



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业论文

卷烟厂成品仓库规划与仿真研究

Research on Planning and Simulation of Finished Product

Warehouse of Cigarette Factory

姓 名 李津帅

学 院 智能制造学院

专 业 物流管理

指导教师 杨华

职 称 副教授

完成时间 2021.06.04

天津中德应用技术大学
本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：

年 月 日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：

年 月 日

摘 要

卷烟厂作为一家大型生产型企业，近年来其生产规模和需求不断增大，原本的仓库布局、利库设备已经不能满足当前的生产规模并会产生大量的成本。企业为了满足当下的生产需求、降低仓储成本，需对原有仓库进行升级改造。本文在收集了该仓库基础信息与数据基础上，结合企业实际需求，对仓库升级改造后的布局进行了优化设计，对已有的仓储设备进行分析、升级改造，提高仓库的自动化程度，解决仓库利用率低、仓储成本高等问题提供依据。本文研究内容主要来源于对某卷烟厂的实地调研。

首先针对现有仓库的布局进行需求和目标的确定，找出规划中的关键问题，根据可行性分析（技术可行性和经济可行性）总结规划步骤并列出现场方案。

其次根据卷烟厂成品库规划的步骤和需求，分别对卷烟厂成品库作业方式、货物种类、货格尺寸、货架尺寸、作业形式、货物出入库形式以及流程进行设计优化，对货架区面积进行重新计算，并确定货物单元出入高层货架的形式和货架区与作业区的衔接形式，列出设计出卷烟厂成品库的布局图，为后面的仿真做出铺垫。

依据仓库模型构建步骤，列出仿真目标，以此为基础，做出仿真布局图，最后在Flexsim仿真上验证其可行性，运行并进行结果分析。对设计后的卷烟厂成品库运行过程进行模拟仿真，并通过对运行后结果分析，找出其中的不足，再进行合理优化，进而做出总结与展望。

目前仓库规划与设计研究文献，大多集中在电商仓库、冷链仓库等的优化改造方面，对卷烟厂成品库研究的文献较少。而随着卷烟厂烟的规格品种的增加、订单数量的变化，越来越多的卷烟厂需对仓库进行升级改造。本文提出成品库规划与设计步骤可为其它企业提供借鉴。

关键词：卷烟厂成品库；方案设计；规划设计；Flexsim 仿真

ABSTRACT

As a large-scale production enterprise, the production scale and demand of cigarette factory have been increasing in recent years. The original warehouse layout and equipment can not meet the current production scale and will have a large number of costs. Enterprises in order to meet the current production needs, reduce storage costs, the need to upgrade the original warehouse transformation. On the basis of collecting the basic information and data of the warehouse and combining with the actual demand of the enterprise, this paper optimizes the layout of the upgraded warehouse, analyzes and upgrades the existing storage equipment, improve the degree of warehouse automation, solve the problems of low warehouse utilization rate, high storage cost to provide a basis. The content of this paper mainly comes from the on-the-spot investigation of a cigarette factory.

First of all, the layout of the existing warehouse needs and objectives to determine the key issues in the planning, according to the feasibility analysis (technical feasibility and economic feasibility) summary of the planning steps and planning program.

Secondly, according to the steps and requirements of the planning of the finished product warehouse of the cigarette factory, the operation mode, the form of the goods entering and leaving the warehouse and the flow of the finished product warehouse are designed and optimized respectively, the area of the shelf area is recalculated, and the form of the goods unit entering and leaving the high-level shelf area and the connection form between the shelf area and the working area are determined.

According to the building steps of the warehouse model, the simulation targets are listed, based on which, the simulation layout chart is made. Finally, the feasibility is verified by Flexsim simulation, and the results are analyzed. The running process of the finished product warehouse of the cigarette factory is simulated, and through the analysis of the running result, the deficiency is found out, then the reasonable optimization is carried out, and then the summary and prospect are made.

At present, most of the research papers on warehouse planning and design focus on the optimization of e-commerce warehouse and cold chain warehouse. With the increase of specifications and varieties of cigarette factory and the change of order quantity, more and more cigarette factory need to upgrade the warehouse. In this paper, the planning and design steps of finished product warehouse can be used for reference by other enterprises.

Key words: Cigarette factory product warehouse; conceptual design; planning and design; Flexsim simulation

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 课题目的与意义.....	1
1.3 国内外研究现状.....	1
1.3.1 设施布置设计方法.....	1
1.3.2 仿真规划方法.....	2
1.4 主要研究内容及研究方法.....	2
1.4.1 研究内容.....	2
1.4.2 研究方法.....	3
1.4.3 技术路线.....	4
第二章 卷烟厂成品库总体规划设计	5
2.1 卷烟厂成品库规划需求分析.....	5
2.1.1 基本现状.....	5
2.1.2 规划需求.....	5
2.2 卷烟厂成品库初始规划方案.....	6
2.2.1 初步规划布局.....	6
2.2.2 作业流程规划.....	7
2.3 卷烟厂成品库规划步骤与关键问题.....	10
2.3.1 规划步骤.....	10
2.3.2 关键问题.....	10
第三章 卷烟厂成品库布局优化设计	12
3.1 卷烟厂成品库基础参数设定.....	12
3.2 卷烟厂成品库关键参数设计.....	12
3.2.1 货物种类和作业方式的确定.....	12
3.2.2 托盘单元参数计算.....	12
3.2.3 流量需求以及库存量需求计算.....	14
3.2.4 货架区参数设计.....	16
3.2.5 区域面积划分.....	18
3.3 成品库布置设计与优化调整.....	18

3.3.1 布置设计.....	18
3.3.2 优化调整.....	20
第四章 卷烟厂成品库规划仿真验证.....	22
4.1 成品库模型构建步骤.....	22
4.2 成品库布局仿真目标.....	22
4.3 成品库模型布局连接.....	22
4.3.1 仿真模型布局.....	22
4.3.2 仿真参数设定.....	24
4.3 卷烟厂成品库仿真结果分析.....	25
4.3.1 拆垛机数据分析.....	25
4.3.2 传送带运行过程分析.....	26
4.4 卷烟厂成品库仿真模型优化.....	27
4.4.1 仿真优化过程分析.....	27
4.4.2 优化结果分析.....	27
第五章 总结与展望.....	28
5.1 结论.....	28
5.2 展望.....	28
参考文献.....	29
致 谢.....	30

第一章 绪论

1.1 课题背景

仓储是物流环节中的重要组成部分，也是连接生产和销售的重要枢纽，同时也是供应链中最重要的一环。由于仓库规划设计出现的问题，如布局不合理、物料搬运距离不合理、空间利用率不合理常会影响企业运作效率低。随着生产制造系统规模不断扩大，生产柔性化、自动化水平不断提高，要求仓储系统也要得到相应的发展，使之与智能制造系统相适应，对仓库规划设计提出新的需求。

烟草行业竞争加剧，市场形式变快，使得卷烟企业纷纷开展精益管理、精益生产等的调控工作。为了使仓储物流系统更好的服务于生产制造系统，烟草企业关注物流系统优化问题，其目的是降低成本，提高工作效率。本文以某卷烟厂成品库升级改造为例，通过对成品库规划设计与仿真，为卷烟厂仓库设施合理规划布局，最大限度减少搬运距离，提高空间利用率提供依据。

1.2 课题目的与意义

(1) 为卷烟厂升级改造提供借鉴

本文研究内容主要来源于对某卷烟厂的实地调研。卷烟厂作为一家大型生产型企业，近年来其生产规模和需求不断增大，现有的仓库布局、设施设备已经不能满足当前的生产规模。企业为了满足当下的生产需求、降低仓储成本，需对原有仓库进行升级改造。本文在收集了该仓库数据基础上，结合企业实际需求，对仓库升级改造后的布局进行了优化设计，对已有的仓储设备进行仿真分析，为卷烟厂升级改造提供参考。

(2) 为其他卷烟厂成品库的规划与设计提供借鉴

目前仓库规划与设计研究文献，大多集中在电商仓库、冷链仓库等的优化改造方面，对卷烟厂成品库研究的文献较少。而随着卷烟厂烟的规格品种的增加、订单数量的变化，越来越多的卷烟厂需对仓库进行升级改造。本文提出成品库规划与设计步骤可为其它企业提供借鉴。

1.3 国内外研究现状

在设施布置设计方法与仿真规划方法研究方面，国内外专家对此都有不同深度的见解与分析，其研究主要是根据仓储规模、仓储布局、仓储移动路线、物流规划仿真等方面进行研究。由于研究时间与地域的不同，其对研究水平也有所差异。

1.3.1 设施布置设计方法

(1) 胡洲^[1]通过设计出合理的设施布置方案以及仿真分析后提出有效的改

进措施实现对车间生产物流系统的优化。

(2) 杨振峰^[2]通过系统布置设计以及物料搬运系统设计,对某企业系统作业空间设计的问题提出了改善方案。

(3) 刘延聪^[3]运用 SLP 方法,即系统设施布置方法,针对 SG 公司目前车间设施布置进行分析,通过分析找出问题所在,从而解决当下 SG 公司车间设施布置不合理以及资源浪费等问题。

(4) 张禹^[4]结合 MF 公司现状,确定综合运用系统布置规划方法 SLP 和层次分析法 AHP,对 MF 公司仓库布局进行改善。

(5) 汪新刚^[5]利用 SLP 对某公司箱体加工车间设施布局存在的问题进行了改善,并利用 AHP 与 FCE 对改善方案进行了评优。

(6) Chan F T S^[6]以 DF 公司为研究对象,确定了该公司的设施布置需求与目标,选定 SLP 法和启发式算法为基本方法对 DF 公司的生产设施布置进行设计研究。

1.3.2 仿真规划方法

(1) 谷雪峰^[7]运用系统布置设计 SLP 方法,对 A 生产车间各作业单位进行物流分析,完成 A 车间设施布置改善方案的设计,给出了改进前后的实际效果,并对实施效益从直接效益与间接效益两方面进行分析,证实了改进方案的可行性。

(2) 张玉欣^[8]运用仿真软件 Flexsim 对 Z 香港配送中心的仓储出库系统进行建模,并提出了改善方案,利用模型模拟,选出优化方案,为中小型跨境电商海外仓在未来的网购大促期间设计运营方案提出参考。

(3) 郑雅琳^[9]使用 Flexsim 软件建立输液器组装车间模型,验证其方案的可行性并选择出最优方案,还原出了真实的布局。

(4) 颜文祺^[10]利用 Flexsim 仿真软件分别针对优化前后的车间布局建立仿真模型,根据车间生产的基础数据进行参数设置并运行模型,仿真结果验证了优化后方案的合理性,为企业车间布局规划人员提供参考。6.4

(5) Liu C M^[11]通过 Flexsim 仿真分析,一方面验证了提出的优化方案能够改善 M 公司总装车间生产物流的现状,另一方面筛选出了最终的优化方案。

1.4 主要研究内容及研究方法

1.4.1 研究内容

本论文主要研究内容包括以下几个部分:

第一章 绪论

描述论文的背景和意义,并介绍了国内外立体库发展综述和国内外规划仿真研究综述,为后面的研究提供相应的理论依据,同时说明了论文的研究内容和方

法。

第二章 卷烟厂成品库总体规划设计

根据描述的现有的成品库布局，分析其规划的需求和目的，找出问题并进行仓库的可行性分析，分析其可行性，同时总结仓库规划的步骤，为后文仓库规划建立基础，提前找到仓储中的问题，为使后面的仓库规划仿真更加优化。

第三章 卷烟厂成品库布局优化设计

根据问题分析和可行性分析，提出仓库优化需求。并按照布局设计、仓储作业方式确定、货架尺寸、货架单元出入库高层货架的形式、货架区与作业区的衔接方式等步骤，依次设计，并做出成品布置设计与优化调整。

第四章 卷烟厂成品库规划仿真验证

依据布局方案和仓库的真实情况，运用仿真软件对规划后的仓库进行仿真，并依据实际情况对各项参数进行修改，使其能够更好的满足现在的仓储运转的需求，达到提高仓储周转率、降低仓储成本的目的。

1.4.2 研究方法

(1) 文献研究法

在图书馆查阅相关书籍，在知网和各大书籍网站中查阅相关文献和期刊，查阅大量可行性研究，了解解决仓库优化设计相关问题的历史及现状，通过上述方法对建立论文基本的方案架构提供帮助，为后面的研究打下基础。

(2) 定量分析法

通过对仓库的吞吐量、存储面积进行定量计算，以便规划后的布局更加精确。

(3) 个案研究法

针对某一卷烟厂仓库进行分析，调查其相关数据，在现有仓库的基础上，对该仓库布局进行分析。

1.4.3 技术路线

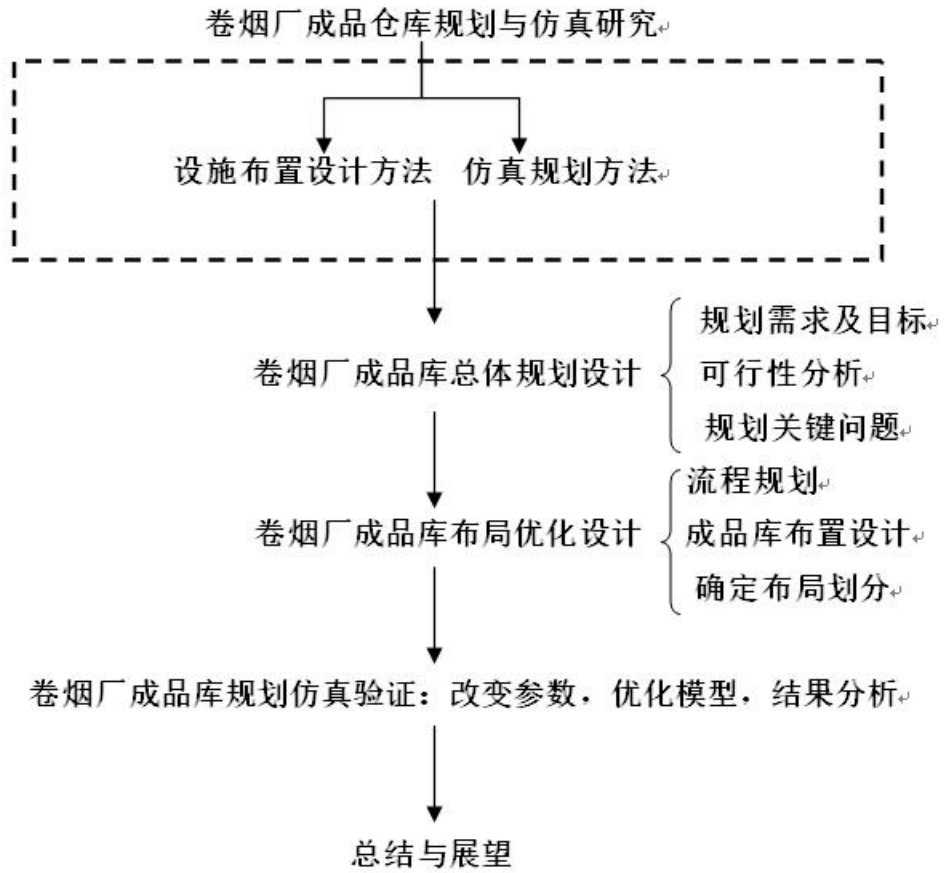


图 1-1 本文技术路线图

第二章 卷烟厂成品库总体规划设计

随着卷烟厂业务市场需求扩大,企业老仓库满足不了新的订单需求。需要针对现有仓库进行升级改造。本文主要以上海烟草公司某卷烟厂成品仓库为例,从规划需求分析、功能区规划、作业流程规划、规划步骤与关键问题等四个方面对卷烟厂成品库进行总体规划设计。

2.1 卷烟厂成品库规划需求分析

2.1.1 基本现状

某卷烟厂成品库现为平库拟改造为立体仓库。该卷烟厂成品库与辅材库共五层。其中,成品库为 2 层。成品库现主要采取堆垛的存储方式。

成品库存储烟可归为大中品牌、小品牌、异形烟三大类。大中品牌烟主要指订单需求量大、出库量多的品牌;小品牌烟主要指订单需求量较小、出库量小的品牌;异形烟主要指规格与大中小品牌规格不同的品牌。

现有成品库业务流程:

(1) 卷烟厂生产后的条烟装箱后成为件烟,件烟在卷包车间由码垛机器人手进行码垛,形成托盘单元,再由叉车叉取托盘单元送至平库一层存储。

(2) 接到出库订单后,一楼平库的成品件烟送至二楼,根据二楼中控室的调度,根据订单需要经过不同道口的分拣设备分拣后,由机器人手码垛,然后经裹膜后,由二楼送至一楼,由叉车送至出库口。

2.1.2 规划需求

由于该卷烟厂平库建造时间已久,原本的物流成品烟的仓储容量和规格已经不能满足现在的需求。由于项目技术的改进,卷烟厂当今的生产能力大大提升,可是仓库并没有进行相应的改造,限制了仓库的发展。因此,参照其他企业立库建设布局,企业已形成了初步的布局方案。

企业尤其关注布局方案中货架区设计是否合理。货架区的设计应既能满足现有存储需求,还能满足未来产品类型、市场需求等的改变。因此,本论文将规划需求的重点主要放在货架区的调整。

(1) 依据大中品牌件烟、小品牌件烟、异形烟的规格,设计托盘单元大小。收集近几年订单需求量、出入库量等数据,计算托盘单元数量。

(2) 依据订单需求量的大小,调整货位尺寸及货格数量,合理划分大中小品牌存储区域。针对近年来异形烟的市场需求增加,导致异形烟生产数量的增加,存储需求增加,需考虑异形烟存储区域的规划设计。

(3) 现有成品库使用蓄电池式的叉车需要更换,新更换的叉车规格、型号与旧叉车不用,需要重新调整叉车存放区域。缺少相应的功能区,在这次优化中

适当增加相关的功能区域（叉车充电区）。

（4）由于订单量的增加，现有出入库暂存区面积满足不了现在的需求，需要调整出入库暂存区的面积。

（5）在仓储设备改造时也要考虑到设备的使用以及设备的特点，以及出入库订单需求的变化，综合考虑仓库布局，重新规划区域面积，使仓库看起来更加有条理。

2.2 卷烟厂成品库初始规划方案

2.2.1 初步规划布局

卷烟厂成品库功能区经初步规划后，分为入库暂存区、件烟码垛区、成品烟存储区、件烟拆垛区、拆零区、出库暂存区^[12]，如图 2-1 所示。

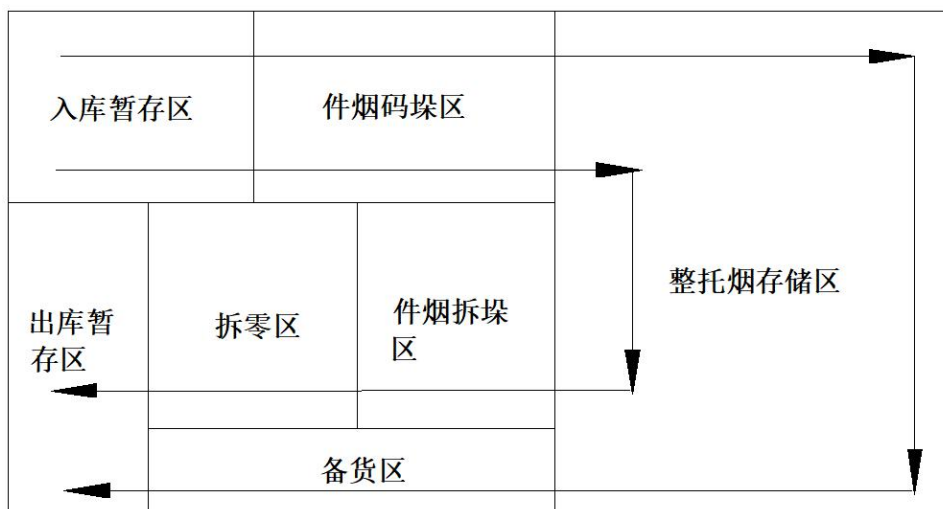


图 2-1 仓库初步规划布局视图

（1）入库暂存区

入库暂存区主要实现成品烟送到库中的暂时存放功能。

成品件烟经卷包车间下线后，形成托盘单元，由叉车将托盘单元送至入库暂存区。

（2）件烟码垛区

件烟码垛区主要实现件烟的码垛以及整托烟上架的输送功能。

件烟在码垛区域主要是由码垛机将货物码垛成整托形式，然后由传送带运送至高货位，再由巷道堆垛机将整托烟送至固定的货位中。主要包含设备，伸缩式输送机，固定条码扫描器，皮带输送机，码垛机，码垛机器人等。

（3）整托烟存储区

整托烟存储区主要实现不同品牌、规格件烟码托的存储，主要包含的设备有高位货架，链条输送机，巷道堆垛机等。

(4) 拆垛区

拆垛区主要实现整托烟的拆垛，该区域主要是将整托盘货物拆分成托盘和货品，以实现托盘的内部循环使用。主要包括托盘码分机，整托盘拣选机，皮带输送机，拆垛机器人等。

(5) 拆零区

拆零区即分拣区（人工拣选），在这个区域主要是将件烟分拣成条烟，该区域主要是将拆垛后的成品件烟拆零成成品条烟，以备出库。主要包含皮带输送机等。

(6) 出库暂存区

出库暂存区主要实现件烟出库前的暂时存放功能，主要包括叉车、手推车等搬运设备。

(7) 备货区

备货区主要实现整托出库的暂存功能

2.2.2 作业流程规划

根据图 2-1 的物流动线，可将作业流程规划为入库输送流程、标准件烟码垛入库流程、空托盘组供给流程、托盘发货流程、托盘回收流程。

(1) 入库输送流程^[15]

由入库暂存区出来的件烟，贴上识别码后，流入传输主线。件烟流出识别后流入码垛通道，如图 2-2 所示。

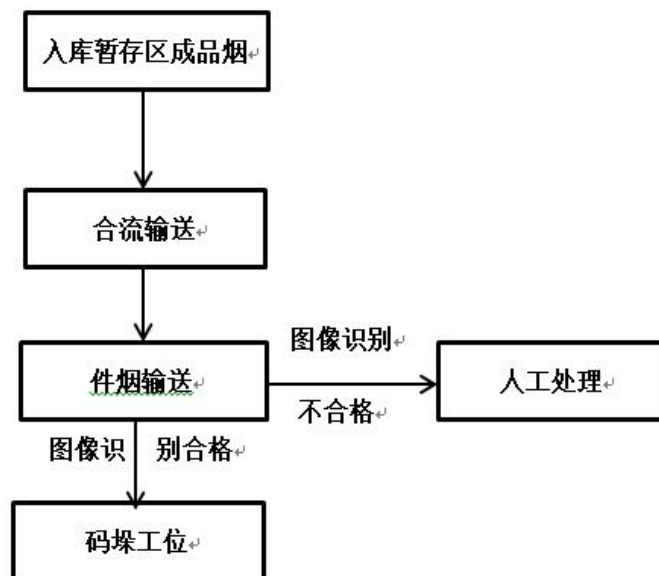


图 2-2 入库输送路程图

(2) 标准件烟码垛入库流程

码垛完成的成品烟会根据码垛机序号的数据，自动流入相应的货架区域，然

后记录下托盘的数据，由堆垛机送入立体库中，如图 2-3 所示。

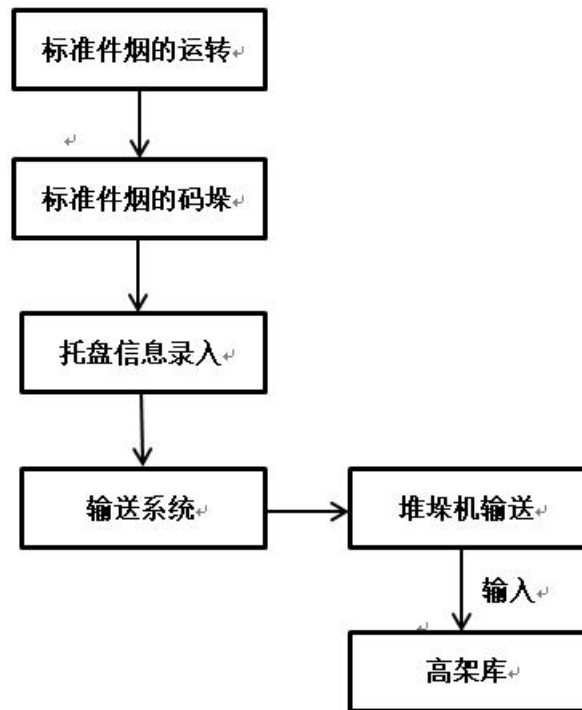


图 2-3 标准件烟码垛入库流程

(3) 空托盘组供给流程

系统将单元化成品烟送至拆垛机，并对其进行拆解，对该托盘数据进行清理，留置备用码垛，出错的托盘要送至人工处理，如图 2-4 所示。

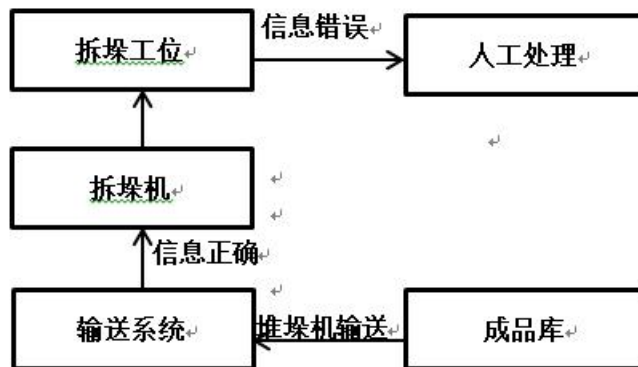


图 2-4 空托盘组供给流程

(4) 托盘发货流程

系统将成品库的托盘经堆垛机和传送带传送至出库站台，经检验信息合格的托盘由叉车送至装车口，信息不符合的返回到库中，由人工进行处理，如图 2-5 所示。

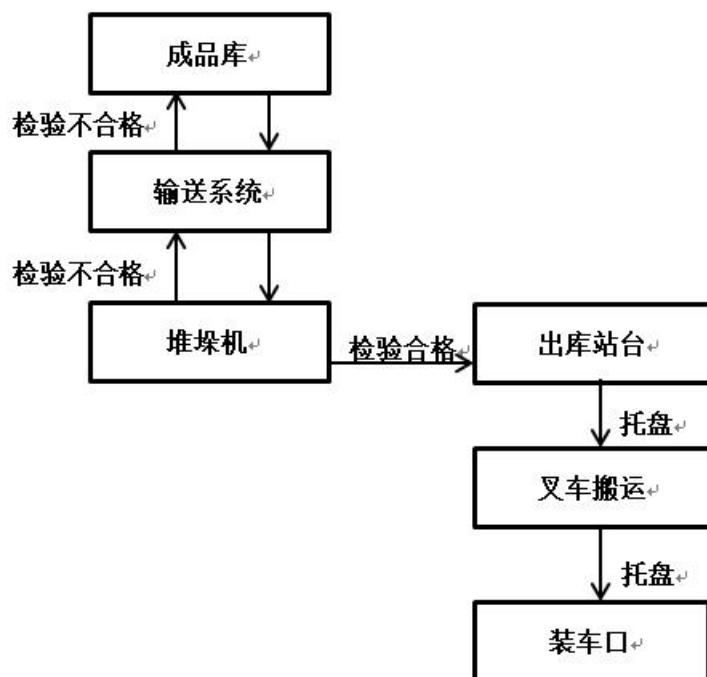


图 2-5 托盘发货流程

(5) 托盘回收流程

整托发货的空托盘组，经由人工叉车送至回收站中，数据验收合格后由堆垛机送入托盘库中，不合格的由人工进行二次检验，如图 2-6 所示。

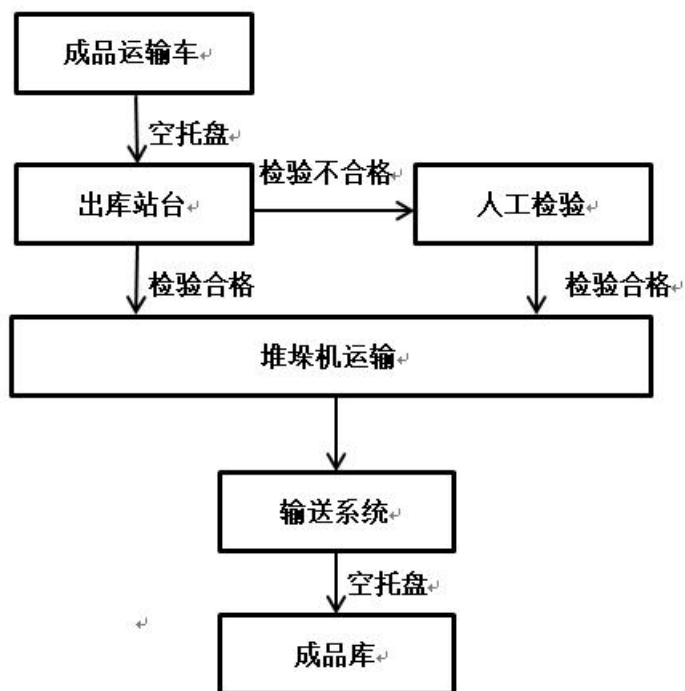


图 2-6 托盘回收流程

2.3 卷烟厂成品库规划步骤与关键问题

2.3.1 规划步骤

(1) 针对企业的情况进行调查

对卷烟厂进行调研，确定企业需要改进的目标，明确企业的运转能力、货物特性，以及企业对货物存储需求，了解企业其他相关数据。根据仓库的现有条件，对其进行可行性分析。

(2) 确定移动工具单元的参数

依据企业的货物特性、仓库运转能力大小、普通卷烟以及异形烟的规格大小，确定托盘上货物码放方式，计算托盘单元大小尺寸。托盘选择木制托盘。

(3) 确定货格单元尺寸

确定托盘单元参数后，确定托盘的存储方式，然后根据相关数据和托盘的相关参数确定货格的尺寸参数。

(4) 确定货架布局以及货格数量

依据仓库的作业能力和企业的目标，计算出仓库所需的货格数量，由此计算出货架尺寸，依据仓库的实际情况并在仓库成本最小化的前提下，确定货架形式和货架布局形式。

(5) 物流设备选型

依据仓库布局的实际情况和货物搬运需求，选择合适的搬运设备（堆垛机、叉车、传送带等），选择时要根据相关的数据参数进行选择，使搬运设备的工作效率要与堆垛机效率相匹配。

(6) 确定仓库作业区和立库的衔接方式

以上数据确定以后，可根据相关设计布局，确定其连接方式。

(7) 成品库布置设计与优化调整

对成品库 8 个功能区进行初始布置设计，形成可选择的布置方案，通过判定选择最优方案。再根据建筑模数规范，确定成品库布置方案。

(8) 仿真模型以及仿真模型的分析

确定完整的规划方案后，利用 Flexsim 对方案进行仿真运行，同时对仿真模型得出的相关数据进行分析。

2.3.2 关键问题

(1) 设备选型应考虑机器人、堆垛机、码垛机、拆垛机等自动化的设备，在考虑其技术参数是否满足需求的前提下也应考虑成本的投入。

(2) 立体库的存储空间应考虑库存需求量随机的变动，如每年一月份需求量会直线上升，所以立库设计时应尽可能的增加其数量。

目前成品库存的存储空间有限，每年一月份需求量会直线上升，但生产出的成品条烟会出现就地堆码的情况。

(3) 由于仓库长时间地使用，仓库的各种存储规格不能做到标准化，应利用国家标准规格设计托盘单元和货格单元。

(4) 存储货区划分要考虑异形烟随着市场需求随机性的变化，避免旺季的时候出现货位短缺。

第三章 卷烟厂成品库布局优化设计

3.1 卷烟厂成品库基础参数设定

新规划的卷烟厂成品库主要占地面积 6000 平方米。通过近几年的数据统计，大、中品牌成品件烟约占总出入库量的 65%，小品牌成品件烟约占总出入库量的 20%，异形成品件烟约占总出入库量的 15%。考虑到市场销售增长的趋势，调整了异形烟与上述成品件烟比例，约为 3: 1: 1。

3.2 卷烟厂成品库关键参数设计

3.2.1 货物种类和作业方式的确定

(1) 货物特性

主要存放为件烟和条烟。“件烟”是分拣前卷烟的包装方式。经拆零区分拣后称为“条烟”使用周转箱运转。

大、中、小品牌件烟外包装箱规格尺寸为 460*260*580mm；异形烟外包装箱规格尺寸为 282*280*520mm。

为了保证整托成品件烟的防潮和恒温的特殊要求，采用单元货格式存储^[6]。由于整托成品件烟既可以整托出库，也可以按箱出库，还可以按条出库，所以分别设置了件烟拆垛区、拆零作业区。

(2) 作业方式

为了提高成品烟库的搬运效率，该库采用复合作业方式，同时考虑到双叉堆垛机机构复杂并且对系统控制要求较高，所以该库采用单叉的堆垛机。

3.2.2 托盘单元参数计算

大多数仓库集装单元都是以托盘的形式进行作业的。为了方便和对应搬运设备的匹配，选择 1200*1000*150mm 标准单元托盘。

由于件烟的自重比较小，并且对于存储条件比较特殊，所以选择标准规格的木制托盘 1200*1000*150mm，自重 $\leq 46\text{kg}$ ，可承受重量 $\leq 750\text{kg}$ 。

首先计算出大中小品牌烟、异形烟两种外包装箱规格的托盘码放数量，并画出码放图。托盘码放数量为一层摆放的数量与层数的乘积。依据国家标准规定货物码放重心高度不得超出托盘宽度的 2/3，层数计算公式为层数 $= (1000 \times 2/3 - 150) \times 2 / \text{货物高度}$

(1) 大、中、小品牌成品烟托盘码放数量计算

正放时：1200/460=2，1000/260=3，1200-460*2=280，即一层最多可摆放 2*3=6（个），最多可摆放 $(1000 \times 2/3 - 150) \times 2 / 580 = 2$ （层），即一个托盘最多可摆放 6*2=12（个）

竖放时： $1200/260=4$ ， $1000/460=2$ ，即一层最多可摆放 $4 \times 2=8$ （个），最多可摆放 $(1000 * 2/3 - 150) * 2/580=2$ （层），即一个托盘最多可摆放 $8 \times 2=16$ （个）

(2) 异形烟托盘参数计算

正放时： $1200/282=4$ ， $1000/280=3$ ，即一层最多可摆放 $4 \times 3=12$ （个），最多可摆放 $(1000 * 2/3 - 150) * 2/520=2$ （层），即一个托盘最多可摆放 $12 \times 2=24$ （个）

竖放时： $1200/280=4$ ， $1000/282=3$ ，即一层最多可摆放 $4 \times 3=12$ （个），最多可摆放 $(1000 * 2/3 - 150) * 2/520=2$ （层），即一个托盘最多可摆放 $12 \times 2=24$ （个）

(3) 码放图

①大、中、小品牌成品烟码放图

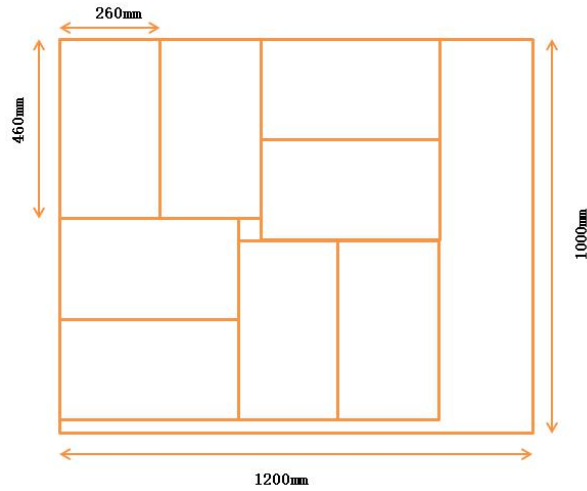


图 3-1 大、中、小品牌成品烟托盘第一层码放图例

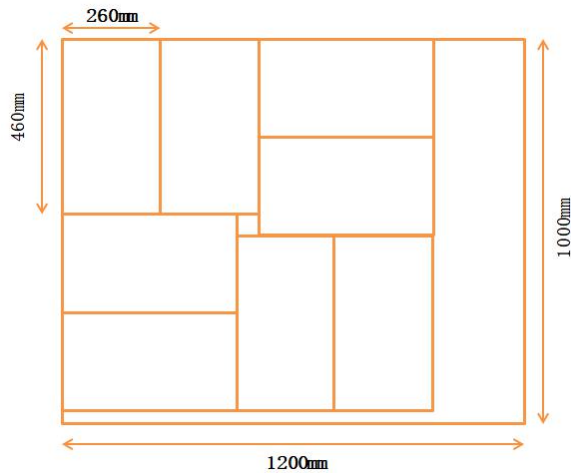


图 3-2 大、中、小品牌成品烟托盘第二层码放图例

②异形烟码放图

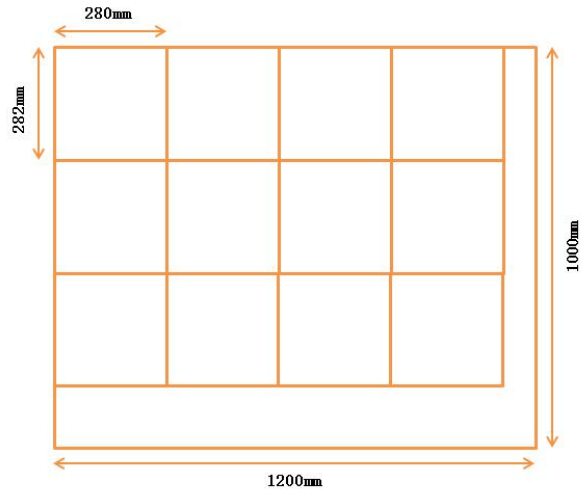


图 3-3 异形烟托盘第一层码放图例

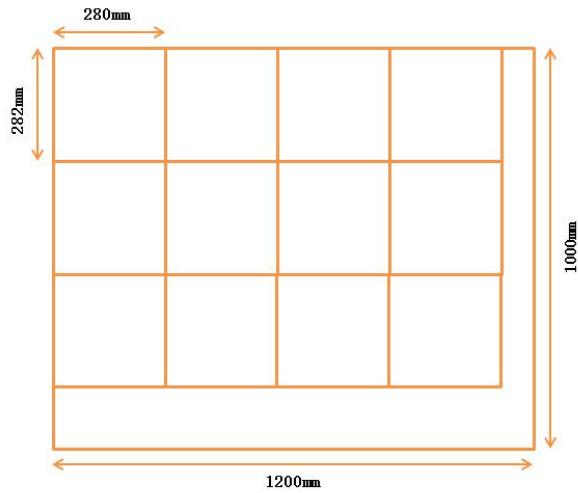


图 3-4 异形烟托盘第二层码放图例

货格尺寸由烟箱码放方式确定，由图可知大、中、小品牌码放高度较高，所以货格尺寸按照该数据进行计算。

3.2.3 流量需求以及库存量需求计算

某仓库人均每天上班时间为 8 小时，仓库年销售量为 20 万箱（其中大、中、小品牌烟销售量为 16 万箱，异形烟销售量为 4 万箱），每年工作 260 天，日均收货时间为 6 小时，日均收货时间最大值为 7.5 小时，假设满载率为 0.85，入库峰值系数为 1.5。

其中本省烟占比为 40%、邻省烟占比 5%、远省烟占比 55%，其周转天数分别为 12 天、14 天、21 天。

(1) 流量需求

①平均每日入库量=仓库年销售量/每年工作日

②每日最大入库量=平均每日入库量*入库峰值系数

③平均每小时入库量=平均每日入库量/日均收货时间/（每托盘实装件数*托盘满载率）

④每小时最大入库量=平均每日入库量/日均收货时间最大值/（每托盘实装件数*托盘满载率）

大、中、小品牌烟流量需求：

平均每日入库量=160000/260=616（件/日）

每日最大入库量=616*1.5=923（件/日）

平均每小时入库量=616/6/（16*0.85）=8（托/小时）

每小时最大入库量=616/8/（16*0.85）=6（托/小时）

异形烟流量需求：

平均每日入库量=40000/260=154（件/日）

每日最大入库量=154*1.5=231（件/日）

平均每小时入库量=154/6/（24*0.85）=2（托/小时）

每小时最大入库量=154/8/（24*0.85）=1.5（托/小时）

（2）库存量需求

①库存需求=（仓库年销售量*本省烟占比/每年工作天数）*本省烟周转天数+（仓库年销售量*邻省烟占比/每年工作天数）*邻省烟周转天数+（仓库年销售量*远省烟占比/每年工作天数）*远省烟周转天数

②托盘存储需求量=库存需求量*每天平均收货时间/（托盘实装数量*托盘满载率）

大、中、小品牌烟库存量需求：

库存需求=(160000*40%/260)*12+(160000*5%/260)*14+(160000*55%/260)*21=10493（箱）

托盘存储需求量=10493*6/（16*0.85）=4629（个）

异形烟库存量需求：

库存需求=(40000*40%/260)*12+(40000*5%/260)*14+(40000*55%/260)*21=2623（箱）

托盘存储需求量=2623*6/（24*0.85）=772（个）

实际存储总量为：4629+772=5401（个）

为了满足库存需求，根据标准存储量应为平均存储量的 20%-40%，现在以 20%进行计算：5401*（1+20%）=6482（个）

为了方便计算向上取整为 6500 个

3.2.4 货架区参数设计

已知该库库高为 20m，存储区长为 35m，每个货格存储两托货物，一层为就地堆码，最上层不放置货物；一般要求叉车最大提升高度至少比最上层货架横梁高 200mm，最上层货架放上托盘货物后，最高高度离天花板的距离不少于 300mm；单元与横梁间隙、货物与立柱间隙、同一货格托盘间隙、立柱宽、横梁高、托盘间距均取 100mm^[17]。

(1) 货格尺寸设计

本文仓库采用横梁式货架进行存储，为了更好地确定货格单元的间距大小，对货格规格进行计算，其货格计算方式如下：

$$\textcircled{1} \text{货位宽度} = 1000 \text{mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \text{货位长度} &= (\text{托盘长度} + \text{货物与立柱间隙}) * 2 + \text{同一货格托盘间隙} \\ &= (1200 + 100) * 2 + 100 = 2700 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \text{货位高度} &= \text{托盘高度} + \text{货物高度} + \text{单元与横梁间隙} \\ &= 150 + 2 * 575 + 90 = 1390 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

为了方便计算取整为 1400mm

(2) 货架尺寸设计

首先确立好货格单元尺寸后，根据托盘存储量计算出货架列数、货架排数、货架层数。

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \text{货架层数} &= (\text{仓库高度} - \text{货架离天花板的距离}) / (\text{货格高度} + \text{横梁高}) \\ &= (20000 - 300) / (1400 + 100) \\ &= 13 \text{ (层)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \text{货架列数} &= \text{存储区长度} / (\text{立柱宽} * 2 + \text{货位长度}) \\ &= 35000 / (100 * 2 + 2700) \\ &= 13 \text{ (列)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \text{货架排数} &= \text{托盘单元数量} / \text{货格单元数} / \text{货架层数} / \text{货架列数} \\ &= 6500 / 2 / 13 / 10 \\ &= 10 \text{ (排)} \end{aligned}$$

(3) 货架区面积

$$\begin{aligned} \text{货架区长度} &= \text{货架排数} * (\text{货架单元} + \text{立柱宽度} * 2) \\ &= 10 * (2700 + 100 * 2) \\ &= 55100 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{货架区宽度} &= \text{货架宽度} * \text{货架列数} + 6 * (\text{堆垛机宽度} + \text{背空间隙}) \\ &= 1000 * 13 + 6 * (1800 + 100) \\ &= 24400 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\text{货架区面积} = \text{货架区长度} * \text{货架区宽度}$$

$$=55100*24400$$

$$=1345 \text{ (m}^2\text{)}$$

为了方便计算向上取整 1400 m²

(4) 货物单元出入高层货架的形式

确定好货架大致尺寸后，由此可确定货物出入库形式，货物流动形式可分为三种贯通式、同端出入式、旁流式^[18]。

为了对货架及管理操作和保养，选择贯通式即可，这样既便于堆垛机的作业又能够满足仓库建立的方式，如图 3-5 所示。

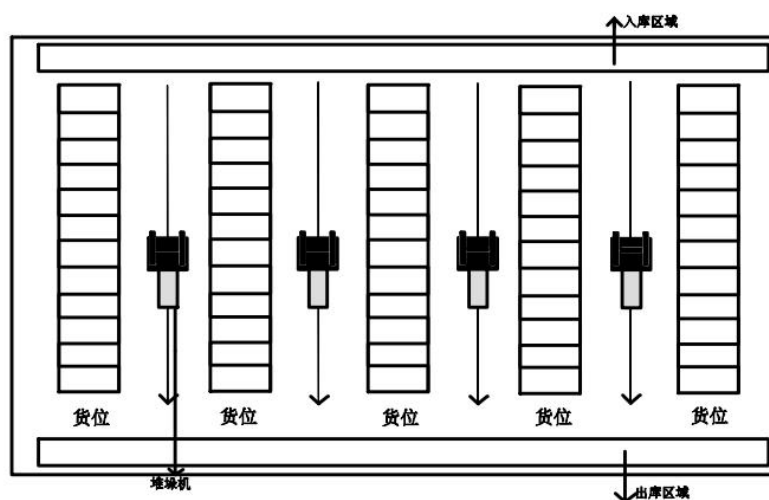


图 3-5 贯通式货架布局

(5) 货架区与作业区的衔接形式

由于巷道堆垛机只能限制在高位货架区域工作，所以还需要其他的设备来完成仓库的搬运工作。由此就出现了四种货架区域与作业区域的衔接方式：叉车出、入库台；自动引导车出入库方式；自动车引导-输送方式；叉车（升降机）-连续输送机方式^[19]。

本文中涉及的仓库采用的是叉车出、入库库区方式，货物在入库区由叉车送至入库台，然后由堆垛机将货物送入高位货架，出库时，由堆垛机送出高位货架，然后由叉车送至出库作业区域，如图 3-6 所示。

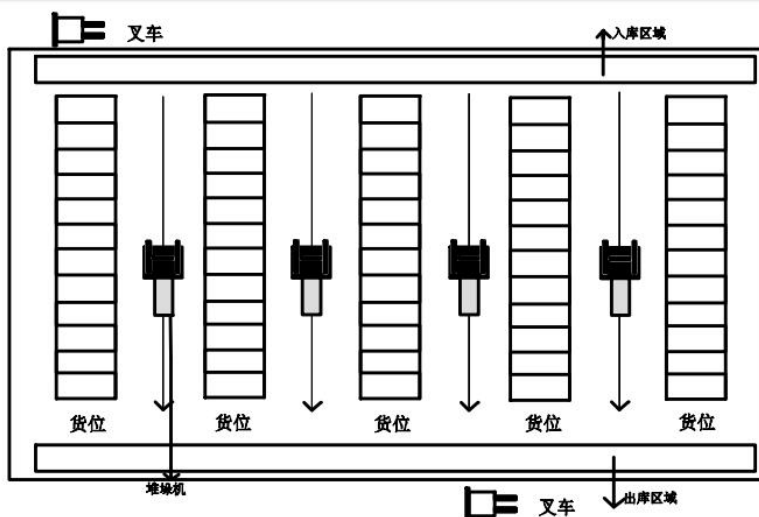


图 3-6 叉车出、入库区方式

3.2.5 区域面积划分

成品库面积划分如表 3-1 所示。入库暂存区、件烟码垛区、拆垛区、拆零区、出库暂存区、叉车充电区、备货区的面积大小是借鉴其他卷烟企业的的数据得来。整托烟存储区是经上述货架区参数设计得来。

表 3-1 区域面积汇总表

代号	名称	功能	面积划分 (m ²)
1	入库暂存区	货物检验	300
2	整托烟存储区 (货架区)	整托烟存储区域	1400
3	件烟码垛区	货物暂时码放	400
4	拆垛区	托盘与货物的拆分	400
5	拆零区	件烟拆零	350
6	出库暂存区	货物出库暂时存放	300
7	叉车充电区	叉车存放、充电	50
8	备货区	整托件烟出入库暂存	300

3.3 成品库布置设计与优化调整

3.3.1 布置设计

通过对卷烟厂成品库各作业单位之间的物流分析、非物流分析，得出不同部门之间综合相关密切程度。运用关系表法^[20]，A 级关系要边靠边，E 级关系至少角靠角，X 级关系既不能靠边也不能靠角。拼块完成后摆放及物流流程路线分析

如图 3-7 所示，共有三个方案。

表 3-2 关系工作表

作业单位	A	E	I	O	U
1. 入库暂存区	3	6	7、8		4、5、6
2. 整托烟存储区 (货架区)	3			7	3、4、6、8
3. 件烟码垛区	1、2	1、4			2、5、6、7、8
4. 拆垛区	2	5		6、7	1、2、5、8
5. 拆零区		4、6		7	1、3、4、8
6. 出库暂存区		1、5	7	4、8	1、2、3
7. 叉车充电区			1、6	2、4、5、8	3
8. 备货区			1	6	2、3、4、5、7

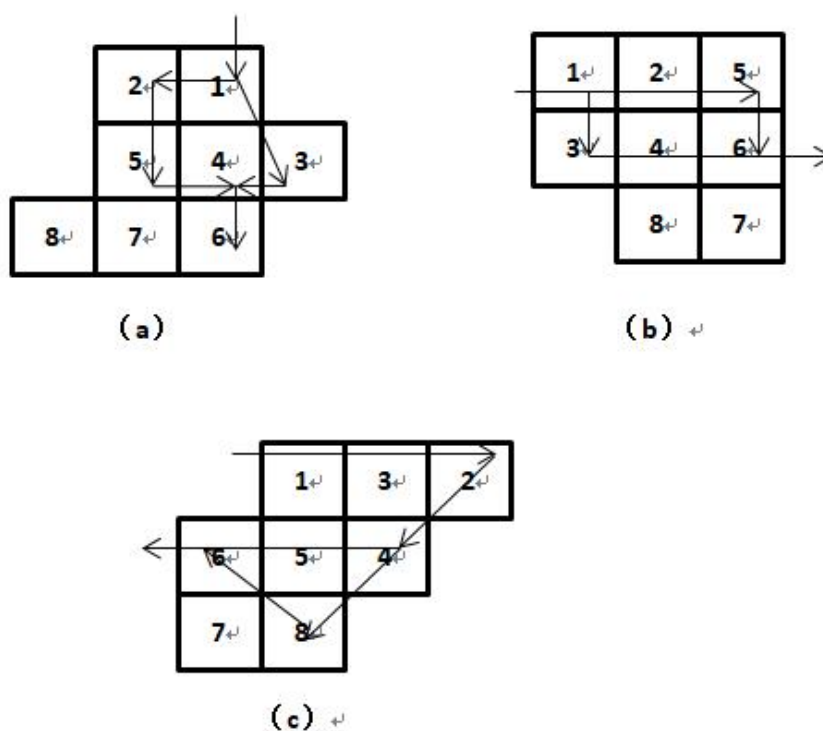


图 3-7 布置图的物流流程分析

针对以上三个方案做出评级

评级标准：A 级没有靠近扣 2 分；X 级边靠边扣 2 分；A 级的只有角靠角扣 1 分；X 级角靠角、E 级没有角靠角扣 1 分

综合比较后 a、b 扣分较多，方案 c 比较合理。根据方案 c 利用 Auto CAD

做出基本布置设计图。

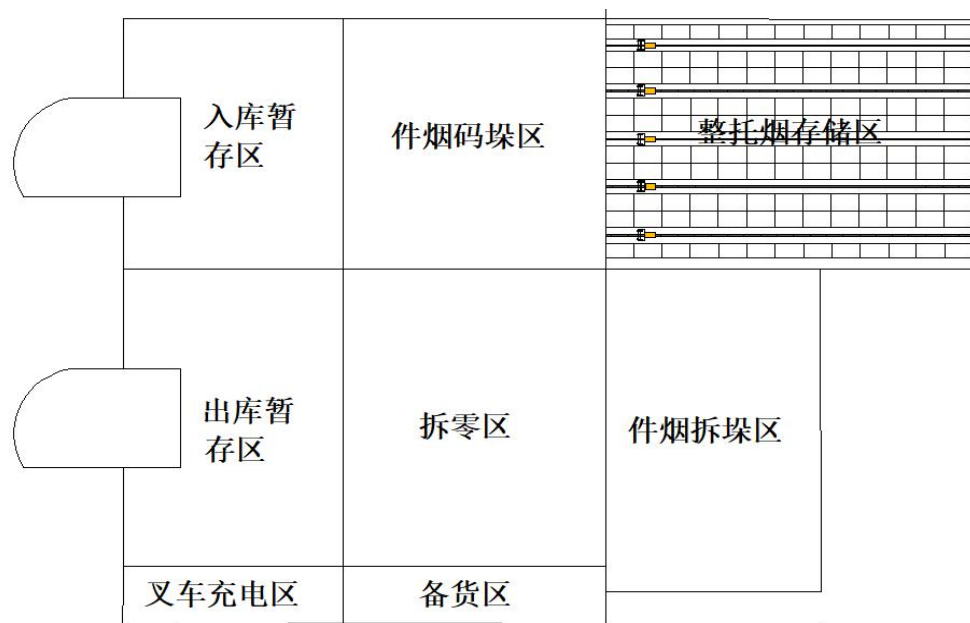


图 3-8 成品库基本布置设计

3.3.2 优化调整

按照厂房建筑标准，当库房跨度小于等于 18m 时，跨度应为 3m 的倍数；当库房跨度大于 18m 时，跨度应为 6m 的倍数。故常用库房跨度 6m，9m，12m，15m，18m，24m，30m。调整后的整体布局图如图 3-9 所示，分为入库暂存区、出库暂存区、拆零区、件烟码垛区、整托烟存储区、件烟拆垛区、叉车充电区、整托烟存储区。

优化后成品库货架共 10 排。依据上述规划，大、中品牌成品件烟为 6 排，小品牌成品件烟为 2 排，异形烟为 2 排。其余区域均按照原始布局进行码放。

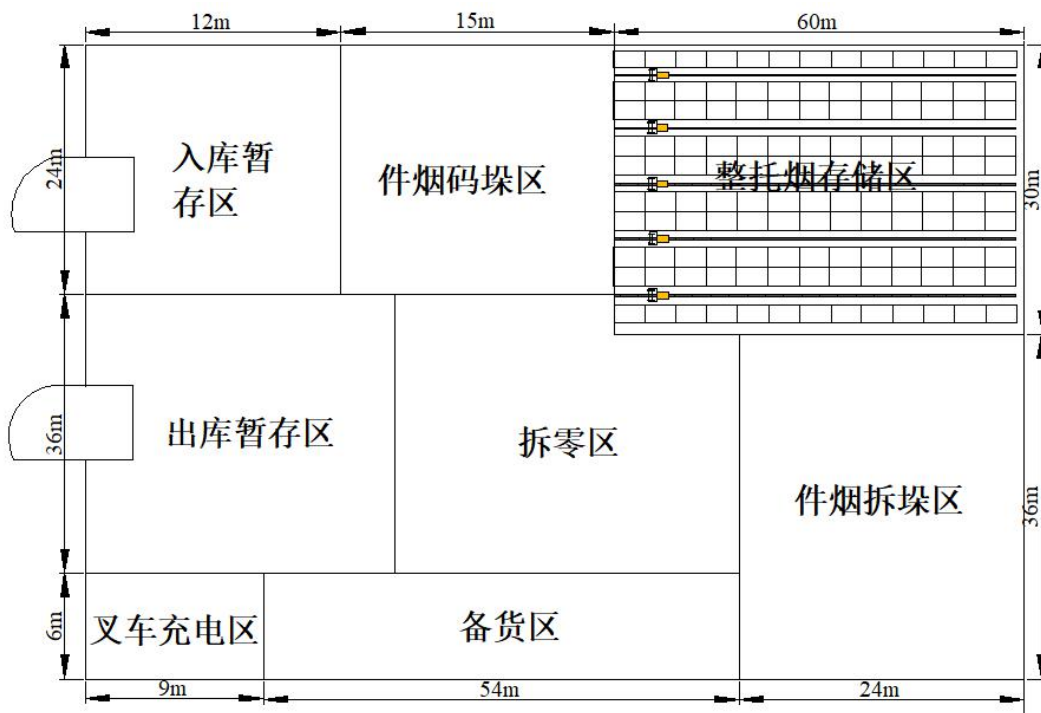


图 3-9 成品库优化后整体布局视图

与图 2-1 仓库初步规划布局视图相比较，仓库优化后整体布局图具有以下优点：

- (1) 整托烟存储区在初始规划方案基础上，按照订单实际需求，进行了优化；
- (2) 在初始规划方案基础上增加了备货区；
- (3) 根据订单需求量，合理划分了大中小品牌烟、异形烟的存储空间。

第四章 卷烟厂成品库规划仿真验证

4.1 成品库模型构建步骤

- (1) 了解成品库规划仿真目标，确认仿真目的。
- (2) 进一步确定规划后的成品库的作业流程，为建立模型提供依据。
- (3) 建立基础模型图，即纸质化模型，为后面的仿真提供基础和依据。
- (4) 建立仿真模型，包括实体、临时实体、临时实体类型、端口这几个内容。
- (5) 对建好的模型相关参数进行确定，使其更加符合成品库规划需求。
- (6) 运行仿真模型，设定系统运行时间参数，并记载相关数据。
- (7) 记录仿真结果与数据，并对相关数据进行分析，通过分析数据，找出出问题，进而找到解决问题的方案。
- (8) 对相关问题进行优化，根据相应的方法，使整个仿真尽可能达到最优化的效果。

4.2 成品库布局仿真目标

建立最优化的仿真模型，对比其输出的数据，同时找出设备以及流程出现的不合理，找出原因并修改：

- (1) 通过整体布局的还原，找出模型运行的问题以及拥堵和机器设备、人员闲置的情况，从而对流程进行优化^[21]。
- (2) 使用模型自带的数据分析，对立库货架相关数据（设备使用效率、堆垛机闲置率、人员闲置率等数据）进行对比，从而确定其运行路径优化方式。

4.3 成品库模型布局连接

4.3.1 仿真模型布局

- (1) 主要设备使用情况见表 4-1。

表 4-1 仿真实体情况表

设备名称	实体功能	实体数量
发生器	产出货物	2
暂存区	暂存货物	7
叉车	搬运货物	9
合成器	货物打包	4
传送带	运输货物	13
货架	存储货物	10
堆垛机	搬运货物	5
分解器	拆分货物	3
机器人	搬运货物	3
吸收器	吸收货物	1

(2) 打开软件后，将操作区中的需要使用的实体依次拖拽到平面中，并设置数据和相关参数，大致模型，如图 4-1 所示：

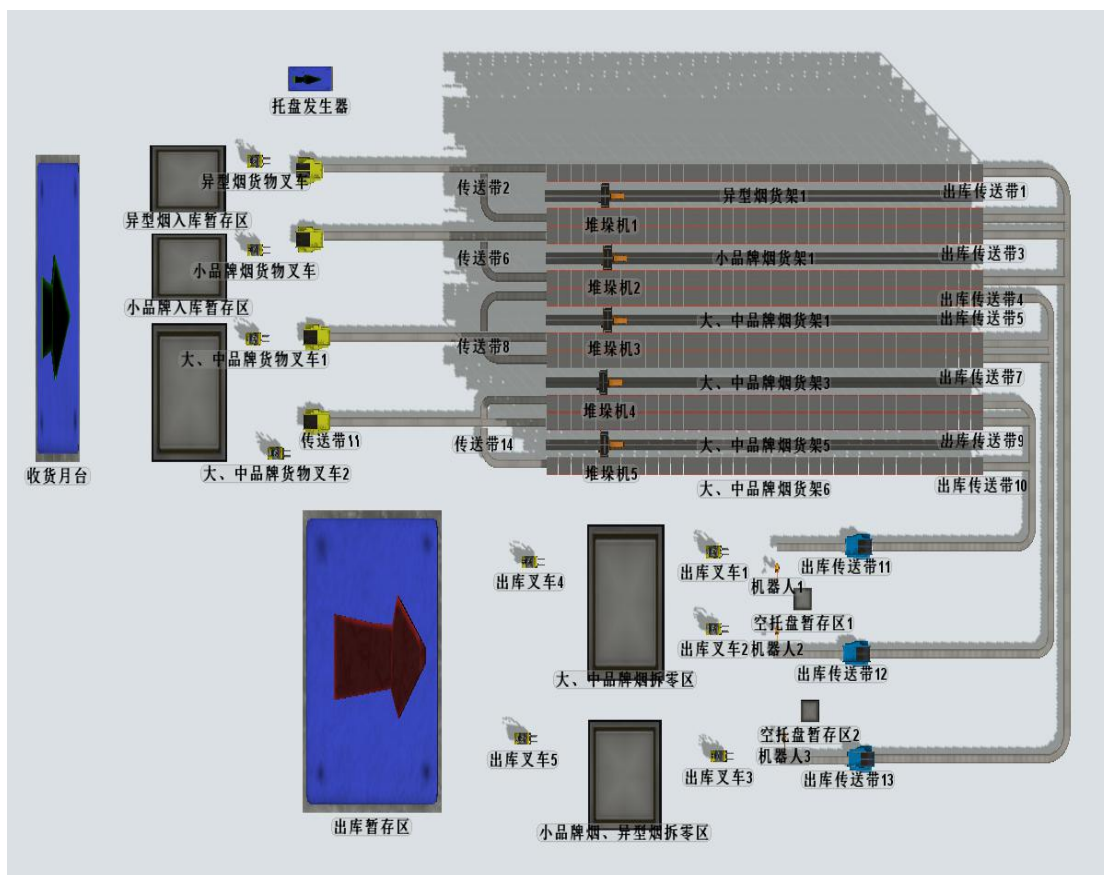


图 4-1 模型建立投影视图

(3) 使用连接线, 将固定资源实体依次连接, 使用“A”键, 连接静态实体, 例如用 A 由发生器连接至暂存区, 出现箭头和黑线即算连接成功; 使用“S”键, 连接动态实体, 例如用 S 由暂存区连接至货架, 出现箭头和黑线即算连接成功。大致连线, 如图 4-2 所示:

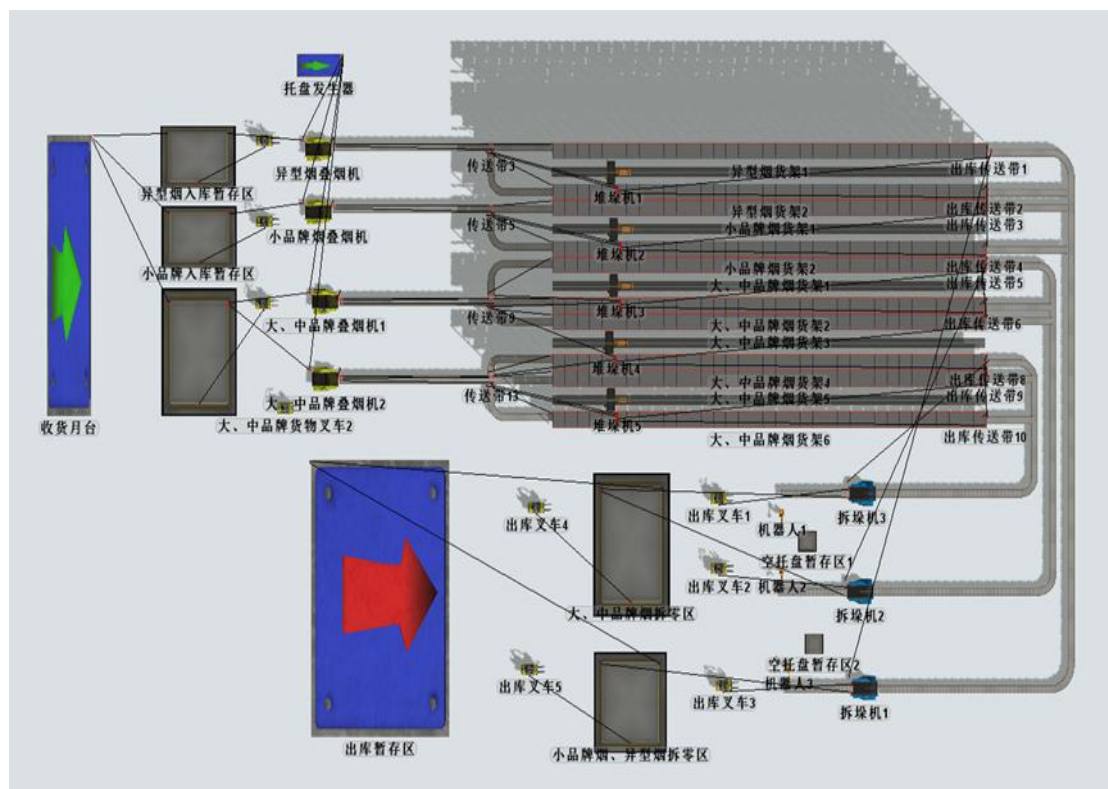


图 4-2 模型连线视图

4.3.2 仿真参数设定

(1) 收货月台参数设置

根据收集成品烟到达时间和频率, 并大致将成品烟的到达时间表填入数据格中, 并按上述货物比例进行货物划分。

(2) 暂存区参数设置

暂存区再这个模型中主要是替代货物暂时存储区域以及拆零区, 在这里设置暂存区最大存储量为 10000 件, 并且要求叉车来搬运货物, 同时勾选上使用运输工具来进行货物的流转。

(3) 叉车参数设置

叉车在这个模型中主要是用来进行货物的搬运, 在这个模型中, 调整叉车容量为 15; 装载时间以卸载时间均设置为 30

(4) 合成器参数设置

合成器在本模型中主要用来进行成品烟的码垛, 预置时间设为 0; 加工时间为 30; 并将组托数量设置为 22 每托。

(5) 货架参数设置

为了尽可能的保证货格的使用，在模型中增加货格数量，同时根据货架实际大小，并将相关数据填入。如图 4-3 所示：



图 4-3 货架参数设置

(6) 传送带参数设置

传送带仅仅是为了方便货物的存取，传送带速度设置为 0.5m/s 即可，如图 4-4 所示：



图 4-4 传送带参数设置

(7) 拆垛机参数设置

拆垛机在本模型中主要用来进行件烟的拆垛，预置时间设为 0；加工时间为 30。

4.3 卷烟厂成品库仿真结果分析

4.3.1 拆垛机数据分析

如下表所示，为对仿真后的拆垛机的数据分析，拆垛机 1、拆垛机 2、拆垛机 3 的 idle 依次为 82.66%，83.55%，82.55%，一般来说，正常情况下，一个节点的 idle 最优为 10%-30%，所以这个环节出现了比较大的浪费，应当对此环节

进行优化，见表 4-2。

表 4-2 拆垛机与运行处理结果

Object	Class	Idle	Processing
拆垛机 1	Processor	82.66%	11.33%
拆垛机 2	Processor	83.55%	11.11%
拆垛机 3	Processor	82.55%	11.22%

4.3.2 传送带运行过程分析

传送带是仓库运行的比较重要的一个环节，传送带速度过慢的话，会影响到下游环节的工作效率，速度过快的话会造成货物的堆积，由下图可以看出传送带一直保持在比较稳定的容量值，同时根据运行结果来看并不会造成货物堆积，因此在这个环节不必优化，如图 4-5 所示。

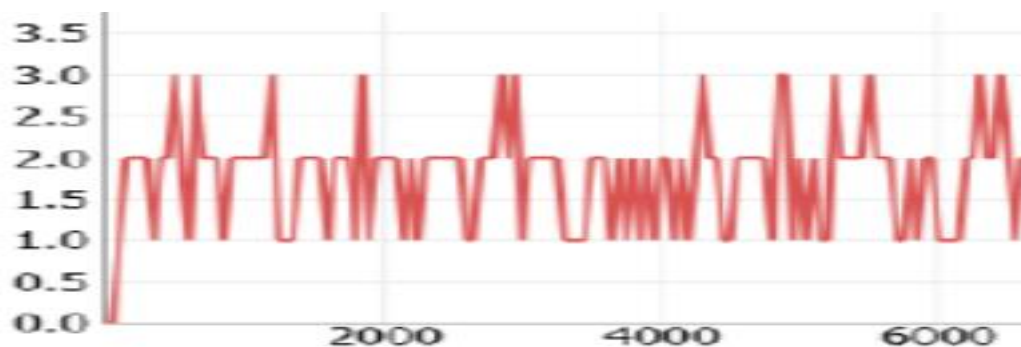


图 4-5 传送带运行动态图

4.4 卷烟厂成品库仿真模型优化

4.4.1 仿真优化过程分析

(1) 规范化叉车运行路径，减少其不必要行走路径，减少不必要的浪费。

(2) 针对叉车的运行和闲置率的比较，对部分区域的叉车进行数量的调整，以提高设备的使用率，叉车分析中可以看到入库区域的叉车（大、中品牌成品烟）的闲置率过高，由于堆垛机码垛时有一定的码垛时间，所以将其码垛时间进行适当的调整，并将这个区域的叉车数量调整为 1。

(3) 由可以看到成品烟暂存区、拆零区的空置率相对较高，有部分的区域出现了浪费，所以要适当的减少这两部分的区域。

4.4.2 优化结果分析

经过改造优化后的模型报告如下：

(1) 经分析可以看到规划后叉车行驶路径后，明显运行中码垛机运行的更加流畅，闲置率都由 80%左右降低为 50%，并且效率也有所提高，因此规划叉车的运行路径能够有效的减少码垛机的闲置，见表 4-3。

表 4-3 优化后拆垛机数据

Object	Class	Idle	Processing
拆垛机 1	Processor	52.23%	47.77%
拆垛机 2	Processor	51.66%	48.34%
拆垛机 3	Processor	49.56%	50.44%

(2) 减小了成品烟暂存区、拆零区的占地面积后，根据其数据报告可以看出成品烟暂存区的闲置率由 55%降低至 33%，拆零区的闲置率由 58%降低至 35%，优化效果还是比较明显的，见表 4-4。

表 4-4 优化后部分区域

Object	Class	Empty	Waiting for transporter
成品烟暂存区	Processor	33.23%	15.66%
拆零区	Processor	35.66%	13.23%

第五章 总结与展望

5.1 结论

本文主要针对现有成品库出现的问题，进行规划仿真，依据其仿真结果，并优化改进。

(1) 本文针对成品库的现有布局和需求进行分析，找出优化的必要性并进行可行性分析，然后整理出规划的步骤和方案。

(2) 基于整理出来的方案，收集并计算相关数据参数，重新规划出作业流程、货架尺寸，出入库形式等。

(3) 基于以上需求及计算，利用 Flexsim 仿真软件对设计方案进行仿真，证明其可行性，并证明优化改造方案的实际意义。

(4) 本文收集该库相关数据后，结合企业实际需求对该库进行优化设计，为解决仓库利用率低、仓储成本高等问题提供依据。

(5) 目前仓库规划与设计研究文献，大多集中在电商仓库、冷链仓库等的优化改造方面，对卷烟厂成品库研究的文献较少，本文提出成品库规划与设计步骤可为其它企业提供借鉴。

5.2 展望

在实际的成品库的环境中，现场的设备与管理人员都是非常复杂的，单单靠仿真软件并不能完全模拟出来，由于条件有限，所以在以后的学习中，还要对部分方法进行优化：

(1) 前期文章掌握时间设置较少，所以部分知识点掌握得不够牢靠，并且自己的分析能力解决问题的能力还有待提高。

(2) 在软件的设计中也遇到了很多问题，以后要加强对此软件的学习，并且软件的限制较多，限制了模型的精确性。

(3) 仿真模型需要非常准确的数据和真实数据，但是条件有限，情况也很复杂，以后也要更加重视这个问题，加强实际数据的收集。

参考文献

- [1] 胡洲. L 公司车间设施布置优化与生产物流仿真研究[D].广西大学,2016.
- [2] 杨振峰. T 公司厂区设施布置的优化研究[D].辽宁工程技术大学,2019.
- [3] 刘延聪. SG 公司车间设施布置规划研究[D].广东工业大学,2020.
- [4] 张禹. 基于 SLP 和 AHP 的设施布置研究[D].深圳大学,2018.
- [5] 汪新刚. 基于 SLP 方法的 L 公司车间设施布局优化研究[D].东北农业大学,2017.
- [6] Chan F T S, Chan H K. Design of a PCB plant with expert system and simulation approach[J]. *Expert Systems with Applications*, 2015, 28(3):409-423.
- [7] 谷雪峰. F 集团 A 生产车间设施布局改善研究及应用[D].重庆大学,2009.
- [8] 张玉欣. Z 公司香港配送中心网购大促期间仓储出库系统的仿真与优化[D].华南理工大学,2020.
- [9] 郑雅琳. 基于 SLP 的输液器组装车间设施布局优化[D].江西理工大学,2020.
- [10] 颜文祺. LF 公司刀具车间布局优化及仿真研究[D].安徽工业大学,2019.
- [11] Liu C M. Clustering techniques for stock location and order-picking in a distribution center[J]. *Computers & Operations Research*, 2017, 26(10):989-1002.
- [12] 刘洋. DF 公司设施布置方法研究与系统设计[D].新疆大学,2015.
- [13] 李保元. M 公司总装车间生产物流系统仿真与优化研究[D].河北工程大学,2020.
- [14] 娄慧斌,李坤,陈洋.基于 Flexsim 的食品加工厂配送中心的布局规划与仿真分析[J].*现代制造工程*,2018(08):20-26.
- [15] 曾倩琳.基于 ED 仿真软件的海外仓布局与优化[J].*物流工程与管理*,2020,42(10):76-80.
- [16] 马丽,茅健.基于改进 SLP 方法的冷链仓储布局优化研究[J].*物流科技*, 2021, 44(03): 141-145.
- [17] 卢茂清. 自动化立体库设计与实现[D].广西大学,2015.
- [18] 麻肖怡. 某药业自动化立体冷库规划设计及仿真[D].昆明理工大学,2018.
- [19] 王志强,李晓东.基于 Flexsim 的 M 公司入库仿真优化[J].*物流技术*,2019,38(10):108-113.
- [20] 伊俊敏, 等. *物流工程* (第五版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2020.
- [21] 许本勇,柴光荣.自动化立体仓库的仿真建模和优化[J].*物流工程与管理*,2017,39(04): 85-86.

致 谢

首先，感谢我的指导老师杨老师，在论文开始的时候，从论文选题到开题报告再到中期检查，杨老师一直给予我耐心的指导和帮助。其次，我还要向我的家人和同学表示感谢，论文发展不下去的时候，同学们也会给我很多意见，这段时间的对于我自己来说是一个美好的回忆。

最后，感谢来评阅论文的老师，感谢各位老师对我论文做出批评提出指正。