

现代物流与供应链管理丛书

彭雷清 总主编

A Research of Hybrid Production
Planning and Control in
MTO Environment

面向订单生产环境下的 混合生产计划与控制

郭佳 ◎ 著

现代物流与供应链管理丛书

彭雷清 总主编

A Research of Hybrid Production
Planning and Control in
MTO Environment

面向订单生产环境下的 混合生产计划与控制

郭佳 ◎ 著

图书在版编目 (CIP) 数据

面向订单生产环境下的混合生产计划与控制 / 郭佳著. —大连: 东北财经大学出版社, 2016.3

(现代物流与供应链管理丛书)

ISBN 978-7-5654-2285-0

I. 面… II. 郭… III. 供应链管理—研究 IV. F252

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第 061174号

东北财经大学出版社出版发行

大连市黑石礁尖山街 217 号 邮政编码 116025

教学支持: (0411) 84710309

营 销 部: (0411) 84710711

总 编 室: (0411) 84710523

网 址: <http://www.dufep.cn>

读者信箱: dufep@dufe.edu.cn

大连美跃彩色印刷有限公司印刷

幅面尺寸: 170mm×240mm 字数: 136千字 印张: 10 插页: 1

2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

责任编辑: 孙晓梅 韩敌非 责任校对: 王芃南 时 博 那 欣

封面设计: 冀贵收 版式设计: 钟福建

定价: 32.00元

版权所有 侵权必究 举报电话: (0411) 84710523

总 序

随着中国进入工业化中后期，以现代物流、电子商务的发展等为主要内容的新一轮流通革命正在如火如荼地展开。现代物流与供应链管理正成为中国企业和中国制造决胜国内外市场的关键力量，更是衡量市场竞争能力和成熟水平的重要因素。在此背景下，中央政府适时提出了“一带一路”等重大战略以及发展自由贸易区、长江经济带等重大决策，而这些战略决策的核心内容，无一不与发展现代物流有关，尤其是“一带一路”战略实施的重心和实质，就是商贸物流之路。总之，随着现代企业商业模式的变革和市场外部条件的变化，现代物流与供应链管理越来越引起人们的重视。

广东财经大学有一批在国内较为活跃的物流与供应链管理研究专家，并在国内较早开始相关领域的课题研究，也是国内最早开设物流专业的高校之一，因此，商贸物流也是学校的优势特色学科之一。正因为如此，广州市现代物流与电子商务发展研究基地设立于本校。10多年来，本校科研人员和教师主持承担的各类相关课题达30余项，其中，工商管理学院主持承担的有关物流与供应链管理领域的省部级以上课题

就有10余项,包括国家自然科学基金项目2项:多渠道供应链中欺诈性仿冒产品的影响及其防治策略研究(编号:71301032)、多供应链竞争下考虑销售努力的契约选择与运作策略研究(编号:71401042);教育部人文社科研究项目3项:基于产业和空间二维互动的物流业与制造业双重集聚研究(编号:11YJC790200)、基于竞合关系演化的产业集群创新研究与实证分析(编号:11YJC630302)、资金约束下竞争性供应链创新投入均衡策略研究(编号:13YJC630068);广东省自然科学基金项目3项:不确定环境下仿冒产品的打击策略及其绩效研究(编号:S2011040001069)、广东省交通枢纽物流量中长期预测研究(编号:S2013040016119)、供应链间销售努力竞争下“店中店”渠道结构选择与契约策略研究(编号:2014A030313606);广东省软科学研究项目1项:基于企业竞合关系演化的产业集群创新机制研究——以广东省电子信息产业集群为例(编号:2011B070400001);广东省普通高校人文社科研究项目1项:供应链生产延迟策略与信息共享策略的相互作用研究(编号:2013WYM0027)。对上述项目的研究产生了一批重要成果,在European Journal of Operations Research、Electronic Commerce Research and Applications、International Journal of Production Research、International Journal of Production Economics、《中国管理科学》和《管理评论》等国内外重要期刊发表论文20多篇,获得广东省2012—2013年度哲学社会科学优秀成果奖二等奖1项,出版专著4本。

《供应链竞争决策模型与方法》来源于国家自然科学基金项目“多供应链竞争下考虑销售努力的契约选择与运作策略研究”(编号:71401042)。该书以两条或多条供应链为研究对象,着重从营销和运作的角度研究多供应链间竞争决策模型与方法,试图使人们的认识范畴一方面在横向上得到进一步扩展:从单链到双链再到多链,从链间非重叠到链间重叠;另一方面在纵向上得到进一步深入:从链间价格竞争到非价格竞争,从市场层面的决策到运作层面的决策等。

《工业化进程对物流业发展的影响研究》来源于教育部人文社科研究项目“基于产业和空间二维互动的物流业与制造业双重集聚研究”(编号:11YJC790200)。该书首先对工业化和物流业的概念和范围进行

界定,分析在不同阶段工业化对物流业发展的影响,提出工业化演进对物流业发展的作用机理。接下来,采用多国数据对工业化进程对物流业发展“量”和“质”的影响进行实证检验。随后,以美国和日本为例,对发达国家的工业化与物流业发展进行案例研究,并进一步从产业和空间两个层面扩展讨论中国制造业与物流业的联动发展。

《产业空间演化与港口物流增长》来源于广东省自然科学基金项目“广东省交通枢纽物流量中长期预测研究”(编号:S2013040016119)。该书借助空间经济学的产业转移理论和数值分析方法,构建了一个依靠枢纽港进行交易和运输的两部门(工业和农业)、两区域迪克西-斯蒂格利茨模型,并运用数学软件MATLAB实现了对港口物流量增长趋势的演化分析,模拟预测了港口物流增长受人口增长、空间距离、运输成本、产业转移路径、工业与农业结构、消费支出结构等重要因素影响的过程及作用机制,得出了一系列相关结论。

《面向订单生产环境下的混合生产计划与控制》来源于广东省普通高校人文社科研究项目“供应链生产延迟策略与信息共享策略的相互作用研究”(编号:2013WYM0027)。该书基于生产计划与控制的理论及制造业发展趋势,研究了面向订单制造企业生产计划与控制方法的问题。针对目前ERP在制造企业中广为流行的现状,书中使用德尔菲法对资深ERP顾问进行调查,发现并总结了一些在面向订单生产环境下,生产计划与控制方面亟待解决的问题。

上述研究成果不仅丰富了物流与供应链管理理论的内容,而且促进了物流与供应链管理决策模型在实际中的应用,为决策者进行实际应用提供了更充分的科学依据。本丛书的出版仅仅是一次努力的尝试,欢迎同仁们批评指正!

本丛书的出版,一方面要感谢国家自然科学基金项目、教育部人文社科研究项目、广东省自然科学基金项目、广东省普通高校人文社科研究项目的资助;另一方面要感谢广东财经大学工商管理学院、广东财经大学流通经济研究所、广州市现代物流与电子商务发展研究基地的鼎力支持。香港利丰集团、宝供物流、林安物流、南方物流、华新物流、华大物流、广州商业储运等一大批知名的国内物流与供应链管理企业,以

及中国物流与采购联合会、中国市场学会、广东省物流与供应链管理学会、广东省现代物流研究院等机构和行业组织，都从不同的角度对课题研究和丛书出版给予帮助和支持，在此深致谢意。此外，特别感谢东北财经大学出版社对本丛书出版的全力协助。

广东财经大学工商管理学院院长 彭雷清

2016年3月

前 言

本书基于生产计划与控制的理论背景及面向订单生产环境的特点,探讨了面向订单生产环境下的混合生产计划与控制问题。针对目前企业资源计划在制造企业中广为流行的现状,本书通过德尔菲法对ERP资深咨询顾问进行调查,发现了面向订单生产环境下多种方法混合使用的需求,并且发现了一些亟待解决的关键问题。本书重点对生产计划与控制方法混合使用进行了研究,首先分析面向订单生产环境下的生产计划与控制需求,然后比较MRP、JIT、WLC方法各自的优缺点,最后研究了将它们的概念集成到一起的生产计划与控制系统框架。针对研究中发现的面向订单生产环境下生产计划与控制的三个关键问题,本书逐个探讨了解决方法。

在面向订单生产环境下,对于生产商来说,确定合理的订单到期日是保证准时交货率、提高客户服务水平的关键。对于订单到期日确定问题,在混合生产计划与控制系统框架之下,本书基于WLC思想的资源约束与关键部件约束,通过一种启发式算法,找到了有效解决方法。

在短交期条件下的关键部件库存与生产最优决策研究中,由于订单交货周期呈不断缩短趋势,生厂商不得不对产品组成结构中的关键部件进行提前生产,这些关键部件是指其组件采购周期较长,或者生产资源紧张的部件。对于这类部件,主要研究如何在不确定环境下对它们制定最优库存与生产决策。通过一些最优解的结构性质,找到了该问题的有效解决方法。

在基于产品定制特征的MRP改进问题的研究中,研究的问题是如何改进MRP方法,使其能够满足具有大量定制特征的产品的生产计划与控制的需要。首先研究支持定制特征的产品信息模型,然后基于此信息模型研究生产计划延迟区分的实现方式,最后研究生产计划的动态调整方法。

本书立足于面向订单生产环境下的混合生产计划与控制问题的探讨,其特色主要体现在以下方面:

1.在面向订单生产环境下生产计划与控制方法的混合运用方面,本书针对MRP、JIT、WLC的概念和特点,在集成的系统中,分析了各方法在系统中的作用和相互之间的关系,为MTO环境的生产计划与控制系统的发展提供了思路。

2.通过德尔菲法对ERP资深咨询顾问进行调查,发现了目前MTO环境下生产计划与控制的三个关键问题。研究了订单接受控制问题,提出关键部件的供应情况将影响订单到期日的确定,并建立了从关键部件与资源两方面考虑的订单到期日确定的决策支持模型。

3.研究了短交期条件下关键部件的库存与生产决策优化问题,假设关键部件的结构中有中间层的子装配件存在,生产商既可以提前装配关键部件,也可以提前装配子装配件,并且还假设不确定的需求和有限的可变产能,通过对模型的分析,找到了最优解的算法。

4.研究了支持定制特征的MRP改进问题,传统的一物一码的MRP方式已经不能满足大规模定制条件下具有大量定制特征的产品的生产流程。本书从产品信息模型、MRP计划单的延迟区分、动态生产计划调整三个方面研究支持定制特征的MRP改进问题,具有很强的应用性。

面向订单生产环境下的混合生产计划与控制问题既是理论问题,又

是众多企业管理实践中所面临的现实问题。制造企业已经逐渐转向以市场需求为导向，按照客户的要求进行差异化的产品生产和装配，而绝大多数企业缺少计划工具来支持这样的制造战略。本书探讨了面向订单生产环境下的混计划方法，希望能够对制造企业的生产计划管理有所启示。

著者

2016年1月

目 录

第1章 绪 论/1

- 1.1 研究背景/1
- 1.2 研究思路与主要内容/6
- 1.3 研究的意义与创新点/9
- 1.4 研究方法/13

第2章 研究基础与文献综述/15

- 2.1 生产计划与控制方法的相关理论/16
- 2.2 生产计划与控制方法的混合应用的研究/19
- 2.3 使用WLC方法确定订单到期日的研究/22
- 2.4 支持定制产品的MRP/MRP II改进研究/24
- 2.5 按订单装配系统的生产与库存决策研究现状/25
- 2.6 现有文献的总结和发展/28

第3章 面向订单生产的管理趋势与关键问题/30

- 3.1 研究方法 with 思路/32
- 3.2 面向订单生产业务管理的关键趋势/37

2 | 面向订单生产环境下的混合生产计划与控制

- 3.3 ERP支持面向订单生产管理趋势的不足/40
- 3.4 MTO环境下生产计划与控制的关键问题/44
- 3.5 本章小结/46

第4章 MRP、JIT、WLC方法混合使用的系统集成/47

- 4.1 MTO环境下生产计划与控制方法的需求分析/48
- 4.2 MRP、JIT、WLC的比较分析/50
- 4.3 MRP、JIT、WLC的系统集成分析/55
- 4.4 本章小结/62

第5章 基于资源和关键部件约束的订单到期日确定/64

- 5.1 模型假设/65
- 5.2 模型的逻辑结构/67
- 5.3 期间层面的资源和关键部件约束检查/69
- 5.4 时段层面的资源和关键部件约束检查/75
- 5.5 本章小结/76

第6章 短交期条件下关键部件的采购和生产决策/77

- 6.1 模型符号与假设/78
- 6.2 决策问题和结构性质分析/81
- 6.3 模型求解/91
- 6.4 算例分析/99
- 6.5 本章小结/101

第7章 基于产品定制特征的MRP改进/102

- 7.1 产品信息模型构建/103
- 7.2 面向延迟区分的生产计划方法/119
- 7.3 生产计划动态调整方法/125
- 7.4 本章小结/135

第8章 总结与展望/136

8.1 研究总结/136

8.2 研究展望/137

参考文献/139

第1章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 全球制造业重回风口

制造业创造了全球主要工业国家 60%~80% 的社会财富，在工业文明时代，制造业不仅是一个国家的重要支柱，而且关系到国家的强弱兴衰。近年来，制造业和先进制造技术的发展得到世界发达国家和发展中国家的广泛重视。伴随着移动互联网、物联网等技术应用的兴起，世界主要工业国家发起了一系列制造业回归或振兴战略，例如美国的“先进制造业回归计划”、德国的“工业 4.0 计划”、日本的“振兴制造业计划”、中国的“中国制造 2025 计划”。

世界各个国家的战略侧重点不同，如美国希望回归产业链上的制造环节，不做“只会研发的民族”；德国力图打造智能制造的新标准，巩固全球制造业龙头地位，甚至掀起“第四次工业革命”；日本则希望调

整制造业结构,将机器人、下一代清洁能源汽车、再生医疗以及3D打印技术作为今后制造业发展的重点领域;“中国制造2025计划”的目标在于实现我国制造业的升级和转型,打造具有国际竞争力的制造业。

制造业是中国市场化程度最高的领域,也是中国国民经济的重要支柱和基础,对中国经济发展起着十分重要的作用。随着我国经济发展进入新常态,制造业发展面临新挑战。资源和环境约束不断增加,劳动力等生产要素成本不断上升,投资和出口增速明显放缓。在未来,低端制造业将会收缩规模,而高端制造业会迎来蓬勃的发展,产品将更加丰富,制造业中使用的运作方法、制造技术、信息技术都将会有质的变化。

1.1.2 市场需求的变化

当今的经济特征可以归纳为差异化的消费者偏好、高速发展的科技和全球化的管理(Hsu和Wang, 2004)。制造企业需要重新思考当前及未来的经营战略,迎合消费者的需求、合理利用新技术、提高运营效率,从而在质量、速度、价格等方面保持或取得竞争优势。例如,DELL公司基于在线定制的销售模式,可以在很短的时间内交付客户选配的计算机产品,这个成功案例证明基于互联网的PC定制是PC行业有竞争力和盈利能力的业务模式(Ghiassi和Spera, 2003)。在消费品和工业制造领域,计算机并不是最能够体现消费者差异化需求的产品,服装、珠宝、电梯等产品都会反映出消费者多样化的需求。

近年来,很多制造企业除了以降低成本、提高质量为绩效指标之外,越来越注重向消费者提供多种可选择或可定制方案,如耐克公司允许消费者在网上定制鞋类产品,消费者可以按照自己的偏好选择鞋子各组成部分的颜色与面料;日立电梯公司向客户提供电梯性能、尺寸、材料等方面的更多可选参数,为客户定制个性化的电梯产品。随着电子商务高度发展,互联网为消费者与制造企业提供了一个最好的交互渠道,使得消费者可以非常方便地通过网站选配或定制产品(Zhu, 2015),然后由制造企业及供应链伙伴完成产品交付,也就是所谓的客户对企业(Customer to Business, C2B)销售,C2B销售是典型的消费者需求主导

的市场供求关系。

1.1.3 制造技术和模式的发展

制造技术的发展与市场需求的不断变化相关,制造企业的生产方式由单件生产、大批量生产发展为大规模定制。18世纪出现的单件生产方式的特点是制造周期长,定制成本高。20世纪初,福特汽车装配流水线的建立标志着生产方式由单件生产转变为大批量生产,它具有效率高、成本低、质量可靠的优点,但是缺乏灵活性。随着信息技术的飞速发展,制造业生产方式不断向信息化、敏捷化和智能化的方向发展,不断有新的制造技术产生。成组技术(Group Technology, GT)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing, CIM)等先进生产技术相继出现。生产方式的不断变革以及信息技术的深入应用,激励制造业出现了众多先进制造模式与思想。随着多样化、个性化市场的日益增长,大批量生产模式下的刚性系统越来越不适应动态变化的生产环境,于是在20世纪60年代中期出现了柔性制造,后来发展为敏捷制造的思想。1987年,Stan Davis在《未来的理想生产方式》一书中(祁国宁等,2000)首次提出了大规模定制(Mass Customization, MC)的概念,MC既保留了大批量生产的低成本、高效率的特点,又可以满足个性化需求,因而成为21世纪的主流生产方式。

在大规模定制模式下,根据客户订单分离点(Customer Order Decoupling Point, CODP)在企业生产过程中位置的不同,MC可分为面向库存生产(Make-to-Stock, MTS)、面向订单装配(Assemble-to-Order, ATO)、面向订单生产(Make-to-Order, MTO)和面向订单设计(Engineer-to-order, ETO)四种类型(祁国宁,2000)。CODP是指在企业生产活动中由基于预测的库存生产转向响应客户需求的定制生产的转换点。面向订单生产和面向订单设计成为更多的制造企业所选择的制造战略和模式。MTO/ETO是一个考虑客户的个性化需求、以有竞争力的成本和及时性,并且利用全球化外包等手段提供产品和服务的系统(Gunasekaran和Ngai,2005),可以在

可接受的成本下，向顾客提供一定程度差异化或定制化的产品，并保证产品的交付期。

1.1.4 生产计划与控制方法的改变

高效的生产依赖于对价值链上的物料、流程、人和信息进行精确的计划与控制。在进行生产决策时，有四类制造属性需要考虑，分别是成本、时间、质量和柔性。生产计划与控制（Production Planning and Control, PPC）系统是迎合消费者预期和高度竞争的制造环境的关键工具。典型的PPC功能包括计划物料需求、需求管理、能力计划和车间生产任务排程（Stevenson等，2005），主要目的是减少在制品（Work in Process, WIP）数量，将生产任务在车间的通过时间（Shop Floor Throughput Time, SFTT）和制造提前期最小化，减少库存成本，提高对需求变化的响应速度，提高交货期（Delivery Date, DD）的准确度。这些是生产计划与控制的最重要目标，也是选择正确的生产计划与控制方法的关键战略决策。

在大批量同质化生产的制造模式下，更多的企业选择MRP或JIT生产计划与控制方法。在产品可选配/定制场景下，某一种产品模型可能会衍生出非常多的最终产品形态，产品零部件的采购提前期、生产能力的不确定性更强。降低MTO制造产生的复杂度并开发大规模定制的能力，是MTO制造企业成功的关键。由于基本理念不同，一些面向重复制造的生产计划与控制不能被直接移植到MTO业务中（Muda和Hendry，2002；Henrich等，2004）。MTO环境下比较难以解决的问题是：（1）产品需求数量波动的动态性；（2）具体产品的不确定性；（3）产品生产过程的复杂性。对MTO企业来说，确定应用什么样的生产计划与控制方法是一个复杂的问题，目前有相当多的生产计划与控制方法可供选择，许多软件提供商声称他们的生产计划与控制软件有相当广泛的业务适用范围，但是这些软件缺乏对目标用户群体的明确划分，不可避免地造成了一些用户在生产计划与控制方面的具体需求无法得到满足。在MTO制造战略下，单一的生产计划与控制方法，比如以MRP/MRP II为核心的方法已经不能满足企业的需