

Research and Application of Short Wall Strip Green Filling Mining Technology in Aging Mine

Pengde Sang

China Coal Science & Industry Group Taiyuan Research Institute Co., LTD., Taiyuan Shanxi
Email: sangpengde2008@126.com

Received: May 13th, 2020; accepted: May 28th, 2020; published: Jun. 4th, 2020

Abstract

In view of the problems of “three lower” coal pressure in Dongping Coal Industry and the difficulty in moving villages and the exhaustion of mine resources, it is necessary to explore new mining techniques to realize the sustainable mining of existing coal resources. By means of theoretical analysis, laboratory test and field measurement, the paper puts forward the continuous green filling mining technology. The working face layout, filling material ratio, branch and lane parameters and surface deformation law were studied. This method has been used in the experimental mining of No. 15 coal seam of Dongping Coal Industry, and has obtained great economic and environmental benefits.

Keywords

Resource Depletion, Green Stripe Filling, Filling Material Ratio, The Lane Parameters

衰老矿井短壁条带绿色充填开采技术研究与应用

桑朋德

中国煤炭科工集团太原研究院有限公司, 山西 太原
Email: sangpengde2008@126.com

收稿日期: 2020年5月13日; 录用日期: 2020年5月28日; 发布日期: 2020年6月4日

摘要

针对东坪煤业“三下”压煤量大、矿井资源衰竭、村庄搬迁困难等问题, 必须探索新型的采矿工艺实现矿井现有煤炭资源的可持续开采, 通过理论分析、室内试验和现场实测等手段, 提出了短壁条带绿色充

填开采技术, 对工作面布置、充填材料配比、支巷参数和地表变形规律进行了研究, 该方法已在东坪煤业15号煤层进行了实验开采, 获得了较大的经济和环境效益, 可为类似条件的煤层开采提供一定的借鉴。

关键词

资源衰竭, 条带绿色充填, 充填材料配比, 支巷参数

Copyright © 2020 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. 前言

据统计, 我国目前衰老矿井“三下”压煤达 140 亿 t [1], 现阶段解决“三下”压煤最重要和最实用的开采方法就是充填开采; 全面建设绿色矿山, 是实现矿业转型发展、持续发展的必然要求, 是推进矿业领域生态文明建设的重大举措。

国内外专家学者通过多年对“三下”压煤开采技术的理论和现场实践的研究, 充填开采的效果显著[2], 但研究成果主要集中在长壁充填开采方面, 对短壁开采研究比较少, 长壁充填初期开采投资大, 采充不平行, 顶板来压剧烈控制复杂, 同时煤矿遗留条带煤柱、边角煤受尺寸影响, 无法布置长壁工作面[3]。

而本文采用的短壁连采技术具有掘进速度快, 设备移动灵活, 开采过程中占用空间小的特点。连采技术与充填技术相结合能够实现采充平行作业, 充填和回采相互间不受影响, 可最大限度地发挥出连采技术与充填技术的优势, 在提高开采效率、保证充填效果的同时, 有效控制地表下沉和岩层移动。

面对严峻的环保压力, 把绿色充填开采与矸石零排放有机结合, 同时将井下留设的煤柱、呆滞煤炭资源等置换开采出来, 建设生态绿色矿山, 符合当前国家能源开发的战略需求, 在推动“提质增效”、“节能减排”[4], 解决各煤炭企业重大技术瓶颈问题等方面都具有重要意义。因此, 本文以东坪煤业 15 号煤层为实验场地, 提出了短壁条带绿色充填开采技术, 即有效缓解了东坪煤业日渐衰竭的资源带来的问题, 有效解决了矸石排放带来的环保压力, 推广前景巨大。

2. 地质概况

东坪煤业位于阳泉市盂县县城东南 3 km 处, 井田面积 16.242 km², 矿井生产能力为 120 万吨/年。

由于历史遗留问题, 东坪煤业井田范围内存在众多小窑采空区及关闭井筒, 目前井田范围内 4 号、8 号、9 号煤层已经开采枯竭, 15 号煤层尚剩余部分资源, 但剩余资源大部分为村庄建筑下压煤、边角煤以及村庄和大巷保护矿柱, 其中矿周围建筑物下压煤 1500 万 t, 村村庄下保护煤柱压煤 3700 万 t, 不能布置长壁工作面的残采煤 1200 万吨。这些压煤和残采煤去除后, 东坪煤业将面临无煤可采的境地。

在村庄和其他建筑无法搬迁的前提下, 东坪煤业要实现可持续发展, 解放“三下”压煤是迫在眉睫的要解决的难题。

15 号煤层平均厚度 6.82 m, 含 0~4 层夹矸, 结构为较为简单。老顶为 K2 石灰岩, 底板为泥岩、砂质泥岩和细粒砂岩, 瓦斯涌出量低, 开采条件好。

3. 材料配比

东坪煤业充填开采的充填材料由煤矸石、部分建筑垃圾、水泥、粉煤灰和添加剂组成, 其中, 充填粗骨料为破碎后的煤矸石和建筑垃圾, 胶凝材料为普通的 325 硅酸盐水泥, 管道输送性能改良剂为粉煤

灰和添加剂。

研究水泥、粉煤灰不同配比下试件抗压强度，研石破碎为 20~50 mm 的粒径，试件统一制作成 80 * 80 mm 的标准试件正方体，水泥浓度在 8%，10%，12%，14% 时，测得单轴抗压强度曲线如图 1 所示。

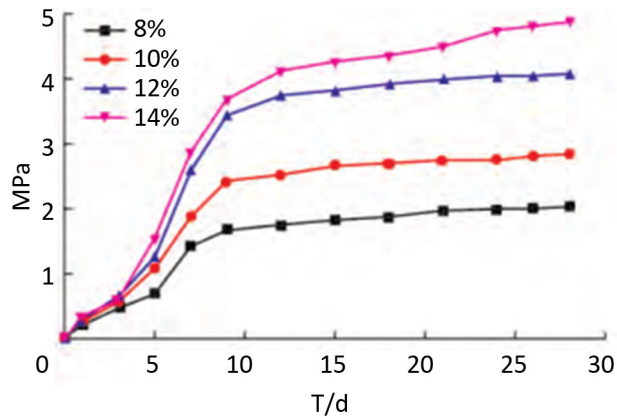


Figure 1. Uniaxial compressive strength for 28 days with different cement mass concentration
图 1. 水泥质量浓度不同时 28 天内单轴抗压强度

由图 1 可以得出以下情况：

水泥浓度	时间(7 d)试件强度	时间(28 d)试件强度
8%	1.4 MPa	1.9 MPa
10%	1.8 MPa	2.6 MPa
12%	2.6 MPa	3.7 MPa
14%	2.9 MPa	4.8 MPa

在水泥质量浓度不变的情况下，如固定为 10%，研究不同粉煤灰的配比变化(9%，12%，15%，18%)，试件单轴抗压强度曲线如图 2 所示。

由实验可看出，粉煤灰的多少对试件的强度影响较小，在水泥质量浓度固定的情况下，随着粉煤灰占比的增加，试件强度增加不明显，在第 10 天后基本保持在 2 MPa 左右。

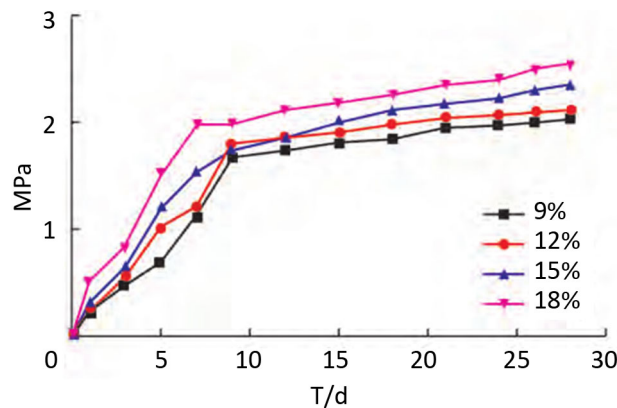


Figure 2. The uniaxial compressive strength of specimens was different with fly ash concentration
图 2. 粉煤灰浓度不同时试件单轴抗压强度

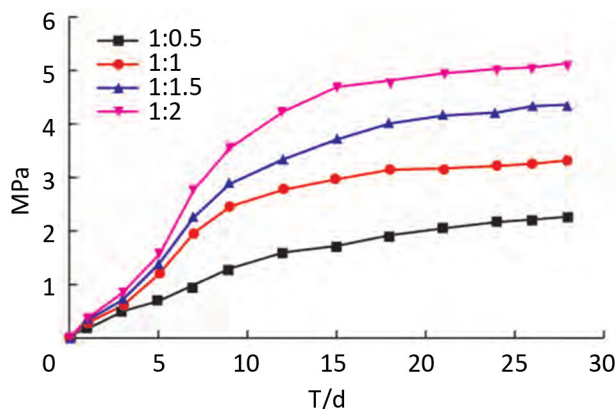


Figure 3. Uniaxial compressive strength of cement and fly ash in different ratio

图 3. 水泥与粉煤灰不同配比下单轴抗压强度

研究经过现场试验的粉煤灰和水泥的配比强度, 当水泥比例最小时, 强度缓慢增大, 最终强度在 2 MPa 左右; 当水泥继续增加时, 强度增速加剧, 然后变缓, 第 15 天时达到最终强度的 80%, 其中在 1:2 最大比例时强度最高达 5.2 MPa, 如图 3 所示。

从以上实验可以看出, 8 d 以内粉煤灰和水泥的胶结影响效果没有明显差距, 但随着时间的延长水泥质量的增加对强度的影响越来越大, 试件的最终强度能达到 80%。

结合水泥、粉煤灰等材料的价格、充采成本、管道的输送效果和现场条件, 其中按照水泥、粉煤灰、水为 1.5:1:4 的比例制得浆料后, 再与矸石以 1:2 的比例进行混合搅拌, 通过专用管路运输到工作面支巷口, 进行支巷充填。

4. 连采充填开采技术方案

井下采煤工艺由采煤系统及充填系统构成[5], 采煤系统和充填系统分别为两套独立的系统, 采煤系统包括回采支巷及煤炭运输, 充填系统包括回采完毕后充填料浆的制作、搅拌和运输及支巷的充填和封闭, 支巷的回采和支巷的充填属于两条平行的系统, 互不干扰, 可以平行作业, 同时提高采煤及充填工作效率。

4.1. 工作面巷道布置

充填工作面按照条带布置, 整个工作面范围 500×220 m, 如图 4 所示, 采区内共布置 4 个充填工作面, 每个工作面长度为 50 m, 顺槽长度为 500 m, 首采工作面为 301 工作面。

4.2. 支巷开采顺序

工作面内支巷开采顺序为由内向外开采 1、5、9、13……, 待已采支巷充填完毕充填物稳定后(凝固期 28 天), 再由内向外开采 3、7、11、15……, 待已采支巷充填完毕充填物稳定后(凝固期 28 天), 再由内向外开采 2、6、10、14……, 支巷充填凝固后, 最后由内向外开采 4、8、12、16……, 实现工作面整个煤层的置换开采。

4.3. 支巷回采方式

工作面内布置 1 台连采机, 工作面内每次开采一条支巷, 将每条支巷分上、下两层分别开采, 每条支巷开采顺序为: 先沿 15 号煤顶板掘进上分层, 掘进高度 4.5 m; 支巷掘进上层时, 同时支护巷道顶板

和两帮。上层掘进完成，工作面形成负压通风系统后，连采机退回支巷下口再拉底回采下分层。最大拉底高度 2.5 m。拉底过程中巷道两帮不进行支护。在拉底过程中时刻注意顶板及两帮情况，并在特殊地段进行加强支护[6]，工序如图 5 示。

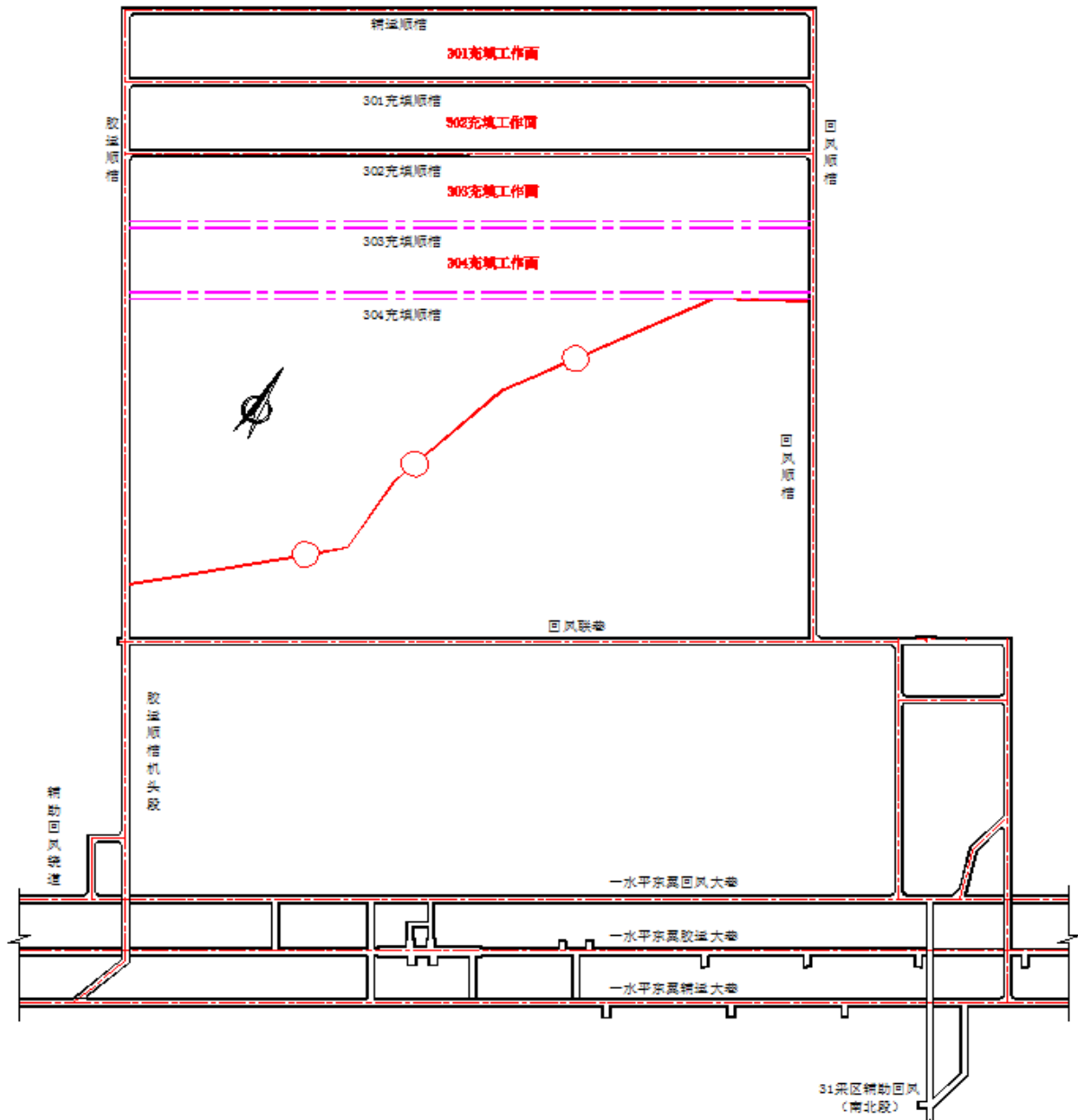


Figure 4. The layout of roadways of continuous mining and filling working face in the test mining area

图 4. 试采区连采充填工作面巷道布置

4.4. 充填工艺流程

地面建设研石破碎站和胶结料制浆站[7]。破碎后的研石经投料井 2 输送到井下；制浆站将胶结料和水搅拌成一定浓度的浆体，通过管路经投料井 1 输送到井下。研石和胶结料在井下经称重配料设备按照比例给与与搅拌机，经搅拌机制成膏体后，通过泵送管路输送到采空区。工艺流程如下：

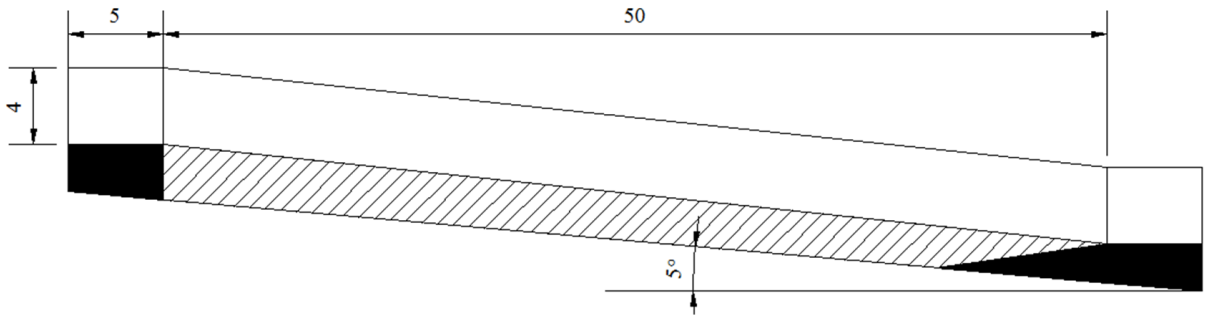


Figure 5. Branch tunneling and double bottom stoping
图 5. 支巷掘进与二次拉底回采工序

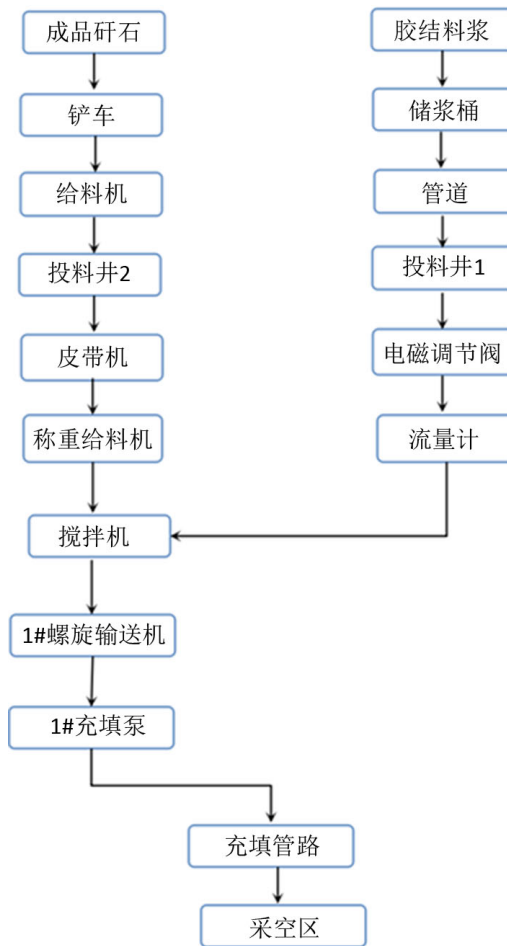


Figure 6. Process flow chart of downhole agitation pumping system
图 6. 井下搅拌泵送系统工艺流程图

由图 6 可以看出制约充填效率的最主要的因素是料浆的配置和充填泵的能力，其中充填过程中影响充填速度的是料浆在管道中的流动性，要防止堵管出现。

工作面支巷采用间隔跳采回采工艺[9]，先采奇数支巷，再采偶数支巷，如图 7 所示。根据此回采工艺，为最大程度的控制地表下沉，工作面采用全充全采的方式，为最大限度的节约成本，设置不同强度要求的充填体，先采的奇数支巷采用高强度充填体[8] [9] [10]，后采偶数支巷采用低强度的充填体。

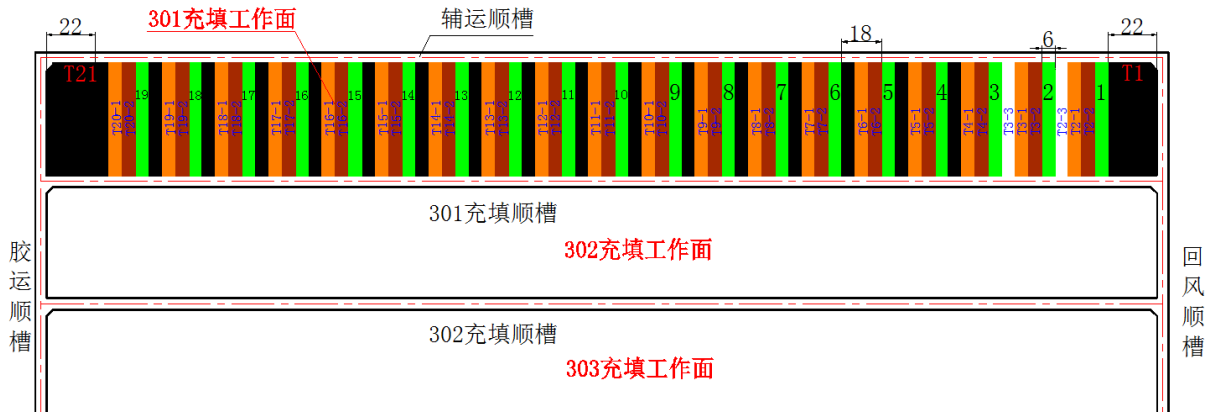


Figure 7. Stopping and filling process of spacer bar

图 7. 间隔条采充填工艺

4.5. 地表移动变形分析

全负压短壁条带回采完成后，进行充填，待充填体稳定后地表移动变形情况如表 1 所示。

Table 1. Surface movement deformation value

表 1. 地表移动变形数据

参数	下沉(mm)	水平变形(mm/m)	倾斜(mm/m)	曲率($10^{-3}/m$)
地表	40	-1.0	0.7	-0.018

试采面采用全负压连采充填采煤法回采后，经过现场实测地面建筑物在规程规定的 I 级损害范围内。地表下沉等值线图如图 8 所示。

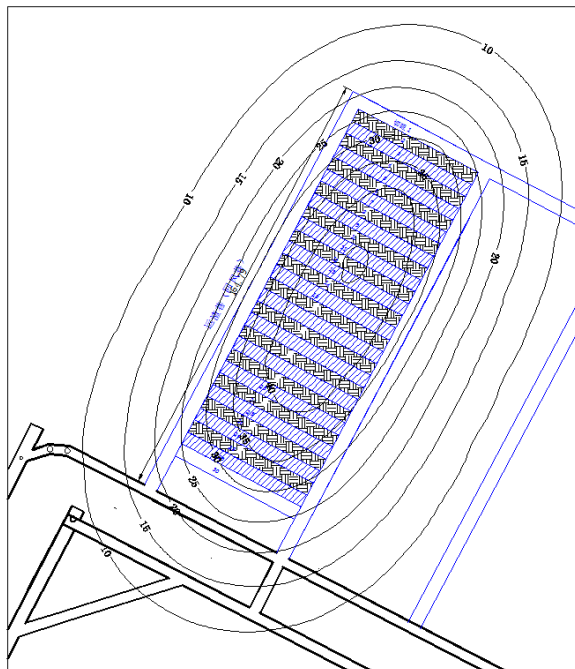


Figure 8. Contour map of subsidence of test mining surface

图 8. 试采面下沉等值线图

5. 结论

1) 东坪煤业年产 30 万吨连续采煤机矸石胶结充填开采项目的实施适应了东坪煤业目前发展需要, 实现了绿色可持续发展的目的, 提高了矿井的资源回收率。

2) 根据东坪煤业现场顶底板条件和埋深的影响, 提出了全负压条件下短壁条带绿色充填开采技术, 从中得到了最适于东坪煤业的充填料浆配比: 水 4, 水泥 1.5、粉煤灰 1, 最后形成的料浆再与矸石按照 1:2 的比例充分搅拌混合后, 通过专用的充填管路运输到工作面, 通过现场支巷各种宽度的实验, 最终确定支巷宽度 5 m 为最佳。

3) 短壁条带绿色充填开采技术在解决矿山开采问题的同时, 还为粉煤灰、煤矸石、洗选矸石、工业炉渣、石膏及工业废水等废弃物开辟了新的处理途径, 节省固体废弃物处理占用土地, 有效地推进矿山绿色开采, 一定程度和一定范围内减少, 甚至避免开采对地表和地下水源的破坏, 具有巨大的环保效益, 造福子孙后代。

参考文献

- [1] 路彬, 张新国, 李飞, 等. 短壁矸石胶结充填开采技术与应用[J]. 煤炭学报, 2017, 42(S1): 7-15.
- [2] 张吉雄, 缪协兴, 郭广礼. 矸石(固体废物)直接充填采煤技术发展现状[J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26(4): 395-401.
- [3] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 论科学采矿[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(1): 1-10.
- [4] 许家林, 轩大洋, 朱卫兵, 等. 部分充填采煤技术的研究与实践[J]. 煤炭学报, 2016, 40(6): 1303-1312.
- [5] 许家林, 朱卫兵, 王晓振. 基于关键层位置的导水裂隙带高度预计方法[J]. 煤炭学报, 2012, 37(5): 762-769.
- [6] 周华强, 侯朝炯, 孙希奎, 等. 固体废物膏体充填不迁村采煤[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(2): 154-158.
- [7] 戴华阳, 郭俊廷, 阎跃观, 等. “采-充-留”协调开采技术原理与应用[J]. 煤炭学报, 2014, 39(8): 1602-1610.
- [8] 张新国, 郭惟嘉, 张涛, 等. 浅部开采尾砂膏体巷采设计与地表沉陷控制[J]. 煤炭学报, 2015, 40(6): 1326-1332.
- [9] 郝建, 石永奎, 隗峰, 等. 条带充填置换条带煤柱技术研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2016, 28(2): 16-19.
- [10] 张新国, 江宁, 张玉江, 等. 矸石膏体充填材料力学特性试验[J]. 金属矿山, 2012(12): 127-135.