

# 国外城市发展理论的若干进展

陈 佳 骆

城市是区域发展的焦点,城市动态问题成为众多学者注目的热门课题。在以传统方法研究城市规划的学者们取得成绩的同时,物理学家和数学家都开拓出新的领域,把城市规划研究提高到认识论水平、超出工程技术范围,成为实用数学模拟和社会科学的前沿。热力学中的熵理论、信息论、控制论、生物进化与生态学理论等等都被用于城市研究。

二十世纪初叶,奥地利著名物理学家薛定谔发表《生命是什么》一书,引起科学界轰动。他用熵理论解释生命现象,深刻揭示生命进化的本质,至今仍在现代生物学中广泛运用。许多科学家由此认识到熵理论的威力远远超出热力学范围。

生物体内有序性(负熵)增加总是使维持其生命的物质环境有序性减少(即熵增加)。例如,植物只有吸取太阳光热才能形成有机物分子,同时太阳却散发光热失去许多有序性。生物体是稳定的开放系统,在个体发育和系统发育过程中总是力图增加有序性;有自我复制的本领、自动形成日趋繁杂的结构(自组织)以适应环境。在生物复进化过程中,随生物体的形态结构和生理机能的复杂化和高级化,内稳态平衡机制也相应地由低级向高级发展,生物的生命力增强、扩大了物种适应范围、实现物种的繁荣。

城市的个体兴亡和城市化进程类似于生物进化,也符合熵增加原理。处于适应的区位、内部结构合理而且自组织能力强的城市,能够从周围地区吸收负熵流(人才、信息、资金、能源与物资等等)来增加自己的有序性(良好的城市生态,合理功能分区,优异的生产能力,健全的行政机构与管理,先进的科学研究与教育、和谐的社会生活等等)。这些城市日趋繁荣,向周围地区输出产品和服务、推动广大地区进步。

在互相关联的众多城市组成的群体中,个体之间有类似于生物界的共生、寄生、竞争、捕食与被捕食等关系,还有种群增长与竞争等等。数学生态学中的许多模型可以方便地运用于城市研究。只要查明城市与环境间的熵流,也就可以预断城市的动态、判断人们希望的过程能否进行、分析城市政策的后果。选择恰当的城市网络结构和布局方式,使城市之间的关系协调和平衡,就可以促进城市群体健康发展。城市的边界有如生态系统中的“膜”,在新陈代谢的物质和能量交换中发挥神奇的功能。研究这一重要课题有助于论证城市行政管辖权的适宜范围。

二次世界大战前后,统计学家飞休、申农和数学家维纳创立了信息论和控制论,把信息量研究和统计热力学中传统的熵概念联系起来,各种性质不同的量可以化为统一的信息指标来比较分析。系统内极端混乱可以类比为达到热力学平衡的系统中分子运动,有熵的最大值 $H_{\max}$ 。系统的有序性表达为与热力学平衡状态的差 $R=1-\frac{H}{H_{\max}}$ ,当 $R=1$ 时系统达到理想的有序(熵为0)。根据信息论和控制论原理,复杂的城市问题得以纳入数学模型作定量分析。人们研究城市系统的熵,目的是把城市建成有自组织能力的组织系统,通过注入信息来控制城市功能和发展。

1969年，比利时布鲁塞尔大学以普里高金教授为首的学者们提出“耗散结构”理论，革新了经典物理学对于有序性的认识。他们认为依赖于能量流输出和物质输入来维持远离平衡态（热力学含意）的稳定物质世界空间结构叫做“耗散结构”。系统从外界取得“负熵流”（与外界不断交换物质与能量），就可以在远离平衡态状况从无序转为一定的有序（在时间、空间或结构上的有序）。由于这一理论说明了许多自然界中实际存在而经典物理学不能解释的现象，达到认识自然与社会现象普遍规律的哲学高度，普里高金教授荣获1979年的诺贝尔奖金。

耗散结构理论是运用熵理论研究城市系统的基础。城市系统有周密的组织，它的自组织过程如同从开放变为封闭的物理学系统一样趋于热力学平衡、无序和简化；其中的一部份按照波动法则，行为产生分歧结果，并且有相应的开放耗散结构型自组织，相似于独态的微粒以固有的非线性围绕平衡点波动。其原因是特殊变量（该系统参量）的振动或构造波动。这样的系统虽然形成或失去特殊的功能形态，却保持着经常的热力学方式的平衡。这一学派的研究者认为产生新社会领域是随机事件，即基本作用不稳定条件下的结果，因而拥护“变革社会”；而“社会成长”符合于决定论的行为发展，其中包括文化成长这一重要方面。

布鲁塞尔大学研究者提出的模型是研究孤立的封闭或开放城市系统的有力武器，可以完美地表达人类历史上城市活跃崛起的规律，反映城市突然出现或消失、间断地成长或衰亡。运用这类随机引入经济函数的模型研究城市动态，发现城市之间也有适者生存的竞争。幸存的城市以多样化条件，是一些集中点，而极端的专门化终将导致衰败。对城市之间的时间——空间联系及类似于链式反应的理论也成功地实现了数学方式的精确描述，各个城市是发展着的时空连续统一体的必然组成部份。

埃伦（P. Allen）等学者的著作中给出上述模型的表达式（一般形式的偏微分方程）：

$$\dot{X} = a \cdot x \cdot X$$

式中加点的变量表示它对时间的导数， $x$  是行为变量（人口或就业）， $X$  表示  $x$  的供应水平或超额需求， $a$  是反映调整速度的参数。从 Verhulst 型人口增长方程中可得到某个地区人口增长水平，此水平取决于全体居民的超额需求与供应条件之比；而公式中的这些条件又是当地所需就业条件的函数。Verhulst 人口增长方程是稳态中具有永久平衡条件的对数型增长函数。其中  $x$  的变律为： $\dot{X} = b \cdot x(\bar{x} - x) - c \cdot x$ ，它在  $(\dot{X} - c/b)$  处达到平衡状态。 $\bar{x}$  是生产力水平， $b \cdot c$  是出生率和死亡率，供应（负载）能力是基本就业的函数。非基本就业指满足本市居民需求所需要的劳动者，基本就业指城市输出产品与服务所需劳动者。某地区非基本就业随时间的变率是区域内对特定工业品产量的超额需求与供应状况之比的函数，或是城市人口对该城市全部产品需求的函数。利用现有城市模型资料可以确定各种输出产品所需人力数，而用万有引力公式可导出引力因子。城市引力模型表述为  $R_i = P_i \cdot d_{ik}^{-2}$ 。其中  $R_i$  为  $i$  城引力， $P_i$  为  $i$  城人口， $d_{ik}$  为村镇  $k$  至城  $i$  的距离。此式说明某城市从邻近城市引来的贸易额与城市人口成正比，与二城之间距离的平方成反比。考虑到城市的零售购买力、商店营业面积、消费者途中耗费时间及购物中的随机因素等等，引力模型变为更复杂的形式。

为了反映生产过程中计划经济与伴随市场竞争的价值规律经济并存，布鲁塞尔模型具有动态结构，即一组控制系统状态的模拟偏微分方程。这种情况下，城市状态处于一条无平衡条件的连续轨道上；模型中包含的随机因素影响被模拟的行为。随机因素指一定时期内全地区经济活动功能的随机投入，反映各产业部门中生产与就业状况。在所有被检验的位置中，

只有少数拥有产生和维持活性所必须的边界条件,此条件由外因决定。在连续时间水平轴上,起初具有吸引功能的地方并不能全都长期保持。此外,技术变化和若干技术转移的随机干扰是另一类随机因素:个别状态对于平均聚集行为水平的偏差也一起引入模型结构。输入假想地区模拟数据运算证明,按规模分类控制分布约束的Zipf 规模——顺序定律适用于人口均匀分布地区。在整个时间水平轴上,全部经济活动向中心聚集。

以上是布鲁塞尔大学研究组建立的“波动法则”理论体系中“自组织”学说的见解。而美国堪萨斯大学的S. Dendrinos 教授认为,虽然微小的波动和不同时期的经济活力投入可能导致被模拟区域内的城市结构有较大差异,但这种聚集现象仍然不依赖于所受的特殊干扰而存在,并且服从Zipf 定律、表现出长期反馈的聚集现象。

二十世纪中叶,数学家齐门(Christopher Zeeman)发展了托姆(Rene Thom)描述自然力间断现象的灾变理论(Catastrophe Theory),用来论述城市发展中的不连续现象并且提出形态发生学的数学表达。他认为识别基础结构和发生学法则即可确定系统的表现。七十年代后期,西德的哈肯(H. Haken)教授创立的“协同学”(Synergetic)指出:序参量可以表示系统有序程度并且决定系统的发展过程。序参量在外界影响下变化、在接近临界点处变化加速,达到极值后必将导致新结构形成。在临界点附近,快变量对临界过程影响不大;慢变量主导系统无序与有序之间的转化。

以上述理论为基础,美国的S. Dendrinos 和Mullally于六十至七十年代建立齐门基本模型,尝试说明城市突然出现或衰亡的原因。E. Casetti 则建立了阐明城市或村落的分布密度和城市化间断现象的模型。齐门基本模型考虑到城市动态系统中包含两类变量:变化相对较快的变量(例如短期内迅速调整城市人口);变化相对较慢的变量(例如技术、已形成的资本储备,特定城市与其它城市比较的相对优势)。前者可在短期内快速变化,后者只能经过长期积累才会有显著表现。这种快或慢的区分类似于传统经济理论中的短期与长期均衡分析。

在齐门模型的结构中,两个关键的变量决定城市人口或劳力 的增长率。这两个变量是相对优势水平和受人口增长率影响下的社会费用,后者包括基本投资、公共设施、严重污染和密度过高等方面需要的土地投资费用。可以用包含这两个慢变量的模拟微分方程描述城市的调整状态(它的人口水平)。选择特定的方程可以反映一些特殊事件,如人口停止增长、两个慢变量均等情况下城市规模的几种平衡状态、各种增长平衡状态之间转化的时滞和多种城市发展方式、某些城市在相邻点上起始状态相同而终了状态差异很大(城市规模不同等等)等等行为状态的发散现象。根据托姆的分类法则,可以找到一族描述这些现象的函数。其特殊函数形式是失峰灾变型:
$$\dot{x} = x^3 - ax + b$$
。式中 $x$  是城市规模, $a$  是社会费用水平, $b$  是城市具有的相对优势水平, $e$  是一个小正数。

Dendrinos—Mullaly证明城市动态聚集模型有两种:一种是圆周轨道模型,表示人口水平围绕缓慢变化的长期平衡值跳跃振荡,但绝不会达到它;另一种是螺旋衰减型,表示人口规模跳跃振荡到缓慢变化的平衡值。如果控制变量空间的激励作用使系统状态移入不同轨道或沿螺旋轨道运行,空间控制系统的随机状态对应解释齐门模型中的随机事件。影响两项慢变量的政策或随机因素是激励作用的例子。此外,利用生态学中的Volterra—lotka 方程还可以建立另一些城市发展模型。

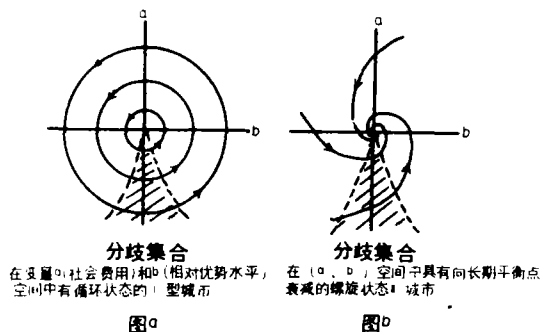
快速均衡歧点类型的齐门模型是任何城镇成长为都市的蓝图,由前述相对优势和社会费用两个变量决定其特性(即质的构成),两个变量之间的相互作用决定都市的发生学结构特

殊表现形式（发展道路）。如果随机事件引起相互作用改变，结构不变而发展道路改变。

任何系统的状态参数值是在专门的发生学法则中决定现状的因素，因而自然界中多样化的系统可按确定的规则来调节，只不过是参数不同。只要变量的影响存在，发生学法则也就同时存在。额外的控制变量数值更改可以使法则随之变化，导致出现新的结构。发生学法则描述系统行为的局部变化中所有可能事件的某些集合，有控制系统行为的潜在功能（即社会集团趋向特定目标的功能），决定着社会系统的发展。这类法则还能反映任何给定时期中选择最优社会组织形式的特性，有些集合的非线性使系统的平衡呈现稳定或不稳定、不连续、发散等等，这就是城市的起因。在可能发生周期性竞争的地方，上述非线性是上升状态的原因。以上对城市发展的研究超出应用科学的论述范围，涉及各种思想体系中包含的经验主义和理论发展的基本结论：斗争状态的领域中可能出现复杂的平衡，但只在特殊的点上才能达到。灾变论中分异边界上的特殊点对应于波动法则中自组织事件所包含的临界点。

布鲁塞尔模型和齐门模型都包含动态模拟微分方程系统，是有限增长或无限增长条件下的 Volterra—Lotka 生态学基本类型，前者包括多种竞争形式的 V—L 生态学问题，按地区和工业部门分类组合是明显的优点。此模型中使用的术语“分歧”（bifurcation）意味着发散状态，从给定点及相邻点开始运动的系统受微小干扰就改变状态移入其它运行轨道。这些轨道中一部份稳定而另一部份不稳定，以致系统的运动可能有完全不同的结局，即最终结果是随机的。后者包括无限增长的 V—L 方程，以捕食——被捕食型方程描述慢变量的动态特性，很容易解析求出控制变量作用下给定城市规模模型的动态特性。这一模型的另一重要特点是引入作为系统状态快速调节器的特殊方程，而且“分歧”是指慢变量控制空间中值对应条件下的稳多重平衡状态（较安定中有不稳定），每一随机激励的结果是确定型。

齐门模型的分析特性周密地考虑到某些函数关系受到上述两个变量的影响，深入研究有解齐次线性微分方程系统的特定范围，即系统有异号特征值和全部特征值为纯虚数的情况。其中全部特征根为负实数和  $X' = AX$  中矩阵不成对角形的情形引人注目。正是在这种情况下系统表现为衰减的螺旋形，如附图 b；当全部特征值为纯虚数时出现第二个值得重视的结果，系统呈现圆形封闭循环轨道，如附图 a。齐门模型中引入快变量方程，在设定连续变化条件下，系统的特点是在慢变量空间中出现突然跳跃。而布鲁塞尔模型中，跳跃是外部干扰的结果。



布鲁塞尔模型和齐门模型比以往的城市模型先进得多。以往的模拟模型不重视过去的行为，只是用之于检验特定的参数。布——齐模型则依据过去行为的规律和现状来预断未来的

状态,明确承认非线性情况并且提出重要的变革问题,即突破原来行为变化的形式和产生新事物(反映新出现的城市结构而不仅是现有结构的简单增减)。

1984年,在第二届世界区域科学会议上,S. Dendrinos 教授提出论文“Volterra 生态及城市相关动态中的变化规律与守恒条件”。1985年,他又完成美国国家科学基金项目“美国山区城市等级不稳定性的非线性变化”,这些著作是上述理论用于实际研究的成果。

#### 参 考 文 献:

- 1、S.Dendrinos On Urban erdution and bifurcation theory Modeling and simulation Volume 11, May 1—2, 1980, US
- 2、S. Dendrinos Variational Principles and conservation conditions in volterra'seco-logy and in urban relative dynamics  
Paper Presented at the second World Congress of the Regionl Science Association, Rotterdam, Netherlands—June 1984.
- 3、S. Dendrinos Ecological studies of urban nonlinear dynamics .August 1, 1985  
This work was done under contract number: SES- 82-16620 with the National Science Foundation, Decision and Management Science Program.

#### 会 议 介 绍

## 城市气候及其应用的若干决议的介绍

——1985年12月日内瓦第九次气候委员会会议

沈 建 柱

城市气候研究迄今已有160多年的历史,近年又有飞跃的发展。自1968年召开第一次城市气候和建筑气候学国际讨论会以来,迄今已举行了近20次与城市气候有关的国际会议。1985年12月2—13日世界气象组织,在日内瓦召开的气候委员会会议上,又研讨了城市气候问题,专门成立了气候和城市包括建筑等方面的工作组,并作出与城市相关的若干决议。为及时了解国际动态,本文根据由我国代表带回国的文件,以及其它材料,对若干决议作一简单介绍。

这次会议同城市气候研究有关的决议有三个:城市和建筑气候,人类居住和土地利用规划;人类

健康;旅游和休养。

1、城市和建筑气候学,人类的居住和土地利用规划决议:

决议首先作了回顾:会议注意和分析了1982年日内瓦专家会议以来的情况,以及1982年专家会议提出的活动计划。由于在热带城市中人口无计划的扩展,为了在发展中国家促进城市气候及其应用的扩展,为了在发展中国家促进城市气候及其应用的扩展,1984年在墨西哥城召开了一次城市气候的国际会议。这次气候委员会会议讨论了会议提出的结论和建议。委员会同意把城市气候研究的重点放在热带城市,并赞同墨西哥会议提出的计划。

气候委员会请苏联古比雪娃教授写一本气候参