

文章编号: 1007 4619(2007)02 0257-12

# 基于多源遥感数据的北京市 1973—2005 年间 城市建成区的动态监测与驱动力分析

牟凤云<sup>1</sup>, 张增祥<sup>1</sup>, 迟耀斌<sup>2</sup>, 刘 斌<sup>1</sup>, 周全斌<sup>1</sup>, 王长有<sup>1</sup>, 谭文彬<sup>1</sup>

(1 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2 21 世纪空间技术应用股份有限公司, 北京 100096)

**摘 要:** 城市地域空间扩展情况是衡量城市化水平的重要测度指标。利用陆地卫星 MSS 影像、TM (或 ETM+) 影像、灾害监测星座数据和“北京一号”小卫星数据, 对 1973—2005 年北京市建成区的扩展过程、面积变化和土地利用影响进行了监测分析。结果表明: 32 年间, 北京市建成区面积净增加超过 1000 km<sup>2</sup>, 2005 年达到 1209.97 km<sup>2</sup>, 相当于 1973 年的 6.58 倍, 年均扩展 32.07 km<sup>2</sup>。北京市建成区的扩展基本上呈现出以旧城区为中心向四周扩展的方式, 并未在某一方向表现出特别明显的变化, 但在不同时期内的扩展速度差异非常明显。北京市建成区的扩展面积中, 54.34% 来自于农村居民点和独立工矿用地及其他建设用地, 43.57% 来自于水田、旱地等耕地。人口增长对北京市建成区的扩展有显著的刺激作用; 经济增长是城市变化的主要动力之一; 交通的发展促进了城市用地的扩展, 是城市扩展的牵引力, 对城市空间扩展具有指向性作用; 而政策与制度因素则在很大程度上决定了北京市发展和扩张的宏观格局。

**关键词:** 北京市; 城市建成区; 陆地卫星数据; “北京一号”小卫星数据; 遥感监测

**中图分类号:** TP79 F301.24 **文献标识码:** A

## Dynamic Monitoring of Built up Area in Beijing during 1973—2005 Based on Multi original Remote Sensed Images

MU Feng yun<sup>1</sup>, ZHANG Zeng xiang<sup>1</sup>, CHI Yao bin<sup>2</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>, ZHOU Quan bin<sup>1</sup>,  
WANG Chang you<sup>1</sup>, TAN Wen bin<sup>1</sup>

(1 Institute of Remote Sensing Applications CAS Beijing 100101 China)

(2 Beijing Twenty First Century Science &amp; Technology Development Co Ltd Beijing 100096 China)

**Abstract** The urban area expansion is an important indicator for measuring urbanization level. Based on three Landsat MSS images, ten TM images, one DMC data and one “Beijing 1” small satellite data obtained in 2005, the urban built up characteristic of Beijing and its impact on the peripheral land during 1973—2005 were analyzed. The urban area was 183.84 km<sup>2</sup> in 1973 and increased to 1209.97 km<sup>2</sup> in 2005, the built up area was increased by 1026.13 km<sup>2</sup> during the past 32 years and expanded 32.07 km<sup>2</sup> per year. The built up area was expanded around the old area and didn't present manifest change in a certain direction. The expansion rate was distinct from each other and Beijing city was experienced two fast expansion stages comparatively. The increased built up area originated from different land use types, of which about 54.34% converted from rural area and dependent factory, diggings land and other construction area. The other mainly came from arable land that account for 43.57% of the whole added built up area. Many factors contributed to the urban land use changes. But four major driving forces: population growth, economic increase, transportation infrastructure improvement

收稿日期: 2006-03-01; 修订日期: 2006-04-23

基金项目: 国家 973 项目 (编号: 2002CB12507) 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 (编号: KZCX3-SW-338) 共同资助。

作者简介: 牟凤云 (1979—), 女, 武汉大学地图学与地理信息系统专业毕业, 现为中国科学院遥感应用研究所博士研究生。主要研究方向是土地利用、国土资源遥感。

and institution and policy change were the most important factors. Population growth can simulate the built up area manifestly, the economic increase was the main impetus of the land use, the transportation infrastructure improvement was the impetus for the urban expansion, while policy change determined the macroscopical development and expansion pattern in some degree.

**Key words** Beijing built up area, landsat images, "Beijing 1"; remote sensed monitoring

## 1 引言

过去 20 多年的时间里,中国城市用地扩展迅速<sup>[1]</sup>。城市用地扩展是土地利用变化的一种表现方式,由于城市规模大、功能集中、影响广泛等特点,这种动态变化较其他土地利用类型更显著。在中国开展完成的多项土地利用现状和动态变化遥感监测表明,自 20 世纪 80 年代中后期以来,城镇、农村居民点和工矿、交通等建设用地增加的面积仅次于耕地面积的增加,居第 2 位,是中国土地利用变化过程中变化最明显、影响范围最大的一类,它的扩展对于耕地、草地、林地、水域等土地利用类型有不同程度的影响<sup>[2]</sup>。

中国对城市土地利用扩展规律的研究较为薄弱和零散,是伴随着改革开放以来城市土地有偿使用制度的实行、房地产业的迅猛发展和城市用地快速扩展逐渐暴露出土地、环境等各种问题后才开始活跃起来,城市土地利用研究主要有城市形态研究<sup>[3-4]</sup>,城市扩展模式<sup>[5-6]</sup>,城市动态模型研究<sup>[7-8]</sup>,城市空间结构研究<sup>[9-10]</sup>等。对于城市空间发展动力机制,不同学者以不同的理论为基础,从不同角度、采用不同方法进行了研究,常用的驱动力研究方法有定性分析法、统计分析法、系统分析法和模型化方法等。定量化和模型化是整个土地利用覆盖变化驱动力研究的趋势<sup>[11]</sup>。

近 30 多年来,在改革开放政策的驱动下,北京市经历了一个经济和人口高速增长的过程,城市化进程显著,城市建成区扩展迅速,从而出现了以城市化为主要特征的大规模的土地利用覆盖变化,引起了众多研究者的关注。顾朝林、方修琦、刘盛和、刘长歧、梁进社、宗跃光、何春阳、鲁奇等分别采用不同的数据,从不同角度对北京市的土地利用覆盖变化机制、居住用地的空间分布变化、城市化、社会空间结构等内容进行了研究<sup>[12-19]</sup>,有了良好的研究积累。但目前利用长时间序列和多源遥感数据,从空间上对北京市建成区扩展的过程和驱动机制进行系统的研究还比较薄弱。Weber 认为由于不能以一种连续的方式长期监测土地利用变化,这使得对于城市变化过

程的了解受到了限制<sup>[20]</sup>。本文正是通过对长时间序列、多源遥感数据的处理和分析,试图认识和理解 32 年来北京市建成区扩展的基本过程和驱动机制。

## 2 遥感监测的动态信息获取

对于北京市建成区扩展过程的监测主要以陆地卫星 MSS 影像、TM (或 ETM+) 影像、DMC 数据和“北京一号”小卫星数据为主要信息源,覆盖了 1973—2005 年的 32 年。各期遥感影像具有良好的空间位置匹配,作为土地利用重建和更新的主要数据源。

DMC 是灾害监测星座 (Disaster Monitoring Constellation) 的英文缩写,是由英国萨瑞 (Surrey) 卫星技术有限公司发起成立的国际小卫星组织<sup>[21]</sup>。DMC 采用最新的卫星遥感技术,具有地面分辨率高、重访周期短、成本低等特点,卫星扫描面积为  $600\text{km} \times 600\text{km}$ , 相当于现有其他商业卫星能力的 10 倍左右。DMC 具有 32m 分辨率的 3 波段 CCD 传感器,三个波段分别为  $0.52-0.62\mu\text{m}$  (绿)、 $0.63-0.69\mu\text{m}$  (红)、 $0.76-0.90\mu\text{m}$  (近红外)。

“北京一号”小卫星是由北京宇视蓝图信息技术公司与英国萨里卫星技术公司合作发展的一颗小型对地观测卫星。2005 年 10 月 27 日,在俄罗斯成功发射。“北京一号”小卫星是 DMC 的一颗,该卫星的最大特点是星上同时搭载中分辨率的 32m 多光谱成像仪和 4m 高分辨率全色相机,这两种成像系统能够同时提供地面目标的辐射、空间和纹理等信息,便于卫星上两种有效载荷的相互校正和检验。该星具有极宽的视场、快速重访能力和侧摆能力,可通过任务编排,实现对热点地区的重点观测。“北京一号”小卫星 32m 中分辨率的覆盖范围是  $600\text{km} \times 600\text{km}$ , 4m 全色高分辨率的覆盖范围是  $24\text{km} \times 24\text{km}$ , 宽广的图像幅大大简化了图像处理工作,非常有利于图像数据的推广和应用<sup>[22]</sup>。

在 Intergraph MGE 平台中,以 1:10 万地形图对 2001 年的 TM 影像进行几何精纠正。以此为基础,分别对其他 3 期 MSS 影像、9 期 TM (或 ETM+) 影

像、2004 年 DMC 数据和 2005 年“北京一号”小卫星数据进行几何纠正, 采用最小二乘法计算, 像元重采样采用最近邻点法或双线性插值法, 保持图像原可见分辨率, 几何纠正误差控制在 1—2 个像元。图像、图形和属性数据均采用双标准纬线等面积割圆锥投影、克拉索夫斯基椭球体和全国统一的中央经线和双标准纬线, 中央经线为东经 105°, 双纬线为北纬 25° 和北纬 47°。

针对 1973—2005 年期间北京市建成区的变化, 共计完成了 15 个年度和 14 个时间段的遥感监测。其中, 20 世纪 70 年代包括 3 个年度, 采用陆地卫星 MSS 数据完成; 80 年代之后到 2005 年, 共计监测 11 个年度和 11 个时间段, 采用陆地卫星 TM (或 ETM+) 数据、DMC 数据和“北京一号”小卫星数据完成。在 1998 年以前, 受遥感数据获取困难等方面的限制, 时间段较长, 最大间隔 6 年, 最小间隔 2 年。自 1998 年以后的 7 年, 实现了年度监测, 比较细致地反映了北京市城市扩展过程及其对于周边其他土地利用类型的影响特点。

参照全国土地利用分类方法<sup>[23]</sup>, 北京市的土地利用类型划分为耕地, 林地, 草地, 水域, 城乡、工矿、居民用地, 未利用土地等 6 个一级土地利用类型, 其中城乡、工矿、居民用地包括城镇用地、农村居民点用地和工交建设用地等 3 个二级土地利用类型。

### 3 北京市建成区扩展的遥感监测

城市扩展过程就是土地利用中的城镇建设用地的动态变化过程, 这一过程中因为建设用地的增加而使城市建成区扩大, 并导致其周边其他土地利用类型的变化, 发现这些变化并确定变化中的不同土地利用类型之间的转换方式、转换数量以及转换的空间差异等, 是城市扩展遥感监测的主要内容。

城市建成区指城市行政辖区范围内实际以建设发展起来的, 现状城市建设用地相对集中分布的地区, 包括市区集中连片部分, 以及在郊区内但与市区关系密切的城镇建设用地<sup>[24]</sup>。中国的《城市规划法》在对城市规划区的解释和说明中指出: “建成区是城市建设连片, 基础设施和公用设施到达的地区, 它是城市规划区的核心部分, 城市规划区远远大于建成区范围。”《城市规划基本术语》中规定: “城市建成区 (Urban Built Area) 是指城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的地区。”这是全国各地关于建成区面积统计的基本依据。

本文城市建成区信息的获取, 是通过人机交互全数字分析方法, 对遥感影像直接提取城市建成区的外轮廓, 之后在 GIS 软件中进行编辑和统计而获得的。因此文中的建成区和统计年鉴中的建成区以及前面提到的分类方法中的建设用地含义不同。文中采用的人机交互全数字分析方法, 综合了解译分析和计算机分类两种检测方法的优点, 可以更好地保持数据的精度<sup>[3]</sup>。以 2001 年解译的城市建成区结果为基准, 分别向前和向后分时间段完成各时期城市的扩展, 在每一个时间段的末期形成新的一期城市状况, 为下一时间段的监测提供基础, 直至提取到各期的城市建成区信息。然后在 Arc/Info 中进行图形编辑和面积统计, 获取不同时间段城市建成区的面积以及扩展过程中对周边土地利用的占用信息。

#### 3.1 北京市建成区的变化

北京市主要建成区在 20 世纪 70 年代初期约 183.84 km<sup>2</sup>, 这是目前收集的航天遥感数据能够反映的北京市最早时期的状况。截至 2005 年, 建成区显著扩张, 总面积达到 1209.97 km<sup>2</sup>, 相当于 1973 年建成区面积的 6.58 倍, 净增加面积超过 1000 km<sup>2</sup>, 平均每年扩展 32.07 km<sup>2</sup> (表 1), 在全国各大城市中居于前列。

表 1 北京市不同时期的建成区面积

Table 1 The built up area of Beijing in different years

年度/年	面积 /km <sup>2</sup>	年度/年	面积 /km <sup>2</sup>
1973	183.84	1999	810.11
1975	192.38	2000	830.67
1978	232.13	2001	938.28
1984	265.48	2002	996.91
1987	302.85	2003	1130.25
1992	554.24	2004	1184.41
1996	714.34	2005	1209.97
1998	795.23		

北京市建成区的扩展基本上呈现出以旧城区为中心向四周扩展的方式, 并未在某一方向表现出特别明显的变化, 但在不同时期内的扩展速度差异非常明显。

20 世纪 70 年代, 北京市建成区主要以旧城区和沿二环外侧的建成区为主, 总面积不足 200 km<sup>2</sup>。此后开始到 80 年代初期, 北京市建成区的扩展速度相对较慢, 在改革开放前的 1973—1978 年间, 北京

市建成区增加了不足  $50\text{km}^2$ ，平均每年增加  $9.66\text{km}^2$ 。改革开放以后，北京市社会经济发展速度逐步加快，建成区面积也不断增加，但整体扩展速度尚滞后于社会经济的发展，其中的 1978—1984 年

期间，建成区每年增加的面积只有  $5.56\text{km}^2$ ，仅相当于 32 年间平均扩展速度的 1/6 左右，速度甚至低于 20 世纪 70 年代中后期，成为监测时期内扩展速度最慢的一段时间之一（图 1）。

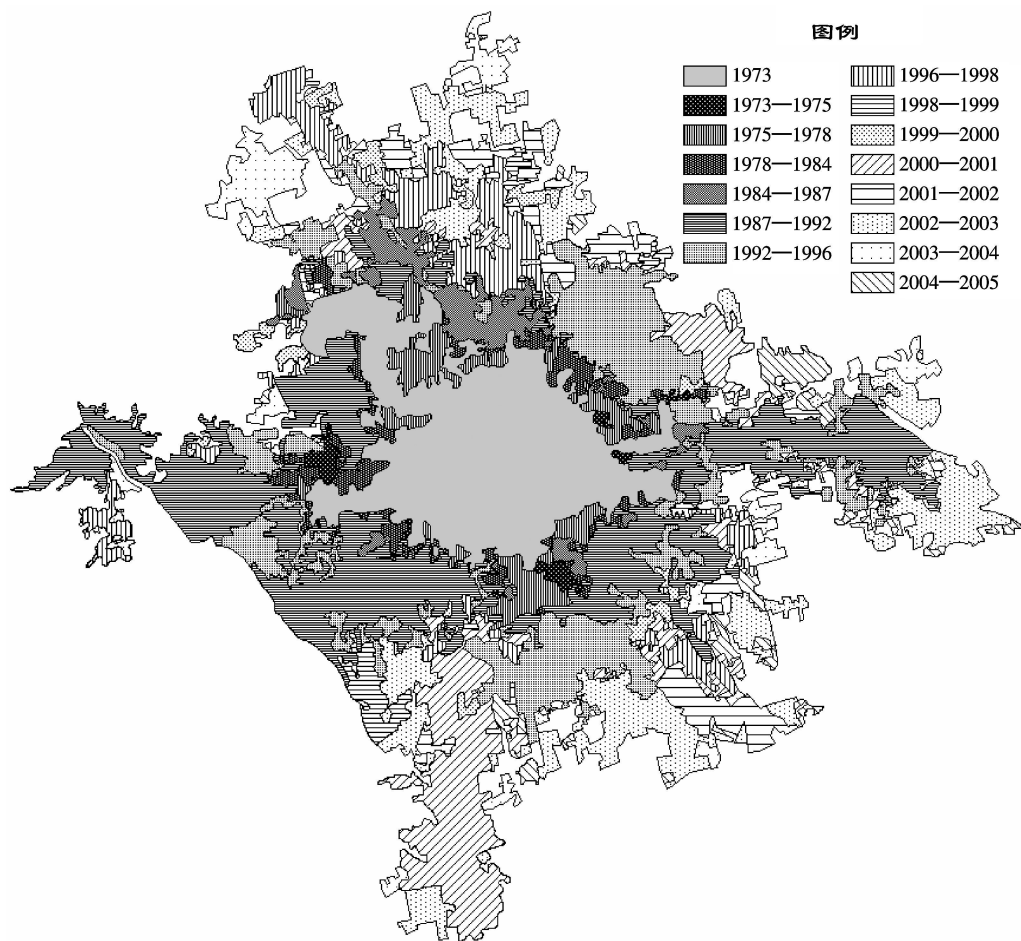


图 1 1973—2005 年北京市建成区扩展过程图

Fig 1 The expansion process of Beijing built up area from 1973 to 2005

20 世纪 80 年代中期，北京市的扩展仍然延续此前的平稳发展，监测到的 1984—1987 年间的年均增加面积  $12.46\text{km}^2$ 。但是从该时期开始，随着社会发展，各项生产生活活动不断加强，城市建设的经济基础更为雄厚，而且受到改革开放后地域间人员流动日益增强的影响，对于城市用地的需求趋于强烈，城市扩展的速度逐步加快，原建成区向四周不断扩展，在 80 年代中期到 90 年代初，建成区面积增加了一倍以上，年均扩展面积  $36.95\text{km}^2$ 。这一时期，北京市的发展进入了第一次显著扩张的阶段，年均扩展速度已超过 32 年间的平均扩展水平，更是较改革开放初期加快了 5.65 倍。这一快速发展过程持续到 20 世纪 90 年代中期，并达到年均扩展  $40\text{km}^2$  以上的速度。

年以后显著减缓，共持续了 11 年的时间。该期间建成区面积增加了  $492.39\text{km}^2$ ，年均增加  $44.76\text{km}^2$ 。11 年的扩展面积约占 32 年总扩展面积的近半数。

1998 年以后，进行了对于北京市建成区扩展的年度监测，截至 2005 年，共持续 7 年。这一时期，北京市建成区由 1998 年的  $795.23\text{km}^2$  扩展到 2000 年的  $830.67\text{km}^2$ ，扩展速度显著减缓。1998 年到 1999 年，扩展面积为  $14.87\text{km}^2$ 。1999 年到 2000 年扩展面积  $20.56\text{km}^2$ ，低于前一时期平均速度的  $54.07\%—66.78\%$ 。

到 20 世纪末，北京市经过改革开放后的第一次高速扩展后，面积较 1973 年增加了  $646.83\text{km}^2$ ，超过监测初期 3.52 倍。整个北京市建成区沿八达岭高速公路向北部的的发展已达原沙河镇地区，向东和

北京市第一次的高速扩展始自 1987 年，1998

通州区连为一体, 向南到达大兴区所在地的黄村地区, 向西则与门头沟区所在地大峪村地区连成一片。这一过程中, 不断地将原来相对独立的一些城镇建设用地和北京市建成区融为一体, 这在相当大的程度上加快了北京市扩展的速度。

21 世纪的最初 5 年, 北京市建成区再次进入快速扩张期, 建成区面积增加了  $379.29\text{km}^2$ , 相当于 20 世纪 70 年代初期的北京市建成区面积的两倍, 年均增加  $75.86\text{km}^2$ , 是 32 年间年均增加面积的 2 倍还多, 扩展速度明显加快, 显著超过了第一次高速发展期。北京市已经成为建成区面积超过  $1000\text{km}^2$  的

特大区域, 南北方向和东西方向跨度均达到 55—60km 左右。在这一次的快速扩展期, 出现了差异比较显著的年际波动。

纵观过去的 32 年, 北京市建成区向四周的扩展距离在 18—22km 之间, 整个发展过程有逐步加快的趋势, 先后经历了 20 世纪 70 年代的缓慢发展期、80 年代中期以前的相对稳定期、80 年代中期以后的快速发展期和近年来的高速发展期, 目前是扩展速度最快的时期 (图 2), 在原有建成区周边不断有新增区域的出现。到 2005 年这一快速扩展势头出现了减缓趋势。

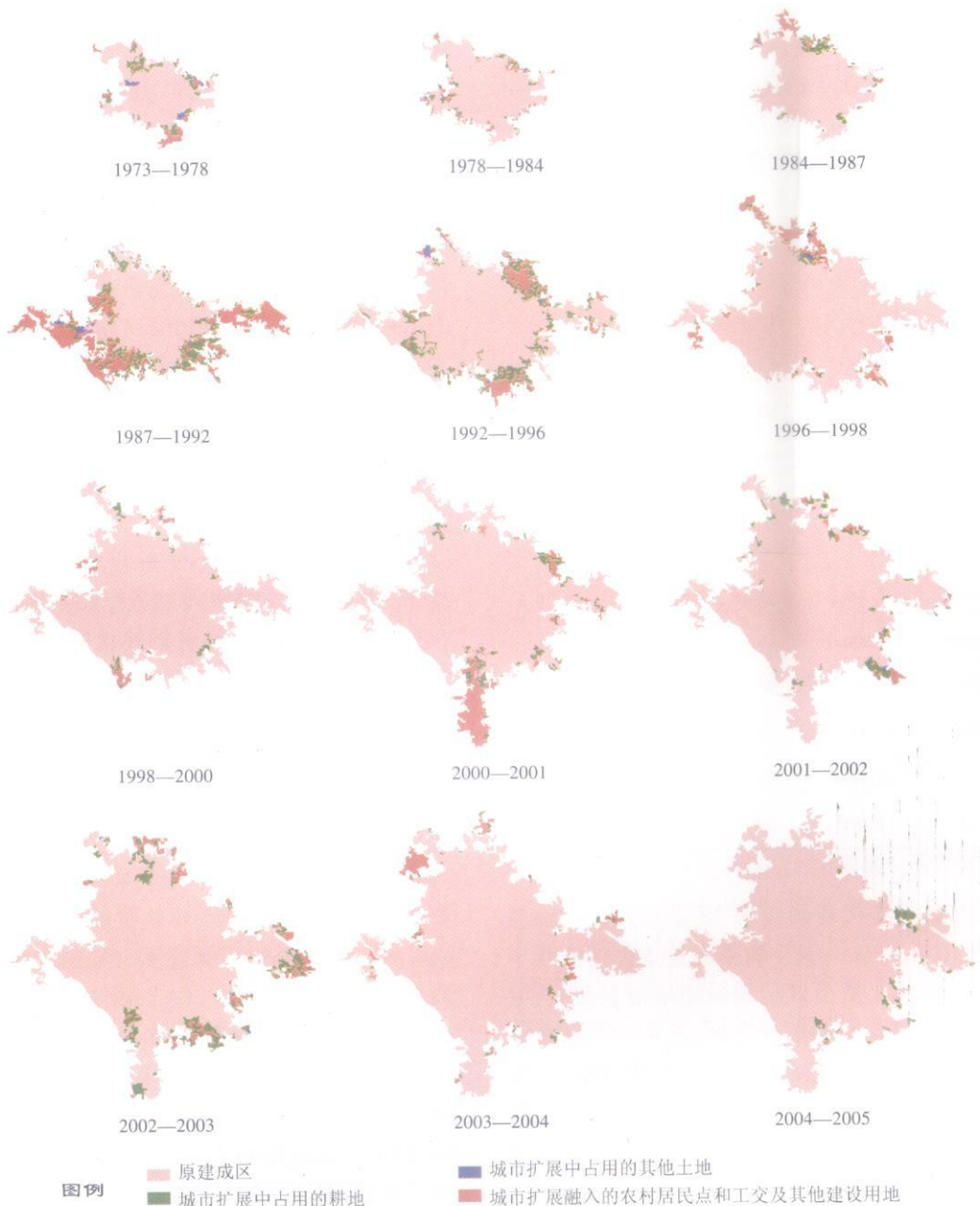


图 2 1973—2005 年北京市不同时期城市扩展的土地利用影响

Fig 2 The land use affected by urban expansion of Beijing from 1973 to 2005

### 3.2 北京市扩展过程中的土地利用变化

北京市的扩展对周边的耕地、农村居民点、工交及其他建设用地、独立的城镇用地(如区政府所在镇)、水域、林地、草地等土地利用类型都有不同程度的占用,其中对耕地、农村居民点和工交及其他建设用地占用面积较多。为了统计上的方便,按照被建成区占用面积的多少,结合前面提到的土地利用分类方法,将除耕地、农村居民点和工交及其他建设用地之外的土地利用类型统称为其他土地。北京市扩展导致的不同时期土地利用变化见表 2。

表 2 北京市扩展导致的不同时期土地利用变化

Table 2 The land use change caused by urban expansion in different time  $\text{km}^2$

占用土地 类型 年	农村居民点和 工交及其他 建设用地	耕地	其他土地	时段合计
1973—1975	3.82	4.42	0.30	8.54
1975—1978	17.65	17.42	4.68	39.75
1978—1984	18.06	13.44	1.85	33.35
1984—1987	20.98	15.83	0.56	37.37
1987—1992	165.06	80.18	6.15	251.39
1992—1996	66.45	89.70	3.96	160.11
1996—1998	62.52	17.01	1.36	80.89
1998—1999	10.51	4.17	0.19	14.87
1999—2000	7.84	12.38	0.34	20.56
2000—2001	71.93	35.53	0.15	107.61
2001—2002	20.96	36.81	0.86	58.63
2002—2003	52.68	79.61	1.05	133.34
2003—2004	38.34	15.74	0.00	54.08
2004—2005	0.80	24.83	0.00	25.63

20世纪70年代初期以来,北京市建成区面积累计扩展  $1026.12\text{km}^2$ ,其中转变为建成区的面积中以农村居民点和工交及其他建设用地面积最大,共占  $54.34\%$ ;占用的耕地面积居次,占  $43.57\%$ ;其他土地尽管类型多,但被占用的面积比例很小,只有  $2.09\%$ 。由此可见,北京市建成区的扩展除了不断地将周边的独立城镇、农村居民点和工交及其他建设用地连成一体外,最主要的影响是对于周边耕地的占用。这一特点在不同时期的表现有所差异。

在 1973—1975 年期间,北京市建成区扩展速度

缓慢,扩展的面积中农村居民点和工交及其他建设用地占  $44.73\%$ ,耕地占  $51.76\%$ ,其他土地占  $3.51\%$ 。1975—1978 年期间,扩展速度稍有加快,其中农村居民点和工交及其他建设用地融入北京市建成区的面积占  $44.40\%$ ;占用的耕地面积比例为  $43.82\%$ ,略有下降;占用其他土地的比例有明显的升高,达到了  $11.77\%$ 。

20世纪70年代末到80年代末的近10年时间里,北京市的扩展保持了平稳的速度,总扩展面积中农村居民点和工交及其他建设用地占用的比例在  $54.15\%$ — $56.14\%$ 之间,占用的耕地面积占扩展总面积的比例在  $40.30\%$ — $42.36\%$ 之间,占用的其他土地面积依然较少。

从20世纪80年代末期开始,北京市的发展进入快速扩展时期,持续到90年代中后期的年均扩展面积一直保持在  $40\text{—}50\text{km}^2$ 左右,是以前的  $5\text{—}6$ 倍。从80年代末期开始,随着建成区的扩大,不断地将周围的农村居民点、部分区镇和其他建设用地连为一体,最多时占扩展面积的  $77.29\%$ 。同时,仍然有较多的耕地被占用,面积比例在  $20\%$ — $30\%$ 左右,最多时达  $56.02\%$ 。就这一时期的整体情况而言,在持续11年左右的第一次高速扩展期,并未出现占用耕地面积比例的升高,平均为  $37.96\%$ ,低于20世纪70年代和80年代中前期城市扩展占用耕地面积的比例。

1998—2000年,北京市建成区的扩展趋于变缓,年均扩展面积急剧下降,约  $15\text{—}20\text{km}^2$ 左右,但仍然以占用耕地、农村居民点和工交及其他建设用地为主,合计占扩展面积的  $98\%$ 以上。对于其他土地的占用始终处于非常小的比例水平。

21世纪初的5年,北京市的建设再次加快,年均扩展面积显著超过历年的平均水平,而且发展过程有波动性,2001年和2003年每年扩展均超过  $100\text{km}^2$ ,2002年和2004年扩展稍慢,但每年扩展也都均超过  $50\text{km}^2$ 。2005年是扩展速度减缓比较明显的一年,只相当于扩展最快时期的  $1/5$ 左右,低于32年扩展的平均水平。这一时期,建成区对于耕地的占用一直保持较高的水平,平均  $56.30\%$ ,高于32年整个监测过程占用耕地比例的平均水平。其中,2004年最低,为  $29.11\%$ ,2005年最高,达到  $96.88\%$ 。该时期对于其他土地类型的占用的比例进一步减少。

在北京市32年的扩展过程中,建成区的增加不断吸纳周边的农村居民点和工交及其他建设用地,

如独立的工矿、交通和其他企事业单位用地等, 以及占用城镇周边或农村居民点周边的耕地, 而对于林地、草地、水域或未利用土地等其他类型的土地的占用一直处于非常小的比例水平。随着建成区的发展, 在大量的新建成区出现的同时, 也有为数众多的原本和建成区相对隔离的农村居民点或其他建设用地与北京市建成区连为一体, 这些方面的变化占建成区总变化的半数以上的面积比例。同时, 城市扩展过程对于耕地的占用持续保持较高的比例, 成为建成区扩展中占用的第二大土地类型。

### 3.3 北京市建成区的分形特征

城市形态的变化, 是城市发展过程中空间布局 and 结构变化的综合反映。从城市空间形态的变化可以分析城市的生长过程, 揭示其演化的规律。分形是美国数学家 Benoit B. Mandelbrot 于 1975 年提出的概念, 在解释自然界中那些不规则、不稳定和具有高度复杂结构的现象方面, 可以收到显著的效果<sup>[25-26]</sup>。分形模型适合于城市空间形态与空间过程研究, 有助于寻找适合多准则的优化空间结构, 弥补传统城市模式的不足。

空间的分形维数可以描述城市边界形状的复杂性, 反映出土地利用形状的变化及土地利用受干扰的程度, 它是一个面积与周长的关系, 结合景观生态学中的缀块形状指数<sup>[27]</sup>, 定义如下:

$$S_t = 2 \ln(P_t / 4) / \ln(A_t) \quad (1)$$

式中,  $S_t$  为  $t$  时期城市斑块的的分形数;  $A_t$ ,  $P_t$  分别是  $t$  时期城市斑块的面积和周长。 $S_t$  的理论范围在 1—2 之间,  $S_t$  值越大表示图形形状越复杂。当  $S_t < 1.5$  时, 说明图形趋向于简单; 当  $S_t = 1.5$  时, 表示图形处于布朗随机运动状态, 越接近于该值, 稳定性越差; 当  $S_t > 1.5$  时, 则图形更为复杂。1.0 代表形状最简单的正方形斑块, 2.0 表示等面积的情况下周边最复杂的斑块。

根据公式 (1) 计算 15 个时期北京市建成区面积和周长的自然对数, 得到 1973—2005 年北京市建成区分形数的变化图 (图 3)。1978 年分形数的值最小, 为 1.41 1992 年分形数的值最大, 为 1.57。在 20 世纪 90 年代中期之前, 北京市建成区分形数的值波动明显, 说明北京市建成区向外扩张的不规则程度差异明显, 稳定性低, 随意性大。20 世纪 90 年代中后期之后, 分形数值在 1.48—1.52 之间波动, 说明该时间段北京市建成区向外扩张的稳定性较高。

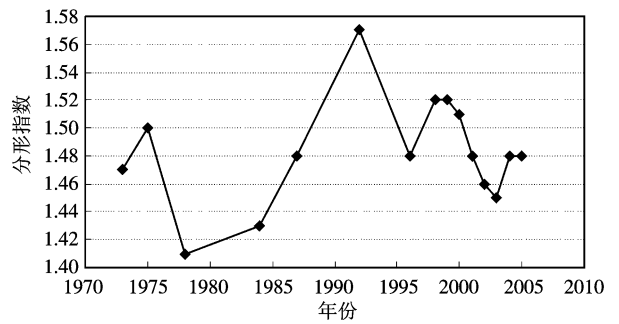


图 3 1973—2005 年北京市建成区分形指数的变化过程  
Fig 3 The change of fractal index of built up area from 1973 to 2005

对不同年份的北京市建成区面积和相应的年份进行相关分析, 得到二者的相关系数为 0.9573。通过对建成区面积和时间的拟合发现, 北京市建成区面积和时间的指数拟合最优, 拟合方程为  $y = 3E - 52e^{0.0627x}$ , 复相关系数是 0.9802 (图 4)。

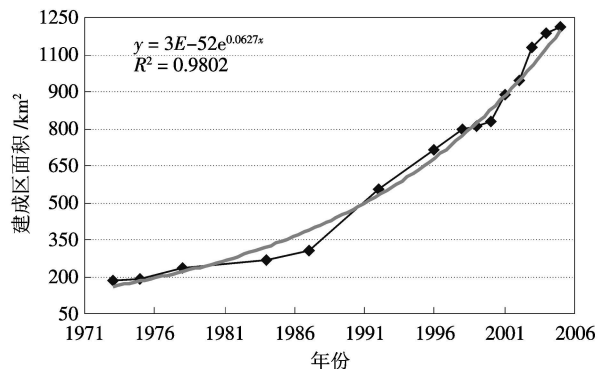


图 4 1973—2005 年北京市建成区面积变化趋势  
Fig 4 The trend of urban built up area changes from 1973 to 2005

## 4 驱动力分析

城市用地增长受到经济发展、人口增长、城镇化、自然条件、区位条件、国家宏观政策等各方面的影响。中国是一个快速发展的发展中国家, 地区不均衡是其显著特点。同时, 又处于一个由计划经济向市场经济过渡的阶段, 国家的宏观政策、土地政策等对土地利用的空间格局具有深刻的影响<sup>[28]</sup>。很多国内外学者在区域水平上探讨了城市用地扩展的机制与特征。例如, Seb 与 Kau fin an 研究了珠江三角洲的城市用地特征, 分析了城市用地扩展的社会经济驱动因素, 认为工业投资的增长是其他用地类型向建设用地转移的主要驱动因素<sup>[29]</sup>。Paclone 和

Li等认为人口增长和社会经济发展是城市土地扩张的主要驱动因素<sup>[30-31]</sup>。赵涛则从自然控制背景、城市用地扩展的间接驱动因素和直接驱动力三个层次分析了城市用地扩展的驱动机制,认为自然控制背景影响和控制着城市用地分布及其扩展的宏观格局,间接驱动因素主要通过影响或调节直接驱动力对城市用地扩展产生促进或抑制作用,而人口增长、经济发展、基础设施建设等因素直接决定了城市用地扩展的数量、速度及模式<sup>[32]</sup>。

#### 4.1 人口因素

人口增长对城市用地扩展与规模经济的发展有显著的刺激作用<sup>[33]</sup>。城市用地扩展能促成人口在一定地域范围内聚集。

1978年,北京市城镇人口为 479万人,人口自然增长率为 6.81%, 1987年城镇人口增至 637万人, 1996年,城镇人口为 829万人, 2004年,城镇人口增至 1187万人,人口自然增长率为 0.74%。26年间,北京市城镇人口增长了 1.48倍。城市人口的增加对城市化和城市扩张产生了最直接的影响。虽然近年来北京市的人口自然增长率很低,可是人口基数大,今后 50年北京市人口仍呈持续增长的趋势。2010年全市常住人口将达到 1250万人左右,流动人口将达到 250万人左右<sup>[23]</sup>。

通过北京市的人口和建成区面积的曲线拟合发现,北京市人口和建成区幂指数拟合最优,拟合方程为  $y = 3E - 19x^{7.0327}$ ,复相关系数是 0.9913(图 5)。

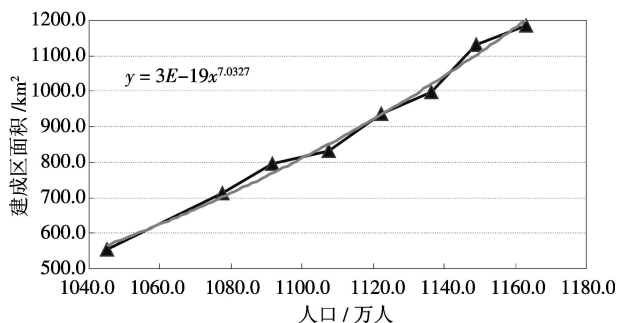


图 5 北京市人口和建成区面积关系图

Fig 5 The relationship between the population and the built up area

城市用地规模要与人口和经济的发展相适应。根据城市人口的发展规模估算, 2000年全市城镇建设用地将从 1990年的 600km<sup>2</sup>多增至 750km<sup>2</sup>左右, 2010年达到 900km<sup>2</sup>左右。规划市区城市建设用地将从 1990年的 420多 km<sup>2</sup>,增至 2000年的 500km<sup>2</sup>

左右, 2010年的 610km<sup>2</sup>左右。这是市区城市建设用地可能达到的上限<sup>[23]</sup>。

#### 4.2 经济增长

经济增长是城市变化的主要动力之一,城市用地实质上是一个综合性的经济问题。在城市空间扩展过程中,城市用地提供了城市一切社会经济活动的物质基础,也为城市居民提供了一切生产与生活活动的物质源泉。

地区生产总值(GDP)是反映一个地区经济发展状况的综合指标。改革开放以来,北京市的经济水平发展迅速。1978年 GDP为 108.8亿元, 1995年为 257.1亿元, 2004年达到 4283.3亿元, 26年间,增长了 38.37倍(图 6)。

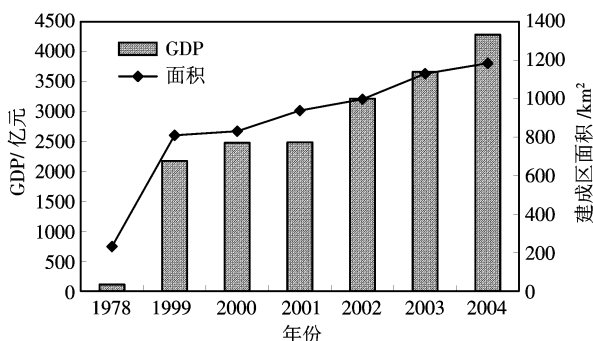


图 6 1973—2005年北京市 GDP和建成区面积变化图

Fig 6 The change of GDP and built up area from 1973 to 2005

通过对北京市建成区面积和北京市的 GDP进行相关分析,发现二者具有很强的相关性,相关系数为 0.9829。对建成区面积和 GDP进行拟合,北京市建成区—GDP的线性拟合最优,拟合方程为  $y = 0.2321x + 264.41$ ,复相关系数为 0.9660。

经济的增长为人均居住面积、人均道路用地、人均公共设施用地和人均公共绿地的增长提供了可能。在城市建设用地的扩张中,居住用地的增加占很大的比重,城乡居民点用地持续增长<sup>[34]</sup>。

#### 4.3 居民收入水平

多项研究采用与居民收入有关的指标来探讨城市扩展问题。如 Bueckner侧重经济、政策角度对城市扩展的驱动机制进行了分析,认为人民收入增加是城市空间扩展的主要驱动因素之一<sup>[35]</sup>;方修琦等通过对近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变的研究认为,北京市城市扩展的驱动力中同样包

括居民收入增加这一因素<sup>[13]</sup>。

北京市人均地区生产总值 1978 年为 1290 元, 1987 年为 3336 元, 1996 年为 15044 元, 2004 年达到了 37058 元, 为 1978 年的 28.73 倍。2004 年末, 私人汽车保有量达到 129.8 万辆, 比 2003 年末增加 18.2 万辆。2004 年城镇居民人均住房面积约 19m<sup>2</sup>, 居民恩格尔系数为 32.6%。

对北京市人均地区生产总值与北京市城镇居民人均住房面积进行相关分析发现, 二者的相关系数为 0.9433。对二者进行曲线拟合, 发现三项式拟合最优, 拟合方程为  $y = 866.34x^3 - 43512x^2 + 729866x - 4E + 06$  复相关系数为 0.9962(图 7)。

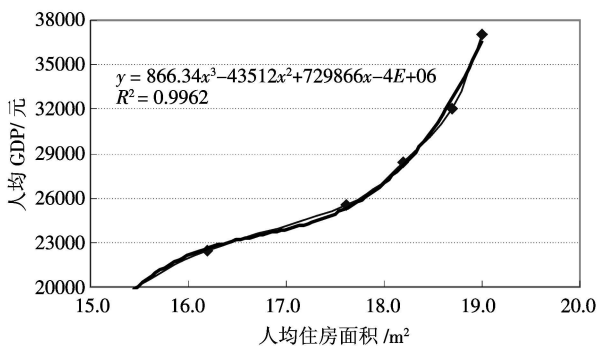


图 7 北京市城镇居民人均 GDP 和人均住房面积的关系  
Fig 7 The relationship of per capita GDP and the residential area of urban district per capita

城市居民收入增加, 在生存需要得到满足后, 人们会转而要求精神上及生活上的享受, 这相应会引起城市中娱乐、休闲用地的增加; 另外, 富裕起来的城市居民有足够的财力去购买更大的住所、购买私人交通工具以便于在郊区度假、休闲, 这又会引起城市居住用地及交通用地的增长。因此, 城市居民收入的增加可能导致城市用地低密度的向远郊区扩展<sup>[36]</sup>。

#### 4.4 基础设施建设

城市作为区域的中心, 其与区域及区域外的物质联系主要靠交通来实现。从国外大都市地区的形成与发展来看, 现代交通的发展是城市用地扩展最直接的原因之一。交通工具的变革和高速公路网的建设, 从根本上缩短了时空距离, 为城市扩展提供了必要的保证。交通的发展促进了城市用地的扩展, 是城市扩展的牵引力, 对城市空间扩展具有指向性作用。

区位因素与交通基础设施水平对城市用地扩展

的影响是显而易见的。一般的, 距省会城市或者港口城市的距离越近, 高速公路的密度越高, 越有利于城市用地的扩展<sup>[36]</sup>。

在全方位对外开放的形势下, 北京市的交通设施建设不断加快。2004 年交通运输投资占城市基础设施的比重为 33.3%。以市区为中心, 沿京包、京榆、京津唐、京石以及京承、京开等对外交通干线两侧的城镇, 具备良好的发展条件。

城市东部和南部平原地区, 向东有高速公路、铁路通向天津新港、秦皇岛港、唐山港和黄骅港等出海口, 向南又有主要铁路、公路干线通向广大中原腹地和东南沿海经济发达地区, 具有明显的优越条件, 沿京津塘高速公路是其发展轴之一。

#### 4.5 城市规划

城市规划作为政府干预的主要手段, 无论在市场经济还是在计划经济体制下, 都对城市的发展和建设起着控制与引导作用, 在一定程度上促进和抑制了都市地区的发展<sup>[37]</sup>。

北京半个多世纪规划建设卓有成效, 亦历经不少曲折, 其发展过程, 大体经历了 5 个时期, 即 1949—1957 年的谨慎探索期、1958—1977 年遭遇多种干扰期、1978—1983 年拨乱反正期、1984—1992 年深化调整期和 1993—2003 年发展完善期。在城市总体规划方案的指导下, 北京的各项建设工作迅速扩展, 特别是在干道网、城乡绿化、住宅区建设、旧区改造、郊区卫星城建设方面出现了日新月异的成果。1993 年批准的城市总体规划, 决定要疏解市区, 开拓外围, 城市建设的重点, 要从市区向远郊区转移, 适当扩大周围卫星城的规模, 以减轻市区人口过于集中所增长的压力。该规划深化到基层, 为城市建设和开发的快速发展, 提供了有力保证。

北京城市规划区按照市区(即中心城市)、卫星城(含县城)、中心镇、一般建制镇等四级城镇体系布局。市区是城市的主体, 政治、文化中心功能和各项经济功能集中体现的地方, 是按“分散集团式”布局原则, 由市区中心地区和环绕其周围的北苑、酒仙桥等 10 个边缘集团所组成, 规划城市建设用地 610km<sup>2</sup> 左右。

北京市政府在 2004 年工作报告中确定了“两轴—两带—多中心”城市空间新格局。“两轴”是指沿长安街的东西轴和传统中轴线的南北轴, “两带”是指东部发展带和西部发展带, 传统中轴上包括奥运公园、南苑两个重要功能区。

北京市通过深化改革,采用不同的经济政策,以经济手段推动了郊区的开发建设和市区的调整改造,开辟了城市基础设施建设的资金渠道,积极推动了城市建设。

#### 4.6 奥运经济拉动

所谓奥运经济,指一定空间和空间范围内围绕举办奥运会所发生的一切直接或间接的经济活动,以及由这些经济活动所衍生的一切经济联系和经济效益的总称;是举办城市在筹备和举办奥运会期间以及奥运会后的一段时间内,利用奥运会创造的商机,借势发展本地区经济的一系列活动。

奥运经济是注意力经济,它是由注意力资源的相对集中而给举办城市和国家带来的一种阶段性加速发展的经济现象,这是奥运经济的核心内涵。奥运经济具有明显的时效性和周期性特征。奥运经济周期一般分为 3 个阶段,前奥运阶段,即 7 年大会的筹备期,以奥运场馆及相应投资拉动经济增长为主;奥运阶段,即举办奥运会的当年,以奥运增加的各种消费带动为主;后奥运阶段,即奥运会后的一段时期,一般 2—4 年左右时间<sup>[38]</sup>。

主办奥运会对北京的城市基础设施、道路建设等将带来很大影响。为举办奥运会而大力度对基础设施进行的资金投入,对经济拉动作用明显,GDP 增长显著<sup>[39]</sup>。这在一定程度上也促使了北京城市建成区面积的增长。

## 5 结论与讨论

1973 年以来,北京市建成区在改革开放前后的 32 年间出现了显著扩张,建成区面积由 183.84km<sup>2</sup> 增加到 2005 年的 1209.97km<sup>2</sup>,增加了 5.58 倍。这一过程先后经历了 20 世纪 70 年代到 80 年代初期的平稳发展期、80 年代末期到 90 年代中期的快速扩张期、20 世纪末期的相对稳定期和近年来的急速扩张期等,但是,在建成区的扩展中,不断吸纳附近地区的农村居民点和工农等其他建设用地、占用耕地等一直是城市扩展占用其他土地的主要方式,合计占扩展总面积的比例始终保持在 95% 以上。目前是北京市建成区扩展最快的时期。

人口增长对北京市建成区的扩展有显著的刺激作用;经济增长是建成区扩展的主要动力之一;交通的发展促进了城市用地的扩展,是城市扩展的牵引力,对城市空间扩展具有指向性作用;政策与制度因

素则在很大程度上决定了北京市发展和扩张的宏观格局;此外近几年来北京受奥运经济的影响,相关城市基础设施建设加快,一定程度上提高了城市建成区的扩展速度。

DMC 数据和“北京一号”小卫星数据,时间分辨率高,进行大范围监测的优势极为明显。不仅对灾害监测有很大应用潜力,还特别适合土地变革、城市扩张、生态环境等的动态监测,在专题应用时,可以结合高空间分辨率的航空遥感彩色影像进行相关信息的提取和相关内容的研究。可广泛服务于中国的国土资源调查、土地利用监测、城市建设规划、测绘、环境及灾害监测、重大工程监测等众多领域。

在改革开放的背景下,随着经济的增长和人口的增加,再加上 2008 年奥运会的即将召开,北京市建成区持续扩展。良好的城市环境是成功举办奥运会的必要条件,也是北京经济社会发展的内在要求。以举办奥运会为契机,充分利用奥运带来的发展机遇,加快城市基础设施建设,不断完善城市功能,创造舒适的生活环境和良好的工作环境。

致 谢 感谢中国科学院遥感应用研究所田国良研究员对本论文的悉心指导。感谢 21 世纪空间技术应用股份有限公司提供的北京市 2004 年 DMC 数据和 2005 年“北京一号”小卫星数据。

#### 参 考 文 献 (References)

- [1] Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F *et al*. A Study on the Spatial-temporal Dynamic Changes of Land-use and Driving Forces Analyses of China in the 1990s [J]. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 1—12 [刘纪远, 张增祥, 庄大方等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. *地理研究*, 2003, 22(1): 1—12]
- [2] Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F *et al*. The Land Use Change Spatial-temporal Information Study of China in 1990s [M]. Beijing: Science Press, 2005 [刘纪远, 张增祥, 庄大方等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.]
- [3] Medda E, Nijkamp P, Rietveld P. Recognition and Classification of Urban Shapes [J]. *Geographical Analysis*, 1998, 30(3): 304—314
- [4] Wang X S. Many Spatial Analysis Method and Their Application on the Study of Urban Spatial Configuration [D]. Post Doctoral Report of CAS, 2004. [王新生. 若干空间分析方法及应用于城市空间形态研究 [D]. 中国科学院博士后研究报告, 2004.]
- [5] Liu S H. Spatial Patterns and Dynamics Mechanisms of Urban Land Use Growth [J]. *Progress in Geographical Science*, 2002,

- 21(1): 43—50. [刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制[J]. 地理科学进展, 2002 21(1): 43—50]
- [6] Liu J Y, Wang X S, Zhuang D F *et al* Application of Convex Hull in Identifying the Types of Urban Land Expansion[J]. *Acta Geographica Sinica* 2003 58(6): 885—892. [刘纪远, 王新生, 庄大方等. 凸壳原理用于城市用地空间扩展类型识别[J]. 地理学报, 2003 58(6): 885—892]
- [7] He C Y. Process and Mechanism of Land Use Land Cover of Urbanization in Beijing[D]. Ph. D. Dissertation of Beijing Normal University 2003 [何春阳. 北京地区城市化过程中土地利用覆盖变化动力学研究[D]. 北京师范大学博士学位论文, 2003.]
- [8] Zhou C H, Sun Z L, Xie Y C. The Study of Automata Cellular [M]. Beijing Science Press 1999. [周成虎, 孙战利, 谢一春. 地理元胞自动机研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999.]
- [9] Deng Y, Wang Z. The Spatial Structure Evolution and Forecasting of Shanghai[J]. *East China Normal University (Natural Science)*, 2002 (2): 67—72 [邓悦, 王铮. 上海市城市空间结构演变及预测[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2002 (2): 67—72]
- [10] Zhang S Q, Du D B. The Function Division and the Urban Space Structure Optimization in Shanghai[J]. *Study of Urban Development* 2001, 8(6): 44—49 [张水清, 杜德斌. 上海中心城区职能转移与城市空间结构优化[J]. 城市发展研究, 2001 8(6): 44—49]
- [11] Liu X H. Identifying and Modeling the Driving Forces of Land Use Changes in China[D]. Ph. D Dissertation of CAS 2005. [刘旭华. 中国土地利用变化驱动力模型分析[D]. 中国科学院博士论文, 2005]
- [12] Gu C L. Study on Phenomena and Mechanism of Land Use /cover Change in Beijing[J]. *Journal of Natural Resources* 1999 14(4): 307—312 [顾朝林. 北京土地利用覆盖变化机制研究[J]. 自然资源学报, 1999 14(4): 307—312]
- [13] Fang X Q, Zhang W B, Zhang L S. The Evolution of Urban Fringe in Beijing in the 20th Century[J]. *City Planning Review*, 2002 26(4): 56—60 [方修琦, 章文波, 张兰生. 近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变[J]. 城市规划, 2002 26(4): 56—60]
- [14] Liu S H, Wu C J, Shen H Q. A GIS Based Model of Urban Land Use Growth in Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica* 2000 55(4): 407—416. [刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报, 2000 55(4): 407—416]
- [15] Liu C Q, Gan G H, Li X J. An Analysis of Population Suburbanization and Residential Land Expanding in Beijing[J]. *Economic Geography*, 2003 23(5): 666—670 [刘长歧, 甘国辉, 李晓江. 北京市人口郊区化与居住用地空间扩展研究[J]. 经济地理, 2003 23(5): 666—670]
- [16] Liang J S, Chu B. Urban Sprawl and Spatially Interdependent Development of Beijing A Analysis Based on the Lowry Model [J]. *City Planning Review*, 2005 29(6): 9—14 [梁进社, 楚波. 北京的城市扩展和空间依存发展——基于劳瑞模型的分析[J]. 城市规划, 2005 29(6): 9—14.]
- [17] Zong Y G, Zhou S Y, Zhang Z S. Spatial Characteristics of Suburbanization and Its Developing Strategies in Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica* 2002 57(2): 135—142 [宗跃光, 周尚意, 张振时. 北京城郊化空间特征及发展对策[J]. 地理学报, 2002 57(2): 135—142]
- [18] He C Y, Shi P J, Chen J. Process and Mechanism of Urbanization in Beijing Area[J]. *Acta Geographica Sinica* 2002 57(3): 363—371 [何春阳, 史培军, 陈晋. 北京地区城市化过程与机制研究[J]. 地理学报, 2002 57(3): 363—371.]
- [19] Lu Q, Zhan J Y, Ren G Z. A Primary Study on Urbanization Land Use /cover Change and the Related Social Human Factors in Beijing in the Past 100 Years[J]. *Geographical Research*, 2001 20(6): 688—697 [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[J]. 地理研究, 2001 20(6): 688—697]
- [20] Weber G, Puissant A. Urbanization Pressure and Modeling of Urban Growth: Example of the Tunis Metropolitan Area[J]. *Remote Sensing of Environment* 2003 86: 341—352
- [21] Liu L, Steven M. Small Satellites and Disaster Monitoring Constellation[J]. *Aerospace China* 2006 (6): 18—21 [刘路, 斯蒂芬·麦京. 小卫星与国际灾害监测星座[J]. 中国航天, 2006 (6): 18—21]
- [22] Chen Z C. A Research on the Technology of On-orbit Calibration and Validation of China DMC Microsatellite[D]. Ph. D. Dissertation of Graduate of CAS 2005 [陈正超. 中国 DMC 小卫星在轨测试技术研究[D]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005]
- [23] Liu J Y. The Macro Investigation and Dynamic Research of the Resource and Environment[M]. Beijing: China Science and Technology Press 1996. [刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.]
- [24] Yao S M, Zhu Y M, Chen Z G, *et al* Urban Conglomeration in China[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press 2001 [姚士谋, 朱英明, 陈振光等. 中国城市群[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001]
- [25] Zhao P, Feng X Z. Fractal Analysis of Urban System Spatial Characteristics Based on Remote Sensing and GIS: A Case Study of Shaoxing[J]. *Scientia Geographica Sinica* 2003 23(6): 721—727 [赵萍, 冯学智. 基于遥感与 GIS 技术的城镇体系空间特征的分形分析——以绍兴市为例[J]. 地理科学, 2003 23(6): 721—727]
- [26] Wu B, Ge Z P. Fractal Theory and Applying in Geographical Science Research [J]. *Geography and Territorial Research*, 2002 18(3): 23—26 [吴兵, 葛昭攀. 分形理论在地理信息科学研究中的应用[J]. 地理学与国土研究, 2002 18(3): 23—26.]
- [27] Wu J G. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy[M]. Beijing: Higher Education Press 2000 [邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000]

- [ 28 ] Tian G J. Spatial-temporal Characteristics of Urban and Rural Land of China in 1990s by Remote Sensing and GIS[ D]. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. CAS. 2002. [田光进. 基于遥感与GIS的90年代中国城乡居民点用地时空特征研究[ D]. 中国科学院博士研究生学位论文, 2002.]
- [ 29 ] Seto K C, Kaufmann R K, Woodcock C E. Landsat Reveals China's Farmland Reserves, but They're Vanishing Fast[ J]. *Nature* 2000, **406**: 121.
- [ 30 ] Paolone M. The Internal Structure of Cities in the Third World [ J]. *Geography* 2001 ( 3): 189-209.
- [ 31 ] Li L, Yohei S, Zhu H L. Simulating Spatial Urban Expansion Based on a Physical Process[ J]. *Landscape and Urban Planning* 2003 ( 64): 67-76.
- [ 32 ] Zhao T. Urban Land Expansion and Its Driving Mechanism of China, 1990-2000[ D]. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. CAS. 2005. [赵涛. 中国城市用地扩展及其驱动机制[ D]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005.]
- [ 33 ] Sato Yasuhiko, Kazuhiro Yamamoto. Population Concentration, Urbanization, and Demographic Transition[ J]. *Journal of Urban Economics* 2005, **58**(1): 45-61.
- [ 34 ] Shi Y L. Analysis of Land Resources Utilization in the Process of Urbanization in China[ J]. *China Population Resources and Environment* 2000, **10**(4): 45-49. [史育龙. 我国城市化进程对土地资源影响程度的分析[ J]. 中国人口·资源与环境, 2000, **10**(4): 45-49.]
- [ 35 ] Brueckner J K. Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies[ J]. *International Regional Science Review* 2000, **23**: 160-171.
- [ 36 ] Deng X Z. Impacts and Determinants of Land Use Changes in China[ D]. Post doctor Research Report. CAS. 2005. [邓祥征. 土地利用变化的效应及其决定因素分析[ D]. 中国科学院博士后研究报告, 2005.]
- [ 37 ] Yao S M. Spatial Expansion of Metropolis in China[ M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 1997: 129-154. [姚士谋. 中国大都市的空间扩展[ M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997: 129-154.]
- [ 38 ] Wang X. Research on the Relations between Olympic Economy and Beijing's Development[ D]. Master Degree of Hebei University, 2005. [王心. 奥运经济与北京城市发展研究[ D]. 河北大学硕士论文, 2005.]
- [ 39 ] Wang G, Zhang H, Ling C F. The Affection of Applying for Olympic on the Development of Beijing[ J]. *Urban and Rural Development* 2001, ( 2): 43-44. [王春, 张红, 凌常峰. 申奥对北京城市发展的影响[ J]. 城乡建设, 2001, ( 2): 43-44.]