

基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性研究框架构建

周波, 吴子馨, 肖亮, 程学通, 胡尚琪

[摘要]近年来,随着城市间各类流要素联系的增强,城市网络外部性对城市发展的作用愈发明显,但当前的研究主要集中在集聚外部性层面,对于城市网络外部性的探讨仍显不足。在综述城市网络外部性研究进展的基础上,提出“地方蜂鸣—区域管道”理论并基于此构建城市网络外部性与城市高质量发展联系的研究框架:一方面构建城市网络外部性对城市高质量发展作用的“过程—机理—效应”理论与内容框架;另一方面从结构网络视角构建包含尺度嵌套、强度、均衡度等多维度的城市网络外部性评价指标体系,以对城市网络外部性的直接作用与空间溢出效应进行探讨。

[关键词]“地方蜂鸣—区域管道”理论;集聚外部性;城市网络外部性;高质量发展

[文章编号]1006-0022(2024)09-0039-08 **[中图分类号]**TU984 **[文献标识码]**A

[引文格式]周波, 吴子馨, 肖亮, 等. 基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性研究框架构建[J]. 规划师, 2024(9): 39-46.

Research on Framework Construction of Urban Network Externalities Based on the "Buzz-and-Pipeline" Theory/ZHOU Bo, WU Zixin, XIAO Liang, CHENG Xuetong, HU Shangqi

[Abstract] In recent years, with the strengthening of the connections between various "flow" factors among cities, the effects of urban network externalities on urban development have become increasingly obvious. However, the current research mainly focuses on agglomeration externalities, and the discussion on network externalities is still insufficient. Based on the review of the research progress of urban network externalities, a research framework on the relationship between urban network externalities and high-quality urban development is constructed by introducing the theory of "Buzz-and-Pipeline". On the one hand, it constructs the "process-mechanical-effect" theory and content framework of the effect of urban network externalities on high-quality urban development; on the other hand, from the perspective of structural network, it constructs the index system of urban network externality, including scale, intensity and equilibrium.

[Keywords] "Buzz-and-Pipeline" theory; agglomeration externality; urban network externality; high-quality development

0 引言

城镇化快速发展、城市群内城市“各自为政”、资源过度集中,导致区域发展失衡、经济增长缓慢、环境污染加剧等问题突出。党的十九大以来,高质量发展成为区域高效、公平、开放、可持续发展的基本要求和特征,高质量发展的影响机制亦成为城市地理学的重要研究方

向之一。既有的关于高质量发展影响因素的研究大多着眼于城市的内生动力,忽略了外部因素对区域高质量发展的影响。随着区域交通、信息等基础设施的建设,城市间的人口、资源等各类流要素的联系逐渐增强,呈现出更加便捷、广泛和复杂的图景,城市治理体系与空间组织模式也由层级式的等级结构向网络化结构转型^[1]。外部性作为城市网络的本质属性,对于解决区

[基金项目] 国家自然科学基金项目(42301232)、四川省科技厅重点研发课题项目(2023YFS0368)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目

[作者简介] 周波, 博士, 四川大学建筑与环境学院教授、博士生导师, 教授委员会副主任。

吴子馨, 四川大学建筑与环境学院硕士研究生。

肖亮, 博士, 四川大学建筑与环境学院助理研究员。

程学通, 四川大学建筑与环境学院硕士研究生。

胡尚琪, 工程师, 现任职于成都天府新区建设投资有限公司。

域的低质量发展问题具有重要意义,有关外部性对城市高质量发展作用的研究亦受到越来越多学者的关注。

目前,城市外部性相关研究主要分为集聚外部性与网络外部性^[2]两种类型,主要目的为减少城市发展中获得的额外劣势、增加额外优势、解决城市低质量发展的问题。集聚外部性因地理边界的限制而不再是诠释城市或区域组织模式的有力论据,由此学术界开始逐渐关注“城市网络外部性”的概念。城市网络外部性,即在区域内节点城市的交互作用中产生的协同、互补效应以及竞争、虹吸效应。但当前学术界对于城市网络外部性的研究并未形成较为完整的理论框架与统一的研究范式,同时也存在忽略多尺度空间嵌套作用,缺少对借用规模、集聚阴影等城市负外部性的关注,对城市网络外部性的作用范围、阈值、均衡度等量化研究不足等诸多问题^[1,3]。这些问题一方面导致既有研究较难系统刻画城市的外部性效应,另一方面也割裂了区域城市外部性与单个城市发展间的联系。“地方蜂鸣—区域管道”理论具有多尺度、多维邻近性、网络结构观等特点,与城市网络外部性的研究高度契合。因此,在城市网络外部性研究中引入该理论,有助于从不同维度入手,结合城市网络的差异性影响深入探讨城市网络外部性的内涵,并拓展城市网络外部性在经济、创新、生态等方面的研究内容,弥补现有城市网络外部性研究的空白与不足。

本研究立足当前区域一体化发展的时代背景,试图构建测度城市网络外部性及其对城市高质量发展影响的复合研究框架,深入解析城市网络外部性的理论内涵、测度方法、作用过程、作用机制和作用效应,以拓展城市网络研究的视角和内容,为城市网络外部性的实证研究提供基础,并为城市高质量发展提供方向。首先,综述城市网络外部性在演化脉络、研究内容和研究维度等方面

的进展,总结既有研究存在的问题;其次,构建理论和内容框架,以对城市网络外部性及其与城市高质量发展间的“过程—机理—效应”进行探讨,包括基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性概念理论模型、城市网络外部性作用过程和作用机制分析;最后,从结构网络视角,从尺度、强度和均衡度等多维度构建城市网络外部性评价指标体系,并构建包含经济质效、科技创新、协调共进、绿色高效、开放共赢、共享发展等多方面内容的城市高质量发展评价指标体系。

1 相关研究综述

1.1 城市网络外部性的形成与演化脉络

集聚外部性源于对经济地理行为空间集聚现象的研究,主要指空间集聚产生规模效应,并存在地理空间溢出效应,进而影响空间毗邻的地理单元^[4];城市网络外部性的产生与演化源于区域城市联系的加强,建立在对城市集聚外部性批判的基础上,其发展演化大致经历了理论探索(2000年以前)、理论深化(2000—2010年)和实证初期(2010年至今)等3个阶段(图1)。“网络外部性”一词最早源于1973年Alonso基于地理邻近性与产业发展关系提出的“借用规模”概念,对后续研究产生了深远影响;1985年Katz等从消费经济学角度最早提出了“网络外部性”的概念。在理论深化阶段,学者们从理论内涵、作用机制、测度方法及网络治理等方面对城市网络外部性展开了较为系统的研究。其中:Capello将“网络外部性”与“城市网络”两个概念相结合,首次提出了“城市网络外部性”的概念;Burger等基于功能网络的视角重新引入了“借用规模”概念,与之相对的是Krugman提出的“集聚阴影”概念,二者分别表述城市网络的正、负外部性。近年的实证研究进一步拓展了网络外部

性的研究内容和深度,城市网络外部性的异质性^[5]、城市网络外部性对城市发展的影响^[6],以及集聚外部性与城市网络外部性的相互关系^[7]等新议题陆续被提出,但也存在实证研究数量不足的问题。

1.2 城市网络外部性的研究内容进展

现有的城市网络外部性对个体城市的影响的研究主要集中在经济、创新和环境等3个方面,鲜有对于城市网络外部性综合效应的研究。其中,城市网络发展对经济增长的外部性效应逐渐成为研究热点,目前学者们主要从多层空间嵌套、战略性新兴产业发展等方面探讨了经济的溢出效应,也有学者探讨了区域协调发展和经济韧性等经济外部性效应,但整体上仍处于探索阶段,存在理论范式不清晰、因果推断不充分等问题。对于城市网络的创新外部效应的研究涵盖了企业、城市等多个层面,在企业层面主要探讨了地理空间集聚与企业网络对创新外部性的复合作用。在城市层面,盛彦文等^[8]探讨了城市的权力地位、辐射能力及中介能力等对创新资源的获取和利用效率;曹湛等^[9]利用“蜂鸣—管道—守门员”模型探讨了区域内和区际合作联系对城市创新发展的影响。此外,城市网络的生态环境外部效应成为研究的热点议题,涉及城市网络发展带来的碳排放、空气质量等区域环境溢出效应,但对于造成区域环境效应及污染物种类差异的原因仍有待深入探讨^[10]。需要注意的是,仅有极少部分学者考虑到城市网络外部性的综合效应,即将经济、创新及环境等效应纳入整体的研究框架进行分析,可见现有的研究在一定程度上割裂了城市网络外部性的系统性。

1.3 城市网络外部性测度的相关研究进展

国内外关于城市网络外部性的相关

研究存在时空尺度单一等共性问题。目前的研究主要集中在全球、国家、区域等宏观尺度，对于城市等中观尺度的研究较少。其中：国外学者侧重于全球和国家尺度的城市网络研究；国内学者则主要关注国家、区域尺度的城市网络研究，且大多将长三角、珠三角等城市网络发育较为成熟的区域作为研究对象，对于欠发达地区的关注较少。需要注意的是，不同尺度的城市网络存在复杂的嵌套关系，仅进行单一空间尺度的城市网络外部性研究可能会导致分析结果的偏误。同时，不同区域城市网络发育程度的差异性也可能引起其外部性产生机理与作用强度的差异性，因此以发达地区为样本的研究成果很难反映欠发达地区的特征。此外，现有研究以静态截面刻画为主，忽略了城市网络的动态演化与阶段性特征，对一般性的发展演化规律的探讨仍显不足。

目前学术界对于城市网络外部性作用强度测度的量化研究相对薄弱，且侧重于城市网络的正外部性，忽视了因中心城市的虹吸作用等而导致的负外部性影响^[11]。城市网络外部性作用强度测度主要包括强度大小与正负性两个方面的内容，而现有研究中城市网络外部性的强度取决于正向的借用规模与负向的集聚阴影综合作用的强度，其中学术界对

于借用规模的研究相对较为成熟。借用规模表征的是城市通过城市网络“借用”其他城市的设施与职能，并在提升集聚效益的同时降低集聚成本，已有研究成果涵盖了其作用对象、作用机理及时空维度等方面的内容。但鲜有研究关注因中心城市资源过度集聚产生的虹吸作用带来的集聚阴影等负外部性，如环首都边缘贫困带、成渝城市群中部塌陷等问题。

此外，既有的关于城市网络外部性的量化研究主要探讨城市网络结构特征对借用规模、集聚阴影等外部性效应的影响，其中借用规模与城市在联系网络中的中心度呈正向关系，但过高的中心度可能导致集聚阴影的产生。借用规模与集聚阴影的影响一般同时存在，而城市网络外部性的强度与正负性则取决于两者间的强弱关系^[12]。Fujita等^[13]提出集聚阴影受到城市间空间距离的影响，只有集聚阴影与大城市的距离超过阈值时才能避免其虹吸效应，但对于阈值数值尚未形成定论。也有学者提出政府、市场、城市权力地位等因素同样对城市网络外部性的强度产生直接影响。

当前，学术界在城市网络外部性的差异性和均衡度及其作用机理方面的研究仍存在争议，未来仍需进一步对导致城市网络外部性不均衡的作用过程与动力机制进行探讨。有学者提出，不同城

市从城市网络中获得溢出效应的类型、大小等呈现出不均衡性，但对于其背后的机理仍存在较大争议。其中，丁亮等^[5]利用多尺度地理加权回归模型探讨了城市网络外部性的均衡度，并得出地理位置、网络权力地位等会对均衡度产生显著影响的结论。在众多影响城市网络外部性均衡度的因素中(图2)，相关研究认为高速交通系统加速了区域资源要素的流动和重构^[14]，但对于其外部性的认知仍存在争议，出现了加剧区域不平衡与缩小区域差距等截然相反的论述。学术界对于因城市规模产生的城市网络外部性差异同样存在较大争议，部分学者认为小城市更可能通过网络协同获得正外部效应^[15]，但也有学者认为小城市缺乏充分利用网络资源的能力，不一定能通过网络协同产生显著的正外部性^[16]。此外，城市功能互补性、城市网络发育程度、城市网络空间结构、城市网络权力地位等均被认为是单体城市获得的溢出效应具有差异性与区域不均衡性的影响因素。

综上所述，相较于集聚外部性研究从集聚规模、空间毗邻等要素方面探讨经济行为的集聚效益与空间溢出效应，城市网络外部性研究通过不可知论以及分析城市间各类要素的流动关系来表征其外部效应，但目前仍处于探索初期，尚未形成较为系统的理论框架与研究范

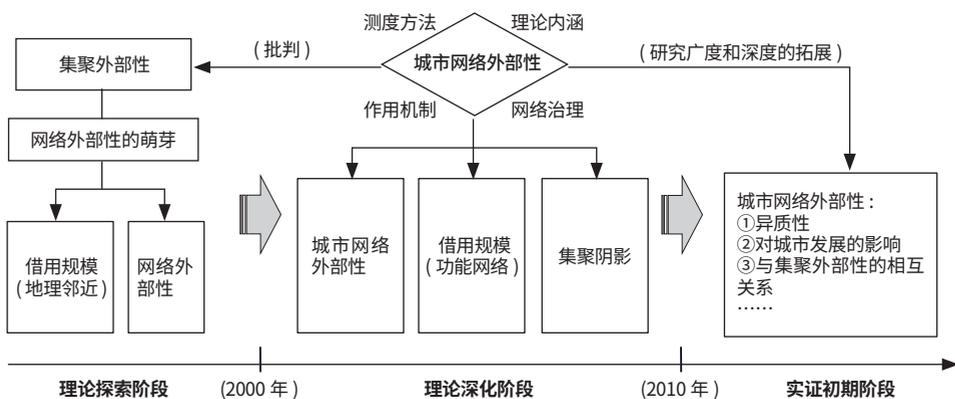


图1 城市网络外部性演化脉络

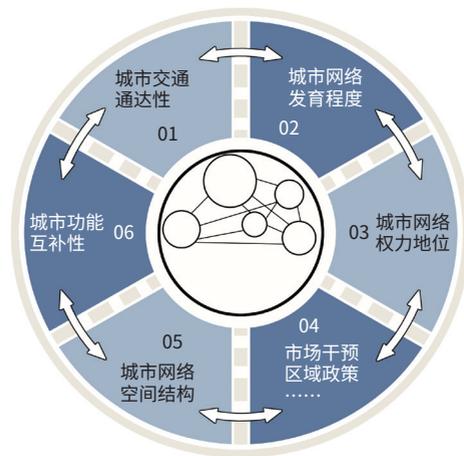


图2 影响城市网络外部性均衡度的因素

式。同时，对于城市网络整体外部效应与单体城市间相互作用机理的梳理及理论探讨仍显薄弱。从研究内容上看，现有研究主要从经济、环境、创新等单方面探讨了城市网络外部效应，较少有研究从多个维度探讨综合外部效应及不同效应之间的作用关系。当前的城市网络外部性研究还存在忽略地理空间多尺度嵌套作用，对外部性作用的强度、范围、阈值等量化不足，以及对外部性的区域差异性和均衡度等缺乏深入探讨的问题。此外，在研究区域的选择上，目前集中在东部发达地区，对于一般性的城镇化区域则较少涉及。

2 基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性理论框架

针对上文对城市网络外部性问题的评述，本研究提出“地方蜂鸣—区域管道”理论，从概念理论模型构建、评价指标体系建立、作用过程分析及作用机制分析4个维度构建城市网络外部性综合研究框架(图3)。

2.1 概念理论模型构建

2004年，Bathelt等^[17]提出了“地方蜂鸣—全球管道”理论，并最早将其应用于产业经济学领域，主要关注不同尺度下产业集群的创新。该理论为多尺度嵌套的城市网络研究提供了重要的理论参考，但仍具有局限性。在城市网络外部性视角下，“蜂鸣”既可以是面对面的交流互动，也可以是距离较远的城市之间因功能联系密切而产生的交流互动；“管道”是指城市在国家甚至全球尺度的相互作用及合作，其为不同区域资源要素的获取、交换及融合提供固定渠道。相较于“蜂鸣”的非预期性、普遍性和自动化的特点，“管道”具有更加结构化、规范化、集中化的特点^[18]。区域尺度的“蜂鸣”“管道”具有“三元闭合”“结构洞”

等网络结构特征，能够突破空间距离的限制、提高资源要素的流动速率并降低城市自身的发展成本，从而促进借用规模等城市网络正外部性的产生。若“蜂鸣”“管道”等联系通道的信息过载或出现技术依赖，则可能导致集聚阴影等城市网络负外部性的产生^[17]。

可见，“地方蜂鸣—全球管道”理论能够将地理空间与网络关系多维邻近性以及全球、地方等多尺度空间嵌套关系并置于统一的研究框架中，将关系邻近视为决定性因素，这与城市网络外部性的特征高度契合。需要注意的是，“地方蜂鸣—全球管道”理论主要用于产业集群领域，仅有部分学者将该理论引入城市网络的研究并形成了零星的成果。但将该理论应用于城市研究领域时存在一个问题，即过度重视网络联系的作用而忽略了网络中的节点在网络中的位置及其自身属性的影响，仅有少部分应用该理论展开研究的学者考虑了上述因素。然而，并非所有的城市都能通过建立“管道”与区域外的城市进行互动，仅有少

数处于中心位置、网络节点权力地位高的城市能在区域层面的信息、资源的吸收、转译和扩散中发挥作用^[19]。

因此，本研究认为在城市网络外部性研究框架的构建中，一方面需吸纳“地方蜂鸣—全球管道”理论中的多尺度嵌套、网络结构观、地理多维邻近性等理论优势，根据我国一般城市的网络特征提出“地方蜂鸣—区域管道”理论；另一方面需弥补该理论对于城市网络节点权力地位、网络位置等属性特征重视不足的缺陷，形成“点—线—面”城市网络外部性复合系统的研究模型(图4)。

综上所述，本研究根据“地方蜂鸣—区域管道”模型，从研究维度、研究内容等层面构建城市网络外部性及其与城市高质量发展互动作用的概念理论模型(图5)。其中，研究维度包含尺度、强度与均衡度等3方面内容：①尺度研究，即从“地方蜂鸣”(城市内部、城际网络联系)与“区域管道”(跨区域及国家尺度的互动与合作)等多空间尺度嵌套视角展开研究；②强度研究，即考虑城市

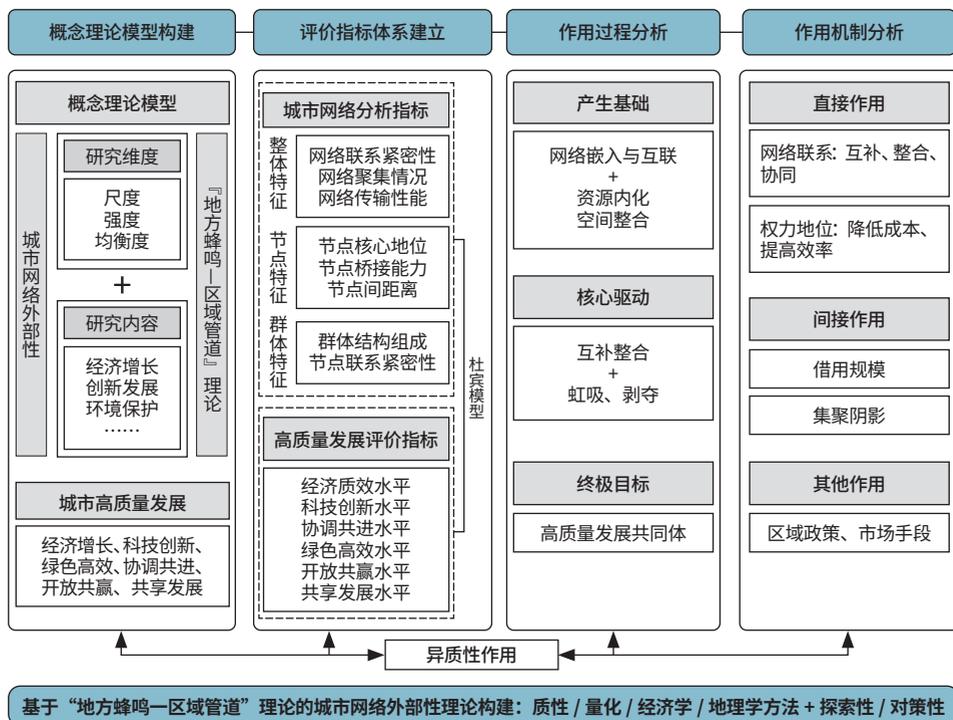


图3 基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性研究框架

网络整体及网络节点正负外部性的综合效应及其分布规律；③均衡度研究，即探讨城市网络节点发育程度、城市网络空间结构、城市功能互补性等方面的均衡程度。在研究内容层面，则围绕城市高质量发展的核心要义，将经济增长、创新协同及城市环境效应等方面的内容纳入统一的分析框架。

2.2 评价指标体系建立

本研究根据社会经济、交通等多元关系数据以及城市节点属性数据等构建复合城市网络^[20]，并对“地方蜂鸣—区域管道”、中心城市和节点城市等关键要素及其嵌套关系进行识别与分析。同时，基于“地方蜂鸣—区域管道”理论构建城市网络外部性及城市高质量发展评价指标体系（图6）。其中：城市网络外部性评价指标体系包含网络整体特征、节点特征、群体特征等指标^[21]，主要对城市网络的紧凑性、联系性、城市网络节点权力地位等特征进行分析评价；城市高质量发展评价指标体系则包括经济质效、科技创新、协调共进、绿色高效、开放共赢、共享发展等方面的指标，从时空分异的视角对城市网络外部性的演化特征及其对城市高质量发展的影响进行分析评价。

2.3 作用过程分析

从城市网络外部性的视角解析城市高质量发展的机理，是对以往侧重于城市内生动力的高质量发展路径研究的补充。城市网络外部性研究强调突破地理空间的局限，围绕多元网络的嵌入形成城际间的互补与协同效应，以促进城市高质量发展^[22]。

本研究梳理了以城市网络外部性推动城市高质量发展的一般过程的阶段性特征及各阶段分析的要点（图7）：①对城市网络外部性产生初始阶段的分析，主要关注城市网络嵌入、资源内化程度等

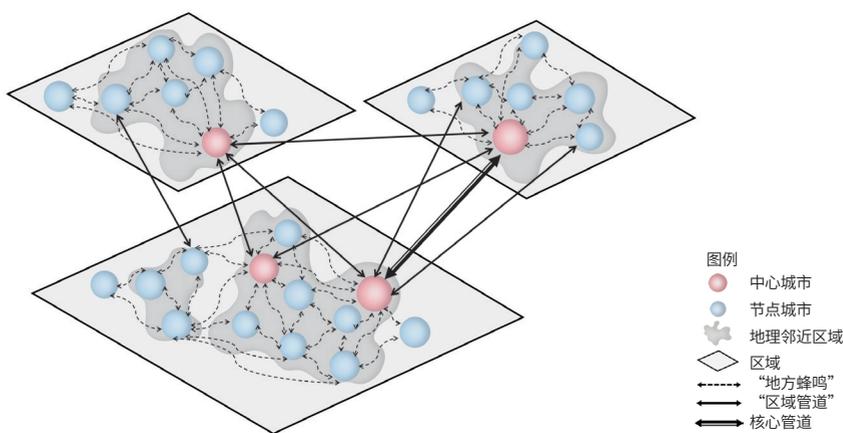


图4 “地方蜂鸣—区域管道”基本模型^[19]

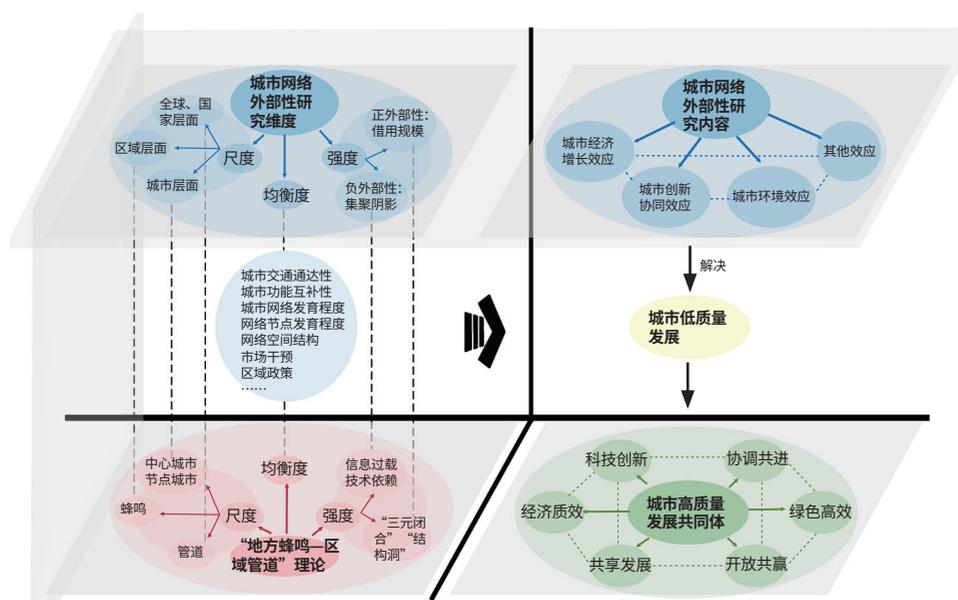


图5 基于“地区蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性与高质量发展互动作用概念理论模型

影响网络外部性产生的先决条件。一方面，个体城市通过嵌入城市网络而突破规模的限制^[15]，从而获得城市溢出效益、绩效增长等外部效应；另一方面，城市的功能优化、地位提升及区域协同作用的发挥等均依赖个体城市在网络中的嵌入程度、城市对技术和资金等各项外部资源的内化程度，以及交通和通信设施等的支撑作用大小。②对城市网络外部性驱动作用阶段的分析，主要关注城市网络的协同、整合及虹吸、剥夺等正负向外外部效应的复合作用过程。通常而言，协同作用主要体现在城际横向合作以及纵向专业分工协同、功能互补等两个维

度，通过两个维度作用的发挥促进发展要素的优化配置、避免产业同质化竞争。需要注意的是，城市网络整合作用的发挥涉及功能、制度和文化等多个维度^[23]；城市间的虹吸效应和空间剥夺分析主要关注城际资源错配、恶性竞争、发展差距拉大等负外部现象，并从经济、社会和环境等维度探讨其对城市发展质量的影响。③对结果、目标层的分析，主要围绕城际经济增长、科技创新、协调共进、绿色高效、开放共赢、共享发展等城市高质量发展目标，协调城市网络外部性在经济、社会、环境等方面的外部效应，实现城际要素流动及空间功能分工带来

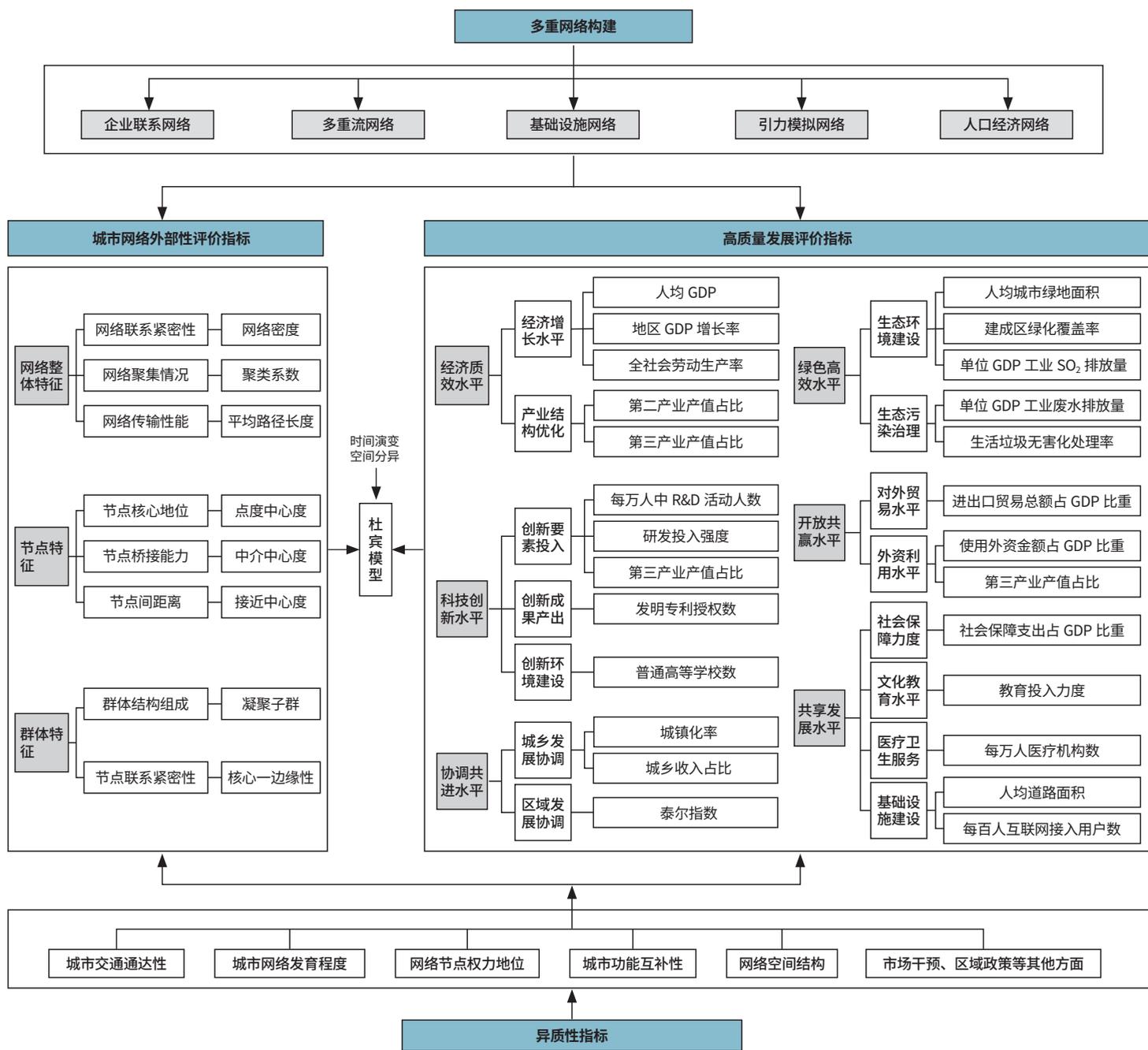


图6 基于“地方蜂鸣—区域管道”理论的城市网络外部性与高质量发展评价指标体系构建

的价值增益。

2.4 作用机制分析

综上所述，城市网络外部性的发挥主要依托区域层面的“蜂鸣”与跨区域层面的“管道”等多尺度相互作用。

首先，城市网络外部效应取决于集聚外部性与网络外部性的复合作用，依赖处于网络节点权力中心地位城市的能

级与辐射作用。中心城市作为区域联系的枢纽与权力中心，在资源要素流动、空间功能分工、外部资源的跨区域整合以及价值的传递与提升等方面起到主导作用。产业、功能的适度集聚及网络中心性的提升能够有效降低交易成本与提升资源空间配置效率^[14]，进而推动区域城市高质量发展。

其次，城市网络结构对于城市外部

性的发挥起到关键性作用，因而在作用机制分析中需探讨城市网络结构与城市网络外部性的因果逻辑。城市网络节点通过网络嵌入形成区域层面的“蜂鸣”和跨区域的“管道”，从而实现信息、资源等方面的共享、匹配和学习^[24]，促进区域节点城市的要素集聚与技术升级、产业结构优化及行业分工协作，进而提升城市发展质量。其中，在区域层面，

在“三元闭合”的网络结构中，城市节点间的资源要素传递更为稳健，更易产生“蜂鸣”现象。但过于封闭、排外的城市网络结构可能对城市的发展和竞争力的提升构成威胁^[25]，即因“蜂鸣拥塞”导致信息过载。跨区域乃至更大尺度的城市网络联系则依赖处于“结构洞”位置的城市的中介作用，该类型城市通过与其他城市资源、要素等的联系构成“管道”。城市连接的“管道”越多，其网络权力地位越高，但“管道”过于强大则可能导致技术依赖等现象的出现^[26]。

最后，需考虑城市网络外部性与城市高质量发展间闭环回路的作用关系，即一方面需考虑城市网络对个体城市高质量发展的外部性作用；另一方面需考虑城市的发展可能推动政府政策干预及区域城市网络的重构。比如，当区域内城市无序竞争、发展差距不断拉大诱发马太效应时，市场和政府便可通过优化资源要素配置和推动产业结构升级等手段协调区域发展关系（图8）。

3 结束语

随着城市联系的日益紧密和区域一体化的发展，城市发展越来越依赖外部性的作用。本研究通过回顾集聚外部性与网络外部性相关研究进展，发现网络外部性对当前城市发展要素间互连、互通的现状具有更好的解释力，在一定程度上能够弥补集聚外部性研究的不足。本研究立足城市网络外部性与城市高质量发展的作用关系，引入了“地方蜂鸣—全球管道”理论，旨在构建高质量发展视域下城市网络外部性的研究框架。

通过引入“地方蜂鸣—全球管道”理论，并将其与城市网络外部性特征结合，本研究一方面构建了城市网络外部性对城市高质量发展作用的“过程—机理—效应”理论与内容框架；另一方面从结构网络视角构建了包含尺度嵌套、

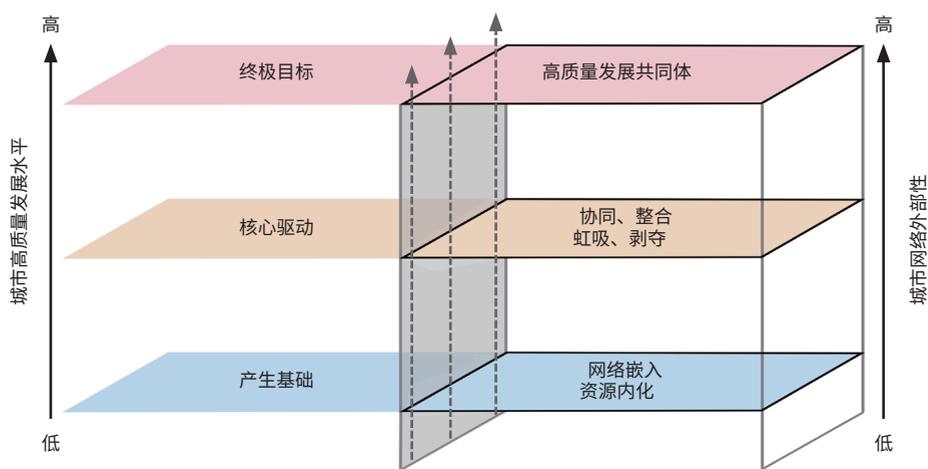


图7 城市网络外部性推动城市高质量发展的作用过程分析

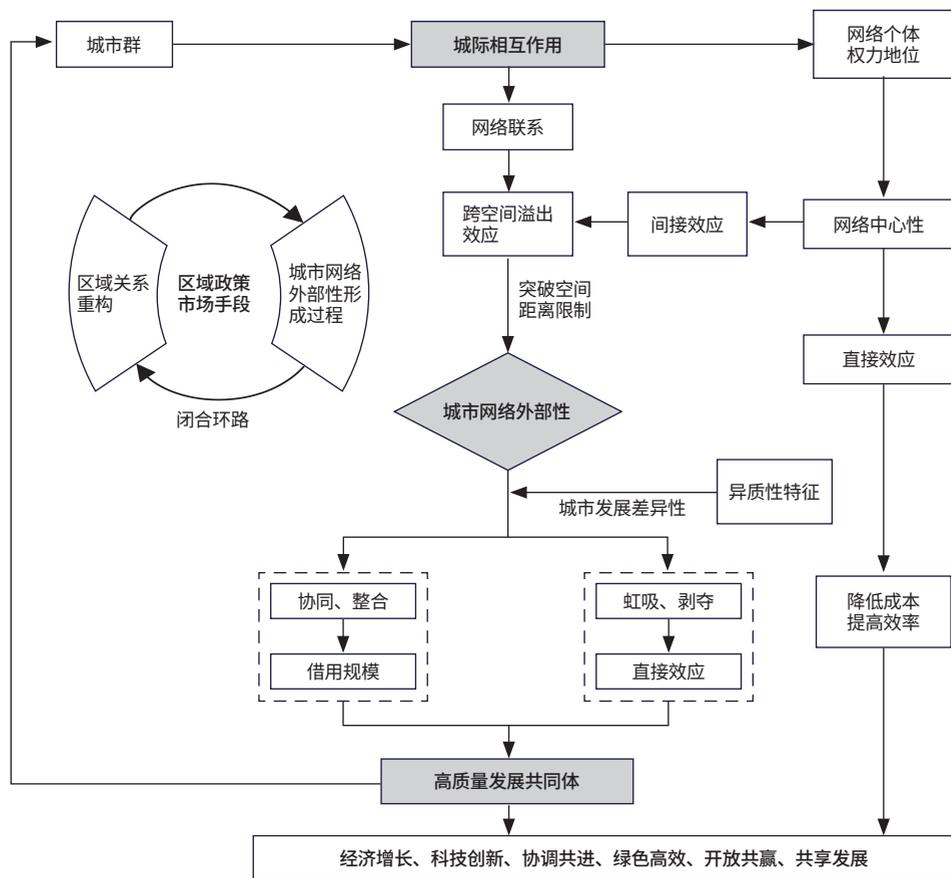


图8 城市网络外部性与城市高质量发展闭环回路作用机制分析

强度、均衡度等多维度的城市网络外部性评价指标体系。该框架、体系能够将城市权力地位与网络位置、区域内城际相互作用以及跨区域远程互动等不同尺度网络嵌套下的城市外部性效应分析置于统一的研究框架，从而弥补了城市网

络外部性研究在研究维度和研究内容等方面的不足。同时，通过构建城市高质量发展评价指标体系，解析了城市网络正负外部性对城市高质量发展的直接作用和间接溢出效应。

此外，在技术及方法论层面，该框架、

体系以网络结构观的分析方法为基础，融合了社会网络分析、空间计量等多种方法，构建了“多重网络构建—多尺度网络嵌套—网络特征分析—高质量发展评价”的技术路线。■

[参考文献]

- [1]HUANG Y, HONG T, MA T. Urban network externalities, agglomeration economies and urban economic growth[J]. *Cities*, 2020, 107: 102882.
- [2]BURGER M J, MEIJERS E J. Agglomerations and the rise of urban network externalities[J]. *Papers in regional science*, 2016(1): 5-16.
- [3]程玉鸿, 苏小敏. 城市网络外部性研究述评[J]. *地理科学进展*, 2021(4): 713-720.
- [4]PARR B. Agglomeration economies: ambiguities and confusions[J]. *Environment and Planning A*, 2002(4): 717-731.
- [5]丁亮, 徐志乾, 章俊岫, 等. 长三角城市网络外部性的空间异质性[J]. *地理研究*, 2022(9): 2433-2447.
- [6]TAN F, YANG L, LU Z, et al. Impact of urban innovation on urban green development in China's Yangtze River Economic Belt: perspectives of scale and network[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022(49): 73878-73895.
- [7]LIU H, LI X, LI S, et al. Agglomeration externalities, network externalities and urban high-quality development: a case study of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *ISPRS International Journal Of Geo-Information*, 2022(11): 555.
- [8]盛彦文, 苟倩, 宋金平. 城市群创新联系网络结构与创新效率研究: 以京津冀、长三角、珠三角城市群为例[J]. *地理科学*, 2020(11): 1831-1839.
- [9]曹湛, 戴靓, 杨宇, 等. 基于“蜂鸣—管道”模型的中国城市知识合作模式及其对知识产出的影响[J]. *地理学报*, 2022(4): 960-975.
- [10]SU J, ZHOU B, LIAO Y, et al. Impact mechanism of the urban network on carbon emissions in rapidly developing regions: example of 47 cities in southwest China[J]. *LAND*, 2022(4): 458.
- [11]OTSUKA A. Impacts of enhancing regional network economies on regional productivity and productive efficiency in Japan: evaluation from stochastic frontier analysis[J]. *Asia-Pacific Journal Of Regional Science*, 2024(1): 25-43.
- [12]孙卓元, 黄勇, 杨李, 等. 城市网络演化的外部性效应研究框架及重庆实践[J]. *规划师*, 2023(3): 73-80.
- [13]FUJITA M, OGAWA H. Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations[J]. *Regional Science And Urban Economics*, 1982(2): 161-196.
- [14]李紫玥, 唐子来. 高铁网络视角下中国城市体系空间结构审视[J]. *规划师*, 2021(8): 18-25.
- [15]CAMAGNI R, CAPELLO R, CARAGLIU A. Static vs. dynamic agglomeration economies. Spatial context and structural evolution behind urban growth[J]. *Papers In Regional Science*, 2016(1): 133-158.
- [16]MEIJERS E J, BURGER M J, HOOGERBRUGGE M M. Borrowing size in networks of cities: city size, network connectivity and metropolitan functions in Europe[J]. *Papers In Regional Science*, 2016(1): 181-198.
- [17]BATHELT H, MALMBERG A, MASKELL P. Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation[J]. *Progress In Human Geography*, 2004(1): 31-56.
- [18]CAO Z, DERUDDER B, DAI L, et al. 'Buzz-and-pipeline' dynamics in Chinese science: the impact of interurban collaboration linkages on cities' innovation capacity[J]. *Regional Studies*, 2022(2): 290-306.
- [19]沈文成, 李培庆, 姚雯雯, 等. 多重流空间视角下的中国城市网络空间结构特征及组织模式[J]. *地理研究*, 2023(2): 514-533.
- [20]丁亮, 徐志乾, 章俊岫, 等. 浙江省城市群数字经济产业空间格局与规划探讨[J]. *规划师*, 2021(13): 18-23.
- [21]吕丹, 王等, DENG W. “成渝城市群”创新网络结构特征演化及其协同创新发展[J]. *中国软科学*, 2020(11): 154-161.
- [22]CAPELLO R. The city network paradigm: measuring urban network externalities[J]. *Urban Studies*, 2000(11): 1925-1945.
- [23]MCCANN P, ACS Z J. Globalization: countries, cities and multinationals[J]. *Regional Studies*, 2011(1): 17-32.
- [24]孙铁山, 张洪鸣, 李佳洺. 城市网络联系对城市群空间体系集聚水平的影响: 基于 2003—2018 年中国 12 个城市群面板数据的实证[J]. *地理研究*, 2022(9): 2350-2366.
- [25]UZZI B. Social structure and competition in interfirm networks: the paradox of embeddedness[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1997(1): 35-67.
- [26]ESPOSITO C R, RIGBY D L. Buzz and pipelines: the costs and benefits of local and nonlocal interaction[J]. *Journal Of Economic Geography*, 2019(3): 753-773.

[收稿日期] 2024-03-12;

[修回日期] 2024-06-13