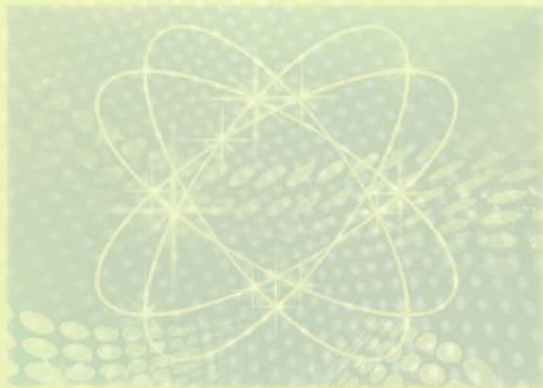


# 基于供应链多阶响应周期的 配送中心选址模型



湖北科学技术出版社

# 前 言

经济全球一体化的不断发展使越来越多的企业选择通过供应链管理来提高自身的综合竞争力。同时,自从 Stalk 指出时间是形成竞争优势的一个关键资源后,基于时间的竞争优势受到人们广泛的关注。供应链多阶响应周期的概念在这样的背景下应运而生。

通过对供应链的研究,人们发现:消耗在物流过程中的时间远大于消耗在制造过程中的时间,供应链越长这个现象越明显。由于生产制造环节的子周期可压缩空间日渐减少,物流环节子周期的压缩就显得更为重要。通过对物流系统的优化,如配送系统的优化设计、运输策略的优化、仓储策略的优化等,可以缩短供应链中物流响应周期,从而对整个供应链多阶响应周期的缩短产生积极的意义。

在配送系统设计中,配送中心的选址问题是一个十分重要的决策问题,它决定了整个配送系统的模式、结构和形状。该问题的研究通过求解不同类型的选址—分配问题,来确定配送系统中所使用设施的数量、位置和规模。这些设施包括了系统中的各种节点,例如,工厂、仓库、配送中心和分销点等等,货物通过配送网络运往最终顾客过程中,都必须临时经停的这些节点。其中,配送中心是连接供应与需求的一个承前启后的一个关键节点。因此,通过优化配送中心的选址来缩短货物的在途时间对缩短整个供应链的多阶响应周期具有极大意义。

由于在决策时需要同时考虑系统中存在的多种产品、提供多

种产品的多个制造商、具有多种需求的多个客户,以及为需求点提供服务的多个配送中心等众多因素,选址问题通常十分复杂,因此,建立合理的模型并设计有效的求解方法,以此来辅助决策者进行选址决策是非常必要的。

本书正是在这样的思想指导下,首先从实际调研出发,对供应链多阶响应周期进行了实证研究:总结了供应链多阶响应周期的运作特点,并分析了相关的影响因素,为后续的模型研究提供了实际应用背景。接着本书提出了几个基于供应链多阶响应周期的确定型配送中心选址模型,并根据模型的特征,对每个模型都设计了相应的启发式算法。随后,本书进一步地给出了几个基于供应链多阶响应周期的不确定型配送中心选址模型,并一一说明了相应的求解方法。本书还对众多模型中使用的一个重要参数进行了详细的讨论,说明了确定该参数的方法和程序。为了使读者更清楚地了解模型的使用方法,书中给出了很多算例对模型演算。

本书根据本人的博士学位论文改写而成的,该博士学位论文是在导师——华中科技大学管理学院马士华教授的悉心指导下完成的,字里行间凝聚了导师大量的心血和汗水。衷心感谢导师所给予的精心指导和热情帮助!华中科技大学管理学院物流与供应链管理研究所的林勇博士、王海军博士、黄春雨博士、王许斌博士、杨文胜博士、陈建华博士以及管理学院的李莉博士、张智勇博士后对该书的撰写提出了很多宝贵建议,在此对他们表示感谢。还要感谢我的夫人杜健梅博士,她既是我生活中的忠实伴侣,又是我学习和工作中的良师益友,她在自己的学习和工作之余,对我的生活和工作给予了巨大的帮助与支持,可以说,没有她,就没有该书的付梓。

本书在写作过程中参考了许多国内外最新研究成果,并已尽可能地在参考文献中列出,在此对这些作者表示真诚的感谢。也

---

有可能因为多方面的原因而有疏漏的,若有这样的情况发生,本人表示万分歉意,并愿意在得知具体情况后予以纠正。

由于水平有限,书中的缺点和错误在所难免,恳望广大读者批评指正,不吝赐教。

作 者

2004 年于喻家山

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	( 1 )
1.1 背景与目的 .....	( 1 )
1.2 相关研究的历史与现状 .....	( 4 )
1.3 主要内容及整体结构 .....	( 28 )
<b>2 供应链多阶响应周期的实证研究</b> .....	( 30 )
2.1 引言 .....	( 30 )
2.2 供应链多阶响应周期的运作特点 .....	( 32 )
2.3 两种配送模式下的物流成本比较研究 .....	( 41 )
2.4 两种物流配送模式的服务效率比较 .....	( 52 )
2.5 本章小结 .....	( 59 )
<b>3 确定型模型</b> .....	( 61 )
3.1 引言 .....	( 61 )
3.2 单源单品种系统的时间约束模型 .....	( 63 )
3.3 多源多品种系统的时间约束模型 .....	( 74 )
3.4 配送系统的多目标规划模型 .....	( 84 )
3.5 本章小结 .....	( 91 )
<b>4 不确定型模型</b> .....	( 93 )
4.1 引言 .....	( 93 )
4.2 基本随机模型 .....	( 94 )
4.3 两个有用的扩展 .....	( 102 )

---

4.4	灰色决策模型 .....	( 106)
4.5	本章小结 .....	( 114)
<b>5</b>	<b>确定参数 <math>p</math> 的方法 .....</b>	<b>( 116)</b>
5.1	引言 .....	( 116)
5.2	问题描述 .....	( 117)
5.3	有关排队论的基本概念 .....	( 118)
5.4	队长有限混合制系统 .....	( 124)
5.5	等待制系统 .....	( 128)
5.6	本章小节 .....	( 131)
<b>6</b>	<b>总结及研究展望 .....</b>	<b>( 133)</b>
6.1	全文总结 .....	( 133)
6.2	研究展望 .....	( 135)
	<b>参考文献 .....</b>	<b>( 137)</b>
	<b>附录 基于 Matlab 图形用户界面的 <math>p</math> 值计算源程序 .....</b>	<b>( 152)</b>

# 1 绪 论

## 1.1 背景与目的

### 1.1.1 基于时间的竞争是供应链管理的一个新的发展方向

科学技术的进步和顾客需求的多样化,使得产品的生命周期逐渐缩短。企业开始面临保证产品质量、降低生产成本、提高服务水平和缩短响应周期的多重压力,时间已经成为形成竞争优势的一种新资源<sup>[1]</sup>。自从 *Stalk* 指出时间是竞争优势的一个关键资源后,基于时间的竞争优势受到了人们广泛的关注,众多的学者和企业界人士对其进行了研究和实践<sup>[2]</sup>。同时,人们也认识到,判断一个企业是否成功再也不能局限于单个孤立的企业了,从某种意义上讲,竞争是在企业与其合作伙伴所组成的供应链与其竞争对手之间展开的<sup>[3]</sup>。随着供应链管理(Supply Chain management, SCM)思想的提出,人们开始注意从整个供应链的角度来研究缩短

供应链多阶响应周期 (Multi-stage Responding Time in Supply Chain, MRTSC) 的问题<sup>[4]</sup>。

另一方面,虽然 Stalk & Hout 指出:基于时间竞争的企业应将本身视为一条延续到客户的运作与决策链中的一个环节<sup>[5]</sup>。但是,以往的研究人员和企业实践者都将工作的重点集中在如何提高供应链中的某个节点企业——基于时间竞争的企业——的响应周期问题上,例如,快速进行新产品开发,迅速占领市场,建立快速响应的销售文化等。可以看到,这些工作都还没有从整个“链”的角度探索缩短多阶响应周期的方法和管理模式。

在供应链管理理念新的发展中,制造商越来越强调通过与供应商的合作以借助其技术和力量来加强对新产品开发的支持、通过与零售商的合作以实现与销售渠道的无缝整合。整个供应链对市场的响应周期的研究也逐渐引起人们越来越多的注意,正在成为供应链管理研究中的一个热点。

### 1.1.2 物流系统优化对于响应周期的缩短具有重要作用

随着市场竞争的加剧,经济活动的节奏越来越快,其结果是每个企业都感到用户对时间方面的要求越来越高。但是,在现在的市场环境下,单个企业往往难以单独完成对市场需求变化的快速响应。在市场要求日益趋向个性化的小批量快速生产的条件下,越来越多的企业主动或被迫接受供应链这一先进的管理思想,运用“链”的思路管理整个产品(服务)的生产和开发。

在供应链管理这一新的管理模式下,管理的焦点在于从整个“链”的角度进行综合战略考虑,一切目标都是围绕着对整个“链”的优化。而通过对供应链的研究可以发现:①产品对最终用户的响应周期应是全过程的累积效应,而不是单指哪一个环节;②消耗在物流过程中的时间远大于消耗在制造过程中的时



间, 供应链越长这个现象越明显。因此, 通常所研究的基于某个节点企业的单一环节(如产品生产周期)的快速响应是没有实际意义的, 必须从整个生产和物流过程出发研究响应周期的问题, 这样才能真正提高某种产品的供应链在最终用户市场上的竞争力<sup>[4]</sup>。

这样就涉及到许多新的管理问题, 特别是如何对整个供应链上的企业之间在生产、物流和信息之间的协调管理。在供应链上各个环节的管理优化都可以缩短供应链的多阶响应周期, 如利用同步制造、同步物流、JIT 生产等。但是由于生产制造环节子周期可压缩的多余时间日渐减少, 因此, 物流环节子周期的时间压缩就显得更为重要。通过物流系统的优化, 如配送系统的优化设计、运输策略的优化、仓储策略的优化等, 可以有效地缩短供应链中物流响应周期, 从而对整个 MRTSC 的缩短产生积极的意义。

### 1.1.3 配送中心选址是物流系统设计的核心内容

在物流系统设计中, 配送中心的选址问题是一个十分重要的决策问题, 被称为是最重要的物流战略规划问题之一<sup>[6]</sup>。它决定了整个配送系统的模式、结构和形状, 为运输服务和库存水平的恰当选择和良好管理奠定了基础。反过来, 物流系统设计又限定了配送系统运作中可采用的方法及相关成本<sup>[7]</sup>。

由于在决策时需要同时考虑系统中存在的多种产品、提供多种产品的多个制造商、具有多种需求的多个客户, 以及为需求点提供服务的多个配送中心等众多因素, 选址问题通常十分复杂, 因此, 建立合理的模型并设计有效的求解方法, 以此来辅助决策者进行选址决策是非常必要的。

配送中心的选址问题研究通过求解不同类型的选址一分配问题, 确定了配送系统中所使用设施的数量、位置和规模。这些设施

包括了系统中的各种节点,例如,工厂、仓库、配送中心和分销点等等,货物通过配送网络运往最终顾客过程中,都必须临时经停的的这些节点。其中,配送中心是连接供应与需求的一个承前启后的一个关键节点。因此,通过优化配送中心的选址来缩短货物的在途时间对缩短整个供应链的多阶响应周期具有极大的现实意义。

本文研究的主要目的是:

(1) 通过实际调查研究,发现并总结 MRTSC 的运作特点、不同配送模式下物流总成本和各成本项目的变化情况,找到缩短 MRTSC 的影响因素;

(2) 分析不同配送模式对供应链配送系统运作效率产生的影响,从物流配送的角度找到缩短 MRTSC 的影响因素;

(3) 根据决策环境的不同,建立几种符合管理实践的、基于 MRTSC 的配送中心选址模型;

(4) 设计合适的启发式算法对模型进行求解或对模型进行模拟,开发相应的算法程序或模拟程序,使建立的模型具有实用性,同时,使设计的算法具有实际可操作性。

## 1.2 相关研究的历史与现状

### 1.2.1 供应链管理与多阶响应周期

#### 1.2.1.1 供应链管理

20 世纪 90 年代,许多生产和服务提供商希望通过加强和供应商的合作来提高采购和供应的管理水平,使得通常的采购和供应管理整合为新的供应链管理的一部分。由于这种“供应链”管

理的着眼点主要集中在工业制造商的采购和供应上,通常将他们定义为采购和供应的供应链管理<sup>[8][9][10]</sup>。与此同时,许多批发商和零售商也通过整合他们的配送和物流渠道来构建运输和物流角度的“供应链”以提高自己的竞争力。在过去十年里,这两种不同角度的“供应链”管理经过各自的发展最后合并为一个完整的战略高度的供应链,其涵盖了制造、原材料和物流的各个方面,就是现在通常意义上的供应链管理(SCM)。

在整个供应链发展过程中,由于人们对供应链管理的认识逐渐深入,因此在不同发展阶段对供应链管理存在多种不同的定义,如早期 Harland 等对供应链管理的定义为:管理商业活动和联系,包括:①组织内部的;②和直接供应商之间的;③和沿着供应链第一、第二级供应商和客户的;④和整个供应链的联系<sup>[11]</sup>。

而 Scott 和 Westbrook 则把供应链管理描述为:将从原材料到最终用户的所有制造和供应环节中所有元素链接起来的链的管理,其范围超出了组织的界线<sup>[12]</sup>。按照这个定义,供应链管理包含了整个价值链和从原材料的提取到满足最终用户的所有物流的管理。Batz 更进一步的将之拓宽到包含循环和再利用<sup>[13]</sup>。此时期研究的供应链管理的重点在于如何有效的利用供应商们的流程、技术和能力来提高产品的竞争力<sup>[14][15]</sup>,以及企业组织内部的制造、物流和原材料的协调管理<sup>[16][17]</sup>。他们认为当供应链上所有的节点企业的战略得到有效的整合并且发挥单一整体的作用的时候,整个供应链系统的效能就能够得到提高。

在实际操作过程中,从技术上讲由于价值链是如此的复杂以至于很难完全整合链上所有的商业实体以通过供应链的管理来获得收益。这导致了 Houlihan 对供应链的一个较为狭义的定义:在组织内部整合不同的职能领域以提高从直接供应商经制造和配送到最终用户的产品流动<sup>[18]</sup>。在这一领域的研究主要集中在利用直接供应商的能力和技术来提高制造商的生产效率上,如通过

在产品的设计早期将供应商引入等。

随着管理水平和制造工艺的提高,制造环节的可压缩成本日益减少,物流环节的成本节省日益受到供应链管理的重视,于是 New 和 Payne 等在研究中将供应链的研究重点扩展为重视整个销售和零售体系的整合,强调物质配送渠道和物流整合的重要性<sup>[19][20]</sup>,而这可能是 Supply Chain Management 这个名词首次正式被提出。在这一领域的相关文献中<sup>[21][22]</sup>,其研究重点所强调的是最终产品到最终用户间的运输渠道的优化以达到缩减库存和提高响应时间,如通过信息技术的应用来提高响应速度。直到现在,整个物流系统的优化和管理仍然是供应链管理研究中的一个热点。

总体来说,供应链的发展经历了从最初的企业通过大量生产以降低单位产品的成本,与此同时付出的代价是较低的柔性和新产品的开发和推出十分的缓慢,这一时期主要是通过提高和直接供应商的合作来完成<sup>[23]</sup>;然后在日益激烈的国际竞争中,跨国企业被迫在工艺上进行改革以提供低成本、高质量和更大柔性的产品<sup>[24][25]</sup>;直到最近,制造商通过与供应商的合作以借助他们的技术和力量来加强对新产品开发的支持、与零售商的合作以实现与销售渠道的无缝整合,在这一时期出现了许多新技术,如交叉转运 (Cross-docking)、虚拟仓储、联合库存等<sup>[26][27][28]</sup>。

在供应链管理中,其中一个重要的目的就是缩短产品从研制、制造直至交付最终用户的周期并有效的降低成本<sup>[17][18]</sup>,这就涉及到对供应链响应周期的研究。首先必须清楚在供应链管理下的响应周期和传统意义下的单一企业的响应周期之间的差异。

### 1.2.1.2 供应链多阶响应周期 (MRTSC)

在竞争日益激烈的今天,企业只有以市场为核心去适应不断变化的环境并及时对市场变化做出反应,以较低的成本、更快的速

度,在正确的时间和地点为消费者或用户提供满意的产品和服务,才能在竞争中占有优势。国际、国内的文献在缩短企业对市场的响应时间上做了大量的研究<sup>[29]</sup>。

事实上传统意义上所定义的响应周期的概念通常是针对单一企业和组织的,即企业的产品或服务由生产到提交给用户的时间。但是,在现在的市场环境下,单个企业往往难以单独完成对市场需求变化的快速响应。在市场要求日益趋向个性化的小批量快速生产的条件下,如上面所提到的越来越多的企业主动或被迫接受供应链这一先进的管理思想,运用链的思路管理整个产品(服务)的生产和开发。

在供应链管理这一新的管理模式下,管理的焦点在于从整个链的角度进行综合战略考虑,一切目标都是围绕着对整个链的优化<sup>[30]</sup>。经过对供应链的研究可以发现:①产品对最终用户的响应周期应是全过程的累积效应,不是单指哪一个环节;②消耗在物流过程中的时间远大于消耗在制造过程中的时间,供应链越长这个现象越明显<sup>[4]</sup>。因此,通常所研究的基于某个节点企业的单一环节(如产品生产周期)的快速响应是没有实际意义的,必须从整个生产和物流过程出发研究响应周期的问题,这样才能真正提高某种产品的供应链在最终用户市场上的竞争力。于是,必须研究如何缩短从整个供应链角度衡量的响应周期——供应链多阶响应周期(MRTSC)的问题。

MRTSC的概念最初是由马士华提出来的,其含义为:在一个包括供应商、制造企业、分销商、物流服务提供商、零售商等在内的供应链中,每一个具有独立功能的节点企业所消耗的时间为一个子周期,如某制造企业消耗的时间为生产周期、某物流企业消耗的时间为物流周期,等等;一个供应链的不同层次上有许多不同的企业,从站在满足最终用户需求的角度看,要经过整个供应链的所有阶段才能向最终用户提供其所需要的产品,MRTSC就是由供应链

上不同阶段的子周期所构成的全供应链的周期<sup>[4]</sup>。

这样就涉及到许多新的管理问题,特别是如何对整个供应链上的企业之间在生产、物流和信息之间的协调管理<sup>[31]~[34]</sup>。对于 MRTSC 的研究,由马士华领导的 863/CIMS 课题组取得了一定的成果<sup>[35]~[42]</sup>。他们的研究表明:在供应链上各个环节的管理优化都可以缩短 MRTSC,如利用同步制造、同步物流、JIT 生产等<sup>[43]</sup>。由于生产制造环节的子周期可压缩空间日渐减少,物流环节子周期的压缩就显得更为重要<sup>[29][34]</sup>。配送系统设计是加强供应链下游渠道管理,提高物流配送效率,缩短配送子周期进而缩短整个供应链多阶相应周期的一个重要影响因素,而配送中心的选址研究则是配送系统的核心内容。

## 1.2.2 基于时间竞争的模型研究

### 1.2.2.1 基于时间的竞争

竞争、技术进步和消费者需求的变化导致竞争模式不断的发展,在这个发展变化的过程中,基于时间的竞争成为 20 世纪 90 年代主流的竞争模式。Stalk 在其《时间——竞争优势的下一个资源》<sup>[1]</sup>一文中首次提出了“基于时间的竞争”一词,该文发表于《Harvard Business Review》并获得了 1989 年 McKinsey 最佳论文奖。该文是最早发表的详细讨论基于时间的竞争问题的文章。文章描述了竞争模式的演变过程,并重点讨论了时间作为竞争优势关键资源的重要性,并给出了基于时间的制造、销售、配送、创新和战略的本质,并指出:日益激烈的竞争要求竞争者在非常短的时间内引进新产品和扩大品种范围,导致今天最新的竞争模式的出现——基于时间的竞争。

基于时间的竞争要求在考虑产品质量和成本的同时,快速响

应客户需求并开发新产品,其本质是在生产和配送的各个环节压缩时间,从而形成在竞争优势上明显的资源。今天,顾客面对众多的选择机会已经变得更加成熟而细致,对制造商和服务商提供的响应也十分敏感了,只有基于时间竞争的企业才有能力满足这样的顾客需求,并对顾客需求的变化作出快速的响应,从而能够在市场竞争中处于主动状态。

采用基于时间的策略为企业获得巨大的竞争优势提供了大量的机会,文献 1~44 中对这些优势进行了很好的陈述。这些优势包括:增加产品种类,有能力形成价格差异,市场共享,提高顾客的忠诚度,通过有计划地淘汰旧产品排斥竞争对手——通过快速引进新产品来替代自己的老产品使之淘汰等等。

当前,讨论采用基于时间的竞争策略所存在的潜在问题的文章虽然并不多见,但也确有发表的。Stalk & Webber<sup>[45]</sup>最近指出:很多这个领域的先锋们发现他们落入了一个时间的陷阱。这些企业投入了相当大数量的人力和资金来实现产品的多样化,管理者和工人们被无情加速的步伐搞得疲惫不堪。但是,虽然大家付出了如此巨大的努力,企业的利润却没有明显的提高。Stalk & Webber 强调:出现这一问题与这些企业确定基于时间的竞争的方法有关。对他们而言,这意味着有大量的要快速配送的产品,他们内部的运作和外部供应商都要成为基于时间的单元。企业以不断地提高速度并盲目地增加新产品,而忽略了顾客的选择和需求,最终却并不能形成绩效的优势或差异。Stalk & Webber 建议采用基于时间的竞争与顾客服务相结合的策略是必要的,这样就可以避免落入时间的陷阱。而且,面对基于时间的竞争,不断提高的新产品引进速度导致了产品生命周期的持续缩短。Von Braun<sup>[46][47]</sup>同样强调不断加速缩短产品生命周期所存在的危险和局限性,并称之为加速陷阱。

### 1. 2. 2. 2 模型研究

自从 Stalk 提出基于时间的竞争的概念后,大量的文献讨论了这一主题,其中包括一些定性描述的文献<sup>[1] [5] [44] ~ [48]</sup>、案例研究<sup>[44] [48] [49]</sup>和相关的模型研究<sup>[50] ~ [64]</sup>,我们以下将重点讨论有关模型研究的部分,这些文章可以被分为以下三类:① 最优/最小时间的确定;② 提前期与库存之间的关系;③ 生产准备时间的减少和经济定货批量模型。下面我们按上述顺序对有关文献进行简要的评论。

**最优/最小时间的确定** 经典的运输问题关注的重点是成本最小,并将其作为目标函数。但是,Hammer<sup>[50]</sup>则考虑了这个经典问题的时间最小的情况。他的问题力求得到从供应的源点到不同需求地运输商品所需最大时间的最小值。Hammer 的工作为基于时间竞争的模型研究从运输问题中分离出来作了一个良好的开端。接下来,Garfinkel & Rao<sup>[51]</sup>、Szwarc<sup>[52]</sup>和 Frieze<sup>[53]</sup>研究了现在所谓的“时间运输问题”或“瓶颈运输问题”。

近年来,Denardo 等<sup>[54]</sup>考虑了另一个经典的运输问题中基于时间的情况:在一系列特殊的地点满足需求,目标函数是供应商品运输时间的加权平均值最小。实现到达的商品得到最大的权重,然后逐步减少依次到达的商品的权重。Denardo 等考虑了确定性需求和随机需求两种情况,并都给出了有效的求解算法。

**提前期与库存之间的关系** Gross & Soriano<sup>[55]</sup>研究了提前期与库存之间的关系,他们研究了降低平均提前期对库存的影响。Vinson<sup>[56]</sup>通过算例来研究减少提前期方差的影响。Das<sup>[57]</sup>扩展了上述两篇文章的工作,他研究了提前期的均值和方差对库存成本的影响。当采购提前期不确定并存在几种可能的采购方式时,Das 的研究结论对库存状态是非常有用的。但是,Das 的模型仍然关注于成本而不是时间最小。



最近,受到当前有关时间竞争的影响,Hill & Khosla<sup>[58]</sup> 建立了一个概念框架模型来讨论减少提前期的问题,在这个框架模型中,可以比较成本与降低提前期的好处,这个模型的解提供了几种计算最优提前期的方法。但是,Hill & Khosla 关注于对问题进行简化和易于处理,而模型的正确性则相对有所忽略。

Li<sup>[59]</sup> 也对基于时间竞争的库存策略进行了研究,他的目标是利用库存来最小化配送提前期。与 Das 的方法不同,他确定了为使库存成本最小的提前期的水平和变化性。因此,Li 的分析对那些以时间最短为目标的基于时间的竞争者具有更大的潜在使用意义。

Kalai 等<sup>[60]</sup> 讨论了最优服务提前期的问题,他们的文章关注于服务,目标是研究关于服务速度的竞争结果。因此,他们采用了排队论来解决这个问题。他们的研究考虑了服务设施的经济性:顾客加入一个队列的动机和服务商之间的竞争。

**准备时间的减少** 一直以来,JIT 就准备时间减少的问题进行了广泛的研究,而这部分内容也是基于时间竞争的一个重要组成部分,也是实现时间优势的一种重要方法。

Porteus<sup>[61]</sup> 在研究经典的 EOQ 模型时,分析了准备时间减少的影响,这是对准备时间减少这个问题最早的研究。Porteus 的目标是研究在减少准备时间方面的投资与运作成本节约之间的平衡。为了简化问题,Porteus 的模型只考虑了部分与成本相关的准备时间减少的好处,即与库存相关的运作成本的减少,而其他的好处,例如提高质量控制、柔性、提供效率等都没有考虑。该研究仍然是基本的、基于成本的方法。

Chakravarty & Shtub<sup>[62]</sup> 对多产品、多阶、连续生产系统进行了建模,在该连续的生产系统中,投资可以在任何阶段或所有阶段用来减少准备成本。当某个特殊的阶段的批量是后续阶段批量的整数倍时,对于连续的和离散的准备减少函数,文章提供了最优求解