

DOI: 10.5846/stxb201911222531

田野, 冯启源, 唐明方, 郑拴宁, 柳彩霞, 吴迪, 王丽娜. 基于生态系统评价的山水林田湖草生态保护与修复体系构建研究——以乌梁素海流域为例. 生态学报, 2019, 39(23): 8826-8836.

Tian Y, Feng Q Y, Tang M F, Zheng S N, Liu C X, Wu D, Wnag L N. Ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland based on the perspective of ecosystem assessment: a case study in Wuliangsuhai Watershed. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(23): 8826-8836.

基于生态系统评价的山水林田湖草生态保护与修复体系构建研究

——以乌梁素海流域为例

田 野¹, 冯启源^{2,4}, 唐明方², 郑拴宁^{3,*}, 柳彩霞¹, 吴 迪⁵, 王丽娜^{2,4}

1 中国科学院遥感与数字地球研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100094

2 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100086

3 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

4 中国科学院大学, 北京 100049

5 中国科学院建筑设计研究院有限公司, 北京 100086

摘要:山水林田湖草系统保护与修复工程实施的重要目标是维护和提升区域生态系统服务。从乌梁素海流域山水林田湖草的生态现状与功能出发, 对乌梁素海流域水土流失、土地沙化等生态敏感性及土壤保持、水源涵养、生物多样性等生态功能重要性进行系统评价, 形成基于生态敏感性和生态功能重要性相结合的空间格局评价结果。以维护和提升人类福祉所需的重要生态系统服务为目标, 以乌梁素海流域生态敏感性和生态功能重要性相结合的空间格局评价结果为基础, 制定了“一中心、二重点、六要素、七工程”的乌梁素海山水林田湖草生态保护与修复体系, 并基于此将乌梁素海流域生态保护修复分为 6 个主要治理区域, 形成“四区、一带、一网”的生态安全格局, 通过具体工程实施, 流域生态环境质量和生态服务能力将取得明显提升, 防风固沙能力有效增强, 生物多样性持续改善, 水环境质量稳定达标, 生态系统的稳定性明显加强。通过乌梁素海流域的分析案例为流域山水林田湖草生态保护与修复关键区域的识别提供了定量分析方法, 为流域尺度构建生态安全格局、实现山水林田湖草系统保护和修复提供思路和途径。

关键词:生态系统评价; 生态安全格局; 山水林田湖草; 生态保护与修复; 乌梁素海流域

Ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland based on the perspective of ecosystem assessment: a case study in Wuliangsuhai Watershed

TIAN Ye¹, FENG Qiyuan^{2,4}, TANG Mingfang², ZHENG Shuanning^{3,*}, LIU Caixia¹, WU Di⁵, WNAG Lina^{2,4}

1 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China

2 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086, China

3 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

5 Institute of Architecture Design and Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086, China

Abstract: The important goal of Ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland is to

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFC0503603)

收稿日期: 2019-11-22; 修订日期: 2019-12-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: snzheng@iue.ac.cn

maintain and enhance the regional ecosystem services. This paper analyzes the sensitivity of soil erosion and land desertification, and the importance of soil conservation, water conservation and biodiversity protection based on the ecological status and function of forest, wetland, grassland and cropland in Wuliangsu Hai Watershed, gets the spatial distribution of the ecological sensitivity and ecological function importance. Based on the spatial distribution of the ecological sensitivity and ecological function importance of Wuliangsu Hai Watershed and aiming at maintaining and improving the important ecosystem services needed for human well-being, we proposed the framework of ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland based in Wuliangsu Hai Watershed as “one core, two key points, six elements and seven projects”, and divided the Wuliangsu Hai Watershed to six main protection and restoration areas, which forms an ecological security pattern as “four districts, one belt and one network”, and with the effective practices of the protection and restoration projects, ecosystem quality and ecosystem services capability obviously improved, windbreak and sand fixation capability enhanced, biodiversity continuous improved, water environmental quality up-to-standard, and the ecosystem should become more stable. This paper provides quantitative analysis methods for identifying the important areas of ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland in watershed based on the case study in Wuliangsu Hai Watershed, and provides the thoughts and ways for constructing ecological security pattern at the watershed scale to realize the systematic protection and restoration of ecosystem of forest, wetland, grassland and cropland.

Key Words: ecosystem assessment; ecological security pattern; mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands; ecological protection and restoration; Wuliangsu Hai Watershed

党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央深刻总结人与自然相互依存、相互影响的内在规律,站在生态文明战略的宏阔视野,提出了山水林田湖草生命共同体的系统思想,指导全党全国从根本上扭转生态保护修复工作的弊端。2013年11月,习近平总书记在《关于<中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定>的说明》中,首次指出“山水林田湖是一个生命共同体,人的命脉在田,田的命脉在水,水的命脉在山,山的命脉在土,土的命脉在树,用途管制和生态修复必须遵循自然规律”。2018年5月,习近平总书记在全国生态环境保护大会上系统阐述新时代推进生态文明建设6项基本原则时,再次高度强调要坚持“山水林田湖草是生命共同体,要统筹兼顾、整体施策、多措并举,全方位、全地域、全过程开展生态文明建设”。习近平总书记这一系列重要论述,对当前我国生态保护修复工作面临的突出矛盾作出了准确的判断,对新时代生态保护修复工作的理论思想作出了全新的阐述,为推进生态环境全过程系统综合治理修复提供了重要的方法论指引。

党中央、国务院高度重视内蒙古的生态文明建设,习近平总书记2014年在考察内蒙古时指出,“内蒙古的生态状况如何,不仅关系全区各族群众生存和发展,也关系东北、华北、西北乃至全国的生态安全。要努力把内蒙古建设成为我国北方重要的生态安全屏障”。2018年3月5日,习近平总书记在参加十三届全国人大一次会议内蒙古代表团审议时强调:“要加强生态环境保护建设,统筹山水林田湖草治理,精心组织实施京津风沙源治理、三北防护林建设、天然林保护、退耕还林、退牧还草、水土保持等重点工程,实施好草畜平衡、禁牧休牧等制度,加快呼伦湖、乌梁素海、岱海等水生态综合治理,加强荒漠化治理和湿地保护,加强大气、水、土壤污染防治,在祖国北疆构筑起万里绿色长城”。2018年乌梁素海流域山水林田湖草生态保护修复试点工程获批国家第三批山水林田湖草试点项目,而基于生态敏感性及生态功能重要性的乌梁素海流域山水林田湖草生态保护修复工程空间格局研究是全面实现空间联动的山水林田湖草生态保护与修复工程,因地制宜的实现山水林田湖草生态保护与修复工程效益最大化的基础。

1 研究区概况

乌梁素海流域位于黄河的“几”字湾顶端,俗称“河套”地区,其范围包括整个河套灌区、乌梁素海海区、乌拉特前旗、乌拉特中旗与乌拉特后旗的阴山以南部分和磴口县的一部分,流域总面积约1.63万km²(图1)。

流域内河流、平原、草原、湖泊、山脉、森林、沙漠等多种生态要素齐备,包含了“山水林田湖草”所有的生态要素。总体概括为“南河东湖西沙、一山一田一原”。“南河”是巴彦淖尔段黄河,全长 345 km,约占黄河内蒙古段全长的 41%。“东湖”是乌梁素海,总面积 2.9 万 hm^2 ,是地球同纬度最大的自然湖泊,是我国八大淡水湖之一,“西沙”是乌兰布和沙漠,是我国八大沙漠之一,总面积约 100 万 hm^2 ,属于乌梁素海流域面积 34 万 hm^2 ,主要由固定半固定沙地组成,分布有少数流动沙丘。“一山”是乌拉山,总面积 14 万 hm^2 ,拥有内蒙古自治区西部最大的天然次生林区乌拉山森林公园。“一田”是 73 万 hm^2 耕地,年引水近 50 亿 m^3 ,土地平整,土壤肥沃,素有“塞上江南”的美誉;“一原”是阿拉善草原,总面积近 7 万 hm^2 ,是内蒙古自治区九大集中分布的天然草场之一。

乌梁素海流域作为黄河流域重要的功能性湿地和北方防沙带的重点区域,在保障区域生态安全和社会经济可持续发展中起着关键作用。近年来,在当前区域社会经济快速发展的情况下,保持乌梁素海流域生态系统的健康和稳定面临严峻的挑战,水环境问题、土壤沙化盐碱化、矿山开发过度与草原退化是乌梁素海流域面临的三大生态问题。流域的生态系统结构和功能损坏严重,退化趋势明显,流域内生态环境的问题已经对黄河中下游的水生态安全和我国西部的生态安全产生了严重威胁,亟待开展以“山水林田湖草”为生命共同体的生态保护与系统修复工作。



图1 乌梁素海流域区位示意图

Fig.1 Geographical location of Ulansuhai Watershed

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文使用乌梁素海流域的相关社会经济统计数据、土地利用数据、气象数据、遥感影像、数值高程模型数据以及各级行政界限、水系等矢量数据。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 1km。

2.2 技术路线

乌梁素海流域内森林、湿地、草地等生态资源丰富,生态系统类型全面,在保障区域生态安全和社会经济可持续发展中起着关键作用。在当前区域社会经济快速发展的情况下,保持乌梁素海流域生态系统的健康和稳定面临严峻的挑战,如果不采取严格的生态保护措施,在生态系统被破坏后再进行恢复,即使投入大量的人力、物力、财力,也往往难以恢复原状。

基于此,参考《国家生态保护红线—生态功能红线划定技术指南(试行)》,评估乌梁素海流域生态系统敏感性和重要性,在遵循相关规划协调性、生态系统完整性、景观联通性,并尽量保持自然要素自然边界等原则的基础上,提取了生态敏感-重要空间范围,据此可以作为乌梁素海流域山水林田湖草生态环境保护与修复体系的总体空间格局指引^[1-2]。

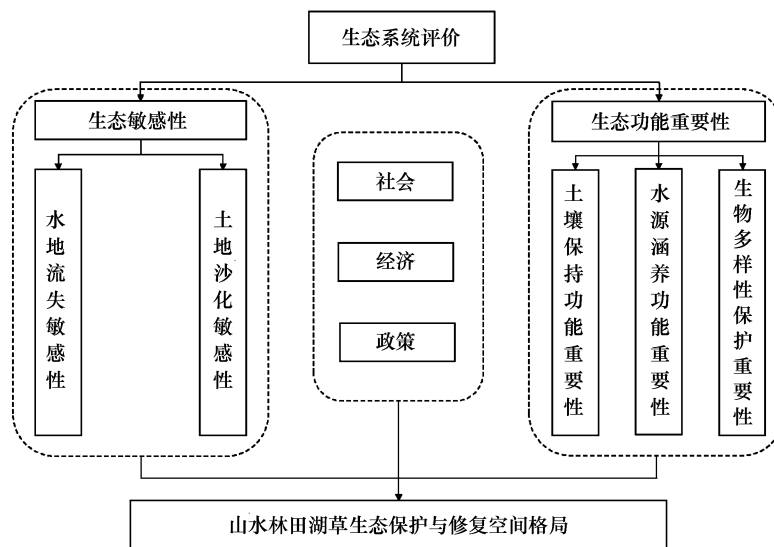


图2 基于生态系统评价的山水林田湖草保护与修复空间格局

Fig.2 Ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland based on the perspective of ecosystem assessment

2.3 流域生态敏感性评价

2.3.1 水土流失敏感性评价

水土流失敏感性是指在自然状况下,发生土壤侵蚀的可能性的。水土流失敏感性评估是为了识别容易形成土壤侵蚀的区域,评估生态系统对人类活动的敏感程度^[3]。

采用 USLE 模型(通用土壤流失方程,Wischmeier,1954)进行乌梁素海流域水土流失敏感性评价,模型方程 1 如下:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

式中, A 为年土壤流失量, $t/(hm^2 \cdot a)$; R 为降雨侵蚀因子, $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot a)$; K 为土壤可蚀性因子, $t \cdot hm^2 \cdot MJ \cdot mm$; L 和 S 为坡长、坡度因子,无量纲; C 为植被与经营管理因子,无量纲; P 为水土保持因子,无量纲。

运用 ArcGIS 软件平台建立乌梁素海流域相关空间数据库,生成 USLE 模型所需的参数图层,并进行叠加运算,最终得到乌梁素海流域水土流失敏感性评价图,如图 3 和表 1 所示。

表 1 乌梁素海流域水土流失敏感性评价结果

Table 1 The ecological sensitivity assessment of soil erosion in Ulansuhai Watershed

级别 Class	水土流失敏感性 Ecological sensitivity of soil erosion	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	水土流失敏感性 Ecological sensitivity of soil erosion	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	不敏感	11452	70.48	4	高度敏感	1191	7.33
2	轻度敏感	1417	8.72	5	极敏感	1287	7.92
3	中度敏感	901	5.55				

由图 3 和表 1 可以看出,乌梁素海流域范围内,水土流失敏感性为极敏感和高度敏感的类型面积仅为

2478 km², 占总面积的 15.25%, 主要分布在乌梁素海流域西部。

由于乌梁素海流域植被覆盖率相对较好, 目前整体土壤侵蚀并不严重, 乌梁素海流域近 80% 的土地属于水土流失敏感性较低, 但由于人为活动对自然植被的长期破坏和改变, 目前土壤侵蚀仍在逐渐严重, 尤其农业种植区(耕地、果园、经济林等)的土壤侵蚀防治要进一步加强^[4-6]。

2.3.2 土地沙化敏感性评价

参照《生态功能区划暂行规程》, 选取干燥度指数、起沙风天数、土壤质地、植被覆盖度等指标。利用地理信息系统的空间分析功能, 将各单因子敏感性影响分布图进行乘积运算, 得到评估区的土地沙化敏感性等级分布图, 公式如下:

$$D_i = \sqrt[4]{I_i \times W_i \times K_i \times C_i} \tag{2}$$

式中: D_i 为 i 评估区域土地沙化敏感性指数; I_i 、 W_i 、 K_i 、 C_i 分别为评估区域干燥度指数、起沙风天数、土壤质地和植被覆盖的敏感性等级值。

运用 ArcGIS 软件平台建立乌梁素海流域相关空间数据库, 生成模型所需的参数图层, 并进行叠加运算, 最终得到乌梁素海流域土地沙化敏感性评价图, 如图 4 和表 2 所示。

表 2 乌梁素海流域土地沙化评价结果

Table 2 The ecological sensitivity assessment of soil desertification in Ulansuhai Watershed

级别 Class	土地沙化敏感性 soil desertification sensitivity	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	土地沙化敏感性 soil desertification sensitivity	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	不敏感	3152	19.40	4	高度敏感	1939	11.93
2	轻度敏感	6163	37.93	5	极敏感	609	3.75
3	中度敏感	4385	26.99				

由图 4 和表 2 可以看出, 乌梁素海流域范围内, 土地沙化敏感性为极敏感和高度敏感的类型面积为 2548 km², 占总面积的 15.68%, 主要分布在乌梁素海流域西部。

2.4 生态功能重要性评价

2.4.1 土壤保持功能重要性评价

生态系统土壤保持重要性评价根据《国家生态保护红线—生态功能红线划定技术指南(试行)》中规定的定量指标法进行评价。评价公式如下:

$$S_{pro} = NPP_{mean} \times (k - 1) \times (1 - F_{sio}) \tag{3}$$

式中, S_{pro} 为土壤保持服务能力指数; NPP_{mean} 为评价区域多年生态系统净初级生产力平均值; K 为土壤可蚀性因子; F_{sio} 为根据最大最小值法归一化到 0—1 之间的评价区域坡度栅格图。

生态系统净初级生产力(NPP)可基于 CASA 光能利用率模型计算, 具体计算方法参考《国家生态保护红线—生态功能红线划定技术指南(试行)》附录 A。土壤可蚀性因子反映土壤对侵蚀的敏感性及降水所产生

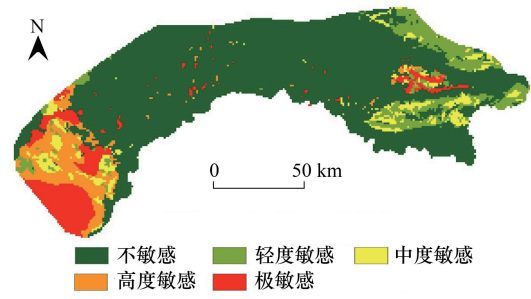


图 3 水土流失敏感性分布图

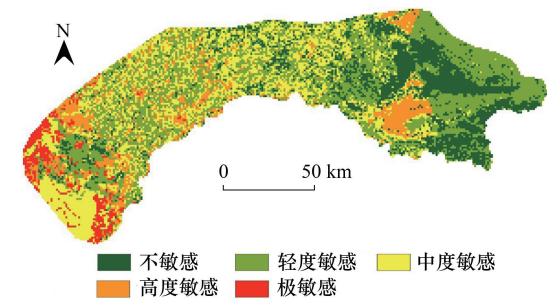


图 4 土地沙化敏感性分布图

Fig. 4 Spatial distribution of the soil desertification sensitivity assessment

的径流量与径流速率的大小。 F_{sls} 利用乌梁素海流域数字高程模型 (DEM) 计算得到。

采用 Quantile(分位数)方法进行土壤保持生态功能重要性分级操作,取值由低到高依次划分为 5 个重要级别,即一般重要、较重要、中等重要、高度重要和极重要。

表 3 土壤保持重要性评价结果

Table 3 The ecological importance assessment of soil retain

级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	一般重要	2857	17.58	4	高度重要	612	3.77
2	较重要	10914	67.17	5	极重要	536	3.30
3	中等重要	1329	8.18				

由图 3 和表 5 可以看出,总体上看乌梁素海流域土壤保持重要性程度比较低,较重要类型的面积达到 10914km²,占总面积 67.17%。

2.4.2 水源涵养功能重要性评价

生态系统涵养水分是生态系统为人类提供的重要服务功能之一。生态系统涵养水源功能主要表现为:截留降水、增强土壤下渗、抑制蒸发、缓和地表径流和增加降水等功能,这些功能主要以“时空”的形式直接影响河流的水位变化^[7]。不同的生态系统类型,因植被类型及其结构、地表层覆盖状况,以及土壤理化性质存在差异,其涵养水源和调节径流(消减洪峰和增加枯水流量)的能力是不同的。

水源涵养功能重要性评价根据《国家生态保护红线—生态功能红线划定技术指南(试行)》中规定的定量指标法进行评价。评价公式如下:

$$WR = NPP_{\text{mean}} \times F_{\text{sic}} \times F_{\text{pre}} \times (1 - F_{\text{slo}}) \quad (4)$$

式中, WR 为生态系统水源涵养服务能力指数; NPP_{mean} 为评价区域多年生态系统净初级生产力平均值; F_{slo} 为根据最大最小值法归一化到 0—1 之间的评价区域坡度栅格图(利用地理信息系统软件,由 DEM 计算得出); F_{sic} 为土壤渗流能力因子,根据美国农业部(USDA)土壤质地分类,将 13 种土壤质地类型分别在 0—1 之间均等赋值得到,如,clay (heavy) 为 1/13, silty clay 为 2/13,……, sand 为 1; F_{pre} 由多年平均年降水量数据插值并归一化到 0—1 之间。

采用 Quantile(分位数)方法进行土壤保持生态功能重要性分级操作,取值由低到高依次划分为 5 个重要级别,即一般重要、较重要、中等重要、高度重要和极重要。

表 4 水源涵养功能重要性评价结果

Table 4 The ecological importance assessment of water conservation

级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	一般重要	15413	94.86	4	高度重要	206	1.27
2	较重要	353	2.17	5	极重要	45	0.28
3	中等重要	231	1.42				

由图 4 和表 6 可以看出,总体上看乌梁素海流域水源涵养功能重要性程度比较低,一般重要类型的面积达到 15413km²,占总面积 94.86%。

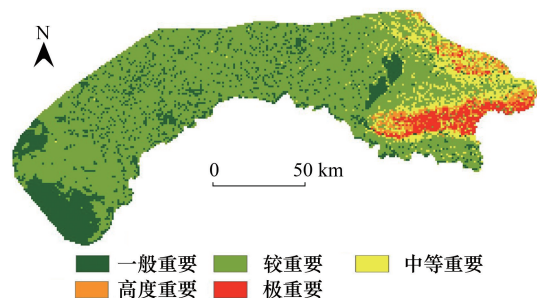


图 5 土壤保持生态功能重要性分布图

Fig.5 Spatial distribution of the soil retain importance assessment

2.4.3 生物多样性保护功能重要性评价

生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,包括数以百万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统,是生命系统的基本特征。生物多样性包括了物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性和景观多样性四个基本层。生物多样性是人类赖以生存和发展的物质基础。人类的衣、食、住、行及物质文化生活的许多方面都与生物多样性有着密切的联系。同时,对于维持生态平衡、稳定环境、保持土壤肥力、保证水质以及调节气候等生态系统服务功能具有关键性的作用^[8]。

水源涵养功能重要性评价根据《国家生态保护红线—生态功能红线划定技术指南(试行)》中规定的基于生境多样性的方法进行评价。评价公式如下:

$$S_{bio} = NPP_{mean} \times F_{pre} \times F_{teme} \times (1 - F_{alt}) \tag{5}$$

式中, S_{bio} 为生物多样性保护服务能力指数; NPP_{mean} 为评价区域多年生态系统净初级生产力平均值; F_{pre} 由多年平均年降水量数据插值并归一化到0—1之间; F_{teme} 为气温参数,由多年平均年降水量数据插值获得,得到的结果归一化到0—1之间; F_{alt} 为海拔参数,由评价区海拔进行归一化获得。

采用 Quantile(分位数)方法进行土壤保持生态功能重要性分级操作,取值由低到高依次划分为5个重要级别,即一般重要、较重要、中等重要、高度重要和极重要。

表 5 生物多样性保护功能重要性评价结果

Table 5 The ecological importance assessment of biodiversity protection							
级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	一般重要	13334	82.07	4	高度重要	51	0.31
2	较重要	1091	6.71	5	极重要	33	0.20
3	中等重要	1739	10.7				

仅计陆域范围生物多样性保护功能重要性

由图 7 和表 5 可以看出,总体上看乌梁素海流域生物多样性保护功能重要性程度比较低,一般重要类型的面积达到 13334km²,占总面积 82.07%。较重要和中等重要类型面积分别为 1091km²和 1739km²,占流域总面积的比例分别为 6.71%和 10.7%,主要分布乌梁素海流域中部农业用地。

3 生态敏感-重要空间评价

在 ArcGIS 软件中将各敏感性评价和重要性评价图进行叠加,得到乌梁素海流域总敏感性分布图和总重要性分布图(如图 8、9 所示)。其中,高度敏感重要区和极敏感重要区可以作为山水林田湖草生态保护与修复工程的主要候选区域。

根据表 6 规则将总敏感性和总重要性评价图进行重新划分级别,得到生态敏感-重要空间分布图(如图

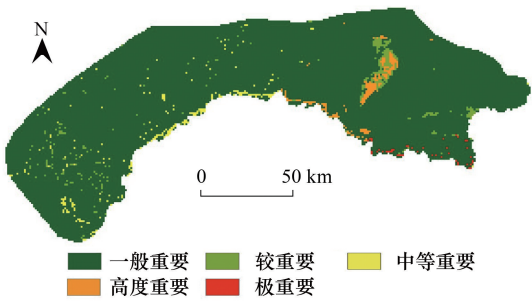


图 6 水源涵养功能重要性分布图

Fig. 6 Spatial distribution of the water conservation importance assessment

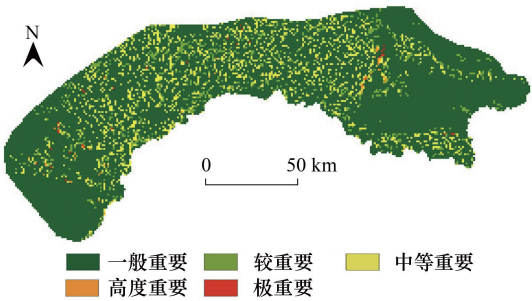


图 7 生物多样性保护功能重要性分布图

Fig. 7 Spatial distribution of the biodiversity protection importance assessment

10、表 7 所示)。

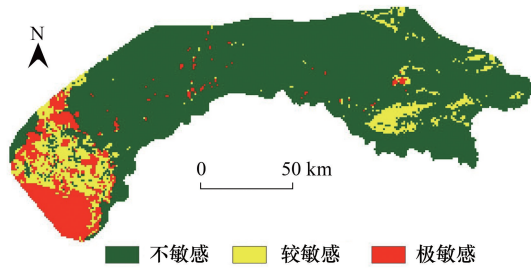


图 8 总生态敏感性评价图

Fig.8 Spatial distribution of the ecological sensitivity assessment

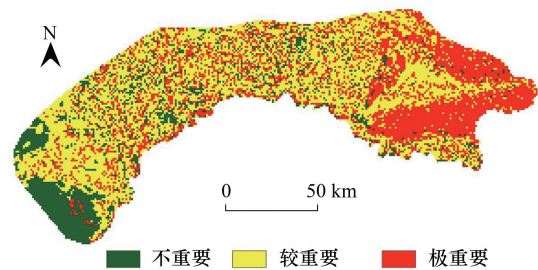


图 9 总重要性评价图

Fig.9 Spatial distribution of the ecological importance assessment

表 6 生态敏感、生态重要空间分级规则

Table 6 The ranking regulation of ecological sensitivity and importance

级别 Class	重要程度 Importance	敏感程度 Sensitivity	分级 Ranking regulation	级别 Class	重要程度 Importance	敏感程度 Sensitivity	分级 Ranking regulation
1	极重要	极敏感	3(极敏感重要)	6	较重要	较敏感	1(不敏感重要)
2	极重要	极敏感	3(极敏感重要)	7	不重要	不敏感	2(较敏感重要)
3	极重要	极敏感	2(较敏感重要)	8	不重要	不敏感	1(不敏感重要)
4	较重要	较敏感	3(极敏感重要)	9	不重要	不敏感	1(不敏感重要)
5	较重要	较敏感	2(较敏感重要)				

表 7 生态敏感-重要空间分布

Table 7 Spatial distribution of the ecological sensitivity and importance

级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage	级别 Class	重要程度 Importance	面积/km ² Area	面积百分比/% Area percentage
1	不敏感、重要	13418	82.58	3	极敏感、重要	1739	10.70
2	较敏感、重要	1091	6.71				

4 山水林田湖草生态保护与修复体系构建

4.1 山水林田湖草生态保护与修复体系构建

全面贯彻落实习近平生态文明思想,统筹推进山水林田湖草系统修复,以构筑我国北疆万里绿色长城为目标,坚持“保护优先、系统治理”的原则,整体保护,系统修复,综合治理^[9]。按照“一中心、二重点、六要素、七工程”组织实施(图 11)。“一中心”即以建设我国北方重要生态屏障为中心,“二重点”即聚焦于提升“北方防沙带”生态系统服务功能和保障黄河中下游水生态安全,“六要素”即围绕流域内沙漠、矿山、林草、农田、湿地、湖水等生态要素开展系统治理,“七工程”就是在前期治理的基础上,分时间、分步骤、分区域,通过三年的时间,充分考虑资金年度投入强度、可行性及地方政府的实施能力,优先启动对国家生态安全格局产生重大影响的工程项目,安排实施“沙漠综合治理工程、矿山地质环境综合整治工程、水土保持与植被修复工程、河湖连通与生物多样性保护工程、农田面源及城镇点源污染治理工程、乌梁素海湖体水环境保护与修复工程、生态环境物联网建设与管理支撑”等 7 方面重点工程项目,推动乌梁素海流域生态环境的持续改善,保障我国北

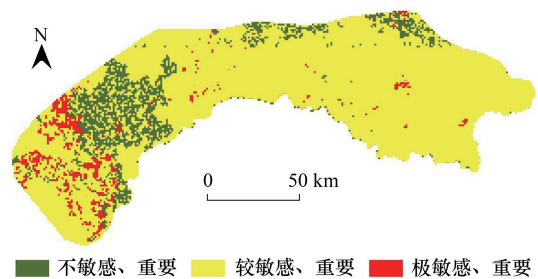


图 10 生态敏感-重要空间分布图

Fig.10 Spatial distribution of the ecological sensitivity and importance assessment

方的生态安全。

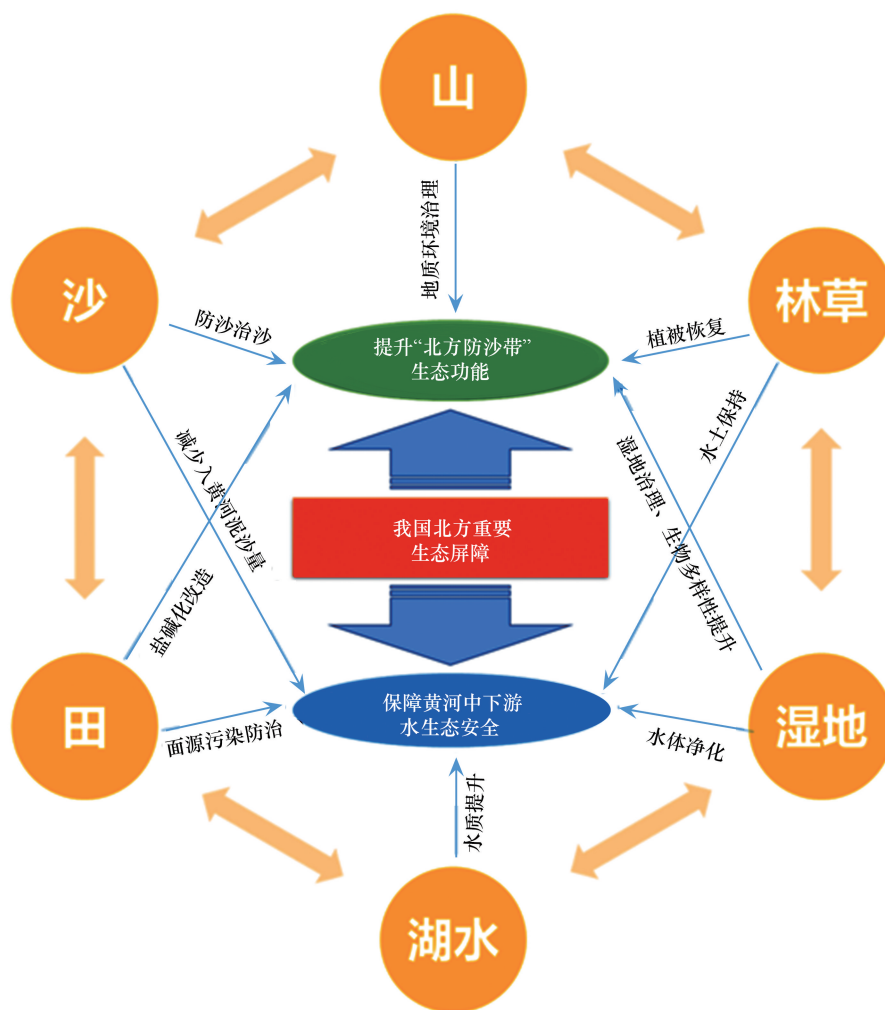


图 11 乌梁素河流域山水林田湖草建设工程系统结构图

Fig.11 Framework of the ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland in Ulansuhai Watershed

4.2 工程布局与分区

根据乌梁素海流域生态敏感性与重要性评价结果,以“尊重自然、差异治理”为主要原则,按照“因地制宜、重点突出”的规划方法,结合《内蒙古自治区“十三五”生态环境保护规划》、《巴彦淖尔市环境保护“十三五”环境保护规划》、《巴彦淖尔生态城市总体规划》、《乌梁素海综合治理规划》等现有主要生态保护修复相关规划方案,将乌梁素海流域生态保护修复分为 6 个主要治理区域,形成“四区、一带、一网”的生态安全格局(图 12),具体包括:

环乌梁素海生态保护带:范围包括湖区周边的农田、城镇和村落等。针对生态保护带的面源、点源污染问题,通过环湖生态保护带的控污减排措施,展开对环湖带的农牧业、城镇和村落污染物整治工程,从源头治理,减少入排干污染物。

河套灌区水系生态保护网,范围包括连接乌梁素海和环湖生态保护带的主要排干沟。针对入排干沟水质污染问题,开展排干沟治理、人工湿地、生态补水等一系列措施和工程,进一步提升排干沟水质,减少入湖污染物。

乌梁素海水生态修复与生物多样性保护区:范围包括乌梁素海湖区。为了保护湖体的水生态修复和生物多样性,提升湖泊的降解和净化功能,改善湖体的水质和富营养化状态,改善整个湖区的水流条件、增加湖体

库容和水量、减少湖体内源污染物,开展湖体内源治理工程。结合乌梁素海环湖生态保护带和河套灌区水系生态保护网,形成水质改善治理系统,进一步提升乌梁素海入黄河水质,保护黄河水生态安全。

阿拉奔草原水土保持与植被修复区:范围包括阿拉奔草原和水土保持清水产流区。为了减少季风通道上流域的水土流失,通过开展阿拉奔草原及水土流失源头带、过程带、缓冲带的水土保持和植被恢复工程,减少入湖污染物和泥沙量,防风固沙。

乌拉山水源涵养与地质环境综合治理区:范围主要指乌拉山的山体。通过开展乌拉山的地质环境、地质灾害整治和植被恢复措施工程,改善乌拉山受损山体的地质地貌环境,提高水源涵养功能,减少入湖污染物和泥沙量,改善湖体水环境,提升乌拉山的生态屏障服务功能。

乌兰布和沙漠综合治理区:主要指磴口的乌兰布和沙漠。通过开展乌兰布和林草植被恢复措施,防沙治沙,与乌拉山水源涵养与地质环境综合治理区、阿拉奔草原水土保持与植被修复区及其它治理区,系统提升“北方防沙带”功能。

通过治理及修复工程的实施,流域生态环境质量在前期治理的基础上进一步提高,沙漠、山脉、草原、湖泊、水系、湿地等重点生态功能区生态保护与建设取得明显进展,防风固沙能力有效提升,生物多样性持续改善,水环境质量稳定达标,生态系统的稳定性明显加强,生态系统服务功能显著增强,有效提升“北方防沙带”生态系统服务功能和保障黄河中下游水生态安全。

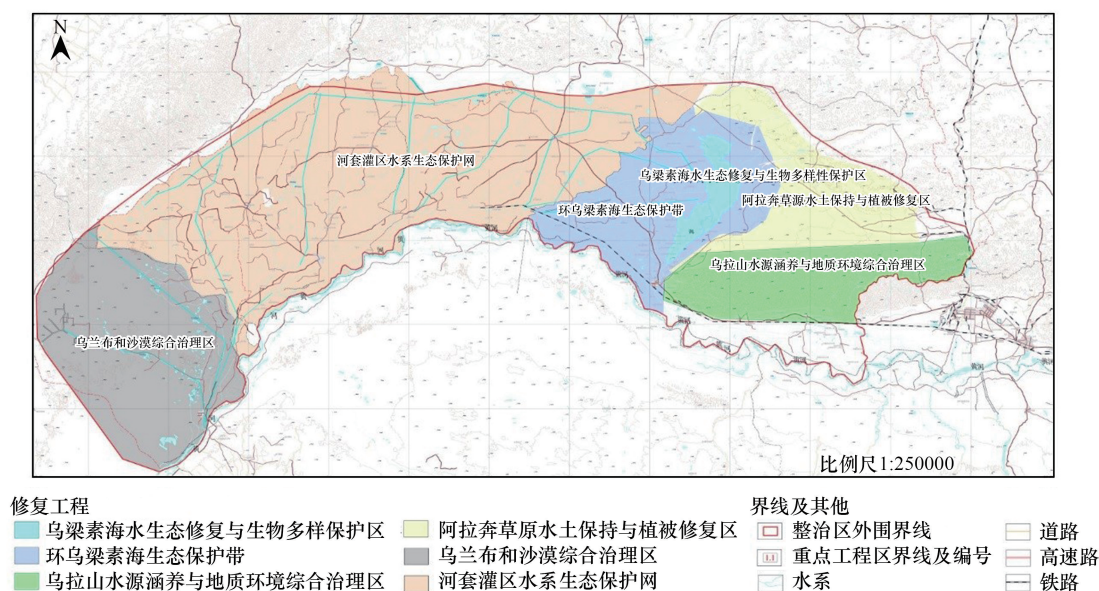


图 12 治理及修复工程分区图

Fig.12 Districts of the ecological protection and restoration project

5 结论与展望

本文在分析了乌梁素海流域特有的生态敏感性及生态功能重要性的基础上,构建出了具有地域特征的,基于区域社会政治经济发展水平的山水林田湖草生态保护与修复空间格局,通过空间联动的山水林田湖草生态保护与修复工程,流域生态环境质量在前期治理的基础上进一步提高,沙漠、山脉、草原、湖泊、水系、湿地等重点生态功能区生态保护与建设取得明显进展,防风固沙能力有效提升,生物多样性持续改善,水环境质量稳定达标,生态系统的稳定性明显加强,生态系统服务功能显著增强,有效提升“北方防沙带”生态系统服务功能和保障黄河中下游水生态安全。根据生态环境问题对生态系统功能的影响程度,以保障区域生态系统安全为基础,把握好敏感性与重要性、局部与整体、发展与保护的关系,因地制宜实施生态保护和修复工程。

参考文献 (References):

- [1] 高世昌, 苗利梅, 肖文. 国土空间生态修复工程的技术创新问题. 中国土地, 2018, (8): 32-34.
- [2] 陈涛. 河湖水体生态健康评价方法研究. 节能与环保, 2018, (11): 72-73.
- [3] 孔令桥, 王雅晴, 郑华, 肖赓, 徐卫华, 张路, 肖洋, 欧阳志云. 流域生态空间与生态保护红线规划方法--以长江流域为例. 生态学报, 2019, 39(3): 835-843.
- [4] Zhao J, Liu X, Dong R, Shao G. Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development, International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2016, 23(4): 293-297.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Zhao J, Zheng X, Dong R, Shao G. The planning, construction, and management toward sustainable cities in China needs the Environmental Internet of Things, International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2013, 20(3): 195-198.
- [8] 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.
- [9] 赵景柱. 关于生态文明建设与评价的理论思考. 生态学报, 2013, 33(15): 4552-4555.