

# 公路基础设施与农业劳动生产率

李 涵<sup>1</sup> 滕兆岳<sup>1</sup> 伍骏骞<sup>2</sup>

(1. 西南财经大学 经济与管理研究院, 四川 成都 611130;

2. 西南财经大学 中国西部经济研究中心, 四川 成都 611130)

**摘要:** 中国对农村地区进行了大规模的交通基础设施投资。尽管交通基础设施投资被认为有助于促进农业发展,但是关于其如何影响农业劳动生产率的实证研究仍然较少。利用中国1999—2011年县级面板数据和同时期的交通地理数据,通过构筑准自然实验,并使用双重差分方法,研究了高速公路开通对中国农业劳动生产率的影响及其作用渠道。研究发现,公路基础设施可以显著提高农业劳动生产率。同时,采用多种计量方法处理了高速公路线路规划的非随机性导致的模型估计内生性问题,结果依然稳健。具体来说,高速公路开通使得县域农业劳动生产率每年提高约6%,其中,平原地区农业劳动生产率的提升幅度明显高于丘陵和山地地区。在因果关系的识别中发现,高速公路的开通可以通过提高农业机械化水平、促进劳动力非农转移和提升市场准入水平,进而提高农业劳动生产率。通过异质性分析还发现,公路交通基础设施对贫困县农业劳动生产率提升的影响显著高于非贫困县。

**关键词:** 高速公路; 农业劳动生产率; 扶贫开发; 地形异质性; 农业机械化; 劳动力非农转移; 市场准入  
**中图分类号:** F323.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1671-9301(2020)04-0032-13

DOI:10.13269/j.cnki.ier.2020.04.003

## 一、引言

“要想富,先修路。”长期以来,大力发展交通基础设施都是振兴农村发展和促进农业生产的重要措施。党的十八大以来,中央大力投资农村公路建设,重点支持集中连片特困地区建设资源路、旅游路、产业路<sup>①</sup>。截至2019年底,全国农村公路总里程超过404万公里。因此,评估交通基础设施对中国农村发展的影响就显得尤为重要。

尽管国内外大量文献研究了交通基础设施对社会经济活动的影响,但这些研究的对象大都以城市为中心,侧重工业部门或宏观发展指标<sup>[1-3]</sup>。其中一些文献研究了交通建设对区域经济增长和收入水平的影响及作用机制<sup>[4-8]</sup>;还有一些文献研究了交通基础设施对人口、就业、贸易等方面的影响<sup>[9-11]</sup>。以上研究充分肯定了交通基础设施在国民经济建设中的重要地位,但对农村问题和农业生产的研究略显不足。城市的经济活动和产业发展固然重要,但农业问题也不容忽视。中国的农村人口仍占很大比重,城乡差距也依然巨大,而农业生产更是关乎国计民生。因此,提高中国农业的生产力水平,以及提高农业人口的收入并消除贫困,是中国现阶段面临的重大挑战。与此同时,我国耕地面积的一半以上位于丘陵和山地地区,地形成为农田生产力的主要限制因素,但很少有研究考虑到

收稿日期:2020-04-20;修回日期:2020-06-18

**作者简介:** 李涵(1979—),男,湖南津市人,经济学博士,西南财经大学经济与管理研究院教授,研究方向为产业组织、发展经济学、区域经济学;滕兆岳(1989—),男,辽宁本溪人,通讯作者,西南财经大学经济与管理研究院博士研究生,研究方向为区域经济和农业经济;伍骏骞(1986—),男,四川自贡人,经济学博士,西南财经大学中国西部经济研究中心副研究员,研究方向为经济集聚、产业集群、农村反贫困。

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(71773097);西南财经大学中央高校重点研究基地项目(JBK190601)

地形对生产力变化的影响<sup>[12]</sup> ,因此 ,本文研究了交通条件的改善对不同地形区域农业生产的影响和渠道机制 ,具有较重要的现实意义。

现有研究交通基础设施和农业问题的文献主要分为两类:第一类相关文献利用长时期历史交通基础设施的数据 ,考察交通基础设施对农业发展的长期影响 ,发现道路连通有助于农业产出的增加<sup>[13]</sup>。第二类相关文献分析了交通基础设施对发展中国家农村经济的影响 ,相关研究发现 ,发展中国家农业生产力落后于发达国家的现象 ,可以用交通水平的差距来解释<sup>[14]</sup>。一些研究还发现交通基础设施有助于解决农村的贫困问题<sup>[15-18]</sup> ,同时有助于增加农业生产的技术和资本投入<sup>[19-20]</sup>。就针对中国的研究而言 ,刘冲等<sup>[21]</sup>发现 ,中国高速公路通达性的改善有助于提高居民收入 ,而且相比城镇地区 ,农村地区获益更大 ,因此缩小了城乡差距。然而 ,关于交通基础设施如何影响农业生产 ,他们并没有做更进一步的探讨。

与以往文献不同 ,本文考察的是中国公路交通基础设施能否通过提高中国农业部门的劳动生产率来促进农业发展。劳动生产率是衡量生产效率的一个重要指标 ,是指同一劳动在单位时间内生产的产品价值。实证研究中通常采用人均产值来衡量劳动生产率 ,它是影响经济增长的决定性因素之一。同时 ,提高农业劳动生产率是推动农业发展的根本性措施 ,是中国农业供给侧结构性改革的重要内容 ,也是中国广大农村地区打赢扶贫攻坚战的决定性因素。因此 ,研究公路交通基础设施如何影响农业劳动生产率就显得尤为重要。

具体来说 ,本文基于 1999—2011 年全国范围内的县域样本计算了各区域的农业劳动生产率。通过构筑一个准自然实验 ,将这一时期内被高速公路连通的县作为实验组 ,未被高速公路连通的县作为对照组 ,使用双重差分法 ,估计了高速公路通达性对地区农业劳动生产率的影响。值得注意的是 ,高速公路在线路规划中可能存在选择性问题 ,即被接入高速公路网的地区可能与未被接入的地区存在着系统性的差异 ,并由此带来模型估计上的内生性问题。针对这一问题 ,本文利用历史上的明代与元代的驿站路网作为工具变量进行处理。结果表明 ,高速公路的连通使当地农业劳动生产率提高了约 6%。此外 ,公路交通基础设施对贫困县生产率提升的影响显著高于非贫困县。在地形异质性分析中我们还发现 ,公路基础设施的改善对不同地理环境下的地区影响也不尽相同 ,其中 ,平原地区受到的影响要高于丘陵与山地地区。进一步的渠道检验表明 ,公路交通基础设施可以通过提高农业生产的机械化水平、促进劳动力非农转移和提升市场准入水平来提高劳动生产率。然而 ,对于不同地形下的地区而言 ,其作用机理存在差异。交通条件改善提升农业机械化水平是平原地区农业劳动生产率提升的重要原因 ,丘陵和山地地区的农业生产则主要通过交通条件改善带来的农村劳动力非农转移而获益。同时 ,市场准入水平提升带来的贸易和市场需求 ,也会在一定程度上提升地区的农业劳动效率。

相比于以往文献 ,本文的创新之处在于:第一 ,本文将高速公路建设和农业劳动生产率相结合 ,从提高农业生产效率的角度分析了公路基础设施投资在解决“三农”问题和推动农业供给侧改革中的作用。本文采用多种计量模型 ,利用工具变量处理了高速公路线路规划中的内生性问题 ,估计了公路基础设施投资对农业产出和效率的提升幅度 ,发现高速公路通达性显著提升了县域农业劳动生产率。第二 ,虽然关于农业生产与农业效率优化的研究较为丰富 ,但是从公路基础设施投资的视角 ,研究其对农业劳动生产率影响的内容并不多见 ,本文丰富和发展了这一类型的文献。本文的渠道检验也发现 ,公路基础设施的改善可以通过提高农业机械化水平来提高农业生产效率。第三 ,本文的实证结果表明 ,与其他县级单位相比 ,交通基础设施水平的提升对贫困县农业劳动生产率的影响更大 ,这一发现丰富了关于农村扶贫的研究。

文章余下部分安排如下:第二部分是数据来源与描述性统计;第三部分是计量模型设定、估计结果分析、内生性问题处理 ,以及异质性分析;第四部分是稳健性检验;第五部分是影响渠道检验;第六部分是结论和政策启示。

## 二、数据描述

本文实证分析的主要被解释变量是县级层面的农业劳动生产率,定义为该县第一产业增加值除以农林牧渔业从业人数。这一数据以及其他的县级变量,包括人口数据、经济数据、县的类型、县的面积等,均来自《中国县(市)社会经济统计年鉴》和《中国区域经济统计年鉴》。共计包括22个省、5个自治区、4个直辖市所辖的县级样本(不包含市辖区),时间跨度为1999—2011年。这里需要说明的是:首先,之所以采用这个时间跨度,主要原因是统计年鉴在1999年之前以及2011年之后,均存在较大的统计口径的改变。其次,本文剔除了在此期间因为“县改市”“县改区”等原因而使得行政区划和隶属关系发生改变的样本,以及部分变量缺失严重的样本。

高速公路路网的地理数据来自1999—2011年中国地图出版社出版的《中国交通地图册》。相较于西方发达国家,中国高速公路建设起步较晚,但发展迅速。在1992年推出了《“五纵七横”国道主干线系统规划》后,中国正式进入高速公路建设的快速发展阶段。截至2019年底,中国高速公路通车总里程已经达到了14.26万公里,居世界第一位。具体到本文的研究,我们根据《中国交通地图册》,利用ArcGIS软件,构建了一个关于中国高速公路路网地理信息的分年度电子数据库。该数据库包含1999—2011年中国大陆地区高速公路的矢量分布图。基于1999年与2011年中国高速路网的分布,通过比较可以发现,在1999年,中国高速公路建设仅仅只是初具规模,但截至2011年,高速公路网已经基本覆盖了中国大部分地区。在该电子地图的基础上,本文结合中国县级水平的行政区划边界,利用地理信息系统软件,得到各年份各县级单位区域内的高速公路里程数,以及相应的县级单位地理中心到高等级公路网的距离,其中包括到达高速公路的直线距离、到达高速公路收费站的直线距离等数据。

具体到被高速公路网覆盖的县级行政区域,表1报告了1999—2011年已连通高速公路网的县级样本分年度统计结果。1999年全国仅有211个县级行政区通了高速公路,而到了2011年全国已经有1132个县级区域覆盖高速公路网络,占全国县级行政区总数的一半以上(这里的县级行政区不包括市辖区部分)。

除此之外,本文在分析中还考虑了其他对农业劳动生产率可能存在影响的因素,并控制了县域年末人口、乡村人口、社会福利、财政收支等变量。表2是本文主要变量的描述性统计结果。部分变量本文还会在后面做详细介绍。

县域农业发展会受气候、地貌等多重复杂的自然环境因素影响。中国地形西高东低,呈三

表1 高速公路通过县的数量和比例

年份	县	县级市	自治县/旗	总数	总比例
1999	124	80	7	211	0.106 2
2000	133	80	7	220	0.110 8
2001	160	94	10	264	0.132 9
2002	300	159	18	477	0.240 2
2003	335	168	20	523	0.263 3
2004	365	176	22	563	0.283 5
2005	429	197	25	651	0.327 8
2006	462	213	32	707	0.355 9
2007	531	228	36	795	0.400 3
2008	620	243	47	910	0.458 2
2009	673	260	51	984	0.495 5
2010	707	272	56	1 035	0.521 1
2011	786	285	61	1 132	0.569 9

表2 描述性统计

变量名称	变量含义	样本量	平均值	标准差
农业劳动生产率	第一产业增加值/农林牧渔业从业人数	25 254	2.147 3	10.138 7
高速通过	高速公路是否开通	25 707	0.343 3	0.474 8
元代线路	元代历史线路是否通过	25 707	0.119 4	0.324 2
明代线路	明代历史线路是否通过	25 707	0.107 0	0.309 1
户籍人口	ln(年末户籍人口)	25 619	3.531 1	0.940 7
乡村人口	ln(年末乡村人口)	25 293	3.305 1	1.015 6
固话用户	ln(本地电话年末用户)	23 375	10.595 0	1.258 2
工业增加值	ln(第二产业增加值)	25 499	11.490 2	1.647 4
财政收入	ln(政府财政一般预算收入)	25 560	9.274 6	1.388 1
财政支出	ln(政府财政一般预算支出)	25 590	10.510 2	1.080 3
居民储蓄	ln(城乡居民储蓄存款余额)	25 393	11.891 3	1.447 3
金融贷款	ln(年末金融机构各项贷款余额)	25 444	11.735 2	1.383 9
固定资产投资	ln(城镇固定资产投资完成额)	23 377	11.107 8	1.712 5
社会福利	ln(社会福利院床位数)	21 968	5.691 1	1.486 2
在校学生	ln(中小学在校学生数)	23 532	10.791 9	0.970 8

级阶梯分布,山地和丘陵主要分布在各级阶梯交界地区,平原主要分布在各个盆地和冲积平原当中。各县域的地形环境特征具体表现为:在东北和华东地区,以及内蒙古、新疆的各盆地中呈现出大量的平原分布,这些地区具有较好的农业耕作条件;崎岖的山地和丘陵区域主要位于青藏高原西南边界处,第一阶梯与第二阶梯的交界处,第二阶梯的横断山脉、云贵高原及秦巴山地,第二阶梯与第三阶梯的交界处和南岭地区,其土地利用条件相对恶劣<sup>[22]</sup>。在本文研究的样本中,非平原地形占比超过70%,因此,研究不同地形下交通基础设施改善的差异和渠道机制也就尤为重要。

### 三、模型设定与实证

本文在基准回归模型中采用县级层面的面板数据,通过构筑一个准自然实验,将1999—2011年间被高速公路连通的县作为实验组,未被高速公路连通的县作为对照组,使用双重差分法,估计高速公路通达性对地区农业劳动生产率的影响。本文使用的带有固定效应的双重差分模型如下:

$$Y_{it} = \alpha + \beta H_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中  $i$  和  $t$  分别表示县和年,  $Y_{it}$  表示县  $i$  在第  $t$  年的农业劳动生产率的对数,  $H_{it}$  表示县  $i$  在第  $t$  年的高速公路通达性,即该县在当年是否有高速公路通过。如果没有高速公路通过,则为0;在有高速公路通过之后,则为1。

本文在之后的稳健性检验中还采用了多种其他变量测度通达性。  $X_{it}$  是控制变量,包括年末户籍人口、第二产业增加值、政府财政一般预算收入、政府财政一般预算支出、固定资产投资完成额,以及其他社会经济福利数据等。  $\mu_i$  是地区层面的固定效应,  $\varphi_t$  是时间层面的固定效应,  $\varepsilon_{it}$  是残差项。本文所有回归的标准误差聚类到城市层面。

#### (一) 基本结果

在上述模型设定中,解释变量  $H_{it}$  的系数  $\beta$  是本文主要关心的结果。表3汇报了模型的基本估计结果。其中,列(1)为没有包含任何控制变量的估计结果。结果显示,相对于对照组内的县级样本,高速公路连通的县级地区的劳动生产率显著提高了约4.50%。在列(2)中加入了其他控制变量,估计结果的系数值变小,但依然显著。结果显示,有高速公路通过的县,农业劳动生产率显著提高了约3.41%。

表3 基本回归结果

	最小二乘估计		第一阶段回归		工具变量估计	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
高速通过	0.0450*** (0.0141)	0.0341*** (0.0127)			0.0755*** (0.0232)	0.0600*** (0.0221)
元代线路			0.5973*** (0.0277)	0.5910*** (0.0286)		
明代线路			0.4836*** (0.0358)	0.4771*** (0.0365)		
户籍人口		0.0150 (0.0333)		0.0005 (0.0147)		0.0146 (0.0333)
乡村人口		-0.0840** (0.0276)		-0.0146 (0.0151)		-0.0835** (0.0274)
固定电话		0.0246* (0.0137)		-0.0259** (0.0110)		0.0254* (0.0136)
工业增加值		0.0328* (0.0191)		-0.0297** (0.0117)		0.0332* (0.0190)
财政收入		0.0200 (0.0251)		-0.0077 (0.0128)		0.0207 (0.0250)
财政支出		0.0859*** (0.0263)		-0.0409** (0.0185)		0.0868*** (0.0263)
居民储蓄		-0.0288* (0.0159)		-0.0278** (0.0131)		-0.0279* (0.0159)
金融贷款		-0.0088 (0.0161)		0.0322** (0.0127)		-0.0099 (0.0161)
固定资产投资		0.0128* (0.0070)		0.0112* (0.0067)		0.0123* (0.0069)
社会福利		0.0117* (0.0066)		-0.0026 (0.0046)		0.0118* (0.0066)
在校学生		-0.0758** (0.0344)		0.0047 (0.0256)		-0.0759** (0.0342)
年固定效应	是	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	25 253	21 139	25 707	20 899	25 177	21 109
R <sup>2</sup>	0.7421	0.7582	0.4880	0.4908	0.7419	0.7580
F统计值			631.3928	599.3762		

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误;在下文所有表格中,如果未特别说明则被解释变量均为农业劳动生产率;同时,下文会继续控制年固定效应和县固定效应,并加入表3中的控制变量,篇幅所限,下文表格中不再显示具体结果;表中所有控制变量均进行了取对数处理。

## (二) 内生性问题的处理

固定效应模型虽然可以消除一部分不随时间变化的遗漏变量,但交通线路规划仍然存在选择性 issue。难以测量的土地质量、地形等因素可能同时影响政策规划和农业产出,产生内生性问题,进而导致遗漏变量偏误<sup>[23]</sup>。为解决非随机选择造成的内生性问题,在实证研究中通常会剔除对政策实施产生影响的数据。一些文献认为大中型城市的选择会影响估计结果,但城市间被交通线路被动连接的区域相对随机<sup>[24]</sup>。因此,通过剔除大城市数据,只保留被交通基础设施偶然和随机连接的数据,可以解决道路规划的内生性问题。由于本文研究不包含市辖区样本,所以内生性问题并不严重。

除此之外,本文还使用历史线路作为工具变量对内生性问题进行了处理。由于历史线路的规划不大会受到当前各地区经济、政治因素的影响,所以相对于当前的线路规划来说是外生的<sup>[25-27]</sup>。因此,本文选择元代主要干线和明代驿路作为高速公路网的工具变量。由于历史道路不随时间变化,因此,可通过将历史道路与时间变量进行交乘来处理这一问题。就工具变量的外生性而言,历史上的道路受制于当时的情况,更倾向于考虑军事和政治统治问题,线路选择上受经济因素影响有限,而且这些道路修建于元代和明代,距今已超过400年,与当代经济发展水平之间的相关性很小,因此作为高速公路的工具变量较为合适。从表3的第一阶段回归中可以发现,历史线路与高速公路存在显著的相关性。表3的列(5)和列(6)汇报了第二阶段的工具变量估计结果,与最小二乘估计结果相比,估计系数的符号和显著性都没有变化,但回归结果的系数值变大,连通高速公路将使县域农业劳动生产率提高约6%,这说明内生性问题会使我们低估公路交通基础设施对农业劳动生产率的影响。

受路径依赖<sup>[28]</sup>等因素的影响,某些地区当代经济发展水平与历史上的经济发展水平之间存在一定的联系,因此,历史交通线路的选择也可能无法完全外生于当代经济发展水平,从而影响本文使用的工具变量的有效性,导致现有工具变量的估计结果存在偏误。因此,我们通过剔除长期发展稳定的样本,来进一步增强工具变量估计的有效性与合理性。在表4和表5中,我们剔除了有可能受这一问题影响的样本。在表4中,具体的样本处理方式:剔除省会城市下辖的县级样本,以避免长期形成的经济集聚的影响;剔除与地级及以上城市同名的县级样本,以排除过去“府县同郭”的影响;剔除2012年的百强县样本,以排除经济快速发展地区的影响。表4的估计结果表明,剔除这些样本后,估计结果的数值和显著性变化不大。在表5中,具体的样本处理方式:剔除元明时期主要口岸(包括海港和内

表4 工具变量内生性检验1

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
高速通过	0.060 0*** (0.022 1)	0.062 9*** (0.023 3)	0.055 3** (0.021 7)	0.061 6*** (0.022 4)	0.067 3*** (0.023 1)
剔除省会样本	否	是	否	否	是
剔除市县同名样本	否	否	是	否	是
剔除百强县样本	否	否	否	是	是
控制变量	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是
样本量	21 109	19 105	20 449	19 685	17 796
R <sup>2</sup>	0.758 0	0.752 1	0.760 4	0.762 0	0.753 2

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

表5 工具变量内生性检验2

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
高速通过	0.060 0*** (0.022 1)	0.053 8** (0.022 1)	0.045 1** (0.021 6)	0.053 9** (0.023 4)	0.055 1** (0.022 6)	0.048 2** (0.020 9)
剔除口岸样本	否	是	否	否	否	是
剔除运河样本	否	否	是	否	否	是
剔除中心样本	否	否	否	是	否	是
剔除江浙样本	否	否	否	否	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	21 109	20 377	19 367	19 956	19 469	17 480
R <sup>2</sup>	0.758 0	0.768 7	0.753 0	0.755 6	0.751 9	0.750 3

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

河口岸,既有泉州、广州和天津等,也有武汉三镇和九江等)附近的样本,排除古代交通和地理优势的影响;剔除运河附近的样本,避免运河经济的长期影响;剔除明代经济政治中心附近的样本,排除杭州、苏州和景德镇等古代经济中心,扬州、徽州、湖州和太原等古代主要商帮聚集地,以及顺天府(北京)、应天府(南京)、凤阳府和承天府(安陆)等政治中心的长期影响;剔除元代江浙行省,即明代苏松、南直隶和浙江布政使司的样本,避免元明时期经济和地理条件对古代驿道系统和当前经济构成的影响。从表5的估计结果来看,剔除这些可能存在历史影响的样本后,估计结果的数值和显著性略有下降,但仍具有稳健性。

### (三) 共同趋势分析

对于双重差分估计的有效性而言,其必要条件是在高速公路开通以前,对照组与实验组内的县域劳动生产率随时间变化的趋势是一致的。为了检验这一平行趋势,本文根据 Jacobson *et al.* [29] 和 Li *et al.* [30] 所使用的方法,检验了前置影响和滞后效应。具体检验模型如下:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_k \sum_{-4 \leq k \leq 4} H_{i,t_0+k} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

模型(2)中  $H_{i,t_0+k}$  表示围绕高速公路开通这一事件的时间虚拟变量,其中  $t_0$  为  $i$  县被高速公路连接的年份,  $k$  表示之前或者之后的年份,其中  $k = -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$ , 省略的时间类别为  $k < -4$ 。参数  $\beta_k$  表示高速公路开通  $k$  年后的影响,这里假设事件的发生会影响到之前四年的农业劳动生产率。表6中的估计结果显示:高速公路开通前四年的系数都不显著而且数值较小,表明在高速公路开通之前实验组和对照组的趋势是相似的;而高速公路开通之后,系数显著为正。这一结果给了本文一个有利的证据,即在高速公路开通前,对照组和实验组存在共同趋势,因此,是高速开通本身对农业劳动生产率的提升产生了作用。

### (四) 公路交通基础设施对扶贫的影响

由于交通基础设施投资是促进农村地区脱贫的常用政策手段,因此,本节通过分样本回归重点考察高速公路的通达性对贫困县与非贫困县的异质性影响。事实上,以往的研究也发现,在经济发展的不同阶段,公路交通基础设施对当地经济的促进作用也会有所不同。Pollin *et al.* [31] 发现,20世纪80年代之前美国的基础设施投入明显具有促进经济增长的作用,但之后逐步减弱。他们认为在已经得到基本满足的基础设施水平下,新增基础设施的促进作用不再明显。Bougheas *et al.* [32] 认为交通基础设施投资与经济增长之间存在倒U型关系,表现出阶段性差异。

本文基于国务院扶贫办2001发布的“新时期592个国家扶贫开发工作重点县名单”,将样本分成贫困县和非贫困县,并进行了异质性检验。在表7的列(1)和列(2)中,高速公路的通达性对贫困县与非贫困县均有显著影响,但是影响幅度差别较大,对贫困县农业劳动生产率的提升幅度是非贫

表6 共同趋势分析

	最小二乘估计		工具变量估计	
	(1)	(2)	(3)	(4)
高速通过 -4	0.018 4 (0.018 3)	0.013 7 (0.017 7)	0.019 5 (0.018 4)	0.015 8 (0.017 9)
高速通过 -3	0.006 1 (0.010 4)	-0.002 6 (0.010 6)	0.006 4 (0.010 3)	-0.002 4 (0.010 6)
高速通过 -2	0.002 4 (0.013 1)	-0.002 9 (0.012 5)	0.002 7 (0.013 1)	-0.002 2 (0.012 5)
高速通过 -1	0.017 9 (0.015 8)	0.010 9 (0.015 4)	0.006 9 (0.021 6)	-0.006 8 (0.021 8)
高速通过 +0	0.035 9*** (0.009 4)	0.023 8*** (0.008 8)	0.058 5** (0.029 6)	0.060 1** (0.030 6)
高速通过 +1	0.035 6*** (0.008 3)	0.025 8*** (0.007 8)	0.026 3* (0.013 7)	0.010 6 (0.013 9)
高速通过 +2	-0.000 1 (0.007 6)	-0.003 9 (0.007 9)	0.000 4 (0.007 6)	-0.002 4 (0.007 8)
高速通过 +3	-0.001 5 (0.007 4)	0.003 9 (0.007 3)	-0.001 1 (0.007 4)	0.004 5 (0.007 3)
高速通过 +4	0.097 7*** (0.013 0)	0.053 2*** (0.012 1)	0.099 0*** (0.012 9)	0.055 3*** (0.012 1)
控制变量	是	是	是	是
年固定效应	否	是	否	是
县固定效应	是	是	是	是
样本量	21 083	21 083	21 054	21 054
R <sup>2</sup>	0.742 9	0.758 9	0.742 8	0.758 7

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

困县的4倍。可见,公路基础设施投资是制约中国贫困地区发展的一个重要因素。同时,本文进一步将全样本分成中东部与西部样本,结果发现,高速公路对西部贫困县的影响显著高于对中东部贫困县的影响。

#### (五) 地形异质性分析

中国地形复杂,自然资源禀赋分布不均。地形禀赋约束是导致农业发展区域不平衡的重要因素,平原地区与丘陵山地地区是中国农业现代化发展的两个极端<sup>[33]</sup>。丘陵山地地区的地理条件较平原地区更为复杂、土地相对细碎,对农业生产机械作业形成约束,机械对劳动力的替代难以实现<sup>[34]</sup>,同时这些地区还面临着农业生产成本更高、市场规模更小等现实问题。因此,交通基础设施改善对农业劳动生产率的促进作用也有可能受到地理因素的影响。为识别地形异质性的影响,本文使用《中国县(市)社会经济统计年鉴》中的地形分类,将样本中的

县域分为平原地区和丘陵山地地区,并进行了异质性分析。在表8的列(1)和列(2)中,高速公路的通达性对平原地区与丘陵山地地区均有显著影响,但是影响幅度差别较大,对平原地区农业劳动生产率的提升程度和显著性都明显高于丘陵山地地区。可见,公路基础设施投资的作用,在不同地形下的影响是不同的。将全样本进一步分成中东部与西部样本之后,研究结果仍然基本保持一致。尽管西部地区样本估计结果的显著性不高,但是从数值上来看,公路交通基础设施对西部平原地区的影响还是要大于丘陵与山地地区。

#### 四、稳健性检验

##### (一) 其他衡量交通通达性的指标

在上文的估计中,我们通过虚拟变量来衡量高速公路的通达性。为检验这一指标的稳健性和有效性,本文使用县级样本地理中心到高速公路的直线距离来衡量高速公路的通达性<sup>[1]</sup>。这种方法可以使没有开通高速公路的县级样本也可以通过这一指标来测度其受高速公路影响的程度,这种影响应该随着距离增加而减弱。由表9的列(1)可知,这一系数的估计值显著为负,与预期相符。

在表9的列(2)中加入了样本所在地区是否有铁路和机场的控制变量。因为同样作为重要的交通工具,铁路和航空运输也可以增强县域的交通通达性。由于本文并没有完整的随时间变化的铁路和机场数据,所以本文采用2015年铁路和航空数据与时间变量交乘的数值作为替代变量。从结果来看,铁路与航空运输对县域农业劳动生产率的影响很小,其中,铁路对农业劳动生产率提升的影响只有0.44%,而机场通达性的提升则与农业劳动生产率完全不相关。高速公路通达性的估计结果依然稳健。

表7 贫困县分样本

	全样本		中东部		西部	
	(1) 贫困县	(2) 非贫困县	(3) 贫困县	(4) 非贫困县	(5) 贫困县	(6) 非贫困县
高速通过	0.124 3*** (0.043 9)	0.039 5* (0.023 4)	0.029 2 (0.037 3)	0.061 7** (0.026 8)	0.164 5** (0.076 7)	-0.004 8 (0.030 8)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	5 748	15 361	2 028	9 992	3 720	5 369
R <sup>2</sup>	0.799 4	0.743 4	0.866 3	0.729 2	0.771 5	0.787 5

注:\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

表8 地形分样本

	全样本		中东部		西部	
	(1) 平原	(2) 丘陵山地	(3) 平原	(4) 丘陵山地	(5) 平原	(6) 丘陵山地
高速通过	0.065 8*** (0.020 4)	0.039 0* (0.022 1)	0.115 8*** (0.040 0)	0.063 6** (0.030 6)	0.058 1 (0.082 7)	0.015 3 (0.034 9)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	6 194	14 752	4 623	8 301	1 571	6 320
R <sup>2</sup>	0.805	0.744	0.810	0.712	0.804	0.807

注:\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

此外,本文采用 Faber<sup>[35]</sup> 文章中的最小成本生成树法(MST),生成新的工具变量,并进行进一步的稳健性检验。与历史道路工具变量不同,最小成本生成树是通过选取中心节点城市,并使用直线将节点连接起来构建的。这种连接既要保证所有节点都连通,也要保证连接线长度的总和最小(形成最小成本)。在此基础上,就可以计算每个县的虚拟路网通达性,并以此作为工具变量。表9的列(3)显示了第一阶段的回归结果,回归结果表明,最小成本生成树与高速公路网络布局显著正相关。第(4)列为工具变量回归的结果,结果表明,系数的显著性与之前采用历史道路通达性作为工具变量的估计结果相一致。

表9 稳健性检验

	(1)	(2)	(3)	(4)
	距离连续变量	控制铁路航空	第一阶段(MST)	工具变量(MST)
到高速距离	-0.0273*** (0.0101)			
高速通过		0.0553** (0.0227)		0.0480* (0.0264)
最小生成树(MST)			0.7928*** (0.0117)	
铁路		0.0044** (0.0022)		
机场		-0.0036 (0.0043)		
控制变量	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是
样本量	20970	21109	22526	22526
R <sup>2</sup>	0.7593	0.7583	0.4287	0.7479
F统计值			4571.15	

注:\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

## (二) 剔除部分样本

由于中国县级行政区域之间存在着异质性,本文通过剔除有可能影响估计结果的特殊子样本,进行了进一步的稳健性检验。由于民族地区存在诸多特殊政策,在表10的列(1)中剔除了样本中的少数民族县,仍然得到显著的正向结果。在表10的列(2)中剔除所有的县级市,只保留纯粹的行政县作为样本,结果仍然是稳健的。同时,由于近郊地区,特别是城乡接合部地区会受到城市的强烈影响,为避免这方面的影响,在表10的列(3)和列(4)中剔除了直辖市所属的县和距离省会60公里以内的县,结论依然相同。在表10的列(5)中,剔除了所有发生行政区划变动的县级样本,其回归结果也依然是稳健的。

表10 剔除部分样本

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	剔除少数民族县	剔除县级市	剔除直辖市所属县	剔除距省会60公里内的县	剔除行政区划变动的县
高速通过	0.0561** (0.0229)	0.0617** (0.0255)	0.0624*** (0.0223)	0.0673*** (0.0234)	0.0597** (0.0238)
控制变量	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是
样本量	19460	16772	20687	19401	19062
R <sup>2</sup>	0.7567	0.7528	0.7563	0.7549	0.7591

注:\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

## 五、渠道识别

上述研究结果表明,公路交通基础设施有助于提高农业劳动生产率。在本节中将就可能存在的渠道机制进行检验。

### (一) 农业机械化

公路交通基础设施影响农业生产的一个可能渠道是通过降低交通成本,提高农业的机械化水平。Rozelle *et al.*<sup>[36]</sup>和 Wang *et al.*<sup>[37]</sup>分析了多种影响中国农业生产效率的因素,发现农业机械化是中国农业劳动生产率提高的一个重要原因。实际上,为了提高农业机械化水平,2004年国务院公布了《收费公路管理条例》(国务院令 第417号),明确规定进行跨区作业的联合收割机、运输联合收割机(包括插秧机)等车辆,在收费公路上行驶和运输,免交车辆通行费。

本节使用各县劳均农业机械总动力和机械动力贡献度作为被解释变量,考察高速公路通达性对其产生的影响。这里仍旧采用基准回归模型进行估计,估计结果见表 11。从结果中可以看到,高速公路通达性显著提高了劳均农业机械总动力以及机械动力贡献度。在此基础上,本文还利用 2004 年农机高速通行免过路费的政策作为政策冲击,通过加入高速公路通达性与 2004 年时间节点前后的交乘项,进一步估计该模型。表 11 的结果表明 2004 年后,高速公路通达性对农业机械化的作用显著上升。

如果高速公路可以通过促进农业机械化提高农业生产效率,那么高速公路与 2004 年开始的促进农业机械化政策的交乘项对农业劳动生产率的影响应该更大。因此,本文将根据促进农业机械化的政策时点进行分组,构建了三重差分模型。具体估计方程如下:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 H_{it} + \beta_2 H_{it} T_t + \beta_3 M_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中:  $T_t$  表示政策时点,如果大于等于 2004 则为 1,否则为 0;  $M_{it}$  表示劳均农业机械总动力。若高速公路通过提高农业机械化水平影响了县域经济的农业劳动生产率,则高速通过与政策时点交乘的影响理应更大,  $\beta_2$  应该显著为正。因此,本文可以基于这个三重差分模型来识别高速公路是否通过提高农业机械化水平来影响农业劳动生产率。表 12 为对模型 (3) 估计的回归结果。此时,  $\beta_2$  的估计系数显著为正,而  $\beta_1$  的估计系数不再显著。这表明 2004 年的政策鼓励农机免费使用高速公路之后,高速公路对农业劳动生产率的影响显著提高。

表 12 渠道分析 2

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
高速通过	0.034 1** (0.012 7)		0.017 9 (0.012 6)		0.023 7* (0.012 5)		0.010 6 (0.012 1)
高速通过 × 2004 年		0.055 3** (0.016 3)	0.047 6** (0.016 6)			0.043 3*** (0.015 5)	0.038 7** (0.015 3)
劳均农业机械总动力				0.316 7** (0.049 8)	0.316 2** (0.049 8)	0.315 8** (0.049 9)	0.315 7** (0.049 9)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是	是	是	是
样本量	20 868	20 868	20 868	20 662	20 662	20 662	20 662
R <sup>2</sup>	0.762 5	0.762 3	0.762 6	0.805 4	0.805 4	0.805 1	0.805 3

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

为进一步检验该渠道对不同地形区域的影响,我们进行了分组回归,以估计高速公路开通对地形不同的县级样本产生的异质性影响。基于统计年鉴中平原、丘陵和山地的分类,本文将样本中的县域分为平原与丘陵山地(非平原)两类。由表 13 可知,与丘陵山地样本相比,平原地区高速公路开通可以带来更加巨大和显著的农业机械投入和贡献度,而丘陵山地地区的农业机械化水平则提升有限。

## (二) 劳动力非农转移

在相关文献中,我们发现对农业产出和效率有直接影响的因素主要聚焦于劳动力的转移与投入、生产要素的投入、农业信息化和技术升级等方面。中国经济持续增长的一个重要原因在于,边际生产率较低的农业部门向非农部门转移的大量过剩劳动力改善了经济的配置效率,同时提升了农业部门和非农部门的生产效率<sup>[38]</sup>。Wang *et al.*<sup>[37]</sup>分析了多种影响中国农业产出的因素,其中最主要的就是劳动力的非农转移,以及随之而来的良种改良和机械投入等。基于以上文献,我们主要聚焦于高速公路的通达性是否会对劳动力非农转移产生影响。从表 14 的结果来看,在农村户籍人口并未发生显著变化的前提下,公路交通基础设施的改善确实在促进劳动力的非农转移上产生一定的作用。

中国地形复杂,经济情况各有不同,总体而言,地形平坦的地区经济发展水平和人均收入会更高一些,而山地和丘陵地区较为贫困。从表 15 中平原地区和丘陵山地地区人均地区生产总值的对比来看,平原地区人均地区生产总值明显高于丘陵山地地区,这就造成了丘陵山地地区劳动力非农转移的机会成本要明显低于平原地区,因此,交通条件的改善极有可能使丘陵山地地区实现更多的劳动力非农转移。为进一步区分不同地形下劳动力非农转移机制的差异,我们在表 16 中将全样本分为平原样本和丘陵山地样本(非平原)。从表 16 中列(1)和列(2)的结果来看,在高速公路开通后,非平原地区会有更高的劳动力非农转移比例。从列(3)和列(4)的结果来看,交通便利带来的劳动力非农转移缓解了山地和丘陵地区的部分人地矛盾,释放了过剩劳动力,进而有助于劳动生产率的提高。与非平原地区相比,平原地区受劳动力非农转移的影响则较小。

## (三) 市场准入水平提升

长期以来,行政性壁垒和地理交通壁垒的存在,致使区域之间长期处于市场分割状态,进而割裂了区域间的经济联系,扭曲了区域间的资源配置<sup>[39]</sup>。高速公路的开通可以提升运输效率,客观上降低了地区间的交通成本,从而扩大市场准入范围。因此,就存在一个可能的渠道,即高

表 13 地形异质性 1

	劳均农业机械总动力		机械动力贡献度	
	(1) 平原	(2) 丘陵山地	(3) 平原	(4) 丘陵山地
高速通过	0.019 6 (0.028 3)	0.064 6 (0.101 5)	0.015 0 (0.033 3)	0.057 1 (0.108 4)
高速通过 × 2004 年	0.082 1** (0.034 7)	0.027 2 (0.036 3)	0.082 6** (0.037 7)	0.071 2 (0.076 2)
控制变量	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是
样本量	6 059	14 437	6 058	14 452
R <sup>2</sup>	0.506 1	0.521 3	0.208 4	0.243 8

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

表 14 渠道分析 3

	乡村户数	乡村从业人员	劳动力土地比
	(1)	(2)	(3)
高速通过	-0.011 9 (0.007 1)	-0.034 3*** (0.007 9)	-0.036 2** (0.015 4)
控制变量	是	是	是
年固定效应	是	是	是
县固定效应	是	是	是
样本量	21 101	21 139	20 855
R <sup>2</sup>	0.178 7	0.151 5	0.464 4

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

表 15 人均地区生产总值

单位: 万元

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
平原县	0.72	0.88	1.37	1.16	1.36	1.63	1.97	2.20
丘陵山地县	0.54	0.62	0.81	0.88	1.03	1.30	1.54	1.75

表 16 地形异质性 2

	乡村从业人员		劳动力土地比	
	(1) 平原	(2) 丘陵山地	(3) 平原	(4) 丘陵山地
高速通过	-0.028 3** (0.014 0)	-0.032 7*** (0.008 8)	-0.022 9 (0.026 8)	-0.025 6** (0.011 8)
控制变量	是	是	是	是
年固定效应	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是
样本量	6 195	14 642	6 193	14 641
R <sup>2</sup>	0.121 1	0.161 4	0.054 6	0.115 8

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著,括号中的数值为标准误。

速公路开通可以通过增加市场准入、降低各项成本支出、提升农产品市场价值,进而提升农业劳动生产率。基于现有研究<sup>[13]</sup>,本文设定如下估计公式:

$$MA_i = \sum_c \tau_{ic}^{-\theta} N_c \quad (4)$$

$$Y_{it} = \alpha + \beta MA_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中:  $MA_i$  是县级样本的高速公路市场准入;  $\tau_{ic}$  是县级样本间的交通成本,包含时间和费用成本;  $N_c$  是目标地区的年末人口数,用以衡量经济规模。根据已有文献,本文还估计了县级样本间的交通距离、时间、费用以及其他相关参数<sup>[40-42]</sup>,并利用公式(5)估计了市场准入对农业劳动生产率的影响。表17的结果表明,高速公路开通带来的市场准入水平提升,对农业劳动生产率有显著的正向影响,与我们的预测相一致。

进一步,我们还区分了不同地形下市场准入的差异。从表18的估计结果来看,在高速公路开通后,全样本、平原样本和丘陵山地样本的市场准入水平都大幅提升。由此可见,高速公路的互联互通可以将不同地区的经济体连接到共同的市场之中,全面提升各方的贸易需求。综合三个方面的渠道识别我们发现,高速公路的连通可以提高县域农业机械化水平,促进农村劳动力非农转移,提升市场准入水平,进而促进农业劳动生产率的提高。然而这种影响在平原地区要远大于山地和丘陵地区。受限于地理和区域因素,农业机械化并不适合在丘陵和山地地区推广,但交通条件的改善,仍能够通过转移山区过剩劳动力、缓解人地矛盾和提升市场准入水平来促进农业生产。

## 六、结论

本文利用1999—2011年中国县级面板数据,考察了公路基础设施改善对农业生产效率的影响及其渠道机制。研究发现,当前县域高速公路互联互通对农业劳动生产率具有显著的正向影响,使农业劳动生产率提高了约6%,但在不同地形区域该影响具有差异性,平原地区劳动生产率的提升幅度要远大于山地和丘陵地区。通过分析公路交通基础设施对农业生产的影响渠道,本文发现,高速公路的连通可以通过提高县域地区的农业机械化水平、促进农村劳动力非农转移和提升市场准入水平来提高农业劳动生产率。进一步的分析发现,不同地形区域所受到的影响不尽相同,相对来说,交通条件的改善主要通过提升平原地区的农业机械化水平来提高农业劳动生产率,而在丘陵和山地地区,交通条件的改善主要通过促进劳动力非农转移、缓解人地矛盾和提升市场准入水平来促进农业生产。研究还发现,公路交通基础设施对贫困县农业劳动生产率提升的作用显著高于非贫困县。

本文的研究结论具有如下启示:首先,交通基础设施建设是新一轮农业农村经济改革发展的物质基础,其目标旨在从供给侧消除市场和地理壁垒。本文的研究结果表明,高速公路建设可显著促进农业劳动生产率的提升,因此,未来应继续以提高基础设施水平为政策抓手,增强农业综合生产能力,提高农业产出,增加农民收入。其次,交通运输成本的下降可通过促进农业机械投入、

表17 渠道分析4

	最小二乘估计		工具变量估计	
	(1)	(2)	(3)	(4)
高速公路市场准入	0.011 4*** (0.003 2)	0.009 4*** (0.003 0)	0.018 8*** (0.005 8)	0.015 0*** (0.005 7)
控制变量	否	是	否	是
年固定效应	是	是	是	是
县固定效应	是	是	是	是
样本量	25 253	21 139	25 177	21 109
R <sup>2</sup>	0.742 3	0.758 4	0.742 0	0.758 2

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

表18 地形异质性3

	高速市场准入		
	(1) 全样本	(2) 平原	(3) 丘陵山地
高速通过	3.921 0*** (0.154 0)	4.102 6*** (0.268 4)	3.814 7*** (0.163 2)
控制变量	是	是	是
年固定效应	是	是	是
县固定效应	是	是	是
样本量	20 847	6 195	14 652
R <sup>2</sup>	0.872 0	0.880 2	0.876 1

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号中的数值为标准误。

增加贸易需求来提升生产效率并释放出更多的农村劳动力,使其从农业部门转移到非农业部门。因此,为使交通基础设施产生更大的乘数效应,未来各地区更应结合自身的地形条件,因地制宜地增强配套措施,通过鼓励农业规模化经营、提高农业机械化水平、消除劳动力自由流动的制度壁垒、打破区域间贸易和市场壁垒等方式,充分挖掘基础设施改善带来的政策红利。最后,交通基础设施的改善对贫困县的影响尤其显著,因此,各地区应充分利用我国交通状况改善的条件,在考虑其作用机制的基础上设计相关的精准扶贫政策,通过更好地发挥政策效果,进一步解放农村生产力,打赢脱贫攻坚战。

注释:

①中国公路网新闻《十八大以来中央投资农村公路建设4016亿元》。

参考文献:

- [1] DATTA S. The impact of improved highways on Indian firms [J]. *Journal of development economics* 2012, 99(1): 46-57.
- [2] GHANI E, GOSWAMI A, KERR W. Highway to success: the impact of the golden quadrilateral project for the location and performance of Indian manufacturing [J]. *Economic journal* 2016, 126(591): 317-357.
- [3] 张学良. 中国交通基础设施促进了区域经济增长吗?——兼论交通基础设施的空间溢出效应 [J]. *中国社会科学* 2012(3): 60-77.
- [4] DEMURGER S. Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China? [J]. *Journal of comparative economics* 2001, 29(1): 95-117.
- [5] ATACK J, BATEMAN F, HAINES M, et al. Did railroads induce or follow economic growth? Urbanization and population growth in the American Midwest 1850-60 [J]. *Social science history* 2010, 34(2): 171-197.
- [6] BAUM-SNOW N, TURNER M A. Transport infrastructure and the decentralization of cities in the People's Republic of China [J]. *Asian development review* 2017, 34(2): 25-50.
- [7] 刘生龙, 胡鞍钢. 交通基础设施与经济增长: 中国区域差距的视角 [J]. *中国工业经济* 2010(4): 14-23.
- [8] 刘冲, 周黎安. 高速公路建设与区域经济发展: 来自中国县级水平的证据 [J]. *经济科学* 2014(2): 55-67.
- [9] BAUM-SNOW N. Suburbanization and transportation in the monocentric model [J]. *Journal of urban economics* 2007, 62(3): 405-423.
- [10] DONALDSON D. Railroads of the Raj: estimating the impact of transportation infrastructure [J]. *American economic review* 2018, 108(4-5): 899-934.
- [11] 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.
- [12] PARRY M L, ROSENZWEIG C, IGLESIAS A, et al. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios [J]. *Global environmental change* 2004, 14(1): 53-67.
- [13] DONALDSON D, HORNBECK R. Railroads and American economic growth: a "market access" approach [J]. *Quarterly journal of economics* 2016, 131(2): 799-858.
- [14] ADAMOPOULOS T. Transportation cost, agricultural productivity and cross-country income differences [J]. *International economic review* 2011, 52(2): 489-521.
- [15] DERCON S, GILLIGAN D O, HODDINOTT J, et al. The impact of agricultural extension and roads on poverty and consumption growth in fifteen Ethiopian villages [J]. *American journal of agricultural economics* 2009, 91(4): 1007-1021.
- [16] GIBSON J, OLIVIA S. The effect of infrastructure access and quality on non-farm enterprises in rural Indonesia [J]. *World development* 2010, 38(5): 717-726.
- [17] GIBSON J, ROZELLE S. Poverty and access to roads in Papua New Guinea [J]. *Economic development and cultural change* 2003, 52(1): 159-185.

- [18] JACOBY H. Access to markets and the benefits of rural roads [J]. *Economic journal* 2000 ,110( 465) : 713 - 737.
- [19] KHANDKER S R , BAKHT Z , KOOLWAL G B. The poverty impact of rural roads: evidence from Bangladesh [J]. *Economic development and cultural change* 2009 ,57( 4) : 685 - 722.
- [20] SURI T. Selection and comparative advantage in technology adoption [J]. *Econometrica* 2011 ,79( 1) : 159 - 209.
- [21] 刘冲 ,周黎安 ,徐立新. 高速公路网通达性对城乡居民收入差距的影响及其机制研究 [J]. *经济研究* 2013( 增刊) : 53 - 64.
- [22] 周蕾 ,熊礼阳 ,王一晴 ,等. 中国贫困县空间格局与地形的空间耦合关系 [J]. *经济地理* 2017( 10) : 157 - 166.
- [23] 李江一. 农业补贴政策效应评估: 激励效应与财富效应 [J]. *中国农村经济* 2016( 12) : 17 - 32.
- [24] CHANDRA A , THOMPSON E. Does public infrastructure affect economic activity? Evidence from the rural interstate highway system [J]. *Regional science and urban economics* 2000 ,30( 4) : 457 - 490.
- [25] DURANTON G , TURNER M A. Urban growth and transportation [J]. *Review of economic studies* 2012 ,79( 4) : 1407 - 1440.
- [26] MICHAELS G. The effect of trade on the demand for skill: evidence from the interstate highway system [J]. *The review of economics and statistics* 2008 ,90( 4) : 683 - 701.
- [27] GARCIA-LOPEZ M-A. Urban spatial structure ,suburbanization and transportation in Barcelona [J]. *Journal of urban economics* 2012 ,72( 2 - 3) : 176 - 190.
- [28] JEDWAB R , KERBY E , MORADI A. History ,path dependence and development: evidence from colonial railways ,settlers and cities in Kenya [J]. *The economic journal* 2017 ,127( 603) : 1467 - 1494.
- [29] JACOBSON L S , LALONDE R J , SULLIVAN D G. Earnings losses of displaced workers [J]. *American economic review* , 1993 ,83( 4) : 685 - 709.
- [30] LI P , LU Y , WANG J. Does flattening government improve economic performance? Evidence from China [J]. *Journal of development economics* 2016 ,123: 18 - 37.
- [31] POLLIN R , HEINTZ J , GARRETT-PELTIER H. How infrastructure investments support the U. S. economy [J]. *Published studies* 2009( 1) : 58 - 103.
- [32] BOUGHEAS S , DEMETRIADES P O , MAMUNEAS T P. Infrastructure ,specialization ,and economic growth [J]. *Canadian journal of economics* 2000 ,33( 2) : 506 - 522.
- [33] 周晶 ,陈玉萍 ,阮冬燕. 地形条件对农业机械化发展区域不平衡的影响——基于湖北省县级面板数据的实证分析 [J]. *中国农村经济* 2013( 9) : 63 - 77.
- [34] 郑旭媛 ,徐志刚 ,应瑞瑶. 城市化与结构调整背景下的中国粮食生产变迁与区域异质性 [J]. *中国软科学* 2014 ( 11) : 71 - 86.
- [35] 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.
- [36] ROZELLE S , TAYLOR J E , DEBRAUW A. Migration ,remittances ,and agricultural productivity in China [J]. *American economic review* ,1999 ,89( 2) : 287 - 291.
- [37] WANG X , HUANG J , ROZELLE S. Off-farm employment and agricultural specialization in China [J]. *China economic review* 2017 ,42: 155 - 165.
- [38] 曹芳芳 ,程杰 ,武拉平 ,等. 劳动力流动推进了中国产业升级吗? ——来自地级市的经验证据 [J]. *产业经济研究* 2020( 1) : 57 - 70 + 127.
- [39] 文争为 ,王琪红. 市场分割和国内跨区域市场扩张 [J]. *产业经济研究* 2020( 2) : 32 - 44 + 72.
- [40] ZHENG S , KAHN M E. China's bullet trains facilitate market integration and mitigate the cost of megacity growth [J]. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America* 2013 ,110( 14) : 1248 - 1253.
- [41] 张梦婷 ,俞峰 ,钟昌标 ,等. 高铁网络、市场准入与企业生产率 [J]. *中国工业经济* 2018( 5) : 137 - 156.
- [42] LIN Y. Travel costs and urban specialization patterns: evidence from China's high speed railway system [J]. *Journal of urban economics* 2017( 98) : 98 - 123.

(责任编辑:李 敏)

(下转第 128 页)

TFP efficiency value is much lower than the actual value , and the loss of TFP efficiency is seriously overestimated; including the factor of misallocation of intermediate input resources is conducive to measuring the actual situation of TFP efficiency accurately; variable scale returns have a moderating effect on the degree of resource misallocation , and relaxing the assumption of constant scale returns helps to accurately measure the loss of TFP efficiency caused by resource misallocation; compared with the misallocation of capital and labor resources , the loss of TFP efficiency caused by the misallocation of intermediate input resources is more serious; financing constraints , administrative monopoly and other factors are important causes of resource misallocation in manufacturing. The inclusion of intermediate inputs into the analysis framework of manufacturing resource misallocation is conducive to an accurate investigation of the real situation of manufacturing resource misallocation , and is conducive to scientific and precise policy-making. It can provide theoretical and factual bases for the practical improvement of resource allocation efficiency and output efficiency.

**Key words:** resource misallocation; factor price distortions; intermediate inputs; scale returns; total factor productivity

( 上接第 44 页)

## Highway infrastructure and agricultural labor productivity

LI Han<sup>1</sup> , TENG Zhaoyue<sup>1</sup> , WU Junqian<sup>2</sup>

( 1. Research Institute of Economics and Management , Southwestern University of Finance and Economics ,  
Chengdu 611130 , China;

2. West Center for Economic Research , Southwestern University of Finance and Economics , Chengdu 611130 , China)

**Abstract:** China has made large-scale investments in transport infrastructure for rural areas. Although investment in transport infrastructure is considered to help promote agricultural development , empirical studies on how it affects agricultural productivity are still scarce. Based on China's county level panel data from 1999 to 2011 and the traffic geographic data of the same period , this paper studies the influence of highway opening on China's county agricultural labor productivity and the specific impact channels by constructing quasi-natural experiments and using the difference-in-difference method. This paper finds that highway infrastructure can significantly improve agricultural labor productivity. At the same time , this paper deals with the endogenous problem of model estimation caused by the non-randomness of highway route planning with multiple measurement methods , and the results remain robust. Specifically , the opening of highways leads to an increase in agricultural labor productivity of about 6% per year in counties , with the increase in agricultural labor productivity in plains significantly higher than in hilly and mountainous areas. In the identification of causal relationships , this paper finds that the opening of highways can improve agricultural labor productivity by increasing the level of agricultural mechanization , promoting off-farm labor transfer , and improving market access. Through heterogeneity analysis , this paper also finds that the impact of highway infrastructure on agricultural labor productivity improvement in poor counties is significantly higher than that in non-poor counties.

**Key words:** highway; agricultural labor productivity; poverty alleviation and development; topographic heterogeneity; agricultural mechanization; off-farm labor transfer; market access