

B 表（自此往下不得出现申请人个人身份信息，否则申请书作废！）

课题名称	基于系统动力学的企业碳足迹影响因素及政策调控研究——以典型工业企业为案例		
研究方向及代码	管理学其他学科（63099）、环境科学技术基础学科（61010）		
研究类别	应用研究	计划完成时间	2014-12
最终成果形式	论文、总结报告		
申请经费总额(万元)	7	其他来源经费(万元)	0
一、本课题研究的理论和实际应用价值，目前国内外研究的现状和趋势（限 2 页，不能加页）			
<p><b>1 理论和实际应用价值</b></p> <p><b>丰富企业管理理论，拓展低碳经济理论的微观研究视角。</b>课题基于系统动力学建模平台，综合运用生命周期和物质流分析法，以典型工业企业为案例，建立企业碳足迹系统动力学模型，解剖其系统结构与特征，挖掘关键因子，提出调控政策，提升企业“碳管理”绩效。促进“碳管理”与企业管理理论的结合，丰富了企业管理理论，拓展了低碳经济研究的微观基础。</p> <p><b>国家制定低碳经济政策，实现温室气体减排的需要。</b>到 2020 年，我国单位 GDP 二氧化碳排放要在 2005 年的基础上降低 40%至 45%，非化石能源占一次能源比重重要达到 15%左右，该减排指标将作为约束性指标，纳入我国国民经济和社会发展的中长期规划。这些目标的实现，需要微观经济主体的积极参与，而企业是实施低碳经济，减排温室气体重要微观主体之一，针对企业碳足迹影响因素的研究，挖掘关键影响因子，有利于奠定低碳经济政策的微观基础。</p> <p><b>企业进行“碳管理”，提升“碳竞争力”的需要。</b>在全球性的“碳约束”环境下，碳竞争力将是企业未来竞争力的核心要素。很多国家对产品碳足迹有严格规定，超出指标的部分需要征收“碳足迹”税，高碳企业和产品，将面临日益狭窄的生存空间，面临着来自政府、市场、公众和非政府组织的压力，要求其实施低碳经济，减排温室气体。然而，企业由传统的经济发展模式转向低碳经济发展模式，所伴随的前期成本的大量投入，以及带来的“正外部性”无法“内化”为企业的收益等原因，使得企业在成本和收益的权衡下，缺乏实施低碳经济，进行碳足迹管理的积极性。因而，有必要对企业的碳足迹进行系统模拟，挖掘关键因子，提炼有效的管理模式，使企业从实施低碳经济和“碳管理”中获得可观的收益，改变企业的成本和收益方程，使企业将实施低碳经济内化为自觉行为，实现有效的“碳管理”，提升企业的“碳竞争力”。</p> <p><b>2 国内外研究现状和趋势</b></p> <p>“碳足迹”也称“碳指纹”或“碳排量”，是对某种活动引起的(或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，包括个体、家庭、企业、城市和国家等不同尺度（Wiedmann and Minx,2007; Matthews et al, 2008）。企业碳足迹属于众多碳足迹中的一种，包括企业产品制造、使用和废弃，从“摇篮到坟墓”的过程中所导致的二氧化碳排放量以外，还包括企业日常运营等非生产性活动的二氧化碳排放量，均以二氧化碳等价物来表示（Wiedmann and Minx, 2008；WRI,</p>			

2004)。

**企业碳足迹的研究内容。**第一，企业碳足迹的计算。较多的研究都从理论设计和实际操作方面，对企业碳足迹的计算进行了颇有成效的探索，包括，2008年，以英国标准协会为首，发布的新标准PAS2050，用于计算企业产品和服务在整个生命周期内的温室气体排放量。2009年，以世界自然基金会香港分会为首，发起了珠江三角洲低碳生产项目，为企业提供计算碳足迹的软件工具。国际环境评估机构Camco，对APP旗下6家制浆造纸工厂，2家林业公司进行了大规模的碳排放评估。2010年，谢娜等人提出了石油石化企业温室气体清单编制步骤等方面的研究。**第二**，企业碳足迹的影响因素，主要包括内部因素和外部因素两方面。诸如：消费者的需求；政府规制、投资者和供应商的压力；外界基础配套设施（Vickers et al, 2009）。同时，Okereke（2007）认为“缺乏有力的政策架构，政府行为和市场的不确定性”都影响着企业的碳足迹，而且，据Engau和Hoffmann（2009）的研究，政府政策的不确定性，会直接导致企业不同的减排行为，与此类似，气候组织的尹乐（2010）等人也认为“技术、融资机制、研发投入、基础设施和消费习惯”等都影响着企业的低碳行为，潘家华（2010）则从“资源禀赋”以及“制度因素”方面进行了研究。**第三**，企业碳足迹的管理对策。主要集中在如何减排温室气体，比如：合理安排生产工艺流程（刘宏业，2004）；建立企业碳排放评估体系（赵东风，2010）；强化管理制度（赵鹏飞和安景文，2011）；合理选择运营模式（张英华等，2010）。在国外方面，Southworth（2009）认为，企业进行碳足迹管理的基础在于“有效地测量碳排”，Kolk和Pinkse（2004）则提出了供应链管理、合作伙伴的选择、产品的低碳设计等，与此相似，Song和Lee（2010）系统地研究了低碳产品的设计，Schultz等（2005）还设计了企业在“碳约束”下的“五步”策略法，Metager等（2009）提出包括温室气体排放清单管理和捕捉低碳商机等策略，温斯顿（2010）则从操作层面，提出了提高精益度和员工积极性等方面的建议。

**企业碳足迹的研究方法。**结合IPCC所提供的公式和数据，采用生命周期法、投入产出法、物质流分析法进行计算。运用生命周期法的典型代表包括：英国的PAS 2050标准；美国Argonne（2006）开发的GREET模型，还包括Song和Lee（2010）对企业低碳产品的评价，沈卫国等（2008）对水泥生命周期的碳排放量进行的定量计算。Zhang和Huang（2006）则将该方法在燃料方面进行了运用。也有不少基于投入产出法的研究（Huunacek and Giljnm,2003; Femg,2001,2002;Wiedmann et al,2006），还有基于物质流模型的运用（Garcon and Petrie,2007）。

**小结：**基于收集到的文献分析表明：**第一**，对企业碳足迹的内容和计算方法的研究颇为丰富，采用了多种方法，但运用系统动力学工具整合企业“碳足迹”系统，以及对该系统的运行机制的系统性和定量刻画方面都需要拓展。**第二**，对企业实施低碳经济的影响因素的分析全面而系统，但需要将各种因素系统地纳入企业的碳管理系统，综合、动态仿真对企业的作用力度，发掘关键因子。**第三**，对企业进行“碳足迹”管理的政策研究，详细且全面，但缺乏将众多的单一政策进行“组合”，并基于实际企业的数据进行“情景模拟”，同时，对既定政策有效性的分析也需要加强。

## 二、本课题的研究目标、研究内容、拟突破的重点和难点（限2页，不能加页）

### 1 研究目标

**完成企业碳足迹系统动力学仿真模型的构建。**课题的目标之一就是建立系统动力学仿真模型，据此刻画企业碳足迹，明确关键环节和主导因素。并基于仿真平台，运用调研所获数据，仿真企业碳足迹的演化轨迹。从企业自身“学习规则”的变化；企业与环境“交互”方式的变化；企业与其他主体之间利益博弈的变化，共三个方面总结演化规律。

**完成企业碳足迹影响因素和作用机理的挖掘。**在完成企业碳足迹的系统动力学仿真模型的基础上，引入外界的各种“扰动”，基于自动模拟法、参量调整法和结构变动法，辅以回归模型和因子分析法，在动态中观察哪些因素主导着企业碳足迹的演化方向，并结合理论推演，挖掘其中的作用机理。

**完成企业碳足迹管理政策的设计与评估。**基于以上的理论与实证分析，可以明确影响企业碳足迹的关键因素，以及这些因素的作用力度和方向，设计“政策组合”进行情景模拟，筛选出最优的管理政策，引导并优化企业的碳足迹管理。同时，还可将现有的政策作为“扰动”引入仿真中，以观察其对企业碳足迹的作用效果，据此做出政策评价。

### 2 研究内容

**企业“碳足迹”系统与结构分析。**从企业购买“原材料”和“能源”开始，涉及到“生产”、“分销或零售”、“消费者使用”、“回收”、“再利用”，以及“运输”、“废物处理”等多个环节，初步拟定的系统结构见图1。确定系统边界的关键原则是：列入所有“实质性”的主要排放环节，按照国际通行惯例，对小于整个生命周期排放的1%的环节可置于次要位置，通过使用“估值”和实地调研，以决定某个“排放源”是否是“实质性”的，进而确定最终的系统结构。

**典型企业的调研与企业“碳足迹”系统动力学模型的构建。**典型企业的选择，主要锁定在能耗高、温室气体排放量大的典型工业行业（制造业、金属冶炼及压延加工业、电力、热力的生产和供应业），同时也涉及到其他一些工业行业的企业作为补充。随后，建立系统结构流程图，明确流位变量、速率变量和辅助变量，将各变量之间的关系抽象成数学模型，选用表函数、单方程或多方程估计等方法，确定不同模型的参数，并进行有效性检验（系统边界的合理性、变量关系的真实性、量纲的一致性、外生变量和参数取值合理性等方面），之后，在仿真平台上，结合典型企业的数据和文献调研数据，赋予程序不同的初始条件，并利用仿真过程中变量迭代结果反映其变动趋势。为避免变量量纲的差异，模型的输出用相对值表示变量大小。同时，设定主要的激励输入（原料和产品市场价格的变化），选用阶跃输入和斜坡输入以反应突然变化和持续增长变化，以测试系统的稳定性，据此调整系统结构和方程，期间要经过多次模拟、反馈、修正、再模拟，以确保系统本身的有效性，识别出关键变量。

**企业碳足迹关键影响因素的挖掘与“政策组合”设计。**运用自动模拟法、参量调整法和结构变动法进行反复模拟，辅以回归模型和因子分析法，识别出关键因子。根据企业“活动水平数据”，

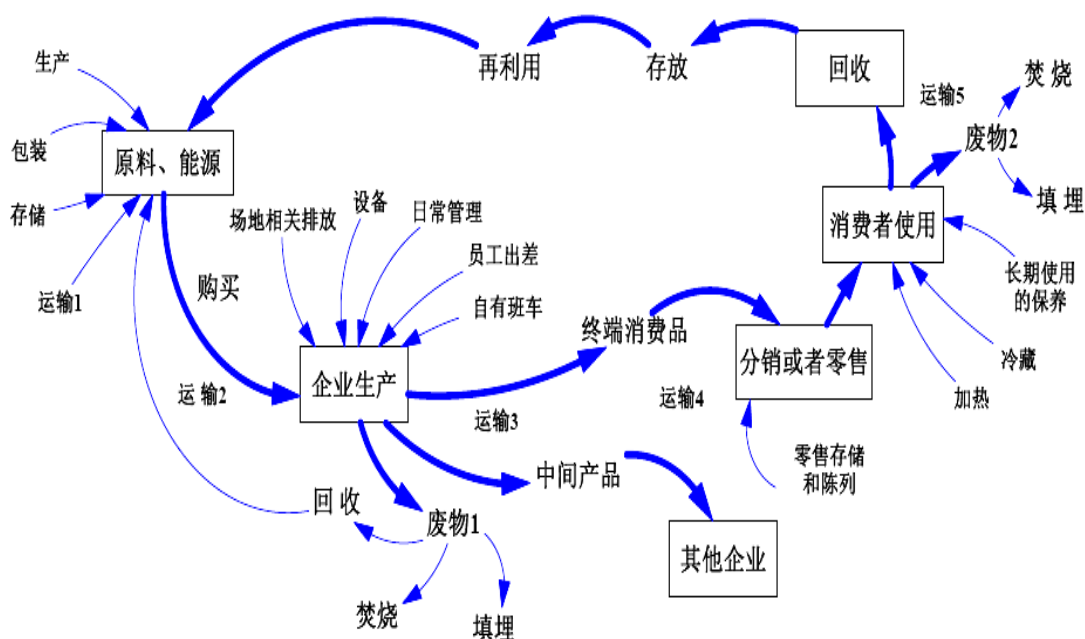


图1 系统结构

以及“排放因子”，计算系统各个环节的碳排量，并在仿真平台上，设定“自动模拟程序”，依次变动系统中的速率变量和辅助变量，初步筛选出关键变量，然后，逐一锁定筛选出的变量，变动其参数取值范围，引入外界扰动（原料价格的涨跌；宏观政策的变化等）进行敏感性分析，不断模拟，结合回归模型和因子分析，最终确定关键变量，并将其进行“政策组合”和情景仿真，在确定所设计政策的“强壮性”和“有效性”的基础上，以“碳足迹”最小化为主要标准，筛选最佳的“政策组合”。

### 3 拟突破的重点和难点

**确定企业碳足迹系统动力学模型的数学方程和参数。**只有建立起反映企业碳足迹系统各部分之间定量关系的数学方程，以及参数，才能够进行仿真，进而识别关键变量、设计政策。因此，课题的关键之一便是：如何将企业碳足迹涉及的“生产前”、“生产中”、“生产后”等诸多内容，合理地纳入一个系统框架，并用数学方程和参数进行刻画。课题主要基于典型企业的实际调研数据，辅以文献调研（IPCC 报告等）确定系统变量间的数学方程和参数。

**明确企业碳足迹系统关键影响因子的挖掘方法。**企业碳足迹管理系统中各个变量的地位和作用是不同的，对整个系统在长期内的演化方向的影响力度也是有区别的，因此，第二个需要重点解决的问题：如何识别关键因子，并进行针对性地调控，以提高系统运行效率。课题主要采用自动模拟法、参量调整法和结构变动法挖掘关键因子，并辅以必要的计量模型和理论推演。

**设计企业碳足迹管理的“政策组合”。**构建模型和识别关键变量，都是为提出有效的管理模式。因此，如何设计企业碳足迹管理的有效政策组合便成为关键。根据系统模拟运行的情况，变动关键变量和引入外界扰动，设计不同的“政策组合”进行情景模拟，最终筛选出最佳“组合”。