

# 三峡库区腹地土地功能演变及其驱动机制分析

李睿康<sup>1</sup> 黄勇<sup>2</sup> 李阳兵<sup>1\*</sup> 刘李琼<sup>1</sup> 冉彩虹<sup>1</sup> 祖琳琳<sup>1</sup>

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 401331;

2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

**【摘要】:**土地利用功能在一定程度上反映了土地利用方式和强度的变化。以三峡库区腹地奉节县和巫山县为研究区域,以1986、2000、2007和2015年多时相遥感影像资料为数据源,通过空间自相关和冷热点分析等研究方法,分析土地利用功能的时空演变规律,并探索其与海拔、坡度和岩性等自然因子,以及人口、道路等社会经济条件的耦合驱动机制,揭示土地利用功能的理论现实意义。研究发现:(1)就土地利用功能数量而言,生活用地增加,生产功能减少,生态用地总体趋于稳定;就土地利用功能面积变化格局而言,三生功能均向稳定性方向发展。(2)就其集散程度而言,生产功能由大集聚向小集聚转变且集聚面积减少;生活功能集聚性持续增强,且集聚面积扩大;生态功能由集聚向分散变化,且空间范围增加。(3)就土地利用功能的驱动机制而言,包括高程、坡度和岩性在内的自然因子影响其空间分布状况,人口及道路分布影响三生功能的数量变化。

**【关键词】:**库区腹地;土地利用功能;演变;影响因素

**【中图分类号】:**P209 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2018)03-0594-11

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201803015

土地功能受土地利用及其他因素的影响,与LUCC存在一定的差异性<sup>[1]</sup>。一般而言,土地利用侧重于经营投入,是过程和方式的表示;土地功能侧重于满足需求,是目标与效果的展示<sup>[2]</sup>。有关土地利用的研究多是在土地利用结构变化的基础上,探析土地利用空间格局的变化<sup>[3,4]</sup>,而有关土地功能的内容多是在土地系统的基础上将土地利用功能分为“生产—生活—生态”三生功能<sup>[5,6]</sup>。目前,国内外有关研究多侧重于土地利用功能的分类与评价,如于莉等在对三生功能进行划分的基础上,着重探讨了昌黎县各乡镇土地功能空间分布格局差异性<sup>[7]</sup>;易湘生等在对陕北榆阳沙区土地利用进行功能分类的基础上,探讨其现有的土地利用模式状况<sup>[8]</sup>。而有关土地利用功能演变及其驱动机制的相关性研究较少。

目前有关三峡库区土地利用的研究多侧重于土地利用系统评价<sup>[9]</sup>、土地利用变化格局<sup>[10]</sup>、生态风险评价<sup>[11]</sup>、未来情景模拟<sup>[12]</sup>和生态系统服务价值功能<sup>[13]</sup>等方面,并未在土地利用变化的基础上对土地利用功能进行研究。而有关三峡库区腹地的研究多是侧重于土地利用方式、景观格局的优化、土地利用和土壤侵蚀演变的相关性,并未基于土地利用类型探讨库区腹地土地利用功能变化及其聚散程度。为此,论文选取三峡库区腹地奉节县和巫山县作为研究区,通过空间分析法对2个县土地利用功能分布及演变进行研究,揭示三峡库区土地利用功能演变驱动机制,最终为土地利用资源优化配置提供理论依据。

## 1 研究区概况

考虑三峡库区腹地自然环境和经济发展格局的差异性和文化生活的一致性,论文在县域行政区划基础上选取奉节、巫山(简

称“奉巫地区”)作为研究区(图 1)。

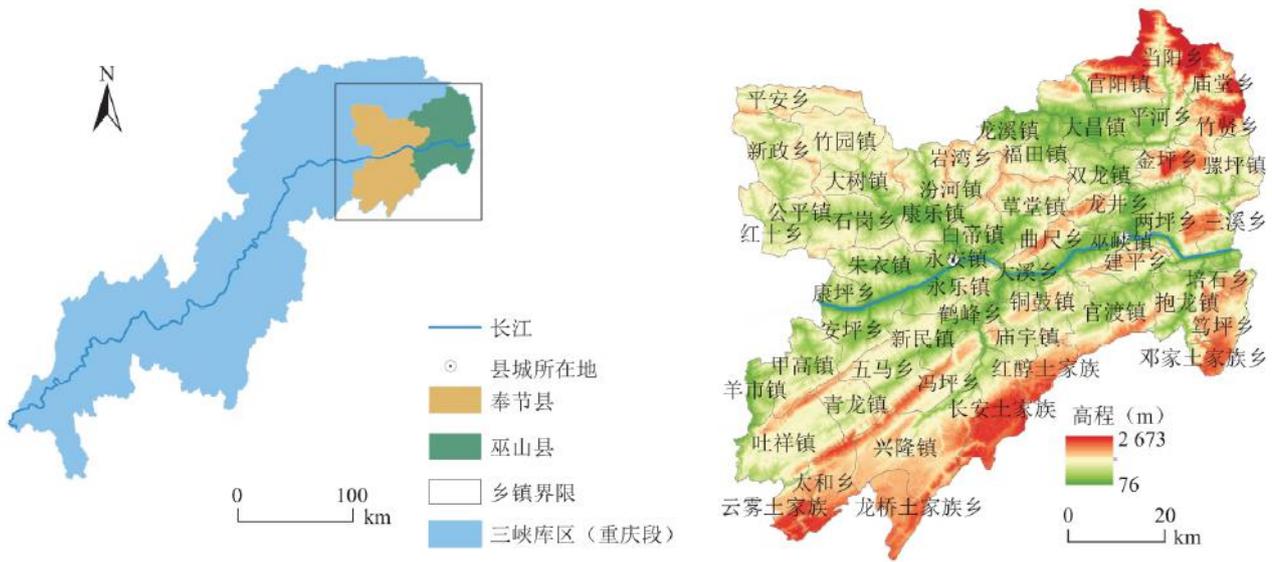


图 1 研究区位置及高程

Fig. 1 Location and elevation of the study area

奉巫地区位于重庆市渝东北生态涵养发展区,所辖面积达 7045km<sup>2</sup>,包括夔门、永安等 4 街道和竹园、公平、草堂、曲尺等 29 镇、24 乡。地势总体为东北、东南高,中西部低,地貌以中低山为主,石灰岩、泥岩和砂岩分布较广。截止 2015 年,奉巫两县常住人口分别为 75.33 万和 46.23 万<sup>[14]</sup>。经济发展水平总体低于重庆市平均水平,人均 GDP 低于渝东北生态涵养区,其中奉节县经济发展水平优于巫山县。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 空间数据获取

论文所选数据包括矢量数据、遥感影像数据及实地调研资料。其中乡镇边界是由 2014 年年末行政区划界线矢量而成;遥感影像资料以 1986、2000、2007、2015 年 4 期 30m 空间分辨率 TM 影像为数据源,借助 ENVI5.0 软件对遥感影像几何校正和拼接的基础上,选取 5、4、3 波段进行假彩色融合。在此基础上,根据地物光谱特征,通过人机交互解译矢量化得到研究区的土地利用数据。土地利用类型包括耕地(水田和旱地)、有林地、灌木林、草地、园地(果园、茶园、桑园等)、水域、城镇和居民点用地(县城和乡镇街道、乡村聚落)、工矿用地、交通用地(包括水运码头)和未利用地等 11 种。为更好地反映研究区土地功能,在现有土地利用数据库的基础上,参考 2015 年 Google Earth 的 1m 高分辨率影像对城镇区域内的厂矿和生态用地进行提取,并将交通用地细分到硬化路面和透水路面,耕地细化为弃耕地和耕地。为保证数据的准确性,于 2014 年 7 月、2015 年 6 月和 2015 年 10 月深入库区腹地进行调研,对已有的数据进行修正性检验,正确率达 92.4%。

### 2.2 土地利用功能类型划分

在已有研究的基础上,借鉴陈婧<sup>[15, 16]</sup>等土地功能分类体系,并结合研究区土地利用分类情况和实际,建立“生产—生活—生态”三生土地利用主导功能分类方案(表 1)。

表 1 三生功能分类

功能形式	功能类型	对应土地利用类型
生产功能	传统农业	耕地
	工矿生产	工、矿用地
	生态农业	园地
生活功能	公共服务	城镇建设用地
	交通服务	交通用地
	住宅功能	农村居民点
生态功能	固碳功能	林、灌、天然草地
	水域功能	水库、河流及坑塘
	生态储备	未利用荒地、弃耕地

### 2.3 基于网格的三生功能结构划分

为更好地反映土地利用功能结构在空间数量上的变化情况，本文首先利用 ArcGIS 的 Fishnet 工具建立 1km×1km 的网格(图 2)，共计 7422 个。在网格的基础上对每个网格单元内“三生”功能组分别按其相对比例来确定主导功能类型，其划分方法如图 3 所示，主导型结构分为 3 种，分别为 P(生产主导型)、L(生活主导型)、E(生态主导型)，在主导型网格内以该种功能发挥主导作用。均衡型为 B(生产—生活—生态均衡型)，3 种功能比例相对均衡。优势型分为 PL(生产—生活优势型)、EP(生态—生产优势型)、EL(生态—生活优势型) 3 种，在优势型结构内以两种功能作为优势功能，另一种为薄弱功能。

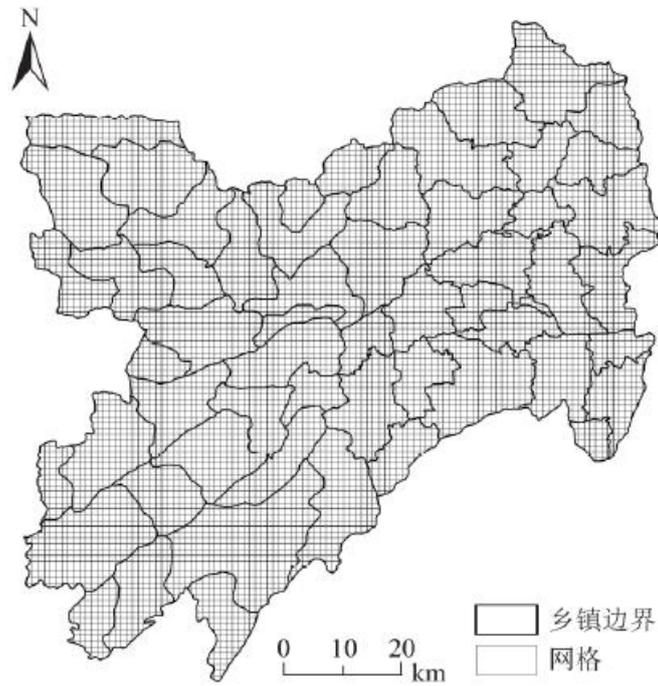


图2 研究区 1 km×1 km 网格结构

Fig. 2 1 km\* 1 km grid structure in the study area

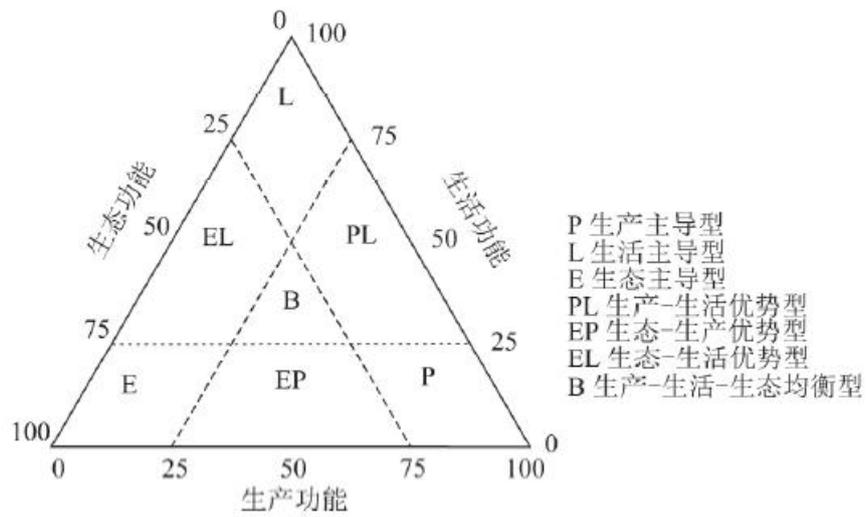


图3 研究区三生功能图解法

Fig. 3 Research on the method of three functional diagram

2.4 Getis-Ord  $G_i^*$  指数分析

Getis-Ord  $G_i^*$ 为识别区域要素的空间高值簇和低值簇，即冷热点区的空间分布格局，通过冷热点区的变化反应土地利用功能的空间格局演变<sup>[17~19]</sup>，其计算公式为：

$$G_i^* (d) = \frac{\sum_j^n W_{ij}(d) X_j}{\sum_j^n X_j}$$

为便于解释与比较，对其进行标准化处理：

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{Var(G_i^*)}}$$

式中： $E(G_i^*)$ 和 $Var(G_i^*)$ 分别是 $G_i^*$ 的数学期望和变异系数； $W_{ij}(d)$ 是空间权重。如果 $Z(G_i^*)$ 为正，且显著，表示*i*周围的值相对较高(高于均值)，属高值空间集聚(热点区)；反之，若 $Z(G_i^*)$ 为负，且显著，表示*i*周围的值相对较低(低于均值)，属低值空间集聚(冷点区)。

### 3 结果分析

#### 3.1 研究区土地功能面积、结构变化特征

研究发现，1986~2000年，巫山奉节三生功能变化以生态功能为主，生产功能次之，生活功能最少(图4)。该时期主要是以生产功能为主的耕地被生态功能为主的林地、灌木和草地所替代；2000~2007年，生产功能变化面积超过生态功能，变化最大，生态、生活功能变化面积较前一阶段有所下降，在该阶段随着三峡大坝水位的抬升以及三峡库区移民工程的开展，许多林地、灌木和草地被迫开垦为耕地，生产功能面积有所增加，生活、生态功能面积减少；2007年以后，为响应国家退耕还林和重庆市主体功能区建设渝东北生态发展涵养区的号召，及库区腹地大量劳动力的析出，以生产功能为主的耕地大量撂荒，城镇化进程中交通及建设用地的增加，使得生产功能有所弱化，生活功能得到增强。



图 4 1986~2015 年各时段三生功能变化面积

Fig. 4 Three function area change of each period of 1986-2015

由图 5 可知，2015 年巫山奉节土地功能以 E(生态主导型)和 EP(生态-生产优势型)两种结构为主。生态主导型类型最多，网格数量为 4303 个，且在空间上与生态用地的分布较为一致，这说明生态用地以生态功能为主；其次为生态-生产优势型，占 2901 个网格，在空间上与耕地、工业用地的空间分布吻合度较高；生产主导型、生活主导型、生态-生活优势型和生产-生活-生态均衡性所占网格数目较少，分别为 38、12、83 和 58 个，这说明工矿用地、农村居民点等分布较为分散，只有城镇地区的生活、生产功能相对集中。

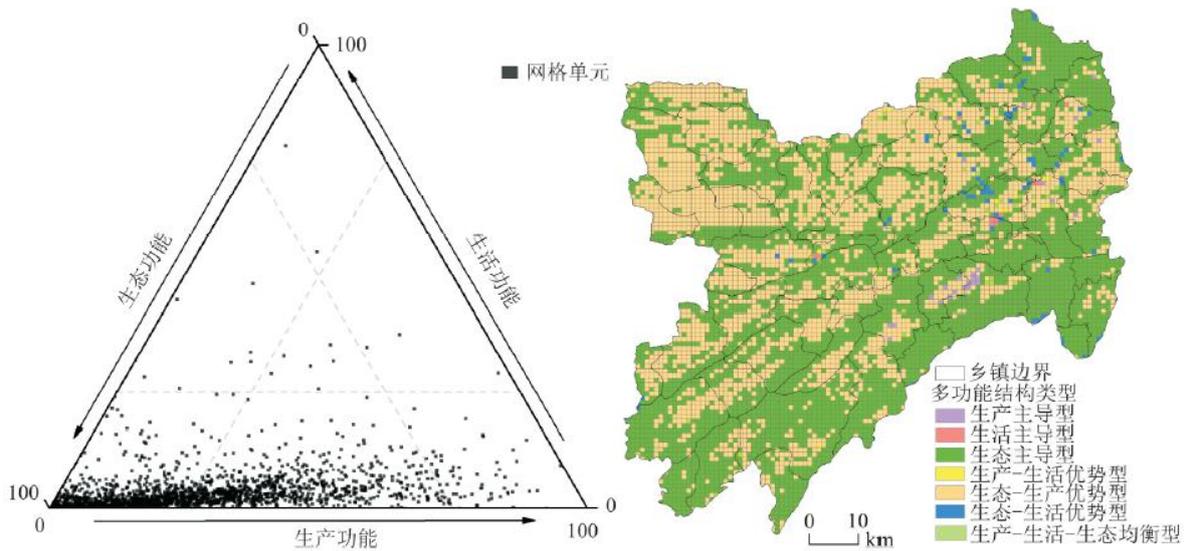
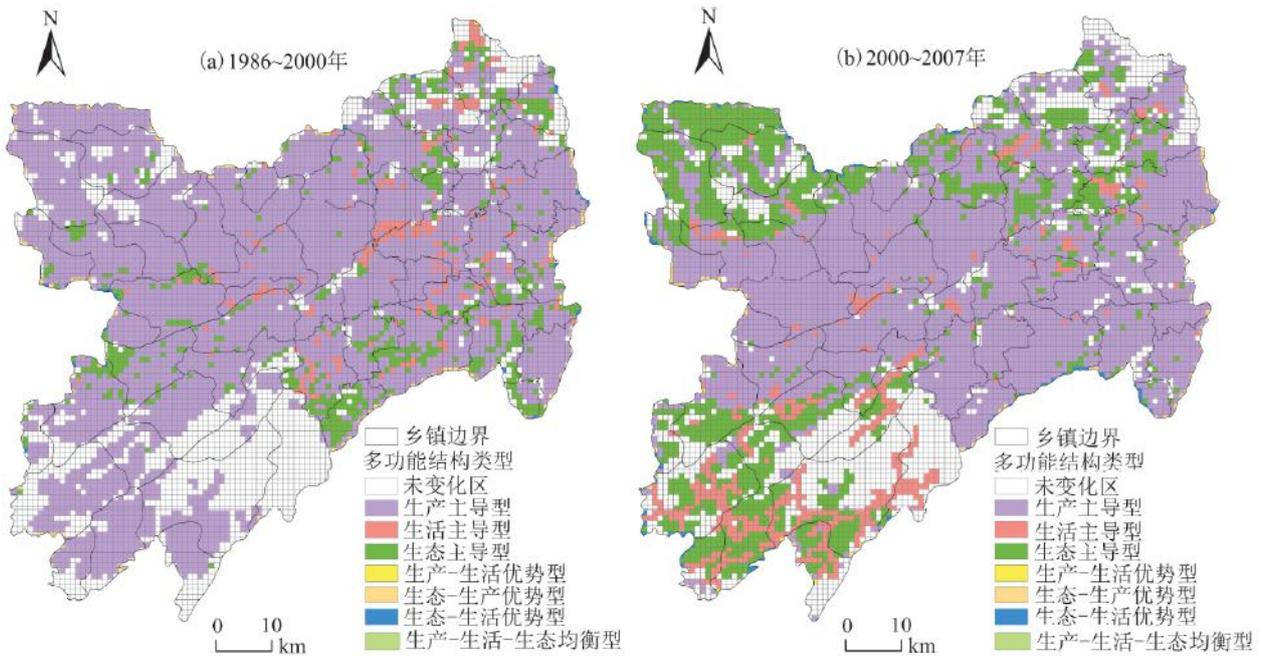


图 5 研究区网格单元结构及 2015 年土地利用功能空间结构

Fig. 5 Grid element structure and spatial structure of land use function in the study area in 2015

### 3.2 研究区土地功能空间演变格局

为反映奉巫地区三生功能面积变化的空间演变性，将各时期三生功能变化图斑提取出来并与 1km×1km 网格建立关联，土地利用多功能空间结构状况如图 6 所示。1986~2000 年，奉节县长江以北地区生产功能面积变化较南部地区明显，巫山县南部地区生产、生态功能变化面积均强于北部地区，生活功能面积变化以长江沿岸及其支流变化明显。2000~2007 年，生态功能变化面积明显，奉节县北部和南部及巫山县的北部地区变化最为明显；生产功能变化面积有所下降，生活功能变化面积增加，且以奉节县南部地区变化最为明显。2007~2015 年，生态功能变化面积总体减少，而生产和生活功能变化面积增加明显，其中生活功能变化面积主要位于长江沿岸，巫山县北部和南部地区；除巫山县东北部外，生产功能变化面积散落于研究区大部。



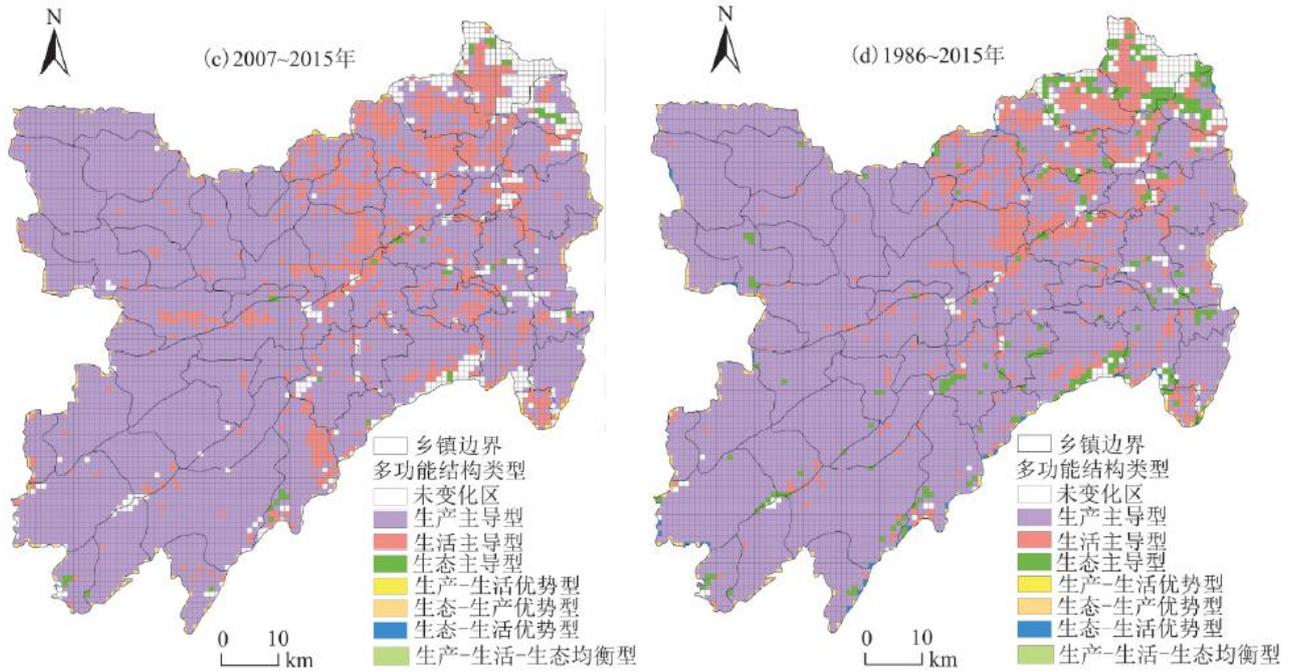


图 6 1986~2015 年巫奉地区三生功能变化结构类型

Fig. 6 Change of the three function structure type in Wufeng region from 1986 to 2015

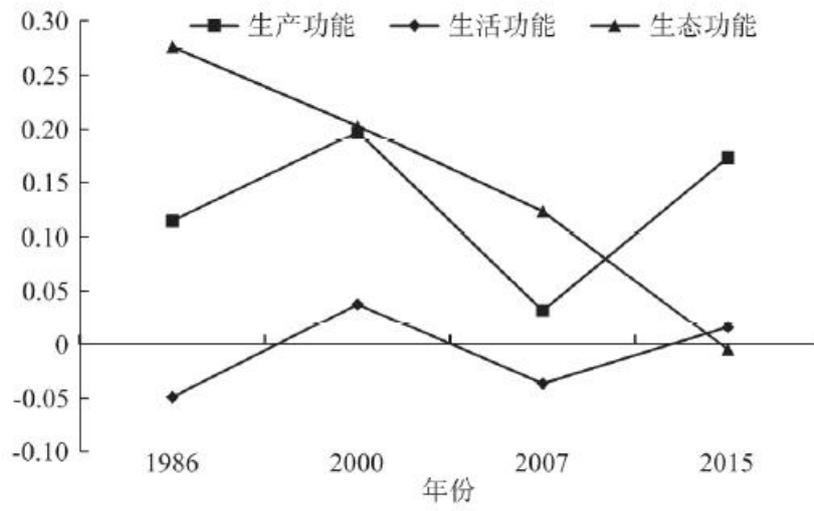
总体而言，研究区土地功能变化面积以生产主导型和生活主导型为主，且空间演变面积增加明显，其中生产主导型面积变化表现出由分散到集聚的特征；而生态功能变化面积以 2007 年前变化明显，2007 年后总体变化不大。从地域来看，奉节县北部和南部、巫山县的北部和长江沿岸地区变化明显。

### 3.3 土地功能变化集聚分析

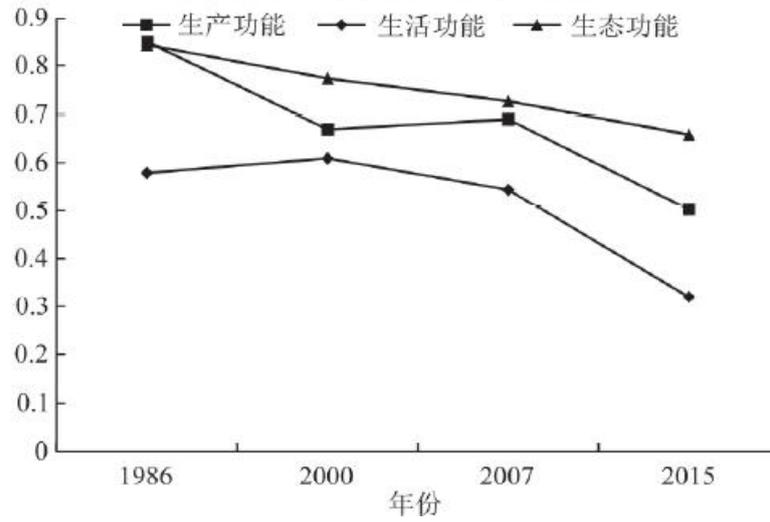
#### 3.3.1 土地功能空间自相关分析

从乡镇尺度和网格尺度的三生功能面积集聚与扩散态势来看(图 7)，乡镇尺度三生功能变化面积 Moran' s I 指数除 2000 年为正值外，其余年份均出现小于 0 的数值，这说明乡镇尺度不具有集聚性，无法进行冷热点分析；而 2km×2km 网格尺度和 1km×1km 网格尺度各时期的 Moran' s I 指数均为正数，在空间分布上为集聚性，可以进行冷热点分析。从图 7(b)和图 7(c)可知，1986~2015 年，1km×1km 网格各功能变化面积 Moran' s I 指数值均高于 2km×2km 网格，说明 1km×1km 网格集聚性更强，故最终选择其进行冷热点分析。从图 7 可知，1986~2015 年各功能变化面积 Moran' s I 指数总体呈现下降趋势，这说明三生功能面积总体集聚性有所降低，向着离散性方式转变。若反映三生功能的具体变化状况，则需要进行冷热点分析。

(a) 乡镇尺度Moran's  $I$  指数



(b) 1 km×1 km网格尺度Moran's  $I$  指数



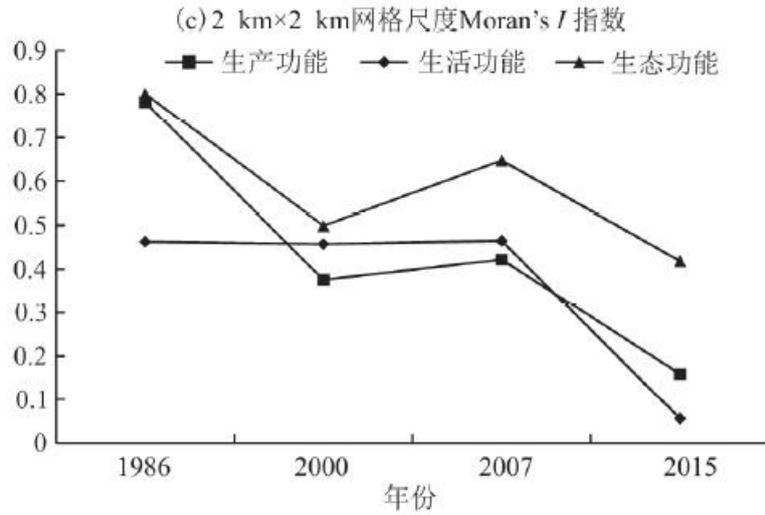
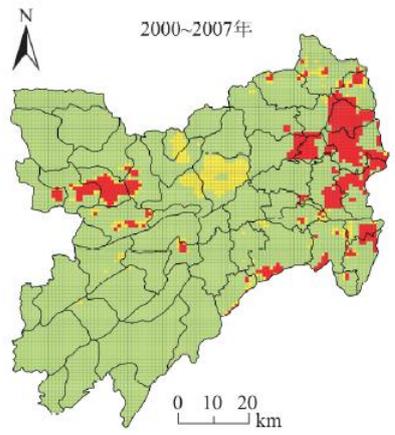
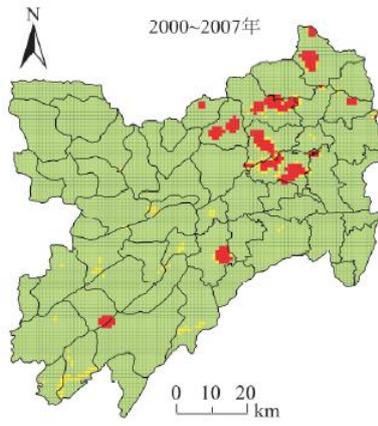
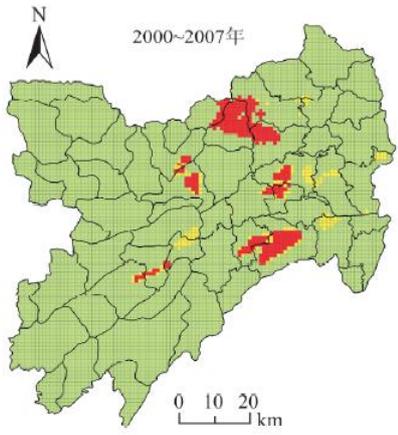
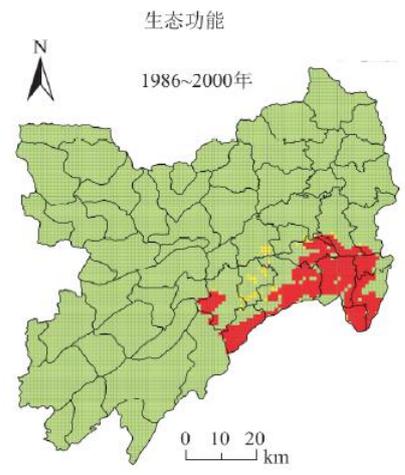
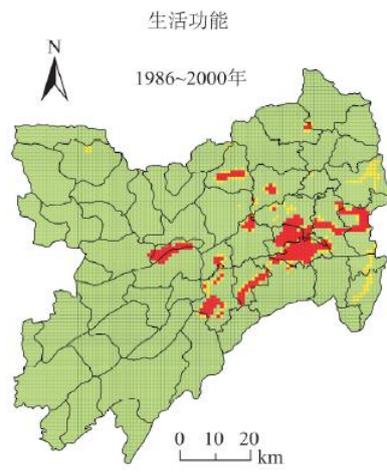
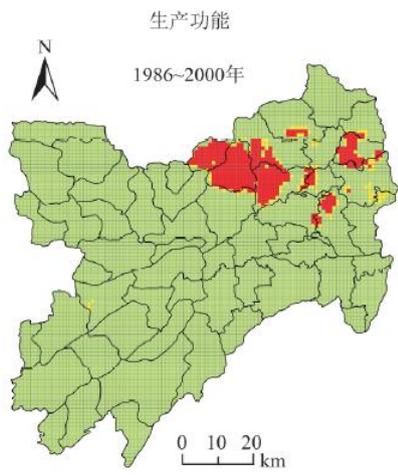


图7 奉巫地区 1986~2015 年三生功能的 Moran's I 指数变化

Fig. 7 Changes of three function Moran's I index in Wufeng region from 1986 to 2015

### 3.3.2 土地利用功能变化冷热点分析

为反映研究区各时段三生功能面积变化状况，将研究区 1986~2000 年、2000~2007 年、2007~2015 年和 1986~2015 年各时段内三生功能图斑进行 Erase 擦除，来获取研究时段内不重叠图斑，在对其统计变化面积的基础上，通过冷热点分析，来研究土地利用功能变化面积集聚状况(图 8)。



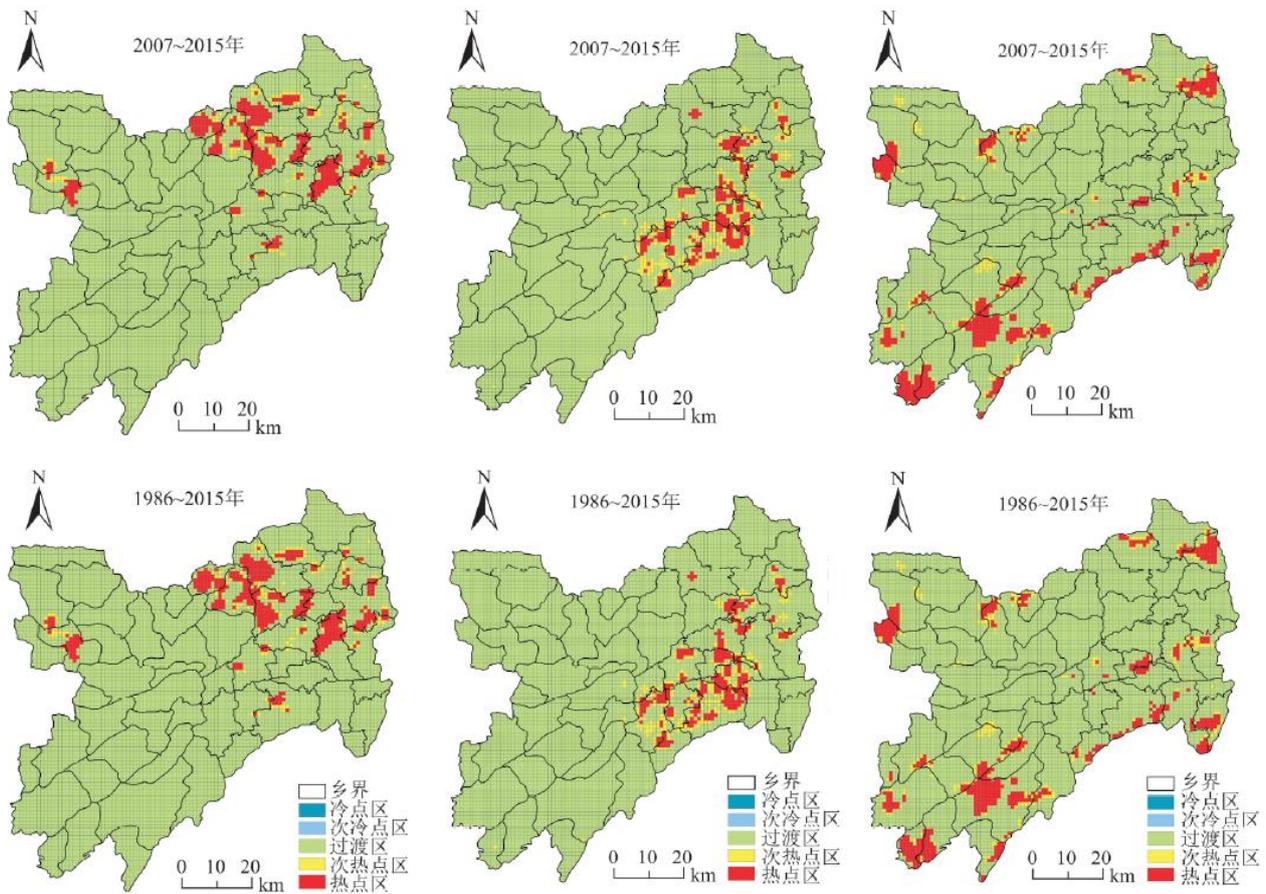


图 8 1 km×1 km 格网下土地利用功能变化面积冷热点分布

Fig. 8 Cold hot distribution of the land use function change under 1 km \* 1 km grid

1986~2000 年，研究区生产功能变化热点区主要分布于奉节的东北角和巫山的中北部地区，生活功能变化热点区域主要分布于长江两岸的巫山县和奉节县的朱衣镇，而生态功能变化热点区域连片分布于巫山县东南部地区；2000~2007 年，生产、生活功能面积变化热点区较前一阶段减少，生态功能面积变化热点区增加，其中生产功能面积变化热点区明显转移到巫山的西北部、西南部以及奉节的中部地区部分乡镇，生活功能面积变化热点区位于奉节和巫山的中北部地区，生态功能面积变化热点区集中分布于巫山的东部和奉节的镇政府所在地周围；2007~2015 年，生产、生活功能面积变化热点区由大分散向小集聚转变，且热点区范围增加，生态功能变化面积热点区呈现集中向分散转变。

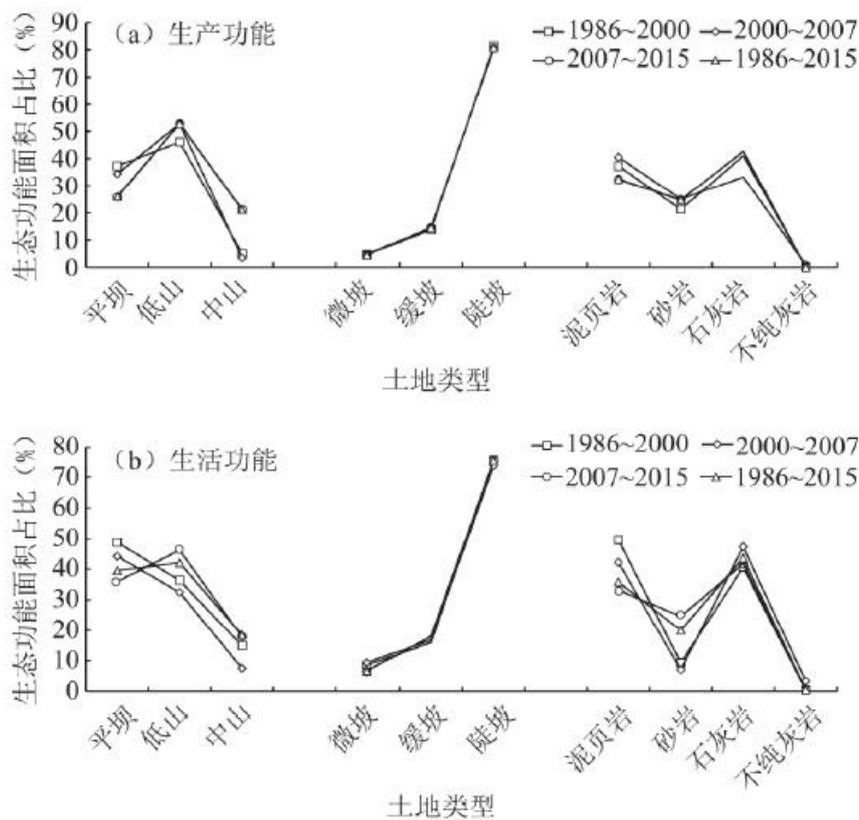
## 4 讨论

### 4.1 土地功能面积变化的驱动机制

土地利用功能空间分布变化受自然和社会经济活动的双向影响，是复杂的动态变化过程<sup>[20]</sup>。尽管相关研究<sup>[21~24]</sup>表明，随着社会经济的发展，人类活动对土地利用功能影响增强，自然因子正逐渐弱化，但对于西南山区的奉节、巫山而言，自然因子对土地利用功能空间分布的影响不容忽视。为综合反映研究区土地利用功能时空分布的差异性，本文通过诸如岩性、海拔和坡度在内的自然条件和社会经济因素阐明土地功能面积变化的驱动机制。

#### 4.1.1 影响土地功能变化的自然因子

为更好地探析土地功能空间分布变化的自然因子条件，论文基于高程、坡度和岩性等因子，将其分为平坝(<600m)、低山(600~1200m)、中山(>1200m)、微坡(<8°)、缓坡(8°~15°)、陡坡(>15°)、泥页岩、砂岩、石灰岩和不纯灰岩(包括泥页岩夹泥灰岩、石灰岩夹泥页岩)等土地类型<sup>[25~27]</sup>。在土地分类的基础上，将变化图斑与其进行叠置分析，并统计各阶段三生功能面积占比(图9)。研究发现，1986~2015年生产和生态功能变化面积占比以低山、陡坡、石灰岩地区变化最大，在1988~2007年生活功能变化面积主要分布于平坝、陡坡和泥页岩地区；2007年以后，以低山、陡坡、石灰岩地区为主。土地功能面积的变化在一定程度上反映了土地本身的状况，研究区生产功能面积以低山、陡坡和石灰岩地区占比最大，生活功能面积则以平坝、陡坡和泥页岩地区占比最大，生态功能面积以低山、陡坡和石灰岩地区最大。而土地类型的差异性决定了土地功能空间分布的不同。平坝地区由于地形平坦、海拔较低等条件多以生活功能为主，而低、中山地区由于海拔较高，受人类生活影响较小，以生产、生态功能为主；生产、生活和生态功能均以陡坡地区为主，这是因为研究区内多陡坡，微、缓坡面积较少；泥页岩成土后土层较厚，适宜农业发展，生产潜力较大，便于村落聚集，林灌草地被占用较多；而石灰岩区土壤侵蚀较重，农地生产潜力小，效益差，生态用地保存较为完整。



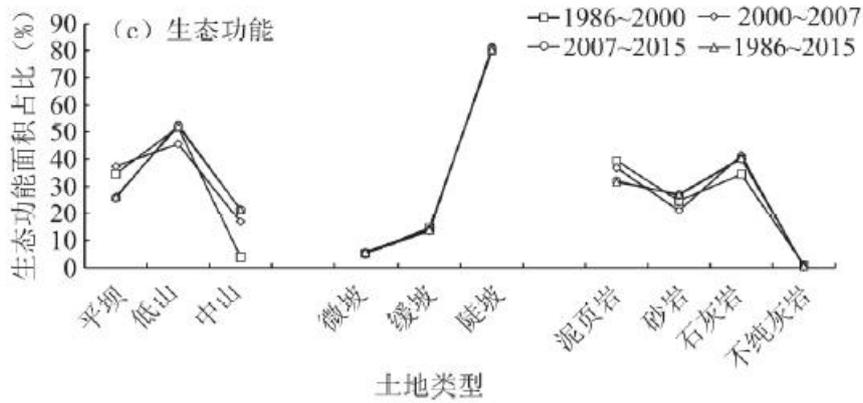


图9 高程、坡度、岩性耦合下三生功能面积占比变化

Fig. 9 Changes of three function area coupling with elevation, slope, lithology

#### 4.1.2 影响土地功能变化的社会经济因子

为直观地反映人口与土地利用功能的关系，本文选取农业人口和非农业人口的占比来表示。由图10可知，1986~2015年，巫奉地区农业人口占比持续下降，非农业人口占比始终波动上升，但并未改变以农业为主的产业布局。总体而言，人口发展经历了3个阶段：(1)1986~2002年，农业人口占比缓慢下降，非农业人口缓慢增加，这说明城镇化进程处于缓慢发展阶段，在该阶段，生产功能占据主导功能，生活和生态功能有所增强；(2)2002~2008年，农业人口占比下降明显，非农业人口占比稳步上升，这说明在该阶段三峡移民工程的推进以及城镇化进程的进一步推进对人口分布格局产生了一定的影响，生产功能下降，生活和生态功能进一步加强；(3)2008年之后，随着乡村经济发展转型、重庆市主体功能区建设渝东北生态发展涵养区的推进以及大量外出务工人员的析出，农业人口占比急剧下降，土地利用功能随着土地利用的变化发生转型，生活功能和生态功能增强，以农业为主的生产功能下降。

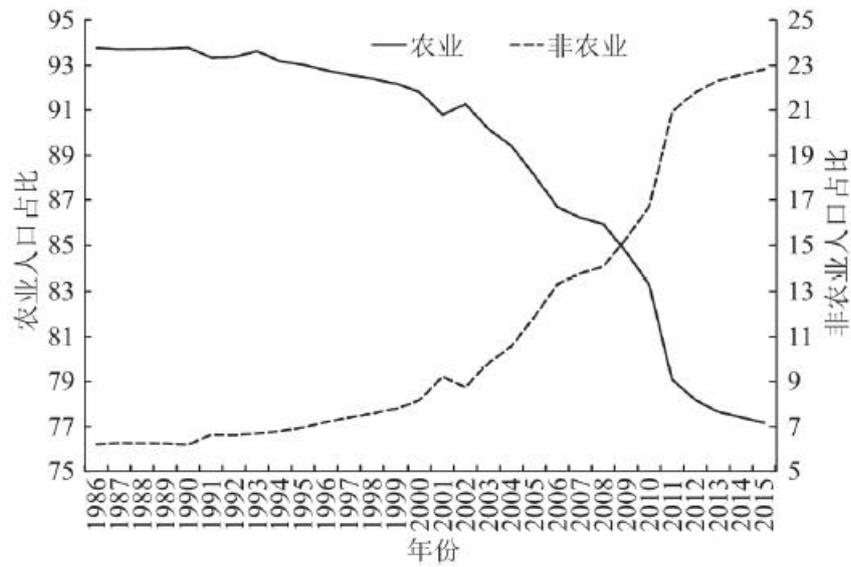


图 10 1986~2015 年农业与非农业人口占比变化  
 Fig. 10 Changes in the proportion of agricultural and non-agricultural population in 1986-2015

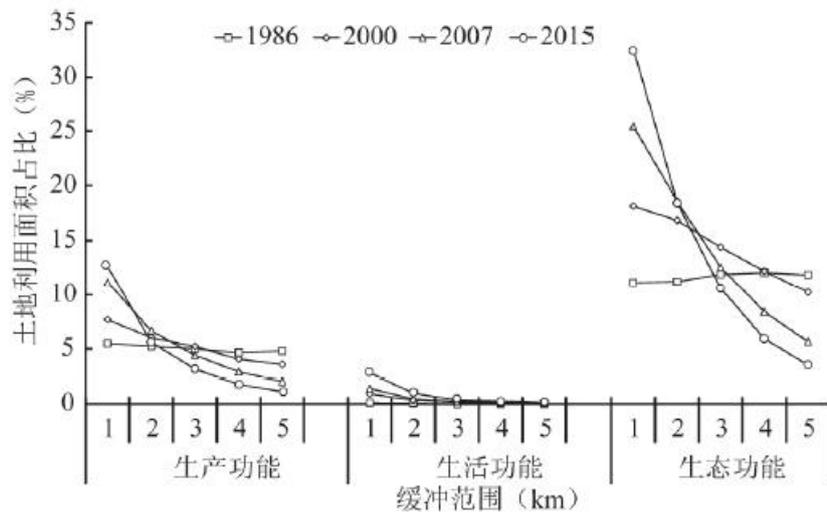


图 11 1986~2015 年道路缓冲区内三生功能面积变化与距离的关系  
 Fig. 11 Relationships of road buffer between three function area change and distance in 1986-2015

道路网络对区域土地功能的驱动作用随着时空变化而改变<sup>[28]</sup>。在空间上，三生功能面积占比与距离道路的远近成反向关系，

即距离道路越近，三生功能面积占比越大，反之亦然。且随着时间的推移，三生功能与道路的联系越来越紧密，且差距在拉大。距道路 1km 范围内，以生态功能为主，生产功能次之，生活功能面积占比最小，且三生功能面积占比均在增加，当距离增大，三生功能面积占比急速下降，在距离 5km 处为最小值。

## 5 结论

将土地利用变化与土地功能演变相结合，既反映了单一土地利用方式的空间格局动态变化状况，又实现了对多种土地利用类型综合演变研究，为土地系统的多功能性乃至国家十八大提出的“生产空间高度集约，生活空间宜居适度，生态空间山清水秀”的发展目标提供了理论支撑。本文在土地功能划分的基础上，运用冷热点分析等研究方法探析三峡库区腹地巫山、奉节 2 县土地利用演变状况，主要结论如下：

(1) 从土地功能数量变化来看，生产功能面积总体减少，生活功能面积持续增加，生态功能始终稳定于一定数量范围内。从土地功能面积变化空间分布格局来看，生产、生活功能变化范围经历了由小到大在变小，趋于稳定，生态功能面积变化空间分布整体呈现由大到小，且最终趋于稳定。

(2) 从土地功能冷热点变化来看，在数量上，生产、生活功能热点区减少，生态功能热点区增加明显；在空间分布上，生产、生活功能由大分散向小聚集转变，而生态功能则相反，表现为集中到分散的变化特点。

(3) 从时空角度探析土地功能演变格局的基础上，结合包括高程、坡度和岩性在内的自然因子与人口、道路等社会经济条件，深入地探析土地功能演变的驱动机制，对于土地功能的进一步研究提供了理论支撑，而对于土地功能带来的生态环境效应变化需要在今后的研究中进一步加强。

(4) 本文不足之处在于仅从用地类型变化对三生功能类型进行划分，并揭示三生功能的空间演变规律。在考虑土地利用变化类型的同时，综合社会经济因素，完善三生功能分类体系是未来研究需要完善的地方。

### 参考文献：

[1] 梁小英，顾铮鸣，雷敏，等. 土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究——以陕西省蓝田县为例 [J]. 自然资源学报, 2014, 29(7) : 1127—1135.

LIANG X Y, GU Z M, LEI M, et al. The differences between land use function and land use to reflecting the change of land use system and their impacts on landscape pattern: a case study of Lantian County in Shaanxi Province, China [J]. Journal of Natural Resource, 2014, 29(7) : 1127—1135.

[2] 黄勇. 三峡库区腹地土地功能演变和生态效应研究——以奉节、巫山为例 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2016: 23.

HUANG Y. Land function change and ecological effect in the Hinterland of the Three Gorges Reservoir Area: a case study of Fengjie and Wushan [M]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2016: 23.

[3] 潘竟虎，石培基. 干旱内陆河流域土地利用空间结构的计量地理分析——以甘肃省酒泉市为例 [J]. 农业现代化研究, 2008, 29(2) : 227—230.

PAN J H, SHI P J. Analysis on land use spatial structure in Arid Inland River Basins based on quantitative

---

geography model: a case study of Jiuquan City [J]. *Research Agricultural Modernization*, 2008, 29(2) : 227—230.

[4] 郑凤娟, 杨东, 潘竟虎, 等. 土地利用空间格局与功能特征关联分析——以天水市为例 [J]. *干旱区研究*, 2011, 28(2) : 370—375.

ZHENG F J, YANG D, PAN J H, et al. Analysis on the correlation between spatial pattern and functions of land use——a case study in Tianshui City [J]. *Arid Zone Research*, 2011, 28(2) : 370—375.

[5] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨 [J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(5) : 536—540.

CHEN J, SHI P J. Discussion on functional land use classification system [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2005, 41(5) : 536—540.

[6] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析 [J]. *地理学报*, 2016, 71(1) : 49—65.

LI G D, FANG C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological—production—living spaces [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(1) : 49—65.

[7] 于莉, 宋安安, 郑宇, 等. “三生用地”分类及其空间格局分析——以昌黎县为例 [J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(2) : 89—96.

YU L, SONG A A, ZHENG Y, et al. The ecological—living—industrial land classification system and the analysis of its spatial distribution—case of Changli County [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(2) : 89—96.

[8] 易湘生, 王静爱, 岳耀杰. 基于沙区土地功能分类的土地利用变化与模式研究——以陕北榆阳沙区为例 [J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 44(4) : 439—443.

YI X S, WANG J A, YUE Y J. LUCC and land use pattern based on a functional desert land classification system: a case study for Yuyang Desert in northern Shanxi [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2008, 44(4) : 439—443.

[9] 洪惠坤, 廖和平, 魏朝富, 等. 基于改进 TOPSIS 方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价 [J]. *生态学报*, 2015, 35(24) : 8016—8027.

HONG H K, LIAO H P, WEI C F, et al. Health assessment of a land use system used in the ecologically sensitive area of the Three Gorges reservoir area, based on the improved TOPSIS Method [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(24) : 8016—8027.

[10] 邵景安, 张仕超, 魏朝富. 基于大型水利工程建设阶段的三峡库区土地利用变化遥感分析 [J]. *地理研究*, 2013, 32(12) : 2189—2203.

SHAO J A, ZHANG S C, WEI C F. Remote sensing analysis of land use change in the Three Gorges Reservoir area,

---

based on the construction phase of large-scale water conservancy project [J]. *Geographical Research*, 2013, 32(12) : 2189—2203.

[11] 赵岩洁, 李阳兵, 邵景安. 基于土地利用变化的三峡库区小流域生态风险评价——以草堂溪为例 [J]. *自然资源学报*, 2013, 28(6) : 944—956.

ZHAO Y J, LI Y B, SHAO J A. Ecological risk assessment of small watershed of the Three Gorges Reservoir Area based on land use change—a case study of Caotang River [J]. *Journal of Natural Resource*, 2013, 28(6) : 944—956.

[12] 邓华, 邵景安, 王金亮, 等. 多因素耦合下三峡库区土地利用未来情景模拟 [J]. *地理学报*, 2016, 71(11) : 1979—1997.

DENG H, SHAO J A, WANG J L, et al. Land use driving forces and its future scenario simulation in the Three Gorges Reservoir Area using CLUE - S model [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(11) : 1979—1997.

[13] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 等. 1990—2011年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力 [J]. *生态学报*, 2014, 34(20) : 5962—5973.

YAN E P, LIN H, WANG G X, et al. Analysis of evolution and driving force of ecosystem service values in the Three Gorges Reservoir region during 1990—2011 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(20) : 5962—5973.

[14] 重庆市统计局. 重庆市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.

[15] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例 [J]. *地理科学*, 2013, 12(33) : 1442—1449.

LV L G, ZHOU S L, ZHOU B B, et al. Land use transformation and its eco-environmental response in process of the regional development: a case study of Jiangsu Province [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 12(33) : 1442—1449.

[16] 应弘, 李阳兵. 三峡库区腹地草堂溪小流域土地功能格局变化 [J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(2) : 227—237.

YING H, LI Y B. Land use function dynamics pattern of Caotang Watershed in The Three Gorges Reservoir Area [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(2) : 227—237.

[17] 王钊, 杨山, 王玉娟, 等. 基于最小阻力模型的城市空间扩展冷热点格局分析——以苏锡常地区为例 [J]. *经济地理*, 2016, 36(3) : 57—64.

WANG Z, YANG S, WANG Y J, et al. Analysis of cold-hot pattern of urban spatial expansion based on minimum cumulative resistance model—a case study of Suzhou-Wuxi-Changzhou Area [J]. *Economic Geography*, 2016, 36(3) : 57—64.

- 
- [18] 靳诚, 陆玉麒. 基于县域单元的江苏省经济空间格局演化 [J]. 地理学报, 2009, 64(6) : 713—724.
- JIN C, LU Y Q. Evolvement of spatial pattern of economy in Jiangsu Province at County Level [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(6) : 713—724.
- [19] 王钊, 杨山. 多中心城市区域城市蔓延冷热点格局及演化——以苏锡常地区为例 [J]. 经济地理, 2015, 35(7) : 59—65.
- WANG Z, YANG S. Evolution of cold-hot spot pattern of polycentric urban areas urban sprawl—a case study of Suzhou-Wuxi-Changzhou Area [J]. Economic Geography, 2015, 35 (7) :59—65.
- [20] GROOT R D, WILSON M A, BOUMANS R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystems functions, goods and services [J]. Ecological Economics, 2002, 41(3) : 393—408.
- [21] 韩会然, 杨成凤, 宋金平, 等. 北京市土地利用变化特征及驱动机制 [J]. 经济地理, 2015, 35 (5) : 148 —154, 197.
- HAN H R, YANG C F, SONG J P, et al. The spatial-temporal characteristic of land use change in Beijing and its driving mechanism [J]. Economic Geography, 2015, 35 (5) : 148 —154, 197.
- [22] 顾朝林. 北京土地利用/土地覆盖变化机制研究 [J]. 自然资源学报, 1999, 14(4) : 307—312.
- GU C L. Study on phenomena and mechanism of land use /coverchange in Beijing [J]. Journal of Natural Resource, 1999, 14(4) : 307—312.
- [23] 樊杰, 许豫东, 邵阳. 土地利用变化研究的人文地理视角与新命题 [J]. 地理科学进展, 2003, 22(1) : 1—10.
- FAN J, XU Y D, SHAO Y. The human geography view of land use study and new proposition [J]. Progress in Geography, 2003, 22(1) : 1—10.
- [24] 毛蒋兴, 李志刚, 闫小培, 等. 快速城市化背景下深圳土地利用时空变化的人文因素分析 [J]. 资源科学, 2008, 30(6) : 939—948.
- MAO J X, LI Z G, YAN X P, et al. Human dimensions of land use change in the context of rapid urbanization in Shenzhen [J]. Resources Science, 2008, 30( 6) : 939—948.
- [25] 陈浮, 陈刚, 包浩生. 城市边缘土地利用变化及人文驱动力机制研究 [J]. 自然资源学报, 2001, 16 (3) :204—210.
- CHEN F, CHEN G, BAO H S. Analysis on land use change and human driving force in urban fringe [J]. Journal of NaturalResource, 2001, 16(3) : 204—210.
- [26] 杨存建, 刘纪远, 张增祥, 等. 不同高程带上的土壤侵蚀特征分析 [J]. 水土保持通报, 2001, 21(4) : 15—

---

18.

YANG C J, LIU J Y, ZHANG Z X, et al. Analysis of soil erosion under different elevation condition [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2001, 21(4) : 15-18.

[27] 李维能, 方贤铨 [M]. 地貌学. 北京: 测绘出版社, 1983.

LI W N, FANG X Q. Geomorphology [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1983.

[28] 黄勇, 李阳兵, 应弘. 渝宜高速(重庆段)对土地利用变化驱动及景观格局的响应 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(9) : 1449-1460.

HUANG Y, LI Y B, YING H. The land use change and landscape pattern response driven by YU-YI Expressway(Chongqing Section) [J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30 (9) :1449-1460.