

雾霾治理及其经济社会效应:基于“禁煤区”政策的可计算一般均衡分析

姜春海, 宋志永, 冯泽

[摘要] “禁煤区”政策对于减少煤炭消费、促进治霾减排具有重要作用。本文将京津冀三地划为核心“禁煤区”、鲁豫两省划为外围“禁煤区”,利用 CGE 模型模拟了不同禁煤力度对各地治霾减排的效果及经济社会影响。结果表明,禁煤力度越大,各地治霾减排效果越好,同时经济社会压力也越大。不同治霾减排的目标需要相应禁煤力度来支持。短期来看,北京、天津雾霾治理需求迫切,可以完全禁煤且经济社会冲击不大。河北、山东、河南三省份适宜的禁煤力度区间分别为[16%,31%]、[32%,35%]和[20%,27%],此时三省份可以承受经济压力,但就业压力需要外来支撑。长期来看,河北、山东、河南三省份适宜的禁煤力度区间分别为[43%,72%]、[62%,65%]和[34%,57%],此时三省份所承受的经济社会冲击巨大,可能需要 5—8 年左右的时间消化吸收。据此,本文提出了禁煤政策力度应有差异、稳步扩大“禁煤区”范围、构建中央财政补贴机制、治霾减排多种政策组合、积极实施煤炭替代战略的政策建议。

[关键词] “禁煤区”政策; 治霾减排; 经济增长; 就业

[中图分类号]F124 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2017)09-0044-19

一、引言

中国“雾霾锁城”问题引起了国内外各界的高度关注。2016 年京津冀三地的 PM_{2.5} 年平均浓度为 71 微克/立方米,高于全国平均水平 51.1%。大范围、长时间的雾霾天气在京津冀、珠三角、长三角等经济最发达、人口最密集的地区频频出现,不仅对当地居民健康和 life 造成了严重危害,还使得公路、铁路、航空、水运、旅游、农业等经济部门遭受了一系列负面影响,成为外商来华投资、国际游客入境旅游等的重要障碍,严重影响北京等城市乃至整个中国的国际形象。同时,中国以 SO₂ 为代表的硫排放也高居世界首位。SO₂ 的排放量从 1985 年的 1303 万吨到 2006 年的 2588 万吨,增长迅

[收稿日期] 2017-04-28

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“‘输煤转输电’:规模结构优化、政策渐进效应与利益平衡机制”(批准号 71673039);教育部人文社会科学规划基金项目“输煤抑或输电:煤电能源输送路径选择与政策设计”(批准号 15YJA790026)。

[作者简介] 姜春海(1971—),男,山东莱州人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心教授,经济学博士;宋志永(1993—),男,内蒙古赤峰人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心硕士研究生;冯泽(1993—),男,黑龙江哈尔滨人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心硕士研究生。通讯作者:姜春海,电子邮箱:chunhaidufe@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

速;此后在国内外减排压力下虽有所降低,但降幅不大。大量排放 SO_2 不仅造成酸雨问题,也在大气中发生化学反应产生二次 $\text{PM}_{2.5}$,成为另一种诱发雾霾的重要原因。此外,作为全球第一的 CO_2 排放大国,中国的碳排放问题也面临着类似的严重局面。

虽然雾霾形成机理尚未彻底明晰,但现有研究表明,中国雾霾污染主要来源大致是燃煤、工业生产、机动车尾气排放、扬尘等^①,其中大量的煤炭消费是形成雾霾的诱因之首。依托 2016 年组建的京津冀及周边颗粒物组分监测网,环境保护部 2017 年 1 月解析了京津冀及周边区域 $\text{PM}_{2.5}$ 组分,发现京津冀地区空气污染的主要来源依次是煤炭燃烧、工业生产、机动车排放及扬尘。因此,毫无疑问,“控煤”成为中国治霾减排的政策首选项。国务院于 2013 年颁布的《大气污染防治行动计划》(简称“大气十条”)强调控制全国煤炭的消费量,在京津冀等污染较重区域的煤炭消费量争取实现负增长。2016 年,北方进入冬季采暖之际,京津冀及周边地区大气污染防治协作小组第七次会议提出将在北京、天津、保定、廊坊建设国家“禁煤区”,规定除煤电、集中供热和原料用煤企业外,在 2017 年 10 月底前“清零”燃料煤炭。从“控煤”到“禁煤”,可见国家的政策力度之大。

因此,本文基于“禁煤区”这一现实政策,把保定、廊坊扩展到整个河北^②,将“禁煤区”划分为京津冀核心“禁煤区”、山东与河南为外围“禁煤区”、山西、陕西、辽宁和内蒙古构成的潜在“禁煤区”三个层面,着重针对京津冀核心“禁煤区”和鲁豫外围“禁煤区”,结合 2012 年的投入产出表及其相关数据^③,编制出京、津、冀、鲁、豫 5 省份的 SAM 表,利用 CGE 模型分别模拟不同禁煤力度所导致的煤炭消费量减少对区域内各省份治霾减排和经济社会等方面的影响,并对“禁煤区”政策的后续实施进行完善和展望。在污染排放的跨省份交叉效应方面,王晓琦等(2016)发现,京津冀地区 $\text{PM}_{2.5}$ 排放中,京津冀以外的其他地区贡献率仅为 23%左右。2016 年 12 月,京津冀区域大气污染防治联合研究总体专家组在答《中国环境报》记者问时指出,虽然各地 $\text{PM}_{2.5}$ 污染相互影响,但京津冀本身污染是最主要因素,对 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的贡献率约为 70%。可以看到,在污染物排放方面,本地排放仍是主要原因,但雾霾浓度与开放区域内的气流循环依然密不可分。因此,本文专门分析了区域间的交叉影响对治霾减排力度和禁煤政策的影响。此外就 CGE 模型本身而言,为保持所研究问题与模型间的最大契合度,也为了模型数据可获得性等考虑,本文没有考虑能源替代问题,这也将是下一步研究所要完善的地方^④。

二、文献综述

煤炭是中国一次能源消费中的绝对主体,一直是学者们关注的焦点,主要议题集中在煤炭消费

- ① 燃煤主要包括燃煤发电、集中供暖、居民散烧等。工业生产是指钢铁、水泥等工业部门生产过程中的排放,其核心仍是工业用途的燃煤排放。
- ② 2017 年 2 月实施的《京津冀及周边地区 2017 年大气污染防治工作方案》(以下简称《工作方案》)将河北除秦皇岛、张家口和承德外的 8 市确定为京津冀大气污染传输通道城市。因此,本文有充分理由将整个河北扩展为“禁煤区”。同时,作为气象研究区域,保定、廊坊地域面积较小,与河北全省区域相比,易出现交叉效应。另外,从研究角度讲,虽然基于地级市层面进行研究比较准确,但地级市一般都缺乏投入产出表,无法进行 CGE 模拟。因此,本文将地级市层面扩展到省际层面。下文山东、河南同样如此处理。
- ③ 中国现行的统计制度,投入产出表每 5 年编制一次,因此,2012 年的投入产出表已经是当前可以利用的最新投入产出表。
- ④ 毫无疑问,考虑到能源替代问题及成本将提高论文解释力。除了数据可获得性与模型可操作性等因素外,本文未考虑煤炭替代还有以下原因:一是理论上,本文的 CGE 模型是年度的,未涉及动态化;二是实践中,短时间内煤炭替代技术依然正在研发,煤炭替代成本依然较高,替代能源稳定供给长期可持续性堪忧。

与经济发展的关系上。张洪潮等(2014)通过对煤炭消费的整体趋势分析,得出了短期内煤炭消费量变化受到高耗能产业影响,长期则受制于整体经济发展水平的结论。李百吉和张倩倩(2016)通过对京津冀地区煤炭消费量与 GDP 的数据分析,发现京津冀地区的经济发展不依赖于煤炭消费,而煤炭消费需要靠经济增长拉动,这一结论为京津冀地区“禁煤”是否可行提供了一个重要佐证。由于中国的资源禀赋在地理上存在着巨大差异,为了更加符合经济事实,陈闻君和余开勇(2014)使用 ESDA 方法对中国以省份为单位的煤炭消费基于空间维度进行了研究,得到煤炭消费表现出强烈的自相关性的结论,指出煤炭热点消费区域主要集中在华北与东北地区,并提出,煤炭消费治理要注意空间关联的影响,并根据空间差异制定不同政策,这与京津冀共同治理的初衷可谓是不谋而合,也说明在能源消费有强大的经济惯性下,政策介入不再是一种次优方法而成为一种最优方法。李世祥等(2013)使用了 13 个煤炭消费大省的面板数据,发现提高资源利用率对于省份的经济绩效提升具有关键作用。

关于雾霾治理对经济社会的影响,早期文献更多是对雾霾治理经济性的规范性思考,然后逐步向通过统计或计量方法对雾霾治理所造成的经济性影响,或更进一步的社会性影响的方向转变。陈开琦和杨红梅(2015)以思辨方式简要分析了发展经济与雾霾治理的平衡关系,强调经济发展方式转型的突出作用。进一步,周珍等(2017)使用指数方法,把京津冀作为整体区域,评价了雾霾的经济发展与社会稳定影响,得出了雾霾治理与经济发展、社会稳定并不显著相关的结论。这种思考也不再简单考虑经济因素,而是从一个更大的社会因素来分析这类问题,超脱于经济性的阐述并加入了更加符合中国国情的思考。孟祥林(2017)则使用博弈论为政策研究工具,构建了京津冀三地雾霾跨区治理的理论模型。顾为东(2014)则基于综合雾霾形成机理与工业发展的大环境,提出了“远期治本,短期治标”的思想。此外,雾霾对生产力影响的研究,如魏下海等(2017)使用计量方法以运动员为例,研究了雾霾对于生产率的影响,通过评估最终得出了雾霾确实影响运动员生产率的结论。

关于雾霾治理经济理论的讨论,脱离科斯式的“产权讨论”范式,从政策角度进行讨论则更加具有实际价值。学术界关于雾霾治理政策手段的讨论,可以分成理论式判断与实证式判断两种。理论式思路主要是从法律建设或现阶段已有发达国家政策借鉴的相关角度入手进行分析。杨拓和张德辉(2014)结合伦敦环境治理的相关经验,得出了以政府主导、市场调节,进而达到协同治理的经验性结论。韩文科等(2013)从理论层面剖析了调整城市能源结构对于治理雾霾的紧迫性。李振宇等(2013)通过分析能源结构提出了雾霾的可能成因及相应的治理对策。白洋和刘晓源(2013)从“防”、“治”、“救济”三个层面,分析了在环境治理中中国法律的不完备性,并提出了相应的对策。实证式研究主要集中在政策性补贴、税收与空间内产业集聚效应、能源结构优化等为主的领域。王领和杨阳(2013)利用 VAR 模型对上海市环保投入与经济发展的关系进行了研究,得出了政府从政策层面加大环境保护力度,发展新型节能降耗技术对于环境保护极为重要的结论。魏巍贤和马喜立(2015)利用动态一般均衡(DCGE)方法,讨论了能源结构与雾霾治理的最优政策选择问题,得出了加大清洁能源政策补贴力度、增加税费以抑制煤炭过度消费的结论。马丽梅和张晓(2014)利用空间计量方法,探讨中国各省份本地与异地之间雾霾污染的相互影响以及经济变动、能源结构的影响。何立华等(2015)以山东为例证明并分析了能源结构优化对于地区低碳目标的贡献率,得出了能源结构优化虽然有效但还不足以达到理想低碳目标的结论。能源结构尤其是新能源的发展也引起了足够的重视,廖祺(2013)从新能源发展角度,提出了转变经济生产方式与能源结构的依据。此外,林伯强和邹楚沅(2014)使用 ACT 模型,实证分析了中国东西部现有的经济发展方式,以东部为鉴,提出了政策工具对于经济发展与环境保护的重要性。关于减少 SO_2 排放与减少煤炭消费等措施研究方面,常

见的是利用 CGE 模型进行模拟研究,CGE 的优点在于不仅可以模拟政策冲击对于本行业的影响,更能直观量化出政策冲击对于其他行业 and 全社会福利等的影响。例如,Parry and Bento(2002)运用 CGE 模型研究了使用资源税替代消费税对环境的影响,Li and Jia(2016)运用 DCGE 模型对碳排放交易制度对于 CO₂ 减少的作用进行了分析,姜春海等(2014)以山西为例,对煤电能源输送结构调整后的补贴方案进行了细致模拟。

综合来看,众多学者对煤炭消费与经济发展之间关系以及雾霾治理政策手段的相关研究,可以总结为以立法、政策、经济行为三个方向为基础,又彼此交互的逻辑线条。这种更加有现实意义与可行性的思考从一定程度上为“禁煤区”政策的实施提供了依据。但现有文献大多是从理论上研究雾霾治理与煤炭消费能源结构之间的关系,并没有分析禁煤到底在何种程度上影响治霾减排的效果,也没有深入探讨禁煤会对整个经济社会产生怎样的影响,更没有专门针对“禁煤区”政策的实施做具体研究。本文从“禁煤区”这一现实政策出发,深入研究了政策实施可能会对雾霾治理与经济社会产生何种影响,从而为“禁煤区”政策的进一步研究提供了一个不同的视角。从理论角度,本文使用 CGE 模型对于禁煤区的政策进行了模拟,现阶段能源政策的 CGE 模型的应用主要集中在对价格、税收等单一价值的讨论,而鲜有对部门总量的讨论,本文利用 CES 函数的特性为这种变化找到了可能的量化方法。

三、模型构建及数据处理

1. 模型及参数设定

本文构建的 CGE 模型共 7 个模块,限于篇幅,模型构建仅简要说明。公式中下标 a 和 c 分别代表各部门生产账户与商品账户,下标 2 和 3 代表第二个部门煤炭部门和第三个部门石油部门的商品账户。

(1)生产模块。式(1)是第一层 CES 函数,总产出 QA 由增加值 QVA 和中间投入 $QINTA$ 嵌套, ρ_a 是两者的替代弹性参数,式(2)是增加值由劳动 QLD 与资本 QKD 嵌套的第二层 CES 函数, ρ_a^v 是二者的替代弹性参数。其中, α_a^q, δ_a^q 和 α_a^v, δ_a^v 分别代表 QA 的 CES 参数、份额参数和 QVA 的 CES 参数、份额参数。所有公式中参数的上标是为了区分符号并无实际意义。

$$QA_a = \alpha_a^q (\delta_a^q \cdot QVA_a^{\rho_a} + (1 - \delta_a^q) \cdot QINTA_a^{\rho_a})^{1/\rho_a} \quad (1)$$

$$QVA_a = \alpha_a^v (\delta_a^v \cdot QLD_a^{\rho_a^v} + (1 - \delta_a^v) \cdot QKD_a^{\rho_a^v})^{1/\rho_a^v} \quad (2)$$

(2)贸易模块。根据 Armington 假设,式(3)中省内生产产品 QX 由内产内销的产品 QD 与调出省外的产品 QE 构成, ρ_c^i 是两者的替代弹性参数;式(4)是省内市场销售的产品 QQ 由内产内销的产品 QD 和省外调入的产品 QR 构成, ρ_c^e 是两者的替代弹性参数。其中, α_c^i, δ_c^i 和 α_c^e, δ_c^e 分别代表 QX 的 CES 参数、份额参数和 QQ 的 CES 参数、份额参数。

$$QX_c = \alpha_c^i (\delta_c^i \cdot QD_c^{\rho_c^i} + (1 - \delta_c^i) \cdot QE_c^{\rho_c^i})^{1/\rho_c^i} \quad (3)$$

$$QQ_c = \alpha_c^e (\delta_c^e \cdot QD_c^{\rho_c^e} + (1 - \delta_c^e) \cdot QR_c^{\rho_c^e})^{1/\rho_c^e} \quad (4)$$

(3)主体行为模块。模型内的主体包括家庭、企业和政府。式(5)中,家庭收入 YH 由劳动报酬、资本收入和政府居民的转移支付 $Ttransfrhgov$ 构成, WL 、 WK 和 QLS 、 QKS 分别为劳动、资本的价

格和两者的总供应量, $shifhk$ 是家庭在总资本收入中的分配比例。式(6)中, 企业收入 $YENT$ 可分为资本的收入与政府对企业的转移支付 $Ttransfrent$, $shifentk$ 是企业总资本收入中的分配比例。式(7)与式(8)分别是政府收入 YG 与政府支出 EG , PQ_c 、 QG_c 分别是商品 c 的价格和政府对 c 的消费, 其中, tih 、 $tient$ 和 wak 分别是个人所得税率、企业所得税率和资本增值税率。

$$YH=WL \cdot QLS+WK \cdot shifhk \cdot QKS+Ttransfrhgov \quad (5)$$

$$YENT=shifentk \cdot WK \cdot QKS+Ttransfrent \quad (6)$$

$$YG=tih \cdot YH+tient \cdot YENT+\sum_a twak_a \cdot WK \cdot QKD_a \quad (7)$$

$$EG=\sum_c PQ_c \cdot QG_c+Ttransfrhgov+Ttransfrent \quad (8)$$

(4)环境模块。该模块 CO_2 与 SO_2 的排放量由中间投入 $QINT$ 、 CO_2 、 SO_2 各自排放系数 ζ_{co_2} 、 ζ_{so_2} 的乘积再与转换系数 χ 相乘得到^①, $CO2_a$ 、 $SO2_a$ 分别代表 CO_2 与 SO_2 的排放量。式(9)和(10)是计算 CO_2 与 SO_2 排放量的公式。

$$CO2_a=QINT_{2,a} \cdot \chi_2 \cdot \zeta_{2,co_2}+QINT_{3,a} \cdot \chi_3 \cdot \zeta_{3,co_2} \quad (9)$$

$$SO2_a=QINT_{2,a} \cdot \chi_2 \cdot \zeta_{2,so_2}+QINT_{3,a} \cdot \chi_3 \cdot \zeta_{3,so_2} \quad (10)$$

(5)均衡模块。一般均衡模型中假定市场是均衡的, 即劳动总量 QLS 和资本总量 QKS 分别等于各部门劳动量投入之和 $\sum_a QLD_a$ 以及资本量投入之和 $\sum_a QKD_a$, 除此之外投资与储蓄也是相等的。式(13)中, $ENTSAV$ 、 $GSAV$ 、 $FSAV$ 分别为企业、政府以及外部的储蓄, DK 是对商品的投资, mpc 是居民消费倾向。

$$\sum_a QLD_a=QLS \quad (11)$$

$$\sum_a QKD_a=QKS \quad (12)$$

$$\sum_c DK_c \cdot PQ_c=(1-mpc) \cdot (1-tih) \cdot YH+ENTSAV+GSAV+FSAV \quad (13)$$

(6)闭合模块。本文选用路易斯闭合方式, 同时价格基准使用消费者价格指数 CPI , QH_c 是居民对商品 c 的消费。

$$QKS=\overline{QKS} \quad (14)$$

$$WL=1 \quad (15)$$

$$\overline{CPI} \cdot \sum_c QH_c=\sum_c PQ_c \cdot QH_c \quad (16)$$

(7)福利分析模块。居民福利 EV 用居民效用 U 来衡量。式(18)中, U^0 、 U^1 是政策冲击前、后的居民效用。

$$U=\sum_c PQ_c \cdot QH_c \quad (17)$$

$$EV=U^1-U^0 \quad (18)$$

在模型参数的设定过程中, 由于数据收集难度等多方面的限制, 本文替代弹性参数借鉴大多数论文的做法, 参考贺菊煌等(2002)和叶文奇(2014)的研究与具体情况进行调整得出。环境模块 CO_2 与 SO_2 排放系数参考 IPCC2006 得出, 其中, 煤炭的 SO_2 排放系数为 16 千克/吨, CO_2 排放系数为 2430 千克/吨; 石油天然气的 SO_2 排放系数为 40 千克/吨, CO_2 排放系数为 2910 千克/吨, 在对 $PM_{2.5}$ 浓度的估算时, 本文借鉴魏巍贤和马喜立(2015)的研究, 假定“禁煤区”内各省市的 SO_2 排放量与

① 由于投入产出表中数据皆为价值量, 在计算 CO_2 与 SO_2 的排放量时需要将价值量转换为实物量, 因此引入转换系数 χ 。

PM_{2.5} 浓度之间保持特定比例不变。

2. 数据处理

本文 SAM 表的数据来源为各省份 2012 年的投入产出表以及各省份 2016 年统计年鉴。根据需要,将投入产出表中的 42 个国民经济部门划分为 11 个,分别是农业、煤炭采选业、石油天然气采选业、石油工业、化学工业、建材业、钢铁业、电力热力生产业、其他制造业、建筑业和服务业。其中,农业为第一产业,需单独列出;煤炭采选业、石油工业、化学工业、建材业、钢铁业、电力热力生产业作为六大高耗煤产业与本文研究密切相关,各单列为一部门;在对污染物排放进行测算时,本文借鉴武亚军和宣晓伟(2002)的研究,认为污染排放物的 90%来源于中间投入的使用,认为 SO₂ 和 CO₂ 的排放全部来自石油、煤炭的中间投入使用,故除了煤炭采选业单列为一个部门以外,将石油天然气采选业也单独列出;建筑业显著不同于其他各行业,单列为一部门;第二产业中的剩余部门列为其他制造业;剩余的第三产业列为服务业部门。

四、京津冀核心“禁煤区”禁煤政策的治霾减排与经济社会效应

京津冀作为雾霾污染最为严重的区域应作为核心“禁煤区”。2015 年京津冀三地除北京外,其余两地煤炭消费在全部能源消费中占比均超过 50%,河北甚至高达 86%,如此高的煤炭消费必然造成京津冀地区严重的雾霾污染。表 1 是京津冀三地 2015 年主要污染物排放情况。从表 1 可以看到,2015 年京津冀三地 PM_{2.5} 年平均浓度远超国家二级标准,更遑论国家一级标准^①,并且均远高于 2015 年中国 PM_{2.5} 年平均浓度 50 微克/立方米。

表 1 2015 年京津冀三地主要大气污染物排放状况

	北京	天津	河北
SO ₂ (万吨)	7.12	18.59	110.84
氮氧化物(万吨)	13.76	24.68	135.08
烟(粉)尘(万吨)	4.94	10.07	157.54
CO ₂ (亿吨)	1.68	2.03	7.22
PM _{2.5} 浓度(微克/立方米)	81.00	70.00	77.00

注:截至本文写作时,各省份 2016 年环境状况公报尚未公布,且本文的分析是基于 2015 年的数据,为保持数据一致性,表中使用的是 2015 年的数据。本文表中所涉及的 PM_{2.5} 浓度均为 PM_{2.5} 年平均浓度,下同。CO₂ 排放目前没有官方统计数据,表中 CO₂ 排放量是根据 2015 年各省份能源消费标准煤总量乘以 CO₂ 标准煤排放因子得到,排放因子选取国家发展改革委员会能源研究所推荐的标准 2.46 吨 CO₂/吨标准煤,下同。

资料来源:北京、天津、河北三省份 2016 年统计年鉴及 2015 年环境状况公报。

表 2 是 2014 年全国及京津冀三地煤炭消费总量及各行业占比^②。可以看出,京津冀三地煤炭消费结构呈现显著的地域和行业差异。现行“禁煤区”政策是除了火力发电、供热和煤化工外,全面

① PM_{2.5} 年平均浓度的国家一级标准为 15 微克/立方米,二级标准为 35 微克/立方米。世界卫生组织的 PM_{2.5} 年平均浓度标准为 10 微克/立方米。

② 截至本文写作之时,《中国能源统计年鉴》(2016)还未发布,且各地区 2016 年经济统计年鉴中缺少煤炭能源平衡表,所以表 2 中数据为《中国能源统计年鉴》(2015)中的数据,虽然数据相差了一年,但由于时间跨度较小,煤炭消费结构改变不会太大,因此本文中的分析结论并不会受到影响,下同。同时,由于《中国能源统计年鉴》中并未列出各省份 42 部门的煤炭消费量,因此表中的部门分组与模型中部门分组不同,这虽然会使禁煤行业划分较为宽泛从而使得禁煤力度跳跃较大,但并不会影响本文基本分析与结论,下同。

禁止其他行业用煤。对京津冀三地而言,现行政策下,禁煤力度分别应为 44%、23%、31%。在现行“禁煤区”政策基础上,进一步禁煤时,行业排序应按禁煤难度大小来进行。一般地,选取煤炭消费占比较低的行业,虽然禁煤效果弱于占比较高的行业,但经济社会冲击也较低,禁煤会更加顺利。以北京为例,下一步的禁煤行业应为煤化工,此时累计禁煤力度为 45%;进一步应是供热行业,累计禁煤力度为 71%;最后是煤炭消费最高的火力发电业。同理,天津禁煤行业的排序应为煤化工、供热行业、火力发电业,累计禁煤力度分别为 30%、49%、100%;河北禁煤行业的排序应为供热行业、火力发电业、煤化工,累计禁煤力度分别为 37%、67%、100%。

表 2 2014 年京津冀三地煤炭消费总量及各行业煤炭消费量

	全国		北京		天津		河北	
	煤炭消费 (万吨)	占比(%)	煤炭消费 (万吨)	占比(%)	煤炭消费 (万吨)	占比(%)	煤炭消费 (万吨)	占比(%)
农业	2578.77	0.63	34.88	2.01	19.48	0.39	134.60	0.45
火力发电	184525.30	44.83	503.75	29.01	2556.58	50.85	9067.18	30.60
供热	22444.93	5.45	458.28	26.39	979.43	19.48	1550.51	5.23
煤化工	88599.45	21.52	3.00	0.17	311.79	6.20	9641.80	32.53
其他工业	94927.74	23.06	215.88	12.43	959.56	19.09	7256.48	24.49
建筑业	913.60	0.22	6.17	0.36	15.88	0.32	15.83	0.05
服务业	8370.48	2.03	221.14	12.73	116.07	2.31	378.88	1.28
居民消费	9253.22	2.25	293.45	16.90	68.49	1.36	1590.25	5.37
合计	411613.49	100.00	1736.54	100.00	5027.28	100.00	29635.54	100.00

资料来源:根据《中国能源统计年鉴》(2015)数据整理。

1. 不同禁煤力度对京津冀三地治霾减排和经济社会影响的模拟结果

本文以 1% 的步幅模拟了京津冀三地禁煤力度由 1% 增加到 100% 时^①,对各省份治霾减排和经济社会的影响^②。模拟结果显示,随着禁煤力度提高,京津冀三地 PM_{2.5}、SO₂、CO₂ 排放下降,但 GDP、财政收入、就业等也随之减少。北京各经济部门产出均下降,且随着禁煤力度增加,减少幅度也不断扩大。天津除了建材业部门及建筑业部门产出略微增长 1—2 个百分点外,其他部门产出均随禁煤力度增加而下降。河北各经济部门产出均呈下降趋势,影响显著、幅度很大,且随着禁煤力度提高而增大,波动幅度显著高于京津两市。

2. 京津冀三地短期可选禁煤区间的确定

根据模拟结果、表 2 及 2016 年三地统计公报的数据^③,可以测算现行“禁煤区”禁煤力度下京津冀三地各自的治霾减排和经济社会效应,结果在表 5 中列出。“大气十条”要求北京在 2017 年 PM_{2.5} 年均浓度要降至 60 微克/立方米。在此基础上,2016 年发布的《京津冀大气污染防治强化措施(2016—2017 年)》(以下简称《措施》)进一步明确要求京津冀三地 PM_{2.5} 年平均浓度分别要降到 60 微克/立方米、60 微克/立方米和 67 微克/立方米左右。

① 禁煤力度即煤炭消费减少幅度,下同。

② 限于篇幅,模拟结果报告在《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)公开附件中的附表部分。

③ 根据 2016 年京津冀三地各自统计公报,当年北京 GDP 为 24899.30 亿元,财政收入 5081.30 亿元,就业人数 1228.90 万人;天津 GDP 为 17885.39 亿元,财政收入 2723.46 亿元,就业人数 945.70 万人;河北 GDP 为 31827.90 亿元,财政收入 2850.80 亿元,就业人数 4288.50 万人。

应该指出的是,这样的目标设定未考虑省际间 $PM_{2.5}$ 排放的交叉影响。事实上,治霾减排主体不同,考虑问题角度也有差异,中央政府与社会公众对禁煤的期待与地方政府执行具体禁煤政策时的考虑不尽相同。前者优先关注 $PM_{2.5}$ 为代表的空气质量是否达到治理目标,其次才关注治理主体、治理责任分担、治理政策措施等;后者优先关注治理责任分担问题,以避免“他省污染,本地治理”的情况。因此,若考虑 $PM_{2.5}$ 排放的省际间交叉影响,则各地由本地污染带来的 $PM_{2.5}$ 浓度会相对减少。本文根据环保部环境规划院于 2016 年 7 月发布的《2015 年全国 31 省份 $PM_{2.5}$ 相互传送矩阵》,计算出各省份 $PM_{2.5}$ 相互传送绝对值矩阵,如表 3 所示。

由表 3 可以看到各省份本地污染对本地 $PM_{2.5}$ 的贡献及对其他省份的输送,据此可以确定各省份应各自承担的雾霾治理区域责任,即表 3 中的本地污染占比;同一省份内部,可以按照源解析比例确定各行业或部门应各自承担的雾霾治理行业或部门责任^①。2014 年,京津两市公布了 $PM_{2.5}$ 源解析结果,北京 $PM_{2.5}$ 来源中燃煤、工业生产占比分别为 22.4%、18.1%,机动车尾气排放、扬尘分别占 31.1%、14.3%,其他占比 14.1%。天津 $PM_{2.5}$ 来源中,燃煤、工业生产分别占比 27%、17%,扬尘、机动车尾气排放分别占 30%、20%,其他约占 6%。可以看到,京津两市涉煤行业对 $PM_{2.5}$ 的排放贡献率大致在 40%—50%之间,考虑到这样的比例是 2014 年的数据,且京津两市已经大力开展控煤、“煤改电”、“煤改气”等工作,本文设定京津两市本地源解析涉煤占比为 45%。河北石家庄、廊坊、唐山等 11 市也相继发布了 $PM_{2.5}$ 源解析结果。例如,石家庄各类污染源对 $PM_{2.5}$ 的贡献率分别为燃煤 28.5%、工业生产 25.2%、扬尘 22.5%、机动车 15.0%、其他 8.8%。从河北全省看,虽有所差异,但涉煤行业对 $PM_{2.5}$ 排放贡献率大致在 50%—60%之间,与京津不同,河北虽然也开展了禁煤工作,但煤炭消费总量及煤炭消费结构都明显偏高,所以本文设定河北本地源解析涉煤占比为 60%。

现实中,除了禁煤外,治霾减排还可以采取治理机动车尾气、抑尘等其他政策。为此,本文设定四种基准差异化禁煤政策:一是完全本地单一禁煤,即为达到治霾减排目标,由本地通过单一禁煤手段进行,其余省份与本地的非涉煤行业或部门也不承担治理责任。二是完全本地按源解析比例禁煤,即治霾减排目标全部由本地承担治理责任,其余省份不承担治理责任;本地治理时,涉煤行业或部门按源解析比例承担治理责任,本地的非涉煤行业或部门承担其余比例的治理责任。三是按本地污染占比单一禁煤,即治霾减排目标由本地和其余省份按照各自污染占比分担治理责任;本地治理时,完全通过对涉煤行业或部门进行禁煤来完成,本地的非涉煤行业或部门不承担治理责任。四是按本地污染占比+按源解析比例禁煤,即为达到治霾减排目标,先由本地和其余省份按照各自污染占比分担治理责任;本地治理时,涉煤行业或部门进行禁煤时按源解析比例承担治理责任,本地的非涉煤行业或部门承担其余比例的治理责任。根据《措施》对京津冀三地 2017 年 $PM_{2.5}$ 年平均浓度

表 3 2015 年京津冀鲁豫 $PM_{2.5}$ 绝对值相互传送矩阵

省份	现值	实际产生	留在本地	输出外地	外地输入	外地净输入	本地污染占比(%)
北京	81.00	58.63	53.46	5.17	27.54	22.37	72.38
天津	70.00	47.09	39.20	7.89	30.80	22.91	67.27
河北	77.00	88.88	47.74	41.14	29.26	-11.88	115.42
山东	76.00	72.26	47.88	24.38	28.12	3.74	95.07
河南	81.00	61.55	49.41	12.14	31.59	19.45	75.99

注:本地污染占比=实际产生值/现值。单位为微克/立方米,下同。

资料来源:作者计算整理。

① 虽然现实中未必按照这种比例分解各省份和各省份内部 $PM_{2.5}$ 治理区域责任以及行业或部门责任,但从逻辑上讲,这种比例提供了各省份治霾责任的“理论区域边界”和各省份内部治霾责任的“理论行业或部门边界”。

降低的目标,可以得到四种基准差异化禁煤政策下的治霾降低目标,结果如表4所示。根据模拟结果、表3和表4,可以确定出2017年京津冀三地各自满足四种基准差异化禁煤政策的禁煤力度及由此带来的治霾减排与经济社会影响,结果在表5中列出。

(1)京津两市短期禁煤力度的确定。由表5可以看出,京津两市在完全本地按源解析比例与按本地污染占比+按源解析比例两种禁煤政策下,禁煤力度分别仅为34%、25%与18%、12%,尚且达不到现行“禁煤区”要求的力度,因此这两种政策设定不能作为京津两市禁煤的候选力度。在其他两种基准差异化政策设定下,京津两市禁煤力度分别达到75%、55%与39%、26%,此时,京津两市的禁煤力度满足现行“禁煤区”政策、“大气十条”和《措施》要求。而从经济社会影响看,虽然两市都受到一定冲击,但结合两市2016年统计公报数据看,无论是经济下滑压力、财政收入降低压力,还是就业压力,自身都完全可以独立承受^①,因此,这两种政策下的禁煤力度都是京津两市短期内的可选力度。

进一步看,上述禁煤力度下京津两市的治霾减排效果都令人不甚满意。为此,本文分析了两市完全禁煤时的情况。结果发现完全禁煤时,北京PM_{2.5}年平均浓度降至53.12微克/立方米,虽仍远高于国家标准,但已非常接近2015年全国PM_{2.5}年平均浓度,并实现了《措施》要求的目标;SO₂排放降低34.59%,约为2.46万吨;CO₂排放降低30.81%,约为0.52亿吨。此时,北京GDP减少1.68%,约417亿元;财政收入下降2.61%,约133亿元;居民福利减少约152亿元;居民就业减少2.45%,约30万人。与2016年统计公报数据相比,此时禁煤带来的经济社会冲击仍然在北京可承受范围内,但从煤炭能源替代角度看也需要一番努力。即便如此,从北京雾霾污染的国内外关注度与治理迫切程度而言,短期内北京应该将禁煤力度提升到100%,做到完全禁煤。

完全禁煤时,天津PM_{2.5}年平均浓度降至44微克/立方米,虽仍高于国家二级标准,但已经低于2015年中国PM_{2.5}年平均浓度,并超额实现了《措施》要求的目标;SO₂排放降低37.15%,约为6.91万吨;CO₂排放降低34.37%,约为0.70亿吨。此时,天津GDP减少3.59%,约643亿元;财政收入下降6.24%,约170亿元;居民福利减少约201亿元;居民就业减少6.33%,约60万人。虽然经济社会

表4 四种基准差异化禁煤政策下京津冀PM_{2.5}需要降低值

省份	目标	需要降低	完全本地单一禁煤需要降低	完全本地按源解析比例禁煤需要降低	按本地污染占比单一禁煤需要降低	按本地污染占比+按源解析比例禁煤需要降低
北京	60.00	21.00	21.00	9.45	15.20	6.84
天津	60.00	10.00	10.00	4.50	6.73	3.03
河北	67.00	10.00	10.00	6.00	11.54	6.92

注:完全本地按源解析比例禁煤需要降低值=完全本地单一禁煤需要降低值×本地源解析涉煤占比;按本地污染占比单一禁煤需要降低值=完全本地单一禁煤需要降低值×本地污染占比;按本地污染占比+按源解析比例禁煤需要降低值=按本地污染占比单一禁煤需要降低值×本地源解析涉煤占比。下同。

资料来源:作者计算整理。

^① 在《措施》要求的禁煤力度下,由表5可知京津两市GDP最高损失分别为313亿元、250亿元,财政收入最高损失分别为100亿元、66亿元,分别占两市2016年GDP和财政收入的1.26%、1.40%和1.96%、2.43%,由此得出两市可以独立承受GDP和财政收入下滑压力。同时,根据2016年统计公报,京津两市城镇新增就业分别为42.80万人、48.90万人,因此可粗略推论两市各自一年可承受的就业压力分别约为43万人、50万人左右,而禁煤对京津两市就业造成的最高损失分别为表5中的22.58万人、23.33万人,由此判断两市可以独立承受就业压力。

表 5 现行禁煤政策及四种基准差异化禁煤政策下京津冀治霾减排效果 and 经济社会效应

省份	指标	现行“禁煤区”政策	完全本地单一禁煤	完全本地按源解析比例禁煤	按本地污染占比单一禁煤	按本地污染占比+按源解析比例禁煤
北京	对应模拟结果中禁煤力度(%)	44.00	75.00	34.00	55.00	25.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	68.73	60.09	71.52	65.67	74.03
	SO ₂ 排放(万吨)	-1.08	-1.85	-0.84	-1.35	-0.62
	CO ₂ 排放(亿吨)	-0.23	-0.39	-0.18	-0.29	-0.13
	GDP(亿元)	-183.61	-312.97	-141.88	-229.51	-104.32
	财政收入(亿元)	-58.38	-99.52	-45.11	-72.98	-33.17
	居民就业(万人)	-13.25	-22.58	-10.24	-16.56	-7.53
天津	对应模拟结果中禁煤力度(%)	23.00	39.00	18.00	26.00	12.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	64.02	59.86	65.32	63.24	66.88
	SO ₂ 排放(万吨)	-1.59	-2.69	-1.24	-1.80	-0.83
	CO ₂ 排放(亿吨)	-0.16	-0.27	-0.13	-0.18	-0.09
	GDP(亿元)	-147.80	-250.62	-115.67	-167.08	-77.11
	财政收入(亿元)	-39.07	-66.24	-30.57	-44.16	-20.38
	居民就业(万人)	-13.76	-23.33	-10.77	-15.55	-7.18
河北	对应模拟结果中禁煤力度(%)	31.00	23.00	14.00	27.00	16.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	63.49	66.97	70.90	65.23	70.03
	SO ₂ 排放(万吨)	-18.84	-13.98	-8.51	-16.41	-9.73
	CO ₂ 排放(亿吨)	-1.15	-0.85	-0.52	-1.00	-0.59
	GDP(亿元)	-1547.47	-1148.03	-698.94	-1347.91	-798.56
	财政收入(亿元)	-190.95	-141.68	-86.24	-166.32	-98.55
	居民就业(万人)	-333.56	-247.49	-150.66	-290.55	-172.18

资料来源:作者计算整理。

冲击依然较高,但根据天津 2016 年的统计公报数据测算,基本上可以独立承受。因此,与北京类似,天津在短期内也完全应该实现 100%禁煤。

(2)河北短期可选禁煤区间的确定。对河北而言,现行“禁煤区”政策的禁煤力度要高于满足《措施》要求的四种禁煤政策下的禁煤力度。根据表 3,河北 PM_{2.5} 的污染对其他地区辐射要高于外地输入,从治霾责任角度看,河北应对其他地区承担相应责任,按本地污染占比来执行禁煤政策。然而河北煤炭消费总量大、消费结构高,如果仅从涉煤行业来执行禁煤政策,对河北的经济社会冲击高,因此,本文认为表 5 中按本地污染占比+按源解析比例政策下的禁煤力度 16%更适合河北。此时,河北 PM_{2.5} 年平均浓度降为 70.03 微克/立方米,仍未达到《措施》要求,剩余的 PM_{2.5} 污染应该通过其他地区的协同治理以及机动车、扬尘等污染治理完成。此时,河北 SO₂ 排放减少 8.77%,约为 10.04 万吨;CO₂ 排放减少 8.20%,约为 0.47 亿吨;GDP 减少 2.51%,约 799 亿元;财政收入减少 3.46%,约 99 亿元;居民福利减少约 313 亿元;居民就业减少 4.02%,约 172 万人。GDP、财政收入下降的经济冲击河北已经基本可以独立承受,但就业压力难于独立承受,需要外来支撑。

进一步看,完全禁煤时,河北 PM_{2.5} 年平均浓度降为 33.41 微克/立方米,仍高于国家一级标准,但已符合国家二级标准;SO₂ 排放降低 54.84%,约为 60.78 万吨;CO₂ 排放降低 51.27%,约为 3.70 亿吨。但如果为了追求治霾减排效果在河北完全禁煤,河北 GDP 减少 15.68%,约 4992 亿元;财政收入下降 21.61%,约 616 亿元;居民福利减少约 1958 亿元;居民就业减少 25.09%,约 1076 万人,这样的经济社会冲击河北显然不可承受。综上所述,河北当前可选的禁煤力度区间为[16%,31%],约对

应于煤炭绝对量 0.47 亿—0.92 亿吨。但此时即使河北现有实力可以承受经济压力,二、三百万人的就业压力也迫切需要外来支撑。^①

3. 河北长期可选禁煤区间的确定

根据环境保护部公布的数据,2015 年全国 PM_{2.5} 年平均浓度 50 微克/立方米,2016 年降低至 47 微克/立方米,2017 年第一季度略有上升到 48 微克/立方米,都高于国家二级标准 35 微克/立方米。长期来看,这四个值都可以作为河北长期禁煤备选目标,结合上述分析,可以得到河北四种基准差异化禁煤政策下的治霾降低目标,结果如表 6 所示。

表 6 长期内河北四种基准差异化禁煤政策下 PM_{2.5} 需要降低值

目标	需要降低	完全本地单一禁煤需要降低	完全本地按源解析比例禁煤需要降低	按本地污染占比单一禁煤需要降低	按本地污染占比+按源解析比例禁煤需要降低
50.00	27.00	27.00	16.20	31.16	18.69
48.00	31.00	31.00	18.60	35.77	21.46
47.00	32.00	32.00	19.20	36.93	22.17
35.00	42.00	42.00	25.20	48.47	29.08

资料来源:作者计算整理。

结合模拟结果与表 6 可以看出,若河北 PM_{2.5} 年平均浓度降至国家二级标准,禁煤力度将远高于前文提及的短期内河北可选禁煤力度区间,更遑论国家一级标准和世界卫生组织标准了。因此,35 微克/立方米的目標并不适合河北。剩余的三个备选目标值都可以作为河北的长期治霾目标,而从 2015 年来 PM_{2.5} 年平均浓度的变化情况看,河北若能达到 50 微克/立方米就基本能够达到社会公众的期望。因此,本文以 50 微克/立方米为河北长期禁煤目标,则根据模拟结果,满足四种基准差异化禁煤政策的禁煤力度及由此带来的治霾减排与经济社会影响如表 7 所示。

根据河北短期禁煤区间的分析逻辑与表 7 数据,长期来看,河北应该更注重承担对其他地区的责任,因此该省份长期可选的禁煤力度区间为[43%,72%],大约对应于煤炭绝对量 1.27 亿—2.13 亿吨。但由表 7 可以看出,在这个区间内,河北 GDP 减少约 2146 亿—3594 亿元,财政收入减少约 265 亿—444 亿元,居民就业减少约 463 万—775 万人。则长期内无论哪种禁煤力度,河北都必须有若干年来应对禁煤带来的经济社会冲击。仅从就业角度讲,若按河北一年可承受的就业压力约为 100 万人水平测算,可能需要 5—8 年。若考虑到煤炭替代的经济可行性、技术可行性和资源可持续性等因素,时间不确定性更大。具体取决于河北产业结构、能源消费结构、就业结构调整升级的完成程度和速度。在此期间,河北若继续提升禁煤力度,可以首先将禁煤行业扩大到供热行业,待经济社会足够承受冲击时再考虑火电与煤化工。

4. 稳健性检验

在本文 CGE 模型中,弹性参数参考已有文献做了适当的调整,存在着不确定性。为了使研究更有说服力,下面对模拟结果的稳健性进行检验,主要包括对生产过程中的替代弹性、国内供应和进口的 Armington 弹性以及出口的 CET 弹性参数进行敏感性分析。限于篇幅,本文随机选取了河北禁

^① 由表 5 可知,现行“禁煤区”政策下,河北 GDP 损失为 1547 亿元、财政收入损失为 191 亿元,分别占 2016 年该省份 GDP 和财政收入的 4.86%和 6.70%,下滑压力甚大。根据 2016 年河北统计公报,该省份城镇新增就业和失业人员再就业共 102.70 万人。由表 5 可知,现行“禁煤区”政策下,河北的就业损失为 334 万人,远远超过该省份就业吸纳能力。

表 7 长期内四种基准差异化禁煤政策下河北的治霾减排效果和经济社会效应

	完全本地单一禁煤	完全本地按源解析 比例禁煤	按本地污染占比单 一禁煤	按本地污染占比+ 按源解析比例禁煤
对应模拟结果中禁煤力度(%)	62.00	37.00	72.00	43.00
PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	49.97	60.87	45.61	58.25
SO ₂ 排放(万吨)	-37.69	-22.49	-43.77	-26.14
CO ₂ 排放(亿吨)	-2.30	-1.37	-2.67	-1.59
GDP(亿元)	-3094.94	-1846.97	-3594.01	-2146.47
财政收入(亿元)	-381.89	-227.92	-443.50	-264.87
居民就业(万人)	-667.16	-398.14	-774.76	-462.69

资料来源:作者计算整理。

煤力度为 21%时,农业部门中间投入和劳动资本复合替代弹性参数 ρ_a 进行敏感性分析,针对 ρ_a 变动 $\pm 10\%$ 和 $\pm 50\%$ 对河北 GDP、财政收入、社会就业、CO₂ 排放、SO₂ 排放和居民福利变化的影响,结果如表 8 所示,表中除居民福利外其余数据单位均为%。

从表 8 可以看出,在 ρ_a 变动 $\pm 10\%$ 和 $\pm 50\%$ 时,各变量都无变动;只有小数点后有效数字保留 8 位时,各变量才有都不超过 0.0001% 的变动, ρ_a 的变动对模拟结果的影响极小。类似地,可以检验其他参数的敏感性。因此,本文构建的模型比较可靠。

表 8 ρ_a 变动对河北模拟结果的影响

	-50%	-10%	0	+10%	+50%
GDP	-3.29	-3.29	-3.29	-3.29	-3.29
财政收入	-4.54	-4.54	-4.54	-4.54	-4.54
社会就业	-5.27	-5.27	-5.27	-5.27	-5.27
CO ₂ 排放	-10.77	-10.77	-10.77	-10.77	-10.77
SO ₂ 排放	-11.52	-11.52	-11.52	-11.52	-11.52
居民福利(亿元)	-411.25	-411.25	-411.25	-411.25	-411.25

资料来源:作者计算整理。

五、鲁豫外围“禁煤区”禁煤政策的治霾减排与经济社会效应

京津冀是“禁煤区”核心区域,是“禁煤区”政策的先行区、探路者,然而,考虑到 PM_{2.5}、SO₂、CO₂ 排放的跨省份交叉效应和京津冀周边省份的煤炭消费状况,就必须逐步扩大“禁煤区”。鲁豫两省一直是煤炭消费传统大省,其中山东的煤炭消费量更是居中国首位,雾霾污染情况也同样不容乐观。表 9 是 2015 年鲁豫两省各类主要污染物排放情况。可以看到,两省的 PM_{2.5} 浓度同样远超国家二级标准,也都在当年中国 PM_{2.5} 年平均浓度之上。此外鲁豫两省与京津冀核心“禁煤区”紧密相邻,2017 年 2 月环境保护部等有关单位制定的《工作方案》即把山东 17 地市中的济南等 7 市与河南 17 地市中的郑州等 7 市确定为京津冀大气污染的传输通道城市。基于此,本文把鲁豫两省定为外围“禁煤区”,分析两省禁煤的治霾减排和经济社会影响。

表 10 是 2014 年鲁豫两省份的煤炭消费总量及各行业消费占比。与上文分析京津冀禁煤行业排序时相似,在现行“禁煤区”政策基础上,山东进一步禁煤时,禁煤行业的排序应为供热行业、煤化工、火力发电业,累计禁煤力度分别为 32%、43%、63%、100%;河南进一步禁煤时的行业的排序应为供热行业、煤化工、火力发电业,累计禁煤力度分别为 27%、33%、53%、100%。

表 9 2015 年鲁豫两省主要大气污染物排放状况

	山东	河南
SO ₂ (万吨)	153.00	114.43
氮氧化物(万吨)	142.00	126.24
烟(粉)尘(万吨)	108.00	126.24
CO ₂ (亿吨)	9.03	5.69
PM _{2.5} 浓度(微克/立方米)	76.00	81.00

资料来源:山东、河南 2016 年统计年鉴及 2015 年环境状况公报。

表 10 2014 年鲁豫两省煤炭消费总量及各行业煤炭消费量

	山东		河南	
	煤炭消费量(万吨)	占比(%)	煤炭消费量(万吨)	占比(%)
农业	89.00	0.22	88.00	0.36
火力发电	14657.44	37.05	11494.27	47.40
供热	4285.88	10.83	1347.18	5.56
煤化工	7865.18	19.88	4770.85	19.67
其他工业	11121.71	28.11	5672.89	23.39
建筑业	24.45	0.06	78.90	0.33
服务业	903.81	2.28	192.94	0.80
居民消费	614.26	1.55	604.85	2.49
合计	39561.73	100.00	24249.88	100.00

资料来源:根据《中国能源统计年鉴》(2015)数据整理。

1. 不同禁煤力度对鲁豫两省治霾减排和经济社会影响的模拟结果

与前文相同,本文以 1% 的步幅模拟了鲁豫两省禁煤力度由 1% 一直提高到 100% 时,禁煤对鲁豫两省治霾减排和经济社会的影响。^① 模拟结果显示随着禁煤力度提高,鲁豫两省 PM_{2.5}、SO₂、CO₂ 排放下降,但 GDP、财政收入、居民就业等也随之减少。鲁豫两省各经济部门产出均呈下降趋势,且随着禁煤力度幅度增大,各部门产出减少幅度也不断扩大,波动幅度明显高于京津而低于河北,其中河南波动还要高于山东。

2. 鲁豫两省短期可选禁煤区间的确定

若将现行“禁煤区”政策扩展至鲁豫两省,根据模拟结果、表 10 及 2016 年鲁豫两省各自统计公报的数据^②,可以确定出鲁豫两省的禁煤力度及治霾减排和经济社会效应,结果在表 12 中列出。《措施》对京津冀三地的 PM_{2.5} 年平均浓度减排目标都有明确规定,但对其余地区并未划定明确目标。考虑鲁豫两省作为外围“禁煤区”的定位和经济社会发展现状,按河北标准来执行 PM_{2.5} 减排政策不失为一个可行的政策目标,即将鲁豫两省 2017 年 PM_{2.5} 年平均浓度降至 67 微克/立方米作为外围“禁煤区”的要求目标。

与前文分析京津冀短期内禁煤区间相类似,鲁豫两省也应该考虑省际间的交叉影响以及其他治霾手段相结合的 PM_{2.5} 治理目标。山东缺乏省内较大区域内的 PM_{2.5} 源解析结果,本文以济南的数据作为山东全省的代表数据。2014 年,济南市环保局公布的 PM_{2.5} 源解析结果中,本地 PM_{2.5} 污染中

^① 限于篇幅,模拟结果报告在《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)公开附件中的附表部分。

^② 根据 2016 年鲁豫两省各自统计公报,当年山东 GDP 为 67008.20 亿元,财政收入 5860.20 亿元,就业人数 6753.50 万人,城镇新增就业 121.00 万人。河南 GDP 为 40160.01 亿元,财政收入 3153.45 亿元,就业人数 6781.18 万人,城镇新增就业 145.10 万人。

燃煤与工业生产分别占 27%、18%，扬尘、机动车分别占 24%、15%，其他各类污染源约占 16%。因此，本文推论山东涉煤行业对 PM_{2.5} 排放贡献率大致在 50%—60%之间。2015 年，河南环保厅公布的 PM_{2.5} 源解析结果中，燃煤与工业排放分别占 31%、21%，机动车尾气和扬尘分别占 23%、17%，其他约占 8%。因此本文推论河南涉煤行业对 PM_{2.5} 排放贡献率也大致在 50%—60%之间。与河北类似，本文设定鲁豫两省本地源解析涉煤占比为 60%，四种基准差异化禁煤政策下鲁豫两省相应的治霾降低目标如表 11 所示。

表 11 满足目标的四种基准差异化禁煤政策下鲁豫 PM_{2.5} 需要降低值

省份	目标	需要降低	完全本地单一禁煤需要降低	完全本地按源解析比例禁煤需要降低	按本地污染占比单一禁煤需要降低	按本地污染占比+按源解析比例禁煤需要降低
山东	67.00	9.00	9.00	5.40	8.56	5.14
河南	67.00	14.00	14.00	8.40	10.64	6.38

资料来源：作者计算整理。

根据模拟结果和表 11，可以确定出鲁豫两省满足四种基准差异化禁煤政策下的禁煤力度及由此带来的治霾减排与经济社会影响，结果在表 12 中列出。

从表 12 可以看出，山东在完全本地按源解析比例与按本地污染占比+按源解析比例两种政策下，禁煤力度分别仅为 23%、22%，尚且达不到现行“禁煤区”要求的力度。因此，这两种政策设定不能作为山东禁煤的候选力度。在其他两种政策设定下，山东禁煤力度分别达到 38%、35%，此时，山东的禁煤力度满足现行“禁煤区”政策以及以《措施》为目标的要求。而且山东属于外围禁煤区，PM_{2.5} 的污染对外地的辐射也小于外地输入，则按本地污染占比单一禁煤政策下的禁煤力度 35%比较合理。此时，山东 PM_{2.5} 年平均浓度降为 67.50 微克/立方米，已经接近 PM_{2.5} 年平均浓度降至 67 微克/立方米的目標；SO₂ 排放减少 11.19%，约为 17.12 万吨；CO₂ 排放减少 10.16%，约为 0.92 亿吨；GDP 约减少 1105 亿元，约占 2016 年该省 GDP 的 1.65%；财政收入约减少 206 亿元，约占 2016 年该省财政收入的 3.51%；居民就业约减少 256 万人，约为该省 2016 年城镇新增就业人数的 2.12 倍。由此可以得出除就业压力较大外，GDP、财政收入下降的经济冲击山东已完全可以独立承受。

对河南而言，现行“禁煤区”政策的禁煤力度要高于《措施》要求的四种基准差异化禁煤政策下的禁煤力度。与山东类似，河南同样为外围禁煤区，PM_{2.5} 的污染对外地的辐射也同样小于外地输入，则按本地污染占比单一禁煤政策下的禁煤力度 20%比较合理，此时，河南 PM_{2.5} 年平均浓度降为 70.13 微克/立方米，仍未达到 PM_{2.5} 年平均浓度降至 67 微克/立方米的目標，剩余 PM_{2.5} 污染通过其他 PM_{2.5} 输送地区的协同治理完成。此时，河南 SO₂ 排放减少 13.47%，约为 15.42 万吨；CO₂ 排放减少 12.73%，约为 0.72 亿吨；GDP 约减少 757 亿元，占 2016 年该省 GDP 的 1.89%；财政收入约减少 83 亿元，占 2016 年该省财政收入的 2.62%；居民就业约减少 212 万人，约为该省 2016 年城镇新增就业人数的 1.46 倍。由此可以得出 20%禁煤力度下，除了就业压力较大外，GDP、财政收入下降的经济冲击河南已经完全可以独立承受。

同时也可以看出，虽然分别满足了现行“禁煤区”政策和《措施》的要求，但鲁豫两省的治霾减排效果仍然较差。为此，本文进一步分析了鲁豫两省完全禁煤时的情况。完全禁煤时，鲁豫两省 PM_{2.5} 年平均浓度分别降为 51.71 微克/立方米和 26.63 微克/立方米。山东已经非常接近 2015 年全国 PM_{2.5} 年平均浓度，河南已经低于国家二级标准。此时，鲁豫两省 SO₂ 排放分别降低 31.96%和 67.37%，约

表 12 现行禁煤政策及四种基准差异化禁煤政策下鲁豫治霾减排效果和经济社会效应

省份	指标	现行“禁煤区”政策	完全本地单一禁煤	完全本地按源解析比例禁煤	按本地污染占比单一禁煤	按本地污染占比+按源解析比例禁煤
山东	对应模拟结果中禁煤力度(%)	32.00	38.00	23.00	35.00	22.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	68.30	66.84	70.49	67.50	70.73
	SO ₂ 排放(万吨)	-15.50	-18.44	-11.10	-17.12	-10.61
	CO ₂ 排放(亿吨)	-0.83	-0.99	-0.59	-0.92	-0.57
	GDP(亿元)	-1010.48	-1199.45	-726.37	-1104.97	-694.20
	财政收入(亿元)	-187.94	-223.16	-135.08	-205.58	-129.22
	居民就业(万人)	-234.35	-278.24	-168.43	-256.30	-161.07
河南	对应模拟结果中禁煤力度(%)	27.00	26.00	16.00	20.00	12.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	66.32	66.86	72.30	70.13	74.48
	SO ₂ 排放(万吨)	-20.81	-20.04	-12.33	-15.42	-9.25
	CO ₂ 排放(亿吨)	-0.98	-0.94	-0.58	-0.72	-0.43
	GDP(亿元)	-1022.47	-984.32	-606.01	-757.42	-454.21
	财政收入(亿元)	-111.73	-107.56	-66.19	-82.75	-49.67
	居民就业(万人)	-286.78	-276.20	-169.94	-212.45	-127.49

资料来源:作者计算整理。

为 48.90 万吨和 77.09 万吨;CO₂ 排放分别降低 29.02%和 63.63%,约为 2.62 亿吨和 3.62 亿吨。但此时鲁豫两省 GDP 分别减少 4.71%和 9.43%,约 3157 亿元和 3787 亿元;财政收入分别下降 10.02%和 13.12%,约 587 亿元和 414 亿元;居民福利分别减少约 1538 亿元和 1518 亿元;居民就业分别减少 10.84%和 15.66%,约 732 万人和 1062 万人。因此,可以得到与河北类似的结论:完全禁煤对鲁豫两省经济社会的冲击是不可承受的。

综上所述,本文认为鲁豫两省短期内的可选禁煤区间分别为[32%,35%]和[20%,27%],大约分别对应于煤炭绝对量 1.27 亿—1.38 亿吨和 0.48 亿吨—0.65 亿吨。此时鲁豫两省的经济实力基本可以独立承受住 GDP、财政收入下降的经济冲击,但就业压力难于独立承受,需要外来支撑。

3. 鲁豫两省长期可选禁煤区间的确定

作为外围“禁煤区”,虽然鲁豫两省当前的治霾减排政策压力没有京津冀三地那么大,但雾霾污染同样严重的两省形势实在不容乐观。与河北长期禁煤目标的分析类似,本文同样以 2015 年全国 PM_{2.5} 年平均浓度 50 微克/立方米为鲁豫两省长期禁煤目标,则根据表 3 数据,四种基准差异化禁煤政策下鲁豫两省相应的治霾降低目标如表 13 所示。

进一步,根据表 13 确定出鲁豫两省满足四种基准差异化禁煤政策下的长期禁煤力度及由此带来的治霾减排与经济社会影响,在表 14 中列出。长期内,鲁豫两省不应只关注自身污染问题,还应更多地承担起对其他地区的交叉责任。但对山东而言,若按完全本地单一禁煤政策执行就需要完全禁煤,从 GDP、财政收入和就业压力等角度来看都是不可承受的。因此,综合来看,鲁豫两省长期可选的禁煤力度区间分别应为[62%,65%]和[34%,57%],分别约对应于煤炭绝对量 2.45 亿—2.57 亿吨和 0.82 亿—1.38 亿吨。在区间内,山东 GDP 减少约 1957 亿—2052 亿元,财政收入减少约 364 亿—382 亿元,居民就业减少约 454 万—476 万人;河南 GDP 减少约 1288 亿—2158 亿元,财政收入减少约 141 亿—236 亿元,居民就业减少约 361 万—605 万人。因此,与河北类似,长期内无论哪种禁煤力度,鲁豫两省都须有若干年来应对经济社会冲击。仅从就业角度讲,按鲁豫两省一年可承受的就

表 13 长期内鲁豫四种基准差异化禁煤政策下鲁豫 PM_{2.5} 需要降低值

省份	目标	需要降低	完全本地单一禁煤需要降低	完全本地按源解析比例禁煤需要降低	按本地污染占比单一禁煤需要降低	按本地污染占比+按源解析比例禁煤需要降低
山东	50.00	26.00	26.00	15.60	24.73	14.84
河南	50.00	31.00	31.00	18.60	23.56	14.14

资料来源:作者计算整理。

表 14 长期内四种基准差异化禁煤政策下鲁豫治霾减排效果和社会经济效益

省份		完全本地单一禁煤	完全本地按源解析比例禁煤	按本地污染占比单一禁煤	按本地污染占比+按源解析比例禁煤
山东	对应模拟结果中禁煤力度(%)	100.00	65.00	100.00	62.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	51.71	60.21	51.71	61.00
	SO ₂ 排放(万吨)	-48.90	-31.79	-48.90	-30.19
	CO ₂ 排放(亿吨)	-2.62	-1.70	-2.62	-1.62
	GDP(亿元)	-3156.76	-2051.79	-3156.76	-1957.31
	财政收入(亿元)	-587.31	-381.73	-587.31	-364.15
	居民就业(万人)	-732.28	-475.99	-732.28	-454.04
河南	对应模拟结果中禁煤力度(%)	57.00	34.00	44.00	26.00
	PM _{2.5} 浓度降为(微克/立方米)	50.01	62.51	57.08	66.86
	SO ₂ 排放(万吨)	-43.94	-26.21	-33.92	-20.04
	CO ₂ 排放(亿吨)	-2.06	-1.23	-1.59	-0.94
	GDP(亿元)	-2158.33	-1287.53	-1666.08	-984.32
	财政收入(亿元)	-235.85	-140.68	-182.06	-107.56
	居民就业(万人)	-605.48	-361.17	-467.39	-276.20

注:表中山东完全本地单一禁煤政策与按本地污染占比单一禁煤政策下的禁煤比例相同均为 100%,这是因为根据模拟结果和表 13,这两种政策下山东想要达到 50 微克/立方米的 PM_{2.5} 浓度均需完全禁煤。

资料来源:作者计算整理。

业压力分别约为 120 万人和 145 万人水平测算,可能分别需要 4—5 年和 3—5 年。若考虑到煤炭替代的经济可行性、技术可行性和资源可持续性等因素,则时间可能更长。目前鲁豫两省还处于外围“禁煤区”,这就给两省调整产业结构、能源消费结构、就业结构预留了时间和空间,两省应加快调整步伐,争取在“禁煤区”政策深化之前实现各种结构优化。

应该指出的是,除了山东、河南外,山西、陕西和内蒙古三省份不仅是煤炭消费大省更是煤炭生产大省,雾霾污染更是常年居高不下,但是三省份的经济社会对煤炭产业依赖较大,若实施“禁煤区”政策,会对三省份的经济社会造成不可承受的影响,所以此三省份尚不具备全面禁煤条件,可列为潜在“禁煤区”;但可有选择地确定若干城市作为外围“禁煤区”。例如,《工作方案》已经将山西太原、阳泉、长治、晋城 4 市确定为京津冀大气污染传输通道城市,事实上已经将 4 市列入外围“禁煤区”。另外,无论从雾霾污染程度还是能源消费结构来说,辽宁都是外围“禁煤区”的备选省份之一,但近年来东北地区经济发展停滞,辽宁更是连续几年经济增速排名全国倒数,此时实施“禁煤区”政策,无疑使得辽宁本就脆弱的经济雪上加霜,由此可以将辽宁列为潜在“禁煤区”,在辽宁经济走出泥潭之后再考虑执行“禁煤区”政策。

类似地,本文随机选取了河南禁煤力度为41%时,农业部门中间投入和劳动资本复合替代弹性参数 ρ_a 的敏感性分析结果已验证模型的稳健性。结果显示在 ρ_a 变动 $\pm 10\%$ 和 $\pm 50\%$ 时,各变量变动同样都不超过0.0001%, ρ_a 的变动对模拟结果的影响极小。因此,本文构建的模型比较可靠。

六、结论及政策建议

本文基于CGE模型模拟分析了“禁煤区”政策对京津冀鲁豫各省份治霾减排效果与经济社会的影响。综合来看,禁煤力度越大,各省份治霾减排效果越好,但同时承受的经济社会压力也越大。由于各省份经济发展水平、产业结构、能源消费结构、就业结构等多方面存在差异,禁煤对各省份治霾减排和经济社会的冲击也不同。具体而言,短期内京津两市可以完全禁煤,且经济社会冲击完全可以独立承受;冀鲁豫三省禁煤力度都要低于京津两市,且虽然三省基本可承受禁煤带来的经济冲击,但就业压力需要更多的外来支撑。长期内无论哪种禁煤力度,冀鲁豫三省都必须有若干年来应对禁煤带来的经济社会冲击。基于研究结论,可以得出以下政策建议:

1. 禁煤政策力度应有差异

由于模型构建困难及数据等限制,本文未模拟动态视角下禁煤政策对“禁煤区”内各省份的影响。但可以预见,立即完全禁煤是操之过急的。对于京津两市这样煤炭消费占比相对较低的地区,完全禁煤还在经济社会可承受范围之内;但对于冀鲁豫这样煤炭消费占比较高、产业结构尚待调整升级的地区,大幅度或完全禁煤会对区域经济发展、居民就业等产生不可承受的冲击。因此,应该在未来几年内,循序渐进地推进“禁煤区”政策,针对不同省份制定符合其自身发展现状和承受能力的差异化禁煤力度。从产业和企业角度来说,本文模拟发现“禁煤区”政策会对煤炭需求量较大的产业和企业产生巨大影响,而对其他产业和企业的影响相对较小。现实中,应充分考虑“禁煤区”政策对短期内难以找到充足煤炭替代品或转换成本巨大的产业和企业的冲击,降低“禁煤区”政策实施的阻力。

2. 稳步扩大“禁煤区”范围

随着“禁煤区”政策治霾减排效果和实施经验的累积,势必要进一步扩大“禁煤区”范围,但在具体区域的选定上还不能操之过急。以本文选定的鲁豫外围“禁煤区”为例,两省承受的经济社会压力都已经很大了。建议以地级市为区域单位,采取“抓住重点,稳步推进”策略,将煤炭消费量过高的城市率先纳入“禁煤区”之内。京津冀周边的山西、内蒙古等省份虽然还不具备全区域禁煤的条件,也可以先在特定地市、特定产业推进禁煤政策,待时机成熟再推广。当然,如果能够基于地级市层面构建动态模型进行年度分析,实现对各城市是否可以禁煤、禁煤力度达到多大等问题进行实证测算,将为“禁煤区”稳步扩大提供实证基础。

3. 构建中央财政补贴机制

“禁煤区”政策的实施和扩展必然影响耗煤企业、居民等微观主体,也影响了诸如冀鲁豫等煤炭消费大省的经济增长和财政收入。在能源需求具有刚性时,微观主体利用其他能源替代煤炭,将导致成本上升,如果不对这些微观主体进行补贴,禁煤政策的推行势必会受到影响。而对“禁煤区”内的各地方政府来说,禁煤本身就会导致财政收入的下降,所以由中央财政为主,构建对这些受影响微观主体的补贴机制是务实之策。2016年,针对“去产能”造成的失业问题,中央财政已经支出了1000亿元专项资金加以解决,取得了良好效果。现实中很多产能过剩产业和企业同时又是高耗煤产业和企业,因此,“去产能”政策会和“禁煤区”政策相当程度上纠缠在一起。当然,“禁煤区”政策中补贴谁、补贴多少、如何补贴等具体补贴方案,还需要进一步研究测算。

4. 治霾减排多种政策组合

观察本文模拟结果可以发现,“禁煤区”政策确实会降低PM_{2.5}浓度,但多数地区还是不能达到国家二级标准,更遑论国家一级标准和世界卫生组织标准了。这在很大程度上是因为煤炭消费仅为导致雾霾形成的一部分原因,还有机动车尾气排放、扬尘等多种原因。尤其是伴随居民收入水平的提高,机动车数量不断增加,这就使得尾气排放成为了雾霾形成的重要原因之一。因此,在推进“禁煤区”政策的同时,还要在“禁煤区”内的各大城市中大力治理机动车尾气污染。此外,还应该完善环境税、加大抑尘等,通过多种政策组合共同达到更好的治霾减排效果。

5. 积极实施煤炭替代战略

若能源消费存在刚性,则禁煤必然要求其他能源产品来替代煤炭。当前中国主要有两种替代煤炭能源方式:一是“煤改电”,即用电力替代煤炭。既包括用电力替代终端煤炭消费,也包括减少“禁煤区”内的燃煤发电,从外部输入电力,或者改用其他清洁能源发电。水电、核电、风电都属于清洁能源,考虑到中国能源禀赋,从可行性角度分析首推核电替代,一方面火力发电污染较大,水力发电资源有限,风力发电在目前技术条件下又不够稳定;另一方面中国核电技术相对成熟,成本稳定低廉。二是“煤改油”、“煤改气”,即用石油、天然气替代煤炭。石油和天然气也属于化石燃料,替代煤炭虽然也会产生一定污染,但总体来说降低了不少。数据显示英美等发达国家2015年一次能源消费中,石油和天然气占比在70%左右,而中国石油和天然气仅占20%多,还有很大的提升空间。另外,在“禁煤区”内积极实施“煤改电”、“煤改油”、“煤改气”不仅可以减少煤炭消费量,还能一定程度上减轻禁煤的经济社会冲击。然而,实施煤炭替代政策必须解决煤炭替代技术研发及应用、替代成本较高、替代带来的经济和就业压力、油气等替代能源供给稳定性和长期可持续等问题。另外,“煤改电”、“煤改油”、“煤改气”还面临能源远距离大容量传输、区域利益协调等诸多挑战。因此,短期内京津两市及河北环京津地区应加速实施煤炭替代战略,但河北其他地区及山东、河南等其余省份,需要较长时间才能见到政策实效。

[参考文献]

- [1]白洋,刘晓源.“雾霾”成因的深层法律思考及防治对策[J].中国地质大学学报(社会科学版),2013,(6):27-33.
- [2]陈开琦,杨红梅.发展经济与雾霾治理的平衡机制[J].社会科学研究,2015,(6):42-48.
- [3]陈闻君,余开勇.中国省域煤炭消费空间格局演化特征[J].地理与地理信息科学,2014,(2):56-60.
- [4]顾为东.中国雾霾特殊形成机理研究[J].宏观经济研究,2014,(6):3-7.
- [5]韩文科,朱松丽,高翔,姜克隽.从大面积雾霾看改善城市能源环境的紧迫性[J].价格理论与实践,2013,(4):27-29.
- [6]何立华,杨盼,蒙雁琳,孔渊.能源结构优化对低碳山东的贡献潜力[J].中国人口·资源与环境,2015,(6):89-97.
- [7]贺菊煌,沈可挺,徐嵩龄.碳税与二氧化碳减排的CGE模型[J].数量经济技术经济研究,2002,(10):39-47.
- [8]姜春海,王敏,田露露.基于CGE模型的煤电能源输送结构调整的补贴方案设计——以山西省为例[J].中国工业经济,2014,(8):31-43.
- [9]李百吉,张倩倩.京津冀地区煤炭消费与经济的关系[J].干旱区资源与环境,2016,(8):41-47.
- [10]李世祥,刘江宜,张莉,成金华.煤炭消费、碳排放与区域经济绩效——基于13个煤炭消费大省的实证研究[J].资源科学,2013,(8):1625-1634.
- [11]李振宇,黄格省,李顶杰,任静.从能源消费结构分析北京雾霾天气成因及防治措施[J].当代石油石化,2013,(6):11-16.
- [12]廖祺.雾霾天气引发有关新能源产业的思考[J].当代经济,2013,(9):55-57.
- [13]林伯强,邹楚沅.发展阶段变迁与中国环境政策选择[J].中国社会科学,2014,(5):81-95.
- [14]马丽梅,张晓.中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影响[J].中国工业经济,2014,(4):19-31.

- [15]孟祥林. 京津冀协同发展背景下的城市体系建设与雾霾跨区治理[J]. 上海城市管理, 2017,(1):25-32.
- [16]魏巍贤,马喜立. 能源结构调整与雾霾治理的最优政策选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2015,(7):6-14.
- [17]魏下海,林涛,张宁,刘鸿优. 无法呼吸的痛:雾霾对个体生产率的影响——来自中国职业足球运动员的微观证据[J]. 财经研究, 2017,(7):4-19.
- [18]王领,杨阳. 环保投入与经济发展关系的实证研究——基于上海 1991—2010 年数据[J]. 中央财经大学学报, 2013,(11):69-74.
- [19]王晓琦,郎建奎,程水源,陈国磊,刘晓宇. 京津冀及周边地区 PM_{2.5} 传输规律研究[J]. 中国环境科学, 2016,(11):3211-3217.
- [20]武亚军,宣晓伟. 环境税经济理论及对中国的应用分析[M]. 北京:经济科学出版社, 2002.
- [21]杨拓,张德辉. 英国伦敦雾霾治理经验及启示[J]. 当代经济管理, 2014,(4):93-97.
- [22]叶文奇. 中国可计算一般均衡微观模拟模型构建与应用[D]. 华中科技大学博士论文, 2014.
- [23]张洪潮,王泽江,李晓利,蒲光华. 中国煤炭消费需求波动规律及成因分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014,(1):94-101.
- [24]周珍,伊萱,邢瑶瑶. 京津冀区域经济发展、社会稳定与雾霾防控均衡分析[J]. 统计与决策, 2017,(3):99-103.
- [25]Parry, I. W. H., and A. M. Bento. Tax Deductions, Environmental Policy, and the“Double Dividend” Hypothesis[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2002,39(1):67-96.
- [26]Li, W., and Z. Jia. The Impact of Emission Trading Scheme and the Ratio of Free Quota: A Dynamic Recursive CGE Model in China[J]. Applied Energy, 2016,174:1-14.

Haze Governance and It's Economic and Social Effect: An Analysis of CGE Model Based on “Coal Restricted Area” Policy

JIANG Chun-hai, SONG Zhi-yong, FENG Ze

(Centre for Industrial and Business Organization of Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China)

Abstract: “Coal Restricted Area” policy has significant effect in reducing coal consumption, and hazing pollution and emission. In the paper, Beijing, Tianjin and Heibei are defined as “Core Coal Restricted Area”, while Shandong and Henan are regarded as “External Coal Restricted Area”. In the meantime, computable general equilibrium (CGE) model is adopted to simulate haze governance and emission reduction effect and economic and social influences of different coal restriction intensity. The results show that the stricter of coal restriction, the better haze governance and the more pressure of economic and social development. The simulation results also show that in the short term, complete coal restriction policy can be implemented in both Beijing and Tianjin. However, the ranges of proper coal restricted ratio in Hebei, Shandong and Henan should be [16%,31%], [32%,35%] and [20%,27%], which indicates that these provinces can withstand economic pressure, but need external employment support. In the long term, the proper coal restricted ratio ranges of Hebei, Shandong and Henan should be [43%, 72%], [62%,65%] and [34%,57%], which means that these provinces face huge economic and social pressure and may need 5—8 years to adjust. Based on above findings, this paper puts forward some corresponding policy recommendations, including differentiating the intensity of coal restricted policy, gradually expanding the range of “Coal Restricted Area”, building central finance subsidy mechanism, combining a variety of haze governance and emission reduction policy, and actively implementing coal substitution strategy.

Key Words: “Coal Restricted Area” policy; haze governance and emission reduction; economic growth; employment

JEL Classification: Q48 Q52 Q58

[责任编辑:许明]