

岩溶槽谷区耕地涨落时空特征与驱动机制

王萌萌, 李阳兵, 李珊珊

(贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘要: 研究岩溶槽谷区耕地的涨落时空演变规律, 对揭示岩溶山地乡村人地关系演变具有重要意义。以印江县为例, 基于地貌特征把全县划分为槽谷区、低山河谷区、梵净中山区、丘陵谷地区, 利用多源数据对印江县 1958-2016 年的耕地数量变化及其在不同高程、坡度上的分布演变进行了探讨。研究表明: (1) 全县及各分区耕地都表现为先增加后减少、林灌地先减少后增加的变化趋势。1990 年之前林灌地向耕地转移, 之后耕地向林灌地转移, 但各分区转移程度有所不同。(2) 耕地的涨落高程界限为 700 m, 低于 700 m 时, 1990 年之前扩张, 之后萎缩; 涨落幅度随着高程增加而递减; 高于 700 m 时, 涨落不明显。(3) 以 1990 年为界, 各坡度范围耕地 1990 年之前扩张, 1990 年之后萎缩; 在小于 25° 的坡度范围内, 随坡度增加, 耕地涨落幅度递增; 在大于 25° 的坡度范围内, 随坡度增加, 耕地涨落幅度递减。(4) 研究区耕地的涨落变化与当地农户对土地依赖程度相关, 依赖程度高, 耕地扩张; 依赖程度低, 耕地萎缩。研究结果可以为优化岩溶区人地关系发展提供参考依据。

关键词: 岩溶槽谷; 耕地; 演变; 驱动机制

土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 一直是地球科学研究的热点, 是人类活动与自然交叉最为密切的问题^[1], 亦是人类活动对地球陆地表层自然生态系统影响最为明显的信号和人类社会经济活动与自然生态过程交互的核心联结^[2]。自然地域分异规律使得地球在不同空间内的自然环境存在地域差异, 故不同地形地貌条件下土地利用/覆盖空间格局及动态变化规律也各不相同^[3-4]。土地利用演变首先会发生在地貌^[5]、土壤等条件优越的地方, 当资源短缺时, 土地利用的范围便拓展到条件相对弱的区域^[6-7]。目前在国内的研究中, 无论是从大尺度探究全国土地利用的变化特征, 还是从中小尺度入手分析土地利用的数量变化^[8]、空间格局^[6]及演变特征, 探究其驱动因素^[9], 都主要集中于土地利用演变的速度、土地利用的强度与程度^[10]。耕地和林地作为土地利用两个核心地类一直是土地利用转型研究的热点^[11], 耕地利用的时空转型, 推动了粮食生产时空格局及生产方式的转化。从全国宏观区域可以判断, 在 2000 年左右, 我国人均耕地变化趋势发生了转型^[12], 但仍缺乏对不同地貌区耕地转型演变进行长时间且小尺度的定量研究。

对于中国南方岩溶区土地利用覆被的研究, 以贵州省猫跳河为例, 分析土地利用/覆盖变化的模式和土地利用政策角色^[13-14], 探究流域内各地类分布的平均海拔高程和坡度的变化趋势, 并分析流域内土地利用的变化及各地类间转化与利用强度关系^[15], 或评价退

收稿日期: 2018-08-23; 修订日期: 2018-12-09

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFC0502300); 国家自然科学基金项目 (41661020)

作者简介: 王萌萌 (1994-), 女, 陕西西安人, 硕士, 研究方向为资源开发与 3S 技术。

E-mail: 461311326@qq.com

通讯作者: 李阳兵 (1968-), 男, 重庆潼南人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地利用与生态过程研究。

E-mail: li-yapin@sohu.com

耕还林对喀斯特地区土地利用景观格局的影响^[6]。林地和耕地是贵州省各地貌的主要土地利用类型,但岩溶槽谷区与其他岩溶区域有所区别,山区与坝地相间分布、地形起伏大、岩溶区与非岩溶区并存,相同的人类活动对不同区域产生的影响也会不同,故针对不同类型的槽谷地貌,探究不同历史时期、政治、经济政策条件,其耕地和林地的演变规律及其近年来的土地利用转型趋势有着重要的现实意义。印江县是典型的岩溶槽谷区,本文通过分析近60年来印江县耕地的时空演变,探究其时空变化规律,揭示不同地貌条件下耕地涨落的时空差异及驱动机制,揭示岩溶槽谷区的耕地演变过程及规律,以期岩溶地区不同地貌条件下的耕地利用和人地关系演变提供参考依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

印江县位于贵州省黔东北、铜仁市西部,地理位置处于为 $108^{\circ}17'\sim 108^{\circ}48'E$, $27^{\circ}35'\sim 28^{\circ}28'N$ 之间。其属云贵高原向湘西丘陵和四川盆地过渡的斜坡地带的黔东低山丘陵区,和黔东北中山峡谷之间,武陵山脉主峰梵净山位于其东部,形成东高西低、东南向北西倾斜地形。印江县境内地形可分为中高山及中山、中低山、低山地形,地貌类型有溶蚀、侵蚀和河谷冲刷堆积地貌,岩溶地貌是印江县主要地貌,分布范围广。

本文根据印江县出露岩性和海拔差异,将其划分为槽谷区、低山河谷区、丘陵谷地区及梵净中山区(图1)。槽谷区面积为 94977.98 hm^2 ,占研究区面积的48.39%;丘陵谷

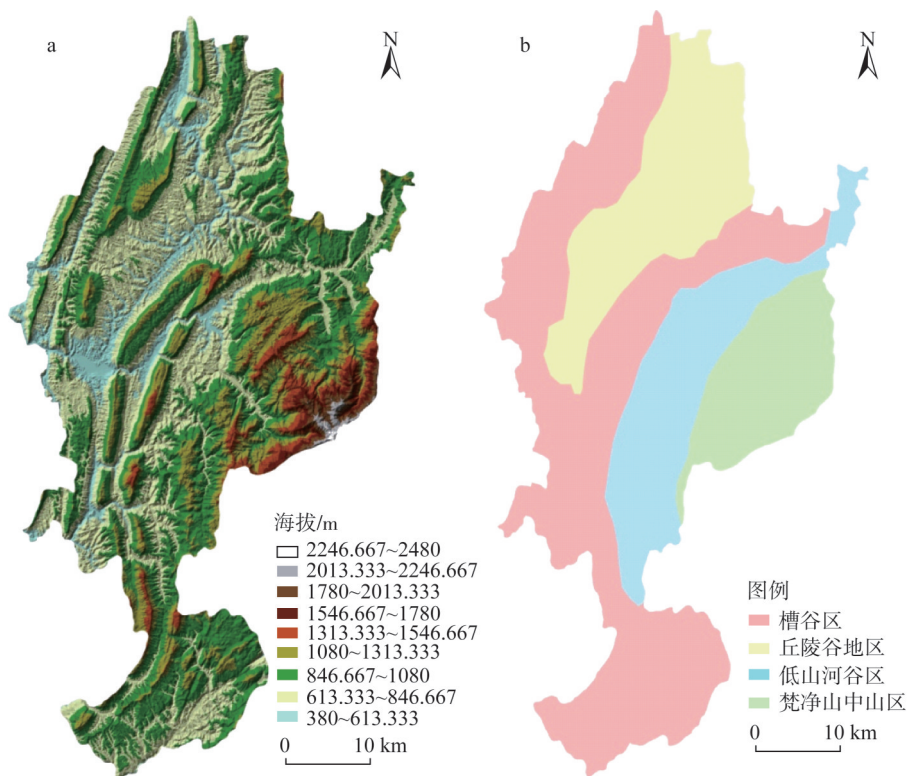


图1 印江县三维地形图与分区图

Fig. 1 The 3D topography and the divisions of Yinjiang county

地区面积为40241.72 hm², 占研究区面积的20.50%; 低山河谷区面积为35509.55 hm², 占到研究区面积的18.10%; 梵净中山区面积为25563.48 hm², 占研究区面积的13.02%。这样划分可以更清楚地表现出不同地貌区下土地利用动态变化的空间差异情况。

1.2 数据来源

印江县土地利用数据的时间跨度为1958-2016年, 分别为1958年、1973年、1990年、2003年、2013年、2016年。其中1958年数据参照1:50000的地形图, 1973年数据采用Landsat MSS影像(分辨率60 m), 1990-2016年数据采用Landsat TM影像(分辨率为30 m)并选取近红外、红光与绿光波段进行标准假彩色合成为数据源, 利用Arcmap平台, 进行目视解译, 从而得到1958年、1973年、1990年、2003年、2013年及2016年的土地利用矢量数据。并结合1960年的锁眼卫星影像、1973年研究区1:10000地形图、1999年SPOT 4影像、2004年SPOT 5影像、2010年ALOS 10 m分辨率影像和2016年2.5 m分辨率影像等进行土地利用精度校正。研究区土地利用类型分为耕地、林灌地、草地、水域、建设用地、园地六类, 对获得的土地利用矢量数据的6种地类随机选取野外验证点进行调查验证, 或者利用对应时期的高分辨率影像或航片进行验证。经统计, 各期土地利用矢量图精度都在87%以上, 符合土地利用分析的需求。人口数据来源于印江县人口普查数据、贵州60年中印江人口数据以及最新年份的统计年鉴。

1.3 高程和坡度分级

根据地貌特征和现有的坡度分级方法, 结合当地实际海拔高程, 将研究区内的高程和坡度均分成6级(图2)。高程中380~500 m占全县总面积的21.03%; 500~600 m占30.48%; 600~700 m占25.92%; 700~800 m占15.54%; 800~1000 m占5.10%; 1000~2480 m占1.90%。坡度中0~2°占全县总面积的8.93%; 2~6°占2.49%; 6~15°占12.63%; 15~25°占32.08%; 25~35°占27.79%; >35°占16.07%。

1.4 研究方法

1.4.1 土地利用转移分析

利用GIS技术, 借助ArcMap软件, 制作印江县60年来的土地利用图, 利用马尔可夫模型计算出不同时期土地利用的转移矩阵, 分析印江县土地利用主要转移方向为耕地与林灌地的相互转化。从土地利用转移矩阵中提取耕地与林灌地转移数量进行分析, 再运用ArcMap将转移图与地形图叠加进行交叉分析。

1.4.2 热点分析

耕地涨落冷热点划分参照马晓冬等^[17]、王钊等^[18]和王曼曼等^[19]冷热点划分方法。本文以耕地与林灌地之间转换的面积为分析变量, 通过计算空间关联指数, 并采用Jenks自然间断法对其统计划分区间, 从高到低可分为热点、次热点、次冷点、冷点四级。

1.4.3 涨落分析

耕地涨落不仅表现在耕地数量的增加与减少, 数量增加为涨势变化, 数量减少为落势变化; 在空间上还表现为不同地形区的分布多少变化。在研究区土地利用转移中, 耕地转换主要发生在耕地与林灌地之间。当耕地转变为林灌地, 耕地数量上减少, 或当耕地耕种的地区向低海拔区、低坡度转变时, 判断耕地萎缩, 呈落势变化(图3)。同样, 当林灌地转为耕地, 耕地数量上增加时或当耕地耕种的地区向高海拔、高坡度转变时, 判定耕地类型在扩张, 呈涨势变化。

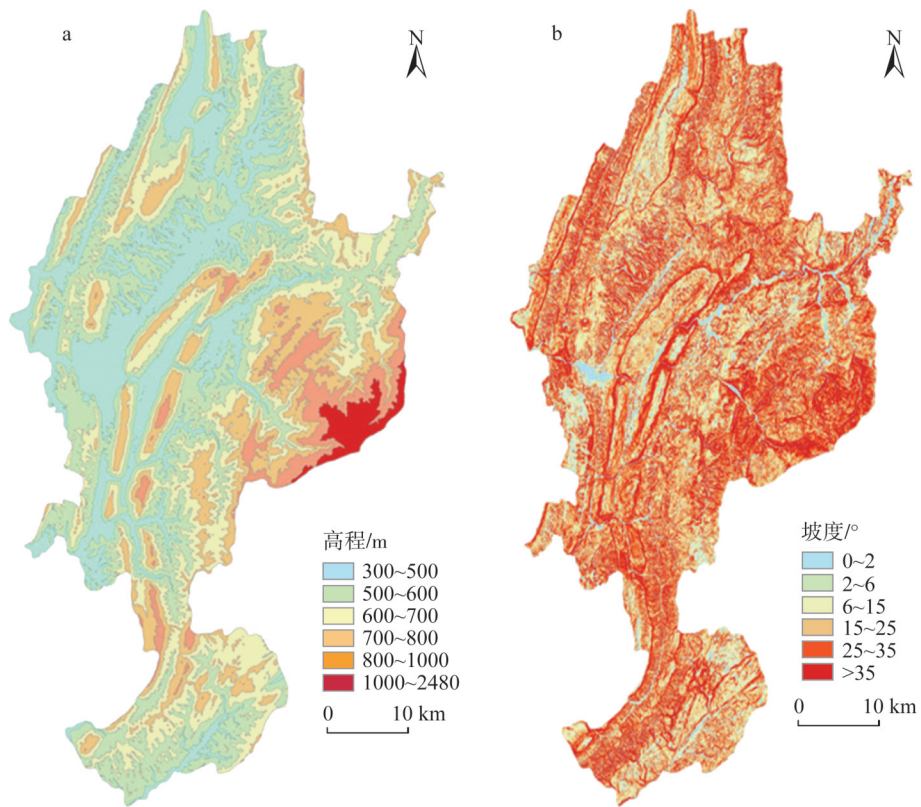


图2 高程与坡度
Fig. 2 Elevation and slope

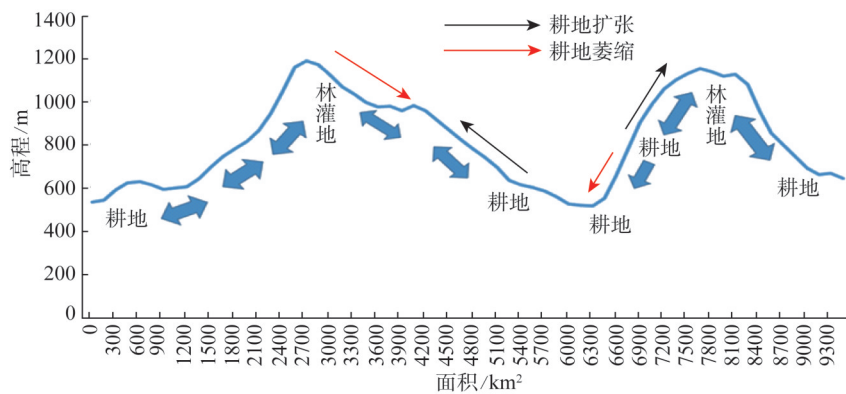


图3 槽谷耕地涨落剖面示意图
Fig. 3 Profile map of valley farmland transitions

2 结果分析

2.1 耕地涨落数量演变特征

2.1.1 研究区总体耕地涨落演变

不同时期土地利用变化的主要类型、数量、速度以及方向有所差异。根据研究区土

地利用数据可以得到1958-1973年、1973-1990年、1990-2003年、2003-2013年、2013-2016年这5个时间段的变化,研究区主要的土地利用类型以草地、林灌地及耕地为主,转移方向在耕地与林灌地的涨落之间变化,变化规律整体相似,各区有所差别。

从全县看,数量变化以1990年为分界点,耕地扩张以林灌地转耕地为主,而耕地萎缩以耕地转林灌地为主(图4)。(1)1990年前:1958-1973年是土地利用变化最快、土地利用结构最不稳定的年份;在此期间耕地面积由35796.96 hm^2 增加到41244.75 hm^2 ,增加率为15%。该时期林灌地面积则减少了24350.01 hm^2 。1973-1990年耕地面积增加量达8595.17 hm^2 ,林灌地面积减少量为248.46 hm^2 。(2)1990年后:从1990年起耕地数量开始减少,减少量分别为10723.09 hm^2 、1155.36 hm^2 以及3075.03 hm^2 。林灌地数量却在增加,增加量分别为47471.06 hm^2 、1238.26 hm^2 以及1791.17 hm^2 。

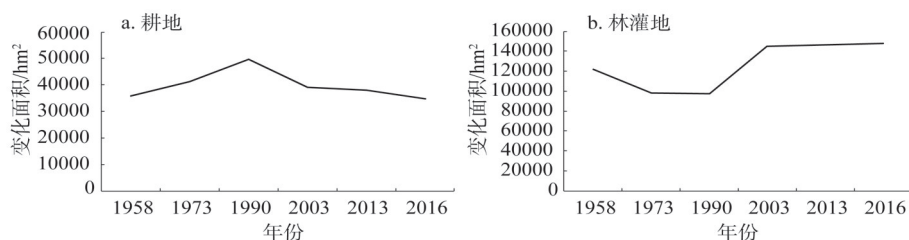


图4 耕地与林灌地数量变化

Fig. 4 Variation of the quantity of cultivated land and forest-shrub land

2.1.2 各分区耕地涨落数量演变差异

在不同时间段研究区的各分区耕地演变存在较大差别。单就槽谷区来看,转变节点仍为1990年(图5)。1958-1973年及1973-1990年间耕地面积在持续增加,增加面积分别为2854.84 hm^2 和4293.24 hm^2 ;林灌地面积持续减少,减少面积为16390.96 hm^2 和4041.92 hm^2 。但是,1990-2016年间,耕地面积却逐年减少,减少量达6797.48 hm^2 ;林灌地数量持续增加,增加量为28167.11 hm^2 。

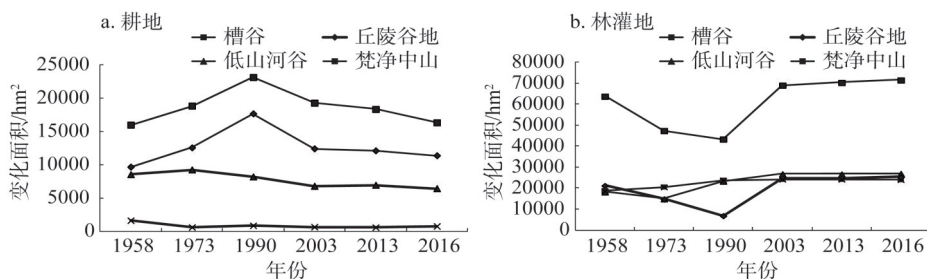


图5 各分区耕地与林灌地数量变化

Fig. 5 Variation of the quantity of cultivated land and forest-shrub land in each area

低山河谷区的耕地涨落时间段与全县不太一致,1958-1973年耕地数量呈上升趋势,增加了718.61 hm^2 ;但林灌地面积却减少了3284.49 hm^2 。而1973-1990年耕地面积由9254.54 hm^2 降低到8190.75 hm^2 ,减少了11%的耕地;林灌地面积却增加了8435.30 hm^2 。1990-2003年间,耕地减少数量最多,减少量达17%;林灌地增加量达3474.70 hm^2 。到

了2003-2013年,耕地面积稍有增加但其量仍很少;林灌地面积有较大幅度减少。在全县耕地面积都在大幅减少的2013-2016年里,低山河谷区的耕地面积也减少了511.63 hm²;而林灌地也增加了271.04 hm²。

丘陵谷地区整体变化类似全县变化。1990年为变化的时间节点,1958-1973年耕地面积增加2895.34 hm²,且1973-1990年间,耕地面积更是增加了原耕地面积的40%;林灌地面积则从1958-1990年逐渐减少,从起初1958年的21244.65 hm²减少到6887.96 hm²。1990-2003年间耕地数量开始下降,减少面积高达30%;林灌地面积增加较多,增量为17876.86 hm²。而2003-2013年、2013-2016年耕地面积仍在减少,林灌地面积仍在增加,但两者变化数量较少。

在梵净山区,各土地利用类型变化面积较小。1958-1973年耕地面积下降,减少量为1021.00 hm²;林灌地面积增加1781.68 hm²。1973-1990年耕地面积增加255.39 hm²;林灌地面积也增加3258.61 hm²。1990年开始耕地面积持续减少,减少量分别为208.13 hm²、61.38 hm²;林灌地面积还是增加,增加量分别为417.04 hm²和9.80 hm²。2013-2016年间耕地面积又增加了174.47 hm²;而林灌地面积减少了180.44 hm²。总体来说变化不大。

2.2 耕地涨落的地形差异

2.2.1 研究区不同地形上耕地涨落的分布演变特征

通过数字地形分析方法分别对印江县耕地与林灌地分布的高程与坡度进行定量分析。高程是影响土地利用类型分布的重要因素,随海拔增加,大气温度、湿度都有明显变化,导致土地利用随高程发生一定规律的变化^[20]。耕地主要分布于380~600 m的高程(图6a)。同时,同一高程等级上随时间的推移,耕地数量存在波动变化。当分布高程在380~500 m时,耕地数量以1990年为最高,1958-1990年耕地在扩张;而1990-2016年耕地数量依次下降,即该时段耕地萎缩。同样,当分布高程位于500~600 m和600~700 m时,耕地涨落时间规律与380~500 m类似。但1973-1958年扩张量在380~500 m范围内为3298.36 hm²而在500~600 m范围扩张量缩减为1897.43 hm²,到600~700 m时更是缩减至448.11 hm²。故涨落幅度随着高程增加在减少。当高程分布位于700 m以上时,耕地数量较少且涨落变化不明显。

林灌地主要集中分布于500~700 m这一高程范围内(图6b)。当分布于380~500 m高程范围内时:1990年数量最低,即1958-1990年林灌地萎缩;1990-2003年林灌地数量增加,林灌地扩张;2003-2016年林灌地数量变化不大,涨落不明显。当位于500~600 m

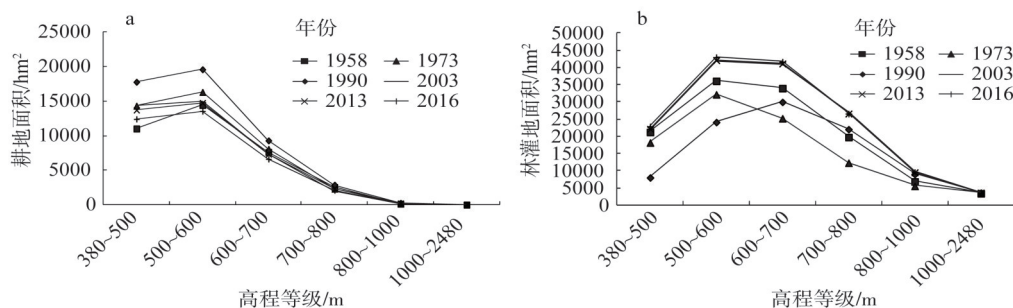


图6 耕地与林灌地的高程分布

Fig. 6 Elevation map of cultivated land and forest-shrub land

时:与前一高程范围的变化类似,但其涨落数量较大,涨落幅度明显。当高程分布高于600 m时:1958-1973年的林灌地在萎缩,萎缩幅度随高程增加由8745.71 hm²减少至148.47 hm²;1973-2016年在扩张,扩张幅度由600~700 m的16435.45 hm²减少至1000~2480 m的36.06 hm²。

坡度是土地资源固有的环境因子之一,对土地利用和土地承载力有直接作用,影响着地表物质流动和能量转换,对土地利用的方向和方式起着决定性作用^[21]。耕地主要集中于15~25°这一等级范围内,其耕地的涨落规律以1990年为界,1990年之前耕地扩张,1990年后耕地萎缩。从趋势来看,随着6~25°内坡度的增加,不同年份之间耕地涨落幅度都有所增加,1958-1973年、1973-1990年扩张量分别增加559.37 hm²和1635.93 hm²;1990-2003年、2003-2013年、2013-2016年萎缩量分别增加2292.77 hm²、158.69 hm²及494.47 hm²,规律明显。当>25°时,涨落规律相同,涨落幅度却在变小。1958-1973年、1973-1990年扩张量分别减少731.03 hm²、637.82 hm²,1990-2003年、2003-2013年、2013-2016年萎缩量分别减少35.77 hm²、10.88 hm²、270.30 hm²。由于2~6°的土地面积较小,故分布于2~6°的耕地涨落不明显(图7a)。林灌地与耕地在坡度上反映的规律有所不同。林灌地集中分布于15~35°之间。涨落规律为1958-1973年林灌地萎缩、1973-1990年变化不明显、1990-2003年林灌地扩张、2003-2016年变化不明显。除2~6°各个年份涨落幅度较小以外,林灌地分布<25°时,扩张幅度随着坡度的增加由0~2°的1016.02 hm²增至15~25°的7870.81 hm²;林灌地分布>25°时,萎缩幅度由15~25°的7870.81 hm²降至>35°的6029.82 hm²(图7b)。

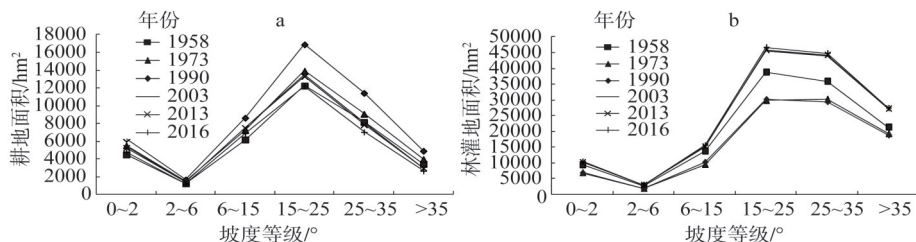
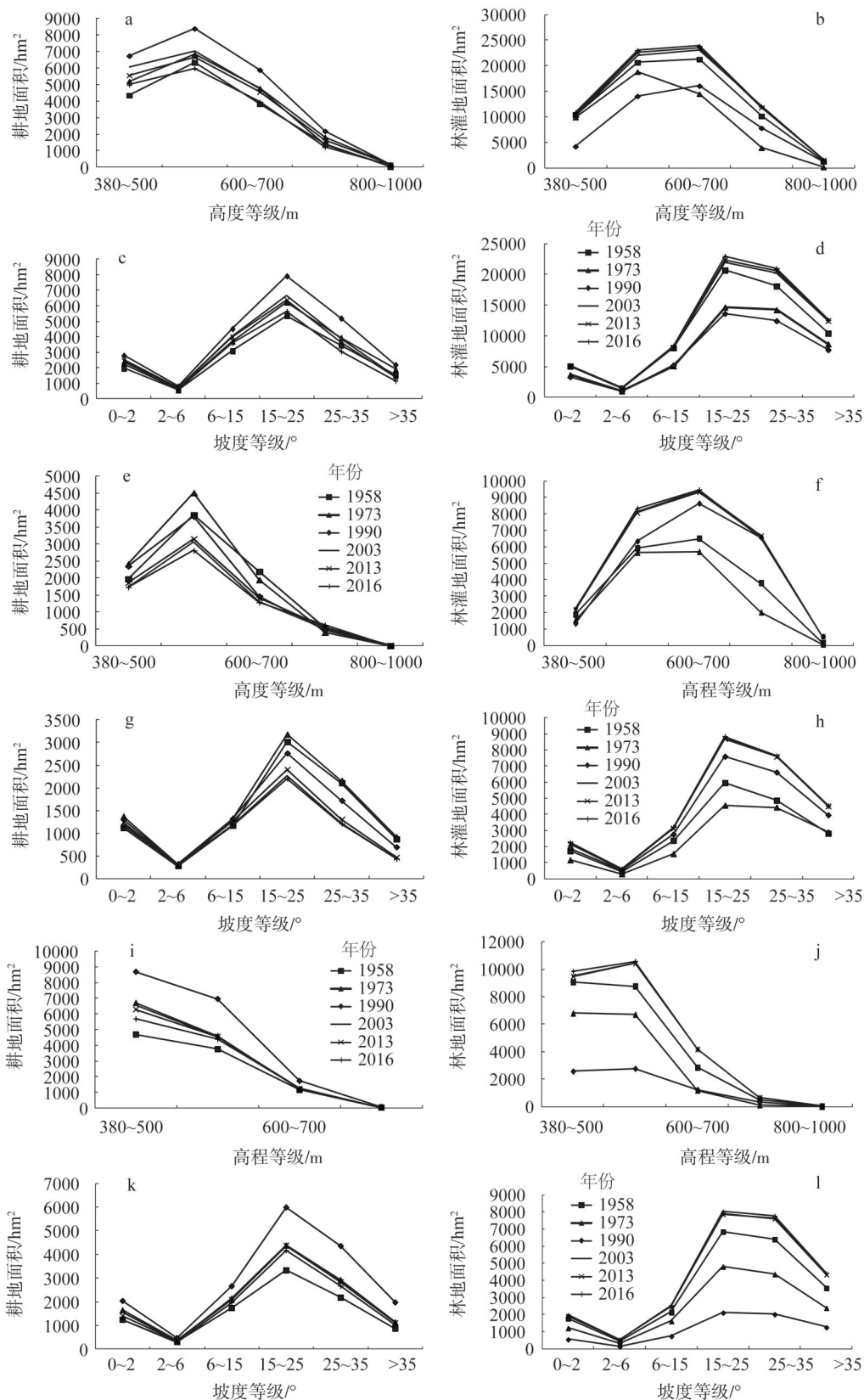


图7 耕地与林灌地的坡度分布

Fig. 7 Slope distribution of cultivated land and forest-shrub land

2.2.2 各分区不同地形上的耕地演变差异

槽谷区耕地涨落在高程上变化规律清晰,1990年以前耕地扩张,林灌地转耕地的面积大于耕地转林灌地的面积,1990年以后逐渐萎缩,林灌地数量增加且耕地转林灌地的数量远大于林灌地转耕地数量。其随着高度的增加变化幅度在减小;在坡度上有同样清晰的变化规律,以1990年为界,1990年以前在扩张,1990年以后在萎缩。除2~6°以外,变化幅度随着坡度的增加递增。在380~500 m高程范围,林灌地1958-1990年在萎缩。而1990-2016年与1958年、1973年数量相当,变化不明显。当高程大于500 m时,可以看出1958-1990年林灌地萎缩,且随高程升高增加,萎缩幅度变化随着高程增加直至800 m时,变化不再明显;1990-2016年涨落变化一直不明显。坡度上除2~6°之外,1958-1973年萎缩明显,1990-2003年扩张明显,1973-1990年与2003-2016年变化不明显。变化规律随着坡度增加,涨落幅度明显(图8)。



续图

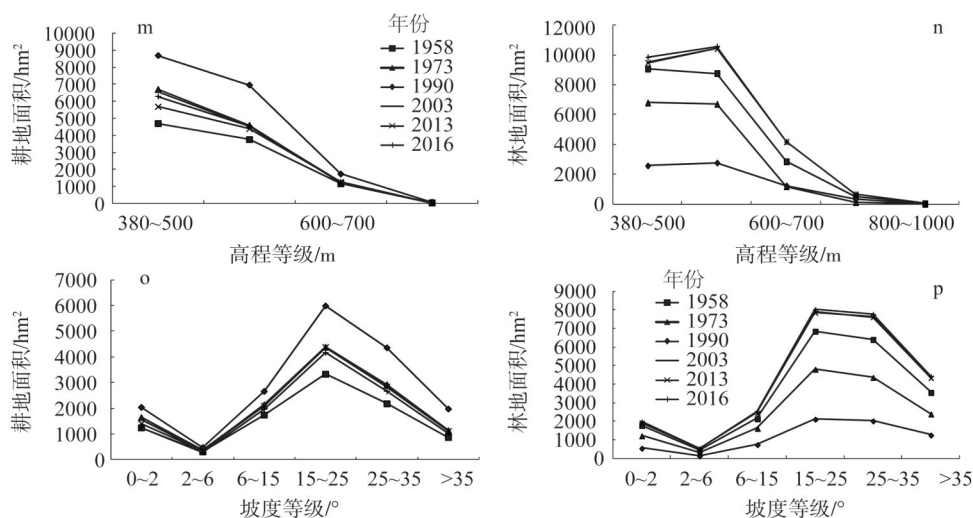


图8 各分区耕地和林灌地的高程、坡度分布

Fig. 8 Elevation and slope distribution of slope cultivated land and forest-shrub land area

低山河谷区耕地涨落规律大体与全县相似, 分别为: 分布在高程380~500 m时, 1973-1990年变化不明显; 而分布在500~700 m时耕地萎缩, 变化明显; 当>700 m时所有年份涨落都不明显。当坡度<15°时, 变化都不太明显; 当>15°时, 1958-1973年扩张, 1973-2003年萎缩, 2003-2013年扩张, 2013-2016年萎缩。林灌地除在380~500 m和1000~2480 m高程范围内涨落不明显以外, 其他范围较明显: 1958-1973年萎缩、1973-2003年扩张、2003-2016年变化不大。坡度上变化除2~6°外, 1958-1973年萎缩、1973-2003年扩张、2003-2016年保持不变。

丘陵谷地耕地分布高程只到800 m, 但其分布规律与全县类似, 随着高程增加, 涨落幅度在逐渐减小。坡度变化也与全县规律一致, 但其在0~2°、2~6°以及>35°范围上变化幅度都不太明显。林地分布高程只到1000 m, 变化规律与全县相同, 但其2013-2016年涨落变化不大。且当高程>800 m后, 变化幅度减少, 趋势不再清晰。坡度上除2~6°外, 变化幅度随着坡度增加, 趋势明显。

梵净中山区变化数量较小, 耕地在高程上变化最大的为600~800 m, 1958-1973年萎缩、1973-1990年扩张、1990-2003年萎缩、2003-2013年保持不变、2013-2016年扩张。坡度中变化最大的位于15~35°范围内, 变化规律与高程上的变化规律类似。其林灌地有变化的高程为700~1000 m, 该范围内1958-1990年一直在扩张、1990-2016年变化都不大。坡度上变化主要在15°以上, 有明显的林灌地扩张趋势。

2.3 耕地涨落空间热点分析

当耕地转为林灌地, 耕地数量减少, 耕地萎缩; 林灌地转为耕地, 耕地数量增加, 耕地扩张; 故通过对耕地转林灌地和林灌地转耕地的面积进行热点分析, 可得到全县耕地涨落的热点区域。由图9可知, 丘陵谷地、槽谷区及低山河谷区耕地涨落波动比较大, 梵净中山区耕地的数量涨落冷热点几乎无差别。耕地变化主要集中于槽谷区、丘陵谷地以及低山河谷区。槽谷区、丘陵谷地耕地先扩张再萎缩。低山河谷、梵净中山区耕地先萎缩再扩张 (图10、图11), 耕地萎缩节点为1990年, 扩张节点为2013年。低山河

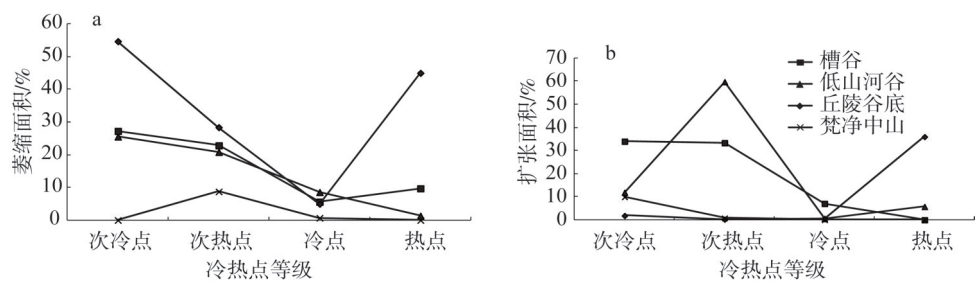


图9 1990-2003年各分区耕地涨落冷热点面积图
Fig. 9 Each partition hot spot area chart in 1990-2003

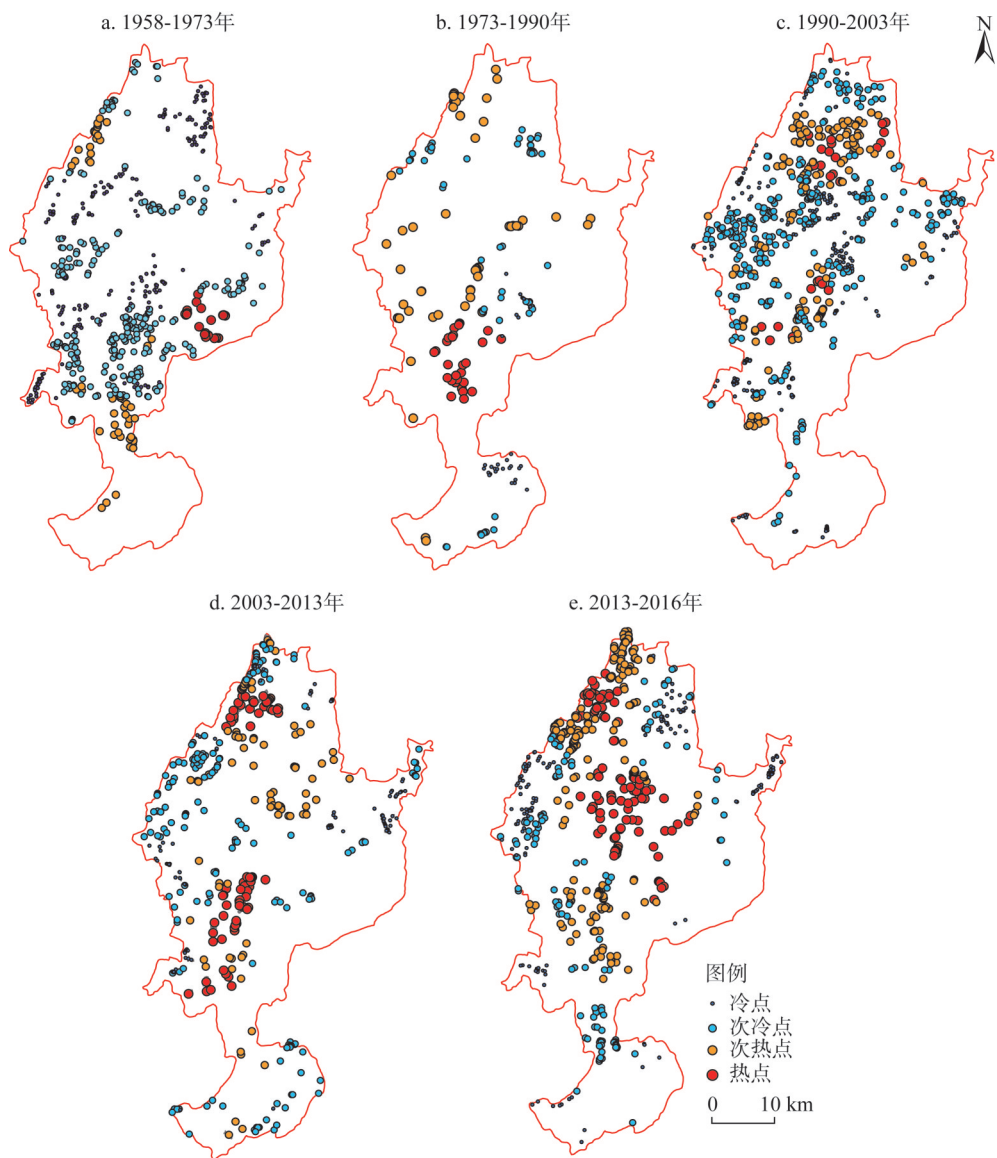


图10 耕地萎缩热点图
Fig. 10 Hot spot map of shrinking cultivated land

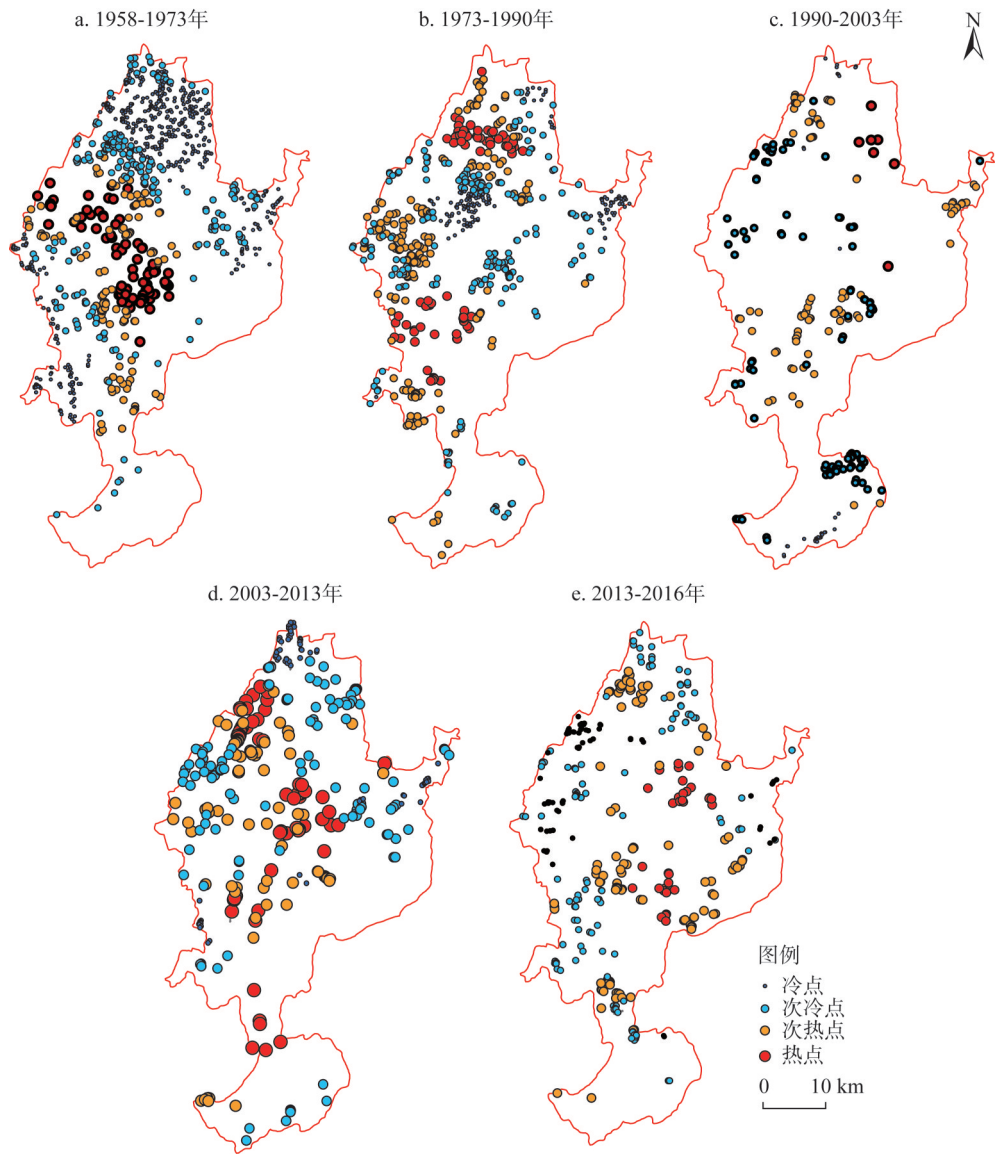


图11 耕地扩张热点图

Fig. 11 Hot spot map of expanding cultivated land

谷区、梵净中山区与槽谷区、丘陵谷地相比，前者高程、坡度大于后者，其原有耕地面积小于后者，且加之林场保护政策，在1990年前耕地在萎缩。但是梵净山“四宝”（灵芝、天麻、黄连、金银花）远近闻名，近年政府以发展中药材推动当地脱贫，故2013年后低山河谷区与梵净中山区耕地扩张。

2.4 研究区耕地涨落的驱动力分析

研究区耕地的涨落与经济、政策、人口数量都有密不可分的关系（图12）。耕地涨落变化可分为两个阶段：耕地扩张阶段（1958-1990年）和耕地萎缩阶段（1990-2016年）。耕地扩张阶段处于生态初期破坏阶段（1958-1973年）和生态中后期严重破坏阶段（1973-1990年）；耕地萎缩阶段则处于生态开始保护阶段（1990-2003年）和生态恢复阶

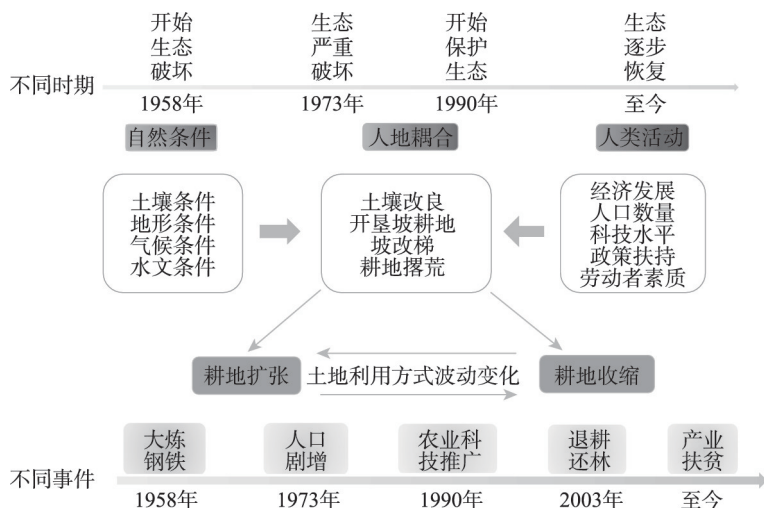


图 12 驱动力机制

Fig. 12 Driving force diagram

段（2003-2016年）。

1958-1990年，大跃进、大炼钢铁等事件加之严重自然灾害、人口数量的增加引起了粮食需求量上升^[22]，农户需大量开垦林灌坡地增加耕地面积来解决口粮问题。故大面积耕地被开垦（图 13）；划分自留山运动，激发当地居民大肆砍伐自己山头的林地，造成大面积森林破坏，此阶段耕地向高海拔、高坡度扩张，耕种范围扩大，耕地处于扩张阶段。其中耕地扩张的热点位于槽谷区和丘陵谷地，其对比低山河谷与梵净中山区，地形较平坦、耕地面积广，农业基础本身较好且人口稠密，劳动力充足，所以扩张量较多。

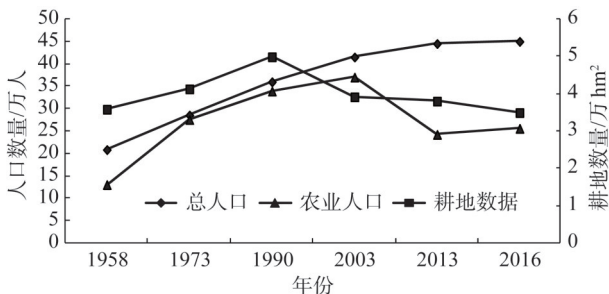


图 13 研究区人口与耕地数量相关图

Fig. 13 Correlation between cultivated land and population

1990-2003年，西部大开发政策推动印江县经济有所增长，农民对土地的依赖性逐渐减小^[23]，不再需要扩大耕地面积来提高粮食产量，耕地压力减弱，因而此时耕地面积开始下降。高海拔陡坡度区耕地减少。国家政策也开始向恢复生态倾斜，实施一系列生态建设措施及政策。退耕还林还草等生态措施，促使全县范围的林灌地范围扩大。此阶段耕地开始萎缩，且集中于耕地数量较多的槽谷区，其他三区生态开始恢复。

2003-2013年，高速公路修通，农户外出就业机会增大；随劳动力成本扩张，当地第一产业劳动力减少；城市化推进以及教育制度完善促使更多农村居民迁出当地^[24]，不再只依赖耕地生产获得收入，此时位于低海拔、缓坡度的耕地开始减少。国家重点推进石漠化治理、扶贫生态移民工程等推进生态恢复，林灌地范围向低海拔、缓坡度扩大。此阶段耕地萎缩，生态逐步恢复。

2013-2016年是生态恢复速度最快的时期，在这一阶段，随着“绿色贵州”建设的推进、技术和产业升级经济增长方式转变^[25]、中国户籍制度的改革^[26]使得农户的生计逐渐

多样化^[27]；“坡改梯”项目的实施加上农产品类型不断丰富，居民不再依赖单一粮食生产模式而是多类型、多结构地利用土地，使目前该地区耕地面积减少，耕种范围进一步缩小；林灌地范围扩张。此阶段耕地萎缩，生态恢复。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文利用多源数据，结合实地调查，以印江县为例研究了岩溶槽谷区近60年的耕地涨落规律及其空间差异，得到以下结论：

(1) 研究区耕地在不同时间段呈明显涨落变化。以1990年为时间节点，1990年前耕地数量增长，其增长曲线随时间推移在降低；1990年后耕地面积在萎缩，其萎缩曲线随时间推移在增加。

(2) 耕地涨落受高程、坡度影响使得各地貌区变化有所差别。耕地萎缩更易发生在海拔高、坡度陡的地形区，而耕地涨势变化多发生在海拔低、坡度缓的地形区。具体表现为，槽谷区耕地变化规律明显，梵净中山区变化甚微，丘陵谷地与低山河谷区由于其不同的地形变化规律略有不同，丘陵谷地耕地的涨落变化幅度小于低山河谷区。

(3) 槽谷区、丘陵谷地及低山河谷区耕地涨落数量冷热点分布波动比较大，梵净中山区耕地的数量涨落冷热点几乎无差别。

(4) 岩溶槽谷区的耕地涨落取决于农户对土地的依赖程度。在社会经济发展水平较低时，农户对土地依赖程度高，通过不断开垦耕地以期获得更多收益，耕地扩张明显；在社会经济水平较高时，耕地带来的收益远低于其他，农户对土地依赖程度降低，耕地逐渐被撂荒。

3.2 讨论

在黄土高原^[28]、四川丘陵区域^[29]、贵州岩溶地区^[30]以及石漠化严重的花江峡谷地区^[31]都呈现出随坡度增加，耕地分布比例大幅下降、耕地减少幅度增大状况。本文发现，岩溶槽谷区域与岩溶流域猫跳河流域^[13-14]、岩溶高原面普定县^[22]岩溶中山地貌区毕节七星关^[32]以及岩溶山区坡度大于25°的区域^[33]，耕地涨落时间段一致，都以1990年为分界，之前耕地扩张，之后耕地萎缩，耕地转型明显。实际上，国外岩溶地区的土地利用也发生类似的涨落变化，几乎无树的石质草地景观在250年间演变成以森林为主的景观^[34]。

导致耕地在不同地形条件下呈涨势与落势变化的根本原因是农户生计问题。当社会经济发展水平低下时，农户生计单一，首先开垦肥沃、平坦的区域，当这些区域耕地产出不足以养活膨胀人口时，便会开垦相对贫瘠的土地^[35-36]，故此时耕地扩张明显。社会经济发展水平高时，农户生计来源丰富，对耕地资源依赖程度降低。此时由于地块破碎、坡度大、耕作半径大及生态脆弱等自然条件限制难以实现机械化^[37]，加之在喀斯特区域，与传统耕地相比，林地治理水土流失、改善生态环境方面具有显著优势^[38]，且耕地带来的收益远低于其他收益，故耕地萎缩明显。

岩溶槽谷区地形复杂，连续的褶皱构造形成地质岩性多变、碳酸盐岩与非碳酸盐岩互层、岩层倾角大和地表起伏大等地质地貌特征，导致槽谷区平地、坝地少，坡地多，耕地资源较为缺乏，加之其经济发展水平与政策实施程度使得其耕地的涨落规律有所不同。耕地涨落随着高程增加，涨落幅度减小，耕地涨落高程界限为700 m。而随着坡度

增加, 耕地涨落幅度增加。因此, 岩溶槽谷区与其他区域增加耕地主要位于高海拔(600~1400 m)和陡坡区域^[39], 反映了槽谷区不一样的土地资源赋存特点和人地关系演变进程。

参考文献(References):

- [1] TURNER J L, SKOLE D L, SANDERSON S, et al. Land-use and land-cover change: Science/Research Plan. IGBP Report No.35/IHDP Report No.7, Stockholm, Sweden, and Geneva, Switzerland, 1995. <http://pure.iiasa.ac.at/4402>.
- [2] STERLING S M, DUCHARNE A, POLCHER J. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. *Nature Climate Change*, 2012, 3(4): 385-390.
- [3] 汪小钦, 王钦敏, 励惠国, 等. 黄河三角洲土地利用/覆盖变化的微地貌区域分异. *地理科学*, 2008, 28(4): 514-517. [WANG X Q, WANG Q M, LI H G, et al. Spatial pattern of LUCC in different micro-geomorphic types of Huanghe River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(4): 514-517.]
- [4] 高凤杰, 马泉来, 单培明, 等. 黑龙江穆棱市土地利用/覆盖变化及热点分析. *地域研究与开发*, 2016, 35(4): 126-130. [GAO F J, MA Q L, SHAN P M, et al. Land use /cover change and hot spots analysis in Muling city of Heilongjiang province. *Areal Research and Development*, 2016, 35(4): 126-130.]
- [5] 张丹丹, 杨晓梅, 苏奋振, 等. 大亚湾近岸土地利用的时空分异及其与地貌因子关系分析. *资源科学*, 2010, 32(8): 1552-1557. [ZHANG D D, YANG X M, SU F Z, et al. Spatio-temporal differences in land use change in the Daya Bay and correlation with geomorphologic indicators. *Resources Science*, 2010, 32(8): 1552-1557.]
- [6] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. *地理学报*, 1996, 51(6): 553-558. [LI X B. A review of the international researches on land use/land cover change. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(6): 553-558.]
- [7] 宋开山, 刘殿伟, 王宗明, 等. 1954年以来三江平原土地利用变化及驱动力. *地理学报*, 2008, 63(1): 93-104. [SONG K S, LIU D W, WANG Z M, et al. Land use change in Sanjiang Plain and its driving forces analysis since 1954. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(1): 93-104.]
- [8] 杨桂山. 长江三角洲近50年耕地数量变化的过程与驱动机制研究. *自然资源学报*, 2001, 16(2): 121-127. [YANG G S. The process and driving forces of change in arable-land area in the Yangtze River Delta during the past 50 years. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(2): 121-127.]
- [9] ANNE M, SYLVIE L, NATHALIE C, et al. Agricultural land-use change and its drivers in mountain in Landscapes: A case study in the Pyrenees. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2006, 114(2-4): 296-310.
- [10] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应. *地理学报*, 2014, 69(1): 55-63. [WU L N, YANG S T, LIU X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River Basin since 1976. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(1): 55-63.]
- [11] 龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理. *地理研究*, 2015, 34(9): 1607-1618. [LONG H L. Land use transition and land mangagement. *Geographical Research*, 2015, 34(9): 1607-1618.]
- [12] GE D Z, LONG H, ZHANG Y N, et al. Farmland transition and its influences on grain production in China. *Land Use Policy*, 2018, 70: 94-105.
- [13] PENG J, XU Y Q, CAI Y L, et al. The role of policies in land use/cover change since the 1970s, in ecologically fragile karst areas of Southwest China: A case study on the Maotiaohe Watershed. *Environmental Science and Policy*, 2011, 14(4): 408-418.
- [14] 许月卿, 罗鼎, 冯艳, 等. 西南喀斯特山区土地利用/覆被变化研究: 以贵州省猫跳河流域为例. *资源科学*, 2010, 32(9): 1752-1760. [XU Y Q, LUO D, FENG Y, et al. A study on land use and land cover change in karst mountainous areas in Southwestern China: A case study of the Maotiao River Watershed Guizhou province. *Resources Science*, 2010, 32(9): 1752-1760.]
- [15] 韩会庆, 杨广斌, 张凤太. 基于地貌特征的贵州省土地利用时空变化分析. *南京林业大学学报*, 2015, 39(5): 99-105. [HAN H Q, YANG G B, ZHANG F T. Spatial-temporal analysis of land use changes in Guizhou province based on land-form characteristics. *Journal of Nanjing Forestry University*, 2015, 39(5): 99-105.]
- [16] 张婷, 侍昊, 徐雁南, 等. 退耕还林对喀斯特地区土地利用景观格局影响的量化评价. *北京林业大学学报*, 2015, 37(3): 34-43. [ZHANG T, SHI H, XU Y N, et al. Quantitative evaluation on the impact of the sloping land conversion pro-

- gram on landscape pattern of land use in karst area. *Journal of Beijing Forestry University*, 2015, 37(3): 34-43.]
- [17] 马晓冬, 朱传耿, 马荣华, 等. 苏州地区城镇扩展的空间格局及其演化分析. *地理学报*, 2008, 63(4): 405-416. [MA X D, ZHU C G, MA R H, et al. Urban spatial growth pattern and its evolution in Suzhou, Jiangsu province, China. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(4): 405-416.]
- [18] 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. *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. *Economic Geography*, 2015, 35(7): 59-65.]
- [19] 王曼曼, 吴秀芹, 吴斌, 等. 盐池北部风沙区乡村聚落空间格局演变分析. *农业工程学报*, 2016, 32(8): 260-271. [WANG M M, WU X Q, WU B, et al. Evolution analysis of spatial pattern of rural settlements in sandy area of Northern Yanchi. *Transactions of the CSAE*, 2016, 32(8): 260-271.]
- [20] 邹敏, 吴泉源, 逢杰武. 基于DEM的龙口市土地利用空间格局与时空变化研究. *测绘科学*, 2007, 32(6): 173-175. [ZOU M, WU Q Y, PANG J W. Analysis of the land use spatial pattern and spatial-temporal changes in the area of Longkou based on DEM. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32(6): 173-175.]
- [21] 仙巍, 邵怀勇, 周万村. 基于3S技术的三峡库区不同坡度带与坡向带的景观格局研究: 以巫溪县为例. *中国生态农业学报*, 2007, 15(1): 140-144. [XIAN W, SHAO H Y, ZHOU W C. Research on the landscape pattern of slopes with different gradients and directions in the area of Three Gorges Area based on 3S: A case study from Wuxi county. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2007, 15(1): 140-144.]
- [22] 秦罗义, 白晓永, 王世杰, 等. 近40年来贵州高原典型区土地利用变化及驱动机制. *山地学报*, 2015, 9(5): 619-628. [QIN L Y, BAI X Y, WANG S J, et al. History of land use change and driving mechanism of typical Guizhou Plateau region during 40 years. *Mountain Research*, 2015, 9(5): 619-628.]
- [23] YAN X, CAI Y L. Multi-scale anthropogenic driving forces of karst rocky desertification in Southwest China. *Land Degradation and Development*, 2015, 26(2): 193-200.
- [24] CHEN R S, YE C, CAI Y L, et al. The impact of rural out-migration on land use transition in China: Past, present and trend. *Land Use Policy*, 2014, 40: 101-110.
- [25] 邹亚荣, 张增祥, 周全斌, 等. 中国农牧交错区土地利用变化空间格局与驱动力分析. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 222-227. [ZOU Y R, ZHANG Z X, ZHOU Q B, et al. Land use change dynamics spatial pattern in ecotone between agriculture and animal husbandry and its driving force analysis. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 222-227.]
- [26] ZHANG J Y, DAI M H, WANG L C, et al. Household livelihood change under the rocky desertification control project in Karst areas Southwest China. *Land Use Policy*, 2016, 56: 8-15.
- [27] GUO L Y, DI L P, LI G, et al. GIS-based detection of land use transformation in the Loess Plateau: A case study in Baota district, Shaanxi province, China. *Journal of Geographical Sciences*, 2015, 25(12): 1467-1478.
- [28] 张建军, 陈凤娟, 白建勤, 等. 1983-2009年黄土高原沟壑区耕地结构特征演变分析. *农业工程学报*, 2012, 28(16): 232-239. [ZHANG J J, CHEN F J, BAI J Q, et al. Evolution analysis of cultivated land structure characteristics on gully area of Loess Plateau in 1983-2009. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(16): 232-239.]
- [29] 杨斌, 王金生. 基于GIS的丘陵区耕地景观格局时空演变特征分析. *测绘工程*, 2014, 23(9): 1-4. [YANG B, WANG J S. The spatial-temporal evolution of land landscape pattern for farmland in the hilly area based on GIS. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2014, 23(9): 1-4.]
- [30] 罗光杰, 王世杰, 李阳兵, 等. 岩溶地区耕地时空动态变化及其生态服务功能评估. *农业工程学报*, 2014, 30(11): 233-243. [LUO G J, WANG S J, LI Y B, et al. Spatio-temporal dynamics and ecological service function assessment of slope farmland in Karst areas of Guizhou province. *Transactions of the CSAE*, 2014, 30(11): 233-243.]
- [31] 熊祝. 贵州花江生态脆弱区土地利用优化调整研究. 贵阳: 贵州师范大学, 2009. [XIONG Z. The land use optimization research of Huajiang ecologically fragile areas in Guizhou. Guiyang: Guizhou Normal University, 2009.]
- [32] 吴宏霞, 安裕伦. 基于GIS的土地利用动态变化分析: 以毕节市七星关区为例. *贵州师范大学学报*, 2012, 30(3): 18-21. [WU H X, AN Y L. Analysis of land use dynamic change based on GIS: A case study area of Bijie Qixingguan region. *Journal of Guizhou Normal University*, 2012, 30(3): 18-21.]
- [33] 张跃红, 安裕伦, 马良瑞, 等. 1960-2010年贵州省喀斯特山区陡坡土地利用变化. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 878-884. [ZHANG Y H, AN Y L, MA L R, et al. Land use change of slope land in karst mountainous regions, Guizhou province during 1960-2010. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 878-884.]
- [34] KALIGARIĆ M, IVAJNSIĆ D. Vanishing landscape of the "classic" karst: Changed landscape identity and projections

- for the future. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 132: 148-158.
- [35] 曾早早, 方修琦, 叶瑜. 基于聚落地名记录在过去300年吉林省土地开垦过程. *地理学报*, 2011, 66(7): 985-993. [ZENG Z Z, FANG X Q, YE Y. The process of land cultivation based on settlement names in Jilin province in the past 300 years. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(7): 985-993.]
- [36] 张佰林, 蔡为民, 张凤荣, 等. 隋朝至1949年山东省沂水县农村居民点的时空格局及驱动力. *地理研究*, 2016, 35(6): 1141-1150. [ZHANG B L, CAI W M, ZHANG F R, et al. Spatio-temporal evolution of rural settlements and its driving forces in Yishui county, Shandong province from Sui Dynasty to 1949. *Geographical Research*, 2016, 35(6): 1141-1150.]
- [37] 张佰林, 高江波, 高阳, 等. 中国山区农村土地利用转型解析. *地理学报*, 2018, 73(3): 503-517. [ZHANG B L, GAO J B, GAO Y, et al. Land use transition of mountainous rural areas in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(3): 503-517.]
- [38] 周忠发, 田涟玮, 殷超, 等. 人为干预下喀斯特峰丛盆地区不同土地利用类型的土壤理化性质. *贵州师范大学学报: 自然科学版*, 2017, 35(4): 1-6. [ZHOU Z F, TIAN L Y, YIN C, et al. The impact of human intervention in Karst Peak Cluster Area in different land use types on soil physicochemical properties. *Journal of Guizhou Normal University: Natural Sciences*, 2017, 35(4): 1-6.]
- [39] 许尔琪, 张红旗. 喀斯特山地土地利用变化的垂直分布特征. *中国生态农业学报*, 2016, 24(12): 1693-1702. [XU E Q, ZHANG H Q. Vertical distribution of land use in Karst Mountainous region. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(12): 1693-1702.]

The transition of karst valley area farmland and its dynamic mechanism

WANG Meng-meng, LI Yang-bing, LI Shan-shan

(School of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal university, Guiyang 550001, China)

Abstract: It is of significance to analyze the temporal and spatial evolution of karst valley of farmland so as to reveal the law of human-environmental relationship in the karst valley rural area, with Yinjiang county as an example, which was divided into trough valley region, low mountain valley region, Fanjing mountain region and hilly valley region. Based on the landform, multi-source data are used to discuss the change of cultivated land quantity and its distribution evolution at different elevations and on different slope scopes from 1958 to 2016 in the county. The results show: (1) Farmland increased first and then declined; woodland increased after decreases. Before 1990, woodland was transferred to farmland, but after 1990, cultivated land was transferred to forest, and the degree of transfer of each subregion was different. (2) The fluctuation elevation level of cultivated land is 700 m. When it is lower than 700 m, it expanded before 1990 and then shrank, the range of change decreased as the elevation increased. Above 700 m, the fluctuation was not obvious. (3) Taking 1990 as the boundary, the cultivated land expanded before 1990 and shrank after 1990 on all slopes. If the slope is less than 25° slope, the farmland increased with the increase of slope. Within the slope greater than 25°, the cultivated land decreased with the increase of slope. (4) The fluctuation of cultivated land in the study area was closely with the land dependence of local farmers. Cultivated land will expand, if farmers are highly dependent on land. On the contrary, the cultivated land will shrink.

Keywords: karst valley area; farmland; transition; dynamic mechanism