

# 交通基础设施对人口城市化的影响

## ——基于高铁和城轨开通的准自然实验

杨桐彬<sup>1</sup> 朱英明<sup>1</sup> 周波<sup>2</sup> 刘梦鹤<sup>3</sup>

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 江苏 南京 210094;

2. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 江苏 南京 211106; 3. 南京大学 商学院, 江苏 南京 210093)

**摘要:** 采用中国 2000—2017 年 279 个城市面板数据, 运用双重差分模型检验高铁和城轨开通对人口城市化的作用效果。研究发现: (1) 高铁和城轨开通对人口城市化具有促进效果; (2) 既开通高铁又开通城轨的城市可进一步提高人口城市化水平, 城轨与高铁的衔接可以提升城市“全程可达性”, 增强城市的人口吸引力; (3) 异质性检验结果表明, 高铁开通对人口城市化的提升效果在东部地区更为明显, 开通城际高铁和城轨的城市更有利于人口城市化水平提升, 城际高铁与城轨的衔接进一步扩大高铁的同城化效应, 高铁和城轨开通对人口城市化的提升效果在一二线城市更为明显, 高铁和城轨的开通进一步扩大了人口在城市之间的极化效应。据此提出了如下政策建议: 科学规划、合理布局, 不断完善高铁网络系统; 协同建设“三网融合”, 强化轨道交通有效衔接和提高运输效率; 突破壁垒、共建共管, 发挥城市群主导人口城市化进程的重要作用。

**关键词:** 交通基础设施; 高速铁路; 城市轨道交通; 人口城市化; 双重差分模型

**中图分类号:** F299; F502 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6049(2020)05-0026-11

### 一、引言与文献综述

改革开放以来, 中国城市化进程快速推进, 常住人口城市化率由 1978 年的 17.92% 上升到 2018 年的 59.58%。城市化水平跃升的背后离不开交通基础设施的先导性和支撑性作用。中国日益完善的交通网络系统通过以下途径促进人口不断向城市聚集: 压缩时空, 提高城市可达性; 突破壁垒, 促进要素流动; 提高效率, 发挥集聚优势<sup>[1-2]</sup>。当前, 中国交通运输方式发生了深刻变革, 高速铁路(高铁)和城市轨道交通(城轨)的广泛布局与快速建设, 不断打破传统经济格局和城市空间, 为区域发展和城市化进程注入新的活力。一方面, 相比于普通快速列车, 高铁运行速度倍增, 使得站点城市有效摆脱地理区位束缚, 城市通达性和辐射作用大幅提升, 有效促进人口等要素的跨地区流动<sup>[3]</sup>; 另一方面, 相比于公路交通, 城轨兼具速度与效率优势, 可有效拓展城市发展空间, 降低居民通勤成本, 提高城市承载力和吸引力, 促进人口向城市迁移<sup>[4]</sup>。可见, 高铁和城轨的布局与建设是多层次城市交通网络体系的

收稿日期: 2020-06-24; 修回日期: 2020-09-02

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“推进长三角更高质量一体化发展研究”(20BJL106); 文化名家暨“四个一批”人才自主选题项目“我国经济集聚、环境污染与环境规制”(中宣干字(2018)86号); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(30918014110)

作者简介: 杨桐彬(1993—), 男, 黑龙江牡丹江人, 南京理工大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为区域经济管理; 朱英明(1965—), 男, 山东莱芜人, 南京理工大学经济管理学院教授, 博士生导师, 研究方向为产业经济管理; 周波(1993—), 男, 安徽芜湖人, 南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为环境经济管理; 刘梦鹤(1991—), 男, 江苏南京人, 南京大学商学院博士研究生, 研究方向为经济运行机制。

两个重要环节,在促进中国人口城市化进程中具有基础性作用,因此,有必要将二者同时纳入考察范围,探索高铁和城轨开通对人口城市化的作用效果。

高铁作为交通技术的革命性突破,重塑了中国的经济空间布局,正在深刻地影响城市经济社会发展<sup>[5]</sup>。从全国层面看,高铁的建设和发展强化了区域间的政治、经济和社会文化联系,为消除城乡差距、地区差距和实现共同富裕创造了条件<sup>[6]</sup>。从区域层面看,高铁的开通增强了城市群内部经济的联系,加快了经济要素的流动速度,促进了沿线城市体系空间结构的优化与重组<sup>[7-8]</sup>。从城市层面看,高铁开通极大地提高了沿线城市的通达性,两小时经济圈范围内高铁沿线城市的通达时间节约比例高达50%<sup>[9]</sup>。同时也有学者重点研究高铁建设对城市化进程的影响。覃成林等<sup>[10]</sup>发现,高速铁路通过提高城市可达性影响城市人口增长,城市可达性每提高1%,可引起城市人口增长0.67%。李善同和王菲<sup>[4]</sup>认为,随着快速铁路的建设,重要交通走廊将提升沿线区域、沿线中心城市的交通区位优势,形成以交通线路为轴线的城市群和产业带,推动这些区域成为我国城镇化和工业化发展的重要承载区域。刘金凤和赵勇<sup>[11]</sup>发现,在短期内,高铁建设降低了中西部地区开通高铁城市的人口规模,不利于该类城市城镇化水平的提高。

总体上,高铁开通可以从供给和需求两方面作用于人口城市化。从供给层面侧看:一方面,提升交通可达性可以扩大异地劳动力的工作搜寻范围,而拥有高铁的站点城市通常是区域范围内经济较为发达的城市,可以提供更多就业机会,由于虹吸效应,高铁城市将导入更多外来人口<sup>[10]</sup>;另一方面,高铁新区的建设极大地扩展了城市发展空间,并为外来人口提供住房、医疗和教育等方面的便利,有效促进流动人口市民化,提升常住人口城市化水平。从需求层面侧看:高铁开通的时空压缩效应可以淡化城市行政边界,使得区域间要素流动障碍逐渐被打破,有效提高劳动、资本、信息和技术等资源的配置效率,降低交易成本,进而提升城市生产效率,而效率提升可以进一步扩大劳动力需求,并且可以提高薪资水平,吸引更多外来人口流入。但是,高铁开通也可能带来城市间的极化效应<sup>[12]</sup>。高铁开通可以强化中心城市的区位条件,并扩大与中小城镇可达性的差距,从而加速人口等要素向中心城市集聚,导致人口城市化呈现城市层级间的不平衡发展。

从以上研究可以看出,高铁的开通会对人口城市化产生重要影响。然而现有研究多是从区域范围“城市间可达性”的视角展开,即高铁开通有效降低沿线城市之间的通勤成本,进而产生人口集聚效应,并未从市域范围考察城轨开通对交通条件的改善能否进一步影响城市化进程。一方面,城轨开通加强了城市内部的连接,有效提高城市辖区之间的可达性。踪家峰和涂振宇<sup>[13]</sup>认为,城轨有力地促进了城市空间再开发,可以优化产业布局,带动经济发展,增加对劳动力的吸纳能力。范子英等<sup>[14]</sup>发现,城轨具有运容量大、通行距离长、准点率高等优点,可有效缓解城市居民“职住分离”和交通拥堵等问题。另一方面,城轨开通加强了高铁站点与市区的连接,提升高铁的“城市内可达性”<sup>[15]</sup>。宋文杰等<sup>[16]</sup>发现,中国高铁站点中有约一半的站点距市中心的直线距离大于5千米,并且从市区到高铁站点的综合交通能力较弱,在有公交服务的高铁站点中,约1/3的站点到达市区的时间超过1小时,还有诸多高铁站点没有公交服务。可见,高铁站点建设偏远问题极大地降低了高铁城市的“城市内可达性”。此时,城轨成为衔接高铁站点与市区的桥梁,高效便捷的换乘系统进一步促进要素在城市间的流动,为人口城市化水平的进一步提升创造了条件。

由此可见,现有研究限于高铁开通对城市化的影响,缺乏对城轨开通能否有效促进人口城市化,以及高铁和城轨开通对人口城市化的提升是否存在互补效应的研究。本文从以下几个方面对现有文献进行扩展:第一,兼顾城际和市域交通条件的改善,分别以高铁和城轨开通作为“准自然实验”,采用双重差分模型(DID),实证检验交通基础设施对人口城市化的影响;第二,分别从区域层面、城市群层面和城市层面的差异出发,检验高铁和城轨开通对人口城市化的异质性作用效果;第三,重视因互为因果、选择偏误和遗漏变量等产生的内生性问题,采用双重差分、工具变量等多种检验方法获得更为稳健可靠的结论。

## 二、模型设定与变量选择

### (一) 模型设定

本文探索的核心问题是高铁和城轨开通对人口城市化水平是否产生影响。为此,本文将高铁和城轨的开通作为准自然实验,构建双重差分模型,以有效识别人口城市化水平在高铁和城轨开通前后的差异。参考刘金凤和赵勇<sup>[11]</sup>、范子英等<sup>[14]</sup>的方法,设定如下基准模型:

$$Urbanization_{it} = \alpha + \beta HSR_{it} + \phi X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$Urbanization_{it} = \gamma + \lambda METRO_{it} + \theta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,  $Urbanization_{it}$  表示人口城市化水平,  $i$  代表城市,  $t$  代表时间。  $HSR_{it}$  为城市  $i$  在时间  $t$  是否开通高铁的虚拟变量, 参数  $\beta$  为高铁开通对人口城市化水平的影响。  $METRO_{it}$  为城市  $i$  在时间  $t$  是否开通城轨的虚拟变量, 参数  $\lambda$  为城轨开通对人口城市化水平的影响。  $X_{it}$  为控制变量, 参数  $\phi$  和  $\theta$  为控制变量对人口城市化水平的影响。  $\mu_i$  为地区固定效应,  $\eta_t$  为时间固定效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机误差项。本文关注的系数是  $\beta$  和  $\lambda$ , 若得到的估计值为正, 则表示高铁和城轨的开通促进了人口城市化水平提升; 若估计值为负, 则高铁和城轨的开通阻碍了人口城市化水平提升。

为了进一步探讨高铁和城轨的开通对人口城市化的提升是否存在互补效应, 本文将高铁开通和城轨开通的交互项加入模型(1)中, 可得到模型如下:

$$Urbanization_{it} = \alpha + \beta HSR_{it} + \rho HSR_{it} \times METRO_{it} + \phi X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, 参数  $\rho$  反映高铁和城轨均开通的城市对人口城市化水平的影响。若  $\beta$  和  $\rho$  同时为正数, 则表明城轨的建设进一步提高了高铁城市的人口城市化水平; 若  $\beta$  为正数,  $\rho$  为负数, 则表明城轨的建设不利于高铁城市人口城市化水平的提升。同时, 将回归模型(1)、(2)、(3)的标准误差项在城市层面。

### (二) 变量选择

#### 1. 被解释变量: 人口城市化( $Urbanization$ )

在中国大力推进新型城镇化建设的背景下, 逐渐突破户籍制度和土地制度的束缚, 实现农业人口非农化、非农人口市民化是城市化建设的重要目标。当前中国城市居住着大量的农村户籍的流动人口, 如果以户籍人口反映城市人口数量, 将会低估中国城市化水平<sup>[17]</sup>。另外, 城市第二三产业主要集中于市辖区, 且高铁和城轨导入的外来人口主要居住于市辖区。因此, 本文以市辖区常住人口占城市总人口的比值反映人口城市化水平<sup>[18]</sup>。

#### 2. 解释变量: 高铁开通( $HSR$ )和城轨开通( $METRO$ )

对于高铁和城轨开通的度量, 本文采用0和1的虚拟变量表示<sup>[19]</sup>。当  $HSR_{it} = 1$  时, 表示第  $i$  个城市在第  $t$  年开通了高铁; 当  $HSR_{it} = 0$  时, 表示第  $i$  个城市在第  $t$  年未开通高铁。当  $METRO_{it} = 1$  时, 表示第  $i$  个城市在第  $t$  年开通了城轨; 当  $METRO_{it} = 0$  时, 表示第  $i$  个城市在第  $t$  年未开通城轨。

#### 3. 控制变量

(1) 服务业集聚水平( $SER$ )。服务业集聚水平较高的城市可以承接更多的农村剩余劳动力, 促进人口城市化水平提升, 本文利用区位熵方法测算各市服务业产值的相对集聚水平, 公式为:  $SER = \left( e_{ir} / \sum_i e_{ir} \right) / \left( \sum_i e_{ir} / \sum_i \sum_r e_{ir} \right)$ , 其中  $e_{ir}$  表示  $i$  城市  $r$  产业的产值<sup>[20]</sup>。

(2) 对外开放程度( $OPEN$ )。开放程度较高的城市可吸引较多的产业投资, 创造更多的就业机会, 本文采用实际利用外资额金额与  $GDP$  的比值表示, 外资金额使用年末汇率折算为人民币<sup>[21]</sup>。

(3) 城市土地资源( $LAN$ )。土地是城市重要的资源禀赋, 直接影响城市的人口承载能力, 本文使用市辖区建成区面积与行政区域面积的比值反映城市土地资源状况<sup>[22]</sup>。

(4) 城市教育资源( $EDU$ )。教育资源丰富的城市可吸引更多的青年人口, 提升人口城市化增长潜力, 本文采用教育支出占财政支出的比重作为城市教育资源的代理变量<sup>[23]</sup>。

(5) 医疗卫生水平( $MED$ )。医疗卫生水平反映出城市的公共服务能力和宜居程度, 是影响

人口迁移的重要因素,本文利用每百人拥有的医生数反映城市医疗卫生水平<sup>[24]</sup>。

本文的样本城市共计 279 个,时间跨度为 2000—2017 年。2008 年,中国开通运营第一条真正意义上的高速铁路—京津城际高速铁路,此后高铁开通城市逐年增加。本文将 2008 年及以后开通高铁的 181 个城市作为处理组,未开通高铁的 98 个城市作为控制组。2004 年,中国掀起兴建城市轨道交通的热潮,截止到 2017 年底,中国内地共有 33 个城市开通城市轨道交通。基于双重差分法对处理组和控制组样本量的需求,本文剔除 2004 年之前开通城轨的 6 个城市(北京、天津、上海、广州、长春和大连),将剩余 27 个开通城轨的城市作为处理组,其余 252 个未开通城轨的城市作为控制组。高铁开通数据来源于国家铁路局和相关新闻报道,城轨开通数据来源于中国城市轨道交通统计分析报告,相关城市数据来源于《中国城市统计年鉴》和各省统计年鉴。

### 三、实证结果分析

#### (一) 基准结果

表 1 报告了高铁和城轨开通对人口城市化的影响。首先,从列(1)和列(2)观察高铁开通的作用效果。*HSR* 的回归系数显著为正,表明高铁开通促进了人口城市化水平的提升,这与覃成林等<sup>[10]</sup>的研究结论相似,高铁提升城市可达性,“虹吸效应”促进人口向高铁城市集聚。以列(2)为例,相对于未开通高铁的城市,高铁开通使得人口城市化水平增加 0.0173。由于未开通高铁的城市人口城市化水平平均值为 0.3098,这一估计系数表明高铁开通使得人口城市化水平提高了大约 5.58 个百分点。

其次,从列(3)和列(4)观察城轨开通的作用效果。结果表明,与高铁开通的结果类似,城轨开通同样具有促进人口城市化水平提升的效果。以列(4)为例,相对于未开通城轨的城市,城轨开通使得人口城市化水平增加 0.0600。由于未开通城轨的城市人口城市化水平平均值为 0.3068,这一估计系数表明城轨开通使得人口城市化水平提高了大约 19.56 个百分点。可以发现,相对于高铁,城轨对于大部分城市是一种稀缺资源,开通城轨的城市交通基础设施更加完备,对于人口城市化的促进作用也更加有效。

最后,观察列(5)和列(6),考虑高铁开通和城轨开通的交互作用后,*HSR* 的回归系数仍然显著为正,*HSR*×*METRO* 的回归系数同样显著为正,这表明与仅开通高铁的城市相比,既开通高铁又开通城轨的城市可进一步提高人口城市化水平,高铁和城轨的开通对于人口城市化水平的提升确实存在互补效应。城轨与高铁的衔接,可以提升市域内辖区之间的可达性,有效降低全程通勤成本,进而增强高铁城市的人口吸引力。

#### (二) 异质性分析

上文重点分析了高铁和城轨开通的平均处理效应,但考虑到中国区域发展水平、城市群一体化程度,以及城市综合竞争力等方面存在较大差异,高铁和城轨开通对人口城市化的影响可能存在一定的异质性。下面从区域层面、城市群层面和城市层面出发,进一步分析高铁和城轨开通对人口城市化水

表 1 高铁和城轨开通对人口城市化的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>HSR</i>	0.0143** (0.0060)	0.0173*** (0.0050)			0.0113** (0.0057)	0.0130*** (0.0047)
<i>METRO</i>			0.0415** (0.0196)	0.0600*** (0.0129)		
<i>HSR</i> × <i>METRO</i>					0.0362* (0.0213)	0.0554*** (0.0136)
<i>Control</i>	No	Yes	No	Yes	No	Yes
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	5 022	5 022	5 022	5 022	5 022	5 022
R <sup>2</sup>	0.9526	0.9660	0.9528	0.9666	0.9530	0.9668

注:括号内为聚类稳健标准误;\*\*\*、\*\*和\* 分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著。

平的作用效果。

### 1. 区域层面: 地区差异的影响

东部地区依赖地理区位获得先发优势,在基础设施建设和经济发展程度等方面领先于中西部地区。以样本城市为例,东部地区已经开通高铁和城轨的城市比例分别是73%和16%,而中西部地区的比例分别是61%和10%。因此,有待进一步检验中西部地区与东部地区之间存在的较大差距是否影响了人口城市化进程。

从表2东部地区的回归结果可以发现,列(1)中HSR的回归系数显著为正(0.0232),而且大于表1列(2)中全样本回归系数(0.0173),这表明东部地区建设高铁对于人口城市化的促进效果更加明显。东部地区拥有更加雄厚的产业基础和充足的就业机会,对于人口的吸引力更强,可以支撑城市人口的长期增长。继续观察列(2)和列(3)可以发现,METRO和HSR×METRO的回归系数均显著为正,表明城

轨的开通同样可以促进东部地区人口城市化水平提升,并且既开通城轨又开通高铁的城市对于人口城市化的促进效果更加明显。

从表2中西部地区的回归结果可以发现,列(4)中HSR的回归系数仅在10%的水平下显著,并且相对较小(0.0092),这表明高铁开通对于中西部地区人口城市化的促进效果十分有限。刘金凤和赵勇<sup>[11]</sup>发现,在短期内,高铁建设不利于中西部城市城镇化水平的提高。这与本文的结果略有不同。可能的原因是时间节点选择的差异,本文以2008年为节点,而前文将2012年作为节点。同时本文的观测期截止到2017年,长于前文的2015年,可能高铁的开通对中西部地区人口城市化的促进效果近几年才逐渐显现。列(5)和列(6)的结果表明,城轨的开通对于中西部地区人口城市化的提升作用同样明显。中西部地区城市公共交通建设相对落后,加之为了带动周边县区发展,高铁站点建设偏远,这导致高铁开通对于中西部城市全程可达性的提升效果不佳,如果能够配套建设城市轨道交通,就可以有效衔接高铁站点与市区,解决交通不畅带来的要素流动障碍,促进人口城市化水平的提升。

### 2. 城市群层面: 城际高铁的影响

城市群是由几个城市所构成的一个庞大的城市化区域,城市群内部经济社会联系密切,是引领中国人口城市化的主导力量。为了进一步提升城市群内部交通运输能力,自2008年以来,中国开通了京津、昌九、长吉等多条城际高铁。城际高铁多采用高密度、小编组、公交化的运输组织模式,极大地提高城市群内部城市之间的可达性和一体化程度。因此,本文继续探讨开通城际高铁的城市是否在促进人口城市化水平提升方面更具优势。

本文样本期内共计31个城市开通城际高铁,将其作为处理组,其他未开通高铁的98个城市作为控制组,进行双重差分模型检验。并且将开通城际高铁的样本城市从高铁城市中剔除,剩余150个高铁城市作为处理组,其他未开通高铁的98个城市作为控制组,进行双重差分模型检验,对比分析两者

表2 地区差异的影响

变量	东部地区			中西部地区		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
HSR	0.0232*** (0.0086)		0.0191** (0.0086)	0.0092* (0.0054)		0.0054 (0.0049)
METRO		0.0523*** (0.0140)			0.0578*** (0.0196)	
HSR×METRO			0.0498*** (0.0150)			0.0522** (0.0236)
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	1 728	1 728	1 728	3 294	3 294	3 294
R <sup>2</sup>	0.9670	0.9660	0.9676	0.9698	0.9705	0.9705

注:东部地区包括辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、广东和海南所辖的地级市,中西部地区包括其他城市;括号内为聚类稳健标准误;\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。

作用效果的差异。从表 3 列(1)和列(4)可以发现,HSR 的系数均显著为正,但开通城际高铁对人口城市化的影响系数更大(0.028 6>0.016 7)。在城市群内部布局城际高铁可以进一步突破行政边界的束缚,加速要素在城际间流动,为人口城市化水平的进一步提升带来契机。对比列(2)和列(5),以及列(3)和列(6),同样可以发现,在开通城际高铁的城市,城轨的开通对人口城市化水平的促进效果更加明显,城际高铁与城轨的衔接进一步扩大了高铁的同城化效应。

3. 城市层面: 综合竞争力的影响

表 3 城际高铁的影响

变量	未开通城际高铁			开通城际高铁		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
HSR	0.016 7*** (0.005 1)		0.013 1*** (0.005 1)	0.028 6** (0.013 5)		0.020 9* (0.012 2)
METRO		0.060 1*** (0.009 1)			0.072 9** (0.023 8)	
HSR×METRO			0.057 5*** (0.010 0)			0.061 0** (0.027 1)
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	4 462	4 462	4 462	2 322	2 322	2 322
R <sup>2</sup>	0.963 0	0.965 7	0.966 0	0.970 3	0.970 8	0.970 1

注: 括号内为聚类稳健标准误; \*\*\*、\*\*和\* 分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著。

《第一财经周刊》公布的 2017 年城市排名可以较为合理地反映城市综合竞争力<sup>[3]</sup>。因此,本文根据城市分级情况选择处理组样本,将既开通高铁又开通城轨的样本城市区分为一线(包括一线和新一线)和二线城市,其中一线城市 14 个,二线城市 12 个,其余三线及以下城市划分为一类,将未开通高铁和城轨的 98 个城市作为控制组,继续进行双重差分模型检验。

表 4 综合竞争力的影响

变量	一线城市			二线城市			三线及以下城市	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
HSR	0.066 4*** (0.012 5)		0.044 7*** (0.010 7)	0.076 1** (0.022 2)		0.056 4*** (0.017 3)	0.012 4** (0.004 9)	
METRO		0.052 4*** (0.017 6)			0.080 8*** (0.018 1)			0.033 9*** (0.006 7)
HSR×METRO			0.030 2** (0.012 5)			0.047 8*** (0.013 2)		
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	2 016	4 788	2 016	1 980	4 752	1 980	4 554	4 554
R <sup>2</sup>	0.974 1	0.967 3	0.974 2	0.968 5	0.965 0	0.968 9	0.964 8	0.964 6

注: 样本期内三线城市中仅有淮安开通了城轨,但未开通高铁,因此,无法检验三线城市高铁开通与城轨开通的交互作用;括号内为聚类稳健标准误;\*\*\*、\*\*和\* 分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著。

从表 4 列(1)、(4)、(7)可以发现,HSR 的回归系数在二线城市最大(0.076 1),一线城市次之(0.066 4),三线及以下城市最小(0.012 4)。一线和二线城市主要包括东中部地区省会城市和沿海城市,充足的就业机会和完善的公共服务对中小城市人口产生较大的吸引力,而高铁开通进一步扩大了

人口在城市间的极化效应。另外,虽然高铁通过中小城市,但由于站点布局不合理和城乡规划问题,高铁开通后部分城市的可达性不但没有增加,反而出现降低,从而产生过道效应<sup>[5]</sup>。从列(2)、(5)、(8)和列(3)、(6)也可以看出, *METRO* 和 *HSR*×*METRO* 的系数仍然显著为正,高铁和城轨协同建设对于一线和二线城市人口城市化提升十分有效,这为三线及以下城市通过完善市内公共交通体系促进人口集聚提供了借鉴意义。

#### 四、稳健性检验

##### (一) 平行趋势检验

保证双重差分法有效性的重要前提假设是趋同假设,即如果没有高铁开通和城轨开通的冲击,处理组和控制组的变化趋势应该是平行的。为了检验这一点,本文借鉴唐为<sup>[25]</sup>的做法,利用事件分析法来进行平行趋势的检验。具体而言,采用如下的估计式:

$$Urbanization_{it} = \alpha + \sum_{k=-8}^{k=9} \beta_k \times H_{it_0+k} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Urbanization_{it} = \alpha + \sum_{k=-4}^{k=13} \lambda_k \times M_{it_0+k} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式(4)中  $H_{it_0+k}$  是一系列的虚拟变量,表示高铁开始开通的第  $k$  年。具体来说,  $t_0$  表示城市  $i$  开通高铁的第一年,  $k$  表示高铁开通之后的第  $k$  年。本文的样本期是从2000年到2017年,因此,覆盖了高铁开通前的8年,与开通之后的9年。同理,式(5)中  $M_{it_0+k}$  表示城轨开始开通的第  $k$  年,覆盖了城轨开通前的4年,与开通之后的13年。本文关注的变量是  $\beta_k$  和  $\lambda_k$ ,表示开通高铁和城轨的城市在政策开始第  $k$  年时,处理组与控制组之间人口城市化水平的差异。如果  $\beta_k$  和  $\lambda_k$  在  $k < 0$  期间的趋势较为平缓,则证明符合平行趋势假设,反之,如果在  $k < 0$  期间的发展趋势明显上升或下降,则证明处理组与控制组在政策执行之前,已经有了显著的差异,不符合平行趋势假设。

图1汇报了  $\beta_k$  和  $\lambda_k$  的变动趋势,证实了处理组和控制组之间满足平行趋势假设。在  $k < 0$  的区间,  $\beta$  和  $\lambda$  的估计值的变化非常平缓,且在大部分年份统计上并不显著,表明处理组和控制组在此之前并无显著差异;从  $k = 0$  开始,  $\beta$  和  $\lambda$  的估计值逐渐上升为正。高铁开通5年后(2013年以后)、城轨开通10年后(2014年以后)的影响系数变为显著,表明高铁和城轨开通对人口城市化的促进效果具有一定的时滞性。

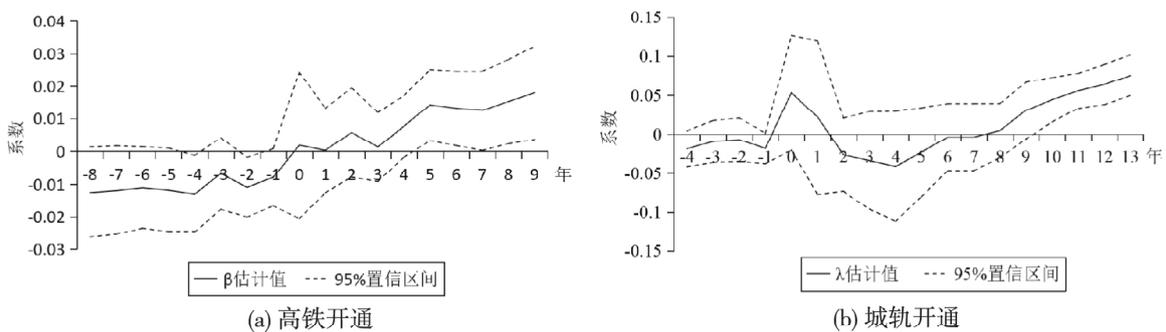


图1 平行趋势检验

##### (二) 安慰剂检验

上文在基准回归部分控制了丰富的地区特征和双向固定效应以减轻遗漏变量问题,但是仍然可能存在其他的目前无法观测的城市特征,从而导致估计的偏误。对此,本文采用了一个间接性的安慰剂检验方法<sup>[26]</sup>。首先,根据公式(1)和(2)可得出 *HSR* 和 *METRO* 的系数估计值  $\hat{\beta}$  和  $\hat{\lambda}$  的表达式:

$$\hat{\beta} = \beta + \gamma \times \frac{cov(HSR_{it}, \varepsilon_{it} | Z)}{var(HSR_{it} | Z)} \quad (6)$$

$$\hat{\lambda} = \lambda + \tau \times \frac{\text{cov}(METRO_{it}, \varepsilon_{it} | Z)}{\text{var}(METRO_{it} | Z)} \quad (7)$$

其中  $Z$  包括其他所有控制变量和固定效应,  $\gamma$  和  $\tau$  为非观测因素对被解释变量的影响, 如果  $\gamma = 0$ 、 $\tau = 0$ , 则非观测因素不会影响到估计结果, 即证明  $\hat{\beta}$  和  $\hat{\lambda}$  是无偏的, 但这一点无法直接验证。为此, 本文采用了间接安慰剂检验的方法, 其逻辑是找到一个理论上不会对结果变量产生影响的错误变量替代  $HSR_{it}$  和  $METRO_{it}$ , 由于随机产生, 则  $\beta = 0$ 、 $\lambda = 0$ ; 如果这个错误的估计变量实际上对结果产生影响, 即  $\hat{\beta}$  和  $\hat{\lambda}$  不为零, 则证明本文的估计方程有误, 表明其他特征因素会影响到估计结果。

为此本文随机生成开通高铁和城轨的城市名单, 从而产生一个错误的估计, 即  $\hat{\beta}_{random}$  和  $\hat{\lambda}_{random}$ 。再使这个随机过程重复 1000 次, 在图 2 展现出所估计出的 1000 个估计值的分布。结果表明, 通过随机处理后得出的估计系数  $\hat{\beta}_{random}$  和  $\hat{\lambda}_{random}$  均值分别为 0.000 09 和 0.000 3, 与基准结果相比已非常接近于 0, 并且 1000 次随机过程中  $\hat{\beta}_{random}$  和  $\hat{\lambda}_{random}$  的分布在 0 的附近且服从正态分布。从而证明未观测的地区特征几乎不会对估计结果产生影响, 之前的估计结果是稳健的。

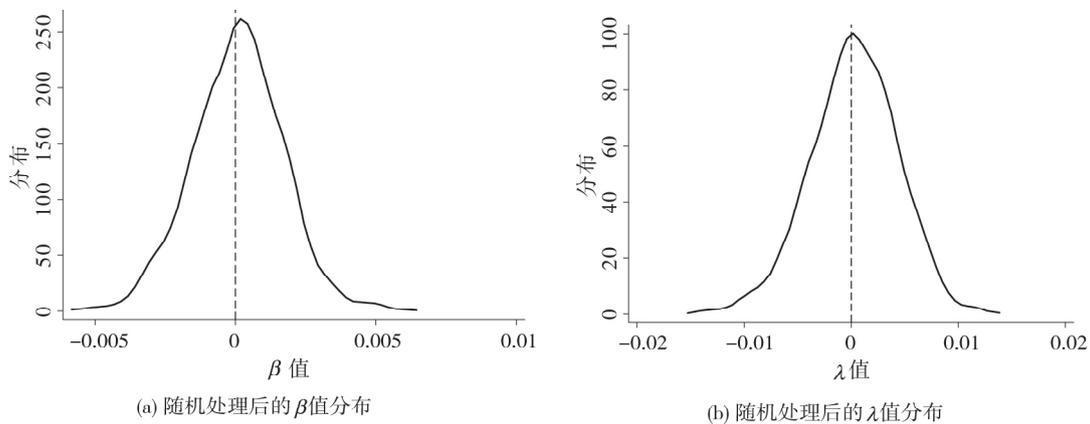


图 2 安慰剂检验

### (三) 内生性问题

考虑到开通高铁和城轨的城市并非完全随机选择, 而受到某些因素的影响。如果这些因素有同时影响到人口城市化水平, 则会产生高铁和城轨开通变量的内生性问题。为此, 本文进一步采用工具变量法检验上文结论的稳健性。在关于交通基础设施的实证研究中, 较为常见的是采用海拔和坡度等自然地理因素作为交通基础设施的工具变量, 观察值越大, 表明修建高铁和城轨的成本和难度越大, 能较好地满足工具变量外生性和相关性要求<sup>[27]</sup>。另外, 由于本文研究样本为面板数据, 如果只采用城市海拔和坡度作为工具变量, 则会因固定效应而无法度量, 因此, 需要寻找一个随时间变化的工具变量。对于高铁开通变量, 本文采用城市平均海拔高度与高铁开通年份(2008—2017)时间虚拟变量的交互项作为高铁开通的工具变量<sup>[28]</sup>。对于城轨开通变量, 本文构造城市坡度的倒数与上一年城市出租车数量占全国比重的交互项作为城轨开通的工具变量<sup>[29]</sup>。

表 5 报告了采用两阶段最小二乘法(2SLS)进行工具变量回归的参数结果。首先, 观察列(1)和列(2)高铁开通对人口城市化的影响, 第一阶段的回归结果表明, 海拔与年份虚拟变量交互项的系数均显著为负, 第二阶段回归结果显示, 高铁开通对人口城市化水平具有促进效果。其次, 观察列(3)和列(4)城轨开通对人口城市化的影响, 从第一阶段的回归结果可以发现, 工具变量与城轨开通呈现正相关, 第二阶段的回归结果证实, 城轨开通可以促进人口城市化水平提升。最后, Kleibergen-Paap rk LM statistic 的结果在 1% 显著性水平上拒绝了“工具变量识别不足”的原假设, Cragg-Donald Wald F statistic 的结果大于 Stock-Yogo 检验 10% 水平上的临界值, 可以拒绝工具变量弱识别的原假设, Hansen J statistic 的结果无法拒绝工具变量有效的原假设, 因此, 本文选择的工具变量是有效的。

表5 工具变量法的回归结果

变量	高铁开通的影响		城轨开通的影响	
	第一阶段(1) <i>HSR</i>	第二阶段(2) <i>Urbanization</i>	第一阶段(3) <i>METRO</i>	第二阶段(4) <i>Urbanization</i>
<i>HSR</i>		0.054 5*** (0.008 7)		
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2008	-0.026 5** (0.020 1)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2009	-0.086 8*** (0.020 7)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2010	-0.136 5*** (0.023 1)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2011	-0.178 4*** (0.026 1)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2012	-0.246 1*** (0.028 2)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2013	-0.313 6*** (0.029 7)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2014	-0.239 3** (0.041 2)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2015	-0.295 7** (0.041 5)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2016	-0.242 8*** (0.045 9)			
<i>Altitude</i> × <i>i</i> .2017	-0.217 3** (0.046 9)			
<i>METRO</i>				0.100 9** (0.044 9)
<i>Slope</i> × <i>F.taxi</i>			8.034 8*** (2.088 6)	
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	5 022	5 022	5 022	5 022
LM statistic	287.521( P=0.000 0)		15.327( P=0.000 1)	
F statistic	26.995		80.631	
Hansen J statistic	23.164( P=1.000 0)		7.894( P=1.000 0)	

注: 括号内为聚类稳健标准误; \*\*\*、\*\*和\* 分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。

## 五、结论与政策建议

交通基础设施对于人口城市化水平提升具有先导性和支撑性作用。本文借助高铁开通和城轨开通的外生冲击构造准自然实验,采用中国2000—2017年279个城市面板数据,运用双重差分模型考察交通基础设施对人口城市化的作用效果。研究发现:(1)在样本考察期内,高铁和城轨的开通促进了人口城市化水平的提升,高铁开通使得人口城市化水平提高约5.58个百分点,城轨开通使得人口城市化水平提高约19.56个百分点;(2)既开通高铁又开通城轨的城市可进一步提高人口城市化水平,城轨与高铁的衔接可以提升城市辖区间的可达性,有效降低全程通勤成本,进而增强高铁城市的人口吸引力;(3)异质性检验结果表明,高铁开通对于东部地区人口城市化的促进效果更为明显,但在中西部地区的效果十分有限,城轨开通对于东部和中西部地区人口城市化的提升作用均较为有效,在开通城际高铁的城市,高铁和城轨的开通对人口城市化的促进效果更加明显,城际高铁与城轨的衔接进一步扩大高铁的同城化效应,高铁和城轨的开通对一二线城市人口城市化水平提升更为明显,高铁和城轨开通进一步扩大了人口在城市间的极化效应。

基于上述结论,本文提出如下政策建议:一是科学规划、合理布局,不断完善高铁网络系统。东部地区高铁密度已经达到较高水平,应加强对中西部地区高铁建设的投入力度。短期内高铁开通的极化效应和过道效应可能导致中西部城市人口的流出,但随着高铁对本地经济的带动效应逐渐显现,中西部地区人口城市化水平也将得到提升。二是协同建设、“三网融合”,强化轨道交通有效衔接和提高运输效率。轨道交通“三网融合”是指,将市域城轨、市域快轨和城际铁路网无缝相接,组成完整的轨道交通网络。当前城轨建设主要由地方政府主导,应加大城轨在技术标准、审批、规划、建设等方面的国家层面宏观管理,这对于充分发挥高铁和城轨效能,提升城市“全程可达性”和人口城市化水平具有重要意义<sup>[30]</sup>。三是突破壁垒、共建共管,发挥城市群主导人口城市化进程的重要作用。应以城市群内中心城市为主体,建立跨地域的轨道交通管理体制,突破由于行政主体不同产生的机制障碍,做好相关规划、建设、运营等工作,促进中小城市融入中心城市的发展进程,扩展人口城市化集聚空间。

#### 参考文献:

- [1] CHEN C L. Reshaping Chinese space-economy through high-speed trains: opportunities and challenges [J]. *Journal of transport geography*, 2012, 22: 312-316.
- [2] CHENG Y S, LOO B P Y, VICKERMAN R. High-speed rail networks, economic integration and regional specialisation in China and Europe [J]. *Travel behaviour and society*, 2015, 2(1): 1-14.
- [3] 董艳梅, 朱英明. 高铁建设的就业效应研究——基于中国 285 个城市倾向匹配倍差法的证据 [J]. *经济管理*, 2016(11): 26-44.
- [4] 李善同, 王菲. 我国交通基础设施建设对城市化的影响及政策建议 [J]. *重庆理工大学学报(社会科学)*, 2017(4): 1-5.
- [5] 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.
- [6] 赵庆国. 高速铁路缩小我国区域差的作用机理分析 [J]. *当代财经*, 2013(4): 106-112.
- [7] TANG S, SAVY M, DOULET J F. High speed rail in China and its potential impacts on urban and regional development [J]. *Local economy*, 2011(5): 409-422.
- [8] 方大春, 孙明月. 高铁时代下长三角城市群空间结构重构——基于社会网络分析 [J]. *经济地理*, 2015(10): 50-56.
- [9] 陆军, 宋吉涛, 梁宇生, 等. 基于二维时空地图的中国高铁经济区格局模拟 [J]. *地理学报*, 2013(2): 147-158.
- [10] 覃成林, 朱永磊, 种照辉. 高速铁路网络对中国城市化格局的影响 [J]. *城市问题*, 2014(9): 9-15.
- [11] 刘金凤, 赵勇. 高铁对中国城镇化均衡发展的影响——基于中西部地区 163 个地级市面板数据的分析 [J]. *城市问题*, 2018(5): 15-25.
- [12] 林晓言, 石中和, 罗燊, 等. 高速铁路对城市人才吸引力的影响分析 [J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2015(3): 7-16.
- [13] 踪家峰, 淦振宇. 城轨促进了城市资本化吗 [J]. *财经科学*, 2019(5): 41-55.
- [14] 范子英, 张航, 陈杰. 公共交通对住房市场的溢出效应与虹吸效应: 以城轨为例 [J]. *中国工业经济*, 2018(5): 99-117.
- [15] CHEN C L, WEI B. High-speed rail and urban transformation in China: the case of Hangzhou east rail station [J]. *Built environment*, 2013, 39(3): 318, 385-398.
- [16] 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(10): 57-63.
- [17] 周光霞, 林乐芬, 余吉祥. 土地城市化、人口城市化与城市经济增长 [J]. *经济问题探索*, 2017(10): 97-105.
- [18] 王垚, 年猛, 王春华. 产业结构、最优规模与中国城市化路径选择 [J]. *经济学(季刊)*, 2017(2): 441-462.
- [19] 马红梅, 郝美竹. 中国高铁建设与沿线城市生产性服务业集聚: 影响机制与实证检验 [J]. *产业经济研究*, 2020(1): 99-113.
- [20] 李斌, 杨冉. 生产性服务业集聚与城市经济绩效 [J]. *产业经济研究*, 2020(1): 128-142.
- [21] 蔡雯霞, 邱悦爽, 徐华. FDI 对中国制造业就业的影响——基于制造业面板数据的实证检验 [J]. *南京财经大学学*

- 报 2019(2): 99-108.
- [22] WANG J, LIN Y, GLENDINNING A, et al. Land-use changes and land policies evolution in China's urbanization processes [J]. *Land use policy*, 2018, 75: 375-387.
- [23] 宋月萍, 谢卓树. 城市公共资源对农村儿童随迁的影响 [J]. *人口研究* 2017(5): 52-62.
- [24] 何炜. 公共服务提供对劳动力流入地选择的影响——基于异质性劳动力视角 [J]. *财政研究* 2020(3): 101-118.
- [25] 唐为. 经济分权与中小城市发展——基于撤县设市的政策效果分析 [J]. *经济学(季刊)* 2018(1): 123-150.
- [26] 宋弘, 孙雅洁, 陈登科. 政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究 [J]. *管理世界* 2019(6): 95-108+195.
- [27] FABER B. Trade integration, market size and industrialization: evidence from China's national trunk highway system [J]. *Review of economic studies*, 2014, 81(3): 1046-1070.
- [28] 张华, 冯烽. 绿色高铁: 高铁开通能降低雾霾污染吗? [J]. *经济学报* 2019(3): 114-147.
- [29] NUNN N, QIAN N. US food aid and civil conflict [J]. *The American Economic Review*, 2014, 104(6): 1630-1666.
- [30] 周晓勤. 城市轨道交通高质量发展的创新之路——周晓勤在 2019 北京国际城市轨道交通高峰论坛上的讲话 [J]. *城市轨道交通* 2019(8): 14-23.

(责任编辑: 王顺善; 英文校对: 葛秋颖)

## Impact of Transportation Infrastructure on Population Urbanization: A Quasi Natural Experiment Based on Opening of High-speed Rail and Urban Rail

YANG Tongbin<sup>1</sup>, ZHU Yingming<sup>1</sup>, ZHOU Bo<sup>2</sup>, LIU Menghe<sup>3</sup>

(1. School of Economics and Management, Nanjing University  
of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China;

3. School of Business, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** Based on panel data of 279 cities from 2000 to 2017 in China, this paper uses the difference-in-difference model to test the effect of opening of high-speed rail and urban rail on population urbanization. The results show that: (1) during the sample period, the opening of high-speed rail and urban rail has a positive effect on population urbanization. (2) Cities that open both high-speed rail and urban rail can further improve the level of population urbanization. The connection between urban rail and high-speed rail can improve the “full range accessibility” of high-speed rail cities and enhance the population attraction. (3) The results of heterogeneity test show that the effect of high-speed rail on population urbanization is more obvious in the eastern region. The promotion effect of the opening of inter-city high-speed rail and urban rail on population urbanization is more obvious, and the connection of inter-city high-speed rail and urban rail further expands the urbanization effect. The effect of the opening of high-speed rail and urban rail on population urbanization is more obvious in the first and second tier cities. The opening of high-speed rail and urban rail further expands the polarization effect. Therefore, it is suggested that to improve the high-speed rail network system, to improve the efficiency and effective cohesion of rail transit, and to give full play the role of urban agglomerations in guiding the process of population urbanization.

**Key words:** transportation infrastructure; high speed railway; urban rail transit; population urbanization; difference-in-difference model