



## 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用模式探讨

殷全增, 陈中山, 冯启言, 耿丽娟, 台立勋, 李芳, 刘宁

### 引用本文:

殷全增, 陈中山, 冯启言, 等. 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用模式探讨[J]. *煤田地质与勘探*, 2021, 49(6): 113–120.

YIN Quanzeng, CHEN Zhongshan, FENG Qiyang, et al. Discussion on the recommended models for resource reuse of closed coal mines in main mining areas of Hebei Province[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2021, 49(6): 113–120.

在线阅读 View online: <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.06.014>

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 关闭/废弃矿井地下空间资源精准开发利用模式研究

Research on the model of accurate exploitation and utilization of underground space resources in closed/abandoned mines  
*煤田地质与勘探*. 2021, 49(4): 71–78 <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.04.009>

### 煤矿区碳排放的确认和低碳绿色发展途径研究

Confirmation of carbon emissions in coal mining areas and research on low-carbon green development path  
*煤田地质与勘探*. 2021, 49(5): 63–69 <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.05.007>

### 山西省废弃矿井煤层气地面钻井开发关键问题与对策

Key problems and countermeasures of CBM development through surface boreholes in abandoned coal mines of Shanxi Province  
*煤田地质与勘探*. 2021, 49(4): 86–95 <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.04.011>

### 我国煤矿区矿井水污染问题及防控技术体系构建

Mine water drainage pollution in China's coal mining areas and the construction of prevention and control technical system  
*煤田地质与勘探*. 2021, 49(5): 1–16 <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2021.05.001>

### 矸石回填复垦技术在许厂煤矿土地治理中的应用

Application of gangue backfilling and reclamation technology in land management of Xuchang coal mine  
*煤田地质与勘探*. 2019, 47(z1): 62–64 <https://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001-1986.2019.S1.012>



手机阅读

殷全增, 陈中山, 冯启言, 等. 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用模式探讨[J]. 煤田地质与勘探, 2021, 49(6): 113-120. doi: 10.3969/j.issn.1001-1986.2021.06.014  
YIN Quanzeng, CHEN Zhongshan, FENG Qiyan, et al. Discussion on the recommended models for resource reuse of closed coal mines in main mining areas of Hebei Province[J]. Coal Geology & Exploration, 2021, 49(6): 113-120. doi: 10.3969/j.issn.1001-1986.2021.06.014

# 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用模式探讨

殷全增<sup>1</sup>, 陈中山<sup>1</sup>, 冯启言<sup>2,3</sup>, 耿丽娟<sup>1</sup>, 台立勋<sup>1</sup>, 李芳<sup>1</sup>, 刘宁<sup>1</sup>

(1. 河北省煤田地质局物测地质队, 河北 邢台 054000; 2. 中国矿业大学 江苏省老工业基地资源利用与生态修复协同创新中心, 江苏 徐州 221116; 3. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:** 关闭煤矿资源评价与利用, 具有资源、环境双重效益, 可为煤矿企业提供一条转型发展路径。在河北省主要矿区关闭煤矿资源调查工作的基础上, 通过对国内外关闭煤矿资源再利用典型案例的总结, 重点归纳了河北省关闭煤矿农林用地、建设用地、塌陷水域综合利用、矿山公园模式、关闭煤矿资源综合利用、矸石山利用、井下空间利用等7类19种资源再利用推荐模式, 分析了推荐模式选择因素, 划分了资源类型。依据矿山地质环境影响程度、问题类型及矿山区位差异, 按照推荐模式选择原则, 提出适合不同关闭煤矿资源利用模式。综合考虑关闭煤矿背景条件和资源开发利用条件, 对河北省主要矿区118个关闭煤矿提出了资源再利用途径。在相关研究基础上, 针对河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用存在的支撑条件不足、安全评价、支撑政策和管理办法欠缺、资源调查评价与利用技术指南欠缺等现实问题, 提出了资源利用典型项目建设、及时掌握关闭煤矿综合信息、构建关闭煤矿资源调查与评价技术指南、开展相关治理工程做好资源利用统筹工作、加强科技投入和关键技术研发、树立矿井全生命周期理念并重视矿业资产的后周期管理及完善闭坑管理等建议, 以期选择生态敏感性较弱、资源丰富、区位条件优越、符合当地经济社会发展需求、便于协调开发利用的关闭煤矿作为重点研究对象, 开展资源综合利用工业性试验和示范工程, 系统构建关闭煤矿资源评价体系, 实现关闭煤矿资源利用与生态保护协同发展。

**关键词:** 关闭煤矿; 资源再利用; 推荐模式; 工业遗迹; 井下空间; 矸石利用

中图分类号: P62; X752 文献标志码: A 文章编号: 1001-1986(2021)06-0113-08 语音讲解



## Discussion on the recommended models for resource reuse of closed coal mines in main mining areas of Hebei Province

YIN Quanzeng<sup>1</sup>, CHEN Zhongshan<sup>1</sup>, FENG Qiyan<sup>2,3</sup>, GENG Lijuan<sup>1</sup>, TAI Lixun<sup>1</sup>, LI Fang<sup>1</sup>, LIU Ning<sup>1</sup>

(1. Coal Geology Geological Team of Hebei Province Bureau, Xingtai 054000, China; 2. Collaborative Innovation Center for Resource Utilization and Ecological Restoration of Old Industrial Base, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 3. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** The evaluation and the utilization of the resources of the closed coal mines have dual benefits of resources and environment, and can provide a transformation and development path for coal mining enterprises. Based on the investigation of the resources of the closed coal mines in the main mining areas of Hebei Province, through the summary of the typical cases of the resources reuse of the closed coal mines at home and abroad and in Hebei Province, this paper sums up 7 types and 19 kinds of recommended modes of the resources reuse of the closed coal mines in Hebei Province, analyzes the selection factors of recommended modes, and divides the types of resources. According to the influence degree of mine geological environments, problem types and mine location

收稿日期: 2021-07-03; 修回日期: 2021-09-16

基金项目: 河北省省级一般公共预算财政专项资金项目(343-0401-JBN-BEWQ, 343-0402-YQN-71AY)

第一作者: 殷全增, 1965年生, 男, 河北邢台人, 正高级工程师, 从事煤田地质、物探等工作。E-mail: 13931909280@126.com

通信作者: 陈中山, 1983年生, 男, 甘肃定西人, 高级工程师, 从事煤田地质、物探等工作。E-mail: 583594023@qq.com

differences, and according to the principle of recommended mode selection, this paper puts forward the resource utilization modes suitable for different closed coal mines. Considering the background conditions of closed coal mines and the conditions of resource development and utilization, this paper puts forward the ways of resource reuse for 118 closed coal mines in main mining areas of Hebei Province. On the basis of relevant research, in view of the practical problems existing in the reuse of closed coal mine resources in the main mining areas of Hebei Province, such as insufficient support conditions, lack of safety evaluation, support policies and management methods, and lack of technical guidelines for resource investigation, evaluation and utilization, this paper puts forward the construction of typical projects for resource utilization, timely mastering the comprehensive information of closed coal mines, constructing technical guidelines for investigation and evaluation of closed coal mine resources. Relevant treatment projects have been carried out, good job in the overall planning of resource utilization has been made, scientific and technological investment and key technology research and development have been strengthened, the concept of the whole life cycle of the mine has been established, attention has been paid to the post cycle management of mining assets and the pit closure management has been improved, so as to select the ones with weak ecological sensitivity, rich resources, superior location conditions and meeting the needs of local economic and social development. Taking the closed coal mines convenient for coordinated development and utilization as the key research object, industrial experiments and demonstration projects for comprehensive utilization of resources have been carried out, the closed coal mine resource evaluation system was systematically constructed, and the coordinated development of closed coal mine resource utilization and ecological protection has been realized.

**Keywords:** closure of coal mine; resource reuse; recommended models; industrial relics; underground space; gangue utilization

国外地质工作者早在 20 世纪中叶就开始探索关闭煤矿资源的再利用。我国以往煤矿相关工作侧重地质环境调查、地质环境保护与治理规划以及治理恢复等方面,随着国内关闭矿井日益增多和相关技术的发展,国内关于关闭矿井研究也逐渐得到重视。河北省是个煤炭大省,开发时间长、强度大。煤炭的开发为国民经济发展带来了巨大财富,同时也产生了一些矿山问题。早期煤炭的开发,小、乱、散、粗放型开采,构成了诸如工业广场废弃、大量土地压占、矿山地质环境治理等后矿山问题<sup>[1-2]</sup>。随着煤炭资源枯竭、开采安全限制及国家淘汰落后产能和化解过剩产能政策的实施,河北省大量煤矿被关闭,煤炭企业对关闭矿井再利用意识淡薄,多数矿井直接关闭或废弃,未开展关闭矿井资源的再开发利用,不仅造成资源的巨大浪费,还有可能诱发后续的安全、环境及社会等问题<sup>[3]</sup>。开展关闭煤矿地质环境治理与资源利用模式研究,不仅能够减少资源浪费、变废为宝,提高剩余资源开发利用效率,而且可为相关煤矿企业提供一条转型发展路径<sup>[4]</sup>。如何充分利用关闭煤矿的各种资源,对矿区可持续发展具有重要意义。

本次主要通过调查分析河北省 118 个关闭煤矿,主要集中在峰峰、邯郸、邢台、井陘、蔚县、宣下、开滦、兴隆等矿区。笔者依据关闭煤矿的资源禀赋及利用可行性,提出河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用模式,并为后续资源开发利用提出相应问题与建议。

## 1 国内外关闭煤矿资源再利用模式

### 1.1 国外煤矿资源再利用

国外早在 20 世纪中叶就开始探索关闭矿井资源再利用问题,积累了博物馆、矿山地质公园、物资储备、瓦斯利用、矿井水资源利用等开发技术和实践经验,开拓形成了矿山公园、地下空间利用、水热联用、瓦斯利用等关闭煤矿资源化利用的模式<sup>[4-8]</sup>。例如,德国鲁尔工业区开发了博物馆、公共游憩空间利用等资源再利用模式,在北杜伊斯堡景观公园和“北极星公园”进行应用,许多废弃矿山排土场上已经实施了风力发电项目<sup>[6]</sup>;荷兰对大型煤矿进行水热联用等模式开发,在奥兰治纳苏 I、III 和 IV 3 座大型煤矿进行应用,2014 年海尔伦煤矿进入“矿井水 3.0”时代<sup>[4]</sup>;2017 年,德国煤炭巨头鲁尔集团将 Prosper-Haniel 煤矿改造成一个抽水蓄能设施,改造工程将通过在煤矿上下层建设蓄水池实现<sup>[4]</sup>;德国利用废弃矿井处置了低中放射性废物 1.988 万 m<sup>3</sup>(约 12.5 万桶),美国利用关闭矿井地下空间建立了第 1 个地下文件存储中心,是废弃矿井地下空间资源利用的典型案例<sup>[7-8]</sup>;英国对关闭的 300 座地下煤矿中的 30 座进行废弃煤矿瓦斯开发利用,其中,以凯灵利(Kellingley)废弃煤矿和曼斯菲尔德废弃煤矿(皇冠农场煤矿)瓦斯开发利用项目最为代表<sup>[9]</sup>。近年来,基于环境保护和资源能源转型升级的新要求,综合利用技术、措施和手段不断更新,信息化、科技化、产业化和商业化的模式不断创新,一些资源枯竭型城市资源再利用的开发典型案例增多,形成了

农林用地、建设用地、水域综合利用、遗留物资利用、矸石利用等新的再利用模式,为我国关闭/废弃矿井资源的综合利用提供了经验。

### 1.2 国内关闭煤矿资源再利用案例

我国在矿山生态修复方面积累了大量经验,但关闭煤矿资源开发利用研究起步较晚,国内关闭煤矿开发利用主要体现在矿山公园、地下水库、瓦斯利用等方面<sup>[3,9-18]</sup>,见表1。

### 1.3 关闭煤矿资源再利用模式

通过对国内外煤矿资源再利用典型案例<sup>[19-21]</sup>进

行归纳,总结出8种主要再利用模式,见表2。

## 2 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用推荐模式

### 2.1 关闭煤矿分类

#### 1) 按关闭原因分类

河北省2015年前煤矿关闭主要为资源枯竭型和淘汰落后产能型,其中“十二五”期间关闭小煤矿237座,淘汰落后产能1650万t/a。2015年后,按照国家供给侧结构性改革部署开始实施化解过剩产能,近五年实际关闭煤矿139座。

表1 国内煤矿资源利用典型案例  
Table 1 Typical cases of utilization in domestic coal mines

地点	利用前	利用后
淮北煤矿区	塌陷深度0.50~15.00 m	利用塌陷积水,修复成十大国家城市湿地公园之一的南湖湿地公园
徐州贾汪煤矿区	塌陷地约20 km <sup>2</sup> ,积水面积达2.4 km <sup>2</sup> ,地表下沉、耕地损毁、房屋开裂等	修复成潘安湖湿地公园,建立国家级湿地公园试点,成为徐州后花园和城市副中心
满洲里灵泉露天煤矿区	矿坑面积约4.6 km <sup>2</sup> ,排土场占地较严重	生态恢复治理取得了显著效果,草本植物生长良好,矿坑水作为灌溉用水得到了充分利用
四川嘉阳煤矿区	遗留大量的工业遗产	建设了嘉阳国家矿山公园
辽宁阜新海州露天煤矿区	总占地28 km <sup>2</sup>	继成为首批国家矿山公园后,又被批准为全国首家工业遗产旅游示范区。成为集旅游、考察、科普于一体的工业遗产旅游地
兖州兴隆庄煤矿	弃用矸石山占地0.05万 m <sup>2</sup>	修筑了人工湖,回填塌陷区,清理平整矸石滩,建成的公园成为兖州市四大园林之一
山西晋城煤业	部分高瓦斯矿井关闭	施工10口关闭煤矿地面煤层气井,其中7口井成功产气,每口井平均日产气量可达到2000 m <sup>3</sup>
神东矿区	矿井水处理成本高	建成煤矿地下水库35座,储水总量约为3100万 m <sup>3</sup>

表2 关闭煤矿资源主要再利用模式  
Table 2 Statistics of main modes of resource reuse in closed coal mines

模式	适用性及预期
农林用地	适用平原地区,侧重商品粮生产;矸石山(堆)经生态修复,生态林果产业获得生态、经济效益
建设用地	工程修复,适用于城镇周边较平整的废弃矿山,获得商住用地、工业用地等建设用地
场地绿化	小型煤矿适用单一复绿模式;大型矿山运用生态复绿等方法,矿区生态环境逐步恢复
水域利用	适用于地表下沉1 m以上的水域,建立生态型养殖基地,发展塌陷区水产养殖业,建造水上公园及矿区旅游业等
矿山公园	在矿山环境整治、恢复地区生物多样性的基础上,废弃矿区打造为生态主题的郊野游览园区、主题公园等;矿山博物馆适用于污染较小且具有较多废弃矿业遗存元素的矿山工业广场的改造
空间再利用	不同开发模式要求地下空间环境条件及适宜开发深度不同,构建地下储气库、深地科学实验室、压缩空气储能发电站、地下医院、地下冷库等
水热联用	在建筑物和矿井水网络中增加热源和冷源存储,建立需求和供给侧管理系统,实现能量自给自足
湿地公园	适用地质条件相对脆弱,无法进行耕种、承载高层建筑且伴有积水的采煤塌陷区,实现生态修复

#### 2) 按生产能力分类

考虑时限性等实际情况,研究工作主要针对河北省近5年关闭煤矿,其中大型煤矿为7座,中型煤矿为23座,小型煤矿为109座。本次研究区内实际调查关闭煤矿为118座,其中大中型煤矿30座。

#### 3) 按经营实体身份分类

具体可分为国有煤矿、集体煤矿(地方煤矿)及

个体煤矿。据调查,关闭煤矿开采经营实体身份的不同,关闭煤矿档案也千差万别。国有煤矿档案资料真实、正规、数据可靠,且资料的保存时间相对较长;个体煤矿因管理不够严谨,档案资料杂乱且误差较大,且大多数资料保存不全。

### 2.2 关闭煤矿资源调查

通过对河北省主要矿区118个关闭煤矿重点调

查,初步掌握了研究区主要关闭煤矿剩余煤炭资源、土地、煤层气(瓦斯)、遗留物资、矿井水、地下空间、煤矸石等资源情况。其中,主要关闭煤矿剩余资源量大于 0.5 亿 t 矿井为 16 处,剩余煤炭总量约 19.93 亿 t;压占土地资源约 22.84 km<sup>2</sup>(含工业广场、矸石山(堆)、矿山道路等);高瓦斯矿井 5 处;矿井水文地质类型为复杂-极复杂矿井 6 处,主要关闭煤矿采空区水位恢复稳定后预计积水总量约 1.04 亿 m<sup>3</sup>;地表沉陷积水 11 处,面积约 3.87 km<sup>2</sup>;遗存岩巷、井

底车场及斜井空间约 380 万 m<sup>3</sup>,采空区稳沉后预测总容积约 1.06 亿 m<sup>3</sup>;遗存煤矸石约 1 446 万 m<sup>3</sup>。

### 2.3 关闭煤矿可利用资源类型划分

通过归纳总结国内外煤矿生态修复与资源利用模式,并结合实地调查得出,河北省关闭煤矿可利用资源类型主要为土地(农林用地、建设用地)、水、剩余煤炭、煤层气、遗留物资、地下空间、煤矸石等资源。本次研究通过细化治理与利用模块、子模块,分析资源利用方法及适用性,见表 3。

表 3 关闭煤矿资源利用类型详细情况  
Table 3 Details of resource utilization types of closed coal mines

利用模式	利用模块	利用子模块	利用方法	适用煤矿
农林用地	矿山压占	采矿场		露天
		排土场		
		工业广场 办公生活区 矸石	土地平整、覆土、道路、供水井、灌渠、供电、排水等	所有
	采空塌陷区			地下开采
建设用地	矿山压占	采矿场		露天
		工业广场 办公生活区	土地平整等	所有
	采空塌陷区		采空区充填、注浆、分层夯实、平整	地下开采
塌陷水域综合利用	塌陷区常年积水区	湿地公园	土地平整、景观再造等	塌陷水域面积大、积水深、水质好、城镇附近
		生态养殖	挖深垫浅	塌陷水域面积较大、积水较深、水质较好、临农村
矿山公园	遗址遗迹	地质遗迹	地层和古生物遗迹、找矿标志物及指示物等	具有科学价值的矿业遗迹、自然环境优美、矿业文化历史悠久、区位优势、科普基础设施完善,并具备旅游潜在能力、土地权属清楚的煤矿
		矿业遗址遗迹	矿山采场、工业广场、矿业构筑物、典型治理工程遗迹、矿业生产、生活遗存设备等	
	矿业人文史籍	矿床发现、开发史及矿山沿革记载、文献等		
	科普教育	博物馆、影视厅、展厅、体验室、知识讲解及实习基地等		
辅助景观	自然景观		与矿山总体风格相协调且独具特色的自然山水景观和动、植物景观,代表性的民居、设施、村落和风俗民情等	
		人工景观	植被恢复和景观再造,主、副碑,标识牌等	
资源综合利用			遗留生产物资、剩余煤炭、运输道路	所有
			煤层气、矿井水、地热	地下开采
井下空间利用	井巷		物资储备、科教、文化娱乐、废弃物处理等	地下开采的大中型煤矿
矸石山利用	矸石山		井下工作面充填、作为防治水固化剂替代水泥、回填复垦、煤矸石建材、煤矸石发电等	大中型煤矿
	复绿		生态复绿	

### 2.4 推荐模式原则及选择因素

依据矿山地质环境影响程度、问题类型及区位差异,本着因地制宜、综合整治、宜耕则耕、宜林则林、宜渔则渔、宜草则草、宜工则工、宜景则景的原则和治理预期效果,按照保证安全、生态优先,因地制宜、因矿施策和多元治理、整体推进的模式

选择原则,提出适合不同关闭煤矿的资源利用模式,从而实现社会、经济和生态效益“多赢”目的<sup>[19]</sup>。

推荐模式的选择要综合考虑关闭煤矿背景条件和资源开发利用条件。其中背景条件主要包括自然环境、人文环境、采矿遗迹、历史文化、社会文化等,资源开发利用条件包括资源禀赋、经济发展水

平、交通通达度、市场距离、生态环境因素和地质环境安全等,详见表4。

## 2.5 推荐模式分类

依据利用模式和治理预期效果,按照土地资源、水资源、遗存资源、空间资源等进行分类,将河北

省主要矿区关闭煤矿资源再利用推荐模式主要分为7类19种,详见表5。

## 2.6 不同矿区推荐模式

依据自然环境等关闭煤矿背景条件和资源禀赋等资源开发利用条件,在资源类型划分、模式选择

表4 关闭煤矿资源再利用推荐模式选择因素  
Table 4 Selection factors of recommended modes for resource reuse in closed coal mines

类型	因素	描述
背景条件	自然环境	地形地貌、地质、气候、动植物等
	人文环境	历史沿革、区位条件等
	采矿遗迹	露天遗迹、建筑、机械、地下遗迹、矸石山等
	历史文化	历史文化、工艺、传说、习俗等
	社会文化	矿工居住生活区、乡镇聚落、产业风貌
资源开发利用条件	资源禀赋	资源规模、特点等
	经济发展水平	人均GDP、消费水平、就业状况
	交通通达度	内部交通、外部交通
	距市场距离	距离城市的距离、距离城市圈的距离
	生态环境因素	大气、土壤、水体等生态环境状况
	地质环境安全	地质条件、地质灾害等

表5 河北省主要矿区关闭煤矿资源再利用推荐模式分类  
Table 5 Classification of recommended patterns for reuse of the resources of closed coal mines in main mining areas of Hebei Province

分类	模式	种类	描述	选取依据
土地资源	农林用地	农业、林业		地质环境安全性差、交通通达度差,原土地或周边属性为农林地且占地面积可观
	建设用地	工业园区	专供工业设施设置区	地质环境安全性较好、交通通达度较好、经济发展水平较高、市场距离近、生态环境较好,原土地或周边属性为林地且占地面积可观
		商业用地	建设住宅区、商业区、办公类园区等	
水资源	塌陷水域综合利用	湿地公园	以湿地景观资源为基础,可供人们观光、休闲的生态型主题公园	自然环境较好、生态环境较好、地质环境安全较差,水域面积大于0.5万m <sup>2</sup> ,沉陷大于1m
		生态养殖	无污染的塌陷区水域进行立体水产养殖	
遗存资源	矿山公园模式	矿山公园	以展示矿业遗迹景观为主体的公园	人文环境较好、采矿遗迹丰富、历史文化深厚、社会文化深厚、交通通达度较好
		工业遗迹	具有历史、技术、社会、建筑或科学价值的工业文化遗迹	
	关闭煤矿资源综合利用	煤炭	地下气化等	资源禀赋条件好、地质环境安全较好,剩余煤炭大于0.5亿t
		矿井水	受煤炭生产活动影响,水质具有显著煤炭行业特征的水	自然环境较好、资源禀赋条件好
		残余瓦斯	储存在煤层中以甲烷为主要成分的煤伴生矿产资源	资源禀赋条件好,高瓦斯矿井且剩余煤炭规模可观
		热能	矿井内围岩散发出来的地球内部热量	资源禀赋条件好,矿井水资源丰富,符合浅层地热能条件
	遗留生产物资	地表及井下遗留较有价值的物资,如建筑、钢材、枕木等	采矿遗迹、资源禀赋条件较好,设备、物资完整	
空间资源	井下空间利用	矸石山利用	大宗量利用为重点,利用煤矸石发电、制成建材、复垦回填等	资源禀赋条件好且规模大于5万m <sup>3</sup> 、交通通达度较好
		生态复绿	矸石山(堆)实施生态复绿等治理	生态环境较差
空间资源	井下空间利用	存储	储气、储油、储存化学危险品等特殊物品	资源禀赋条件好且巷道、井底车场等空间大于10万m <sup>3</sup> 、交通通达度较好、市场距离近、采矿遗迹丰富、地质环境安全较好
		科教	科研中心、档案馆、博物馆等	
		设施农业	人工智能控制,根据所需环境条件实现农作物产品	
	蓄能	蓄电、蓄热		

因素初步分析的基础上,结合实地调查,对本次研究的 118 个关闭煤矿提出推荐利用模式。其中,适合建设用地模式的煤矿 40 个(同一个关闭煤矿在同一个单项推荐模式中可能符合多个利用方向,下

同)、农林用地模式 88 个、塌陷水域综合利用 10 个、矿山公园模式 11 个、剩余煤炭利用 12 个、瓦斯利用 9 个、热能利用 5 个、遗留物资利用 26 个、井下空间利用模式 7 个、矸石利用模式 24 个,详见表 6。

表 6 河北省主要矿区关闭煤矿资源推荐模式

Table 6 Recommended modes of the resources of the closed coal mines in the main mining areas of Hebei Province

地区	矿区 (煤矿)	推荐模式																		
		1农林用地		2建设用地		3塌陷水域综合利用		4矿山公园		5资源综合利用				6井下空间利用				7矸石山利用		
		1-1 农业	1-2 林业	2-1工 业园区	2-2商 业用地	3-1湿 地公园	3-2生 态养殖	4-1矿 山公园	4-2工 业遗迹	5-1 煤炭	5-2矿 井水	5-3 瓦斯	5-4 热能	5-5遗 留物资	6-1 存储	6-2 科教	6-3设 施农业	6-4 蓄能	7-1矸 石利用	7-2生 态复绿
邯 郸	邯 郸	5	9	6	1	0	1	2	4	3	2	4	1	5	2	1	1	0	5	11
	峰 峰	4	11	7	3	3	0	3	3	1	4	2	1	5	2	1	1	0	9	12
	邢 台	8	2	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	1	0	1	0	3	4
	临 城- 隆 尧	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	石 家 庄	元 氏	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		井 陘	2	1	1	2	1	0	1	3	0	1	0	1	1	1	0	0	0	2
	唐 山	开 滦	0	0	4	2	5	4	2	2	3	3	2	1	3	1	0	0	3	3
	张 家 口	宣 下	1	8	4	4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	3	9
		蔚 县	24	6	5	0	0	0	0	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	10
	承 德	兴 隆	3	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

注: 同一个关闭煤矿在同一个推荐模式中可能符合多个利用方向。

### 3 资源综合利用存在问题

#### 1) 支撑条件不足

多数矿井直接关闭或废弃,未开展相关资源调查与评价,不仅造成资源浪费,在一定程度上极可能引发环境、生态及安全问题<sup>[18]</sup>。

#### 2) 安全评价

煤矿直接关闭后极易引发地质灾害问题,如塌陷、矿井水隐患、采空区瓦斯逸出而带来的安全隐患等<sup>[22]</sup>。亟需构建一套可量化的资源综合利用安全评价体系,需要对关键性指标进行选取<sup>[23]</sup>,尤其要对关闭煤矿的采掘历史、地质背景、资源条件等指标进行先期梳理与掌握。在各风险因素研究的基础上形成安全与风险评价技术标准,指导关闭煤矿资源综合开发利用。

#### 3) 支持政策和管理办法欠缺

诸如剩余煤炭资源地下气化、矿井水利用等,资源再利用等监测系统少,监督管理及综合利用缺乏有效的依据和标准,目前支持政策和管理办法仍欠缺。需要相关部门出台系列支持政策和管理办法,简化审批程序,向资源利用倾斜。

#### 4) 资源调查、评价与利用技术指南欠缺

资源再利用离不开调查、评价与资源利用技术

等工作,亟需构建关闭地下矿井地表形变预测方法及柱式采空区煤柱稳定性评价方法<sup>[13]</sup>,研发关闭矿井地质灾害治理关键技术与材料,保障关闭地下矿井地面构筑物及土地再利用安全,以促进关闭矿井地质环境监测、调查、评价、资源再利用、环境管理方面规范化。

### 4 建议

a. 积极推进关闭煤矿资源利用典型项目建设。先期资源专项调查的基础上,对利用前景好的资源进行开发利用可行性研究。并积极推进资源再利用典型项目建设,率先在资源条件好、建设成本低、市场消纳条件好的地区,确定一批典型项目建设,形成以点带面开发利用格局。

b. 及时、切实掌握关闭煤矿综合信息。煤矿关闭后,主副井基本永久封闭,地表水、地下水、矿井水监测网络缺乏,缺少动态监测数据。同时,关闭煤矿的数量、地质环境问题、资源利用情况也会随着时间发生变化,经过 5~10 a 后需要进一步调查并更新数据,切实掌握关闭煤矿的综合信息,为资源的精准利用和规划部门提供决策支持。

c. 完善关闭煤矿资源调查与评价技术指南。关

闭煤矿资源调查与评价技术指南需要尽快编制与应用,争取早日形成企业或行业标准。

d. 开展相关治理工程,做好与资源利用的统筹。主要包括地质灾害、地形地貌景观破坏、含水层破坏等防治工程,加强灾害监测、矸石堆放场治理、景观生态恢复、土地复垦、植被重建以及地下水动态监测等工作。相关工作应与资源综合利用工作相协调。同时关闭煤矿生态修复工程应纳入区域生态修复规划及山水规划中去。

e. 加强科技投入,加强关键技术研发。剩余煤炭和瓦斯开发再利用、地下水污染防控与矿井水综合利用、地下空间利用等技术创新,为实现绿色闭坑提供技术支撑。关注关闭煤矿立体空间协调开发与绿色产业生态发展,研究矿区地下特定空间协同利用、地上地下生态空间开发以及矿区地面特色小镇开发等模式。

f. 树立矿井全生命周期理念,实现环境持续改善和资源开发的绿色接替,重视矿业资产的后周期管理,完善闭坑管理。随着科技进步,逐步将资源开发和环境保护纳入一个统一体系。对即将关闭的矿井,尽快开展关闭矿井资源再利用规划,充分衔接生态环境保护相关规划,提前编制资源再利用及生态修复方案,提前谋划资源再利用相关手续。应选择生态敏感性较弱、资源丰富、区位条件优越、符合当地经济社会发展需求、便于协调开发利用的关闭煤矿作为重点研究对象,开展资源综合利用工业性试验和示范工程,系统构建关闭煤矿资源评价体系,实现关闭煤矿资源利用与生态保护协同发展。

## 参考文献(References)

- [1] 鱼磊,李应真,高俊华,等. 基于高分卫星遥感数据的冀东地区矿山开发现状及环境问题研究[J]. 中国地质调查, 2018, 5(4): 90-98.  
YU Lei, LI Yingzhen, GAO Junhua, et al. Research on the current situation of mine exploitation and environmental problems based on the satellite remote sensing data in Eastern Hebei[J]. Geological Survey of China, 2018, 5(4): 90-98.
- [2] 陈中山,明正,刘宁,等. 基于遥感技术的峰峰矿区关闭煤矿地质环境问题调查与评价[J]. 中国煤炭, 2020, 46(11): 112-117.  
CHEN Zhongshan, MING Zheng, LIU Ning, et al. Investigation and evaluation of geological environment problems of closed coal mine in Fengfeng mining area based on remote sensing technology[J]. China Coal, 2020, 46(11): 112-117.
- [3] MORRIS A, SILVER D, FERGUSON D, et al. Towards topological exploration of abandoned mines[C]//IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2005, 2117-2123.
- [4] 袁亮,姜耀东,王凯,等. 我国关闭/废弃矿井资源精准开发利用的科学思考[J]. 煤炭学报, 2018, 43(1): 14-20.  
YUAN Liang, JIANG Yaodong, WANG Kai, et al. Precision exploitation and utilization of closed/abandoned mine resources in China[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(1): 14-20.
- [5] 霍冉,徐向阳,姜耀东. 国外废弃矿井可再生能源开发利用现状及展望[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(10): 267-273.  
HUO Ran, XU Xiangyang, JIANG Yaodong. Status and prospect on development and utilization of renewable energy in abandoned mines abroad[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(10): 267-273.
- [6] CHRISTIAN Melchers, PETER Goerke-Mallet, LAURA Henkel, et al. Experiences with mine closure in the European coal mining industry: Suggestions for reducing closure risks[J]. Mining Report, 2016, 52(3): 212-220.
- [7] ILG P, GABBERT S, WEIKARD H P. Nuclear waste management under approaching disaster: A comparison of decommissioning strategies for the German repository Asse II [J]. Risk Analysis, 2017, 37(7): 1213.
- [8] ROSINA E, SANSONETTI A, ERBA S. Focus on soluble salts transport phenomena: The study cases of Leonardo mural paintings at Sala delle Asse(Milan)[J]. Construction & Building Materials, 2016, 136: 643-652.
- [9] 桑逢云,刘文革,韩甲业,等. 英国废弃煤矿瓦斯开发成功经验及对我国的启示[J]. 中国煤层气, 2019, 16(2): 3-5.  
SANG Fengyun, LIU Wenge, HAN Jiaye, et al. Enlightenment of China on successful experiences of abandoned mine methane development in Britain[J]. China Coalbed Methane, 2019, 16(2): 3-5.
- [10] 谢和平,高明忠,高峰,等. 关停矿井转型升级战略构想与关键技术[J]. 煤炭学报, 2017, 42(6): 1355-1365.  
XIE Heping, GAO Mingzhong, GAO Feng, et al. Strategic conceptualization and key technology for the transformation and upgrading of shut down coal mines[J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(6): 1355-1365.
- [11] 崔洪庆,宁顺顺. 废弃矿井充水问题及其研究和治理方法:以美国匹兹堡煤田为例[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 51-53.  
CUI Hongqing, NING Shunshun. Ways to study and treat the problems related with flooding abandoned mines: A case study from Pittsburgh coal basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2007, 35(6): 51-53.
- [12] 李柯岩. 关闭煤矿资源开发利用现状与政策研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(1): 97-101.  
LI Keyan. Study on current situation and policy of closed coal mine resources development and utilization[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(1): 97-101.
- [13] 任辉,吴国强,宁树正,等. 关闭煤矿的资源开发利用与地质保障[J]. 中国煤炭地质, 2018, 30(6): 1-9.

- REN Hui, WU Guoqiang, NING Shuzheng, et al. Closed coalmine resources exploitation, utilization and geological indemnification[J]. Coal Geology of China, 2018, 30(6): 1-9.
- [14] 任辉, 吴国强, 张谷春, 等. 我国关闭/废弃矿井资源综合利用形势分析与对策研究[J]. 中国煤炭地质, 2019, 31(2): 1-6.
- REN Hui, WU Guoqiang, ZHANG Guchun, et al. The situation analysis and strategy research of closed/abandoned mine resources comprehensive utilization in China[J]. Coal Geology of China, 2019, 31(2): 1-6.
- [15] 顾大钊. 煤矿地下水库理论框架和技术体系[J]. 煤炭学报, 2015, 40(2): 239-246.
- GU Dazhao. Theory framework and technological system of coal mine underground reservoir[J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(2): 239-246.
- [16] 陈苏社, 黄庆享, 薛刚, 等. 大柳塔煤矿地下水库建设与水资源利用技术[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(8): 21-28.
- CHEN Sushe, HUANG Qingxiang, XUE Gang, et al. Technology of underground reservoir construction and water resource utilization in Daliuta coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(8): 21-28.
- [17] 王争, 李国富, 周显俊, 等. 山西省废弃矿井煤层气地面钻井开发关键问题与对策[J]. 煤田地质与勘探, 2021, 49(4): 86-95.
- WANG Zheng, LI Guofu, ZHOU Xianjun, et al. Key problems and countermeasures of CBM surface drilling development in abandoned coal mines of Shanxi Province[J]. Coal Geology & Exploration, 2021, 49(4): 86-95.
- [18] 谢和平, 高明忠, 刘见中, 等. 煤矿地下空间容量估算及开发利用研究[J]. 煤炭学报, 2018, 43(6): 1487-1503.
- XIE Heping, GAO Mingzhong, LIU Jianzhong, et al. Research on exploitation and volume estimation of underground space in coal mines[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(6): 1487-1503.
- [19] 武强, 刘宏磊, 陈奇, 等. 矿山环境修复治理模式理论与实践[J]. 煤炭学报, 2017, 42(5): 1085-1092.
- WU Qiang, LIU Honglei, CHEN Qi, et al. Theoretical study of mine geo-environmental restoration model and its application[J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(5): 1085-1092.
- [20] 史箫笛, 康小兵, 罗向奎, 等. 闭坑煤矿井下空间资源开发利用评价[J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(3): 112-119.
- SHI Xiaodi, KANG Xiaobing, LUO Xiangkui, et al. Development and utilization evaluation of underground space resources in closed pit coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(3): 112-119.
- [21] 刘钦节, 王金江, 杨科, 等. 关闭/废弃矿井地下空间资源精准开发利用模式研究[J]. 煤田地质与勘探, 2021, 49(4): 71-78.
- LIU Qinjie, WANG Jinjiang, YANG Ke, et al. Research on the model of accurate exploitation and utilization of underground space resources in closed/abandoned mines[J]. Coal Geology & Exploration, 2021, 49(4): 71-78.
- [22] 陈中山. 邯邢地区关闭煤矿剩余资源及再利用途径探讨[J]. 中国煤炭地质, 2020, 32(9): 116-121.
- CHEN Zhongshan. Probe into closed coalmine residual resources and reuse approaches in Handan-Xingtai district[J]. Coal Geology of China, 2020, 32(9): 116-121.
- [23] 袁亮, 杨科. 再论废弃矿井利用面临的科学问题与对策[J]. 煤炭学报, 2021, 46(1): 16-24.
- YUAN Liang, YANG Ke. Further discussion on the scientific problems and countermeasures in the utilization of abandoned mines[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46(1): 16-24.

(责任编辑 范章群)