

中国页岩气产业发展的财税政策仿真

周 娜, 吴巧生, 汪金伟

摘 要: 在分析当前中国页岩气财税政策不足的基础上, 以《页岩气发展规划 (2016—2020)》中 2020 年和 2030 年产量作为情景目标, 构建了中国页岩气生产—运输—消费系统动力学模型, 在单一财税政策情景和多种政策嵌套情景下对中国页岩气产业发展状况进行模拟, 得出以下结论: (1) 当前页岩气产业政策存在滞后性, 滞后期为 4 年。(2) 单一财税政策在补贴成本、行业利润、增产空间和实施灵活性上的表现不同。单一直接补贴政策实施灵活度最高, 但行业利润空间较低, 补贴成本较高; 单独技术补贴政策的成本最低, 但灵活性较差; 单独税收情景下行业利润最高, 但补贴成本最大, 且对产量的持续增长贡献小。(3) 在多种政策嵌套情景下, 可以实现规划目标; 开采企业和销售企业税后收入不断增加, 行业发展前景良好; 补贴成本随着页岩气产量的增加而增大, 但成本上升幅度小于单独税收减征情景, 能够实现减轻政府财税负担与行业利润增长的双重目标。

关键词: 页岩气; 财税政策; 系统动力学; 政策仿真

中图分类号: F426.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2019)03-0075-15

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2019.03.008

一、引 言

美国页岩气的规模化与商业化开发一定程度上改变了以往世界各国依赖新能源的发展思路, 让全球能源界充分认识到非常规天然气资源的巨大潜力, 并重新思考传统化石能源发展路径。短期由油气资源代替煤炭资源, 并实现长期内化石能源向新能源更替的能源结构优化进程已被各国广泛接受, 更为中国进行页岩气资源的勘探开发积累了经验^[1]。页岩气资源作为常规天然气资源的现实补充, 其规模化开发能够提高中国天然气资源的供应保障能力, 实现能源结构的优化升级, 同时降低油气资源的进口量, 缓解油气资源对外依存度较高的被动局面^[2]。中国页岩气资源潜力巨大, 有较好的资源基础。据美国能源信息署预测, 中国页岩气地质资源潜力约 $134.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 占全球资源量的 29%, 居世界第二位, 技术可采资源潜力 $25.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。除资源禀赋与技术因素的直接作用外, 制度与政策导向也是页岩气产量波动的主导因素^{[3][4][5][6][7]}。因此, 通过政府干预, 加大政策支持力度, 是进一步促进中国页岩气产业发展的必然选择。

基金项目: 国家社科基金重点项目“页岩气和煤层气开发利用的能源安全效益、环境效益及其他社会效益评价”(13AZD078)

作者简介: 周娜, 中国地质大学 (武汉) 经济管理学院博士研究生 (湖北 武汉 430074); 吴巧生 (通讯作者), 中国地质大学 (武汉) 经济管理学院教授

二、文献综述

（一）中国页岩气开发政策支持的必然性研究

中国页岩气资源的埋藏特征和核心技术的缺乏导致了高昂的页岩气开发成本，迫切需要政府提供政策支持以降低页岩气开发企业的资金压力，保证探勘开发的有效进行^{[1][8][9][10]}。与美国页岩气成藏条件相比，中国页岩气埋藏的地质条件较为复杂。美国页岩气平均埋藏深度为 800~2 000 m，而中国页岩气平均埋深超过 3 500 m^[11]。复杂的地理条件提高了页岩气开采成本，增加了开发难度^[12]。目前，中国在水平井技术和水力压裂等页岩气开采核心技术方面尚未形成成熟的技术体系，相关核心设备仍需要从国外进口^[4]。但国外进口设备不适合中国页岩气资源热演化程度高、埋藏深的储藏特点，进一步提高了开采成本（如表 1 所示）^[13]。

随着开采技术的成熟，页岩气开发成本具备较大下行空间。以四川盆地页岩气开发为例，预计到开采成熟期，开采成本可降至 1.5~2.5 元/m³。另外，基于经济平稳增长与能源结构调整的客观需要，中国天然气供需缺口不断扩大，页岩气的有效供给对于降低天然气对外依存度、提高能源安全程度具有重要意义，迫切需要中国政府制定相应的政策保证页岩气开发的平稳有效进行^{[14][15]}。

（二）中国页岩气开发政策支持的研究现状

美国“页岩气革命”的成功为其他国家在页岩气开发中的政策支持、关键技术突破、公共创新体制及基础设施建设等方面提供了许多经验^{[4][6][7][16]}。参考这些成功经验，许多学者从探明地质资源量、加大研发投入、增强政策激励、健全市场机制、环境保护等方面提出了中国页岩气开发的政策建议^{[4][5][8][11][17][18]}。Yang 等^[4]利用综合价值方法比较了中美页岩气开发的差异，并从探明资源储量、增强政策激励等方面提出了政策建议。Li 等^[17]研究了中国页岩气开发现状及面临的主要问题，并从建立研发平台，优化监管体系等方面提出了政策建议。Wu 等^[8]认为在当前的技术经济条件下，中国页岩气开发难以获利，因此中国页岩气开发政策的着力点在于降低开发成本以吸引多元化的投资主体。Hu 等^[5]、Yu 等^[11]和 Krupnick 等^[18]定性比较了中国页岩气开发的机遇与挑战，给出了应对环境保护的政策建议。上述研究更加关注中国现有页岩气政策与国外政策体系的比较，提出的政策建议多为宏观实施方向上的。由于中国与已经实现页岩气商业化开发的国家在页岩气资源禀赋与产业结构等方面存在较大差异，国外经验可能并不适用于中国页岩气产业的发展^[10]。

有些学者在考虑资源基础、市场前景和环境风险的基础上，进一步探究页岩气财政补贴和税收减征政策对于中国页岩气开发的作用^{[9][14][19][20]}。刘楠楠^[21]、耿卫红^[22]梳理了已实现页岩气开发国家的税费政策，认为税费政策能够促进页岩气的勘探开发。Hu 等^[5]认为政府补贴有利于页岩气产业的发展。

表 1 页岩气与常规天然气开采成本对比 单位：元/m³

油气田名称	预估平均开采成本
美国典型页岩气	1.5
四川盆地页岩气（开采早期）	2.5~4.5
四川盆地页岩气（开采成熟期）	1.5~2.5
川渝气田	0.63
长庆气田	0.65
青海气田	0.60
新疆气田（不含西气东输气田）	0.51
其他（大港、辽河、中原等）	0.60

数据来源：MOLBASE。

注：现阶段中国页岩气开采的经济性研究尚缺乏很多实证数据。该数据是根据美国页岩气开发规律并结合涪陵页岩气开发情况推测的结果，仅具备参考意义。

(三) 中国页岩气开发政策支持的研究方法

Zhao 等^[23]采用 SWOT 方法分析了中国页岩气开发现状,并给出了政策选择。有较多学者采用更为复杂的方法,通过寻找变量之间的关系和设定情景模型来检验政策效果。Ma 等^[14]采用结构方程方法测算了页岩气开发中环境、技术、资源和市场的相互作用,并给出政策建议。Yuan 等^[20]设定了单一政策、两种政策和多政策情景,根据经济技术分析给出了中国页岩气开发的政策建议,但该研究仅从投资回报指标来分析政策实施的效果,没有考虑政策成本及对页岩气行业发展的影响。考虑到能源系统是一个巨复杂系统,表现出系统变量的不确定性,变量间存在非线性因果关系并构成反馈回路结构和时间延迟等特点^{[24][25][26][27]},系统动力学模型是模拟复杂能源系统动态发展过程的有效方法^[27],已被广泛应用于能源领域^{[24][26][27][28][29][30][31]}。Wu 等^[8]利用系统动力学模型模拟了技术、成本和补贴等情景下的页岩气产业竞争情况,但该研究仅通过行业内竞争者的数量和潜在竞争者的数量反映产业发展情况,不能显示当技术、成本和补贴变化时对产业链各个环节的影响。中国页岩气探勘开发还处于起步发展阶段,但产业链上游、中游和下游各个环节已经吸纳了许多利益相关者进入产业。当补贴标准和征税力度发生改变时,页岩气生产成本随之发生改变,整个行业发展面临的机遇和挑战因此也有了新的特点,单一分析一项政策的变化不再能显示对整个产业链的影响。

应对全球气候变化,积极推动能源低碳转型是未来我国能源发展的必然选择。作为全球能源生产消费大国,我国正依托丰富的页岩气资源优势,积极推动非常规天然气勘探开发进程。“页岩气革命”有其自身的不确定性,必须克服重重障碍以实现将技术可开采的页岩气资源转化为可经济利用的能源。中国政府已有足够的意愿满足自身对页岩气资源开发的巨大渴望,《页岩气发展规划(2016—2020)》的目标产量设置就是典型例证。正是基于这种考虑与变化,本文在总结现有文献的基础上,评估中国页岩气产业发展的新形势,重点关注现有页岩气开发支持政策的有效性,运用系统动力学方法,构建页岩气生产—运输—消费系统动力学模型,结合页岩气开发政策目前已经形成的三种模式,即中央财政直接补贴、技术补贴和税收减征,以《页岩气发展规划(2016—2020)》中 2020 年和 2030 年产量作为情景目标,在单一财税政策情景和多种政策嵌套情景下对中国页岩气产业发展状况进行仿真,探索建立适合中国页岩气发展要求的财税政策保障体系。

三、中国页岩气产业开发的政策描述

中国政府自 2004 年开始跟踪全球页岩气资源开发形势,并于 2009 年启动全国性的页岩气资源调查工作,起步时间较晚,前期投入巨大,开发企业面临较高的投资风险,需要政府出台相应的支持政策保证页岩气开发的持续进行^{[1][8][9][10]}。总体来说,中国页岩气产业发展政策可分为财政补贴政策 and 税费优惠政策两类^{[10][19]}。2007—2018 年间中国政府印发的促进页岩气产业发展的财税政策如表 2 所示。其中,《关于出台页岩气开发利用补贴政策的通知》(财建[2012]847 号)^①和《关于页岩气开发利用财政补贴政策的通知》(财建[2015]112 号)^②规定了页岩气财政补贴标准。文件规定页岩气开采企业享受中央财政补贴,明确了“十二五”时期中央财政补贴标准为 0.4 元/ m^3 ，“十三五”前半期,即 2018 年以前的补贴标准为 0.3 元/ m^3 ,2019—2020 年补贴标准为 0.2 元/ m^3 ;并鼓励地方政府出台针对页岩气开采企业的补贴政策。页岩气开采企业应缴纳的增值税税

① 参见财政部、国家能源局《关于出台页岩气开发利用补贴政策的通知》(财建[2012]847 号),2012 年 11 月。

② 参见中华人民共和国财政部《关于页岩气开发利用财政补贴政策的通知》(财建[2015]112 号),2015 年 4 月。

率^①和企业所得税税率^②与其他油气田企业相同,分别为17%和税后利润的25%。为了应对国家清洁能源供需矛盾突出的问题,进一步推动页岩气产业发展,2018年3月,中国政府印发了《关于对页岩气减征资源税的通知》(财税[2018]26号),规定自2018年4月1日至2021年3月31日,页岩气资源税(按6%的规定税率)减征30%^③。除税收政策外,国家对页岩气矿业权的使用免征使用费和矿产资源补偿费^④,对国内尚不能进口的设备免征关税。

表2 中国页岩气产业财税政策

时间	政策	关键内容
2007	中华人民共和国企业所得税法	税率为25%
2012	发改能源[2012]612号 ^⑤	减免页岩气探矿权和采矿权使用费;对尚不能国产的进口设备免征关税;出厂价格实行市场定价
2012	财建[2012]847号	页岩气开发企业可以享受中央财政补贴,其中,2012—2015年间的补贴额为0.4元/m ³
2012	国土资发[2012]159号	依法减免页岩气矿业权使用费和矿产资源补偿费
2013	国家税务总局公告2013年第27号 ^①	油气田企业提供的生产性劳务,增值税税率为17%
2014	财税[2014]73号 ^⑥	天然气资源税适用税率提高至6%
2015	财建[2015]112号	延长了开采企业享受的中央财政补贴时间,并调整了补贴标准,其中,2016—2018年为0.3元/m ³ ;2019—2020年为0.2元/m ³
2016	国能油气[2016]255号 ^⑦	加大政策扶持力度,充分调动企业积极性
2018	财税[2018]26号	自2018年4月1日至2021年3月31日,对页岩气资源税(按6%的规定税率)减征30%,即4.2%

上述政策的实施使中国页岩气产量稳步提升,正步入规模化开采阶段^{[2][4][13]}。全国用于页岩气勘探开发相关的投资累计超过230亿元,钻井780口,其中直井探井238口,水平井345口,铺设天然气管道235 km。截至2016年底,全国共设置44个页岩气探矿权,面积 $14.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,新增页岩气三级地质储量近 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。中国页岩气产量从2012年开始实现“零”的突破,2018年全国页岩气产量达到 $102.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^⑧,占天然气总产量的6.54%。

虽然现行的页岩气财税政策在中央财政补贴、探矿权和采矿权使用费和资源税等方面有相应的优惠措施,但仍存在财政补贴力度不足、税费政策优惠作用较小、减税效果不明显等问题^{[10][21]}。

首先,现行财政补贴力度不足,表现在补贴标准较低、周期较短、门槛较高以及地方补贴的缺失。财建[2012]847号和财建[2015]112号文件明确规定了页岩气开采企业在不同时期内的补

① 参见国家税务总局《关于油气田企业开发煤层气页岩气增值税有关问题的公告》(国家税务总局公告2013年第27号),2013年5月。

② 参见国务院《中华人民共和国企业所得税法实施条例》(中华人民共和国国务院令[2007]512号),2007年12月。

③ 参见财政部、税务总局《关于对页岩气减征资源税的通知》(财税[2018]26号),2018年3月。

④ 参见中华人民共和国自然资源部《国土资源部关于加强页岩气资源勘查开采和监督管理有关工作的通知》(国土资发[2012]159号),2012年10月。

⑤ 参见国家发展改革委、财政部、国土资源部、国家能源局《关于印发页岩气发展规划(2011—2015年)的通知》(发改能源[2012]612号),2012年3月。

⑥ 参见财政部、国家税务总局《关于调整原油、天然气资源税有关政策的通知》(财税[2014]73号),2014年10月。

⑦ 参见国家能源局《国家能源局关于印发页岩气发展规划(2016—2020年)的通知》(国能油气[2016]255号),2016年9月。

⑧ 作者根据中石油和中石化披露的2018年产量数据计算得到。

贴标准,暂时难以有效降低页岩气开采企业的成本,不足以弥补页岩气开采成本与市场价格之间的差异。由于文件中设定的补贴程序和数据提供十分严格,补贴门槛较高,大多能够实现页岩气开发的企业难以达到享受补贴的条件,在实际操作过程中的可行性并不高。虽然上述两个文件鼓励地方财政对地方页岩气勘探和开发活动进行补贴,但是由于政策成本和约束机制缺失,页岩气勘探开发基本上不会享受到地方政府的补贴^{[1][8][9][10]}。

其次,现有税费政策优惠作用较小。发改能源[2012]612号文件免除了页岩气采矿企业的勘探使用费和采矿权使用费,但在实践中采矿权的特许权使用费在矿业企业实际发生的总成本中占比很小,仅免除页岩气开发企业的勘探权使用费和采矿权使用费不能显著降低开采成本,因此对企业的激励效果不大。

最后,减税效果不明显。发改能源[2012]612号文件免征了页岩气探勘开发中尚不能实现自主生产的设备的进口关税,但由于进口增值税的存在,进口关税的减免不会显著降低进口设备的购置成本。考虑到中国尚未掌握页岩气开发核心技术,相关核心设备需完全从国外进口,面对国外核心技术的垄断及其带来的剪刀差,核心设备的进口成本仍然高昂。仅免除页岩气进口关税而不对进口增值税进行减负,难以降低企业设备购置成本。

四、中国页岩气开发的财税政策仿真系统动力学模型构建

(一) 模型边界与假设

进行系统动力学建模时,需要全面考虑涉及页岩气规模化开发的各项因素,因此本文构建的反映中国页岩气开发现状的系统动力学模型涉及页岩气产业生产、运输、消费等环节及其主要相关因素。考虑模型的简洁性与数据的可得性,提出以下假设:

1. 模型中各个变量的行为表现出时间一致性,即变量的取值会根据时间步长的变化而变化。中国页岩气实现商业化产气的时间可以追溯到2012年,但直到2014年,页岩气产量增幅并不明显,表现出较低的商业化水平,政策作用不明显,因此本文研究的初始时间节点为2014年。考虑到2030年左右是中国国家自主贡献计划设定的碳排放达峰时间,因此,模型的研究时间范围为2014—2030年。模型中的步长设定为1,以观测页岩气产业每一年的发展状况。

2. 模型只考虑影响常规天然气消费的主要变量对页岩气需求的影响。为简化模型,在构建消费子系统时只考虑了引起常规天然气消费波动的变量,不考虑其他不可抗力作用。页岩气作为常规天然气的现实补充,在需求市场受到的影响与常规天然气类似,如生产用气量受到GDP和单位GDP天然气利用量的影响,生活用气量受到人口规模与人均天然气消费量的影响。为简化模型,在构建消费子系统时,只考虑诸如上述变量在内的影响因素对页岩气消费的影响,不考虑偶发的不可抗力的影响。另外,考虑到中国当前天然气零售价格尚未形成市场定价机制,在模型中页岩气定价方式设定为当前各省天然气门站价格的平均值,不考虑替代能源的价格影响。

3. 模型中不考虑页岩气产量及探明储量上限问题。《页岩气发展规划(2016—2020)》披露的中国页岩气技术可采储量为 $21.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,远远高于规划中的预期产量目标,可以推断未来以及一段时间内现有地质储量不会成为限制页岩气资源大规模增产的瓶颈因子,故本文不将页岩气储量作为限制因素。

(二) 模型结构及变量描述

在页岩气产业发展过程中存在着众多的利益相关者,如上游的勘探开发企业,中游的管道销售企业,下游的工业用户和居民用户以及中央和地方各级政府。在构建中国页岩气开发系统动力学模型、分析财税政策对页岩气开发的支持作用时,有必要考虑到页岩气产业的不同参与者。根据产业

链理论, 本文把页岩气产业进一步细分为上、中、下游三个环节, 并考虑勘探开发企业、管道运输企业、终端用户及政府等利益相关者的诉求, 将中国页岩气产业发展系统动力学模型进一步细分为上游的生产子系统、中游的运输子系统、下游的消费子系统以及政府财税子系统。

1. 生产子系统。以页岩气开采企业的税前利润和税后利润为中心构建生产子系统。开采企业的税前利润主要受井口价格与开采成本的影响。税前利润扣除与生产企业相关的资源税、企业所得税和增值税后的剩余利润即为开采企业的税后利润。当企业获得税后利润后, 一部分通过增加钻井数量来扩大再生产; 另一部分则作为企业研发投入来提高企业自身的技术水平, 进一步提高生产率。

2. 运输子系统。与生产子系统类似, 运输子系统的核心为页岩气运输与销售企业的利润。运输与销售企业的利润表现为运输的单位页岩气从上游获得的井口价格与销售给下游消费者的销售价格的差。运输与销售企业获得的税前利润, 扣除资源税、增值税和企业所得税后得到税后收入。部分税后收入用以投资页岩气管道, 以提高现有管道的单位输送能力, 获得更多利润。

3. 消费子系统。作为非常规天然气, 页岩气的供需已融入中国天然气市场。近年来, 中国天然气供需缺口不断扩大, 极大地激发了页岩气行业的投资热情。页岩气行业下游的消费子系统与常规天然气行业类似, 表现为工业用气需求和民用气需求。

4. 补贴子系统。政府作为财税政策的实施主体, 是页岩气产业各项支持政策的发布者和监督者。政府对页岩气开发实施的补贴主要有对开采企业的技术补贴和直接补贴, 以及针对开采企业和销售企业的税收减征, 以增加生产和销售企业的利润, 降低消费者的燃气成本, 从而促进产业的发展。

通过各子系统的合理耦合, 综合考虑系统内各个变量的共同作用, 本文构建了涵盖页岩气生产—运输—消费全过程的系统动力学模型 (如图 1 所示), 并基于此模型主要考察不同财税政策情景下中国页岩气产业发展状况, 以评估政策有效性。

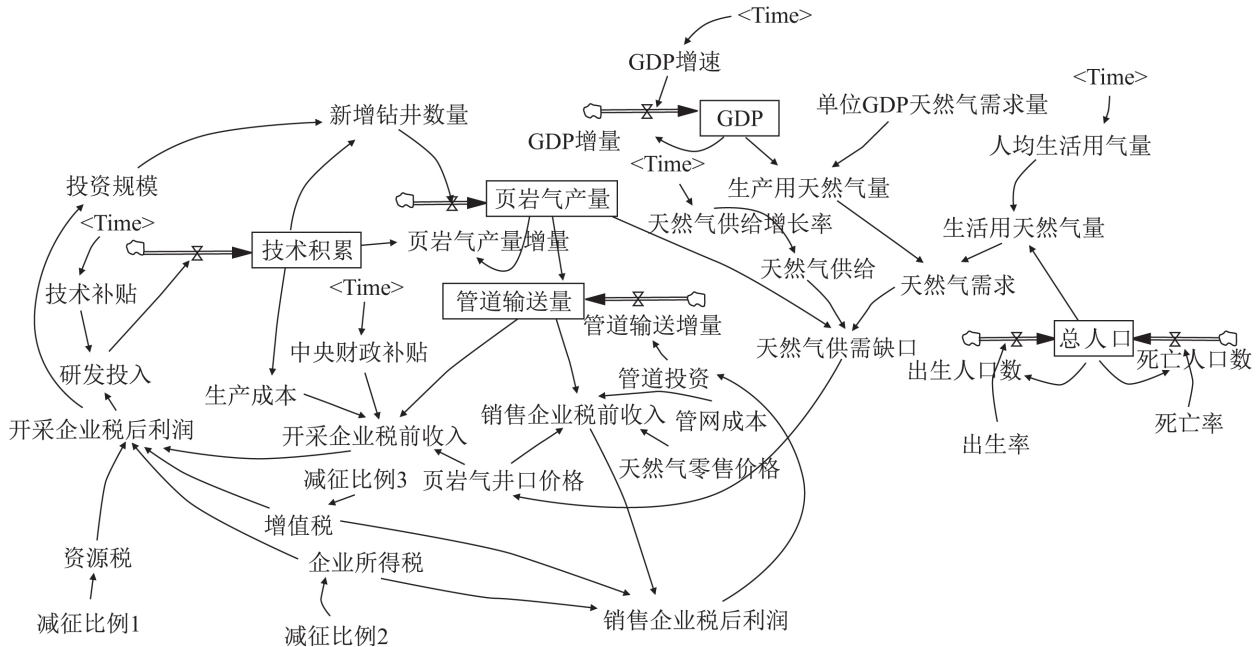


图 1 中国页岩气产业生产—运输—消费系统动力学模型

5. 关键变量及含义。模型中涉及的变量、含义及单位如表 3 所示。模型中消费子系统数据来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》，生产子系统、运输子系统与补贴子系统中变量的数据来源于《中国页岩气资源调查报告》和相关参考文献^{[8][32]}。

表 3 系统动力学模型参数清单

变量类型	变量名称	含义	单位
状态变量	技术积累 (TA)	技术进步的积累程度	Dmnl
	页岩气产量 (SGP)	页岩气年产量	10^8 m^3
	管道输送量 (PTC)	现有管道输气能力	10^8 m^3
	GDP	国民生产总值	亿元
	总人口 (TP)	年末人口数	亿人
速率变量	技术进步 (T)	页岩气投资对页岩气开发技术的影响	Dmnl
	页岩气产量增量 (SGPI)	新增钻井数量、技术积累以及产量共同作用下页岩气产量的增加量	10^8 m^3
	管道输送增量 (PTCI)	管道投资用以扩大管道输送能力	Dmnl
	GDP 增量 (GDPI)	前一期 GDP 与 GDP 增长率的积	亿元
	出生人口数 (NB)	历年新增人口数	亿人
	死亡人口数 (ND)	历年死亡人口数	亿人
	开采企业税后利润 (ATPM)	页岩气开采企业税前收入剔除资源税、增值税和企业所得税后的部分	亿元
辅助变量	开采企业税前收入 (PTPM)	管输量与井口价格的积为页岩气开采企业的收入, 生产成本与管输量的积为开采企业的生产成本, 二者的差值为开采企业税前收入。由于国家政策补贴的存在, 开采企业税前收入还包括直接补贴额	亿元
	研发投入 (R&D)	开采企业税后利润中用于研发的部分	亿元
	生产成本 (PC)	页岩气开发成本, 随着技术进步不断下降	元/ m^3
	新增钻井数量 (NW)	规模投资用于新建钻井的数量	Dmnl
	中央财政补贴 (FS)	中央财政对每生产 1 m^3 页岩气的补贴	元/ m^3
	投资规模 (IS)	开采企业税后利润中用于投资扩大生产的金额	亿元
	页岩气井口价格 (WP)	页岩气生产成本	元/ m^3
	销售企业税前收入 (PTPS)	页岩气销售企业销售页岩气获得的收入	亿元
	技术补贴 (TS)	中央财政对页岩气研发的补贴额	亿元
	增值税 (VT)	页岩气开采和销售企业缴纳的增值税率	Dmnl
	企业所得税 (BT)	页岩气开采和销售企业缴纳的企业所得税税率	Dmnl
	资源税 (RT)	页岩气开采和销售企业缴纳的资源税率	Dmnl
	减征比例 1 (R1)	资源税减征比例	Dmnl
	减征比例 2 (R2)	企业所得税减征比例	Dmnl
	减征比例 3 (R3)	增值税减征比例	Dmnl
	销售企业税后利润 (ATPS)	页岩气销售企业税前利润剔除资源税、增值税和企业所得税的收入	亿元
	管道投资 (PI)	页岩气销售企业税后利润用以管道基础设施建设的部分	亿元
	管网成本 (PNC)	管道建设平均成本	元/ m^3
	天然气零售价格 (RP)	全国天然气零售市场价格	元/ m^3
	天然气供需缺口 (NGG)	中国天然气供给量满足需求量的能力	10^8 m^3
	天然气供给 (NGS)	国内天然气供应量	10^8 m^3
	天然气需求 (NGD)	国内天然气需求量	10^8 m^3
	天然气供给增长率 (NGR)	历年国内天然气供应增长率	Dmnl
	生产用天然气量 (NGP)	国内生产中消费的天然气总量	10^8 m^3
	单位 GDP 天然气需求量 (NGDP)	中国单位经济增长消费的天然气量的平均值	Dmnl
	GDP 增速 (GDPR)	GDP 增长速度	Dmnl
	生活用天然气量 (NGU)	生活中消费的天然气总量	10^8 m^3
	出生率 (BR)	人口出生率	Dmnl
	死亡率 (DR)	人口死亡率	Dmnl
	人均生活用气量 (GCP)	非工业人均用气量	Dmnl

现对模型中涉及三类方程进行说明。

(1) 常数方程。本文将变量 R_1 、 R_2 、 R_3 、 PNC 、 RP 、 $NGDP$ 、 BR 和 DR 设置为常数, 其中 R_1 — R_3 分别表示资源税、企业所得税和增值税的减征比例, 初始值为 0, 最大值为 1, 可根据情景设置调整变量取值; $NGDP$ 、 BR 和 DR 分别为中国 2010—2017 年间单位 GDP 天然气需求量、人口出生率和死亡率的历史平均值经过模型精度调整后的值, 其值依次为 0.002 1、0.012 和 0.000 71; PNC 和 RP 根据当前中国天然气市场设定为 0.22 元/ m^3 和 3 元/ m^3 。

(2) 调用表函数方程。变量 FS 、 TS 、 NGR 、 $GDPR$ 和 GCP 调用表函数表示 2014—2030 年的值。其中, 变量 FS 的初始值根据“十二五”和“十三五”规划设定, 可根据情景设置调整变量取值; 变量 NGR 、 $GDPR$ 和 GCP 截止到 2017 年的数据来源于《中国能源统计年鉴》, 2018—2030 年的数据根据历史数据借助 SPSS 软件进行最小二乘法回归预测得到。

(3) 其他辅助方程。模型中除上述变量外的其他 29 个变量均根据变量之间的关系设定了辅助方程, 如公式 (1) — (29) 所示。状态变量 TA 、 SGP 、 GDP 、 TP 及变量 NGS 分别由公式 (1) — (5) 表示, 各个变量的初始值分别是 6、 $13 \times 10^8 m^3$ 、641 281 亿元、13.68 亿人、 $1.302 \times 10^8 m^3$ 。其他变量则根据相关变量之间的关系给出了相应的方程。

$$TA = \text{INTEG}(T, 6) \quad (1)$$

$$SGP = \text{INTEG}(SGPI, 13) \quad (2)$$

$$GDP = \text{INTEG}(GDPI, 641\,281) \quad (3)$$

$$TP = \text{INTEG}(NB-ND, 13.68) \quad (4)$$

$$NGS = \text{INTEG}(NGS * NGR, 1.302) \quad (5)$$

$$PTC = \text{INTEG}(\text{IFTHENELSE}(SGP \geq (PTC + PTCI), PTC + PTCI, SGP), 2) \quad (6)$$

$$T = \text{WITH LOOKUP}(R\&D, ([(0, 0) - (100, 10)], (0, 0), (10, 0.7), (20, 0.7), (30, 0.7), (40, 0.7), (50, 0.8), (60, 0.8), (70, 0.8), (80, 0.8), (90, 0.9), (100, 0.9))) \quad (7)$$

$$SGPI = NW * 0.28 * TA / \text{DELAY1I}(TA, 1, 4) - SGP * 0.1 \quad (8)$$

$$PTCI = PI / 0.425 \quad (9)$$

$$GDPI = GDP * GDPR \quad (10)$$

$$NB = BR * TP \quad (11)$$

$$ND = TP * DR \quad (12)$$

$$ATPM = PTPM * (1 - RT - VT - BT) \quad (13)$$

$$PTPM = PTCI * (WP - PC + FS) \quad (14)$$

$$R\&D = ATPM * 0.3 + TS \quad (15)$$

$$PC = \text{ACTIVE INITIAL}(1.9 - TA * 0.01, 1.9) \quad (16)$$

$$NW = IS / 0.9 * (TA / \text{DELAY1I}(TA, 1, 10)) \quad (17)$$

$$IS = \text{IFTHENELSE}(ATPM \geq 50, ATPM * 0.3 + 300, ATPM * 0.3 + 100) \quad (18)$$

$$WP = 1.66 * (1 + 1 - \text{DELAY1I}(NGG, 1, 0) / NGG) \quad (19)$$

$$PTPS = PTCI * (RP - PNC - WP) \quad (20)$$

$$RT = 0.06 * (1 - R_1) \quad (21)$$

$$BT = 0.25 * (1 - R_2) \quad (22)$$

$$VT = 0.17 * (1 - R_3) \quad (23)$$

$$ATPS = PTPS * (1 - BT - VT) \quad (24)$$

$$PI = ATPS * 0.8 \quad (25)$$

$$NGG = NGD - NGS - SGP \quad (26)$$

$$NGP = GDP * NGDP \quad (27)$$

$$NGD = NGP + NGU \quad (28)$$

$$NGU = TP * GCP \quad (29)$$

(三) 模型运行检验

在完成系统动力学模型的构建并设定模型参数后，需要对系统结构和系统行为的适应性进行测试，以保证系统动力学模型能够有效地模拟现实。中国页岩气生产—运输—消费系统动力学模型运行结果如表 4 和图 2 所示。从表 4 可以看出，模型得出的页岩气产量模拟值与实际值差异较小，且所有年份误差率在 15% 以内，可以认为该模型具有一定可靠性，能对中国未来一段时间内页岩气规模化开发情景进行模拟预测。

表 4 模拟参数与页岩气实际产量对比

单位： 10^8 m^3

	实际值	模拟值	平均绝对误差	误差率 (%)
2014	13	13	0	0
2015	45	39.86	2.57	11.42
2016	78.82	67.47	5.675	14.4
2017	97	91.97	2.515	5.19
2018	102.9	114.48	5.79	11.25
2019		135.46		
2020		154.85		
2025		382.11		
2030		782.79		

图 2 显示，在当前政策情景下，中国页岩气产量将保持持续增加，到 2030 年产量达到 $782.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，略低于《页岩气发展规划（2016—2020）》展望的到 2030 年页岩气产量达 $800 \times 10^8 \sim 1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的目标。在现行政策下，中国页岩气产量的拐点出现在 2022 年。2022 年以前，页岩气产量增幅较为平缓，2022 年以后，页岩气产量增加迅速。这表明由于政策实施效果存在滞后性，现有的单一的直接补贴政策对页岩气发展的促进作用直到 2022 年才会显现。单纯依靠现行直接补贴政策，到 2020 年中国页岩气产量将会明显低于规划中 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水平，仅为 $154.85 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这一目标到 2024 年才能实现。

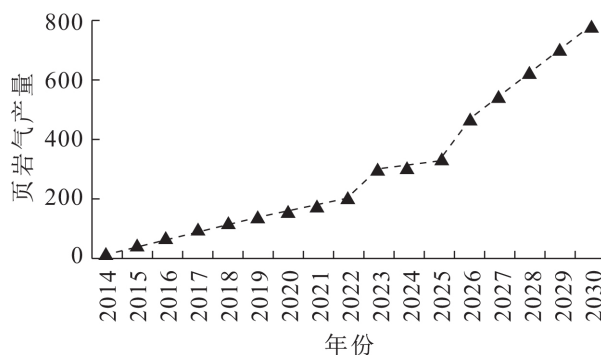


图 2 现行政策情景下中国页岩气产量预测（单位： 10^8 m^3 ）

五、财税政策情景设置与仿真结果

目前中国页岩气产业已经形成的财税支持政策包含中央财政直接补贴、技术补贴和税收减征三种。本文以这三种方式为基础，以《页岩气发展规划（2016—2020）》中2020年和2030年产量作为情景目标，在单一财税政策情景和多种政策嵌套情景下对中国页岩气产业发展状况进行模拟。不同情景下模拟结果如下：

（一）单一财税政策情景

图3显示了只存在单一财税政策情景下页岩气产量预测情况。

1. S1为只存在中央直接补贴情景。根据前文分析，由于政策效果的滞后性，2022年以前页岩气产量增速较缓。为达到2020年页岩气产量 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和2030年页岩气产量 $800 \times 10^8 \sim 1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的目标，设定S1中2018—2021年中央对每生产 1 m^3 页岩气的补贴额度是1.5元，2022年以后 1 m^3 页岩气的补贴额度是0.2元，以达到规划目标。在上述政策情景下，2020年页岩气产量为 $317.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，到2030年产量达到 $1\,089 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2. S2为只存在税收减征情景。为达到规划产量水平，需要对页岩气产业的资源税、增值税和企业所得税实现完全减征，即设定变量 R_1 、 R_2 和 R_3 的值均为1。在此情景下，页岩气产量增长较为平缓，到2020年产量为 $159.37 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，低于目标产量水平，到2023年左右才能突破 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 产量，比目标计划年份推迟了3年；2030年页岩气产量可增至 $886.35 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，保证远景目标的实现。这表明从长期看，税收减征政策能够激励页岩气企业进行生产经营活动，但由于税收减征政策与产量水平相关，短期内对页岩气产业激励作用不明显。

3. S3为只存在技术补贴情景。设定页岩气技术补贴额度为30亿元/年，历年产量如图3所示。在此情景下，2020年页岩气产量为 $185.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，到2022年末才能达到2020年规划产量；2030年页岩气产量 $880.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，达到远期规划目标。

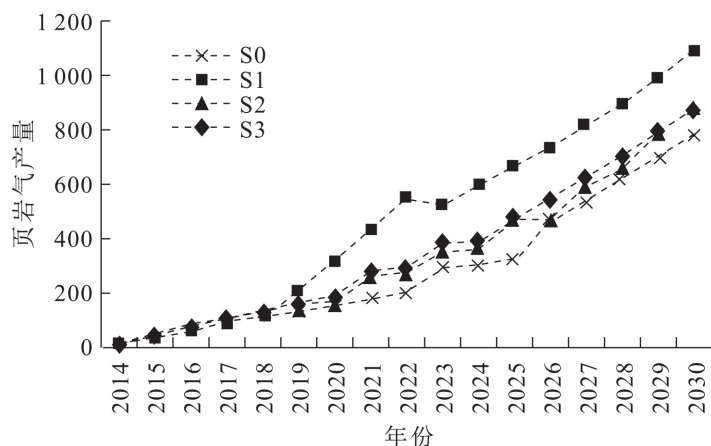


图3 单一财税政策情景下中国页岩气产量模拟

注：S0为原始情景，S1为只存在中央补贴情景，S2为只存在税收减征情景，S3为只存在技术补贴情景

表5为单一财税政策情景下中国页岩气产业利润及补贴成本。在所有单一财税情景下，页岩气产业利润随着产量的增加增幅明显。与原始情景相比，只税收减征情景下页岩气产业利润增幅最大，只中央补贴情景下次之，只技术补贴情景下最小。

表 5 单一财税政策情景下中国页岩气产业发展状况及补贴成本

单位：亿元

	S1		S2		S3	
	C	P	C	P	C	P
2018	171.72	110.74	81.18	140.535	71.30	62.1845
2019	308.10	264.74	133.42	261.53	62.35	149.26
2020	476.19	543.24	205.85	422.11	67.16	259.19
2021	654.18	985.08	287.51	610.07	86.66	399.32
2022	110.73	802.55	480.66	922.22	87.83	584.80
2023	104.49	1115.76	659.48	1247.09	105.99	803.79
2024	120.89	1522.08	899.77	1672.96	106.30	1054.85
2025	133.37	1934.09	1119.88	2115.96	125.34	1354.40
2026	147.73	2397.98	1425.91	2684.08	138.96	1687.42
2027	163.45	2926.24	1681.05	3262.67	154.99	2091.17
2028	179.08	3498.18	2041.15	3999.17	170.39	2544.56
2029	198.14	4148.52	2437.18	4830.83	187.73	3064.87
2030	217.80	4864.00	2936.73	5828.00	206.18	3654.02

注：C 表示政府补贴成本，P 表示行业利润，为上游生产企业和中游销售企业的利润之和。

在税收减征情景下，页岩气行业利润的增加值就是政府对页岩气行业减征的税收额，即减税成本，因此只税收减征情景下的补贴成本最高。只中央直接补贴情景下，补贴成本和补贴标准与页岩气产量直接相关。此情景中，2021 年以前，为平抑政策实施的滞后性，中央补贴标准较高，随着产量的增长，2018—2021 年页岩气补贴成本逐年增长并维持较高水平；2022 年以后，页岩气产量稳步提升，而中央财政补贴标准下调并稳定在 0.2 元/m³ 的水平，补贴成本在 2022 年下降到 110 亿元，并随着产量的增加增长。只技术补贴情景下补贴成本最低，但成本弹性较小。

表 6 比较了三种单一的财税政策在补贴成本、行业利润、增产空间和实施灵活性上的表现。在同一目标下，单独直接补贴情景实施灵活度最高，能够根据页岩气产业发展状况，灵活调整补贴水平，但行业利润空间较低，补贴成本较高。单独技术补贴情景下，补贴成本最低且产量增长具有持续性，但政策实施的灵活性较差，需要保证补贴额的逐年足额发放。单独税收减征情景下，产业利润最高，但补贴成本最大且对产量的持续增长贡献小。与单独技术补贴相比，单独税收减征情景灵活性较高，但其灵活性低于直接补贴情景。

表 6 单一财税政策比较

	只直接补贴情景	只技术补贴情景	只税收减征情景
补贴成本	★★	★★★	★
行业利润	★★	★	★★★
增产空间	★★★	★★	★
实施灵活度	★★★	★	★★

注：★★★表示最好，★★表示一般，★较差。

（二）多种财税政策嵌套情景

单一财税政策分析结果显示，单独技术补贴政策成本最低且对产量的刺激作用明显，同时考虑

到适当的税收减征政策能够保证页岩气产业利润，吸引油气企业进入页岩气探勘开发和销售领域，另外还需兼顾支持政策的灵活性，因此在进行多种财税政策嵌套仿真时，将技术补贴设定为 30 亿元，2018—2024 年中央财政补贴设为 0.3 元/ m^3 ，2025 年以后中央财政补贴标准为 0.2 元/ m^3 ，资源税、企业所得税和增值税减征比例依次为 50%、20% 和 30%。模拟结果如图 4 所示。

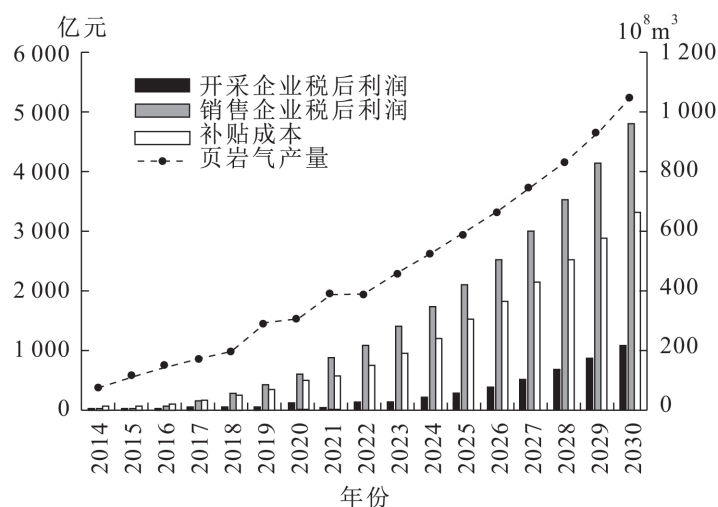


图 4 多种财税政策嵌套情景下中国页岩气产量及产业发展模拟

在多种政策嵌套情景下，2020 年页岩气产量为 $302 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，到 2030 年页岩气产量达到 $1049 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，页岩气规划目标得以实现；开采企业和销售企业税后收入不断增加，行业发展前景良好；补贴成本随着页岩气产量的增加而增大，但成本上升幅度小于单独税收减征情景，表明在多政策嵌套情景下能够实现减轻政府财税负担与行业利润增长的双重目标。

六、结论及政策建议

本文将中国页岩气开发支持政策分为财政补贴政策 and 税费优惠政策两类，发现现有政策体系存在财政政策补贴不足、税费政策优惠不大等问题。为完善中国页岩气行业的财税政策支持体系，本文通过构建中国页岩气生产—运输—消费系统动力学模型，模拟了单独直接补贴、单独技术补贴和单独税收减征等三种单一政策补贴情景以及多种政策嵌套情景下中国页岩气产量、产业利润、政府政策成本及政策灵活性。结果显示：（1）当前页岩气产业政策存在滞后性，以 2020 年页岩气规划产量衡量，当前政策滞后期为 4 年。（2）单一财税政策在补贴成本、行业利润、增产空间和实施灵活性上的表现不同。单独直接补贴政策的实施灵活度最高，能够根据页岩气行业发展状况灵活调整补贴水平，但行业利润空间较低，补贴成本较高。单独技术补贴情景下补贴成本最低且产量增长具有持续性，但政策实施的灵活性较差，需要保证补贴额的逐年足额发放。单独税收减征情景下行业利润最高，但补贴成本最大，且对产量的持续增长贡献小。与单独技术补贴相比，单独税收减征政策的灵活性较高，但其灵活性低于单一直接补贴情景。（3）在多政策嵌套情景下，页岩气规划目标得以实现；开采企业和销售企业税后收入不断增加，行业发展前景良好；补贴成本随着页岩气产量的增加而增大，但成本上升幅度小于单独税收减征情景。在多政策嵌套情景下能够实现减轻政府财税负担与行业利润增长的双重目标。

基于上述结论，针对中国页岩气产业发展现状，本文提出如下政策建议：

首先,适当提高中央直接补贴标准,鼓励地方政府对早期页岩气开采进行补贴。仿真结果显示,中央财政的直接补贴能够帮助页岩气企业在开发利用的早期抵御风险,实现页岩气稳定增产。当前阶段实行的页岩气直接补贴标准预计在2024年左右才能使页岩气产量达到2020年的规划产量,时间滞后期较长,因此本文建议将页岩气0.3元/m³的补贴标准延长到2024年,2025年以后补贴标准可酌情降低到0.2元/m³。直接补贴的优势主要体现在实施的灵活性及实效性两个方面。直接补贴的灵活性体现在政府可以根据页岩气产业发展的实际情况调整直接补贴的力度;时效性体现在直接补贴与页岩气产量相关,能够有效激发页岩气开采企业的生产积极性,并且可以产生“光环效应”,促进社会资本对页岩气产业的投资,助力页岩气产业的快速发展。与之相比,技术补贴的作用周期长,存在明显的时间滞后效应;而税率补贴需要在页岩气产业发展到一定产量规模时才能实现政策效果。

其次,合理分配税收减征比例,保证页岩气产销企业利润。中国对页岩气产业的税收减征政策尚未完善,仅免除了页岩气开采企业30%的资源税。通过对单独税收减征情景仿真发现,税收减征情景下页岩气行业利润最大,建议政府完善针对页岩气产业发展包括增值税、企业所得税和资源税等在内的多项税收减征政策。不同税收政策的减征比例可以根据页岩气产业发展的实际情况进行调整,以提高页岩气开采及运输企业的积极性。

最后,适当提高技术补贴。对标美国页岩气开发的成功经验,政府可以通过提高技术补贴额度,为形成适合中国页岩气开发实际情况的页岩气勘探和开发技术体系投入更多的资金支持。页岩气开发需要专项技术资金的支持,可以通过设立专项基金,专款专用,力求页岩气开采技术先行,并用于指导开采开发实践。技术补贴还可用于技术专职人员的培训项目以及与页岩气产业发展相关的学科平台和学科队伍的建设,保证技术进步的实现。

参考文献

- [1] 吴妍,魏巍贤,蔡文香.中国非常规油气资源发展对策研究[J].中国人口·资源与环境,2015(S2).
- [2] 黎江峰,吴巧生,汪金伟.能源安全视角下我国页岩气产业绿色发展路径与保障政策[J].管理世界,2017(8).
- [3] Wan,Z.,T. Huang,B. Craig. Barriers to the development of China's shale gas industry[J]. *Journal of Cleaner Production*,2014,84.
- [4] Yang,Y.,L. M. Wang,Y. B. Fang,et al. Integrated value of shale gas development: A comparative analysis in the United States and China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*,2017,76.
- [5] Hu,D. S.,S. Q. Xu. Opportunity,challenges and policy choices for China on the development of shale gas[J]. *Energy Policy*,2013,60.
- [6] Lee,W. J.,S. Y. Sohn. Patent analysis to identify shale gas development in China and the United States[J]. *Energy Policy*,2014,74.
- [7] Downie,C.,P. Drahos. US institutional pathways to clean coal and shale gas:Lessons for China[J]. *Climate Policy*,2017(2).
- [8] Wu,Y. N.,K. F. Chen,Y. S. Yang,et al. A system dynamics analysis of technology,cost and policy that affect the market competition of shale gas in China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*,2015,45.
- [9] Li,H.,R. J. Sun,W. J. Lee,et al. Assessing risk in Chinese shale gas investments abroad: Modelling and policy recommendations[J]. *Sustainability*,2016(8).
- [10] Wang,Z.,Y. Y. Luo,P. C. Li,et al. Problem orientated analysis on China's shale gas policy[J]. *Energies*,2018(11).
- [11] Yu,C. H.,S. K. Huang,P. Qin,et al. Local residents' risk perceptions in response to shale gas exploitation: Evidence from China[J]. *Energy Policy*,2018,113.

- [12] Wei, Y. M., J. N. Kang, B. Y. Yu, et al. A dynamic forward-citation full path model for technology monitoring: An empirical study from shale gas industry[J]. *Applied Energy*, 2017, 205.
- [13] Jia, A. L., Y. S. Wei, Y. Q. Jin. Progress in key technologies for evaluating marine shale gas development in China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2016(6).
- [14] Ma, Z. W., G. L. Pi, X. C. Dong, et al. The situation analysis of shale gas development in China—Based on Structural Equation Modeling[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2017, 67.
- [15] Liu, Z. H., J. Guo, S. B. Wang, et al. Government incentive strategies and private capital participation in China's shale gas development[J]. *Applied Economics*, 2018(1).
- [16] Tian, L., Z. M. Wang, A. J. Krupnick, et al. Stimulating shale gas development in China: A comparison with the US experience[J]. *Energy Policy*, 2014, 75.
- [17] Li, Y. B., Y. Li, B. Q. Wang, et al. The status quo review and suggested policies for shale gas development in China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2016, 59.
- [18] Krupnick, A. J., Z. M. Wang, Y. S. Wang. Environmental risks of shale gas development in China[J]. *Energy Policy*, 2014, 75.
- [19] Pi, G. L., X. C. Dong, C. Dong, et al. The Status, obstacles and policy recommendations of shale gas development in China[J]. *Sustainability*, 2015(3).
- [20] Yuan, J. H., D. K. Luo, L. Y. Xia, et al. Policy recommendations to promote shale gas development in China based on a technical and economic evaluation[J]. *Energy Policy*, 2015, 85.
- [21] 刘楠楠. 支持我国页岩气产业发展的财税政策选择[J]. *税务研究*, 2014(9).
- [22] 耿卫红. 国外主要页岩气勘探开发国家税费政策研究[J]. *国土资源情报*, 2016(2).
- [23] Zhao, X. G., J. L. Kang, B. Lan. Focus on the development of shale gas in China—Based on SWOT analysis[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2013, 21.
- [24] Jeon, C., J. Lee, J. Shin. Optimal subsidy estimation method using system dynamics and the real option model: Photovoltaic technology case[J]. *Applied Energy*, 2015, 142.
- [25] Finnerty, N., R. Sterling, D. Coakley, et al. Development of a global energy management system for non-energy intensive multi-site industrial organisations: A methodology[J]. *Energy*, 2017, 136.
- [26] Movilla, S., L. J. De Miguel, L. F. Blázquez. A system dynamics approach for the photovoltaic energy market in Spain[J]. *Energy Policy*, 2013, 60.
- [27] Mutingi, M., C. Mbohwa, V. P. Kommula. System dynamics approaches to energy policy modelling and simulation[J]. *Energy Procedia*, 2017, 141.
- [28] Liu, X., G. Z. Mao, J. Ren, et al. How might China achieve its 2020 emissions target? A scenario analysis of energy consumption and CO₂ emissions using the system dynamics model[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 103.
- [29] Timma, L., G. Bazbauers, U. Bariss, et al. Energy efficiency policy analysis using socio-technical approach and system dynamics: Case study of lighting in Latvia's households[J]. *Energy Policy*, 2017, 109.
- [30] Wang, D., R. Nie, R. Y. Shi, et al. Scenario prediction of China's coal production capacity based on system dynamics model[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, 129.
- [31] Xia, L. Y., D. K. Luo, J. H. Yuan. Exploring the future of shale gas in China from an economic perspective based on pilot areas in the Sichuan basin—A scenario analysis[J]. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2015, 22.
- [32] 高新伟, 江兆龙, 纪瑶. 国际油价波动与中国石油进口影响关系分析[J]. *中国石油大学学报(社会科学版)*, 2015(5).

Fiscal and Tax Policies Modelling and Simulation of Shale Gas Development in China

ZHOU Na, WU Qiao-sheng, WANG Jin-wei

Abstract: This paper analyzed the current fiscal and taxation policies of shale gas in China, and specified the deficiencies of current policies. Taking the output of 2020 and 2030 in the “Shale Gas Development Plan” (2016—2020) as scenario objectives, we constructed the system dynamic model of shale gas production-transportation-consumption system in China, and simulated the development of shale gas industry in China under the single fiscal or tax policy scenario and multi-policy nested scenarios. The results show that: (1) There is a lag in current shale gas industry policies, with a lag period of 4 years. (2) The performance of a single fiscal or taxation policy is different in the cost of policy subsidies, industry profits, space for increasing production and flexibility of implementation. The single direct subsidy policy has the highest flexibility, but the industry profit margin is low and the subsidy cost is high; the technology subsidy policy alone has the lowest cost, but the policy flexibility is poor; the single taxation scenario has the highest profit, but the subsidy cost is the largest, and the contribution to the sustainable growth of production is small. (3) Under multi-policy nested scenario, the dual objectives of reducing the burden of government finance and taxation and increasing the profits of the industry can be achieved. And the corresponding policy recommendations are given.

Key words: shale gas; fiscal and tax policies; system dynamics; policy modelling

(责任编辑 朱 蓓)