

王成林 著

柔性化配送中心 构建模式研究

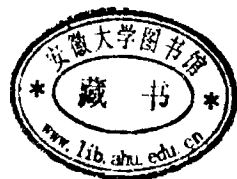
ROU XING HUA PEI SONG ZHONG XIN
GOU JIAN MO SHI YAN JIU



中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

柔性化配送中心构建模式研究

王成林 著



中国财富出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

柔性化配送中心构建模式研究 / 王成林著. —北京: 中国财富出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 5047 - 4565 - 1

I. ①柔… II. ①王… III. ①物流配送中心—运营管理 IV. ①F252. 24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 280588 号

策划编辑 王宏琴

责任印制 方朋远

责任编辑 赵 静

责任校对 孙会香 杨小静

出版发行 中国财富出版社 (原中国物资出版社)

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227568 (发行部)

010 - 52227588 转 307 (总编室)

010 - 68589540 (读者服务部)

010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.clph.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 4565 - 1/F · 1881

开 本 710mm × 1000mm 1/16

版 次 2012 年 12 月第 1 版

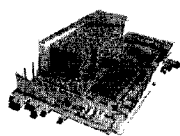
印 张 10

印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷

字 数 159 千字

定 价 30.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换



目录

CONTENTS



目录

1 柔性化配送中心特征分析	1
1.1 柔性配送中心的内涵分析	1
1.2 柔性配送中心的特征分析	2
1.3 柔性配送中心的评价分析	7
 2 我国配送中心现状及柔性配送中心建设意义分析	 14
2.1 配送中心的发展现状	14
2.2 配送中心分布地域分析	17
2.3 国外配送中心发展现状分析	49
2.4 柔性配送中心的发展现状分析	54
2.5 建设柔性配送中心的意义	56
 3 柔性配送中心构建研究	 58
3.1 建立以信息流为核心的动态物流系统	58
3.2 建立模块化的、可动态组合的硬件基础和作业模式	60
3.3 满足柔性约束条件提升系统能力	60
3.4 基于柔性策略的配送中心部门组织架构模式分析	62
3.5 基于“柔性单元”的系统构建模式分析	63
3.6 柔性配送中心布局分析	67
3.7 建立和谐的系统运行环境,降低损耗	68



4 柔性配送中心设备集成与选型分析	72
4.1 柔性配送中心设备集成方法分析	72
4.2 柔性配送中心设备选型分析	74
4.3 基于作业单元的设备选型分析	75
4.4 基于使用条件分析的叉车选型与集成分析	77
5 典型柔性系统和设备分析	84
5.1 柔性拣选系统	84
5.2 柔性抓取系统	91
5.3 柔性仓储作业单元构成分析	95
5.4 一种集成芯片用的固定支撑式包装盒	97
6 南方某机电集团配送中心柔性规划实证研究	100
6.1 南方某机电集团配送中心存储物资及物资特征分析	100
6.2 配送中心仓储区域规划的层次划分	102
6.3 装卸搬运系统的量化分析及规划设计	104
6.4 综合区域规划设计分析	107
6.5 典型柔性设备设计分析	110
7 烟草配送中心复合式存取系统研究	116
7.1 烟草配送中心存取系统设计的原则	117
7.2 复合式存取系统构成	118
7.3 复合式存取系统储运模式设计	123
7.4 货物单元出入货架的物流形式	125
7.5 复合式存取系统的仓储面积及空间利用率分析与计算	125
7.6 JIJ 市烟草配送中心案例分析	128
参考文献	146



1 柔性化配送中心特征分析

配送中心是物流系统的核心节点，不仅仅完成货物的储存、运输等一般的物流作业功能，还是实现指挥调度、信息处理、作业优化等功能的核心平台。随着产品以及客户需求多元化、差异化的不断提高，市场需求的不确定性大大增强，传统配送中心的作业模式由于适应性差，正面临着巨大的挑战与变革，因此提高配送中心的柔性，增强系统适应性和兼容性，提高效率、效益，加大协作和集成力度，满足客户动态需求已经成为配送中心发展的必然趋势。

1.1 柔性配送中心的内涵分析

柔性是系统适应外界环境变化的能力，在需求不确定性日益增强的条件下，配送中心作为联系生产和消费的重要节点，必须具备满足终端客户的不确定要求的适应能力，特别是终端客户订单在时间、数量、目标地点以及频率等方面的不均衡波动性，使得传统的刚性作业模式必须以较高的运作成本完成物流作业，因此增强配送中心的系统柔性显得尤为迫切，已经变得同提高系统运作效率、降低成本等同等重要。

柔性化是通过系统组成结构、人员组织、运作方式和装备组成等方面的动态变化，对需求变化做出快速反应，满足不同种类的物流作业要求，同时消除冗余的损耗，力求获得最大效益的新型模式。

柔性配送中心是以可实现资源优化动态配置的系统管理平台为核心，以具有可实现动态组合、完成不同物流作业功能的物流系统以及设备为基础的物流节点。柔性配送中心系统的硬件包括若干台可以动态调整组合的物流装

备、控制监测装备、信息管理设备以及相应的辅助设施。系统的软件包含作业优化调度系统、信息管理系统以及与之相对应的现代柔性管理模式和组织机构。在此基础上合理的配置管理和操作人员,实现系统资源的优化整合,满足新经济条件下市场细分、个性化需求增多的变化趋势。柔性配送中心并不是简单地追求物流装备技术的先进性和管理方式的转变,而是配送中心物流网络资源的快速、动态、优化规划和组合,形成合理的运作机制,建立可促进配送中心各种资源同步协调运作的综合物流体系,提高配送中心的响应灵敏性,提升服务质量。



1.2 柔性配送中心的特征分析

柔性配送中心是资源优化配置的另一种体现,柔性配送中心并不是运作资源无目标的配置,目前很多配送中心都在倡导专业化、定制化的发展模式,希望提高配送中心的运作效率,这对于固定客户、固定需求的流通环境是十分实用的,因为刚性的作业要求是不需要配送中心具备柔性特征的。但是随着现代以“客户需求”为主导形式的服务业的发展,预测的精度越来越难以提升,刚性的需求被不确定性所取代,因此按照一成不变预定好的运作方式运行的系统往往被某些偶然因素影响,例如用户的需求变动、系统自身作业功能属性改变等。

内外因的共同作用使配送中心的发展出现新的趋势,其中之一就是将假定各种工作条件下不变的优化运行模式,变换成为以提升适应性为目标,以系统可重构性为特征、具备多种运行结构的柔性模式,成为可满足不确定需求的柔性配送中心。柔性配送中心将固定式的、以大幅度提高效率为特征的刚性组织运作结构转变为以模块化、多功能化、结构可重组的,具备多种运行协议的资源配置模式。柔性配送中心系统中各组成部分并不是简单的线性叠加组合,实质上已经成为以各个功能模块为基础的、以标准敏捷化接口为介质、通过相互之间的协议可形成不同模式的作业系统,该系统与外界需求之间是相互响应的开放式关系。柔性配送中心的运作模式是以系统中的每一个功能模块的内部协调为基础,以模块间的组合关系即协议为纽带,在满足



自身运作平衡的基础上,达到自身运作和外界环境需求之间的平衡。柔性配送中心并不是以单位时间的作业量为最主要的评价指标,而是综合考虑配送中心的适应能力、敏捷反应能力、平衡协调工作能力、综合服务能力以及可持续发展能力,是资源配置的另一种高级优化形式的体现。

在客户需求具备一致性条件下,可以通过大批量专业化的运作模式满足服务需求,而目前客户的需求特征发生了较大变化,多样化、个性化、小批量、多批次、差异化趋势逐渐明显,为提高配送中心的适应性,应增强配送中心的柔性化服务能力。配送中心的柔性不是单纯地增加服务的种类,形成大而全的作业系统,而是涵盖战略柔性、资源柔性、能力柔性、组织柔性、生产柔性和文化柔性等多个方面,具有多种外在表现形式。基于柔性策略构建的配送中心可以灵活地配置自身资源形成不同种类型的作业模式,使配送中心具备满足外界不确定动态变化需求的适应能力,从而提高服务满意度。

1.2.1 柔性配送中心的主要特征

柔性配送中心包括多个柔性作业单元、系统内部各个柔性作业单元内部结构功能以及与外界连接方式的动态转化,从而能根据配送中心的任务或生产环境的变化迅速进行调整,主要特征体现在以下几个方面:

1. 装备柔性

装备是实现物流作业的基础,柔性配送中心是以信息流为核心,以物流设备、设施为重要基础的运作系统,物流设备的柔性是配送中心柔性特征的重要维度。装备的柔性可以体现为装备自身功能的多样化,如带有转向和缓冲功能的自动传输设备,可以实现多种物流作业,设备本身功能的多样性是物流系统柔性的一个重要基础条件;同时装备柔性还可以体现为与外界具有良好的外部接口,实现多个装备的多重动态组合,形成高一级的作业单元,实现多样化的物流作业功能。

柔性配送中心中广泛存在以复合功能和可重构性为特色的物流设备,物流设备的复合功能主要体现在多种功能的集成,从而满足不同的作业需要。以自动化立体仓库为例,目前将其底层改造成为拣选货位,形成存储、拣选、补货、盘点等功能集成的复合型作业系统已经得到广泛应用。设备具有多种



功能,可以将其作为物流运作的核心节点,从而简化作业系统的构建形式。根据协同论的观点,一个系统从无序变为有序的关键是通过系统内部之间的非线性相互作用,使系统构成单元减少。系统构成单元越少,存在的相互关系相对就越简单,整体可靠性就越高,同时还能避免在安排运作流程时大量增加作业单元数量,而导致空间布局复杂、生产节拍不统一等问题的发生,并可以进一步提升生产效率。

物流装备的可重构性是指通过标准接口及在调整不同设备的运行性能参数的基础上,组合成为具有新功能作业系统的特性,从而具备单一设备所不能达到的快速适应需求变化的能力。标准接口的结构应具有典型的通用性,体现在对于作业对象具有良好的适应性,同时具备信息沟通的异构性,实现不同设备主体之间的信息交互和共享。物流装备的可重构性应建立在快速敏捷性和经济可行性的基础之上,在时间、空间、经济等多方面满足使用要求。

2. 作业对象柔性

终端用户的要求柔性很大程度上体现为作业对象的多样性,作业对象的物理特征和化学特征各不相同,在不同时间内,不同操作区域内作业对象的作业形式和作业要求也不相同。作业对象的柔性是配送中心柔性的驱动力,要求配送中心能够对自身资源进行动态调整,经济而迅速适应外界变化,对作业对象有很强的兼容能力。

3. 作业能力柔性

终端客户的需求受到时间、地域等多种因素的影响,具有很强的波动性,而配送中心对于客户需求基本上处于被动接受的地位,因此配送中心不能完全通过自身的调节功能将客户需求的波动平均化,当终端客户的物流需求改变、系统应能经济地改变作业能力,并不是以固定的模式、较高的损耗按照最高设计能力运行的方式完成较小的作业量,而是柔性地对物流设备、设施进行协调,根据要求对生产能力以较小的损耗进行作业能力的动态调整。

配送中心的柔性可以分为主动式(proactive use)和反应式(reactive use)两种。主动式是企业利用柔性创造新的竞争机会,是一种主动的企业提升自



身核心竞争力的外在表现；而反应式是企业对内外环境造成的不确定性的一种反应，例如设备故障等造成的系统运作影响。主动式和反应式的柔性都可以提升配送中心的服务能力。

4. 系统扩展柔性

系统扩展不单纯是指作业量的简单提升，客户需求的多样化也会对配送中心提出更多的功能要求，要求系统具有更强的适应能力，即在有限的空间内，利用有限的资源实现差异化、多样化的服务。当物流作业要求变化时，可对资源进行优化配置，增加功能模块，扩展系统功能结构，构成一个功能更加全面的大作业系统，特别是对作业时间、仓储条件具有特殊要求的作业任务，系统的扩展柔性将会为配送中心扩展服务领域。

5. 系统运行模式柔性

系统运行模式柔性是指配送中心在实现资源动态配置的基础上对作业方式、作业工具以及作业人员等进行调整，使作业模式适应终端客户的差异化需求。作业模式的柔性化与操作的规划化和标准化并不矛盾，而是建立在规划化和标准化基础之上的，强调资源的动态优化配置所产生的作业模式转变，充分共享现有资源，实现资源的全程动态配置。

1.2.2 柔性配送中心的其他特征

对于配送中心的柔性理解还可以进一步扩展，从其他的视角进行展开，主要包括以下几个方面：

1. 配送中心柔性的多层次性

柔性配送中心是一个复杂的物流节点，柔性特征体现在配送中心的战略、策略以及操作等多个层次。从客户视角来看，需求的产品种类、数量和响应时间等都有典型的不确定性，因此要求配送中心在制定经营战略时就要以此为依据，避免刚性化的宏观定位，实现自身作业系统的柔性化。从经营角度讲，配送中心的运作资源应实现合理配置，包括财务资源、设施设备资源、人力资源、技术资源、信息资源和外部环境资源等都需要能够动态地调整自身作业属性，以实现与外界需求的匹配。从作业层次上考虑，作业使用的具体设备、流程的安排以及落实执行等都需要根据不同的作业要求在微观层次



上进行,由此可见,对于柔性配送中心的理解并非是单纯的具备某种可变的作业功能,或是引入某一设备,而是配送中心从运行战略、运行流程、运行设备设施以及人员等各个角度着手,搭建起一个包含多个层次、面向运作全过程的运作系统。

2. 柔性配送中心是基于“多主体”“多协议”运行的物流节点

配送中心是整个物流系统中的一个节点,但其自身具有较为复杂的内部结构,同时与外部环境存在明显的关联,配送中心各个功能模块或者组成部分之间需要建立有机的联系才能形成高一级的作业单元,因此必须建立各个模块之间或者组成部分的对应关系,可将之称为协议,从而描述配送中心资源的匹配规则,进而实现配送中心各项物流功能的集成化、一体化以及物流作业流程的无缝衔接化。

配送中心的组成基于不同的标准可以分解为不同的形式,在这里借鉴面向对象的思想,提出多主体的分类标准。配送中心是一个复杂系统,将系统中的作业人员、作业设备、作业设施、作业任务、作业调度作为该系统的主要功能模块,也就是主体,每个主体具有自身的功能或者属性,其中作业设备功能模块具有多样性、能动性、适应性、可通信性和复合性等特征。系统中的多个主体之间可以形成为高一级的作业单元,主体之间、主体与高一级作业单元之间、高一级作业单元之间存在着复杂的交互作用和关联关系。在运行任务确定之后各个模块将按照一定的目标选取组合协议,由作业调度功能模块控制形成与之对应的作业架构。各主体除了遵守整体协议规则之外,还可以拥有内部的运行协议,独立地控制各自的模块运作。

以拣选作业为例,通过以无线拣选标签和可视化作业状态显示器为核心柔性拣选系统,可以将暂存区域转变成为拣选作业区域,由拣选作业人员完成低频次、未在拣选作业区存储商品的作业任务,并在作业过程中根据作业情况,调整作业任务的执行顺序,简化刚性运行环境下的调整货位、补货等作业步骤,避免人员作业干涉,实现作业系统的柔性化运作。

随着现代流通服务能力要求的提升以及工程技术和理念的进步,柔性配送中心将是未来配送中心的主要发展方向。从不同的视角,配送中心的



柔性特征是多元化的,可以由不同层次、不同角度进行理解,但是其核心仍然是以满足不确定性需求为目标,在时间、空间、成本等多个维度上综合考虑,实现配送中心资源的合理配置,从而使配送中心提升其服务水平,具备可持续发展的核心竞争力。

1.3 柔性配送中心的评价分析

柔性配送中心是现代工程、管理技术发展和物流作业向多样化、差异化转变的结合体,现代系统工程技术、管理技术、计算机技术、通信技术、机械工程技术及自动化技术的有机整合形成配送中心的技术基础,同时,配送中心的市场定位是满足终端用户作业时间、作业方式的柔性化需求。可以说柔性化的配送中心是包括终端用户、物流基础资源、现代管理方式等在内的、可进行资源全过程优化配置的综合系统。

柔性配送中心是以外界动态需求为依据,以实现最优综合效益为目标,通过合理规划流程、有效配置设施、设备以及人力资源等方式形成多种运行形式功能体的一种新型物流结点构建模式。柔性配送中心是现代工程技术和管运理论方法综合应用的集成体现,构建柔性配送中心的工程技术基础是信息工程技术、机电工程技术、自动识别控制技术,而相应的管运理论方法则包括网络化组织理论、合作与竞争理论、复杂系统及复杂适应理论、最优控制理论等。柔性配送的出现、发展是管理科学与工程进步的必然结果,是提升物流产业服务水平的又一有力助推。

柔性配送中心并不是单纯地提升物流装备性能或者引入自动化技术,而是以现代管理技术、工程技术有机组合为基础的一个综合的复杂系统,强调的是系统性能的整体提高和资源动态、合理地快速优化配制,要求建立准确、敏捷的信息处理系统和高效可变的硬件支撑系统,需要引入工程管理方面的现代技术以达到系统的功能要求,因此柔性配送中心是以现代工程装备技术为基础,以信息技术为核心,以管理技术为支撑,以系统优化技术为纽带的综合技术集成的体现。

柔性配送中心应具备比较完备的系统控制、监测技术和网络信息技术,



以实现各个子系统的状态控制和调度。作业过程中应利用多种监测技术,实现全过程的动态实时特征量监测,利用模糊控制技术,引入人工智能和专家系统,建立以优化的推理规则为约束控制体系,在受到外界或内部激励时能自动调节其参数,具有内在的“决策”功能,以达到最佳工作状态;柔性配送中心多点同步的信息收集、处理、传递和决策对网络化的要求更高,信息沟通的可靠性和迅速性应得到保障。同时柔性配送中心的物流装备应引入模块化设计技术,建立不同类型的作业单元,并具有良好的外部接口,以优化组合,形成可以支撑柔性化作业要求的硬件基础。利用现代化的管理思想对作业进行组织,要结合系统优化技术,将各种资源进行合理调配。以上述技术为基础,配送中心可以对不同的作业进行特征分析,在物流作业的全过程中不断获取作业状态量特征信息,并自动对控制量作调整,实现作业预测、分析、计划、监视、命令及控制等的合理化,建立可以适应多种作业形式的自组织、自适应、自学习的综合物流体系,该项功能主要应用系统工程理论相关技术,特别是运筹学中线性规划、动态规划、排队论以及对策论等。

配送中心的柔性是“范围经济”和“规模经济”的协同体现。在柔性环境下,范围经济效应(economy of scope)体现为配送中心扩大所提供服务的范围而因此经济效益增加的现象,降低运作成本,提供顾客更大的服务选择范围。在此种条件下,由单一的服务主体提供多种服务的综合平均成本比多个企业进行配送集成服务要低。多样化的需要具有随机性,随机性放大也会产生一定的相似性,充分利用这些相似性就会产生规模效应,因此采用基于柔性策略构建的配送中心在一定条件下可同样形成可观的规模经济效益,这种特征在当前需求不确定的情况下表现的更为突出,比投入过量(input congestion)单纯扩大同类服务能力获得更大的收益比。柔性与敏捷存在一定的区别,敏捷强调高效灵活,柔性则侧重对环境不确定性的适应性转变能力。柔性系统的运行具有典型的协调性、开放性和自律性,按照既定目标系统可以形成新的运作形式。

以电子商务业务为例,配送中心是其物流网络系统的核心节点,其服务能力直接决定了电子商务系统的服务水平,为了更好地衡量电子商务系统的



服务能力，应对柔性配送中心的服务能力进行评价分析。目前该类配送中心绩效考核的关键指标为效率和成本，如果配送中心完全按照顾客的订单时序完成配送作业，则配送作业成本无法下降，效率提升有限。柔性配送中心可以按照订单中商品的种类、数量以及作业要求对自身资源进行作业优化组合，优化的基本目的是要配送中心的作业模式与订单的作业模式相匹配，遵循的原则可以是满足客户的及时性要求，即客户要求所需货物在尽可能短的时间送达，在保证所要求时间的前提下，因尽量提高作业成本而保证作业的高效率；后者是满足客户的经济性要求，客户对于货物的送达时间并没有紧迫性的要求，对于其作业时间有一定的富裕度，主要要求能够降低作业成本，增强电子商务营销模式的竞争力。柔性配送中心的核心是提升配送中心的适应性，以适应性为基础，增加配送中心的业务承载范围，减少由于服务能力受限而导致的订单丢失，并在此技术上，通过内部的动态调整，满足不同的作业，因此对于柔性配送中心的考核更应看重其综合性能，而不应以单位配送成本来衡量，应以企业的投入产出比、社会影响力以及可持续发展能力作为主要参数。

1.3.1 柔性维度分析

柔性配送中心的柔性化特征具有多个维度，可以总结为需求、方法、范围、时间、成本等多个方面。

需求维度：是指柔性配送中心所承接的作业具有典型的柔性动态变化特征，是构建柔性配送中心基础。需求维度可以利用订单柔性系数 K_1 等进行量化表示。

$$K_1 = \frac{Q}{I \times E \times T} \quad (1-1)$$

E 、 I 、 Q 、 T 分别用于表示配送中心作业需求的关键因素，其中 E (Entry) 代表订单总数， I (Item) 代表订单设计的商品种类， Q (Quantity) 代表订货总数量， T (Time) 代表下达订单需要的总时间，该参数越大则表明订单的变化程度越大，越需要系统进行柔性化作业。订单柔性系数是一个综合性的特征量，主要是表明订单的波动特性。



方法维度：是指柔性配送中心所能表现的各种作业方法，从而实现不同的作业状态，包括不同的物流流程和物流设备应用组合模式。

范围维度：是指柔性配送中心不同种类作业方法的适用范围，应保证作业方法可以与多元化的作业需求相匹配。

时间维度：是指柔性配送中心作业模式从一种状态到另一种状态所需要的时间，反映了柔性配送中心的反应速度。

成本维度：是指柔性配送中心作业模式从一种状态到另一种状态所需要的转换成本，是从经济型的角度分析了柔性配送中心的变化能力。

上述维度从不同的侧面反映了柔性配送中心基本特征，要构建新型的柔性配送作业系统就要充分满足上述维度的综合要求，不能孤立地强调某一因素，力求以最小的损耗实现多样化的作业模式，最终满足多元化的需求。柔性配送中心的特征具体体现在装备柔性、作业对象柔性、作业能力柔性、系统扩展柔性、系统运行模式柔性等方面，综合这些方面建立可以适应终端客户柔性化需求的现代配送中心设计运行模式，增强配送中心系统的适应性和兼容性，提高效率、效益，加大协作和集成力度。

对于柔性配送中心的柔性理解应该具有层次性，包括宏观以及微观等不同的领域。宏观的柔性可以体现为配送中心的作业对象、作业流程、作业人员的动态适应性变化特征，可以形成不同形式的物流作业系统；微观的柔性可以体现为物流设备复合型功能等方面，侧重于物流要素自身的属性。综合来看系统柔性化是通过系统组成结构、人员组织、运作方式和装备组成等方面以及不同层次的组成要素之间的动态变化，对需求变化做出快速反应，满足不同种类的物流作业要求，同时消除冗余的损耗，力求获得最大效益的新型作业模式。

1.3.2 柔性的评价方法分析

对于配送中心的综合评价并不能单纯地以作业效率和作业成本进行核算，对于配送中心而言，其提供的服务是以需求为导向的，服务源于需求，单一的专业化服务并不能覆盖所有的需求模式。配送中心的柔性要有很好的测度，即设定合理的柔性指数目标，定义为一组相关变量之中变化进行测算的一个



实数,以用户为核心的柔性指数相关衡量变量包括客户订单的作业量、产品属性、预期付出价格、响应时间、准确性等;以配送中心为核心的柔性指数相关衡量变量包括作业流程、作业效率、作业成本、作业对象适应性等,一般配送中心柔性测度可以利用综合柔性系数 k 来表示。

$$k = \frac{(t_{\max} - t_{\min})^2}{t_{\text{ave}}^2} \times \frac{(c_{\max} - c_{\min})^2}{c_{\text{ave}}^2} \times \frac{(s_{\max} - s_{\min})^2}{s_{\text{ave}}^2} \times \dots \quad (1-2)$$

式中, $t_{\max}$ 、 $t_{\min}$ 、 t_{ave} 分别代表作业响应的最长时间、最短时间以及平均时间; $c_{\max}$ 、 $c_{\min}$ 、 c_{ave} 分别代表单位工作量作业最大成本、最小成本以及平均成本; $s_{\max}$ 、 $s_{\min}$ 、 s_{ave} 分别代表单位时间的最大作业量、最小作业量以及平均作业量。

选取的作业特征量经过无量纲化处理可以用来衡量配送中心的柔性服务能力,评价参数的选取可以进行扩展,以更加全面地衡量配送中心的柔性。

1.3.3 物流设备柔性度量分析

作为配送中心的重要支撑基础,物流设备系统是实现物流作业功能的重要保证。刚性的规模化物流模式正在发生转变,这种转变使得流水线式的物流活动组织模式发生了转变,对设备的要求也随之转变,柔性设备的应用也越来越广泛。

设备的柔性评价标准比较多,可以从多个维度进行相关的柔度评价,首先是功能维度,从功能上来讲,又具有作业对象适用性、功能类型、工作地点、可与其他设备组合等情况,这些都在不同层面上反映了设备的柔性属性。因此如何定量地评价物流设备柔性是物流设备柔性分析的基本前提。为便于说明,选择固定式皮带输送机、移动式皮带输送机以及叉车进行柔性的定量评价对象。固定式皮带输送机如果传输的方向可以设定为双向,符合此种要求的皮带输送机就具有一种类型的功能柔性;如果皮带输送机传输的速度可以设定,则同样具有一种类型的功能柔性;如果皮带输送机自身高度可以调整,也可以同样认为具有一种类型的功能柔性。对于移动式皮带输送机,是在具备固定式皮带输送机柔性的基础上,具备工作位置可以改变的一种类型的功能柔性。对于叉车而言,在具有速度、工作高度、工作地点等维度的柔

性基础上,还拥有运动方向维度的扩展柔性。

柔性的度量对于单独的物流设备而言具有维度和量值两个方面的评价指标,其中维度可以定义为功能,而量值用于确定这种维度的范畴。物流设备柔性的描述方法可以采用三元组表示,即包括实体、属性、数值等选项,但是由于很多属性并不能用数值来描述,比如皮带输送机的工作范围是描述其工作范围,可以选择任何认为具备工作条件的场地作为工作特点,这时单纯地使用数值描述并不准确,因此数值描述可以扩展为一定形式的文字描述,这样更便于理解这种属性。采用这种方法更可以突出柔性是表现设备适应外界环境变化的能力,根据属性的数量和数值就可以确定设备柔性的程度。

为了便于说明用这种方法可以定义物流设备的属性,选取典型的物流设备进行实例描述,例如一种类型的皮带机输送机,可以采用三元组进行描述。

皮带输送机(输送高度:350~800mm;速度范围:0~2m/s;传输方向:正向和反向;工作地点:符合工作条件的任何地点;传输物料质量范围:0~10kg;传输物料体积范围:单一方向宽度小于800mm;物料传输间隔时间: ≥ 0 s)。

同理可以建立一种类型的叉车柔性三元组:叉车(输送高度:0~4500mm;速度范围:0~6m/s;传输方向:任意方向;工作地点:符合工作条件的任何地点;传输物料质量范围:0~1500kg;传输物料体积范围:符合叉车工作要求,使用托盘可以具有更大的调节范围;物料传输间隔时间: > 0 s)。

通过对比两种物流设备的柔性三元组,可以得出叉车在具体的属性数量和属性值等方面高于皮带输送机,因此叉车的柔性要强于皮带输送机,具有更加广泛的柔性。但是不能简单地认为叉车性能一定强于皮带输送机,因为在作业模式上二者之间存在很大的区别,连续性的输送设备优势是叉车所不具备的。

在研究的过程中可以得出将应用于不同领域的设备的柔性进行比较往往是行不通的,比如存储设备的柔性可以关注的属性主要是物料的存储质量范