

行业异质性、CO₂ 排放与政策选择

——基于湖北省工业行业面板数据的实证研究

张奋勤 孙永平 余 珮*

摘要: 湖北的发展阶段和产业结构,使得湖北碳市场建设对于全国碳市场建设具有重要借鉴意义。不同的工业行业无论是其排放总量还是排放强度都存在较大的差异,要厘清各行业的碳减排潜力,必须从行业特征着手,分析行业特征与 CO₂ 排放的相关性。本文利用《湖北统计年鉴》和《中国工业统计年鉴》,进行数据挖掘和整理,在此基础上,全面分析了湖北省 26 个工业行业 CO₂ 减排的决定因素。分析表明,工业总产值、营业利润、国家资本、出口比例、国家政策对行业的 CO₂ 排放量具有重要影响;折旧率、能源结构、外商资本比例和人均产值对 CO₂ 排放量没有显著影响。本文的研究结论表明,基于行业特征,建立配额分配动态调整机制和行业援助机制,对于提高 CO₂ 排放权交易的公平性和经济性,以较低的经济代价推动湖北省可持续发展具有重要意义。

关键词: 工业行业 行业特征 能源消耗 碳排放权交易

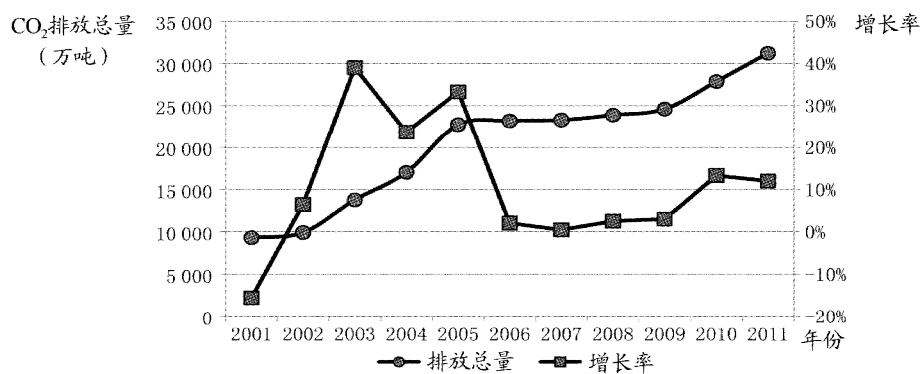
一、前言

目前,湖北经济正处于资源、环境约束最为严峻的时期,如何化解经济快速发展对资源、能源消耗的高度依赖,如何跨越资源、能源的瓶颈约束成为今后一个时期湖北发展面临的主要难题。湖北省是国家发改委批准的低碳试点省和 CO₂ 排放权交易试点省,但湖北省 CO₂ 排放总量和增长率的增长速度却较快。从图 1 中我们看到,2000 - 2011 年湖北省 CO₂ 排放量一直呈现出上升趋势,目前仍然处于绝对排放量增加的阶段,因此湖北省实施碳排放权交易试点,实现 CO₂ 总量控制目标任务非常艰巨。就增长速度而言,2000 - 2011 年间,平均增长率超过了 10%,2003 年、2004 年和 2005 年三年的增长率超过了 22% 以上,2003 年甚至高达 40%。2006 年由于国家在“十一五”规划中,明确提出“节能减排”的战略目标,同时出台了一系列政策措施,使得湖北省开始重视 CO₂ 减排控制,2006 年当年的排放量增长速度出现了明显下降,但是 2009 开始的大规模刺激经济计划,又使增长率出现抬头趋势,以至于 2010 年和 2011 年的增长

*张奋勤,碳排放权交易湖北省协同创新中心,湖北经济学院,邮政编码:430205,电子信箱:zfq@hbue.edu.cn;孙永平,碳排放权交易湖北省协同创新中心,湖北经济学院,邮政编码:430205,电子信箱:syongping@gmail.com;余珮,对外经济贸易大学国际经济贸易学院,邮政编码:100029,电子信箱 peguyvincent@hotmail.com。

本文得到碳排放权交易湖北省协同创新中心团队项目“湖北省工业行业减排潜力与配额分配互动机制研究”(项目编号:13YTD003)资助;作者感谢匿名审稿人的宝贵建议和编辑老师的辛苦工作,当然文责自负。

率均超过了 10%。总之,无论是从总量还是增长率来看,湖北省 CO₂ 排放的形势都是非常严峻的,启动 CO₂ 排放权交易试点是形势所迫。



数据来源:2001-2012年《湖北统计年鉴》。

图1 湖北省 CO₂ 排放总量及其增长率

CO₂ 排放权交易体系中最核心的部分是配额分配,不同行业的 CO₂ 排放存在较大差别,如果不考虑行业因素,配额对不同行业的约束程度就会存在较大差异。从世界范围来看,目前已经启动的 CO₂ 排放权交易都从不同层面考虑了行业差异。例如,欧盟每年会对不同行业的 CO₂ 泄露风险进行评估,对那些泄露风险较高的行业,会给予较高比例的免费配额;澳大利亚从就业因素考虑,推出了行业就业援助计划,对于那些会引起较大就业波动的行业,给予较高比例的免费配额;日本东京都 CO₂ 排放交易体系,同样考虑了行业竞争力。因此从行业层面分析 CO₂ 排放量的决定因素,对湖北省设计行业配额分配调整机制具有重要意义。

本文利用《湖北统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》,进行数据挖掘和整理,在此基础上,分析各行业的减排差异及其影响因素。主要包括:引言、文献综述、统计分析、数据处理、变量选择和模型设定、回归结果分析、稳健性检验和简要总结等几个部分。

二、文献综述

CO₂ 排放属于新的研究领域,目前国内外学者对 CO₂ 排放的关注处于上升阶段,相关文献主要集中在近五年,研究内容可归纳为三个方面:

第一方面,产业层面的 CO₂ 排放影响因素分解。Shrestha 等(2009)对亚太地区 15 个国家电力产业在 1980-2004 年期间 CO₂ 排放量变化进行分解分析,表明经济增长效应和电力强度效应是 CO₂ 排放量增加的主导因素,而燃料强度和能源结构效应会降低 CO₂ 排放量,影响程度因国家而异。Fujii 和 Managi (2013)采用分解法探讨 23 个 OECD 国家的木质品和纸制品产业的人均 CO₂ 排放量影响因子,发现电力能源使用的增加可以降低两个产业的 CO₂ 强度,证实了核电和再生能源对降低 CO₂ 的贡献。Liu 等(2007)发现,工业生产和能源强度是导致中国 CO₂ 排放增加的主要因素。孙宁(2011)对中国制造业 30 个行业 2003-2008 年的 CO₂ 排放分解研究得到了相似的结论,此外,该研究证实了技术进步所导致的能源强度下降具有显著的 CO₂ 减排效应。许金华和范英(2013)对中国水泥制造业过去 20 年 CO₂ 排放因素进行分解,结果显示,产出的增长是该产业 CO₂ 排放增加的主导原因,技术进步和产业结构优化可以降低能源的消耗。Zhao 等(2013a)则采用滞后自回归分布模型(ARDL)分析了中国电力产业 1980-2010 年期间 CO₂ 排放影响因素。实证结果发现,电力能源需求、短期内电力产业工

业增加值是 CO₂ 排放增加的主要原因,Granger 因果关系检验证实 CO₂ 减排压力是促使中国电力产业技术进步的主要原因。

第二方面,产业结构对 CO₂ 排放的影响。Grossman 和 Krueger (1995) 指出,经济增长对环境的影响可以通过扩大经济活动规模、调整产业结构和提高生产技术水平来实现。Ang 等 (1998) 运用 LMDI 分解中国 1985 - 1990 年 CO₂ 排放影响因子,结论显示:工业产出对 CO₂ 排放有正的影响而部门能源强度的优化有减排的作用,能源使用效率的提高可以降低 CO₂ 排放密度。然而另一部分研究却得到了不同的结论:徐国泉等(2006) 的研究发现能源效率和能源结构的调整对 CO₂ 排放的影响呈现“倒 U 型”结构;王锋等(2010) 发现生产部门的能源密度对 CO₂ 排放有负的作用。当考虑产业异质性时,Liu 等(2007) 通过对中国 36 个工业产业 1998 - 2005 年的 CO₂ 排放因素分析发现,工业生产活动和能源使用强度是导致 CO₂ 排放增加的直接原因。Cole (2008) 的结论强调人力资本会增加 CO₂ 排放,R&D 投入和生产率会降低 CO₂ 排放强度。Ang 等(2009) 得到了类似的结论,并且发现对外开放程度和收入水平会增加 CO₂ 排放。

第三方面,能源效率与减排潜力的分析。曾贤刚(2010) 基于数据包络分析法(DEA) 构建了一个包含 CO₂ 排放量的综合能源效率投入 - 产出指标,能源效率聚类分析结果揭示:山东、山西、河北和辽宁具有较大的减排潜力,Tobit 回归结果证实政府财政支出比重和对外依存程度对省级能源效率有显著正的影响。余晓泓和张超(2012) 从产业层面视角,构建能源效率和减排潜力函数,显示中国工业总能源效率偏低,产业异质性影响能源效率与减排潜力。陈诗一(2011) 通过方向性距离函数和多项式动态面板预测模型,结合行业异质性考察了中国 CO₂ 税税率设定的合理性,研究表明对于某些重工业,需要把征收 CO₂ 税和其他环境政策结合起来实施,才有利于实现碳强度减排指标。Hasanbeigi 等(2013) 以中国水泥产业为研究对象,从能源和经济角度分析该产业的节能机理,通过自下而上的能源守恒曲线(CVS) 演绎,纳入 CO₂ 减排潜力等因素证实 23 种节能技术的有效性。

以上文献从多个视角对 CO₂ 排放权的相关因素进行了分析。但是,由于产业发展不平衡,不同地区拥有的比较优势产业差异较大,从而影响 CO₂ 排放量的地区分布。所以,从区域和产业双重层面,研究 CO₂ 排放的潜在决定因素,对于碳交易市场体制机制建设,具有理论指导意义。更为重要的是,目前湖北经济发展所处的阶段和产业结构特征,使得湖北碳市场对于国家建立全国碳市场具有极强的借鉴意义。

三、统计分析

湖北省仍处于工业化中期,产业结构不合理,表现为第二产业占全省 GDP 的 48.7%,第一产业和第三产业发展相对滞后。第二产业又以传统工业和重工业为主,加工组装制造业比重偏低。能源消耗强度居高不下,与东部经济发达省份相比具有较大差距,2010 年单位 GDP 能耗是同期北京市的两倍,在全国各省份中位居第 19 位,与发达国家相比差距更大。即使与中部省份比较,湖北省的单位 GDP 能耗位居第五,仅比山西省能耗略低,能源效率很不理想,极大地制约了湖北省成为中部崛起的战略支点。^① 可见,作为中部地区的湖北省,其目前的发展特征具有典型的我国烙印。

^①资料来源:《湖北统计年鉴(2011)》。

(一) 行业结构分析

为了能够从宏观上捋清湖北省 CO₂ 排放量的产业结构、能源结构和增长率,本文通过统计图表直观地呈现了相关信息。从表 1 中看到,电力、热力的生产和供应业是湖北省 CO₂ 排放量最大的行业,占 11 年排放总量的比重超过了三分之一,与化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业一起,占 11 年排放总量的比重超过了四分之三。而且,这四大行业 2000-2011 年间的年平均增长率都超过了 11.3%。四大行业 2011 年的排放量分别为 2000 年排放量的 2.95 倍、3.59 倍、2.93 倍和 3.09 倍。就总量而言,在所有的 39 个工业行业中,前 12 个行业的排放总量的比重超过了 91%。

表 1 比重超过 1% 的行业的 CO₂ 排放量及其增长率(单位:万吨)

行业	2000 年	2001 年	2003 年	2005 年	2007 年	2009 年	2011 年	比重(%)	增长率(%)
电力、热力的生产和供应业	3 868	2 482	5 191	6 949	8 715	7 597	11 423	34.11	11.44
化学原料及化学制品制造业	1 533	1 725	2 313	5 073	4 040	4 821	5 498	18.18	13.62
非金属矿物制品业	1 383	1 587	1 530	3 010	2 774	3 560	4 045	13.15	11.33
黑色金属冶炼及压延加工业	1 100	582	1 300	1 838	2 364	2 568	3 400	9.78	11.94
交通运输设备制造业	500	54	765	904	730	844	978	3.61	6.92
有色金属冶炼及压延加工业	272	53	373	891	931	731	862	3.56	12.20
纺织业	320	121	332	659	567	619	698	2.36	8.11
造纸及纸制品业	175	368	247	380	341	349	398	1.74	8.53
食品制造业	228	31	215	262	269	354	453	1.33	7.10
农副食品加工业	119	61	252	145	261	419	482	1.26	15.05
医药制造业	140	52	180	327	300	317	374	1.20	10.30
通用设备制造业	95	35	124	275	220	325	420	1.07	15.97
合计	9 735	9 314	13 785	22 716	23 287	24 589	31 216	91.33	10.96(平均)

数据来源:2001-2012 年《湖北统计年鉴》。

2011 年排名第一的电力、热力的生产和供应业的 CO₂ 排放总量是排名第二的化学原料及化学制品制造业的 2.1 倍,是排名第三的非金属矿物制品业的 2.8 倍,是排名第四的黑色金属冶炼及压延加工业的 3.4 倍,是排名第五的交通运输设备制造业的 11.7 倍。可见,湖北省行业之间碳排放规模存在较大差异。行业之间的碳排放量增长速度也有明显区别,在 12 个工业行业中,2001-2011 年间平均增长率超过 15% 的有 2 个,介于 12%~15% 之间的有 2 个,介于 10%~12% 之间的有 4 个,低于 10% 的 4 个。由于产能增加,有些行业未来面临着更为严峻的减排压力,例如化学原料与化学制品制造业。由于生产工艺、设备、能源燃烧效率、工人技术水平等多种因素,都会影响不同行业的边际减排成本,因此行业之间必然存在较大差异。

(二) 能源结构分析

湖北省能源资源禀赋的基本特征是“缺煤、乏气、少油、多水”,能源对外依存度非常高。82% 的煤炭,92% 的石油以及 76% 的天然气需要从外省输入。湖北省的能源消费结构中,主要以原煤为主,其次是原油和电力,天然气所占比重较少。

从表 2 中,我们发现湖北省工业行业碳排放量的能源结构相对稳定,就电力、原煤、汽油和柴油四种能源而言,电力稳定在 30% 左右,原煤稳定在 68% 左右,贡献了约 98% 的份额。所以从能源结构而言,湖北省碳排放量主要来自于电力和原煤两种能源。

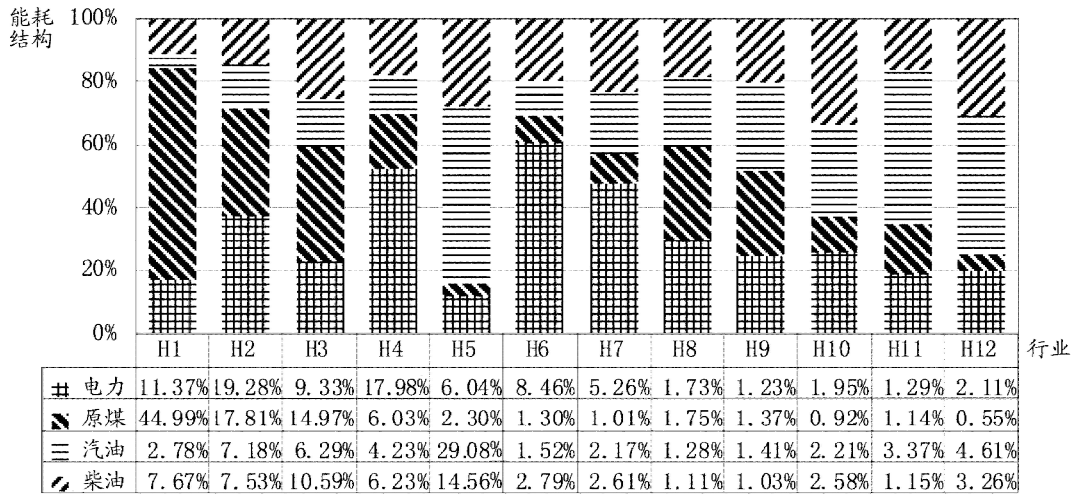
在图 2 中,我们统计了各个行业内的碳排放的能源消费结构。可以看到,大约 45% 的原煤被用于电力、热力的生产和供应业;18% 的原煤被用于化学原料及化学制品制造业;15% 的原煤被用于非金属矿物制品业,这三个行业占用煤总量的 78%。大约 19% 的电力被用于化学

原料及化学制品制造业;18%的电力被用于黑色金属冶炼及压延加工业;11%的电力被用于电力、热力的生产和供应业,这三个行业占用煤总量的48%。大约15%的柴油和29%的汽油用于交通运输设备制造业。

表2 湖北省 CO₂ 排放量的能源结构

年份	电力		原煤		汽油		柴油	
	排放量(万吨)	比重(%)	排放量(万吨)	比重(%)	排放量(万吨)	比重(%)	排放量(万吨)	比重(%)
2000	3 857	34.95	7 051	63.89	35	0.32	94	0.85
2001	2 455	26.35	6 807	73.08	14	0.16	38	0.41
2002	2 741	27.64	7 113	71.73	15	0.15	47	0.48
2003	4 218	30.60	9 444	68.50	40	0.29	83	0.60
2004	5 294	31.06	11 626	68.20	36	0.21	91	0.53
2005	6 156	27.10	16 308	71.79	82	0.36	171	0.75
2006	5 863	25.29	17 043	73.52	106	0.46	169	0.73
2007	6 991	30.02	16 112	69.19	44	0.19	141	0.60
2008	8 077	33.83	15 603	65.36	52	0.22	140	0.59
2009	7 963	32.39	16 437	66.85	49	0.20	139	0.57
2010	9 913	35.57	17 741	63.66	57	0.20	156	0.56
2011	11 161	35.75	19 870	63.65	36	0.12	149	0.48

数据来源:2001-2012年《湖北统计年鉴》。



说明:H1:电力、热力的生产和供应业;H2:化学原料及化学制品制造业;H3:非金属矿物制品业;H4:黑色金属冶炼及压延加工业;H5:交通运输设备制造业;H6:有色金属冶炼及压延加工业;H7:纺织业;H8:造纸及纸制品业;H9:食品制造业;H10:农副食品加工业;H11:医药制造业;H12:通用设备制造业。

数据来源:2001-2012年《湖北统计年鉴》。

图2 湖北省工业行业能源消耗比例结构

四、数据处理、变量选择与方程设置

(一)数据来源与处理

由于中国目前缺乏 CO₂ 排放统计体系,无法直接得到工业行业 CO₂ 排放的准确量。只能通过能源统计体系获得工业行业能源消耗量,再根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)或国家发改委气候司发布的各品种能源的排放系数,间接计算得到各行业的 CO₂ 排放量。《湖北

统计年鉴》中可以获得湖北省工业分行业分能源品种能源消费量,但是并没有提供反映各行业经营状况的特征变量。《中国工业统计年鉴》中提供了各省分行业的特征变量。但是,由于两个统计体系涵盖的工业范围并不一致,基于资料的可得性和可比性,本文选取了《中国工业统计年鉴》涵盖的 26 个行业作为研究对象。由于《湖北统计年鉴》的能源消费只涵盖了原煤、汽油、柴油和电力四种能源,所以本文在计算各工业行业 CO₂ 排放量的时候,只考虑了这四种能源。

关于碳排放量计量对象问题,目前讨论的主要有三种方式:在能源开采端计量、在产品生产端计量和在产品消费端计量,究竟采取哪种方式,学术界存在不小的争议。但是,在产品生产端计量是目前各国普遍实行的计量模式。因此,本文也采取在生产端计量的方式,既考虑了原煤等一次能源也考虑了电力等二次能源。显然,造纸、纺织、设备制造等诸多行业二次能源的消费比例远远大于一次能源,如果仅计算一次能源,在行业层面显然是不准确的。本文的最终数据来源于《湖北统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》及《中国能源统计年鉴》,时间范围为 2001 年至 2011 年。

(二) 变量设置

CO₂ 排放量:在 CO₂ 排放量计算中最为关键的就是各种能源排放因子的确定。而排放因子的确定受多种因素影响,包括:使用的燃料类型、燃烧技术、运作条件、控制技术、氧化因子、维护的质量、用于燃烧燃料的设备年龄^①,这些数据都需要在企业级层面进行现场测定。鉴于 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南是温室气体排放核算的重要依据,本文采用其第二卷(能源卷)中的参考方法和参数来进行估算。

CO₂ 排放强度:指单位 GDP 的二氧化碳排放量。由于本文关注的视角为工业行业,所以采用单位工业总产值的 CO₂ 量来表示。

工业总产值:是以货币表现的工业企业在报告期内生产的工业产品总量。为了消除价格变动的影响,本文采用 1990 年不变价计算工业总产值。

折旧率:行业设备的投资周期对于其技术升级会产生重要影响,那些投资周期短的设备更容易升级换代。因此,本文采用累计折旧与固定资产原价之比衡量行业的折旧率。

营业利润:是企业最基本经营活动的成果,也是企业最主要、最稳定的利润来源。

能源结构:CO₂ 排放受行业能源消费结构的影响,考虑到中国 70% 左右的一次能源为原煤,因此借鉴林伯强和蒋竺均(2009)的方法,将原煤消耗占整个能源消耗的比重作为能源结构的衡量指标。

资本结构:来自不同投资主体的资本,往往具有不同的技术背景和管理理念,从而对 CO₂ 排放产生影响,因此引入资本结构。本文用实收资本中港台投资与外商投资的总和占比表示外商资本比例,用国家资本占比表示国家资本比例。

政策因素:2005 以来中国各级政府相继推出产业结构调整、行业应对能源价格变化的指导性调控等政策组合,这必然会对 CO₂ 排放产生影响。我们引入时间趋势变量(T),以捕捉这种持续的政策效应。

出口比例:发达国家往往具有更高的环境标准,出口外向型行业是具有较低的排放水平,

^①政府间气候变化专门委员会(IPCC),2006:《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南(第二卷)·能源》,日本全球环境战略研究所,第二章第二节。

还是具有较高的排放水平,需要进行验证。本文用出口交货值与销售总值表示出口比例。

人均产值:研究表明,经济增长与本地污染物排放存在“倒U型”关系。为了用工业行业数据验证环境库兹涅茨假说(CKC),本文用人均产值代替人均收入,检验CO₂排放与工业产值之间的数量关系。

(三)模型设定与估计方法

由于面板数据具有扩大信息量,增加估计和检验统计量的自由度,提供动态分析的可靠性,反映经济结构、经济制度的渐进性变化,反映经济体的结构性特征等优势,得到研究者的广泛关注。Panel Data模型在设定与应用过程中,须对误差分解成分满足固定效应还是随机效应进行判断与检验。但是,究竟用什么样的方法进行判断和检验,固定效应模型和随机效应模型孰优孰劣,这样的探索在学术界一直都没有停止过。为了能够使我们的判断更具科学性,我们仍然借助于Hausman检验,进行最终判断。Hausman检验的结果支持固定效应模型。综合考虑本文设定以下固定效应模型:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 R_{i,t} + \beta_2 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, y 表示被解释变量, R 为解释变量, Z 表示控制变量的向量集; i 表示横截面数据, t 表示时间序列数据;截距项为 α_i ;随机误差项 $\varepsilon_{i,t}$ 代表模型中被忽略的随横截面和时间而变化的因素的影响。

五、回归结果分析

为了便于比较,本文既给出了固定效应模型的回归结果,又给出了随机效应模型的回归结果。在表3中我们看到,工业总产值对行业的CO₂排放量具有重要影响,无论是随机效应模型还是固定效应模型都具有较高的显著性,也就表明CO₂排放量的增加很大一部分是产量驱动。中国延续至今的粗放型增长道路并没有发生根本性改变,高能耗依然是很多行业的特征。湖北目前处于工业化中期阶段,产业结构呈现出明显的重化特征,第二产业中又以重工业比重为最高,所以碳排放量与工业总产值具有很强的正向显著性。相比较而言,企业的营业利润对CO₂排放具有显著负影响,也就是说那些利润总额较大的行业,CO₂排放量较小,所以CO₂排放既是产量驱动也是利润驱动,但是与产量驱动不同,利润驱动是减少CO₂排放。当然这一结论需要谨慎对待,因为营业利润和工业总产值之间具有很强的序列相关性,需要更为细致的研究。随着中国经济的发展和产业结构的升级,传统高耗能行业的产品附加值不断降低。也有可能是因为营业利润大的行业,拥有更加充足的资金进行节能技术改造和升级。因为在国际煤炭和石油价格不断攀升的情况下,企业进行节能技术改造,可以至少获得两方面的收益:不仅可以获得国家节能减排资金补助,而且可以显著提高能源效率,降低能耗,节省能源成本支出,提高企业利润。但是,节能技术改造往往需要较大的启动资金,那些利润较为丰厚的行业,更有能力进行改造,从而降低CO₂排放量。

国家资本比例对CO₂排放量具有显著负影响,表明国家资本比例较高的行业往往更加重视节能减排。因为国家资本较高的行业,其企业负责人往往实行官员体制管理,每年必须接受政府部门考核,而节能减排作为一个考核指标,会直接影响国有企业负责人的政治前途,自然也就受到负责人的重视。例如,《湖北省碳排放权交易管理暂行办法》中明确规定,“未履约企业为国有企业的,主管部门将违约行为通报所属国资监管机构。国资监管机构应当将碳排放控制责任纳入国有企业绩效考核评价体系。”

在表3中也看到,用来捕捉政策效应的时间趋势变量,在固定效应模型中,相比于2011年,2005-2009年的系数都显著为负;在随机效应模型中,2005-2009年也显著为负,表明各行业的排放总量还在不断增加,不过增加的速度在减缓。相比于2011年的排放量,2007年下降到最低差距之后,2008年和2009年的差距又有所增加。这种时间趋势的变化也刚好反映了2005年之后,国家通过节能补贴和加强对地方官员的节能考核等措施,使得CO₂排放量的增速有所下降,但2008年和2009年的4万亿元刺激计划,又使排放量有所增加。

折旧率对行业的减排效果并没有影响,表明设备更新换代快的行业并不意味着较低的CO₂排放水平。如果没有外在约束机制,企业并不会在设备更新换代时,考虑采购更加节能和减碳的设备,因为这些设备往往需要更多的资金投入,增加企业的运营成本。可见,企业作为经营个体很少会直接关注由碳排放引起的气候变化问题。与既有文献不同,本文分析表明,能源结构对CO₂排放量没有显著影响。可能的原因:一是既有文献的研究结论往往是基于区域数据,而本文是基于行业数据;二是本文既考虑了一次能源,也考虑了二次能源。从行业层面来看,行业之间的能源结构存在较大差别,没有系统可比性,煤炭使用比例较低的行业并不意味着其间接CO₂排放量较少。

外商资本比例对CO₂排放量没有显著影响,表明就CO₂排放量而言,从污染物得出的“污染天堂假说”并不成立。与发达国家存在严格的环保标准不同,发达国家目前只有欧盟和美国部分地区正式启动了碳交易,就本文研究的时间跨度而言,企业配额都是免费发放,加之国际碳价格低迷,发达国家的高碳行业并没有从本国转移到发展中国家的动力。但是,出口比例对CO₂排放量具有显著的负影响,表明发达国家对气候变化问题的关注,也会传导到国内相关行业,那些出口比例较高的行业,需要实行更为严格的标准,也具有较低的CO₂排放量。

与既有文献的结论不同,人均产值一次方、平方和立方都对CO₂排放量没有显著影响,本文的研究结论并不支持环境库兹涅茨曲线。因为环境库兹涅茨曲线是基于污染物而得出的,与污染物不同,CO₂对普通居民的影响是间接的,而且这种影响是全球均匀分布的,CO₂排放地所受的影响并不比其他地区多。

表3 回归结果

解释变量	固定效应模型(FE)	随机效应模型(RE)
	CO ₂ 排放量	CO ₂ 排放量
工业总产值	0.928 *** (6.59)	0.893 *** (6.19)
折旧率	-29.37 (-0.67)	-33.88 (-0.75)
营业利润	-6.068 *** (-5.47)	-5.792 *** (-5.05)
能源结构	11.36 (0.04)	118.4 (0.43)
外商资本比例	276.8 (1.1)	272.2 (1.04)
国家资本比例	-730.2 *** (-3.29)	-617.6 *** (-2.75)
出口比例	-2.244 * (-1.82)	-2.305 * (-1.83)
2005年	-361.4 ** (-2.04)	-327.8 * (-1.84)

续表 3 回归结果

解释变量	固定效应模型 (FE)	随机效应模型 (RE)
	CO ₂ 排放量	CO ₂ 排放量
2006 年	-325.7** (-1.95)	-301.2* (-1.79)
2007 年	-265.3* (-1.84)	-249.9* (-1.71)
2008 年	-284.6** (-2.19)	-267.4** (-2.04)
2009 年	-283.5** (-2.22)	-266.6** (-2.06)
2010 年	-119.2 (-1.19)	-106.5 (-1.04)
人均产值	-6.267 (-1.65)	-4.682 (-1.23)
人均产值平方项	0.00806 (0.67)	0.00466 (0.38)
人均产值立方项	-0.00000362 (-0.31)	-0.00000125 (-0.10)
常数项	1529.4*** (-5)	1365.4*** (-3.05)
样本量	182	182
总体显著性 F(16,140)		5.29
Wald chi2(16)		76.56
Hausman 检验		22.81

注:本文所用软件为 STATA12.0;括号内为 *t* 统计量;***、** 和 * 分别代表 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

六、稳健性检验

在上面的回归中,本文做了同方差假设,但该假设在研究行业 CO₂ 排放量时并不一定合理,因为各个行业之间可能存在横向和纵向等多种经济影响,导致干扰项可能存在异方差;同时,尽管在回归模型中,添加了各种潜在影响因素,但是不可观测冲击依然存在,而且有可能会持续多期,进而致使干扰项存在序列相关性。当模型中存在干扰项的异方差或序列相关时,估计量可能不具有有效性。因此,必须进行科学的统计推断和检验。首先,针对自相关性,我们做了 Wooldridge 检验。检验结果表明存在自相关性(F = 121.627, P = 0.00)。我们借助 STATA12.0 中的 xttest1 命令对回归结果进行了 Baltagi - Li 序列相关性检验(ALM6.99, P = 0.01),检验结果表明存在自相关和序列相关。因此本文稳健性讨论的基本思路是采用更为稳健的估计方法,检验解释变量的系数和显著性是否发生明显改变。可行广义最小二乘法(FGLS)估计可以用于误差项存在一阶自相关 AR(1)、个体间的误差项存在异方差或序列相关的情况。最终,本文采用 FGLS 进行估计,具体回归结果见表 4。

从表 4 中我们看到,在利用 FGLS 估计方法对自相关和序列相关进行控制之后,与表 3 的回归结果相比,除了营业利润的系数有所变化之外,回归系数正负性和显著性并没有发生明显变化,模型的设定基本是合理的。营业利润系数的变化,可能是由于异方差引起,由于 FGLS 估计方法更为稳健,所以应该接受 FGLS 方法的回归结果。为了能够更为全面地分析湖北省工业行业 CO₂ 排放量的决定因素,在表 4 中也给出了 CO₂ 排放强度的回归结果,发现除了外商资本比例之

外,其他解释变量与 CO₂ 排放总量的结果基本一致。可能的原因是外商资本比例较高的企业,生产效率较高,尽管在总量上并不显著,但是就 CO₂ 排放强度而言却显著。

表 4 稳健性回归结果

解释变量	FGLS	FGLS
	CO ₂ 排放量	CO ₂ 排放强度
工业总产值	0.48 [*] (1.95)	0.01 (1.54)
折旧率	-237.3 (-1.22)	0.10 (0.02)
营业利润	13.52 ^{***} (3.06)	0.05 (0.55)
能源结构	3223.8 (0.98)	24.18 (1.23)
外商资本比例	1381.90 (1.7)	101.3 ^{***} (6.18)
国家资本比例	2001.9 ^{***} (3.72)	17.62 [*] (1.62)
出口比例	-13.91 ^{***} (-4.65)	-0.10 [*] (-1.69)
2005 年	-1054.40 ^{**} (-2.01)	-17.06 [*] (-1.61)
2006 年	-1121.70 ^{**} (-2.16)	-22.45 ^{**} (-2.15)
2007 年	-992.0 ^{**} (-2.03)	-15.89 [*] (-1.61)
2008 年	-806.5 [*] (-1.73)	-13.24 (-1.41)
2009 年	-854.4 [*] (-1.83)	-9.54 (-1.01)
2010 年	-474.1 (-1.09)	-4.83 (-0.55)
人均产值	4.57 (0.51)	-0.21 (-1.18)
人均产值平方项	-0.01 (-0.33)	8.54 E-4 1.12
人均产值立方项	-2.92E-7 (-0.07)	-9.52 E-8 (-1.13)
常数项	-332.5 (-0.55)	8.20 0.68
样本量	182	182
Wald chi2	118.64	57.00

注:本文所用软件为 STATA12.0;括号内为 z 统计量;***、**和*分别代表 1%、5%和 10%的显著性水平。

七、结论与政策选择

本文全面分析了湖北省工业行业 CO₂ 排放量的决定因素,分析表明:工业总产值、营业利润、国家资本和出口比例对行业的 CO₂ 排放量具有显著影响;折旧率、能源结构和外商资本比例对 CO₂ 排放量没有显著影响;用来捕捉政策效应的时间趋势变量,2005 - 2009 年显著为负;人均产值一次方、平方和立方都对 CO₂ 排放量没有显著影响。

在碳排放权交易体系中,配额的分配极为关键,因为它不仅关乎减排目标的达成,更为重要的是它会在减排技术研发、现金流约束、企业文化建设等诸多企业经营决策的核心层面产生

深刻影响。由于不同行业的减排规模、潜力和成本都存在较大差距,加之不同行业的结构和市场势力也存在较大差异,因此在配额分配中必须考虑不同行业的发展差距。另外,由于不同省份经济发展水平和资源禀赋也存在较大差异,在不同的发展阶段,行业结构具有很强的刚性,并不会因为碳排放权交易体系的引入而快速改变。

从地区层面和行业层面双重视角,审视配额分配办法,具有重要意义。如果不考虑行业 and 地区差异,进行配额分配极有可能:惩罚先进企业,奖励落后企业;配额分配过多,导致交易无法顺利进行;导致产业转移和碳泄漏。欧盟的经验也表明,如果分配机制不考虑行业之间的公平性,就会阻碍对碳减排的激励。由于湖北省行业排放规模和增长速度都存在较大差异,在碳排放权交易体系中,如果不考虑行业特征,进行配额分配,势必对湖北省重工业的市场竞争力产生显著影响,严重情况下就会发生产业转移。一旦发生产业转移,不仅发生了碳泄漏,也使得湖北省经济增长和就业面临较大压力。

湖北省目前正处于工业化中期阶段,行业结构又以重工业为主,而且在未来一段时间内,这种结构并不会发生显著改变。未来十年是湖北的黄金增长期(邹薇,2012),改善民生的任务非常繁重,碳排放总量仍将处于上升阶段。因此,湖北省必须基于行业特征,从行业层面,发展出一套配额分配动态调整机制和行业援助机制,根据各行业的特征,实时调整各行业的配额分配,提高CO₂排放权交易的公平性和经济性。同时,必须出台基于行业特征的激励与约束政策,特别是需要出台针对民营企业的激励机制,那些认真履约减碳责任的企业,可以在绿色信贷、项目审批和环境评价等多个方面获得优先权。

参考文献:

1. 陈诗一,2011:《边际减排成本与中国环境税改革》,《中国社会科学》第3期。
2. 林伯强、蒋竺均,2009:《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析》,《管理世界》第4期。
3. 孙宁,2011:《气候变化对制造业的经济影响研究》,南京信息工程大学博士学位论文。
4. 许金华、范英,2013:《中国水泥行业节能潜力和CO₂减排潜力分析》,《气候变化研究进展》第5期。
5. 余晓泓、张超,2012:《中国工业部门的能源效率与减排潜力分析》,《产经评论》第2期。
6. 王锋、吴丽华、杨超,2010:《中国经济发展中碳排放的驱动因素研究》,《经济研究》第2期。
7. 徐国泉、刘则渊、姜照华,2006:《中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995-2004》,《中国人口·资源与环境》第6期。
8. 曾贤刚,2010:《我国能源效率、CO₂减排潜力及影响因素分析》,《中国环境科学》第10期。
9. 邹薇,2012:《科学把握“黄金十年”战略机遇》,《湖北日报》7月4日。
10. Ang, B. W., F. Q. Zhang, and K. H. Choi. 1998. "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition." *Energy*, 23(6): 489-495.
11. Ang, B. W., H. C. Huang, and A. R. Mu. 2009. "Properties and Linkages of Some Index Decomposition Analysis Methods." *Energy Policy*, 37(11): 4624-4632.
12. Cole, M. A. 2008. "Industrial Activity and the Environment in China: An Industry - level Analysis." *China Economic Review*, 19(3): 393-408.
13. Fujii, H., and S. Managi. 2013. "Which Industry Is Greener? An Empirical Study of Nine Industries in OECD Countries." *Energy Policy*, 57(June): 381-388.
14. Grossman, G., and A. Krueger. 1995. "Economic Growth and Environment." *Quarterly Journal Economics*, 110(2): 353-377.
15. Hasanbeigi, Ali, W. Morrow, E. Masanet, J. Sathaye, and Tengfang Xu. 2013. "Energy Efficiency Improvement and CO₂ Emission Reduction Opportunities in the Cement Industry in China." *Energy Policy*, 57(June): 287-297.
16. Liu, Lancui, Ying Fan, Gang Wu, and Yiming Wei. 2007. "Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO₂ Emissions from Final Fuel Use: An Empirical Analysis." *Energy Policy*, 35(11): 5892-5900.
17. Shrestha, H., G. Anandarajah, and M. Liyanage. 2009. "Factors Affecting CO₂ Emission from the Power Sector of Selected Countries in Asia and the Pacific." *Energy Policy*, 37(6): 2375-2384.

(下转第107页)

The Test of Independence of China's Central Bank under the Framework of Macro – prudential Regulation

Zhao Shengmin¹, Liang Lulu¹, Li Jing¹ and Xie Xiaowen²

(1: Nankai University; 2: Sun Yat – Sen University and YueXiu Enterprises(Holdings) Limited)

Abstract: This paper sets up a dynamic stochastic general equilibrium model of 4 departments to explore the interaction mechanism of monetary policy and macro – prudential policy which focuses on the independence of China's central bank under the framework of macro – prudential regulation. Using seasonal data from 1992 to 2012, the results showed that: (1) At present, the implementation of monetary policy and macro – prudential policy of China's central bank is not independent which is in line with the expectation. (2) When putting the gross output and the inflation as the targets, economic stability under independent institution is better. In view of China's long term central bank's regulation, it is not appropriate to establish a separate department for macro – prudential supervision beyond the power of the central bank. In order to achieve the dual stability of financial system and the real economy, central bank in China should establish an inside independent committee to monitor the systematic risk and conduct the macro – prudential policy.

Key Words: Macro – prudential Policy; Monetary Policy; Central Bank's Responsibilities; DSGE Model

JEL Classification: E58, E52

(责任编辑:陈永清)

(上接第95页)

18. Zhao, Xiaoli, Qian Ma, and Rui Yang. 2013a. "Factors Influencing CO₂ Emission in China's Power Industry: Co – integration Analysis." *Energy Policy*, 57(June): 89 – 98.
19. Zhao, Xiaoli, Jie Zhang, and Junpeng Li. 2013b. "Industrial Structural Transformation and Carbon Dioxide Emissions in China." *Energy Policy*, 57(June): 43 – 51.

Industry Characteristics, CO₂ Emissions and Policy Choices: Based on Industry Sector's Panel Data in Hubei Province

Zhang Fenqin^{1,2}, Sun Yongping^{1,2} and Yu Pei³

(1: Hubei University of Economics; 2: Center of Hubei Cooperative Innovation for Emissions Trading System; 3: University of International Business and Economics)

Abstract: Because of development stage and industrial structure, Hubei's carbon market construction is of significance for China's carbon market construction. This paper uses data mined from Hubei's Statistical Yearbook and China's Industrial Statistics Yearbook to analyze the potential factors of CO₂ emissions of 26 industries in Hubei province. Analysis shows that the gross industrial output value, profits, ratio national capital and national policy have important effects on industry CO₂ emissions; However, depreciation rate, energy structure and ratio foreign capital and per capita output do not have significant effects on the CO₂ emissions. Therefore, based on industry characteristics, Hubei has to establish dynamic adjustment mechanism and industry assistance mechanism in allowance allocation system, which will improve the fairness and efficiency of emissions trading system and promote the sustainable development in Hubei Province with a relatively low economic cost.

Key Words: Industries; Industry Characteristics; Energy Consumption; Emissions Trading System

JEL Classification: Q54, Q56, Q58

(责任编辑:赵锐、彭爽)