

伏牛山北坡森林景观变化的地形梯度特征分析

梁国付, 韩 艳, 丕彦

(1 河南大学资源与环境研究所, 河南 开封 475001; 2 河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475001)

摘要: 运用景观生态学基本原理, 借助地理信息系统技术, 利用地形位指数, 分析伏牛山北坡森林景观动态变化的地形梯度特征。结果显示: 森林景观动态变化与地形梯度有密切关系, 1986和 2003年, 森林景观在地形梯度上的优势分布区间 ($P_{ij} > 1$) 分别为 9~30和 10~30, 即在中高地形梯度上, 且有向高地形位略为移动的趋势。森林景观类型保持不变部分、森林景观转化为非森林景观类型部分和非森林景观转化为森林景观类型部分所对应的在地形梯度上的优势分布区间 ($P_{ij} > 1$) 分别为 10~30、5~12和 4~10、18~24。分析森林景观动态变化与地形位指数的相互关系, 表明森林景观动态变化与地形位指数有显著相关关系。

关 键 词: 森林景观; 地形梯度; 地形位指数; 伏牛山

中图分类号: X718.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2010)02-0242-06

模拟和分析森林景观变化过程与各种自然因素和社会因素之间的关系是森林景观变化研究的重要方面^[1~7]。地形因素是影响森林景观变化的重要因素之一^[8~10], 通过分析森林景观变化与地形位指数之间的相互关系, 可以了解森林景观变化的地形梯度特征及未来空间扩展过程。目前在分析地形梯度与森林景观变化关系方面, 更多的是将地形因子高程和坡度作为单个因子, 研究地形梯度变化对森林景观变化的影响, 将高程和坡度综合在一起研究地形梯度变化对森林景观变化的影响研究相对较少^[11]。伏牛山是秦岭东西方向的余脉, 是河南省乃至华北地区面积最大的森林生态系统, 还是长江、黄河、淮河三大水系一些支流的发源地, 为重要的水源涵养林区。近些年来, 该区域的森林景观发生了较大的变化, 不同学者对区域森林植物群落类型、植物区系、物种多样性、植物功能群等进行较多研究^[12~17]。而对森林景观动态变化与地形梯度相互关系研究的还比较少。本研究利用地理信息系统技术, 分析 20世纪 80年代以来, 伏牛山北坡森林景观动态变化, 将高程和坡度综合在一起, 借用地形位指数, 分析研究区森林景观动态变化地形梯度特征, 为探讨未来森林景观变化的方向提供依据和确保流域生态安全提供依据。

1 研究区域概况

伏牛山位于河南省西部, 是秦岭东西方向的余脉, 北坡属暖温带, 南坡属北亚热带, 具有明显的过渡特点, 地理位置特殊, 生态环境条件复杂多样, 属于暖温带落叶阔叶林向北亚热带常绿落叶混交林的过渡区。自 20世纪 50年代以来, 随着区域人口的增加和大规模的农业开发和利用, 森林景观发生了重大变化, 生态功能也相应地发生了改变。80年代以前, 森林砍伐严重; 80年代以后, 随着国家林业政策的实施, 特别是八五和九五期间, 森林采伐限额和封山育林政策的实施, 森林景观受到的破坏程度减小。

本文以伏牛山北坡所涉及主要县域栾川县和嵩县为研究区域, 处于伊河上游, 地理坐标在 33°33′~34°20′N, 111°11′~112°22′E 间 (图 1), 总面积 5 166 km², 海拔高度 245~2 200 m。年降水量 600~900 mm, 集中于夏季, 年均气温 12~14℃。土壤以褐土、棕壤、潮土为主。伊河和洛河汇流后为伊洛河, 伊洛河是黄河小浪底大坝以下最大的一级支流, 对黄河下游的洪淤有重要的影响^[11]。该区地貌类型齐全, 河谷地以农业为主, 丘陵地区多为农林间作, 低山区以经济林和人工林为主, 山地植被采用林场管理方式, 基本上体现伏牛山北坡的特征。

收稿日期: 2009-08-24 修订日期: 2009-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40601105)、河南省教育厅自然科学基金 (2009B170002) 资助。

作者简介: 梁国付 (1973-), 男, 河南林州人, 博士研究生, 主要研究方向为景观生态学。E-mail: lianguofu@126.com

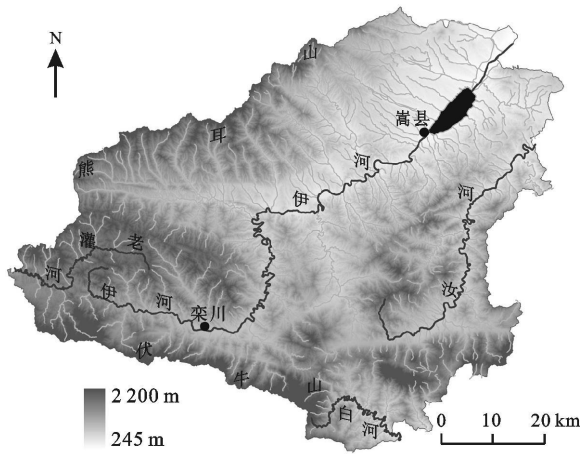


图 1 研究区域高程分布图

Fig. 1 The DEM of the study area

2 研究方法

2.1 数据源和数据处理平台

本研究数据源: ① 研究区域 1975 年 1:5 万地形图; ② 1986 年和 2003 年研究区土地利用图 (1:10 万); ③ GPS 野外调查获取的研究区森林植被变化状况材料; ④ 自然地理基础数据。数据处理平台包括 Arc/view 3.2、Erdas/8.5、Arc/GIS 9.2 和 Spss 10.0。

2.2 森林景观动态制图

将 1986 年和 2003 土地利用图扫描数字化后, 在 Arc/GIS 9.2 环境下进行地理参考和植被类型矢量化, 并根据森林资源图上的信息以及野外调查资料, 制成 1986 年和 2003 年森林景观类型分布图。

2.3 地形梯度制图

地形梯度因素包括数字高程模型图和坡度图, 在 Arc/GIS 9.2 下, 对研究区 1975 年的地形图 (1:50 000) 等高线、高程点进行数字化, 在空间分析模块中, 制成研究区数字高程模型图 (DEM); 从 DEM 图中提取研究区坡度图。

2.4 地形梯度分析方法

在 Arc/GIS 9.2 软件中, 分别对数字高程模型图、坡度图栅格数据进行标准差标准化, 使得数据消除量纲的影响和统一在相对均匀的范围之内, 其方法如下:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

式中, Z 为标准化变化后的数据, 其均值为 0 方差为 1, 且与指标量纲无关; x_i 为原始数据, 为原始数

据平均值, σ 为原始数据标准差。

本研究采用地形位指数来分析森林景观变化与地形梯度间相互关系。地形位指数 T 计算:

$$T = \sum_{i=1}^k 0.5 \times Z_i$$

其中, T 为象元的地形位指数, Z_i 为象元第 i 个因子标准差标准化后数据, k 为考虑的地形因子数目为 2 (高程和坡度)。高程越高, 坡度越大的点, 其地形位指数越大; 反之则越小; 高程较高但坡度较小或高程较低但坡度较大的点, 其地形位指数居中^[18-19]。在 Arc/GIS 9.2 软件中, 针对地形位指数栅格图进行重分类 30 类, T 从 1~30 的变化即为地形梯度从小到大的变化。

为了消除地形梯度分段和景观面积差异的影响, 可以使用地形位分布指数来描述不同景观类型在地形梯度上的分布特征^[18-19]。分布指数为:

$$P_{ie} = (S_{ie}/S_i)/(S_e/S)$$

其中, P_{ie} 为第 i 种景观类型在地形位 e 上的分布指数, S_{ie} 为第 i 种景观类型在地形位 T (1~30) 上的面积, S_i 为研究区内第 i 种景观类型的面积, S_e 为研究区内地形位 T (1~30) 的总面积, S 为整个研究区的总面积。分布指数是一个标准化、无量纲的指数, 其取值范围为 $[0, S]$ 。若 $P_{ie} > 1$, 表示地形位 T 是该景观分布的优势地形位, P_{ie} 越大, 优势越明显。反之若 $P_{ie} < 1$, 表示地形位 T 是该景观类型分布的非优势地形位。

3 结果与分析

3.1 森林景观在地形梯度上分布特征

1986 年, 森林景观类型总面积为 381 867.52 hm^2 , 森林景观在地形梯度上的优势分布区间为 9~30 ($P_{ie} > 1$), 在优势分布区间内, 森林景观类型面积为 329 712.78 hm^2 , 占 1986 研究区森林总面积的 86.34% (图 2)。在非优势分布区间 1~8 内, 森林景观类型面积为 52 154.75 hm^2 , 占 1986 研究区森林总面积的 13.66%。

2003 年, 森林景观类型总面积为 384 712.19 hm^2 , 森林景观在地形梯度上的优势分布区间为 10~30 ($P_{ie} > 1$), 在优势分布区间内, 森林景观类型面积为 308 120.96 hm^2 , 占 2003 研究区森林总面积的 80.09% (图 2)。在非优势分布区间 1~9 内, 森林景观类型面积为 76 591.23 hm^2 , 占 2003 研究区森林总面积的 19.91%。

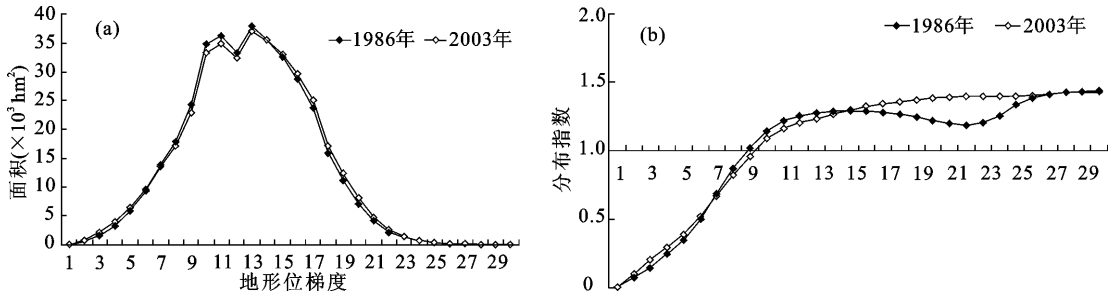


图 2 1986年和 2003年森林景观面积 (a)和地形位分布指数 (b)
Fig 2 Forest landscape area (a) and terrain niche zone in 1986 and 2003 (b)

1986年和 2003年, 森林景观在地形梯度上的分布主要在中高位地形梯度上。1986~ 2003 年, 森林景观在地形梯度上的优势分布区间由低区间向高区间移动 1个单位, 表明森林景观在地形梯度上的优势分布区间有由低区间向高区间略为移动的趋势, 在较高地形位上, 森林的恢复有成效明显。此外, 随着时间推移, 森林在较高形位上的分布也趋向于稳定, 表明这个期间较高地形位上受到人类活动的影响有减小的趋势, 而在中低地形位上受到人类活动的影响较大。

3 2 森林景观动态变化在地形梯度上的分布特征

1) 森林景观类型保持不变部分。1986~ 2003 年, 森林景观类型保持不变部分在地形梯度上的优势分布区间 ($P_{ie} > 1$) 为 10~ 30, 在此区间内, 森林景观类型保持不变部分的面积为 276 914 67 hm^2 , 占 1986~ 2003年森林景观类型保持不变部分面积的 83.76%; 在地形梯度的非优势分布区间 1~ 9 ($P_{ie} < 1$)内, 森林景观类型保持不变部分的面积为 53 707.43 hm^2 , 占 1986~ 2003年森林景观类型保持不变部分面积的 16.24% (图 3)。

这表明森林景观类型保持不变部分主要分布在中高地形梯度上, 高程较高、坡度较大, 峡谷纵横, 交通不便, 是人类活动影响较小的区域。该区落叶阔叶林的分布占绝对优势, 土地利用格局较单一, 以林为主, 兼有牧业和较原始的种植业, 森林景观保持的较为完好。在中高地形位梯度上, 也是进行生态环境保护的主要功能区域, 该区域森林生态系统的稳定与否直接关系到流域生态安全问题。在区域景观规划中, 以水源涵养和水土保持为主, 适当发展用材林, 以维护流域的生态功能。

2) 森林景观类型转化为非森林景观类型。1986~ 2003年, 森林景观类型转化为非森林景观类型部分在地形梯度上的优势分布区间为 5~ 12 ($P_{ie} > 1$), 在这个区间内, 森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积则为 34 650 84 hm^2 , 占 1986~ 2003年森林景观类型转化为非森林景观类型部分面积的 67.63%。在非优势地形梯度分布区间 1~ 4和 13~ 28 ($P_{ie} < 1$)内, 森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积为 16 585.39 hm^2 , 占 1986~ 2003年森林景观类型转化为非森林

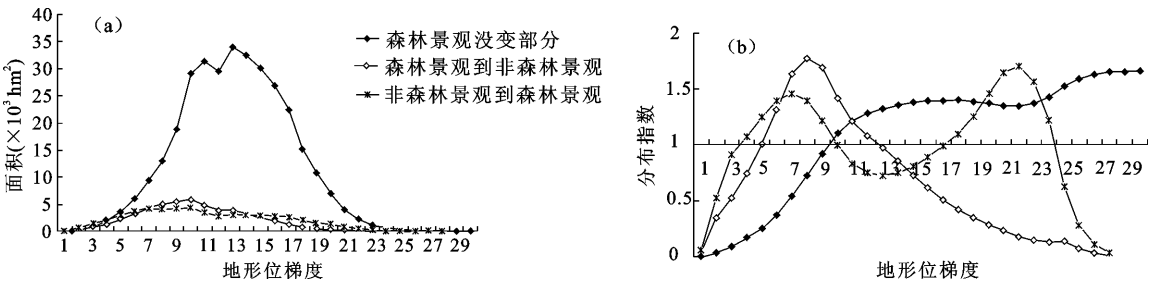


图 3 1986~ 2003年森林景观变化 (a)和地形位分布指数 (b)
Fig 3 Forest landscape change (a) and terrain niche zone from 1986 to 2003 (b)

景观类型部分面积的 32.37%。
1986~ 2003 年, 森林景观类型转化为非森林

景观类型主要分布在低地形梯度上。高程低、坡度低的地区是人类活动影响较大的区域。这一地区

地势低缓, 岗丘和洼地相间分布, 沿河两岸为冲积小平原, 土壤肥力不均, 交通便利, 耕地面积大, 人口较多, 坡耕地占优势, 由于对森林的破坏和林分改造, 森林面积减少, 是森林景观转化为非森林景观的主要区域。景观生态规划应采取陡坡退耕还林, 因地制宜, 坚持林草间作, 林牧结合, 全面发展, 努力提高植被覆盖率, 恢复原有的自然植被景观。

3) 非森林景观类型转化为森林景观类型。1986~ 2003 年, 非森林景观类型转化为森林景观类型部分在地形梯度上的优势分布区间 ($P_{ie} > 1$) 为 4~ 10 和 18~ 24 在此区间内, 非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积为 31 481. 01 hm^2 , 占 1986~ 2003 年非森林景观类型转化为森林景观类型部分面积的 58. 23%。在非优势地形梯度分布区间 1~ 3、11~ 17 和 25~ 28 ($P_{ie} < 1$) 内, 非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积为 22 578. 29 hm^2 , 占 1986~ 2003 年非森林景观类型转化为森林景观类型部分面积的 41. 77%。

非森林景观转化为森林景观类型分布区域主要在低地形梯度区间和中高地形梯度区间内, 在低地形梯度区间, 该区山势平坦, 气候温和, 雨量充沛, 自然条件优越, 交通较便利, 耕地人口适中, 发展林业潜力大。加强现有林保护和管理, 加快荒山绿化速度, 大力发展经济林是该区景观生态规划主要方向。在中高地形梯度区间内, 主要是森林植被的恢复。

3.3 森林景观动态变化相关分析

为进一步分析森林景观动态变化与地形梯度变化相关关系, 在地形梯度区域内, 以对应的森林景观类型保持不变部分的面积、森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积和非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积为因变量, 以相应的地形梯度值为自变量进行相关分析。结果表明: 1986~ 2003 年, 森林景观动态变化与地形梯度值有显著相关关系, 基本上保持负相关关系, 随着地形梯度值升高, 森林景观动态变化减弱, 森林景观动态稳定性增强。在优势地形梯度分布区间内, 森林景观保持不变部分和非森林景观类型转化为森林景观类型与地形梯度值变化有显著相关关系, 相关系数分别为 - 0. 929 8 和 - 0. 843 1 ($p < 0. 01$)。在整个地形梯度内, 只有森林景观类型转化为非森林景观类型和非森林景观类型转化为森林景观类型与地形梯度值有显著相关关系, 相关系数分别为

- 0. 493 9 和 - 0. 546 3 ($p < 0. 01$)。森林景观类型转化为非森林景观类型在优势地形梯度区间内呈正相关关系。这主要是因为, 森林景观类型转化为非森林景观类型分布的优势地形梯度区间范围窄 (5~ 12), 地形梯度值越小, 地形分布越平缓, 距离森林边缘和居民点越近, 这些地区往往是在居民点附近, 而这也常常是人们注重保护的树林部分, 故随着地形梯度值的增大, 森林景观类型转化为非森林景观类型的面积也增大, 呈正相关关系。在整个地形梯度区间内, 森林景观类型转化为非森林景观类型的面积还是随着地形梯度的增加而减小, 且呈负相关关系。

表 1 森林景观变化相关分析			
Table 1 Correlation analysis of forest landscape change			
	森林保持 不变	森林到 非森林	非森林 到森林
相关系数 (整个地形 梯度区间内)	- 0. 2435	- 0. 4939*	- 0. 5463**
相关系数 (优势地形 梯度区间内)	- 0. 9298**	0. 5857	- 0. 8431**

注: ** 表示在 0. 01 水平上具有极显著相关性。

4 结论与讨论

森林景观随地形梯度的变化反映了所处的地形条件, 本文分析了高程、坡度综合因素对森林景观变化的影响。得出的结论如下:

- 1) 1986 年和 2003 年, 研究区森林景观在地形梯度上的分布优势区间 ($P_{ie} > 1$) 分别为 9~ 30 和 10~ 30 的中高地形梯度上, 且有向高地形位略为移动的趋势。林地在生态保护和生态建设工程支持下, 在高地形位得到了明显的恢复。
 - 2) 森林景观类型保持不变部分所对应的在地形位梯度上的分布优势区间 ($P_{ie} > 1$) 为 10~ 30 稳定且变化小。该分布区高程较高和坡度较大, 自然环境不适合于人类耕种, 森林景观保持的较为完好。森林景观类型转化为非森林景观类型在地形位梯度上的分布优势区间 ($P_{ie} > 1$) 为 5~ 12 与林分改造关系密切。非森林景观类型转化为森林景观类型在地形位梯度上的分布优势区间 ($P_{ie} > 1$) 为 4~ 10 和 18~ 24。在低地形梯度区间和中高地形梯度区间内分布广泛。
- 森林景观随地形梯度的变化在一定程度上反映了所处的地理环境条件, 也可以反映出今后森

林景观类型在空间上扩展情况。森林景观动态变化与多种因素有相关关系,并且往往是多种因素综合作用的结果,寻找引起景观变化的各种因素,对理解景观动态变化过程有重要意义。但驱动力是一个复杂的、相互依赖的、相互作用和具有反馈作用机制的复杂系统,各种驱动因素往往是交织在一起的^[4]。森林景观动态变化与自然环境因素(气候、地形、土壤特征、自然干扰等)和人文社会因素(人口、技术、政治、经济体制、政策等)密切相关,此外,与居民对各种保护工程的态度等也有很大关系^[20],论文只分析了高程和坡度对森林景观变化的影响,下一步还需要深入分析其它各种因素对森林景观变化的影响,以及各种自然环境因素和人文社会因素的综合影响,开展影响景观变化的自然环境因素和人文社会因素的整合研究也显得十分必要。景观动态变化驱动力分析也没有固定的分析方案,研究方法上,定性分析居多。其次是采用统计方法,通过分析景观变化与所确定影响因子数值之间的统计关系来确定主导驱动因子。采用栅格化的空间分析方法和统计方法相结合,有利于深入分析高程和坡度对森林景观变化影响。

参考文献:

[1] Kennedy R S H, Spies T A. Forest cover changes in the Oregon coast range from 1939 to 1993[J]. Forest Ecology and Management 2004 **200**(1- 3): 129- 147

[2] Wakeel A, Rao K S M akhuri R K, et al Forest management and land- use/cover changes in a typical micro watershed in the mid elevation zone of Central H imalaya, India[J]. Forest Ecology and Management 2005, **213**(1- 3): 229- 242

[3] Geist H, Lambin E F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation[J]. Bioscience, 2002, **52**(2): 143- 150

[4] Bürgi M, Hoesperger A M, Schneeberger N. Driving forces of landscape change current and new directions[J]. Landscape Ecology, 2004 **19**(8): 857- 868.

[5] Fridolin K, Hemut H, Niels B et al Land-use change and socioeconomic metabolism in Austria—Part I: driving forces of land-use change 1950- 1995[J]. Land Use Policy 2003 **20**(1): 1- 20.

[6] 刘传胜,张万昌,雍 斌.基于两种新型景观指数的张掖绿洲植被格局动态研究[J].地理科学, 2008, **28**(1): 59~ 65

[7] 阎传海,徐科峰.徐连过渡带低山丘陵森林植被次生演替模式与生态恢复重建策略[J].地理科学, 2005 **25**(1): 94~ 101.

[8] 何思源,刘鸿雁,任 洁.内蒙古高原东南部森林草原交错带的地形气候植被格局和植被恢复对策[J].地理科学, 2008, **28**(2): 253~ 258

[9] 段晓峰,许学工.基于 GIS 的北京山区优势林分生态位分析[J].地理科学, 2008, **28**(5): 667~ 671

[10] 张 婷,汤国安,王 春,等.黄土丘陵沟壑区地形定量因子的关联性分析[J].地理科学, 2005, **25**(4): 467~ 472

[11] 丁圣彦,梁国付.地理环境因素对伊洛河流域森林景观的影响[J].地理研究, 2007, **26**(5): 906~ 914

[12] 丁圣彦,卢训令.伏牛山和鸡公山自然保护区植物区系比较[J].地理研究, 2006, **25**(1): 62~ 70

[13] 史作民,程瑞梅,刘世荣,等.宝天曼植物群落物种多样性研究[J].林业科学, 2002, **38**(6): 17~ 23

[14] 史作民,刘世荣,程瑞梅,等.河南宝天曼植物群落数量分类与排序[J].林业科学, 2000, **36**(6): 20~ 27

[15] 张乃群.宝天曼自然保护区植物区系初步研究[J].木本植物研究, 1999, **19**(1): 10~ 16

[16] 胡 楠,范玉龙,丁圣彦,等.伏牛山自然保护区森林生态系统乔木植物功能型分类[J].植物生态学报, 2008 **32**(5): 1104~ 1115

[17] 范玉龙,胡 楠,丁圣彦,等.伏牛山自然保护区森林生态系统草本植物功能群的分类[J].生态学报, 2008 **28**(7): 3092~ 3101.

[18] 喻 红,曾 辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学, 2001, **21**(1): 64~ 69

[19] 陈利顶,杨 爽,冯晓明.土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展——以北京市海淀区和延庆县为例[J].地理研究, 2008 **27**(6): 1225~ 1234.

[20] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学, 2003, **23**(3): 264~ 270

Forest Landscape Dynamics in North of
Funiu Mountain along Terrain Gradient

LIANG Guo-fu, HAN Yan, DING Sheng-yan

(1. Institute of Natural Resources and Environmental Science Research, Henan University, Kaifeng, Henan 475001;
2. College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng, Henan 475001)

Abstract The paper investigated the forest landscape dynamics in the north of the Funiu Mountain, where considerable attention has been drawn in issues of slowing down the agricultural expansion into the remaining natural forests. Based on the theory of landscape ecology, the terrain gradient of forest landscape dynamics were examined by using geographic information system. The results showed that terrain niche index was valuable in describing the forest landscape dynamics in the north of the Funiu Mountain. In 1986 and 2003, the predominant ranges of forest landscape change on terrain niche index were 9-30 and 10-30 respectively and there was a slight trend of up slide. From 1986 to 2003, the three predominant ranges of forest landscape change on terrain niche index in the areas of the forest landscape unchanged, the forest landscape converted to non-forest landscape, and the non-forest landscape converted to forest landscape were 10-30, 5-12 and 4-10, 18-24 respectively. In addition, by using spatial analysis in Arc/GIS 9.2 and Spss 10.0, the correlation of forest landscape change and the terrain gradient were analyzed. It indicated that there were notable correlations between them, especially in predominant ranges of terrain gradient.

Key words forest landscape; terrain gradient; terrain niche index; Funiu Mountain