



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110847909 B

(45) 授权公告日 2020.11.20

(21) 申请号 201911116531.6

(22) 申请日 2019.11.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110847909 A

(43) 申请公布日 2020.02.28

(73) 专利权人 山东科技大学
地址 266590 山东省青岛市黄岛区前湾港
路579号山东科技大学

(72) 发明人 宁建国 邱鹏奇 商和福 李学慧
王俊 胡善超

(74) 专利代理机构 青岛锦佳专利代理事务所
(普通合伙) 37283

代理人 邵朋程

(51) Int. Cl.

E21C 41/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104594899 A, 2015.05.06

CN 108952714 A, 2018.12.07

CN 104234749 A, 2014.12.24

CN 108661643 A, 2018.10.16

CN 102322261 A, 2012.01.18

RU 2167301 C1, 2001.05.20

韩龙. 综采工作面末采及回撤矿压显现规律
与顶板控制技术.《煤矿安全》.2017, 第48卷(第
S1期),

王志军. 综采工作面末采及回撤矿压控制技
术.《煤矿现代化》.2017, (第141期),

审查员 李全晓

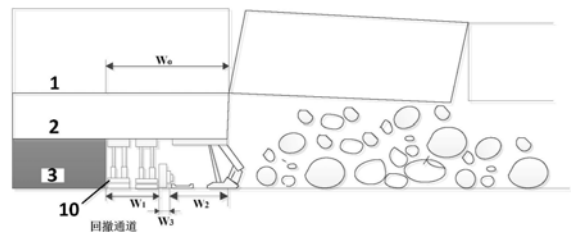
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶
板压力的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种减少采煤工作面回采末
期回撤通道顶板压力的方法, 包括以下步骤:
第一步, 确定采煤工作面基本顶最终断裂位
置距回撤通道非生产帮的最佳距离; 第二步,
计算工作面与回撤通道之间间隔煤柱临界尺
寸; 第三步, 确定停采等压位置; 第四步, 以
第三步确定出的最佳停采等压位置为依据, 当
采煤工作面到达停采等压位置时, 实施停采
等压, 工作面停采一段时间后出现顶板来压
迹象, 此后再将工作面继续推采至停采线,
完成采煤作业。本发明可解决采煤工作面回
采末期回撤通道顶板压力大的问题, 通过对
工作面回采末期合适位置处实施停采等压措
施, 改变基本顶周期来压位置, 进而达到减
少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力,
保证采煤工作面顺利回撤。



1. 一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法,其特征在于包括以下步骤:

第一步,确定采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离

采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离采用公式(1)计算得出:

$$W_0 = W_1 + W_2 + W_3 \quad (1)$$

式(1)中: W_0 为基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离,m; W_1 为回撤通道宽度,m; W_2 为工作面液压支架控顶距,m; W_3 为贯通后工作面液压支架与回撤通道内垛式支架之间间距,m;

第二步,计算工作面与回撤通道之间间隔煤柱临界尺寸B

工作面与回撤通道之间留设的间隔煤柱的临界尺寸采用公式(2)计算得出:

$$B = X_0 + X_1 + 2m \quad (2)$$

式(2)中: B 为间隔煤柱临界尺寸,m; X_0 为工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度,m; X_1 为回撤通道生产帮侧煤体塑性区宽度,m; m 为回撤通道高度,m;

其中,回撤通道生产帮侧煤体塑性区宽度 X_1 采用公式(3)计算得出:

$$X_1 = \frac{mA}{2 \tan \varphi_0} \ln \left\{ \frac{k_1 \gamma H}{C_0 \cot \varphi_0} + 1 \right\} \quad (3)$$

式(3)中: m 为回撤通道高度,m; A 为侧压系数; φ_0 为煤层内摩擦角, $^\circ$; C_0 为煤层内聚力,MPa; k_1 为巷道开挖引起的应力集中系数; γ 为上覆岩体的容重,KN/m³; H 为上覆岩体厚度,m;

工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度 X_0 采用公式(4)计算得出:

$$X_0 = \frac{d}{2\varepsilon f} \ln \left\{ \frac{k_0 \gamma H + C_0 \cot \varphi_0}{\varepsilon(P_0 + C_0 \cot \varphi_0)} \right\} \quad (4)$$

式(4)中: d 为工作面采煤高度,m; ε 为三轴应力系数, $\varepsilon = \frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0}$, f 为煤层与顶板的摩擦系数, k_0 为工作面开挖引起的应力集中系数, P_0 为液压支架对煤帮的阻力,MPa;

第三步,确定停采等压位置

根据公式(5)计算最佳的停采等压位置:

$$S = W_0 + (n \cdot L) \quad (5)$$

式(5)中: S 为最佳停采等压位置; W_0 为采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离,m; n 为整数,取值1、2、3、4……; L 为工作面基本顶断裂步距,m;

采用公式(6)与公式(7)约束 n 的取值:

$$W_2 + W_3 + n \cdot L \geq B \quad (6)$$

$$W_0 + (n \cdot L) = M - \left(\frac{1}{2} \sim 1 \right) \cdot L \quad (7)$$

式(7)中: M 为工作面实施停采等压前基本顶断裂位置距离停采线的距离,m;

对满足上述公式(6)和公式(7)的 n 取最小值,然后代入公式(5)中计算得出最佳的停采等压位置;

第四步,以第三步确定出的最佳停采等压位置为依据,当采煤工作面到达停采等压位置时,实施停采等压,工作面停采一段时间后出现顶板来压迹象,此后再将工作面继续推采至停采线,完成采煤作业。

一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤矿开采矿压控制领域,具体地说是涉及一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法。

背景技术

[0002] 地下煤炭开采布置工作面生产系统时,往往提前掘进回撤通道,巷道采用锚网索支护。工作面距离回撤通道较远时,回撤通道作为联络巷使用。工作面距离回撤通道200~400m时,提前在巷道内布置垛式支架控制顶板。工作面推采至回撤通道位置时,停止工作面回采,回撤通道作为工作面机械设备回撤空间使用,节省工作面回采末期掘进回撤空间的时间,以此加快采煤工作面末期回采速度。

[0003] 但许多采煤工作面回采末期出现顶板来压,基本顶在回撤通道上部或者前部断裂,出现基本顶滑落失稳或大幅度旋转下沉,基本顶下部的液压支架将承受巨大的压力,出现支柱伸缩量急剧下降、甚至压死。基本顶将承受的巨大的压力传递至回撤通道围岩,出现巷道顶板破碎、煤壁片帮、底鼓。液压支架高度不足,回撤通道收敛变形严重造成回撤空间不足,给工作面设备回撤带来困难。为保证回撤通道正常使用,需要花费大量的人力物力修复巷道。

[0004] 目前,为了解决回采末期出现顶板来压的问题,有的采用采煤工作面末采回撤通道切顶卸压护巷的方法,如在回撤通道内顶板中间位置打设深孔预裂钻孔,然后装入炸药进行爆破卸压,或在回撤通道顶板开设压裂钻孔,然后进行水力压裂卸压处理。然而上述方法存在操作繁琐,耗费人力,实现起来所需成本较高等问题。

发明内容

[0005] 基于上述技术问题,本发明提出一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法。

[0006] 本发明所采用的技术解决方案是:

[0007] 一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法,包括以下步骤:

[0008] 第一步,确定采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离

[0009] 采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离采用公式(1)计算得出:

$$[0010] \quad W_0 = w_1 + w_2 + w_3 \quad (1)$$

[0011] 式(1)中: W_0 为基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离,m; W_1 为回撤通道宽度,m; W_2 为工作面液压支架控顶距,m; W_3 为贯通后工作面液压支架与回撤通道内垛式支架之间间距,m;

[0012] 第二步,计算工作面与回撤通道之间间隔煤柱临界尺寸B

[0013] 工作面与回撤通道之间留设的间隔煤柱的临界尺寸采用公式(2)计算得出:

$$[0014] \quad B = X_0 + X_1 + 2m \quad (2)$$

[0015] 式(2)中: B 为间隔煤柱临界尺寸, m ; X_0 为工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度, m ; X_1 为回撤通道生产帮侧煤体塑性区宽度, m ; m 为回撤通道高度, m ;

[0016] 其中,回撤通道生产帮侧煤体塑性区宽度 X_1 采用公式(3)计算得出:

$$[0017] \quad X_1 = \frac{mA}{2 \tan \varphi_0} \ln \left\{ \frac{k_1 \gamma H}{C_0 \cot \varphi_0} + 1 \right\} \quad (3)$$

[0018] 式(3)中: m 为回撤通道高度, m ; A 为侧压系数; φ_0 为煤层内摩擦角,°; C_0 为煤层内聚力,MPa; k_1 为巷道开挖引起的应力集中系数; γ 为上覆岩体的容重,KN/m³; H 为上覆岩体厚度, m ;

[0019] 工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度 X_0 采用公式(4)计算得出:

$$[0020] \quad X_0 = \frac{d}{2\varepsilon f} \ln \left\{ \frac{k_0 \gamma H + C_0 \cot \varphi_0}{\varepsilon(P_0 + C_0 \cot \varphi_0)} \right\} \quad (4)$$

[0021] 式(4)中: d 为工作面采煤高度, m ; ε 为三轴应力系数, $\varepsilon = \frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0}$, f 为煤层与顶板的摩擦系数, k_0 为工作面开挖引起的应力集中系数, P_0 为液压支架对煤帮的阻力,MPa;

[0022] 第三步,确定停采等压位置

[0023] 根据公式(5)计算最佳的停采等压位置:

$$[0024] \quad S = W_0 + (n \cdot L) \quad (5)$$

[0025] 式(5)中: S 为最佳停采等压位置; W_0 为采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮的最佳距离, m ; n 为整数,取值1、2、3、4……; L 为工作面基本顶断裂步距, m ;

[0026] 采用公式(6)与公式(7)约束 n 的取值:

$$[0027] \quad W_2 + W_3 + n \cdot L \geq B \quad (6)$$

$$[0028] \quad W_0 + (n \cdot L) = M - \left(\frac{1}{2} \sim 1 \right) \cdot L \quad (7)$$

[0029] 式(7)中: M 为工作面实施停采等压前基本顶断裂位置距离停采线的距离, m ;

[0030] 对满足上述公式(6)和公式(7)的 n 取最小值,然后代入公式(5)中计算得出最佳的停采等压位置;

[0031] 第四步,以第三步确定出的最佳停采等压位置为依据,当采煤工作面到达停采等压位置时,实施停采等压,工作面停采一段时间后出现顶板来压迹象,此后再将工作面继续推采至停采线,完成采煤作业。

[0032] 本发明的有益技术效果是:

[0033] 在工作面回采末期实施本发明停采等压方法,可改变基本顶断裂位置,使基本顶在合理的位置断裂,最终达到减少工作面回采末期回撤通道矿山压力目的,保证回撤通道安全使用。相比于回撤通道切顶卸压的方式,具有操作简单,实施成本低,安全性更高等优势。

附图说明

[0034] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明：

[0035] 图1为本发明中涉及工作面停采时基本顶最佳断裂位置图；

[0036] 图2为本发明中涉及工作面停采等压前后基本顶断裂位置图；其中 (a) 为工作面停采等压时岩层运动图，(b) 为停采等压后工作面停采时岩层运动图。

[0037] 图中：1. 基本顶，2. 直接顶，3. 煤层，4. 长度为L的已断裂基本顶，5. 长度为(0.5~1)L的已断裂基本顶，6. 液压支架，7. 回撤通道，8. 回撤通道与工作面之间间隔煤柱，9. 工作面停采线，10. 垛式支架。

具体实施方式

[0038] 针对采煤工作面回采末期可能出现顶板来压造成工作面收尾困难现象，本发明采用对工作面推进至合适位置时进行停采等压的方法，如图2所示，将基本顶提前断裂，进而改变基本顶周期来压位置，达到工作面停采时，基本顶在最佳位置断裂，如图1所示，回撤通道矿压显现现象达到最小的目的。

[0039] 下面结合附图进行更为具体地说明。

[0040] 一种减少采煤工作面回采末期回撤通道顶板压力的方法，包括以下步骤：

[0041] 第一步，确定采煤工作面基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线)的最佳距离

[0042] 为确保回撤通道矿压显现现象达到最小，巷道收敛变形最小，首先需要确定工作面停采时，基本顶1最终断裂位置距回撤通道7非生产帮(停采线9)的最佳距离。这种顶板断裂位置对回撤通道的稳定性最为有利。

[0043] 如图1所示，基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线9)的最佳距离满足公式(1)：

$$[0044] \quad W_0 = w_1 + w_2 + w_3 \quad (1)$$

[0045] 式(1)中：

[0046] W_0 —基本顶1最终断裂位置距回撤通道7非生产帮(停采线9)的最佳距离，m；

[0047] W_1 —回撤通道宽度，m；

[0048] W_2 —工作面液压支架控顶距，m；

[0049] W_3 —贯通后工作面液压支架与回撤通道内垛式支架之间间距，m。

[0050] 第二步，计算工作面与回撤通道7之间间隔煤柱8的临界尺寸

[0051] 工作面回采末期进行停采等压，停采等压位置与回撤通道之间留设一定尺寸的间隔煤柱(如图2(a)所示)。留设间隔煤柱的尺寸不能过小，否则煤柱损坏，导致基本顶不在合理的位置断裂。留设的间隔煤柱临界尺寸采用式(2)计算：

$$[0052] \quad B = X_0 + X_1 + 2m \quad (2)$$

[0053] 式(2)中：

[0054] B —间隔煤柱临界尺寸，m；

[0055] X_0 —工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度，m；

[0056] X_1 —回撤通道生产帮侧的煤体塑性区宽度，m；

[0057] m —回撤通道高度，m。

[0058] 回撤通道生产帮侧的煤体塑性区宽度 X_1 采用公式(3)计算:

$$[0059] \quad X_1 = \frac{mA}{2 \tan \varphi_0} \ln \left\{ \frac{k_1 \gamma H}{C_0 \cot \varphi_0} + 1 \right\} \quad (3)$$

[0060] 式(3)中:

[0061] m —回撤通道高度,m;

[0062] A —侧压系数;

[0063] φ_0 —煤层3的内摩擦角, $^\circ$;

[0064] C_0 —煤层3的内聚力,MPa;

[0065] k_1 —巷道开挖引起的应力集中系数;

[0066] γ —上覆岩体的容重, KN/m^3 ;

[0067] H —上覆岩体厚度,m;

[0068] 工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度 X_0 采用公式(4)计算:

$$[0069] \quad X_0 = \frac{d}{2\varepsilon f} \ln \left\{ \frac{k_0 \gamma H + C_0 \cot \varphi_0}{\varepsilon(P_0 + C_0 \cot \varphi_0)} \right\} \quad (4)$$

[0070] 式(4)中:

[0071] d —工作面采煤高度,m;

[0072] ε —三轴应力系数, $\varepsilon = \frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0}$;

[0073] f —煤体与顶板的摩擦系数;

[0074] k_0 —工作面开挖引起的应力集中系数;

[0075] P_0 —液压支架6对煤帮的阻力,MPa;

[0076] 第三步,确定停采等压位置

[0077] 工作面实施停采等压时,留设的工作面与回撤通道之间间隔煤柱宽度要大于间隔煤柱临界尺寸。但是留设的间隔煤柱尺寸又不能过大,如果过大有可能会出现等不来压的情况。为确保基本顶最终断裂位置如图1所示,最佳的停采等压位置计算公式为:

$$[0078] \quad S = W_0 + (n \cdot L) \quad (5)$$

[0079] 式(5)中:

[0080] S —最佳停采等压位置,即停采等压位置工作面与回撤通道之间间隔,m;

[0081] W_0 —基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线)的最佳距离,m;

[0082] n —取值1、2、3、4等整数;

[0083] L —工作面基本顶断裂步距,可通过矿压观测获得,m;

[0084] 采用下述公式(6)和公式(7)共同约束 n 的取值。

$$[0085] \quad W_2 + W_3 + n \cdot L \geq B \quad (6)$$

$$[0086] \quad W_0 + (n \cdot L) = M - \left(\frac{1}{2} \sim 1 \right) \cdot L \quad (7)$$

[0087] 以上公式(6)和公式(7)中:

[0088] M —为工作面实施停采等压前基本顶断裂位置距离停采线的距离,m;

[0089] W_0 —基本顶最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线)的最佳距离,m;

[0090] W_2 —为工作面液压支架控顶距,m;

[0091] W_3 —为贯通后工作面液压支架与回撤通道内垛式支架之间间距,m;

[0092] B —为工作面与回撤通道之间间隔煤柱临界尺寸,m;

[0093] 对满足公式(6)与公式(7)的 n 取最小值;然后代入公式(5)中计算得出最佳的停采等压位置;

[0094] 第四步,以第三步确定出的最佳停采等压位置为依据,当采煤工作面到达停采等压位置时,实施停采等压,工作面停采一段时间后出现顶板来压迹象,此后再将工作面继续推采至停采线,完成采煤作业。

[0095] 采用上述在合适位置停采等压的方法,可达到减少工作面回采末期回撤通道矿山压力的目的,保证回撤通道安全使用。

[0096] 下面结合具体的应用实例对本发明作进一步说明。

[0097] 以某矿为例,该煤矿-180m水平3#煤层3平均埋深200m,平均煤厚3.6m,煤层3结构较简单。330采区是-180m水平的首采区,采用综采采煤法,一次采全高,ZY7500/21/45型液压支架6支护顶板。煤层3上部直接顶2为厚度6m的砂质泥岩,基本顶1为厚度12m的粉砂岩。

[0098] 3302工作面面长200m,走向长度1200m。工作面停采位置提前掘进好回撤通道7,回撤通道7宽度4.0m,高度3.6m,沿着煤层3的顶板掘进,回撤通道7内提前安装好ZZ12000/20/40型垛式支架10。通过矿压观测,该工作面周期来压步距 L 为16m。

[0099] 第一步,确定基本顶1最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线9)的最佳距离

[0100] 基本顶1最终断裂位置距回撤通道7非生产帮(停采线9)的最佳距离 W_0 满足下面公式(1):

$$[0101] \quad W_0 = w_1 + w_2 + w_3 \quad (1)$$

[0102] 式(1)中:

[0103] W_0 —基本顶1最终断裂位置距回撤通道非生产帮(停采线9)的最佳距离,m;

[0104] W_1 —回撤通道7宽度,取值4.0m;

[0105] W_2 —工作面液压支架6的控顶距,取值4.0m;

[0106] W_3 —贯通后工作面液压支架6与回撤通道7内垛式支架之间间距,取值1.0m;

[0107] 通过上式确定基本顶1最终断裂位置距回撤通道7非生产帮(停采线9)的最佳距离 W_0 为9m。

[0108] 第二步,计算工作面与回撤通道之间间隔煤柱8的临界尺寸

[0109] 回撤通道7生产帮侧煤体塑性区宽度 X_1 计算公式为:

$$[0110] \quad X_1 = \frac{mA}{2 \tan \varphi_0} \ln \left\{ \frac{k_1 \gamma H}{C_0 \cot \varphi_0} + 1 \right\} \quad (3)$$

[0111] 式(3)中:

[0112] m —回撤通道7的高度,3.6m;

[0113] A —侧压系数,取值0.36;

[0114] φ_0 —煤层3的内摩擦角,取值 20° ;

[0115] C_0 —煤层3的内聚力,取值1.2MPa;

[0116] k_1 —巷道开挖引起的应力集中系数,取值1.3;

[0117] γ —上覆岩体的容重,取值25kN/m³;

[0118] H —上覆岩体厚度,取值200m;

[0119] 通过以上计算可以得出: $X_1=1.939\text{m}$ 。

[0120] 工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度 X_0 计算公式为:

$$[0121] \quad X_0 = \frac{d}{2\varepsilon f} \ln \left\{ \frac{k_0 \gamma H + C_0 \cot \varphi_0}{\varepsilon (P_0 + C_0 \cot \varphi_0)} \right\} \quad (4)$$

[0122] 式(4)中:

[0123] d —工作面采煤高度,取值3.6m;

[0124] ε —三轴应力系数, $\varepsilon = \frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0}$;

[0125] f —煤层3与顶板的摩擦系数,取值0.15;

[0126] k_0 —工作面开挖引起的应力集中系数,取值2.5;

[0127] γ —上覆岩体的容重,取值25kN/m³;

[0128] H —上覆岩体厚度,取值200m;

[0129] C_0 —煤层3的内聚力,取值1.2MPa;

[0130] φ_0 —煤层3的内摩擦角,取值20°;

[0131] P_0 —液压支架6对煤帮的阻力,取值0.1MPa;

[0132] 通过以上计算可以得出: $X_0=4.849\text{m}$;

[0133] 工作面与回撤通道7之间间隔煤柱8的临界尺寸 B 的计算方法如下式(2):

$$[0134] \quad B = X_0 + X_1 + 2m \quad (2)$$

[0135] 其中:

[0136] X_0 —工作面回采引起的前方煤体塑性区宽度,根据前述计算取值4.849m;

[0137] X_1 —回撤通道7的生产帮侧煤体塑性区宽度,根据前述计算取值1.939m;

[0138] m —回撤通道7的高度,取值3.6m;

[0139] 通过以上计算可以得出: $B=13.988\text{m}$ 。

[0140] 第三步,计算出停采等压位置

[0141] 最佳停采等压位置计算公式为:

$$[0142] \quad S = W_0 + (n \cdot L) \quad (5)$$

[0143] 式(5)中:

[0144] S —最佳停采等压位置;

[0145] W_0 —基本顶1最终断裂位置距回撤通道7非生产帮(停采线9)的最佳距离,取值9.0m;

[0146] n —取值1、2、3、4等整数;

[0147] L —工作面基本顶周期来压断裂步距,可通过矿压观测获得,取值16m。

[0148] 通过公式(5)计算可以得出: $S=25\text{m}$ 、 41m 、 57m 等。

[0149] 采用下述式(6)与式(7)约束 n 的取值。

$$[0150] \quad W_2 + W_3 + n \cdot L \geq B \quad (6)$$

$$[0151] \quad W_0 + (n \cdot L) = M - \left(\frac{1}{2} \sim 1 \right) \cdot L \quad (7)$$

[0152] 式中:M—为工作面停采等压前基本顶1的断裂位置距离停采线9的距离,通过现场观测,工作面推采至距离停采线34m时出现顶板来压迹象。

[0153] W_0 —基本顶1的最终断裂位置距回撤通道7的非生产帮(停采线9)的最佳距离,取值9.0m;

[0154] W_2 —为工作面液压支架6的控顶距,取值4.0m;

[0155] W_3 —为贯通后工作面液压支架6与回撤通道7内垛式支架之间间距,取值1.0m;

[0156] B—为工作面与回撤通道7之间间隔煤柱8的临界尺寸,m;

[0157] 将M数值代入式(7),可发现,当n取值1时,满足式(6)与式(7)。

[0158] 因此,再通过式(5)得出最佳的停采等压位置为工作面推采至距离停采线 $S=25m$ 时。

[0159] 工作面在距离停采线25m时实施了停采等压,工作面停采16小时后出现顶板来压迹象,此后工作面继续推采至停采线,期间回撤通道9围压变形量较小,能保证工作面设备正常回撤。

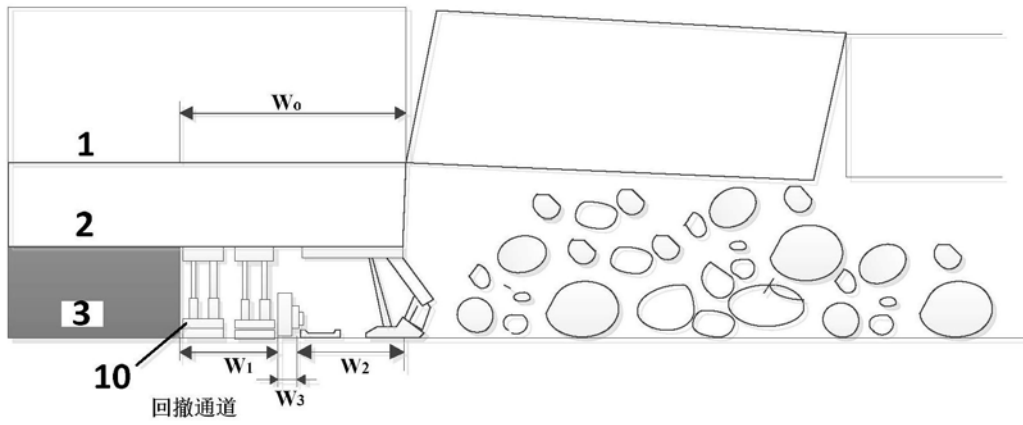
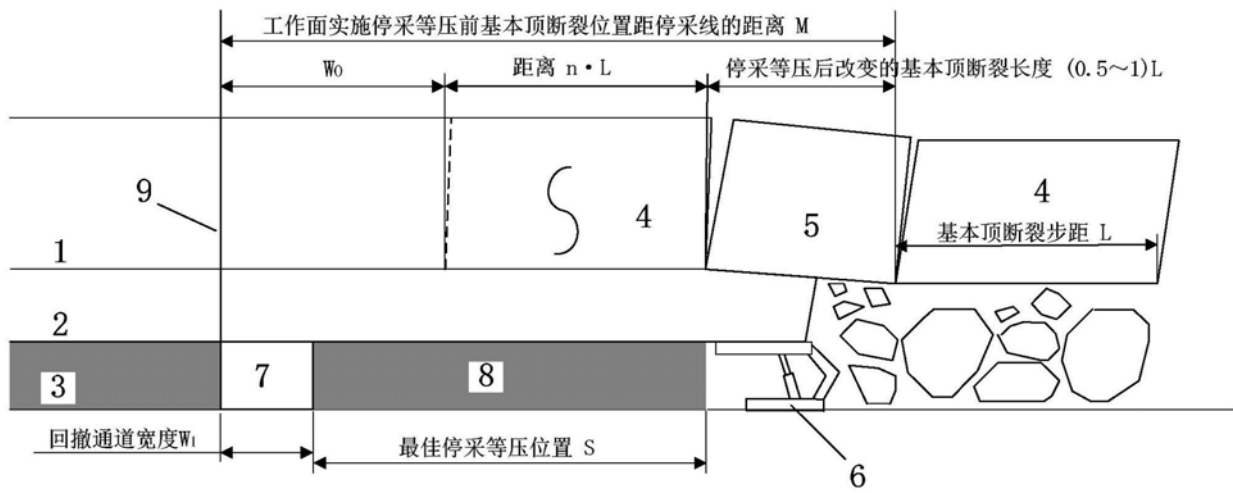
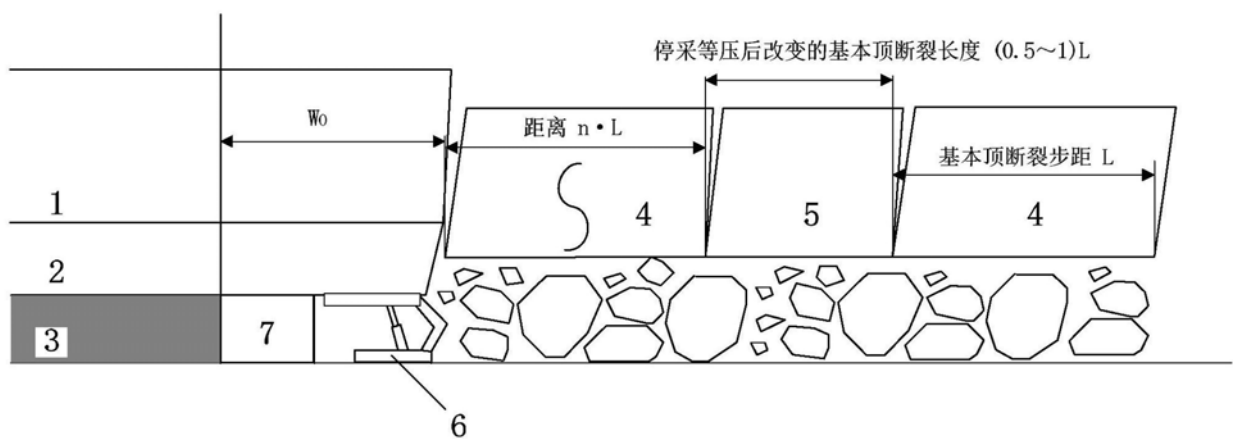


图1



(a) 工作面停采等压时岩层运动图



(b) 停采等压后工作面停采时岩层运动图

图2