

赵瑞,吴克宁,宋文,等.南水北调中线水源地县域生态红线划定与产业布局研究[J].江西农业大学学报,2019,41(1):197-206.



南水北调中线水源地县域生态红线划定与产业布局研究

赵 瑞¹,吴克宁^{1,2*},宋 文¹,宋恒飞¹

(1.中国地质大学(北京)土地科学技术学院,北京100083;2.国土资源部土地整治重点实验室,北京100035)

摘要:以南水北调中线水源地——河南省淅川县为例,结合以往专家学者相关研究和实地考察,综合考虑了生态系统敏感性和生态系统服务功能等因子,运用空间分析等技术方法划定了淅川县整体的产业布局,将其分为生态红线区、生态黄线区和可开发利用区3个区域。淅川县生态红线区占整个区域的27.67%,该区域禁止工业化和城镇化开发;生态黄线区占整个区域的51.85%,(该区域要有目的和条件的限制对生态环境影响较大的开发活动的进行);可开发利用区占整个区域的20.48%,是产业区选址首先考虑的区域。生态红线划定与产业布局研究是小区域范围内维护生态平衡稳定,正确引导产业布局的重要手段。本研究的生态红线是“禁区”,禁止一切有损生态环境的开发活动,划分结果能较好地反映淅川县经济发展的自然环境制约,可以为淅川县经济发展和生态保护提供相应的技术支持。

关键词:生态红线划定;生态系统服务;生态系统敏感;产业布局;淅川县

中图分类号:TV68;X171 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-2286(2019)01-0197-10

A Study on the Layout of the Ecological Red Lines and Industrial Distribution in the Water Source Area of the Middle Route of the South-To-North Water Transfer Project

ZHAO Rui¹, WU Ke-ning^{1,2*}, SONG Wen¹, SONG Heng-fei¹

(1.School of Land Science and Technology, China University of Geoscience, Beijing 10083, China; 2. Key Laboratory of Land Consolidation, Ministry of Land Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: Taking the water source area of the middle route of the South-to-North Water Transfer Project—Xichuan county in Henan Province as an example, the ecological red line area is designated on the county scale guiding the industrial layout. Based on the research and field investigation by experts and scholars in the past, this paper takes into consideration the factors such as the sensitivity of the ecosystem in Xichuan County and the function of ecosystem services, and uses the spatial analysis method to delineate the ecological red line area, ecological yellow line area and developable use area. The result is that, in Xichuan County the ecological red line area accounts for 27.67% of the whole area. In this area construction and development activities are strictly

收稿日期:2018-01-08 **修回日期:**2018-04-04

基金项目:国家自然科学基金项目(40971127)和中央高校基本科研业务费专项资金(2652017100)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China (40971127) and the Fundamental Research Funds for the Central Universities (2652017100)

作者简介:赵瑞(1993—),女,硕士生,主要从事土地评价和土地规划研究,1607117052@qq.com; *通信作者:吴克宁,教授,博士, wukening@cugb.edu.cn。

forbidden; the ecological yellow line area accounts for 51.85% of the whole area, development and utilization of these areas should be under limited conditions, development activities with significant impact on the environment are forbidden; the area for development and utilization accounts for 20.48% of the region, which is preferable for industrial utilization. Ecological red line delineation and industrial layout are very important means to maintain the ecological balance and stability and correctly guide the industrial layout in a small area. The conclusion of this study is that the ecological red line is a "closed area" that prohibits all development activities that are detrimental to the ecological environment. The results can better reflect the natural and environmental constraints of the economic development of Xichuan County, and provide the corresponding technical support for the economic development and ecological protection of Xichuan County.

Keywords: ecological red line delineation; ecosystem services; ecosystem sensitivity; industry layout; Xichuan County

随着城镇化的快速发展,人类对自然资源的开发和利用强度逐步提高,建设用地扩张,进一步挤占生态用地空间,导致建设用地与耕地保护、经济发展与自然生态保护等人地矛盾日益尖锐^[1]。2005年,广东省颁布实施了《珠江三角洲环境保护规划纲要(2004—2020)》,这次规划纲要首次提出并实际应用了生态红线,并确定了“红线调控、绿线提升、蓝线建设”的三线调控的总体战略;2011年下发的《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》提出了继“耕地红线”、“林地红线”之后的第三条“红线”——生态红线^[2];2012年十八大报告提出要大力推进生态文明建设,优化国土空间开发格局;2015年“生态保护红线”首次进入《中华人民共和国环境保护法》;2017年党的十九大报告提出加快生态文明体制改革。因此,急需加强我国生态用地的保护。但目前,地区土地开发活动与生态保护的矛盾日益凸显,划定区域发展的生态红线区,限制盲目开发,指导人类活动在创造同等级的经济和社会价值的条件下尽可能减少对生态环境的破坏,在当前社会所倡导新发展理念的大环境下有着重要的实践意义。

目前,国外并没有“生态红线”这个概念,通过论文索引检索到的少量文献也是中国学者发表的外文期刊^[3],但西方国家提出的法律条文、规划、管理制度等很多与自然生态保护有关,这些规定多采用划定生态保护区来实现对土地利用的管制^[4]。美国政府把有显著生态价值的区域划为保护区;加拿大凭借法律等监管国内生态用地^[5];澳大利亚依据生态系统脆弱性、重要性和保护程度划定不同的保护级^[6]。在我国,生态红线划定是生态环境保护的制度创新^[7]。目前我国学者对生态红线相关概念的阐述相对较少。一部分学者定义生态红线区为保护生态系统的完整性和生态安全划定的严格保护区^[8-9];一部分学者认为生态红线区是为保障区域生态安全必须加以管理和维护的区域^[10-11];还有学者认为生态红线区是生态系统比较脆弱或具有重要生态功能的区域^[12-16]。基于研究保护区域和目的不同,生态红线区的划定方法与选用的评价因子也有所差别。许妍等^[17]从生态环境敏感性、生态功能重要性和环境灾害危险性3个方面研究生态红线区划定的技术方法,将渤海划分为红线区、黄线区和绿线区;冯宇^[18]从生态服务功能重要性、景观格局安全性和生态系统脆弱性3个方面提出呼伦贝尔草原生态敏感性保护红线区和生态服务功能重要性保护红线区的边界线;燕守广等^[19]通过分析生态系统服务功能的重要性将江苏省划分为15类生态红线区域;吕红迪等^[20]基于敏感性、脆弱性、功能的重要性构建了包括五大领域、四大分区在内的城市生态红线体系框架,并进行分级管理。生态红线是生态区域保护的新方法,目前所有的研究成果中仅有部分省市尝试划分生态红线区,研究尺度较大,且将生态红线划定与产业布局管控联系在一起的相关研究不够成熟。基于此,文章以南水北调中线水源地——淅川县为实证区域,在县域尺度上结合以往专家学者的研究和实地考察,综合考虑了生态系统敏感性和生态系统服务功能等因子,运用空间分析等技术方法划定了产业布局的生态红线区、生态黄线区和可开发利用区,并合理规划产业布局,为其他县域或特定区域划定生态红线、合理安排产业布局提供一定的参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

淅川县是河南省南阳市下辖县级行政区,位于河南省西南边陲,地处豫鄂陕三省七县结合部,北纬 $32^{\circ}55' \sim 33^{\circ}23'$,东经 $110^{\circ}58' \sim 111^{\circ}53'$,辖4个乡,11个镇,2个街道办事处,总人口67万,全县面积为 $2\,820\text{ km}^2$ (图1)。县境地势自西北向东南逐渐降低,由低山、丘陵和河流谷地相间分布组成,其中山地属秦岭余脉,发源于陕西省秦岭的丹江在县域西南部与湖北省的汉江交汇,形成亚洲第一大淡水湖——丹江口水库,该水库是中国南水北调中线工程核心水源区、渠首所在地(图2)。自实施南水北调工程以来,淅川县倡导生态经济,积极以发展生态农业、生态旅游、环保工业为主,但淅川县内沿丹江口水库环库区周围的浅山丘陵区 and 项目开发建设集中区易出现水土流失问题^[21]。

淅川县第一产业以小辣椒、花椒、林果、湖桑、水产、畜牧为主,第二产业主要是食品制造、中医药制造、工艺品制造、机械和冶炼-建材工业,第三产业主要是旅游业。其中,第二产业都是容易造成环境污染的产业活动,由于淅川县是南水北调工程的渠首所在地,对水质的要求很高,同时由于南水北调工程的实施,淅川县人口迁移和新的人口聚集区的形成对生态问题造成不同程度的影响,因此正确布局第二产业区,保证生态和经济协调发展对于该区域的发展具有重要意义。



图1 河南省淅川县位置示意图

Fig.1 Xichuan County location diagram

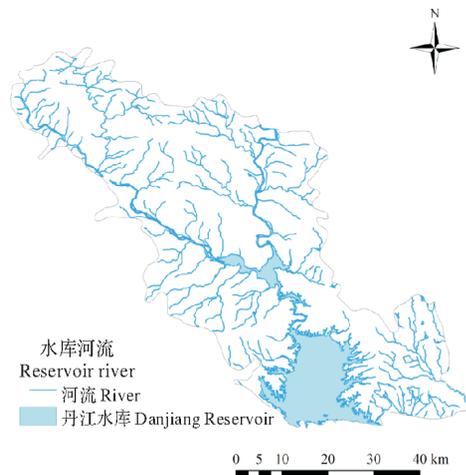


图2 淅川县水库河流示意图

Fig.2 Xichuan County reservoir river diagram

1.2 数据来源及处理

文章所采用的数据包括河南省淅川县行政边界矢量图、DEM数据、土地利用现状数据、水资源分布图、河流分布图、道路网分布图、山体分布图、LandsatTM影像统计年鉴以及相关统计资料、其他相关报告和重要政策文件等。其中DEM数据空间分辨率为 25 m , LandsatTM影像从USGS网站(<http://earthexplorer.usgs.gov/>)获取,其空间分辨率为 30 m ,时间为2014年9月。此外,利用ERDAS软件基于分类模板进行监督分类,基于淅川县的TM影像,用AOI工具裁剪淅川县的边界,再用监督分类的最大似然法进行图像分类,并结合实地调查进行修正,最后应用ArcGIS软件通过对相关图件等资料的整理,综合分析影响生态系统的各种因素。参考相关文献,选择合理的评价指标并对评价指标进行分级与量化。以淅川县土地利用现状图作为底图,对淅川县的生态系统敏感性和生态系统服务功能进行评价,进而得到生态红线区划定图,从而引导淅川县产业合理布局。

1.3 研究方法

1.3.1 生态红线区划定 淅川县的生态红线划分是为了能够更好的发展产业的同时也能保护生态环境。本研究把具有极高的生态系统敏感性和生态系统服务功能区域设定为生态红线区,并将严格根据法律法规和相关规划实施强制性保护,严禁进行不符合生态环境功能定位的建设活动。

另外,本研究把允许开发区划分为生态黄线区和可开发利用区。其中,把生态系统敏感性和生态系统服务功能相对较高,但是依旧会影响生态环境的区域划分为生态黄线区,该区域要有目的和有条件的限制对生态环境影响较大的开发活动的进行。剩下的区域划分为可开发利用区,发展的产业对生态环境功能的损害相对较小,它是淅川县未来重点布局产业的推荐区域。

文章依据生态保护重要性等级 S_i 划分生态红线区,其中包括生态系统敏感性等级 S_s 和生态系统服务功能等级 S_f ^[22],计算公式如下:

$$S_r = \max(S_i, S_f) \tag{1}$$

式(1)中: S_i 和 S_f 都是自然数(1-5),首先,依据各评价因子的结果分类划分,自然数越大代表生态系统越敏感或者生态系统服务功能越高。最后,生态红线区确定为 $S_r=5$;生态黄线区确定为 $S_r=4$,剩下的区域是可开发利用区。

1.3.2 生态系统敏感性分析 生态系统中与人类社会的生产发展密切相关的因素主要有能量的转换、水循环、物质迁移等生态过程以及水土保持、物质生产、环境净化等功能^[23]。生态系统敏感性是指生态系统对区域内自然和人为活动干扰的敏感程度,或在同等干扰强度下,区域内生态环境问题出现的可能性大小^[24]。生态系统敏感性评价实质上是对现状自然环境背景下潜在的生态问题进行明确的辨识^[25],并将其落实到具体的空间区域。生态系统敏感性与生态系统服务功能评价准则多,并且含有部分定性因素,将其量化描述有些困难,而层次分析法能够很好的处理这类综合问题,它可以将人的主观判断的定性分析定量化,因此可采用层次分析法^[26](analytic hierarchy process,AHP)构造判断矩阵判断各评价指标权重,并参考相关文献资料^[27-31]和结合专家意见及实地情况来确定两两指标间重要程度,并通过一致性检验(random conformance rate, $CR < 0.1$),各指标的分级及赋分规则依据《生态红线划定技术指南》(2015—06)等^[32]相关研究成果确定。生态系统敏感性评价采用等权重叠加法,其中对生态系统有重要影响的国家自然保护区和重要湿地都赋予了最高敏感性等级,并综合了坡度、水源地、景观类型、距公路距离和距河流距离等评价因子,具体因子赋值如表 1:

表 1 生态系统敏感性评价指标赋值
Tab.1 Ecosystem sensitivity evaluation index assignment

指标 Index	分类 Classification	赋值 Assignment
	建设用地	1
景观类型 Landscape type	农田	3
	草地	5
	森林	7
	湿地	9
	水源地	9
水源地 Water source	水库区	9
	水源地保护区	5
自然保护区 Nature reserve	国家级	9
	省级	5
坡度 Slope	大于 12°	5
	8°~12°	4
	4°~8°	3
	2°~4°	2
	2°以下	1
距河流距离 Distance to the river	<1 km	9
	1~2 km	7
	2~5 km	5
	5~10 km	3
	>10 km	1
距公路距离 Distance to the road	<1 km	9
	1~3 km	7
	3~5 km	5
	5~15 km	3
	>15 km	1

1.3.3 生态系统服务功能分析 生态系统服务功能是生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[33],是人类能够直接或间接的从生态系统得到的利益,其中包括向经济社会系统输入的有用物质和能量、接受和转化来自经济社会系统的废弃物,以及直接向人类社会成员提供服务,这些实物型和非实物型的生态功能和服务往往间接影响人类经济社会系统^[34]。其分析过程综合考虑了土地覆被、水源地和距山体距离3个因子,采用层次分析法和加权求和法计算,并在此基础上参照相关文献^[35-37]对各生态因子进行了赋值和加权(表2)。

表2 生态系统服务功能指标权重和赋值
Tab.2 Ecosystem services function indicators weights and assignments

指标 Index	分类 Classification	赋值 Assignment	权重 Weights
土地覆被 Land cover	建设用地	1	0.3
	农田	3	
	草地	5	
	森林	7	
	湿地	9	
水源地 Water source	水源地	9	0.4
	水源涵养区	5	
	<1 km	9	
距山体距离 Distance from the mountain	1~2 km	7	0.3
	2~5 km	5	
	5~10 km	3	
	>10 km	1	

因子选取以及权重确定后,采用加权求和的方法计算生态服务功能综合得分。其数学模型^[21]公式如下:

$$S_f = \sum_{k=1}^n (W_k \times C_{i(k)}) \quad (2)$$

(2)式中: i 代表评价单元编号; k 代表评价因子编号; n 是评价因子总数; S_i 是第 i 个评价单元生态系统服务功能的综合分值; W_k 代表第 k 个评价因子权重值; $C_{i(k)}$ 为第 i 个评价单元的第 k 个评价指标的赋值。

2 结果与分析

2.1 生态系统敏感性评价结果

应用ArcGIS通过结合各个评价指标的权重值来计算出每个评价单元中的生态敏感性综合得分,以此构建整个淅川县的生态敏感性评价结构图(图3)。本研究将生态敏感性分成了5个等级,分别为极敏感、敏感、中度敏感、不敏感和极不敏感(表3)。生态系统敏感性高的区域在发挥生态功能、维护生态系统多样性与生态平衡方面尤其重要,也容易受到人为活动的干扰^[38],主要分布在淅川县西南部以及中部的丹江水库区,占全区面积的16.48%,此区大部分为南水北调中线工程中的重要地区,对我国京津华北平原的水资源进行了补充,同时是缓解水资源供需矛盾的关键地区,对水质要求较高;中度敏感区域比较均匀地分布在淅川县,占全县面积的58.39%,这些区域是自然植被保持较好的地区,对局地生态环境以及整个区域生态系统具有重要影响;敏感性低的区域主要集中在县区建成区、基础设施以及未开发土地等,其占全区面积的25.13%,这部分区域具有无自然水体、物种多样性低、植被单一等特点,属于重点开发的地区。

2.2 生态系统服务功能评价结果

淅川县生态服务系统功能评价结果如图4所示。此处将研究区生态系统服务功能分成了5个等级:低、较低、中等、较高和高(表4)。等级高的生态系统服务区域大部分集中于丹江口水库及其流域和研究区域内的内陆滩涂,占全区面积的16.23%。其中丹江口水库是中国南水北调中线工程的水源地,植被资源丰富、动物资源繁多,建有丹江湿地国家级自然保护区,生物多样性保护价值极高。区域内生物资源

丰富,有中国一级保护动物、二级保护动物和国家二级保护植物。另外奇特的自然景观和较好的植被状况也增强了该区域的娱乐文化和气候调节方面的功能。此区域水源涵养功能的保护对于我国北方饮用水保障具有重要意义。生态系统服务功能低的区域主要分布在淅川县北部的荆紫关镇、西簧乡、寺湾镇和大石桥乡等乡镇的大部分地区,这些地区开发程度比较高,植被单一,物种多样性低,因此生态服务功能较低。

表 3 淅川县生态敏感性分级及各级分布区域

Tab.3 Xichuan County ecological sensitivity classification and distribution areas at all levels

生态敏感性得分	生态敏感性等级	分布区域
Ecological sensitivity score	Ecological sensitivity rating	Distribution area
0	极不敏感	县区建成区、未开发土地以及其他基础设施用地等
0~1.0	不敏感	
1.0~3.0	中度敏感	比较均匀地分布在全县各区域
3.0~4.0	敏感	淅川县南部以及中部的丹江水库区
>4.0	极敏感	

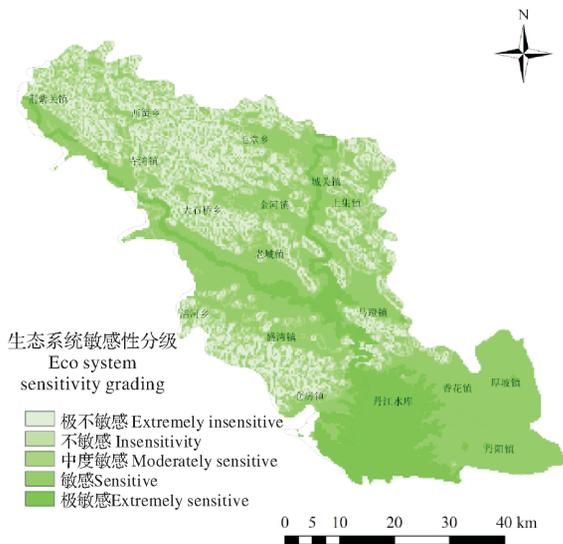


图 3 淅川县生态系统敏感性分级图

Fig.3 Xichuan County ecosystem sensitivity grading chart

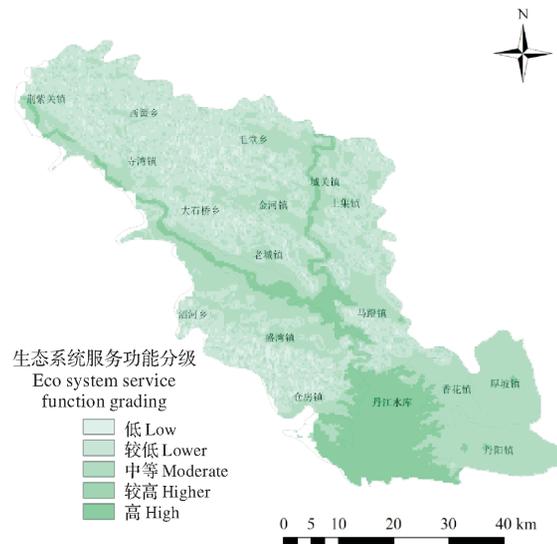


图 4 淅川县生态系统服务功能分级图

Fig.4 Xichuan County ecosystem services hierarchical classification

表 4 淅川县生态系统服务功能分级及各级分布区域

Tab.4 Classification of ecosystem services in Xichuan County and distribution areas at all levels

生态系统服务功能得分	生态系统服务功能等级	分布区域
Ecosystem services function score	Ecosystem service function level	Distribution area
0~0.5	低	淅川县北部的荆紫关镇、西簧乡、寺湾镇和大石桥乡等乡镇的大部分地区
0.5~1.5	较低	
1.5~3.0	中等	—
3.0~4.5	较高	丹江口水库及其流域和内陆滩涂
>4.5	高	

2.3 生态红线区划定结果

淅川县生态红线区划分如图 5 所示,其中红线区域的占比为 27.67%,主要分布在淅川县丹江水库区以及丹江湿地国家级自然保护区,是水源地、保护区、湿地等分布的重点区域。生态黄线区占整个区域的 51.85%,主要分布在淅川县东北角的香花镇、厚坡镇以及丹阳镇,东面有自北向南的金河镇、上集镇、城关镇和马蹬镇以及西面有自北向南的滔河乡、老城镇和盛湾镇等乡镇。可开发利用区占整个区域的 20.48%,均匀分布在荆紫关镇、西簧乡、寺湾镇、毛堂乡、大石桥乡、上集镇、滔河乡、城湾镇和仓房镇等乡镇(表 5)。

表 5 浙川县生态红线划分区域
Tab.5 Xichuan County ecological red line division area

生态红线区划定 Ecological red line zoning	面积占比/% Area accounted for	分布区域 Distribution area
生态红线区 Ecological red line area	27.67	浙川县丹江水库区以及丹江湿地国家级自然保护区,是水源地、保护区、湿地等分布的重点区域
生态黄线区 Ecological yellow line area	51.85	浙川县东北角的香花镇、厚坡镇以及丹阳镇,东面有自北向南的金河镇、上集镇、城关镇和马蹬镇以及西面有自北向南的滔河乡、老城镇和盛湾镇等乡镇
可开发利用区 Development and utilization of the area	20.48	均匀分布在荆紫关镇、西簧乡、寺湾镇、毛堂乡、大石桥乡、上集镇、滔河乡、城湾镇和仓房镇等乡镇

位于浙川县境内的丹江口水库丹江库区是南水北调中线工程的主要水源地和渠首所在地,是南水北调水质保护的核心区域,如果该区域不能得到有效保护,将严重影响南水北调优质水源的提供,此外,大量的工业污染将是丹江口水库最直接、最严重的污染源,禁止产业在该区域内布局对保护物种资源、维持生态系统良性循环等方面有重要作用,也是浙川县社会经济可持续发展的需要。

3 结论与讨论

本研究基于层次分析法和 ArcGIS 软件空间分析技术对河南省浙川县的生态系统敏感性和生态系统服务功能进行评价,根据指标的重要性和易获取性选择评价指标,得出相应的评价结果。浙川县生态系统敏感性高和生态系统服务价值高的区域主要分布在丹江水库及其流域和内陆滩涂,这部分区域在发挥生态功能,维护生态系统多样性与生态平衡方面尤其重要,但生态较为脆弱,容易受到人为活动的干扰,分别占全县面积的 16.48% 和 16.23%。生态红线区占整个区域的 27.67%,严禁在该区域内进行不符合生态环境功能定位的建设开发活动,应加强生态保护政策体系建设;生态黄线区占整个区域的 51.85%,开发利用这些区域以坚守利用为主,开发为辅,需要重点控制对环境影响较大的开发活动;可开发利用区占整个区域的 20.48%,是产业区选址首先考虑的区域,但要注意合理规划与管制。本文研究结果能为其他县域或特定区域划定生态红线、合理安排产业布局提供一定的参考。

本研究的生态红线是“禁区”,禁止一切有损生态环境的开发活动,划分结果能较好地反映浙川县经济发展的自然环境制约,可以为浙川县经济发展和生态保护提供相应的技术支持。但由于数据的限制没有考虑自然生态风险等因素对产业区建设可能造成的危害,同时,由于评估分值和划分等级与其他同类研究没有统一的标准,导致本文的划分结果和同类研究难免有一定差异。此外,可开发利用区的环境主要污染物排放总量指标对于生态红线划分也具有一定影响,满足公众对环境质量民生的需求,从理论

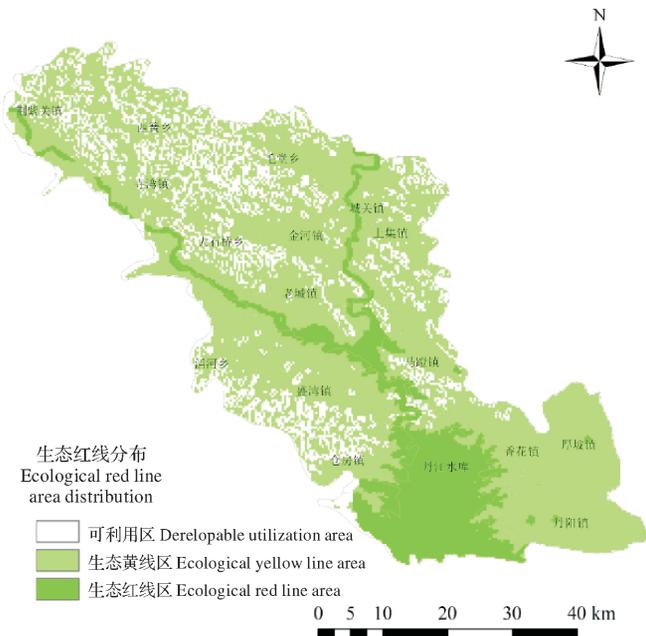


图 5 浙川县生态红线区分布图

Fig.5 Xichuan County ecological red line distribution map

上讲只有对环境影响和终端产生均质影响的污染物才能实行总量控制,虽然目前国家各省市也对单个建设项目污染物排放量进行核定,但是总量指标的底数仍然不清,也无相关文献资料应用说明。因此,笔者认为在今后进一步的研究中,可在不断完善生态系统敏感性和生态系统服务功能评价指标的基础上,加入对生态风险的评价和可开发区的环境主要污染物排放总量指标的研究以便取得精准的划定结果,从而为研究区域产业的合理布局提供更可靠的参考。

参考文献:

- [1] 刘祗坤.鄂尔多斯能源开发区土地利用生态红线划定研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2015.
Liu Z K.Study on demarcation of ecological red line of land use in Erdos Energy Development Zone [D]. Hohhot: Inner Mongolia Normal University, 2015.
- [2] 任虹,郭东罡,上官铁梁,等.长治市生态环境敏感性评价及其空间分布[J].安徽农业科学,2009,37(20):9624-9628.
Reng H, Guo D G, Shangguan T L, et al. Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Changzhi City [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(20): 9624-9628.
- [3] 陈先根.论生态红线概念的界定[D].重庆:重庆大学,2016.
Chen X G. On the definition of the concept of ecological red line [D]. Chongqing: Chongqing University, 2016.
- [4] Hess G R. Communicating clearly about conservation corridors [J]. Landscape & Urban Planning, 2001, 55(3): 195-208.
- [5] 叶近天.县域生态保护红线划定方法研究[D].杭州:浙江大学,2017.
Ye J T. Study on the demarcation of red line of county ecological protection [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017.
- [6] Day J C. Zoning-lessons from the Great Barrier Reef Marine Park [J]. Ocean & Coastal Management, 2002, 45(2): 139-156.
- [7] 张令.环境红线相关问题研究[J].现代农业科技,2013(11):247.
Zhang L. Related issues on environmental red line [J]. Xiandai Nongye Keji, 2013(11): 247.
- [8] 王金南,吴文俊,蒋洪强,等.构建国家环境红线管理制度框架体系[J].环境保护,2014,42(2):26-29.
Wang J N, Wu W J, Jiang H Q, et al. Constructing the system framework of national environmental red line management system [J]. Environmental Protection, 2014, 42(2): 26-29.
- [9] 燕守广,张慧,李海东,等.江苏省陆地和生态红线区域生态系统服务价值[J].生态学报,2017,37(13):4511-4518.
Yan S G, Zhang H, Li H D, et al. Ecosystem service values of the entire land area and ecological redlines in Jiangsu Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(13): 4511-4518.
- [10] 饶胜,张强,牟雪洁.划定生态红线创新生态系统管理[J].环境经济,2012(6):57-60.
Rao S, Zhang Q, Mou X J. Determination of ecosystem management of ecological red line innovation [J]. Environmental Economy, 2012(6): 57-60.
- [11] 左志莉.基于生态红线区划分的土地利用布局研究[D].桂林:广西师范学院,2010.
Zuo Z L. Based on the division of ecological red line land use distribution [D]. Guilin: Guangxi Normal University, 2010.
- [12] 田海宁.汉中市生态脆弱性评价及空间分布规律研究[J].中国农业资源与区划,2017,38(3):148-152.
Tian H N. Evaluation of ecological vulnerability and spatial distribution of Hanzhong City [J]. China Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(3): 148-152.
- [13] 高吉喜,邹长新,王丽霞.划定生态保护红线深化环境影响评价[J].环境影响评价,2014(4):11-14.
Gao J X, Zou C X, Wang L X. Determination of environmental impact assessment for red line of ecological protection [J]. Effects of Environment Impact Assessment, 2014(4): 11-14.
- [14] 余坤勇,刘健,黄维友,等.基于GIS技术的闽江流域生态脆弱性分析[J].江西农业大学学报,2009,31(3):568-573.
Yu K Y, Liu J, Huang W Y, et al. Ecological vulnerability analysis of Minjiang River Basin based on GIS technology [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2009, 31(3): 568-573.
- [15] 刘晟呈.城市生态红线规划方法研究[J].上海城市规划,2012(6):24-29.
Liu S C. Research on urban ecological red line planning [J]. Shanghai City Planning, 2012(6): 24-29.

- [16] 蔡海生,刘木生,李凤英,等.生态环境脆弱性静态评价与动态评价[J].江西农业大学学报,2009,31(1):149-155.
Cai H S, Liu M S, Li F Y, et al. Static evaluation and dynamic evaluation of ecological environment vulnerability[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2009, 31(1): 149-155.
- [17] 许妍,梁斌,鲍晨光,等.渤海生态红线划定的指标体系与技术方法研究[J].海洋通报,2013,32(4):361-367.
Xu Y, Liang B, Bao C G, et al. Study on index system and technical method of delimitation of ecological red line in Bohai [J]. Haiyang Tongbao, 2013, 32(4): 361-367.
- [18] 冯宇.呼伦贝尔草原生态红线区划定的方法研究[D].北京:中国环境科学研究院,2013.
Feng Y. Hulunbuir grassland ecological red line zone delineation method [D]. Beijing: China Academy of Environmental Sciences, 2013.
- [19] 燕守广,林乃峰,沈渭寿.江苏省生态红线区域划分与保护[J].生态与农村环境学报,2014,30(3):294-299.
Yan S G, Lin N F, Shen W S. Regional division and protection of ecological red line in Jiangsu Province [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2014, 30(3): 294-299.
- [20] 吕红迪,万军,王成新,等.城市生态红线体系构建及其与管理制度衔接的研究[J].环境科学与管理,2014,39(1):5-11.
Lv H D, Wan J, Wang C X, et al. Study on the construction of urban ecological red line system and its connection with management system [J]. Environmental Science and Management, 2014, 39(1): 5-11.
- [21] 何勇海.要给“生态红线”通上“高压电”[J].环境保护,2012(11):63.
He Y H. To "high voltage electricity" to the "ecological red line" [J]. Environmental Protection, 2012(11): 63.
- [22] 刘雪华,程迁,刘琳,等.区域产业布局的生态红线划定方法研究:以环渤海地区重点产业发展生态评价为例[C].中国环境科学学会学术年会论文集,2010,711-716.
Liu X H, Cheng Q, Liu L, et al. Study on the method of demarcating the ecological redline area of regional industrial distribution: a case study of ecological assessment of key industries in the Bohai Rim region [C]. Chinese Society of Environmental Sciences Annual Conference Proceedings, 2010, 711-716.
- [23] 张伟东,王雪峰.辽宁省生态功能区划研究[J].中国农业资源与区划,2007,28(2):58-62.
Zhang W D, Wang X F. Study on ecological function zoning in Liaoning Province [J]. China Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2007, 28(2): 58-62.
- [24] 温晓玲,李天宏.淅川县生态服务价值估算及动态变化分析[J].南水北调与水利科技,2013,11(4):140-144.
Wen X L, Li T H. Estimation and dynamic analysis of ecological service value in Xichuan County [J]. South Water Transfer and Water Conservancy Science, 2013, 11(4): 140-144.
- [25] 徐广才,康慕谊,赵从举,等.阜康市生态敏感性评价研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2007,43(1):88-92.
Xu G C, Kang M Y, Zhao C J, et al. Study on ecological sensitivity of Fukang City [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science Edition), 2007, 43(1): 88-92.
- [26] 李斌.层次分析法和特尔斐法的赋权精度与定权[J].系统工程理论与实践,1998,18(12):74-79.
Li B. Weighting and the accuracy of weight estimation in Delphi and AHP [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1998, 18(12): 74-79.
- [27] 杨姗姗,邹长新,沈渭寿,等.基于生态红线划分的生态安全格局构建——以江西省为例[J].生态学杂志,2016,35(1):250-258.
Yang S S, Zou C X, Shen W S, et al. Construction of ecological security patterns based on ecological red line: a case study of Jiangxi Province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(1): 250-258.
- [28] 谢雅婷,周忠发,闫利会,等.贵州省石漠化敏感区生态红线空间分异与管控措施研究[J].长江流域资源与环境,2017,26(4):624-630.
Xie Y T, Zhou Z F, Yan L H, et al. Study on spatial variation and control measures of ecological red line in rocky desertification sensitive area of Guizhou Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(4): 624-630.

- [29] Hong W Y, Jiang R R, Yang C G, et al. Establishing an ecological vulnerability assessment indicator system for spatial recognition and management of ecologically vulnerable areas in highly urbanized regions: a case study of Shenzhen, China [J]. *Ecological Indicators*, 2016(69): 540-547.
- [30] 李晓翠, 何建华. 生态红线划定的技术方法研究——以鄂州市为例[J]. *测绘与空间地理信息*, 2017, 40(1): 50-55.
Li X C, He J H. Research on the technical methods of the delimitation of ecological red line for Ezhou [J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2017, 40(1): 50-55.
- [31] De Lang H J, Sala S, Vighi M, et al. Ecological vulnerability in risk assessment—A review and perspective [J]. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(18): 3871-3879.
- [32] Mora C, Sale P F. Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: a review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2011(434): 251-266.
- [33] 李东海. 基于遥感和GIS的东莞市生态系统服务价值评估研究[D]. 广州: 中山大学, 2008.
Li D H. Study on ecosystem services valuation in Dongguan based on remote sensing and GIS [D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2008.
- [34] 王坤. 基于GIS的吉林省生态系统服务功能评价与生态补偿研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2009.
Wang K. GIS-based evaluation of ecosystem services in Jilin Province and ecological compensation [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2009.
- [35] Link J S. What does ecosystem-based fisheries management mean? [J]. *Fisheries*, 2002, 27(4): 18-21.
- [36] Xin T, Li Z Y, Su Z B, et al. Estimating montane forest above-ground biomass in the upper reaches of the Heihe River Basin using Landsat-TM data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2014, 35(21): 7339-7362.
- [37] Grower L, Norse E. Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning [J]. *Marine Policy*, 2008, 32(5): 772-778.
- [38] 李建军, 苏志珠, 王言荣. 基于GIS的万荣县生态敏感性评价与区划[J]. *中国农业资源与区划*, 2014, 35(5): 48-54.
Li J J, Su Z Z, Wang Y R. Evaluation and regionalization of ecological sensitivity in Wanrong County based on GIS [J]. *Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2014, 35(5): 48-54.