

# 煤炭城市应对能源价格冲击的政策模拟研究 ——基于系统动力学

王德鲁, 马刚

(中国矿业大学 管理学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**近年来,煤炭和原油价格的持续下滑对煤炭城市的经济发展带来了前所未有的挑战。以鄂尔多斯市为例,构建煤炭城市应对能源价格冲击的系统动力学模型,并在不同能源价格波动情景和政策情景下,对煤炭产业、煤化工产业、下游工业产业以及整个工业的产值和利润总额进行模拟仿真。结果表明:尽管能源价格下跌对地区非资源型产业的发展具有一定的促进作用,但就总体而言,会对鄂尔多斯的经济发展造成显著的负面影响。不同的政策在能源价格冲击背景下的调控效果也不尽相同,其中加大科研投入和发展替代产业政策对区域工业总产值和总利润的提升效果最为明显;降低增值税政策可以在短期内快速提高工业盈利水平,但是其有效性却呈显著的逐年递减趋势;加大限产力度可以在不损失区域经济总量的情况下,有效地提高其利润总额;而加大金融投入在提高区域工业总产值的同时,会削弱其获利能力。

**关键词:**煤炭城市; 能源价格冲击; 政策响应; 系统动力学; 情景分析

**中图分类号:** F426

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2016)06-0010-13

## 一、问题的提出

煤炭城市是因煤炭资源的开采而兴起或发展壮大,且煤炭资源性产业在工业中占有较大份额的城市<sup>[1-2]</sup>。煤炭城市以资源开采、加工为主体相对单一的产业结构特征,决定了其对能源价格的变化格外敏感<sup>[3-4]</sup>。近年来,由于受金融危机、宏观经济调整等因素的影响,煤炭价格经历了由大涨到大跌的巨幅变动,从2008年12月—2011年10月,秦皇岛动力煤(23.00兆焦/千克)的价格由570元/吨上涨至856元/吨,增长了50.2%;随后,煤炭价格开始快速下滑,到2015年11月底已跌至372元/吨,跌幅达56.54%,致使煤炭企业的利润大幅下滑,大企业纷纷降薪,小企业无力支撑而倒闭。在煤炭价格持续下跌的背景下,众多煤炭城市开始通过大力发展煤化工产业,增加产品附加值来提高自身竞争力,如鄂尔多斯市的煤化工产业集群、淮南市的现代煤化工产业园等。但是伴随着国际原油价格的持续下跌,引发大宗商品价格中枢下移,又使得煤化工产品的比较优势日趋微弱<sup>[5-6]</sup>。进入2015年1月,WTI原油价格已跌破45美元/桶,直接导致了大唐集团、国电电力、中海油和华电等公司开始纷纷剥离煤化工板块的业务,中国一些大型煤炭城市如鄂尔多

斯、呼和浩特、榆林和长治等也纷纷陷入严重的经济萧条。

鉴于能源价格冲击对资源型区域经济发展的严重影响,许多学者围绕能源价格与经济增长的关系做了大量研究<sup>[7]</sup>。其中,研究油价变动对经济发展的冲击效应一直是西方学术界的主要研究方向。Darby(1982)和Hamilton(1983)最早对这一关系进行研究,并指出石油价格上涨会对经济增长产生消极影响<sup>[8-9]</sup>。其原因在于,石油产业作为国民经济的基础性产业,其价格上涨将直接推动以能源为主要原料的相关产业的成本和价格上升,并继续传导至其下游各个相关产业,进而通过影响投资、消费、国际贸易等对宏观经济发展产生抑制作用。随着研究的不断深入,许多学者认为这一关系已经发生改变,并指出石油价格与经济增长之间具有不对称性<sup>[10-11]</sup>。在2008年金融危机和石油价格危机之后,石油价格与经济增长的关系再次成为研究的热点<sup>[12-15]</sup>。同时,大量研究将焦点聚集在石油价格与某一特定国家的经济增长的关系<sup>[16-20]</sup>。出于国情的关系,国内学者们围绕煤炭价格变动与经济增长的关系进行了大量的研究,并发现煤炭价格变动对经济增长具有正向的影响效力<sup>[21]</sup>。随着研究的不断深入,许多学者认为煤炭价格与经济增

收稿日期: 2016-04-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71573252);国家软科学研究计划项目资助(2014GXQ4D182)

作者简介: 王德鲁(1978—),男,博士,教授,博士生导师,E-mail:dlwang@cumt.edu.cn

长之间具有协整关系<sup>[22-23]</sup>。

煤炭城市的经济发展很大程度上取决于当地的资源禀赋,并且相较于其他经济区域具有鲜明的特点。资源型城市因资源而兴,也可能因资源枯竭而衰败。因此,资源型城市可持续发展问题一直是全世界共同关心的主题。自 H.A. Innis 在 1930 年研究加拿大资源型城市的经济发展之后,许多学者在其基础上继续展开研究并拓展至其他研究领域,包括生命周期<sup>[24]</sup>、健康状况<sup>[25]</sup>、资源诅咒<sup>[26]</sup>、经济转型<sup>[27]</sup>和可持续发展<sup>[28-32]</sup>。

尽管目前关于资源型区域应对能源价格冲击和可持续发展政策的研究具有一定的参考价值,但是也存在以下不足:(1)从研究内容来看,现有研究主要关注于油价冲击和宏观经济增长的关系。而关于煤炭价格冲击(尤其是煤炭价格与原油价格组合冲击)对煤炭城市经济发展影响的研究较少。另外,现有关于煤炭资源型城市可持续发展政策的研究主要是从资源耗竭的角度展开的,而关于其在能源价格冲击情景下响应政策的研究较为匮乏。(2)从研究方法来看,传统模型(如向量自回归模型,结构向量自回归模型,向量误差修正模型,可计算一般均衡模型和动态随机一般均衡模型)通常假定经济系统的演化结构是未知的,所以他们并不能很好地展示经济发展的动态过程,另外这些模型能够处理的信息量是有限的<sup>[33]</sup>。而系统动力学模型(SD模型)不仅可以对主体进行时间上的动态分析,而且对系统设定的各种控制因素间的相互关系和隐含的反馈回路有明确的认识,从而可以更好地把握某种控制因素变化时系统的行为和发展。目前SD模型已被广泛应用于城市经济—生态系统<sup>[34-35]</sup>、物流系统<sup>[36]</sup>、农业系统<sup>[37-38]</sup>和交通系统<sup>[39-40]</sup>等的政策模拟当中。因此,本文采用系统动力学方法来分析能源价格冲击对煤炭城市经济发展的影响以及不同的响应政策对系统经济绩效的提升作用。

## 二、煤炭城市应对能源价格冲击的系统动力学模型构建

### (一)研究对象的选取

鄂尔多斯市作为中国最大的煤炭和煤化工基地,其煤炭资源拥有量及年产量居全国之首。2014年,该地区已探明煤炭储量达1496亿吨,约占中

国总储量的17%;原煤产量达到63938万吨,占全国原煤总产量的17.52%。自2004年8月中国第一个煤制油项目在鄂尔多斯开工建设以来,经过10年的发展,鄂尔多斯形成了由乌兰木伦、汇能、大陆、准格尔等4个煤化工工业园组成的煤化工产业基地。近年来,能源价格波动造成了鄂尔多斯市的经济出现了较大的起伏,2013年煤炭产业产值首次出现负增长,企业利润也大幅下滑,鄂尔多斯市的经济正面临着前所未有的挑战。因此,选取鄂尔多斯市具有一定的代表性。

### (二)系统边界的设定

建立SD模型的前提是明确系统边界,也就是其子系统构成。系统动力学理论认为,人是有限理性的,不可能建立一个无所不包的模型,或有能力对这样一个模型进行分析。这就要求在构建SD模型之前首先要确定哪些关键要素应该纳入到模型之中,哪些相关度低的要素应排除到模型之外。如果在建模之初没有对模型边界进行合理界定,致使很多不重要的因素混杂其中,那么将会导致研究者无法抓住重点要素与作用关系,因此需要首先对模型边界进行确定<sup>[41]</sup>。根据已有研究文献<sup>[42-44]</sup>和鄂尔多斯市的实际经济状况,将鄂尔多斯市经济系统划分为4大子系统,分别为煤炭产业子系统、煤化工产业子系统、下游工业子系统和生产性服务业子系统<sup>①</sup>。煤炭产业子系统是指煤炭开采、加工形成的生产系统。煤化工产业子系统是指以煤炭为原料,经过化学加工使煤转化为气体、液体、固体燃料以及化学品的生产系统。下游工业子系统是指以煤炭和煤化工产品为消费品的各类产业及其下游产业的集合,包括电力、化工、建材、冶金及其他制造业等产业。生产性服务业子系统是指为上述3个子系统正常运行和发展提供各种保障的服务子系统。煤炭产业尤其是煤化工产业是一种典型的资本密集型和技术密集型产业,而且主产区与市场需求区存在巨大的空间距离。因此,本文主要从科技服务、技术服务和物流服务等3个方面考察其对鄂尔多斯经济发展的支撑作用。

### (三)子系统因果关系分析

煤炭产业子系统的因果关系如图1a所示,煤炭产业的利润总额主要受煤炭产业总收入和总成本所决定,包括煤炭价格、煤炭销量、生产成本、物流成本、库存成本以及其他相关成本。其中煤炭价格作为

<sup>①</sup>根据鄂尔多斯市统计年鉴(2001—2014年),鄂尔多斯的经济主要依赖于煤炭及其下游产业。2001年以来第一产业增加值占地区GDP的比重始终低于2%,而第二产业增加值的比重超过70%。此外,第三产业以生产服务业为主,消费服务业比重低于15%。因此,本文没有将第一产业和消费服务业纳入鄂尔多斯经济系统模型。

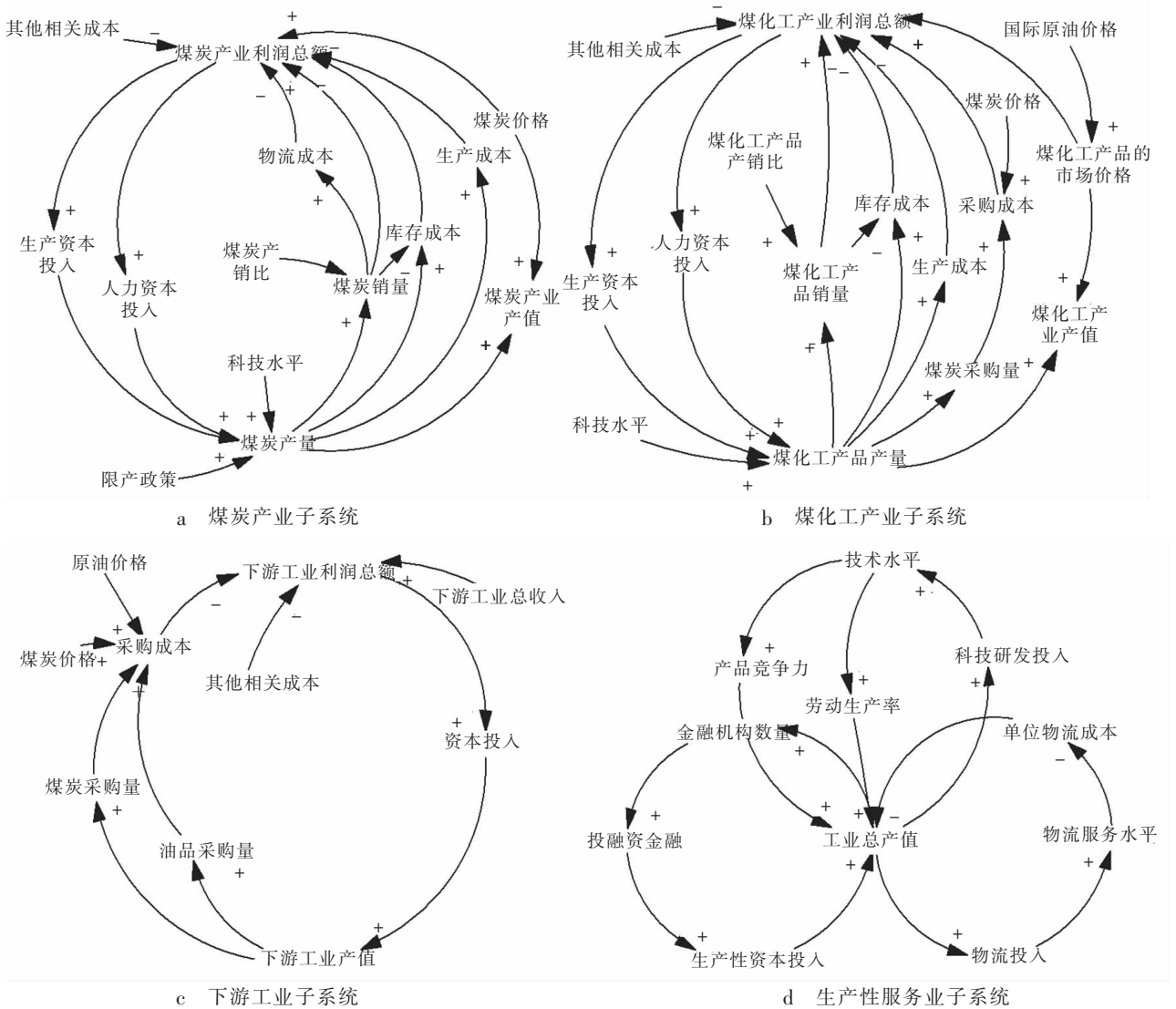


图1 子系统因果关系图

外生变量和煤炭销量共同决定了煤炭产业的总收入,煤炭销量由煤炭产量和煤炭产销比决定,体现了煤炭产量的提升对利润总额的正向影响。而生产成本的大小由煤炭产量所决定,煤炭产量越高,相应的生产成本也会越大,体现了煤炭产量的提升对利润总额的负向影响。物流成本的大小由煤炭销量所决定,煤炭销量越大,相应产生的物流费用也会越多,而库存成本由煤炭的销量和产量共同决定。另外,根据生产理论,煤炭产量主要由科技水平、煤炭产业人力资本投入以及煤炭产业生产资本投入3个方面共同决定,同时会受到限产政策的约束。

煤化工产业子系统的因果关系如图1b所示,与煤炭产业的因果关系基本相似。需要说明的是,作为煤化工产业的主要原材料,煤炭的价格越低,煤化工产业的生产成本也就越低,其赢利能力也就越强。与此同时,煤化工产品的市场价格除受到其市场供给与需求的影响之外,还会受到原油价格的影响。

当国际油价处于高位时,煤化工产品的市场价格也随之提升,而当国际原油价格下跌时,煤化工产品的比较优势下降,其盈利能力随之下降。

下游工业子系统的因果关系如图1c所示,由于煤炭和煤化工下游产业的类型较多,而且建材、钢铁、机械等工业品主要销往其他地区,因此对下游产业子系统的因果关系作了简化处理,并将这些产业的销售收入设置为外生变量。下游工业的利润主要受销售收入和总成本的影响,能源价格的下跌有利于其降低采购成本,提高利润总额。反过来,下游产业利润越高,其扩大再生产的动力和能力就越强,产业产量和产值也就越大。

生产性服务业子系统的因果关系如图1d所示,主要体现为生产性服务对经济发展的服务支撑作用,具体表现在3个方面:一是金融服务水平对经济发展的服务支撑作用,区域工业总产值的增加会吸引更多的金融机构入驻,增加区域的投融资金融

额,活跃当地的金融市场,有利于企业向金融机构进行贷款,增加相关的资本投入,进而增加工业总产值;二是科技水平对经济发展的支撑作用,工业总产值的增加,会有更多的资金来用于科技研发,进而提高区域的科技水平,而科技水平的提高,一方面可以使得区域工业产品形成差异化提高产品竞争力,另一方面也能通过改进工艺或者流程来提高劳动生产率进而提高工业总产值;三是物流服务水平对经济发展的服务作用,工业总产值的增加将会有更多的资金来用于物流基础设施建设,提高物流服务水平,降低单位物流成本,有利于区域经济的长远发展。

#### (四)煤炭城市应对能源价格冲击的系统动力学模型构建

根据以上建立各变量之间的相互关系,使用Vensim PLE仿真工具构建出“煤炭城市应对能源价格冲击的系统动力学模型”系统流图,如图2所示。

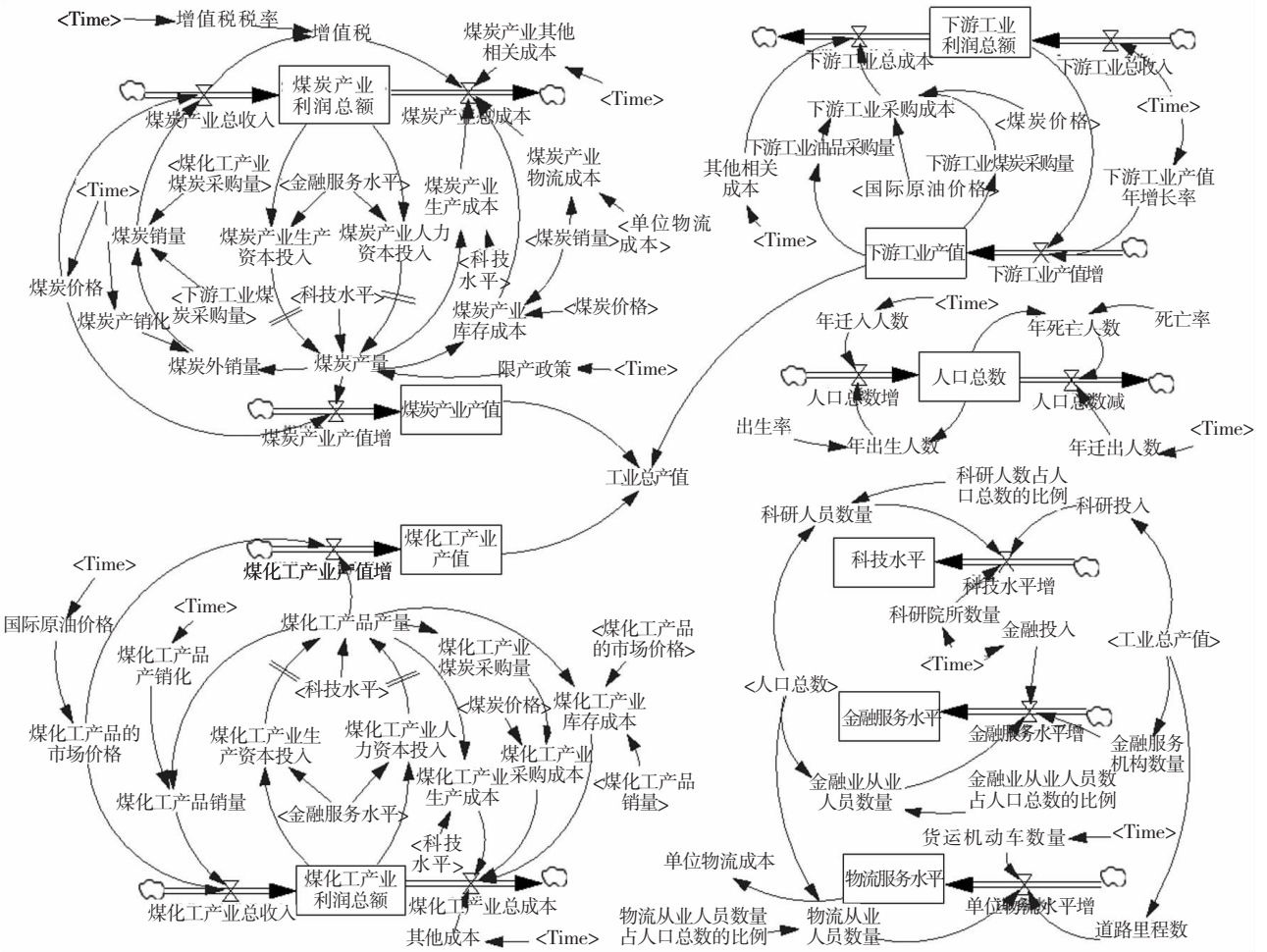


图2 煤炭城市应对能源价格冲击的系统动力学模型

#### 1.主要方程的设定

根据SD原理,需要设定函数来描述变量间的影响关系,本文主要采用CD生产函数以及利润函数等来刻画相关主要变量间的逻辑关系,构造了74个系统动力学方程,主要方程式包括:

$$1) \text{煤炭产业利润总额} = \text{煤炭产业总收入} - \text{煤炭产业总成本} \textcircled{1};$$

$$2) \text{煤炭产业生产资本投入} = \text{煤炭产业利润总额} \times \text{煤炭产业利润影响系数} + \text{金融服务水平对煤炭产业生产资本投入的影响系数} \times \text{金融服务水平} \textcircled{2};$$

$$3) \text{煤炭产业人力资本投入} = \text{煤炭产业利润总额} \times \text{煤炭产业人力资本投入影响系数} + \text{金融服务水平对煤炭产业人力资本投入的影响系数} \times \text{金融服务水平};$$

$$4) \text{煤炭产量} = \text{科技水平} \times (\text{从事煤炭产业人力资本投入} \wedge \text{煤炭产业人力资本投入弹性系数}) \times (\text{煤炭}$$

①煤炭产业利润总额采用INTEG函数。INTEG函数为累积函数,但由于本文所采用的利润总额为年度利润总额,不是累积利润总额,所以在当年的煤炭产业总收入-煤炭产业总成本的基础上再减去上一年度煤炭产业的利润总额,可得到当年煤炭产业的利润总额。

②相关参数是将煤炭产业利润总额和金融业年末贷款余额作为自变量,煤炭产业生产资本投入作为因变量进行统计回归得到。

产业生产资本投资 $\wedge$ 煤炭产业生产资本投入弹性系数)-限产政策<sup>①</sup>;

5)煤炭产业总收入=煤炭价格 $\times$ 煤炭销量<sup>②</sup>;

6)煤炭产业总成本=增值税+煤炭产业库存成本+煤炭产业物流成本+煤炭产业生产成本+煤炭产业其他相关成本;

7)煤炭产业产值=上年度煤炭产业产值+当年煤炭产业产值增;

8)煤化工产业生产资本投入=煤化工产业利润总额对生产资本投入的影响系数 $\times$ 煤化工产业利润总额+金融服务水平对煤化工产业生产资本投入的影响系数 $\times$ 金融服务水平;

9)煤化工产业人力资本投入=煤化工产业利润总额对人力资本投入的影响系数 $\times$ 煤化工产业利润总额+金融服务水平对煤化工产业人力资本投入的影响系数 $\times$ 金融服务水平;

10)煤化工产品产量=科技水平 $\times$ (从事煤化工产业人力资本投入 $\wedge$ 煤化工产业人力资本投入弹性系数) $\times$ (煤化工产业生产资本投资 $\wedge$ 煤化工产业生产资本投入弹性系数);

11)煤化工产业利润总额=煤化工产业总收入-煤化工产业总成本;

12)煤化工产业产值=上年度煤化工产业产值+当年煤化工产业产值增;

13)下游工业产业利润总额=下游工业产业总收入-下游工业产业总成本;

14)下游工业产业产值=上年度下游工业产业产值+当年下游工业产业产值增;

15)科技水平=上年度科技水平+当年科技水平增;

16)金融服务水平=上年度金融服务水平+当年金融服务水平增;

17)物流服务水平=上年度物流服务水平+当年物流服务水平增。

## 2.数据来源及相关参数的确定

本文主要采用《鄂尔多斯统计年鉴》(2005—2015年)、《鄂尔多斯年鉴》(2005—2015年)、《鄂尔多斯统计与发展公报》(2005—2016年)内的有关数据。煤炭价格、煤炭物流成本和煤炭生产成本方面的数据来自中国煤炭工业年鉴(2005—2014年)和中国煤炭市场网(<http://www.cctd.com.cn>)的煤炭产

业数据库,石油价格数据来自中国能源网(<http://www.china5e.com>)的石油产业数据库。

运用系统动力学需要对所建立方程的相关参数进行确定,本文主要采用算数平均法、统计回归法和表函数法来确定系统参数,具体如下:

1)算数平均法,利用历史数据求算数平均值,主要包括:出生率(0.013 414)、死亡率(0.005 708)、科研人数占人口总数的比例(0.001 44)、金融从业人数占人口总数的比例(0.004 49)、物流从业人数占人口总数的比例(0.004 49)。

2)统计回归法,在SPSS软件支持下,采用一元线性回归模型确定参数,主要包括:煤炭产业人力资本投入和生产资本投入的弹性系数(0.048 445, 0.569 73)、煤化工产业人力资本投入和生产资本投入的弹性系数(0.091 8, 0.101 289)、科研投入系数(0.009)、金融服务水平对煤炭产业生产资本投入影响系数(0.24)、金融服务水平对煤炭产业人力资本投入影响系数(0.023 53)、金融服务水平对煤化工产业生产资本投入的影响系数(0.300 24)、金融服务水平对煤化工产业人力资本投入的影响系数(0.006 2)、煤炭产业利润总额对生产资本投入的影响系数(0.13)、煤炭产业利润总额对人力资本投入影响系数(0.054 98)、煤化工产业利润总额对生产资本投入影响系数(0.171 36)、煤化工产业利润总额对人力资本投入影响系数(0.093)、单位煤化工产品煤炭采购量(0.674 91吨/吨)、单位下游工业产值煤炭采购量(0.000 644 76吨/元)、单位下游工业产值油品采购量(0.000 001 429吨/元)等。

3)表函数法,对于两个变量之间存在非线性关系以及系统外部因素,采用表函数法来进行确定,主要包括:煤炭价格、国际原油价格、煤炭产销比、煤化工产品产销比、限产政策、增值税税率等。

## 3.模型的检验

系统动力学模型是对现实世界的简化描述,模型不可能与真实的产业生态系统完全一样。但如果要系统有效,必须和现实的误差不能太大,误差的确定要通过对建立的系统动力学模型进行有效性检验。本文以2004年作为仿真初始年,对人口总数、工业总产值等几个能够反映系统行为的状态变量进行历史真实性检验(Really Check),结果显示预测值与真实值的误差均不超过10%,模型拟合度

<sup>①</sup>煤炭产业生产资本投入是指煤炭产业固定资产净值,具体指标采用《鄂尔多斯市统计年鉴》内的煤炭产业固定资产净值年平均余额,该指标已考虑累计折旧。同时,采用CD生产函数,对煤炭产量、煤炭产业人力资本投入和煤炭产业生产资本投入进行对数变换,并将变换后的煤炭产业生产资本投入和人力资本投入作为自变量,煤炭产量作为因变量进行统计回归得到相关参数。

<sup>②</sup>由于本文采用的煤炭价格为年平均价格,并不是实时价格,采用煤炭价格 $\times$ 煤炭销量会产生较大误差,因此,将煤炭价格 $\times$ 煤炭销量作为自变量,以煤炭产业总收入作为因变量进行了统计回归并得到相关参数。

表1 真实性检验结果

状态变量		2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
人口总数	仿真值	137.30	138.81	141.32	143.91	146.23	148.71	150.81	152.93	154.54	156.21	157.92	159.65
	真实值	136.00	137.00	141.00	144.00	146.00	149.00	152.00	154.00	152.00	154.00	155.90	157.30
	误差/%	0.95	1.31	0.21	-0.06	0.13	-0.20	-0.78	-0.71	1.64	1.42	1.28	1.46
煤炭产业产值	仿真值	112.32	218.03	275.62	422.91	949.54	944.13	1542.01	2433.22	2432.21	2368.03	2218.14	1936.27
	真实值	108.70	199.00	277.10	438.10	881.20	1047.00	1514.00	2417.00	2338.00	2310.00	2247.00	2071.00
	误差/%	3.30	9.54	-0.54	-3.40	7.70	-9.80	1.80	0.60	4.02	2.50	-1.20	-6.50
煤炭产业利润	仿真值	17.30	52.04	80.20	147.51	331.73	399.33	511.81	693.10	718.43	557.52	288.11	53.43
	真实值	17.20	51.80	79.80	146.90	313.90	390.50	509.50	694.20	719.47	594.80	267.50	58.27
	误差/%	0.58	0.46	0.50	0.40	5.60	2.20	0.45	-0.15	-0.14	-6.27	7.70	-8.30
煤化工产业产值	仿真值	19.19	32.62	49.96	103.80	178.71	221.42	135.54	449.31	485.01	511.50	427.13	234.12
	真实值	21.08	35.80	55.50	114.70	187.65	225.05	133.40	437.70	490.10	523.10	453.60	257.20
	误差/%	-8.90	-8.80	-9.90	-9.50	-4.70	-1.60	1.50	2.60	-1.04	-2.20	-5.80	-8.90
煤化工产业利润	仿真值	3.96	3.64	4.01	8.55	23.81	18.26	-2.29	40.60	34.46	34.59	27.94	-15.37
	真实值	3.71	3.47	3.91	8.53	22.46	15.01	-2.50	35.70	34.71	33.53	25.24	-16.10
	误差/%	6.70	4.80	2.50	0.20	6.01	7.30	-8.40	8.90	-0.70	3.10	9.50	-4.50
下游工业产值	仿真值	146.01	204.01	292.20	406.21	544.53	726.22	1015.10	875.04	1131.11	1441.15	1556.03	1640.12
	真实值	146.40	204.30	292.30	406.60	544.70	730.20	1033.00	889.00	1155.00	1434.00	1589.00	1794.00
	误差/%	-0.27	-0.14	-0.03	-0.09	-0.03	-0.54	-1.74	-1.57	-2.07	0.48	-2.07	-8.58
下游工业利润	仿真值	18.30	18.21	22.93	29.33	63.60	90.90	172.62	112.81	161.10	282.13	290.30	345.54
	真实值	18.50	18.00	23.00	29.27	65.60	97.07	178.70	117.80	146.70	274.08	290.90	372.40
	误差/%	-1.08	1.11	-0.43	0.10	-3.04	-6.35	-3.41	-4.24	9.81	2.92	-0.20	-7.22
地区工业总产值	仿真值	278.01	454.70	616.83	931.04	1672.10	1891.11	2692.03	3757.02	4049.17	4322.15	4201.25	3810.03
	真实值	276.10	439.20	624.90	959.50	1613.00	2002.00	2681.00	3745.00	3983.00	4267.00	4290.00	4123.00
	误差/%	0.68	3.52	-1.29	-2.97	3.65	-5.54	0.41	0.32	1.65	1.28	-2.07	-7.59
地区工业总利润	仿真值	39.51	73.92	107.20	185.53	419.10	513.50	682.14	846.52	920.13	874.30	606.42	383.52
	真实值	39.60	73.40	106.80	184.70	402.09	502.60	685.80	847.80	900.90	902.40	583.60	414.60
	误差/%	-0.25	0.68	0.37	0.43	4.23	2.16	-0.53	-0.15	2.12	-3.11	3.90	-7.50

较高,适用性较强,具有较好的复制能力,可以作为模拟和预测的依据<sup>①</sup>。

### (五)能源价格与调控政策情景设计

#### 1.能源价格情景设计

为了探寻煤炭价格和石油价格下跌对煤炭城市经济发展的影响,根据中国宏观经济、煤炭产业和石油产业的现状,以及煤炭价格和原油价格预测方面的已有相关成果<sup>[45-48]</sup>,对煤炭价格和原油价格分别建立了单一能源价格波动情景和组合波动情景,具体如表2所示。

2015年1月以来,中国经济增速的逐步放缓将多年来高速增长下掩盖的许多问题,例如产能过剩、环境超载、产业结构失衡、房地产泡沫等逐一暴

露。随着钢铁冶金、建材等主要用煤行业市场需求的下降和节能减排的不断深化,煤炭产业供大于求的格局在短期内难以扭转。在此背景下,本文预计未来一段时期内中国煤炭价格仍将在低位徘徊,而且可能会进一步小幅下跌。据此,根据2015年为基准情景,并在此基础上设计了煤炭价格逐年下跌5%的情景。

受美国页岩油气冲击的影响,国际油价自2014年以来持续下跌,而欧佩克等传统产油国为了保住市场份额坚决不减产,导致国际原油供大于求,截至2015年12月,WTI原油价格已经跌至40美元/桶,由于短期内国际原油市场的供求矛盾很难缓解,预计未来一段时间国际原油价格也将持续

<sup>①</sup>在进行系统动力学的误差检验时目前没有严格的判别标准,在实际研究过程当中,大都根据实际研究问题进行确定并通常以10%或20%的误差范围作为判别标准<sup>[34-35,39]</sup>。根据本文研究主题,由于煤炭产业、煤化工产业和下游工业产业的产值和利润的影响因素众多,而且各变量之间的关系非常复杂,因此本文认为10%的误差范围在一定程度上是可以接受的。

在低位徘徊。据此,本文根据2015年为基准情景,并在此基础上设计了原油价格逐年下跌5%的情景。

需要说明的是,由于能源价格不可能无限下

跌,而且2004—2015年期间煤炭和原油的最低价格分别为305元/吨和31.5美元/桶,因此分别将300元/吨和30美元/桶设定为煤炭和原油价格的最低阈值,当价格跌至相应的阈值时将不再下降。

表2 能源价格情景设计

情景设计		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
基准情景(BS)	煤炭价格	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00
	原油价格	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
煤价下挫情景(CPS)	煤炭价格	430.00	408.50	388.10	368.70	350.20	332.70	316.10	300.30	300.00	300.00	300.00
	原油价格	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
油价下挫情景(OPS)	煤炭价格	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00
	原油价格	50.00	47.50	45.10	42.90	40.70	38.70	36.80	34.90	33.20	31.50	30.00
组合下挫情景(SPS)	煤炭价格	430.00	408.50	388.10	368.70	350.20	332.70	316.10	300.30	300.00	300.00	300.00
	原油价格	50.00	47.50	45.10	42.90	40.70	38.70	36.80	34.90	33.20	31.50	30.00

## 2. 调控政策情景设计

应对能源价格冲击的主要调控政策可以被归为三类:降低能源企业运营成本的政策,主要表现为通过降低增值税税率减轻煤炭企业税费负担和通过限产降低企业的库存成本;旨在提高服务保障水平的政策,主要表现为加大科技、金融方面的投入,提高对煤炭、煤化工等主导产业的服务支撑作用;旨在提高产业转型和结构调整的政策,主要表现为通过大力发展电力、新能源等替代产业。根据政府相关文件和现有文献,本文设立了以下5种调控政策情景,具体如表3所示。

1)降低煤炭企业增值税情景。近年来,政府出台了一系列针对煤炭行业的税费减负政策。例如,2013年11月国务院发布《关于促进煤炭行业平稳运行的意见》,明确指出要坚决取缔各种乱收费、乱集资、乱摊派;内蒙古自治区同年出台了《关于促进全区煤炭经济持续健康发展的有关措施》,提出下调煤炭价格调节基金标准,暂停收取煤矿维简费,减免铁路运杂费。可以看出,减轻企业税费负担将是政府未来一段时间内的工作重点。增值税是煤炭企业的第一大税种,年缴纳增值税额占总税额的50%以上,约为工业行业平均水平的4倍。在2016年举行“两会”期间,多名代表建议将煤炭增值税税率由17%下调至13%。据中国证券报2016年3月报导,财政部目前正在深入研究增值税税率下调问

题,并将于近期出台相关政策。据此,本文设计了煤炭行业增值税下调情景。

2)限制产能情景。煤炭产业陷入困境的根源在于产能过剩导致的供需失衡,2015年中国煤炭企业库存已超过4亿吨。在当前煤炭市场需求持续低迷的背景下,解决供需矛盾的根本途径就是限产。2014年7月国务院出台新修订的《煤矿生产管理办法》,同年的8月又连续印发了《关于取消和调整一批行政审批项目等事项的决定》《关于遏制煤矿超能力生产规范企业生产行为的通知》等一系列政策,其中要求鄂尔多斯市2015年煤炭限产0.3亿吨。随着中国经济2016年增速预期的下调<sup>①</sup>,煤炭消费量预期将进一步降低,因此未来煤炭行业限产力度很可能会进一步加大<sup>②</sup>。据此,本文设计了鄂尔多斯市的煤炭产业限产情景。

3)增加金融投入情景。中国钢铁冶金、建材及相关制造业赢利水平的下降导致煤炭企业应收账款激增。来自中国煤炭工业协会的数据显示,2015年煤炭企业应收账款超过5000亿元。为缓解煤企资金周转压力,促进煤炭产业健康发展,2015年3月份以来国家能源局、鄂尔多斯等许多政府部门出台了相关金融支持政策。2016年1月26号,鄂尔多斯市政府在其《政府工作报告》中明确指出到2020年,金融、文化产业增加值占地区生产总值的比重要提高到5%以上<sup>③</sup>。据此,本文设计了鄂尔多

①2016年3月5号国务院发布的《政府工作报告》明确指出,2016年中国的GDP年增长率将稳定在6.5%~7%之间,比过去5年的GDP平均年增长率7.8%降低了0.8~1.3个百分点。

②2016年2月1日,国务院发布了《关于煤炭行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》,其中明确指出,从2016年开始,用3~5年的时间再退出产能5亿吨左右,减量重组产能5亿吨左右,较大幅度压缩煤炭产能。

③[http://www.ordos.gov.cn/dttx/jrordos/201502/t20150209\\_1334076.html](http://www.ordos.gov.cn/dttx/jrordos/201502/t20150209_1334076.html)。

斯市金融服务水平提升情景。

4)增加科技投入情景。长期以来,中国的煤炭及煤化工产业发展主要依靠增加生产要素的投入,即增加投资、扩大厂房、增加劳动投入来扩大生产规模,行业科技创新的能力和力度还不够,自我完善的动力还不足。为降低企业生产成本,提高产品质量和附加值,政府正在鼓励对能源资源领域的研究和发展<sup>①</sup>。2015年12月,国家能源局在煤炭行业“十三五”规划中明确提出,要“完善煤炭及煤化工产业科技创新体制,加大科技投入和人才培养力度,提高产业创新水平和能力,推动产业发展方式转变,……”2016年1月26日,鄂尔多斯市政府在其《政府工作报告》中明确指出,到2020年,全市的科技研发经费占地区生产总值的比重要达到2%以上,高新技术产业占规模以上工业增加值的比重要

达到20%以上。据此,本文设计了鄂尔多斯市科技服务水平提升情景。

5)发展替代产业情景。长期以来,鄂尔多斯等煤炭资源富集区的功能和定位被限定在中国能源产业基地的框架内,严重降低了区域产业的多样性,制约了区域经济的可持续发展。为此,鄂尔多斯把非资源型产业作为调结构、促转型的重要突破口。2015年3月,鄂尔多斯政府工作报告明确提出,“加快煤电基地建设,积极推动建材、陶瓷、PVC等产业高端化、系列化发展,大力发展汽车、煤机、化机、电力装备等制造业,实现非煤产业增加值突破1000亿元”<sup>②</sup>。并且在2016年鄂尔多斯市的政府工作报告中又提出到2020年,非煤产业占工业增加值的比重要达到60%以上。据此,本文设计了鄂尔多斯替代产业增长情景。

表3 调控政策情景设计

调控政策情景设计 <sup>②</sup>	情境描述
限制产能(LP)	以2015年限产0.3亿吨作为基准情景,以后限产量逐年增加10%
加大金融投入(FS)	以2015年金融投入年增长率0.06作为基准情景,以后提升至0.08
发展替代产业(AI)	以2015年下游工业产值年增长率0.06作为基准情景,以后提升至0.09
加大科研投入(TI)	以2015年科研投资系数0.009作为基准情景,以后提升至0.02
降低增值税(VAT)	以2015年增值税税率17%作为基准情景,以后年份改为13%

### 三、仿真结果与分析

#### (一)能源价格情景仿真结果与分析

图3a和图3b展示了煤炭产业产值和利润总额在不同能源价格情境下的变化情况。在CPS情景中,煤炭产业的产值和利润均大幅下滑,但二者的变化存在一定差异。具体而言,随着煤炭价格的下跌,煤炭产业的产值在2022年之前一直在下降,之后开始小幅上升;而产业利润一直不断下跌,而且降幅比产值更大。在OPS情景中,虽然与BS情景和CPS情景相比,煤炭产业的产业和利润略微较低,但总体而言石油价格下跌的影响并不显著。这是因为目前煤化工产业占鄂尔多斯工业总产值的比重还不是很,油价下跌所引发的煤化工产业对煤炭需求的下降对煤炭产业影响相对较小。在SPS情景中,煤炭产业的产值和利润都是最小的。

图3c和图3d展示了煤化工产业产值和利润总额在不同能源价格情境下的变化情况。在CPS情景中,煤化工产业的产值和利润都是最大的,而且随着煤炭价格的下跌,这两项指标均呈现出平稳增长的趋势。这一结果意味着,煤炭价格的下跌虽然会对煤炭产业造成不利影响,但却会由于降低煤化工产业的生产成本而促进其发展。在OPS情景中,煤化工产业的产值和利润都是最低的;而且,随着石油价格的下跌,在开始之初产值急剧下降,但在2019年之后开始逐渐回升,而利润始终表现出快速下降的趋势。在SPS情景中,煤化工产业的产值和利润处于以上两种情景之间,并且其变化趋势与在OPS情境下相似。

图3e和图3f展示了下游工业产业产值和利润总额在不同能源价格情境下的变化情况。在SPS情境下,产值和利润都是最大的,意味着煤炭和原油价格的下跌将有助于降低相关产业的生产

①该工作报告来自鄂尔多斯市政府网站(<http://www.ordos.gov.cn>)。

②本文分别以煤炭价格单一波动、原油价格单一波动以及组合波动情景为基准情景进行了各响应政策有效性的模拟仿真。就政策的有效性而言,基本结论一致,限于篇幅,本文只报告了煤价和油价都下挫的这一最为不利的结果。



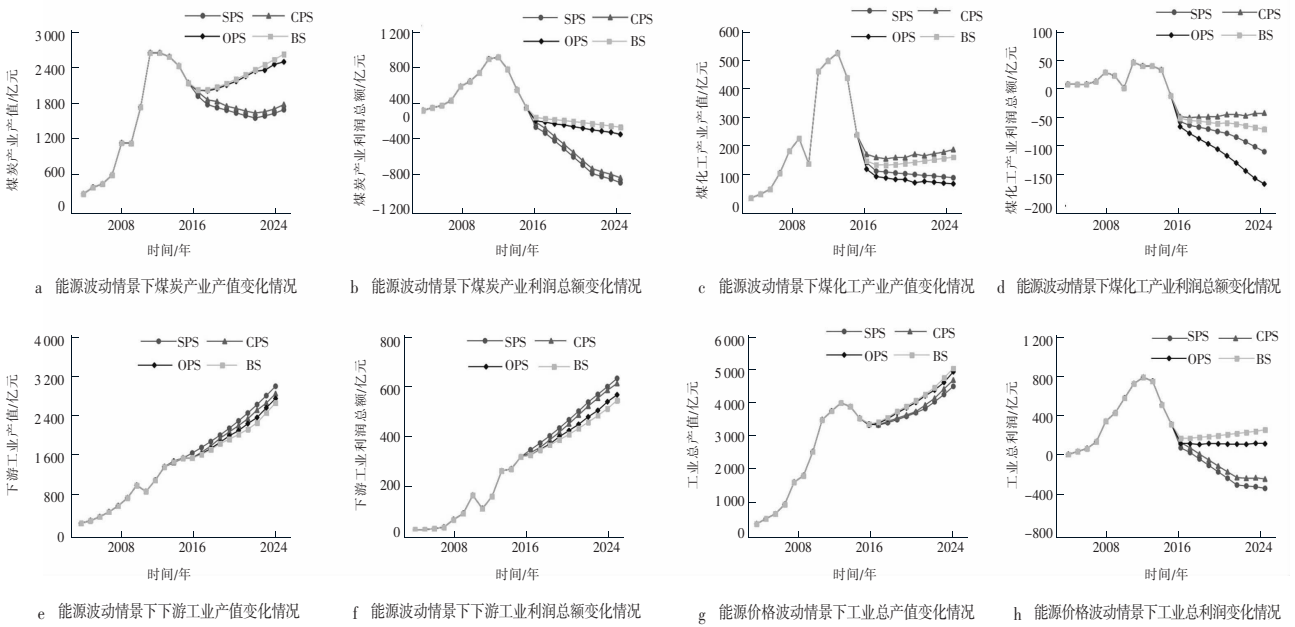


图3 能源波动情景下各产业的产值和利润变化情况

成本,进而促进这些产业的发展。而且,随着时间的推移,其他工业的产值和利润的增长速度越来越快。此外,其他工业的产值和利润在CPS情境下比在OPS情境下要好。这是因为在鄂尔多斯除煤炭和煤化工以外的其他工业部门中,直接以煤炭为消费品的电力产业所占比重最大,同时对煤炭价格的波动也更为敏感。

图3g和图3h展示了工业总产值和总利润在不同能源价格情景下的变化情况。结果显示,在SPS情境下,总产值和总利润都是最小的;较于在OPS情境下,总产值和总利润在CPS情境下更小,表明煤炭价格下降对鄂尔多斯市工业经济的影响更大。由此可以看出,尽管煤炭价格的下跌有助于鄂尔多斯煤化工及其他工业产业的发展,但由于这些产业占该地区经济的比重小于煤炭产业,因而难以对冲能源价格下跌对煤炭产业的不利影响。此外,值得注意的是,无论是在CPS,OPS还是SPS情境下,鄂尔多斯工业总产值和总利润的变化趋势均都截然不同。具体而言,随着煤炭或石油价格的下跌,工业总产值仍呈现出逐年递增的趋势;在CPS情境下,工业总利润在开始急剧下滑,在2016年之后逐渐趋于平稳;在OPS情境下,工业总利润变化较为平稳,仅表现出轻微的下降。

### (二) 调控政策情景仿真结果与分析

图4a和图4b展示了煤炭产业产值和利润总额在不同政策情景下的变化情况。在TI情景下,煤炭产业产值和利润总额均为最大,并且可以保

持产业产值持续上升。在LP情境下,煤炭产业的利润可以得到有效的提升,并且产值仍高于SPS情景。在其他3种政策情景下,煤炭产业产值随着时间的推移均会不同程度地增加。通过对上述政策情景的分析可以明显看出,无论是从短期还是长期的角度来看,TI政策在提升煤炭产业产值和利润方面都是最优的。而VAT政策在实施之初可以最大程度地提高产业利润,但是随着时间推移,其政策效果在逐渐下降。无论是从短期还是长期的角度来看,煤炭产业利润总额在FS情境下都是最差的。这一现象说明在煤炭价格下跌和市场需求低迷的背景下,更多的资金流入煤炭生产领域将加剧煤炭供需失衡的态势,从而进一步削弱煤炭产业的赢利能力和利润水平。

图4c和图4d展示了煤化工产业产值和利润总额在不同政策情景下的变化情况。对比于图4a和图4c可以看出,在各政策情景下,煤化工产业的产值的变化情况和煤炭产业相似,在此不再重复。在改善煤化工产业赢利水平方面,TI的效果最好;FS的效果最差;VAT则基本上没有效果。进一步,与基准情景的利润水平相比,FS和LP都会导致煤化工产业进一步恶化;而TI和AI不仅有助于改善行业状况,而且能够实现该产业扭亏为盈。

图4e和图4f展示了下游工业产值和利润总额在不同政策情景下的变化情况。无论是AI政策、TI政策还是FS政策,对下游工业产值和利润总额均有一定程度的提升。而且在AI情景下,下

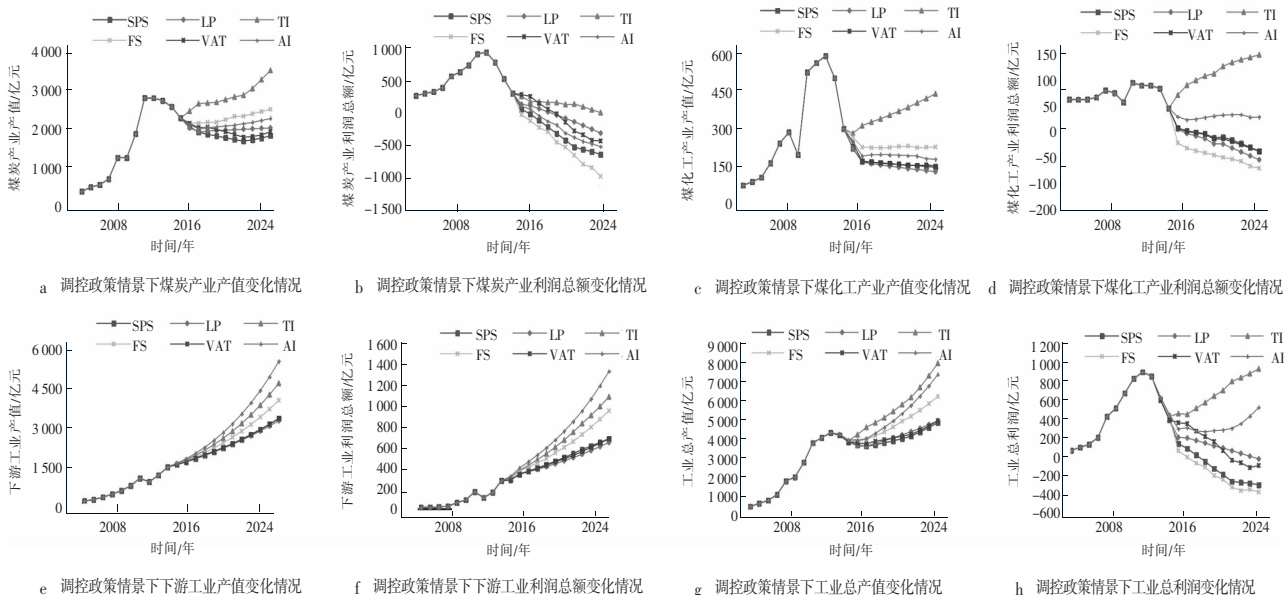


图4 调控政策情景下各产业的产值和利润变化情况

下游工业产值和利润总额的提升幅度最为明显,说明积极的发展替代产业可以有效地提高下游工业的发展水平。同煤化工产业相似,下游工业产业的产值和利润总额在LP情景下均出现一定程度的下降,而VAT政策对下游工业产值和利润总额的作用效果并不明显。

图4g和图4h展示了工业总产值和总利润在不同政策情景下的变化情况。结果表明,对于鄂尔多斯市整个工业来说,无论是在绝对提升量还是相对提升量来说,TI和AI的政策效果都要优于其他政策。在FS情景下,虽然工业总产值可以保持逐年增长,但是工业总利润却会大幅下滑。在VAT情景下,工业总产值,尤其是工业总利润在开始之初可以得到快速的提升,但是随着时间的推移,其政策效果在逐年下降。最后LP政策在略微提高鄂尔多斯工业总产值的同时,会显著提高工业总利润。因此,积极地贯彻实施LP政策不仅不会导致地区经济停滞或下滑,反而会促进经济复苏和提高经济发展质量。

#### 四、结论与对策建议

利用系统动力学建模和情景分析方法,本文对煤炭城市应对能源价格冲击的调控政策进行了模拟仿真,主要结论和建议如下:

##### 1. 合理配置金融资源,优化融资结构

近年来,随着煤价和油价的持续下跌,煤炭和煤化工企业的经营状况也在不断恶化。政府为了帮助企业成功转型并顺利度过难关,也加大了对

企业的金融扶持力度。本文的研究结果表明,金融资金的不合理流向将会进一步加剧产能过剩,降低产业的盈利能力,因此要对金融资源进行合理配置,对符合产业政策、市场前景好,当前投入不足的企业,可综合运用延长贷款期限、资产证券化等方式继续支持其合理资金需求,通过信贷杠杆促进产能过剩矛盾化解和产业结构转型升级。而对于资不抵债、扭亏无望和产能过剩的“僵尸企业”,要压缩退出相关贷款,避免金融资金用于煤炭和煤化工产品的生产扩张。

##### 2. 积极完善增值税政策,减轻煤炭企业负担

本文的研究结果表明,降低煤炭产业增值税是帮助煤炭行业脱困的一条较为快速的途径。中央政府应充分考虑煤炭行业生产和经营特点,根据中国煤炭行业的生产力水平和全国工业行业平均税费水平,优化税费结构,加快研究完善煤炭增值税政策:一是降低煤炭产品税率标准,将煤炭增值税税率下调到13%甚至是11%;二是扩大煤炭增值税抵扣范围,针对煤炭开采的特殊性和煤炭增值税过重的实际情况,允许矿业权价款、水资源补偿费、矿山环境治理保证金、村庄搬迁费、青苗补偿费、土地塌陷补偿费等抵扣进项税。

##### 3. 大力发展接续产业,推动产业结构优化升级

本文的研究结果表明,通过大力发展接续产业,可以有效地缓解能源价格下挫所带来的冲击,维护区域经济的稳定。因此,对于煤炭城市来讲,应大力发展接续产业,对市场前景好的新兴产业

进行重点培育,加大对其金融的支持力度,促进城市经济持续健康发展,提高区域经济运行质量。对替代产业的选择,政府应重复考虑地区的内外部优势,避免项目开发的盲目性、短期性。

#### 4. 加大限产力度,制定完善的过剩产能退出机制

近年来国家屡屡出台限产政策,但是效果均不理想。究其原因在于,当一部分企业执行限产,而另一部分企业不限产时,限产企业原有的市场份额将会被占有,企业的经营状况会更加恶化。所以有些企业不仅不会减产,反而会增加产量,陷入“越限越产”的怪圈。本文的研究结果表明,积极的贯彻限产政策可以有效地提高煤炭产业的盈利水平,并有利于区域经济的长远发展。因此,要想让限产政策得以有效地贯彻实施,避免陷入“越限越产”的怪圈,地方政府应在区域内的煤炭资源禀赋、市场供需状况以及生态环境等综合评估的基

础上,制定完善的过剩产能退出机制。对生产成本低、环境污染严重的小企业,通过关停等方式引导其退出市场。同时鼓励和支持大型企业对中小企业的兼并重组来进一步化解产能过剩。

#### 5. 实施创新驱动发展战略,引导企业增加创新投入

本文的研究结果表明,在能源价格冲击的背景下,加大科研投入,提高科技水平,无论是对区域经济总量还是区域经济运行质量的提升都是有利的。因此,对鄂尔多斯市来说,应积极贯彻实施科技创新驱动发展战略,同时完善政府对企业创新的财政投入机制,充分利用财政和税收引导企业加大科技投入,激发企业创新投入热情。严格执行有关支持企业科技创新优惠政策,切实把国家高新技术企业所得税减免,企业研发费用加计扣除等科技创新优惠政策落到实处。

#### 参考文献:

- [1] 国家计委宏观经济研究院课题组. 我国资源型城市的界定与分类[J]. 宏观经济研究, 2002(11): 37-39.
- [2] 肖劲松, 李宏军. 我国资源型城市的界定与分类探析[J]. 中外能源, 2009, 14(11): 15-20.
- [3] 陈小勇. 煤价波动对煤炭资源丰裕省份产业转型升级的影响研究[J]. 价格理论与实践, 2014(6): 42-44.
- [4] SUN P J, XIU C L. Study on the vulnerability of economic development in mining cities based on the PSE model[J]. Geographical Research, 2011, 30(2), 301-310.
- [5] DAVID C B, WANG R, ZHANG D Y. Direct and indirect oil shocks and their impacts upon energy related stocks[J]. Economic Systems, 2014, 38(3): 451-467.
- [6] ZHANG C G, CHEN X Q. The impact of global oil price shocks on China's bulk commodity markets and fundamental industries [J]. Energy Policy, 2014, 66: 32-41.
- [7] SCHOLTENS B, YURTSEVER C. Oil price shocks and European industries[J]. Energy Economics, 2012, 34(4): 1187-1195.
- [8] DARBY M R. The price of oil and world inflation and recession[J]. The American Economic Review, 1982: 738-751.
- [9] HAMILTON J D. Oil and the macroeconomy since world war II [J]. The Journal of Political Economy, 1983: 228-248.
- [10] LEE K, NI S, RATTI R A. Oil shocks and the macroeconomy: the role of price variability[J]. The Energy Journal, 1995: 39-56.
- [11] MORK K A, OLSEN, MYSEN H T. Macroeconomic responses to oil price increases and decreases in seven OECD countries[J]. The Energy Journal, 1994, 15: 19-35.
- [12] JI Q, FAN Y. How does oil price volatility affect non-energy commodity markets? [J]. Applied Energy, 2012, 89(1): 273-280.
- [13] BHAR R, MALLIARIS A G. Oil prices and the impact of the financial crisis of 2007—2009 [J]. Energy Economics, 2011, 33(6): 1049-1054.
- [14] BROADSTOCK D C, CAO H, ZHANG D. Oil shocks and their impact on energy related stocks in China [J]. Energy Economics, 2012, 34(6): 1888-1895.
- [15] JU K, ZHOU D, ZHOU P, WU J. Macroeconomic effects of oil price shocks in China: an empirical study based on Hilbert-huang transform and event study[J]. applied Energy, 2014, 136: 1053-1066.
- [16] OLADOSU G. Identifying the oil price - macroeconomy relationship: an empirical mode decomposition analysis of US data[J]. Energy Policy, 2009, 37(12): 5417-5426.
- [17] CAVALCANTI T, JALLES J T. Macroeconomic effects of oil price shocks in Brazil and in the United States[J]. Applied Energy,

- 2013,104:475-486.
- [18] GHOSH S. Examining crude oil price-exchange rate nexus for India during the period of extreme oil price volatility[J]. *Applied Energy*,2011,88(5):1886-1889.
- [19] AHMED H J A,BASHAR O H,WADUD I M. The transitory and permanent volatility of oil prices:what implications are there for the US industrial production? [J]. *Applied Energy*,2012,92:447-455.
- [20] ETORNAM D K,DENIS D. Granger causality analysis on Ghana's macro-economic performance and oil price fluctuations[J]. *Journal of Resources Development and Management*,2015,6:1-5.
- [21] 曹海霞. 煤炭价格市场化改革历程及发展趋势研究[J]. *经济问题*,2008(9):49-51.
- [22] 罗小明. 煤炭价格对我国经济增长影响的研究[J]. *价格月刊*,2012(8):32-34.
- [23] 邱丹,秦远建. 我国煤炭价格与经济增长关系的实证研究[J]. *煤炭经济研究*,2009(2):4-5.
- [24] BRADBURY J H. Living with boom and cycles:new towns on the resource frontier in Canada[J]. *Resource Communities*,1988,19.
- [25] SHARMA S,REES S. Consideration of the determinants of women's mental health in remote Australian mining towns[J]. *Australian Journal of Rural Health*,2007,15(1):1-7.
- [26] POPYRAKIS E,GERLAGH R. Resource abundance and economic growth in the United States[J]. *European Economic Review*,2007,51(4):1011-1039.
- [27] LI H, LONG R, CHEN H. Economic transition policies in Chinese resource-based cities:an overview of government efforts[J]. *Energy Policy*,2013,55:251-260.
- [28] CREEDY D,WANG L J,ZHOU X Q,CAMPBELL G. Transforming China's coal mines;a case history of the Shuangliu mine[C] //Natural Resources Forum. Blackwell Publishing Ltd,2006,30(1):15-26.
- [29] LIU Y,YIN G,MA L J. Local state and administrative urbanization in post-reform China;a case study of Hebi city,Henan province[J]. *Cities*,2012,29(2):107-117.
- [30] MARTINET V,DOYEN L. Sustainability of an economy with an exhaustible resource;a viable control approach [J]. *Resource and Energy Economics*,2007,29(1):17-39.
- [31] SHEN L,CHENG S,GUNSON A J,WAN H. Urbanization,sustainability and the utilization of energy and mineral resources in China[J]. *Cities*,2005,22(4):287-302.
- [32] YU J,ZHANG Z,ZHOU Y. The sustainability of China's major mining cities[J]. *Resources Policy*,2008,33(1):12-22.
- [33] JU K,ZHOU D,ZHOU P,WU J. Macroeconomic effects of oil price shocks in China;an empirical study based on Hilbert-huang transform and event study[J]. *Applied Energy*,2014,136:1053-1066.
- [34] 周李磊,官冬杰,杨华,等. 重庆经济—资源—环境发展的系统动力学分析及不同情景模拟[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*,2015,32(3):59-67.
- [35] 宋学锋,刘耀彬. 基于SD的江苏省城市化与生态环境耦合发展情景分析[J]. *系统工程理论与实践*,2006(3):124-130.
- [36] 唐丽敏,曾颖,王成武,曹荻. 基于系统动力学的物流节能减排政策模拟[J]. *系统工程*,2013,31(6):87-94.
- [37] 刘志强,陈渊,金剑,等. 基于系统动力学的农业资源保障及其政策模拟:以黑龙江省为例[J]. *系统工程理论与实践*,2010,30(9):1586-1592.
- [38] TIAN S,RODERIC G. Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China;the case study of Jinshan county with a systems dynamics model[J]. *Ecological Economics*,2005,53:223-246.
- [39] LIU X,MA S,TIAN J,JIA N,LI G. a system dynamics approach to scenario analysis for urban passenger transport energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions;a case study of Beijing[J]. *Energy Policy*,2015,85:253-270.
- [40] HAGHSHEENAS H,VAZIRI M,GHOLAMIALAM A. Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data:A case study in Isfahan[J]. *Cities*,2015,45:104-115.
- [41] 张波,虞朝晖,孙强,等. 系统动力学简介及其相关软件综述[J]. *环境与可持续发展*,2010(2):1-3.
- [42] MATHEWS J A,TAN H. Progress toward a circular economy in China[J].*Journal of Industrial Ecology*,2011,15(3):435-457.
- [43] SONG X,LI Z. Modified index system for eco-efficiency evaluation of circular economy in economy in coal mining area based on network flow analysis[J]. *JCIT:Journal of Convergence Information Technology*,2012,7(13):1-9.

- [44] YAO L, LIU J, WANG R, YIN K, HAN B. A qualitative network model for understanding regional metabolism in the context of social-economic-natural complex ecosystem theory[J]. *Ecological Informatics*, 2015, 26: 29-34.
- [45] LIU H, WU K. Coal price based on hedonic model: evidence from panel data of China's provinces[J]. *Journal of Shanghai Finance University*, 2015, 3: 013.
- [46] ZHANG J L, ZHANG Y J, ZHANG L. A novel hybrid method for crude oil price forecasting[J]. *Energy Economics*. 2015, 49: 649-659.
- [47] ZHAO L, CHENG L, WAN Y, ZHANG H, ZHANG Z. A VAR-SVM model for crude oil price forecasting[J]. *International Journal of Global Energy Issues*, 2015, 38(1-3): 126-144.
- [48] ZHOU Z, DUAN K, LIN G, JIN Q. Forecasting long-term and short-term crude oil price: a comparison of the predictive abilities of competing models[J]. *International Journal of Global Energy Issues*, 2015, 38(4-6): 286-297.
- [49] SUN S, ANWAR S. R&D status and the performance of domestic firms in China's coal mining industry[J]. *Energy Policy*, 2015, 79: 99-103.

## The Policy Simulation of Coal Resource-based City Copes with Energy Prices Shock

—Based on System Dynamic Model

WANG Delu, MA Gang

(School of management, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221116, China)

**Abstract:** In recent years, the economic development of coal resource-based cities are facing unprecedented challenges due to the decline of coal price and crude oil price. Taking Ordos as the sample, we built the system dynamic model of the coal resource-based city copes with energy prices shock, and simulated the output value and total profit of coal industry, coal-chemical industry, downstream industries of coal and coal-chemical industries and the gross industries under different energy prices scenarios and regulatory policy scenarios. The results show that; the energy prices slump has certain stimulating function for the economic development of the downstream industries of coal and coal-chemical industries, however, on the whole, it caused negative effect on the economic development of Ordos. The regulatory effects of different policies are different under energy prices slump scenarios. Increasing technology investment and developing alternative industries have the most significant effect on the rising of whole industries' output value and total profit. Decreasing the value-added tax can increase industrial output value and profit quickly in the short term, while its long-term effect is significantly decreasing annually. Limit production policy can improve the total profit of the whole industries significantly and does not reduce the size of the economy. Financial support can increase the output value of gross industries, but it also does serious impact on the profit of gross industries.

**Key words:** coal resource-based city; energy prices shock; policy response; system dynamic; scenario analysis

[责任编辑:孟青]