

工作面120 m超前支护设备配套研究与应用

刘士卫¹, 徐亚军^{2,3,4*}, 张军⁵, 周长宽¹, 庞晓亮^{2,3,4}

¹陕西正通煤业有限责任公司, 陕西 咸阳

²天地科技股份有限公司, 北京

³中煤科工开采研究院有限公司, 北京

⁴煤炭科学技术研究院有限公司, 北京

⁵山东能源西北矿业邵寨煤业有限公司, 甘肃 平凉

收稿日期: 2023年9月22日; 录用日期: 2023年12月4日; 发布日期: 2023年12月11日

摘要

针对现有综采工作面两巷120 m超前支护设备配套难题, 研究如何在不加长转载机落地段长度的情况下, 实现工作面两巷120 m超前支护。论文以正通煤业公司302综放工作面运输巷和材料巷120 m超前支护设备配套为例, 详细介绍了运输巷条梁式超前支架跨转载机电机和破碎机电机整体式布置、单元式超前支架与条梁式超前支架组合布置以及全部采用单元式超前支架进行120 m超前支护三种配套方案优缺点, 对比分析了材料巷全部采用条梁式超前支架和全部采用单元超前支架进行120 m超前支护利弊, 结合煤矿实际使用情况, 给出了较为合理的120 m超前支护配套方案, 为上述问题的最终解决提供参考。

关键词

液压支架, 超前支护, 设备配套, 转载机, 支架搬运车

Research and Application of Equipment Matching for 120 m Advanced Support in the Mining Face

Shiwei Liu¹, Yajun Xu^{2,3,4*}, Jun Zhang⁵, Changkuan Zhou¹, Xiaoliang Pang^{2,3,4}

¹Shaanxi Zhengtong Coal Industry Co., Ltd., Xianyang Shaanxi

²Tiandi Science and Technology Co., Ltd., Beijing

³China Coal Mining Research Institute Co., Ltd., Beijing

⁴China Coal Research Institute, Beijing

⁵Shandong Energy Northwest Mining Shaozhai Coal Co., Ltd., Pingliang Gansu

Received: Sep. 22nd, 2023; accepted: Dec. 4th, 2023; published: Dec. 11th, 2023

*通讯作者。

Abstract

Aimed at the existing problem of 120 m advance support of two roadways in the fully mechanized mining face, this paper studies how to solve the problem of 120 m advance support of two roadways in the mining face without lengthening the length of the unloading section. The paper takes the equipment matching of 120 m advanced support for the transportation roadway and material roadway in the 302 fully mechanized mining face of Zhengtong Coal Industry Company as an example, introduces in detail the advantages and disadvantages of three supporting schemes, namely, the span transfer of beam type advance hydraulic support in transport roadway, the overall arrangement of crushing motor, the combined arrangement of unit type advance hydraulic support and beam type advance hydraulic support, and the use of unit type advance hydraulic support for 120 m advance support. The advantages and disadvantages of adopting strip beam type advance hydraulic support and adopting unit advance support for 120 m advance support in the material roadway are compared and analyzed. Combined with the actual use of the coal mine, a more reasonable supporting scheme for 120 m advance support is given, which provides a reference for the final solution of the above problems.

Keywords

Powered Support, Advance Support, Equipment Match, Transfer Machine, Hydraulic Support Carrier

Copyright © 2023 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

为了提高有冲击地压采煤工作面生产安全性,国家矿山安监局制定了《关于加强煤矿冲击地压防治工作的通知》文件,要求综采放顶煤工作面或具有中等及以上冲击危险区域的采煤工作面安全出口与巷道连接处超前支护范围不得小于120 m,超前支护优先采用液压支架。研究表明,120 m超前支护配套难度大,有两大难题亟待解决:1)120 m超前支护段有转载和破碎两部电机(图1),一般与巷道中线平行布置,由于电机尺寸较大,首先必须要解决超前支架跨过转载和破碎两部电机备配套难题;2)如图1所示,转载机架空段高度较高,超前支架调架装置难以跨过转载机架空段,必须要解决转载机架空段设备配套难题。为解决上述难题,文献[1]通过仿真模拟试验,得出巷道超前段采用非等强超前支护可减小超前支架对巷道围岩的扰动破坏。文献[2]提出采用单跨门式支护装置,通过交替循环移架方式将超前支护中尾部液压支架移到超前支架组前方,以解决现有超前顺序前移破坏巷道难题。文献[3]提出冲击地压工作面应采取初撑力高、刚度大的液压支架进行巷道超前支护,对维护巷道稳定性较为有利。文献[4]基于实际应用经验,提出可采用单元式超前支架来解决强烈动压巷道超前支护难题。文献[5]介绍了一种横向自移式单元支架,通过在底座上设置自移托架与移架千斤顶,以解决现有单元式支架横向移动难题。为解决现有单元式超前支架无法自由行走难题,笔者研制了一种采用螺旋滚筒作为行走部的全方位行走式单元支架,具有前进、后退、旋转、侧移的全方位行走功能,在一定程度上解决单元式超前支架行走难题[6][7]。不难发现,超前支护是综采工作面当前的一个研究热点,还有许多问题尚待解决。本文以正通煤业公司302综放工作面实际配套为例,研究如何在不加长转载机落地段长度的情况下,解决工作面两巷120 m超前支护难题,为上述问题的最终解决提供参考。

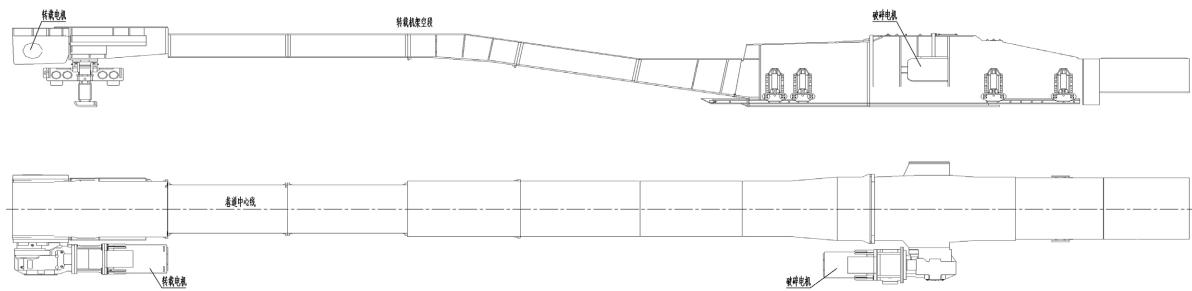


Figure 1. Schematic diagram of transfer machine and crusher motor
图 1. 转载与破碎电机示意

2. 运输巷道 120 m 超前支护配套技术

2.1. 跨电机整体式超前支架配套方案

由图 1 可知, 转载和破碎电机所在区域之所以成为配套难题, 主要问题是该区域设备配套制约因素较多, 不仅要考虑设备空间配合问题, 还有满足相关尺寸配套要求。具体地说, 既要防止电机与超前支架干涉碰撞(包括超前支架或转载机前移一个步距后两者不能干涉碰撞), 还要让超前支架与巷帮之间留有一定的设备间隙和行人通道, 同时还要将超前支架底座布置转载和破碎电机下方。正是由于制约因素较少, 使得 120 m 超前支架成为巷道超前支护设备配套的一大难题。

跨电机整体式超前支架配套方案是指超前支架跨越转载机电机和破碎电机两部电机, 转载电机和破碎电机都位于超前支架内部, 具体布置方式如图 2 所示。由图可知, 运输巷道 120 m 超前支护是指煤壁前方 120 m 巷道支护, 对于放顶煤工作面来说, 该区域共有工作面前部刮板输送机、工作面后部刮板输送机、转载电机、破碎电机四部电机。根据支护方式不同, 将其分为四个支护区: 工作面前、后部刮板输送机端头支护区, 煤壁前方 20 m 支护区, 转载和破碎电机支护区, 转载机前方支护区。目前, 端头和煤壁前方 20 m 巷道支护技术相对成熟, 分别采用端头支架和条梁式超前支架进行支护即可。图中采用两组条梁式超前支架超前支护约 20.8 m, 实现煤壁前方 20 m 超前支护; 采用三组超前支护在转载和破碎电机处进行支护, 采用 6 组条梁式支架在转载机前方进行支护, 基本实现了 120 m 巷道超前支护。

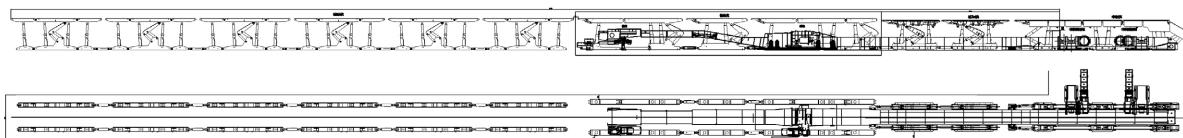


Figure 2. Advance support for 120 m span transfer and crusher motor in haulage roadway
图 2. 运顺超前 120 m 跨转载和破碎电机整体式超前支架配套图

图 2 中虚线部分即为跨电机整体式超前支架配图, 将其单独取出来, 得图 3 所示设备配套, 下面分析其设备配套情况。由图 3 可知, 该支护区由三组不同超前支架组成。转载电机处顶梁由两个顶梁铰接而成, 转载电机位于超前支架内部, 支架立柱到电机最小间隙分为 972 mm 和 1012 mm, 由于推移步距为 865 mm, 这样无论是先移超前支架还是先移转载机, 双者之间都不会出现干涉现象。破碎电机处顶梁由三个顶梁铰接而成, 破碎电机位于超前支架内部, 支架立柱到电机最小间隙分为 1061 mm 和 1041 mm, 易知, 无论是先移超前支架还是先移转载机, 双者也不会出现干涉现象。由于破碎电机和转载电机之间距离较大, 为了防止支架顶梁过长造成下井困难, 在两组超前支架之间又设置了一组单个顶梁式超前支架, 该支架的作用是调节支架长度。

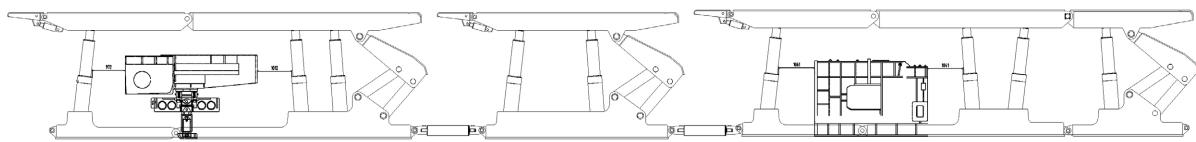


Figure 3. Integral advance support for cross transfer and crusher motor

图 3. 跨转载和破碎电机整体式超前支架配套图

上述配套存在几个问题: 1) 需要进行个性化设计。由于转载和破碎电机的功率不同, 体积差别较大, 两者之间的间距并非恒定不变, 而是根据设备运量要求进行调整, 这就使得该区域超前支架需要根据设备具体配套情况进行个性化设计, 没有通用型方案可供选择。2) 设备更换难度大。由于转载电机和破碎电机都于超前支架内部, 当电机出现故障时, 由于超前支架占据了相关位置, 电机拆出和搬移难度大, 设备更换困难。3) 容易出现干涉现象。由于超前支架基于位于转载机架空段, 超前支架同转载机无法设置联接装置, 超前支架与转载机处于相对自由状态, 在超前支架移架或推移转载机过程中, 两者之间间隙不易控制, 容易出现碰撞干涉现象。4) 超前支架反复支撑破坏巷道顶板[8] [9] [10]。由于 120 m 都是采用超前支架进行支护, 超前支架需要升降架 138 次才能走完全程, 支架反复升降, 容易造成巷道顶板松动破坏。正是由于上述几个问题, 目前上述配套很少被煤矿采用。

2.2. 单元与超前支架组合式配套方案

为了解决整体式超前支架跨转载和破碎电机造成设备拆装难题, 一些煤矿采用图 4 所配套方案, 即在转载和破碎电机所在区域用单元式支架进行支护。由图可知, 该配套最大优点是单元式支架布置比较方便, 可以根据巷道设备配套情况自由布置; 缺点是单元式支架与超前支架控顶距较大。为了解决单元式支架与超前支架控顶较大的问题, 巷道需要采用巷道锚杆(索)和锚网进行锚护。由于单元式支架布置比较方便的特点, 目前该配套方案在山东济宁、巨野和陕西彬长矿区等条件复杂的煤矿应用较为普遍。

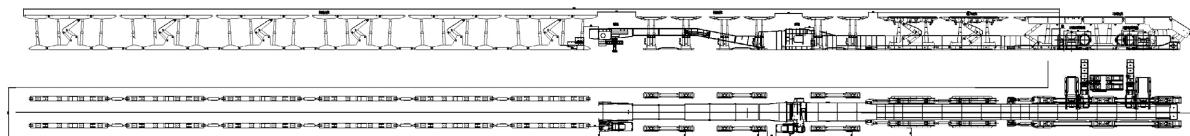


Figure 4. Combined supporting of unit and beam type advanced powered support

图 4. 单元与条梁式超前支架组合式配套图

2.3. 单元式支架配套方案

由图 3、图 4 可知, 转载机前方采用条梁式超前支架进行支护, 最大问题是支架移动时会反复支撑破坏巷道顶板。因此很多矿区开始全部采用图 5 所示单元式支架进行 100 m 超前支护[11] [12]。由于单元式超前支架重量较轻, 一般在 4~6 吨左右, 支架搬移和布置都比较方便, 这是该配套应用比较广泛的一个原因。

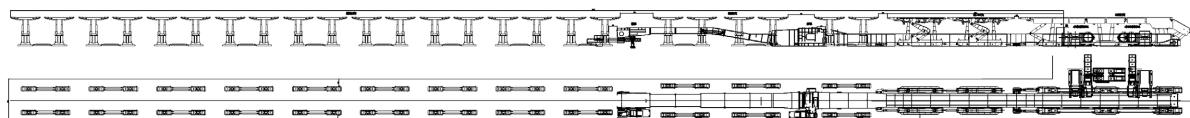


Figure 5. Matching diagram of unit powered support

图 5. 单元式支架配套图

图中所示单元支架是通过推移千斤顶将两架单元式支架组成一个支护体，通过两组推移千斤顶进行顺序前移。采用两根推移千斤顶是考虑到支架移架时会出现左右偏转现象，用两根推移千斤顶可以对支架位置进行适当调整。在实际使用中，很多矿区开始采用单轨吊进行超前支架搬运，即利用单轨吊直接将最后一架单元支架移到单元式支架组前方，该方法有效地解决了超前支护反复支撑破坏巷道顶板难题。正因如此，近年来越来越多的矿区开始采用上述配套方式进行运顺 120 m 超前支护。

3. 材料巷道 120 m 超前支护配套技术

3.1. 条梁式超前支架配套方案

相对运输巷道来说，材料巷道设备较少，只有前、后部刮板输送机机尾两部电机，120 m 巷道超前支护分为端头支护区、20 m 超前支护区和 100 m 超前支护区三个部分(图 6)。其中，端头支护区和 20 m 超前支护区配套相对成熟，100 m 超前支护区是近年来有冲击地压煤矿开始采用的超前支护。图 6 所示的全部采用条梁式超前支架进行 120 m 超前支护的配套方案。由图可知，其采用 9 组 $\Phi 230$ mm 小缸径超前支架进行 100 m 超前支护，采用 3 组 $\Phi 300$ mm 大缸径超前支架进行 20 m 超前支护，满足了 120 m 超前支护需要。

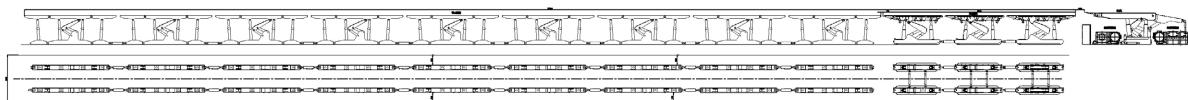


Figure 6. Matching diagram of team type advanced powered support

图 6. 条型式超前支架配套图

由于条梁式超前支架主要采用推移千斤顶进行顺序前移，最大问题是超前支架移动时反复支撑破坏巷道顶板。正因如此，目前很少有煤矿采用上述配套方式进行材料巷道 120 m 超前支护。

3.2. 单元式超前支架配套方案

为了解决条梁式超前支架反复支撑破坏巷道顶板问题，近年来越来越多的矿区开始采用图 7 所示单元式支架用于巷道 100 m 超前支护。由图可知，材料巷道由于没有转载机，相对来说，单元式支架搬运比较方便。图中所示两架单元支架用推移千斤顶组成一组，采用推移方式顺序前移，上述方法最大问题是操作繁琐，需要对超前支架组进行顺序移架操作，同时也存在支架移架时反复支撑破坏巷道顶板问题。

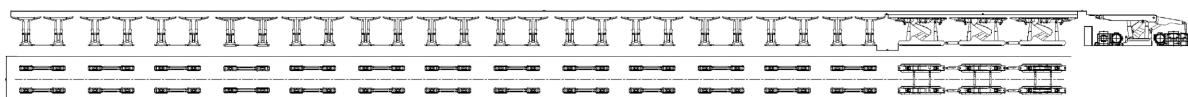


Figure 7. Matching diagram of unit type advanced support

图 7. 单元式超前支架配套图

对于条件较好的矿区，目前开始研究更为灵活的支架搬运运输车进行单元式支架搬运[13]。采用支架搬运车进行搬运时，单元支架布置如图 8 所示。由图可知，采用支架搬运车搬运时，单元式支架布置比较简单，可以根据需要，将单元式支架布置在巷道两侧，中间留出搬运车的行走位置即可。

图 9 所示为履带式和无轮胶轮车两种单元式支架搬运车照片。在实际使用过程发现，现有单元式支架搬运都存在体积过大、搬运不灵活等缺陷[14]，加之采用柴油电机，还有噪音大、排气污染等问题[15][16]。研发轻巧、灵活、续航能力较长的可充电式单元式支架搬运车将是下一步研发重点。

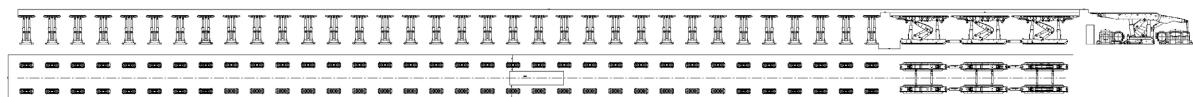


Figure 8. Matching diagram of advanced support carried by support carrier
图 8. 支架搬运车搬运式超前支架配套图



Figure 9. Photo of unit powered support carrier
图 9. 支架搬运车照片

综上,现有120 m超前支护三种配套方案的优缺点如表1所示。就现有应用情况来看,更多的矿区都开始采用单元式超前支架进行120 m超前支护。

Table 1. Advantages and disadvantages of three matching schemes
表 1. 三种配套方案优缺点

项目	优点	缺点
跨电机整体式配套	空顶距小	需个性化设计, 电机不易拆装, 反复支撑破坏巷道顶板
单元与超前支架组合配套	支架布置灵活	电机处支架空顶面积大, 反复支撑破坏巷道顶板
全部单元式支架配套	支架布置灵活	电机处支架空顶布面各大, 缺高效支架搬运车

4. 应用实例

陕西正通煤业有限责任公司位于陕西省长武县, 302工作面煤层厚度6.0~16.0 m, 均厚12.23 m, 煤层倾角0°~10°, 平均5°, 采用放顶煤方法开采, 工作面斜长200 m, 走向长度1437 m。工作面采高4.0~4.5 m。运顺和回风顺槽都为矩形断面, 顺槽断面尺寸为6.0 m(宽)×4.0 m(高)。由于工作面煤层有冲击倾向性, 顺槽需要进行120 m超前支护。

工作面运顺最早采用图2所示配套方案, 转载机与破碎机电机之间采用ZC16954/24/45、ZC11304/24/45、ZC22608/24/45三组支架进行支护, 转载电机前方布置6组ZC13288/24/45型条梁式支架, 在转载机前方支护, 总的支护长度122.4 m。实际使用中发现由于超前支架支护长度过长, 支架移架时顶板破碎严重。后改为图5所示单元式支架配套方案, 即破碎机前方全部采用单元支架进行支护。单元支架型号为ZQ2000/22/45, 最小高度2.2 m, 最大高度4.5 m, 重量3.8 t。如图10(a)所示, 支架左右两侧设有挑梁, 底座设有护底板, 移架时护底板收起, 支护时展开, 护底板收起时底座最小宽度700 mm, 底板收起时底座最大宽度1156 mm, 通过上述方式增加支架稳定性。

由于正通煤矿工作面条件比复杂, 支架搬运车行走困难, 为了解决单元支架顺序前移反复支撑破坏巷道顶板, 采用图10(b)所示20型气动单轨吊进行搬运, 将最后一架单元支架搬到单元支架组前方。实

践表明,气动单轨吊搬运效果较好,较好地解决了以前超前支架反复支撑破坏巷道顶板问题,满足了120 m超前支护需要。

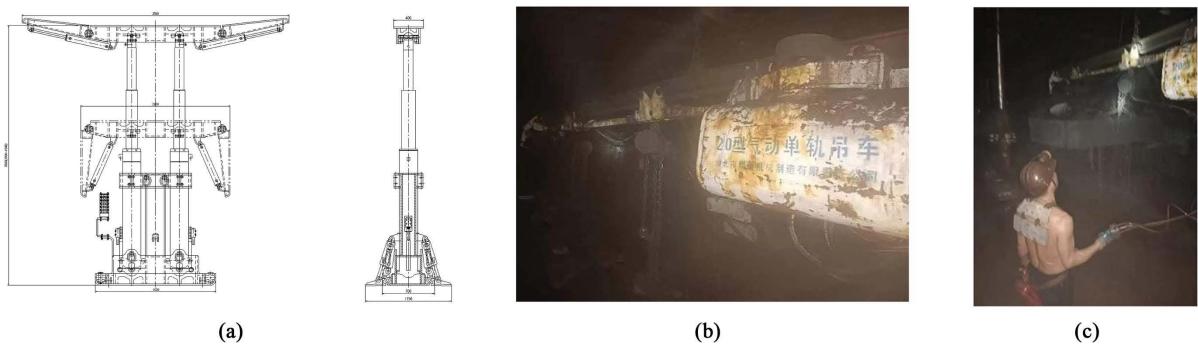


Figure 10. Unit support bracket structure and handling illustration
图 10. 单元支架外形结构与搬运示意

5. 结论

- 1) 跨电机整体式超前支架配套方案制约因素较多,需要根据转载机具体布置形式进行个性化设计,既要考虑设备空间配合问题,还有满足相关尺寸配套要求,同时电机拆装难度较大,一般不推荐使用。
- 2) 单元与超前支架组合式配套特点是单元架布置比较灵活,可根据巷道设备配套情况自由布置,目前应用较为广泛,缺点是单元式支架与超前支架控顶距较大,且单元式超前支架行走问题没有得到有效解决,存在反复支撑破坏巷道顶板问题,建议在顺槽条件比较复杂的锚网支护巷道进行使用。
- 3) 单元式支架配套方案理论上能解决超前支架反复支撑破坏巷道顶板难题,但是超前支架缺乏高效搬移手段,目前多采用单轨吊进行搬运,带来的问题是需要定期拆装单轨吊,同时要加大巷道断面尺寸以布置单轨吊,下一步需要研制轻巧灵活的窄机身支架搬运车,只有解决了支架高效搬运问题,该种配套方式才能大规模推广应用。

基金项目

国家自然科学基金(52074155);天地科技创新创业资金专项(2022-2-TD-ZD017, KJ-2021-KCMS-01)。

参考文献

- [1] 牛虎明. 开采扰动下非等强超前支护巷道围岩响应[J]. 煤矿机电, 2021, 42(6): 29-33.
- [2] 王琦, 王步康, 郑毅. 回采巷道交替循环超前支护技术研究与应用[J]. 采矿安全与工程学报, 2022, 39(4): 750-760.
- [3] 潘一山, 高学鹏, 王伟, 等. 冲击地压矿井综采工作面两巷超前支护液压支架研究[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(6): 1-12.
- [4] 田坤, 吕兆海. 回采巷道单元式超前支护装置研究与应用[J]. 煤矿机械, 2022, 43(4): 145-147.
- [5] 丁林海, 闫磊, 魏涛. 横向自动式单元液压支架的研制[J]. 煤矿机械, 2021, 42(12): 112-113.
- [6] 徐亚军, 张德生, 李丁一. 全方位行走式超前液压支架研究[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(10): 161-166.
- [7] 徐亚军, 张坤, 李丁一, 等. 超前支架自适应支护理论与应用[J]. 煤炭学报, 2020, 45(10): 3615-3624.
- [8] 卢进南, 毛君, 谢苗, 等. 巷道超前支架全支撑态动力学模型[J]. 煤炭学报, 2015, 40(1): 50-57.
- [9] 蒲忠辉. 新型无反复支撑超前支护及搬运成套设备的设计[J]. 煤矿机械, 2019, 40(2): 14-16.
- [10] 闫殿华, 周凯, 王本林. 迈步分体式超前支护支架的研制与应用[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(5): 81-83.

-
- [11] 王国法, 庞义辉, 任怀伟. 千米深井三软煤层智能开采关键技术与展望[J]. 煤炭工程, 2019, 51(1): 1-6.
 - [12] 刘新华. 煤矿采煤工作面沿空巷道超前支护技术发展与创新[C]//第三届煤炭科技创新高峰论坛——煤炭绿色开发与清洁利用技术与装备. 2016: 5.
 - [13] 刘壮, 张兰胜, 张建. 一种顺槽超前支架搬运车[P]. 中国专利, ZL201220353372.9. 2013-01-30.
 - [14] 刘新华. 采煤工作面沿空巷道无反复支撑超前支护技术[J]. 煤炭工程, 2017, 49(11): 38-40.
 - [15] 吴恒建. 浅谈履带行走式液压支架在复合顶板条件下的应用[J]. 煤炭工程, 2012, 1(6): 112-114.
 - [16] 江小军. XZ7000/24.5/46 型履带行走支架在神东矿区的应用[J]. 煤矿机械, 2010, 31(2): 148-151.