

环境审计的空间溢出效应及影响因素研究

杨肃昌 芦海燕 曾思杰*

摘要:环境审计作为新型环境治理工具之一,能够有效提升环境治理效果。本文以世界204个国家(地区)环境审计实施项目的空间关联特征为基础,运用空间计量模型分析了驱动环境审计发展的影响因素。结果显示:世界各国环境审计实施情况总体呈上升趋势,欧洲与北美地区明显要优于其他地区;世界204个国家(地区)中环境审计实施情况的空间相关性呈正向相关,存在显著的空间溢出效应。进一步研究表明,国家(地区)污染物排放水平和环保投入程度对环境审计实施的影响程度最大,社会信息化影响居中,社会经济发展水平影响最低,高等教育普及水平与环境审计实施之间并无明显的依存关系。本文的研究结论证实了环境审计实施具有显著的空间溢出效应,这为政府制定环境审计发展战略提供了科学基础。我国应在区域环境治理中建立有效的沟通机制,协调各方利益关系,最大程度发挥环境审计等治理工具的效力。同时,加强行政区域间的联合审计,共同改善跨区域的环境污染问题。

关键词:环境治理;环境审计;空间溢出效应

一、引言

当前,各国在环境治理中越来越重视环境规制工具的创新与运用。与传统环境规制工具中普遍重视命令控制和市场激励不同,新兴环境规制更强调环境信息披露及其披露质量的提高(Jordan et al., 2003; 黄溶冰, 2013; Steinebach & Knill, 2017)。因为信息化环境规制工具在提高信息利用效度、降低政策执行成本和提升政策执行效率等方面有着显著优势(Tieten-

*杨肃昌,兰州大学经济学院,邮政编码:730020,电子邮箱:suchang64@aliyun.com;芦海燕(通讯作者),兰州大学经济学院,邮政编码:730020,电子信箱:lhyrainbow@163.com;曾思杰,中南财经政法大学统计与数学学院,邮政编码:430073,电子信箱:541152047@qq.com。

本文系国家自然科学基金青年项目“产业结构变动的能源消费效应与生态环境效应研究”(15CTJ004)的阶段性成果。非常感谢匿名审稿人提出的修改意见。文责自负。

berg, 1998)。由于环境审计具有独立鉴证与报告的特点,有助于提高组织或企业公开发布环境信息的可信度,以环境审计为主要代表的信息化工具(包括环境审计、绿色环保标志、自愿协议、EMS环境管理体系和技术条约等)受到人们越来越多的关注(王惠娜,2012);同时,政府根据环境审计报告可以对利益相关者实施有效的问责(INTOSAI,2010)。不仅如此,最高审计机关实行的环境审计在监督各个国家实施的政策能否按照预期发挥作用方面也扮演着重要角色(INTOSAI,2010)。2015年9月,国务院印发的《生态文明体制改革总体方案》,明确提出在考虑各地区自然客观因素的基础上,通过全方位审计有效评价领导干部任期内对生态环境和自然资源管理的履责情况,使环境审计成为环境治理评价的有效工具。

环境问题具有很强的外部性特征,使得各国和各地区在环境治理中的合作尤为重要。随着全球化和地区化的发展,各国政府已承诺要大力解决环境问题和可持续发展问题。2017年10月18日,十九大报告提出我国要积极参与全球环境治理,落实减排承诺。然而,废水管理问题、污染物排放问题、国家公园管理问题等经常因涉及到国家边界问题而失败。同样,国际间、区域间在环境治理中的相互促进与相互影响也是环境审计发展的重要因素(Sinclair-Desgagné & Gabel, 1997)。环境污染治理的溢出效应(Fredriksson & Millimet, 2002)使得生态系统区域内的利益相关方需要协同合作开展环境治理工作。Stafford(2006)运用威布尔比例风险模型对美国各州的环境审计项目实施情况进行分析后发现影响各州当地环境审计立法的主要因素是国家与联邦之间关系的紧密程度,而联邦组织能力的影响水平并不明显。欧盟则规定在加入欧盟之前该国家必须进行全方位的审计,这一制度规定使得欧盟内部和东欧许多国家都会选择实施环境审计项目(INTOSAI, 2007)。

既然环境治理是各国、各地区共同面临的难题,那么各国最高审计机关实施环境审计项目的分布规律与作用机制是否存在一些可总结与借鉴的规律和经验?各国环境审计发展的驱动因素有哪些(诸如各国环境审计实施与经济发展水平、环境保护支出、温室气体排放、信息化水平普及程度和受教育水平等因素之间的相互关系)?显然这方面的研究成果有利于为我国环境审计政策的制定与战略规划提供科学和全面的参考依据。其中,世界各国环境审计实施的空间溢出效应能够为全球区域间环境审计与治理合作提供理论基础,对环境审计实施影响因素的判断能够为各地区判断是否具备环境审计实施条件提供依据。

目前学术界鲜有这方面的研究成果。这与环境审计学本身的学科特点和研究现状有关。毕竟这是一门实践性强且涵盖环境科学、经济学、审计学、管理学等多学科在内的综合研究,而目前的研究多集中于环境审计目标、定义、内容、本质的界定(吴季勇等,2003)以及确定环境审计依据、标准及评价方法等理论和影响机制、路径分析等案例研究。环境审计本身是否与环境污染一样具有显著的空间分布规律(Meng et al., 2017)以及相关影响因素中(黄溶冰,2013)是否包含空间溢出效应?由于数据可得性的原因尚缺乏经验数据的科学验

证。

基于此,本文首次尝试以世界204个国家(地区)2003-2013年期间环境审计项目的实施情况为研究对象,运用探索性空间数据分析方法(Exploratory Spatial Data Analysis,简称ES-DA)研究环境审计的空间分布模式及相邻区域相互作用的特征,并以此为基础对环境审计的影响因素进行空间计量分析。在探索性数据分析的框架下,该方法是一组旨在通过检测空间异常值,识别空间分布模式,揭示空间异质性规律以实现研究对象地理分布可视化的方法。这些方法依据直观的可视化图形分布情况,提供了全局和局部空间自相关的度量方法,并以此探究空间数据中隐含的空间分布规律和空间相互作用的特征,继而通过数据分析来发现问题(Haining,1990;Grubestic & Mack,2008)。探索性空间数据分析技术一般包括探索性数据分析、空间自相关和空间回归(Xun & Griffin,2013),这一方法常被用来探究社会行为在地理空间的分布特征以及社会科学如犯罪学、政治科学、公共卫生和经济学中被隐含的空间模式(Anselin,2010),判断环境污染物排放和能源消费的空间异质性(吴玉鸣,2012;李丹丹等,2013)。探索性空间数据分析技术可以揭示复杂不确定的空间现象,它构成了研究新问题的基础(Goodchild,2006)。研究中通常使用该方法完成描述性步骤,总结解释空间模型的动态因素,并在此基础上完成回归模型的评估与测试(Anselin,2005)。

本文首先解释了与环境审计空间分析相关的重要概念和理论发展现状;其次,从探索的角度运用空间数据分析可视化环境审计的空间模式,识别热点区域的分布规律,探讨环境审计的空间格局;最后,从空间效应的角度分析环境审计影响因素的横截面空间回归结果,探讨其经济内涵与现实意义。由于文中涉及的国家与区域较多,受限于数据来源、各国数据统计口径不统一等因素的影响,本文只是从横截面数据的视角研究了影响因素的作用机制,并未使用面板数据揭示环境审计更多内在的发展规律,也未深入关注如贫富差距、基础交通设施等因素对世界环境审计的作用水平。

二、变量选取与数据分析

(一)变量选取

道格拉斯·诺斯(1994)认为制度变迁主要源于相对价格包括信息成本、技术和要素价格的变化,这些变化反映了政治、经济和技术发展的诸多方面。以下主要从社会和经济发展的视角对影响环境审计实施的因素进行分析与讨论。

(1)环境审计实施(EA)。环境审计作为新型环境治理的信息化工具,已得到各国最高审计机关的重视(INTOSAI,2007)。鉴于数据来源的统一性和可靠性,本文以2003-2013年世界审计组织环境审计委员会公布的各国最高审计机关环境审计项目实施案例的数据作为因变量进行研究,数据来源于世界审计组织INTOSAI官方网站。

(2)社会经济发展水平(*PGDP*或*PI*)。环境问题源于人类不恰当的生产方式,其治理效果很大程度上依赖于地方经济发展水平(原毅军等,2016)。一定时期内,某地区的经济发展水平是实施环境审计重要的驱动因素(李璐、张龙平,2012)。本文以各国人均国内生产总值(*PGDP*)和人均工业产值(*PI*)表示当地经济发展水平进行研究,数据均来源于世界银行数据库。

(3)信息化水平(*INT*或*PTEL*)。在环境规制的压力下,环境相关信息的披露及鉴证能够有效减少信息不对称,以影响信息供给者和使用者之间积极关系的建立与互动(Lindquist, 2001)。随着各国空间技术的飞速发展,ArcGIS等信息处理技术通过共享、处理与传播等途径有效提升了环境污染物排放信息的质量和信度,使其在环境审计中发挥着越来越重要的作用。社会的信息化水平已成为环境审计能否有效实施的重要保障。本文以百人互联网用户数(*INT*)和每百人拥有的固定电话数(*PTEL*)表示信息化水平对环境审计的影响水平,数据均来源于世界银行数据库。

(4)社会受教育水平(*HS*)。道格拉斯·诺斯(1994)认为人类知识的积累与增长,会改变要素相对价格的变化。对环境审计而言,随着审计利益相关者知识积累的不断增长,对环境审计作用的认识会不断增强(欧阳华生、余于新,2009)。本文以百人中接受高等教育人口数表征某地区社会受教育程度即知识水平,数据来源于世界银行数据库。

(5)环境治理水平(*EXP*或*EN*)。经济发展水平本身并不能解决环境污染问题,环境改善的原因在于较高的经济发展水平能够为环境治理提供强有力的资金和技术支撑,从而提升环境治理效果(Theodore, 1997)。环境污染问题的复杂性与环境资源的公共属性使得“外部性经济”得不到有效解决,环境审计作为推进社会可持续发展的制度安排,主要目的是帮助政府治理环境污染,改善民众生存环境。其首要目标是保证环保投入的绩效性,即确保政府环境政策中投入的大量资金得到高效合理的使用与配置,有效提升社会环境治理水平。在实施环境审计的国家中,以绩效审计为首要目标的国家占比高达88%(INTOSAI, 2016)。这使得环保资金的投入水平是各国是否开展环境审计的重要因素。环境治理水平的测度有投入和产出两个指标。本文分别选用环保支出(*EXP*)代表社会环境治理的投入,能源消耗水平(*EN*)表示社会环境治理的产出效果。鉴于各国环境经济核算中环境支出项目的核算口径和核算方法差异较大(彭武珍, 2013),本文以各国对世界环境基金的捐助(*EXP*)替代环境治理支出进行研究,该指标能够以统一的口径间接反映各国对环境支出的意愿,数据来源于联合国环境规划署的年度报告。各国能源消耗水平选用每千元消耗能源当量(*EN*),数据来源于世界银行数据库。

(6)污染物排放水平(*CO₂*或*CH₄*)。污染物排放是推动政府实施环境治理的重要驱动力。环境审计作为新型环境规制手段,是提高环境治理绩效的重要工具(郑石桥, 2017)。本

文以温室气体 CO₂和甲烷 CH₄的排放水平量化地区污染物水平。其中,二氧化碳数据来源于美国橡树岭国家实验室(CDIAC),甲烷数据来源于世界银行数据库。

(二)数据分析

世界审计组织 INTOSAI 从 2003 年公布八大区域:非洲、亚洲、阿拉伯国家、欧洲、拉丁美洲和加勒比地区、加勒比海地区、南太平洋地区和其他(美国和加拿大),共 204 个国家环境审计项目实施情况。表 1 为主要变量的描述性统计。从表 1 可以看出,各国环境审计实施(EA)、人均国内生产总值(PGDP)、百人中接受高等教育人口数(HS)、百人互联网用户数(INT)和二氧化碳排放水平(CO₂)变量的标准差与均值结果相差较大,结果显示各国之间的整体社会发展水平存在较大差异,变量数据的特征更有利于判断不同区域环境审计实施的影响因素。

表 1 主要变量的描述性统计分析

变量名称	样本量	均值	标准差	最大值	最小值
EA	204	9.2	18.21	98	0
PGDP	204	8.68	1.49	11.91	5.48
INT	204	42.42	29.25	96.54	0.9
HS	204	37.97	26.36	116.62	0.81
EXP	204	9.28	2.76	16.22	6.37
CO ₂	204	4.68	6.45	44.01	0.02

三、世界环境审计实施的区域空间格局

本研究选用了探索性空间数据分析和空间计量模型两种方法。为了更好地呈现研究对象的空间分布格局首先需使用探索性空间数据测度空间数据的相关性,以判断研究对象的空间分布是否具有显著的集聚特征;其次,根据测度指标绘制具有空间分布特征的 LISA 图,通过对 LISA 图的分析判断出具有空间集聚效应的典型区域;最后,在确定存在空间效应的基础上,分析研究对象影响因素的实证判断中空间效应起到怎样的作用,即影响因素在多大程度上通过空间效应影响环境审计项目实施。

(一)空间相关性测度模型

探索性空间数据分析中探索空间数据的相关性测度一般使用两类(Anselin, 1994):第一类是用全局空间相关性来分析空间数据在整个系统内表现出的分布特征,一般用 Moran's I 来测度;第二类是用局部空间相关性来分析局部子系统所表现出的分布特征,具体表现形式包括空间集聚区、非典型的局部区域、异常值或空间政区,一般用 Moran 散点图和 LISA(Anselin, 1995)来测度。

1.全局空间相关性

全局 Moran's I 统计量的计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

其中: $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$, $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$, n 为地区总数; w_{ij} 是标准化的空间邻接权重矩阵, 选取边界或顶点相邻的一阶 Queen 权重, 当地区 i 与 j 相邻时, $w_{ij} = 1$, 否则 $w_{ij} = 0$; x_i 和 x_j 分别是区域 i 和区域 j 的属性; Moran's I 检验整个研究区邻近地区的空间关系。全局 Moran's I 反映的是环境审计在全球总体的空间差异水平。Moran's I 的取值一般在 -1 至 1 之间, 大于 0 表示正相关, 值接近 1 时表明具有相似的属性集聚在一起 (即高值与高值相邻、低值与低值相邻); 小于 0 表示负相关, 值接近 -1 时表明具有相异的属性集聚在一起 (即高值与低值相邻、低值与高值相邻); 若 Moran's I 接近于 0, 则表示属性是随机分布的, 或者不存在空间自相关性。

2.局部空间相关性

Anselin (1995) 提出局部 Moran 指数, 用来检验局部地区是否存在相似或相异的观察值集聚在一起。对第 i 区域而言, 区域 Moran's I 用来度量区域 i 及其邻域之间的关联程度。

区域 Moran's I 统计量的计算公式如下:

$$I_i = \frac{z_i}{S^2} \sum_{j \neq i} w_{ij} z_j, \quad z_i = (x_i - \bar{x})$$

其中, w 是标准化的空间邻接权重矩阵; 若 I_i 显著为正且 $z_i > 0$, 表示位置 i 与其邻近地区的观测值比样本平均水平高, 属高高集聚; 若 I_i 显著为正且 $z_i < 0$, 表示位置 i 与其邻近地区的观测值相对较低, 属低低集聚; 若 I_i 显著为负且 $z_i > 0$, 表示邻近地区观测值低于位置 i , 属高低集聚; 若 I_i 显著为负且 $z_i < 0$, 表示邻近地区观测值高于位置 i , 属低高集聚; 运用 ArcGIS10.2 完成 Moran's I 指数的计算, Moran 散点图、LISA 图由 GeoDa 软件完成。

(二)环境审计实施的时间演化

世界审计组织共有 8 个区域性工作组, 分别是: 非洲、阿拉伯国家、亚洲、加勒比海地区、欧洲、拉丁美洲和加勒比地区、南太平洋地区和其他国家 (美国和加拿大)。从 1992 年开始, 世界审计组织环境审计工作组 (WGEA) 在全球范围内共组织了八次关于各国环境审计实施的总体情况以及最高审计机关 (SAI) 在环境审计践行过程中面临的挑战与问题, 通过总结最高审计机关开展环境审计, 推进可持续发展的实践经验和成果, 给各国最高审计机关未来的工作提供借鉴和参考。尽管可能存在实施了环境审计由于其他原因未参与问卷回复的情形,

各国最高审计机关(SAI)的回复率仍然可以从某一侧面反映出环境审计在世界各区域总体的执行情况(如表2)。

表2 世界各区域近五次环境审计调查的回复数据

地区	回复数量					回复率	
	2003	2006	2009	2011	2015	2011	2015
非洲	17	22	11	21	8	43%	18%
阿拉伯国家	9	12	15	9	7	41%	35%
亚洲	31	32	33	33	19	73%	41%
加勒比海地区	8	6	5	6	3	40%	20%
欧洲	39	39	38	40	24	80%	49%
拉丁美洲和加勒比地区	14	14	14	17	4	77%	19%
南太平洋	8	6	7	9	3	60%	20%
其他(美国、加拿大)	2	5	2	2	2	100%	100%
总计	114	119	125	137	58	62%	27%

世界审计组织环境审计工作组(WGEA)第四次调查报告的时间为2003年,其后依次是2006年、2009年、2011年;第八次调查报告的时间为2015年,调查范围是2012年1月至2014年11月。2003年WGEA对成员国组织问卷调查时,187个成员国共收回114份答卷,回复率为60%;2009年,239份问卷共收回125份,回复率基本持平为57%;2011年问卷调查的回复率为62%。从2003年至2011年,回复率总体稳定在60%左右,全球如此高的回复率可以说明世界各国对环境问题保持着高度的关注。但是在第八次调查中,WGEA中成员国的数量为213个,却只有58个国家回复了调查,回复比例不到30%。第八次调查的回复率为历次调查最低水平,这可能与世界审计组织环境审计工作组人员变更有关,虽然工作组人员尽了最大努力与各国最高审计机关沟通,由于各种原因回复率水平依然很低。

根据2003-2013年世界八大区域环境审计实施总体情况的时序演化情况(图1)。2003-2008年世界总体呈稳步增长态势,在2009-2012年间呈小幅波动的下降趋势,2013年则降至了2003年水平之下,为样本年度的最低水平。各区域的分布情况与全球总体情况基本一致。可见,作为新型的环境规制工具,从单一关注环境问题上升到从可持续发展的角度开展环境审计,各国最高审计机关拟通过环境审计帮助各国更好地实现可持续发展。第八次环境审计全球调查报告显示:45%的最高审计机关增加了环境审计实施的次数与比例;在2015年至2017年,预计会有45%的国家增加环境审计的数量;其中,85%的最高审计机关相信他们将会实施可持续发展审计。

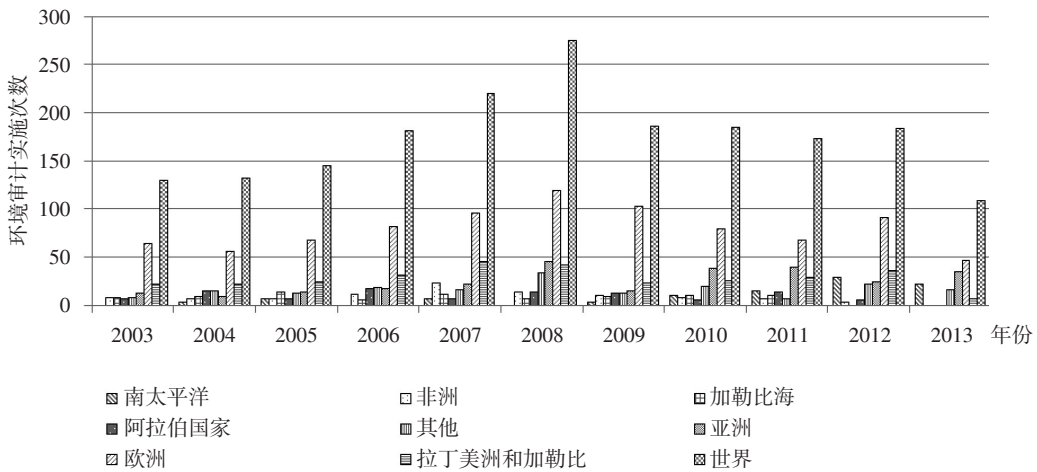


图1 世界各地环境审计实施情况

从全球区域来看,各地区环境审计的实施与各地区经济发展水平存在很大关系。在1993年至2015年的八次调查中,回复率较高的地区同样也是高人均收入水平的分布地区;欧洲地区审计机关的回复率始终排在第一位,这与图1中环境审计实施数据趋势相同。2011年和2015年的调查中,亚洲地区和拉丁美洲地区的回复率紧随欧洲地区。包括中国、巴西在内的新兴经济体2008-2014年对世界经济增长的贡献率都在60%以上(陈文玲、颜少君,2016)。经济的发展速度,使这些国家环境状况呈现迅速恶化的趋势,在此背景下各地区的政府组织为应对越来越严重的环境问题,会选择积极实施环境审计,以帮助各国更好地实现可持续发展。

从分布特征来看,对全球环境审计实施贡献率较高的地区主要分布于欧洲、亚洲、拉丁美洲和加勒比地区以及北美地区;贡献率较低的地区主要分布于非洲地区;南太平洋地区的贡献率呈不稳定状态。

(三)环境审计实施空间关系变化

利用GeoDa软件计算Moran's I(见表3)进一步判断世界环境审计空间分布格局。通过表3可知,2003-2013年全球Moran's I指数显著为正,世界各国环境审计的实施在相邻国家有一定的空间相关性但这种分布规律呈年度间不均衡分布状态,说明世界各国环境审计呈现的空间集聚状态不稳定,表现出很强的波动性。其中,2008年全球环境审计实施情况最佳,其Moran's I值表现出明显的空间集聚;2009年和2011年的Moran's I值并未通过0.05水平上的显著性检验。

由于全局Moran's I指数无法探索局部空间的集聚特征,因此使用局部Moran's I指数识别区域内的空间关联特征,得到世界环境审计实施情况的LISA图。

表3 2003-2013年间世界环境审计全局 Moran's I 估计值的比较

年份	Moran's I 值	期望	标准值	P 值
2003	0.1407	-0.0049	0.0571	0.0251
2004	0.2501	-0.0049	0.0555	0.005
2005	0.1717	-0.0049	0.0564	0.0323
2006	0.2598	-0.0049	0.0582	0.035
2007	0.0594	-0.0049	0.0546	0.0496
2008	0.4033	-0.0049	0.0577	0.003
2009	0.065	-0.0049	0.0588	0.063
2010	0.2034	-0.0049	0.0590	0.005
2011	0.0672	-0.0049	0.0512	0.097
2012	0.1321	-0.0049	0.0569	0.035
2013	0.1088	-0.0049	0.0505	0.046

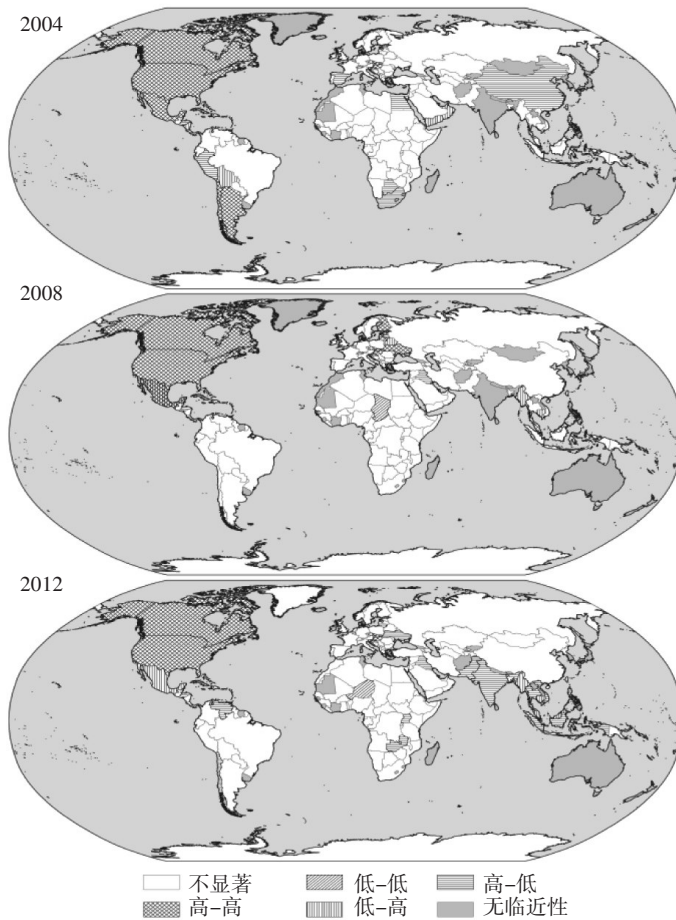


图2 世界环境审计实施的局部空间关联特征LISA图

图2中LISA图的四个分区:高高区表示高值被高值地区包围,低低区表示低值被低值地区包围,高低区表示高值被低值地区所包围,低高区表示低值被高值地区所包围。这四个区域分别代表某地区环境审计实施情况与其邻域地区的四种关系:高高区为热点区表示区域*i*与相邻区域的环境审计实施情况均较高,表示存在空间正相关;低低区为盲点区,该区域与高高区相反,区域*i*与相邻区域的环境审计实施情况均较低;高低和低高为区域*i*与相邻区域的环境审计实施情况呈反向关系,表现为空间负相关。

世界环境审计实施情况的LISA图中:(1)高高热点区的分布情况。根据图2可知,全球环境审计的热点区集中于北美的美国、加拿大,以及欧洲的芬兰、捷克、法国、斯洛伐克、匈牙利、乌克兰、葡萄牙和瑞士等国家;这些区域的特点是工业化水平较高,经济发达,且信息化程度高。(2)低高区的分布情况。其特征是本地区的环境审计水平低,周边区域环境审计水平高,该区域主要分布于拉丁美洲和加勒比地区及阿拉伯地区,如洪都拉斯、墨西哥、阿曼、也门、沙特阿拉伯和伊朗等国家。(3)高低区主要分布于欧洲与非洲接壤的区域、北美与拉丁美洲接壤的区域以及亚洲南部地区,如秘鲁、巴西、南非、泰国、越南、柬埔寨等国家。低高区和高低区的特点是经济发展水平不均衡,使得区域内的各国政府对环境问题的重视程度不同。(4)低低盲点区的数据分布于非洲中部。环境审计有利于环境问题改善已经得到了全球范围的认可,从世界环境审计实施情况的LISA图可以看出,高水平的环境审计具有明显的空间外溢特征。这说明,一国对环境审计的实施水平对邻国具有显著的正相关性。

四、环境审计影响因素的空间计量分析

经过环境审计实施情况的探索性空间数据分析后,全局和局部Moran's I指数展示了世界环境审计实施的空间关联特征。但是,它并不能探究空间关联特征的内在影响机制。因此,需建立影响因素与环境审计实施的空间回归模型分析其相互之间的深层作用机制,以考察相关变量对环境审计的影响关系。为进一步考察社会经济发展水平等因素对环境审计实施的空间效应,本节以2013年世界204个国家的横截面数据构建空间计量模型,在考虑空间效应的基础上辨别影响各国环境审计实施的潜在因素。

(一)模型的设定

空间计量模型常用来解决数据的空间依赖性和异质性特征,其产生的五大基础分别为:时间依赖性、遗漏变量、空间异质性、外部性和模型的不确定性(Anselin, 1988)。从空间数据结构的演化路径来看,横截面数据计量模型的两种基本形式主要包括:空间滞后模型(SLM)和空间误差模型(SEM)。其中:

1.空间滞后模型(SLM)

空间滞后模型主要探讨各变量在空间上是否有扩散现象或溢出效应。其模型表达式为:

$$Y = \rho WY + \beta X + \varepsilon$$

其中,参数向量 β 反映了自变量对因变量的影响, WY 为因变量的空间滞后变量,是一内生变量;其系数 ρ 为空间回归系数,表示相邻区域环境审计实施的关联强度; ε 为随机误差项。

2.空间误差模型(SEM)

空间误差模型探讨的主要是因变量之间的彼此影响。需要在模型中考虑误差项的空间自回归过程,即包含了误差项的空间滞后项,同时也包含了误差项的空间效应。其模型表达式为:

$$Y = \beta X + \varepsilon, \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu$$

其中, λ 为误差项的空间回归系数,表示相邻区域因变量的空间关联程度;若 λ 显著,说明在模型中确实存在一些因素导致了误差项之间的空间自相关; $W\varepsilon$ 是空间误差项的空间滞后向量; μ 为正态分布的随机误差向量。

从空间数据的演化路径来看,作为更一般模型的空间杜宾模型(SDM)同时引入了解释变量和被解释变量的空间滞后变量,它的优点在于增加了空间不确定性处理的有效性,却无法显示出空间模型运算的细节信息(LeSage & Pace, 2009)。鉴于空间误差模型和空间滞后模型在判断数据空间异质性方面具有各自的优势,为了比较数据分析的差异性,甄别出真正推动各国环境审计的影响因素。本文选取空间误差模型和空间滞后模型进行对比分析。

(二)基于空间计量模型的环境审计影响因素分析

传统回归模型假设经济个体之间是独立的,没有考虑相邻区域之间的相互作用以及周边对本地区环境审计实施的影响,空间计量模型则用构建的权重矩阵系数表示相邻区域之间的空间效应。环境审计空间格局影响因素的计量估计结果报告于表4。模型空间依赖性检验的拉格朗日乘数检验结果显示空间滞后模型的检验稳健性显著,根据模型选择标准判定空间滞后模型的估计结果更适用于解释变量的空间效应。表4的估计结果(1)显示,与传统回归模型相比,空间滞后模型 Logl 由-51.918 提升至-40.781,弥补了新增变量的改进拟合度,赤池准则值(从 113.837 到 93.562)和施瓦茨准则值(从 130.427 到 113.348)相对于传统模型都下降了,表明空间滞后规范拟合度显著增加。因此,结合模型选择标准和拟合程度准则表明空间滞后模型更适合解释环境审计的空间效应。估计结果(2)的模型选择过程与结论同上。由表4可以看出,环境审计的空间权重系数显著,说明世界各国环境审计实施(EA)与污染物排放相似存在明显的空间溢出效应,验证了环境治理需要各国加强合作的合理性。

结果显示:污染物排放水平系数显著为正,说明各国二氧化碳等污染物的排放水平会促使政府更倾向于在环境治理体系中选用环境审计优化治理手段。作为新型的环境规制工具,其设计初衷首先是要改善环境治理效果,减少环境污染,这使得污染物排放水平对各国环境审计实施的影响程度最大。

表4 世界环境审计空间格局演变影响因素的计量估计结果-QUEEN

	(1)				(2)		
	OLS	SLM	SEM		OLS	SLM	SEM
常数项	-0.059 (0.30)	-0.052 (0.32)	-0.025 (0.65)	常数项	-0.095 (0.12)	-0.072 (0.19)	-0.038 (0.54)
环保投入(<i>EXP</i>)	0.054*** (0.00)	0.047*** (0.00)	0.052*** (0.00)	社会经济发展水平 (<i>PGDP</i>)	0.034*** (0.00)	0.024*** (0.00)	0.022*** (0.00)
社会受教育水平(<i>HS</i>)	0.016 (0.58)	0.015 (0.57)	0.014 (0.60)				
信息化水平(<i>INT</i>)	0.05*** (0.002)	0.044*** (0.009)	0.043*** (0.00)				
污染物排放水平(<i>CO₂</i>)	0.085*** (0.00)	0.068*** (0.00)	0.078*** (0.00)				
<i>W*EA</i>		0.323*** (0.00)		<i>W*EA</i>		0.32*** (0.00)	
λ			0.333*** (0.00)	λ			0.335*** (0.00)
F	17.8			F	17.8		
Logl	-51.918	-40.781	-43.379	Logl	-73.547	-58.09	-61.917
AIC	113.837	93.562	96.757	AIC	151.094	122.181	127.835
SC	130.427	113.348	113.471	SC	157.731	132.135	134.471
空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB	空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I	0.20	3.67***	0	Moran's I	0.23	4.84***	0
LM(lag)	1	18.55***	0	LM(lag)	1	33.19***	0
R-LM(lag)	1	6.57**	0.016	R-LM(lag)	1	16.03***	0
LM(error)	1	12.27***	0	LM(error)	1	22.40***	0
R-LM(error)	1	0.29	0.59	R-LM(error)	1	5.24**	0.02
LM(SARMA)	2	18.84***	0	LM(SARMA)	2	38.43***	0

注:①括号内为p统计量;②*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著。下表同。

当地社会经济发展水平(*PGDP*)的系数显著为正,但经济发展水平对审计实施影响水平有限(李素利,2013)。在环境审计实施影响因素中,社会经济发展水平对世界各国环境审计实施的影响最小,说明社会经济发达程度对增加国家环境审计实施具有一定的推动促进作用,但其影响程度却不及污染物排放对环境审计实施的影响。

环保支出反映了环境治理水平,其系数显著为正,表明环保投入的增多会提高某地区的环境审计水平。由于实施环境审计的首要目标是鉴证环保资金使用的合法与合规及相关组织机构对环境法律法规的遵守程度(黄道国,2011),这使得环保投资对环境审计具有显著的正向影响。随着世界各国可持续发展理念的深入践行,若想有效改善经济发展带来的环境污染问题,环保投入将持续稳定在国民生产总值的3%左右(龚玉荣、沈颂东,2002)。在此投资规模与基础上,提升环境审计的实施频率和工作绩效,能够有效保障环保投资的使用效率,最大程度地改善环境污染问题。

社会信息化水平的系数显著为正,说明信息化水平高的地区,表现出更高的实施环境审计的意愿。这与黄溶冰(2013)等学者的研究结果相一致。结论显示作为信息化治理手段的工具之一,环境审计实施频率应与当地的环境信息披露水平保持一致。环境审计在环境治理制度体系中属于评价性制度安排,其评价所依赖的基础信息质量直接影响着环境审计的评价结果。为了保证环境审计评价结果的客观性和科学性,地方政府需保证环境信息披露的数量和质量。

在传统回归模型、空间滞后模型和空间误差模型中地区受教育水平的回归系数均未通过显著性检验。这说明从全球来看,各国最高审计机关实施环境审计项目与国民的整体受教育水平并无显著关系,受教育程度不会对最高审计机关选择实施环境审计项目造成实质性影响,该行为与当地最高审计机关的战略布局相关。这一结果很可能与反应社会公众环保意识的指标选取有关,其具体原因有待进一步深入研究。

空间滞后模型的空间回归系数为0.32,且高度显著($p < 0.000$),说明世界各国环境审计的实施具有显著的空间溢出效应,且各国的环境审计受到邻近区域环境审计实施的正向影响。这与LISA图(图2)的空间分布情况相符合。表4中模型空间滞后模型与传统回归模型相比,解释变量估计系数重要性都受到影响,全部表现出绝对值的下降。通过空间滞后自相关变量系数可以得出结论:邻近位置才是这些变量真正的解释能力。加入空间变量后,二氧化碳排放水平的重要程度下降幅度最大高达1.7%,环保投入和社会经济发展水平的重要程度分别下降了0.7%和1%,社会信息化水平的重要程度下降最小为0.6%。这说明二氧化碳排放水平对环境审计实施的影响更多是通过相邻区域这一因素而产生作用。这与二氧化碳排放物的空间扩散特征是一致的(李欣等,2017)。社会信息化水平的系数下降幅度最小,说明本区域社会信息化水平会增加环境审计实施但对相邻区域的环境审计实施水平影响甚微。

(三)稳健性检验

除空间计量模型常规的稳健性检验措施外,为进一步提高模型结论的可信度和有效性,本文从以下两方面对环境审计实施的空间计量回归结果进行了稳健性检验:一是运用“Rook”相邻,取代“Queen”相邻,重新选择环境审计的空间权重矩阵,模型估计结果如表5所示;二是

替换解释变量的衡量指标,分别以甲烷排放量替代二氧化碳排放水平表征污染物排放水平,人均工业增加值替代人均国民收入表征社会经济发展水平,百人中移动电话拥有数替代百人互联网拥有数表征社会信息化水平,人均能源使用量替代环保支出表征环境治理水平。以“Queen”相邻的运行结果如表6所示,以“Rook”相邻的运行结果如表7所示。

表5 世界环境审计空间格局演变影响因素的计量估计结果-Rook

(1)				(2)			
	OLS	SLM	SEM		OLS	SLM	SEM
常数项	-0.059 (0.30)	-0.052 (0.32)	-0.025 (0.65)	常数项	-0.095 (0.124)	-0.16 (0.35)	-0.106 (0.27)
环保支出(<i>EXP</i>)	0.054*** (0.00)	0.052*** (0.00)	0.059*** (0.00)	社会经济发展水平 (<i>PGDP</i>)	0.034*** (0.00)	0.021*** (0.00)	0.017*** (0.00)
社会受教育水平(<i>HS</i>)	0.016 (0.58)	0.015 (0.55)	0.014 (0.60)				
信息化水平(<i>INT</i>)	0.05*** (0.00)	0.062*** (0.00)	0.043*** (0.00)				
污染物排放水平(<i>CO₂</i>)	0.085*** (0.00)	0.056*** (0.00)	0.063*** (0.00)				
<i>W*EA</i>		0.298*** (0.00)		<i>W*EA</i>		0.3137*** (0.00)	
λ			0.301*** (0.00)	λ			0.321*** (0.00)
F	18			F	18		
Logl	-51.918	-45.67	-47.281	Logl	-73.547	-65.34	-66.35
AIC	113.837	102.65	106.573	AIC	151.094	135.248	142.65
SC	130.427	122.34	123.41	SC	157.731	147.165	151.27
空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB	空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I	0.1983	3.5612***	0	Moran's I	0.2326	4.0889***	0
LM(lag)	1	16.1243***	0	LM(lag)	1	29.1705***	0
R-LM(lag)	1	4.9833**	0.02	R-LM(lag)	1	14.6614***	0
LM(error)	1	11.5564***	0	LM(error)	1	15.9081***	0
R-LM(error)	1	0.4154	0.51	R-LM(error)	1	1.399	0.23
LM(SARMA)	2	16.5398***	0	LM(SARMA)	2	30.5695***	0

注:①括号内为p统计量;②*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著。

结果显示:环境审计实施的空间效应依然存在,空间权重系数变化较小;四个影响因素均通过显著性水平测试,原估计结果具有一定的稳健性。其中,社会经济发展的系数显著为正,

表6 世界环境审计空间格局演变影响因素的计量估计结果—QUEEN

(1)				(2)			
	OLS	SLM	SEM		OLS	SLM	SEM
常数项	-0.414 (0.00)	-0.412 (0.00)	-0.37 (0.00)	常数项	-0.19 0.34	-0.21 0.35	-0.15 0.16
能源消耗(EN)	0.093**	0.08**	0.076**	社会经济发展水平 (PGDP)	0.039*** (0.00)	0.038*** (0.00)	0.035*** (0.00)
信息化水平(PTEL)	0.01**	0.01***	0.01**				
污染物排放水平(CH ₄)	0.114*** (0.00)	0.10*** (0.00)	0.127*** (0.00)				
W*EA		0.2935*** (0.00)		W*EA		0.3099*** (0.00)	
λ			0.36*** (0.00)	λ			0.381*** (0.00)
F	22.7725			F	43.295		
Logl	-159.982	-147.725	-149.056	Logl	-170.147	-157.35	-163.69
AIC	327.964	305.449	306.114	AIC	344.294	320.706	331.398
SC	341.236	319.386	322.04	SC	350.93	330.66	338.034
空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB	空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I	0.25	4.662***	0	Moran's I	0.21	4.839***	0
LM(lag)	1	28.196***	0	LM(lag)	1	33.193***	0
R-LM(lag)	1	7.769***	0.005	R-LM(lag)	1	16.028***	0
LM(error)	1	20.467***	0	LM(error)	1	22.401***	0
R-LM(error)	1	0.041	0.841	R-LM(error)	1	5.236**	0.022
LM(SARMA)	2	28.237***	0	LM(SARMA)	2	38.429***	0

注:①括号内为p统计量;②*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著。

人均工业增加值比人均国民生产总值的系数加大,说明环境审计与国民经济的工业部门相关度更高,这是由于工业结构是影响地区污染物排放强度最重要的因素之一(王菲等,2014)。工业发展程度与污染物排放高度相关,因而地区实施环境审计的概率越大。能源消耗的系数显著为正,但是与环保支出系数相比较,但显著性水平较环保支出低,说明无论从投入还是产出的角度考虑,环境治理程度全方位影响着环境审计实施水平。污染物排放系数显著为正,说明环境审计实施确实与污染物排放水平高度相关。社会信息化的系数显著为正,但是百人电话拥有量系数和显著性水平较互联网拥有数均有所下降,这与信息化的测度对象有较大关系,说明环境审计中互联网信息的获取能力比人与人之间的联络能力更重要。

五、结论与启示

本文选取2003-2013年世界204个国家(地区)环境审计项目的实施数据,探索了世界环

表7 世界环境审计空间格局演变影响因素的计量估计结果-Rook

(1)				(2)			
	OLS	SLM	SEM		OLS	SLM	SEM
常数项	-0.413 (0.53)	-0.379 (0.74)	-0.035 (0.89)	常数项	-0.19 (0.34)	-0.21 (0.28)	-0.18 (0.37)
能源消耗(EN)	0.093** 0.02	0.081** 0.03	0.074** 0.04	社会经济发展水平(PI)	0.039*** (0.00)	0.048*** (0.00)	0.033*** (0.00)
信息化水平(PTEL)	0.01** (0.01)	0.01** (0.04)	0.01* (0.08)				
污染物排放水平(CH ₄)	0.114*** (0.00)	0.098*** (0.00)	0.1266*** (0.00)				
W*EA		0.298*** (0.00)		W*EA		0.3099*** (0.00)	
λ			0.301*** (0.00)	λ			0.292*** (0.00)
F	22.7725			F	43.295		
Logl	-159.982	-148.795	-150.34	Logl	-170.14	-158.078	-164.03
AIC	327.964	307.59	308.674	AIC	344.294	322.055	332.157
SC	341.236	321.947	324.18	SC	350.93	332.111	338.692
空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB	空间关联性诊断	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I	0.247	4.365***	0	Moran's I	0.217	3.549***	0
LM(lag)	1	25.373***	0	LM(lag)	1	29.217***	0
R-LM(lag)	1	7.514***	0.061	R-LM(lag)	1	22.932***	0
LM(error)	1	17.866***	0	LM(error)	1	11.816***	0
R-LM(error)	1	0.008	0.93	R-LM(error)	1	5.532**	0.01
LM(SARMA)	2	25.380***	0	LM(SARMA)	2	34.748***	0

注:①括号内为p统计量;②*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著。

境审计实施的空间分布格局及演变趋势,并在此基础上运用空间计量模型对2013年204个国家(地区)的横截面数据深入分析了社会经济发展水平、环保投入水平、污染物排放、信息化水平和受教育水平等因素对环境审计实施的影响,研究结论和启示如下:

从环境审计的区域空间格局分布来看,环境审计在世界各区域呈现出明显的空间集聚状态。探索性全局空间关联分析指数显示:世界204个国家(地区)环境审计在空间分布规律上具有显著的空间正相关,即本地区环境审计的实施情况明显受到相邻区域的影响。其中,“高高”集聚区主要集中于北美、欧洲和部分拉丁美洲等社会经济发展水平较高的地区;“低高”和“高低”集聚区主要分布于拉丁美洲和加勒比地区、阿拉伯地区、欧洲与非洲接壤的区域、北美与拉丁美洲接壤的区域和亚洲南部,该区域的明显特征是区域内经济发展水平不均衡;“低低”集聚区仅存在与非洲地区中部,这说明环境审计工作已成为世界各国最高审计机关共同

关注的热点领域。这对我国环境审计工作的规划和部署具有重要的政策意义:首先,为更好地发挥环境审计的作用,需对区域内的环境审计工作进行整体规划,通过试点地区带动邻近区域环境审计的实施。其次,区域政策规划需在经济条件较好、环境审计需求较高的地区进行试点,把相关成熟经验在邻近地区推广,实现通过以点带面的策略提升区域性环境治理的绩效水平。

从环境审计影响因素的空间效应来看,当地社会经济发展水平、环保投入、污染物排放水平和社会信息化水平等是影响环境审计实施的重要驱动因素。上述因素在考虑空间效应的模型中其系数与传统模型相比均出现不同程度的下降,说明这些因素真正的解释力是空间效应。这对于我国环境审计发展的启示是:

(1)环境审计空间计量结果显示:空间效应是影响各国环境审计实施最大的影响因素,与王宇澄(2015)对环境规制相邻区域存在显著溢出效应的研究结论相似。鉴于环境污染成因的复杂性和负外部性的跨区域特征使得各国在维持生物多样性、流域跨界治理和应对气候变化的审计行动中应建立长期有效的协调机制,实现区域生态系统的修复,与世界审计组织在《第八次环境审计调查报告》(INTOSAI,2016)提倡各国联合审计的建议一致。

(2)环境审计的实施与地方经济发展水平并无很强的正向关系,应以地区污染物排放水平为主要参考因素设置环境审计的实施频率,确定环境审计的评价目标。

(3)信息化水平高的地区可以优先借助工具提升环境信息质量,环境审计应体现对信息化工具的充分利用,通过对区域热点和GIS数据的分析,实现精确定位审计区域,大幅提高审计效率。

(4)环境审计应以政府为主导,根据不同区域当地的经济水平、环保投入程度、污染物排放水平和社会信息化程度,制定相应有差异化的实施策略。经济发展水平较差,污染物排放较高的地区,地方政府的环保投入力度有限,环境审计关注点则以政府转移支付力度与效益为主,工作重点应侧重于提升政府财政资金的经济利用效率。

根据以上研究结论,本文得出以下政策建议:一是我国应在区域环境治理中建立利益相关者之间的有效沟通机制,协调各方利益关系,最大程度发挥环境审计等治理工具的效力。二是鉴于环境审计的空间溢出效应,应加强行政区域间的联合审计,共同改善跨区域的环境污染问题。三是实施环境审计的过程中,充分利用信息化工具,提升审计效率。

由于文章的数据特点决定了此次的研究视角较为宏观,未来可从LISA图中选择具有代表性的区域对环境审计主题、关注类型、选用方法等微观内容进行深入细致的研究,利用现有数据总结环境审计的内在演化和区域分布特征,为我国环境审计更好地发挥治理作用提供科学的理论基础。

参考文献:

- [1] 陈文玲, 颜少君. 当前世界经济发展的新趋势与新特征[J]. 南京社会科学, 2016, (5): 1-9.
- [2] 道格拉斯·诺斯. 制度、制度变迁与经济绩效[M]. 上海: 三联书店, 1994.
- [3] 黄道国. 多元环境审计工作格局构建研究[J]. 审计研究, 2011, (3): 31-35.
- [4] 黄溶冰. 环境审计制度选择影响因素的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, (10): 134-140.
- [5] 龚玉荣, 沈颂东. 环保投资现状及问题的研究[J]. 工业技术经济, 2002, (2): 83-84.
- [6] 李丹丹, 刘锐, 陈动. 中国省域碳排放及其驱动因子的时空异质性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, (7): 85-92.
- [7] 李璐, 张龙平. WGEA的全球性环境审计调查结果: 分析与借鉴[J]. 审计研究, 2012, (1): 33-39.
- [8] 李素利. 政府绩效审计发展的影响因素研究[J]. 审计研究, 2013, (2): 27-33.
- [9] 李欣, 曹建华, 孙星. 空间视角下城市化对雾霾污染的影响分析[J]. 环境经济研究, 2017, (2): 81-92.
- [10] 欧阳华生, 余于新. 政府绩效审计制度变迁需求影响因素效应实证分析——国际经验证据与中国符合性检验[J]. 财经论丛, 2009, (4): 82-89.
- [11] 彭武珍. 环境价值核算方法及应用研究[D]. 浙江: 浙江工商大学, 2013.
- [12] 王惠娜. 区域环境治理中的新政策工具[J]. 学术研究, 2012, (1): 55-65.
- [13] 王菲, 董锁成, 毛琦梁. 中国工业结构演变及其环境效应时空分异[J]. 地理研究, 2014, (10): 1793-1806.
- [14] 王宇澄. 基于空间面板模型的我国地方政府环境规制竞争研究[J]. 管理评论, 2015, (8): 23-32.
- [15] 吴季勇, 毛岳玲, 高运川. 浅谈环境审计的理论基础[J]. 环境科学动态, 2003, (3): 22-23.
- [16] 吴玉鸣. 中国区域能源消费的决定因素及空间溢出效应——基于空间面板数据计量经济模型的实证[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2012, (4): 124-32.
- [17] 原毅军, 苗颖, 谢荣辉. 环境规制绩效及其影响因素的实证分析[J]. 工业技术经济, 2016, (1): 92-97.
- [18] 郑石桥. 环境审计基本逻辑: 理论框架和例证分析[J]. 中国审计评论, 2017, (5): 55-64.
- [19] Anselin, L. Spatial Econometrics: Methods and Models[J]. Studies in Operational Regional Science, 1988, 85 (411): 310-330.
- [20] Anselin, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA[J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [21] Anselin, L. Exploratory Spatial Data Analysis and Geographic Information Systems[M]. Luxembourg: Euro-stat, 1994.
- [22] Anselin, L. Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook[M]. Santa Barbara: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005.
- [23] Anselin, L. Thirty Years of Spatial Econometrics[J]. Regional Science, 2010, 89(1): 3-25.
- [24] Fredriksson, P. G. and D. L. Millimet. Strategic Interaction and the Determination of Environmental Policy across U. S. States[J]. Journal of Urban Economics, 2002, 51(7): 101-122.
- [25] Goodchild, M. Geographical Information Science: Fifteen Years Later, in: P. Fisher (Ed.) [A]. Classics from IJGIS: Twenty Years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems [C]. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [26] Grubestic, T. and E. Mack. Spatio-Temporal Interaction of Urban Crime[J]. Journal of Quantitative Criminology, 2008, 24(3): 285-306.
- [27] Haining, R. F. Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [28] INTOSAI. Working Group on Environmental Auditing Evolution and Trends in Environmental Auditing[R].

2007.

- [29] INTOSAI. The 6th Survey on Environmental Auditing[R]. 2010.
- [30] INTOSAI. The 8th Survey on Environmental Auditing [R]. 2016.
- [31] Jordan, A., R. K. W. Wurzel, and A. Zito. Comparative Conclusions— “New” Environmental Policy Instruments: An Evolution or a Revolution in Environmental Policy? [J]. *Environmental Politics*, 2003, 12(1): 201–224.
- [32] LeSage, P. and R. Pace. *Introduction to Spatial Econometrics*[M]. Florida: CRC Press, 2009.
- [33] Lindquist, L. Implementation from Above: The Ecology of Sweden’s New Environmental Governance[J]. *Governance*, 2001, 14(3): 319–337.
- [34] Meng, B., J. Wang, R. Andrew, H. Xiao, J. Xue, and G. P. Peters. Spatial Spillover Effects in Determining China’s Regional CO₂ Emissions Growth: 2007–2010[J]. *Energy Economics*, 2017, 63(3): 161–173.
- [35] Safford, S.L. State Adoption of Environmental Audit Initiatives[J]. *Contemporary Economic Policy*, 2006, 24(1): 172–187.
- [36] Sinclair-Desgagné, B. and H. L. Gabel. Environmental Auditing in Management Systems and Public Policy [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1997, 33(3): 331–346.
- [37] Steinebach, Y. and C. Knill. Still an Entrepreneur? The Changing Role of the European Commission in EU Environmental Policy-Making[J]. *Journal of European Public Policy*, 2017, 24(3): 429–446.
- [38] Theodore, P. Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool[J]. *Environment Development Economics*, 1997, 4(2): 465–484.
- [39] Tietenberg, T. Disclosure Strategies for Pollution Control[J]. *Environmental and Resource Economics*, 1998, 11(3–4): 587–602.
- [40] Xun, L. and A. W. Griffin. Using ESDA with Social Weights to Analyze Spatial and Social Patterns of Pre-school Children's Behavior[J]. *Applied Geography*, 2013, 43(9): 67–80.

Spatial Spillover Effect and Influencing Factors of Environmental Auditing

Yang Suchang^a, Lu Haiyan^a and Zeng Sijie^b

(a: School of Economics of Lanzhou University; b: Zhongnan University of Economics and Law)

Abstract: As one of the new environmental governance tools, environment auditing can effectively improve environmental governance effect. Based on the implementation of the environmental auditing through 204 countries(regions) in the world, the paper uses spatial econometric model to analyze the influencing factors for the development of environmental auditing. The results show that the implementation of environmental auditing in the world is on the rise, with the situation in Europe and North America significantly better than other regions. The environmental auditing in 204 countries (regions) of the world was positively to the implementation of the spatial correlation and there are significant spatial differentiation pattern, which can affect the implementation of the adjacent area. Further research shows

(下转第 138 页)

Progress of Evaluation Methods on Energy and Environmental Performance

Du Kerui^a, Yan Zheming^b and Yang Zhiming^c

(a: The Center for Economic Research Shandong University; b: International Business School of Shaanxi Normal University; c: University of Science & Technology Beijing)

Abstract: Evaluating energy efficiency or environmental efficiency of different countries or regions not only helps us understand the difference in energy and environmental performance between them, but also provides a favorable reference for improving energy efficiency and environmental efficiency. Firstly, we clarify the connotations of energy efficiency, environmental efficiency, and unified efficiency, combs the development of energy and environmental performance evaluation methods, and also summarize empirical studies in China. Secondly, we systematically compare the advantages and disadvantages of different performance evaluation methods. Finally, we explore further research directions in this field. Through literature classification sorting, this paper found the research direction in the future, including modeling of heterogeneous technologies, accounting for statistical noises or uncertainty, exploring source of energy or environmental inefficiency.

Keywords: Energy Efficiency; Environmental Efficiency; DEA; SFA

JEL Classification: Q00

(责任编辑:朱静静)

(上接第 112 页)

that the emission level of national(regional) pollutants and environmental protection input have the greatest influence on the implementation of environmental auditing, the impact of social informatization is medium, the social and economic development level is lowest, and there is no obvious dependence between the popularization level of higher education and the implementation of environmental auditing. The conclusion of this paper proves that the environmental auditing implementation has significant spatial spillover effect, which provides scientific basis for the government to formulate the environmental auditing development strategy. The government should establish an effective communication mechanism in regional environmental governance, coordinate the interests of all parties, and maximize the effectiveness of environmental auditing and other governance tools. At the same time, we should strengthen joint auditing between administrative regions to jointly resowe the problem of environmental pollution across regions.

Keywords: Environmental Governance; Environmental Auditing; Spatial Spillover Effect

JEL Classification: Q56

(责任编辑:卢玲)