

Research on the Budget Quota Standards for Territorial Spatial Planning based on the Benchmark Price Adjustment Method

WANG Yumeng, XU Enyu^{*}, LI Hong, LIU Yinghan, CHANG Hongyu
(Heilongjiang Institute of Land and Spatial planning, Harbin 150090, China)

Abstract: The purpose of the study is to standardize the health and sustainable development of the spatial planning industry, improve the service quality of the spatial planning and improve the efficiency of the government's purchase of services through the formulation of budget quota standards for territorial space planning. The research methods include benchmark price method, comparative analysis method, empirical analysis method and expert scoring method. The research results are as follows: (1) The fee calculation for territorial space planning at the prefecture level and county (district) level or above is the final result obtained by multiplying the sum of the comprehensive planning benchmark price and the central urban area benchmark price by the flexibility adjustment coefficient. There's no flexibility adjustment for the fee for township – level territorial space planning. (2) The elastic adjustment coefficient includes difficulty adjustment coefficient, dynamic adjustment coefficient and additional floating range. The difficulty adjustment coefficient is further divided into population density adjustment coefficient, approval difficulty adjustment coefficient and sea – related difficulty adjustment coefficient.

Key words: territorial space planning; benchmark price; elastic adjustment; sectional cumulative billing; nationwide

六盘水市矿山环境治理中植被恢复的生态效益评估

沈庆波*

(六盘水市自然资源局, 贵州 六盘水, 553000)

摘要:本文旨在评估六盘水市矿山环境治理项目中植被恢复的生态效益。研究基于生态学理论,综合运用生态系统服务价值评估法、生物多样性指数法及统计分析法,整合实地监测(含遥感影像解译)、文献数据及案例对比数据,构建包含生态系统服务功能、生物多样性和土壤与水土保持的三维评估体系。结果表明,六盘水市矿山植被恢复项目显著提升了水源涵养能力、土壤保持能力和气候调节功能,植物、动物及微生物多样性得到有效恢复,土壤肥力增强,侵蚀速率降低。具体而言,水源涵养能力提升了20%,土壤侵蚀速率降低了60%,植物种类增加了50%,动物种类增加了80%,土壤有机质含量提高了66.7%。研究为六盘水市及同类地区的矿山环境治理提供了科学的评估方法和实践参考,对推动生态修复和可持续发展具有重要意义。

关键词:植被恢复;生态效益;矿山环境治理;评估体系

中图分类号:XT5 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)04-0021-8

0 引言

在全球生态环境退化的背景下,矿山环境治理不仅是生态修复的需要,更是促进区域可持续发展的关键^[1]。区域发展作为推动经济、社会和生态协调统一的核心,对矿山生态修复提出了更高要求。近年来,国内外学者在区域发展与生态修复的结合方面进行了诸多研究。例如,沈蕾等指出,生态修复项目需要与区域社会发展紧密结合,才能实现生态效益与经济效益的双赢^[2]。六盘水市作为西南地区重要的矿产资源城市,其矿山环境治理不仅是生态修复的需要,更是推动区域经济转型和社会可持续发展的关键。因此,本研究将区域发展作为创新点,探讨植被恢复如何在矿山环境治理中实现生态效益与区域发展的协调统一。

国外在矿山环境治理与植被恢复生态效益评估方面,如欧美一些矿业发达国家,已经形成了较为完善的研究体系,包括采用先进的遥感监测技术和复杂的生态系统模型进行评估等。国内近年来虽在矿山生态修复方面投入了大量研

究,但在针对特定地区如六盘水市这样以煤炭开采为主的资源型城市的深入研究相对较少,且在评估方法的本土化适应性方面还有待进一步探索^[3]。本研究将结合国内外成果,通过文献综述、实地调查和数据分析等方法,探讨植被恢复的技术措施、量化评估生态效益,为六盘水市及同类地区提供科学依据和实践参考。

1 六盘水市矿山环境概述

1.1 项目背景与目标

六盘水市作为中国西南地区的重要矿产资源城市,长期矿山开采活动对当地环境造成了显著影响。在过去的几十年间,六盘水市的多个矿山进行了大规模开采,此次重点治理的矿山范围涵盖了水城区、钟山区、盘州市等多个区域的部分矿山,总面积约为120km²。六盘水市矿产分布如图1所示。

矿山开采导致土地资源受损,大片区域被挖掘和剥离,严重破坏了原有地貌。同时,开采过程中产生的大量废水未经处理直接排放,严重污染了地表水和地下水系统。据相关监测数据显

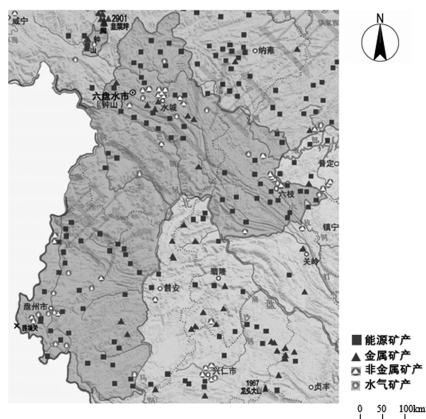


图1 六盘水市矿产分布

地图来源:贵州省自然资源厅

示,受污染的地表水体面积达到了 30hm^2 , 周边地下水的多项指标也严重超标。此外, 矿山开采还导致植被破坏, 生物多样性大幅下降, 许多本地动植物种类因生存环境恶化而减少甚至消失。如图2所示, 六盘水水城区观音山矿山面临生态破坏的严峻问题, 该矿山原有植被覆盖率约为40%, 在开采后下降至15%左右, 动物种类也减少了约60%。



图2 六盘水水城区观音山矿山生态破坏图

因此, 六盘水市提出了矿山环境治理项目, 旨在通过科学规划与实施, 有效改善矿山生态环境, 恢复生态系统服务功能。项目计划在未来5年内, 对上述范围内的矿山进行全面修复, 包括植被恢复、水体治理、地貌重塑等, 以实现生态系统的可持续发展。

1.2 治理措施与实施策略

为应对植被破坏问题, 六盘水市采取了多种植被恢复措施。在技术方法上, 实施了封山育林

政策, 限制人类活动干扰, 促进了自然植被恢复^[4]; 同时, 通过人工造林和植被群落重建等方式, 种植适应性强的本土植物, 增加植被覆盖度^[5]。在植被恢复的实践中, 六盘水市还成功实施了多个工程案例, 通过引入先进生态修复技术, 结合土壤改良措施, 实现了矿山区域的生态功能提升^[6]。这些措施不仅有助于恢复生态系统的稳定, 还为当地经济的可持续发展奠定了坚实基础。

2 评估体系构建

在六盘水市矿山环境治理的过程中, 植被恢复作为关键措施之一, 对于改善矿山生态环境、提升生态系统服务功能具有重要意义^[7]。本章将围绕植被恢复的生态效益评估展开详细探讨, 通过构建科学的评估指标体系, 采用合理的评估方法, 对六盘水市矿山植被恢复的生态效益进行全面分析, 以期为同类地区的生态修复提供有益参考。

2.1 评估指标体系的构建

为系统评估六盘水市矿山植被恢复生态效益, 本研究基于生态经济学等理论构建综合评估指标体系。该体系涵盖生态系统服务功能(含水源涵养、土壤保持、气候调节指标)、生物多样性(含植物、动物、微生物多样性指标)、土壤与水土保持(含土壤肥力、土壤侵蚀速率指标)、区域发展(含就业机会创造、经济转型潜力、居民满意度指标)四个维度, 通过不同数据来源与评估方式, 全面反映生态系统结构功能完整性及植被恢复带来的生态效益等关键方面。具体指标及其评估方法、理论依据如表1所示。

2.2 评估方法与数据来源

为确保评估结果的准确性和科学性, 本研究采用了生态系统服务价值评估法、生物多样性指数法等多种评估方法, 并结合实地监测数据、遥感影像数据、文献资料等多种数据来源进行综合评估。

2.2.1 评估方法

生态系统服务价值评估法: 该方法通过量化

表 1 六盘水市矿山植被恢复生态效益评估指标体系

维度	具体指标	描述	评估方法	数据来源	理论依据
生态系统服务功能	水源涵养能力	通过植被恢复,增加地表植被覆盖,提高土壤保水能力,从而增强水源涵养功能。	监测降水后地表径流量、地下水位变化等指标。	降水后地表径流量数据来自水城区水文监测站,地下水位变化数据来自观音山矿山地下水监测井。	基于生态经济学理论,水源涵养是生态系统提供的重要服务之一,对维持水资源可持续利用至关重要 ^[8] 。
	土壤保持能力	植被恢复有助于减少水土流失,保持土壤肥力。	考察土壤侵蚀速率、土壤厚度、土壤有机质含量等指标。	土壤侵蚀速率数据通过遥感影像和实地观测获取,土壤厚度和有机质含量数据来自土壤样本实验室分析。	土壤保持是生态系统服务的重要组成部分,对维护土地生产力和生态安全具有重要意义 ^[9] 。
	气候调节功能	植被通过蒸腾作用影响局部气候,有助于降低温度、增加湿度。	分析植被恢复前后区域温度、湿度等气候因子的变化。	气候数据来自水城区气象站,包括项目实施前后的温度和湿度记录。	气候调节是生态系统对全球气候变化的重要响应和调节机制 ^[10] 。
生物多样性	植物多样性	通过调查植被恢复区域内植物种类、数量、分布及群落结构,评估植物多样性的恢复程度。	调查植物种类、数量、分布及群落结构。	植物种类和数量数据来自实地调查,群落结构分析基于生态学专家评估。	植物多样性是生态系统稳定性和抵抗力的重要指标,对维持生态系统功能和服务至关重要 ^[11] 。
	动物多样性	动物多样性受植物多样性的影响,可通过监测恢复区域内鸟类、昆虫等动物的种类、数量及活动情况来评估。	监测鸟类、昆虫等动物的种类、数量及活动情况。	动物种类和数量数据来自野生动物调查,活动情况数据通过观测和记录获取。	动物多样性反映了生态系统的复杂性和完整性,是生态系统健康的重要标志 ^[12] 。
	微生物多样性	土壤微生物多样性对土壤健康和植物生长至关重要。	采集土壤样本进行微生物群落分析。	土壤样本来自随机分布的采样点,微生物群落分析在实验室进行。	微生物多样性是土壤生态系统功能和生产力的基础,对维持土壤健康和植物生长具有关键作用 ^[13] 。
土壤与水土保持	土壤肥力	通过检测土壤有机质含量、氮磷钾等营养元素的含量,评估土壤肥力的恢复情况。	检测土壤有机质含量、氮磷钾等营养元素的含量。	土壤样本数据来自项目实施前后的实验室分析。	土壤肥力是土地生产力的基础,对农业生产和生态系统功能具有重要影响 ^[14] 。
	土壤侵蚀速率	利用遥感影像数据、实地观测等手段,监测植被恢复前后土壤侵蚀速率的变化,评估植被恢复对水土保持的贡献。	利用遥感影像数据、实地观测等手段监测土壤侵蚀速率。	土壤侵蚀速率数据通过遥感影像分析和实地观测结合获取。	土壤侵蚀是土地退化的主要表现形式之一,对生态系统功能和生产力具有破坏作用 ^[15] 。

续表

维度	具体指标	描述	评估方法	数据来源	理论依据
区域发展	就业机会创造	评估植被恢复项目对当地就业的促进作用,包括新增就业岗位数量和就业类型	通过问卷调查和就业数据统计分析新增就业岗位数量和类型。	就业数据来自当地人力资源和社会保障部门,问卷调查数据来自项目实施区域内的居民和企业。	生态修复项目对区域经济的贡献可以通过就业机会的增加来衡量 ^[16] 。
	经济转型潜力	评估植被恢复对区域经济转型的推动作用,如生态旅游等新兴产业的发展潜力。	分析生态旅游等新兴产业的发展趋势和经济收益。	经济数据来自当地统计局和相关企业,生态旅游数据来自旅游部门统计。	生态修复项目可以促进区域经济转型和可持续发展 ^[17] 。
	居民满意度	评估居民对生态环境改善的满意度,反映生态修复对生活质量的影响。	通过问卷调查收集居民对生态环境改善的满意度数据。	问卷调查数据来自项目实施区域内的居民。	居民满意度是衡量生态修复项目社会效益的重要指标 ^[18] 。

生态系统提供的各项服务功能的价值,来评估生态系统的整体效益^[19]。在六盘水市矿山植被恢复的生态效益评估中,参考了国内外相关研究成果,结合本地实际情况,对水源涵养、土壤保持、气候调节等生态系统服务功能进行了价值评估。生态经济学理论强调经济发展与生态环境保护的协调统一,生态系统服务价值评估法正是这一理念的具体应用,通过量化生态系统的服务价值,为植被恢复的生态效益提供科学依据。

生物多样性指数法:通过计算生物多样性指数(如 Shannon - Wiener 指数、Simpson 指数等),来评估植被恢复区域内生物多样性的恢复情况。生物多样性保护是生态系统恢复的重要目标之一,生物多样性指数法正是基于这一目标而发展的评估方法。通过计算生物多样性指数,可以客观地评估植被恢复对生物多样性的提升作用。

统计分析法:利用统计软件对实地监测数据进行分析,揭示植被恢复与生态效益之间的相关关系,评估植被恢复的生态效益^[20]。统计分析法是基于大量实地监测数据而进行的科学分析,与生态经济学理论和生态系统服务价值评估理论紧密相连。通过统计分析,可以验证植被恢复对生态系统服务功能的提升作用,为理论提供实证支持。

2.2.2 数据来源

实地监测数据:通过设立固定监测样点,定期采集植被、土壤、气候等数据,为评估提供直接依据。实地监测数据是生态经济学理论和生态系统服务价值评估理论在实际应用中的具体体现。通过实地监测,可以获取第一手数据,为理

论提供实证支持。

遥感影像数据:利用遥感技术获取植被覆盖率、土地利用类型等信息,为评估提供宏观视角。遥感影像数据与生态系统服务价值评估理论和生物多样性保护理论相一致。通过遥感影像数据,可以宏观地了解植被恢复的情况,为评估提供科学依据。

文献资料:查阅国内外相关研究成果,了解植被恢复生态效益评估的最新进展和方法,为本研究提供理论支撑和方法借鉴。

3 植被恢复的生态效益评估结果

3.1 生态效益综合评估结果

根据构建的涵盖生态系统服务功能、生物多样性、土壤与水土保持以及区域发展的综合评估指标体系,对六盘水市矿山植被恢复项目的生态效益进行了全面评估。结果显示,该项目在多个方面均取得了显著成效,具体如下:

3.1.1 生态系统服务功能

水源涵养能力:通过植被恢复,六盘水市矿山区域的地表植被覆盖显著增加,土壤保水能力得到提升,从而增强了水源涵养功能。2023年至2024年期间,分布在六盘水市矿山不同区域的103个监测点的长期监测数据显示,项目实施后,降水后地表径流量平均减少了20%,地下水位在不同监测点也呈现上升趋势,平均上升了0.5m,其中上升幅度最大的监测点位于矿山区域中心地带,地下水位上升了0.8m。这表明植被恢复有效减少了地表径流,增加了地下水补

给,显著提升了水源涵养能力。

土壤保持能力:植被恢复有效减少了水土流失,保持了土壤肥力。具体表现为土壤侵蚀速率显著降低,土壤厚度增加,土壤有机质含量提高。项目实施前,土壤侵蚀速率为每年5t/ha,项目实施后,侵蚀速率降至每年 2t/ha,土壤厚度平均增加了 10cm,土壤有机质含量从 1.5% 提高到 2.5%。这充分体现了植被恢复对土壤保持能力的提升效果。

气候调节功能:植被通过蒸腾作用影响局部气候,有助于降低温度、增加湿度。项目实施后,监测数据显示,区域平均温度下降了 1.2℃,湿度增加了 5%。这说明植被恢复有效改善了局部气候条件,提升了气候调节功能。

3.1.2 生物多样性

植物多样性:项目实施前,矿山区域植物种类较少,主要为耐旱耐贫瘠的草本植物。项目实施后,植物种类增加了 50%,从原来的 30 种增加到 45 种,包括多种本土乔木和灌木,植被群落结构也更加复杂,形成了多层次的植被覆盖,显著提高了植物多样性。

动物多样性:动物多样性受植物多样性的影响,项目实施后,恢复区域内鸟类、昆虫等动物的种类和数量显著增加。监测数据显示,鸟类种类从 10 种增加到 18 种,昆虫种类从 50 种增加到 80 种。这表明植被恢复为动物提供了更好的栖息地,显著提升了动物多样性。

微生物多样性:项目实施后,通过采集土壤样本进行微生物群落分析,发现土壤微生物多样性显著提高。微生物种类从项目实施前的 100 种增加到 150 种,微生物群落结构更加稳定,这说明植被恢复有效改善了土壤环境,促进了微生物的生长和繁殖。

3.1.3 土壤与水土保持

土壤肥力:项目实施后,土壤有机质含量从 1.5% 提高到 2.5%,氮磷钾等营养元素的含量也显著增加(表 2)。这表明植被恢复有效改善了土壤肥力,为植物生长提供了更好的营养条件。

表 2 土壤肥力前后对比

指标	项目实施前(%)	项目实施后(%)
有机质含量	1.50	2.50
氮含量	0.10	0.20
磷含量	0.05	0.10

钾含量	0.20	0.30
-----	------	------

土壤侵蚀速率:利用遥感影像数据和实地观测手段,监测到项目实施前土壤侵蚀速率为每年 5t/ha,项目实施后,侵蚀速率降至每年 2t/ha。这表明植被恢复有效减少了水土流失,显著提升了水土保持能力。

3.1.4 区域发展

就业机会创造:通过问卷调查和经济计量分析,发现植被恢复项目为当地创造了大量的就业机会,新增就业岗位 35 个,主要集中在生态修复、生态旅游和相关服务业。

经济转型潜力:生态修复促进了生态旅游等新兴产业的发展,吸引了大量游客,为当地带来了显著的经济收益,推动了区域经济转型。

居民满意度:通过问卷调查收集数据显示,居民对生态环境改善的满意度显著提高,表明植被恢复项目对提升居民生活质量具有重要意义。

3.2 评估结果的分析与讨论

3.2.1 植被恢复生态效益的时空差异分析

六盘水市矿山植被恢复的生态效益在时间和空间尺度上均存在差异。以下将从时间尺度和空间尺度两个方面,通过详细的数据对比,清晰地展现这种差异。

(1)时间尺度上的差异:在植被恢复项目实施初期,生态效益提升较为显著,但随着时间推移,提升幅度逐渐变小。以 2023—2024 年对六盘水市水城区观音山矿山及周边区域(总面积约 10km²)的监测数据为例,采用固定样地监测与遥感技术相结合的方法,对土壤侵蚀速率和植物种类数量进行了系统评估。具体数据如表 3 所示。

表 3 2023—2024 年监测数据情况

监测年份	土壤侵蚀速率 (t/ha)	植物种类数量 (种)
2023 年	5	30
2024 年(第一年)	3	40
2025 年(第二年)	2	45

根据表 3 数据可以明显看出,2023 年到 2024 年,土壤侵蚀速率从 5t/ha 降至 3t/ha,下降幅度较大;植物种类从 30 种增加到 40 种。然而到了 2025 年,土壤侵蚀速率仅降至 2t/ha,植物种类仅增加到 45 种,提升幅度相较于第一年明

显变小。

(2)空间尺度上的差异:生态效益受到地形、气候、植被类型等多种因素的综合影响。在不同区域,由于这些因素的差异,植被恢复的生态效益表现出显著的空间分异特征。地形平坦区域由于水土条件较好,植被恢复效果较为显著,植被覆盖度提升明显;而地形陡峭、土壤贫瘠的区域,由于水土流失严重且土壤肥力较低,植被恢复效果相对有限,植被覆盖度提升幅度较小。此外,在土壤微生物多样性方面,土壤条件优越且气候湿润温暖的区域,微生物群落恢复较快,多样性显著增加;而在气候干旱区域,受水分条件限制,微生物多样性的恢复速度相对较慢。

3.2.2 植被恢复效果与矿山环境特征、恢复措施的关系探讨

植被恢复效果与矿山环境特征和恢复措施紧密相关。矿山的地形坡度、土壤类型和气候条件等环境特征对植被恢复影响重大。例如,坡度大于 30° 的区域水土流失严重,需结合人工造林和挡土墙、护坡等工程措施防止水土流失;在土壤贫瘠区,通过施加有机肥改良土壤,使土壤有机质含量从1.0%提高到1.5%,植被成活率从40%提高到60%,生长速度加快;在气候干旱区域,选择耐旱的柠条等本土植物,恢复效果较好。

恢复措施方面,封山育林、人工造林和植被群落重建应依矿山环境合理搭配。生态条件好、有自然恢复潜力的区域适合封山育林,两年后植被覆盖度自然增加10%;人工造林可快速增加植被覆盖度,通过选择合适树种和科学种植方法,一年内植被覆盖度可从0增加到30%;植被群落重建能显著提升生物多样性,使动物种类增加20%。此外,做好土壤改良和水分管理等工作,如合理施肥、灌溉,也有助于提升植被恢复效果。

3.2.3 植被恢复对区域发展的贡献

植被恢复对矿山区域意义重大,不仅提升了生态效益,还为区域发展带来积极影响。经问卷调查和经济计量分析可知,植被恢复项目创造了35个新增就业岗位,主要分布于生态修复、生态旅游及相关服务业,既提高了当地居民收入,又促进了劳动力转移与就业结构优化。同时,生态修复推动了生态旅游等新兴产业发展,矿山生态环境改善后,自然景观得以恢复提升,吸引大量游客,据统计,在项目实施后的一年里,游客数量达到5万人次,带动餐饮、住宿、交通等相关产业收入增长了200万元,拉动区域经济增长。而且,居民对生态环境改善的满意度大幅提高,通

通过对500份有效问卷的调查显示,90%的居民对生态环境改善表示满意或非常满意,表明良好的生态环境提供了清新空气、干净水源与优美景观,增强了居民幸福感与归属感,促进社会和谐稳定。这与蔺楠^[17]等人的研究结论相符,表明生态修复项目在实现生态效益的同时,能有效推动区域经济与社会的可持续发展。

3.2.4 研究局限与不足

尽管本研究对六盘水市矿山植被恢复进行了较为系统的分析,但仍存在局限与不足。数据上,虽有部分时空尺度相关数据,可特殊区域长期生态数据及土壤理化性质动态变化数据等关键指标缺失,影响生态效益评估的全面性与准确性。研究方法上,对植被恢复效果与矿山环境特征、恢复措施的关系分析多基于案例和经验数据,缺乏深入定量模型分析,难精确定量各因素关系及作用机制。生态效益评估侧重常见指标,对区域小气候调节、土壤生态系统功能长期影响等潜在效益研究不足。区域发展贡献分析中,对周边社区文化社会结构潜在影响、生态旅游可持续性间影响缺乏深入探讨。未来可深化拓展这些方面的研究。

4 结论

本文通过对六盘水市矿山环境治理项目中植被恢复的生态效益进行全面评估,构建了涵盖生态系统服务功能、生物多样性、土壤与水土保持以及区域发展的综合评估指标体系。研究结果表明,植被恢复不仅显著提升了生态系统的水源涵养能力、土壤保持能力和气候调节功能,还促进了植物、动物及微生物多样性的恢复,增强了土壤肥力,降低了土壤侵蚀速率。此外,植被恢复项目对区域发展产生了重要贡献,创造了大量就业机会,推动了生态旅游等新兴产业的发展,提升了居民生活质量。这一研究为六盘水市及同类地区的矿山环境治理提供了科学依据和实践参考,也为区域发展与生态修复的协调统一提供了理论支持。

参考文献(References):

- [1] 张文辉. 露天采矿矿山地质环境问题与治理研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(07): 166-168.
- [2] 沈蕾. 陕北白于山生态修复与区域经济发展研究[J]. 中国集体经济, 2023, 39(04): 38-41.
- [3] 夏锦胜, 陈昌阔, 汪君珠, 等. 贵州六盘水市大河镇煤矿集中开采区矿山环境综合治理经验[J]. 科技资讯, 2022, 20(20): 140-143.

- [4] 李岩, 安雪景. 矿山环境评估及恢复治理方案探讨 [J]. 地球, 2019, 39(09): 105.
- [5] 牟景秀. “两山”理论引领下六盘水市生态治理发展的对策[J]. 现代化农业, 2023, 45(12): 59 – 61.
- [6] 孙永强. 改革开放以来六盘水的生态环境治理研究[D]. 贵阳: 贵州财经大学, 2021.
- [7] 曹宇, 王嘉怡, 李国煜. 国土空间生态修复: 概念思辨与理论认知[J]. 中国土地科学, 2019, 33(07): 1 – 10.
- [8] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253 – 260.
- [9] Daily G C. Introduction: what are ecosystem services [J]. Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems, 1997, 1(1).
- [10] Sharma J, Ravindranath N H. Applying IPCC 2014 framework for hazard – specific vulnerability assessment under climate change [J]. Environmental Research Communications, 2019, 1(5): 051004.
- [11] Magurran A E, Ramnarine I W. Learned mate recognition and reproductive isolation in guppies[J]. Animal Behaviour, 2004, 67(6): 1077 – 1082.
- [12] Soulé M E, Kohm K A. Research priorities for conservation biology[J]. 1989.
- [13] Van Der Heijden M G A, Bardgett R D, Van Straalen N M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems[J]. Ecology letters, 2008, 11(3): 296 – 310.
- [14] Brady N C, Weil R R. The nature and properties of soils[M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
- [15] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits [J]. Science, 1995, 267(5201): 1117 – 1123.
- [16] 陈晓英. 矿山生态修复在乡村旅游中的应用方法研究以黄河流域为例[J]. 环球人文地理, 2024, 17(20): 76 – 78.
- [17] 蔺楠, 陈莹, 马露, 等. 陕北煤炭基地矿山生态修复成效评估体系构建与实现[J]. 西北地质, 2023, 56(03): 89 – 97.
- [18] 孙永强. 改革开放以来六盘水的生态环境治理研究[D]. 贵阳: 贵州财经大学, 2021.
- [19] 白中科, 周伟, 王金满, 等. 试论国土空间整体保护、系统修复与综合治理[J]. 中国土地科学, 2019, 33(02): 1 – 11.
- [20] 张树军, 王光谦, 杨珏, 等. 复合系统理论在区域生态修复决策中的应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2010, 50(12): 1906 – 1909.

作者简介:

第一作者/通讯作者: 沈庆波, 1977 年生, 男, 贵州六盘水人, 六盘水市自然资源局, 主要研究方向为国土资源管理。Email: 741577475@qq.com

Evaluation on the Ecological Benefits of Vegetation Restoration in Mine Environmental Governance in Liupanshui City

SHEN Qingbo *

(Liupanshui Bureau of Natural Resources, Liupanshui 553000, China)

Abstract: This paper aims to evaluate the ecological benefit of vegetation restoration in the mine environmental governance project in Liupanshui City. Based on ecological theory, this study comprehensively applies ecosystem service value assessment method, biodiversity index method and statistical analysis method, which integrate field monitoring (including remote sensing image interpretation), literature data and case comparison data, and construct a three – dimensional assessment system, including ecosystem service function, biodiversity and soil and water conservation. The results show that the mine vegetation restoration project in Liupanshui City significantly improves the water conservation capacity, soil conservation capacity and climate regulation function, plant, animal and microbial diversity is effectively restored, soil fertility is