

交通可达性的提高是否加剧了中国 跨省河流污染?

——来自中国工业企业的证据

张 俊 钟春平 彭 飞*

摘 要 本文选取位于中国七大水系主要河流沿岸的边界县, 结合中国工业企业数据库, 研究交通可达性的提高对跨省河流沿岸高污染企业生产活动带来的影响。研究发现: (1) 交通可达性的提高促进了高污染企业的生产活动向上游省的下游边界县集中, 而对清洁企业的影响不显著; (2) 交通可达性的提高所带来的中国跨省河流污染主要是因上游省边界县现有污染企业的扩大再生产引起的; (3) 交通可达性的提高对上游省边界县国有污染企业生产活动的影响最大, 私营和外资企业受到的影响较小。

关键词 交通可达性, 跨省河流污染, 环境规制

DOI: 10. 13821/j. cnki. ceq. 2020. 01. 11

一、引 言

根据国家生态环境部发布的信息, 2018 年中国七大流域和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河的 1 613 个水质断面中, IV—V 类和劣 V 类水质断面比例分别为 18.9% 和 6.9%。同期 544 个重要省界断面中, IV—V 类和劣 V 类水质断面比例分别为 21.1% 和 9%¹, 即中国省界断面水质要差于其他河段水质。近年来中国跨省水污染纠纷不断爆发也反映了跨省河流污染比较严重的现状, 例如, 2005 年松花江重大跨界水污染事故, 2013 年山西长治苯胺泄漏事故导致河北邯郸市污染的纠纷等。

中国省界断面水质的恶化与中国的财政分权、地方官员晋升考核机制以及属地化的管理模式密切相关。在以 GDP 为主要考核指标的政治和财政体制

* 张俊, 中国社科院金融研究所博士后流动站, 兴业银行博士后科研工作站; 钟春平, 中国社科院财经战略研究院; 彭飞, 合肥工业大学经济学院。通信作者及地址: 彭飞, 安徽省合肥市丹霞路 485 号合肥工业大学经济学院, 230601; 电话: (0551) 63831815; E-mail: pengfeihfut@163.com。本文受国家自然科学基金项目 (71803035)、国家社会科学基金重大项目 (18ZDA064、19ZDA076)、中央高校基本科研业务费专项资金项目 (JS2018HGJXJ0033) 资助。感谢三位匿名审稿人的建设性意见, 文责自负。

¹ 中华人民共和国生态环境部《2018 年中国生态环境状况公报》。

下,地方政府官员只关心自己任期辖区内的经济增长和税收收入的增加,而忽视经济增长所带来的环境问题。由于缺乏环境质量考核压力,以及节能减排未纳入干部政绩考核体系,地方官员具有为晋升而污染的冲动(周黎安,2007;Jia,2012)。尽管中央政府要求地方减少污染排放,但在2016年省以下环保机构监测监察执法垂直管理制度改革之前,中国环境管理体制存在着属地管理的特征,这意味着,地方环保部门在接受上级环保部门业务指导的同时,还要作为当地同级人民政府的职能部门接受地方政府领导。地方环保部门作为地方政府的下属部门,其执法决策不可避免会受到地方政府的影响。在地方保护主义的作用下,国家环境政策在地方往往得不到真正的贯彻实施,地方政府只会采取一些策略性的减排手段。

面对日益严重的环境污染问题,中国政府逐渐将环境保护和节能减排放在重要位置。早在2001年“十五”规划中,中国政府就将环境保护和污染减排作为国家战略目标,“十五”规划要求到2005年全国化学需氧量和二氧化硫的排放总量减少10%。2005年“十一五”规划延续了这一减排目标,并将节能减排目标的完成情况与地方官员的政治前途直接挂钩。另外,为预防跨省水污染纠纷,2008年中国环境保护部专门出台了《关于预防与处置跨省界水污染纠纷的指导意见》(以下简称《意见》)。《意见》旨在从源头上预防跨省水污染纠纷的发生,以及建立预防与处置跨省水污染纠纷长效工作机制。

已有的研究已经证实了在追求GDP增长的目标驱动之下,东西部地区环境规制程度差异所引起的高污染企业跨省转移(即“污染避难所效应”)是引起中国河流污染问题长期存在的重要原因(Cai *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2018)。而“邻避效应”所引起的高污染企业聚集于上游省份的下游边界是跨省河流污染纠纷的根源。虽然“污染避难所效应”和“邻避效应”在一定程度上能够解释中国河流污染的地区差异,但是现有研究仍没有说明这两种效应产生作用的条件。本文尝试从交通可达性的视角,结合中国工业企业的微观数据,分析交通可达性对跨省主要河流沿岸高污染企业生产活动带来的影响,研究结果可以弥补“污染避难所效应”和“邻避效应”对中国跨省河流污染问题解释上的不足。

本文通过选取位于中国七大水系主要河流沿岸的边界县,根据各县的地理位置将其区分为“上游省的下游县”和“下游省的上游县”,同时,根据各地区高速公路开通时间构建交通可达性指标,研究交通可达性的提高是否促进了高污染企业的生产活动向上游省的下游县集中。我们发现:在控制其他条件不变的情况下,平均来说,高速公路的开通使上游省的下游县的污染企业产值比其他县要高120%。清洁企业的生产活动由于受环境政策影响较小,实证结果发现交通可达性的提高对清洁企业的地区分布影响不显著。本文关于交通可达性提高引致跨省河流污染加重的结论与直观反差较大,主要是因为研究时期为1998—2007年,该时期正是中国经济高速发展阶段,为追求

GDP增长，地方政府很可能会牺牲环境，将辖区内的高污染企业转移到下游边界地区。党的十九大以来，中央政府将污染防治摆在突出位置，并将打赢污染防治攻坚战写入十九大报告，在此背景下，中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段。因此，交通可达性提高引致跨省河流污染加重的现象与中国特定发展阶段密切相关。

本文的结构安排如下：第二部分介绍了中国跨省河流污染的制度背景，构建理论模型并提出了研究假说；第三部分是数据及识别方法的介绍；第四部分是交通可达性对河流边界地区企业生产活动影响的实证分析和稳健性检验；第五部分分析了交通可达性影响企业生产活动的内在机制；最后一部分是本文的结论。

二、中国跨省河流污染问题的制度背景与研究假说

（一）中国跨省河流污染问题背景

中国跨省河流污染问题有着独特的制度根源，在财政分权和以GDP为核心的政绩考核标准下，地方官员为了获得税收和晋升，竞相接纳污染产业在辖区落户。此外，中国环境规制有着分权的特征，中国环境监管、资源利用是以行政区划为界限，行政权力配置与生态系统相割裂的冲突，导致跨省污染问题不易得到有效解决。尽管中国2008年出台了《关于预防与处置跨省界水污染纠纷的指导意见》，但现有的政府间流域跨界污染纠纷协调处理机制运作效果仍不理想。据报道，当流域跨界污染发生以后，流域管理机构缺乏足够的权威对上游政府进行惩罚，下游政府只能通过协调的方式要求上游政府降低污染水平，而这并不符合上游政府利益最大化的目标，协调往往以失败告终。²

意识到以GDP为核心的政绩考核标准的种种弊端后，中央政府逐步增加节能减排在地方官员考核中的权重。在2005年“十一五”规划中，中央政府设定了一个到2010年化学需氧量降低10%的目标。每个省份根据其产业结构、经济发展水平和污染程度等被分配到一个具体的任务目标，并且，节能减排目标的完成情况直接决定了地方官员的政治前途，每年地方政府首长要与中央签订环境保护责任状，规定了每年的工作进度。因此，“十一五”规划中的节能减排目标成了地方政府的硬约束。

将节能减排目标的完成情况与地方官员的政治前途直接挂钩后，各地政府都将降低污染物的排放摆在一个重要位置，结果到2010年中国31个省份都完成了中央政府规定的化学需氧量减排目标。然而，“十一五”规划只针对水污染中的化学需氧量做出了减排要求，Kahn *et al.* (2015)发现作为理性

² 李成思等，“跨界水污染纠纷为何多年难解？”，《中国环境报》，2015年3月11日，第6482期第8版。

人的地方政府在减排过程中采用了实用主义的环保政策：一方面对中央政府不考核的生化需氧量、氨氮、石油类、挥发酚以及重金属等环境污染物排放量并没有降低；另一方面地方政府会把污染源迁移到远离环境监测点的地区。Chen *et al.* (2018) 和 Wu *et al.* (2017) 的研究都发现受上下游环境规制严格程度差异的影响，重污染企业逆流而上，从下游地区向中上游地区转移。

环境规制严格程度的差异除了存在于东中西部地区外，还存在于同一省份的内部。由于每个省份能够自由地将其减排任务分配给辖区内的各个市县，为了避免因环境规制过于严格导致污染企业迁出本省所带来的损失，地方政府倾向于给省内下游地区一个较低的减排目标，从而省内下游县域，特别是两省交界地带的下游县域面临着较为宽松的环境管制。基于以上逻辑，中国高污染企业会在河流沿岸省份的下游边界地区聚集。

环境规制强度变化引起污染企业转移的一个假定前提是，高污染企业迁移到环境规制程度较弱地区所产生的潜在收益要比留在环境规制较强地区所产生的各种成本（如更换清洁生产技术或者缴纳排污费等）要高。然而，高污染企业向上游地区转移同样面临着种种不确定性，例如，中国河流上游地区都是经济欠发达地区，这些地区远离东部地区的市场，并且交通可达性低。因此，交通便捷程度是高污染企业逆流迁移首先要考虑的因素之一。目前国内相关研究都认为地区环境规制程度差异是影响河流边界污染水平及高污染企业生产活动地区分布的主要因素，然而，这些文献都没有深入分析交通可达性在跨省河流污染中所扮演的角色，本文试图弥补这一不足，从这点来看，本文将中国跨省河流污染问题的研究向前推进了一步。

跨省的交通基础设施对工业部门尤为重要，影响着工业企业可覆盖的市场版图，进而影响企业的选址行为。我们重点考察交通可达性对河流沿岸边界地区高污染企业生产活动的影响，交通可达性指标我们用各县当年是否有高速公路通过来衡量。在本研究的样本期间，我国公路货运量占全部货运量的比重约为75%，其他类型交通设施只承担了很小的比例（李涵和唐丽森，2015）。此外，与国道等高等级公路相比，高速公路地区分布的差异性更大，从而有利于我们使用计量分析方法研究高速公路对河流沿岸边界地区高污染企业生产活动的影响。

（二）理论机理与研究假说

本文在 Levison and Taylor (2008) 的污染避难所效应模型基础上，考虑交通可达性提高对污染企业生产活动地区分布的影响。考虑存在两个地区³，

³ 在现实经济活动中，如何治理跨省河流污染，一般关注的是邻近的上游省和下游省两地区的治理政策，例如新安江生态补偿制度，是作为下游的浙江杭州市与上游的安徽黄山市之间共同治理河流污染的实践。因此，两地区一般均衡分析更符合现实情形。

“上游省的下游边界地区”和“其他地区”，每个地区有 N 个部门，并且每个部门中有若干个子行业，第 i 个部门 η 行业的产出用 $y_i(\eta)$ 表示，其中， $\eta \in [0, 1]$ 。假定两个地区具有相同的生产技术，并且劳动力和资本可以在地区间自由流动，生产过程满足规模报酬不变，企业投入资本和劳动进行生产，并且企业在生产过程中会产生污染， η 行业的污染密集度为 $\sigma(\eta)$ ，满足 $\sigma'(\eta) > 0$ ， $\sigma(\eta) \in [0, 1]$ 。受中央政府的委托，地方政府要对地方环境污染进行治理，地方政府环境政策工具是对排污企业征收排污费，费率为 τ 。因受到环境规制，企业对于生产过程中产生的污染，需要投入 $\theta(\eta)$ 资源治理污染，第 i 部门的 η 行业的生产函数为：

$$y_i(\eta) = [1 - \theta(\eta)] F(K(\eta), L(\eta)). \quad (1)$$

污染排放量是总产出 F 和治理强度 θ 的函数，参照 Levison and Taylor (2008)、沈坤荣等 (2017) 的做法，令污染排放函数为：

$$z_i(\eta) = [1 - \theta(\eta)]^{1/\sigma} F(K(\eta), L(\eta)). \quad (2)$$

结合式 (1)、(2) 可将生产函数转化成柯布一道格拉斯函数形式：

$$y_i(\eta) = z_i(\eta)^\sigma [F(K(\eta), L(\eta))]^{1-\sigma}. \quad (3)$$

此时的生产要素包括污染排放量和一般产成品，污染排放量和一般产成品的价格分别为 τ 和 c 。假设其他地区环境政策执行强度高于下游边界地区，即 $\tau > \tau^*$ ⁴，同时假设环境遵从成本和运输成本是导致两类地区生产成本差异的主要因素，而运输成本主要受交通可达性的影响⁵。

从式 (3) 可得 η 行业中企业的单位生产成本为：

$$C(\eta) = k(\eta) \tau^\sigma c^{1-\sigma}, \quad (4)$$

其中， $k(\eta) = \sigma^{-\sigma} (1-\sigma)^{-(1-\sigma)}$ ，因此，如果 η 行业中的企业其他地区从事生产活动，则有 $C(\eta) \leq C^*(\eta)$ ，否则，会在下游边界地区从事生产活动，即存在：

$$\left(\frac{c}{c^*}\right) \leq \left(\frac{\tau}{\tau^*}\right)^{\frac{\sigma(\eta)}{1-\sigma(\eta)}} = \Gamma(\eta; \tau, \tau^*). \quad (5)$$

令行业 $\bar{\eta}$ 使得 $C(\bar{\eta}) = C^*(\bar{\eta})$ ，由于 Γ 函数关于 η 单调递减，则在 $\bar{\eta}$ 左侧的行业满足 $C(\eta) < C^*(\eta)$ ，即会在本地生产，而在 $\bar{\eta}$ 右侧的行业由于 $C(\eta) > C^*(\eta)$ ，这些企业会在下游边界地区生产。我们分别对 $\bar{\eta}$ 关于 c 和 c^* 求导。

⁴ 这里用 * 表示下游边界地区。在现行制度框架下，各地的环境政策执行强度由各地政府及其地方环保部门决定，而体现交通可达性的高速公路是由国家发改委审批的，两者从政策制定与执行上没有必然交叉，也就不会出现环境政策执行强度决定交通可达性，进而决定跨省河流污染这一逻辑。另外，本文的下游省主要是东部以及部分中部省份，在“十一五”规划中，中央政府对这些省份设定的减排目标更高，为完成减排目标，这些省份会加强环境政策执行力度，从而导致下游省上游县的环境政策执行强度高于上游省下游县。

⁵ 交通可达性对企业运输成本具有重要影响，但是不能决定跨省河流污染。影响企业生产成本的因素有很多，这里只是对交通可达性的主要影响因素进行函数表达，从生产成本角度进行理论推理符合通常研究的一般做法，也便于理解经济学意义。

$$\frac{d\bar{\eta}}{dc} = \frac{\ln(\tau^*/\tau)}{c\sigma'(\bar{\eta}) [\ln(\tau^*/\tau) + \ln(c/c^*)]^2}, \quad (6)$$

$$\frac{d\bar{\eta}}{dc^*} = \frac{-\ln(\tau^*/\tau)}{c^*\sigma'(\bar{\eta}) [\ln(\tau^*/\tau) + \ln(c/c^*)]^2}. \quad (7)$$

由 $\tau > \tau^*$ 可得 $d\bar{\eta}/dc < 0$ 、 $d\bar{\eta}/dc^* > 0$ ，即当其他地区生产成本变大（下游边界地区生产成本减小），则 $\bar{\eta}$ 会减小，反之，则变大。 $\bar{\eta}$ 减小对应着其右侧区域会增加，即下游边界地区 η 行业的产出增加。我们假定交通可达性是导致两类地区运输成本差异的主要因素，则当下游边界地区可达性提高时，下游边界地区 $\bar{\eta}$ 行业生产的相对成本降低，从而可能存在其他地区企业搬迁至下游边界地区，或者下游边界地区 η 行业中的企业增加投资扩大生产规模。由此，我们提出研究假说 1。

假说 1：交通可达性的提高促进了高污染企业的生产活动向上游省的下游县集中。

对于清洁行业（即 $\sigma(\eta) = 0$ ），环境政策对其生产活动不构成紧约束，那么不同地区差别性的环境政策对这类企业来说无差异， η 行业中企业的单位生产成本即为产成品的生产成本，此时，存在 $d\bar{\eta}/dc = 0$ 、 $d\bar{\eta}/dc^* = 0$ 。由此，我们提出研究假说 2。

假说 2：由于清洁企业的生产活动受环境政策的影响较小，所以可以预期交通可达性的提高对清洁企业的地区分布影响不显著。

三、研究设计

（一）样本的选取与经验直觉

根据 2007 年《第一次全国污染源普查公报》显示，造纸及纸制品业、纺织业、农副食品加工业、化学原料及化学制品制造业、饮料制造业、食品制造业和医药制造业等七大行业是水污染的主要来源，这七个行业化学需氧量排放量占有行业化学需氧量排放量的 81.1%。⁶ 本文从国民经济行业分类标准中识别出与以上七个行业对应的二位数行业代码，结合 1998—2007 年中国工业企业数据库，计算各县每年高污染企业产值及企业数量，其他行业中的企业则被视为清洁企业进行对比分析。

本文选取中国七大水系的主要河流，按照 Cai *et al.* (2016) 的方法划分 A、a、B、b 四类县，其中 A、B 县有主要河流经过，a、b 县没有主要河流经过，A、a 县位于河流上游的同一省份，B、b 县位于河流下游的同一省份。A、a、B、b 四类县都处于两省交界处。A、B 县分别处于同一河流的下游和

⁶ 中华人民共和国环境保护部、中华人民共和国国家统计局、中华人民共和国农业部，《第一次全国污染源普查公报》。

上游（即“上游省的下游县”和“下游省的上游县”），A县和B县高污染企业的生产活动是本文重点分析的对象。a县和b县作为参照对象引入主要是为了控制A县和B县属于不同省份所包含的地区差异。

为了直观地比较A县和B县综合水质的差异，我们将样本中有水质监测站的县筛选出来⁷，并在历年的《中国环境年鉴》中找到各水质监测站年度的综合水质情况。图1给出了2002—2007年A县和B县综合水质变化情况⁸，可以看到，在本文的时间区间内上游省的下游县综合水质要差于下游省的上游县，这可能与地方政府策略性地将本地高污水企业放在本辖区的下游边界地区有关。为了进一步比较高速公路开通对A县综合水质带来的影响，我们将A县分为两组：有高速公路的县和没有高速公路的县。图2给出了是否有高速公路对A县综合水质变化的影响，我们看到了比较有趣的结果：在2002年和2003年A类县中有高速公路和没有高速公路的县综合水质基本相同，但是从2004年开始，开通高速公路的县综合水质开始变差，而没有开通高速公路的县综合水质还有所改善，从而两类县综合水质的差异逐渐显现。在2005年有高速公路的县综合水质有过短暂的改善⁹，两类县综合水质的差异有所减小，但是2005年之后水质差异又急剧扩大。因此，我们猜测高速公路的开通可能会对边界地区污染企业生产活动带来影响，并且是造成中国跨省河流污染的重要原因之一。

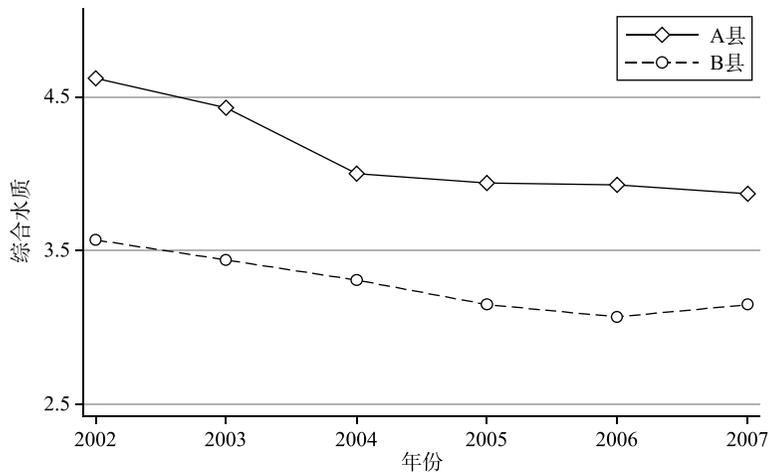


图1 2002—2007年A县和B县综合水质变化情况

⁷ 在本文样本期内共有25个边界监测点，其中A县监测点13个，B县监测点12个。

⁸ 中国从1999年开始试点建设水质自动监测站，2002年开始公布主要水系年度水质指标，2004年以后开始公布各个监测点详细的水质指标。中国将水质指标由好到差依次表示为I、II、III、IV、V、劣V六个等级，本文将其表示为数值1—6，因此，数值越大表示当地水质越差。

⁹ 可能的原因是由于2005年是“十五”的收官之年，为了应对中央对节能减排工作的考核，地方政府在2005年加大了对环境的治理。

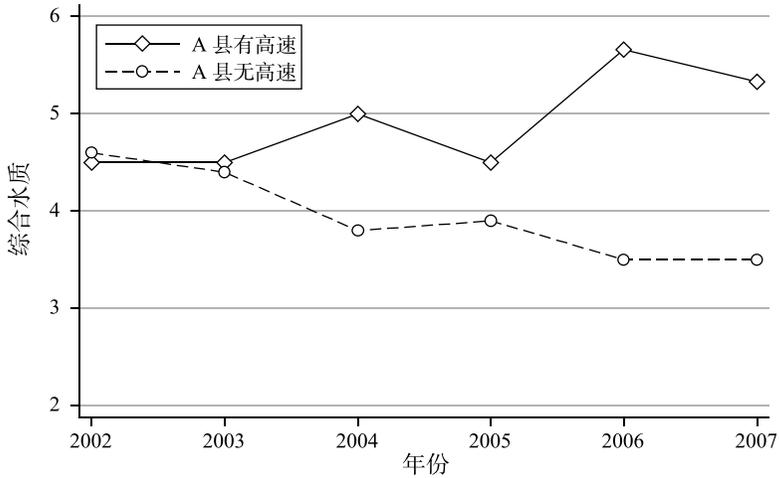


图 2 是否有高速公路对 A 县综合水质变化的影响

(二) 识别方法

基于经验直觉本文从污染企业生产活动地区分布的视角,重点分析交通可达性对边界地区综合水质带来影响的原因。根据倍差法的基本原理,我们选择样本期内开通高速公路的县作为处理组,未通高速的县作为对照组。另外,用 A、a、B、b 四类县的地理位置差异来识别跨省河流污染问题。构建的四重差分模型如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Highway}_{it} + \beta_2 \text{Highway}_{it} \times \text{Down}_i + \beta_3 \text{Highway}_{it} \times \text{River}_i + \beta_4 \text{Highway}_{it} \times \text{Down}_i \times \text{River}_i + \gamma X_{it} + \eta_t + \eta_i + \varepsilon_{it}, \quad (8)$$

其中,被解释变量是各县规模以上工业企业产值和新成立的企业数量, River_i 为该县是否位于河流沿岸的虚拟变量,A、B 县取值为 1,a、b 县取值为 0。 Down_i 为该县是否位于上游省份的下游边界地区,A、a 县取值为 1,B、b 县取值为 0。 Highway_{it} 表示该县当年是否开通高速公路,是则赋值 1,反之赋值 0。 X 是一系列控制变量,包括前一年的 GDP、人口密度、第一产业产值所占比重、当年是否有开发区。 η_t 、 η_i 分别为地区固定效应和时间固定效应。为了避免面板数据中标准误低估问题,我们将所有参数的标准误聚类(Cluster)到县级层面。

三维交互项 $\text{Highway}_{it} \times \text{Down}_i \times \text{River}_i$ 捕捉的是高速公路开通对上游省份的下游地区企业生产活动带来的影响,如果高污染企业的三维交互项系数 β_4 显著为正,则表明交通可达性的提高促进了高污染企业生产活动向上游省份的下游地区集中,即增强了中国河流污染的“边界效应”。

四、结果分析与稳健性检验

（一）基本回归结果

表 1 给出了四重差分模型的回归结果，第（1）列的解释变量仅加入了是否开通高速公路的虚拟变量，及其对应的交互项，结果表明三维交互项的系数 β_4 在 5% 的水平上显著为正，这意味着，高速公路的开通显著增加了上游省下游县污染企业产值。第（2）列中，我们加入控制变量，结果显示三维交互项的系数依然显著，并且在数值上有所增大。反映地区特征的控制变量与其预期的效应一致，一方面，地区前一年的 GDP 越高以及本地越不依赖于农业生产，其工业产值越高；另一方面，当本地成立开发区以后，其工业产值也越高。第（3）列中同时控制时间固定效应和地区固定效应后，三维交互项的系数没有发生实质变化，初步表明，在控制其他条件不变的情况下，平均来说高速公路的开通使 A 县的污染企业产值比其他县要高 0.787 个对数值，相当于 120%。

表 1 第（4）—（6）列给出了清洁企业生产总值的估计结果。从估计结果来看，无论是单独以虚拟变量及其交互项作为解释变量，还是加入控制变量，本文的核心解释变量三维交互项的系数均不显著。之所以出现这种情形，主要是清洁企业受到环境管制较小，从而对上下游地区差异性环境政策的反应相对不敏感。企业生产决策时，更多的是考虑生产配套设施的完善程度，因此，高速公路的开通不会带来上下游地区清洁企业生产活动分布的差异。

基于四重差分模型的估计结果，我们证实了研究假说 1 和假说 2，即交通可达性的提高促进了高污染企业的生产活动向上游省份的下游县集中，并且是引起中国跨省河流污染的主要原因之一。而清洁企业的生产活动由于不受地方差异性环境政策的影响，所以交通可达性的提高对清洁企业的地区分布影响不显著。

表 1 高速公路开通对河流边界地区企业生产活动的影响

	污染企业			清洁企业		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Highway	0.670*** (0.126)	0.279 (0.201)	0.269 (0.179)	0.455*** (0.135)	-0.046 (0.075)	-0.039 (0.073)
Highway×Down	-0.446** (0.166)	-0.525** (0.235)	-0.537** (0.202)	0.149 (0.187)	0.015 (0.101)	0.005 (0.101)
Highway×River	-0.394** (0.167)	-0.416* (0.219)	-0.406** (0.191)	0.097 (0.159)	0.067 (0.107)	0.067 (0.106)

(续表)

	污染企业			清洁企业		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Highway×Down×River	0.651** (0.257)	0.828*** (0.308)	0.787*** (0.269)	-0.208 (0.222)	0.033 (0.143)	0.057 (0.143)
前一年 GDP		0.517*** (0.071)	0.148 (0.104)		0.666*** (0.048)	0.631*** (0.083)
第一产业产值所占比重		-0.007*** (0.003)	-0.007** (0.003)		-0.007** (0.003)	-0.009** (0.004)
人口密度		0.001 (0.001)	0.001 (0.001)		0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
当年是否有开发区		0.152*** (0.046)	0.035 (0.049)		0.217*** (0.048)	0.211*** (0.055)
时间效应	否	否	是	否	否	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
Cluster	县	县	县	县	县	县
Within R ²	0.091	0.474	0.520	0.092	0.610	0.617
观测值	1 220	1 220	1 220	1 220	1 220	1 220

注：括号中为标准误。*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平。

(二) 平行趋势检验及高速公路开通的动态效应

倍差法使用的前提是处理组和对照组在政策冲击之前满足共同时间趋势要求，为了对平行趋势假设进行检验，我们使用 Event Study 方法，根据各县高速公路开通的年份，将各县是否开通高速公路这一事件拆分至每一年¹⁰。

从 Event Study 的估计结果来看，高速公路开通之前交互项的系数均不显著，意味着在高速公路开通之前处理组与对照组之间污染企业生产活动没有显著差异，满足平行趋势假设，而在高速公路开通之后，处理组污染企业生产活动与对照组污染企业相比显著增加。从高速公路开通的动态效应来看，高速公路对 A 县的影响呈非线性变化，在高速公路开通的第 1 年其影响逐渐显现，但效应相对较小，甚至不显著，从第 2 年开始高速公路对 A 县污染企业的影响迅速增加，在第 3 年之后保持相对稳定。这种非线性的动态变化可能与污染企业的生产决策及高速公路通车时间的不确定性密切相关。¹¹我们将

¹⁰ 感谢审稿专家提出的宝贵意见。

¹¹ 由于篇幅限制，Event Study 的回归结果未呈现出来，感兴趣的读者可向作者索取。

高速公路开通的年度效应描绘在图 3 中，可以更加直观地看出高速公路开通的年度效应。

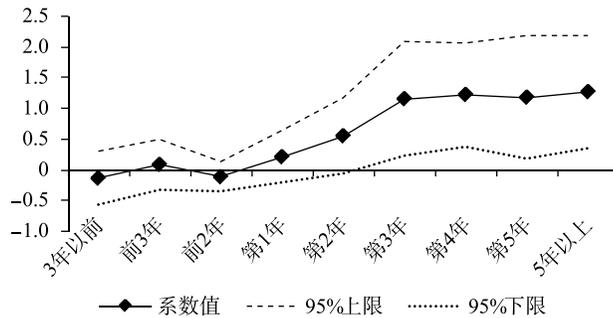


图 3 高速公路开通对 A 县污染企业影响的动态变化

(三) 稳健性检验

在稳健性检验中，我们分别考察了河流监测站点及水质自动监测的周报制度、“十一五”规划之后地方政府减排目标变化、铁路运输、未观测变量和高速公路溢出效应对本文结论的影响。具体来说，我们在表 2 第 (1) 列和第 (6) 列剔除有监测站点的县，第 (2) 列和第 (7) 列将 2006 年和 2007 年的数据从样本中剔除，第 (3) 列和第 (8) 列用该县是否有火车站来衡量交通可达性，第 (4) 列和第 (9) 列假定各县高速公路都提前两年开通，并将高速公路开通之后的年份从样本中剔除进行“反事实检验”，第 (5) 列和第 (10) 列将有高速公路 A 县的邻县作为处理组进行“安慰剂检验”。通过一系列稳健性检验，可以得出本文结论基本上不受这些因素的影响，从而可以肯定本文估计结果的确识别了高速公路开通所带来的河流污染“边界效应”。

为了考察遗漏环境规制变量和其他环境政策冲击是否影响文章结论的稳健性，我们还做了以下两个稳健性检验：一是参照“十一五”期间国家环保部发布的主要水污染物总量分配指导思路，估算各县每年征收的排污费，用估算的排污费作为“环境规制”的代理变量放入回归方程；二是剔除属于“两控区”的样本。从回归结果来看，三维交互项的系数依然显著为正，从而本文的结论受遗漏变量以及“两控区”政策的影响不大。¹²

为了解决高速公路线路的内生性问题，我们参照 Faber (2014)、张梦婷等 (2018) “最小生成树”的构建思路，用各县的“地理开发成本”作为高速公路的工具变量。在排除规划者对地区经济基础的考虑后，“地理开发成本”的高低是决定高速公路具体线路走向的重要依据，而各县的地形、地貌、环境敏感区等地理要素是地理开发成本的重要构成，并且各县的地理要素满足

¹² 由于篇幅限制，各县排污费的估算方法及回归结果未呈现出来，感兴趣的读者可向作者索取。

表2 稳健性检验

	污染企业					清洁企业				
	剔除有监 测站的县 (1)	不含2006 和2007年 (2)	考虑铁路运 输的作用 (3)	反事实 检验 (4)	安慰剂 检验 (5)	剔除有监 测站的县 (6)	不含2006 和2007年 (7)	考虑铁路运 输的作用 (8)	反事实 检验 (9)	安慰剂 检验 (10)
Highway	0.254 (0.183)	0.330 (0.252)	0.098 (0.261)	0.032 (0.076)	0.143 (0.138)	-0.049 (0.072)	-0.014 (0.074)	0.108** (0.038)	0.019 (0.073)	-0.006 (0.073)
Highway×Down	-0.560** (0.219)	0.518** (0.260)	0.067 (0.196)	-0.052 (0.087)	-0.099 (0.168)	-0.054 (0.101)	-0.075 (0.090)	0.034 (0.076)	0.009 (0.076)	0.038 (0.090)
Highway×River	-0.420** (0.198)	-0.506* (0.263)	0.245 (0.306)	-0.054 (0.088)	-0.275 (0.161)	0.020 (0.105)	0.081 (0.116)	-0.081 (0.241)	-0.048 (0.090)	0.038 (0.106)
Highway×Down×River	0.838*** (0.312)	0.911** (0.391)	-0.384 (0.224)	0.093 (0.104)	0.244 (0.247)	0.111 (0.146)	0.108 (0.142)	0.008 (0.068)	0.054 (0.108)	-0.219 (0.138)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
Cluster	县	县	县	县	县	县	县	县	县	县
Within R ²	0.505	0.316	0.507	0.128	0.441	0.603	0.422	0.617	0.114	0.505
观测值	1 100	962	1 220	430	1 220	1 100	962	1 200	430	1 220

注：括号中为标准误。*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平。

严格外生的要求。从工具变量回归结果来看，“地理开发成本”对各县是否开通高速公路的影响显著为负，即开发成本越高的县，其开通高速公路的概率越小。从而，“地理开发成本”作为工具变量能够较好地捕捉各县是否开通高速公路的信息。从第二阶段的估计结果来看，以“地理开发成本”作为工具变量的三维交互项系数依然显著为正，说明考虑内生性的影响之后，仍然能够观测到高速公路开通对河流上游省的下游县污染企业生产活动带来的影响。¹³

五、交通可达性影响企业生产活动的内在机制

（一）在位者还是新进入者污染

交通可达性的提高可能会通过以下几种机制对河流上游边界地区的污染企业生产活动带来影响：一是交通可达性的提高会促进东部地区高污染企业迁移到交通便捷的上游地区；二是对于迁移成本较大的下游污染企业会上游地区新设立分公司，将其生产线转移到上游地区；三是交通可达性的提高降低了上游边界地区污染企业的运输成本，从而上游边界地区现有的污染企业会扩大再生产。为检验究竟是哪一种机制在发挥作用，我们参照王兵和聂欣（2016）的方法，根据污染企业的开业时间，将污染企业分为在位者、新进入者和迁移者。

从表3第（1）列当年新成立企业的生产总值来看，高速公路的开通没有带来上游边界地区新进入企业产值的扩大。出现这种情形的原因可能是高速公路的开通并没有带来上游边界地区新成立企业数量的增加。为检验是否存在这种可能性，我们将被解释变量换成各县每年新成立的企业数量，第（2）列是面板负二项回归的结果，可以看到此时三维交互项的系数依然不显著，说明高速公路的开通的确没有带来上游边界地区新成立企业数量的增加。由于在本文的样本中，有许多地区每年新成立的企业数量都为0，从而计数数据中含有大量的0值，在第（3）列中我们将估计方法换成零膨胀负二项回归，从回归结果来看，三维交互项的系数依然不显著。因此，可以确认高速公路的开通对上游边界地区新进入者的数量没有显著影响。

从前3列的回归结果来看，交通可达性的提高所带来的中国跨省河流污染与新成立的污染企业关系不大。为排除企业搬迁、进入、退出对结论的影响，我们将研究样本缩小为1998—2007年一直在同一地区从事生产活动的污染企业。表3第（4）列给出了现有企业生产总值的回归结果，从回归结果来看，三维交互项的系数显著为正。因此，我们可以确定交通可达性的提高所

¹³ 由于篇幅限制，工具变量详细的构建方法及回归结果未呈现出来，感兴趣的读者可向作者索取。

带来的中国跨省河流污染主要是因上游边界地区现有污染企业的扩大再生产引起的。

值得注意的是,由于中国工业企业数据的样本企业为全部国有企业和规模以上企业,受迁移成本和地方政府的影响,这类企业向外迁移的可能性较小。为规避环境管制而迁移的情况更多发生在小企业中,现实中小企业为降低环境规制遵从成本向外迁移的情形并不鲜见,然而小企业样本未纳入中国工业企业数据库中,受样本限制,本文未识别出交通可达性的提高对小企业进入带来的影响。因此,对本文结论的外推应保持谨慎。

表3 高速公路开通对河流边界地区新旧污染企业生产活动的影响

	新建企业生产总值	新建企业数量		现有企业生产总值
	(1)	(2)	(3)	(4)
Highway	-0.257 (0.330)	-0.445 (0.373)	-0.205 (0.329)	0.099 (0.061)
Highway×Down	0.763 (0.688)	0.762 (0.586)	0.264 (0.541)	-0.071 (0.089)
Highway×River	0.096 (0.486)	0.038 (0.529)	0.063 (0.441)	-0.124 (0.076)
Highway×Down×River	-0.690 (0.868)	-0.423 (0.799)	0.148 (0.713)	0.219* (0.113)
控制变量	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是
观测值	1 220	1 220	1 220	1 220

注:括号中为标准误。*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平。

(二) 对不同减排压力地区企业生产活动的影响¹⁴

交通可达性的提高影响上下游地区污染企业生产活动的一个重要假定是这些地区在环境规制强度上存在差异,为了检验各地区环境规制差异导致高速公路开通对上下游地区污染企业生产活动带来的影响,我们根据“十一五”期间中央政府给各省下达的化学需氧量减排目标,将各省分成“强减排压力地区”和“弱减排压力地区”,研究高速公路开通对不同减排压力地区企业生产活动带来的影响。“强减排压力地区”为“十一五”期间化学需氧量减排比例高于全国平均值的省份,反之,则为“弱减排压力地区”。

¹⁴ 感谢审稿专家提出的宝贵意见。

从表 4 可以看到，“强减排压力地区”和“弱减排压力地区”的三维交互项系数都显著为正，说明高速公路开通导致上游省的下游边界县污染企业产值扩大这一现象在两类地区都存在，但是从系数值来看，高速公路的开通对“强减排压力地区”污染企业生产活动的地区分布影响更大，这与中国的现实背景相一致。由于“强减排压力地区”面临更大的减排压力，为达到中央政府下达的减排目标，同时，尽可能减少因环境政策过严导致本地污染企业向外省迁移，地方政府在向下级政府分配减排任务时，可能会给下游省界地区一个较低的减排量。而“弱减排压力地区”因其减排压力相对较小，地方政府在向下级政府分配减排任务时该动机可能更弱。

表 4 高速公路开通对不同减排压力地区企业生产活动的影响

	强减排压力地区		弱减排压力地区	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Highway	0.284 (0.229)	0.263 (0.193)	0.150*** (0.037)	0.062 (0.037)
Highway×Down	-0.541* (0.307)	-0.446** (0.211)	-0.357** (0.131)	-0.326** (0.136)
Highway×River	-0.368 (0.246)	-0.401* (0.216)	-0.460** (0.171)	-0.313** (0.116)
Highway×Down×River	0.971** (0.436)	0.855** (0.362)	0.564** (0.217)	0.481** (0.181)
控制变量	是	是	是	是
时间效应	否	是	否	是
地区效应	是	是	是	是
Cluster	县	县	县	县
Within R ²	0.423	0.476	0.614	0.651
观测值	640	640	580	580

注：括号中为标准误。*、**、***分别表示 10%、5%、1%的显著性水平。

（三）对不同所有制企业生产活动的影响

地方政府在面临减排压力时，可能会对辖区内不同类型的企业采取差异化的环境管制措施。已有研究发现，环保部门对资本流动性较差的企业往往实施较为严格的环境管制标准（冯俊诚，2017）。国有企业由于其特殊的地位，因排污而被处罚的可能性或处罚金额更低（Wang and Wheeler, 2005）。因此，交通可达性的提高可能会对不同类型企业的生产活动带来差异化的影响。为考察究竟是哪一类企业受高速公路开通的影响最大，我们分别检验高

速公路开通对不同所有制企业生产活动带来的影响。

从表5可以看到,在三种类型的企业中,仅有国有企业的三维交互项系数显著为正,而私营企业和外资企业的三维交互项系数不显著。平均来说,A县国有污染企业比其他县国有污染企业产值高0.426个对数值,相当于53%。基于此,我们证实了上游边界地区国有污染企业受高速公路开通的影响最大,而私营和外资企业的生产活动与下游边界地区无显著差异。之所以出现这种情形,主要是国有背景的污染企业由于与地方政府关系密切,从而其生产活动较少地受到环境政策的约束,当交通可达性提高之后,这些企业会优先扩大生产规模。相对于国有企业,私营企业可能面对的环境政策要更加严格,也受到了更大的资金约束,当交通可达性提高后,私营企业不能轻易地扩大生产规模。而外资企业在刚开始选址时就会选择交通便捷的地区,中国省界线上的县级区域因过境交通线路少、质量差、断头路多(周黎安和陶靖,2011),外资企业选择在这些地区落户的可能性较低,的确在本文的样本中外资企业数量相对较少。因此,高速公路开通对外资企业生产活动的影响也不显著。

表5 高速公路开通对不同所有制企业生产活动的影响

	国有企业		私营企业		外资企业	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Highway	0.249** (0.095)	0.262*** (0.093)	-0.507 (0.312)	-0.805*** (0.158)	-0.581 (0.414)	-0.680** (0.337)
Highway×Down	-0.324** (0.149)	-0.372** (0.148)	-0.339 (1.011)	0.309 (0.645)	-0.311 (0.604)	-0.109 (0.477)
Highway×River	-0.341*** (0.126)	-0.356** (0.124)	1.112** (0.550)	1.323** (0.526)	0.309 (0.447)	0.387 (0.370)
Highway×Down×River	0.388** (0.191)	0.426** (0.189)	0.520 (1.165)	-0.524 (0.867)	1.049 (0.764)	1.076 (0.647)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	否	是	否	是	否	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
Cluster	县	县	县	县	县	县
Within R ²	0.014	0.049	0.390	0.544	0.103	0.137
观测值	1 220	1 220	1 220	1 220	1 220	1 220

注:括号中为标准误。*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平。

为验证国有企业和私营企业是否因环境遵从成本的差异,导致高速公路开通对边界地区不同所有制企业带来差异性影响,我们重点考察这两类企业

排污费负担的大小。由于中国工业企业数据库仅在2004年披露了企业的排污费数据，所以我们只能静态地观察不同类型企业排污费的差异情况。本文将企业缴纳的排污费作为地方政府对企业环境规制程度的衡量指标，在2004年的企业样本中，共有30%的污染企业有缴纳排污费的记录，我们将排污费为0的企业数据剔除掉，重点分析不同类型企业排污费征收强度的差异。

我们以排污费的对数值作为因变量，同时控制企业的生产总值和员工人数，分别考察了高速公路开通对不同地区以及不同类型污染企业排污费的影响。从回归结果来看，高速公路的开通显著降低了A县污染企业所缴纳的排污费，在控制其他条件不变的情况下，高速公路的开通使A县污染企业缴纳的排污费比其他县污染企业要低0.463个对数值，相当于少交37%的排污费。进一步细分企业类型的回归结果显示，在2004年开通了高速公路的县，国有企业所缴纳的排污费则显著低于没有开通高速公路的县。然而，我们在下游省的上游县并没有看到相同的结果。这说明有高速公路开通的上游县，其地方政府会降低对国有企业的环境规制程度，从而高速公路开通仅对上游省下游县国有企业生产活动带来影响。¹⁵

除了环境遵从成本差异外，国有和私营企业面临的融资约束也存在差异，现有文献大多使用企业可获得的银行贷款来刻画其面临的融资约束，由于中国工业企业数据库未报告企业的贷款数据，我们使用企业资产负债率作为其负债水平的代理变量，进一步检验高速公路开通后两类企业的资产负债率是否发生显著变化。回归结果显示，高速公路开通对A县国有企业资产负债率的影响显著为正，平均来说，A县国有污染企业的资产负债率比其他县高24.7%，而高速公路开通对A县民营企业资产负债率的影响不显著，说明高速公路开通后，A县私营企业可能因其负债能力较弱，限制了其生产规模的扩大，最终导致高速公路开通对A县私营企业生产活动影响不显著。¹⁶

六、结论与政策含义

本文从中国工业企业的生产活动入手，分析交通可达性对跨省主要河流沿岸高污染企业生产活动带来的影响。研究发现：在控制其他条件不变的情况下，平均来说，高速公路的开通使A县的污染企业产值比其他县要高120%。清洁企业的生产活动由于不受地方更加严厉环境政策的影响，所以交通可达性的提高对清洁企业的地区分布影响不显著。基于内在机制的研究，我们还发现，交通可达性的提高所带来的中国跨省河流污染主要是因上游省边界地区现有污染企业的扩大再生产引起的。并且，交通可达性的提高对强

¹⁵ 由于篇幅限制，回归结果未呈现出来，感兴趣的读者可向作者索取。

¹⁶ 由于篇幅限制，回归结果未呈现出来，感兴趣的读者可向作者索取。

减排压力地区的影响大于弱减排压力地区。从企业类型来看,交通可达性的提高对上游省边界地区国有污染企业生产活动的影响最大,而私营和外资企业的生产活动没有因交通可达性的提高而与下游省的上游边界县产生显著差异。

本研究丰富了跨省河流污染的文献,研究的结论对于中国河流污染治理也提供了有益的启示:中国的河流污染存在突出的跨省环境问题,各地区因缺乏联动,执法标准、执法尺度也不统一,容易造成污染源流动到“执法洼地”(中央党校“生态文明建设”研究专题课题组,2018)。同时,为了追求自身政治、经济利益的最大化,地方政府可能与污染企业达成合谋,鼓励污染企业在跨省边界地区从事生产活动,将污染转嫁给下游省份,而边界地区交通可达性的提高则为当地污染企业生产活动提供了便利。

为治理因地区行政区划体制引起的跨省河流污染的痼疾,我们提出如下政策建议:一是中央环保部门应关注相邻省界地区执行水环境质量的统一性和合理性,防止上游地方政府放松边界地区的环保规定,从而与企业合谋将污染设施建立在辖区内的边界位置;二是推广跨省流域生态补偿机制,调动上下游地区对全流域水资源保护的积极性,统筹推进全流域联防联控;三是设立区域环保监测、监察和执法机构,区域环保机构直接受中央环保部门领导,由区域性的环保监测、监察和执法机构来加强对交通条件较好边界地区工业企业的环境检查强度。

需要注意的是,由于本文使用的中国工业企业数据涉及时间较早,研究的结论不能外推到当前的情形。实际上,治理污染是一项长期的工作,水质的改善也需要一定的过程。近年来,随着中央对水污染治理工作的日益重视,当前中国水污染治理工作涌现出一些新的机制,如跨省流域横向生态补偿机制、河长制的广泛推行等,现有研究都发现这些治污工作取得了明显的效果。因此,随着中国水污染治理工作的深入推进,交通可达性的提高所带来的跨省河流污染问题会逐步缓解。

参考文献

- [1] Cai, H., Y. Chen, and Q. Gong, "Polluting Thy Neighbor: Unintended Consequences of China's Pollution Reduction Mandates", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2016, 76, 86-104.
- [2] Chen, Z., M. E. Kahn, and Y. Liu, *et al.*, "The Consequences of Spatially Differentiated Water Pollution Regulation in China", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, 88, 468-485.
- [3] Faber, B., "Trade Integration, Market Size and Industrialization: Evidence from China's National Trunk Highway System", *Review of Economic Studies*, 2014, 81 (3), 1046-1070.
- [4] 冯俊诚, "所有制、迁移成本与环境管制:来自重庆微观企业的经验证据",《财贸经济》,2017

- 年第4期，第21—36页。
- [5] Jia, R. X., “Pollution for Promotion”, Stockholm University Job Market Paper, 2012.
- [6] Kahn, M. E., P. Li, and D. Zhao, “Water Pollution Progress at Borders: The Role of Changes in China’s Political Promotion Incentives”, *American Economic Journal: Economic Policy*, 2015, 7 (4), 223-242.
- [7] Levinson, A., and M. S. Taylor, “Unmasking the Pollution Haven Effect”, *International Economic Review*, 2008, 49 (1), 223-254.
- [8] 李涵、唐丽森，“交通基础设施投资、空间溢出效应与企业库存”，《管理世界》，2015年第4期，第126—136页。
- [9] 李静、杨娜、陶璐，“跨境河流污染的‘边界效应’与减排政策效果研究”，《中国工业经济》，2015年第3期，第31—43页。
- [10] 沈坤荣、金刚、方嫒，“环境规制引起了污染就近转移吗？”，《经济研究》，2017年第5期，第44—59页。
- [11] Sigman, H., “Transboundary Spillovers and Decentralization of Environmental Policies”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2005, 50 (1), 82-101.
- [12] 王兵、聂欣，“产业集聚与环境治理：助力还是阻力”，《中国工业经济》，2016年第12期，第75—89页。
- [13] Wang, H., and D. Wheeler, “Financial Incentives and Endogenous Enforcement in China’s Pollution Levy System”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2005, 49 (1), 174-196.
- [14] Wu, H., H. Guo, and B. Zhang, *et al.*, “Westward Movement of New Polluting Firms in China: Pollution Reduction Mandates and Location Choice”, *Journal of Comparative Economics*, 2017, 45 (1), 119-138.
- [15] 张梦婷、俞峰、钟昌标、林发勤，“高铁网络、市场准入与企业生产率”，《中国工业经济》，2018年第5期，第137—156页。
- [16] 中央党校“生态文明建设”研究专题课题组，“关于‘实行省以下环保机构监测执法垂直管理制度’改革的思考”，《理论视野》，2018年第2期，第22—28页。
- [17] 周黎安，“中国地方官员的晋升锦标赛模式研究”，《经济研究》，2007年第7期，第36—50页。
- [18] 周黎安、陶婧，“官员晋升竞争与边界效应：以省区交界地带的经济发展为例”，《金融研究》，2011年第3期，第15—26页。

Does the Increase in Traffic Accessibility Exacerbate China's Transboundary River Pollution? —Evidence from China's Industrial Enterprises

JUN ZHANG

(Chinese Academy of Social Science; Industrial Bank)

CHUNPING ZHONG

(Chinese Academy of Social Science)

FEI PENG*

(Hefei University of Technology)

Abstract By selecting the border counties located on the main rivers of China's seven water systems, and combining the China industrial enterprise database, we study the influence of the increase of traffic accessibility on the production activities of high polluting enterprises. We find that: (1) The increase of traffic accessibility promotes the concentration of production activities of high-polluting enterprises in the downstream boundary counties of upstream provinces, while the impact on the cleaner enterprises is not significant. (2) Traffic accessibility improvement of China's river pollution is mainly due to the upstream across provinces border existing pollution enterprises expand reproduction. (3) The increase of traffic accessibility has the greatest impact on the production activities of state-owned polluting enterprises in the upstream provincial border regions, while the impact on the production activities of foreign and private enterprises is not significant.

Key Words traffic accessibility, transboundary river pollution, environmental regulation

JEL Classification Q53, Q58, H7

* Corresponding Author: Fei Peng, School of Economics, Hefei University of Technology, 485 Danxia Road, Hefei, Anhui, 230601, China; TEL: 86-551-63831815; E-mail: pengfeihfut@163.com.