

学校编码：10384
学号：17720101151107

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

企业考虑碳足迹的采购决策优化模型研究

Research on Optimized Procurement Decision-making
Model Considering Carbon Footprint for Enterprise

肖保义

指导教师姓名：韩水华教授
专 业 名 称：物 流 工 程
论文提交日期：2013 年 4 月
论文答辩时间：2013 年 5 月
学位授予日期：2013 年 月

答辩委员会主席：_____
评 阅 人：_____

2013 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着经济全球化的不断发展，人类在追求经济利益的同时，也在大量消耗各种能源，二氧化碳等温室气体的排放量也在急剧的增加。为此，强调以减少温室气体排放为主的低碳经济迅速成为了各国应对全球气候变化而提出的新的经济发展模式；世界范围内的碳交易市场也在逐步的成熟。为了低碳经济的持续发展，企业构建低碳供应链是必然的选择。那么作为企业低碳运营的源头，低碳采购就显得至关重要。

本文就碳足迹、传统多目标采购决策和低碳供应链的采购决策进行了研究综述，找出了低碳采购决策与传统多目标采购决策的因素差异。在此基础上，本文从低碳采购的四个环节进行初步的理论研究分析，并对碳足迹对采购决策目标因素的影响进行了初步的探究。之后，本文继承了前人的研究结果，在传统 EOQ 经济订货批量法的基础上，构建了企业考虑碳足迹的单产品采购多目标混合整数规划模型，该模型的目标包括采购总成本、供货延迟率和产品缺陷度最小。为了验证模型的可行性，本文选择了碳排放强度最高的钢铁行业 A 企业进行案例研究，然后为模型选择了合适的 LINGO11.0 软件进行案例求解，并进行了单位碳补偿成本和采购批量的灵敏度分析。

在模型中，本文创造性的将单位产品含碳量作为企业衡量产品质量的指标之一，并将其与产品合格率分别赋予了可调权重来衡量产品质量。本文从产品碳含量、运输碳排放、订单处理碳排放和库存碳排放四个方面较为全面的核算了采购的碳成本。通过灵敏度分析，本文发现采购总成本与单位碳补偿成本很好的满足了一次函数关系，而采购总成本与采购批量较好的满足了一元四次函数关系。总之，本文构建的低碳采购模型对低碳供应链的构建具有一定的参考意义；案例的分析求解及灵敏度分析对企业在低碳经济中的采购决策具有一定的指导意义。

关键字：碳足迹；多目标决策；低碳采购

Abstract

With the continuous development of economic globalization in our world, we human beings are in the pursuit of economic interest, and we are also consuming all kinds of energy in a great quantity, so that the emission load of carbon dioxide and other greenhouse gases increases quite rapidly. Therefore, low carbon economy which focuses on reducing the emission of greenhouse gas, has quickly become a new economic development model put forward by many countries in order to respond to the global climate change. The worldwide carbon trading market is also gradually becoming mature at the same time. In order to guarantee the continuous development of low carbon economy, structuring low carbon supply chain is the inevitable choice of enterprise. Therefore, the source of low carbon operation, low carbon procurement is crucial.

This paper reviews the researches of carbon footprint, traditional multi-objective procurement decision-making and procurement decision-making in low carbon supply chain, finding out the factor differences between procurement decision-making in low carbon supply chain and traditional multi-objective procurement decision-making. On the basis of these differences, this paper carries out preliminary theory analysis from four steps of low carbon procurement, and makes initial exploration about carbon footprint's impact on procurement decision-making objective. Then, this paper inherits the predecessor's research results, and constructs a multi-objective mixed integer programming model of single product procurement for enterprise which considers carbon footprint on the basis of the traditional EOQ economic order quantity method. The goals of this model include the minimum total cost of procurement, the minimum delay rate of products delivery and the minimum defect product rate. In order to verify the feasibility of the model, this paper chooses enterprise A for case study from steel industry which has the highest carbon discharging intensity among all kinds of industry, and then the author chooses a suitable software, LINGO11.0 for this model to solve this case. And at last, this paper

analyses the sensitivity of unit cost of carbon compensation and procurement batch.

In the model, this paper creatively treats the carbon content of unit product as one of the index when enterprises mull over product quality, and gives part weights to passing percent of products and it to measure the quality of products. In this paper, the author fully calculates the carbon cost of procurement including four aspects of carbon content of product, carbon emission of transportation, carbon emission of dealing with order, and carbon emission of product inventory. Through sensitivity analysis, this paper finds that total cost of procurement and unit cost of carbon compensation commendably satisfy linear function relationship, while procurement cost and procurement batch well satisfy a four order function relationship. All in all, the low carbon procurement model constructed in this paper is of a certain referential meaning for the construction of low carbon supply chain. On the other hand, analysis and solving of the case and sensitivity analysis are of a certain guiding significance to enterprises when they make procurement decisions on the background of the low carbon economy.

Key Words: The carbon footprint; Multi-objective decision; Low carbon procurement.

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及研究意义	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	3
1.2 国内外相关研究综述	4
1.2.1 碳足迹研究现状.....	5
1.2.2 多目标采购决策研究现状.....	6
1.2.3 低碳供应链下采购决策研究现状.....	8
1.3 论文的研究内容及框架结构	11
1.3.1 论文的研究内容.....	11
1.3.2 论文的框架结构.....	12
第 2 章 低碳采购及其相关影响因素分析	14
2.1 采购决策模型	14
2.1.1 定量采购模型.....	14
2.1.2 定期采购模型.....	15
2.2 低碳采购	17
2.2.1 低碳供应商.....	18
2.2.2 低碳采购运输.....	19
2.2.3 低碳订单处理.....	20
2.2.4 低碳库存.....	21
2.3 碳足迹对采购决策因素的影响	22
2.3.1 碳足迹对产品质量的影响.....	22
2.3.2 碳足迹对产品价格的影响.....	22
2.3.3 碳足迹对产品采购提前期的影响.....	23
第 3 章 考虑碳足迹的采购决策优化模型	24
3.1 考虑碳足迹的单一产品采购模型	25

3.2 模型求解说明	30
第 4 章 案例分析	31
4.1 案例介绍	31
4.2 案例求解	33
4.3 案例结果分析	35
4.4 采购碳总成本分析	37
4.5 案例灵敏度分析	38
4.5.1 单位碳补偿成本的灵敏度分析	38
4.5.2 采购批量的灵敏度分析	45
第 5 章 结论与展望	52
5.1 本文的研究结论	52
5.2 研究不足及展望	53
参考文献	55
致谢	60

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Significance of research.....	1
1.1.1 Background of research.....	1
1.1.2 Significance of research	3
1.2 Related research overview.....	4
1.2.1 Research on carbon footprint.....	5
1.2.2 Research on multi-objective procurement decision-making	6
1.2.3 Research on procurement decision-making in low carbon procurement	8
1.3 Research contents and framework.....	11
1.3.1 Research contents	11
1.3.2 Research framework.....	12
Chapter 2 Low carbon procurement and related influence factors ..	14
2.1 Procurement decision-making model	14
2.1.1 Quantitative procurement model	14
2.1.2 Regular procurement model	15
2.2 Low carbon procurement.....	17
2.2.1 Low carbon supplier	18
2.2.2 Low carbon procurement transportation	19
2.2.3 Low carbon order processing	20
2.2.4 Low carbon product inventory	21
2.3 Impacts of carbon footprint	22
2.3.1 On quality of product.....	22
2.3.2 On price of product.....	22
2.3.3 On lead time of procurement.....	23
Chapter 3 Optimized procurement decision-making model consider-	
ing carbon footprint.....	24
3.1 Procurement model of single product considering carbon footprint.....	25

3.2 Illustration of solving model.....	30
Chapter 4 Analysis on case	31
4.1 Introduction of case.....	31
4.2 Solveing of case.....	33
4.3 Analysis on case result.....	35
4.4 Analysis on total cost of carbon during procurement.....	37
4.5 Analysis on sensitivity of case.....	38
4.5.1 Analysis on sensitivity of carbon price	38
4.5.2 Analysis on sensitivity of procurement batch	45
Chapter 5 Conclusion and prospect.....	52
5.1 Research conclusion.....	52
5.2 Insufficiency and prospect of research.....	53
Reference	55
Acknowledgement.....	60

第1章 绪论

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

随着地球环境资源与人类社会发展的矛盾日益突出,人类对碳基燃料的大规模使用,对森林的大面积毁坏,导致大气中二氧化碳等温室气体的含量急剧攀升。最新科学研究表明,在未来100年内,全球变暖的趋势还会进一步加剧,而且会对自然环境和社会经济产生更为显著的负面影响^[1-2]。因此,强调以减少二氧化碳等温室气体排放为主的低碳经济迅速成为了各国应对全球气候变化而提出的新的发展模式。中国作为世界上二氧化碳排放最多的国家之一,研究发达国家为发展低碳经济而采取的各种政策措施,并据此来指导我国的低碳经济发展显得尤为重要。

根据《中国统计年鉴》(1993-2009)统计数据表明,近年来,伴随着经济的高速发展,中国化石能源消耗规模呈现快速增长的态势,相应地,化石能源消费的碳足迹也在快速的增长。数据显示(图1.1),在1992—2008的16年间,中国化石能源消费的碳足迹增长了将近2倍。在某种程度上说明,中国经济的快速发展是以污染环境为代价的,这样严重违背了我国可持续发展的方针政策。

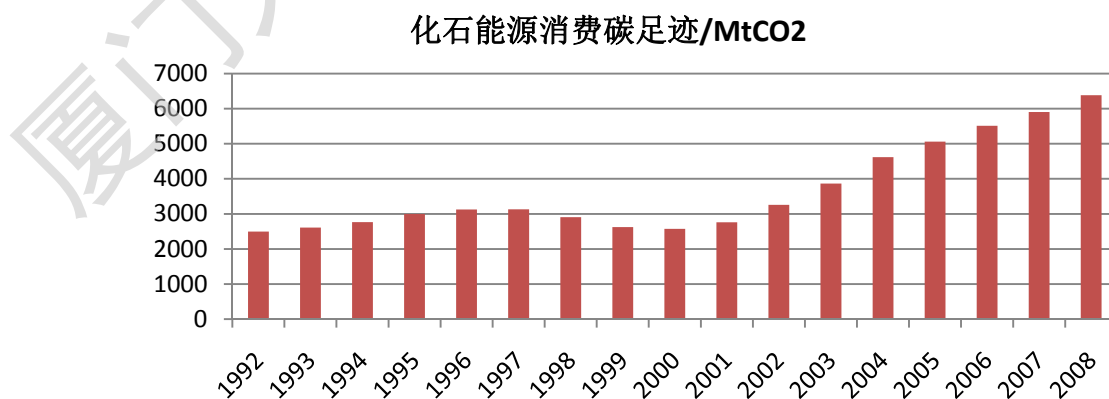


图 1.1 1992—2008 年中国碳足迹变化趋势

资料来源于《中国统计年鉴》，2009 年。

2009年12月的哥本哈根世界气候大会，把“低碳”两个字在人们的心里打上了烙印。至此，全世界各行各业开始追寻着低碳，一些热门词汇如“低碳生活”、“低碳经济”、“低碳技术”、“低碳时代”等等，开始流行起来。在中国，低碳话题也开始持续不断的升温。在2010年的全国“两会”上，低碳成为关键词之一，并跻身政协会议“一号提案”。就在各种低碳经济发展理论与低碳相关概念层出不穷的时候，低碳概念也不可避免的传递到供应链的采购环节。

据估计，每排放一吨二氧化碳带来的经济损失达85美元，因此限制温室气体的排放以及制定为其排放量进行标价的政策是十分必要的^[3]。目前，在欧洲、美国等金融发达国家和地区已经形成了一些大型的碳排放交易中心，其中发展比较成熟的有欧盟二氧化碳排放量交易体系(EUETS)、芝加哥气候交易所(CCX)等。除上述2个比较成熟的交易体系外，其他国家还有一些小规模的交易体系，比如：英国排放交易体系(UK ETS)、日本自愿排放交易体系(JVETS)、澳大利亚新南威尔士州温室气体减排计划(NSWGGAS)等。

表 1.1 主要国家和地区 2020 年温室气体减排目标

国家和地区	2020 年比 1990 年	2020 年比 2005 年
欧盟	降低 20%-30%	降低 14%-25%
美国	降低 4%	降低 17%
澳大利亚	降低 1%-13%	降低 11%-21%
加拿大	降低 3%	降低 22%
英国	降低 34%	
日本	降低 25%	
中国		降低 40%-45%

资料来源于 UNFCCC，2009。

表 1.1 给出了主要国家和地区 2020 年温室气体的减排目标。为了实现这样的减排目标，企业为排出的二氧化碳等温室气体进行付费将成为今后经济发展的一个必然趋势，而这项举措也将促使企业改变其供应链运营的方式。上世纪一些普遍的做法，如长途空运、小批量、及时制的概念以及在低环境标准的国家进行

能源密集型生产等，可能将在经济和政治上被否定^[4]。

此外，为了实现减排目标，鼓励发展低碳经济，国家发改委和财政部发布了“中国碳税税制框架设计”专题报告，我国将在2012年前后对企业开始征收碳税。将采用二氧化碳排放量作为计税依据，目前大致有“2012年10元/吨，2020年达到40元/吨”，或“2012年征收碳税税率为20元/吨，2020年提高到50元/吨，2030年再提高到100元/吨”两种税率方案^[5]。

事实上，在供应链管理中存在着很多减少二氧化碳等温室气体排放的机会，企业可以找到有效的新途径来进行碳管理。供应链中的权衡已不再只是成本、服务和质量，而变为四个主要因素：成本、服务、质量和碳排放。虽然供应链可能不会发生根本性的变动，但是随着碳排放作为一个新增的主要因素，传统做法的经济效果将会发生改变，对供应链的优化也将会变得更加复杂。

当政府开始征收碳排放税，碳排放不再免费，零售商也开始在产品标签上传达这一概念，消费者也已经开始根据碳在产品中的存在来做出购买决定，企业客户会要求明确了解碳在供应链中的使用方式等。这些趋势都将产生新的成本，并改变所有行业的竞争格局。因此，企业必须为新增的碳成本做出短期和长期的情景规划。

1.1.2 研究意义

随着非再生能源的日益消耗以及人们对生存环境质量要求的逐渐提高，低碳供应链的发展是必然趋势。采购作为供应链承上启下的重要环节，企业若能实现低碳化采购，无疑对低碳供应链的实现大有裨益。企业若想在未来低碳经济环境下生存，低碳化的采购决策方式也必将增加其竞争砝码。因此，研究考虑碳足迹的采购决策优化模型，无论是从理论上还是从实际上来说，都具有重要的意义。

(1) 理论意义

在传统供应链管理环境下，学术界及实务界关注的采购要素主要是采购质量、采购提前期及采购的总成本，其中最主要的采购总成本主要是从采购成本、固定成本和存储成本三个方面来进行研究。随着环境污染越来越严重，人们对低碳经济的呼声也越累越高。本文根据低碳供应链的发展要求，在传统EOQ经济订货模型基础上，引入了碳排放成本的变量，得出了考虑碳排放成本的多目标采购决

策优化模型，从而做出最优的采购决策，并对不同的单位碳补偿成本和不同的采购批量两个因素造成的影响进行了研究。低碳化的采购是低碳供应链的源头环节，做好了低碳化的采购决策对低碳供应链的实现具有一定的借鉴意义。

(2) 实际意义

在供应链的整个运作过程中，作为企业物流和资金流的起点，企业的采购活动直接关系着企业后续的一系列运作活动能否顺利的进行。如对于生产型企业，其采购延迟率会直接影响到本企业是否能够保证生产的连续性，进而会间接影响到企业能否快速灵活地响应下游客户的需求，保证自己的服务水平；这种类型企业的采购产品质量会直接关系到企业生产的成本、工艺及最终产品的质量；这种类型企业的采购总成本会直接影响到企业最终产品的定价问题，从而也决定了最终产品的市场竞争力、市场占有率和市场生存力。有研究表明，生产型的企业要用销售额的 40%-70%来进行原材料、零部件和辅助生产资料的采购^[6]，而且 30%的质量问题和 80%的交货期问题是由企业采购引起的^[7]。

在低碳经济发展的大趋势下，企业未来要想在世界经济中保持强有力的竞争力，发展低碳供应链是必然的选择及要求。那么对于企业来说，采购业务是企业参与整个供应链运作的起始点，企业必须做好与低碳供应链相适应的低碳采购决策模式，即要将碳足迹及碳成本纳入到企业采购决策所需考虑的因素里。只有这样，企业才能够保证准确的核算出采购总成本、采购质量等，从而保证本企业后续一系列的运作活动顺利进行。从这方面来说，本文的研究对以后低碳经济中企业的采购决策也具有一定的借鉴意义。

1.2 国内外相关研究综述

企业的物料采购关系到企业生产的连续性，企业资金的占用以及企业对客户的服务水平等一系列问题，因此采购问题对于企业来说非常重要。传统供应链管理环境下，企业在做采购决策时，主要需要解决好三个问题，分别是什么时候采购、向谁去采购以及采购量多少。因为这些问题不仅直接关系到企业采购的总成本，而且关系到企业采购到的物料质量、采购的提前期等一系列问题。那么在低碳供应链环境下，企业关注的问题是否应该有所不同，以及碳足迹对采购决策有何影响，这些都是低碳经济环境下，企业需要考虑的问题。

1.2.1 碳足迹研究现状

随着社会经济的快速增长,虽然促进了城镇化的快速进程,但同时也带来了能源的消耗和污染物排放的增加,影响了人类的共存环境,引起了世界各国对环境污染的重视。在这样的大背景下,于是一个崭新的概念——碳足迹因运而生。

碳足迹(Carbon Footprint)是在生态足迹概念的基础上提出的^[8-9],是对某种活动引起的(或某种产品生命周期内积累的)直接或间接的二氧化碳排放量的度量^[10]。区别于其他碳排放的研究,碳足迹是从生命周期的角度出发,破除了传统意义上的所谓“有烟囱才有污染”的旧而错误的观念。虽然已经有大量的学者在研究碳足迹,但对于“碳足迹”的准确定义,目前还没有统一,各国不同的研究学者根据各自的研究,有着不同的理解和认识。

BP(2007)^[11]中认为碳足迹是指人类日常活动过程中所排放的二氧化碳总量。ETAP(2007)^[12]中将碳足迹定义为人类活动过程中所排放的温室气体转化的二氧化碳等价物,来衡量人类对地球环境的影响。WRI/WB-CSD^[13]将碳足迹定义为三个层面:第一层面是来自机构自身的直接碳排放;第二层面将边界扩大到为该机构提供能源的部门的直接碳排放;第三层面包括供应链全生命周期的直接和间接碳排放。Carbon Trust(2007)^[14]定义碳足迹是衡量某一种产品在其全生命周期中(原材料开采、加工、废弃产品的处理)所排放的二氧化碳以及其他温室气体转化的二氧化碳等价物。Wiedmann & Minx(2007)^[15]认为碳足迹一方面为某一产品或服务系统在其全生命周期中所排放的二氧化碳总量;另一方面为某一活动过程中所直接和间接排放的二氧化碳总量,活动的主体包括个人、组织、政府以及工业部门等。从上面所述的碳足迹各种定义可以看出,目前绝大多数学者对碳足迹的定义仅局限于二氧化碳的排放量,并没有对其他气体给环境带来的影响给予足够的重视。然而大量的研究表明^[14,16],尽管CH₄、NO_x等温室气体排放量相对较小,但其对气候变化有着不可忽视的负面影响。

从供应链角度,Benjaafar^[17]率先将碳排放因素纳入到供应链管理系统中,建立了严格的排放限额模型、碳税限额模型与交易模型以及碳抵消模型。Hon Loong Lam等(2009)^[18]构建了顶级低碳足迹的供应链网络和供应链集群优化算法合成的网络图模型,对供应链的低碳性表现进行了研究分析。Flavio Manenti等(2010)^[19]对低碳绿色供应链的流程管理进行了研究分析,提出了以环境协调发展

和碳足迹为表现形式的评价指标体系。

在碳足迹核算方面，为了计算产品或活动在其整个生命周期内的碳足迹，现有的文献主要采用了三种不同但却相关的核算方法，分别是投入产出法、生命周期评价法和混合生命周期评价法^[20]。投入产出分析法以整个经济系统为边界，核算时所需的人力、物力资源较少，适合于宏观系统的碳足迹核算^[21]。生命周期评价法分析的结果具有针对性，适用于微观系统，但是该方法存在边界界定的问题，同时所需的人力、物力资源较大^[22]。混合生命周期评价法整合了前两种方法的优点，是当前碳足迹核算研究的热点。

随着国际社会对环境问题日益密切的关注，碳排放权的交易也越来越多的受到关注。在一个确定的核算体系中核算出碳排放总量之后，就需要进行碳交易来对碳排放量多的企业进行惩罚，对碳排放量少或降碳的企业进行奖励等。碳排放权的交易是一种以市场为导向的环境经济政策和经济刺激手段，一个设计优良的碳排放权交易体系将对环境保护做出极大的贡献：碳排放权卖方由于实现超额减排而可将剩余的碳排放权在市场上进行出售，因此而获得的回报，实质上是市场对那些有利于环境保护的企业的外部性补偿；同时，碳排放超标的企业必须通过市场上碳排放权交易来购买超额碳排放权，其支出的费用实质上是为外部不经济而付出的代价^[23]。世界银行的统计数据显示，2006年至2008年的碳交易量平均增长率超过320%，2008年碳交易总额达48亿吨，全球碳交易市场规模达到1260亿美元，而2004年还不到10亿美元的规模，四年内增长了100余倍。尽管2009年的全球GDP下降了0.6%，发达国家的GDP更是下降了3.2%，但碳交易市场仍然显示出了强劲的趋势，交易市值达1437亿美元，增长了6%，成交了87亿吨二氧化碳当量。

1.2.2 多目标采购决策研究现状

1.2.2.1 国外研究现状

由于多目标采购决策不是只考虑采购的总成本等单一的采购目标，而是在多种约束条件下，企业需要综合考虑多个目标，以达到综合最优的采购决策，因此数学函数规划成为了主要的研究方法。早在1974年，Gaballa^[24]在考虑供应商的供货能力及采购数量折扣约束的情况下，以采购的总成本最小为目标，采用混合

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库