

文章编号: 1000-0585(2002)06-0667-08

北京市土地利用变化的空间分布特征

庄大方, 邓祥征, 战金艳, 赵 涛

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 土地利用变化是全球变化中的重要组成部分, 是短期内人类活动对自然环境施加影响的显著表现形式。本文基于遥感和地理信息系统技术, 利用 Landsat TM 图像的解译成果, 分析了北京市 1985~2000 年土地利用变化的空间分布特征。研究表明, 在这 15 年的时间里, 北京市林地和城乡、工矿、居住用地的转移趋势明显, 两者的转移率分别达到 40.78% 和 37.60%, 主要以林地内部、林地向草地转移、居住用地的内部和工矿废弃地还林还草等类型为主。同时, 各类土地利用类型的净变化呈现出明显的区域差异。

关键词: 土地利用; 土地利用变化; 空间分布; 北京市

中图分类号: F293.2; F301.24; P208 **文献标识码:** A

土地利用和土地覆盖变化是全球环境变化研究中一个关键而迫切的课题^[1~3]。中国作为一个发展中的国家, 土地利用态势近几年来始终处于不断调整的过程之中。同时, 中国又具有复杂的自然环境背景和广阔的陆地面积, 其土地利用变化不仅对国家发展, 还会对全球环境变化产生重要的影响^[4]。为了恢复和重建我国土地利用变化的现代过程, 更好地预测预报土地利用变化趋势, 中国科学院已经计划在国家资源环境数据库的基础上, 以卫星遥感数据作为主信息源构建完整的反映地表演化现代过程的具有时间、空间特征的数据平台^[5]。

对土地利用动态空间格局的理解与划分, 是区域尺度土地利用变化监测、驱动分析乃至预测的基础^[3,5~7]。本研究利用 Landsat TM 遥感影像解译结果绘制的两期 (1985 和 2000 年) 1:10 万北京市土地利用图, 通过合理的矢-栅转换得到了 1km 栅格土地利用数据, 并提取出了北京市 1985~2000 年的土地利用变化信息, 在消除空间数据尺度效应的基础上^[8,9], 确保了土地利用变化信息的空间精度和面积精度。

1 数据采集与处理

IGBP, IHDP 等全球变化研究国际组织以 1km 网格全球数据库为背景, 开展了土地利用-土地覆盖变化动力学、机理以及全球和区域模型的研究。我们认为 1km 栅格成分数据是进行区域尺度土地利用变化监测、预测及进行驱动分析的一种易于表现和进行有效空间数据融合的数据集成方式^[10]。

本文主要信息源是北京地区 1985 年和 2000 年成像的 Landsat-TM 数字影像。两期遥

收稿日期: 2002-05-23; 修订日期: 2002-09-07

基金项目: 中科院知识创新项目 (KZCX02-308)

作者简介: 庄大方 (1963-), 男, 湖南桃源人, 研究员, 博士生导师。从事资源环境数据库建设与土地利用变化动态监测技术的研究。

感影像均进行了几何精纠正, 平均位置误差不超过 50m (约两个像元)。根据野外调查的实地验证, 人工解译的平均定性精度为 98.7%, 耕地、城镇变化解译准确率为 99.0%, 平均的变化图斑准确率为 97.6%。

基于遥感信息源的土地利用动态信息提取方法可以归为两种类型^[11,12]: (1) 基于输入数据的分类信息提取, 即先进行分类, 后通过类型对比得到变化信息; (2) 直接基于不同获取时间地表辐射特性变化的信息提取。第一种动态信息提取方式对分类标准和精度要求较高, 需要的工作量比较大而对两时期遥感信息源与时相的一致性要求相对不高。而第二种方式对遥感影像的选取、时相的选择和后期处理具有严格的要求, 但是效率比较高。我们统一了分类体系, 形成了高度一致的判读标准, 保证了遥感人工解译的精度。基于解译结果, 形成了研究区比例尺为 1:10 万土地利用图, 共计 6 个一级类 25 个二级类。在此基础上通过两期遥感影像的直接对比, 可以勾画出土地利用的变化图斑, 便于定性与集成。根据以上考虑, 我们采用分类判读 (即直接解译动态斑块) 的方式对土地利用动态信息进行提取 (图 1)。

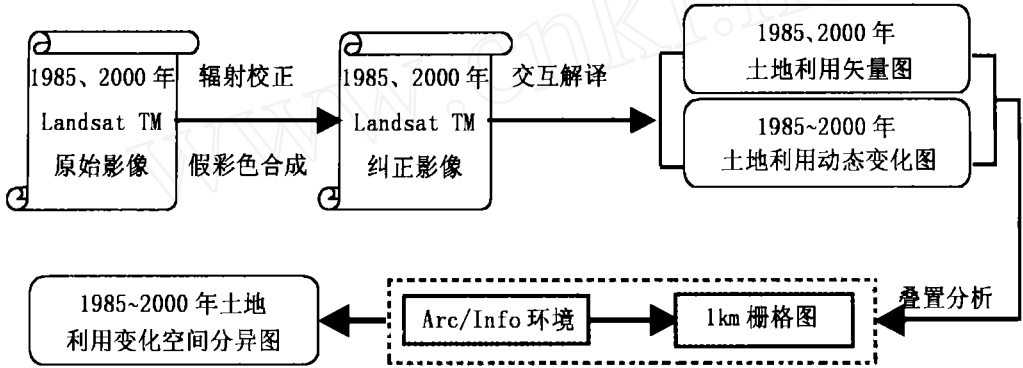


图 1 土地利用信息提取与数据集成的概念框架

Fig. 1 Conceptual framework of the information extraction and data fusion of land use

数据集成采用了 Arc/Info 软件, 以 Arc/Info 的 GRID 格式作为融合框架的数据结构 (图 1), 选择 cell 大小为 1km, 在数据融合过程中, 坚持如下两条原则^[11]。

(1) 无分类面积信息损失: 建立空间数据融合框架的目的在于对不同类型的空间数据提供一个标准化处理平台, 因此空间数据和非空间数据在经过标准化后, 应尽量做到保持原有的数据精度。

(2) 保持投影类型一致: 为了方便利用资源环境数据库中各种层面的数据, 根据实际情况, 我们选择了正轴等面积双标准纬线圆锥投影。投影参数包括: 中央经线为 105°, 坐标原点为东经 0°与北纬 0°交点, 南、北标准纬线为北纬 25°和 47°, 选择的椭球体为克拉索夫斯基椭球体, 大地水准面为北京 1954 年水准面。投影变形估算如下:

投影面积比 = 1; 面积变形 = 0.0000

南标准纬线: 长度变形 = 0.0000°; 角度变形 = 0.0000°

北标准纬线: 长度变形 = 0.0000°; 角度变形 = 0.0000°

最南纬线: 长度变形 = 0.0243°; 角度变形 = 2.7479°

最北纬线: 长度变形 = 0.0246°; 角度变形 = 2.7873°

标纬中线长度变形 = - 0.0249°; 角度变形 = - 2.8845°

有了统一的投影参数, 就给土地利用变化信息的提取及其不同因子层的空间耦合研究规定了数据融合标准, 提高了数据处理的效率和精度。

2 模型与方法

土地利用状况是人们依据土地的自然属性和社会需要长期改造和利用土地的结果。依据土地利用在地域上的客观差异性, 划分不同利用方式和不同等级类型, 是土地资源分类的重要方式之一。基于所述的分类框架, 同时考虑应用遥感技术调查所能达到规定精度的可能性, 刘纪远等^[4]设计了系统的土地利用类型变化信息提取模型。

该模型假设 M_{ij} 代表 i 类型在 j 区域发现的土地利用类型变化的属性变量, M_{ij} 的确认值为 X_{ij} , 那么 X_{ij} 发生的先验概率计算为

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{\sum_{i,j} X_{ij}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, i; \quad j = 1, 2, 3, \dots, j$$

图斑各属性合计值为

$$X = \sum_{i,j} X_{ij}$$

土地利用类型变化面积 A 的约束方程为

$$A = \sum_{i,j} a_{ij} X_{ij}$$

式中, a_{ij} 为 j 区域 i 类型 (栅格) 的面积换算系数, 在多边形为同一属性时 $a_{ij} = 1$, 否则 $a_{ij} = P * b_{ij}$, 其中 b_{ij} 为已知的相对变量, P 为参数。

输入拉格朗日参数 λ_i 和 μ_{ij} 时, 就可以得到解析解

$$X_{ij} = M_{ij} \exp(-\lambda_i b_{ij} + \mu_{ij})$$

此时各土地利用变化类型 (栅格) 的总面积计算式为

$$S_i = P \sum_{i,j} b_{ij} X_{ij}$$

则 S_i 就是研究区发现的第 i 类土地利用类型变化的总面积。

基于该模型, 我们利用北京市的两期土地利用图, 得到了表 1 所示的土地利用类型转移矩阵。

3 北京市土地利用变化的结构分析

从表 1 可以看出, 1985 ~ 2000 年期间, 相对而言, 北京市林地和城乡、工矿、居住用地的转移趋势格外明显, 经计算可知两者的合计转移率分别达到 40.78% 和 35.60%, 转移面积分别为 213 658.42 hm² 和 186 509.47 hm²。

从用地转移方向上看, 主要以林地内部转移、林地向草地转移、居住用地的内部转移和工矿废弃地还林还草等类型为主。林地自身的转移主要包括有林地向灌木林转移 66 080.04 hm², 灌木林向疏林地转移 14 630.83 hm², 灌木林向有林地转移 17 652.28 hm², 疏林地向有林地转移 11 532.93 hm², 疏林地向灌木林转移 41 056.91 hm², 其它林地有林地、灌木林、疏林地分别转移 510.15 hm²、3 456.40 hm² 和 2 113.89 hm² 等。林地向草地的转移共计 9 812.96 hm², 但是转移比例不大, 转移率仅为 5%。

在城乡、工矿、居住用地的转移趋势中,居住用地的内部转移明显,主要包括城区扩展面积 27 620.74 hm²,村镇建设面积 54 385.49 hm²和工矿区扩张面积 2 224.78 hm²,其转移率分别为 99 %、37 %和 17 %。此外,工矿废弃地的复垦和还林还草现象也较为突出,1985~2000 年期间,共有 6 905.1 hm²废弃土地得以复垦,有 3 541.7 hm²的工矿废弃地得以还林还草。

同时,基于遥感图像的解译结果,我们发现,北京市在过去的 15 年间,草地向林地转换的趋势明显,累计共有 77 259.28 hm²的土地转化为林地,其中以中、高覆盖草地向灌木林的转移最为突出,两者的转移率占各自累计转移率的 49 %和 56 %,累计面积分别

表 1 1985~2000 年北京市土地利用转移矩阵 (单位:hm²)
Tab. 1 Land use conversion matrix of Beijing in 1985~2000 (Unit:hm²)

土地 利用类型	水田	旱地	林地	草地	水域	城乡、工矿、 居住用地	未利用 土地
水田	0.00	1243.37	171.92	29.79	0.00	0.00	0.00
转移率	0.00	0.86	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00B
转移量比重	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
旱地	0.00	0.00	6983.97	957.97	0.00	0.00	0.00
转移率	0.00	0.00	0.88	0.12	0.00	0.00	0.00
转移量比重	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00
林地	0.00	0.00	203845.45	9812.96	0.00	0.00	0.00
转移率	0.00	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00
转移量比重	0.00	0.00	0.68	0.38	0.00	0.00	0.00
草地	34.02	0.00	77259.28	11323.64	3851.17	0.00	4.89
转移率	0.00	0.00	0.84	0.12	0.04	0.00	0.00
转移量比重	0.01	0.00	0.26	0.44	0.40	0.00	0.08
水域	128.47	11580.83	917.15	0.00	5761.70	2397.61	0.00
转移率	0.01	0.56	0.04	0.00	0.28	0.12	0.00
转移量比重	0.05	0.13	0.00	0.00	0.60	0.03	0.00
城乡、工矿、 居住用地	2293.52	79225.61	9979.07	3647.11	0.00	91339.80	24.36
转移率	0.01	0.42	0.05	0.02	0.00	0.49	0.00
转移量比重	0.93	0.86	0.03	0.14	0.00	0.97	0.42
未利用 土地	0.00	141.18	964.94	2.20	0.00	0.00	28.67
转移率	0.00	0.12	0.85	0.00	0.00	0.00	0.03
转移量比重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49

注: 1) 行、列分别表示 1985 年和 2000 年各种土地利用类型; 2) 黑体部分表示 1985 年各种土地利用类型转移到 2000 年相应的各种类型的面积; 3) 同类型的转换结果在该表中全部被赋为 0.00; 4) 不同类型的转换如果出现负值, 则以 0.00 代替; 5) 转移率是 1985 年各种土地利用类型转移到 2000 年各种土地利用类型的面积占 1985 年各种土地利用类型面积的比重; 6) 转移量比重反映了 2000 年各种土地利用类型转换来的面积占 2000 年相应的土地利用类型总转移面积的比重; 7) 计算结果采用四舍五入法结果保留两位小数。

为 6 646.44 hm^2 和 44 479.58 hm^2 。草地内部自身的转移面积累计达 11 323.64 hm^2 ，占其累计转移率的 12 %。其中以高覆盖草地向中覆盖草地转移和中覆盖草地向低覆盖草地的转移为主，转移的累计面积达 8 997.20 hm^2 和 144.53 hm^2 ，两者的转移率分别为 11 %和 1 %。尽管也存在低覆盖草地向高覆盖草地和中覆盖草地的转移趋势，但其转移面积累计仅为 240.49 hm^2 和 1 037.40 hm^2 。由此可见，北京市的草地在 15 年的时间里有质量下降、面积萎缩的趋势。

北京的旱地、水田、水域和未利用土地都发生了一系列的转移，但转移趋势不太明显，各自的转移率分别为 0.28 %、1.52 %、3.97 %和 0.22 %。

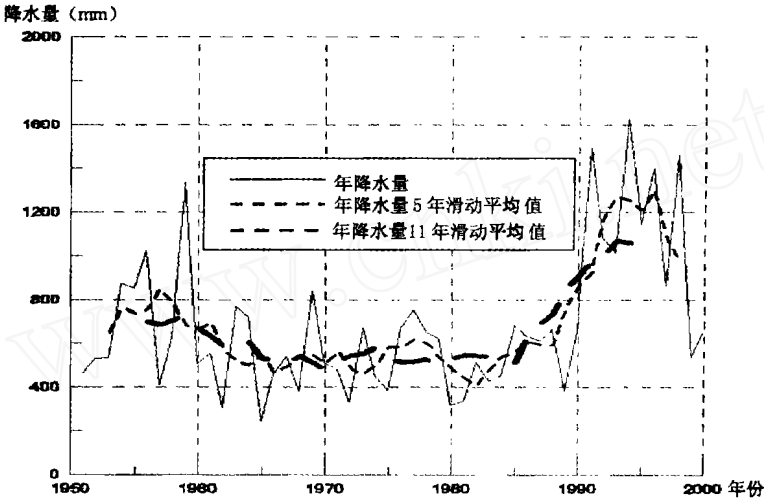


图 2 北京市近 50 年 (1951 ~ 2000) 年降水量变化图

Fig. 2 The temporal variation of precipitation of Beijing in 1951 ~ 2000

从 2000 年各种土地利用类型的转移量比重上看，水田、林地和城乡、工矿、居住用地占有较大的比重，各有 92 190.99 hm^2 、300 121.79 hm^2 和 93 737.41 hm^2 的转移面积，转移量比重分别为 17.60 %、57.28 %和 17.89 %。

水田面积增加除了该时间段内某些年份的降水增加导致水域面积扩大的因素之外（图 2），主要由于在农村聚居点的有计划的搬迁和改造后，原农村聚居点复垦所致，这类面积共计达 73 744.74 hm^2 ，转移量比重为 73 %。大型采石厂、煤矿等的复垦区，一般地势相对较低，在复垦后大部分转化为水田，这类面积达 6 622.9 hm^2 ，转移量比重为 7 %，另有 141.1 hm^2 的沼泽地被转移为水田。

林地面积的转化主要发生在林地内部，转移量比重为 68 %，其中有林地转移为灌木林、灌木林转移为有林地、灌木林转移为疏林地、疏林地转移为有林地、疏林地转移为灌木林、其它林地转移为疏林地的面积占 2000 年被转移为林地的总面积的 25.15 %、32.70 %、49.42 %、21.36 %、15.62 %和 7.14 %。

草地转移为林地的面积占 2000 年林地总转移面积的 26 %，其中 16 737.7 hm^2 有林地、44 479.6 hm^2 灌木林、4 215.61 hm^2 疏林地分别由高覆盖草地转移而来，其相应的转

移量比重分别为 31.00 %、16.93 %和 14.24 %。有 3 917.48 hm^2 的有林地由中覆盖草地转移而来, 转移量比重为 7.26 %。

城乡、工矿、居住用地的被转移率尽管也较高, 但转移主要发生在内部, 自身转移量比重高达 97 %, 农村居民地被转移为城镇和被转移为工矿用地的面积分别为 54 538.49 hm^2 和 1 233.47 hm^2 , 两者的被转移率分别为 41 %和 78 %左右。

4 北京市近 15 年土地利用变化的空间分布特征

基于 1km 格网的成分分析, 利用 Arc/ Info 中的宏语言编程计算, 我们可以得出北京市各类土地利用在 1985 到 2000 年间的净变化量, 分层统计后, 可以绘制出几种主要土地利用类型的净变化空间分异图 (图 3a ~ e, 见图版 1 ~ 3)。图 3a ~ e 中, 图例中的面积值是 1km 格网内土地利用变化值, 负值表示减少, 正值表示增加。图 3f 为北京市高程的空间分异图。

综合图 3a ~ e 各图可以发现, 北京市近 15 年来, 土地利用变化表现出明显的区域差异特征。

北京市的旱地面积减少趋势明显, 变化面积总计达 129 874.17 hm^2 , 而且集中分布在中东部和南部区域, 西北部旱地减少的态势主要呈现出零星、离散分布的特征; 耕地增加主要体现为水田的增加, 近 15 年增加面积达 579.92 hm^2 , 但其分布呈现出典型的零散态势, 而且主要集中在北部和中西部。

北京林地增加的趋势非常显著, 尤其是三北防护林带和西南部山区林地增加的趋势非常明显, 林地增加总面积达 40 983.17 hm^2 , 但耐人寻味的是林地增加的区域同时存在着林地减少的趋势, 近 15 年来, 减少面积达 23 741.16 hm^2 , 这反映出北京地区需要对造林和护林工作同样重视, 尤其是三北防护林区, 更要强化造林后的护林工作。

北京市近 15 年草地的减少面积大抵是增加面积的 5.18 倍。面积减少的区域零星分布, 主要集中在自然条件较为恶劣的山地区, 减少的面积合计达 73 847.64 hm^2 。草地增加面积达 14 244.0 hm^2 , 主要分布在山地的规划中的退耕还草区。

尽管近几年, 北京市的旱情趋势较为严重, 但从 1985 年到 2000 年长时间序列上看, 水域面积增加的趋势还是较为明显的, 主要集中在中西部、东南部山区和北部和东部的一些大库区, 总计增加面积达 30 149.58 hm^2 。同时北京市近 15 年来, 水域面积净减少了 14 818.08 hm^2 。

改革开放以后, 我国的城市化进程加快, 各地的城镇建设发展迅速, 北京市近 15 年来, 城乡、工矿、居住用地激增, 总增面积达 71 464.69 hm^2 , 各地区城镇面积都有增加, 尤其以中东部和中南部分布更为集中。城镇面积的增加同时呈现出沿北京市区和所辖各县呈环状分布的趋势^[13,14]。

5 结论

借鉴 IGBP-DIS 研究框架的 1km 格网数据分析平台的设想, 以栅格数据结构为基础, 采用统一的投影方式, 在 1km \times 1km 空间融合格网上, 分层提取各种土地利用变化信息, 是区域土地利用变化研究的一套有效的方法与技术路线。

北京市 1985 ~ 2000 年期间, 在降水、气温等自然条件和经济发展、人口增长等社会

经济条件变化的影响下,土地利用变化非常明显。在遥感技术和 GIS 技术的支持下,我们通过研究得出以下结论:

(1) 各种土地利用类型间发生了明显的转移,主要转移方向包括林地内部转移、林地向草地转移、居住用地的内部转移和工矿废弃地复垦、还林还草等类型。

(2) 主要土地利用类型的净面积在 1985~2000 年间发生了明显的变化,其中水田、林地、水域和城乡、工矿、居住用地分别增加 579.92、40 983.17、15 331.50 和 71 467.69hm²,旱地和草地分别减少 129 874.17 和 177.89hm²。

(3) 土地利用变化具有明显的区域分异特征(图版 1~3)。

通过研究,我们对 1985~2000 年北京市土地利用变化状况有了一个较为详尽和准确的把握,这为今后开展土地利用变化相关研究积累了经验。土地利用变化是一个连续的过程,我们将进一步完善土地利用变化和数据融合等基础理论,在更为先进的数据获取和处理技术支持下,对土地利用和土地利用变化等问题进行深入的研究和探讨。

参考文献:

- [1] Helmut J. Geist & Eric F. Lambin. What drives tropical deforestation? *LUCC Report Series No. 4*. 2001.
- [2] Turner B L, Li, Clark W C, Kates R W, *et al.* The earth as transformed by human action. Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. Cambridge University Press (with Clark University): Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne & Sydney, 1990.
- [3] DENG Xiang-zheng, LIU Ji-yuan, ZHUANG Darfang, ZHAN Jin-yan. Internet based environmental monitoring information system and its application in Yili Prefecture. *Journal of Geographical Sciences*, 12, 2 (2002): 163~170.
- [4] Verbrug P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*, 1999, 19(3): 211~233.
- [5] 刘纪远. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究—基于卫星遥感数据, 第四纪研究, 2000, 20(3): 229~239.
- [6] 刘纪远. 中国环境资源遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [7] Veldkamp A, Lambin E F. Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, 85: 1~6.
- [8] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究. 自然资源学报, 1999, 14(4): 307~312.
- [9] 刘湘南, 等. 土地利用空间格局及其变化的图形信息特征分析. 地理科学, 2002, 22(1): 79~84.
- [10] 刘明亮. 基于 1 km 网格的空间数据尺度效应研究. 遥感学报, 2001, 5(3): 183~189.
- [11] 唐先明. 地理空间数据融合研究及应用(博士论文). 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2000.
- [12] Johnson, *et al.* Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. *Int. J. Remote Sensing*, 1998, 19(3): 411~426.
- [13] 鲁奇, 等. 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(6): 689~696.
- [14] 宗跃光, 张振世, 陈红春, 等. 北京大都市土地开发的乘数效应和增长模式研究. 地理研究, 2002, 21(1): 89~96.

A study on the spatial distribution of land use change in Beijing

ZHUANG Da-fang , DENG Xiang-zheng , ZHAN Jin-yan , ZHAO Tao

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 , China)

Abstract : Land use change is a key component for global environment change , and a representation of the impact of human activities on physical environment. Supported by the 1 km grid global database , IGBP , IHDP and other international organizations have implemented a series of researches including land cover dynamics , mechanism and global and regional models. The 1 km grid data is an effective way of data integration , which can promote regional land-use change monitoring , predication and driving forces analyses. This paper , based on remote sensing , GIS and Landsat TM digital images , analyzed the structural features and spatial patterns of land use change in Beijing from 1985 to 2000. The primary findings show that conspicuous conversion , with a rate of 40.78 % and 37.60 % respectively , occurred for woodland and built-up areas with internal conversion of woodland , conversion from woodland to grassland , internal conversion of built-up areas and afforestation or grassland restoration in abandoned mining land as its main conversion categories. At the same time , the net change of each kind of land use is characterized by conspicuous areal differentiation. The decrease of dry land of central-eastern and southern Beijing , 129,874.17 hm² in total , is dominant and conspicuous while that of northeastern by sparse distribution. The increase of arable land , dominated by paddy field is sparsely distributed in northern and central-western Beijing. Forest area trends are enlarging in spatial distribution , especially in protection forest of Northeast , North and Northwest China and mountainous areas of southwestern Beijing. The decreased area of grassland is almost 6 times of the increased. The former happened chiefly in mountainous areas while the latter in reused arable land or grassland areas. For a long time series during 1985 ~ 2000 , the trend of water body expansion obviously occurred in central-western , southeastern mountainous areas and some reservoir areas of northern and eastern Beijing. Above all , the most conspicuous feature of land-use change in Beijing for the past 15 years is still urban expansion , undoubtedly affected by the macro social and economic conditions in China , which is densely distributed in central-eastern and central-southern Beijing and expanded around the downtown as well as around the towns of each county in Beijing. These findings promote our understanding of land use change and contribute to the decision-making of local governments.

Key words : land use ; land use change ; spatial distribution ; Beijing

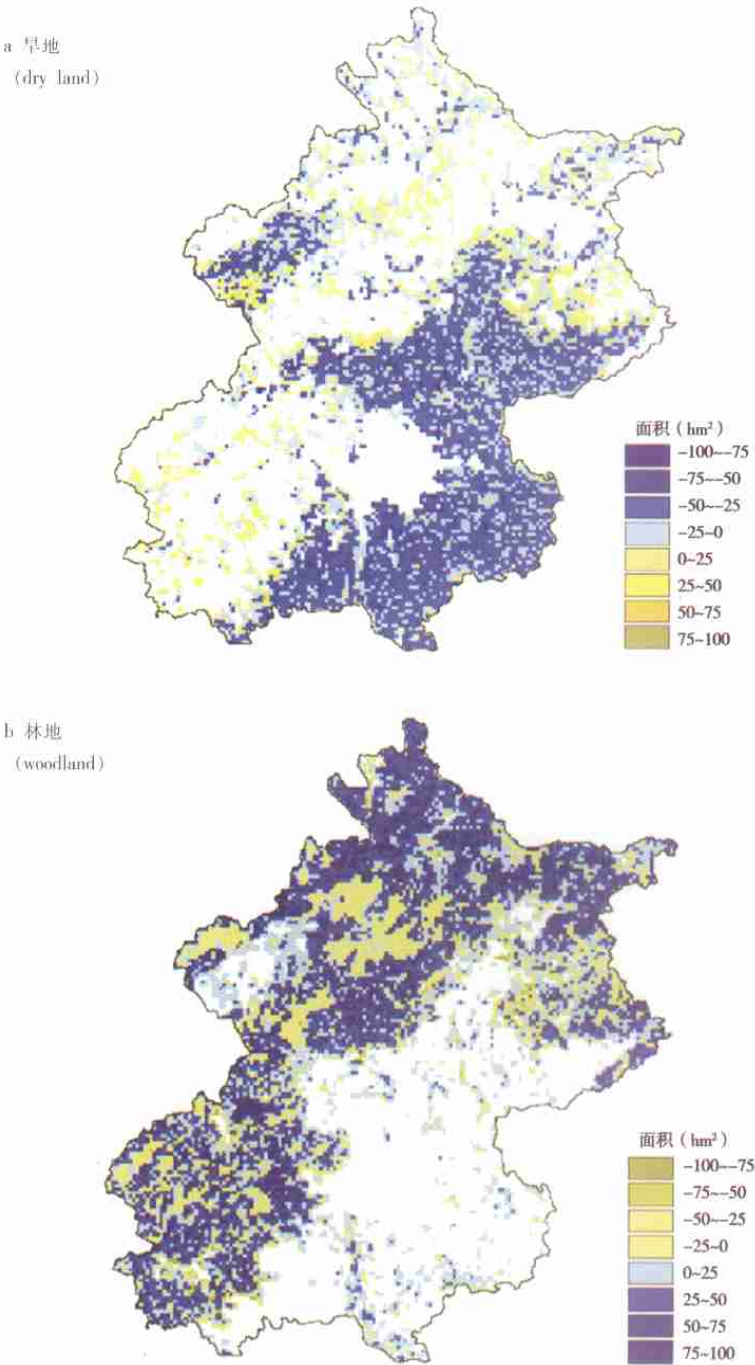
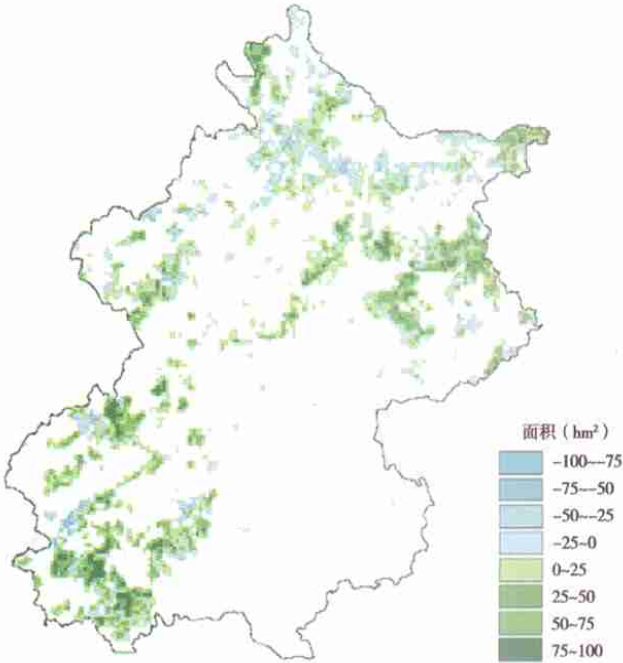


图 3 北京市 1985—2000 年土地利用变化空间分异图
Fig.3 Areal differentiation of land use change of Beijing in 1985—2000

c 草地
(grassland)



d 水域
(water bodies)

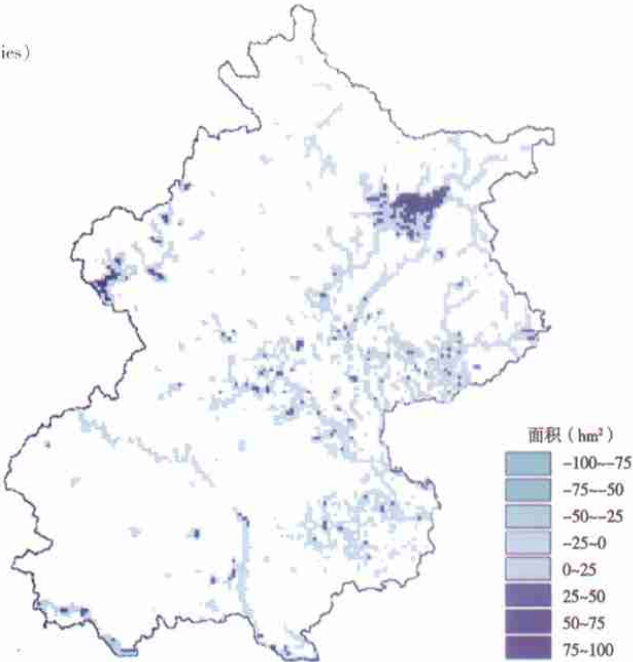
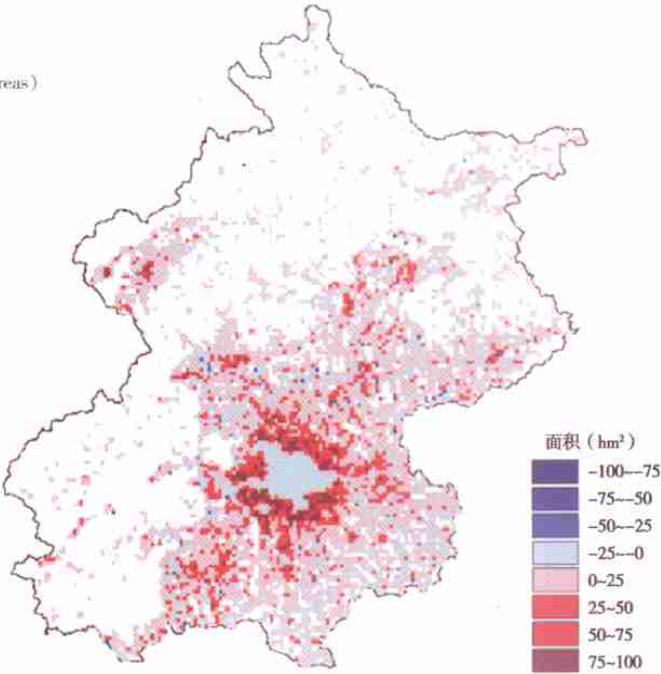


图 3 北京市 1985-2000 年土地利用变化空间分异图

Fig.3 Areal differentiation of land use change of Beijing in 1985-2000

e 城镇用地
(built-up areas)



f 高程
(elevation)

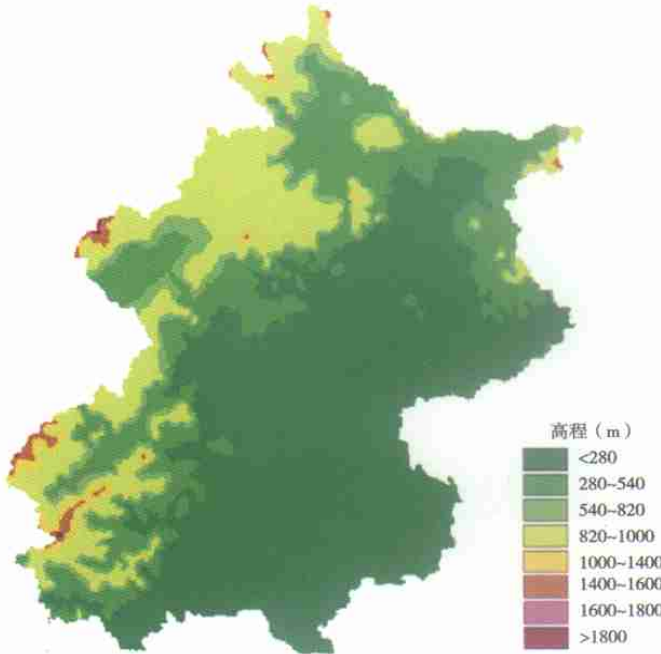


图 3 北京市 1985-2000 年土地利用变化空间分异图

Fig.3 Areal differentiation of land use change of Beijing in 1985-2000