

北京地区不同地形条件下的土地覆盖动态

吴晓蒲 唐志尧 崔海亭 方精云

(北京大学环境学院生态学系、北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要 利用MSS/TM影像和1:250 000高程数据分析了1978~2001年北京地区土地覆盖的变化。为研究人类活动对土地覆盖类型及植被变化的影响,根据植被的分布规律和人类活动影响,利用数字高程模型(DEM)将研究区遥感影像分为不同海拔段,分别建立标志进行解译。通过转移概率矩阵计算、不同地形因子影响下的土地覆盖类型分布的GIS分析,得到如下结果:1)1978~2001年间北京市土地覆盖变化主要发生在平原和低海拔、小坡度的平缓地区,表现为农业用地向城镇用地的转变;高海拔地区主要为天然植被所覆盖,土地覆盖变化相对较小,主要是灌丛向林地的转变。2)地形因子显著影响土地覆盖类型的分布及变化。随着海拔的升高和坡度的增大,农业用地和城镇用地减少,林地和灌丛逐渐增加。坡向对植被的分布也有较大影响。

关键词 土地利用/覆盖 地形因子 转移概率 遥感 DEM 植被

LAND COVER DYNAMICS OF DIFFERENT TOPOGRAPHIC CONDITIONS IN BEIJING

WU Xiao-Pu TANG Zhi-Yao CUI Hai-Ting and FANG Jing-Yun

(Department of Ecology & Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Topographic conditions play an important role in controlling land cover dynamic processes. In this study, remotely sensed data and geographic information system were applied to analyze the changes in land cover along topographic gradients from 1978 to 2001 in Beijing, a rapidly urbanized mega city in China. The study was based on five periods of land cover maps derived from remotely sensed data, Landsat MSS for 1978, Landsat TM for 1984, 1992, 1996 and 2001, and digital elevation model (DEM) derived from a 1:250 000 topographic map. The entire area was divided into 10 land cover types: conifer forest, broadleaf forest, mixed forest, shrub, brushwood, meadow, farmland, built-up, water body and bare land. The results are summarized below.

1) Shrub, forest, farmland and built-up consist of the main land cover types of the Beijing area. The most significant land cover change from 1978 to 2001 was a decrease in farmland and an expansion of built-up areas. Farmland decreased from 6 354 to 3 813 km² over the 23 years, while built-up areas increased from 421 to 2 642 km². Forest cover increased from 17.2% to 24.7% of the total area. The conversion matrix analysis indicated that transformation of farmland to built-up area was the most significant process and afforestation was the primary cause of replacement of shrub to forest.

2) Topographic conditions are of great importance to the distribution of land cover types and the process of land cover changes. Elevation has a strong impact on the distribution of land cover types. The area below 100 m mostly consisted of farmland and built-up areas, and the area above 100 m is mainly covered by shrub and forest. Shrub has a maximum frequency in elevations between 100 and 1 000 m, while forests were dominant in areas above 800 m. According to the analysis of land cover changes in different elevation ranges, the greatest change was below 100 m due to urbanization. The main land cover change process that occurred above 100 m was transformation from shrub to forest. This result was constant with the vertical change of natural vegetation distribution in Beijing.

3) Slope has a large influence on the distribution of land cover types. Farmland and built-up areas are distributed primarily in flat areas, while shrub and forest occupy steeper lands as compared with other land cover types. Forest frequency increased with increasing slope. Land cover change processes differed with slope gradients. In the plain area, land cover change occurred as the result of urbanization. With increasing slope

收稿日期: 2005-04-04 接受日期: 2005-06-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(90211016, 40021101)

感谢纪中奎同学在数据收集和处理方面的帮助!

E-mail: wuxiaopu@pku.edu.cn

gradients, afforestation, which converted shrub to forest, was the primary land cover change process.

Key words Land use/Land cover, Topographical factors, Conversion matrix, Remote sensing, DEM, Vegetation

土地利用/覆盖的研究是当前全球环境变化研究领域之核心问题之一 (Turner & Mayer, 1991; Turner *et al.*, 1995)。人类的土地利用使原有的自然景观发生了巨大变化, 改变了区域乃至全球的生物多样性, 对区域和全球的气候变化也有着深远的影响 (Turner *et al.*, 1993, 1995; 李秀彬, 1996; Imbernon, 1999; Reid *et al.*, 2000)。人们对土地利用/覆盖变化研究关心的问题主要在于土地覆盖类型变化的时空格局和引起变化的驱动因子 (Ramankutty & Foley, 1999)。

本研究以北京地区近 20 年的土地覆盖及植被的变化为研究对象。北京地区植被的分布研究工作开展较早, 自 1950 年以来, 很多学者对北京地区的植被进行了较为系统的调查 (北京师范大学生物系, 1958; 李继侗等, 1959; 陈灵芝等, 1963)。近年来, 利用遥感和 GIS 手段对该区域土地利用/覆盖变化的研究逐渐成为热点 (顾朝林, 1999; 何春阳等, 2001; 田光进等, 2003; Qi *et al.*, 2004)。由于北京地区的地理环境比较复杂, 不同地形条件下植被和土地覆盖类型差异很大, 分析自然条件影响下区域土地覆盖变化的研究并不多见。本研究将数字高程模型 (DEM)/ 数字地形模型 (DTM) 数据与遥感分析相结合, 分析了北京市 1978 ~ 2001 年间的土地覆盖变化及其与地形因子的关系。

1 研究区概况

北京市位于华北平原西北, 地理范围 39°38' ~ 41°05' N, 115°24' ~ 117°30' E。西部和北部为山区, 分属太行山脉和燕山山脉, 东南部属华北平原。全市面积 16 807.8 km², 平原地区面积约 6 390 km², 占 38%, 山区面积约 10 418 km², 占 62%。北京市海拔差异较大, 最高的东灵山海拔 2 303 m, 而较低的平原地区平均海拔仅 15 ~ 50 m 左右。

北京地区属于温带大陆性季风气候, 冬季寒冷干燥, 夏季炎热多雨, 水热的时空分配很不平衡。年均温 11.8 °C, 平均年较差可达 31.0 °C; 年平均降雨 565 mm, 大部分集中在 7 和 8 月, 由于地形的影响, 山区的降水和平原地区也有很大差异 (北京市计划委员会国土环保处, 1988)。

北京的开发历史悠久, 人类活动对自然植被的

破坏非常严重。作为中国的首都和国际化的大都市, 近年来快速的城市化过程、人口的迅速增长、郊县山区的开发等使得整个北京的景观发生着巨大的转变。至 2000 年左右, 北京市共辖 16 区 2 县, 拥有近 1 400 万人口 (中华人民共和国国家统计局, 2001)。

2 研究方法

2.1 数据的处理

本研究采用 1978、1984、1992、1996 和 2001 年等 5 个时段的美国陆地卫星 Landsat 系列遥感影像, 在 Erdas Imagine 8.5 和 ArcGIS 9.0 等地理信息系统软件支持下, 分析了北京市 1978 至 2001 年间的土地覆盖变化。采用的遥感影像数据见表 1。

表 1 本研究中所使用的遥感影像资料
Table 1 Remote sensing data used in this study

时段 Time	轨道号 Path code
1978-6-12	MSS132-32, MSS131-32
1984-10-2	TM123-32
1992-5-18	TM123-32
1996-5-29	TM123-32, TM124-32
2001-5-19	ETM123-32

为减少异物同谱现象, 根据研究区域植被的分布规律和人类活动的影响, 将影像按高程划分为不同的海拔段。北京山区的植被在垂直分布上存在明显的规律性: 800 ~ 1 000 m 是阴坡柞木 (*Betula*) 林、毛榛 (*Corylus mandshurica*) 灌丛分布的下界, 辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 林由低山阴坡开始转向中山阳坡的界限, 也是阳坡荆条 (*Vitex negundo* var. *heterophylla*) 灌丛和阴坡蚂蚱腿子 (*Myrica dioica*) 灌丛的上界; 500 ~ 600 m 是阴坡辽东栎林的下界, 也是槲树 (*Quercus dentata*) 林从阳坡开始转向阴坡的界限; 亚高山草甸和华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*) 林则分布在海拔 1 600 m 以上地区。此外, 平原地区的海拔基本低于 100 m (霍亚贞等, 1989; 陈灵芝等, 1990)。因此, 100、500、800、1 000 以及 1 600 m 是北京地区植被分布的重要高度界线。在解译影像时, 依据植被的这种分布规律, 利用 DEM 将影像划分为以下 6 个海拔段: 100 m 以下, 100 ~

500 m, 500 ~ 800 m, 800 ~ 1 000 m, 1 000 ~ 1 600 m 和 1 600 m 以上地区。在 Erdas Imagine 8.5 下对影像进行监督分类, 得到不同时段各海拔段的土地利用分类初步结果。根据实地调查、植被图(北京市农业区划委员会办公室, 1988)等资料对判读错误地区进行修正, 并进行重编码和滤波等分类后处理。参考我国土地利用分类标准(吴传钧和郭焕成, 1994), 结合影像光谱特征和地物分布特点, 本研究最终将整个区域被划分为以下 10 种土地覆盖类型: 针叶林、阔叶林、混交林、灌丛、灌草丛、亚高山草甸、农业用地、城镇用地、水体和裸地(无植被覆盖的泥滩、沙滩、休耕农田和废弃地)。本研究对于各种土地覆盖类型的定义与组成见表 2。为了更清晰地反映和比较主要土地覆盖类型的分布和变化, 本文在数据处理过程中, 将针叶林、阔叶林和混交林合并为林地进行分析。

对每一时段土地利用类型图随机选取 300 个检验点, 根据实地考察进行精度检验。对于野外调查资料中无法反映的检验点, 通过参考合成影像图、地形图以及植被现状图(北京市农业区划委员会办公室, 1988)等资料, 利用 Erdas Imagine 8.5 下 Accuracy

Assessment 模块进行精度评价, 最终总体分类精度达 76.3%。

本研究中使用的地形数据源于华北地区 1 : 250 000 地形图, 利用 ArcGIS 9.0 软件将得到的地形(高程、坡度、坡向)数据和遥感影像解译结果进行相关逻辑运算和面积统计, 得到各土地覆盖类型在不同地形条件下的分布数据。数据的具体处理流程见图 1。

2.2 分析方法

2.2.1 转移概率矩阵

在 Erdas Imagine 8.5 中, 通过对不同时期的土地覆盖图进行空间叠加运算, 求出各时期土地利用类型的转移矩阵(史培军等, 2000), 并据此结果分析引起土地利用变化过程的原因。为分析土地利用动态变化的强度, 在利用转移矩阵的基础上, 建立转移概率模型:

$$D_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ij}} \tag{1}$$

S_{ij} 为土地覆盖类型 i 转变为土地覆盖类型 j 的面积, D_{ij} 为土地覆盖类型 i 转变为土地覆盖类型 j 的迁移概率, n 为土地覆盖类型的数量。

表 2 本研究中所使用的 10 种土地覆盖类型的定义与组成(基于实地调查及植被图资料)

Table 2 Definitions and components of the ten land cover types used in the present study (Based on field investigation and vegetation map)

土地覆盖类型 Land cover types	定义和主要组成 Definition& main components
针叶林 Conifer forest	包括暖温性针叶林(油松林、侧柏林)和寒温性针叶林(华北落叶松林) It includes warm-temperate conifer forests, such as <i>Pinus tabulaeformis</i> and <i>Platycladus orientalis</i> , and cold-temperate conifer forests, such as <i>Larix principis-rupprechtii</i>
阔叶林 Broadleaf forest	包括栎林、河谷杂木林、椴树林、杨桦林和低海拔地区的人工经济林等 It includes oak forests, valley shaws, <i>Tilia</i> forests, <i>Populus</i> and <i>Betula</i> forests and plantations in low elevation area
混交林 Mixed forest	指针叶阔叶混交林。主要包括松栎混交林等 It indicates broadleaf and conifer mixed forest, most of which consists of <i>Pinus</i> and <i>Quercus</i>
灌丛 Shrub	各类森林在人类干扰下退化形成的次生植被类型, 组成复杂。北京地区的主要类型有: 荆条灌丛、绣线菊灌丛、平榛灌丛、山杏灌丛、二色胡枝子灌丛等 Secondary vegetation types with complex components, formed as human disturbance to primary forests. The main shrub types in Beijing include <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> , <i>Spiraea</i> , <i>Corylus heterophylla</i> , <i>Prunus ameniaca</i> var. <i>ansu</i> and <i>Lespedeza</i>
灌草丛 Grassland	原生植被遭严重破坏后形成的不稳定植被类型, 以旱中生草本植物为主, 散生着灌木的植物群落。主要组成成分为白羊草、黄草等 An unstable vegetation type as primary vegetation was destroyed, mostly consisted with xerophilous herbages such as <i>Bothriochloa ischaemum</i> and <i>Themeda japonica</i> , some shrubs distribute in it occasionally
亚高山草甸 Subalpine meadow	分布在海拔 1 800 m 以上的坡顶, 主要种类有苔草、黄花草、地榆、拳参、金莲花等 Distribute at top of slopes above 1 800 m, mostly includes <i>Carex</i> , <i>Hemerocallis minor</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Polygonum bistorta</i> and <i>Trollius chinensis</i>
农业用地 Farmland	包括平原地区大面积耕地、郊区果粮间作地等 Including large area cropland in plain area and intercrop land in suburb
城镇用地 Built-up	包括城市建成区、农村居民点和机场等大型建筑用地 Including built-up territory, rural residential area and large buildings such as airports
水体 Water body	包括水库、河流、湖泊和湿地 Including reservoirs, rivers, lakes and wetlands
裸地 Bare land	包括高反射率的无植被覆盖地和废弃建筑用地等 Including light reflectivity area such as no vegetation covered region and wasteland

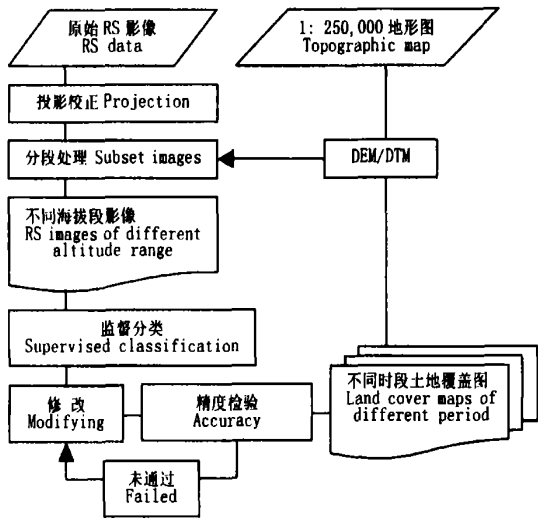


图 1 数据处理流程图
Fig. 1 Flow chart of data analysis

2.2.2 地形-面积频度分布

地形是导致景观格局差异的重要原因,在人类活动影响较大地区,地形特征通常成为控制土地利用空间分布的决定要素(Ispikoudis *et al.*, 1993)。为综合反映土地利用类型的出现频率,表达不同地形因子梯度(高程、坡度、坡向)上的土地覆盖类型分布特征,计算了不同地形因子梯度下各类土地覆盖类型的面积-频度分布 p :

$$p = \frac{A_{ie}}{A} \tag{2}$$

其中, e 代表高程、坡度、坡向地形因子的等级; A_{ie} 代表某地形因子 e 等级下 i 土地覆盖类型的面积, A 是整个研究区的面积。

由该公式分别得到高程、坡度和坡向 3 种地形因子下的面积-频度分布。

1) 高程-面积频度分布: 综合考虑不同海拔高度的植被分布规律及低海拔平原地区土地利用类型

的变化特点,将研究区域高程从低到高分为 6 个等级: 0~100 m, 100~500 m, 500~800 m, 800~1 000 m, 1 000~1 600 m 和 1 600 m 以上。

2) 坡度-面积频度分布: 综合考虑平原地区地物和山区植被分布特征,将研究区域坡度分为 9 个等级, 30° 以下每 5° 为一等级, 30° 至 50° 每 10° 一等级, 50° 以上为一等级, 从小至大依次为: 0~5°, 5°~10°, 10°~15°, 15°~20°, 20°~25°, 25°~30°, 30°~40°, 40°~50° 和 > 50°。

3) 坡向-面积频度分布: 以正北方为 0°, 按顺时针方向旋转来划分坡向, 加上平坦无坡向地区, 共 5 个等级: 0~45° 和 315°~360° 为北坡; 45°~135° 为东坡; 135°~225° 为南坡; 225°~315° 为西坡; 0 为平地。

3 结果与讨论

3.1 1978~2001 年土地覆盖类型的变化趋势

3.1.1 面积的变化

图 2 显示 5 个时段的土地覆盖和植被分布情况。土地覆盖的变化有如下特点: 1) 显著的城市化过程主要发生在海淀区、朝阳区、丰台区、通州区、顺义区和昌平区等。整个过程是从城市核心区向四周辐射, 强度随着距离核心区的增大而逐渐减弱。2) 林地集中在远郊海拔较高的山区: 怀柔区、密云县和延庆县和门头沟区, 相对稳定; 灌丛广泛分布于山区, 和林地共同构成了山区主要的景观类型; 灌草丛广泛分布于山前地带以及沟谷周边, 在天然植被和人类活动区域间形成了特殊的过渡带, 不同时段面积变化较大。3) 农业用地破碎化严重, 面积逐渐减小。

表 3 和图 3 中分别显示 5 个时段的土地覆盖类型面积和百分比。结果显示: 主要土地覆盖类型有林地、灌丛、农业用地、城镇用地和灌草丛等, 占总面

表 3 1978~2001 年北京地区的土地覆盖类型变化
Table 3 Land cover change in Beijing Area from 1978 to 2001

土地覆盖类型 Land cover types	1978	1984	1992	1996	2001	年平均改变速率 Transformation rate (hm ² ·a ⁻¹)
	面积 Area (hm ²)					
林地 Forest	283 117	328 771	389 395	369 518	403 680	5 023
灌丛 Shrub	445 336	479 746	422 590	434 210	353 817	-3 813
灌草丛 Grassland	173 607	70 088	80 926	86 676	132 938	-1 695
亚高山草甸 Subalpine meadow	280	481	453	425	538	11
农业用地 Farmland	635 433	564 999	509 021	449 898	381 271	-10 590
城镇用地 Builtup	42 116	136 483	147 100	199 549	264 229	9 255
水体 Water body	16 272	27 522	40 337	44 571	33 688	726
裸地 Bare-land	45 173	28 841	39 581	51 779	65 045	828

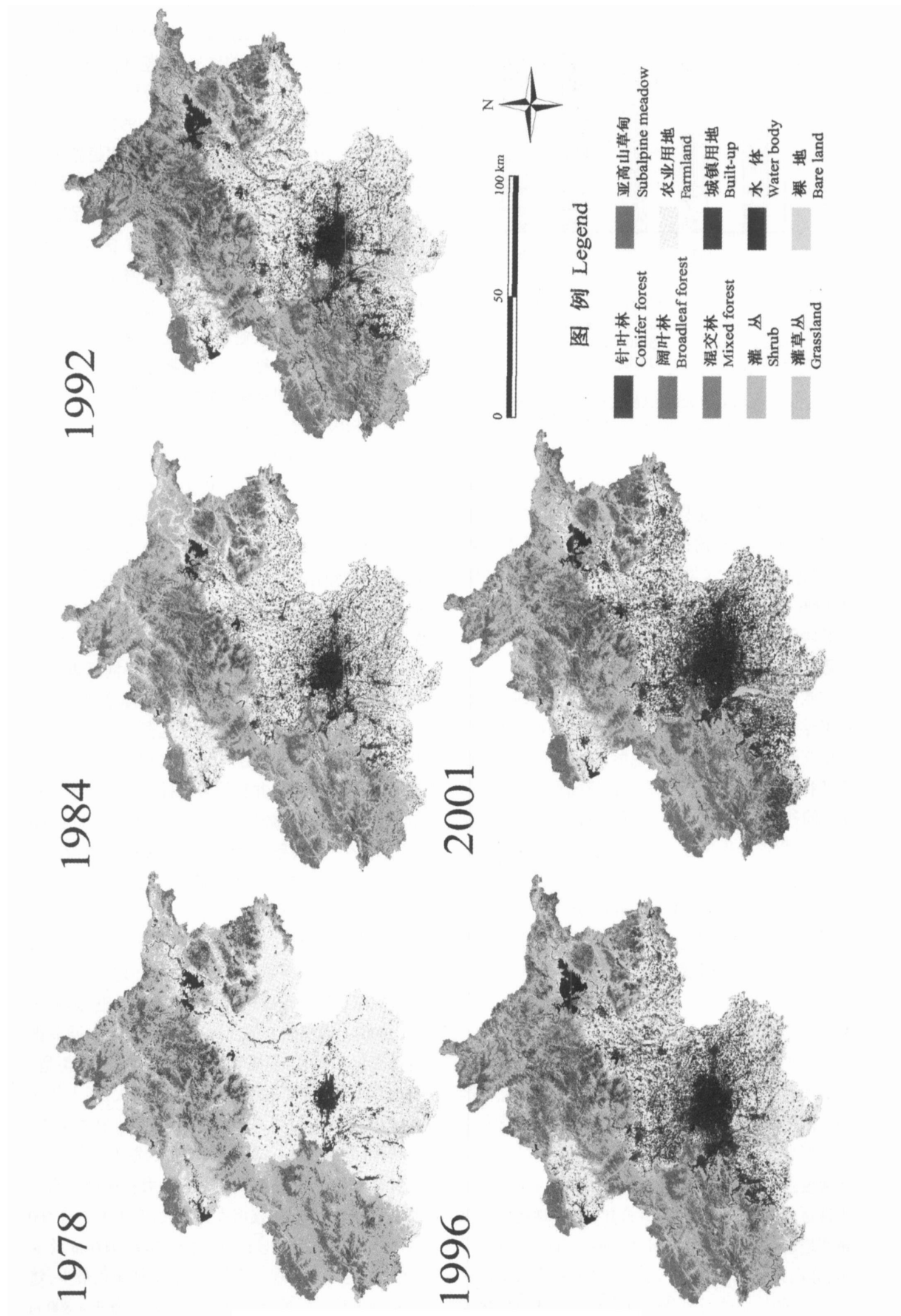


图 2 1978~2001 年北京地区基于遥感影像的土地覆盖类型的分布

Fig. 2 Distribution of land cover types in Beijing from 1978 to 2001, interpreted from RS images

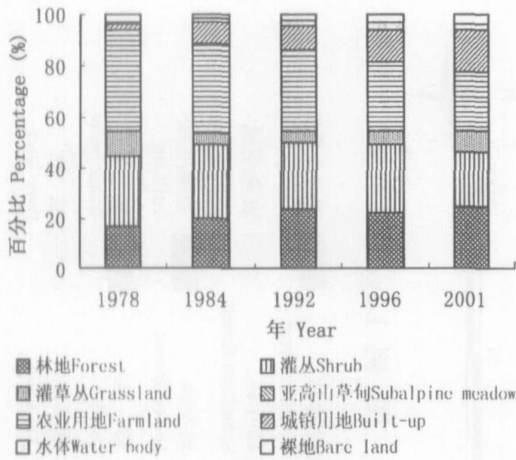


图 3 1978 ~ 2001 年北京地区的土地覆盖变化百分比
Fig.3 Land cover changes in Beijing Area from 1978 to 2001

积的 90% 以上。1978 ~ 2001 年间, 土地覆盖类型面积发生最突出的变化趋势是农业用地面积的逐渐缩减和城镇用地面积的持续扩大; 林地面积有较大增加, 覆盖率从 17.2% 增加至 24.7%。在 1984 ~ 1992 和 1996 ~ 2001 年间增加较显著, 在 1992 ~ 1996 之间略有回落; 灌丛面积不同时段波动较大, 总体呈减少趋势; 灌草丛面积波动较大。

城市化过程是引起北京平原地区土地利用和土地覆盖变化最主要的原因。对北京地区城市化过程的研究表明, 城市化过程是地形、交通等内在适应性因素和经济因素、政府行为、文化传统等外在驱动因素共同作用的结果(何春阳等, 2002); 在城乡过渡区, 城市投资和产业的转变与农村农业用地内部的结构调整相结合, 共同推动了土地利用/覆盖的变化(王静爱等, 2002)。而在人口相对稀少的山区, 近年来随着退耕还林等生态建设政策的实施, 生态退耕则是引起土地利用变化的主要原因(田光进等, 2003)。

3.1.2 土地覆盖类型之间的转化

表 4 显示 1978 ~ 2001 年间土地覆盖类型的转移概率。其中, 林地、灌丛、亚高山草甸、农业用地和城镇用地等土地覆盖类型各时段都有大部分面积被保留下来。灌草丛、水体和裸地等不稳定的植被或土地覆盖类型发生变化概率较高。1978 ~ 2001 年间土地覆盖变化的主要趋势有: 1) 农业用地持续向城镇用地转移, 在 1978 ~ 1984 和 1996 ~ 2001 年间最突出, 分别为 15.8% 和 20.1%, 反映了显著的城市化过程。同时, 城镇用地各时段也有一定比例向农业用地转移, 这一现象多发生在近郊城乡结合处散落

的农村居民点, 这可能是优化产业结构、粗放型生产模式向集约型模式转化的结果(顾朝林, 1999)。2) 除 1992 ~ 1996 年间, 灌丛向林地的转变均维持较高比例(1978 ~ 1984: 25.5%, 1984 ~ 1992: 18.5%, 1996 ~ 2001: 16.3%), 与林地面积的增加趋势基本吻合, 这可能是造林运动和退耕还林政策的结果(田光进等, 2003)。林地各时段都维持较高的保留率(基本 > 80%), 仅在 1978 ~ 1984 年间有 18.3% 的面积向灌丛转移, 此后比较稳定, 表明对林地的保护工作开展较好。3) 灌草丛很不稳定, 各时段变化都很显著, 主要向灌丛和农业用地转化。裸地面积变化也较大, 最主要的转移方向是农业用地, 其次是城镇用地, 表明休耕农田是裸地的主要组成部分。

3.2 地形因子对土地覆盖变化的影响

图 4a ~ c 反映不同地形因子梯度下的土地覆盖类型面积-频度分布规律。横坐标为各种地形因子梯度, 由于离差较大, 对纵坐标(面积的百分数)取对数。面积-频度曲线反映了不同地形因子梯度下土地覆盖类型的出现频率以及该土地覆盖类型在整个研究区中所占的比重。

3.2.1 高程对土地覆盖类型变化的影响

图 4a 显示 1978 ~ 2001 年各时段不同海拔带范围主要植被类型和土地覆盖类型的分布规律。从图中可以看出: 1) 不同时段各种土地覆盖类型的分布规律相差不大。海拔 100 m 以下区域农业用地和城镇用地占绝对优势, 并且随着海拔的增高分布迅速减少, 灌丛和林地逐渐占主导地位。海拔 100 ~ 800 m 之间, 各土地覆盖类型分布 p 值的离差相对较小, 说明该海拔范围的地形环境相对适合各种土地覆盖类型的分布。海拔 800 m 以上, 林地占明显优势。2) 灌丛在海拔 100 ~ 1 000 m 之间出现频率最高。该海拔范围正是荆条系列灌丛广泛分布地区, 荆条灌丛是北京山区分布最广泛的一种灌丛类型(陈灵芝等, 1990)。灌丛的 p 值曲线在 > 100 m 地区随海拔梯度变化不明显, 表明它是广泛分布的植被类型。林地在海拔 > 800 m 地区 p 值迅速增大, 高于其它土地覆盖类型, 说明 > 800 m 海拔段适宜林木生长。3) 不同类型林地在各海拔段分布规律差异较大。阔叶林是最主要的森林类型, 在各海拔段都占明显优势, 分布频率随海拔增大而增大, 在 1 000 ~ 1 600 m 海拔段优势最明显; 针叶林在 500 ~ 800 m 及 > 1 600 m 的范围出现频率较高; 混交林面积最少, 随海拔增加频率明显增大。在北京地区, 海拔 < 800 m 的低山地区以人工林为主, 主要有油松(*Pinus*

表 4 1978~2001 年北京地区年土地覆盖变化的转移概率(%)
Table 4 Percentage of land cover transformation in Beijing Area from 1978 to 2001 (%)

土地覆盖类型 Land cover types	林地 Forest	灌丛 Shrub	灌草丛 Grassland	亚高山草甸 Subalpine meadow	农业用地 Farmland	城镇用地 Built-up	水体 Water body	裸地 Bare land
1978				1984				
林地 Forest	78.3	18.3	1.0	0.0	1.0	0.5	0.1	0.7
灌丛 Shrub	25.5	61.7	6.1	0.1	4.2	0.9	0.3	1.3
灌草丛 Grassland	7.4	47.4	15.6	0.0	24.9	2.7	0.9	1.1
亚高山草甸 Subalpine meadow	5.8	17.4	0.0	66.2	0.0	0.0	0.0	10.6
农业用地 Farmland	3.4	3.8	1.5	0.0	70.8	15.8	2.4	2.4
城镇用地 Built-up	1.2	6.1	1.7	0.0	31.7	51.3	5.5	2.4
水体 Water body	3.1	9.7	6.3	0.0	26.7	8.5	41.6	4.0
裸地 Bare land	1.4	3.3	5.2	0.4	75.3	8.0	1.0	5.4
1984				1992				
林地 Forest	83.8	8.4	1.0	0.0	5.2	0.9	0.4	0.3
灌丛 Shrub	18.5	70.4	7.2	0.0	1.7	0.9	0.7	0.6
灌草丛 Grassland	7.2	37.8	36.1	0.0	11.8	2.4	2.5	2.1
亚高山草甸 Subalpine meadow	8.3	16.2	0.0	57.7	0.0	0.0	0.0	17.7
农业用地 Farmland	2.4	4.9	2.6	0.0	73.6	9.3	2.7	4.5
城镇用地 Built-up	3.2	1.7	1.4	0.0	31.4	56.6	3.0	2.8
水体 Water body	1.9	3.5	0.9	0.0	26.6	15.3	50.3	1.5
裸地 Bare land	13.0	10.2	5.7	0.0	34.2	13.5	2.4	21.1
1992				1996				
林地 Forest	81.8	12.7	1.7	0.0	1.8	1.3	0.2	0.5
灌丛 Shrub	8.3	80.4	7.6	0.0	2.2	0.5	0.2	0.8
灌草丛 Grassland	3.7	39.5	40.6	0.0	6.7	4.0	0.4	4.9
亚高山草甸 Subalpine Meadow	6.3	10.8	0.0	76.3	0.0	0.0	0.0	6.7
农业用地 Farmland	1.5	1.0	1.4	0.0	77.1	13.2	2.1	3.7
城镇用地 Built-up	1.0	1.4	3.7	0.0	13.1	75.0	2.6	3.3
水体 Water body	1.2	1.6	1.7	0.0	13.2	12.7	67.7	1.8
裸地 Bare land	1.1	5.0	4.0	0.1	27.3	15.6	2.1	44.8
1996				2001				
林地 Forest	82.8	10.9	2.2	0.0	2.1	1.4	0.2	0.5
灌丛 Shrub	16.3	66.6	14.1	0.0	1.7	0.3	0.1	1.0
灌草丛 Grassland	10.8	17.0	49.6	0.0	12.5	3.5	0.5	5.9
亚高山草甸 Subalpine Meadow	9.9	6.2	0.0	71.5	0.0	0.0	0.0	12.4
农业用地 Farmland	2.4	1.4	2.6	0.0	66.5	20.1	1.6	5.4
城镇用地 Built-up	1.8	0.6	1.1	0.0	15.5	71.9	2.2	6.8
水体 Water body	2.1	2.6	3.5	0.0	19.7	20.6	44.6	6.9
裸地 Bare land	4.7	2.9	10.6	0.8	31.5	23.1	1.3	25.0

tabulaformis) 林、侧柏 (*Platycladus orientalis*) 林和一些人工阔叶林, > 1 000 m 海拔段的阔叶林主要有栎 (*Quercus*) 林和杨 (*Populus*) 桦林, 针叶林有油松林, 海拔> 1 600 m 地区还分布着寒温性的华北落叶松林(陈灵芝等, 1990)。植被类型在不同海拔范围的分布规律也反映出该海拔段植被的具体组成。

表 5 列出了各时段主要的土地覆盖类型保留面积和主要转移类型面积占该海拔段总面积的百分比。从表中可以看出: 1) 海拔 100 m 以下占全部区域面积的 39.9%, 也是土地利用变化发生最多的区域。主要土地覆盖类型有农业用地和城镇用地。最

主要的土地覆盖类型变化过程是农业用地转变为城镇用地, 其中变化最显著的时段是 1978~1984 年与 1996~2001 年, 分别有 15.5%和 13.5%的面积从农田转为的城镇用地, 反映了显著的城市化过程。2) 海拔 100~500 m 占总面积的 26.9%, 灌丛和林地占绝大部分面积。这一海拔段最主要的土地覆盖变化方式有灌丛向林地、农业用地的转化和农业用地向灌丛的转化。其中, 灌丛向林地的转化最多的时段是 1984~1992 年和 1996~2001 年, 这也是林地面积增加最显著的时段, 可能与北京地区的造林和退耕还林政策有关。3) 500~1 000 m 海拔段占全部面积

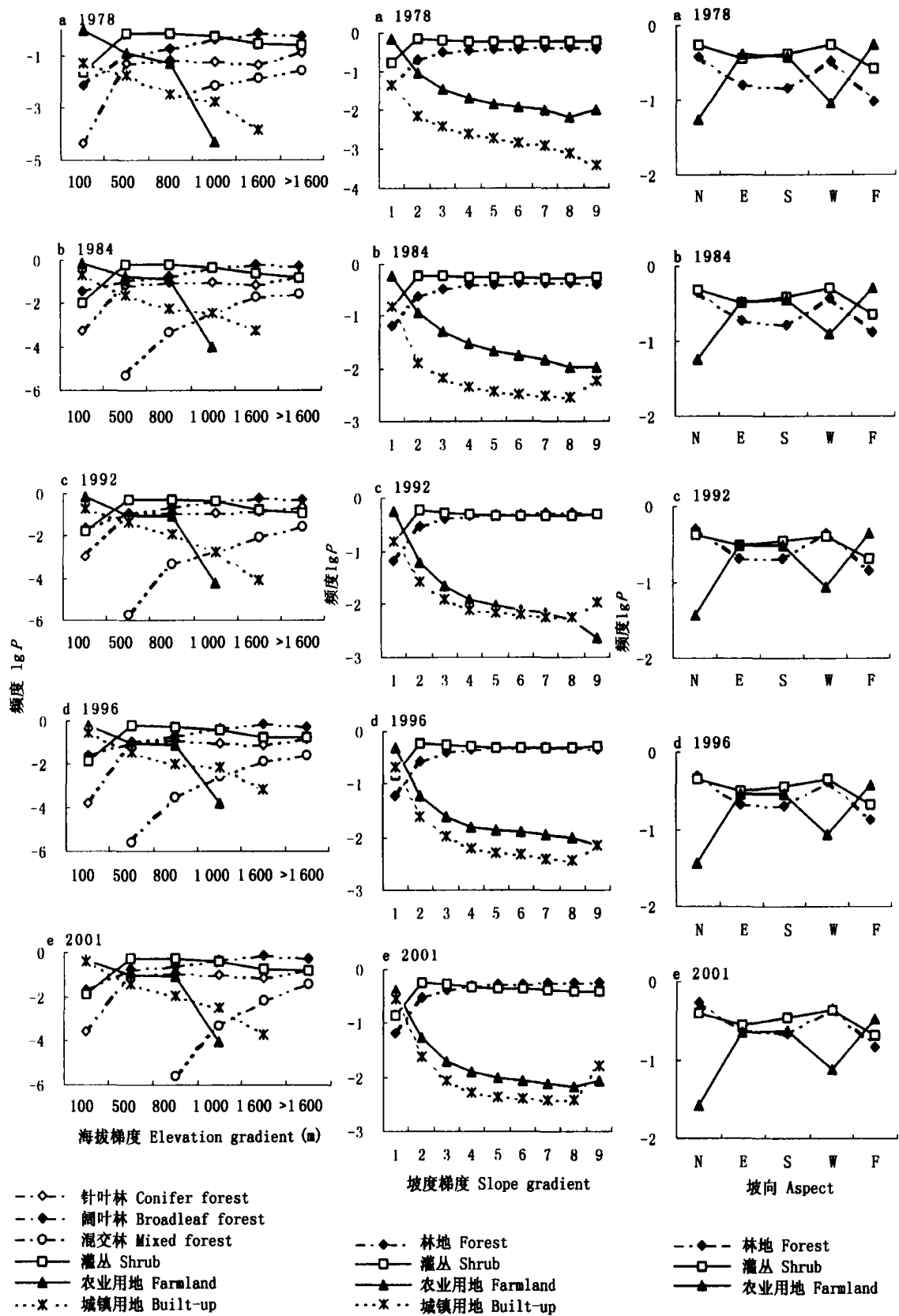


图 4 不同地形条件下土地覆盖类型的面积-频度分布

Fig. 4 The frequency-area distributions of land cover in different topographic conditions

N: 北 North E: 东 East S: 南 South W: 西 West F: 平地 Flat

1: 0~5° 2: 5°~10° 3: 10°~15° 4: 15°~20° 5: 20°~25° 6: 25°~30° 7: 30°~40° 8: 40°~50° 9: >50°

表 5 1978~2001 年北京地区不同高程土地覆盖类型的变化率
Table 5 Land cover transformation in different elevation ranges in Beijing Area from 1978 to 2001

海拔段 Altitude (m)	总面积 Total area(hm ²)	土地覆盖改变类型 Change types	变化率 Transformation percentage (%)			
			1978~1984	1984~1992	1992~1996	1996~2001
< 100	637 131	林地 Forest	0.3	0.4	1.0	0.5
		灌丛 Shrub	0.5	0.5	0.8	0.6
		农业用地 Farmland	65.0	57.1	53.5	40.4
		城镇用地 Built-up	3.2	11.2	15.3	20.5
		农业用地转城镇用地 Farmland to built-up	15.5	6.6	10.3	13.5
		城镇用地转农业用地 Built-up to farmland	1.5	6.5	2.6	4.3
100~500	440 168	林地 Forest	10.1	16.0	18.6	17.3
		灌丛 Shrub	47.0	46.8	50.6	46.5
		农业用地 Farmland	5.3	6.0	6.0	5.1
		城镇用地 Built-up	0.6	0.6	1.3	1.4
		灌丛转林地 Shrub to forest	7.4	7.7	1.9	8.3
		灌丛转农业用地 Shrub to farmland	8.7	2.2	2.4	2.6
500~1 000	463 940	农业用地转灌丛 Farmland to shrub	5.9	6.5	1.6	2.5
		林地 Forest	20.7	29.8	34.5	34.2
		灌丛 Shrub	45.0	42.8	42.6	40.4
		农业用地 Farmland	2.3	5.4	5.4	4.2
		灌丛转林地 Shrub to forest	13.3	10.5	5.2	8.2
> 1 000	96 136	林地 Forest	63.1	65.0	72.6	74.4
		灌丛 Shrub	10.8	12.5	10.9	11.8
		林地转灌丛 Forest to shrub	7.6	2.9	5.7	5.1
		灌丛转林地 Shrub to forest	11.6	11.1	5.8	5.4

的 28.3%，灌丛和林地是这一海拔段基本土地覆盖类型。各时段土地覆盖发生变化面积较少，主要是灌丛向林地的转化。在 1978~1992 年灌丛向林地的转化率较高，对这一时段林地面积的增加有重要影响。4) 大于 1 000 m 海拔段仅占总面积的 5.87%，林地占绝大部分面积。土地覆盖变化主要是林地和灌丛间的转化。各时段灌丛向林地的转化都高于林地向灌丛的转化，反映了在高海拔段对森林的保育开展得较好。

3.2.2 坡度对土地覆盖类型变化的影响

图 4b 显示了各时段林地、灌丛、农业用地和城镇用地 *p* 值曲线沿 9 个坡度等级的变化。在 1 级(0~5°)坡度范围内频率最大的土地覆盖类型为农业用地和城镇用地，灌丛和林地较少，随着坡度的增大，前两者两种类型迅速减少，灌丛、林地优势地位逐渐明显。图中各种土地覆盖类型随坡度变化的趋势为：1) 农业用地和城镇用地 *p* 值都随着坡度的增大而显著减少。2) 灌丛在 2、3 级(5°~15°)之间出现频率最大，其后随坡度的增大逐渐下降。3) 林地出现频率随坡度增大持续增大，在 5 级(25°)之后占有较明显的优势，与灌丛 *p* 值差距变大，表明林地

面积比例随着坡度的增加不断增大。这说明在坡度较陡的地方林地生长较好，这可能和陡坡地区人为干扰较少有关。

表 6 列出了 0~5°，5°~10°，10°~20°和> 20° 4 组坡度范围主要的土地覆盖类型保留面积、主要土地覆盖类型变化面积占该坡度级总面积的百分比。主要特点有：1) 坡度 0~5°的区域占整个北京地区 54.8%的面积，农业用地、城镇用地和灌丛是这一坡度条件下主要的土地覆盖类型。该区域内发生的土地覆盖变化方式较复杂，最显著的变化是农业用地向城镇用地的转变，特别是 1978~1984 年和 1996~2001 年间，转变面积最多。2) 坡度 5°~10°的区域占总面积 7%，主要土地覆盖类型为灌丛和林地。主要土地覆盖变化过程是林地和灌丛的相互转化和灌丛向农业用地的转变。除 1992~1996 年，灌丛向林地的转变面积都要大于林地向灌丛的转变，这种变化引起了林地面积的增加。3) 坡度 10°~20°的区域占总面积 20.2%，这一坡度范围内主要的土地覆盖类型是林地和灌丛，主要土地覆盖类型变化是两者之间的相互转化。从 1978~2001 年，该坡度等级下的林地面积明显增加，仅 1992~1996 年间有小幅

表 6 1978~2001 年北京地区不同坡度土地覆盖类型的变化率
Table 6 Land cover transformation along slope gradient in Beijing Area from 1978 to 2001

坡度 Slope	总面积 Total area (hm ²)	土地覆盖改变类型 Change types	变化率 Transformation percentage (%)			
			1978~1984	1984~1992	1992~1996	1996~2001
0~5°	897 107	林地 Forest	2.3	3.4	4.4	3.6
		灌丛 Shrub	10.4	10.6	11.9	11.0
		农业用地 Farmland	49.2	45.4	42.8	32.7
		城镇用地 Built-up	2.3	8.4	11.9	15.5
		其它 Others	9.8	10.2	12.2	14.8
		灌丛转林地 Shrub to forest	1.6	1.5	0.6	1.4
		农业用地转城镇用地 Farmland to built-up	11.1	5.5	7.4	10.0
		城镇用地转农业用地 Built-up to farmland	1.4	4.7	2.1	3.4
5°~10°	115 164	林地 Forest	14.7	20.4	24.2	22.9
		灌丛 Shrub	49.7	48.9	51.2	49.7
		农业用地 Farmland	3.4	3.6	3.8	2.6
		林地转灌丛 Forest to shrub	5.1	3.0	4.9	4.8
		灌丛转林地 Shrub to forest	9.6	8.5	4.0	7.2
		灌丛转农业用地 Shrub to farmland	7.1	1.9	1.6	1.7
10°~20°	330 572	林地 Forest	23.8	32.6	37.4	36.7
		灌丛 Shrub	46.5	44.8	45.1	43.1
		农业用地 Farmland	0.8	0.8	1.0	0.6
		林地转灌丛 Forest to shrub	9.0	3.3	5.2	5.1
		灌丛转林地 Shrub to forest	12.3	10.7	5.6	8.8
>20°	294 534	林地 Forest	28.9	37.9	43.3	42.5
		灌丛 Shrub	43.4	41.0	41.1	36.9
		农业用地 Farmland	0.2	0.3	0.5	0.3
		林地转灌丛 Forest to shrub	9.8	3.7	6.5	5.5
		灌丛转林地 Shrub to forest	12.9	11.8	4.4	10.6

度减小。4) 坡度> 20°的区域占总面积的 18%，主要土地覆盖类型是林地和灌丛，主要土地覆盖变化过程为灌丛向林地的转化，在 1992~1996 年间灌丛向林地的变化面积略低于后者向前者的转变。

3.2.3 坡向对土地覆盖类型变化的影响

坡向主要通过影响植物生长所需的光照、水分等条件来影响植被的分布，而对城镇用地等影响较小。图 4c 显示了不同时段林地、灌丛和农业用地 *p* 值随坡向的变化。图示表明：坡向对这 3 种土地覆盖类型的分布有着明显的影响。东坡、南坡和平地 *p* 值离差较小，适合各种土地覆盖类型的分布。林地在北坡和西坡出现频率相对较高，在南坡和平地分布较少。灌丛也在北坡和西坡分布频率较高，但各坡向上差异比林地要小。而农业用地则在平地 and 南坡、东坡分布占优势，其中在平地上出现频率最高。

表 7 中列出了 1978~2001 年间不同坡向主要的土地覆盖类型保留面积、主要土地覆盖类型变化面积占该坡向总面积的百分比。各坡向土地覆盖类

型分布及变化特点如下：1) 北坡仅占总面积的 6.6%，主要土地覆盖类型为林地和灌丛，林地面积持续增加，主要变化类型是灌丛和林地的相互转化，除 1992~1996 年，灌丛向林地的转化率都明显大于后者向前者转变。2) 东坡占总面积的 25.1%，主要土地覆盖类型为灌丛和农业用地，林地也占一定比例，土地变化比例不大。3) 南坡占总面积的 22.4%，主要土地覆盖类型为灌丛、农业用地和林地，其中林地面积的增加趋势较为明显。4) 西坡占总面积的 12.7%，主要土地覆盖类型为林地和灌丛，主要土地覆盖类型变化也是二者之间的变化。5) 平地占总面积的 33.2%，主要土地覆盖类型为灌丛和农业用地，其次为林地和城镇用地。该海拔段发生的土地覆盖类型的变化较复杂，最主要的土地覆盖变化类型是农业用地向城镇用地的转化，反映了显著的城市化过程。

4 结 论

土地覆盖变化是地形、气候、土壤等自然因素和

表 7 1978~2001 年北京地区不同坡向土地类型的变化率
Table 7 Land cover transformation in different aspects in Beijing Area from 1978 to 2001

坡向 Aspect	总面积 Total area (hm ²)	土地覆盖改变类型 Change types	变化率 Transformation percentage (%)			
			1978~1984	1984~1992	1992~1996	1996~2001
北坡 North	108 398	林地 Forest	29.0	38.9	43.8	43.5
		灌丛 Shrub	37.1	35.6	36.7	34.0
		农业用地 Farmland	2.3	2.5	2.4	1.5
		城镇用地 Built-up	0.1	0.3	0.3	0.2
		其它 Others	1.7	2.4	2.2	2.1
		林地转灌丛 Forest to shrub	8.8	3.9	6.4	4.9
		灌丛转林地 Shrub to forest	13.8	11.2	4.1	8.9
东坡 East	410 363	林地 Forest	11.2	15.2	17.1	17.2
		灌丛 Shrub	26.6	26.7	27.3	24.5
		农业用地 Farmland	28.6	25.6	25.2	18.3
		城镇用地 Built-up	0.9	3.4	1.3	1.5
		其它 Others	5.3	6.6	6.7	7.8
		林地转灌丛 Forest to shrub	4.0	2.1	2.9	2.6
		灌丛转林地 Shrub to forest	6.1	4.3	2.7	5.3
南坡 South	366 444	林地 Forest	9.8	13.7	16.5	15.5
		灌丛 Shrub	31.8	30.7	31.3	29.4
		农业用地 Farmland	27.5	25.6	25.7	19.5
		城镇用地 Built-up	1.2	2.4	0.9	1.7
		其它 Others	5.1	6.7	6.4	7.4
		林地转灌丛 Forest to shrub	4.4	1.7	3.3	3.4
		灌丛转林地 Shrub to forest	5.5	5.5	2.7	4.9
西坡 West	208 626	林地 Forest	23.9	32.5	38.1	36.1
		灌丛 Shrub	37.8	35.1	34.0	35.2
		农业用地 Farmland	6.0	6.8	6.3	5.1
		城镇用地 Built-up	0.1	0.3	0.3	0.5
		其它 Others	2.2	2.9	3.5	3.6
		林地转灌丛 Forest to shrub	9.5	2.7	6.4	5.3
		灌丛转林地 Shrub to forest	11.5	11.9	3.3	7.6
平地 Flat	543 546	林地 Forest	6.8	9.4	11.1	10.3
		灌丛 Shrub	16.1	15.8	17.3	16.3
		农业用地 Farmland	39.6	36.7	33.0	25.8
		城镇用地 Built-up	1.2	5.7	8.5	11.8
		其它 Others	8.9	9.5	12.2	14.6
		灌丛转林地 Shrub to forest	3.7	3.5	1.2	2.7
		灌丛转农业用地 Shrub to farmland	5.0	1.3	1.1	1.4
		农业用地转城镇用地 Farmland to built-up	8.4	4.7	6.8	7.1
		城镇用地转农业用地 Built-up to farmland	1.2	3.6	1.8	3.2

城市化、交通等社会经济因子共同作用的结果。地形是决定北京地区土地覆盖变化最主要的自然因素之一。但由于北京山区地形条件较复杂,土地覆盖变化相对平原地区较为简单,因而利用地形条件对北京地区土地利用/覆盖变化的研究并不多见。近年来,有研究利用多时段遥感影像及小比例尺地形图对土地利用研究与地貌类型的关系进行了探讨(田光进等, 2003),结果表明人类活动影响较大的平原是土地利用/覆盖变化最大的地区,而台地、丘陵和山地等地区受干扰相对较小,土地利用类型变化

也较小。但由于比例尺较小,地貌类型划分较粗,因此对土地利用类型的变化趋势分析较少。另外,也有对北京局部地区的土地利用类型变化与地形的关系进行分析的(孙丽等, 2004),但范围较小,时间范围也较短。本研究利用多时段遥感影像和中比例尺地形图对整个北京地区的土地覆盖变化进行了定量的研究,得到了如下主要结论:

1) 灌丛、林地、农业用地和城镇用地是北京地区主要的土地覆盖类型。1978~2001年间,林地面积在波动中持续增加,覆盖率从 17.2% 增加至

24.7%。土地覆盖面积最明显的变化是平原地区农业用地的缩减和城镇用地的增加。对主要土地覆盖类型转移概率的分析结果表明:主要土地覆盖类型都有大部分面积被保留,最主要的变化趋势是农业用地向城镇用地的转化和灌丛向林地的转变,反映了北京市迅速的城市化过程和植树造林运动。

2) 高程对土地覆盖类型分布有深刻影响。海拔 $<100\text{ m}$ 地区主要土地覆盖类型为农业用地和城镇用地,海拔 $>100\text{ m}$ 区域主要土地覆盖类型为灌丛和林地。灌丛在海拔 $100\sim1\,000\text{ m}$ 出现频率最高,而林地在海拔 $>800\text{ m}$ 区域优势较为明显。对不同海拔范围土地覆盖变化的分析显示: $<100\text{ m}$ 以下区域土地覆盖的变化主要是城市化过程。 $>100\text{ m}$ 区域土地覆盖主要是灌丛向林地的转变,这是林地面积增加的主要地区。植被类型沿海拔的分布规律也反映出不同海拔段植被的组成。

3) 坡度对土地覆盖类型的分布影响较大。城镇用地和农业用地基本分布在 $<5^\circ$ 的地区;灌丛在 $>5^\circ$ 地区都有分布;林地随坡度增大出现频率逐渐增大,在 $>25^\circ$ 地区占明显优势。对不同坡度级别土地覆盖变化分析显示: $0\sim5^\circ$ 是土地覆盖变化最大的地区,主要表现为城市化过程,在1978~1984年和1996~2001年间最为明显;而 $>5^\circ$ 地区土地覆盖变化主要是灌丛向林地的转化。

4) 坡向对于植被和农业用地分布影响较大。林地和灌丛在北坡和西坡分布较多,农业用地在东坡、南坡和平地分布较多。平地发生的土地覆盖变化最大,主要过程为农业用地向城镇用地转移。

参 考 文 献

Beijing Municipal Agricultural Regionalization Committee Office (北京市农业区划委员会办公室) (1988). *Beijing Agricultural Resources and Regionalization Atlas* (北京农业资源与区划图集). Surveying and Mapping Press, Beijing, 57—68. (in Chinese)

Chen LZ (陈灵芝), Bao XC (鲍显诚), Chen QL (陈清朗), Hu YH (胡肄慧), Kong FZ (孔繁志), Miao YG (缪有贵) (1990). Study on vegetation ecology in Tianjin and Beijing region. In: Institute of Botany and Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences (中国科学院植物研究所和动物研究所) eds. *Study on the Biology and Ecology in Tianjin and Beijing Region* (京津地区生物生态学研究), Marine Press, Beijing, 1—14. (in Chinese)

Chen LZ (陈灵芝), Bao XC (鲍显诚), Li CG (李才贵) (1963). Characteristics of vegetation and their relations with forestry and side-production in mountain areas in Huairou. Bei-

jing. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学丛刊), 3, 75—96. (in Chinese with English abstract)

Department of Biology, Beijing Normal University (北京师范大学生物系) (1958). *Vegetation of Shangfangshan and its Utilization* (上方山植被调查及其应用). Beijing Normal University Press, Beijing. (in Chinese)

Gu ZL (顾朝林) (1999). Study on phenomena and mechanism of land use/cover change in Beijing. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 14, 307—312. (in Chinese with English abstract)

He CY (何春阳), Shi PJ (史培军), Chen J (陈晋), Zhou YY (周宇宇) (2001). A study on land use/cover change in Beijing area. *Geographical Research* (地理研究), 20, 679—687. (in Chinese with English abstract)

He CY (何春阳), Shi PJ (史培军), Chen J (陈晋), Xu XL (徐小黎) (2002). Process and mechanism of urbanization in Beijing area. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 57, 363—371. (in Chinese with English abstract)

Huo YZ (霍亚贞), Yang ZM (杨作民), Meng DZ (孟德政) (1989). *Physical Geography in Beijing* (北京自然地理). The Publishing House of Beijing Normal College, Beijing. (in Chinese)

Imbemon J (1999). Pattern and development of land use changes in the Kenyan highlands since the 1950s. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 76, 67—73.

Ispikoudis I, Lyrintzis G, Kyriakakis S (1993). Impact of human activities on Mediterranean landscape in Western Crete. *Landscape and Urban Planning*, 24, 259—271.

Land Environmental Protection Department of Beijing Municipal Planning Committee (北京市计划委员会国土环保处) (1988). *Land and Resources of Beijing* (北京国土资源). Beijing Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)

Li JD (李继侗), Li B (李博), Yang C (杨澄) (1959). Vegetation of Beijing. *Journal of Peking University* (北京大学学报), 5, 397—406. (in Chinese with English abstract)

Li XB (李秀彬) (1996). A review of the international researches on land use/land cover change. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 51, 553—558. (in Chinese with English abstract)

National Bureau of Statistics of China (中华人民共和国国家统计局) (2001). *China Statistical Yearbook 2001* (中国统计年鉴2001). Statistics Press, Beijing.

Qi Y, Henderson M, Xu M, Chen J, Shi PJ, He CY, William SG (2004). Evolving core-periphery interactions in a rapidly expanding urban landscape: the case of Beijing. *Landscape Ecology*, 19, 375—388.

Ramankutty N, Foley JA (1999). Estimating historical changes in land cover: North American croplands from 1850 to 1992. *Global Ecology and Biogeography*, 8, 381—396.

Reid RS, Kruska RL, Muthui N, Taye A, Wotton S, Wilson CJ, Mulatu W (2000). Land-use and land-cover dynamics in re-

sponse to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwem Ethiopia. *Landscape Ecology*, 15, 339—355.

Shi PJ (史培军), Gong P (宫鹏), Li XB (李晓兵) (2000). *Methods and Practice of Land Use/Cover Change* (土地利用/覆盖变化研究的方法与实践). Science Press, Beijing. (in Chinese)

Sun L (孙丽), Chen HW (陈焕伟), Pan JW (潘家文) (2004). Analysis of the land use spatiotemporal variation based on DEM, Beijing Yanqing Country as an example. *Journal of Mountain Science* (山地学报), 22, 762—766. (in Chinese with English abstract)

Tian GJ (田光进), Zhang ZX (张增祥), Zhou QB (周全斌), Zhao XL (赵晓丽), Wang CY (王长有), Liu B (刘斌), Tan WB (谭文彬) (2003). Research on dynamic land-use pattem of Beijing by remote sensing and GIS. *Remote Sense Information* (遥感信息), 1, 7—10. (in Chinese with English abstract)

Tumer BL, Meyer WB (1991). Land use and land cover in global environmental change: considerations for study. *International Social Science Journal*, 130, 669—680.

Tumer BL, Moss RH, Skole D (1993). Relating land use and global land cover change: a proposal for an IGBP-IHDP core project. IGBP Report No. 24, Stockholm.

Tumer BL, Skole D, Sanderson S, Fisher G, Fresco L, Leemans R (1995). Land-use and land-cover change (LUCC): science/research plan. IGBP Report, No. 35, HDP Report, No. 7, Stockholm.

Wang JA (王静爱), He CY (何春阳), Dong YC (董艳春), Gao L (高玲), Xu W (徐伟) (2002). Analysis of land use/cover driving forces in the urban fringe of Beijing city. *Advance in Sciences* (地球科学进展), 17, 201—208. (in Chinese with English abstract)

Wu CJ (吴传钧), Guo HC (郭焕成) (1994). *Chinese Land Use* (中国土地利用). Science Press, Beijing.

责任编辑: 傅伯杰 责任编辑: 张丽赫