

文章编号: 1008-2786-(2007)3-274-06

地形因子对京西门头沟区土地利用覆盖变化的影响

冯朝阳^{1,2,3}, 于勇^{1,2,3}, 高吉喜^{1,3,*}, 韩永伟³

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039
3. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 以土地利用数据和数字高程模型 (DEM) 为基础, 运用 GIS 对空间数据和属性数据的管理和分析功能, 用高程、坡度、坡向 3 个地形因子分析了 1990 年与 2005 年北京门头沟区的土地覆盖现状以及土地利用动态变化度。结果表明, 地形因子对土地利用类型的分布规律有明显的影响, 研究区在最近的 15 a 农业用地减少, 城镇建设用地大幅度增加, 社会经济和政治因素对土地利用/覆盖动态变化的驱动作用显著。

关键词: 地形因子; 土地利用/覆盖; 动态变化; 数字高程模型

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化和可持续发展研究的热点领域, 国内外对这一课题进行了不同尺度与精度的研究^[1-4]。刘纪远等分析了中国 20 世纪 80 年代末到 90 年代末 10 a 的土地利用变化过程, 揭示该时期土地利用变化的时空规律, 并进行多方面的驱动因素分析^[3]。坡度和高程是土地资源固有的二个重要环境因子, 对土地利用和土地承载力有直接作用^[5]。特别是在山区, 高程和坡向首先决定了局地的温度和光照状况, 而坡度影响着局地的土壤保持和水源涵养能力, 进一步影响着人类利用土地的难易程度, 所以地形基本上决定了土地利用的方向和方式, 从而影响区域的经济与发展。在国内以往关于地形与土地利用/覆被变化的研究中, 多集中于水资源丰富、植被覆盖状况较好的长江流域^[5-9], 而水资源紧缺、水土流失问题严重、植被覆盖状况季相变化明显的华北山地研究并不多见^[10-11]。门头沟地区作为华北山地的典型地区和北京市的生态涵养区, 在几千年来人类活动的

影响下, 土地利用方式与格局发生过很大变化, 植被经受了破坏与恢复。建国后进行的一系列人工造林工程, 特别是正在进行的太行山绿化工程和京津风沙源治理工程等保护与恢复举措, 都将会持续对该区域产生影响。本文以门头沟区为研究区域, 分析其土地利用分布和动态变化对地形因子的响应, 以及对引起土地利用/覆盖分布及动态变化的社会经济和政治因素。

1 研究区概况

门头沟区位于北京城区正西偏南, $115^{\circ}25'00'' \sim 116^{\circ}10'07''E$ 和 $39^{\circ}48'34'' \sim 40^{\circ}10'37''N$ 之间, 面积 $1\,455\text{ km}^2$; 地处华北平原向蒙古高原过渡地带, 地势西北高, 东南低, 面积的 98.5% 为山地, 沟壑密度达 2.5 km/km^2 , 平原面积仅占 1.5%; 西部山地是北京西山的核心部分, 海拔 1 500 m 左右的山峰有 160 余座。由于山地切割严重, 形成大小沟谷 300

收稿日期 (Received date): 2006-12-20; 改回日期 (Accepted): 2007-02-21。

基金项目 (Foundation item): 本研究获得北京市科学技术委员会“门头沟区生态修复总体规划及技术方案研究与科技示范工程”项目 (D0605046040191) 的支持 [This work was supported by the project of “Study on the methodology, strategic planning and project demonstration of the ecological rehabilitation in Mentougou”]

作者简介 (Biography): 冯朝阳 (1979-), 男, 山东临沂人, 博士研究生, 主要从事森林生态系统和生态系统服务功能研究, 联系电话: 010-84934255; E-mail: fengchy@gmail.com [Feng Chaoyang (1979-), male, from Linyi Shandong, Ph. D. candidate, mainly engaged in forest ecosystem and ecosystem service function.]

* 通讯作者 (Author for correspondence) E-mail: gaojix@caes.org.cn

余条, 平缓的山地与陡峭的山坡交替出现, 地形呈锯齿状、阶段性上升。

研究区属中纬度大陆性季风气候, 处在东部湿润区和西部干旱区之间, 且西部山区与东部平原气候呈明显差异, 年平均气温东部平原 11. 7℃, 西部斋堂一带 10. 2℃; 降水量年际变化大, 多年平均降水 563. 4 mm。研究区海拔 73~ 2 303 m, 土壤属地带性褐土; 植被属暖温带落叶阔叶林类型, 无原始森林, 森林覆盖率在 40% ~ 60%, 植物种类丰富。研究区总人口 23. 6 万人, 其中农业人口 7. 1 万人, 非农业人口 16. 5 万人。门头沟区地处北京市西部发展带的中心区域, 是北京生态涵养发展区的重要组成部分, 门头沟区的生态环境建设有助于实现区域经济由“黑(煤炭)白(石灰石)”经济向“绿色”经济转变, 可以减少对下游京津地区的洪患威胁, 减少京津地区的粉尘来源。

2 研究方法与数据准备

本研究通过地理信息系统对空间数据的采集、处理、分析、输出功能对土地利用状况进行分析。利用遥感卫星提供的遥感图像来获取土地利用 / 覆盖状况, 通过 GIS 软件获得不同高程、坡度和坡向的土地利用类型分布情况。

2. 1 土地利用分类

解译 1990 年和 2005 年 2 a 同一季相 TM 遥感影像, 获取研究区 1: 10 万的土地利用图, 根据研究区内森林植被覆盖面积大、灌木林比例高的特点, 土地利用类型分为农田、林地、灌木林、疏林地、草地、水域、居民地和未利用地 8 类。各种土地利用类型及所占研究区的面积比例见表 1。

表 1 门头沟区域土地利用分类系统及面积比例
Table 1 The classification system of LUCC and proportion in Mentougou

分类	土地利用类型		面积比例 (%)		变化趋势
			1990	2005	
1	农田	Cropland	6. 22	5. 18	↓
2	林地	Forest	44. 58	44. 87	↑
3	灌木林	Shrub	25. 63	25. 64	↑
4	疏林地	Open forest	13. 84	13. 84	—
5	草地	Grassland	6. 82	6. 66	↓
6	水域	Water area	0. 66	0. 66	—
7	居民地	Residential area	2. 21	3. 11	↑
8	未利用地	Unused land	0. 04	0. 04	—

2. 2 地形数据分级

将由 1: 5 万地形图等高线数字化后制作分辨率为 15 m 的 GRID 生成坡度图和坡向图。基于 DEM 的高程、坡度和坡向分级, 应该建立在它们和土地利用关系基础之上^[9], 既体现出研究区的地形特征, 又符合经济规律和自然规律为依据。根据门头沟区的特点, 本研究中高程分为 6 级(表 2), 坡度分为平地、缓坡、斜坡、陡坡和险坡 5 级(表 3)。坡向原始记录以北为起点(即为 0°)顺时针旋转, 每 45°为一个区间划分等级, 共分为 5 个方向(表 4)^[12]。

表 2 门头沟区域高程分级体系
Table 2 Elevation levels of Mentougou area

高程级别	高程范围 (m)	面积比例 (%)
1	< 100	1. 52
2	100~ 500	25. 95
3	500~ 800	32. 69
4	800~ 1 000	16. 09
5	1 000~ 1 600	21. 77
6	> 1 600	1. 98

表 3 门头沟区域坡度分级体系
Table 3 Slope levels of Mentougou area

坡度级别	坡度范围 (°)	级别名称	面积比例 (%)
1	< 5	平坡	16. 91
2	5~ 15	缓坡	19. 84
3	15~ 25	斜坡	36. 76
4	25~ 35	陡坡	20. 64
5	> 35	险坡	5. 86

表 4 门头沟区域坡向分级
Table 4 Aspect levels of Mentougou area

坡向级别	坡向范围 (°)	级别名称	面积比例 (%)
1	— 1	无坡向	12. 87
2	南坡 (157. 5~ 202. 5) 西南坡 (202. 5~ 247. 5)	阳坡	20. 86
3	西坡 (247. 5~ 292. 5) 东南坡 (112. 5~ 157. 5)	半阳坡	22. 20
4	东坡 (67. 5~ 112. 5) 西北坡 (292. 5~ 337. 5)	半阴坡	21. 46
5	北坡 (337. 5~ 22. 5) 东北坡 (22. 5~ 67. 5)	阴坡	22. 61

2. 3 土地利用动态度模型

土地利用 / 覆盖类型动态变化度是指某一区域某种土地利用 / 覆盖类型在一定时段的变化强

度^[2],可用如下公式表示

$$K_{ab} = \frac{(U_b - U_a)}{T \times U_a} \times 100\%$$

式中 K_{ab} 为研究区 a 时期到 b 时期内某一土地利用类型的动态度; U_a 和 U_b 分别为某一时段初期和末期某一土地利用类型的数量; T 为某一时期的时段长。土地利用 /覆盖类型动态变化度能很好地反映某一区域某种土地利用类型在一定时段的变化程度和变化趋势。根据公式可计算各种土地利用 /覆

盖类型在不同坡度和坡向的动态变化度。

3 结果与分析

3.1 土地利用 /覆被状况对地形因子的响应

3.1.1 高程分级土地利用分析

以高程分级和土地利用数据为基础,通过地理信息系统的统计分析功能,得到研究区不同高程级别内各土地利用类型面积分布比例(表 5)。

表 5 基于高程的土地利用分布比例 (%)
Table 5 Land use proportion of different elevation levels (%)

高程 级别	农田		林地		灌木林		疏林地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	0.958	0.505	0.049	0.022	0.006	—	0.010	0.010
2	2.803	2.348	5.229	5.407	8.079	8.072	4.347	4.347
3	1.749	1.620	12.675	12.794	11.377	11.400	4.872	4.872
4	0.617	0.609	8.438	8.446	4.012	4.012	2.369	2.369
5	0.095	0.095	16.728	16.733	2.156	2.151	2.118	2.118
6	—	—	1.464	1.465	0.004	0.004	0.120	0.120

高程 级别	草地		水域		居民地		未利用地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	0.053	0.053	0.042	0.032	0.399	0.889	—	0.006
2	3.316	3.187	0.599	0.614	1.572	1.970	0.004	0.004
3	1.788	1.758	0.017	0.017	0.217	0.234	—	—
4	0.632	0.632	—	—	0.022	0.022	—	—
5	0.639	0.639	—	—	—	—	0.032	0.032
6	0.395	0.394	—	—	—	—	—	—

林地是研究区分布最为广泛的土地利用类型, 占总面积的 44.867%, 主要分布在海拔 500~ 1 600 m 之间; 灌木林面积仅次于林地, 为总面积的 25.639%, 主要在海拔 100~ 800 m 间; 疏林地的海拔分布较为分散, 100~ 1 600 m 间的分布较为均匀; 草地的主要分布海拔是 100~ 800 m, 在 800 m 以上的各高程级别中都有分布, 且较均一; 水域完全分布在 800 m 以下, 这与研究区内各个小流域可以产生地表径流的最高海拔相一致; 农田和居民地绝大多数分布在海拔 800 m 以下, 分别占各自面积的 86.4%和 99.3%, 800 m 以下受人类生产活动的干扰强烈。

3.1.2 坡度分级土地利用分析

以坡度分级和土地利用数据为基础,通过地理信息系统的统计分析功能,得到研究区不同坡度级别内各土地利用类型面积分布比例(表 6)。

92.237%的农田分布在坡度 < 25°的地带, > 25°的耕地大多是已经放弃耕作的农田。林地、灌木林和疏林地依然在研究区的各坡度级别中分布最为广泛,其分布频率的最高坡度范围出现在 15~ 25°间,此坡度级别内三类林地占研究区总面积的 33.040%。水域的分布收水体自身特征的影响,多分布在坡度 < 5°的地区。草地、水域和未利用地在各个坡度级别内所占的面积比例波动较小,以未利用地最为明显。农田、居民地的 72.279%和 90.029%分布在坡度 < 15°的范围之内,说明坡度低的区域易于受到人类活动的影响和干扰。

3.1.3 坡向分级土地利用分析

以坡向分级和土地利用数据为基础,通过地理信息系统的统计分析功能,得到研究区不同坡向级别内各土地利用类型面积分布比例(表 7)。

表 6 基于坡度的土地利用分布比例 (%)

Table 6 Land use proportion of different slope levels (%)

坡度 级别	农田		林地		灌木林		疏林地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	2.475	3.174	4.603	4.547	3.684	3.673	2.263	2.263
2	1.103	1.324	7.136	6.995	5.673	5.671	3.384	3.384
3	1.154	1.242	17.727	17.651	10.324	10.322	5.067	5.067
4	0.397	0.414	11.783	11.769	4.824	4.825	2.515	2.515
5	0.047	0.069	3.612	3.616	1.145	1.147	0.608	0.608
坡度 级别	草地		水域		居民地		未利用地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	1.203	1.230	0.425	0.432	2.249	1.583	0.006	0.006
2	1.881	1.955	0.105	0.093	0.545	0.406	0.013	0.013
3	2.183	2.236	0.070	0.070	0.218	0.156	0.015	0.015
4	1.020	1.026	0.042	0.042	0.054	0.043	0.004	0.004
5	0.374	0.374	0.021	0.021	0.049	0.021	-	-

表 7 基于坡向的土地利用分布比例 (%)

Table 7 Land use proportion of different aspect levels (%)

坡向 级别	农田		林地		灌木林		疏林地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	2.753	2.169	3.353	3.402	2.652	2.658	1.659	1.659
2	0.960	0.798	7.229	7.329	7.179	7.199	3.456	3.456
3	0.941	0.796	9.020	9.109	6.473	6.505	3.446	3.446
4	0.846	0.765	11.124	11.161	5.048	5.020	2.806	2.806
5	0.723	0.650	13.851	13.860	4.286	4.267	2.470	2.470
坡向 级别	草地		水域		居民地		未利用地	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
1	0.900	0.883	0.364	0.356	1.189	1.744	0.003	0.003
2	1.742	1.711	0.069	0.072	0.215	0.284	0.011	0.011
3	1.864	1.796	0.073	0.075	0.368	0.459	0.009	0.009
4	1.306	1.279	0.075	0.082	0.249	0.341	0.007	0.007
5	1.009	0.991	0.076	0.078	0.189	0.287	0.006	0.006

林地、灌木林和疏林地在研究区的各个坡向级别中分布最为广泛, 但林地分布频率最高的是在阴坡, 灌木林和疏林地分布频率最高的是在阳坡, 这与立地条件特别是水分条件有关。草地分布频率最高的是在阳坡, 这也是与水分条件有关的。农田在无坡向的平地上分布最为集中, 约占农田总面积的 41.89%, 其余的农田在阳坡、半阴坡和半阴坡分布比例较为均一, 只是在阴坡的比例略少。居民地的分布特征与农田类似, 在无坡向的平地上分布最为集中, 约占居民地总面积的 51.99%。水体由于重力的作用由高海拔地段流向低海拔地段, 其特征是

沿沟谷运动, 山区的沟谷往往是坡度较缓、无坡向的地带, 所以水域总面积的 53.69% 分布在无坡向的地区, 而在其余的坡向条件下分布较为平均。未利用地在各个坡向级别内所占的面积比例波动最小, 无明显差异。

3.2 地形因子对土地利用 覆盖变化的影响

以土地利用动态度为衡量指标, 通过对 1990 年和 2005 年研究区各土地利用类型面积的统计分析, 计算出各土地利用类型的总体土地利用动态度 (表 8)。结果表明, 居民地的面积是各类型中增长幅度最大的, 达到 4.10%; 与此同时, 农田则是减少幅度

最大的,为-1.68;林地、灌木林都表现出增长的趋势,其土地利用动态度分别为0.064和0.005,疏林

地和未利用地在15a时段的变化较小,其土地利用动态度均为0。

表 8 各土地利用类型 15 a动态变化度
Table 8 Dynamic change degree of different land use

农田	林地	灌木林	疏林地	草地	水域	居民地	未利用地
-1.681	0.064	0.005	0.000	-0.236	0.078	4.101	0.000

依据3类地形因子在土地利用/覆盖变化所产生的影响程度不同,选择变化最剧烈的方面进行分析说明。从高程分级的角度看,在海拔<100m的地区各类型土地利用变化最大,在其他高程级别的变化都比较微弱。农田、林地和灌木林的动态变化度分别达到了-4.73、-5.53和-10.00,呈现明显减少的趋势,居民地的动态变化度为12.30,是增加幅度最大的类型;农田、林地和灌木林3种类型减少的面积与居民地增加的面积大体相当,该部分土地主要转化为居民建设用地。从坡度分级的角度看,呈现出与高程分级类似的特征,各类型土地利用以转化为居民建设用地为主。

图1中坡向分异的各土地利用类型15a间动态变化度显示,居民地显著增加,在各个坡向级别上都在3~5间;林地和灌木林地有所增加,但幅度都在0.05~0.1间;农田和草地都显示出减少的趋势,尤其以农田最为突出,在无坡向地段即平原地段的农田减幅最大;其他类型的变化不明显,多在0值附近波动。

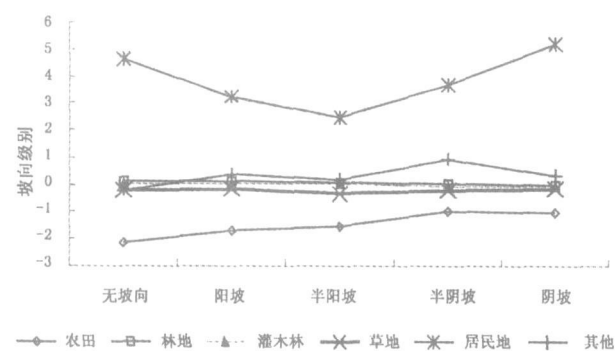


图 1 坡向分异的各土地利用类型 15 a动态变化度

Fig 1 Dynamic change degree of different land use with aspect levels

4 结论与讨论

对门头沟区进行基于地形因子的土地利用分

析,其中林地和灌木林地占到门头沟区总面积的70.5%以上,说明本区域自然本底状况较好,受人类活动影响少;受强烈人类干扰地段多集中在海拔较低、坡度平缓和无坡向的平地区域。由于门头沟区西高东低的地势,且区内人口多集中在东部,造成区域自然环境受到的人为胁迫强度并不均衡。比较研究区近15a各地形因子的土地利用变化情况,门头沟区的居民建设用地面积急剧增加,农田面积萎缩,林地和灌木林地的面积有所增加,植被覆盖情况总体上呈现恢复趋势。

门头沟区的这一变化与社会经济状况密切相关,该区建设特色林牧区、调整农业产业结构和建设生态旅游区以及加强对小煤矿、非煤矿山和砂石场治理的政策指引下,对自然资源实施保护、合理利用程度大大提高。门头沟区是北京西部生态屏障,作为北京市生态环境建设的重要组成部分具有十分重要的作用和意义。通过对门头沟区土地利用和覆盖变化对地形因子的响应分析,说明该区域植被覆盖状况良好,具有良好的恢复趋势,植被保护与恢复工作的进一步开展^[10],将为改善首都经济圈生态环境状况和区域整体协调发展发挥更大的作用。

参考文献 (References)

[1] Donna L Erickson. Rural land use and land cover change implications for local planning in the river Raisin watershed [J]. *Land Use Policy*, 1995, 12 (3): 223~236

[2] Liu Jiyuan. Buheaoier. Study on spatial-temporal feature of modern land-use change in China Using remote sensing techniques [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(3): 229~239 [刘纪远, 布和敖斯尔. 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[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229~239]

[3] Liu Jiyuan, Zhang Zengxiang, Zhuang Dafang 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]

[4] Liu JY, Liu Mingliang, Zhuang Dafang et al. Study on spatial pat-

- tem of land use change in China during 1995~ 2000 [J]. *Science in China*, 2003, 46(4): 373~ 384
- [5] Zhou Wancun. Impact of land nature slope and sea level elevation on the economic development in the Three Gorges area [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2001, 10(1): 15~ 21 [周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响 [J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 15~ 21]
- [6] Zhou Aixia, Ma Zehong, Zhou Wancun. Influences of slope and aspect on distribution and change of land use and cover in Daminghe river watershed [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(2): 126~ 129 [周爱霞, 马泽忠, 周万村. 大宁河流域坡度与坡向对土地利用覆盖变化的影响 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 126~ 129]
- [7] Luo Yunyun, Li Ruixue, Qu Min. Impact of land slope and elevation on the land use and economy development in mountain watershed, Chongqing [J]. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(2): 254~ 258 [罗云云, 李瑞雪, 屈明. 重庆石碗溪小流域坡度和高程对土地利用及经济发展的影响 [J]. 山地学报, 2004, 22(2): 254~ 258]
- [8] Ma Zehong, Zhou Aixia, Jiang Xiaobai, et al. Influences of altitude and slope on dynamical changes and status quo of land use/cover in Wushan county [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 107~ 109 [马泽忠, 周爱霞, 江晓波, 等. 高程与坡度对巫山县土地利用覆盖动态变化的影响 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 107~ 109]
- [9] Liu Ruimin, Yang Zhifeng, Shen Zhenyao, et al. Study on land use/cover change in upper reach of Yangtze river basin based on the DEM data [J]. *Progress in Geography*, 2006, 25(1): 102~ 108 [刘瑞民, 杨志峰, 沈珍瑶, 等. 基于 DEM 的长江上游土地利用分析 [J]. 地理科学进展, 2006, 25(1): 102~ 108]
- [10] Li Xiaoqin, Sun Danfeng, Zhang Fengrong. Pattern analysis to vegetation coverage mapping in mountain areas of Beijing—a case study of Mentougou district [J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2003, 55: 23~ 28 [李晓琴, 孙丹峰, 张凤荣. 北京山区植被覆盖率遥感制图与景观格局分析——以门头沟区为例 [J]. 国土资源遥感, 2003, 55: 272~ 280]
- [11] Li Xiaoqin, Sun Danfeng, Zhang Fengrong. Landscape pattern analysis on change in the fraction of green vegetation based on remotely sensed data in Beijing mountainous area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 272~ 280 [李晓琴, 孙丹峰, 张凤荣. 基于遥感的北京山区植被覆盖景观格局动态分析 [J]. 山地学报, 2003, 21(3): 272~ 280]
- [12] Kong Fanhua, Li Xuzhen, Yin Haiwei, et al. Gradient analysis on the influence of terrain on the forest landscape pattern in the burned blanks of the north slope of Mt. Daxingding [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1863~ 1870 [孔繁花, 李秀珍, 尹海伟, 等. 地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析 [J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1863~ 1870]

Influences of Topographic on Distribution and Change of Land Use and Cover in Mentougou District Beijing

FENG Chaoyang^{1 2 3}, YU Yong^{1 2 3}, GAO Jikui^{1 3}, HAN Yongwei³

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 610041, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China;

3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing, 100012, China)

Abstract This paper analyzed the land cover and land use dynamic change from 1990 to 2005 in Mentougou district Beijing city use the data management and analysis function of GIS software based on the digital elevation model (DEM) and land use data. Take elevation, slope and aspect as topographical factors to analyze the relationship between topographic and land cover. The result indicated that landform factors influence land cover and its distribution obviously, cropland reduced and constructive land increased greatly during the recent 15 years in study area. the dynamic changes of land use caused by social economy and policies remarkably.

Key words topographic factor; land use and cover; dynamic change; digital elevation model