

中国工业两位数行业经济能源环境数据估算

卢梅 王科*

摘要:现阶段制定有效的低碳发展政策,需要掌握工业行业全要素生产率、绿色全要素生产率、二氧化碳影子价格等有关低碳经济、经济可持续发展问题的数据。本文估算和整理了中国30个省市自治区21个主要工业两位数行业2001-2015年经济能源环境数据,主要涵盖了工业增加值、工业总产值、劳动力投入、工资总额、资本存量、工业中间投入、能源消费量、二氧化碳排放量等方面。根据对经济能源环境数据的分析,发现电力、热力生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业是四大高碳强度行业;经济危机及经济刺激计划对高碳组行业与低碳组行业的影响具有明显差异;低碳组行业增加值占比逐年提升。因此,国家制定低碳政策时应应对四大高碳强度行业予以重视,政府实施经济刺激计划时应充分考虑经济发展的低碳化,同时应加大对低碳行业的扶持力度。

关键词:工业两位数行业;能源经济数据;二氧化碳排放;低碳发展

一、引言

推动经济低碳发展是实现经济、能源、环境协调发展的重要途径。中国自2001年加入WTO至2015年经济发展进入新常态这一时间段,是工业快速发展的时期,与此同时,能源环境问题也日益突出。明确中国工业两位数行业在2001-2015年间的经济发展情况,以及工业行业全要素生产率、绿色全要素生产率、二氧化碳影子价格等指标的变动趋势及原因,有助于制定更加有效的低碳发展政策。

在测度工业行业全要素生产率、绿色全要素生产率时,无论是使用以生产函数为基础的

*卢梅,北京理工大学能源与环境政策研究中心,邮政编码:100081,电子邮箱:lumei2017@126.com;王科(通讯作者),北京理工大学能源与环境政策研究中心,邮政编码:100081,电子邮箱:wangkebit@bit.edu.cn。

本文系国家自然科学基金项目“碳市场减排效果模拟与评估集成建模方法与应用研究”(71871022)和“能源效率测度和资源优化配置的非参数前沿面建模方法研究”(71471018)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的建设性修改意见,文责自负。

索洛余值法,还是用数据包络分析法测算,都需要在行业层面涉及经济、能源、环境三方面的投入与产出数据。具体而言,工业行业投入为劳动投入、资本投入、能源投入、工业中间品投入,工业行业经济活动的好产出为工业总产值或工业增加值,坏产出为二氧化碳排放。经济与环境协调发展的重点在于以较低的经济成本达到减排目标,二氧化碳的影子价格是衡量减排成本的重要指标。由于各工业两位数行业异质性的存在,导致各工业两位数行业二氧化碳影子价格的不同。使用数据包络分析法测算各行业二氧化碳影子价格时,需要工业行业的劳动力投入、资本投入、工业中间品投入、工业增加值或工业总产值的价值量指标以及二氧化碳的排放量。这些数据也可用于其他可持续发展问题的研究。长期以来,涉及到中国工业可持续发展的研究大多在不区分地区的行业层面或分地区不区分工业细分行业的层面展开,同时区别地区与工业细分行业的研究较少。

中国各地区经济发展水平差异明显,东部地区大部分省份已经进入到工业化后期后半阶段,东北和中部地区处于工业化后期的前半阶段,西部地区仍处于工业化中期,不同地区由于资源禀赋、经济发展历史沿革等原因,产业布局与产业结构也呈现出较大差异,地区间发展的不平衡性决定了进行可持续发展或低碳问题的研究时区分地区是必要的。各个行业由于生产函数、要素投入等方面不同,也需要被区分。经济、能源、环境数据涉及多个指标,由于中国统计体系还处于不断完善阶段,统计制度也在不断变更,部分指标的统计数据无法直接获得或在某些年份存在缺失及口径的调整,需要以已有数据为基础进行估算或调整,覆盖多地区、多行业、多指标的长时序经济能源环境数据搜集整理工作无疑是一项挑战。由于统计制度的调整,家具制造业、印刷和记录媒介复制业等工业两位数行业的分省数据从2012年才开始公布,纺织、服装、鞋帽制造业只在2003-2011年有分省的行业宏观数据。采矿业细分行业的相关数据在多个省份缺失严重,由于采矿业的发展严重依赖地区资源禀赋,因而失去了对其进行空间对比的意义。综合考虑各种因素,本文估算了21个工业行业^①2001-2015年包括工业增加值、工业总产值、资本存量、劳动投入、能源消费量、二氧化碳排放量、工业中间投入等指标的“地区-行业-时间”三维数据。

本文所估算整理数据的时间范围从中国加入WTO开始,贯穿了“中国制造”的兴起、逐渐式微再向“中国创造”升级的过程,涵盖了全球金融危机的发生以及中国采取经济刺激计划之后的时间段。行业层面,虽然由于各种限制无法囊括所有39个工业两位数行业,但根据2012

^①21个工业两位数行业包括:农副食品加工业,食品制造业,酒、饮料和精制茶制造业,烟草制品业,纺织业,造纸和纸制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业,化学原料和化学制品制造业,医药制造业,化学纤维制造业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼及压延加工业,有色金属冶炼及压延加工业,金属制品业,通用设备制造业,专用设备制造业,交通运输设备制造业,电气机械和器材制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业,仪器仪表制造业,电力、热力生产和供应业。

年的数据测算发现,本文所关注的21个工业行业2012年增加值占到全部工业行业增加值的80%以上,二氧化碳排放量占到全部工业行业的95%左右,因此,本文所关注的21个工业两位数行业具有一定代表性。空间上,本文估算了除去港澳台、西藏外的30个省市自治区的数据,符合进行经济计量分析的惯例。由于统计制度的调整改变等原因,长时序工业两位数行业分省经济能源环境数据的获得存在诸多挑战,本文尝试解决了如下问题:利用工业增加值占工业总产值比例稳定的特征估算了2004年、2008–2015年分省工业两位数工业行业规模以上工业企业的工业增加值;以2011年的工业总产值为基础,用销售产值的增长率作为工业总产值的增长率,计算2012–2015年的工业总产值;基于新税制下工业总产值、工业增加值、工业中间投入的关系,估算分省工业两位数行业工业中间投入;较为详细地介绍了中国分省工业两位数行业能源消费量与二氧化碳排放数据的估算方法。以上研究结果,使关于我国工业两位数行业的全要素生产率、绿色全要素生产率、二氧化碳影子价格等可持续发展问题和低碳问题的研究成为可能。

二、文献综述

Krugman(1994)对中国等东亚国家经济的“增长奇迹”提出质疑,认为中国等东亚国家的经济增长主要依靠资本积累和密集的劳动力投入驱动而不是通过技术进步和效率提升驱动。以此为标志,国际社会对中国经济增长奇迹的关注从20世纪90年代开始逐渐涌现,对中国经济数据核算的关注也逐渐增加。在本文所关注的指标数据中,现有文献对资本存量、能源消费量、二氧化碳排放量的估算方法有较多讨论,本部分将重点回顾对于资本存量、能源消费量和二氧化碳排放量估算的相关文献。

(一)资本存量

Garvy等(1956)提出了永续盘存法用以估算资本存量。Gallman(1985)认为如果使用了恰当的评估程序,利用永续盘存法所估算的资本存量将与资产普查的结果相同,并提出将资产的购置成本当作每年的投资量累积来估算资本存量时,最大的困难在于每年的资本存量以多年的价格水平衡量,从而失去比较意义。Wadhvani和Wall(1986)利用英国制造企业的资产数据采用永续盘存法估算了英国制造业的资本存量,并指出企业数据由于记录了资产的处置使永续盘存法具有优势。Young和John(2009)系统总结了美国资本存量的核算方法。美国经济分析局用永续盘存法估算美国资本存量,在往年固定资产投资累积的基础上扣除固定资产处置得到资本存量总额,在往年固定资产投资累积的基础上扣除折旧得到净资本存量。Hofman(2000)用永续盘存法估算了拉丁美洲七国1950–1994年期间资本存量总额与净资本存量,将机械设备、住宅和非住宅的使用寿命分别设定为15年、40年和50年来计算折旧。2009年版国民经济核算准则——国民账户体系(System of National Accounts, SNA)对资本存

量和流量作出了规定,第二版《衡量资本经合组织手册》(Measuring Capital OECD Manual)以SNA为纲,区别了资本存量总额和净(财富)资本存量,系统阐述了资本存量和资本流量的核算方法。资本存量总额只考虑了资产的报废,而净资本存量不仅考虑了资产的报废,也考虑了资产随着时间的推移生产效率降低而导致的折旧。净资本存量的核算方法有三种,分别为:永续盘存法、在资本存量总额的基础上减去累计折旧计算净资本存量、企业调研法。Chow(1993)利用1952年至1985年中国国营企业、城镇集体企业、农村集体企业以及个体的固定资产积累、流动资本积累数据估算中国的资本存量。

目前国内关于资本存量的估算主要有如下三种方法:固定资产净值折不变价法、固定折旧率永续盘存法、可变折旧率永续盘存法。陈勇和李小平(2006)对相邻两年固定资产净值年平均余额作差,计算每年新增固定资产投资并对其进行平减,在以固定年份价格水平计的基年固定资产净值的基础上对不变价新增固定资产投资进行累加得到各年资本存量,从而避免了估算折旧率的步骤。张少华和蒋伟杰(2017)、余东华等(2019)在估计资本存量时也回避了对折旧率的估计。张军等(2004)、孙琳琳和任若恩(2014)、张宁和张维洁(2019)、单豪杰和师博(2008)等诸多学者均采用固定的折旧率对资本存量进行估计。陈昌兵(2014)利用生产函数采用极大似然法估计我国不变和可变折旧率,并在此基础上估计我国1978-2012年的资本存量。陈诗一(2011)用永续盘存法估算了中国38个工业两位数行业1980-2008年的资本存量,利用各资产指标之间的数量关系估算出各工业行业各年可变的折旧率,随后利用各工业行业逐年可变的折旧率用永续盘存法估计各行业各年资本存量,这也是目前被广泛使用的较精确的资本存量估算方法。

通过梳理国内外资本存量估算的相关文献可以发现,资本存量核算的难点在于每一年的资本存量中都包含着以往各年价格计价的资本,以及随着时间的推移,固定资产生产效率下降,应当在资本存量中扣除折旧部分,以反映资本的真实价值。永续盘存法的缺陷在于对资产使用寿命及折旧率的估计存在较大不确定性,从而使得估算结果与实际情况有较大出入。本文所估算的资本存量为规模以上工业企业资本存量,企业对其所持有的固定资产在每一个会计年度计提折旧,对固定资产的处置也体现在固定资产净值的变动中,方便了资本存量的估计。又由于工业两位数行业层面折旧率的估算较为困难,本文在估算工业两位数行业资本存量时,使用将固定资产净值折不变价的方法。

(二)能源消费量与二氧化碳排放量

Liu等(2015)认为全国层面的能源消费量可能由于未报告小工厂和小作坊锅炉所燃烧的燃料而有所低估,省级能源消费量也可能由于在汇总终端能源消费量时数据具有较大不一致性而导致不可靠。中国能源生产与能源贸易数据相比终端能源数据更加可靠,用终端能源消费量计算能源消费量涉及到一次能源、二次能源共20种能源,而表观能源消费核算法只包括

原煤、原油、天然气三种一次能源,误差更小且计算更加简便。表观能源消费法也避免了对每一最终消费类别所使用的不同煤种混合的不确定性估计。因此应该使用表观能源消费法计算能源消费总量。全国分行业层面,陈诗一(2011)、张少华和蒋伟杰(2017)、张宁和张维洁(2019)等都使用工业分行业能源消费总量作为能源投入。涂正革和谌仁俊(2013)、庞瑞芝和王亮(2016)等用终端能源消费总量度量能源消费总量。

通过对比能源消费量的核算方法发现:表观能源消费法计算的思路为能源生产量扣除能源净流出得到能源消费量,因此表观能源消费法更适合计算一定地域范围内的能源消费量。能源消费总量为各行业终端消费量与各行业分摊的损失量和加工转换损失量之和。因为分摊的损失量和加工转换损失量并不直接由行业生产情况决定,所以使用能源消费总量来衡量能源消费量不易真实反映行业实际用能情况。终端能源消费量是工业行业终端用能设备消费的各类能源,因此更能反映行业实际用能情况。由于本文所整理估算的数据主要服务于工业两位数行业层面效率测算、二氧化碳影子价格测算等问题的研究,重点关注行业本身的特征,行业终端能源消费总量更能反映行业用能的实际情况及变化调整,因此本文使用各工业行业终端能源消费量折标煤量加总来度量分省工业两位数行业的能源消费量。

国家发展和改革委员会发布了1994年、2005年国家温室气体排放清单,2005年之后中国的排放数据则多由国际组织发布。1996年、2006年IPCC国家温室气体清单指南分三个层次为各国核算二氧化碳排放提供了系统的方法。CDIAC(美国橡树岭国家实验室)、EDGAR(全球排放数据库)、EIA(美国能源情报署)、IEA(国际能源署)、World Bank(世界银行)等机构均对各国二氧化碳排放或碳排放进行了估算。二氧化碳排放量的估算以能源消费量与排放系数为基础,其不确定性来源于能源消费量与排放系数的误差。Liu等(2015)认为全国层面及省级层面的能源消费量采用表观能源消费法计算更加可靠,并以此为基础计算二氧化碳排放量。在没有基于中国实际用能情况确定的各类能源的含碳量、热值、氧化率等数据的情况下,各国际组织均使用默认排放因子对中国二氧化碳排放进行估算。Liu等(2015)通过对比各大国际机构公布的中国二氧化碳排放量与使用基于中国实际的排放因子测算的中国二氧化碳排放量发现,各大国际机构对中国二氧化碳排放量的核算均存在不同程度的高估。原因在于IPCC公布的默认的排放因子是基于西方国家用能情况测算的,而不一定适用于中国,例如中国煤炭的实际排放因子平均值比IPCC公布的默认值低40%左右。

Shan等(2018)利用各省工业终端能源消费量数据以及基于中国实际测算的各种能源的热值、含碳量、氧化率对中国分省工业两位数行业二氧化碳排放量数据进行了估算。本文使用Shan等(2018)估算的中国分省工业两位数行业二氧化碳排放量数据,在文章的第三部分较为详细地介绍了其估算方法,读者可将其应用于2015年之后年份的分省工业两位数行业二氧化碳排放量的估算。

三、分省两位数工业行业经济能源环境数据估算

本文所整理估算的数据涉及经济、能源、环境三个方面,另一方面,各指标又可以依据其经济涵义划归到工业生产的投入和产出范畴内。工业行业绿色全要素生产率、二氧化碳影子价格等指标的测算,都以工业行业各指标的投入产出关系为基础。经济可持续发展问题或低碳问题的研究所需要的其他指标,也可通过对这些基础指标进行计算处理得到。为明确本文所估算整理数据的逻辑结构,图1中按照工业投入、工业产出的分类对指标进行梳理,并简要概括各指标的估算方法。

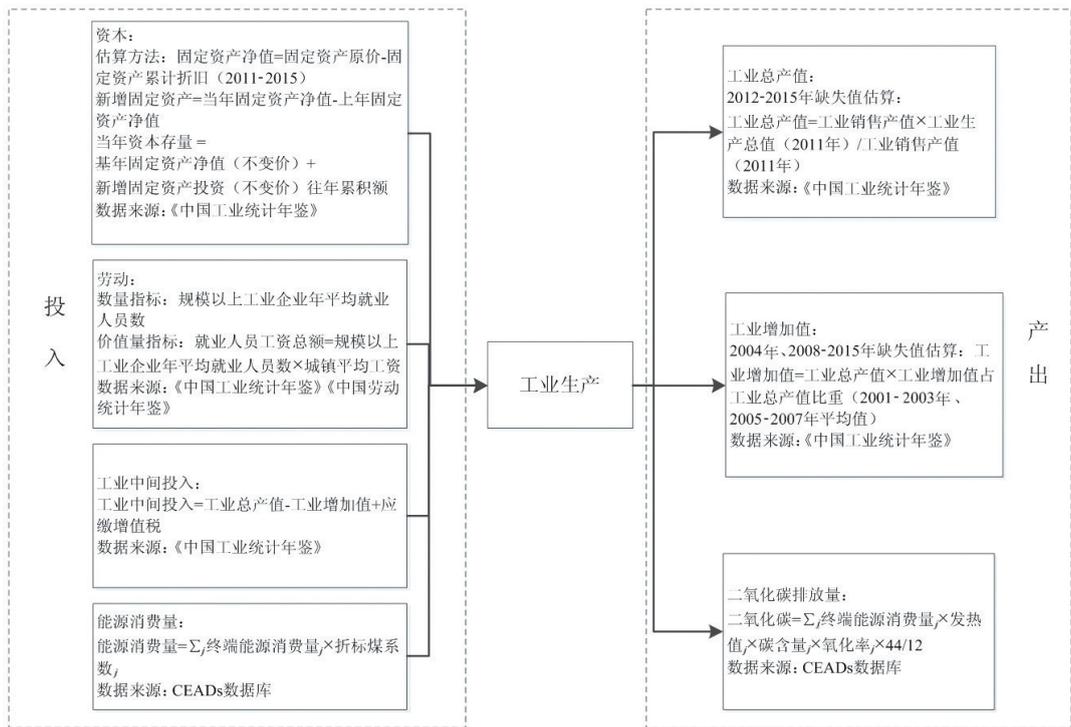


图1 各指标逻辑关系及估算方法说明

(一)经济产出

1.工业总产值

工业总产值是以货币形式表现的,工业企业在一定时期内生产的工业最终产品或提供工业行业劳务活动的总价值量。工业销售产值不包括半成品在制品期末期初的差额价值,而工业总产值包括该差额价值^①。在效率分析、低碳发展等经济研究中,涉及的投入产出关系主要关注实质上的经济生产活动,而不是产品的销售活动,因此本文在估算省级层面工

^①工业销售产值与工业总产值定义与说明来源于《中国工业统计年鉴》中有关指标解释的内容。

业行业经济能源环境数据时,将工业总产值作为产出变量。《中国工业经济统计年鉴》提供了2001–2016年省级层面工业行业销售产值数据、1997–2011年省级层面工业行业工业总产值数据,本文所估算数据序列中2012–2015年省级层面工业行业工业总产值缺失,用2012–2015年工业销售产值乘以2011年工业总产值与工业销售产值的比值来近似估计2012–2015年工业总产值。

2.工业增加值

工业增加值是指工业企业在报告期内以货币价值表现的工业生产活动的最终成果。《中国工业统计年鉴》公布了1997–2007年省级层面工业行业规模以上企业工业增加值数据,无法覆盖2001–2015年的工业增加值数据。各省工业两位数行业规模以上工业行业增加值2004年数据缺失,且从2008年开始不再公布,因此需要对其进行估计。陈诗一和陈登科(2017)发现各年工业增加值与工业总产值之间的比例十分稳定,对于2008–2013年未报告的工业增加值,以各年工业总产值乘以1998–2007年工业增加值占总产值比重的平均值进行估算。本文沿用陈诗一和陈登科(2017)的思路对分省工业两位数行业工业增加值进行估算。

通过比较2001–2003年、2005–2007年共6年分省工业两位数行业工业增加值占工业总产值的比例发现,各省比例在各年较为稳定。因此先计算2001–2003年、2005–2007年各省各工业两位数行业工业增加值占工业总产值比重的平均值,然后将这一比例与2004年、2008–2015年各省工业两位数行业工业总产值相乘得到相应年份的分省工业两位数行业工业增加值。

(二)经济投入

1.资本存量

陈诗一(2011)所提出的各行业各年折旧率可变永续盘存法在估算各行业全国总量资本存量时效果良好,但在使用该方法估计省级层面工业两位数行业资本存量时,用本年累计折旧减去上年累计折旧得到本年折旧,再用本年折旧除以上年固定资产原值计算折旧率时,本年折旧出现较多负值,从而折旧率出现较多负值。本文沿用陈勇和李小平(2006)、余东华等(2019)的思路计算资本存量。

《中国工业统计年鉴》公布了1999–2010年固定资产净值数据,2011–2015年固定资产净值数据用固定资产原值减去固定资产累计折旧得到。由于固定资产净值已经是计提折旧后的指标,故而本文通过对固定资产净值直接消除通胀来避免因为折旧率的误差造成资本存量估计误差的逐年累计问题。从2002年开始,用当年固定资产净值减去上年固定资产净值得到2002年到2015年每年新增固定资产,随后对2002年到2015年的新增固定资产用2001年为基期的固定资产价格指数进行平减得到2001年价格水平的各年新增固定资产投资,在

2001年固定资产净值的基础上逐年累加2001年价格水平的新增固定资产投资,得到2001-2015年的2001年价格水平下的资本存量。计算公式如下:

固定资产净值 = 固定资产原价 - 固定资产累计折旧

当年新增固定资产投资 = 本年固定资产净值 - 上年固定资产净值

当年新增固定资产投入(不变价) = 当年新增固定资产投资 / 固定资产投资价格指数

当年资本存量 = 基年固定资产净值(不变价) + 新增固定资产投资(不变价)往年累积额

2. 劳动力投入

《中国工业统计年鉴》公布了省级层面各工业行业规模以上工业企业平均用工人数,本文将其作为省级层面各工业行业规模以上工业企业口径的劳动力投入。

产出、资本存量指标都为价值量指标,与此相对应,本文在用工人数序列的基础上,又估算了一套省级层面各工业行业工资总额的数据。虽然《中国劳动统计年鉴》公布了省级层面各工业行业就业人员工资总额,但是因为产出变量、资本存量、中间投入等变量都为规模以上工业企业口径,对照省级层面工业行业各年城镇单位就业人员数据与规模以上工业企业平均用工人数发现,二者数据相差较大,为了将劳动力投入的价值量指标统一为规模以上工业企业口径,本文用规模以上工业企业平均用工人数乘以对应行业工资水平得到规模以上工业企业平均用工工资总额。本文用《中国劳动统计年鉴》公布的城镇单位就业人员平均工资或平均劳动报酬近似代替规模以上工业企业用工的平均工资水平与规上企业平均用工人数相乘,得到各工业行业就业人员工资总额。

3. 工业中间投入

工业中间投入指工业企业在工业生产活动中消耗的外购物质产品和对外支付的服务费用。从生产法计算工业增加值的公式可以推出,工业中间投入等于工业总产值减去工业增加值。1994年中国财税制度改革后,工业总产值计算价格里不再包含增值税,而代之以在工业增加值中计入增值税项。因此,新的财税制度下,工业中间投入应等于工业总产值减去工业增加值再加上应缴增值税,公式为:

工业中间投入 = 工业总产值 - 工业增加值 + 应缴增值税

(三) 能源消费量与二氧化碳排放量

本文对于分省工业两位数行业能源消费量的估算沿用Shan等(2018)估算工业两位数行业二氧化碳排放量时对于工业两位数行业终端能源消费量的估算方法,并将各终端能源消费折算成标准煤进行加总。

能源消费量基于2002-2016年《中国能源统计年鉴》中各地区能源平衡表及2002-2016年各省统计年鉴中能源数据估算得到。将《中国能源统计年鉴》地区能源平衡表中公布的26种终端能源消费量扣除用作原料、材料用途的部分,合并成17种终端能源消费量。各省统计年

鉴中公布了工业两位数行业能源消费总量数据,Shan等(2018)以此为依据,计算各细分两位数工业行业能源消费量占工业能源消费总量的比重,并乘以地区能源平衡表中各种工业终端能源消费量,得到分省工业两位数行业各种终端能源消费量数据。河北、江苏、浙江、山东、广西、海南、四川、贵州等省份的统计年鉴中缺乏工业两位数行业的能源消费情况,Shan等(2018)假设这些省份的工业结构在被观测年份没有发生变化,根据2008年国家经济普查的数据估算工业两位数行业能源消费占比并将其应用于各年。本文用各终端能源的折标煤系数乘以对应的终端能源消费量将各种能源消费折算成标准煤,相加得到各省工业两位数行业能源消费量。

本文所使用的二氧化碳排放量数据来自于Shan等(2018)所测算的分省工业两位数行业二氧化碳排放量数据。Shan等(2018)通过上文的计算过程得到分省分行业17种终端能源消费量。随后,用分省两位数工业行业17种终端能源消费量乘以各自的二氧化碳排放系数,得到分省两位数工业行业各分品种终端能源消费量产生的二氧化碳排放,将各省两位数工业行业17种终端能源消费量产生的二氧化碳排放量相加,得到各省两位数工业行业二氧化碳排放量。Shan等(2018)基于中国实际测算工业两位数行业各终端能源消费量的发热值、碳含量、氧化率,计算工业两位数行业17种终端能源的二氧化碳排放系数。各行业二氧化碳排放量计算公式如下:

$$C_i = \sum_{j=1}^{17} fuel_{i,j} \times NCV_j \times CC_j \times O_{ij} \times 44/12$$

其中, C_i 指 i 工业行业二氧化碳排放量, $fuel_{i,j}$ 指 i 工业行业第 j 种终端能源消费量, NCV_j 指第 j 种终端能源的发热值, CC_j 指第 j 种终端能源的碳含量, O_{ij} 指 i 工业行业第 j 种终端能源的氧化率。

四、价格平减与缺失值补漏

本文估算的指标序列为各工业行业分地区的面板数据,为了方便各指标在不同年份间的比较,需要对其进行平减,折算成以固定年份不变价格水平计的量。工业总产值与工业增加值用以2001年为基年的分地区分行业工业生产者出厂价格指数进行平减,资本存量在计算过程中已经平减为2001年固定价格水平,因此无需再平减。工业行业职工薪酬用以2001年为基年的分地区就业人员工资总额指数进行平减。1989–2016年《中国统计年鉴》公布八个行业大类分地区各年生产者购进价格指数,适用于中间投入的价格水平平减。工业中间投入用以2001年为基年的对应大类行业分地区生产者购进价格指数进行平减,各两位数工业行业对应的生产者购进价格指数大类行业如下表所示:

表1 细分行业对应的生产者购进价格指数行业大类

行业大类	细分行业
燃料动力类	石油加工、炼焦和核燃料加工业,电力、热力生产和供应业
黑色金属材料类	黑色金属冶炼及压延加工业、金属制品业
有色金属材料类	有色金属冶炼及压延加工业
化工原料类	化学原料和化学制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业
木材及纸浆类	造纸和纸制品业
其他工业原材料	非金属矿物制品业,电气机械和器材制造业,计算机、通信和电子设备制造业,仪器仪表制造业,通用设备制造业,专用设备制造业,交通运输设备制造业
农副产品类	农副食品加工业,食品制造业,酒、饮料和精制茶制造业,烟草制造业
纺织原料类	纺织业
建材类	无

系统性的数据缺失主要有2012–2015年的工业总产值、2012年工业行业平均用工人数,以上缺失值按照与销售产值的比例关系、前后两年的平均值代替来估算补缺。对于个别指标在个别年份的缺失,本文视具体情况采取对临近年份数据进行加权、样条插值法、趋势变化法等多种插值法进行补缺,补缺效果良好。

五、数据的基本分析

本文估算了2001–2015年中国30个省市自治区21个工业两位数行业的经济能源环境数据,能够在时间、地区、细分行业层面反映中国经济、能源、环境等指标的时间变动趋势、区域差异以及行业差异。本文基于所估算的经济能源环境数据,简要分析了工业行业碳强度、资本产值比、人均增加值、工业中间投入占比等指标在空间与行业层面的不同表现,并分析了其背后原因。

下文分析中,涉及到高碳组工业行业与低碳组工业行业的对比,其划分依据为:对2012年21个工业两位数行业二氧化碳强度各省平均值进行排序,以此排序结果为标准,将全部21个工业行业分为高碳排放行业和低碳排放行业,高碳排放组包含10个行业,低碳排放组包含11个行业^①。

(一)重点行业二氧化碳强度分析

从2012年的时间截面上看,各省市自治区碳强度居于前三的行业在不同省份各有不同,但是电力、热力生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼

^①高碳组工业行业包括:电力、热力生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业,化学原料和化学制品制造业,有色金属冶炼及压延加工业,通用设备制造业,造纸和纸制品业,农副食品加工业,化学纤维制造业。低碳组工业行业包括:仪器仪表制造业,烟草制造业,医药制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业,酒、饮料和精制茶制造业,电气机械和器材制造业,专用设备制造业,金属制品业,食品制造业,交通运输设备制造业,纺织业。

焦和核燃料加工业四个行业覆盖了所有省份二氧化碳强度的前三。大部分省份电力、热力生产和供应业碳排在工业总排放中占比达到50%以上,在吉林、内蒙古、宁夏三省占比超过70%,是碳排放的主要来源。黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业与电力、热力生产和供应业共同贡献了各省二氧化碳排放量的90%以上,是制定低碳发展战略时应重点关注的行业。因此本文将这四个行业作为重点行业进行简要分析。

针对四个高碳强度行业,本文计算了其各自2012年度在各省的二氧化碳排放强度。从四大高碳强度工业行业二氧化碳排放强度在各省的分布来看^①,同一行业二氧化碳排放强度在空间分布上呈现出西高东低、北高南低的特征,东部沿海经济发达地区单位工业增加值的二氧化碳排放较少,中西部地区经济欠发达地区单位工业增加值的二氧化碳排放量较多。关注细分工业行业二氧化碳强度的分布,可以排除产业结构的差异对地区整体二氧化碳排放强度的影响,聚焦相同行业在不同地区的二氧化碳强度,能够为探求地区低碳发展策略提供更多直观信息。工业行业二氧化碳排放强度与地方经济发展程度呈现出一定的反向关联,由此可见,经济欠发达地区在注重调整产业结构提振经济活力的同时,还要注重产业内生产技术的改进、生产效率的提升,实现经济低碳高效发展;欠发达地区在对发达地区进行产业承接时,应同时注重生产技术的承接,管理经验的承接,避免由于产业从东部发达地区转移到中西部地区导致二氧化碳排放总量的增加。

从二氧化碳排放总量及强度最高的工业行业——电力、热力生产和供应业来看,新疆、山西、山东、宁夏、内蒙古、吉林六省区二氧化碳强度最高,处于54.64吨CO₂/万元工业增加值到67.11吨CO₂/万元工业增加值的二氧化碳强度区间内,甘肃、黑龙江、贵州、陕西、天津、辽宁六省区二氧化碳强度较高,处于36.1吨CO₂/万元工业增加值到46.96吨CO₂/万元工业增加值的二氧化碳强度区间内。北京、四川、青海、上海、广东、浙江六省电力、热力生产和供应业二氧化碳强度最低,处于3.11吨CO₂/万元增加值到16.68吨CO₂/万元增加值区间内,广西、云南、重庆、福建、湖北、湖南六省电力、热力生产和供应业二氧化碳强度也相对较低。青海、四川、云南、湖北、广西、湖南、重庆水力发电量均占总发电量的40%以上,其中青海省水力发电量占总发电量的比重达到78%,较高的水电占比是电力、热力的生产和供应行业二氧化碳强度较低的重要原因。山东、山西、宁夏火电占总发电量的90%以上,这些省份电力、热力生产和供应业二氧化碳强度也较高。一方面,火电、水电占比的差异是各省电力、热力生产与供应业二氧化碳强度差异较大的重要原因,但同时注意到,发电类型相似的地区,电力、热力生产和供应业二氧化碳强度也存在较大差异。火电行业在不同地区的不同表现也是造成地区间电力、

^①由于篇幅所限,四大高碳强度工业行业在各省的二氧化碳强度没有列示出来,如有需要,可向作者索要。

热力生产和供应业二氧化碳强度差异的不可忽视的原因。

黑色金属冶炼及压延加工业在西部地区的二氧化碳强度较高,非金属矿物制品业在大西北地区的二氧化碳强度较高,石油加工、炼焦和核燃料加工业在大西南地区二氧化碳强度较高,这些工业行业在东部沿海地区的二氧化碳强度都相对较低。

以上分析从2012年横截面展示了四大高碳强度工业行业的二氧化碳强度的空间地域分布,下文将从四大高碳强度工业行业二氧化碳强度的时间变动来看四大高碳强度工业行业二氧化碳强度的时间趋势。本文计算了四大高碳强度工业行业2001-2015年二氧化碳强度省际平均水平,并绘制图2趋势图。

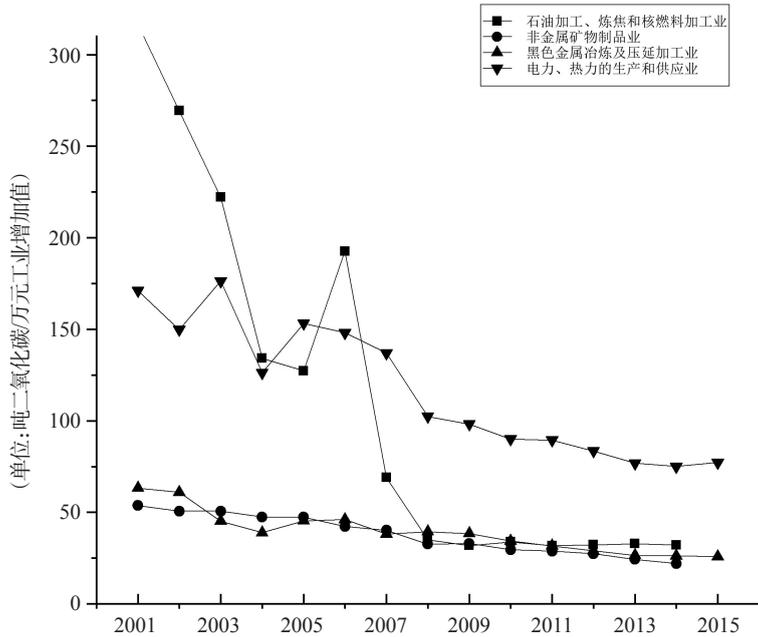


图2 四大高碳强度工业行业二氧化碳强度2001-2015年省际平均值

图2直观显示出四大高碳强度工业行业中石油加工、炼焦和核燃料加工业二氧化碳强度在2001年至2015年间总体呈下降趋势,2001年至2009年间下降幅度较大,2009年至2013年二氧化碳排放强度有微小抬头。电力、热力生产和供应业二氧化碳强度在2001年至2015年期间内持续下降,但2011年至2015年下降速度减慢。2001年至2015年间,非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业二氧化碳强度在总体上呈下降态势,但下降幅度较小。

(二)东中西部二氧化碳排放强度对比

除关注碳排放重点行业外,本文还从东中西部地区二氧化碳排放强度差异来观测二氧化碳强度的时空演变特征。如图3所示,总体上来看,西部地区工业行业的二氧化碳强度远高于中部地区和东部地区,并且表现出更强的波动性。西部地区较高的工业二氧化碳排放强度

意味着减排降碳的较大空间。中国西部地区多数省份处于工业化中期发展阶段,工业的快速增长仍以资源过渡损耗和环境污染为代价,且西部地区承接来自东部地区的产业转移时,承接产业多为资源型和资本密集型工业行业,多种因素共同作用,造成西部地区工业二氧化碳排放强度较高的情况。西部地区工业结构相对单一,经济受到外部影响较大,2008年全球经济危机前后,西部地区工业受到较大冲击,竞争性减弱、产值降低,造成二氧化碳强度增高,2009年之后工业又回到原发展轨道,可能因为“四万亿”经济刺激计划对其产生了影响。

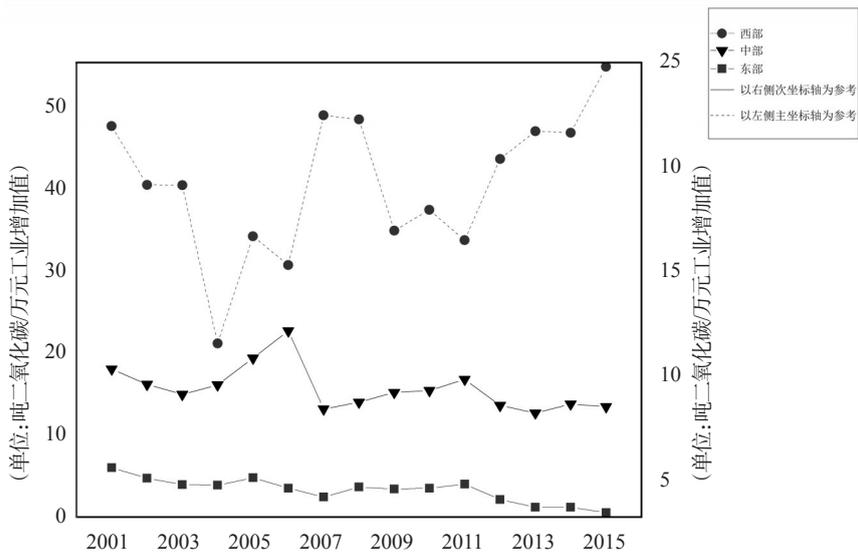


图3 东中西部地区工业行业二氧化碳强度变动趋势

(三)资本产值分析

由图4可见,时间上来看,东部地区高碳组工业行业平均资本产值比在2001年至2009年之间呈下降趋势,在2009年之后变动趋势突然转为上升,说明在2001年至2009年期间,东部地区高碳组工业行业资本投入带来明显产出效率提升,但这一情况在2008年全球金融危机后发生逆转。可能因为2008年年末开始实施的经济刺激计划使得资本大量进入工业行业,工业行业产出增长速度低于资本增长速度,造成工业行业资本产值比由降到升的趋势转变,由图4可以看出,高碳组工业行业这一趋势转变明显,也间接说明,经济刺激计划开始后,资本大量涌入东部地区二氧化碳排放强度较高的工业行业。

中部地区与西部地区高碳组工业行业与低碳组工业行业资本产值比在观测期内均呈稳步下降趋势,说明观测期内,中西部地区工业行业资本投入带来持续的产出效率提升,“四万亿”经济刺激计划没有显著影响中西部工业行业资本产值比的平均变化趋势。东部地区与西部地区工业资本产值比逐渐收敛于相同水平,在2010年至2015年间,东西部地区工业资本产值比几乎重合。

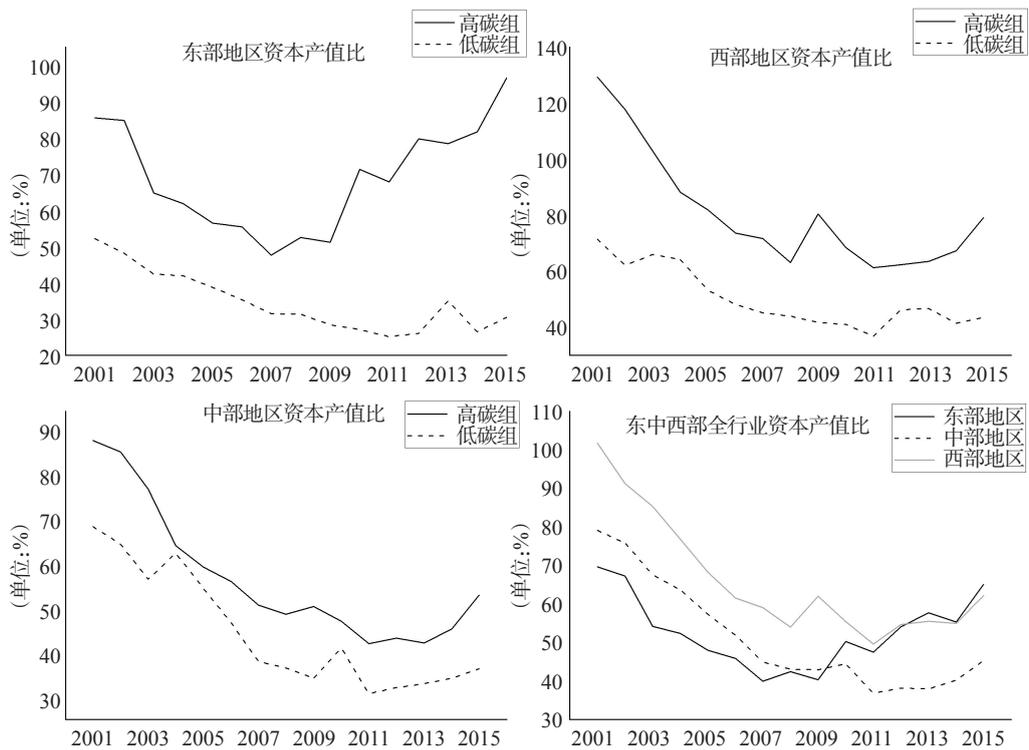


图4 东中西部地区资本产值比变动趋势

从资本产值比数值上来看,东中西部地区高碳组工业行业平均资本产值比均高于低碳组工业行业,高碳组工业行业相比于低碳组工业行业表现出更强的资本密集特性。

(四) 人均增加值和人均资本存量分析

由图5可以直观看出,2001年至2015年间,规模以上工业企业人均增加值与人均资本存量均呈逐年上升趋势。但人均增加值增长率与人均资本存量增长率在低碳组工业行业和高碳组工业行业的表现不同。

2001年至2015年间,低碳组工业行业规模以上企业各年人均增加值均高于高碳组工业行业,并且在2007年至2015年,增长进入快车道,2015年的人均增加值是2007年的2.2倍,高碳组工业行业与低碳组工业行业规模以上企业人均增加值差距逐年拉大。反观人均资本存量,却呈现出高碳组工业行业各年人均资本存量均高于低碳组工业行业且差距逐年扩大的趋势。根据索洛模型可知,人均增加值的增长来自于人均资本存量的增长以及全要素生产率的增长,低碳组工业行业人均增加值相对较高且增长迅速、人均资本存量相对较低且增长缓慢的发展态势表明,相较于高碳组工业行业,低碳组工业行业在2001年至2015年间,全要素生产率有较大幅度提升,特别是在2007年至2015年间,低碳组工业行业全要素生产率增长明显且快速。

中国大部分地区仍处于工业化中期及工业化后期的前半段,工业化将继续推进,资本深化进程因此也将伴随工业化而持续下去,资本劳动比是衡量资本深化程度较可靠的指标,图5

也展示出中国工业资本不断深化的态势。由经济增长理论可知经济持续增长最根本的动力来源是技术进步,而技术进步通常都要搭载资本深化完成。2001年至2015年间,总体上中国工业人均增加值与资本劳动比同步增长,说明中国资本深化与技术进步同步进行。

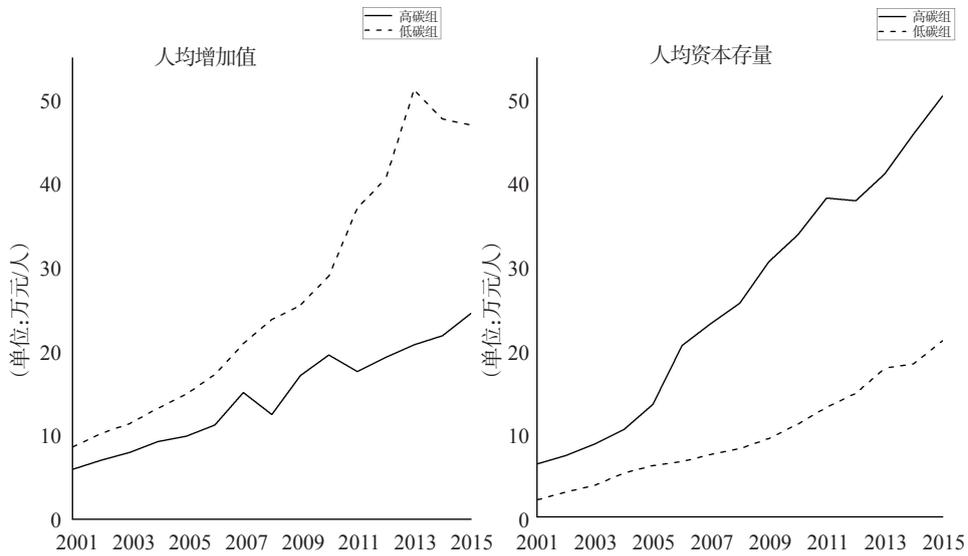


图5 人均增加值与人均资本存量变动趋势

低碳组工业行业所展现出的增长特性表明,低碳组工业行业全要素生产率在2001年至2015年间增长迅速,低碳组工业行业逐渐成为工业发展中有力的拉动力量,并且由于其天然的低碳排放属性,低碳组工业行业的发展将在一定程度上促进中国工业向低碳化转变。图6表示

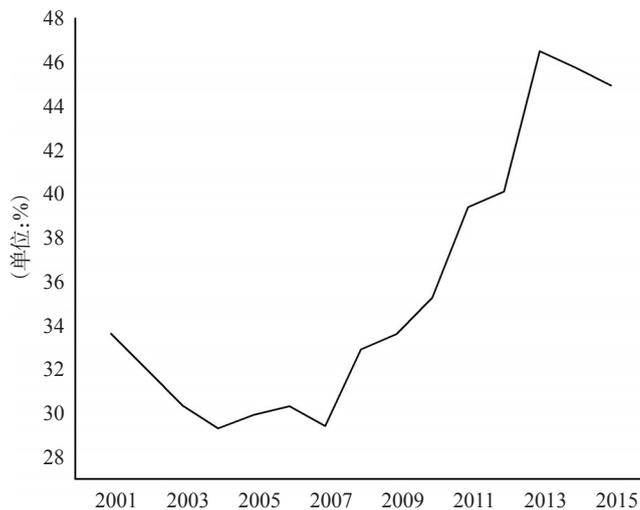


图6 低碳组工业行业增加值占比

本文所关注的21个行业中低碳组工业行业增加值占工业增加值的比重,可以看出,低碳组增加值占比在2001年至2015年间逐年提高,2014年、2015年甚至超过45%,接近50%。低碳组工业行业增加值占比的提高反映了中国工业内部产业结构的调整与变动向着低碳方向进行。

(五)中间投入率分析

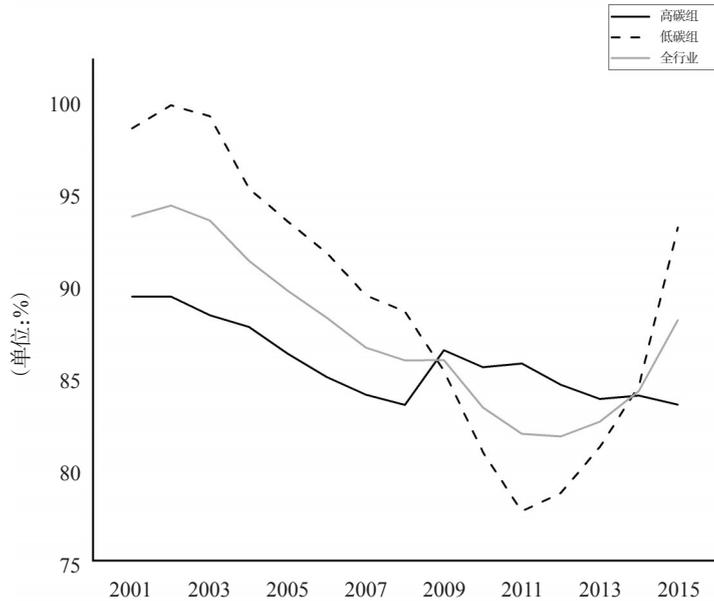


图7 工业中间投入率变动趋势

图7绘制了高碳组工业行业、低碳组工业行业工业中间投入占工业生产总产值比重的变化。工业中间投入率表示工业生产过程中从其他产业部门购进的原料占工业总产值的比重,是工业增加值率的反向指标,工业中间投入率越低,该行业的增加值率越高,投入产出效率越高,盈利水平越高。从图7中可以看出,总体上,高碳组行业与低碳组行业的工业中间投入率呈下降趋势。2001至2009年间,低碳组工业行业中间投入率高于高碳组行业中间投入率,即高碳组工业行业的生产更为有效,能创造更大附加价值。这一情况在2009年反转,2001年至2008年低碳组工业中间投入率快速下降,而高碳组工业行业中间投入率在度过2001年至2008年的缓慢下降期之后迎来2009年的剧烈上升,之后又从2009年的高位开始,进入新一轮平稳下降轨道。2009年,低碳组工业行业中间投入率与高碳组工业行业中间投入率持平,2009年至2014年,低碳组工业行业中间投入率保持在低于高碳组中间投入率的水平,低碳组工业行业在这一时期展现出有效生产、增加值率高的特点,但是这一优势却在逐渐消失。在图7中可以明显地看到,低碳组工业行业中间投入率一改往年持续下降的趋势,在2011年触底回弹,截至2015年,保持急速上升态势。

2008年全球经济危机影响广泛,中国经济一度受到冲击,直观来看,2009年高碳组工业

行业中间投入率陡增,可能因为受到经济危机的影响而表现出经济效益下降。高碳组工业行业中间投入率在经历了2009年的突增之后又趋于平缓下降,行业发展状况明显回升,可能因为“四万亿”刺激计划在2009年之后产生影响。低碳组工业行业中间投入率从2011年开始逐年提升,投入产出效率持续下降,盈利性持续降低,可能因为受全球经济疲软、复苏乏力、市场表现不佳的影响。

六、结论与政策含义

本文估算和整理了中国30个省市自治区21个主要工业行业2001-2015年经济能源环境数据,并对一些主要经济指标进行了分析。通过对经济能源环境数据的分析发现:

电力、热力生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业是四大高碳强度行业,应该给予重点关注;对比各地区四大高碳强度工业行业二氧化碳强度可以发现,行业二氧化碳强度总体上呈现出西高东低、北高南低的特征;通过对比东中西部高碳组行业与低碳组行业的资本产值比变动趋势可以发现,中部地区与西部地区高碳组工业行业与低碳组工业行业资本产值比在2001-2015年间均呈稳步下降趋势,东部地区高碳组工业行业平均资本产值比在2001年至2009年之间呈下降趋势,在2009年之后变动趋势突然转为上升;通过对比人均增加值与人均资本存量推断出,低碳组工业行业全要素生产率在2001年至2015年间增长迅速,低碳组工业行业逐渐成为工业发展中有力的拉动力量;而中间投入率分析也表明,2001-2009年高碳组工业行业生产更为有效,2009年两组情况反转,2009-2014年低碳组工业行业展现出有效生产、增加值率高的特点。

基于本文的研究结论,提出以下政策含义:

除电力行业外,全国碳市场应尽快纳入黑色金属冶炼及压延加工业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业等高碳强度行业,从而推进全国层面减排降碳目标的实现;政府采用财政及货币政策刺激经济时应充分考虑经济发展的低碳化,避免出现因资金大量涌入高碳行业而造成的高碳行业资金收益率急剧降低、全行业绿色全要素生产率的提升被抑制的后果;国家应加大对低碳行业的扶持力度,使其发挥更大带动作用,促进工业整体绿色全要素生产率的提高。

本文对于分省工业两位数行业经济能源环境数据估算工作进行了尝试,虽然尽量考虑到了各种可能导致误差的原因并尽力克服,使其更加贴合实际,但估算工作中仍然存在很多不足之处:一是能源消费量和二氧化碳排放量的估算以地区能源平衡表中终端能源消费量为基础,但无法清晰明确各省终端能源消费量报告值的核算口径。二是工业总产值、工业增加值等指标的数据均为规模以上工业企业口径,如果终端能源消费量是全社会口径,则需要将其按照合理的比例调整为规模以上工业企业口径。三是利用2001-2003年、2005-2007年工业

两位数行业工业增加值占工业总产值比重的平均值估算 2004年、2008–2015年的工业增加值数据,而工业两位数行业工业增加值与工业总产值的比重是逐年变化的。四是难以较为准确地估算分省工业两位数行业固定资产的折旧率,而采用将固定资产净值折不变价的方法估算资本存量,使得资本存量的估计可能较使用基于准确折旧率的永续盘存法的估计结果有一定偏差。

参考文献:

- [1] 陈昌兵. 可变折旧率估计及资本存量测算[J]. 经济研究, 2014, 49(12): 72–85.
- [2] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算: 1980–2008[J]. 经济学(季刊), 2011, 10(03): 735–776.
- [3] 陈诗一, 陈登科. 中国资源配置效率动态演化——纳入能源要素的新视角[J]. 中国社会科学, 2017, (04): 67–83+206–207.
- [4] 陈勇, 李小平. 中国工业行业的面板数据构造及资本深化评估: 1985~2003[J]. 数量经济技术经济研究, 2006, (10): 57–68.
- [5] 庞瑞芝, 王亮. 服务业发展是绿色的吗?——基于服务业环境全要素效率分析[J]. 产业经济研究, 2016, (04): 18–28.
- [6] 单豪杰, 师博. 中国工业部门的资本回报率: 1978–2006[J]. 产业经济研究, 2008, (06): 1–9.
- [7] 孙琳琳, 任若恩. 转轨时期我国行业层面资本积累的研究——资本存量和资本流量的测算[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(03): 837–862.
- [8] 涂正革, 谌仁俊. 传统方法测度的环境技术效率低估了环境治理效率?——来自基于网络DEA的方向性环境距离函数方法分析中国工业省级面板数据的证据[J]. 经济评论, 2013, (05): 89–99.
- [9] 余东华, 张鑫宇, 孙婷. 资本深化、有偏技术进步与全要素生产率增长[J]. 世界经济, 2019, 42(08): 50–71.
- [10] 张宁, 张维洁. 中国用能权交易可以获得经济红利与节能减排的双赢吗?[J]. 经济研究, 2019, 54(01): 165–181.
- [11] 张少华, 蒋伟杰. 中国的产能过剩: 程度测算与行业分布[J]. 经济研究, 2017, 52(01): 89–102.
- [12] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952–2000[J]. 经济研究, 2004, (10): 35–44.
- [13] Chow, G. C. Capital Formation and Economic Growth in China[J]. Quarterly Journal of Economics, 1993, 108(3): 809–842.
- [14] Gallman, R. E. The U.S. Capital Stock in the Nineteenth Century[R]. 1985.
- [15] Garvy, G., R. W. Goldsmith, D. S. Brady, and H. Mendershausen. A Study of Saving in the United States[J]. Journal of the American Statistical Association, 1956, 51(276): 677.
- [16] Hofman, A. A. Standardised Capital Stock Estimates in Latin America: A 1950–94 Update[J]. Cambridge Journal of Economics, 2000, 24(1): 45–86.
- [17] Krugman, P. The Myth of Asia's Miracle[J]. Foreign Affairs, 1994, 73(6): 62.
- [18] Liu, Z., D. B. Guan, W. Wei, et al. Reduced Carbon Emission Estimates from Fossil Fuel Combustion and Cement Production in China[J]. Nature, 2015, 524(7565): 335–338.
- [19] Shan, Y., D. B. Guan, H. Zhang, et al. China CO₂ Emission Accounts 1997–2015[J]. Scientific Data, 2018, 5: 170201.
- [20] Wadhvani, S. and M. Wall. The UK Capital Stock—New Estimates of Premature Scrapping[J]. Oxford Review of Economic Policy, 1986, 2(3): 44–55.
- [21] Young, A. and C. M. John. Estimation of Capital Stock in the United States[R]. 2009.

Economic, Energy and Environmental Data Estimation of China's Two-digit Industrial Sectors

Lu Mei and Wang Ke

(Center for Energy & Environmental Policy Research, Beijing Institute of Technology)

Abstract: In order to facilitate the formulation of low-carbon development policies, we need related data to calculate industry total factor productivity, shadow price of CO₂ and so on. This paper estimates and collects data of 21 major industries in 30 provinces and autonomous regions in China in 2001–2015. These data include industrial added value, industrial production, labor input, the total wages, capital stock, energy consumption, intermediate inputs, and carbon dioxide emissions. This paper makes a preliminary analysis of these data and find that electric power and heating power generation, smelting and pressing of ferrous metals, smelting and pressing of nonferrous metals, petroleum processing and coking are the four industries which carbon intensity are highest. The impact of economic crisis and economic stimulus plan on high-carbon and low-carbon industries are different. The added value of low-carbon industries increased year by year. Therefore, the government should pay attention to the four high carbon intensity industries when formulating low-carbon policies, consider the development of low-carbon economy when implementing the economic stimulus plan, and strengthen the support for low-carbon industries.

Keywords: Two-digit Industrial Sectors; Energy Economics Data; Carbon Dioxide Emissions; Low Carbon Development

JEL Classification: Q56, R11

(责任编辑:朱静静)