

MEITAN CHANYE DITAN FAZHAN JIZHI JI
ZHENGCE QUXIANG YANJIU

煤炭产业低碳发展机制及 政策取向研究

谭玲玲 著



 中国时代经济出版社

煤炭产业低碳发展机制及 政策取向研究

谭玲玲 著



中国时代经济出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

煤炭产业低碳发展机制及政策取向研究 / 谭玲玲著

—北京：中国时代经济出版社，2014.12

ISBN 978-7-5119-2313-4

I. ①煤… II. ①谭… III. ①煤炭工业—节能—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 007859 号

书 名：煤炭产业低碳发展机制及政策取向研究
作 者：谭玲玲

出版发行：中国时代经济出版社
社 址：北京市丰台区右安门外玉林里 25 号楼
邮政编码：100069
发行热线：(010) 83910203
传 真：(010) 83910203
邮购热线：(010) 83910203
网 址：www.cmepub.com.cn
电子信箱：zgstdjj@hotmail.com
经 销：各地新华书店
印 刷：三河市天润建兴印务有限公司
开 本：787×1092 1/16
字 数：180 千字
印 张：11.75
版 次：2015 年 4 月第 1 版
印 次：2015 年 4 月第 1 次印刷
书 号：ISBN 978-7-5119-2313-4
定 价：42.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误，请与本社发行部联系更换

版权所有 侵权必究

教育部人文社会科学研究基金项目（12YJA790120）

山东能源经济协同创新中心（山东省 2011 计划）资助

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 选题背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 研究内容及技术路线	12
第 2 章 产业低碳发展研究的理论基础	19
2.1 低碳经济与可持续发展理论	19
2.2 自组织理论	33
2.3 系统动力学	40
第 3 章 煤炭产业发展现状及趋势	46
3.1 煤炭产业发展现状分析	46
3.2 煤炭产业政策分析	52
3.3 煤炭企业的节能减排	56
3.4 煤炭产业的发展趋势	59
第 4 章 煤炭产业低碳发展机理剖析	63
4.1 煤炭产业的碳排放源分析	63
4.2 煤炭产业低碳发展的宏观环境分析	67
4.3 煤炭产业低碳发展的影响因素分析	71
4.4 煤炭产业低碳发展系统自组织理论分析	79

第5章 煤炭企业生态产业链演化及构建	89
5.1 煤炭产业链自组织演化过程仿真分析	89
5.2 煤炭企业生态产业链的构建	106
5.3 兖矿集团生态产业链构建示例	113
第6章 煤炭产业低碳发展系统建模及仿真	129
6.1 低碳经济发展机制的系统动力学建模	129
6.2 煤炭产业低碳发展系统动力学建模	139
6.3 煤炭产业低碳发展系统仿真模拟	148
第7章 煤炭产业低碳发展评价体系	159
7.1 煤炭产业低碳发展评价指标体系	159
7.2 煤炭产业低碳发展评价方法	163
第8章 结论及展望	167
参考文献	170

第1章 绪 论

1.1 选题背景及意义

1.1.1 问题的提出

“哥本哈根会议”之后，“低碳发展”日益成为世界经济发展的一个主要趋势。中国作为世界上最大的发展中国家，肩负着应对气候变化，为改善全球气候问题发挥重要作用的大国职责，这已经成为摆在国家面前的战略课题，当然，也是中国实现可持续发展的重要基础。然而，从实践上来看，中国经济发展与减排目标双重压力矛盾突出。中国正处于城镇化、工业化快速发展的重要时期，面临着经济发展、民生改善的艰巨任务。而经济的高速增长使能源需求始终保持强劲的增长势头，而以煤为主的能源结构是我国向低碳发展模式转变的长期制约因素，在应对气候变化领域，面临着比发达国家更为严峻的挑战。而频繁发生的大范围雾霾天气再次为环保问题敲响了警钟，虽然造成雾霾的原因众多，但以煤炭为代表的传统能源消费结构无疑是其重要原因，国务院《能源发展“十二五”规划》中明确提出优化能源消费结构，对煤炭产量、销量实行“双控政策”，种种压力之下，中国煤炭消费汰劣（等煤）存优（质煤）的

趋势已经出现，这必将对煤炭产业的发展产生深远的影响。

煤炭产业作为中国的能源支柱产业，又是典型的高碳产业，如何成功转型为符合中国国情、有中国特色的煤炭低碳产业，顺利实现低碳发展，不仅仅是技术上的更新换代，更重要的是产业发展理念上的一次革命性的转变，不仅关系到煤炭产业自身的可持续发展，关系到中国的经济发展和能源安全，更关系到中国碳排放目标的顺利实现，而且，煤炭产业低碳发展是一个世界性的难题，如果这一问题解决好了，将会为世界做出贡献。

那么，煤炭产业低碳发展的机制如何？路径突破的困境在哪里？哪些方面是低碳发展的决策重点？相关政策措施的实施效果如何？影响作用有多大？如何在保证经济发展对煤炭资源的需求、保持煤炭产业适度的发展速度和经济效益的前提下，实现低碳发展的目标？这些都是亟待研究和解决的问题。因此，深刻理解煤炭产业低碳发展系统的运行机制，分析煤炭产业的发展现状，正确评估煤炭产业的发展政策，在评估和反思的基础上，构建煤炭产业低碳发展的整体性战略框架是解决问题的关键。

1.1.2 研究的意义

本研究无论从理论探索还是从实践运行价值上，都具有相应的开创性和前瞻性。

一是在理论上，丰富和发展了产业低碳发展理论。课题重点剖析我国煤炭产业低碳发展系统的结构，通过分析系统内外诸要素对系统的影响及相互制约关系，进一步探讨产业低碳发展机制，并建立用以表征和评估系统发展状态和进程的评价指标体系，是对产业低碳发展理论的有益探索。

二是在实践上，为我国煤炭产业低碳发展路径的选择提供有力的政策依据。以煤为主的能源结构是我国向低碳发展模式转变的长

期制约因素,低碳经济的发展目标对我国能源支柱产业——煤炭产业提出了严峻挑战,如何顺利实现低碳发展,不仅关系到煤炭产业自身的生存与发展,更关系到我国碳排放目标的顺利实现。课题运用定性与定量相结合的研究方法,通过建立系统动力学模型并进行计算机仿真模拟,为政府制定更加科学的产业低碳发展规划及阶段性目标,选择更加合理的煤炭产业低碳发展方向和路径提供有力的支持。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 产业低碳发展研究

在气候问题备受关注的国际大背景下,国内外关于低碳经济发展问题的研究日趋升温,各国政府以及各个领域的研究学者都从不同方面、不同视角对低碳发展特别是产业低碳发展问题进行了系统性研究,并提出了若干解决方法。Johnston 等(2005)研究认为,通过技术创新可以实现英国住宅业到2050年降低 CO_2 排放60%的目标^[1];Treffers 等(2005)研究了荷兰可持续能源系统的构建问题,认为新能源的快速发展是重中之重^[2];Fuller 等(2010)分析了政府的财政金融支持政策对发展太阳能产业,提高能源效率的重要作用^[3];Coveny(2008)、赵星(2010)分别分析了西方多国电力和石油业低碳发展状况,可借鉴的经验是:积极开发和应用低碳技术;积极参与低碳经济政策制定;做积极的碳管理者,树立负责任的行业(企业)形象^[4~5];庄贵阳(2005)对中国产业低碳发展的途径和潜力进行了分析,认为仅仅依靠技术的自然扩散带来的溢出效益或者商业性的技术贸易是不够的,非常有必要通过制度化的手段,来推进发达国家向发展中国家的技术转让^[6];李海泉、曾鸣(2010)分析了几个低碳电源发电量超

过本国电量 70% 国家的低碳电力发展状况,认为我国应因地制宜,充分利用地域资源,丰富优化发电组合;加强政府对可再生能源等清洁能源投资的干预;大力推进智能电网建设,加强电网互联,促进电力行业的低碳发展^[7];谢克昌(2009)认为在我国发展低碳能源技术势在必行,其实质是可再生能源的开发和化石能源的洁净、高效利用,特别是以煤为主的能源结构和以重化工业为主的产业结构的现状,决定了我国目前发展低碳能源技术的重点在于煤炭的洁净、高效转化利用和节能减排技术^[8];张安华(2010)分析了“哥本哈根会议”对电力工业低碳发展的影响,认为要在现有条件下实现低碳发展,关键是要为生产和消费的低碳化转型提供激励机制,要积极研发和创新洁净煤技术,不断优化促进能效提高的政策措施,大力支持新能源发电的研发和工程化^[9];张玉卓(2008)、沈宝宏等学者(2010)研究了高碳能源低碳化利用问题,提出了高碳能源特别是煤炭的转化前景及方向^[10~11];任力等(2010)研究了“英国低碳转型计划”对中国产业转型的启示,认为我国应调整现有结构,推动产业升级,在条件许可地区推行节能减排;完善低碳经济相关立法,引进碳预算制度;加大对低碳经济的支持力度,部分领域内政府应发挥主导作用;鼓励私人投资低碳领域,借助民间资本搞活低碳经济^[12];杜鹏程、张云龙(2010)认为像煤炭这样的高碳产业,要实现低碳发展,必须依靠先进适用技术,提高资源综合利用效率;不断优化产业结构,走循环经济发展道路;大力推进转型发展,培育绿色经济^[13];胡彪(2010)认为铸造业要实现低碳发展,必须利用 CDM 机制争取发达国家的资金和技术,加速节能减排技术改造;以循环经济为指导设计铸件的工艺流程;合理优化产业布局,逐步提高产业集中度等^[14]。

1.2.2 自组织理论关于复杂经济系统的研究^[15-18]

综观国内外研究成果,自组织理论应用于复杂经济系统的研

究视角主要包括以下几种。

一是关于系统耗散结构的论证。依据自组织理论定性分析复杂系统的耗散结构特征^[19]，Inkpen (2002) 认为企业的创新网络是一个动态的发展过程，不可能一直停留在某一个状态，而是一个不断地从不平衡到平衡，再到不平衡的动态演变过程^[20]；卞显红 (2011) 则认为扩散集聚机制在旅游产业集群演化过程中相互依存、相互制约、相互转化，使旅游产业集群从最初的均质无序状态演化为成熟旅游产业集群的有序自组织系统^[21]。

二是关于系统自组织演化机制的研究。比较常用的方法是，把既定模型作为原型，研究某系统基于特定条件的自组织演化特性^[22]；Rycroft Robert (1998) 研究了企业创新网络的动力机制及其形成的过程，认为企业创新网络系统的自组织特性表现为在没有中央控制者的调控下，系统也能够有效融合企业内部各个部门的核心资源和能力，充分发挥出系统的协同效应^[23]；蒋同明、刘世庆 (2011) 通过研究得出结论：区域创新网络的自组织性及耗散性主要表现在各创新主体（即网络节点）与系统所处环境间的相互作用，通过相互作用关系能够促使区域创新网络不断地进行自我调节、自我完善，区域创新网络的形成包含了孕育期、成长期、成熟期三个不同的发展阶段^[24]；或者从系统特性出发，通过进行合理假设来建立系统演化方程，并对系统的自组织行为进行定量的研究^[25]；Sergio Focardi 等人 (2002) 通过股票市场模型对市场两个自组织过程的相互作用进行了定量研究^[26]；Johnson 等人 (1998) 则对自组织市场的动态性、适应性进行了定量分析^[27]。

三是关于伺服原理的应用研究。研究思路为：根据系统的特性来确立系统的状态变量，之后建立基于哈肯模型的系统演化方程，进一步确定系统的序参量^[28]；或者运用 Logistic 方程描述系统演化过程，选择比较合适的建模方法，比如灰色系统建模法，来对系统序参量进行确立^[29]。

四是关于自组织模型的应用研究。一种思路是运用自组织模型的非线性方程对复杂系统的某一个因素进行预测^[30]；另一种思路则是采用系统动力学（System Dynamics, SD）方法建立整个复杂系统的自组织模型，通过模型仿真得出系统的演化轨迹，然后对系统的某些要素进行预测分析^[31]。

1.2.3 系统动力学的产业发展决策应用研究

Mohsen Assili 等（2008）建立了关于电力市场价格运行的系统动力学模型，模拟分析了不同定价方式对电力市场的影响^[32]；Hassan Qudrat Ullah、Behdad Kiani 等（2010）运用 SD 方法分析了伊朗的能源政策以及石油、天然气行业的产销政策系统，对伊朗的能源发展提出了一系列有针对性的政策建议^[33~34]；邓永翔等（2007）对江西软件产业发展系统进行了 SD 建模分析，并从地区生产总值、市场需求、技术创新、资产总量等方面进行了仿真分析^[35]；孙晓华（2007）则是从技术流、人才流、市场流、资金流四个角度对产业集聚效应进行了 SD 建模分析，研究结论是：以上四流的良性循环正是产业集聚效应形成并不断放大的基础条件^[36]；赵玉林等（2009）从企业竞争、技术创新、政府行为、市场需求四个子系统对主导性高技术产业的成长轨迹进行了 SD 建模分析，并对多种发展方案分别进行了系统模拟，提出了相应的对策建议^[37]；彭波（2009）运用 SD 建模分析从生产过程、产业营销、技术创新、产业环境等方面对花都汽车产业发展系统进行了研究，从定量分析与定性分析相结合的视角比较全面地揭示了汽车产业发展的内在机制^[38]；秦钟等（2008）通过对我国能源消费状况、人口及经济发展现状的分析，运用 SD 建模分析预测了我国的能源需求及 CO₂ 排放趋势，提出了我国能源发展、降低 CO₂ 排放的对策^[39]；李阳等（2010）基于复杂系统理论，从经济、人口、环境

之间相互耦合、相互影响的视角,构建了关于水污染问题的SD模型,进行了系统仿真研究^[40];秦飞龙等(2010)运用SD方法对矿区的资源开发生态经济系统进行了仿真研究,其研究很好地验证了SD方法关于生态经济非线性复杂系统研究的适用性,认为对系统的分析及模拟有助于对系统的各个部分进行有效的控制和优化^[41]。系统动力学模型被称为社会、经济与生态等复杂大系统的实验室,已被应用于建立世界模型、国家模型以及区域或城市经济发展模型以及产业发展模型,还被应用于企业管理、城市规划、环境与农业的发展和建筑工程管理等方面,应用范围越来越广泛。

1.2.4 低碳经济发展评价体系研究

关于低碳经济特别是产业低碳发展效果评价的研究目前刚刚起步,国内外关于这方面的研究主要集中在以下两点。

(1) 低碳经济评价体系研究

国外学者研究了一些特定城市或区域的长期“LCS情景”(Low Carbon Society),并建立了一系列研究模型,对于区域或某一城市的碳排放趋势进行预测^[42~44];Turnpenny(2004)以英国西部城市为例,建立了应对气候变化的发展模型^[45~46];还有部分学者创新出区域经济社会发展模型,并运用此模型进行城市碳排放状况的研究模拟^[47~48];针对气候变化与政策关系的评估问题,一些学者建立了相关模型,包括全球尺度的^[49~51]、国家尺度的^[52~54],越来越广泛地应用于政策的讨论和制定中,被直接应用于政府的降低碳排放的长期规划中,关于技术创新、政策创新等因素对碳减排的作用,一些专家也构建了相关的分析模型^[55~56];指标分解分析是国际上能源与环境问题的政策制定中被广泛接受的一种方法。而在碳排放的分解方面,随着学界研究的不断深入,

方法也日渐成熟,主要包括简单平均分解法(Sample Average Division, SAD)、自适应权重分解法(Adaptive Weighting Division, AWD)、对数平均权重分解法(Logarithmic Mean Weight Division Index Method, LMDI)、Kaya 恒等式方法等^[57]。国内学者对低碳经济评价体系及评价方法问题也做了不同角度的研究:潘家华、庄贵阳等(2010)认为,需要建立一个包含低碳产出、低碳消费、低碳资源、低碳政策等指标的多维度的综合性评价指标体系,一方面,要能够横向比较各国或经济体离低碳经济目标有多远;另一方面,要能够纵向比较各国或经济体向低碳经济转型的努力程度^[58];付加锋、庄贵阳等(2011)构建了包含目标层、准则层和指标层三个层次的低碳经济评价指标体系,并运用综合评价法进行了实证分析^[59];许涤龙等(2011)从二氧化碳的来源、产生过程和排放之后的搜集与封存角度进行分析,并参考国际上衡量低碳经济发展水平的各种可能指标,将二氧化碳排放强度、人均二氧化碳排放量、二氧化碳能源排放强度、单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、低碳能源占总能源消耗的比重、工业固体废物综合利用率、森林覆盖率以及生活垃圾无害化处理率作为评价低碳经济的主要指标,建立了低碳经济综合评价体系^[60];郭红卫(2010)根据低碳经济多层面因素的特点,运用模糊综合分析法对低碳经济发展水平进行定量测度^[61]。

(2) 产业低碳发展评价研究

Yaisawarng (2004) 在采用输入型 Malmquist 指数方法研究 20 世纪 90 年代美国煤电企业技术效率、规模收益和累积效率过程中,将二氧化硫等污染物纳入产出指标,并在投入指标中加入了控制污染物排放的成本,以此来评价美国煤电企业低碳经济发展水平^[62];Felix Creutzig 等(2011)建立了交通运输业低碳发展评价体系,研究了国家政策对产业低碳发展水平的影响力^[63];Todd Levin 等(2011)建立了电力行业的 MARKAL 模型,对电力行业

低碳发展的影响因素及水平进行了分析评价,并探讨了在满足能源需求和污染物排放限制的条件下,使电力系统成本最小化的供应结构问题^[64];低碳发展与 CO₂ 减排密不可分,与碳减排模型类似,低碳发展综合评价模型本质上也是一种“环境—经济”模型,这两者没有本质上的区别。因此,CO₂ 减排成本估计模型也是目前国际上使用的对产业低碳发展进行综合评价的主要模型^[65~66];解百臣、徐大鹏等(2010)选择装机容量、劳动力、二氧化碳排放量作为输入指标,将发电量和电力行业工业总产值作为输出指标,运用投入型 Malmquist 指数方法对中国省际发电部门进行了低碳经济评价^[67];贾宏俊等(2012)运用指标值综合合成方法构建了基于建设项目全生命周期的建筑业低碳经济评价体系^[68];吴晓山(2012)参考 Wallace Pierce 和 Lincango Wallace 所提出的生态旅游的评价指标,运用德尔菲法、层次分析法,建立了有关旅游业低碳发展的三级评价指标体系^[69]。

1.2.5 文献评述

首先,通过文献梳理可以看出,产业低碳发展研究呈现出一派繁荣的局面,国内外学者对电力、石油、建筑等产业的低碳发展、太阳能等新能源产业的发展、低碳能源技术及低碳发展政策等问题进行了比较广泛的研究,其研究结论对本书的研究具有一定的借鉴作用。但是,产业低碳发展系统是内容复杂、影响因素众多的复杂系统,建立在系统各要素相互作用、相互促进、相互协同基础上的“内在机制”才是其可持续发展的核心动力,已有的关于产业低碳发展的研究没有突破“他组织”的思维框架,无论是对低碳发展影响因素的分析,还是发展目标的设立、发展措施的制定,更多地考虑了政策措施的外在推动作用,基本上都是单方向的分析、定性的研究,没有研究低碳发展系统内部的作用

机理，没有考虑要素间的相互作用及反馈，与低碳发展的可持续发展内涵不相符合，对各种政策措施的作用效果无法进行衡量和评价。因此，亟须进行研究方向和研究思路的转移，基于“自组织”的思维框架，从产业低碳发展系统的内在机制出发，分析产业低碳发展系统的自组织演化机理，通过定性与定量相结合的研究方法，分析系统的结构及反馈机制，建立决策模型，通过系统仿真，为低碳发展决策提供科学的依据。

其次，虽然学者们从不同角度，基于自组织理论体系，对复杂经济系统演化的机制展开了相关研究，复杂经济系统的自组织机制研究已较为成熟，但在完整的低碳经济系统特别是产业低碳发展系统体系中对其自组织演化进行研究的成果却没有，一些相关文献往往只从单个因素出发来分析，没有真正建立起一个系统的研究框架，即没有从系统的角度，分析影响产业低碳发展系统演化的各类因素的构成及相互作用的内在机制，对系统的自组织条件、动力与过程的认识并不全面。煤炭产业低碳发展系统是一个复杂的开放系统，系统演化有其自有的规律性，因此，要深入探讨煤炭产业低碳演化机理，必须运用自组织理论的研究思路，对系统的规律探索层次要从宏观向微观转变，分析各微观主体和因素的随机演化过程，以及整个系统的宏观有序现象。

再次，通过文献梳理我们发现，系统动力学是研究复杂系统的有效理论和方法，已被广泛应用于产业发展决策研究，系统动力学的因果关系图可以帮助我们以简单的方式认识系统；流图可以帮助我们构建系统结构的整体框架；方程可以让我们从细节上研究要素之间的定量关系而又不脱离系统整体，而仿真平台可以帮助我们摆脱抽象和复杂的数学推导而利用计算机进行仿真分析。煤炭产业低碳发展系统是一个典型的动态复杂系统，与其他社会经济系统一样，具有明显的层次结构，并较好地遵循因果率；具有多重反馈性和较强的非线性特征；存在时滞和延迟效应等。因

此,煤炭产业低碳发展决策研究更加合理的技术路线是以系统分析方法为基础,建立模拟系统运行的动力学模型,通过系统仿真来分析煤炭产业低碳发展的规律,为煤炭产业低碳发展决策提供科学有力的支持。这不仅是产业低碳发展研究思路、模型化方式和研究方法上的创新,而且依据系统动力学仿真结果得出的产业低碳发展机制分析,也将会具有更多创新性的启发。

最后,关于低碳发展评价体系的研究还处于起步阶段,大多数的研究都是对一国或区域低碳发展水平的评价,国外学者多采用低碳经济综合评价模型、“投入—产出”(I—O)模型、动态能源优化模型等,由于不同国家的经济发展水平不同,国外的研究者基于西方发达国家经济发展及碳排放现状建立的研究评价模型,对我们发展中国家的情况并不适用,只能起到一定的参考作用,并且西方学者的研究对产业低碳发展体系关注较少。国内学者关于低碳发展评价指标体系的构建方法主要有层次分析法、物质流分析法、模糊综合评价法、指标值综合合成方法等。要实现对煤炭产业低碳发展系统的有效评价,必须遵循低碳经济理论、自组织理论、复杂系统理论等相关理论要求,围绕低碳经济系统自组织发展这一核心,建立一套具有描述、分析、评价、预测等功能的评估指标体系。由经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境规划署基于加拿大“压力—状态”框架发展成的“压力(Pressure)—状态(State)—响应(Response)”(PSR)框架模型,是从指标产生的机理方面着手构建评价指标体系,使用了“原因—效应—响应”的思维逻辑描述可持续发展的调控过程和机理,力求建立压力指标与状态指标间的因果关系,以有效做出响应,PSR概念模型非常适用于煤炭产业低碳发展评价指标体系的构建。因此,本研究创新性地将PSR概念模型和模糊数学综合评价法相结合,构建煤炭产业低碳发展综合评价体系,基于“压力—状态—响应”框架设立指标体系,以模糊综合评价模型为工具,通过模糊关系的运算实现综合评价。