

基于重力模型的中国城市体系 空间联系与层域划分

顾朝林¹, 庞海峰²

(1 清华大学建筑学院, 北京 100084; 2 浙江省城乡规划设计研究院, 杭州 310007)

摘要: 新中国成立以来, 中国大陆城市体系空间格局发生了深刻的变化。传统的城市体系空间联系主要从人流、物流、技术流、信息流、金融流进行数据的收集和分析, 也有运用图论原理进行Rd链分析。近来, 随着社会主义市场经济的迅速发展, 城市之间的联系变得异常复杂、数据不易得到。本文试图运用重力模型方法对中国城市间的空间联系强度进行定量计算, 据此刻画中国城市体系的空间联系状态和结节区结构。从研究结果看, 所得结论与实际情况基本吻合。

关键词: 中国城市体系; 空间联系; 空间结构; 重力模型

文章编号: 1000-0585(2008)01-0001-12

1 城市体系空间联系研究评述

城市体系的空间联系研究是城市地理学的传统课题。长期以来, 一直有定性^[1~3]、定量^[4~7]以及定性定量^[8,9]相结合三种方法进行研究。在中国城市体系研究中, 许学强等分别从城镇分布密度、平均最邻近距离、空间分布类型和空间分布重心等方面进行城镇体系的空间分布特征分析^[10]。此后, 中国城市体系空间联系主要运用人流、物流、技术流、信息流、金融流进行数据的收集和分析^[11], 也有运用图论原理进行Rd链分析^[12]和其他方法的分析^[13]。城市分布的空间集聚特征和分布类型研究主要通过最邻近指数R值等方法进行分析和检验^[14,15]。城市分布的空间关联特征研究主要运用空间自相关分析进行刻画, 相应的指标有全局空间自相关指数(如Moran's I、Geary's C和Getis's G等)和空间联系局域指标(LISA)^[16]。近来, 随着社会主义市场经济的迅速发展, 城市之间的联系变得异常的复杂、数据不易得到, 同时这些分析方法在空间尺度上存在局限, 主要在于它们大多忽略了很多城市分布的空间变化信息。

迪玛提斯(Dematteis)^[17]将城市体系的空间联系分为两个层次, 即“网络联系(network relations)”和“地区联系(territorial relations)”。其中, 网络联系指城市体系内大尺度和长距离的联系, 在这种空间联系中, 城市(指区域中心城市)作为该网络系统中的主要节点控制亚区的空间联系网络, 指示了全局的组合状态; 而地区联系则是一种“邻近”式的空间联系, 主要是城市和邻近的城市(或区域)间的联系, 指示区域的凝聚状

收稿日期: 2007-06-13; 修订日期: 2007-10-09

基金项目: 国家自然科学基金重点项目资助(40435013); 中国城市化类型、过程与机理研究; 教育部博士点基金项目资助: 中国城市化类型、过程与机理研究

作者简介: 顾朝林(1958-), 男, 江苏省靖江市人, 博士, 教授、博士生导师。主要从事城市与区域规划研究。

E-mail: gucl@tsinghua.edu.cn

态。定量分析城市间空间相互作用有两种方法：（1）经验法。即通过大量的实际调查加以确定的方法，如西蒙（Simmons）^[18]收集了航空客流、公路车流量、电话、人口迁入迁出以及进出口总额等方面数据，以此确定1999年加拿大城市体系的空间相互作用和连接网络；周一星、胡智勇^[19]则用中国城市的航空运输资料分析了中国城市体系的空间联系网络；（2）理论模型法。即通过若干理论模型进行推算的方法，杜国庆（Du）^[20, 21]结合GIS运用重力模型计算了1985年和1995年中国城市体系的空间吸引强度，以此解析中国城市体系的空间联系网络和节点结构，并根据货运统计数据对重力模型进行了检验，结果表明以市区非农人口表示城市规模、以直线距离表示城市间距离的重力模型具有较高的拟合程度。很显然，前者工作量大，但比较准确，符合实际；后者是从许多实践中抽象出来的模式（如重力模型），运用起来比较简单，由于是一种理想状况，与实际状况可能存在某些出入^[22]。

鉴于国内统计资料中关于城市间的O-D数据很难获得，本文试图采用理论模型进行推算。首先，主要运用重力模型方法对中国城市间的空间联系强度进行定量计算，据此刻画中国城市体系的空间联系状态和结节点结构；其次，通过距离摩擦系数b的不同取值对中国城市体系的空间组合区域进行层域划分。

2 研究技术路线设计

本文采用一般重力模型模拟中国城市体系的空间联系状态，具体方法如下：

2.1 重力模型和引力矩阵设计

本文旨在揭示城市间空间联系状态的大致情况，而不是完全拟合O-D联系网络或进行流的空间分配，因此模型的功能主要是区分城市间吸引力的大小，因此可简单采用一般重力模型，即：

$$T_{ij} = K \frac{P_i P_j}{d_{ij}^b} \quad (i \neq j; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

这里， T_{ij} 是城市*i*和城市*j*之间的引力，*n*为城市体系内所有城市的数量， P_i 和 P_j 是以市区非农人口进行测度的起始点城市规模， d_{ij} 为两城市间的距离（本文取空间直线距离），*b*为距离摩擦系数。通过计算每个城市和其他各个城市的引力值，可以得到引力矩阵 T_{ij} 。

2.2 最大引力联结线获取

在得出引力矩阵以后，对各个城市（*i*）选取其最大的引力 T_i^{\max} ：

$$T_i^{\max} = \max(T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}, \dots, T_{i(n-1)}, T_{in}) \quad (2)$$

从而获得每个城市（*C_i*）对应的吸引力最大的城市（*C_i'*），即城市（*C_i*）的“最大引力城市”，然后将*C_i*和*C_i'*进行两两连线，最后得到城市体系“最大引力联结线（ L^{\max} ）”分布图。

笔者借助Visual Basic进行编程，以确定各个城市相对应的“最大引力城市”，核心程序代码因篇幅而简略。

在得到各城市对应的最大引力城市基础上，利用MapInfo交换文件*.MIF和*.MID实现“最大引力联结线”分布图的自动生成。

2.3 距离摩擦系数确定

距离摩擦系数是指示引力的距离衰减速度，即：*b*越大，则引力随距离增加衰减得越

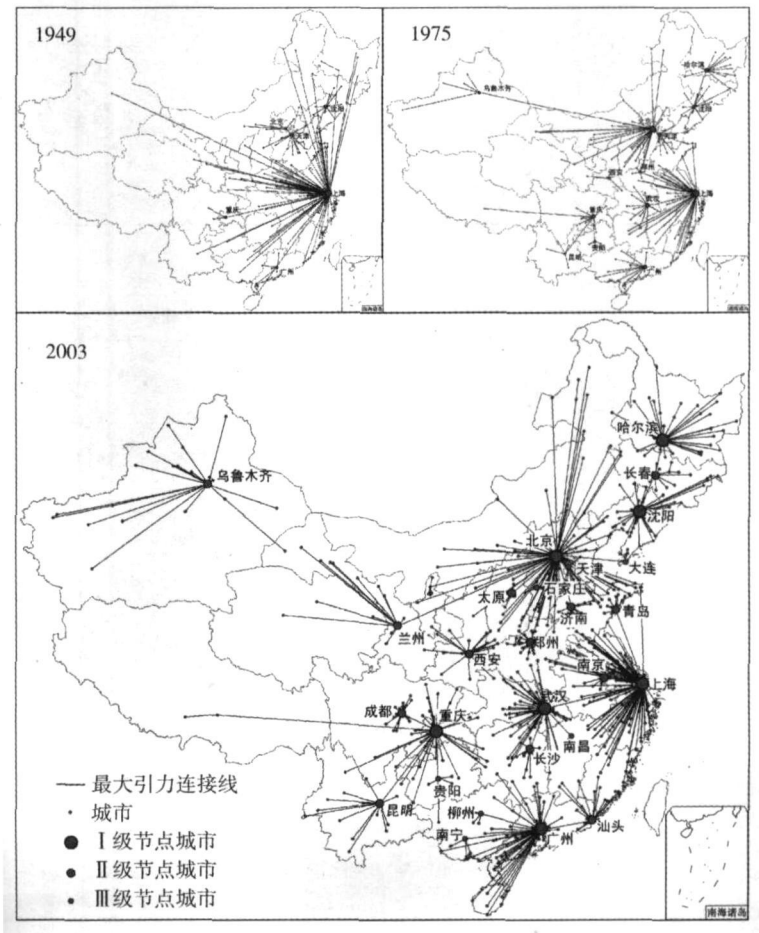
快；反之则慢。在重力模型中，距离摩擦系数 b 的选择一直存在争论。笔者通过不同 b 值下的引力分布图发现， b 值的大小实际上指示了引力作用范围的尺度差异，即： b 值越大，则引力覆盖的区域越大，引力分布体现了较大尺度上的空间相互作用状态； b 值越小，则引力覆盖的区域越小，引力分布能揭示小尺度上的空间相互作用情况。笔者通过检验发现， b 值分别取 1 和 2 时可以近似地揭示国家尺度和省区尺度的城市体系空间联系状态。

3 城市空间联系和节点解析

笔者借鉴 Dematteis 的空间联系理论，运用空间交互模型的定量分析方法，分别从两个层次（国家层次和省区层次）来揭示中国城市体系的空间联系状态及其演变过程，并对城市体系的节点结构进行分析。

3 1 城市空间联系状态与节点分布

通过上述方法生成最大引力联结线分布图。我们可以直观地发现，联结线越多的城市其在城市体系中的总吸引力越大，且具有更高的空间支配地位，从而成为城市体系中的节



注：因统计资料问题港澳台地区城市暂未列入分析，下同。

图 1 中国城市体系“网络联系”演化图 ($b=1$) (1949/ 1975/ 2003)

点。因此可以根据各个城市总吸引力 (G_i , 在潜能模型中称之为潜能) 大小和最大引力联结线数目 (N^{max}) 来确定节点等级。其中 G_i 的表达式如下:

$$G_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (i \neq j) \tag{3}$$

并由 VB 程序输出 G_i 和 N^{max} 。值得注意的是, 并不是潜能大就一定成为节点城市, 如天津 2003 年的潜能排序为第四, 但是由于和北京相距太近, 其潜能并不能直接促成节点和空间作用区域的形成。

因此, 笔者综合最大引力联结线数目 N^{max} 和潜能 G_i 对节点城市进行以下大致分类:
(1) 在 $b=1$ 的情况下, a I 级节点城市, ($N^{max}>25$) 或 ($G_i>M+3S$ & $N^{max}>10$) (M 和 S 分别为 G_i 的平均值和标准差); b II 级节点城市, ($N^{max}>15$) 或 ($G_i>M+2S$ & $N^{max}>10$); c II 级节点城市, ($N^{max}>3$); (2) 在 $b=2$ 的情况下, $N^{max}\geq 2$ 均为节点城市, 其中, 与 $b=1$ 时重合的节点不另外分级, 而新的节点则统一归为 II 级节点。

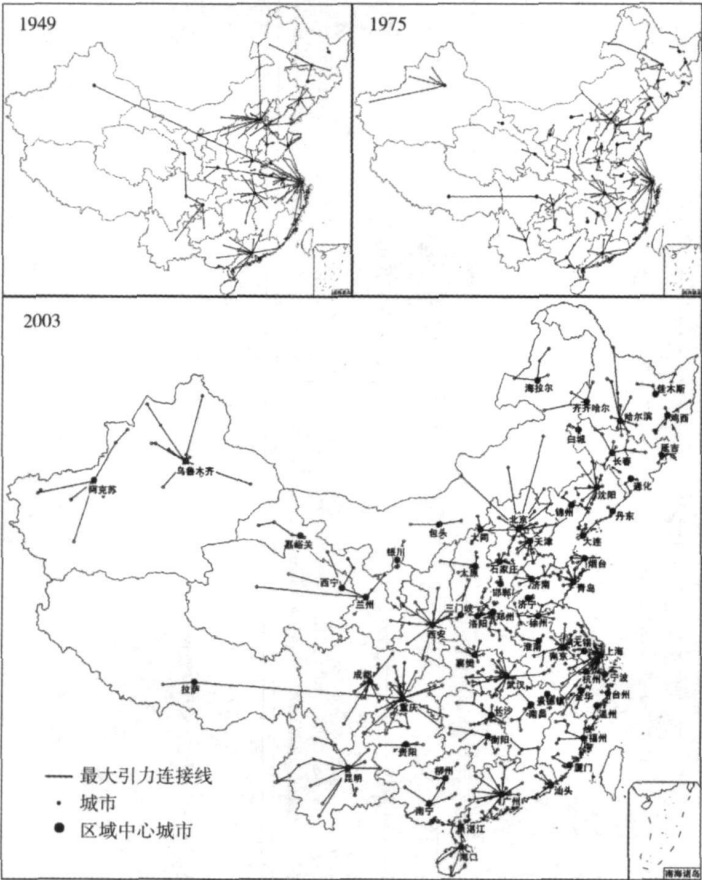


图 2 中国城市体系“地区联系”演化图 ($b=2$) (1949/ 1975/ 2003)

Fig. 2 Evolvement of territorial relations in Chinese urban systems ($b=2$) (1949/ 1975/ 2003)

由此得到中国城市体系两个尺度上的空间联系状态和节点分布图 (图 1, 图 2)。其中图 1 的距离摩擦系数 $b=1$, 揭示的是中国城市体系在国家尺度上的“网络联系”状态; 图 2 的距离摩擦系数 $b=2$, 揭示的中国城市体系在省区尺度上的“地区联系”状态。

图 1 主要揭示了 I 级和 II 级节点城市的空间分布状况。由图 1 可知, 1949 年中国城市体系空间联系状态的最大特征是: 节点城市较少且上海的空间引力范围几乎覆盖整个城市体系, 除此之外只有天津和沈阳的引力范围较大, 而北京、广州、重庆则为 II 级节点城市; 到 1975 年, 上海的引力范围缩小, 北京的引力范围则得到很大程度的扩张, 在北方形成了天津、沈阳、哈尔滨等 II 级节点城市, 南方则形成了重庆、武汉、广州等 II 级节点城市, 乌鲁木齐、昆明、贵阳等节点城市也开始发育; 2003 年, 中国城市体系 I 级节点城市增加至 7 个(哈尔滨、沈阳、北京、上海、武汉、重庆和广州), II 级节点城市增加至 13 个(长春、乌鲁木齐、太原、济南、青岛、郑州、西安、兰州、南京、成都、长沙、昆明和汕头)。50 多年来, 中国城市体系的空间联系日益复杂, 节点城市的数量和层次均有明显增加。

图 2 主要显示了 II 级节点城市的空间演化情况, 由图可知, 1949 ~ 2003 年间 II 级节点城市的数量不断增加, 而且节点城市所影响的空间范围在不断扩大, 城市体系的基础网络逐渐趋于完善。

3 2 城市节点及其连接

将上述方法得到的节点城市再次进行引力计算(其他城市不计算), 以此明确节点城市间的空间从属关系和结构特征。具体采用低级节点向高级节点层次归并的方法: 首先将 II 级节点城市根据最大引力原则纳入 II 级或 I 级节点框架内, 再将 II 级节点城市以相同方法纳入 I 级节点城市框架内, 而对于 I 级节点城市, 则从潜能最小的城市开始向上归并, 直至到达潜能最大的节点城市, 从而得到中国城市体系节点结构框架及其空间演化图(图3)。

根据分析结果显示的节点结构, 可以将中国城市体系节点结构大体分为南北两个系统, 南方以上海为核心、北方则以北京为核心。其中, 南方节点系统较为成熟, 已经形成了明显的层次结构(2003

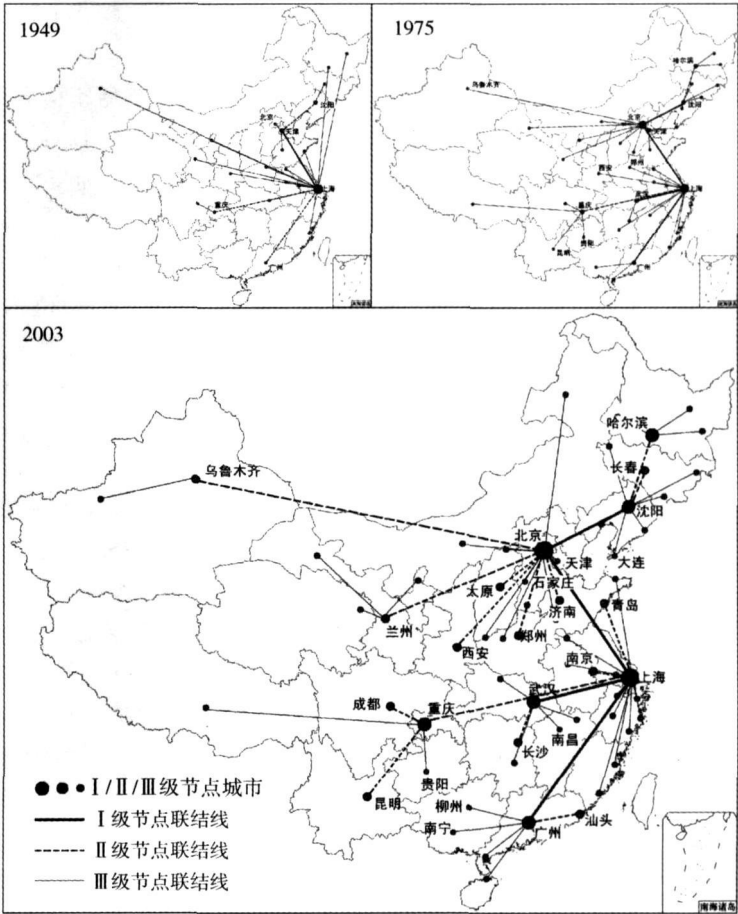


图 3 中国城市体系节点结构空间演化图(1949/1975/2003)

Fig 3 Evolution of spatial relations in Chinese urban systems (1949/1975/2003)

年共有武汉、重庆、广州等三个Ⅱ级系统)；而北方节点系统则相对较为简单，除了“沈阳—哈尔滨—长春”这一Ⅱ级系统外，其余Ⅱ级节点城市直接与北京联系，Ⅱ级节点系统的发育不完善，尤其是黄河中上游地区和西北地区至今仍未形成区域性核心城市，虽然至2003年兰州在该地区的空间主导地位有所上升，但还未真正形成Ⅱ级节点城市。

1949~2003年间的中国城市体系节点结构空间演化具有如下特点：(1)节点结构多极化的趋势明显。从1949年的3个Ⅰ/Ⅱ级节点发展为2003年的18个Ⅰ/Ⅱ级节点，且节点结构的层次更为丰富；(2)京津地位的消长。北京在1949年仅作为受天津吸引的Ⅲ级节点城市，但新中国成立后很短时间就迅速成为北方的核心城市，而天津的区域地位则有明显的下降；(3)上海核心地位的下降。1949年上海在全国的核心地位十分突出，而随着北京区域地位的提升，其影响范围逐渐向南收缩，如郑州和西安在1975年受上海影响较多，但到2003年则受北京的影响更大；(4)南方次级中心城市发育。主要表现为武汉、重庆和广州等新的Ⅱ级节点系统，但是海峡西岸地区则存在明显的空白。

4 城市体系的层域划分

城市体系节点结构揭示了城市体系空间组织过程中起引导作用的城市，而以这些城市为核心，通过经济、生产上相互联系和协作，与其紧密相连的广大地区在空间上形成结节地域。这种结节地域就是所谓的城市经济区，它是城市体系空间联系和空间组合的基本表现形式之一。从其内在特性的规定性看，城市经济区具有五大构成要素，即中心城市、城镇网络、联系通道、空间梯度和经济腹地^[8]。对城市体系空间分区进行定量划分的方法主要有以下几种：基于图论的Rd链城市经济区划分方法^[8]、基于Voronoi图的城市影响区划分^[9,10]、基于空间属性聚类的城镇群体划分^[11]等。国外Brady^[12]通过空间作用模型定量计算城市体系的“城市市场(Urban Field)”(即中心城市的空间作用范围)，在此基础上对爱尔兰城市体系的空间组合区域进行了划分。本文基于重力模型方法对城市体系空间分区进行划分。借鉴Brady S. Martin的方法，根据上文得到的城市体系节点结构图和引力分布图对中国城市体系进行空间组合区域的划分。

4.1 大区 and 区域城市体系

以距离摩擦系数 $b=1$ 的重力模型得到城市体系Ⅰ级和Ⅱ级节点城市，根据其相应的引力作用范围确定该节点城市的影响区边界，而该节点城市则作为该分区的核心城市。根据这一分区方法，令每个Ⅰ级节点城市及其引力作用区域组成城市体系的Ⅰ级和Ⅱ级分区，而节点城市则为该区城市体系的中心城市。需要注意的是，在对Ⅰ级和Ⅱ级节点城市的作用区域进行空间划分时参考省区行政界限进行适当修改(如将青岛周边地区划入北方体系)。此外，在Ⅰ级和Ⅱ级节点城市的层次组合单一的区域(如西北地区、东北地区)，笔者将若干Ⅰ级(或Ⅱ级)节点城市进行若干同等级节点城市间的组合分区。由此得到中国城市体系Ⅰ级和Ⅱ级分区划分结果(图4)。

由图4可知，至2003年，中国城市体系在区域组合上形成了2个大区(Ⅰ级城市体系)和7个亚区(Ⅱ级城市体系)的总体格局。中国城市体系的两个大区是以上海为核心的南方Ⅰ级大区城市体系和以北京为核心的北方Ⅰ级大区城市体系。南方Ⅰ级大区城市体系又由四个Ⅱ级区域城市体系组成，它们是：上海体系(上海、江苏、浙江、安徽和福建)、武汉体系(湖南、湖北和江西)、广州体系(广东、广西和海南)和重庆体系(重庆、四川、贵州、云南和西藏)。北方Ⅰ级大区城市体系也由三个Ⅱ级区域城市体系组成，

它们是：北京体系（北京、天津、河北、河南、山东、山西、陕西和内蒙古）、沈一哈体系（辽宁、吉林和黑龙江）和兰—乌体系（甘肃、宁夏、青海和新疆）。笔者认为，南方Ⅰ级大区城市体系的基本构架较为稳定和成熟，而北方Ⅰ级大区城市体系由于缺少Ⅰ级节点城市而使整个城市体系结构较为松散，最为明显的是陕西和甘肃、宁夏、青海、新疆等西北地区没有绝对的核心城市。

4 2 地方城市体系

当 $b=1$ 时，引力分布只能揭示国家尺度上的城市体系空间联系状态，无法识别出省区尺度以下的空间组合状态。通过修改距离摩擦系数 b 来调整重力模型，以此来对省区尺度的城市体系空间组合区域进行划分。在距离摩擦系数 $b=2$ 的条件下，通过重力模型得到城市体系Ⅱ级节点城市，根据其相应的引力作用范围确定该节点城市的影响区边界，该节点城市则为该分区的核心城市。区划方法同上，令每个Ⅱ级节点城市及其引力作用区域组成Ⅲ级地方城市体系，而节点城市则为地方城市体系的中心城市。和Ⅰ级和Ⅱ级分区不同的是，在边界确定的过程中更多地考虑空间引力范围，而并不一定完全遵循行政区界进行分区。此外，考虑到上海、北京等节点城市的空间影响范围过大，因此，在其Ⅱ级分区内有一定数量的相互覆盖的区域，如上海Ⅱ级体系下的无锡Ⅱ级体系。由此得到中国城市体系Ⅱ级分区划分结果（图5）。



图 4 中国城市体系Ⅰ / Ⅱ级分区示意图 ($b=1$) (2003)

Fig. 4 The 1st and 2nd urban regions in Chinese urban systems ($b=1$) (2003)



图 5 中国城市体系Ⅲ级分区示意图 ($b=2$) (2003)

Fig. 5 The 3rd urban regions in Chinese urban systems($b=2$)(2003)

级分区，南方有 30 个 II 级体系，北方则为 34 个。在 II 级分区图有一个明显的特征：东北、西北和西南地区的 II 级分区的覆盖范围较大，地方城市体系的极化作用明显；而在东部沿海、中部地区，地方城市体系发展则较为均衡。

4 3 城市体系地域空间结构

通过大区（I 级）、区域（II 级）和地方（III 级）II 级城市体系的叠加，可以获得 2003 年中国城市体系地域空间结构（图 6）。表 1 详细列出了各等级分区间的



图 6 中国城市体系综合分区示意图（2003）

Fig 6 Comprehensive urban regions in Chinese urban systems (2003)

空间从属关系。表 2 列出了 II 级城市体系的包含城市，其中，II 级上海体系覆盖 II 级无锡体系、杭州体系、宁波体系和金华体系，III 级北京体系覆盖 III 级天津体系和大同体系。

表 1 中国城市体系空间组合和分区概况（2003）

Tab 1 Spatial allocations and urban regions of Chinese urban systems (2003)			
I 级城市体系	II 级城市体系	III级城市体系	
中国城市体系	北方体系(北京)	北京体系（天津体系，大同体系），石家庄体系，邯郸体系，青岛体系，烟台体系，济南体系，济宁体系，郑州体系，洛阳体系，三门峡体系，西安体系，太原体系，包头体系，海拉尔体系。沈阳体系，锦州体系，大连体系，丹东体系，长春体系，通化体系，白城体系，延吉体系，哈尔滨体系，鸡西体系，佳木斯体系，齐齐哈尔体系。	
		沈—哈体系	兰州体系，嘉峪关体系，银川体系，西宁体系，乌鲁木齐体系，阿克苏体系。
		兰—乌体系	
	南方体系(上海)	上海体系（无锡体系，杭州体系，宁波体系，金华体系），南京体系，徐州体系，淮南体系，台州体系，温州体系，福州体系，厦门体系。	
		武汉体系	武汉体系，襄樊体系，长沙体系，衡阳体系，南昌体系，景德镇体系，赣州体系。
		重庆体系	重庆体系，成都体系，贵阳体系，昆明体系，拉萨体系
		广州体系	广州体系，汕头体系，湛江体系，海口体系，南宁体系，柳州体系。
合计：2个I级体系，7个II级体系，64个III级体系。			

注：（1）因统计资料问题港澳台地区暂未列入计算和分析；（2）除 I 级城市体系外，其他等级的城市体系名称均用其核心城市（即节点城市）的名称命名，如兰—乌体系指该城市体系的核心城市为兰州和乌鲁木齐；（3）II 级体系名录中，括号表示其内的 III 级体系被其他 III 级体系所覆盖。

表 2 中国城市体系空间组合表（2003）

Tab 2 Spatial allocations of Chinese urban systems（2003）

I 级	II 级	III级	包含城市
北方城市体系	北京体系	北京体系	北京、天津、唐山、秦皇岛、张家口、承德、廊坊、保定、沧州、大同、朔州、集宁、赤峰、锡林浩特、安国、河间、任丘、泊头、黄骅、霸州、高碑店、涿州、迁安、遵化、三河、凌源、乐陵、二连浩特、霍林郭勒、丰镇
		天津体系	天津、唐山、秦皇岛、迁安、霸州、任丘、河间、泊头、沧州、黄骅、乐陵
		大同体系	大同、丰镇、集宁、朔州
		石家庄体系	石家庄、藁城、鹿泉、新乐、定州、晋州、辛集、深州、衡水、冀州、南宫、阳泉
		邯郸体系	邯郸、邢台、沙河、武安、安阳、林州、鹤壁、濮阳
		青岛体系	青岛、胶南、日照、诸城、安丘、高密、胶州、即墨、潍坊、寿光、昌邑、平度、莱州、莱西、海阳
		烟台体系	烟台、威海、文登、荣城、乳山、莱阳、招远、栖霞、龙口、蓬莱
		济南体系	济南、章丘、淄博、青州、东营、滨州、禹城、德州、临清、聊城、肥城、泰安、莱芜、新泰
		济宁体系	济宁、兖州、曲阜、邹城
		郑州体系	郑州、晋城、焦作、沁阳、巩义、荥阳、辉县、新乡、卫辉、开封、登封、新密、新郑、禹州、长葛、许昌、平顶山、舞钢、漯河、周口、项城、驻马店
		洛阳体系	洛阳、孟州、偃师、济源、义马、汝州
		三门峡体系	三门峡、运城、灵宝
		西安体系	西安、延安、韩城、永济、华阴、渭南、铜川、兴平、商州、安康、万源、汉中、宝鸡、天水、平凉、固原、西峰、
		太原体系	太原、古交、榆次、原平、忻州、榆林、离石、汾阳、孝义、介休、霍州、临汾、侯马、河津
		包头体系	包头、呼和浩特、东胜、临河
		海拉尔体系	海拉尔、额尔古纳、牙克石、根河、满洲里
	沈—哈体系	沈阳体系	沈阳、灯塔、辽阳、鞍山、海城、营口、大石桥、盖州、盘锦、北宁、阜新、本溪、抚顺、新民、铁岭、铁法、开原、通辽、双辽
		锦州体系	锦州、葫芦岛、凌海、兴城、朝阳、北票
		大连体系	大料、庄河、普兰店、瓦房店
		丹东体系	丹东、凤城、东港
		长春体系	长春、吉林、公主岭、四平、辽源、梅河口、磐石、桦甸、敦化、蛟河、九台、德惠、舒兰、大安、松原
		通化体系	通化、白山、临江、集安
		白城体系	白城、乌兰浩特、洮南
		延吉体系	延吉、图们、龙井、珲春、和龙
		哈尔滨体系	哈尔滨、阿城、双城、榆树、五常、尚志、肇东、绥化、铁力、海伦、北安、五大莲池、黑河
		鸡西体系	鸡西、密山、七台河、虎林、穆稜、绥芬河、牡丹江、海林、宁安
		佳木斯体系	佳木斯、鹤岗、双鸭山、富锦、同江、伊春
		齐齐哈尔体系	齐齐哈尔、大庆、安达、讷河、阿尔山
兰—乌体系	乌鲁木齐体系	兰州体系	兰州、白银、临夏、中卫、合作
		嘉峪关体系	嘉峪关、酒泉、玉门、定西、敦煌
		银川体系	银川、石嘴山、乌海、灵武、青铜峡、吴忠
		西宁体系	西宁、武威、张掖、金昌、德令哈、格尔木
		阿克苏体系	乌鲁木齐、米泉、阜康、五家渠、昌吉、吐鲁番、哈密、库尔勒、奎屯、乌苏、克拉玛依、塔城、阿勒泰、石河子
		阿克苏体系	阿克苏、阿拉尔、图木舒克、和田、阿图什、喀什、伊宁、博乐

(接表 2)

南方 城市 体系	上海 体系	上海体系	上海、无锡、常州、苏州、南通、盐城、杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、丽水、黄山、上饶、宁国、武夷山、常熟、张家港、江阴、东台、宜兴、昆山、启东、如皋、吴江、泰兴、金坛、太仓、通州、靖江、海门、大丰、平湖、桐乡、海宁、临安、富阳、余姚、慈溪、上虞、奉化、诸几、义乌、东阳、兰溪、嵊州、龙泉、江山、永康、建德
		无锡体系	无锡、常州、张家港、宜兴、金坛、泰兴、靖江、江阴
		杭州体系	杭州、绍兴、临安、富阳、诸暨
		宁波体系	宁波、舟山、奉化、余姚、上虞、慈溪
		金华体系	金华、永康、兰溪、衢州、江山
		南京体系	南京、淮安、兴化、高邮、天长、扬州、江都、泰州、姜堰、扬中、仪征、镇江、丹阳、句容、马鞍山、滁州、明光、合肥、巢湖、芜湖、宣州、铜陵、桐城、六安
		徐州体系	徐州、淮北、永城、宿州、亳州、商丘、菏泽、滕州、枣庄、临沂、邳州、新沂、宿迁、连云港
		淮南体系	淮南、蚌埠、阜阳、界首
		台州体系	台州、临海、温岭
		温州体系	温州、乐清、瑞安、福鼎
	武汉 体系	福州体系	福州、长乐、福清、莆田、宁德、福安、建阳、建瓯、邵武、南平、三明、永安
		厦门体系	厦门、龙海、漳州、龙岩、漳平、南安、泉州、晋江、石狮
		武汉体系	武汉、信阳、随州、广水、安陆、麻城、钟祥、荆门、当阳、宜昌、枝城、枝江、松滋、荆州、石首、岳阳、临湘、洪湖、蒲圻、咸宁、潜江、仙桃、天门、应城、汉川、孝感、黄冈、鄂州、黄石、大冶、武穴、瑞昌、九江、安庆、贵池
		襄樊体系	襄樊、宜城、枣阳、老河口、丹江口、十堰、邓州、南阳
		长沙体系	长沙、萍乡、株洲、湘潭、常德、益阳、娄底、津市、沅江、汨罗、浏阳、湘乡、醴陵、冷水江、张家界、涟源、韶山
	重庆 体系	衡阳体系	衡阳、邵阳、郴州、永州、怀化、耒阳、资兴、武冈、洪江、常宁
		南昌体系	南昌、新余、鹰潭、宜春、吉安、临川、高安、樟树、贵溪、丰城
		景德镇体系	景德镇、德兴、乐平
		赣州体系	赣州、南康、瑞金、井冈山
	广州 体系	重庆体系	重庆、恩施、吉首、南充、泸州、遂宁、宜宾、铜仁、毕节、遵义、昭通、怀仁、赤水、利川、华蓥、达川、阆中、巴中、广安、合川、永川、江津、南川
		成都体系	成都、雅安、自贡、德阳、绵阳、内江、乐山、广元、西昌、资阳、简阳、都江堰、邛崃、峨眉山、广汉、什邡、绵竹、江油、崇州、彭州、眉山
		贵阳体系	贵阳、清镇、安顺、六盘水、福泉、都匀、凯里
		昆明体系	昆明、攀枝花、兴义、曲靖、楚雄、玉溪、个旧、思茅、景洪、大理、保山、潞西、瑞丽、开远、宣威、安宁、丽江、临沧
		拉萨体系	拉萨、日喀则
	广州 体系	广州体系	广州、惠州、深圳、河源、佛山、清远、东莞、珠海、江门、肇庆、中山、韶关、阳江、梧州、连州、乐昌、南雄、英德、罗定、从化、四会、开平、增城、云浮、高要、恩平、阳春、台山、鹤山、岑溪、贺州
		汕头体系	汕头、汕尾、梅州、陆丰、兴宁、潮州、揭阳、普宁
		湛江体系	湛江、茂名、北海、信宜、高州、廉江、化州、雷州、吴川
		海口体系	海口、文昌、琼海、万宁、通什、三亚、东方、儋州
		南宁体系	南宁、玉林、百色、钦州、凭祥、贵港、防城港、东兴、北流、桂平、崇左
	柳州 体系	柳州体系	柳州、桂林、宜州、河池、合山、来宾

注：因统计资料问题港澳台地区暂未列入计算和分析。

5 结论

本文运用重力模型计算中国城市间的空间联系强度, 得出中国城市体系的空间联系状态和结节区结构, 再通过距离摩擦系数 b 的不同取值, 将 2003 年中国城市体系的空间层次划分为 2 个大区 (I 级城市体系)、7 个亚区 (II 级城市体系) 和 64 个地方 (II 级城市体系) 的总格局。就亚区而言, 可能存在一些问题, 例如海拉尔体系是进入北京体系还是沈—哈体系等, 值得进一步研究探讨。但从整体看, 研究结果与实际情况基本吻合, 可以认为论文探索的研究方法有一定的科学价值。

参考文献:

- [1] Green F H W. Urban hinterlands in England and Wales: An analysis of bus services *Geogr J*, 1950, 96(1): 64 ~ 81
- [2] Goddard J B. Functional regions within a city center: A study by factor analysis of taxi flows in Central London. *Trans Inst Br Geogr*, 1970, 49(2): 161 ~ 180
- [3] Edward J Taffe. The urban hierarchy: An air passenger definition *Economic Geography*, 1962, 37(1): 1 ~ 14
- [4] Garrison W L. Spatial structure of economy I. *Annals of the Association of American Geographers*, 1959, 49: 238 ~ 239
- [5] Garrison W L. Spatial structure of economy II. *Annals of the Association of American Geographers*, 1959, 49: 471 ~ 482
- [6] Garrison W L. Spatial structure of economy III. *Annals of the Association of American Geographers*, 1960, 50: 357 ~ 373
- [7] Garrison W L, Marble D F (eds.). *Quantitative geography. Part I: Economic and cultural topics*. Northwestern University Studies in Geography, 1967, 13
- [8] Haggett A, Cliff, A, Frey. *Location Analysis in Human Geography*. John Wiley and Sons, New York, 1977
- [9] Berry B J L, Horton F E (eds.). *Geographic Perspectives on Urban Systems*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1970
- [10] 许学强, 胡华颖, 等. 我国城镇分布及其演变的几个特征. *经济地理*, 1983, (3): 205 ~ 212
- [11] 顾朝林, 刘志洪, 万利国. 济南城市经济影响区分析. *地理科学*, 1992, 12(1): 15 ~ 26
- [12] 顾朝林. 中国城市经济区划分的初步研究. *地理学报*, 1991, 46(2): 129 ~ 141.
- [13] 陈田. 我国城市经济影响区域系统的初步分析. *地理学报*, 1987, 42(4): 93 ~ 104.
- [14] 许学强. *城市地理学*. 北京: 高等教育出版社, 1997
- [15] 周一星. *城市地理学*. 北京: 商务印书馆, 1995
- [16] 杨国安, 甘国辉. 中国城镇体系空间分布特征及其变化. *地球资讯科学*, 2004, 6(3): 12 ~ 18
- [17] Dematteis G. Globalisation and regional integration: The case of the Italian urban system. *GeoJournal*, 1997, 43: 331 ~ 338
- [18] Simmons J. *The Urban System and Linkages. Building, Connecting and Sharing Knowledge: A Dialogue on Linkages Between Communities*. Ryerson University, 2005
- [19] 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. *地理研究*, 2003, 21(3): 276 ~ 286
- [20] Du Guoqing. Using GIS for analysis of urban system. *GeoJournal*, 2001, 52: 213 ~ 221
- [21] 杜国庆. Spatial structure of urban system in the rapidly changing period in China. *南京大学学报(自然科学版)*, 2006, 42(3): 1 ~ 14.
- [22] Aslam M. *Statistical methods in geographical studies*. Rajesh Publications. New Delhi, 1977. 72 ~ 88

Study on spatial relations of Chinese urban system: Gravity Model Approach

GU Chao-lin¹, PANG Hai-feng²

(1 Department of Urban Planning, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2 Zhejiang Urban & Rural Planning Design Institute, Hangzhou 310007, China)

Abstract: During the past 50 years, profound changes took place in the field of spatial structure of Chinese urban system. This paper will focus on the spatial relations (including network relations and territorial relations) in the inner urban system, and classify the ranks of spatial combination areas of Chinese urban system with different values of Distance Friction Coefficients b . Concerning Chinese urban system, two major regions (1st grade urban system) and seven sub-regions (2nd grade urban system) have formed, the Southern Major Region centralized with Shanghai and the northern one with Beijing. The Southern Major Region consists of four 2nd grade regional urban systems including the Shanghai System (Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Anhui and Fujian), Wuhan System (Hunan, Hubei and Jiangxi), Guangzhou System (Guangdong, Guangxi and Hainan) and Chongqing System (Chongqing, Sichuan, Yunnan, Guizhou and Tibet). The Northern Major Region consists of three 2nd grade regional urban systems including the Beijing System (Beijing, Tianjin, Hebei, Henan, Shandong, Shanxi, Shaanxi and Mongolia), Shenyang-Harbin System (Liaoning, Jilin and Heilongjiang) and Lanzhou-Urumqi System (Gansu, Ningxia, Qinghai and Xinjiang). Besides, 64 local urban systems (3rd grade) have formed in the Chinese urban system, among which the 3rd Grade Shanghai System covers Wuxi, Ningbo, Hangzhou and Jinhua Systems, and the 3rd Grade Beijing System includes Beijing System and Datong System.

Key words: China's urban system; spatial relations; spatial structure; Gravity Model Approach