

# 外部性、运输网络 与城市群经济增长<sup>\*</sup>

李煜伟 倪鹏飞

**摘 要：**利用网络分析工具和新经济地理理论对新古典区域经济增长模型进行修正，通过对交易费用的细分构建外部性和运输网络下的城市群经济增长模型，并利用 1990—2008 年中国部分城市数据和向量自回归模型（VAR）进行实证检验，得出以下结论。在运输网络影响下，中心城市依靠要素集聚获得增长，非中心城市快速接近中心城市。运输网络的改善，将加速中心城市的要素集聚。同时，在保留部分新增要素的情况下，增加节点集聚系数，降低非中心城市间的运输成本，利于非中心城市对外部性的应用，加速其经济增长，促进与中心城市的协同增长。因此，在建设交通运输基础设施时，不仅要重视非中心城市与中心城市的互联互通，更要重视非中心城市间的相互联结。

**关键词：**外部性 城市间运输网络 城市群

作者李煜伟，中央财经大学商学院讲师（北京 100081）；倪鹏飞，中国社会科学院财经战略研究院研究员（北京 100836）。

## 一、引 言

近年来，城市群经济增长在中国受到极大关注，运输网络在过去 30 年间珠三角、长三角等城市群经济增长中发挥了重要作用。但是在区域经济增长实践中，尽管地方政府认同改善区域运输网络对城市的良性影响，但对于运输网络的作用尚缺乏足够清晰的认识。特别是在运输网络中城市间的相互关系上，地方政府的认识往往存在片面性，这表现在两个方面。一方面，对于运输网络传导的中心城市外部性，

<sup>\*</sup> 本文系中国社会科学院城市与竞争力研究中心系列研究成果之一，也是中国社会科学院财经战略研究院创新工程项目“新型城市化：大国特征、结构效应与战略抉择”课题成果的一部分。该中心以下学者参与讨论并对本文形成做出贡献：陈飞、颜银根、姜雪梅、李超、杨晓兰等。感谢匿名评审人的评审和宝贵意见。

非中心城市更关心中心城市的要素溢出或中间产品贸易。对于中心城市因技术创新及产品多样化创新带来的生产率提升所形成的外部性,以及运输网络如何促进这种外部性传导及其与城市间增长的关系,地方政府则鲜有关注。<sup>①</sup>另一方面,部分城市政府担心,运输网络将使其他城市获得更多收益,甚至由于要素的流失而形成绝对损失,在区域运输基础设施项目建设中,经常出现由于某些城市不够积极而长期搁浅的情况,部分城市间甚至出现断头路。<sup>②</sup>以上现象的存在使得运输网络在促进城市群中各城市协同增长上的作用大打折扣,不仅阻碍了运输网络的建设和完善,也阻碍了城市群经济的进一步增长。

而在理论上,当前的区域经济理论也仅强调运输网络在要素和企业流动上的作用,对于运输网络中技术外溢的特殊性并没有给出足够的关注,以至于既无法为上述现象提供理论支持,又难以有效解释中国城市群中各城市共同增长的现象,所以需要在理论上予以提升和改进。为此,本文尝试利用网络分析工具对新古典多区域均衡增长模型进行修正,通过强调运输网络的网络效应对外部性传导的重要作用,分析运输网络对城市群经济协同增长的作用机制。

本文需要解决以下问题。第一,城市间的外部性如何实现;第二,运输网络中城市间外部性的传导机制;第三,比较在不同网络化水平下,即在运输网络集聚系数和平均路径长度变化时,外部性对城市群中不同城市经济增长的作用机制,并论证运输网络在城市间经济增长关系中的重要作用。

基于以上考虑,本文余下部分的结构安排如下:第二部分为文献综述,从不考

- 
- ① 以京津冀城市群为例,围绕京津的河北诸城市寄希望于京津的产业转移,但是受多种因素影响(京津产业特征、环保问题等)产业转移并不顺畅。北京部分大学将校区转移至廊坊,但北京的科技创新对廊坊经济增长的作用并不显著;唐山曹妃甸接受首钢转移,但北京的钢铁科技研发机构与曹妃甸的联系并不紧密,其中一个原因是科研和教育资源的运输成本仍然较高。辽中南城市群在谈及运输网络的作用时,更强调各市互补产业之间的运输成本下降带来的收益。山东半岛城市群则注重与青岛、济南的贸易联系,日照等城市寄希望于青岛的消费外延,甚至尝试使社区靠近青岛,以便于享受青岛的公共基础设施。中原城市群中开封与郑州,珠三角中佛山与广州均有类似现象。对于运输网络能够促进的技术创新及传播,无论在实践还是理论上都鲜有提及。
- ② 长江中游城市群中武汉、长沙、合肥、南昌及相邻的39个城市间的高速公路,由于跨省而成为断头路;修建中的武(汉)黄(冈)城际铁路、宁(南京)安(庆)城际铁路中,从安庆到黄冈只剩下200公里了,却形成断头路。实际上,涉及跨省的城市群都有断头路现象。而在一省之内的珠三角,断头路现象更为严重。珠海到中山有13条跨界路未修通,东莞凤岗与深圳龙岗的跨界路未修通,惠州与深圳、惠州与东莞间有多条跨界路未修通。以上仅是见诸公开媒体的断头路,在各区域内,尤其是涉及县、县级市的断头路现象更为普遍。

考虑运输网络的城市间经济增长关系和考虑运输网络作用在城市间经济增长关系这两个方面展开；第三部分为理论模型；第四部分为计量模型的构建；第五部分为计量检验结果及讨论；第六部分为结束语。

## 二、文献综述

对于城市间经济增长的关系，经济学家很早就给予了关注。在较早的学者们看来，城市间在增长顺序上的差异往往源于地理区位、要素收益的区域落差以及产业结构的差异。尽管早期的理论已经将不完全竞争和运输成本纳入研究范畴，但对技术外溢及城市间经济增长关系的论述仍显不足。在引入规模报酬递增和技术外溢性之后形成的区域经济理论，将此问题的研究引向深入，但该理论对运输网络的处理仍仅局限于运输成本的变化，并将其与交易费用并列作为要素流动的减项。在考虑技术外溢的条件下，当前的区域经济理论往往从技术是否完全自本地溢出的角度，讨论运输成本与城市间的增长关系。

当技术全球溢出时，如果要素可以在区域间自由流动，并且运输成本和交易费用足够小，中心城市将由于相对工资较高而吸引劳动力流入，并由于集聚形成技术创新而获得首先增长。<sup>①</sup> 这时由于资本自由流动，资本所有者并不需要迁移至中心城市就能获得创新收益，非中心城市将由于资本套利行为而使得收入提高，从而实现城市间的增长趋同。<sup>②</sup> 当运输成本和交易费用较高时，企业将发现，只有进行迁移才能享受中心城市创新的外部性收益，城市间增长差异将由此拉大，只有在更多要素集聚形成拥挤效应，导致要素收益率下降时，企业迁移才会停止，非中心城市才能获得增长。<sup>③</sup> 张学良、李娅、伏润民在中国省际数据上对此进行了研究，<sup>④</sup> 刘修岩、殷醒民以中国地级城市为研究对象，也取得了类似的结论。<sup>⑤</sup> 所以，在技术及信息完全外溢的情况下，当要素自由流动及交易费用和运输成本极低，或中心城市发生拥挤效应时，非中心城市能获得增长，然而，这一假设过于严苛，特别是当

① P. Krugman, *Geography and Trade*, Cambridge, MA: MIT Press, 1991.

② R. Baldwin, R. Forslid, P. Martin, G. Ottaviano and F. Robert-Nicoud, *Economic Geography and Public Policy*, Princeton: Princeton University Press, 2003.

③ D. M. Urban, "Neoclassical Growth, Manufacturing Agglomeration, and Terms of Trade," *Review of International Economics*, vol. 15, no. 5, 2007, pp. 1014-1035.

④ 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》，《中国社会科学》2012 年第 3 期。李娅、伏润民：《为什么东部产业不向西部转移：基于空间经济理论的解释》，《世界经济》2010 年第 8 期。

⑤ 刘修岩、殷醒民：《空间外部性与地区工资差异：基于动态面板数据的实证研究》，《经济学（季刊）》第 8 卷第 1 期，2008 年。

城市间运输成本和交易费用较高时,认为技术溢出将受到限制,这使得以上理论在解释城市间增长关系时的适用性受到限制。

要素集聚为知识资本的积累创造了条件,部分研究者认为,既然创新本身是在密集的经济活动和社会交往中产生的,创新的传播距离必然是受限制的,<sup>①</sup>并由此形成中心城市增长和集聚间的循环因果关系。<sup>②</sup>就非中心城市而言,即使通过垂直分工实现了知识在城市间的传播,在大部分情况下,非中心城市的增长速度仍将落后于中心城市。当运输成本和交易费用较高时,中心城市创新成本增加,非中心城市才能以较低的创新成本吸引要素,获得更快的经济增长;<sup>③</sup>当运输成本和交易费用较低时,非中心城市提供的中间品成本降低,将降低中心城市创新的成本,中心城市由此形成更高的经济增速,并由于对中间品需求的增加,进一步带动非中心城市经济增长,但非中心城市增长速度仍落后于中心城市。<sup>④</sup>由此研究者认为,在存在局部技术外溢性条件下,只有在中心城市产生拥挤效应时,非中心城市才能获得加速增长。尽管 Ottaviano 将以上分析拓展至三个区域,<sup>⑤</sup>但在技术外溢受交易费用和运输成本限制时,现有区域经济理论对于城市间、特别是非中心城市之间在增长中的相互作用,却并没有做出进一步的分析。

当然,已有区域经济理论同样关注了运输网络的作用。Krugman 认为,运输网络形成了运输规模效应和范围效应,这将进一步降低运输成本,从而增加了中心城市集聚能力,而非中心城市的要素则进一步流失。<sup>⑥</sup>但是运输网络的作用并不仅是降低运输成本,更为重要的是其对信息传播的影响,而现有区域经济理论仅关注运输成本下降与否,并没有考虑在运输网络效应下的信息传播特殊性,及其对城市间增长关系的影响。

对于运输网络在知识和信息传导上的作用,马克思曾有深入的阐释。早在 150 年前,马克思就指出:“交通工具的增加和改良,自然会对劳动生产力发生影响:使生产同一商品所需要的劳动时间减少,并建立了精神与贸易的发展所必需的交往。

① D. T. Coe and E. Helpman, "International R&D Spillovers," *European Economic Review*, vol. 39, 1995, pp. 859-887; G. Ottaviano, T. Tabuchi and J. F. Thisse, "Agglomeration and Trade Revisited," *International Economic Review*, vol. 43, no. 2, 2002, pp. 409-436.

② E. L. Glaeser, H. D. Kallal, J. A. Scheinkman and A. Shleifer, "Growth in Cities," *Journal of Political Economy*, vol. 100, no. 6, 1992, pp. 1126-1152.

③ P. Martin and G. Ottaviano, "Growth and Agglomeration," *International Economic Review*, vol. 42, no. 4, 2001, pp. 947-968.

④ K. Yamamoto, "Agglomeration and Growth with Innovation in the Intermediate Goods Sector," *Regional Science and Urban Economics*, vol. 33, no. 3, 2003, pp. 335-360.

⑤ G. Ottaviano, "The Location Effects of Isolation," *Swiss Journal of Economics and Statistics*, vol. 132, no. 3, 1996, pp. 427-440.

⑥ P. Krugman, *Geography and Trade*.

它们对劳动生产力所产生的影响，完全和耕作方法的改良，化学、地质学等等的进步，以及普及教育（见上述有关迷信的部分），法律保障等所产生的影响一样。”<sup>①</sup>

根据陈力丹多年的研究，“在马克思恩格斯的著作、笔记及书信里，经常出现这样几个德文词：der Verkehr、die Kommunikation，他们还特别指明其对应法文词是commerce，对应英文词是intercourse。这些词汇他们使用时的所指，是广义的物质和讯息的移动、传播，然而在中文版的他们的论著中，却大多翻译成‘交通运输’”，“在马克思的《资本论》第二卷中，曾对此有明确的说明，他写道：‘交通工业，它或者是真正的货客运输业，或者只是消息、书信、电报等等的传递。’”<sup>②</sup>文中的‘交通工业’，即die Kommunikationsindustrie这个带有‘Kommunikation’词根的名词。而在中国现代文字语境中，‘交通’一词在人们头脑中的反应是汽车、火车、轮船、飞机等单纯的物质运输载体”。<sup>③</sup>陈力丹认为，社会交往系“指个人、社会团体、民族、国家间的物质交往和精神传通。因而，这是一个宏观的社会性概念”，“现代交往手段的实质是科学和知识的力量，是人的创造能力和人的智力的发展”，“信息真的成为财富增长的资源”。<sup>④</sup>

从网络效应的角度，Economides认为，运输网络属于网络的一种，并具有网络效应，<sup>⑤</sup>根据麦特卡夫定律（Metcalf’s Law），运输网络每增加一个节点，网络中信息传播量都将以指数幂形式增加，<sup>⑥</sup>特别是考虑到节点间相互影响时，这种效应将更为显著。<sup>⑦</sup>在涉及运输网络下城市群经济增长时，研究者从实证的角度，验证

① 《马克思恩格斯全集》第47卷，北京：人民出版社，1979年，第584页。马克思这里说的“上述有关迷信的部分”，即他对约·德·塔克特《劳动人口今昔状况的历史》一书的摘录，其中有这样的描述：“迷信对农场主的影响很大，以致他不想在某些不吉利的日子里播种”。他还引用了同一本书中的分析：“在没有象样的道路的地方，恐怕不能说存在着社会：没有道路，人们就不可能有任何共同的东西。”（《马克思恩格斯全集》第47卷，第584—585页）

② 《资本论》第2卷，北京：人民出版社，1975年，第65页。

③ 陈力丹：《“用时间消灭空间”——马克思恩格斯传播技术思想研究》，《山西大学学报》（哲学社会科学版）2012年第3期。

④ 陈力丹：《“用时间消灭空间”——马克思恩格斯传播技术思想研究》，《山西大学学报》（哲学社会科学版）2012年第3期；参见陈力丹：《精神交往论：马克思恩格斯的传播观》，北京：中国人民大学出版社，2008年。

⑤ N. Economides, “The Economics of Networks,” *International Journal of Industrial Organization*, vol. 14, 1996, pp. 673-699.

⑥ George Gilder, “Metcalf’s Law and Legacy,” *Forbes ASAP*, 1993, <http://www.seas.upenn.edu/~gajl/metgg.html>.

⑦ L. Squire, “Some Aspects of Optimal Pricing for Telecommunications,” *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, no. 2 (Autumn 1973), pp. 515-525.

了网络效应对城市间信息流动并加速相互间学习的促进作用,<sup>①</sup> 并论证了节点集聚系数、平均路径边长与城市经济增长的正相关关系,<sup>②</sup> 但并未深入论证运输网络对各城市间经济增长关系的作用。

### 三、理论模型

#### (一) 关于外部性和运输网络的假设

现有文献无疑对研究交通运输网络与城市间经济增长的关系提供了方法论上的支持。本文将在在此基础上, 进一步讨论当存在外部性和运输网络时, 城市群中各城市间经济增长的关系。为此, 首先进行一些假设。

##### 1. 关于城市群的假设

假设 1.1: 存在城市群  $M$ , 且包含城市  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ , 三城市构成统一封闭市场。城市间存在交通运输网络, 并且运输节点(源)与城市中心重合, 其简单形式如图 1, 其中  $S^{ij}$  为城市  $i$  至城市  $j$  的最小运输成本。最后假设个人消费性支出中, 运输支出的比例固定不变。

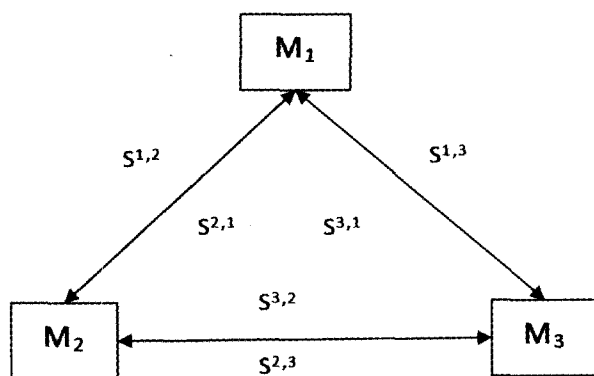


图 1 城市群  $M$  及运输成本

- ① K. Ozbay, D. Ozmen-Ertekin and J. Berechman, "Empirical Analysis of Relationship between Accessibility and Economic Development," *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 129, no. 2, 2003, pp. 97-119. 金凤君:《我国航空客流网络发展及其地域系统研究》,《地理研究》第 20 卷第 2 期, 2001 年; 戴特奇等:《空间相互作用与城市关联网路演进: 以我国 20 世纪 90 年代城际铁路客流为例》,《地理科学进展》2005 年第 2 期。
- ② Jochem de Vries and Hugo Priemus, "Megacorridors in North-West Europe: Issues for Transnational Spatial Governance," *Journal of Transport Geography*, vol. 11, no. 3, 2003, pp. 225-233.

对三城市的关系假设如下。

假设 1.2:  $M_1$  因规模更大而产生集聚效应, 则三城市在生产函数上存在差异, 分别为:

$$\begin{cases} Q_1 = K_1^\alpha \\ Q_2 = K_2^\alpha \\ Q_3 = K_3^\alpha \end{cases} \quad \alpha > 1$$

上式中  $K$  为投入要素量,  $Q$  为总产出,  $\alpha > 1$  则城市  $M_1$  存在规模报酬递增, 并且  $M_1$  中人均收入大于其他两城市。

假设 1.3: 各城市具有相同的边际储蓄倾向, 并且不随收入增长变化, 记为  $\beta$ , 并假设城市储蓄等于投资。

## 2. 城市群中要素流动、交易费用及运输成本的假设

### (1) 城市群中要素流动和交易费用的假设

假设 2.1: 城市群  $M$  中要素自由流动。

对于相对较难流动的人力资本, 城市群中由于地理距离较短, 人力资本收益的回流要较区域间更容易实现, 因此可以假设城市群内要素自由流动。

假设 2.2: 城市内部企业间交易费用为零, 城市间企业的交易费用大于零, 同时即使企业转移, 原属不同城市的企业间的交易费用仍然大于零。

在交易费用存在的基础上, 城市间企业的交易费用无疑要大于同城的企业, 所以不妨假设城市内部交易费用为零, 城市间交易费用大于零。

### (2) 运输网络存在下的运输成本

首先根据常用的网络分析指标即网络集聚系数和平均路径边长, 对运输网络效应进行刻画。

定义 1: 运输网络效应是指, 由于节点集聚系数和网络平均路径长度变化形成的运输网络中人流、物流、信息流的非线性变化, 其中节点集聚效应与信息流的关系为正相关, 而平均路径长度则与信息流负相关。<sup>①</sup>

假设 2.3:  $S$  为城市  $M_i$  到  $M_j$  的运输成本, 并且有  $S = P_s T_s$ 。

其中  $P_s$ 、 $T_s$  分别为运输价格和运输时间。

由于本文强调运输网络对信息传播的作用, 而信息对传播时间和价格均具有较高要求, 所以这里运输成本按照 Evans 提出的最小出行成本模型来计算。<sup>②</sup>

① 本文仅研究运输网络结构变化对城市群各城市经济增长的影响, 且城市群中运输节点较少, 结构变化周期较长, 所以在常用网络刻画指标平均路径长度、集聚系数、度、介数中, 节点集聚系数与平均路径长度对信息和要素流动的作用更为显著, 更容易反映网络整体的通达性, 成为本文刻画运输网络的核心指标。

② S. P. Evans, "A Relationship between the Gravity Model for Trip Distribution and the

## (二) 运输网络下, 运输成本和外部性对城市群经济均衡增长的影响机制

### 1. 运输网络下外部性的确定

#### (1) 外部性的确定

对于运输网络下的外部性, 已有研究中常使用企业个数(市场结构)及规模与创新之间的关系研究外部性, 这种方法是城市外部性长期发挥作用的基础, 从本质上讲, 仍然是城市投资回报增加对其他城市的示范效应, 本文同样据此予以讨论。

由于城市间交易费用带来的阻碍,  $M_2$ 、 $M_3$  的企业很难获得足够的  $M_1$  企业运营信息, 更常见的情况是  $M_2$ 、 $M_3$  企业对各种利润增加的信息更为敏感。企业运营信息可以分为两类, 其一是提高产出效率的信息, 其二是实现产品多样化的信息。

对于第一种情况, 如果  $M_1$  企业基期的产出为  $Q_0 = k_0^\alpha$ , 则下一期的产出为  $Q_1 = (k_0 + \Delta k)^\alpha$ ,  $M_2$ 、 $M_3$  的观察企业在次期通过观察  $M_1$ , 学习其要素组织方式。值得注意的是, 观察企业观察到的为  $M_1$  企业产出值, 而并不了解其产出方程。由于  $M_2$ 、 $M_3$  的产出为线性函数, 它们将根据自己的经验判断, 认为  $M_1$  同样为线性函数, 与自己的差异在于其斜率更大 ( $k_0^{\alpha-1} > 1$ )。以观察期为准,  $M_2$ 、 $M_3$  的企业以线性方程  $Q' = k_0^{\alpha-1} \cdot k$  预期  $M_1$  次期产出:  $Q'_1 = k_0^{\alpha-1} (k_0 + \Delta k)$ , 其与实际产值的差  $Q_1 - Q'_1$  与  $Q'_1$  的比值即为  $M_2$  和  $M_3$  企业认为的  $M_1$  资本效率提升:

$$\theta_1 = \frac{(k_0 + \Delta k)^\alpha - k_0^{\alpha-1} (k_0 + \Delta k)}{k_0^{\alpha-1} (k_0 + \Delta k)} \quad (a)$$

值得注意的是, 由于交易费用的存在, 资本效率最高的项目并不一定就是被学习的目标, 而是所有资本效率较高的企业都可能成为学习的目标, 所以城市  $M_1$  的外部性  $\Theta_1$  应该是所有资本效率较高企业的和, 并有:

$$\Theta_1 = \int_0^n \theta_1(n) dn = \frac{(K_0 + \Delta K)^\alpha - K_0^{\alpha-1} (K_0 + \Delta K)}{K_0^{\alpha-1} (K_0 + \Delta K)}$$

其中  $K$  为  $M_1$  总的要素投入,  $n$  为  $M_1$  企业总数。

但是对于  $M_1$ , 企业规模的增长率并不一定高于其他两个城市, 由于拥有更丰富的人力资源、便捷的物流及更便宜的投入品, 更重要的是, 容量更大的市场使得  $M_1$  能够更容易进行产品创新, 实现产品多样性。而在  $M_2$ 、 $M_3$  企业看来,  $M_1$  的企业规模增速并不快, 但是产品更为丰富,  $M_2$ 、 $M_3$  很难根据企业数目判断哪种产品利润更高。更简单的情况是,  $M_2$ 、 $M_3$  企业可以根据产品的销售增长率来观察其市场前景。在价格水平和偏好函数不变的情况下, 如果某单一产品的企业间产品收入

差为  $\theta_2 = \frac{\pi_{M_1} - \pi_{M_i}}{\pi_{M_i}}$ , 则城市总体的外部性为  $\Theta_2 = \int_0^n \theta_2(n) dn$ 。由于从总体上看这



种利润差仍然表现为资本贡献的差距，则仍然有：

$$\Theta_2 = \int_0^n \theta_2(n) dn = \frac{(K_0 + \Delta K)^a - K_0^{a-1} (K_0 + \Delta K)}{K_0^{a-1} (K_0 + \Delta K)}$$

由于  $\Theta_1 = \Theta_2$ ，则有以下定义。

定义 2：中心城市  $M_1$  形成的外部性为： $\lambda = \phi\Theta$ 。其中  $\Theta = \Theta_1 = \Theta_2$ ，同时城市  $M_2$  和  $M_3$  具有相同的学习能力  $\phi$ ， $\phi$  为小于 1 的常数。

## (2) 运输网络下的城市外部性

对于运输网络，由于中心城市与其他两城市间的联系均较为紧密，节点集聚系数基本不发生变化，而非中心城市则由于彼此相互连通而获得节点集聚系数的显著提高。<sup>①</sup> 不妨以非中心城市的不同节点集聚系数展开讨论，为直观起见，假设两种情况。其一，假设  $M_2$  与  $M_3$  之间没有联结；其二，假设两非中心城市间存在联结（非中心城市节点集聚系数提高）。

### 1) $M_2$ 与 $M_3$ 之间没有联结

由于外部性随距离加速递减，从而有以下定义。

定义 3：运输网络没有形成时，非中心城市享受的外部性为  $\lambda_i = \frac{\lambda}{S_{1,i}}$ ，其中  $\lambda$  为外部性。

### 2) $M_2$ 与 $M_3$ 之间存在联结

$M_2$ 、 $M_3$  节点集聚系数提高时的影响有两方面：其一，如果  $M_2$  首先从与  $M_1$  的运输流中了解创新信息，同时在与  $M_3$  的运输流中再次了解到同样的信息，这将降低信息的不确定性，并促使要素加速向  $M_1$  流动。其二，如果  $M_3$  的企业家冒险学习  $M_1$  的创新或使用  $M_1$  的市场信息，则  $M_2$  的企业将通过彼此运输流知道  $M_3$  企业的这种行为。 $M_2$  企业有动机去了解这种学习的过程和结果，并通过彼此运输线路去获得学习经验，通过对自身获得信息的验证降低获得外部性的成本，从而提高利润。所以运输网络对外部性的作用在于通过降低对外部性信息的认知成本，从而实现并加速外部性在城市间扩散。对于城市群  $M$ ，认知效率的提升可以看作两城市均重复认识外部性，从而有以下定义。

定义 3'：运输网络存在下，非中心城市享受到的外部性为： $\lambda_i = \frac{\lambda}{S_{1,i}} \cdot (1 + \phi \frac{\lambda}{S_{1,i}})$ ，其中  $\lambda$  为城市  $M_1$  形成的外部性。

需要强调的是，定义 3' 并不是认为运输网络的存在使得外部性呈现幂级数增加，而仅是强调信息流量呈现幂级数增加时，中心城市外部性的影响更为显著。

① 关于描述网络的概念，节点与其他节点联结数增加时，节点集聚系数增加，下文用到的平均路径边长，等于所有节点间边长之和除以网络中节点数。

## 2. 运输网络下外部性对城市群经济增长的影响

在假设 1 的基础上, 这里将分为两种情况进行讨论, 其一是城市群中  $M_2$  与  $M_3$  之间没有形成联结; 其二是存在联结的情况。首先假设  $M_1 > M_2 = M_3$ , 即非中心城市规模相同。

### (1) $M_2$ 与 $M_3$ 之间没有联结

首先假设  $M_2$  与  $M_3$  之间运输成本无限大。

作为最大的城市,  $M_1$  的市场容量最大, 按照中心—边缘模型,  $M_1$  将形成规模经济并从  $M_2$ 、 $M_3$  吸引资源, 进一步提高了  $M_1$  的经济增长速度,  $M_1$  由此形成的外部性导致对  $M_2$ 、 $M_3$  要素使用效率的提升。以资本积累率模拟经济增速, 根据哈罗德经济增长模型, 得到三个城市均衡经济增长模型:

公式组 1:

$$G_{M_1} = (1 + \beta + \delta - \epsilon)^{\alpha} - 1 \quad (1.1)$$

$$G_{M_2} = (1 + \frac{\lambda}{S^{1,2}}) \left[ \beta + \frac{\epsilon}{2S^{2,1}} - (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1} \right] \quad (1.2)$$

$$G_{M_3} = (1 + \frac{\lambda}{S^{1,3}}) \left[ \beta + \frac{\epsilon}{2S^{3,1}} - (\frac{\Delta K_3}{K_3})_{-1} \right] \quad (1.3)$$

公式组 1 中  $G$  为城市经济增速,  $K$  为城市原有资本,  $\Delta K$  为城市转移资本, 其中  $M_1$  中的资本增加为资源集中形成的资本增加,  $( )_{-1}$  表示受上期影响导致的投入

变化率,  $\delta = \left[ \frac{(\frac{\Delta K_2}{S^{2,1}} + \frac{\Delta K_3}{S^{3,1}})}{K_1} \right]_{-1}$ ,  $\epsilon$  为  $M_1$  净出口。<sup>①</sup>

对公式组 1 进行分析可以得出:

1)  $M_1$  由于集聚获得更快的经济增长, 并形成外部性  $\lambda$ 。

2) 当  $\beta + \frac{\epsilon}{2S^{2,1}} - (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1} > 0$  时, 城市  $M_2$  获得增长,  $M_3$  与之相同。从公式 1.2 和 1.3 中可以看出, 显然  $M_1$  外部性促进  $M_2$ 、 $M_3$  增长增速时, 也在加速其要素流出。但基于假定 2.2, 要素和企业的迁移是有成本的, 同时在交易量增加后, 交易费用才可能降低, 所以迁移不是短期内完成的。 $M_2$ 、 $M_3$  如果能够充分利用这个时间, 则可以实现增长。

3) 由于获得外部性, 城市  $M_2$  和  $M_3$  获得加速增长, 但是增速较慢, 不妨以公

① 对于  $\epsilon$ ,  $M_2$  和  $M_3$  享受外部性的结果就是其生产成本下降, 由于没有事先投入研发费用以及较低的工资水平, 使得其产品成本要低于  $M_1$ 。如果产品成本与运输成本的和仍然小于  $M_1$  的生产成本, 则实现净出口  $\epsilon$ , 即  $M_1$  构成净进口供给。如果  $S^{2,1} = S^{3,1}$ , 则出口份额在两个城市分摊,  $M_2$ 、 $M_3$  分别获得额外增长  $\frac{\epsilon}{2S^{i,1}}$  ( $i=2, 3$ )。

式 1.2 为例, 在  $(1 + \frac{\lambda}{S^{1,2}}) \left[ \beta + \frac{\varepsilon}{2S^{2,1}} - (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1} \right] < \beta$  时, 其经济增速小于封闭经济, 当  $(1 + \frac{\lambda}{S^{1,2}}) \left[ \beta + \frac{\varepsilon}{2S^{2,1}} - (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1} \right] \geq \beta$  时, 经济增长速度超过封闭经济, 运输的优势开始体现。但是, 根据定义 2 将  $\lambda$  代入公式 1.2, 整理后发现, 在不考虑贸易或中心城市拥挤效应的情况下,  $M_2$ 、 $M_3$  的经济增速将恒小于  $M_1$ 。<sup>①</sup> 这意味着, 尽管三城市的经济增速可能趋同, 但是  $M_2$ 、 $M_3$  的居民收入将永远小于  $M_1$ , 技术外溢的作用将不显著。在考虑到贸易的情况下, 只有当  $M_1$  中  $\delta - \varepsilon < 0$  时, 即中心城市出现净出口或净要素外流时,  $M_2$ 、 $M_3$  才可能获得更快增长。由于  $M_1$  的净出口可以看作由于拥挤效应形成的要素流出, 即在中心城市由于拥挤效应出现分散力时, 非中心城市获得加速增长, 这与已有区域理论的结论相同, 也是当前地方政府在建设运输网络时所期待的结果。

## (2) $M_2$ 与 $M_3$ 之间存在直接联结

根据定义 3', 由公式组 1 得到公式组 2:

$$\begin{cases} G_{M1} = (1 + \beta + \delta - \varepsilon)^a - 1 \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} G_{M2} = \left[ 1 + \frac{\lambda}{S^{1,2}} \cdot \left( 1 + \frac{\phi\lambda}{S^{3,2}} \right) \right] \left[ \beta + \frac{\varepsilon_2}{S^{2,1}} - (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1} \right] \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} G_{M3} = \left[ 1 + \frac{\lambda}{S^{1,3}} \cdot \left( 1 + \frac{\phi\lambda}{S^{2,3}} \right) \right] \left[ \beta + \frac{\varepsilon_3}{S^{3,1}} - (\frac{\Delta K_3}{K_3})_{-1} \right] \end{cases} \quad (2.3)$$

其中  $\varepsilon = \varepsilon_2 + \varepsilon_3$ 。

对比对公式组 1 的分析, 公式组 2 的变化为:

1)  $M_1$  产生要素集聚, 由  $M_2$ 、 $M_3$  构成的节点间信息共振, 使得集聚获得更高收益的信息通过运输网络在其他两个城市加速传播, 表现为公式 2.2、2.3 中  $\left[ 1 + \frac{\lambda}{S^{1,j}} \cdot \left( 1 + \frac{\phi\lambda}{S^{i,j}} \right) \right] \cdot (\frac{\Delta K_i}{K_i})_{-1} > (1 + \frac{\lambda}{S^{1,j}}) \cdot (\frac{\Delta K_2}{K_2})_{-1}$  ( $i=3, 2; j=2, 3$ ), 非中心城市要素流出加快, 同时如果  $S^{i,j}$  降低, 即非中心城市间运输成本降低同样可以使要素加速向  $M_1$  集聚, 形成加速增长。

2) 当  $\beta + \frac{\varepsilon_i}{S^{i,1}} - (\frac{\Delta K_i}{K_i})_{-1} > 0$  ( $i=2, 3$ ) 时, 城市  $M_2$ 、 $M_3$  能够获得加速增长。

与公式组 1 的分析相比, 当新增要素由于城市间交易费用滞留本地时, 节点集聚系数提升将使得  $M_2$ 、 $M_3$  的企业加速吸收中心城市信息和技术溢出, 提高本地要素收益率。同时, 本地要素收益的加速提升将增加要素吸引力, 从而为本地要素正增长提供保证。

<sup>①</sup> 限于篇幅这里不列出数学推导过程, 有兴趣的读者可以向作者索取, 下同。

3) 就  $M_2$  进行分析, 在运输网络作用下, 相对于公式 1.2, 即  $M_2$  和  $M_3$  间没有联结, 网络集聚系数增加将使非中心城市  $M_2$  获得一个额外的增长  $\frac{\phi\lambda^2}{S^{1,2}S^{2,3}} \left[ \beta + \frac{\varepsilon_2}{S^{2,1}} - \left( \frac{\Delta K_2}{K_2} \right)_{-1} \right]$ 。这使得  $M_2$  能够在没有  $M_1$  的要素输出时, 获得超过  $M_1$  的经济增速, 其收入将趋近于  $M_1$ , 同样的分析也适用于  $M_3$ 。同时降低城市群中任意一条边的边长也将带来更快的增长, 但不同边的变化带来的结果不同。如果  $S^{1,j}$  首先降低, 则非中心城市  $M_j$  将获得超过其他非中心城市的经济增速。如果  $S^{i,j}$  ( $i, j \neq 1$ ) 首先减少, 则其所联结的非中心城市共同获得更快的增长。值得注意的是, 由于网络效应的加强将使  $M_2$  和  $M_3$  获得更高的增长速度, 当城市群中两两城市间的相互需求增加时, 贸易将进一步降低运输成本, 从而进一步降低运输网络的平均路径边长。这不仅进一步加速各城市经济增长, 更重要的是将强化运输网络效应, 从而产生网络效应与各城市经济增长的循环因果关系。推而广之, 城市群周边任何没有加入城市群运输网络或仅与中心城市有紧密联结的城市, 只要接入运输网络并建立或保持与中心城市及非中心城市的联结, 就可以迅速接近城市群的收入水平。<sup>①</sup>

此外, 对于极端情况  $M_1 = M_2 = M_3$ , 在没有外来投资的情况下, 如果其中某一个城市首先出现技术进步获得增长, 则同样符合公式组 2 的分析。对于  $M_1 > M_2 > M_3$  的情况,  $M_1$  首先从其他两城市吸引要素, 发生集聚并产生外部性,  $M_2$  在享受  $M_1$  的外部性时, 由于收入高于  $M_3$ , 也将从中吸纳要素, 但是由于规模上较  $M_1$  小, 其创新的成本将大于  $M_1$ , 所以更主要的经济活动仍然是学习, 而  $M_3$  的学习仍然能够对其产生正面作用。无论是否存在运输网络, 各城市增长关系仍然可以用上述模型予以分析。

## 四、计量模型及数据说明

### (一) 运输成本的确定

首先根据 Evans 最小出行成本模型, 构建运输成本的差分方程。假设两地需求

① 根据匿名评审人意见, 这里对城市数超过三个的运输网络的作用进行简单讨论。在静态比较的角度, 更多节点数的运输网络上, 由于引力作用, 各节点间运输需求的增加将推进运输规模效应的出现, 从而使得路径边长及平均路径边长的降低成为完全内生的结果。同时, 节点集聚系数提高带来的收益将吸引各城市进行节点建设, 这将增加网络中边的数量, 城市群中运输网络将呈现小世界网络的特征。当然在这一过程中运输网络的变化将更为复杂, 运输节点与城市之间将出现分离, 并且随着节点增加会发生网络拥挤现象, 节点的增加将受到限制, 城市群的边界将出现。这一问题将是未来研究的方向, 而在这里将不予进一步讨论。

( $x^{i,j}$ ) 符合  $x^{i,j} \approx e^{-\partial S^{i,j}}$ , 则可建立运输成本的一阶差分方程:

$$S_t^{i,j} = S_{t-1}^{i,j} - \frac{1}{\partial} \ln \left( \frac{x_t^{i,j}}{x_{t-1}^{i,j}} \right) \quad (b)$$

其中,  $\frac{x_t^{i,j}}{x_{t-1}^{i,j}}$  可以根据基于潜在收入的重力模型模拟获得, 即通过两城市人均 GDP 的乘积比进行计算, 公式 (b) 中只需确定初始年的运输成本, 即可以得到运输成本的时间序列。<sup>①</sup>

## (二) 计量方程的构建

由于仅分析不同程度的运输网络对城市群经济的影响, 故只需对公式组 2 进行计量分析。对于公式 2.1,  $\delta - \varepsilon$  与运输网络的平均路径边长相关, 在不考虑影响本地资本积累的其他因素时, 可以建立中心城市经济增速与平均路径边长的相关方程:

$$G_{M_1} = \mu APL + \omega \quad (3.1)$$

其中,  $G_{M_1}$  为中心城市经济增速, APL 为城市群 M 的平均路径边长,  $\omega$  为常数项。由于城市经济增速与运输成本呈反向相关关系, 所以 APL 的系数  $\mu$  应该为负值, 这里不妨对其二次型进行检验。只有当二次项系数为正且一次项为负时, 才能说明随着平均路径边长 (APL) 的减少, 中心城市的经济增速获得更快的增加。公式 3.1 对应的非中心城市间无联结的计量方程为:

$$G_{M_1} = \mu APLn + \omega \quad (3.1')$$

其中, APLn 为不考虑非中心城市间联结时的运输网络平均路径边长,  $\omega$  为常数项。这里也将对其二次型进行检验, 其系数特征应该与公式 3.1 相同, 并且公式 3.1 由于网络集聚系数更大, 故 APL 更小, 相比公式 3.1' 二次项系数的绝对值应该更大, 才能说明网络集聚系数的变化对中心城市经济增长的影响。

对公式 2.2 整理后, 得到  $M_2$ 、 $M_3$  联结下的  $KM_1$  与  $\gamma$  的计量方程:

$$\gamma_j = a \frac{KM_1^2}{S^{1,j} S^{1,i} S^{i,j}} + b \frac{KM_1}{S^{1,j} S^{i,j}} + \varepsilon \quad (3.2)$$

同时, 根据公式 1.2, 建立  $M_2$ 、 $M_3$  无联结时的计量方程:

$$\gamma_j = c \frac{KM_1 - 1}{S^{1,j}} + \varepsilon \quad (3.2')$$

① 这一方法成立的前提是运输基础设施极大的冗余, 居民可以根据需求, 不受设施限制调整出行方式, 这显然与实际情况有差距。但是由于我国在过去 20 年中持续进行交通运输基础设施的投资和改进, 运输条件处于不断改进的状态, 同时由于在既定运输基础设施上运输成本由两地贸易需求决定, 这使得根据这种方法算出的运输成本序列, 无论在绝对值还是变化率上都小于实际情况。如果这里计算的运输成本能够对对应变量产生影响, 现实运输成本变化的影响将更为显著。

上述两式中  $\epsilon$  为常数项,  $KM_1 = \left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right)^{\alpha-1} = \frac{\left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right)^\alpha}{\left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right)}$ , 即中心城市  $M_1$  的资本

增长率对经济增速的贡献率,  $\gamma$  为非中心城市资本增长率对经济增速的贡献率。

对于公式 3.2', 为了检验城市  $M_1$  的外部性对  $M_2$ 、 $M_3$  的影响, 可以对其二次型进行计量检验。如果两式均能够建立方程, 对于公式 3.2, 如果系数  $a$  为负且系数  $b$  为正, 则说明在运输网络作用下,  $M_2$ 、 $M_3$  经济增速将快于  $M_1$ , 从而能够缩小非中心城市与中心城市间的收入差距; 如果  $a$  大于公式 3.2' 中二次项的系数, 则说明  $M_2$ 、 $M_3$  联结时其经济增速要快于无联结的情况, 从而验证增加城市群中运输网络集聚效应, 将有利于更快缩小城市间收入差距。

(三) 样本空间的选定及数据说明

由于本文所检验的是运输网络的网络集聚系数和平均路径边长变化时, 外部性对各城市增长关系的影响, 在三个城市组成基本网络结构中, 任何两个节点间联结的变化都可以明显地影响到节点集聚系数和平均路径边长, 从而明显影响中心城市外部性的作用机制。增加城市数量将给计量检验带来一定难度, 每增加一个城市节点就意味着运输网络的最大边数增加  $(N-1)$ , 在此情况下变量数目将以指数形式增加, 受可得数据的限制, 计量结果的显著性就会受到影响。同时, 如果所选城市数量较少, 则对于所要验证的论题并不会产生额外的帮助; 如果选择城市较多, 则会涉及网络拥堵问题, 并形成对城市群边界的验证, 这将超出本文所要阐述的论题。所以本文仅在所选城市群中抽取三个城市作为样本。

在样本空间的构建方面, 为了尽量扩大样本容量及照顾到区域典型性, 在保证尽可能长的时间序列并照顾到尽可能多区域的同时, 根据观察到的现象, 在所有可能具有城市群效应的中国城市中, 本文选择了六组城市, ① 深色标记为中心城市, 并以 1990—2008 年数据进行计量检验。②

表 1 所选城市群中的城市

沈 阳	抚 顺	铁 岭	青 岛	潍 坊	日 照
上 海	苏 州	嘉 兴	郑 州	焦 作	开 封
宁 波	台 州	舟 山	长 沙	湘 潭	株 洲

① 成渝城市群中, 成都、重庆对应的城市群中的其他城市; 珠三角城市群中, 广州、深圳对应的城市群中的其他城市; 京津城市群中, 北京、天津对应的城市群中的其他城市。这些城市由于数据序列过短, 难以建立稳定关联, 所以这里不做分析。

② 数据根据国家统计局城市社会经济调查司编的各期《中国城市统计年鉴》(中国统计出版社) 整理获得。

在样本数据选择上，对于公式 3.2 和 3.2'，其中  $KM_1$  和  $\gamma$ ，从 1991—2009 年各期《中国城市统计年鉴》摘取城市 GDP、居民消费性支出与政府消费性支出，以及年末市区人口计算得到。运输成本数据根据公式 (b) 计算，其中运价根据各城市铁路、公路客运站公布价格（不计航空与航运），铁路运输时间按照各城市铁路站点网上公布运行时间计算，公路运输时间按照城市间公路里程和限速中间值计算。这样，根据假设 2.3，就获得一组各种运输方式的运输成本。<sup>①</sup>

五、计量结果及讨论

为了避免假回归以及所选变量间存在相互因果关系，我们采用向量自回归模型。本文使用的是 Eviews6.0 版。

(一) 变量的平稳性检验

首先进行单位根检验，在所选六组城市群中，郑州城市群由于没有通过协整检验，难以建立城市群增长与运输网络的关联，这里不予列出。表 2 至表 6 是样本中各变量平稳性检验结果。

表 2 沈阳城市群 ADF 单位根检验

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\frac{KShenyang^2}{S^{1.2}S^{1.3}S^{3.2}}$	-3.75974	-6.81942	0.001996	一阶单整
$\frac{KShenyang}{S^{1.2}}$	-3.11991	-4.81566	0.002809	一阶单整
$\left(\frac{KShenyang-1}{S^{1.2}}\right)^2$	-3.081	-3.86165	0.011992	一阶单整
$\gamma$ (fushun)	-1.974028	-2.699317	0.0116	一阶单整
$\frac{KShenyang^2}{S^{1.3}S^{1.2}S^{2.3}}$	-3.75974	-6.81929	0.0004	一阶单整
$\frac{KShenyang}{S^{1.3}}$	-3.75974	-6.81649	4.00E-04	一阶单整
$\left(\frac{KShenyang-1}{S^{1.3}}\right)^2$	-3.79117	-7.93584	0.0001	一阶单整

① 由于无法得到城市间铁路、公路各自不同运输方式的运量数据，所以在铁路和公路上分别用算数平均值获得对应运输成本，而在公路和铁路之间则按照 Evans 的运输成本计算原则，根据城市 2008 年两种运输客运量（从《中国城市统计年鉴 2009》中获得）的比值确定权重，得到加权平均的运输成本。

续表 2

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\gamma$ (tieling)	-3.75974	-6.81084	0.0004	一阶单整
GShenyang	-3.0989*	-3.54155*	0.0229	二阶单整
APL	-3.17535*	-3.56402*	0.0271	二阶单整
$(\text{APL})^2$	-3.17535*	-3.88249*	0.0164	二阶单整
APLn	-3.06559*	-3.25926*	0.0351	二阶单整
$(\text{APLn})^2$	-3.06559*	-3.18638*	0.0401	二阶单整

表 3 上海城市群 ADF 单位根检验

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\frac{\text{KShanghai}^2}{S^{1.2} S^{1.3} S^{3.2}}$	-1.96627	-6.87294	0.0005	一阶单整
$\frac{\text{KShanghai}}{S^{1.2}}$	-3.75974	-6.63997	0.0005	一阶单整
$\left(\frac{\text{KShanghai}-1}{S^{1.2}}\right)^2$	-3.75974	-6.63501	0.0005	一阶单整
$\gamma$ (suzhou)	-1.974028	-2.699317	0.0116	一阶单整
$\frac{\text{KShanghai}^2}{S^{1.3} S^{1.2} S^{2.3}}$	-3.75974	-4.38239	0.0178	一阶单整
$\frac{\text{KShanghai}}{S^{1.3}}$	-3.75974	-6.81649	0.04	一阶单整
$\left(\frac{\text{KShanghai}-1}{S^{1.3}}\right)^2$	-3.75974	-6.64331	0.0005	一阶单整
$\gamma$ (jiaxing)	-3.75974	-6.81084	0.0004	一阶单整
GShanghai	-3.79117*	-5.9417*	0.0017	二阶单整
APL	-3.17535*	-1.96843*	0.0139	二阶单整
$(\text{APL})^2$	-1.96843*	-2.56223*	0.0146	二阶单整
APLn	-3.06559*	-3.59297*	0.0187	二阶单整
$(\text{APLn})^2$	-3.06559*	-3.59685*	0.0186	二阶单整

表 4 宁波城市群 ADF 单位根检验

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\frac{\text{KNingbo}^2}{S^{1.2} S^{1.3} S^{3.2}}$	-3.0989	-5.40367	0.009	一阶单整
$\frac{\text{KNingbo}}{S^{1.2}}$	-3.0989	-5.40691	0.009	一阶单整



续表 4

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\left(\frac{\text{KNingbo}-1}{S^{1,2}}\right)^2$	-3.75974	-6.63501	0.0005	一阶单整
$\gamma$ (taizhou)	-2.754993	-3.498347	0.0116	一阶单整
$\frac{\text{KNingbo}^2}{S^{1,3}S^{1,2}S^{2,3}}$	-3.75974	-4.38239	0.0178	一阶单整
$\frac{\text{KNingbo}}{S^{1,3}}$	-3.82898	-4.75337	1.23E-02	一阶单整
$\left(\frac{\text{KNingbo}-1}{S^{1,3}}\right)^2$	-3.82898	-4.75528	0.0122	一阶单整
$\gamma$ (zhoushan)	-3.82898	-4.76423	0.0121	一阶单整
G Ningbo	-1.97098*	-3.09618*	0.0049	二阶单整
APL	-2.4932*	-1.96843*	0.017	二阶单整
$(\text{APL})^2$	-2.47753*	-1.96843*	0.0175	二阶单整
APLn	-3.06559*	-3.24606*	0.0359	二阶单整
$(\text{APLn})^2$	-3.06559*	-3.20669*	0.0386	二阶单整

表 5 青岛城市群 ADF 单位根检验

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\frac{\text{KQingdao}^2}{S^{1,2}S^{1,3}S^{3,2}}$	-3.79117	-5.21872	0.009	一阶单整
$\frac{\text{KQingdao}}{S^{1,2}}$	-3.79117	-5.21788	0.0052	一阶单整
$\left(\frac{\text{KQingdao}-1}{S^{1,2}}\right)^2$	-3.75974	-6.63501	0.0005	一阶单整
$\gamma$ (weifang)	-3.791172	-5.217706	0.0053	一阶单整
$\frac{\text{KQingdao}^2}{S^{1,3}S^{1,2}S^{2,3}}$	-3.75974	-4.38239	0.0178	一阶单整
$\frac{\text{KQingdao}}{S^{1,3}}$	-3.79117	-5.21872	0.0053	一阶单整
$\left(\frac{\text{KQingdao}-1}{S^{1,3}}\right)^2$	-3.79117	-5.21809	0.0052	一阶单整
$\gamma$ (rizhao)	-3.79117	-5.21781	0.0053	一阶单整
G Qingdao	-3.11991*	-4.87943*	0.0025	二阶单整
APL	-1.96843*	-3.59347*	0.017	二阶单整
$(\text{APL})^2$	-1.96843*	-3.54649*	0.0017	二阶单整
APLn	-3.06559*	-3.55059*	0.0203	二阶单整
$(\text{APLn})^2$	-3.06559*	-3.52659*	0.0212	二阶单整

表 6 长沙城市群 ADF 单位根检验

检验变量	ADF 5%临界值	t-Statistic	Prob.	结 论
$\frac{KChangsha^2}{S^{1,2}S^{1,3}S^{3,2}}$	-3.82898	-4.00936	0.038	一阶单整
$\frac{KChangsha}{S^{1,2}}$	-3.82898	-3.99143	0.0391	一阶单整
$\left(\frac{KChangsha-1}{S^{1,2}}\right)^2$	-3.82898	-3.94849	0.0417	一阶单整
$\gamma$ (xiangtan)	-3.791172	-5.217706	0.0053	一阶单整
$\frac{KChangsha^2}{S^{1,3}S^{1,2}S^{2,3}}$	-3.79117	-6.70167	0.0008	一阶单整
$\frac{KChangsha}{S^{1,3}}$	-3.82898	-4.00936	0.038	一阶单整
$\left(\frac{KChangsha-1}{S^{1,3}}\right)^2$	-3.82898	-3.99143	0.0391	一阶单整
$\gamma$ (zhuzhou)	-3.82898	-3.94849	0.0417	一阶单整
GChangsha	-1.96442*	-4.53034*	0.0002	二阶单整
APL	-1.96442*	-3.69907*	0.0011	二阶单整
$(APL)^2$	-1.96442*	-3.64718*	0.0012	二阶单整
APLn	-3.06559*	-3.5271*	0.0212	二阶单整
$(APLn)^2$	-3.06559*	-3.56149*	0.0199	二阶单整

注：(1) 表 2 至表 6 中检验值的第一项 ADF5%临界值及第二项 t 检验值中,\*为二阶差分时的对应值。

(2) 表中变量“K+中心城市拼音”为中心城市资本增长率对经济增长的贡献率,“ $\gamma$  (非中心城市拼音)”为非中心城市资本增长率对经济增长的贡献率,“G+中心城市拼音”为中心城市 GDP 增速,  $()^2$  为对应变量二次项。S<sub>1,2</sub>、S<sub>1,3</sub>、S<sub>2,3</sub> 中 1 表示中心城市, 2 表示表 1 中心城市后第一个非中心城市, 3 表示第二个非中心城市。

(二) 公式 3.1、3.1’、3.2 和 3.2’的计量检验结果及分析

对变量进行相应差分处理后,① 对应计量方程各组之间存在同阶平稳关系,则对各变量可以差分后建立 VAR 模型。首先对公式 3.1 和 3.1’进行检验,根据赤池法则确定滞后阶数为 1, 检验结果如下。

表 7 中心城市与平均路径边长相关关系的检验结果

	考虑非中心城市间存在联结		不考虑非中心城市间的联结	
	APL (-1)	APL <sup>2</sup> (-1)	APLn (-1)	APLn <sup>2</sup> (-1)
GShenyang	1.231799 [ 2.35710]	-0.04008 [-2.45158]	0.2541 [ 0.51969]	-0.02122 [-2.163894]

① 各时序的差分为增长率或增长变化率,就对应计量方程而言,其经济意义不变。

续表 7

	考虑非中心城市间存在联结		不考虑非中心城市间的联结	
	APL (−1)	APL <sup>2</sup> (−1)	APLn (−1)	APLn <sup>2</sup> (−1)
GShanghai	5.026086 [ 2.20786]	−0.04139 [−2.47861]	3.980836 [ 2.20734]	−0.02545 [−2.56819]
GNingbo	17.25529 [ 2.34774]	−0.05293 [−2.34886]	4.279614 [ 2.55128]	−0.02914 [−2.84050]
GQingdao	6.156062 [ 1.83918]	−0.04086 [−1.774922]	4.551205 [ 1.91101]	−0.0233 [−1.82516]
GChangsha	2.441204 [ 2.32101]	−0.075634 [−2.23220]	1.921707 [ 1.83868]	−0.03912 [−1.78411]

注：[ ] 中为 t 检验值，APL (−1) 指上期平均路径边长，下同。

表 7 中网络平均路径边长 APL 的二次项 APL<sup>2</sup> (−1) 的系数为负，一次项系数为正，这说明在所选城市群中，APL 变化率与中心城市经济增长率间呈倒 U 型关系，即运输网络中随着平均路径边长的降低，中心城市的经济呈现加速增长。同时，对比不考虑非中心城市间联结的情况，则发现前者二次项系数绝对值普遍大于后者。其意义在于，在网络集聚系数变化后，将在平均路径边长和中心城市经济增长率之间形成更为陡峭的曲线，网络集聚系数的提高有利于中心城市经济增长。<sup>①</sup>

以下是对公式 3.2 和 3.2' 的检验，检验结果见表 8。

表 8 非中心与中心城市增长关系检验结果

	考虑非中心城市间存在联结		不考虑非中心城市间的联结	
	$\left(\frac{KM_1}{S^{1,j}S^{2,j}}\right) (-1)$	$\left(\frac{KM_1^2}{S^{1,j}S^{1,j}S^{2,j}}\right) (-1)$	$\left(\frac{KM_1}{S^{1,j}S^{2,j}}\right) (-1)$	$\left(\frac{KM_1}{S^{1,j}}\right)^2 (-1)$
γ (fushun)	12.213 [ 2.39541]	−6.07734 [−2.38802]	0.892197 [ 0.16264]	−0.44276 [−0.16032]
γ (tieling)	584.2641 [ 3.73670]	−290.204 [−3.71343]	53.26751 [ 9.15841]	−27.0183 [−9.24514]
γ (suzhou)	49.18987 [ 2.37720]	−24.5609 [−2.37269]	10.56686 [ 5.94307]	−7.46596 [−23.0688]
γ (jiaxing)	48.06909 [ 5.90654]	−24.0579 [−5.90745]	35.96188 [ 3.62763]	−17.9498 [−3.62545]

① 就表 7 中数据的显著性来看，青岛的数据较不显著，但是由于 VAR 模型对数据的显著性要求不高，同时考虑非中心城市间联结的方程的拟合优度为 0.491033，AIC 和 SC 分别为 −4.282753 和 −3.694602，拟合系数适中，AIC 和 SC 值较小，计量方程仍然有效，其他计量方程的检验值与此类似，在此不再一一列出。

续表 8

	考虑非中心城市间存在联结		不考虑非中心城市间的联结	
	$(\frac{KM_i}{S^{1,j}S^{i,j}})(-1)$	$(\frac{KM_i^2}{S^{1,j}S^{1,i}S^{i,j}})(-1)$	$(\frac{KM_i}{S^{1,j}S^{i,j}})(-1)$	$(\frac{KM_i}{S^{1,j}})^2(-1)$
$\gamma$ (taizhou)	5.794379 [ 4.06395]	-2.33273 [-4.00476]	0.64091 [ 4.87094]	-0.44993 [-4.33357]
$\gamma$ (zhoushan)	391.444 [ 5.70397]	-196.143 [-5.71855]	313.2922 [ 8.90591]	-34.2684 [-31.7623]
$\gamma$ (weifang)	34.32293 [2.159624]	-17.1518 [-2.154863]	30.23912 [ 8.51022]	-15.1455 [-8.55092]
$\gamma$ (rizhao)	86.64841 [ 3.33984]	-43.4249 [-3.34667]	34.3965 [ 2.07632]	-17.2668 [-2.08523]
$\gamma$ (zhuzhou)	5.860338 [ 2.67155]	-2.96225 [-2.68764]	0.523665 [ 2.13759]	-0.19867 [-2.30803]
$\gamma$ (xiangtan)	26.07129 [ 4.37216]	-12.8296 [-4.32008]	26.43365 [ 6.50671]	-0.27855 [-6.62250]

注：[ ] 中为 t 检验值。

表 8 中，二次项系数为负，而一次项系数为正且较为显著，说明运输网络中中心城市资本产出效率与非中心城市资本效率间存在倒 U 型关系，非中心城市能够以更快的增长速度追赶中心城市，同时观察表 8 第二行因变量的构成发现，对于变量  $\frac{KM_i^2}{S^{1,j}S^{1,i}S^{i,j}}$ ，平均路径边长降低时，倒 U 型曲线的系数将变得更大，曲线将更为陡峭，即随着中心城市产出效率的提高，非中心城市的产出效率提高的速度将更快。同时对比不考虑两个非中心城市存在联结的情况，联结时的二次项系数绝对值均大于后者，所以非中心城市间建立联结，即节点集聚系数增加将对非中心城市经济的加速增长具有更为显著的影响。

六、结束语

在城市群经济增长理论中，当考虑运输网络对城市经济增长的外部性作用时，各城市间实际的经济增长关系将与传统理论有较大差异。受复杂网络理论的启发，同时考虑规模报酬递增及由此形成的外部性，本文对新古典区域经济增长模型进行了修正，初步建立了外部性和运输网络作用下的城市群经济增长模型，并强调城市群中各城市经济增长的协同关联。通过理论推导及利用可获得的中国 1990—2008 年城市经济增长数据进行实证分析，本文给出了中国城市群经济增长实践中城市共同增长现象的理论解释。

本文认为,运输网络的改善,即增加运输网络的网络集聚系数及降低其平均路径边长(可以通过降低任意两个城市间的运输成本实现),将使得中心城市加速要素集聚,从而获得更快增长。同时,由于城市间的交易费用将延缓新增要素的流失,通过增加节点集聚系数、降低非中心城市间的运输成本,非中心城市之间可以增强对彼此经验的学习,使它们在流失要素的同时,能够更快、更有效地应用中心城市的知识外溢,从而获得更快的经济增长,促进与中心城市的协同增长。这样,尽管城市群中各城市之间绝对的自然地理上的距离没有改变,但它们之间运输网络的改善,使物质和信息的传递速度加快、成本下降,获取了提高城市群的人口密度、土地利用率和产业集聚度以及公共资源配置均衡化的外部性收益。

从政策的角度看,就非中心城市而言,如果试图充分利用中心城市的技术外部性,政府在建设交通运输基础设施时,需要从两方面入手。其一,增加与城市群中其他非中心城市的运输联结,提升其网络化程度;其二,政府不仅要重视非中心城市与中心城市的互联互通,更要重视非中心城市间的相互联结。特别是对于期待融入城市群的非中心城市,与城市群各城市均建立更为通畅的交通联结,才能更有效地利用城市群经济增长外部性。同时,要注意运输设施的多样化,政府要根据本地区具体情况,在基本建设中,尽量选择能降低出行时间且增加运输效率的运输基础设施,为降低运输成本创造条件。对于中心城市而言,政府要牵头推进运输网络建设,通过提升交通运输基础设施的网络化程度及运输网络管理效率,为要素集聚创造条件。最后,尽管运输网络的改善将加快城市群中各城市的经济增长速度,但是由于城市群是以地理距离而不是以行政归属为依据的,而交通运输规划则受到行政归属的限制,这为运输基础设施网络的建设和管理带来极大的交易费用。因此,为了获得城市群更为协调的发展,需要在制度上、观念上进行调整,在省甚至中央建立专门部门,以城市群为目标进行运输网络规划、投资及管理。<sup>①</sup>

本文仅是基于静态网络进行的研究,对于在网络节点增加时,运输网络的承载能力与中心城市的要素容纳能力的问题,还有待更进一步的分析。下一步的研究将是引入相应的变量并改进计量方法,以实现更大容量样本的分析,从而提高模型的一般性。

〔责任编辑:梁 华 责任编审:许建康〕

① 统筹兼顾是贯彻科学发展观的根本方法,在处理好政府与市场的兼顾关系时,政府是我国改善运输网络的主体,其作用尤其体现在对城市群网络体系空间布局的科学规划上。延伸开来,在以运输网络为载体的技术、知识外溢中,政府也要关注诸如城市间企业合作网络、产学研合作网络等关系的培育。此外,在运输网络建设中,由政府实施统一规划也有利于降低成本,如英国在19世纪至1914年间因私人公司的无序竞争造成铁路网建设的浪费达到25%(参见戴维·特纳:《中国铁路网助推经济快速增长》,《参考消息》2012年12月21日,第15版)。