

密级:

中图分类号:



浙江工商大学

硕士学位论文

论文题目: 城市网络特征测度及其对科技创新的
影响研究

作者姓名: 王亚丽
学科专业: 国民经济学
研究方向: 国民经济核算
指导教师: 程开明

提交日期: 2010 年 10 月

城市网络特征测度及其对科技创新的影响研究

摘要

经济全球化背景下，城市体系的空间结构逐渐由原来的层级结构向网状结构演化，伴随着城市体系的空间变化，科技创新成为城市核心竞争力的体现。如何通过城市网络来获取和利用有效的资源，促进自身的创新能力成为关键。因此，对城市网络进行测度，分析研究其如何影响科技创新具有重要的现实意义。

本研究通过社会网络分析方法对城市网络特征进行测度，将定性分析和定量分析相结合来研究城市网络对科技创新的影响机制。主要研究包括以下几部分内容：

第一部分阐述了研究背景、理论意义、现实意义，综述了相关研究，提出本文的研究路径，给出了本文的研究难点及创新之处。

第二部分对城市网络内含、表现形式、形成机理及测度指标加以说明，通过与城市中心地特征的比较深入了解网络的特点。由于其网络化的特征，相应的测度方法选取了社会网络分析方法，并将此方法的测度指标进行简单介绍。

第三部分理论研究了城市网络对科技创新的影响。首先提出了科技创新对当今社会经济的重要性，然后结合科技创新及创新扩散的特征讨论了影响创新力的关键因素，由此引出城市在科技创新中的重要

作用。城市并非孤立的个体，城市间的关系网络化势必将影响城市自身，从而影响科技创新。

第四部分运用社会网络分析方法对城市网络特征加以测度，继而对城市网络对科技创新的影响进行实证分析，验证了第三部分的理论结果即城市网络的各个特征对科技创新产生了不同程度的影响。

第五部分对全球化和信息化时代城市网络特征及其对科技创新的影响进行总结，得到了三大主要结论的同时提出了城市健康发展的建议。

通过这五部分的分析研究得知：城市体系呈现显著的网络化结构，这一结构的各种特征对科技创新产生不同程度的影响，总的来说城市网络对科技创新具有促进作用。本论文虽然在一定程度上达到了预期目标，但也在某些方面存在缺点及不足，对于城市网络和科技创新的研究仍是一个重要课题。

关键词： 城市网络； 科技创新； 测度指标； 影响研究

MEASUREMENT OF CHARACTERISTICS OF CITY NETWORK AND ANALYSIS IMPACT ON SCIENCE AND TECHNOLOGY INNOVATION

ABSTRACT

Under the background of economic globalization, the spatial structure of the urban system gradually from hierarchy to network structure evolution, along with the urban system changes, technological innovation has become the embodiment of the urban core competitiveness. How to get through the city network and effective use of resources to promote their innovation capabilities become key. Therefore, measure the urban network analysis to study how the impact of scientific and technological innovation has important practical significance.

In this study, the urban network through social network analysis methods measure, qualitative and quantitative analysis of combined city network to study the impact of scientific and technological innovation mechanism. The main study include the following parts:

The first part describes the research background, theoretical significance and practical significance, relevant research, proposed path of the research, given the difficulty and novelty of this research.

The second part of the urban network includes manifestations,

formation mechanism and measurement indicator to illustrate, through the city center and features more in-depth understanding of the characteristics of the network. Measure due to the characteristics of the network, select a social network analysis method, and this method to measure indicators brief.

The third part study of the theoretical on impact of the urban network of scientific and technological innovation. First, the technological innovation of today's socio-economic importance, then to discuss the key factors that affect innovative combination of technological innovation and innovation diffusion characteristics, which leads to the city an important role in scientific and technological innovation. Cities are not isolated individuals, the relationship between the city network is bound to affect the city itself, thus affecting the scientific and technological innovation.

The fourth part uses of social network analysis methods to measure urban network characteristics, followed by an empirical analysis of the urban network of scientific and technological innovation, to verify the results of the third part of the theory that the various characteristics of the urban network of technological innovation with varying degrees of impact.

The fifth part summarizes the city network characteristics in the age of information and globalization and its influence on science and technology innovation, three main conclusions presented the recommendations of the city health development.

Through the analysis of these five parts we can learn that: city system presents a significant network structure and the various features of this structure produce different levels of technological innovation. Overall, urban network with the promotion of scientific and technological innovation. In this thesis, although to some extent to achieve the desired

objectives, but also some shortcomings and deficiencies urban network and technological innovation is an important issue.

KEYWORDS: City networks, Science and technology innovation, Measure index, Impact study

目 录

摘 要	1
ABSTRACT	3
目 录	6
第一章 绪论	8
第一节 研究背景及意义	8
一、研究背景及问题提出	8
二、理论意义	9
三、现实意义	10
第二节 研究综述及创新点	10
一、研究综述	10
二、本文的创新点	14
第三节 研究思路及框架	14
一、研究思路	14
二、基本框架	16
三、研究难点和解决方法	16
第二章 城市网络的内涵、机理及测度指标	18
第一节 城市网络的内涵及其表现	18
一、城市网络含义与特点	18
二、具体表现形式	19
第二节 城市网络形成的机理	22
一、信息技术的发展	22
二、企业空间组织的变化	23
第三节 城市网络特征的测度指标	24
一、网络整体特征指标	24
二、网络个体特征指标	26
第三章 城市网络影响科技创新的内在机制	28
第一节 城市对于科技创新的重要性	28
一、科技创新的重要作用	28
二、科技创新的影响因素	30
三、城市在科技创新中的作用	32
第二节 城市网络影响科技创新的机制	33
一、城市网络影响创新的结构优势	34
二、城市网络影响创新的资源优势	34
三、城市网络影响创新的成本优势	35

第三节 城市网络特征影响科技创新	36
一、城市网络整体特征影响科技创新能力	36
二、城市网络个体特征影响科技创新能力	38
第四章 城市网络影响科技创新的实证分析	41
第一节 数据来源及处理说明	41
一、测量方法、数据来源	41
二、处理说明	42
第二节 城市网络特征测度	42
一、城市网络整体特征测度	42
二、城市网络个体特征测度	50
第三节 城市网络影响科技创新的效应分析	56
一、城市网络整体特征与科技创新能力	56
二、城市网络个体特征与科技创新能力	58
第五章 结论和展望	64
第一节 总结	64
第二节 研究不足与展望	65
参考文献:	67

第一章 绪论

第一节 研究背景及意义

一、研究背景及问题提出

在国内外研究学界，对于城市体系的研究远远少于对单个城市的研究，因为后者理论更加丰富和完善，指标的选取和数据的收集更具辨识度和说服力，而前者的空间变化缺乏相应的解释。同时人们认为对单个城市的分析和实验更具实用价值。而城市网络的研究进展缓慢，由于网络系统过于庞大和复杂，空间结构虚拟难以度量，研究工作难度加大。

实际上城市化是城市网络体系形成的前奏，当城市化进行到一定程度便伴随着城市网络的逐步形成。起初的城市体系并未表现出明显的网络特点，而是呈现以中心城市为主导的层级结构特点，城市网络研究并非简单的城市横向或纵向联系，而是城市体系点、线、面三要素在空间的复杂的组合，因此更具综合性和变化性。发达国家从上世纪 70 年代起，城市群广泛形成，成为区域发展的趋势。作为一种新兴的地理现象，城市群也引起了相关学者的关注。相应的，对于城市体系的研究由城市化拓展到城市空间体系，如：城市体系规模分布，城市群，城市圈等，提出了城市规模分布理论，中心地理论等相关理论，对制定区域乃至一国政策，促进城市均衡发展起到了重要作用。然而现有的有关城市体系的研究基本上都是基于英美发展模式的，与我国发展具体情况存在着较大差异。因此国外相应的研究只能作为我国城市体系研究的参考。

城市本身实际并未有太多意义，但城市里的“内容”是城市得以昌盛的关键，城市最重要的是竞争力。竞争力不是单纯的表现规模、GDP 等指标上，更多的表现为城市科技创新力，那么作为代表城市经济实力的科技创新便是城市重要的内容之一。克林顿在有关 21 世纪的一份研究报告上提到：“今天技术是经济增长最主要的引擎，而科学是引擎的燃料。”我国国家主席胡锦涛同志在十七大报告中指出：“科学技术是引领经济社会发展的主导力量。科技创新是解决我国发展中面临的新课题新矛盾的根本途径。”创新就像一股潮流一样不断发展并席卷了全球。今天，无论人们身处何处，创新就像亲近的朋友一样时刻伴随在我们

的身边，成为经济发展甚至人类进步的一个重要组成部分。

随着知识经济的发展，科技创新已经成为一个企业、地区乃至一个国家经济发展的决定性因素，创新理论也被相继提出。经济学家约瑟夫·熊比特在感知创新的重要性的基础上首先提出了技术创新理论。他认为创新就是构建一种新的生产函数，即以从未有过的方式将生产要素进行新的组合。学者们相继对熊比特的创新理论进行了发展。Freeman 于 1987 年提出了国家创新系统，此后 Cooke (1992) 将国家创新系统延伸到区域创新系统引起了学界和政府的广泛关注。直至今日创新理论不断完善，在理论基础上的实证研究也日渐成熟。

对于科技创新和城市的研究在各自的领域都得到了长足的发展，然而将城市作为创新载体的基础上，考察城市对于创新影响的文献少之又少，关于城市网络与科技创新关联性的研究也是凤毛麟角。全球化和信息化时代，伴随着城市网络化程度不断加深，科技创新能力不断提升，城市和科技创新以及城市网络与科技创新关系是否正如我们想的显著呢？有必要开展相应的理论机制探讨和实证相关研究。

二、理论意义

鉴于城市与创新活动在当今经济社会中的重要作用，从城市视角研究创新或者从创新视角研究城市，即研究城市网络和科技创新的相互作用关系无疑具有非常重大的理论与现实意义。从城市角度看其在现代经济与社会中的独特地位吸引了无数科学家的注意，这些学科向我们展示了城市的多面性。虽然对于城市的研究历史悠久，但是直到上个世纪 90 年代城市间的关系以及由此延伸形成的城市网络的重要性才开始为学者们所关注。基于卡斯特的“流空间”理论，将城市看成一个过程，城市变成了网络中的节点。从这个角度来讲，想要深入了解城市经济的运行以及其在当代市场经济中的作用和地位就必须从网络角度切入对城市的研究。本研究正是遵循这一思想脉络在城市网络理论和科技创新内容的基础上展开两者的关联性研究。在目前理论界仍缺少对两者同时关注的阶段，进行某种程度的探索与开创性的理论与实证，将会丰富学界对于城市和创新问题的理解认识，从而也有利于推动对城市和创新问题的理论发展与深化研究。

三、现实意义

科技创新即能解决微观企业的现实问题,又有助于一个地区乃至一个国家的长远发展。创新力是衡量国家竞争力的重要指标,决定了国家在世界的地位。城市既是经济社会的基本载体,同样也是创新的载体,无论是城市的人还是物都在某种程度上对创新有一定的影响,而且如今城市体系空间结构的转变(由等级到网络)更是有利于创新的产生与扩散,因而城市的发展无论是对于创新发展还是国民经济的重要性都不言而喻。通过对城市与创新以及城市网络与科技创新关联机制的研究有助于我们探求改进创新、规划城市的良策,为地区乃至国家的经济发展出一份力。

第二节 研究综述及创新点

一、研究综述

关于城市体系结构的研究国内外都有了较大的进展,然而对于城市网络的形成、城市与科技创新的关联性研究尚没有引起太多学者的关注,大多数学者将重点放在了城市化的身上。下面回顾一下城市空间的相关理论,从城市体系网络化做一下综述,然后综述至城市与科技创新的关联研究,最后说明本文的创新点而对于学术的贡献。

(一) 城市空间理论

历史角度,城市是人类发明的熔炉,其自身的产生也一直被认为是人类文明的象征。近些年学者们对于城市体系空间结构的研究也不断充实起来。说到城市空间结构不得不提及城市空间理论,最出名的便是 W. Christaller 的中心地理论,它使学者对城市体系空间结构的研究有了很大的发展,1933 年发表的《南德的中心地》一书更是揭示了城市等级分布、空间结构、职能层次的规律(许学强、周一星等,1997)。他对城市的中心地等级体系做的深入研究,为后来城市空间结构研究提供了理论基础和研究方向。继 W. Christaller 之后 B.J.L. Berry (1958) 借助数理统计方法对中心地理论做了诸多实证研究,使城市体系空间结构研究从形态转入空间分析。然而这些理论明显的缺陷是将城市置于非动态、相对孤立的

城市体系中, 得出一种等级层次或位序分布规律, 主要侧重竞争与等级关系, 没有充分考虑城市体系中城市间应该是动态、相互关联的, 更加需要侧重合作关系与网络互补关系 (杨永春、冷炳荣等, 2011)。随着时间的推移和经济的发展, Friedmann 在 1986 年提出了世界城市假说, 被誉为世界城市体系研究的“属性方法开拓者”。此后, 构建的基于关系连接的世界城市研究框架为 GaWC 小组 (Globalization and World Cities) 研究世界城市领域提供了理论基础, 使 GaWC 小组成为最具影响的研究机构之一, 其中格外引人注目的是 Taylor 等 (2002) 提出的世界城市体系研究的“网络方法”。受“系统思想”影响, 对于城市体系空间结构的研究是在基于内部诸多要素间的相互作用下进行的, 这一改变缓解了城市系统中基于“流”的网络方法欠缺的研究格局 (于涛方、顾朝林, 2008)。

(二) 城市体系网络化—从层次转向网络

城市网络的本质是城市之间的关系, 城市间的关系构成了城市网络的基本单元, 因而在对城市之间关系的研究中隐含了城市网络理论的萌芽 (张闯, 2009)。中心地理论对城市间关系的研究发现: 最大城市居于城市层级结构的中心, 中心向外部的蔓延是由大量中小型城市组成, 高等级中心地的城市区域将那些中小型城市嵌入其中 (贝里, 1964)。该理论从城市分布于平面上的假设出发, 认为城市作为其腹地的服务中心, 为其腹地提供商品和服务。由于按不同的标准可将这些商品和服务划分为多个档次, 因而依据提供商品和服务的档次, 城市被划分成若干个等级, 由此形成了城市间具有规律性的等级和层次关系 (谷海洪, 2010)。强调城市体系中大、小城市间的层级结构的中心地理论者认为城市间交流作用仅限于层级上的单向联系, 这使得规模大小不同的城市间的横向关系被忽略 (Perd, 1977)。城市地理学者受中心地理论影响颇深, 他们大都将城市体系的复杂结构转化为相对简单的层级结构, 由此处于顶端的城市主导着整个城市体系, 整个体系结构呈现出明显的阶梯状特征 (Bourne & Simmons, 1978)。

城市体系的层级结构并不能对现实世界中的很多现象做出有效解释。Pred (1974) 发现与中心地理论不同, 城市体系中大量城市之间存在着极其密切频繁的交流; 城市体系中广泛地存在着这样一种情形: 大型城市需求的产品来自于某些具有各产品相对优势的专业化中小型城市 (Perd, 1977); 即使中小城市的相邻区域存在有某些大型城市, 城市体系中的中小城市也可能跨越距离的限制与更

远处的城市进行互动和交流。这些现象的存在，原因在于信息技术与交通运输技术的进步，不仅改变了人们生产和生活的方式，而且使越来越多的城市日趋专业化，城市在发展中的地位和形象重新确立，最终改变了城市之间的关系形式，使国家层次的城市体系进一步发展为范围更大的独具特色的城市网络。城市间关系不再是简单的层级结构，而是纵横交错的网络结构，这也得到Esparza和Krmeneč（2000）的证实。可见，要对城市间的关系有一个更加深刻的理解，城市体系结构的研究必须从层级结构转向网络。

基于“流空间”理论，Castells（1996）认为网络社会是围绕着流空间来组织的，这一论断为城市网络的建构提供了坚实的理论基础。城市嵌于所属的城市网络空间中弱化了传统的层级结构特点，在这种空间分布中，地方并没有消失，而是被吸纳进网络。Camagni和Salone（1993）认为，城市网络的含义可以概括为两个层面：一个层面是城市间基础设施系统，另一个层面是通过经济合作和人的交往形成的城市空间上的互动。Smith和Timberlake（1995）认为从功能和形式两个维度可将城市之间的联系进行类别划分，促进了抽象层面的可操作性。基于Castells（1996）、Sassen（2001）等学者的研究，GaWC研究小组将关注点由原来的城市体系的等级结构转为城市体系的网络结构，并就网络结构影响城市发展等问题进行研究（Taylor，1997），有效地推动了城市网络理论发展。

（三）城市与科技创新

上世纪80年代特别是改革开放以来，科技创新在提升国家竞争力、促进经济增长中扮演了关键角色，这也得到了学界的一致认同。科技创新理论、创新扩散理论也在社会各界的广泛关注下不断发展进步。

“创新”这一概念最早由著名经济学家约瑟夫·熊比特（1912）在其《经济发展理论》中首次提出，他认为创新是一种内部自行发生的过程，是一种创造性的破坏。其后这一词组不断被引入经济和科技领域。科技创新系统是一个三维系统，其中包括着科学的创新、技术的发明和创新，其本质上是知识和技术的创新。由于科技创新是国家创新体系核心要素的关键组成部分，是国家创新体系得以构建的必要前提和坚实基础（陈九龙、刘奇，2006），因此，狭义地讲，国家创新系统就是科技创新系统。本文运用的都是创新体系狭义的概念。

有关城市和创新关系的研究始于城市的角度，Lucas（1988）认为城市是多

样性的，内部拥有高质量的人力资本、创新环境，因此，城市是科技创新的载体，是科技创新的天然实验室；Glaeser（1999）认为城市频繁的相互交往能够加快人力资本积累的速度，同时使知识外溢更加高效等等，基于上述研究程开明通过实证研究指出城市的专业化、多样性环境，人力资本的积累以及信息交流网络的形成加快了科技创新在城市的产生，而城市化的进程加速了创新扩散（程开明，2010）。当然城市对于创新的影响还表现在其他方面如：罗斯和邓肯先后使用专利数据做过研究得出城市规模与人均专利数之间存在正向相关关系（贝洛克，1991），程开明通过分析得出城市数量和城市规模都分别与创新投入规模存在正向关系，而且创新投入的增加有助于城市创新力的提高（程开明，2009）。后来他的研究中运用河南、吉林以及长三角的相关数据验证了城市规模越大，创新投入的规模越大，创新产出水平越高（程开明，2010）。可见城市规模与科技创新之间确实存在着一定的正相关关系。

随着城市化水平的不断提高，城市体系不断完善，对于城市和科技创新的研究不再停留在城市本身而是更加注重城市化及城市体系与科技创新的关系上，相关研究也相继出现。Higgs(1971)以1870至1920年期间美国城市化水平为分析对象，指出美国城市化水平越高，城市专利数越多；Alao等(1977)认为创新思想的最早采用者位于城市体系的高等级位置，而后创新扩散分阶段向下进行。全球化和信息化的到来，城市体系的结构不断发生变化，近年来趋于网络化，这些都不断影响着其与科技创新的关系。由于城市网络比较抽象，对于它的刻画也颇为复杂，因此对于城市网络和科技创新的关系研究到今天也是非常匮乏。企业作为城市的组成单元和创新的主体，其变化相对容易度量，因此学者们通过更微观的角度入手研究了企业网络与创新的关系。Cooke（1999），Grandori&Soda（2004）一致认为企业借助网络中的关系更容易获得所需的信息，在创新方面更具优势。Das & Teng（2003）认为企业间的相互协作，建立互助互信的持久关系，有利于知识的转移，资源的创造与开发。综合以上国外学者的理论观点，张清辉（2011）认为企业网络自身的特殊性和内部的控制方式带来了技术创新过程的变化。基于复杂网络视角赵正龙等（2008）得出企业网络结构越紧密，创新可达时间越短，网络结构差异影响创新扩散的成功率。从拓扑学角度理解，高密度网络缩短了信息传递的平均路径，加快了信息流动，有利于创新知识和成果的迅速传播

(Eman,1994)。

由上述综述可以发现,有关城市和创新关系的研究正日臻成熟起来,学者们默认科技创新是城市的一部分,研究中也是粗略的提及城市与科技的关系,而针对城市和科技创新相互关系的具体理论分析和实证研究稍显匮乏。而且相关研究都是局限在城市体系规模结构或企业网络与科技创新的关系等方面,随着空间理论的发展,对于城市体系网络化与科技创新关系研究成为必然趋势。本文试图将城市作为节点,研究城市网络与科技创新的关联性,希望在全球化和信息化的今天,为国家和地区发展提供有力的理论和实证依据。

二、本文的创新点

1、基于宏观网络视角,将城市作为城市网络中的节点来进行研究,进一步丰富了城市体系空间结构研究的理论。在综合以往城市研究的基础上,对城市的发展及城市与城市之间相互关系演进进行研究,分析城市网络化的必然趋势,提出城市网络化的优势所在。

2、将社会网络方法应用于中国城市网络化空间格局、演化特征的研究。利用社会网络分析法,对我国城市网络的形成机理,阶段性演化特征进行深入而形象的刻画,得到更为客观的结论。

3、将城市网络对科技创新的影响进行理论分析和实证检验。理论上无论是城市网络的整体特征还是个体特征都有利于科技创新,本文进行了较为细致的理论分析。传统的数据分析难以对理论加以验证,本文利用空间数据分析验证了理论分析的真实性。

第三节 研究思路及框架

一、研究思路

1、城市发展,城市体系空间结构网络化。全球化,信息化使得城市的职能发生变化,由传统的生产,管理,协调职能逐渐向以科学,技术的创新职能转变,而且城市之间联系的频繁密切使得城市网络特征突出,这样一来对于科技创新产生新的需求和影响。

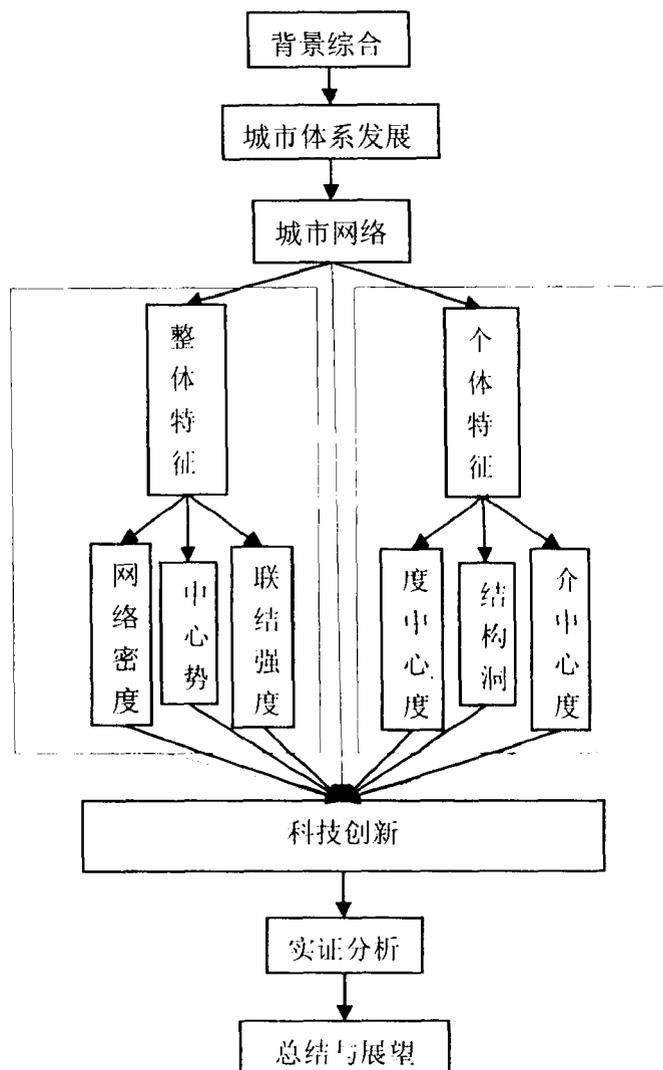
2、**科技创新在当今社会尤其是一国经济中的重要性。**对科技创新的重要性加以分析，结合科技创新及其扩散的特征探讨影响科技创新及其扩散的关键因素，找出在科技创新中城市所发挥的作用，而城市又是区域及国家的组成单位由此引出城市对于科技创新的至关重要性。

3、**城市网络与科技创新的关联机理。**城市网络包括节点城市，城市间的“流”和网状体系三个层面，节点城市自身的各种优越条件孕育了创新，城市间的各种“流”为创新扩散提供了更多的路径，创新扩散体系拥有和城市空间体系类似的结构特征使扩散更加方便快捷。

4、**城市网络特征测度及其对科技创新的影响实证分析。**运用社会网络分析方法借助航空流来计算城市网络各个指标，对城市网络特征进行测度。对科技创新指标和城市网络指标进行分析，发现两者的关联特征，最后与科技创新的动态因果关系进行实证检验。

5、**提升科技创新能力，促进城市发展的政策启示。**从城市网络和科技创新关联性的理论和实证中得出促进我国经济发展的有益启示，包括如何通过城市来提升创新能力，如何运用创新来增强城市联系。通过两者的相互作用加强我国的竞争力。

二、基本框架



三、研究难点和解决方法

(一) 研究难点

1、城市网络与科技创新理论机制的系统阐述。既需要全面综合现有成果，又要有理论上的突破。不局限于城市与创新的关系，还要与时俱进突出城市网络的特征，以此抓住其对创新的积极作用，做到有创新的阐述并非易事。

2、城市网络的度量和实证分析。城市网络是虚构的网络，因此必须要将其用实在的网络间接表示出来。然后开展与科技创新之间关联性的实证分析。无论

在数据的收集还是方法的选择上都存在一点难度。

(二) 解决方法

1、城市网络具有一般网络特有的结构特点和结构优势，其网络本身也是一种资源。无论是就网络整体还是就嵌入网络的城市个体而言都增添了城市自身不具备的各种特征。以此为突破点挖掘其对科技创新以及创新扩散的作用机制。

2、城市网络的度量一般选取航空，跨地区企业，宽带等，但是由于数据可得性的限制，以及航空越来越成为城市的特征，最终选取航空来度量。并运用社会网络分析方法求得相关的特征数据，以此来和科技创新做相关性分析。

第二章 城市网络的内涵、机理及测度指标

第一节 城市网络的内涵及其表现

一、城市网络含义与特点

(一) 含义

直观上认为城市体系具有明显的网络特征。首先，城市体系中的各个城市间有着经常性的相互联系，城市间彼此的依赖是构成城市体系竞争优势的重要部分。其次，城市体系中的各种组织之间互动关系活跃，不断的进行着人流、物流、信息流的交换，许学强（1977）等将这种交流交换称之为空间相互作用，他们认为任何城市都不能孤立于整个城市系统，为了自身的长久与发展，各城市间不断的进行着物质、能量、人员以及信息的交换。因此从社会网络分析看，城市体系是一个集主体、资源、关系等多因素的复杂网络体系。

城市体系的环境形成不仅受经济大环境的影响，而且还受政治、文化等因素的影响，城市中组织的行为是嵌入在网络和制度之中的。城市体系环境的产生源自城市活动本质上是一个群体活动，体现了城市的非孤立性。由于资源的依赖，城市注定要跨越自身边界，建立与其他城市的互助合作关系，实现资源的共享和互补。城市网络中强调的不是个别成员的利益得失而是城市间的交流与协作，整个网络模式皆在为成员获得共同利益并保持他们的竞争优势。城市网络中各因素的交流与互动不仅促进了自身成长而且有利于提高市场效率。

网络是城市网络的核心概念，是拥有非短期关系的两个或多个的组织的集合（Thorelli, 1986），组织间的关系是一种介于市场机制下交易关系（横向）与同一组织直属关系（纵向）之间的关系。Hakansson（1987）认为一个网络应具有主体、资源和关系（活动）三大构成要素。城市间的相互作用除同一等级的横向联系外，还存在着不同等级的垂直关系，正是由于这种错综复杂的相互联系形成了今天的城市网络。基于网络定义和要素，张弥(2007)认为城市网络是指由交通、电信和管道等连接起来的呈点和线相连接的网络状地理形态的多个城市的集合体，并且在城市间交通线中有信息，物和人等要素的流动。在西方城市与区域研究中，城市网络也并非一个新概念，Taylor等人将世界城市网络解释成全球公司

及它们间各种“流”的混合体，并且强调：“城市网络与一般网络不同，它包含三个层面的涵义：构成世界经济的网络层；网络多重中心的城市节点层；创造网络的服务公司次节点层”（陈存友、刘厚良，2003）。上述张弥关于城市网络的定义属于第二个层次。

（二）特点比较

城市体系的网络特征并非是一直以来固有的，而是经历了一个漫长的过程发展转化而来。在城市网络特征之前，城市表现出了明显的中心地特征。那么城市现有的网络特征和原有的中心地特征到底存在哪些关系和不同，很早前就引起了Batten（1990）等的关注，他们认为现有的网络体系和原有的中心地体系在很多方面显示出不同特点，将这些特点具体的解析可以分析为：中心地体系是等级体系，因此具有中心性，在这样的体系中每个城市拥有同质性的产品与服务，竞争是完全的，城市之间更多的存在着单向的垂直关系，他们更倾向于争取首位与替代弱者。然而城市网络表现出独有的特点：拥有与所有网络共有的特性—网络节点性。在这样的体系中城市之间分工明确，产品和服务存在很大差别，因此它们更多的是协调补充，它们之间的竞争是不完全的和有价格歧视的，城市间更多的是双向流动且水平可达。当然由于从中心地体系到网络体系并不能一蹴而就，因此现在的城市网络体系并非完全摆脱了原有的中心地特征。城市体系现在正处于具有等级特征的网络空间结构中，因此具有“双体系”形式。

二、具体表现形式

城市网络的本质是城市之间的关系，而城市间关系的直接表现即为城市的相互作用。城市相互作用可归纳出三种具体表现形式：第一种是城市商流物流，主要以商品和物质的转移为特征；由于大多数时候物的转移必须要有交通工具的协助，因此第二种是城市交通流；第三种是城市信息流，主要是以新思维、新理念，新信息的传递为特征。上述各种流不断复杂化形成我们所说的城市流通网络，城市交通网络和城市信息网络。

（一）城市流通网络

流通有狭义和广义之分，这里所说的流通是一个狭义的概念，指生产的商品被转移到消费领域的过程，它是经由生产到消费的纽带和桥梁（夏玉春，2005）。

马克思曾说过从总体上看流通即交换,可见,流通的本质是交换。杨重光(1988)认为流通是交换的发达形式,是所有交换活动和交换关系的总和。任何一次交换至少要在两个经济实体间进行,在商品交换中他们被称为买卖双方。买卖双方可能位于同一企业内部也可能位于不同企业之间,这样企业内部流通活动和企业之间流通活动一起构成了复杂纷繁的城市流通网络。现代社会人们所需要的商品和服务是由流通系统调节的,而这一系统本身包含在城市系统当中。按照Taylor的世界城市网络模型,城市流通网络分为三个层次:网络层次—网络的范围及关系、结点层次—城市和次结点层次—企业(张闯,2009)。很显然,企业是流通网络的主体,城市则为此网络在空间上结点的表现形式(张闯、孟韬,2007)。现代城市实质上是现代流通产业的载体,城市的产生和发展延伸到流通领域引发了流通网络的发展演变。城市也因为流通产业的发展兴盛而发展和壮大(夏春玉、张闯,2006)。通过以上论述不难得出流通和城市之间有着相辅相成,相互依存的关系。

(二) 城市交通网络

交通运输是城市功能的重要方面之一,它能够反映出城市内、外联系的程度和水平,因此可以认为交通运输网络是城市网络形成的物质条件和必要前提(薛俊菲,2008)。随着交通设施网络不断完善,交通通信技术迅猛发展,由高速公路、高速铁路和民航机场构成的高速交通网络改变了人类社会活动的时空关系。20世纪90年代以来,以周一星,金凤君,顾朝林等为代表的著名学者着重对城市间联系网络—航空、铁路及其所反映的相互作用进行了研究,包括航空运输体系发展特征分析(王法辉、金凤君等,2003)、航空公司重组对航空网络结构影响分析(金凤君、孙炜,2005)、中国航空网络的轴-辐式模式分析(金凤君,2005;王姣娥,2006);铁路交通网络发育及其通达性引起的空间格局变化研究(金凤君、王姣娥,2004)、铁路客运网络组织与空间系统优化分析(王姣娥、金凤君,2005)等等。凡此种种,对我国交通地理学的发展做出了突出贡献。

近年来,我国的航空运输事业得到了飞速发展,航空运输在城市经济运行中以及对外人流、物流、信息流的交换中都起到了关键作用(郭文炯、白明英,1999)。航空运输网络的极大发展,明显缩减了城市的空间距离,提高了城市内人们在社会领域和经济领域交往的效率,从而改变了城市联系的空间结构(金凤君,2001)。

鉴于此,越来越多的学者将航空运输作为研究国家和国际级城市体系空间结构的重要指标。周一星(2002)等以航班数和航空客流量为基础,定量分析了航空网络的空间格局,发现其对城市体系空间结构具有较高的代表性,从而得出中国城市体系的结构框架;王成金,金凤君(2005)着眼于航线、对外通航城市和国家三个方面,同时运用集中指数和时空演化,论述了我国航空国际网络的空间集散程度和对外联系的空间演进;于涛方,顾朝林等(2008)运用了1995年来中国航空统计数据,从航空流视角分析了中国城市体系的结构和演变;宋伟(2008)等以距离平方和聚类法为辅助,借助优势流法,分析了我国中心城市所处的航空网络层级及整个网络层级变化等等。由此可以看出用航空网络来度量城市体系已经受到了广泛的关注并得到了积极的效果,我国的航空网络研究正日臻成熟起来。伴随着全球化的进程和我国改革开放的不断深入,我国与世界各国的联系将会越来越频繁与密切,对交通问题的研究将是比较前沿的课题。

(三) 城市信息网络

上世纪80年代以后,信息技术的极速发展引发了全球普遍的信息化浪潮。在全球形势下,互联网作为一种全新的信息传递方式得到了迅猛的发展。身为信息化主要载体的互联网,其普及不断冲击和改变着人类生活和社会经济系统,致使传统的城市功能和结构发生根本性的变革(刘卫东,2002)。信息化为城市开辟了更大区域范围内获取利益道路的同时也使得城市之间的合作和竞争从以往的区域范围拓展到全球,城市间的联系逐渐向网络形式发展。由于互联网的广泛联系从而缩减了网络空间中处于不同地段的城市区位差异。作为“网络的网络”的互联网,它所产生的虚拟空间,很大程度上重构了新的城市分布格局,城市网络尽在浮现之中。

互联网对城市体系产生影响的同时城市体系对互联网区位产业也起着举足轻重的作用,当依附于互联网的生产存在于不同城市时,全球性的信息网络便由此生成(汪明峰,2004)。基于互联网数据分析城市体系的空间特征我国尤以汪明峰、宁越敏为代表。2004年汪明峰,宁越敏基于互联网骨干网络拓扑结构,考察了架构于信息基础设施之上的中国城市体系格局,后又基于骨干网及网络带宽,运用网络分析方法对信息网的空间结构和节点可达性进行了研究分析(汪明峰、宁越敏,2006)。2007年基于对门户网站和杂志数据的整合和运用,将城市互联

网发展评价的指标体系进行了详细构建，并对284个样本城市的信息网外向性、发展水平和规模等级程度进行了归纳和分类（汪明峰、宁越敏，2007）。基于上述研究孙中伟等（2010）依据全球互联网地图，运用网络分析法，计算了城市节点可达性，并结合相关数据，划分了世界互联网城市等级。流动性是信息的基本特征之一，流动带来了共享，才使得信息效用得以最大程度的发挥。网络的飞速发展，传输载体的多样化，带来的不仅是信息传输速度、种类的提高，更有信息规模和流动范围的拓展，这些都导致了相关数据收集的局限性进一步加强，运用互联网流量来实证分析城市空间特征近几年发展相对缓慢，更为精确的实证数据有待进一步收集中。

第二节 城市网络形成的机理

城市网络是一个复合网络。Taylor（2004）认为城市网络的次节点层次（城市中的各种组织）是城市网络形成与发展的基础动力。随着信息技术的发展，城市内部经营管理活动和城市之间的协同、合作所产生的城市组织结构在空间上的分化和城市交易结构在空间上的分布最终导致了城市经营活动的空间组织，而多个城市经营活动在空间上的叠加与耦合则形成了复杂的城市网络。因此可以说信息技术的发展和城市空间组织的变化是城市网络形成的动力所在。

一、信息技术的发展

科学是第一生产力。技术的进步，使人类经历了农业、手工业和资本主义工商业时代，现在正进入信息时代。信息时代，给予了传统的空间结构以全新的内涵，新的发展模式拥有了新的基础，新的空间组合模式孕育而生（甄峰、曹小曙等，2004）。随着信息网络的广泛使用，信息时代的信息产业逐渐成为各产业的主导，信息产业的时效性要求其不断创新，从而才能经久不衰。这种创新表面上看是产业链条的转变，实质上更是空间组织的对应转化（甄峰、张敏等，2004）。信息技术的发展促进城市的发展，其与城市的发展呈现一种协同并进的趋势，在空间上表现为信息空间的扩展与城市空间延伸的复合（张弥，2007）。作为人类聚集地的城市，在不断进步的技术的推动下，出现了新的空间结构和职能特征。

传统的城市功能体现着一切城市的共性，区分的是城市和乡村间的界限，其

结构特征被土地和交通成本所约束，呈现以分区布局为特征的区位分布。然而进入信息社会以后，以往的不同区位城市的时滞性已经不再明显，城市之间不再局限于地理上的距离。网络同时性，使城市空间上的距离明显缩小，城市的区域职能、文化中心职能等得到强化，城市体系在信息网的影响下尽现网络格局（黄文波，2000）。置于网络中的城市显现出不同的职能特征如：全球性的信息控制中心、管理服务中心、加工交换中心等等。于冬等（2005）也持有类似的论断：在专业化分工加剧的信息时代，各城市间通过远程交流达成各项协作关系，城市组织形态虚拟化、网络化，城市体系空间结构集聚力变弱，城市可以打破地域限制发挥各种功能。

总之，作为一种时代趋势，网络化空间结构逐渐在信息时代的导向下组织起来（Castells, 1996）。一方面，在城市当地信息网的影响下城市内部要素之间存在频繁互动；另一方面，在高性能宽带信息网的影响下，城市与城市之间曾有的等级结构更趋于扁平化和网络化。互联网是一种“网络的网络”，由这种高效的信息技术支撑起的城市网络已在我们的视野当中（汪明峰，2004）。

二、企业空间组织的变化

企业空间组织是城市研究的前沿命题。企业空间组织的变化伴随着不断细化的专业化分工。企业是城市生产的主体，因而其空间组织的变化必然影响到城市空间组织（宁越敏，2011）。因此要研究企业空间组织的变化就要从分工入手。

交易和协作是分工产生的关键，分工的出现离不开广泛的交易和协作。由于交易和协作需要成本，而经济空间地理上的集聚可以大大降低成本。为了提高城市生产效率，使分工和专业化水平得到提高，城市在地理和空间上的集聚成为必然。成德宁（2004）将其中的循环演进关系表示为：第一个循环演进是：劳动分工深化→生产效率提高→经济增长→收入增加→城市化发展→交易效率提高→劳动分工进一步深化；第二个循环演进是：劳动分工深化→分工协作的需求增加→城市化发展→聚集经济效益→经济增长→促进资本积累和技术进步→劳动分工进一步加深。通过其中的循环演进关系可以更深刻的体会到企业空间组织的变化对城市乃至经济的积极作用。

张闯（2010）指出多区位企业组织对城市之间相互依赖关系的复杂性具有塑

造能力，这种塑造能力主要来自企业内部劳动分工和企业间的劳动分工。企业内分工导致企业组织结构的空间分化，随着企业内分工的加剧，企业组织的空间结构叠加复合而成城市间复杂的流通网络。企业间分工致使企业交易的空间组织趋于多变化和复杂化，企业内部组织结构在纵向与水平方向空间分化形成的组织网络与各层次上的企业间交易关系网络紧密交织从而构成复杂的城市间流通网络。

20世纪90年代后，受全球化和信息化的影响企业发展战略出现新变化，企业组织趋向于扁平化、网络化和虚拟化。企业界限也变的模糊，其中网络型的组织在当前较常见，它是指企业间的一种联盟方式，通过将具有不同经营优势的两个或多个企业组建成实体或虚拟企业（宁越敏、武前波，2011），多企业间通过相互之间的联系实现优势互补，互补的资源增进了企业的规模经济，激发新技术、新产业的诞生。总之，全球化和信息化带来社会分工的逐渐细化，提高了生产效率，城市之间的产业合作也日益增多，逐渐促成了城市网络的形成。

第三节 城市网络特征的测度指标

社会网络分析方法是一种定量分析方法，其依据是数学方法、图论等，近年来该方法在城市各领域中广泛应用并发挥了重要作用。要想对社会网络分析法恰当自如的运用，最根本的是了解社会网络分析方法中用到的测度指标。

一、网络整体特征指标

（一）网络规模

网络规模指网络中嵌入的全部行动者的数目，描述了网络中包含的节点总数，例如：如果要研究100个城市的“生产关系”，该网络的规模就是100。本文中具体指每年城市网络中包含的城市数量。一般情况下，网络整体的规模越大，网络内部结构就越复杂，对网络中个体的影响就会越大。

（二）网络密度

网络密度是对网络中的个体间联系分布的汇总，测量了联系分布与完备图的比例关系。假设网络中含有 n 个行动者，那么可能的关系总数为 $n(n-1)/2$ ，假如该网络中实际存在的关系数为 m ，则网络密度为 $m/(n(n-1)/2)$ 。本文具体指城市间现实存在的联系数与所有可能的联系数的比值，描述了城市与城市的紧密程

度。

(三) 联系强度

关联性是对于网络中节点联系强度的说明。如果一个群体的各种关系使该群体联系在一起,那么可以认为该群体具有关联性,它体现了网络是关联的、可达的。关联性可以通过关联度、效率来测量,关联度的测量公式为:

$$C=1- [v/(n(n-1)/2)] \quad (2-1)$$

其中 v 是不可达的点对数, n 为网络中的个体数目。效率计算公式为

$$E=1- (u/\max(u)) \quad (2-2)$$

其中 u 是多余线的条数, $\max(u)$ 是最大可能多余线的条数。

(四) 网络中心势

中心性是将权力进行量化的研究。它描述了个人或者组织在网络中拥有多大的权力或居于什么样的中心地位。中心性的研究包括点的中心度和图的中心势,其中图的中心势是对群体权力的量化分析,相应的指标有度中心势、介中心势和接近中心势。用公式表示分别为:

$$C_{RD}=\sum_{i=1}^n(C_{RDMAX}-C_{RDI})/(n-2) \quad (2-3)$$

$$C_{RB}=\sum_{i=1}^n(C_{RBMAX}-C_{RBI})/(n-1) \quad (2-4)$$

$$C_{RP}=[\sum_{i=1}^n(C_{RPMAX}-C_{RPI})(2n-3)]/[(n-1)(n-2)] \quad (2-5)$$

其中 C_{RDMAX} 、 C_{RD} 表示行动者的最大度中心度,图的度中心势, C_{RBMAX} 、 C_{RB} 表示行动者的最大介中心度,图的介中心势; C_{RPMAX} 、 C_{RP} 表示行动者的最大接近中心度,图的接近中心势。由于本文更关注城市整体网络的交往能力和对交往的控制因此选择了度中心势和介中心势这两个指标来研究。

(五) 子网络

子网络是指城市网络中相互之间联系相对更为紧密的城市集合。在整体网络中网络个体并非联系均衡,很多个体间关系更为紧密的联系形成一个个小群体,这些小群体可以通过社会网络分析中的 k -核加以识别。如果一个子网中的全部点都至少与该子网中的 k 个其他点邻接,则称这样的子网为 k -核,它要求任何点至少与 k 个点相连。

二、网络个体特征指标

(一) 点的中心度

点的中心度是对个体权力的量化分析，指标有度中心度，指与点 x 直接相连的其他点的数量，连接数越多度中心度越强；介中心度，指一个点处于网络中其他点的“中间”的程度大小；接近中心度，指点 x 与网络中除自身外的其他点的捷径距离的总和，公式表示如下：

$$C_{\text{RDI}}(x) = m / (n - 1) \quad (2-6)$$

$$C_{\text{RBI}}(x) = \sum_j^n \sum_k^n b_{jk}(i) / (n^2 - 3n + 2) \quad (2-7)$$

$$C_{\text{RPI}}(x) = (n - 1) / \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (2-8)$$

其中 C_{RDI} 表示行动者的度中心度， C_{RBI} 表示行动者的介中心度， C_{RPI} 表示行动者的接近中心度， $b_{jk}(i)$ 表示 i 处于点 j 和 k 之间的捷径上的概率， m 表示点 x 的度数。由于本文更关注城市节点在网络中的权力和中心地位，因此我们选择了度中心度、介中心度这两个指标来研究。

(二) 结构洞

结构洞是对两个关系人间的非重复关系的分析，在网络中充当缓冲器的作用。例如：A 和 B 都与 C 有关，但 A 和 B 之间没有任何关系，那么这里就相当于有一个“洞”，C 拥有的信息只能分别通知 A 和 B，A 或 B 拥有的信息也只能通过 C 才能传达给第三者，C 便是结构洞的占据者，在网络中拥有更有利的地位和优势。结构洞的计算比较复杂，按照 Burt 的结构洞指标要考虑四个方面：有效规模、效率、限制度和冗余度，其中限制度指标最重要。有效规模是指一个行动者的个体网规模减去网络的冗余度得到的非冗余因素。用公式表示为：

$$E = \sum_j (1 - \sum_q p_{iq} m_{jq}), \quad q \neq i, j \quad (2-9)$$

其中， j 代表与自我 i 相连的所有点， q 是除了 i 和 j 之外的每个第三者， p_{iq} 代表

行动者 i 投入 q 的关系所占比例， m_{jq} 是 j 到 q 的关系的边际强度。一个点的效率等于该点的有效规模与实际规模之比。限制度是指一个个体在自己的网络中具有的 control structure 的能力。Burt 认为自己的机会受到曾经自己投入的另外一个联系者 q 和 q 在多大程度上向联系者 j 投入的限制。用公式表示为：

$$C_{ij} = (p_{ij} + \sum_q p_{iq} m_{qj})^2 \quad (2-10)$$

其中 p_{ij} 指在 i 的所有关系中，投入 j 的关系所占的比重。当取遍所有的联络人 j 就可以得到 i 在网络中的总限制度。等级度指的是限制性在多大程度上集中在一个行为者身上，其计算公式为：

$$H = \sum_i \left(\frac{C_{ij}}{N} \right) \ln \left(\frac{C_{ij}}{N} \right) / N \ln N \quad (2-11)$$

其中 N 是点 i 的个体网规模， $\frac{C}{N}$ 是各个点的限制度的均值， $N \ln N$ 代表最可能的总和值。根据本文的需要，本文选取了限制度这一指标来测量结构洞。

第三章 城市网络影响科技创新的内在机制

第一节 城市对于科技创新的重要性

一、科技创新的重要作用

科技创新是第一生产力,纵观历史不难发现每一次生产力革命都伴随着一项伟大的发明,如:产业革命伴随着蒸汽机,电力革命伴随着电灯等等。假设没有创新,熊彼特(1934)认为经济只会处于他称为“循环流转”的均衡状态,经济的增长也仅仅是表现为数量上的变化,无论这一数量怎样积累,本质上并没有创造出兼备质的飞跃的“经济发展”。他在创新理论中指出企业是创新的主体,科技创新是经济增长的源泉。

首先,科技创新提高了企业自身核心竞争力(雷洪,2002)。改革开放以来,我国已经逐渐由“卖方市场”转变为“买方市场”,这意味着企业间的竞争将越来越激烈。任何企业都愿望立于不败之地,实现企业利润最大化,而且都在为实现超额利润而努力。科技创新是实现利润最大化,获取超额利润的有效途径。当企业掌握了某项科学技术,利用这一资源可以使企业生产效率有效提高,同时在与以往投入相同的情况下获得更多的产出,减少成本增加收益。不仅如此,在专利法的保护下企业相当于拥有了一项稀缺资源,由于资源的稀缺性可以使企业在某一方面处于垄断地位,这一优势促成了垄断价格,超额利润成为可能。为了尽可能实现利润最大化,获得超额利润这一目标,企业只能持续有效的进行创新。随着信息社会的不断进步,现阶段科技创新已经达到一个较高的水平,一项新发明的经济周期不断缩短,科技创新的作用也逐渐扩大,稀缺商品在社会总商品中的比重也逐年增加。在许多国家,科技创新已经成为驱动企业成功的法宝。

其次，科技创新缩短了经济周期。在市场经济运行中经济周期通常被划分为四个阶段：繁荣、衰退、萧条、复苏，任何一个阶段的缩短都将缩短整个经济周期。熊彼特（1939）基于“创新理论”提出的商业周期循环论认为：创新诱发模仿，模仿击溃垄断，引发大规模的各种投入，经济步入繁荣阶段。当创新扩散达到一定程度，此项创新成为大众化企业的共识，企业利润尤其是超额利润趋于消失，经济步入经济衰退阶段，即将迎来萧条时期。企业只待寻找下一个创新契机，获得经济复苏乃至更加繁荣—整个经济体系周期性的循环往复不断发展。1982年Fenn Kydland & Edward Prescott创立的真实经济周期理论认为经济波动的根源在于技术的冲击，而非凯恩斯所说的有效需求不足。赵志耘（2010）从专利角度，分别通过对美、日、韩三国“二战”后和当代两个时期科技创新与经济周期的关系分析得出经济周期每一轮复苏都伴随有科技创新的出现。实际上，当经济处于衰退期或萧条期科技创新有利于降低生产成本，节约资源，开发异类产品从而压低价格促进更大范围消费，激发经济复苏，缩减整个周期；当经济处于复苏和繁荣期科技创新不仅延续了衰退期对经济的促进作用，而且诱发制度创新并通过科技创新、制度创新和经济发展三者相互影响相互促进从而达到更高层次的经济协调持久发展。

再次，科技创新是经济健康发展的要求。随着经济全球化时代的到来，科技创新越来越大的影响着一国经济的发展。为了增大市场占有率，加强与别国间的贸易能力，最好的途径就是加强新产品的研发。经济早期阶段，发达国家拥有先进的设施、前沿的科技，因此在国际市场上处于主导地位，多数的发展中国家要想取得技术进步就必须对发达国家的技术进行模仿和学习，当发达国家意识到威胁时通过封闭创新扩散途径来制约发展中国家的发展进步。由于受制于他国，这些模仿学习的国家可能进入经济亚健康状态。要想打破这种困局最有效的方法就是基于先前的模仿学习经验努力进行自主创新，创造新的经济增长点使经济健康发展。近年来，党中央越来越意识到科技创新对于经济的重要性，党的第十六届五中全会明确提出，全面贯彻落实科学发展观，必须提高自主创新能力。强调要把提高自主创新能力作为科技发展的战略基点，作为推进结构调整和提高国家竞争力的中心环节。

二、科技创新的影响因素

科技创新是由创新主体和创新要素相互作用下呈现的一种复杂涌现现象。其中创新主体和创新要素涉及政府、企业、科研机构、高等院校、人才、资金、制度和环境等。因此影响科技创新的因素既影响创新主体和创新要素的因素，包括人力资源、资金投入、创新环境氛围、政策因素等。毋庸置疑研发人才投入和研发资金投入是影响科技创新产出的关键因素。

人才资源毫无疑问是科技创新的根本，是科技创新思想的源泉。一个合格的科技创新人才应当具备多方面的条件。首先，个人自身应当具备创新的特质，如：具有创新精神，思维活跃不拘泥于条框之间；具有良好的心理素质，不急功近利；具有较强的适应能力，习惯瞬息万变的科技海洋等等。只有当自身满足了科技创新的条件，才会利于产生科技创新的思维从而领导组织成员实施创新行为，推动创新的形成。其次，接受较高层次的学习或培训掌握更多的信息和知识。高等院校和科研机构是人才的培养地，科研人员除了自身具有创新的特质外接受正规的高层次学习培训也是自我提升的重要环节。通过学习培训，具有潜力的高科技人才能够了解多方面的知识，增加知识储备量将自身潜力发挥到极致。白俊红等（2009）以我国30个省级区域为研究对象，运用DEA-Tobit两步法进行分析，结果发现区域中劳动者素质越高，区域创新绩效越高。当科技人才各方面都满足条件时，基于丰富的信息量，优质的信息质量，通过对市场需求清晰明确的认识使创新达到价值和用途最大化。

资金投入是影响科技创新的又一重要因素，是创新形成的催化剂。科技创新的资金投入大体来源于政府资金、银行贷款、企业自筹资金。无论资金是来自哪方面，资金雄厚代表了创新实力，意味着可以从规模、强度、效率等方面加强创新能力，从而达到优化创新决策、增加创新效益的目的。对于制造业Jaime & Pilar（2009）探讨了资金投入对业内采用新技术的影响，证明了研发企业投入的资金越多，越有可能采用新的工艺技术。在高技术产业领域史丹、李晓斌（2004）指出产业的发展伴随着研发经费的逐年增加，且无论发达国家还是发展中国家此项经费在工业增加值中占有相当高的比例。当然资金投入不能作为单一的投入要素影响科技创新，其中应当包含上述论及的人才资源。余秀江等（2010）基于SVAR模型实证分析得出：研发人员每有1个百分点的增加，科技创新产出增加4.13个

百分点；研发投入每有1个百分点的增加，科技创新产出增加2.71个百分点。与此同时刘伟(2010)基于面板数据模型对16个高技术行业做了影响因素分析，结果表明研发人员和研发经费的投入都能不同程度的促进高技术产业创新力的提高。

除上述因素外，企业文化、政策因素也是影响科技创新的重要因素。谭乐(2005)基于AHP方法对影响创新的因素排序发现：在所有影响组织创新的因素中文化的开放程度对创新的影响权重最大，由此可见创新本身需要开放，勇于面对新挑战和新事物。张会云等(2003)对影响创新的外部因素做了模糊聚类分析，研究发现政策因素对创新影响最强。

科技创新的出现，势必引发创新扩散。创新扩散是创新在一段时间内借助于特定渠道达到的在组织成员间的传播(Rogers, 1962)可见创新扩散包含四个关键元素：创新主体、中介渠道、时间、社会系统。由于创新本身对经济和生产的作用存在局限性，创新产品只有通过企业组织或个人的采用，在整个系统中扩散并由此使采用者受益才算成功，因此下面大致对影响创新扩散的关键因素加以分析。对于创新主体的影响前面已经大致提及，下面就环境因素加以分析。

环境因素实际是影响创新扩散的外部因素，其中包含了市场因素、中介因素等。市场因素分为三个方面：市场需求、市场结构和市场竞争。市场需求是创新扩散的引导，促进企业创新的同时为创新扩散指明了方向。企业根据消费者的偏好进行产业调整以满足市场需求，这种需求诱发企业的持续创新。当市场需求未被完全满足时创新扩散仍有机会，企业通过模仿或学习加速创新扩散，赢得超额利润。市场结构分为完全竞争市场、垄断竞争市场和完全垄断市场。可想而知完全竞争市场企业有机会学习和模仿新技术，因为有利可图企业都希望尽快掌握新技术从而赚取超额利润，这样一来加快了创新扩散的速度。当一项新技术被大部分企业掌握时，未采用新技术的企业承受较大的市场压力迫使他们加快模仿，使创新更快更广的扩散。对于垄断竞争市场和完全垄断市场，新技术对于垄断者来说更有创新和开发价值，超额利润越多越有利于投入更多的资金到新技术的研发，通过专利申请、商标注册等阻止创新扩散的发生。市场竞争无疑是创新及其扩散的动力，市场竞争越激烈，企业越有被替代的威胁，为了避免遭遇窘境，企业只能寻找机会模仿新技术。同时，为了处于竞争优势地位企业时刻准备着自主创新，这样创新扩散加快的同时创新频率也不断增大。中介因素是连接创新者和

采用者的桥梁，“桥”断了扩散不可能形成，“桥”多了扩散更加畅通。当然中介的作用不仅仅是传递创新的信息，在传递信息的同时还可以促成创新集群的生成。比如：将大学、科研机构、企业等粘连在一起节约了创新成本加快了创新及其扩散的效率。

当然对于创新的影响因素远不止这些，由于创新本身是一个开放的巨系统，影响创新的因素也是非常复杂多变的。

三、城市在科技创新中的作用

城市作为一个独立的单元，在提升科技创新方面发挥着举足轻重的作用，无论为科技创新的产生还是创新的扩散都提供了优质的平台和环境。雅各布斯认为多样性是城市的天性，城市是创新的源泉（Feldman，1999）。

（一）城市激发技术创新的内在机制

人力资本是科技创新的前提和基础，之所以这样说是因为人类的思想创新是一切创新的前提，人力资本通常通过受教育程度来表达。城市聚居着大量的劳动力，拥有着优于乡村的教育、培训机构。城市人力资本的受教育机会及教育设施使得城市环境更有利于人们学习新知识、拓展自身技能，达到思想上的突破与创新。通过对人力资源的培养教育，使得城市中包含了大量的不同领域的高科技人才，这便为科技创新的产生提供条件，同时也为科技创新的多样性奠定了基础。李学鑫（2011）指出城市具有更好的企业家精神氛围和居住环境，多样性的经济环境更有利于创新。

城市资金储备量是科技创新的催化力。相对于乡村而言城市有着乡村无法匹及的企业量，企业在城市的大量聚集无疑使城市拥有更多的资金储备。企业通过贷款、自筹资金加大资金持有量就可以雇佣更高端的人才，配备更高端的科技创新设施，组织专门的研发部门使自己具备科技创新的实力。资金投入越多科技创新的机会就越多，成功的机会就会越大，对企业的吸引就会越强。可见资金投入使得创新不再是一个想法，而变为可以实施的行为。鉴于此，大量科技创新在拥有大量资金的城市产生也是必然。

对科技创新的需求是引发创新的动力。首先，人类是生活在城市的个体，实际上一切的发明创造都是围绕着人类的需求而展开的。人们对交通有一定的需求

因此城市产生了公路、铁路、飞机；由于人类出行越来越讲求高效，因此便有了动车、高铁、地铁等更快速的交通工具；某些时候为了代替面对面的交流，节约出行成本，手机、互联网等也由此产生。其次，企业是组成城市的组织形式，一个企业要取得不断的发展，赢得更多的利益就不得不考虑不断的推陈出新，因此对科技创新产生了相应的需求。面对供不应求的经济形势，城市发挥了其作为专业性和多样性的优势，使得科技创新不再是一个思想，而是变成可以付诸于实际的行动。

城市聚集经济是科技创新的推力。雅各布斯曾指出要实现科技创新必须要有更大的聚集经济。大量研究表明，大城市具有高于同样规模专业化城市的聚集经济。聚集经济不仅蕴含了城市人口和产业规模的增大，而且还蕴含着范围的扩大。城市规模和范围变大，使得城市科技创新投入增多，城市彼此间的信息和知识流动成为各创新主体间的关系连接，信息的多方流动使资金和人才在各城市间高效的配置，增加了创新的效率，加快了创新网络的形成；城市间的互动有助于创新主体间的交流，降低交易费用，实现资源互补，推动知识共享及互动，带来城市间的协同效应，激发技术创新的产生。

（二）城市丰富创新扩散的途径和模式

城市中充斥着宣传、广告、发布会等，来自不同地域的创新主体在发生交互时会产生学习效应，确保了创新有效扩散，所以城市间的关系链既是创新扩散的通道，又是创新在扩散过程中实现增值的价值链；城市间大部分是通过城市基础设施如：交通、网络等进行联系，因此基础设施的类别及完备性决定了创新扩散在城市中知识信息的传递时间、效率，进而对城市的创新扩散产生不同影响。城市多方面的优势为科技创新的产生和扩散提供了条件，科技创新生成的同时也加速了城市化的进程，加强了城市间的联系，进一步为科技创新的发展奠定了基础。近几年城市体系结构不断发生变化使得创新在城市之间的扩散不再呈现出由大城市到中小城市的单向、等级扩散模式，一些专业化的中小城市也极容易向大城市反向扩散，而呈现出更为复杂的网络拓扑型扩散模式。

第二节 城市网络影响科技创新的机制

城市网络对科技创新的影响实际上是通过影响创新主体和创新环境等因素

间接影响科技创新产出的，具体体现在四个方面：丰富了创新资源、提供了创新机会、诱发了创新希望和施以创新压力（陈学光，2007），其具有的网络特性能够加速创新的产生和传播。

一、城市网络影响创新的结构优势

城市网络结构客观的存在，为城市中的组织机构获得外部创新知识和知识扩散提供了通道，组织间经由这些通道建立了彼此的交流与联系形成了协作网络。网络结构越密集，整个网络中的通道就会越多，网络内部信息传输力越强。网络中的个体交流与合作越多，城市在不断的协作中增强彼此信任，形成长期的合作关系建立了 Granovetter（1973）所谓的“强联结”，在强联接的发展过程中高质量的信息和隐性知识有效转移，城市间通过信息共享，使得自身信息容量增大有益于城市的利用性学习，为城市解决问题、进行创新及取得辉煌业绩创造了条件。

城市与其他城市的连接分为直接联系和间接联系，当城市与其他多个城市间的联系都是经由一定的中介城市时，城市将在整个结构中处于比较被动的地位，其资源和信息的获取受到某些方面的限制从而影响其创新的能力，反之城市直接联系的其他城市数量越多，建立的非冗余关系越多即外部“弱联结”越多，越有利于搜索新颖知识获取异质性的资源，增强其在整个网络结构中的主导地位，这有益于城市的探索性学习，从而使得城市进行突破创新。

二、城市网络影响创新的资源优势

基于资源观的理论认为，城市网络本身也是一种资源，可以当作一种资本，即城市的社会资本。网络类似于一种无形资源，自身具有无限的价值与能力，能为城市带来差异性回报。网络结构确保了知识的流动，尤其是促进隐性知识流动的有效方式（Kash，1999），其对内部的资源要素进行资源整合，能为嵌入其中的城市提供利益并创造新价值。城市间的联结是非均衡的，某些联结的特定性是城市获得竞争优势的关键资源，这些关键资源很可能越过城市边界，在城市间的交往中得以体现。Gulati(1999b)将网络资源定义为一种不能模仿的资源，由组织间纵横交错的联系而成。城市网络这些资源有效的减小了城市间的机会主义行

为，促成它们行为的一致性从而益于相互的利用性学习，增加创新绩效。

就整体体系而言，网络的相互连通度、主体间的合作关系的形成必然会使创新资源再分配，再分配的过程必然带动生产过程的调整，这就会促使生产效益得到优化，整体创新顺势而生；就参与的个体而言，城市间通过构建多向的外部网络，可以借助有效的外部资源“唤醒”自身的冗余资源，激发潜在的有效资源，增大其资源利用效率，从而打破城市资源的边界限制，扩大城市资源基础，通过利用性学习和探索性学习持续创新。

三、城市网络影响创新的成本优势

Kraekhardt (1998)认为城市间建立的协作网络关系从某种程度上降低了城市的创新难度，分散了创新风险，节约了创新成本，提高了城市中组织机构对创新期望收益的预期。Shan, walker 和 kogut(1994)指出城市在网络中所建立的协作关系的数量能够正向促进城市的科技创新。同时，城市间知识的共享降低了科技创新信息的搜寻成本，变相增加了城市中组织的盈利额，这些都在某种程度上诱发了企业潜在的创新欲，对科技创新的实现具有很大的帮助。而且，通过创新伙伴间的互动，可以增加彼此的知识存量，促进个体对所获知识的整合能力，增强对市场动态的敏感程度及洞察力，建立创新的信心和意图。网络主体创新意图、知识整合能力均有助于创新绩效的提升(吉峰、周敏，2006)。

我国学者赵良杰等(2012)运用共生演化模型分析了网络与创新扩散的关系，得出的结论表明网络结构中个体间的连线成本与创新扩散存在负相关关系，密集网络个体间的联系较稀疏网络个体间的联系而言更多，连线成本相对较低，有利于创新的扩散。而城市网络现在正处于密集网络阶段，因此其网络结构在节约了个体成本的基础上不断促成创新并影响着创新扩散的速度和效率。

实质上城市网络的结构优势、资源优势和成本优势都是相辅相成互相渗透的。网络结构优势为资源的流动开辟了通道、创造了捷径，当资源越来越多的在城市网络中流动时势必将为整个网络成就获取资源的优势，这两大优势又会减少城市间连线的成本使得整个网络的连线低成本化。由于成本较低，网络中的个体更加偏向于建立相互间的互助合作关系，这一特点又反过来作用于整个网络结构和资源。最终城市网络的这三大优势通过各个渠道对创新环境、创新资源和创新

成本产生影响并最终影响创新的产生及扩散。

第三节 城市网络特征影响科技创新

一、城市网络整体特征影响科技创新能力

创新能力的提高很大程度上依赖于网络中多主体之间相互作用的学习过程，在主体间基于信息机制的社会网络支撑下，具有默会性、独特性、无形性、复杂性以及路径依赖性等特征的知识传播、共享将是决定创新绩效的关键。城市网络的密度和集聚系数影响创新主体获取创新资源的机会，节点的中心性和度分布影响创新主体获取信息的内容和质量，制约着城市科技创新的潜力。

（一）网络密度与城市科技创新能力。网络密度是对网络内实质存在的联系数量占到可能的总联系数量的比例描述。网络密度越大说明实际联系数越多，意味着城市间联系更加紧密，网络对节点城市乃至城市里的各个单元的思想、行为容易产生更大的影响，从而可以影响科技创新及创新扩散的效率。当网络密度达到1时说明网络已经完备，一个城市的信息可以在最短的时间内扩散到全国变为一国的共识。

一般认为网络密度越大网络中行动者的直接联系就越多，从而有利于创新成本的减少和创新风险的降低，同时由于联系的增加从而增多了互补性知识的通道，有利于创新的探索和扩展。科尔曼(Coleman, 1990)认为，密集网络更能够产生大量的城市间关系，加快城市间信息和资源地相互交流；密集网络更容易增强彼此信任程度，实现信息共享，建立统一准则，达到个体间行为模式的一致性，这些都将很好的动员网络资源。Oliver (1996) 也认为，高密度网络中的成员对行为预期更容易产生一致性，这有利于网络规范的顺利形成和实施。基于拓扑学视角，王长峰(2010)认为高密度网络缩减了资源传递的平均路径，减少了传递时间，加快了资源的流动，有利于创新知识和成果的迅速传播。相当于说，如果城市网络密度增大，网络内部行动者的行为规范更容易保持一致，那么网络中的城市就能够通过进一步开展分工协作来加速网络资源的快速传播和相互共享。另外，在密集网络中，城市与城市间的组织机构之间的联系更为紧密，更有利于协作研发和创新。

(二) 网络联系强度与城市科技创新能力。网络联系强度是对参与者联系密切程度及网络内部资源对关系承诺水平进行的描述。Granovetter(1973)将网络关系区分为强联结和弱联结,而对于强弱联结与城市科技创新能力之间的关系存在两派观点。

强联结指当事人之间较多情感投入,彼此来往频繁互惠交换,相互信任、亲密无间所形成的联系,反之为弱关系。一些学者认为,良好地互惠关系能促进城市间知识共享的培育,规范合作城市的行为,使城市能够快速识别市场的细微变化。强联结使城市间建立资源共享的态度、主张和信念(Simsek et al, 2003),这种联系引发经常性交流,在交流过程中彼此之间容易形成亲密的感情更容易分享知识,如此能够提高网络内部知识和信息的进一步沟通,加大交换的价值。Gulati (1995a)也持有类似的观点,他认为强联系更具优势,因为成员间交往频繁,会更加亲密无间,从而建立对彼此的信任,能够产生更强烈的彼此支持。知识在成员间的转移尤其是隐性知识的转移更需要行动者频繁大量的交叉互动,增强彼此的信任程度,而广泛互动、关系密切正是强联结本身就固有的特点,因此强联结的城市之间知识更容易穿过组织边界,知识的高效转移进而会促进城市创新能力提高。Uzzi(1997)指出,在做出反应协助网络内部成员获取外部机会、解决威胁等方面,强联结较弱联结而言更具优势,更易建立信任和共同解决问题等机制。而以Burt和Granovetter为代表的学派则提出了著名的“弱联结”观点,他们认为通过强联结所取得的信息大多是重复的、类似的,较少有新创新的机遇,新信息产生也比较困难,而弱联结意味着与各种不同的城市接触,增大了知识的种类和范围,因此所提供的信息更加丰富新颖;强联结具有较强的互惠性和信任度,要求城市花费更多的时间和成本来维持这种关系,影响企业自身的创新,而弱联结互惠性和信任度低更强调市场化交易原则,更利于异质信息的搜集,就此而言,更利于突破性创新的产生。

(三) 网络中心性与城市科技创新能力。网络中心性衡量了嵌入网络中的城市的重要性,是对网络中“线”的分布的说明,刻画了城市在网络中的位置情况。它表示了城市对网络中信息的总体控制程度的可能性(王长峰, 2010)。

Wellman(1983)指出网络成员居于网络的中心能够更好的联结其他网络成员,更容易得到他们的支持。彭新敏(2012)证实了较高的网络中心位置能够提

高企业信息容量和信息丰裕性,有利于企业间的协调和中心企业对其他企业的控制。处于网络核心地位的城市对资源具有相对控制利益,有着优于边缘城市的信息获取渠道,并可以利用这些渠道将资源进行传递扩散(Burt, 1992)。现实当中,处于网络中心位置的城市经常协调网络内其他城市间的矛盾与冲突,当需要技术建议或支持时,相关城市往往希望处于网络中心位置的城市提供知识或经验。

如果某个行动者居于网络的核心位置,就会引发其他行动者产生与之建立联系的欲望,并将此付诸行动。在这样的情况下,中心城市拥有更多的机会与网络内部其他成员建立广泛的合作关系,通过交流互助增强自身的创新优势,如培养先进人才、研发尖端技术、节约创新成本等。这样中心度高的城市基于创新优势的基础,更有实力进行多方的创新扩散。从知识和信息传播的角度看,丰富、复杂的信息环境更容易激发创新行为,而位于核心位置的大城市就拥有如此的机会和获取知识与信息的能力,更利于进行各方面的创新和知识流动。

网络的中心性水平除了说明网络中个体的地位外还暗含了网络中“线”的分布情况,这些“线”的连接潜在改变着网络内部知识流动和创新扩散的路径和方向。处于较高地位的大城市拥有的“线”连接较那些小城市更密集,因此对于创新的学习和模仿更具优势。在城市网络内部,大量中小型城市极力创造机会与居于中心的大城市发生联系、进行合作,这种合作本身也是一种学习的过程。因此,这些位于网络中心的大城市为了保持本身已有的信息资源控制利益,更加倾向于向子网外部的城市学习,倾向于自主创造和使用新的技术。

二、城市网络个体特征影响科技创新能力

上述网络整体特征与科技创新的分析使我们对城市网络整体结构特征对科技创新的影响有了总体性的把握,然而由于主要关注的是整体,并未就网络个体结构的各种特征对科技创新的影响进行分析。下面就个体结构特征对科技创新的影响做进一步的分析。

(一) 节点度数与创新能力。节点度数是指网络中与该节点连接的各类节点的总数,反映了该节点在网络中的重要程度。在城市网络中,与该城市节点直接连接的节点便为节点度数。一个城市拥有较高的节点度数,说明该城市与其他城

市保持着密切的联系,意味着该城市有更多机会与其他城市进行技术与知识的交流,可以更加方便地向本地龙头企业、大学、中介机构学习,进而可以更好地促进创新活动,提高城市的创新能力和知识流动能力(邵云飞等,2009)。节点度数越高,说明该节点的中心性程度越高,较高的中心性提高了城市信息的多元化,这又不可避免地对创新活动产生影响。Ben Shaw-Ching Liu 就指出,中心性较高的节点具有较高的创新潜力,更容易获取孕育创新的有用信息和资源,更可能去进行创新而不是模仿,创新绩效会更高。

城市网络丰富了知识和信息的扩散途径,并以此促进创新的再次产生和无限循环。一个城市的节点度数越大,说明与它有直接联系的节点数越多,城市越居于网络的中心位置。居于中心位置的城市更容易获取所需的战略资源,更有利于信息的多方搜索,结合自身拥有的高地位从而增强了科技创新的可能性。从权力角度来说,与之连接的节点数越多,说明该城市在网络中的权力越大,获取知识和信息的能力越强,越利于从比自己实力水平高的城市获取尖端的创新技术和经验,取其精华之处进行模仿和学习,并通过吸收、消化、改进纳为己用从而促进自身的创新水平。

(二) 节点中介性与创新能力。在网络中如果一个行动者处于众多交往路径上,那么他具有控制其他行动者交往的能力,可以认为此行动者处于重要地位。居于这种地位的行动者可以通过控制或曲解信息的传递而影响整个网路(Freeman, 1979)。一个行动者在网络中的中介中心度越高,说明该节点在网络中的位置越特殊,其在网络中就越处于一个战略优势地位,创新成果和信息等资源要通过该节点进行传播。如果该节点被删除势必对网络中的资源传递产生影响。

按照 Freeman 的观点,如果一个节点处于多个节点对的最短路径上,它的中介性很高,节点度却很低。在城市网络中,城市的中介性反映的是该城市充当其他城市交流媒介的能力。一般认为,一个城市的中介性程度越高,该城市科技创新能力就越强。首先,一个城市在网络中中介性越强,拥有的连接越多,所获得的信息量就越大,与自身的互补性越强,增加了自身信息的多元化,有利于创新范围的扩展和延伸;一个节点在网络中中介性越强,创造的最短路径就越多,时效性越强,缩短了知识和信息的传播时间有利于创新思想的交流和加深;一个节

点在网络中中介性越强，其网络影响力越大，拥有对信息和创新成果扩散的控制力越强；一个节点在网络中中介性越强，反映在城市网络中的知识流动和创新扩散来说，创新扩散效果更好，知识流动质量也会更高。

（三）结构洞与创新能力。结构洞是指两个连接之间的非冗余关系，结构洞对于新观念的获取具有重要意义。Burt(1992)“结构洞理论”认为结构洞提供了两个城市间的唯一通道，连接被结构洞分离的两个城市有利于获取新颖的信息。

城市内人的观念或行为要比城市外人的观念或行为更具有同质性，因此通过城市以外的人可以建立结构洞。在城市网络中，科技创新往往是通过城市外的人或事获得灵感。城市拥有的结构洞越多，城市受限制程度就越低，在整个城市网络中就处于控制领导地位，因此城市获取的异质性信息、知识等创新资源也越多，创新性能力就越强。与一般城市相比，拥有更多结构洞的城市有一种作为信息中介的天然优势，这些城市很少受到其他城市资源或信息等的限制，更容易获取有效信息和知识，能够使它因独有的控制权获得更多的收益，因此说拥有更多结构洞的城市更具有竞争优势（Burt，1998）。城市占据着信息传播和创新成果扩散的主导地位，在创新扩散和知识流动过程中的地位就越高，创新能力越强。同时如果拥有结构洞多的某个或某些城市恰好又是其他两个城市的“桥梁”，那么整个网络中信息、知识流动就会明显增加，从而促进创新的生成及其扩散。

第四章 城市网络影响科技创新的实证分析

第一节 数据来源及处理说明

一、测量方法、数据来源

对于城市网络实证研究中的测量方法有许多不同的观点，主要包括两大类：企业组织方法和城市基础设施法。其中城市基础设施法又分为以城市电信设施为基础的数据分析和以城市交通设施为基础的数据分析。前者主要采用互联网相关数据来反映城市之间的关系；后者主要采用航空客流来反映城市之间的关系。

企业组织的采用者认为企业总部与分支机构之间及分支机构与分支机构之间的联系可以推演出城市之间的关系。但是，跨国或跨区公司实际上更大程度的代表了城市网络的垂直结构，要克服这种缺陷，就要考虑更多的加入企业间的水平关系，这种关系更能代表城市间的互动（张闯，2010）。然而企业水平关系数据的获取操作难度极大且要花费大量的调研成本，因此本文不采用此种方法。城市之间互联网流量是体现城市联系的很好的指标，然而数据的获取几乎是不可能的，因此大部采用此种方法的学者运用互联网宽带加以代替。严格意义上，这类数据的属性并非城市间“关系”数据，更多的代表城市的“属性”特征，相对于其他方法，这种方法应用很少（张闯，2010）。权衡各个测量方法，本研究最终采用航空流来反映城市之间的关系，数据来自《从统计看民航》（历年）。选择此测量方法的原因有以下几点：第一，航空旅客运输是区域间社会交流的重要载体，航空流的节点性在一定程度上与企业商物流存在关联；第二，航空客流能够直接

反映城市之间的交易流和连通度，是国家城市体系结构与分布格局的直观反映；第三，航空客流代表着一种与较高经济发展水平相关的高层次的空间联系，从一个独特的视角反映我国城市体系结构的变化；第四，航空网及其相关的基础设施是城市互动最可见的证明；第五，数据的可获性。

二、处理说明

UCINET 软件是社会网络分析中一种比较综合的软件，本文正是运用此软件对航空客流数据进行了分析。由于《从统计看民航》中关于各城市之间的航空客流数据并未一一列举，只是列数了客流量在 5 万人以上的城市，因此本文只能统计所列城市间的关系连接，并且坚信客流量 5 万人以上的这些城市间的交流并非是单向的，也就是说这 5 万以上的客流量是两个城市双向流动的加总。那么首先要做的是将原有的统计数据作对称化处理从而保证流动的双向性。接下来由于 UCINET 软件中大量分析要求数据的“二值化”，即有航空客流的的城市被赋值“1”，无航空客流的的城市赋值“0”，我们运用软件将数据做了“二值化”处理以便于后面的软件分析。

第二节 城市网络特征测度

一、城市网络整体特征测度

（一）整体网的规模

整体网的规模是指城市网络中所包含的全部城市的数量。表 4-1 从纵向视角表示了历年城市网络中包含的节点数和变化趋势。从表 4-1 得知，城市网络节点规模由 2002 年的 64 个增长到 2010 的 131 个，增长比例达到 104.7% 之高，覆盖比例在 2010 年也接近 50%，可见我国航空运输网络发展飞速，覆盖的城市越来越广。不仅如此，从表中很明显的看出在 2002~2010 年间网络规模一直保持上升趋势，每年都有不同程度的增长，更多的城市被纳入到网络中，城市网络对内部行动者的影响将会增大同时城市网络中的行动者相互间影响的可能性变大，而且影响也更加复杂。

表 4-1 各年份网络中城市数量及其对全国城市覆盖比率一览表

年份	2002	2004	2006	2008	2010
城市数量	64	84	92	101	131
覆盖比率	22.3	29.3	32.1	35.2	45.6

注：覆盖比率的计算以2010年地级以上城市数量为基数。(2010年地级以上城市数为287)

(二) 整体网的密度

整体网的密度代表了网络的内聚性，密度的大小说明了该网络对其中行动者的行为、态度等产生影响的大小。一般认为联系紧密的整体网为其中的行动者提供了各种资源的同时也给他们带来了更多的限制。为了更好的解析 2002 到 2010 年间城市网络的变化，下面采用绝对密度和相对密度两个指标来进行说明。网络密度计算公式为 $m/(n(n-1)/2)$ ，绝对网络密度和相对网络密度的区别在于分母的变化。绝对网络密度给予每一年相同的 n ，因此各年度网络密度的大小变化由 m 来决定，进行的比较是纵向时间维度比较。而在相对网络密度中， n 是指去掉孤立点后实际的城市数量，每年的 n 是不同的数值，因此相对密度的变化是由分子和分母共同掌控的。由表 4-2 可以看出，2002~2010 年间绝对密度呈现上升趋势，网络密度值从 2002 年的 0.026 增长到 2010 年的 0.0608，说明城市间实际联系逐年增加，城市间的交流更加密切和频繁。然而通过相对密度值不难发现，相对网络密度从 2002 年的 0.1434 下降到 2010 年的 0.0797，尽管 2006 年有所回升但 2008 年后仍大幅下降，这意味着城市间实际联系 m 的增加量远小于城市网络中节点 n 的增加，结果导致可能关系总量 $n(n-1)/2$ 的大幅增加，内聚性不断减弱，整体网络联系欠紧密，但是这样也为个体的发展提供了广泛的空间和极少的限制。当然，我国需要加强城市之间的实际联系，以保证网络为其中的个体提供更丰富的社会资源。

表 4-2 各年度城市网络密度

年份	2002	2004	2006	2008	2010
绝对密度	0.0260	0.0334	0.0406	0.0480	0.0608
相对密度	0.1434	0.1070	0.1085	0.1059	0.0797

(三) 整体网的联系强度

整体网的联系强度通常称之为“关联性”，城市关联性是指城市间的相互关系把城市结合在一起的程度。关联性更多的决定于关系的模式而非关系的密度，

如果密度只是通过某个或某几个核心点的努力而增加的,那么对于相同规模的两个网络来说,密度大的网络对核心点依赖更大,导致更多的不稳定性。对于关联性的测量本文采用了关联性和效率这两个维度。一般认为,关联度低的网络权利和信息集中,易受到个别点的影响,属于分派结构,而且网络中的行动者处于不平等的关系中;关联度强的网络权利和信息分散,不易受到个别点的影响,属于均匀结构,而且网络中的行动者处于平等的关系中。从表 3-3 可以清晰看到,几年间城市网络关联性由 2002 年的 0.1861 增加到 2010 年的 0.762, 上升明显,尤其是 2006 年以后上升幅度大幅增加。这说明我国城市网络逐渐从权利、信息集中到权利、信息分散,网络结构更加扁平化和均匀化,网络不再依赖某个或某几个核心城市,而是使网络内部的行动者保持更加平等的关系。从图的效率值分析知:各年度效率值稳中有升,说明城市之间的联系更加频繁,许多原本没有联系的城市加入到城市网络后加强了彼此的协同和合作。

表 4-3 各年度城市网络联系强度

年份	2002	2004	2006	2008	2010
关联度	0.1861	0.3045	0.3746	0.4519	0.7620
图的效率	0.8879	0.9124	0.9114	0.9119	0.9345

(四) 整体网的中心势

中心势刻画了一个网络所具有的中心趋势,表现了整个网络向某个或某些点的集中程度。度中心势指整个网络围绕着那些点度中心性高的城市而被组织的程度,介中心势是指整个网络围绕着那些中间中心性高的城市而被组织的程度。由表 4-4 可以看出,从 2002~2010 年的度中心势和介中心势具有相近的变化趋势,2002~2006 年保持下降趋势,2006 年以后出现了上升趋势。这表明 2006 年之前城市网络整体结构围绕着核心城市和中介城市集中的程度下降,这两类城市在网络中的总体地位趋于下降,然而在 2006 年以后这两类城市的地位明显上升,而且最终都超出了 2006 年前的最佳水平。通过比较还可以明显的发现 $C_{RDmin}=0.4957 > C_{RBmax}=0.4077$, 这说明了网络结构主要向着具有核心地位的城市集中,而向着中介城市的集中趋势不及核心城市。但是所有的变化也让我们明白在城市网络中核心城市仍然占据着重要地位,但是中介城市正以更快的增长速度宣告他们的地位在网络中也不容小觑。

表 4-4 各年度网络中心势指数

年份	2002	2004	2006	2008	2010
度数中心势	0.5730	0.5070	0.4957	0.5755	0.6455
中间中心势	0.26	0.2347	0.2166	0.3115	0.4077

(五) 整体网络图

前面部分运用了各种指标来测量城市网络,为了更直观的看到城市网络的变化,下面利用 UCINET 软件绘制了城市网络图(参考图 4-1 至 4-5)。对每年的城市间网络图进行观察对比可以得出:

1、网络中融入了更多的城市节点,网络密度增大明显。从 2002 年至 2006 年整体网络图中明显可见网络中“点”数增加明显,“线”的交织更加密切,整个网络逐渐混为一体不再有明显的分割格局。

2、核心城市每年都有不同程度的增加,而且与周围城市的联系更多更广。表 4-5 更具体的展示了网络核心城市的变化,从表中更直观的看到 2002 年最大 K 值只有 10,而 2010 年这一数目已经增长到了 18。与此同时,位于核心层大城市数量也由 2002 年的 20 个增长到了 2010 年的 30 个。不难得出:城市网络中核心城市不仅从数目上增加较快而且对外联系也更加频繁,这也在城市网络图中有所体现。

3、网络以核心城市为中心逐渐向外围扩展。网络外围的密度逐年增加,在 2010 年变化已经相当可观,但网络外围密度仍明显小于核心层。图 4-1 至 4-5 分别向展示了不同年份网络的情况,从图中明显看出网络外围“线”的密度小于中心区域,尤其是在 2002 年网络外围“线”相当稀疏,近几年有所改善但是大体趋势仍没有较大变化。加强外围城市的建设促进其与核心城市和其他外围城市的联系是城市发展的一大重要部分。

表 4-5 核心子网构成识别一览表

年份	最大 K 值	城市									数量
2002	10	北京	上海	重庆	南京	杭州	温州	福州	厦门	济南	20
		青岛	武汉	长沙	广州	深圳	桂林	海口	成都	贵阳	
		昆明	西安								
2004	12	北京	上海	重庆	沈阳	南京	杭州	温州	厦门	济南	20
		青岛	武汉	长沙	广州	深圳	桂林	海口	成都	贵阳	
		昆明	西安								

2006	14	北京 上海 重庆 太原 沈阳 南京 杭州 福州 厦门 济南 青岛 郑州 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 成都 贵阳 昆明 西安	22
2008	16	北京 上海 天津 重庆 太原 沈阳 南京 杭州 福州 厦门 济南 青岛 郑州 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 三亚 成都 贵阳 昆明 西安	24
2010	18	北京 上海 天津 重庆 太原 沈阳 大连 哈尔滨 南京 杭州 温州合肥 福州 厦门 南昌 济南 青岛 郑州 武 汉 长沙 广州 深圳 南宁 桂林 海口 三亚 成都 贵阳 昆明 西安	30

注：K 表示表中的城市至少与相应的 K 个城市相连，具体涵义将在下面介绍到。

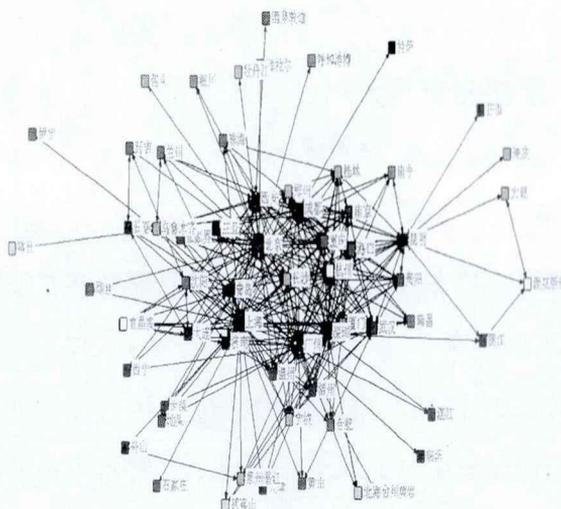


图 4-1 2002 年中国城市间网络图

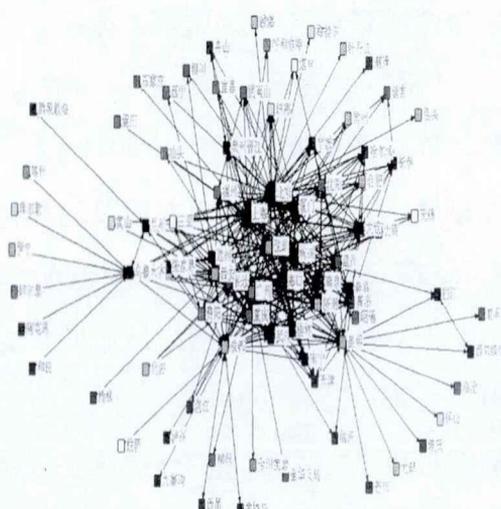


图 4-2 2004 年中国城市间网络图

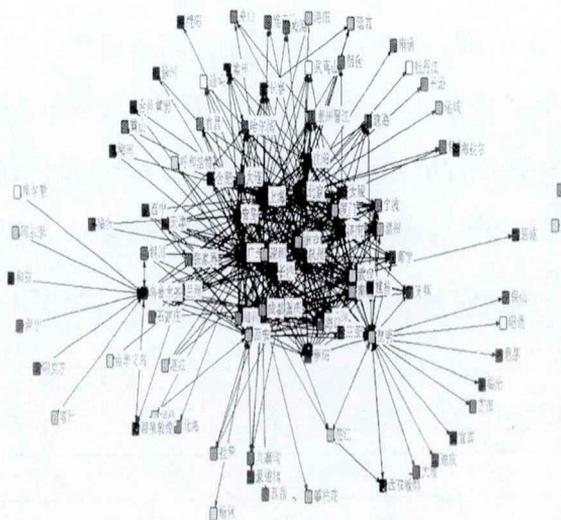


图 4-3 2006 年中国城市间网络图

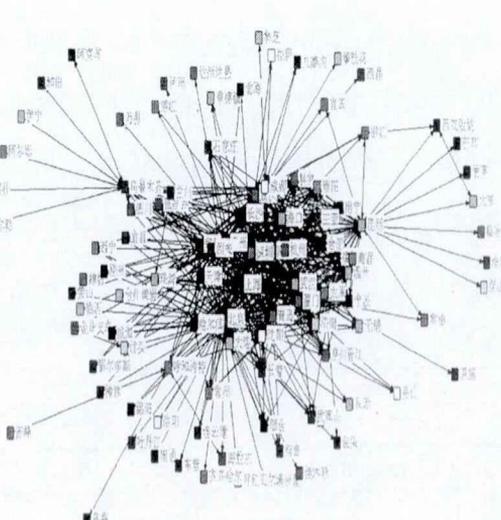


图 4-4 2008 年中国城市间网络

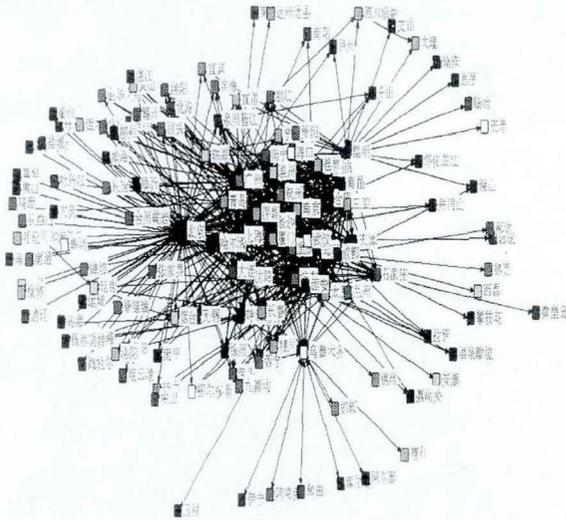


图 4-5 2010 年中国城市间网络图

(六) 整体网的核心层和子网构成

以上对于城市网络的总体特征进行了较为细致的测量,但对于究竟具体是哪些城市处于网络的核心,哪些子网构成了整个城市网络还未作出明确的解释。下面将对网络的核心层和网络的具体子网构成进行分析。

首先运用 UCINET 软件计算了各个年度城市网络中各城市的核心值,得到了城市网络的核心层(参见表 4-6)。从核心层来看北京、上海、广州、深圳、成都五大城市比较稳定的居于城市网络的核心地位,尤其是北京和上海核心位序每年都是前两位,这可能与这两个城市都是国际大都市有密切关系。

表 4-6 城市网络的核心层(核心值 ≥ 0.2 的城市)

年份	城市网络核心节点城市
2002	北京(0.314) 上海(0.303) 杭州(0.210) 武汉(0.202) 长沙(0.223) 广州(0.284) 深圳(0.250) 成都(0.232) 西安(0.212)
2004	北京(0.290) 上海(0.268) 重庆(0.208) 杭州(0.206) 长沙(0.208) 广州(0.264) 深圳(0.268) 海口(0.202) 成都(0.214) 昆明(0.202) 西安(0.203)
2006	北京(0.276) 上海(0.256) 重庆(0.208) 长沙(0.200) 广州(0.262) 深圳(0.246) 成都(0.236)
2008	北京(0.256) 上海(0.227) 广州(0.246) 深圳(0.228) 成都(0.220)
2010	北京(0.246) 上海(0.222) 广州(0.204) 深圳(0.208) 成都(0.208)

注:括号中的数值为该城市的核心值。

从表中看到网络核心层除上面所列的五大城市外,2002年还有杭州、武汉、长沙、西安四个城市,2004年增加了重庆、杭州、长沙、海口、昆明、西安六大城市,而2006年仅增加重庆和长沙两大城市,且在2008年和2010年核心城市只有前面提及的五大城市。这说明网络核心层每年几乎都有轻微的变化,但是

真正位于核心层的城市数量近年来趋于减少，城市网络的等级特征正在逐渐弱化，网络特征变得更加明显。

其次，运用 UCINET 软件中的 K-核分析工具分析出网络中的子网构成。其中 K-核指的是子网中的全部点至少与该子网中的 K 个其他点邻接。K 值的大小表示出了网络中城市间相互关系的紧密度。

由表 4-7 至 4-11 可以看出：2002~2010 年最大 K 值从 10 增加到 18，因此使得每年的子网数量不断变化，子网数量的变化不仅使得子网中的城市相互关系更加紧。同时由于子网数量的增加将导致整个网络细分加强，子网和子网的联系也更加密切，网络结构更加稳固；每年都有不同数量的城市加入不同的子网中，使得子网所包含的城市及其数量有了变化，尤其是 K 值最大的子网包含的城市由 2002 年的 20 个增加至 2010 年的 30 个。几年间每个子网不断壮大，同时子网中城市对外连接数不断增加，这两大变化的重叠作用最终导致了整个城市结构的网络化，整个结构更加坚固稳定。

表 4-7 2002 年城市网络中的子网构成

K 值	城市	数量
10	北京 上海 重庆 南京 杭州 温州 福州 厦门 济南 青岛 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 成都 贵阳 昆明 西安	20
9	沈阳 郑州	2
8	大连 宁波	2
7	南昌 三亚 乌鲁木齐	3
6	哈尔滨 张家界 珠海 南宁	4
5	长春 合肥 兰州	3
4	天津	1
3	太原 延吉 黄山 泉州 南平 汕头 西宁	7
2	舟山 烟台 湛江 北海 大理 丽江 西双版纳 银川 宜昌	9
1	石家庄 呼和浩特 包头 海拉尔 牡丹江 台州 临沂 迪庆 芒市 拉萨 酒泉 喀什 伊宁	14

表 4-8 2004 年城市网络中的子网构成

K 值	城市	数量
12	北京 上海 重庆 沈阳 南京 杭州 温州 厦门 济南 青岛 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 成都 贵阳 昆明 西安	20
11	福州 郑州	2
10	大连 南昌	2
9	张家界 南宁 三亚 乌鲁木齐	4
8	天津 哈尔滨 宁波	3
7	泉州 兰州	2

6	太原 长春 合肥 珠海	4
5	南平	1
4	常州	1
3	白山 无锡 舟山 烟台 宜昌 汕头 湛江 北海 延吉	9
2	呼和浩特 黄山 临沂 丽江 西双版纳 西宁 银川	7
1	石家庄 包头 海拉尔 牡丹江 南通 金华 威海 台州 柳州 攀枝花 泸州 阿坝藏族羌族自治州 绵阳 宜宾 西昌 保山 临沧 迪庆 芒市 大理 拉萨 榆林 酒泉 喀什 伊宁 库尔勒 阿尔泰 阿克苏	28

表 4-9 2006 年城市网络中的子网构成

K 值	城市	数量
14	北京 上海 重庆 太原 沈阳 南京 杭州 福州 厦门 济南 青岛 郑州 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 成都 贵阳 昆明 西安	22
13	大连 宁波 温州 南昌 三亚	5
10	哈尔滨	1
9	天津 合肥 泉州 张家界 南宁 乌鲁木齐	6
8	兰州	1
7	长春	1
6	无锡 珠海	2
5	石家庄 呼和浩特 常州 宜昌 银川	5
4	常州 阿坝藏族羌族自治州 烟台 汕头 西宁	5
3	延吉 舟山 湛江 丽江 拉萨 酒泉	6
2	包头 徐州 连云港 台州 黄山 威海 临沂 洛阳 柳州 西双版纳 大理	11
1	长治 运城 海拉尔 牡丹江 南通 金华 景德镇 恩施 北海 攀枝花 泸州 绵阳 宜宾 西昌 保山 昭通 思茅 临沧 迪庆 芒市 榆林 喀什 伊宁 库尔勒 阿尔泰 阿克苏 和田	27

表 4-10 2008 年城市网络中的子网构成

K 值	城市	数量
16	北京 上海 天津 重庆 太原 沈阳 南京 杭州 福州 厦门 济南 青岛 郑州 武汉 长沙 广州 深圳 桂林 海口 三亚 成都 贵阳 昆明 西安	24
15	温州	1
14	大连 哈尔滨 宁波 合肥 南昌	5
13	南宁	1
12	长春	1
10	泉州 兰州 乌鲁木齐	3
9	呼和浩特	1

8	石家庄 珠海	2
7	无锡 张家界	2
6	常州 银川	2
5	烟台 宜昌	2
4	延吉 台州 南平 威海 柳州 丽江 西宁	7
3	鄂尔多斯 徐州 金华 舟山 汕头	5
2	长治 包头 海拉尔 连云港 黄山 景德镇 临沂 洛阳 常德 湛江 北海 阿坝藏族羌族自治州 绵阳 宜宾 西双版纳 大理 拉萨 榆林	18
1	运城 乌海 呼伦贝尔 赤峰 齐齐哈尔 佳木斯 牡丹江 南通 金华 东营 恩施 攀枝花 泸州 达州 西昌 保山 思茅 临沧 迪庆 芒市 林芝 喀什 伊宁 库尔勒 阿尔泰 阿克苏 和田	27

表 4-11 2010 年城市网络中的子网构成

K 值	城市	数量
18	北京 上海 天津 重庆 太原 沈阳 大连 哈尔滨 南京 杭州 温州 合肥 福州 厦门 南昌 济南 青岛 郑州 武汉 长沙 广州 深圳 南宁 桂林 海口 三亚 成都 贵阳 昆明 西安	30
16	宁波	1
14	石家庄 呼和浩特 兰州 乌鲁木齐	4
13	长春	1
10	珠海	1
9	泉州 银川	2
8	烟台 西宁	2
7	无锡	1
6	徐州 宜昌 丽江	3
5	包头 延吉 常州 台州 临沂 张家界 汕头 北海	8
4	赣州 威海 丽江 西宁 常德 阿坝藏族羌族自治州 绵阳 拉萨	8
3	长治 赤峰 鄂尔多斯 金华 舟山 黄山 南平 景德镇 济宁 怀化 湛江 柳州 宜宾	13
2	运城 乌海 海拉尔 锡林浩特 白山 大庆 牡丹江 黑河 连云港 阜阳 井冈山 潍坊 洛阳 南阳 泸州 保山 西双版纳 大理 延安 嘉峪关 酒泉 中卫	22
1	秦皇岛 邯郸 大同 通辽 乌兰浩特 丹东 锦州 齐齐哈尔 鸡西 南通 盐城 衢州 恩施 襄樊 佛山 攀枝花 南充 达州 西昌 思茅 临沧 迪庆 芒市 文山 林芝 邦达 榆林 安康 玉树 喀什 伊宁 库尔勒 阿尔泰 阿克苏 和田	35

二、城市网络个体特征测度

(一) 节点的度中心度和介中心度

度中心度指与该节点相连的点数，衡量了该节点与其他点进行交往互动关系

的能力；介中心度指节点对资源控制的程度，刻画的是一个点控制其他点进行交往关系的能力。由此，城市网络中城市的度中心度和介中心度分别代表了该城市与其他城市建立联系的能力和该城市作为媒介对资源的影响力。由于每年城市数量众多，不便一一列出，下面给出了2002年~2010年间中心度前十名的城市（参见表4-12）。从表中不难看到，与其他城市发展联系能力较强的城市有北京、上海、广州、深圳、成都、西安、长沙、昆明、杭州、厦门、重庆、武汉等，虽然每年城市之间的位序可能有所变化，但是每年所包含的城市重叠性很大，而且大部分城市都是直辖市或省会城市，这与这些城市的经济实力是分不开的。单从度中心度前十名的城市来看，这些城市在整个网络中充当了一定的领导者，主要功能表现在建立与其他城市的联系，从而加强了整个网络的等级性特征，这也与现实情况是相一致的，现实生活中大部分省会城市作为一个省或者区域的领导者起到了一定的表率作用，同时与本省或其他省中小城市的交流也显现出这部分城市的优越性和领导性。由于城市网络中不仅仅存在度中心城市，而且更多的是存在着与度中心城市不同的介中心城市，他们在网络中及其重要的扮演着“桥梁”的角色，整个网络也因为有了他们而增加了更多的横向联系，网络结构也发生了与等级结构不同的变化。与度中心度不同的是介中心度表现出更多的变化，而且包含了如乌鲁木齐、石家庄这样的西部和东部城市，说明城市在网络中扮演的角色各有优势，都不容忽视。很多城市在度中心度和介中心度中都显示出较高的能力如：北京、上海、广州等，由此可见这些城市在我国城市网络中的地位是非常重要的。

表4-12 城市中心性指数前10名的城市

年份	2002年				2004年				2006年				2008年				2010年			
	城市	点度	城市	中介																
1	北京	0.698	北京	0.274	北京	0.602	北京	0.247	北京	0.593	北京	0.228	北京	0.670	北京	0.320	北京	0.715	北京	0.414
2	上海	0.635	上海	0.197	上海	0.518	广州	0.179	上海	0.538	昆明	0.193	广州	0.530	昆明	0.147	上海	0.500	上海	0.134
3	广州	0.603	广州	0.178	广州	0.518	昆明	0.170	广州	0.538	广州	0.162	上海	0.490	广州	0.145	广州	0.446	昆明	0.120
4	深圳	0.460	昆明	0.136	深圳	0.470	上海	0.147	深圳	0.462	上海	0.152	深圳	0.420	乌鲁木齐	0.116	成都	0.362	广州	0.099
5	成都	0.381	深圳	0.075	昆明	0.349	乌鲁木齐	0.139	成都	0.440	乌鲁木齐	0.133	成都	0.410	上海	0.105	深圳	0.346	乌鲁木齐	0.091
6	西安	0.349	乌鲁木齐	0.064	成都	0.337	成都	0.105	昆明	0.374	成都	0.096	昆明	0.350	成都	0.101	西安	0.338	成都	0.088
7	长沙	0.333	西安	0.058	西安	0.313	深圳	0.077	长沙	0.330	深圳	0.082	重庆	0.350	深圳	0.053	昆明	0.323	西安	0.060

8	昆明	0.333	成都	0.051	长沙	0.301	西安	0.052	西安	0.330	西安	0.059	西安	0.320	呼和 浩特	0.041	重庆	0.300	深圳	0.027
9	杭州	0.302	厦门	0.015	杭州	0.301	兰州	0.024	重庆	0.319	武汉	0.025	长沙	0.310	重庆	0.034	武汉	0.277	武汉	0.024
10	厦门	0.302	长沙	0.014	厦门	0.277	长沙	0.022	杭州	0.297	重庆	0.024	武汉	0.310	武汉	0.028	长沙	0.277	石家 庄	0.016

城市网络是一个纵横交错的网络，因此除了从横向视角分析外，还要从纵向时间维度来看下几个城市在 2002 年~2010 年的结构变化。首先选取了四个直辖市中的三个城市：北京、上海、重庆。

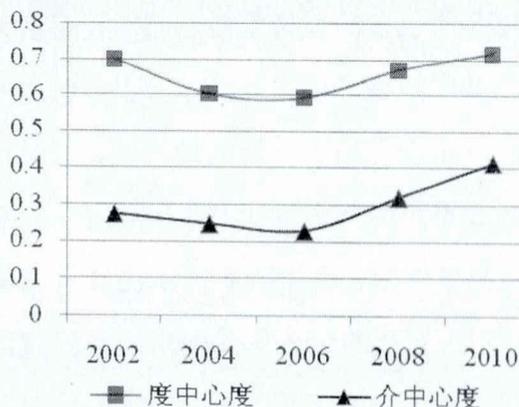


图 4-6 北京的中心性走势

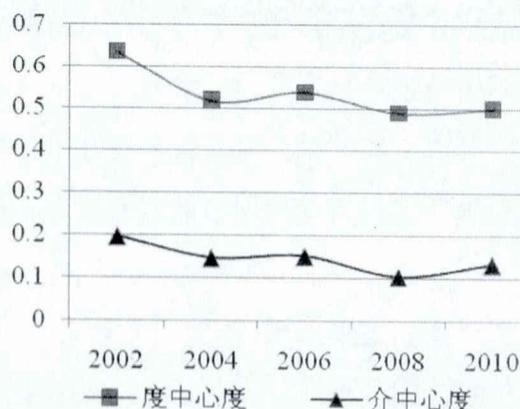


图 4-7 上海的中心性走势

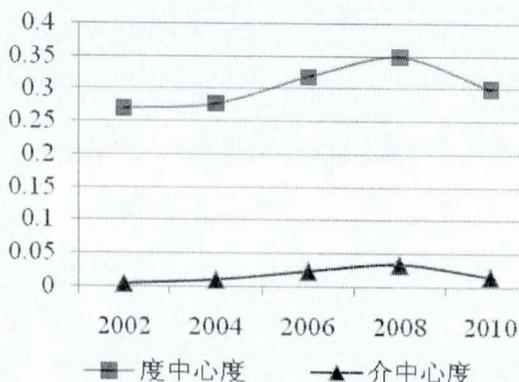


图 4-8 重庆的中心性走势

由图 4-6 至 4-8 可以看到：北京的走势图与整体网的中心势的走势图非常类似，2006 年以前度中心度和介中心度都趋于下降，然而 2006 年以后上升到一个较高的水平，这表明北京做为我国的国都无论是联系其他城市的能力方面还是做为中介的能力方面最终都得到了强化；与北京中心度变化不同，上海的度中心度和介中心度在几年间都有不同程度的下降，最终两个指标都下降到一个较低的水平，这说明上海在这几年间无论是联系功能和中介功能都有所弱化；重庆的中心度变化趋势与北京和上海的都不同，2006 年前呈现相反的上升趋势，这说明前

几年重庆的联系能力和中介能力得到了极大的提升和强化，2008 年达到峰值，近几年有所减弱。

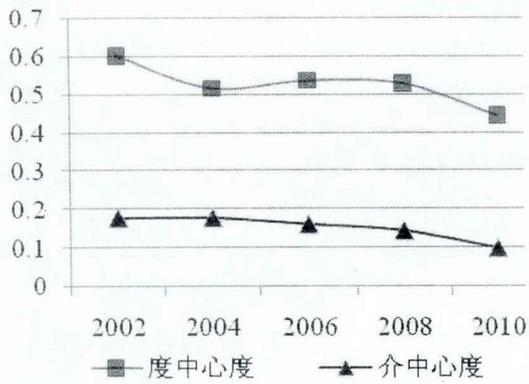


图 4-9 广州的中心性走势

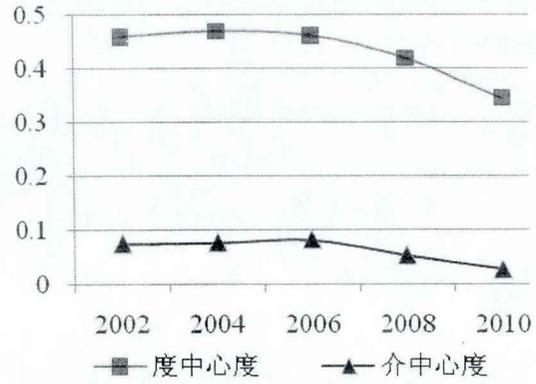


图 4-10 深圳的中心性走势

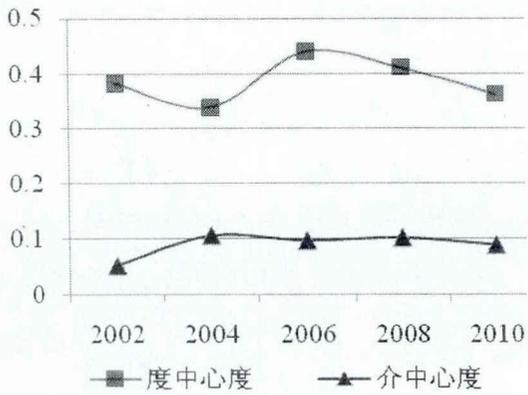


图 4-11 成都的中心性走势

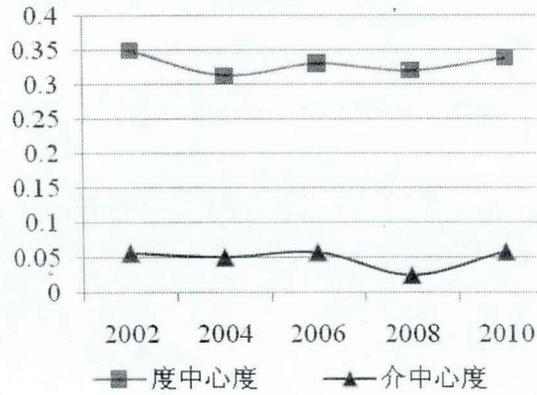


图 4-12 西安的中心性走势

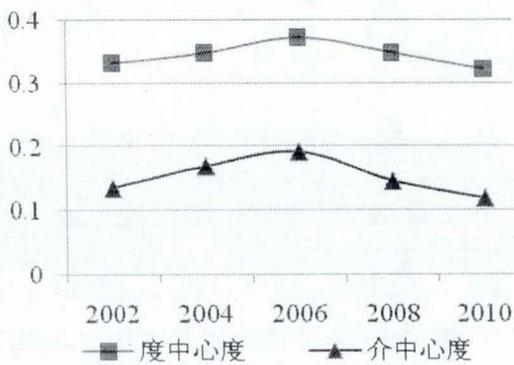


图 4-13 昆明的中心性走势

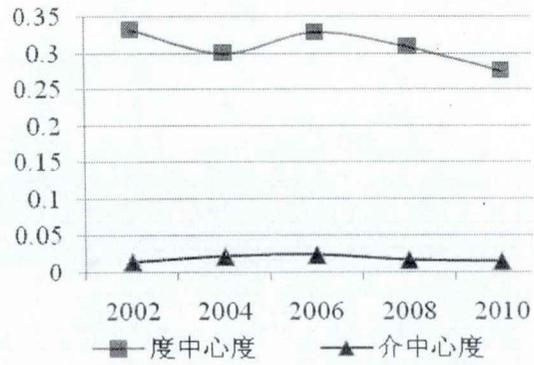


图 4-14 长沙的中心性走势

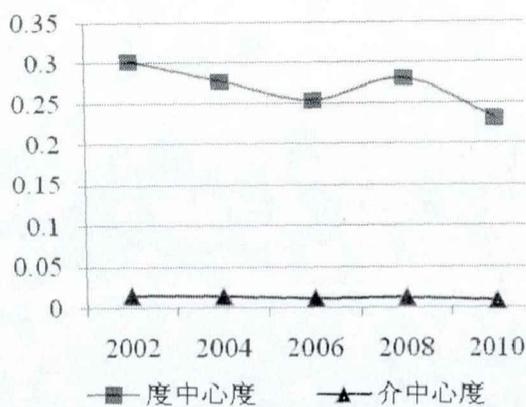


图 4-15 厦门的中心性走势

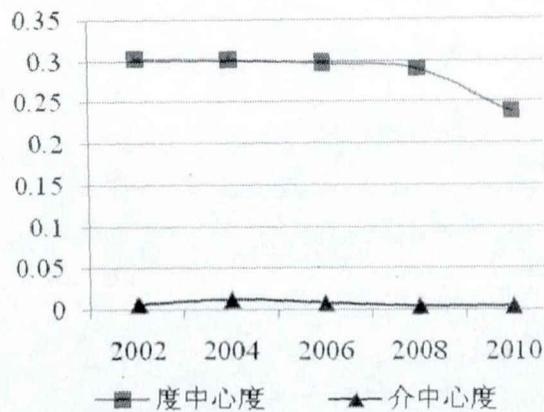


图 4-16 杭州的中心性走势

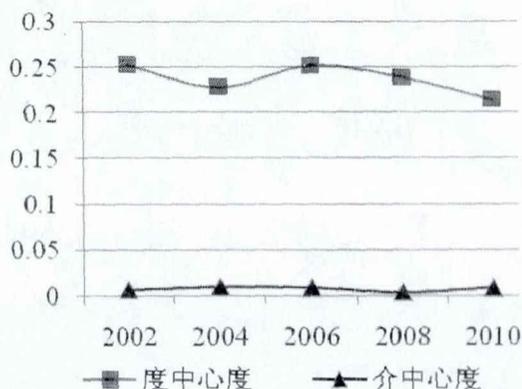


图 4-17 青岛的中心性走势

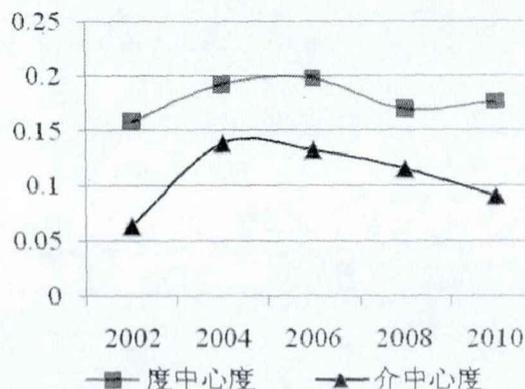


图 4-18 乌鲁木齐的中心性走势

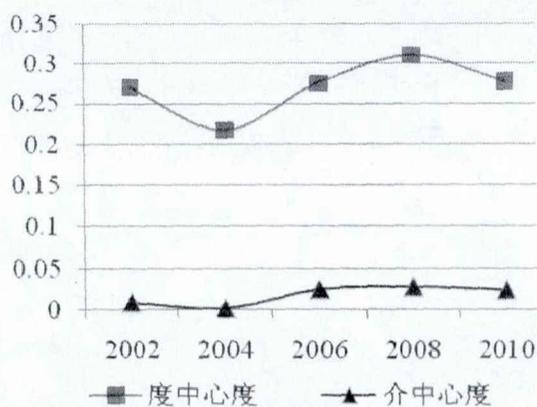


图 4-19 武汉的中心性走势

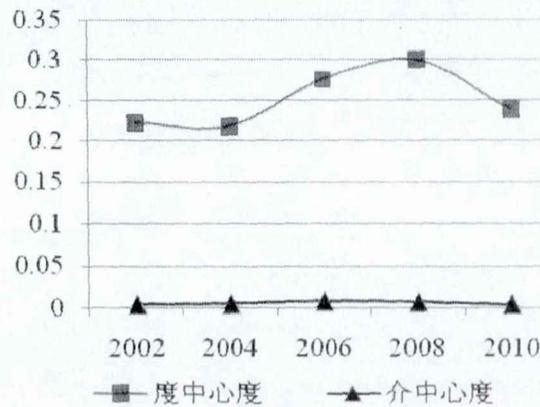


图 4-20 南京的中心性走势

通过前面的分析得知：直辖市城市在网络中地位变化趋势还是非常明显的，而这种变化极大可能会对城市网络结构造成影响，上面选取了部分有代表性的省会城市和地方性中心城市来做进一步的分析（参考图 4-9 至 4-20）。分析以后发现作为我国重要的中心城市广州、深圳它们的度中心度占有绝对的优势，介中心度相对也是较高的，虽然有微弱的下降趋势但是总体还是保持较高水平，这说明在保持中介功能的同时这些城市更好的表现了它们的联系能力。一些城市的度中

心度都在较高的水平变化而中介功能非常的微弱，几年间也没有太大变化如：长沙，杭州，厦门，青岛，南京，武汉，说明这些城市更多的是作为联系功能出现，而对整个网络的中介功能影响不大。在众多的城市中西部城市成都、西安、昆明、乌鲁木齐是比较特殊的，在度中心度没有较大改变的同时介中心度虽然有所变化但相对其他城市而言其值都保持在较高水平，说明西部大开发后西部城市的地位也是不可忽视的，在城市网络结构变化中也扮演比较重要的角色。若干城市的变化综合为整个城市网络整体的变化，使得城市网络结构不再依赖几个中心城市的变化而变化，使得各种变化更加复杂化和多样化。

（二）结构洞

结构洞是指两个关系人之间的非冗余的关系。非冗余的关系人由结构洞连接，结果使得相互间存在结构洞的两个关系人向网络贡献的利益是可累加的，而非重复的。结构洞的测量采用的是 Burt 结构洞指数中最重要的指标“限制度（Constraint）”。表 4-13 分别给出了 2002 年~2010 年限制度最小的 15 个城市，从表中可以看到 2002 年到 2010 年城市的总限制度呈现减小的趋势，2002 年限制度最小的是北京，其值为 0.088，最大的是海口，其值为 0.153，2010 年限制度最小的还是北京而其值变为了 0.046，最大值为青岛的 0.095。说明在这几年间城市间的联系越来越广泛，保持直接联系的同时增加了许多间接联系，城市受到某一点限制的概率越来越小，城市之间的关系趋向网络化。就单个城市而言受限程度也有明显的减小趋势，如：广州：0.089→0.076→0.075→0.071→0.07；上海：0.096→0.087→0.08→0.078→0.07 等等，更加验证了上述观点，城市网络逐渐形成而且变得更为复杂。

表 4-13 城市结构洞指标

排名	2002 年	总限制度	2004 年	总限制度	2006 年	总限制度	2008 年	总限制度	2010 年	总限制度
1	北京	0.088	广州	0.076	北京	0.072	北京	0.059	北京	0.046
2	广州	0.089	北京	0.077	广州	0.075	广州	0.071	成都	0.067
3	上海	0.096	昆明	0.085	昆明	0.076	昆明	0.077	昆明	0.069
4	深圳	0.100	上海	0.087	上海	0.08	上海	0.078	上海	0.07
5	昆明	0.117	深圳	0.091	深圳	0.084	成都	0.081	广州	0.07
6	西安	0.124	成都	0.098	成都	0.089	深圳	0.083	深圳	0.07
7	成都	0.128	西安	0.113	西安	0.101	重庆	0.094	西安	0.076
8	长沙	0.139	杭州	0.114	长沙	0.105	武汉	0.097	重庆	0.084
9	杭州	0.139	长沙	0.120	杭州	0.106	西安	0.097	武汉	0.085

10	厦门	0.146	厦门	0.120	南京	0.106	南京	0.099	长沙	0.086
11	武汉	0.146	南京	0.126	重庆	0.109	郑州	0.1	郑州	0.088
12	南京	0.149	重庆	0.128	武汉	0.112	长沙	0.1	杭州	0.09
13	重庆	0.151	海口	0.133	厦门	0.118	杭州	0.101	南京	0.094
14	青岛	0.152	青岛	0.134	青岛	0.119	厦门	0.103	天津	0.095
15	海口	0.153	沈阳	0.137	沈阳	0.122	沈阳	0.108	青岛	0.095

第三节 城市网络影响科技创新的效应分析

对于城市网络测度的研究采用的是先总后分的方法,先研究了城市网络整体的各个指标之后转入个体特征的研究,下面有关城市网络对科技创新影响的分析也将延续上述总分法,先通过趋势图探讨一下城市网的整体特征与科技创新的关系,再从网络个体特征入手深入挖掘城市网络对科技创新的影响。关于科技创新的指标选取,在参考了创新领域众多的研究基础上最终决定采用专利授权这一指标来代表城市的科技创新力。根据以往的研究将 GDP, 科学支出, 教育支出作为控制变量引入模型, 有关数据来自各年度《中国城市统计年鉴》。在剔除了无法获得数据的城市样本后, 将获得的的城市面板数据利用面板模型进行实证研究。由于城市网络指标值的极差和科技创新指标值的极差比较大, 数据在某些值域内又比较集中, 为了明确突显城市网络和科技创新的关系, 在以下趋势图和散点图中分别将各个指标做了取对数处理。

一、城市网络整体特征与科技创新能力

对城市网络整体特征与科技创新关系的趋势研究选取了代表整体网特征的网络密度、联系强度及中心势等相关指标分别与城市专利授权做了趋势图, 为了使趋势更加容易辨析, 采取了双坐标形式如图: 4-21 至 4-23。

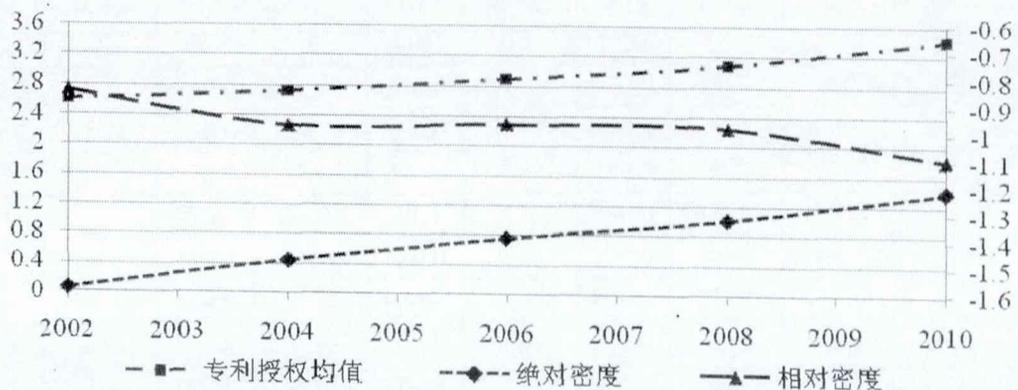


图 4-21 网络密度与科技创新趋势图

上图中的绝对密度与科技创新具有相近的增长趋势,说明随着网络中城市间联系数量的逐年增加,绝对密度逐渐增大确实对科技创新的产出起到了一定的促进作用,城市间建立互助合作关系有利于城市的创新。相对密度与科技创新呈现相反的趋势,原因在于在相对密度计算中存在着很多新增的城市,而这些城市与其他城市之间的航空线路还比较少,导致与其他城市的网络联系还不密切,所以相对密度会下降。

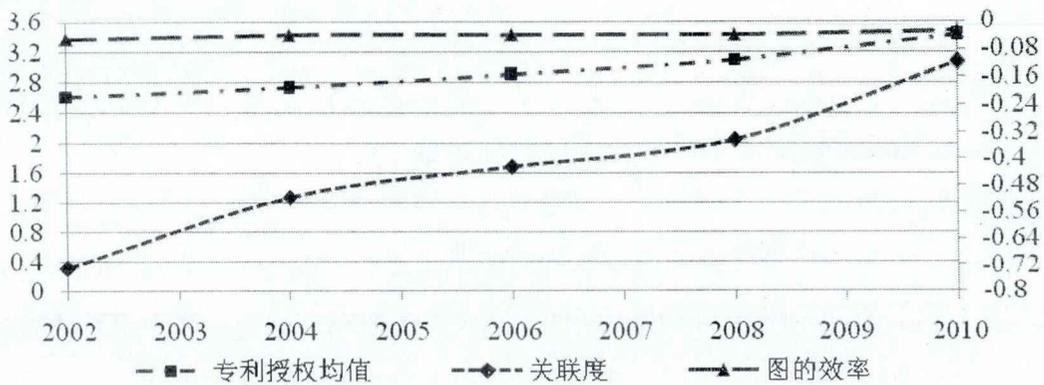


图 4-22 联系强度与科技创新趋势图

从图 4-22 中不难看出关联度与科技创新的走势与绝对密度非常相近,几年间都保持着明显的上升趋势,这说明城市间关联度的增强,科技创新也明显增多。当然与科技创新比较相近的还有图的效率,几年间图的效率也呈增大趋势,然而这种增大并不十分明显,原因可能在于图的效率值的范围有限且在 2002 年时就处于一个较高水平,因此趋势不明显也是正常的。但综合关联度和图的效率这两个联系强度指标说明城市网络联系强度增大势必会对科技创新产生正向影响。

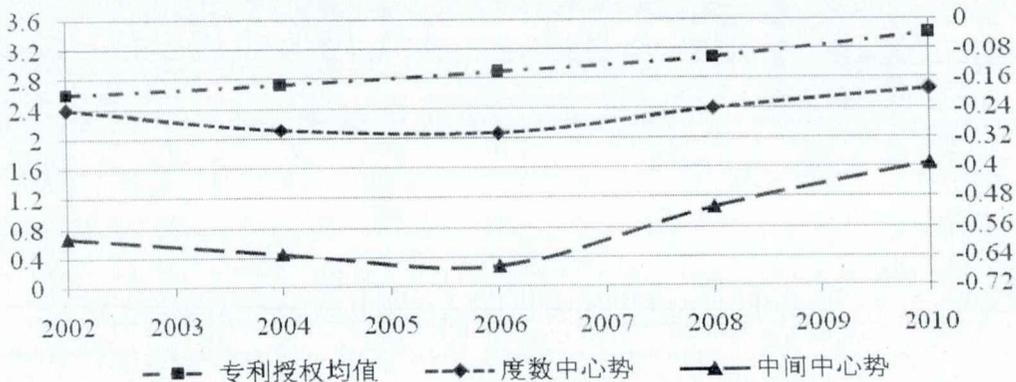


图 4-23 网络中心势与科技创新关系图

图 4-23 显示度数中心势和中介中心势在 2006 年前呈现下降趋势,2006 年后呈现上升趋势。城市网络整体中心性在几年间变化较大,可能由于前期网络中的节点城市相对较少,网络中节点联系并不密切且比较均匀,网络中点的联系更趋向于直接联系,中介趋势下降。相反,后期随着节点城市的不断增加,节点城市越来越意识到联系的重要性,纷纷向大城市展开交往,导致城市网络中心势增加。由于科技创新近年来都保持上升趋势,因此城市网络中心势与科技创新在 2006 年前有着相反的运动趋势,2006 年以后趋势相同且变化明显。对于长期以来城市网络中心势与科技创新存在总的关系依据图示并不能得出具体的结论,相信它们的关系并不是简单的线性关系,而是具有复杂性和多变性,究其两者最终存在何种变化关系有待细分到个体做进一步的考察。

二、城市网络个体特征与科技创新能力

为了了解城市个体特征与科技创新两者的关系,首先将取对数后的面板数据做了如下散点图,如图 4-24 至 4-26 所示,从整个混合数据看,随着城市点度中心变强,专利授权量增多,中间中心性与专利授权量也呈现正向关系。而专利授权量随着城市限制度的增加呈现减少的趋势。于是得出初步结论:度中心度、介中心度、总限制度与专利授权量之间存在线性关系,且前两者与专利授权量之间是正相关的,而总限制度与专利授权量之间存在负相关关系。当然这种线性关系并不十分严格,图 4-24 和图 4-25 都显示左侧的点比较分散而右侧的点相对集中,图 4-26 恰好相反,左侧的点相对比较集中而右侧的点相对比较分散。

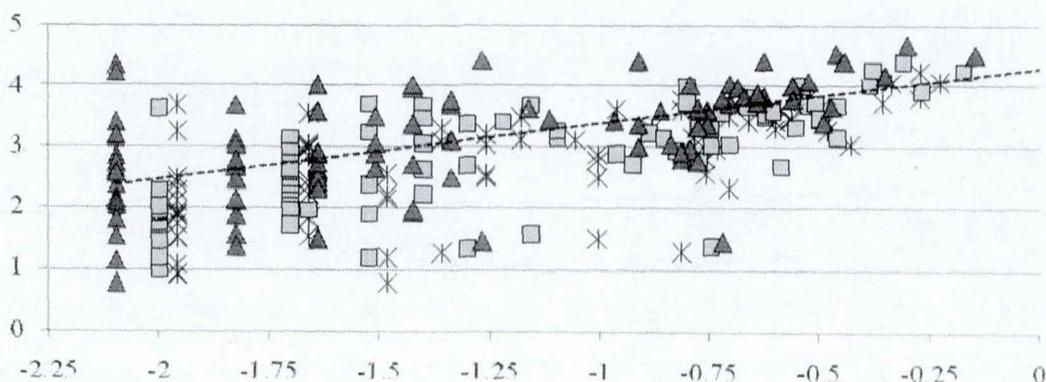


图 4-24 城市度中心度与专利授权量取对数后的散点图

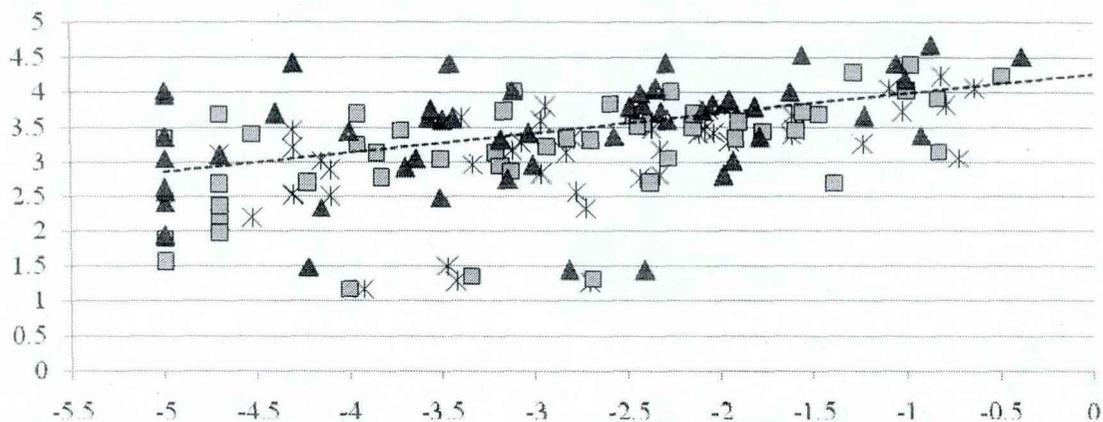


图 4-25 城市介中心度与专利授权量取对数后的散点图

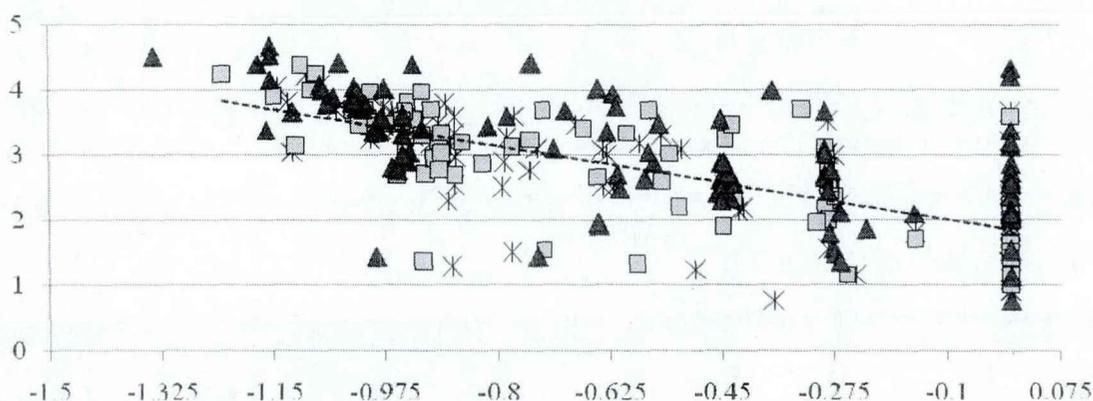


图 4-26 城市结构洞指标与专利授权量取对数后的散点图

散点图只能大体刻画城市度中心度、介中心度、限制度与专利授权之间的关系，下面采用面板模型对他们之间的关系做更深的研究。由于教育支出、科学支出、GDP 等是影响专利授权的重要因素，因此考虑选取几个变量作为控制变量逐次分别纳入模型中，从显著水平、判定系数、F 统计量等指标分析模型的拟合效果，以期更好的说明城市网络对科技创新的影响。在模型中，分别用 DEG, BET, CONS 来代表城市的度中心度，介中心度和总限制度，用 PAT, SCI, EDU, GDP 来表示专利授权量，科学支出和教育支出和人均 GDP。在模型分析前要先确定选择什么模型来使估计达到最好的效果。选择模型的方法本文运用：

1. LSDV 法。相对于固定效应模型，混合模型是否更好些，可以通过 LSDV 法来检验。

假设：

$H_0: \text{all } u_i = 0$ (建立混合估计模型)；

$H_1: u_i > 0$, 或 $u_i < 0$ (建立个体固定效应模型)，其中 u_i 表示不同横截面模型的截距项。

2. Husman检验。面板数据分析中究竟是选择固定效应模型，还是随机效应模型来分析，一般利用Hausman检验来选择。

假设：

H0: u_i 与 x_{it}, z_i 不相关（建立随机效应模型）；

H1: u_i 与 x_{it}, z_i 相关（建立固定效应模型），其中 x_{it} 表示面板模型不同解释变量， z_i 表示不随时间而变的个体特征。

（一）度中心度对科技创新的影响

利用 Stata10.0 软件，通过 LSDV 法分析发现，大多数虚拟变量均不太显著（P 值>0.1），故不可拒绝原假设“H0: $all u_i=0$ ”，因此选择运用混合模型进行估计，模型如下：

$$\text{LnPAT}_{it} = u + \alpha \text{LnDEG}_{it} + \beta \text{LnSCI}_{it} + \gamma \text{LnEDU}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

面板数据模型估计及结果如下：

表 4-14 中模型（1）只考虑了度中心度这一个自变量的混合模型，然后分别引入科技支出（SCI）、教育支出（EDU）、人均 GDP(GDP)三个变量估计结果见模型（2）、模型（3）、模型（4）。现实中科技支出、教育支出和人均 GDP 对科技创新的影响可能相随相伴，因此考虑将两两变量分别引入，最后将三个变量同时引入来检验模型的效果，结果见模型（5）至模型（8）。

表 4-14 混合模型估计结果（被解释变量：科技创新--PAT）

自变量	模型（1）	模型（2）	模型（3）	模型（4）	模型（5）	模型（6）	模型（7）	模型（8）
DEG	1.0309*** (0.1326)	0.4973*** (0.1292)	0.416*** (0.1418)	0.4669*** (0.1495)	0.4037*** (0.135)	0.3557*** (0.1259)	0.2203* (0.1116)	0.2076* (0.111)
SCI		0.6626*** (0.0659)			0.114 (0.1086)	0.4151*** (0.082)		-0.308*** (0.0919)
EDU			1.4107*** (0.1464)		1.2283*** (0.2845)		1.0684*** (0.1622)	1.4811*** (0.2327)
GDP				1.745*** (0.2398)		1.0548*** (0.2654)	1.0672*** (0.212)	1.3176*** (0.2262)
常数项	9.563*** (0.3389)	1.8081** (0.9077)	-9.6281*** (2.0544)	-9.8209*** (2.779)	-8.48*** (2.8561)	-7.0121*** (2.4576)	-16.8253*** (2.0353)	-21.616*** (2.9314)
观察值数	216	216	216	216	216	216	216	216
R ²	0.4171	0.6677	0.7340	0.6623	0.7362	0.7223	0.8071	0.8185
F-statistic	60.46	160.00	127.31	142.19	96.41	172.39	165.17	156.64
P 值	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Root MSE	1.5469	1.1707	1.0473	1.1801	1.0456	1.0727	0.89402	0.8692
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	--------

注：(1) 括号中的数值为标准差；(2) ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著。

在所有模型中教育支出、GDP 的系数都为正且通过显著性检验，说明教育支出和 GDP 的增多都会对科技创新产生促进作用且效用明显。随着市场对优质人力资源的需求增大，接受良好教育成为提高自身本领和适应市场变化的重要条件，教育支出的增加为科技创新提供了更多人才积累，GDP 为科技创新提供了物质基础和需求动力。度中心度基本通过了显著性检验，说明度中心度强的城市对于科技创新的增长具有促进效用，同时观察到，度中心度的系数较小，说明度中心度对于科技创新的促进作用有限，效用并不十分突出。这也说明城市科技创新能力主要还是依赖于城市的 GDP 水平和教育投入。理论上认为科技支出对于科技创新的影响应该是正向的、显著的，这在模型 (2)、模型 (6) 中得到证实，然而在模型 (8) 中系数显示为负数，分析发现科技支出在各模型中的系数都较小，模型 (8) 中引入了全部变量后由于其他变量作用效果明显，可能导致科技支出出现负系数的情况。违背了理论上的认识，因此认为引入所有的变量并不是最适合的模型。

从拟合指标来看，模型 (7) 拟合效果较好。 $R^2=0.8071$ ， $F\text{-statistic}=165.17$ ，被估参数都通过了 t 检验。从估计系数 0.2203 上看出度中心度对专利授权量的解释是正向的，与上述散点图的结果一致，也就是说随着城市度中心度的变化，专利授权量也会随之变化但变化并不是特别大，只能说明提高城市联系其他城市的能力在一定程度上对科技创新有影响。

(二) 介中心度对科技创新的影响

对于介中心度对创新的影响，由于大多数虚拟变量也不太显著，依旧采用混合模型，估计结果如下：

表 4-15 混合模型估计结果 (被解释变量：科技创新--PAT)

自变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)	模型 (7)	模型 (8)
BET	0.2971*** (0.0691)	0.0914* (0.0507)	-0.0001 (0.0438)	0.2742*** (0.0487)	-0.0017 (0.044)	0.1118** (0.0474)	0.0189 (0.0421)	0.0175 (0.0417)
SCT		0.6879*** (0.078)			-0.1064 (0.098)	0.5805*** (0.0704)		-0.1687* (0.086)
EDU			1.5704*** (0.1482)		1.7471*** (0.2719)		1.4175*** (0.1428)	1.6869*** (0.2434)
GDP				1.4008*** (0.2648)		0.7222*** (0.2127)	0.564*** (0.1561)	0.602*** (0.1593)

常数项	9.563*** (0.4208)	1.1658 (1.0511)	-12.4342*** (2.0567)	-5.4277* (2.9085)	-13.6172*** (2.7641)	-5.1912** (2.4333)	-16.285*** (2.4804)	-18.4176*** (2.9842)
观察值数	144	144	144	144	144	144	144	144
R ²	0.2255	0.6188	0.7868	0.4324	0.7891	0.6636	0.8155	0.8211
F-statistic	18.47	63.46	76.18	37.08	63.08	49.88	56.72	49.91
P 值	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Root MSE	1.6026	1.1283	0.8437	1.3846	0.8421	1.0698	0.7924	0.7829

注：(1) 括号中的数值为标准差；(2) ***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

从所有模型结果可知：与度中心度的分析结果类似，所有模型中教育支出和人均 GDP 的系数都为正且非常显著，系数值相对较大，再次验证了教育支出和人均 GDP 对科技创新的重要性。介中心度在所有模型中时正时负且系数值较小，值为负时都未通过显著性检验，值为正时其中的四个模型中系数通过了显著性检验，这说明中介中心性对科技创新存在正向影响，但是影响微乎其微，加入其他变量后由于其他变量的影响可能导致系数值转为负数使得影响不显著。科技支出对于创新的影响只有正向时才较显著，但其系数值仍然低于教育支出和人均 GDP。这可能由于教育以及 GDP 水平影响了科技创新主体意识思维方面，只有创新主体提高的这一前提下，科技支出的投入才会进一步促成科技创新的产生。

综合各指标的显著性及模型拟合程度，模型 (6) 拟合效果较好。R² = 0.6636，F-statistic = 49.88，被估参数都通过了 t 检验。从介中心度的系数来看，系数为正，表明介中心度对科技创新有促进作用，但是其对科技创新的解释度很小，系数只有 0.1118，也就是说介中心度的变化只对科技创新产生微弱的作用，当然提高一个城市作为中介的能力在某种程度上也会对科技创新造成影响。

(三) 结构洞对科技创新的影响

通过 Hausman 检验得 p 值为 0.0000，故强烈拒接原假设“H0: u_i 与 x_{it}, z_i 不相关”，应该使用固定效用模型进行估计。模型如下：

$$\ln \text{PAT}_{it} = (\alpha + u_i) + \alpha \ln \text{CONS}_{it} + \beta \ln \text{SCI}_{it} + \gamma \ln \text{EDU}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

估计结果如下：

表 4-16 固定模型估计结果 (被解释变量: 科技创新--PAT)

自变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)	模型 (6)	模型 (7)	模型 (8)
CONS	-1.3944*** (0.1675)	-0.5374*** (0.1514)	-0.3363* (0.1811)	-0.2203 (0.162)	-0.3373* (0.1798)	-0.2096 (0.159)	-0.1852 (0.1668)	-0.1861 (0.1673)
SCI		0.253*** (0.0263)			0.028 (0.0617)	0.0741* (0.0408)		0.0095 (0.054)

EDU			0.8145*** (0.1028)		0.7408*** (0.2209)		0.3543** (0.1657)	0.3313 (0.2231)
GDP				1.5294*** (0.1491)		1.2165*** (0.2189)	0.9756*** (0.2527)	0.9717*** (0.2537)
常数项	4.7361*** (0.2471)	3.5862*** (0.1857)	-3.8293*** (1.0776)	-9.192*** 1.3589	-3.1818 (2.083)	-6.6792*** (1.8629)	-7.8748*** (1.3064)	-7.6396*** (2.0835)
观察值数	216	216	216	216	216	216	216	216
R ²	0.4497	0.6526	0.7391	0.6407	0.7402	0.6737	0.7695	0.7661
F-statistic	69.31	149.47	121.74	141.53	95.96	105.46	100.09	82.37
P 值	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RHO	0.9033	0.9337	0.9261	0.9309	0.9272	0.933	0.9252	0.9255

注：（1）括号中的数值为标准差；（2）***、**、*分别表示在 1%、5%、10%水平上显著。

从所有模型结果看，只有 GDP 的系数通过了显著性检验，且系数为正。教育支出和科技支出的系数都为正，但只有部分通过了显著性检验。这说明三个变量对科技创新都有不同程度的促进作用，尤以 GDP 的促进作用最大也最为显著。总限制度对科技创新的影响呈现负作用，说明了网络化结构越明显总限制度越低，对科技创新越有利。在所有模型中尽管总限制度的系数都为负，但只有其中四个模型中其系数值通过了显著性检验，其中只有总限制度这一解释变量时系数非常显著，加入其他变量后由于它们对科技创新的影响使得总限制度的显著性水平发生不同程度的变化但总体还是呈现负向影响。

从模型（3）拟合指标来看 $R^2 = 0.7391$ ， F -statistic = 121.74，被估参数都通过了 t 检验，回归方程拟合效果较好。从总限制度的系数来看其值为负，说明受限程度越大的城市的专利授权量越少，符合前面散点图所得出的结果，因此得出：总限制度对科技创新存在反向影响。说明城市拥有的结构洞越多，受限程度越低那么创新能力就越强。

（四）研究小结

由表 4-14 至 4-16 所有模型可以得知教育和 GDP 水平在科技创新产生中起着至关重要的作用，科技支出对科技创新由理论变为现实阶段也是非常重要的。正如上述散点图得到结论一样，城市度中心度、介中心度和结构洞对城市创新力具有一定的影响。在三个指标中，城市度中心度和介中心度对科技创新的作用为正，结构洞指标为负，而且城市度中心度对科技创新的影响相对大些，其次为结构洞指标，而城市介中心度对科技创新的影响不及前两者。

城市度中心度、结构洞对科技创新的显著影响可能由于城市在整体网络中有

着较强的联系能力，从而能够获取更多知识和信息，而且这些知识信息不存在过多的冗余，从而更具有价值。通过对这些信息的整合与发展促进了城市创新的能力。城市介中心度对创新影响很小，可能源于上述分析的样本中相当一部分城市在网络中的影响力欠缺，而且有许多城市介中心度指标值为0，说明很多城市在网络中并不具有中介功能，由此而言，城市本身的中介能力就很弱，其对创新的影响呈现较低的水平也是合理的。

第五章 结论和展望

第一节 总结

本文研究的主要目的有两个：一是描述城市体系空间结构的网络特征，通过一定的指标体系来证明和测度城市体系网络化；二是运用城市网络化的指标和专利授权的关系来证明城市网络对科技创新的影响。在对城市体系空间理论及结构演化进行梳理和分析的基础上，以各城市航空流为切入点进行研究。首先对城市网络的概况包括城市网络的特点，形成机理和表现形式进行了分析。其次，在对科技创新理论有了初步了解的基础上，回顾了城市对科技创新的影响，着眼于总体和局部，着重探讨了城市网络的整体特征和个体特征对科技创新的影响机理。然后将收集的航空客流数据作为指标，通过社会网络分析方法分别测度了城市网络整体和个体特征，并运用面板数据方法建立了相关模型，验证了城市网络对科技创新的影响。本文得到的主要结论有：

- 1、研究了城市网络的存在特点、形成机理和表现形式。

通过理论分析，证明了当前中国城市体系发展过程中呈现出显著的城市网络化发展趋势。对城市网络体系和中心地体系的对比，了解到城市网络具有节点性、

产品异质性、双向性和水平可达等特点。这是继“城市带”、“都市群”、“都市圈”之后对城市体系空间结构的又一论证。通过梳理城市网络发展的动力和表现得出：网络发展的动力：高科技和企业分工；网络表现的形式：流通网络、交通网络和信息网络。

2、构造了以城市为节点的网络，并对城市网路进行了测度。

通过对城市网络规模、密度、关联度、中心势等整体特征和节点中心度、结构洞等个体特征的测度我们了解到城市网络确实呈现在人们面前，然而由于城市间存在的差异这种网络结构并不十分完备，原有的中心势等级体系并未完全退出历史舞台，网络结构中依然蕴含着等级特征，这也通过城市网络的核心层和子网构成得到了验证。实际上完备的网络状态几乎不可能达成，但是我们有能力使其无限趋近。增加城市间的合作与交流将是城市发展的关键。

3、本文以城市为研究单位，将城市体系空间网络特征和科技创新联系起来，提供了一个交叉的研究角度。

城市是科技创新的“孵化器”，城市自身拥有的优良条件为科技创新的产生打下了基础。由于城市并不能独立存在，因此城市与城市的交流合作又为创新及其扩散提供了条件。在全球化和信息化的大形势下，城市的各种联系更加密切，城市网络逐渐形成。通过对城市网络指标和创新指标模型建立，结果显示节点中心度和结构洞指标对科技创新的影响较大，介中心度对科技创新有微小影响。但是无论如何城市网络对科技创新有着促进作用是显而易见的。

通过本文的研究，对城市发展提出两点建议：1、当今是全球化和信息化的时代，城市间的关联多种多样，既有友好合作又有激烈竞争，为了城市健康有序的发展应当加强考虑“城市整合”，使城市间能够建立包含合作、竞争、控制三面的立体框架，力争城市的可持续发展；2、政府在规划城市发展问题时应该着眼于大局，将城市至于城市网络中从城市所处的区域乃至国家的视角来综观城市发展问题。保证与国家城市发展大方向一致的前提下，治定适合自己的方针政策，促进城市的长效发展。

第二节 研究不足与展望

城市网络是一个集人流、物流、信息流于一身的城市体系，在本文的研究中

将城市网络抽象为一种关系，忽略了一些现实因素，所构造的网络与现实网络存在一定的差距。同时实际的城市网络应该是开放的、动态的，与许多外国城市存在相互关联，而本文为了研究的需要并未将城市的这些外部关系纳入其中，要知道这部分城市对城市网络结构的影响也是不可忽视的。因此，后续的关于城市网络的进一步研究应当加强城市网络边界、动态演化等方面。

由于数据收集的局限性，本文采取了航空流作为指标，虽然能在一定程度上体现城市网络格局，但是对于城市网络的刻画仍然不够全面。在航空流数据收集过程中参考了多年的《从统计看民航》一书，书中关于各城市之间的航空流数据并未一一列举，只是列数了客流量在5万人以上的城市，从而使得现实中客流量低于5万的城市被忽略，造成了研究的不足。在有限的信息资源中很难找到能够完全体现城市网络的指标数据，城市网络指标选取及数据收集陷入困境。

本文运用了社会网络分析软件UCINET，这是最常见也是很综合的软件工具，然而在分析中由于UCINET软件的运用要求，分析时不得不把数据全部做“二值化”处理，这样一来只要有航空客流的城市被赋值“1”，无航空客流的城市赋值“0”，城市间客流量具体的数值的多少被简化和忽略，边权关系没有得到相应的分析，就此而言本文只是对城市网络进行了简单“描述”。后续的研究应当不仅考虑城市网络的大体结构，还应考虑具体城市网络中“线”的强度，将边权关系很好的纳入城市网络结构的考虑内，使城市网络的研究具体而深刻。

城市网络对科技创新的影响研究是本文一大创新，但由于考虑问题的角度有限，对分析尚有不足之处，未来研究可以就此做出改善，使研究更加全面深入。从城市网络整体特征指标和个体特征指标定义来看，这些变量与区域乃至国家经济有着不可分割的联系，因此对于城市网络 and 经济发展相关方面的研究仍是以后研究的一个课题。

参考文献:

- [1]阿尔弗雷德·韦伯. 工业区位论. 李刚剑等译[M]. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [2]埃弗雷特·M.罗杰斯. 创新的扩散[M]. 北京: 中央编译出版社, 2002.
- [3]白傻红, 江可申, 李婧. 区域创新效率的环境影响因素分析 [J]. 研究与发展管理, 2009, 21(02): 96—102.
- [4]贝洛克. 城市与经济发展 (中译本) [M]. 南昌: 江西人民出版社, 1991 .
- [5]成德宁. 城市化与经济发展—理论、模式与政策[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6]陈存友, 刘厚良, 詹水芳. 世界城市网络作用力: 评Taylor 等人的相关研究[J]. 国外城市规划, 2003 (2): 47-49.
- [7]陈九龙, 刘奇. 关于科技创新理论体系化建构的设想[J]. 自然辩证法研究, 2006 (10): 84-88.
- [8]程开明. 城市化促进技术创新的机制及证据[J]. 科研管理, 2010 (2):26-33.
- [9]程开明. 城市化、技术创新与经济增长[J]. 统计研究, 2009 (5): 40-46.
- [10]陈学光. 网络能力、创新网络及创新绩效关系研究——以浙江高新技术企业为例[D], 2007.

- [11]谷海洪. 基于网络化主体的城市群规划[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.
- [12]郭文炯, 白明英. 中国城市航空运输职能等级及航空联系特征的实证研究[J]. 人文地理, 1999 (1): 27-31.
- [13]黄文波, 王尧尘. 网络革命中的城市演变趋势分析[J]. 预测与分析, 2000 (4): 31-36.
- [14]金凤君, 孙炜, 萧世伦. 我国航空公司重组及其对航空网络结构的影响[J]. 地理科学进展, 2005 (2): 59-68.
- [15]金凤君, 王成金. 轴-辐侍服理念下的中国航空网络模式构筑[J]. 地理研究, 2005 (5): 774-784.
- [16]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 (32): 293-302.
- [17]金凤君. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究[J]. 地理研究, 2001 (1): 31-39.
- [18]吉峰, 周敏. 区域创新网络主体间的连接机制与区域创新绩效的关系研究[J]. 科技导报, 2006,24 (5): 82-85.
- [19]雷洪. 中国技术创新与经济增长的实证研究[D], 2002.
- [20]李学鑫. 分工、专业化与城市群经济[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [21]刘卫东. 论我国互联网的发展及其潜在空间影响[J]. 地理研究, 2002 (3): 347-356.
- [22]刘伟. 中国高技术产业的技术创新影响因素: 基于面板数据模型的实证检验[J]. 数学的实践与认识, 2010 (22): 62-70.
- [23]美·熊彼特:《经济发展理论》[M], 何畏等译, 北京: 商务印书馆, 1990.
- [24]宁越敏, 石崧. 从劳动空间分工到大都市区空间组织[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [25]宁越敏, 武前波. 企业空间组织与城市—区域发展[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [26]彭新敏. 全球制造网络与我国企业技术创新[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2012.
- [27]史丹, 李晓斌. 高技术产业发展的影响因素及其数据检验[J]. 中国工业经济, 2004, 12: 32—39.
- [28]宋伟, 李秀伟, 修春亮. 基于航空客流的中国城市层级结构分析[J]. 地理研究, 2008 (4): 917-926.
- [29]孙中伟, 贺军亮, 金凤君. 世界互联网城市网络的可达性与等级体系[J]. 经济地理, 2010 (9): 1449-1455.
- [30]谭乐. 基于 AHP 的组织创新影响因素之排序[J]. 技术经济与管理, 2005 (6): 19-22.
- [31]王长峰. 知识属性、网络特征与企业创新绩效——基于吸引能力的视角[M]. 北京: 经

- 济科学出版社, 2010: 58-61.
- [32]王成金, 金凤君. 从航空国际网络看我国对外联系的空间演变[J]. 经济地理, 2005 (5): 667-672.
- [33]王法辉, 金凤君, 曾光. 中国航空客运网络的空间演化模式研究[J]. 地理科学, 2003 (5): 519-525.
- [34]王姣娥, 金凤君, 孙炜, 戴特奇, 王成金. 中国机场体系的空间格局及其服务水平[J]. 地理学报, 2006 (8): 829-838.
- [35]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 (3): 371-380.
- [36]汪明峰. 浮现中的网络城市的网络[J]. 规划研究, 2004 (8): 26-32.
- [37]汪明峰, 宁越敏. 互联网与中国信息网络城市的崛起[J]. 地理学报, 2004 (3): 446-454.
- [38]汪明峰, 宁越敏, 胡萍. 中国城市的互联网发展类型与空间差异[J]. 城市规划, 2007 (10): 16-22.
- [39]汪明峰, 宁越敏. 城市的网络优势[J]. 地理研究, 2006 (2): 193-202.
- [40]夏春玉. 当代流通理论[M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2005.
- [41]夏春玉, 张闯. 城市流通系统: 研究现状与一个综合性框架[J]. 当代经济科学, 2006 (3): 89-95.
- [42]薛俊菲. 基于航空网络的中国城市体系等级结构与分布格局[J]. 地理研究, 2008 (1): 23-32.
- [43]于涛方, 顾朝林, 李志刚. 1995 年以来中国城市体系格局与演变[J]. 地理研究, 2008 (6): 1408-1418.
- [44]许学强, 周一星, 宁越敏. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [45]杨重光. 城市流通中心论[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1988.
- [46]于冬, 顾培亮, 高璇. 信息化时代城市空间组织结构研究[J]. 情报科学, 2005 (2): 166-171.
- [47]余秀江, 胡冬生, 何新闻, 王宣喻. 我国技术创新影响因素的动态分析——基于SVAR模型的实证研究[J]. 软科学, 2010 (8): 11-17.
- [48]杨永春, 冷炳荣, 谭一滔, 李甜甜. 世界城市网络研究理论与方法及其对城市体系研究的启示[J]. 地理研究, 2011 (6): 1009-1020.
- [49]张闯, 夏春玉. 城市间流通网络及其形成与演化的微观动力机制研究[J]. 商业经济与管理, 2009 (10): 5-11.

- [50]张闯. 中国城市间流通网络结构及其演化: 理论与实证[M]. 北京: 经济科学出版社, 2009.
- [51]张闯, 孟韬. 中国城市间流通网络及其层级结构[J]. 财经问题研究, 2007 (5): 34-41.
- [52]甄峰, 曹小曙, 姚亦锋. 信息时代区域空间结构构成要素分析[J]. 人文地理, 2004 (5): 40-45.
- [53]甄峰, 张敏, 刘贤腾. 全球化、信息化对长江三角洲空间结构的影响[J]. 经济地理, 2004 (6): 748-752.
- [54]张会云, 唐元虎. 企业技术创新影响因素的模糊聚类分析[J]. 科研管理, 2003 (6): 71-76.
- [55]赵良杰, 赵正龙, 陈忠. 社会网络与创新扩散的共生演化[J]. 系统管理学报, 2012 (1): 62-69.
- [56]张弥. 城市体系的网络结构[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [57]周一星, 胡智勇. 从航空运输看中国城市体系的空间网络结构[J]. 地理研究, 2002 (3): 266-286.
- [58]张清辉. 企业网络与技术创新的研究综述[J]. 企业管理, 2011 (7): 74-76.
- [59]赵正龙. 基于企业网络的创新扩散过程[J]. 上海交通大学学报, 2008 (9): 1534-1540.
- [60]赵志耘, 郑佳. 从专利分析走向看技术创新与经济周期的关系[J]. 软科学研究成果与动态, 2010 (9): 185-192.
- [61]Berry B. J. L. Cities as Systems within Systems of Cities[J]. Papers of the Regional Science Association, 1964(13): 147-163.
- [62]Bourne L. S and J. W Simmons (eds). Systems of Cities[M]. New York: Oxford University Press, 1978.
- [63]Burt R. S. Structural holes: The social structure of competition[M]. Boston, M-A: Harvard University Press, 1992.
- [64]Burt R. The network structure of social capital, paper presented at the Social Network and Social Capital Conference, Duke University, Durham, NC, 1998.
- [65]Camagni Roberto P. and Carlo Salone. New York Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework[J]. Urban Studies, 1993 (6): 1053-1064.
- [66]Castells M. The Rise of Network Society[M]. Oxford: Blackwell, 1996.
- [67]Col. EMAN J S. Foundations of social theory[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.

- [68]Coleman, J. S. Foundations of social theory[M]. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1990.
- [69]Cooke P, Uranga M G. Regional innovation system: Institutional and organization dimensions [J]. Research Policy, 1992(26).
- [70]Esparza X. Adrian and Andrw J. Krmeneč. Large City Interaction in the US Urban System[J]. Urban Studies, 2000(4): 691-709.
- [71]Feldman M P Audretsch D B. Innovation in cities: science-based diversity. Specialization and localized competition [J]. European Economic Review, 1999(43): 409-429.
- [72]Freeman C. Technology Policy and Economic Performance : lessons from Japan [M]. London : Pinter, 1987.
- [73]Friedmann J. The word city hypothesis[J]. Development and Chang, 1986(17): 69-83.
- [74]Glaeser E. L. Learning in cities[J]. Journal of Urban Economics, 1999(46): 254-277.
- [75]Granovetter M S. The strength of weak ties[J]. American Journal of Sociology, 1973, 78(6): 1360-1380.
- [76]Gulati R. Network Location and Learning: The Influences of Network Resources and Firm Capabilities On Alliance Formation[J]. Strategic Management Journal, 1999b, 20: 1172-1193.
- [77]Gulati R. Does Familiarity Breed Trust?The Implication of Repeated Ties for Contractual Choice in Alliances[J]. Academy of Management Journal, 1995a, 38: 438-446.
- [78]Hakansson H. Industrial technological development: A network approach[M]. London: Croom Helm, 1987.
- [79]Higgs R. American Inventiveness: 1870-1920 [J]. Journal of Political Economy, 1971, Vol. 79. 661-667.
- [80]Jaime G, Pilar V. The effect of financial constraints, absorptive capacity and complementarities on the adoption of multiple process technologies[J]. Research Policy, 2009(38): 106-119.
- [81]Lucas R E. On the mechanics of economic development[J]. Journal of Monetary Economics, 1988(22): 3-22.
- [82]Meagher K, Rogers M. Network density and R&D spillovers[J]. Journal of Economic Behavior&Organization, 2004, 53(2): 237-260.

- [83]Oliver,C. The Institutional Embeddedness of Economic Activity, in Jane Dutton and Joel Baum (eds.), The Embeddedness of Strategy:Advances in Strategic Management, Greenwich, CT: IAI Press, 1996: 163-186.
- [84]Perd A. City-Systems in Advanced Economics: Past Growth, Present Processes and Future Development Options[M]. London: Hutchinson& Co (Publishers) Ltd, 1977: 16—19.
- [85]Pred A. Industry Information and City-System Interdependence in F. Hamilton (Ed.), Spatial Percertives on Industrial Organization and Decision-Making[J]. New York: John Wiley& Sons, 197: 105-139.
- [86]Rycroft R W, D E Kash. Innovation policy for complex technologies. Science and technology [R], 1999.
- [87]Sassen S. The Global City[M]. 2ndedn,Princeton.NJ: Princeton University press, 2001.
- [88]Schumpeter J A. The Theory of Economic Development[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.
- [89]Taylor P J. Hierarchical Tendencies amongst World Cities : A Global Research Proposal[J]. Cities, 1997, 14 (6): 323-332.
- [90]Taylor P J. World City Network: A Global Urban Analysis[M]. New York: Routledge, 2004: 7-8.
- [91]Taylor P J, Catalano G, Walker D R F. Measurement of the world city network[J]. Urban Studies, 2002(39): 2367-2377.
- [92]Thorelli Hans B. Networks: between markets and hierarchies[J]. Strategic Management Journal, 1986(7): 37-51.
- [93]Uzzi B. Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness[J]: Administrative Science Quarterly, 1997, 42(1): 37-69.
- [94]Wellman B. Network analysis: Some basic principles[A]. Collins, R. Sociological Theory [C]. San Fransisco, CA: Jossey • Bass, Inc, 1983.

致 谢

伴随着论文的完成，整个研究生生涯也即将告一段落。犹记得刚入学时的陌生与羞涩，一个转身我们即将踏出校园。回忆往昔，研究生阶段的每一点成长和提高都离不开众多人的扶持与陪伴，借此机会，我要向他们献上最诚挚的谢意。

衷心感谢我最尊敬的指导老师程开明教授，整个论文的写作是在他的悉心指导下完成的，他独具创新的缜密思维以及对学术前沿的准确把握，使我受益良多。每次遇到困难，经过程老师的点拨都会让我茅塞顿开。他严谨的治学态度以及谦和礼让的人生观念无不是我学习的榜样。能拜于程老师门下是我求学生涯最大的幸运，对我的影响将指导我今后的人生道路。

感谢统计学院所有的老师和同学们，在他们的帮助与陪伴下我没有了刚入学时的羞涩，有的是更加活泼和开心的笑容。每一周统计学院的科研研讨会都让我如沐春风，每一次班级的聚餐让我为能在这样的大家庭而倍感自豪。

感谢在研究生生涯中结识的好朋友，我的室友薛萧繁、薛津津。在远离家乡的杭州，她们伴我走过了这值得记忆两年，带给我无数的欢笑和快乐。当我遇

到困难时她们总是能施以援手，让我倍感温暖和幸福。

感谢我的父母及家人，求学的慢慢长路上他们是最最坚强的后盾，每次想起他们我就多了更多的勇气和坚韧。他们在背后默默的付出我将终生铭记。是他们的支持让我得以顺利完成研究生学业，是他们的关怀和督促让我不断前进，我深知他们对我的期盼，我将继续努力前行！

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含本人为获得浙江工商大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

签名： 王亚丽 日期：2012年11月27日

关于论文使用授权的说明

本学位论文作者完全了解浙江工商大学有关保留、使用学位论文的规定：浙江工商大学有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以将学位论文的全部或部分内 容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，并且本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。

保密的学位论文在解密后也遵守此规定。

签名： 王亚丽 导师签名： 王亚丽
日期：2012年11月27日