

湿地生态系统服务功能的空间格局

——以内蒙古森工湿地生态系统为例

刘润^{1,2}, 王兵^{1,2}, 牛香^{1,2}

(1.中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室, 北京 100091; 2.江西大岗山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 江西 新余 336600)

摘要: [目的] 对内蒙古森工湿地生态系统服务功能空间格局进行研究, 为保护该区森工湿地生态系统和资源的可持续利用提供理论依据。[方法] 以 2018 年内蒙古森工湿地资源调查数据为基础, 内蒙古森工湿地生态系统为研究对象, 利用市场价值法、碳税法、工业制氧成本法、影子工程法、污染防治成本法和专家评估等生态经济价值评价方法, 逐项对其涵养水源、固碳释氧等 8 项服务功能所产生的价值量进行评估。[结果] 内蒙古森工湿地生态系统服务功能总价值量为 860.92 亿元; 其中, 涵养水源、降解污染、提供生物栖息、固土保肥、固碳释氧、科研文化游憩、改善小气候和营养物质积累价值量分别为: 111.78, 104.02, 89.38, 67.64, 56.16, 43.25, 24.11 和 5.53 亿元。大杨树、乌尔旗汗和库都尔林业局生态价值量排列前三, 分别为 111.78, 104.02 和 89.38 亿元。[结论] 各项服务功能, 以涵养水源、降解污染和提供生物栖息为主导服务功能, 以营养物质积累为最小服务功能。从整体空间格局分布来看, 各林业局湿地生态系统服务功能价值量的空间分布总体趋势均表现为: 中部 > 西南部 > 北部。

关键词: 内蒙古森工; 湿地生态系统; 价值量; 空间格局

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)02-0284-06

中图分类号: Q147, X176

文献参数: 刘润, 王兵, 牛香. 湿地生态系统服务功能的空间格局[J]. 水土保持通报, 2021, 41(2): 284-289. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2021.02.037; Liu Run, Wang Bing, Niu Xiang. Spatial pattern of wetland ecosystem service function [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(2): 284-289.

Spatial Pattern of Wetland Ecosystem Service Function

—A Case Study on Forestry Industry Wetland Ecosystem in Inner Mongolia Autonomous Region

Liu Run^{1,2}, Wang Bing^{1,2}, Niu Xiang^{1,2}

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forest Ecology and Environment of National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China; 2. Dagangshan National Key Field Observation and Research Station for Forest Ecosystem, Xinyu, Jiangxi 336600, China)

Abstract: [Objective] The spatial pattern of the forest industry wetland ecosystem service function in Inner Mongolia was studied in order to provide theoretical basis for the sustainable utilization of forest industry wetland ecosystem and resources. [Methods] Based on the survey data of wetland resource in 2018 in Inner Mongolia forestry enterprise, the Inner Mongolia forestry enterprise wetland ecosystem was taken as the research object. According to the evaluation methods of wetland ecosystem service value which were commonly used at home and abroad such as market value, carbon tax method, industrial oxygen producing method, shadow engineering method, pollution control cost method, expert evaluation and so on, the values of eight service function such as water conservation, carbon fixation and so on were evaluated. [Results] The total value of the service function was 8.61×10^{10} yuan; and those of water conservation, carbon fixation and oxygen release, degradation pollution, soil conversation, nutrient accumulation, improving the microclimate, habitats, and scientific, cultural and recreation, were respectively 1.12×10^{10} yuan, 1.04×10^{10} yuan, 8.94×10^9

收稿日期: 2020-10-15

修回日期: 2021-01-12

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“天然林保护工程生态效益监测评估及示范”(CAFYBB2020ZD002-2); 国家林业和草原局项目“中国森林核算及纳入绿色经济评价研究”(2019131046)

第一作者: 刘润(1988—), 女(汉族), 陕西省靖边县人, 博士研究生。主要研究方向为森林生态学。Email: liurun6046@163.com。

通讯作者: 牛香(1982—), 女(汉族), 北京市人, 博士, 副研究员, 主要从事森林生态系统服务功能评估方面的研究。Email: niuxiang@caf.ac.cn。

yuan, 6.76×10^9 yuan, 5.62×10^9 yuan, 4.33×10^9 yuan, 2.41×10^9 yuan, and 5.53×10^8 yuan, The total value of Dayangshu, Wuerqihan and Kudur Forestry Bureau ranked in the top three, which were 1.12×10^{10} yuan, 1.04×10^{10} yuan and 8.94×10^9 yuan respectively. [Conclusion] Water conservation, degradation pollution and habitats are the leading service functions; With the nutrients accumulation as the minimum service function, from the perspective of the overall spatial pattern distribution, the overall trend of the spatial distribution of the value in all forestry bureaus is as follows: in the central > in the southwest > in the north.

Keywords: wetland ecosystem; service function; spatial pattern; Inner Mongolia forestry enterprise

湿地生态系统为具有独特特性的生态系统,其介于陆地与水域之间,并且兼具二者的景观特性,是地球生态系统的重要组成部分,被人们誉为“自然之肾”^[1-3]。相对森林生态系统而言,湿地生态系统的研究历史尚浅,但是其服务功能的价值评估成果却是屡见不鲜,也成为当前较为前沿的研究课题。基于前人的认识^[4-5],湿地生态系统服务一般指其提供的能够维持人类生活需要的条件和过程^[6]。独特的地理位置赋予了湿地生态系统多种服务功能,如涵养水源、固碳释氧、固土保肥、降解污染物、保护生物多样性等^[7-8]。近些年来,由于人们对湿地生态系统能够为人类带“福祉”的认识不足,同时在湿地资源的开发利用、管理等方面的经验不足,导致湿地资源面积、湿地生态环境均受到了不同程度的破坏。对湿地生态系统进行合理管护和维持其生态系统的稳定性,是实现湿地生态系统可持续发展的重要基础。为了客观、全面、科学地对湿地生态系统各项服务功能的价值进行评价,精准量化湿地生态系统服务功能的价值,以更加直观的形式使人们认识到湿地生态系统为人类带来的“福祉”,不仅能够客观反映内蒙古大兴安岭重点国有林管理局(以下简称“内蒙古森工”)湿地生态系统对社会经济发展发挥的巨大作用,而且为内蒙古森工湿地生态系统的合理规划和开发提供科学依据。因此,本文采用生态经济学的研究方法对内蒙古森工湿地生态系统服务功能空间格局进行研究,可为保护内蒙古森工湿地生态系统提供科学依据以及为内蒙古森工湿地资源的可持续利用提供理论依据。

1 研究区概况

内蒙古森工林区地跨呼伦贝尔和兴安盟两个盟市,是我国四大重点国有林区之一,是我国最大的集中连片区,也是松嫩平原和呼伦贝尔草原的天然屏障和分界线,其地理坐标($119^{\circ}36'26''$ — $125^{\circ}24'10''$ N, $47^{\circ}03'26''$ — $53^{\circ}20'00''$ E)。内蒙古森工湿地资源是我国湿地资源最丰富的林区之一,具有湿地面积大、湿地类型多、以及生物多样性丰富的特点;同时也是嫩江和额尔古纳水系的重要发源地,林区内有大小河流 7 146 条,其中一级支流 100 条,二级支流 884 条,河

流总长 9 443 km^[9],内蒙古森工湿地生态系统为当地珍稀水禽提供了重要繁殖栖息地和迁徙停歇地。林区海拔 250~1 745 m,属寒温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨。该研究区具有我国独有的原生性寒温带针叶林森林生态系统和多种过渡的生态类型,是重要的野生物种栖息地,在我国国土生态安全和生物多样性保护中具有重要的地位和作用^[10]。依据 2018 年内蒙古森工湿地资源调查显示,内蒙古森工湿地总面积 1.20×10^6 hm²,约占实际经营面积的 12.29%,占全国湿地面积的 3.35%。依据中国湿地类型划分标准,将内蒙古森工湿地划分为:河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地 4 大类,共有永久性河流、永久性淡水湖、藓类沼泽、草本沼泽、灌丛沼泽、森林沼泽、沼泽化草甸、地热湿地和库塘 9 个湿地型(表 1)。

表 1 内蒙古森工湿地资源

湿地类型	湿地型/hm ²	面积/hm ²	所占比例/%
河流湿地	永久性河流	35 762.32	2.97
湖泊湿地	永久性淡水湖	2 207.42	0.18
沼泽湿地	藓类沼泽	352.15	0.03
	草本沼泽	563 958.21	46.86
	灌丛沼泽	100 994.1	8.39
	森林沼泽	475 414	39.50
	沼泽化草甸	22 385.28	1.86
人工湿地	地热湿地	2 347.07	0.20
	库塘	85.49	0.01

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

内蒙古森工湿地生态系统服务功能评估主要是计算生态效益价值量。其数据来源包括两部分:①湿地资源数据由内蒙古森工提供;②社会公共数据来源于我国权威机构所公布的社会公共数据,包括《中国水利年鉴》《中华人民共和国水利部水利建筑工程预算定额》,中国农业信息网(<http://www.agri.gov.cn/>),中华人民共和国卫生健康委员会网站(<http://www.nhfp.gov.cn/>),中华人民共和国国家

发展和改革委员会第四部委 2003 年第 31 号令《排污费征收标准及计算方法》，中华人民共和国环境保护税法中《环境保护税税目税额表》，内蒙古自治区物价局网站 (<http://www.nmgfgw.gov.cn>) 等。

2.2 研究体系和研究方法

湿地是具有多种服务功能的独特的生态系统,是重要的自然资源,在人类社会和谐发展和自然生态系统有序循环等方面起着举足轻重的作用^[11-12]。本研究结合 Costanza 等^[13]湿地生态系统服务功能评估体系,利用在深入分析湿地生态系统服务功能形成过程的基础上,利用市场价值法、碳税法、工业制氧成本法、影子工程法、污染防治成本法和专家评估等生态

经济价值评价方法^[3,14],逐项对内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量进行评估(表 2)。其中,市场价值法把环境质量看作是一个生产要素,环境质量的变化进而导致生产率和生产成本的变化,从而导致产品价格和生产水平的变化,该法适用于没有费用支出但市场价值的环境效应价值核算。碳税法和工业制氧成本法用于评价生态系统固碳价值,它将生态系统每年固定 CO₂ 的量乘以碳税的影子价格,从而得出生态系统每年释放的氧气量乘以工业制氧成本即估算成生态系统释放氧气的价值。影子工程法是在生态环境破坏后,人工建造一个工程代替原来的环境功能,以此工程投资来计算破坏的经济损失。

表 2 价值量评估指标体系及计算公式

生态效益	评估指标	计算公式	参数说明
	涵养水源价值	$U_{\text{涵}} = C_{\text{水}} \cdot P + R_{\text{水}} \cdot K$	$U_{\text{涵}}$ 为湿地生态系统涵养水源价值(元/a); $C_{\text{水}}$ 为湿地生态系统水资源总量(m^3); P 为生活用水价格(元/ m^3); $R_{\text{水}}$ 为多年平均地表径流量(m^3); K 为水净化费用(元/ m^3)
	固碳释氧价值	$U_{\text{固}} = 2[1.63R_{\text{碳}}(L+Q) \cdot C_{\text{碳}} + 1.2(L+Q) \cdot C_{\text{氧}}]$	$U_{\text{固}}$ 为湿地生态系统固碳释氧的价值(元/a); L 为芦苇产量(t/a); Q 为其他水生植物产量(t/a); $R_{\text{碳}}$ 为 CO ₂ 中碳的含量; $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格,约为 1 200 元/t; $C_{\text{氧}}$ 为氧气价格,约为 1 000 元/t; 2 为本研究认为上一年度的水生植物全部沉入水底形成泥炭,且上一年度与评估年度的水生植物量相等
供给服务	固土保肥价值	$U_{\text{土}} = 0.025A \cdot C \cdot V_{\text{土}} + 0.025A \cdot C(N_{\text{含}} + P_{\text{含}} + K_{\text{含}}) \cdot V_{\text{肥}}$	$U_{\text{土}}$ 为湿地生态系统固土保肥的价值(元/a); $N_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 N 含量(%); $P_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 P 含量(%); $K_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 K 含量(%); C 为湿地生态系统土壤平均容重(g/m^3); $V_{\text{土}}$ 为挖取和运输单位体积土方所需费用(元/ m^3); $V_{\text{肥}}$ 为化肥平均价格(折纯)(元/a); A 为湿地面积(hm^2); 0.025 为土壤平均侵蚀深度(m)
	营养物质积累功能	$U_{\text{积累}} = A(N_{\text{含}} + P_{\text{含}} + K_{\text{含}}) \cdot V_{\text{肥}}/1\ 000$	$U_{\text{积累}}$ 为湿地生态系统营养物质积累价值(元/a); $N_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 N 含量(%); $P_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 P 含量(%); $K_{\text{含}}$ 为湿地生态系统土壤平均 K 含量(%); $V_{\text{肥}}$ 为化肥平均价格(折纯)(元/t); A 为湿地面积(hm^2)
调节服务	降解污染价值	$U_{\text{降}} = C_{\text{降}} \cdot A \cdot R$	$U_{\text{降}}$ 为湿地生态系统降解污染物的价值(元/a); $C_{\text{降}}$ 为单位面积湿地降解污染的价值[美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]; R 为美元与人民币之间的汇率
	改善小气候	$U_{\text{改善}} = 189 \times 24A \cdot P_{\text{电}}$	$U_{\text{改善}}$ 为湿地生态系统改善小气候价值(元/a); $P_{\text{电}}$ 为用电的价格(元)
支持服务	生物栖息地的功能	$U_{\text{生}} = S_{\text{生}} \cdot A \cdot R$	$U_{\text{生}}$ 为湿地生态系统生物栖息地价值(元/a); $S_{\text{生}}$ 为单位面积湿地的避难所价值[美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]
文化服务	科研文化游憩	$U_{\text{游憩}} = P_{\text{游憩}} A \cdot R$	$U_{\text{游憩}}$ 为湿地生态系统科研文化游憩价值(元/a); $P_{\text{游憩}}$ 为单位面积湿地科研文化游憩价值[美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]

3 结果与分析

3.1 内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量

由图 1 可见,内蒙古森工各林业局(自然保护区、经营所)湿地生态系统年涵养水源价值量为 0.52~39.29 亿元,年降解污染价值量为 0.35~26.62 亿元,年固碳释氧价值量为 0.10~7.29 亿元,年固土保肥价值量为 0.12~8.78 亿元,年营养物质积累价值量为 0.01~0.72 亿元,年改善小气候价值量为 0.04~3.13 亿元,年科研文化游憩价值量为 0.07~5.61 亿元,年生物栖息地价值量为 0.27~20.33 亿元。内蒙古森工

湿地生态系统服务功能年涵养水源价值量为 302.62 亿元;年降解污染价值量为 205.00 亿元;年固碳释氧价值量为 56.16 亿元;年固土保肥价值量 67.64 亿元;年营养物质积累价值量 5.53 亿元;年改善小气候价值量为 24.11 亿元;年科研文化游憩为 43.24 亿元;年生物栖息地价值为 156.61 亿元。从该结果可以看出,内蒙古森工湿地生态系统在维持涵养水源功能方面效果显著,这与何冰等^[11]的研究结果一致,主要原因是湿地生态系统的主要体现在蓄水、调节洪流方面,同时其具有湿地斑块间的供水作用,维持湿地生态系统的区域水平衡状态,进而改善湿地生态系统的环境状况。

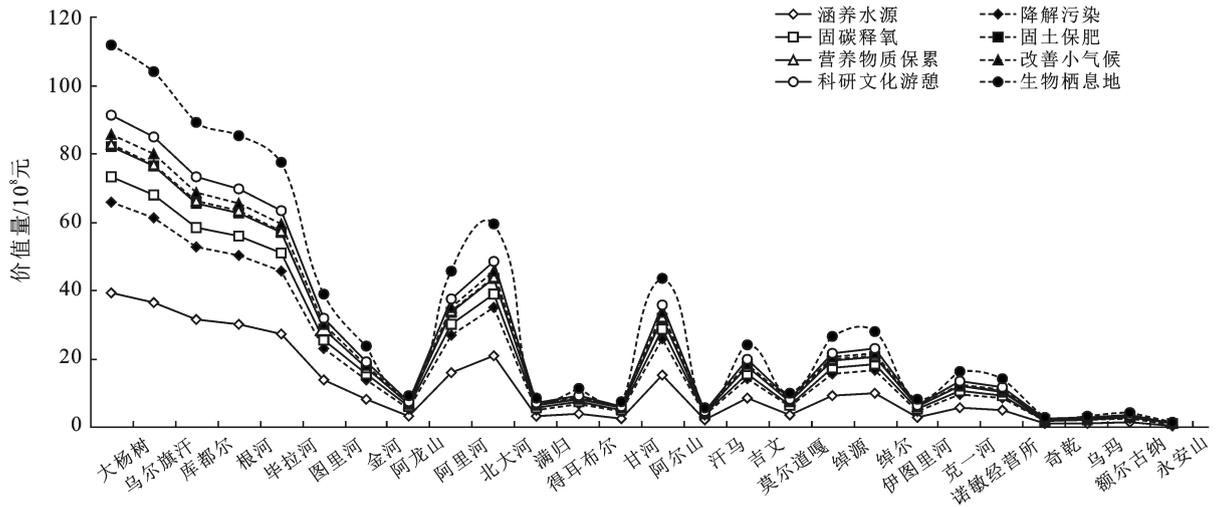


图1 内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量

由图2可知,内蒙古森工湿地生态系统涵养水源、降解污染、生物栖息3项服务功能的价值量分别占其总价值量的35.15%,23.81%和18.19%,合计占到总生态系统服务功能价值量的77.15%,体现了相当大的优势。内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量从大到小排序为:涵养水源>降解污染>生物栖息>固土保肥>固碳释氧>科研文化游憩>改善小气候>营养物质积累。由此可以确定内蒙古森工湿地生态系统服务功能是以涵养水源、降解污染和生物栖息地为“核心”服务功能,营养物质积累为最小服务功能,即便是价值量最小的服务功能,但在湿地生态系统中也是不可缺少的一部分,它会决定整个生态系统的稳定性^[15],在生态系统中,营养物质是保证生物体生长发育的物质基础,若发生营养物质短缺的现象,就会出现竞争,进而导致整个生态系统的紊乱^[3]。本研究与宋庆丰等^[3]对黑龙江省湿地生态系统服务功能的研究结果一致,得出涵养水源和降解污染功能均为主导服务功能。但潘文斌等^[16]对湖北保安湖生态系统服务功能价值量进行研究,得出涵养水源、有机物生产以及固碳释氧功能为核心功能,这主要是与研究区域的环境概况密切相关。

3.2 内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量空间格局特征

由图3可知,内蒙古森工各林业局湿地生态系统各项服务功能价值量中,湿地生态系统各服务功能价值量位于前5位依次为:大杨树>乌尔旗汗>库都尔>根河>毕拉河;汗马>额尔古纳>乌玛>奇乾>永安山林业局(自然保护区、经营所)各项服务功能价值量均位于后5位。各林业局湿地生态系统服务功能总价值量前5分别为:大杨树(111.78亿元)>乌尔旗汗(104.02亿元)>库都尔(89.38亿元)>根河(85.44

亿元)>毕拉河(77.62亿元),占到总湿地生态系统价值量的54.39%;汗马(5.77亿元)>额尔古纳(4.34亿元)>乌玛(3.35亿元)>奇乾(2.86亿元)>永安山(1.48亿元),占到总湿地生态系统价值量的2.07%;内蒙古森工各林业局(自然保护区、经营所)湿地生态系统服务功能价值量的空间分布总体趋势均为:中部>西南部>北部。这主要是由于内蒙古森工林区水系众多,同时沼泽湿地占地面积分布范围较广,主要集中在大杨树、乌尔旗汗、库都尔、根河、图里河和毕拉河林业局。因此,该区域各项湿地生态系统服务功能所创造的湿地生态效益也较为突出。

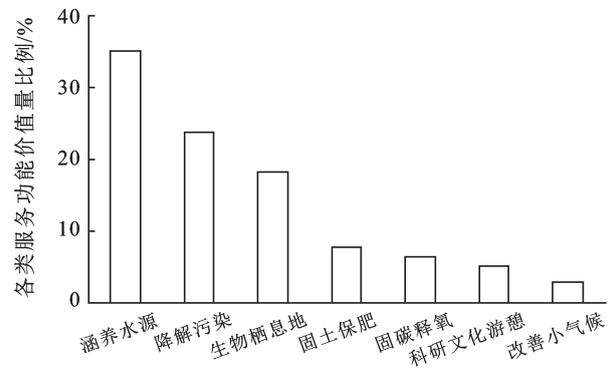


图2 内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量比例

4 讨论

内蒙古森工湿地生态系统服务功能的格局与其湿地资源自身的属性和所处的地理位置有直接的关系。

(1) 与林区内的水系密切相关。内蒙古森工湿地生态系统是以河流湿地和沼泽湿地为主的湿地生态系统。林区河流众多,水系发达。据统计,全林区

内共有大大小小河流或小溪 7 414 条。与此同时,在全林区流程在 30 km 以上的河流多达 135 条。沼泽湿地为 $1.17 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占总面积的 96.84%。湿地具有调蓄蓄水、防御风暴、调节气候的重要功能,是降低自然灾害的“缓冲器”,对于构建防灾减灾、缓解全球气候变暖等发挥十分重要的作用^[17]。同时,《湿地公

约》和《联合国气候变化公约》都强调了湿地对调节气候的重要性,湿地水分的蒸发和植被叶面上的水分蒸腾,可使湿地与大气之间能量和物质不断地进行交换,从而保持当地的湿度和降水量^[18-20]。因此,湿地生态系统在蓄水、调节河川径流、补给地下水 and 维持区域水平衡发挥着重要的中作用^[21]。

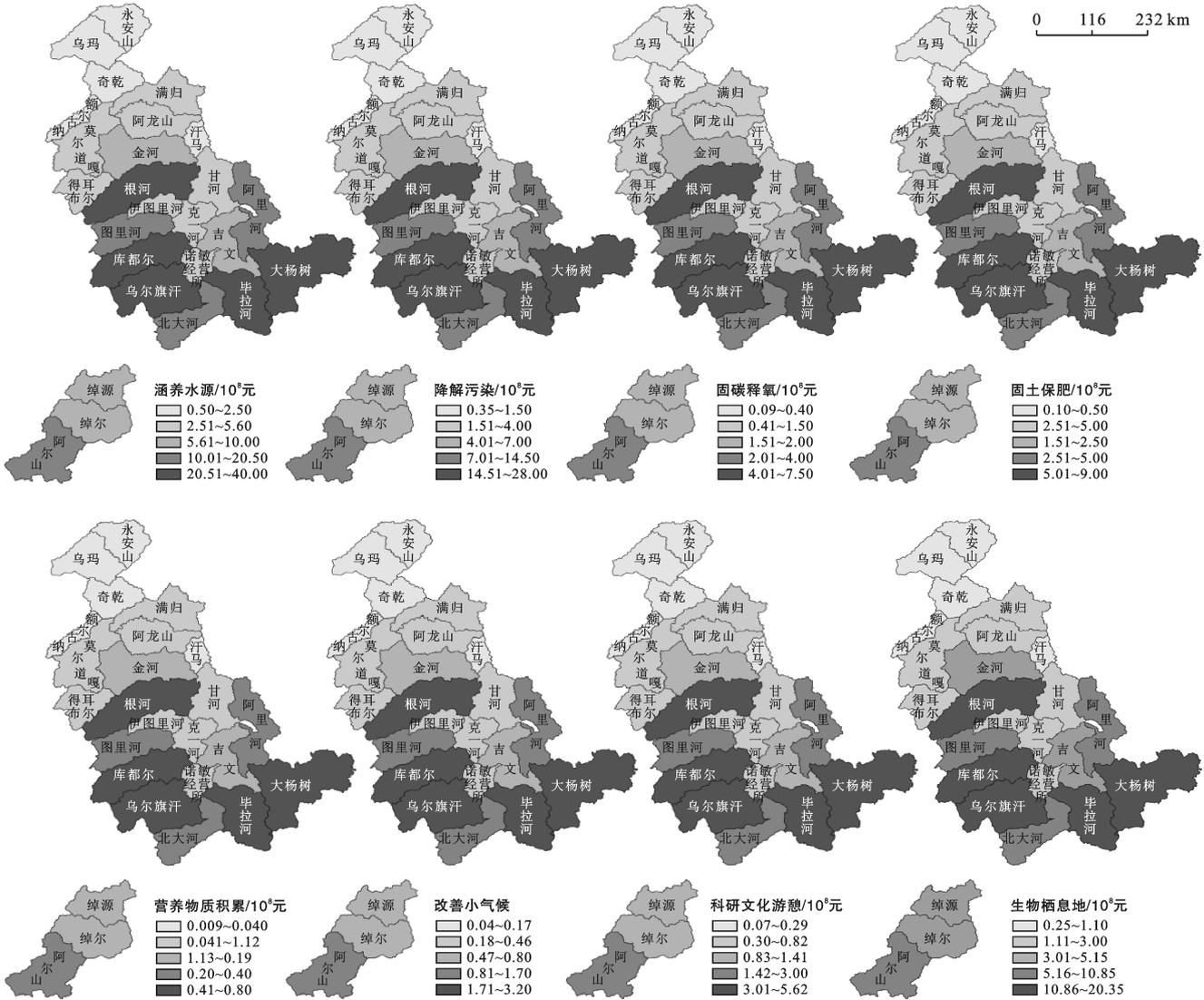


图 3 内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量空间分布格局

(2) 与自然因素有关。温度、水文、地质以及植被状况是影响湿地生态系统时空变化的直接因素^[22]。内蒙古森工林区中部水系较多,水质较好,为植被生长繁育提供良好的生存环境,从而创造更高的生态价值。曾有研究表明:水质级别、植被覆盖度、污染物以及水体富营养化程度都是影响湿地生态系统健康的主要因素^[23-25]。也有学者对洞庭湖湿地生态系统进行研究发现,温度升高,水质污染和水体富营养化程度严重或导致湿地生态环境的生态质量下降、生态功能衰退^[26]。

(3) 与人为因素有关。人口密度大,人类活动干扰程度加强也会是对湿地生态环境造成影响^[27-28]。有研究表明,内蒙古呼伦贝尔等人口密度较大,人类活动干扰较为显著,导致湿地生产力明显下降,说明湿地生态系统的生产力容易受到社会环境的影响^[29]。也研究者对鄂尔多斯、赤峰和通辽等地进行研究发现,人类活动频繁程度会导致湿地生态系统的水质、植被覆盖度降低以及景观多样性降低。同时也说明湿地生态系统对人类活动干扰的敏感性较强^[30]。通过对内蒙古大兴安岭湿地生态系统服务功

能价值量的空间格局研究发现,人类活动较小的区域所产生的生态价值较高。

5 结论

内蒙古森工湿地生态系统服务功能价值量从大到小排序为:涵养水源>降解污染>生物栖息>固土保肥>固碳释氧>科研文化游憩>改善小气候>营养物质积累;其中,以涵养水源、降解污染和提供生物栖息为主导服务功能,所产生的价值量分别为302.62, 205.00和156.61亿元;以营养物质积累价值量最小,为5.53亿元;涵养水源和降解污染功能,在维持其湖泊、河流、水安全中,发挥着重要的作用;较高的提供生物栖息地价值量,也表明内蒙古森工湿地生态系统为野生动植物提供良好的繁衍和栖息的场所,生物多样性丰富,动植物种类繁多。

内蒙古森工各林业局(自然保护区、经营所)湿地生态系统服务功能价值量的空间分布总体趋势均为:中部>西南部>北部。这主要是因为受林区内的水系、自然环境和人为因素的影响,对各林业局(自然保护区、经营所)的生态环境造成不同程度的影响,最终导致各项服务功能呈现出一定的空间分布。

本研究对各个林业局(自然保护区、经营所)各项服务功能价值量的空间格局进行研究,虽然在结果上反映了各项功能的空间分布,但是由于数据和资料的限制,缺乏对该研究区各项服务功能价值量时间上的动态变化研究,在以后的研究中应更加全面地对湿地生态系统服务进行研究,以准确、全面地反映湿地生态系统的各项服务功能价值量。

[参 考 文 献]

- [1] 曾玲霞.草海生态系统汞在生物链中的富集及迁移特征[D].贵州 贵阳:贵州大学,2017.
- [2] 张华,武晶,孙才志,等.辽宁省湿地生态系统服务功能价值测评[J].资源科学,2008,30(2):267-273.
- [3] 宋庆丰,牛香,殷彤,等.黑龙江省湿地生态系统服务功能评估(1)[J].东北林业大学学报,2015,43(6):149-152.
- [4] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [5] 欧阳志云,王效科.中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J].生态学报,1999,19(5):607-613.
- [6] 傅娇艳,丁振华.湿地生态系统服务、功能和价值评价研究进展[J].应用生态学报,2007,18(3):681-686.
- [7] 李鹏.鄱阳湖区粮食生产与洪水调蓄功能竞争研究[D].北京:中国科学院大学,2012.
- [8] 张素珍,李晓粤,李贵宝.湿地生态系统服务功能及价值评估[J].水土保持研究,2005,12(6):125-128.
- [9] 郑丽梅.浅谈内蒙古大兴安岭林区森林资源可持续经营利用[J].内蒙古林业调查设计,2012,35(2):35-37.
- [10] 任增光.内蒙古大兴安岭林区湿地资源现状及保护措施[J].内蒙古林业调查设计,2015,38(5):88-88
- [11] 李雪梅.内蒙古大兴安岭林区湿地生态系统服务功能评价[J].内蒙古林业调查设计,2014,37(4):10-12.
- [12] 崔丽娟.湿地价值评估研究[M].北京:科学出版社,2000.
- [13] Robert C, Ralph D, Rudolf D G, et al. The value of the worlds ecosystem services and natural capital [J]. Ecological Economics, 1998,25(1):3-15.
- [14] 盛婧,陈留根,朱普平.稻麦轮作农田生态系统服务功能价值评估[J].中国生态农业学报,2008,16(6):1541-1545.
- [15] 刘晓辉,吕宪国,姜明,等.湿地生态系统服务功能的价值评估[J].生态学报,2008,28(11):5625-5631.
- [16] 潘文斌,唐涛,邓红兵,等.湖泊生态系统服务功能评估初探:以湖北保安湖为例[J].应用生态学报,2002,13(10):1315-1318.
- [17] 丁东,李日辉.中国沿海湿地研究[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(1):109-112.
- [18] 崔希东,王海宁.衡水湖湿地对区域气候调节功能研究[J].南水北调与水利科技,2012,10(1):37-39.
- [19] 张军.生态水利工程在苦溪河生态修复中的工程实践[J].中国水运(下半月),2017,17(5):120-121.
- [20] 颜宪源.彰显大庆湿地生态价值实现人与自然的和谐统一[C]//黑龙江 大庆:大庆市社会科学界联合会,中共大庆市委宣传部.大庆湿地文化理论研讨会论文集.2008.
- [21] 刘芝芹,邓忻.湿地公园的设计与恢复探讨:以昆明市五甲塘湿地公园建设为例[J].安徽农业科学,2010,38(2):974-975,1011.
- [22] 包翠荣.内蒙古自治区湿地生态系统特征及驱动力分析[J].中国农业资源与区划 2018,39(7):8590-919.
- [23] 任瑞丽.湿地生态系统水质指标变化规律及其健康指示意义[D].江苏 南京:南京大学,2007.
- [24] 冯倩,刘聚涛,韩柳,等.鄱阳湖国家湿地公园湿地生态系统健康评价研究[J].水生态学杂志,2016,37(4):48-54.
- [25] 王伦平,陈亚新,曾国芳.内蒙古河套灌区灌溉排水与盐碱化防治[M].北京:水利电力出版社,1993.
- [26] 谢佰承,杨仁平,隋兵.洞庭湖湿地生态环境调查及其改良[J].农业环境科学学报,2007,26(10):473-475.
- [27] 张继义,赵哈林,张铜会,等.科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态[J].植物生态学报,2004,28(1):86-92.
- [28] 罗遵兰,赵志平,孙光,等.松花江流域湿地生态系统健康评价[J].水土保持研究,2015,22(1):105-109,114,2.
- [29] 叶雪梅,郝吉明,段雷,等.中国主要湖泊营养氮沉降临界负荷的研究[J].环境污染与防治,2002,24(1):54-58.
- [30] 游畅.基于 ENVI 技术平台的武汉城市湿地保护规划探索[C].贵州 贵阳:中国城市规划学会、贵阳市人民政府,2015.