

城市空间形态的最低成本—周期扩张规律 ——以昆明为例

吴启焰¹, 陈 辉², Belinda Wu³, 曾 文⁴

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 2. 云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650091;
3. School of Geography, University of Leeds, Leeds LS2 9JT; 4. 云南大学城市建设与管理学院, 昆明 650091)

摘要: 城市形态演化反映城市土地利用模式的转变, 是内部最低成本土地利用模式驱动力的外部表达。这一城市空间格局演变遵循本文提出的“外部扩张, 内部填充”相互交替总体规律。它既是集聚与扩散驱动因子作用的结果, 也是植入与再植入的“扬弃”选择过程的交互作用产物。基于最低成本—周期扩张模型的假设, 本文选取昆明建成区近现代的影像资料, 运用形态学的视角分析城市空间结构的变迁, 探寻城市形态演化规律。结果表明: (1) 从城市形态演变的一般理性微观、宏观过程来看, 城市形态变迁在统计学上遵循最低成本—周期扩张规律假设; (2) 在最低成本—周期扩张模型内, 公共投资与基层设施建设变动及其要素替代效应对形态的周期性扰动响应是其核心作用机制。

关键词: 城市形态; 最低成本—周期扩张模型; 要素替代效应; 昆明

文章编号: 1000-0585(2012)03-0484-11

1 引言

涂尔干认为, 各种物质设备、结构现象、机构和“社会生活的自由进程”之间非绝对的距离而是社会生活中程度差异的凝聚, 这种相对稳定的凝聚现象就是形态^[1]。而 Batty 进一步指出, 作为城市复杂系统重要的有机组成部分, 城市空间形态是穿插在不同尺度(例如从邻里、社区到整个城市)内反映不同等级的亚中心或集群得以有效组织的一些关键(经济)职能^[2]。

到目前为止, 国内外学者对城市空间形态进行了大量的研究, 概括起来可归纳为三个层次: (1) 形态的传统特征描述研究。该研究方向侧重依据统计模型方法与图论理论, 从城市形态描述与类型研究、演变方式与演进过程、影响因子与作用机制等视角展开理论探讨和应用研究, 现阶段集中于城市形态演变进程之上探讨其影响因素与作用机制的研究^[3~5]; (2) 形态组织机制模拟研究。此类研究侧重于城市空间形态模拟研究, 它基于传统形态描述研究之上, 借助现代计算机强大的处理与分析功能, 模拟城市空间形态发展演化并预测城市发展方向。具有代表性的模拟研究成果有分形理论运用^[6~9]、网络拓扑—句法分析^[10]、动态模拟^[11~16]。(3) 形态演进阶段划分研究。例如: 加速—减速—静止的租

收稿日期: 2011-07-13; 修订日期: 2011-11-15

基金项目: 教育部回国留学启动基金(教外司留 2010【609】); 南京师范大学人才启动基金(2010105XGQ0093);
江苏省优势学科群建设工程

作者简介: 吴启焰(1971-), 男, 白族, 博士, 教授, 从事城市社会地理和城市与区域政治经济学等方向的城市研究。E-mail: chiyanwu@126.com

地权周期性演进理论^[17]；美国华盛顿—巴尔的摩大都市区 30~40 年的周期增长^[18]；外溢—专业化、分散—多样化、填充—多核化的城市用地形态生长过程的三阶段^[19]；城市自身发展的点状生成—轴向扩展—伸展轴稳定—内向填充—再次轴向伸展五阶段^[4]等。

这些研究成果倾向于城市形态演化阶段划分及其相应的阶段解释性模型，城市空间形态自身演化规律的分析性模型尝试不多。本文将以此为契机，建立城市形态演变的分析性模型，提出并运用成本—周期理论假设并以此印证城市形态演化规律。旨在对城市规划和设计提供有益的参考，以便更好地把握新时期城市发展脉络。

2 最低成本—周期扩张律模型及其作用机制

城市空间的发展经历了由农业社会的政治军事和贸易中心，工业化时期工业为主、商业为辅的生产空间，到后工业化时代商业贸易逐渐占据主导的消费场所的历史转变过程。城市活动的发展导致城市各组成部分功能和意义的变化，加剧了城市功能与空间形态的矛盾运动，从而促成了城市空间的被构以便适应城市活动的需求，甚至在有意识的自构活动中激发新兴的城市活动^[20,21]。换言之，城市活动的宏观演化具有自身的自组织规律而中微观层次上具备复杂性（complexity）与不确定性（uncertainty）特征。这种规律性会针对不同的社会经济制度和技术革新采用不同的表达形式。这些社会经济规律与城市活动交互作用，促进了城市形态的发展演化^[2,22]。

2.1 最低成本—周期扩张律模型假设

基于新古典主义经济学的假设前提和逻辑，城市土地用途转型的经济驱动力与土地利用成本阻力（可简化为地租）之间的矛盾关系与城市土地利用格局演化之间存在一般因果关系。据此逻辑，城市形态演化是上述城市土地利用模式转变的历史路径。它是土地利用成本最低化扩张模式的最终结果。换言之，城市空间格局的演变遵循“外部扩张，内部填充（植入）”相互交替的组织原则，即城市形态演变的外部组织原则的内核就是最低成本—周期扩张模型（图 1、图 2）。理性城市发展应沿着土地投入成本最低的路径实现自组织历程。在土地供需均衡约束条件下，可供城市发展的土地价格出现规律性波动：（1）

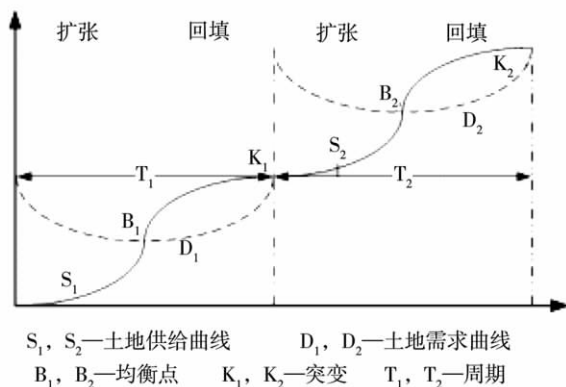


图 1 最低成本—周期扩张律分析性模型

Fig. 1 The analytic model of minimum cost-cycle expansion law

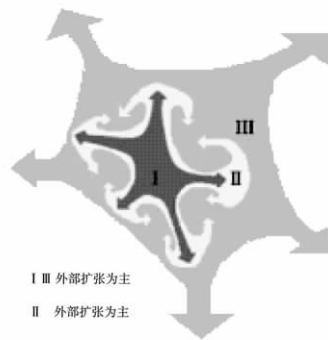


图 2 最低成本—周期扩张律解释性模型

Fig. 2 The explanative model of minimum cost-cycle expansion law

在城市扩张期,随着大规模基础建设投资及其资本化效应影响^①,导致郊区土地供给规模和价格比较优势显著;(2)在内部填充期,因为公共投资减缓,自本本化效应衰退,内城土地比较优势突出。藉此,在形态上可观察的现象特征为:首先,物质要素在建成区范围内量的增长,导致城市快速的外延扩张;接着,社会经济文化等非物质要素或活动对城区内部原有物质和非物质结构的再植入和填充,则使城市产生缓慢的结构与内涵的质变;最终,城市形态完成一个完整周期的时空演替过程并由本周期内最后阶段的再植入过程孕育了新要素量的增长空间。事实上,这一假设符合有关自由市场经济的竞争状态下区位均衡过程是空间发展内在机制这一古典空间经济学的逻辑^[23]。

2.2 作用机制:最低成本—周期扩张的城市土地利用模式

城市形态的演变,从其表征上看,是城市空间扩展和结构重组等有形的物态表现。就其实质内涵而言,它是城市政治、经济、社会、文化活动在历史发展过程中交织作用的物化后果,是技术能力与功能要求在空间上的具体表现。从城市扩展的动力学出发,城市空间扩展实质是城市在内外力作用下的空间移动,其中内外部动力主要包括经济总量的增长、城市产业结构的调整、城市功能的演变、政策的变动、外部资金的投入等^[3,4]。事实上城市的社会与空间重构或空间形态的演变始于城市空间为城市社会经济活动提供场所、容器这一事实^[24];但是随着资本生产与再生产循环积累,城市也就是或成为城市社会经济活动本身^[4,20]。尽管城市形态演变是在前述动力因素下表征为集中与分散的外部特征^[5];但是究其核心机理就是城市社会经济活动生产与再生产所需要的土地与空间在最低成本前提下的需求与供给矛盾运动过程。在这一城市土地需求与供给矛盾运动中,毫无疑问,公共投资及其引发的替代效应在时间序列上的波动是最低成本—周期扩张的城市土地利用模式的运行内核(图3)。

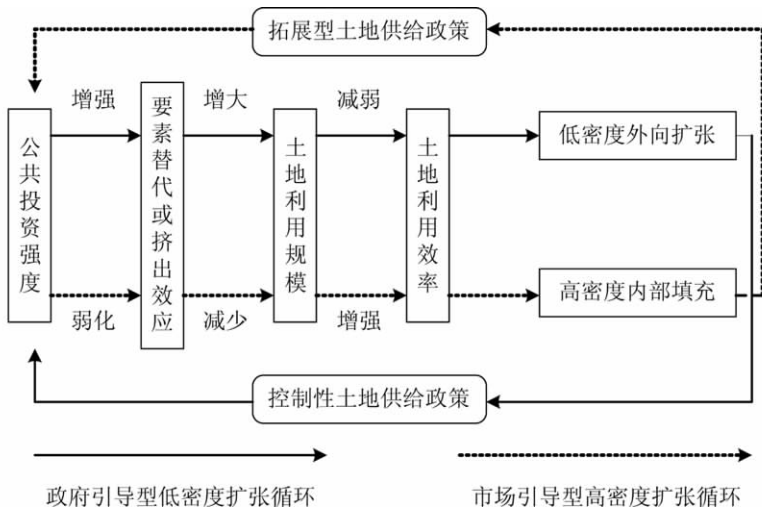


图3 最低成本—周期扩张规律的机理

Fig.3 The mechanism of minimum cost-cycle expansion law

^①资本化效应是指主要在自然垄断行业由政府负责的大型公共基础投资项目对周边经济活动正向的外部效应,即可以简单视为公共投资资产转移,促使周边土地市场价值增值、经济活动效率提高等绩效的过程。

在模型的古典假设约定中，每一个最低成本—周期扩张周期内社会生产率、经济波动以及土地使用成本呈现简单的线性变化。由于公共投资及其引发的替代效应干扰了城市社会经济活动对土地的需求节律，使外部城市形态运动呈现一种非线性波动特征，这种波动可以分解为下列两个子过程（循环路径）（图3）：

2.2.1 公共投资强化下的低密度高速外延扩展 在凯恩斯主义背景下，政府对市场经济化的城市社会经济活动最有力的干预就是扩大公共投资，并激发公共消费，推动良性的资本再生产循环过程的速度和规模。无论是二战前夕的罗斯福新政与战后重建欧洲的马歇尔计划，还是目前金融海啸之后中国扩大内需的政策，尽管它们处于不同历史时期、基于不同的具体目的，但都是类似政治经济环境下的大型公共投资实践。这种宏观公共投资的微观城市尺度效应必然催生城市形态的低密度高速扩展。

作为理性的资本再生产体系，投入廉价的生产要素是一种必然选择。因而城市的形态演化运动也可以视为这种微观理性活动在城市地域尺度上的宏观整合。在这种背景下，政府公共投入必然将会降低包括土地使用成本在内的城市基础设施使用成本，继而通过挤出效应产生要素替代现象^[26]，使得具体的社会经济活动采用最低成本的土地规模来换取其它高投入要素的外生斯密式生产模式^[27]，最终这种微观理性活动宏观整合的意外地结果^[28]——城市的低密度高速扩张成为公共投资强化背景下的城市形态演变阶段的外在表征。随着公共投资强度逐渐增长，土地利用规模强度（单位投资资本占用（边际）城市土地面积）迅速攀高，城市空间形态转向低密度外部扩张阶段。

2.2.2 公共投资弱化下的高密度内部填充与再植入 在公共投资减少的背景下，土地使用者的土地利用成本开始反弹，理性的选择必然是利用高密度土地利用模式替代低密度土地利用模式，以期降低土地使用、交通运输等成本。这种折衷必然驱动社会经济活动采用内城见缝插针式的发展模式：（1）利用其它可替代要素或方式代替相对高昂的土地使用成本。例如利用高容积率提高土地使用效率，有效降低单位产出土地费用支出等内生增长模式^[29]；（2）利用内城的便捷区位可以节约交通成本和交流成本，进一步降低、抵消内城土地租金支出。因此在这种公共投资弱化下的高密度内部植入与再植入发展模式下，随着公共投资强度逐渐降低，土地利用效率强度（单位投资资本的（边际）城市建筑物面积）迅速攀高，城市空间形态转向内部植入填充阶段。

因此，基于土地利用模式决定城市形态的事实以及城市政府干预的类型，城市形态的最低成本—周期扩张规律分化为两个相对的亚类型、循环路径：其一是需求超前、供给滞后的市场主导型高密度填充模式。其二是供给诱导市场需求的政府引导型低密度快速外延扩张模式。

2.3 最低成本—周期扩张的周期

城市形态的演进，是一个城市地域空间增长的时空转化过程，在空间维度上表现为物质要素与非物质要素的集聚—扩散，在时间维度上呈现出新功能需求的突变—整合的相互交替衍生变化过程。因此城市形态在漫长的时间演化过程中，“外部扩张，内部填充（植入）”相互交替就会自然产生相应的周期现象。从城市形态演化过程中解构出周期规律后，会对把握城市形态发展及未来规划提供科学的理论支撑。

当公共投资强度扩大，若土地利用规模强度也扩大，此时呈现一种线性正相关，可看作是城市形态扩张模式进入以外扩展为主的扩张阶段；当公共投资强度扩大，若土地利用规模强度变化不大，但土地利用效率强度显著扩大，则可看作是城市形态扩张模式转向

以内部植入的填充阶段。当土地利用规模强度或土地利用效率强度与公共投资强度之间相关度指数交替出现高低动态变化时,运用波频分析技术就可最终得到市场准则下的城市最低成本—周期扩张周期;但是政府的干预频度毫无疑问会扰乱自由市场体系下这一城市形态的自我规律。

3 昆明市最低成本—周期扩张律的实证

3.1 昆明城市发展的历史路径

昆明的城市建设史可上溯到 1200 余年前拓东城,此后十二个世纪的历史沧桑中昆明城市形态演化展示出显著的阶段性特征(图 4)。

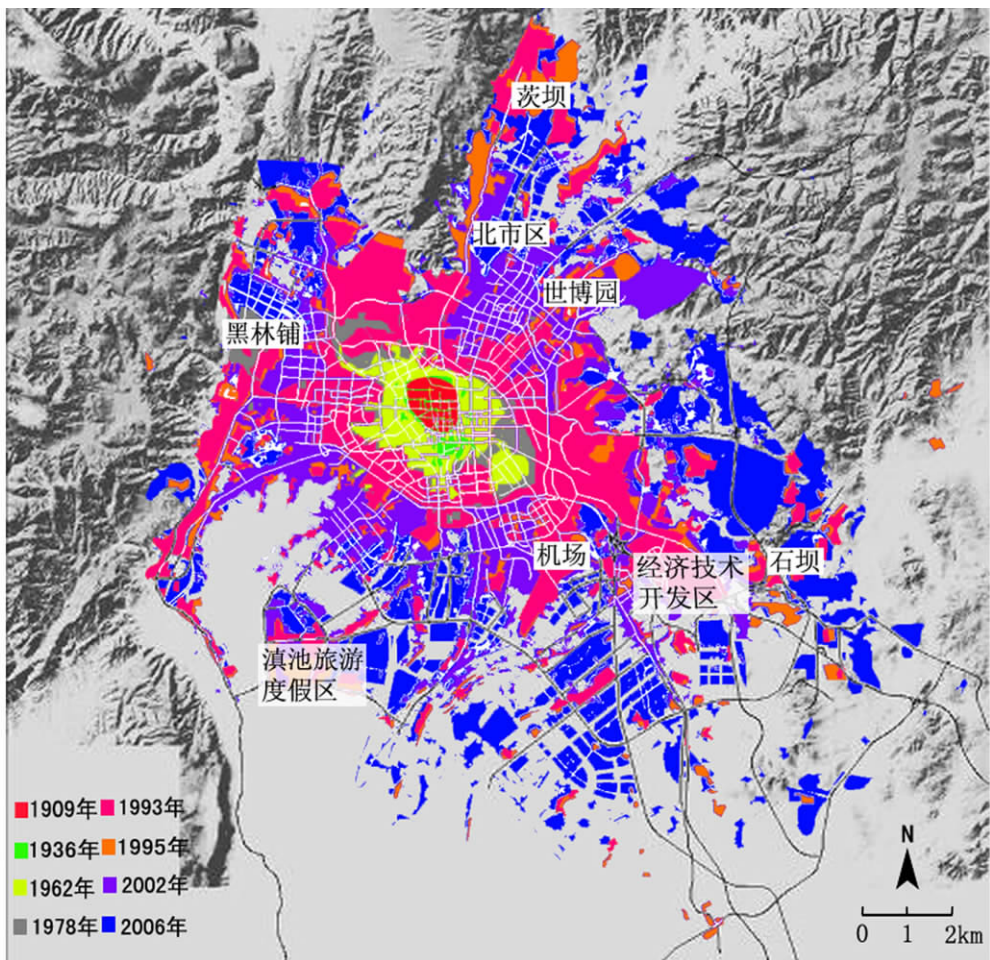


图 4 昆明主要年份城市形态演化轨迹

Fig. 4 The evolution track of urban morphology of Kunming

到宋代大理国统治时期称为鄯阐城,城池有所扩展。繁华市中心逐渐西移至盘龙江以西至金碧路、三市街一带。元代在昆明设云南行中书省,改称中庆城,自此确立了昆明作为云南省政治、经济、文化中心的地位。19 世纪末的昆明,封建传统的氛围依然浓重。

青砖砌筑的城墙与护城河浑然一体，将昆明城环抱其中。城市布局以官衙为中心，中央三牌坊为云贵总督署所在地，“三坊二十四铺”的街道呈棋盘式格局。1905年，云贵总督丁振铎奏请清廷批准，将昆明作为商埠自行开放。商埠区以得胜桥、塘子巷一带为中心，东边到状元楼外，西边到三节桥，南至双龙桥，北至桃源街口。抗战时期，众多的沿海和内地工厂、机关、学校相继内迁，昆明城市人口激增，经济高度增长，城市扩张迅速，成为昆明近代史上城市发展最快的时期。国民党中央和云南地方的官僚资本纷纷在昆明设置和开办工厂企业，如中央机器厂、炼铜厂、电工厂、发电厂、53兵工厂、电力制钢厂、纺纱厂、烟厂等相继建立。解放后昆明得到进一步发展，由解放初期市区仅 7.8km^2 、27万人口的中等城市发展到1995年市区 98km^2 、126万人口的特大城市。进入新世纪，昆明迎来更好的发展机遇，2000年昆明主城区面积达 136.5km^2 ，人口151.7万人；到2007年昆明主城区面积达 249km^2 ，人口163.2万人。

3.2 昆明城市形态演化的最低成本—周期扩张规律

城市形态演变的初始动力是城市资本或经济活动的积累与循环，其过程是资本扩大再生产在城市土地利用状况上的时空体现。主要城市经济活动的地理流向决定了城市的发展方向，在自由竞争的市场经济宏观环境下，城市作为经济的载体，在其运动过程中总是遵循利益最大化原则。城市形态的演化与经济投资的波动极其相似^[4]。城市经济功能的演变主宰着城市形态的形成和演变，经济力量处于主导和支配地位，它通过交通线路、产业结构、生活水平等影响到城市的功能分区、城市扩展轴线，城市外部环境等，而经济发展水平和产业结构决定了城市用地规模、使用强度、用途与功能等形态学因素。早期的封建农业时期的生产力水平与生产关系就只能产生类似城郭的城市形态；工业化城市形态是现代工业资本原始扩张的外部反映，体现在交通道路的诱导性；后工业化时期，尽管城市外部物质形态仍然是重要的标识，但是城市形态更倾向于关注非物质要素的生活方式、文化观念、价值观念等社会分层现象、社区地理分布特征和后工业化产业要素特有的组织方式的转变和植入与再植入过程。

为了揭示城市形态演变遵循最低成本—周期扩张律，利用昆明1950年至2008年的城市历史演变空间与经济数据，测算昆明土地利用规模强度或土地利用效率强度与公共投资强度（基本建设投资强度）之间的相关度（图5），以此来验证昆明建国以来公共投资变化对城市形态演化模式的作用与影响。

当公共投资强度与城市土地利用规模强度的相关度或者公共投资强度与城市土地利用效率强度为显著相关时，表明公共投资强度发生显著变化，继而要素替代效应出现波动，最终会导致两种不同类型的城市形态变化模式。依据城市形态演化的最低成本—周期扩张的理论假设，若公共投资强度与城市土地利用规模强度呈显著正相关，说明城市形态演化模式是以外向扩张为主；若公共投资强度与城市土地利用规模强度不显著相关，但与城市土地利用效率强度显著相关，说明此时城市形态演化模式是以内部植入/集约型为主。由此借助蝴蝶突变计算将1950年至2008年的昆明城市近现代四个历史时段（1950~2008）划分为六个城市形态演化周期（图5）^①。

每一个周期内，当公共投资强度与城市土地利用规模强度之间为正显著相关时，城市

^①因为周期划分需要考虑两组数据（相关系数变量），有别于古典周期划分方法；所以为了较为客观判别，尝试采用突变论中蝴蝶突变来计算周期的划定，与古典周期研究中针对一组数据的波峰波谷划定周期有一定差异。

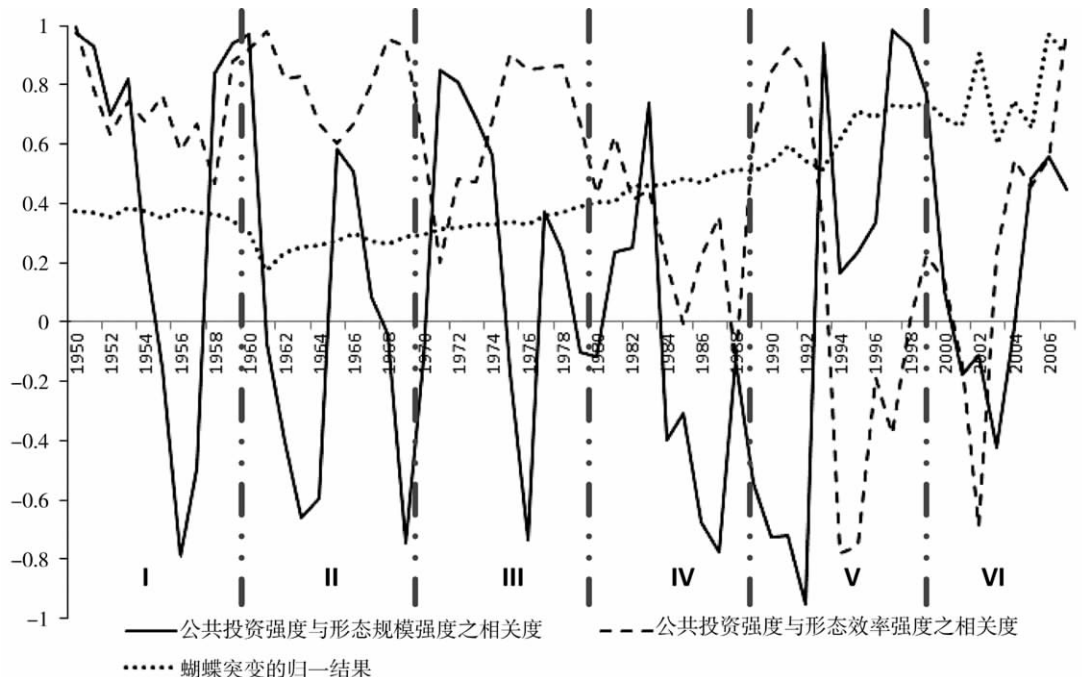


图5 建国以来昆明公共投资强度、土地利用规模强度和土地利用效率强度的变化

Fig 5 The variations of public investment intensity, land use scale intensity and land use efficiency intensity in Kunming since 1950

注1: 数据来自《昆明百年 (1899~1999)》(昆明: 云南人民出版社, 1999);《昆明市志·第六分册》(北京: 人民出版社, 2003);《昆明年鉴》(昆明: 云南民族出版社, 1995~2008);以及对昆明市地方志的史料整理。GDP数值采用国家统计局的折算率计算昆明的数值, 国家折算率可能与地方合理的折算率有细微差别, 但是用于两组相对指标的对比, 该折算误差不会对关系判断产生误读。

注2: 公共投资强度在此指单位建成区面积的基础设施投资额, 土地利用规模强度是指城市建成区面积占据辖区面积, 土地利用效率强度是指单位建成区面积的GDP产值。

空间形态演化以外部扩张为主, 接着当两者不是正显著相关, 但公共投资强度与城市土地利用效率强度之间为正显著相关时, 城市空间形态演化则以内部填充/集约为主。由此可见, 城市空间形态基本是以“外部扩张—内部填充/集约—外部扩张”相互交替变化发展的(图5)。从1950年至1997年, 公共投资强度与土地利用规模强度、公共投资强度与土地利用效率强度两者存在显著趋异现象。自1998年到2008年, 公共投资强度与土地利用规模强度、公共投资强度与土地利用效率强度之间转变为趋同发展态势。

3.3 昆明城市形态演化的历史阶段性

将1950年来昆明城市形态演化历程分阶段阐述, 以此佐证城市形态演化符合最低成本—周期扩张规律假设(表1)。

3.3.1 圈层梯度推移式辐射扩张和郊区串珠状工业走廊生长期 (1950~1980) 本阶段昆明经历三个形态波动周期(图5), 期间年均社会投资强度为3.05万元/km², 年均增长率为36.93%。高强度的投资拉动了城市形态的快速增长, 其中1978年城区放射状指数为23.20, 增加了1.81, 平均出行距离为5.55, 增加了3.11, 建成区面积增长了2.46倍。公共投资强度与土地利用规模强度的灰关联度为0.54(以下涉及灰关联度均为90%

的信度),与土地利用效率强度的灰关联度为 0.74。期内全国计划经济体制的政府主导意识明显加剧政府公共投资的倾斜,使得昆明城市空间形态由传统紧凑型逐渐向现代化工业城市发展过渡的扇形扩张基础上以环状辐射拓展为主的扩张型转变。例如在第一个周期中期内,随着第一个五年计划的实施,效率强度曲线快速下降并与规模强度曲线呈反比态势(图 5)。在这一周期随着交通等基础设施的快速扩张,在建成区边缘逐步拓展为东郊的石坝、东北郊的茨坝、西北郊的普吉、西郊的马街等串珠状链式形态的工业走廊。

表 1 基于大事件的昆明城市形态演化阶段与特征 (1950~2008)

Tab 1 The phases and evolution of urban morphology of Kunming

时期 (时间)	形态特征	影响城市形态的重大事件
1950~1980	城区的圈层 (环状) 辐射和郊区串珠状工业走廊的生长	贵昆、成昆铁路通车外部郊区工业组团的形成黑林铺工业蛙跳式拓展
1980~1989	两翼高速拓展基底上的星座状外延扩展	改革开放大批工厂新建东南部机场扩建和交通物流、工业建设西北部高校、居住、工业区建设
1989~1999	混合型郊区化和圈层拓展的再次重构	经济技术开发区高新技术产业开发区建设新建北市区和世博园建设滇池旅游度假区
1999~2008	内城再组织和多核组团式放射拓展	内城更新产业结构调整呈贡新城建设

注:部分信息来自《昆明百年 (1899~1999)》(昆明:云南人民出版社,1999)。

3.3.2 两翼高速拓展基底上的星座状蔓延扩张期 (1980~1989) 这一阶段昆明城市空间出现多核化增长的势态,形成了昆明城市空间星座状蔓延的整体轮廓。期间昆明年均社会投资强度为 9.20 万元/km²,年均投资强度比上一阶段增加了 6.13 万元/km²,增长了 3 倍。这一阶段年均增长率为 17.06%,相比上一阶段下降了 2.16 倍。社会投资主要集中于重大项目建设。此时城市放射状指数为 28.38,增长了 5.18,平均出行距离为 8.67,增长了 3.12,城市形态分散发展,紧凑度逐步由上一阶段末的 0.28 降低到本阶段末的 0.17。该阶段公共投资强度与土地利用规模强度之间的灰关联度为 0.58,与土地利用效率强度的灰关联度为 0.63。本周期中后期 (1985~1988) 政府公共投资强度加大,挤出效应明显,产生的要素替代现象强化,促使城市空间形态向外生型斯密式发展模式迅速扩张,城市空间形态又进入本周期内的低密度零星蔓延扩展阶段。例如在建成区的东南角和北部呈现出高速膨胀,建设用地在昆明坝子内部呈星座状低密度扩张态势。这与本周期前期 (1980~1985) 形态效率下降规模强度曲线上升的态势截然相反。

3.3.3 填充与自发混合型郊区化和圈层重建拓展期 (1989~1999) 本阶段昆明年均社会投资强度为 7.94 万元/km²,比前一阶段有所回落,年均增长率为 28.59%,但年均增长率比前一阶段增长了 1.68 倍,仍可看出昆明在这一阶段的投资强度依然很大。其投资主要集中于基础设施建设、重大项目建设、内城更新改造和房地产开发。其城市放射状指数为 35.38,增长了 6.57,平均出行距离为 10.31,增长了 1.38。

与本文假设有异的是在 1993~1999 年间,规模强度和效率强度曲线出现了趋同现象。

这是滇池盆地对城市形态的常规发展模式阻碍的表现。这一阶段城市外围接近滇池盆地边缘的背景之下,城市空间形态只能在中心城区和四至(西北为高新技术产业开发区,西南为滇池旅游度假区,东南为经济技术开发区,东北为世博园和北市区)之间填充。转而言之,外部限制导致土地利用效率的提前收敛,这一空间行为符合最低成本的原理。从本阶段开始,城市形态的内部填充行为逐渐转为产业的植入与再植入行为。籍此,在城区内部原有物质要素和非物质结构的填充、再植入过程中,(非自主的植入,即政府主导规划的)自上而下的产业(产业综合体、园区等)郊区化和自下而上的产业郊区化(诸如地产、内城外延式扩张产业的自主增长等)共同深刻影响着昆明城市形态的内涵质变,本阶段昆明城市形态在外部边界限定的前提下,主要表现为城市中心区向外围的圈层环状蔓延式拓展,并在外围四个角落处的重大工程项目的带动作用下实现城郊一体化显著增长。

3.3.4 内城再组织和多核组团式放射拓展(1999~2008) 期间昆明年均社会投资强度为 306.96 万元/km²,年均增长率为 20.38%,其投资主要集中于基础设施建设、房地产开发、重大项目建设、内城更新改造等。其城市放射状指数为 48.63,增长了 13.25,平均出行距离为 16.20,增长了 5.89,紧凑度由 0.08 上涨到 0.15。公共投资强度与土地利用规模强度之间的灰关联度为 0.56,表明产业结构调整和新城建设开启了土地利用开发的大范围扩张趋势,而此时公共投资强度与土地利用效率强度 0.66 的灰关联度也表明内城更新展现了大量内部要素植入的填充现象。但是,本阶段高强度的政府公共投资使得呈贡新城在 2008 年还未扭转上一周期后期规模强度和效率强度曲线的趋同现象,在这一周期仍然可以看出形态演变存在显著的路径依赖现象。本阶段城市形态体现为城市内部紧凑集约发展和东南角放射组团式拓展的多核组团混合体。

综上所述,城市空间形态在每一阶段都贯穿着外部扩张和内部填充,两者相互交替(过渡)、相互依存的时空过程;但是外部环境约束可能会导致土地利用强度和效率曲线的趋同现象。对于前者而言,大量的政府公共投资,会使挤出效应产生的要素替代效应强化,理性的经济活动会趋于最大限度降低生产成本;反之亦然。对于后者,给予我们一种启示,诸如大伦敦规划的绿带、睿智增长(Smart Growth)等规划控制政策的确可以提高区域土地利用效率,它们与客观外在阻碍具有相同的形态控制功效,会局部干扰城市空间形态的自身演化规律。

4 结论与讨论

首先,从宏观层次而言,由于城市土地利用转型的经济驱动力与土地利用成本阻力之间的矛盾关系与城市土地利用格局演化之间存在一般因果关系。城市空间格局的演变遵循“外部扩张,内部填充”相互交替的组织原则,即城市形态演变的内部组织原则内核就是最低成本—周期扩张模型。换言之,利用诸如空间句法分析此类微观城市形态拟合技术,针对北京、武汉、济南、厦门等城市的研究也表明城市的外延式拓展主要是利用垂直于交通轴线(地租梯度最大化的路径)的土地利用扩张模式进行的^[4,5,10]。亦即,体现了城市形态变迁的一般理性微观、宏观过程应当遵循最低成本—周期扩张规律。

其次,在本文的实证研究中,昆明的个案研究表明:

(1) 昆明个案研究印证了城市空间形态演化具有最低成本—周期扩张的规律。表明城市空间形态演化的规律是可寻的,其演化具有阶段性或周期性特征。作为人类活动主要场所的城市自身变迁具有人类一般理性追求最低成本的趋向。

在约六年的平均时段内,土地利用规模强度和土地利用效率强度交替出现,展示较强的周期性特征。由此,采用古典周期划分方法,近现代昆明城市空间形态演化的四个历史演化阶段可以分为六个周期:1950~1960、1960~1969、1969~1980、1980~1989、1989~1999、1999~2008。在改革开放之前,影响昆明城市空间形态的核心要素是道路交通和政府决策,之后以市场经济背景下资本扩大再生产为核心要素。

(3) 昆明城市空间形态要素与公共投资之间的统计关系表明,依据蝴蝶突变划分周期,得出9~11年城市形态波动周期两者在1980年以前存在以10年为间隔的1~2年的相差(相应的时滞效应);在1980年以后,其相差为1年(图5)。这可能暗示着一方面城市空间形态对城市社会经济活动的响应敏感性显著提高;另一方面,公共投资的要素替代效应随着市场经济的强化而对城市空间形态的影响愈加显著、响应更加迅速。

本文对基于昆明市建立的假设和验证结论因该只是类似研究的一个起点,为了明确它的特殊性与普遍性,将针对其它发展历史背景和特点的城市进行对比研究;同时进一步强化现代周期的滞后分析,以解析两种空间行为之间的更多因果规律。

参考文献:

- [1] 埃米尔·涂尔干. 社会分工论. 渠东译. 北京:三联书店,2000. 1~6.
- [2] Harvey D. Spaces of Hope. Berkeley, CA: University of California Press,2000.
- [3] Whitehand J W R. The Changing Face of Cities: A Study of Development Cycles and Urban Form. Oxford,UK: Blackwell,1987.
- [4] 武进. 中国城市形态:结构、特征及其演变. 南京:江苏科学技术出版社,1990. 234~236.
- [5] 周霞. 广州城市形态演进. 北京:中国建筑工业出版社,2005. 1~5.
- [6] Batty M. Cities as fractals: Simulating growth and form. In: A J Crilly, R A Earnshaw, H Jones. Fractals and Chaos. New York: Springer-Verlag,1991.
- [7] Batty M, Longley P A. Fractal Cities. London: Academic Press,1994.
- [8] 陈彦光,刘继生. 城市形态边界维数与常用空间测度的关系. 东北师范大学:自然科学版,2006,38(2):126~131.
- [9] 姜世国,周一星. 北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义. 地理研究,2006,25(2):204~212.
- [10] 段瑞兰,郑新奇. 基于句法分析的城市道路结构与地价关系研究. 测绘科学,2004,29(5):76~79.
- [11] 周成虎,孙战利,谢一春. 地理元胞自动机研究. 北京:科学出版社,1999. 1~5.
- [12] Batty M, Xie Y, Sun Z. Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. Computers, Environment and Urban Systems, 1999, 23: 205~233.
- [13] Clarke K C, Hoppen S, Gaydos L J. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. Environment and Planning B, 1997, 24:247~261.
- [14] 黎夏,刘小平. 基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟. 地理学报,2007,62(10):1097~1109.
- [15] Matthews R B, Gilbert N G. Agent-based land-use models: A review of applications. Landscape Ecol, 2007, 22: 1447~1459.
- [16] Evans T, Kelley H. Multi-scale analysis of a household level agent-based model of landcover change. Journal of Environmental Management, 2004, 72: 57~72.
- [17] Conzen M R G. Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analysis. Institute of British Geographers Publication 27. London: George Philip,1960.
- [18] 宗跃光. 大都市空间扩展的周期性特征——以美国华盛顿—巴尔的摩地区为例. 地理学报,2005,60(3):418~424.
- [19] Erickson R A. The evolution of the suburban space economy. Urban Geography, 1983, 4(2):95~121.
- [20] Lefebvre H. The Production of Space. Trans by Donald Nicholson-Smith. Oxford:Wiley-Blackwell,1992.
- [21] 曼纽尔·卡斯特. 网络社会. 周凯译. 北京:社会科学文献出版社,2009. 3~50.

- [22] Portugali J. Self-organization and the City. Berlin: Springer-Verlag. 2000.
- [23] Alonso W. Location and Land Use: Towards a General Theory of Land Rent, Cambridge, Mass: Harvard University press. 1964.
- [24] Mumford L. The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects. New York: Harcourt, Brace and Word, Inc. 1961.
- [25] 朱喜钢. 城市空间集中与分散论. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 42, 71, 164, 179~192.
- [26] Stiglitz J. Economics. New York: Norton of company. 1993.
- [27] Rodrik D. Growth strategies. Handbook of Economic Growth, 2005, 1(1): 967~1014
- [28] 安东尼·吉登斯. 社会的构成. 李康, 李猛译. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1998. 423~428.
- [29] Solow R A. Contribution to the theory of economic growth. Quarterly Journal of Economic, 1965, 70: 65~94.

The minimum cost-cycle expansion law of urban spatial morphology: A case study of Kunming in China

WU Qi-yan¹, CHEN Hui², Belinda WU³, ZENG Wen⁴

(1. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. School of Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, China;

3. School of Geography, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK;

4. School of Urban Construction and Management, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The evolution of urban morphology is the changing pattern of urban land use. It is the external morphological outcome of the internal impetus of minimum cost on urban land use model. This paper argues that the process of morphology evolution is the result of alternant pattern of external expansion and internal infilling of land use in urban areas, which is the aufheben conducted by the interweaving behavior between concentration and dissimilation, as well as by the process of embedment and re-embedment of socio-economic action.

Based on the above hypothesis, we select the (remote sensing) images of Kunming in temporal serial from 1909 to 2006, using morphological perspective to analyze the changes of urban spatial pattern and explore the evolution of urban morphology. The results are revealed that: (1) from the view of the rational micro-process and macro-process, in general, the evolution of urban morphology follows the pattern of the minimum cost-cyclic expansion in the statistics; (2) based on the minimum cost-cyclic expansion model, the core mechanism that drives the morphology of periodic changes is based on the impact between alternant pro-growth infrastructure investment and pro-consumption public investment infrastructure changes, as well as factor substitution effects in each spatial phase.

Key words: urban morphology; minimum cost-cycle expansion model; substitution effect; Kunming