



湖北经济学院学术文库

# 汽车制造商产能扩大下3PL-MRCD 系统仿真优化研究

QI CHE ZHI ZAO SHANG CHAN NENG KUO DA XIA 3PL-MRCD  
XI TONG FANG ZHEN YOU HUA YAN JIU

施 文◎著

湖北经济学院学术文库

# 车制造商产能扩大下3PL-MRCD 仿真优化研究

施文◎著



**图书在版编目(CIP)数据**

**汽车制造商产能扩大下3PL-MRCD系统仿真优化研究/施文著.**

武汉:湖北人民出版社,2015.5

(湖北经济学院学术文库)

ISBN 978-7-216-08555-7

I.汽… II.施… III.汽车—系统仿真—研究 IV.U461

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第076461号

出品人:袁定坤

责任部门:高等教育分社

责任编辑:陈晓东

封面设计:张弦

责任校对:范承勇

责任印制:杜义平

法律顾问:王在刚

---

出版发行:湖北人民出版社

印刷:武汉市籍缘印刷厂

开本:710毫米×1010毫米 1/16

版次:2015年5月第1版

字数:178千字

书号:ISBN 978-7-216-08555-7

地址:武汉市雄楚大道268号

邮编:430070

印张:10

印次:2015年5月第1次印刷

插页:2

定价:28.00元

---

本社网址: <http://www.hbpp.com.cn>

本社旗舰店: <http://hbrmcbs.tmall.com>

读者服务部电话: 027-87679656

投诉举报电话: 027-87679757

(图书如出现印装质量问题,由本社负责调换)

## 总 序

说起大学，许多人都会想起教育家梅贻琦校长的名言：“所谓大学者，非谓有大楼之谓也，有大师之谓也。”大楼是一砖一瓦盖起来的，大师是如何成长起来的呢？

大师的成长，当然离不开种种主客观条件。在我看来，在诸多的因素中，一个十分重要甚至是不可或缺的就是学术思想、学术观点的充分展示与交流。纵观历史，凡学术繁荣、大师辈出时期，必有一个做学问者有可以互相炫技、彼此辩论、各显神通的大舞台。古代春秋战国时代诸子百家争鸣，离不开当时的客卿、门客制度，为不同的观点、流派彼此公开竞争并得到君主的采纳搭建了平台；学者阿英在论及晚清以来中国新思想、新艺术的繁荣时，列举了三条原因，其中的第一条原因“当然是由于印刷事业的发达，没有前此那样刻书的困难；由于新闻事业的发达，在应用上需要多量的产生”。北京大学之所以能成为中国新思想新文化的发源地，社团与杂志在其中发挥了巨大作用：1918年，《北京大学月报》成为中国最早的大学学报，加之《新青年》、新潮社等杂志、社团为师生搭建了一个有声有色的大舞台，开启了自己近一个世纪的辉煌。国外名牌大学的发展，无不伴随着一次又一次思想的激烈交锋、学术的充分争鸣，并且这些交锋和争鸣的成果都得到了最好的展示与传播，没有这些交锋与争鸣，就没有古老的牛津、剑桥，也没有现代的斯坦福、伯克利。近代以来的印刷技术、新的出版机制、文化传播业的发达，为新的思想、学术之间彼此的炫技和斗法提供了可能的舞台：伟大的舞台造就了伟大的演员。

在现代的大学中，如果说大楼是基础、大师是灵魂，那么大舞台就应该机制——它意味着研究冲动的促动、言说欲念的激发、交流碰撞的实现。在这样的机制中，精神、灵魂得到孕育！思想、学术实现成长！大学本身就应该成为一个众声喧哗的大舞台，一个为大师成长提供基础和机制的场所。因此，大学出版自己的学术文库，运用现代传媒、现代出版为自己的教师提供思想碰撞、学术交流的平台，其意义绝不仅限于资金的支持和个人成果的

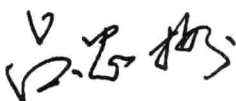
发表，它的意义更在于通过这种方式营造学术氛围、彰显学术精神，在学校形成言说、表达、交流的习惯和风尚，激励教师为了“台上一分钟”，做好“台下十年功”，凝聚大学理念、大学精神、大学风格。

湖北经济学院是一所年轻的大学，湖北经济学院的教师大多都还年轻，正逢为一所初创不久的大学承担奠基、开拓之责的难得人生机遇。我们中还没有大师，或者说在我们这里产生大师还有很长的路要走。然而，这并不等于我们不期待大师的产生，更不意味着我们不去为大师的成长做出努力、不去为大师的产生构筑平台。大师的成长是大学成长的永恒动力，对学术的追求是大学能够逾千年而长青的不竭源泉。现在，我们的平台也许还不够高，还不够大，但我们坚信：这个小平台也许就是未来大师的第一次亮相！因此，我们在这里鼓励每个人以充分的自信发出自己的声音，可以在众声喧哗中更加大声喧哗，在交流与碰撞中实现批判、被批判与自我批判，能够在这个平台上得到成长，收获乐趣，实现价值！

“湖北经济学院学术文库”就是这样一个为大师成长搭建的交流与对话的平台。每一本著作，都是我们的教师在各自学术领域中富有心得而最想表达的内容——他们渴望得到承认，也不怕获得批评；他们充满自信地言说，也将谦虚自谨地倾听。

愿“湖北经济学院学术文库”和湖北经济学院一同成长，愿它能成为一个大师初成的舞台，从中诞生出不朽的学术和永恒的大学精神！

湖北经济学院院长：



# 摘 要

在实地调研、总结和评述相关文献的基础上，本书深入分析了在国内众多汽车制造商产能扩大背景下的第三方物流企业（3PL）运作决策优化问题。首先建立符合零部件供应物流实际运作的离散（随机动态）仿真模型，即基于 3PL 的零部件循环取货越库配送（3PL-MRCD）模型；然后，探讨了产能扩大对 3PL-MRCD 物流绩效（零部件平均物流时间及物流量）的重要影响；最后，深入研究了 3PL-MRCD 系统的仿真优化设计及稳健（仿真）优化设计。具体而言，本书主要完成的创新性工作总结如下：

建立零部件从始端循环取货、中端越库配送直到终端线边仓库的供应物流 3PL-MRCD 仿真模型，通过灵敏度分析探讨了汽车制造商产能扩大对系统物流绩效的影响，在此基础上提出了四种可供 3PL 选择的物流绩效改进方案，包括车辆调度方法、车辆排队规则、越库中心库台分配模式及不同车辆类型。

提出针对复杂系统的多重响应序贯分支因子筛选设计方法（MSB）。鉴于 3PL-MRCD 系统的复杂性（存在较多的因子），提出首先筛选出影响系统的关键因子、再针对关键因子进行优化的研究步骤。由于所研究的响应（系统绩效或仿真输出）具有多维性，提出一个针对多重响应的序贯分支筛选法，MSB 将传统序贯分支法（SB）拓展到多重响应领域，蒙特卡洛实验表明 MSB 比 SB 更具效率和效力，并最终应用到 3PL-MRCD 系统中，筛选出影响系统绩效最重要的少量因子。

基于响应面（RSM）和 Kriging 元模型两类仿真优化方法对筛选出的关键因子进行优化（MSB-RSM 和 MSB-Kriging），确定其最大化系统绩效的最优参数水平。在优化结果的基础上，对比分析了产能扩大后 3PL 可能的四种物流决策方案，确定了物流绩效改进的最佳思路，并比较分析了 MSB-RSM 和 MSB-Kriging 两类方法拟合的优劣以及传统 RSM 和 MSB-RSM 方法的效率与效力。

采用拉丁超立方采样（LHS）与 RSM 和 Kriging 相结合的仿真优化方法对

3PL-MRCD 系统进行稳健优化设计。利用 LHS 在环境因子若干等概率空间中随机样本点与筛选出的关键因子进行交叉设计, 最终确定在最小化系统绩效变动的参数水平。在优化结果的基础上, 应用自由分布的 Bootstrap 法对比分析了仿真优化与稳健优化方法最优解的优劣。

**关键词:** 产能扩大      3PL-MRCD 系统      汽车制造商      多重序贯分支法  
元模型      仿真优化      稳健优化

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 绪论                | 1  |
| 1.1 选题背景              | 1  |
| 1.2 研究目的与意义           | 5  |
| 1.3 研究方法和技术路线         | 8  |
| 1.4 总体结构与主要内容         | 8  |
| 1.5 主要创新点             | 11 |
| 第二章 国内外相关研究综述         | 13 |
| 2.1 越库配送问题研究          | 13 |
| 2.2 循环取货问题研究          | 18 |
| 2.3 物流仿真系统优化研究        | 19 |
| 2.4 仿真实验设计与分析相关研究     | 21 |
| 2.5 本章小结              | 28 |
| 第三章 3PL-MRCD 随机动态系统仿真 | 29 |
| 3.1 问题来源              | 29 |
| 3.2 3PL-MRCD 建模工具     | 32 |
| 3.3 3PL-MRCD 概念模型     | 34 |
| 3.4 3PL-MRCD 参数与假设    | 37 |



|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 3.5 3PL-MRCD 确认与验证 .....                     | 40  |
| 3.6 本章小结 .....                               | 42  |
| 第四章 3PL-MRCD 系统产能扩大的灵敏度分析 .....              | 43  |
| 4.1 引言 .....                                 | 43  |
| 4.2 3PL-MRCD 系统绩效 .....                      | 43  |
| 4.3 产能扩大对系统绩效的影响 .....                       | 45  |
| 4.4 四种物流改进模式 .....                           | 48  |
| 4.5 本章小结 .....                               | 52  |
| 第五章 基于 MSB 的 3PL-MRCD 系统多重响应因子筛选设计<br>.....  | 54  |
| 5.1 引言 .....                                 | 54  |
| 5.2 MSB 基本思路 .....                           | 56  |
| 5.3 MSB 步骤 .....                             | 71  |
| 5.4 Monte Carlo 数值实验 .....                   | 75  |
| 5.5 3PL-MRCD 系统的 MSB 筛选 .....                | 81  |
| 5.6 本章小结 .....                               | 87  |
| 第六章 基于 RSM 和 Kriging 的 3PL-MRCD 系统仿真优化 ..... | 88  |
| 6.1 引言 .....                                 | 88  |
| 6.2 基于 RSM 的 3PL-MRCD 系统仿真优化 .....           | 90  |
| 6.3 基于随机 Kriging 的 3PL-MRCD 系统仿真优化 .....     | 98  |
| 6.4 不同物流决策及优化方法比较 .....                      | 102 |
| 6.5 本章小结 .....                               | 106 |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 第七章 基于 LHS-RSM 和 LHS-Kriging 的 3PL-MRCD 系统稳健优化 | 107 |
| 7.1 引言                                         | 107 |
| 7.2 参数符号说明                                     | 108 |
| 7.3 基于 LHS-RSM 的 3PL-MRCD 系统稳健优化               | 109 |
| 7.4 基于 LHS-Kriging 的 3PL-MRCD 系统稳健优化           | 115 |
| 7.5 基于 Bootstrap 的稳健优化与仿真优化比较                  | 117 |
| 7.6 本章小结                                       | 121 |
| 第八章 全文总结与研究展望                                  | 122 |
| 8.1 全文总结                                       | 122 |
| 8.2 研究展望                                       | 123 |
| 致 谢                                            | 125 |
| 参考文献                                           | 129 |
| 附录 1 攻读博士期间完成的学术论文目录                           | 146 |
| 附录 2 攻读博士学位期间参与的科研项目及获奖                        | 147 |
| 附表 1 供应链视角越库配送文献分类                             | 148 |
| 附表 2 非供应链视角越库配送文献分类                            | 149 |
| 附表 3 仿真优化案例文献分类（按年代顺序）                         | 150 |
| 附表 4 英文简写全称及中文对照                               | 151 |

# 第一章 绪论

## 1.1 选题背景

本项目研究的问题起初源于华中地区的一家汽车第三方物流企业（Third-party logistics, 3PL）改进其准时制（Just-in-time, JIT）物流运作时面临的困境。该 3PL 配合东风本田主机厂的 JIT 生产，实施基于 JIT 的循环取货（Milk-run, MR）和越库配送（Cross-docking, CD）的零部件供应物流模式（以下简称 3PL-MRCD）。2010 年东风本田第一工厂已形成 24 万台的年生产规模。2012 年 7 月，第二工厂投产，一期规模年产 10 万辆，后期逐步扩大产能，两个工厂整体产能将最终提升至 48 万辆/年。然而，东风本田产能的每一次提升，对 3PL 都是一次挑战，它必须迅速响应并提供匹配主机厂生产节奏的 JIT 物流。因此，3PL 如何以最优的方式改进 3PL-MRCD 物流，并且在产能持续扩大的情况下如何以最稳健的方式保证 JIT 物流的实施是其面临的一个重要管理问题。有趣的是，我们发现产能变化（扩大和缩减）在当前汽车行业频繁发生，3PL-MRCD 又是普遍实施的零部件供应物流模式，导致许多 3PL 都面临此窘境。类似的问题也时常发生在其他行业，它们中的许多也追求的是 JIT 绩效（Green 等，2014），并且与 3PL-MRCD 物流有着非常类似的供应链结构，例如电脑、手机、家电等企业。鉴于该问题在汽车行业中尤为突出，同时考虑到汽车行业在整个 JIT 物流以及世界经济中的重要地位，因而本项目将围绕汽车行业展开。

汽车产业是影响世界经济的重要产业（ACEA，2013），也是我国国民经济的主导和支柱产业之一。目前，许多汽车制造商实施的都是 JIT 生产组织模式（Jin 等，2008；Kubiak 和 Yavuz，2008；Meyr，2004）。要想顺利实现 JIT 生产组织目标，一个很重要的因素是对其零部件供应物流进行高效和精确地控制，使之能够满足 JIT 要求。因此，JIT 的实现依赖于稳定及时的零部件供应物流。然而，由于汽车制造商产能经常处于变化之中，这对现行的 JIT 供应物流产生巨大影响

(Bish 等, 2005; Shi 等, 2013), 其中 Fleischmann 等 (2006) 还专门强调了汽车制造商产能规划对供应链物流活动影响研究的重要性。虽然人们已经认识到制造商产能变化对物流活动的影响, 但是, 以往研究更多地关注制造商面对不确定市场时自身产能的调整变化过程, 而对于产能变化如何影响供应链中与之密切相关的成员及活动的研究则很少涉及, 尤其是对汽车制造行业起着重要支撑作用的供应物流的影响研究就更少了。以下将首先介绍本项目所依托的两个主题背景, 然后再进一步阐明项目的研究意义。

### 1.1.1 主题背景一：汽车制造商的产能变化

汽车制造商会根据市场和政策的变化情况对产能的使用进行适当地调整, 从而导致产能经常处于调整变化之中 (Fleischmann 等, 2006)。例如: 2013 年, 日本三菱汽车缩减旗下的 Mizushima 组装工厂 40% 的产能; 美国福特汽车在欧洲削减 18% 的产能; 美国通用汽车压缩其在韩国一个工厂的产能; 法国标致雪铁龙削减了几家国内工厂的产能。与其他国家汽车行业缩减产能不同, 中国车市 2009—2013 年连续五年占据世界产销量第一的位置。据预测, 未来十年内, 国内汽车年需求率仍保持在较高的 10% 左右的增长 (国务院发展研究中心产业经济研究部等, 2013), 每年有 2000 万辆的增量。2012 年 7 月, 交通运输部发布的《交通运输业职能交通发展战略 (2012—2020)》预测, 2020 年, 我国汽车保有量将超过 2 亿辆。面对产销两旺的市场, 2014 年包括长安福特 (重庆分厂由 35 万辆增至 95 万辆) 和上海通用 (新增 30 万辆), 2015 年包括上海大众 (宁波分厂新增 30 万辆)、一汽大众 (佛山分厂新增 36 万辆)、东风日产 (大连分厂新增 30 万辆)、东风悦达起亚 (盐城分厂新增 30 万辆)、长安福特 (杭州分厂新增 25 万辆)、广汽本田 (增城分厂新增 24 万辆) 等汽车制造商即将设立的新厂开始投产, 分阶段成倍地扩大产能以满足未来的市场。

### 1.1.2 主题背景二：基于 3PL-MRCD 的 JIT 物流

零部件供应物流被认为是整个汽车物流系统良性运作并持续优化的最关键的环节 (陆薇等, 2013)。据中国汽车工业协会统计, 汽车制造商零部件采购成本占到总销售收入的 60%~70%, 而供应物流成本就占其中的 20%~30%。2011 年商务部发布的《关于促进汽车流通业“十二五”发展的指导意见》及交通运输部发布的

《交通运输“十二五”发展规划》专门强调了强化汽车零部件物流配送体系，降低物流流通成本的重要性。为了降低零部件供应物流的成本，日本（Kaneko 和 Nojiri, 2008）、欧洲（Reeves Jr 等, 2010; Schittekat 和 Sørensen, 2009）和中国（于辉和陈飞平, 2011; 左晓露等, 2011）等国家和地区的汽车制造商普遍采用 3PL-MRCD 物流模式。在本次项目的申请中，3PL-MRCD 物流指的是由 3PL 运作的零部件从供应商处经 MR 后，经过在越库中心的集并，最后到达厂边仓库的全过程，如图 1-1 所示。3PL-MRCD 系统需配合主机厂的 JIT 生产，实施 JIT 物流，这是因为：①制造商将零部件供应物流业务外包给专业的 3PL（国内的如东本储运、东风捷富凯、安吉天地以及长安民生等），正是希望 3PL 发挥其资源整合、统筹优化和专业化运作的优势，使 3PL-MRCD 中各个物流环节的相互耦合，实现 JIT 物流。②MR 多频次、小批量、定时性和合拍性的特点正是符合 JIT 配送的供应物流模式，在供应商与主机厂距离较近的环境较为适用（左晓露等, 2011）。③CD 被誉为配送物流中的 JIT（Shi 等, 2013）。它先将将在供应商 MR 后的大量零部件集中起来，再按下游主机厂 JIT 生产节奏长距离干线运输供货，从而弥补了 MR 难以企及远距离的不足。由此可见，3PL-MRCD 是实现 JIT 运作绩效目标的重要手段和保证。

制造商产能变化对 3PL-MRCD 的 JIT 物流影响的特点表现为：首先对 JIT 物流始端的供应商产生影响，如图 1-1 最上端“<---”曲线，然后再由“涟漪效应”逐级传递至中下游，如图 1-1 中间虚线矩形部分。主要原因是：①制造商产能变化将造成；②供应商供应量的调整，这将导致；③3PL 取货频率、数量及路线等的变化，进而造成到达越库中心的车辆数的频次和载货量的增减；④从而造成越库中心收/发货区库台、运送资源使用率的改变，最后也引起；⑤干线运输的车辆数也需随之调整。可见，制造商产能变化是通过先作用于供应商再由其影响 3PL 运作的 JIT 供应物流。

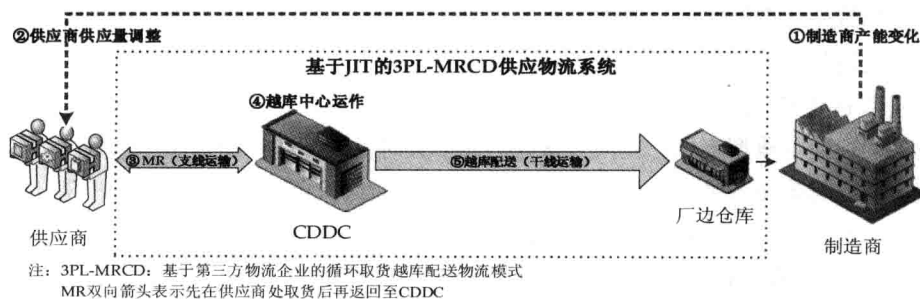


图 1-1 产能变化影响的传递过程

由于 3PL-MRCD 与制造商的 JIT 运作密切相关,因而不难理解制造商产能变化一定会对 3PL-MRCD 的 JIT 物流产生重要影响。

(1) 对 3PL 运营的组织管理的影响。①产能扩大意味着更快的生产节奏,相应就要求 3PL 更快的物流响应速度;而产能缩减也需随之调整物流供应速度,使之与主机厂相匹配。②产能扩大需要 3PL 更多的投资预算来购置车辆、扩充设施面积以提升硬件建设,产能缩减将导致 3PL 现有物流资产的闲置。物流资源投入的过量或不足都可能令 3PL 运作低下,增加其物流成本。③产能扩大将必然增加供应物流链上的零部件数量,使 3PL 直接面临库存量大、流动资金占用率高的风险。④产能扩大后,即使只要求与扩能前同样的物流服务水平,也意味着极大的物流改进的压力。然而,一旦发生零部件断货而停产的意外,对制造商和 3PL 造成的损失将比扩能前更大了,这也对 3PL 的物流服务水平提出了更高的要求。

(2) 对 MR 运作的影响。①产能的(阶段性)扩大(缩减)会引起零部件供应商规模的增大(缩小),使得 3PL 需要不断地调整既定的区域性定常 MR 路径来适应产能变化后的情形。②平准化是 JIT 实现的前提条件,它要求供应物流实现稳定地取货频率和取货数量(Hüttmeir 等, 2009),而产能的变化无疑改变了取货频率和取货数量的大小。③产能的变化也将影响每条 MR 路径上配备的支线运输车辆数,这增加了运输成本控制的难度。④产能扩大会增加紧急加单或减单等突发事件发生的概率,这妨碍了既定 MR 的实施。可见,产能变化对 MR 的 JIT 物流有着显著影响。

(3) 对越库中心运作的影响。①收/发货区库台是越库中心最重要的组成部分(Bartholdi 和 Gue, 2004)。当产能扩大时,由于库台需求率过高,可能出现入库车辆排队等候的情形,这将延长零部件在越库内的停留时间;而产能缩小将可能造成过多库台资源的闲置浪费。②产能扩大将造成越库中心使用面积的紧张,直接导致库存空间减少、备件的积压、出入口交通拥挤、流量过大、无法保证零部件先进先出等问题。③产能扩大也会引起越库中心如叉车、拖车等物流设备使用频率的增多,高负荷的运转加速了其折旧的速度;相反,产能缩减将造成物流设备的浪费。典型案例:一汽大众在产能扩大时发现配送中心占用率达到 70%,直接造成物流设备供不应求,生产组织方式缺陷,人机调度效率低等诸多问题(赵艳丰, 2013),由此可见产能变化对越库中心内部运作的影响。

(4) 对越库配送运作的影响。①产能扩大将增加供应商的要货量,由于零部件种类繁多且形状各异,这加大了拼装时干线运输车辆达到高装载率的难度;而产能缩减可能延长干线运输车辆在越库中心发货区等待更多零部件以达到高装载

率时间, 这些都将造成主机厂到货批次、批量和时间的不确定。②产能变化需要干线运力与之匹配来满足主机厂 JIT 的生产, 而干线运输货车是零部件供应物流中最昂贵的运输设备, 过多的干线设备将造成极大的运输资源的浪费, 而干线运力的不足将难以达到主机厂的 JIT 配送要求。③主机厂 JIT 生产要求干线运输车辆到达间隔时间的标准化和平准化 (Kaneko 和 Nojiri, 2008), 而产能的变化显然需要不断地对车辆配送的间隔时间进行更新和调整。典型案例: 华晨宝马在产能扩大的过程中, 由于最开始合作的 3PL 无法满足主机厂物流配送的时效性、稳定性和准确性, 故其在 2010 年又将零部件供应物流项目重新招标外包给中国外运。

由上述分析不难看出, 制造商产能变化势必对 3PL-MRCD 物流产生“多米诺骨牌效应”或“涟漪效应”, 这对其现行的 JIT 物流运作将产生巨大的冲击。3PL-MRCD 物流是汽车产业发展的重要支撑, 3PL 为所服务的制造商提供高质量的 JIT 物流是重要的管理问题, 在产能持续变化的环境下研究 3PL 稳健的响应机制是十分具有挑战性的任务。因此, 为了保证主机厂 JIT 生产方式的正常实施, 进一步促进我国乃至世界汽车制造业的发展, 提高零部件供应链整体的柔性和敏捷性, 同时也为类似的行业运作提供理论参考, 研究制造商产能变化对 3PL-MRCD 系统 JIT 物流运作的影响, 进而提出 3PL 稳健的响应机制, 以最可靠和有效的方式来保证其物流服务质量与制造商的产能相匹配显得尤为迫切和必要。

## 1.2 研究目的与意义

### 1.2.1 研究目的

基于零部件入厂物流的实际运作, 建立 3PL-MRCD 仿真模型; 通过仿真实验探讨产能扩大后系统绩效的变化趋势, 基于多重序贯分支筛选法 (Multiple responses sequential bifurcation, MSB) 找到影响 3PL-MRCD 系统绩效的关键因子; 建立关键因子与 CT 和 NT 间的响应面 (Response surface methodology, RSM) 及克里金 (Kriging) 元模型, 通过优化算法找到使系统绩效最大化的关键因子最优的参数组合; 基于拉丁超立方抽样 (Latin hypercubic sample, LHS) 建立关键因子与影响 CT 和 NT 变动 (标准差) 环境因子间的 RSM 和 Kriging 的元模型, 通过优化算法找到响应在满足一定绩效指标值的条件下最小化 CT 和 NT 变动的参数组合。

## 1.2.2 研究意义

由上述分析可见,制造商产能变化确实会对 3PL-MRCD 的整个 JIT 供应物流产生重大影响。因此,研究制造商的产能变化、发现其对物流作用的大小、机制和规律,找到迅速响应的稳健机制策略,对于提升零部件及相关行业供应链的顺畅、稳定和高效,乃至整个的市场竞争力都具有十分重要的意义,可以从理论和实践两方面看出。

### 1. 理论意义

(1)项目研究可以充实现有供应链管理创新理论。在现有的企业管理理论中,人们对单个制造企业的产能变化问题已有比较全面和透彻的研究,例如产能变化的大小、类型、投资和调整的时间点,并考虑多产能类型组合和风险偏好等因素,形成了较为成熟的理论和方法体系。这些理论和方法为单个企业的产能规划问题提供了良好的管理决策支持。然而,多数问题都是针对单个制造企业而言,基本上未涉及企业的外部。随着物流外包的发展,越来越多的制造企业剥离出物流业务而专注于制造本身,实施精益而高效的供应链。这些供应链只有达到制造业和物流业的集成,实现两业的联动,才能完成供应链管理的使命。这就要求我们必须走出单个企业的内部,从整体性和系统性的角度来看待其产能变化的问题。因为此时制造企业产能变化不单是其自身的管理决策过程,还会对供应链中与之密切相关的成员及活动产生重大影响,最终又会影响制造企业本身,而这样的影响传递过程未受到理论界应有的重视。

可见,原有关于单个企业产能变化的研究思路已基本无法满足供应链管理框架下的要求。本项目正是顺应这一发展趋势,站在物流服务提供方的角度提出制造商产能变化对其物流影响这一新的科学研究命题,不仅考虑产能的变化对物流造成的影响,而且还考虑该如何设计出稳健响应策略应对这一变化。因此可以说,项目的研究思路是一种创新,其成果也将充实现有的供应链管理领域相关理论内容。

(2)项目研究可以充实复杂系统仿真优化研究方法。复杂系统的仿真优化设计尤其是稳健优化是近年来学术界探讨的热点问题。计算实验(针对确定性仿真)或仿真实验(针对随机性仿真)被认为是解决该类系统最有效的工具之一,已经形成了较为完备的方法理论和研究体系。这些方法在解决复杂系统中仅有少量的(一般 $\leq 10$ 个)决策因子(也称输入、变量)时较为适用,其中,“复杂”主要体现在由于该类系统因子个数很多(成百甚至上千)而导致计算机单次运行时间很长。然而,人们并没有很好的思路解决复杂系统中含有多量( $\geq 10$ 个)决策因



子的优化设计问题,这是因为当决策因子个数不断增多时,所需的计算/仿真实验的次数将呈指数倍增长,加上系统本身较长的单次运行时间,最终造成难以估量的实验成本。由于本项目所研究的优化设计系统属于后一类情形,因而原有的理论和方法难以直接解决本项目提出的问题。对此,本项目在 Shi 等(2014)多重序贯分支筛选法(MSB)的基础上,提出了控制两类误差概率改进的 MSB 法筛选出关键因子,再对关键因子进行稳健仿真优化的两阶段优化设计的理论框架。可见,项目所提的优化方法是一种创新,研究成果也将丰富现有的复杂系统优化设计理论。

## 2. 实践意义

(1)有利于汽车与物流产业的联动发展。汽车和物流产业是国家重点扶持的两大振兴产业,汽车物流为整个汽车制造的良性循环提供了强大的动力支撑。据估计,包括零部件物流在内的汽车物流每降低 1%的成本,就可为汽车制造节省至少 110 亿元的成本。本项目通过研究产能变化下的稳健响应机制策略,最终目的旨在设计出具有稳定性、及时性和弹性的零部件供应链。项目的研究成果不仅为零部件供应物流实践提供了新的思路和新的视角,还可以帮助企业优化物流运营成本,产生客观的经济效益,最终有助于促进两业的联动发展。

(2)有助于 3PL 应对制造商的产能变化问题。当前全球市场竞争激烈,顾客期望值不断提高,新产品生命周期越来越短,导致制造商产能变化频繁。产能变化意味着物流运作量的随之变化,这对于 3PL 的物流能力是极大的考验。通过研究制造商产能变化的影响,使 3PL 能够事先认识到产能变化对物流影响的方式、大小以及持续的时间,从而由被动的应对转变为主动的驾驭,根据影响的活动特点制定管理办法,不断提高其物流服务能力,实现物流的精准性、及时性以及服务水平,最终为解决制造商的产能变化问题提供理论参考。

(3)有利于合理规划供应链网络中(越库)物流中心,确定物流中心合适的规模,形成与供应链运作最匹配的能力规模。物流中心是形成现代供应链网络不可或缺的重要物质基础,然而,物流中心的建设属于企业的战略层决策问题,盲目的建设将导致资源的浪费。越库物流中心的研究是本项目其中一块重要内容,项目的相关研究成果可以从物流量最佳供需匹配的角度出发,为供应链网络节点建设的科学决策提供指南。

(4)为企业实际复杂管理优化问题提供更广阔的解决方案。由于要解决的是含有多量决策因子复杂系统的稳健优化设计问题,相较于传统的仿真优化,本项目所涉及的优化设计本身已较复杂,且还需达到实际的管理要求的稳健性目的。稳健仿真优化是零部件供应链研究中较为缺乏的领域之一,目前,零部件供应物流仿真多侧重系统的描述和实现,对于集成网络仿真优化也有所涉及,但考虑不