

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 9 月 20 日 (20.09.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/166243 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21F 15/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/114225
- (22) 国际申请日: 2017 年 12 月 1 日 (01.12.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710161348.2 2017年3月17日 (17.03.2017) CN
- (71) 申请人: 中国矿业大学 (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。徐州中安科技股份有限公司 (XUZHOU ZHONAN SCIENCE&TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。
- (72) 发明人: 张吉雄(ZHANG, Jixiong); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。韩

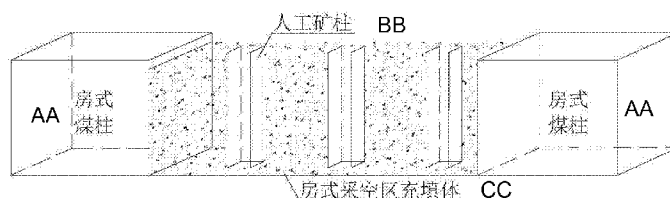
晓乐(HAN, Xiaole); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。方坤(FANG, Kun); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。张强(ZHANG, Qiang); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。陈亚东(CHEN, Yadong); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。钟思见(ZHONG, Sijian); 中国江苏省徐州市铜山区大学路1号, Jiangsu 220000 (CN)。

(74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING SIZE OF AND SPACING OF ARTIFICIAL ORE PILLARS FOR ROOM MINING PILLAR RECOVERY

(54) 发明名称: 一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法



AA Room mining pillar
BB Artificial ore pillar
CC Room goaf backfill

图1

(57) Abstract: A method for determining size of and spacing of artificial ore pillars for room mining pillar recovery, comprising: dividing, in a room mining pillar recovery process, a process of supporting a roof with room mining pillars into a stage in which the roof is supported with artificial ore pillars independently, and a combined supporting stage in which the artificial ore pillars cooperate with solid filling materials; and separately building, for supporting characteristics of the two stages, a mechanical model of the artificial ore pillars and the roof according to the force equilibrium principle and a winkler foundation model to obtain the stress status of the artificial ore pillars. According to the criterion that the load of the artificial ore pillars shall be smaller than the allowable stress $[\sigma]$ thereof, the relations between the allowable stress of the artificial ore pillars and the size $a \times a$ of the artificial ore pillars as well as the spacing l of the artificial ore pillars in the two supporting stages are obtained, and a graph showing the relation between the size and spacing of the artificial ore pillars in different stages is obtained from the relations above. Finally, the size and spacing of the artificial ore pillars are comprehensively determined. The method is simple and easy to implement, and has high accuracy and an important influence on the development of the basic theory of safe mining of room mining pillars in China.

LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法, 在回收房式煤柱过程中, 将房式煤柱对上方顶板的支护过程分为人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段; 根据力的平衡原理和温克尔地基模型分别针对两个阶段的支护特点, 建立了人工矿柱和顶板的力学模型, 得出了人工矿柱的受力情况。根据人工矿柱所受载荷应小于其许用应力 $[\sigma]$ 的判别准则, 得到两个支护阶段人工矿柱许用应力与人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 之间的关系, 由上述关系得到了不同阶段人工矿柱尺寸和间距的关系曲线图。最终综合确定人工矿柱尺寸和间距的大小。该方法简单易行, 准确性高, 对于我国房式煤柱安全回采基础理论的发展具有重要的影响。

一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种充填开采回收房式煤柱的确定方法,特别是一种适用于回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法。

背景技术

[0002] 我国西部矿区以储量丰富、煤质优良、地质构造简单和开采条件优越而备受国内外关注,上世纪八十年代起,全国煤炭市场疲软,该区域很多地方煤矿开采大量采用生产成本相对较低的“房柱式”或“残柱式”打眼放炮采煤方法,生产技术装备水平低和生产工艺落后,以掘代采,采掘不分,这些煤矿经过多年的开采,留下了大量的房柱式采空区,这些遗留房式煤柱一方面会造成国家资源的极大浪费,另一方面,由于长期载荷的作用,煤柱强度弱化问题越来越凸现,给当地带来大量的隐患。

[0003] 近年来对着固体充填开采技术在解决“三下”压煤问题的作用日益显著,采用胶结材料构筑人工矿柱配合采用固体充填采煤技术为回收房式煤柱,控制地表下沉提供了可行方法。目前采用混凝土浇筑人工矿柱代替原生矿柱回采矿体的房柱法还缺少大量的现场试验和成熟的理论指导,对于房柱采矿法矿柱极限承载力和结构参数的研究大多数停留在对原生矿柱的研究。如何确定人工矿柱的合理尺寸和间距是该项技术的核心,可以实现经济高效的回收房式煤柱,这对于我国西部矿区进一步提高煤炭资源采出率、改善岩层移动变形与破坏状况、保障矿井安全生产和推进环境协调发展具有重要意义。

发明内容

[0004] 技术问题:本发明的目的是针对现有回收采空区遗留的房式煤柱技术存在的问题,提供一种方法简单、合理可靠、准确的用于回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法。

[0005] 技术方案:本发明的回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法:在回收房式煤柱过程中,将房式煤柱对上方顶板的支护过程分为人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段;根据力的平衡原理和温克尔地基模型分别针对两个不同阶段的支护特点,建立人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型,得出人工矿柱的受力情况,根据人工矿柱所受载荷应小于其许用应力 $[\sigma]$ 的判别准则,绘制出人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的关系图,选取斜率较大的曲线作为选择人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的曲线,最终根据房式煤柱设计原则从曲线上确定人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 的大小。

[0006] 所述的人工矿柱单独支护顶板阶段的力学模型建立:

[0007] a. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_1 ,则在人工矿柱单独支护顶板阶段,人工矿柱受到顶板的作用力 F 表示为:

[0008] $F = q_1 (l + a)$

[0009] 式中: a —人工矿柱的宽度, m ;

[0010] l —人工矿柱的间距, m ;

[0011] b . 对构筑人工矿柱的胶结充填材料进行强度测试, 测得人工矿柱许用应力 $[\sigma_1]$;

[0012] c . 将上覆岩层对人工矿柱的作用力视为均布载荷, 则根据人工矿柱所受最大应力 $\sigma_{\max}$ 应小于人工矿柱许用应力的判别准则, 得到人工矿柱尺寸和人工矿柱间距 l 与人工矿柱许用最大应力的关系为:

$$[0013] \quad \sigma_{\max} = \frac{F}{S} = \frac{q_1(l+a)}{a^2} = \frac{q_1 l}{a^2} + \frac{q_1}{a} = [\sigma_1]$$

$$[0014] \quad \text{即: } \frac{(l+a)}{a^2} = \frac{[\sigma_1]}{q_1};$$

[0015] d . 绘制人工矿柱单独支护顶板阶段, 人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图。

[0016] 所述的人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型建立:

[0017] a . 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_2 , 顶板与房式采空区充填体间的压力为 $p(x)$, 人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱对顶板的作用力为 F_1 , 根据温克尔弹性地基模型建立以下方程:

$$[0018] \quad EI \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = q_2 - p(x)$$

[0019] 其中: $p(x) = k_1 w(x)$

[0020] 式中: EI —抗弯刚度; E —房式采空区充填体的弹性模量; I —横截面对弯曲中性轴的轴惯性矩; k_1 —房式采空区充填体地基系数, 根据房式采空区充填体的弹性模量 E 求出;

[0021] 则有:

$$[0022] \quad \frac{d^4 w(x)}{dx^4} + \frac{k_1}{EI} w(x) = \frac{q_2}{EI}$$

[0023] 求解上述微分方程可得出房式采空区充填体的挠度 $w(x)$ 为:

$$[0024] \quad w(x) = e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + \frac{q_2}{k_1}$$

[0025] 则房式采空区充填体对顶板的作用力:

$$[0026] \quad P = \int_0^l p(x) dx = \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

[0027] 由力的平衡原理可知人工矿柱对顶板的作用力:

$$[0028] \quad F_1 = q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx;$$

[0029] b . 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷, 则根据人工矿柱所受最大应力应小于人工矿柱许用应力的判别准则, 得到人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系为:

$$[0030] \quad \sigma_{\max} = \frac{F_1}{S} = \frac{q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx}{a^2} = [\sigma_1]$$

[0031] c . 绘制人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距

1之间的关系图。

[0032] 当从曲线中选取的人工矿柱间距 l 小于20m时,对应的人工矿柱宽度的最大整数值作为人工矿柱宽度,人工矿柱高度与房式煤柱高度一致。

[0033] 有益效果:由于采用了上述技术方案,本发明能准确地得出在开采过程中人工矿柱的合理尺寸和间距,既保证了回收煤柱的高效性,又能及时对煤柱上方顶板产生支撑作用,控制地表下沉,避免事故的发生。这对于我国西部矿区进一步提高煤炭资源采出率、改善岩层移动变形与破坏状况、保障矿井安全生产和推进环境协调发展具有重要意义,对于我国房式煤柱安全回采基础理论的发展也具有重要的影响,其理论与工程意义显著。对于采用充填开采回收房式煤柱过程中人工矿柱的设计具有指导意义。其方法简单易行,准确性高,具有广泛的实用性。

附图说明

[0034] 图1为本发明的人工矿柱协同固体充填回收房式煤柱示意图。

[0035] 图2a为本发明的人工矿柱单独支护顶板阶段力学模型图。

[0036] 图2b为本发明的人工矿柱单独支护顶板阶段力学分析图。

[0037] 图3为本发明的人工矿柱支护阶段人工矿柱间距和尺寸关系图。

[0038] 图4a为本发明的联合支护顶板阶段力学模型图。

[0039] 图4b为本发明的联合支护顶板阶段力学分析图。

[0040] 图5为本发明的联合支护阶段人工矿柱间距和尺寸关系图。

具体实施方式

[0041] 本发明的回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法:在回收房式煤柱过程中,将房式煤柱对上方顶板的支护过程分为人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段;根据力的平衡原理和温克尔地基模型分别针对两个不同阶段的支护特点,建立人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型,得出人工矿柱的受力情况,根据人工矿柱所受载荷应小于其许用应力 $[\sigma_1]$ 的判别准则,绘制出人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的关系图,选取斜率较大的曲线作为选择人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的曲线,最终根据房式煤柱设计原则从曲线上确定人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 的大小。当从曲线中选取的人工矿柱间距 l 小于20m时,对应的人工矿柱宽度的最大整数值作为人工矿柱宽度,人工矿柱高度与房式煤柱高度一致。

[0042] 所述的人工矿柱单独支护顶板阶段的力学模型建立:

[0043] a. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_1 ,则在人工矿柱单独支护顶板阶段,人工矿柱受到顶板的作用力 F 表示为:

[0044]
$$F = q_1 (l + a)$$

[0045] 式中: a —人工矿柱的宽度,m;

[0046] l —人工矿柱的间距,m;

[0047] b. 对构筑人工矿柱的胶结充填材料进行强度测试,测得人工矿柱许用应力 $[\sigma_1]$;

[0048] c. 将上覆岩层对人工矿柱的作用力视为均布载荷,则根据人工矿柱所受最大应力

$\sigma_{\max}$ 应小于人工矿柱许用应力的判别准则,得到人工矿柱尺寸和人工矿柱间距 l 与人工矿柱许用最大应力的关系为:

$$[0049] \quad \sigma_{\max} = \frac{F}{S} = \frac{q_1(l+a)}{a^2} = \frac{q_1 l}{a^2} + \frac{q_1}{a} = [\sigma_1]$$

$$[0050] \quad \text{即: } \frac{(l+a)}{a^2} = \frac{[\sigma_1]}{q_1};$$

[0051] d. 绘制人工矿柱单独支护顶板阶段,人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图。

[0052] 所述的人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型建立:

[0053] a. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_2 ,顶板与房式采空区充填体间的压力为 $p(x)$,人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱对顶板的作用力为 F_1 ,根据温克尔弹性地基模型建立以下方程:

$$[0054] \quad EI \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = q_2 - p(x)$$

[0055] 其中: $p(x) = k_1 w(x)$

[0056] 式中: EI —抗弯刚度; E —房式采空区充填体的弹性模量; I —横截面对弯曲中性轴的轴惯性矩; k_1 —房式采空区充填体地基系数,根据房式采空区充填体的弹性模量 E 求出;

[0057] 则有:

$$[0058] \quad \frac{d^4 w(x)}{dx^4} + \frac{k_1}{EI} w(x) = \frac{q_2}{EI}$$

[0059] 求解上述微分方程可得出房式采空区充填体的挠度 $w(x)$ 为:

$$[0060] \quad w(x) = e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + \frac{q_2}{k_1}$$

[0061] 则房式采空区充填体对顶板的作用力:

$$[0062] \quad P = \int_0^l p(x) dx = \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

[0063] 由力的平衡原理可知人工矿柱对顶板的作用力:

$$[0064] \quad F_1 = q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx;$$

[0065] b. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷,则根据人工矿柱所受最大应力应小于人工矿柱许用应力的判别准则,得到人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系为:

$$[0066] \quad \sigma_{\max} = \frac{F_1}{S} = \frac{q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx}{a^2} = [\sigma_1]$$

[0067] c. 绘制人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图。

[0068] 下面结合附图中的实施例对本发明作进一步的描述:

[0069] 如图1所示,本发明的回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法,以西北地区某矿采用人工矿柱协同固体充填回收房式煤柱作为例,根据该矿地质条件对人工矿柱的

布置及尺寸进行研究:已知该矿房式煤柱高为5.3m,直接顶厚度为4.8m,根据岩样进行岩石力学基本实验可得顶板弹性模量为25.8GPa,人工矿柱许用应力 $[\sigma_1]$ 为3MPa,煤的弹性模量为14GPa;在人工矿柱单独支护顶板阶段,根据采动影响范围取均布载荷为 $q_1=2\text{MPa}$,而在人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段,取均布载荷为 $q_2=2.5\text{MPa}$;

[0070] (1) 人工矿柱单独支护顶板阶段的力学模型建立方法如下:

[0071] a. 在人工矿柱单独支护顶板阶段,即煤柱回收初期,由于顶板下沉量较小,尚未接触固体充填材料,此时煤层上覆岩层压力主要由人工矿柱承担,将人工矿柱间的直接顶简化为两端简支梁,则将人工矿柱-直接顶的力学模型和力学分析图分别如图2a和图2b所示;

[0072] 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_1 ,则人工矿柱受到顶板的作用力 F 可表示为:

$$[0073] \quad F = q_1(l+a)$$

[0074] 式中: a —人工矿柱的宽度,m;

[0075] l —人工矿柱的间距,m;

[0076] b. 通过对构筑人工矿柱的胶结充填材料进行强度测试,得到人工矿柱许用应力 $[\sigma_1]=3\text{MPa}$;

[0077] c. 将人工矿柱上覆作用力看作均布载荷,则根据人工矿柱所受最大应力应小于矿柱许用应力的判别准则,得到人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系为:

$$[0078] \quad \sigma_{\max} = \frac{F}{S} = \frac{q_1(l+a)}{a^2} = \frac{q_1 l}{a^2} + \frac{q_1}{a} = [\sigma_1]$$

$$[0079] \quad \text{即: } \frac{(l+a)}{a^2} = \frac{[\sigma_1]}{q_1} = 1.5$$

[0080] 进一步化简可得: $l = 1.5a^2 - a$;

[0081] d. 根据上述人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系绘制出人工矿柱单独支护顶板阶段人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图,如图3所示;

[0082] (2) 人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型建立:

[0083] a. 随着房式煤柱的不断回收,顶板悬空面积变大,直接顶承受上覆载荷也越来越大,导致顶板的挠度也逐渐增大,当顶板与房式采空区充填体接触时,固体充填材料被逐步压实并产生对顶板的支持力,采煤作业空间由单一的人工矿柱支撑阶段转变为人工矿柱和房式采空区充填体联合支撑阶段;此时,将直接顶承受的上覆岩层重量看作为均布载荷,人工矿柱-房式采空区充填体-直接顶的力学模型和力学分析图分别简化为如图4a和图4b所示;

[0084] 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_2 ,顶板与房式采空区充填体间的压力为 $p(x)$, F_1 为人工矿柱对顶板的作用力。根据温克尔弹性地基模型建立以下方程:

$$[0085] \quad EI \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = q_2 - p(x)$$

[0086] 其中: EI —抗弯刚度;

[0087] E —房式采空区充填体的弹性模量;

[0088] I —横截面对弯曲中性轴的轴惯性矩;

$$[0089] \quad p(x) = k_1 w(x)$$

[0090] 式中： k_1 —房式采空区充填体地基系数，根据充填体的弹性模量E求出。

[0091] 则
$$\frac{d^4 w(x)}{dx^4} + \frac{k_1}{EI} w(x) = \frac{q_2}{EI}$$

[0092] 求解上述微分方程可得出房式采空区充填体的挠度 $w(x)$ 为：

[0093]
$$w(x) = e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + \frac{q_2}{k_1}$$

[0094] 则房式采空区充填体对顶板的作用力：

[0095]
$$P = \int_0^l p(x) dx = \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

[0096] 由力的平衡原理可知人工矿柱对顶板的作用力：

[0097]
$$F_1 = q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

[0098] 式中 a —人工矿柱的宽度，m；

[0099] l —人工矿柱的间距，m；

[0100] k_1 —房式采空区充填体地基系数，根据充填体的弹性模量E求出；

[0101] A 、 B 、 C 、 D —四阶常系数线性非齐次微分方程的待定系数，可由给定边界条件算出。

[0102] b. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷，则根据人工矿柱所受最大应力 $\sigma_{\max}$ 应小于矿柱许用应力 $[\sigma_1]$ 的判别准则，得到人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系为：

[0103]
$$\sigma_{\max} = \frac{F_1}{S} = \frac{q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx}{a^2} = [\sigma_1]$$

[0104] c. 采用Maple求解上式可得人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱间距和尺寸的关系图，如图5所示。

[0105] (3) 通过比较图3：人工矿柱单独支护顶板阶段人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图与图5：人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图。选取斜率较大的曲线作为选择人工矿柱宽度和间距的曲线，即选取人工矿柱宽度 a 相同条件下，人工矿柱间距 l 较大的曲线。进而选择图5作为挑选人工矿柱宽度和间距的曲线。由于煤房设计原则中煤房长度15-20m，且要求尺寸尽量规整以便于施工。所以从图5曲线中选取人工矿柱间距小于20m时，对应的人工矿柱宽度的最大整数值作为人工矿柱宽度。最终选取当人工矿柱尺寸为4m×4m时，人工矿柱允许间距达到16m，人工矿柱高度与房式煤柱高度一样均是5.3m。

权 利 要 求 书

1. 一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法,其特征是:在回收房式煤柱过程中,将房式煤柱对上方顶板的支护过程分为人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段;根据力的平衡原理和温克尔地基模型分别针对两个不同阶段的支护特点,建立人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型,得出人工矿柱的受力情况,根据人工矿柱所受载荷应小于其许用应力 $[\sigma_1]$ 的判别准则,绘制出人工矿柱单独支护顶板阶段和人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的关系图,选取斜率较大的曲线作为选择人工矿柱尺寸 $a \times a$ 和人工矿柱间距 l 的曲线,最终根据房式煤柱设计原则从曲线上确定人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 的大小。

2. 根据权利要求1所述的一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法,其特征是:所述的人工矿柱单独支护顶板阶段的力学模型建立:

a. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_1 ,则在人工矿柱单独支护顶板阶段,人工矿柱受到顶板的作用力 F 表示为:

$$F = q_1(l + a)$$

式中: a —人工矿柱的宽度,m;

l —人工矿柱的间距,m;

b. 对构筑人工矿柱的胶结充填材料进行强度测试,测得人工矿柱许用应力 $[\sigma_1]$;

c. 将上覆岩层对人工矿柱的作用力视为均布载荷,则根据人工矿柱所受最大应力 $\sigma_{\max}$ 应小于人工矿柱许用应力的判别准则,得到人工矿柱尺寸和人工矿柱间距 l 与人工矿柱许用最大应力的关系为:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{S} = \frac{q_1(l + a)}{a^2} = \frac{q_1 l}{a^2} + \frac{q_1}{a} = [\sigma_1]$$

$$\text{即: } \frac{(l + a)}{a^2} = \frac{[\sigma_1]}{q_1};$$

d. 绘制人工矿柱单独支护顶板阶段,人工矿柱宽度 a 和人工矿柱间距 l 之间的关系图。

3. 根据权利要求1所述的一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法,其特征是:所述的人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段的力学模型建立:

a. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷 q_2 ,顶板与房式采空区充填体间的压力为 $p(x)$,人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱对顶板的作用力为 F_1 ,根据温克尔弹性地基模型建立以下方程:

$$EI \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = q_2 - p(x)$$

其中: $p(x) = k_1 w(x)$

式中: EI —抗弯刚度; E —房式采空区充填体的弹性模量; I —横截面对弯曲中性轴的轴惯性矩; k_1 —房式采空区充填体地基系数,根据房式采空区充填体的弹性模量 E 求出;

则有:

$$\frac{d^4 w(x)}{dx^4} + \frac{k_1}{EI} w(x) = \frac{q_2}{EI}$$

求解上述微分方程可得出房式采空区充填体的挠度 $w(x)$ 为:

$$w_{(x)} = e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + \frac{q_2}{k_1}$$

则房式采空区充填体对顶板的作用力:

$$P = \int_0^l p_{(x)} dx = \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

由力的平衡原理可知人工矿柱对顶板的作用力:

$$F_1 = q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx$$

b. 将直接顶承受的上覆岩层作用力设置为均布载荷, 则根据人工矿柱所受最大应力应小于人工矿柱许用应力的判别准则, 得到人工矿柱尺寸和间距与人工矿柱许用应力的关系为:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_1}{S} = \frac{q_2(l+a) - \int_0^l [k_1 e^{\alpha x} (A \cos \alpha x + B \sin \alpha x) + k_1 e^{-\alpha x} (C \cos \alpha x + D \sin \alpha x) + q_2] dx}{a^2} = [\sigma_1]$$

c. 绘制人工矿柱协同固体充填材料联合支护阶段人工矿柱宽度a和人工矿柱间距l之间的关系图。

4. 根据权利要求1所述的一种回收房式煤柱的人工矿柱尺寸和间距的确定方法, 其特征是: 当从曲线中选取的人工矿柱间距l小于20m时, 对应的人工矿柱宽度的最大整数值作为人工矿柱宽度, 人工矿柱高度与房式煤柱高度一致。

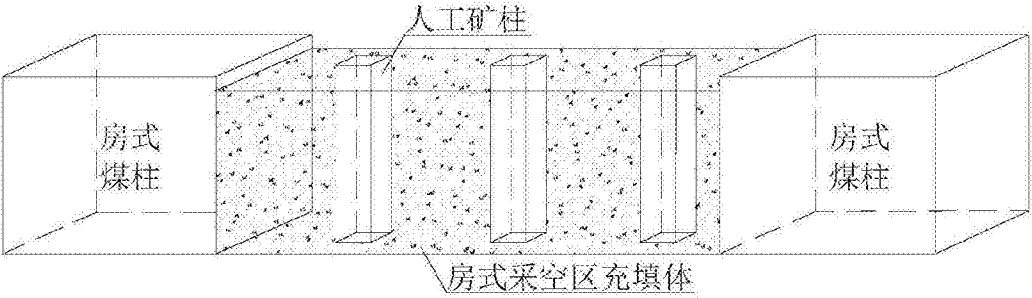


图1

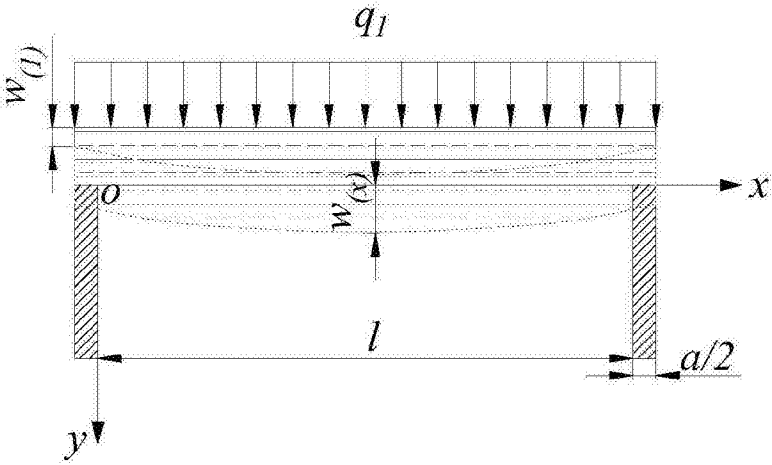


图2a

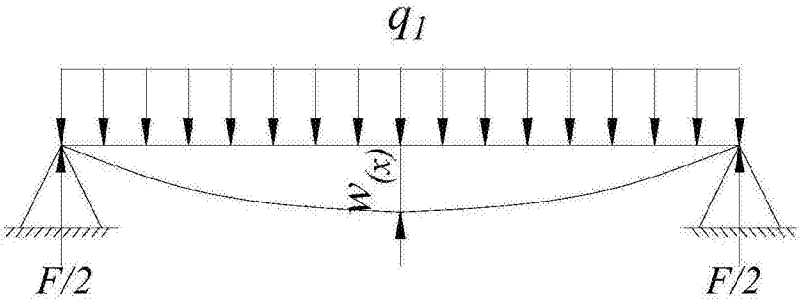


图2b

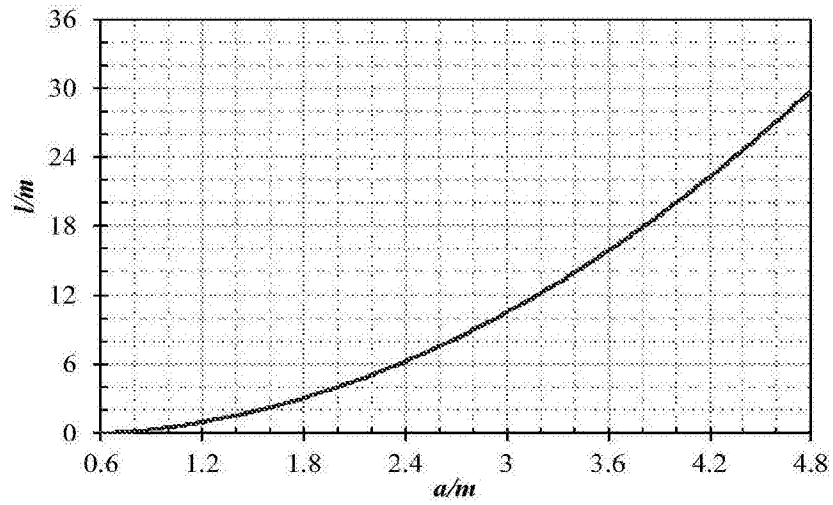


图3

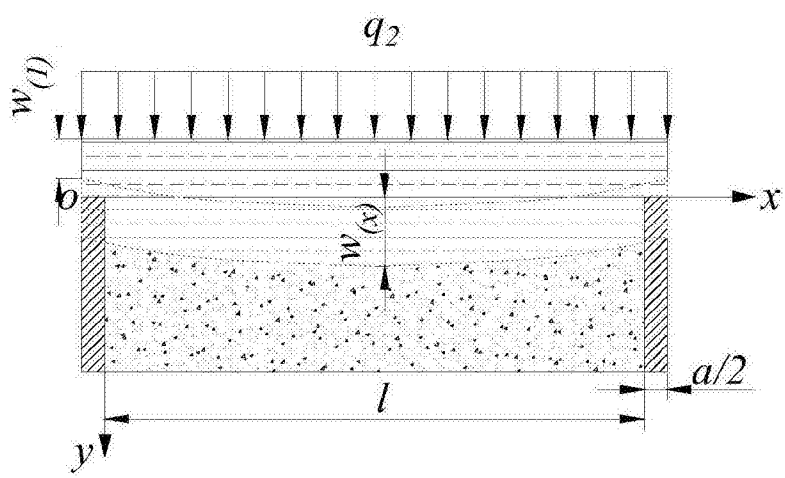


图4a

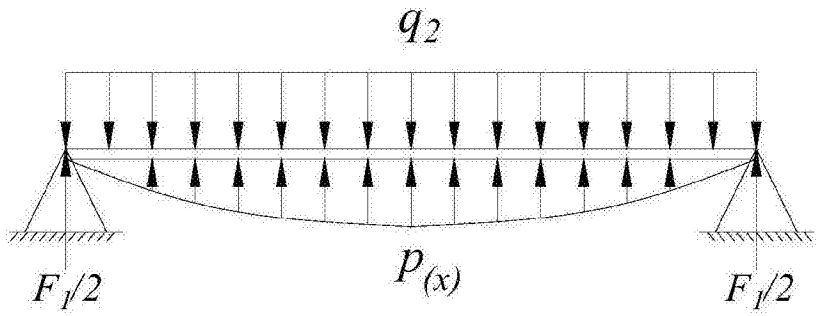


图4b

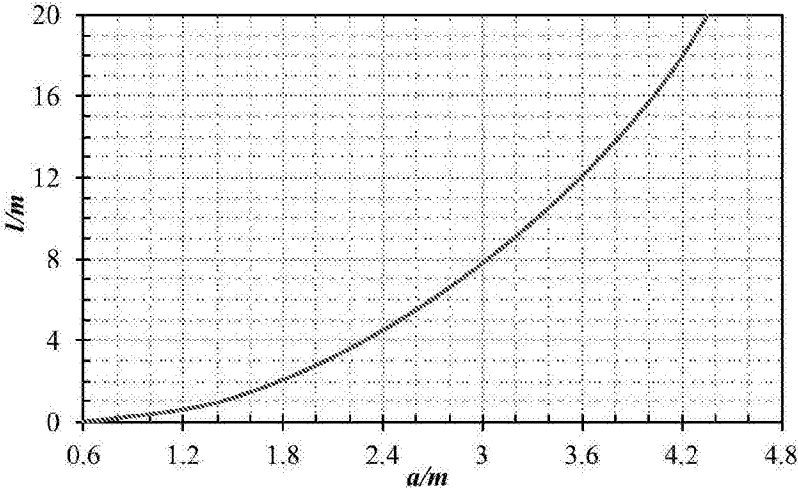


图5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/114225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21F 15/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E21F; E21C; E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI; EPODOC; CNKI; CNPAT: 中国矿业大学, 张吉雄, 韩晓乐, 方坤, 张强, 亚东, 钟思见, 人工, 矿柱, 回收, 房式, 间距, 煤柱, artificial, chamber, coal, mine, pillar, post, jamb, size

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	方坤. “人工矿柱协同固体充填回收房式煤柱技术”, 中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技 I 辑, /(/), 15 February 2017 (15.02.2017), ISSN: 1674-0246, pages 34-45, (FANG, Kun; “Research on Principal Technology of Recovering Room Coal Pillar Combined Artificial Pillar and Solid Backfill Mining”, Science-Engineering (A), China Master’s Theses Full-Text Database)	1-4
PX	CN 106869994 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY et al.), 20 June 2017 (20.06.2017), claims 1-4	1-4
A	CN 106321103 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY), 11 January 2017 (11.01.2017), entire document	1-4
A	CN 105240014 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY), 13 January 2016 (13.01.2016), entire document	1-4
A	US 4489983 A (OCCIDENTAL OIL SHALE, INC.), 25 December 1984 (25.12.1984), entire document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06 February 2018	Date of mailing of the international search report 26 February 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer SUN, Fudong Telephone No. (86-10) 010-53961069

International application No.
PCT/CN2017/114225

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/114225

A. 主题的分类

E21F 15/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

E21F; E21C; E21B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI; EPODOC; CNKI; CNPAT: 中国矿业大学, 张吉雄, 韩晓乐, 方坤, 张强, 亚东, 钟思见, 人工, 矿柱, 回收, 房式, 间距, 煤柱, artificial, chamber, coal, mine, pillar, post, jamb, size

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	方坤. “人工矿柱协同固体充填回收房式煤柱技术” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术I辑, 第/卷, 第/期, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), ISSN: 1674-0246, 第34-45页	1-4
PX	CN 106869994 A (中国矿业大学 等) 2017年 6月 20日 (2017 - 06 - 20) 权利要求1-4	1-4
A	CN 106321103 A (中国矿业大学) 2017年 1月 11日 (2017 - 01 - 11) 全文	1-4
A	CN 105240014 A (中国矿业大学) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-4
A	US 4489983 A (OCCIDENTAL OIL SHALE, INC.) 1984年 12月 25日 (1984 - 12 - 25) 全文	1-4

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 2月 6日

国际检索报告邮寄日期

2018年 2月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

孙付东

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)010-53961069

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/114225

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106869994	A	2017年 6月 20日	无	
CN	106321103	A	2017年 1月 11日	无	
CN	105240014	A	2016年 1月 13日	CN 105240014	B 2017年 9月 15日
US	4489983	A	1984年 12月 25日	无	

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)