

基于建筑物空间特征的北京市城市空间结构 及其机制分析

张小虎^{1,2}, 张 珣^{1,2}, 钟耳顺¹, 王少华^{1,2}, 张 济³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 国家林业局林产工业规划设计院, 北京 100714)

摘要: 定量研究城市空间结构特征是城市地理学研究的核心内容。基于建筑物空间结构特征的分析, 研究北京市城市结构特征及变化规律。根据建筑物空间结构的特点设计了一种城市结构的“向量”模型, 利用行政区划、同心圆区划和扇形区划三种不同分区数据分别分析北京城市建设中心、城市建设方向和城市建设强度。结果表明, 本文的方法能够很好的刻画出北京市城市结构的形态及其变化规律: ① 北京市城市建设由于城市功能扩散及积聚作用的影响呈现内城向外城扩张建设、外城向内城积聚建设的单方向推进发展特征; ② 由于重大事件的影响, 单方向推进会变化方向发生调头发展或者多次迂回发展, 形成北京市城市结构的多重形态; ③ 北京城市蔓延区的产生原因不仅仅是城市功能的扩张, 也是由于外延区县城市功能向城市中心集聚造成的; ④ 北京城市空中扩展是伴随着城市平面扩张同时进行的, 并且其空中扩展的地带也在向城市外延发展; ⑤ 北京的“双轴”结构已经确立, 然而“东西轴”比“南北轴”要更为成熟。同时, 北京市城市发展在方向上的差异正在减弱, 呈现均衡的发展态势。

关键词: 北京; 城市; 空间结构; 建筑物; 机制分析

DOI: 10.11821/dlyj201311008

1 引言

城市空间结构是城市自然条件及社会经济活动的综合反映, 其变化直接或间接地与城市的环境改变、人口变迁及社会经济发展相关。近年来, 我国各地均在经历快速的城市化过程, 城市空间结构及其相关的城市研究已经成为我国地理学、城市规划学的研究热点^[1-3]。对于城市研究, 国内外学者从不同角度阐述了城市起源、发展演变及未来前景。从研究方法上, 这些研究可以分为定性解释和定量分析两类。城市的定性研究集中于探究具体城市在其发展过程中所处的自然条件、社会文化、政治结构及经济活动的历史特点, 从而进一步揭示城市的起源原因和发展机制并对该城市的未来进行预测^[4]。城市的定量研究得益于近年来遥感及地理信息系统技术(GIS)的发展。在遥感和GIS的支持下, 研究人员以不同的时空尺度对城市的空间空间结构、形态特征、扩张过程及相应的驱动因素进行了研究。Huang^[5]、Weber^[6]、匡文慧^[7]等利用遥感图像的变化检测方法分析了城市的土地利用

收稿日期: 2012-10-30; 修订日期: 2013-05-31

基金项目: 国家科技支撑计划 (2011BAH06B03)

作者简介: 张小虎(1986-), 男, 江苏宝应人, 博士研究生, 研究方向为GIS软件技术与统计地理信息系统。

E-mail: zhangxh@lreis.ac.cn

扩张及变化,并解释了其变化机理。Batty^[1]、姜世国^[8]等人利用分形理论对城市建成区的形态特征进行了定量分析。这些研究利用遥感图像分类提取不同时空尺度下的城市建成区范围及土地利用类型,并通过研究建成区和土地利用的空间几何特征刻画和研究城市的空间特征。然而,在该类研究中遥感图像对城市结构的反映是单一的、均质的,城市被识别成唯一的建成区或者几类土地利用类型。这种信息的提取方法丢失了对城市内部结构的描述,使得研究结果只反映了城市平面扩张变化。然而,城市发展不仅体现在空间平面上的扩张,更表现在城市高度的扩张和城市的重建和改建上。上述方法不仅不能全面反映城市发展的结构特征,而且因为忽略结构特征导致了对城市发展空间规律的片面描述,从而无法从整体上描述城市空间结构的时空特征及其演化规律。这些缺点削弱了定量研究对城市未来模拟预测的信息和数据支持^[2,9]。基于该点考虑,本文将着眼于城市建成区内部结构的刻画,利用建筑物的空间结构特征反映城市空间结构特征及其变化规律。

北京由于其悠久的历史背景、多样的自然条件及社会政治经济文化活动,使其城市的空间结构特征及其演化的机理较为复杂,众多专家学者对这方面进行了研究和探索。顾朝林等对北京市城市扩张过程、形态特征、演化机制等进行了研究。从城市的发展过程综合分析了北京城市空间扩张过程^[10,11]。陈鹭等从生态环境的角度对北京城市发展的空间布局进行了研究,并给出了北京城市的扩张移动的建议^[12]。鲁奇等对北京城市用地变化的人文因素做了总结,阐述了北京城市变化的主要动力要素^[13]。然而,由于研究方法手段有限,这些研究仍着眼于城市范围界定及相关社会经济指标的宏观描述,缺乏对北京城市结构特征的展现。此外,缺乏北京城市结构研究所需要的空间数据也是这方面研究难以开展的主要原因。本文研究依托于北京经济普查和人口普查,获得了城市最主要的实体构成要素——建筑物—空间信息。在该数据的基础上,提出了一种基于建筑物特征的城市空间结构的“向量”模型研究方法。利用该方法通过探究建筑物的时空特征揭示北京城市结构的特征及时空发展规律。同时,结合北京市城市结构产生、变化的驱动机制,为北京市城市规划及城市发展预测提供必要的信息支持。

2 研究区及研究数据

北京是中国首都,是全国政治、文化中心,有着3000多年的建城史。北京位于华北平原的西北边缘,总面积约为16410 km²,市中心位于N39°54', E116°25'。截止2010年底,北京辖14区2县,常住人口为1960万人。由于数据采集时崇文区未和东城区合并为新东城区,宣武区未和西城区合并为新西城区,研究中所涉及的区域有16区2县。这些区县按其离市中心距离划分成核心城区(东城区、西城区、宣武区、崇文区),中心城区(海淀区、石景山区、朝阳区、昌平区、门头沟区、房山区、大兴区、通州区),外延城区(平谷区、怀柔区、密云县、延庆县)(图1)。冯健等人的研究发现北京市的社会空间结构复杂,主要以同心圆的圈层结构组合^[14]。据此结论,为了更好地分析北京城市空间结构特征,研究中将距北京市中心32.5 km区域重新划分,按照2.5 km间隔环形划分为13区(图1)。

本研究采用了2008年全国第二次经济普查时采集制作的北京市建筑物数据。该数据在2010年全国第六次人口普查中被修正完善,共包含1770万个建筑物信息。每个建筑物都有其空间属性及建设年代、楼层数等信息。为了揭示北京市的城市结构,研究同时使用了行政区划、圈层区划及扇形区划三种不同的分区数据。

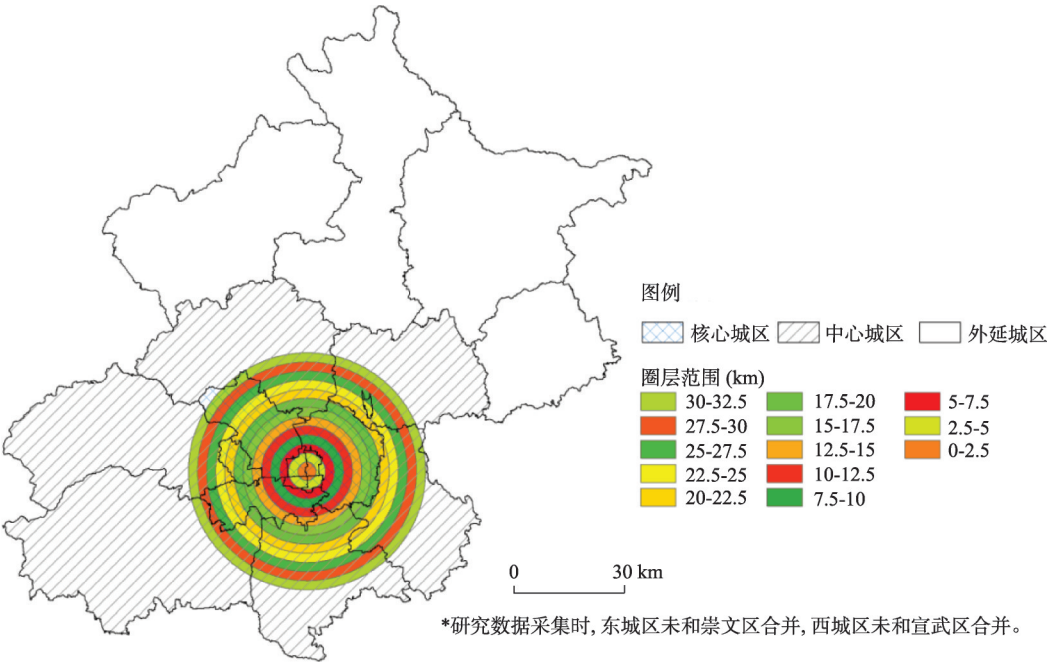


图1 研究区及圈层分区
Fig.1 Study area and concentric circle zoning system

3 研究方法

从建筑物角度来看，建筑物的建设塑造了城市的空间结构，城市发展的空间特征主要体现在建筑物的建设的空间特征上。基于可变面元问题的分区效应，不同分区导致统计数据空间分析结论不一致的现象^[15-17]。本文设计了基于分区变量控制的空间特征分析方案，其基本研究思路为通过刻画不同研究区划分下建筑物的时空特征来研究北京市城市结构。针对建筑物空间数据的特点；同时提出了描述城市空间结构的“向量”模型，即通过揭示城市不同年代建筑物的建设区位、建设强度和建设扩张方向等时空特征，结合进一步的机制分析，阐述城市城市结构特点及演变规律。

3.1 建设区位-区县建筑中心时空分析

北京市各区县具体的人口、经济及政策条件差别大，城市的发展强度在不同区县表现不同。因此，本文在研究北京市城市建设的区位选择特征及规律时，采用行政区划作为研究区的划分方式。通过研究各个区县建筑中心的时空特征，揭示北京城市建设过程在不同年代的建设区位选择的特点，从而展现北京城市空间结构特征的时间维度上的规律。各区县建筑中心分析的步骤如下：

- (1) 建筑年代划分。将北京市建筑物按照建筑年代划分为7类：1949年前，1949-1959年，1960-1969年，1970-1979年，1980-1989年，1990-1999年，2000-2010年。
- (2) 计算区县各个年代的建筑中心。每个建筑物多边形*i*的中心(X_i, Y_i)是其几何中心，而每个年代的建筑中心为建筑物多边形的平均几何中心(\bar{X}, \bar{Y})，即

$$(\bar{X}, \bar{Y}) = \left(\sum_i \frac{X_i}{n}, \sum_i \frac{Y_i}{n} \right)$$

式中： n 为建筑物多边形数目。

(3) 建筑中心的时空特征及机制分析。从建筑中心的时空变化规律结合社会、经济、政策背景分析北京市城市结构的区位特征。

3.2 建设强度-各圈层建筑密度时空分析

根据北京城市宏观的同心圆结构特征，为了区别同年代不同区位下建设重点，采用了研究同时期不同圈层的建设强度的方法。其中，建设强度是指建筑物的占地面积及建筑面积与圈层总面积的比值。通过对比不同圈层的建设用地密度和建筑密度，揭示不同区位建设重点。具体步骤如下：

(1) 圈层划分。将距离市中心（N39°54′，E116°25′）32.5 km范围（大概6环路范围）半径每隔2.5 km划分，共为13带，从内核到外圈分别编为1到13号。

(2) 密度计算。计算每个带内不同建设时期的建设用地密度和建筑密度。其中，建设用地密度=建设用地面积/圈层总面积，建筑密度=建设用地面积×楼层高度/圈层总面积。

3.3 建设扩张方向-各个方向上建筑密度分析

通过研究不同年代扇形区划上建设密度的差异展现不同时期北京城建设的扩张方向，从而揭示北京城市结构的方向特征。具体步骤为：

(1) 方向划分。将距离市中心将距离市中心（N39°54′，E116°25′）32.5 km圆形区域从北偏西15度开始每隔30度划分，共为12个扇形区。

(2) 密度计算。计算每个扇形区不同年代的建设用地密度及建筑密度，方法如3.2。

(3) 扩张方向判定。通过不同方向上建设用地密度的统计分布模式，判定建设的扩张方向及评价该方向的显著性。

4 北京城市建设区位变化特征及其机制

北京市各个区县的各个年代的建筑物的中心如图2、图3、图4所示。不同年代建筑中心在空间上呈现规律性变化。这些规律主要有3种形式：① 单方向推进后调头发展，城市的建设中心在某个年代前连续向一个方向发展，之后反方向发展，如宣武区、东城区、西城区、崇文区、石景山区、海淀区、朝阳区、怀柔区、大兴区、门头沟区；② 单方向连续推进，城市的建设中心朝着同一个方向连续发展，如昌平区、顺义区、房山区、平谷区；③ 多次迂回推进，城市的建设中心在一个范围或方向上内多次迂回的发展，如丰台区、通州区、密云县、延庆县。

单方向推进后调头发展。北京市从建国以来，由于其特殊的文化和政治背景，历史重大事件是驱动北京城市发展呈现时间差异的主要因素之一^[7]。1949年新中国的建立、1978年改革开放和2008年夏季奥运会的举办是北京市城市建设中心单方向推进后调头发展的最主要的驱动因素。从空间上来看，按照单方向推进后调头发展的行政区主要是内城核心区 and 城市发展的中心区。新中国建立后，核心城区4个行政区的建设中心从北京城中心一直向2环路发展。到2000年北京申办奥运会成功之后，核心城区的建设中心又向城市中心发展，强调老城区的改建和再建设。中心城区由于其和核心城区的社会、经济等交流普遍，城区建设的发展与核心城市存在一定的互动关系。然而，这种类似的发展方式在不同

区县有着不同的表现，其内在机制也不同。海淀区、朝阳区、门头沟区、石景山区的城市建设中心先是朝着北京内城方向发展，而后迅速向外扩张。其中，海淀和朝阳的发展的转折点出现在1980年后，其主要驱动因素是改革开放带来的城市用地需求的变化^[10]。石景山区和门头沟区的转折点出现在2000年后，其主要驱动因素为北京奥运会及北京市新城发展的规划^[15]。

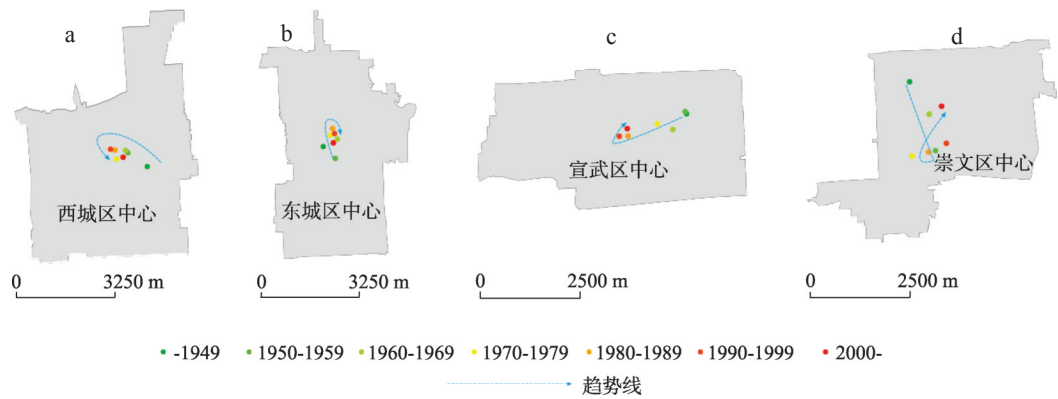


图2 北京市核心城区建筑物中心变化 (1949-2010)
Fig.2 Changes of geometric center of buildings in the core of Beijing (1949-2010)

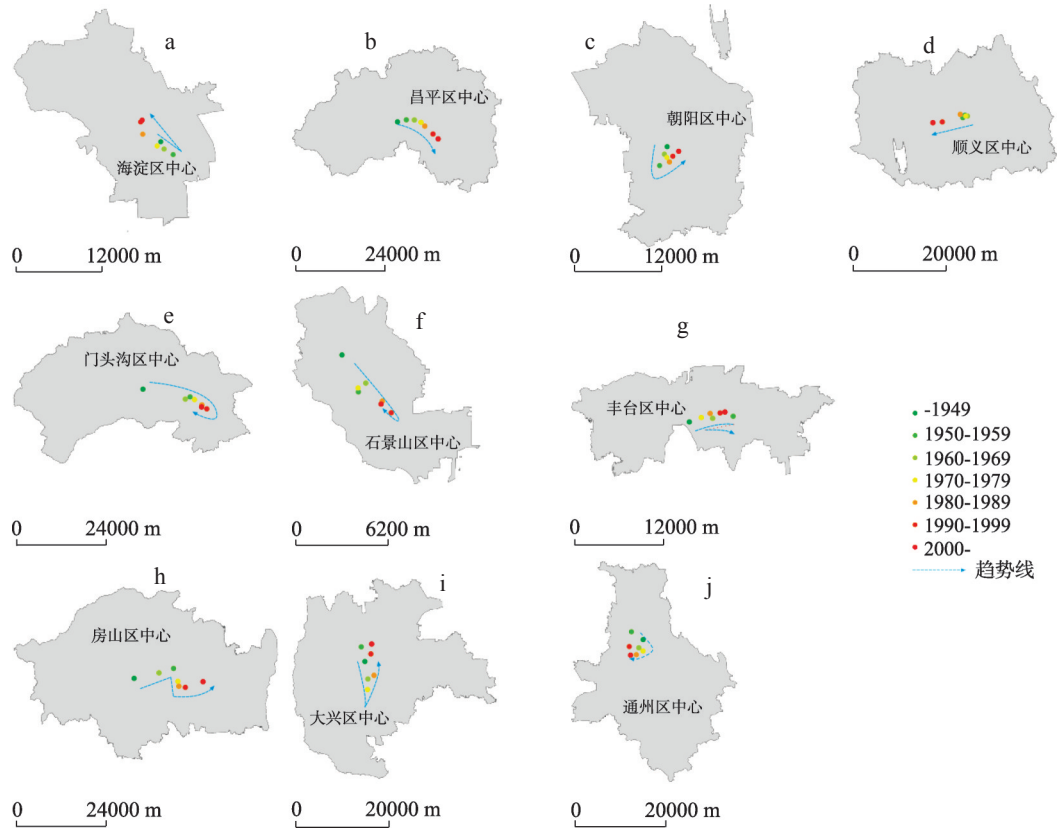


图3 北京市中心城区建筑物中心变化 (1949-2010)
Fig.3 Changes of geometric center of buildings in the central area of Beijing (1949-2010)

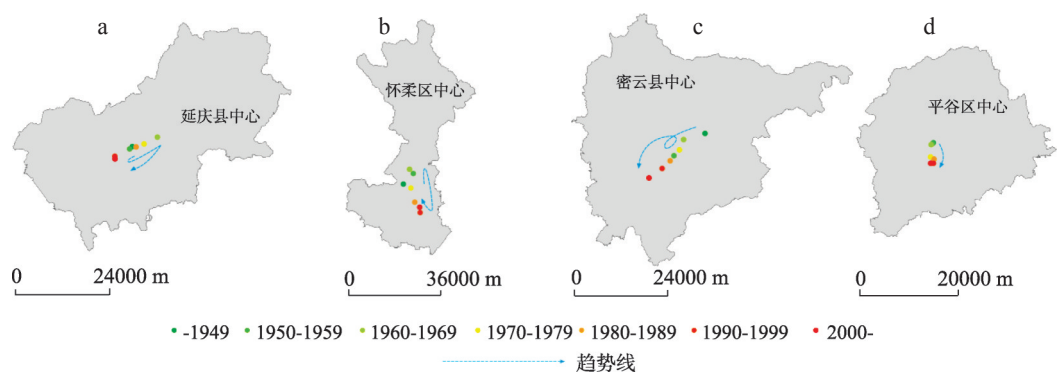


图4 北京市外延城区建筑物中心变化（1949-2010）
Fig. 4 Changes of geometric center of buildings in the peripheral area of Beijing (1949-2010)

单方向连续推进发展。城市作为一个社会经济活动的容器，其内部结构受到社会联系成本和经济效率的限制，从而形成城市空间上的集聚^[16]。集聚效应是引起北京部分区县的单方向连续推进发展的主导因素。从空间上看，单方向连续推进的行政区（昌平区、顺义区、房山区、平谷区）均是在北京城市发展的中心区边缘（6环地区）。核心区所提供的城市功能对这些区域有着极强的吸引力，促使这些区县的城市建设持续向北京市中心推进。这种由于集聚作用带来的城市外迁扩张主导了北京市现在的城市空间形态及其结构。所以，北京市5-6环的“摊大饼”的城市发展现象的原因不是城市核心外迁扩张引起的，而是外围地区向内城集聚导致的。

多次迂回推进发展。北京市南北跨度大，北部的延庆县、怀柔区、密云县城区的建设由其生态屏障的功能定位决定，同时受到北京中心城市和区县县城共同影响。其城市建设中心向着区县中心或者北京市中心迂回发展，形成了空间扩张的多重形态^[17]。

5 北京市中心城区建设强度特征及其机制

2010年底北京市距离市中心32.5 km范围内，各年代建筑物的建设用地密度和建筑密度如图5所示。该曲线刻画了北京市建国以后各个年代在各圈层上的建设强度的变化。从曲线与X轴的包裹面积上看，北京市的建设强度随着年代的发展，建设强度总体是增强的。其中，1960-1969年，由于处在特殊的历史时期，建设强度总体上去弱于1949-1959年。从曲线的纵轴来看，从1980年开始，北京市的城市建设出现了第一次高峰期，其各圈层的建设量明显高于前面的各个时期；2000年后北京市的城市建设出现了第二次高峰期，且这次强度更大。这两次高峰分别印证了改革开放和奥运会对北京市城市建设的促进作用。同时，这也说明了北京市城市发展和其结构的演变在时间维度上是跳跃的，北京市城市不是自组织发展的，重大事件是北京市城市发展和结构调整演化的主导因素。从建设用地密度曲线在X轴上的变化及其形态上来看，1949-1979年和1980年后北京城市发展在圈层上明显表现出两种结构形态。改革开放前（1979年前），北京城市的建设主要集中在第二圈层（二环路、三环路间的核心城区），改革开放后城市建设集中在第三圈层外（三环路外），并且各圈层建设强度基本相同。同时，随着时间推移，建设强度的最大值出现点向外圈推移。

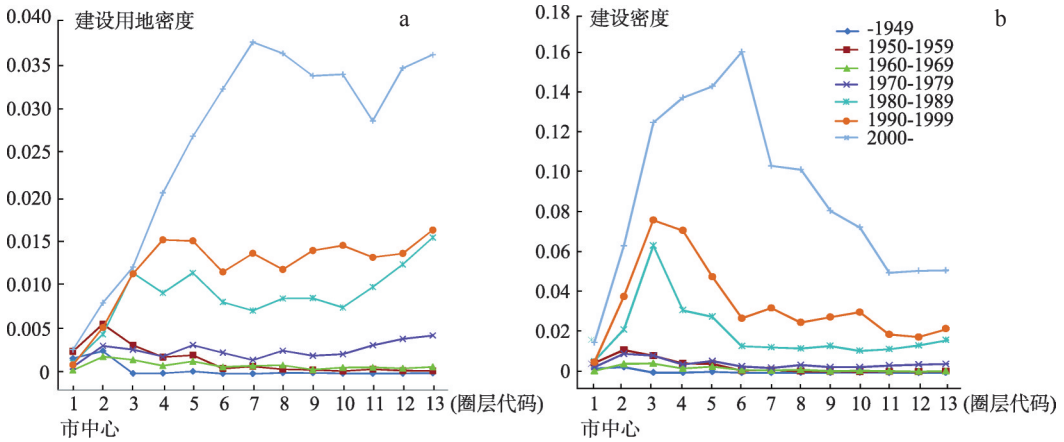


图5 北京市中心城区32.5 km内建设用地密度和建筑密度分布

Fig. 5 Construction land density and building density within a 32.5-km radius of the center of Beijing

建设用地只是城市发展在平面上推进的一种度量，而相同占地面积的不同高度的建筑对城市容量的增加作用是不同的，其对城市结构的塑造也不同。研究中，将建设用地密度和建筑密度的曲线做了对比。从中得出1979年前北京建设的建筑高度较低，其建设的强度和建设用地面积基本一致，该时期的建设在各个圈层上以平面扩张为主。1980年后，北京市城市扩张在三环路外跳跃式增强发展。虽然在第三圈层外建设用地密度基本一致，然而从建筑强度上看，可以发现1980-1999年北京市城市在第三圈层外快速平面扩张的同时，在3-4圈层处（三环路到四环路之间）城市迅速向空中发展，3-4圈层的建设强度和建设效率明显高于4圈层外地区。2000年后，这种现象出现在了第5-6圈层（四环路外地区）。这些表明并验证了1980年后北京城市外层发展呈高速低效蔓延状态^[7]，城市外层表现出一种松散结构，城市空间未得到高效利用。

6 北京市中心城区建设方向特征及其机制

北京市离市中心32.5 km范围的圆形区域被分成了12个30度的扇形区域，各个方向上的每个时期的建筑占地相对密度如图6所示。其中建筑占地相对密度是该方向上的建筑占地密度与同时期所有方向上建筑占地密度的最大值的比值。而各时期分方向的相对建筑密度如图7所示。从图6中可以看出建国以来北京城市各个时期的发展呈现“单轴多极”的发展方式。各个时期北京发展有个相对的延伸轴，从1950年到1999年这个轴主要是东西轴，北京市中心区的建设呈东西方向延伸。申奥成功之后北京城市的建设轴变成了南北轴。然而，北京城市建设在东西方向上的建设强度并不弱于南北方向，只是该时期南北的建设相对更为显著。“多极”体现在北京在总体的单轴的延伸状态下，在个别方向上突出的发展势头。如在建国初期，在北京西北方向的建设扩张强度明显高于同时期其他方向。对比相对建筑密度与相对建设占地密度，北京市城市的发展的“东西轴”的优势更为明显。即使2000年申办奥运会成功之后，北京城市扩张的南北方向显著，在建设的效率上“东西轴”仍然明显。

北京城市中心发展的“单轴多极”方式与北京城市发展的整体规划分不开的。建国初期（1950-1959），北京城市的总体规划是以“变消费城市为生产城市”为纲要的。城市发

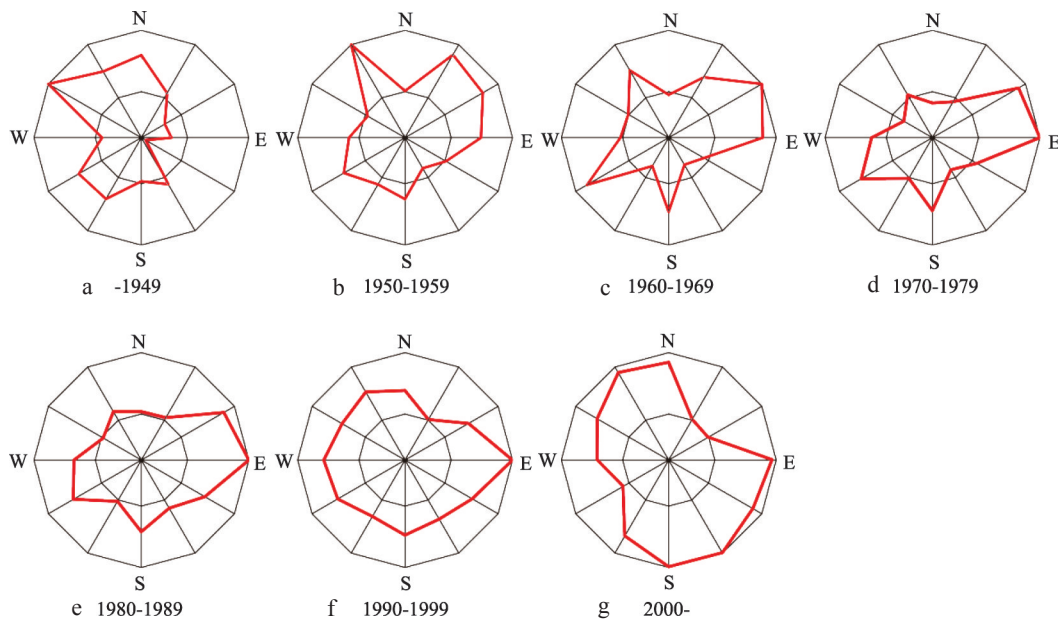


图6 北京市中心城区32.5 km内各方向上建筑物占地相对密度

Fig. 6 Relative construction land density from each direction within a 32.5-km radius of the center of Beijing

展的直接动力为新制造基地的建设，在规划的总体纲要的指引下，城市的东郊建立了以机械加工、轻纺、电子的新工业区，西郊建立了石景山钢铁基地。这直接形成并确立了北京城市发展的东西轴。而西北的发展极突出表现了当时新中国建设初期对大专院校科研院所建设的重视，“八大学院”、中关村和中国科学院均是在该时期该方向建设的。1960年后，北京的城市建设受到政治运动的影响，北京城市建设总体规划被停止执行。这个时期，北京城市发展在各个方向上盲目发展。然而由于这个年代对工业建设尤其是钢铁工业和科学研究的特别重视，北京城市发展的东西轴延伸的结构并未明显破坏。改革开放后（1980年后），北京城市中心区域的東西方向已经积累的区位优势不断巩固北京城市发展的“东西轴”。2000年北京申奥成功，确立了北京北城奥运园区的发展地位。并且，同时期的北京城市规划确立了“两轴”（东西轴，南北轴）的建设纲领。这两点促使了北京城市“南北轴”方向上显著扩张。然而对比北京城市相对建筑密度在各方向上的分布（图7），2000年后，北京城市“东西轴”的发展的优势仍较“南北轴”明显，北京南城的扩张虽然扩张很快，但其建设效率明显不如北城。

北京中心城区各方向上相对建筑密度随着年代的推移，总体上均值逐渐变大，标准差逐渐变小（表1）。这表明了从新中国建国以来北京城市发展在各方向上的建设强度逐渐加大，并且方向上的差异在逐渐变小。同时，表1数据表明2000年后北京中心城区城市建设的强度变缓。这与北京市城市容量和政府的城市规划分不开，北京市城市建设正在城市规划的指导下逐渐进入一个相对平稳的发展阶段。

7 北京市城市空间结构特征的机制分析

建国以来，北京城市在各个时期呈现不同的空间结构特征。这些特征是与北京市各个

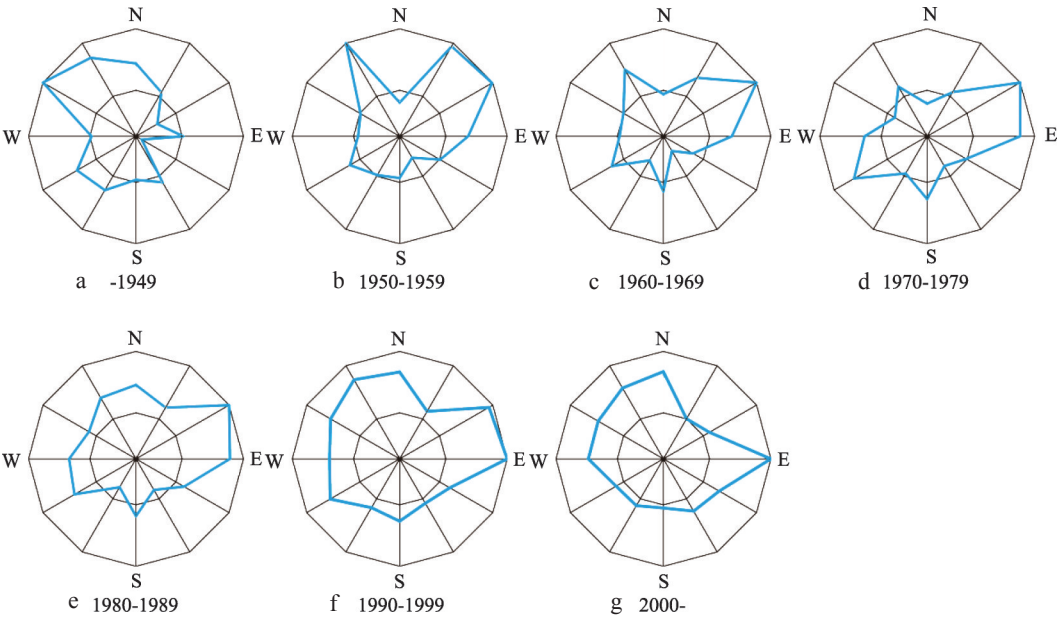


图7 北京市中心城区 32.5 km 内各方向上相对建筑密度

Fig. 7 Relative building density from each direction within a 32.5-km radius of the center of Beijing

年代的城市建设尤其是建筑物的建设分不开的。作为新中国的首都，北京有着其特殊的历史背景，在国内外复杂环境的影响下，各种自然、人文、经济等因素相互耦合，共同决定了北京城市的发展，从而塑造了北京市城市的空间结构特征。通过对建筑物空间特征的历史年代分析，从城市发展的时间角度上看，重大事件是决定北京市城市空间结构的主导因素，是北京市城市空间特征剧变的时间分割点。根据重大事件对北京城市空间结构的塑造来分，可以将北京城市空间结构特征分为三个典型的时代特征：

① 特殊时期的政治主导发展。该阶段由于政治运动造就了城市中心往城市外围扩张，城市主要为东西方向的平面扩张，城市高度较低，土地利用效率低下；② 改革开放后的经济主导发展。该阶段由于经济效益的驱动，北京城市中心仍然往城市外围扩张，相对的城市建设高度有所增加，城市土地利用的效率在经济层面上有所增强。发展较好的东西方向在经济利益的影响下更加吸引城市建设的中坚力量，东西方向的发展得到巩固，成就了北京市城市空间特征的“东西轴”；③ 奥运会后的优化发展。奥运会的申办一定程度上优化了人们对中国城市，尤其是北京发展模式的认识，突出表现在城市发展规划方面的“高效”“均衡”发展。这个时期，中心城市倾向于内城的城市功能的优化升级，城市建设中

表1 北京市中心城区 32.5 km 范围内各年代相对建筑占地密度和相对建筑密度

	Tab.1 Relative construction land density and relative building density within a 32.5-km radius of the center of Beijing in each period			
	相对建筑占地密度		相对建筑密度	
	均值	标准差	均值	标准差
-1949	0.5115	0.2634	0.5208	0.2534
1950-1959	0.6077	0.2125	0.5600	0.2757
1960-1969	0.5893	0.2448	0.5010	0.2274
1970-1979	0.5563	0.2359	0.5513	0.2254
1780-1989	0.6162	0.1869	0.6033	0.1981
1990-1999	0.6928	0.1284	0.6993	0.1795
2000-	0.7756	0.2197	0.6271	0.1711

心向内城发展。而城市外围扩张也因奥运场馆的建设加重了北京城市“南北轴”的建设,成就了北京城市的“双轴”均衡结构。同时该时期,城市建筑物建设也更为高效,土地的利用更为充分。

此外,与一般城市发展规律一样,城市功能的集聚和扩展也是塑造北京城市结构的一个主要因素。这因素主要体现在外延区县城市功能与中心城区城市功能的互动发展上。中心城市功能对外延区县城市功能的吸引,导致了外延城市的建设中心往北京市城市中心集聚,造就并加速了北京市“摊大饼”空间形态的形成。这种集聚倾向形成北京“单中心”的城市结构,加剧了北京城市“两轴-两带-多中心”战略的实施难度。

8 结 论

本文基于对建筑物空间结构特征的分析,研究了北京市城市发展过程中城市结构特征及变化规律。根据建筑物空间结构的特点设计了一种城市结构的“向量”模型,分别分析了北京城市建设中心,城市建设方向和城市建设强度。从而揭示了北京城市发展的结构空间特征及变化规律及北京城市结构特征形成的原因,并得到如下结论。

(1) 1949年建国以来,北京市城市建设中心的变化主要呈现三种规律:单方向推进发展,单方向推进后调头发展及多次迂回推进发展。单方向的推进主要原因是由于城市功能的扩张及积聚。

(2) 北京市城市发展和其结构的演变在时间维度上是跳跃的,北京市城市不是自组织发展的,重大事件是北京市城市发展和结构调整演化的主导因素。

(3) 北京城市空间上扩张不仅仅是由于城市功能外迁引起的,外延区县城市发展向内城集聚也是北京城市空间扩张的一个重要因素。

(4) 1978年改革开放后北京城市进入了迅速的扩张时期。在平面上表现为三环路外的向外扩张,在高度上体现在三环路内的迅速向空中扩张。并且,随着时间的发展城市向空中的扩张的主要区域也在向外城发展。

(5) 1949年建国以后的北京城市规划及城市功能定位塑造了北京城市的“两轴”结构。北京城市的“东西轴”较“南北轴”明显,发展也更为成熟。同时,随着时间的发展,北京城市发展在方向上的差异逐渐变小,呈现均衡的发展态势。

参考文献(References)

- [1] Batty M. Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2001, 28(1): 123-150.
- [2] Julie Le Gallo, Coro Chasco. Spatial analysis of urban growth in Spain, 1900-2001. *Empirical Economics*, 2008, 34(01): 59-80.
- [3] 王铮,邓悦,宋秀坤,等.上海城市空间结构的复杂性分析. *地理科学进展*, 2001, 20(04): 331-340.
- [4] Lewis Mumford. *The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*. New York: Harcourt Inc, 1961
- [5] Huang J, X Lu, Sellers J M. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 82(4): 184-197.
- [6] Weber C, Puissant A. Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis Metropolitan Area. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86(3): 341-352.
- [7] 匡文慧,邵全琴,刘纪远,等.1932年以来北京主城区土地利用空间扩张特征与机制分析. *地球信息科学学报*, 2009, 11(04): 428-435.

- [8] 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(02): 204-212.
- [9] 薛领, 杨开忠. 城市演化的多主体(multi-agent)模型研究. 系统工程理论与实践, 2003, 12: 1-9.
- [10] 方修琦, 章文波, 张兰生, 等. 近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变. 城市规划, 2002, 4: 56-60.
- [11] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究. 自然资源学报, 1999, 4(04): 307-312.
- [12] 陈鹭, 王淑芬. 北京城市发展空间布局研究. 城市问题, 2008, 155(06): 35-38.
- [13] 鲁奇, 战金艳, 任国柱. 北京近百年城市用地变化与相关社会人文因素简论. 地理研究, 2001, 20(06): 688-696.
- [14] 冯健, 周一星. 北京都市区社会空间结构及其演化(1982-2000). 地理研究, 2003, 22(04): 465-483.
- [15] Gehlke C, Biehl K. Certain effects of grouping upon the size of the correlation coefficient in census tract. material. J Am Stat Assoc, 1934(185): 169-170
- [16] Openshaw S. The Modifiable Areal Unit Problem (Concepts and Techniques in Modern Geography). Norwich: Geo Books, 1984. 1-40
- [17] Menon C. The bright side of MAUP: Defining new measures of industrial agglomeration. Papers in Regional Science, 2012, 91(1): 3-28
- [18] 北京城市总体规划(2004年-2020年). 北京规划建设, 2005(2): 5-51.
- [19] 叶玉瑶, 张虹鸥. 珠江三角洲城市群空间集聚与扩散. 经济地理, 2007, 27(5): 773-776.
- [20] 周国华, 贺艳华. 长沙城市土地扩张特征及影响因素. 地理学报, 2006, 161(11): 1171-1180.

Study on the spatial structure and driving force of urban areas in Beijing based on building space structure

ZHANG Xiaohu^{1,2}, ZHANG Xun^{1,2}, ZHONG Ershun¹, WANG Shaohua^{1,2}, ZHANG Ji³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. Planning and Design Institute of Forest Products Industry, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: Quantitative study of urban spatial structure is the core content of urban geography research. Based on analysis of the building space structure, we explored urban spatial structure and its change rules. According to the characteristics of the building space structure, we designed a "vector model" to explore urban spatial structure. In this model, we applied three different polygon-based data, administrative districts, concentric circles and fan divisions, to respectively analyze urban construction center, urban construction direction and intensity of urban construction. The results show that this method well characterizes the change rules of Beijing urban spatial structure. The characteristics and rules reveal that: (1) Beijing city develops in a single direction because of the effects of urban function diffusion and agglomeration. The inner city expands to the outer city, and the outer city agglomerates to the inner city; (2) Due to the influence of the major events, urban area may expand to the opposite direction or form a bidirectional development; (3) The reason of urban sprawl in Beijing is not only the expansion of inner city, but also the agglomeration of outer city; (4) The urban area of Beijing city develops towards the air while sprawling, and the new denser urban regions tend to occur in the urban fringe; (5) "Biaxial structure" of Beijing urban area has been established, but "west-east axis" is more notable than "north-south axis". Now, the differentiation of Beijing urban development in each direction is decreasing, and Beijing has a balanced development in each direction.

Key words: Beijing; urban area; spatial structure; building; drive force analysis