

# 鄂尔多斯露天矿人造地形价值探寻

## ——以武家塔为例

马乌日鲁格

内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2024年2月29日; 录用日期: 2024年4月19日; 发布日期: 2024年4月30日

### 摘要

煤矿露天开采这种人为高度集约和夷平式开采的方式, 意味着由地貌形态、地表要素发生巨大改变, 但也会在一定时间内可以有预期地形成大片平整化的土地, 原本丘陵沟壑纵横的原始地貌随着开采、挖掘、复垦后沟壑消失了, 取而代之的是大量复垦平台, 这种露天开采矿山后形成的人造地形从一般意义上具备了开发再利用的条件, 鉴于此, 本文以武家塔露天矿作为典型区对露天矿人造地形能否作为耕地后备资源的可行性进行探讨, 结果表明武家塔露天煤矿可作为耕地后备资源的土地达到3.94 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的39.78%, 并且在进一步提取整个鄂尔多斯市露天矿的修复土地面积后表明整个鄂尔多斯地区露天煤矿可作为耕地后备资源的土地达到440.40 km<sup>2</sup>。

### 关键词

露天矿, 人造地形, 耕地后备资源

# Exploration of the Value of Artificial Topography in Ordos Open-Pit Mine

## —Taking Wujiata as an Example

Wuriluge Ma

College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Feb. 29<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 19<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 30<sup>th</sup>, 2024

### Abstract

The open-pit mining of coal mines, which is a highly intensive and flat mining method, means that there will be significant changes in the morphology and surface elements of the land, but it can al-

so form large areas of leveled land in a certain period of time. The original terrain, which was originally characterized by hills and gullies, disappears after mining, excavation, and reclamation, and is replaced by a large number of reclamation platforms. The artificial terrain formed after open-pit mining generally has the conditions for development and reuse. In view of this, this article takes the Wujiata open-pit mine as a typical area to explore the feasibility of using the artificial terrain of the open-pit mine as a reserve resource for farmland. The results show that the land that can be used as a reserve resource for farmland in the Wujiata open-pit mine reaches 3.94 km<sup>2</sup>, accounting for 39.78% of the total mining area, furthermore, after further extracting the restoration land area of the entire open-pit coal mine in Ordos City, it was shown that the land area of the open-pit coal mine in the entire Ordos area can be used as a reserve resource for arable land, reaching 440.40 km<sup>2</sup>.

## Keywords

Open-Pit Mine, Artificial Terrain, Cultivated Land and Reserve Resources

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

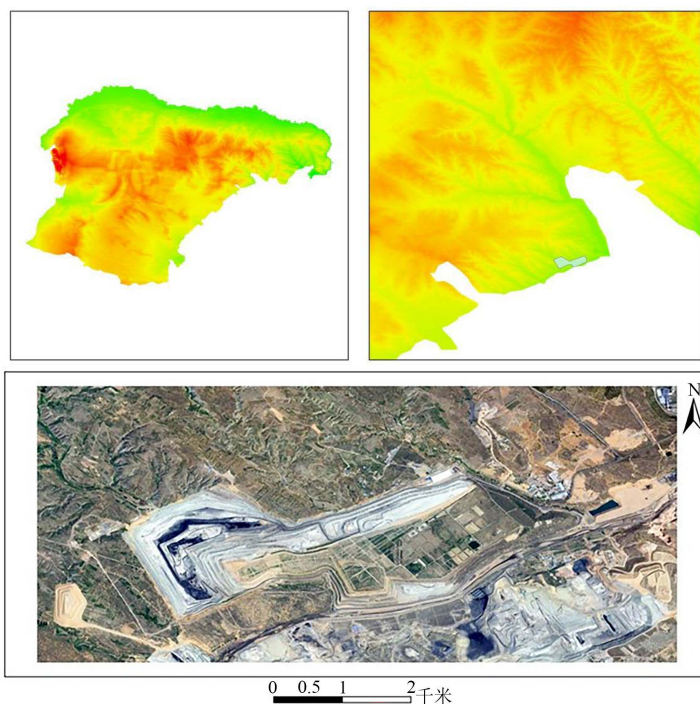
后备耕地资源是指尚未直接用于农业生产, 而通过开发、复垦及整理后可直接用于农业生产的各类土地资源[1], 经过多年持续开发利用, 现在整个鄂尔多斯地区的后备耕地资源严重稀缺, 北部黄河冲积平原区的集中连片的优质耕地资源已开发殆尽, 遗留未开发的耕地后备资源也寥寥无几, 中部的库布齐毛乌素沙区和西部坡状高原区不是缺水严重就是耕作层浅根本无法开发, 东部的丘陵沟壑区地表侵蚀强烈, 冲沟发育, 水土流失严重, 沟壑纵横, 但是经过露天开采挖掘、复垦之后反而形成了集中连片的平整土地, 这就满足了开垦为耕地的最基本条件, 露天开采矿山, 从一般意义上都具备矿地资源转型的条件但是转型成什么样的土地资源却和矿山的区位因素、地形因素、开采方法、生态环境恢复水平和国家政策等息息相关, 所以露天开采矿山后的土地能否有效补充为后备耕地资源值得我们探索。

目前国内外矿区修复土地利用问题研究主要集中在煤矿开采沉陷控制[2]、外排土场的占地的节地理论[3]、人造地貌表面积变化[4]以及复垦土地的优化配置[5]等方面。这些研究从采矿的过程或工艺阶段上探索了矿区修复土地利用的理论和途径, 整体来说对露天矿修复土地利用问题研究还仅仅停留在进行复垦方面并没有进行深层次的潜力挖掘。基于此本文以武家塔露天煤矿为典型分析露天矿人造地形作为后备耕地资源的潜力, 为区域环境与社会经济的协调发展和自然资源主管部门的科学决策提供依据。

## 2. 研究区域与方法

### 2.1. 武家塔露天矿自然地理概况

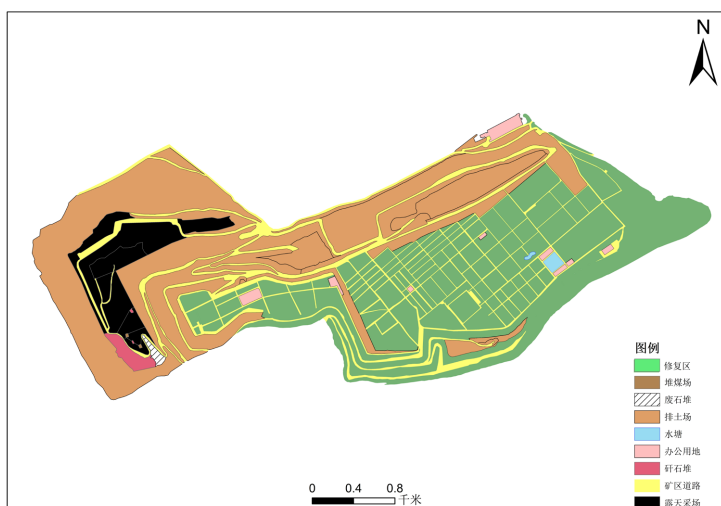
武家塔露天煤矿自然地理概况如图 1 所示, 其为神东天隆公司所属的大型露天煤矿, 位于内蒙东胜煤田补连勘察区南部, 行政隶属于内蒙鄂尔多斯市伊金霍洛旗补连乡, 介于东经 110°05'55"~110°10'48" 北纬 39°15'16"~39°17'50", 矿区地形特征为西北高、东南底, 呈斜坡状地形。最高处位于西北部张家台附近, 最高海拔标高 1267.0 m; 最低处位于东南忽吉图沟内武家塔村附近, 海拔标高 1097 m 区内一般标高 1060~1200 m。



**Figure 1.** Schematic diagram of the location of Wujiata open-pit mining area  
**图 1.** 武家塔露天矿区位示意图

## 2.2. 武家塔露天矿功能分区

武家塔露天矿功能分区如图 2 所示, 武家塔露天矿矿区总面积约为 9.9 km<sup>2</sup>, 其中堆煤场面积为 0.002 km<sup>2</sup>, 占总面积的 0.02%, 废石堆面积为 0.02 km<sup>2</sup>, 占总面积 0.21%, 矸石堆面积为 0.07 km<sup>2</sup>, 占总面积 0.69%, 矿区道路面积为 1.28 km<sup>2</sup>, 占总面积 12.94%, 露天采场面积为 0.65 km<sup>2</sup>, 占总面积 6.55%, 排土场面积 3.81 km<sup>2</sup>, 占总面积 38.54%, 办公用地面积为 0.1 km<sup>2</sup>, 占总面积 1.02%, 水塘面积为 0.03 km<sup>2</sup>, 占总面积 0.26%, 修复区面积为 3.94 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的 39.78%。



**Figure 2.** Functional zoning diagram of Wujiata open-pit mine  
**图 2.** 武家塔露天矿功能分区示意图

### 2.3. 数据来源

该研究中涉及的主要评价指标数据来源包括以下几个方面：生态条件数据由内蒙古国土空间规划院获取；排水条件、灌溉条件从矿区相关排水体系和地形坡度资料中获取，并通过实地调研验证；年积温、降水量、土壤数据、地形坡度等从自然资源部西部能源开发区国土生态与土地利用野外科学观测研究站获取；耕作便利度从遥感影像获取。

### 2.4. 研究方法

#### 2.4.1. 宜耕性评价对象

根据对武家塔露天矿露天开采中因生产建设活动损毁的土地进行了类型划分，按照扰动的类型分为挖损、压占和修复土地三类，次一级类型包括露天采场、排土场等，详情如表 1 所示，本文评价对象主要为露天矿修复区。

**Table 1.** Classification of artificial terrain and land types in open-pit mines

**表 1.** 露天矿人造地形地类分类表

| I 级类 | II 级类 | 含义                                |
|------|-------|-----------------------------------|
|      | 原始地貌  | 未进行煤炭开采的区域                        |
| 扰动地貌 | 剥离区   | 开采过程中已剥离表层土质，但未剥离到可开采煤层的区域        |
|      | 露天采场  | 开采过程中正在开采煤层的区域                    |
|      | 工业场地  | 运煤通道、选煤厂、洗煤厂、容纳厂房和办公区域等           |
|      | 排土场   | 挖损过程中产生的废弃岩土堆置于原地貌或采坑区域，未进行生态复垦工程 |
|      | 修复土地  | 已完成生态复垦工程的排土场                     |

#### 2.4.2. 构建评价指标体系

本文基于综合性、代表性和系统性原则采取，采取主导因素“限制性因子”评价法对露天矿人造地形能否作为对后备耕地资源的可行性进行综合评价[6]。评价单元参评指标中，有任何指标项表现为不宜耕条件的(即有限制性因子项)，即为不宜耕，达到要求即为可行。

通过主要参考自然资源部发布的关于《全国耕地后备资源调查评价技术方案》和听取专家意见选取影响露天矿人造地形修复区作为后备耕地资源的限制性因子，用于评价耕地后备资源的指标通常涉及生态环境、立地条件、气候条件等方面，具体包括生态条件、年积温、年降水量和灌溉条件、土壤污染状况、土层厚度和地形坡度、盐渍化程度、土壤质地、土壤 pH 等。详情见不宜耕评价指标表 2。

**Table 2.** Evaluation indicators for inappropriate farmland reserve resources

**表 2.** 耕地后备资源不宜耕评价指标

| 评价指标      | 限制性因子               |
|-----------|---------------------|
| 地形坡度      | >25°                |
| 年积温       | <900°C              |
| 年降水量和灌溉条件 | 降水量 < 350 mm 且无灌溉条件 |
| 土壤质地      | 属于砾质土或更粗质地          |
| 土壤重金属污染状况 | 土壤遭受污染              |
| 土壤 pH 值   | pH ≥ 9.5 或 ≤ 4.0    |
| 土层厚度      | <60 cm 且无客土土源       |

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 耕地后备资源可行性分析

根据无人机航飞结果, 结合数据资料, 与实地调研采用“限制性因素”评价武家塔露天矿人造地形的修复区, 结果如表 3 所示, 武家塔露天矿人造地形修复区确已达到耕地后备资源标准, 总面积达 3.94 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的 39.78%。

**Table 3.** Evaluation results of “limiting factors” in Wujiata open-pit mine

**表 3.** 武家塔露天矿“限制性因素”评价结果

| 评价指标      | 限制性因子  |
|-----------|--|
| 地形坡度      | 2.6°~10.3°   |
| 年积温       | 2740℃~3000℃  |
| 年降水量和灌溉条件 | 340 mm~420 mm  |
| 土壤质地      | 土壤中位径分布在 40.51 μm~53.12 μm 之间, 主要是砂粒和粉砂粒   |
| 土壤重金属污染状况 | 汞含量 5.88 ng/g~6.82 ng/g; 铬含量 22.6 μg/g~23.4 μg/g; 镍含量 7.5 μg/g~8.57 μg/g; 铜含量 5.27 μg/g~6.16 μg/g; 锌含量 20.3 μg/g~21.1 μg/g |
| 土壤 pH 值   | 6.2~8.3  |
| 土层厚度      | 复垦时土层厚度为 1 m, 且有客土   |

#### 3.2. 基于多尺度分割的露天矿人造地形修复区提取

基于易康软件平台, 对研究区 2021 年遥感影像进行多尺度分割, 并基于随机森林方法[7]分类图斑, 为了进一步验证分类结果的精度, 在分类结果的基础上使用高分辨率的 Google Earth 影像手动创建验证样本, 样本是在遥感影像的各个区域内随机选取, 包含原始地貌、剥离区、露天采场、工业场地、排土场、修复土地这六类全部地类, 每一地类都选取 50 个以上样本, 然后根据验证样本与分类后的结果构建混淆矩阵进行精度评价, 精度评价结果如表 4。

**Table 4.** Precision evaluation of classification results

**表 4.** 分类结果精度评价

| 地物类别 | 总体精度   | 生产者精度   | 用户精度   | Kappa 系数 |
|------|--------|---------|--------|----------|
| 修复区  | 91.94% | 90.41%  | 98.51% | 0.90     |
| 剥离区  |        | 89.80%  | 89.80% |          |
| 露天采场 |        | 100.00% | 87.76% |          |
| 工业场地 |        | 87.76%  | 86.00% |          |
| 排土场  |        | 97.56%  | 88.89% |          |
| 原始地貌 |        | 89.09%  | 98.00% |          |

#### 3.3. 识别结果的分析

从图 3 和图 4 中可以看出在 2021 年研究区内有近 900 km<sup>2</sup>的土地受到了煤炭开采活动的扰动, 整个研究区土地利用方式主要包括原始地貌、修复区、排土场、剥离区四个部分, 原始地貌占比最大, 占整个研究区总面积的 63.96%, 其次是在人造地形中占比最大的修复区, 面积为 440.40 km<sup>2</sup> 占总面积的



17.63%，然后是未复垦排土场，占研究区总面积的 7.84%；然后为剥离区，面积为研究区总面积的 6.86%，露天采场和工业场面积较小，分别占 2.16%和 1.54%。

在空间分布上准格尔煤田人造地形主要分布在准格尔旗川掌镇、西营子镇境内；东胜煤田人造地形主要分布在东胜区铜川镇、万利镇、塔拉壕地区，准格尔旗羊市塔地区，伊金霍洛旗新庙乡、纳林陶亥镇地区，达拉特旗耳字壕地区；桌子山煤田人造地形主要分布在鄂托克旗棋盘井镇、蒙西镇境内。

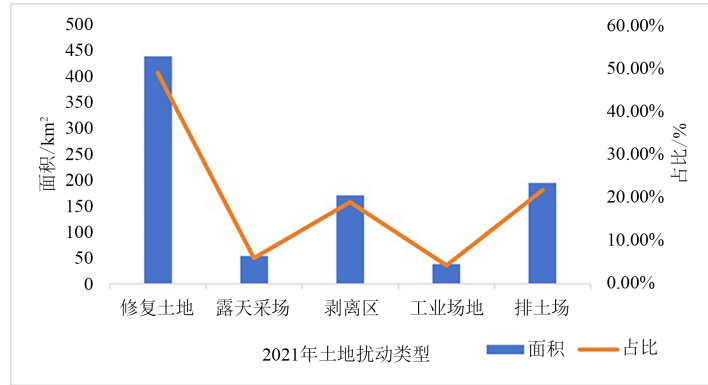


Figure 3. The proportion of different types of artificial terrain in 2021  
图 3. 2021 年人造地形各地类占比

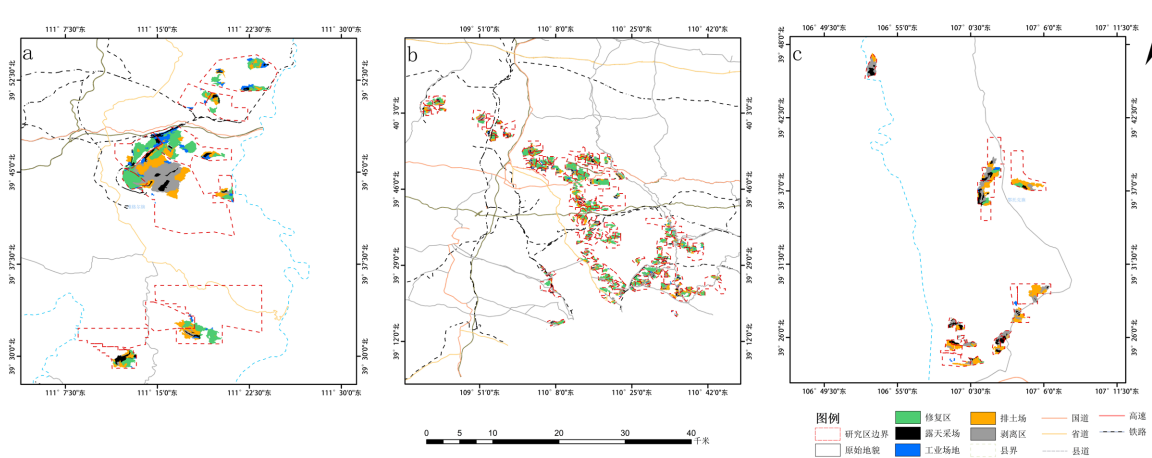


Figure 4. Distribution of various types of artificial terrain in 2021  
图 4. 2021 年人造地形各地类分布

## 4. 讨论

充分关注到了鄂尔多斯地区露天矿人造地形的价值潜力，但还需深入探讨其主要制约因素。这些制约因素可以分为三大部分：水资源、土地政策和其他制约因素。鉴于这些，本文提出了一系列针对性的建议，以期为进一步释放鄂尔多斯地区露天矿人造地形的价值潜力提供理论支持和政策建议。

### 4.1. 水资源

水资源是制约矿区土地复垦为耕地的主要因素，所以在鄂尔多斯地区水资源是决定露天矿人造地形转为耕地后备资源成功与否的关键，因此需充分考虑水资源的可持续利用，确保复垦区域的水资源供应。针对水资源短缺的问题，参考由国内外先进方案，结合鄂尔多斯地区本文提出以下建议：

1) 利用非传统水资源：开发利用雨水收集和再利用矿区疏泄水等非传统水资源，以降低对地表水和地下水的依赖，采用多种雨水收集技术和循环利用水资源的技术，包括建设人工水库、挖掘蓄水池、修建沟渠等，这些技术能够最大限度地回收和利用水资源，减少浪费。

2) 普及节水灌溉技术：以更少的水量实现更高效灌溉，有效减少水的浪费，提高水的利用率，在矿区可以普及节水灌溉技术，如喷灌、微喷灌、水肥一体化等，这些技术能够精准地控制水分的流量和流速，确保植物生长所需的水分量最小化。

3) 发展保水农业：降低水资源率的前提下通过改善土壤结构、减少水分蒸发来提高农业生产效率，如改善土壤结构，通过种植绿肥作物、施用有机肥料和覆盖物等方法，提高土壤的保水性能和透气性；提高植物抗旱能力，通过选育耐旱品种，提高植物的抗旱能力，减少对水资源的依赖。

4) 科技创新：通过采用智能传感器监测土壤水分、云计算技术优化灌溉方案等先进的科技创新技术，可以精准地控制水的使用，最大限度地提高水的利用效率。

## 4.2. 土地政策

政策措施对露天矿人造地形转为耕地后备资源的实施和效果具有重要影响，但现阶段鄂尔多斯露天矿转为耕地后备资源还面临修复成果缺乏延续机制、社会资本回报不明晰、缺乏有效监督、管控措施等困境[8]，因此为保障闲置的采矿用地顺利变为耕地储备库的过程顺利进行在土地政策方面：

1) 完善政策法规与激励机制：建立健全矿山复垦法律法规体系，明确企业与农民责任，改进审批程序，严格监管矿山复垦工作，确保按规定时间、质量和标准进行，并出台税收抵免政策等调动企业积极性，鼓励企业将土地复垦为耕地资源，强化执行力度。提升政策实施效果，促进矿山废弃地有效利用。

2) 提供资金与技术支持：增加政府补贴，如设立矿山复垦专项资金等。并鼓励企业与科研机构、高校合作，开发创新先进的复垦技术、培养专业人才。通过资金技术支持，提高复垦质量，实现矿山废弃地向耕地储备库的转变。

3) 制定针对性复垦方案与长效机制：针对不同矿山因地制宜制定科学合理的复垦方案，明确复垦目标和措施，并加强对矿山复垦的监管，确保矿山企业履行环境责任。政府还可以推动跨部门合作，建立完善的矿山复垦政策体系和技术标准。建立长效管理机制，包括定期监测、评估和调整复垦方案，确保复垦成果的持续性和稳定性。

4) 提高农业企业参与度：鼓励规模化农业企业参与矿山复垦项目，通过土地银行和土地改革政策，鼓励农民和矿山企业将闲置土地流转至有能力进行规模化经营的农业企业利用其专业知识和资源，提高复垦项目的实施效率和质量，实现复垦土地的集约化和规模化经营。

## 4.3. 其他制约因素

除水资源和土地政策外，还有一些其他因素可能影响露天矿复垦为耕地的效果，如土壤、生态环境破坏、投资成本等[9]。为应对这些挑战：

1) 土壤修复与改良：对受矿山开采影响的土壤进行修复和改良，以恢复其肥力和生产能力。如添加有机物质、调整土壤 pH 值、施加生物炭等方式来改善土壤结构和提高土壤肥力。同时，可以研究和开发新型土壤改良剂，以提高土壤修复效果。

2) 生态恢复：采用植被恢复、土壤生物修复等手段来恢复破坏的生态环境，促进生态系统的自我修复。选择适应鄂尔多斯当地环境、具有较强生长能力、耐旱能力的植物进行植被恢复，同时引入适宜的微生物群落以提高土壤生物活性。此外，还可以通过建立生态廊道、设立生态保护区等措施，保护和恢复生物多样性。

3) 投资成本优化: 通过合理的项目策划、设计和施工, 降低复垦工程的投资成本。同时, 可以鼓励社会资本参与矿山复垦项目, 降低政府和企业的负担。此外, 可通过技术创新降低复垦成本, 例如研究和推广节能环保的复垦技术、提高土壤修复材料的利用率等。

## 5. 结论

1) 本文根据“限制性因素”对武家塔露天矿人造地形进行宜耕性评价, 结果表明武家塔露天矿人造地形可用于耕地后备资源的面积达 3.94 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的 39.78%, 这就说明如对矿区排土场有效复垦加以利用可获取大量耕地后备资源。

2) 基于多尺度分割提取了整个鄂尔多斯地区露天矿人造地形修复区, 整个鄂尔多斯市露天矿人造地形可复垦为耕地的修复土地面积达到 440.40 km<sup>2</sup>, 这为整个鄂尔多斯地区的可利用开发耕地提供了巨大补充。

3) 水资源是制约矿区修复土地复垦为耕地的主要因素, 如鄂托克旗年降水量只有 210~280 mm, 虽然别的条件均已到达后备耕地资源标准但因为水资源的制约不宜复垦为耕地。即便如此露天矿人造地形对全市的经济和社会发展提供了十分可观的后备耕地资源, 后续还可通过持续开发投入释放的耕地后备资源, 所以露天矿人造地形是一个拥有巨大资源价值潜力的耕地储备库。

## 参考文献

- [1] 张凤荣, 郭力娜, 关小克, 史娟, 徐艳, 张杰磊. 生态安全观下耕地后备资源评价指标体系探讨[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9): 4-8+14.
- [2] 朱光辉, 傅鑫, 王敬喻. 控制煤矿开采沉陷的部分充填开采技术研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(20): 40-42.
- [3] 赵学宏, 于宗孝, 高原. 内蒙古典型露天煤矿矿山地质环境治理模式研究[J]. 江西科学, 2019, 37(6): 948-952.
- [4] 杨娅双, 王金满, 万德鹏. 人工堆垫地貌微地形改造及其水土保持效果研究进展[J]. 生态学杂志, 2018, 37(2): 569-579.
- [5] 袁加华. 隆化某矿区复垦土地再利用适宜性分析[J]. 现代矿业, 2024, 40(1): 239-242.
- [6] 徐伟芳, 胡月明, 陈飞香, 等. 青海省耕地后备资源特征及限制开发利用的因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(11): 42-47.
- [7] 张鸿键. 矿山地表要素遥感特征提取与用地动态监测研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2015.
- [8] 边微. 废弃矿山综合整治工程体系构建的实践——以山东省东平县狼窝山为例[J]. 中国土地, 2022(3): 41-43.
- [9] 陈戈. 绿色矿山建设理念下矿山生态环境治理方案研究[J]. 世界有色金属, 2022(13): 163-165.