

DOI: 10.5846/stxb201905281104

刘时栋, 刘琳, 张建军, 王柯, 郭义强. 基于生态系统服务能力提升的干旱区生态保护与修复研究——以额尔齐斯河流域生态保护与修复试点工程区为例. 生态学报, 2019, 39(23): 8998-9007.

Liu S D, Liu L, Zhang J J, Wang K, Guo Y Q. Study on ecological protection and restoration path of arid area based on improvement of ecosystem service capability, a case of the ecological protection and restoration pilot project area in Irtysh River Basin. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(23): 8998-9007.

基于生态系统服务能力提升的干旱区生态保护与修复研究

——以额尔齐斯河流域生态保护与修复试点工程区为例

刘时栋¹, 刘琳², 张建军^{1,3,*}, 王柯¹, 郭义强^{3,4}

1 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083

2 河北地质大学土地资源与城乡规划学院, 石家庄 050031

3 自然资源部土地整治重点实验室, 北京 100083

4 自然资源部国土整治中心, 北京 100035

摘要: 科学实施山水林田湖草生态保护与修复工程是我国生态文明建设的必经之路, 也是解决生态环境问题的重要举措之一。从额尔齐斯河流域山水林田湖草的生态特征与功能出发, 对生态系统服务价值、生态系统质量和生态功能稳定性进行了分析。依据研究区的生态特点和地形地貌特征, 基于最小阻力模型构建生态网络, 结合识别出的退化生态源, 构建了整个流域的生态格局。结果显示: (1) 流域生态系统服务价值及生态质量的降低主要是人为活动导致的林草植被覆盖度下降造成的。(2) 流域内有 20.67% 的地区生态质量严重恶化, 亟需进行生态修复。(3) 流域生态源呈现“西北到东南带状延伸, 东北向西南交替出现”的空间格局, 结合构建的 21 条各级生态廊道和 9 个重点生态节点, 构成了全流域生态格局。(4) 在流域生态保护与修复过程中, 应按照以北部山区涵养生态功能、中部区域维护生态安全、南部荒漠保育生态环境的方式施行。(5) 生态保护与修复应遵循自然规律, 注重“山水林田湖草-人”生命共同体的整体保护与系统修复, 坚持科学管理, 推动生态系统的良性发展。

关键词: 山水林田湖草生命共同体; 生态修复; 最小阻力模型; 额尔齐斯河流域

Study on ecological protection and restoration path of arid area based on improvement of ecosystem service capability, a case of the ecological protection and restoration pilot project area in Irtysh River Basin

LIU Shidong¹, LIU Lin², ZHANG Jianjun^{1,3,*}, WANG Ke¹, GUO Yiqiang^{3,4}

1 China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China

2 Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China

3 Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Natural Resources, Beijing 100083, China

4 Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resource, Beijing 100035, China

Abstract: Scientific implementation of ecological protection and restoration engineering in “mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands System (MRFFLGs)” is a way for the construction of China’s ecological civilization and also an important measure to solve the ecological and environmental problems. This article analyzes the ecological service value, ecosystem quality, and ecological function stability of ecosystems based on ecological characteristics and functions of

基金项目: 自然资源部国土整治中心课题(20191603)

收稿日期: 2019-05-28; 修订日期: 2019-09-10

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

MRFFLGs. The ecological network is constructed by the minimum cumulative resistance model based on the ecosystem and topographical features of the Irtysh River Basin. Combined with the identification of degraded ecological source areas, the complete and functional ecological structure is completed throughout the basin. The results indicated that (1) the decrease in the ecological service value and ecological quality of this basin was mainly caused by the decline of forest vegetation coverage resulted from human disturbance. (2) There was 20.67% of this basin with a serious deterioration of ecological quality, and the corresponding restoration was urgently needed. (3) The ecological source area of the basin presented a pattern of “west-to-southeast extension, alternating northeast to southwest”. This ecological source areas combined with the 21 ecological corridors and 9 key ecological nodes constructed by the study formed the whole basin ecological pattern. (4) The basin should be ecologically protected and repaired in the manner of enhancing ecological function in the north, maintaining ecological security in the middle and sealing ecological environment in the south. (5) The ecological protection and restoration based on local conditions should follow the natural law, pay attention to the overall protection and system restoration of the MRFFLGs-Human being, and insist on the management of human activities and the protection and restoration of ecosystems.

Key Words: life community with mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands System; ecological restoration; minimum cumulative resistance model; Irtysh River Basin

生态系统的健康稳定对于确保我国生态安全和社会经济发展至关重要^[1]。在自然资源开发利用过程中,由于人类不恰当的行为,生态问题愈加突出^[2]。科学实施山水林田湖草生态保护与修复工程是破解生态环境难题的重要举措^[3-4]。以往国家开展的生态修复工程缺乏对“山水林田湖草”的整体考虑,修复区局部短期的效果较好但整体长期的效果差^[5]。为了较好地实现我国生态保护与修复工作,2017 年以来我国陆续启动了陕西、新疆等不同区域的国家重点生态功能区山水林田湖草系统保护修复试点工作^[6-7]。

额尔齐斯河流域是我国的重点生态功能区和山水林田湖草系统保护修复试点区^[8-9]。作为我国“一带一路”发展战略的核心区,流域内水土流失、草地退化、土地沙漠化等生态问题严重扰乱了流域的生态平衡,制约了流域的经济社会稳定发展^[1, 10]。为了科学诊断生态系统问题,探讨科学实施山水林田湖草生态保护与修复工程的可行方案,本文以我国额尔齐斯河流域为例,深入分析流域内存在的生态问题,合理优化流域内生态格局。这对于当前高速城镇化与农业现代化导致的“山水林田湖草生命共同体”生态问题的保护与修复具有重要意义,也为我国进一步科学实施山水林田湖草生态保护与修复工程提供参考意见和理论支撑,从而促进当地自然资源的永续利用及区域社会经济的可持续发展。

1 区域概况与数据来源

1.1 研究区概况

额尔齐斯河流域(85°31'36"—91°04'E, 45°00'—49°10'N)地处我国西北干旱区,具有典型的温带大陆性干旱半干旱气候^[8]。流域内涵盖了“山水林田湖草”系统所有的生态要素,分布有吉木乃冰川,阿尔泰山森林,额尔齐斯河,乌伦古湖,山地、平原及荒漠草原,等多种生态系统类型。流域内部风沙地貌极其发育(图 1),水资源时空分布极度不均,植被覆盖度低,森林多沿河流分布^[9]。同时额尔齐斯河流域也是我国生态保护与修复核心区域之一,是一带一路核心区的重要生态屏障。近些年草地面积大量减少,大片的胡杨林、灌木林遭受

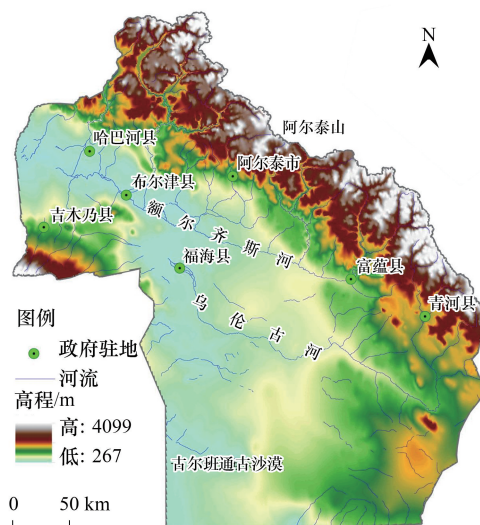


图 1 额尔齐斯河流域示意图

Fig.1 Geographical location of Irtysh River Basin

严重破坏,草地和森林生态功能不断弱化^[1]。

1.2 数据来源

本文使用额尔齐斯河流域的 7 个县市的社会经济统计数据、粮食产量统计数据、土地利用数据、气象数据、MODIS 遥感影像、数值高程模型数据以及各级行政界限、政府驻地、水系等矢量数据。其中 MODIS 用于提取 NDVI 和叶面积指数。统计数据全部采用空间差值的方法插值为 1 km 的空间栅格数据,文章研究范围比较大,相应研究尺度不宜过小,因此所有空间数据均统一分辨率为 1 km。具体来源及使用情况如下(表 1)。

表 1 数据来源
Table 1 Data sources

数据类型 Type of data	所用数据 Data	数据来源 Data Sources
矢量数据 Vector data	政府驻地、界限、道路、水系等	http://www.ngcc.cn/
栅格数据 Raster data	MODIS 2008、2018 年 7 月 28 号 250 m	https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/
	LUC 2008、2018 年 8 月 1 km	http://www.resdc.cn/
	DEM 中国 1 km 数字高程数据	http://www.gscloud.cn/
统计数据 Statistical data	2008、2018 年统计年鉴	http://www.xjtj.gov.cn/
	2008、2018 年气象数据	http://www.resdc.cn/

2 研究方法

通过对生态过程的空间分析,按照“识别生态源-构建阻力面-提取生态廊道”、“识别退化区-筛选退化斑块-优化生态源”的研究框架,基于最小累积阻力模型识别重要的生态廊道和退化的生态源,通过优化配置生态廊道与生态节点构建生态安全格局。具体技术路线如图 2。

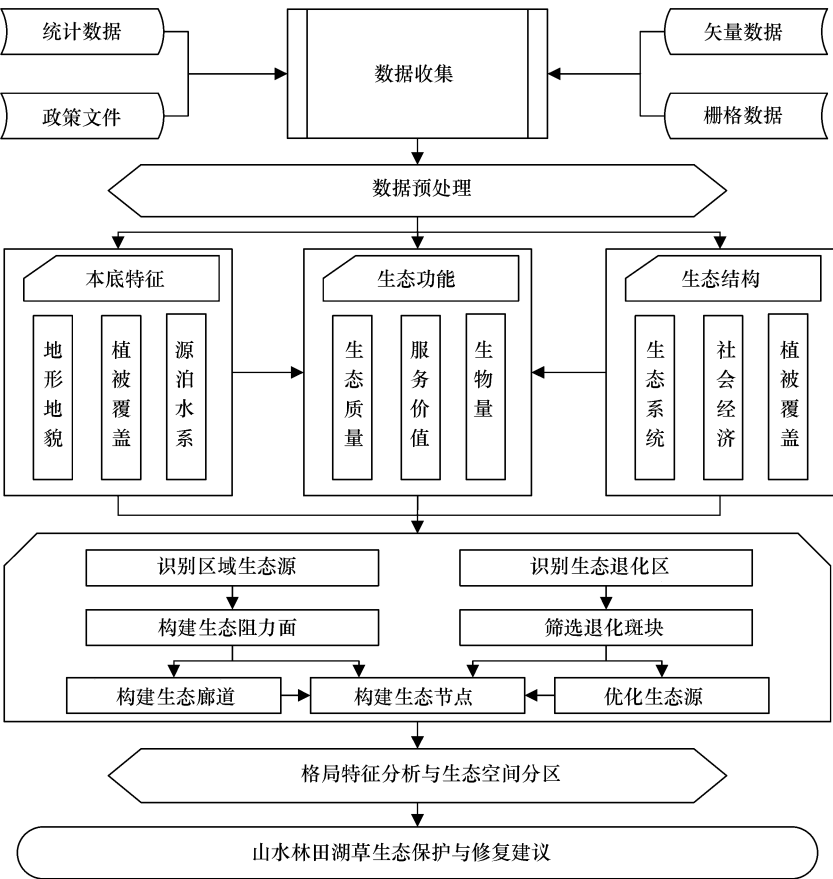


图 2 框架图
Fig.2 Technical framework
<http://www.ecologica.cn>

2.1 生态系统服务能力本底评价

生态系统服务能力包括给人类的持续供给服务能力(如提供食物和水)、调节服务能力(如控制洪水和疾病)、文化服务能力(如精神、娱乐和文化收益)以及支持服务能力(如维持地球生命生存环境的养分循环)。借鉴相关研究^[1, 11-14],构建额尔齐斯河流域生态系统质量评价指标体系,对流域内“山水林田湖草生命共同体”的生态状况进行评估分析。该指标体系按人类对生态系统影响以及流域生态系统自身特征把生态系统质量目标层细分为生态可持续性、社会经济平衡性和生态系统健康 3 个方面。生态可持续性主要包括研究区当前面临最大的水土流失和土地盐碱化问题的人为治理质量、由于增高的城镇化率和人口数量带来的生态需求量的升高以及单位面积农作物产量等生态供给 3 个方面决定;经社会经济平衡性主要包括机械和化肥等的经济技术投入以及有人均 GDP、农林牧副渔产值等的社会经济产出;生态健康状况主要是由流域内植被覆盖度、生物量以及生态系统服务价值等生态现状反映。植被生物量的影响因素包括地理要素、环境要素、能直接反映植被生长状况的遥感因子等^[2]。具体额尔齐斯河流域生态系统质量评价指标体系如下(表 2)。

表 2 生态系统服务能力评价指标体系
Table 2 Ecosystem service capacity evaluation index system

目标层 Aim	准则层 Guidelines	因素层 Factors	指标层 Index	趋势性 Trend
生态系统服务能力 Ecosystem service capacity	A1 生态可持续性	B1 人文治理	C1 水土流失防治面积/hm ²	正
			C2 盐碱地治理面积/hm ²	正
		B2 生态需求	C3 人口增长率/%	逆
			C4 人口密度/(万人/km ²)	逆
			C5 城镇化率/%	逆
	A2 社会经济平衡性	B3 生态供给	C6 单位面积农作物产量/(kg/hm ²)	正
			C7 森林覆盖率/%	正
		B4 经济产出	C8 第三产业比重/%	正
			C9 农林牧副渔产值/(元/hm ²)	正
			C10 人均 GDP/(元/人)	正
		B5 经济投入	C11 单位耕地农机总动力/(kW/hm ²)	正
			C12 单位耕地化肥施用量/(t/hm ²)	逆
			C13 植被覆盖度指数	正
	A3 生态系统健康	B6 生态现状	C14 生物量(kg hm ⁻² a ⁻¹)	正
			C15 生态系统服务价值(元/hm ²)	正

研究区生态系统服务价值是由修正后的价值系数和各生态系统类型面积确定^[15-19](式 1,式 2)。根据大量文献^[20-24]以及阿勒泰地区实地调研情况,分别给予不同生态系统的生态系统服务价值系数 0、5%、10%、15%以及 20%等不同的调整幅度。其中“以水定地”的农田生态系统产量不高,生态系统服务价值系数下调 5%。草地生态系统与全国平均水平相比植被特别稀疏,并且盐碱化严重,生态系统服务价值系数下调 10%。湿地水域生态系统在阿勒泰地区尤为重要,特别是在调节气候和提供水源方面起到决定性作用,生态系统服务价值系数上调 20%。森林生态系统主要以矮小灌木以及人工林为主,且面积相对较小,生态系统服务价值系数下调 5%。聚落以及其他类型生态系统的生态系统服务价值保持不变。

$$ESV_j = \sum A_i \times VC_{ij} \quad (1)$$

$$ESV = \sum_{j=1}^{11} ESV_j \quad (2)$$

式中,ESV 为生态系统服务总价值;ESV_j 为第 j 种生态系统服务价值,这里主要包括食物生产、原料生产、水资源供给、气体调节、气候调节、净化环境、水文调节、土壤保持、维持养分循环、生物多样性、美学景观等 11 种生态系统服务类型;A_i 为第 i 种生态系统类型的面积;VC_{ij} 为第 i 种生态系统类型对应的第 j 种生态系统服务

价值系数,即单位面积上第*i*种生态系统类型的第*j*种生态系统服务价值。

突变级数法在不需对指标赋予权重的同时还考虑了各评价指标的相对重要性,是一种客观性较强的综合评价方法^[25]。通过对生态系统服务能力的多层次分解,由总隶属度对评价目标进行排序分析。其归一化公式见下表(表3)。

表 3 突变级数模型公式^[25]
Table 3 Catastrophe progression method

突变类型 Type	控制变量维数 Dimensions	势函数 Potential functions	归一化公式 Normalized formula
折叠突变 Fold catastrophe	1	$f(x) = x^2 + ax$	$x_a = \sqrt{a}$
尖点突变 Tip catastrophe	2	$f(x) = x^4 + ax^3 + bx$	$x_a = \sqrt{a}, x_b = \sqrt[3]{b}$
燕尾突变 Swallowtail catastrophe	3	$f(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx$	$x_a = \sqrt{a}, x_b = \sqrt[3]{b}, x_c = \sqrt[4]{c}$

2.2 生态系统服务区域识别与生态阻力区构建

生态系统服务区域是指对区域生态安全有重要意义或具有辐射功能的生境斑块,是构建生态安全格局的基础。本文根据额尔齐斯河流域生态系统现状,结合土地利用现状与“山水林田湖草”生态系统特征和功能,将生态系统稳、生态系统服务价值高、植被覆盖度高的林地、草地、湿地、自然保护区、风景名胜区、公园等作为生态系统服务区。依据最小阻力模型的常规用法^[26](式3),文章选取地形(例如高程、坡度等)、生态系统类型作为生态阻力因子(表4),生态退化区(例如林草地退化区、植被覆盖度下降区等)作为生态阻力区。

$$MCR = fmin \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

(3)

式中,MCR 为最小累积阻力值, D_{ij} 为生态源*j*扩展到景观单元*i*的空间距离, R_i 为景观单元*i*对生态系统服务区扩展的阻力系数,表示景观单元*i*与源*j*之间穿越所有单元的距离和阻力的累积,min 表示被评价的斑块对于不同的源取累积阻力最小值;*f*是一个最小累积阻力与生态过程正相关性的函数。

表 4 阻力因子阻力系数^[26]
Table 4 Resistance factor and Resistance coefficient

阻力要素 Resistance element	阻力权重 Resistance weight	阻力因子 Resistance factor	阻力系数 Resistance coefficient
地形地貌 Topographical type	0.297(坡度)	坡度 0—8°	0
		坡度 9°—15°	2
		坡度 16°—25°	5
		坡度>25°	10
	0.1634(高程)	高程≤100 m	100
		100 m<高程≤150 m	200
		150 m<高程≤250 m	300
		250 m<高程≤500 m	400
		高程>500 m	500
生态系统类型 Ecosystem type	0.5396	河流	0
		林地面积>100 km ²	3
		50 km ² <林地≤100 km ²	5
		林地面积≤50 km ²	9
		农田	50
		湖泊面积>100 km ²	0
		草地	30
		非工矿建设用地	1000
		工矿用地	700

3 结果分析

3.1 生态系统服务区域特征分析

额尔齐斯河流域具有“山水田林湖草”等各种生态系统类型,但是各类型生态系统空间分布以及数量结构极度不均衡(图3)。荒漠等其他生态系统和草地生态系统为流域内的主导性生态系统,面积分别占到了整个流域的41.92%和35.38%。林地生态系统主要与草原生态系统混合分布于阿尔泰山南坡以及线状分布于额尔齐斯河沿岸,面积占流域总面积的8.37%。农田生态系统和聚落生态系统主要分布于额尔齐斯河附近,面积分别占流域总面积的2.37%和0.63%;水域和湿地生态系统主要是由额尔齐斯河与乌伦古及其河交汇处形成的湖泊湿地组成,面积占整个流域的2.32%。

额尔齐斯河流域“山水林田湖草”生态系统特征和功能具有很大的空间分布差异性。根据栅格数据空间分布直方图的分布形态,本研究分别将植被覆盖度指数大于0.5的区域、生物量大于363 kg/hm²以及生态系统

服务价值高于163091元 hm⁻² a⁻¹的区域分别确定为高植被覆盖区域、高生物量区域和高生态系统服务功能区域。高植被覆盖区域有76.35%的分布于流域北部阿尔泰山南麓山坡林草覆盖区域,有20.57%分布于额尔齐斯河和乌伦古河沿岸的农田草甸区域(图4)。高生物量区域有84.21%的分布于流域北部阿尔泰山南麓山坡林草覆盖区域,有12.84%分布于额尔齐斯河和乌伦古河沿岸的农田草甸区域(图4)。高生态系统服务功能区超过80%分布于福海县、阿勒泰市阿尔泰山山前平原的两河交汇湖泊湿地区域(图4)。额尔齐斯河流域拥有自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园、湿地公园、集中式饮用水水源保护区等6类42个生态保护区,主要分布于阿尔泰山上额尔齐斯河源地以及山麓平原湖泊湿地和沙漠边缘区域(图4)。

3.2 生态系统服务格局构建

额尔齐斯河流域的生态阻力区域综合反映了额尔齐斯河流域生态系统状况和地形地貌特征(图5)。流域内生态系统服务区面积总和占到了流域总面积的43.67%,并且生态源的分布呈现出一定的地域分异规律(图5)。大致沿着阿尔泰山由西北向东南方向带状延伸,垂直与等高线沿东北向西南呈现交替分布。水源涵养功能较好的冰川、永久积雪、冻土和高寒草甸、森林和山地草甸草原等生态系统主要分布于阿尔泰山南坡。水土保持功能较好的农田、低山草原、湿地湖泊等生态系统主要沿额尔齐斯河延伸。具有重要防风固沙任务的沙漠边缘戈壁、低山残丘、半流动和半固定沙地等主要分布在南部的准噶尔盆地,属于国家级自然保护区“卡拉麦里有蹄类自然保护区”。

3.3 生态系统服务能力提升路径

统筹全流域,综合布局整体生态格局。流域内不同的生态系统服务区和由生态廊道与重点生态节点构成的生态网络共同组成了整体的生态格局(图6)。主要以额尔齐斯河和乌伦古河为依托的2条一级生态廊道宏观控制整个流域的生态格局,是整个流域的生态大动脉。主要以流域内部分二级支流为依托的7条二级生态廊道起到了在各个重要生态源之间传递生态流等的重要作用。同时主要以支流河流、线状林地以及道路绿化带为依托的13条三级生态廊道主要起到补充一级二级廊道的作用,使得流域内每一块生态源相互连接进行生态交流。同时流域内筛选出了各级生态廊道之间相互交汇的9个重点生态节点,这些生态节点主要沿着2条一级生态廊道分布。

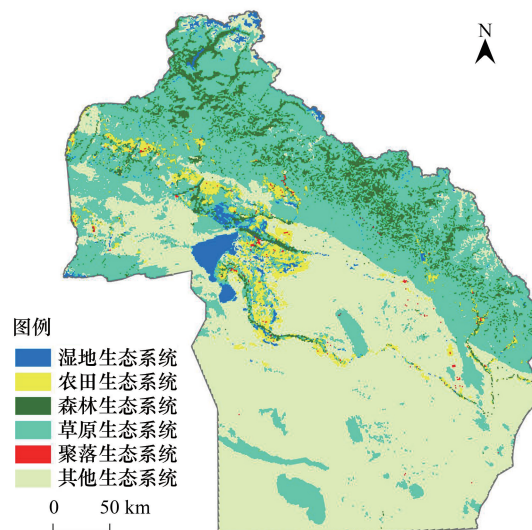


图3 额尔齐斯河流域生态系统分布状况

Fig.3 Ecosystem type in the Irtysh River Basin

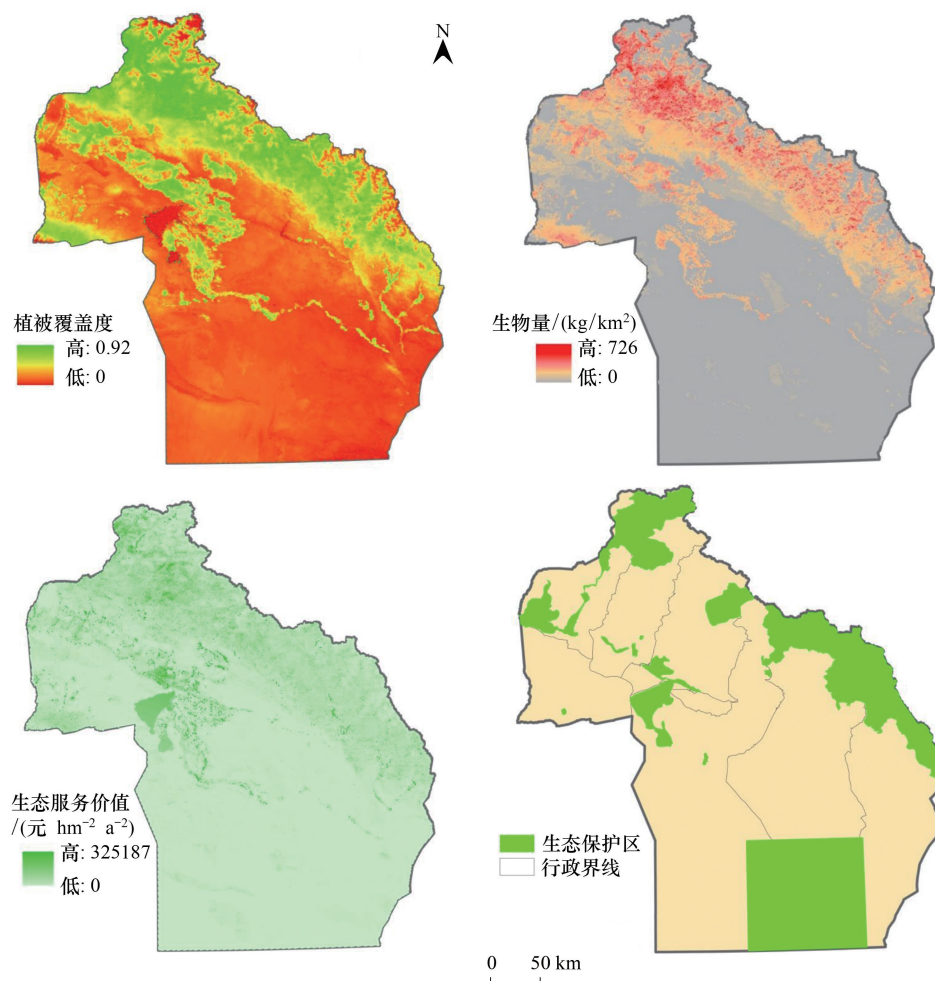


图 4 额尔齐斯河流域生态特征

Fig.4 Ecological characteristics of the Irtysh River Basin

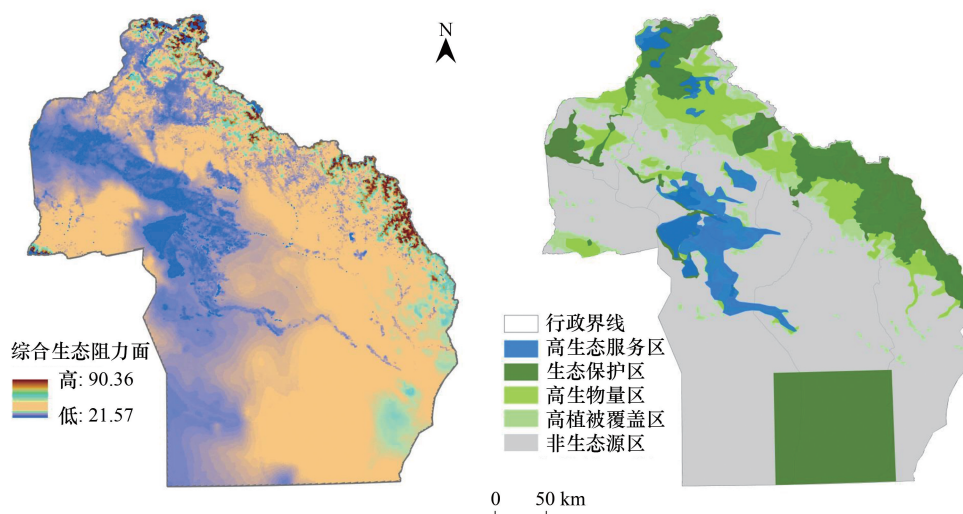


图 5 额尔齐斯河流域生态系统服务区和生态阻力区分布

Fig.5 Distribution of ecological service areas and ecological resistance areas in the Irtysh River Basin

以主要生态问题和生态功能为分区导向,针对性系统修复。2008—2018 年期间流域内很多地方的生态质量呈现明显恶化趋势(图 7)。生态质量严重恶化区域的面积占整个流域总面积的 20.67%,主要分布于流域北部阿尔泰山的半山坡带以及流域西部萨吾尔山的低山带。分别占整个流域大约 28% 和 1% 的极其敏感水源涵养区和水土流失区主要分布于阿尔泰山的山坡带,该区域主要介于阿尔泰山中上部分重点生态源带和低山区的额尔齐斯河沿岸人居带之间,林草地退化比较严重。流域北部阿尔泰山区域的林草生态系统森林老化退化、湿地草场退化、水土流失等生态问题严重,要加大退耕退牧还林还草还湿力度,扩大生态空间的面积,加强森林营造和抚育力度。流域中部额尔齐斯河与乌伦古河区域湿地退缩、天然草场退化、河谷林退化等较为突出的生态问题。应加强绿洲的生态修复治理力度,削减各类污染源,强草地与河湖生态修复。流域南部荒漠草原区生态质量虽然没有明显下降,但是属于生态环境极脆弱区,沙漠化严重,尽量按照“宜荒则荒,宜草则草”的自然修复原则,保持荒漠生态系统的健康稳定。

打破传统分割式管理方式,全流域综合管理。统筹全流域,合理分配并高效利用自然资源,系统合理的地制定覆盖全流域全要素的“山水林田湖草”综合生态保护与修复政策法规体系。坚定维护以不开荒、不开矿、不开水电为主的“三不开”政策,控制盲目开荒、过度放牧以及无底线取水等现象。同时合理划定生态保护地以及生态红线,建立合理的生态补偿制度及时对退化生态斑块内部的居民进行生态移民,确保生态斑块不再持续退化。建立统一的“山水林田湖草”空间规划体系和自然资源用途管制制度,施行“山水林田湖草”统筹管理才能有效保护和修复生态环境。

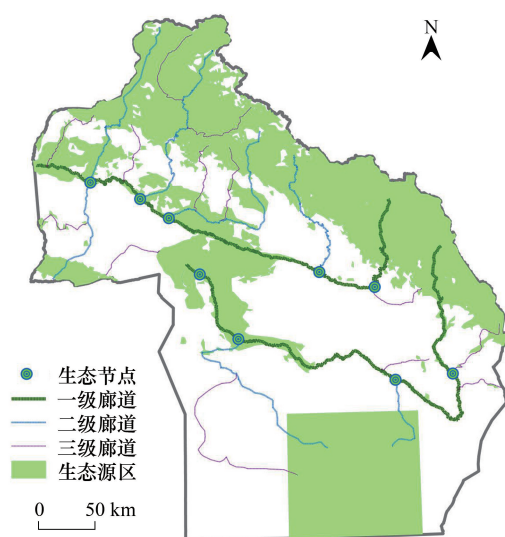


图 6 额尔齐斯河流域生态廊道图

Fig.6 Ecological corridor status in the Irtysh River Basin

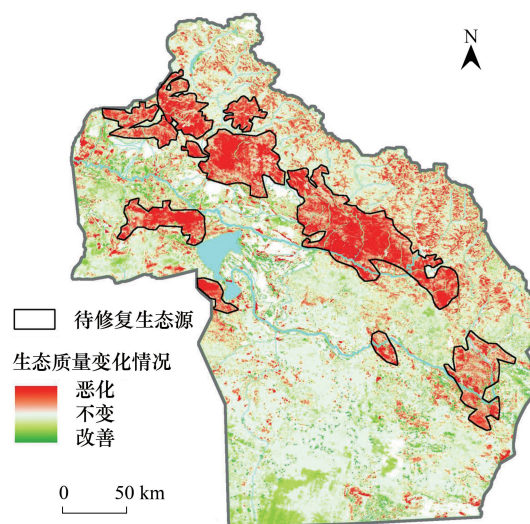


图 7 2008—2018 年生态系统服务能力变化情况

Fig.7 Changes of ecological service capacity in 2008—2018

4 讨论

对“山水田林湖草”等进行整体性保护、系统性修复已经成为我国当前生态保护修复的重点任务^[7]。近年来流域内城镇化进程加快,人口密度不断升高。同时研究区的水土资源时空分布极度不均衡,超过地区总人口 50% 的农牧民生活在生态保护区里面,90% 以上的耕地是沿额尔齐斯河以及乌伦古河及其支流分布。扩张的农田以及开发的矿山不断占用周边的林草地。在“以水定地”的大背景下,农业用水率高达 95% 左右。农田大量灌溉取水以及牧民过度放牧是林草地退化、生态系统服务价值降低、土壤的侵蚀作用增强的主要原因。同时传统自然资源管理体制仅仅是按资源类型横向管理以及按照行政单位逐级纵向管理,特别是由新疆维吾尔自治区管理的阿勒泰地区和由新疆生产建设兵团管理的北屯市各个团场的范围相互交错,水土资源相互联

系,但是不同的行政管理不仅人为地割断了自然资源和生态系统之间的有机联系^[3],而且人为地割断了不同区域生态系统的内在联系。区域内各个县市之间的土地管辖问题,生态移民问题以及水资源分配问题严重阻碍了全区域的生态统筹,整个流域的重要生态廊道生态功能严重弱化,重点生态节点严重阻塞,大面积生态斑块出现退化。因此,建立统一的“山水林田湖草”空间规划体系和自然资源用途管制制度,施行“山水林田湖草”统筹管理才能有效保护和修复生态环境。

注重生态系统的整体保护、系统修复是生态保护与修复工程的基本要求。生态系统整体保护时要整体优化生态安全格局,坚持“山水林田湖草”是一个生命共同体,构建生态廊道、打通生态节点并保护生态网络,提升生态系统结构和功能的稳定性^[27]。加强流域“山水林田湖草”的协同保护,推进森林草原江河湖泊的封育休养生息。强化对自然保护区、地质公园、森林公园、风景名胜区、文化自然遗产等自然保护地体系的功能重组与统筹保护。生态系统全面修复时要坚持保护优先、自然恢复为主的原则,设定涵盖“山水林田湖草”等各个生态系统的整体性生态修复实施方案,将山水林田湖草等各类生态系统统筹纳入生态保护与修复工程。

综合考虑整个流域的生态功能分区状况,按照北部山区生态功能涵养、中部湿地区域生态安全维护、南部荒漠草原区生态保育的方式施行山水林田湖草生态保护与修复,遵循自然规律,因地制宜地开展整体保护与修复。以流域内两条河流为主要生态廊道,打通各个重要生态节点,优化各级生态廊道,修复各区退化生态源,按照“抓生态节点-连生态廊道-带生态源区”的形式,上连北部山区的水源地、水土保持以及水源涵养等生态功能区域,中承中部区域的生物多样性维护、调节气候、食物水资源供给等生态安全维护区域,下接南部荒漠草原区的防风固沙、植被修复的生态保育区,通过各级生态廊道连接“林田湖草”等生态源来维持不同区域生物流、生态流、能量流和信息流的畅通。

从整个流域的角度,打通以额尔齐斯河和乌伦古河为代表的区域重点生态廊道和一些廊道交汇处的重点生态节点,统筹流域上下游,促进水资源合理分配与土地资源高效利用^[28],控制盲目开荒、过度放牧以及无底线取水等现象。同时各级政府部门应该统筹整理区域,协调相邻区域,联合制定合理高效的生态环境保护政策,合理划定生态保护地以及生态红线,建立合理的生态补偿制度^[29],通过转移支付的手段及时对退化生态斑块内部的居民进行生态移民^[30],坚定维护“三不开”政策,确保生态斑块不再持续退化。进而确保流域生态系统结构和功能的完整,促进生态系统服务能力稳步提升,维持生命共同体的长期稳定。

5 结论

(1) 额尔齐斯河流域具有山水林田湖草等各种类型的生态系统,生态系统服务价值及生态质量的降低主要是由于人为干扰导致的林草植被覆盖度的下降导致的。

(2) 2008—2018 年期间流域内生态质量严重恶化区域的面积占整个流域种面积的 20.67%,主要分布于流域北部阿尔泰山的半山坡带以及流域西部萨吾尔山的低山带。

(3) 额尔齐斯河流域生态系统服务区呈现“西北到东南带状延伸,东北向西南交替出现”的格局,最小阻力模型为该地区构建了包含 21 条不同等级的生态廊道和 9 个重点生态节点的全流域生态网络。

(4) 额尔齐斯河流域应按照北部山区生态功能涵养、中部湿地区域生态安全维护、南部荒漠草原区生态保育的方式施行山水林田湖草生态保护与修复,遵循自然规律,因地制宜地开展整体保护与修复。

参考文献 (References):

- [1] 刘时栋, 徐丽萍, 张婕. 新疆土地生态安全时空变化. 生态学报, 2019, 39(11): 3871-3884.
- [2] 徐洁, 谢高地, 肖玉, 李娜, 江源, 陈文辉. 国家重点生态功能区生态环境质量变化动态分析. 生态学报, 2019, 39(9): 3039-3050.
- [3] 成金华, 尤喆. “山水林田湖草是生命共同体”原则的科学内涵与实践路径. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(2): 1-6.
- [4] 张进德. 科学实施山水林田湖草生态保护与修复工程. 水文地质工程地质, 2018, 45(3): 3-3.
- [5] 王夏晖, 何军, 饶胜, 蒋洪强. 山水林田湖草生态保护修复思路与实践. 环境保护, 2018, 46(3/4): 17-20.
- [6] 组织申报第三批山水林田湖草生态保护修复工程试点开始. 中国矿业, 2018, 27(8): 120-120.

- [7] 邹长新,王燕,王文林,徐德琳,林乃峰,李文静.山水林田湖草系统原理与生态保护修复研究.生态与农村环境学报,2018,34(11): 961-967.
- [8] 邓铭江,黄强,张岩,张连鹏.额尔齐斯河水库群多尺度耦合的生态调度研究.水利学报,2017,48(12): 1387-1398.
- [9] 贺斌,张伟,沈永平,罗光花,何晓波,康世昌.新疆阿尔泰山额尔齐斯河源区不同降水观测方法对比分析及1980-2015年降水变化研究.冰川冻土,2017,39(6): 1192-1199.
- [10] 胡正源.将阿勒泰构建为一带一路先行示范建设区.大陆桥视野,2015,(8): 46-47.
- [11] 肖甜甜,李杨帆,向枝远.基于生态系统服务评价的围填海区域景观生态红线划分方法及应用研究.生态学报,2019,39(11): 3850-3860.
- [12] 王丽春,焦黎,来风兵,张乃明.基于遥感生态指数的新疆玛纳斯湖湿地生态变化评价.生态学报,2019,39(8): 2963-2972.
- [13] 王丽春,焦黎,来风兵,代鹏超.新疆精河县生态变化评价及驱动力研究.生态与农村环境学报,2019,35(3): 316-323.
- [14] 宋昌素,肖赓,博文静,肖洋,邹梓颖,欧阳志云.生态资产评价方法研究——以青海省为例.生态学报,2019,39(1): 9-23.
- [15] 田龙,张青峰,塔娜,章慧,董艳.西北旱区生态服务价值时空动态研究.干旱地区农业研究,2017,35(6): 227-234.
- [16] 约日古丽卡斯木,杨胜天,孜比布拉·司马义.新疆艾比湖流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响.农业工程学报,2019,35(2): 260-269.
- [17] 李佳鸣,冯长春.基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究——以内蒙古自治区为例.生态学报,2019,39(13): 4741-4750.
- [18] 李冬杰,杨利,余俞寒,罗文斌,王兆峰.都市生态旅游区土地利用碎片化对生态系统服务价值的影响——以武汉东湖生态旅游区为例.生态学报,2019,39(13): 4782-4792.
- [19] 雷军成,王莎,汪金梅,吴松钦,游细斌,吴军,崔鹏,丁晖.土地利用变化对寻乌县生态系统服务价值的影响.生态学报,2019,39(9): 3089-3099.
- [20] 熊宇斐.阿勒泰地区生态系统服务价值评估初探.科技创新与应用,2018,(33): 58-61, 64-64.
- [21] 田润炜,蔡新斌,买尔燕古丽·阿不都热合曼,江晓珩,林宣龙,刘丽燕.新疆阿勒泰科克苏湿地自然保护区生态服务价值评价.湿地科学,2015,13(4): 491-494.
- [22] 平晓燕,林长存,白宇,刘起棠,卢欣石.新疆阿勒泰平原荒漠罗布麻种植区的生态效益评价.草业学报,2014,23(2): 49-58.
- [23] 俞婷.阿勒泰市草地退化的原因及对策分析[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.
- [24] 本报特约评论员.阿勒泰生态价值凸显.阿勒泰日报(汉),01.
- [25] 胡源.武汉市耕地资源安全评价研究[D].武汉:华中农业大学,2014.
- [26] 耿晓丽.资源型城市绿色基础设施的生态恢复力研究[D].北京:中国地质大学(北京),2018.
- [27] 王金南,苏洁琼,万军.“绿水青山就是金山银山”的理论内涵及其实现机制创新.环境保护,2017,45(11): 13-17.
- [28] 刘力辉,赵惠.新疆奎屯河流域水生态修复与治理.水资源开发与管理,2017,(2): 45-47.
- [29] 张灵俐.新疆生态移民补偿机制研究[D].石河子:石河子大学,2015.
- [30] 陈亚宁,李卫红,陈亚鹏,朱成刚.科技支撑新疆塔里木河流域生态修复及可持续管理.干旱区地理,2018,41(5): 901-907.