

doi: 10.12097/gbc.2023.02.011

基于地球关键带类型的国土空间生态修复分区研究 ——以河南省西峡县为例

黄培真¹, 赵华甫^{1,2*}, 吴克宁^{1,2}, 钱家乘¹, 李潇¹

HUANG Peizhen¹, ZHAO Huaifu^{1,2*}, WU Kening^{1,2}, QIAN Jiacheng¹, LI Xiao¹

1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083;

2. 自然资源部土地整治重点实验室, 北京 100035

1. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Nature Resources, Beijing 100035, China

摘要: 地球关键带类型单元反映自然本底特征, 可为国土空间生态修复提供科学参考。以土地覆盖、地形、土壤为构成要素, 划分县域地球关键带类型, 并结合 InVEST 模型和 Conefor2.6 模型评估区域生态重要性和生态敏感性, 识别县域国土空间生态修复分区。结果显示: ①西峡县地球关键带类型可划分为一级类型 8 种, 二级类型 19 种, 一级类中阔叶林丘陵地类型为主要类型, 二级类中阔叶林丘陵地淋溶土为主要类型; ②高生态重要性等级地球关键带集中在中部和北部分布, 约占县域的 9.3%。生态敏感性等级高的地球关键带单元主要分布在北部丘陵区; ③按生态等级将地球关键带单元分为底线型、紧张型、缓冲型和一般型 4 类, 县域国土空间生态修复区域分为自然保护区核心保育区、重点生态保护区、一般生态保护区和其他区域。

关键词: 西峡县; 地球关键带类型; 生态重要性; 生态敏感性; 生态修复

中图分类号: P90; X171 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2024)08-1325-11

Huang P Z, Zhao H F, Wu K N, Qian J C, Li X. Research on land-space ecological restoration zoning based on the types of Earth's Critical Zone: A case study of Xixia County, Henan Province. *Geological Bulletin of China*, 2024, 43(8): 1325-1335

Abstract: The type units of Earth's Critical Zone reflect the characteristics of the natural background, which can provide scientific reference for the ecological restoration of land and space. We use land cover, topography and soil as the constituent elements to divide the types of Earth's Critical Zone, the regional ecological importance and ecological sensitivity are evaluated by combining the InVEST model and Conefor2.6 model, and the land-space ecological restoration zone is identified. The results show that: ① The types of Earth's Critical Zone in Xixia County could be divided into 8 first-class types and 19 second-class types, with the Broadleaf forest-Hilly in the first-class types as the main type, and the Broadleaf forest-Hilly-Leaching soil in the second-class types as the main type. ② The units of high ecological importance were concentrated in the central and northern parts, accounting for about 9.3% of the county. The units with high ecological sensitivity are mainly distributed in the northern hilly area. ③ According to the ecological level, the units of Earth's Critical Zone are divided into four categories: bottom line, tension, buffer and general, and the ecological restoration is divided into core conservation area of nature reserve, key ecological reserve, general ecological reserve and other areas.

Key words: Xixia County; types of Earth's Critical Zone; ecological importance; ecological sensitivity; ecological restoration

收稿日期: 2023-02-07; 修订日期: 2023-05-24

资助项目: 教育部人文社会科学研究规划基金《粮食安全语境下耕地弹性空间识别与管控研究》(编号: 21YJA630121)、国家自然科学基金面上项目《区域土地类型划分与耕地资源适应性管理》(批准号: 42171261)和自然资源部科技发展司委托项目《地球关键带与自然资源管理战略研究》

作者简介: 黄培真(1998-), 男, 硕士, 从事国土空间生态修复研究。E-mail: 997972590@qq.com

* 通信作者: 赵华甫(1978-), 男, 博士, 教授, 从事土地评价与规划研究。E-mail: huafuzhao@163.com

随着中国社会经济的高速发展,人类活动对自然生态系统的不良影响日愈增加,导致不同程度的生态环境损害,影响生态系统的自然格局,制约了生态系统功能的正常发挥,如何做好生态保护与修复已成为区域可持续发展的一大挑战(吴钢等, 2019)。国内外有关生态修复取得了丰硕成果,有学者从生态系统服务的角度出发构建生态安全格局,识别区域生态保护修复的关键区域(Zhang et al., 2021; Zhang et al., 2022),开展生态保护修复工作(王晓玉等, 2019; 丁广辉, 2021)。还有学者根据区域典型生态问题(郭迟辉等, 2023),识别出需要保护的重点区域(孔令桥等, 2019; 李潇等, 2019; 刘世梁等, 2019; 刘时栋等, 2019)。

而当前生态修复分区研究大多基于土地利用类型开展,缺乏“山水林田湖草生命共同体”系统思维,不能囊括各个地球圈层的要素。相比而言,基于土地类型的思想开展研究,能够更清晰地反映自然本底条件。国外关于土地类型划分的研究最早源于土被结构的概念(牛志君, 2018),20 世纪 40 年代开始,英国、美国等开展了土壤地理状况(Bushnell, 1943; Fridland, 1974)及土地类型划分研究。20 世纪 50 年代,中国开始土地类型划分研究并形成了中国 1:100 万土地类型划分体系(申元村, 2010; 于恩逸等, 2019),相关研究也扩展到土地类型结构(石玉林, 1985)、农业自然区划(申元村等, 1983)等方面。地球关键带是指从地下水底部或者土壤-岩石交界面一直向上延伸至植被冠层顶部的连续体域,包括岩石圈、水圈、土壤圈、生物圈和大气圈五大圈层交汇的异质性区域(杨顺华等, 2021)。在生态文明建设的背景下,与土地类型同源的“地球关键带”分类思想也被用于分析生态系统结构及土地生态结构特性(杨顺华等, 2021; 张甘霖等, 2021; 李晓亮等, 2022)。

本文以河南省西峡县为例,以土地覆盖、地形、土壤为地球关键带构成要素,划分地球关键带类型,分析县域地球关键带类型的空间和数量结构。基于地球关键带构成要素和类型单元,从生境质量、景观连通性、水土流失敏感性等方面分析县域生态重要性和生态敏感性,结合生态保护红线成果,开展国土空间生态修复分区研究,为生态修复工作提供科学建议。

1 区域概况与研究方法

1.1 研究区概况

西峡县属河南省南阳市,介于北纬 33°05′~33°48′、东经 111°01′~111°46′之间,总面积约 3445.44 km²。属于北亚热带季风区大陆性气候,年平均气温 15.1℃,年降水量 729~935 mm。全县地形多样,地势西北高、东南低(图 1),自然地理特征为“八山一水一分田”。西峡县自然生态条件优越,境内包含国家级自然保护区、森林公园、湿地公园,是伏牛山区重要的生态涵养区。然而,该县人均耕地资源匮乏,同时地质灾害频繁、水土流失严重,区域可持续发展面临严峻的挑战。因此,以西峡县为例开展研究具有代表性。

1.2 数据来源与预处理

本文所用的数据主要来源于以下途径:土地覆盖数据来源于中国科学院空天院(<http://www.aircas.cas.cn/>),空间分辨率为 10 m;数字高程模型 DEM 来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/search>),空间分辨率为 30 m;土壤数据(1:100 万中国数字化土壤图)、降水数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn/>),分辨率为 1 km;生态保护红线数据来源于河南省自然资源科学研究院。根据 DEM 数据,在 ArcGIS 中计算西峡县地形起伏度和沟谷密度;根据土壤数据中的粒径信息进行土壤质地划分(吴克宁等, 2019);根据降水数据计算降水侵蚀力 R 值(刘康等, 2004)。所有数据的空间坐标系统一投影为 2000 国家大地坐标系高斯克吕格投影 37 度带。

1.3 研究方法

1.3.1 地球关键带类型划分方法

地球关键带是地球表层系统自然综合体,其构成要素包括大气、土壤、水、生物、岩石等。为综合反映不同圈层的交互作用机理、形成演化因素、组成与结构特点等主题,践行“山水林田湖草”生态修复思想(刘亚男等, 2021),本文根据研究区生态环境状况及自然资源禀赋,构建了适合县域尺度的二级地球关键带分类体系(表 1):第一级基于土地覆盖与地形;第二级在第一级的基础上增加土壤类型要素。

基于土地覆盖数据,将西峡县除建设用地和水

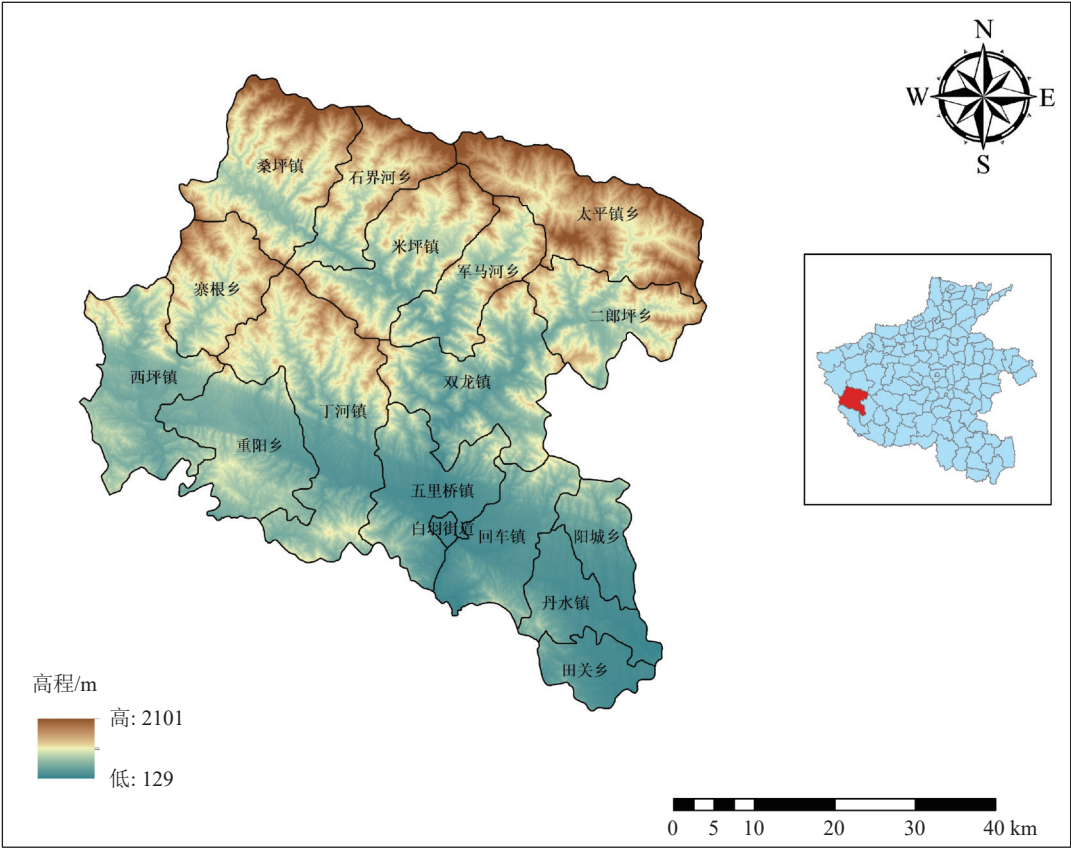


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographic location of the study area

表 1 地球关键带分类级别与命名规则

Table 1 Classification levels and naming rules for Earth's Critical Zone

级别	包含要素	理论单元种类	实际单元种类	命名举例
一级地球关键带	土地覆盖、地形	5×2	8	阔叶林丘陵地
二级地球关键带	土地覆盖、地形、土壤类型	5×2×5	19	阔叶林丘陵地淋溶土

域外区域的土地覆盖划分为栽培植被、灌丛、草丛、针叶林、阔叶林 5 种类型,反映不同种类的土地利用方式。按照中国的地形划分标准(周成虎等,2009),将起伏度小于 30 m 的区域划为平原,起伏度介于 30~200 m 之间的区域划为丘陵,起伏度大于 200 m 的区域划为山地。基于土壤数据,具体到土纲一级,将西峡县内土壤分为人为土、初育土、半水成土、淋溶土、灰岩,以反映成土条件。依据从上到下、从粗到细的原则,采用 GIS 叠法对西峡县地球关键带类型进行划分。

1.3.2 地球关键带类型结构分析

地球关键带类型空间结构能反映各类型在空间的位置及其结构规律。地球关键带类型数量结构主

要通过 3 个方面体现(高晗,2018):面积比(K)、频率比(P)和多样性指数(H)。其中,面积比可反映地球关键带类型的面积占研究区土地总面积的百分比,频率比可反映地球关键带类型的出现频率,多样性指数可反映地球关键带类型多样化的程度。通过计算以上 3 个指标,分析西峡县地球关键带类型的数量特征,指标计算公式如下:

$$K_i = \frac{a_i}{A} \times 100\% \quad (1)$$

式中, K_i 为某种地球关键带类型的面积比, a_i 为该种地球关键带类型的面积, A 为区域土地总面积。

$$P_i = \frac{m_i}{n_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中, P_i 为某种地球关键带类型的频率比, m_i 为该种地球关键带类型总的图斑数目, n_i 为区域内部总的图斑数目。

$$H_i = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$$

(3)

式中, H_i 为某种地球关键带类型的多样性指数, P_i 为地球关键带类型图斑 i 的面积比, m 为该地球关键带类型图斑数目($i=1,2\cdots m$)。

1.3.3 生态重要性评价

生境质量评价采用 InVEST 模型的生境质量模块进行。在这一模块中,通过土地覆盖确定具体用地类型,建设用地、裸地和耕地类型被视为威胁源。通过设置每种威胁源的相对影响力、生境栅格与威胁源之间的距离、生境地类对于威胁源的敏感性等级等参数,采用距离衰减法生成生境质量结果(王晓玉等,2019)。其参数设置如表 2 所示。

景观连通性是对单元之间生态连续性的度量。本文通过 Conefor2.6 计算景观连通性,运用整体连通性指数(Integral Index of Connectivity, IIC)和可能连通性指数(Probability of Connectivity, PC)对研究

区的景观连通性进行评价。在连通性指数计算的基础上,计算每个斑块的重要性 $dIIC$,即每个景观斑块对整体连通性的重要程度,用以表征斑块连通重要性。在斑块连通性指数计算过程中,斑块距离的阈值设为 500 m,连通概率设为 0.5。计算公式如下:

$$dIIC = \frac{IIC - IIC_{remove}}{IIC} \times 100\%$$

(4)

式中, $dIIC$ 表示某斑块被移除后 PC 的变化,用来衡量该斑块对于维持景观连通性的重要程度。 IIC_{remove} 为去除单个斑块后剩余斑块的整体指数值, IIC 表示斑块的整体连通性指数。

最后,以归一化的生境质量评价结果与景观连通性评价结果等权叠加得到生态重要性,按照自然断点法对生态重要性分为 5 个等级。

1.3.4 生态敏感性评价

西峡县主要生态问题为水土流失,因此选取此代表性问题识别生态敏感地区。结合研究区情况,以沟谷密度、地形坡度、土壤质地、植被类型等要素构建水土流失敏感性评价指标体系(表 3)(崔宁等,2021),将各因子进行等权叠加(刘康等,2004;张鑫宇,2021),运用自然断点法将评价结果划为 5 个等级,生成研究区水土流失敏感性评价结果。

1.3.5 国土空间生态修复分区方法

综合地球关键带类型单元的生态重要性和生态敏感性评价结果,对地球关键带单元生态等级进行判别(丁广辉,2021)(表 4),划分为底线型单元、紧张型单元、缓冲型单元、一般型单元和其他单元 5 种类型,一般型等级以上的单元代表具有一定生态重要性且生态系统较脆弱的生态空间,即需要开展国土空间生态修复的地球关键带单元。按照《山水林田湖草生态保护修复工程指南》要求(自然资源部,

表 2 威胁源参数设置

Table 2 Threat source parameter settings

威胁源	建设用地	耕地	裸地
草地	0.6	0.6	0.5
林地	0.7	0.5	0.5
园地	0.7	0.6	0.5
水域	0.7	0.4	0.3
权重	1	0.7	0.2
最大影响距离	0.8	0.5	0.3

表 3 水土流失敏感性影响因子分级

Table 3 Grading of erosion sensitivity impact factors

分级	不敏感(1)	轻度敏感(2)	中度敏感(3)	高度敏感(4)	极敏感(5)
R值	<25	>600	400 ~ 600	100 ~ 400	25 ~ 100
土壤质地	石砾、沙	粗砂土、细砂土、粘土	面砂土、壤土	砂壤土、粉粘土、壤粘土	砂粉土、粉土
地形起伏度/m	0 ~ 20	20 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 300	300 ~ 450
沟谷密度/(km·km ⁻²)	<1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 5	>5
植被类型	水体	阔叶林、针叶林	草丛	栽培植被	裸地
分级赋值(C)	1	3	5	7	9

表 4 地球关键带单元生态等级判别原则

Table 4 Discriminating principles of the ecological level of Earth's Critical Zone units

生态重要性等级	生态敏感性等级	轻度重要	一般重要	中度重要	高度重要	极度重要
不敏感		其他单元	其他单元	其他单元	其他单元	其他单元
低敏感		其他单元	其他单元	其他单元	其他单元	其他单元
中敏感		其他单元	其他单元	一般型单元	缓冲型单元	紧张型单元
高敏感		其他单元	其他单元	缓冲型单元	紧张型单元	底线型单元
极敏感		其他单元	其他单元	紧张型单元	底线型单元	底线型单元

2020), 结合生态保护红线成果对县域国土空间生态修复区域划分, 各自然保护地核心区域内的地球关键带单元构成自然保护地核心保育区; 生态保护红线内其他区域的地球关键带单元构成重点生态保护区; 其余区域的底线型单元、紧张型单元、缓冲型单元和一般型单元共同组成一般生态保护区; 剩余的地球关键带单元为其他区域。

2 研究结果

2.1 地球关键带类型划分结果

2.1.1 地球关键带类型空间结构

西峡县地球关键带一级类型 8 种, 二级类型 19 种(图 2)。从二级地球关键带类型结构看, 研究区主要呈现出以下结构分布模式: ①递变组合模式

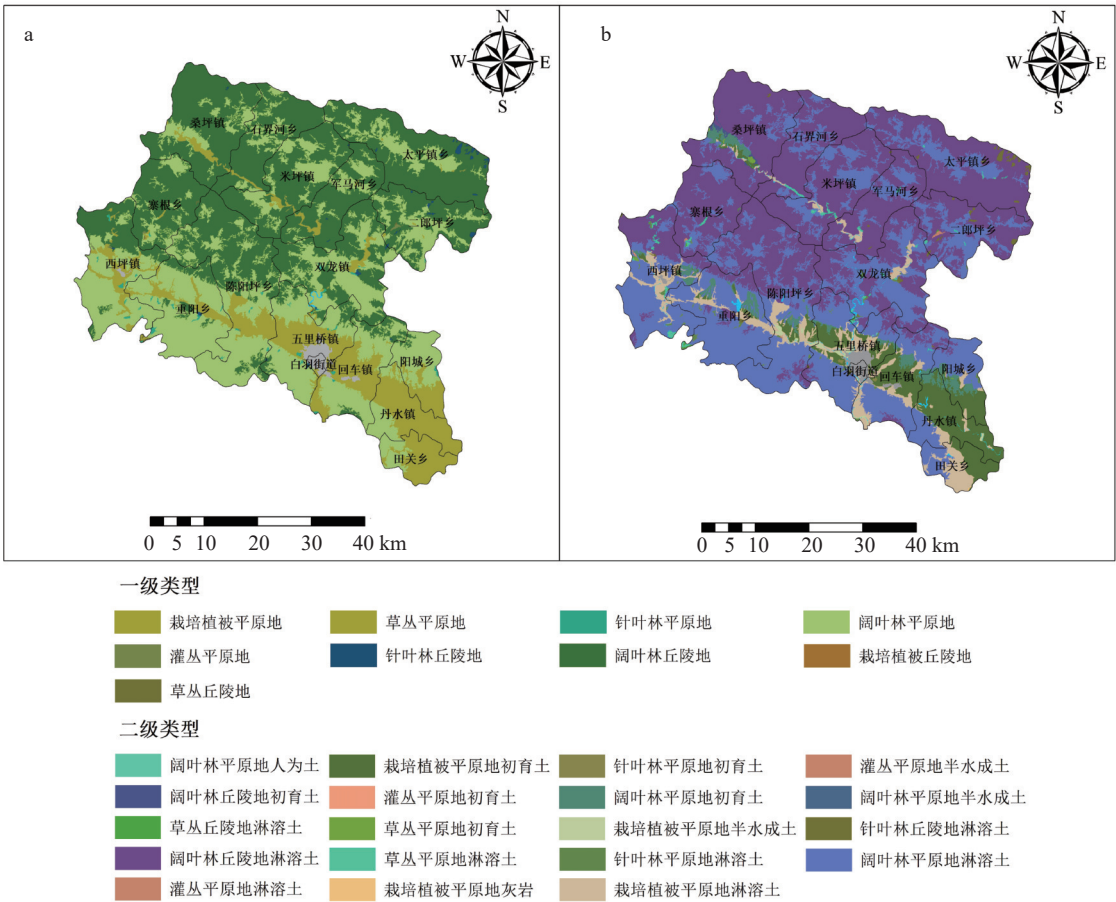


图 2 地球关键带类型划分结果

Fig. 2 Results of the classification of Earth's Critical Zone types
a——一级地球关键带类型; b——二级地球关键带类型

结构,西峡县自东南部平原区向西北部丘陵区,地球关键带类型会随着海拔高度的升高而出现层状递变组合;②镶嵌组合模式结构,北部丘陵地区以阔叶林丘陵区淋溶土为基础,针叶林丘陵区淋溶土、阔叶林平原地淋溶土等类型单元与之交互填充镶嵌;③重复组合模式结构,在西峡县中南部地区存在带状重复模式结构,这种空间分布模式为关键带类型沿河流走向和地势走向排列造成的,栽培植被平原地初育土呈现明显的带状分布,而栽培植被平原地淋溶土呈现出斑块形状分布。

2.1.2 地球关键带类型数量结构

一级地球关键带类型中(表 5),阔叶林丘陵区类型占比最多,约为 47.62%,阔叶林平原地类型次之,约为 37.80%,由多样性指数可以看出,阔叶林丘陵区类型图斑个数较多,与西峡北部丘陵地区地形复杂交错、景观破碎化程度较高有关。阔叶林平原地、栽培植被平原地和草丛平原地多样性指数较低,说明西峡中南部地区地形平坦连片,各种地球关键带类型分布较集中。草丛丘陵区、灌丛平原地和针叶林丘陵区占比较少,分布细碎。

二级地球关键带类型中(表 6),阔叶林丘陵区淋溶土类型面积占比最高,约为 47.470%,阔叶林平原地淋溶土类型次之,约为 35.521%。从占比可以看出,一级地球关键带类型中的阔叶林丘陵区类型中绝大部分经过二级细分变为阔叶林丘陵区淋溶土,一级类型中的阔叶林平原地类型经过二级分类大部分变为阔叶林平原地淋溶土。因此,可判定西峡县大多数林地的土壤条件为淋溶土。从频率比看,草丛平原地淋溶土和针叶林平原地淋溶土的面积较少

表 5 一级地球关键带类型数量结构

Table 5 Quantitative structure of first-class types of Earth's Critical Zone

一级地球关键带类型	面积比	频率比	多样性指数
草丛平原地	0.51%	13.54%	0.000001
草丛丘陵区	0.03%	1.30%	0
灌丛平原地	0.07%	2.60%	0
阔叶林平原地	37.80%	33.59%	0.007182
阔叶林丘陵区	47.62%	18.75%	0.021154
栽培植被平原地	13.26%	8.07%	0.006164
针叶林平原地	0.36%	12.50%	0
针叶林丘陵区	0.34%	9.64%	0.000001

但频率较高,说明西峡县平原地区草地、林地分布较细碎。

2.2 生态重要性评价结果

县域生境质量普遍较高,高值区域分布于县域中北部、南部区域(图 3-a),此现象与县域内绝大部分土地利用类型为林地,植被覆盖率较高有关;生境质量次高区域呈现条带状分布于县域中南部地区,与此区域耕地较多的情况相耦合;生境质量为 0 区域分布于县域内的建设用地区、河谷地区。连通性高值区呈现出县域北部地区集中分布的特点(图 3-b),此区域地球关键带类型主要为阔叶林丘陵区淋溶土;连通性较低的区域主要分布于县域中南部地区,地球关键带类型主要为栽培植被平原地淋溶土。

生态重要性中度重要的地球关键带面积最多,占县域总面积的 69.9%,主要地球关键带类型为阔叶林平原地淋溶土、阔叶林丘陵区淋溶土和栽培植被平原地淋溶土(图 3-c)。生态重要性极度重要和高

表 6 二级地球关键带类型数量结构

Table 6 Quantitative structure of second-class types of Earth's Critical Zone

二级地球关键带类型	面积比	频率比	多样性指数
草丛平原地初育土	0.068%	2.08%	0
草丛平原地淋溶土	0.444%	11.46%	0.000001
草丛丘陵区淋溶土	0.033%	1.30%	0
灌丛平原地半水成土	0.007%	0.26%	0
灌丛平原地初育土	0.004%	0.26%	0
灌丛平原地淋溶土	0.060%	2.08%	0
阔叶林平原地半水成土	0.005%	0.26%	0
阔叶林平原地初育土	2.266%	4.17%	0.000074
阔叶林平原地淋溶土	35.521%	28.91%	0.007108
阔叶林平原地人为土	0.005%	0.26%	0
阔叶林丘陵区初育土	0.152%	0.78%	0.000001
阔叶林丘陵区淋溶土	47.470%	17.97%	0.021152
栽培植被平原地半水成土	0.293%	0.52%	0.000007
栽培植被平原地初育土	7.392%	2.34%	0.004952
栽培植被平原地淋溶土	5.572%	4.95%	0.001206
栽培植被平原地灰岩	0.007%	0.26%	0
针叶林平原地初育土	0.033%	1.30%	0
针叶林平原地淋溶土	0.326%	11.20%	0
针叶林丘陵区淋溶土	0.344%	9.64%	0.000001

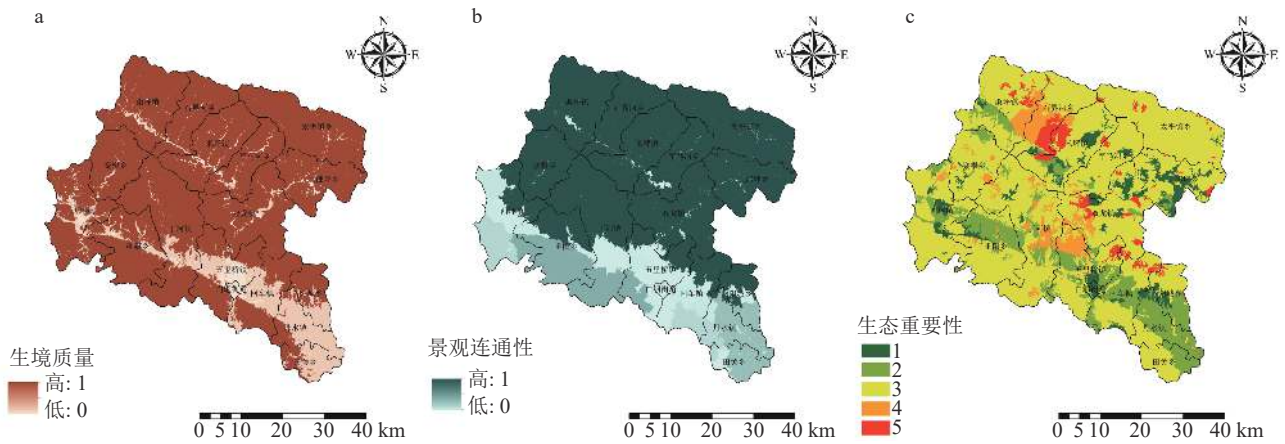


图 3 生态重要性

Fig. 3 Ecological importance

a—生境质量分级; b—景观连通性分级; c—生态重要性分级

度重要的地球关键带单元总面积 319.23 km^2 , 占全县的 9.3%, 分布在县域中部和北部地区, 地球关键带类型主要为阔叶林平原地淋溶土、阔叶林丘陵地淋溶土和针叶林丘陵地淋溶土。生态重要性一般重要和轻度重要的地球关键带呈带状集中分布于西峡县中南部地区, 地球关键带类型较复杂。

2.3 生态敏感性评价结果

西峡县地球关键带类型单元生态敏感性评价结果如图 4 所示。中敏感的地球关键带面积最多, 总面积为 1729.28 km^2 , 占县域总面积的 50.2%, 主要类

型为阔叶林平原地淋溶土和阔叶林丘陵地淋溶土。生态敏感性为低敏感和不敏感的地球关键带呈带状分布于县域中南部平原地区, 主要类型为阔叶林丘陵地淋溶土、阔叶林平原地淋溶土和栽培植被平原地淋溶土。生态敏感性极敏感和高敏感的地球关键带单元分布于西峡县北部丘陵地区, 总面积 442.6 km^2 , 占全县的 12.8%, 主要类型为阔叶林丘陵地淋溶土。

2.4 国土空间生态修复区域划分

由县域地球关键带单元生态等级划分结果(表 7; 图 5-a)看, 一般型地球关键带单元较多, 分布于县域北部、中部及南部地区, 类型以阔叶林丘陵地淋溶土、阔叶林平原地淋溶土等为主; 缓冲型地球关键带单元分布在县域中部和东北部地区, 主要类型为阔叶林平原地淋溶土和阔叶林丘陵地淋溶土; 紧张型单元集中分布在县域北部桑坪镇等地区, 在县域中部也有零散分布, 阔叶林丘陵地淋溶土类型占比较大; 底线型单元细碎分布于双龙镇、太平镇等乡镇。

根据西峡县国土空间生态修复分区(图 5-b)看, 自然保护区核心保育区有 2 类, 总面积 255.86 km^2 , 伏牛山国家级自然保护区位于县域北部, 地球关键带类型以阔叶林丘陵地淋溶土为主, 生态等级主要为一般型; 大鲵省级自然保护区位于县域北部和中部地区, 地球关键带类型以阔叶林丘陵地淋溶土和阔叶林平原地淋溶土为主, 生态等级包括一般型和紧张型。重点生态保护区在县域北部、中部集中分布, 在南部零散分布, 总面积 801.07 km^2 , 以阔叶林丘

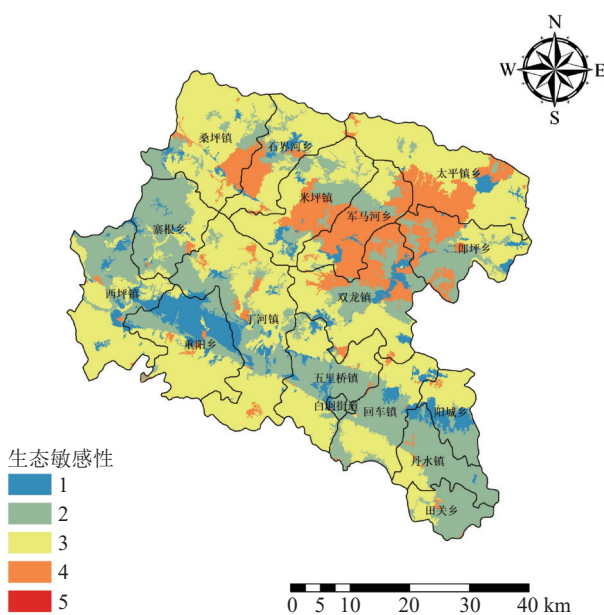


图 4 生态敏感性

Fig. 4 Ecological sensitivity

表 7 各生态等级地球关键带类型

Table 7 Types of Earth's Critical Zone by ecological class

生态等级	一级地球关键带类型	二级地球关键带类型
一般型单元	栽培植被平原地	栽培植被平原地淋溶土
	阔叶林平原地	阔叶林平原地淋溶土、阔叶林平原地初育土
	针叶林平原地	针叶林平原地淋溶土、针叶林平原地初育土
	草丛平原地	草丛平原地初育土、草丛平原地淋溶土
	阔叶林丘陵区	阔叶林丘陵区淋溶土
	针叶林丘陵区	针叶林丘陵区淋溶土
缓冲型单元	栽培植被平原地	栽培植被平原地初育土、栽培植被平原地淋溶土、栽培植被平原地灰岩
	阔叶林平原地	阔叶林平原地淋溶土
	针叶林平原地	针叶林平原地淋溶土
	草丛平原地	草丛平原地淋溶土
	阔叶林丘陵区	阔叶林丘陵区淋溶土
	针叶林丘陵区	针叶林丘陵区淋溶土
紧张型单元	阔叶林平原地	阔叶林平原地淋溶土
	针叶林平原地	针叶林平原地淋溶土
	阔叶林丘陵区	阔叶林丘陵区淋溶土
	针叶林丘陵区	针叶林丘陵区淋溶土
底线型单元	阔叶林平原地	阔叶林平原地淋溶土
	针叶林平原地	针叶林平原地淋溶土
	草丛平原地	草丛平原地淋溶土
	阔叶林丘陵区	阔叶林丘陵区淋溶土
	针叶林丘陵区	针叶林丘陵区淋溶土

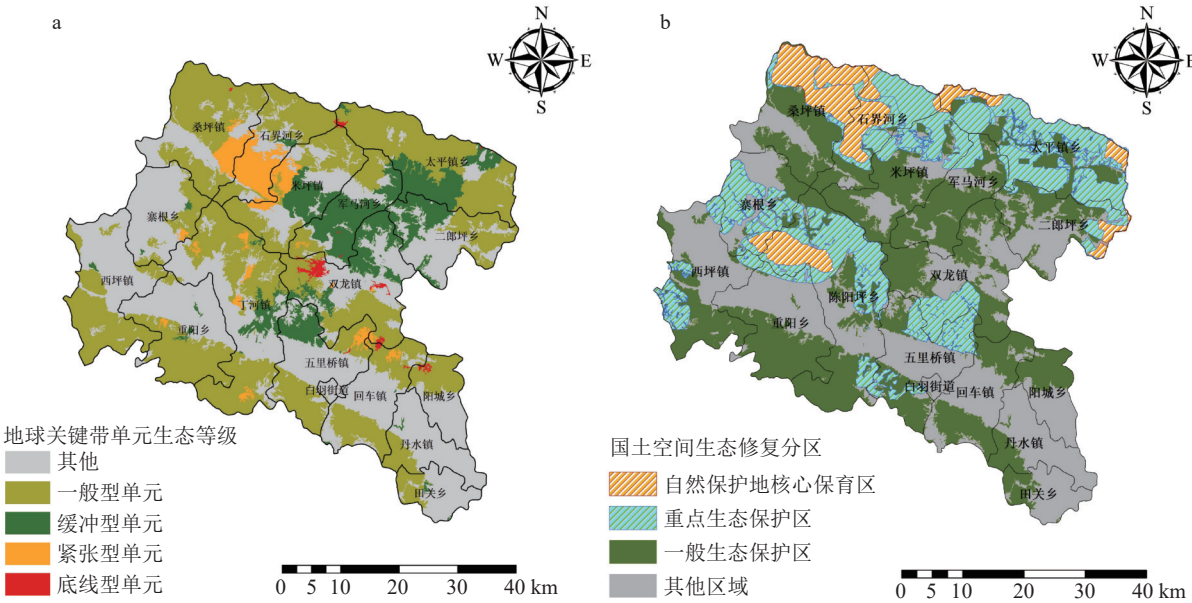


图 5 西峡县国土空间生态修复区域划分

Fig. 5 Regional division of land space ecological restoration in Xixia County
a—地球关键带单元生态等级; b—国土空间生态修复分区

陵地淋溶土和阔叶林平原地淋溶土为主,生态等级包括一般型、缓冲型和紧张型。一般生态保护区总面积 1261.5 km²,可根据地球关键带单元生态等级的高低采取相应的生态修复措施。

2.5 国土空间生态保护修复对策

底线型地球关键带单元主要分布于一般生态保护区和重点生态保护区内,此类地球关键带单元生态敏感性和生态重要性等级最高。地球关键带类型以阔叶林丘陵地淋溶土为主,土地覆盖主要为林地,土壤条件较差,易发生水土流失等灾害。在开展生态保护修复时,对于处在一般生态保护区内的单元,应重点防治水土流失生态问题,加强生物多样性保护;对于处在重点生态保护区内的单元,水土流失现象较严重,开展生态修复工程时,应以辅助再生为主,必要时采取生态重建。

紧张型地球关键带单元主要分布于自然保护区核心保育区和重点生态保护区内,此类地球关键带单元生态敏感性和生态重要性均处于较高的等级,主要地球关键带类型为阔叶林丘陵地淋溶土和针叶林丘陵地淋溶土。从地球关键带类型构成要素看,地形多为起伏适中的丘陵,土壤条件以淋溶土为主,土地覆盖多为林地。同时,区域内包含大鲵自然保护区、寺山国家森林公园等重要区域,并分布有河流。此地区开展生态修复工程时应以自然恢复为主,辅助再生为辅的模式,加强水源涵养与生物多样性保护措施,防止水土流失灾害发生,加强动态监测和定期维护保障生态系统平衡和水源涵养功能;对林地进行新造林和现有林的改培及中幼林的抚育,加强附属设施建设。

缓冲型和一般型地球关键带单元主要分布于一般生态保护区内,类型主要为阔叶林丘陵地淋溶土和阔叶林平原地淋溶土,具有一定的生态重要性和生态敏感性。从地球关键带的构成要素看,此区域地形由丘陵地向平原地过渡,土地覆盖主要为林地。在进行生态修复时,应主要采用保护保育的模式,提高林分质量、稳定性和效益水平,关注区域水源涵养功能和生物多样性的保护。

生态等级为其他的地球关键带单元主要分布于其他区域内,类型主要为栽培植被平原地、草丛平原地、阔叶林平原地,地形限制因子对其作用不大,因此生态重要性较低,敏感性不高。地表覆盖为栽培植被的地球关键带单元应在生态环境承载力允许的

条件下进行资源开发利用,避免有害的生产生活方式,调整农用地使用结构,提高土地利用效率;土地覆盖为林地的地球关键带单元应加强水土保持建设,避免水土流失灾害发生。

3 结 论

基于地球关键带类型单元划分结果,本次研究结合县域生态重要性和生态敏感性进行分析,识别出西峡县国土空间生态修复分区,并得到以下结论。

(1)西峡县地球关键带类型可分为一级类型 8 种,以阔叶林丘陵地和阔叶林平原地为主;二级类型 19 种,以阔叶林丘陵地淋溶土和阔叶林平原地淋溶土为主。

(2)生境质量高值区域分布于县域中北部、南部区域,景观连通性高值区域在县域北部地区集中分布,综合得到生态重要性为中度重要的地球关键带总面积最大,极度重要和高度重要的地球关键带主要分布于县域中、北部。生态敏感性为中敏感的地球关键带最多,极敏感和高敏感的地球关键带分布于北部丘陵地区。

(3)通过对地球关键带单元生态重要性与生态敏感性综合分析,以一般型、缓冲型、紧张型、底线型对地球关键带单元进行划分,结合生态红线成果,确定国土空间生态修复分区并提出相应的措施建议。

本文考虑到西峡县典型生态问题为水土流失,在生态敏感性评价时仅选取水土流失敏感性进行分析。但从区域、景观不同尺度进行分析,仍存在地质灾害、水环境污染等方面的问题,在后续研究中应加入其他生态敏感因子进行全面分析。

References

- Bushnell T M. 1943. Some aspects of the soil catena concept[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 7(C): 466–476.
- Cui N, Yu E Y, Li S, et al. 2021. Protection measures of plateau lake based on ecosystem sensitivity and importance of ecosystem function: the case of Lake Dalinor Basin[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 41(3): 949–958 (in Chinese with English abstract).
- Ding G H. 2021. Research on identification and strategy of key areas of ecological protection and restoration based on circuit theory: A case of Xixia County, Henan Province[D]. Master's thesis, China University of Geosciences (Beijing) (in Chinese with English abstract).
- Fridland V M. 1974. Structure of the soil mantle[J]. *Geoderma*, 12(1): 35–41.

- Gao H. 2018. Land classification and division in Hunan Province[D]. Master's thesis, Hunan Agricultural University (in Chinese with English abstract).
- Guo C H, Zhang M S, Wang Y, et al. 2023. Ecological restoration of China's territorial space in Yulin section of the Yellow River Basin through nature-based solutions[J]. *Geological Bulletin of China*, 42(10): 1745–1756(in Chinese with English abstract).
- Kong L Q, Zheng H, Ouyang Z Y. 2019. Ecological protection and restoration of forest, wetland, grassland and cropland based on the perspective of ecosystem services: a case study in Dongting Lake Watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8903–8910(in Chinese with English abstract).
- Li X, Wu K N, Liu Y N, et al. 2019. Ecological protection and restoration of mountains–rivers–forests–farmlands–lakes–grasslands based on ecosystem services—utilizing Heshan section of the south Taihang area as an example[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8806–8816(in Chinese with English abstract).
- Li X L, Wu K N, Feng Z, et al. 2022. Research progress of land surface system classification: From land type to Earth's critical zone type[J]. *Progress in Geography*, 41(3): 531–540(in Chinese with English abstract).
- Liu K, Kang Y, Cao M M, et al. 2004. GIS-based assessment on sensitivity to soil and water loss in Shaanxi Province[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 18(5): 168–170(in Chinese with English abstract).
- Liu S D, Liu L, Zhang J J, et al. 2019. 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[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8998–9007 (in Chinese with English abstract).
- Liu S L, Dong Y H, Sun Y X, et al. 2019. Priority area of mountains–rivers–forests–farmlands–lakes–grasslands based on the improvement of ecosystem services: A case study of Guizhou Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8957–8965(in Chinese with English abstract).
- Liu Y N, Wu K N, Li X L, et al. 2021. Land-type classification at provincial level based on GIS and Fuzzy SOFM model: A case study of Henan Province[J]. *China Land Science*, 35(11): 112–122(in Chinese with English abstract).
- Ministry of Natural Resources. 2020. Guidelines for ecological protection and restoration of mountains, waters, forests, fields, lakes and grasses (trial)[R].
- Niu Z J. 2018. Study on the classification and structure analysis of land types in Laiyuan County[D]. Master's thesis, Hebei Agricultural University (in Chinese with English abstract).
- Shen Y C, Li C W. 1983. A preliminary study on the structure of land types and agricultural natural regionalization: Based on the study of Beijing area[J]. *Geographical Research*, (4): 11–22 (in Chinese with English abstract).
- Shen Y C. 2010. Studies on land types: Academic significance, function and prospect[J]. *Geographical Research*, 29(4): 575–583(in Chinese with English abstract).
- Shi Y L. 1985. Main characteristics of China's mountains and their rational utilization[J]. *Resources Science*, (4): 1–7(in Chinese with English abstract).
- Wang X Y, Feng Z, Wu K N, et al. 2019. Ecological conservation and restoration of life community theory based on the construction of ecological security pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8725–8732 (in Chinese with English abstract).
- Wu G, Zhao M, Wang C X. 2019. Research on the theoretical support system of ecological protection and restoration of full-array ecosystems[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8685–8691 (in Chinese with English abstract).
- Wu K N, Zhao R. 2019. Soil texture classification and its application in China[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 56(1): 227–241(in Chinese with English abstract).
- Yang S H, Zhang G L. 2021. What is the Critical Zone[J]. *Science*, 73(5): 4,33–36(in Chinese with English abstract).
- Yu E Y, Qi L, Dai L M, et al. 2019. Correlation analysis of elements in the mountains–rivers–forests–farmlands–lakes–grasslands life community: using Changbai mountains as an example[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(23): 8837–8845(in Chinese with English abstract).
- Zhang C, Fang S M. 2021. Identifying and zoning key areas of ecological restoration for territory in resource-based cities: A case study of Huangshi City, China[J]. *Sustainability*, 13(7): 3931.
- Zhang G L, Song X D, Wu K N. 2021. A classification scheme for Earth's critical zones and its application in China[J]. *Science China Earth Sciences*, 64(10): 1709–1720(in Chinese with English abstract).
- Zhang H T, Li J L, Tian P, et al. 2022. Construction of ecological security patterns and ecological restoration zones in the city of Ningbo, China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 32(4): 663–681.
- Zhang X Y. 2021. Analysis and Evaluation of Sensitivity of Soil Erosion in Bin Xian[D]. Master's thesis, Northeast Agricultural University (in Chinese with English abstract).
- Zhou C H, Cheng W M, Qian J K. 2009. Research on the classification system of digital land geomorphology of 1: 1 000 000 in China[J]. *Journal of Geo-information Science*, 11(6): 707–724(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 崔宁, 于恩逸, 李爽, 等. 2021. 基于生态系统敏感性与生态功能重要性的高原湖泊分区保护研究——以达里湖流域为例[J]. *生态学报*, 41(3): 949–958.
- 丁广辉. 2021. 基于电路理论的生态保护修复关键区域识别及策略研究[D]. 中国地质大学(北京) 硕士学位论文.
- 高晗. 2018. 湖南省土地分类及分区研究[D]. 湖南农业大学硕士学位论文.
- 郭迟辉, 张茂省, 王尧, 等. 2023. 基于自然解决方案的黄河中游国土空间生态修复——以陕西榆林国土空间生态修复为例[J]. *地质通报*, 42(10): 1745–1756.
- 孔令桥, 郑华, 欧阳志云. 2019. 基于生态系统服务视角的山水林田湖

- 草生态保护与修复——以洞庭湖流域为例[J]. 生态学报, 39(23): 8903–8910.
- 李潇, 吴克宁, 刘亚男, 等. 2019. 基于生态系统服务的山水林田湖草生态保护修复研究——以南太行地区鹤山区为例[J]. 生态学报, 39(23): 8806–8816.
- 李晓亮, 吴克宁, 冯喆, 等. 2022. 陆地表层系统分类研究进展——从土地类型到地球关键带类型[J]. 地理科学进展, 41(3): 531–542.
- 刘康, 康艳, 曹明明, 等. 2004. 基于 GIS 的陕西省水土流失敏感性评价[J]. 水土保持学报, (5): 168–170.
- 刘时栋, 刘琳, 张建军, 等. 2019. 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[J]. 生态学报, 39(23): 8998–9007.
- 刘世梁, 董玉红, 孙永秀, 等. 2019. 基于生态系统服务提升的山水林田湖草优先区分析——以贵州省为例[J]. 生态学报, 39(23): 8957–8965.
- 刘亚男, 吴克宁, 李晓亮, 等. 2021. 基于 GIS 和模糊 SOFM 模型的省级尺度土地类型划分研究——以河南省为例[J]. 中国土地科学, 35(11): 112–122.
- 牛志君. 2018. 涞源县土地类型划分与结构分析研究[D]. 河北农业大学硕士学位论文.
- 申元村, 李昌文. 1983. 土地类型结构与农业综合自然区划的初步研究——以北京市为例[J]. 地理研究, (4): 11–22.
- 申元村. 2010. 土地类型研究的意义、功能与学科发展方向[J]. 地理研究, 29(4): 575–583.
- 石玉林. 1985. 我国山地的主要特点及其合理利用[J]. 自然资源, (4): 1–7.
- 王晓玉, 冯喆, 吴克宁, 等. 2019. 基于生态安全格局的山水林田湖草生态保护与修复[J]. 生态学报, 39(23): 8725–8732.
- 吴钢, 赵萌, 王辰星. 2019. 山水林田湖草生态保护修复的理论支撑体系研究[J]. 生态学报, 39(23): 8685–8691.
- 吴克宁, 赵瑞. 2019. 土壤质地分类及其在我国应用探讨[J]. 土壤学报, 56(1): 227–241.
- 杨顺华, 张甘霖. 2021. 什么是地球关键带[J]. 科学, 73(5): 4, 33–36.
- 于恩逸, 齐麟, 代力民, 等. 2019. “山水林田湖草生命共同体”要素关联性分析——以长白山地区为例[J]. 生态学报, 39(23): 8837–8845.
- 张甘霖, 宋效东, 吴克宁. 2021. 地球关键带分类方法与中国案例研究[J]. 中国科学: 地球科学, 51(10): 1681–1692.
- 张鑫宇. 2021. 宾县水土流失敏感性分析与评价[D]. 东北农业大学硕士学位论文.
- 自然资源部. 2020. 山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)[R].
- 周成虎, 程维明, 钱金凯, 等. 2009. 中国陆地 1 : 100 万数字地貌分类体系研究[J]. 地球信息科学学报, 11(6): 707–724.