

屯兰矿 18403 工作面沿空留巷开采技术

杜鹏荣*

(大阳泉煤炭有限责任公司,山西 阳泉 045000)

摘要:为保障沿空留巷充填体强度,提高沿空留巷施工质量,本文以屯兰矿 18403 工作面为例,首先通过沿空留巷围岩结构变化理论,对断裂围岩中关键块 B 的长度参数进行了计算;然后综合利用工程算法和数值模拟算法确定了充填体的最佳宽度取值,当充填体宽度为 2.5 m 时可同时满足施工经济性和安全性要求;最后,本文介绍了基于上述计算的 18403 工作面的沿空留巷工艺流程及工序等,并对实际应用效果进行了分析.

关键词:沿空留巷;充填体;关键块;工艺流程

中图分类号:TD353

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2020)03-0073-06

Mining Technology of Empty Roadway Along 18403 Face in Tunlan Coal Mine

Du Pengrong

(Shanxi Dayanguan Coal Co., Ltd., Yangquan 045000, China)

Abstract: In order to guarantee the strength of backfill and improve the construction quality of empty roadway along, this paper takes the 18403 working face of Tunlan Mine as an example to study. Firstly, the length parameters of the key block B in the faulted surrounding rock is calculated based on the structure change theory of surrounding rock along goaf, Then, the optimal width of the backfill is determined by using engineering algorithm and numerical simulation algorithm comprehensively. When the width of the backfill is 2.5 m, it can meet the requirements of construction economy and safety simultaneously, Finally, this paper introduces the technological process and working procedure of 18403 working face along goaf based on the above calculation, and analyzes the practical application effect.

Keywords: remaining along the empty lane; filling body; key block; process flow

留煤柱开采是传统的煤矿开采护巷方法,由于需要在上区段运输巷和下区段回风巷之间留设宽度约 10~30 m 的保安煤柱,且该部分煤炭无法回收,因此将造成煤炭资源浪费.而沿空留巷无煤柱开采技术可较好地解决以上问题,沿空留巷开采可有效提高煤炭采出率,且大幅降低下区段工作面的巷道掘进施工量,瓦斯治理效果也更好,因此已在我国各大煤矿推广应用.但由于所留巷道受相邻两个工作面采动压力的影响,巷道围岩结构破坏明显,因此需采用合理的支护措施进行巷道维护^[1-3].

谢文兵^[4]利用数值模拟方法分析了充填体参数选择对支护效果的影响;孙恒虎^[5]通过力学理论计算,对沿空留巷顶板压力、充填体支护阻力等进行了研究.其他学者相关研究也集中在数值模拟和理论计算方面,但缺乏与实际工程的深度结合,本文将以屯兰矿 18403 工作面为例,对沿空留巷开采技术的相关理论与实际工艺进行研究.

1 工作面概括

18403 工作面井下位于屯兰矿南翼下组煤盘区右翼,主采 8[#]煤层,煤厚 1.80~3.15 m,平均约 2.67 m,局部夹一层碳质泥岩,平均约 0.39 m,煤层整体向南西倾斜,最大倾角 8°,最小倾角 2°,平均约 5°。煤层顶底板情况如表 1 所示。

表 1 煤层顶底板情况

名称	岩石名称	厚度/m	特 征
老顶	砂质泥岩	2.4	砂质泥岩,厚度 2.4 m,抗压强度 49.6 MPa,普氏硬度 5
直接顶	石灰岩	1.0	石灰岩,厚度 1 m,抗压强度 86 MPa,普氏硬度 8
伪顶	泥岩	0.5	泥岩,质软,厚度 0.5 m,强度 36.9 MPa,普氏硬度 4
直接底	砂质泥岩	1.2	砂质泥岩,厚度 1.2 m,抗压强度 49.6 MPa,普氏硬度 5
老底	细砂岩	9.6	细砂岩,夹煤粒,抗压强度 64.8 MPa,普氏硬度 6

18403 工作面设胶带顺槽、轨道顺槽、切眼、回风巷、底抽巷这 5 条巷道,如图 1 所示。18403 工作面西北为 18401 工作面采空区,东南为 18405 工作面(已形成回采工作面),东北与南翼下组煤轨道巷相接,西邻白草塔地面抽放泵站保护煤柱。18403 胶带顺槽复用 18401 轨道顺槽沿空留巷,在本工作面下部沿 9[#]煤布置有 18403 底抽巷,与 8[#]煤底板间距 22~29 m,平均 25 m。

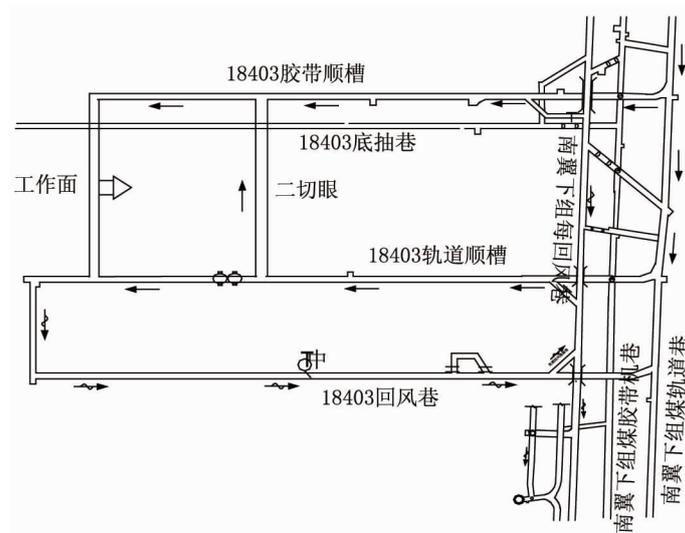


图 1 18403 工作面结构组成

2 沿空留巷围岩运动规律

2.1 沿空留巷围岩变化特点

沿空留巷是指在上区段工作面回采过程中,通过使用充填支护等方式,对其靠近下区段一侧的顺槽进行维护和保留,以在下区段工作面回采过程中作为顺槽使用其结构如图 2 所示。这一技术可明显缓解采掘衔接的紧张局面,同时延长矿井服务年限。但是,上区段工作面回采后,采空区顶板垮落,巷道上部的围岩结构随之变化,根据相关文献所述^[6-8],基本顶在断裂后发生下沉和回转,在充填体的支撑作用下,最终可达到“砌体梁”平衡状态。由于充填体在切顶时受力较大,充填体将发生一定程度变形,为防止因充填体强度不足导致的顶板下沉量增大、煤壁大面积片帮、充填体严重变形等问题,需根据围岩结构变化和支撑强度需求设计合理的充填体结构参数和充填工艺。

2.2 围岩结构关键参数计算

2.2.1 基本顶断裂位置

如图 2 所示,沿空留巷上部围岩的直接顶断裂后,将断裂块体分为关键块 A、B、C 这 3 部分,其中,关

键块 B 的断裂位置将影响巷道围岩的稳定性.经验表明,沿空留巷作业条件下,关键块 B 的断裂位置一般深入下区段工作面煤壁内部,而深入距离 X 的计算公式如式(1).

$$X = \frac{M\lambda}{2\tan\varphi_0} \ln \left[\frac{K\gamma H + \frac{C_0}{\tan\varphi_0}}{\frac{C_0}{\tan\varphi_0} + \frac{P_z}{\lambda}} \right] \quad (1)$$

式中: M 为工作面巷道高度, m; λ 为侧向压力系数; φ_0 为所采煤层的内摩擦角, ($^\circ$); K 为巷道上顶板所受地应力的局部集中系数; H 为工作面深度, m; γ 为顶板容重, MN/m^3 ; C_0 为所采煤层的内聚力, MPa; P_z 为巷道内支护措施可提供的支护阻力, MPa. 计算可知, 18403 工作面的关键块 B 的断裂位置约在深入煤壁 2 m 位置.

2.2.2 关键块 B 的长度

一般认为, 当工作面沿倾向的长度与顶板周期来压步距的比值大于 6 时, 则基本顶发生侧向断裂后的断裂块长度与周期来压步距基本一致. 当前 18403 工作面长度为 235 m, 周期来压步距为 15~20 m, 其比值大于 6, 因此关键块 B 的长度为 15~20 m.

3 沿空留巷充填体参数确定

3.1 工程方法

沿空留巷充填体的设计关键在于充填体宽度的确定, 当充填体宽度偏小时, 其支护强度低, 结构稳定性差, 因此在关键块 B 的不平衡压力作用下, 容易发生局部失稳变形、开裂; 当充填体宽度偏大时, 虽然支撑能力增强, 可对巷道围岩进行有效支撑, 但相应的充填施工量较大, 使用的充填料增多, 因此沿空留巷的成本增加, 另一方面也易导致巷道底臃变形. 因此, 充填体宽度对巷道围岩稳定性、使用安全性、开采经济性都有显著影响, 应慎重选择.

充填体一般常采用矩形截面, 墙体高度与采高一一致, 以保证良好的接顶率, 因此 18403 工作面沿空留巷充填体的平均高度为 2.67 m. 工程实践表明, 当充填体的宽度与高度比值为 0.8~1.0 时, 可同时满足经济性和安全性要求, 因此, 工程方法确定充填体宽度为 2.5 m.

3.2 数值模拟算法

本节利用 FLAC^{3D} 数值模拟软件, 分别对充填体宽度 2.0, 2.5, 3.0 m 时的巷道受力和变形进行了分析, 以进一步考查不同宽度条件下的巷道稳定性情况.

由不同宽度充填体对应的应力云图(图 3)可知, 充填体靠近采空区一侧所受的压应力最大, 不同充填体宽度对应的最大压应力依次为 18.3, 12.1, 7.1 MPa, 即充填体宽度越大, 相应压应力越小, 支护也越安全, 但充填体的施工成本和施工时间增加. 另外, 由应变云图可知, 充填体中部受剪切和拉伸应变影响, 充填体宽度为 2 m 和 2.5 m 时的应变破坏区域基本接近, 但后者应力较小, 因此通过一定的支护加强措施, 可有效防止发生破坏变形, 而充填体宽度为 3 m 时, 充填体无明显破坏性应变. 综合分析可知, 充填体宽度为 2.5 m 时, 可兼顾支护安全和成本要求.

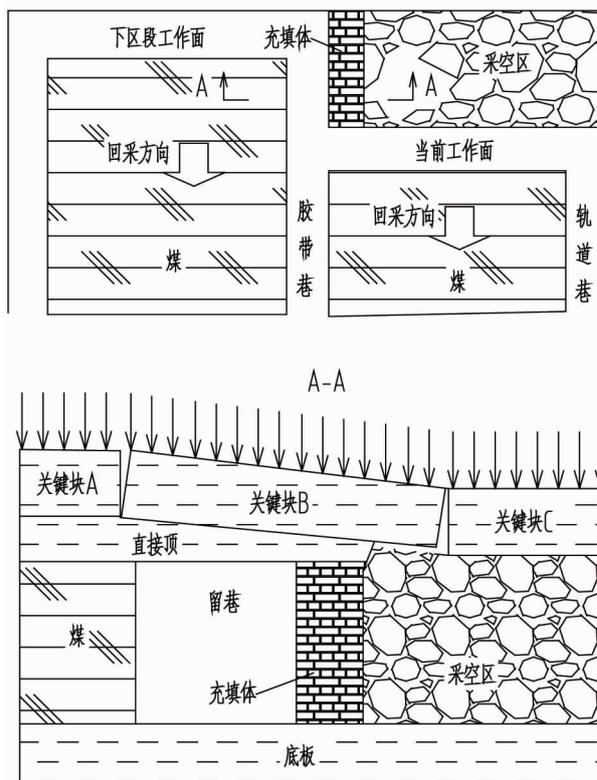


图 2 沿空留巷结构及原理

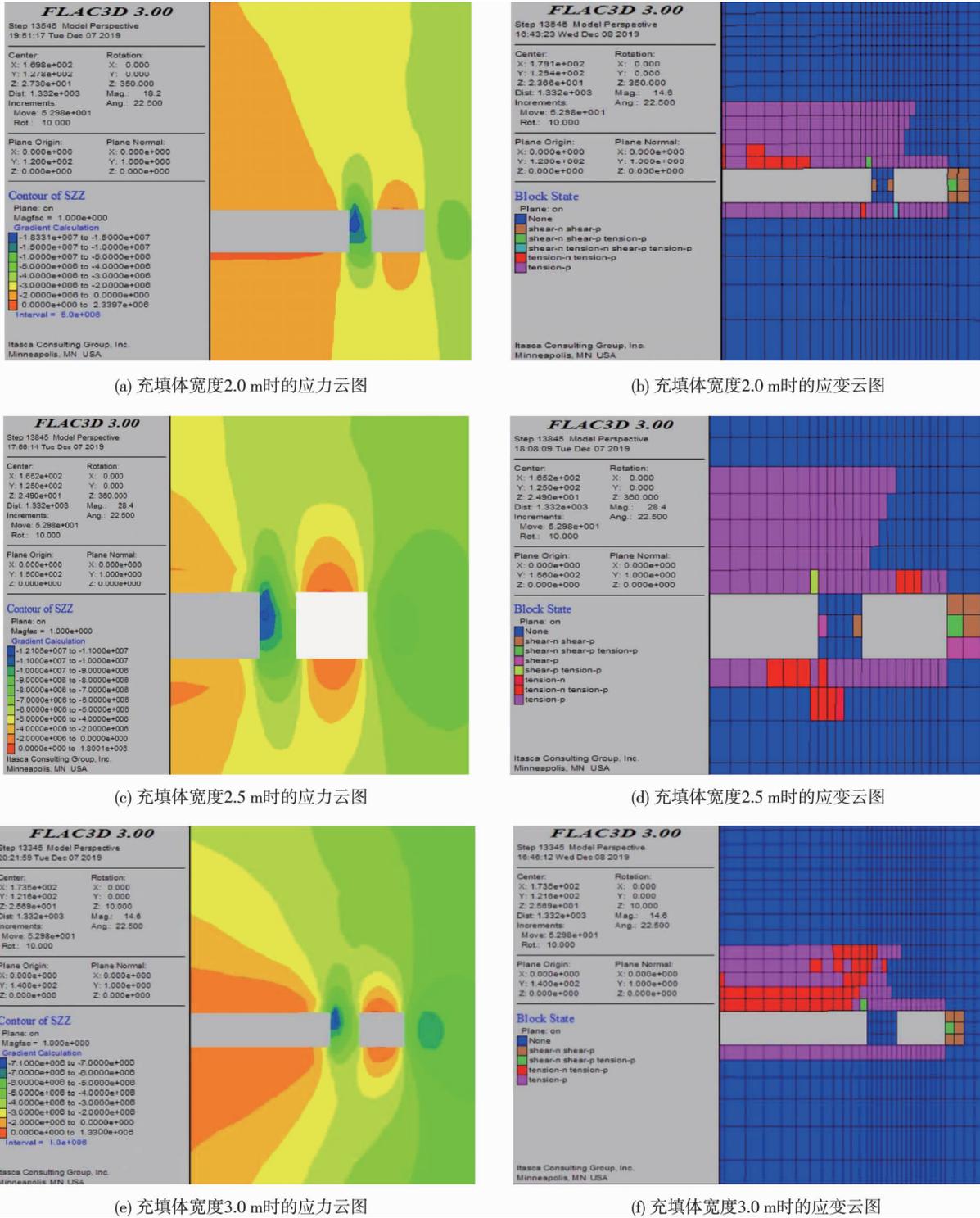


图3 不同充填体宽度的应力及应变云图

实验室对此次沿空留巷充填材料进行试验测定,结果表明,材料冲模 4 h 后的强度即达到 1.9 MPa, 1 d 后强度为 6.74 MPa,5 d 后强度为 15.31 MPa,14 d 后强度达到 22.8 MPa.由此可知,即使充填体宽度仅为 2 m 时,其最大压应力也未超过充填体的抗压强度.但实际生产时,应考虑顶板周期来压影响和施工经济性,结合工程方法计算结果,最终选择安全系数略高的 2.5 m 作为此次充填体宽度.

4 沿空留巷现场工艺方案

4.1 工艺流程及设备

18403 工作面沿空留巷充填工艺流程如下:架前支护→移架及拉移模箱→模箱内钢筋网布控→模箱

内膏体充填→清洗充填泵及管路→充填墙体凝固→喷浆接顶。

充填施工设备选用 1 台 HBMG-30/21-110S 型混凝土充填泵, 1 台螺旋输送机, 设备布置于轨道顺槽距切眼 100 m 处, 随回采进行逐步外移。另需 1 条充填管路, 管路沿煤壁侧安装, 需每隔 20 m 地锚固定。

4.2 工序安排

4.2.1 架前支护

采煤机机尾割煤完成后, 及时在模板支架上方铺设金属网, 并用板梁和矿用 11# 工字钢按间距 0.8 m 间隔对顶板进行支护。要求板梁及工字钢与顶部金属网用至少 3 道 8# 铁丝捆绑, 并与 155# 液压支架的搭接长度在 500 mm 以上。新布置金属网与原金属网的搭接长度在 200 mm 以上。在模板支架前采用“锚杆+托架”进行支护, 托架长 5 000 mm, 锚杆间距 2 500 mm, 排距 800 mm。若顶板已破碎, 则锚杆间距应缩短为 1 000 mm, 排距不变。

4.2.2 移架及拉移模箱

在架前支护完成后, 将图 4 所示的机尾 2 台 ZZTM2×11300/19/35H 型巷旁充填模板支架拉出, 然后再将其后的 TM10×1100/21/32 型充填模箱拉出。

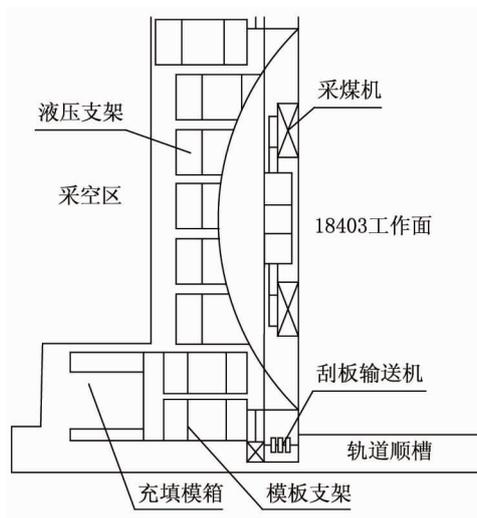


图 4 充填模板及充填模箱布置

4.2.3 模箱内钢筋网布控

每移架 4 个步距, 进行一次充填准备和充填操作。充填前, 首先清理模箱内部杂物, 并保证模箱内底板表面平整; 如遇顶板破碎, 需先对顶板进行维护。然后, 在模箱内铺设直径 8 mm 钢筋网 18 片, 其中 10 片平行于工作面煤壁, 并用 12 根 $\phi 16$ mm×1 500 mm 直螺纹钢连接, 间距 700 mm, 在靠近煤壁一侧埋设 $\phi 18$ mm×1 600 mm 弯成直角的螺纹钢, 两端各 800 mm, 以备下一个循环铺模连接, 弯钢筋一边紧贴工作面侧 PVC 布, 并与底板垂直, 另一边与直钢筋捆绑牢固。另外 8 片垂直于工作面煤壁的钢筋网布置在人行侧。钢筋搭接处每隔 100 mm 用双股 14# 铁丝连接, 绞紧为止。钢筋网用 14# 双股铁丝每隔 200 mm 连接一道。

4.2.4 模箱内膏体充填

箱体布控好后, 架好充填管路, 准备充填。然后将膏体混凝土(其主要材料为硅酸盐、碎石、砂子、粉煤灰等)通过螺旋输送机输送到 HBMG-30/21-110S 充填泵内, 搅拌稠稀合适后输送到料斗内, 最后通过充填管路输送至模箱内。充填模后实时观察材料堆积状况, 要保证材料充满模箱且充分接顶^[9-11]。

4.2.5 清洗充填泵及管路

充填完成后, 要及时对充填泵及管路进行清水冲洗, 防止内部残余混凝土凝固, 影响后续操作。

4.2.6 充填墙体凝固

待充填混凝土凝固成型, 然后跟随回采拉移模箱。

4.2.7 喷浆接顶

为提高接顶率,使充填体为顶板提供足够支撑力,在模箱拉出后,需检查未完全接顶位置,然后继续对缝隙进行喷浆,使充填体完全接顶。

5 应用效果

虽然对轨道顺槽进行沿空留巷后的服务期限较短,但结合屯兰矿生产实际,这种开采方式主要有以下3方面优势:第一,由于屯兰矿为煤与瓦斯突出矿井,因此沿空留巷所形成的Y型通风,可有效解决回风上隅角瓦斯积聚问题,缓解通风系统压力,为安全开采提供有力保障;第二,膏体充填沿空留巷技术的使用,真正实现了无煤柱开采,少送巷道,缓解了屯兰矿的生产衔接紧张局面;第三,通过沿空留巷,实体煤柱回收率大幅提升,可为企业创造较大经济效益。

6 结论

1) 屯兰矿 18403 工作面关键块 B 的长度为 15~20 m,关键块 B 的断裂位置约在深入煤壁 2 m 位置。

2) 利用工程计算方法,当充填体的宽度与高度比值为 0.8~1.0,可同时满足经济性和安全性要求,由此确定充填体宽度为 2.5 m;另外,数值模拟软件计算结果也支持以上结论,因此 18403 工作面沿空留巷支护体宽度确定为 2.5 m。

3) 沿空留巷现场工艺方案应结合工程实际,保证工序连接紧凑,充填体结构完整,并通过细化工艺流程保障充填体施工质量。

参考文献:

- [1] 冯敏.无煤柱开采技术发展现状及研究方向[J].现代矿业,2019,35(4):65-69.
- [2] 黄土辉.沿空留巷巷旁充填支护技术研究与应用[J].山东煤炭科技,2017(1):1-3.
- [3] 姜鹏飞,张剑,胡滨.沿空留巷围岩受力变形特征及支护对策[J].采矿与安全工程学报,2016,33(1):56-62.
- [4] 谢文兵.综放沿空留巷围岩稳定性影响分析[J].岩石力学与工程学报,2004(18):3059-3065.
- [5] 孙恒虎,吴健,邱运新.沿空留巷的矿压规律及岩层控制[J].煤炭学报,1992(1):15-24.
- [6] 张农,韩昌良,阚甲广,等.沿空留巷围岩控制理论与实践[J].煤炭学报,2014,39(8):1635-1641.
- [7] 陈勇,柏建彪,王襄禹,等.沿空留巷巷内支护技术研究与应用[J].煤炭学报,2012,37(6):903-910.
- [8] 武维新.沿空留巷技术在煤矿开采中的应用与分析[J].煤,2017,26(5):83-84.
- [9] 付强,孔祥娜.沿空留巷中柔模混凝土墙强度数值模拟分析及工程实践[J].内蒙古煤炭经济,2020(5):18-19.
- [10] 唐芙蓉,马占国,杨党委,等.厚层软岩断顶充填沿空留巷关键参数研究[J].采矿与安全工程学报,2019,36(6):1128-1136.
- [11] 张江勇.柔模泵注混凝土沿空留巷技术应用研究[J].水力采煤与管道运输,2019(4):49-51.