

制造业结构升级促进了区域空气质量改善吗?

——基于 2004—2013 年省级面板数据的实证分析

余红伟, 张洛熙

摘要: 制造业的结构优化与升级对于我国空气质量的改善起着至关重要的作用。对 2004—2013 年中国 30 个省级区域的制造业结构比重变迁与大气污染物排放的计算比较发现, 制造业结构升级并未促进区域空气质量改善。通过进一步借鉴环境 EKC 理论进行固定效应模型回归分析, 结果表明: 我国资金密集型产业比重的整体上升大大加剧了空气污染物的排放, 而技术密集型产业比重的上升并不能有效减少空气污染物的排放, 最终造成制造业结构升级并未改善区域空气质量。最后, 针对结论提出了相应政策建议。

关键词: 制造业; 结构升级; 空气质量; 工业污染物排放

中图分类号: F205 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2015)05-0033-10

DOI: 10.16493/j.cnki.42-1627/c.2015.05.021

作为我国经济持续稳定发展压舱石的制造业, 近年来实力持续增强。制造业的快速发展在扩大就业、增加收入和改善人民生活等方面发挥了巨大作用, 有力地推动了我国工业化和现代化进程。然而, 长期以来我国制造业是以一种高投入、高消耗、高排放的粗放型方式发展, 造成生产过程中废弃物、污染物排放总量巨大, 环境污染尤其是大气污染十分严重。2013 年, 我国中东部地区出现了持续大范围的雾霾天气, 覆盖 17 个省、市、自治区, 约占国土总面积的四分之一, 影响了约 6 亿人的生产、生活。2015 年, 环境保护部发布《2014 年重点区域和 74 个城市空气质量状况》^[1], 指出京津冀区域空气污染最严重, 部分城市重度以上污染天数约占全年的 40% 左右; 在 74 个重点监测城市中, 2014 年达到国家标准的只有 8 个城市。我国空气污染主要呈现煤烟型污染特征, 城市大气环境中总悬浮颗粒浓度普遍超标、二氧化硫污染保持在较高水平、氮氧化物污染趋势加重、全国形成多个酸雨区等, 危害生态环境、影响人民群众身体健康。

十八届三中全会明确指出要大力推进生态文明建设, 关键是从源头改变产业结构和生产方式。《中国制造 2025》纲要规划中也将结构优化与绿色发展作为未来制造业发展的指导思想。制造业结构升级与环境质量改善是当前经济新常态下, 我国经济转型必须兼顾的两个重要目标。因此, 本文将通过实证方法探讨制造业的结构升级与我国空气质量改善之间的关系, 为制造业结构调整提供实证证据。

一、文献综述

在空气污染问题研究方面, Grossman 等^[2]通过研究 42 个国家空气质量与经济增长之间的关系,

基金项目: 国家社科基金重大项目“我国质量安全评价与网络预警方法研究”(11&ZD158); 教育部人文社科基金项目“基于互联网信息的食品安全网络预警框架与模型实现研究”(14YJC630178); 博士后面基金项目“食品安全网络预警方法研究”(2014M552087)

作者简介: 余红伟, 管理学博士, 武汉大学质量发展战略研究院、湖北省宏观质量管理协同创新中心讲师(湖北 武汉 430072); 张洛熙, 武汉大学经济与管理学院

发现在低收入水平的国家,空气质量随着单位 GDP 的增长而降低,在高收入水平的国家,空气质量随着单位 GDP 的增长而加强,由此总结出经济增长与环境质量之间的倒 U 型关系,这种关系被称为环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve,简称 EKC)。基于 EKC 曲线,越来越多的学者开始研究环境和经济增长以及产业结构的关系。如 Dasgupta 等^[3]发现由于产业结构、清洁技术以及新的污染监管方法,EKC 曲线在发展中国家呈现出扁平状态但符合倒 U 型关系。Akboostanc 等^[4]从两个阶段研究了土耳其的经济结构和环境质量的关系,通过面板数据模型发现,对于空气污染物的排放,长期来看呈现 N 型曲线关系。Fodha 等^[5]的研究则表明,产业经济发展与二氧化硫排放之间符合倒 U 关系,但是与二氧化碳排放则呈现单调增长的关系。另有一些学者,如 Stern 等^[6]发现通过有效的边界分解模型可以区分出真正的经济发展与环境之间的关系,然而这有可能导致经典 EKC 的消亡。De Bruyn 等^[7]在研究四个国家三种不同污染物与经济发展之间的关系时发现,产业结构的改变以及技术水平的改变与环境污染之间有很大的关系。Frank^[8]运用欧盟 200 个城市的数据分析,验证了产业聚集与空气污染具有显著的相关性。此外,Copeland、Dinda、Coondoo 等也在这方面有所研究^{[9][10][11]}。

国内方面,牛海鹏等^[12]论证了基于产业结构调整所体现出的经济发展与污染物排放的倒 U 型曲线。唐德才^[13]通过实证研究发现,产业内部结构变动会给环境污染密度带来不同影响。张成等^[14]在质疑环境库兹涅茨模型“同质”假设的基础上,研究出不同环境污染物与经济结构之间的关系有多种表现形式,不同组别的当前经济水平会给不同污染物带来不同的内生性影响。王青等^[15]分析了三大产业在国民经济中所占的比重对环境污染的影响,结果表明环境污染与各产业产值间存在长期稳定的协同效应。罗能生等^[16]研究了 2001—2012 年 31 个省市需求结构与环境污染之间的关系,证明需求结构与环境之间并非单纯的线性关系,不同的需求方式与环境质量呈现不同的曲线关系。许正松等^[17]研究发现,江西省工业增加值和重工业产值与环境污染综合指数间具有显著正相关关系,第三产业比重对环境影响并不显著。杨仁发^[18]分析了我国产业聚集与环境污染之间的关系,证明产业集群对环境污染的影响具有显著的门槛特征。解学梅等^[19]分别从制造业总体层面和制造业细分行业层面探讨了制造业产值的环境治理效果之间的关系,表明制造业总体产值与环境治理效率之间呈现倒 N 型曲线关系。

以上研究均表明,产业结构与经济增长将对空气质量产生不同程度的影响。现有研究主要是以宏观的第一、二、三产业的配比结构调整视角来分析其对空气质量的影响,研究结论也比较一致:工业占国民生产总值的比重越大,资源消耗和空气污染越严重。制造业是一国工业的核心构成,然而对制造业的结构如何影响空气质量的研究却鲜见。本文以 2004—2013 年 10 年间各省级区域的制造业结构变化数据为基础,重点研究不同的制造业结构对空气污染的影响。

二、基本数据的统计分析

(一) 制造业结构升级的数据计算

产业结构升级是各类产业的地位、关系向更高级、更协调的方向转变的过程^[20],主要表现为从第一产业为主向第二产业,再向第三产业发展的过程,因此学者普遍选择将一、二、三产业的产值比重作为描述产业结构升级的具体变量^{[21][22]}。与此类似,学者们普遍认为,制造业结构升级就是制造业内部技术密集度高的产业比重不断上升的过程^[23],阳立高等进一步将其描述为在工业结构中“逐步从劳动密集型为主向技术密集型发展,从初加工向深加工、精加工方向发展”的过程^[24]。因此,

本文考虑根据制造业细分行业要素密集度的差异,将其分为劳动、资本与技术密集型三大类产业,然后分析资本、技术与劳动各生产要素如何不断从低端制造业向高端制造业流动,并在推动制造业结构升级的过程中对区域环境质量产生影响。

王志华等^[25]用从业人员及其报酬数、资本存量、研发投入依次表示制造业各行业的劳动、资本与技术密集度。本文借鉴其方法,运用各指标对2004—2013年中国制造业28个细分行业数据(数据来源于2005—2014年《中国人口和就业统计年鉴》和《中国工业经济统计年鉴》)进行分析,通过测算各细分行业劳动、资本与技术要素所占比重,将它们归入劳动、资本与技术密集型三大类制造业(如表1所示)。

表1 制造业细分行业分类

产业类型	包含的细分行业
劳动密集型	农副食品加工业、食品制造业、纺织业、纺织服装服饰业、皮革毛皮羽毛及其制品和制鞋业、木材加工和木竹藤棕草制品业、家具制造业、印刷和记录媒介复制业、文教体育和娱乐用品制造业、橡胶和塑料制品业、非金属矿物制品业、金属制品业
资本密集型	饮料制造业、烟草制品业、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、化学纤维制造业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、通用设备制造业
技术密集型	医药制造业、专用设备制造业、汽车制造业、其他交通运输设备制造业、电气机械和器材制造业、通信设备计算机和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业

根据表1,对我国历年制造业中三大类产业所占比值进行计算,结果如图1所示。

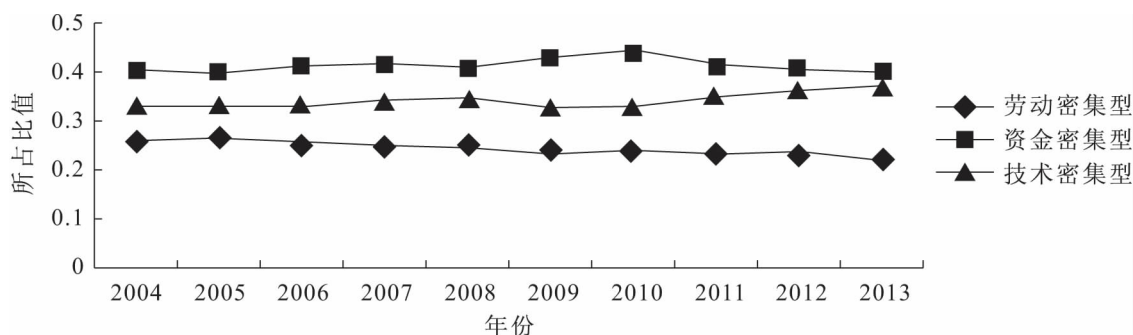


图1 2004—2013年制造业结构变迁趋势

通过对2004—2013年10年间我国制造业结构变迁的趋势分析可知,我国制造业三大类产业中,资金密集型产业所属9个细分行业总产值所占比重一直保持领先,占制造业总产值40%以上;技术密集型产业所属7个细分行业总产值占比居中,总体上呈现不断上升态势;劳动密集型产业所属12个细分行业总产值所占比重最少,并历年占比持续降低。制造业总体发展呈现出技术密集型产业比重上升、劳动密集型产业比重下降的结构升级态势。

(二) 空气质量指数的数据计算

过往研究表明,造成我国空气污染的原因主要可以分为工业废气物排放、汽车尾气排放及生活废弃物排放。在这三类排放源中工业废气的排放与制造业结构升级最直接相关。因此,为了准确地反映制造业的结构升级对空气污染的影响,特别选取工业废气排放(IA)、工业二氧化硫排放(ISO)、工业烟尘排放(ISM)、工业粉尘排放(ISP)等指标进行区域空气污染指数的计算。

本文运用主成分分析方法,将四个工业生产中空气污染排放量指标综合为一个指标 E ,分析制造业结构变化对空气质量的影响。由于篇幅限制,不在此赘述具体计算步骤,而直接呈现 2004—2013 年间全国整体及各地区空气污染综合指数的计算结果,分别如图 2、3 所示。

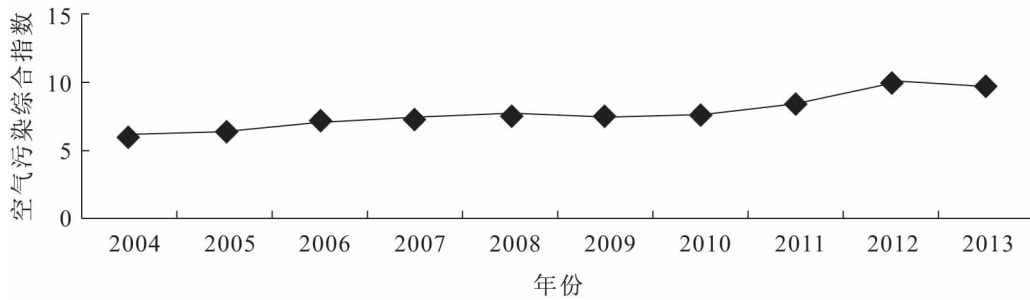


图2 全国整体空气污染综合指数

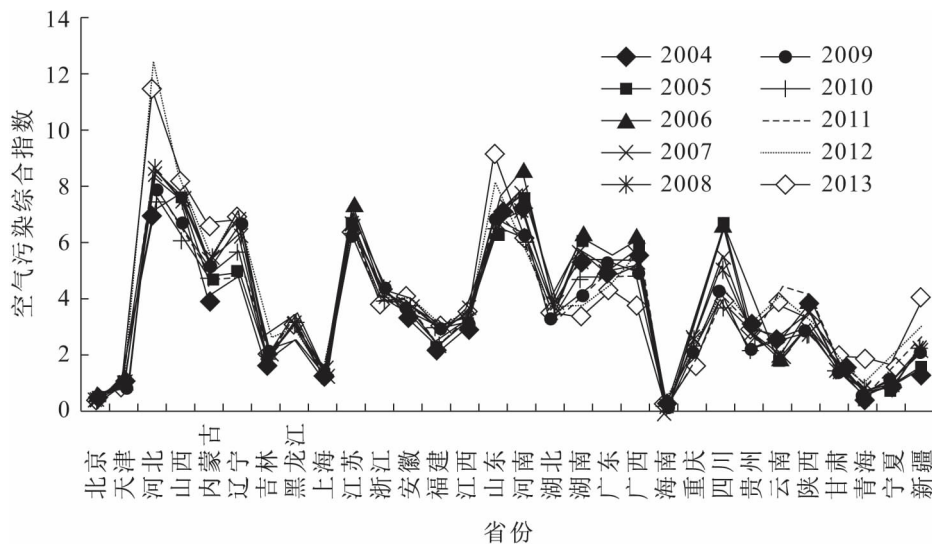


图3 2004—2013年全国各地区空气污染综合指数

进一步对 2004—2013 年间全国省级区域空气污染情况进行分析可以发现,在 2004—2013 年间,指数从 2004 年的 6 上升至 2013 年的 9.07,空气污染程度总体不断加深。从空气污染发展的趋势来看,2003 年东部与西部污染较严重,中部地区相对较好,污染比较严重的地区为北方京津冀地区,以及中部的河南、湖南,西部的四川、广西、山西,还有东部沿海的江苏、山东等省份。2008 年,西部地区的空气污染明显改善;而北方以京津冀地区为核心,空气污染情况加剧并不断扩散,辽宁成为扩散加剧的最严重省份;中部地区依然是河南与湖南的污染情况最为严重;东部沿海地区环境污染也在持续加深,广东成为污染严重的新省份。2013 年,环境污染进一步向北方扩散,内蒙古成为污染严重新省份;中部地区与西部地区环境进一步改善;东部沿海地区环境污染持续加深。

通过对比 2004—2013 年我国制造业结构升级趋势与区域空气质量的变化情况,可以发现,同期制造业的结构转型与升级并未造成我国区域空气质量的改善。

三、基于 EKC 模型的计量分析

基于以上基本结论的判断,有必要对制造业结构升级对空气质量的具体影响作更为深入的分析。

(一) 模型构建

对经济增长、产业结构与环境关系的研究大多是借鉴环境库兹涅茨曲线基于面板数据分析的计量模型,探讨人均收入对环境影响的规模、结构或技术效应。本文借鉴此类研究方法,着重从结构效应来研究制造业结构升级对空气质量的影响。在具体模型设计中,将劳动密集型、技术密集型及资金密集型三类产业的比重作为描述制造业结构变化的指标。研究制造业结构与空气污染之间的实证方程如下:

$$\ln E_{it} = C + \alpha_1 \ln LF_{it} + \alpha_2 (\ln LF_{it})^2 + \beta_1 \ln TF_{it} + \beta_2 (\ln TF_{it})^2 + \chi_1 \ln IF_{it} + \chi_2 (\ln IF_{it})^2 + \delta \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

上式中, E_{it} 为第 i 个省第 t 年不同污染物数值; C 为截距项,表示不随个体变化的固定数值; LF_{it} 、 TF_{it} 、 IF_{it} 分别表示第 i 个省第 t 年劳动密集型、技术密集型及资金密集型产业产值占制造业总产值的比重;二次项表示两者之间可能存在二次曲线关系; X_{it} 表示影响空气质量的其他核心指标; ε_{it} 为误差项。

为了保证制造业结构能够最大程度地解释空气质量,本文将在整体制造业结构中分别剔除每种产业的构成,以此来分析不同制造业产业对区域空气质量的影响,因此研究中将上式分解成不同的模型,即: $\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0$ 时,定义为模型 1; $\beta_1 = 0, \beta_2 = 0$ 时为模型 2; $\chi_1 = 0, \chi_2 = 0$ 时为模型 3。

(二) 指标变量选取

1. 空气质量指标变量。如前所述,选取工业生产过程中空气污染物的排放情况来反映空气质量水平,即工业废气排放 (IA)、工业二氧化硫排放 (ISO)、工业烟尘排放 (ISM)、工业粉尘排放 (ISP)。

2. 影响环境的其他因素。(1) 人均国内生产总值 (Y)。地区经济发展水平会对空气污染产生影响。相比国内生产总值,人均国内生产总值更能反映一个地区的经济质量。为了消除通货膨胀的影响,本文中人均 GDP 通过价值指数进行平减处理(以 2004 年价格指数为基期)。(2) 地区环境规制 (GR)。政府环境规制是影响区域污染的重要因素。政府通过各类环境政策对生产企业进行污染排放的限制与约束。对环境规制的变量描述有多种方式,本文借鉴 Lanoie 等^[26]的方法,运用地区大气治理投资占工业总产值比重来衡量地区环境规制强度。(3) 外商直接投资 (FDI)。现有文献研究表明,外商投资会影响空气质量的变化。特别是对于发展中国家,为了自身经济的发展,对于跨国公司往往会降低其在大气污染方面的管制^[27]。也有学者^[28]研究表明,引进外资会使本国的环境质量有所提高。因此 FDI 可作为影响空气质量的一个因素进行分析。

上述指标数据均来自于 2005—2014 年《中国统计年鉴》、《中国工业经济统计年鉴》以及《中国环境统计年鉴》。

三、固定效应模型计量分析

基于 2004—2013 年 30 个省(自治区、直辖市)的面板数据进行研究,通过式(1)进行回归检测。为了避免面板数据在时间维度上由于非平稳性而产生的虚假回归,本文采用变截距模型,并选取固定效应模型进行回归分析。计算制造业结构升级与各类污染物及环境综合质量的实证关系结果如表 2 所示。

表2 制造业结构升级与各类空气污染排放物的固定效应模型计量结果

	工业废气排放			二氧化硫排放			工业烟尘排放			工业粉尘排放		
	模型1	模型2	模型3	模型1	模型2	模型3	模型1	模型2	模型3	模型1	模型2	模型3
常数项 C	8.449 9 ^③ (9.46)	8.906 0 ^③ (9.62)	8.513 1 ^③ (10.07)	3.741 6 ^③ (5.35)	10.533 1 ^③ (29.45)	11.521 4 ^③ (19.29)	4.215 0 ^③ (4.27)	7.196 4 ^③ (20.69)	6.150 7 ^③ (28.80)	5.046 6 ^③ (4.62)	7.696 0 ^③ (10.28)	8.773 1 ^③ (11.73)
劳动密集 Lf	-	1.387 8 ^③ (3.47)	1.368 0 ^③ (2.73)	-	0.048 4 ^① (1.82)	0.109 9 (0.86)	-	1.118 6 ^③ (2.59)	1.317 5 ^① (1.80)	-	0.880 4 ^① (1.70)	1.121 5 ^① (1.89)
劳动密集比重	-	-1.141 9 ^③ (-3.16)	-2.136 5 ^② (-2.02)	-	-0.119 5 (-1.21)	-0.282 2 ^① (1.74)	-	-0.252 0 ^② (-2.05)	2.005 4 (0.02)	-	-0.198 4 (-1.43)	3.536 9 (1.25)
技术密集比重	0.421 4 ^② (2.27)	-	-0.834 9 (-1.04)	0.325 3 ^② (2.21)	-	-0.176 8 ^③ (-4.43)	2.100 9 ^② (2.23)	-	2.399 2 ^① (1.73)	2.704 1 ^② (2.37)	-	2.390 2 ^① (1.68)
平方 Lf ²	-1.347 4 (-0.99)	-	2.929 5 ^② (2.01)	1.976 6 ^① (1.85)	-	-0.594 1 ^① (-1.71)	1.811 1 ^② (2.20)	-	-	-2.539 1 ^① (-1.64)	-	-0.729 7 ^② (-2.32)
资金密集比重	2.440 5 ^③ (2.51)	2.667 2 ^③ (2.65)	-	4.132 7 ^③ (2.69)	3.278 4 ^② (1.99)	-	2.435 5 ^③ (2.81)	2.117 6 ^② (2.43)	-	5.370 3 ^③ (2.74)	2.251 8 ^① (1.83)	-
If	3.989 1 ^② (2.03)	0.568 3 ^② (2.00)	-	1.826 4 ^① (1.65)	0.149 6 ^② (2.81)	-	-0.872 9 (-0.40)	-0.025 5 (-0.34)	-	4.167 4 ^① (1.74)	2.170 1 (0.83)	-
资金密集比重	0.052 6 (1.02)	0.234 0 ^① (1.57)	0.059 5 (1.16)	-0.026 97 (-0.66)	0.151 0 ^③ (3.69)	0.044 0 ^① (1.62)	-0.081 5 (-1.42)	0.027 6 (0.54)	0.135 3 ^① (0.75)	-0.007 7 (-0.12)	0.024 3 (0.48)	0.032 7 (0.64)
外商直接投资 Fdi	0.068 6 ^② (2.02)	0.195 2 ^② (1.98)	0.063 4 ^① (1.90)	0.070 7 ^③ (2.66)	0.060 6 ^② (2.24)	0.054 4 ^② (2.32)	0.106 0 ^③ (2.82)	0.067 9 ^② (2.02)	0.086 7 ^② (2.11)	0.036 3 (0.88)	0.067 6 ^② (2.01)	0.069 8 ^② (2.07)
地区环境规制 GR	0.853 4 ^③ (17.00)	0.247 0 ^① (1.69)	0.846 1 ^③ (17.05)	0.021 6 (0.55)	0.178 1 ^③ (4.44)	0.169 8 ^③ (4.36)	-0.301 7 ^③ (-5.44)	0.869 3 ^③ (17.42)	0.867 4 ^③ (11.90)	-0.602 6 ^③ (-9.82)	0.869 2 ^③ (17.41)	0.861 5 ^③ (17.25)
人均国内生产总值 Y	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
F 值	26.04 ^③	26.78 ^③	26.05 ^③	154.7 ^③	158.78 ^②	157.24 ^③	50.85 ^③	52.32 ^③	51.90 ^③	24.75 ^③	24.78 ^②	25.85 ^③
R2_within	0.409 3	0.416 2	0.409 4	0.804 6	0.808 6	0.807 1	0.575 1	0.582 0	0.580 1	0.435 9	0.408 6	0.407 1
观测值	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

注: 括号内汇报的估计参数对应 T 值, ③、②、①分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

从表 2 可以看出, 2004—2013 年间, 我国空气质量与制造业结构升级之间并非简单的线性关系, 劳动密集型产业、技术密集型产业及资金密集型产业对不同的空气污染物排放的影响程度各不相同。在对工业废气排放的影响上, 劳动密集型产业和资金密集型产业比重与工业废气排放污染正相关, 两类产业比重增加均会加剧整体环境污染, 其中资金密集型产业的影响作用明显大于劳动密集型产业, 说明当前造成我国空气污染问题的首要制造业产业为资金密集型产业。与以上两类产业不同, 技术密集型产业与工业废气污染的相关关系不能确定, 不同计量模型结果中系数为正与为负的情况均有出现, 而系数绝对数值处于 0.4~0.9 之间, 表明技术密集型产业比重增加对空气质量改善的作用不是很明显。

在对工业二氧化硫排放的影响上, 三类产业中资金密集型产业与劳动密集型产业与其排放水平呈现正相关关系, 表明这两类产业比重的增加均会加剧我国二氧化硫的排放水平; 而技术密集型产业与其关系则不能确定。具体而言, 回归模型中资金密集型产业比重的系数 (3.1~4.2 之间) 普遍大于劳动密集型产业比重的系数 (0.1~1.6 之间), 表明资金密集型产业对二氧化硫排放的正向影响作用强于劳动密集型产业。技术密集型产业比重的系数为正与为负的情况均在不同模型中有所出现, 且系数绝对值处于 0.1~0.6 之间, 表明其对二氧化硫排放的作用比较微弱。

在对工业烟尘与工业粉尘排放的影响上, 三类产业比重的计算系数均为正数, 表明三类产业比重

的上升均会造成工业烟尘与工业粉尘排放的加剧。同时可以发现, 技术密集型产业与工业废气和二氧化硫排放的二次项回归系数出现了均为显著但却方向不一致的情况, 这也表明技术密集型产业对两类污染物排放的作用不能确定。具体分析, 劳动密集型产业、资金密集型产业和技术密集型产业的比重每增加 1%, 相应会造成工业烟尘排放分别增长 1.1% ~ 1.9%、2.0% ~ 2.7% 以及 2.0% ~ 2.4%, 造成工业粉尘排放分别增长 0.8% ~ 2.0%、2.3% ~ 5.4% 以及 2.3% ~ 2.8%。

(四) 工具变量估计

考虑到前文分析两者关系中可能存在内生性问题, 进一步采用工具变量估计方法, 通过使用滞后一期指标的方法来剔除双向因果内生性问题, 进行了工具变量 IV 估计, 结果如表 3 所示。

表 3 制造业结构升级与各类空气污染排放物的工具变量回归结果

	工业废气排放			二氧化硫排放			工业烟尘排放			工业粉尘排放		
	模型 1' (IV)	模型 2' (IV)	模型 3' (IV)	模型 1' (IV)	模型 2' (IV)	模型 3' (IV)	模型 1' (IV)	模型 2' (IV)	模型 3' (IV)	模型 1' (IV)	模型 2' (IV)	模型 3' (IV)
常数项 C	8.032 4 ^② (2.18)	8.407 3 ^③ (2.69)	8.309 4 ^③ (2.99)	3.736 8 ^③ (5.71)	10.685 5 ^③ (38.61)	11.045 3 ^③ (10.43)	4.154 3 ^③ (4.54)	7.731 5 ^③ (22.31)	5.634 5 ^③ (24.54)	8.495 7 ^③ (7.09)	7.195 4 ^③ (9.65)	8.342 1 ^③ (10.46)
劳动密集 Lf		1.229 9 ^③ (2.57)	1.459 2 ^① (1.72)	-	0.298 5 (1.41)	1.542 2 ^② (2.28)	-	1.270 1 ^③ (2.71)	1.884 6 ^② (1.97)	-	1.313 0 ^② (2.38)	1.267 7 ^① (1.73)
劳动密集比重平方 I _{L2}	-	-2.578 8 ^② (-2.27)	-2.059 9 ^① (1.61)	-	-0.328 4 (-0.99)	-0.222 4 (-1.08)	-	-0.054 6 (-0.78)	2.782 6 ^③ (2.97)	-	-0.398 4 (-1.48)	4.533 5 (1.09)
技术密集比重 T _I	0.883 0 ^② (1.99)	-	-0.797 2 (-0.96)	0.334 4 ^② (2.29)	-	-0.202 4 ^② (-2.54)	2.422 9 ^② (1.98)	-	2.171 2 ^③ (2.76)	2.614 1 ^① (1.68)	-	1.978 6 ^① (1.86)
技术密集比重平方 T _{I2}	-1.180 9 (-0.49)	-	4.695 3 ^③ (2.87)	0.355 5 ^① (1.96)	-	-0.074 7 (-1.33)	1.792 3 ^② (2.13)	-	-	-1.983 5 (-1.44)	-	-0.047 6 (-0.50)
资金密集比重 F _I	2.465 9 ^① (1.74)	2.263 3 ^② (2.30)	-	3.009 3 ^① (1.68)	3.338 3 ^② (2.30)	-	2.012 9 ^② (2.12)	2.127 9 ^③ (2.63)	-	3.444 9 ^② (2.31)	3.158 1 ^② (2.09)	-
资金密集比重平方 F _{I2}	3.249 8 ^② (1.99)	0.656 9 (1.20)	-	-0.060 3 ^② (-2.24)	-0.153 8 ^③ (-4.25)	-	-0.6743 (-0.24)	-0.034 6 (-0.32)	-	2.7844 ^① (1.69)	2.293 4 ^① (1.82)	-
外商直接投资 F _{di}	0.036 9 (0.72)	0.032 3 (0.64)	0.045 3 (1.06)	-0.050 4 (-1.26)	0.153 5 ^③ (3.73)	0.036 0 ^① (1.04)	-0.090 5 ^① (-1.62)	0.034 5 (0.67)	0.112 3 ^① (0.69)	0.019 1 (0.31)	0.040 4 (0.80)	0.026 5 (0.44)
地区环境规制 GR	0.073 9 ^② (2.20)	0.081 6 ^② (2.44)	0.046 9 ^① (1.96)	0.085 7 ^③ (2.28)	0.059 2 ^② (2.19)	0.053 2 ^② (2.19)	0.112 6 ^③ (3.08)	0.068 3 ^② (2.02)	0.083 8 ^② (2.02)	0.020 5 (0.50)	0.077 5 ^② (2.31)	0.053 4 ^② (1.96)
人均国内生产总值 Y	0.862 3 ^③ (17.25)	0.864 6 ^③ (17.43)	0.862 1 ^③ (15.05)	0.038 0 (0.98)	0.176 8 ^③ (4.42)	0.138 6 ^③ (3.69)	-0.291 4 ^③ (-5.35)	0.861 5 ^③ (17.20)	0.853 2 ^③ (10.08)	-0.627 4 ^③ (-10.35)	0.856 8 ^③ (17.65)	0.825 8 ^③ (15.46)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
F 值	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ² _{within}	0.401 6	0.492 8	0.400 3	0.635 9	0.612 0	0.635 9	0.401 6	0.492 8	0.409 4	0.328 7	0.312 0	0.365 9
观测值	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

注: 括号内汇报的估计参数对应 T 值, ③、②、①分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

工具变量估计的结果进一步确认了上述固定效应模型回归结果的准确性。劳动密集型产业比重与工业废气、二氧化硫、工业烟尘以及工业粉尘等四类空气污染物排放均呈现正向关系; 技术密集型产业比重对工业废气与工业二氧化硫的排放作用不能确定, 却能明显增加工业烟尘与工业粉尘的排放量; 与劳动密集型产业的作用一致, 资金密集型产业比重的增加同样会加剧四类空气污染物的排放, 从回归模型的系数来看, 其作用的程度明显大于劳动密集型产业对各类空气污染排放物的影响作用。

综合以上固定效应模型以及工具变量回归的结果, 可知制造业结构升级对各类空气污染排放的影

响结果如表 4 所示。

表 4 制造业结构升级对空气质量影响的结果

制造业结构升级	工业废气排放	工业二氧化硫排放	工业烟尘排放	工业粉尘排放
劳动密集型产业 比重上升	正相关 (1.1% ~ 1.5%)	正相关 (0.1% ~ 1.5%)	正相关 (1.1% ~ 1.9%)	正相关 (0.9% ~ 2.0%)
技术密集型产业 比重上升	不确定 ([0.4% ~ 0.9%])	不确定 ([0.1% ~ 0.6%])	正相关 (2.0% ~ 2.5%)	正相关 (2.1% ~ 2.7%)
资金密集型产业 比重上升	正相关 (2.2% ~ 3.0%)	正相关 (3.0% ~ 4.2%)	正相关 (2.0% ~ 2.8%)	正相关 (2.3% ~ 5.4%)

注: 括号内为制造业结构对污染排放的影响程度, 即每类产业比重增加 1% 所造成的污染物排放增加比重; “[]” 内表示影响的绝对值区间。

(五) 稳健性检验

为了验证基础回归的准确性, 本文考虑将空气污染综合指数与各类产业的比重进行固定效应模型及工具变量的回归估计, 结果如表 5 所示。

表 5 制造业结构升级与空气污染综合指数的计量结果

	空气污染综合指数					
	模型 1	模型 1' (IV)	模型 2	模型 2' (IV)	模型 3	模型 3' (IV)
常数项 C	-1.133 2 (-0.85)	2.032 4 ^② (2.18)	-0.906 0 (-0.69)	1.388 3 (1.36)	1.753 8 (0.79)	-1.256 7 (-0.93)
劳动密集 Lf	-	-	0.667 2 ^① (1.65)	0.558 1 ^② (1.89)	0.506 0 (1.24)	0.034 3 (1.07)
劳动密集比重平方 Lf2	-	-	1.141 9 ^③ (3.16)	0.489 7 ^① (1.68)	0.568 3 ^② (2.00)	1.076 5 ^③ (2.92)
技术密集比重 Tf	-1.229 9 ^① (-1.57)	-0.449 4 ^① (-1.57)	-	-	-1.538 0 ^② (-1.96)	-0.136 9 (-0.19)
技术密集比重平方 Tf2	-0.190 4 ^② (-1.91)	0.1956 ^② (1.98)	-	-	1.514 8 ^② (2.53)	1.351 5 ^② (2.15)
资金密集比重 If	4.206 6 ^③ (3.28)	2.907 7 ^② (2.09)	4.387 8 ^③ (3.47)	0.124 0 (0.28)	-	-
资金密集比重平方 If2	-0.471 1 ^① (-1.63)	-0.310 1 (-1.49)	1.351 5 (1.06)	-0.274 2 (-0.96)	-	-
外商直接投资 Fdi	0.253 2 ^① (1.68)	0.172 8 (1.15)	0.234 0 ^① (1.57)	0.209 8 (1.38)	0.210 5 (1.38)	0.394 3 (1.26)
地区环境规制 GR	0.189 6 ^② (1.92)	0.205 1 ^② (2.05)	0.195 2 ^② (1.98)	0.195 1 ^② (1.95)	0.195 6 ^① (1.95)	0.361 6 (1.54)
人均国内生产总值 Y	0.253 5 ^① (1.73)	0.199 9 (1.35)	0.247 0 ^① (1.69)	1.388 3 (1.36)	0.214 9 (1.45)	0.122 6 (1.36)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
F 值	123.80 ^③	-	126.05 ^③	-	124.78 ^③	-
R2_within	0.810 2	0.496 2	0.814 6	0.496 3	0.798 6	0.467 1
观测值	300	300	300	300	300	300

注: 括号内汇报的估计参数对应 T 值, ^③、^②、^① 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

从以上计量分析可知, 对空气污染情况加剧起最主要作用的是资金密集型产业, 资金密集型产业比重每增加 1%, 空气污染物排放平均增加 3% ~ 4%。从制造业结构分类来看, 资本密集型产业主要

为石油、化工、钢铁等传统高耗能、高排放行业。有研究表明,这些高耗能行业的污染排放量占总体工业污染排放的60%以上^[13]。同样,劳动密集型产业比重提升也会对空气质量造成不良影响,其比重每增加1%,空气污染物排放平均增加1%~2%,但作用明显弱于资金密集型产业。技术密集型产业总体而言也会对空气污染排放产生消极影响,特别是在工业烟尘与工业粉尘的排放方面,平均比重每增加1%,两种污染排放物将上升2.3%左右。因此,稳健性检验的结果也证明了固定效应模型的准确性。

总体而言,在我国制造业结构升级过程中,劳动密集型产业比重降低有效地减少了空气污染物的排放;资金密集型产业比重的整体上升大大加剧了空气污染物的排放,排放的累积影响造成空气质量难以得到有效改善;而技术密集型产业比重的上升并不能有效减少空气污染物的排放,成为制造业结构升级并不能改善区域空气质量的重要原因。

四、结论及建议

利用2004—2013年中国30个省市的面板数据,分析制造业结构升级与空气污染之间的关系,并借鉴EKC模型的研究进一步得到劳动密集型产业、技术密集型产业以及资金密集型产业与空气质量之间的实证关系。通过研究,得到以下主要结论:(1)2004—2013年间我国制造业结构中劳动密集型制造业产值占制造业总产值比重不断下降,技术密集型制造业产值所占比重不断上升,资本密集型制造业产值所占比重先升后降,符合学者研究的制造业产业升级的动态过程。然而同期的空气质量却不断恶化,空气污染呈现了以北方京津冀地区为核心不断向周边地区扩散、东部沿海地区污染持续加剧、西部与中部逐步恢复与改善的整体趋势。综上,制造业的转型升级并未造成空气质量的改善。(2)制造业结构升级对空气污染物排放的影响不同。劳动密集型产业比重降低有效地减少了空气污染物的排放;资金密集型产业比重的整体上升大大加剧了空气污染物的排放,排放的累积影响造成空气质量难以得到有效改善;技术密集型产业比重的上升并不能有效减少空气污染物的排放,成为制造业结构升级并不能改善区域空气质量的重要原因。

通过本文的研究,从改善我国环境质量的角度出发,对制造业产业结构调整应遵循重点有效地发展技术密集型产业、降低资金密集型产业比重、有条件地限制劳动密集型产业进一步扩大的总体思路。特别要加快信息、电子、装备制造等高新技术行业发展,真正走“科技”与“生态”相结合的道路;改进钢铁、有色金属、煤炭、电力、石油石化、化工、建材等资本密集型的高耗能行业,并缩小比例。同时,要注重提高第三产业的比重,大力发展高新技术产业和服务业等“清洁行业”,一方面第三产业是排放少、消耗低的产业,另一方面,服务业的扩大可以在更大程度上吸纳大量社会人员,缓解就业压力,有助于劳动密集型产业比重的下降,对降低空气污染起到积极作用。

参考文献

- [1] 环境保护部. 环保部发布2014年重点区域和74个城市空气质量状况[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/energy/2015-02/05/c_1114265538.htm 2015-02-05.
- [2] Grossman G. M., A. B. Krueger. *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement* [R]. National Bureau of Economic Research, 1991.
- [3] Dasgupta S., B. Laplante, H. Wang, et al. Confronting the Environmental Kuznets Curve [J]. *The Journal of Economic Perspectives* 2002 (1).

- [4] Akbostanc E, G. İpek Tunç Şerap Türüt-Aşık. CO₂ emissions of Turkish manufacturing industry: A decomposition analysis [J]. *Applied Energy* 2010 (6) .
- [5] Fodha M, O. Zaghoud. Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: An empirical analysis of the Environmental Kuznets Curve [J]. *Energy Policy* 2010 (2) .
- [6] Stern D. I, M. S. Common, E. B. Barbier. Economic growth and environmental degradation: The Environmental Kuznets Curve and sustainable development [J]. *World Development* 1996 (7) .
- [7] De Bruyn S. M, Van den Bergh J. B. Opschoor. Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of Environmental Kuznets Curves [J]. *Ecological Economics* 1998 (2) .
- [8] Frank A. Urban air quality in larger conurbations in the European Union [J]. *Environmental Modeling and Software* , 2001 (4) .
- [9] Copeland B. R, M. S. Taylor. *Trade Growth and the Environment* [R]. National Bureau of Economic Research 2003.
- [10] Dinda S. Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey [J]. *Ecological Economics* 2004 (4) .
- [11] Coondoo D, S. Dinda. Causality between income and emission: A country group – specific econometric analysis [J]. *Ecological Economics* 2002 (3) .
- [12] 牛海鹏, 朱松, 尹训国 等. 经济结构、经济发展与污染物排放之间关系的实证研究 [J]. 中国软科学 2012 (4) .
- [13] 唐德才. 工业化进程、产业结构与环境污染 [J]. 软科学 2009 (10) .
- [14] 张成, 朱乾龙, 于同申. 环境污染和经济增长的关系 [J]. 统计研究 2011 (1) .
- [15] 王青, 赵景兰, 包艳龙. 产业结构与环境污染关系的实证分析 [J]. 吉首大学学报(社会科学版) 2011 (6) .
- [16] 罗能生, 刘滔. 需求结构对我国环境质量影响的实证研究 [J]. 中国软科学 2014 (12) .
- [17] 许正松, 孔凡斌. 经济发展水平、产业结构与环境污染 [J]. 当代财经 2014 (8) .
- [18] 杨仁发. 产业集聚能否改善中国环境污染 [J]. 中国人口·资源与环境 2015 (2) .
- [19] 解学梅, 霍佳阁, 藏志彭. 环境治理效率与制造业产值的计量经济分析 [J]. 中国人口·资源与环境 2015 (2) .
- [20] 姜泽华, 白艳. 产业结构升级的内涵与影响因素分析 [J]. 当代经济研究 2006 (10) .
- [21] 刘伟, 李绍荣. 产业结构与经济增长 [J]. 中国工业经济 2002 (5) .
- [22] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响 [J]. 经济研究 2011 (5) .
- [23] 傅元海, 叶祥松, 王展祥. 制造业结构优化的技术进步路径选择 [J]. 中国工业经济 2014 (9) .
- [24] 阳立高, 谢锐, 贺正楚. 劳动力成本上升对制造业结构升级的影响研究 [J]. 中国软科学 2014 (12) .
- [25] 王志华, 董存田. 中国制造业结构与劳动力素质结构吻合度分析 [J]. 人口与经济 2012 (5) .
- [26] Lanoie P, M. Patry, R. Lajeunesse. Environmental regulation and productivity: Testing the porter hypothesis [J]. *Journal of Productivity Analysis* 2008 (3) .
- [27] 宋斌. 中国经济增长质量的测试与区域比较研究 [J]. 宏观质量研究 2013 (3) .
- [28] 杨万平, 袁晓玲. 对外贸易、FDI 对环境污染的影响分析——基于中国时间序列的脉冲响应函数分析 [J]. 世界经济研究 2008 (12) .

(责任编辑 朱 蓓)