



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109139100 B

(45)授权公告日 2019.12.20

(21)申请号 201811027251.3

E21D 15/02(2006.01)

(22)申请日 2018.09.04

E21D 15/00(2006.01)

G06Q 50/02(2012.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109139100 A

(56)对比文件

CN 105240014 A, 2016.01.13,

CN 106014412 A, 2016.10.12,

CN 101725352 A, 2010.06.09,

CN 103527196 A, 2014.01.22,

US 4198097 A, 1980.04.15,

(43)申请公布日 2019.01.04

(73)专利权人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市大学路1号中国矿业大学科研院

审查员 白玉兰

(72)发明人 周楠 王佳奇 张吉雄 孙凯
李猛

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 张婷婷

(51)Int.Cl.

E21F 15/00(2006.01)

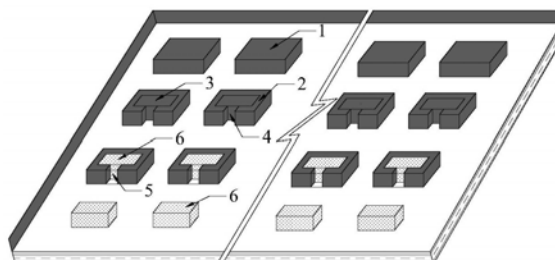
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种内注替代式支护房式煤柱回收方法

(57)摘要

本发明公开了一种内注替代式支护房式煤柱回收方法,在回收房式煤柱过程中,将宽高比大于0.6的房式煤柱划分为预留煤柱与预采煤柱两部分,预采煤柱开采后向预留煤柱所围采空区内注入胶结充填材料,待其稳固后替代煤柱进行支护,再回收预留煤柱;基于温克尔梁理论建立预留煤柱在支护覆岩阶段的力学模型,得出预留煤柱支护阶段顶板的位移及受力情况。根据顶板第一强度理论与预留煤柱极限强度判别准则,得到预留煤柱的理论留设宽度。本方法不仅可高效回收宝贵的煤炭资源,减少煤炭资源的浪费,同时可有效支撑上覆岩层,防止一系列矿井安全问题。



1. 一种内注替代式支护房式煤柱回收方法,其特征在于:包括以下步骤:

1) 将房式煤柱(1)划分为外围的预留煤柱(2)与内部的预采煤柱(3),所述预留煤柱(2)的一边开设有一预留煤柱缺口(4);

2) 通过预留煤柱缺口(4),对内部的预采煤柱(3)进行回采;

3) 预采煤柱(3)开采完毕后,封堵预留煤柱缺口(4),向预留煤柱(2)所围采空区内注入胶结充填材料(6)进行充填;

4) 待胶结充填材料(6)稳固后替代煤柱进行支护,再回收预留煤柱(2);

所述的预留煤柱(2)的宽度计算方法流程如下:

a、截取房式煤柱(1)半平面进行分析,将顶板所受上覆岩层作用力设置为均布载荷 q ,预留煤柱(2)的地基系数设为 k ,相邻房式煤柱(1)间距为 c ,预留煤柱(2)的宽度设置为 b ,预采煤柱(3)的宽度设置为 a ,则房式煤柱(1)的总宽度为 $2(a+b)$;所分析区域内部顶板各段挠曲线微分方程为:

$$\begin{cases} EI \frac{d^4 \omega_1(x)}{dx^4} = q & x \in [0, a] \\ EI \frac{d^4 \omega_2(x)}{dx^4} = q - k\omega_2(x) & x \in [a, a+b] \\ EI \frac{d^4 \omega_3(x)}{dx^4} = q & x \in [a+b, a+b+c] \end{cases} \quad (\text{i})$$

式中, EI —抗弯刚度, N/m ;

x —地基表面任一点至半平面坐标原点距离, m ;

$\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$, $\omega_3(x)$ —分别为 x 在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的挠度, m ;

b、求解公式(i),令 $\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$,得顶板的挠曲线方程:

$$\begin{cases} \omega_1(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_1 x^3 + d_2 x^2 + d_3 x + d_4 \\ \omega_2(x) = \frac{q}{k} + d_5 e^{-\alpha x} \cos(\alpha x) + d_6 e^{-\alpha x} \sin(\alpha x) + d_7 e^{\alpha x} \cos(\alpha x) + d_8 e^{\alpha x} \sin(\alpha x) \\ \omega_3(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_9 x^3 + d_{10} x^2 + d_{11} x + d_{12} \end{cases} \quad (\text{ii})$$

式中, $d_1, d_2, d_3, d_4, \dots, d_{12}$ —常数系数;

根据模型连续性条件及对称性边界条件,解得参数 $d_1 \sim d_{12}$;

c、求解得到顶板的弯矩方程:

$$\begin{cases} M_1(x) = -EI \frac{d^2 \omega_1}{dx^2} \\ M_2(x) = -EI \frac{d^2 \omega_2}{dx^2} \\ M_3(x) = -EI \frac{d^2 \omega_3}{dx^2} \end{cases} \quad (\text{iii})$$

式中, $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ 、 $M_3(x)$ 分别为 x 在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的弯矩, m ;

预留煤柱 (2) 的宽度 b 要同时满足顶板第一强度理论与煤柱极限强度理论, 即同时满足大于或等于顶板第一强度理论条件下的最小留设宽度 b_1 和煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 ; 具体如以下 d、e 步骤:

d、将顶板简化为上覆均布载荷 q 、底部受支撑载荷的简支梁, 所述支撑载荷的宽度为 b_1 ; 分析得知, 顶板所受最大弯矩 M_{\max} 发生在梁跨度中间偏离底部支撑载荷一侧, 距模型原点 $x_m = a+b_1+3EI \cdot d_9/q$ 处, 其值由式 (iii) 中 $M_3(x_m)$ 求得, 则根据矩形截面梁理论, 求得顶板最大拉应力为:

$$\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{h^2} \quad (\text{iv})$$

式中, h —顶板高度, m ;

根据顶板第一强度理论, 要使顶板不发生断裂, 则应满足:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma_t] \quad (\text{v})$$

式中, $[\sigma_t]$ —顶板许用拉应力, MPa ;

已知相邻房式煤柱 (1) 间距 c 与房式煤柱宽度为 $2(a+b)$, 根据式 (iv) 判断条件即求得预留煤柱 (2) 在顶板第一强度理论条件下的最小留设宽度 b_1 ;

e、同时预留煤柱 (2) 在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 应满足自身不破坏, 根据极限强度理论, 应满足:

$$\sigma F \leq \sigma_p \quad (\text{vi})$$

式中, σ —作用在煤柱上的力, $\sigma = k \int_a^{a+b} \omega_2(x) dx$, MPa ;

F —安全系数, 取 2;

σ_p —预留煤柱极限强度, MPa ;

由公式 (vi) 求得预留煤柱 (2) 在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度为 b_2 ;

f、最终求得预留煤柱 (2) 的最小留设宽度为 $b = \max\{b_1, b_2\}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 其特征在于: 所述房式煤柱 (1) 的宽高比大于 0.6。

3. 根据权利要求 1 所述的一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 其特征在于: 步骤 1) 中, 根据预留煤柱 (2) 在支护覆岩阶段的力学模型计算结果, 得出预留煤柱在支护阶段顶板位移及受力情况; 根据顶板第一强度理论与预留煤柱极限强度判别准则, 得到预留煤柱的理论留设宽度, 将房式煤柱 (1) 划分为预留煤柱 (2) 与预采煤柱 (3)。

4. 根据权利要求 1 所述的一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 其特征在于: 步骤 2) 中, 采用连续采煤机 (7) 对预采煤柱 (3) 进行回采, 采出煤炭通过铲车 (8) 运至带式输送机 (9) 上, 由带式输送机 (9) 运出采区。

5. 根据权利要求 1 所述的一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 其特征在于: 步骤 3) 中, 堆砌封堵墙 (5) 封堵预留煤柱缺口 (4), 利用充填泵通过封堵墙 (5) 上所留设的泵送口将胶结充填材料 (6) 泵送至房式煤柱 (1) 的采空区域进行充填。

一种内注替代式支护房式煤柱回收方法

技术领域

[0001] 本发明属于煤柱回收技术领域,具体涉及一种内注替代式支护房式煤柱回收方法,尤其适用于煤矿采煤遗留的宽高比大于0.6的房式煤柱替代支护回收。

背景技术

[0002] 我国房式开采方法大多应用于西北部地区,主要集中在陕西、内蒙古、山西等资源分布较广、地质构造简单、煤层赋存浅的矿区。虽然房式煤柱具有投资低、管理简单、生产效率高特点,但开采后的遗留煤柱会直接影响矿井安全并威胁周遭生态环境。回收房式开采遗留煤柱可以同时解决煤炭资源浪费、生态环境与地质灾害等问题。

[0003] 目前,国内房式煤柱回收方式主要分为传统回收方法与充填回收方法,其中传统回收方式诸如劈柱式与仓翼式回收等方式回收率不高、机械化程度低,充填回收方式诸如抛料充填回收与综合机械化充填回收等方式需要大量充填材料费用与设备投入费用。

[0004] 因此,研究一种既能保证回收效率,又能保证顶板稳定且投资合理的房式煤柱回收方法已成为煤矿开采的重大技术难题。

发明内容

[0005] 发明目的:为了解决房式开采后遗留煤柱安全高效、低成本回收的难题,本发明的目的是提供一种操作简单、资源回收率高的内注替代式房式煤柱回收方法。

[0006] 技术方案:为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 一种内注替代式支护房式煤柱回收方法,包括以下步骤:

[0008] 1) 将房式煤柱划分为外围的预留煤柱与内部的预采煤柱,所述预留煤柱的一边开设有一预留煤柱缺口;

[0009] 2) 通过预留煤柱缺口,对内部的预采煤柱进行回采;

[0010] 3) 预采煤柱开采完毕后,封堵预留煤柱缺口,向预留煤柱所围采空区内注入胶结充填材料进行充填;

[0011] 4) 待胶结充填材料稳固后替代煤柱进行支护,再回收预留煤柱。

[0012] 进一步的,所述房式煤柱的宽高比大于0.6。

[0013] 进一步的,步骤1)中,根据预留煤柱在支护覆岩阶段的力学模型计算结果,得出预留煤柱在支护阶段顶板位移及受力情况;根据顶板第一强度理论与预留煤柱极限强度判别准则,得到预留煤柱的理论留设宽度,将房式煤柱划分为预留煤柱与预采煤柱。

[0014] 进一步的,所述的预留煤柱的宽度计算方法流程如下:

[0015] a、截取房式煤柱半平面进行分析,将顶板所受上覆岩层作用力设置为均布载荷 q ,预留煤柱的地基系数设为 k ,相邻房式煤柱间距为 c ,预留煤柱的宽度设置为 b ,预采煤柱的宽度设置为 a ,则房式煤柱的总宽度为 $2(a+b)$;所分析区域内部顶板各段挠曲线微分方程为:

$$[0016] \quad \begin{cases} EI \frac{d^4 \omega_1(x)}{dx^4} = q & x \in [0, a] \\ EI \frac{d^4 \omega_2(x)}{dx^4} = q - k\omega_2(x) & x \in [a, a+b] \\ EI \frac{d^4 \omega_3(x)}{dx^4} = q & x \in [a+b, a+b+c] \end{cases} \quad (\text{i})$$

[0017] 式中, EI—抗弯刚度, N/m;

[0018] x—地基表面任一点至半平面坐标原点距离, m;

[0019] $\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$, $\omega_3(x)$ —分别为x在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的挠度, m;

[0020] b、求解公式(i), 令 $\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$, 得顶板的挠曲线方程:

$$[0021] \quad \begin{cases} \omega_1(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_1 x^3 + d_2 x^2 + d_3 x + d_4 \\ \omega_2(x) = \frac{q}{k} + d_5 e^{-\alpha x} \cos(\alpha x) + d_6 e^{-\alpha x} \sin(\alpha x) + d_7 e^{\alpha x} \cos(\alpha x) + d_8 e^{\alpha x} \sin(\alpha x) \\ \omega_3(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_9 x^3 + d_{10} x^2 + d_{11} x + d_{12} \end{cases} \quad (\text{ii})$$

[0022] 式中, $d_1, d_2, d_3, d_4, \dots, d_{12}$ —常数系数;

[0023] 根据模型连续性条件及对称性边界条件, 解得参数 $d_1 \sim d_{12}$;

[0024] c、求解得到顶板的弯矩方程:

$$[0025] \quad \begin{cases} M_1(x) = -EI \frac{d^2 \omega_1}{dx^2} \\ M_2(x) = -EI \frac{d^2 \omega_2}{dx^2} \\ M_3(x) = -EI \frac{d^2 \omega_3}{dx^2} \end{cases} \quad (\text{iii})$$

[0026] 式中, $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ 、 $M_3(x)$ —分别为x在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的弯矩, m;

[0027] 预留煤柱的宽度b要同时满足顶板第一强度理论与煤柱极限强度理论, 即同时满足大于或等于顶板第一强度理论条件下的最小留设宽度 b_1 和煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 ; 具体如以下d、e步骤:

[0028] d、将顶板简化为上覆均布载荷q、底部受宽度为 b_1 的支撑载荷的简支梁, 分析得知, 顶板所受最大弯矩 M_{\max} 发生在梁跨度中间偏离底部支撑载荷一侧, 距模型原点 $x_m = a + b_1 + 3EI \cdot d_9 / q$ 处, 其值由式(iii)中 $M_3(x_m)$ 求得, 则根据矩形截面梁理论, 求得顶板最大拉应力为:

$$[0029] \quad \sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{h^2} \quad (\text{iv})$$

[0030] 式中, h —顶板高度, m ;

[0031] 根据顶板第一强度理论, 要使顶板不发生断裂, 则应满足:

$$[0032] \quad \sigma_{\max} \leq [\sigma_t] \quad (v)$$

[0033] 式中, $[\sigma_t]$ —顶板许用拉应力, MPa ;

[0034] 已知相邻房式煤柱间距 c 与房式煤柱宽度为 $2(a+b)$, 根据式 (iv) 判断条件即求得预留煤柱在顶板第一强度理论条件下的最小留设宽度 b_1 ;

[0035] e、同时预留煤柱在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 应满足自身不破坏, 根据极限强度理论, 应满足:

$$[0036] \quad \sigma F \leq \sigma_p \quad (vi)$$

[0037] 式中, σ —作用在煤柱上的力, $\sigma = k \int_a^{a+b} \omega_2(x) dx$, m ;

[0038] F —安全系数, 取 2;

[0039] σ_p —预留煤柱极限强度, MPa ;

[0040] 由公式 (vi) 求得预留煤柱在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度为 b_2 ;

[0041] f、最终求得预留煤柱的最小留设宽度为 $b = \max\{b_1, b_2\}$ 。

[0042] 进一步的, 步骤 2) 中, 采用连续采煤机对预采煤柱进行回采, 采出煤炭通过铲车运至带式输送机上, 由带式输送机运出采区。

[0043] 进一步的, 步骤 3) 中, 堆砌封堵墙封堵预留煤柱缺口, 利用充填泵通过封堵墙上所留设的泵送口将胶结充填材料泵送至房式煤柱的采空区域进行充填。

[0044] 有益效果: 本发明提供了一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 与现有技术相比, 具有以下优势: 本发明尤其适用于房式开采后宽高比大于 0.6 的遗留煤柱的安全高效、低成本回收, 利用胶结充填材料替代遗留煤柱进行支护, 在保证安全的前提下, 不仅回收了煤炭资源, 而且降低了回收成本。另外, 采用胶结充填材料代替煤柱支护, 可以有效支撑上覆岩层, 防止导水裂隙升高、地表水大面积渗漏, 达到减弱房式煤柱回收对地表水、周遭生态环境的影响; 同时, 利用胶结充填材料替代房式煤柱支护, 也降低采空区发火自燃等风险。该方法方便可靠、适用性强, 具有广泛的应用前景。

附图说明

[0045] 图 1 是本发明的采煤工作面布置平面图;

[0046] 图 2 是本发明的预留煤柱的宽度的计算流程图;

[0047] 图 3 是本发明的内注替代式房式煤柱回收状态平面图;

[0048] 图 4 是本发明的预留煤柱在支护覆岩阶段的力学模型;

[0049] 图 5 是本发明的顶板弯矩分布图;

[0050] 图 6 是本发明的煤柱受压曲线图。

[0051] 图中: 1-房式煤柱; 2-预留煤柱; 3-预采煤柱; 4-预留煤柱缺口; 5-封堵墙; 6-胶结充填材料; 7-连续采煤机; 8-铲车; 9-带式输送机。

具体实施方式

[0052] 本发明公开了一种内注替代式支护房式煤柱回收方法, 在回收房式煤柱过程中,

将宽高比大于0.6的房式煤柱划分为预留煤柱与预采煤柱两部分,预采煤柱开采后向预留煤柱所围采空区内注入胶结充填材料,待其稳固后替代煤柱进行支护,再回收预留煤柱;基于温克尔梁理论建立预留煤柱在支护覆岩阶段的力学模型,得出预留煤柱支护阶段顶板的位移及受力情况。根据顶板第一强度理论与预留煤柱极限强度判别准则,得到预留煤柱的理论留设宽度。本方法不仅可高效回收宝贵的煤炭资源,减少煤炭资源的浪费,同时可有效支撑上覆岩层,防止一系列矿井安全问题。

[0053] 下面结合附图和实施例对本发明作更进一步的说明。

[0054] 本发明的一种内注替代式支护房式煤柱回收方法:如图1所示的采煤工作面布置平面图,在回收宽高比大于0.6的房式煤柱过程中,根据预留煤柱(2)在支护覆岩阶段的力学模型计算结果将房式煤柱(1)划分为预留煤柱(2)与预采煤柱(3),打开预留煤柱缺口(4),采用连续采煤机(7)对预采煤柱(3)进行回采,采出煤炭通过铲车(8)运至带式输送机上,由带式输送机(9)运出采区;采空预采煤柱(3)后,堆砌封堵墙(5)封堵预留煤柱缺口(4),利用充填泵通过封堵墙(5)上所留设的泵送口将胶结充填材料(6)泵送至大型房式煤柱采空区域进行充填,充填分三次进行,确保封堵墙的稳定,并保证胶结充填材料(6)的充分接顶;待胶结充填材料(6)凝固稳定后,再回收预留煤柱(2)。

[0055] 如图2所示,所述的预留煤柱(2)宽度计算方法流程如下:

[0056] a、如图3所示的内注替代式房式煤柱回收状态平面图,截取房式煤柱(1)半平面进行分析,根据如图4(a)、(b)所示的预留煤柱在支护覆岩阶段的力学模型,将顶板所受上覆岩层作用力设置为均布载荷 q ,预留煤柱(2)的地基系数设为 k ,相邻房式煤柱(1)间距为 c ,预留煤柱宽度设置为 b ,预采煤柱宽度设置为 a ,则房式煤柱总宽度为 $2(a+b)$ 所分析区域内顶部顶板各段挠曲线微分方程为:

$$[0057] \begin{cases} EI \frac{d^4 \omega_1(x)}{dx^4} = q & x \in [0, a] \\ EI \frac{d^4 \omega_2(x)}{dx^4} = q - k\omega_2(x) & x \in [a, a+b] \\ EI \frac{d^4 \omega_3(x)}{dx^4} = q & x \in [a+b, a+b+c] \end{cases} \quad (i)$$

[0058] 式中, EI —抗弯刚度, N/m ;

[0059] x —地基表面任一点至半平面坐标原点距离, m ;

[0060] $\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$, $\omega_3(x)$ —分别为 x 在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的挠度, m ;

[0061] b、求解公式(i)令 $\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$,可得顶板的挠曲线方程:

$$[0062] \begin{cases} \omega_1(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_1 x^3 + d_2 x^2 + d_3 x + d_4 \\ \omega_2(x) = \frac{q}{k} + d_5 e^{-\alpha x} \cos(\alpha x) + d_6 e^{-\alpha x} \sin(\alpha x) + d_7 e^{\alpha x} \cos(\alpha x) + d_8 e^{\alpha x} \sin(\alpha x) \\ \omega_3(x) = \frac{q}{24EI} x^4 + d_9 x^3 + d_{10} x^2 + d_{11} x + d_{12} \end{cases} \quad (ii)$$

[0063] 式中, $d_1, d_2, d_3, d_4 \dots d_{12}$ —常数系数;

[0064] 根据模型连续性条件及对称性边界条件, 可解得参数 $d_1 \sim d_{12}$ 。

[0065] c、进而求解得到顶板的弯矩方程:

$$[0066] \begin{cases} M_1(x) = -EI \frac{d^2 \omega_1}{dx_2} \\ M_2(x) = -EI \frac{d^2 \omega_2}{dx_2} \\ M_3(x) = -EI \frac{d^2 \omega_3}{dx_2} \end{cases} \quad (\text{iii})$$

[0067] 式中, $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ 、 $M_3(x)$ —分别为 x 在 $[0, a]$ 、 $[a, a+b]$ 、 $[a+b, a+b+c]$ 段顶板的弯矩, m 。

[0068] 预留煤柱 (2) 的宽度 b 要同时满足顶板第一强度理论与煤柱极限强度理论, 即同时满足大于或等于顶板第一强度理论条件的最小留设宽度 b_1 和煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 ; 具体如以下 d、e 步骤:

[0069] d、将顶板简化为上覆均布载荷 q 、底部受宽度为 b_1 的支撑载荷的简支梁, 分析可知, 顶板所受最大弯矩 M_{\max} 发生在梁跨度中间偏离底部支撑载荷一侧, 距模型原点 ($x_m = a + b_1 + 3EI \cdot d_9 / q$) 处, 其值可由式 (iii) 中 $M_3(x_m)$ 求得, 则根据矩形截面梁理论, 求得顶板最大拉应力为:

$$[0070] \sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{h^2} \quad (\text{iv})$$

[0071] 式中, h —顶板高度, m ;

[0072] 根据第一强度理论, 要使顶板不发生断裂, 则应满足:

$$[0073] \sigma_{\max} \leq [\sigma_t] \quad (\text{v})$$

[0074] 式中, $[\sigma_t]$ —顶板许用拉应力, MPa ;

[0075] 已知相邻房式煤柱 (1) 间距 c 与房式煤柱宽度为 $2(a+b)$, 根据式 (iv) 判断条件即可求得预留煤柱 (2) 在顶板第一强度理论条件下的最小留设宽度 b_1 。

[0076] e、同时预留煤柱 (2) 在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度 b_2 应满足自身不破坏, 根据极限强度理论, 应满足:

$$[0077] \sigma F \leq \sigma_p \quad (\text{vi})$$

[0078] 式中, σ —作用在煤柱上的力 $\sigma = k \int_a^{a+b} \omega_2(x) dx$, m ;

[0079] F —安全系数, 取 2;

[0080] σ_p —预留煤柱极限强度, Mpa ;

[0081] 由公式 (vi) 求得预留煤柱 (2) 在煤柱极限强度理论条件下的最小留设宽度为 b_2 。

[0082] 最终, 可得预留煤柱 (2) 的最小留设宽度 $b = \max \{b_1, b_2\}$ 。

[0083] 实施例

[0084] 根据以上求解方法, 结合西北地区某矿地质条件为例, 该矿顶板厚度 $2m$ 、采高 $4m$ 、煤柱长度约为 $10m$ 、煤房长度约为 $7m$ 、顶板弹性模量为 0.9GPa 、煤体地基系数 $2 \times 10^6 \text{N/m}^3$ 、顶板许用拉应力 2.8MPa 、预留煤柱极限强度 49.3MPa , 取均布载荷 $q = 2\text{MPa}$ 。经式 (v) 判断, 当预

留煤柱宽度取3m时,顶板弯矩分布如图5所示,此时顶板所受最大拉应力值达2.2MPa,顶板不会破断,并绘制出煤柱受压曲线图,见图6,通过式(vi)可知,此时作用煤柱上的合力达到21.7MPa,当前预留煤柱(2)留设宽度同时满足煤柱失稳极限强度理论,预留煤柱(2)同样不会破坏。

[0085] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

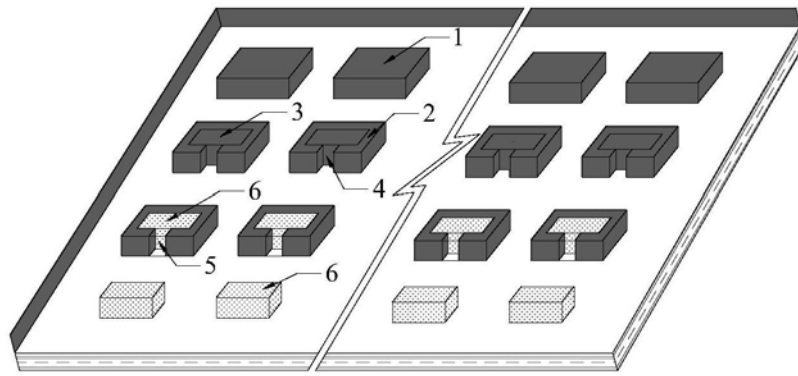


图1

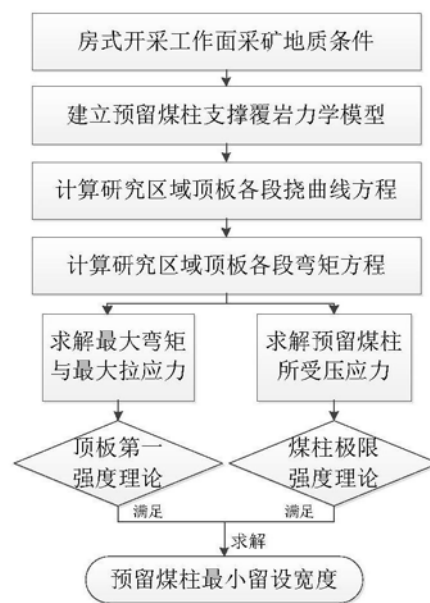


图2

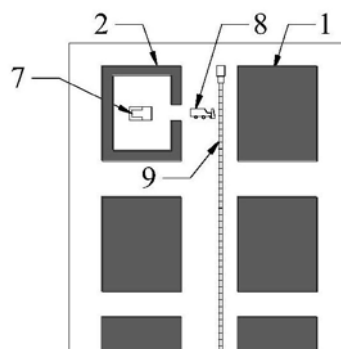


图3

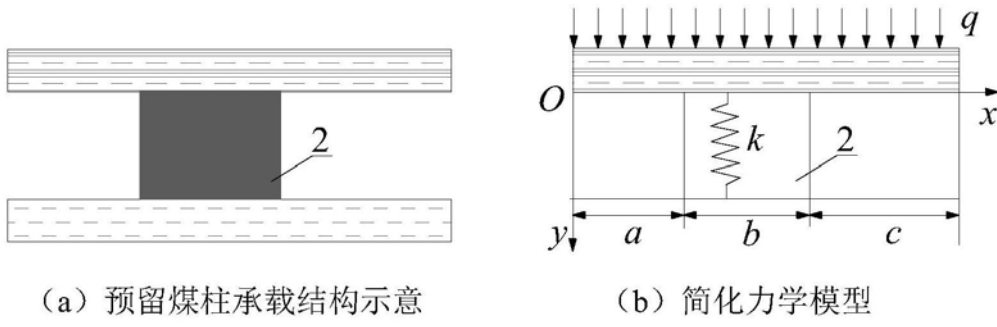


图4

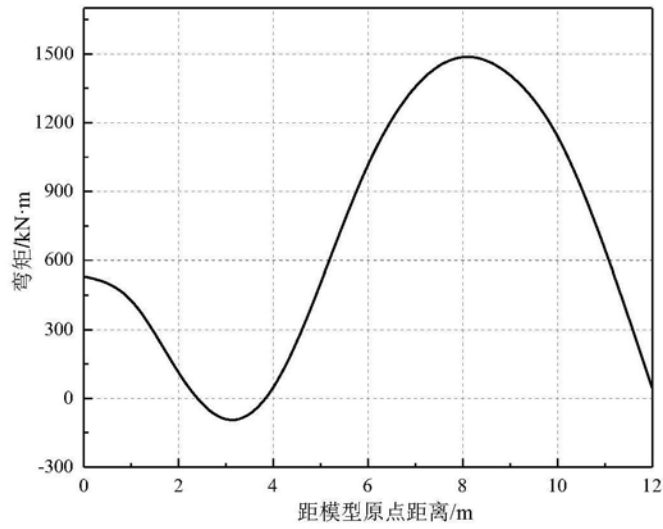


图5

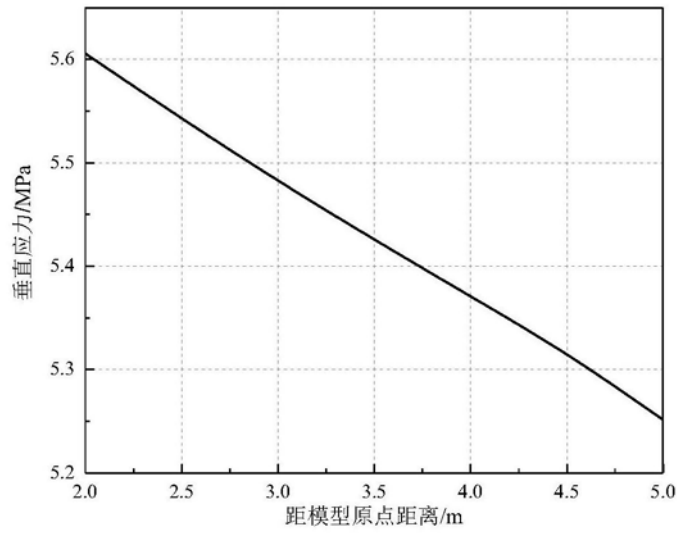


图6