

(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
2017 年 12 月 21 日 (21.12.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/215192 A1

(51) 国际专利分类号:
E21D 15/44 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/106343

(22) 国际申请日: 2016 年 11 月 18 日 (18.11.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610413986.4 2016 年 6 月 14 日 (14.06.2016) CN

(71) 申请人: 中国矿业大学 (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。

(72) 发明人: 张强 (ZHANG, Qiang); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。张吉雄 (ZHANG, Jixiong); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。邵阳 (TAI, Yang); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。闫浩 (YAN, Hao); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。乔明 (QIAO, Ming); 中国江苏省徐州市大学路 1 号中国矿业大学科技园, Jiangsu 221116 (CN)。

(74) 代理人: 南京瑞弘专利商标事务所 (普通合伙) (NANJING RUI HONG PATENT AND TRADEMARK OFFICE LLP); 中国江苏省南京市玄武区太平门街 1 号 304 室, Jiangsu 210000 (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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, 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)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格 (细则 4.17 (iv))

(54) Title: METHOD FOR EVALUATING FILLING CHARACTERISTICS OF FILLING COAL-MINING HYDRAULIC SUPPORT

(54) 发明名称: 一种充填采煤液压支架充填特性评价方法

(57) Abstract: A method for evaluating filling characteristics of a filling coal-mining hydraulic support, implemented through the following steps: A. analyzing geological data and geological conditions; B. initially choosing the type of hydraulic support; C. determining basic initial schemes; D. determining indexes for evaluating filling characteristics of the filling coal-mining hydraulic support; E. constructing a framework model using Pro/E, Solidworks or CATIA three-dimensional software and simulating movement to obtain a filling characteristic evaluation matrix; and F. performing comprehensive evaluation through the multiple indexes and determining the optimal scheme. The filling coal-mining hydraulic support is one of important devices for solid filling coal mining, initial schemes are determined and optimized using computer technologies and through a variable control method, and the optimal scheme thereof is determined by using an analytic hierarchy method. The evaluating method is a scientific and rational evaluation system, and provides a specific, feasible, comprehensive and simple support optimization method, substantially reducing the design and development time.

(57) 摘要: 一种充填采煤液压支架充填特性评价方法, 按照如下步骤实现: A、分析地质资料及地质条件; B、初选液压支架架型; C、确定基础的初选方案; D、确定充填采煤液压支架充填特性评价指标; E、利用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型, 并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵; F、多指标综合评价, 确定最优方案。充填采煤液压支架是固体充填采煤重要设备之一, 利用计算机技术通过控制变量法确定优化初始方案, 并采用层次分析法确定其最优方案, 是一种科学合理的评价体系, 并提供了具体、易行、全面、简单的支架优化方法, 大大降低设计和研发时间。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种充填采煤液压支架充填特性评价方法

技术领域

本发明涉及一种固体充填采煤评价体系及方法，特别是一种充填采煤液压支架充填特性评价方法。

背景技术

综合机械化固体充填采煤技术，是利用充填综采设备把固体废弃物(矸石、粉煤灰、黄土、风积沙及建筑垃圾等)密实充入采煤工作面采空区的绿色开采技术。充填采煤液压支架作为该技术的核心设备，不仅支护顶板，推移工作面输送机和采煤机，还担负采空区充填、协助物料运输及夯实任务，其性能的可靠性是致密充填的关键。

传统充填采煤液压支架设计与研发是以物理样机为基础，不仅投入巨大的人力物力资源，还将浪费大量时间，使得设计部门在激烈的市场竞争中处于劣势。

发明内容

本发明的目的是针对上述技术问题，提供一种简单、科学、全面的充填采煤液压支架充填特性评价体系与方法。

为达到上述目的本发明具体按照如下步骤实现：A、分析地质资料及地质条件；B、初选液压支架架型；C、确定基础的初选方案；D、确定充填采煤液压支架充填特性评价指标；E、利用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型，并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵；F、多指标综合评价，确定最优方案。

所述 A 步骤的分析地质资料及地质条件，其中地质条件包括煤层厚度、倾角和顶板条件。

所述 B 步骤的初选液压支架架型，根据 A 步骤的地质条件结合相关标准和规范要求，确定液压支架架型，其中固体充填采煤液压支架的架型包括：六柱正四连杆充填采煤液压支架、六柱反四连杆充填采煤液压支架、四柱正四连杆充填采煤液压支架、四柱反四连杆充填采煤液压支架。

所述 C 步骤的确定基础的初选方案，采用控制变量法，通过改变充填采煤液压支架的四连杆长度、前后顶梁长度、夯实机构铰接位置、前后顶梁铰接位置等得到初选方案 P_i 。

所述 D 步骤确定充填采煤液压支架充填特性评价指标，充填采煤液压支架评价指标包括：支护特性中的支护强度、前顶梁支护强度、后顶梁支护强度，结构特性中的四连杆受力特性、顶梁偏移距、立柱受力特性等，夯实特性中的夯实角度、落料间隙距、落料中心距、夯实离顶距、夯实空顶距。

所述 E 步骤按照如下步骤执行：

- a)根据步骤 C 确定的初选方案，采用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型；
- b)利用上述软件的运动仿真模块，布置测点分别监测 D 步骤的充填采煤液压支架充填特性评价指标，获得具体评价指标值；
- c)利用 b)步骤中评价指标值形成充填特性评价矩阵 A。

所述的步骤 F 中多指标综合评价，确定最优方案按照如下步骤执行：

- a)为避免由于各充填特性指标的质各不相同，所表达含义及量纲无法直接进行比较，为

避免量纲间的差异给评价带来影响,对充填特性指标评价矩阵 A 进行规范化处理,记规范化后的矩阵为 $R = [r_{ij}]_{m \times n}$;

b)根据工程实践经验,设定方案 P_i 对应的权重约束范围:

$$\begin{cases} a_1 \leq \omega_1 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_2 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_3 \leq b_1 \\ a_2 \leq \omega_4 \leq b_2 \\ a_3 \leq \omega_5 \leq b_3 \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ a_n \leq \omega_n \leq b_n \end{cases} \quad (1)$$

c)构建单目标优化模型进行指标权重优化具体模型如下:

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} (i=1,2, \dots, m) \\ s.t. \alpha_j \leq \omega_j \leq \beta_j, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (2)$$

利用 MATLAB 或者 LINGO 编写多目标求解程序,得到方案 P_i 对应的最优指标权重:

$$\omega^{(i)} = [\omega_1^{(i)} \quad \omega_2^{(i)} \quad \dots \quad \omega_n^{(i)}] \quad (3)$$

d)计算优化权重的偏离度为:

$$u_i = \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2, \quad (i=1,2,\dots, m) \quad (4)$$

为了使指标权重最接近于真实权重,则应使偏差尽可能小,建立如下规划模型:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (5)$$

e)为了消除充填特性指标权重的不确定性,根据极大熵原理,确定的充填特性指标权重应使信息熵取最大值,即:

$$\begin{cases} \max H_\omega = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (6)$$

f)为了同时达到方案综合评价值偏离度最小和指标权重不确定性最小的目的,联立式(5)和式(6),得:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ \max H_\omega = - \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (7)$$

g) 将上述多目标优化问题, 可以转化为单目标优化问题, 即:

$$\begin{cases} \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (8)$$

式中 ε 为平衡系数, 其值的确定可根据具体情况给定; 为求解该优化模型, 构造 Lagrange 函数, 即:

$$L(\omega_j, k) = \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j - k \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right) \quad (9)$$

根据该方程存在极值的必要条件, 可得:

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = 2\varepsilon \sum_{i=1}^n (\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij}^2 + (1-\varepsilon)(\ln \omega_j + 1) - k = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial k} = 1 - \sum_{j=1}^m \omega_j = 0 \quad (11)$$

令:

$$s_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2, \quad t_j = \sum_{i=1}^n \omega_j^{(i)} r_{ij}^2 \quad (12)$$

代入充填特性指标评价矩阵 A 及 $\omega = [\omega^{(1)} \quad \omega^{(2)} \quad \dots \quad \omega^{(m)}]^T$, 得到 s_j, t_j ;

将 s_j, t_j 代入 (10), (11) 形成一个非线性方程组, 即:

$$\begin{cases} 2\varepsilon s_j \omega_j + (1-\varepsilon) \ln \omega_j - k + 1 - 2\varepsilon t_j - \varepsilon = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (13)$$

若取 $\varepsilon=0.5$, 也即得到:

$$\begin{cases} s_j \omega_j + 0.5 \ln \omega_j - k - t_j + 0.5 = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (14)$$

方程组 (14) 由 $m+1$ 个方程组成, 共有 $m+1$ 个变量, 即 $\omega_j (j=1, 2, \dots, m)$ 和 k ; 通

过 Matlab 编写牛顿迭代法求解该方程组，从而得到设计方案技术指标评价的最优权重系数；
 即得最优权重系数 ω ；
 然后根据各方案的综合评价值为：

$$v_i = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} (i=1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

将求解得到的最优权重系数 ω 代入式 (15)，可得到各设计方案的综合评价价值 v_i ；

按照大小排列 v_i ， v_i 值越大方案越优， v_i 最大值对应的方案即为 m 个方案中最优的充填采煤液压支架优化设计方案。

上述技术方案中各参数具体定义如下：

m -参与评价的充填特性指标数； n -参与评价的方案数； i, j -计算过程中的计数符号； $\omega_1 \sim \omega_n$ -第 1~ n 个指标对应的权重； ω -最优权重系数； ε -平衡系数； v_i -第 i 个设计方案的综合评价价值。

有益效果，由于采用了上述方案，充填采煤液压支架是固体充填采煤重要设备之一，其充填特性是保证固体充填效果的重要因素。本发明在建立充填采煤液压支架的充填特性内涵基础上，综合运用三维实体建模、动态仿真、多指标评价指标矩阵构建以及多指标综合评价的研究方法，实现了充填采煤液压支架设计方案的优劣性评价，建立了一种固体充填采煤液压支架充填特性评价体系。为广大从事充填采煤液压支架优化的科研工作者、工程师等相关人员提供了一种科学合理的评价体系，以及具体、科学、易行、全面、简单的支架优化方法，大大降低设计和研发时间。

具体实施方式

本发明具体按照如下步骤实现：A、分析地质资料及地质条件；B、初选液压支架架型；C、确定基础的初选方案；D、确定充填采煤液压支架充填特性评价指标；E、利用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型，并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵；E、多指标综合评价，确定最优方案。

所述 A 步骤的分析地质资料及地质条件，其中地质条件包括煤层厚度、倾角和顶板条件。

所述 B 步骤的初选液压支架架型，根据 A 步骤的地质条件结合相关标准和规范要求，确定液压支架架型，其中固体充填采煤液压支架的架型包括：六柱正四连杆充填采煤液压支架、六柱反四连杆充填采煤液压支架、四柱正四连杆充填采煤液压支架、四柱反四连杆充填采煤液压支架。

所述 C 步骤的确定基础的初选方案，采用控制变量法，通过改变充填采煤液压支架的四连杆长度、前后顶梁长度、夯实机构铰接位置、前后顶梁铰接位置等得到初选方案 P_1 。

所述 D 步骤确定充填采煤液压支架充填特性评价指标，充填采煤液压支架评价指标包括：支护特性中的支护强度、前顶梁支护强度、后顶梁支护强度，结构特性中的四连杆受力特性、顶梁偏移距、立柱受力特性等，夯实特性中的夯实角度、落料间隙距、落料中心距、夯实离顶距、夯实空顶距。

所述 E 步骤按照如下步骤执行：

a) 根据步骤 C 确定的初选方案，采用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型；

b)利用上述软件的运动仿真模块，布置测点分别监测 D 步骤的充填采煤液压支架充填特性评价指标，获得具体评价指标值；

c)利用 b)步骤中评价指标值形成充填特性评价矩阵 A。

所述的步骤 F 中多指标综合评价，确定最优方案按照如下步骤执行：

a)为避免由于各充填特性指标的质各不相同，所表达含义及量纲无法直接进行比较，为避免量纲间的差异给评价带来影响，对充填特性指标评价矩阵 A 进行规范化处理，记规范化后的矩阵为 $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ ；

b)根据工程实践经验，设定方案 P_i 对应的权重约束范围：

$$\begin{cases} a_1 \leq \omega_1 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_2 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_3 \leq b_1 \\ a_2 \leq \omega_4 \leq b_2 \\ a_3 \leq \omega_5 \leq b_3 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ a_n \leq \omega_n \leq b_n \end{cases} \quad (1)$$

c)构建单目标优化模型进行指标权重优化具体模型如下：

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} (i=1, 2, \dots, m) \\ s.t. \alpha_j \leq \omega_j \leq \beta_j, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1 (j=1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (2)$$

利用 MATLAB 或者 LINGO 编写多目标求解程序，得到方案 P_i 对应的最优指标权重：

$$\omega^{(i)} = [\omega_1^{(i)} \quad \omega_2^{(i)} \quad \dots \quad \omega_n^{(i)}] \quad (3)$$

d)计算优化权重的偏离度为：

$$u_i = \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2, \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

为了使指标权重最接近于真实权重，则应使偏差尽可能小，建立如下规划模型：

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (5)$$

e)为了消除充填特性指标权重的不确定性，根据极大熵原理，确定的充填特性指标权重应使信息熵取最大值，即：

$$\begin{cases} \max H_{\omega} = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (6)$$

f) 为了同时达到方案综合评价值偏离度最小和指标权重不确定性最小的目的, 联立式 (5) 和式 (6), 得:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ \max H_{\omega} = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (7)$$

g) 将上述多目标优化问题, 可以转化为单目标优化问题, 即:

$$\begin{cases} \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (8)$$

式中 ε 为平衡系数, 其值的确定可根据具体情况给定; 为求解该优化模型, 构造 Lagrange 函数, 即:

$$L(\omega_j, k) = \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j - k \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right) \quad (9)$$

根据该方程存在极值的必要条件, 可得:

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = 2\varepsilon \sum_{i=1}^n (\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij}^2 + (1-\varepsilon)(\ln \omega_j + 1) - k = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial k} = 1 - \sum_{j=1}^m \omega_j = 0 \quad (11)$$

令:

$$s_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2, \quad t_j = \sum_{i=1}^n \omega_j^{(i)} r_{ij}^2 \quad (12)$$

代入充填特性指标评价矩阵 A 及 $\omega = [\omega^{(1)} \quad \omega^{(2)} \quad \dots \quad \omega^{(m)}]^T$, 得到 s_j, t_j ;

将 s_j, t_j 代入 (10), (11) 形成一个非线性方程组, 即:

$$\begin{cases} 2\varepsilon s_j \omega_j + (1-\varepsilon) \ln \omega_j - k + 1 - 2\varepsilon t_j - \varepsilon = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; j=1,2, \dots, m \end{cases} \quad (13)$$

若取 $\varepsilon=0.5$ ，也即得到：

$$\begin{cases} s_j \omega_j + 0.5 \ln \omega_j - k - t_j + 0.5 = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \quad j = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (14)$$

方程组 (14) 由 $m+1$ 个方程组成，共有 $m+1$ 个变量，即 ω_j ($j=1, 2, \dots, n$) 和 k ；通过 Matlab 编写牛顿迭代法求解该方程组，从而得到设计方案技术指标评价的最优权重系数；即得最优权重系数 ω ；

然后根据各方案的综合评价值为：

$$v_i = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

将求解得到的最优权重系数 ω 代入式 (15)，可得到各设计方案的综合评价价值 v_i ；

按照大小排列 v_i ， v_i 值越大方案越优， v_i 最大值对应的方案即为 m 个方案中最优的充填采煤液压支架优化设计方案。

上述技术方案中各参数具体定义如下：

m -参与评价的充填特性指标数； n -参与评价的方案数； i, j -计算过程中的计数符号； $\omega_1 \sim \omega_n$ -第 1~ n 个指标对应的权重； ω -最优权重系数； ε -平衡系数； v_i -第 i 个设计方案的综合评价价值。

下面对本发明的一个实施例作进一步的描述。

实施例 1：一种充填采煤液压支架评价体系，具体按如下步骤执行：A、分析地质资料；B、初选液压支架架型；C、确定基础的初选方案；D、确定充填采煤液压支架充填特性评价指标；E、利用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 等三维软件构建骨架模型，并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵；F、多指标综合评价，确定最优方案。

1、步骤 A：分析地质资料

翟镇矿 7203W 工作面，垂深为 517.1~565.8 m，对应地面标高+177.1~+181.2 m，井下标高-340.0~-384.6 m，平均走向长 286 m；平均倾斜长 92.8 m，工作面煤层厚度 2.7 m，煤层平均倾角 10.5°，可采储量 9.4 万 t。

2、步骤 B：初选液压支架架型

根据以上地质条件确定采用 ZC5200/14.5/30 型六柱正四连杆充填采煤液压支架，其基本参数见表 1。

表 1 ZC5200/14.5/30 型充填采煤液压支架参数表

Table 1 Parameters of ZC5200/14.5/30 backfill support

序号	项目	参数/mm	序号	项目	参数
1	中心距	1500	3	泵站压力	31.5 MPa
2	推移步距	600	4	操作方式	本架操作

3、步骤 C：确定基础的初选方案

为使支架的充填特性达到最优状态，结合实际支架型号，通过对四连杆机构、顶梁长度比、夯实机构三个关键结构进行优化，获得包括基准方案在内的 11 种设计方案及各方案具体

优化数据见表 2，然后通过 Pro/E 软件设计支架零件构建对应尺寸支架的骨架模型。

表 2 结构与尺寸优化方案设计表

方案	优化对象	四连杆机构	顶梁长度比		夯实机构	
		上连杆长度/mm	后顶梁长度/mm	长度/mm	铰接位置/mm	悬挂高度/mm
基准	0#	450	2812	2050	565	774
一	1#	480	2812	2050	565	774
	2#	420	2812	2050	565	774
	3#	450	2712	2050	565	774
二	4#	450	2912	2050	565	774
	5#	450	2812	1950	565	774
三	6#	450	2812	2150	565	774
	7#	450	2812	2050	505	774
四	8#	450	2812	2050	625	774
	9#	450	2812	2050	565	844
五	10#	450	2812	2050	565	704

4、步骤 D：确定充填采煤液压支架充填特性评价指标

充填采煤液压支架评价指标包括：支护特性中的支护强度、前顶梁支护强度、后顶梁支护强度等，结构特性中的四连杆受力特性、顶梁偏移距、立柱受力特性等，夯实特性中的夯实角度、落料间隙距、落料中心距、夯实离顶距、夯实空顶距等。

5、步骤 E：采用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 等三维软件构建骨架模型，并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵

a)根据步骤 C 确定的初选方案，采用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 等三维软件构建骨架模型；

b)利用上述软件的运动仿真模块，布置测点分别监测 D 步骤的充填采煤液压支架充填特性评价指标，获得具体评价指标值，充填运转特性指标数据汇总见表 3

表 3 各方案监测指标汇总表(支护高度 2500mm)

方案	监测指标	顶梁偏移距 /mm	夯实离顶距 /mm	夯实空顶距 /mm	落料间隙距 /mm	夯实角度 /°	支护强度 /MPa	后顶梁支护 强度/MPa
参照	0#	36.03	352.49	496.28	345.68	22.03	0.84	0.66
一	1#	6.39	354.77	492.14	350.46	21.99	0.84	0.66
	2#	10.57	352.93	495.48	346.60	22.03	0.84	0.66
	3#	30.04	311.54	567.58	262.56	22.76	0.86	0.70
二	4#	30.04	397.04	412.02	442.45	21.25	0.82	0.62
	5#	30.04	318.08	583.52	259.28	21.98	0.84	0.66
三	6#	30.04	392.94	398.06	444.76	21.98	0.84	0.66
	7#	30.04	380.71	443.75	406.17	21.54	0.83	0.65
四	8#	30.04	329.43	537.12	298.22	22.44	0.84	0.67
	9#	30.04	430.77	528.79	334.94	20.67	0.84	0.66
五	10#	30.04	282.61	451.89	369.73	23.27	0.84	0.66

c)利用 b)步骤中评价指标值形成充填特性评价矩阵 A。

选取顶梁偏移距、顶梁长度比等 7 个参与评价的充填运转特性指标和 11 个设计方案，构成所有充填运转特性指标值矩阵 $A=[a_{ij}]_{11 \times 7}$ 如下：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{27} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{111} & a_{112} & \cdots & a_{117} \end{bmatrix} \quad (1)$$

6、步骤 F、多指标综合评价，确定最优方案

a)为避免由于各充填特性指标的质各不相同，所表达含义及量纲无法直接进行比较，为避免量纲间的差异给评价带来影响，对充填特性指标评价矩阵 A 进行规范化处理，记规范化

后的矩阵为 $R = [r_{ij}]_{m \times n}$

$$R = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.53 & 0.47 & 0.47 & 0.53 & 0.50 & 0.50 \\ 1.00 & 0.51 & 0.49 & 0.49 & 0.51 & 0.51 & 0.49 \\ 0.86 & 0.53 & 0.47 & 0.47 & 0.52 & 0.46 & 0.50 \\ 0.20 & 0.80 & 0.09 & 0.02 & 0.80 & 1.00 & 1.00 \\ 0.20 & 0.23 & 0.92 & 0.99 & 0.23 & 0.00 & 0.00 \\ 0.20 & 0.76 & 0.00 & 0.00 & 0.51 & 0.50 & 0.49 \\ 0.20 & 0.26 & 1.00 & 1.00 & 0.51 & 0.50 & 0.49 \\ 0.20 & 0.34 & 0.75 & 0.79 & 0.34 & 0.39 & 0.36 \\ 0.20 & 0.68 & 0.25 & 0.21 & 0.68 & 0.60 & 0.61 \\ 0.20 & 0.00 & 0.30 & 0.41 & 0.00 & 0.50 & 0.49 \\ 0.20 & 1.00 & 0.71 & 0.60 & 1.00 & 0.50 & 0.49 \end{bmatrix} \quad (2)$$

b)根据工程实践经验，设定方案 P_i 对应的权重约束范围：

$$\begin{cases} 0.00 \leq \omega_1 \leq 0.35 \\ 0.10 \leq \omega_2 \leq 0.40 \\ 0.10 \leq \omega_3 \leq 0.60 \\ 0.10 \leq \omega_4 \leq 0.50 \\ 0.10 \leq \omega_5 \leq 0.35 \\ 0.10 \leq \omega_6 \leq 0.53 \\ 0.10 \leq \omega_7 \leq 0.30 \end{cases} \quad (1)$$

c)构建单目标优化模型进行指标权重优化具体模型如下：

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^7 \omega_j r_{ij} (i=1,2, \dots, m) \\ s.t. \alpha_j \leq \omega_j \leq \beta_j, \sum_{j=1}^7 \omega_j = 1 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (2)$$

利用 MATLAB 或者 LINGO 编写多目标求解程序，得到方案 P_i 对应的最优指标权重：

$$\omega^{(i)} = [\omega_1^{(i)} \quad \omega_2^{(i)} \quad \cdots \quad \omega_n^{(i)}] \quad (3)$$

d)计算优化权重的偏离度为：

$$u_i = \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2, \quad (i=1,2,\dots, m) \quad (4)$$

为了使指标权重最接近于真实权重，则应使偏差尽可能小，建立如下规划模型：

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (5)$$

e)为了消除充填特性指标权重的不确定性，根据极大熵原理，确定的充填特性指标权重应使信息熵取最大值，即：

$$\begin{cases} \max H_\omega = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (6)$$

f)为了同时达到方案综合评价值偏离度最小和指标权重不确定性最小的目的，联立式(5)和式(6)，得：

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ \max H_\omega = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (7)$$

g) 将上述多目标优化问题，可以转化为单目标优化问题，即：

$$\begin{cases} \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (8)$$

式中 ε 为平衡系数，其值的确定可根据具体情况给定。为求解该优化模型，构造 Lagrange 函数，即：

$$L(\omega_j, k) = \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j - k \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right) \quad (9)$$

根据该方程存在极值的必要条件，可得：

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = 2\varepsilon \sum_{i=1}^n (\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij}^2 + (1-\varepsilon)(\ln \omega_j + 1) - k = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial k} = 1 - \sum_{j=1}^m \omega_j = 0 \quad (11)$$

令:

$$s_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2, \quad t_j = \sum_{i=1}^n \omega_j^{(i)} r_{ij}^2 \quad (12)$$

代入充填特性指标评价矩阵 A 及 $\omega = [\omega^{(1)} \quad \omega^{(2)} \quad \cdots \quad \omega^{(m)}]^T$, 得到 s_j, t_j

$$\begin{aligned} s_1 &= 2.064; \quad s_2 = 3.743; \quad s_3 = 3.773; \\ s_4 &= 3.848; \quad s_5 = 3.591; \quad s_6 = 3.219; \\ s_7 &= 3.183; \quad t_1 = 0.608; \quad t_2 = 1.099; \quad \circ \\ t_3 &= 0.377; \quad t_4 = 1.426; \quad t_5 = 0.559; \\ t_6 &= 0.820; \quad t_7 = 0.354. \end{aligned}$$

将 s_j, t_j 代入 (10), (11) 形成一个非线性方程组, 即:

$$\begin{cases} 2\varepsilon s_j \omega_j + (1 - \varepsilon) \ln \omega_j - k + 1 - 2\varepsilon t_j - \varepsilon = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \quad j = 1, 2, \cdots, m \end{cases} \quad (13)$$

若取 $\varepsilon = 0.5$, 也即得到:

$$\begin{cases} s_j \omega_j + 0.5 \ln \omega_j - k - t_j + 0.5 = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \quad j = 1, 2, \cdots, m \end{cases} \quad (14)$$

方程组 (14) 由 $m+1$ 个方程组成, 共有 $m+1$ 个变量, 即 $\omega_j (j=1, 2, \cdots, n)$ 和 k 。通过 Matlab 编写牛顿迭代法等求解该方程组, 从而得到设计方案技术指标评价的最优权重系数。

即得最优权重系数 $\omega = [0.004 \ 0.333 \ 0.016 \ 0.364 \ 0.057 \ 0.194 \ 0.028]$

然后根据各方案的综合评价值为:

$$v_i = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij}^2 (i = 1, 2, \cdots, m) \quad (15)$$

分别带入方程组 (14) 得到:

$$\begin{aligned} v_0 &= 0.495 \quad v_1 = 0.503 \quad v_2 = 0.490 \\ v_3 &= 0.544 \quad v_4 = 0.463 \quad v_5 = 0.392 \\ v_6 &= 0.604 \quad v_7 = 0.518 \quad v_8 = 0.481 \\ v_9 &= 0.264 \quad v_{10} = 0.728 \end{aligned}$$

由于 $v_{10} > v_6 > v_3 > v_7 > v_1 > v_0 > v_2 > v_8 > v_4 > v_5 > v_9$, 从而确定方案 10# 为最优设计方案, 进而得到充填采煤液压支架充填运转特性优化对比见表 4

表 4 充填采煤液压支架充填运转特性优化对比表

项目 充填运转特性	具体指标	单位	支护高度：1500~3000 mm	支护高度：2500 mm	
			设计参考值	优化前	优化后
结构特性	顶梁偏移距	mm	0~160	36.03	30.04

	顶梁长度比	-	1.4:1.0~1.5:1.0	4063:2812	4063:2812
	工作阻力	kN	5200~14100	9048.00	9048.00
支护特性	支护强度	MPa	0.82~0.86	0.84	0.84
	后顶梁支护强度	MPa	0.62~0.70	0.66	0.66
	夯实力	MPa	1.5~2.5	2.00	2.00
	夯实离顶距	mm	200~650	352.50	282.60
夯实特性	夯实空顶距	mm	175~860	496.30	451.90
	夯实角	°	0~32	22.00	23.30
	落料间隙距	mm	250~600	345.70	369.70

权 利 要 求 书

1.一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征是：该评价方法按照如下步骤实现：A、分析地质资料及地质条件；B、初选液压支架架型；C、确定基础的初选方案；D、确定充填采煤液压支架充填特性评价指标；E、利用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型，并进行运动仿真得到充填特性评价矩阵；F、多指标综合评价，确定最优方案。

2、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述 A 步骤的分析地质资料及地质条件，其中地质条件包括煤层厚度、倾角和顶板条件。

3、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述 B 步骤的初选液压支架架型，根据 A 步骤的地质条件结合相关标准和规范要求，确定液压支架架型，其中固体充填采煤液压支架的架型包括：六柱正四连杆充填采煤液压支架、六柱反四连杆充填采煤液压支架、四柱正四连杆充填采煤液压支架、四柱反四连杆充填采煤液压支架。

4、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述 C 步骤的确定基础的初选方案，采用控制变量法，通过改变充填采煤液压支架的四连杆长度、前后顶梁长度、夯实机构铰接位置、前后顶梁铰接位置等得到初选方案 P_i 。

5、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述 D 步骤确定充填采煤液压支架充填特性评价指标，充填采煤液压支架评价指标包括：支护特性中的支护强度、前顶梁支护强度、后顶梁支护强度，结构特性中的四连杆受力特性、顶梁偏移距、立柱受力特性等，夯实特性中的夯实角度、落料间隙距、落料中心距、夯实离顶距、夯实空顶距。

6、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述 E 步骤按照如下步骤执行：

a)根据步骤 C 确定的初选方案，采用 Pro/E、Solidworks 或 CATIA 三维软件构建骨架模型；

b)利用上述软件的运动仿真模块，布置测点分别监测 D 步骤的充填采煤液压支架充填特性评价指标，获得具体评价指标值；

c)利用 b)步骤中评价指标值形成充填特性评价矩阵 A。

7、根据权利要求 1 所述的一种充填采煤液压支架充填特性评价方法，其特征在于：所述的步骤 F 中多指标综合评价，确定最优方案按照如下步骤执行：

a)为避免由于各充填特性指标的质各不相同，所表达含义及量纲无法直接进行比较，为避免量纲间的差异给评价带来影响，对充填特性指标评价矩阵 A 进行规范化处理，记规范化后的矩阵为 $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ ；

b)根据工程实践经验, 设定方案 P_i 对应的权重约束范围:

$$\begin{cases} a_1 \leq \omega_1 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_2 \leq b_1 \\ a_1 \leq \omega_3 \leq b_1 \\ a_2 \leq \omega_4 \leq b_2 \\ a_3 \leq \omega_5 \leq b_3 \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ a_n \leq \omega_n \leq b_n \end{cases} \quad (1)$$

c)构建单目标优化模型进行指标权重优化具体模型如下:

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} (i=1,2, \dots, m) \\ s.t. \alpha_j \leq \omega_j \leq \beta_j, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1 (j=1,2, \dots, m) \end{cases} \quad (2)$$

利用 MATLAB 或者 LINGO 编写多目标求解程序, 得到方案 P_i 对应的最优指标权重:

$$\omega^{(i)} = [\omega_1^{(i)} \quad \omega_2^{(i)} \quad \dots \quad \omega_n^{(i)}] \quad (3)$$

d)计算优化权重的偏离度为:

$$u_i = \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2, \quad (i=1,2,\dots, m) \quad (4)$$

为了使指标权重最接近于真实权重, 则应使偏差尽可能小, 建立如下规划模型:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (5)$$

e)为了消除充填特性指标权重的不确定性, 根据极大熵原理, 确定的充填特性指标权重应使信息熵取最大值, 即:

$$\begin{cases} \max H_\omega = -\sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1,2, \dots, n) \end{cases} \quad (6)$$

f)为了同时达到方案综合评价值偏离度最小和指标权重不确定性最小的目的, 联立式(5)和式(6), 得:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 \\ \max H_\omega = - \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (7)$$

g) 将上述多目标优化问题, 可以转化为单目标优化问题, 即:

$$\begin{cases} \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j \\ s.t. \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (8)$$

式中 ε 为平衡系数, 其值的确定可根据具体情况给定; 为求解该优化模型, 构造 Lagrange 函数, 即:

$$L(\omega_j, k) = \min \varepsilon \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[(\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij} \right]^2 + (1-\varepsilon) \sum_{j=1}^m \omega_j \ln \omega_j - k \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right) \quad (9)$$

根据该方程存在极值的必要条件, 可得:

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = 2\varepsilon \sum_{i=1}^n (\omega_j - \omega_j^{(i)}) r_{ij}^2 + (1-\varepsilon)(\ln \omega_j + 1) - k = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial k} = 1 - \sum_{j=1}^m \omega_j = 0 \quad (11)$$

令:

$$s_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2, \quad t_j = \sum_{i=1}^n \omega_j^{(i)} r_{ij}^2 \quad (12)$$

代入充填特性指标评价矩阵 A 及 $\omega = [\omega^{(1)} \quad \omega^{(2)} \quad \dots \quad \omega^{(m)}]^T$, 得到 s_j, t_j ;

将 s_j, t_j 代入 (10), (11) 形成一个非线性方程组, 即:

$$\begin{cases} 2\varepsilon s_j \omega_j + (1-\varepsilon) \ln \omega_j - k + 1 - 2\varepsilon t_j - \varepsilon = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (13)$$

若取 $\varepsilon=0.5$, 也即得到:

$$\begin{cases} s_j \omega_j + 0.5 \ln \omega_j - k - t_j + 0.5 = 0 \\ \sum_{j=1}^m \omega_j = 1; j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (14)$$

方程组 (14) 由 $m+1$ 个方程组成, 共有 $m+1$ 个变量, 即 $\omega_j (j=1, 2, \dots, n)$ 和 k ; 通

过 Matlab 编写牛顿迭代法求解该方程组，从而得到设计方案技术指标评价的最优权重系数；

即得最优权重系数 ω ；

然后根据各方案的综合评价值为：

$$v_i = \sum_{j=1}^n \omega_j r_{ij} (i=1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

将求解得到的最优权重系数 ω 代入式 (15)，可得到各设计方案的综合评价值 v_i ；

按照大小排列 v_i ， v_i 值越大方案越优， v_i 最大值对应的方案即为 m 个方案中最优的充填采煤液压支架优化设计方案。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/106343

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21D 15/44 (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)

E21D

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, CNPAT, CNKI: evaluation, backfill, mining, coal, support, model

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ZHANG, Qiang, gu4ti3 chong1tian1ti3 yu3 ye4ya1 zhi1jia4 xie2tong2 kong4ding3 ji1li3 yan2jiu1, Doctoral Dissertation, 20 October 2015 (20.10.2015) pages 114-122	1-7
PX	CN 105863688 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 17 August 2016 (17.08.2016) claims 1-7, and description, pages 4-11	1-7
A	CN 104330107 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 04 February 2015 (04.02.2015) the whole document	1-7
A	CN 102536316 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF SHANDONG) 04 July 2012 (04.07.2012) the whole document	1-7
A	RU 2254469 C1 (CHITA MED ACAD) 20 June 2005 (20.06.2005) the whole document	1-7

☐ 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 14 December 2016	Date of mailing of the international search report 26 January 2017
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 GENG, Qian Telephone No. (86-10) 62085225

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/106343

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105863688 A	17 August 2016	None	
CN 104330107 A	04 February 2015	WO 2016041389 A1	24 March 2016
CN 102536316 A	04 July 2012	CN 102536316 B	23 April 2014
RU 2254469 C1	20 June 2005	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/106343

A. 主题的分类

E21D 15/44(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)

E21D

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, CNPAT, CNKI:评价, 充填, 采煤, 支架, 建模, evaluation, backfill, mining, coal, support, model

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	张强. “固体充填体与液压支架协同控顶机理研究” 博士学位论文, 2015年 10月 20日 (2015 - 10 - 20), 第114-122页	1-7
PX	CN 105863688 A (中国矿业大学) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 权利要求1-7, 说明书第4-11页	1-7
A	CN 104330107 A (中国矿业大学) 2015年 2月 4日 (2015 - 02 - 04) 全文	1-7
A	CN 102536316 A (山东科技大学) 2012年 7月 4日 (2012 - 07 - 04) 全文	1-7
A	RU 2254469 C1 (CHITA MED ACAD) 2005年 6月 20日 (2005 - 06 - 20) 全文	1-7

☐ 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

2016年 12月 14日

国际检索报告邮寄日期

2017年 1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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

耿谦

电话号码 (86-10)62085225

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/106343

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	105863688	A	2016年 8月 17日	无			
CN	104330107	A	2015年 2月 4日	WO	2016041389	A1	2016年 3月 24日
CN	102536316	A	2012年 7月 4日	CN	102536316	B	2014年 4月 23日
RU	2254469	C1	2005年 6月 20日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)