

# 环境投资对区域空间溢出效应的影响研究

吴 荻<sup>1</sup> 匡海波<sup>2</sup> 潘仙友<sup>3</sup>

(1. 辽宁师范大学历史文化旅游学院, 大连 116081;

2. 大连海事大学航运经济与管理学院, 大连 116026;

3. 大连理工大学管理与经济学部, 大连 116024)

**摘要:** 本文关于环境投资的研究从环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资两个视角来阐释, 重点分析两类环境投资与我国区域经济增长空间溢出效应间的响应关系, 以及两类环境投资影响的差异性与形成原因。通过选取 2004-2014 年我国 30 个地区的区域面板数据构建了空间 Durbin 模型, 计算出各地区经济增长的空间溢出效应, 结果显示环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资与区域 GDP 呈现较强的正相关关系, 并且对本地区及邻近区域产生溢出效应, 即环境污染治理投资和环境基础设施建设投资每提高 1%, 总的空间溢出效应分别为 0.056% 和 0.052%, 对临近地区的空间溢出效应为 0.031% 和 0.029%。表明两类环境投资对邻近地区的正向经济溢出效应相比于对本地区 GDP 的贡献更为显著, 开展环境污染治理投资相比环境基础设施建设投资对区域 GDP 的影响更为显著。并提出从环境基础设施投融资主体多元化和环境污染治理投资效率提升两方面来促进环境投资的区域空间溢出效应。

**关键词:** 环境投资; 区域经济增长; 空间溢出效应; Durbin 模型

## 引 言

环境与经济间的矛盾从工业革命以来就长期困扰着人类的发展。其产生的根源是人类无节制的发展, 因此环境问题解决的关键在于如何协调环境、经济与发展间的矛盾, 而现有的环境管理方法, 如末端治理、两端治理、排污权交易以及环境投资等都是为解决该矛盾所进行的努力与尝试。其中尤以环境投资历史最久、花费最高, 也更具有长远效益。环境投资由于用途本身的特殊性, 导致其与经济间的关系是复杂的, 一方面环境投资作为一种经济投资方式, 其本身具有盈利性特征, 即具有生产性特征; 另一方面, 环境投资也具有一定的公益属性, 且回收期比较长, 因此会对生产性资金产生挤出效应, 从而减缓经济增长的速度。正是由于环境投资的这类特征, 因此在考虑其与区域经济发展时就需要对环境投资进行差异性分析, 以获取其与经济发展的本质关系。在现有研究中, 关于环境投资的双重性的研究相对不多, 学者们大多关注环境投资与区域经济发展间的关系, 关于从环境投资的双重性的视角分析环境投资与区域经济增长空间溢出间关系的研究更不多见。由于区域经济增长空间溢出较区域经济增长具有更强的动态性与关联性, 因此也更能够真实而全面的反映环境投资在区域经济增长的拉动与辐射过程中发挥的作用。基于此, 本研究首先对环境投资进行重构, 将其分为环境污染治理投资和环境基础设施建设投资, 利用 2004-2014 年我国 30 个地区的区域面板数据构建空间 Durbin 模型, 以获取环境投资与区域经济增长空间溢出效应间的响应关系, 梳理出环境投资对区域经济增长空间溢出影响的关键环节, 以揭示环境投资与区域经济增长间的本质关系。本研究的特色之处在于, 相比传统的空间计量模型只停留于省份之间 GDP 的相互影响, 本文所构建的空间 Durbin 模型揭示出两类环境投资对 GDP 的溢出效应的共性与差异, 并阐释了溢出效应及差异形成的根源, 这对于各个地区明确环境投资的经济价值, 进行政策优化提供了相应依据。

收稿日期: 2018-01-19

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(71303027); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(16YJC630114); 辽宁省经济社会发展研究课题(2018lslktyb-083)。

作者简介: 吴荻, 辽宁师范大学历史文化旅游学院讲师, 博士; 匡海波(通讯作者), 大连海事大学航运经济与管理学院教授, 博士生导师, 博士; 潘仙友, 大连理工大学管理与经济学部博士研究生。

## 文献综述

空间溢出是溢出效应的研究热点之一,众多学者从技术、知识、投资等角度开展了相关研究,为本研究的开展奠定了良好的理论基础。Perkins 和 Neumayer<sup>[1]</sup>通过检验发展中国家与发达国家间的创新合作对本国环境效率溢出的影响,发现尽管进口与污染效率较高的国家之间的联系改善了本国 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 的排放,但无论是通过出口、外国直接投资(FDI)都没有对国内污染效率产生任何影响。Siddiqui<sup>[2]</sup>通过在一个多区域分析和数值一般均衡模型框架中纳入两项保护政策(即对排放密集型 and 贸易暴露型行业的边境税调整和自由排放分配)来分析其对小经济体和大经济体的影响。Galletta<sup>[3]</sup>运用固定效应模型研究了地方政府加强执法腐败所产生的溢出效应。Huang 等<sup>[4]</sup>运用空间 Durbin 模型分析了外商直接投资(FDI)与环境污染的区域溢出,并确认 FDI 对环境和经济效益的影响。Li 和 Wu<sup>[5]</sup>采用共同前沿 Malmquist-Luenberger 指数和空间 Durbin 模型来研究 2003-2013 年间地方和民间环保监管与绿色全要素生产率的空间溢出效应在中国 273 个城市的影响。Wang 等<sup>[6]</sup>通过对安徽 5 674 家工业企业的数据获取,运用空间 Dubin 模型分析了工业废气排放的空间溢出效应。王文普<sup>[7]</sup>利用 1999-2009 年中国 30 个省大中型工业企业数据,通过非空间模型和空间 Durbin 模型检验了产业竞争力和环境规制的关系。张可和汪东芳<sup>[8]</sup>深入解析了经济集聚与环境污染的空间溢出和相互作用机制。唐李伟和胡宗义<sup>[9]</sup>将资本存量区分为国内资本存量和国外资本存量,基于 Biennial Malmquist 生产率指数对考虑环境消耗的中国 1998-2011 年间的经济增长源泉进行了分解研究。陈真玲<sup>[10]</sup>采用超效率 DEA 和空间计量的方法对中国 2003-2012 年 30 个省份的生态效率进行测算,并对生态效率和城镇化的关系进行了实证分析。研究表明,城镇化与生态效率呈现较强的负相关关系,排污费的征收对改善环境质量并没有起到明显的作用。王铭利<sup>[11]</sup>基于中国 2000-2014 年各省市的面板数据,采用状态空间模型分析了经济增长与环境污染之间的动态相关关系。

从上述研究来看,环境溢出主要集中在污染溢出和环境规制的空间溢出两方面,所用的指标主要是环境污染投资、排污收费、污染物排放三类,但关于环境投资空间溢出方面的研究并不多见。运用的方法主要是空间计量模型,如 Durbin 模型,全要素生产率模型等。因此上述研究对本研究的模型构建具有良好的借鉴意义。

然而从空间溢出的经济性来看,基础设施的作用也不容忽视,已有学者开展了基础设施、空间溢出与区域经济增长间的互动关系研究。Pradhan 等<sup>[12]</sup>利用自回归分布滞后和向量误差修正模型研究了印度交通基础设施、外商直接投资与经济增长之间的长期关系。研究发现交通基础设施的协整与外商直接投资和经济增长间存在长期均衡关系。Duran-Fernandez 和 Santos<sup>[13]</sup>从不同角度对公共资本与国民收入之间关系的最新研究进行了评述,研究表明公共资本对经济活动的影响比较成功。Chen 等<sup>[14]</sup>运用一般均衡(CGE)模型分析了影响高速铁路投资对经济和环境的驱动因素,结果表明中国的铁路投资对经济有利好刺激,但对 CO<sub>2</sub> 排放量产生的影响增大。Holmgren 和 Merlel<sup>[15]</sup>基于元分析研究了基础设施与经济增长间的关系,认为二者间的影响取决于基础设施的类型以及投资和产业之间的差异,并在集聚地区具有极强的作用关系。Samir 等<sup>[16]</sup>基于 GMM 方法运用 2000-2016 年的面板数据分析了中东及北非地区国家的交通能源消费、交通基础设施对经济增长的影响,结果发现交通基础设施建设对于所有地区的经济都具有正向作用。李涵和唐丽森<sup>[17]</sup>基于交通基础设施影响经济增长的微观渠道,研究了我国省级公路设施建设对企业库存的空间溢出效应。司增焯<sup>[18]</sup>以连云港和日照港为例,实证研究了港口基础设施与港口城市经济互动发展的程度,结果表明港口城市经济与港口基础设施之间存在着很强的关联性。武勇杰和张梅青<sup>[19]</sup>实证测度了中国交通基础设施对经济增长的空间溢出效应。孙晓华等<sup>[20]</sup>基于面板门限模型分析了交通基础设施影响服务业集聚效应的机制,认为交通基础设施的发展水平对于城市服务业的集聚效应具有不同程度的影响。上述研究确立了基础设施与区域经济增长间的相关关系,表明基础设施尤其是基础设施投资对本地区以及邻近地区的经济发展具有重要影响,这为本研究开展环境投资中的环境基础设施投资对区域空间经济溢出的影响研究提供了重要的理论支持。

综上所述,目前国内外关于环境投资领域的空间溢出研究较少,已有研究主要集中在污染物排放、环境规制、税收等对区域经济的影响。从选取的指标来看,环境污染治理投资是一项重要的指标<sup>[7]</sup>。由于已有研究表明基础设施与区域经济间具有密切关系<sup>[17]</sup>,因此环境基础设施投资也具有十分重要的研究价值,但在现有

的环境投资的溢出研究中却未能得到广泛关注。从研究方法来看,关于投资与区域空间溢出效应的研究中 Durbin 模型由于能够全面、准确、清晰的反映溢出的直接与间接效应,因此本文将选用 Durbin 模型开展研究。基于此,本研究首先对环境投资进行重构,将环境投资分解为环境污染治理投资和环境基础设施建设投资两类,通过将传统的区域全社会固定资产投资和区域就业人口作为部分基础投入变量与两类环境投资共同构建 Durbin 模型,重点分析两类环境投资对区域经济的空间溢出效应的影响以及差异,以期全方位的揭示出环境投资对区域经济空间溢出的影响,从而为区域环境的改进提供理论支持和借鉴。

## 空间模型的构建

鉴于本文关注环境投资对区域空间溢出效应的影响,因此选择空间计量模型更具有优势,这主要是考虑到空间计量模型同传统计量模型,如固定、随机效应等面板模型相比纳入了空间项,能够准确地识别邻近地区对自身地区的影响,更适于解决本研究所关注的问题。而在空间模型中,Durbin 模型因为能够考虑因变量地区之间相互作用的同时,也考虑了自身地区自变量对邻近地区因变量的影响,因此本研究最终选择 Durbin 模型进行分析。

### 1、区域经济增长空间溢出模型的构建

传统的线性回归模型缺乏对地区空间单元间相关性的考量,因此在研究具有空间关联性的变量间的关系时就会存在系统偏差。空间计量模型的出现,有效的解决了上述问题,使具有关联性的空间单元间的经济活动研究成为可能。目前,通过模拟空间关联性表现地理空间效应的模型,主要包含了空间滞后模型(SAR)和空间误差模型(SEM)。

空间滞后模型的基本表达式如下:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \rho WY_{it} + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \quad (1)$$

空间误差模型可表示为:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} = \lambda W\varepsilon_{it} + \mu_i \quad (2)$$

式(1)-式(2)中, $i$ 为地区数, $t$ 为时间项, $Y_{it}$ 为因变量, $X_{it}$ 为自变量, $\beta$ 为相应自变量的回归系数, $\varepsilon_{it}$ 为服从正态分布的随机扰动项, $\mu_i$ 表示地区不可观测因素, $W$ 表示空间权重矩阵, $WY_{it}$ 表示经济产出的空间滞后项,系数 $\rho$ 和 $\lambda$ 为空间自回归系数。

与前两种模型相比,空间 Durbin 模型具有前两种模型不可比拟的优势,它可以同时比较自变量与因变量空间相关性,还可以相对弹性的表达 SAR 和 SEM,具有良好的特性,因此本研究将运用其进行空间溢出效应的分解研究。本研究考察的环境投资的空间溢出效应,指的是用于全社会的环境保护投资对区域经济发展所产生的影响,GDP 无疑是最佳的因变量指标。其中对 GDP 影响最大的要素为区域全社会固定资产投资(K)和区域就业人口(L),因此将二者作为基础投入变量。考虑到污染治理投资总额与区域全社会固定资产投资总额(K)共线性的问题,因此本文已将全社会固定资产投资总额进行了净化,去除了环境污染治理投资总额与环境基础设施建设投资总额。随着生态文明步伐的加快,环境投资已经成为实现区域生态文明的一项重要重要的生产要素,因此本文将环境投资变量作为一个独立的投入变量,考察其与其他要素间的相互关系。由于环境污染治理投资总额(E)(包括三部分内容,即老工业污染源治理、建设项目“三同时”和环境基础设施建设投资,而本研究期望单独考察环境基础设施投资对区域经济空间溢出效应的关系,故本文中仅包括老工业污染源治理和建设项目“三同时”)能够较为全面的描述区域环境投资的能力与潜力,因此将其作为一项重要的环境变量。同时,在环境保护与管理过程中,环境基础设施建设投资(I)对于区域的环保以及经济的影响也不容忽视,因此将其作为另一项重要的环境变量加以考察。已有文献研究表明环境投资,包括环境污染治理投资和环境基础设施建设投资具有显著的空间依赖性<sup>[8,9]</sup>,因此本文将采用空间面板模型进行推演,构建空间 Durbin 模型,模型的基本表达式为:

$$Y_{it} = \alpha + \rho WY_{it} + \beta_1 X_{it} + \beta_2 WX_{it} + u_i + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \quad (3)$$

其中, $Y_{it}$ 表示 GDP, $X_{it}$ 表示区域全社会固定资产投资、区域就业人口,环境污染治理投资和环境基础设施建设投资, $W$ 为空间矩阵权重, $WY_{it}$ 为空间依赖因变量, $WX$ 为空间依赖自变量。

关于空间权重矩阵的构建,本文主要采用 0-1 邻接矩阵进行检验。关于 0-1 邻接矩阵的构造,该矩阵对



角线上元素为 0,其他元素满足式(4)条件:

$$W_L = \begin{cases} 1 & i \text{ 和 } j \text{ 空间相邻} \\ 0 & i \text{ 和 } j \text{ 空间不相邻} \end{cases} \quad i \neq j \quad (4)$$

## 2、区域经济增长空间溢出效应分解

一般而言,基于观察单元独立性的线性回归的估计参数就代表了自变量的变化对因变量的影响程度,但由于内生交互效应  $WY_i$  的存在,为了更为有效地判断社会环境治理投资的溢出效应,本文采用下述偏导数方程分解环境治理投资的影响效应,将式(3)重新改写为:

$$(I_n - \rho W) Y = X\beta + WX\theta + I_n\alpha + \varepsilon \quad (5)$$

$$Y = \sum_{r=1}^k S_r(W) X_r + V(W) I_n\alpha + V(W) \varepsilon \quad (6)$$

$$S_r(W) = V(W) (I_n\beta_r + W\theta_r) \quad (7)$$

$$V(W) = (I_n - \rho W)^{-1} = I_n + \rho W + \rho^2 W^2 + \rho^3 W^3 + \dots \quad (8)$$

其中, $k$  表示解释变量个数, $X_r$  表示第  $r$  个解释变量, $r=1,2,\dots,k$ , $W^q$  表示  $q$  阶空间邻接矩阵, $\beta_r$  表示解释变量向量  $X$  中第  $r$  个解释变量的系数, $\theta_r$  表示滞后解释变量向量  $WX$  的第  $r$  个滞后变量的系数。

则有

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^k \begin{bmatrix} S_r(W)_{11} & S_r(W)_{12} & S_r(W)_{1n} \\ S_r(W)_{21} & S_r(W)_{22} & S_r(W)_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_r(W)_{n1} & S_r(W)_{n2} & S_r(W)_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1r} \\ X_{2r} \\ \vdots \\ X_{nr} \end{bmatrix} + V(W) I_n\alpha + V(W) \varepsilon \quad (9)$$

$$Y_i = \sum_{r=1}^k [S_r + (W)_{i1}X_{1r} + S_r(W)_{i2}X_{2r} + \dots + S_r(W)_{in}X_{nr}] + V(W)_i I_n\alpha + V(W)_i \varepsilon \quad (10)$$

式中, $i=1,2,\dots,n$ , $X_{ir}$  表示第  $j$  个区域的第  $r$  个解释变量取值, $S_r(W)_{ij}$  表示矩阵  $S_r(W)$  的第  $i$  行第  $j$  列元素, $(W)_i$  表示矩阵  $V(W)$  的第  $i$  行。则可得

$$\frac{\partial Y_i}{\partial x_{jr}} = S_r(W)_{ij} \quad (11)$$

式(11)表明某一观察单元自变量的改变将会影响所有其他单元的因变量,这是由于空间 Durbin 模型通过空间滞后变量  $WY$  和  $WX$  的引入导致了这样一种结果。偏导  $S_r(W)_{ij}$  测度的区域  $i$  自变量  $X_{ir}$  的变动对区域  $i$  (即自身) 因变量的影响(直接效应);偏导  $S_r(W)_{ij}, j \neq i$  测度的是区域  $j$  自变量  $X_{ir}$  的变动对区域  $i$  因变量的影响(间接效应),而总效应等于直接效应与间接效应之和。特别是在计算 0 阶空间矩阵的知识存量效应时,0 阶空间邻接矩阵  $W^0=1$ ,代表区域  $i$  的邻居就是自身,此时  $W$  弱化为单位矩阵  $I_n$ ,则有:

$$S_r(W) = I_n W^0 (I_n\beta_r + I_n\theta_r) = I_n (\beta_r + \theta_r) \quad (12)$$

上式为一个对角矩阵,表示只有直接效应,间接效应为 0。

## 数据处理与实证分析

### 1、数据收集与处理

本文所采用的全面有效的年鉴数据来自 2004-2014 年我国 30 个省、自治区和直辖市(西藏、香港、澳门和台湾地区因数据不全以及统计口径的问题而未选)。其中各地区 GDP 和全社会固定资产投资总额来源于《国家统计年鉴》。对于各地区的就业人口数则选自《中国人口和就业统计年鉴》,由于数据本身具有非直接获取性,因此通过查询分地区年末人口总数、分地区年末城镇人口比重和分地区城镇人口失业率来计算各个地区年末人口就业总数。对于环境变量数据的选取,在综合考虑各方面因素的条件下,选择《中国环境统计年鉴》中的各地区环境污染治理投资总额和各地区环境基础设施建设投资为数据来源。由于可获取的具有较全面数据的年鉴始于 2004 年,因此在计算各地区投资存量的初始年度以 2003 年为初始基年进行相关计算。由于收集的数据是一个  $11 \times 30 \times 4$  的面板数据,因此需要对其进行预处理以方便后期的计算。

值得注意的是,在自变量中全社会固定资产投资总额、各地区环境污染治理投资和各地区环境基础设施建设投资存在折旧问题,因此需要运用永续盘存法对其存量进行估算。其存量现值的计算公式如下:

$$S_n = N_n + S_{n-1}(1 - d) \quad (13)$$

其中  $S_n$  为第  $n$  年的 K、E 和 I 的存量,  $N_n$  是第  $n$  年的投资增量,  $d$  是折旧率,一般为 10%。计算时,初始存量以 2003 年数据为准。

在空间权重矩阵的计算方面,由于选取有基于邻接性和基于距离两种,而本文采用的数据来自我国 30 个省市,每个省市之间基本都有共同的边界,因此,将采用基于邻接性的方法构建空间权重矩阵。

## 2、因变量空间相关性的判断

为了能够确认因变量所代表的区域间是否存在空间自相关,需要构建空间计量模型,最常用的方法就是计算空间自相关系数 Moran 指数<sup>[21]</sup>,计算公式如下:

$$Moran I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y}) (Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (14)$$

其中  $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ ,  $Y_i$  表示  $i$  地区的 GDP 产出值;  $n$  为观测单元数;  $W_{ij}$  表示空间邻接权值(14)矩阵,当两个区域相邻时,  $W_{ij}$  值为 1,不相邻时,  $W_{ij}$  值为 0;  $Moran I$  表示各地区 GDP 产出值的乘积和,取值范围为  $(-1, 1)$ ,当  $Moran I > 0$  时,表明区域间存在空间正相关,反之,则表明区域间存在空间负相关;若  $Moran I = 0$ ,则意味着不存在空间相关性。

本文通过运用 Geoda 软件,计算得到 2004-2014 年区域的  $Moran I$  指数如下:

表 1 GDP Moran I 指数值检验

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$Moran I$	0.315	0.311	0.302	0.302	0.299	0.31	0.306	0.301	0.293	0.291	0.24

表 1 表明,2004-2014 年间区域的  $Moran I$  指数均大于 0,通过了显著性检验,表明各个区域间存在着空间正相关性,验证了模型及因子选取的正确合理性。同时也表明我国各地区的 GDP 存在着典型的空间集聚性,即 GDP 较高的地区会带动邻近区域的经济的发展,而且这种区域间的空间差异随着核心区域的经济拉动效应会逐渐降低。

## 3、区域经济增长的空间溢出效应模型的检验与计算

区域经济增长的空间溢出效应模型实质上是构建空间自回归模型并对其进行检验。本文所建立的区域经济增长空间溢出效应模型主要是利用面板数据考察变量间空间自相关的存在形式。由于空间计量模型采用普通最小二乘法进行估计存在偏差,因此常用极大似然法进行估计,而本文采用的估计方法是 Lagrange 乘数检验,通过比较  $Lmsar$  和  $Lmerr$  统计的显著性确定最终模型。若前者比后者显著,则选择 SAR,反之则选择 SEM。为进行空间相关性检验,通过比较空间滞后项  $Lmsar$  和  $Lmerr$  值的大小来对空间滞后模型和空间误差模型进行确认。

表 2 空间相关性检验

空间依赖性检验	临界	P 值
$LM$ test no spatial lag	139.8843	0.000
Robust $LM$ test no spatial lag	126.9035	0.000
$LM$ test no spatial error	19.9491	0.000
Robust $LM$ test no spatial error	6.9683	0.008

表 2 中各个检测项目均通过了 1% 的显著性水平检验,但是从 LM 及 Robust LM 值中可以发现,空间滞后模型(SAR)所对应的 LM 及 Robust LM 值均大于空间误差模型(SEM)。因此,下文模型回归主要基于 SAR 模型进行。另一方面,为了确定 SAR 模型的具体形式,本研究对 SAR 模型下的固定效应、随机效应进行了检测。

由于需要确定模型的固定效应和随机效应,本研究运用 Hausman 检验来进行空间滞后模型和空间误差模型的甄别。Hausman 的检验结果如下:

表 3 Hausman 检验结果

检验	SAR
Hausman test	89.3732
P	0.0000

当 Hausman 检验的 P 值的显著水平小于 1% 时,表明区域间存在经济增长的空间溢出效应,模型拒绝随机效应模型。同时,结合以往文献的研究,当回归分析是针对一些特定的个体时,固定效应模型应该更为适宜。

本文在对中国 30 个省域数据的研究结果的比较分析基础上进行模型的选择,其中  $R^2$ 、Adjust- $R^2$  和 LOG-L 值是进行各个模型间选择的主要依据,数值越大该模型的解释效果越强,其中  $R^2$  值是最主要的观测指标<sup>[22]</sup>。鉴于空间固定效应模型的  $R^2$ 、Adjust- $R^2$  和 LOG-L 统计值与其他两个模型的综合比较,本文最终以空间固定效应模型为解释依据,回归结果见表 4。

为了对比分析各模型的回归结果,本研究同时给出了混合模型、空间固定效应模型、时间固定效应模型的回归结果。通过对比各个模型的回归参数,发现均具有较高的拟合优度,各关键变量保持了较好的一致性。

表 4 空间面板数据 SAR 估计结果

模型参数	混合(包含截距)	空间固定效应	时间固定效应
K	0.374(12.091)***	0.227(2.554)***	0.356(8.252)***
L	0.539(23.668)***	0.078(2.554)**	0.566(15.991)***
E	0.282(5.978)***	0.060(2.531)**	0.304(6.397)***
I	-0.073(-2.174)**	-0.017(-0.968)	-0.096(-2.742)***
$\rho$ (溢出项)	0.098(6.067)***	0.600(18.714)***	0.100(6.296)***
$R^2$	0.9695	0.9955	0.9723
Adjust- $R^2$	0.9680	0.9787	0.9608
LOG-L	380.70877	678.200	394.902

注:\*\*\*, \*\*, \*, 分别表示 1%, 5%, 10% 显著性水平。

以下将进行 LR 值检验以确定最终模型的选择。

表 5 LR 检验结果

检验	LR	Probability
significance of spatial fixed effects	720.93	0.0000
significance of time-period fixed effects	352.38	0.0000

根据表 5 LR 检验结果,空间固定效应模型比时间固定效应模型更具有优势,因此后续分析主要根据空间固定效应下的回归参数进行解释。

为进一步获取空间固定效应模型下直接效应、间接效应以及综合效应,本文将运用 Matlab6.5 软件进行计算,具体结果如表 6:

表 6 空间固定效应模型下的直接、间接和综合效应分解

效应 变量	直接效应			间接效应			总效应		
	回归 系数	T 统 计值	伴随 概率	回归 系数	T 统 计值	伴随 概率	回归 系数	T 统 计值	伴随 概率
K	0.257	10.283	0.000	0.318	11.669	0.000	0.576	14.318	0.000
L	0.094	2.709	0.011	0.116	2.724	0.011	0.210	2.755	0.010
E	0.025	1.985	0.056	0.031	1.960	0.059	0.056	1.988	0.056
I	0.023	1.924	0.064	0.029	1.866	0.072	0.052	1.906	0.066

#### 4、计量结果分析

由于区域 GDP 具有空间溢出作用,且这种作用会对邻近地区产生影响,结合表 1 的结果可以发现,这种邻近地区间的作用具有逐年降低的趋势。表明同类型的集聚性正在减弱,即各个地区间最初以“邻里模仿”为主,随着时代的推进与认知的觉醒,越来越多的地区更加关注各自地区经济增长的各种要素的组合方式,具有自身特色的经济增长方式更为各地区所接受,这也意味着各地区经济增长方式“模仿—创新”发展格局的

形成。

表 4 表明 SAR 系数( $\rho$ )在三个效应模型中均通过 1% 的显著性检验,说明环境存量包括的环境污染治理投资(E)和环境基础设施建设投资(I)对区域经济增长的空间溢出效应具有一定影响。随着时间的推移,这种空间溢出效应能有效拉动所在地区及周边地区的 GDP 增长,因此,也更有利于地方环保基础设施建设以及污染控制水平的提升。

从表 5 三个效应模型的分析结果可以看出,全社会固定资产投资、区域就业人口、环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资均对区域 GDP 的增长具有显著的影响。全社会固定资产投资和区域就业人口对区域 GDP 的提升具有显著的推进作用已经毋庸置疑。值得深入分析的是环境存量对 GDP 的影响。根据分析结果,环境污染治理投资与 GDP 间具有正相关关系。环境污染治理投资总额包括老工业污染源治理、建设项目“三同时”和城市环境基础设施建设三个部分(本研究在环境污染治理投资中剔除了城市环境基础设施建设予以单独考察)。老工业污染源治理和建设项目“三同时”属于污染治理直接投资。上述结果的产生一方面是由于这部分投资本身来源于 GDP 占用其相应比例,随 GDP 的增长而增长;另一方面是根据环境库兹涅茨曲线可知,环境污染与经济发展水平间有着倒“U”形曲线关系,在到达拐点之前均以牺牲环境为代价,因此污染的治理费用也会伴随着 GDP 的增长而增加。而环境基础设施建设投资与 GDP 间的影响系数为负,这主要是因为环境基础设施属于纯公益性项目,涵盖的领域包括了燃气、集中供热、排水、园林绿化和市容环境卫生领域的投资,具有投资规模大、资金周转慢、建设周期长、社会效益高、对整体经济发展制约较大的特征,尽管在改善环境服务与品质方面的社会效益突出,但仍无法等同于经济效益,因此才会出现上述的研究结果。当然,政府投资失误、效率低下、管理机制不健全也会导致二者发展难以协同。

从表 6 的结果可以发现,环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资间接效应的回归系数分别为 0.031 和 0.029,且分别通过了显著性水平检验,表明环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资会对邻近地区的 GDP 产生影响,即产生了空间溢出效应。当本地区开展环境污染治理投资行为时将会拉动邻近地区的 GDP 的增长,数值上为环境污染治理投资的 0.031%;同理,当本地区开展环境基础设施建设投资行为时也将带动邻近地区 GDP 的增长,数值上为环境基础设施建设投资的 0.029%。而空间溢出效应形成的根源主要在于,一方面本地区在开展环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资时,在人力资源和物资投资方面会增加,由于一部分人员和物资资源可能来源于邻近地区,因此会带动邻近地区 GDP 的增长;另一方面地区间的绿色模仿行为也会促使邻近地区环境投资的增加,进而引发 GDP 的增长。研究中还发现,开展环境污染治理投资相比环境基础设施建设投资对邻近地区 GDP 的影响更为显著(前者回归系数更高),表明环境污染治理投资所引发的邻近地区企业间的绿色模仿机制相比环境基础设施建设投资所引导的政府间的绿色模仿机制更具活力。

从表 6 的结果可知,环境污染治理投资以及环境基础设施建设对本地区 GDP 的增长具有良好的促进作用,从直接效应回归系数来看,环境污染治理投资以及环境基础设施建设对 GDP 的直接回归系数分别为 0.025 和 0.023,并且分别通过了 5% 及 10% 的显著性水平检验,表明环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对本地区的 GDP 产生正向影响。当本地区开展环境污染治理投资行为时将会拉动本地区的 GDP 的增长,数值上为环境污染治理投资的 0.025%,同理,当本地区开展环境基础设施建设投资行为时也将带动本地区 GDP 的增长,数值上为环境基础设施建设投资的 0.023%。通过对比直接影响效应可以发现,环境污染治理投资直接与间接影响效应比例大约为 0.81:1,环境基础设施建设对本地区及邻近地区 GDP 的增长效应比例约为 0.79:1。由此可知,本地区的环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对邻近地区的正向经济溢出效应相比于对本地区 GDP 的贡献更为显著,说明邻近地区间绿色标杆的设立对地区间的绿色模仿机制的形成具有积极的推进作用。而总效应结果表明环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对本地区与邻近地区的 GDP 增长均产生正向影响,其对 GDP 的贡献值为直接贡献与间接贡献之和。

基于上述分析,为有效促进环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对于区域经济的正向溢出,本文尝试从环境基础设施投融资主体多元化和环境污染治理投资效率提升两方面来推进环境投资与区域经济的协同发展。

环境基础设施投融资主体的多元化。遵循市场机制,科学制定环境基础设施投资的决策、建设、运营、监



督和评价体系,逐步削弱政府投资主体功能,将银行资本、市政债券、游离的私营、国际以及民间资本等多元社会资本纳入投融资主体,促进环境基础设施投融资主体结构的优化,构建具有典型市场特征的投融资体制,以有效增加环境基础设施投融资供给,扩大环境基础设施的建设规模。并以此为契机,积极开展具有统一布局、相互关联、功能互补的生态廊道建设,提升环境基础设施的品质,从而拉动环境基础设施建设的上下游及相关产业发展,促进本地区与邻近地区的就业水平与层次的提高,并通过良好的城市环境氛围的打造不断优化区域经济投资的软硬环境。

环境污染治理投资效率的提升。在环境投资中,环境基础设施投资的比例要高于环境污染治理投资,因此提升环境污染治理的投资效率是推进环境投资与区域经济发展形成“乘数效应”的最有效的途径。首先,提升资源的利用效率。主要指通过多级利用、循环利用、技术创新等手段提高能源、水、原材料与废弃物等的利用效率,降低最终废弃物的产出。其次,提升科技项目转化效率。加大节能环保科技创新投资,尤其重视科技创新项目的转化率,通过建立科技管理与评价的多元化体系,在保障知识产权的同时逐步降低实践转化中的“门槛限制”,提高产学研合作进程中科研成果与企业的对接效率。第三,“三同时”建设项目及污染治理项目的合理规划。为降低投资中的冗余以及分配不均的现象,环境污染治理的事前与事后项目均需要做到合理预算、科学评估和严格监管,提高“三同时”项目与后期的污染治理项目的协同效果,减少污染治理工程项目的重复投资。

## 结 论

本文旨在梳理出环境投资与区域经济间的复杂关系与内在根源,通过从环境污染治理投资和环境基础设施建设投资两个方面诠释环境投资,利用2004-2014年我国30个地区的区域面板数据构建起基于环境投资的区域空间溢出Durbin模型。研究发现地区间存在环境投资的区域空间溢出效应。通过直接效应的分析发现环境投资对本地区的经济增长具有积极贡献,间接效应的研究则表明环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对邻近地区产生了空间溢出效应。并将其形成的根源归结为,邻近地区人力资源和物资投资的增加以及地区间的绿色模仿行为所引发的邻近地区环境投资的增加。此外,研究发现本地区的环境污染治理投资以及环境基础设施建设投资对邻近地区的正向经济溢出效应相比于对本地区GDP的贡献更为显著,说明邻近地区间绿色标杆的设立对地区间的绿色模仿机制的形成具有积极的推进作用。而环境污染治理投资相比环境基础设施建设投资对邻近地区GDP的影响更为显著的根源在于地区企业间的绿色模仿机制相比政府间的绿色模仿机制更具活力。最后从环境基础设施投融资主体多元化和环境污染治理投资效率提升两方面来提出相应的策略。

### 参考文献:

- [1] Perkins R., Neumayer E. Transnational Linkages and the Spillover of Environment-efficiency into Developing Countries[J]. *Global Environmental Change*, 2009,19(3):375-383
- [2] Siddiqui M. S. Environmental Taxes and International Spillovers: The Case of a Small Open Economy[J]. *Energy Economics*, 2015,48:70-80
- [3] Galletta S. Law Enforcement, Municipal Budgets and Spillover Effects: Evidence from a Quasi-experiment in Italy[J]. *Journal of Urban Economics*, 2017,101(9):90-105
- [4] Huang J., Chen X., Huang B., et al. Economic and Environmental Impacts of Foreign Direct Investment in China: A Spatial Spillover Analysis[J]. *China Economic Review*, 2017,45:289-309
- [5] Li B., Wu S. Effects of Local and Civil Environmental Regulation on Green Total Factor Productivity in China: A Spatial Durbin Econometric Analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017,153(1):342-353
- [6] Wang C., Du X., Liu Y. Measuring Spatial Spillover Effects of Industrial Emissions: A Method and Case Study in Anhui Province, China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017,141(10):1240-1248
- [7] 王文善. 环境规制、空间溢出与地区产业竞争力[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013,23(8):123-130
- [8] 张可,汪东芳. 经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出[J]. *中国工业经济*, 2014,(6):70-82
- [9] 唐李伟,胡宗义. 生产要素、FDI、环境消耗与中国经济增长源泉——基于Biennial Malmquist生产率指数的分解[J]. *系统工程理论与实践*, 2016,36(3):581-592
- [10] 陈真玲. 生态效率、城镇化与空间溢出——基于空间面板杜宾模型的研究[J]. *管理评论*, 2016,28(11):66-74



- [11] 王铭利. 基于联立方程与状态空间模型对中国经济增长与环境污染关系的研究[J]. 管理评论, 2016,28(7):75-84
- [12] Pradhan R. P., Norman N. R., Badir Y., et al. Transport Infrastructure, Foreign Direct Investment and Economic Growth Interactions in India: The ARDL Bounds Testing Approach[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013,104(12):914-921
- [13] Duran-Fernandez R., Santos G. An Empirical Approach to Public Capital, Infrastructure, and Economic Activity: A Critical Review[J]. Research in Transportation Economics, 2014,46(9):3-16
- [14] Chen Z., Xue J., Rose A. Z., et al. The Impact of High-speed Rail Investment on Economic and Environmental Change in China: A Dynamic CGE Analysis[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2016,92(6):232-245
- [15] Holmgren J., Merkel A. Much Ado About Nothing? A Meta-analysis of The Relationship Between Infrastructure and Economic Growth[J]. Research in Transportation Economics, 2017,63:13-26
- [16] Samir S., Muhammad S., Pervaiz A. The Long-run Relationships Between Transport Energy Consumption, Transport Infrastructure, and Economic Growth in MENA Countries[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2018,111(5):78-95
- [17] 李涵,唐丽森. 交通基础设施投资、空间溢出效应与企业库存[J]. 管理世界, 2015,(4):126-136
- [18] 司增绰. 港口基础设施与港口城市经济互动发展研究[J]. 管理评论, 2015,27(11):33-43
- [19] 武勇杰,张梅青. 交通基础设施、空间溢出与经济增长关系的实证分析[J]. 统计与决策, 2017,(11):116-120
- [20] 孙晓华,刘小玲,徐帅. 交通基础设施与服务业的集聚效应——来自省市两级的多层线性分析[J]. 管理评论, 2017,29(6):214-224
- [21] 邓祖涛,吴必虎. 农村居民旅游消费影响因素的空间计量研究——基于静态和动态空间面板模型的比较分析[J]. 旅游论坛, 2017,10(5):28-40
- [22] 高铁梅,主编. 计量经济分析方法与建模:EVIEWS 应用及实例(第3版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2016

*Research on the Effects of Environmental Investments on Regional  
Spatial Spillover Effects*

*Wu Di<sup>1</sup>, Kuang Haibo<sup>2</sup> and Pan Xianyou<sup>3</sup>*

(1.School of History, Culture and Tourism, Liaoning Normal University, Dalian 116081;

2.School of Maritime Economics and Management, Dalian Maritime University, Dalian 116026;

3.Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, Dalian 116024)

**Abstract:** In this paper, the study of environmental investments is explained from two perspectives: investment in environmental pollution control and investment in the construction of environmental infrastructure. It focuses on the analysis of the response relationship between two types of environmental investments and the spillover effect of regional economic growth in China as well as the differences and causes of the impacts of two types of environmental investments. It calculates the spatial spillover effects of regional economic growth with Durbin model based on the regional panel data of 30 regions in China from 2004 to 2014. The results show that there is a strong correlation among the investment in environmental pollution control, investment in the construction of environmental infrastructure and regional GDP, and then the positive spillover effects are generated in this region and adjacent areas. It means that when the investment in environmental pollution control and investment in the construction of environmental infrastructure increase 1%, the total spatial spillover effects are 0.056% and 0.052%, the spatial spillover effects in adjacent areas are 0.031% and 0.029%. It suggests that the two kinds of investments have a more significant positive economic spillover effect of GDP on neighboring areas. The investment in environmental pollution control has a more significant impact on regional GDP than investment in the construction of environmental infrastructure. It also proposes the diversification of the investment and financing bodies in environmental infrastructure and improvement of the investment efficiency of environmental pollution control so as to promote the regional spatial spillover effects of environmental investments from the two aspects.

**Key words:** environmental investments, regional economic growth, spatial spillover effects, Durbin model