

李骊,张青青,王雅梅,等.2000—2018年克孜河流域生态系统脆弱性、服务功能价值及风险评价[J].中国沙漠,2021,41(2): 164–172.

2000—2018年克孜河流域生态系统脆弱性、 服务功能价值及风险评价

李 骊¹,张青青¹,王雅梅¹,李 宏¹,赵新风²

(1.新疆农业大学 草业与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830054; 2.中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:在人类活动强度不断增加的情境下,掌握区域生态环境质量现状,可为区域生态风险防范提供科学支持。基于2000、2010、2018年遥感影像数据,采用主成分分析方法、生态系统服务功能价值及生态风险模型,探究克孜河流域生态脆弱性、服务功能价值及风险的时空分异特征。结果表明:(1)克孜河流域重度脆弱区面积明显增长,18年增长204.78%,空间分布由高到低分别为中游区域、下游区域及上游区域。(2)18年生态系统服务功能价值减少65.20%。其中作为生态服务主要贡献者的天然林草价值下降43.05%;生态系统服务功能价值空间分布呈现由西向东,由绿洲向荒漠递减的分布趋势。(3)生态风险空间分布由高到低分别为流域中游、下游及上游区域;流域高风险区面积18年增长112.48%,整体分布已由以低风险为主转变为低风险与中、高风险各占约50%,说明流域生态环境受损严重。

关键词:流域生态系统;生态脆弱性;生态系统服务功能价值;生态风险评价

文章编号: 1000-694X(2021)02-164-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00107

中图分类号: Q148

文献标志码: A

0 引言

全球气候变化、人类活动剧增及不合理的自然资源利用方式导致生态系统的自我调节能力快速下降^[1]。生态系统脆弱性、服务价值及生态风险评价均成为全球环境变化和可持续发展领域关注的重点^[2]。生态脆弱性指生态系统或系统组分由于暴露在危险因素下可能受损的程度,对其评价结果可以体现各种压力对生态系统的影响及程度^[3]。陈桃等^[2]对中亚跨境生态脆弱性时空特征进行分析评估,发现在高程、坡度、植被覆盖度等11种影响因素下研究区大部分区域呈重度脆弱状态,且在过去的25年内呈现增长趋势。生态系统服务功能价值指通过生态系统的功能直接或间接为人类生存发展所能提供的价值^[4],对其评价可以衡量区域能否实现可持续发展。马国军等^[5]研究分析了石羊河流域

生态系统服务功能价值,结果表明研究区上游山区的各项服务功能受到不同程度的破坏,不利于区域的可持续性发展。而生态风险评价是评估风险受体暴露于一种或多种压力因子后,可能出现或正在出现的负面生态效应的可能性过程^[6]。付在毅等^[7]、许学工等^[8]分别建立了适用于辽河三角洲及黄河三角洲的生态风险评价模型,确定了区域生态风险可造成的影响及程度。对区域生态脆弱性、服务功能价值及生态风险进行评价可以识别人为或自然压力下生态系统所面临的问题与风险,通过对区域的综合评价可以比较各种压力对生态系统的影响程度,以此制定保护或恢复生态系统的管理策略,保障区域的可持续发展。

克孜河是喀什噶尔河流域最大的河流,位于新疆维吾尔自治区西南部,是塔里木河流域源流的重要支流^[9]。近年来,随着流域人口的增加,传统以农

收稿日期:2020-07-19; 改回日期:2020-09-30

资助项目:国家自然科学基金项目(2515GZRZZ);喀什噶尔河流域规划项目“喀什噶尔河流域陆生生态现状调查与陆生生态回顾性评价”

作者简介:李骊(1995—),女,新疆塔城人,硕士研究生,主要从事草地生态学研究。E-mail: 785146615@qq.com

通信作者:张青青(E-mail: 108585302@qq.com)

牧业为主的经济结构导致人们对土地依赖和索取进一步扩大,农田扩张、建筑用地日益增加,逐渐侵占天然植被面积,流域生态压力增大致使流域至伽师县邦克尔水库的西缘已消失^[10]。流域内生态系统服务功能呈现退化趋势。克孜河流域占据重要的地理位置,其生态环境的质量关乎整个流域乃至新疆的经济发展,因此有必要了解克孜河流域生态脆弱性、服务功能价值及风险的时空变化状况,其研究结果能为防灾减灾部门提供生态管理和决策依据。

1 研究区概况

克孜河位于新疆维吾尔自治区的西南部(39°00′—40°18′N、73°70′—80°03′E,图1),多年

平均径流量 21.73 亿 m³。流域北部为天山西南山脉的柯坪山系,与克孜勒苏柯尔克孜自治州为邻。东部自巴楚县起为流域下游绿色走廊河段,连接叶尔羌河流域的下游灌区。南部与喀什噶尔河水系的盖孜河流域相连^[11]。西部的阿克陶县与乌恰县为流域上游源流区域,处于西南天山与昆仑山系的结合部,由买尔干苏河、托古球尔河及卓尤勒汗苏河在乌恰县境内与克孜河汇合。流域总面积约 25 407.42 km²,属典型温带大陆性干旱气候。气候温和,四季分明,热量丰富,降水稀少且蒸发量大,空气干燥,光照充足,无霜期长。多年平均气温 11.2—12.0℃,多年平均降水量 25—85 mm。主要的植被类型是草甸植被、荒漠植被、山地荒漠植被和零星高寒荒漠植被^[12]。

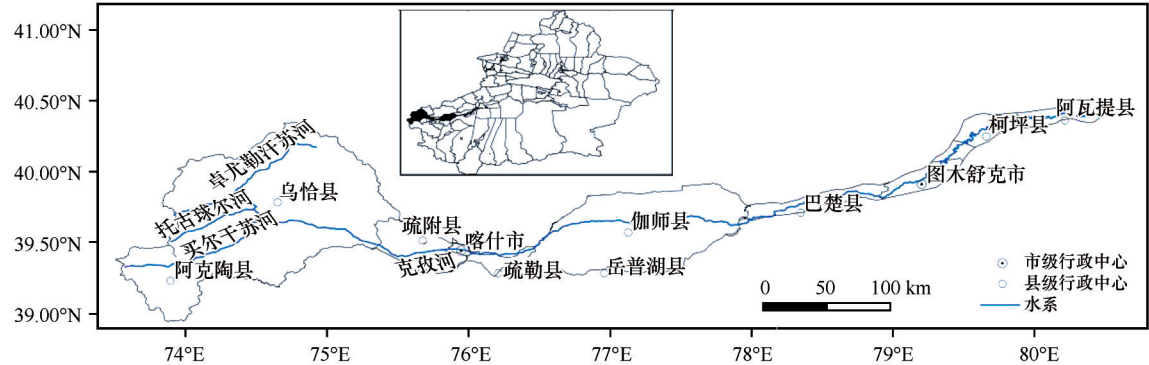


图1 研究区概况
Fig.1 Overview of the study area

2 数据来源与处理方法

2.1 数据来源

高程及NDVI来源于地理空间数据云(www.gscloud.cn)数据产品,高程选择2018年分辨率为90 m的DEM数据,NDVI分别选用2000、2010、2018年6—9月均值进行计算^[13-15]。

利用《新疆统计年鉴》查询克孜河流域县市行政单位人口密度、耕地占比及人均GDP等经济数据,同时收集降水量数据^[16]。

选用克孜河流域 Landsat-TM 影像数据,分辨率为 30 m,成像时间为 2018 年 7—8 月,这一时期为克孜河流域丰水期,河流、水库等水量较大,自然植被及农作物生长茂盛,地物特征明显^[17]。对 2018 年的影像数据进行人工目视解译,人机交互式判读确定其土地利用类型,根据实地调研情况进行矢量图验

证与校正工作,最后根据《土地利用现状分类》(GB/T21010-2017)与克孜河流域实地土地利用情况,参考土地利用特征,共确定区分出耕地、林地、草地、水域、建筑用地及未利用地 6 种生态系统类型。由于建筑用地面积不及总面积的 1%,因此本研究计算中忽略不计(表 1)。采用谢高地等^[18]对各生态系统的生态服务功能价值当量的研究结果,结合研究区实际情况对当量因子进行相应修正,进而对克孜

表 1 克孜河流域生态系统
Table 1 Land use classification system of Kezi River Basin

编号	类型	具体地类
1	耕地	旱地、水田、经济林地
2	林地	有林地、灌木林地、疏林地
3	草地	高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地
4	水域	河渠、水库、冰川、滩涂湿地
5	未利用地	沙漠、戈壁、盐碱地、裸土地、砾石裸岩地

河流域2000、2010、2018年各生态系统的生态服务功能价值进行计算。

2.2 研究方法

基于归一化植被指数(NDVI),利用像元二分模型估算植被覆盖度^[19]。

$$Fc = (NDVI - NDVI_{\text{soil}}) / (NDVI_{\text{veg}} - NDVI_{\text{soil}}) \quad (1)$$

式中: Fc 表示植被覆盖度; $NDVI_{\text{soil}}$ 为无植被覆盖的裸土地像元NDVI值; $NDVI_{\text{veg}}$ 为全植被覆盖像元NDVI值。

生态脆弱性评价指标体系。结合克孜河流域生态环境现状,选取了7个指标构建克孜河流域生态系统脆弱性评价指标体系。分别从生态敏感性、生态恢复力及生态压力度方面考虑。其中生态敏感性包括地形因子(高程)和气候因子(降水量、干燥度)。生态恢复力指生态系统受到干扰时的自身恢复能力,与其内部结构的稳定性相关,用植被覆盖度表征。生态压力度指生态环境受外界干扰所产生的环境效应,一般包括人口活动压力与经济活动压力两个层面,分别用人口密度、耕地占比及人均GDP表征。

利用主成分分析法对克孜河流域所选择的生态环境脆弱度指标进行权重计算^[20-21]。

原始数据标准化:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_{ij}}{\sigma_{ij}} \quad (2)$$

式中: \bar{x}_{ij} 是 x_{ij} 的平均值; σ_{ij} 表示 x_{ij} 的标准差,则可得标准化矩阵:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{ns} \end{bmatrix} \quad (3)$$

计算相关系数矩阵

$$R = \text{cov}(z) = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^l (z_{ij} - \bar{z}_j)(z_{ij} - \bar{z}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^l (z_{ij} - \bar{z}_j)^2 \sum_{j=1}^n (z_{ij} - \bar{z}_i)^2}} \quad (5)$$

式中: r_{ij} 表示与 z_{ij} 对应的相关系数; \bar{z}_i 、 \bar{z}_j 表示 z 矩阵横向和纵向的平均值。

计算相关系数矩阵的特征值和特征向量。计

算贡献率及累计贡献率。

$$\omega_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (6)$$

式中: ω_i 表示贡献率; λ_i 表示非负特征向量, $i=(1,2,3,\cdots,p)$, p 表示非负特征个数。

计算组成成分载荷。

$$l_{ij} = \sqrt{\lambda_i \alpha_{ij}} \quad (7)$$

式中: α_{ij} 表示单位向量分量。

利用SPSS软件对数据进行主成分分析的过程,确定出指标体系中的权重值 W 。

根据上述步骤对克孜河流域2000、2010年及2018年的各项评价指标权重进行计算(表2)。

表2 克孜河流域生态环境脆弱性评价指标及权重

Table 2 Evaluation indicators and weights of ecological environment vulnerability in the Kezi River Basin

环境	指标	权重		
		2000年	2010年	2018年
自然环境	植被覆盖度	0.3093	0.3113	0.3163
	降水量	0.2177	0.2129	0.2346
	干燥度	0.0666	0.0865	0.0886
	高程	0.1500	0.1308	0.1096
人文环境	人口密度	0.1071	0.1052	0.1073
	耕地占比	0.1069	0.1205	0.1032
	人均GDP	0.0511	0.0503	0.0557

根据以下模型对克孜河流域2000、2010年及2018年生态环境脆弱性进行评估^[22]:

$$EVI = aV_1 + bV_2 + cV_3 + dV_4 + eV_5 + fV_6 + gV_7 \quad (9)$$

式中: EVI 为生态脆弱指数; $a-g$ 表示各个评价指标的权重; V_1 为植被覆盖度; V_2 为降水量; V_3 为干燥度; V_4 为高程; V_5 为人口密度; V_6 为耕地占比; V_7 为人均GDP。同时根据表3^[23]对流域生态环境脆弱性进行分级从而得到克孜河流域2000、2010、2018年的生态环境脆弱性评价结果如图2所示。

根据谢高地等^[18]生态系统服务功能价值方法改进的研究结果,利用克孜河流域植被覆盖度指数对流域当量因子进行修正,即选择2000、2018年植被覆盖度指数与2010年植被覆盖度指数的比值估算2000、2018年克孜河流域单位面积价值当量因子,从而估算其生态系统服务功能价值。

表 3 克孜河流域生态环境脆弱性等级评价表
Table 3 Evaluation table of ecological environment
vulnerability grade of Kezi River Basin

脆弱性	等级	生态脆弱指数标准化
轻度脆弱	I	$EVI < 0.4$
中度脆弱	II	$0.4 \leq EVI < 0.8$
重度脆弱	III	$EVI > 0.8$

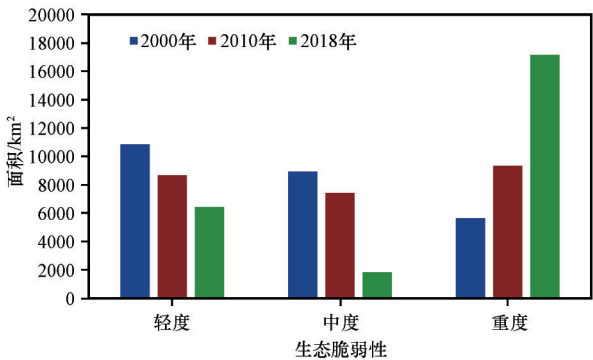


图 2 克孜河流域 2000、2010、2018 年生态脆弱性面积变化
Fig.2 Changes in the area of ecological vulnerability in the
Kezi River Basin in 2000, 2010 and 2018

$$D = \frac{NDVI_{2010} \times D_i}{NDVI_{2000}}, D = \frac{NDVI_{2010} \times D_i}{NDVI_{2018}} \quad (10)$$

式中： D_i 表示 2010 年第 i 种生态系统的单位面积价值当量因子。

$$E_j = M_j \times D_j \times 340650 \quad (11)$$

式中： M_j 表示第 j 种生态系统的面积； D_j 表示其单位面积价值当量因子，340 650 是谢高地等^[18]依据《中国统计年鉴》与《全国农产品成本收益资料汇编 2011》计算的 1 个标准当量因子的生态系统服务价值量(元·km⁻²)

采用以下模型进行流域生态风险评价^[24]。

$$R_{ij} = EVI_i/E_j \quad (12)$$

式中： R_{ij} 为 i 网格对应的生态系统可能遭受的生态风险； EVI_i 为 i 网格的生态环境脆弱性； E_j 为 i 网格对应第 j 种生态系统的生态服务功能价值， $1 < j < g+1$ ， g 为生态系统总数。

3 结果与分析

3.1 克孜河流域生态脆弱性

3 个时期，流域生态脆弱性的空间分布均表现为中部高，东部次之，而西部较低的特点(图 3)。重度脆弱区均集中在克孜河流域的中游区域，各年间

该脆弱区面积分别为 5 630.01、9 334.99、17 159.02 km²，分别占流域总面积的 22.16%、36.74%、67.53%；中度脆弱区则主要分布在流域中游及下游区域，3 个时期内中度脆弱区面积分别占据流域总面积的 35.14%、29.18%、7.16%；而轻度脆弱区则分布在流域上游山区河段，3 个时期轻度脆弱区相对总面积占比分别为 42.70%、34.08%、25.31%。克孜河流域在近 18 年间，轻度及中度脆弱区面积呈现下降变化趋势，2018 年轻度及中度脆弱性比 2000 年分别下降 27.98% 及 17.39%；重度脆弱区面积急剧增加且以中、下游面积增加为主，相比 2000 年，至 2018 年该脆弱区面积增加 45.38%。可见，克孜河流域生态脆弱性呈现逐渐升高变化趋势，而且以中、下游为主的局部区域的脆弱性也在不断加强。

3.2 克孜河流域生态系统服务功能价值

根据 Lanset TM 影像数据提取的克孜河流域生态系统主要有耕地、林地、草地、水域及未利用地。

18 年间流域生态系统服务功能价值呈现明显下降的变化趋势，由 1 801.47 亿元减少至 1 097.22 亿元，下降 65.20%(表 4)。其中作为流域生态服务功能价值主要贡献者的林草生态系统在 3 个时期内分别占据总生态服务价值的 85.25%、81.24%、79.70%，与总体变化呈现一致的降低趋势；与此同时耕地的生态服务功能价值则在 18 年间增加了 28.34 亿元，增加幅度 105.39%。耕地的生态服务功能价值变化主要受人类活动影响，这直接反映出近 18 年来人类活动加强，使得生态系统发生较大的变化，影响了天然林草的生长环境。

克孜河流域生态系统服务功能总体空间分布呈现出由西向东、由高山向平原和绿洲向荒漠递减的变化趋势(图 4)。这一分布与克孜河流域天然林草的地带性分布相似，更加说明了天然林草是流域生态系统服务功能价值的主要贡献者，体现出天然林草在生态系统中的重要地位。

3.3 克孜河流域生态风险

克孜河流域作为典型的干旱区，其地域广阔，生态脆弱性较高，生态系统服务功能整体较低，因此根据生态风险评价模型计算的整个流域生态风险结果也相对较高。如图 5 所示，2000—2018 年克孜河流域的生态风险呈现出明显增高的变化趋势，3 个时期的高风险区域面积分别为 3 646.67、

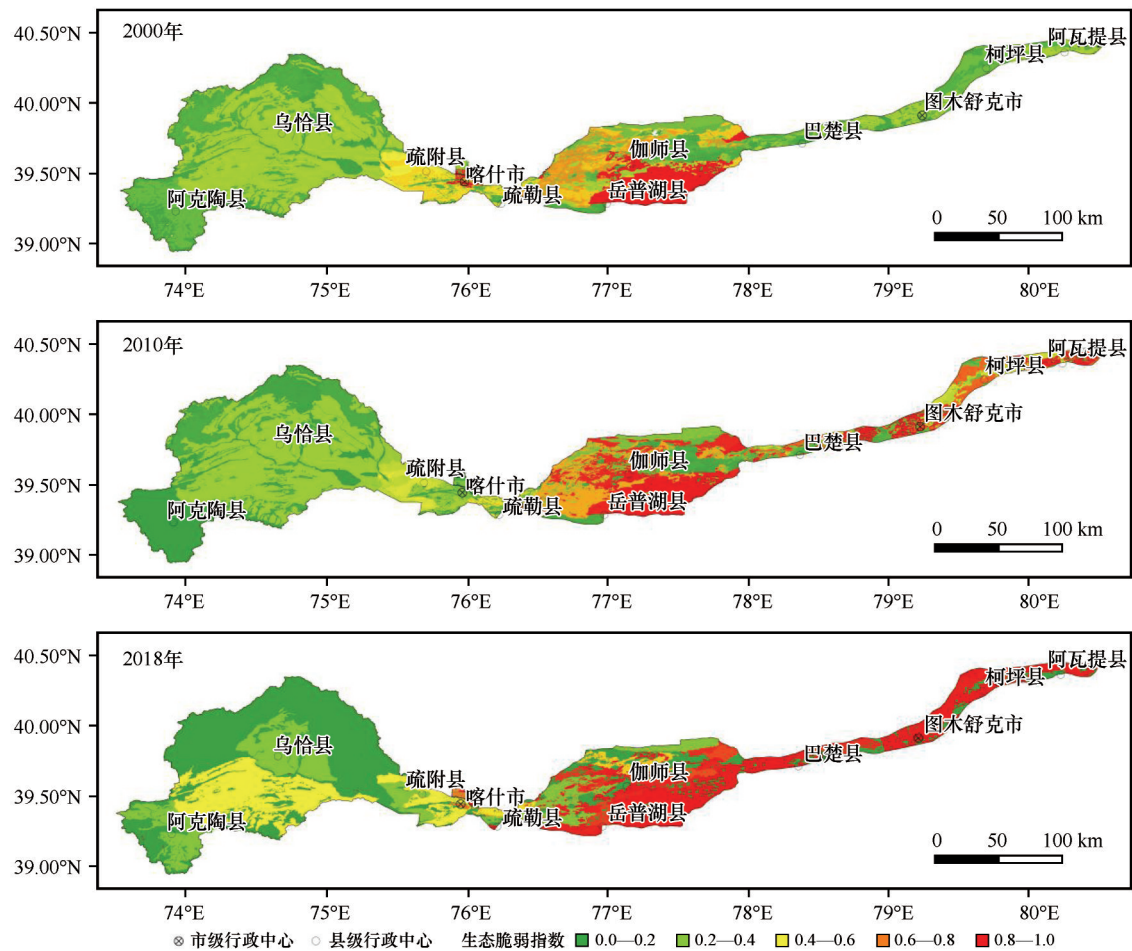


图 3 克孜河流域 2000、2010、2018 年不同等级生态脆弱指数变化

Fig.3 Changes in the vulnerability of different levels of ecological environment in the Kezi River Basin in 2000, 2010 and 2018

表 4 2000、2010 年及 2018 年不同生态系统类型各项生态系统服务功能价值 (单位: 亿元)

Table 4 Statistics on the value of various ecosystem service functions of different ecosystem types in 2000, 2010 and 2018 (unit: 100 million yuan)

功能	2000 年						2010 年						2018 年					
	耕地	林地	草地	水域	未利 用地	合计	耕地	林地	草地	水域	未利 用地	合计	耕地	林地	草地	水域	未利 用地	合计
食物生产	6.11	4.81	12.61	3.11	0.35	26.98	9.68	5.62	13.59	3.74	0.44	33.06	12.55	5.35	12.87	3.67	0.43	34.87
原料生产	2.88	11.04	18.56	0.89	1.04	34.41	4.56	12.90	19.99	1.07	1.31	39.84	5.91	12.28	18.94	1.06	1.29	39.48
水资源供给	0.14	5.71	10.27	40.57	0.69	57.39	0.23	6.67	11.06	48.83	0.87	67.66	0.30	6.35	10.48	47.99	0.86	65.98
气体调节	4.82	36.32	65.22	3.69	4.49	114.54	7.63	42.44	70.27	4.44	5.67	130.44	9.89	40.40	66.55	4.36	5.61	126.82
气候调节	2.59	108.68	172.42	10.99	3.46	298.13	4.10	126.97	185.77	13.22	4.36	334.42	5.32	120.89	175.93	13.00	4.31	319.45
净化环境	0.72	31.85	56.93	22.17	14.18	125.85	1.14	37.21	61.34	26.68	17.87	144.23	1.48	35.42	58.09	26.22	17.68	138.90
土壤保持	7.41	3.38	6.13	0.27	5.19	22.37	11.74	51.67	85.60	4.35	6.54	159.89	15.21	49.19	81.07	4.27	6.47	156.22
维持养分循环	0.86	40.27	72.25	9.94	0.35	123.67	1.37	3.95	6.60	0.33	0.44	12.68	1.77	3.76	6.25	0.32	0.43	12.53
生物多样性	0.93	17.66	31.89	7.69	4.84	63.01	1.48	47.05	77.84	11.96	6.10	144.43	1.92	44.80	73.72	11.76	6.04	138.23
美学景观	0.43	303.96	525.71	102.93	2.07	935.11	0.68	20.63	34.36	9.25	2.61	67.54	0.89	19.65	32.54	9.09	2.59	64.75
合计	26.89	563.70	971.98	202.25	36.65	1801.47	42.61	355.11	566.42	123.86	46.20	1134.21	55.23	338.10	536.43	121.73	45.72	1 097.22

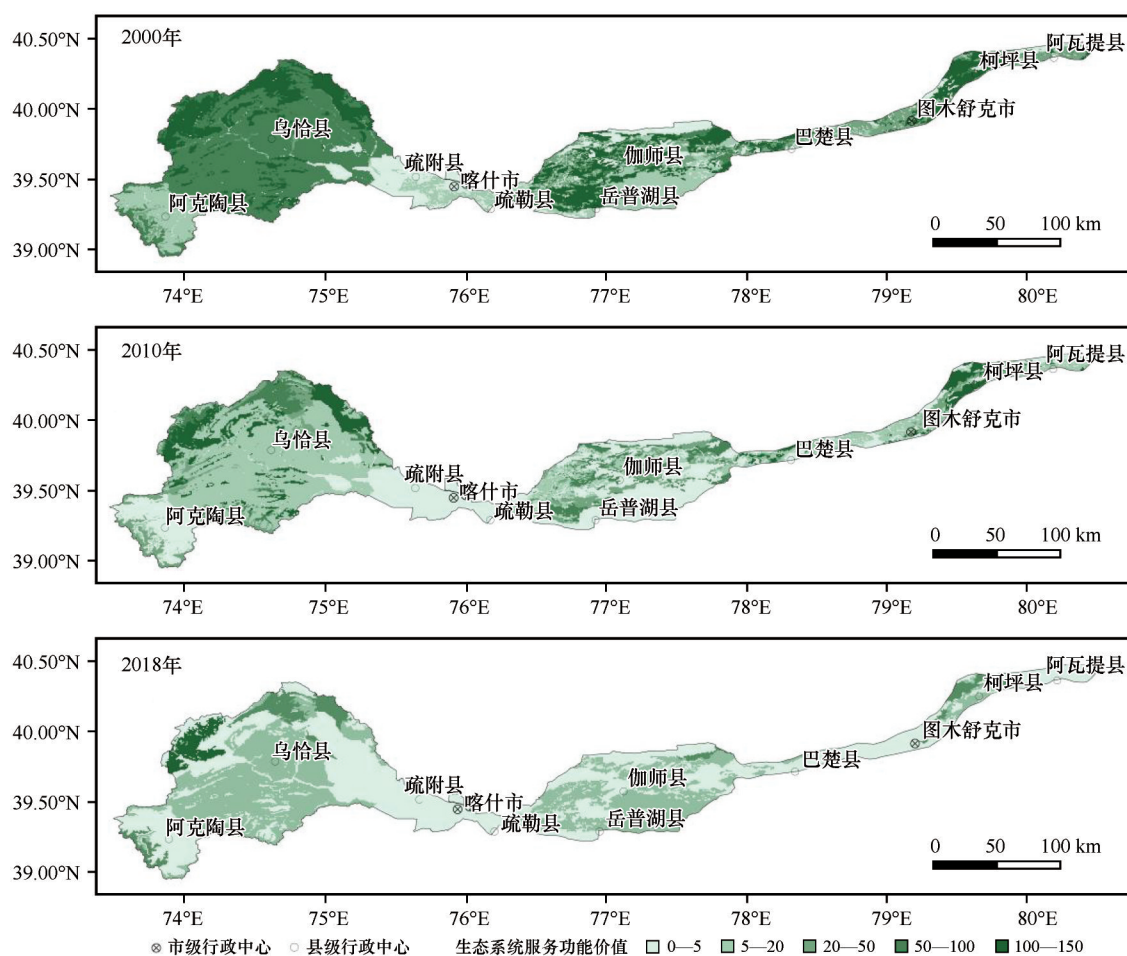


图4 2000、2010、2018年克孜河流域生态系统服务功能价值空间分布

Fig.4 The spatial distribution of the value of ecosystem services in the Kezi River Basin in 2000, 2010 and 2018

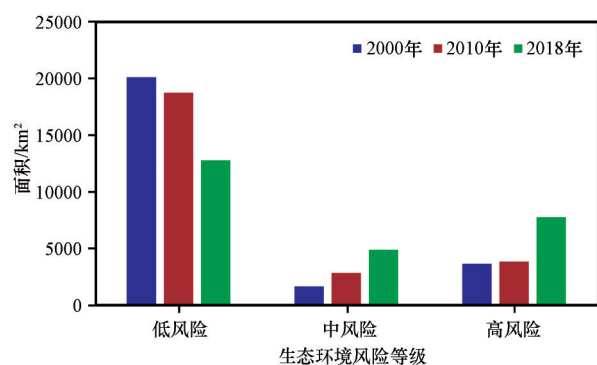


图5 克孜河流域2000、2010及2018年不同等级生态环境风险面积变化

Fig.5 Changes in areas of different levels of ecological environment risk in the Kezi River Basin in 2000, 2010 and 2018

3 841.41、7 748.66 km², 占据总流域面积的14.35%、15.12%、30.50%, 18年高风险区面积增长4 101.99 km², 增长112.84%。生态风险分布变化呈现由中部向东西两边扩展(图6)。2000年, 流域生态高风险区主要分布在流域的中游区域, 上游及下游区域均

基本为低风险区。至2010年间整个流域高风险区域明显增加, 比2000年面积增加194.50 km², 增长5.33%; 其中流域西部的山区河段增加35.14 km², 中下游增加159.96 km²。而在2010—2018年, 流域生态风险以更快的速度迅速增加, 至2018年时, 流域中、下游河段已基本成为了高风险区, 而上游河段也出现了大面积的中风险区及小面积高风险区, 比2010年高风险区面积增长3 907.78 km², 增长101.72%。近18年来克孜河流域生态风险已由2000年的低风险区为主(低风险区占总面积的79.14%), 转变为现在的低风险与中、高风险区各占据流域面积的约50%。

4 讨论

克孜河属于典型的干旱区内陆河流, 陈忠升等^[25]对和田河流域土地利用变化分析时发现, 干旱区流域最明显的特征就是人口集中于绿洲, 同时人类活动也将直接作用于绿洲的土地利用类型, 以人

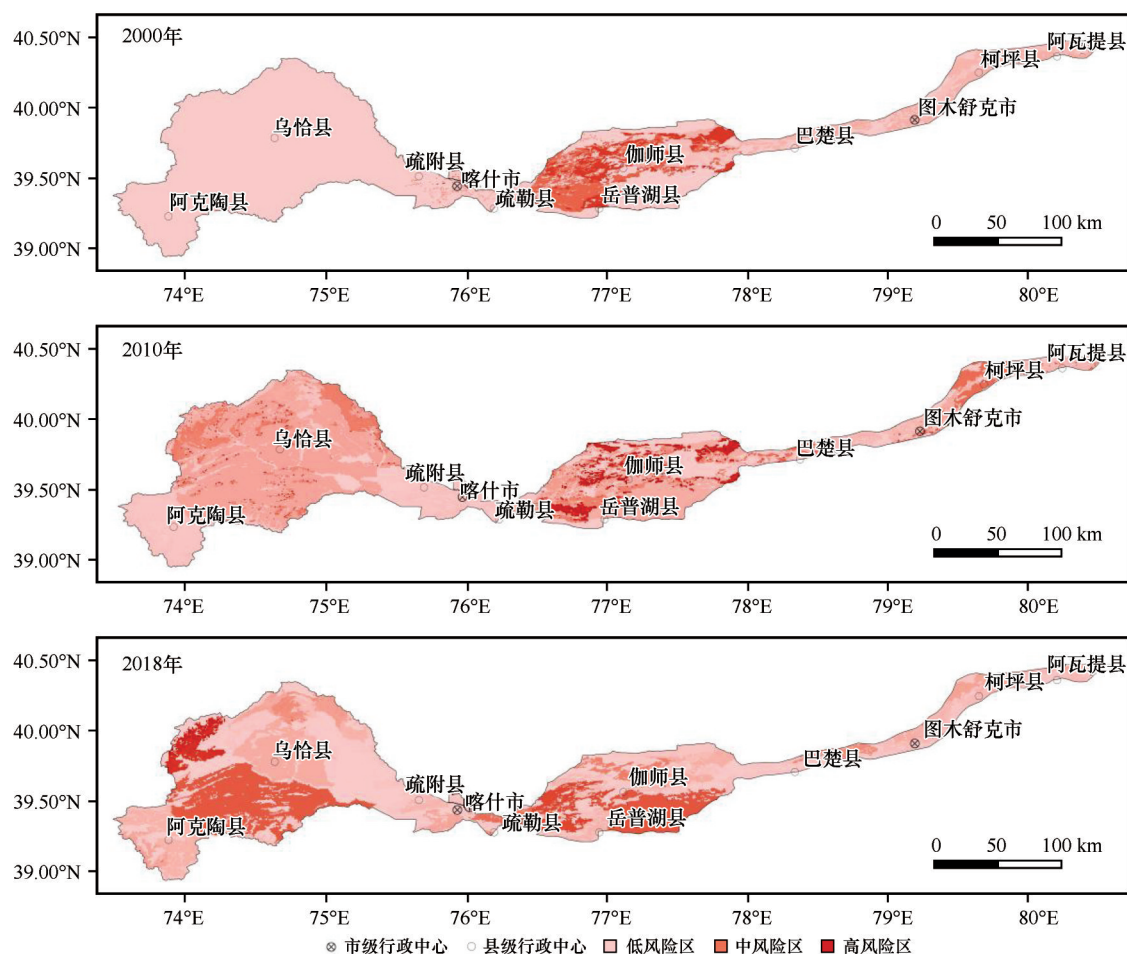


图6 2000、2010、2018年克孜河流域生态风险空间分布变化

Fig.6 Changes in the spatial distribution of ecological risks in the Kezi River Basin in 2000, 2010 and 2018

类活动为主的耕地必将成为流域的主要土地类型。自2000年后克孜河流域的农牧业经济表现为粗放型增长模式,耕地面积呈现出在中、下游区域明显增加的变化趋势,18年增长面积1 456.49 km²,增长幅度56.27%。也因农牧经济发展主要依赖于人力资本的投入,流域内人口也有所增长。耕地及人口的迅速增加直接决定了较强的人类活动,导致流域中、下游区域呈现较高的生态脆弱性,且呈现增加的变化趋势。另外,黄劲柏等^[10]在对克孜河古河道治理措施的研究中提到自20世纪50年代后,克孜河下游自巴楚县境内起出现了河流断流的现象,这也直接导致了下游天然植被面积的不断减缩。因此不断增强的人类活动及不断降低的植被覆盖导致克孜河中、下游区域生态脆弱性呈现逐渐增加的变化趋势。

18年间克孜河流域生态服务功能价值空间分布表现为高价值区域主要分布在流域上游区域,低价值区分布在以绿色走廊为主的下游区域,与流域

生态脆弱性空间分布呈相反分布格局,即重度脆弱区对应低价值区,而轻度脆弱区对应高价值区。陈荟竹等^[26]在研究广东省热带生态脆弱性时发现,该分布状态对于区域生态风险水平有良好的抑制作用。就流域生态服务功能价值本身而言,18年整体呈现明显降低的变化趋势,生态价值的损失巨大。其中林草生态系统下降与耕地生态系统的增长趋势均尤为明显,这也体现出经济价值的增长是牺牲环境服务价值所得。贡璐等^[27]在研究塔里木河上游土地类型生态服务功能价值时表示,随着绿洲面积的迅速扩大,人口、资源、环境的压力已成为阻碍干旱区内陆河流域可持续发展的三大瓶颈。若长此以往不顾生态环境损失,盲目追求经济增长,最终无法实现经济与社会的最大效益。

克孜河流域生态风险评估结果显示,2000—2018年流域的高风险区面积占比已逐渐由14.35%增长至30.50%,变化主要由于低风险的林草生态系统在18年间逐渐转变为耕地及未利用地等高风险

的生态系统。由此可见,对于山区及绿洲受人类活动干扰较少的区域,生态风险比较低,但以目前的变化趋势发展,这些区域一旦在今后受到人为因素或其他因素的干扰和破坏,其恢复重建也具有一定的困难性^[28-29]。因此克孜河流域生态风险防范任重而道远,应加强其保育投入与风险预警,保证流域良好的生态屏障^[30]。除此之外,根据上述生态脆弱性及生态服务功能价值的变化研究分析可知,对整个流域生态风险应多关注人为因素引起的林草退化等缓速变化风险。耕地生态系统是保障食品安全的主要基地,应有效改善其生态服务品质,逐渐降低区域生态风险。而水域、未利用地等生态类型对气候及人类活动影响反应敏感,也必须建立适应性防范机制^[31]。当然,克孜河流域生态系统类型丰富多样,其功能与结构各有所差异,现有参数并不能十分准确地反映其生态系统的真实状况,对其脆弱性、服务价值及风险的评估也是保守估计,但这样的结果仍旧可以帮助相关部门了解流域生态现状,为今后流域环境保护政策提供相应的数据支撑。

5 结论

克孜河流域生态脆弱性重度脆弱区呈现明显增长的变化趋势,3个时期内面积分别占总面积的22.16%、36.74%、67.53%,且18年间增长面积11 529.01 km²,增长204.78%;其空间分布由高到低分别为中游区域、下游区域及上游区域。

克孜河流域18年间生态系统服务功能价值减少704.25亿元,减少65.20%。其中作为生态服务主要贡献者的天然林草因向耕地及未利用地的逐渐转移,生态服务功能价值也明显下降43.05%;生态服务功能价值空间分布呈现由西向东,由绿洲向荒漠递减的分布趋势,与流域植被地带性分布相似。

克孜河流域生态风险整体空间分布由高到低分别为中游区域、下游区域及上游区域;流域高风险区面积在18年间增加4 101.99 km²,增长112.48%,现如今已由低风险为主转变为低风险与中、高风险对等,说明克孜河流域风险增长明显,流域生态环境受损十分严重。

参考文献:

- [1] 荔琢,蒋卫国.基于生态系统服务价值的京津冀城市群湿地主导服务功能研究[J].自然资源学报,2019,34(8):1654-1665.
- [2] 陈桃,包安明,郭浩,等.中亚跨境流域生态脆弱性评价及其时空特征分析:以阿姆河流域为例[J].自然资源学报,2019,34(12):2643-2657.
- [3] 胡文佳,陈彬,Arnupap Panichpol,等.珊瑚礁生态脆弱性评价:以泰国恩仑岛为例[J].生态学杂志,2020,39(3):979-989.
- [4] 赵志刚,余德,王凯荣,等.赣西地区生态系统服务价值与生态补偿策略[J].生态学报,2020,40(20):7507-7518.
- [5] 马国军,林栋.石羊河流域生态系统服务功能经济价值评估[J].中国沙漠,2009,29(6):1173-1177.
- [6] 刘珍环,张国杰,付凤杰.基于景观格局-服务的景观生态风险评价:以广州市为例[J].生态学报,2020,40(10):3295-3302.
- [7] 付在毅,许学工.区域生态风险评价[J].地球科学进展,2001(2):267-271.
- [8] 许学工,梁泽,周鑫.黄河三角洲陆海统筹可持续发展探讨[J].资源科学,2020,42(3):424-432.
- [9] 朗新文.喀什噶尔河流域水资源配置现状及对策探讨[J].陕西水利,2019(10):46-47.
- [10] 黄劲柏,蒋海英.克孜河古河道现状及治理措施[J].河南水利与南水北调,2019,48(4):5-6.
- [11] 蒋海英.克孜河渡槽槽身裂缝成因分析及处置措施[J].水利规划与设计,2019(4):114-117,153.
- [12] 崔立新,李政海,张靖,等.克孜勒苏河流域植被覆盖空间格局及动态变化趋势分析[J].大连民族大学学报,2019,21(1):39-43.
- [13] Hu X, Ren H, Tansey K, et al. Agricultural drought monitoring using European Space Agency Sentinel 3A land surface temperature and normalized difference vegetation index imageries[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2019, 50(7): 279-290.
- [14] Yi G, Sheng Z H, Qiang H, et al. Propagation thresholds of meteorological drought for triggering hydrological drought at various levels[J]. Science of the Total Environment, 2020, 712(7): 1236-1248.
- [15] Wu F, Feng B. A new approach to predict normalized difference vegetation index using time delay neural network in the arid and semiarid grassland [J]. International Journal of Remote Sensing, 2019, 40(23): 146-153.
- [16] 张学玲,张莹,牛德奎,等.基于TM NDVI的武功山山地草甸植被覆盖度时空变化研究[J].生态学报,2018,38(7):2414-2424.
- [17] 程苗苗,江洪,陈健,等.基于Landsat数据的新疆和田地区植被覆盖变化研究[J].安徽农业科学,2009,37(3):1239-1250.
- [18] 谢高地,张彩霞.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [19] 何宝忠,丁建丽,张喆,等.新疆植被覆盖度趋势演变实验性分析[J].地理学报,2016,71(11):1948-1966.
- [20] 布瑶.基于模糊综合评价和主成分分析的水资源承载力评价研究[D].西安:西安科技大学,2019.
- [21] 康爱红.基于主成分分析的城市水资源分析及优化配置[D].河北邯郸:河北工程大学,2019.

- [22] 姚昆,周兵,李小菊,等.基于AHP-PCA熵权模型的大渡河流域中上游地区生态环境脆弱性评价[J].水土保持研究,2019,26(5):265-271.
- [23] 石惠春,何剑,刘伟.石羊河流域生态脆弱性评价研究[J].资源开发与市场,2012,28(11):1020-1024.
- [24] 许学工,颜磊,徐丽芬,等.中国自然灾害生态风险评价[J].北京大学学报(自然科学版),2011,47(5):901-908.
- [25] 陈忠升,陈亚宁,李卫红,等.新疆和田河流域土地利用及其生态服务价值变化[J].干旱区研究,2009,26(6):832-839.
- [26] 陈荟竹,刘希林.广东省热带气旋、雨涝灾害和地质灾害生态风险评价(II)[J].生态环境学报,2018,27(11):2047-2056.
- [27] 贡璐,吕光辉,丁建丽,等.塔里木河上游土地利用变化中的生态价值损益分析[J].生态学杂志,2006(5):526-530.
- [28] 何莎莎,李欣,何春龙,等.基于土地利用变化的扬州市广陵区景观生态风险评价[J].南京师大学报(自然科学版),2019,42(1):139-148.
- [29] 徐露.四川省农业景观生态风险评价研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(1):48-52.
- [30] Johnbosco C Egbueri, Enyigwe M T. Pollution and ecological risk assessment of potentially toxic elements in natural waters from the ameka metallogenic district in Southeastern Nigeria [J]. Taylor & Francis, 2020, 53(17):1-28.
- [31] 张雅洲,谢小平.基于RS和GIS的南四湖生态风险评价[J].生态学报,2015,35(5):1371-1377.

Comprehensive assessment of ecosystem vulnerability, the value of service function and risk in Kezi River Basin in 2000–2018

Li Li¹, Zhang Qingqing¹, Wang Yamei¹, Li Hong¹, Zhao Xinfeng²

(1. College of Grass Industry and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830054, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: Under the continuous increase of the intensity of human activities, finding out the current situation of regional ecological environment quality may provide scientific and technical support for regional ecological risk prevention. Based on the remote sensing image data of 2000, 2010 and 2018, this study uses principal component analysis, ecological service function value and ecological risk model to explore the temporal and spatial differentiation characteristics of ecological vulnerability, service function value and risk in Kezi River basin. The results show that: (1) the seriously vulnerable area of the Kezi River basin shows an obvious growth trend, with an increase of 204.78% in 18 years; its spatial distribution is the middle reaches, the lower reaches and the upper reaches from high to low. (2) the functional value of ecosystem services decreased by 65.20% in 18 years. Among them, the natural forest and grass, as the main contributor to ecological services, also significantly decreased by 43.05%; the spatial distribution of the functional value of ecological services showed a decreasing trend from west to east, from oasis to desert. (3) the spatial distribution of ecological risk from high to low is the middle reaches, the lower reaches and the upper reaches of the basin, respectively; the area of the high risk area of the basin has increased by 112.48% in the past 18 years, and the overall distribution has changed from low risk to about 50% of low risk and 50% of medium and high risk, indicating that the ecological environment of the basin has been seriously damaged.

Key words: watershed ecosystem; ecological vulnerability; functional value of ecosystem services; ecological risk assessment