

批量生产计划模型与 优化方法

刘 晓 © 著



科学出版社
www.sciencep.com

批量生产计划模型与优化方法

刘 晓 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是关于批量生产计划模型与优化方法问题的专著。批量生产计划问题是理论研究上的难点,也是在生产活动中产生重大经济效益的主要问题之一,已经成为现代企业资源管理的核心问题。本书系统地分析了批量生产计划的不同模式下的复杂情况,如有能力约束与无能力约束情况、一般情况与特殊情况、有外包情况、脱期情况、清仓情况、闭环供应链与电子商务环境下情况。本书讨论了不同情景下的数学模型与优化方法,给出了一些成功的应用案例。本书的特点是理论与实际问题相结合,生产运作理论与优化方法相结合。

本书可作为学习生产运作管理的本科生、研究生的教材或参考书,也可供相关的技术与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

批量生产计划模型与优化方法/刘晓著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-029198-1

I. ①批… II. ①刘… III. ①企业管理:生产管理 IV. ①F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 198540 号

责任编辑:赵静荣 / 责任校对:张凤琴
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 10 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 10 月第一次印刷 印张: 9 3/4

印数: 1—2 000 字数: 194 000

定价: 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

制造业是国民经济的支柱产业,是一个国家国民经济的基础。面对日趋激烈的竞争和全球化的市场需求,制造企业必须考虑各种资源在时间和空间上的优化分配以降低成本,提高自身的竞争能力。带能力约束的批量计划问题是理论上研究的难点,也是在生产活动中产生重大经济效益的主要问题之一。

尽管经典的库存理论以及带能力约束的批量问题的研究已经有几十年的历史,但随着新的生产模式的出现,如外包、不完全满足需求、闭环供应链等生产模式的出现,传统的计划模式不再适用。企业必须改变经营理念,合理决策以确保其竞争优势。近年来,随着国内外学者对各类批量计划问题研究的不断深入以及相关学科的发展,涌现出了一些新的生产计划理论和方法。由于带能力约束的批量计划问题广泛存在于工业生产的各个领域,如石化企业、玻璃、钢材、造纸、食品等制造行业。因此,对带能力约束的批量问题的理论研究,探索有效和实用的算法,一直是运筹学、管理科学和工业工程等领域所关注的研究热点。

本书通过对历史文献的详尽综述,将带能力约束的批量计划问题进行系统分析与归纳。分别介绍了不允许拖期模型、允许拖期模型、清仓模型、外包模型、闭环供应链的模型,给出它们的准确定义和模型特点。在总结了上述模型的求解技术的基础上,对目前存在的问题进行了扩展研究。

本书是我和我的研究生多年来共同的研究成果,也是对国家自然科学基金委员会的资助项目的总结和应用。本书的研究内容吸收了研究生张骥、谢文明、刘晓亮、闫研、王文丽、孟德凯、潘娟娟、陈休晔、杨乃忠等十几位同学的论文成果。需要指出的是,本书反映了课题组的阶段性研究成果。作为研究对象的批量生产计划问题十分复杂,且各种模式处于不断变化之中,不足之处在所难免。我们希望有越来越多的研究人员和工程技术人员来推动它的发展。

感谢国家自然科学基金委员会的资助,感谢上海交通大学和东北大学的师生为本书提供的素材和宝贵的资料。特别感谢研究生刘凯飞、潘娟娟、秦晓燕、何楠承担了本书初稿的文字整理、修改等工作。本书中的部分工作是我在法国和加拿大工作期间完成的,在此对法国特鲁瓦科技大学和加拿大卡尔加里大学的支持表示致谢。如果没有他们的努力和支持,本书是不可能出版的,我对他们的贡献表示感谢。

刘 晓
上海交通大学
2010. 7

目 录

前言

第 1 章 库存与库存管理	1
引言	1
1.1 库存基本概念	1
1.1.1 库存的定义	1
1.1.2 库存成本	2
1.1.3 库存管理	2
1.2 库存管理的基本方法	2
1.2.1 ABC 分类法	2
1.2.2 定量订货管理法	4
1.2.3 定期订货管理法	7
第 2 章 现代库存管理技术	9
引言	9
2.1 MRP	9
2.1.1 MRP 的输入	9
2.1.2 MRP 的输出	12
2.1.3 MRP II	12
2.2 JIT 生产方式	14
2.2.1 JIT 生产方式的目标	14
2.2.2 JIT 生产方式的运行模式	15
2.2.3 看板管理	16
2.3 ERP 与库存管理	16
2.3.1 ERP 的核心理念	16
2.3.2 ERP 与 MRP 的关系	17
2.4 供应链管理与电子商务	18
2.4.1 供应链管理	19
2.4.2 电子商务	23
2.4.3 电子商务环境下的供应链管理	26
2.4.4 现代库存管理发展新的趋势	29

第3章 能力批量计划问题研究现状	31
引言	31
3.1 单产品批量问题的基本模型	31
3.1.1 资源/能力约束	32
3.1.2 存在库存短缺	32
3.1.3 存在调整成本	32
3.1.4 需求类型	33
3.2 单产品批量问题的解决技术及方法	33
3.2.1 无能力约束的单产品批量问题	34
3.2.2 带能力约束的单产品批量问题	35
3.3 带能力约束的单产品批量问题的模型及其算法复杂度	38
3.3.1 不允许拖期模型	39
3.3.2 允许拖期模型	40
3.3.3 清仓模型	41
3.3.4 持有模型	41
3.4 能力约束下外包模型	42
3.5 本章小结	43
第4章 一般情况下的生产计划模型	44
引言	44
4.1 一般情况下的能力批量问题的允许/不允许拖期模型	44
4.2 一般情况下的能力批量问题的清仓模型	46
4.3 一般情况下的能力批量问题的持有模型	47
4.4 一般情况下的能力批量问题的外包模型	48
4.5 本章小结	49
第5章 特殊情况下的生产计划模型与算法	50
引言	50
5.1 模型建立	51
5.2 最优解的特性	54
5.3 清仓模型	55
5.3.1 清仓模型的 $O(T^2)$ 运行时间的算法	55
5.3.2 算法实例	58
5.3.3 计算结果分析	59
5.4 库存持有模型	59
5.4.1 持有模型的 $O(T^3 \lg T)$ 运行时间的算法	60

5.4.2 算法实例	63
5.5 库存能力约束的单产品批量问题的模型与扩展	64
5.5.1 数学模型	65
5.5.2 算法及其实验结果	66
5.6 本章小结	69
第6章 有能力约束的外包生产计划问题	71
6.1 单产品能力约束下的外包生产计划问题	71
6.1.1 一般情况下外包生产计划问题建模	71
6.1.2 问题求解	73
6.1.3 求解最优解	75
6.2 案例	76
6.2.1 背景	76
6.2.2 计算结果	77
6.3 一般情况的外包生产计划问题的启发式遗传算法	79
6.3.1 启发式遗传算法设计	79
6.3.2 计算方法	82
6.3.3 算例与数值结果	82
6.3.4 启发式遗传算法的效果评价	83
6.4 本章小结	84
第7章 基于再制造的闭环供应链批量计划问题	85
7.1 基于制造—再制造的外包模型的建立	85
7.1.1 问题描述	85
7.1.2 基本假设	86
7.1.3 符号与变量	86
7.1.4 模型	87
7.2 算法设计	88
7.2.1 编码方法	88
7.2.2 适应度函数	89
7.2.3 遗传算子	89
7.2.4 产生初始染色体	90
7.2.5 x_i 和 r_i 的计算	90
7.3 案例	92
7.3.1 问题描述	92
7.3.2 数值结果	93

7.4 本章小结.....	97
第8章 供应链下的批量采购计划问题	98
8.1 问题背景.....	98
8.2 文献综述	100
8.2.1 供应商选择方法分类	100
8.2.2 推式采购环境下的供应商选择模型与方法	102
8.2.3 拉式采购环境下的供应商选择模型与方法	109
8.2.4 数学规划方法	110
8.3 本章小结	111
第9章 供应链环境下原油批量采购计划.....	113
9.1 问题描述	113
9.2 模型建立	114
9.3 模型的求解方法	118
9.3.1 模型转换	118
9.3.2 模型求解	121
9.4 计算结果	123
9.5 本章小结	128
参考文献.....	129

第 1 章 库存与库存管理

引 言

库存与库存管理是现代供应链管理的重要内容之一,是长期以来学术界研究的热点问题。库存管理的最终目标是要确定一个最优的物资储备策略,使库存系统在保证生产的同时获得最佳的经济效益。本章将介绍与库存相关的一些基本概念和至今为止比较成熟的库存管理方法与理论。

1.1 库存基本概念

本节将介绍库存的一些基本概念,包括库存、库存成本及库存管理。

1.1.1 库存的定义

库存(inventory)是指处于存储状态的物品或商品。广义上的库存不仅包括长期或暂时处于储存状态的静态库存,还包括处于制造和加工状态或运输状态的库存,即动态库存。库存可以从多个方面来分类,如从生产过程的角度可分为原材料库存、零部件及半成品库存、成品库存三类。

一般来讲,企业为了维持各项活动顺利进行,必须持有一定量的库存。库存用来弥补供需双方的时间差,企业在销售阶段,为了能及时满足顾客的要求,避免发生缺货或延期交货现象,需要有一定的成品库存。在采购生产阶段,为了保证生产过程的平准化和连续性,需要有一定的原材料和零部件的库存。库存商品一方面本身需要占用大量的资金,另一方面因发生库存而需要花费部分维持费用,同时,由于存在库存积压而存在产生损失的可能。因此,既要防止缺货、避免库存不足,又要防止库存过量,避免发生大量不必要的库存费用。

1.1.2 库存成本

库存成本是库存管理中所要解决的主要问题之一。库存成本包括订货成本、库存维持成本、短缺成本。

(1) 订货成本

发生在货品入库之前的相关的成本,如订购手续成本、采购成本、进货验收成本、进库成本等。

(2) 维持成本

货品在存储中所产生的相关成本,如资金成本、搬运成本、仓储成本、折旧及陈腐成本等。

(3) 短缺成本

库存因短缺而影响生产所引起的成本,如计划变动、停工待料、加班、信誉损失、延迟交货损失等。

1.1.3 库存管理

库存管理是根据市场需求,企业依照订购的特点,预测、计划和执行一种补充库存的行为,并对这种行为进行控制。库存管理的主要任务是确定订货方式、订货批量和订货时间。

评价库存管理的效果性包括以下两个方面:一是用户服务水平,即在正确的时间,有正确数量的产品,以正确的时间发送正确的产品;二是订货成本与库存持有成本。因此,库存管理的总目标是在库存成本的合理范围内达到最满意的顾客服务水平。为了达到该目标,要求库存管理人员能够制定出有效的订货策略来确定订货时机和订货批量。

1.2 库存管理的基本方法

库存的基本管理方法主要有以下几种。

1.2.1 ABC 分类法

ABC 分类法是一种在库存管理中比较常用的简单而又有效的管理方法,它的核心就是确定库存管理的重点,从而节约资金和费用。ABC 分类法最早来源于 ABC 曲线,用于分析人口与收入的分配问题,在

1951年由美国电气公司首先在库存管理中倡导和应用。一般来说,企业的库存物资不仅品种、价格不同,库存数量也不相同。为了使企业有限的时间、资金、人力、物力等资源能得到有效的利用,应对库存物资进行分类,根据其重要程度的不同,分别制定不同的管理策略以便对库存进行有效的管理。

ABC分类法将库存物资按重要程度分为特别重要的库存(A类库存)、一般重要的库存(B类库存)和不重要的库存(C类库存)三个等级,然后针对不同的级别分别进行管理和控制。ABC分类法包括两个方面:一是如何制定分类标准,二是如何对分类后的库存物资进行管理。

1. ABC三类物资的分类标准的制定方法

首先,计算每种库存物资在一定期间内的供应金额,其值为单价和物资数量的乘积。

其次,将库存物资按供应金额由大到小进行排序。然后计算各品种的供应金额占总供应金额的百分比。

最后,按供应金额大小的品种序列依次计算供应额累计百分比。把累计占供应总金额70%左右的各种物资作为A区;余下的累计占总金额20%左右的各种物资作为B区;除以上两区外的各种物资分作C区。

需要强调的是如果按所占金额大小来分类会存在一定的缺陷,例如,按金额来分类,可能出现某个品种被归为C类的物资,虽然所占比重很少但却是生产过程中的关键部件,一旦发生缺货则会造成生产停顿。为了弥补这种缺陷,形成了重要性分析方法。这种方法由相关工作人员对每个库存品种的重要程度进行打分,打出的分数称为分数值,然后综合每种物资的分数值和它们的供应金额所占的百分比来对它们进行排序。

2. 库存物资管理的分类

(1) A类物资

由于A类物资的重要性和占用金额较多的特点,应加强控制其计划与采购、库存储备量、订货量和订货时间。在保证生产的前提下,应尽

可能地减少库存、节约流动资金,同时注意保管的安全性,经常盘点以保证能够对其库存的准确掌握。

(2) B类物资

控制稍弱,在不影响生产的情况下可以适度减少库存。

(3) C类物资

因为C类物资相对不是特别重要而且占用的资金又比较少,所以可以放宽控制,增加订货量,加大订货的时间间隔,在不影响库存控制的同时,减少相关的工作量。

1.2.2 定量订货管理法

所谓定量订货管理法就是订货时机取决于仓库中的剩余库存。它以经济订货量和订货点的原理为基础。每次库存发生变动时都要将剩余库存和订货点进行比较,若等于或低于订货点,就要根据经济订货量来进行订货。如图1-1所示,订货点为 R ,预先确定的订货量为 Q ,交纳周期为 LT ,当库存量低于 R 时马上订货。采用定量订货方式时必须首先确定订货点和订货量。

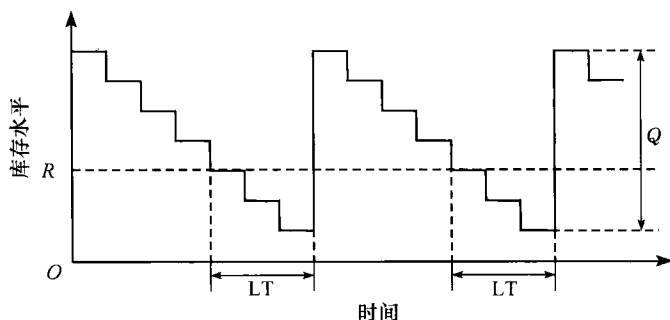


图 1-1 定量订货方式

1. 订货点的确定

假设需求固定均匀并且订货、到货间隔时间不变,此时不需要设定安全库存,订货点由下式确定:

$$R = LT \times D/365$$

其中, D 代表每年的需求量。

当需求发生波动或订货、到货的时间间隔是变化的情况时,订货点的确定方法较为复杂,且往往需要安全库存。

2. 订货批量的确定

确定订货量一般采用经济批量(economic order quantity, EOQ)方法,综合考虑各项费用,求出总库存成本最低时的订货批量。

在需求量已知或连续、订货的到货时间是已知或固定、不发生缺货的情况下,设 TC 代表每年的总库存成本,PC 代表每年采购的进货成本(包括购置价格),HC 代表年保管仓储总成本, D 代表年需要量, Q 代表单次订货的数量, S 代表订货成本, H 代表单位货物的保管成本。则每年的平均库存量为 $Q/2$, 每年的保管成本 HC 为 $(Q/2) \times H$, 每年的订货次数为 D/Q , 每年的订货成本为 $(D/Q) \times S$, 则如图 1-2 所示, TC 的表达式为

$$TC = PC + HC = D \times P + (D/Q) \times S + (Q/2) \times H$$

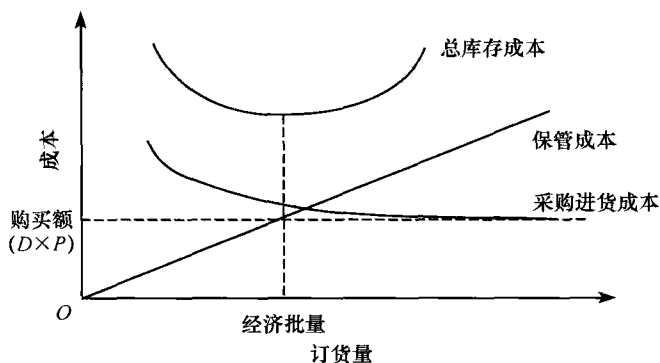


图 1-2 经济批量模型

通过上式进行微分求导,令求导后的方程为 0,解方程后使总库存成本最小的值为最佳订货量,即经济批量如下式所示:

$$Q^* = \sqrt{(2D \times S)/H}$$

在实际情况下,作为参数的每次订货成本 S 和单位货物单位时间的仓储成本 H 往往难以精确地加以估算,因此需要分析各个参数的变化对结果的影响程度,即需要进行灵敏度分析。

3. 定量订货的作业程序

定量订货的作业程序如图 1-3 所示,定量订货方式方法简便,但因为经常盘点库存加大了工作量,从而增加了库存保管的维持成本,但随着仓储技术的发展,如今对库存物资的监控已经大大简化。该方式要求对每个品种单独订货,增加了订货成本和运输成本,适用于品种少但占用资金大的 A 类库存。

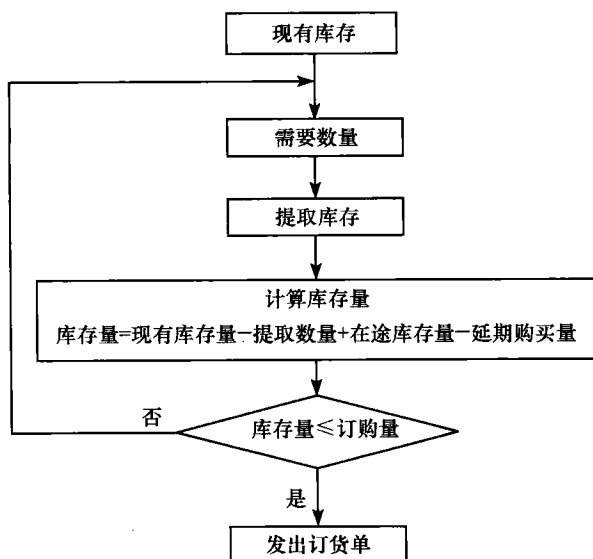


图 1-3 定量订货的作业程序

4. 双堆订货管理

双堆订货管理是定量订货管理法的一种简化形式。该方法将库存物资分为两堆存放,第一堆是订货点库存量,其余分作为第二堆。发料时,先动用第二堆,当第二堆用完,只剩下第一堆时,意味着库存下降到了订货点,立即提出订货。此方法无需盘点,简便易行,其缺点是需要占用较多的仓库面积,而且第一堆的物资易造成长期的积压。该系统也可仅用一堆来进行,当库存水准降至某一物理标记,便可以发出订单。双堆订货管理系统比较适合于廉价的、用途相当单一的和前置时间短的物品。

1.2.3 定期订货管理法

定期订货管理法是按固定的订货时间间隔进行订货。不同于定量订货管理法,在定期订货管理法中,每次的订货数量变化而订货时间间隔不变。一般在下列情况中应使用定期订货管理:

- 1) 因为某种原因难以对库存水平进行实时跟踪;
- 2) 订货时间受限或按固定的订货时间间隔进行订货而获得的折扣比使用 EOQ 方法所得到的好处更大;
- 3) 可以利用自己的回程运输车辆,顺便将原材料运回工厂。

在定期订货管理法中,企业需要根据过去的经验或经营目标预先确定订货间隔时间,每次订货量都不同,如图 1-4 所示。

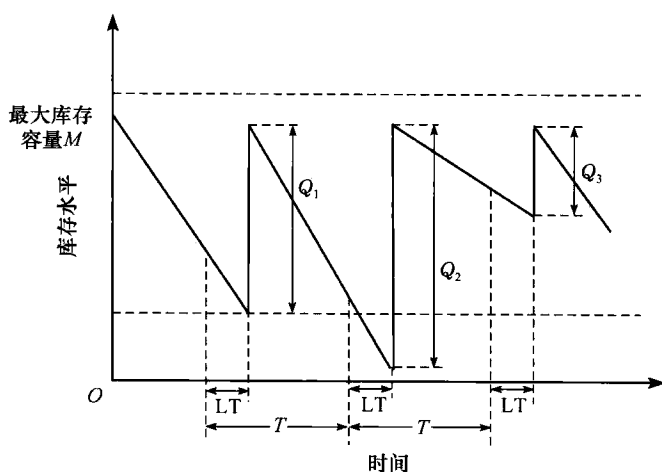


图 1-4 定期订货法

1. 订货量的确定

一般来说定期订货方式的订货量确定方法如下:

订货量 = 最高库存量 - 现有库存量 - 订货未到量 + 顾客延迟购买量

2. 定期订货的作业程序

定期订货管理法是从时间上控制订货周期,从而达到控制库存量的目的的方法。只要订货周期控制得当,既可以不造成缺货,又可以控制

最高库存量,从而达到库存管理的目的,即库存费用最少。图 1-5 是定期订货方式的作业程序。定期订货方式适用于品种数量较大、占用资金较少的 C 类库存和 B 类库存。

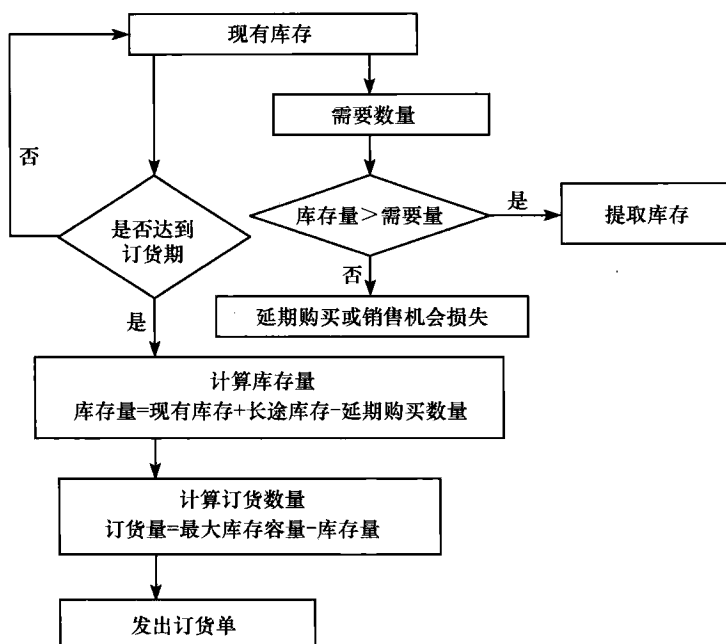


图 1-5 定期订货方式作业程序

第 2 章 现代库存管理技术

引 言

随着信息技术的发展,出现了许多新型的管理方法和管理技术,这些新型的管理方法和管理技术满足了企业管理系统的需要。比如,物料需求计划(material requirements planning,MRP)、企业资源计划(enterprise requirements planning,ERP)、准时制(just in time,JIT)生产方式和电子商务(electronic commerce,EC)环境下的集成供应链管理(supply chain management,SCM)。

2.1 MRP

MRP 是依据市场需求的预测和顾客订单来制订产品生产计划,然后对产品生产进度给予计划,组成产品的材料结构表和库存状况,通过计算机计算出所需材料的需求量和需求时间,从而确定材料的加工进度和订货日程。MRP 的基本目的是在合理利用、组织资源保持生产流程畅通的前提下维持最低的库存水平。典型的 MRP 系统工作原理如图 2-1 所示。

2.1.1 MRP 的输入

MRP 的输入系统主要由三部分组成:主生产计划、材料清单表和库存状态记录。

(1) 主生产计划

主生产计划(master production schedule,MPS)是对企业生产计划大纲的细化,用以协调生产需求与可用资源之间的差距。MPS 是以生产规划、预测和客户订单为输入,安排将来各周期中提供的产品种类和数量,它是一个详细的进度计划。它必须平衡材料和能力的供求,解决优先度和能力的冲突。MPS 在制造业中广泛应用,它驱动了整个生产