

新结构经济学视角下产业结构的绿色转型：事实、逻辑与展望

王 勇 陈诗一 朱 欢*

摘要：新结构经济学强调禀赋驱动的结构转型与产业升级，本文利用区域-行业-年份与微观企业数据，对这一理论机制与产业绿色发展之间的关系进行定量事实的整理与潜在逻辑机制的探讨。将工业细分行业按照资本密集度和污染排放强度交叉分为四大类，并从静态和动态视角考察四大类产业间和产业内的相关特征。研究发现：四大类产业在绿色转型上存在较大差异性；相对资本密集度是影响绿色转型的重要因素；从产业结构来看，中国整体上以资本密集型且污染密集型产业占主导，东中西部三大区域的四大产业分布存在发展阶段的差异性。最后，基于本文所梳理的定量事实，对未来如何从新结构经济学的视角进一步研究产业绿色转型的问题提出若干研究建议。

关键词：新结构经济学；产业升级；绿色转型；有为政府

中图分类号：F062.2；F421；X322

一、引言

伴随着四十多年的改革开放，我国的工业取得了长足的发展。按 2015 年不变价格计算，工业增加值从 1979 年的 1 039.45 亿美元增加到 2021 年的 62 394.07 亿美元，年均增速达到 10.33%。自 2010 年起，我国成为全球第一大工业国，工业增加值占世界的份额在 2021 年达到 26.26%，成为驱动全球工业增长的重要引擎。^①但是，总体而言我国工业仍旧处于高投入、高消耗、高排放的发展阶段，资源能源消耗量过大，生态环境问题比较突出。如何有效促进我国产业的绿色转型、建设人与自然和谐共生的现代化已经成为实现我国经济社会高质量发展的重要时代命题。我国不同地区的各级政府都面临着如何结合自己的发展阶段与产业结构的特点，更好地发挥因势利导的“有为政府”作用，结合“有效市场”的力量，妥善处理与解决在经济发展与产业升级过程中的绿色转型问题。

* 王勇，北京大学新结构经济学研究院，邮政编码：100871，电子信箱：yongwang@nsd.pku.edu.cn；陈诗一，复旦大学经济学院，邮政编码：200433，电子信箱：shiyichen@fudan.edu.cn；朱欢（通讯作者），上海大学经济学院，邮政编码：200444，电子信箱：huanzhu@shu.edu.cn。

本文得到国家社会科学基金重点项目“新形势下我国制造业转型升级路径与对策研究”（项目批准号：20AJL017）、国家自然科学基金创新研究群体项目“中国经济发展规律与治理机制研究”（项目批准号：72121002）的资助。作者感谢匿名评审专家的宝贵意见，作者文责自负。

①资料来源：World Development Indicators（WDI）。

作为我国经济学领域自主理论创新的重要尝试,新结构经济学以要素禀赋结构作为切入点,以企业自生能力为微观基础,强调在不同发展阶段经济结构的内生性差异及其动态变迁(林毅夫等,2012;林毅夫,2017,2019a,2019b)。在不同发展阶段,要素禀赋结构不同,反映要素稀缺程度的市场价格也不同,从而具有不同资本密集度的产业之间的构成亦不同,内生的最适宜产业结构也不同,并且随着经济的增长,要素禀赋结构发生动态变化,从而进一步推动产业结构升级,这个机制被称为禀赋驱动的产业升级机制(Ju et al., 2015; 王勇, 2021)。例如,在较低收入阶段时,经济体的禀赋结构是劳动力相对丰裕,资本相对稀缺,因此工资利率比较低,对应最适宜的产业结构是较高比重的劳动密集型产业和较低比重的资本密集型产业;在较高收入阶段时,经济体的禀赋结构是劳动力相对稀缺,资本相对丰裕,由此对应的最适宜产业结构是较低比重的劳动密集型产业和较高比重的资本密集型产业。从新结构经济学视角研究产业结构和产业升级,除了理解其驱动机制外,还需要明确地识别所要考察的问题所涉及到的产业之间最为关键的异质性维度。具体到环境经济学领域,学者重点关注的是不同产业在污染排放强度、政府环境规制程度等维度上的异质性。因此,按照新结构经济学的研究方法,我们根据产业的资本密集度、污染排放强度和面临政府环境规制程度这三个维度上的异质性,对产业进行交叉分类,然后研究不同产业之间、产业内部不同企业之间的差异性,以及相应的动态特征,再根据这些结构化的定量事实,探求如何从禀赋驱动的产业升级与结构转型的机制中引申出动态内生的最适宜的绿色转型路径,以及政府应该如何因地制宜、因时制宜、因结构制宜地发挥好在绿色转型上的有为作用。

本文后续结构安排如下:第二部分是对已有新古典环境经济学文献和新结构经济学视角下环境问题文献的梳理;第三部分从静态角度,基于行业的资本密集度、环境污染排放强度、环境规制强度三方面的异质性分析中国各个工业行业的具体特征和产业内企业的分布特征;第四部分从动态角度分析中国工业的结构变迁、不同产业绿色转型的变化和产业内企业污染排放的影响因素,以及东中西部地区工业行业的结构变迁;第五部分则基于前三部分的特征性事实的相关分析提出新结构环境经济学未来可能的研究方向;第六部分为研究总结。

二、文献综述

自20世纪50年代环境库兹涅茨曲线(以下简称EKC)提出以来,新古典环境经济学致力于经济增长与能源消耗、污染排放的研究,对EKC假说的理论机制进行探讨、对其实证有效性进行检验(Grossman and Krueger, 1995; He and Wang, 2012; 包群、彭水军, 2006; 王敏、黄滢, 2015)。从供给角度来看,有三种效应影响环境污染:经济增长效应、产业结构效应和技术进步效应,而经济增长本身并不会自动降低环境污染,之所以会出现环境污染的倒U型曲线的原因在于,经济增长所带来的产业结构转型升级、生产技术和节能减排技术的进步以及政府的环境治理(Brock and Taylor, 2005)。从需求角度来看,消费者在一般消费品和环境质量之间进行权衡取舍,当经济发展到一定阶段后,消费者愿意减少一般消费品以增加对环境治理的投资,从而使得EKC跨过拐点,达到经济增长与环境质量改善的双重红利阶段(马本等, 2017; Zhang et al., 2017)。从政府治理角度来看,合理有效的环境治理不仅可以促使EKC拐点的尽早到来(王芳等, 2019),而且还可以通过“波特创新补偿效应”、“挤出效应”、

“成本增加效应”、“学习效应”和“竞争效应”等来影响企业、产业和宏观经济绩效(Acemoglu et al., 2012; Cai et al., 2016; Shi and Xu, 2018; 童健等, 2016; 李虹、邹庆, 2018; 陈诗一、陈登科, 2018)。

新结构经济学强调不同发展阶段各种经济维度结构的内生性差异。不同产业对应的能源消耗和污染排放具有异质性,而在不同发展阶段各产业的比重构成,即产业结构,是内生不同的,由此带来的环境问题也呈现阶段性特征(王勇、汤学敏, 2021)。新结构经济学目前在能源与环境经济学领域开展的研究总体上可以分为三类:(1)关于赶超发展战略的概念在能源效率、环境污染和环境治理等方面的运用。例如王坤宇(2017)基于1980—2007年间59个经济体的面板数据,实证检验发现若一国采用违背比较优势的重工业优先发展的赶超战略,则会导致经济体内的微观企业缺乏自生能力,因此政府需要采用补贴等措施来扶持这些企业,从而扭曲了市场的最优资源配置并造成了能源使用效率的降低;郑洁等(2019)、郑洁和付才辉(2020)等一系列实证研究也证实了如果采取违背比较优势的发展战略,则会导致严重的环境污染并造成环境治理能力不足等问题。(2)新结构经济学主张对于环境污染的最适宜政府治理应该内生决定于相应的发展阶段,并且研究经济增长对能源结构转型和二氧化碳排放的关联等问题。杨洲木等(2017)基于新结构经济学理论框架分析了低碳绿色型产业升级过程中政府的干预机理,认为政府在制定产业政策扶持低碳绿色型产业发展时,应遵循各区域的比较优势;Wang等(2019)基于中国2000—2012年省际面板数据检验了经济增长与清洁能源转型之间的关系,发现从地区层面来看,人均GDP与能源转型之间呈现U型的非线性关系,但是从分部门来看,居民部门中人均GDP与能源转型呈现倒U型关系,而农业部门中二者的关系不明朗,在工业和服务业中人均GDP则与能源转型无关。沿着这一逻辑,朱欢等(2020b)考察经济增长对清洁能源转型和二氧化碳减排的异质性作用,并使用全球67个经济体1990—2018年的面板数据分析发现,人均GDP与清洁能源发展呈现“U型”关系,与二氧化碳排放呈现“倒U型”关系,并且前者的拐点对应的人均GDP小于后者。以上文献侧重于从经济的不同发展阶段分析地区或国家的能源结构转型与二氧化碳排放的相关问题。由于环境污染排放的外部性等问题,因此需要发挥政府积极有为的作用。朱欢等(2020a)利用2003—2016年中国221个地级及以上城市数据,采用SBM-DDF方法估算了城市绿色全要素生产率,作为环境政策实施效果的评价指标,然后结合地区要素禀赋结构、环境承载力和中国五年规划数据,确定组内最适宜环境政策以及偏离最适宜环境政策的程度系数,并结合多种计量模型检验了偏离最适宜环境政策对经济增长的负向影响等。(3)运用新结构经济学关于五大类产业划分以及产业升级与产业政策的分析方法,对于与能源环境直接相关的产业本身的发展进行学术梳理与研究。例如,于佳和王勇(2020)对我国的光伏产业进行了案例分析,发现光伏产业发展要获得成功,必须发挥禀赋比较优势,既需要“有效市场”,也需要“有为政府”。

已有文献主要基于跨国或中国省际或地级城市面板数据从宏观层面验证发展战略、发展阶段等因素对能源转型与环境污染的影响,然而现有非常缺乏直接从新结构经济学关于产业异质性的视角、内生产业结构的视角、以及禀赋驱动的产业升级的视角直接切入去分析

环境质量与相关政策问题。本文基于新结构经济学的理论框架,即给定时点要素禀赋结构决定产业技术结构,而各个产业在环境污染强度和环境治理上存在异质性,环境结构的变迁进一步会影响要素禀赋结构变迁,以此循环累积实现产业升级。同时本文对我国产业绿色发展进行了典型事实刻画,从微观企业、中观二位码行业分析产业在资本密集度、污染强度和环境治理上的异质性,然后到相对宏观视角的四大类产业的静态和动态变化。

本文的主要贡献在于:(1)较为全面地梳理了目前学术文献中新结构经济学对于环境问题的主要研究以及不足之处;(2)基于新结构经济学倡导的禀赋驱动的结构转型与产业升级理论,按照资本密集度和环境污染排放强度这两个维度的异质性将中国工业内部各个子行业分组为四大类,即劳动密集型且清洁型、劳动密集型且污染密集型、资本密集型且污染密集型、资本密集型且清洁型,并结合微观企业数据考察了四大类产业内企业的污染强度、污染治理等特征分布,为将来更好地从新结构经济学视角深入分析环境与产业升级的互动问题提供定量特征事实,而这样的结构分类也是以往环境经济学重视不够的地方;(3)梳理了中国这四大类产业在产出份额、污染排放强度和环境规制强度三个主要方面如何随发展阶段的演变而发生动态变化,以及各产业中企业绿色转型的内在动因,并且分析了东中西三大区域中四大类产业结构的变迁,从新结构经济学视角解析其因果逻辑;(4)基于对行业-区域与企业分布的特征性定量事实的系统梳理,对于未来如何更好地从新结构经济学视角对这些事实与现象进行分析提出具体建议,尤其是对如何结合赶超发展战略、垂直结构、产业升级、有为政府、发展阶段的结构性差异等新结构经济学所强调的分析元素或崭新视角对环境问题进行经济学分析,为中国产业结构的绿色转型提供更加坚实的学理支撑。

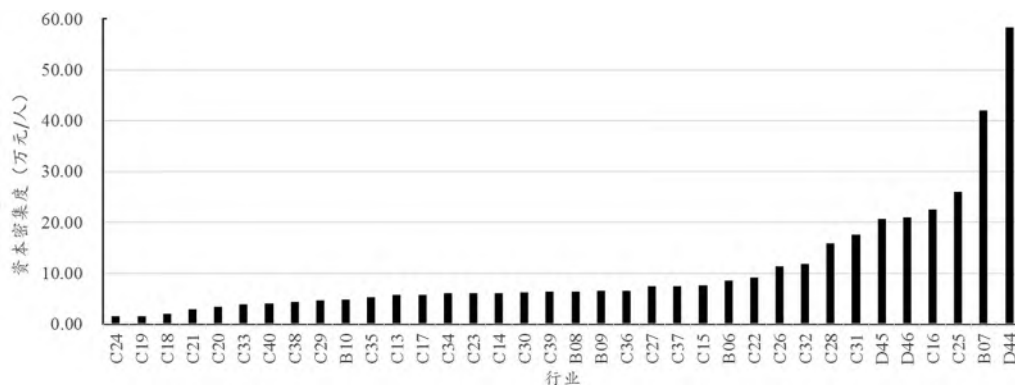
三、中国工业细分行业的异质性:静态视角

(一) 各个细分行业的资本密集度

新结构经济学非常关注产业之间在资本密集度上的异质性,因此我们首先测算工业内部每个细分行业的资本密集度 kl_i ^①,采用资本存量与劳动力的比值来表征,其中资本存量根据固定资产价值采用永续盘存法计算得到,并且以1990年为基期进行价格指数平减(陈诗一,2011),劳动力采用各工业行业规模以上工业企业平均用工人数衡量。按照2001—2016年中国36个工业行业资本密集度均值的中位数分为劳动密集型行业和资本密集型行业。换言之,若 $\overline{kl_i} < 4.7639$ 万元/人,则该产业属于劳动密集型,若 $\overline{kl_i} \geq 4.7639$ 万元/人,则该产业属于资本密集型。从图1中我们可以看出文教、工美、体育和娱乐用品制造业,皮革、毛皮、

①需要说明的是:本文的样本期为2001—2016年,其中2002年和2011年中国国民经济行业分类与代码出现了部分调整,本文对此进行了相应调整,一是删去部分行业,保留36个细分行业;二是某些行业的名称发生变化,其行业实质没有改变,此类行业不做处理;三是某些行业合并,如“橡胶制品业”、“塑料制品业”合并为“橡胶和塑料制品业”,都属于劳动密集型产业和清洁型产业,对应下文提到的四大类产业的第Ⅰ类产业“劳动密集型且清洁型产业”;四是某些行业拆分,如“交通运输设备制造业”拆分为“汽车制造业”和“铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业”,都属于资本密集型且清洁型产业,对应下文提到的四大类产业的第Ⅳ类,在本文的分析中以2011年国民经济行业分类为准。

羽毛及其制品和制鞋业、纺织服装、服饰业等行业的资本密集度较低,属于劳动密集型行业,而石油加工、炼焦及核燃料加工业、石油和天然气开采业、电力、热力生产和供应业的资本密集度相对较高,属于资本密集型行业。^①



注: 行业代码名称见表1。

图1 工业细分行业资本密集度均值

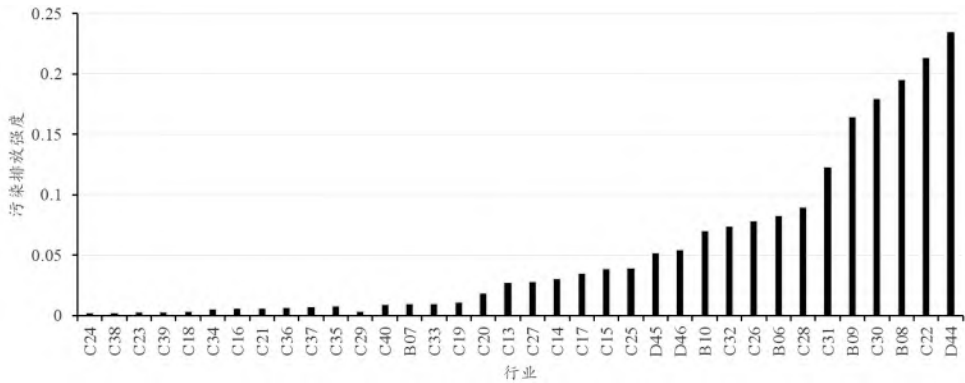
(二) 各个细分行业的污染排放强度

不同工业行业在污染排放强度上也存在较大差异,要厘清各行业的减排潜力,我们有必要从行业特征着手,分析行业特征与污染排放的相关性。我们对各行业的工业废水排放强度和工业废气排放强度数据进行线性标准化并通过等权加和法计算各个行业的无量纲污染指数 npi_{it} ^②(沈能,2012)。按照2001—2015年中国36个工业行业污染排放强度均值的中位数将行业划分为清洁型行业和污染密集型行业。换言之,当 $\overline{npi_{it}} < 0.0333$ 时,该行业属于清洁型行业,如文教、工美、体育和娱乐用品制造业、电气机械和器材制造业、印刷和记录媒介复制业等属于清洁型行业;而当 $\overline{npi_{it}} \geq 0.0333$ 时,该行业属于污染密集型行业,如非金属矿物制品业、造纸和纸制品业、电力、热力生产和供应业等属于污染密集型行业^③(见图2)。

①我们也分别对每年资本密集度指标进行划分,结果显示有的行业一直是劳动密集型行业(如,专用设备制造业、仪器仪表制造业、皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业等),有的行业一直是资本密集型行业(如,汽车制造业、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业、化学原料和化学制品制造业、化学纤维制造业等),有的行业出现跳跃(如,农副食品加工业、印刷和记录媒介复制业、计算机、通信和其他电子设备制造业、非金属矿物制品业、食品制造业、黑色金属矿采选业),对于出现跳跃的行业我们使用出现次数为权重,加权以后我们的分类结果是稳健的。

②我们以工业废水排放强度和工业废气排放强度作为行业污染属性的基础是基于以下考虑:一是受限于数据可得性,分行业工业固体废物排放量2010年以后不再统计并且缺失分行业工业固体废物治理运行费用;二是我们基于2001—2010年的三废排放强度进行测算,得到的估计结果基本一致,为了保证研究的一致性我们使用2001—2015年分行业工业废水排放强度和工业废气排放强度测算污染指数。

③我们也分别对每年污染排放强度指标进行划分,发现有的行业一直是清洁型行业(如,专用设备制造业、汽车制造业、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业等),有的行业一直是污染密集型行业(如,化学原料和化学制品制造业、化学纤维制造业等),但是也有部分行业分类出现跳跃(如,农副食品加工业、医药制造业、木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业、橡胶和塑料制品业、水的生产和供应业、煤炭开采和洗选业、燃气生产和供应业),对于出现跳跃的行业我们使用出现次数为权重,加权以后我们的分类结果是稳健的。



注: 行业代码名称见表 1。

图 2 工业细分行业污染排放强度均值

综上,根据行业资本密集度划分的劳动密集型行业和资本密集型行业与根据污染指数划分的清洁型行业和污染密集型行业,可以将行业的分类交叉重新划分为如下四大类,分别是:Ⅰ类的劳动密集型且清洁型、Ⅱ类的劳动密集型且污染密集型、Ⅲ类的资本密集型且污染密集型、Ⅳ类的资本密集型且清洁型,见表 1 所示。平均来看,资本密集度越高的行业对应的污染指数也较高。但是也有部分行业属于劳动密集型且污染密集型的产业(例如:非金属矿采选业、纺织业、食品制造业、非金属矿物制品业)与资本密集型且清洁型产业(例如:计算机、通信和其他电子设备制造业、交通运输设备制造业、烟草制品业、石油和天然气开采业)。

表 1 中国工业行业的再分类:四大类分法

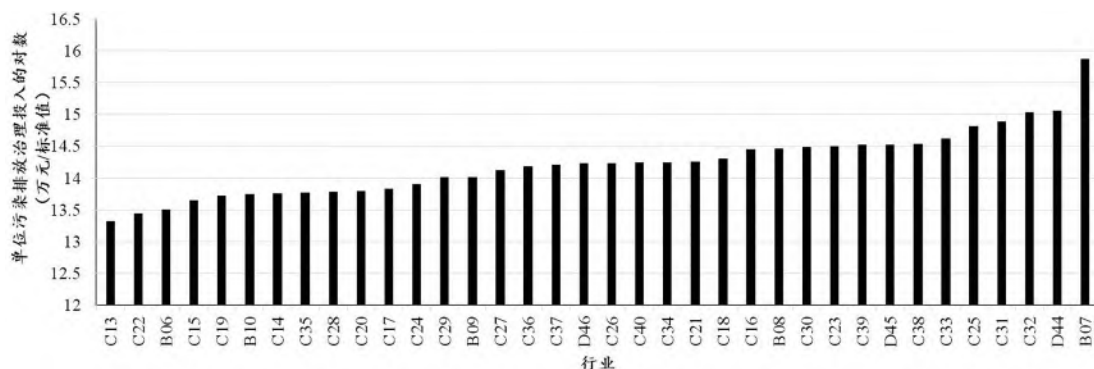
类型	行业分类	行业名称
第Ⅰ类	劳动密集型且清洁型产业	文教、工美、体育和娱乐用品制造业(C24);皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业(C19);纺织服装、服饰业(C18);家具制造业(C21);木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业(C20);金属制品业(C33);仪器仪表制造业(C40);电气机械和器材制造业(C38);橡胶和塑料制品业(C29);专用设备制造业(C35);农副食品加工业(C13);通用设备制造业(C34);印刷和记录媒介复制业(C23)。
第Ⅱ类	劳动密集型且污染密集型产业	非金属矿采选业(B10);纺织业(C17);食品制造业(C14);非金属矿物制品业(C30)。
第Ⅲ类	资本密集型且污染密集型产业	黑色金属矿采选业(B08);有色金属矿采选业(B09);医药制造业(C27);酒、饮料和精制茶制造业(C15);煤炭开采和洗选业(B06);造纸和纸制品业(C22);化学原料和化学制品制造业(C26);有色金属冶炼及压延加工业(C32);化学纤维制造业(C28);黑色金属冶炼及压延加工业(C31);燃气生产和供应业(D45);水的生产和供应业(D46);石油加工、炼焦及核燃料加工业(C25);电力、热力生产和供应业(D44)。
第Ⅳ类	资本密集型且清洁型产业	计算机、通信和其他电子设备制造业(C39);汽车制造业(C36);铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业(C37);烟草加工业(C16);石油和天然气开采业(B07)。

(三) 各个细分行业的环境规制强度

新结构经济学强调“有为政府”的积极作用,如何在环境治理领域发挥政府的有为作用也是新结构经济学研究的重点。国家宏观政策层面相继提出了“五位一体”、“河长制”、“三

大攻坚战”等一系列相关政策。然而,各个行业的环境规制强度具有差异性,污染排放量、污染控制与治理投入息息相关。相较于以单位产值为基础测度的污染治理投入相对指标,以单位污染排放的治理投入来衡量环境规制强度更加准确(朱金生、李蝶,2019)。为了解决不同污染物计量单位差异导致的不可直接相加性,我们对污染物进行无量纲标准化处理,并使用分行业废水和废气设施运行费用表示污染治理投入,分行业废水和废气排放量作为主要污染物。最终,得到分行业的环境规制指数,即一单位标准污染物的治理投入。具体计算公式为 $er_{ijt} = cost_{ijt} / p_{ijt}$, 其中 $cost_{ijt}$ 、 p_{ijt} 和 er_{ijt} 分别表示 i 行业在 t 时期 j 污染物的治理投入、污染排放和环境规制强度。为了解决不同污染物计量单位差异导致的不可直接相加性,我们对污染物进行无量纲标准化处理,得到 p_{ij}^* 。最终,得到分行业的环境规制指数: $er_{it}^* = \sum_j cost_{ijt} / p_{it}^*$ 。根据该指数,我们分析了2001—2015年各个细分行业的环境规制强度(见图3)。

图3显示,农副食品加工业、造纸和纸制品业、煤炭开采和洗选业的环境规制强度相对较低,而黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、石油和天然气开采业的环境规制强度较高。换言之,各个细分行业的环境规制强度与行业污染属性存在非对称关系。相较于部分清洁行业的环境规制强度而言,一些污染密集型行业的环境规制强度较低。特别的,造纸和纸制品业、煤炭开采和洗选业、酒、饮料和精制茶制造业、化学纤维制造业这些资本密集型且污染密集型产业环境规制强度低于仪器仪表制造业、通用设备制造业、家具制造业等劳动密集型且清洁型产业的环境规制强度。这可以解释尽管部分行业的污染治理取得了较好的成效,但中国工业企业的治理整体上仍然不足。该图也启示我们,未来环境规制方面的政策应该注重在不同行业间进行结构调整,尤其是资本密集型且污染密集型行业可能需要增加投入力度,以期实现各个行业的绿色发展。



注:行业代码名称见表1。

图3 工业细分行业环境规制强度均值

(四) 四大类产业中企业的分布特征

即使在相同的地区和相同的行业,不同企业之间的污染排放强度也存在巨大差异(陈诗一、林伯强,2019)。为了进一步度量上述四大类产业内企业间污染排放强度的异质性,我们分别检验了工业废水排放强度和工业废气排放强度的异质性。本文匹配了1998—2012年中国工业企业污染排放数据库数据与中国工业企业数据库数据,匹配后的这套数据是中国当前最全面、最可靠的环境微观经济数据(Zhang et al., 2018; 徐志伟等, 2020)。同时,参照

Brandt 等(2012) 和聂辉华等(2012) 的方法对其进行处理。我们使用 2007 年数据从静态视角分析上述四大类产业内企业特征。这样做是基于如下考虑: 中国工业企业污染排放数据统计年份为 1998—2012 年, 而 2007 年以后的中国工业企业数据存在较大误差, 因此, 我们使用其中 2007 年作为截面分析保障了可得数据的时效性。此外, 为了剔除异常值影响, 我们对企业相关特征变量处于 1%分位数以下和 99%分位数以上的数据进行缩尾处理。

借鉴 Syverson(2011) 、陈钊和陈乔伊(2019) 的做法, 按照国民经济行业中类代码将企业匹配到 169 个细分行业, 其中 82 个属于劳动密集型且清洁型行业, 24 个属于劳动密集型且污染密集型行业, 46 个属于资本密集型且污染密集型行业, 17 个属于资本密集型且清洁型行业。从表 2 中可以看出全样本中工业废水排放强度和工业废气排放强度标准差的均值分别为 1.3994 和 0.5840。由此可见, 中国工业细分行业内工业废水排放强度上的异质性非常大。与此同时, 从四大类产业各自的标准差指标可以看出: 在工业废水排放强度方面, 行业内企业异质性按照从高到低顺序依次为: 第Ⅱ类、第Ⅲ类、第Ⅳ类、第Ⅰ类。在废气排放强度方面, 则依次为第Ⅱ类、第Ⅲ类、第Ⅰ类、第Ⅳ类。总体上, 污染性行业(第Ⅱ类、第Ⅲ类) 的异质性都显著超过清洁型行业(第Ⅰ类和第Ⅳ类) 。考虑到四大类产业中产业数量从而企业数量可能有较大差异, 我们还使用每类产业内部的 75%分位数和 25%分位数之差的均值来识别每个细分行业内企业污染排放强度的异质性。可以看到, 位于行业废水排放强度分布 75%分位数的工业企业比位于 25%分位数的企业废水排放量多出 6.14 倍($e^{1.9655}-1$); 而位于行业废气排放强度分布 75%分位数的工业企业比位于 25%分位数的企业废气排放量多 0.65 倍($e^{0.4995}-1$) 。此外, 以这种指标衡量的四大类产业内部的企业异质性排序与之前按照总体标准差的排序相比, 对于废气排放强度而言, 两种排序是完全一致的; 对于废水排放强度而言, 虽然四大类产业的排序有所变化, 但是依然是污染性行业(第Ⅱ类、第Ⅲ类) 的异质性显著超过清洁型行业(第Ⅰ类和第Ⅳ类) 。

表 2 四大类产业内污染排放强度的企业异质性

	ln(工业废水排放量/工业总产值) 单位: 吨/万元					ln(工业废气排放量/工业总产值) 单位: 标立方米/万元				
	全行业	第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类	第Ⅳ类	全行业	第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类	第Ⅳ类
	行业内标准差									
Mean	1.3994	1.2806	1.5650	1.5693	1.2795	0.5840	0.4801	0.7966	0.7279	0.4103
Sd	0.3042	0.2067	0.3408	0.3226	0.2895	0.2640	0.2095	0.2674	0.2351	0.1949
N	169	82	24	46	17	169	82	24	46	17
	75%分位数-25%分位数									
Mean	1.9655	1.7856	2.2925	2.2628	1.5668	0.4995	0.3074	0.9558	0.7330	0.1755
Sd	0.7379	0.4219	1.0110	0.9047	0.5432	0.5029	0.3284	0.5592	0.5485	0.2400
N	169	82	24	46	17	169	82	24	46	17

注: 数据来源于 2007 年中国工业企业污染排放数据库与中国工业企业数据库, 其中 N 表示国民经济中类行业个数。表 3 同。

即便在同一产业内, 企业在环保治理设施上的能力也具有差异性。我们依然使用 2007 年数据中的废水治理设施处理能力和废气治理设施处理能力这两个单量指标衡量企业的环境治理能力。由表 3 可知, 中国四大类产业在环境治理能力上也存在显著的异质性。在废水治理设施处理能力上, 污染密集型产业内(第Ⅱ类和第Ⅲ类) 企业差异巨大。在废气治理设施处理能力上, 资本密集型且清洁产业内(第Ⅳ类) 企业差异较大。

表3 四大类产业内环境污染治理能力的企业异质性

	ln(废水治理设施处理能力) 单位: 吨/日					ln(废气治理设施处理能力) 单位: 标立方米/时				
	全行业	第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类	第Ⅳ类	全行业	第Ⅰ类	第Ⅱ类	第Ⅲ类	第Ⅳ类
行业内标准差										
Mean	2.7412	2.4710	2.9450	3.0701	2.8665	4.2372	4.0318	4.4184	4.4078	4.5324
Sd	0.5103	0.3322	0.4798	0.5645	0.4295	0.5449	0.5364	0.3222	0.5145	0.5691
N	169	82	24	46	17	169	82	24	46	17
75%分位数-25%分位数										
Mean	4.5252	3.7393	5.4416	5.2681	5.0124	6.7990	5.9873	8.3181	7.6042	6.4858
Sd	2.0522	1.6981	2.3011	2.2402	1.2784	3.2784	3.2986	1.5017	3.3683	3.7201
N	169	82	24	46	17	169	82	24	46	17

四、中国产业结构绿色转型的变迁

(一) 中国工业结构变化的特征性事实一: 时间

1. 四大类产业产出份额的动态变化

在1990—2017年间中国工业结构发生了深刻的变化(如图4所示),以工业总产值占比为例,污染密集型产业(第Ⅱ类和第Ⅲ类)的占比呈现下降趋势,而清洁型产业(第Ⅰ类和第Ⅳ类)的占比呈现显著上升趋势,说明产业结构越来越符合绿色发展的趋势。尤其是计算机、通信和其他电子设备制造业的工业总产值从2001年的8990.25亿元增长到2015年的93172.9亿元。从工业增加值占比来看,上述结论大部分都成立。

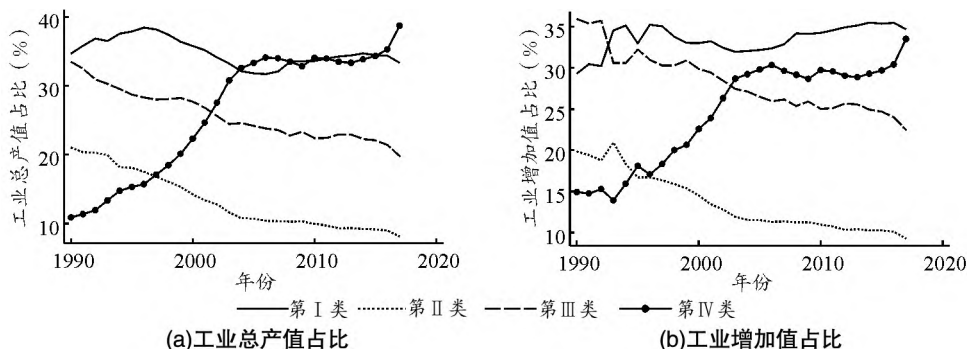


图4 中国工业行业Ⅰ类—Ⅳ类产出份额的变化^①

(数据来源:历年《中国工业统计年鉴》。)

2. 四大类产业绿色转型的动态变化

我们基于前文的分析,通过工业废水排放强度和工业废气排放强度的线性标准化构建无量纲的污染排放指数。从图5可以看出,2001年以来,四大类行业污染排放强度的变化呈现显著的差异性,污染密集型产业(第Ⅱ类和第Ⅲ类)的污染排放强度下降趋势明显,其下降的年均速度超过10%;而清洁型产业(第Ⅰ类和第Ⅳ类)的污染排放强度虽然也在下降,但是变化趋势较为平缓。

^①需要说明的是由于工业总产值指标统计到2011年,2012—2016年的工业总产值指标参考卢梅和王科(2019)采用如下方法进行估算:工业总产值=工业销售产值×工业总产值(2011)/工业销售产值(2011)。

这段时期,政府出台了《节能减排综合性工作方案》(国发〔2007〕15号),将污染物排放的降低以及单位 GDP 的能耗作为约束性指标,强调“十一五”期间,主要污染物排放总量减少 10%,二氧化硫排放量由 2005 年的 2 549 万吨减少到 2 295 万吨,化学需氧量由 1 414 万吨减少到 1 273 万吨。相应的,各级政府也加强了对高耗能高污染行业的治理投入。图 6 显示,资本密集型且清洁型产业(第Ⅳ类)的环境规制强度明显高于其他三大类产业,劳动密集型且污染密集型产业(第Ⅱ类)的环境规制强度最低。事实上,2001—2015 年间四大类产业在工业废水和工业废气治理上投入总额不断增加,尤其是污染密集型产业的治理投入总额远远高于清洁型产业。

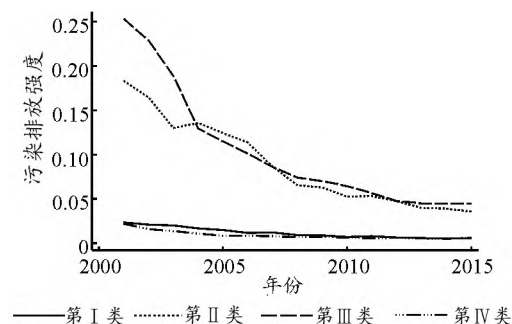


图 5 四类产业污染排放强度的变化
(数据来源:历年《中国环境统计年鉴》。)

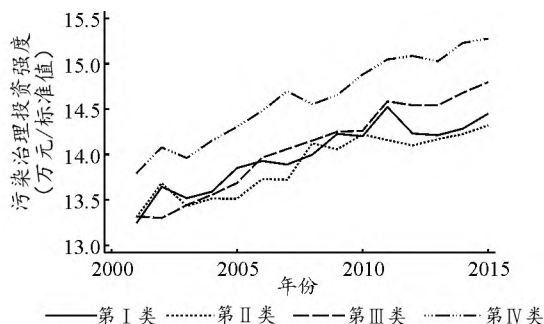
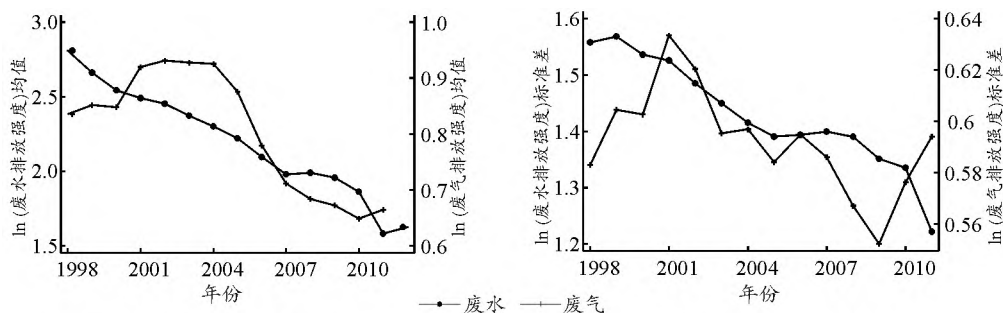


图 6 四类产业环境规制强度的变化
(数据来源:历年《中国环境统计年鉴》。)

3. 四大类产业内微观企业绿色转型的动态变化

上述分析使用产业层面数据,我们看到四大类产业的污染排放强度呈现下降趋势。基于微观企业层面的数据也证实了这种变化趋势(如图 7)。



(a) 企业污染排放强度均值的动态变化

(b) 企业污染排放强度标准差的动态变化

图 7 全行业企业污染排放强度异质性的动态变化趋势

(数据来源:1998—2012 年中国工业企业污染排放数据库和中国工业企业数据库。)

一方面,企业废水排放强度均值不断下降,企业废气排放强度均值呈现先递增后递减的趋势,尤其是在 2005 年以后下降趋势明显(如图 7(a)所示),可能的原因在于 2006 年开始执行的“十一五”节能减排政策^①(余泳泽等,2020);另一方面,由图 7(b)可知,同行

^①此外,我们基于 1998 年、2003 年、2007 年和 2012 年中国工业企业数据与中国工业企业污染排放数据刻画了四大类产业内企业污染排放强度核密度的动态分布图,也间接证实了随着时间的推移,企业污染排放强度不断下降。

业内企业废水排放强度的标准差不断变小,但是同行业内企业废气排放强度的标准差并没有随着时间逐渐缩小,尤其是在1998—2001年期间以及2009年之后标准差反而有所增加。

同样,本文利用1998—2012年中国工业企业污染排放数据和中国工业企业数据,从新结构经济学视角考察相对资本密集度对企业污染排放强度的影响,有助于进一步了解中国产业实现绿色转型的根本动因。企业的污染排放不仅会受到企业自身特征的影响,尤其是企业自身的资本密集度是否与所处地区的要素禀赋结构相一致,而且还会受到所在地区发展阶段以及环境政策等方面的影响。由此,本文构建如下计量模型:

$$\ln p_{ijkt} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln r k_{ijkt} + \alpha_2 \ln r k_{ijkt}^2 + \beta \cdot X + \lambda_i + \delta_t + \varepsilon_{ijkt} \quad (1)$$

(1)式中:下标*i*、*j*、*k*、*t*分别代表企业、行业、省份和年份;被解释变量 $\ln p_{ijkt}$ 代表企业污染排放强度的自然对数;核心解释变量 $\ln r k_{ijkt}$ 代表企业相对资本密集度的自然对数,用于衡量企业的资本密集度是否与所在省份的要素禀赋结构相一致,具体计算公式为:

$$\ln r k_{ijkt} = \ln \left(\frac{k_{ijkt} / l_{ijkt}}{K_{kt} / L_{kt}} \right) \quad (2)$$

(2)式中: k_{ijkt} 表示企业资本存量,采用永续盘存法,以1998年为基期,折旧率为9.6%。 l_{ijkt} 表示企业从业人员。 K_{kt} 和 L_{kt} 分别由 k_{ijkt} 和 l_{ijkt} 加总而得。 $\ln r k_{ijkt}$ 数值越大,表示企业的资本密集度越偏离地区要素禀赋结构,那么也偏离给定时点要素禀赋结构所决定的比较优势,换言之,企业越不具备自生能力。 X 是一组控制变量,包括企业层面的年龄($\ln age$)、规模($\ln asset$)、效率($\ln tp$)、出口($export$)、所有制类型(soe)和污染治理($\ln sa$),省份层面的环境规制程度($\ln g$)和经济发展阶段($\ln pgdp$)^①; λ_i 和 δ_t 分别为企业个体固定效应和时间固定效应。 ε_{ijkt} 为误差项。若 $\alpha_1 < 0$, $\alpha_2 > 0$,即企业的污染排放强度与相对资本密集度呈现“U”型关系,即当企业的资本密集度与所在地区的要素禀赋相一致时,企业的环境绩效较好,否则企业的环境绩效较差。

以废气为例,表4汇报了相应的估计结果,除了第(4)列,其结果显示相对资本密集度的系数均显著,一次项为负数,二次项为正数,说明企业的二氧化硫排放强度与相对资本密集度呈现“U”型关系。从全样本的控制变量来看,企业规模、劳动效率、出口、企业环境治理投入和政府环境规制均显著降低了二氧化硫排放强度,而企业年龄、所有制类型和地区经济发展阶段的估计系数不显著。进一步计算发现全样本、第I类、第II类和第IV类产业相对资本密集度对数的U型拐点分别是0.855、0.568、1.091和1.783。^②这表明资本密集度越高的产

①控制变量指标度量说明:企业年龄($\ln age$)采用研究年份减去企业成立年份加1取对数表示;规模($\ln asset$)采用企业总资产加1取对数表示;效率($\ln tp$)采用人均工业增加值加1取对数表示;出口($export$)采用出口交货值与工业销售产值的百分比表示;所有制类型(soe)采用0和1虚拟变量表示,当企业为国有企业时取值为1,否则为0;污染治理($\ln sa$)采用废气治理设施处理能力加1取对数表示;省份环境规制($\ln g$)采用环保机构数加1取对数表示;经济发展阶段($\ln pgdp$)采用人均实际GDP的对数表示。

②拐点的计算公式分别为: $0.0573 / (2 \times 0.0335)$, $0.0697 / (2 \times 0.0613)$, $0.2359 / (2 \times 0.1081)$, $0.2964 / (2 \times 0.0831)$ 。

业对应的最优相对资本密集度也越高。

表 4 资本相对密集度对企业二氧化硫排放强度的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	全样本	第 I 类	第 II 类	第 III 类	第 IV 类
<i>lnrk</i>	-0.0573* (0.0314)	-0.0697* (0.0403)	-0.2359*** (0.0738)	-0.0126 (0.0479)	-0.2964*** (0.0941)
<i>lnrk</i> ²	0.0335** (0.0167)	0.0613** (0.0291)	0.1081*** (0.0412)	0.0348 (0.0241)	0.0831* (0.0443)
<i>lnage</i>	-0.0011 (0.0054)	-0.0020 (0.0085)	-0.0067 (0.0118)	0.0095 (0.0086)	-0.0144 (0.0148)
<i>lnasset</i>	-0.0165*** (0.0063)	-0.0075 (0.0098)	0.0241* (0.0144)	-0.0479*** (0.0099)	-0.0151 (0.0190)
<i>lntp</i>	-0.0176*** (0.0038)	-0.0174*** (0.0058)	-0.0065 (0.0088)	-0.0238*** (0.0060)	-0.0304*** (0.0110)
<i>export</i>	-0.0004* (0.0002)	-0.0002 (0.0002)	-0.0005 (0.0004)	-0.0004 (0.0004)	-0.0004 (0.0005)
<i>soe</i>	0.0044 (0.0178)	-0.0048 (0.0282)	-0.0830* (0.0451)	0.0437 (0.0270)	0.0054 (0.0408)
<i>lnsa</i>	-0.0334*** (0.0008)	-0.0218*** (0.0013)	-0.0413*** (0.0017)	-0.0352*** (0.0013)	-0.0178*** (0.0023)
<i>lng</i>	-0.1193*** (0.0228)	-0.0232 (0.0340)	-0.1946*** (0.0487)	-0.1095*** (0.0386)	0.0296 (0.0686)
<i>lnpgdp</i>	0.0380 (0.0544)	0.0638 (0.0832)	-0.0054 (0.1277)	0.0666 (0.0853)	0.3180** (0.1535)
常数项	1.2931** (0.5578)	-0.0913 (0.8510)	2.3116* (1.3150)	1.2074 (0.8797)	-2.9158* (1.5621)
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
<i>R</i> ²	0.8796	0.7758	0.8835	0.8399	0.7330
观测样本量	81 656	19 329	24 132	32 046	4 761

注: 括号内为标准误, *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。

(二) 中国工业结构变化的特征性事实二: 空间

中国工业产业在 2001—2016 年呈现蓬勃发展的态势。在空间上集中布局于东部地区, 该地区的工业总产值占全国工业总产值的比例维持在 50% 以上, 但是这一比例从 2003 年开始稳步下降, 而中西部地区工业总产值份额则有上升趋势(如图 8(a) 所示)。此外, 东部地区的污染排放强度明显低于中西部地区, 从东中西三大地区的产业结构视角可以解释这一现象。如图 8(b) —(d) 所示, 尽管在东中西部三大地区资本密集型且污染密集型产业(第 III 类) 占主导, 但是区域间以及区域内存在显著的差异。东部地区随着地区要素禀赋结构不断升级, 劳动密集型产业的产出份额逐渐下降, 而资本密集型产业的产出份额逐渐上升, 尤其是资本密集型且清洁型产业(第 IV 类) 的产出份额有所上升, 即实现了产业结构的绿色转型。东部地区资本密集型且污染密集型产业(第 III 类) 主要集中于化学原料和化学制品制造业, 黑色金属冶炼及压延加工业, 电力、热力生产和供应业, 分布地区主要是山东、江苏、广东和

河北。中西部地区第Ⅲ类产业主要以电力、热力生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,煤炭开采和洗选业、有色金属冶炼及压延加工业为主,地区集中于河南省、山西省、四川省和内蒙古自治区。

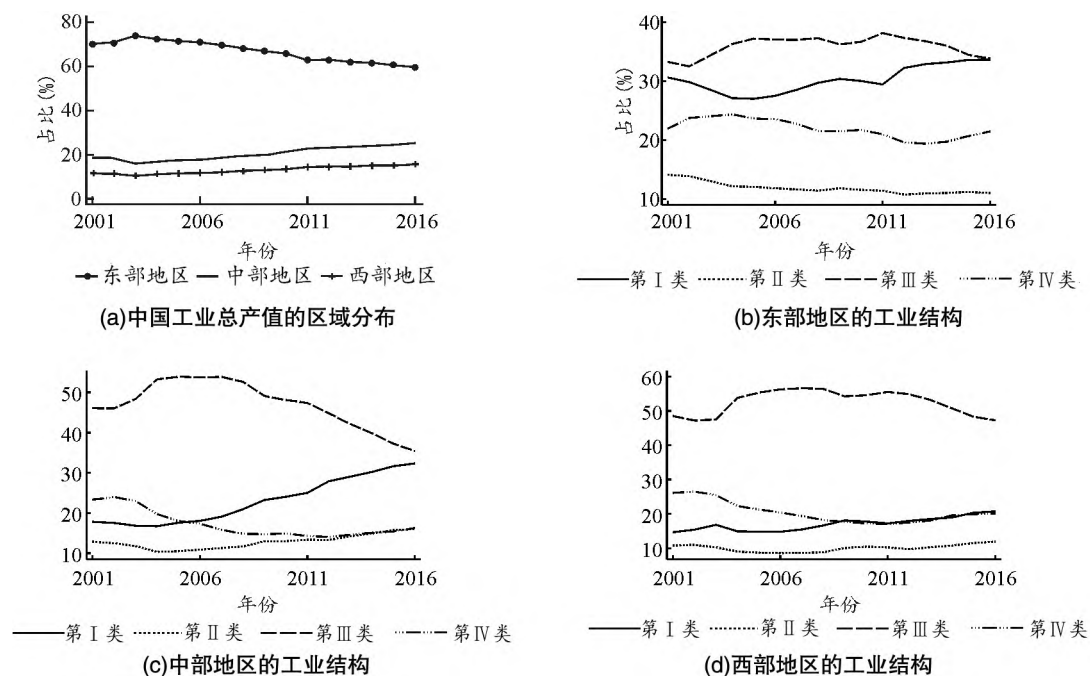


图8 中国工业结构的变化趋势

(数据来源:历年《中国环境统计年鉴》。)

五、基于上述特征性事实的研究展望

基于上述特征性事实的梳理,我们可以更好地从新结构经济学的视角去研究产业结构的绿色转型。由此,我们得到以下研究启发。

第一,重工业赶超战略对环境污染问题的再解释。已有新结构环境经济学的文献认为违背比较优势的重工业赶超战略造成了环境污染的进一步恶化。事实上,我们从行业异质性角度的梳理分析中就可以清楚地看到,重工业中的能源、钢铁、机械、化工等行业往往也是重度污染型行业,对应前文的资本密集型且污染密集型(第Ⅲ类)产业,因此大力发展这些产业势必造成污染的加剧,从而不难理解重工业赶超战略为何会导致环境污染的加剧。

第二,从“垂直结构”视角分析环境问题。李系等(2014)、王勇(2017)较早提出了中国经济发展的垂直结构。我们按照Antràs等(2012)的方法,基于中国2005年42个部门的投入产出表计算出各个行业的上游度指数,按照每个大类产业的平均上游度指数从高到低依次是:资本密集型且污染密集型产业(第Ⅲ类)、劳动密集型且污染密集型产业(第Ⅱ类)、资本密集型且清洁型产业(第Ⅳ类)、劳动密集型且清洁型产业(第Ⅰ类)。污染较为严重的地区往往也是拥有较多上游行业、污染密集型行业的地区。那么,基于“垂直结构”的特点,如何设计合理有效的环境规制手段?例如,是否应该采用“上游征环境税、下游环保补贴”、“上游强监管、下游弱监管”或者“上游行政规制、下游市场激励”等不同方式的组合来更好

地同时实现经济增长和环境质量改善的双重红利?此外,不同地区之间也存在产业上下游关联效应,所以制定环保政策时也应该考虑这些空间与产业间的外溢性。

第三,从绿色发展的角度对新结构经济学所强调的禀赋驱动产业升级与结构转型机制做出更加深入的探讨。新结构经济学不仅关注不同发展阶段经济结构,尤其是产业结构的差异性,而且也非常重视经济结构的内生性与动态性(Lin and Wang, 2019, 2020)。对于不同产业,尤其是工业内部各子产业之间在环境污染与治理维度的异质性尚未从新结构经济学的角度进行系统性的数理建模和对应的实证研究。随着人均收入的提高,人均资本这一要素禀赋结构不断提高,内生驱动产业结构从劳动密集型升级为资本密集型,如何分析产业从污染密集型向清洁型升级的内在驱动力?如果政府不干预,这样的绿色转型是否可以单纯依靠市场的力量去实现?如果可以,机制是什么?主要是要素禀赋驱动,自然禀赋驱动,还是制度禀赋驱动?

第四,产业的资本密集度与污染强度之间是否存在某种逻辑关联性,而不是完全独立与外生的?比如,对于产业中的一个具体企业来说,可能面临如下技术选择:一个是相对环境友好但是相对昂贵的机器设备,另一个是较容易产生污染但是相对比较便宜的机器设备。此时,如果外部的法律政策对于企业的环保要求比较弱,企业就会选择后一种技术,但是如果外部法律政策足够严格,那么企业就会选择前一种技术。因此,企业的资本密集度与污染强度都是内生的,加总到中观产业层面,资本密集度与污染强度之间也可能就是存在内生关系的。还有一种理论可能性是,在其他条件相同的情况下,对于环境规制比较严格的产业和地区,更有可能加大对环境友好型的新技术的研发,并且会努力降低包含环保新技术的机器设备的成本。如果取得技术突破,那有可能让新的技术变成更加环保同时又更加劳动密集,尤其是当经济体处于资本相对比较昂贵的发展阶段。考虑了这些资本密集度与污染强度之间的相反方向的内在逻辑关系之后,最终产业的资本密集度与污染密集度之间究竟存在正向为主还是反向为主的关系,将取决于哪些因素在定量上占主导地位。这些重要问题都非常值得深入探讨。

第五,在环境治理方面如何发挥“有为政府”的积极作用。一方面,环境污染问题具有显著的负外部性,所以如何克服市场失灵,发挥“有为政府”的积极作用显然是需要研究的。由于不同产业的技术特点差异导致其在污染密集度上具有异质性,而且减排的治理成本也可能存在行业异质性,市场失灵的具体机制与程度也可能存在差异,因此如何在不同产业上最适宜地配置环境治理投入,就必须结合不同发展阶段下该地区的财政能力、产业结构及其变动等一系列因素去动态设计。除了局部均衡的政策分析以外,还应该尽量考虑一般均衡的政策影响。除了使用简约式的回归分析方法以外,还应该尝试使用结构型的方法做反事实的分析。由于禀赋结构可能发生动态变化,所以对于政策分析应该尽可能同时考虑短期与长期的影响。同时,除了应然的政策分析之外,我们还可以做实然的政策分析,包括更好地考虑政府官员激励与行为,更加深入地分析现实中存在的各种政府“乱为”或者“不作为”的原因与表现(王勇、华秀萍, 2017)。

第六,在环境经济学研究中进一步丰富对于微观企业-中观产业-宏观经济三个层次内

在互动机制的结构性分析。新结构经济学视所研究的具体问题分析不同层次的经济结构。在分析某个经济体的宏观发展绩效时,为了更好地突出其结构特点,通常会至少深入到中观的产业结构层次,分析产业间的异质性(比如资本密集度和污染强度的异质性),以及不同发展阶段禀赋结构差异所内生决定的最适宜产业结构的差异。当重点分析某个产业的发展绩效时,我们要深入到该产业的子产业层面,或者微观企业层面,分析这一层次上各主体之间的异质性,以更好地分析结构性问题。微观企业动态的加总得到内生的中观产业动态,而产业动态的加总进一步得到宏观的经济体层面的绩效动态。基于这种结构视角的分析,在制定或者评估一项环境政策时,新结构经济学才可能真正结合不同发展阶段与禀赋结构去做定量的结构性分析,让政策分析变得更加精准与到位。

六、研究总结

结构转型与产业升级是新结构经济学理论体系中的重要内容,然而鲜有新结构经济学研究产业结构的绿色转型。此外,已有的环境经济学文献中鲜有从新结构经济学所主张的内生结构的独特视角去分析环境问题,因而未能充分有效地根据发展阶段的不同对相关环境问题与政策进行分析。因此,本文尝试在新结构经济学的理论框架下,基于中国工业行业的数据梳理与刻画不同子行业在资本密集度、环境污染排放和环境规制强度等方面的异质性特征。本文将工业内部子产业划分为如下四大类产业:劳动密集型且清洁型产业、劳动密集型且污染密集型产业、资本密集型且污染密集型产业以及资本密集型且清洁型产业。研究发现,在平均意义上,劳动密集型产业通常更加可能为清洁型产业,而资本密集型产业通常更倾向于污染密集型产业,并且不同产业在环境治理投入上也体现了差异性。企业相对资本密集度对污染排放强度具有非常重要的作用。考虑到中国东、中、西部地区处于不同的发展阶段,我们将四大类行业分成三大区域进行分析,发现西部地区尽管资本密集型且污染密集型产业占比较高,但是这些产业大多聚焦在资源型产业和采矿业,这与该区域的自然禀赋密不可分。希望上述这些定量的特征性事实可以帮助我们更好地“认识世界”,并且以此为基础更好地引导我们从新结构经济学的视角进行环境经济学分析。为此,本文继而提出了上述六点具体的研究思路与建议,包括如何更好地制定与评估环境政策,达到“改造世界”的目的。

参考文献:

- 1.包群、彭水军 2006《经济增长与环境污染:基于面板数据的联立方程估计》,《世界经济》第11期。
- 2.陈诗一、陈登科 2018《雾霾污染、政府治理与经济高质量发展》,《经济研究》第2期。
- 3.陈诗一、林伯强 2019《中国能源环境与气候变化经济学研究现状及展望——首届中国能源环境与气候变化经济学者论坛综述》,《经济研究》第7期。
- 4.陈诗一 2011《中国工业分行业统计数据估算:1980—2008》,《经济学(季刊)》第10卷第3期。
- 5.陈钊、陈乔伊 2019《中国企业能源利用效率:异质性、影响因素及政策含义》,《中国工业经济》第12期。
- 6.李虹、邹庆 2018《环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析》,《经济研究》第11期。
- 7.李系、刘学文、王勇 2014《一个中国经济发展的模型》,《经济学报》第4期。
- 8.林毅夫、蔡昉、李周 2012《中国的奇迹:发展战略与经济改革(增订版)》,格致出版社、上海三联书店、上

海人民出版社。

9. 林毅夫 2017 《新结构经济学的理论基础和发展方向》,《经济评论》第 3 期。
10. 林毅夫 2019a 《新结构经济学: 反思经济发展与政策的理论框架》,北京大学出版社。
11. 林毅夫 2019b 《新结构经济学视角下的国有企业改革》,《社会科学战线》第 1 期。
12. 卢梅、王科 2019 《中国工业两位数行业经济能源环境数据估算》,《环境经济研究》第 4 期。
13. 马本、张莉、郑新业 2017 《收入水平、污染密度与公众环境质量需求》,《世界经济》第 9 期。
14. 聂辉华、江艇、杨汝岱 2012 《中国工业企业数据库的使用现状和潜在问题》,《世界经济》第 5 期。
15. 沈能 2012 《环境效率、行业异质性与最优规制强度——中国工业行业面板数据的非线性检验》,《中国工业经济》第 3 期。
16. 童健、刘伟、薛景 2016 《环境规制、要素投入结构与工业行业转型升级》,《经济研究》第 7 期。
17. 王芳、曹一鸣、陈硕 2019 《反思环境库兹涅茨曲线假说》,《经济学(季刊)》第 19 卷第 1 期。
18. 王坤宇 2017 《国家发展战略与能源效率》,《经济评论》第 5 期。
19. 王敏、黄滢 2015 《中国的环境污染与经济增长》,《经济学(季刊)》第 14 卷第 2 期。
20. 王勇 2017 《“垂直结构”下的国有企业改革》,《国际经济评论》第 5 期。
21. 王勇、华秀萍 2017 《详论新结构经济学中“有为政府”的内涵——兼对田国强教授批评的回复》,《经济评论》第 3 期。
22. 王勇 2021 《“十四五”时期中国产业升级的新机遇与新挑战: 新结构经济学的视角》,《国际经济评论》第 1 期。
23. 王勇、汤学敏 2021 《结构转型与产业升级的新结构经济学研究: 定量事实与理论进展》,《经济评论》第 1 期。
24. 徐志伟、殷晓蕴、王晓晨 2020 《污染企业选址与存续》,《世界经济》第 7 期。
25. 杨洲木、王文平、张斌 2017 《低碳绿色型产业升级进程中的政策干预机理——基于新结构经济学理论框架》,《经济评论》第 3 期。
26. 于佳、王勇 2020 《中国光伏产业发展与“一带一路”新机遇——基于新结构经济学视角的解析》,《西安交通大学学报(社会科学版)》第 6 期。
27. 余泳泽、孙鹏博、宣烨 2020 《地方政府环境目标约束是否影响了产业转型升级》,《经济研究》第 8 期。
28. 郑洁、付才辉、赵秋运 2019 《发展战略与环境治理》,《财经研究》第 10 期。
29. 郑洁、付才辉 2020 《企业自生能力与环境污染: 新结构经济学视角》,《经济评论》第 1 期。
30. 朱欢、李欣泽、赵秋运 2020a 《偏离最优环境政策对经济增长的影响: 基于新结构经济学视角》,《上海经济研究》第 11 期。
31. 朱欢、郑洁、赵秋运、寇冬雪 2020b 《经济增长、能源结构转型与二氧化碳减排——基于面板数据的经验分析》,《经济与管理研究》第 11 期。
32. 朱金生、李蝶 2019 《技术创新是实现环境保护与就业增长“双重红利”的有效途径吗? ——基于中国 34 个工业细分行业中介效应模型的实证检验》,《中国软科学》第 8 期。
33. Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous. 2012. “The Environment and Directed Technical Change.” *American Economic Review* 102(1): 131–166.
34. Antràs, P., D. Chor, T. Fally, and R. Hillberry. 2012. “Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows.” *American Economic Review* 102(3): 412–416.
35. Brandt, L., J. V. Biesebroeck, and Y. F. Zhang. 2012. “Creative Accounting or Creative Destruction? Firm-level Productivity Growth in Chinese Manufacturing.” *Journal of Development Economics* 97(2): 339–351.
36. Brock, W. A., and M. S. Taylor. 2005. “Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics.” In *Handbook of Economic Growth*, Vol. 1. Edited by P. Aghion and S. Durlauf, 1749–1821. North-Holland: Elsevier Science Ltd.
37. Cai, X. Q., Y. Lu, M. Q. Wu, and L. H. Yu. 2016. “Does Environmental Regulation Drive away Inbound Foreign Direct Investment? Evidence from a Quasi-natural Experiment in China.” *Journal of Development Economics* 123: 73–85.
38. Grossman, G. M., and A. B. Krueger. 1995. “Economic Growth and Environment.” *Quarterly Journal of*

- Economics* 110(2) : 353–377.
39. He , J. , and H. Wang. 2012. “Economic Structure , Development Policy and Environmental Quality: An Empirical Analysis of Environmental Kuznets Curves with Chinese Municipal Data.” *Ecological Economics* 76: 49–59.
40. Ju , J. D. , J. Y. F. Lin , and Y. Wang. 2015. “Endowment Structures , Industrial Dynamics , and Economic Growth.” *Journal of Monetary Economics* 76: 244–263.
41. Lin , J. Y. F. , and Y. Wang. 2019. “Remodeling Structural Change.” In *The Oxford Handbook of Structural Transformation* , Vol.1. Edited by J. Y. F. Lin and C. Monga , 1–15. Oxford: Oxford University Press.
42. Lin , J. Y. F. , and Y. Wang. 2020. “Structural Change , Industrial Upgrading , and Middle–income Trap.” *Journal of Industry , Competition and Trade* 20(2) : 359–394.
43. Shi , X. Z. , and Z. F. Xu. 2018. “Environmental Regulation and Firm Exports: Evidence from the Eleventh Five–year Plan in China.” *Journal of Environmental Economics and Management* 89: 187–200.
44. Syverson , C. 2011. “What Determines Productivity?” *Journal of Economic Literature* 49(2) : 326–365.
45. Wang , D. , A. Muger , and B. White. 2019. “China’s Energy Transition and Economic Growth: A National and Sectoral Level Analyses.” USAEE Working Paper , No.19–395.
46. Zhang , B. , X. L. Chen , and H. X. Guo. 2018. “Does Central Supervision Enhance Local Environmental Enforcement? Quasi–experimental Evidence from China.” *Journal of Public Economics* 164: 70–90.
47. Zhang , X. , X. B. Zhang , and X. Chen. 2017. “Happiness in the Air: How Does a Dirty Sky Affect Mental Health and Subjective Well–being.” *Journal of Environmental Economics and Management* 85(1) : 81–94.

The Green Transformation of Industrial Structure from the Perspective of New Structural Economics: Facts , Logics and Prospects

Wang Yong¹ , Chen Shiyi² and Zhu Huan³

(1: Institute of New Structural Economics , Peking University;

2: School of Economics , Fudan University; 3: School of Economics , Shanghai University)

Abstract: The new structural economics emphasizes endowment–driven structural transformation and industrial upgrading. This paper makes a factual description of the theoretical mechanism from the green development perspective by using region–industry–year and micro–firm data. We divide sub–industrial industries into four categories based on the capital intensity and pollution emission intensity , and examine the inter–industry and intra–industry related characteristics from static and dynamic perspective. We find that there are large differences in green transformation among the four major categories of industries; relative capital intensity is an important factor influencing green transformation; in terms of industrial structure , China as a whole is dominated by capital–intensive and pollution – intensive industries , and there are differences in development stages in the distribution of the four major industries in the three regions of east , central and west. Finally , based on the quantitative facts sorted out in this paper , several research suggestions are made on how to further study the issue of industrial green transformation from the perspective of new structural economics in the future.

Keywords: New Structural Economics , Industry Upgrading , Industry Heterogeneity , Firm Characteristics Facilitating State

JEL Classification: Q56 , Q58 , D22

(责任编辑: 赵锐、彭爽)