

“一带一路”基础设施建设的生态效应评估

——来自中老铁路的经验证据

杨 冕 麦展铭 谢泽宇*

摘 要:本文基于老挝植被覆盖状况的县级与栅格双尺度的季度数据,估计了中老铁路建设对沿线生态的影响。研究发现,中老铁路建设并未对沿线植被状况产生显著的负面影响,该结论在一系列稳健性检验后依然成立。进一步基于中国云南省与东盟 10 国分商品类别的年度贸易数据发现,中老铁路开通运营使老挝与中国云南省之间的贸易额显著增长了 74.8%。

关键词:中老铁路;“一带一路”倡议;归一化植被指数

DOI: 10.13821/j.cnki.ceq.2026.04.09

一、引 言

自“一带一路”倡议提出后,中国与周边国家的基础设施联通步伐显著加快,其中中老铁路是连接中国与老挝的重要陆路通道。对老挝等内陆国家而言,铁路等交通基础设施可能通过降低运输成本、改善市场可达性来促进区域贸易与经济活动(De Soyres et al., 2020; Guo and Dong, 2021),但同时也存在对沿线生态环境造成一定影响的顾虑(Ascensão et al., 2018)。然而,尚缺乏确凿的实证证据来给出明确答案,特别是对其建设期生态影响的定量识别相对不足。因此,本文聚焦于评估中老铁路建设是否导致沿线植被覆盖发生系统性变化。此外,本文还将铁路开通后的贸易变化作为补充分析,以探究其可能的贸易效应。

本文以中老铁路的修建与开通为准实验,评估中国标准的跨国铁路项目对东道国生态环境与跨境经济活动的影响。在生态维度,本文首先使用老挝 2012—2021 年逐季、500m 空间分辨率的归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)数据,将中老铁路途经县及其接壤县分别作为处理组和对

* 杨冕,武汉大学经济与管理学院;麦展铭,北京大学经济学院;谢泽宇,中国社会科学院生态文明研究所。通信作者及地址:谢泽宇,北京市王府井大街 27 号中国社会科学院生态文明研究所,100710;电话:010-65265976;E-mail: zheyuzeyu@163.com。本研究得到研究阐释党的二十届四中全会精神国家社会科学基金重大专项“绿色低碳标准体系的国际规则完善与衔接互认模式研究”(26ZDA117)的资助。感谢匿名审稿人和期刊主编的宝贵建议,当然文责自负。

照组,构建双重差分(DID)模型识别铁路建设对沿线植被覆盖的影响。为进一步排除铁路修建之外其他人类活动的干扰,本文在稳健性检验中还将研究范围严格限定在中老铁路老挝段 25km 缓冲区内,在此基础上,利用 ArcGIS 软件将研究区划分为众多边长为 500m 的正方形栅格单元,并依据栅格到铁路的最短距离划分处理组与对照组,如将研究区划分为 0—5km、5—10km、10—15km、15—25km 四个距离带开展更微观的 DID 估计。考虑到在微观尺度上,铁路选线可能存在内生性,本文基于老挝数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)等地形约束构造最小建设成本的模拟铁路线路,并据此构造工具变量实施 IV-DID 估计,以缓解不可观测因素导致的潜在偏误。在贸易维度,本文使用 2015—2024 年中国云南省与东盟 10 国分商品种类的年度贸易数据,评估中老铁路自 2021 年 12 月开通运营后对中老贸易的促进作用。

实证结果显示,中老铁路建设并未引发沿线植被覆盖的显著下降。在老挝县-季度层面的基准 DID 回归中,未观察到显著的植被破坏效应。将样本进一步限定为距铁路 25km 的区域后,采用 500m×500m 栅格数据得到的结论同样一致,且未发现距离铁路线越近,回归系数绝对值越大的梯度关系。在引入最小成本路径模拟线路并实施 IV-DID 估计之后,分析结果仍表明铁路建设未显著降低沿线植被覆盖,从而进一步强化了核心结论的可信度。与此同时,中老铁路在 2021 年 12 月开通运营后对老挝跨境贸易表现出显著促进作用。

本文的学术贡献主要体现在以下方面。第一,本文从项目所在国的微观空间尺度出发,评估中国跨国铁路建设在施工阶段对沿线生态质量的影响,拓展了关于交通基础设施建设环境影响的经验证据。既有研究已较为系统地考察了中国境内高铁开通运营的环境效应,其发现高铁的开通运营可通过加快技术创新(王群勇和陆凤芝,2021)、促进产业升级(孙鹏博和葛力铭,2021)、替代公路运输(Lin et al., 2021; Lee et al., 2023)等渠道,显著降低沿线地区的环境污染与碳排放。然而,此类研究仅聚焦于中国国内,且主要关注项目建成后的生态环境效应,却在一定程度上忽略了建设过程本身可能引发的生态环境风险,特别是未能涉及中国标准的海外铁路建设对沿线生态质量的影响。然而现实情况是,诸多中国海外投资项目因生态环境问题而面临推进阻力^①;与此同时,一些学者也对中国海外大型基础设施的环境风险表达了担忧(Ascensão et al., 2018)。Baehr et al.(2023)指出中国是世界上最大的官方基础设施融资来源国,但人们对其资助项目所带来的生态环境风险知之甚少。上述现实挑战和研究提示严谨评估中国海外投资项目建设期的生态影响是一个重要问题。

^① 例如,肯尼亚拉穆燃煤电厂、缅甸密松水电站因被质疑破坏当地环境而被迫中止。缅甸蒙育瓦莱比塘铜矿项目因征地补偿和环境争议经历多次停工,巴基斯坦塔尔煤田项目存在地下水位下降和水污染等环境争议,但项目仍在持续推进中。

尽管部分文献基于国家宏观层面数据量化了“一带一路”共建国家的绿色发展水平(Cheng and Ge, 2020),或评估了“一带一路”倡议对沿线国家整体碳排放强度的影响(余娟娟等,2023;Wu et al., 2021),但难以对具体项目的沿线生态影响给出更具针对性的量化判断。本文以中老铁路为例,在更细空间单元上识别其建设期的生态环境影响,为理解中国海外重大基础设施项目的生态效应提供了更直接、可检验的微观经验证据,也为相关讨论提供了较为中立的事实基础。

第二,进一步提供了国际铁路可作为主要贸易通道的证据。进入大航海时代以来,海洋贸易成为国际贸易的主要方式,也成为催生沿海地区繁荣发展的重要因素。共建“一带一路”深刻变革了近 300 年工业文明形成的以海洋为主的世界格局,形成了海洋经济和陆地经济齐头并进、共同发展、互联互通的新格局(陈文玲和李想,2023)。中欧班列是“一带一路”倡议续写古丝绸之路,以新亚欧大陆桥开创中欧经贸合作新通道的旗舰项目(吕越等,2022)。现有研究发现,中欧班列能显著促进中国开通城市的进出口贸易量(周学仁和张越,2021),加快中国向西开放的步伐(刘斌等,2022)。然而,受沿线铁路轨距不统一、途经各国通关手续较为繁琐、边境口岸通行能力不足等问题制约,2024 年中欧班列运输货值仍仅占同期中欧贸易总额的 8.5%。^① 因此,有关中欧班列的研究仍难以为国际铁路可作为主要贸易通道提供证据。本文以完全采用中国标准建设、直接接入中国铁路网的中老铁路为研究对象,基于 2015 年至 2024 年云南省-东盟国家-年份-HS 大类商品的贸易数据,系统考察了中老铁路开通运营在提升老挝对华贸易方面的巨大作用,提供了海洋时代下跨国铁路亦可成为部分国家间主要贸易通道的经验证据,从而进一步增强了泛亚铁路建设的信心。

二、政策背景

(一) 中老铁路建设历程

中老铁路是共建“一带一路”倡议提出后,首条以中方为主投资建设、全线采用中国标准和中国设备并与中国铁路网直接连接的国际铁路。本文关注其在老挝境内的磨丁站至万象南站段(以下简称老挝段)。老挝段总投资近 400 亿元,由中老双方按 70%和 30%的股比合资建设。该项目的建设过程为本文提供了一个清晰的时间与空间窗口。在时间维度上,老挝段于 2015 年 12 月 2

^① 资料来源:“《中欧班列发展报告(2025)》发布:有力保障国际产业链供应链稳定”,<https://www.ccptigs.com/channels/lianbohui/18669-1119164222.html>,访问时间:2026 年 7 月 5 日。

日奠基,2016年12月25日全线开工,经过5年建设于2021年12月3日通车运营。基于明确的开工和通车时点,本文可以将2016—2021年界定为建设期冲击窗口。在空间维度上,中老铁路途经老挝15个县级行政区^①。尤为值得注意的是,在项目开工前,老挝全境仅有一段约3.5千米连接万象市郊塔纳廊与泰国廊开的米轨铁路,且其空间位置与老挝段并不重合。这意味着对于这15个途经县而言,中老铁路是其首次接受现代铁路基础设施的冲击。这种从无到有的特征,排除了既有铁路网络长期累积效应的干扰,使得沿线地区构成了一个较为纯净的处理组样本。

(二) 老挝段线路的相对外生性

铁路选址是否存在内生性,即是否刻意选择经济发达或特定生态区域是识别的关键问题之一。就中老铁路而言,老挝段项目总投资为59亿美元(约合400亿元人民币),其中老挝方需承担30%的资金。在老方承担的份额中,包含10.6亿美元的债务融资和7.3亿美元的股本出资^②,相对于其2022年仅为157.2亿美元的GDP总量而言,这是一笔巨大的财政支出。这种强烈的成本约束意味着线路选择须遵循成本最小化原则,优先考虑地形地貌、施工可行性与跨境通道的连通效率,而非由沿线单个县域的短期经济波动或植被变化所主导,在县域尺度上具有较强的外生性。因此,本文依据中老铁路实际经过的15个县市划分处理组。

(三) 中老铁路开通运营情况

除生态影响外,老挝的内陆国属性使其成为考察铁路贸易效应的独特样本。由于缺乏出海口,老挝对外贸易高度依赖陆路,中老铁路的开通极大地改变了其通道条件。在2023年4月国际客运完全打通前,中老铁路经历了一段“货运先行、分段客运”的运营期。老挝段共设磨丁、琅勃拉邦、万象等10个客运办理站^③及万象南货运站。其中,纳堆、孟赛等6个站点^④同时办理客货运业务,磨丁、万象等5个站点^⑤具备国际客运功能。这些站点构成了铁路服务沿线经济的直接节点。鉴于老挝没有海运干扰,中老铁路开通前后的贸易流量变化,能够更直接地反映出跨境铁路基础设施对内陆国国际贸易的带动作用。

① 15个县级行政区包括琅南塔省琅南塔县,乌多姆塞省纳磨县、孟赛县、孟阿县,琅勃拉邦省勐宋丕县、琅勃拉邦县、香恩县,万象省嘎西县、万荣县、欣合县、蓬洪县,万象市纳塞通区、赛塔尼区、赛色塔区、河滩区。

② 资料来源:世界银行,<https://documents1.worldbank.org/curated/en/648271591174002567/txt/Main-Report.txt>,访问时间:2026年7月5日。

③ 磨丁站、纳堆站、纳磨站、孟赛站、孟阿站、琅勃拉邦站、嘎西站、万荣站、蓬洪站、万象站。

④ 纳堆站、孟赛站、琅勃拉邦站、嘎西站、万荣站、蓬洪站。

⑤ 磨丁站、孟赛站、琅勃拉邦站、万荣站、万象站。

三、研究设计和数据来源

(一) 实证模型

基于上述政策背景,本文选取老挝 41 个县级行政区作为研究对象。考虑到铁路经过便可能会对沿线地区植被状况造成影响,本文将中老铁路途经的 15 个老挝县级行政区作为处理组,中老铁路途经县的 26 个毗邻县作为反事实对照组。在样本期的选择方面,在考察中老铁路建设对老挝沿线地区植被覆盖的影响时,为排除铁路自 2021 年 12 月 3 日开通运营对这一部分结果存在的潜在扰动,本文将样本期设置为 2012 年 1 月至 2021 年 12 月。

本文基于反事实因果分析框架,运用双重差分模型检验中老铁路修建对老挝沿线地区植被覆盖的影响,具体模型设计如下:

$$Y_{it} = \alpha + \gamma D_{eco_{it}} + \lambda X_{it} + \mu_i + \theta_t + \epsilon_{it}, \quad (1)$$

其中, i 和 t 分别代表县和季度, Y_{it} 是表征 i 县 t 季度植被覆盖状况的变量。 $D_{eco_{it}}$ 为政策处理变量, X_{it} 是控制变量, μ_i 为县层面的个体固定效应, θ_t 为季度层面的时间固定效应, ϵ_{it} 是随机扰动项。本文将标准误聚类到县级层面。

(二) 指标选取

1. 被解释变量

本文的被解释变量为植被覆盖度,植被覆盖度的衡量指标为归一化植被指数(NDVI)。NDVI 为绿色植被相对丰度和活性的辐射量值,其数值大小可以表征区域植被覆盖度、植被生长状况和植被活动强弱(高江波等,2019)。经济学文献常将 NDVI 作为反映植被覆盖度和生态状况的指标,以评估人类经济活动对生态环境的影响(谢婷婷,2024;陈海山和梁裕珩,2023;Borsky et al., 2024; Liu et al., 2024; Burgess et al., 2012)。因此,NDVI 适用于探究中老铁路修建对沿线地区植被覆盖度的影响。本文使用 Google Earth Engine 遥感云计算平台,基于连续时间序列的 MODIS NDVI 卫星遥感数据(MOD13A1.061)^①生成老挝各县 2012—2021 年逐月的 NDVI 数据的栅格数据,其空间分辨率为 500m。MOD13A1.061 数据集中 NDVI 数据的时间分辨率为 16 天,本文通过最大值合成将 16 天时间分辨率转换成月度分辨率,再由月度分辨率最大值合成至季度。最后,本文结合老挝县级行政区划数据,利用 ArcGIS 软件将此栅格

^① MOD13A1.061 是 Google Earth Engine 收录的 Terra MODIS Vegetation Indices 16-Day Global 500m 产品,数据集 ID 为 MODIS/061/MOD13A1。该产品由 Terra 卫星搭载的 MODIS 传感器获取,提供 16 天合成的全球植被指数数据,空间分辨率为 500 m,主要包含归一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI)等波段。

数据解析为 2012—2021 年老挝县级逐季度的 NDVI。

2. 核心解释变量

政策处理变量 D_eco_{it} 是本文核心解释变量。在式(1)中, D_eco_{it} 表示县 i 在 t 季度是否作为铁路途经县受到中老铁路修建的影响, 考虑到中老铁路老挝段的开工奠基时间为 2015 年 12 月 2 日, 本文将中老铁路修建的处理时点定为 2016 年。因此, 在植被覆盖效应的回归中, 若 t 在 2016 年 1 月及之后, 且 i 为中老铁路途经的老挝县级行政区, 则 D_eco_{it} 为 1, 否则为 0。

3. 控制变量

为缓解遗漏变量偏误, 并考虑数据可得性, 本文在式(1)中加入县级层面的 GDP 和数字高程模型(DEM)作为控制变量。在下文式(6)中加入国家层面的 GDP 作为控制变量。

(1) GDP 数据。本文使用的 GDP 数据来自 Chen et al.(2022)基于夜间灯光数据开发的全球 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的 GDP 经纬度栅格数据。结合老挝县级行政区划数据, 本文使用 ArcGIS 软件通过掩膜提取、分区统计等步骤将全球 GDP 经纬度栅格数据解析为老挝各县逐年的 GDP 总量。由于该数据为年度数据, 与本文研究的季度数据不匹配; 因此本文选择样本研究期初, 即 2012 年的老挝各县年度 GDP 总量与季度时间虚拟变量交互, 作为控制变量加入模型。类似地, 本文结合样本内东盟国家的行政区划, 提取 2015 年各国年度 GDP 总量与年份虚拟变量交互, 作为控制变量加入贸易效应的回归模型。

(2) 数字高程模型数据。本文使用由欧洲航天局发布的全球范围内 30 米空间分辨率数字高程模型——哥白尼数字高程模型(COP-DEM)数据集。通过 Google Earth Engine 遥感云计算平台, 并结合老挝的行政区划, 提取栅格形式的数字高程模型(DEM)数据。随后, 使用 ArcGIS 软件通过分区统计将上述栅格数据解析为老挝各县的数字高程模型(DEM)数据, 并将其与季度时间虚拟变量交互后, 作为控制变量加入模型。

(3) 夜间灯光数据。本文选取 2012 年的 NPP-VIIRS 夜间灯光数据提取至栅格, 用以在栅格层面的回归中控制各研究单元的经济活动水平。

(三) 描述性统计

表 1 对本文所用到的主要变量按两种分组方式进行了统计。Panel A 为本文基准回归所使用的数据; Panel B 为植被效应的稳健性检验中, 在 0.25km^2 的细小区域层面回归所用的数据。通过 Panel A 可以看出, 从平均意义而言, 中老铁路途经县样本和非中老铁路途经县样本在植被覆盖指标上差异较小; Panel B 也表明距离中老铁路 0—10km 区域的植被覆盖与距离 10—25km 区域的植被覆盖差异仅为 1%左右。

表 1 主要变量的描述性统计

Panel A	中老铁路途经县			中老铁路途经县的接壤县		
	观测值	均值	标准差	观测值	均值	标准差
NDVI	600	0.505	0.108	1 040	0.513	0.117
GDP	600	168.872	121.032	1 040	146.467	137.29
数字高程模型(DEM)	600	552.34	293.107	1 040	655.916	298.039
Panel B	距中老铁路 0—10km 区域			距中老铁路 10—25km 区域		
	观测值	均值	标准差	观测值	均值	标准差
NDVI	504 800	0.556	0.098	1 001 160	0.562	0.099
夜间灯光亮度	504 800	26.708	6.552	993 920	26.083	4.609
数字高程模型(DEM)	504 800	685.901	371.274	1 001 160	750.585	340.372

注:NDVI 为归一化植被指数,贸易额单位为百万美元(现价)。

四、实证结果与分析

(一) 中老铁路修建的植被效应

表 2 报告了使用式(1)估计的中老铁路修建对处理组即铁路途经县归一化植被指数(NDVI)的影响。第(1)列是基准回归结果,第(2)列是加入控制变量后的回归结果,被解释变量均为 NDVI 对数值(lnNDVI)。第(1)、(2)列结果均表明,与中老铁路途经县的接壤县相比,中老铁路的修建对途经县植被所造成的影响既在统计学意义上不显著,也在经济学意义上不显著。

表 2 中老铁路修建对铁路途经县的生态效应

变量	lnNDVI	lnNDVI
	(1)	(2)
D_{eco}	-0.010	-0.006
	(0.009)	(0.007)
控制变量	否	是
季度固定效应	控制	控制
个体固定效应	控制	控制
观测值	1 640	1 640
Adj.R ²	0.933	0.973

注:每一列括号内为以县为聚类变量的聚类稳健标准误,*、**、***分别表示显著性水平为 10%、5%和 1%。下同。

(二) 稳健性检验

1. 事前趋势检验

处理组和对照组在政策发生前满足平行趋势假设是应用 DID 模型评估政

策影响的前提。因此,本文在稳健性检验部分首先参考张子尧和黄炜(2023)的方法进行事前趋势检验。具体模型为:

$$Y_{it} = \alpha + \gamma_1 D_{it}^{-16} + \gamma_2 D_{it}^{-15} + \cdots + \gamma_{40} D_{it}^{+23} + \beta X_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

其中, D_{it}^{-j} 在县 i 为中老铁路途经县,且时间 t 为中老铁路老挝段开始修建的前 j 个季度取值为 1, 否则为 0; 与之相反, D_{it}^{+j} 在县 i 为中老铁路途经县,且时间 t 为中老铁路老挝段开始修建的后 j 个季度取值为 1, 否则为 0。其余变量的含义与式(1)的含义相同,不再赘述。

图 1 展示了在中老铁路开始修建前,处理组(铁路途经县)和对照组(铁路途经县的接壤县)在取对数的归一化植被指数的事前趋势检验结果,图中黑点为式(2)中对应季度 D_{it}^{-j} 或 D_{it}^{+j} 前的回归系数,黑色垂直线为回归系数的 95% 置信区间。通过图 1 可以发现,在中老铁路开始修建前的季度里,图 1 的回归系数在统计学意义上不显著异于 0,未拒绝事前趋势平行的假设。

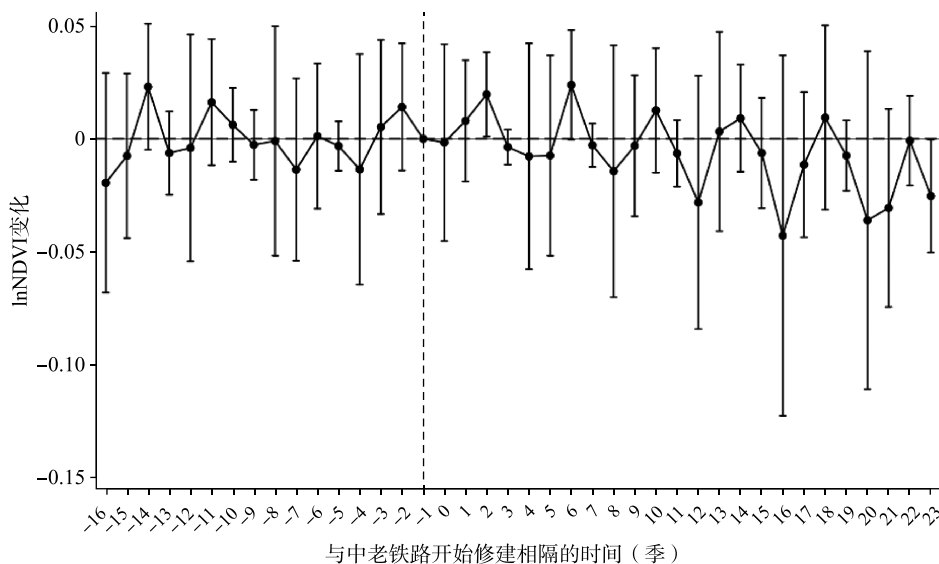


图 1 lnNDVI 事前趋势检验

2. 使用 SDID 模型

为进一步排除可能因平行趋势假设不满足对本文结果造成的干扰,本文使用 Arkhangelsky et al.(2021)提出的 SDID 方法进行稳健性检验。SDID 是合成控制法(Synthetic Control Method, SCM)和传统 DID 方法的有机结合。SDID 不仅放宽了对处理组个数的要求,而且相比 DID 和 SCM 方法的估计量,SDID 估计量的偏差更小,具有双重稳健性(许文立和孙磊,2023;闫昊生等,2023),其表达式如式(3)所示:

$$(\hat{\alpha}, \hat{\gamma}, \hat{\beta}, \hat{\mu}, \hat{\theta}) = \arg \min_{\alpha, \gamma, \beta, \mu, \theta} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_{it} - \alpha - \gamma D_{it} - \beta X_{it} - \mu_i - \theta_t)^2 \hat{\omega}_i \hat{\lambda}_t \right\}.$$

(3)

式(3)是根据最小化残差值原则,使用 SDID 方法求解待估计参数的过程。 $\hat{\omega}_i$ 为个体权重, $\hat{\lambda}_t$ 为时间权重。与 SCM 只考虑个体权重 $\hat{\omega}_i$ 不同,SDID 方法不仅将与处理组更为相似的对照组分配更大的个体权重 $\hat{\omega}_i$,还将与事后趋势更为相似的事前时期分配更大的时间权重 $\hat{\lambda}_t$ 。

使用 SDID 方法的回归结果如表 3 所示。其中第(1)列为以 lnNDVI 为被解释变量且不加控制变量的回归结果,第(2)列则是在此基础上加入控制变量的结果。结果表明,SDID 的回归系数在统计学意义上仍不显著,这进一步支持了基准回归的结果。参考 Clarke et al.(2024)和 Ciccia(2024)的做法,使用 SDID 方法的事件研究图如图 2 所示,不难发现,合成后的对照组与处理组的事前趋势得到了较好的拟合,数据分析结果与平行趋势假设一致。

表 3 SDID 回归结果

变量	lnNDVI	lnNDVI
	(1)	(2)
中老铁路修建	-0.006	-0.006
	(0.010)	(0.010)
控制变量	否	是

注:*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5%和 1%。括号内是基于县级处理单元安慰剂置换法计算的标准误,重复次数 100 次。

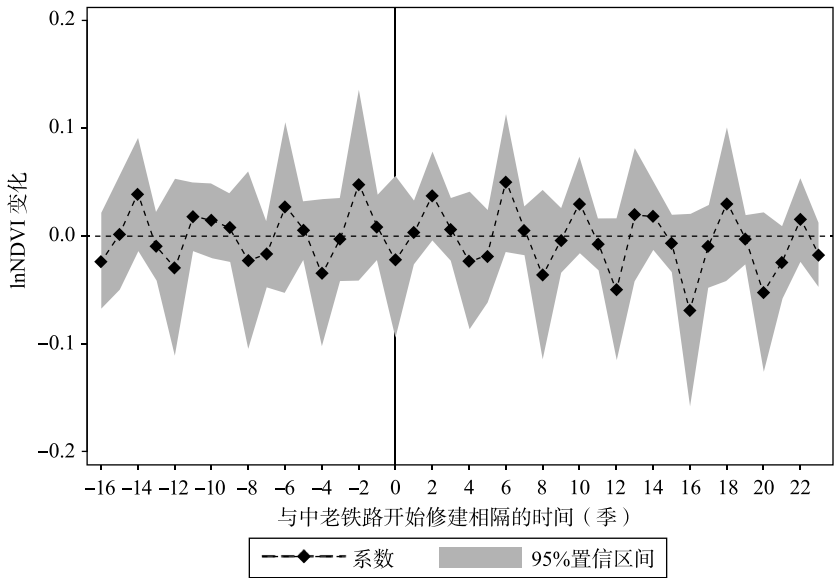


图 2 SDID 事前趋势检验

3. 更微观尺度的回归

为进一步排除铁路修建之外的其他人类活动对回归结果的干扰,本文对研究区域进行了更为严格的限定。具体做法为:将距中老铁路老挝段 25km 内的缓冲区作为研究样本区域。此外,考虑到与火车站相邻的区域往往是城市中心区域,铁路修建之外的其他人类经济活动较为活跃。为进一步减少这部分干扰,参考 Butts(2023)的方法,本文又在 25km 缓冲区的基础上,剔除了距离火车站 15km 以内的区域。通过上述筛选,最终选定的研究区域大多远离城市中心,且人类经济活动相对较少。因为在这样的区域内,中老铁路的建设更可能是影响各细小区域生态质量的主导性人为因素。

基于上述缓冲区设置,本文以 2015 年 12 月老挝 NDVI 栅格数据为基础,使用 ArcGIS 软件把老挝全域划分成多个长宽均为 500m、面积为 0.25km^2 的细小区域,然后用这种细小区域替换基准回归中的县域作为基本研究单元;把 NDVI 数据提取到细小区域层面,以缓解基准回归中县域干扰因素对实证结果的影响。以每一个细小区域到中老铁路的最短距离为处理组和对照组的划分依据,本文将最短距离不超过 10km 的区域设置为处理组,最短距离大于 10km 且不超过 25km 的区域设为对照组。构造细小区域层面的 DID 模型如下:

$$Y_{ijt} = \alpha + \gamma \text{did_}10\text{km}_{jt} + \lambda X_{jt} + \mu_i + \theta_t + \epsilon_{ijt}, \quad (4)$$

$$Y_{ijt} = \alpha + \gamma_1 \text{did_}5\text{km}_{jt} + \gamma_2 \text{did_}5_10\text{km}_{jt} + \gamma_3 \text{did_}10_15\text{km}_{jt} + \lambda X_{jt} + \mu_i + \theta_t + \epsilon_{ijt}. \quad (5)$$

上述两个式子中, i 代表县, j 代表面积为 0.25km^2 的细小区域, t 代表季度, Y_{ijt} 是表征 t 季度 i 县 j 区域植被状况的变量。政策处理变量 $\text{did_}10\text{km} = \text{post} \times \mathbf{1}\{0-10\text{km}\}$, post 在中老铁路开工建设后为 1, $\mathbf{1}\{0-10\text{km}\}$ 为区域 j 距离中老铁路是否在 0 至 10km 间的虚拟变量,其他政策处理变量依次类推; X_{jt} 为控制变量; μ_i 为县层面的个体固定效应; θ_t 为季度层面的时间固定效应; ϵ_{ijt} 是随机扰动项,本部分将标准误聚类到县级层面。

表 4 第(1)列是被解释变量为 $\ln\text{NDVI}$ 的回归结果,第(2)列在此基础上加入了控制变量。两列结果均表明,与距中老铁路 10—25km 的区域相比,中老铁路的修建对距离中老铁路 10km 以内的区域并没有造成明显的植被破坏。在第(3)、(4)列的回归中,本文进一步将 25km 缓冲区细分为距中老铁路 5km 以内、距中老铁路 5—10km、距离中老铁路 10—15km 和距离中老铁路 15—25km 共四个区域,并据此生成 $\text{did_}5\text{km}$ 、 $\text{did_}5_10\text{km}$ 和 $\text{did_}10_15\text{km}$ 共三个政策处理变量,以探究随着与中老铁路距离的增加,中老铁路对邻近地区植被状况的影响及其变化趋势。第(3)、(4)列结果显示,与距离中老铁路 15—25km 的区域相比,中老铁路修建对距中老铁路 5km 以内、5—10km 以及 10—15km 的区域均没有造成显著的植被破坏。

如前文所述,中老铁路老挝段是否经过某县是较为外生的,但在细小区域层面仍可能受到不可观测因素的影响。为处理这一问题,参考 Zhang and Chen (2025)和 Faber(2014)使用的“最小成本路径生成树网络”方法,本文将老挝 DEM 数据作为成本栅格,即将较高的建设成本分配给坡度较陡的地块。进而计算如何建造铁路线使得连接中老铁路设站县的建设成本最小。附图 A1 展示了中老铁路老挝段实际线路与最小建设成本模拟线路的对比。^① 为量化二者差异,本文测算了实际线路与模拟线路距离小于 1km、3km 和 5km 的里程占比。结果表明,这三类情形的比例分别约为 40%、66%和 79%。这表明实际线路与模拟线路总体上高度吻合。附图 A2 和附图 A3 直观展示了与模拟线路距离在 1km 及 5km 范围内的真实铁路线。可以发现,绝大部分实际铁路线与模拟线路的偏差小于 5km,且偏差大于 5km 的线路集中位于孟阿县、勐宗丕县、嘎西县这三个县。为增强结论的稳健性,本文在表 4 第(5)、(6)列剔除了这三个县,回归结果仍然表明中老铁路建设并未显著破坏沿线的植被。

表 4 更微观尺度的回归

变量	lnNDVI	lnNDVI	lnNDVI	lnNDVI	lnNDVI	lnNDVI
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>did_10km</i>	-0.007 (0.005)	-0.007 (0.005)			-0.006 (0.007)	-0.006 (0.007)
<i>did_5km</i>			-0.011 (0.007)	-0.011 (0.007)		
<i>did_5_10km</i>			-0.0005 (0.003)	0.00004 (0.004)		
<i>did_10_15km</i>			0.005 (0.004)	0.005 (0.004)		
控制变量	否	是	否	是	否	是
季度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 505 960	1 498 720	1 505 960	1 498 720	1 079 760	1 074 720
Adj.R ²	0.644	0.691	0.644	0.691	0.679	0.718

注:每一列括号内为以县为聚类变量的聚类稳健标准误,*、**、***分别表示显著性水平为 10%、5%和 1%。

上文检验了中老铁路修建对老挝沿线地区的生态效应,发现中老铁路修建并未对当地植被造成显著的破坏。在此基础上,本文将 NDVI 数据延长至 2022

^① 限于篇幅,附录未在正文列示,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网(<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>)下载。

年,并在基准回归层面进一步构造 $D_{eco-open}$ 变量(当县 i 属于中老铁路途经县且年份大于 2021 年时则为 1,否则为 0),以排除中老铁路开通运营可能造成的潜在植被破坏。结果如附表 A1 所示,可以发现,无论是修建还是开通,中老铁路对老挝境内的途经县均没有造成显著的植被破坏。

为缓解中老铁路实际选线中可能存在的内生性问题,本文进一步执行了稳健性检验。内生性问题主要源于:中老铁路的实际线路与基于成本最小化原则模拟的线路在微观层面存在差异,这表明铁路的最终选线可能受到沿线未观测到的社会经济或政策因素的影响。若这些不可观测因素同时与区域植被覆盖变化相关,则基准回归的估计结果可能存在偏误。鉴于此,本文参考 Izumi and Park(2025)和张国胜等(2024)的研究,通过寻找双重差分框架中政策处理变量的工具变量以缓解内生性问题。核心思路是利用基于“最小成本路径生成树网络”算法模拟出的铁路线,为实际铁路线路的处理效应构建工具变量。具体地,我们构造了三个工具变量 $ivdid_5km$ 、 $ivdid_5_10km$ 和 $ivdid_10_15km$,分别作为表 4 中的处理变量 did_5km 、 did_5_10km 和 did_10_15km 的工具变量。以 $ivdid_5km$ 为例,当栅格单元 i 位于模拟线路 0—5km 缓冲区内,且时间 t 处于铁路开工建设之后,该变量取值为 1,否则为 0;其余两个工具变量的定义依此类推。

从相关性来看,中老铁路老挝段模拟线路是基于地理信息约束以成本最小化为目标生成的,与实际线路的建设决策逻辑高度一致。如前文所述,二者路径高度重合,实际线路有 79% 的路段与模拟线路的距离小于 5km。因此,基于模拟线路构建的工具变量与基于实际线路构建的处理变量之间预期存在强相关性。从外生性角度来看, $ivdid_5km$ 、 $ivdid_5_10km$ 、 $ivdid_10_15km$ 这三个变量是基于模拟计算的最小建设成本铁路线来构造的,而模拟线路的生成仅依赖于地形、地质等相对固定的自然地理数据,其路径选择不受那些可能同时影响铁路实际选线和植被变化的、随时间变化的未观测因素的干扰。从排他性来看,模拟线路本身是一条虚拟的、不存在的地理路径,其对区域植被覆盖本身不产生任何直接影响。考虑到本文的回归样本已限制在距离火车站 15km 以外的人类活动较少的区域,可以合理地排除模拟线路通过其他未观测渠道影响植被覆盖的可能性。因此,工具变量唯一的影响植被覆盖的渠道是通过与实际铁路线路的高度相关性,间接产生作用。综上所述, $ivdid_5km$ 、 $ivdid_5_10km$ 、 $ivdid_10_15km$ 适宜作为 did_5km 、 did_5_10km 、 did_10_15km 的工具变量。

表 5 报告了基于工具变量法的双重差分模型的估计结果。其中,第(1)、(2)列为将与实际铁路线最短距离不超过 5km 的区域设置为处理组、最短距离大于 15km 且不超过 25km 的区域为对照组的工具变量回归结果。第(3)、(4)

列和第(5)、(6)列为保持对照组不变,但分别将与实际铁路线最短距离大于 5km 且不超过 10km 以及大于 10km 且不超过 15km 的区域设置为处理组的工具变量回归结果。从奇数列的第一阶段回归结果可以发现,所有工具变量与其对应的 DID 政策处理变量的回归系数在 1% 的显著性水平上显著为正,符合前文预期。同时,三个工具变量的弱工具变量检验的 KP-Wald F 统计量均大于 10% 显著性水平下的 Stock-Yogo 临界值(16.38),拒绝了“工具变量为弱工具变量”的原假设。偶数列第二阶段回归结果显示,与距离铁路线相对较远的区域相比,中老铁路的开工建设并未显著降低铁路沿线区域的植被覆盖。该结论与表 4 的发现高度一致,证明在采用工具变量法缓解了潜在的选线内生性问题后,本文关于中老铁路建设对植被覆盖影响不显著的核心结论依然成立,具有很强的稳健性。

表 5 更微观尺度的工具变量回归

变量	<i>did_5km</i>	lnNDVI	<i>did_5_10km</i>	lnNDVI	<i>did_10_15km</i>	lnNDVI
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>ivdid_5km</i>	0.753*** (0.138)					
<i>did_5km</i>		-0.013 (0.009)				
<i>ivdid_5_10km</i>			0.612*** (0.121)			
<i>did_5_10km</i>				0.001 (0.009)		
<i>ivdid_10_15km</i>					0.488*** (0.060)	
<i>did_10_15km</i>						0.0004 (0.015)
控制变量	是	是	是	是	是	是
季度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
KP-LM P-value		0.018		0.019		0.005
KP-Wald F-value		29.948		25.776		65.301
观测值	901 720	901 720	920 120	920 120	993 920	993 920

注:每一列括号内为以县为聚类变量的聚类稳健标准误,*、**、***分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%。

最后,为进一步探究铁路建设影响的空间异质性,并检验回归结果对缓冲区宽度设定的敏感性,本文开展了更细致缓冲区设置的稳健性检验。具体而言,我们以中老铁路老挝段为中心,构建了8个宽度为1km的连续环形缓冲区(1—2km,⋯,8—9km)作为处理组^①,并采用距离线路15—25km的区域作为对照组,进行了双重差分回归。图3可视化展示了回归中8个缓冲区分别对应的回归系数及其95%的置信区间。不难发现,中老铁路修建对逐公里设置的各个缓冲区的NDVI均没有显著的影响。该部分亦佐证了本文基准回归结果的稳健性。

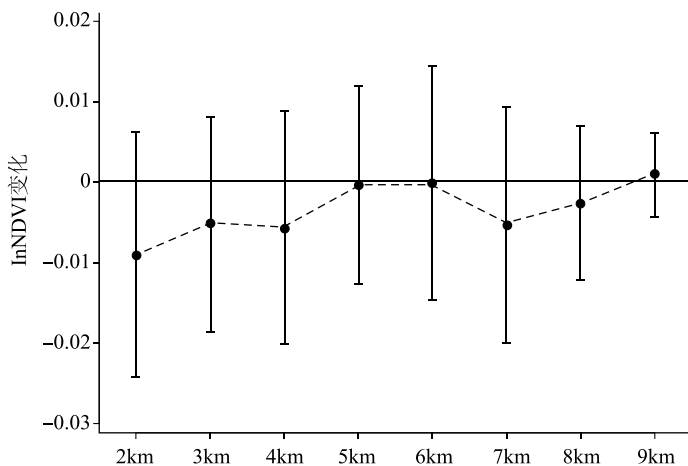


图3 中老铁路修建对邻近地区植被状况逐公里的影响

五、进一步分析：中老铁路的经贸效应

交通兴则贸易兴,贸易兴则经济兴。中老铁路的开通无疑促进了中老两国,乃至中国与整个中南半岛地区交通基础设施的互联互通。那么,基础设施的联通是否能进一步推动中老两国之间贸易的畅通?本文以中老铁路的开通为政策冲击,对中老铁路开通的贸易促进效应进行探究。

由图4可知,中老铁路开通之前(2018—2021年),中老两国的贸易量(万吨)呈小幅度增加,部分年份甚至出现了微弱的负增长(2020年)。中老铁路开通后,中老两国贸易增长速度明显加快。图4提供了中老铁路促进两国贸易的直观描述,但针对中老铁路开通的贸易增长效应,仍需更严谨的分析。考虑到相似的地理位置且同属于一个区域经济合作组织,本文首先将东盟10个成员

^① 本部分旨在证明铁路修建对周边地区植被没有显著的溢出效应,故该回归将0—1km的栅格点剔除出样本,特此说明。

国与中国的贸易作为研究对象。然而,国家层面的贸易容易受到多种干扰因素的影响,例如中国各省份出台的关于加强东盟国家贸易往来的政策^①都会影响到东盟国家与中国整体的贸易额。从逻辑的直观性来看,中老铁路最直接、最快速、最显著的贸易效应理应体现在中国云南省与老挝的贸易上。因此,为更好地识别中老铁路开通的贸易效应,本文将老挝与云南省的贸易作为处理组,而将东盟其他 9 国(或其中的部分国家)与云南省的贸易作为对照组。如此无论是云南省的 GDP 增长、产业升级、营商环境改善,还是除了中老铁路之外的其他基础设施建设,这些因素对于云南省与其所有东盟贸易伙伴的影响是均等的。处理组和对照组显著差异就在于“是否有一条新的铁路直接连通”,这使得我们估计出的效应更有可能来自中老铁路的开通运营,从而提升研究的内部有效性。此外,由于本文是考察中老铁路开通运营的贸易效应,因而使用的贸易数据样本期为 2015 年至 2024 年。本文的贸易数据来自国务院发展研究中心信息网统计数据查询分析平台的对外贸易数据库,选取 2015 年至 2024 年以海关编码(HS)为分类依据的云南省与东盟 10 国贸易额,构造了云南省-东盟国家-年份-HS 大类商品种类层面的面板数据。贸易数据的描述性统计如附表 A2 所示。

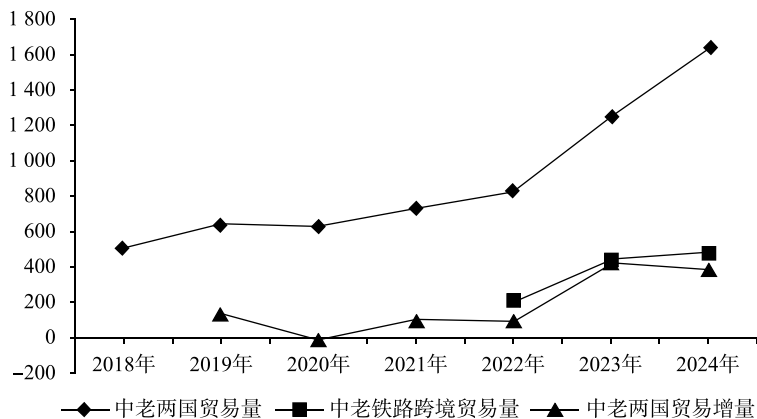


图 4 中老两国贸易量时变图

鉴于本部分中处理组(云南省-老挝分商品贸易额)仅涉及中国及东盟单一国家,传统 DID 的统计推断存在局限,因此,本部分使用 SDID 方法估计中老铁路开通的贸易效应。以 2015—2021 年(中老铁路开通前)云南与东盟其他 9 国的分商品贸易数据为基础,构建与“云南省-老挝贸易”事前趋势高度匹配的“合成对照组”(即加权后的云南省—东盟其他国家贸易组合),再通过双重差分法捕捉中老铁路开通的贸易净效应。表 6 是基于 2015 年至 2024 年云南省-东

① 如广西参与建设的西部陆海新通道和广东打造的“粤链东盟”平台等。

盟国家-年份-HS 大类商品贸易数据,并使用式(6)估计的中老铁路开通对云南省-老挝双边贸易的影响。

$$(\hat{\alpha}, \hat{\gamma}^{sdid}, \hat{\beta}, \hat{\mu}, \hat{\theta}) = \arg \min_{\alpha, \gamma, \beta, \mu, \theta, c, i, s, t} \sum \{ (Y_{cist} - \alpha - \gamma D_trade_{cist} - \beta X_{it} - \mu_{cis} - \theta_t)^2 \times \hat{\omega}_{cis} \hat{\lambda}_t \}, \tag{6}$$

其中, Y_{cist} 是中国云南省 c 与东盟国家 i 在 t 年关于商品 s 的贸易额。 D_trade_{cist} 为政策处理变量,在 i 为老挝且 t 在中老铁路开通之后取值为 1,否则为 0。由于中老铁路通车运营时间为 2021 年 12 月 3 日,因而将中老铁路开通运营的处理时点定为 2022 年。 X_{it} 是控制变量; μ_{cis} 为云南省-东盟国家-商品层面的个体固定效应; θ_t 为年份层面的时间固定效应; $\hat{\omega}_{cis}$ 是由 SDID 算法根据事前数据计算得出的个体单位权重; $\hat{\lambda}_t$ 是年份时间权重,用于平衡事前时期不同年份的影响程度。

表 6 第(1)列为以云南省-东盟国家的贸易额为被解释变量且不加入控制变量的回归结果,第(2)列则是在此基础上加入控制变量的结果。结果显示,SDID 的回归系数在 5% 的统计水平上显著,表明中老铁路的开通显著促进云南省-老挝贸易额增加了 74.8%(根据表 6 回归系数和附表 A2 中老挝-云南省-各类商品贸易额均值计算)。本文也同时采用传统 DID 估计了贸易效应,详见附录 I 所示。

表 6 贸易效应的 SDID 回归结果

变量	贸易额	贸易额
	(1)	(2)
中老铁路开通	48.572** (22.691)	48.595** (22.731)
控制变量	否	是

图 5 则显示,2015—2021 年云南省-老挝贸易额的变化趋势与云南省-东盟其他国家贸易额的趋势无显著区别,未拒绝事前平行趋势假设。

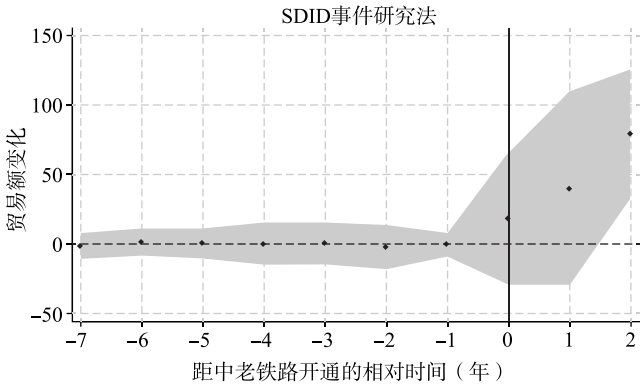


图 5 贸易效应 SDID 事前趋势

六、结论与研究局限

本文研究发现中老铁路开工建设对老挝途经县植被状况所造成的影响既在统计学意义上不显著,也在经济学意义上不显著,表明中老铁路建设并未显著破坏老挝沿线地区的植被状况,且中老铁路的开通显著促进了中老贸易增长。

当然,本研究也存在一些局限性。首先,在生态效应的评估上,本文的分析重心主要集中于中老铁路的建设期以及运营初期的环境影响。然而,随着铁路运营的深入,其带来的经济活动集聚、产业结构变迁和城镇化发展,可能会对生态环境产生更为复杂和长期的间接效应。因此,持续追踪并评估中老铁路在更长时期内的动态生态环境影响,也是一个至关重要的长期研究课题。其次,在研究范围上,本文将分析的地理范围聚焦于老挝一侧。然而,作为一条互利共赢的国际通道,中老铁路对中国(特别是云南省)沿线地区的经济发展、产业布局调整同样具有重要价值。最后,在贸易效应的识别精度上,尽管本文采用了SDID克服了单一处理组的因果推断难题,并基于分商品贸易数据进行了分析,但仍存在一定的数据限制。受限于海关统计数据的细分程度,本研究未能直接获取各商品在不同运输方式(如铁路与公路)间的具体数据,因此无法利用商品对铁路运输的依赖度差异进行更细致的异质性识别。未来的研究若能获取包含具体运输方式信息的微观贸易数据,将能更精准地对中老铁路的贸易红利进行更深层次的剖析。

参 考 文 献

- [1] Arkhangelsky, D., S. Athey, D. A. Hirshberg, G. W. Imbens, and S. Wager, “Synthetic Difference-in-Differences”, *American Economic Review*, 2021, 111(12), 4088-4118.
- [2] Ascensão, F., L. Fahrig, A. P. Clevenger, R. T. Corlett, J. A. G. Jaeger, W. F. Laurance, and H. M. Pereira, “Environmental Challenges for the Belt and Road Initiative”, *Nature Sustainability*, 2018, 1(5), 206-209.
- [3] Baehr, C., A. BenYishay, and B. Parks, “Highway to the Forest? Land Governance and the Siting and Environmental Impacts of Chinese Government-Funded Road Building in Cambodia”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2023, 122, 102898.
- [4] Borsky, S., E. Fesselmeyer, and L. Vogelsang, “Urban Heat and Within-City Residential Sorting”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2024, 127, 103014.
- [5] Burgess, R., M. Hansen, B. A. Olken, P. Potapov, and S. Sieber, “The Political Economy of Deforestation in the Tropics”, *The Quarterly Journal of Economics*, 2012, 127(4), 1707-1754.

- [6] Butts, K., “JUE Insight: Difference-in-Differences with Geocoded Microdata”, *Journal of Urban Economics*, 2023, 133, 103493.
- [7] 陈海山、梁裕珩, “人口集聚与植被恢复——基于人口空间分布的实证研究”, 《经济学》(季刊), 2023年第5期, 第2025—2041页。
- [8] Chen, J., M. Gao, S. Cheng, W. Hou, M. Song, X. Liu, and Y. Liu, “Global 1 Km $\times$ 1 Km Grid-ded Revised Real Gross Domestic Product and Electricity Consumption during 1992-2019 Based on Calibrated Nighttime Light Data”, *Scientific Data*, 2022, 9(1), 202.
- [9] 陈文玲、李想, “‘一带一路’对人类与世界的重大贡献”, 《中国社会科学报》, 2023年10月17日第3版。
- [10] Cheng, C., and C. Ge, “Green Development Assessment for Countries along the Belt and Road”, *Journal of Environmental Management*, 2020, 263, 110344.
- [11] Ciccia, D., “A Short Note on Event-Study Synthetic Difference-in-Differences Estimators”, *arXiv*, 2024.
- [12] Clarke, D., D. Pailanir, S. Athey, and G. Imbens, “On Synthetic Difference-in-Differences and Related Estimation Methods in Stata”, *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, 2024, 24(4), 557-598.
- [13] De Soyres, F., A. Mulabdic, and M. Ruta, “Common Transport Infrastructure: A Quantitative Model and Estimates from the Belt and Road Initiative”, *Journal of Development Economics*, 2020, 143, 102415.
- [14] Faber, B., “Trade Integration, Market Size, and Industrialization: Evidence from China’s National Trunk Highway System”, *The Review of Economic Studies*, 2014, 81(3), 1046-1070.
- [15] 高江波、焦珂伟、吴绍洪, “1982—2013年中国植被 NDVI 空间异质性的气候影响分析”, 《地理学报》, 2019年第3期, 第534—543页。
- [16] Guo, Y., and B. Dong, “Railway and Trade in Modern China: Evidence from the 1930s”, *China Economic Review*, 2021, 69, 101661.
- [17] Izumi, Y., and S. Park, “Education and Wartime Mobilization: Evidence from Colonial Korea during WWII”, *Explorations in Economic History*, 2025, 98, 101712.
- [18] Lee, W. -S., T. M. Tran, and L. B. Yu, “Green Infrastructure and Air Pollution: Evidence from Highways Connecting Two Megacities in China”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2023, 122, 102884.
- [19] Lin, Y., Y. Qin, J. Wu, and M. Xu, “Impact of High-Speed Rail on Road Traffic and Greenhouse Gas Emissions”, *Nature Climate Change*, 2021, 11(11), 952-957.
- [20] 刘斌、李秋静、李川川, “跨境铁路运输是否加快了我国向西开放? ——基于城市-产品层面的经验证据”, 《管理世界》, 2022年第8期, 第101—118页。
- [21] Liu, S., J. Qi, J. Xu, Y. Yi, P. Yin, and M. Zhou, “Forest Mitigates Short-Term Health Risk of Air Pollution: Evidence from China”, *Environmental and Resource Economics*, 2024, 87(8), 2163-2204.
- [22] 吕越、马明会、李杨, “共建‘一带一路’取得的重大成就与经验”, 《管理世界》, 2022年第10期, 第44—56页。
- [23] 孙鹏博、葛力铭, “通向低碳之路: 高铁开通对工业碳排放的影响”, 《世界经济》, 2021年第10期, 第201—224页。

- [24] 王群勇、陆凤芝,“高铁开通的经济效应:‘减排’与‘增效’”,《统计研究》,2021年第2期,第29—44页。
- [25] Wu, Y., C. Chen, and C. Hu, “Does the Belt and Road Initiative Increase the Carbon Emission Intensity of Participating Countries?”, *China & World Economy*, 2021, 29(3), 1-25.
- [26] 谢婷婷,“国家重点生态功能区如何实现环境保护与经济发展的平衡”,《世界经济》,2024年第5期,第34—63页。
- [27] 许文立、孙磊,“市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据”,《数量经济技术经济研究》,2023年第7期,第133—155页。
- [28] 闫昊生、王剑飞、孙久文,“集体建设用地入市如何影响国有建设用地市场? ——基于机器学习的新证据”,《数量经济技术经济研究》,2023年第6期,第195—216页。
- [29] 余娟娟、余东升、张辉,“‘一带一路’倡议对沿线国家碳排放的影响”,《中国人口·资源与环境》,2023年第5期,第75—84页。
- [30] 张国胜、严鹏、李欣珏,“大数据要素集聚、技术能力缺口与生产率区域差距”,《中国工业经济》,2024年第10期,第118—136页。
- [31] Zhang, Y., and K. Chen, “The Role of Access to Expressways on Industrial Clustering Development in China”, *China Economic Review*, 2025, 93, 102460.
- [32] 张子尧、黄炜,“事件研究法的实现、问题和拓展”,《数量经济技术经济研究》,2023年第9期,第71—92页。
- [33] 周学仁、张越,“国际运输通道与中国进出口增长——来自中欧班列的证据”,《管理世界》,2021年第4期,第52—67页。

Assessing the Ecological Effects of the Belt and Road Initiative's Infrastructure Construction: Empirical Evidence from the China-Laos Railway

YANG Mian

(Wuhan University)

MAI Zhanming

(Peking University)

XIE Zeyu*

(Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: Based on quarterly county-level vegetation data from Laos, this study estimates the ecological impact of the China-Laos Railway. The results indicate that the construction did

* Corresponding Author: XIE Zeyu, Research Institute for Eco-civilization, Chinese Academy of Social Sciences, No.27 Wangfujing Road, Beijing 100710, China; Tel: 86-10-65265976; E-mail: zheyuzeyu@163.com.

not exert a significant negative impact on vegetation coverage along the route, which is robust to a series of checks. Furthermore, using annual trade data between China's Yunnan province and Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries, the study finds that the railway's operation increased the trade volume between Laos and Yunnan by 74.8%.

Keywords: China-Laos Railway; the Belt and Road Initiative; NDVI

JEL Classification: F14, O53, Q51