箱和货物进出堆场进行高效、准确的控制。它一般是由缓冲区、通道、箱顶检查桥、服务台、道闸机、服务人员、ERP 终端等几部分构成。

通道数量根据堆场的进出箱量来设定，DY 集装箱堆场目前有 3 条进场通道，3 条出场通道，每条通道的末端各建有一座服务台，共计配备了 27 名服务人员。箱顶检查桥一般位于进场服务台的前部，横跨所有服务台。目前的 ERP 终端主要是台式计算机、打印机等。为了缓解闸口的拥堵，进场闸口与出场闸口是分开的，基本布局如图 3-1。

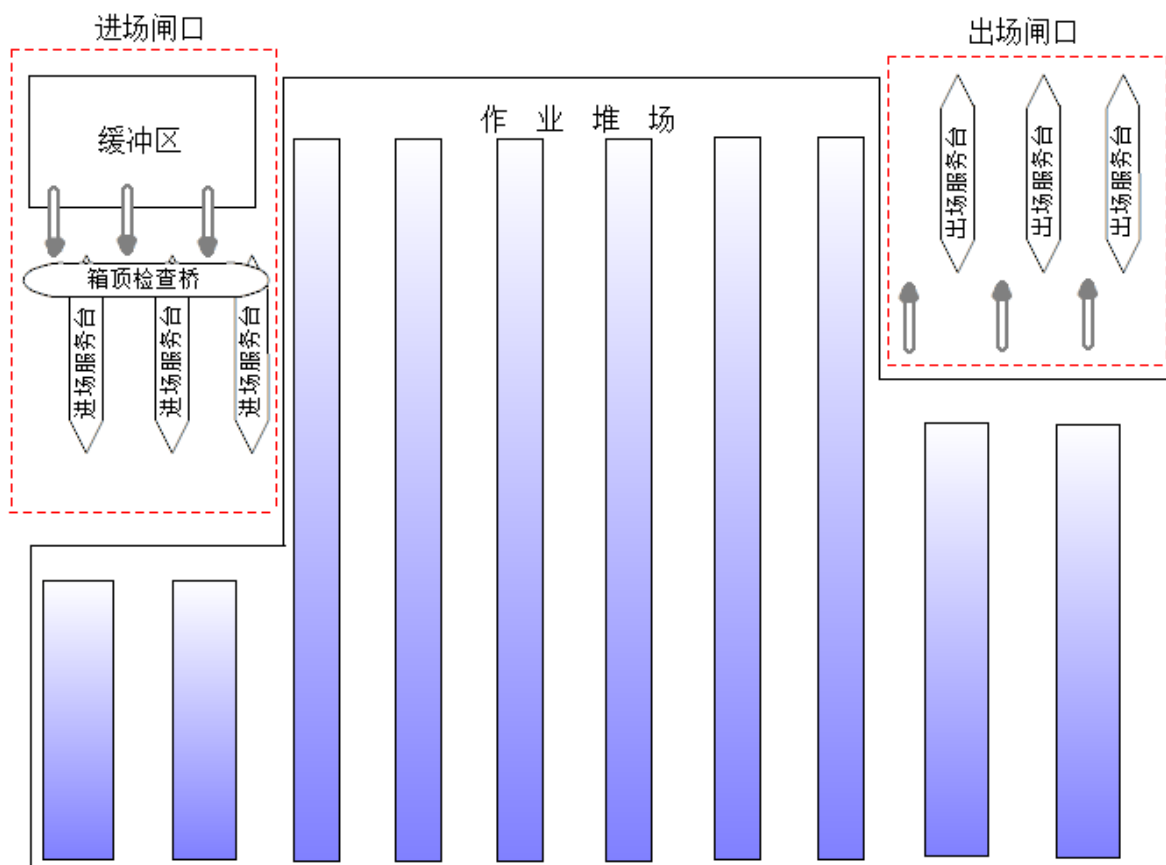


图 3-1 DY 集装箱堆场布局图

Fig3-1 DY Container Yard Plan

其中进场闸口是最为重要的环节。进场闸口是堆场所有服务的起点，是堆场留给顾

客的第一印象，其服务质量的优劣会直接影响顾客后续的服务体验，并对后续部门的作业产生影响。同时，不同性质进场顾客的操作流程、业务类型也存在差异，所以面临的情况也较为复杂。而且，进场闸口也是拥堵最为严重的部门。因此，下面我们主要针对进场闸口的作业情况进行较为深入的研究和优化。

### 3.2 进场闸口的服务内容与流程

进场闸口的主要工作包括：控制车辆进场、区分集装箱进场类别、审核相关单证信息、检验集装箱箱况、维护堆场 ERP 系统集装箱信息、确定进箱与提箱区位、收取相关费用、打印相关票据等。

#### （1）进箱作业

进箱作业是指集卡车辆将外部集装箱送至集装箱堆场闸口，首先由进场检验员核对集车牌号与设备交接单内容，区分进场箱类型；然后由进场检验员按照船公司的检验标准与检验要求对集装箱进行箱内、箱外、箱顶全方位检验，如果发现集装箱存在损坏的情况，要记录损坏位置、损坏项目、维修方案，同时拍摄相关照片，填写集装箱检验单，传递给报价员（报价员的工作不在闸口）。最后由进场检验员在设备交接单上记录集装箱箱况、箱龄、自重、皮重等基础信息，传递给进场调度员；进场调度员拿到设备交接单后，首先检查相关手续是否齐全，然后将集装箱基础信息录入堆场 ERP 系统，收取相关单据和费用，安排集装箱放置区位，最后打印进场小票。司机持进场小票进场，进场闸口作业完成。

进场箱类别包括码头直取进口空箱进场、回空箱进场和返空箱进场、起租空箱进场、新箱进场、调箱进场。

码头直取进口空箱进场是指从船上直接卸载下来，存放在码头前沿堆场的空载集装箱，由集卡车辆直接运输至堆场。它的特点是计划性强，能够预知大致的进场日期和箱数量<sup>[24]</sup>。闸口服务的关键点是箱况检验工作。

回空箱进场是指进口重箱由货主拆箱后，由货主将集装箱运输至堆场。其特点是计划性较差，很难预知进场时间和数量，而且一般存在收费环节。闸口服务的关键点是信息核对、箱况检验和收费工作。

返空箱进场是指顾客提空箱出场准备装货，但实际未能装货又将空箱送回至堆场。其特点是没有计划性，有时存在收费环节。闸口服务的关键点是箱况检验工作。

起租空箱进场是指船公司新起租的租箱公司空箱送至堆场。新箱进场是指船公司直

接从造箱厂购买的新集装箱送至堆场。调箱进场是指船公司将集装箱从其它协议堆场调拨至目的堆场。它们的特点是有较强的计划性，能够预知大致的进场时点，能够预知箱数量，而且一般到达强度较高，箱况检验环节较为简单。

### （2）提箱作业

提箱作业是指顾客安排集卡车辆前往指定堆场提出集装箱的过程。在闸口环节，需要核对提箱信息、收取提箱凭证，维护堆场 ERP 系统的提箱信息，指定提箱区位，打印提箱小票，部分需要收取相关费用。

### （3）检验作业

检验作业是闸口服务中的一个重要环节，是指进场检验员对到达闸口的集装箱，按照船公司指定标准和要求，对其完整性、水密性、保温性、结构强度和箱内清洁、箱内气味进行全面的检查，以判断其是否能够满足使用要求，确定其箱况为好箱或者坏箱。检验工作不但需要对箱内、箱外、箱顶、箱底进行目测检查，还要运用相关测量工具对变形部位进行测量，已确定是否超出标准，还要同时对需要维修的部位确定经济、便捷、可靠的维修方案，把所有损害信息、维修方案记录下来，并对集装箱进行拍照存档。最后，需要在设备交接单上记录集装箱箱龄、自重、皮重、载重等基础信息。如果是回空箱或返空箱，还需根据船公司要求，判断集装箱损害原因，区分损坏是否属于原始残损，对于货主造成的箱损，向其收取相关修理费用。

由于检验工作比较重要和复杂，对检验员素质的要求比较高，检验员对船公司检验标准 and 要求的掌握、对操作流程的熟悉程度、操作经验、责任心等都对进场闸口的服务能力产生直接影响。

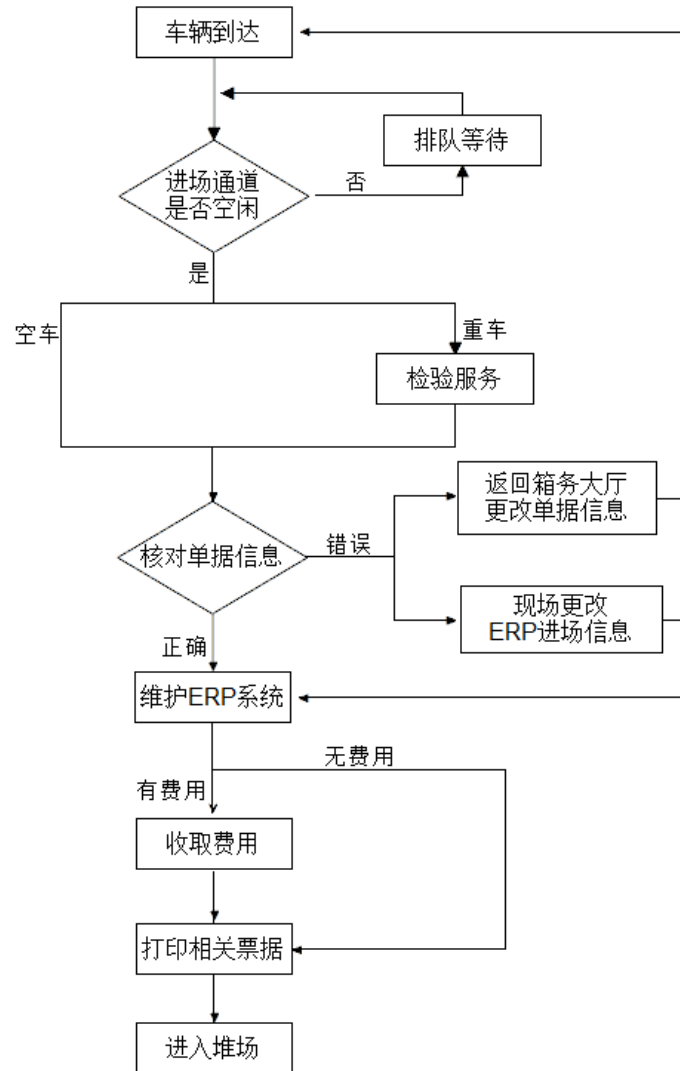


图 3-1 进场闸口作业流程图

Fig3-1 Entry Gate Operation Procedure

### 3.3 进场闸口存在的问题分析

目前，对于 DY 堆场进场闸口而言，集卡车辆的到达完全是随机的，所需服务的时间长度也是随机的。当车辆集中到达时，存在较为严重的车辆排队拥堵的情况，长长的等待队伍有时超出了等待缓冲区，一直延伸到公路干道上，严重影响了堆场周边的公共交通。集卡车辆频繁的启动制动，低速行驶，大大增加了车辆油耗与尾气排放，增加物流成本与环境污染。漫长的等待降低了集卡车辆和堆场的运行效率，使得原本应该顺畅循环的物流链出现了梗阻，降低了物流企业的运营效益。漫长的等待对于集卡司机而言更是难以忍受，集卡司机对此怨声载道，经常向闸口上级部门投诉闸口，甚至个别司机将怨气转移到闸口工作人员身上，与工作人员发生冲突。



另一方面，当集卡车辆很少到达，甚至没有达到期间，进场闸口的设施、土地、人员等投入又处于低利用率状态，甚至闲置状态，这意味着投入高，产出低，白白浪费了企业的资源。

DY 堆场的管理者们希望能够为顾客提供优质高效的服务，提高客户满意度，提升企业的美誉度；顺畅场站周边社会交通，推进节能减排保护环境，践行企业“优质高效、责任至上”的经营理念。同时，提高资产的使用效率，降低企业运营成本，增强企业市场竞争力。在闸口环节，需要确定最优的通道数量、等待缓冲区长度、服务人员数量与服务流程。这些问题仅仅依靠经验是无法解决的，闸口管理需要科学的管理手段。

DY 堆场的进场闸口存在的问题可以归纳为两个方面：从顾客实际等待时间考虑，车辆拥堵与服务通道闲置并存，无法确定二者合理的平衡点，没有明确的优化目标，缺少系统的优化措施，单一的改进措施经常导致解决一个问题的同时产生新的问题，无法实现闸口运营能力的综合提高。在顾客感知等待时间方面，顾客的服务体验经常被堆场管理层忽视，由于我国经济是由传统计划经济转变为社会主义市场经济体制，历史上堆场掌控着渠道资源，具有一定的垄断地位，因此属于强势一方，很少考虑顾客的等待体验，在设施建设、流程设计方面往往仅从堆场自身需求考虑，导致闸口服务设施简陋、服务流程缺少人性化关怀。随着近十几年国内相关政策的放开与经济的发展，堆场行业已经进入到充分竞争阶段，船公司可以自由选择合作堆场，而且一般一家船公司会同时选择多家堆场作为服务供应商，对其服务质量进行比对。目前，闸口落后的服务意识与服务设施使得闸口成为顾客投诉的重灾区，2015 年 DY 堆场闸口发生 14 起顾客投诉事件，虽然堆场采取了系列技术改造升级措施，希望能够提升顾客满意度，但是从企业年度顾客满意度调查的结果来看，收效甚微。

### 3.4 本章小结

本章主要介绍了 DY 堆场目前闸口系统的基本情况，指出了进场闸口是我们重点研究的对象。对进场闸口的主要工作内容进行了介绍，特别是比较重要的进箱作业、提箱作业、检验作业进行了详细介绍，并绘制了进场闸口作业流程图。最后，提出并分析了目前进场闸口存在的问题。

## 第四章 DY 堆场进场闸口排队模型的构建

### 4.1 进场闸口 M/G/S/ $\infty$ / $\infty$ /FCFS 模型的建立

根据前面章节介绍的内容,我们首先从缩短顾客实际等待时间入手,建立进场闸口的排队模型,对闸口服务进行量化分析,计算顾客的实际等待时间,从缩短实际等待时间的角度出发,优化闸口系统。在进行量化分析时,我们可以将集卡车辆看作顾客,因为每一辆集卡车辆都是一个单独的运输单元,其根据指令独立完成运输任务,运输过程受到工作指令、出发港服务状况、交通路况、天气情况、驾驶员及车辆情况等一系列因素影响,因此,其到达是随机的,并且是相互独立的<sup>[24]</sup>。

每条车辆通道和其末端服务台可以看作是一个服务单元,我们称其为服务通道。DY 堆场进场闸口目前有 3 条服务通道,因此属于多服务台服务机构。服务通道要根据顾客是送箱入场还是提箱入场,以及所送集装箱的性质对其提供不同的服务,并且集装箱本身的箱况不同,比如新箱、老龄箱、事故箱等,导致其检验所需的时间也存在差异,同时服务过程中还受到服务人员素质、船公司要求、ERP 系统运行速度、天气等多因素影响,因此其服务时间也是随机的<sup>[25]</sup>。

相对于服务通道的数量,顾客源的数量可以认为是无穷大。服务通道的容量也可以看作是无穷大,顾客只能在排队系统中等待。进场闸口会根据顾客到达的先后顺序按照先到先服务的规则提供服务。

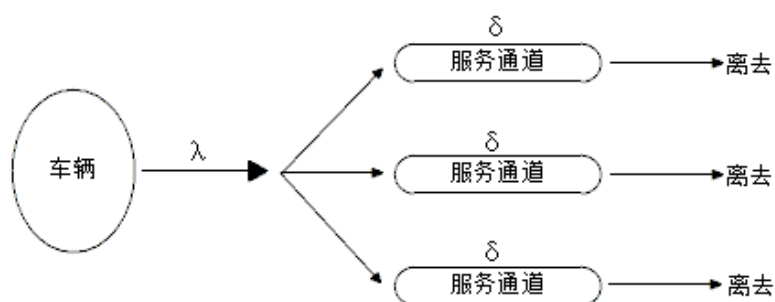


图 4-1 DY 进场闸口排队模型

Fig4-1 DY Entry Gate Queuing Model

我们已经确定了排队模型六个关键参数中的四个,下面我们需要测定车辆到达与服务时间这两个随机过程的概率分布情况,由此来最终确定排队系统类型。我们采用假设试验的方式测定随机过程的概率分布,首先通过随机抽样的方式获取足够数量的样本,

通过样本的频率直方图，判断可能的分布情况，然后通过单样本 K-S 检验，判断假设是否成立。

#### 4.1.1 测定车辆到达的分布

首先来测定车辆到达的分布情况。我们从 DY 堆场 ERP 系统中统计了 DY 堆场进场闸口 2014 年 7-9 月到达车辆的数量，分别为 7 月份总计进场量为 14777 辆，8 月份总计进场量 16016 辆，9 月份总计进场量为 15499 量。进场车辆分为空车和重车，空车是指没有装载集装箱的集卡车辆，一般为提箱作业；重车是指装载集装箱的集卡车辆，一般为进箱作业。

表 4-1 每月车辆到达统计表

Table4-1 Monthly Statistics of Vehicle Arrival

项目 月份	空车数量	重车数量	总计
2014 年 7 月	7133	7644	14777
2014 年 8 月	7729	8287	16016
2014 年 9 月	7456	8043	15499
合计	22318	23974	46292

我们选取到达车辆数最多的 8 月份作为我们的数据分析月份，统计出 8 月份每小时车辆到达数量，将相关数据录入 SPSS 统计软件，利用其统计描述功能，生成车辆到达的频率直方图，如图 4-2。

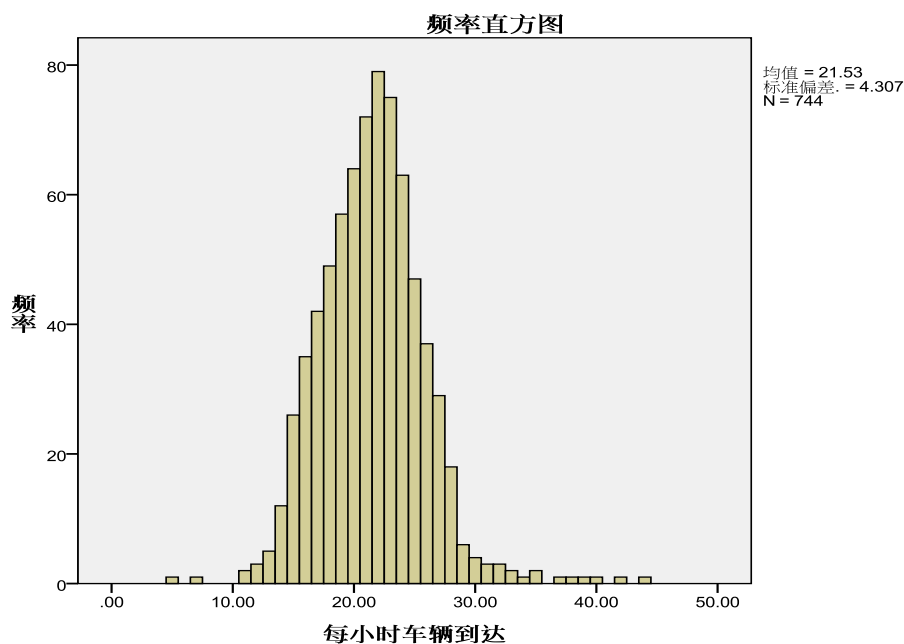


图 4-2 每小时车辆到达频率直方图

Fig4-2 Vehicle Arrival Frequency Histogram per Hour

从图 4-2 我们发现其分布可能是泊松分布。由此我们进行假设试验，假设车辆到达的分布率为泊松分布，将相关数据输入 SPSS 数据分析软件，变量类型设置为“数值[N]”，使用非参数检验中的单样本 K-S 检验，对该样本进行泊松分布的假设试验检验，可以得到表 4-2。

表 4-2 车辆到达样本 K-S 检验结果

Table4-2 Vehicle Arrival Sample K-S Test Results

		每小时车辆到达
N		744
Poisson 参数 a,b	均值	21.5269
最极端差别	绝对值	.044
	正	.044
	负	-.029
Kolmogorov-Smirnov Z		1.195
渐近显著性(双侧)		.115

a. 检验分布为 Poisson 分布。

b. 根据数据计算得到。

由表 4-2 可知其双尾概率，也就是表中的渐近显著性（双侧）为 0.115，在显著性水平  $\alpha=0.05$  的条件下，双尾概率  $0.115>0.05$ ，则认为检验样本与理论分布不存在显著差异，不能够拒绝原假设，因此我们可以认定 DY 堆场进场闸口的车辆到达服从  $\lambda=21.53$  的泊松分布，即每小时平均到达 21.53 辆车辆。

#### 4.1.2 测定服务时间的分布

下面我们采用同样的方法来分析确定每条服务通道服务时间的分布情况。前面我们已经讲到，到达的车辆分为空车与重车两种，其接受的服务内容和流程是不同的，服务时间也存在一定差异，但目前 DY 堆场没有对这两种到达进行区分，因此我们进行如下抽样。

在 7 月、8 月、9 月随机抽取工作日，在每个工作日随机确定不同时段，记录在这个时段内每辆车辆接受服务的时间长度，并且记录区分空车重车，共计随机记录了 200 辆车辆的服务时间，得到附录 1。将其数据录入 SPSS 数据分析软件，使用软件中的“描述统计”之“频率”功能，得到频率直方图 4-3。

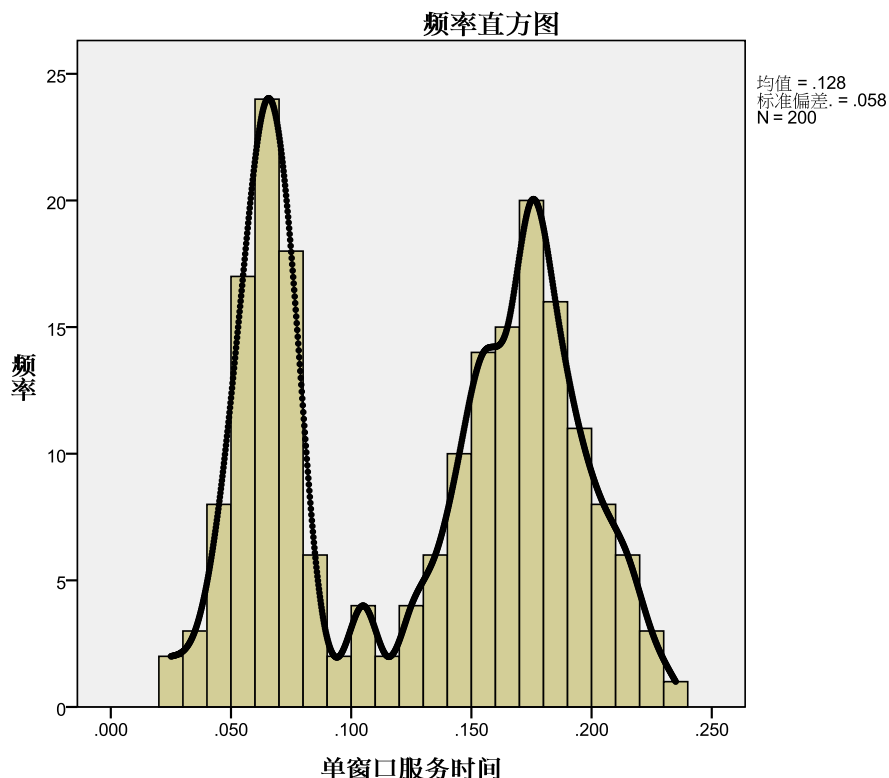


图 4-3 服务时间频率直方图

Fig.4-3 The Frequency Histogram of Service Time

从图 4-3 我们可以看到，服务时间存在两个高频区，并且两个高频区被一个低频区隔开，因此我们可以假设 DY 堆场的服务时间近似服从双峰分布。我们可以根据双峰分布的定义来验证我们的假设是否成立。

前面已经介绍过，到达的车辆分为空车和重车两种类型，两种类型的服务流程不同服务时间也不同，我们可以考虑分别确定空车、重车闸口服务时间的分布类型，再确定其权重系数，从而验证当前 DY 堆场的闸口服务时间是否服从双峰分布。

通过前面的分析，空车服务时间和重车服务时间可能服从各自的正态分布。对我们的判断进行假设实验，假设空车服务时间和重车服务时间服从各自的正态分布，利用 SPSS 分析软件分别对空车服务时间、重车服务时间的假设进行 K-S 检验，得到检验结果如表 4-3。

表 4-3 服务时间样本 K-S 检验结果

Table4-3 Service Time Sample K-S Test

		空车服务时间	重车服务时间
N		83	117
正态参数 <sup>a,b</sup>	均值	.06505	.17268
	标准差	.016207	.026560
最极端差别	绝对值	.066	.035
	正	.066	.022
	负	-.047	-.035
Kolmogorov-Smirnov Z		.604	.375
渐近显著性(双侧)		.859	.999

a. 检验分布为正态分布。

b. 根据数据计算得到。

由表 4-3 可知两个假设试验的双尾概率，也就是表中的渐近显著性（双侧）分别为 0.859、0.999，在显著性水平  $\alpha=0.05$  的条件下，两个假设试验的双尾概率均大于 0.05，则认为检验样本与理论分布不存在显著差异，不能够拒绝原假设，因此我们可以认定空车服务时间与重车服务时间均服从正态分布，而且我们分别得到了其期望值与标准差，我们将空车服务时间的分布记作  $N_E \sim (0.065, 0.016^2)$ ，重车服务时间的分布记作  $N_P \sim (0.173, 0.027^2)$ 。

由于空车与重车的到达是完全独立的，因此可以知道两个正态分布的权重系数与空车、重车的到达比例是一致的，因此可以根据表 4-1 计算出空车服务时间分布的权重系数：

$$\alpha = \frac{22318}{46292} = 0.482$$

从而得到 DY 堆场进场闸口服务时间的分布函数为：

$$f(x) = 0.428N_E + (1 - 0.428) N_P$$

根据公式 (2-6) 以及双峰分布的定义，我们可以认定 DY 堆场闸口的服务时间服从双峰分布。其期望为  $E=0.128$ ，其方差为  $\sigma^2=0.058^2$ 。

经过上述统计分析，我们可以确立 DY 堆场进场闸口的排队模型为  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$ 。具体参数：顾客到达的时间间隔服从参数  $\lambda=21.53$  的泊松分布，服务通道为顾客服务的时间服从期望  $E=0.128$ 、方差  $\sigma^2=0.058^2$  的一般分布，设有 3 条服务通道。

## 4.2 顾客等待容忍区间指标的测定

顾客期望在顾客对服务的判断中起到关键性的作用，顾客要将其所得到的和所期望的与其正在得到的进行比较。期望与感觉之间的不一致是顾客进行服务质量评估的决定性因素<sup>[5]</sup>。因此我们在进行服务质量管理和服务措施优化的过程中，需要了解和掌握顾客期望的基本情况。

根据前面已经介绍过的 PZB 的容忍区间理论，容忍区间的上限和下限分别代表顾客渴望的服务水平和适当的服务水平。具体到排队等待这个维度，等待容忍区间的上限是顾客渴望的等待时间；等待容忍区间的下限是顾客能够接受的等待时间，在这个等待时间范围内顾客不至于产生烦躁、气恼等负面情绪。当然对于顾客而言，服务机构最好能做到即到即服务，也就是无需等待，但是这显然会很大程度的增加服务机构的运营成本，根据排队系统的费用优化模型可以知道“无需等待”的情况无法得到排队系统的最优优化。因此在优化过程中真正对我们有意义的是顾客等待容忍区间的下限，在顾客等待容忍区间下限的范围内，一方面顾客付出的机会成本，顾客自身认为是可以接受的，另一方面服务机构的运营投入也能够得到较好的控制，可以认为是顾客最佳等待时间。

关于顾客最佳等待时间的问题，有专业机构已经通过问卷调查的方式对银行顾客的最佳等待时间进行了调查研究。富晨理财发布的“大陆零售银行网点调查数据”以及“2008 年零点中国银行服务指数”中将 10 分钟最为顾客最佳等待时间<sup>[31][32]</sup>。但是对于堆场闸口顾客的针对性研究基本没有，闸口顾客的等待容忍区间到底如何还应以调查统计数据为基础。

我们使用问卷调查的方式测定顾客能够接受的等待时间，即顾客等待容忍区间的下限。我们制作了问卷调查表，采取随机抽样的方式，实地发放调查问卷 200 份，回收 200 份，调查统计的结果如表 4-4 和图 4-4。

表 4-4 问卷调查结果统计表

Table4-4 The Statistics of The Questionnaire

能够接受的等待时间				
时段(分钟)	频次	百分比	不满意比例	满意比例
$T \leq 5$	2	1.00%	——	100.00%
$5 < T \leq 10$	29	14.50%	1.00%	84.50%
$10 < T \leq 15$	114	57.00%	15.50%	27.50%
$15 < T \leq 20$	46	23.00%	72.50%	4.50%
$20 < T \leq 25$	8	4.00%	95.50%	0.50%
$25 < T \leq 30$	1	0.50%	99.50%	0.00%
$T \geq 30$	0	0.00%	100.00%	0.00%

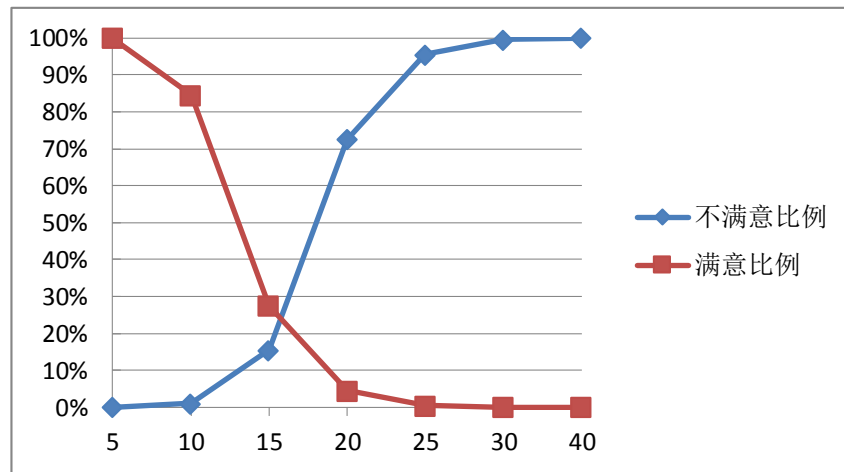


图 4-4 顾客等待时间满意比例折线图

Fig.4-4 The Line Graph of The Customer Waiting Time Satisfaction

根据表 4-4 和图 4-4, 我们可以发现, 如果等待时间在 5 分钟以内, 不满意比例为 0, 满意比例是 100%; 如果等待时间在 10 分钟以内, 不满意比例为 1%, 满意比例是 84.5%, 有 14.5% 的顾客选择可以接受 5-10 分钟的等待; 等待时间一旦超过 10 分钟, 满意的比例会快速下降, 当等待时间超过 15 分钟, 不满意的比列迅速上升; 而当等待时间超过 20 分钟时, 不满意的比列达到了 95.5%, 满意的比列仅为 0.5%。根据对统计结果的分析, 可以判定顾客的等待容忍区间下限应在 10-15 分钟之间, 为了尽可能的消除顾客不满意的情况, 我们选定 10 分钟作为顾客容忍区间的下限。

### 4.3 进场闸口排队模型主要指标计算

在 4.1 节已经确定了 DY 堆场进场闸口的排队模型为  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$ , 顾客到达率



$\lambda=21.53$ , 服务时间分布的期望  $E=0.128$ 、方差  $\sigma^2=0.058^2$ , 服务通道数  $S=3$ 。根据公式(2-15) (2-16) (2-17) (2-18) (2-19) (2-20), 利用 EXCEL 软件进行计算, 得到如下计算结果, 表 4-5。

表 4-5 进场闸口排队模型主要指标计算结果

Table4-5 The Calculation Results of The Entry Gate Queuing Model Main Indicators

	项目	数值
统计数据	通道数量 $S$	3
	顾客平均到达率 $\lambda$ (个/每小时)	21.53
	每条通道平均服务时间 $1/\delta$ (小时)	0.13
	每条通道平均服务率 $\delta$ (个/每小时)	7.69
	排队系统平均服务率 $S\delta$ (个/每小时)	23.08
	每条通道服务时间标准差 $\sigma$	0.058
	每条通道服务时间方差 $\sigma^2$	0.003364
	排队系统服务时间方差 $\sigma_1^2=\sigma^2/S^2$	0.00
计算结果	服务强度 $\rho_1$ [公式 (2-14) ]	0.93
	系统平均队长[公式 (2-15) ]	8.72
	平均等待队长[公式 (2-16) ]	7.78
	顾客平均逗留时间(分钟)[公式 (2-18) ]	24.29
	顾客平均等待时间(分钟)[公式 (2-17) ]	21.69
	系统忙期[公式 (2-19) ]	64.6%
	系统闲期[公式 (2-20) ]	35.4%

从表 4-5 我们可以看到, 平均等待队长有 8 辆集卡, 平均每辆车辆需要等待 21.69 分钟才能接受服务, 表明 DY 堆场的进场闸口存在较为严重的排队等待现象, 同时顾客的平均等待时间远远超过顾客等待容忍区间的下限, 顾客对进场闸口的服务必然存在较大的不满意。因此, 我们需要对进场闸口进行进一步的优化设计。

## 4.4 本章小结

本章通过分析 DY 堆场进场闸口排队系统的各项特性, 建立了进场闸口  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$  排队模型, 并应用数理统计的方法测定了顾客到达率 $\lambda$ 和服务通道的服务率 $\delta$ , 从而计算出了进场闸口排队模型的主要参数指标。采用问卷调查法调查分析了集卡司机等待容忍区间下限值, 定量分析出进场闸口存在的拥堵状况。

## 第五章 DY 堆场进场闸口排队模型的优化

根据第四章的内容介绍，我们可以得知，在顾客实际等待时间的维度存在顾客等待时间过长，超出顾客等待容忍区间下限的状况，这将导致进场闸口运行效率低下，顾客满意度下降。下面我们分别根据费用优化模型和愿望优化模型对 DY 堆场进场闸口排队系统进行优化计算，分别求解最优的服务通道数量  $S$  和服务率  $\delta$ 。

### 5.1 进场闸口排队模型的费用优化计算

根据第二章介绍的费用优化模型，我们首先确定可能投入的服务通道的数量，DY 堆场目前拥有进场通道 3 条。通过专家访谈的方式，咨询了 DY 堆场主要领导与专家，确定其能够提供的进场通道的数量分别为 1 条、2 条、3 条、4 条。

为了确定进场通道可能实现的服务率，我们对行业内几家规模较大堆场的进场闸口进行了实地调研和数学分析，分别是 SS 堆场进场闸口、ZH 堆场进场闸口、JF 堆场进场闸口、ZC 堆场进场闸口，分别计算出其进场闸口单通道的服务率和服务时间标准差，结合 DY 堆场自身的情况，得到表 5-1。

表 5-1 各堆场进场闸口服务时间分布参数

Table5-1 The Service Time Distribution Parameters of Every Yard Entry Gate

堆场	单通道服务率 $\delta$	单通道服务时间标准差 $\sigma$
SS	6.23	0.064
ZH	6.97	0.056
DY	7.81	0.058
JF	10.55	0.051
ZC	12.04	0.039

服务通道的固定成本包括所占区域的地租、服务台建设成本、箱顶检查桥建设成本、道闸机安装成本、摄像机安装成本、计算机打印机等办公用品以及 ERP 系统的采购成本等。其运营费用包括现场服务人员的薪酬、服务人员所需的服务工具费用、相应的水电费用等。通过对 SS、ZH、DY、JF、ZC 堆场相关财务数据的收集和整理，得到其服务通道固定成本与运营费用的统计表 5-2。

表 5-2 各堆场单进场通道成本情况

Table5-2 The Cost of Every Yard One Entry Channel

堆场	单通道单位时间 固定成本	单通道单位时间 运营成本
SS	43.46	80.88
ZH	42.79	84.01
DY	47.32	98.45
JF	50.54	115.9
ZC	49.11	120.76

最后根据调研 DY 集卡车队的 2014 年相关财务数据，通过算数平均法得出每辆集卡每逗留一小时的机会成本约为 95.76 元。

由以上调研得出的数据，根据公式（2-14）（2-15）（2-18）（2-21），运用 EXCEL 软件进行计算，得到表 5-3。

表 5-3 费用优化模型计算结果

Table5-3 The Calculation Results of Cost Optimization Model

到达率 $\lambda$	服务率 $\delta$	通道数量 $s$	服务强度 $\rho$	单通道单位时间固定成本 $e$	单通道单位时间运营费用 $v$	每辆集卡单位时间机会成本 $\omega$	平均逗留时间 $W_s$	平均逗留队长 $L_s$	总成本 $f(s, \delta)$
21.53	6.23	1	3.46	43.46	80.88	95.76	null	null	null
		2	1.73	43.46	80.88	95.76	null	null	null
		3	1.15	43.46	80.88	95.76	null	null	null
		4	0.86	43.46	80.88	95.76	0.19	4.04	570.09
	6.97	1	3.09	42.79	84.01	95.76	null	null	null
		2	1.54	42.79	84.01	95.76	null	null	null
		3	1.03	42.79	84.01	95.76	null	null	null
		4	0.77	42.79	84.01	95.76	0.11	2.28	530.34
	7.81	1	2.76	47.32	98.45	95.76	null	null	null
		2	1.38	47.32	98.45	95.76	null	null	null
		3	0.92	47.32	98.45	95.76	0.33	7.19	667.47
		4	0.69	47.32	98.45	95.76	0.07	1.61	594.61
	10.55	1	2.04	50.54	115.9	95.76	null	null	null
		2	1.02	50.54	115.9	95.76	null	null	null
		3	0.68	50.54	115.9	95.76	0.07	1.61	510.90
		4	0.51	50.54	115.9	95.76	0.04	0.85	668.99
	12.04	1	1.79	49.11	120.76	95.76	null	null	null
		2	0.89	49.11	120.76	95.76	0.26	5.50	474.33
		3	0.60	49.11	120.76	95.76	0.05	1.13	515.32
		4	0.45	49.11	120.76	95.76	0.03	0.67	681.46

由于当  $\rho > 1$  时，排队模型不存在稳定状态，因此其计算结果是没有意义的，首先要

排除这种情况，将表 5-3 标记为“null”的计算结果排除。从剩下的计算结果中我们可以看到，总成本的最低值为 474.33 元，对应通道数量  $S=2$ ，服务率为  $\delta=12.04$ 。

通过上述定量计算，我们可以得知，DY 进场闸口的最优设计为设置 2 条服务通道，服务率为 12.04，此时其综合成本最低，为 474.33 元每小时。

## 5.2 进场闸口排队模型的愿望优化计算

在上一节费用优化模型计算中，我们采用算数平均法得出顾客等待的机会成本，从而完成计算，得出最优值。但是，这样获得的顾客等待机会成本显然仅仅是个估计值，不同的顾客、顾客在不同时间的机会成本是随机变化的，无法准确获取。这导致费用优化模型的计算结果可能存在较大偏差。因此，下面我们使用愿望优化模型对 DY 堆场进场闸口排队系统进行优化计算。

在愿望模型中，根据 4.2 节顾客等到容忍区间的介绍，我们希望顾客平均等待时间要小于等于 10 分钟；同时希望服务机构的闲期能够最小。

分析影响顾客平均等待时间的因素，从公式 (2-17) 可以得到，影响因素包括顾客到达率、服务通道数量、通道的平均服务时间和通道服务时间的标准差。由于顾客的到达属于外部因素，堆场对其的影响力、控制力都非常的弱小，因此我们可以认为顾客的到达分布是固定的。下面我们分别从服务通道数量、通道平均服务时间以及通道服务时间的标准差三方面分析比较，得出优化结论。

### 5.2.1 改变服务通道数量的优化目标

假定服务时间分布不变的情况下，通过改变服务通道数量，计算出排队模型相应结果。利用 EXCEL 软件进行计算，得到表 5-4。

表 5-4 排队模型在不同数量服务通道时的计算结果

Table5-4 The Calculation Results of The Queuing Model with Different Quantitative Channels

	项目	数值	数值	数值	数值
统计 数据	通道数量 S	2	3	4	5
	顾客平均到达率 $\lambda$ (个/每小时)	21.53	21.53	21.53	21.53
	每条通道平均服务时间 $1/\delta$ (小时)	0.13	0.13	0.13	0.13
	每条通道平均服务率 $\delta$ (个/每小时)	7.69	7.69	7.69	7.69
	排队系统平均服务率 $S\delta$ (个/每小时)	15.38	23.08	30.77	38.46
	每条通道服务时间标准差 $\sigma$	0.058	0.058	0.058	0.058
	每条通道服务时间方差 $\sigma^2$	0.003364	0.003364	0.003364	0.003364
	排队系统服务时间方差 $\sigma_1^2 = \sigma^2/S^2$	0.00	0.00	0.00	0.00
计算 结果	服务强度 $\rho_1$ [公式 (2-14)]	1.40	0.93	0.70	0.56
	系统平均队长 [公式 (2-15)]	null	8.72	1.68	0.99
	平均等待队长 [公式 (2-16)]	null	7.78	0.98	0.43
	顾客平均逗留时间(分钟) [公式 (2-18)]	null	24.29	4.67	2.75
	顾客平均等待时间(分钟) [公式 (2-17)]	null	21.69	2.72	1.19
	系统忙期 [公式 (2-19)]	null	64.6%	10.8%	5.9%
	系统闲期 [公式 (2-20)]	null	35.4%	89.2%	94.1%

从表 5-4 我们可以看到，当只有 2 个服务通道时，服务强度为 1.40，此时排队系统没有稳定状态，会使排队队伍越来越长。当增加一个服务通道， $S=4$  时，平均等待时间快速降为 2.72 分钟，系统闲期达到了 89.2%。虽然平均等待时间大大满足要求，但是系统闲期太大，使得堆场有较大浪费。随着服务通道的增加延续这一趋势。同时还要注意一个现实问题，如前文已经讲过的，堆场的土地资源是非常紧张有限的，增加一个服务通道意味着闸口要占用更多的土地资源，这对于堆场决策层而言是不愿意看到的。因此仅仅依靠改变服务通道数量不能够达到我们想要的结果。

### 5.2.2 改变服务时间分布的优化目标

假设暂时保持服务台保持不变，对进场闸口进行升级改造，改善服务时间分布的期望值与标准差，计算出排队模型的相应结果。

如果排队模型  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$  想要能够达到平衡状态，必要条件为服务强度  $\rho_1 < 1$ ，由公式 (2-14) 得到下列不等式：

$$\rho_1 = \frac{\lambda}{S\delta} < 1$$

经整理得：

$$\delta > \frac{\lambda}{S} \quad (5-1)$$

根据愿望优化模型，由公式 (2-20) (2-25) 得到下列不等式：

$$I = 1 - \frac{1}{S\delta - \lambda} \leq i \quad i \text{ 是决策者设定的闲期愿望值}$$

对不等式进行整理：

$$\frac{1}{S\delta - \lambda} \geq 1 - i$$

$$(1 - i)(S\delta - \lambda) \leq 1$$

$$(1 - i)S\delta \leq 1 + (1 - i)\lambda$$

$$\delta \leq \frac{1 + (1 - i)\lambda}{(1 - i)S}$$

$$\delta \leq \frac{1}{(1 - i)S} + \frac{\lambda}{S} \quad (5-2)$$

根据愿望优化模型，由公式 (2-17) (2-25) 得到下列不等式：

$$Wq = \frac{\lambda^2 \sigma_1^2 + \rho_1^2}{2\lambda(1 - \rho_1)} \leq j \quad j \text{ 为决策者设定的顾客等待时间愿望值}$$

对不等式进行整理：

$$\frac{\frac{\lambda^2 \sigma^2}{S^2} + \frac{\lambda^2}{S^2 \delta^2}}{2\lambda - \frac{2\lambda^2}{S\delta}} \leq j$$

$$\frac{\lambda^2 \sigma^2}{S^2} \leq 2j\lambda - \frac{2j\lambda^2}{S\delta} - \frac{\lambda^2}{S^2 \delta^2}$$

$$\sigma^2 \leq \frac{2jS^2}{\lambda} - \frac{2jS}{\delta} - \frac{1}{\delta^2} \quad (5-3)$$

由公式 (5-1) (5-2) (5-3) 我们可以得到，如果要想实现决策者设定的愿望优化模型结果，需要满足下列不等式组：

$$\begin{cases} \frac{\lambda}{S} < \delta \leq \frac{1}{(1 - i)S} + \frac{\lambda}{S} & i \text{ 为决策者设定的闲期愿望值} \\ \sigma^2 \leq \frac{2jS^2}{\lambda} - \frac{2jS}{\delta} - \frac{1}{\delta^2} & j \text{ 是决策者设定的顾客等待时间愿望值} \end{cases} \quad (5-4)$$

在不等式组 (5-4) 中，顾客到达率  $\lambda = 21.53$  是已知数量，根据对顾客等待容忍区间下限的相关分析与问卷调查，我们设定顾客等待时间愿望值为顾客等待容忍区间下限，即  $j=10$  分钟=0.167 小时。

目前 DY 堆场进场闸口是 3 条服务通道。根据表 5-3 可以得知，当服务通道  $S=1$  时不存在稳定状态的排队模型，因此  $S=1$  的假设可以排除。那么可能的优化结果有三种情况，分别是  $S=3$ (混用车道)、 $S=3$ (一条空车专用车道，两条重车专用车道)、 $S=2$ (混用车道)，我们对这三种情况分别进行计算，得出服务率  $\delta$  范围和服务时间分布标准差  $\sigma$  范围，进而计算出每种情况时对应的排队模型主要参数，最后通过比对各种情况的排队模型参数确定最优值。采用 EXCEL 软件进行相关计算。

(1) 当  $S=3$  (混用车道)，设定不同闲期愿望值  $i$  时，由公式 (5-1) (5-2) 计算每

条服务通道服务率的范围。

表 5-5 不同闲期时，每条通道服务率范围计算结果

Table5-5 In different idle period condition, The calculation results of each channel service rate range

S=	$\lambda=$	i=	$\delta > \lambda/S$	$\delta \leq 1/[(1-i)/S] + \lambda/S$
3	21.53	0.5	7.177	7.843
		0.55	7.177	7.917
		0.6	7.177	8.010
		0.65	7.177	8.129
		0.7	7.177	8.288

根据表 5-5 的计算结果，我们得到了不同的闲期愿望值对应的每条服务通道服务率的范围，我们以 0.1 为步进单位使每条通道服务率 $\delta$ 取不同数值，分别计算在满足我们预设条件下不同服务率对应的服务时间标准差范围。由公式（5-3），使用 EXCEL 进行相关计算，得到表 5-6。

表 5-6 不同服务率时，相应分布标准差范围计算结果

Table5-6 In different service rate, The calculation results of distribution standard deviation range

S=	$\lambda=$	j =	$\delta=$	$\sigma^2 \leq (2jS^2/\lambda) - (2jS/\delta) - (1/\delta^2)$	$\sigma=$
3	21.53	0.167	7.2	-0.0188	null
			7.3	-0.0164	null
			7.4	-0.0140	null
			7.5	-0.0118	null
			7.6	-0.0095	null
			7.7	-0.0074	null
			7.8	-0.0053	null
			7.9	-0.0032	null
			8	-0.0013	null
			8.1	0.0007	0.0260
			8.2	0.0026	0.0505

从表 5-6 我们可以看到，当每条服务通道的服务率 $\delta$ 小于 8.1 时，不存在实数范围的标准差。由表 5-5 可知，当 $\delta=8.1$  时，对应最小闲期 I 约为 65%。因此我们可以得知不可能存在以下情况，即排队系统的顾客平均等待时间小于 0.167 小时，同时系统的闲期小于 60% 。

当 S=3（混用车道），顾客到达率 $\lambda=21.53$ ，顾客平均等待时间的愿望值 j=0.167 小时的条件下，此服务系统的最优状态为服务率约为 8.1，闲期约为 65% 。

（2）当 S=3（一条空车专用车道，两条重车专用车道）时，服务时间双峰分布函

数中空车的权重系数为 $\alpha=0.482$ ，由此可以计算得到空车到达率 $\lambda_k=10.38$ ，重车达到率 $\lambda_z=11.15$ 。根据表 4-2 分别得到空车服务时间分布的期望和标准差、重车服务时间的期望和标准差，利用 EXCEL 软件进行计算，分别得出排队模型的主要参数。

表 5-7 排队模型主要指标计算结果

Table5-7 The Calculation Results of The Entry Gate Queuing Model Main Indicators

	项目	空车专用通道	重车专用车道
统计数据	通道数量 S	1	2
	顾客平均到达率 $\lambda$ （个/每小时）	10.38	11.15
	每条通道平均服务时间 $1/\delta$ （小时）	0.065	0.173
	每条通道平均服务率 $\delta$ （个/每小时）	15.38	5.78
	排队系统平均服务率 $S\delta$ （个/每小时）	15.38	11.56
	每条通道服务时间标准差 $\sigma$	0.016	0.027
	每条通道服务时间方差 $\sigma^2$	0.000256	0.000729
	排队系统服务时间方差 $\sigma_1^2=\sigma^2/S^2$	0.00	0.00
计算结果	服务强度 $\rho_1$ [公式（2-14）]	0.67	0.96
	系统平均队长[公式（2-15）]	1.42	14.38
	平均等待队长[公式（2-16）]	0.74	13.41
	顾客平均逗留时间(分钟)[公式（2-18）]	8.19	77.36
	顾客平均等待时间(分钟)[公式（2-17）]	4.29	72.17
	系统忙期[公式（2-19）]	20.0%	243.5%
	系统闲期[公式（2-20）]	80.0%	null

从表 5-7 可以看出，一条空车专用通道使顾客平均等待时间仅为 4.29 分钟，闲期为 80%，已经能够满足服务效率的需求，但是闲期比较大。两条重车专用通道的顾客平均等待时间为 72.17 分钟，远远不能满足需求，需要提高重车服务率。

当  $S=2$ （两条重车专用通道），设定不同闲期愿望值  $i$  时，由公式（5-1）（5-2）计算每条服务通道服务率的范围。

表 5-8 不同闲期时，每条通道服务率范围计算结果

Table5-8 In different idle period condition, The calculation results of each channel service rate range

重车专用车道 S=	重车达到率 $\lambda_z$ =	$i$ =	$\delta>\lambda/S$	$\delta\leq 1/[(1-i)/S]+\lambda/S$
2	11.15	0.5	5.575	6.575
		0.55	5.575	6.686
		0.6	5.575	6.825
		0.65	5.575	7.004
		0.7	5.575	7.242

根据表 5-8 的计算结果，我们得到了不同的闲期愿望值对应的每条重车专用通道服务率的范围，我们以 0.1 为步进单位使每条重车专用通道服务率 $\delta$ 取不同数值，分别计



算在满足我们预设条件下不同服务率对应的服务时间标准差范围。由公式（5-3），使用 EXCEL 进行相关计算，得到表 5-9。

表 5-9 不同服务率时，相应分布标准差范围计算结果

Table5-9 In different service rate, The calculation results of distribution standard deviation range

重车专用通道 S=	重车到达率 $\lambda_z=$	j =	$\delta =$	$\sigma^2 \leq (2jS^2/\lambda) - (2jS/\delta) - (1/\delta^2)$	$\sigma=$
2	11.15	0.167	5.6	-0.0314	null
			5.7	-0.0282	null
			5.8	-0.0251	null
			5.9	-0.0221	null
			6	-0.0193	null
			6.1	-0.0166	null
			6.2	-0.0139	null
			6.3	-0.0114	null
			6.4	-0.0090	null
			6.5	-0.0066	null
			6.6	-0.0043	null
			6.7	-0.0022	null
			6.8	0.0000	null
			6.9	0.0020	0.0448
			7	0.0040	0.0631
			7.1	0.0059	0.0768

从表 5-9 我们可以看到，当重车服务率 $\delta$ 小于 6.9 时，不存在实数范围的标准差。由表 5-8 可知，当 $\delta=6.9$  时，对应最小闲期 I 约为 65%。因此我们可以得知不可能存在以下情况，即排队系统的顾客平均等待时间小于 0.167 小时，同时系统的闲期小于 65% 。

当 S=3（一条空车专用车道，两条重车专用车道）时，空车到达率 $\lambda_k=10.38$ ，重车到达率 $\lambda_z=11.15$ ，顾客平均等待时间的愿望值 j=0.167 小时的条件下，此服务系统的最优状态为空车服务率 15.38，空车通道闲期约为 80%；重车服务率约为 6.9，重车通道闲期约为 65% 。

（2） 当 S=2（混用车道），设定不同闲期愿望值 i 时，由公式（5-1）（5-2）计算每条服务通道服务率的范围。

表 5-10 不同闲期时，每条通道服务率范围计算结果

Table5-10 In different idle period, The calculation results of each channel service rate range

S=	$\lambda=$	i=	$\delta>\lambda/S$	$\delta\leq 1/[(1-i)/S]+\lambda/S$
2	21.53	0.5	10.765	11.765
		0.55	10.765	11.876
		0.6	10.765	12.015
		0.65	10.765	12.194
		0.7	10.765	12.432

根据表 5-10 的计算结果，我们得到了不同的闲期愿望值对应的每条服务通道服务率的范围，我们以 0.1 为步进单位使每条通道服务率 $\delta$ 取不同数值，分别计算在满足我们预设条件下不同服务率对应的服务时间标准差范围。由公式（5-3），使用 EXCEL 进行相关计算，得到表 5-11：

表 5-11 不同服务率时，相应分布标准差范围计算结果

Table5-11 In different service rate, The calculation results of distribution standard deviation range

S=	$\lambda=$	j =	$\delta=$	$\sigma^2\leq (2jS^2/\lambda) - (2jS/\delta) - (1/\delta^2)$	$\sigma=$
2	21.53	0.167	10.8	-0.0084	null
			10.9	-0.0076	null
			11	-0.0069	null
			11.1	-0.0062	null
			11.2	-0.0056	null
			11.3	-0.0049	null
			11.4	-0.0042	null
			11.5	-0.0036	null
			11.6	-0.0030	null
			11.7	-0.0023	null
			11.8	-0.0017	null
			11.9	-0.0011	null
			12	-0.0006	null
			12.1	0.0000	0.0040
			12.2	0.0006	0.0241
			12.3	0.0011	0.0337
			12.4	0.0017	0.0410

从表 5-11 我们可以看到，当每条服务通道的服务率 $\delta$ 小于 12.1 时，不存在实数范围的标准差。由表 5-10 可知，当 $\delta=12.1$  时，对应最小闲期 I 约为 65%。因此我们可以得知不可能存在以下情况，即排队系统的顾客平均等待时间小于 0.167 小时，同时系统的闲期小于 65% 。

当  $S=2$ （混用车道），顾客到达率 $\lambda=21.53$ ，顾客平均等待时间的愿望值  $j=0.167$  小时的条件下，此服务系统的最优状态为服务率约为 12.1，闲期约为 65%。

通过前面的分析与优化计算，我们可以得出结论，在 DY 集装箱堆场进场闸口的优化中，外部顾客到达率 $\lambda$ 是难以改变的，服务通道  $S$  的增加不能够实现我们的愿望优化目标。因此我们需要重点优化的是服务时间分布状况，通过服务时间的优化，实现我们的愿望优化目标。最优化结果为服务通道  $S=2$ ，服务率 $\delta=12.1$ ，闲期  $I=65\%$ ，这与费用优化模型的结果基本一致，也基本验证了费用优化结果的可靠性。

### 5.3 本章小结

本章首先通过对行业内主要企业的实地调研和数据分析，确定了费用模型中各个参数的取值，然后应用费用优化模型对堆场的进场闸口进行了优化计算，从而确定了最优的服务通道数量和服务率。然后根据愿望优化模型理论，推导出愿望优化需要满足的不等式组，通过对其进行相关计算，根据愿望优化模型得出了最优的服务通道数量和服务率。

## 第六章 DY 堆场进场闸口的具体优化措施及保障措施

前面的章节分别从顾客感知等待时间和顾客实际等待时间两个维度，通过定性分析和定量分析，对 DY 堆场的进场闸口进行了分析、建模与优化计算。本章将根据其目前存在的问题与分析的结果，提出针对性的优化措施。

### 6.1 缩短顾客实际等待时间的优化措施

通过第五章的相关内容，我们知道了在缩短顾客实际等待时间方面重点需要提高服务通道的服务率 $\delta$ ，优化目标是使服务率 $\delta$ 约为 12.1，并且尽量减少服务时间的方差。具体措施如下。

#### 6.1.1 改进操作流程，提升服务效率

通过第五章中的愿望优化模型计算，我们发现在优化的结果中服务机构大约总会有 65% 的闲期，我们可以考虑如何应用好闲期，通过头脑风暴和专家访谈的方式，我们对操作流程进行以下改进。

每条服务通道成立一个服务小组，每个服务小组设组长一名，服务员三名。组长负责在现场核对单据信息以及协调相关岗位对不准确的信息进行修正，负责与顾客的沟通、解释工作，以及服务小组的日常管理工作。三名服务员中一人负责记录集装箱相关信息、检验箱围、检验箱内、检验箱底、相关拍照等，一人负责检验机组和箱顶、相关拍照等，一人负责维护 ERP 系统、收费、打印票据等工作。要求组长和两名检验服务员沿着车辆排队队伍流动式的开展工作，利用顾客排队等待的时间尽可能多的完成相关服务工作。

另外，在堆场内划定一块专用区域，用于严重损坏集装箱的检验和报价工作。对于损坏严重的集装箱在进场闸口只完成必要的服务工作，即可允许车辆进入堆场后，将集装箱直接卸在专用区域，然后利用闸口闲期完成此类集装箱的检验与报价工作。

具体操作流程如下：当服务通道形成排队等待时，组长应依次审核车号、提单号、设备交接单等相关信息，如果存在问题及时联系箱管部等相关部门给予解决，如果不能及时解决向顾客提供解决途径，避免激化顾客怨气。同时，组长应关注现场排队情况，与顾客做好沟通，协调现场检验、制单等工作。两名流动检验服务员应按照工作分工依次对集装箱开展检验工作，分别记录检验结果、拍摄相关照片，利用闲期将两人的检验结果综合汇总，形成估价单。同时，组长应对检验时间进行严格控制，对于检验时间可

能超过 4 分钟的严重损坏集装箱，要求只完成基本检验，然后制单、收费、进入堆场，进入堆场后将集装箱放在专用区域，利用闲期完成此类集装箱的全面检验工作。

同时，新的操作流程明确了各位服务人员的职责，方便了员工、服务小组量化考核的实施和服务质量的比较，可以进一步将日常工作业绩与绩效工资挂钩，提高服务责任心与工作主动性。

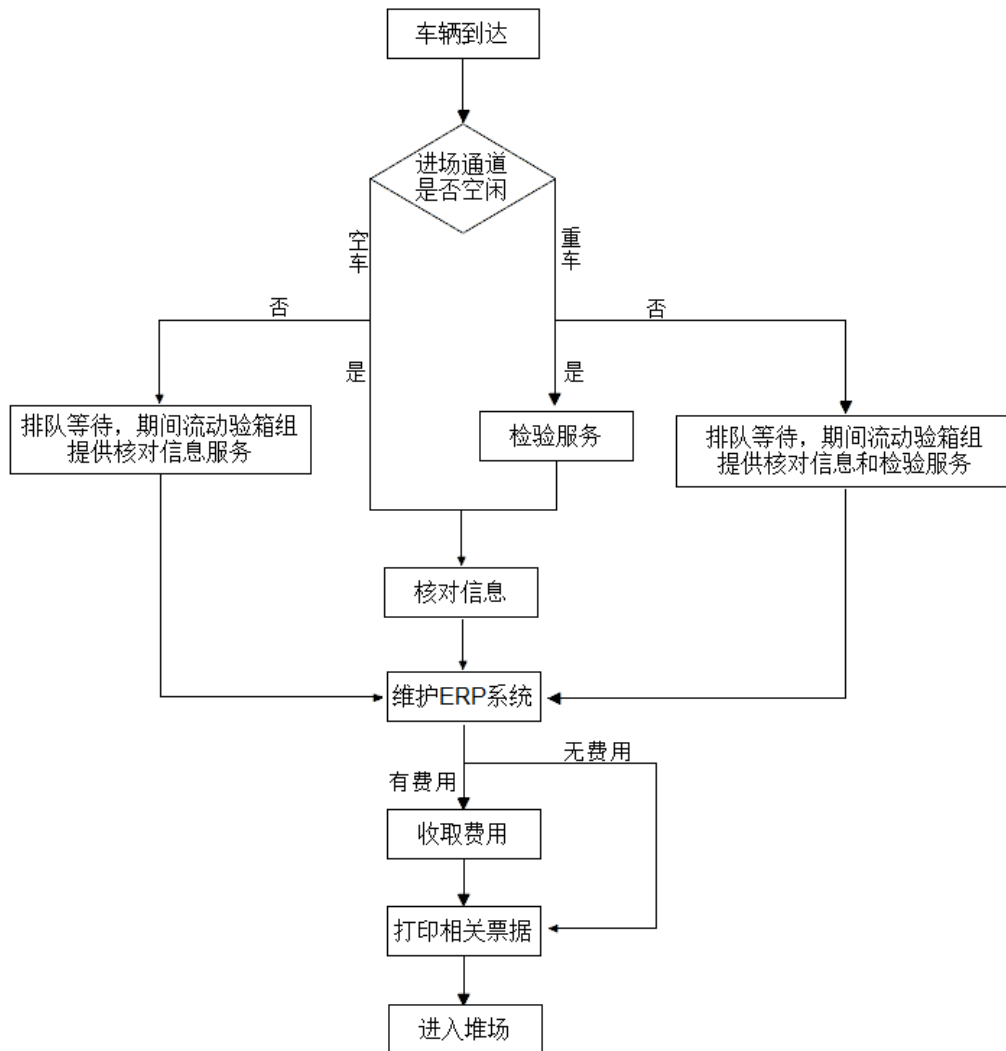


图 6-1 进场闸口新作业流程图

Fig6-1 Entry Gate New Operation Procedure

### 6.1.2 改进堆场的 ERP 系统，提升信息化水平

对堆场 ERP 系统操作要求方面的改进。将进场闸口服务员需要录入的集装箱信息进行分类，分为关键信息和非关键信息，关键信息是指在进场时必须及时录入的信息，这些信息或者是集装箱在 ERP 系统中的识别信息，或者是对进场后下一步工作产生重要影响的信息，如果没有这些信息会使得堆场下一环节服务工作无法开展。包括箱号、

集卡号、尺寸、箱型、经营人、放置箱位等，关键信息需要及时录入。非关键信息是指在录入的时限方面要求较为宽松，不需要及时录入，只要在一段时间（比如 3 小时）内完成录入即可，包括：集装箱的自重、载重、容积、机型、箱况、内角类型、制造日期、进场来源等等。这些信息的暂时缺失不会阻碍下一步骤的工作，但需要在一段时间内补齐，可以设定为 3 小时（一般根据冷藏集装箱航前检验的时长确定，在合适的环境温度、合适的箱况条件下，一个冷藏集装箱的航前检验工作大约需要 3.5 小时）。当进场闸口存在排队情况时，要求制单服务员只录入关键信息，而非关键信息要在闲期时补录，从而压缩制单服务时间。

对 ERP 系统功能的升级。由于集装箱是循环使用的，所以在堆场实际操作中，有相当多的集装箱会多次进入堆场。集装箱的箱号、箱型、尺寸、自重、载重、容积、机型、制造日期等信息属于固定属性信息，是不会发生改变的。因此通过完善 ERP 系统，将集装箱的固定属性信息存放在指定数据库中，在进场闸口计算机操作中设定按照箱号自动索检功能，当集装箱二次进场时，只要输入箱号，ERP 系统会自动索检出该集装箱的固定属性信息，不需要闸口服务员二次录入，减少操作时间。

在区位安排方面，将智能区位管理系统的功能应用到进场闸口操作系统中，由计算机系统根据众多事先设定好的约束条件计算出最优区位，直接打印进场小票，不需要现场服务人员进行指派操作，一方面提高操作效率，另一方面有利于现场科学调度。

加强 ERP 系统的网络化建设。将箱管操作系统、车队管理系统与闸口操作系统充分对接，发挥网络化的优势，消除信息孤岛，实现各部门信息实时的、充分的共享。例如码头直取类型的集装箱进场，箱管员会提前获得的进场计划，并将这些计划录入到箱管操作系统中；车队会根据箱管员的安排把派车信息录入到车队管理系统；那么进场闸口人员就能够及时的了解近期的工作量，对工作的安排更加准确及时，而且在制单过程中，通过关键字索检，能够从箱管操作系统中直接读取进场箱号，避免了重复录入，从而节省操作时间。

另外，当前光学字符识别（OCR）技术已经非常成熟，并且已经在码头运营管理中得到了实践应用。如果能够在堆场进场闸口采用 OCR 技术，可以形成自动识别进场车号——→计算机系统自动索检对应箱号与固定属性信息——→计算机系统自动分配提箱或放箱区位的操作模式，这将大大提高操作效率和操作的准确性，缩短服务时间，精简服务人员，减少顾客等待。

### 6.1.3 加强培训，提高服务人员能力

对于堆场而言，服务人员的工作技能、服务态度、工作热情直接影响着服务效率与服务质量，而服务人员效率的提高一般通过两个途径，一方面提高员工的有效工作时间，调动员工的积极性，使员工饱含激情的工作，激励员工主动服务、积极服务；另一方面提高员工的工作技能，通过技能的提升带动效率的提高。通过加强岗位培训和技术培训，提高服务人员的服务能力，通过不断的练习，做到熟能生巧。企业应积极为员工创造各种学习机会，开展各类技能比武活动，进行交流评比，树立模范榜样，引入竞争机制，督促员工不断学习进步。

特别是针对检验人员检验能力的培训，应当作为关注的重点。要使检验员在上岗前能够熟练掌握检验标准、检验方法、维修方案和注意事项，能够熟悉检验流程和操作流程，从而能够快速准确的完成相关操作，不断总结经验，提升检验效率。培训工作应定期开展，形式多样，注重实效，使员工能够在培训中不断充实和提高。同时培训工作要与员工绩效考核相结合，量化培训效果，使培训工作能够落到实处，达到实效。

## 6.2 缩短顾客感知等待时间的优化措施

等待心理学从顾客等待体验认知的角度为排队管理提供了另外一条解决途径。部分学者认为感知等待时间甚至比实际等待时间更为重要，因为如果等待的过程活泼有趣、令人享受，那么它就已经不是等待了<sup>[15]</sup>。因此堆场方面应该更多的关注顾客的等待体验，通过改善顾客体验提高顾客满意度。具体措施可以从以下几方面考虑。

首先尽可能的营造舒适的等待环境。当前绝大多数堆场进场闸口的服务设施比较简单，服务通道和等待缓冲区基本都是露天环境，遇到高温、雨雪等恶劣天气顾客的等待环境非常简陋。因此堆场方面可以对服务设施进行一定的升级改造，进行一些必要的服务设施建设。例如，在服务通道和等待缓冲区建设遮雨棚，能够在恶劣天气为集卡司机营造一个相对舒适的等待环境；在缓冲区设立一个饮水点，能够为等待的司机提供清洁卫生的饮用水；可以在等待区域播放节奏舒缓的背景音乐，有研究表明慢节奏的背景音乐能够降低顾客等待容忍区间的下限<sup>[33]</sup>，从而顾客可以接受更长的等待时间。

其次要提供“尊重顾客”的服务氛围。对顾客的尊重要体现在每一个服务细节中，使顾客感受到堆场服务过程中竭尽全力。例如，如果顾客已经排了很长的队伍，等待了很长的时间，可是服务人员却是一副慢慢腾腾、无所谓的样子，工作节奏缓慢。或者有人没完没了的打电话，有人在整理资料，有人谈笑风生，有人准备去吃饭。这些无疑会

使顾客感到被轻视，感到不受尊重。如果所有服务人员办事认真负责，工作环境紧张、迅速、有序，所有服务人员均以顾客的需求为第一工作要务，那么相信顾客满意度会大大提高。另外所有服务人员与顾客沟通中应做到热情、礼貌，语气和蔼，耐心解答顾客的问题，为顾客指明解决问题的渠道。禁忌使用“这个不关我事”、“不知道”等推卸责任的语言。

最后应当尽可能消除顾客等待过程中的“焦虑感”。当顾客感到被忽视，或者不清楚服务的流程，不知道还要等待多长时间，无法控制等待结果的时候，就容易变得焦虑起来。而焦虑会使得等待更加难以忍受。如果企业没有顾及顾客的“焦虑感”，顾客就容易产生强烈的不满情绪。如果想有效的缓解顾客的“焦虑”心情，可以从两方面入手。一是设计面对等待的反馈机制，使顾客感觉到与服务机构之间存在充分的沟通，让顾客了解当前的排队情况；设置显示屏介绍堆场的服务流程，避免顾客因手续不全排队后也无法办理业务；另外还可在闸口设置时间显示，真实反映等待时间，避免顾客感觉偏差。二是当排队较长时，服务小组组长应尽快开展审核单据等工作，因为有了服务人员与顾客的沟通与接触，对顾客而言意味着服务已经开始，能够减轻顾客的焦虑。

### 6.3 优化实施的保障措施

以上从两个维度对 DY 堆场进场闸口的优化改进措施给出了建议，为了保障这些优化措施能够得到有效的实施，拟从组织管理、人力资源、企业文化三个方面提出保障措施。

#### （1）组织管理的保障

首先，企业管理的优化改进离不开领导层的关注和支持，要及时向领导层陈述优化改进措施的优点，得到他们的肯定，领导层的支持与肯定是优化改进措施在公司内部得到有效实施的前提。因为一方面在改进过程中肯定会对一部分人的既得利益产生影响，总会有不同声音出现，阻碍改进工作的开展，只有领导层的坚决支持和排除反对意见影响，才会使管理改进工作沿着正确的道路前进；另一方面，领导层的重视与推动，可以在资源上给予较多的支持，从而保证改进工作能够高效、有序的运作。

其次，要成立专门的实施小组，明确职责与分工，制定工作计划，加强日常协调，完善各项管理制度。各项管理制度的完善与执行是实施小组的重要工作内容之一，应当针对存在的具体问题制定相应的管理制度，各制度之间要有机结合、相互依托，形成体系。同时，必须严格监督各项制度的执行，确保各制度能够得到有效的落实。



## （2）人力资源的保障

人才是企业生存和发展的基础，不论是哪个层次、哪个方面、哪种形式的改进工作最终都要依靠人的创造力和执行力来完成，因此要建立和完善人才引进机制和培养机制。在人员招聘环节应坚持需求导向，明确用人标准，坚持科学招聘，公平公开，择优录用，把适合的人员招聘到合适的岗位，把好人力资源管理的第一关。其次，企业要制定多层次、多渠道、重实效的人员培训制度，及时更新员工的知识技能，提高员工的知识素养，提高人力绩效。要保持合理的培训投入，落实培训制度的执行，跟踪评估培训的效果。最后，企业要制定具有激励性的绩效考评制度，建立公平的晋升选拔制度，做好员工职业生涯规划，使员工充满归属感、责任感，打造一支勇于创新、富于进取、稳定的员工队伍。

## （3）企业文化的保障

企业文化是企业价值观、经营理念、思维方式和行为方式的总体表现，它对形成企业内部凝聚力和外部竞争力起到积极作用，是企业核心竞争力的关键所在。有了良好的企业文化的支撑与影响，企业的发展、内部的改善、管理的提升会更加的顺畅、高效。在改进措施实施的同时必须对原有的企业文化进一步加以完善，要向每一位员工传递什么是正确的行为、什么是错误的行为；什么是公司赞同和提倡的、什么是公司反对和禁止的；公司的社会责任有哪些；公司的道德规范是什么。具体来说可以从以下几个方面考虑：

1) 面向未来，注重成效。为了确保企业的蓬勃发展和长远业绩，公司应积极倡导并参与市场和技术的革新，以确保公司始终能为客户提供富有创意的解决方案，为员工提供具有吸引力的工作岗位。

2) 服务大众，尽责社会。企业的活动必须符合社会公众利益，企业的产品和服务首先应当为人类安全、资源节约、环境保护作出贡献。

3) 锐意进取、有行必果。倡导积极进取，以负责求实的企业家精神，为实现目标而不懈努力。

4) 公平公正、合作双赢。把员工与企业之间、员工与员工之间、员工与顾客之间合作的公平公正性视为企业成功的必备条件。

## 6.4 本章小结

本章根据前面章节对 DY 堆场进场闸口目前存在的问题以及优化目标，对 DY 进场

闸口提出了具体的优化改进措施。在实际等待时间方面，分别从流程改进、信息化水平提升、技能培训三方面提出优化措施。在感知等待时间方面，根据等待心理学的相关理论提出了改善顾客等待体验的具体措施。最后从组织管理、人力资源、企业文化三个方面提出了优化实施的保障措施。

## 第七章 结 论

通过对 DY 集装箱堆场闸口系统的现场调研、问卷调查、文献阅读和专家访谈等方式，获取了大量数据资料，依据排队管理相关理论对获取的数据资料进行了系统地分析与研究，得出如下结论：

结论 1：顾客对 DY 集装箱堆场进场闸口的现有服务水平满意度较低，服务质量投诉事件频发。等待时间过长是进场闸口面临的主要管理瓶颈，已经严重影响到堆场服务质量的提升与经营理念的落实。对 DY 堆场而言，亟需探寻科学有效的排队管理方法，优化进场闸口排队系统，提升进场闸口服务能力。

结论 2：DY 堆场进场闸口顾客的等待容忍区间下限选定为 10 分钟。根据对问卷调查结果的统计分析，对于进场闸口顾客而言，如果等待时间超过 10 分钟满意比例将从 87.5% 快速下降为 27.5%，如果等待时间超过 15 分钟不满意比例从 15.5% 快速上升为 72.5%，因此可以判定进场闸口顾客的等待容忍区间下限应在 10-15 分钟之间。选定 10 分钟作为顾客等待容忍区间的下限，有利于消除顾客不满意的情况，保证 DY 堆场的服务质量具有竞争力。

结论 3：DY 堆场进场闸口排队的数学模型属于  $M/G/S/\infty/\infty/FCFS$  排队模型。其中车辆达到分布服从  $\lambda = 21.53$  的泊松分布；进场闸口每条服务通道的空车服务时间服从正态分布  $N_{E\sim}(0.065, 0.016^2)$ ，重车服务时间服从正态分布  $N_{P\sim}(0.173, 0.027^2)$ ，空车与重车的到达比例  $\alpha = 0.482$ 。经过计算得出顾客平均等待时间  $W_q = 21.69$  分钟，远远超出了顾客能够容忍的限度。

结论 4：根据费用优化模型，DY 进场闸口的最优化状态为设置 2 条服务通道，服务率为 12.04，此时其综合成本达到最低 474.33 元每小时。根据愿望优化模型，DY 进场闸口的最优化状态为设置 2 条服务通道，服务率为 12.1，此时其顾客平均等待时间小于 10 分钟，服务通道闲期小于 65%。目前 DY 进场闸口没有处于最优状态，需要进行优化改造。

结论 5：应用排队论仅仅解决了进场闸口顾客实际等待时间的问题，同时还应该重视进场闸口顾客的感知等待时间。以“等待心理十原则”为指导，采取一系列措施，改善顾客等待体验，引导顾客等待认知，营造尊重顾客的服务氛围，优化各项硬件设施，及时向顾客传递相关服务信息，消除或降低顾客等待焦虑感。这是 DY 堆场进场闸口优化措施中不可忽视的一个方面，只有双管齐下，才能事半功倍。

## 参考文献

- [1]胡磊. 集装箱港口闸口及堆场作业优化研究[D].上海交通大学,2013.
- [2]高霓. 改善深圳某集装箱码头闸口通过能力的研究[D].大连海事大学,2008.
- [3] F. Robert Jacobs,Richard B. Chase.运营管理第 13 版[M].任建标,译. 北京:机械工业出版社,2011.
- [4] Philip Kotler, Kevin Lane Keller.营销管理第 14 版[M].王永贵,译. 北京:中国人民大学出版社,2012.
- [5] 郭国庆.服务营销管理[M].北京:中国人民大学出版社,2005.
- [6] 冯俊,张运来.服务管理学[M].北京:科学出版社,2010.
- [7] 陆传赓.排队论第 2 版[M].北京:北京邮电大学出版社,2009.
- [8]石英. 基于随机服务过程的铁路物流服务系统可靠性研究[D].中南大学,2011.
- [9]董婧,乐美龙. 基于串联排队网络的集装箱码头系统分析[J]. 中国水运(学术版),2006,12:40-42.
- [10]杨欢. M/M/n 等待制排队模型在景区售票点的应用[J]. 今日财富(金融发展与监管),2011,07:132-134.
- [11]张雅清. 排队论在超市收银服务系统中的应用研究[D].重庆师范大学,2007.
- [12]蔡敏振. 多服务台排队问题研究及其利润最大化讨论[D].大连海事大学,2010.
- [13]刘翠莲,计明军,郁兰,邱婕,高霓. 集装箱码头闸口作业系统通过能力研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2011,04:117-123.
- [14]曹旭敏. 银行服务系统排队问题研究[D].宁波大学,2012.
- [15]Maister D. The psychology of waiting in lines[A]. Czepiel JA, Solomon.MR, Sureprenant CF, editors. The service Encounter: Managing Employees/customer Interaction in Service Business[C]. Lexington,MA:Heath;1985.
- [16] 岳睿.知道吗? 等待也有心理学[N].河南商报,2008-1-19(A21).
- [17] (意)G. 佩里切利. 服务营销学[M]. 张宓,译. 北京:对外经济贸易大学出版社, 2000.
- [18] Hornik J. Subjective vs. objective time measure: A note on the perception of time in consumer behavior[J]. Journal of Consumer Research,1984,11(1):615~618.
- [19]魏燕荣. 缩短感觉等待时间 提高顾客满意程度——浅析商业银行顾客等待心理[J]. 硅谷,2009,03:193.

- [20]陈羽. 优化用户等待体验的服务系统设计研究[J]. 装饰,2014,07:112-114.
- [21]Yan,R.N., Lotz,S. The waiting game: The role of predicted value, wait disconfirmation and providers' actions in consumers' service evaluations[J]. Advances in Consumer Research, 2006(33):412~418.
- [22]张辉. 基于等待容忍度的银行动态排队服务系统[D].陕西师范大学,2012.
- [23]俞义. 排队服务管理的心理学分析[J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报,2006,02:51-53.
- [24]俞晓. 用排队论确定集装箱码头的进出大门及车道数——兼析上港九区集箱码头进出大门及车道数设计[J]. 港口工程,1985,02:68-70.
- [25]姜俞竹. 集装箱码头闸口合理规模确定及系统仿真[D].大连海事大学,2010.
- [26]陈晨. 顾客等待时间——顾客满意概念模型及实证[J]. 福建论坛(社科教育版),2008,10:121-123.
- [27]郭国庆,孟捷,寇小萱. 顾客容忍区理论评述及扩展[J]. 管理评论,2004,08:32-36+42-64.
- [28]李华敏,张辉. 顾客等待容忍度与银行排队服务系统的优化[J]. 金融论坛,2011,02:29-34.
- [29]Jifa GU,Shanying XU,Yong FANG,Kan SHI,Benfu LV,Geng PENG,Bo WANG,Li SONG,Rong XIE. THREE ASPECTS ON SOLVING QUEUING SERVICE SYSTEM IN SHANGHAI WORLD EXPO[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering,2013,03:340-361.
- [30]周文慧,黄伟祥,吴永忠,李合龙. 提高顾客等待满意度的两类排队管理策略[J]. 管理科学学报,2014,04:1-10+33.
- [31]. “客户最佳等待时间为 10 分钟”——富晨理财发布“大陆零售银行网点调查数据”[J]. 卓越理财,2007,02:91.
- [32]本报记者 张牧涵. 零点中国银行服务指数发布[N]. 市场报,2008-01-16003.
- [33]邢宁宁,汪京强. 基于现场实验的背景音乐对顾客等待时间的影响研究——以华侨大学主题实验餐厅为例[J]. ,2012,v.34;No.20101:49-56+39.
- [34]徐鑫,郭民之,石峰利. 双峰数据分布的模拟[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2013,02:46-51.
- [35]麦宇雄,卢永昌,覃杰. 随机服务系(统排队论)在集装箱码头大门设计中的应用[J]. 水

运工程,2007,05:39-42.

## 附录

附 1：2014 年 7 月-9 月，DY 堆场进场闸口服务时间抽样统计情况如下表：

表 1 进场闸口服务时间统计表

Table1 The Statistics of Entry Gate Service Time

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
1	7 月 3 日	654	0.182	重车
2	7 月 3 日	278	0.077	空车
3	7 月 3 日	188	0.052	空车
4	7 月 5 日	294	0.082	空车
5	7 月 5 日	209	0.058	空车
6	7 月 5 日	842	0.234	重车
7	7 月 5 日	222	0.062	空车
8	7 月 5 日	664	0.184	重车
9	7 月 5 日	502	0.139	重车
10	7 月 5 日	181	0.05	空车
11	7 月 11 日	249	0.069	空车
12	7 月 11 日	618	0.172	重车
13	7 月 11 日	512	0.142	重车
14	7 月 11 日	660	0.183	重车
15	7 月 11 日	580	0.161	重车
16	7 月 11 日	546	0.152	重车
17	7 月 11 日	546	0.152	重车
18	7 月 11 日	730	0.203	重车
19	7 月 11 日	256	0.071	空车
20	7 月 11 日	566	0.157	重车
21	7 月 11 日	234	0.065	空车
22	7 月 17 日	586	0.163	重车
23	7 月 17 日	592	0.164	重车
24	7 月 17 日	656	0.182	重车
25	7 月 17 日	548	0.152	重车
26	7 月 17 日	246	0.068	空车
27	7 月 23 日	284	0.079	空车
28	7 月 23 日	212	0.059	空车
29	7 月 23 日	282	0.078	空车
30	7 月 23 日	242	0.067	空车
31	7 月 23 日	212	0.059	空车
32	7 月 23 日	194	0.054	空车
33	7 月 23 日	590	0.164	重车
34	7 月 23 日	676	0.188	重车
35	7 月 27 日	285	0.079	空车
36	7 月 27 日	636	0.177	重车
37	7 月 27 日	668	0.186	重车
101	8 月 23 日	688	0.191	重车
102	8 月 23 日	696	0.193	重车
103	8 月 23 日	352	0.098	空车
104	8 月 23 日	402	0.112	空车
105	8 月 23 日	710	0.197	重车
106	8 月 23 日	784	0.218	重车
107	8 月 23 日	604	0.168	重车
108	8 月 23 日	325	0.09	空车
109	8 月 23 日	646	0.179	重车
110	8 月 23 日	102	0.028	空车
111	8 月 23 日	258	0.072	空车
112	8 月 23 日	254	0.071	空车
113	8 月 23 日	464	0.129	重车
114	8 月 23 日	582	0.162	重车
115	8 月 23 日	628	0.174	重车
116	8 月 29 日	618	0.172	重车
117	8 月 29 日	826	0.229	重车
118	8 月 29 日	636	0.177	重车
119	8 月 29 日	242	0.067	空车
120	8 月 29 日	676	0.188	重车
121	8 月 29 日	218	0.061	空车
122	8 月 29 日	640	0.178	重车
123	9 月 3 日	518	0.144	重车
124	9 月 3 日	616	0.171	重车
125	9 月 3 日	600	0.167	重车
126	9 月 3 日	458	0.127	重车
127	9 月 3 日	205	0.057	空车
128	9 月 3 日	560	0.156	重车
129	9 月 3 日	150	0.042	空车
130	9 月 3 日	734	0.204	重车
131	9 月 3 日	598	0.166	重车
132	9 月 3 日	534	0.148	重车
133	9 月 3 日	814	0.226	重车
134	9 月 3 日	164	0.046	空车
135	9 月 3 日	564	0.157	重车
136	9 月 3 日	534	0.148	重车
137	9 月 8 日	720	0.2	重车

表 1 进场闸口服务时间统计表（续）

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
38	7月27日	608	0.169	重车
39	7月27日	359	0.1	重车
40	7月27日	186	0.052	空车
41	7月27日	704	0.196	重车
42	7月27日	385	0.107	重车
43	8月4日	574	0.159	重车
44	8月4日	238	0.066	空车
45	8月4日	246	0.068	空车
46	8月11日	760	0.211	重车
47	8月11日	524	0.146	重车
48	8月11日	138	0.038	空车
49	8月11日	646	0.179	重车
50	8月11日	176	0.049	空车
51	8月11日	774	0.215	重车
52	8月11日	464	0.129	重车
53	8月11日	682	0.189	重车
54	8月11日	624	0.173	重车
55	8月11日	640	0.178	重车
56	8月11日	604	0.168	重车
57	8月11日	760	0.211	重车
58	8月11日	378	0.105	空车
59	8月11日	516	0.143	重车
60	8月12日	256	0.071	空车
61	8月12日	674	0.187	重车
62	8月12日	730	0.203	重车
63	8月12日	323	0.09	空车
64	8月12日	752	0.209	重车
65	8月12日	488	0.136	重车
66	8月12日	226	0.063	空车
67	8月12日	614	0.171	重车
68	8月12日	230	0.064	空车
69	8月12日	682	0.189	重车
70	8月12日	570	0.158	重车
71	8月12日	146	0.041	空车
72	8月12日	618	0.172	重车
73	8月12日	108	0.03	空车
74	8月12日	166	0.046	空车
75	8月12日	610	0.169	重车
76	8月12日	774	0.215	重车
77	8月12日	195	0.054	空车
78	8月16日	586	0.163	重车
79	8月16日	624	0.173	重车
80	8月16日	210	0.058	空车

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
138	9月8日	708	0.197	重车
139	9月8日	192	0.053	空车
140	9月8日	272	0.076	空车
141	9月8日	504	0.14	重车
142	9月8日	278	0.077	空车
143	9月8日	238	0.066	空车
144	9月8日	610	0.169	重车
145	9月8日	217	0.06	空车
146	9月8日	254	0.071	空车
147	9月8日	644	0.179	重车
148	9月9日	556	0.154	重车
149	9月9日	664	0.184	重车
150	9月9日	556	0.154	重车
151	9月9日	218	0.061	空车
152	9月9日	221	0.061	空车
153	9月9日	238	0.066	空车
154	9月9日	206	0.057	空车
155	9月9日	652	0.181	重车
156	9月9日	289	0.08	空车
157	9月9日	244	0.068	空车
158	9月9日	696	0.193	重车
159	9月9日	668	0.186	重车
160	9月9日	294	0.082	空车
161	9月9日	222	0.062	空车
162	9月9日	642	0.178	重车
163	9月9日	774	0.215	重车
164	9月9日	366	0.102	空车
165	9月9日	402	0.112	重车
166	9月9日	482	0.134	重车
167	9月18日	233	0.065	空车
168	9月18日	270	0.075	空车
169	9月18日	596	0.166	重车
170	9月18日	624	0.173	重车
171	9月18日	242	0.067	空车
172	9月18日	142	0.039	空车
173	9月18日	154	0.043	空车
174	9月18日	492	0.137	重车
175	9月18日	237	0.066	空车
176	9月18日	578	0.161	重车
177	9月21日	570	0.158	重车
178	9月21日	144	0.04	空车
179	9月21日	262	0.073	空车
180	9月21日	492	0.137	重车



表 1 进场闸口服务时间统计表（续）

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
81	8 月 16 日	244	0.068	空车
82	8 月 16 日	800	0.222	重车
83	8 月 16 日	274	0.076	空车
84	8 月 20 日	652	0.181	重车
85	8 月 20 日	124	0.034	空车
86	8 月 20 日	342	0.095	空车
87	8 月 20 日	292	0.081	空车
88	8 月 20 日	676	0.188	重车
89	8 月 20 日	518	0.144	重车
90	8 月 20 日	284	0.079	空车
91	8 月 20 日	734	0.204	重车
92	8 月 20 日	574	0.159	重车
93	8 月 20 日	638	0.177	重车
94	8 月 20 日	178	0.049	空车
95	8 月 20 日	706	0.196	重车
96	8 月 20 日	748	0.208	重车
97	8 月 20 日	630	0.175	重车
98	8 月 20 日	554	0.154	重车
99	8 月 20 日	260	0.072	空车
100	8 月 20 日	740	0.206	重车
181	9 月 21 日	200	0.056	空车
182	9 月 21 日	460	0.128	重车
183	9 月 21 日	236	0.066	空车
184	9 月 21 日	232	0.064	空车
185	9 月 21 日	502	0.139	重车
186	9 月 26 日	706	0.196	重车
187	9 月 26 日	716	0.199	重车
188	9 月 26 日	536	0.149	重车
189	9 月 26 日	274	0.076	空车
190	9 月 26 日	668	0.186	重车
191	9 月 26 日	704	0.196	重车
192	9 月 26 日	225	0.063	空车
193	9 月 26 日	202	0.056	空车
194	9 月 26 日	189	0.053	空车
195	9 月 26 日	640	0.178	重车
196	9 月 26 日	540	0.150	重车
197	9 月 26 日	504	0.140	重车
198	9 月 26 日	266	0.074	空车
199	9 月 28 日	708	0.197	重车
200	9 月 28 日	214	0.059	空车

附 2: DY 堆场进场闸口优化后, 2015 年 6 月-9 月新服务时间抽样统计情况如下表:

表 2 进场闸口新服务时间统计表

Table2 The Statistics of Entry Gate New Service Time

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
1	6 月 3 日	449	0.125	重车
2	6 月 3 日	242	0.067	空车
3	6 月 3 日	390	0.108	重车
4	6 月 6 日	240	0.067	空车
5	6 月 6 日	401	0.111	重车
6	6 月 6 日	445	0.124	重车
7	6 月 6 日	405	0.113	重车
8	6 月 6 日	170	0.047	空车
9	6 月 6 日	495	0.138	重车
10	6 月 11 日	193	0.054	空车
11	6 月 11 日	166	0.046	空车
12	6 月 11 日	231	0.064	空车
13	6 月 11 日	189	0.053	空车
14	6 月 11 日	399	0.111	重车
15	6 月 11 日	267	0.074	空车
16	6 月 11 日	349	0.097	重车
17	6 月 11 日	311	0.086	重车
18	6 月 11 日	199	0.055	空车
19	6 月 11 日	437	0.121	重车
20	6 月 11 日	128	0.036	空车
21	6 月 12 日	115	0.032	空车
22	6 月 12 日	132	0.037	空车
23	6 月 12 日	111	0.031	空车
24	6 月 16 日	384	0.107	重车
25	6 月 16 日	152	0.042	空车
26	6 月 16 日	419	0.116	重车
27	6 月 16 日	447	0.124	重车
28	6 月 28 日	196	0.054	空车
29	6 月 28 日	172	0.048	空车
30	6 月 28 日	165	0.046	空车
31	6 月 28 日	154	0.043	空车
32	6 月 28 日	313	0.087	重车
33	6 月 28 日	166	0.046	空车
34	6 月 28 日	383	0.106	重车

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
101	7 月 31 日	219	0.061	空车
102	7 月 31 日	283	0.079	重车
103	7 月 31 日	416	0.116	重车
104	7 月 31 日	491	0.136	重车
105	7 月 31 日	180	0.050	空车
106	7 月 31 日	350	0.097	重车
107	7 月 31 日	423	0.118	重车
108	7 月 31 日	519	0.144	重车
109	7 月 31 日	179	0.050	空车
110	7 月 31 日	140	0.039	空车
111	7 月 31 日	166	0.046	空车
112	7 月 31 日	412	0.114	重车
113	7 月 31 日	366	0.102	重车
114	8 月 8 日	176	0.049	空车
115	8 月 8 日	488	0.136	重车
116	8 月 8 日	220	0.061	空车
117	8 月 8 日	429	0.119	重车
118	8 月 8 日	324	0.090	重车
119	8 月 8 日	407	0.113	重车
120	8 月 8 日	339	0.094	重车
121	8 月 8 日	214	0.059	空车
122	8 月 8 日	127	0.035	空车
123	8 月 8 日	335	0.093	重车
124	8 月 8 日	136	0.038	空车
125	8 月 8 日	343	0.095	重车
126	8 月 8 日	329	0.091	重车
127	8 月 9 日	140	0.039	空车
128	8 月 9 日	107	0.030	空车
129	8 月 9 日	271	0.075	重车
130	8 月 9 日	123	0.034	空车
131	8 月 9 日	432	0.120	重车
132	8 月 9 日	386	0.107	重车
133	8 月 9 日	212	0.059	空车
134	8 月 9 日	145	0.040	空车

表 2 进场闸口新服务时间统计表（续）

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
35	6 月 28 日	216	0.06	空车
36	6 月 28 日	85	0.024	空车
37	6 月 28 日	358	0.099	重车
38	6 月 28 日	160	0.044	空车
39	6 月 28 日	286	0.079	空车
40	6 月 28 日	393	0.109	重车
41	7 月 9 日	342	0.095	重车
42	7 月 9 日	319	0.089	重车
43	7 月 9 日	144	0.04	空车
44	7 月 9 日	203	0.056	空车
45	7 月 9 日	168	0.047	空车
46	7 月 9 日	385	0.107	重车
47	7 月 9 日	342	0.095	重车
48	7 月 9 日	344	0.096	重车
49	7 月 9 日	111	0.031	空车
50	7 月 9 日	157	0.044	空车
51	7 月 9 日	328	0.091	重车
52	7 月 14 日	377	0.105	重车
53	7 月 14 日	182	0.051	空车
54	7 月 14 日	389	0.108	重车
55	7 月 14 日	332	0.092	重车
56	7 月 14 日	395	0.11	重车
57	7 月 14 日	155	0.043	空车
58	7 月 14 日	297	0.083	空车
59	7 月 14 日	450	0.125	重车
60	7 月 15 日	468	0.13	重车
61	7 月 15 日	436	0.121	重车
62	7 月 15 日	205	0.057	空车
63	7 月 15 日	198	0.055	空车
64	7 月 19 日	299	0.083	重车
65	7 月 19 日	209	0.058	空车
66	7 月 19 日	417	0.116	重车
67	7 月 19 日	231	0.064	空车
68	7 月 19 日	183	0.051	空车
69	7 月 19 日	418	0.116	重车
70	7 月 19 日	364	0.101	重车
71	7 月 19 日	451	0.125	重车
72	7 月 19 日	147	0.041	空车
73	7 月 19 日	181	0.05	空车
74	7 月 19 日	373	0.104	重车
75	7 月 19 日	400	0.111	重车
76	7 月 19 日	378	0.105	重车

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
135	8 月 9 日	214	0.059	空车
136	8 月 9 日	509	0.141	重车
137	8 月 9 日	202	0.056	空车
138	8 月 9 日	373	0.104	重车
139	8 月 9 日	359	0.1	重车
140	8 月 13 日	151	0.042	空车
141	8 月 13 日	186	0.052	空车
142	8 月 13 日	244	0.068	空车
143	8 月 13 日	91	0.025	空车
144	8 月 13 日	176	0.049	空车
145	8 月 13 日	151	0.042	空车
146	8 月 13 日	383	0.106	重车
147	8 月 13 日	194	0.054	空车
148	8 月 16 日	377	0.105	重车
149	8 月 16 日	408	0.113	重车
150	8 月 16 日	375	0.104	重车
151	8 月 16 日	390	0.108	重车
152	8 月 17 日	493	0.137	重车
153	8 月 17 日	364	0.101	重车
154	8 月 17 日	463	0.129	重车
155	8 月 17 日	408	0.113	重车
156	8 月 25 日	290	0.081	重车
157	8 月 25 日	355	0.099	重车
158	8 月 25 日	162	0.045	空车
159	8 月 25 日	433	0.12	重车
160	8 月 25 日	540	0.15	重车
161	8 月 25 日	260	0.072	重车
162	8 月 25 日	243	0.068	空车
163	8 月 25 日	544	0.151	重车
164	8 月 25 日	465	0.129	重车
165	8 月 25 日	323	0.09	重车
166	8 月 25 日	381	0.106	重车
167	8 月 25 日	158	0.044	空车
168	8 月 25 日	425	0.118	重车
169	8 月 30 日	364	0.101	重车
170	8 月 30 日	388	0.108	重车
171	8 月 30 日	122	0.034	空车
172	8 月 30 日	361	0.1	重车
173	8 月 30 日	239	0.066	空车
174	8 月 30 日	315	0.088	重车
175	8 月 30 日	117	0.033	空车
176	8 月 30 日	422	0.117	重车

表 2 进场闸口新服务时间统计表（续）

序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
77	7月19日	210	0.058	空车
78	7月19日	417	0.116	重车
80	7月21日	457	0.127	重车
81	7月21日	313	0.087	重车
82	7月21日	318	0.088	重车
83	7月21日	310	0.086	重车
84	7月21日	372	0.103	重车
85	7月21日	118	0.033	空车
86	7月21日	467	0.13	重车
87	7月25日	171	0.048	空车
88	7月25日	481	0.134	重车
89	7月25日	162	0.045	空车
90	7月25日	376	0.104	重车
91	7月25日	174	0.048	空车
92	7月25日	164	0.046	空车
93	7月25日	135	0.038	空车
94	7月25日	371	0.103	重车
95	7月25日	130	0.036	空车
96	7月25日	125	0.035	空车
97	7月25日	354	0.098	重车
98	7月25日	400	0.111	重车
99	7月25日	458	0.127	重车
100	7月25日	164	0.046	空车
序号	日期	服务时间		顾客类型
		统计值 (秒)	计算值 (小时)	
177	8月30日	182	0.051	空车
178	8月30日	130	0.036	空车
180	8月30日	95	0.026	空车
181	8月30日	506	0.141	重车
182	9月2日	392	0.109	重车
183	9月2日	264	0.073	空车
184	9月2日	207	0.058	空车
185	9月2日	421	0.117	重车
186	9月2日	317	0.088	重车
187	9月2日	487	0.135	重车
188	9月2日	251	0.07	空车
189	9月2日	69	0.019	空车
190	9月2日	373	0.104	重车
191	9月2日	128	0.036	空车
192	9月2日	185	0.051	空车
193	9月2日	167	0.046	空车
194	9月2日	316	0.088	重车
195	9月2日	112	0.031	空车
196	9月2日	392	0.109	重车
197	9月2日	342	0.095	重车
198	9月2日	460	0.128	重车
199	9月2日	412	0.114	重车
200	9月2日	196	0.054	空车

附 3:

### 问卷调查

您好！我是中国石油大学经济管理学院研究生，非常感谢您能参与本次调查。本次调研主要为了获得堆场进场闸口系统的服务数据指标，为提高进场闸口的服务水平和顾客满意度提供系列参考。您的回答对我非常重要，请将您的答案选项上画“√”

1、在进场闸口办理业务时，您**最关注**进场闸口的哪些方面（）

- A. 服务人员的服务态度      B. 排队等待时间      C. 办理业务的速度      D. 现场公平有序的秩序      E. 对司机的引导与需求关注      F. 现场设施与环境      G. 其它

2、在 DY 进场闸口办理业务时，您**最不满意**的问题是（）

- A. 服务态度差      B. 排队等待时间长      C. 员工不专业，办理业务慢  
D. 对司机需求关注少      E. 现场设施老旧与环境脏乱      F. 其它

3、在 DY 进场闸口办理业务时，您通常需要排队等待多长时间（）。

- A. 10 分钟以内      B. 10-20 分钟      C. 20-30 分钟      D. 30 分钟以上

4、当排队等待超过（）时，您通常会开始感到急躁、不适或失落。

- A. 5 分钟      B. 8 分钟      C. 10 分钟      D. 15 分钟      E. 20 分钟      F. 30 分钟      H. 其它

5、当排队等待超过（）时，您通常会开始感到厌烦、气恼或不能原谅。

- A. 5 分钟      B. 8 分钟      C. 10 分钟      D. 15 分钟      E. 20 分钟      F. 30 分钟      H. 其它

6、为了缩短排队时间，您是否愿意参与些进场的工作（）。

- A. 是      B. 否

7、如果上一题您选择是，请回答您愿意参与哪些工作（）【多选】。

- A. 开关箱门      B. 开关控制器门      C. 记录皮重毛重等信息      D. 提供检验信息

8、您认为 DY 进场闸口的综合服务水平在青岛地区堆场中属于（）

- A. 名列前茅      B. 中上水平      C. 中间水平      D. 中下水平      E. 很差

## 致谢

流年似水，日月如梭，三年时光弹指挥间。在中国石油大学（华东）的 MBA 学习是一次让人终生难忘的经历，让我受益匪浅。石大美丽的萃园四季如画，授课老师学识渊博、高屋建瓴，MBA 中心的老师工作细致严谨、认真负责，同学们思考开阔、团结奋进，这一切给我留下了深刻印象，能够成为其中一员深感自豪。感谢亲人、老师、同学的一路相伴，我将把这份亲情、师生情、同学情铭记在心。

感谢我的导师王文铭副教授的悉心教导与热忱鼓励，在整个论文写作以及学习过程中王老师细心指导、不厌其烦，帮助我开拓思路、查找问题、寻找方案，他的博学与严谨让我由衷钦佩。山高水远有时尽，唯有师恩日月长。这份师生情谊我将没齿不忘。

感谢我的校外老师张继龙副总，在百忙之中抽出时间指导的我论文写作，帮助我搜集数据，理顺思路，针对堆场闸口操作的诸多实际问题给出专业的指导意见和建议，在此表示真挚的感谢。

感谢家人的鼓励与支持，因为有家人的鼓励我才参加了石大 MBA 的选拔考试，有了这次难忘的求学经历，开阔了思路与眼界；因为有家人的默默付出，承担了家中诸多事务，才使我能够安心学业。由衷感谢家人一直以来的付出。