



李晶,李亚楠,马天跃,付艳华,KRZYSZOWSKA Waitkus Anna,余海霞.美国怀俄明州煤矿土地复垦基础信息调查浅析[J].中国农业大学学报,2024,29(12):290-302.

LI Jing, LI Yanan, MA Tianyue, FU Yanhua, KRZYSZOWSKA Waitkus Anna, YU Haixia. Analysis on the survey of baseline information on coal mine land reclamation in Wyoming (USA)[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(12): 290-302.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.12.25

美国怀俄明州煤矿土地复垦基础信息调查浅析

李晶¹ 李亚楠¹ 马天跃¹ 付艳华²
KRZYSZOWSKA Waitkus Anna³ 余海霞¹

(1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083;

2. 天津城建大学经济与管理学院,天津 300384;

3. Environmental Consulting,美国 Laramie WY 82070)

摘要 为厘清美国矿业第一大州怀俄明州煤矿土地复垦基础信息调查和实践,为我国深入开展土地复垦基础信息调查、土地复垦全程监管和提升土地复垦质量等提供参考。在梳理怀俄明州土地复垦法律、法规和相关指南基础上,探究该州的土地复垦基础信息调查相关制度依据、内容深度和调查方法,通过比较和结合我国国情,提出了对我国土地复垦基础信息调查工作的有益启示。结果表明:怀俄明州土地复垦基础信息调查制度完备,形成了国家法律、地方法律法规、地方技术指南以及多主体参与的监管机制;土地复垦基础信息调查内容涵盖土地利用、气候、地形和地质、水文、土壤、植被和野生动物、历史人文等,调查指标、深度和调查成果等要求明确;野外实测、遥感和GIS等仍是主要调查手段。怀俄明州土地复垦全程监管体系中多元利益主体权责比较清晰,通过法规明确了采矿权申请者实施采矿前基础信息调查的内容、深度、周期与频次等,形成了以开采许可制度、复垦保证金制度以及年报制度为特色的监管机制,并在实践中取得了很好的效果。因此,我国在立足本国土地复垦国情和保持自身特色的基础上,可进一步完善土地复垦基础信息调查深度与广度、明晰土地复垦基础信息调查监管体系、健全全过程动态监管技术和构建土地复垦信息共建共享机制。

关键词 土地复垦;基础信息调查;全程监管;怀俄明州

中图分类号 TD88

文章编号 1007-4333(2024)12-0290-13

文献标志码 A

Analysis on the survey of baseline information on coal mine land reclamation in Wyoming (USA)

LI Jing¹, LI Yanan¹, MA Tianyue¹, FU Yanhua², KRZYSZOWSKA Waitkus Anna³, YU Haixia¹

(1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

2. School of Economics and Management, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China;

3. Environmental Consulting, Laramie WY 82070, USA)

Abstract This study aims to gain insights into the land reclamation baseline information investigation and practices in Wyoming, the premier mining state in the United States, to provide references for inform and enhance the comprehensive investigation of baseline data, supervision and management throughout the entire process, and quality enhancement in China's land reclamation endeavors. Based on the review of laws, rules and regulations, and guidelines of the Wyoming Department of Environmental Land Quality Division, this study explores the institutional basis, depth of content, and investigation methods related to

收稿日期: 2023-12-11

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFE0127700)

第一作者: 李晶(0000-0001-8095-0425),教授,主要从事土地复垦与土地信息、3S应用、国土综合整治与生态修复等研究, E-mail: lijing@cumt.edu.cn

land reclamation baseline information of surface coal mines in Wyoming. Combining with the actual situation in China, this study puts forward the inspiration on how to improve permit baseline information gathering practices resulting in better land use of the Chinese mining land. The results indicate that: The system of gathering baseline information for better reclamation results in Wyoming is well developed, comprising federal laws, state rules and regulations, technical guidelines and supervision mechanism involving multiple stakeholders; The content of the land reclamation baseline information includes assessment of land use, climate conditions, topography, geology, hydrology (surface and groundwater and water rights), soil, vegetation, wildlife, and historical and cultural data; The requirements of how and what to collect for specific environmental conditions are clearly defined; Field measurements, remote sensing, and Geographic Information Systems (GIS) continue to be the primary methods for data collection and analysis. In conclusion, the land reclamation supervision system throughout the entire process in Wyoming delineates the rights and responsibilities of diverse stakeholders. The state regulations clearly provide detailed requirements of the content and frequency of the baseline data gathering before the beginning of mining. The Baseline data information included in a mining permit establishes a framework and schedule for reclamation processes. A regulatory mechanism characterized by the mining permit, reclamation bonding system, annual reports, and state enforcement procedures through field inspections provide a management system to ensure successful reclamation results. Therefore, on the basis of China's specific conditions and maintaining its unique characteristics, it is possible to further enhance the details of land reclamation baseline information investigations, clarify the regulatory framework for these investigations, improve dynamic supervision throughout the entire process, and construct a collaborative and shared information mechanism for land reclamation.

Keywords land reclamation; baseline information investigation; supervision of land reclamation; Wyoming

煤炭是我国最主要的能源,尽管其占一次能源生产的比例有所下降,至2021年仍高达67%,原煤产量从2000年的13.84亿t增加到2022年的45.60亿t^[1]。虽然飞速发展的煤炭产业为我国经济发展作出了重要贡献,但也因煤炭开采的挖损、塌陷、压占等毁坏了大量土地资源。为解决这一困境,除通过绿色开采技术革新尽可能实现源头减损之外,土地复垦仍是矿区土地可持续利用的主要手段^[2]。

有组织的土地复垦在我国始于20世纪80年代。1989年1月1日国务院颁布《土地复垦规定》^[3],土地复垦事业随即进入迅速发展阶段^[4];2006—2007年,国土资源部等七部委下发了《关于加强生产建设项目土地复垦管理工作的通知》^[5]和《关于组织土地复垦方案编报和审查有关问题的通知》^[6],明确将土地复垦方案纳入建设用地或办理采矿权延续、变更手续及申请采矿许可的必备要件;2011年3月,国务院公布施行《土地复垦条例》^[7],标志着我国土地复垦事业步入了规范化和法制化的新阶段。同年5月,国土资源部批准发布TD/T1031—2011《土地复垦方案编制规程》^[8]7项行业标准中明确提出“在土地复垦方案编制前期,

要通过野外调研,收集和厘清复垦区及周边自然地理、生态环境、社会经济、土地利用现状与权属、项目基本情况等与土地复垦有关的基础信息”;2016年颁布了TD/T1049—2016《矿山土地复垦基础信息调查规程》^[9],明确了矿山土地复垦基础信息调查的范围、内容和调查方法,并按照已损毁、已复垦和拟损毁等不同土地类别,制定了其调查内容和调查深度。

然而,迄今为止,我国仍面临土地复垦基础信息底数不明等问题^[4]。究其原因,主要包括以下3个方面:1)《土地复垦条例》^[7]执行不够严格、机制仍不健全,全程监管体系尚未建立。尽管明确了监管主体,但如何监管,基础信息谁来获取,如何获取,数据如何上报、更新等问题未能明确落实和实施监管;2)TD/T1031—2011《土地复垦方案编制规程》^[8]、TD/T1049—2016《矿山土地复垦基础信息调查规程》^[9]对开采前调查内容有了明确的规定,但对气候、土壤、植被、野生动物等调查内容缺乏详尽的技术规定^[10];3)基础信息调查成果的应用指向不明晰,调查和监督主体不明确,导致矿山企业和复垦方案编制单位在编制土地复垦方案时,调查深度、详尽程度不统一,调查数据多仅应

用在土地复垦方案的背景描述中,全程监管未能落实落地。

土地复垦基础信息调查是各级政府自然资源主管部门实施土地复垦监管等管理工作的基础性、关键性组成部分,可为土地复垦方案评审、土地复垦工程验收、土地复垦信息汇总与发布等实施全程监管和土地复垦政策决策提供有力支持,同时也是复垦义务人编制土地复垦方案的基础性工作和确定土地复垦方向、设计复垦工程、明确复垦质量标准、制定复垦工程措施等的一项重要依据。保障土地复垦工程和土地复垦监管成功实施,必须建立完善的土地复垦基础信息调查体系并严格执行。

美国煤矿土地复垦工作起步相对早,形成了相对成熟的法规和技术规范,较早将编制土地复垦方案纳入开采许可,并严格执行土地复垦保证金制度^[11]。其土地复垦保证金的发放,最终以是否恢复至开采前的水平来衡量。因此,美国对实施开采前基础信息调查非常重视,仅开采前基础信息,就超过美国煤矿开采许可内容的60%^[12],基础信息包括历史遗迹、考古和古生物资源、气候、地形、地质和覆土评估、水文(地下水、地表水、水权)、土壤评估、植被和野生动物等,为土地复垦质量控制和土地复垦全程监管提供有力依据^[13]。怀俄明州位于美国西部落基山区,地域辽阔而人烟稀少,拥有全美41%露天开采煤矿资源^[14]。该州自然资源富集,有多个国家森林保护区、国家公园等重要的野生动物栖息场所。因此为协调矿产资源开发和环境保护之间的关系,该州在1977年联邦政府颁布《露天采矿管理与复垦法》(Surface Mining Control and Reclamation Act, SMCRA)^[15]之前,就颁布了一系列土地复垦相关的法律法规。借鉴美国的有益经验,并结合我国实际情况扬长避短,将有力促进我国土地复垦基础信息调查与管理实践的优化升级,实现方法与效能的双重提升。

我国与美国在土地复垦基础信息调查方面各具特色,各有所长。因此,本研究拟通过全面分析怀俄明州露天煤矿土地复垦基础信息调查相关制度政策、内容深度和调查方法并结合我国实际,以期,持续推进我国土地复垦基础信息调查深入、广泛开展,为实施土地复垦全程监管规范化和提升

复垦质量等提供参考。

1 怀俄明州土地复垦基础信息调查与全程监管逻辑关系

图1为美国土地复垦全程监管体系构成及关系示意图,可见其全程监管具有以下特点^[11,16]:

首先,形成了以政府、采矿权申请者(采矿权人)、土地所有者以及第三方机构为代表的多元利益主体,怀俄明州环境质量局土地质量处(Land Quality Division of the Department of Environmental Quality)专门承担矿山土地复垦的监管与审批工作,包括开采许可的审批、复垦监管与验收、保证金的返还和其他管理工作。在土地所有者不是采矿权申请者的情况下,如果采矿权申请者没有为土地所有者的利益向州政府签署保证书或承诺书,则不得颁发许可证,保证书或承诺书的金额应足以保证支付土地所有者的地上资产、农作物和饲料等所遭受的任何损失^[17]。采矿权申请者获得开采许可后,由土地质量处规定提交年报的时间,采矿权申请者每年向该处提交年报,由监管人员进行审核。此外,在市场竞争机制下,美国产生了一批高效率的由农林业和工矿业技术人员组成的生态恢复技术研发企业,作为第三方机构提供野外数据获取和专业的土地复垦^[18]等服务。

其次,采前基准数据作为美国土地复垦监管、验收的依据,要求完整、详尽,对于土地利用、气候、水文、地形地貌、土壤、植被以及野生动物均要作为一项单独的调查内容^[19],基础信息调查在开采许可内容中占一半以上的篇幅^[14]。此外,在采后复垦过程中也需要对采前基准数据调查的项目进行及时监测和更新,以便形成反馈。

此外,美国确立了以开采许可制度、复垦保证金制度以及年报制度为代表的监管机制。在开采许可制度下,采矿权申请者在采矿前依据联邦和州法律提交开采许可申请,并由监管机构对其审批和归档,开采许可必须包括土地复垦规划^[20]。复垦保证金制度是指由采矿权申请者事先按照规定的标准缴纳一定数额的资金、资产,作为履行土地复垦义务的担保,若采矿权申请者按照要求履行了复垦义务,并且经验收符合标准,管理机关返还相应数量的保证金^[11]。年报的内容与形式由政府、采矿权申请者以及第三方机构共同商议形成,由矿山采矿

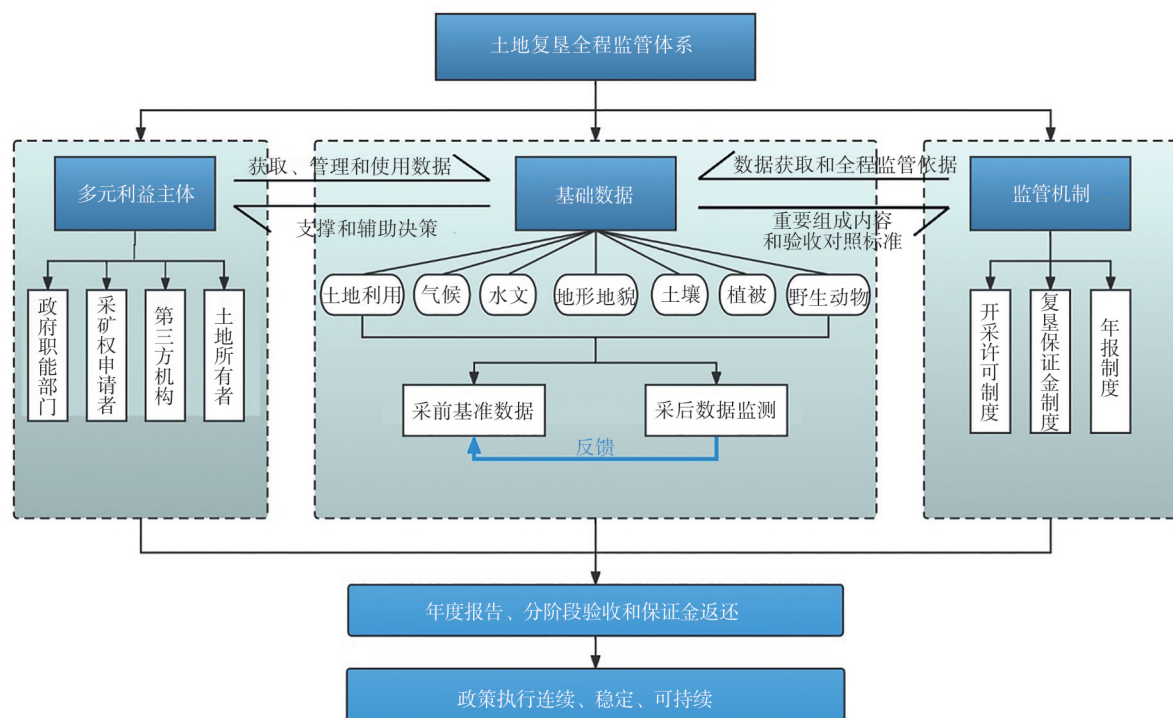


图 1 美国土地复垦全程监管体系构成及关系示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the composition and relationship of the supervision system of land reclamation in the United States

权申请者每年按时上交至州环境质量局,以此作为采矿权申请者是否遵守开采许可和复垦规划要求的依据。

在上述土地复垦全程监管体系中,采前基础数据调查占据着重要的基础地位。多元利益主体协同配合,形成各方共同遵守的规则,提升采前基础信息调查和监管的合理性和实用性,监管机制又为采前基础信息调查的顺利实施提供了严格、详细、可执行的支撑和保证。采前基础数据调查在开采许可内容数量中占据绝对地位,为达成“将土地恢复至等于或优于‘采前最佳利用’的状态”的复垦目标提供了重要参照和依据^[11],后期复垦保证金的申请与返还也都离不开采前基础信息调查的反馈。

2 怀俄明州土地复垦基础信息调查的制度与依据

美国土地复垦法律法规和标准体系由法案(Act)、法规(Rule)、指南(Guideline)等构成。这3种类型的文件在性质、制定方式和约束力上有所区别,功能上相互补充,保证了土地复垦基础信息

调查等土地复垦工程实施和全程监管有法可依和规范实施。

法案(Act)通常由联邦政府或立法机构制定,并经过正式的立法程序通过。自20世纪30年代,美国26个州先后制定了露天矿复垦的相关法律法规。1977年,联邦政府颁布了《露天采矿管理与复垦法》^[15](Surface Mining Control and Reclamation Act, SMCRA)。1979年,美国露天采矿与复垦执法办公室(Office of Surface Mining, Reclamation and Enforcement, OSMRE)成立,在美国内政部长的领导下与各州协作,OSMRE负责制定联邦政府土地复垦法律法规并对全美的土地复垦进行监管,各州相应设立复垦法律法规和执法机构,构成了一个从上而下、上下协同的露天煤矿土地复垦监管组织体系^[11]。

法规(Rule)是为了管理和组织某个特定活动、领域或组织而制定的具体规定,是由受认可的行政机构颁布的对法案(Act)进行解释和补充的文件,通常包含具体的操作细则、程序要求、限制和标准等。怀俄明州煤矿土地复垦监管的相关法

规主要是由环境质量局土地质量处制定的《煤炭法规》^[21] (WDEQ/LQD, Coal Rules and Regulations)^[16]和《其他矿产资源法规》(WDEQ/LQD, Noncoal Rules and Regulations)等。主要依据是《怀俄明州环境质量法案和工业开发信息与选址法案》^[11]。

指南(Guideline)是指为了提供指导和建议而制定的一组准则或原则。一般是非强制性的,只是推荐的一种最佳实践方法。怀俄明州环境质量局土地质量处(<https://deq.wyoming.gov/land-quality/>)制定了关于覆岩、植被、土壤、水文、野生动物等基础信息的调查程序指南。

3 怀俄明州土地复垦基础信息调查的类型与内容

“恢复至采前最高水平”的要求下,采前制定合理的土地复垦计划、采中识别和控制开采扰动负效应、采后评价复垦与修复效果等环节对采前基础信息的采集、整理与管理应用提出了更高要求^[12]。如表1所示,怀俄明州通过《煤炭法规》^[22]明确了采矿权申请者在采前需对申请露天开采区域进行基础信息调查的类型和内容,涵盖历史人文、气候、水文、地形地质、土壤植被、野生动物等环境信息,调查范围包括采矿权申请范围及邻近范围,调查结果需包含在采矿权申请许可的附录^[13]。

表1 《煤炭法规》中要求许可证附录的基础信息^[13]
Table 1 Baseline information required in “Coal Rules and Regulations” for permit appendices^[13]

附录编号 Appendix number	附录内容 Appendix content	说明 Description
D-1	土地利用	土地利用类型/土地用途
D-2	区域历史	开采历史
D-3	考古和古生物资源	被列入《国家历史遗迹名录》(The National Register of Historic Places)的所有文化、历史和考古资源的边界和说明
D-4	气候	降水、风速风向、气温
D-5	地形地貌、地质和覆岩	地形地貌、边坡分布、地质结构、覆岩性质和数量、煤层赋存条件
D-6	水文	地表水和地下水的水质、水量和水权
D-7	土壤评估	土壤类型、性质与分布、适宜复垦土壤的性质和体量、基本农田信息
D-8	植物调查	植被群落特征与分布
D-9	野生动物	野生动物群落特征、栖息地分布,濒危物种信息
D-10	湿地	湿地边界、位置和分布情况
D-11	冲积谷底	松散河流沉积、地下灌溉和漫灌范围

根据美国《考古资源保护法》(Archaeological Resources Protection Act, 1979),采前信息调查中,文化、历史和考古资源等信息需要与其余申请材料分开提交,且不对外公示^[20]。同时,由于怀俄明州矿区主要位于干旱半干旱草原,湿地和冲积谷底等资源较少。因此,本研究将从土地利用、气候、地形和地质、水文、土壤、植被和野生动物8个方面介绍怀俄明州采矿权申请中基础信息调查的类型与内容。

3.1 土地利用

土地利用类型和结构在矿区建设开发和复垦修复过程中会出现剧烈的变化。怀俄明州要求矿区土地复垦要达到“Highest previous use”(采前最高利用

水平)^[23],要求申请采矿权时必须调查申请采矿权范围及邻近范围约0.80 km的主要土地用途^[20],同时以图表的形式呈现于申请附录中。土地利用现状图应包含采矿权边界、土地利用类型(《煤炭法规》第一章规定的土地利用类型^[23])以及每种类型利用的植被类型等信息。土地利用现状统计表应写明每种土地利用类型及植被类型的面积与所占比例。指南(Guideline No. 6A Format and General Content Guideline Permit Applications, Amendments and Revisions Coal Mining Operations)^[13]提出,如果申请范围内存在不适宜的、限制或禁止的采矿区域,历史或现存的采矿区域,则应在土地利用现状图中明确标注位置和范围,并进行详细说明。

3.2 气候

气候是矿区生态修复必须要考虑的因素之一。《煤炭法规》第 2 章^[20]规定的气候要素仅包含年降水量、平均风向和风速。但为支撑地表水系

重建和地表侵蚀控制,怀俄明州还通过指南(Guideline No. 8 Hydrology Coal and Non-Coal)为气候调查提出了更详细的建议^[24],如表 2 所示。

表 2 气候要素调查
Table 2 Investigation of climatic elements

调查对象 Survey subject	调查内容 Survey content	调查结果形式 Format of survey results
降雨 Precipitation	2、5、10、25 和 100 年一遇的 6 和 24 h 风暴事件的降水量 月均和年均降水量	降雨量等值线图
风 Wind	风速、风向、空气颗粒物含量	风向玫瑰图 平均风速记录表 空气质量调查表
蒸散发 Evapotranspiration	实际蒸散量、潜在蒸散量	统计表

降雨量显著影响干旱半干旱地区植被长势和采后植被重建进程,因此年均降雨量是用来确定土地复垦保证金返还期限的重要依据。在密西西比州以东年降雨量超过 630 mm 的区域,返还保证金的期限为复垦后 5 年。在怀俄明州,《煤炭法规》^[23]第一章规定保证金返还期限至少为 10 年。

3.3 地形及地质

煤炭开采必须对拟开采区域内的地形、地质、地层等信息做探测评估,才能够拟定开采方案和土地复垦方案。对于要求矿区采后地形地貌重建效果接近采前原始轮廓^[22]的怀俄明州来说,采前地形信息作为采后地形地貌重建的目标和参考,

是必不可少的。如表 3^[25]所示,调查内容包括地貌类型、边坡形态、坡度、地层结构、岩性、岩层厚度、覆岩岩性等。其中,边坡形状主要分为水平型边坡(坡脚平坦)、常规型边坡、复杂型边坡(上凸下凹)、凸面型边坡与凹面型边坡(图 2),对边坡的修复目标是恢复至“近似原始地形条件”(Approximate Original Contour, AOC),即尽可能恢复边坡到采矿前的自然状态或近似状态。对恢复后的边坡进行评估,对比分析采前与采后边坡特征数据,采用最小边坡、最大边坡、边坡中值、边坡比例四个指标量化采矿前后地形的变化,并在地形图上展示。

表 3 地形地貌及地质调查
Table 3 Topographic and geological survey

调查对象 Survey subject	调查内容 Survey content	调查结果形式 Format of survey results
地形地貌 Topography	边坡形态、坡度分级、斜坡类型(如洼地、山脊、山谷、山丘等)和斜坡分布	采前地形图、斜坡分析图、关于斜坡的文字描述(如坡脚长度/高度/深度、斜率百分比等)和陡坡照片
地质 Geology	地层结构、岩性、厚度、范围和横断面 煤层性质和范围 最低煤层下可能会受不利影响的含水层 覆岩岩性、体量	地质剖面图 采矿位置和范围(现存的和历史的) 煤层等高线图(包含走向和倾角) 煤层理化性质分析结果 覆岩等高线图 调查样点分布图和地球物理日志

由于覆岩在采后可能用作复垦覆土材料,采前需对覆岩进行定性和定量分析^[13],评估覆岩作为复垦覆土的适宜性,并在采矿权申请中提交覆岩信息

和适宜性分布图。怀俄明州覆土材料适宜性涉及酸碱度、电导率、有机碳、质地等参数,具体标准^[25]见表 4。

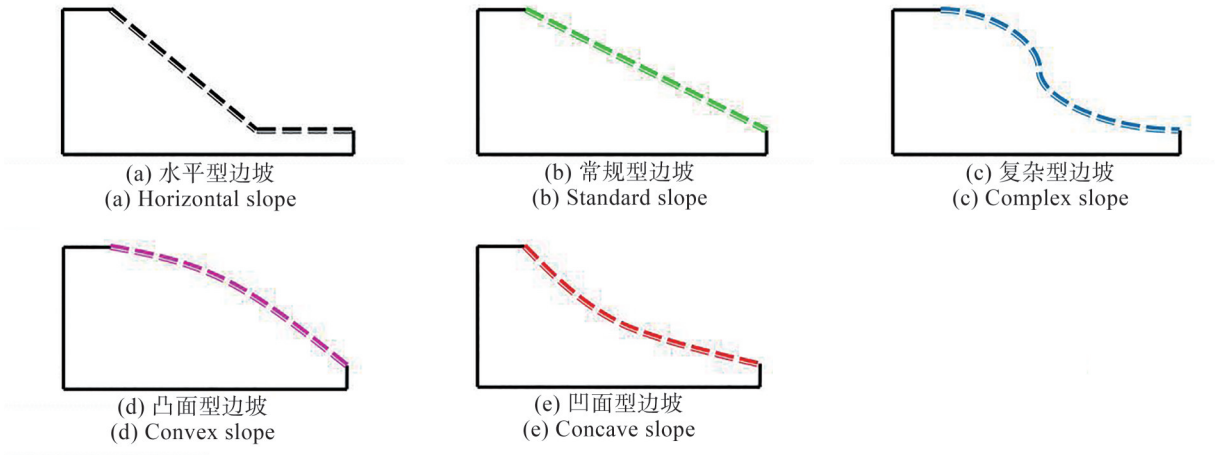


图2 5种常见的边坡形态

Fig. 2 Five types common slope formations

表4 覆土材料适宜性标准

Table 4 Suitability standards of the covering soil materials

参数 Parameter	单位 Unit	适宜 Suitable	较适宜 Marginal	不适宜 Unsuitable
酸碱度 pH	mol/L	(5.5, 8.5)	(5.0, 5.5)或(8.5, 9.0)	(0, 5.0)或(9.0, ∞)
电导率 EC	mS/cm	(0, 8.0)	(8.0, 12.0)	(12.0, ∞)
饱和度百分比 Saturation percentage		(25%, 80%)	(0, 25%)或(80%, ∞)	
钠吸附比 Sodium absorption ratio		(0, 10.0)	(10.0, 12.0)	(12.0, ∞)
硒 Selenium	10 ⁻⁶	(0, 0.1)	(0.1, ∞)	
硼 Boron	10 ⁻⁶	(0, 5.0)		(5.0, ∞)
钼 Molybdenum	10 ⁻⁶	(0, 1.0)	(1.0, ∞)	
粗碎石 Coarse fragment	%	(0, 25.0)	(25.0, 35.0)	(35.0, ∞)
酸碱电位 ABP	以 CaCO ₃ 计 t/10 ³ t	(-5.0, ∞)		(-∞, -5)
砷 Arsenic	10 ⁻⁶	(0, 2.0)	(2.0, ∞)	
有机碳含量 Organic carbon		(0, 10%)		(10%, ∞)

在北安特洛浦/罗切尔露天煤矿(North Antelope Rochelle Mine, NARM)矿权范围内,覆岩性质评估要求每64 hm²范围内至少要设置1个采样点,在16.5~148.0 m的特定高度范围内收集岩屑样本,样本间隔不超过3 m^[14]。

3.4 水文

水文环境作为生态的重要组成部分,支撑着土壤微生物和植被系统的物质流动和能量循环,但采矿对地表水和地下水的扰动非常剧烈。此外,采矿权申请者需要基于权威准确的采前水文信息,确定工业用水补给来源和废水或雨水的拟

排放点、拟排放河道和地下区域等,然后再申请排水权。因此,在采前获取和记录水文基础信息非常重要(表5),主要包括地表水、地下水以及水权3方面。

地表水监测需在拟申请采矿权范围内的干流中设置合适的监测点,并在此后定期进行水量和水质调查,水量信息至少包含季节性流速和流域面积,水质信息至少要包含总溶解固体(mg/L)、总悬浮固体(mg/L)、pH、含铁浓度和溶解态总铁浓度(mg/L)、含锰浓度(mg/L)^[20]。

为监测地下水位和地下水水质,怀俄明州要求在

表 5 水文要素调查			
Table 5 Investigation of hydrological elements			
调查对象	分类	调查内容	调查结果形式
Survey subject	Classification	Survey content	Format of survey results
地表水 Surface water	河流、小溪、湖泊、水库、泉水、沼泽、洼地和其他流道	名称、位置、用途、水质、水量	地表水属性统计表
	流域	流域划分、面积、起伏比、河网密度	监测点分布图(以采前地形图为基础图)
	流道	径流量、峰值流量、泥沙量、流道坡度、宽深比、弯曲度、横截面等	流域水网地图
	湿地、洪泛平原、洼地等重要生境	水文特征	
地下水 Underground water	所有含水层	岩性、厚度、深度、数量、水质	包含含水层等势面、取样位置信息的地图 包含受影响含水层及相关属性信息的地图
	可能受影响的含水层	面积范围、水力特性、水质	含水层属性统计表 地下水水质统计表 地下水补给和拟排放区域位置图
水权 Water right	名称、所有者、位置和范围、水井分布和采前水位		水权统计表 水井统计表和分布图

采矿许可边界或附近安置地下水井,于采前测量上覆岩层含水层,以形成采前地下水位图,并且测量煤层上覆岩层中含水层的采前水质,形成水质统计表^[24]。地下水水质调查至少要包含总溶解固体(mg/L)、含铁浓度和溶解态总铁浓度(mg/L)、含锰浓度(mg/L)和pH^[20]。

采矿权许可证中需要列出所有土地所有权和地下水权,因此水权调查是必不可少的。只有明确水权信息,才能保障水权所有者的用水权益。采矿权范围内大部分水井和地下水权由采矿企业拥有,少部分属于私人。因煤炭开采而损毁的水井会在复垦时进行更新,而因煤炭开采造成地下水位下降而干涸的水井,在复垦时会进一步挖深或安装适合的水泵。总之,采矿权所有者需尽可能消除对当地住户用水造成的阻碍,保障其用水权益。水井调查的范围为采矿权申请范围及邻近范围约4.83 km^[20]。

3.5 表土及底土

土壤评估的目的是在采前清查和明确所有可用于复垦的表土和底土,便于在露天采掘过程中进行适当保存和在采后用于复垦。怀俄明州要求采前必须对拟申请采矿权范围内所有表土和底土进

行土壤调查与评估,调查内容包括土壤类型、理化性质、土壤深度、分布和作为覆土的适宜性等。土壤信息可以以地形图或航片作为底图,土壤单元间应存在清晰的界线。表6详尽列出了土壤调查的具体内容及调查结果的呈现形式。

当表土和底土的数量不足或质量不佳,不能满足植被重建所需土壤的要求时,就必须寻求其它的合适材料或覆岩作为土壤替代品来支持植物生长。对于原始土壤或采用土壤替代品能否用作覆土材料,需要通过严格的覆土适宜性评价来评估,评价标准详见表4^[13]。

在进行土壤调查时,采样点的设置应考虑调查单位的大小,兼顾代表性和全面性:若某种土壤类型的面积较小,则至少应布设1个采样点;若某种土壤类型的面积较大,那么采样点的数量需能充分表征分布信息。如表7所示:根据怀俄明州环境质量司土地质量处建议根据制图单元面积确定采样强度,若制图单元面积占矿区面积的5%或>65 hm²,则建议取3个样点。

采矿权申请者需根据已批准的地表采矿许可证和复垦计划,保护被移除和分离的土壤免受风和水侵蚀,以及酸性或有毒物质的污染,保证在复垦

表6 土壤要素调查

Table 6 Investigation of soil elements

调查对象	调查内容	调查结果形式
Survey subject	Survey content	Format of survey results
底土和表土 Topsoil and subsoil	土壤类型 土壤理化特性 土壤深度	土壤类型统计表
		土壤类型分布图
		土壤剖面图及描述
		覆土适宜性地图
		采样点分布图
土壤替代品 Soil substitute	适宜性和分布	土壤替代品适宜性图(可与覆土适宜性图合一)
受影响土壤 Affected land	受影响土壤及分布 拟抢救土壤深度	拟损毁土地时空分布图
		拟抢救土壤适宜性论证
		土壤抢救属性统计表(土壤单元、深度、体量)
		土壤抢救深度图
基本农田 Prime farmland	特定类型土壤的特性	土壤特性分布图
	基本农田认定	自然资源保护局(NRCS)的基本农田认定书副本

表7 指南(Guideline No. 1A Topsoil and Subsoil)^[26]建议的采样强度

Table 7 Sampling intensity recommended by the guidelines (Guideline No. 1A Topsoil and Subsoil)^[26]

制图单元占矿权面积的比例/%	制图单元面积/km ²	采样点数量
Proportion of mapping unit to anticipated permit area	Area of mapping unit	Number of sampling points
(5, ∞)	(0.65, ∞)	3
(2, 5]	(0.16, 0.65]	2
(0, 2]	(0, 0.16]	1

时覆土状态良好可用。

3.6 植被

在采前对拟损毁区域的植被信息进行详尽调查,一方面可以保护受威胁的或濒危的珍稀植物,另一方面可以为采后植被重建提供质量标准^[22]。在《怀俄明州环境质量法案和工业开发信息与选址法案》中明确采矿权申请必须调查植被覆盖情况^[27],在《煤炭法规》^[20]中以单独章节规定植被调查细则,详见表8。

表8 植物调查

Table 8 Investigation of plant

调查内容	调查结果形式
Survey content	Format of survey results
植物物种 Plant species	植被物种统计表及描述
植被群落 Vegetation community	植被群落分布图、描述、照片和覆盖度统计
濒危或受威胁物种 Endangered or threatened species	濒危或受威胁物种统计表
有害杂草 Noxious weed	有害杂草统计表

植物的物种清单应明确列举植物物种的名称、形态、原有物种或外来物种等信息。为了捕获植物的物候特征,调查者至少应当在调查年的4—9月间实地调查3次以核验或更新植物清单。

植被群落的描述应当包含物种组成、主要物种、地形特征、土壤特征、次要物种的特征、群落分布特征、每种群落的信息摘要等内容;植物群落分布图还应指明调查采样点位置、参考区域、可能会

受采矿及相关活动影响的区域、植被群落照片的拍摄位置、乔木的大致位置、有害杂草的位置和范围、已扰动的范围等重要信息。

如果申请采矿范围及邻近范围内存在任何被联邦政府或州政府明确规定的濒危或受威胁的植物物种,申请者都应明确描述其位置和潜在栖息地。

怀俄明州农业部相关文件要求应用明确有害杂草的名录,对采矿申请范围内有害杂草的描述还需要包含以往的处理对策;如果某种植物群落中有

害杂草的盖度超过 25%,则应在植物群落分布图中明确注明。

3.7 野生动物

煤炭开采尤其是露天开采,直接损毁了区域内动物的栖息环境。在采前进行野生动物清查有利于针对受威胁或濒危的动物及时采取有效的保护措施,避免物种灭绝,保护野生动物多样性。怀俄明州要求采前必须调查区域内野生动物物种(主要指脊椎动物)、群落和栖息地信息(表 9)。

表 9 野生动物调查

Table 9 Investigation of wildlife

调查对象	调查内容	调查结果形式
Survey subject	Survey content	Format of survey results
野生动物 Wildlife	物种	物种统计表(按通用名和学名列出)
	群落	动物群落分布图
	受威胁或濒危动物	受威胁或濒危物种统计表与分布图
栖息地 Habitat	栖息地类型	栖息地类型和迁徙线路分布图
		栖息地面积和受干扰面积统计表

考虑到动物的活动范围较广,受威胁或濒危物种的调查区域应为采矿权申请范围及邻近范围 1.60 km^[20]。此外,动物的栖息是有季节性的,调查时应根据动物的习性分别进行追踪调查,如候鸟春秋两季迁徙、秃鹰在 4—6 月中旬繁殖和筑巢、爬行动物和两栖动物在 5—7 月繁殖等^[28]。

基于野生动物清查数据,采矿权申请人应对拟开采区域的动物特征进行分析,判断区域内的野生动物与栖息地匹配度,说明某种栖息地类型对野生动物的价值,进而分析采矿活动对野生动物和生境的影响,以便对复垦计划进行评估。

4 怀俄明州土地复垦基础信息调查对我国的启示

我国和美国土地复垦基础信息调查各具特色,各有所长。在土地利用方面,尽管两者在土地利用分类方法存在差异,但均要求同时提交土地利用现状图和土地利用现状统计表,我国土地复垦方案评审时同时要求提供申请采矿权区域及周边的影像和照片资料。在其他方面的调查内容尤其是调查深度上,则存在较大差异。因此,吸收参考美国土壤复垦基础信息调查的有益做法,有助于借他山之石改进我国的土地复垦基础信息调查与管理实践。

4.1 合理确定土地复垦基础信息调查深度和广度

我国 TD/T1031—2011《土地复垦方案编制规程》^[8]、TD/T1049—2016《矿山土地复垦基础信息调查规程》^[9]对开采前调查内容有了明确的规定,但对气候、土壤、植被、动物等调查,缺乏详尽的技术规定^[29]。美国针对土地复垦基础信息调查要素范围广、项目多,对于当地气候、考古和古生物资源、野生动植物、湿地都要作为单独的一项调查内容;此外调查要求相对更深入,例如对于野生动物,采前必须调查区域内野生动物的物种、群落和栖息地信息;对于覆岩,采前需对覆岩进行定性和定量分析^[13],以评估覆岩作为复垦覆土的适宜性,等等。本着适度、适量、适用的原则,对完善符合我国国情和生态文明建设长远需要的土地复垦基础信息调查规范,对于提升土地复垦质量具有十分重要的意义。

4.2 明晰土地复垦基础信息调查监管体系

我国土地复垦基础信息监管体系正在逐步确立,但在监管主体如何监管、数据如何上报、更新等方面仍不明确,导致矿山企业和复垦方案编制单位在编制土地复垦方案时,存在调查深度、详尽程度不统一的问题。美国露天采矿与复垦执法办公室负责全美露天矿山复垦的监管工作,以及联邦政府

土地复垦法律法规的颁布等,并与各州复垦相关执法机构协作,土地复垦基础信息在开采许可的审批、复垦验收和保证金返还等监管实施过程中起着重要作用。我国在土地复垦方案编制和评审、完善质量标准、实施验收、实施年报制度及费制定等方面,未能充分重视和发挥土地复垦基础信息的作用,这也是导致复垦基础信息不系统、不全面和多只应用于复垦方案报告的重要原因。在如何落实有法可依、有法必依和形成长期稳定的多方协同监管机制并真正落实各利益相关方责权等方面,需进一步完善。

4.3 完善土地复垦全过程动态监管技术

在土地复垦过程中,矿山经营者必须通过合理高效的采前基础信息调查和采后信息监测评估复垦效果,以不断改进复垦方案和开采、复垦政策及工程技术措施^[30]。《土地复垦条例》^[7]发布以来,土地复垦标准体系不断完善,治理进度和成效不断改进^[31],但精细的监测监管滞后于高质量土地生态保护修复和管理的现实需求。怀俄明州将包含详细基础信息的土地复垦方案纳入开采许可,明晰土地复垦监测目标及具体要求,并要求矿山经营者按时向怀俄明州环境质量局提交年度土地复垦进展报告,根据监测结果不断完善复垦目标、应达到的标准、指标及技术参数^[32]并决定是否返还保证金。我国在加强信息化监管方面应进一步建立健全并切实实施全程监管体系,综合运用野外实测、多模态遥感、GIS和无线传感网等现代信息技术手段,积累长时序、全覆盖、全要素的矿山全生命周期的监测数据,补齐土地复垦全过程监管的“短板”,可实现从“跟跑”到“赶超”,以完备的土地复垦基础信息服务资源环境协调开发和资源富集地区高质量发展。

4.4 构建土地复垦基础信息平台并持续完善共享渠道

我国土地复垦工作起步较晚,但已取得一定的成效。土地复垦基础数据仍存在获取和应用方式相对单一,数据积累时序短、不连续,系统性有欠缺,且在数据管理和共享等方面有待进一步健全。《中华人民共和国政府信息公开条例》(中华人民共和国国务院令(2007年)第492号,修订文号(2019年)第711号)^[33]实施以来,政府相关职能部门信息公开渠道日益畅通。《土地复垦条例》^[7]第七条指出,“国务院国土资源主管部门和省、自治区、直辖市人

民政府国土资源主管部门应当建立健全土地复垦信息管理系统,收集、汇总和发布土地复垦数据信息。”目前仍需构建和完善土地复垦基础信息科研应用开放平台或开放机制,形成动态、实时的土地复垦监测与管控的同时,实现多源复垦基础数据智能获取并在一定范围内交互共享,以海量、规范、深度的基础信息提升土地复垦效率效益和更好地服务于生产建设单位、高校科研机构 and 自然资源部门业务。

5 讨论与结论

矿区土地复垦是推进资源富集地区生态文明建设和绿色低碳发展的重要组成部分,应充分认识土地复垦基础信息对全程监管的重要作用,并完善土基础信息相关标准、获取手段、动态监测更新和使用机制。

首先,完善我国土地复垦基础信息调查指标体系和深度要求。我国 TD/T1031—2011《土地复垦方案编制规程》^[8]与 TD/T1049—2016《矿山土地复垦基础信息调查规程》^[9]中,“基础信息”包括自然地理概况,以及针对已损毁土地、已复垦土地和拟损毁土地等不同阶段类型的调查内容,针对不同复垦阶段规定了不同侧重内容指标。尽管有其优势,但同时存在因调查对象差异、责任主体不明确而导致的调查指标不一致、难以形成连贯的复垦全程监管数据等问题,相关研究也具有类似特点^[1]。胡振琪等^[11]认为我国已有技术标准中对采前基础信息调查方面内容的规定相对简单,复垦方案的制定依据不足够充分。王萌辉等^[34]通过对“复垦责任范围”的讨论得出土地复垦基础信息调查方法和范围应进一步拓展和细化。本研究支持上述观点,建议应细化气候、地形、地质、植被等的调查内容深度及指标规定,并明晰采样数量及周期频率等,同时也应重视野生动物分布、栖息地状态及覆岩适宜性评估数据等。

其次,充分发挥土地复垦基础信息在土地复垦全程监管中的作用。周妍等^[35]认为土地复垦监管信息不对称是制约监管效果的主要因素之一,自2009年以来国土、自然资源部门每年均要采取函调和典型地区调研等方式获取土地复垦监管信息数据。土地复垦监管和报备指标体系、报备途径不明确是形成上述问题的重要原因。完善和修订土地

复垦基础信息调查标准,强化土地复垦方案编制中土地复垦基础信息的规范要求,并明晰企业-县-市-省-国家逐级数据上报规范和技术途径,进而结合年度逐级信息报备制度、“双随机、一公开”监督检查和复垦验收等,提升土地复垦全程监管制度的可实施性和实施成效。

完善土地复垦基础信息调查内容指标体系和明晰深度要求,是开展调查工作的起点和基础;厘清土地复垦基础信息调查责权分工,以及基础信息在采矿许可、全程管理和复垦验收的实践应用,同时完善土地复垦全过程的动态监管技术,更好地落实土地复垦年度报告制度,是将“既要金山银山、也要保护修复好绿水青山”的理念转化为实际行动的有效途径,能够推动土地复垦全程监管工作走深走实。

参考文献 References

- [1] 周伟,曹银贵,白中科,王金满.煤炭矿区土地复垦监测指标探讨[J].中国土地科学,2012,26(11):68-73
Zhou W, Cao Y G, Bai Z K, Wang J M. Indicators for monitoring land reclamation in coal mining area[J]. *China Land Sciences*, 2012, 26(11): 68-73(in Chinese)
- [2] 杨博宇,白中科.试论矿区生态保护修复中的弹性思维[J].中国农业大学学报,2022,27(1):212-221
Yang B Y, Bai Z K. Resilience thinking in ecological protection and restoration in mining areas [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(1): 212-221(in Chinese)
- [3] 中华人民共和国国务院.土地复垦规定:中华人民共和国国务院令19号[EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyj.wenzhou.gov.cn/art/1989/3/13/art_1503386_18656377.html
State Council of the PRC. Regulations on land reclamation: order No. 19 of the State Council of the People's Republic of China[EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyj.wenzhou.gov.cn/art/1989/3/13/art_1503386_18656377.html
- [4] 罗明,胡振琪,李晶.土地复垦法制建设任重道远:从中美土地复垦制度对比视角分析[J].中国土地,2011(7):44-46
Luo M, Hu Z Q, Li J. The legal system construction of land reclamation has a long way to go—Analysis from the comparative perspective of land reclamation system between China and the United States [J]. *China Land*, 2011(7): 44-46(in Chinese)
- [5] 中华人民共和国国土资源部.关于加强生产建设项目土地复垦管理工作的通知:国土资发〔2006〕225号[EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyt.hunan.gov.cn/xxgk/zcfg/flfg/tdgl_1/200609/t20060930_4399919.html
Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Notice on strengthening the management of land reclamation for production and construction projects: land and resources development (2006) No. 225 [EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyt.hunan.gov.cn/xxgk/zcfg/flfg/tdgl_1/200609/t20060930_4399919.html
- [6] 中华人民共和国国土资源部.国土资源部关于组织土地复垦方案编报和审查有关问题的通知:国土资发〔2007〕81号[EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyt.hunan.gov.cn/xxgk/zcfg/flfg/tdgl_1/200706/t20070620_4399936.html
Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Notice of the ministry of land and resources on relevant issues concerning the compilation and review of land reclamation plans: land and resources administration [2007] No. 81 [EB/OL]. [2024-06-11]. https://zrzyt.hunan.gov.cn/xxgk/zcfg/flfg/tdgl_1/200706/t20070620_4399936.html
- [7] 中华人民共和国国务院.土地复垦条例:国务院令592号[EB/OL]. [2024-06-11]. https://www.gov.cn/zhengce/2011-03/11/content_2602575.htm
State Council of the PRC. Regulations on land reclamation: State Council Order No. 592[EB/OL]. [2024-06-11]. https://www.gov.cn/zhengce/2011-03/11/content_2602575.htm
- [8] 中华人民共和国国土资源部.土地复垦方案编制规程:TD/T1031—2011[S].北京:中国标准出版社,2011.
Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Regulations for the preparation of land reclamation plans: TD/T1031—2011[S]. Beijing: China Standards Publishing House, 2011(in Chinese)
- [9] TD/T1049—2016.矿山土地复垦基础信息调查规程[S].北京:中国标准出版社,2016.
TD/T1049—2016. Regulations for basic information investigation of mining land reclamation [S]. Beijing: China Standards Publishing House, 2016(in Chinese)
- [10] 徐艳,王璐,樊嘉琦,秦佳星.采煤塌陷区生态修复技术研究进展[J].中国农业大学学报,2020,25(7):80-90
Xu Y, Wang L, Fan J Q, Qin J X. Ecological restoration technologies in coal-mining subsidence area: A review[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(7): 80-90(in Chinese)
- [11] 胡振琪,付艳华,荣颖,Anna Waitkus.美国怀俄明州煤矿土地复垦监管实践及对中国的启示[J].中国土地科学,2017,31(6):88-96
Hu Z Q, Fu Y H, Rong Y, Waitkus A. The coal mine land reclamation supervision practice in Wyoming, USA and the implications for China [J]. *China Land Sciences*, 2017, 31(6): 88-96(in Chinese)
- [12] Krzyszowska Waitkus A. Sustainable reclamation practices for a large surface coal mine in shortgrass prairie, semiarid environment (Wyoming, USA): Case study[J]. 2022. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2022, 9(1): 32
- [13] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Guideline No. 6A Format and General content guideline permit applications, amendments and revisions coal mining operations[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [14] Anna Krzyszowska W. Surface coal mine permit application for successful reclamation, semi-arid shortgrass prairie (Wyoming, USA) [J]. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2018, 5(1): 8-17
- [15] OSMRE. Surface mining control and reclamation act[EB/OL]. [2024-06-11]. <https://www.congress.gov/116/crpt/hrpt609/CRPT-116hrpt609.pdf>
- [16] Wyoming Department of Environmental Quality, Land Quality Division. Coal rules and regulations [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/coal/resources/>
- [17] Wyoming House of Representatives. Wyoming Statutes, Title 35 Public Health and Safety, Chapter 11 Qualityenvironmental, Article 4 qualityland, Section 35-11-416 protection of the surface owner[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/>
- [18] 陈熙.美国矿山土地复垦的特点[J].中国土地,2019(6):48-49

- Chen X. The characteristics of mining land reclamation in the United States[J]. *China Land*, 2019(6): 48-49(in Chinese)
- [19] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Guideline No. 4 *In situ* mining noncoal[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [20] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Department of Land Quality-Coal, Chapter 2: Permit application requirements for surface coal mining[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [21] Wyoming Department of Environmental Quality, Land Quality Division. Noncoal rules and regulations [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/coal/resources/>
- [22] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Department of Land Quality-Coal, Chapter 4: Environmental protection performance standards [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [23] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Department of Land Quality-Coal, Chapter 1: Authorities and definitions for surface coal mining operations[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [24] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Guideline No. 8 Hydrology coal and noncoal [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [25] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality Division. Guideline No. 1 Topsoil and overburden [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [26] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality. Guideline No. 1A Topsoil and subsoil [EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [27] Wyoming House of Representatives. Wyoming Statutes, Title 35 public health and safety, Chapter 11 qualityenvironmental, Article 4 qualityland, section 35-11-406 application for permit[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/>
- [28] Wyoming Department of Environmental Quality Land Quality. Guideline No. 5 Wildlife[EB/OL]. [2024-06-11]. <http://deq.wyoming.gov/lqd/resources/guidelines/>
- [29] 李晶, 马天跃, 闫萧萧, Waitkus Anna. 中美土地复垦质量控制标准对比研究:以草原露天矿区为例[J]. *矿业科学学报*, 2022, 7(4): 446-455
- Li J, Ma T Y, Yan X X, Waitkus A. The comparison of quality control standards for land reclamation between China and the USA: A case study of grassland surface coal mines [J]. *Journal of Mining Science and Technology*, 2022, 7(4): 446-455(in Chinese)
- [30] 官炎俊, 王娟, 周伟, 曹银贵, 白中科. 露天矿区土地复垦适应性管理:内涵解析与框架构建[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(2): 102-112
- Guan Y J, Wang J, Zhou W, Cao Y G, Bai Z K. Adaptive management of land reclamation in opencast mining areas: Connotation analysis and framework construction[J]. *China Land Science*, 2023, 37(2): 102-112 (in Chinese)
- [31] 杜群, 都仲秋. 我国土地复垦治理法制体系的发展和完善[J]. *中国土地*, 2023, 2023(11): 9-13
- Du Q, Du Z Q. The development and improvement of the legal system for land reclamation governance in China[J]. *China Land*, 2023(11): 9-13(in Chinese)
- [32] 胡振琪, 理源源, 李根生, 韩佳政, 刘曙光. 碳中和目标下矿区土地复垦与生态修复的机遇与挑战[J]. *煤炭科学技术*, 2023, 51(1): 474-483
- Hu Z Q, Li Y Y, Li G S, Han J Z, Liu S G. Opportunities and challenges of land reclamation and ecological restoration in mining areas under carbon neutral target[J]. *Coal Science And Technology*, 2023, 51(1): 474-483(in Chinese)
- [33] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国政府信息公开条例: 中华人民共和国国务院令 第711号修订[EB/OL]. [2024-06-11]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5386612.htm
- State Council of the PRC. Regulations of the State Council of the People's Republic of China on the disclosure of government information: revised by order No. 711 of the State Council of the People's Republic of China[EB/OL]. [2024-06-11]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5386612.htm
- [34] 王萌辉. 矿区土地复垦与生态修复综合标准化研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2020
- Wang M H. Study on comprehensive standardization of land reclamation and ecological restoration in mining areas[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2020(in Chinese)
- [35] 周妍, 白中科, 罗明, 周旭, 王金满, 景明. 中国土地复垦监管体系问题与对策[J]. *中国土地科学*, 2014, 28(2): 68-74, 82
- Zhou Y, Bai Z K, Luo M, Zhou X, Wang J M, Jing M. Problems and countermeasures of land reclamation regulatory system in China [J]. *China Land Sciences*, 2014, 28(2): 68-74, 82(in Chinese)

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介: 李晶, 博士, 中国矿业大学(北京)教授、博士生导师。兼任矿山生态安全教育部工程研究中心主任, 中国自然资源学会理事, 以及中俄友好、和平与发展委员会生态理事会中方委员等。主要从事土地复垦与土地信息、国土综合整治与生态修复、3S应用等研究。先后前往捷克、德国、美国等国家访问交流及合作研究。承担和主要参加国家重点研发计划(2022YFE0127700)、国家科技支撑计划(2012BAC04B03)、国家自然科学基金项目(41501564)、国土资源公益性行业科研专项(201211001-05)、省市级国土空间规划专题等国家和地方企事业单位委托项目30余项。获省部级科研奖励8项、教学奖励5项。发表论文100余篇, 出版著作及教材4部, 授权发明专利及登记软件著作权7项。