

施德浩, 于涛, 王磊. 高铁开通对县级单元产业结构的影响——以长三角地区为例 [J]. 地理科学, 2022, 42(11): 1912-1922. [Shi Dehao, Yu Tao, Wang Lei. The impact of high-speed railway on the industrial structure of county-level units: Taking the Yangtze River Delta as an example. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(11): 1912-1922.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2022.11.006

高铁开通对县级单元产业结构的影响 ——以长三角地区为例

施德浩¹, 于涛², 王磊^{3,4}

(1. 香港中文大学地理与资源管理系, 香港 999077; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 江苏 南京 210093; 3. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 4. 英国曼彻斯特大学规划与环境管理系, 英国 曼彻斯特 M139PL)

摘要: 运用多期双重差分模型估计高铁开通对长三角地区县级单元产业结构的影响, 并借助门槛效应和中介模型检验高铁效应的作用机制。结果显示: ① 高铁开通显著促进了县级单元的产业结构升级, 非同步地推动第二产业的分散和第三产业的聚集。② 人口规模对高铁效应存在部分中介作用, 但在长三角县级单元中未发生门槛突变。③ 高铁开通对第三产业和第二产业的影响呈现不同的时间滞后性, 致使县级单元产业结构转型存在两个窗口期, 分别为开通当年和第 3 年。因此县级单元应立足自身情况并顺应高铁开通后的产业演化规律, 以制定针对性的政策来激励或对冲。

关键词: 高速铁路; 县级单元; 产业结构; 多期双重差分; 长三角

中图分类号: F532.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2022)11-1912-11

近年来中国高铁建设为交通运输带来了根本性变革, 减小交通运输成本的同时也促进了产业结构调整。首先, 高铁路网带来的时空压缩重塑了区域间空间结构和经济联系^[1]; 其次, 高铁线路提高了城市间可达性, 增强了各种生产资料的跨界流动^[2]; 最后, 高铁站点建设还会重塑城市内土地价值, 影响产业空间布局^[3]。可见, 高铁开通将重塑区域内产业空间格局, 进而推动城市产业结构调整^[4]。得益于“四横四纵”铁路网的敷设以及数据、方法的更迭, 地市级的高铁影响研究已得出丰富的结论^[5,6], 但县级尺度的高铁效应依然需要深入探讨。一方面是因为过去高铁建设旨在加强区域和中心城市的联系, 县级高铁站的选点与建设一定程度上依附于区域高铁网络规划; 另一方面, 过去县级单元的主要职能为服务农村地区, 产业结构相对单一, 且社会经济数据的可获取性也较低, 限制了对高铁效应的量化估计与误差校准。

伴随着高铁建设的尺度下沉以及中国城镇化迈入下半场, 关于高铁进县的研究以及研究结论有必要进一步深化。在最新的《全国中长期铁路网规划》里提出了 2030 年将实现县域高铁基本覆盖, 这一点在东南沿海地区尤为明显^[7]。此外, 从 2020 年“十四五”规划到 2022 年中办国办发文明确指出推进以县城为重要载体的城镇化建设, 同时铁路中长期规划和部分省域铁路“十四五”规划均提出了铁路网向县域下沉。然而, 我们国家在历经近 10 a 黄金期的高铁快速扩张以后, 国家开始意识到铁路“重投入, 轻产出”的问题, 并于 2021 年 3 月出台了《关于进一步做好铁路规划建设工作意见的通知》, 旨在提高配建标准, 收紧项目审批, 尤其是对县级单元上马高铁项目表现出更加审慎的态度。综上可见, 在县级尺度展开对高铁效应研究的必要性和迫切性^[8,9]。

收稿日期: 2021-10-29; 修订日期: 2022-02-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(51878330)、中央高校基本科研业务费专项资金(090214380024)、江苏省自然科学基金项目(BK20200109)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (51878330), The Fundamental Research Funds for the Central Universities (090214380024), Natural Science Foundation of Jiangsu Province, China (BK20200109).]

作者简介: 施德浩(1994-), 男, 浙江温州人, 博士研究生, 主要研究方向为区域分析与规划、城乡治理。E-mail: sdhdouble@foxmail.com

通讯作者: 于涛。E-mail: taoyu@nju.edu.cn

1 文献综述与研究假设

随着高铁运营带来观测数据的增加,近年来高铁效应研究开始从效应预测向质性分析再向量化分析转变,其中涉及了高铁开通对人口聚集^[10]、固定资产投资^[11]、制造业转移^[12]、服务业聚集^[13]等多种要素影响。东南沿海地区高铁建设最早,路网密度最高,同时也是全国专业化分工和产业结构调整的头排兵,因此高铁对产业结构和细分产业的研究大多以该地区为实证对象,如京沪高铁、长江三角洲和珠江三角洲^[14,15]。诚然,已有研究指出高铁对产业的影响集中在服务业和知识经济^[16],但有学者指出这种结论需要更审慎地考虑^[17]。此外,也有研究指出高铁效应存在明显的时滞性(Time-lagging)^[18]。

当前对高铁影响产业结构的机制解释主要基于经济地理学和空间经济学两种范式。前者聚焦于可达性(Accessibility),认为高铁开通提高城市可达性,进而带来时空压缩效应和城市区位变化等,并以此来审视其对经济增长的影响。后者基于规模报酬递增的假设,提出贸易自由度、循环因果链和路径依赖原则等概念,进而构建交通基础设施建设、劳动力工资和产业转移的空间经济学分析框架^[19]。两种解释均指出高铁建设的两面性,即高铁对于产业要素同时存在吸引和排斥的双向作用,而产业结构作为多种产业的复合概念,在分析中需要充分考虑其内生性和异质性问题^[20]。

稳健性检验方面,地市级和县级的差异不仅在于行政等级,也与城市人口规模密切相关。有关研究指出高铁建设将会促进城市规模增长,而城市规模也对产业结构演化存在明显的异质性影响^[21-23]。考虑到长三角县级单元的人口规模差异较大,本文研究将以人口规模对县级单元进行分组来检验高铁对产业结构的影响效应,同时预设“高铁开通-县域人口增长-产业结构升级”的影响路径来检验人口规模的门槛作用与中介模型。基于此,本文以长三角三省一市为研究区域,采用多期双重差分模型对县级单元产业结构演变进行估计,并借助门槛效应和中介模型来探讨高铁效应的作用机理。

2 研究区域、研究方法和数据来源

2.1 研究区域

1) 长三角高铁开通历程。本次研究涵盖广义的长江三角洲地区,即江苏、浙江、安徽和上海这三

省一市。长三角地区是全国最早开通高铁的地区,高铁站点数量和高铁站点密度位居全国首列。始于2008年宁蓉铁路的合宁段通车,长三角的高铁建设进入加速期。根据不同时期站点开通情况可将长三角高铁建设分为:第一阶段,2008—2013年,该时期主要开通连接区域中心城市的高铁线路,如上海、南京、杭州、宁波等,旨在形成区域性高铁网络主骨架;第二阶段,2014—2017年,高铁网络开始连接区域次级节点城市,并开通一些具有专业化功能的线路,如以旅游为主的杭黄铁路。可见,2014年后新增高铁线路逐渐偏向服务中小城市和县级单元。截至2017年,该地区已开通17条高铁线路,116个站点;41个地级市中有33个、158个县级单元中有49个开通了高铁(<http://crh.gaotie.cn/>)。

2) 长三角县级单元的产业结构演化。本次研究的空间尺度为长三角所有市县单元,包括县、县级市、市辖区,全文称为县级单元。为响应全球产业分工和减碳政策,长三角地区面临严峻的产业结构转型升级挑战,并积极主动地推行“退二进三”。通过对长三角地区所有县级单元2000—2017年的第二产业、第三产业以及产业结构(以第三产业和第二产业的产值之比来度量产业结构^[24])进行空间自相关分析得到的全域莫兰指数(Global Moran's I)。结合长三角地区高铁开通阶段和产业结构演化绘制图,从2000年与2008年的情况看出,仅有一些区域中心城市的产业结构开始优化(第三产业相对第二产业比重更高)。2008—2013年代表高铁开通的第一阶段,区域的高铁网络主骨架引导中心城市产业结构调整的趋势逐渐向周边蔓延,而2013—2017年后高铁路网向次级中心和县域延伸,同时这种产业结构调整的趋势显著扩散并加强(图1)。可见,长三角地区的产业结构调整与高铁开通时序基本同步,其中因果关系需进一步审查。

2.2 研究方法

本文采用双重差分模型(DID)^[25]来估计高铁对产业结构的影响。将所有样本分为接受政策影响(开通高铁的县)的实验组和未接受政策影响(未开通高铁的县)的对照组,同时考虑高铁开通前和开通后的差异,提取“有无差异”和“前后差异”以实现对高铁建设整体净效应的计算。此外,考虑到高铁开通是一个渐进的过程,同时高铁效应也可能存在一定的时滞性,因此本文将模型拓展为多期双重差分模型,以此分析高铁开通的动态效应。模型如下:

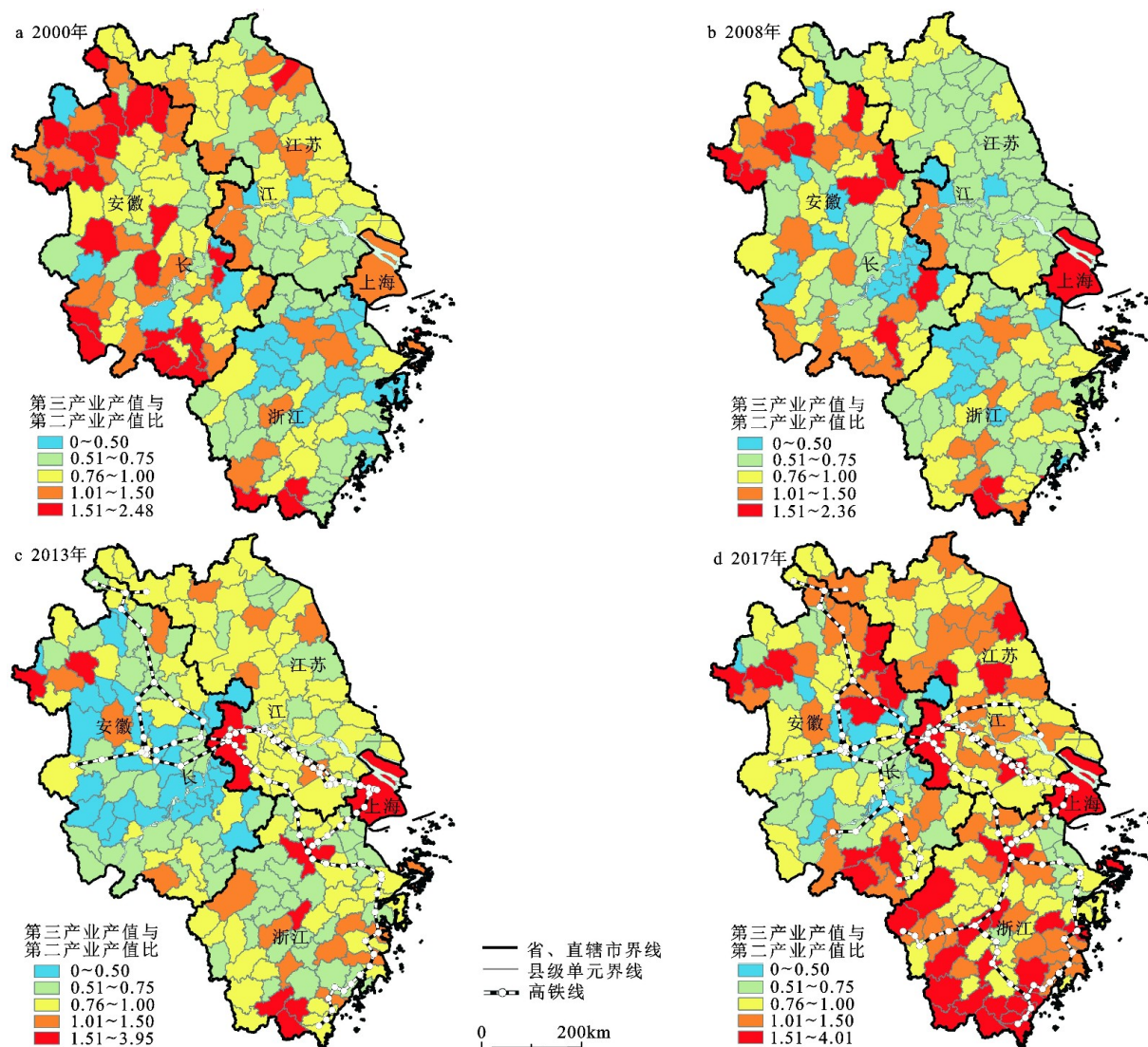


图1 2000年、2008年、2013年和2017年长三角高铁建设和产业结构变化情况

Fig.1 The construction of high-speed railway (HSR) and industrial structure changes in the Yangtze River Delta in 2000, 2008, 2013 and 2017

$$\gamma_{it} = \alpha + \tau_1 HSR_{1it} + \tau_2 HSR_{2it} + \cdots + \tau_y HSR_{yit} + \beta_1 Treat_{it} + \beta_2 T_{it} + \beta_3 Cov_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

式中, γ_{it} 是回归方程的因变量, 基于前文假设, 本次研究将以县级单元的产业结构, 第二产业的产值和第三产业的产值分别作为因变量进行差分分析, 即 γ_{it} 表示 i 城市 t 年的产业演化情况(产业结构、第二、三产业产值)。 $Treat_{it}$ 是表示控制组的虚拟变量, 如果 i 城市是开通高铁城市 $Treat_{it}=1$, 否则为 0; T_{it} 是表示时间的虚拟变量, 高铁开通之前赋值为 0, 高铁开通之后赋值为 1; HSR_{it} 是 $Treat_{it}$ 和 T_{it} 的交互项, 也是双重差分的核心变量, 其估计系数 τ 是表示高铁开通对因变量的影响效应。其中通过 HSR_{yit} 来细分表示 HSR_{it} 的历年情况, 即如果 t 年是 i 城开通高

铁的第 y 年, 那么 HSR_{yit} 的取值为 1, 否则为 0, τ_y 则表示高铁在第 y 年对 i 城产业变化的净影响; β_1 表示实验组和控制组的组别差异; β_2 表示高铁通车前后的时间差异; Cov_{it} 表示控制变量集合, 由于影响产业结构、第二产业、第三产业的因变量不尽相同, 因此三次分析需要单独选取控制变量; β_3 是其相关系数; α 是常数项; μ_i 表示城市个体的固定效应; δ_t 表示年份固定效应; ε_{it} 是残差项。本文所有数理分析均在 Stata 中完成。

2.3 数据来源与预处理

1) 指标选取。本次研究尺度为长三角地区所有县级单位, 共计 199 个县级研究单元(由于市辖区一般为连续建成区, 因此一个市的市辖区将会被

整合成为一个单位)。由于地级市下辖县级单元并非均开通高铁站点,且各县高铁建设存在先后时序,因此选择县级尺度可提高高铁效应估计的时空分辨率。由于双重差分模型需有足够长的基期和实验期,因此选取 2008 年(长三角地区第一条高铁开通时间)前后 9 a 为研究时间,即 2000—2017 年。其中涉及到了行政区划调整的问题,如巢湖市的行政区划调整,均按调整前的统计范围进行折算。

本文以第二产业、第三产业和产业结构作为解释变量,指标选取方面综合参考关于高铁与产业结构的相关研究(表 1)^[26]。其中第二产业的控制变量为人均生产总值($pGDP$)、常住人口(Pop)、城市等级($Admin$)、固定资产投资(FAI)、房地产投资(REI)、公共财政支出(PFE)和教育支出(Edu),更加强调城市经济总量、城市行政等级和国有企业的支配能力;第三产业的控制变量为人均生产总值($pGDP$)、常住人口(Pop)、专利授权数理($Patent$)、城镇化水平(Nag)、房地产投资(REI)、公共财政支出(PFE)和教育支出(Edu),更加关注城市的创新水平和治理能力;产业结构则综合考虑可能的影响因素,城市等级($Admin$)、人均生产总值($pGDP$)、常住人口(Pop)、教育支出(Edu)、固定资产投资(FAI)、房地产投资(REI)、专利授权数理($Patent$)、

城镇化水平(Nag)、公共财政支出(PFE)。主要数据集包括 2000—2017 年县级单元的社会经济数据和高铁开通信息。其中,社会经济发展数据来自各市县的统计年鉴(<https://data.cnki.net/>)和相关数据库(<https://www.epsnet.com.cn/>);城市开通高铁的年份数据来源于高铁网站(<http://www.gaotie.cn/>);城市等级根据行政地位划分为 5 档:直辖市的区、副省级城市的区、一般地级市的区、县级市和县。

2) 前期检验与倾向得分匹配。在对上述数据进行统计分析之前需要解决数据和模型的有效性问题。在数据方面,为了降低潜在的异方差,将产业结构、第二产业产值、第三产业产值、城市总人口、人均生产总值、固定资产投资、房地产投资、教育支出、专利授权数理、城镇化水平等数据转化为对数形式。同时,考虑到社会经济数据的多重共线性,对方差膨胀因子(VIF)进行检验,并将 $VIF>5$ 的变量剔除。根据面板单位根检验和 Hausman 检验结果,本文选择双固定效应进行回归分析。

为验证人口规模对高铁效应异质性的影响,同时约束双重差分的组内样本差异,参考 2014 年《关于调整城市规模划分标准的通知》(http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2779012.htm),本文以县域范围为统计口径,根据该标准将样本按县

表 1 高铁开通对产业结构影响的变量及其描述性统计

Table 1 Variables about the impact of HSR opening on industrial structure and descriptive statistics

变量种类	变量	符号	定义	均值	标准差	最小值	最大值
因变量	第二产业	$Ind2/100$ 万元	第二产业的产值	218.09	580.86	0.52	9251.40
	第三产业	$Ind3/100$ 万元	第三产业的产值	208.16	884.67	0.85	20783.47
	产业结构	$IndR$	以第三产业和第二产业的产值之比来度量产业结构	0.84	0.35	0.36	4.49
虚拟变量	县级单元是否开通高铁	$Treat$	有无差异:开通高铁的单元为1,否则为0	0.41	0.49	0.00	1.00
	具体年份是否开通高铁	T	前后差异:开通高铁之后为1,开通高铁之前为0	2008.50	5.19	2000.00	2017.00
	某个县级单元在具体年份内是否开通高铁	HSR	由 $Treat$ 乘以 T 获得	0.13	0.34	0.00	1.00
控制变量	县级单元的具体行政类型(城市等级)	$Admin$	根据县级单元的行政等级划分为5档	4.30	0.91	1.00	5.00
	常住人口	$Pop/$ 万人	常住人口数	101.72	162.68	7.24	2421.47
	人均生产总值	$pGDP/$ 元	人均生产总值	33848.01	33128.08	1681.00	218984.10
	固定资产投资	$FAI/100$ 万元	固定资产投资	184.95	474.55	0.13	7246.60
	房地产投资	$REI/100$ 万元	房地产投资	57.03	210.44	0.00	3856.53
	公共财政支出	$PFE/100$ 万元	公共财政支出	59.07	283.64	0.48	7547.62
	教育支出	$Edu/100$ 万元	教育支出	10.02	39.49	0.06	874.10
	专利数	$Patent/$ 项	专利数	5682.75	31313.68	1.00	954400.00
	城镇化率	$Nag/\%$	非农人口占总人口的比例	83.70	12.26	37.02	99.00

域人口规模进行分组, 县级单元人口规模大于 100 万、人口规模 50~100 万、人口规模小于 50 万划为人口规模大城市组、人口规模中等城市组和人口规模小城市组。双重差分能有效降低样本的内生性问题进而贴近净效应, 但是需要剔除数据前期的选择性偏差, 因此采用倾向得分匹配(PSM)进行筛选。结果显示, 产业结构、第二产业和第三产业实验组基本都能找到合适匹配的对照组。控制变量方面, 匹配前, 产业结构的城市等级、公共财政支出和人均生产总值和第二产业的城市等级、固定资产投资以及第三产业的城镇化水平、房地产投资存在较大偏误。匹配后, 所有偏误均下降至低于 40%, 有效缩小了由样本选择而客观造成的估计偏误。

3 实证结果

3.1 回归结果与分析

1) 高铁开通促进县级单元的产业结构升级, 且

影响效应与城市规模呈正相关。如表 2 所示, 列 1~6 是长三角地区所有县级单元逐步回归的结果, 可见 HSR 的系数均为正, 且都表现出 1% 水平下的统计显著性, 这说明高铁开通会显著促进县级单元的产业结构升级。在列 6 中, HSR 的系数为 0.101, 表示高铁开通后第三产业与第二产业的比值将会上升 10.1%。除教育支出以外, 人均生产总值、常住人口、固定资产投资和公共财政支出等其余控制变量的系数均为负, 表现出对高铁推动产业结构升级的抑制作用, 可见发展基础较好的县存在较强的产业路径依赖。列 7~9 分别呈现了高铁对不同人口规模组别的县级单元产业结构调整的影响, 系数分别是 0.265, 0.146 和 0.028, 说明高铁带动的产业结构升级与城市规模呈现显著的正相关。

2) 高铁开通后第二产业呈现显著的下降趋势, 同时存在一定的路径依赖倾向。表 3 列 1~6 结果均呈现稳定且显著的负面效应, 说明高铁将会引起

表 2 高铁开通对县级单元产业结构的影响

Table 2 The impact of the opening of HSR on the industrial structure of county-level units

变量	因变量: 产业结构								
	1	2	3	4	5	6	7 大城市组	8 中等城市组	9 小城市组
HSR	0.132*** (7.56)	0.086*** (4.78)	0.104*** (5.93)	0.164*** (8.17)	0.114*** (5.43)	0.101*** (4.81)	0.265*** (6.82)	0.146*** (5.59)	0.028 (0.82)
Treat	-0.077 (-1.43)	-0.039 (-0.69)	0.027 (0.48)	0.018 (0.30)	0.154** (2.25)	0.159** (2.43)	2.721*** (10.14)	0.782*** (7.77)	0.342*** (2.91)
T	-0.025 (-1.36)	-0.009 (-0.50)	-0.025 (-1.38)	0.080*** (-3.82)	0.053*** (-2.68)	-0.045** (-2.25)	0.184*** (-4.85)	-0.069** (-2.38)	-0.015 (-0.58)
pGDP		0.309*** (-11.89)	0.380*** (-12.29)	0.519*** (-14.35)	0.497*** (-13.79)	0.440*** (-10.70)	0.302*** (-3.69)	-0.375*** (-7.97)	-0.657*** (-5.06)
Pop			0.399*** (-5.46)	0.370*** (-4.17)	0.635*** (-5.84)	0.534*** (-4.74)	0.055 (0.38)	-0.443* (-1.84)	-1.653*** (-3.07)
Edu				-0.028** (-1.97)	-0.023 (-0.89)	0.038 (1.25)	0.101** (2.03)	-0.049 (-1.25)	0.100 (1.43)
FAI					0.148*** (-15.82)	0.130*** (-11.21)	0.117*** (-6.39)	-0.092*** (-7.68)	-0.129*** (-4.28)
PFE						0.199*** (-4.31)	0.271*** (-4.70)	-0.266*** (-5.48)	-0.064 (-0.43)
常数项	1.012*** (26.45)	3.693*** (16.27)	4.875*** (14.29)	6.043*** (15.50)	6.394*** (15.09)	5.871*** (12.61)	3.479*** (4.24)	4.934*** (7.03)	9.319*** (5.22)
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	3 553	3 553	3 553	3 553	3 553	3 553	1 368	1 242	972
R ²	0.6082	0.6334	0.637	0.6652	0.7158	0.7191	0.7291	0.724	0.7809

注: 列1~6是长三角地区所有县级单元逐步回归结果; 列7~9分别是人口规模大、中等、小城市组县级单元的回归结果; ***、**、* 分别表示在1%、5%和10%水平下显著; 括号内数值为t值; 变量解释见表1; 空白项为无此项。

表 3 高铁开通对县级单元第二产业的影响

Table 3 The impact of the opening of HSR on the secondary industry of county-level units

变量	因变量: 第二产业产值(Ind2)								
	1	2	3	4	5	6	7 大城市组	8 中等城市组	9 小城市组
HSR	-0.181*** (-8.80)	0.215*** (-9.43)	-0.100*** (-8.94)	-0.100*** (-8.94)	-0.067*** (-5.88)	-0.105*** (-8.72)	-0.215*** (-7.01)	-0.105*** (-5.90)	-0.004 (-0.20)
Treat	0.514*** (11.6)	0.459*** (10.28)	-0.006 (-0.18)	-0.085* (-1.81)	-0.320*** (-6.33)	-0.387*** (-7.2)	0.425*** (4.44)	0.413*** (3.78)	-1.000*** (-5.04)
T	0.021 (1.09)	0.044** (2.15)	0.040*** (3.50)	0.040*** (3.50)	0.020* (1.84)	0.052*** (4.54)	0.165*** (5.87)	0.063*** (3.08)	-0.003 (-0.19)
Pop		0.401*** (3.50)	2.334*** (49.81)	2.334*** (49.81)	2.434*** (48.15)	2.502*** (37.11)	2.047*** (19.61)	2.704*** (13.81)	3.439*** (12.60)
pGDP			1.332*** (64.35)	1.332*** (64.35)	1.292*** (63.26)	1.398*** (57.12)	1.301*** (24.92)	1.444*** (42.80)	1.619*** (28.39)
Admin				0.079* (1.87)	0.241*** (5.17)	0.301*** (6.19)	0.545*** (5.74)	0.36*** (5.56)	0.721*** (4.89)
FAI					0.091*** (18.04)	0.104*** (20.98)	0.128*** (11.7)	0.088*** (10.88)	0.092*** (11.82)
Edu						-0.012 (-0.69)	-0.014 (-0.46)	0.069** (2.28)	-0.059** (-2.03)
常数项	1.704*** (39.05)	1.133*** (6.69)	13.136*** (-58.76)	13.453*** (-38.39)	14.000*** (-38.5)	15.302*** (-37.81)	14.897*** (-16.79)	16.422*** (-21.54)	20.251*** (-14.34)
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	3553	3553	3553	3553	3553	3553	1368	1242	972
R ²	0.9737	0.9847	0.9920	0.9920	0.9925	0.9929	0.9912	0.9903	0.9926

注: 列1~9解释见表2; **、*、* 分别表示在1%、5%和10%水平下显著; 括号内数值为t值; 变量解释见表1; 空白项为无此项。

县级单元第二产业的退出。列 6 中 HSR 的系数为 -0.105, 表明高铁开通后县级单元第二产业减少 10.5%。与产业结构和城市人口规模的正相关类似, 人口规模大城市组的第二产业降低最为明显, 系数达到 0.215, 人口规模中等城市组其次, 降低 0.105, 均在 1% 水平下呈现显著, 而人口规模小城市组影响系数仅为 0.004。从控制变量的系数上看, 除教育支出, 其余控制变量的系数均表现出显著正向效应, 如在列 6 的结果显示县域常住人口每提高 1%, 就会使第二产业产值提升 2.5%, 同时人均生产总值提升 1%, 第二产业产值上升 1.4%, 这与高铁带动第二产业下降的效应相反, 说明第二产业基础越好的县级单元越难以实现产业结构的调整和转型。

3) 高铁开通促进第三产业增长, 但增长幅度明显弱于第二产业的下降幅度。高铁对县级单元第三产业的影响估计如表 4 所示。可以看出, 高铁开通将对县级单元的第三产业带来一定的正向效应, 如

列 6 所示, HSR 的系数为 0.028, 说明高铁开通后长三角地区县级单元的第三产业产业平均上升 2.8%。从列 7~9 分组结果看出, 人口规模大城市组的县级单元在开通高铁之后第三产业显著增加, 影响系数达到 0.059, 人口规模中等城市组为 0.050, 但是高铁对于规模较小的县级单元第三产业表现出微弱的负面效应, 且统计意义上不显著, 说明相较于第二产业, 高铁对第三产业的影响效应和城市规模的相关性依然存在但十分微弱。

值得注意的是, 上述结论表明高铁对第二产业的影响大于第三产业, 与高铁作为客运交通应主要影响第三产业的一般认知不符。本文认为此处反映一定的认知偏误, 具体来说, 已有研究证明高铁对第三产业的细分产业, 如生产性服务业、旅游业等具有显著的影响, 但是这不能证明高铁对于第三产业的综合影响是显著的。正如, Dai 等对京沪线 19 种细分产业的实证研究结果显示, 高铁开通对第三

表 4 高铁开通对县级单元第三产业的影响

Table 4 The impact of the opening of HSR on the tertiary industry of county-level units

变量	因变量: 第三产业产值(Ind3)								
	1	2	3	4	5	6	7 大城市组	8 中等城市组	9 小城市组
HSR	0.001 (0.10)	0.086*** (6.29)	0.020** (2.30)	0.033*** (3.86)	0.033*** (3.90)	0.028*** (3.38)	0.059*** (3.48)	0.050*** (3.28)	-0.003 (-0.22)
Treat	0.399*** (10.30)	0.336*** (9.82)	0.001 (0.02)	0.050 (1.39)	0.050 (1.40)	0.056 (1.57)	0.285*** (7.24)	0.475*** (4.09)	0.113** (1.91)
T	-0.001 (-0.08)	-0.031** (-2.07)	0.027** (2.47)	0.013 (1.50)	0.012 (1.47)	0.014* (1.68)	0.009 (0.58)	-0.027* (-1.79)	0.035** (2.15)
pGDP		0.430*** (21.18)	0.811*** (54.72)	0.697*** (27.78)	0.695*** (26.02)	0.701*** (26.52)	0.699*** (17.44)	0.766*** (12.39)	0.575*** (9.11)
Pop			1.970*** (53.19)	1.779*** (26.76)	1.778*** (26.76)	1.795*** (27.94)	1.847*** (26.50)	1.744*** (10.31)	1.664*** (6.64)
Patent				0.021*** (-6.98)	0.021*** (-6.78)	0.020*** (-6.43)	0.018*** (-4.18)	-0.026*** (-4.03)	-0.040*** (-6.44)
Nag					0.013*** (0.17)	0.033 (0.43)	0.333** (2.49)	-0.121 (-0.81)	0.019 (0.14)
REI						-0.012*** (-2.91)	0.026*** (-3.28)	-0.010 (-1.07)	-0.006 (-0.70)
常数项	1.722*** (77.84)	2.003*** (-11.36)	8.097*** (-49.57)	7.042*** (-24.45)	7.079*** (-19.43)	-7.273*** (-19.53)	7.712*** (-13.23)	-6.719*** (-9.68)	-5.904*** (-6.40)
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	3 553	3 553	3 553	3 553	3 553	3 553	1 368	1 242	972
R ²	0.985 8	0.988 8	0.994 4	0.996 5	0.996 5	0.996 6	0.996 8	0.993 4	0.994 8

注: 列1~9解释见表2; **、*、* 分别表示在1%、5%和10%水平下显著; 括号内数值为t值; 变量解释见表1; 空白项为无此项。

产业中的信息服务、租赁和科学研究都表现出明显的促进作用,但是对其他细分产业,比如交通运输、居民服务等存在负面效应,可见,高铁对产业结构的影响机制需要做到具体产业具体分析^[14]。

4) 高铁开通后产业结构转型存在两个窗口期,分别由第三产业和第二产业主导。进一步借助多期双重差分模型刻画高铁效应的时间滞后性(表5)。可以看出,高铁开通后产业结构转型存在两个窗口期,即开通当年与开通后第3年,相关系数分别为0.045和0.036。高铁对第二产业的影响存在明显的时滞性,即高铁开通后的次年才出现产值下降趋势,且一直持续至开通后第三年。而第三产业对高铁建设更为敏感,在开通当年就表现出显著增长,但仅持续1a。这进一步证明高铁对产业结构的影响是其分别对第二产业和第三产业影响的综合结果,而产业结构升级表现出两个窗口期。第一个窗口期是高铁开通前两年,主要是通过吸引第三产业来推动

产业结构转型;在第二个窗口期,高铁对第三产业的吸引减弱,转而表现出对第二产业的挤出效应,同样带来产业结构升级。

3.2 稳健性检验

1) 平行趋势检验。运用双重差分模型的一个重要前提是实验组和对照组在实验前具有一致的变化趋势,因此需要进行平行趋势检验。如表6所示,HSR-Bn代表高铁开通前第n年交互项的回归系数,可见高铁开通之前对照组和实验组没有显著差异,因此通过平行趋势检验。同时从系数可以看出,长三角地区的县级单元在高铁开通前就已经开始落实退二进三的产业政策,符合现实的认知。

2) 安慰剂检验。本次研究使用的是多期双重差分模型,因此无法借用常规双重差分的稳健性检验方法。因此,研究结果通过了重复1 000次的随机抽样检验,结果显示,安慰剂检验在0值附近呈现正态分布,且大部分实验结果的P>0.1,不具备

表5 高铁效应的时间滞后性

Table 5 The time lagging of the HSR effect			
变量	产业结构	第二产业	第三产业
<i>HSR-treat</i>	0.045 ^{***} (2.62)	0.077 (1.31)	0.041 [*] (1.94)
<i>HSR-1st</i>	-0.011 (-0.51)	-0.119 ^{**} (-2.01)	0.026 ^{**} (2.17)
<i>HSR-2nd</i>	-0.005 (-0.19)	-0.092 ^{**} (-2.04)	-0.014 (-0.53)
<i>HSR-3rd</i>	0.036 ^{**} (1.98)	-0.122 ^{***} (-2.94)	-0.024 (-1.33)
个体固定	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes

注: ^{***}、^{**}、^{*} 分别表示在1%、5%和10%水平下显著; 括号内数值为*t*值; *HSR-treat*为高铁开通当年对因变量的影响系数; *HSR-1st*、*HSR-2nd*、*HSR-3rd*分别为*HSR-n*之后的第1、2、3年影响系数。

表6 平行趋势检验结果

Table 6 The result of parallel trend test			
变量	产业结构	第二产业	第三产业
<i>HSR-B4</i>	0.003 (0.13)	-0.025 (-0.76)	0.005 (0.15)
<i>HSR-B3</i>	0.012 (0.60)	-0.042 (-1.05)	0.040 (0.93)
<i>-HSR-B2</i>	0.025 (1.31)	-0.023 (-0.61)	0.045 (0.99)
<i>HSR-B1</i>	0.023 (1.07)	-0.047 (-1.40)	-0.014 (-0.29)
个体固定	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes

注: *HSR-Bn*代表高铁开通前第*n*年交互项的回归系数; 括号内数值为*t*值。

显著性,说明通过安慰剂检验,原先基线回归具有稳健性。但是,第三产业产值的安慰剂检验效果并不如产业结构、第二产业产值,可见高铁开通对第

三产业影响的稳健性不如对其他两项的影响,这一点也与前文双重差分回归的结论相同。

3.3 机制检验: 县级单元人口规模的中介作用

1) 高铁效应中人口规模的门槛效应检验。由于县级单元社会经济水平和人口规模存在明显的异质性,同时前文根据人口规模对县级单元进行分组估计,为进一步探究县级单元内生差异是否会影响高铁开通对产业结构的效应,本文分别构建门槛效应与中介模型进行检验。

以产业结构为因变量,常住人口为门槛变量,进行门槛效应检验,结果如表7所示。整体上,高铁开通对产业结构演变的影响存在单一门槛,门槛值为362.107万人。从规模分组上看,人口规模大城市和人口规模中等城市组别的县级单元均存在单一门槛,人口规模的门槛值分为359.864万和55.149万,前者与全样本门槛接近,后者则接近人口规模中等城市和人口规模小城市组的划分标准,并与人口规模小城市组不显著的门槛值接近,所以县域人口规模对高铁影响产业结构效应的门槛值在360万左右。本研究进一步分析,长三角地区县与县级市的常住人口最高为230万,因此,360万的门槛值落在市辖区单元中,可见县和县级市开通高铁与市区开通高铁对产业结构的影响效应存在着本质差异,再次佐证了高铁效应在市级和县级尺度的异质性。

2) 人口规模影响高铁效应的中介模型。通过Bootstrap构建“高铁开通-县域人口增长-产业结构升级”的中介模型^[27],通过500次重复随机抽样获取95%中介效应置信区间。结果显示,全样本和人口规模中等城市组别中,县域人口规模对高铁影响产业结构调整存在显著的中介效应,间接效应系数分别为0.005和0.002,各占总效应的3.75%和1.58%,说明一部分高铁对产业结构的影响效应会

表7 门槛效应检验结果

Table 7 The results of threshold effect test								
组别	门槛模型	门槛值/万人	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	不同显著性水平临界值			95%置信区间
					1%	5%	10%	
全样本	单门槛	362.107	32.637 ^{***}	0.007	28.879	19.111	14.394	[119,538]
大城市组	单门槛	359.864	42.016 ^{***}	0.003	38.588	28.091	21.861	[322,722]
中等城市组	单门槛	55.149	21.556 ^{**}	0.030	37.250	17.309	12.577	[52,112]
小城市组	单门槛	45.955	3.396	0.230	27.394	16.167	9.129	[8,71]

注: ^{***}、^{**}表示在1%、5%水平下显著。

通过推动县域人口增长来实现。在隶属人口规模大城市组的县级单元中,人口规模则呈现出显著的广义中介效应(遮掩效应),系数为-0.001,形成-0.47%的遮掩效应。进一步检验遮掩效应中“高铁开通-县域人口增长”和“县域人口增长-产业结构升级”的系数,发现前者为负,说明高铁开通将会致使人口规模大城市组别的县级单元人口外溢,进而减弱人口对产业结构的规模效应。

4 结论与讨论

4.1 结论

基于 2000—2017 年长三角县级单元的社会经济面板数据,通过多期双差分模型估计高铁开通对长三角县级单元的产业结构的净效应及其时间滞后性,同时借助门槛效应和中介效应模型对高铁效应的影响机理进行剖析,结果表明:

1) 高铁开通将会推动长三角地区县级单元的产业结构升级,即引导第二产业的退出和第三产业的集聚。从影响效应上看,县级单元的产业结构存在明显的路径依赖,尤其是第二产业。第二产业转移时需要考虑厂房、设备等初期固定资产投资,以及原有的上下游产业链和市场区位等因素,因此其原先产业基础越好意味着转移成本越大,对高铁带动的产业升级存在越明显的抑制作用。从效应幅度上看,第三产业受高铁的影响明显弱于第二产业,结合已有研究判断,这是因为高铁开通对第三产业的细分行业影响并不一致,如对生产性服务业存在正向效应,但对其他行业存在负向效应。

2) 通过将长三角地区县级单元进行规模分组,发现高铁对产业结构的影响与县域人口规模呈现明显的正相关,且同时表现在第二产业的分散和第三产业的集聚上。根据门槛效应检验,人口规模对高铁效应的门槛值在 360 万左右,落在市辖区人口规模范围内,所以高铁效应在县和县级市中并不存在结构突变现象。然而,在中介模型中,高铁开通存在干预人口规模变化间接影响产业结构调整的现象,在大城市组别的县级单元中高铁开通致使人口外溢,中等城市组别则呈现出人口集聚的趋势。

3) 高铁开通对第二产业和第三产业的影响异质性不仅在于正负效应及其幅度,更体现在不同的时间滞后性上。对比两者对高铁效应的响应时间,可以发现第三产业对于高铁开通更加敏感。此外,高铁开通后县级单元的产业结构转型将出现两个窗

口期,分别为由第三产业集聚所引发的高铁开通当年,由第二产业外溢所主导的第三年,侧面证明了第二产业存在更强的产业粘性。

4.2 讨论与建议

本文研究的主要结论为高铁开通将会推动县级单元产业结构转型升级,与地级市的研究结论相吻合^[28],也和其他国家的分析结果相吻合^[25],但县级尺度的高铁效应表现出一定的特殊性。从时序上看,高铁开通将为县域产业结构升级带来两个窗口期,分别为开通当年和开通后的第 3 年左右,分别由第二产业的分散和第三产业的集聚所导致;从县级单元个体上看,人口规模对县级单元产业调整的高铁效应存在中介作用,但这一中介作用的突变主要发生在 360 万左右(I 型大城市),在县和县级市的人口规模范围内较为平稳。综上,本文认为高铁开通确实会推动产业结构的转型,但是总体上看高铁将带动第三产业提升的同时引发第二产业的下降,且后者幅度比前者更加明显,因此县级单元需要考虑自身的产业结构特征,土地等生产要素成本以及市场条件等综合研判是否申报高铁项目。此外,由于两者演替存在不同的时间滞后性,可以通过调整产业政策有针对性地激励第三产业的增长和减缓第二产业的外溢。比如高铁开通前就需要落实创新产业的引入与培育,以充分利用高铁开通带来的短期极化,或者高铁开通后适时调整城市用地布局,防止制造业要素成本剧烈上升以及潜在的人口外流所带来的负面影响。最后,就县级单元高铁效应来看,未来高铁规划建设要充分考虑沿线市县发展情况,合理论证县级单元的发展阶段和产业结构特征。

本文的研究也存在一些有待商榷和后续提升的内容。① 对于研究对象的选择,本文将地级市的多个区整合为一个空间单元进行估计,尽管使用了 PSM 进行匹配纠偏,但是依然存在误差,而且一些城区存在多个高铁站点也对模型估计存在着干扰。② 在县级尺度,只能获取三次产业划分数据,但是已有研究表明高铁对于细分行业的影响不尽相同,本文结论也印证了这一点,尤其是第三产业的细分行业,因此后续研究需要进一步提升精度。③ 本次研究尚未考虑高铁班次以及高铁站点规划选址等微观因素带来的异质性^[29]。因此,在中国高铁建设向县级全面延伸的趋势下,该领域的研究依然需要进一步深化。

参考文献(References):

- [1] 王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响[J]. *地理学报*, 2014, 69(12): 1833-46. [Wang Jiao'e, Jiao Jingjuan, Jin Fengjun. Spatial effects of high-speed rails on inter-urban economic linkages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1833-46.]
- [2] Shaw Shih-Lung, Fang Zhixiang, Lu Shiwei et al. Impacts of high speed rail on railroad network accessibility in China[J]. *Journal of Transport Geography*, 2014, 40: 112-22.
- [3] Huang Zhonghua, Du Xuejun. How does high-speed rail affect land value? Evidence from China[J]. *Land Use Policy*, 2020, 101: 105068.
- [4] Vickerman Roger, Spiekermann Klaus, Wegener Michael. Accessibility and economic development in Europe[J]. *Regional Studies*, 1999, 33(1): 1-15.
- [5] 文嫣, 韩旭. 高铁对中国城市可达性和区域经济空间格局的影响[J]. *人文地理*, 2017, 32(1): 99-108. [Wen Hu, Han Xu. The impacts of high-speed rails on the accessibility and the spatial pattern of regional economic development in China. *Human Geography*, 2017, 32(1): 99-108.]
- [6] Deng Taotao, Wang Dandan, Hu Yukun et al. Did high-speed railway cause urban space expansion?—Empirical evidence from China's prefecture-level cities[J]. *Research in Transportation Economics*, 2020, 80: 100840.
- [7] Jin Mengjie, Lin Kun-Chin, Shi Wenming et al. Impacts of high-speed railways on economic growth and disparity in China[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, 138: 158-71.
- [8] 吴锦顺. 高铁改造引发的大都市圈效应对县域经济的影响[J]. *地域研究与开发*, 2019, 38(3): 1-5. [Wu Jinshun. Economic impact of agglomeration effect of high-speed rail upgrade on county-level development. *Areal Research and Development*, 2019, 38(3): 1-5.]
- [9] 李新光, 黄安民. 高铁对县域经济增长溢出效应的影响研究——以福建省为例[J]. *地理科学*, 2018, 38(2): 233-241. [Li Xinguang, Huang Anmin. Spillovers effect of the high-speed railway on counties' economic growth: Taking Fujian Province as an example. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(2): 233-241.]
- [10] Wang Feng, Wei Xianjin, Liu Juan et al. Impact of high-speed rail on population mobility and urbanisation: A case study on Yangtze River Delta urban agglomeration, China[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2019, 127: 99-114.
- [11] Zhang Fan, Wang Feng, Ou Jinghua et al. Role of high-speed rail on social fixed assets investments in China[J]. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 2019, 17(3): 221-44.
- [12] Xiao Fan, Zhou Yong, Deng Weipeng et al. Did high-speed rail affect the entry of automobile industry start-ups? Empirical evidence from Guangdong Province, China[J]. *Travel Behaviour and Society*, 2020, 19: 45-53.
- [13] Shao Shuai, Tian Zhihua, Yang Lili. High speed rail and urban service industry agglomeration: Evidence from China's Yangtze River Delta region[J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 64: 174-83.
- [14] Dai Xuezheng, Xu Min, Wang Ningzhao. The industrial impact of the Beijing-Shanghai high-speed rail[J]. *Travel Behaviour and Society*, 2018, 12: 23-29.
- [15] 汪德根, 牛玉, 陈田, 等. 高铁驱动下大尺度区域都市圈旅游空间结构优化——以京沪高铁为例[J]. *资源科学*, 2015, 37(3): 581-92. [Wang Degen, Niu Yu, Chen Tian et al. Optimizing tourist spatial structure for large scale regional metropolitan circles under the Beijing-Shanghai high-speed rail. *Resources Science*, 2015, 37(3): 581-92.]
- [16] Hall Peter. Magic carpets and seamless webs: Opportunities and constraints for high-speed trains in Europe[J]. *Built Environment*, 2009, 35(1): 59-69.
- [17] Cheng Yuk-Shing, Loo Becky P Y, Vickerman Roger. High-speed rail networks, economic integration and regional specialisation in China and Europe[J]. *Travel Behaviour and Society*, 2015, 2(1): 1-14.
- [18] Deng T, Wang Dandan, Yang Yang et al. Shrinking cities in growing China: Did high speed rail further aggravate urban shrinkage?[J]. *Cities*, 2019, 86: 210-9.
- [19] Krugman Paul. Increasing returns and economic geography[J]. *Journal of Political Economy*, 1991, 99(3): 483-99.
- [20] Song Malin, Wang Shuhong, Fisher Ron. Transportation, iceberg costs and the adjustment of industrial structure in China[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2014, 32: 278-86.
- [21] Shen Yu, de Abreu e Silva João, Martínez Luis Miguel. High-Speed Rail's impacts on land cover change in large urban areas based on spatial mixed logit methods: A case study of Madrid Atocha railway station from 1990 to 2006[J]. *Journal of Transport Geography*, 2014, 41: 184-96.
- [22] Ureña José M, Menerault Philippe, Garmendia Maddi. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective[J]. *Cities*, 2009, 26(5): 266-79.
- [23] 宋文杰, 朱青, 朱月梅, 等. 高铁对不同规模城市发展的影响[J]. *经济地理*, 2015, 35(10): 57-63. [Song Wenjie, Zhu Qin, Zhu Yuemei et al. The impacts of high speed railways for different scale cities. *Economic Geography*, 2015, 35(10): 57-63.]
- [24] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. *经济研究*, 2011, 46(5): 4-16+31. [Gan Chunhui, Zheng Ruogu, Yu Dianfan. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011, 46(5): 4-16+31.]
- [25] 董艳梅, 朱英明. 高铁建设能否重塑中国的经济空间布局——基于就业、工资和经济增长的区域异质性视角[J]. *中国工业经济*, 2016(10): 92-108. [Dong Yanmei, Zhu Yingming. Can high-speed rail construction reshape the layout of China's economic space: Based on the perspective of regional heterogeneity of employment, wage and economic growth. *China Industrial Economics*,

- 2016(10): 92-108.]
- [26] 唐昭沛, 吴威, 郭嘉颖, 等. 基于城市产业结构特征的高铁生产性服务业集散效应——以长三角城市群为例[J]. *地理研究*, 2021, 40(8): 2188-203. [Tang Zhaopei, Wu Wei, Guo Jiaying et al. The dispersion and aggregation effects of urban industrial structure of high-speed rail on producer services: A case study of Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2021, 40(8): 2188-203.]
- [27] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745. [Wen Zhonglin, Ye Baojuan. Analyses of mediating effects: The development of methods and models. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(5): 731-745.]
- [28] Chen Chia-Lin, Vickerman Roger. Can transport infrastructure change regions' economic fortunes? Some evidence from Europe and China[J]. *Regional Studies*, 2017, 51(1): 144-60.
- [29] Wang Lei, Yuan Feng, Duan Xuejun. How high-speed rail service development influenced commercial land market dynamics: A case study of Jiangsu Province, China[J]. *Journal of Transport Geography*, 2018, 72: 248-57.

The Impact of High-speed Railway on the Industrial Structure of County-level Units: Taking the Yangtze River Delta as an Example

Shi Dehao¹, Yu Tao², Wang Lei^{3,4}

(1. *Department of Geography and Resource Management, the Chinese University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China;*
2. *School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China;* 3. *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China;* 4. *Planning and Landscape, School of Environment and Development, University of Manchester, M13 9PL, United Kingdom*)

Abstract: Along with the rapid construction and extent of the high-speed railway network, almost all prefecture-level cities have enjoyed high-speed railway services, especially in the southeast coastal region. Therefore, the main body of high-speed railway construction has been transferred from connecting prefecture-level units to county-level units. However, current studies have rarely paid attention to the impact of the high-speed railway on county-level units. The purpose of this article is to explore what changes will take place in the industrial structure of county-level units after the opening of the high-speed railway and its mechanism. Taking the Yangtze River Delta as an example, it was evident that the sequence of high-speed rail opening and the evolution process of industrial structure in this region have significant synchronization. With the usage of socio-economic panel data of all county-level units in this region from 2000 to 2017, this article measured the impact of high-speed railways on the industrial structure through the time-varying difference-in-differences model and employed sub-grouping, threshold effect and mediation model to explore the mechanism of high-speed rail effect. The results of the study are listed as follows: 1) The opening of the high-speed railway will promote upgrading the industrial structure of county-level units, which is composed of the dispersion of the secondary industry and the aggregation of the tertiary industry. 2) Population size has partial mediating effect on the high-speed rail effect, but there is no threshold mutation within the population size range of the counties and county-level cities in the Yangtze River Delta. 3) The secondary and tertiary industries have different time-lagging in the effect of the opening of the high-speed railway, resulting in two window periods for the transformation of the county-level unit industrial structure. When the county-level units apply for the high-speed railway project, it is necessary to judge their industrial characteristics prudently. And they should follow the law of industrial evolution after opening the high-speed rail and formulate targeted policies to encourage or hedge.

Key words: high-speed railway; county-level units; industrial structure; time-varying difference-in-differences; the Yangtze River Delta