

# 中国城市空间分布的双侧对称性

陈彦光<sup>1</sup>, 余 斌<sup>2</sup>

(1. 北京大学环境学院城市与区域规划系 北京 100871 2. 华中师范大学城市与环境学院 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 借助尺度归并和笛卡儿变换思想考察中国城市的宏观分布规律, 发现中国城市在一定的空间和规模尺度上具有双重对称性: 以秦岭—淮河为界, 南方城市与北方城市呈现双侧对称特征; 以呼和浩特—太原—郑州—武汉—广州沿线为轴, 东部城市与西部城市形成双侧对称局势。中国城市的宏观对称性与地球公转和自转的方式有关, 海陆差异、地表形态和水系构成是影响城市对称格局的重要因素。城市的对称分布属于广义的形态发育问题, 对称形成的内在机制可能在于人类空间行为的自组织演化。

**关键词:** 中国城市; 对称; 尺度; 笛卡儿变换; 自组织

**中图分类号:** K90 **文献标识码:** A

对称问题是科学理论建设的大问题。只有满足时间平移对称, 一种科学规律才是永恒的; 只有满足空间平移对称, 一种科学规律才是普适的。可是, 当将人类的观测视角调节到地球表层的人类活动空间尺度时, 似乎绝大多数物理对称性都被破坏。在这种情况下, 人文地理学的理论体系很难建立起来。于是人们形成一种误解: 人文地理现象与自然现象不同——人文现象不存在空间秩序, 因而没有法则可寻。然而, 随着科学研究的深入, 越来越多的证据表明人文地理现象与自然现象遵循相同的演化规律<sup>[1, 2]</sup>, 如城市体系与水系、地震能量服从完全一致的标度定律<sup>[2, 3]</sup>。这意味着, 人类的社会经济活动在某种尺度上可能具有对称性质, 研究这种对称性对地理科学的理论建设具有重要意义。

理论地理学中最经典、最有影响的理论莫过于中心地理论<sup>[4]</sup>, 中心地模型本质上是一种对称模型, 该模型具有平移、旋转、双侧和伸缩 4 种常见的对称特征。有人认为中心地仅仅是一种理想状态下的理论构想, 现实中的城乡聚落体系不会如此对称——即便真的存在 Christaller 假设的理想地表形态, 城乡聚落的空间分布也会因为非线性相互作用

而自发对称破缺<sup>[5]</sup>。诚然, 在现实中找不到标准的嵌套式正六边形等级构造。然而, 叶大年等<sup>[6, 7]</sup>研究发现城市空间体系具有广义的对称性质, 本文作者与合作者发现城市等级体系具有标度对称性质<sup>[8]</sup>。虽然真实的城镇分布不一定形成六边形格局, 但一个城市周边的城镇配位数平均值在宏观统计上却趋向于 6<sup>[7, 9]</sup>——这正是中心地理论预言的结果。由于地理学规律主要是一种宏观统计规律, 如果从更大的空间尺度上考察中国城市, 可以发现更加令人惊讶的空间秩序。这篇文章着重研究中国城市宏观分布的双侧对称特征, 这种工作可以视为是对叶大年前期成果的一个发展。叶大年<sup>[6]</sup>在研究湖南和江西以及南亚次大陆的大区域城市分布时发现这种对称规律, 他的一些发现在本文中将被纳入更高层面的宏观对称图式。

## 1 对称与地理空间对称

### 1.1 对称与不变性

在日常用语中, 对称意味着非常的匀称和协调, 而对称性则表示结合成整体的几个部分之间所具有的某种和谐性质。长期以来, 对称性是人们用以理

\* 收稿日期: 2006-01-18, 修回日期: 2006-05-11。

\* 基金项目: 国家自然科学基金重点项目“中国的城市变化及其自组织空间动力学”(编号: 40335051) 资助。

作者简介: 陈彦光(1965-), 男, 河南罗山人, 副教授, 主要从事城市与理论地理学研究。E-mail: chenyg@pku.edu.cn

解并建立秩序、优美和完善的一种概念<sup>[10]</sup>。简而言之,对称“是指事物在时间或者空间上的有序性”<sup>[6]</sup>。在物理上,对称意味着不可观测或不可区分性<sup>[11]</sup>。在数学上,对称性可以表示为某种变换中的不变性<sup>[12]</sup>。给定一个函数  $f(x)$ ,我们对其施加变换  $T$ ,如果满足:

$$Tf(x) = f(x) \quad (1)$$

我们就说函数  $f(x)$  刻画的是对称的,式中  $T$  为常数。如果  $T$  表示平移变换算子,则系统是平移对称的;如果  $T$  表示伸缩变换算子,则系统是伸缩对称的。如果系统是对称的,则  $f(x)$  为算子  $T$  下的本征函数,便是相应于这个本征函数的本征值。前述中心地体系可以用指数律刻画,指数函数在平移变换下具有不变性,因此中心地系统具有平移对称性;分形城市和城市体系可以用幂函数描述<sup>[12]</sup>,而幂函数在伸缩变换算子下具有不变性,因此分形城市系统具有伸缩对称性(dilation symmetry)。本文探讨的则是一种双侧对称(bilateral symmetry),也可以叫做左右对称或者镜像对称规律。

## 1.2 对称的时空视角

认识城市和城市体系发育的地理规律需要选择 3 种合适的尺度:一是时间尺度,城市地理系统是通过自组织演化过程逐渐向一种规律逼近的,而不是一开始就表现出某种规律;二是空间尺度,城市地理系统的规律通常是宏观统计规律,当空间范围或者样本太小的时候,规律性一般不能显示;三是规模尺度,考察研究对象的临界规模尺度不同,所得结果常常有所差异。中国历史悠久、地域广阔,是我们揭示地理空间规律的最佳研究区之一。

为了更好地认识中国城市现状的对称分布,有必要从宏观的时空框架中考察中国城市体系的历史演变及其地理背景。中国境内有 2 条非常明显的地理分界线:其一是东西向的秦岭—淮河线,这是一条天文学意义的地理线,主要由太阳光线的回归运动所致,可以称之为“太阳地理线”;另一条是东北—西南向的大兴安岭—太行山—秦岭—……—大娄山—无量山沿线,这是地理学意义的分界线,主要由亚欧大陆和太平洋的海陆气流循环运行导致,可以称之为“海陆地理线”(图 1a)。以这两条地理线为背景,中国城市在较大的时空中似乎在寻求一种对称分布格局。如中国的四大古都北京、南京、西安和开封分布格局就具有明显的对称特征:其一,北京—南京—西安近似为一个等边三角形;其二,北京—西安一线与气象—地理意义的海陆地理线大致平行;

其三,南京—太原连线构成了这个巨大古都三角的对称轴线。

中国古今的都城似乎是以北京—西安为“肩”、以南京为“脐”,形成一个对称三角。在三角形的重心地带发育过开封、洛阳、安阳、许昌、邯郸等一系列的古都群(图 1b)。实际上,中国历史上的一系列政治、经济和文化活动都是围绕这个三角形区域展开的,这种格局直到近代才开始改变。有趣的是,中华文明的发祥地、古代的长安—洛阳一带大致位于北半球和东半球的黄金分割点上:北纬  $90 \times 0.382 = 34.38$  度,东经  $180 \times 0.618 = 111.24$  度。黄金分割是一种与标度对称有关的数理规律。

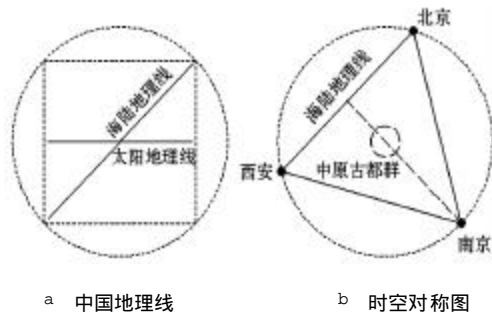


图 1 中国地理线与古今都城的时空对称格局

Fig. 1 Geographical lines and symmetry distribution of ancient capitals in China

## 2 中国城市分布的宏观对称性

### 2.1 解析对称的基本概念

如果认为上述对称三角具有某种偶然性质,下面的中国城市宏观对称分布则不是偶然了。假定从城市经济区<sup>[13]</sup>的角度考察中国主要城市的空间分布,将同一个经济区的城市归并为一组,或者将临近经济区的城市合并为一组,可以发现东部城市与西部城市、南方城市与北方城市具有双侧对称特征(图 2)。从东、中、西的角度看来,中部地带的城市对称最为明确,东部地带和西部地带比较复杂,需要借助经济区的概念进行拓扑归并,这个归并过程类似于复杂性研究中的粗视化处理<sup>[14]</sup>。

为了揭示中国城市的宏观对称特征,需要说明如下概念:

其一是基于规模尺度的城市等级概念,即考察省会级及其以上的城市。可以适当兼顾部分重要的非省会城市如门户城市,但忽略这部分城市不影响对称分析。由于是从全国范围认识大尺度城市分布,级别较低、规模较小的城市一般不予考虑。这是

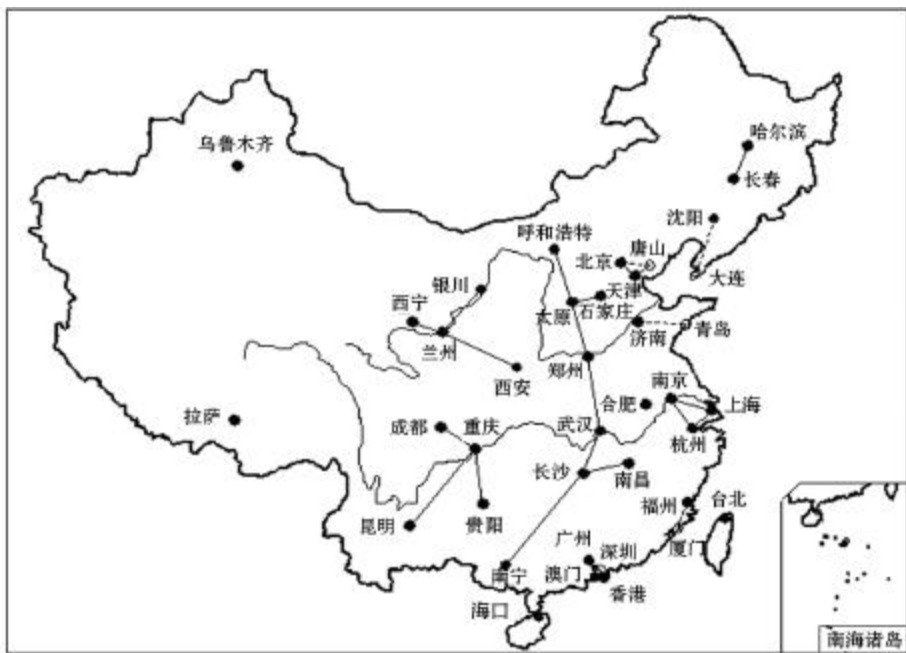


图 2 中国大城市的分布格局及其空间归并

Fig.2 Spatial distribution of China's cities based on urban economic region

说明:图中城市的归并连线是针对南北对称性进行的,如果考虑东西对称,则归并方式稍有不同

第一步粗视化处理过程。

其二是基于时空尺度的城市集群概念,即借助城市经济区的思想对联系密切的城市归并成组。例如在考察南北对称性的时候,北京、天津为一个组群(也许还有唐山),上海(沪)、南京(宁)、杭州(杭)为一个组群,如此等等。此外,著名的门户城市与中心城市构成一个城市对,也是一种组群,如福州—厦门、沈阳—大连、济南—青岛等。对于没有形成集群的城市,则不必进行归并,如中部的诸多省城、西部的乌鲁木齐和拉萨等(图 2)。这是第二步粗视化处理过程。

其三是地理模型概念,即考察的是一种城市分布模式,不是地图。地物的表示采用几何符号而非地图符号。如长江、黄河以及秦岭—淮河线等都是标准化的地理标志物,采用欧式几何的弧形线而非地图的不规则曲线表征。这是第一步规范化处理过程。

其四是拓扑还原思想,即将现实地物视为规范模型的拓扑变形。模型的建设考虑图形“还原”——将现实世界的图像映射为理念世界的图形。这是第二步规范化处理过程(图 3)。

上述形态变换过程涉及 3 个要点:一是粗视化,即尺度问题;二是规范化,即变换问题;三是抽象化,即符号表示问题。

事实上,如果我们将中国城市描绘在位序—规模双对数坐标图上,可以发现一定规模门槛以上的城市大致排列成一条直线,这个直线就是所谓无标度区<sup>[15]</sup>。也就是说,城市规模分布满足如下标度关系:

$$s(x) \sim x^{-\alpha} s(x) \quad (2)$$

式中  $s$  表示城市规模,  $x$  表示城市位序,  $\alpha$  为标度指数,为尺度变换因子。这个泛函方程的解就是著名的 Zipf 定律。这意味着,对于标度区内的城市,没有一个客观的规模分界,规模界限可以根据需要主观定义。中国有 660 多个建制城市,其中前 550 位进入无标度区<sup>[15]</sup>,而建立模型仅仅需要考虑大约前 60 位城市甚至更少。另一方面,我们研究的是大尺度空间分布规律,而城市规模不是一个非常稳定的变量,因此有必要考虑城市职能和城市分布的空间平衡。综合规模尺度、空间权衡和职能地位,兼顾模型的简单性要求,下面的建模过程着重考虑省会城市和重要的门户城市,其他城市姑且置之度外或者仅供参考。

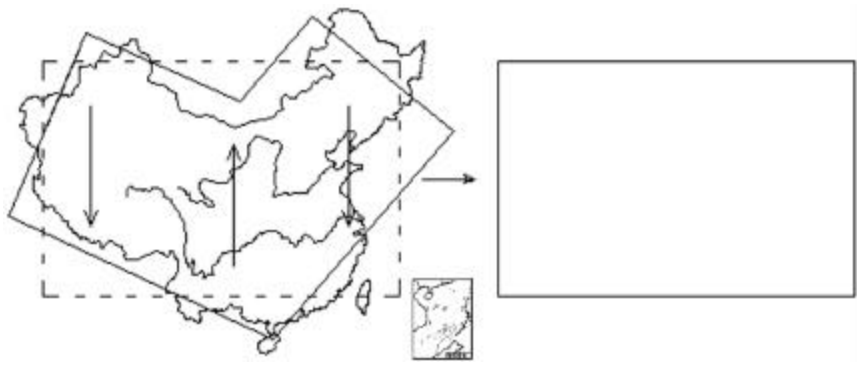


图 3 中国大陆轮廓的拓扑变形示意图

Fig.3 A sketch map of Cartesian transform of China's continent outline

说明:中国的大陆轮廓为一个凹式多边形,在变换中将东西两端下压、中部上抬,则可得到一个矩形

## 2.2 城市分布的双侧对称特征

解析中国城市对称规律的方法类似于生长和形态分析中的笛卡儿变换(Cartesian transform)<sup>[16]</sup>。将一个图像描绘于笛卡儿坐标网中,然后对网格进行伸缩、平移和翻转,只要网格不破损,图像的信息就不会损失,整个过程就是一种相似变换。如果在变换过程中引入多尺度和仿射性,结果就会与原型有很大的形态差异。假定中国城市的空间分布是一种笛卡儿变换的结果,则建立模型的过程就是一种反变换的过程。中国的城市分布受到地表形态和海陆分布格局的影响。东半部的形变与海陆地理线大体一致,西半部的形变则与东半部的形变具有对称特征。在建立模型时通过拓扑还原对整个大陆轮廓进行了“纠正”(图 3)。

首先考察中国城市的南北对称特征。如果我们以秦岭—淮河为轴线,利用笛卡儿反变换建模并逆时针旋转 90 度,则南北城市体系在宏观层面上也互为镜像,形成双侧对称格局(图 4a)。其次考虑东西对称分布。如果我们以呼和浩特—太原—郑州—武汉向南延伸一条轴线,借助笛卡儿反变换建立空间模型,则中国的城市在东西两侧互为镜像,叶大年<sup>[6,7]</sup>发现的湖南江西城市轴对称是整个对称格局的枢纽(图 4b)。在南北对称模型中,北京所在的组群与南京所在的组群互为对称;在东西对称模型中,北京所在的组群则与西安所在的组群互为对称。除了南北对称和东西对称,东南和西北的城市分布也具有一些对称的迹象,但不太明朗。可以看到,历史上西安—北京—南京的三角关系在今天的城市体系中依然留有印记。中国城市的复杂分布形态原来是

多种对称模式叠加的结果。

关于对称轴的选取,南北对称没有太大的疑问,因为众所周知,秦岭—淮河是中国地理上最重要的南北分界线。至于东西对称轴,即呼和浩特—太原—郑州—武汉—广州沿线,主要是根据如下思路。其一,经过图 3 所示的拓扑还原过程,这一条曲线近似地变为直线,且与经线大致平行;其二,对称轴应该通过北京—南京—西安三大古都三角形的心脏附近;其三,对称轴应该与叶大年发现的湖南—江西轴对称保持一致,因为湘—赣轴对称非常典型且在中国似乎独一无二;其四,对称轴应该与南北对称模型中的中部地带的城市分布格局大体上保持对应;其五,对称轴应该体现图 1a 所示的双重地理线的影响。至于在实际发展过程中,中国城市为什么会以此线为轴,在东西两边组织起来,则是一个需要进一步探索的理论课题。可以明确的是,如果将对称轴一边的城市表示为函数  $f(x)$ ,对它施予左右变化  $P$ ,则可近似得到:

$$Pf(\text{左边的城市}) = f(\text{右边的城市}) \quad (3)$$

显然,式(3)正是式(1)的一个特例。

无论东西对称抑或南北对称,模型的结构都不是完美无缺的,有些城市找不到相应的对象。毕竟我们考察的是城市发展历程中的一个瞬间,模型中的“欠缺”为我们预测城市化的进程和城市体系的发展留下了余地。作为一种预测的尝试,图 4b 给出了新疆的一些城市如克拉玛依、库尔勒、阿克苏、喀什等。这些城市不符合前面制定的规模尺度标准,主要是想为今后的理论检验留下一个明确的“预言”。我们知道,一种理论是否科学,不在于它一定

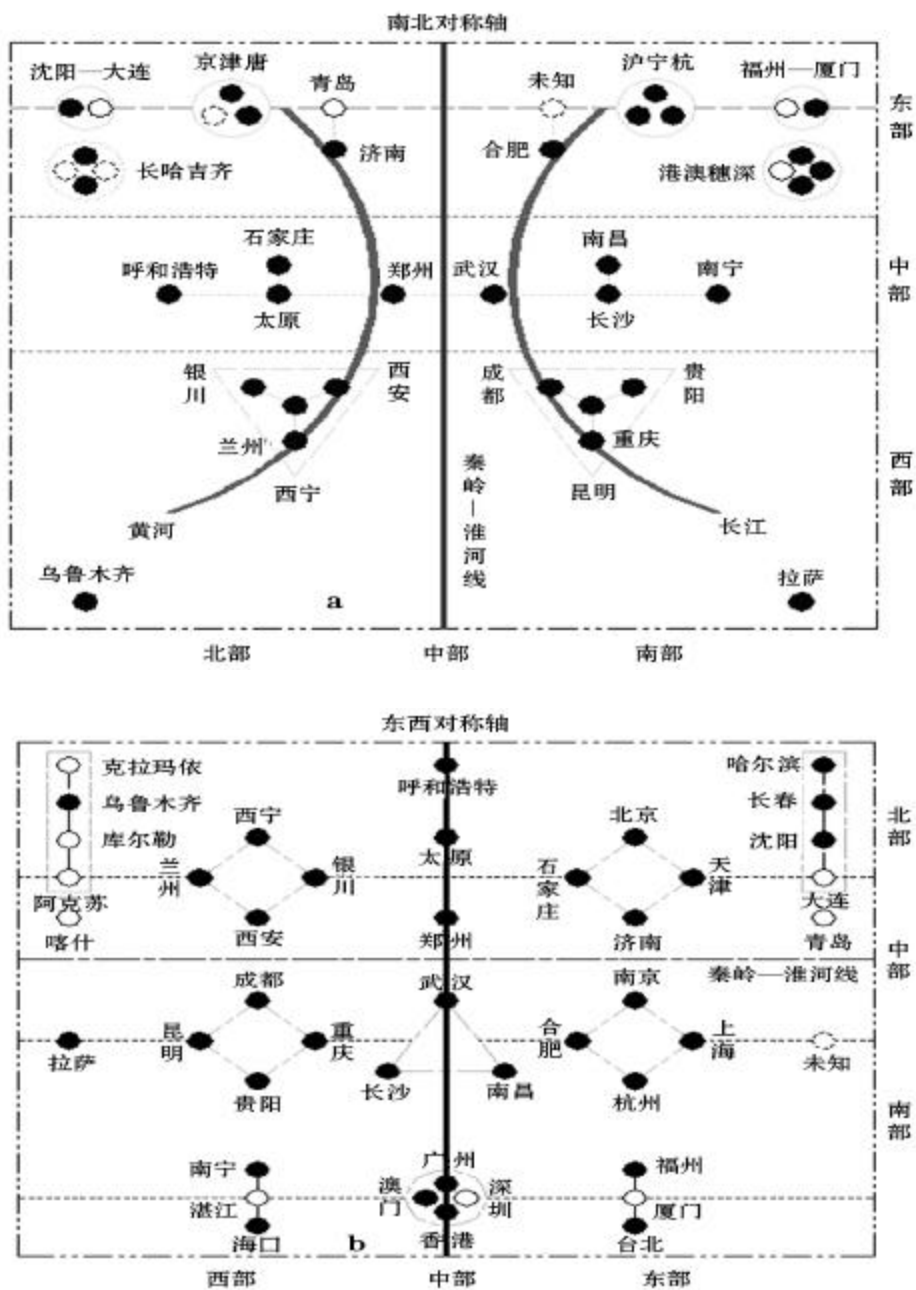


图4 中国城市空间分布的两种双侧对称模型

Fig.4 Models of bilateral symmetry distribution of cities in China

a 南北向的双侧对称特征(大陆城市) b 东西向的双侧对称特征(全国城市)

a. Bilateral symmetry of north and south; b. Bilateral symmetry of East and West

说明:城市的分组主要依据城市经济区<sup>[13]</sup>的思想,但更具有前瞻性。在南北对称模型中,没有考虑海岛城市,台北等似可划分到福州—厦门组群,海口没有找到对称的镜像,长哈吉齐指的是长春—哈尔滨—吉林—齐齐哈尔——作者原稿仅考虑长、哈,这里根据叶大年院士的意见修改,将唐山加入京津组群、在东西对称模型中考虑湛江也是叶先生的建议,在东西对称模型中,城市的分布与中国三大地带的划分不尽一致,也许应该根据对称模型修正中国东、中、西地带的划分

正确,而在于该理论是否可被检验<sup>[17]</sup>,而检验的根据之一就是理论的预测结果。不仅如此,这种预测对西部大开发过程中的区域规划可能也具有某种参考价值。

### 3 问题与探讨

城市的对称分布属于广义的形态发育问题,这类问题涉及优化和设计,其背后通常隐含着深刻的数学法则。中国城市的对称规律及其前因后果,叶大年<sup>[6,7]</sup>及其合作者已经进行了系统地探讨。下面着重分析如下 3 方面的问题。

(1) 地球的物理对称与城市地理对称的关系。对称性与不可观测量有关<sup>[21]</sup>,对称的等价词是不可区分。如果地球是一个光滑的圆球,并且在太阳周围完全随机的转动,则其对称性最高,在地球表面既无法区分东南西北也不能划分春夏秋冬。但是,地球绕轴自转并且以倾斜的地轴绕太阳公转,这就从第一个层面破坏了地球的物理对称性,前述太阳地理线即源于此。地球内部运动导致了海陆差异,地表形态的千变万化,这就从第二个层面破坏了物理对称性,前述海陆地理线即源于此。地球的物理对称性的破坏在地理上的后果是宏观的,在一定的时空尺度上才有所表现。因此,地理的南北差异和海陆变异都是渐变的,形成所谓的地带性规律。第一个层面(地日关系)对物理对称的破坏大大超过第二个层面(海陆关系)的对称破坏,因此宏观意义的东西方向不可区分——东方与西方永远是相对的,或者人为约定的,而南北方向则可以区分——南方与北方在局部是相对的,在整体上却是绝对的。中国大陆城市的双侧对称性主要表现为南北对称性,与地球的物理对称性破坏最严重的方向一致(源于地球公转),其次是东西对称性,与地球的物理对称破坏次严重的方向一致(源于地球自转和海陆差异)。这似乎暗示,地理对称是对被破坏的物理对称的一种“重构”。

(2) 城市发展过程中的人地关系。城市不仅是地理系统整体与局部的接口,也是人类与环境交互作用的纽带。“地质构造 地形地貌和矿产资源 经济地理 城市对称分布”具有一定的因果关系<sup>[6,7]</sup>。在地形地貌中,水系对城市的影响至关重要<sup>[8,8]</sup>。城市的发育离不开水,水系的构成无疑会影响城市的空间分布。中国的河流主要是东西流向,水系分布则以秦岭—淮河为界,黄河与长江、海河与闽江、辽河与珠江是大体对称的。河流的方向

性是海陆关系对地球的物理对称破坏的一种表现。由于物理对称的破坏,地球表面的物质和能量分布失去了均衡。人类的生存和集聚总是寻找物能消耗最小的方向,因此城市发育的最佳选择就是依托河流。城市的空间分布与水系分布具有一致性,这意味着人文地理对称与自然地理对称具有同构性。水系不仅影响城市的空间分布,甚至于影响城市体系的规模分布,城市等级体系与水系构成服从相同的标度律似乎不是偶然<sup>[3,8]</sup>。

(3) 城市的自组织演化。城市是自组织系统<sup>[19-21]</sup>。无论东方城市或西方城市,古代城市还是今天的城市,都是自组织的,只不过是不同时期和国家的城市自组织受到行政干预的力度大小不同。自组织过程暗示,通过环境的能量供应和微观层面的相互作用,系统将在宏观层面形成某种秩序和模型。对称分布可能正是这种秩序和模型的体现。形态发育的自组织演化涉及到 Maupertuis 最小作用量原理。对称分布的系统信息熵接近最大化,从而有效能量损失最小。考虑到城市—水系分布的一致性,能量的节约就更为可观。城市对称分布模型建立的基础之一是城市经济区的思想。经济区意味着联系,物资流动意味着方向。有了联系和方向,一个城市的空间扩展就不是完全自由的,它们会沿着阻力最小的方向生长或者扩张。这暗示,当城市分布在宏观或者整体尺度(城市体系)上形成对称格局的时候,在微观或者局部尺度(城市个体)上就会失去对称性。

最后需要明确的是,本文讨论的主要是宏观尺度,城市的对称性规律在不同尺度范围内的表现有所不同。在微观尺度上,对称性通常与地球表面的物理对称具有一致性,即东西对称;在中观尺度上,对称性通常与地形地貌具有一致性<sup>[6,7]</sup>。限于文章的篇幅,此不赘述。

### 4 结 语

对称本质上是一种静态规律,但城市的对称分布却是通过动态演化渐进形成的空间秩序。城市地理系统的演化目标似乎是要重建大自然的对称律。研究城市对称问题对今后的城市建设具有重要的实践价值,对地理学理论建设的意义更为深刻。本文的要点可以归结如下。

(1) 讨论城市的地理对称问题需要明确时间尺度、空间尺度和规模尺度。地理规律只有经过系统的长期演化之后才能在一定空间和规模范围内表现

出来,并且有关规律需要借助必要的数学变换才能更为明确。

(2) 中国城市分布的形态特征表现为多重对称模式的叠加。在一定的空间和规模尺度上,中国的城市以呼和浩特—太原—郑州—武汉为轴,东西两边具有双侧对称特征,以秦岭—淮河沿线为界,南北两边也具有双侧对称性特征。南北对称格局要比东西对称分布更为明确,也相对重要得多。

(3) 城市空间分布的地理对称与地球绕太阳的运动方式、地球自转方式以及地球表面的海陆差异有关,水系的格局是影响城市分布的重要因素之一,但是城市的对称分布还与城市系统演化的自组织过程存在关系。

(4) 在不同的时空尺度上,城市的地理对称规律及其形成机理不尽一致。越是接近宏观尺度,城市的对称分布越是明显。

(5) 城市地理对称不仅是一种结果,更多的可能是一种过程。我们可以根据城市分布的对称规律修正某些地带性的划分结果,预言城市体系的发育趋势。由于对称意味着秩序和优化,借助城市对称理论可望发展城市体系规划和城市化进程预测方法。

致谢:在与北京大学周一星先生讨论城市经济区模型的过程中启发了本文的南北对称模型;叶大年院士对模型的改进提出了建设性的意见;美国纽约州立大学布法罗分校(SUNY-Albany)地理系的Michael Woldenberg教授提供了关于中心地和城市与河流系统相似性分析方面的资料,并与作者就有关问题进行了有益的讨论;以色列Tel Aviv大学地理与人文环境学系的JuvalPortuagli教授提供了关于自组织城市方面的文献;评审专家的意见对文章的完善有重要启发或者帮助,在此对上述学者一并表示衷心的感谢。

#### 参考文献(References):

- [1] Woldenberg M J, Berry B J L. Rivers and central places: Analogous systems? [J]. *Journal of Regional Science*, 1967, 7: 129-139.
- [2] Chen Yanguang. Spatial structure of central-place systems: Fractal and scaling laws [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis* 2004, 40(4): 626-634. [陈彦光. 中心地体系空间结构的标度定律与分形模型——对Christaller中心地模型的数学抽象与理论推广[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2004, 40(4): 626-634.]

- [3] Chen Yanguang, Liu Jisheng. Fractals and fractal dimensions of structure of river systems [J]. *Advances in Earth Science* 2001, 16(2): 178-183. [陈彦光, 刘继生. 水系结构的分形和分维——Horton水系定律的模型重建及其参数分析[J]. *地球科学进展*, 2001, 16(2): 179-183.]
- [4] Christaller W. *Central Places in Southern Germany* [M]. Baskin C W translated. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1966.
- [5] Prigogine I, Stengers I. *Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature* [M]. New York: Bantam Book, Inc, 1984.
- [6] Ye Danian. *Geography and Symmetry* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Education Press, 2000. [叶大年. 地理与对称[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000.]
- [7] Ye Danian, He Wei, Xu Wendong, et al. Symmetry distribution of cities in China [J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 44(8): 716-725. [叶大年, 赫伟, 徐文东, 等. 中国城市的对称分布[J]. *中国科学 D 辑*, 2001, 31(7): 608-616.]
- [8] Chen Yanguang, Liu Jisheng. Studies of analogies of fractal structure between river networks and systems of central places [J]. *Progress in Geography* 2001, 20(1): 81-88. [陈彦光, 刘继生. 中心地体系与水系分形结构的相似性分析——关于人—地对称关系的一个理论探讨[J]. *地理科学进展*, 2001, 20(1): 81-88.]
- [9] Niu Wenyan. *Theoretical Geography* [M]. Beijing: Commercial Press, 1992. [牛文元. 理论地理学[M]. 北京: 商务印书馆, 1992.]
- [10] Weyl H. *Symmetry* [M]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1989.
- [11] Lee T D. *Symmetries, Asymmetries, and the World of Particles* [M]. Seattle and London: University of Washington Press, 1988.
- [12] Baty M, Longley P A. *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function* [M]. London: Academic Press, 1994.
- [13] Zhou Yixing, Zhang Li. China's urban economic region in the open context [J]. *Acta Geographica Sinica* 2003, 58(2): 271-284. [周一星, 张莉. 改革开放条件下的中国城市经济区[J]. *地理学报*, 2003, 58(2): 271-284.]
- [14] Takayasu H. *Fractals in the Physical Sciences* [M]. Manchester: Manchester University Press, 1990.
- [15] Chen Yanguang. Urbanization as phase transition and self-organized critical process [J]. *Geographical Research* 2004, 23(3): 301-311. [陈彦光. 城市化: 相变与自组织临界性[J]. *地理研究*, 2004, 23(3): 301-311.]
- [16] Thompson D W. *On Growth and Form* [M]. An abridged, ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1966.
- [17] Chen Yanguang, Liu Jisheng. Main tasks and methods of geography [J]. *Scientia Geographica Sinica* 2004, 24(3): 257-263. [陈彦光, 刘继生. 地理学的主要任务与研究方法[J]. *地理科学*, 2004, 24(3): 257-263.]
- [18] Liu Jisheng, Chen Yanguang. Multifractal measures based on man-land relationships of the spatial structure of the urban system in Henan [J]. *Scientia Geographica Sinica* 2003, 23(6): 713-720. [刘继生, 陈彦光. 河南省城镇体系空间结构的多元分形特征及其与水系分布的关系探讨[J]. *地理科学*, 2003, 23

(6) 713-720.]

- [19] Haken H. A synergetic approach to the self-organization of cities and settlement [J]. *Environment and Planning B: Planning and Design* 1995, 22(1):35-46.

els of Complexity [M]. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 1997.

- [21] Portugali J. *Self-Organization and the City* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2000.

- [20] Allen P M. *Cities and Regions as Self-Organizing Systems: Mod-*

## Bilateral Symmetry of Spatial Distribution of Cities in China

CHEN Yan-guang<sup>1</sup>, YU Bin<sup>2</sup>

(1. Department of Geography, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Department of Geography, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** This paper is devoted to the research of bilateral symmetry distribution of cities in China at the global level, based on Ye Dalian (2000)'s precursory work. Using the idea from Cartesian transform in mathematics and Zhou Yixing's notion of urban economic regions in geography, the authors make two models with bilaterality for spatial distributions of China's cities. Taking Qin Mountain-Huai river as an axis of symmetry, we can find that the cities in northern China corresponds to those in southern China; while taking a line along the cities of Hohhot, Taiyuan, Zhengzhou, Wuhan, and Guangzhou as another axis of symmetry, we can find that the cities in eastern China seems to be a mirror image of those in western China. Symmetry research is significant to the theory construction of urban geography because it associates with universality. On the other hand, symmetry implies beauty, perfect, and order. Therefore studies of symmetry of cities are of help to developing urban spatial optimization methods.

**Key words:** China's cities; Symmetry; Scale; Cartesian transform; Self-organization.