

文章编号: 1007-6301 (2001) 01-0081-08

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

陈彦光¹, 刘继生²

(1. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 2. 东北师范大学地理系, 长春 130024)

摘要: 以城市体系与水系的分形结构相似性为实例, 探讨人文地理系统与自然地理系统的对称性及其破缺特征。首先建立城市人口—河流长度、城区面积—流域面积、(某一级别的) 城市数目—(某一等级的) 河流数目等测度对应关系; 然后证明基于中心地理论的 Beckmann 城镇等级—规模模型与 Horton 水系构成第一、第二定律数理同构, 关于城市人口—城区面积的异速生长关系模型与关于主河道长度—流域面积的几何测度关系模型以及 Horton 水系构成的第二、第三定律数理同构; 进而提出: 城市体系与水系分形结构的相似性实质上是自然—人文地理系统的对称性, 只是这种对称关系存在一定程度的破缺, 地理系统的演化目标之一似乎是要重建大自然的对称律。

关键词: 中心地; 水系; 人地关系; 分形

中图分类号: K901 **文献标识码:** A

1 引言

人地关系研究大致可以分为两个层次: 一是自然地理系统与人文地理系统的相关性探讨, 二是自然地理系统与人文地理系统的相似性分析。相关性表明两类地理系统之间存在着生克制化关系, 相似性则暗示在相关性之外还存在着统筹两类地理系统的更高层次的自然法则。关于人地相关性研究, 国内外开展较多, 但理论进展不大; 至于人地相似性研究, 似乎尚未成为人地关系探讨的一个主题。

然而, 就整个地理学而言, 人地相似性研究并非一个崭新的课题, 从流行于本世纪 50 年代的“社会物理学”研究, 到兴旺于 60 年代的计量地理学运动, 许多学者尝试过自然系统与人文系统的类比分析^[1], 其中涉及到人地相似性的诸多问题, 不过那时人们无意于人地关系的相似性探索, 而是钟情于两类地理系统形态与结构的类似特征。60 年代后期, 一批自称“形态爱好者”(Philomorph) 的学者汇集于哈佛 (Harvard), 致力于自然系统与人文系统的形态类比分析, 研究成果最后由 Stevens 辑编成《自然图式》一书^[2], 其中不少成果是分形乃至地理分形研究的前奏。

收稿日期: 2000-09; 修订日期: 2001-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40071035)

作者简介: 陈彦光 (1965-), 男, 河南罗山人, 副教授。从事地理分形和地理系统的空间复杂性研究, 发表学术论文 60 余篇。

不论是从形态学的角度,抑或是从广义生态学(人地关系)的角度,有关研究都不能泛泛而谈,必须针对具体的地理系统进行直接或间接的类比分析。城市系统是地理形态学家的首要分析对象之一。作为“形态爱好者”的成员,Woldenberg可能是最早探索不同地理系统形态相似性的一位学者,他与著名的城市地理学家Berry合作对河流和中心地的相似性进行了类比分析,认为二者具有很强的相似性^[3]。继此之后,Woldenberg等人借鉴生物形态学对城市系统的土地利用进行了异速生长分析^[4,5]。但是,由于数理方法的短缺,有关研究存在着明显的不足:首先,对于水系与中心地,它们只着重于空间形态和等级结构的类比,没有找到更为深刻的数理关系;其次,对城市人口—城区面积的异速生长分析,只着重于生态学的有关类比,未能建立异速生长关系与中心地等级体系的逻辑联系;第三,由于时代的局限,有关成果未被引入地理分形理论。最为遗憾的缺陷也许在于,先驱者们未能认识到自然—人文现象的相似性背后隐含着地理系统的奇异对称性法则。

本文将城镇体系与水系结构的相似性为分析对象,借助地理分形思想,探讨人地关系的对称性规律。首先建立城镇体系与水系的测度对应关系,然后证明关于城镇体系的Beckmann模型和异速生长关系与Horton水系构成定律(、)以及Hack模型数理同构,进而提出人文地理系统与自然地理系统的对称性设想。我们的工作不是对Woldenberg等人早期成果的简单承继,而是与当代科学的前沿领域“复杂性(complexity)”理论直接接轨:我们的目标不在于探讨地理系统的形态发生机制,而是要从人地相似关系的角度揭示幂律(power law)的隐含形式及其与对称性的数理关系。

2 Horton 定律与 Beckmann 模式: 等价的数学表达

2.1 水系结构定律及其分形性质

为了揭示水系与中心地的分形结构相似性,首先应该了解Horton-Strahler的所谓水系构成定律^[6,7]。Horton通过对水系结构的定量考察,发现了一系列的数理规律,这些规律经过其弟子Strahler的进一步发展和完善,形成了著名的“水系组成定律”(简称Horton定律)。假定将水系自下而上分为 M 个级别,则Horton-Strahler定律可被表述如下:

第一定律——河道数目定律表为

$$N_m = N_M r_b^{M-m} \quad (1)$$

式中 m 为河道级别, N_m 为第 m 级河道的数目, M 为主河道级别, $N_M = 1$ 为主河道数目, $r_b = N_{m-1}/N_m$ 为分枝比。当 $m = 1$ 时, $N_1 = N_M r_b^{M-1}$, 故式(1)可以等价地表作 $N_m = N_1 r_b^{1-m}$, 这里 N_1 为第 1 级即最低级河道的数目。

第二定律——河道长度定律表为

$$L_m = L_1 r_l^{m-1} \quad (2)$$

式中 L_m 为第 m 级河道的累积平均长度, L_1 为第 1 级河道的平均长度, $r_l = L_{m+1}/L_m$ 为长度比。

第三定律——流域面积定律表为

$$A_m = A_1 r_a^{m-1} \quad (3)$$

式中 A_m 为对应于 L_m 的平均流域面积, A_1 为第 1 级河道的平均流域面积。

本文只讨论关于水系构成的前三个定律。严格地讲,仅就水系结构而言,这三个定律

已比较完备，其他定律反映水系演化模式及其与气候系统的时空构造关系，我们暂不涉及。研究发现^[8]，水系等级序列具有“镜像”对称性质：将自下而上的水系分级改为自上而下的水系分级以后（即 $1 \rightarrow N, 2 \rightarrow N-1, \dots, m \rightarrow N-m+1, \dots$ ，依此类推），模型的基本构型不变，只是指数幂改变符号（ $m-1 \rightarrow 1-m, 1-m \rightarrow m-1$ ）。将水系分级大小颠倒、本末倒置以后，可从 Horton 第一、第二定律导出三参数 Zipf 模型^[8]：

$$L(r) = C(r - \alpha)^{-dz} \tag{4}$$

式中 r 为水系中河流自上而下排列的位序， $L(r)$ 为位序为 r 的河流的长度，参数 $C = L_1 [r_b / (r_b - 1)]^{dz}$ ， $\alpha = 1 / (1 - r_b)$ ， $dz = \ln r_l / \ln r_b$ ，这里 L_1 为主流长度（注意这里是自上而下分级，与式（2）不同），Zipf 维数 $dz = 1/D$ ， D 为水系等级结构的分维。

将水系逆向分级以后，还可以从 Horton 第二、第三定律出发导出广义的 Hack 模型^[8]：

$$L_m = \mu A_m^b \tag{5}$$

式中 $\mu = L_1 A_1^{-b}$ 为比例系数， $b = \ln r_l / \ln r_a$ 为标度因子，显然：

$$L_1 = \mu A_1^b \tag{6}$$

正是 Hack 定律的表达形式^[9]，其中 L_1 为水系中主河流长度， A_1 为主河流汇水面积，参数 b 具广义的分维性质。可见 Horton 定律已经包括了 Hack 定律，所不同处在于：Horton 定律着眼于水系结构，而 Hack 定律则着眼于一个区域中不同水系的主河流与其流域面积之间的几何测度关系。式（5）与式（6）的关系暗示，从理论上讲，一个区域中各水系的标度因子（ b ）与整个区域主河流的标度因子就平均意义而言应该相等。

2.2 城市等级—规模模型和异速生长关系

在 Horton、Strahler 等自然地理学家研究水系构成的时候乃至更早，Christaller、Lisch 和 Beckmann 等人文地理学家也在探讨城镇体系的空间结构和等级体系^[10, 11]。Beckmann 曾基于 Lisch 等人的中心地思想建立了一个城镇体系的等级—规模模型。假定将区域城镇自下而上分为 M 个等级，并假设：① 城镇人口与它所服务的人口总数成正比例；② 每一个城镇拥有一定数目的下级城镇作为卫星城，则根据中心地理论，借助递推关系可得如下模型^[11]：

$$P_m = \frac{KRS^{m-1}}{(1-K)^m} \tag{7}$$

式中 m 为城镇级别（ $m = 1, 2, \dots, M$ ）， P_m 为第 m 级城镇的人口（就平均意义而言）， S 为每一个城镇拥有的卫星城数目， R 为平均每个第 1 级城镇（即最小城镇，或称乡镇）所服务的农村人口， K 为比例系数。根据假设①，应有 $P_1 = K(P_1 + R)$ ，由此可得 $K / (1 - K) = P_1 / R$ ，代入式（7）可得：

$$P_m = P_1 r_P^{m-1} \tag{8}$$

式中 P_1 为第 1 级城镇的平均人口，参数 $r_P = S / (1 - K) = P_{m+1} / P_m$ 为城镇人口规模比（简称人口比），或称邻级规模倍数。

另一方面，根据假设②，可得各级城镇数目的表达形式。

$$f_m = f_M r_f^{M-m} \tag{9}$$

或等价地表作

$$f_m = f_1 r_f^{1-m} \tag{10}$$

式中 f_m 为第 m 级的城镇数目， f_1 为第 1 级（最低级）城镇数目， f_M 为第 M 级（最高

级)的城镇数目(一般 $f_M = 1$), $r_f = S = f_{m-1}/f_m$ 为城镇数目比(简称数目比), 或称邻级城市倍数。

如同水系的等级序列一样, 城镇体系的等级序列也具有镜象对称性。根据这种性质, 将自下而上的城镇分级改为自上而下式(即 $1 \sim N, 2 \sim N-1, \dots$, 如此等等), 则可将式(8) ~ (10) 转化为广义的 Davis 模型^[12]。从广义 Davis 模型出发, 可以导出城市规模分布的三参数 Zipf 模型^[13]:

$$P(r) = C(r - \alpha)^{-dz} \quad (11)$$

式中 r 为城市的位序, $P(r)$ 为位序为 r 的城市人口规模参数 $C = P_1 [r_f / (r_f - 1)]^{dz}$, 这是 P_1 为最高级城市的人口, $\alpha = 1 / (1 - r_f)$, $dz = \ln r_p / \ln r_f = 1 - \ln(1 - K) / \ln S$ 。可以证明, Zipf 维数 $dz = 1/D$, 这里 D 为城市规模分布的分维。

在 Beckmann 发表式(7)的前后时期, Stewart 等人研究了城市人口—城区面积的异速生长关系^[14, 15], 得到如下模型:

$$P(r) = \mu S(r)^b \quad (12)$$

式中 $P(r)$ 为城镇体系中第 r 位城镇的人口, $S(r)$ 为相应城镇的城区面积, μ 为比例系数, b 为标度因子。可以证明, b 具有广义的分维性质^[16, 17]。事实上, 将式(12)代入式(11)可得:

$$S(r) = k(r - \alpha)^{-d} \quad (13)$$

可见, 城镇用地规模分布在一定的条件下也满足三参数 Zipf 定律, 式中参数 $k = (C/\mu)^{1/b}$, $d = dz/b$ 。类比于式(11)的推导过程^[13], 通过反演, 可将式(13)还原为式(8) ~ 式(10)形式:

$$S_m = S_1 r_s^{m-1} \quad (14)$$

$$f_m = f_1 r_f^{1-m} \quad (15)$$

在式(14)中, S_m 为自下而上第 m 级城镇的平均城区面积, S_1 为第 1 级(最低级)城镇的平均面积, $r_s = S_{m+1}/S_m$ 为城镇用地规模比(简称“面积比”), 或称邻级面积倍数。式(15)与式(10)完全相同。当城市分级改为自上而下以后, 式(8)、式(10)、式(14)分别化为:

$$P_m = P_1 r_p^{1-m} \quad (16)$$

$$f_m = f_1 r_f^{m-1} \quad (17)$$

$$S_m = S_1 r_s^{1-m} \quad (18)$$

式(16)便是梁进社导出的逆序 Beckmann 模型^[18], 式(16)、(17)构成了广义的 Davis 模型^[13], 加上式(18)便组成城镇体系结构模型, 注意此时参数 P_1 表示最高级城市的人口, S_1 为最高级城市面积, f_1 为最高级城市数目(一般 $f_1 = 1$)。容易验证, 由式(17)和式(18)可以导出式(13), 且有 $k = S_1 [r_f / (r_f - 1)]^d$, $\alpha = 1 / (1 - r_f)$, $d = \ln r_s / \ln r_f$ 。另一方面, 由式(16)与式(18)可以导出异速生长关系:

$$P_m = \mu S_m^b \quad (19)$$

式中 比例系数 $\mu = P_1 / S_1^b$, 标度因子 $b = \ln r_p / \ln r_s$, 显然

$$P_1 = \mu S_1^b \quad (20)$$

且有 $b = dz/d$ 。式(19)与式(20)乃是式(12)的精致表达。一方面, 由于城市化的强大

动力，城市等级 m 与城市位序 r 在理论上趋同，从而式 (19) 与式 (12) 等价；另一方面，若将区域适当地划分成若干子区，以 $P(r)$ 、 $A(r)$ 表示各个子区的最大城市的人口和城区面积，则式 (19) 通过式 (20) 可以转化为式 (12)。可见式 (19) 与式 (12) 在理论上是等价的表达。

至此已不难看出：第一，城市人口—城区面积的异速生长关系与基于中心地理论的 Beckmann 等级体系存在数理演绎关系，可纳入中心地模型系列；第二，水系与中心地体系具有完全对应的数理结构，二者的数学模型形式相同。下面进一步论证水系与中心地体系的数理同构性。

3 水系与中心地：相同的分形结构

3.1 水系与中心地体系的测度对应关系

为了说明水系与城镇体系的对称性，首先建立三组基本的测度对应关系：

- ：城市人口 (P) —— 河流长度 (L)
- ：城区面积 (S) —— 流域面积 (A)
- ：城市数目 (f) —— 河流数目 (N)

落实到本文的具体问题，每一组测度前都应加上适当的定语：第 、第 两组概念都是针对某一等级的平均规模而言，第 组则系各等级的要素数目。需要强调的是，为了更好地理解水系结构的标度不变性，河流分级应采用 Horton 的原初方案，而不宜用 Strahler 的改革方案，后者不便于水系模型的对称变换。

3.2 水系与中心地体系的数理同构性

有了上述测度的对应关系，立即可以看出水系与中心地体系具有相同的数理结构：关于城镇体系的 Beckmann 模型的演绎结果与 Horton 第一、第二定律同构；关于城镇体系的人口—面积异速生长关系与 Hack 定律同构，其分解形式则与 Horton 第二、第三定律同构。具体说来：式 (1) 对应于式 (9)，式 (2) 对应于式 (8)，式 (3) 对应于式 (14)，式 (4) 对应于式 (11)，式 (5)、式 (6) 则与式 (19)、式 (20) 分别对应 (表 1)。从表 1 可以看出水系与城镇体系之间具有类似的分形递归，两套模型只是数学符号不同，结构完全一样。

3.3 相似性的本质：自然与人文地理系统的对称性

中心地模式是城镇体系的理想图式，而城镇体系是典型的人文地理系统之一，中心地及其相关模型与水系组成模型的数理同构性意味着自然地理系统与人文地理系统的对称性质：如果一组数学模型适用于某种自然地理系统，则其也适用于相关的人文地理系统，反之亦然。换言之，反映地理系统结构的数学规律在自然系统与人文系统之间具有一定程度的平移不变性。

地理系统的这种自然—人文对称性，中国古代哲人早有觉悟：“人法地，地法天，天法道，道法自然。” (《老子·二十五章》) 原来人文以地理为准则，地理以天文为准则，天地人以自然规律为准则。既然人类效法天地，则必与天地具有类似的特征：“与天地相似，故不违。” (《周易·系辞》) 看来，人法天地，乃是寻求与天地时空的协调与和谐。所谓“人法地”，翻译成当今的科学语言，就是人文系统的创生与演化以自然地理系统的形态和结构

为楷模，它们又受制于更高层次的自然法则。具体到水系与城镇体系，由于水系先于城镇体系而存在，且其变化远比城镇体系缓慢得多，城镇体系的时空结构要受水系时空结构的制约（慢变量控制快变量），在某种程度上必以水系为发展的模范。事实上，任何城镇的发展都离不开一定规模的水体的支持，河流是哺育城镇的主要水体，城镇对河流非常依赖。以河南地图为例，可以清楚地看出，几乎每一个县级以上的城镇都依托于一条以上的河流，至少与某条支流相距不远，因此，城镇体系与水系具有相同的统计分形规律也就不足为怪。

表 1 水系结构定律与城镇体系数学模型的比较

Tab. 1 A comparison between the laws of river networks and the models of urban systems				
系 统 定律与模型	自然地理系统: 水系		人文地理系统: 城镇体系	
	定 律	模 型	定 律	模 型
基本形式	Horton 第一定律	$N_m = N_M r_b^{M-m}$	Beckmann 定律 (隐式)	$f_m = f_M r_f^{M-m}$
	Horton 第二定律	$L_m = L_1 r_l^{m-1}$	Beckmann 定律 (显式)	$P_m = P_1 r_p^{m-1}$
	Horton 第三定律	$A_m = A_1 r_a^{m-1}$	还原形式	$S_m = S_1 r_s^{m-1}$
演绎形式 ()	广义 Hack 定律	$L_m = \mu A_m^b$	异速生长律 (通式)	$P_m = \mu S_m^b$
	Hack 定律	$L_1 = \mu A_1^b$	异速生长律 (特式)	$P_1 = \mu S_1^b$
演绎形式 ()	位序—长度律	$L(r) = C(r - \alpha)^{-dz}$	位序—规模律	$P(r) = C(r - \alpha)^{-dz}$

注：由基本形式可演绎出许多模型，这里只给出常见的形式。

然而，自然地理系统与人文地理系统并非完全对称，即存在所谓的对称破缺。破缺表现之一是部分规律不能通用，即不是所有的规律在两类系统之间都可以“平移”。例如城市系统中的关于人口密度衰减的 Clark 定律在水系中似乎找不到对应的模型；而关于水系的 Horton 第四定律目前在城镇体系中也未发现对应的公式。破缺表现之二是对应的规律参数不同。虽然一些模型在两类系统之间结构平移不变，但参数却发生了变异。以三参数 Zipf 模型为例，水系的 Zipf 维数与城镇体系的 Zipf 维数本质相类，但数值不同：水系的 Zipf 维数可以表示为：

$$dz = D_r / D_n$$

(21)

这里 D_r 为水系中各河流的平均维数， D_n 为水系网络的空间分布维数，由于 $D_r = 1$ ， $D_n = 2$ ，故 $dz = 1/2$ ；而城镇体系的 Zipf 维数表为：

$$dz = D_p / D_u$$

(22)

这是 D_p 为各城镇人口的平均维数， D_u 为城镇体系的空间分布维数，由于 $D_p = 2$ ， $D_u = 2$ ，故有 $dz = 1$ 。因此理论上应有 $dz = 2dz$ 。可见，三参数 Zipf 定律在水系与城镇体系之间虽然结构平移不变，但参数发生了变化；数学模型“拓扑”同构，但不是“几何全等”关系——这可能是自然—人文地理系统对称规律的一大特色。

4 结论与推论

综合上述分析，可得如下基本结论和推论：

第一，基于中心地理论的 Beckmann 城镇等级—规模模型与关于水系构成的 Horton 第

一、第二定律数理同构, 它们的共同演绎形式是三参数 Zipf 模型。由此可以推断, Horton 第一、第二定律与关于城市体系规模分布的广义 Davis 定律数理同构。

第二, 关于城市体系的城市人口—城区面积异速生长模型与关于主河流长度—流域面积几何测度关系的 Hack 定律数理同构, 其数学还原形式为一对几何级数序列, 且与 Horton 第二、第三定律的表达形式相同。由此可以认定, Hack 定律也是一种异速生长关系。

第三, 中心地体系与水系结构具有相同的分形递归, 二者的分形模型基本一样, 只是参数数值有所区别, 差别的原因在于水系与城镇体系拓扑结构的不同, 而拓扑结构似乎并不影响分形结构的本质。

第四, 地理规律在自然系统与人文系统之间通常结构平移不变, 但参数视不同系统要素的拓扑结构而有所差别: 地理系统等级结构的分维受到系统要素的拓扑维数的制约, 但后者并不绝对地决定前者。

第五, 地理系统的自然—人文对称性可能反映了人地关系的某种内在规律, 但其它有关问题尚待探讨。

参考文献:

- [1] Batty M. Cities as fractals: Simulating growth and form[A]. In: Crilly A J, Earnshaw R A, Jones H (ed.). *Fractals and Chaos*[C]. New York: Springer-Verlag, 1991. 43 ~ 69.
- [2] Stevens P S. *Patterns in Nature*[M]. New York: Little, Brown, 1974.
- [3] Woldenberg M J, Berry B J L. Rivers and central places: Analogous systems? [J] *Journal of Regional Science*, 1967, 7: 129 ~ 139.
- [4] Woldenberg M J. An allometric analysis of urban land use in the United States[J]. *Ekistics*, 1973, 36: 282 ~ 290.
- [5] Lee Y. An allometric analysis of the US urban system: 1960 ~ 80[J]. *Environment and Planning A*, 1989, 21: 463 ~ 476.
- [6] Horton R E. Erosional development of streams and the drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology[J]. *Bulletin of the Geological Society of America*, 1945, 56: 275 ~ 370.
- [7] Strahler A N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography[J]. *Bulletin of Geological Society of America*, 1952, 63: 1116 ~ 1142.
- [8] 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与参数分析[J]. 地球科学进展(待发表).
- [9] Hack J T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland[J]. *US Geological Survey Professional Paper*, 1957, 294(B): 45 ~ 97.
- [10] Christaller W. *The Central Places of Southern Germany*[M]. Translated by Baskin C W. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1966.
- [11] Beckmann M J. Cities hierarchies and distribution of city sizes[J]. *Economic Development and Cultural Change*, 1958, 6: 243 ~ 248.
- [12] 陈彦光. 城镇等级体系的 Beckmann 模型与三参数 Zipf 定律的数理关系——Beckmann 城镇等级—规模模型的分形与分维[J]. 科技通报(待发表).
- [13] 陈彦光, 刘继生. 城市规模分布的三参数 Zipf 模型——Davis 二倍数规律的理论推广及其分形性质的实证分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2000, 34(1): 98 ~ 102.
- [14] Stewart J Q, Warntz W. Physics of Population[J]. *Journal of Regional Science*, 1958, 1: 99 ~ 123.
- [15] Boyce R. Changing patterns of urban land consumption[J]. *Professional Geographer*, 1963, 15: 19 ~ 24.
- [16] Batty M, Longley P A. *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*[M]. London: Academic Press, 1994.
- [17] 陈彦光, 许秋红. 区域城市人口—面积异速生长关系的分形几何模型——对 Nordbeck-Dutton 城市体系异速生

长关系的理论修正与发展[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 1999, 12(2): 198~203.

- [18] 梁进社. 逆序的 Beckmann 城镇等级—规模模式及其对位序—规模法则的解释力[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1999, 35(1): 132~135.
- [19] 申玉铭, 毛汉英. 区域可持续发展的若干理论问题研究[J]. 地理科学进展, 1999, 18(4).

Studies of Analogies of Fractal Structure between River Networks and Systems of Central places: A Theoretical Approach to the Symmetry between Physical and Human Geographical Systems

CHEN Yan-guang¹, LIU Ji-sheng²

(1. Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871 China;

2. Department of Geography, Northeast Normal University, Changchun, 130024 China)

Abstract: It is demonstrated in the paper that the cascade structure of river networks is analogous to that of urban systems or systems of central places, i. e., the two kind of systems have the same fractal recurrence. Where mathematical models are concerned, the first and second ones of Horton's laws of drainage composition is same to Beckmann's models of city hierarchies which are based on central place theory; Hack's law, which can be derived from the second and third Horton's models, is same to allometric relationships between area and population of urban systems, the latter is connected with Beckmann's models and thereby with central place theory. A conclusion can be drawn as follows: urban systems as well as central places are symmetrical with river networks, as is generalized, we have a conclusion that human geographical systems are symmetrical with physical geographical systems, with the symmetry breaking to some extent in some aspects.

Key words: Central places; River network; Man-land relationship; Symmetry