

王姣娥, 张佩, 焦敬娟. 跨区域重大基础设施空间效应评估的理论框架 [J]. 地理科学, 2023, 43(4): 575-585. [Wang Jiaoe, Zhang Pei, Jiao Jingjuan. Theoretical framework of spatial effect assessment of major trans-regional infrastructure. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(4): 575-585.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2023.04.001

# 跨区域重大基础设施空间效应评估的理论框架

王姣娥<sup>1,2</sup>, 张佩<sup>1</sup>, 焦敬娟<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049; 3. 北京交通大学经济管理学院, 北京 100044)

**摘要:** 跨区域重大基础设施建设是国家政治、经济、社会和技术进步的共同体体现, 也是服务资源优化配置、社会经济协调发展和优化国土空间治理体系的重要手段, 如何科学地认识并评估其空间效应成为当前学术界亟需解决的理论性问题。在系统梳理中国跨区域重大基础设施概念内涵、类型与职能、发展历程的基础上, 从地理学和经济学视角解析跨区域重大基础设施空间效应的理论内涵、基本特征和形成机制, 从评估目标、评估内容和评估方法 3 个方面构建空间效应评估理论框架, 以期为跨区域重大基础设施的评价与布局优化提供指导。

**关键词:** 基础设施; 重大工程; 空间效应评估; 国土空间治理; 区域协调

**中图分类号:** F512.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2023)04-0575-11

跨区域重大基础设施是中国应对百年未有之大变局、构建新发展格局和实现高质量发展的重要载体, 是人类利用并改造自然、获取生存安全的物质条件, 也是促进自然资源与社会经济协调发展的基础<sup>[1]</sup>, 对国土开发有引导功能<sup>[2]</sup>, 其建设不仅可以服务于国土开发所衍生的要素流动和环境改善, 而且能够形成差异化的空间优势, 促进相关产业发展、空间集聚和经济增长等, 产生空间效应。在当前中国加快构建新发展格局和跨区域重大基础设施快速发展的背景下, 全面系统并科学地评估跨区域重大基础设施空间效应成为学术界与实践界高度关注的焦点。

近年来, 国内外学者开展的重大基础设施空间效应及其评估工作已积累丰富的成果。具体包括: ① 重大水利设施对水系结构<sup>[3]</sup>、水资源配置<sup>[4]</sup>、土地利用<sup>[5]</sup>等方面的影响; ② 重大能源设施对地缘政治态势的改善<sup>[6]</sup>、对资源环境的损害<sup>[7]</sup>及其减排潜力与可持续发展<sup>[8]</sup>等问题的探讨; ③ 重大交通设施对经济增长<sup>[9]</sup>、产业演化<sup>[10]</sup>、区域可达性<sup>[11-13]</sup>、城市群一体化<sup>[14]</sup>、房价<sup>[15]</sup>、生态系统<sup>[16-17]</sup>等的作用; ④ 重大科技

基础设施的经济社会效应<sup>[18-19]</sup>; ⑤ 新型基础设施的经济社会效应<sup>[20-22]</sup>, 等等。整体上, 已有研究对重大基础设施的外部性及其影响进行了较为丰富的探讨, 但大多只是从单一视角关注其空间效应, 难以准确刻画重大基础设施自身的复杂特征及其多重功能属性。目前, 中国跨区域重大基础设施已进入大规模投产和全面高质量发展期, 在经济、社会、生态、文化、政治等领域发挥的作用愈加凸显, 迫切需要从不同类型、不同阶段和不同尺度等视角对其空间效应进行综合评估, 继而通过提高规划建设的合理性来满足当前中国加快构建新发展格局和优化国土空间治理体系的战略需求<sup>[23]</sup>。

鉴于此, 本文拟在明确跨区域重大基础设施概念内涵的基础上, 梳理中国跨区域重大基础设施建设历程, 探讨其空间效应理论内涵、基本特征及形成机制; 在此基础上, 构建适应不同类型、不同阶段, 且作用不同空间尺度、满足不同目标需求的跨区域重大基础设施空间效应评估框架, 以期为中国跨区域重大基础设施的建设实践及其空间效应评估体系的完善提供借鉴参考。

**收稿日期:** 2022-05-04; **修订日期:** 2022-10-11

**基金项目:** 国家自然科学基金重大项目(20&ZD099)资助。[Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China (20&ZD099).]

**作者简介:** 王姣娥(1981—), 女, 湖南涟源人, 博士, 研究员, 博导, 主要从事交通地理与区域发展研究。E-mail: wangjie@igsrr.ac.cn

# 1 跨区域重大基础设施的概念内涵与发展阶段

## 1.1 概念内涵

学术界目前尚未形成跨区域重大基础设施的统一定义,但普遍认为其是一种特殊类型的基础设施,兼具重大工程和跨区域的特征,与区域发展阶段紧密关联,其内涵随着经济社会发展和技术进步而不断发展。据此,本文从“基础设施”“重大工程”和“跨区域基础设施”等方面深入剖析跨区域重大基础设施的概念内涵。

1)基础设施。指以保证国家或地区经济社会活动正常运行、改善人类生存环境、克服自然障碍等为目的而建立的公共服务系统,是国民经济各项事业发展和人类活动的基础<sup>[1]</sup>。

2)重大工程。指投资规模巨大、实施周期长、经济和技术风险大、不确定性强、对国民经济和社会发展及生态环境的潜在影响大的工程项目<sup>[24]</sup>,如杭州湾跨海大桥、中缅油气管道工程和英吉利海峡隧道工程等,这类工程通常需由中央和省(市)政府批复<sup>[25]</sup>。

3)跨区域基础设施。与“地方(place)”相对应,“跨区域”是指空间范围跨越区域边界(通常指同等级别的行政区边界,本文指地级及以上行政单元)。按照基础设施的物理形态或服务对象可以分为2种类型:①物理设施“跨区域”,即基础设施物理网络跨区域边界,如青藏铁路、港珠澳大桥等;②影

响范围“跨区域”,即基础设施的空间影响范围跨区域边界,如长江三峡水利枢纽工程等。

综上,本文将“跨区域重大基础设施”定义为:跨越地级及以上行政区边界,具有投资规模大、技术难度高、建设时间长、影响范围广、作用时间长等特征,对资源利用、要素流动、国土开发、区域协调等方面具有重要影响,可提供基础性公共服务、改善经济发展、保障社会生产和居民生活的一种特殊类型的基础设施。

## 1.2 类型与职能

随着经济社会发展和科学技术进步,基础设施的概念内涵及类型不断拓展,既包括交通、能源、水利等传统基础设施,也包括5G基站、特高压、大数据中心、人工智能和工业互联网等新型基础设施。结合跨区域重大基础设施的内涵及基础设施的类型,按其专业职能及服务对象,可进一步划分为交通类、能源类、水利类、环保类、信息类、创新类和其他类(表1)。

1)跨区域重大交通基础设施:包括铁路、公路、机场和水运类,其建设旨在克服自然障碍,提高可达性和连通性,降低运输时间与成本,促进区域经济发展。

2)跨区域重大能源基础设施:指跨区域的石油和天然气管道、电网等能源运输通道,旨在解决能源供需的空间错配。

3)跨区域重大水利基础设施:指跨区域调水设施以及服务于跨区域的水利工程,其建设旨在充分

表1 跨区域重大基础设施典型案例及其功能特征

Table 1 Typical cases and characteristics of major trans-regional infrastructure

类型	亚类	代表性项目	主要功能特征
交通类	铁路	青藏铁路、川藏铁路、京沪高铁、中老铁路	改善区位条件,提高连通性,降低时间与运输成本,促进区域经济发展,并形成明显的交通引导型区域经济类型或城镇发展
	公路	沪甬甬跨海大通道、港珠澳大桥、杭州湾跨海大桥	
	机场	北京大兴国际机场、成都天府国际机场	
	港口	宁波舟山港、上海国际航运中心洋山深水港区	
能源类	管道	西气东输工程、西电东送工程、中缅油气管道工程、中俄原油管道工程、中哈原油管道工程、兰州-成都-重庆输油管道工程	能源输送、解决能源供需的空间错配
	电网	复奉直流、皖电东送1 000 kV高压交流工程、淮南-南京-上海1 000 kV特高压交流工程	
水利类		南水北调工程、葛洲坝水利枢纽、三峡水利枢纽工程、小浪底工程、丹江口水库	改善水资源时空分配的不匹配性,并在供水、灌溉、防洪(潮)等方面发挥作用
环保类		三北防护林、兰新铁路防沙体系、京津风沙源治理工程、长江流域天然林保护工程、黄河流域天然林保护工程	跨区域生态环境治理
信息类		5G基站、超算中心、大数据中心、工业互联网、卫星互联网	支撑数字经济和智能技术的发展
创新类		重大科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新基础设施	支撑高水平研究和创新活动
其他类		中国遥感卫星地面站、跨区域医疗卫生机构、军事指挥机关	跨区域服务于科研技术、商业等领域

利用自然资源, 解决人类活动用水、纠正水资源时空供需不匹配, 提高水资源利用效率, 满足供水、灌溉、防洪(潮)等需求。

4) 跨区域重大环保基础设施: 指区际协同恢复和重建受人为活动干扰或破坏的生态系统工程, 其建设能够促进生态环境区际联防联控机制的建立, 推进人与自然是和谐共处。

5) 跨区域重大信息基础设施: 包括基站、光缆、光纤、微波、卫星、移动通信等网络设备设施, 其建设旨在实现资源要素跨区域的优化配置, 实现空间治理的精细化管理, 提高管理效率, 推进区域协调发展。

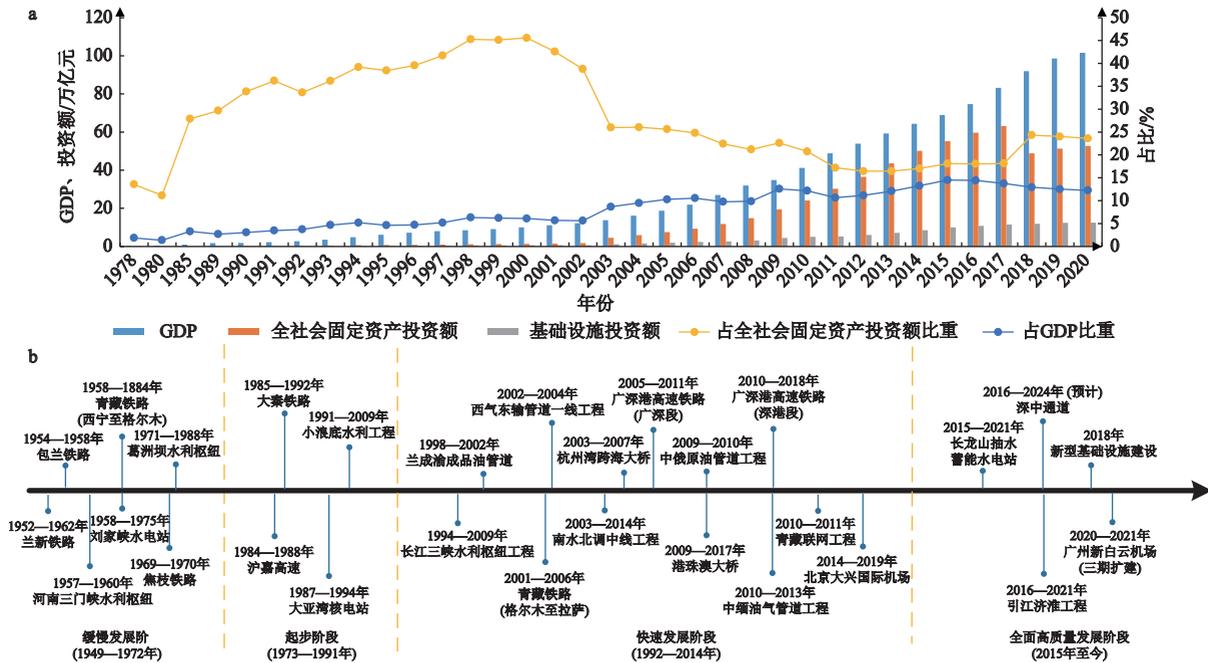
6) 跨区域重大创新基础设施: 指为创新活动提供支撑的一类重大基础设施, 包括科技、教育和情报信息基础设施等类型。其中, 重大科技基础设施是由国家统筹布局, 依托高水平创新主体建设, 面向社会开放共享的大型复杂科学研究装置或系统, 是长期为高水平研究活动提供服务、具有较大国际影响力的国家公共设施。

7) 其他跨区域重大基础设施: 指影响范围“跨区域”的商业服务、医疗卫生和国防安全等公用工程或公共服务设施, 其建设旨在推进跨区域经济一体化、维护经济社会正常运行与稳定。

### 1.3 发展阶段与面临挑战

根据《国家重大工程档案》<sup>[26]</sup> 和《中国统计年鉴》(1981—2021年, 数据未含港澳台)<sup>[27]</sup>, 中国跨区域重大基础设施建设的重要事件和基础设施投资演变整体如图 1。在此基础上, 结合中国经济发展阶段将跨区域重大基础设施的发展历程划分为 4 个阶段: ① 缓慢发展阶段(1949—1972 年)。以水利设施和交通设施建设为主, 主要布局在内陆尤其是“三线地区”。② 起步阶段(1973—1991 年)。基础设施投资规模和建设力度不断增加, 但整体投资仍滞后于经济发展需求。③ 快速发展阶段(1992—2014 年)。基础设施投资力度持续增加, 20 世纪末期投资额度曾占全社会固定资产投资总额的 40% 以上<sup>[28]</sup>, 对 GDP 的拉动作用显著。④ 全面高质量发展阶段(2015 年至今)。基础设施投资额持续上升, 占全社会固定资产投资额的比重维持在 20% 左右<sup>[27]</sup>, 一些新的基础设施类型逐渐成为投资重点。

中国跨区域重大基础设施已迈入大规模投入和高质量发展阶段, 但其规划建设仍面临诸多挑战。概括而言, 主要包括重大基础设施应对自然灾害的韧性、新型基础设施的不确定性(技术、市场和组织等)、重大基础设施建设与国土空间开发保护矛盾、“双碳”目标约束, 以及助力双循环格局的大枢纽与



根据《国家重大工程档案》<sup>[26]</sup> 和《中国统计年鉴》<sup>[27]</sup> 相关资料整理; 数据未含港澳台

图 1 中国基础设施建设历程(a)及跨区域重大基础设施重要事件(b)

Fig.1 China's infrastructure construction process and major trans-regional infrastructure events

大廊道体系建设、满足生态环境脆弱区基础设施和社会经济与自然环境的协调发展需求等。在此背景下,基于跨学科、多尺度、多领域、全生命周期等综合视角构建跨区域重大基础设施空间效应的理论框架和方法体系成为应对当前主要挑战的重要举措。

## 2 跨区域重大基础设施空间效应的理论分析

### 2.1 理论内涵

跨区域重大基础设施作为一种特殊的基础性公共产品,基于经济学范式的研究主要从公共产品外部性视角测度其空间溢出效应、空间集聚效应、空间挤入效应、空间挤出效应等,并认为空间效应是由于不同区域的空间相互作用而导致的区域差异、空间结构和空间格局的变化<sup>[29]</sup>。基于地理学范式的空间效应主要关注地表结构差异和空间格局变换等原因引起的地理系统中物质、能量、信息的再分配和传输复杂化现象<sup>[2]</sup>,主要应用经典区位论、空间结构理论和新经济地理学理论等开展(图2)。

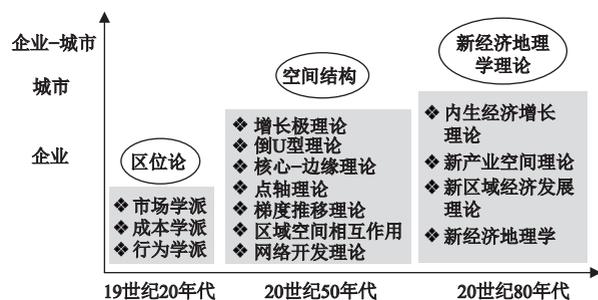


图2 地理学视角下空间效应研究视角及发展脉络  
Fig.2 The perspective and development of spatial effect research from the perspective of geography

随着相关理论的发展,基础设施空间效应的理论内涵也在不断拓展。早期基于杜能、韦伯、克里斯特勒和廖什等古典区位论的研究侧重于从企业微观视角探讨交通基础设施建设的空间效应,即通过假设企业区位布局时追逐“利润最大化”或“成本最小化”等目标,认为交易成本和区位优势是影响企业区位选择的关键因素<sup>[30]</sup>,进而影响经济发展和产业集聚,相关研究主要集中于基础设施对微观企业布局的影响。20世纪50年代以来,随着增长极理论、循环累积因果理论<sup>[31]</sup>、核心边缘理论、点-轴理论<sup>[32]</sup>、网络开发理论<sup>[33]</sup>等发展,相关研究对基础设施空间效应的关注由基础设施对单个厂商区位决策

的影响变为基础设施对宏观区域经济发展和空间结构及其地域组合的影响<sup>[34]</sup>。80年代以来,随着内生经济增长理论、新产业空间理论、新区域经济发展理论和新经济地理学等理论和方法的发展,相关研究从空间集聚和增长集聚动力视角解析空间效应产生的机理<sup>[35]</sup>。随着新经济地理学理论的发展,经济学和地理学研究范式不断融合,丰富了空间效应的理论内涵。结合地理学和经济学相关理论及跨区域重大基础设施的内涵与特征,其空间效应可以理解为跨区域重大基础设施建设所引致的微观企业布局或宏观区域经济发展、空间结构及地域组合等变化。

### 2.2 基本特征

跨区域重大基础设施空间效应是一个动态的、开放的、多维的复杂巨系统,其理论体系构成和方法论的性质均表现出明显的综合性、区域性和动态性特征。

1) 综合性。结合地理学理论分析<sup>[36]</sup>,跨区域重大基础设施空间效应的综合性主要表现为影响内容的多样性、作用过程的复杂性、作用边界的模糊性、演化过程的动态性等。其中,影响内容的多样性不仅表现在对人类生存环境的影响<sup>[37]</sup>,也包括对经济社会发展<sup>[38]</sup>、空间级联系统<sup>[39]</sup>、城市发展等人文要素的影响;作用过程的复杂性主要是由于空间效应的诸要素因果关系及作用层次的模糊性、重叠性和可移动性等特征所引致;作用边界的模糊性是指难以精准区分众多要素中的主导或从属地位、直接或间接作用;演化过程的动态性主要体现为时空尺度下的较大差异。

2) 区域性。主要为跨区域重大基础设施建设的影响具有空间分异与空间溢出效应特征,具体表现为:① 对不同地区的影响存在空间异质性。如高速铁路、机场、港口、水利、电力和能源等设施建设对不同地区、不同发展阶段的经济、产业集聚等产生差异化影响<sup>[2]</sup>;② 在不同空间尺度下的影响存在不确定性和差异性,且表现出明显的空间嵌套特征。例如,铁路在全国或区域层面侧重于对沿线地区可达性<sup>[35,40-41]</sup>、经济增长<sup>[42]</sup>和产业结构<sup>[10]</sup>等影响;微观层面侧重于对通勤和交通圈<sup>[12-13,43]</sup>等影响。③ 空间溢出效应随着距离增大而衰减,但不同类型通常会在同一目标下发挥不同的作用。例如,交通基础设施对经济增长具有正向溢出效应,但能源基础设施的正向溢出效应不显著<sup>[29]</sup>。

3) 动态性。表现为不同时期和不同时间尺度下跨区域重大基础设施建设的空间效应存在时间异质性特征。其中, 不同时期包括规划期、建设期、运营期、升级或退役期<sup>[3]</sup>; 不同时间尺度包括短期、中期和长期等, 且发展阶段和时间尺度的表达因不同类型而存在较大差异, 与之对应的空间效应也不同。

### 2.3 形成机制

1) 区位营造。区位营造是跨区域重大基础设施规划和建设的直接体现, 也是空间效应形成和发挥的重要前提, 主要通过克服自然障碍改变时空观念和空间关联等营造空间区位。一方面, 通过改变人类度量空间距离的时间尺度、消除或淡化自然障碍的阻隔、增加时间价值观念、促使独享型资源利用空间意识转变为互惠型, 产生“费用-空间收敛”效应、“成本收敛-流量扩张”效应、“时间-空间收敛效应”和“匹配-空间协同”效应, 进而营造空间发展优势<sup>[4]</sup>。另一方面, 通过改变点、线和网络状基础设施空间关联关系, 进而营造新区位优势<sup>[5-6]</sup>。区位优势转化为空间经济势能过程中, 会导致自然资源或生产要素在空间上流动, 并产生集聚与扩散效应, 进而对产业发展、经济增长、空间结构、生态环境等产生影响。

2) 要素流动。要素流动既包括矿产、水、能源、生物等自然资源流动, 也包括劳动力、资本、信息等人文要素流动。一方面, 跨区域重大基础设施的建设可消除或淡化自然障碍的阻隔, 实现和促进自然资源跨区域流动, 如中国南水北调、西电东输、北煤南运等。另一方面, 跨区域重大基础设施的建设可压缩时空距离, 减少信息不对称性, 打破市场分割, 降低交易成本, 提升沿线人文要素流动的强度、速度和广度。自然资源和人文要素的流动进一步影响微观企业或人的行为决策以及宏观层面经济活动空间布局、经济发展、产业集聚与扩散等, 产生规模效应和空间溢出效应等。

3) 集聚效应。集聚效应由集聚力和分散力共同营造, 跨区域重大基础设施所提供的服务具有刺激集聚供给和需求的双重作用, 进而影响其空间效应的类型及规模。一方面, 改变区域间自然资源和人文要素的比较优势, 促进相关要素集聚, 增加生产供给, 产生规模经济; 另一方面, 扩大居民和经济活动的空间范围, 提高消费者对市场的可接近性, 增加产品需求, 促进需求集聚; 此外, 在不同空间和时间尺度上对生产供给和需求集聚的影响存在着较大

差异, 从而导致不同时空尺度下呈现出不同的空间效应。

## 3 跨区域重大基础设施空间效应评估框架构建

跨区域重大基础设施空间效应的综合评估需要实现多目标, 而对不同的目标所关注的评估内容及所采用的评估方法存在着较大差异。例如, 对高铁项目空间效应的评估更侧重于资源优化配置<sup>[35]</sup>、对港珠澳大桥空间效应的评估更侧重于区域协调发展<sup>[38]</sup>、对三峡水利工程空间效应的评估更侧重于生态系统服务功能<sup>[37]</sup>等。因此, 本文从评估目标、评估内容和评估方法等层面, 构建跨区域重大基础设施空间效应评估框架和方法体系(图 3)。

### 3.1 评估目标

评估目标的设定是为了充分发挥其职能优势及潜能, 更好地满足于国家发展战略、经济社会发展和空间治理等相关需求。根据评估目标实现的内在关联机理, 理论上, 跨区域重大基础设施空间效应评估目标主要包括追求相关参与主体效用最大化或成本最小化, 实现自然和人文要素最优空间组合等。在此基础上, 结合跨区域重大基础设施发展阶段、新发展格局构建、国土空间治理等背景, 本文将跨区域重大基础设施空间效应的评估目标界定为 4 个方面(表 2): 一是资源优化配置, 即根据跨区域重大基础设施对资源配置的影响与作用机制, 纠正资源错配, 提高资源配置效率; 二是国土空间优化, 即结合人口、产业和城镇等国土开发关键要素的交互作用机制, 确定跨区域重大基础设施与国土开发相互融合、相互促进的发展路径和战略选择; 三是区域协调发展, 即跨区域重大基础设施通过塑造区域之间优势互补、互惠互利的良性互动格局, 助力区域发挥比较优势, 化解区域发展不充分不平衡难题, 从而缩小区域差距, 实现区域协调发展; 四是城市群一体化, 即跨区域重大基础设施通过重塑新区位、提高空间治理能力, 从而促进城市群协同发展。

### 3.2 评估内容

结合跨区域重大基础设施的综合性、区域性和动态性特征, 基于评估阶段、评估尺度和评估领域 3 个维度, 构建跨区域重大基础设施空间效应评估内容框架(图 4), 分别用  $X$ 、 $Y$  和  $Z$  轴表示。其中,  $X$  轴, 即评估阶段分为“规划期”( $X_1$ )、“建设期”

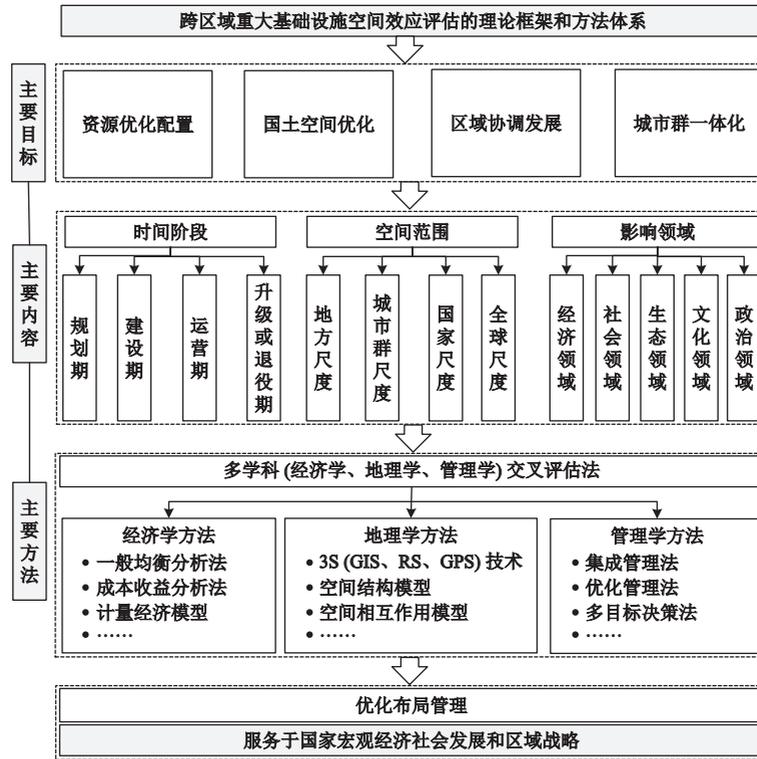


图 3 跨区域重大基础设施空间效应评估框架和方法体系

Fig.3 Framework and methodology for the assessment of spatial effects of major trans-regional infrastructure

表 2 跨区域重大基础设施空间效应评估目标诠释

Table 2 Interpretation of the objectives of the spatial effects assessment of major trans-regional infrastructure

评估目标	实现机理
资源优化配置	解决各类资源在时空上的供需矛盾
国土空间优化	提高资源利用效率, 培育“增长极”和“经济轴带”, 使资源集中到生产效率较高的地方; 贯彻落实“效率优先、兼顾公平”的发展理念, 提升整体功能, 均衡国土空间格局
区域协调发展	推进土地一体化开发、保障国土安全, 巩固边疆稳定、维护祖国统一 通过提供特定服务, 实现基本公共服务均等化, 促进社会公平, 维护社会稳定; 突破空间约束, 缩小区域差距, 减少绝对贫困; 促进区域比较优势发挥, 形成区域之间互联共济、优势互补的空间格局;
城市群一体化	建立生态环境区际联防联控机制, 促进跨区域人与自然和谐共生 构建城市群的骨架, 为城市群发育提供良好支撑; 引导城市分工协同, 促进城市群一体化发展; 强化产业关联及对外辐射, 优化城市群经济发展空间

( $X_2$ )、“运营期”( $X_3$ )和“升级或退役期”( $X_4$ );  $Y$ 轴, 即评估尺度分为“地方尺度”( $Y_1$ )、“区域(城市群)尺度”( $Y_2$ )、“国家尺度”( $Y_3$ )和“全球尺度”( $Y_4$ );  $Z$ 轴, 即评估领域分为“经济领域”( $Z_1$ )、“社会领域”( $Z_2$ )、“生态领域”( $Z_3$ )、“文化领域”( $Z_4$ )和“政治领域”( $Z_5$ )。任意一个  $XYZ$  组合代表了一种评估情景, 各种组合共同构成了跨区域重大基础设施空间效应

多维评估体系。

从评估阶段分析, 在不同阶段和不同时间尺度下跨区域重大基础设施的空间效应类型与规模各不相同<sup>[44]</sup>。规划阶段, 侧重于项目建设的必要性和实用性, 选址地点、用地规模和进度安排的合理性, 财务、技术、人才等建设条件的满足性, 以及对经济、社会和生态等领域的潜在影响。建设阶段, 主要关

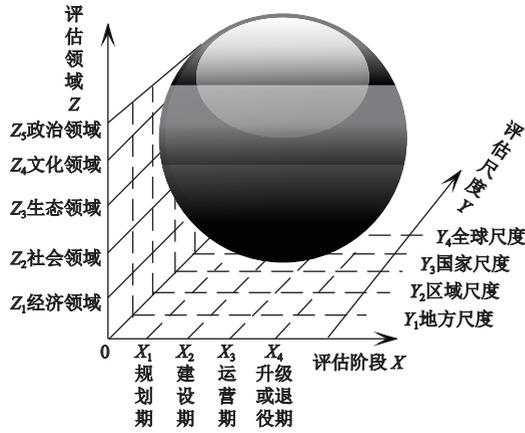


图 4 跨区域重大基础设施空间效应评估内容框架

Fig.4 A content framework for assessing spatial effects of major trans-regional infrastructure

注建设行为对引发投资、增加就业、建材行业发展等经济活动,配套设施建设、安置拆迁等社会问题,以及环境、生态多样性保护、防灾减灾的应急预案等方面的评价。运营阶段,主要评估跨区域重大基础设施规划目标的实现程度、整体实施过程、土地利用变化、防灾备灾能力和可持续性,以及对经济、社会、生态、文化和政治等领域的影响,并可根据其影响的时间尺度,划分为短期、中期和长期尺度下的空间效应。升级或退役阶段,主要评估设施的剩余价值,合理抉择改造升级或淘汰退役等不同处置方式。

从评估尺度分析,跨区域重大基础设施空间效应评估可从多个空间尺度展开,对应的国土空间开发保护目标不同,评估内容和重点也存在差异。从构建国家高质量空间体系出发,应重点关注地方、区域和国家 3 个关键尺度<sup>[23]</sup>,从构建人类命运共同体的角度应强调全球尺度。针对地方尺度,跨区域重大基础设施使邻近区域获得更多的对外开放机会,有利于促进生产要素和商品的跨区域流动,提升资源配置效率,促进地方经济社会发展;在城市群尺度,跨区域重大基础设施的物理衔接功能可尽量避免因信息不对称造成的道德风险或逆向选择,促进生产要素跨地区高效配置,提升资源利用效率,推动经济持续增长,进而加快推进城市群一体化,实现公共利益;在国家尺度,跨区域重大基础设施对国家认同感、国土安全、民族团结、文化交流等有重要的促进作用;在全球尺度,跨区域重大基础设施是推进跨境设施联通、强化国际物流运输协同与经

贸交流的重要合作平台<sup>[45]</sup>,也是推进人类命运共同体构建的重要设施支撑。

从评估领域分析,跨区域重大基础设施的作用领域涵盖经济、社会、生态、文化和政治等。在经济领域,评估内容主要包括其建设和发展对沿线地区经济发展效率、质量、结构和布局的影响,解析所产生的空间溢出效应、空间集聚效应和空间重构效应,以及通过改变生产、分配、交换、消费等经济活动环节的影响机制等。在社会领域,评价应侧重于对提高基本公共服务均等化、缩小区域收入差距、促进区域发展均衡等影响,以及通过改变资源调配、人口流动、就业、基础设施跨区域共享等中介机制。在生态领域,重点关注对土地利用和景观格局、资源调配、人类活动轨迹或强度,以及生态服务价值、生物多样性、微气候环境、空间治理、主体功能区建设、资源环境承载能力等<sup>[46]</sup>。在文化领域,评价可重点关注对文化交流、融合与传播以及民族团结等影响。在政治领域,应重点关注对沿边地区开发、文化交流、应急特殊物资运输,以及国家认同感、国土安全、军事安全等。

### 3.3 评估方法

跨区域重大基础设施空间效应评价方法是对经济学中关于空间外部性、管理学中关于集成优化和地理学中空间效应评价方法的系统归纳和概括,需综合考虑其综合性、区域性和动态性特征,剥离其他要素的综合作用,科学测度跨区域重大基础设施空间效应。一般认为空间效应的评价方法包括观察和实验法、数理统计法和计算机模拟法等。其中,观察和实验法可探寻跨区域重大基础设施与其他要素的因果关系。数理统计法主要包括计量经济模型、统计模型、空间相互作用模型、机器学习等,相关方法被广泛应用于定量刻画跨区域重大基础设施与其他各要素的因果关系,揭示其对经济增长、产业集聚、土地利用、生态环境等方面的影响。计算机模拟法主要是依托 GIS 和 RS 相关技术可视化方法和复杂性科学方法,动态模拟跨区域重大基础设施建设和运营对周围地区的影响,常见的评价方法包括元胞自动机、可计算的一般均衡模型等。此外,部分学者突破传统仅考虑单一类型基础设施空间效应评估模型<sup>[47]</sup>,开始从多维度探讨其空间效应。综上,本文拟构建在一定目标约束条件下,综合考虑评估时空尺度和评估领域的跨区域重大基础设施空间效应评价模型,具体如下:

$Y = f(\text{目标约束, 时空尺度, 内容领域})$

式中, 目标约束即跨区域重大基础设施空间效应评估目标; 时空尺度指跨区域重大基础设施评估的时间和空间尺度; 内容领域指跨区域重大基础设施评估的具体内容。

构建全面系统科学的数据库是跨区域重大基础设施空间效应评估的重要前提。传统研究中, 数据源主要包括问卷调查、案例数据和统计数据等。此外, 互联网技术和高性能计算机技术的发展, 为空间效应评估提供了丰富的数据资源, 也为大数据的采集、挖掘、存储、计算和优化等提供方法和技术支撑。因此, 综合考虑不同目标约束条件, 构建包含问卷调查、案例数据、统计数据和大数据的空间数据库, 可为跨区域重大基础设施空间效应评估提供支撑。

## 4 结语与讨论

综合评估跨区域重大基础设施空间效应既能满足国家区域发展的战略需求, 也可促进现实问题的解决。本研究立足于跨区域重大基础设施建设和运行决策的需要, 在系统梳理跨区域重大基础设施内涵、类型与职能、发展历程的基础上, 从地理学和经济视角解析跨区域重大基础设施空间效应的概念内涵、基本特征和形成机制, 并构建其评估框架。随着相关理论发展, 跨区域重大基础设施空间效应的内涵不断拓展, 呈现出明显的综合性、区域性和动态性等特征, 且其形成机制主要涉及区位营造、要素流动和集聚效应等; 由于跨区域重大基础设施空间效应综合评估需实现多目标, 而不同目标所关注的内容及采用的方法往往不同, 本文构建了包含评估目标、评估内容和评估方法等 3 方面的评估理论框架。

随着跨区域重大基础设施的建设和对其空间效应认识的不断深入, 结合多学科交叉、多技术综合与多源数据融合, 可为构建全面、系统的评估理论框架和方法体系提供支撑。在国家战略层面, 跨区域重大基础设施空间效应评估理论框架的构建有助于更好地服务“一带一路”、区域协调发展、国土空间治理等战略, 契合党的二十大和国家“十四五”提出的“加快构建新发展格局, 赋能经济高质量发展”需求。未来研究可选取相关案例验证本文评估框架的有效性和合理性, 对其进行不断修改和完善,

也可以纵向对比单个设施或横向对比同类设施的空间效应。

## 参考文献(References):

- [1] 金凤君. 基础设施与人类生存环境之关系研究[J]. *地理科学进展*, 2001, 20(3): 275-284. [Jin Fengjun. Infrastructure and the living environment of human being. *Progress in Geography*, 2001, 20(3): 275-284.]
- [2] 金凤君. 基础设施与经济社会空间组织[M]. 北京: 科学出版社, 2012. [Jing Fengjun. Infrastructure and organization of socioeconomic space. Beijing: Science Press, 2012.]
- [3] 李景保, 何蒙, 于丹丹, 等. 水利工程对长江荆南三口水系结构变化的影响[J]. *地理科学*, 2019, 39(6): 1025-1035. [Li Jingbao, He Meng, Yu Dandan et al. Effect of hydrological projects on river network structure in the Three Outlets of Southern Jingjiang River. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(6): 1025-1035.]
- [4] 贾绍凤, 梁媛. 新形势下黄河流域水资源配置战略调整研究[J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 29-36. [Jia Shaofeng, Liang Yuan. Suggestions for strategic allocation of the Yellow River water resources under the new situation. *Resources Science*, 2020, 42(1): 29-36.]
- [5] 邵景安, 张仕超, 魏朝富. 基于大型水利工程建设阶段的三峡库区土地利用变化遥感分析[J]. *地理研究*, 2013, 32(12): 2189-2203. [Shao Jing'an, Zhang Shichao, Wei Chaofu. Remote sensing analysis of land use change in the Three Gorges Reservoir area, based on the construction phase of large-scale water conservancy project. *Geographical Research*, 2013, 32(12): 2189-2203.]
- [6] 杨宇, 刘毅, 金凤君. 能源地缘政治视角下中国与中亚-俄罗斯国际能源合作模式[J]. *地理研究*, 2015, 34(2): 213-224. [Yang Yu, Liu Yi, Jin Fengjun. Study on energy cooperation between China and the Central Asia and Russia under the view of energy geopolitics. *Geographical Research*, 2015, 34(2): 213-224.]
- [7] 鲁春霞, 贾慧兰, 于云江. 输油气管道工程对资源与环境损害的经济评估——以陕-甘天然气输气管道为例[J]. *资源科学*, 2000, 22(6): 67-70. [Lu Chunxia, Jia Huilan, Yu Yunjiang. An economic estimation of damage to resources and environment of the oil and gas pipeline projects: Taking Shan-Gan gas pipelines as a case. *Resources Science*, 2000, 22(6): 67-70.]
- [8] Huang C, Zhu Y, Ren M et al. Prospective climate change impacts on China's fossil and renewable power-generation infrastructure: Regional and plant-level analyses[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2023, 188: 1-11.
- [9] Pradhan R P, Arvin M B, Nair M. Urbanization, transportation infrastructure, ICT, and economic growth: A temporal causal analysis[J]. *CITIES*, 2021, 115: 1-19.
- [10] Xiao F, Lin J-J. High-speed rail and high-tech industry evolution: Empirical evidence from China[J]. *Transportation Re-*

- search Interdisciplinary Perspectives, 2021, 10: 1-10.
- [11] Wang J, Huang J, Jing Y. Competition between high-speed trains and air travel in China: From a spatial to spatiotemporal perspective[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, 133: 62-78.
- [12] Wang J, Du D, Huang J. Inter-city connections in China: High-speed train vs. inter-city coach[J]. *Journal of Transport Geography*, 2020, 82: 1-13.
- [13] Wang J, Huang J, Du F. Estimating spatial patterns of commute mode preference in Beijing[J]. *Regional Studies, Regional Science*, 2020, 7(1): 382-386.
- [14] 何丹, 殷清眉, 杨牡丹. 交通基础设施建设与城市群一体化发展——以长株潭“3+5”城市群为例[J]. *人文地理*, 2017, 32(6): 72-79. [He Dan, Yin Qingmei, Yang Mudan. Transport infrastructure and urban agglomeration integration: A case study of Chang-Zhu-Tan urban agglomeration. *Human Geography*, 2017, 32(6): 72-79.]
- [15] 何丹, 金凤君. 重大基础设施对周边房价的时空影响分析——以北京地铁4号线为例[J]. *北京联合大学学报*, 2013, 27(3): 1-9+20. [He Dan, Jin Fengjun. An analysis of the spatio-temporal impacts of major infrastructure on real estate prices: Take Beijing metro line 4 as an example. *Journal of Beijing Union University*, 2013, 27(3): 1-9+20.]
- [16] 李延森, 周金星, 吴秀芹. 青藏铁路(格拉段)修建对沿线植被生态系统及其弹性的影响[J]. *地理研究*, 2017, 36(11): 2129-2140. [Li Yansen, Zhou Jinxing, Wu Xiqin. Effects of the construction of Qinghai-Tibet railway on the vegetation ecosystem and eco-resilience. *Geographical Research*, 2017, 36(11): 2129-2140.]
- [17] Li H, Deng Q X, Zhang J X et al. Environmental impact assessment of transportation infrastructure in the life cycle: Case study of a fast track transportation project in China[J]. *Energies*, 2019, 12(6): 1-15.
- [18] 王婷, 陈凯华, 卢涛, 等. 重大科技基础设施综合效益评估体系构建研究——兼论在FAST评估中的应用[J]. *管理世界*, 2020, 36(6): 213-236+255. [Wang Ting, Chen Kaihua, Lu Tao et al. The research on the evaluation system of large research infrastructures' comprehensive benefits with an application in the evaluation of FAST. *Management World*, 2020, 36(6): 213-236+255.]
- [19] 饶悦, 沈丽珍, 汪侠. 基于大型科研基础设施共享的区域创新网络研究——以山东省为例[J]. *地理研究*, 2021, 40(6): 1840-1856. [Rao Yue, Shen Lizhen, Wang Xia. Research on regional innovation network based on large-scale scientific research infrastructure sharing: Take Shandong as an example. *Geographical Research*, 2021, 40(6): 1840-1856.]
- [20] Zhou Y, Xiao F, Deng W. Is smart city a slogan? Evidence from China[J]. *Asian Geographer*, 2022: 1-18.
- [21] Zhang P, Chen P, Xiao F et al. The impact of information infrastructure on air pollution: Empirical evidence from China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19: 1-18.
- [22] 伍先福, 钟鹏, 黄晓. “新基建”提升了战略性新兴产业的技术效率吗[J]. *财经科学*, 2020, 392(11): 65-80. [Wu Xianfu, Zhong Peng, Huang Xiao. Will “new infrastructure” improve the technological efficiency of strategic emerging industries? *Finance & Economics*, 2020, 392(11): 65-80.]
- [23] 张尚武, 潘鑫. 新时期我国跨区域重大基础设施规划建设战略思考[J]. *城市规划学刊*, 2021(2): 38-44. [Zhang Shangwu, Pan Xin. Strategic thinking on the planning and development of large trans-regional infrastructure in the New Era. *Urban Planning Forum*, 2021(2): 38-44.]
- [24] 杨建平, 杜端甫. 重大工程项目风险管理中的综合集成方法[J]. *中国管理科学*, 1996, 4(4): 24-28. [Yang Jianping, Du Duanfu. Meta-synthesis engineering in risk management for major projects. *Chinese Journal of Management Science*, 1996, 4(4): 24-28.]
- [25] 陈光健. 中国建设项目管理实用大全[M]. 北京: 经济管理出版社, 1993. [Chen Guangjian. *Practical encyclopedia of China's construction project management*. Beijing: Economic Management Press, 1993.]
- [26] 中国国际工程咨询有限公司. 国家重大工程档案(交通卷和能源卷)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2021. [China International Engineering Consulting Corporation. *Archives of national major projects (Traffic volume & Energy volume)*. Beijing: People's Communications Press, 2021.]
- [27] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 1981—2021. 北京: 中国统计出版社, 1981—2021. [National Bureau of Statistics of China. *China statistical yearbook. 1981—2021*. Beijing: China Statistics Press, 1981—2021.]
- [28] 任艳. 制度创新与中国基础设施建设[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2013. [Ren Yan. *Institutional innovation and China's infrastructure construction*. Beijing: China Social Science Press, 2013.]
- [29] 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+206. [Zhang Xueliang. Has transport infrastructure promoted regional economic growth?—With an analysis of the spatial spillover effects of transport infrastructure. *Social Sciences in China*, 2012(3): 60-77+206.]
- [30] 张文忠. 经济区位论[M]. 北京: 科学出版社, 2000. [Zhang Wenzhong. *Economic locational theory*. Beijing: Science Press, 2000.]
- [31] Myrdal G. *Economic theory and underdeveloped regions*[M]. London: Duckworth, 1957.
- [32] 陆大道. 区域发展及其空间结构[M]. 北京: 科学出版社, 1999. [Lu Dadao. *Regional development and spatial structures*. Beijing: Science Press, 1999.]
- [33] Nijkamp P, Reggiani A. *The economics of complex spatial systems*[M]. North Holland: Elsevier Publishing, 1998.
- [34] 郭腾云, 徐勇, 马国霞, 等. 区域经济空间结构理论与方法的回顾[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(1): 111-118. [Guo Tengyun, Xu

- Yong, Ma Guoxia et al. A Review of theories and methods for regional economic spatial structure. *Progress in Geography*, 2009, 28(1): 111-118.]
- [35] Jiao J, Wang J, Zhang F et al. Roles of accessibility, connectivity and spatial interdependence in realizing the economic impact of high-speed rail: Evidence from China[J]. *Transport Policy*, 2020, 91: 1-15.
- [36] 樊杰. 地理学的综合性与区域发展的集成研究[J]. *地理学报*, 2004(S1): 33-40. [Fan Jie. Comprehensiveness of geography and integrated research on regional development. *Acta Geographica Sinica*, 2004(S1): 33-40.]
- [37] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 三峡工程对河流生态系统服务功能影响预评价[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 424-431. [Xiao Jianhong, Shi Guoqing, Mao Chunmei et al. Pre-evaluation of valuation effects of TGP on river ecosystem services. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(3): 424-431.]
- [38] 吴旗韬, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 基于交通可达性的港澳大桥时空压缩效应[J]. *地理学报*, 2012, 67(6): 723-732. [Wu Qitao, Zhang Hongou, Ye Yuyao et al. The impact of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge on the traffic pattern of Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(6): 723-732.]
- [39] 王姣娥, 杜德林, 金凤君. 多元交通流视角下的空间级联系统比较与地理空间约束[J]. *地理学报*, 2019, 74(12): 2482-2494. [Wang Jiaoe, Du Delin, Jin Fengjun. Comparison of spatial structure and linkage systems and geographic constraints: A perspective of multiple traffic flows. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2482-2494.]
- [40] Xiao F, Jiaoe W, Du D. High-speed rail heading for innovation: The impact of HSR on inter-city technology transfer[J]. *Area Development and Policy*, 2022, 7(3): 293-311.
- [41] 金凤君, 王姣娥. 20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. *地理学报*, 2004, 59(2): 293-302. [Jin Fengjun, Wang Jiaoe. Railway network expansion and spatial accessibility analysis in China: 1906-2000. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2): 293-302.]
- [42] Jiao J, Wang J, Jin F et al. Understanding relationship between accessibility and economic growth: A case study from China (1990-2010)[J]. *Chinese Geographical Science*, 2016, 26(6): 803-816.
- [43] 王姣娥, 金凤君. 中国铁路客运网络组织与空间服务系统优化[J]. *地理学报*, 2005, 60(3): 371-380. [Wang Jiaoe, Jin Fengjun. Railway network organization and spatial service system optimization in China. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(3): 371-380.]
- [44] Hu M. Building impact assessment—A combined life cycle assessment and multi-criteria decision analysis framework[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, 150: 104410.
- [45] 王姣娥, 焦敬娟, 景悦, 等. “中欧班列”陆路运输腹地范围测算与枢纽识别[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(11): 1332-1339. [Wang Jiaoe, Jiao Jingjuan, Jing Yue et al. Transport hinterlands of border ports by China-Europe express trains and hub identification. *Progress in Geography*, 2017, 36(11): 1332-1339.]
- [46] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载力预警(2016版)的基点和技术方法进展[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(3): 266-276. [Fan Jie, Zhou Kan, Wang Yafei. Basic point and progress in technical methods of early-warning of the national resource and environmental carrying capacity (V 2016). *Progress in Geography*, 2017, 36(3): 266-276.]
- [47] 金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析[J]. *地理学报*, 2008, 63(8): 787-798. [Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(8): 787-798.]

## Theoretical framework of spatial effect assessment of major trans-regional infrastructure

Wang Jiaoe<sup>1,2</sup>, Zhang Pei<sup>1</sup>, Jiao Jingjuan<sup>3</sup>

(1. *Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 2. *College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3. *School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China*)

**Abstract:** The construction of major trans-regional infrastructure is a reflection of national political, economic, social, and technological progress. It is also an important means of optimizing resource allocation, promoting coordinated socio-economic development, and optimizing the governance system of national territorial space. How to scientifically understand and evaluate its spatial effects has become a theoretical problem that the academic community needs to solve. The 'Five-in-One' economic, social, ecological, cultural, and political effects of major trans-regional infrastructure overlap and interact with each other. A reasonable evaluation of their comprehensive effects not only meets the needs of national regional development strategies, but also promotes the solution of practical problems. Against this background, based on the needs of decision-making for the construction and operation of major trans-regional infrastructure, this study systematically sorts out the connotation, types, and functions, as well as the development process of major trans-regional infrastructure in China, and analyzes the theoretical connotation, basic characteristics, and formation mechanism of the spatial effects of major trans-regional infrastructure from the perspectives of geography and economics, and studies the construction of its evaluation framework. The results show that although the theoretical connotation of the spatial effects of major trans-regional infrastructure is constantly expanding with the development of relevant theories, it presents obvious characteristics of comprehensiveness, regionality, and dynamics. Its formation mechanism mainly involves location creation, factor flow, and agglomeration effects. At the same time, considering that the comprehensive evaluation of the spatial effects of major trans-regional infrastructure needs to achieve multiple goals, and different goals often focus on different content and adopt different methods, the evaluation framework and method system should include three levels: evaluation goals, evaluation content, and evaluation methods. Therefore, it can provide practical guidance for the layout optimization of major trans-regional major infrastructure.

**Key words:** infrastructure; major project; spatial effect assessment; territorial space governance; regional coordination