

Coordination Mechanism for Three-Stage Green Supply Chain of Wood-Based Panel in the Presence of Strategic Consumer's Behavior

Zhisong Chen^{1,2,3}

¹Business School, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

²Dare Technology Co., Ltd., Zhenjiang Jiangsu

³Jiangsu Private Economic Decision Research Base, Nanjing Jiangsu

Email: zhisongchen@gmail.com

Received: Mar. 10th, 2016; accepted: Mar. 27th, 2016; published: Mar. 30th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Currently, China's wood-based-panel (WBP) industry is faced with backward overcapacity, waste of resources, environmental pollution, with slow growth of downstream product demand and relative shortage of upstream branch-wood supply. Obviously, the development of the upstream does not match with the downstream in the WBP supply chain, and lack of efficient cooperation and coordination. Besides, strategic consumer's behavior has an important impact on the coordination decision for the upstream and downstream of WBP enterprises. Considering the practice of WBP industry, WBP three-stage green supply chain system with one branch-wood supplier, one WBP manufacturer and one WBP processor is defined; further, under the policy guidance of value-added tax refund and environmental tax collection, the coordination models of WBP three-stage green supply chain and traditional WBP three-stage supply chain, considering the strategic consumer's behavior, are respectively built via revenue sharing-cost allocation contract, finally, the comparative numerical analysis is carried out. The results show that: 1) The policy of value-added tax refund with threshold and environmental tax collection makes WBP enterprises have economical motivation to implement green supply chain improvement, improving the efficiency of resources and energy, and improving the overall performance and competitiveness. 2) No matter under the perspective of traditional WBP supply chain or under the perspective of WBP green supply chain, revenue sharing-cost allocation contract can achieve coordination operations of WBP three-stage green supply chain, considering strategic consumer's behavior; besides, the optimal profits of WBP supply chain and its members under the perspective of green supply chain are higher than that under the perspective of traditional supply chain. WBP supply chain and its members have economic incentives to implement green supply chain improvements. 3) The pro-

motion price of laminate flooring products affects the decision-making and operational performance of WBP green supply chain, to make a low promotional price is beneficial for improving the performance of WBP green supply chain and its members. 4) Self-construction of the economic forest farm and the choice of economical branch-wood can effectively guarantee the branch-wood supply, enhancing technology development and process improvement can effectively promote the recovery and recycling of resource and energy, which is beneficial for improving the operational performance of the whole WBP supply chain.

Keywords

Strategic Consumer's Behavior, Wood-Based Panel, Three-Stage Green Supply Chain, Coordination

考虑战略顾客行为的人造板三级绿色供应链协调研究

陈志松^{1,2,3}

¹南京师范大学商学院, 江苏 南京

²大亚科技股份有限公司, 江苏 镇江

³江苏省民营经济决策研究基地, 江苏 南京

Email: zhisongchen@gmail.com

收稿日期: 2016年3月10日; 录用日期: 2016年3月27日; 发布日期: 2016年3月30日

摘 要

当前, 我国人造板产业落后产能过剩, 资源浪费和环境污染严重, 上下游企业之间缺乏有效的合作和协调机制, 同时, 战略顾客行为对于人造板上下游企业的协调运营决策有着重要的影响。本文结合我国人造板产业实际, 界定了人造板三级绿色供应链系统; 在增值税即征即退和环境税政策引导下, 分别构建了战略顾客行为下的人造板三级绿色供应链收益分享-成本分担契约协调模型和传统人造板绿色供应链收益分享-成本分担契约协调模型, 并进行了对比数值分析。研究表明: 1) 有“门槛”的增值税即征即退补贴的政策以及征收环境税的政策, 使得人造板企业有经济动因积极开展绿色供应链管理改进, 提高资源能源利用率, 提高企业综合运营绩效和竞争能力。2) 无论是传统人造板供应链视角还是人造板绿色供应链视角, 收益分享-成本分担契约均可以实现战略顾客行为下人造板三级绿色供应链协调运营, 且绿色供应链视角下的人造板供应链及其成员最优利润高于传统供应链视角, 人造板供应链及其成员有经济动因实施绿色供应链管理改进。3) 强化地板产品促销价格的高低影响到人造板绿色供应链的优化决策和运营绩效, 制定一个较低的促销价格, 有利于提高人造板绿色供应链及其成员的绩效。4) 通过自建经济林场、选用经济型枝桠材等措施有效保障枝桠材供应, 强化技术研发和工艺流程改进, 促进资源能源回收和循环利用, 有助于提高人造板绿色供应链的运营绩效。

关键词

战略顾客行为, 人造板, 三级绿色供应链, 协调

1. 引言

在全球气候变化大背景下，世界各国开始寻求经济增长模式的全面转变，走节约型的可持续发展道路，大力提倡低碳经济、循环经济。人造板的制造和利用，有着成本低廉、用之不竭、环保经济、坚固耐用等无可比拟的显著竞争优势，已经成为家居、地板、橱柜、包装等领域必备的基础材料。人造板，以森林三剩物(采伐、造材、加工过程中的剩余物，包括枝桠材、小径材等)或其他非木材植物(农作物秸秆、蔗渣等)为原料，经一定机械加工分离成各种单元材料后，施加或不施加胶粘剂和其他添加剂胶合而成的板材或模压制品。人造板主要包括纤维板、胶合板和刨花板等三大类产品，其延伸产品和深加工产品达上百种。人造板的生产和使用，大大提高了木材资源的综合利用率，1立方米人造板可代替3~5立方米原木使用，节约了大量的原木、减少了对森林的砍伐，契合了低碳经济和循环经济的理念。

在欧美经济疲弱、国内房地产调控以及要素成本不断上涨等多重因素作用下，作为世界人造板生产、消费、进口贸易的第一大国，我国人造板行业遭受到严峻挑战，产能扩张与亏损现象并存。据国家统计局和行业统计数据，我国人造板产量从2005年的5322.83万立方米增长至2014年的30,212.33万立方米，增长了5倍；2013年，我国人造板企业亏损比例达到了7%。由于我国针对人造板产业制定了增值税即征即退的政策，在环保法的执行上没有受过处罚、得到省级以上质检产业合格证的检测报告、所用原材料为森林三剩物和次小薪材的企业可以获得增值税即征即退的补贴，该政策的门槛相对来说并不高，因此，不少民间资本涌入人造板行业追逐利润，引发产能高速增长。而这种高速增长的产能中，有相当一部分属于高污染、高浪费、高成本的落后产能，中国林产工业协会副会长钱小瑜指出：“目前，我国人造板行业有近40%的落后产能生产线亟需更新换代”[1]。部分人造板企业存在较严重的资源浪费和环境污染等问题，与循环经济理念背道而驰，是不可持续的发展方式，亟需淘汰落后产能，提高产品质量，提升资源综合利用率，减少环境污染，促进产业转型升级，实施人造板绿色供应链管理；相比于人造板产能的高速增长，人造板下游地板、家具等相关加工产品需求增长较慢，上游枝桠材供给相对不足，人造板企业与其上下游的发展不匹配，人造板供应链参与主体片面追求各自利益最大化，上下游缺乏有效的沟通与协调；同样由于人造板及其加工产品(如强化地板等)供给过剩，地板制造商通常会采取销售季-促销季两阶段定价销售策略，即销售季以正常价格销售新款的强化地板、促销季以较低的促销价格清仓强化地板产品，以及时消化多余库存、加速资金周转，面对两阶段销售策略，终端顾客在进行人造板加工产品购买决策时，可能会选择在销售季立即购买或考虑等待促销季产品降价时再购买，该决策取决于客户对未来价格和库存的预期，以实现效用最大化，这种购买行为一般被称之为战略顾客行为。显然，战略顾客行为对于人造板供应链运营管理有着重要影响。

由于绿色供应链管理具有兼顾运作绩效、资源效率和环境影响的优势，为解决人造板行业效率低下、资源浪费、环境污染和缺乏合作与协调问题提供了合适的视角，为人造板产业构建长效的绿色运营管理及其协调机制提供了合适的思路。同时人造板企业也有强大的外在压力和积极的内在动力实施绿色供应链管理：① 根据人造板产业相关行业清洁生产标准指标要求及其他绿色要求，人造板企业要达到清洁生产相应等级，需要在资源能源利用指标(绝干木材量、综合能耗)、产品指标(产品质量合格率、甲醛释放量)、污染物产生指标(作业环境空气中甲醛质量浓度和木粉尘质量浓度、作业环境噪声)、废物回收利用指标(废水综合利用率、工艺废渣综合利用率)和环境管理要求方面达到相应的标准；② 人造板企业要享受增值税即征即退优惠政策，必须要满足如下环保条件：在环保法的执行上没有受过处罚、得到省级以上质检产业合格证的检测报告、所用原材料为森林三剩物和次小薪材；③ 人造板产品以森林三剩物等为原料加工而成的板材，大大提高了木材资源的综合利用率，节约了大量的原木、减少了对森林的砍伐，契合了低碳经济和循环经济的理念，人造板供应链运营管理的各个环节应当考虑资源效率和环境影响因

素；④ 当前终端顾客越来越重视产品的环境友好特性和工艺的绿色环保特性，具有较强的环保偏好，希望人造板企业能够提供更加绿色环保的人造板产品；⑤ 人造板供应链运营主体也有自发的社会责任意识，实施原材料绿色采购、人造板绿色制造、人造板绿色加工和销售及全产业链绿色物流，提升资源综合利用效率、降低环境负影响，为终端顾客提供更加绿色环保的人造板产品；⑥ 提供绿色环保的人造板产品、提升环境管理能力和提高资源综合利用效率，使得人造板供应链运营不仅能够获得经济绩效，而且能够获得环保绩效。因此，有必要也有可能从绿色供应链管理视角探讨人造板绿色产业链管理及其上下游协调机制，考虑战略顾客行为的影响。本文试图构建战略顾客行为下的人造板三级绿色供应链协调机制，探讨战略顾客行为的影响。

2. 文献回顾

绿色供应链管理是一种全面和系统的综合考虑环境影响和资源效率的供应链运营管理模式，它以绿色制造理论和供应链管理技术为基础，涉及供应商、生产厂、销售商和用户，其目的是使得产品从物料获取、加工、包装、仓储、运输、使用到报废处理的整个过程中，对环境的影响(负作用)最小，资源效率最高。国内外的专家学者对绿色供应链协调博弈模型进行了深入研究。比如 Sheu 等(2011, 2012)研究了政府金融干预下的竞争性绿色供应链讨价还价框架和政府金融干预对绿色供应链竞争的影响[2] [3]；Zhang 等(2013)研究了非合作博弈下的三层绿色供应链的协调机制[4]；Al-e-hashem 等(2013)构建了考虑柔性提前期、非线性购买和短缺成本的绿色供应链随机总生产计划模型[5]；朱庆华等(2011)建立了绿色供应链管理中考虑产品绿色度和政府补贴分析的三阶段博弈模型[6]。

但现有的文献中关于人造板绿色供应链管理的研究较少，陈志松(2015)构建了增值税即征即退和环境税政策引导下人造板绿色供应链的质量竞争、合作与协调模型，进行了对比数值分析，并探讨了人造板供应链管理启示和政策建议[7]。王源渊等(2010, 2011)基于绿色供应链管理理论构建了适合我国人造板企业的循环物流运作模式，并探究了人造板产业实施绿色供应链管理的动因，构建了人造板绿色供应链运作过程模型，设计了人造板绿色供应链的绿色度评价指标体系[8] [9]。除此以外，也有学者对木制品供应链进行了相关研究，如 Siry 等(2006)深入研究了美国南部、加拿大西部、巴西、瑞典和澳大利亚等主要木材生产区域的木材供应链的纤维可用性和成本对于工业盈利能力的影响[10]；Espinoza 等(2010)使用案例研究方法对木制品供应链的质量指标进行了深入研究，研究表明，扩大设施的持续改进的努力使得核心企业实现高度的内部整合，供应商的质量管理是实现外部整合的关键，供应链上任何一点的低质量会影响到客户满意、利润减少和下游节点的高成本，最终使得整个供应链系统竞争力下降[11]；Espinoza 等(2010)运用五步法构建了木制品供应链的绩效指标体系，为供应链合作伙伴之间的协作和有效的项目改进提供信息[12]；张智光(2009, 2011)从绿色供应链角度研究了探讨林纸一体化系统的结构、特性及其绿色共生机制[13] [14]；张智光(2012)构建了林业绿色供应链的共生关系椭圆轨道模型、多层次结构模型、“三链”共生循环结构模型、5R 循环经济结构模型和 Multi-Agent 运行机制模型[15]；席正(2010)通过问卷调查和实地调研分析了木制品供应链管理的存在问题，并运用数学建模构建了最佳的木制品物流和供应链管理方案[16]；宋雨屏(2012)运用木地板供应链物流网络的概念模型分析了湖南省木地板供应链物流网络的结构、主要运营模式以及链上成员之间的关系，并构建了基于成本最优的木地板供应链物流网络优化模型[17]；汪潘进(2012)构建了基于层次分析法的供应链环境下的木制品企业成品库存管理绩效评体系[18]。

关于战略顾客行为下的供应链协调与运作绩效研究，主要是分析了不同情境下考虑战略顾客行为的供应链协调及其运作绩效问题，研究发现数量或价格承诺契约、回购契约、收益共享契约和数量折扣契约可以有效实现供应链协调和运作绩效改善。Su 等(2008)构建了面向战略顾客行为的供应链 Newsvendor

模型, 研究发现战略顾客行为下理性期望均衡库存水平低于无战略顾客的情形, 通过非直接的数量或价格承诺的契约安排可以有效改善供应链利润[19]。李娟等(2007)分析了战略顾客行为对于供应链系统绩效的影响, 研究表明依赖于集中决策下最优订购量的回购契约能够有效实现供应链协调, 零售商是否接受该契约依赖于战略顾客行为及其对于促销产品的接受程度[20]。黄松等(2012)研究了战略顾客行为下供应链的运作绩效, 研究发现理性期望均衡下的供应链利润小于标准 Newsvendor 情形, 战略顾客行为的存在对零售商可能有利, 同时也探讨了利用收益共享契约和数量折扣契约可以实现供应链的协调[21]。

可见, 现有的文献关于战略顾客行为下人造板绿色供应链管理和人造板绿色供应链协调的研究还很不足。因此, 本文试图构建战略顾客行为下人造板三级绿色供应链协调模型, 并与战略顾客行为下传统人造板三级供应链协调模型进行对比数值分析, 探讨相关的管理启示和政策建议, 从而为人造板产业的转型升级和优化运营提供理论支撑和技术支持, 为相关部门的政策制定和调整提供决策参考。

3. 人造板三级绿色供应链界定及模型假设

我们考虑一个由枝桠材供应商、人造板制造商和强化地板制造商组成的人造板三级供应链系统, 在该系统中, 枝桠材供应商从各种渠道收集和采购枝桠材, 人造板制造商向枝桠材供应商采购枝桠材, 通过经过剥皮切片、水洗热磨、施胶干燥、分选铺装、热压成型、砂光切割等环保工艺流程将枝桠材加工成人造板产品, 并将产品销售给强化地板生产商, 强化地板生产商以人造板产品作为基材, 添加耐磨层、装饰层和平衡层, 经铺装、热压成型加工成强化地板, 并将强化地板产品销往终端市场。为激励人造板供应链企业积极推行清洁生产和绿色供应链管理改进, 设定政府对于人造板生产过程中的单位废弃物征收适当的环境税, 对于实施绿色供应链管理改进、并达到相应标准的人造板企业给予增值税即征即退的优惠政策, 而对于未采取绿色供应链管理改进的企业仍需征收增值税。在该政府干预政策下, 人造板供应链企业有压力和经济动因实施绿色供应链管理评估和改进, 通过热能中心除尘器出灰螺旋节电改造、生产线不停机换板、采用新型磨片技术、造板连续生产线产能提升、废纤维风机节能改造、ESB 上料系统改造和过小木片输送系统改造等工艺流程改造项目, 变废为宝, 提高资源能源综合利用率, 一方面, 减少了资源能源消耗, 有效地降低了产品成本, 提高了综合绩效和产品竞争力; 另一方面, 节约了大量木材资源、水资源和电力能源等, 极大的减少了“三废”排放, 产生了明显的经济效益、社会效益和环境效益。人造板生产过程中的废弃物主要包括工艺废渣、废水和大气污染物。人造板生产过程中的工艺废渣主要包括树皮、过小木片、砂光粉、锯屑等, 工艺废渣绝大部分回收用于热能中心的燃料, 多余部分过小木片、砂光粉等出售给相关企业, 用于燃料和造纸原料。废水主要包括木片蒸煮后经喂料螺旋后的挤压水及调胶部分的少量冲洗水, 所有废水均收集至污水处理站进行处理后循环利用, 大部分水以水蒸汽形式经纤维干燥系统和凉水塔排放至空气中, 污水回用于木片清洗。生产用水主要用于热能中心产生蒸汽及制胶车间、空压站和冷冻机组循环冷却, 热能中心的蒸汽用于加热, 冷凝水循环至热能中心。大气污染物主要包括热能中心产生的烟气、生产性粉尘和工艺废气(热能中心使用燃料为树皮、锯屑、砂光粉等工艺废渣, 而不使用煤、油等燃料), 燃烧过程中产生的高温烟气, 经多管旋风除尘后进入生产线用于烘干设备, 既减少了原来筛选所产生的各种废料, 又回收用于热能, 并大大降低了燃料消耗; 采取高效袋式除尘器, 将收下的木粉尘用气流输送至热能中心作燃料, 热压机、调胶机、凉板机等设备易产生无组织排放的工艺废气, 采取在设备上方设置排气罩、用风机强制通风排气等措施, 从而实现废气达标排放。如图 1 所示为人造板三级绿色供应链示意图。

为建模需要, 本文设定如下参数: 单位枝桠材成本为 c , 单位枝桠材批发价为 w_s , 人造板产品单位加工成本为 c_0 , 人造板单位产品售价为 w , 人造板单位产品物流成本为 c_l , 强化地板单位产品加工成本及安装成本为 c_d , 强化地板单位产品售价为 p , 单位强化地板的安装服务收益为 $\eta_m p$ ($0 < \eta_m < 1$), 强

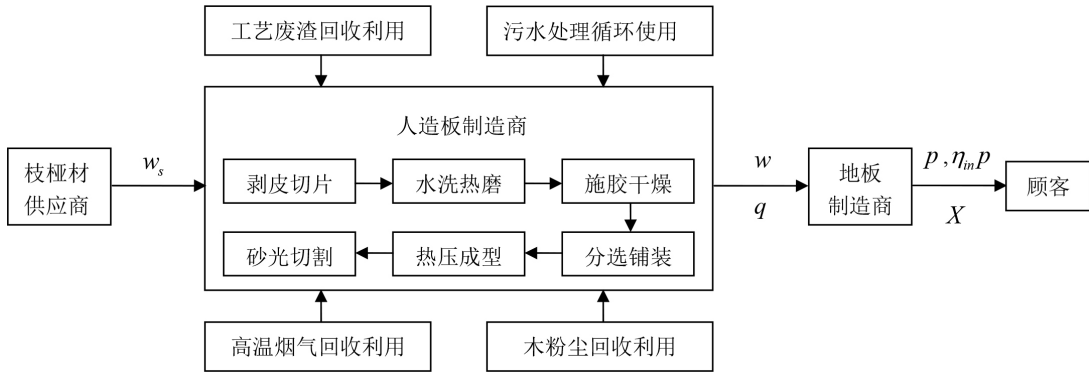


Figure 1. Three level green supply chain
图 1. 人造板三级绿色供应链

化地板产品库存促销价格为 ηp ($0 < \eta < 1$)；我们假设强化地板产品需求函数为随机变量 X ，并服从某种分布，其累计分布函数(CDF)和概率密度函数(PDF)分别为 $F(\cdot)$ 和 $f(\cdot)$ ，其均值和方差分别为 μ 和 σ ， q 为人造板的订购量， ℓ 为单位人造板的强化地板产出比率。人造板绿色供应链管理的参数包括：单位枝桠材的过小木片产出率为 κ_s ，过小木片的销售收益为 r_s ；单位枝桠材的树皮产出率为 κ_t ，树皮用于销售或用于燃料带来的经济效益为 r_t ；单位人造板的锯屑粉和砂光粉产出率为 κ_p ，锯屑粉和砂光粉用于销售或用于燃料带来的经济效益为 r_p ；单位人造板的其他工艺废渣产出率为 κ_w ，锯屑粉和砂光粉用于燃料带来的经济效益为 r_w ；单位枝桠材的废水产出比率为 ϑ ，废水循环利用带来的经济效益及处理成本分别为 r_g 和 c_g ；单位枝桠材的木粉尘及高温烟气等大气污染物产出比率为 ν ，大气污染物回收利用带来的经济效益及处理成本分别为 r_v 和 c_v ；人造板平均密度为 ρ ，则可以定义单位枝桠材的绿色供应链管理改进效益为 $r \equiv r_s \kappa_s + r_t \kappa_t + r_p \kappa_p \rho / \lambda + r_w \kappa_w \rho / \lambda + (r_g - c_g) \vartheta + (r_v - c_v) \nu$ ，单位人造板的木材消耗量为 λ ，政府对单位人造板产品生产过程中的单位废弃物征收环境税为 t ，绿色供应链改造减少的人造板单位产品加工成本 c_0^r ，实施人造板绿色供应链管理改造的成本为 c_{imp} 。本文的决策变量为：单位枝桠材批发价 w_s ，人造板单位产品售价 w ，强化地板单位产品售价 p ，人造板产品的订购量 q ，人造板供应链收益分享 - 成本分担比例分别为 ϕ 和 φ 。本文尝试在政策引导下，构建顾客行为下的人造板三级绿色供应链的收益分享 - 成本分担协调决策模型。

4. 战略顾客行为下人造板三级绿色供应链收益分享 - 成本分担协调决策分析

4.1. 人造板三级绿色供应链收益分享 - 成本分担协调模型

一般地，分散博弈决策下无法实现供应链全局绩效最优，建立契约协调机制有利于供应链绩效的帕累托改进。本文引入一种收益分享 - 成本分担契约，构建人造板三级绿色供应链协调决策机制：枝桠材供应商以低于其成本的批发价向人造板制造商供应枝桠材，人造板制造商将销售收益及绿色供应链管理改造成本 c_{imp} 以 $1 - \phi$ 的比例分享(或分担)给枝桠材供应商；人造板制造商以低于其成本的批发价向强化地板制造商供应人造板，强化地板制造商将销售收益、物流成本及促销收益以 $1 - \varphi$ 的比例分享(或分担)给人造板制造商，从而实现人造板绿色供应链及其成员的绩效改善。令 $c_t \equiv (c_0 - c_0^r) - \lambda(r - t)$ ，则有收益分享 - 成本分担契约下的强化地板制造商、人造板制造商、枝桠材供应商的期望利润函数分别为：

$$\begin{aligned} \Pi_F(q) = & \int_0^{\ell q} [\phi(p + \eta_m p)x + \phi(\eta p + \eta_m p)(\ell q - x)] f(x) dx \\ & + \int_{\ell q}^{+\infty} \phi(p + \eta_m p) \ell q f(x) dx - wq - \phi c_t q - \phi c_d \ell q \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}\Pi_p(q) &= (\varphi w - c_i - \lambda w_s)q - \varphi c_{imp} \\ &\quad + \varphi(1-\phi) \int_0^{\ell q} [(p + \eta_{in}p)x + (\eta p + \eta_{in}p)(\ell q - x)] f(x) dx \\ &\quad + \varphi(1-\phi) \int_{\ell q}^{+\infty} (p + \eta_{in}p) \ell q f(x) dx - \varphi(1-\phi)(c_i q + c_d \ell q)\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}\Pi_s(q) &= (w_s - c) \lambda q + (1-\varphi)wq - (1-\varphi)c_{imp} \\ &\quad + (1-\varphi)(1-\phi) \int_0^{\ell q} [(p + \eta_{in}p)x + (\eta p + \eta_{in}p)(\ell q - x)] f(x) dx \\ &\quad + (1-\varphi)(1-\phi) \int_{\ell q}^{+\infty} [(p + \eta_{in}p) \ell q] f(x) dx - (1-\varphi)(1-\phi)(c_i q + c_d \ell q)\end{aligned}\quad (3)$$

则有人造板三级绿色供应链的期望利润函数为：

$$\begin{aligned}\Pi_{sc}(q) &= \int_0^{\ell q} [(p + \eta_{in}p)x + (\eta p + \eta_{in}p)(\ell q - x)] f(x) dx \\ &\quad + \int_{\ell q}^{+\infty} (p + \eta_{in}p) \ell q f(x) dx - c_i q - c \lambda q - c_i q - c_d \ell q - c_{imp}\end{aligned}\quad (4)$$

分别求解收益分享 - 成本分担契约下强化地板制造商期望利润函数关于人造板订购量 q 的一阶条件和二阶导数，则有强化地板制造商的最优人造板订购量满足：

$$F(\ell q_F^c) = \frac{\phi[(1 + \eta_{in})\ell p - \ell c_d] - \phi c_i - w}{\phi(1-\eta)\ell p}\quad (5)$$

分别求解收益分享 - 成本分担契约下人造板制造商期望利润函数关于人造板产量 q 的一阶条件和二阶导数，则有强化地板制造商的最优人造板产量满足：

$$F(\ell q_P^c) = \frac{\varphi(1-\phi)[(1 + \eta_{in})\ell p - \ell c_d - c_i] + (\varphi w - c_i - \lambda w_s)}{\varphi(1-\phi)(1-\eta)\ell p}\quad (6)$$

分别求解人造板三级绿色供应链期望利润函数关于人造板产量 q 的一阶条件和二阶导数，则有人造板三级绿色供应链的最优人造板产量满足：

$$F(\ell q_{SC}^c) = \frac{(1 + \eta_{in})\ell p - \ell c_d - c_i - c_l - \lambda c}{(1-\eta)\ell p}\quad (7)$$

为了使得整个人造板三级绿色供应链实现全局协调，强化地板生产商与人造板制造商的人造板产品订购量(生产量)应该相等，且与人造板绿色供应链整体的最优订购量一致，即 $q_F^c = q_P^c = q_{SC}^c$ ，则满足 $F(\ell q_F^c) = F(\ell q_P^c) = F(\ell q_{SC}^c)$ ，则有收益分享 - 成本分担契约下人造板绿色供应链协调批发价分别为：

$$w^c = \phi(c_i + \lambda c)\quad (8)$$

$$w_s^c = \varphi c - (1-\varphi)\frac{c_i}{\lambda}\quad (9)$$

4.2. 战略顾客行为下人造板三级绿色供应链收益分享 - 成本分担协调模型

假定在正常销售季，产品零售价为 p ，在促销季，产品促销价格为 ηp ；假设在正常销售季战略顾客的保留价格(reservation price)为 r ，强化地板制造商无法观测到该变量，但可以对战略顾客保留价格 r 形成估计值 ξ_r ；战略顾客消费单位产品可获得效用为 u ，且满足 $p \leq r < u$ ，即实际销售价格必须小于战略顾客保留价格和可获得的效用。在本模型中，强化地板制造商制定零售价 p 和人造板订购量 q ，战略顾客可以观测到终端零售价 p ，但不能观测到订购量 q 。战略顾客对促销季仍有多余产品销售(即库存盈余)的概率估计为 $\xi_{available}$ ，该变量依赖于人造板订购量 q 。关键决策顺序如下：首先，强化地板制造商对于

战略顾客愿意支付的价格形成估计值 ξ_r ，并制定最优的终端零售价 p 和人造板订购量 q ；其次，战略客户形成对库存盈余的概率估计 $\xi_{\text{available}}$ ，并形成自己的保留价格 r ；再次，在随机需求 X 下强化地板产品以零售价 p 进行销售；最终，所有的剩余产品在促销季以促销价格 ηp 进行销售。

依据 Su 等(2008)的研究，战略顾客最大化期望剩余价值可由下面的公式(10)表达：

$$\max \left\{ u - (1 + \eta_{in}) p, \left[u - (\eta + \eta_{in}) p \right] \xi_{\text{available}} \right\} \quad (10)$$

(3)式第一项表示战略顾客在正常销售季以价格 p 立即购买单位产品获得的剩余价值，第二项表示战略顾客在促销季以促销价 s 延迟购买单位产品获得的期望剩余价值。

当且仅当 $u - (1 + \eta_{in}) p \geq \left[u - (\eta + \eta_{in}) p \right] \xi_{\text{available}}$ 时，战略顾客才会在正常销售季以价格 p 立即购买产品；也即，给定期望概率 $\xi_{\text{available}}$ ，且满足 $p \leq r < u$ ，战略顾客希望是在正常销售季以最小的保留价格 r 立即购买到产品，即战略顾客在正常销售季的单位产品保留价格为：

$$r(\xi_{\text{available}}) = \frac{u - \left[u - (\eta + \eta_{in}) p \right] \xi_{\text{available}}}{1 + \eta_{in}} \quad (11)$$

我们假设同质型战略顾客相互之间会共享期望概率 $\xi_{\text{available}}$ 和保留价格 r 的信息，并且战略顾客是风险中立的。显然，在强化地板制造商估计了战略顾客的期望保留价格 ξ_r 之后，会选择这样的定价和订购策略： $p = \xi_r$ ， $q(p) = \arg \max_q \Pi(q, p)$ 。根据 Su(2008)给出的理性期望均衡(REE, Rational Expectations Equilibrium)的定义，在满足如下条件时可以实现理性期望均衡(REE)：

$$(i) \quad r(\xi_{\text{available}}) = \frac{u - \left[u - (\eta + \eta_{in}) p \right] \xi_{\text{available}}}{1 + \eta_{in}} ;$$

$$(ii) \quad p = \xi_r ;$$

$$(iii) \quad q = \arg \max_q \Pi_{SPF}(q, p) ;$$

$$(iv) \quad \xi_{\text{available}} = F(\ell q) ;$$

$$(v) \quad \xi_r = r .$$

条件(i) (ii) (iii)表明强化地板制造商和战略顾客会选择效用最大化的决策；条件(iv)意味着战略顾客在促销季以促销价 s 购买到剩余产品的概率 $F(q)$ 应该与概率估计 $\xi_{\text{available}}$ 相一致；条件(v)意味着强化地板制造商对战略顾客的保留价格估计值 ξ_r 应该与战略顾客的保留价格 r 相一致。

上述理性期望均衡(REE)条件可以简化为如下形式：

$$p = \frac{u - \left[u - (\eta + \eta_{in}) p \right] F(\ell q)}{1 + \eta_{in}} \quad (12)$$

$$q = \arg \max_q \Pi(q, p) \quad (13)$$

结合前述集中供应链优化决策分析，则由(12)和(13)式，有如下关系式成立：

$$\frac{u - (1 + \eta_{in}) p}{u - (\eta + \eta_{in}) p} = \frac{(1 + \eta_{in}) \ell p - \ell c_d - c_i - c_l - \lambda c}{(1 - \eta) \ell p} \quad (14)$$

则有战略顾客行为下的集中供应链理性期望均衡(REE)零售价及订购量满足如下表达式：

$$p_c^R = \begin{cases} \frac{2u(\ell c_d + c_i + c_l + \lambda c)}{(1 + \eta_{in})(\ell u + \ell c_d + c_i + c_l + \lambda c)}, & \text{if } \eta = \frac{1 - \eta_{in}}{2} \\ \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A}, & \text{if } \eta \neq \frac{1 - \eta_{in}}{2} \end{cases} \quad (15)$$

其中， $A = \left[(1-\eta)^2 - (\eta + \eta_{in})^2 \right] \ell$ ， $B = (\eta + \eta_{in})(\ell u + \ell c_d + c_t + c_l + \lambda c)$ ， $C = -u(\ell c_d + c_t + c_l + \lambda c)$ ， $\Delta = B^2 - 4AC$ ， $c_t \equiv (c_0 - c_0^r) - \lambda(r - t)$ 。

则有战略顾客行为下人造板三级绿色供应链的最优人造板产量满足：

$$F(\ell q_{SC}^c) = \frac{(1 + \eta_{in}) \ell p_c^R - \ell c_d - c_t - c_l - \lambda c}{(1 - \eta) \ell p_c^R} \quad (16)$$

则有战略顾客行为下的强化地板制造商、人造板制造商、枝桠材供应商和人造板三级绿色供应链的最优利润分别为：

$$\Pi_F^c = \phi(\Pi_{SC}^c + c_{imp}) \quad (17)$$

$$\Pi_P^c = \varphi \left[(1 - \phi) \Pi_{SC}^c - \phi c_{imp} \right] \quad (18)$$

$$\Pi_S^c = (1 - \varphi) \left[(1 - \phi) \Pi_{SC}^c - \phi c_{imp} \right] \quad (19)$$

$$\Pi_{SC}^c = \left[(1 + \eta_{in}) \ell p_c^R - \ell c_d - c_t - c_l - \lambda c \right] q_{SC}^c - (1 - \eta) p_c^R \Lambda(q_{SC}^c) - c_{imp} \quad (20)$$

战略顾客群体的最优效用为：

$$U_C^c = \left[u - (1 + \eta_{in}) p_c^R \right] \ell q_{SC}^c + (1 - \eta) p_c^R \Lambda(q_{SC}^c) \quad (21)$$

其中， $\Lambda(q_{SC}^c) = \int_0^{\ell q_{SC}^c} (\ell q_{SC}^c - x) f(x) dx$

4.3. 战略顾客行为下传统人造板三级供应链收益分享 - 成本分担协调决策分析

由于传统人造板供应链未实施绿色供应链管理改进，因此，传统人造板供应链情境下， $c_0^r = 0$ ， $r = 0$ ， $c_{imp} = 0$ 。政府对未采取绿色供应链管理的人造板产业征收的增值税率为 $t_a = 17\%$ 。

收益分享 - 成本分担契约下人造板供应链协调批发价分别为：

$$w^c = \phi(c_0 + \lambda t + \lambda c) \quad (22)$$

$$w_s^c = \varphi c - (1 - \varphi) \left(\frac{c_0}{\lambda} + t \right) \quad (23)$$

战略顾客行为下的集中供应链理性期望均衡(REE)零售价及订购量满足如下表达式：

$$p_c^R = \begin{cases} \frac{2u(\ell c_d + c_0 + \lambda t + c_l + \lambda c)}{(1 + \eta_{in})(\ell u + \ell c_d + c_0 + \lambda t + c_l + \lambda c)}, & \text{if } \eta = \frac{1 - \eta_{in}}{2} \\ \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A}, & \text{if } \eta \neq \frac{1 - \eta_{in}}{2} \end{cases} \quad (24)$$

其中， $A = \left[(1-\eta)^2 - (\eta + \eta_{in})^2 \right] \ell$ ， $B = (\eta + \eta_{in})(\ell u + \ell c_d + c_0 + \lambda t + c_l + \lambda c)$ ， $C = -u(\ell c_d + c_0 + \lambda t + c_l + \lambda c)$ ， $\Delta = B^2 - 4AC$ 。

战略顾客行为下人造板三级供应链的最优人造板产量满足：

$$F(\ell q_{SC}^c) = \frac{(1 + \eta_{in}) \ell p_c^R - \ell c_d - c_0 - \lambda t - c_l - \lambda c}{(1 - \eta) \ell p_c^R} \quad (25)$$

战略顾客行为下的强化地板制造商、人造板制造商、枝桠材供应商和人造板三级供应链的最优利润分别为：

$$\Pi_F^c = \phi \Pi_{SC}^c \quad (26)$$

$$\Pi_p^c = \varphi(1-\phi)\Pi_{SC}^c \quad (27)$$

$$\Pi_s^c = (1-\varphi)(1-\phi)\Pi_{SC}^c \quad (28)$$

$$\Pi_{SC}^c = (1-t_a) \left\{ \left[(1+\eta_m) \ell p_c^R - \ell c_d - c_0 - \lambda t - c_l - \lambda c \right] q_{SC}^c - (1-\eta) p_c^R \Lambda(q_{SC}^c) \right\} \quad (29)$$

战略顾客群体的最优效用为：

$$U_C^c = \left[u - (1+\eta_m) p_c^R \right] \ell q_{SC}^c + (1-\eta) p_c^R \Lambda(q_{SC}^c) \quad (30)$$

其中， $\Lambda(q_{SC}^c) = \int_0^{q_{SC}^c} (\ell q_{SC}^c - x) f(x) dx$ 。

5. 数值分析

某人造板三级供应链由枝桠材供应商、人造板制造商和强化地板制造商组成，单位枝桠材成本为 $c = 0.40$ 元/kg，人造板产品单位加工成本为 $c_0 = 938.28$ 元/m³，人造板单位产品物流成本为 $c_l = 100$ 元/m³，强化地板单位产品加工成本及安装成本为 $c_d = 250$ 元/m²，单位强化地板的安装服务收益占售价比率为 $\eta_m = 10\%$ ，单位强化地板与单位人造板的比率 $\ell = 100$ m⁻¹，单位人造板的木材消耗量 $\lambda = 1890$ kg/m³，人造板平均密度 $\rho = 850$ kg/m³；单位枝桠材的过小木片产出率为 $\kappa_s = 1\%$ ，过小木片的销售收益为 $r_s = 0.4$ 元/kg；树皮产出率为 $\kappa_t = 7\%$ ，单位枝桠材的树皮用于销售或用于燃料带来的经济效益为 $r_t = 1.0011$ 元/kg；单位人造板的锯屑粉和砂光粉产出率为 $\kappa_p = 9\%$ ，锯屑粉和砂光粉用于销售或用于燃料带来的经济效益为 $r_p = 3.8930$ 元/kg；单位人造板的其他工艺废渣产出率 $\kappa_w = 1\%$ ，锯屑粉和砂光粉用于燃料带来的经济效益为 $r_w = 3.8930$ 元/kg，单位枝桠材的废水产出比率为 $\vartheta = 0.001$ m³/kg，废水循环利用带来的经济效益及处理成本分别为 $r_g = 3.1$ 元/m³和 $c_g = 0.8$ 元/m³；单位枝桠材的木粉尘和高温烟气等大气污染物产出比率为 $\nu = 0.5\%$ ，大气污染物回收利用带来的经济效益及处理成本分别为 $r_v = 4.5$ 元/kg和 $c_v = 0.6$ 元/kg，则依据前述定义，有单位枝桠材的绿色供应链管理改进效益 $r = 0.271$ 元/kg，政府对单位人造板产品生产中废弃物征收的环境税 $t = 0.01$ 元/m³，政府对未采取绿色供应链管理的人造板产业征收的增值税率为 $\varphi = 17\%$ ，绿色供应链管理改造减少的人造板单位产品加工成本 $c_0' = 30.87$ 元/m³，实施人造板绿色供应链管理改造的成本为 $c_{imp} = 856000$ 元；人造板供应链收益分享 - 成本分担比例分别为 $\phi = 70\%$ 和 $\varphi = 70\%$ ；强化地板产品随机需求 X 服从正态分布，即 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ ，其均值和方差分别为 $\mu = 1000000$ 和 $\sigma = 50000$ 。政府对未采取绿色供应链管理的人造板产业征收的增值税率为 $t_a = 17\%$ 。单位强化地板产品的战略顾客效用为 $u = 1000$ 元/m²。本文的决策变量为：单位枝桠材批发价 w_s ，人造板单位产品售价 w ，强化地板单位产品售价 p ，人造板产品的订购量 q ，在战略顾客行为下，本节尝试分别从人造板绿色供应链和传统人造板供应链两个视角，考虑促销阶段强化地板折扣价比率 η 分别为0.50、0.45和0.40，运用 Matlab2010b进行对比数值计算和分析，计算结果如表1和表2所示。

综合前述战略顾客行为下人造板绿色供应链协调决策数值分析的研究结果表明：

1) 收益分享 - 成本分担契约下，绿色供应链视角下的人造板供应链及其成员最优利润高于传统供应链视角，绿色供应链视角下的战略顾客群体的最优效用高于传统供应链视角。

2) 无论是传统人造板供应链视角还是人造板绿色供应链视角下，强化地板产品的促销价格越高，强化地板产品的最优零售价反而越低；强化地板产品的促销价格越高，人造板最优的订购量越大；强化地板产品的促销价格越高，人造板三级绿色供应链及其成员最优利润越小；强化地板产品的促销价格越高，战略顾客群体的最优效用越大。

Table 1. The numerical analysis of the optimization and coordination of the three level green supply chain for the artificial board under the strategic customer behavior

表 1. 战略顾客行为下人造板三级绿色供应链优化与协调决策数值分析

η	p_c^R	w^c	w_s^c	q_{sc}^c	Π_{sc}^c	Π_F^c	Π_p^c	Π_s^c	U_c^c
0.50	366.22	819.08	0.21	10361.77	136470591.00	96128613.71	28239384.11	12102593.19	626645524.79
0.45	378.27	819.08	0.21	10317.52	149144684.50	105000479.20	30900943.75	13243261.61	610708822.88
0.40	389.64	819.08	0.21	10276.18	161045734.90	113331214.50	33400164.34	14314356.15	595759652.29

Table 2. The numerical analysis of the optimization and coordination of three echelon supply chain for the traditional artificial board under the strategy of customer's behavior

表 2. 战略顾客行为下传统人造板三级供应链优化与协调决策数值分析

η	p_c^R	w^c	w_s^c	q_{sc}^c	Π_{sc}^c	Π_F^c	Π_p^c	Π_s^c	U_c^c
0.50	372.45	1199.23	0.13	10353.44	115097885.20	80568519.67	24170555.90	10358809.67	619063416.09
0.45	384.43	1199.23	0.13	10309.24	125547182.60	87883027.79	26364908.34	11299246.43	603238569.80
0.40	395.71	1199.23	0.13	10267.98	135330257.30	94731180.08	28419354.02	12179723.15	588432600.32

6. 管理启示

从人造板产业供应链运营管理实务角度，研究给我们的启示主要包括：

1) 现有的政策引导主要是增值税的即征即退政策，该优惠政策对于鼓励人造板产业的发展和壮大起到了关键性的作用。针对当前人造板产业面临低端产能过剩、资源浪费和环境污染等问题，原有的增值税即征即退优惠政策的“门槛”宜进一步提高，比如要求必须达到清洁生产、循环经济等相关行业标准才可以享受增值税即征即退优惠；同时，建议相关部门考虑和研究开征环境税，促使人造板企业有经济动因积极开展清洁生产、循环经济和绿色供应链管理改进，淘汰落后产能，提高资源能源利用率，减少三废污染排放，减少资源能源消耗，降低单位产品成本，这有利于提升人造板企业的综合绩效和竞争能力，具有重要的社会效益和环境效益。

2) 无论是传统人造板供应链视角还是人造板绿色供应链视角，收益分享 - 成本分担契约均可以实现战略顾客行为下人造板三级绿色供应链协调运营，且绿色供应链视角下的人造板供应链及其成员最优利润高于传统供应链视角。人造板三级绿色供应链收益分享 - 成本分担契约协调决策机制：枝桠材供应商以低于其成本的批发价向人造板制造商供应枝桠材，人造板制造商将销售收益及绿色供应链管理改造成本以 $1 - \phi$ 的比例分享(或分担)给枝桠材供应商；人造板制造商以低于其成本的批发价向强化地板制造商供应人造板，强化地板制造商将销售收益、物流成本及促销收益以 $1 - \phi$ 的比例分享(或分担)给人造板制造商，从而实现人造板绿色供应链及其成员的绩效改善。

3) 强化地板产品促销价格的高低影响到人造板绿色供应链的优化决策和运营绩效。促销价格越低，最优终端零售价反而越高，最优产品订购量越小，人造板绿色供应链及其成员最优绩效越高，战略顾客最优净效用也就越低；因此，制定一个较低的促销价格，有利于提高人造板绿色供应链及其成员的绩效。

4) 从模型计算结果来看，降低单位枝桠材成本、降低单位人造板产品加工成本、降低绿色供应链管理改造成本以及提高单位枝桠材绿色供应链管理改进效益，都有助于增加人造板供应链利润。因此，可以通过自建经济林场、选用经济型枝桠材等措施有效保障枝桠材供应，降低单位枝桠材成本；通过技术研发和工艺流程改进，促进资源能源回收和循环利用，提高资源能源利用率，变废为宝，有助于降低人造板加工成本、提高绿色供应链管理改进效益；通过技术研发和创新来降低人造板绿色供应链管理改造成本。以上对策都有助于提高人造板供应链整体及其参与主体的运营绩效。

7. 结论

当前,我国人造板产业落后产能过剩,资源浪费和环境污染严重,相比于人造板产能的高速增长,人造板下游加工产品需求增长较慢,上游枝桠材供给相对不足,人造板企业与其上下游的发展不匹配,缺乏有效的沟通与协调;由于人造板及其加工产品(如强化地板等)供给过剩,地板制造商通常会采取销售季-促销季两阶段定价销售策略,终端顾客在面对两阶段销售策略时,往往会表现出一种战略顾客行为,而这种行为对于人造板供应链运营管理有着重要影响。本文结合人造板产业实际,界定了枝桠材供应商、人造板制造商和人造板加工商组成的人造板三级绿色供应链系统,进而,在增值税即征即退和环境税政策引导下,分别构建了战略顾客行为下的人造板三级绿色供应链收益分享-成本分担契约协调模型和传统人造板绿色供应链收益分享-成本分担契约协调模型,并进行了对比数值分析。研究表明:1)有“门槛”的增值税即征即退补贴的政策以及征收环境税的政策,使得人造板企业有经济动因积极开展绿色供应链管理改进,淘汰落后产能,提高资源能源利用率,减少三废污染排放,降低单位产品成本,提高企业综合运营绩效和竞争能力。2)无论是传统人造板供应链视角还是人造板绿色供应链视角,收益分享-成本分担契约均可以实现战略顾客行为下人造板三级绿色供应链协调运营,且绿色供应链视角下的人造板供应链及其成员最优利润高于传统供应链视角,人造板供应链及其成员有经济动因实施绿色供应链管理改进。3)强化地板产品促销价格的高低影响到人造板绿色供应链的优化决策和运营绩效,制定一个较低的促销价格,有利于提高人造板绿色供应链及其成员的绩效。4)通过自建经济林场、选用经济型枝桠材等措施有效保障枝桠材供应,强化技术研发和工艺流程改进,促进资源能源回收和循环利用,提高资源能源利用率,有助于提高人造板绿色供应链整体及其成员的运营绩效。

基金项目

江苏省高校哲学社会科学研究基金资助项目(2014SJB094);江苏省高校自然科学基金面上项目(15KJB110012);中国博士后科学基金面上资助项目(2014M551623);江苏省博士后科研资助计划项目(1301077C);南京师范大学人文社会科学青年科研人才培养基金资助项目(1409006)。

参考文献 (References)

- [1] 王硕. 我国人造板行业的现状思考及趋势判断——访中国林产工业协会副会长钱小瑜[J]. 中国人造板, 2013(1): 1-5, 12.
- [2] Sheu, J.B. (2011) Bargaining Framework for Competitive Green Supply Chains under Governmental Financial Intervention. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **47**, 573-592. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2010.12.006>
- [3] Sheu, J.B. and Chen, Y.J. (2012) Impact of Government Financial Intervention on Competition among Green Supply Chains. *International Journal of Production Economics*, **138**, 201-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.024>
- [4] Zhang, C.T. and Liu, L.P. (2013) Research on Coordination Mechanism in Three-Level Green Supply Chain under Non-Cooperative Game. *Applied Mathematical Modelling*, **37**, 3369-3379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.08.006>
- [5] Al-e-hashem, S.M.J.M., Baboli, A. and Sazvar, Z. (2013) A Stochastic Aggregate Production Planning Model in a Green Supply Chain: Considering Flexible Lead Times, Nonlinear Purchase and Shortage Cost Functions. *European Journal of Operational Research*, **230**, 26-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.03.033>
- [6] 朱庆华, 窦一杰. 基于政府补贴分析的绿色供应链管理博弈模型[J]. 管理科学学报, 2011(6): 86-95.
- [7] 陈志松. 政策引导下人造板绿色供应链质量竞争、合作与协调研究[J]. 低碳经济, 2015, 4(4): 34-45.
- [8] 王源渊, 王忠伟. 基于绿色供应链理论的人造板企业物流运作模式研究[J]. 物流工程与管理, 2010(12): 63-65.
- [9] 王源渊. 人造板绿色供应链的构建及评价研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2011.
- [10] Siry, J.P., Greene, W.D. and Harris, T.G. (2006) Wood Supply Chain Efficiency and Fiber Cost—What Can We Do

Better? *Forest Products Journal*, **56**, 4-10.

- [11] Espinoza, O.A., Bond, B.H. and Kline, E. (2010) Quality Measurement in the Wood Products Supply Chain. *Forest Products Journal*, **60**, 249-257.
- [12] Espinoza, O.A., Bond, B.H. and Kline, E. (2010) Supply Chain Measures of Performance for Wood Products Manufacturing. *Forest Products Journal*, **60**, 700-708.
- [13] 张智光. 林纸一体化绿色供应链系统的结构与特性分析[J]. 南京林业大学学报(人文社会科学版), 2009, 9(4): 69-75.
- [14] 张智光. 绿色供应链视角下的林纸一体化共生机制[J]. 林业科学, 2011, 47(2): 111-117.
- [15] 张智光. 实现产业与生态互利共生的林业绿色供应链模式研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(2): 3-10.
- [16] 席正. 大连志远木制品厂供应链管理研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [17] 宋雨屏. 湖南省木地板供应链物流网络优化研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- [18] 汪潘进. 供应链环境下的木制品企业成品库存管理体系优化研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2012.
- [19] Su, X. and Zhang, F. (2008) Strategic Consumer Behavior, Commitment, and Supply Chain Performance. *Management Science*, **54**, 1759-1773. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1080.0886>
- [20] 李娟, 黄培清, 顾锋. 基于顾客战略行为下的供应链系统的绩效研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(4): 77-82.
- [21] 黄松, 杨超, 张曦. 考虑战略顾客行为时的供应链性能分析与协调[J]. 管理科学学报, 2012, 15(2): 47-58.