DOI: 10.5846/stxb201811072418

郭少壮,白红英,孟清,赵婷,黄晓月,齐贵增.秦岭地区林地与草地景观格局变化及其驱动因素.生态学报,2020,40(1):130-140.

Guo S Z, Bai H Y, Meng Q, Zhao T, Huang X Y, Qi G Z. Landscape pattern changes of woodland and grassland and its driving forces in Qinling Mountains. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(1): 130-140.

秦岭地区林地与草地景观格局变化及其驱动因素

郭少壮[1],白红英[1,2,*],孟 清[1],赵 婷[1],黄晓月[1],齐贵增[1]

1 西北大学, 西安 710127

2 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 西安 710127

摘要:以 1980—2015 年土地利用数据集为数据源,利用 GIS 空间分析、景观格局指数和主成分分析法,研究了秦岭地区林地与草地景观格局时空变化特征,并探讨其演化的驱动因素。结果表明:(1)林地和草地是秦岭地区主要景观类型,约占研究区总面积的 72%,其中有林地为优势景观类型,其次为高覆盖度草地和中覆盖度草地,其他林地和低覆盖度草地分布面积相对较少。(2)35 年来,林地和草地总面积整体呈减少趋势,净减少了 309.44 km^2,其中草地减少占主导地位;空间变化上,损失严重的区域主要分布于以西安市为中心的周边区域,主要向建设用地和耕地转移。(3)林地和草地景观破碎化程度逐渐增加,连通性降低,景观异质性增强且景观形状更为复杂,草地较林地变化明显;空间分布上,林地和草地景观格局指数空间分布特征明显,在地形因子作用下呈现一定的地形梯度性,尤其与海拔的相关性最好。(4)人为活动干扰是影响秦岭地区林地和草地景观格局变化的主要驱动因素,气候因素次之,同时国家宏观政策起着重要的导向作用。减缓人为活动对秦岭地区的过度影响,维护林地和草地的平衡性及完整性,是实现该区生态系统科学管理和资源的可持续利用的关键。

关键词:秦岭地区;景观格局;景观指数;驱动因素

Landscape pattern changes of woodland and grassland and its driving forces in Qinling Mountains

GUO Shaozhuang[1], BAI Hongying[1,2,*], MENG Qing[1], ZHAO Ting[1], HUANG Xiaoyue[1], QI Guizeng[1]

1 *Northwest University, Xi'an* 710127, *China*

2 *Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, Xi'an* 710127, *China*

Abstract: Based on the land-use datasets from 1980 to 2015, in this study, we analyzed the spatial and temporal changes and its driving forces of woodland and grassland landscape pattern in Qinling Mountains following GIS, landscape pattern index, and principal component analysis methods. The results showed that: (1) Woodland and grassland were the main landscape types in the Qinling Mountains, accounting for about 72% of the total area of the study area. Among them, forest land was the dominant landscape type, followed by high-coverage grassland and moderate-coverage grassland, and other woodland and low-coverage grassland areas were relatively few. (2) The total woodland and grassland area of Qinling Mountains during 1980—2015 was decreased by 309.44 km^2. The grassland is dominated by the total area of woodland and grassland changes. Look at it from the aspect of spatial change, The woodland and grassland areas were mainly lost in the surrounding areas centered of Xi′an, woodland and grassland were mainly transformed to construction land and cultivated land. (3) The degree of fragmentation of woodland and grassland increased gradually, the landscape connectivity decreased, the landscape heterogeneity increased, and the landscape shape was more complicated. The grassland changed significantly compared with the woodland. Look at it from the aspect of spatial distribution, the spatial heterogeneity of

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(201304309)

收稿日期:2018-11-07; **网络出版日期**:2019-10-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hongyingbai@163.com

woodland and grassland landscape pattern index was significant. and the national macro policy played an important guiding role in the change of landscape pattern. (4) Human activity interference was the main driving factors for the landscape pattern change of woodland and grassland in Qinling Mountains, followed by climatic factors. The national macro policy played an important guiding role in the change of landscape pattern. Mitigating the excessive impact of human activity on the Qinling Mountains and maintaining the balance and integrity of woodland and grassland are the key to realizing the scientific management of the ecosystem and the sustainable use of resources in Qinling Mountains.

Key Words: Qinling Mountains; landscape pattern; landscape index; driving forces

景观格局包括景观组成单元的类型、数目以及空间分布,是自然因子和社会因子综合作用于地理空间上的表现结果,一切自然营力和人类活动都将引起景观格局的变化[1-2],景观格局的特征及其变化又对生态系统的结构、功能和过程产生着重要影响[3-5]。随着全球气候变化以及人类活动的日益频繁,景观格局受到外界干扰程度越来越大,对景观格局变化驱动力的研究是理解人类活动与景观格局演化关系的基础[6-7]。因此,研究区域景观格局的动态变化及其驱动因素有助于揭示自然环境与人类社会相互作用的关系,对生态系统演化具有重要意义[8]。

景观格局指数是分析景观格局变化时常用的工具,其简单、方便的特点在景观生态学研究中得到广泛应用[9]。随着地理信息系统(GIS, Geographic Information System)和遥感技术(RS, Remote Sensing)的发展,目前,国内外景观格局变化研究主要采用 GIS 和 RS 技术与景观格局指数相结合的方法进行定量和定性的分析[10]。不同学者对于城市、森林、湿地、以及海域为水平的景观格局变化均有研究[11-12],近年来,随着人口数量和经济水平的快速增长,人类对林地和草地等自然资源的过度以及不合理地开发逐渐增加,林地和草地作为重要的环境资源,是陆地生态系统重要组成部分,其减少将会严重影响区域生态环境质量及生态系统的稳定性和多样性,对于林地与草地景观格局时空演变已成为景观格局研究的热点领域[13-15],国内外学者已做了大量的单独研究林地与草地景观格局时空演变及其驱动机制。王美玲等[16]分析了长白山保护区森林景观格局动态变化,结果表明长白山保护区及周边林业局景观破碎化程度加重,受人为干扰明显;张韬等[17]研究了辉腾锡勒风电场的建设对草原景观格局的影响,结果表明该地区草原生态系统稳定性下降主要由风机和风机检修路面积增加导致的。

秦岭位于我国中部,被称为中国地理的自然标识[18],是亚热带与暖温带以及湿润与半湿润气候重要的分界线,也是我国自然地理的过渡带及东亚地区生物多样性最丰富的热点地区之一[19],亦是人为活动和气候变化响应的敏感区。秦岭地区主要以林地和草地景观类型为主,以往的研究多集中于小尺度研究,对于秦岭地区大尺度、长序列林地与草地景观格局时空变化及驱动力的研究相对缺少。因此,本文基于 1980—2015 年 Landsat 影像数据,提取出秦岭地区林地和草地景观类型空间分布图,利用 GIS 空间分析和景观格局指数法研究了秦岭地区林地与草地景观分布及其空间格局变化特征,并利用主成分分析和相关系数法对其人为和自然两大驱动因子进行分析,旨在揭示秦岭地区林地与草地景观格局演变特征及其驱动因素,以期为该区生态系统管理和资源的可持续利用提供科学依据和理论支撑。

1　研究区概况

本研究所指的秦岭为狭义的秦岭(图 1),位于陕西省南部,渭河以南,汉江以北,东西以陕西省省界为界,地理坐标范围 105°28′—111°3′E,32°28′—34°40′N,包括 36 个县(市、区),总面积达 6.37 万 km^2,约占陕西省总面积的 31%。该区海拔范围 195—3771.2 m,平均海拔 1157.92 m,地势由东向西逐渐升高,北坡陡峭而南坡相对平缓[20];年均温约为-4—17 ℃,年降水量约为 600—1200 mm[21],素有“世界生物基因库”和“天然药库”之称[22]。研究区植被类型非常丰富,秦岭以北以落叶阔叶林为主,以南以常绿阔叶、落叶阔叶混交林为

主[18];生态系统类型以自然生态系统为主,自然生态系统又以陆地生态系统为主,主要包括森林生态系统和草地生态系统。

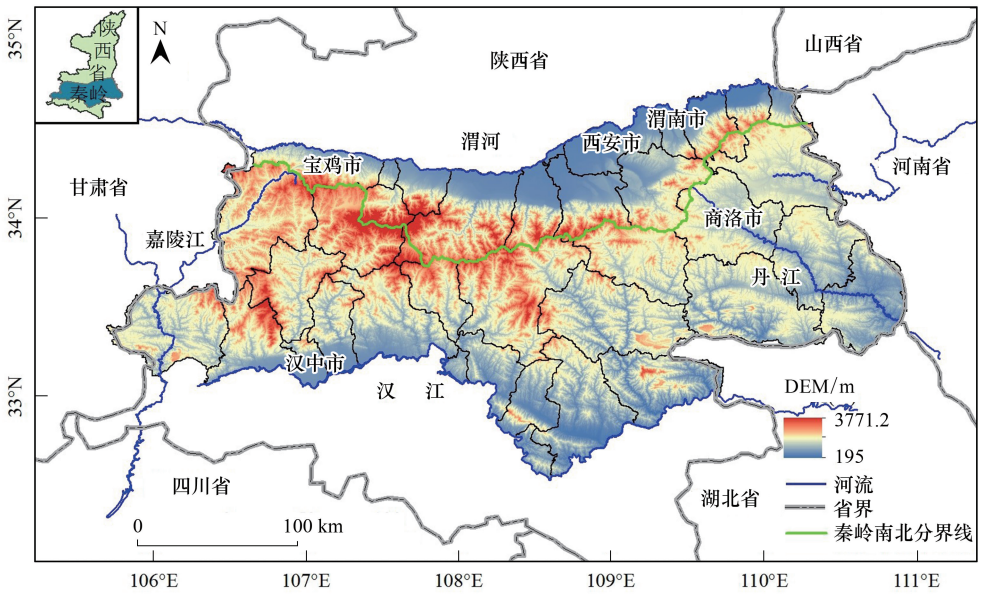

图 1 研究区位置

Fig.1 The location of the study area

2 数据与方法

2.1 数据来源

本研究采用中国科学院资源环境科学数据中心(http://www.resdc.cn)提供的陕西省 1:10 万土地利用数据,空间分辨率为 30 m,共包括 1980 年、1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年 6 期影像,该数据将研究区划分为林地、草地、耕地、建设用地、水域、未利用地 6 大类型,以此提取出研究区林地和草地景观类型,林地包括有林地、灌木林地、疏林地和其他林地,草地包括高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地。其中高覆盖度草地指覆盖度>50%的天然草地、改良草地和割草地,此类草地一般水分条件较好,草被生长茂密;中覆盖度草地指覆盖度在 20%—50%间的天然草地和改良草地,此类草地一般水分不足,草被较稀疏;低覆盖度草地指覆盖度在 5%—20%的天然草地,此类草地水分缺乏,草被稀疏,牧业利用条件差。

气象数据来源于陕西省气象局;总人口数量和国民生产总值(GDP)数据来源于陕西省统计年鉴;DEM 数据来源于国家测绘局,分辨率为 25 m×25 m;坡度、地形起伏度均由 DEM 提取所得。

2.2 研究方法

2.2.1 景观格局指数分析法

本研究依据研究区景观类型特征和景观格局指数的生态学意义[2],分别从斑块类型水平上和景观水平上选取不同景观指数。斑块类型水平上选取了最大斑块指数(LPI, Largest patch index)、景观形状指数(LSI, Landscape shape index)、斑块密度(PD, Patch density)、聚集指数(AI, Aggregation index)4 种指数,从景观水平上选取了景观形状指数(LSI)、蔓延度(CONTAG, Contagion index)、聚集指数(AI)、香农多样性(SHDI, Shannon's diversity index)4 种指数。林地和草地景观格局指数运用 Fragstats 4.2 软件分别采用标准法和移动窗口法进行计算。

2.2.2 相关性分析

基于林地和草地景观格局指数空间分布图及海拔、坡度、地形起伏度等地形环境因子分布图,利用 ArcGIS 10.2 中的 band collection statistics 方法,分别计算秦岭地区林地和草地景观格局指数与不同地形环境

因子的相关系数,分析景观格局指数与地形环境因子的相关性。

2.2.3　人为干扰度的构建

为了分析人为干扰度对秦岭地区林地和草地的综合影响,根据前人的研究成果[23],结合研究区景观分类系统[24],基于地表覆盖面积权重构建秦岭地区人为干扰度指数[23-25]。人为干扰计算公式如下[26]:

$$M = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S} \times H_i$$

式中,M 代表人为干扰度;n 为统计单元内景观类型个数;H_i 为第 i 类景观类型对应的干扰指数;S 为统计单元的总面积;S_i 为统计单元内第 i 类景观类型面积。

2.2.4　驱动力分析

为了探讨人类活动及气候影响因素对秦岭地区林地和草地景观格局变化的影响机制,人类活动主要考虑了总人口数量、GDP、耕地面积、建设用地面积、人为干扰度等因素,气候驱动力主要考虑了温度和降水,并利用主成分分析法以及线性相关性对引起景观格局变化的因素进行筛选。

3　结果与分析

3.1　秦岭地区林地与草地分布状况

1980—2015 年秦岭地区林地与草地空间分布如图 2 所示。截至 2015 年,秦岭地区林地和草地总面积为 45917.45 km^2,占研究区总面积的 72.06%,其中有林地面积为 13685.67 km^2,占林地和草地总面积的 29.80%,其次为高覆盖度草地和中覆盖度草地,分别占比为 22.11%、21.97%,其他林地和低覆盖度草地分布面积相对较小,分别占比为 0.38%和 3.38%。秦岭地区地势由东向西逐渐升高,北坡陡峭而南坡相对平缓[21],结合秦岭地区地形地貌特征,林地与草地空间上具有明显的地形分布差异性,其中林地主要分布于研究区中西部,海拔较高且坡度较大,草地主要分布于研究区东南部,秦岭北坡的西安市以及南坡的汉中市地区林地和草地分布明显较少,此区域海拔较低且地势相对平坦,人类开发利用的强度较高。综合表明秦岭地区林地和草地空间格局与地形地貌存在较大的相关性。

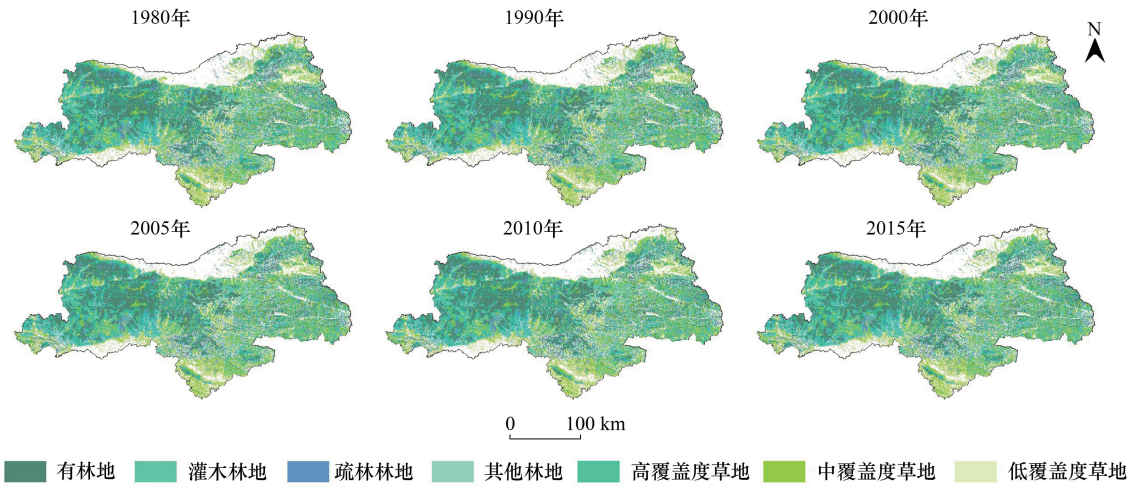

图 2　1980—2015 年秦岭地区林地和草地景观类型分布图

Fig.2　The spatial distribution of woodland and grassland in Qinling Mountains from 1980 to 2015

3.2　秦岭地区林地与草地景观动态变化特征

1980—2015 年秦岭地区林地和草地面积变化趋势如图 3 所示。35 年来,林地和草地总面积呈减少趋势,净减少了 309.44 km^2。林地 4 种类型中,有林地、灌木林地、疏林地和其他林地的面积呈不同程度的增加趋势,共增加了 201.23 km^2;草地中,高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地面积均呈减少趋势,共减少了

510.68 km^2,表明草地减少占林地和草地总面积变化的主导地位。

图 4 为 1980—2015 年秦岭地区林地和草地空间转移。研究时段内,林地和草地大部分区域未发生转移变化,区域内整体景观格局变化相对较小,但以西安市为中心的周边区域变化最为明显,主要由于近年来西安市城市化进程的加快,建设用地的持续增加并占用大面积的林地和草地,侵占面积达 86.19 km^2,仅次于耕地的侵占。林地和草地增加的区域主要呈点状分布于秦岭山区,其主要来源于耕地的转移,由于近年来国家对于秦岭地区自然生态系统的保护以及退耕还林还草政策的实施,秦岭山区的耕地多转化为林地和草地。

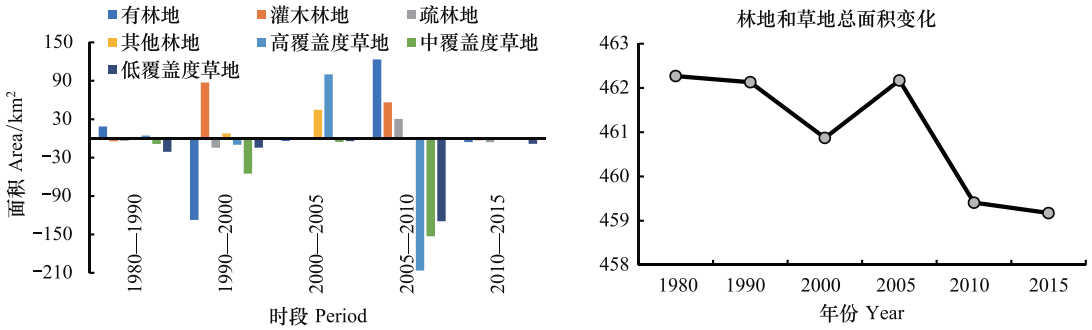

图 3 1980—2015 年秦岭地区林地与草地面积变化图

Fig.3 The area change of woodland and grassland in Qinling Mountains from 1980 to 2015

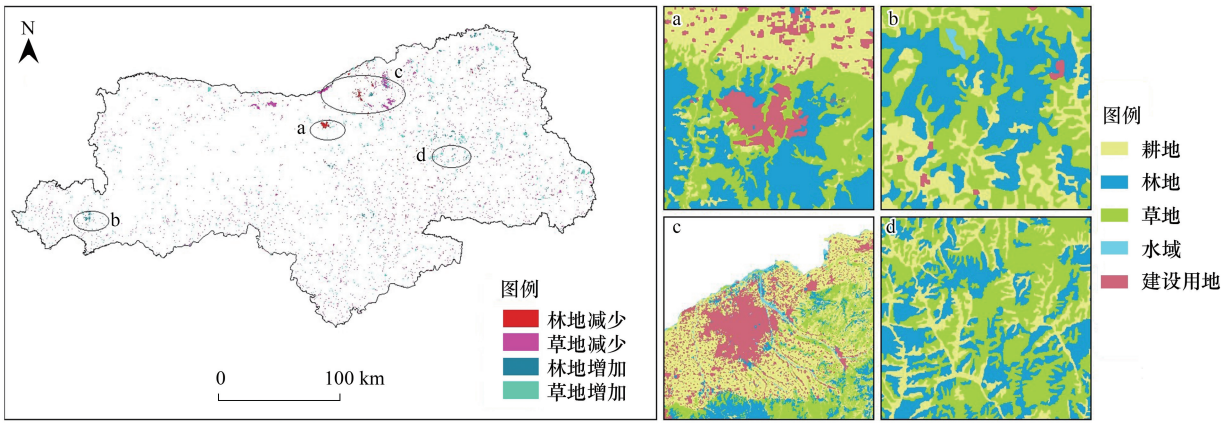

图 4 1980—2015 年秦岭地区林地和草地空间转移图

Fig.4 The spatial change of woodland and grassland in Qinling Mountains from 1980 to 2015

图 a 和图 b 分别表示林地减少和林地增加的典型样区,图 c 和图 d 分别表示草地减少和草地增加的典型样区

3.3 秦岭地区林地与草地景观格局变化特征分析

3.3.1 斑块水平上景观格局变化特征

图 5 为 1980—2015 年秦岭地区斑块水平上各时期景观格局指数变化趋势。35 年来,各景观类型斑块密度整体上呈增加趋势,表明 7 种景观类型的斑块破碎化程度均有所增加;有林地最大斑块指数最高,表明有林地是研究区的优势景观类型,且在研究区内呈片状分布;高覆盖度草地和中覆盖度草地景观形状指数较高,说明高覆盖度草地和中覆盖度草地景观斑块形状复杂,且各类的景观形状指数呈不同程度的增加,表明秦岭地区林地和草地斑块形状逐渐呈不规则变化趋势;有林地、灌木林地的聚集指数最大,且变化趋势相对稳定;其他林地、中覆盖度草地、低覆盖度草地聚集指数相对较低且下降幅度较大,表明其空间分布较为分散,破碎化程度增加,连通性降低。

3.3.2 景观水平上景观格局变化特征

图 6 为 1980—2015 年秦岭地区景观类型上各时期景观格局指数变化趋势。35 年来,秦岭地区景观形状

指数、香农多样性指数呈先增加后下降的趋势,整体呈增加趋势,表明林地和草地景观形状变得逐渐复杂,景观异质性和景观丰富度增加,2005 年后有所改善,主要由于秦岭地区生态环境保护政策的实施以及保护强度的增加,景观形状趋于规则,景观异质性下降;蔓延度和聚集指数整体上呈下降趋势,表明秦岭地区林地和草地景观破碎化程度增加,连接性降低。

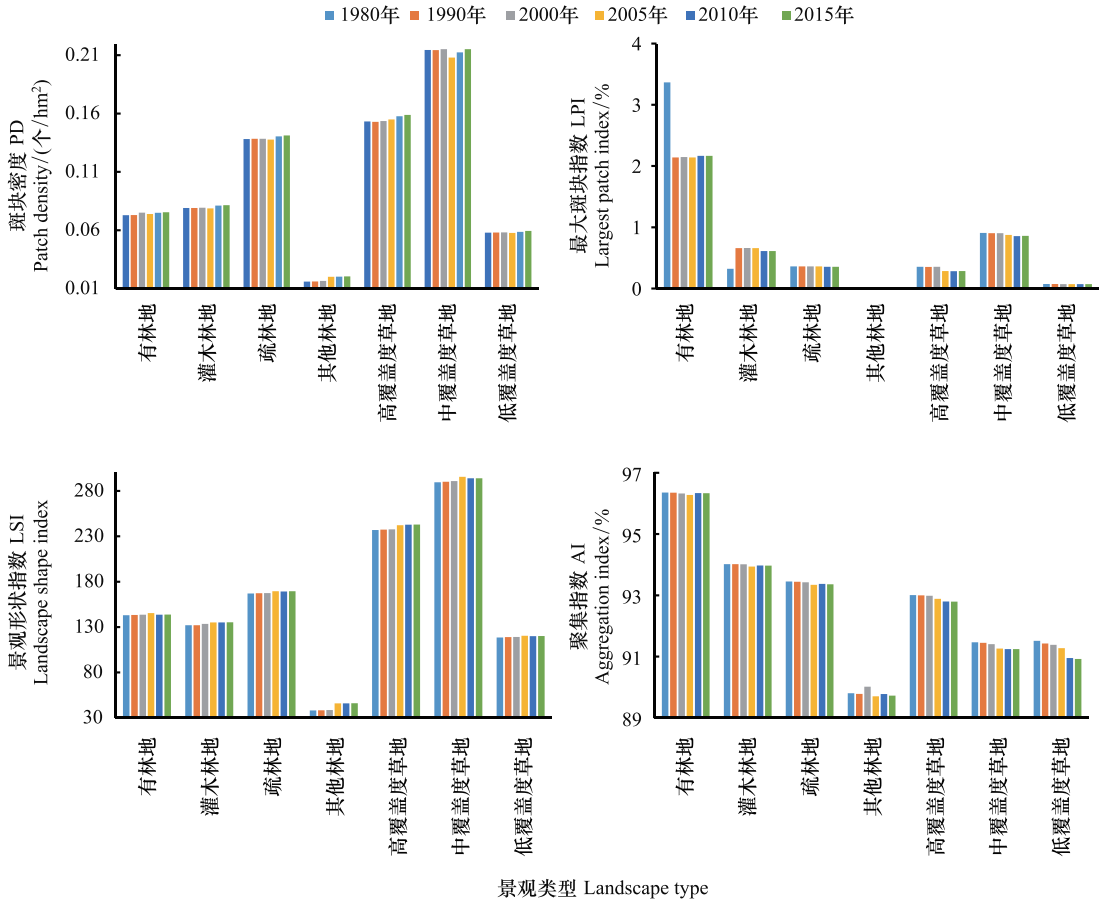

图 5　秦岭地区林地和草地斑块水平指数变化图

Fig.5　The index variation of woodland and grassland at the patch level in Qinling Mountains

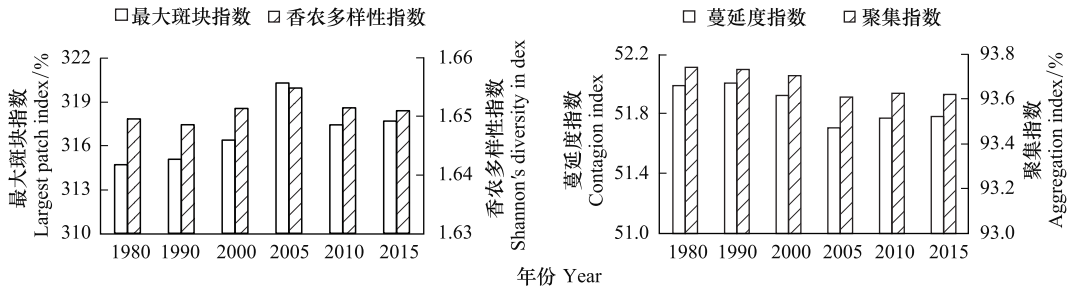

图 6　秦岭地区林地和草地景观水平指数变化图

Fig.6　The index variation of woodland and grassland at the landscape level in Qinling Mountains variation

3.3.3　基于移动窗口法林地和草地景观指数空间分异特征

通过移动窗口分析法可以更为直观地了解秦岭地区景观格局的空间分异特征[27],2015 年林地和草地景观格局指数的空间分布如图 7 所示。秦岭地区林地和草地斑块密度整体相对较低,表明秦岭地区林地和草地空间分布相对集中,破碎化程度较低,其中草地斑块密度最大值高于林地,说明草地较林地破碎。林地最大斑

块指数、聚集指数高值区主要集中分布于研究区中西部,低值区主要分布于研究区东部,景观形状指数空间分布与之相反,表明研究区中西部林地为优势景观类型,景观形状较为规则且分布集中连片。草地最大斑块指数、聚集指数高值区主要呈斑块状分布于研究区东南部,景观形状指数高值区呈零星状分布于研究区南部,表明研究区东南部草地分布相对较多,聚集程度相对较高,研究区南部草地斑块形状相对不规则。

表 1 为秦岭地区林地和草地景观格局指数与地形环境因子的相关系数。分析表明,秦岭地区林地和草地景观格局指数与海拔的相关性最好,林地最大斑块指数、聚集指数与海拔呈正相关,斑块密度、景观形状指数与海拔呈负相关,表明随着海拔的增加,林地的优势度、斑块团聚程度增加,景观形状复杂程度降低;草地聚集指数与海拔呈正相关,斑块密度、最大斑块指数和景观形状指数与海拔均呈负相关,表明随着海拔的增加草地优势度降低,但景观形状趋于规则,斑块聚集度增加。景观格局指数与坡度及地形起伏度的相关性具有相似性,林地最大斑块指数、斑块形状指数、聚集指数随着坡度和地形起伏度的增加而增加,斑块密度与之相反,表明坡度和地形起伏度越大,林地的优势度和聚集度越大,而景观形状越趋于不规则;草地最大斑块指数、聚集指数随着坡度和地形起伏度的增加而增加,斑块密度和景观形状指数随着坡度和地形起伏度增加而减小,表明随着坡度和地形起伏度增加,草地优势程度、聚集程度以及规则化程度均有所增加。综合表明基于移动窗口法获得的秦岭地区林地和草地景观格局指数空间分布特征明显,在地形因子作用下呈现一定的地形梯度性。

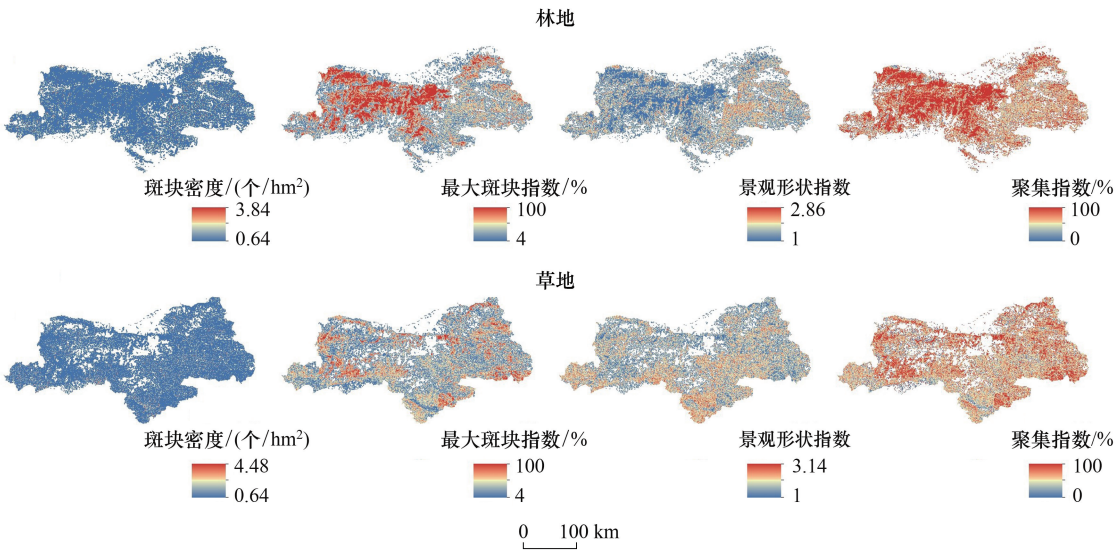

图 7 2015 年秦岭地区林地与草地景观格局指数空间分布特征

Fig.7 Spatial distribution of woodland and grassland landscape pattern index in Qinling Mountains in 2015

表 1 林地和草地景观格局指数与地形环境因子的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between woodland and grassland landscape pattern index and terrain environment variables

地形因子 Terrain environment variables	林地 Woodland				草地 Grassland			
	PD	LPI	LSI	AI	PD	LPI	LSI	AI
海拔 Altitude	−0.10	0.44	−0.10	0.24	−0.07	−0.04	−0.16	0.07
坡度 Slope	−0.02	0.16	0.02	0.07	−0.03	0.07	−0.01	0.05
地形起伏度 Relief degree of land surface	−0.03	0.20	0.01	0.09	−0.03	0.06	−0.02	0.06

LPI 最大斑块指数,PD 斑块密度;LSI 景观形状指数;AI 聚集指数

3.4 35 年来秦岭地区林地和草地景观变化驱动因素分析

景观格局变化是自然驱动因子和人为驱动因子综合影响的直观表现[28],按照特征值大于 1 以及累计贡献率大于 95%的原则提取了前 2 个主成分,主成分载荷矩阵如表 2 所示。第 1 个主成分解释了总变量的

76.92%,第 2 个主成分解释了总变量的 18.45%,总人口数量、建设用地面积等在第 1 主成分上的载荷较大,年降水量在第 2 主成分上的载荷较大,因此将 2 个主成分分别概括为人为活动干扰因素和气候因素。

3.4.1　人为活动干扰因素分析

图 8 为林地和草地总面积与不同驱动因素的相关性,结果表明,秦岭地区林地和草地总面积的变化趋势与社会经济活动密切相关。总面积与 GDP、总人口数量、建设用地面积以及人为干扰度呈负相关,其中与 GDP、建设用地面积呈显著负相关($P<0.05$),与人为干扰度呈极显著负相关($P<0.01$),而与耕地面积呈不显著正相关。

表 2　主成分载荷矩阵

Table 2　Loading matrix of principal component factors

指标 Index	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2
总人口数量 The total population	0.958	−0.033
GDP Gross domestic product	0.929	0.276
年均温 The annual mean temperature value	0.931	−0.210
年降水量 The annual rainfall value	−0.476	0.875
耕地面积 Cultivated land area	−0.842	−0.534
建设用地面积 Construction land area	0.968	0.204
人为干扰度 Human disturbance	0.929	−0.280

1980—2015 年,秦岭地区人口数量、GDP、建设用地面积呈显著增加趋势,分别从 1548 万人、86 亿元、1013 km^2增加到 2074 万人、8447 亿元、1756 km^2,基于地表覆盖面积权重构建的人为干扰度指数从 1980 年的 3.895 增加到 2015 年的 3.909(表 3),其中总人口数量、GDP、建设用地面积对秦岭地区林地和草地总面积变化的解释率 R^2分别为 0.60、0.73 和 0.79,人为干扰度指数的解释率为 0.91。研究时段内,秦岭地区林地和草地总面积整体呈减少趋势,主要由于人口数量的持续增长和经济的快速发展而引起的,从而促进建设用地的扩建并占用大面积的耕地,为了满足粮食的供给,林地和草地又转化为耕地,表现最明显的区域当属西安市及周至县与眉县的交界处(图 4)。此外秦岭地区旅游业的发展、道路的扩张等人为干扰活动直接或间接的导致了生态系统被分割、干扰、破坏等影响[29-30],加剧了区域内景观的破碎化程度。

表 3　1980—2015 年秦岭地区驱动因素变化

Table 3　The driving forces change in Qinling Mountains from 1980 to 2015

年份 Year	国民生产总值 Gross domestic product/万元	总人口数量 The total population/万人	年降水量 The annual rainfall value/mm	年均温 The annual mean temperature value/℃	耕地面积 Cultivated land area/km^2	建设用地面积 Construction land area/km^2	人为干扰度 Human disturbance
1980	86	1548	927	10.02	16022	1013	3.895
1990	191	1732	841	10.59	16044	1033	3.896
2000	784	1873	769	10.89	16042	1176	3.905
2005	2392	1953	912	10.81	15736	1310	3.899
2010	4799	2030	818	10.88	15784	1556	3.907
2015	8447	2074	831	11.26	15586	1756	3.909

3.4.2　气候因素分析

由表 3 可知,1980—2015 年秦岭地区年均温有明显的上升趋势,而年均降水量整体呈波动变化趋势但基本保持稳定,35 年来,林地和草地总面积与温度呈负相关,与降水呈正相关,但均未达到显著性(图 8),解释率 R^2分别为 0.55 和 0.36。有资料显示,秦岭地区植被生长受气温和降水共同影响,而对气温变化敏感度较高,尤其高海拔区[31],且秦岭山地林线区 NDVI 对气候变化响应也非常敏感[21]。气温主要通过蒸发作用影响景观格局的变化,降水量的波动会对粮食产量造成一定的影响[28],而与人类活动相比,人类活动对秦岭地区

植被变化的影响更为显著[18]。综合表明,气候因素对秦岭地区景观格局的影响整体小于人为活动干扰因素。

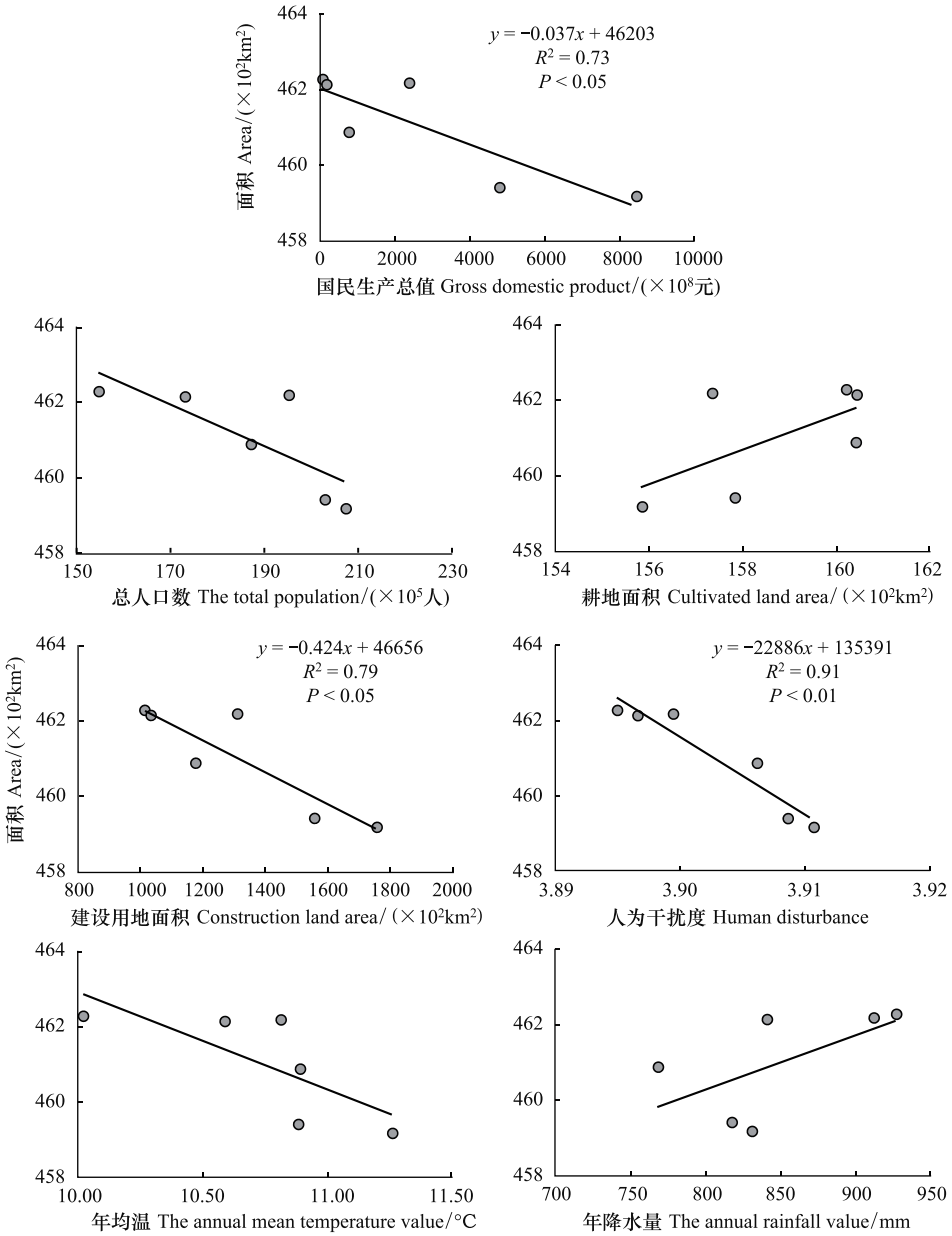

图 8 林地和草地总面积与主要驱动因素的相关性

Fig.8 Correlation between total area of woodland and grassland and main driving factors

综上所述,秦岭地区景观格局变化受到人为活动干扰因素和气候因素的综合影响,人为活动干扰因素是影响秦岭地区林地和草地变化的主要驱动因素,气候因素次之。另一方面,国家宏观政策对秦岭地区景观格局变化起重要的导向作用,20 世纪 80 年代国家大力提倡经济建设,秦岭地区林地和草地等自然景观遭到严重的破坏,1998 年国家启动天然林保护工程,1999 年又实施了退耕还林还草政策,秦岭地区积极响应国家宏观政策推进区域生态环境建设及安全保护,如商南县实施“厂防工程”、退耕还林还草以及“天保工程”,略阳县在实施以上政策的基础上还实行了水土保持、珍稀动植物保护等工程[30],直接推动了秦岭地区林地和草地等景观类型面积的变化。

4　结论

以 1980—2015 年土地利用数据集为数据源,提取出秦岭地区林地和草地景观类型空间分布图,并利用 GIS 空间分析、景观格局指数及主成分分析法等方法,研究了近 35 年来秦岭地区林地与草地景观格局时空变化及其驱动因素。主要结论如下:

(1)林地和草地是秦岭地区主要景观类型,约占研究区总面积的 72%,其中有林地为优势景观类型,其次为高覆盖度草地和中覆盖度草地,其他林地和低覆盖度草地分布面积相对较小,空间分布与地形地貌存在较大的相关性,林地主要分布于研究区中西部,草地主要分布于研究区东南部;1980—2015 年秦岭地区林地和草地总面积整体呈减少趋势,净减少了 309.44 km^2,草地减少占总面积变化的主导地位;空间变化上,林地和草地整体景观格局变化相对较小,以西安市为中心的周边区域变化最为明显,以向建设用地和耕地转移为主。

(2)景观指数分析表明,秦岭地区林地和草地景观破碎化程度逐渐增加,连通性降低,景观异质性增强且景观形状更为复杂,草地较林地变化明显;空间分布上,基于移动窗口法获得的秦岭地区林地和草地景观格局指数空间分布特征明显,在地形因子作用下呈现一定的地形梯度性,尤其与海拔的相关性最好,其次为地形起伏度和坡度。

(3)人为活动干扰及气候因素的变化共同影响着秦岭地区林地和草地景观格局的变化,人为活动干扰是影响秦岭地区林地和草地景观格局变化的主要驱动因素,其中总人口数量、GDP、建设用地面积及人为干扰度为主要的驱动因素;气候因素对其景观格局变化的影响相对较小,温度和降水对林地和草地总面积变化的解释率 R^2 分别为 0.55 和 0.36;同时国家宏观政策对秦岭地区景观格局变化起重要的导向作用,主要包括天然林保护工程以及退耕还林还草政策。

秦岭是我国中部最重要的生态屏障及全球生物多样性最丰富的地区之一[19],林地和草地是该区主要景观类型,林地和草地面积的减少及其景观的破碎化程度增加将会严重影响该区域生态环境安全性与健康可持续发展。秦岭地区植被垂直带分布特征非常明显,且自身具有良好的完整性,秦岭还是我国南水北调中线工程重要的水源涵养地,具有较好的生态系统水源涵养功能[32-33],而随着该区建设用地的侵占、道路的扩张等人类活动干扰的增加,将会破环该区生态环境的完整性及连通性,尤其中高海拔生态系统脆弱区及敏感区,植被垂直带分布也会受到一定的影响,从而影响生物多样性及其空间分布格局,并且可能会降低该区域水源涵养能力、净初级生产力以及引起土壤侵蚀、河流污染等一系列环境问题。因此,为了实现该区生态系统保护及青山绿水的发展战略,需要减缓秦岭地区人为活动干扰,尤其秦岭北麓地区人为活动的过度影响,制定合理的资源开发利用政策,并建立生态系统保护红线,维护林地和草地的平衡性及完整性,是实现该区生态系统管理和资源的可持续利用的关键。

参考文献(References):

[1] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, Sugihara G, Jackson B, DeAngelis D L, Milne B T, Turner M G, Zygmunt B, Christensen S W, Dale V H, Graham R L. Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1988, 1(3):153-162.

[2] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2007.

[3] Strohbach M W, Haase D. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. Landscape and Urban Planning, 2012, 104(1):95-104.

[4] Cook E A. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. Landscape and Urban Planning, 2002, 58(2):269-280.

[5] Ramalho, C E, Laliberté, E, Poot, P, Hobbs R J. Complex effects of fragmentation on remnant woodland plant communities of a rapidly urbanizing biodiversity hotspot. Ecology, 2014, 95(9): 2466-2478.

[6] 吕金霞, 蒋卫国, 王文杰, 陈坤, 邓越, 陈征, 荔琢. 近 30 年来京津冀地区湿地景观变化及其驱动因素. 生态学报, 2018, 38(12): 4492-4503.

[7] 王泉泉, 王行, 张卫国, 王志保, 肖德荣. 滇西北高原湿地景观变化与人为、自然因子的相关性研究[J/OL]. 生态学报, 2019, 39(02):1-12[2018-11-05].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.Q.20181018.1458.050.html.

[8] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用(第二版). 北京:科学出版社, 2011.
[9] 刘宇. 景观指数耦合景观格局与土壤侵蚀的有效性. 生态学报, 2017, 37(15): 4923-4935.
[10] Kelly M, Tuxen K A, Stralberg D. Mapping changes to vegetation pattern in a restoring wetland: Finding pattern metrics that are consistent across spatial scale and time. Ecological Indicators, 2011, 11(2): 263-273.
[11] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力. 生态学报, 2015, 35(13): 4357-4366.
[12] Baldi G, Verón S R, Jobbágy E G. The imprint of humans on landscape patterns and vegetation functioning in the dry subtropics. Global Change Biology, 2013, 19(2): 441-458.
[13] 孙云霞, 刘兆刚, 董灵波. 帽儿山地区 1983—2016 年森林景观空间点格局及其关联动态性. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2601-2614.
[14] 赵宇豪, 戎战磊, 张玉凤, 叶苗, 蒋晖, 赵传燕. 近 30 年黑河流域草地变化分析及分布格局预测. 草业学报, 2017, 26(6): 1-15.
[15] 古琳, 刘波, 龚固堂, 陈俊华, 朱志芳, 张海鸥, 慕长龙. 成都市近 20 年林地景观变化特征. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1081-1089.
[16] 王美玲, 张继超, 王舶鉴, 王诗洋, 郝占庆, 王绪高. 长白山区森林景观格局动态. 生态学杂志, 2017, 36(11): 3138-3147.
[17] 张韬, 孟勐, 曹阳, 刘佳慧, 姜艳丰. 辉腾锡勒风电场建设对草原景观格局的影响. 生态环境学报, 2016, 25(12): 1899-1905.
[18] 邓晨晖, 白红英, 高山, 黄晓月, 孟清, 赵婷, 张扬, 苏凯, 郭少壮. 1964—2015 年气候因子对秦岭地区植物物候的综合影响效应. 地理学报, 2018, 73(5): 917-931.
[19] 白红英, 马新萍, 高翔, 侯钦磊. 基于 DEM 的秦岭山地 1 月气温及 0℃等温线变化. 地理学报, 2012, 67(11): 1443-1450.
[20] 高翔. 五十年来秦巴山地气候变化趋势及空间分布研究[D]. 西安: 西北大学, 2011.
[21] 马新萍. 秦岭林线及其对气候变化的响应[D]. 西安: 西北大学, 2015.
[22] 邓晨晖, 白红英, 高山, 刘荣娟, 马新萍, 黄晓月, 孟清. 秦岭植被覆盖时空变化及其对气候变化与人类活动的双重响应. 自然资源学报, 2018, 33(3): 425-438.
[23] 郭少壮, 白红英, 孟清, 黄晓月, 齐贵增. 1980—2015 年秦岭地区景观格局变化及其对人为干扰的响应. 应用生态学报, 2018, 29(12): 4080-4088.
[24] 肖翠, 解雪峰, 吴涛, 蒋国俊, 边华菁, 徐伟. 浙江西门岛湿地景观格局与人为干扰度动态变化. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3255-3262.
[25] 刘吉平, 董春月, 盛连喜, 刘雁. 1955—2010 年小三江平原沼泽湿地景观格局变化及其对人为干扰的响应. 地理科学, 2016, 36(6): 879-887.
[26] 冯志贤, 张继贤, 侯伟, 翟亮. 基于地表覆盖分类的生态环境人为干扰度分析—以北京市为例. 生态学杂志, 2017, 36(2): 508-516.
[27] 哈凯, 丁庆龙, 门明新, 许皞. 山地丘陵区土地利用分布及其与地形因子关系—以河北省怀来县为例. 地理研究, 2015, 34(5): 909-921.
[28] 任嘉衍, 刘慧敏, 丁圣彦, 王美娜, 卞子亓. 伊河流域景观格局变化及其驱动机制. 应用生态学报, 2017, 28(8): 2611-2620.
[29] 杨新军, 石育中, 王子侨. 道路建设对秦岭山区社会—生态系统的影响——一个社区恢复力的视角. 地理学报, 2015, 70(8): 1313-1326.
[30] 张清雨. 近 30 年秦岭山地林地类型时空变化及其人为驱动力研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.
[31] 冯林林. 秦岭中高山区植被对气候变化时空响应研究[D]. 西安: 西北大学, 2016.
[32] 白红英. 秦巴山区森林植被对环境变化的响应. 科学出版社, 2014.
[33] 陈姗姗, 刘康, 包玉斌, 陈海. 商洛市水源涵养服务功能空间格局与影响因素. 地理科学, 2016, 36(10): 1546-1554.