

申请上海交通大学工程硕士学位论文

某企业零配件物流仓储中心的 叉车配置方法及其应用研究

院 系: 机械与动力工程学院

工程领域: 物流工程

交大导师: 程晓鸣 副教授

企业导师: 吴筱平 工程师

工程硕士: 邱岚

学 号: 1100252002

上海交通大学机械与动力工程学院

2013 年 1 月

Thesis Submitted to Shanghai Jiao Tong University
for the Degree of Engineering Master

**STUDY ON THE METHOD AND APPLICATION
OF FORKLIFT DISPOSITION
FOR A ENTERPRISE SPARE PARTS
LOGISTICS WAREHOUSING CENTER**

M.D. Candidate: Qiu Lan

Supervisor (I): Cheng Xiaoming

Supervisor (II): Wu Xiaoping

Speciality: Logistic Engineering

School of Mechanical Engineering
Shanghai Jiaotong University
Shanghai, P.R. China

January, 2013

上海交通大学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立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，本论文不包含任何其它个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

上海交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海交通大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 在 ___年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密 。

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名：

指导教师签名：

日期： 年 月 日

日期： 年 月

某企业零配件物流仓储中心的叉车配置方法及其应用研究

摘 要

随着物流技术的发展和企业对物流活动认识的逐渐深入，物流设备在企业物流活动中的应用越来越广泛，尤其是装卸搬运设备的使用，大大提升了企业物流活动尤其是物流中心的作业效率。搬运作业衔接着物流中心进货、储存、分拣、流通加工、配送等环节，通过合理配置装卸搬运设备，可以实现装卸搬运工艺现代化、节约预算和开支。而叉车作为物流中心最普遍的搬运设备，已成为大部分企业主要计划采购的物流设备，同时又对叉车各项性能和叉车配置方案有着越来越高的要求。

论文结合某制造企业零配件物流仓储中心叉车配置项目，首先以普通物流中心的进货作业、储存作业、拣货作业、补货作业和出货作业五大基本作业流程为基础详细分析了该物流仓储中心的各个作业流程，确定需要叉车作业的环节及完成这些作业环节的叉车需求状况；然后将作业流程分解细化，结合实际分析影响叉车选型的各种因素，根据叉车的不同类别和特点进行叉车型号选择；再采用定额计算法，对不同流程叉车装卸周期进行参数测定，得到叉车的台时产量，并对企业生产计划所安排的一定周期内不同作业流程的物流量进行统计，计算出已确定的叉车型号的需求数量，并根据计算结果进行分析，寻求最合理的方案。

通过对该物流仓储中心叉车配置的研究，可依据本文结论对类似情形的作业流程较复杂、需求叉车类型较多的物流中心进行叉车配置，满足其正常物流仓储活动的需要。

关键词：零配件物流仓储中心，流程分析，叉车配置，定额计算法

**STUDY ON THE METHOD AND APPLICATION
OF FORKLIFT DISPOSITION
FOR A ENTERPRISE SPARE PARTS
LOGISTICS WAREHOUSING CENTER**

ABSTRACT

With the development of logistics technology and the gradual deepening of understanding of logistics activities, logistics equipments are utilized in enterprise logistics more widely, especially in use of handling equipment, which greatly enhance the operating efficiency of the enterprise logistics center. Handling operations connects importing merchandise, storing, distribution processing, exporting and distribution, the rational allocation of handling equipment can modernize the loading and unloading process, save budget and expenditure. With the forklift acts as logistics center most common handling equipment, it has become the most enterprises plan procurement logistics equipment, while the performance of forklift and forklift configuration program has increasingly high requirements.

The thesis combines a manufacturing enterprise spare parts logistics warehousing center forklift disposition item, firstly are based on receiving and inspecting operations, storage operations, picking, replenishment operation and shipping operations five elementary operation procedures of ordinary logistics center, analyses the logistics warehousing center various operating procedures in detail to determine the forklift demand conditions. Then refines operating procedures decomposition, through analyzing all kinds of factors which actually affect the equipment disposition ,we can select forklift model which every elementary operation needs according to the different categories and characteristics of the forklift; By utilization of the quota calculation method, determining the parameters of the different processes forklift loading and unloading cycle to the calculated of forklift output, counting the logistics volume of different operating processes on production cycle, we can calculate the quantities of forklift models determined, and according to the analysis based on the results, we can seek the most reasonable solution.

Through the study of the forklift disposition of the logistics warehousing center, we can configure forklift type for more complicated and demanding logistics center on the basis of the conclusions for similar situation, to meet the requirements of its routine logistics and warehousing activities.

KEY WORDS: spare parts logistics warehousing center, process analysis, forklift disposition, quota calculation

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	II
目 录	IV
第一章 绪论	1
1.1 课题的背景和来源	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 本文研究的目的、意义和主要内容	4
1.3.1 研究的目的和意义.....	4
1.3.2 主要内容.....	4
第二章 物流仓储中心的搬运方法及其搬运设备配置概要	6
2.1 物料搬运的特点及其原则	6
2.1.1 物料搬运的特点.....	6
2.1.2 物料搬运的原则.....	6
2.2 物流仓储中心的物料搬运活动	7
2.3 物料搬运设备配置原则	8
2.4 叉车的类型和特点	10
2.4.1 搬运设备概述.....	10
2.4.2 叉车的分类.....	10
2.4.3 叉车的性能特点和适用场合	11
2.5 叉车选型的影响因素分析	19
2.5.1 叉车性能对叉车选型的影响.....	19
2.5.2 作业的实际工况对叉车选型的影响.....	20
2.5.3 物流要求对叉车选型的影响.....	22
2.5.4 作业环节对叉车选型的影响.....	24
2.6 搬运设备数量配置方法介绍	24
2.6.1 定额算法.....	25

2.6.2 二项分布计算法.....	25
第三章 某企业零配件物流仓储中心概况与运作分析.....	27
3.1 某企业零配件物流仓储中心概述.....	27
3.1.1 某企业零配件物流仓储中心布局.....	27
3.1.2 货架及货物.....	29
3.2 该物流仓储中心运作分析.....	31
3.2.1 物流中心基本作业流程分析.....	31
3.2.2 该物流仓储中心作业流程及运作分析.....	33
3.2.3 叉车作业环节分析.....	34
第四章 某企业零配件物流仓储中心叉车的实例配置.....	37
4.1 叉车选型具体配置分析.....	37
4.1.1 月台卸货卡车—进货暂存区.....	37
4.1.2 进货暂存区—分拣准备区.....	38
4.1.3 分拣准备区—两种货架通道口.....	38
4.1.4 横梁式货架通道口—横梁式货架区—出货暂存区.....	39
4.1.5 窄通道式货架通道口—窄通道式货架区.....	39
4.1.6 出货暂存区—发货.....	40
4.1.7 进货暂存区—托盘直接堆放区—发货.....	40
4.1.8 进货暂存区—长大件直接堆放区—发货.....	41
4.2 叉车数量配置计算.....	41
4.2.1 定额计算法的应用及参数测定.....	41
4.2.2 叉车数量计算.....	46
4.3 结果分析.....	49
4.3.1 计算结果分析.....	49
4.3.2 运行结果分析.....	51
第五章 结论与展望.....	52
参考文献.....	53
致 谢.....	55
攻读硕士学位期间发表的学术论文.....	56

第一章 绪论

1.1 课题的背景和来源

随着国民经济的快速发展,企业对未来发展的预期良好,物流的重要性已被提升到一个战略高度,大多数企业都认为企业物流将会快速发展,物流已被企业作为获取利润,稳固和扩大市场占有率的关键因素。据有关估算,物流成本可以占到商品总价值 30%-50%,越来越多的企业通过对这部分成本的降低,来挖掘更大的利润空间。

而在企业的物流成本中,物流设备所占比重非常高,约占了总成本 50%-70%,可以涉及物流作业中所有流程操作,在这些操作过程中,有一项活动伴随着进出货、储存、流通加工、盘点、订单处理、拣货、配送等各项基本作业,并且是不断出现和反复进行的,这就是物料的装卸和搬运,它贯穿于整个物流中心内作业流程的始终,往往成为决定物流速度的关键。装卸搬运的设备配置可以决定物流的作业效率和作业规模,随着各个企业对这些物流活动认识的逐渐深入,通过合理选择及配置装卸搬运设备,可以提高搬运活动的效率以及劳动生产率,实现装卸搬运工艺现代化、节约预算和开支。

一般企业的物流仓储中心装卸搬运设备以搬运车辆为主,而叉车又是物流中心最普遍的搬运车辆。根据《中国物流产品市场》2010年第4期调查问卷分析,未来五年,大部分企业都需要采购叉车、托盘、货架、自动化物流设备、物流周遍设备等产品,这其中计划增添叉车类别的企业有83%,计划增添叉车配件的企业占38%,由此可见大部分企业将叉车的选购视为物流采购与发展计划中不可或缺的重要一环。同时问卷调查也显示,市场对叉车的技术性、可适用性、环保性也有着越来越高的要求。这就说明企业在选择叉车时根据自身的物流需求,包括仓储中心的物流设施、作业量、场地都提出了更多的要求。

本课题来源于林德公司作为叉车供应商,面对客户提出采购叉车的需求时,以供应商的角度结合不同客户的实际情况,为客户提供叉车配置方案以配合整体的物流解决方案。本文以某企业零配件物流仓储中心为例,对其日常装卸搬运作业中的叉车进行型号的选择和数量的计算,主要是针对作业流程复杂,需要叉车类型较多的物流中心,以此对企业物流活动中的叉车配置应用给予指导。

1.2 国内外研究现状

现代物流业发展迅速，同时由于劳动力成本上升，企业产业升级等因素，带来了物流装备市场需求的增长。大量需求的增长促进了物流技术的飞速发展，如何对物流系统、物流中心进行优化研究，已成为众多研究人员关注的问题。

在对物流设备的现状和发展研究中，张剑斌和孙启鹏在《我国物流设备发展趋势》^[1]里从我国物流设备发展现状及存在的问题出发，分析我国物流设备发展的趋势，提出了我国物流设备发展的应对措施；张杰在《物料搬运设备的发展与应用》^[2]中从制造生产线上的不同种类物料搬运设备出发，分析了物料搬运设备的使用现状及发展中存在的问题，提出了应用解决方案和策略，并对物料搬运技术发展趋势作出了预测。

在对企业搬运系统的研究领域里，殷筑生在《企业物料搬运系统工程的设计与分析》^[3]中，主要从提高物料搬运的活性指数和搬运设备的搬运指数来阐述企业物料搬运系统的设计原则问题；徐美霞在其硕士论文《场区内物料搬运系统研究》^[4]中，综合了装卸搬运和路径优化两大模块，考虑整个系统中多个子问题如搬运路径优化、搬运工具选择、搬运过程中两节点之间物流量的控制等，分析了影响物料搬运过程的因素，建立了数学模型，用遗传算法求解；徐文锋在其硕士论文《大型物料搬运系统综合设计方法研究》^[5]中提出了大型物料搬运系统的综合设计步骤，通过搬运流程分析，确定搬运设备类型及运行参数，选择合适的搬运策略、到货分配策略和转运策略；设计搬运调度管理信息系统，完成了功能和数据库设计。由于该论文选择设备和确定人员是根据调查和理论计算的基础上进行优化后选定的，不同的搬运体系的数据在进行计算和优化时要注意考虑自己的搬运系统的实际运作情况，才有一定的借鉴作用；涂琰在其硕士论文《基于 Flexsim 的物流装卸搬运系统仿真研究》^[6]中从装卸搬运的对象物资、系统流程、装卸搬运作业的起讫点、物流量和搬运高度等几个方面进行分析，选择系统的搬运路线、运输单元、配置设备和工作人员，选用了 Flexsim 可视化仿真平台对设计方案进行仿真建模来评价方案。另外，在物流中心作业流程的研究中有台湾大业大学的林益州在其硕士论文《物流作业流程之模组化应用与研究》^[7]里通过分析各物流中心的商品特性，采用模组化概念，将现今物流中心的作业流程区分为若干模组，再将模组细分为组件进行指标衡量。其局限性就在于他将各个模组分开来看待，忽略了各个模组之间的内在联系。

在物流设备配置的问题和方法研究领域中，殷延海在《物流中心在选购常用物

流设备时存在的问题及对策》^[8]里阐述了物流中心在选购物流设备时存在的问题及相应的对策，对选购设备的方法作了一些具体说明，并比较分析了不同的选购策略；宋伯慧和王耀球在《装卸搬运设备配置优化研究》^[9]中对装卸搬运设备配置的原则和步骤进行了分析，在考虑设备替代和全寿命周期成本的基础上建立了设备配置的解析模型，并结合实例进行了实证分析，证明这种方法在基层仓库的设备配置规划中的应用具有较好的效果；张育益、刘先锋和王桂强在《基于经济性评价的物流机械配置模型研究》^[10]中对设备配置的原则进行了分析研究，依据经济性评价方法与原理，对物流配送中心的装备进行了配置并结合实例进行分析验证；G. Vrečer, F. Cus 提出了配送中心的工具订购模型，并利用 EXCEL 软件实现了该模型的应用^[11]；邬万江在其硕士论文《物流中心机械设备数量配置方法研究》^[12]中系统分析了影响物流中心机械设备数量配置的多种因素，运用 SPreadsheet 方法描述问题，确定出物流中心机械设备合理配置数量的随机线性规划模型，并验证了实施有效管理的重要性。但是该论文采用的随机线性模型，只考虑了成本的影响而忽略考虑了作业的时间效率，尚不够全面；而宋远卓在其硕士论文《物流配送中心搬运设备配置研究》^[13]中则完善了这一点，他以某配送中心为基础，采用层次分析法建立了配送中心的综合评价指标体系，为配送中心的评价提供了参考依据；通过作业流程分析，明确了作业类型、作业环节之间的衔接关系，进而确定了搬运设备类型和各作业环节所需设备的组合关系；对影响设备配置的因素进行了分析，建立了基于成本、效率的多目标设备配置模型，并将该优化模型应用于实际的物流中心设备配置中去，取得了显著的效果；宫磊在其硕士论文《物流中心装卸搬运设备保有量研究》^[14]中从设备的完好状态概率和维修状态概率角度入手进行分析研究，针对设备寿命及维修时间运用生存数据统计分析方法，以及马尔可夫链相关理论研究设备维持在各种状态下的概率，随后针对设备处于各个状态下物流中心的运营成本进行分析，建立线性规划模型并得出相应的遗传算法，从而解决物流中心装卸搬运设备保有量的配置问题。另外，在设备管理方面，郑亚红在硕士论文《物流中心仓储搬运设备信息管理与系统设计》^[15]中对物流中心仓储搬运系统的设计和仓储搬运设备的信息管理进行研究，结合某实例中的物流中心规划项目对其搬运系统进行设计，通过技术性和经济性两个方面对搬运系统进行综合评价，从而得出较优方案。并且开发出基于设备信息管理的物流中心搬运系统辅助设计软件，能够对物流中心搬运系统的设计起到一定的指导和借鉴作用。

由于越来越多的企业都想通过改善物流效率来提高企业效益，对各种能够优化物流系统的投入都在加大，相应地一定会增加对物流技术装备的采购投入资金。因

此在当今的经济环境下，研究如何合理科学地配置装卸搬运设备有很重要的实用价值。

1.3 本文研究的目的、意义和主要内容

1.3.1 研究的目的和意义

目的：通过对该物流仓储中心的叉车配置的研究分析，我们可依据本文结论对类似情形的仓储中心就其规模大小和作业流程的不同合理地配置叉车，以达到资源的有效利用，保证其每天的定单配送要求。主要是适用于物流仓储中心在规划设计时各作业流程中叉车的需求配置，以及在物流仓储中心运作初期首先考虑不同叉车的应用从而满足其仓储配送活动的正常运作。

现在有部分企业在物流仓储中心建成后，才开始寻找合适的叉车，往往出现仓库净空高度考虑不够、立柱间隔距离小，致使无法实现最佳的空间利用率，导致投入产出比不合理。还有企业习惯根据自己以往的经验选择叉车，结果虽然是能够满足基本使用，但可能造成货物损耗，或者无法充分发挥不同叉车的综合匹配效应以达成最佳的运作效率，同时也造成了投资成本的浪费。事实上，根据货物的物流量和搬运活动来配置不同的叉车以配合整体物流解决方案，所实现的匹配模式在空间利用率、作业效率以及投资成本都有很大的区别。

由于叉车搬运贯穿于每个基本作业过程中，对于各个基本作业流程的分析，有助于了解完成该项作业所需的叉车情况，而对于针对不同作业的叉车配置又可以使作业流程中各个作业间衔接更协调，提高搬运效率，降低工作人员的劳动强度，从而提高整个仓储中心的工作效率。

本文研究的意义在于它的实用性，得出一套行之有效的能保证仓储中心日常运作的叉车配置方案，实现最佳的空间利用率，尽量减少由于叉车选择不当，导致设备忙时短缺、平时闲置的情况，及资源配置不合理导致的运作效率低下的问题，为今后不同物流仓储中心的叉车配置起到一定的指导和借鉴作用。

1.3.2 主要内容

本文主要进行以下研究内容：

1. 作业流程分析。根据普通物流中心的五大基本作业流程如进货作业、储存作业、拣货作业、补货作业和出货作业为基础分析了所要研究的物流仓储中心的各个作业流程，更加详细地了解各个基本作业的内容，大致确定完成这些基本作业所需要的搬运设备类别，确定了需要叉车作业的环节及需求状况，并绘制流程图；

2. 叉车型号的选择配置。将作业流程分解细化，在作业流程分析的基础上，根据叉车的不同类别和特点，进一步确定适合各个不同流程和环节的车型，然后结合实例中货物、货架和场地的参数，如货物是以何种形式进出货、存储、搬运；不同类型货架的设置和约束；场地的限制等对叉车进行具体型号的选择，并给出选定叉车参数表；

3. 不同型号叉车数量的计算。采用定额算法，对选定的不同流程的叉车型号进行需求数量的计算，主要是通过一定周期内各个不同作业流程的物流量来计算不同叉车的配置数量。通过分析定额算法在实例的应用可知，关键是确定每个流程中叉车每装卸一叉货物的时间(周期)，可以得到叉车的台时产量，因此需要进行不同流程叉车装卸周期的参数测定，并对该制造企业生产计划所安排的一定周期内不同作业流程的物流量进行统计，然后计算出叉车的配置数量，并根据计算结果进行分析，寻求最合理的方案。

第二章 物流仓储中心的搬运方法及其搬运设备配置概要

2.1 物料搬运的特点及其原则

2.1.1 物料搬运的特点

物料搬运是指在同一场所范围内进行的、以改变物料的存放（支撑）状态（即狭义的装卸）和空间位置（即狭义的搬运）为主要目标的活动，即对物料、产品、零部件或其他物品进行搬上、卸下、移动的活动。其实质是在已经设计和建立的物流条件下，使系统中的物料（包括液体、散装物体、单件物体、包装件、单元装载体等）按照生产、工艺及服务的要求运动，以实现系统设计提出的目标^[5]。

物料搬运具有如下特点^[16]：

1. “伴生”（伴随产生）和“起讫”性。物料搬运的目的总是与物流的其他环节密不可分（有时甚至视为其他环节的组成部分），不是为了搬运而搬运，如运输、存储、包装等环节，一般都以装卸搬运为起始点和终结点。

2. “保障”和“服务”性。物料搬运保障了生产中其他环节作业的顺利进行，在搬运过程中不消耗原材料，不排放废弃物，不大量占用流动资金，不产生有形产品，因此具有提供劳务性质的特点。

3. 具有“闸门”和“咽喉”的作用。因为物料搬运制约着生产领域其他环节的业务活动，如果这个环节处理不好，整个生产系统将处于瘫痪状态。

4. 具有作业的均衡性与稳定性。均衡性是生产的基本原则，所以物料搬运作业基本上是均衡、平稳、连续的，而且作业对性仅限于企业内部，相对稳定，若有变化也有一定规律。

2.1.2 物料搬运的原则

物料搬运有以下 20 条原则。

1. 规划原则：规划全部的物料搬运和储存活动以达成最大的整体操作效率。
2. 系统原则：将各种搬运活动整合到涵盖供货商、进货、储存、生产、检验、包装、仓储管理、出货、运输、和顾客的整体操作系统。

3. 物料流程原则：提供一种最佳化物料流程的作业顺序与设备布置。
4. 简化原则（精简原则）：利用减少、消除、或合并不必要之搬移和设备来简化搬运。
5. 重力原则：尽量利用重力来搬移物料。
6. 空间利用原则：尽量使建物容积之使用最佳化。
7. 单元尺次原则：增加单元载重之数量、大小、或重量。
8. 机械化原则：将搬运作业机械化。
9. 自动化原则：提供生产、搬运和储存等功能自动化。
10. 设备选择原则：在选择搬运设备时应考虑所要搬运物料的各种要素，包括所使用的搬移与方法。
11. 标准化原则：将搬运方法及搬运设备种类和尺次标准化。
12. 适应性原则（灵活性原则）：采用可以适应各种工作和应用的方法与设备，除非是必须使用某种特殊目的的设备。
13. 减轻自重原则：减少移动式搬运设备空重与载重之比率。
14. 使用率原则：规划搬运设备与人力之使用率为最佳化。
15. 维修保养原则：规划所有搬运设备之定期保养和维修。
16. 过时作废原则：当发现有更有效率的搬运方法和设备时，应取代过时的方法和设备。
17. 管制（控制）原则：使用物料搬运活动来改善生产、存货和订单处理的管制（控制）。
18. 生产能力原则：使用搬运设备来改善生产能力。
19. 搬运作业效能原则：采用单位搬运的费用来决定搬运的绩效。
20. 安全原则：提供合适的方法和设备来加强搬运安全。

2.2 物流仓储中心的物料搬运活动

据统计，物料搬运涉及企业 25% 雇员的工作，占有 55% 的工厂仓储空间和 87% 的生产时间；3-5% 的产品由于搬运不当而受损；而且，50% 以上的工伤事故起源于物料搬运，因此物料搬运是企业制造生产活动中相当重要的一环。

物流仓储中心的物料搬运活动通常伴随在每个作业环节中进行，甚至是这些环节的组成部分。普通的物流仓储中心通常的作业有进货、储存、分拣、补货、流通

加工、出货等环节，物料搬运将这些环节衔接成了一个有序的整体。对这其中物料搬运活动的管理，主要是确定最恰当的装卸搬运方式，力求减少装卸和搬运的次数，合理配置和使用装卸搬运设备，以做到节能、省力、减少损失、加快速度，取得较好的经济效果。

2.3 物料搬运设备配置原则

物料搬运设备是物流仓储中心设施的重要组成部分，其配置直接影响到物流仓储中心的运作流程和效率。为保证物料搬运设备系统的高效经济，在进行设备配置时应考虑如下原则。

1. 系统化原则

系统化原则，简言之就是在进行物流设备购买、选择、配置时采用系统的观点和系统的方法。在企业物流系统中，用系统观点的方法解决物流设备配置和选择问题，是提高企业资源的利用率，实现最合理投资的重要手段。为了使物流搬运系统达到最大效益，合理配置搬运设备是保证前后作业相互衔接、相互协调，保证搬运工作连续稳定进行的重要条件。因此，在进行设备配置时，还要对整个搬运系统进行流程分析，充分考虑各个基本作业之间的衔接，以便配置的搬运设备相互适应，减少作业等待时间，提高作业效率。

2. 适用性原则

适用性包括适应性和实用性。搬运设备要能够满足作业需求的能力，与物流作业的实际需要和发展规划相适应。在进行搬运设备配置时，要符合货物的特性、作业量的需要；适应不同的工作条件和多种作业性能要求，操作使用灵活方便。

例如，叉车的功能就是拆码垛及短距离运输，它一般适用于普通货物装卸作业。所以在配置时，只有充分考虑使用要求，去选择物流设备的功能，才能充分体现搬运设备的适用性，获得较大的投资效益。

3. 技术先进性原则

技术先进性是指搬运设备能够反映当前社会所能达到的科学技术水平，在主要技术性能、自动化程度、结构优化、环境保护、操作条件、现代新技术的应用等方面具有先进性，并在时效性方面满足技术发展要求。物流技术的先进性是实现物流现代化的基础，但盲目追求技术先进性也是不妥当的。技术先进性必须以适用性为前提，以获得最大经济效益为目的，不可脱离实际需要而过度追求先进。

4. 低成本原则

低成本是衡量搬运设备配置的重要指标。搬运设备配置受着经济条件的限制，任何物流中心不可能为了达到技术先进而忽略设备的低成本原则。在进行搬运设备选择和配置时，尽量选择寿命周期费用最低的设备。寿命周期费用是指设备一生的总费用，一般由购置费和使用费两部分构成，不仅购置费用要低，更重要的是使用费用低。购置费与使用费是矛盾的统一体，有些设备购置费用较低，但其能耗大、故障率高、维修费用高，因而导致了运行成本高。相反，有些设备的购置费用较高，但其性能好、能耗小、维修费用低，运行成本较低。因此，应将生产上适用、技术上先进和经济上合理三者结合起来，设备配置的目标就是在合理的技术先进性的前提下，实现设备在整个寿命周期内费用最低，综合效益最好。

5. 可靠性和安全性原则

可靠性指的是搬运设备在其功能和时间上的稳定性以及持久性，在规定的使用时间和条件下，应该实现规定功能。可靠性与设备的经济性有着密切的关系。搬运设备的可靠性高能够减少维修费用支出和因为设备突然故障而造成的生产线停滞带来的损失。但可靠性并非越高越好，因为设备的可靠性需要在设备研发制造中投入更多的资金，必然造成设备原始费用升高。因此，应全面权衡提高可靠性所需要支付的费用以及由于可靠性减低而造成的费用损失，才能使物流设备的可靠度达到最高因此从而确定最佳的可靠度。

6. 一机多用性原则

一机多用是指一种设备具有多种不同的功能，可以适应多种物流作业环节和具有多种功能。物流作业环节的逐渐细化，如果每一个环节都配置一个单用途的专一设备，将会数量巨大。如果配备能够一机多用的设备，不仅能够减少物流作业环节更换设备的时间，减少物流中心设备的拥有数量，可以实现一机同时适宜多种作业的连续作业，而且设备的利用率必将得到较大的提高，有利于减少作业环节，提高作业效率，并减少设备台数，便于设备管理，从而充分发挥设备潜能，确保以最低投入获得最大的效益。

如叉车具有装卸和搬运两种功能，正是这点使其得到极为广泛的应用。而不同种类的叉车，如平衡重叉车既可以实现装卸和搬运，能够进厢操作，也可以实现一定高度的提升，因此可以使用在高度较低货架仓储区中；电动托盘堆高车可以在小空间实现搬运和上下货架的操作等。因此，在配置与选择搬运设备时，要尽量优先考虑一机多用的设备。

7. 绿色环保原则

环保性原则是指物流搬运设备在使用过程中不对人类和周围环境造成危害的性能。在科技日益发达的今天，人们对于环境的要求越来越高，在进行搬运设备选择时，尽量选择那些对环境污染少、不产生噪声、耗能低的绿色和节能设备，能选择电瓶叉车的尽量不选择内燃叉车。

2.4 叉车的类型和特点

2.4.1 搬运设备概述

装卸搬运设备不仅用于生产企业内部物料或工件的起重输送和搬运、用于船舶与车辆货物的装卸，而且又完成库场货物的堆码、拆垛、运输以及舱内、车内、库内的搬倒。物料搬运装备的主要作用有^[17]：

1. 提高装卸效率，节约劳动力，减轻装卸工人的劳动强度，改善劳动条件。
2. 缩短作业时间，加速车辆周转，加快货物的送达和发出。
3. 提高装卸质量，保证货物的完整和运输安全。
4. 降低物料搬运作业成本。
5. 充分利用货位，加速货位周转，减少货物堆码的场地面积。

常用的搬运设备主要有起重设备、工业车辆、连续输送设备，散装装卸设备等，这些设备对物流中心提高物流作业效率、降低物流成本具有举足轻重的作用。尤其在日常的物流仓储中心的作业中，由工业车辆进行的装卸搬运活动一直穿插于各项作业环节的始终，而叉车作为最普遍和主要的工业车辆已经成为物料搬运整体解决方案的一部分。因此，如何选择合适的叉车对整个物流链的综合作业效率都将会产生深远的影响。

2.4.2 叉车的分类

叉车由自行的轮胎底盘和能垂直升降、前后倾斜的货叉、门架等组成，主要用于件货的装卸搬运，是一种既可作短距离水平运输，又可拆垛和装卸的机械，主要用于仓库、车站、港口、配送中心、机场等场所，并可进入船舱、车厢和集装箱内进行作业。它的主要工作属具是货叉，在换装其他工作属具后，还可用于对散堆货物、非包装货物、长大件货物等进行装卸作业以及对其进行短距离搬运作业。

叉车按其动力装置不同,分为内燃叉车和电瓶叉车;按照叉车的使用环境,通常可分为室内用与室外用叉车两类:室外用叉车通常为大吨位内燃叉车;室内用叉车一般为电瓶叉车;叉车按其结构和用途不同,分为平衡重式叉车、托盘式叉车、前移式叉车、电动堆垛机、拣选车等多种车型。

综合下来,一般可分为平衡重式叉车、仓储叉车和重型叉车等几大类,平衡重式叉车可分为内燃式平衡重式叉车和电动平衡重式叉车;仓储叉车可分为电动托盘搬运车、电动托盘堆垛车、前移式叉车、VNA 系列叉车(窄通道叉车)、集装箱重箱堆高机和正面吊。此外,在易燃易爆的工作环境中,有相应的防爆叉车;对于特殊形状的货物搬运,如:纸卷、管材等,叉车还需配置相关的属具。环保及专业化细分已成为叉车发展的两大趋势,叉车已不再只是我们常见的狭义的平衡重式叉车样式,如表 1 所示。

表 1 叉车的分类

叉车	分类					
平衡重式叉车	内燃式平衡重式叉车	电动平衡重式叉车				
仓储式叉车	电动托盘搬运车	电动托盘堆垛车	前移式叉车	VNA 系列叉车	拣选车	牵引车
重型叉车	平衡重式重型叉车	集装箱空箱堆高机	集装箱重箱堆高机	正面吊		
特殊叉车	防爆叉车	带特殊属具的叉车				

2.4.3 叉车的性能特点和适用场合

叉车的技术参数主要说明叉车的结构特征和工作性能,是选择叉车的主要依据。叉车的技术参数包括性能参数、尺寸参数及质量参数^[17]。

叉车的性能参数有:最大起升高度、载荷中心距、门架倾斜角度、满载最大起升速度、满载最大运行速度、牵引力、满载爬坡度、最小转弯半径、直角堆垛的最小通道宽度、90 度交叉通道宽度等。

叉车的尺寸参数有:最小离地间隙、轴距、前后轮距、外廊尺寸等。

叉车的质量参数有:额定起升质量、整备质量、轴负荷等。

下面将分述物流仓储中心主要叉车的各自性能特点及适用场合。

1. 平衡重式叉车

平衡重式叉车用内燃机或蓄电池作为动力，是使用最广泛的一种。由于没有支撑臂，需要较长的轴距与较大的配重来平衡荷载，所以车身尺寸与重量都很大，需要较大的作业空间。同时，货叉直接从前方叉取货物，对容器和包装没有要求；底盘较高，使用橡胶胎或充气胎，使其具有很强的爬坡能力与地面适应能力。因此平衡重叉车普遍用于装卸货及室内外运搬。

平衡重式叉车有内燃式和电动式两种。在电动平衡重叉车中，还可分为三轮与四轮，前轮驱动与后轮驱动。转向与驱动都是后轮称为后轮驱动，优点是成本较低，相对前轮驱动来说较容易定位。缺点是当在光滑的地板及斜坡行走时，荷载提升时驱动轮压力会减轻，驱动轮可能打滑。现在大多数的电动平衡重叉车都采用双马达前轮驱动。三轮平衡重叉车与四轮平衡重叉车相比，转弯半径小，比较灵活，最适用于集装箱内部掏箱作业。以电瓶为动力的叉车具有维修方便、操作容易、运行平稳、无废气污染、无噪声等优点，适用于车间内的搬运作业，以及对环境要求较高并需要长距离及相对长时间作业的中型工况。（见图 1）



图 1 电动平衡重叉车

Fig.1 Electric counterbalanced truck

内燃平衡重叉车根据传动方式不同，主要有液力机械传动型与静压传动型。液力机械传动是比较传统的传动方式，成本较低，因其传动是借助于液压油来传递动力的，所以能起到缓和驱动装置各机械零部件间相互冲击的作用，提高驱动装置的使用寿命。因此对较远距离搬运，或对装有铲斗属具这样带有冲击的作业，或对普通

离合器摩擦片消耗特别严重的情况，选用液力传动叉车比较合适；但是其变矩器传递效率低，能耗大，后期维护费用高。静压传动是目前内燃叉车较理想先进的传动方式，主要特点是起步柔和、无级变速、换向迅速、维修简单、可靠性高，操作非常简单，适宜微动操作，工作平稳，因此该型叉车适宜于连续作业或搬运易碎易损物品的用户。以内燃机为动力的叉车，具有功率大、运行速度快、装卸效率高、使用寿命长、对路面的适应性强以及能进行多种作业的特点，广泛应用于各工况企业、车站、码头和仓库，适合户外及长距离作业现场。（见图 2）



图 2 内燃平衡重叉车

Fig.2 Engine balance forklift

通常使用的平衡重叉车载重范围为 1.2 吨—5 吨，最大提升高度可达 6 米以上，需要的直角堆垛的最小通道宽度为 3.2 米—5 米，有二级门架、三级门架等可以选择，根据不同场合的需要可以选择不同配置的平衡重叉车。

2. 电动托盘车

电动托盘车通常用于中等负载重量的短距离搬运，有步行式和站立式两种。步行式电动托盘车的行驶速度通过手柄上的无极变速开关控制，跟随操作人员步行速度的快慢而行进，在降低人员疲劳度的同时，保证了操作的安全性。当平面运搬距离在 30m 左右时，可采用步行式电动托盘车；搬运路线距离在 30m 以上至 70m 左右时，可以采用带折叠式踏板的电动托盘车，驾驶员站立驾驶，最大速度可提高近 60%。

地板的构造及地板表面平整程度会影响电动托盘车的安全的举升高度、搬运效率及操作性。它的货叉宽度是不可调的，当需要搬运的货物有不同情况时，可选购

加长型的货叉，可同时搬运二个或四个托盘，驾驶员立于托盘车上来进行操作搬运。

电动托盘车的载重范围为 1.6 吨—3 吨，一般只作水平的点到点的搬运，机身较为小巧，直角堆垛的最小通道宽度为 2 米—2.5 米，站驾式电动托盘车和步行式电动托盘车分别见图 3、图 4。

3. 电动托盘堆垛车



图 3 站驾式电动托盘车

Fig.3 Stand-on electric pallet truck



图 4 步行式电动托盘车

Fig.4 Electric pallet truck

电动托盘堆垛车为一种轻型的室内用提升堆垛设备，基本工作装置为货叉，车身比较轻巧，通过车身前部的支撑臂加长配重的力臂，以平衡荷载。配重力臂远大于荷载力臂，所以较小的配重即可提升较大的荷载。叉车前方带有小轮子的支撑臂与货叉一起伸入叉货，然后由货叉提升货物。由于货叉需与支撑臂同时伸入托盘底部才可操作托盘，所以使用起来有一定的限制，双面托盘无法使用；同样在使用驶入型货架时，出于平衡与承重的考虑，通常将双面托盘的一侧作为叉车操作面，因此也无法使用电动托盘堆垛车。配合电动托盘堆垛车的货架设计，常常会在底层高出地面约 100mm 处安装横梁，第一层托盘置放于横梁底层，以便电动托盘堆垛车的叉取操作。

由于货物重心位于前后车轮包围之内，叉车的稳定性好；自重和外形尺寸小，适合在狭窄的通道和室内堆垛、搬运，常见与背靠背式重型托盘货架搭配，对楼层式仓库或其他空间较小的储存环境中尤为适用。但是其运行速度低，行走轮直径小，对地面要求高。

电动托盘堆垛车的载重范围为 1 吨—1.6 吨，最大提升高度可达 5 米，直角堆垛的最小通道宽度为 2 米—3 米，也有站驾式和步行式（见图 5），还有宽支腿电动托

盘堆垛车（见图 6），用于仓库内闭式托盘及长条形货物的堆垛和水平搬运，但后两种使用较少。

4. 前移式叉车

前移式叉车的货叉可沿叉车纵向前后移动。它有两条前伸的支腿，前轮较大，支腿较高，作业时支腿不能插入货物的底部。前移式叉车分门架前移式和货叉前移



图 5 电动托盘堆垛车

Fig.5 Electric pallet stacker



图 6 宽支腿电动托盘堆垛车

Fig.6 Electric straddle stacker

式两种。前者的货叉与门架一起移动，叉车驶近货架时，门架可能前伸的距离要受外界空间对门架高度的限制，因此只能对货架的前排货物进行作业。货叉前移式叉车的门架则不动，货叉借助于伸缩机构单独前移。

前移式叉车结合了有支撑臂的电动托盘堆垛车与无支撑臂的平衡重叉车的优点，当门架前伸至顶端，荷载重心落在支点外侧时，相当于平衡重叉车；当门架完全收回后，荷载重心落在支点内侧时，即相当于电动托盘堆垛车。这两种性能的结合，使得前移式叉车在保证操作灵活性、高载荷性及高稳定性的同时，体积与自重都不增加很多，最大限度地节省了作业空间。前移式叉车最具效益的操作高度为 6-8m，相当于建筑物高度在 10m 左右，此高度也是目前最常见的卖场、配送中心、物流中心、企业中心仓库的建筑高度。在此高度范围内，操作人员视线可及，定位快捷，效率较高。当操作高度大于 8m 时使用前移式叉车在叉取定位时可以加装高度指示器、高度选择器或者摄像头等辅助装置。

前移式叉车的载重范围为 1 吨—2 吨，最大提升高度可达 11 米左右，直角堆垛的

最小通道宽度为 2.5 米—3 米，适用于高密度高货架仓储中对货物的装卸，并且目前已开发出用于存取长、管件的特殊用途、室内外通用型的前移式叉车。坐驾前移式叉车和站驾前移式叉车见图 7、图 8。

5. VNA 系列叉车（窄通道叉车）

通常把高架堆垛机及高位拣选车均称为 VNA (Very Narrow Aisle) 叉车, 其主要的



图 7 坐驾前移式叉车

Fig.7 Electric reach truck



图 8 站驾前移式叉车

Fig.8 Electric stand-on reach truck

特点是货叉可作三向旋转, 或直接从两侧叉取货物, 且在巷道中无需转弯, 因此所需的巷道空间是最小的。当仓库面积较小, 高度较高且不考虑建造自动仓库, 又需要很大的储存量及较高的搬运效率时, 那么 VNA 系列叉车是最佳的选择。它适用于小面积、大高度、大存储量的仓库, 广泛应用于物流、制造、电子、医药、等各种行业的室内拣选作业。

VNA 叉车可分为上人式和不上人式两种。驾驶舱作为主提升随门架同时上升称为上人式, 优点是在任何高度都可以保持水平操作视线, 保证最佳视野以提高操作安全性。同时由于操作者可以触及货架任何位置的货物, 故可以同时用于拣货及盘点作业。

为了使 VNA 叉车在通道内始终保持直线行驶, 有磁导及机械式导引两种方式。磁导由于必须在巷道中央切割埋上磁导线, 容易破坏地坪并且不易搬迁调整, 故目前使用最多的是机械式导引。采用机械式导引需与货架配合, 在巷道的两侧安装轨, 通过车身导轮及其他辅助装置导入巷道并沿直线行驶。

VNA 系列叉车载重范围为 1 吨—1.5 吨, 最大提升高度可超过 14m, 直角堆垛通

道宽度通常在 1.1 米-1.7 米左右。

另外，使用窄通道叉车的仓库，对地面也有相应的要求，主要是地面的承载能力，平整度，水平度等方面，主要影响因素有地面结构、地面摩擦系数、静电传导、地面承载能力、地面落差等。对平面落差范围的要求，直接决定了叉车允许的行驶速度，同步行驶与提升功能，以及行驶的精确定位。VNA 系列叉车见图 9、图 10。



图 9 电动高位拣选车

Fig.9 Electric high-level order picker

6. 拣选车和牵引车

在企业的物流仓储活动中还有一些车型使用广泛，如中低位的拣选车和牵引车。

拣选车：分拣作业人员能随装卸装置一起在车上进行拣货作业，当叉车行进到某一货位前，货叉取出货盘，操作人员将所需数量拣出，再将货盘放回。拣选叉车适应于少批量，多品种的拣货作业，叉车与高层货架配合，形成配送中心特定的拣选工艺。根据高度分为低位拣选车和中位拣选车，高位拣选车一般归于 VNA 系列车中。适用于各种工况的拣选作业，配送中心或第三方物流仓库有广泛应用。见后页图 11。

牵引车：用于搬运运输，有内燃牵引车和电瓶牵引车，分别对应室内和室外的工况。适合大批量不同品类货物长距离运输，如运输枢纽的室外长距离搬运和制造业室内为生产线及时供应各类零部件的运输，经常用于机场、铁路部门、邮电部门、

医院及自动化工业等众多工业场所货物的牵引。见图 12。

综合以上，各类叉车性能如后页表 2 所示。



图 10 高位拣选及堆垛窄通道叉车

Fig.10 Modular very narrow aisle dual purpose combi truck



图 11 电动中位拣选车

Fig.11 Electric medium-level order picker



图 12 站驾式电动牵引车

Fig.12 Electric tow tractor with platform

表 2 各类叉车性能

叉车性能 叉车种类	额定 载荷 (kg)	最大 高度 (mm)	通道 宽度 (mm)	行驶速度 (满/空载) km/h	提升速度(满 /空载) m/s
平衡重叉车	1200-5000	6000	3200-5000	13.0-20.0/1 5.0-20.0	0.29-0.42/0 .45-0.55
电动托盘搬运车	1600-3000	---	2000-2500	4.0-6.0/ 6.0	---
电动托盘堆垛车	1000-1600	5200	2000-3000	6.0-7.0/ 6.0-9.0	0.1-0.16/ 0.17-0.25
前移式叉车	1000-2000	11000	2500-3000	13.5/13.5	0.32-0.48/0 .51-0.66
VNA 系列叉车	1000-1500	14000	1100-1700	9.0-12.0/9. 0-12.0	0.38-0.48/0 .4-0.6

2.5 叉车选型的影响因素分析

叉车选型的影响因素可以从以下几方面来考虑，包括叉车本身性能、适用的作业实际工况和物流要求，以及从不同的作业流程环节根据作业特点和效率进行综合考虑，合理的叉车的选择与搭配能够帮助构建更高效、更经济、更贴近于实际物流作业需求的物流搬运体系。

2.5.1 叉车性能对叉车选型的影响

影响叉车选型的整机技术参数包括外形尺寸、额定载荷量、载荷中心距、最大起升高度和自由起升高度、最小转弯半径、行驶速度、起升/下降速度、最大爬坡度、噪音、废气和烟度等，这些技术参数反映了叉车的性能，包括可靠性、舒适性、操纵性、可维修性和安全性等。

额定载荷量：是支门架处于垂直位置，货物重心位于载荷中心距范围以内时，允许叉车举起的最大货物重量；

载荷中心距：是指设计规定的额定载荷量的标准货物重心到货叉垂直段前壁的

水平距离；

最大起升高度和自由起升高度：最大起升高度是指门架处于垂直位置，货叉满载起升至最高位置，从叉面至地面的垂直距离；自由起升高度是指不改变叉车的总高时，货叉可能起升的最大高度；

最小转弯半径：是指在平坦的硬路面上，叉车空载低速前进并以最大转向角旋转时车体最外侧所划出轨迹的半径；

行驶速度：是指在平坦的硬路面上，叉车满载/空载前进的最大速度；

起升/下降速度：是指门架处于垂直位置时，货叉满载/空载上升或下降的平均速度；

最大爬坡度：是指叉车在正常路面情况下，以低速档等速行驶时所能爬越的最大坡度，以度或百分数表示。

2.5.2 作业的实际工况对叉车选型的影响

1. 存储单位 (SKU)

包括是否使用托盘存储，托盘的类型和尺寸、单垛货物的重量、货物的形态和化学物理特性、运输组织方法等。大部分的叉车都是以托盘为操作单位的，所以托盘的尺寸与形式往往影响叉车形式及规格的选择。操作不同深度与宽度的托盘，所需要的通道空间不同，更重要的是如果托盘及所载货物的重心超过了叉车的设计载荷中心，载重能力将下降。所以通常都建议采用标准规格的一种托盘形式，目前使用较普遍的是欧洲标准 800mm*1200mm 或 1000mm*1200mm 的四向叉取式托盘，它可适用于各种车型；而双向、双面托盘只能选择前移式叉车、平衡重式叉车；如果是封闭式托盘则需选购宽支腿的电动托盘车或堆高机。单垛货物的重量决定了选用叉车的载重能力，且需要同时综合考虑单次搬运的托盘数量和货叉在最高提升位的失载因素。货物的化学物理特性通常是限定在某些特定行业，如化工行业，就需要选购防爆车或对叉车进行防爆改装。

2. 地面状况

叉车作业的地面状况是指地面的光滑度、平整度状况和承重能力等，这些都极大地影响叉车的使用。如果作业区的承重能力不足，在选择叉车时，应充分考虑叉车的自重对地面的影响，所选用叉车的轮压必须小于堆存使用定额。地面平整度是指是否有接缝、坡道、铁片等，地面的表面状况通常有三种情况，影响最大的是锯齿状起伏的地面，应尽量避免；如果地面为波浪状起伏，在一定的距离外有一定的

高度差，是可以允许的；最好的地面是平整光滑的地面，通常是经过表面处理的混凝土地坪。如果地面状况过差，一般是在室外，需要选用平衡重叉车，对轮胎磨损较厉害的地面则需使用实心胎；室内仓储叉车的轮胎也要根据地面状况进行选择，如铸造行业的地面通常布满金属碎片，最好配备钢轮；而在冷库工作的车辆则需要配备带花纹的聚氨酯轮。在使用高起升的室内叉车时。假设叉车的提升高度为 10m，如果在叉车的左右轮之间有 10mm 的高低差，那么在 10m 处就会造成将近 800mm 的倾斜，造成货架使用的危险。所以地面状况的优劣对于叉车以及轮胎等可选配件的选择有着很大的影响。

3. 作业环境

作业环境对叉车动力型式的选择有较大的影响。电动叉车运转平稳，无噪声，不排废气，检修容易，操纵简单。缺点是怕冲击振动，对路面要求高。由于受蓄电池容量的限制，电动机功率小，车速和爬坡能力较低。因此，电动叉车主要用于通道较窄、路面好、起重量较小、车速不要求太快的场所。在易燃品仓库或要求空气洁净的地方，只能使用电动叉车；冷库中，不但要求空气洁净，且内燃机起动困难，也应采用电动叉车；有防爆要求的场所，应选用防爆叉车。

内燃叉车的优点是作业持续时间长，功率大，爬坡能力强，对路面要求低，基本投资少。缺点是运转时有噪声和振动，排废气。因此，内燃叉车适合于室外作业。在路面不平或爬坡度较大以及作业繁忙、搬运距离较长的场合，内燃叉车比较优越。一般起重量在 3t 以上时，优先采用内燃叉车。

4. 通道宽度

通道宽度至少要满足叉车的转弯或叉取货物的要求。假设库场货垛均设在叉车通道的两侧，并要求经过通道能随时存放，则此时所需的通道宽度为叉车直角堆垛最小通道宽度。直角堆垛的最小通道宽度，不但是衡量叉车机动性的一个重要指标，而且直接影响库场有效堆存面积的利用，影响库场的利用率。一般来说，前移式叉车所需直角堆垛最小通道宽度约为轮距或承载器长度的 2 倍，则库场面积利用率一般为 50% 左右；平衡重式叉车所需直角堆垛最小通道宽度约为轮距或承载器长度的 3 倍，则库场面积利用率一般为 40% 左右。假如仓库需要存放的货物平面面积为 1000m^2 ，那么第一种情况所需要的库场平面面积为 2000m^2 ；第二种情况所需库场平面面积为 2500m^2 。如果采用高架堆垛机方案，则其通道宽度约为承载器的长度，其库场面积利用率可达 66%，所需要的库场面积为 1515m^2 。由此可见，选用合适的叉车可以大大地节省库场面积及建筑投资。

5. 设施高度

物流仓储中活动中经常会要求叉车进出电梯、工业门、集装箱或在高层楼面操作等。此时就需要考虑入口高度，这些决定了叉车的门架尺寸和车体自重，通常此时需要选择带大自由扬程的门架，如工业门高度决定了门架需要的回落高度，进箱作业的车辆通常为轻巧便捷的托盘车或配备自由提升门架的平衡重叉车。

6. 货架类型

货架存储类型通常包括托盘式货架、移动式货架、驶入式货架和重力式存储货架等，最为常见的是托盘式货架，货架间隙、宽度、高度都直接决定了所选叉车需要满足的直角堆垛通道宽度、最大叉高等要素，而驶入式货架多见于食品行业，必须考虑支腿的尺寸，所以需要配备专门的驶入式前移式叉车。

2.5.3 物流要求对叉车选型的影响

1. 日吞吐量

日吞吐量是指作业区如车站、码头和仓库等每天进出货物的总重量或搬运托盘的数量。根据作业区的日吞吐量，确定所选叉车的搬运能力和叉车的数量。叉车的搬运能力表现为叉车在一定时间内所搬运托盘的数量和重量，它除了与叉车本身的额定载重量有关外，还与叉车的使用环境及操作者有关。叉车的额定载重量是叉车的技术性能指标之一，是一个固定的数值。叉车的使用环境即作业区的大小及通道的长短。

2. 物流仓储中心布局及搬运路线和距离

物流仓储中心作为物流活动的重要场所，包含了众多物流作业环节，物流中心作为货物装卸、包装、短期存储、流通加工的主要场所，作业环节较多，但不同的物流作业环节对叉车的要求有所不同。物流中心的布局影响着叉车搬运的路线，从而影响等待和响应的的时间，由此可见物流中心布置的格局对叉车的作业量和工作效率影响极大。如果布局合理，根据布局选择合适的叉车，那么叉车在物流中心内的各个功能区内的活动距离将会很短，作业路线也会最优，不会造成线路堵塞和拥挤，出现设备等待等情况；若布局不合理，叉车选择必然受到影响，带来大量的倒载、搬运，增加很多无用功，物流中心将会运行不畅，各种设备的利用率或许会比较高，但作业效率却极其低下，根本无法满足要求的作业量。

由上可知，物流仓储中心的布局影响着搬运路径的形成，搬运路径对水平搬运作业影响较大。搬运路径可分为以下几种，如图 13 所示：

➤ 直达型

直达型是货物由起点到终点以直线式即最短的距离来运送的方式。直达型适用于货物流程密度较高，且移动距离短或适中的货物装卸搬运。

➤ 通路型

通路型是指货物经事先订定的路线到达目的地，而路径相关的不同货物都能共同使用这条路线。通路型适用于搬运密度不高，距离较长，而布置不规则甚至扩散的货物装卸搬运。

➤ 中心转运型

中心转运型指货物由起点至终点，往往要经由中间转运站加以分类或指派，然后才送达目的地，此方式也就是由原点移到中心点再移往终点的方式。中心转运型适用于流量不高，距离很长，矩形区域或者控制功能特别重要时的货物装卸搬运。

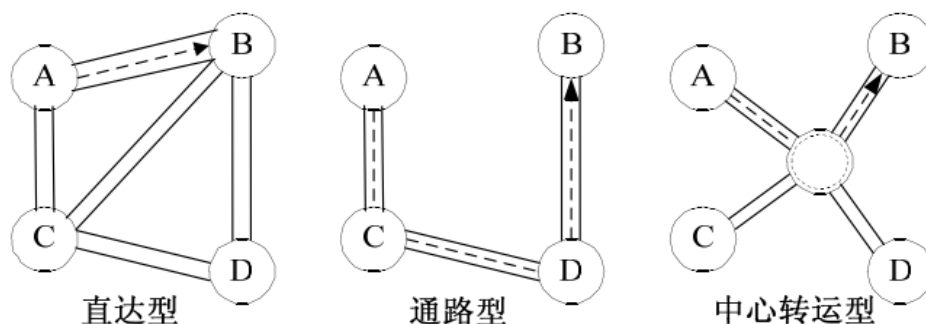


图 13 搬运路径种类

Fig.13 Transportation path type

在实际装卸搬运活动中，有时还须考虑各工作场所的位置，所以会出现基本的货物装卸搬运型态的变形形式，如：直线式、双线式、锯齿形、U型、圆形和犄角形排列法等流程型式，各项流程型式可单独或合并运用。

而采用哪种叉车合适则要根据具体条件而定，叉车属多功能的装卸搬运机械，就其搬运功能而言一般作为短途运输，行驶速度小于 20km/h。作业区内水平搬运作业，采用哪种叉车合适，要根据各作业区的具体条件而定，如根据货物的包装形式和批量大小，距离长短等各因素，选择合适的叉车沿既定路径运行。

实践经验表明，100m 距离内使用电动叉车，100—200m 距离使用内燃叉车，200—500m 距离使用牵引车挂车较好。这是由于叉车在较近距离内完成装卸搬运作业时，主要是发挥叉车的装卸功能。随着搬运距离的增加，叉车在一个装卸搬运周期循环过程中，其周期时间的消耗主要是运输时间，这与搬运效率关系极大，在此情况下，

提高每次搬运货物的单元重量和运输速度，是提高装卸搬运生产效率的重要途径。

3. 作业高度

根据作业区的高度不同，来选择叉车的门架和货叉的最大起升高度，在选择时应保证最大起升高度高于作业区的高度。

2.5.4 作业环节对叉车选型的影响

根据作业特点和效率进行综合考虑，叉车选型的影响因素可从物流仓储作业流程进行分析，不同的作业环节配置不同类型的叉车，最合理的搭配才能实现整个仓库物流体系的经济、高效化。

比如在卸货时，将货物在卸货区从卡车上将货物卸下搬运到指定地点，需要考虑的有：直接从地面卸货可选择平衡重叉车，从卸货平台或卡车尾板卸货可选择轻便的托盘车，在进货不是很频繁的企业可考虑选择堆垛车，在卸货作业间隙，还可用作堆垛作业；是否需要进箱作业；卸货区是否有坡度，由于电动托盘车或堆垛车一般只能在平整地面作业，如果需要上下坡则需选择带底角提升功能的托盘车或堆垛车，同时选择双承载轮的托盘车也有助于提升车辆爬坡性能。

对物流仓储作业各流程的车型选择可作如下参考：

卸下货物：电动平衡重叉车、电动托盘车

入库检查整理：电动托盘车、堆垛车

室内运输：电动平衡重叉车、电动托盘车、牵引车

存储上架：堆垛车、前移式叉车、VNA 系列叉车、拣选车

出货：电动平衡重叉车、电动托盘车

2.6 搬运设备数量配置方法介绍

目前理论中确定物流中心搬运设备数量配置的方法主要有两种，其一是从作业量和台时效率来确定搬运设备数量；另一种方法是通过机械设备的完好率和最佳出车台数来确定搬运设备的数量。根据实际情况可选择不同的方法，下面对这两种方法进行简要介绍。

2.6.1 定额计算法

定额计算法^[17]从作业量和台时效率来确定搬运设备数量，计算公式如下。

$$n = \frac{Q_{机}}{24 \times T \times P \times K_{利}} \dots\dots\dots (2-1)$$

式中：

- n 一所需设备台数（台）；
- $Q_{机}$ 一设备的年作业量（吨）；
- T 一年工作天数（天）；
- P 一设备的台时效率（吨/台时）；
- $K_{利}$ 一设备的利用率。

设备利用率取值：一班制可取 0.2-0.25，二班制可取 0.4-0.5，三班制可取 0.6-0.7。

2.6.2 二项分布计算法

二项分布计算法^[18]是利用二项分布确定物流中心机械设备合理拥有量。该方法的主要思路是：物流中心拥有某种类型机械 n 台，其完好率为 ρ 。当实际生产需要 m 台时，必须从 n 台中选出 m 台完好机械。所以，每次选取完好机械的概率为：

$$P_n^{(m)} = C_n^m \rho^m (1-\rho)^{(n-m)} \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots, n; 0 < \rho < 1) \dots\dots (2-2)$$

而在 n 次重复独立选择机械实验中，完好机械恰好出现 m 次的概率确定为 $P_n^{(m)}$ ($0 \leq m \leq n$)，为至少需用 m 台机械的概率之和，称作出车保证率：

$$P_m = \sum P_n^{(m)} = \sum C_n^m \rho^m (1-\rho)^{(n-m)} \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots, n; 0 < \rho < 1) \dots (2-3)$$

利用公式 (2-3)，在已知某种机械设备拥有量 n 和完好率 ρ 时，相对需用 m 台的出车保证率 P_m ，设定作业能力为 B_m ，其数学表达式为：

$$B_m = mP_m \dots\dots\dots (2-4)$$

前者是数量的保证，后者是不出现故障而完成生产所需的持续时间的保证。可见，机械出车作业能力的内涵在理论上的诠释正符合二次分布规律的数学期望。

由于不同的 m 值对应着一定的出车保证概率 P_0 ，那么只要把两者一一相乘，然后取其最大值，就可以得到一个最大出车作业能力，即 $\max[B_m]$ 或 $\max[mP_m]$ ，与最大出车作业能力相对应的设备出车台数称为设备最佳出车台数 m^* 。当达到最大出车作业能力时，表明拥有的机械在出车 m 台时发挥出了最大潜能，此时的出车台数为最佳。

确定的 n 、 ρ ，通过改变 m 可得一系列的 B_m 和 mP_m 。最大的 B_m 值对应的 m 值记作最佳选择台数 m^* 。出车规律不但受 n 、 ρ 的影响，更主要的是受实际使用设备的需要所影响。在生产状况相对稳定和完好率相对确定时，只有出车规律符合实际生产使用设备需求及由 n 、 ρ 决定的出车台数规律时，设备数量才是合理拥有量。由式 (2-2)、(2-3)、(2-4) 知， n 、 ρ 、 m^* 唯一确定，当 n 、 ρ 的值在一定范围内变化时， m^* 亦随之变化，由此便可计算出一系列彼此对应的 n 、 ρ 、 m^* 的值，并将这些互相对应的值制成表格。反过来，根据已知完好率 ρ 和最佳出车台数 m^* ，可从表中相对应的位置查出拥有量 n ，此时 n 值就是要求至少出车 m^* 台机械时，物流中心搬运设备的合理拥有量。

以上两种方法从不同的角度计算了物流仓储中心所需设备数量。第一种方法根据各种搬运设备的作业量和搬运设备的技术状态计算设备需求量，对于企业来说，有一定应用性和指导性；第二种方法从设备完好率、最佳出车台数以及设备拥有量之间的一一对应关系出发，通过研究生产实际出车规律，确定最佳出车台数，从而得出搬运设备数量。在企业生产出车规律变化不大情况下，该模型对企业设备数量有较好的指导意义。

第三章 某企业零配件物流仓储中心概况与运作分析

3.1 某企业零配件物流仓储中心概述

某大型设备制造企业是其所处行业内全球的龙头企业，由于行业的快速发展，每年的销售总额以超过 10% 的速度递增，为了满足用户需要，该企业在中国新开设了一个组装工厂，同时建立了配套的零配件物流仓储中心。

这里的零配件物流仓储中心主要是用于配合工厂的生产组装，主要功能有原材料储存、装卸搬运、配合生产的拣选作业和检验加工等，占地面积 8000 多平方米。由于这里的零配件需要配合不同型号的设备，可达几万种之多，并且绝大多数为非标准配件，因此该物流仓储中心的货架配置较为复杂，同一层货架的高度都有不同，同时由于需要经常性细致的拣货作业及场地限制、人工成本相对国外较低等多种原因，该物流仓储中心的还设置了阁楼式货架，可由操作人员直接在货架上进行拣选作业，而后送往组装车间。因此该中心的货架配置有托盘式货架和阁楼式货架，托盘式货架又有横梁式货架和通道宽度只有 1850mm 的窄通道货架两种。上托盘货架的为箱式托盘，货箱尺寸根据零配件型号有多种，而上阁楼式货架的货物均为中小型零配件，一律置放在周转箱中，由人工用手推小车进行上架，每个阁楼式货架口还配有电梯用于工作人员和手推车上下。货架上贴有条形码，零配件分拣上架和拣选（补货）作业时由无线终端进行条形码扫描。需要进行的主要作业有原料零配件到货装卸，零配件的分拣准备、搬运上架、以及根据不同定单的零配件拣选（补货）、元件检验出库作业等。为支持这些日常作业，结合场地和货架限制，同时达到效率和成本的平衡，需要配置合理种类和数量的叉车来实现目标。

3.1.1 某企业零配件物流仓储中心布局

该零配件物流仓储中心的主要作业区域分为进货暂存区、质量检验区、分拣准备区、托盘直接堆放区、长大件直接堆放区、仓储拣选区、出货暂存区、元件检测区以及配套的其它办公及服务区域。其中左半侧的货架区域仓库高度约达四层楼高，所以右半侧的区域只有一楼和四楼，四楼右侧即是连通左侧货架区的元件检测区和

办公区域。如图 14、图 15、图 16 所示。

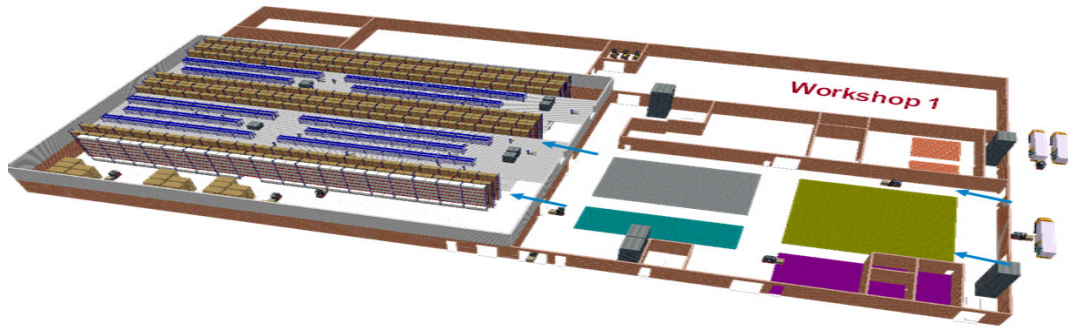


图 14 一楼立体示意图

Fig.14 Three-dimensional view of the first floor

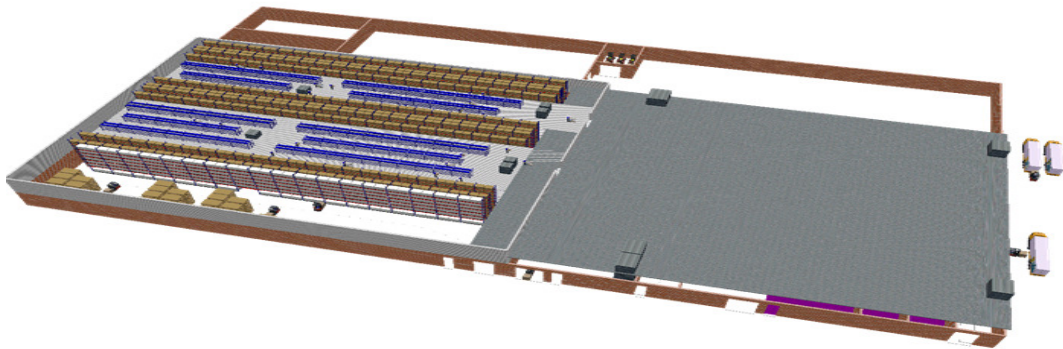


图 15 四楼立体示意图

Fig.15 Three-dimensional view of the fourth floor

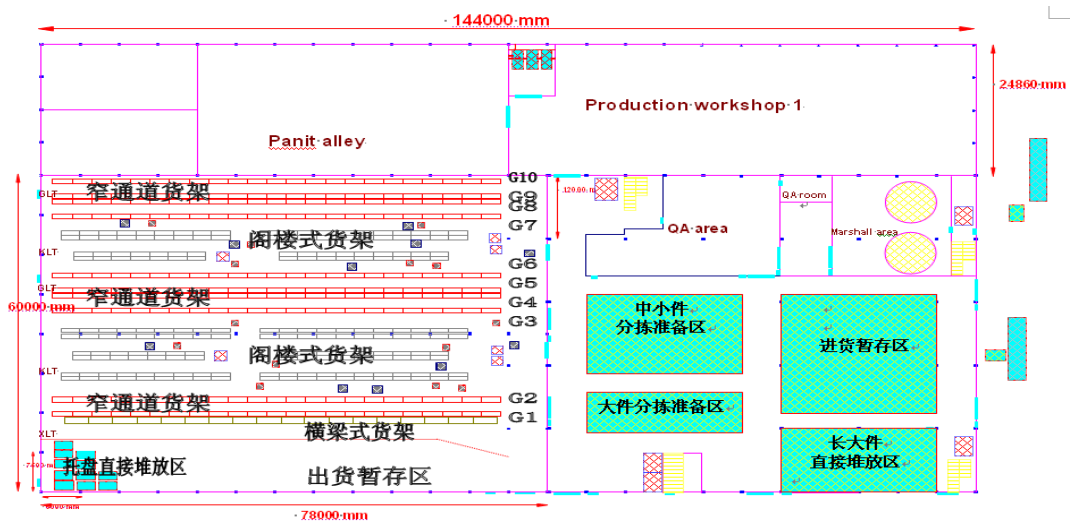


图 16 一楼平面布局图

Fig.16 The first floor layout chart

3.1.2 货架及货物

1. 货架

由于该企业已经自行指定叉车品牌为林德叉车，并且要求林德公司为其作整体的仓储规划，因此仓库的货架均由林德公司按照其零配件储存和拣选的要求进行设计布置，这为之后的叉车配套选型作了良好的铺垫。

仓储货架区中由叉车进行作业的是托盘式货架，即横梁式货架和窄通道货架，窄通道货架最高高度为 9300mm, 通道宽度为 1850mm; 横梁式货架最高高度为 9100mm, 货架前场地开阔，没有通道限制，如图 17、图 18 所示。另外，与人工作业有关的阁楼式货架和电梯如图 19、图 20 所示。

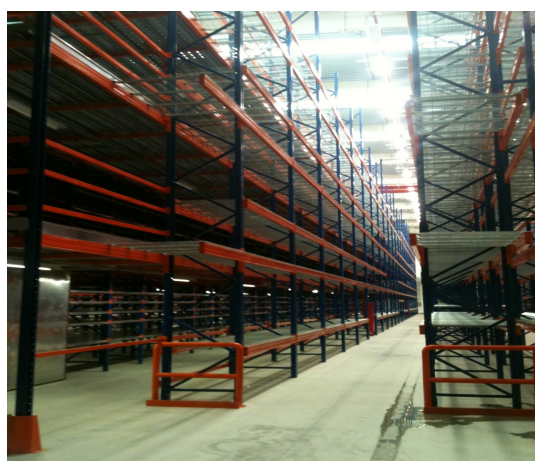


图 17 窄通道货架

Fig.17 Narrow aisle storage racking



图 18 横梁式货架

Fig.18 Pallet racking



图 19 阁楼式货架

Fig.19 Mezzanine floors



图 20 电梯

Fig.20 Elevator

具体货架参数见表 3。由于阁楼式货架的作业不涉及到叉车，因此不列出此货架参数。

表 3 货架参数表

参数 货架类型	通道 宽度 (mm)	货架 高度 (mm)	每层 荷载 (kg)	层高 (mm)	隔间 宽度 (mm)	隔间 深度 (mm)
横梁式货架	不限	9100	2500	500/800/1300	3600	1050
窄通道货架	1850	9300	3500	750/1250/1900	2800	1000

在进货区域和分拣准备区的范围里，场地设置比较宽敞，没有具体的限制，一般的叉车都可以在场内运行工作。

2. 货物

该物流仓储中心的货物均为机械零配件，一般以托盘为单位进行装卸。由于是机械件，自重较大，叉车一次只装卸一托盘。平托盘尺寸采用欧标 1200mm*1000mm，正常尺寸货物每托盘为 1.5-2 吨，长大件货物 2.5-4 吨/件或长度特殊。

上货架的是箱式托盘，叉车进行一次上架作业也只装卸一个箱式托盘，货箱尺寸根据零配件型号有多种，上横梁式货架的货箱重量在 0.5-1 吨左右；上窄通道货架的货箱在 0.5 吨-1.1 吨左右。箱式托盘部分重量及高度参数见表 4。拣选和检测完成配齐的订单周转小车或箱式托盘重量在 0.5-2.5 吨左右。上阁楼式货架的货物不由叉车进行作业，由人工进行上架及拣选，不在此作描述。

表 4 箱式托盘部分重量及高度参数表

横梁式货架		窄通道货架	
托盘重量 (kg)	托盘高度 (mm)	托盘重量 (kg)	托盘高度 (mm)
500	500	625	500
621.25	500	1071	500
538.8	550	936	500
624	550	1008	1156
105.1	1050	577	1000
820	700	816	830
...

3.2 该物流仓储中心运作分析

在进行叉车配置前，通过流程分析来确定完成某项基本作业所需叉车的类型是非常重要的。合理配置各个作业环节间所需叉车，把物流中心内部的作业流程串联整合，从而使整个作业流程更加顺畅，提高工作效率，降低作业成本。下面将先分析物流仓储中心中最基本的几项作业环节，并由此应用到此实例的流程分析中，然后得出需要用叉车来完成工作的各个环节。

3.2.1 物流中心基本作业流程分析

普通的物流中心通常的作业流程由进货作业、存储作业、拣货作业、补货作业和出货作业等几个基本作业环节所组成，部分还会有一些进货后的分拣、检验，以及出货前的流通加工等。

1. 进货作业

进货作业是指企业对需要进入物流中心的货品，从供应商送货抵达开始直到货品入库为止的一系列作业。进货作业的具体流程为：进货分析→货物到达→卸下货物→拆装理货→货品验收→进货记录。

进货作业中当单元负载设备为托盘时，可选择该项作业所需的搬运设备为托盘车和叉车；当货品为散件，并且重量较轻时可选择手推车。当进货的单元负载为托盘且数量较少时，可选用手动托盘车作为搬运工具；长距离可使用电动托盘车。而平衡重叉车则是最通用的车型，特别是当物流中心缺乏升降的装卸平台或高度不适合的月台时，平衡重叉车可直接使用货叉升降取货，不需将货品卸至地面，还可以直接叉取长大件等单件。根据工作环境和搬运距离的区别来选择电动或内燃的平衡重叉车。因此，进货作业所需的叉车主要有平衡重叉车和托盘车，另外可辅以适合工况的手推车。

2. 存储作业

物流中心的作业本质主要是由一连串“存”与“取”的动作所组合而成，而且存与取都发生在保管储存区域，存储作业的流程包括：存储作业→入库上架→(储位管理、库存管理、容器管理)→储存记录。

存储作业中，当单元负载为托盘或周转箱时，各种类型的叉车是用途最广泛的搬运设备，物流中心一般会将会将不同用途的叉车进行综合匹配，因为叉车与

大部分储存设备都能搭配，且无论当时所需处理数量及品种的多少都可适用，还可以适应不同高度和用途的货架。如托盘车可以用于水平的搬运；电动堆垛车可以用于水平搬运及高度较矮的货品上架；前移式叉车可以用以高度较高的货品上架，也可以担负起平衡重叉车的角色；当通道宽度有所限制时，还可以选用 VNA 系列叉车。因此，在存储作业、入库上架时所需的叉车有托盘车、电动堆垛车、前移式叉车和 VNA 系列叉车。

3. 拣货及补货作业

拣货作业是指物流中心在接受订单的活动中，负责将订单货品由存储区域中取出，其中包含实际拣取的动作以及相关的信息处理程序。物流中心的拣货作业和补货作业单从各自的目的来说，拣货是指针对顾客订单的需求所进行的作业，而补货是针对物流中心效率的改善而进行的作业，以避免拣货作业中断。

拣货作业的具体作业流程为：从订单信息取得拣货信息→移动到指定储位→进行拣取作业→将拣取后的物品库存信息传回库存储位信息中→将货品移动到出货区→通知订单信息系统此笔订单已被拣取。

补货作业的具体作业流程为：由补货人员随时检查货位的货量或是由库存储位信息系统显示补货信息→补货人员到拣货区找出并移走空托盘或周转箱→补货人员移动到指定的保管储区→确认储位并取出货品→移动货品至动管区，确认储位号码并将货品置入→将补货信息传回库存储位信息系统并更改库存资料^[19]。

在拣货(补货)作业中，若拣取货品为小体积的散货单品或纸箱包装时，并且位于第一层货架的，可以直接使用手推车拣取。当货品是以托盘或周转箱为拣货(补货)单位，则可采用叉车。叉车可直接到拣货区拣取货品，一次一托盘或周转箱，并能够拣取较高处货品，根据不同的货架选用适宜的叉车，如由低到高的货架就可分别选择电动堆垛车和前移式叉车；窄通道货架和需要人在高处作业的就可选择 VNA 系列叉车。电动托盘车虽然也可以进行拣选，但是由于其只能进行水平搬运，局限于第一层的拣取，电动堆垛车完全可以取代其功能，所以一般情况下不用于拣选。因此拣货(补货)作业中用到的叉车有电动堆垛车、前移式叉车和 VNA 系列叉车。

4. 出货作业

出货作业是指将拣取分类完成的货品作好出货检查，装入妥当的容器，作好标示，根据指示将物品运至出货暂存区，最后装车配送。出货作业的具体作业流程包括：出货分析→出货检验→出货包装→出货暂存区→装车→出货记录。

出货作业中，如果出货以小箱或散件为单位，则使用手推车会较为合适，不占空间且方便出货人员的使用；若以托盘为出货单位，则建议用平衡重叉车。平衡重叉车可以同时搬运多托盘，并且可以根据平台或者运输车辆的高度进行升降操作以及进厢作业，大大提升搬运效率。但是平衡重叉车适用于运输距离较长、货物较重的情况，并且需要的作业空间也比较大。当出货区域较小、出货货物量也不大时，可以采用电动托盘车，因为它的体积较小，相对灵活，使用方便。因此，出货作业所需要的叉车主要为电动托盘车和平衡重叉车，另外也可以辅以手推车。

通过上述对物流中心各个基本作业的分析，对物流中心所需要的叉车已有所明确，一般采用平衡重叉车和各类仓储叉车，同时辅以手推车。货物的负载设备主要包括托盘、周转箱和散件单品。当各物流中心情况不同时再加以具体分析，得出各项作业所需叉车的实际情况，进行适合的叉车选型。

3.2.2 该物流仓储中心作业流程及运作分析

该企业的零配件物流仓储中心的主要活动有订货、进货、分拣准备、仓储、订单处理、拣货（补货）、元件检测、出货作业等，而其出货作业的特殊之处在于，出货的流向是发往生产组装车间，而不是通常意义上的发货装上运输车辆出厂。因此，事实上该零配件物流中心所有的活动都是在为设备的生产制造作准备。货物流向如图 21 所示。

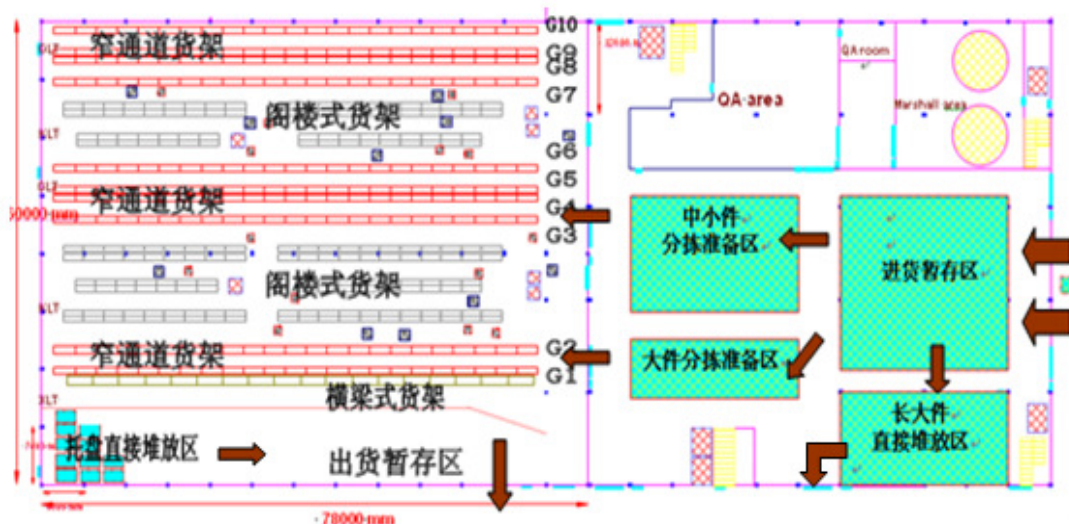


图 21 货物流向图

Fig.21 Goods flow chart

其作业流程是，供应商将所订购零配件送至码头，由叉车搬运卸放至进货暂存区，开始进行理货、验收、记录等进货确认。

然后根据种类用叉车分别运至中小件分拣准备区和大件分拣准备区，进行分拣准备。一般是放入贴有不同条码的不同尺寸不同规格的金属网箱托盘和小尺寸周转箱。箱式托盘由叉车送到横梁式货架和窄通道货架的货架通道口，再根据手持终端的指示上架到贴有条码的不同货位，一次只上一箱，每次上完后再回到通道口装下一箱；而小尺寸周转箱是放置在阁楼式货架上的，可以多个同时放在手推车上搬运入库，从分拣准备区进入阁楼式货架区，然后通过电梯上到不同货位。

长大件一般由大吨位叉车运至直接堆放区，进行拆箱并贴上条形码；有一些不需要在这里进行拆箱分拣的物料，由叉车运至托盘直接堆放区进行暂时性的存储。

当收到生产配货订单后，进行拣选作业。在拣选作业中，该物流中心的拣选作业大部分是在阁楼式货架上手推车人工进行的，包括了部分窄通道货架 G2、G3、G6、G7(如图 20 所示)，并且直接送至检测区进行电气元件检测，因此这里的拣选作业不需要用到叉车。

另外一部分订单是大件的拣选，在横梁式货架上进行，用叉车一次取一个箱式托盘，直接放入出货暂存区。拣选时一旦系统或人工发现拣选区所剩余的存货量过低时，则必须由存储区进行补货作业。阁楼式货架由人工用手推车进行补货，另两类货架则由叉车进行补货。值得注意的是，在窄通道货架中，参与拣选的 G2、G3、G6、G7 不进行上架存储，它们的存储功能分别由相对的 G1、G4、G5、G8 完成，也就是当 G2、G3、G6、G7 的货位需要补货时，由叉车直接从 G1、G4、G5、G8 的相对应的货位左右补货。如果存储区的存货量低于规定标准时，便向供应商采购订货。

拣选和检测完成配齐的订单会被放入大型的托盘周转箱或者直接用原先的箱式托盘运至出货暂存区，再由叉车搬运出库发往工厂。

作业流程图如图 22 所示。

3.2.3 叉车作业环节分析

1. 由图 22 的作业流程图得到：

从货物进入进货暂存区开始，大部分的货物进入分拣准备区，经分拣入箱

后进行入库上架的存储作业，拣选（补货）出订单后放入出货暂存区后出货；小部分托盘货物不进行拆理经由进货暂存区进入托盘直接堆放区后直接出货；

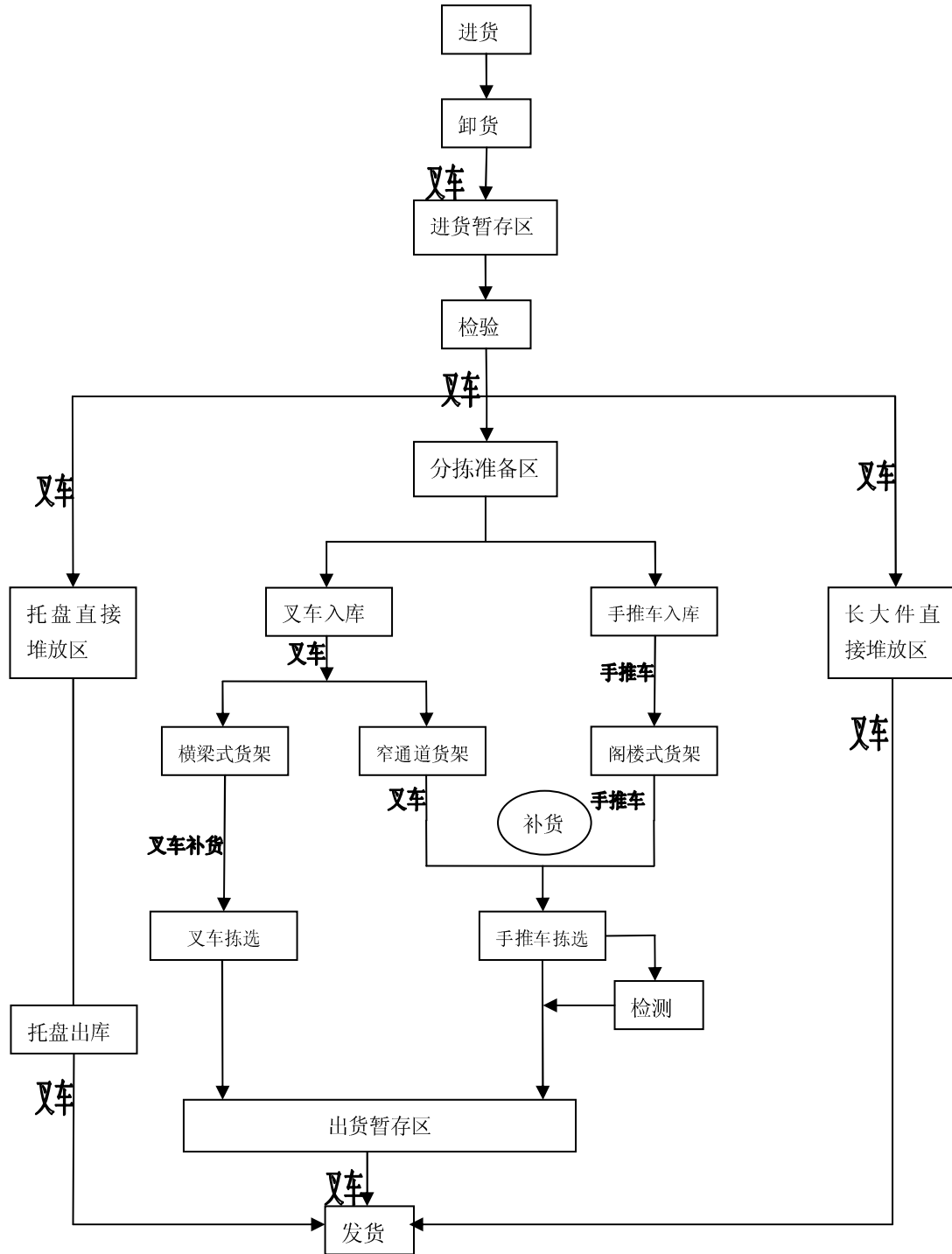


图 22 作业流程图

Fig.22 Operation process chart

长大件货物经由进货暂存区理货后进入长大件直接堆放区，最后直接出货。

货物从进货到出货由以下几种流程组成：

- 进货—分拣准备—入库—上架—拣选（补货）—出库（部分需经检测后出库）
- 进货—长大件理货、直接堆放—出库
- 进货—托盘直接堆放—出库

2. 分解以上进货到出货的流程，需要叉车作业的区域为：

月台卸货—进货暂存区

进货暂存区—分拣准备区

分拣准备区—两种货架通道口

横梁式货架通道口—横梁式货架区—出货暂存区

窄通道式货架通道口—窄通道式货架区

出货暂存区—发货

进货暂存区—托盘直接堆放区—发货

进货暂存区—长大件直接堆放区—发货

根据 3.2.1 的分析，月台卸货—进货暂存区、进货暂存区—分拣准备区、进货暂存区—托盘直接堆放区—发货、进货暂存区—长大件直接堆放区—发货这些区域间的作业可以使用的主要是平衡重叉车和托盘车；而分拣准备区—两种货架通道口、横梁式货架通道口—横梁式货架区—出货暂存区、窄通道式货架通道口—窄通道式货架区这些区域间的作业可使用托盘车、电动堆垛车、前移式叉车和 VNA 系列叉车来进行，具体的选型配置需要结合场地货物等的具体情况参数，并且考虑到不同流程中是否可使用同类型叉车的综合效应来进行，各个基本作业环节中的搭配使用问题详见第四章。

第四章 某企业零配件物流仓储中心叉车的实例配置

4.1 叉车选型具体配置分析

由于在前期规划中此物流仓储中心的货架采用双直线型进行布局，且进货暂存区、分拣准备区、直接堆放区等功能区域的面积和区域之间的通道设计得宽阔规整，所以对于整个流程的搬运路径，都采用直达型。

另外，该企业的环境良好，外场地和内部作业通道平整，从环保和厂区及员工作业环境的角度考虑，该企业自行决定所有车型均采用电瓶叉车。

下面根据每个需要叉车运行环节的场地及物流要求来分析确定所需叉车类型。

4.1.1 月台卸货卡车—进货暂存区

备选的是平衡重叉车和电动托盘车，考虑到设备的零配件属于重型货物，并且每托盘货物重量在 1.5-2 吨，而电动托盘车车型的额定载荷范围虽然是 1.5 吨-3 吨，但在物流活动中普遍使用的车型是 2 吨，因为选择过重的载荷会影响行驶速度，而 2 吨的额定载荷已经达到每托盘货物重量的上限。平衡重叉车车型的额定载荷可以在 1.2 吨-5 吨中选择，并且行驶速度大于电动托盘车，这可以加快物流活动的周转效率。所以这里考虑采用平衡重叉车进行装卸和搬运。对于平托盘货物，林德叉车有额定载荷 2 吨的 E20 和 3 吨的 E30 两种车型可供选择，考虑到卸货时会有门架和货叉的升降动作，而在上升的动作中，叉车的载荷能力会随着高度的增加而下降，在一定高度时会造成失载，所以如果选择 E20 的车型会经常满载荷运作，那么很可能在装卸的升降过程中发生失载的问题造成安全事故，因此在这里选择 E30 比较合适。另外由于会有一些超大件和超重件，重量在 2.5 吨-4 吨，因此根据货物重量和尺寸考虑配置 4 吨以上的电动平衡重叉车，可选的车型是额定载荷 4.8 吨的电瓶平衡重叉车 E48，同时 E30 也可以帮助进行 3 吨以下超重件的装卸搬运工作。因此此环节中选定工作车型是 E30 和 E48。E48 由于可负载荷很大，因此车后部有比普通平衡重叉车大的多的配重来平衡，如后页图 23 所示。

4.1.2 进货暂存区—分拣准备区

货物从进货暂存区经过整理、检验后到分拣准备区时由于包装形式不发生变化，仍然以托盘为单位，运作方式与卸货入库时相同。场地区域间的通道宽度在 4-6 米，满足 E30 的直角堆垛通道宽度的，因此可以同样使用 E30。分拣准备区分成中小件分拣准备区和大件分拣准备区，根据零配件大小的不同进行存储的货架不同，所以送到不同的区域进行拆箱分拣。虽然中小件托盘的重量通常会比大件托盘小一些，实际使用可考虑选用吨位小一些的平衡重叉车，但是考虑到综合效用和管理维保上的方便统一，只选用 E30 一种车型。



图 23 电动平衡重叉车 E48

Fig.23 Electric counterbalanced truck E48

4.1.3 分拣准备区—两种货架通道口

这里可考虑的车型有平衡重叉车、电动托盘车和电动托盘堆垛车。由于放置在阁楼式货架的周转箱直接由手推车从分拣准备区经由电梯进行人工上架，不需要使用叉车。而要放置在横梁式货架和窄通道货架上的箱式托盘重量在 0.5-1.1 吨，且这两处货架通道口的出入空间较小，通道口还要放置缓存的托盘，因此不考虑使用额定载荷大占用空间大的平衡重叉车。电动托盘车和电动托盘堆垛车都可以使用，但是电动托盘车只能进行水平的点到点的搬运，而电动托盘堆垛车除了水平搬运还可以进行提升堆垛。在货架区作业时，它的升降堆垛功能比托盘车要有优势，可以补充其他在货架区作业的叉车的升降作用。所以根据

货箱重量，最后选择 1.2 吨的电动托盘堆垛车 L12，可以将箱式托盘搬运至不同货架的通道口缓存。

4.1.4 横梁式货架通道口—横梁式货架区—出货暂存区

该物流仓储中心的横梁式货架最大的横梁高度为 9100mm，属于比较高的货架，所以能够满足高度要求的只有前移式叉车和 VNA 系列叉车。由于这里的货架前部开阔，没有通道宽度的限制，所以 VNA 叉车在通道上的优势不起作用。并且这里的横梁式货架储存的超大件不仅要进行上架作业，还要进行拣选，如果选用 VNA 车型，或者需要 2 种，一种用来堆垛上架，一种用来拣选；或者选用既能堆垛又能拣选的可三向作业车型，这对于只有一面的横梁式货架来说，无论从车型的数量还是车型本身的结构来说都过于复杂了，一种前移式叉车完全可以满足这 2 个作业环节。因此考虑采用最大起升高度 9455mm，载荷 1.6 吨的前移式叉车 R16，需要上架时，从通道口将托盘搬运提升至相应的货位；需要拣选出库时，从指定货位叉取箱式托盘运至出货暂存区。前移式叉车能够最大限度地节省作业空间，又能保证高载荷。

4.1.5 窄通道式货架通道口—窄通道式货架区

这里的窄通道货架的最大横梁高度是 9300mm，通道宽度只有 1850mm，并且每副货架都设置成一侧为货架拣选区，另一侧为货架存储区。货架存储区就是当货架拣选区存量不足时进行补货用途的，因此需要三向作业。从这一点上来说，前移式叉车无法满足，并且它对通道宽度的要求也大大超过了 1850mm，所以考虑采用 VNA 系列叉车。VNA 车型中可以使用的有 V12 车(1.2 吨高位拣选车)、A13 (1.3 吨低位驾驶三向电动堆垛叉车)、K15 (1.5 吨高位驾驶三向电动堆垛及拣选车)。从功能上来考虑，V12 主要是进行拣选，但这里的窄通道货架是与阁楼式货架一起在阁楼式货架上由人工用手推车进行拣选，不需要叉车。如果 V12 用于上架，一般的工作可以完成，但需要三向作业补货时，必须再配置一种能够三向作业的车型，这样就造成了资源的浪费。在 A13 和 K15 两种车型中，最大的区别就是驾驶室是否可以提升，其他与运行有关的参数差别并不大（参数表见后页表 5），因此，是否采用上人型与物流需求有关。在这个仓储中心的运作中，窄通道货架的补货完全是通过每一对货架的左右补货来进行的，

这就需要经常性细致的货位扫描以及货物定期盘点,这些都是需要人工操作的。如果采用 A13, 必须通过高度预选器或摄像头等装置, 而且用摄像头只能看到货叉附近有限的区域, 司机操作也易导致视觉疲劳; 而选择 K15, 无论多高, 货叉都近在咫尺, 无论前向和后向视野都很好, 操作效率高。另外, 从行驶速度来看, K15 高出 A13 达 15% 以上, 这表明货架通道越长, K15 的作业效率越高。因此选用总体提升高度 9485mm, 载荷 1.5 吨的 K15, 它的驾驶舱作为主提升随门架同时上升, 在任何高度都可以保持水平操作视线; 货叉可作三向旋转, 或直接从两侧叉取货物, 在行驶方向上就能完成堆垛, 在巷道中无需转弯; 可同时完成行驶与提升/下降动作, 并且与提升高度、承载重量相匹配, 优化作业速度; 配有导向系统及通道末端减速装置, 在高速行驶时仍能保证安全性。

表 5 两种车型参数表

参数 叉车型号	通道宽度 (mm)	行驶速度 (满/ 空载) km/h	提升速度 (满/ 空载) m/s	下降速度 (满/ 空载) m/s
A13	1700	9.0/9.0	0.51/0.55	0.45/0.45
K15	1700	10.5/10.5	0.45/0.47	0.45/0.45

4.1.6 出货暂存区—发货

拣选好的大货箱直接由叉车运往生产车间, 小货箱会进行合并整理, 放入大的周转箱进行搬运, 或者叉车直接搬运拣选时的手推车 (车底可进货叉), 这些拣选和检测完成配齐订单的手推车或箱式托盘重量在 0.5-2.5 吨左右, 过程与进货类似, 考虑到综合效用, 可以同样采用 E30。

4.1.7 进货暂存区—托盘直接堆放区—发货

在进货作业时, 由于有一些零配件不需要进行拆箱拣货或延后处理, 先在仓库进行暂时保管, 需要时再进行分拣或直接出货。这些托盘货物与进货时重量一致, 并且出货到生产车间时需要长距离运输, 采用平衡重叉车最合适, 因此也可使用 E30 进行作业。

4.1.8 进货暂存区—长大件直接堆放区—发货

部分超长和超大的零配件，由于尺寸特殊或重量过大，不适合上货架，所以经过进货暂存区后，直接搬运至长大直接堆放区进行拆箱、整理并贴上条形码，需要时直接出货，送往生产车间进行装配。其流程与进货时相似，可以使用与进货时同样的车型 E48；同时 E30 也可以帮助进行 3 吨以下配件的装卸和搬运，因此长大件在这里的流转都使用 E30 和 E48 进行。

综上所述，选定叉车类型及参数如表 6 和后页表 7 所示。

表 6 选定叉车类型

作业区域	叉车类型(林德)
月台卸货—进货暂存区	3 吨平衡重叉车 E30
进货暂存区—分拣准备区	
进货暂存区—托盘直接堆放区—发货	
出货暂存区—发货	
进货暂存区—长大件直接堆放区—发货	4.8 吨平衡重叉车 E48
分拣准备区—两种货架通道口	1.2 吨电动托盘堆垛车 L12
横梁式货架通道口—横梁式货架区—出货暂存区	1.6 吨前移式叉车 R16
窄通道式货架通道口—窄通道式货架区	1.5 吨三向窄通道叉车 K15

4.2 叉车数量配置计算

由于该物流仓储中心中进行存储和流转的零配件均用于设备的生产组装，因此零配件结构相对稳定；在物流中心的运作中，各类型叉车管理水平、使用状况稳定，并且规划中各个作业流程的叉车只用在自身作业中，所配置的叉车能满足特殊货物的需要。

4.2.1 定额算法的应用及参数测定

物流中心物流量反映了该物流中心的规模大小，是中心设施和综合管理水

表 7 选定叉车参数表

型号 参数	E30	E48	L12	R16	K15
动力	蓄电池	蓄电池	蓄电池	蓄电池	蓄电池
驾驶方式	坐驾式	坐驾式	步行式	坐驾式	站/坐驾式
额定承载能力 (kg)	3000	4800	1200	1600	1500
载荷中心距(mm)	500	500	600	600	600
轴距(mm)	1670	2220	1157	1385	1964
自重(kg)	4905	6980	940	2940	9211
提升高度(mm)	3050	3150	2924	9455	9485
车体长度(mm)	3425	4135	1820	2411	3779
车体宽度(mm)	1180	1350	800	1250	1600
直角堆垛通道宽度 (mm)	3737	4550	2319	2729	1700
转弯半径(mm)	1975	2820	1432	1640	4363
行驶速度, 满/空载 (km/h)	20.0/20.0	13.0/15.0	6.0/6.0	13.5/13.5	10.5/10.5
提升速度, 满/空载(m/s)	0.42/0.51	0.29/0.45	0.10/0.17	0.40/0.66	0.45/0.47
下降速度, 满/空载(m/s)	0.55/0.55	0.55/0.50	0.23/0.23	0.55/0.45	0.45/0.45

平的综合性反映。在物流中心规划中, 根据对物流中心物流量的预测来确定中心周转量, 从而确定各种设备配置数量。物流量是影响物流中心内搬运设备数量的决定性因素。

而在这个案例中, 在确定了各环节需要的叉车型号以后, 要对所需叉车的数量进行计算。在 2.6 中已经介绍了搬运设备的计算方法, 在这里的实际应用里, 作为一个刚开始运作物流仓储中心, 首先要保证其每天生产定单配送要求的作业量, 所以从作业量来计算能够保证正常运作的叉车数量。采用定额算法, 计算公式如 2-1:

$$n = \frac{Q_{机}}{24 \times T \times P \times K_{利}}$$

其中 n 、 $Q_{机}$ 、 T 、 P 、 $K_{利}$ 的说明见 2.6.1。

根据该企业物流仓储中心的现状, 对计算公式中的各项计算参数进行如下

说明。

一. $Q_{机}$: 由于该物流中心以平托盘和箱式托盘为单位进行流转, 因此作业量以托盘为单位进行计算更加准确。且此中心以生产计划为依据排定作业的物流量, 基本以一周(五个工作日)为周期进行运作, 所以记录一周五个工作日, 每个工作日的各个流程的作业量进行分别计算, 比较可得出需求最大半个工作日的叉车台数。

二. $K_{利}$: 物流中心工作时间为 8:00-12:00, 13:00-17:00, 作业流程在一天中不同的时段进行, 因此不考虑班制, 取其每个流程的作业时间段进行计算。物流中心在上午 8:00-12:00 时段, 进行到货卸货, 分拣准备; 10:00-12:00 进行入库和上架; 在下午 13:00-17:00 进行拣选, 补货和出库作业。

三. T : 由于计算取的是每一个工作日中的不同时段不同流程的物流量, 因此不需要进行天数及小时数的计算。

四. P : 设备的台时效率, 计算公式如下:

$$P=3600 \times q \times k / t \dots\dots\dots (4-1)$$

式中:

q —设备每叉叉取的额定载荷(吨/叉);

k —额定载荷利用系数, 即平均一次装卸搬运的重量与额定载荷的比值;

t —每装卸一叉货物的周期, 即一次叉取货物, 经提升、位移(纵、横向)、卸下, 并将搬运设备回复到下次叉取货物位历经的时间, 单位为秒/叉。

由于叉车运作以托盘计物流量, 每次装卸一托盘, 因此可看作平均一次装卸搬运的量为 1, 所以不必再考虑额定载荷以及额定载荷利用系数。并且根据不同流程效率分别计算. 即

流程设备台时效率:

$$P(\text{流程})=3600 / t \dots\dots\dots (4-2)$$

流程设备台数:

$$n(\text{流程})=Q(\text{流程}) / P(\text{流程}) \dots\dots\dots (4-3)$$

因此, 最重要的是确定每个不同的流程每装卸一叉货物的时间(周期)。对搬运设备完成每叉装卸搬运作业所需的时间, 不论是单台设备或者相互协作的几台设备完成某项作业的时间, 必须加以精确测算, 同时要考虑点与点之间的距离、堆垛等有关问题。

作业周期的计算是一种非常严格和详细的作业分析, 需要多次进行实地的考察和计算。就严格的重复性来说, 大部分货物搬运作业基本是不重复的, 因

此, 计算作业周期最实际的办法, 是根据完成一项作业所需的平均时间来定出标准时间。具体做法是: 把指定的作业分成几个阶段, 然后定出各个阶段的时间定额, 再据此定出标准时间^[19]。

分析叉车的作业特点, 可大致分解为以下几个动作

- a. 叉取动作: 包括叉取、转向、升降、放下货物以及起停等时间在内
- b. 满载运输: 指装有货物时的平面运输
- c. 放置动作: 包括转向、升降、卸下货物以及起停时间在内
- d. 空载运输: 指无货物的情况下平面运输

为了补偿难于预见的作业时间延误(如设备发生故障、调度车辆, 人员调整)及作业中的休息时间等, 规定了允许时间误差为总时间的 25%。根据本仓库实际繁忙程度和设备使用情况, 可以考虑这个时间误差在 20%^[19]。

以月台卸货卡车-进货暂存区为例, 可分为:

- a. 进入卸货区装载托盘货物;
- b. 将货物运往进货暂存区;
- c. 进入进货暂存区, 放下货物, 货叉复位;
- d. 返回卸货区, 并准备装载下一托盘货物。

以横梁式货架区上架为例, 可分为:

- a. 叉车在货架通道口装载箱式托盘;
- b. 将托盘运往指定货位区域;
- c. 转向、提升货叉、卸下货物至指定货位、放下货叉;
- d. 返回通道口, 准备装载下一托盘货物。

每个流程的作业周期测试 10 组数据, 取平均值作为装卸一叉货物的周期(s)。如: 月台卸货-进货暂存区(见后页表 8)。

在横梁式货架和窄通道货架的上架过程, 以及横梁式货架的拣选过程中, 由于货架长度在 70M 左右, 仓库叉车一律限速 5KM/H, 因此货架长度对叉车水平运动的时间长短有较大影响, 并且物流中心在货位规划上也对货架前部和后部的作业量有一定区别, 因此将横梁式货架分为 A 区和 B 区, 窄通道式货架分为 C 区和 D 区, 如后页图 24 所示, 计划不同区域分配固定的叉车进行作业。对货架区的叉车运行周期及作业量进行分区统计和测算, 并且货架作业过程中的测试值会取该区域内不同高度和水平位置货位, 以求得相对均衡和标准的作业周期。

而对各通道口的水平距离移动和货架高度上的垂直移动, 在整个周期中影响较小, 不进行特别的分区计算。

表 8 叉车作业周期

	叉取 动作(s)	满载 运输(s)	放置 动作(s)	空载 运输(s)	周期 时间(s)
1	26	19	23	15	83
2	28	22	24	20	94
3	32	21	22	19	94
4	32	31	26	29	118
5	29	27	24	26	106
6	28	24	22	21	95
7	27	27	24	23	101
8	31	24	28	23	106
9	27	31	25	30	113
10	25	22	22	21	90
平均值(s)					100
允许延误时间 20%(s)					20
装卸每叉货物平均周期(s)					120

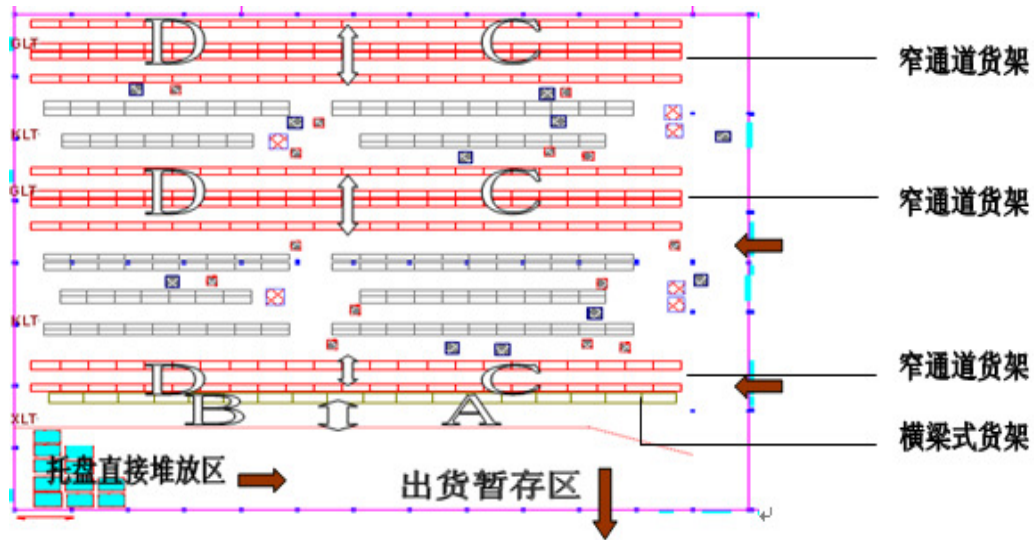


图 24 计算分区图

Fig.24 Calculation area graph

4.2.2 叉车数量计算

记录一周五个工作日每一作业流程的作业量用于叉车数量的计算，结合每装卸一叉货物的周期得出的台时产量，最后计算出所需叉车台数，作业量的记录如表 9 和后页表 10 所示。

表 9 上午 8:00-12:00 作业量

参数 作业流程	作业量(托盘:件)					叉车型号	移动距离(m)	作业高度(m)
	周一	周二	周三	周四	周五			
月台卸货卡车-进货暂存区 8:00-12:00	200	165	230	210	102	E30	40-60	0-2
进货暂存区-分拣准备区 8:00-12:00	181	141	196	163	98	E30	20-70	0-1
进货暂存区-托盘堆放区 8:00-12:00	10	13	16	28	4	E30	110-160	0-1.5
进货暂存区-长大件堆放区 8:00-12:00	9	11	18	19	0	E48	5-50	0-0.5
分拣准备区-货架通道口 10:00-12:00	91	79	101	98	76	L12	10-60	0-0.5
货架通道口-横梁式货架 A区 10:00-12:00	9	11	16	10	5	R16	0-35	0-9.1
货架通道口-横梁式货架 B区 10:00-12:00	4	10	9	8	4	R16	35-70	0-9.1
货架通道口-窄通道货架 C区 10:00-12:00	43	27	39	47	32	K15	0-50	0-9.3
货架通道口-窄通道货架 D区 10:00-12:00	35	31	37	33	35	K15	35-85	0-9.3

上午和下午的叉车工作流程是分别进行的，并不重叠，所以同样的叉车是在上午和下午的不同流程中反复使用的。

表 10 下午 13:00-17:00 作业量

参数 作业流程	作业量(托盘:件)					叉车 型号	移动距 离 (m)	作业高 度(m)
	周 一	周 二	周 三	周 四	周 五			
横梁式货架 A 区-出货暂 存区 13:00-17:00	4	2	11	14	3	R16	0-20	0-9.1
横梁式货架 B 区-出货暂 存区 13:00-17:00	4	3	8	10	1	R16	15-50	0-9.1
出货暂存区-发货 13:00-17:00	28	23	48	41	15	E30	450	0-1
托盘堆放区-发货 13:00-17:00	11	15	14	15	14	E30	450	0-1.5
长大件堆放区-发货 13:00-17:00	3	4	11	13	2	E48	450	0-1

由测定的每个流程中装卸一叉货物的周期，根据式 4-2 计算得出每个环节中叉车的台时产量，由台时产量结合每个流程的工作时长，及表 9、表 10 得到的流程作业量和式 4-3，最后计算出所需叉车台数。如表 11 和后页表 12 所示。

表 11 上午 8:00-12:00 叉车台数计算

参数 作业流程	叉车 型号	每装 卸一 叉货 物周 期(s)	台时 产量	工 作 小 时 数	所需叉车台数				
					周一	周二	周三	周四	周五

表 11 (续)

台数计算 作业流程	叉车 型号	每装 卸一 叉货 物周 期(s)	台时 产量	工 作 小 时 数	所需叉车台数				
					周一	周二	周三	周四	周五
月台卸货卡车-进货暂 存区 8:00-12:00	E30	120	30	4	1.67	1.37	1.92	1.75	0.85
进货暂存区-分拣准备 区 8:00-12:00	E30	143	25.17	4	1.81	1.41	1.96	1.63	0.98
进货暂存区-托盘堆放 区 8:00-12:00	E30	310	11.61	4	0.39	0.33	0.35	0.61	0.09
进货暂存区-长大件堆 放区 8:00-12:00	E48	130	27.69	4	0.08	0.10	0.16	0.17	0
进货暂存区-货架通道 口 10:00-12:00	L12	135	26.67	2	1.72	1.49	1.91	1.85	1.43
货架通道口-横梁式货 架 A 区 10:00-12:00	R16	126	28.57	2	0.16	0.19	0.16	0.14	0.07
货架通道口-横梁式货 架 B 区 10:00-12:00	R16	173	20.80	2	0.1	0.24	0.22	0.20	0.10
货架通道口-窄通道货 架 C 区 10:00-12:00	K15	135	26.67	2	0.81	0.51	0.74	0.89	0.6
货架通道口-窄通道货 架 D 区 10:00-12:00	K15	184	19.56	2	0.9	0.79	0.95	0.85	0.9

由表 9 和表 10 分流程和时段的作业量记录, 计算不同叉车的台时产量和台数也是按上下午分别进行, 最后根据计算结果来判断实际需求。

表 12 上午 13:00-17:00 叉车台数计算

台数计算 作业流程	叉车 型号	每装 卸一 叉货 物周 期(s)	台时 产量	工 作 小 时 数	所需叉车台数				
					周一	周二	周三	周四	周五
横梁式货架 A 区-出货 暂存区 13:00-17:00	R16	110	32.72	4	0.03	0.02	0.09	0.11	0.02
横梁式货架 B 区-出货 暂存区 13:00-17:00	R16	144	25.00	4	0.04	0.03	0.08	0.11	0.02
出货暂存区-发货 13:00-17:00	E30	820	4.39	4	1.64	1.35	2.82	2.41	0.88
托盘堆放区-发货 13:00-17:00	E30	846	4.25	4	0.65	0.88	0.82	0.88	0.82
长大件堆放区-发货 13:00-17:00	E48	880	4.09	4	0.19	0.25	0.69	0.81	0.13

实际需求叉车台数取整，上午需要 5 台 E30，1 台 E48，2 台 L12，2 台 R16，2 台 K15；下午需要 4 台 E30，1 台 E48，2 台 R16，得出结果如后页表 13 所示。

由于上午和下午的叉车工作流程是不重叠，因此取每种车型五个工作日中，某半个工作日最大的叉车计算量为实际需求量，则结果为 5 台 E30，1 台 E48，2 台 L12，2 台 R16，2 台 K15。

4.3 结果分析

4.3.1 计算结果分析

对计算结果进行分析发现，在进货暂存区-长大件堆放区这个作业流程中 E48 的使用率其实相当低，对叉车的最高需求为 0.17，不足一台叉车运力的 20%，

表 13 需要叉车台数

作业流程	叉车型号	叉车台数
上午 8:00-12:00		
月台卸货卡车-进货暂存区 8:00-12:00	E30	2
进货暂存区-分拣准备区 8:00-12:00	E30	2
进货暂存区-托盘堆放区 8:00-12:00	E30	1
进货暂存区-长大件堆放区 8:00-12:00	E48	1
进货暂存区-货架通道口 10:00-12:00	L12	2
货架通道口-横梁式货架 A 区 10:00-12:00	R16	1
货架通道口-横梁式货架 B 区 10:00-12:00	R16	1
货架通道口-窄通道货架 C 区 10:00-12:00	K15	1
货架通道口-窄通道货架 D 区 10:00-12:00	K15	1
下午 13:00-17:00		
横梁式货架 A 区-出货暂存区 13:00-17:00	R16	1
横梁式货架 B 区-出货暂存区 13:00-17:00	R16	1
出货暂存区-发货 13:00-17:00	E30	3
托盘堆放区-发货 13:00-17:00	E30	1
长大件堆放区-发货 13:00-17:00	E48	1

但由于是要满足长大件的装卸搬运需求,因此无法用其他已有车型代替;而在进货暂存区-托盘堆放区这个环节中对 E30 的需求最高只有 0.61,只达到一台 E30 运力的 60%,且大部分不足 40%甚至有不到 10%,并且此过程中没有特殊的搬运要求,使用 E48 同样可以满足,作业的时间区间也一致,因此在这个流程中可以考虑与长大件的进货过程中共用一台 E48,而不再单独配置一台 E30。

而在货架通道口-横梁式货架 A 区和货架通道口-横梁式货架 B 区上午的上架存储过程中,对 R16 的需求最高均不超过其运力的 25%;而在横梁式货架 A 区-出货暂存区和横梁式货架 B 区-出货暂存区下午的拣选出货过程中,对 R16 的需求最高只达到其运力的 11%。因此无论是在上午还是下午的作业过程中,对

R16 的需求都不高，因此在横梁式货架的作业区域内，只配置 1 台 R16 即可。

通过计算和分析，该物流仓储中心的叉车配置数量为 4 台 E30，1 台 E48，2 台 L12，1 台 R16，2 台 K15。

4.3.2 运行结果分析

该零配件物流仓储中心已经投入初期使用并运转了一段时间，按目前的使用情况来看，根据以上方案配置的叉车型号和数量能够满足企业日常生产仓储物流的需要，并且由于仓库还未开始全面使用，各种型号叉车的产能均有剩余，这为今后物流量增加时对叉车需求的增大打下了良好的基础。

在实际运行中发现，由于 L12 可以对横梁式货架中的低层货架货物进行上架作业，而方案中为横梁式货架只配置了 1 台 R16，且 L12 相对 R16 运行起来更轻便和快捷，因此在某些特殊情况或者只需要进行低频次的低层货架上架作业时可以使用 L12。

另外，此物流中心中拣货主要在阁楼式货架上由人工进行，窄通道货架承担的拣货作业相对并不频繁，所以相应的补货作业也不频繁，因此在 4.2.2 中对 K15 车型在窄通道货架上的补货作业没有专门进行需求数量的计算。从现实作业情况来看，目前配置的 2 台 K15 可以满足补货作业的需求，并且产能有剩余。如果今后物流量随着生产产量增大，K15 的补货作业频次增高，可以考虑用以下方案得到 K15 在补货作业时的需求数量——由于窄通道货架一边是存储，一边用于拣货，K15 的补货作业是将箱式托盘直接从存储这一侧货架上的货位放置在拣选这一侧的相对货位上，可以在通道内按照需要补货的货位进行直接移动，而不需要回到通道口装载托盘，不同于货物上架时一次来回只完成一个工作的过程。那么在补货作业中如果一次作业需要补几十个货位可将其看作是 VRP 的问题，采用 VRP 模型使得补货的路径距离最短，在有时间限制的情况下 K15 叉车投入数量最少。

由于此该物流仓储中心是以初期规划来对叉车进行需求配置，而该企业计划生产产能会在未来几年内不断扩大，那么随之产生的物流量也会不断增大，因此需要在物流仓储中心的日常运行中不断进行叉车使用情况的跟踪和数据的搜集分析，及时发现物流仓储中心的“瓶颈”，对叉车配置进行优化改进，如是否和如何增加叉车型号和数量，使搬运系统各个作业环节更加通畅，保证整个物流仓储中心作业的高效率。

第五章 结论与展望

在企业物流仓储中心的运作中，有众多因素影响作业效率与运营效益，而物料的装卸与搬运作为贯穿于整个中心基本作业流程始终的重要活动，决定着物流的速度。叉车作为物流活动中最重要和最普遍的装卸搬运工具，伴随着企业和市场对其不断变化和提出的要求，其配置对物流仓储中心的作业效率的影响越来越大，并直接影响着物流中心的规划和整体物流解决方案。

本文对现代物流活动中普遍使用的叉车类型的特点和适用场合进行了介绍，对影响叉车配置的因素进行了分析，并阐述了确定叉车数量的方法。然后在实例应用中，通过分析某企业零配件物流仓储中心各项基本作业的流程，明确物流仓储中心的基本功能和作业性质，从而确定叉车的种类，确定了每项作业环节所需叉车的型号；其次应用定额计算法，确定影响台时效率的重要因素是叉车运行周期并进行测定和计算；最后根据不同流程的周期作业物流量进行不同流程的叉车数量计算，得到了该仓储中心所需的不同型号叉车的数量。

本文的对叉车配置方法的研究首要目的是保证物流仓储中心每天的定单配送要求，保证企业生产物流活动的正常进行，可以为物流仓储中心成熟运作后搬运设备的进一步优化配置打下良好的基础，因此在很多方面还有考虑不足之处，在以后的研究和实际工作中，在以下方面有待进一步的研究：

1. 本文中并没有考虑叉车配置的费用问题，而以较小的投资获得较大的经济效益是设备配置的最终目标，所以在物流仓储中心成熟运作后，统计各类数据，将费用问题考虑在内，除了购置费用外还有如叉车维修费用、折旧费用、运行材料费等。

2. 随着计算机软件技术和物流技术的不断进步，可以通过计算机来进行辅助工作，如考虑建立设备的信息管理系统，将日常应用中实际的参数和统计数字记录到系统中，通过计算机编程对设备各方面的数据进行备案分析，为日后设备的选择和更新换代提供有力的依据。

物流仓储中心的叉车配置要综合各方面的具体要求进行综合决策，并且要兼顾各个方面的利益得失。随着经济的不断发展，企业的不断进步，各种复杂物流活动的不断应用，叉车乃至搬运设备数量配置还有许多值得探讨的问题，在今后的研究和工作中需要作不断的改进。

参考文献

- [1] 张剑斌, 孙启鹏, 我国物流设备发展趋势[J], 综合运输, 2004, (08), 28-30
- [2] 张杰, 物料搬运设备的发展与应用, 物流技术与应用[J], 2009, (01), 51-56
- [3] 殷筑生, 企业物料搬运系统工程的设计与分析[J], 起重运输机械, 2005, (10), 1-5
- [4] 徐美霞, 场区内物料搬运系统的优化[D], 武汉理工大学硕士学位论文, 2008
- [5] 徐文锋, 大型物料搬运系统综合设计方法研究[D], 华中科技大学硕士学位论文, 2008
- [6] 涂琰, 基于Flexsim的物流装卸搬运系统仿真研究[D], 华中科技大学硕士学位论文, 2008
- [7] 林益州, 物流作业流程之模组化应用与研究[D], 台湾大业大学硕士学位论文, 2001
- [8] 殷延海, 物流中心在选购常用物流设备时存在的问题及对策[J], 商场现代化, 2009, (05), 74-76
- [9] 宋伯慧, 王耀球, 装卸搬运设备配置优化研究[J], 物流技术, 2006, (07), 145-147
- [10] 张育益, 刘先锋, 王桂强, 基于经济性评价的物流机械配置模型研究[J], 物流技术, 2005, (09), 60-62
- [11] G.Vreccer, F.Cus, Planning of supply to a group of machines, Journal of Materials Processing Technology, 2003, 133, 214-217
- [12] 邬万江, 物流中心机械配置数量配置方法研究[D], 吉林大学硕士学位论文, 2006
- [13] 宋远卓, 物流配送中心搬运设备配置研究[D], 西南交通大学硕士学位论文, 2008
- [14] 宫磊, 物流中心装卸搬运设备保有量研究[D], 大连海事大学硕士学位论文, 2011
- [15] 郑亚红, 物流中心仓储搬运设备信息管理与系统设计[D], 西南交通大学硕士学位论文, 2008
- [16] 齐二石, 现代工业工程与管理[M], 天津: 天津大学出版社, 2007. 5, 183-204
- [17] 罗毅, 王清娟, 物流装卸搬运设备与技术[M], 北京: 机械工业出版社, 2008. 1, 76-106
- [18] 张连富, 配送中心物流系统规划方法研究[D], 吉林大学博士学位论文, 2007
- [19] 陈慧娟, 物流中心作业系统[M], 台北: 工研院机械所, 1995
- [20] 李昭龙, S 配送中心的物流优化[D], 广西大学工商管理硕士学位论文, 2006
- [21] 秦同瞬, 叉车的选用[J], 港口装卸, 2001, (06), 4-7
- [22] 王磊, 物流中心搬运系统可靠性分析与评价[D], 西南交通大学硕士学位论文, 2009
- [23] 张勇, 物流仓库装卸作业系统仿真分析[D], 上海交通大学工程硕士学位论文, 2008
- [24] 黄晓英, 张剑芳, 物料装卸搬运系统分析及改善措施[J], 商品储运与养护, 2004, (06), 30-32
- [25] 姜大立, 张剑芳, 王丰等, 现代物流装备[M] 第二版, 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2008. 5, 59-116

- [26] 郝红娟, 物流中心仓储区规划方法研究[D], 吉林大学硕士学位论文, 2007
- [27] 王志刚, 如何选择合适的叉车[J], 物流技术与应用, 2004, (03), 61-63
- [28] 杨秋侠, 企业生产物流中物料搬运方式的优化[J], 物流技术, 2005, (06), 78-79
- [29] 卢佳, 粮食集货中心机械设备选型与数量配置方法研究[D], 吉林大学硕士学位论文, 2008
- [30] 赵清, 刘长生, 李凯, 物流中心仓储设备的选择及其发展趋势[J], 叉车技术, 2007, (04), 1-3
- [31] 刘晓岚, 现代物流中心内部规划与设计研究[D], 西南交通大学硕士学位论文, 2004
- [32] 王春晖, 国伟, 基于物流配送中心的物料搬运活性理论分析[J], 商品与质量, 2011, (01), 41

致 谢

研究生学习生涯即将结束，在学习和这篇论文的写作期间，我得到了许多来自老师、同学、朋友的帮助，因此，在此文完成之际，我谨向他（她）们表示最诚挚的谢意！

首先，衷心感谢我的交大导师程晓鸣教授。程老师治学严谨、一丝不苟、待人真诚热情。在我的论文的写作过程中，倾注了程老师的大量心血，对我进行了精心的指导和细心的关怀，在此即将毕业之际，再一次向程老师致以最诚挚的感谢！

其次，要感谢我的企业导师吴筱平老师。他在工作的百忙之中给予我必要的指导，和我认真分析实际工作中遇到的和书本理论不同的问题，使我更好地把握企业的实际与所学到的理论知识之间的关联。

再次，在论文研究期间，我得到了许多来自同学的帮助，在课余时间一起讨论学习和论文过程中遇到的问题，在此我向他们表示衷心的感谢。

最后，我要感谢我的家人和朋友，正是精神上的支持和生活上的关心，才有了这篇论文的诞生。

感谢所有关心和支持帮助过我的老师、家人和朋友们。再一次衷心的向你们说一声：谢谢！

攻读硕士学位期间发表的学术论文

- [1] 邱岚, 某企业零配件物流仓储中心的叉车配置计算, 工业工程与管理增刊, 已录用, 2012

上海交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海交通大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ，在___年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密 。√

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名: 邵岚

指导教师签名: 程晓鸣

日期: 13年1月10日

日期: 13年1月10日

上海交通大学学位论文答辩决议书

申 请 者	邱 岚	所在学科 (专业)	物流工程
论 文 题 目	制造业零配件物流仓储中心的叉车配置方法及其应用研究		
答 辩 日 期	2013. 1. 15	地 点	机械楼208
答 辩 委 员 会 成 员			
姓 名	单 位	职 称	签 名
王丽亚	上海交通大学	教授	王丽亚
程晓鸣	"	副教授	程晓鸣
苗瑞	"	副教授	何瑞
杨东	东华大学	教授	杨东
吴筱平	林德(中国)叉车有限公司	高工	吴筱平
<p>评语和决议:</p> <p>论文选题结合企业生产实际, 具有明确的生产背景和应用价值。</p> <p>论文分析了某制造零配件物流仓储中心的作业流程。以此为基础, 进行了叉车的需求分析。通过定额计算法计算从而确定叉车的型号、需求数量。</p> <p>论文表明作者已掌握本专业的基础理论和专门知识, 有较强的解决企业实际问题的工作能力, 答辩过程中论述清楚, 回答问题正确。经答辩委员会投票表决, 一致通过邱岚的学位论文答辩, 并建议授予工程硕士学位。</p>			
<p>表决结果:</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">同意通过</p> <p style="text-align: right;">答辩委员会主席 王丽亚 (签名)</p> <p style="text-align: right;">2013 年 1 月 15 日</p>			

上海交通大学
学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立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，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：



日期：2013年1月10日