

文章编号:1005-2542(2012)06-0721-08

低碳供应链管理研究

陈 剑^{1,2}

(1. 教育部人文社科重点研究基地-清华大学现代管理研究中心, 北京 100084;

2. 清华大学 经济管理学院, 北京 100084)

【摘要】人类对资源的使用量急剧扩张,已经造成了对环境的破坏。以低能耗、低污染和可持续发展为理念的低碳经济正成为全球关注的热点,同时也对供应链管理提出了新的挑战。在对当前供应链管理研究现状综述的基础上,指出低碳时代供应链管理值得重点关注的几个重要方向:“碳排放”成本在供应链上的分布与科学度量;低碳供应链的生产与运输模式选择与优化;不同回收和再制造模式下,低碳供应链的运作优化;考虑顾客选择行为的低碳供应链的运作优化,引入碳交易市场的供应链运作优化;低碳供应链的能源供给与生产运作的协调与优化;以及低碳供应链上不同利益主体间运作的协调与优化。

关键词:供应链管理; 低碳; 建模; 优化; 协调

中图分类号:F 252 **文献标识码:**A

Study on Supply Chain Management in a Low-Carbon Era

CHEN Jian^{1,2}

(1. Research Center for Contemporary Management, Key Research Institute of Humanities and Social Sciences at Universities, Beijing 100084, China;

2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

【Abstract】Over-exploitation of resources has damaged our living environment. Today, global warming, considered by many to be a result of large scale greenhouse gas emissions, is a top environmental concern. Emissions regulations from government and higher expectations from customers create challenges for supply chain participants. Based on a brief overview of the current research in the field of supply chain management, this article provides an in-depth investigation into the low-carbon supply chain management, and proposes several important topics for future research: quantifying and optimizing sustainability metrics of every process and activity in the supply chain; optimizing production and logistic modes in the supply chain; optimizing the operational strategies in the supply chain by introducing low carbon requirements; and optimizing and coordinating government policy and the operations of energy suppliers.

Key words:supply chain management; low carbon; modeling; optimization; coordination

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的报告显示,由于人类活动造成的全球温室气体排放

在 1970~2004 年增长了 70%,由此引发的全球气候变暖对全球生态系统和人类造成了严重威胁^[44]。在这种巨大的气候变化的压力下,以低能耗、低污染和可持续发展为理念的“低碳经济”正成为全球关注的热点。我国在这方面亦不落后,生态环保、可持续发展成为了 2010 年 3 月召开的“两会”的主题,全国政协“一号提案”的内容就涉及低碳环保。在十一届

收稿日期:2012-11-16

作者简介:陈剑(1962-),男,教授。研究方向为系统工程、供应链管理、电子商务与决策分析。

E-mail: jchen@mail. tsinghua. edu. cn

全国人大三次会议上,国务院总理温家宝在政府工作报告中进一步强调了要打好节能减排攻坚战,积极发展循环经济和节能环保产业,并通过大力开发低碳技术、推广高效节能技术、积极发展新能源和可再生能源等策略积极应对气候变化。

企业作为人类活动的重要主体,在承担气候变化的责任方面,面临着来自多方面的挑战。政府的政策制定、顾客的生活习惯、偏好行为等都会对企业的商务模式、生产方式、运作策略,以及企业间的竞争和合作策略等方面产生巨大影响,为企业的经营提出了许多新课题。而且,消费者和投资者愈发关注企业在环境保护方面的表现,对企业的环境责任提出了更高要求,如越来越多的消费者在考虑购买决策时,开始注重企业的环境记录^[37,27]。

在供应链管理中,减少碳排放的方法包括物理过程上控制碳排放的方法,例如改进或更换设备以提高能源效率,绿色产品设计减少生产过程的碳排放,使用清洁能源或新能源实现节能减排等^[42]。在此基础上,从优化角度改进企业的运作决策,通过调整或重新设计供应链结构或物流网络来减少碳排放也受到企业的重视,例如改进订货批次,更改仓储地点、货运方式和运输路线,联合上下游企业共同优化供应链上碳排放的管理等。如英国的乐购^[51]、美国的沃尔玛^[54]均已开始实践企业碳足迹的管理,并且在减少碳排放方面取得了初步成效。

随着我国改革步伐的不断深入,2010年我国成为世界第二大经济体,制造业成功超越占据全球最大商品生产国宝座100余年的美国,真正成为了“世界大工厂”。在看到巨大成绩的同时,也要清醒地意识到所存在的问题。我国在“量”上已经取得了巨大进步,但是在“质”上还有很大差距。仔细考察我国企业经营现状,从整体上不难发现依然十分的“粗放”,特别是面向供应链管理整体上还处在初级阶段。与供应链管理密切相关的物流业资源分散,与供应链运作联系比较松散。尽管我国的物流业近年得到飞速发展,但是效率还比较低,2010年物流费用为GDP的17.8%,而发达国家已经在10%以下。供应链与物流运作的低效率,产生了大量的额外碳排放。这些问题制约了我国企业的国际竞争力。因此,实现单位GDP碳排放大幅度的降低,通过优化和协调供应链与物流运作,打造高效的供应链与物流经营体系势在必行。近年我国政府在推动可再生能源(如风能、太阳能等)方面令世界瞩目,2009年起,中国风电新增装机容量列世界第一,到2010年,风电累计装机超过美国达4473万kw,跃居世界第

一^[66];正在向非化石能源在一次能源消费中的比重在2020年达到15%的目标快步迈进。但是,如何使供应链上成员更有效的利用不同形式的能源还有待探索。

我国是一个幅员广阔、资源分布不均衡的大国,有许多企业跨地区、跨省市、跨国家经营,供应链很长,在现实经营活动中特别需要应用先进的、科学的供应链管理方法,以提高供应链管理的效率和效益;同时,随着我国经济全面融入全球经济之中,在国际上扮演越来越重要的角色,中国企业更需要有先进的管理思想和科学的管理理论和方法的支持,从而增强在经济全球化环境下的竞争能力。显然,对“低碳经济”时代的供应链管理的一些前沿问题进行系统、深入的研究具有重大的理论意义和应用价值。

1 供应链管理研究现状

本文对供应链管理的研究进展进行系统的综述,重点结合低碳时代的要求分析当前的研究动态。

供应链由不同利益主体的成员组成,各自为实现自身利益最大化采取行动,是一个典型的复杂系统。随着卖方市场朝着买方市场的转变,企业间的竞争日渐加剧,新产品的生命周期越来越短,顾客的期望越来越高。在这样的大环境下,供应链管理受到了越来越多企业的高度重视^[48],促使供应链上的成员从整体利益的角度思考其运营实践,通过与上下游企业建立战略联盟,或者采用协同运作策略提升整个供应链系统的竞争力,从而实现“双赢”或“多赢”的目的。

相对于纵向一体化存在投资负担重、市场风险大、覆盖一些不擅长的业务、多领域竞争、应变能力差等问题,松散、灵活的分散化结构更为现实可行。然而,在现实的供应链中,成员企业在追求自身利益最大化的过程中,往往会导致供应链整体绩效的降低,如所谓的“双边际效应”。该现象极大地降低了企业的经营绩效,受到业界和学术界的普遍关注;结合不同的商务模式,许多人试图设计有效的上下游企业之间的交易契约和利润分配机制,以实现供应链的协调,使得分权系统实现整体系统的最优绩效,例如批发价契约、回购契约、收益共享契约、数量折扣契约等,并且研究不同结构下的契约设计问题^[7,20,26]。由于不同的产品特性对于供应链管理有很大影响,一些研究针对一类特定产品展开,如新鲜产品供应链的优化与协调^[10,60-61]。

企业实际运作过程中存在大量不确定因素,使得供应链管理中潜伏着巨大风险。在过去的十多年

里,供应链中的风险管理受到广泛关注^[24,23],具体包括:决策者的风险偏好对供应链最优决策的影响^[30];从供应链结构的角度探索运作风险控制问题^[53,29];采用对冲策略降低风险^[18,55]等。早期的供应链管理研究中,一个常见的假设是供应链上下游企业的信息是完全对称的,企业也能很好地预测未来市场需求的分布。然而在现实生活中,信息不对称和信息不完全的现象非常普遍,如下游销售商往往比制造商更了解市场需求信息等。这方面相关研究的一个侧重点在于,如何通过合理的机制设计来促使供应链上的企业进行信息共享,在提高供应链整体绩效的同时,改善各个企业的绩效^[9];另一些研究探讨了信息不完全情形下,企业如何通过更新的信息来优化生产运作策略^[3]。

随着研究和应用的不断深入,学术界和企业界越来越重视运作管理部门和其他部门之间的协同运作。例如运作与营销管理的集成优化,对库存、生产与定价的集成优化在较早就得到了学术界的关注,近几年又得到了进一步发展^[64],考虑销售努力、广告效应、动态定价等情形下的供应链管理问题也成为近期的研究热点^[16-17,19,22]。随着电子商务的发展,如何对电子渠道与传统渠道进行协调与优化也成为重要的议题^[21]。而将运作与财务管理的相关问题结合起来进行优化是另一重要方向,这方面研究重点突出了资金在库存、定价等供应链管理决策中的重要作用^[11,14]。将供应链上成员的运作,以及其他职能集成建模,甚至考虑更现实的目标(即不仅考虑收益/利润,还要考虑公平性等),将使得问题变得异常复杂,需要有新的工具,如渐进分析^[62-63]。

利用优化理论与方法解决企业供应链管理决策问题已日渐成熟,但理论研究与企业实践存在“脱节”,特别体现在处理决策者行为上。为此,学术界试图弥补这样的“脱节”,通过实验和计算机仿真的方式,来研究决策者行为对供应链管理决策质量以及企业运作绩效的影响^[5,67,47];以及通过对决策者和顾客行为建模进而研究供应链的最优运作策略^[49]。

随着国际社会对资源节约、环境保护和可持续发展越来越重视,节能和环保成为各国的国家战略,在供应链管理的研究中也得到了相应体现,特别是在经济全球化的背景下该问题更加突出。从90年代起,许多学者对诸如逆向物流、绿色供应链、闭环供应链等问题投入大量的关注,试图将环境的影响加入到供应链管理的各个环节。

绿色设计受到企业内外部各方面的影响(如政

府的政策、消费者的偏好),Chen^[15]对绿色产品研发与严格的环境标准对环境保护的影响关系进行了深入研究。在产品设计上强调“绿色”,即重视环境意识的产品设计,需要用产品全生命周期评估来衡量其具体的影响^[40,32];对于绿色设计的研究一直都在推进着^[50]。更多的研究则集中在回收再制造生产优化决策、闭环供应链上下游协调、闭环供应链的竞争以及逆向物流、动态定价等具体方面,将资源利用效率、用过的产品回收、污染物排放/交易等纳入到供应链管理的范畴中,这一方向的研究取得了很多成果^[31,39,59,65]。

近几年,碳排放受到越来越多的关注,特别是2010年“哥本哈根会议”后,碳排放成为全球关注的焦点。碳排放交易市场也随之迅速发展,根据世界银行的数据,碳排放交易2009年达到1440亿美元^[52]。在供应链管理研究中加入低碳的要求,相对于过去“绿色供应链”等研究提出了许多新挑战。例如传统的绿色供应链研究表明,产品租赁回收比产品出售更环保,因为可以更好的实现产品回收再制造,Agrawal等^[2]通过对消费者租赁产品时过度使用的行为进行考察,却发现由此对环境的破坏比产品出售时更严重。同样,生物燃料的制造过程中使用的能源有可能超过了它所提供的能量^[25]。Sathaye等^[46]在考察货物联运时发现,卡车运载率增加导致负重增加,其对公路的损耗又进一步增加了维护和整修公路的成本,从而出现了碳管理“此消彼长”的困境。闭环供应链的研究帮助企业在实现资源循环利用的同时减少对环境中废弃物的排放,但这些结论都是建立在闭环供应链是“绿色”的假设上,产品循环利用投入的成本和对于环境的影响,是否满足长期可持续发展的要求仍然存在一定的争议^[13]。

在低碳供应链的研究中,由于与产品相关的碳排放贯穿于产品的整个生命周期内,散布在供应链的采购、生产、分销,包括终端消费等环节。因此,准确、有效的碳排放度量,及其在供应链上的分布能够帮助政府加强对于碳排放的监督管理,同样也是企业改进管理的基础。当前一个具有共识的指标即所谓的“碳足迹”。许多人对于不同行业的碳足迹追踪进行了案例研究,提出了针对具体行业的碳足迹计算方法^[28,38]。一些国际组织也出台了针对供应链中碳足迹计算方法的准则,如英国标准协会(BSI)出台了PAS2050,2010年又推出了PAS2060;其他国际组织包括国际标准组织(ISO)、世界资源研究所与世界可持续发展工商理事会^[57-58]等。终端顾客对于“低碳”产品的要求,也激励了企

业积极关注产品的碳足迹管理,并通过提供碳标签来展现产品在碳排放方面的表现,如乐购(Tesco)^[27],当然,该过程并不会一帆风顺。

尽管衡量碳足迹的方法包括采用投入产出模型等^[35,56],但是,考虑到供应链中的活动包括原材料采集、生产加工、储存、货运、使用与保养、循环再造/再用或废物管理等,更多的研究则是基于全生命周期评估(Life-Cycle Assessment, LCA)方法^[45,12],PAS、WRI、ISO等碳足迹计算准则也都是基于LCA方法。在引入碳排放因素后,如何衡量碳排放因素造成的影响,现有的研究主要考虑3种方式:①与碳税相对应,将碳排放量转化为成本^[8];②与总量管制和总量管制加交易相对应,将碳排放因素作为约束;③将碳排放作为优化目标,从而需要进行多目标优化^[13]。还有在简单的运作模型基础上进行拓展^[6]。

运输作为人类活动中碳排放的重要来源,在供应链运作中扮演着重要角色。Hoen等^[33]在传统模型的基础上,加入了碳排放因素,对运输方式的选择进行深入探讨。以法国零售企业的物流网络为例,Ballot等^[4]通过数据说明了共享供应网络可以实现25%的二氧化碳减排量。Pan等^[43]的研究发现,通过公路和铁路的联合运输可以实现52%的减排。Cachon^[8]考察了引入碳排放成本下的物流网络设计问题,结果发现,增加考虑碳排放成本对于物流网络设计的影响不大。Agatz等^[1]借鉴了收益管理的方法,在送货上门的快递业务上,通过定价机制的设计,激励顾客选择与其邻居订单相近的配送时间,从而减少了总的运送里程;通过提高运送效率的销售机制设计,间接地减少了物流造成的碳排放量。

在整个供应链上,仅仅通过单个企业内部战略的改变很难有效的实现减排,将减排的焦点放在供应链上下游企业一些关键步骤的协同上,才能实现整体碳减排的最终目标^[41]。Hsu等^[34]通过实证研究讨论了影响企业选择供应商的碳管理因素,表明碳信息管理系统和碳管理培训的规范性是影响供应商选择的前两位因素。Caro等^[12]通过模型研究发现:在供应链中存在执法者时,可以通过强制设定减排上限来实现供应链中成员的最大减排努力;如果供应链中不存在执法者时,以减排效率最高的作为支付者可以更加有效的实现供应链的碳减排。

EPR(Extended Producer Responsibility)是关于将产品的环境责任由单一的生产商延伸到整个供应链上成员的政策。当前关于EPR的研究,更多的是考虑供应链上企业之间的共同责任^[36],而

Subramanian等^[50]则认为企业可以通过合同设计与消费者共同分摊环境成本,从而影响消费者的行为,寻找适合企业的产品设计决策,其中,消费者在产品的回收和继续使用之间有所权衡。这篇文章结论显示,政府可以通过征收环境费用的方式来鼓励企业开展产品的绿色设计,而同时企业也可以通过机制设计促进供应链合作的实现,增加整个供应链利润。在这种产品回收再制造的供应链中,消费者的行为和效用会受到产品质量的影响。

总而言之,各种行业杂志、商业观点和研究报告中对于低碳供应链的讨论已经很多,学术界对低碳供应链管理的理论研究也已经展开,但目前还比较零散、初步、表面,系统的研究还有待深入,还有大量重要问题需要解决。

2 低碳供应链管理

通过前面的分析,在供应链管理中加入低碳的要求相对于传统供应链管理而言提出了许多新的挑战,例如,供应链上“碳排放”的科学度量、新的环境下供应链结构设计、运营策略优化、政府政策对企业运营策略优化的影响等。下面从4个方面展开具体的讨论。

(1)“碳排放”的科学度量及在供应链上的分配。对供应链碳足迹的错误估计,将有可能导致供应链碳足迹管理的失败。面向全生命周期评估(LCA)方法通过对产品全生命周期的全面考察,受到广泛重视。然而,根据埃森哲的报告显示,仅有10%的企业试图管理供应链中的碳足迹,而有37%的企业供应链管理人员对于企业供应链碳足迹的水平没有明晰的认识^[68]。这反映出从产品的全生命周期对供应链中碳足迹的进行精确估计不是一件简单的事情。在经济全球化的环境下,同一件产品因为在整个供应链中不断的流动和加工,碳足迹来源于各种投入的作用,发生在许多不同的环节,甚至在不同的国家和地区。需要从供应链发展的特点出发,以供应链上的核心企业为龙头,围绕产品全生命周期,设计简洁、易行的碳足迹计量方法。在此基础上,通过投入产出和效率分析建立相应的模型,来界定产品碳足迹在供应链中各个环节的分配,并探索面向整个供应链的改进碳排放管理的优化策略。

(2)低碳供应链结构分析和物流设计。不同国家和地区间存在明显的成本差异(人力、土地、原材料),导致大量的货运发生在亚洲地区至北美、欧洲之间。与之相对应的“近岸”生产也仍然被采用,如墨西哥对于北美地区,土耳其对于欧洲地区等。即

使在同一个国家,也存在选择中心城市(如长三角、珠三角等)附近(类似“近岸”),还是西部地区(如成都、重庆等)/靠近原材料产地(类似“离岸”,考虑人力、土地、原材料等成本优势)等。选择不同的供应链布局显然对碳排放量及其分布有着重大影响;另一方面,产品/服务的生产组织方式对于碳排放同样有着重要的影响。针对需求风险分担、快速响应顾客需求,以及成品保存和运输空间等要求,选择集中生产,还是将零部件生产和产品组装分包出去。“离岸”生产和“近岸”生产,集中或分离生产,在成本、提前期、碳排放、效率、灵活性等方面存在很大不同,因此,企业需要在满足市场快速、多变等特点的情况下,协调和优化供应链结构和生产模式,实现企业在经济效益和环境保护两方面的目标。

物流在供应链运作中扮演着重要角色,尤其是考虑“碳排放”时。首先,可采用的物流模式很多,如运输的方式有飞机、火车、汽车、海运等,同时还有不同吨位与集装箱容量的选择,它们有着不同的能源利用效率、运输时间和运载容量等,具体选择与产品的特性相关,也与承运人对于成本和环境因素的偏好相关。当前,在我国,供应链上成员与物流商的运作相对分离,各自分别独立优化自身的利益,存在碳排放的双边际效应,从而导致大量额外的碳排放。因此,需要系统地考虑供应链上成员以及物流商的运作行为,将物流活动真正嵌入整个供应链的活动中,并设计协调合约以优化各利益主体的收益,降低碳排放。

(3) 低碳供应链运营优化。

① 考虑顾客选择行为的低碳供应链的运作策略优化消费者的需求偏好是多方面的,如在选择产品时,他们会考虑价格、质量(例如,对于食品,人们很在意其“有机”程度,同时也在乎产品的“新鲜”程度等,同样也在意他们的生活环境,进而希望消费的产品碳排放尽量低。政府为了保护环境,也开始陆续出台鼓励“低碳”的政策,促进企业采取实现“低碳”的经营方式和策略。例如,英国的零售商一乐购(Tesco)开始考虑在一些产品上贴“碳标签”^[51]。因此,在一定的“碳”环境下,考虑终端顾客的选择行为,求解不同的供应链结构下,供应链上成员的最优订货、定价等运作策略。

② 不同回收和再制造模式下,低碳供应链的运作策略优化。回收使用过的产品进行再制造可以节约相关资源,但这个过程同样也会排放一定的碳。回收和再制造模式很多,例如,远大空调声称不再卖空调,而是卖“温度”,因此,其回收和再制造是一种

“集中”回收和再制造;实践中更多的企业从终端使用者或通过回收商帮助回收使用过的产品,具体的运作模式也很多样;另外,再制造过程同样也有多种方式。不同的回收和再制造模式,排放的碳是不同的,同时,回收和制造成本以及使用成本及其回收过程中的不确定因素也是不相同的。有必要对各种典型的回收和再制造模式进行系统分析,在综合成本与碳排放的目标下,研究相应的最优运作(如回收数量,回收价格,生产数量、产品价格等)策略。

③ 引入碳交易市场的供应链运作策略优化。当前,碳排放成为环保和可持续发展的核心问题,受到越来越多的关注。顺应这样的发展趋势,碳排放交易市场应运而生。因此,碳排放将逐渐成为企业的一项重要资产,对企业的经营产生重要影响。然而,在碳排放市场上碳排放权的价格变化与石油价格类似,都与世界经济的发展关联很大,2007年世界经济发展速度开始放缓衰退,碳排放价格一度逼近零价格;随着全球经济的回复,碳排放价格又逐步回升。因此,需要在研究中,引入碳排放交易市场,针对不确定的市场需求,以及变化的碳交易市场,研究供应链上成员的最优运作策略,如最优订货、定价策略、“碳”交易策略(即买卖的时机和数量)、对冲策略等;以及最优的运作与碳交易策略和企业间的竞争和博弈分析。

④ 低碳供应链的能源供给与生产运作的协调与优化。越来越多国家的政府开始鼓励发展可再生能源,如太阳能发电、风电等。一些注重社会责任的企业开始与可再生能源提供商签订长期的供应合同。然而,可再生能源的供给相对于传统能源波动很大(例如在当前的技术条件下,风电和太阳能供给的不确定性与天气的不确定性一样),企业还需要与传统能源提供商签订中短期合同,如提前1~2天(中期)、提前15 min(短期)。但是,不同形式的合同和能源形态具有不同的成本、可靠性和可获得性。因此,低碳供应链不仅要考虑原材料供给,还要考虑能源供给;另一方面,如果不能有效地使用可再生能源,将极大地挫伤可再生能源提供商的积极性,阻碍可再生能源的发展。在研究中,针对不确定的市场需求,以及变化的可再生能源供给,将供应链能源供给与生产运作联合起来优化,并根据产品需求变化的情况优化在能源市场上的动态交易策略(即买卖的时机和数量)以及对企业间的竞争和博弈分析,并优化风险对冲策略。

(4) 低碳供应链上的不同利益主体间运作的协调与优化。一般而言,政府试图从全社会福利最大

化的角度制定各种政策,但是,政府部门的介入进一步增加了供应链上不同利益主体间博弈的复杂性。很显然,这些政策对供应链上的企业以及最终消费者的决策行为都将产生重要的影响。因此,有必要系统分析关于低碳供应链中的多方博弈的问题。相对于以追求各自局部利益为目标的非合作博弈而言,政府与企业、企业与企业之间的合作博弈无疑能提高整个供应链的绩效,并降低对环境的负面影响;通过合作博弈分析供应链上企业间的合作行为对供应链绩效的影响,并通过机制设计协调各成员的运作策略;在对供应链中的合作/非合作博弈研究的基础上,进一步探讨促进合作博弈形成的机制以及供应链上企业的合作策略。

3 结 语

可持续发展是社会进步的必由之路。传统的供应链理论显然难以应对可持续发展的要求,期待更多适应新时代需求的新的理论与方法。本文在对供应链管理研究现状分析的基础上,从供应链上“碳”的科学度量与配置、供应链结构分析与物流系统设计、面向低碳时代的供应链运营管理策略优化、低碳时代供应链相关角色博弈分析等方面展开深入讨论,并指出一些重要的研究方向。

当然,在进行理论研究的同时,还希望理论研究能够与实际应用相结合。目前供应链管理方面的重要成果大部分来自于国外企业的实践,它们对中国的企业有积极的借鉴意义。但中国的企业运行在中国的环境中,不加考虑“情境”的完全照搬国外的经验是危险的。因此,需要系统考虑中国作为全球制造中心、全球可再生能源生产大国等特点,结合我国典型企业的具体运作开展有针对性的研究,将产生一批源自中国企业的低碳供应链管理的原创性理论成果,同时也帮助中国企业制定更科学的决策、提高管理水平,进而在商业活动中赢得竞争优势。

参 考 文 献:

- [1] Agatz N, Campbell A M, Fleischmann M, *et al.* Challenges and opportunities in attended home delivery[M]. In *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. Eds. Golden B R. R. & W. E. , 2008:379-396.
- [2] Agrawal V, Ferguson M, Toktay B, *et al.* Is leasing greener than selling? [J]. *Management Science*, 2011, Forthcoming.
- [3] Azoury K S, Miyaoka J. Optimal policies and approximations for a bayesian linear regression inventory model[J]. *Management Science*, 2009, 55(5): 813-826.
- [4] Ballot E, Fontane F. Reducing transportation CO2 emissions through pooling of supply networks: Perspectives from a case study in French retail chains [J]. *Production Planning & Control*, 2010, 21(6): 640-650.
- [5] Bolton G E, Katok E. Learning-by-doing in the newsvendor problem: A laboratory investigation of the role of experience and feedback [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2008, 10(3): 519-538.
- [6] Bonney M, Jaber M Y. Environmentally responsible inventory models: Non-classical models for a non-classical era[J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 133(1): 43-53.
- [7] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts [M]. In *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management*. Eds Graves S, Kokathe A T. North-Holland, 2003.
- [8] Cachon G P. Supply chain design and the cost of greenhouse gas emissions[R]. Working Paper, The Wharton School, UPenn. 2011.
- [9] Cachon G P, Zhang F. Procuring fast delivery: Sole sourcing with information asymmetry [J]. *Management Science*, 2006, 52(6): 881-896.
- [10] Cai X Q, Chen J, Xiao Y B, *et al.* Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness-keeping effort [J]. *Production and Operations Management*, 2010, 19(3): 261-278.
- [11] Caldentey R, Haugh M B. Supply contracts with financial hedging[J]. *Operations Research*, 2009, 57(1): 47-65.
- [12] Caro F, Corbett C, Tan T, *et al.* Carbon-optimal and carbon-neutral supply chains [R]. Working Paper, Anderson School of Management, UCLA, 2011.
- [13] Chaabane A, Ramudhin A, Paquet M. Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135(1): 37-49.
- [14] Chao X, Chen J, Wang S. Dynamic inventory management with cash flow constraints [J]. *Naval Research Logistics*, 2008, 55(8): 758-768.
- [15] Chen, C. Design for the environment: A quality-based model for green product development [J]. *Management Science*, 2001, 47(2): 250-263.
- [16] Chen F. Salesforce incentives, market information, and production/inventory planning [J]. *Management*

- Science, 2005,51(1): 60-75.
- [17] Chen F Y, Chen J, Xiao Y B. Optimal control of selling channels for an online retailer with cost-per-click payments and seasonal [J]. Production and Operations Management, 2007a,16(3): 292-305.
- [18] Chen F Y, Yano C A. Improving supply chain performance and managing risk under weather-related demand uncertainty[J]. Management Science, 2010, 56(8): 1380-1397.
- [19] Chen H, Wu O, Yao D D. On the benefit of inventory-based dynamic pricing strategies [J]. Production and Operations Management, 2010, 19: 249-260.
- [20] Chen H Y, Chen J, Chen Y H. A coordination mechanism for a supply chain with demand information updating [J]. International Journal of Production Economics, 2006,103: 347-361.
- [21] Chen J, Chen Y F, Parlar M, *et al.* Optimal inventory and admission policies for drop-shipping retailers serving in-store and online customers[J]. IIE Transactions, 2011,43(5): 332-347.
- [22] Chen J, Xu H Y, Liu L M. Can a heterogeneous sales force work as well as a homogeneous sales force? [R]. Working Paper, Tsinghua University, Beijing 100084, China, 2012.
- [23] Chen X M, Simchi-Levi D, Sun P. Risk aversion in inventory management [J]. Operations Research, 2007b, 55: 828-842.
- [24] Chopra S, Sodhi M M S. Managing risk to avoid supply chain break down [J]. Sloan Management Review, 2004,46 (1): 53-61.
- [25] Dekker R, Bloemhof-Ruwaard J, Mallidis I. Operations research for green logistics-An overview of aspects, issues, contributions and challenges[J]. European Journal of Operational Research, Forthcoming, 2011.
- [26] Ding D, Chen J. Coordinating a three level supply chain with flexible return policies[J]. Omega, The International Journal of Management Science, 2008, 36: 865-876.
- [27] The economist carbon footprint: Following the footprints [J]. The Economist, Technology Quarterly, Jun 4th, 2011: 13-15.
- [28] Espinoza-Orias N, Stichnothe H, Azapagic A. The carbon footprint of bread [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2011, 1-15.
- [29] Federgruen A, Yang N. Selecting a portfolio of suppliers under demand and supply risks [J]. Operations Research, 2008,56(4): 916-936.
- [30] Gan X, Sethi S, Yan H. Coordination of supply chains with risk-averse agents [J]. Production and Operations Management, 2004,13: 135-149.
- [31] Geyer R, Van Wassenhove L N, Atasu A. The economics of remanufacturing under limited component durability and finite product life cycles [J]. Management Science, 2007,53(1): 88.
- [32] Guide V D R, Van Wassenhove L N. The evolution of closed-loop supply chain research[J]. Operations Research, 2009,57(1): 10-18.
- [33] Hoehn K, Tan T, Fransoo J, *et al.* Effect of carbon emission regulations on transport mode selection under stochastic demand[R]. Working Paper, School of Industrial Engineering, Eindhoven University of Technology, 2011.
- [34] Hsu C W, Kuo T C, Chen S H, *et al.* Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management [J]. Journal of Cleaner Production, Forthcoming, 2011,
- [35] Huang Y A, Lenzen M, Weber C L, *et al.* The role of input-output analysis for the screening of corporate carbon footprints[J]. Economic Systems Research, 2009, 21(3): 217-242.
- [36] Jacobs B W, Subramanian R. Sharing responsibility for product recovery across the supply chain [J]. Production and Operations Management, 2012, 21 (1): 85-100.
- [37] Lash J, Wellington F. Competitive advantage on a warming planet[J]. Harvard Business Review, 2007 85(3): 94.
- [38] Lee K H. Integrating carbon footprint into supply chain management: The case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry [J]. Journal of Cleaner Production, 2011,19(11): 1216 - 1223.
- [39] Li Y J, Chen J, Cai X Q. Heuristic genetic algorithm for capacitated production planning problems with batch processing and remanufacturing [J]. International Journal of Production Economics, 2007, 105(2): 301-317.
- [40] Matos S, Hall J. Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology [J]. Journal of Operations Management, 2007, 25 (6): 1083-1102.
- [41] Matthews H S, Hendrickson C T, Weber C L. The importance of carbon footprint estimation boundaries [J]. Environmental Science & Technology, 2008,42

- (16); 5839-5842.
- [42] McKinsey. Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve [EB/OL]. McKinsey & Company Report. Available at <https://solutions.mckinsey.com/ClimateDesk/default.aspx>. 2009
- [43] Pan S, Ballot E, Fontane F. The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains [J]. *International Journal of Production Economics*, Forthcoming, 2010
- [44] IPCC. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change [EB/OL]. Available at http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm, accessed on February 18th, 2012.
- [45] Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, *et al.* Life cycle assessment, part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications [J]. *Environment International*, 2004,30(5): 701-720.
- [46] Sathaye N, Horvath A, Madanat S. Unintended impacts of increased truck loads on pavement supply-chain emissions [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2010,44(1): 1-15.
- [47] Schweitzer M E, Cachon G P. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: experimental evidence [J]. *Management Science*, 2000,46(3): 404-420.
- [48] Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-Levi E. Designing and managing the supply chain [M]. 3rd edition, New York: McGraw Hill/ Irwin, USA, 2007.
- [49] Su X. Bounded rationality in newsvendor models [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2008,10(4): 566-589.
- [50] Subramanian R, Gupta S, Talbot B. Product design and supply chain coordination under extended producer responsibility [J]. *Production and Operations Management*, 2009,18(3): 259-277.
- [51] Tesco. Tesco carbon labels toilet paper [EB/OL]. Available at http://www.tescoplc.com/plc/corporate_responsibility_09/news/press_releases/pr2009/2009-05-01/.
- [52] TheWorldBank. Global carbon market grows to \$ 144 billion despite financial and economic turmoil [EB/OL]. Available at http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State_and_Trends_2010_final.pdf, 2010.
- [53] Tomlin B. On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks [J]. *Management Science*, 2006,52: 639-657.
- [54] Wal-Mart. Wal-Mart Announces Sustainable Product Index [EB/OL]. Available at <http://walmartstores.com/FactsNews/NewsRoom/9277.aspx>. 2009
- [55] Wen Y, Ding Q, Chen J. Financial hedging decisions on procurement risk with value-at-risk consideration [R]. Working Paper, Tsinghua University, 2011.
- [56] Wiedmann T. Carbon footprint and input-output analysis-an introduction [J]. *Economic Systems Research*, 2009,21(3): 175-186.
- [57] WRI, WBCSD. Greenhouse gas protocol corporate value chain (scope 3) accounting and reporting standard [EB/OL]. Available at <http://www.wri.org/publication/greenhouse-gas-protocol-corporate-value-chain-accounting-and-reporting-standard>. 2011a
- [58] WRI, WBCSD. Greenhouse gas protocol product life cycle accounting and reporting standard [EB/OL]. Available at <http://www.wri.org/publication/greenhouse-gas-protocol-product-life-cycle-accounting-and-reporting-standard>. 2011b.
- [59] Wu P, Chao X L, Chen J. Optimal control of a hybrid manufacturing/remufacturing system with uncertain supply of cores [R]. Working Paper, Tsinghua University, 2011.
- [60] Xue Z, Ettl M, Yao D D. Managing freshness inventory: Optimal policy, bounds and heuristics [R]. Working Paper, IBM Research. 2011.
- [61] Xue Z, Ettl M, Yao D D. A differentiated pricing strategy for freshness inventory [R]. Working paper, IBM Research. 2012.
- [62] Ye H, Yao D D. Utility-maximizing resource control: Diffusion limit and asymptotic optimality for a two-bottleneck model [J]. *Operations Research*, 2010,58: 613-623.
- [63] Ye H, Yao D D. A stochastic network under proportional fair resource control - diffusion limit with multiple bottlenecks [J]. *Operations Research*, Forthcoming, 2012
- [64] Zhang J L, Chen J, Lee C Y. Joint optimization on pricing, promotion and inventory control with stochastic demand [J]. *International Journal of Production Economics*, 2008,116(2): 190-198.
- [65] Zhou S, Z Tao, Chao X L. Optimal control of a remanufacturing system with multiple types of returns [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2011,13: 20-34.

(下转第 735 页)

- units discount and resales [J]. *Naval Research Logistics*, 2012, 59: 230-243.
- [17] Hoque M A, Goyal S K. An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment [J]. *International Journal of Production Economics*, 2000, 65: 305-315.
- [18] Kaminsky P, Simchi-Levi D. Production and distribution lot sizing in a two stage supply chain [J]. *IIE Transactions*, 2003, 35: 1065-1075.
- [19] Toptal A, Cetinkaya S. The buyer-vendor coordination problem: Modeling inbound and outbound cargo and costs [J]. *IIE Transactions*, 2003, 35: 987-1002.

~~~~~

(上接第 728 页)

- [66] 李俊峰,等. 风光无限:中国风电发展报告 2011[M], 北京:中国环境科学出版社, 2011.
- [67] Cui Y, Chen L G, Chen J, *et al.* Chinese perspective on newsvendor bias: An exploratory note[J]. *Journal of Operations Management*, Forthcoming, 2012.
- [68] Accenture. Only one in 10 companies actively manage their supply chain carbon footprints [EB/OL]. Accenture Study Finds, from [http://newsroom.accenture.com/article\\_display.cfm?article\\_id=4801](http://newsroom.accenture.com/article_display.cfm?article_id=4801). 2009.

~~~~~

下期发表论文摘要预报

基于环境责任的闭环供应链网络多准则决策均衡问题

杨玉香, 张宝友, 孟丽君, 黄祖庆

(中国计量学院 经济与管理学院, 杭州 310018)

摘要:为使闭环供应链网络成员企业在注重利润最大化的同时,在环境保护方面承担社会责任,实现企业物流活动同环境发展相协调,建立考虑环境指标的闭环供应链网络多准则决策均衡模型。给出多层闭环供应链网络各层决策者的多准则优化条件、对应的变分不等式公式以及多准则网络均衡条件。最后,通过算例对不同环境排放权重下均衡模型网络中产品生产量、交易量、交易价格及排放量等相关经济指标均衡结果进行对比分析。

基于证据理论的不确定可拓推理及应用

朱佳俊^{1,2}, 郑建国², 覃朝勇³

(1. 江南大学 商学院, 江苏 无锡 214122; 2. 东华大学 工商管理学院, 上海 200051;

3. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200240)

摘要:针对可拓推理的不足及可拓知识的不确定性,将关联函数与信任函数结合起来,研究不确定条件下可拓推理的可信度与支持度、冲突度与一致度,构建了基于证据理论的可拓推理函数及合成规则,以实现决策对象在不确定条件下的比较与选择,解决了多方案可拓推理、动态识别的数据挖掘问题,提高了可拓推理的准确性和可信度。