

张爽,杨春鹏,李蒙,等. 松辽分水岭隆起带近 30 年景观格局变化及驱动力分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):207-215.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.18.035

松辽分水岭隆起带近 30 年景观格局变化及驱动力分析

张爽¹,杨春鹏²,李蒙¹,陈智文³

(1. 吉林师范大学博达学院,吉林四平 136000; 2. 吉林省第三地质调查所,吉林四平 136000;

3. 吉林师范大学,吉林四平 136000)

摘要:松辽分水岭的隆起对松辽平原的环境和景观格局变化产生了重大影响,分析其隆起带的景观格局变化及驱动力对松辽盆地的局地气候和环境变化研究有重要的意义。以松辽分水岭隆起带为研究对象,基于研究区近 30 年的遥感影像解译数据,采用景观指数、主成分分析等理论和方法,分析了该区的景观格局演变规律及其驱动力。结果表明,松辽分水岭隆起带景观空间分布不均匀,景观类型以耕地和建筑用地为主;1980—2015 年,盐碱地、建筑用地面积显著增加,分别增加为 29.81%、21.55%,草地和水域面积明显减少,分别减少为 57.73%、32.07%;从景观格局变化情况来看,1980—2015 年松辽分水岭隆起带景观多样性降低,景观斑块分布不均衡,破碎化程度加深,耕地、建筑用地和盐碱地景观优势度增加,草地、水域、林地和沙地景观优势度降低;结合定性与定量分析研究表明,该区景观格局变化特征受人文因素和自然因素的综合影响,其中,人文因素对景观格局发展变化影响较大。

关键词:松辽;分水岭隆起带;景观演变;景观多样性;驱动力分析

中图分类号:S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)18-0207-08

景观格局研究是景观生态学研究的核心之一^[1],景观格局及其变化是自然和人文等多因素相互作用产生的区域生态环境体系及其变化的综合反映^[2-3]。隆起地形对区域气候、水文、生态环境等具有重要的影响^[4-5],松辽分水岭形成于晚更新世新构造运动时期^[6],是松辽平原新构造运动中最重要地质事件^[7],松辽分水岭隆起带是松辽分水岭隆起形成的独立带状地貌单元^[8],研究其景观格局变化状况对松辽盆地生态环境和气候变化研究有重要的意义。然而,对松辽分水岭的研究目前主要侧重于其成因、演化和区域影响方面^[9-12],而景观格局变化研究也多以行政区域或流域为研究对象^[13-17],鲜有以地质构造形成的独立地貌单元为对象展开的研究,亟须开展相关研究工作,揭示其景观格局动态变化过程及驱动机制^[18],以补充有关研究领域,为松辽盆地相关研究提供基础参考资料。

通过分析景观指数来定量研究景观格局变化的方法已广泛应用于景观生态学研究^[19-22],遥感

(RS)技术已成为景观格局变化研究的主要数据获取手段^[23],目前景观格局变化研究主要采用“3S”技术与景观指数、地统计学分析相结合的方法^[24]。因此,本研究以松辽分水岭隆起带为研究对象,运用景观生态学原理,基于 RS 与 GIS 技术,采用景观指数分析^[25]、主成分分析等方法,从景观格局时空变化着手开展区域景观格局变化及其驱动力分析^[18],以期为区域生态规划和景观格局优化提供借鉴,并为松辽盆地生态环境变化和气候变化研究提供参考。

1 研究区概况

松辽分水岭隆起带位于 43°24′~45°2′N、121°57′~125°45′E,面积为 17 309.32 km²,是一个不规则隆起区^[8],属温带半干旱半湿润季风气候区,夏季高温多雨、冬季漫长寒冷^[18],年均日照时数为 2 690.05 h,年均气温为 4.5℃,年均降水量为 409.28 mm,年均风速为 3~4 m/s。区内无主要河流,处于霍林河、西流松花江、伊通河、东辽河和新开河包围圈内,土壤类型主要有草甸碱土、草甸风沙土、盐化草甸土、黑钙土、黑土等^[26]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所选解译基础数据为 1980—2015 年松辽

收稿日期:2020-04-22

基金项目:吉林省四平市社会科学项目(编号:SPSK201955)。

作者简介:张爽(1987—),女,吉林四平人,硕士,助教,主要从事遥感应用相关研究。E-mail:jishizs@163.com。

通信作者:陈智文,教授,主要从事生态环境调控研究。E-mail:sdczw@126.com。

分水岭隆起带的多波段扫描影像(MSS 和 TM 影像)数据,解译参考图选用 1:100 000 地形图和《中华人民共和国地貌图集(1:1 000 000)》^[27] 及研究区 Google Earth 影像,精度检验参照 GPS 实测点数据。

松辽分水岭隆起带主要位于吉林省西部,范围涉及公主岭、农安、前郭尔罗斯蒙古族自治县、长岭、通榆 1 市 4 县(市)的部分乡镇(图 1)。研究范围与行政区范围并不完全吻合,因此,以研究区内

乡镇占所在县(市)行政区面积比例,即公主岭(62.97%)、农安(52.51%)、长岭(93.83%)、通榆(35.37%)、前郭尔罗斯蒙古族自治县(45.69%),计算研究区的人口和社会经济数据^[28]。

研究用的气象资料来源于中国气象局气象站点资料(<http://data/cma.cn/>),人口和社会经济资料来源于1991—2016年《吉林省统计年鉴》。

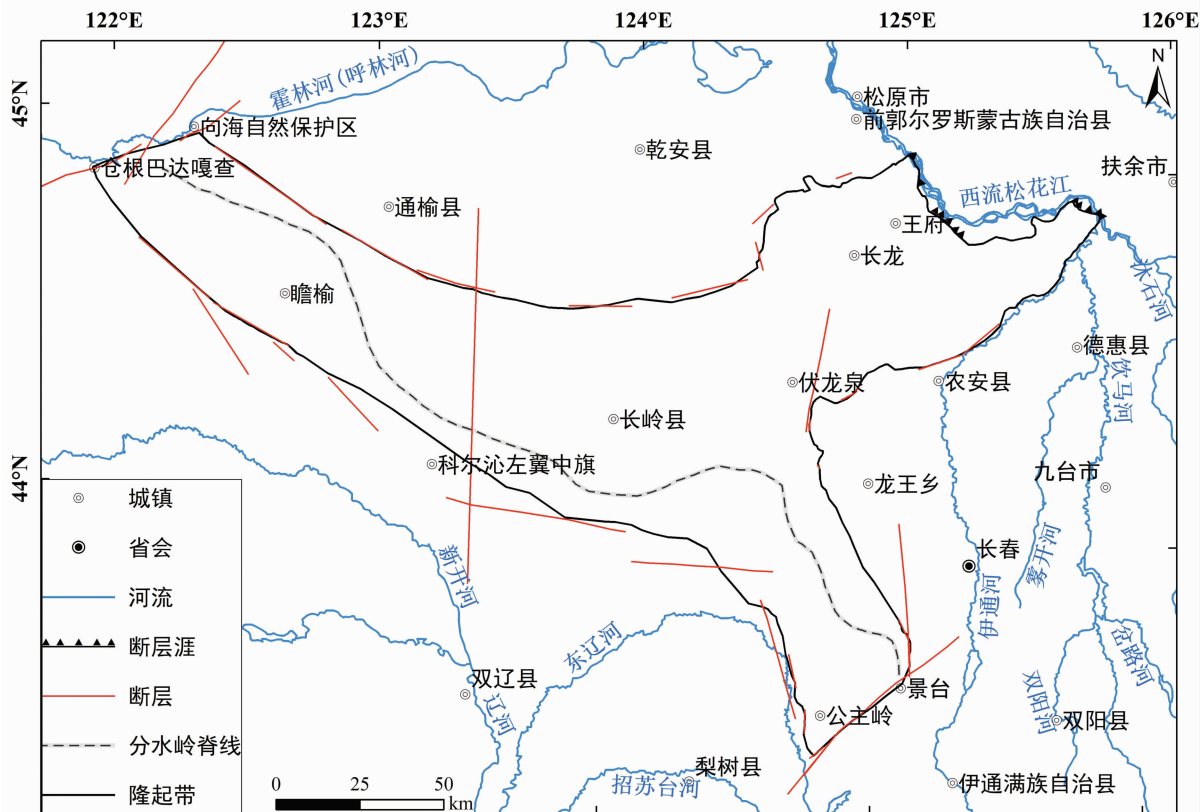


图1 松辽分水岭隆起带范围

2.2 数据处理

使用 ENVI、ERDAS 等软件对遥感影像进行几何精校正、波段合成和拼接等预处理^[29],并根据划定的研究区范围对遥感影像进行裁剪。

根据松辽分水岭隆起带的地形、地貌、景观空间分布等自然特征,参照 GB/T 21010—2017《土地利用现状分类标准》^[30],将研究区景观划分为耕地、建筑用地、草地、林地、沙地、水域和盐碱地共 7 个类别,采用面向对象解译方法对遥感影像进行解译^[31],并采用抽样统计验证法对解译结果进行精度验证,随机验证点主要来自于野外实地采样以及 Google Earth 影像,通过计算得到 1980、1990、2000、2010、2015 年的影像解译结果的精度值,分别为 85.8%、88.5%、89.7%、90.5%、90.6%,满足研究需要。

2.3 研究方法

根据研究目的及区域特点,选取景观破碎度、景观优势度和蔓延度指数、景观多样性指数等对景观格局变化进行分析(表1)^[18]。

3 结果与分析

3.1 松辽分水岭隆起带景观演变特征

由图 2 和表 2 可知,松辽分水岭隆起带景观类型以耕地、建筑用地为主,其所占面积比例达 85%,1980—2015 年,耕地、建筑用地、盐碱地、沙地面积增加,草地、水域和林地面积减少。

其中,耕地多集中在东部地区,呈缓慢扩大趋势;建筑用地主要集中在东南地区,面积呈持续增加的趋势,共增加了 179.78 km²。草地、沙地主要分

表 1 各景观格局指数的公式和含义

景观格局指数	公式	意义
斑块密度	$PD = \frac{N}{A}$	反映景观的完整性和破碎化程度。斑块密度越大,破碎化程度越高
最大斑块指数	$LPI = \frac{a_{ij,max} \times 100}{A}$	表示某一斑块类型中最大斑块面积占整个景观面积的比例。其大小决定着景观中的优势种、内部种的丰度等生态特征,其变化可以反映人类活动的方向和剧烈程度 ^[32]
蔓延度指数	$CONTAG = \left(1 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{P_{ij} \ln P_{ij}}{2 \ln m} \right) \times 100$	CONTAG 值越大,说明景观斑块的连接性越好 ^[18] ,景观主要由少数大斑块团聚而成;CONTAG 值越小,则说明斑块呈现密集排列,景观的破碎化程度越高 ^[33]
香农多样性指数	$SHDI = - \sum_{i=1}^N (P_i \ln P_i)$	SHDI 值越大,说明土地利用越丰富,景观类型斑块数量越多,景观破碎化程度越高 ^[34] ;反之,SHDI 值越小,说明斑块类型越少或各斑块类型在景观中分布越不均匀 ^[35]

注: N 为景观中某一斑块类型的斑块数量; A 为景观总面积, hm^2 ; $a_{ij,max}$ 为某一斑块类型中最大斑块的面积; m 是斑块类型总数, P_{ij} 是随机选择的 2 个相邻栅格细胞属于类型 i 与 j 的概率; P_i 是斑块类型 i 在景观中出现的概率。

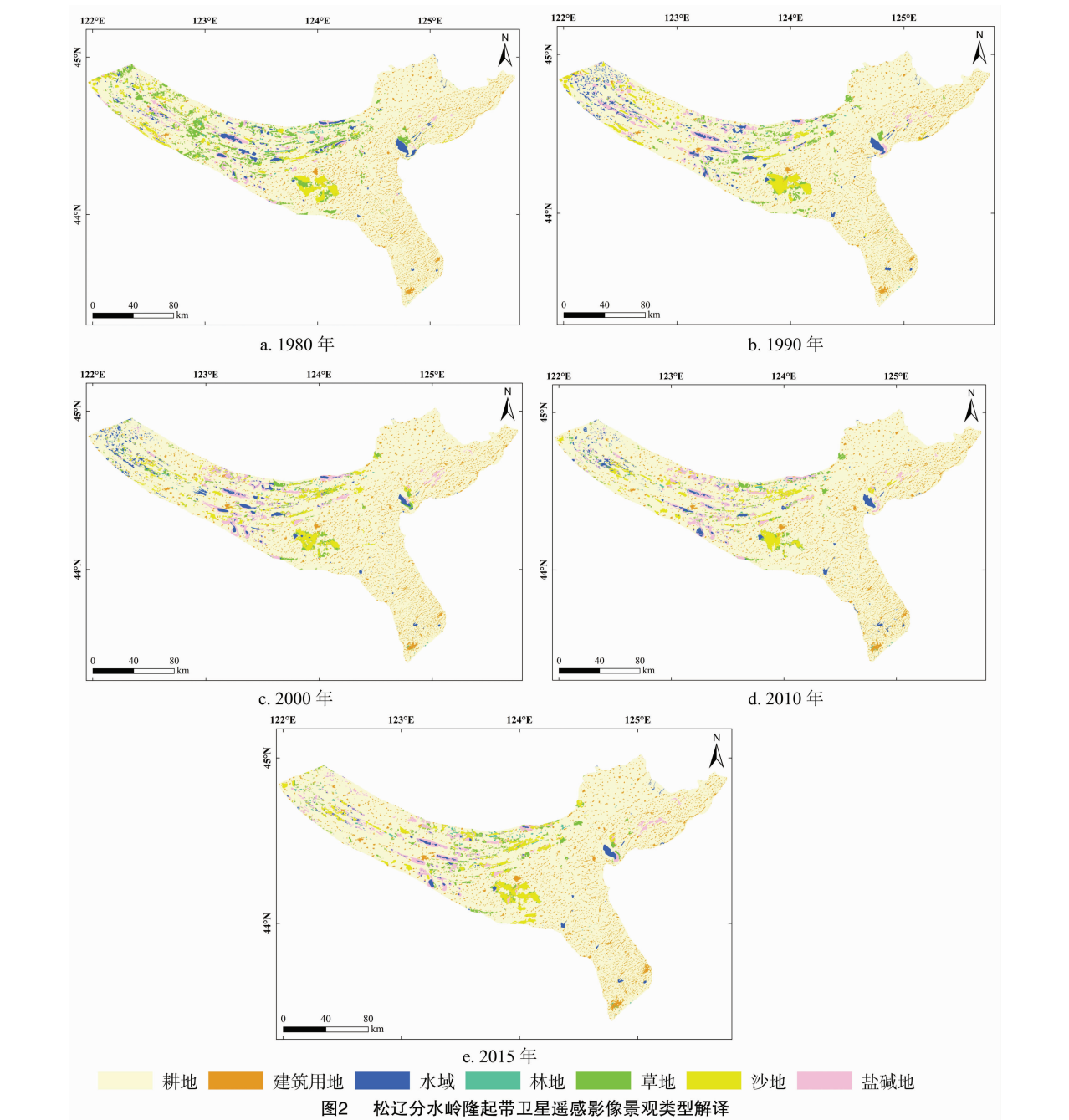


表 2 1980—2015 年松辽分水岭隆起带景观类型分布

景观类型	1980 年		1990 年		2000 年		2010 年		2015 年	
	面积(km ²)	百分比(%)	面积(km ²)	百分比(%)	面积(km ²)	百分比(%)	面积(km ²)	百分比(%)	面积(km ²)	百分比(%)
草地	1 016.44	5.87	542.29	3.13	378.43	2.19	424.11	2.45	429.68	2.48
耕地	13 951.88	80.60	14 116.08	81.55	14 193.99	82.00	14 299.47	82.61	14 305.17	82.65
水域	337.31	1.95	446.77	2.58	404.05	2.33	298.67	1.72	229.15	1.32
建筑用地	834.33	4.82	961.15	5.55	966.87	5.59	984.85	5.69	1 014.11	5.86
林地	71.21	0.41	28.56	0.17	21.50	0.12	54.76	0.32	67.55	0.39
沙地	573.70	3.32	666.29	3.85	682.11	3.94	579.65	3.35	582.88	3.37
盐碱地	524.45	3.03	548.18	3.17	662.37	3.83	667.81	3.86	680.78	3.93
总计	17 309.32	100.00	17 309.32	100.00	17 309.32	100.00	17 309.32	100.00	17 309.32	100.00

布在中西部地区,草地面积共减少了 586.76 km²。沙地面积呈阶段性变化,2000 年以前,沙地面积持续增加,1980—1990 年面积增加了 92.59 km²,1990—2000 年沙地面积每年以 0.23% 的速度增长,2000—2010 年沙地面积每年以 1.61% 的速度减少,一些固定沙丘被人工草方格及人工防护林覆盖,但一些半固定沙丘和流动沙丘状态不稳定,一些固定沙丘在不利的条件下又会活化^[36],2010—2015 年期沙地面积又增加了 3.23 km²,由此看来,研究区沙化问题依然严峻。盐碱地面积不断增加,共增加了 156.33 km²;水域多与盐碱地相伴零散分布,面积呈不断减少的趋势,共减少 108.16 km²;林地主要分布在研究区中部地区,多与草地和耕地相邻,林地面积占总面积的比例始终低于 0.5%。

3.2 景观格局指数分析

3.2.1 景观破碎度分析 从表 3 可知,1980—2015 年松辽分水岭隆起带的景观斑块数(NP)总体呈波动性增减趋势;斑块平均面积(MPS)总体呈波动性减少趋势。1980—2015 年,研究区的景观斑块数增加了 1 365 块,斑块平均面积从 1980 年的 245.58 hm² 减少到 2015 年的 205.74 hm²,这种变化趋势表明研究区景观破碎程度加深,在外界因素干扰下,景观格局复杂化^[18]。

3.2.2 景观优势度和蔓延度指数分析 由图 3 可知,研究区最大斑块指数在 75% ~ 85% 之间,随着时间的延长呈阶段性增加趋势;蔓延度指数在 60% ~ 70% 之间,总体上呈波动性增加趋势,表明研究区景观主要由少数大斑块团聚而成^[37],景观受 1 种或少数几种优势种支配,且景观优势度增加。其中,1980—1990 年和 2000—2010 年间最大斑块指数增加,优势种景观优势度增加,1990—2000、2010—2015 年最大斑块指数减小,优势种景观优势度减

表 3 松辽分水岭隆起带景观指数

年份	NP (块)	MPS (hm ²)	LPI (%)	CONTAG (%)	SHDI	SHEI
1980	7 048	245.58	79.69	63.06	0.81	0.42
1990	7 861	220.19	82.52	66.66	0.74	0.38
2000	9 895	174.93	82.26	66.24	0.73	0.37
2010	9 292	186.28	83.54	68.35	0.65	0.35
2015	8 413	205.74	82.86	67.73	0.71	0.36

弱;1980—1990 年和 2000—2010 年间,蔓延度指数增加,各景观斑块之间连接性增强,1990—2000 年和 2010—2015 年蔓延度指数呈减小趋势,景观类型的连接性降低,斑块之间团聚程度减弱,景观破碎度增加。

3.2.3 景观多样性分析 由图 4 可知,1980—2015 年松辽分水岭隆起带的 SHDI 与 SHEI 均呈波动性减小趋势,研究区 SHEI 小于 0.5,说明研究区景观多样性较差,某一景观类型优势度较高,景观主要受 1 种或少数几种优势种支配,景观多样性降低。其中,1980—2010 年 SHDI 与 SHEI 呈逐年降低的趋势,不同景观斑块分布不均衡,说明景观多样性降低^[37],主要是耕地、建筑用地和盐碱地斑块面积大量增加所致;2010—2015 年 SHDI 与 SHEI 呈增加趋势,景观斑块分布更均衡,景观多样性增加,景观中优势种的作用有所减弱。

3.3 松辽分水岭隆起带景观格局变化驱动力分析

气候因素是长期影响景观变化最活跃的自然因素^[38-39],同时,人文因素在景观格局变化中也产生了重要影响,人类活动范围越大、强度越强,对景观格局变化的影响越大^[40-41]。本试验结合定性分析与定量分析方法,研究松辽分水岭隆起带 1980—2015 年景观格局变化的自然因素和人文因素,进一步对研究区景观格局演变过程进行分析。

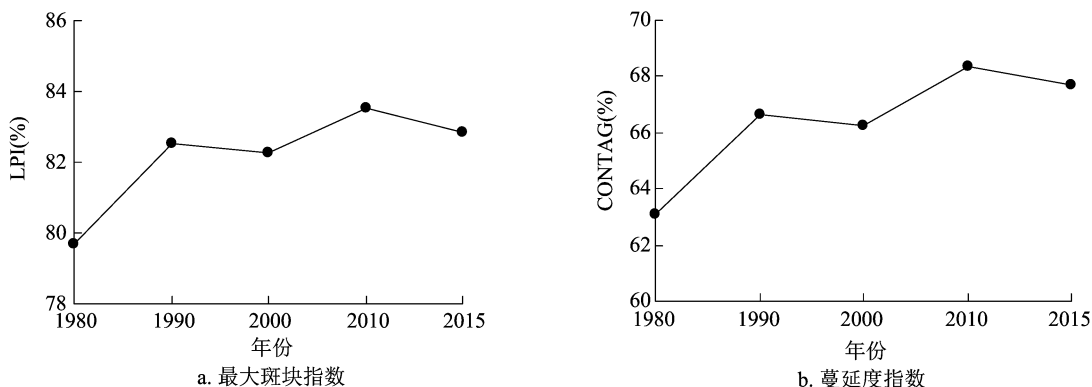


图3 松辽分水岭隆起带景观指数变化趋势

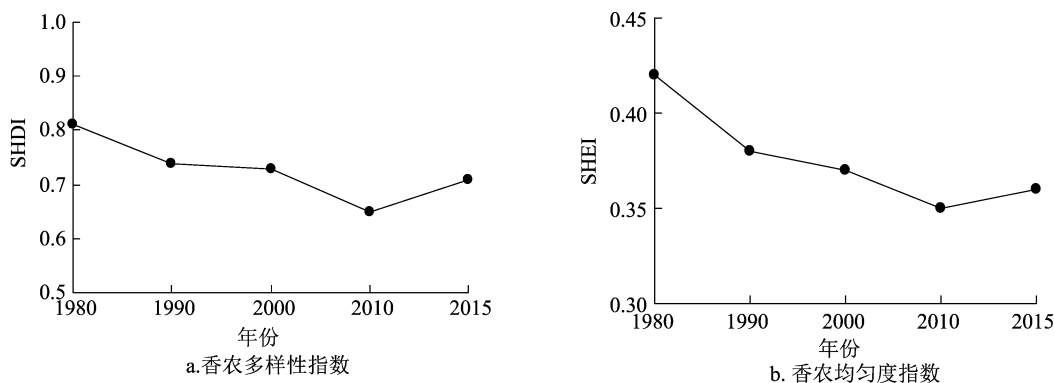


图4 松辽分水岭隆起带景观多样性指数变化趋势

3.3.1 气候因素 由图 5-a 可知,松辽分水岭隆起带年均气温呈波动性升高趋势,气候逐渐变暖,最高气温出现在 2007 年,年均气温 7.5℃。其中,1980—2010 年气温异常年较多,且多高于趋势线水平,气温异常影响了植被景观的生长状况及水域和盐碱地景观的发育;2010—2015 年气温较接近趋势线水平,适宜的温度促进了植被景观的生长发育,使得整体景观多样性增加。

由图 5-b 可知,松辽分水岭隆起带年降水量总体上表现为波动性增加,年均降水量为 409.28 mm,降水峰值出现在 1990 年,研究区气候呈干湿交替的变化趋势。1980—1990 年为相对多雨期,平均年降水量为 447 mm,降水增加促进了植被的生长,增加了景观斑块的连接性和延展性以及景观优势度和蔓延度指数;1990—2000 年年降水量总体上呈波动性减少趋势,部分水域转变为盐碱地,降低了景观斑块的连接性、延展性以及景观优势度和蔓延度指数;2000—2010 年年降水量呈阶段性增加,景观优势度和蔓延度指数增加;2010—2015 年年降水量变化幅度较大,异常变化的降水量在不同程度上影响了各自然景观类型变化。

由图 5-c 可知,松辽分水岭隆起带风速呈明显减小趋势,年均风速为 3.14 m/s,变化率为 0.24 m/(s·10 年)。1980—2000 年研究区年均风速呈波动性减小趋势,变化率为 0.32 m/(s·10 年),风蚀作用减弱,延缓了沙漠化的发展速度;2010—2015 年,研究区风速以 0.51 m/(s·10 年)的速度增加,大风天气极易引起地表风沙活动,导致沙地面积增加。

由图 5-d 可知,松辽分水岭隆起带年日照时数年际波动不稳定,总体上呈波动性减少,年均日照时数 2 690.05 h。其中,1980—2000 年年均日照时数波动性减少,日照减少在一定程度上促进了斑块类型间的转化,增加了景观破碎化程度;2000—2015 年年均日照时数波动性增加,在一定程度上促进了植被景观的发育,增加了景观斑块的连接性和延展性,降低了景观破碎化程度。

3.3.2 人文因素分析 由图 6-a 可知,1990—2015 年松辽分水岭隆起带总人口数量呈波动性增加趋势,由 1990 年的 207.76 万人增加到 2015 年的 222.46 万人,年均增长率为 0.27%。其中,2011 年研究区总人口数量达到最大值,为 228.48 万人。

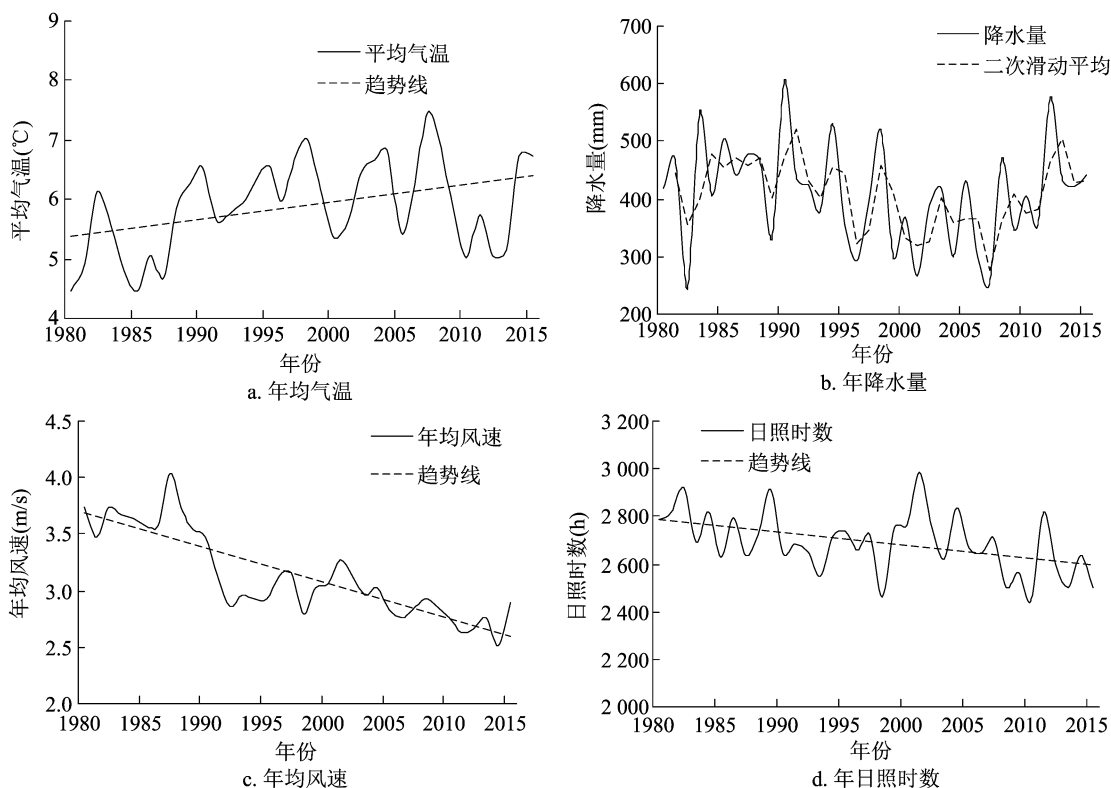


图5 松辽分水岭隆起带 1980—2015 年气象要素

由图 6 - b 可知,1990—2015 年间农业人口数量减少,年均减少约 0.54 万人。其中,1990—2011 年间,农业人口数量波动性增加;2011 年以后,农业人口数量明显下降,由 2011 年的 174.10 万人下降到 2015 年的 154.33 万人。总人口数量增加,粮食需求增加,导致耕地面积增加;城市人口增加,农业人口减少,人类活动范围扩大,活动强度增强,对住房和公共基础设施建设需求增加,使得建筑用地面积增加;不规范的耕地开垦和建筑用地的不断开发加深了研究区的景观破碎化程度。

根据图 6 - c 可见,研究区 GDP 在 1990—2015 年间由 24.45 亿元快速增长到 970.46 亿元,拟合指数回归方程为 $y = 23.01e^{0.1508x}$ ($r^2 = 0.9841$)。由图 6 - d 可知,25 年间三产不同程度的增长,其中第三产业增长最快,产值增加了 382.02 亿元,占总 GDP 增加值的 40.38%。2007 年以前,该区主要经济来源于第一产业;2007 年开始,第二、第三产业发展迅速;至 2015 年,第三产业产值和第二产业产值分别占 GDP 总产值的 39.71% 和 36.23%。经济的飞速发展和产业结构的调整^[25],促使人类活动强度加强和活动范围扩大,导致建筑用地、耕地面积增加,草地、林地等自然资源面积减少,增加了研究区的景观破碎化程度,降低了整体景观多样性。

为保证所有人文统计数据的一致性,经查询,研究区范围内只有 1990 年以后具有公共指标数据,故本研究只分析了 1990—2015 年的人文数据。

由图 6 - e 可知,研究区粮食产量由 1990 年的 309.81 万 t 波动增长到 2015 年的 625.17 万 t,年均增长率为 2.85%。人口增涨导致粮食需求的增加,研究区内提高粮食产量的方式主要是扩大生产规模,增加耕地面积。实地调研发现,区内开垦的耕地主要为草地、干涸水域,开垦后地表天然植被、水域消失,地表抗风蚀能力减弱,导致区内风沙活动急剧增强,地表盐渍化程度加强,不同程度地增加了区内沙地、盐碱地的面积。由图 6 - f 可知,牲畜年末存栏量呈现波动性增加的趋势,年均增长率为 3.68%,牲畜增加使放牧量增加,草地承载力增加,从而使草地面积减少。

3.3.3 自然因素与人文因素定量分析

本研究选取了年日照时数、年均风速、年降水量、年均气温、总人口数量、第二产业比例(占 GDP 总值)、粮食产量、年末牲畜存栏量共 8 个因子进行主成分分析,定量分析自然因素和人文因素对景观格局变化的影响^[42]。由表 4 可知,第 1 主成分贡献率 46.493 9%,粮食产量、第二产业比例和人口数量在第 2 主成分中载荷值较高,主要反映了研究区第一、第二产业

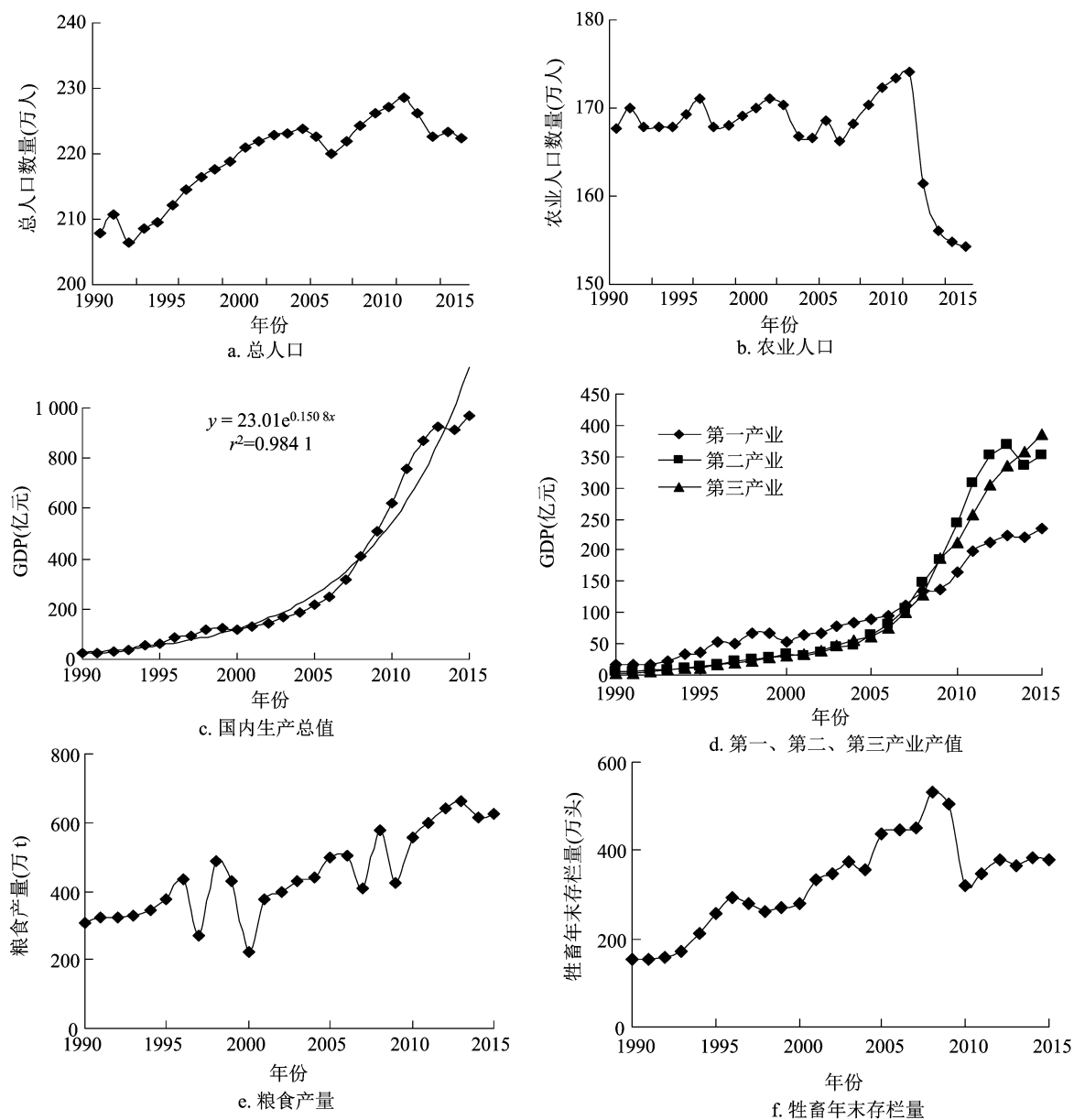


图6 研究区 1990—2015 年人口社会经济及农牧产业数据年变化

和人口的发展状况;第 2 主成分贡献率为 21.343 6%,人口数和牲畜年末存栏头数载荷量较高,主要反映了研究区人口和畜牧业发展状况;第 3 主成分贡献率为 13.512 5%,年均气温载荷值最高,主要反映了气候变化情况。通过主成分分析可以看出,影响研究区景观格局变化的主要因素为人文因素,气候因素的作用相对较弱。

4 结论

松辽分水岭隆起带景观类型以耕地和建筑用地为主,景观空间分布不均匀,近 30 年来该区景观面积变化显著,变化速度逐渐减小,耕地、建筑用

地、沙地和盐碱地面积增加,与草地、林地、水域面积减少产生强烈对比。其中,草地和水域减少趋势最明显,减少率分别为 57.73%、32.07%,耕地面积增加最显著,面积增加了 353.29 km²,盐碱地面积增长率最高,2015 年比 1980 年增加了 29.81%。

研究区景观斑块数量增加,景观多样性降低,景观破碎程度增加。其中盐碱地、沙地扩张,草地退化,水域萎缩是研究区的主要生态环境问题。

松辽分水岭隆起带景观格局变化是自然因素和人文因素共同作用的结果。其中,人文因素起主导作用,人口数量、第二产业比例、粮食产量和年末牲畜存栏量对研究区景观格局变化的影响作用较

表 4 松辽分水岭景观格局变化主成分载荷值

因子	载荷值		
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
年日照时数	-0.115 6	0.121 5	-0.250 2
年均风速	-0.208 6	0.094 3	0.010 6
年降水量	0.005 9	-0.503 6	0.098 3
年均气温	-0.046 3	0.115 8	0.875 4
总人口数量	0.926 0	0.816 8	-0.049 7
第二产业比例	0.949 0	0.008 1	-0.135 0
粮食产量	0.733 7	-0.122 3	0.024 8
牲畜年末存栏量	0.705 2	0.864 7	0.255 1
特征根	3.719 5	1.707 5	1.081 0
贡献率(%)	46.493 9	21.343 6	13.512 5
累计贡献率(%)	46.493 9	67.837 5	81.350 0

强;自然因素的作用相对较弱,且年均气温、年降水量的影响大于年日照时数和年均风速。经济的发展、人民日益增长的物质文化需求导致人类活动范围扩大是该区生态用地减少,土地沙漠化、盐渍化的主要原因。

参考文献:

[1]章志都,徐程扬. 遥感在森林景观研究中的应用[C] //中国林学会,黑龙江省林学会,东北林业大学. 第八届中国林业青年学术年会论文集. 哈尔滨,2008:377-380.

[2]陈 品. 基于RS与Fragstats的霞浦县绿地信息提取与景观格局分析[D]. 福州:福建农林大学,2019:6-8.

[3]阎 磊. GIS和RS支持下的福州市景观格局变化及生态安全研究[D]. 福州:福建师范大学,2012:6-7.

[4]潘保田,李吉均. 青藏高原:全球气候变化的驱动力与放大器Ⅲ-青藏高原隆起对气候变化的影响[J]. 兰州大学学报,1996,32(1):108-115.

[5]杨红强. 秦岭山脉对盛行气流影响的数值模拟[J]. 陕西气象,1991(1):13-16.

[6]张庆云. 松辽分水岭的形成及其演化[M]//东北平原第四纪自然环境形成与演化课题组. 中国东北平原第四纪自然环境形成与演化. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,1990:30-33.

[7]闵隆瑞,迟振卿. 中国北方末次造貌期及环境变迁[J]. 第四纪研究,1998(3):256-261.

[8]张 爽,杨春鹏. 应用遥感技术确定松辽分水岭隆起带范围[J]. 吉林地质,2019,38(4):48-53,56.

[9]王 庆,杨景春. 松辽分水岭东段白土山组成因与时代[J]. 地层学杂志,1995(4):287-290.

[10]张士尊. 松辽分水岭:有形的长城和无形的界限[J]. 鞍山师范学院学报,2012,14(1):35-42.

[11]赵海卿,苑利波,张哲寰,等. 松辽分水岭的水文地质特征及其对生态环境的影响[J]. 地质与资源,2009,18(1):47-52.

[12]姜琦刚,刘占声,邱凤民. 松辽平原中西部地区生态环境逐渐恶化的地学机理[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2004(3):

430-434.

[13]欧定华,夏建国,欧晓芳. 基于空间回归模型的城郊区土地景观格局变化驱动力研究——以成都市龙泉驿区为例[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):236-242.

[14]艾克拜尔·买提尼牙孜,阿里木江·卡斯木. 新疆维吾尔自治区皮山县绿洲景观格局变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境,2017(7):55-62.

[15]Hersperger A M,Bürgi M. Driving forces of landscape change in the urbanizing Limmat Valley Switzerland[C]//Koomen E,Bakeman A,Still-Well J,et al. Modelling land-use change. Dordrecht: Springer,2007:45-60.

[16]张立强,简 卿,晏希宁,等. 冀西北国家重点生态功能区景观格局时空变化及驱动力研究——以河北省怀来县为例[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):231-238.

[17]张 莹,蔡海生,钟 滨,等. 南昌市城区土地利用与景观格局的时空变化及驱动因素[J]. 江苏农业科学,2018,46(4):237-241.

[18]姜海玲,秦旭升,陈智文,等. 半干旱半湿润地区景观演变与驱动力分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):276-280.

[19]王 丹,葛大兵,唐伊凡,等. 洞庭湖生态经济区农田景观格局变化及其驱动力[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):245-250.

[20]Herold M. Spatio-temporal dynamics in California's Central Valley:Empirical links to urban theory[J]. International Journal of Geographical Information Science,2005,19(2):175-195.

[21]孙天成,刘婷婷,褚 琳,等. 三峡库区典型流域“源”“汇”景观格局时空变化对侵蚀产沙的影响[J]. 生态学报,2019,39(20):7476-7492.

[22]刘 璐,申双和,杨舒畅. 基于MODIS土地覆被数据的江苏省农地景观变化及其驱动因子分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):274-280.

[23]范 莉. 重庆市景观格局及其时空变化的遥感定量研究[D]. 重庆:西南大学,2006:15-18.

[24]向英奇. 环黄渤海湿地生态系统分布研究——辽宁沿海地区湿地景观格局变化分析[D]. 淮南:安徽理工大学,2015:28-36.

[25]邓必平,吕 勇,程玉娜,等. 大围山森林公园森林景观格局的高程分异研究[J]. 浙江林业科技,2014(6):10-14.

[26]张小康. 松嫩平原北部典型土壤遥感分类研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2018:46-55.

[27]人民共和国地貌集编辑委员会. 中华人民共和国地貌图集[M]. 北京:科学出版社,2009:50-51.

[28]赵振亚. 基于RS和GIS黄河内蒙古段十大孔兑综合治理评价研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2015:26-37.

[29]刘旭拢,董家华,钟凯文,等. 基于景观结构的广州南沙区生态风险评价研究[C]//广东省科协,香港工程师学会. 澳门工程师学会第七届粤港澳可持续发展研讨会论文集. 广州,2014:270-275.

[30]王 涛. 骊山-横岭地区LUCC动态变化对土壤侵蚀强度的影响[D]. 西安:西北大学,2018:19-23.

[31]王纪伟,孙 光,罗遵兰,等. 汉江上游森林生态系统土壤保持服务功能研究[J]. 环境科学与技术,2015,38(12):291-297.

[32]朱耀军,王 成,贾宝全,等. 广州市主城区树冠覆盖景观格局

周之栋,徐建华.公路沿线不同植物叶际微生物群落结构及重金属污染比较[J].江苏农业科学,2021,49(18):215-221.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.18.036

公路沿线不同植物叶际微生物群落结构 及重金属污染比较

周之栋,徐建华

(江苏省中国科学院植物研究所,江苏南京 210014)

摘要:公路沿线由于汽车尾气和扬尘导致重金属污染严重,道路绿化应兼顾植被对重金属污染物的净化作用。选择公路两侧 4 种树种为研究对象,即海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)、金边胡秃子(*Elaeagnus pungens*)、山核桃(*Carya cathayensis*)和中山杉(*Taxodium 'Zhongshansha'*)118,测定其叶际微生物群落结构组成和叶际重金属、根际土壤重金属含量。结果显示,不同植物叶际微生物群落结构和物种组成显著不同;中山杉和海滨木槿具有更高的叶际微生物多样性(PD_whole_tree、Shannon、Simpson),而中山杉叶际微生物的丰富度(OTUs、Chao1)最高;中山杉和金边胡秃子叶片 Cr(铬)、Cu(铜)、Zn(锌)、Cd(镉)和 Pb(铅)含量较低,而对于植被林下土壤重金属含量,海滨木槿较低,中山杉显著高于其余树种;叶片 Cr、Cu、Zn 以及重金属总量对叶际微生物群落结构具有显著性影响($P < 0.05$)。综合以上结果,不同植物对不同重金属元素的净化能力不同,其中中山杉总体上对公路交通扬尘阻隔和净化效果更好。

关键词:公路;重金属;汽车尾气;叶际;微生物

中图分类号:X173 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)18-0215-07

公路交通中汽车汽油、柴油的燃烧尾气,轮胎、刹车片的磨损,道路路面沥青磨损等是公路沿线重金属污染的主要来源^[1-2]。这些污染物主要以汽车扬尘的形式进入公路沿线两侧空气和土壤中,其次通过自然沉降、降雨沉降等形式迁移进入路域土壤-植物系统中,给周围农田、居民造成污染^[3]。

收稿日期:2020-12-12

基金项目:江苏省中科院植物研究所博士人才科研启动基金(编号:JSPKLB202027)。

作者简介:周之栋(1990—),男,江苏南京人,博士,助理研究员,主要从事微生物生态学研究。E-mail:1289597338@qq.com。

梯度[J].生态学报,2011,31(20):5910-5917.

[33]白海花.内蒙古乌审旗近 20 年的植被景观动态及预测[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:30-32.

[34]王金花.风蚀水蚀交错区流域被覆变化对水沙过程的作用机理研究[D].西安:西安理工大学,2017:34-36.

[35]郭轩,张晓伟,王美程,等.基于多因子的城市农业选址研究——以汕头市澄海区为例[C]//中国城市规划学会,沈阳市人民政府.规划 60 年:成就与挑战——2016 中国城市规划年会论文集(13 区域规划与城市经济).北京:中国建筑工业出版社,2016:1-12.

[36]王黎明,周云轩,王钦军.吉林省西部地表蒸散与土地利用/覆盖变化关系[J].吉林大学学报(地球科学版),2009,39(5):907-912.

以往关于公路沿线重金属污染的研究主要集中在重金属在路域范围的空间分布格局、植物对汽车扬尘的滞沉效果的研究^[4-5]。研究表明,植物对公路交通引起的重金属污染具有很好的阻隔、净化效果,其净化效应主要表现为植物叶片对重金属的吸收、吸附,植物地上部分的直接物理阻挡作用,根系对路域土壤重金属污染物的吸收等形式^[6-7]。叶际微生物作为叶片表面参与植物生理生化活动的活跃成分,对植物生理特性具有显著影响,且对环境变化敏感^[8],而路域环境下不同植物叶际微生物的群落组成异同以及对植物叶片吸收富集重金属元

[37]董晶.日照万平口潟湖湿地的演化及特征[D].山东:曲阜师范大学,2015:18-24.

[38]宋佳,徐长春,杨媛媛,等.基于 MODIS16 的新疆干湿气候时空变化及影响因素[J].水土保持研究,2019,26(5):210-214,221,2.

[39]王媛,焦黎,董煜.博斯腾湖流域干旱变化趋势及气候影响因素[J].干旱区研究,2019,36(5):1102-1108.

[40]郑田甜,赵祖军,赵筱青,等.云南星云湖水水质变化及其人文因素驱动力分析[J].湖泊科学,2018,30(1):79-90.

[41]韦惠兰,祁应军.基于遥感监测的青藏高原草地退化及其人文驱动力分析[J].草业科学,2016,33(12):2576-2586.

[42]曹应举.基于遥感的山区景观变化分析——以迁西县为例[D].唐山:华北理工大学,2019:55-59.