

中国网络基础设施资本回报率的 区域差异与空间收敛性研究^①

郭鹏飞^{1,2} 胡歆韵¹ 李 敬^{1,2}

(1. 重庆工商大学长江上游经济研究中心; 2. 重庆工商大学经济学院)

研究目标: 揭示我国网络基础设施资本回报率的区域差异及其空间收敛性。**研究方法:** 采用生产函数法测算出 1993~2019 年全国、分区域和分省份的网络基础设施资本回报率, 并运用 Dagum 基尼系数及其分解方法, 揭示网络基础设施资本回报率的区域差异, 进一步借助收敛模型、普通面板模型、空间面板模型, 检验其收敛性。**研究发现:** 中国网络基础设施资本回报率在样本期间呈波动下降趋势, 且平均值由东向西呈梯次降低态势。除中部地区内部差异呈波动下降趋势外, 全国整体以及东部、西部地区均呈上升态势; 三大区域间差异也均呈波动上升趋势。区域间差异是产生如此差异的最主要来源, 区域内差异次之, 超变密度最小。就收敛特征而言, 仅东部地区存在显著 σ 收敛; 全国和三大区域均存在绝对 β 收敛和条件 β 收敛, 且在后者时收敛速度都相对更大; 然而, 进入工业化后期后, 全国整体的 β 收敛趋势已不存在。**研究创新:** 较早聚焦网络基础设施资本回报率, 刻画并测度其空间分布和区域差异, 检验其 σ 收敛、 β 收敛, 探究促进收敛的影响因素。**研究价值:** 对于缩小网络基础设施资本回报率的区域差异、促进区域间网络基础设施的协调发展具有重要意义。

关键词 网络基础设施资本回报率 区域差异 基尼系数 空间收敛性

中图分类号 F061.5, F062.6 **文献标识码** A

引言

以能源、交通和通信为代表的网络基础设施, 因其对促进生产要素跨区域流动、降低企业交易成本和提升区域创新能力等方面具有不可忽视的重要作用, 从而在中国过去依靠投资驱动的经济增长模式中扮演着举足轻重的角色。然而, 随着中国经济进入“新常态”, 再叠加新冠肺炎疫情的影响, 隐含在发展过程中投资效率低下、区域发展不平衡等突出问题逐渐显现, 这引起关于中国经济是否存在投资过度问题的担忧。判断固定资产投资率是否合适需要通过测算其资本回报率的高低来回答 (Bai 等, 2006; 张勋和徐建国, 2016), 此结论在网络基础设施领域也不例外。改革开放以来, 网络基础设施的固定投资增长迅猛, 其占 GDP 的比重由 1985 年的 4.1% 攀升至 2019 年的 10.4%, 年平均增长达到 8.2%。与网络基础设施投资率不断增长相伴随的, 并不必然是其资本回报率的持续提升 (林仁文, 2018)。相反的是, 进入 21 世纪之

^① 本文受到国家社会科学基金青年项目“新型基础设施的投入效率测度及优化路径研究”(21CJL013), 全国统计科学研究重点项目“中国新型基础设施资本存量的综合测算及应用研究”(2021LZ08), 重庆工商大学校内项目(2151011、950321011), 农业现代化与产业创新发展研究团队(CJSYTD201710)的资助。

后,交通、通信等基础设施资本回报率正以或快或慢的速度持续下降(Shi和Huang, 2014; 郭鹏飞和曹跃群, 2020)。此外,由于中国的经济发展过程中存在资本错配现象(Hsieh和Klenow, 2009; 刘盛宇和尹恒, 2018),网络基础设施等物质资本难以按照边际收益最大化原则进行自由流动,即无法从边际收益较低的地区流向边际收益较高的地区,故其资本回报率在区域之间存在差异。相比东中部地区,西部地区虽然近些年来加大了基础设施的投资力度,但是人口却处于净流出状态,导致该地区基础设施利用效率不高,其资本回报率相对偏低(郭鹏飞等, 2021)。因此,在要求“质量变革”“效率变革”的新发展格局背景下,本文通过科学测度网络基础设施的资本回报率,并揭示其区域差异和空间收敛特征,对于优化网络基础设施建设以及推动区域一体化发展具有较为重要的理论意义和现实意义。

由于基础数据的收集和处理较为复杂,现有研究较少关注网络基础设施的资本回报率,更多文献集中于整体经济的资本回报率。日前,关于资本回报率的测算可分为微观和宏观两个层面(白重恩和张琼, 2014),本文属于后者。在估算宏观资本回报率时, Hall-Jorgenson 租金公式法(Bai等, 2006)和生产函数法(Shi和Huang, 2014; 胡李鹏等, 2016)是两种主要的方法。这两种方法在基础设施领域的资本回报率估算中均有运用,主要差异在资本份额的处理方式不同,租金公式法主要通过“资本份额=1-劳动者报酬/收入法GDP”获得,而生产函数法则主要根据具体假定的生产函数形式,估计资本产出弹性值来近似代替其资本份额。李杰伟和张国庆(2016)等少数研究采用租金公式法,估算了交通运输型网络基础设施的资本回报率,Moreno和Lopez-Bazo(2007)、Shi和Huang(2014)、郭鹏飞和曹跃群(2020)、郭鹏飞等(2021)等更多的研究采用C-D生产函数法,估算了西班牙和中国整体基础设施或者单一类型网络基础设施的资本回报率。由于能源、交通和通信等网络基础设施相比科教文卫等点基础设施而言,不仅对其他行业具有较强的外部性,而且在跨区域层面可能具有更强的空间外部性,因此网络基础设施的实际产出与其相关行业增加值总和可能具有较大出入。鉴于此,本文拟采用生产函数法估算网络基础设施资本回报率。需要说明的是,基础设施资本存量的获取是测算其资本回报率的重要前提。现有研究(金戈, 2016; 胡李鹏等, 2016)多采用传统的永续盘存法(简称PIM),获取的仅是财富性质的基础设施资本存量总额(K)或净额(K_N)。这两者由于未考虑基础设施资产的效率损失情况,故难以如其生产性资本存量(K_P)一样,有效反映资产的实际生产能力和服务效率(杨玉玲和郭鹏飞, 2017)。目前,蔡跃洲和张钧南(2015)、吴明娥等(2016)、曹跃群等(2019)估算了信息、交通等网络基础设施的生产性资本存量。

在对网络基础设施等物质资本回报率展开进一步分析时,现有文献主要侧重于研究其影响因素(Bai等, 2006; 黄先海等, 2012; 白重恩和张琼, 2014; 赵善梅和吴士炜, 2018),忽视了对其收敛性的探讨。在整体经济层面中,孙文凯等(2010)比较了中、美、日三国的资本回报率,发现中国资本回报率还没有出现收敛。陈培钦(2013)利用1978~2011年的面板数据,实证检验中国资本回报率存在显著的绝对收敛,并且收敛速度逐步加快。柏培文和许捷(2018)发现中国三大产业的资本回报率虽然在全国范围内存在绝对收敛,但是收敛速度极为缓慢。具体在基础设施领域,仅有少数研究(郭鹏飞和曹跃群, 2020; 郭鹏飞等, 2021)实证检验了基础设施资本回报率变动的影响因素,发现基础设施投资率及其资本深化水平、区域创新水平、人力资本、对外开放、城镇化水平等的作用较为显著。

综上所述,本文主要从以下三个方面加强探索:一是在将整体基础设施拆分为点和网络两类基础设施基础上(Moreno和Lopez-Bazo, 2007; 曹跃群等, 2019),较早聚焦于网络基础设施的资本回报率研究。二是相比泰尔指数等方法,本文拟采用Dagum基尼系数方法,

不仅可审慎测度网络基础设施资本回报率的区域差异,而且可按照子群分解的方法将其分解为区域间、区域内、超变密度三个部分以揭示产生差异的来源,科学性和准确性均有较大提升。三是本文将从 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛三个层面检验网络基础设施资本回报率的区域收敛性特征,并探究促进其收敛的影响因素。

一、方法与数据

1. 网络基础设施资本回报率的测度方法

在不考虑价格变动和资本折旧的影响时,租金公式法和生产函数法均可转化为一般形式: $R=MPK=\beta \times \text{产出}/\text{资本存量}$,即资本的边际产出(Lucas, 1990)。在获取网络基础设施的资本份额 β_N 时,本文选取生产函数法,估计其产出弹性值以近似替代。在设定具体生产函数时,我们考虑到常数型C-D生产函数估计的产出弹性值是固定常数,难以反映不同时期的资本份额变化,因此拟采用部分变系数模型估计网络基础设施的时变产出弹性。同时,经过空间自相关检验,发现人均网络基础设施投入和人均产出的全域Moran's I指数均为正值,并且绝大部分年份在1%水平下显著,说明两者均存在较强的空间自相关,因此应考虑网络基础设施资本投入的空间影响。进一步的LM检验、LR检验和Wald检验表明,空间面板杜宾模型(SDM)更加合适本文。据此可构建以下实证模型:

$$\ln y_{it} = \rho W \ln y_{it} + \beta_N \ln g_{it}^N + \beta_P \ln g_{it}^P + \beta_F \ln k_{it}^F + \sum_j \theta_j X_{i,j,t} + \chi_P W \ln g_{it}^P + \chi_N W \ln g_{it}^N + \chi_F W \ln k_{it}^F + \sum_j \theta_j W X_{i,j,t} + u_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中, y 、 g^P 、 g^N 、 k^F 分别表示人均产出、人均点基础设施生产性资本存量、人均网络基础设施生产性资本存量和人均非基础生产性设施资本存量; X 为影响人均产出的其他各类因素; $u_i + \gamma_t + \epsilon_{it}$ 为复合误差项; W 表示反映区域之间特定空间联系的空间权重矩阵。根据地理相邻、地理距离和经济社会三种空间联系,本文构建以下三类空间权重矩阵。第一类是地理邻近权重矩阵 W_{bin} ,若两个区域在地理位置上相邻,对应权重元素值为1,否则为0。第二类是地理距离权重矩阵 W_{dis} ,具体权重元素值设置为 $w_{ij} = (1/D_{ij}) / \sum_j (1/D_{ij})$, D_{ij} 表示区域 i 与 j 之间的欧几里得距离。第三类是经济社会权重矩阵 W_{dev} ,考虑经济发展和地理距离对邻近区域的综合影响。根据交通成本和经济效率的衰减规律,分别用地区间距离的一次方、二次方和三次方加权经济影响来构造三种 W_{dev} 。其中, W_{dev1} 、 W_{dev2} 、 W_{dev3} 的权重元素值分别为 $w_{ij} = (\overline{GDP}_j / D_{ij}) / \sum_j (\overline{GDP}_j / D_{ij})$ 、 $w_{ij} = (\overline{GDP}_j / D_{ij}^2) / \sum_j (\overline{GDP}_j / D_{ij}^2)$ 、 $w_{ij} = (\overline{GDP}_j / D_{ij}^3) / \sum_j (\overline{GDP}_j / D_{ij}^3)$, $\overline{GDP}_i$ 表示地区 i 在样本期内人均GDP的均值。

在获取 β_N 后,进一步考虑网络基础设施的资本折旧 δ^N 和宏观税负的影响,可得其净资本回报率NR:

$$NR_{it} = \beta_N (1 - \omega_{it}) \frac{Y_{it}^N}{GKP_{it}^N} - \delta_{it}^N \quad (2)$$

其中, ω 为宏观税率,采用财政收入占GDP的比例来衡量(郭庆旺和吕冰洋, 2010; 郭鹏飞和曹跃群, 2020); Y 为真实GDP; GKP^N 为网络基础设施的生产性资本存量。

2. 网络基础设施资本回报率的区域差异分解和空间收敛方法

(1) 网络基础设施的区域差异分解方法。为了刻画网络基础设施资本回报率的区域差异,本文借鉴Dagum (1997)提出的基尼系数及其按子群分解的方法,测算相关数据。需

要说明的是, Dagum 基尼系数及其分解方法由于能有效解决样本数据间交叉重叠和较好揭示区域差异来源的问题, 从而发展了传统基尼系数、泰尔指数等方法, 故为诸多学者所采用。限于篇幅, 未列出具体的测算过程, 感兴趣的读者可向作者索取。

(2) 网络基础设施资本回报率的空间收敛方法。为了进一步考察中国网络基础设施资本回报率区域差异的时空演变, 本文主要从 σ 收敛和 β 收敛两个层面对其进行检验。两者主要区别在于前者是基于存量水平的统计性描述, 而后者则是针对增量水平而言的 (李谷成, 2009)。

σ 收敛。本文的 σ 收敛是指网络基础设施资本回报率的离差随着时间推移而降低的过程。综合比较标准差 (潘文卿, 2010)、变异系数 (杨翔等, 2015)、Theil 指数 (刘亦义等, 2016) 等 σ 收敛的各类衡量指标, 本文最终采用变异系数法, 其计算公式如下:

$$\sigma_j = \frac{\sqrt{\left[\sum_i^{n_j} (NR_{ij} - \overline{NR_j})^2 \right] / n_j}}{\overline{NR_j}} \quad (3)$$

其中, j ($j=1, 2, 3$) 为中国东、中、西部三个区域^①, i ($i=1, 2, 3, \dots$) 表示区域内各省份, n_j 为 j 区域内省份个数, NR_{ij} 表示 j 区域 i 省份网络基础设施资本回报率, $\overline{NR_j}$ 表示 j 区域 i 省份网络基础设施资本回报率的均值。

β 收敛。本文中的 β 收敛是指随着时间的推移, NR 较低的地区因具有更高的 NR 增速会逐渐追赶上 NR 较高的地区, 最后达到具有相同 NR 增长率的收敛状态, 包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛两种情形。两者的主要区别在于条件 β 收敛是在控制一系列影响因素后, 地区间网络基础设施资本回报率呈收敛趋势, 而绝对 β 收敛是指即使不控制这些因素, 地区间网络基础设施资本回报率也呈收敛趋势。考察绝对 β 收敛模型为:

$$\ln \frac{NR_{i,t+1}}{NR_{i,t}} = \alpha + \beta \ln NR_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \epsilon_{ij} \quad (4)$$

其中, i 表示某省份 ($i=1, 2, 3, \dots, N$), t 表示时间 ($t=1, 2, 3, \dots, T-1$)。 $\ln (NR_{i,t+1}/NR_{i,t})$ 表示 i 省份网络基础设施资本回报率在 $t \sim t+1$ 时间跨度内的年增长率, $NR_{i,t+1}$ 表示末期网络基础设施资本回报率, $NR_{i,t}$ 表示初期网络基础设施资本回报率。 β 为收敛系数, 若 $\beta < 0$ 且通过显著性检验, 则说明中国网络基础设施资本回报率存在收敛特征, 收敛速度的表达式为 $v = -\ln(1+\beta)/T$; 若 $\beta > 0$ 且通过显著性检验, 则说明存在发散特征。 μ_i 和 η_t 分别表示个体效应和时间效应, ϵ_{ij} 表示服从独立同分布的干扰项。

一般而言, 区域间普遍存在不同程度的空间依赖性, 产生内生、外生或误差性的空间交互效应。具有不同的空间交互效应, 需要采用不同的空间计量模型。因此, 如果检验出区域之间确实存在较为显著的空间相关性, 就不能再运用模型 (4) 进行 OLS 回归, 而应该采用空间计量模型, 即空间滞后模型 (SAR)、空间误差模型 (SEM) 或空间杜宾模型 (SDM)。这三种空间计量模型的具体构建如下:

① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西和海南; 中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南; 西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、内蒙古、甘肃、青海、宁夏和新疆。

$$\ln \frac{NR_{i,t-1}}{NR_{it}} = \alpha + \rho W \ln \frac{NR_{i,t-1}}{NR_{it}} + \beta \ln NR_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

$$\ln \frac{NR_{i,t+1}}{NR_{it}} = \alpha + \beta \ln NR_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij}; \varepsilon_{ij} = \lambda W \varepsilon_{ij} + \sigma_{it} \quad (6)$$

$$\ln \frac{NR_{i,t+1}}{NR_{it}} = \alpha + \rho W \ln \frac{NR_{i,t+1}}{NR_{it}} + \beta \ln NR_{it} + \delta W \ln NR_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

其中, ρ 表示空间滞后系数, λ 表示空间误差系数, δ 表示基期网络基础设施资本回报率的空间滞后值影响被解释变量的系数。 W 为空间权重矩阵, 与前文构建的三类 5 种空间权重矩阵一致, 包括 W_{lin} 、 W_{dis} 、 W_{dev1} 、 W_{dev2} 和 W_{dev3} 。

在模型 (4) ~ 模型 (7) 中, 哪一种模型更适合本文的观测样本, 需要根据 LM 检验、LR 检验和 Wald 检验逐步确定 (Elhorst, 2014)。

类似地, 在添加一系列影响网络基础设施资本回报率的控制变量 C 后, 本文构建了条件 β 收敛的传统模型和三种空间计量模型 (限于篇幅, 具体公式未列出)。由此, 可提高 β 收敛估计的精准性, 使其更具有说服力。

3. 指标选取与数据来源

(1) 资产统计范围界定。综合借鉴曹跃群和郭鹏飞 (2019)、曹跃群等 (2021) 的研究, 本文一是将网络基础设施的统计范围界定为 1993~2002 年交通运输、仓储和邮电通信业, 社会服务业中城市公共交通业, 电力、煤气及水的生产和供应业; 2003~2019 年的交通运输、仓储及邮政业, 计算机、信息通信技术业, 电力、燃气及水的生产和供应业。二是将点基础设施的统计范围界定为 1993~2002 年的地质勘查与水利管理业, 剔除了城市公共交通业的公共设施服务业, 卫生、体育和社会福利业, 教育、文化艺术及广播电影电视业, 科学研究和综合技术服务业, 国家机关、政党机关和社会团体; 2003~2019 年的科学研究和技术服务业, 水利、环境和公共设施管理业, 居民服务、修理和其他服务业, 教育, 卫生和社会工作, 文化、体育和娱乐业, 公共管理、社会保障和社会组织。三是将非基础设施的统计范围界定为除去点和网络基础设施相关行业以外的所有其他行业。

(2) 网络基础设施资本回报率的指标选取。在测算网络基础设施资本回报率之前, 需要获取其全套资本存量 (包括网络基础设施 K 、 KN 、 KP)。首先, 关于资本存量估算方法的选取。根据 *Measuring Capital-OECD Manual* 2009 可知, 相比 PIM 的传统途径, 其非传统途径不仅能通过资产价值公式, 将资本存量及其服务效率纳入统一框架中, 保证存量和流量数据估算的假设一致, 而且可同时获取资产的 K 、 KN 、 KP 。鉴于此, 本文将按照 PIM 的非传统途径估算网络基础设施的 K 、 KN 和 KP , 具体估算框架参见杨玉玲和郭鹏飞 (2017)、曹跃群等 (2019)、郭鹏飞和曹跃群 (2020)。其次, 关于资本存量估算的关键指标选取。在确定当年投资序列时, 我们选择网络基础设施的全社会新增固定资产投资额作为其统计口径 (金戈, 2016)。在具体估算基期资本存量时, 本文通过基年投资额除以平均折旧率与投资增长率之和获取 (Young, 2003), 并根据数据的可得性, 将基年确定为 1993 年。其中, 我们将网络基础设施的平均折旧率与投资增长率之和定为 10.0% (张军等, 2004)。在确定网络基础设施的固定资产投资价格指数时, 由于缺乏此类资产的省份数据, 故采用分省整体的固定资产投资价格指数替代。在确定网络基础设施的使用年限时, 我们通过对建筑、设备和其他费用三类投资在各行业中的构成比例进行加权平均, 进而推算其为 32 年。其中, 建筑、设备和其他费用的使用年限分别假定为 40 年、16 年和 20 年 (曹跃群等,

2012)。最后,需要说明的是,点基础设施和非基础设施的全套资本存量估算方法如上。

根据公式(2)可知,为估计网络基础设施 NR , 我们还需要获取网络基础设施的折旧率 δ^N 和产出弹性 β_N 。其中, δ^N 可通过 PIM 公式和估计的网络基础设施 KN 反推获取, 即 $\delta^N = 1 - (GKN_t^N - GKN_{t-1}^N) / I_t^N$ 。其中, GKN^N 为网络基础设施的资本存量净额, I^N 为网络基础设施当年的全社会新增固定资产投资额。在实证估计 β_N 时, 本文参考曹跃群等(2019)、陆铭等(2019)的研究, 选取以下控制变量: 一是人力资本积累 (hum), 采用《2019 中国人力资本报告》中的各省人均劳动力人力资本存量数据来衡量; 二是政府规模 (gz), 采用地方政府财政支出占地区生产总值的比重来衡量; 三是国有经济比重 (soe), 以国有经济固定资产投资在全社会固定资产投资中的占比来衡量; 四是产业结构比重 (sts), 采用第二、三产业增加值之和占地区生产总值比重来衡量; 五是城镇化水平 (urb), 采用非农业人口占总人口的比重度量; 六是贸易依存度 (tdd), 以各地区进出口贸易总额占当年 GDP 的比重来量化; 七是与大港口的距离 (pd), 选择各省级单位驻地到天津、上海和香港 3 个港口的最短距离来衡量。

(3) 实证网络基础设施资本回报率收敛的指标选取。考虑到不同地区之间网络基础设施资本回报率的条件 β 收敛会受到其他各类影响因素 C 的作用, 本文参考白重恩和张琼(2014)、郭鹏飞和曹跃群(2020)的研究, 认为 C 主要包括两类因素, 即网络基础设施本身的直接影响和整个经济体的传导影响。一是网络基础设施本身的直接影响主要体现为要素边际报酬递减规律, 包括网络基础设施的投资率 (nir) 及其平方项 (nir^2)、网络基础设施资本深化水平 (ncd)。其中, nir 采用网络基础设施新增投资与 GDP 的比值来衡量, ncd 采用网络基础设施资本存量与劳动力数量之比的对数来量化。二是由于网络基础设施在整个经济体中占据重要位置, 1993~2019 年其资本存量在总存量中的比例平均为 22.9%, 最高时达到三分之一, 因此其资本回报率可能受到整个经济体的传导影响。整个经济体的资本回报率变动在很大程度上取决于技术效率类因素和要素配置效率类因素。其中, 技术效率类因素相当于经济运行的“润滑剂”, 表现为促进各类要素整体生产力的提高, 包括区域创新水平 (imm)、人力资本积累 (hum)、贸易依存度 (tdd) 和政府规模 (gz)。 imm 采用各地区专利申请数量的对数来衡量, hum 、 tdd 、 gz 的含义与上文一致。要素配置效率类因素主要表现为当各类要素从生产力低(高)的部门流向生产力高(低)的部门, 从而提升(降低)单位要素总的生产力, 包括国有经济比重 (soe)、城镇化水平 (urb) 和产业结构比重 (sts), 三者的含义与上文一致。

(4) 数据来源。本文选取 1993~2019 年中国 31 个省份数据作为研究样本, 相关指标数据主要来自历年《中国统计年鉴》《中国固定资产投资统计年鉴》《新中国 60 年统计资料汇编》《中国贸易外经统计年鉴》以及各省份统计年鉴。凡是以价值量单独出现的经济数据均以 1993 年为基期进行平减处理, 从而消除价格波动的影响。对于缺失的当年投资序列, 做出以下处理: 一是通过固定资产投资额乘以全社会固定资产交付使用率, 获得各地区 2003~2019 年全社会分行业新增固定资产投资额。其中, 全社会固定资产分行业交付使用率 $_{i,t}$ = 城镇固定资产分行业交付使用率 $_{i,t} \times$ (全社会固定资产总交付使用率 $_{i,t} \div$ 城镇固定资产总交付使用率 $_{i,t}$)。二是通过加总基本建设、更新改造和城镇集体经济在各类基础设施所属行业中的新增固定投资, 获得 1993~2002 年全社会分行业新增固定资产投资额。

二、典型化事实

1. 中国网络基础设施资本回报率的测算结果

在测算网络基础设施资本回报率之前, 我们首先采用 PIM 的非传统路径, 估计了各省

份 1993~2019 年网络基础设施的 K 、 KN 、 KP (限于篇幅, 具体估算结果未列出)。分析估算结果可知, 各省份网络基础设施的 $K > KP > KN$, 这与郭鹏飞和曹跃群 (2020) 对经济基础设施 K 、 KN 和 KP 间的差异分析基本一致。其次, 在估计网络基础设施的时变产出弹性 β_{Nt} 时, 为降低实证时可能产生的内生偏差, 本文采用极大似然法 (MLE) 估计模型 (1), 三类 5 种空间权重矩阵下的计量结果汇报于表 1 的第 (1)~(5) 列。容易发现, 各种空间权重矩阵下所有变量的回归系数较为稳健, 第三类 3 种空间权重矩阵的结果更为接近并且综合显著性更强, 空间权重矩阵 W_{dev2} 的结果位于 W_{dev1} 和 W_{dev3} 之间且与后者非常接近, 故本文主要以 W_{dev2} 的估计结果为主进行后续分析。根据表 1 第 (4) 列的结果可知, 本地网络基础设施的产出弹性值在 1993~1999 年保持平稳, 在 2000~2003 年快速上升, 在 2004~2006 年快速下降, 在 2007~2011 年波动上升, 在 2012~2019 年波动下降, 在样本期间内平均约为 0.093, 与曹跃群等 (2019) 的估计结果 0.077 较为接近。同时, 邻近地区网络基础设施对本地经济增长具有稳健正向影响, 呈现显著的空间溢出效应, 因此在估计网络基础设施的产出弹性值时应考虑其空间影响。

表 1 网络基础设施资本存量的产出弹性估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	SDM- W_{bin}	SDM- W_{dis}	SDM- W_{dev1}	SDM- W_{dev2}	SDM- W_{dev3}
$\ln g^N$	0.035 (0.0330)	0.102*** (0.0299)	0.124*** (0.0295)	0.105*** (0.0278)	0.087*** (0.0265)
$\ln g^P$	0.194*** (0.0223)	0.144*** (0.0225)	0.141*** (0.0214)	0.138*** (0.0205)	0.133*** (0.0199)
$\ln k^E$	0.089*** (0.0204)	0.077*** (0.0194)	0.074*** (0.0193)	0.085*** (0.0193)	0.095*** (0.0192)
$year \times \ln g^N$	是	是	是	是	是
$W \times \ln g^N$	0.079* (0.0436)	0.328*** (0.1151)	0.337*** (0.1017)	0.168*** (0.0471)	0.157*** (0.0364)
$W \times \ln g^P$	-0.163*** (0.0527)	-0.684*** (0.1691)	-0.621*** (0.1374)	-0.374*** (0.0599)	-0.318*** (0.0421)
$W \times \ln k^E$	-0.033 (0.0412)	0.076 (0.1406)	0.099 (0.1281)	0.070 (0.0548)	0.082** (0.0377)
$W \times year \times \ln g^N$	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是
常数项	5.320*** (0.4474)	13.594*** (1.4334)	12.730*** (1.3391)	7.577*** (0.6473)	6.483*** (0.4798)
个体效应	是	是	是	是	是
调整后 R^2	0.9313	0.9359	0.9391	0.9416	0.9439

注: 括号内为稳健标准误; *, **, *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平下显著; 所有估计的观测值均为 837; 考虑期初和期末更易受极端值影响, 故以样本中间年份 2006 年为基准年份; 限于篇幅, 年度虚拟变量与网络基础设施交互项的结果未列出。

根据公式 (2) 以及已估计的网络基础设施全套资本存量和 β_{Nt} , 本文测算出 1993~2019 年全国、各地区和各省份网络基础设施资本回报率, 具体结果见表 2。

表2 中国网络基础设施资本回报率估算结果

年份 区域	1993 年	1997 年	2001 年	2005 年	2009 年	2013 年	2017 年	2019 年
全国	0.1315	0.1023	0.1400	0.1759	0.2054	0.2149	0.1034	0.0950
东部地区	0.1232	0.0986	0.1506	0.2063	0.2612	0.2796	0.1454	0.1346
中部地区	0.1592	0.1199	0.1429	0.1566	0.1633	0.1776	0.0833	0.0778
西部地区	0.1236	0.0902	0.0976	0.1061	0.1171	0.1151	0.0417	0.0361
北京	0.1321	0.0711	0.0975	0.1645	0.1876	0.2202	0.1237	0.1298
天津	0.0604	0.0571	0.0765	0.1453	0.1919	0.3605	0.2244	0.2008
河北	0.1441	0.1217	0.1606	0.1977	0.2065	0.1800	0.0633	0.0486
山西	0.0849	0.0702	0.0982	0.1019	0.1014	0.0973	0.0308	0.0281
内蒙古	0.1052	0.0747	0.1052	0.0991	0.0853	0.0651	0.0118	0.0043
辽宁	0.1285	0.1071	0.1775	0.2543	0.3166	0.3006	0.1522	0.1628
吉林	0.1441	0.1215	0.1660	0.2186	0.2210	0.1807	0.0613	0.0471
黑龙江	0.1542	0.1027	0.0922	0.1332	0.1433	0.1952	0.1073	0.0976
上海	0.0581	0.0517	0.0811	0.1374	0.2143	0.3055	0.2235	0.2474
江苏	0.1745	0.1561	0.2231	0.2500	0.3212	0.3619	0.1968	0.1957
浙江	0.2496	0.1805	0.1917	0.1884	0.1825	0.2028	0.1097	0.1058
安徽	0.2959	0.2309	0.2384	0.2683	0.2336	0.2969	0.1324	0.1273
福建	0.1620	0.1054	0.1535	0.1816	0.2272	0.2154	0.0832	0.0758
江西	0.2319	0.1343	0.1374	0.1590	0.1982	0.2277	0.1209	0.1239
山东	0.1725	0.1581	0.2438	0.3579	0.4819	0.4628	0.2155	0.1791
河南	0.2751	0.1747	0.2054	0.1936	0.1882	0.2013	0.1053	0.0916
湖北	0.0904	0.0767	0.1101	0.1058	0.1415	0.1894	0.0920	0.0887
湖南	0.1947	0.1438	0.1621	0.2045	0.2572	0.3086	0.1577	0.1398
广东	0.0734	0.0550	0.1169	0.1870	0.2934	0.3043	0.2082	0.2069
广西	0.2002	0.1167	0.1249	0.1517	0.1585	0.1502	0.0610	0.0473
海南	0.0641	0.0315	0.0505	0.0781	0.1381	0.1848	0.1369	0.1417
重庆	0.3416	0.1952	0.1209	0.1109	0.1222	0.1615	0.0874	0.0804
四川	0.1653	0.1072	0.1161	0.1321	0.1533	0.1340	0.0457	0.0355
贵州	0.1148	0.0724	0.0646	0.0683	0.0566	0.0576	0.0164	0.0145
云南	0.0433	0.0553	0.0913	0.0944	0.1281	0.1292	0.0510	0.0411
西藏	0.0554	0.0338	0.0089	0.0032	-0.0006	-0.0041	-0.0220	-0.0238
陕西	0.1614	0.1157	0.1360	0.1547	0.1604	0.1807	0.0864	0.0789
甘肃	0.2143	0.1301	0.1362	0.1383	0.1224	0.0865	0.0273	0.0232
青海	0.1024	0.0299	0.0412	0.0560	0.0538	0.0634	-0.0042	-0.0064
宁夏	0.0940	0.0354	0.0381	0.0475	0.0478	0.0340	-0.0069	-0.0085
新疆	0.0843	0.0631	0.0599	0.0644	0.0847	0.0799	0.0192	0.0190

2. 三大区域间网络基础设施资本回报率的空间差异

基于表2的估计结果,本文刻画出1993~2019年全国整体以及三大区域网络基础设施资本回报率的变动趋势,具体如图1所示。首先,从整体而言,全国和三大区域的网络基础设施资本回报率在变动趋势上较为一致,总体均呈现三轮“上升—下降”的波动变化过程。

从具体表现来看,网络基础设施资本回报率首先在1993~1994年小幅上升,在1995~1999年快速下降;接着在2000~2003年快速攀升,在2004~2006年波动下降,随后在2007~2011年再次快速攀升,在2012~2019年又快速下降。其次,就不同区域而言,样本期内东部地区网络基础设施资本回报率的平均值最高,达到0.1806;中部地区居次,为0.1387;而西部地区最低,仅为0.0940。这一排序在不同发展阶段并不固定,在2000年以前,中部地区网络基础设施资本回报率最高,东部地区居次;而在2000年之后,东部地区最高,中部地区居次;在整个样本期,西部地区的网络基础设施资本回报率基本都最低。相比东中部地区,西部地区长期处于低位运行的可能原因在于,该区域在进入21世纪后,虽然获得了越来越多的能源、交通和通信等网络基础设施投资,但是其常住人口却长期处于净流出状态,导致该地区网络基础设施的利用效率不高。据本文测算,截至2019年底,西部地区人均铁路里程、人均公路里程分别达到1.22公里/万人和56.34公里/万人,分别是东部地区的1.7倍和2.5倍。最后,观察三大区域网络基础设施资本回报率的最大和最小值差距,可发现在样本期间总体呈趋于收敛的状态,具体表现为“扩大—缩小—扩大—缩小”的变化过程,即三者的差距在1993~2003年趋于扩大,2004~2006年适度缩小;接着在2007~2011年再度扩大,在2012~2019年快速缩小。

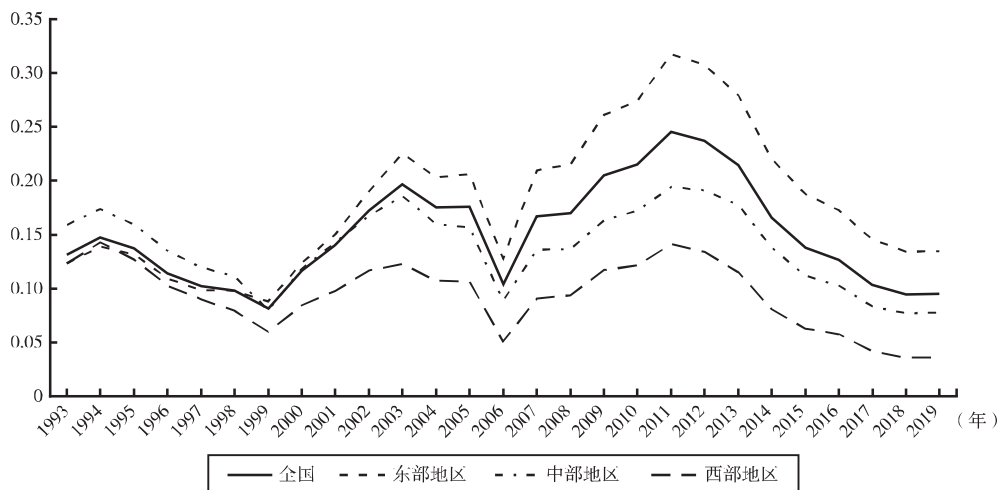


图1 全国和三大区域网络基础设施资本回报率的演变趋势

3. 三大区域内网络基础设施资本回报率的区域差异

为了进一步刻画区域内部网络基础设施资本回报率的时空演化特征,本文将三大区域内各省份的数据绘制成图(限于篇幅,具体图形未列出)。不难发现,三大区域内部各省份的网络基础设施资本回报率在变动趋势上与该区域整体基本保持一致,呈现三轮“上升—下降”的波动变化过程。不同的是,少数省份的网络基础设施资本回报率在上升(下降)的初始年份略有提前或延迟。就各省份网络基础设施资本回报率的平均值而言,在东部地区,山东的数值最高,达到0.2603,比数值最低的海南高0.1766;在中部地区,安徽的数值最高,达到0.2049;在西部地区,重庆市的数值最高,也仅达到0.1315,西藏的数值最低,约为0.0054。这在一定程度上表明,东部地区各省份网络基础设施资本回报率的平均值普遍高于中部地区,更高于西部地区。进一步观察区域内各省份网络基础设施资本回报率的最大和最小值差距,可发现三大区域也与整体一样呈现趋于收敛的状态,具体表现为“扩大—缩小—

扩大—缩小”的变化过程。其中,东部地区网络基础设施资本回报率的最大和最小值差距由最高时的0.3626,缩小至观测期末的0.2001;中部地区则由最高时的0.2572,缩小至观测期末的0.1355;西部地区则由最高时的0.3253,缩小至观测期末的0.1041。

三、网络基础设施资本回报率的区域差异及来源

为进一步科学测度中国网络基础设施资本回报率的区域差异并揭示其来源,本文采用Dagum基尼系数及其按子群分解的方法,对1993~2019年三大区域网络基础设施资本回报率的地区差距进行分解,具体测算结果如表3所示。

表3 中国网络基础设施资本回报率的基尼系数及其分解

年份	G	G_D			G_R			贡献率(%)		
		东部	中部	西部	东~中	东~西	中~西	G_w	G_{rb}	G_r
1993	0.281	0.253	0.239	0.321	0.256	0.288	0.291	32.028	12.811	55.160
1994	0.281	0.257	0.237	0.314	0.259	0.286	0.289	32.143	10.714	57.143
1995	0.285	0.268	0.225	0.318	0.26	0.294	0.291	31.930	13.333	54.737
1996	0.285	0.263	0.235	0.318	0.258	0.294	0.295	32.168	16.434	51.399
1997	0.282	0.253	0.233	0.326	0.249	0.295	0.294	31.915	21.631	46.454
1998	0.278	0.267	0.232	0.281	0.256	0.289	0.277	32.014	26.978	41.007
1999	0.304	0.302	0.242	0.303	0.283	0.323	0.292	31.908	34.539	33.553
2000	0.278	0.24	0.209	0.316	0.233	0.299	0.289	30.216	35.971	33.813
2001	0.268	0.215	0.201	0.298	0.215	0.287	0.286	29.104	41.791	29.104
2002	0.259	0.202	0.192	0.274	0.207	0.273	0.277	28.185	44.402	27.413
2003	0.257	0.196	0.183	0.246	0.197	0.275	0.272	26.953	49.609	23.438
2004	0.275	0.192	0.211	0.292	0.206	0.29	0.305	26.909	50.182	22.909
2005	0.271	0.179	0.21	0.293	0.197	0.285	0.31	26.296	50.000	23.704
2006	0.323	0.211	0.26	0.371	0.239	0.334	0.383	26.316	57.895	15.789
2007	0.279	0.183	0.24	0.249	0.212	0.281	0.327	25.806	61.290	12.903
2008	0.282	0.197	0.235	0.259	0.22	0.282	0.326	26.335	62.989	10.676
2009	0.268	0.189	0.22	0.222	0.209	0.268	0.305	25.843	64.045	10.112
2010	0.275	0.204	0.215	0.23	0.214	0.28	0.309	26.087	63.768	10.145
2011	0.294	0.209	0.196	0.316	0.208	0.317	0.335	25.597	58.020	16.382
2012	0.302	0.222	0.192	0.322	0.213	0.331	0.338	25.581	56.811	17.608
2013	0.288	0.224	0.186	0.261	0.211	0.317	0.313	25.694	61.806	12.500
2014	0.319	0.247	0.185	0.338	0.225	0.36	0.353	25.392	63.323	11.285
2015	0.344	0.275	0.188	0.394	0.241	0.399	0.376	25.581	61.628	12.791
2016	0.358	0.291	0.204	0.425	0.258	0.414	0.386	26.536	58.380	15.084
2017	0.346	0.322	0.218	0.318	0.28	0.397	0.348	28.324	67.341	4.335
2018	0.365	0.342	0.224	0.334	0.296	0.422	0.362	28.219	65.753	6.027
2019	0.372	0.356	0.224	0.327	0.305	0.432	0.361	28.195	63.411	8.065

1. 网络基础设施资本回报率的总体差异

为了更清晰地揭示网络基础设施资本回报率的区域差异及其来源,我们根据表3绘制出图2。根据图2容易发现,总体基尼系数G在波动中呈“上升—下降—上升—下降—上升”

的演变趋势。具体从其演变过程来看,网络基础设施资本回报率的总体差异首先由1993年的0.281波动上升至1999年的0.304,接着快速下降至2003年的0.257;之后,再次波动上升至2006年的0.323,下降至2009年的0.268;最后,上升至2019年的0.372。综合来看,近30年来中国网络基础设施资本回报率的总体空间差异虽然在2000~2003年、2007~2009年有所下降,但是最终仍趋于扩大。这表明在观测期间,随着我国加强交通和通信等网络基础设施建设,各地区网络基础设施的资本积累虽然得以快速攀升,但可能由于存在资本配置扭曲、未形成跨区域网状衔接难以发挥空间溢出效应等情况,导致各地区网络基础设施资本回报率的总体差异不减反增。

2. 网络基础设施资本回报率的区域内差异

根据图2,本文进一步观察了三大区域内基尼系数 G_{jj} 的演变趋势。第一,从演化过程来看,东部地区基尼系数在波动中呈现上升的演变趋势,具体表现为:1993~1999年呈现缓慢上升趋势;之后表现为下降趋势,于2005年达到观测期内最低值;此后除在2007年和2009年有下降表现外,其余年份均保持稳步增长态势。在此期间,其基尼系数整体上升了0.103,年平均增长率达到1.32%。中部地区基尼系数在轻微波动中呈现下降的演变趋势,具体表现为:1993~1999年基本保持平稳;之后表现为较快下降趋势,于2003年达到观测期内最低值;接着表现为上升趋势,于2006年达到观测期内最高值;紧接着在2007~2014年缓慢下降,之后表现为缓慢上升趋势。在此期间,其基尼系数整体下降了0.015,年平均下降率达到0.25%。西部地区基尼系数在五轮下降和上升中呈现略微上升趋势,具体表现为:在1993~1998年、2001~2003年、2007~2009年、2013年和2017年表现为下降趋势;在1999~2000年、2004~2006年、2010~2012年、2014~2016年和2018年表现为上升趋势。在此期间,其基尼系数整体上升了0.006,年平均增长率仅为0.07%。整体而言,除了中部地区内部差异在波动中呈缩小态势外,东部和西部地区均呈现微弱扩大态势。第二,从数值大小来看,观测期间西部地区的基尼系数整体大于东部地区和中部地区,其均值分别为0.306、0.243、0.216,这表明西部地区内部网络基础设施资本回报率不均衡现象在三者之中最为突出,东部地区次之,中部地区最后。结合各省份网络基础设施资本回报率的测算数据,分析可能的原因在于,区域内部各省份的差距过于悬殊,三大区域内网络基础设施资本回报率均值最高与最低的省份间差距都超过了0.1。

3. 网络基础设施资本回报率的区域间差异

根据图2,本文分析了样本观测期三大区域间基尼系数 G_{jk} 的演变趋势。第一,从演化过程来看,东—中部地区间基尼系数在波动中呈上升态势,具体表现为:1993~1999年呈波动上升趋势;之后表现为下降趋势,于2005年达到观测期内最低值;此后除在2007年和2009年有小幅波动外,其余年份均呈现稳中上升态势。在此期间,东—中部地区间基尼系数由1993年的0.256上升至2019年的0.305,年平均增长率达到0.68%。东—西部和中—西部地区间基尼系数的变化趋势基本一致,均在波动中呈现上升态势,具体表现为:在1993~1997年、1999年、2004~2006年、2010~2012年、2014~2016年和2018~2019年表现为下降趋势;在1998年、2000~2003年、2008~2009年、2013年和2017年表现为上升趋势。其中,东—西部地区间基尼系数由1993年的0.288上升至2019年的0.432,年平均增长率达到1.57%。中—西部地区间基尼系数由1993年的0.291上升至2019年的0.361,年平均增长率达到0.83%。第二,从数值大小来看,样本观测期间东—西部和中—西部地区间基尼系数要高于东—中部地区间数据,三者均值从大到小依次为0.319、0.318

和0.237,这说明东—中部网络基础设施资本回报率的差异要小于东—西部和中—西部差异,后两者之间仅有微弱差异。呈现这一状态的可能原因在于,相比东部和中部地区,西部地区各省份具有更低的网络基础设施资本回报率。

4. 网络基础设施资本回报率区域差异的贡献分解

根据图2,本文分析了样本观测期内网络基础设施资本回报率的差异来源及其贡献的演变趋势。第一,从演化过程来看,区域内差异的贡献率在轻微波动中呈下降态势,具体表现为“相对稳定—缓慢下降—再次平稳—微弱上扬”的波动变化过程。2019年其贡献率达到28.49%,比1993年下降了3.53%,降幅达到11.03%,年平均下降率约为0.45%。区域间差异的贡献率除在1994年、2005年、2011~2012年、2016年和2019年轻微波动下降外,在其余年份均呈上升态势,具体表现为“快速上升—相对放缓”的波动变化过程。2019年其贡献率达到63.44%,比1993年增长了50.63%,增幅达到395.19%,年平均增长率约为6.35%。超变密度的贡献率可反映不同区域间的交叉重叠对总体空间差异的贡献,其演变趋势与区域间差异的贡献率基本相反,具体表现为“快速下降—相对放缓”。2019年其贡献率为8.06%,比1993年下降了47.10%,降幅达到85.38%,年平均下降率约为7.13%。第二,从贡献率大小来看,样本观测期间,尤其是2000年以后,区域间差异的贡献率要持续高于区域内差异和超变密度差异的贡献率,三者贡献率的平均值,分别为47.22%、28.21%和24.57%。由此可见,我国网络基础设施资本回报率总体空间差异形成的最主要来源是区域间差异,其次是区域内差异,最后是超变密度。

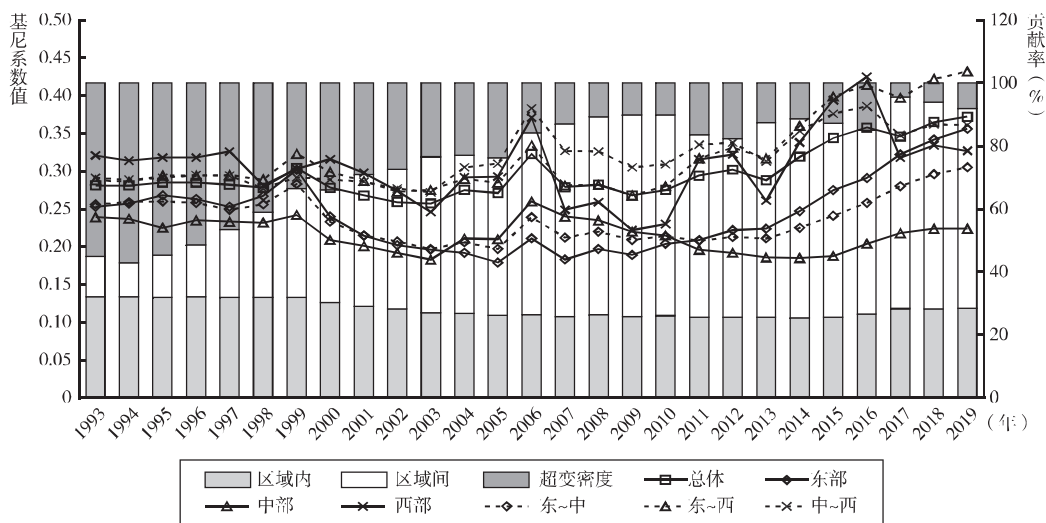


图2 中国网络基础设施资本回报率总体差异、区域内差异、区域间差异及差异来源贡献的演变趋势

四、中国网络基础设施资本回报率的空间收敛性分析

为了更加精确地考察网络基础设施资本回报率的时空演变趋势,本文进一步引入收敛理论,从 σ 收敛和 β 收敛等角度进行检验。

1. 网络基础设施资本回报率的 σ 收敛检验及结果分析

本文根据公式(3),测度出1993~2019年全国和三大区域层面网络基础设施资本回报率的变异系数,并将所得数据绘制成图3,进而对其 σ 收敛进行检验。从变异系数的演变趋

势来看,全国层面总体表现为“波动上扬—明显下降—反弹上升—波动下降—稳步上升”的变化过程。其中,下降阶段主要在2000~2003年和2007~2011年,除此之外的时间段内均呈现上升态势。2019年其变异系数相比1993年增长了0.2900,增幅达到57.42%,年均增长率约为1.76%。具体到区域层面,东部、中部和西部三大区域网络基础设施资本回报率的变异系数表现各异。其中,东部地区总体表现为“波动上升—稳步下降—反弹上升—波动下降—小幅上升”的变化过程。其中,下降阶段主要在2000~2003年和2007~2012年,除此之外的时间段内均呈现上升态势。2019年其变异系数相比1993年下降了0.0052,降幅达到1.20%,年均下降率约为0.05%。中部地区总体表现为“小幅下降—反弹上升—稳步下降—保持平稳—稳步上升”的变化过程。其中,下降阶段主要在1993~1997年和2000~2002年,除此之外的时间段内呈现平稳或上升态势。2019年其变异系数相比1993年增长了0.1085,增幅达到25.55%,年均增长率约为0.88%。西部地区总体表现为三轮下降和上升的变化过程。其中,下降阶段主要在1993~1998年、2000~2003年和2007~2010年,除此之外的时间段内基本呈现上升态势。2019年其变异系数相比1993年增长了0.6834,增幅达到111.69%,年均增长率约为2.92%。综上,在全国整体和三大区域层面,仅有东部地区网络基础设施资本回报率的变异系数存在 σ 收敛。

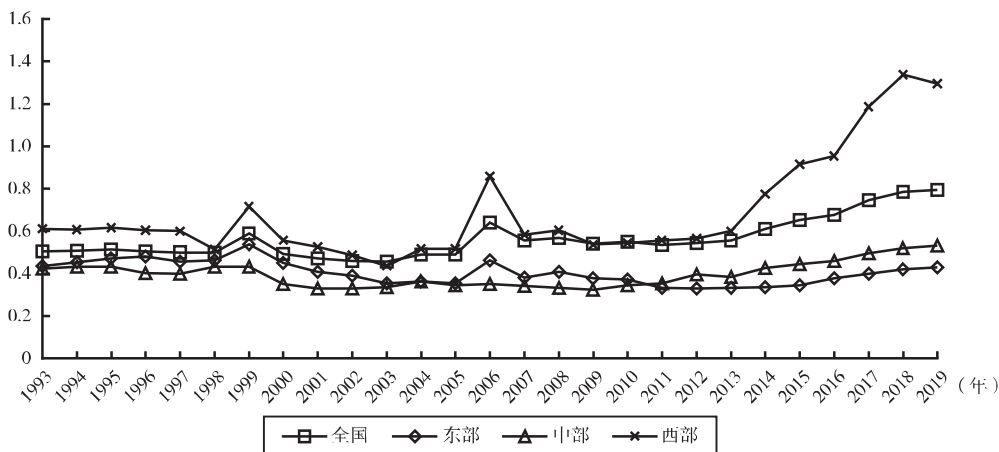


图3 全国和区域层面网络基础设施资本回报率变异系数

2. 网络基础设施资本回报率的 β 收敛检验及结果分析

为了揭示空间因素对网络基础设施资本回报率收敛性的分析,首先本文通过测算1993~2019年网络基础设施资本回报率的Moran's I指数,检验其全局空间相关性;其次,通过绘制2005年和2019年31个省份的Moran散点图,对局部空间相关性进行考察;最后,通过建立空间面板模型,实证检验网络基础设施资本回报率的绝对 β 收敛和条件 β 收敛。

(1) 空间相关性检验。在检验 β 收敛的空间计量回归之前,本文采用Moran's I指数考察了中国网络基础设施资本回报率的空間相关性,具体测算结果列于表4。从表4容易发现,网络基础设施资本回报率的Moran's I指数仅在2005~2019年通过了显著性检验,并且数值呈现波动上升趋势,位于0.128~0.235之间。这表明网络基础设施资本回报率在2005年前并未呈现空间聚集特征,而在2005年后具有典型的空間聚集特征,并且空間集聚性持续稳定在较高水平,表现为H-H型空間集聚模式与L-L型空間集聚模式的正向空間相关性。

表4 网络基础设施资本回报率的空间相关性检验

年份	I	时间	I	时间	I
1993	-0.084 (-0.513)	2002	0.042 (0.763)	2011	0.187** (2.264)
1994	-0.076 (-0.439)	2003	0.092 (1.265)	2012	0.197** (2.345)
1995	-0.076 (-0.435)	2004	0.091 (1.258)	2013	0.220*** (2.567)
1996	-0.064 (-0.304)	2005	0.132* (1.694)	2014	0.230*** (2.649)
1997	-0.048 (-0.148)	2006	0.128* (1.668)	2015	0.228*** (2.621)
1998	-0.042 (-0.083)	2007	0.156** (1.968)	2016	0.208** (2.424)
1999	-0.062 (-0.291)	2008	0.155** (1.973)	2017	0.210** (2.436)
2000	-0.028 (-0.052)	2009	0.167** (2.103)	2018	0.211** (2.445)
2001	0.019 (0.524)	2010	0.170** (2.126)	2019	0.235*** (0.697)

注：括号内为Z值；*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著。

为了直观地揭示空间集聚模式，本文绘制了2005年和2019年中国省份网络基础设施资本回报率的Moran散点图（限于篇幅，未列出）。Moran散点图的横坐标表示标准化的网络基础设施资本回报率，纵坐标表示标准化的网络基础设施资本回报率的空间滞后值，并以二者的平均值为中心轴，将该图分为H-H聚集、L-H聚集、L-L聚集和H-L聚集四个象限。其中，H-H聚集和L-L聚集表示的是空间正相关，而其他两种聚集表示的是空间负相关。容易发现，相比2005年，2019年有更多的省份位于H-H聚集板块和L-L聚集板块，这再次说明随着时间的推移，省份网络基础设施资本回报率的正向空间聚集特征更为明显。在2005年，仅有15个省份位于H-H聚集板块和L-L聚集板块。其中，山东、辽宁、安徽、吉林和浙江等省份位于H-H聚集板块，西藏、新疆、青海、甘肃和四川等西部省份位于L-L聚集板块。到2019年，有20个省份位于H-H聚集板块和L-L聚集板块。其中，江苏、上海、山东、辽宁、北京、浙江和海南等东部省份位于H-H聚集板块，西藏、青海、甘肃、新疆和四川仍位于L-L聚集板块。

（2）绝对 β 收敛。表5报告了样本观测期内全国整体、分阶段层面、分区域层面网络基础设施资本回报率的绝对 β 收敛检验结果。首先，从全国整体来看，收敛系数 β 小于0，且通过了1%的显著性水平检验，这表明网络基础设施资本回报率在整体上存在绝对 β 收敛现象且收敛速度达到0.0015，也就是说全国各省份在网络基础设施投资率、网络基础设施资本深化水平、区域创新水平、人力资本积累等其他影响因素相似的情况下，其网络基础设施资本回报率变化会随着时间的推移最终收敛至同一稳态水平，网络基础设施资本回报率低的省份相比高的省份具有更快的增长速度。其次，为了消除经济周期的影响，同时考察不同工业化发展阶段网络基础设施资本回报率的绝对 β 收敛情况，我们将样本观测期划分1993~1999年（工业化前期）、2000~2011年（工业化中期）和2012~2019年（工业化后期）三个阶段（廖茂林等，2018）。根据表5的结果容易发现，收敛系数 β 在1993~1999年和2000~2011年显著为负，而在2012~2019年显著为正，这表明网络基础设施资本回报率仅在工业化前期和中期存在绝对 β 收敛现象，而在工业化后期则存在发散特征。在工业化后期网络基础设施资本回报率不再收敛，可能与其区域差异逐渐扩大有关。事实上，随着服务经济的到来，网络基础设施尤其是信息通信设施由于能高度联通区域，无障碍地大规模、远距离提供产品和服务，产生更为明显的规模经济和范围经济（江小涓和罗立彬，2019），从而可能使网络基础设施资本回报率高的省份具有更快的增长速度。最后，从区域层面看，收敛系数 β 在三大地区均显著为负，说明网络基础设施资本回报率在三大地区均存在绝对 β 收敛现象。进一步计算三大地区的收敛速度发现，东部地区最大，达到0.0042；西部地区次之，为0.0027；中部地区最小，仅为0.0026。由此说明，网络基础设施资本回报率最高的东部

地区和最低的西部地区具有相对较快的收敛速度,而网络基础设施资本回报率相对较高的中部地区具有较慢的收敛速度。这可能源于东部地区和西部地区的省份主要位于 H-H 聚集板块或 L-L 聚集板块,而中部地区的省份主要位于 L-H 聚集板块或 H-L 聚集板块。值得注意的是,当网络基础设施资本回报率受到网络基础设施投资率及其资本深化水平、区域创新水平、人力资本积累、政府规模、城镇化水平等因素影响时,其收敛性可能会发生较大变化,因此有必要对网络基础设施资本回报率的条件 β 收敛展开进一步检验。

表 5 中国网络基础设施资本回报率的绝对 β 收敛检验结果

模型及变量	全国整体	分阶段层面				分区域层面		
	1993~ 2019 年	1993~ 1999 年	2000~ 2011 年	2012~ 2019 年	东部地区	中部地区	西部地区	
模型选择	双向固定 SEM	双向固定 SAR	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	个体固定 OLS	
β	-0.040*** (0.013)	-0.189*** (0.030)	-0.338*** (0.033)	0.086*** (0.024)	-0.107*** (0.031)	-0.069* (0.040)	-0.071** (0.030)	
ρ		-0.338*** (0.112)						
λ	-0.228*** (0.072)							
常数项			-0.811*** (0.117)	-0.736*** (0.199)	-0.191** (0.076)	-0.102 (0.082)	-0.245*** (0.082)	
LM-lag	3.457* [0.063]	7.894*** [0.005]	0.565 [0.452]	1.226 [0.268]	7.760*** [0.005]	0.020 [0.889]	0.346 [0.557]	
R-LM-lag	2.142 [0.143]	7.252*** [0.007]	1.274 [0.259]	0.371 [0.543]	0.134 [0.714]	0.072 [0.788]	0.433 [0.510]	
LM-error	4.379** [0.036]	4.882** [0.027]	0.197 [0.657]	0.904 [0.342]	7.627*** [0.006]	0.033 [0.855]	0.436 [0.509]	
R-LM-error	3.064* [0.080]	4.240** [0.039]	0.906 [0.341]	0.048 [0.826]	0.001 [0.970]	0.086 [0.769]	0.524 [0.469]	
Wald test-lag	1.230 [0.2672]	0.12 [0.7308]	2.69 [0.1008]	0.17 [0.6845]	0.26 [0.6090]	5.03** [0.0248]	0.01 [0.9066]	
LR test-lag	1.230 [0.2672]	0.11 [0.7433]	2.72* [0.0991]	0.16 [0.6865]	0.25 [0.6162]	4.93** [0.0263]	0.01 [0.9066]	
Wald test-error	1.77 [0.1837]	0.02 [0.8903]	3.92** [0.0478]	0.05 [0.8301]	0.15 [0.7020]	2.70 [0.1001]	0.17 [0.6825]	
LR test-error	1.780 [0.1817]	-0.07 [1.0000]	3.88** [0.0488]	0.04 [0.8469]	0.12 [0.7293]	2.70 [0.1004]	0.17 [0.6825]	
个体固定效应	248.01*** [0.0000]	111.08*** [0.0000]	116.57*** [0.0000]	29.00*** [0.0012]	287.12*** [0.0000]	203.70*** [0.0000]	114.52*** [0.0000]	
时间固定效应	49.88*** [0.0000]	63.88*** [0.0000]	78.23*** [0.0000]	37.40*** [0.0000]	33.38*** [0.0000]	20.56** [0.0214]	9.33 [0.5009]	
Hausman 检验	30.80*** [0.0000]	31.32*** [0.0000]	64.10*** [0.0000]	7.30*** [0.0069]	2.96* [0.0852]	2.85* [0.0914]	3.95** [0.0468]	
R ²	0.0238	0.1194	0.2318	0.1006	0.0511	0.0384	0.0216	
观测值	806	217	372	217	312	234	260	

注:小括号内为稳健标准误;中括号内为 P 值;*、**、*** 分别表示在 10%、5%和 1%的水平下显著。

(3) 条件 β 收敛。表6报告了样本观测期内全国整体、分阶段层面、分区域层面网络基础设施资本回报率的条件 β 收敛检验结果。根据表6的结果容易发现,全国整体、分阶段层面和分区域层面收敛系数 β 在符号上与表5的结果一致,并且均在统计上显著。由此说明,在考虑了除初始值以外的其他影响因素存在异质性情况下,全国整体、1993~1999年、2000~2011年以及三大区域均存在条件 β 收敛现象,同时意味着全国和三大区域内各省份网络基础设施资本回报率都朝着各自的稳态水平变化发展。进一步计算收敛速度后发现,全国整体的收敛速度为0.0019,比绝对 β 收敛时高0.0004。东部、中部、西部三大地区的收敛速度分别为0.0096、0.0080、0.0031,均高于绝对 β 收敛时的结果,并且东部地区最快,中部地区次之,西部地区最小,这表明在考虑了各地区网络基础设施本身的直接影响因素和整个经济体的传导影响因素后,网络基础设施资本回报率的收敛速度也随之发生改变。

表6 中国网络基础设施资本回报率的条件 β 收敛检验结果

模型及变量	全国整体	分阶段层面				分区域层面		
	1993~ 2019 年	1993~ 1999 年	2000~ 2011 年	2012~ 2019 年	东部地区	中部地区	西部地区	
模型选择	双向固定 SEM	双向固定 SEM	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	双向固定 OLS	
β	-0.049*** (0.015)	-0.469*** (0.089)	-0.345*** (0.038)	0.098*** (0.026)	-0.228*** (0.045)	-0.194*** (0.047)	-0.080** (0.032)	
λ	-0.200*** (0.073)	-0.345*** (0.118)						
nir	1.958*** (0.378)	0.443 (0.507)	3.886** (1.702)	0.942 (1.889)	-4.641** (1.808)	2.234 (2.611)	2.733*** (0.957)	
nir^2	-1.368*** (0.305)	0.572 (0.496)	-4.096 (6.011)	-2.748 (4.574)	32.965*** (10.675)	-8.343 (14.170)	-1.574** (0.738)	
$\ln ncd$	-0.168*** (0.045)	-0.440*** (0.139)	-0.275* (0.155)	-0.488** (0.247)	-0.114 (0.080)	-0.121 (0.114)	-0.114 (0.169)	
$\ln inm$	0.007 (0.006)	0.001 (0.007)	0.014 (0.011)	0.022* (0.012)	0.014* (0.008)	-0.004 (0.009)	0.062*** (0.021)	
$\ln hum$	0.205 (0.131)	0.467 (0.292)	1.145*** (0.439)	0.293 (0.715)	0.783*** (0.155)	-0.224 (0.227)	0.703** (0.357)	
$\ln tdd$	0.033 (0.026)	-0.013 (0.033)	-0.161* (0.087)	0.028 (0.063)	-0.021 (0.038)	0.023 (0.051)	-0.004 (0.084)	
$\ln gz$	0.083 (0.077)	-0.188* (0.106)	0.575*** (0.171)	-0.143 (0.333)	-0.085 (0.123)	0.915*** (0.180)	0.213 (0.194)	
$\ln soe$	-0.033 (0.051)	-0.186 (0.134)	-0.126 (0.141)	-0.043 (0.139)	0.040 (0.071)	-0.142 (0.107)	0.015 (0.245)	
$\ln urb$	0.074 (0.113)	0.082 (0.268)	-0.196 (0.443)	-1.542* (0.838)	-0.324 (0.197)	-0.445** (0.202)	-0.212 (0.542)	
$\ln sts$	0.016 (0.246)	0.389 (0.349)	-0.336 (0.982)	0.102 (1.810)	2.195*** (0.572)	2.139*** (0.499)	0.473 (0.742)	
常数项			-0.216 (1.752)	-6.875*** (2.563)	-1.142 (0.763)	-0.031 (0.019)	-0.402 (2.147)	
LM-lag	8.412*** [0.004]	2.579 [0.108]	0.067 [0.795]	1.526 [0.217]	12.619*** [0.000]	0.343 [0.558]	0.099 [0.753]	

(续)

模型及变量	全国整体	分阶段层面				分区域层面		
	1993～ 2019 年	1993～ 1999 年	2000～ 2011 年	2012～ 2019 年	东部地区	中部地区	西部地区	
R-LM-lag	2.030 [0.154]	0.060 [0.806]	1.671 [0.196]	0.213 [0.645]	0.592 [0.442]	1.762 [0.184]	0.015 [0.904]	
LM-error	10.728*** [0.001]	3.058* [0.080]	0.036 [0.849]	1.325 [0.250]	12.110*** [0.001]	1.246 [0.264]	0.086 [0.769]	
R-LM-error	4.346** [0.037]	0.539 [0.463]	1.640 [0.200]	0.011 [0.915]	0.083 [0.773]	2.665 [0.103]	0.002 [0.963]	
Wald test-lag	10.95 [0.4475]	31.46*** [0.0009]	18.64* [0.0678]	16.19 [0.1342]	29.28*** [0.0021]	28.70*** [0.0025]	19.64* [0.0506]	
LR test-lag	10.92 [0.4497]	29.32*** [0.0020]	18.29* [0.0752]	15.56 [0.1583]	27.73*** [0.0036]	27.39*** [0.0040]	19.07* [0.0599]	
Wald test-error	12.64 [0.3177]	32.75*** [0.0006]	20.03** [0.0449]	16.02 [0.1404]	25.31*** [0.0082]	28.09*** [0.0031]	19.27* [0.0564]	
LR test-error	12.60 [0.3201]	30.66*** [0.0012]	19.49* [0.0528]	15.55 [0.1586]	24.68** [0.0102]	27.04*** [0.0045]	18.67* [0.0673]	
个体固定效应	240.33*** [0.0000]	91.80*** [0.0000]	105.41*** [0.0000]	11.16 [0.3455]	292.99*** [0.0000]	196.51*** [0.0000]	113.53*** [0.0000]	
时间固定效应	44.80*** [0.0000]	76.45*** [0.0000]	36.67*** [0.0000]	44.74*** [0.0000]	54.48*** [0.0000]	19.69** [0.0323]	23.61*** [0.0087]	
Hausman 检验	55.13*** [0.0000]	130.70*** [0.0000]	58.08*** [0.0000]	32.89*** [0.0005]	41.26*** [0.0000]	41.71*** [0.0000]	39.09*** [0.0001]	
R ²	0.0107	0.4145	0.3102	0.1612	0.2150	0.2277	0.1296	
观测值	806	217	372	217	312	234	260	

注：同表 5。

从控制变量的回归结果来看，全国整体、分阶段层面和分区域层面在系数方向和显著性水平方面有所不同。其中，网络基础设施投资率（*nir*）对网络基础设施资本回报率的收敛在全国整体以及西部地区存在倒“U”形影响，而在东部地区存在“U”形影响。虽然两者的作用存在差异，但是进一步考察该指标的实际数据，发现其绝大部分数据及均值位于倒“U”形区域的右侧和“U”形的曲线的左侧，因此 *nir* 对网络基础设施资本回报率的收敛在全国整体以及东部、西部地区主要表现为负向影响。这表明网络基础设施投资率的提升有助于促进全国范围以及东部、西部地区网络基础设施资本回报率的空间收敛，对缩小地区间差距具有积极调节作用。网络基础设施资本深化水平（*ncd*）的回归系数仅在全国整体以及三个阶段显著为负，而在区域之间并不显著，这表明网络基础设施资本深化水平的提升仅在全国范围及其不同工业化发展阶段有助于促进网络基础设施资本回报率的空间收敛。区域创新水平（*inn*）的回归系数在 2012~2019 年、东部地区和西部地区显著为正，表明区域创新水平的提升尽管有助于提高网络基础设施资本回报率（郭鹏飞和曹跃群，2021），但对缩小区域差距并不具有促进作用。与 *inn* 的结果相类似，人力资本积累（*hum*）的回归系数仅在 2000~2011 年、东部地区和西部地区显著为正，表明人力资本积累水平的提升在这些发展阶段和区域中，不利于缩小网络基础设施资本回报率的区域差距。贸易依存度（*tdd*）的回归系数在 2000~2011 年显著为负，而在全国整体和 2012~2019 年却正向不显著，由此说明

贸易依存度的增强仅在工业化中期阶段有利于缩小区域差距,但是在进入工业化后期时却产生了不利的倾向。政府规模(gz)的回归系数在1993~1999年显著为负,而在2000~2011年和中部地区显著为正,这表明政府规模的扩大仅在工业化早期有利于缩小区域差距,而在工业化中期随着各省份政府规模差异的拉大,网络基础设施资本回报率的区域差距随之加大,此现象在中部地区最为明显。国有经济比重(soe)的回归系数在所有层面中都不显著,表明提升国有经济比重对网络基础设施资本回报率的收敛作用并不确定,需要进一步探究。城市化水平(urb)的回归系数仅在2012~2019年和中部地区显著为负,表明城市化水平的提升在工业化后期和中部地区有利于缩小网络基础设施资本回报率的区域差距,但在其他发展阶段和区域的作用并不确定。产业结构比重(sts)的回归系数仅在东部地区 and 中部地区显著为正,这说明非农产业比重的提升虽然有助于提高东部地区 and 中部地区的网络基础设施资本回报率,但对缩小区域内部差距具有抑制作用。

五、主要结论与政策启示

本文在网络基础设施全套资本存量的基础上,采用生产函数法测算出1993~2019年全国和各省份网络基础设施资本回报率,并分析其时空变化特征,随后采用Dagum基尼系数及其分解方法对网络基础设施资本回报率的相对差异进行科学测算与分解。基于此,利用变异系数法分析了网络基础设施资本回报率的 σ 收敛特征,同时通过构建普通面板模型和空间面板模型,实证检验其是否存在绝对 β 收敛和条件 β 收敛。本文的主要结论如下。

第一,从典型化事实来看,全国以及东、中和西部三大区域网络基础设施资本回报率虽然在样本期间呈现较为一致的变化趋势,即三次“上升—下降”的波动变化过程,但是各区域及区域内部各省份的具体数值差异较大,具有明显空间差异。具体表现为:从全国整体来看,网络基础设施资本回报率的平均值由东向西呈梯次降低趋势;从区域间比较来看,三大区域间网络基础设施资本回报率虽然存在显著差异,但是总体上呈现趋于收敛的状态,具体表现为“扩大—缩小—扩大—缩小”的变化过程;从区域内来看,各省份网络基础设施资本回报率的变动趋势与其所属区域整体保持一致,也呈现趋于收敛的态势。

第二,在区域差异方面,网络基础设施资本回报率总体空间差异在样本期间整体呈波动上升态势,说明全国整体范围的非均衡现象非但未有减弱,反而有所增强。分区域来看,东部和西部地区内部差异在波动中呈扩大态势,中部地区则在轻微波动中呈下降态势,并且西部地区内部非均衡现象在三者之中最为突出,东部地区次之,中部地区居末。具体到区域间差异,东—中部、东—西部和中—西部区域间差异大体上均在波动中呈上升态势。其中,东—西部区域间差异最大,中—西部区域次之,东—中部区域最小。就区域差异来源及其贡献而言,区域间差异整体呈上升趋势,是总体空间差异形成的第一来源,平均贡献率最高;区域内差异整体略微下降,平均贡献率居次;超变密度整体大幅下降,平均贡献率最小。

第三,从收敛特征来看,其一,就 σ 收敛特征而言,东部地区变异系数在波动中缓慢下降,而全国整体以及中部、西部地区变异系数却在波动中呈上升态势,这说明仅有东部地区网络基础设施资本回报率存在显著 σ 收敛现象。其二,就绝对 β 收敛特征来讲,全国以及东部、中部和西部地区收敛系数均显著小于0,表明全国整体以及三大区域网络基础设施资本回报率都存在绝对 β 收敛趋势。但是,进一步从不同经济发展阶段来看,绝对 β 收敛趋势在进入工业化后期之后并不持续。其三,关于条件 β 收敛特征,全国以及东部、中部和西部地区的收敛系数均显著小于0,并且绝对值比绝对 β 收敛时大,表明在考虑其他差异化影响因

素后, 全国整体以及三大区域网络基础设施资本回报率存在条件 β 收敛趋势。与绝对 β 收敛特征类似的是, 条件 β 收敛趋势在进入工业化后期之后也不存在。此外, 提高网络基础设施投资率及其资本深化水平、加大贸易依存度、扩大政府规模、提升城市化水平等在某些发展阶段或地区, 对缩小网络基础设施资本回报率的区域差异具有促进作用。

基于上述研究结论, 本文得出以下几点政策启示。第一, 鉴于全国和各省份网络基础设施资本回报率整体上呈现在波动中降低的趋势, 如何阻止其进一步下降甚至反弹就显得尤为重要, 这需要政策制定者从片面强调网络基础设施规模, 转向全面把握网络基础设施投资规模与投入效率相协调的目标上来, 争取做到量质并举, 形成有效实物工作量。第二, 应清晰认识并充分重视地区间、省域间网络基础设施资本回报率的空间非均衡性分布特征。基于此, 应深入挖掘造成网络基础设施资本回报率产生区域差异的深层次原因和主要驱动因素, 如本文涉及的网络基础设施投资率及其资本深化水平、区域创新水平、人力资本积累、贸易依存度、政府规模、国有经济比重、城市化水平和产业结构比重等。继而, 各省份应因地制宜采取适当措施来破除主要驱动因素、强化自身优势, 加快缩小网络基础设施资本回报率的地区间差异。第三, 鉴于区域间差异是网络基础设施资本回报率地区差异形成的最主要来源, 并且东—西部和中—西部之间的区域间差异显著高于东—中部之间的差距, 因此应更加注重提升西部地区网络基础设施资本回报率, 以缩小区域差距。具体而言, 一方面, 在统筹推进网络基础设施建设时, 中央政府有必要进一步加大对西部落后地区的政策倾斜, 尤其是要加大 5G 基站、人工智能、大数据中心和城际高速铁路等新型网络基础设施在此布局, 促使传统基础设施融入新要素、具备新功能、呈现新形态, 推动西部地区产业结构转型升级, 进而快速提升西部地区网络基础设施资本回报率。另一方面, 西部地区自身也应充分抓住“一带一路”、西部陆海新通道和成渝地区双城经济圈等区域合作倡议带来的新一轮发展机遇, 推动区域内劳动力、技术、信息等生产要素快速迁移, 提高现有网络基础设施的利用效率。第四, 鉴于全国和各区域条件 β 收敛的速度均比绝对 β 收敛时高, 因此更加需要国家的宏观调控, 以缩短网络基础设施资本回报率的收敛时间。提高网络基础设施投资率及其资本深化水平、加大贸易依存度、扩大政府规模、提升城市化水平等, 对于缩小网络基础设施资本回报率在省际的差距具有重要促进作用, 因此网络基础设施资本回报率相对较低的省份应抓住这些关键因素, 提升自身的水平并加快缩小与邻近省份的差距。

参 考 文 献

- [1] Bai C. , Hsieh C. , Qian Y. , 2006, *The Return to Capital in China* [J], *Brookings Papers on Economic Activity*, 37 (2), 61~88.
- [2] Dagum C. , 1997, *Decomposition and Interpretation of Gini and the Generalized Entropy Inequality Measures* [J], *Statistica*, 57 (3), 295~308.
- [3] Elhorst J. P. , 2014, *Matlab Software for Spatial Panels* [J], *International Regional Science Review*, 37 (3), 389~405.
- [4] Hsieh C. T. , Klenow P. J. , 2009, *Misallocation and Manufacturing TFP in China and India* [J], *Quarterly Journal of Economics*, 124 (4), 1403~1448.
- [5] Lucas R. E. , 1990, *Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries?* [J], *American Economic Review*, 80 (2), 92~96.
- [6] Moreno R. , Lopez-Bazo E. , 2007, *Returns to Local and Transport Infrastructure under Regional*

Spillovers [J], *International Regional Science Review*, 30 (1), 47~71.

[7] OECD, 2009, *Measuring Capital - OECD Manual 2009* [M], Paris: OECD Publishing.

[8] Shi H., Huang S. Q., 2014, *How Much Infrastructure Is Too Much? A New Approach and Evidence from China* [J], *World Development*, 56, 272~286.

[9] Young A., 2003, *Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period* [J], *Journal of Political Economy*, 111 (6), 1220~1261.

[10] 白重恩、张琼:《中国的资本回报率及其影响因素分析》[J],《世界经济》2014年第10期。

[11] 柏培文、许捷:《中国三大产业的资本存量、资本回报率及其收敛性:1978~2013》[J],《经济学(季刊)》2018年第3期。

[12] 蔡跃洲、张韵南:《信息通信技术对中国经济增长的替代效应与渗透效应》[J],《经济研究》2015年第12期。

[13] 曹跃群、郭鹏飞、罗玥琦:《基础设施投入对区域经济增长的多维影响——基于效率性、异质性和空间性的三维视角》[J],《数量经济技术经济研究》2019年第11期。

[14] 曹跃群、秦增强、齐倩:《中国资本服务估算》[J],《统计研究》2012年第12期。

[15] 陈培钦:《中国资本回报率的地区差异及其收敛性》[J],《湖北社会科学》2013年第8期。

[16] 郭鹏飞、曹跃群:《中国经济基础设施资本回报率:测算、分解及影响因素》[J],《当代财经》2020年第10期。

[17] 郭鹏飞、曹跃群、杨玉玲:《基础设施资本回报率的估算及影响因素研究》[J],《南方经济》2021年第1期。

[18] 郭庆旺、吕冰洋:《中国税收负担的综合分析》[J],《财经问题研究》2010年第12期。

[19] 胡李鹏、樊纲、徐建国:《中国基础设施存量的再测算》[J],《经济研究》2016年第8期。

[20] 黄先海、杨君、肖明月:《资本深化、技术进步与资本回报率:基于美国的经验分析》[J],《世界经济》2012年第9期。

[21] 江小涓、罗立彬:《网络时代的服务全球化——新引擎、加速度和大国竞争力》[J],《中国社会科学》2019年第2期。

[22] 金戈:《中国基础设施与非基础设施资本存量及其产出弹性估算》[J],《经济研究》2016年第5期。

[23] 李谷成:《中国农业生产率增长的地区差距与收敛性分析》[J],《产业经济研究》2009年第2期。

[24] 李杰伟、张国庆:《中国交通运输基础设施资本存量及资本回报率估算》[J],《当代财经》2016年第6期。

[25] 廖茂林、许召元、胡翠、喻崇武:《基础设施投资是否还能促进经济增长?——基于1994~2016年省际面板数据的实证检验》[J],《管理世界》2018年第5期。

[26] 林仁文:《中国的资本存量与宏观经济波动》[M],社会科学文献出版社,2018。

[27] 刘盛宇、尹恒:《资本调整成本及其对资本错配的影响:基于生产率波动的分析》[J],《中国工业经济》2018年第3期。

[28] 刘亦文、文晓茜、胡宗义:《中国污染物排放的地区差异及收敛性研究》[J],《数量经济技术经济研究》2016年第4期。

[29] 陆铭、李鹏飞、钟辉勇:《发展与平衡的新时代——新中国70年的空间政治经济学》[J],《管理世界》2019年第10期。

[30] 潘文卿:《中国区域经济差异与收敛》[J],《中国社会科学》2010年第1期。

[31] 孙文凯、肖耿、杨秀科:《资本回报率对投资率的影响:中美日对比研究》[J],《世界经济》2010年第6期。

[32] 吴明娥、曾国平、曹跃群:《中国省际公共资本投入效率差异及影响因素》[J],《数量经济技术经济研究》2016年第6期。

[33] 杨翔、李小平、周大川:《中国制造业碳生产率的差异与收敛性研究》[J],《数量经济技术经济研究》2015年第12期。

[34] 杨玉玲、郭鹏飞:《省际第三产业资本存量:框架、检验及动态轨迹》[J],《数量经济技术经济

研究》2017年第10期。

[35] 张勋、徐建国：《中国资本回报率的驱动因素》[J]，《经济学（季刊）》2016年第3期。

[36] 张军、吴桂英、张吉鹏：《中国省际物质资本存量估算：1952~2000》[J]，《经济研究》2004年第10期。

[37] 赵善梅、吴士炜：《基于空间经济学视角下的我国资本回报率影响因素及其提升路径研究》[J]，《管理世界》2018年第2期。

Research on Regional Differences and Spatial Convergence of Return on Capital of Network Infrastructure in China

Guo Pengfei^{1,2} Hu Xinyun¹ Li Jing^{1,2}

(1. Economic Research Center of the Upper Yangtze River, Chongqing Technology and Business University; 2. School of Economics, Chongqing Technology and Business University)

Research Objectives: This paper reveals the regional differences and spatial convergence of the return on capital of network infrastructure in China. **Research Methods:** Using the production function method, this paper calculates the return on capital of national, regional and provincial network infrastructure from 1993 to 2019. On this basis, this paper uses Dagum Gini coefficient and its decomposition method to reveal the regional differences in the return on capital of network infrastructure, and further tests its convergence by using the convergence model, ordinary panel model and spatial panel model. **Research Findings:** The return on capital of network infrastructure fluctuated and decreased during the sample period in China, and its average value decreased from east to west. Except the fluctuating downward trend in the central region, the intra-regional differences of the whole country, the eastern region and the western region showed an upward trend, while the inter-regional differences in the three regions showed a fluctuating upward trend. The inter-regional differences are the main source of the such regional differences, followed by intra-regional differences and supervariable density. In terms of convergence characteristics, only the eastern region has significant σ convergence, the whole country as well as the three major regions have not only absolute β convergence but also conditional β convergence. Meanwhile, the convergence rate is relatively higher in conditional β convergence. However, after entering the late industrialization stage, the overall convergence trend of the whole country no longer exists. **Research Innovations:** This paper earlier focused on the return on capital of network infrastructure, measured its spatial distribution and regional differences, tests its σ convergence and β convergence, and further explores the influencing factors of promoting its convergence. **Research Value:** This paper is of great significance to reduce the regional differences of the return on capital of network infrastructure and promote the coordinated development of network infrastructure.

Key Words: Return on Capital of Network Infrastructure; Regional Difference; Gini Coefficient; Spatial Convergence

JEL Classification: E22; H54; O18

(责任编辑：王喜峰)