

Optimal Purchasing Strategies
for a Manufacturer under the Fluctuation
of Raw Material Price

原材料价格波动下 制造商最优采购策略研究

◎ 吴 桥 著

图书在版编目(CIP)数据

原材料价格波动下制造商最优采购策略研究 / 吴桥
著. —杭州: 浙江大学出版社, 2020. 7
ISBN 978-7-308-20200-8

I. ①原… II. ①吴… III. ①企业管理—采购管理
IV. ①F274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 075905 号

原材料价格波动下制造商最优采购策略研究

吴 桥 著

责任编辑 杜希武
责任校对 高士吟
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州好友排版工作室
印 刷 杭州良诸印刷有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 7.75
字 数 140 千
版 次 2020 年 7 月第 1 版 2020 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-20200-8
定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

前 言

世界经济环境瞬息万变,我国经济与世界经济联系日益密切,企业面临越来越多的不确定性。由于受到各种因素的影响,如市场供需关系、国际政治形势、自然灾害、货币汇率、炒作资金等,原材料市场价格经常剧烈波动。原材料市场价格的波动给企业的采购过程带来了风险,让很多制造企业陷入了两难的困境。制造业中原材料的采购成本往往占销售额的60%~80%,原材料价格的波动很大程度上会影响企业利润的稳定性,因而许多企业非常注重制定采购策略,控制成本以提高企业竞争力。

在总结现有采购风险管理相关研究的基础上,本书研究不确定环境下制造商的最优采购策略。根据待采购原材料是否存在采购合约以及相应的金融工具,建立一个含四种采购情景的框架,并研究了各情景下采购者的最优采购策略。金融领域风险管理技术的发展使一些金融工具可用于控制采购风险,本研究结合运营管理方法与金融工具来研究制造商的采购策略。同时,考虑了采购决策者的风险态度,深入探讨了风险规避制造商的采购决策行为。

本研究首先运用最优控制方法,分析制造商仅通过现货市场交易时的采购问题。其次,讨论了单周期下制造商的混合采购策略,研究模型中运用均值一方差效用与期望效用理论来刻画决策者的风险规避行为,基于风险管理理论分析决策者的混合采购策略与套期保值策略。最后,运用随机动态规划方法构建采购决策模型,讨论了多周期下制造商的最优采购策略。本书的主要研究结论如下:

(1)在采购合约与金融工具都不存在的情况下,研究了制造商仅利用现货市场的采购策略。单个生产需求下,获得了制造商的最优库存控制策略及离散情形下制造商的近似最优采购策略。进一步分析表明,随着生产需求的增加,原材料最优采购量变大,但需求的波动不影响采购量;最优采购量与风险规避度之间关系由该时刻采购成本在采购周期内相对高低水平决定;随着原材料价格波动率或漂移率的增加,制造商将增加初始采购量,减少后期采购量。风险规避的决策者采用分散采购策略,而风险中性的决策者会采用

bang-bang 采购策略。

多个需求下决策者的最优采购量,取决于该时刻购买单位原材料效用的减小量与使用单位库存效用减少量的相对大小,决策者选择效用降低较少的方式来满足生产需求。最后,对三个需求下最优采购策略的数值分析表明:制造商为较高的生产需求提前储备原材料;制造商不为较低的生产需求提前储备原材料。

(2)制造商利用长期合约或期权合约从供应商采购原材料,同时也从现货市场购买原材料。通过建立采购模型得到了制造商的最优混合采购策略。组合利用长期合约与现货方式采购时,最优长期合约订购数量与决策者风险规避度或现货价格波动的关系受到现货价格期望值与长期合约价格两者相对高低的影响;最优合约订购量随着现货价格期望值的变大而增加。

当组合期权合约与现货方式采购时,最优期权购买量与决策者风险规避度的关系受到期权定价的影响。采用混合策略后,制造商的均值一方差效用水平得以提高。

(3)原材料相应的金融市场工具存在时,制造商能利用期货或期权金融工具来应对原材料的采购风险。期货工具存在时,制造商的最优购买量(期货合约或长期合约)与风险规避度或现货价格波动的关系也会受到现货价格期望值与合约价格两者相对高低的影响。用实证方法分析金属铜现货价格与期货价格间存在的均衡关系,并得到了不完美套期保值时金属铜的最优套期保值比率。当期权工具存在时,制造商的最优期权合约与长期合约购买量受到决策者风险规避或现货价格波动影响的方向不同,当期合约(长期合约)购买量增加,长期合约(期权合约)购买量减少。

(4)制造商利用长期合约与现货市场进行多周期采购时,分析了多周期的最优采购策略。在两周期的简化情形下,研究结果表明长期合约价出现不同的走势时,决策者的采购策略是不同的,并给出两周期最优采购策略的解析式。当原材料的合约采购价格下降时,第一期的采购总量随着风险规避程度的增大而减少。当原材料的合约采购价格上升时,第一期的采购总量随着风险规避程度的增大而增加。第二期的最优合约订购量与风险规避程度之间的关系取决于第二期现货价格期望值与长期合约价格两者的相对高低。最后,比较三种不同采购方式下制造商效用水平的差别:采用混合采购策略的总效用最高,纯合约采购方式的效用次之,而现货采购的效用水平最低。

本研究在浙江大学管理学院刘南教授的指导下完成,感谢刘南老师以及团队成员为本研究提供的无私帮助,感谢浙江大学管理学院的老师为完善本

研究工作给予的宝贵建议。本书的出版获得了浙江省一流学科(B类)——管理科学与工程、浙江省属高校基本科研业务费项目的资助。

本研究借鉴了国内外学者的学术观点和最新研究成果,同时参考了相关的网络和数据库资料,在本书最后列出了主要的参考文献。由于作者水平和能力有限,加上时间仓促,难免存在不当之处,恳请各位读者和专家批评指正。

目 录

1 导 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	3
1.2.1 理论意义	3
1.2.1 实践意义	4
1.3 研究内容和方法	4
1.3.1 研究内容	4
1.3.2 研究方法	5
1.4 技术路线与结构安排	6
1.4.1 技术路线	6
1.4.2 结构安排	7
1.5 项目创新点	8
1.6 本章小结	8
2 文献综述	9
2.1 相关概念界定	9
2.2 价格确定下的采购策略研究	11
2.2.1 报童问题	11
2.2.2 双源或多源采购	12
2.2.3 供需双方协调策略	13
2.2.4 引入期权合约的协调机制	13
2.3 价格不确定时的采购策略研究	14
2.3.1 单一市场采购策略	15
2.3.2 混合采购策略	16
2.3.3 风险规避时的采购策略	23

2.3.4 多周期的采购策略	24
2.3.5 其他采购风险研究	25
2.4 研究现状小结	26
2.5 本章小结	27
3 现货市场下采购策略研究	28
3.1 单一需求下的采购策略	28
3.1.1 研究问题	28
3.1.2 连续时间库存策略	29
3.1.3 离散化近似最优采购策略	30
3.1.4 最优采购策略的敏感性分析	31
3.1.5 与风险中性采购策略的比较	36
3.2 多个需求下的采购策略	38
3.2.1 研究问题	38
3.2.2 连续时间采购策略	39
3.2.3 有限个需求下的最优采购策略	42
3.3 本章小结	45
4 单周期下混合采购策略研究	47
4.1 结合长期合约与现货市场的采购策略	47
4.1.1 研究模型	47
4.1.2 最优订购数量敏感性分析	48
4.1.3 不同采购模式的比较	50
4.2 结合期权合约与现货市场的采购策略	51
4.2.1 研究模型	51
4.2.2 最优策略敏感性分析	54
4.2.3 混合策略的效率分析	56
4.3 本章小结	57
5 金融工具存在下采购策略研究	59
5.1 期货市场存在下的混合策略	59
5.1.1 期货市场存在下的采购模型	59
5.1.2 最优采购策略敏感性分析	61

5.1.3 混合策略的效率分析	65
5.2 长期合约的定价与最优套期保值比率	66
5.2.1 长期合约的定价	66
5.2.2 最优套期保值比率	70
5.3 期权市场存在下的混合策略	72
5.3.1 期权市场存在下的采购模型	73
5.3.2 最优采购策略敏感性分析	75
5.3.3 期货与期权市场同时存在时的混合策略	78
5.4 本章小结	78
6 多周期下混合采购策略研究	79
6.1 多周期情形下的采购策略	79
6.1.1 多周期采购问题	79
6.1.2 多周期最优采购策略	81
6.1.3 短视情形下的决策	84
6.2 两周期最优采购策略	85
6.2.1 两周期采购问题	86
6.2.2 制造商的最优采购策略	87
6.2.3 效用比较	92
6.3 本章小结	94
7 研究总结与展望	96
7.1 研究总结	96
7.2 研究展望	98
参考文献	99

1 导 论

1.1 研究背景

进入 21 世纪以来,经济全球化进程不断发展。我国经济与世界经济联系日益密切,国内企业的生产运营活动受到外部国际市场的影响。世界经济环境瞬息万变,企业的经营活动面临越来越多的不确定性。由于受到各种因素的影响,如市场供需关系、国际政治形势、自然灾害、货币汇率、炒作资金等,原材料市场价格经常剧烈波动。从 2009 年初到 2019 年初,全国玉米收购价格经历了过山车式的行情。2009 年到 2011 年玉米收购价格指数从初始的 95 涨到 150,涨幅接近 60%;在 2014 年价格指数上涨至近 170,到 2017 年价格指数又跌回 95 左右(见图 1.1)。不仅仅玉米的市场价格剧烈波动,近几年很多其他大宗商品如铁矿石、铜、钢铁、棉花等价格波动也十分剧烈。

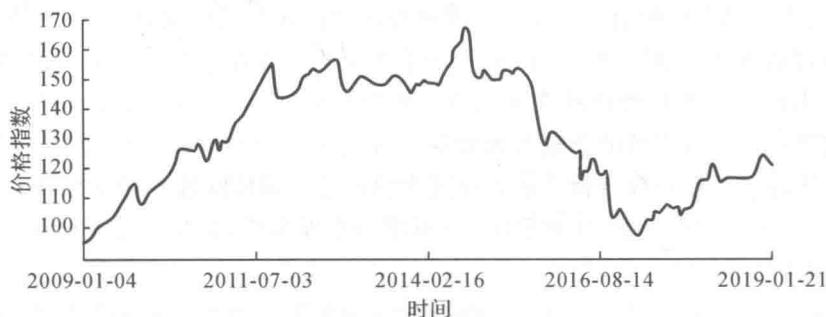


图 1.1 2009—2019 年全国玉米收购价格指数走势

资料来源:中华粮网

原材料市场的价格波动给企业的采购过程带来了风险,很多制造企业因此陷入两难的困境,因为价格大幅波动可能会使企业蒙受巨大的损失。一家

生产环保增塑剂的民营企业,产品所需主要原材料是一级大豆油,每个月采购大豆油平均为 4000 吨。2016 年 12 月豆油价格一路走高,管理层预判未来继续上涨,在月底连续订货,采购量达到 13000 吨,平均价格每吨 7450 元,远超每个月的平均采购量,公司囤货达到历史高位。但 2017 年 1 月豆油价格开始下滑,到 2017 年 3 月每吨豆油价为 5750 元。该事项不仅导致公司在 2017 年第一季度出现巨亏,而且由于公司采购成本偏高,公司定价偏离市场,销售业务受阻,导致客户减少(刘福清,2017)。

制造业中原材料的采购成本往往占了销售额的 60%~80%。原材料价格的波动很大程度上影响企业利润的稳定性,以至于关系到企业的正常经营运作。因而,许多企业非常注重采取适当策略控制采购成本,从而有效降低利润的不确定性。一些公司已经采用组合管理的模式以应对采购风险,比如惠普(HP)开始实施主动采购风险管理(PRM)方法(Nagali et al., 2008),每个项目基于不同的风险评价,采用不同的、灵活的采购方式满足需求。据惠普公司统计,由于 PRM 的实施,有关节省成本额达到了总成本的 5%,并且提高了利润的稳定性。

控制原材料的采购风险有助于提高企业的竞争力。传统上,制造商可通过与供应商签订采购合约的方式购买原材料。不管是价格波动的市场还是价格平稳的市场,采购合约都是一种普遍使用的方式。制造商与供应商在合约中商定好价格、数量、交货期、付款方式等条款后,明确了供需双方的权利和义务,合约具有较高的可操作性。

现货市场在资源分配中起了重要的作用。许多原材料交易通过现货市场进行,现货市场也是原材料采购的一个重要渠道。在信息技术快速发展的环境下,出现了许多在线产品交易市场,像 Chem-Connect, E-Steel, Converge 等,这些电子交易市场的出现大大降低了现货交易的成本。某些大宗商品交易中,出现了远期协议定价方式逐渐减少的趋势。如延续近 40 年的铁矿石长期合约定价模式在 2010 年被取消,转而使用季度定价,结果使交易价格更接近于现货价格。

为了满足不断增长的风险管理的需求,国际上许多交易所如芝加哥期货交易所(CBOT)、伦敦金属交易所(LME)都推出了各种商品的期货、期权合约,这些金融工具已被越来越多地应用于原材料采购风险管理中。芝加哥期货交易所是 1848 年组建的,该所以大豆、玉米、小麦等农产品为主要期货品种,这些品种是国际上权威的农产品期货品种。而伦敦金属交易所是世界上最大的有色金属交易所,伦敦金属交易所的价格和库存影响全世界有色金属

的生产和销售,主要的交易品种包括铜、铝、铅、锌、镍等。

在过去的 30 多年,公司金融领域的风险量化和风险对冲工具等风险管理技术得到很大的发展(Kouvelis, et al., 2006),许多学者认为公司风险管理中的这些理论和工具可以应用到采购风险管理中。采购决策者必须根据原材料市场环境,合理利用这些金融工具控制原材料采购风险。这些金融工具如果使用不当,往往会造成巨大损失。2004 年,在新加坡上市的中航油(新加坡)因石油期货交易亏损 5.5 亿美元而破产。2003 年中航油(新加坡)曾凭投机交易获得相当大的盈利,但是到 2004 年当市场形势变差时,中航油面临巨额的账面亏损。管理层为了挽回损失,加大了投机交易规模,然而市场形势并未好转,最终导致公司破产。

在一个复杂多变的市场环境下,原材料市场上有不同采购方式可以选择,包括采购合约、现货市场采购、金融市场工具等。对一个要想在激烈市场竞争中获得持续竞争优势的制造商,制定最优采购策略来控制原材料的采购风险无疑是重要且具有挑战性的。

1.2 研究意义

在面对不确定的市场环境时,不少企业由于缺少有效的采购风险管理措施,或者采用不当的采购风险管理措施,而遭受了巨大损失。而一些企业在采购管理实践中,已经运用主动风险管理的策略,并取得了良好的效果。

现有原材料采购风险管理相关研究取得不少进展(具体见第 2 章文献综述),但现有研究对采购风险管理实践的指导作用还不够。本书运用风险管理理论与期望效用理论,对不确定环境下企业的原材料最优采购策略做深入、系统的研究。通过理论推演与实证分析方法,获得最优的采购策略,并对最优策略的性质进行分析,旨在为企业的管理实践提供理论指导,帮助企业提高采购风险管理水平。

1.2.1 理论意义

(1)运用采购合约、现货采购与金融工具等方式控制原材料采购风险,基于运营管理与金融经济理论建立决策模型,研究结果有助于促进该交叉领域理论的发展。

(2)本研究中引入决策者的风险规避因子,系统地研究了风险规避制造商

的决策行为,比较了风险规避决策者与风险中性决策者决策行为的差别,研究成果有助于拓展现有的采购管理理论。

1.2.2 实践意义

- (1)建立一个由四种不同采购情景组成的框架,分析各种情景下决策者的最优采购策略,指导采购决策者根据实际的情景采用与之相匹配的采购策略。
- (2)获得了不确定市场环境下制造商的最优采购策略,并分析了市场价格风险、决策者风险规避度等主要因素对最优策略的影响,指导决策者根据市场环境以及自身风险规避度对采购策略做调整。

1.3 研究内容和方法

1.3.1 研究内容

原材料市场存在价格风险时,一些学者研究了决策者的原材料采购问题并提出了不同的应对策略,相关研究见第 2 章文献综述部分。基于采购管理实践,制造商采购原材料可分为是否签订采购合约、是否利用金融工具等不同情形。本项目根据所需原材料有无采购合约以及相应的金融工具,建立了一个四种采购情景的框架(见图 1.2),并研究了各种情景下采购者的最优采购策略。

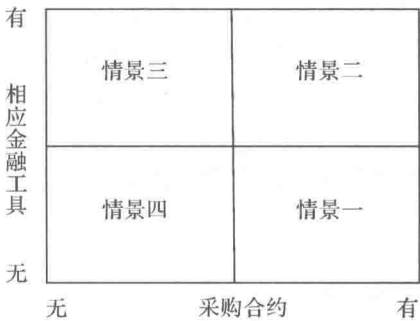


图 1.2 采购情景框架

情景一 有采购合约,无相应的原材料金融工具

采购商可与供应商签订采购合约,但待采购的原材料不具有标准化的性

质,比如电子元器件等一些高科技产品。电子元器件的生命周期非常短,产品市场一直处于动态变化之中,价格随时间波动的趋势明显,而金融工具不适用于这类产品。情景一下,研究组合采购合约与现货采购的最优混合策略。

情景二 有采购合约,有相应的原材料金融工具

采购商可与供应商签订采购合约,且待采购的原材料具有标准化的性质,比如玉米、小麦等农产品。受到生产、运输等成本的影响,大宗农产品的价格经常变化。情景二下,研究混合采购合约、金融工具以及现货采购三种方式的最优采购策略。

情景三 无采购合约,有相应的原材料金融工具

采购商没有与供应商签订采购合约,而待采购的原材料具有标准化的性质,比如钢材、金属铜等一些商品。金融风险管理方法能应用于此类商品。情景三下,研究制造商利用金融工具的最优采购策略和套期保值策略。

情景四 无采购合约,无相应的原材料金融工具

采购商没有(或无法)与供应商签订采购合约,且待采购的原材料不具有标准化的性质,比如某些化工原料。若这类所需原材料面临采购风险,研究制造商仅利用现货市场的最优采购策略。

1.3.2 研究方法

本书综合运用了运营管理、金融风险管理的一些研究成果与理论方法,研究不确定环境下制造商的最优采购策略,具体的方法如下:

(1)最优控制方法

仅存在现货市场下,制造商通过现货市场进行多次采购,以满足原材料的生产需求。利用最优控制方法构建决策模型,研究单一需求或多需求下制造商的原材料采购问题。

(2)动态规划方法

多个采购周期需要采购原材料时,前一期的采购量将影响下一期的采购量,从整体角度来制定最优的采购策略。利用动态规划方法构建周期 t 以及最后周期 T 的决策模型,研究多周期的原材料采购问题。

(3)数值仿真法

在对数学模型进行推理和求解之后,运用计算实例对最优采购策略进行数值分析,通过敏感性分析研究变量之间的关系。运用画图工具直观展示模型的计算结果和研究结论,进一步验证研究结论。

1.4 技术路线与结构安排

1.4.1 技术路线

通过对企业采购管理实践的调研分析,并对采购管理相关文献资料进行梳理,总结了现有的研究成果和不足之处,最后确定了本书的研究问题。本研究技术路线图见图 1.3。

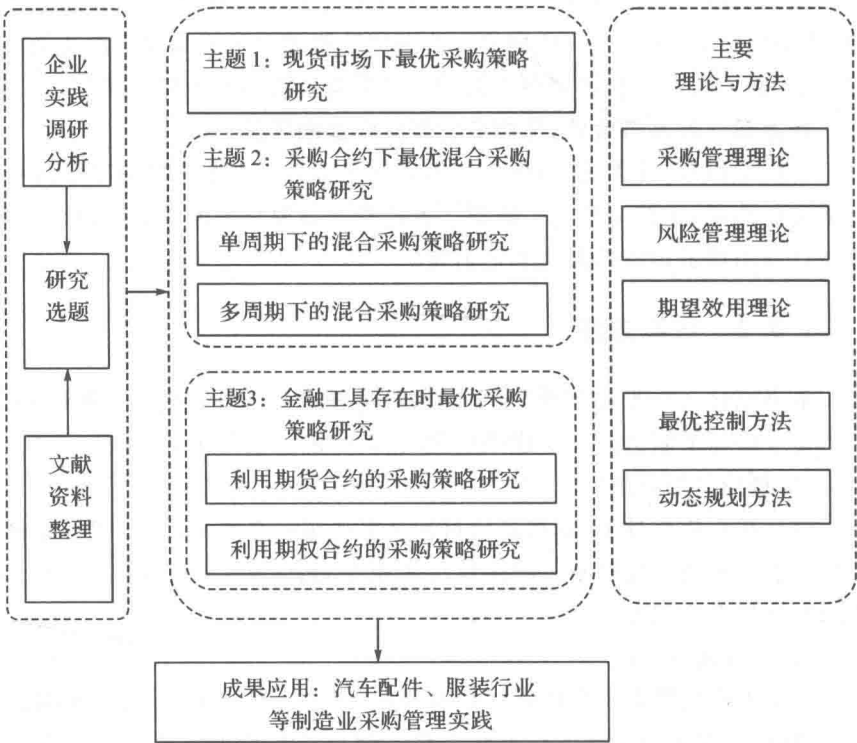


图 1.3 本研究技术路线图

首先,运用最优控制方法研究制造商仅通过现货市场进行交易的采购问题。其次,研究单周期下制造商的最优采购策略,决策者采用混合采购策略或者利用金融工具来控制原材料采购成本,降低市场波动对企业生产的影响。

研究的理论基础是期望效用理论和风险管理理论,期望效用理论用于刻画市场价格波动环境下决策者的决策行为,风险管理理论用于确定混合采购策略与套期保值策略。再次,面临多个采购需求,决策者需要在多个采购时点灵活配置采购量。把单周期的情形进行拓展,运用随机动态规划方法构建决策模型,研究多周期下的最优采购策略。最后,概述了本书的主要研究结论并提出了未来的研究方向。

1.4.2 结构安排

第1章是导论。该部分主要阐述本书研究的背景、研究的问题、研究的意义、研究的内容、研究技术路线和结构安排以及本研究的创新点。

第2章是文献综述。该部分主要介绍目前国内外关于原材料采购风险管理的理论研究,包括运作管理中最相关的采购及供应链契约理论,以及金融经济学中产品定价和套期保值理论,并对现有研究进行总结和评述,分析现有研究的优点和局限性。

第3章是现货市场下采购策略研究。研究了单一需求与多个需求下的连续时间采购问题,获得了连续时间下的最优库存控制策略,以及离散情形下的近似最优策略。然后,比较了风险规避与风险中性时决策者采购策略的区别。

第4章是单周期下混合采购策略研究。第一节研究了组合利用长期采购合约与现货采购时的最优策略,并分析了最优策略的性质。然后,比较了单一现货市场、纯长期合约和混合市场三种采购方式下制造商利润的差别。第二节研究组合利用期权采购合约与现货采购时的最优策略,最后比较采用混合策略后制造商的均值一方差效用水平的变化。

第5章是金融工具存在下采购策略研究。分别研究了利用单一金融工具(期货合约或期权合约)以及同时使用两种金融工具时,风险规避制造商的最优采购策略,并分析了各因素对最优策略的影响。另外,研究了期货价格与现货价格之间的均衡关系以及不完美情形时期货的最优套期保值比率。

第6章是多周期下混合采购策略研究。本章拓展了第4章单周期混合采购策略的研究,分析了多周期下的最优采购策略的性质。然后,考虑了一个两周期的简化问题,获得了最优策略的解析式。

第7章是研究总结与展望。该部分主要是对本研究的工作进行总结,分析研究中存在的不足之处,最后对未来进一步的研究方向提出了建议。

1.5 项目创新点

本研究的创新点为:

(1)研究视角方面的创新。现有研究提出利用现货市场采购、长期合约、期权合约等来应对原材料采购风险。不少研究表明采用混合策略能降低采购风险,但未对采购市场环境或原材料的特性进行系统分析。事实上市场环境、原材料的特性决定了可行的采购风险应对策略。本研究根据原材料是否存在采购合约以及相应的金融工具,构建了一个包含四种采购情景的框架,并系统地研究了各种情景下的最优采购策略。

(2)研究方法方面的创新。现有文献主要从运营管理角度探讨制造商的采购问题。金融领域风险管理技术的发展使一些金融工具可用于控制采购风险,本研究在现有文献基础上,结合运营管理方法与金融工具来研究制造商的采购策略。

(3)研究观点方面的创新。不确定环境下决策者有风险规避的特征,现有一些研究基于均值一方差效用或期望效用理论引入决策者的风险规避性,分析风险规避性对最优决策的影响,但研究结论存在一定差异。本研究梳理了影响制造商采购决策的关键变量,构建合理的采购决策模型,系统深入探讨风险规避制造商的决策行为。

1.6 本章小结

本章首先阐述了本书的研究背景,接着分析了研究的意义,然后提出了研究的内容、技术路线与结构安排,最后说明了本研究的创新点。

2 文献综述

2.1 相关概念界定

首先对文中涉及的几个重要概念进行界定。

(1) 远期合约与期权合约

远期合约与期权合约是指采购时制造商与供应商签订的不同合约。远期合约(又称长期合约)方式是指制造商与供应商签订供货合约,合约中规定交易货物的数量、价格、交货期等条款,远期合约是最常见的采购合约。本研究中期权合约方式限定为买权(看涨期权),是指制造商先支付给供应商一定的费用(期权费),从而获得权利在将来规定期限内按约定的价格(执行价格)购买一定数量的某种商品,当然制造商可以放弃这种权利。其他的一些采购合约,比如数量柔性合约、数量折扣合约等可参考 Cachon (2003)的文章(见表 2.1)。

表 2.1 采购合约分类

合约方式	描述
远期合约 (长期合约)	买卖双方约定在未来的某一确定时间,按协议价格买卖一定数量的某种商品
期权合约	买方先支付给卖方一定的费用(期权费),从而得到权利在将来规定期限内按约定的价格(执行价格)购买一定数量的某种商品
其他方式	数量柔性合约、数量折扣合约等

(2) 商品期货合约与期权合约

商品期货合约与期权合约是指在伦敦金属交易所(LME)、芝加哥期货交易所(CBOT)等交易所上市交易的标准化合约。商品期货合约与期权合约都是金融工具,这些工具最初是为了满足人们风险管理的需求而产生的。

商品期货合约是指由交易所统一制定的,规定在将来某一特定的时间和