

湖北省高校人文社会科学重点研究基地
——湖北物流发展研究中心资助项目成果

云物流下基于协同库存和 覆盖的选址-分配研究

毕 娅 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

湖北省高校人文社会科学重点研究基地
——湖北物流发展研究中心资助项目成果

云物流下基于协同库存和 覆盖的选址-分配研究

毕 娅 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

云物流下基于协同库存和覆盖的选址-分配研究/毕娅著. —武汉: 武汉大学出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-307-09317-1

I. 云… II. 毕… III. 物流—物资管理—研究 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 225739 号

责任编辑: 胡 艳 责任校对: 黄添生 版式设计: 马 佳

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 武汉中科兴业印务有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 11.25 字数: 161 千字 插页: 1

版次: 2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-09317-1/F · 1607 定价: 24.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

序

配送中心作为与企业价值增值活动紧密相关的基础性设施，在实现企业延迟制造战略、增强企业柔性程度、满足顾客个性化需求方面扮演着非常重要的角色。因而配送中心与供应商之间、配送中心与需求方之间以及配送中心之间的相互关系就成了至关重要的问题。目前，物流的速度和效率是企业服务水平的瓶颈，而制约物流速度最重要的因素之一就是配送中心的位置。所以对配送中心的选址问题的研究在最近几十年来得到了企业界和学术界的重视。

毕娅博士的这本专著在阐述中国现阶段市场环境现状和特点的基础上，运用最优化理论和技术深入分析现有配送中心选址研究中存在的不足，依据供应链集成的管理思想，从不确定性需求、资源优化配置的角度出发，在战略层面上研究集成供应链环境下配送中心的选址问题，构建基于集合覆盖和最大覆盖的物流配送中心选址-分配的多目标非线性的优化模型，并根据模型特点和空间约束设计有效的启发式算法，实现了科学的选址和需求量的协同及连续空间上的分配。研究的主题涉及供应链协同库存机制分析、不确定性需求下最优订货量、物流配送中心选址以及配送量在连续空间分配四个方面。这些研究工作是对供应链协同库存理论的深入，也是对现有的选址-分配问题中模型与算法的发展和提高，弥补了供应链环境下基于协同库存的选址-分配问题理论研究方面的不足，为企业的选址应用提供理论和实践支持。毕娅博士在专著的撰写过程中，查阅了国内外大量的物流系统仿真与优化及选址方面的参考文献，进行了资料的归纳和整理，对港口、珠三角中小企业展开了多轮细致的调研，先后召开了多次会议进行交流和探讨，对专著的内容进行斟酌增删，其间三易其稿，力求突出特色和新颖性、实用性

和规范性，为企业实施选址工作提供了理论依据和实践支持。

该研究的主要工作是在湖北省自然科学基金重点项目“面向供应链服务的物流中心关键技术”（2010CDA022）平台上完成的，并得到了湖北物流发展研究中心的资助。在该项目的研究过程和专著的撰写过程中，武汉理工大学的李文锋教授给予了大量的帮助和指导。

相信本专著将会引起企业界和学术界对选址问题更多的关注，也会成为本科生和研究生很好的专业读本。本专著的出版是湖北经济学院物流与工程管理学院和湖北省物流发展研究基地的一项科研成果展示，也是它们未来一系列物流领域内科研成果的排头兵。希望毕娅博士继续研究探索，在教学和科研的道路上继续前行！

前 言

选址作为供应链管理和企业决策的重要部分，是企业战略成功的保证。选址决策的好坏，会影响服务设施的建设成本，而且决定企业将来运营成本和竞争力的大小。全球竞争使得企业间资源相互利用，竞争与合作成为常态。目前，中国制造企业由于受到资源整合和成本的诱因，产业集群现象显著，这使得各种资源高频率、快速大量地流动，引起了供应链环境和集成度的变化，同时形成了一种将地理位置分散的各类制造、服务和信息资源集成并协同管理的、基于互联网和面向服务的云物流模式。如何在云物流模式的背景下进行合理的选址和资源的优化分配，具有重要的理论和实践价值，对于竞争环境下企业的生存和发展有重要的作用。本书主要内容如下：

第一，介绍了研究的背景和意义，在对国内外文献进行分析的基础上，总结了相关理论，重点介绍了选址问题的模型和应用领域以及一些常用的启发式算法的原理和应用技巧。

第二，通过分析目前经济环境下企业集群现象突出显现的原因，提出了云物流模式的概念和协同库存机制，指出云物流是将各种物流资源和能力虚拟化、服务化并进行集中、智能化管理与经营，服务于多客户，实现高效协调与多方共赢。协同库存机制是在云物流模式下提出的库存控制方法，它强调库存资源在逻辑上的集成和按需求任务的统一优化调度。该库存控制模式为后面的选址-配送模型打下了建模的理论基础。

第三，论述了采用随机概率分布函数和模糊函数对不确定性需求进行拟合的理论和特点。然后采用统计的方法定性和定量地说明了模糊三角函数比概率分布函数在描述对时间参数比较敏感的不确

定性需求时具有更优的拟合度；采用模糊三角函数对最优库存成本和最优订购量进行了建模，设计了遍历的精确算法对模型进行求解，为选址-分配模型求得了不确定性需求下的需求量参数。

第四，分析了供应链协同库存下需求点和配送中心两级供应链的成本组成；在此基础上分别提出了基于集合和最大覆盖的选址-分配模型。模型解决了配送中心的离散选址问题和需求量的连续分配问题，并针对时间和容量约束以及需求点的效益权重对模型进行了扩展。

第五，设计了基于 GA-PSO 的混合式启发算法。其中，遗传算法解决了离散选址问题，粒子群算法解决了需求量的连续分配问题。通过大量的算例和与 LINGO 的对比数据验证了模型的有效性和稳定性，并给出了参数敏感性分析。

本书最后对研究内容进行了总结，指明了未来有待进一步研究的方向。

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 研究内容和创新之处	3
1.2.1 研究内容	3
1.2.2 创新之处	5
1.3 本书的总体结构	6
第 2 章 选址研究及相关理论介绍	9
2.1 选址问题研究综述	9
2.1.1 传统选址问题	10
2.1.2 扩展的选址问题	15
2.1.3 物流设施选址模型研究存在的问题与不足	26
2.2 选址问题常用算法介绍	28
2.3 本章小结	36
第 3 章 云物流模式下的协同库存机制	37
3.1 传统的库存管理	39
3.1.1 需求确定情况下的 RMI 问题	39
3.1.2 需求不确定情况下的 RMI 问题	43
3.2 供应链下的库存管理	46
3.2.1 供应商管理库存(VMI)	46
3.2.2 多级供应链库存	49

3.3 企业集群和云物流下的协同库存	52
3.3.1 企业集群	52
3.3.2 云物流模式	55
3.3.3 协同库存及其形式化建模	58
3.4 本章小结	64
第4章 不确定需求下基于模糊理论的库存控制模型	65
4.1 关于模糊三角和泊松流的讨论	65
4.1.1 模糊三角函数的概念	65
4.1.2 不确定需求	67
4.1.3 基于模糊理论的不确定性需求拟合	69
4.2 不确定需求下基于模糊理论的最优库存建模	75
4.2.1 模型的背景和假设	75
4.2.2 建立模型	75
4.2.3 求解模型	77
4.3 算法设计和最优库存系统实现	77
4.3.1 算法设计	77
4.3.2 系统实现	80
4.4 本章小结	81
第5章 供应链协同库存下基于覆盖的选址-分配模型	83
5.1 供应链上物流成本分析	83
5.1.1 供应链成本概述	83
5.1.2 供应链物流成本组成	85
5.2 云物流下基于协同库存的覆盖状态和覆盖半径	87
5.3 基于集合覆盖的选址-分配模型	92
5.3.1 问题背景分析	92
5.3.2 模型构建和特点分析	94
5.4 基于最大覆盖的选址-分配模型	98
5.4.1 问题背景分析	98
5.4.2 模型构建和特点分析	99

5.5 基于覆盖的选址-分配模型的扩展	101
5.5.1 时间和容量约束	101
5.5.2 需求点的效益权重	102
5.6 本章小结	110
第6章 选址模型算法设计及算例分析	111
6.1 粒子群优化算法	111
6.1.1 粒子群算法的基本原理	111
6.1.2 粒子群算法的求解流程	113
6.1.3 关于粒子群算法的分析	115
6.2 遗传算法	117
6.2.1 遗传算法的基本原理	117
6.2.2 遗传算法的求解过程	121
6.2.3 关于遗传算法的分析	121
6.3 基于 PSO-GA 的混合算法	124
6.3.1 基于集合覆盖的选址-分配模型的 PSO-GA 混合 算法设计	125
6.3.2 基于最大覆盖的选址-分配模型的 PSO-GA 混合 算法设计	132
6.4 算例分析	141
6.4.1 基于集合覆盖的选址-分配算例	141
6.4.2 基于最大覆盖的选址-分配算例	149
6.5 本章小结	156
第7章 结论与展望	157
7.1 主要研究成果和结论	157
7.2 研究展望	158
参考文献	160
致 谢	171

第1章 导 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

选址问题是研究在一系列约束条件下，如何确定设施点的位置、数目和规模，最终实现为用户提供所需服务的问题。自上世纪中叶仓库选址问题被首次提出以后，设施点选址问题已经成功地运用在了诸如军事、商贸、物流、交通等多个传统领域，而其延伸内容在一些管理科学领域也得到了很好的应用，如城市应急、供应商聚类选择、分配量控制、顾客满意度、资源优化分配等。

许多文献已经证明，选址决策会对生产领域内的制造成本、物流成本以及与生产相关的各种时间成本产生显著影响，是价值链中与价值增值活动紧密相关的基础建设的决策问题。设施点与企业总部之间、设施点与设施点之间、设施点与顾客之间的关系和约束错综复杂，它们相互之间既有物的流动、资金的流动，也有信息的流动。信息和资金可以通过网络传递，但物流只能通过实物的物理位移来实现，因此物流的速度和效率就成了瓶颈。其中，影响物流效率的一个重要因素就是设施点的位置。所以，关于设施点选址问题的研究在最近数十年越来越得到理论界和企业界的重视。在现今日趋激烈和复杂多变的经济环境下，选址问题呈现出许多新的特点：

第一，环境背景问题。科学选址的前提是符合经济发展的现状和趋势。不同的经济背景下，选址决策的目标、影响参数及相关约束均不相同。根据当前的经济背景和特点进行的选址决策才是能解

决实际问题的可行方案。目前，中国制造企业由于受到资源整合和成本的诱因，产业集群现象非常显著，尤其在经济发达的江浙和珠三角一带，产业集群的规模和创造的经济效益都令人叹为观止。产业的集群使得各种资源高频率、快速地大量涌向某个地理中心，引起供应链的环境和集成度的变化，也同时引起物流模式的改变，这种改变会极大地影响选址的结果。

第二，需求不确定性问题。制造企业面临的市场环境瞬息万变，产品的需求受到政策、同质产品、替代品、消费者偏好、时间季节以及突发事件等诸多因素的影响，顾客的需求呈现出多样化、个性化、周期性等特点。需求的不确定性明显增强。需求的变化影响着供求之间的关系，影响着供应链上、下两级的采购和库存的决策，再向上，还会影响到战略决策层面的选址问题。

第三，供应链集成优化问题。供应链管理的核心思想是实现供应链整体的集成和优化，从而使供应链的供、产、销系统能够快速适应不断变化的市场环境，实现提高供应链整体效率和效益的目的。在相关政策的引导下，随着物流和供应链管理理论的发展和普及，企业的资源优化配置以及竞争合作意识不断增强，改变了单兵作战之后的企业在供应链上为了对资源实现有效的优化和整合，会对物流及相关的生产性服务会提出新的要求。设施点的选址处于供应链当中，它的决策结果对供应链的影响牵一发而动全局。因此，设施点选址问题不能再局限于单个企业自身，而是要放眼全局，从供应链集成的角度去衡量，要充分发挥供应链的整合优势，最大限度地体现供应链的整体效益。根据供应链的整合模式和产业特点，将供应链集成优化的思想和选址的目标进行有效的统一。简言之，在产业所处的供应链管理模式下进行的体现供应链集成优化思想的选址，才能真正满足企业的需要。

1.1.2 研究意义

选址问题是决策层面的内容，是企业未来的发展以及培育核心竞争力的基础。当前世界范围内的经济呈现全球化、渗透化和竞争加剧化的趋势，政府对土地等有限资源的规划变得细致而明确；同

时,产品的生命周期缩短,企业的更迭加快等,都导致选址行为日趋频繁。反过来看,正确的选址可以强化企业核心竞争力、降低物流成本、提高作业效率,甚至强化企业所在的供应链的能力。因此,企业选址已经逐步成为企业必须重视的一种能力。

近些年来,随着物流供应链管理理论及应用研究的发展、信息化技术的进步和普及,一些通用的、简单的选址问题已经被结构化和程序化,并固化在企业的决策系统中,以支持日常选址决策的科学化。但是面对复杂多变的市场环境和企业自身的特点和要求,这些通用的、简单的、程序化的选址方法往往不能够满足要求。因此,要进行科学化的选址,仍然需要细致和有针对性的实用创新研究。物流领域的研究成果虽然丰硕,但能契合目前的市场环境,综合地从企业集群、云物流下的协同库存机制、资源的有效优化配置、需求不确定性的角度进行研究的文献却寥若晨星。因此,本研究试图在分析现阶段市场环境现状和特点的基础上,运用最优化理论和技术深入分析现有物流选址研究中存在的不足,依据云物流模式的特点,从不确定性需求、资源优化配置的角度出发,在战略层面上研究协同库存机制下的配送中心的选址问题,构建基于集合覆盖和最大覆盖的物流配送中心选址-分配的多目标非线性的优化模型,根据模型特点和空间约束设计有效的启发式算法,实现科学的选址和需求量的协同分配。研究的主题涉及云物流下的协同库存机制、不确定性需求下最优订货量、物流配送中心选址以及配送量在连续空间分配四个方面。本研究所做的这些工作是对供应链协同库存理论的深入,也是对现有的选址-分配问题模型与算法的发展和提高,弥补了云物流背景下选址-分配问题理论研究方面的不足,为企业的选址应用提供理论和实践支持。

1.2 研究内容和创新之处

1.2.1 研究内容

本书从传统的供应链库存和选址理论出发,研究云物流下基于

协同库存和覆盖的选址-分配模型的建立、求解和应用问题。试图从基本问题入手,掌握其基本规律,逐步把握问题的本质,直至具体问题得到解决。本研究的内容主要包括以下几点:

1. 云物流下的协同库存机制

供应链的管理模式是选址建模的背景和基础。本书首先分析了在当今的经济环境下企业集群现象突出的现象和原因以及集群下生产制造模式的特点。然后根据制造模式的特点,提出了云物流模式的概念以及云物流模式下的协同库存机制。最后给出了协同库存的定义、模式、集成方向、集成度以及形式化和数学模型。该库存控制模式为后面的选址-配送模型打下了建模的理论基础。

2. 不确定需求下的最优库存控制策略

库存控制是供应链管理中非常重要的环节,其中,对库存控制模型影响较大的参数是供应链下游的需求量。本书首先分析了目前大量研究用随机概率分布的方法描述不确定需求的缺点,然后定性和定量地证明了模糊三角函数拟合不确定性需求的优势,最后采用模糊三角函数拟合需求点上的不确定性需求,构建了物流配送中心和下游各需求点之间的最优库存成本模型,设计了遍历的精确求解算法对模型进行求解。

3. 基于覆盖的选址-分配模型

覆盖选址问题中最主要的决策参数是覆盖半径;分配问题中最主要决策目标是需求量如何在各个需求点之间进行最优化的分配。两者的结合形成了本研究的主要内容——基于覆盖的选址-分配问题,分为两个子问题展开:一是基于集合覆盖的选址-分配问题;一是基于最大覆盖的选址-分配问题。本书首先做了基础性的理论研究。然后分别建立了供应链协同库存机制下基于集合覆盖和最大覆盖的选址-分配的多目标非线性的双层决策模型,上层模型要解决配送中心的选址问题,是离散问题;下层模型要解决需求量在连续空间的分配问题,是连续问题。在具有时代特征的供应链网状集成管理模式背景下,合理地将覆盖半径进行了有效松弛,将覆盖状态由传统的离散状态改变成连续状态,同时考虑了需求点的效益权重以及时间和容量的限制,对选址模型进行了扩展。最后在连续空

间对需求量进行了最优化分配。

4. PSO-GA 算法设计

根据本书中提出的两个选址-分配模型设计了 PSO-GA 混合的启发式算法。算法由上、下两层共同组成，上层算法采用改进的遗传算法，解决模型中的选址问题；外层算法采用粒子群算法，解决模型中需求量在不同配送中心的连续空间的分配问题。

1.2.2 创新之处

本书的创新点主要体现在针对目前企业集群及现状，构建了供应链协同库存机制下物流配送中心的选址-分配的多目标非线性系统，并设计了组合优化算法对模型进行求解。主要创新点如下：

1. 提出了云物流下的协同库存机制

现今的经济环境，企业集群现象突出。集群的企业存在纵向和横向均高度集成的关系，形成了网状的供应链结构。网状供应链内在要求各类资源对需求进行快速响应和按需服务，因此需要对各类资源进行虚拟化、集成化、配置最优化和服务模块化，最后在云计算的支持下演变成云制造和云物流模式。本书在云物流模式下提出了协同库存机制，在该机制下各物流配送中心打破了利益壁垒，各库存系统协同工作，以最优的资源配置组合方式为下游的需求点提供配送服务。

2. 设计了基于覆盖的选址-分配模型

在基于云物流的协同库存机制下，建立了集合覆盖选址-分配模型和最大覆盖的选址-分配的多目标非线性双层模型。这两个双层的多目标模型均解决了配送中心的离散选址问题和需求点需求量在连续空间的分配问题，比传统的覆盖模型具有更普遍的适用环境，丰富了选址-分配模型的理论意义，是在选址-分配理论上做出的创新。

(1) 覆盖半径

传统的覆盖选址模型的覆盖半径有三个缺点：第一，认为所有需求点的需求没有优先级，这在需求差异化非常大的今天，是不合理的；第二，覆盖状态只有离散的两种，要么覆盖，要么不覆盖；

第三,需求点的需求只能由一个设施服务点来提供,缺少选择和竞争。为了选址决策的科学性和实用性,本书针对以上不足,提出松弛覆盖模型的覆盖半径。松弛的覆盖半径带来覆盖状态的连续变化,使得配送中心选址的结果呈现多样化的趋势。

(2)分配问题

现有的选址-分配模型在需求量的分配环节通常只做到了对配送中心的分配,即决定需求点的需求由哪一个配送中心提供,这种决策不能充分地利用配送中心的资源,没有实现资源的最优化配置。在供应链协同库存机制下,配送中心的资源是共享的,需求点的需求可以由多个配送中心共同满足。

3. 设计了 PSO-GA 的双层启发式算法

针对本书中提出的选址-分配模型,按照模型决策空间所具有的特殊结构,设计了基于遗传和粒子群算法的 GA-PSO 的启发式算法。上层算法利用改进的遗传算法解决配送中心的选址问题;下层算法利用粒子群算法在连续空间的寻优优势解决分配量的问题。算法的设计难度在于如何有效地进行设置参数,并控制参数在上、下层算法的传递,能同时解决模型的离散问题和连续问题。最后用大量的数据作为算例,对模型和算法进行了数值演算,结果表明模型和算法实用有效。

1.3 本书的总体结构

本书包括 7 章,结构图如图 1.1 所示。

第 1 章介绍了论文的选题背景、研究意义和创新内容。

第 2 章介绍和总结了关于选址的国内外研究现状,对选址的理论研究进行了分类和综述。最后讨论了这些选址模型和算法的不足。

第 3 章首先介绍了库存控制理论的演变过程,指明了不同时期下库存控制理论的优势、不足以及适合的应用环境。然后通过分析目前经济环境下企业集群现象突出显现的原因,提出了一种新物流模式——云物流,并在云物流模式的基础上提出了网状供应链下的

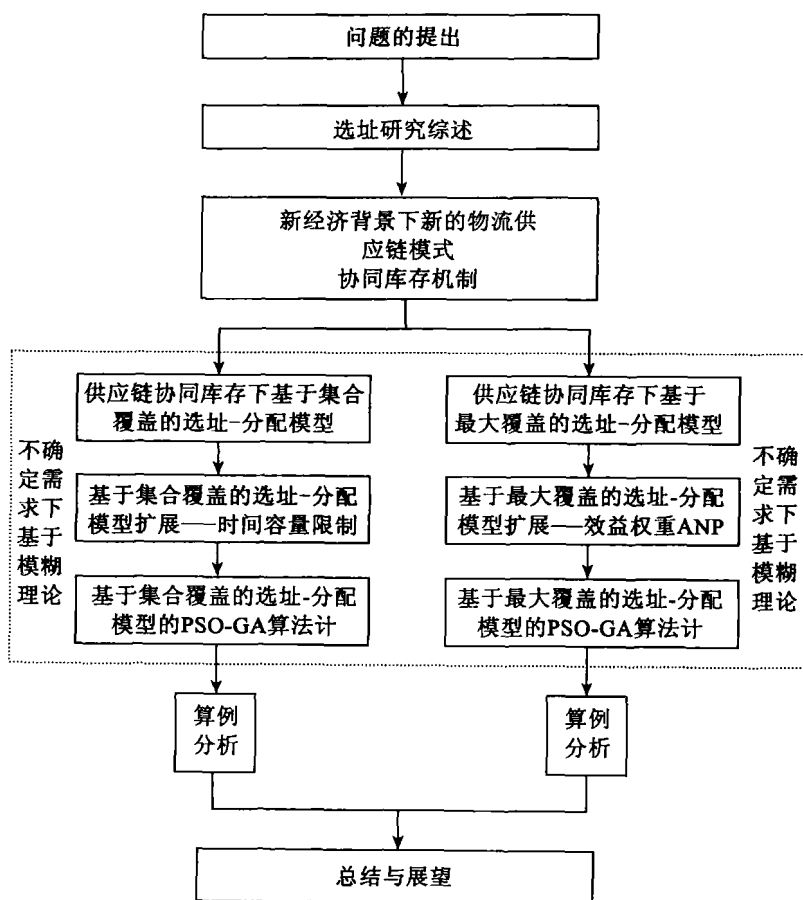


图 1.1 本书结构图

库存控制模式——协同库存机制。该库存控制模式为后面的选址-配送模型打下了建模的理论基础。

第4章首先论述了采用随机概率分布函数和模糊函数对不确定性需求进行拟合的理论和特点。然后采用统计的方法定性和定量地说明模糊三角函数比概率分布函数在描述对时间参数比较敏感的不确定性需求时具有更优的拟合度。最后在协同库存的背景下,采用