

(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
2020 年 7 月 30 日 (30.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/151091 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 3/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/082160

(22) 国际申请日: 2019 年 4 月 11 日 (11.04.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910071131.1 2019 年 1 月 25 日 (25.01.2019) CN

(71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(72) 发明人: 赵增辉(ZHAO, Zenghui); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590

(CN)。高晓杰(GAO, Xiaojie); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。马庆(MA, Qing); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。孙伟(SUN, Wei); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。张明忠(ZHANG, Mingzhong); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。陈绍杰(CHEN, Shaojie); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。王清标(WANG, Qingbiao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 青岛智地领创专利代理有限公司(QINGDAO ZHIDILINGCHUANG PATENT AGENCY CO., LTD); 中国山东省青岛市黄岛

(54) Title: TEST DEVICE AND METHOD FOR SIMULATING BREAKAGE OF ROOF ROCK BEAM

(54) 发明名称: 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方法

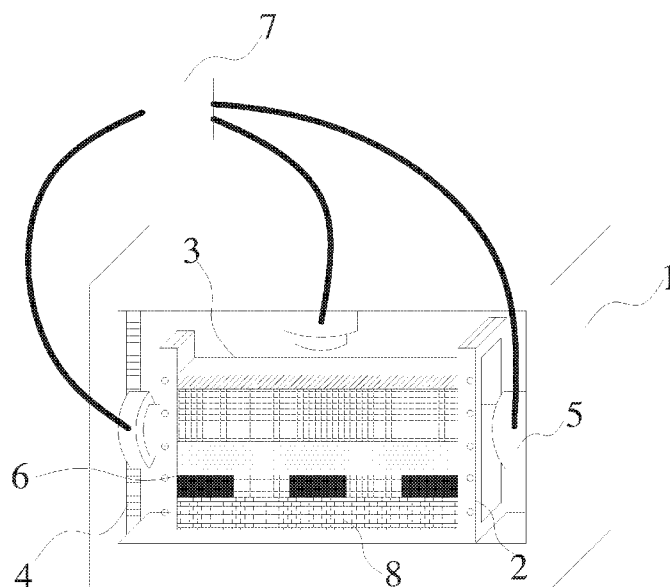


图 1

(57) Abstract: A test device and method for simulating breakage of a roof rock beam, relating to the technical field of rock mechanics. The test device comprises a test box (1), baffles (2), pressure plates (3), a sliding rail (4), pressure heads (5), a monitoring mechanism (6), and a hydraulic mechanism (7); the baffles (2) comprise a left baffle (21) and a right baffle (22); the pressure heads (5) comprise an upper pressure head (51), a left pressure head (52), and a right pressure head (53); the monitoring mechanism (6) comprises a pressure sensor, a displacement sensor, and a three-dimensional digital speckle monitor; the upper part and the left and right sides of the test box

区江山路480号青岛研创中心4号楼602室
雷钰, Shandong 266555 (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, 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))。

(1) are respectively provided with the pressure heads (5); the left pressure head (52) and the right pressure head (53) move up and down along the sliding rail (4); the left pressure head (52) and the right pressure head (53) respectively penetrate through the left baffle (21) and the right baffle (22) and are pressed on the pressure plates (3); the bottom of the test box (1) is provided with a test bench base (11); the left baffle (21) and the right baffle (22) are respectively fixed at the two sides of the test bench base (11); a test body (8) is placed on the test bench base (11). By means of the method for performing a breakage simulation test on the roof rock beam by using the device, the present invention solves the technical problem that the breakage simulation test of the roof rock beam has a large deviation from an actual situation, and also has the advantages, such as being simple to operate and having a wide simulation range.

(57) 摘要: 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方法, 涉及岩石力学技术领域。该试验装置包括试验箱(1)、挡板(2)、压板(3)、滑轨(4)、压头(5)、监测机构(6)和液压机构(7); 挡板(2)包括左挡板(21)和右挡板(22), 压头(5)包括上压头(51)、左压头(52)和右压头(53), 监测机构(6)包括压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪; 试验箱(1)的上部和左右两侧分别设置有压头(5), 其中左压头(52)和右压头(53)沿滑轨(4)上下移动, 左压头(52)和右压头(53)分别穿过左挡板(21)和右挡板(22)压设在压板(3)上; 试验箱(1)底部设置有试验台底座(11), 左挡板(21)和右挡板(22)分别固定在试验台底座(11)的两侧, 实验体(8)放置在试验台底座(11)上; 利用该装置进行顶板岩梁破断模拟试验的方法, 解决了顶板岩梁破断模拟试验与实际偏差较大的技术问题, 还具有操作简便, 模拟范围广等优点。

一种模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及岩石力学技术领域，尤其是一种用于模拟顶板岩梁破断的试验装置以及利用该装置进行顶板岩梁破断模拟试验的方法。

背景技术

[0002] 在煤矿开采过程中，随着开采深度和开采强度的不断增大，尤其是在地质复杂条件下的开采，开采过程中遇到的问题不断增多，其中顶板控制问题一直是煤矿开采的重点问题，为研究开采过程的顶板问题，相似材料模拟试验是该领域研究顶板问题的重要手段。

[0003] 目前，顶板岩梁破断的研究多采用相似材料模拟试验，但是相似材料模拟试验相似比的确定难度较大，并且模型的模拟结果和实际地质条件下的数据差异较大，另外相似材料在制作过程中需要堆积和风干，试验周期较长。还有运用真实的顶板岩梁进行相似材料模拟，而底板和煤层仍采用相似材料，以此研究煤层开采对顶板的影响，这种实际顶板和相似材料结合的方法试验的准确性仍然有待提高。在相似材料模拟中大多采用应力采集探头进行应力分布的监测，位移采用全站仪监测，这种应力和位移的监测方法精度不高，并且容易受到人为干扰，从而造成试验误差。此外顶板岩梁破断模拟试验中忽略了侧压的影响，使用压头加压也难以保证加载的载荷是否均布。为了研究不同采高、不同跨度和不同采深条件下顶板岩梁的变形、应力及破断特征，为矿井开采施工提供理论依据，需要对现有的岩石力学试验设备作进一步的改进，并优化顶板岩梁破断试验的方法。

发明概述

技术问题

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 为解决顶板岩梁破断模拟试验与实际偏差较大的技术问题，本发明提供了一种

模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方法，具体技术方案如下。

- [0005] 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，包括试验箱、挡板、压板、滑轨、压头、监测机构和液压机构；所述挡板包括左挡板、右挡板、前挡板和后挡板，压头包括上压头、左压头和右压头，压板包括上压板、左压板和右压板，监测机构包括压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪；所述试验箱的上部和左右两侧分别设置有压头，其中左压头和右压头沿滑轨上下移动，左压头和右压头穿过挡板压设在压板上；所述试验箱底部设置有试验台底座，左挡板和右挡板分别固定在试验台底座的两侧，实验体放置在试验台底座上。
- [0006] 优选的是，实验体包括顶板层、底板层、均压水囊、煤层和煤层水囊，实验体的上方设置有上压板；所述上压板下方布置有均压水囊，均压水囊下方布置有顶板层，顶板层下方布置有煤层和煤层水囊，煤层下方布置有底板层；煤层和煤层水囊并列间隔布置。
- [0007] 还优选的是，试验台底座的前方设置有前挡板，试验台底座的后方设置有后挡板；后挡板上设置有导水孔，前挡板和后挡板上均设置有固定槽钢。
- [0008] 还优选的是，左压板和右压板随压头左右移动，上压头沿试验箱上部设置的滑轨移动；左挡板和右挡板的侧面设置有安装孔，前挡板和后挡板的左右两边上设置有安装孔。
- [0009] 左挡板、右挡板和压板使用钢材制作而成，前挡板和后挡板使用透明亚克力板制作而成，均压水囊上设置有压力表。
- [0010] 一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，利用上述模拟顶板岩梁破断的试验装置，步骤包括：
- [0011] A. 组装固定试验箱和试验台底座，放置压板并调节压头位置；
- [0012] B. 根据矿井煤层条件和试验箱尺寸确定顶板层、底板层和煤层的试件尺寸；
- [0013] C. 制备顶板层、底板层和煤层的模拟试件，包括测量模拟试件和表面磨平；
- [0014] D. 在试验台底座上先铺设底板层；再铺设煤层和煤层水囊，煤层水囊注水至高度和煤层齐平；在煤层和顶板层之间设置应变片，然后在煤层上方铺设顶板层；最后在顶板层上方铺设均压水囊并充水；
- [0015] E. 在均压水囊上方设置上压板，在实验体表面喷涂数字散斑测点；

- [0016] F.安装前挡板和后挡板，将煤层水囊和均压水囊的导水管穿过后挡板上的导水孔，然后安装固定槽钢加固前挡板和后挡板；
- [0017] G.根据埋深和测压系数计算确定上压头、左压头和右压头需要施加的压力，通过液压机构加压；
- [0018] H.通过煤层水囊的导水管给煤层水囊放水，期间记录顶板的应力和应变监测数据。
- [0019] 优选的是，步骤G中上压头、左压头和右压头需要施加的压力根据矿井实际地质条件计算，所述上压头需要提供压力的计算包括，计算上覆岩层压强

$$P = \rho gh$$

，其中

$$\rho$$

为上覆岩层的平均密度， g 为重力加速度， h 为埋深；上压头提供的力 $F_{\text{上}} = P \times S_{\text{上}}$ ，其中 $S_{\text{上}}$ 为顶板上表面的面积；所述左压头和右压头需要提供压力的计算包括，计算测压系数

$$\lambda$$

的取值范围

$$\frac{100}{H} + 0.30 \leq \lambda \leq \frac{1500}{H} + 0.5$$

，其中左压头压力 $F_{\text{左}}$ 和右压头压力 $F_{\text{右}}$ ，其中 $F_{\text{左}} = F_{\text{右}} = P \times S_{\text{侧}} \times$

$$\lambda$$

，其中 $S_{\text{侧}}$ 为实验体左右两侧的侧面积。

发明的有益效果

有益效果

- [0020] 本发明的有益效果包括：

- [0021] (1) 本发明提供的模拟顶板岩梁破断的试验装置，通过设置挡板和压板保证

了结构整体的稳定和牢固，利用左压头和右压头为实验体提供侧压从而保证模拟的准确性，利用实际的顶板、底板和煤层岩石取样试件进行试验，不需要考虑相似比，并且试验简便，缩短的实验周期，保证了试验结果和实际情况相吻合。

[0022] (2) 本发明利用煤层水囊替代开挖的煤体，煤层水囊通过放水完成开挖，简化了煤层开挖步骤，避免了手动挖动煤层对顶板造成的影响，从而减小试验误差，另外在顶板上部使用均压水囊，从而能够保证对顶板施加均布载荷。

[0023] (3) 提供了一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，使用不同尺寸的水囊可以模拟不同采高和采宽的情况下顶板岩梁破断规律，试验压头可以沿轨道移动，从而方便对不同尺寸的实验体进行加载；利用压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪监测顶板的应力和位移变化，监测结构更加准确。

[0024] 另外，本发明还具有操作简便，模拟范围广，试验参数调节灵活等优点。

对附图的简要说明

附图说明

[0025] 图1是模拟顶板岩梁破断的试验装置结构示意图；

[0026] 图2是实验体铺设结构示意图；

[0027] 图3是试验箱结构示意图；

[0028] 图4是前挡板和后挡板结构示意图；

[0029] 图5是固定槽钢安装结构示意图；

[0030] 图6是左挡板和右挡板结构示意图；

[0031] 图中：1-试验箱；11-试验台底座；2-挡板；21-左挡板；22-右挡板；23-前挡板；24-后挡板；25-安装孔；26-固定槽钢；27-导水孔；3-压板；31-上压板；32-左压板；33-右压板；4-滑轨；5-压头；51-上压头；52-左压头；53-右压头；6-监测机构；7-液压机构；8-实验体；81-顶板层；82-底板层；83-均压水囊；84-煤层；85-煤层水囊。

发明实施例

本发明的实施方式

[0032] 结合图1至图6所示，本发明提供一种模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方

法，具体实施方式如下。

[0033] 实施例1

[0034] 为解决顶板岩梁破断模拟试验与实际偏差较大的技术问题，本发明提供了一种模拟顶板岩梁破断的试验装置及试验方法，具体技术方案如下。

[0035] 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，包括试验箱1、挡板2、压板3、滑轨4、压头5、监测机构6和液压机构7，试验箱1是试验装置的外部框架，挡板2和压板3分别设置在实验体8的表面，滑轨和压头相互配合，带动压头移动，从而适应不同尺寸的实验体，监测机构6用于监测顶板应力应变，液压机构7用于控制压头调整应力加载。挡板2包括左挡板21、右挡板22、前挡板23和后挡板24，利用挡板2包裹实验体8，从而保证实验体8和装置整体结构的稳定和牢固；压头5包括上压头51、左压头52和右压头53，从而能够施加侧压，使试验结果更接近工程实际；压板3包括上压板31、左压板32和右压板33，压头5通过压板3施加压力保证了压力的均匀施加；监测机构6包括压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪，利用应变片和三维数字散斑监测仪提高了应力和应变的监测精度，并且在时间上保证了长期自动有效监测。

[0036] 试验箱1的上部和左右两侧分别设置有压头5，其中左压头和右压头沿滑轨4上下移动，左压头52和右压头53穿过挡板压设在压板3上，压头5和液压机构7相连。左压板32和右压板33随压头左右移动，上压头51沿试验箱1上部设置的滑轨移动，左挡板21和右挡板22的侧面设置有安装孔25，前挡板23和后挡板24的左右两边上设置有安装孔25，从而方便前挡板和后挡板与左右两侧的挡板配合安装。

[0037] 试验箱1底部设置有试验台底座11，左挡板21和右挡板22分别固定在试验台底座11的两侧，实验体8放置在试验台底座11上。试验台底座11的前方设置有前挡板23，试验台底座11的后方设置有后挡板24，后挡板24上设置有导水孔27，前挡板23和后挡板24上均设置有固定槽钢26。左挡板21、右挡板22和压板3使用钢材制作而成，前挡板23和后挡板24使用透明亚克力板制作而成。

[0038] 实验体8包括顶板层81、底板层82、均压水囊83、煤层84和煤层水囊85，实验体8的上方设置有上压板31。实验体8使用实际的顶板、底板和煤层岩石取样试

件进行试验，不需要考虑相似比，并且试验简便，缩短的实验周期，保证了试验结果和实际情况相吻合。上压板31下方布置有均压水囊83，利用均压水囊83保证顶板岩层的均布载荷，均压水囊83下方布置有顶板层81，顶板层81下方布置有煤层84和煤层水囊85，煤层下方布置有底板层82，煤层84和煤层水囊85并列间隔布置，水囊模拟待开挖的区域，水囊上设置有导水管，水囊放水模拟煤层的开挖。

[0039] 一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，利用上述的模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，步骤包括：

[0040] A. 组装固定试验箱1和试验台底座11，放置压板3并调节压头5位置。

[0041] B. 根据矿井煤层条件和试验箱1尺寸确定顶板层81、底板层82和煤层84的试件尺寸。

[0042] C. 制备顶板层81、底板层82和煤层84的模拟试件，包括测量模拟试件和表面磨平。

[0043] D. 在试验台底座11上先铺设底板层81；再铺设煤层84和煤层水囊85，煤层水囊85注水至高度和煤层齐平；在煤层84和顶板层81之间设置应变片，然后在煤层84上方铺设顶板层81；最后在顶板层81上方铺设均压水囊83并充水。其中煤层84利用煤块试件制作而成，煤层水囊85和煤层的高度根据实际煤层的高度确定，煤层水囊85的宽度根据煤层工作面的宽度确定。

[0044] E. 在均压水囊83上方设置上压板31，在实验体8表面喷涂数字散斑测点。

[0045] F. 安装前挡板23和后挡板24，将煤层水囊85和均压水囊83的导水管穿过后挡板上的导水孔27，然后安装固定槽钢26加固前挡板23和后挡板24。

[0046] G. 根据埋深和测压系数计算确定上压头51、左压头52和右压头53需要施加的压力，通过液压机构7加压。其中上压头、左压头和右压头需要施加的压力根据矿井实际地质条件计算，上压头需要提供压力的计算包括，计算上覆岩层压强

$$P = \rho gh$$

，其中

$$\rho$$

为上覆岩层的平均密度， g 为重力加速度， h 为埋深；上压头提供的力 $F_{\text{上}}=P \times S_{\text{上}}$ ，其中 $S_{\text{上}}$ 为顶板上表面的面积。左压头和右压头需要提供压力的计算包括，计算测压系数

$$\lambda$$

的取值范围

$$\frac{100}{H} + 0.30 \leq \lambda \leq \frac{1500}{H} + 0.5$$

，其中左压头压力 $F_{\text{左}}$ 和右压头压力 $F_{\text{右}}$ ，其中 $F_{\text{左}}=F_{\text{右}}=P \times S_{\text{侧}} \times$

$$\lambda$$

，其中 $S_{\text{侧}}$ 为实验体左右两侧的侧面积，侧面积包括底板、煤层、顶板和均压水囊整体的侧面面积。

[0047] H.通过煤层水囊85的导水管给煤层水囊85放水，期间记录顶板的应力和应变监测数据。

[0048] 实施例2

[0049] 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置其结构具体包括试验箱1、挡板2、压板3、滑轨4、压头5、监测机构6和液压机构7，试验箱1可以设计长宽高具体为52cm×12cm×40cm，液压机构7和压头5相连，压头5设置在滑轨4上。挡板2包括左挡板21、右挡板22、前挡板23和后挡板24，压头5包括上压头51、左压头52和右压头53，压板3包括上压板31、左压板32和右压板33。试验台底座11的厚度可以为5cm，压板3的厚度可以设置为2cm，左右两侧挡板厚度设置为2cm，前后两侧挡板的厚度可以为1cm。监测机构6包括压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪，试验箱1的上部和左右两侧分别设置有压头5，其中左压头和右压头沿滑轨4上下移动，左压头和右压头穿过挡板压设在压板3上。试验箱1底部设置有试验台底座11，左挡板21和右挡板22分别固定在试验台底座11的两侧，实验体8放置在试验台底座11上。实验体8包括顶板层81、底板层82、均压水囊83、煤层84和煤层水囊85，实验体8的上方设置有上压板31。实验体8使用实际的顶板、底板

和煤层岩石取样试件进行试验，不需要考虑相似比，并且试验简便，缩短的实验周期，保证了试验结果和实际情况相吻合。上压板31下方布置有均压水囊83，利用均压水囊83保证顶板岩层的均布载荷，均压水囊83下方布置有顶板层81，顶板层81下方布置有煤层84和煤层水囊85，煤层下方布置有底板层82，煤层84和煤层水囊85并列间隔布置，水囊模拟待开挖的区域，水囊上设置有导水管，水囊放水模拟煤层的开挖。

[0050] 结合某矿的工程实际，矿井待开采煤层标高-400m，煤层厚度为4m。底板为砂质泥岩，厚度为2m。顶板为粉砂岩，厚度为1.5m。一次采全高开采，为模拟煤层开采对顶板岩梁破断的影响，利用模拟顶板岩梁破断的试验装置进行了模拟试验研究。利用该装置进行模拟顶板岩梁破断的试验，具体步骤包括：

[0051] 步骤A. 组装固定试验箱1和试验台底座11，放置压板3并调节压头5位置。将试验台底座11放在试验箱1内并通过螺母或焊接固定，为实验体各层的铺设和数据的监测做好准备工作。三个压头5都可以随立柱或横梁上的滑轨4进行移动，以适应不同的试验情况。

[0052] 步骤B. 根据矿井工程实际进行相似材料模拟，结合矿井煤层条件和试验箱尺寸确定顶板层81、底板层82和煤层84的试件尺寸。由于矿选用条带式开采，煤层的实际采宽为5m，留设条采煤柱为4m，故试验中选择采用10cm长的煤层水囊与8cm长的煤块交替布置煤层。顶板和底板岩层的设计尺寸如下：底板层厚4cm，煤层厚8cm；顶板层厚3cm，均压水囊厚10cm，并且顶板层和底板层设计的长度、宽度分别为44cm和10cm。煤层中煤块长8cm、宽10cm，煤层水囊长10cm、宽10cm。

[0053] 步骤C. 制备顶板层81、底板层82和煤层84的模拟试件，包括测量模拟试件和表面磨平。根据实验箱体的尺寸和工程实例的具体条件，按比例制备不同尺寸的试件。将制备完成的试件表面进行磨平，使试件表面接触良好，这样就可以大致消除试件接触面对力传递的影响。普通对岩石试件接触面的处理方式是用胶水、混凝土进行粘结，但是这种方法终究会对实验结果造成影响，并且胶水属于弹性体，会对实验过程中试件的压缩造成较大的影响。

[0054] 步骤D. 首先在试验台底座11上先铺设底板层82，底板层82由砂岩制作而成；再

铺设煤层84和煤层水囊85，其中煤层84由煤块制作而成，煤层水囊85注水至高度和煤层齐平；在煤层84和顶板层81之间设置应变片，然后在煤层84上方铺设顶板层81，顶板层81由粉砂岩制作而成；最后在顶板层81上方铺设均压水囊83并充水。其中煤层利用煤块试件制作而成，煤层水囊85和煤层的高度根据实际煤层的高度确定，煤层水囊85的宽度根据煤层工作面的宽度确定。

[0055] 步骤E.在均压水囊83上方设置上压板，在实验体8表面喷涂数字散斑测点，然后将三维数字散斑监测仪的高速摄像机和数据处理系统放置在合适的位置。数字散斑系统能实时采集物体各个变形阶段的散斑图像，计算出全场应变和变形，用于分析、计算、记录变形数据。采用图形化显示测量结果，便于更好地理解和分析实验体，尤其是顶板岩层的受力变形情况，记录顶板岩梁的变形和应力演化。

[0056] 步骤F. 安装前挡板23和后挡板24，将煤层水囊85和均压水囊83的导水管穿过后挡板24上的导水孔27，然后安装固定槽钢26加固前挡板23和后挡板24，注意固定槽钢26不要挡住三维数字散斑监测仪的监测面。

[0057] 步骤G. 根据埋深和测压系数计算确定上压头51、左压头52和右压头53需要施加的压力，通过液压机构加压。在加压过程中，先调整试验箱1的位置，使其处在加载试验台合适的位置。之后将三个压头通过压头轨道进行位置上的调整，使压头与加压板相互接触，然后再通过加压系统将三个压头压力调整到所需的数值。

[0058] 根据矿井工程实际条件，进行地应力的计算，该煤层具有400m的上覆岩层，根据埋深规律上覆岩层提供的压力由公式

$$P = \rho gh$$

得出，其中

$$\rho$$

的取值根据本矿工程实际得出，其取值为 2000kg/m^3 ，并且公式中的g取值9.8，h取值400，计算得到上覆岩层提供的压力 $P=7.84\text{MPa}$ 。对于不同的区域，侧压系数

$$\lambda$$

值进行取值，但侧压系数的变化范围基本上介于

$$\frac{100}{H} + 0.30 \leq \lambda \leq \frac{1500}{H} + 0.5$$

的范围，其中H为实测应力深度，以m为单位。根据该矿井的工程实际条件，最终确定试验模拟中所采用的侧压系数为0.7，试验中左右两侧提供的侧压力为 $P_{左} = P_{右} = P \times 0.7 = 7.84 \times 0.7 = 5.488 \text{ MPa}$ ，上覆岩层压力与侧压力均由液压机构进行控制。均压水囊和上压板提供的压力远小于上覆岩层所提供的压力，为了简化试验，可以不予考虑。其中三个压头所提供的压力为F， $F = P \times S$ 。上压头提供的力 $F_{上} = P \times S_{上} = 7.84 \text{ MPa} \times (44 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}) = 345 \text{ kN}$ 。左右两侧压头提供的力 $F_{左} = F_{右} = P_{左} \times S_{左} = P_{右} \times S_{右} = 5.488 \text{ MPa} \times (10 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}) = 247 \text{ kN}$ 。根据计算液压机构控制加压，其中上压头加压345KN，左压头和右压头加压为247KN，加压后也可以在均压水囊83上设置压力表，通过压力表监测均压水囊的实际压力。

[0059] 步骤H. 通过煤层水囊85的导水管给煤层水囊85放水，来模拟煤层开采，期间记录顶板的应力和应变监测数据。随着放水结束，模拟的开采过程也就相应的结束，在结束后的一段时间里，监测机构6和液压机构7一直处于工作状态，来监测煤层开采后顶板层的变形和应力的演化，此过程无需人为控制和操作，系统自动记录试验数据。

[0060] 将试验得到的数据进行分析，得出煤层开采对顶板岩层的影响，为煤矿实际工程当中提供理论依据。除了本工程实例之外，还可以模拟不同的地质情况，用煤层水囊模拟不同采高和采宽的情况，用压头提供不同的压力来模拟不同采深的情况。可用不同尺寸的水囊和煤块来模拟不同采高和跨度的情况。可以通过压头施加不同的压力来模拟不同采深条件下的地应力。利用压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪监测顶板的应力和位移变化，监测结构更加准确。另外，本发明还具有操作简便，模拟范围广，试验参数调节灵活等优点。

[0061] 当然，上述说明并非是对本发明的限制，本发明也并不仅限于上述举例，本技术领域的技术人员在本发明的实质范围内所做出的变化、改型、添加或替换，

也应属于本发明的保护范围。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，包括试验箱、挡板、压板、滑轨、压头、监测机构和液压机构；所述挡板包括左挡板、右挡板、前挡板和后挡板，压头包括上压头、左压头和右压头，压板包括上压板、左压板和右压板，监测机构包括压力传感器、位移传感器和三维数字散斑监测仪；所述试验箱的上部和左右两侧分别设置有压头，其中左压头和右压头沿滑轨上下移动，左压头和右压头穿过挡板压设在压板上；所述试验箱底部设置有试验台底座，左挡板和右挡板分别固定在试验台底座的两侧，实验体放置在试验台底座上。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，所述实验体包括顶板层、底板层、均压水囊、煤层和煤层水囊，实验体的上方设置有上压板；所述上压板下方布置有均压水囊，均压水囊下方布置有顶板层，顶板层下方布置有煤层和煤层水囊，煤层下方布置有底板层；所述煤层和煤层水囊并列间隔布置。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，所述试验台底座的前方设置有前挡板，试验台底座的后方设置有后挡板；所述后挡板上设置有导水孔，前挡板和后挡板上均设置有固定槽钢。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，所述左压板和右压板随压头左右移动，所述上压头沿试验箱上部设置的滑轨移动；所述左挡板和右挡板的侧面设置有安装孔，所述前挡板和后挡板的左右两边上设置有安装孔。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，所述左挡板、右挡板和压板使用钢材制作而成，所述前挡板和后挡板使用透明亚克力板制作而成，所述均压水囊上设置有压力表。
- [权利要求 6] 一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，利用权利要求1至5任一项所述的模拟顶板岩梁破断的试验装置，其特征在于，步骤包括：
A. 组装固定试验箱和试验台底座，放置压板并调节压头位置；

- B.根据矿井煤层条件和试验箱尺寸确定顶板层、底板层和煤层的试件尺寸；
- C.制备顶板层、底板层和煤层的模拟试件，包括测量模拟试件和表面磨平；
- D.在试验台底座上先铺设底板层；再铺设煤层和煤层水囊，煤层水囊注水至高度和煤层齐平；在煤层和顶板层之间设置应变片，然后在煤层上方铺设顶板层；最后在顶板层上方铺设均压水囊并充水；
- E.在均压水囊上方设置上压板，在实验体表面喷涂数字散斑测点；
- F.安装前挡板和后挡板，将煤层水囊和均压水囊的导水管穿过后挡板上的导水孔，然后安装固定槽钢加固前挡板和后挡板；
- G.根据埋深和侧压系数计算确定上压头、左压头和右压头需要施加的压力，通过液压机构加压；
- H.通过煤层水囊的导水管给煤层水囊放水，期间记录顶板的应力和应变监测数据。

[权利要求 7] 根据权利要求6所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，其特征在于，所述煤层利用煤块试件制作而成；所述煤层水囊和煤层的高度根据实际煤层的高度确定，煤层水囊的宽度根据煤层工作面的宽度确定。

[权利要求 8] 根据权利要求6所述的一种模拟顶板岩梁破断的试验方法，其特征在于，所述步骤G中上压头、左压头和右压头需要施加的压力根据矿井实际地质条件计算，所述上压头需要提供压力的计算包括，计算上覆岩层压强

$$P = \rho gh$$

，其中

$$\rho$$

为上覆岩层的平均密度， g 为重力加速度， h 为埋深；上压头提供的力 $F_{\text{上}} = P \times S_{\text{上}}$ ，其中 $S_{\text{上}}$ 为顶板上表面的面积；所述左压头和右压头需

要提供压力的计算包括，计算测压系数

$$\lambda$$

的取值范围

$$\frac{100}{H} + 0.30 \leq \lambda \leq \frac{1500}{H} + 0.5$$

，其中左压头压力 $F_{\text{左}}$ 和右压头压力 $F_{\text{右}}$ ，其中 $F_{\text{左}} = F_{\text{右}} = P \times S_{\text{侧}} \times$

$$\lambda$$

，其中 $S_{\text{侧}}$ 为实验体左右两侧的侧面积。

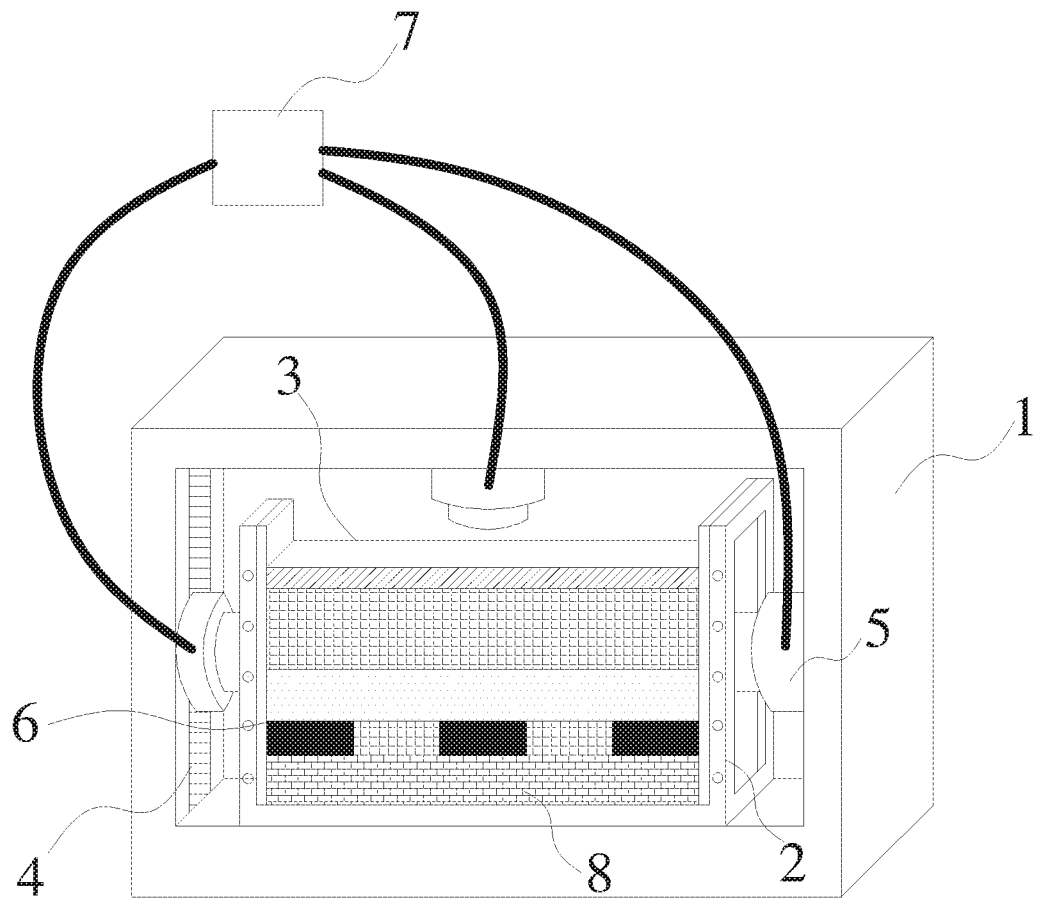


图 1

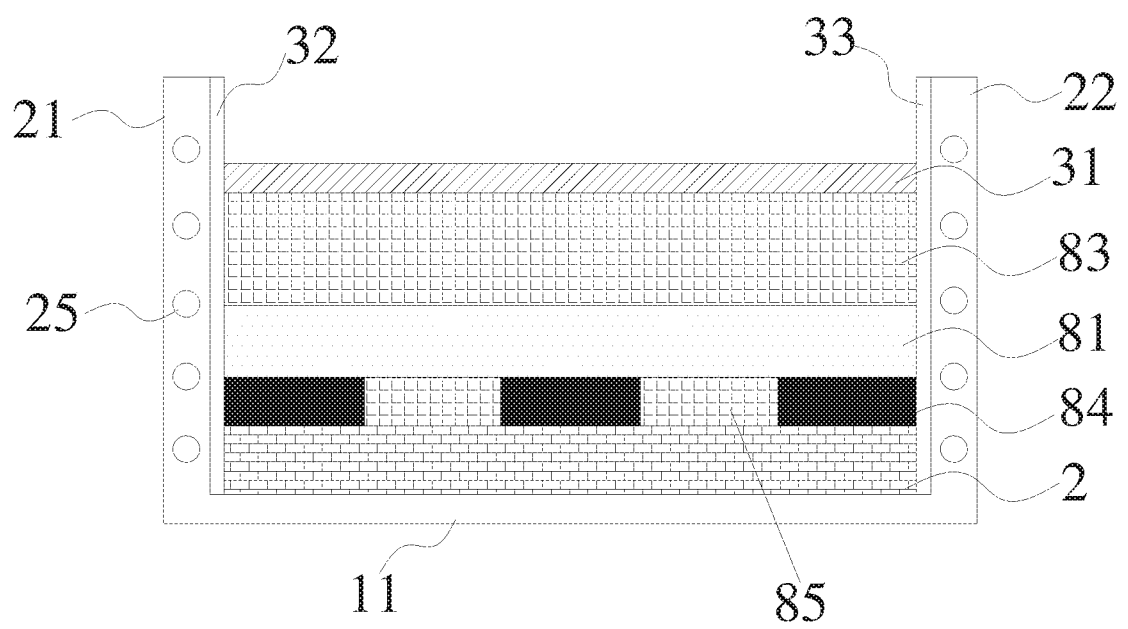


图 2

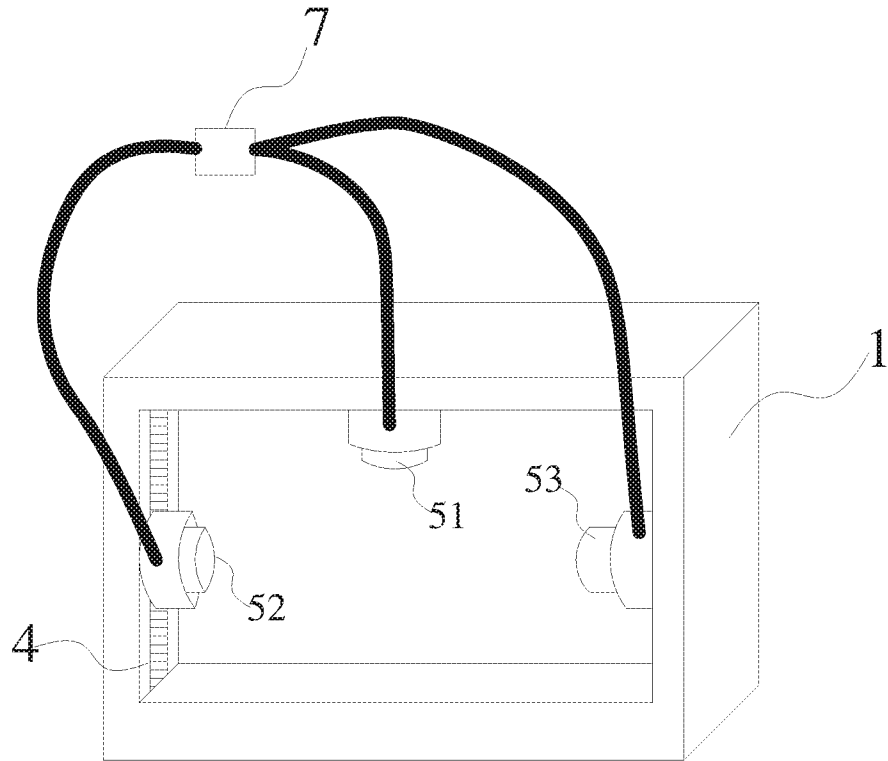


图 3

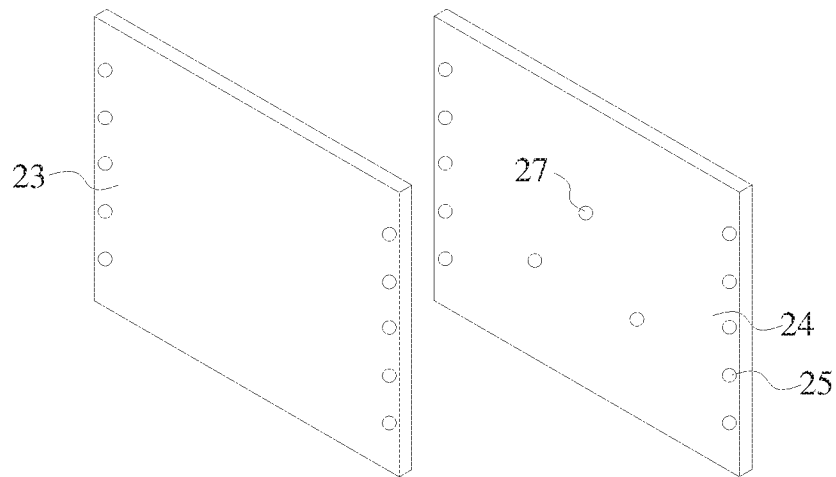


图 4

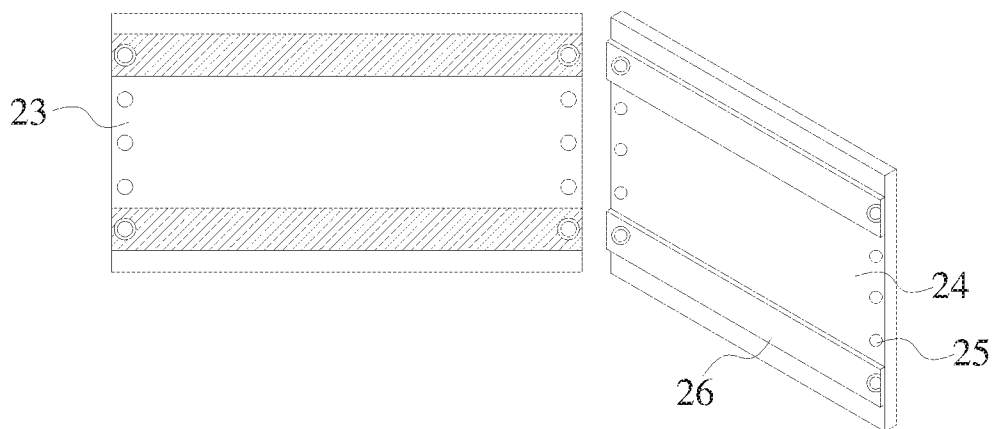


图 5

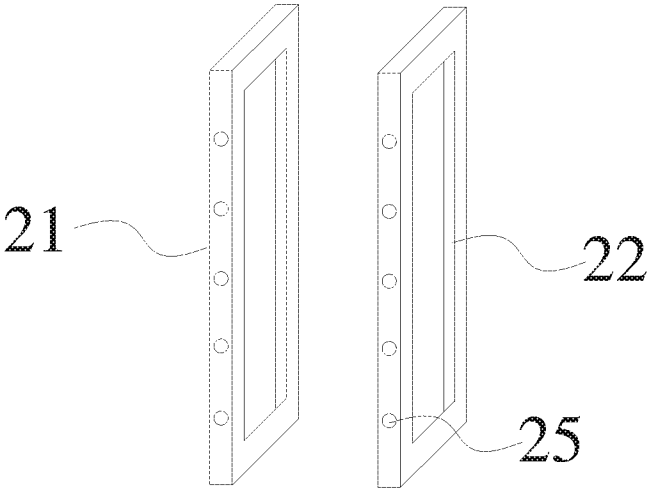


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/082160

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 3/08(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)

G01N

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 山东科技大学, 赵增辉, 高晓杰, 马庆, 孙伟, 张明忠, 陈绍杰, 王清标, 煤, 水泥, 混凝土, 围压, 巷道, 三维, 三向, 加载, 载荷, 负载, 导轨, 滑块, 滑轨, 轨道, 滑动, 移动, 压头, 压力, 压, 气囊, 气袋, 侧压系数, 范围, coal+, concrete, three, multi+, dimensional, load+, press+, slid+, upper, left, right, plate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 105716950 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 29 June 2016 (2016-06-29) description, paragraphs [0034]-[0042], and figures 1-6	1-8
Y	CN 208383616 U (NANCHANG UNIVERSITY) 15 January 2019 (2019-01-15) description, paragraphs [0028]-[0033], and figures 1-3	1-8
Y	李鹏 等 (LI, Peng et al.). "中国煤矿矿区地应力场特征与断层活动性分析 (Characteristics of In-situ Stress Field and Fault Activity Analysis in Chinese Coal Mines)" <i>煤炭学报 (Journal of China Coal Society)</i> , Vol. 41, No. special edition 2, 31 December 2016 (2016-12-31), ISSN: 0253-9993, pp. 319-329	8
A	CN 108007781 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 08 May 2018 (2018-05-08) entire document	1-8
A	CN 207516361 U (CHINA UNIVERSITY OF MINING & TECHNOLOGY, BEIJING) 19 June 2018 (2018-06-19) entire document	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "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

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 August 2019

Date of mailing of the international search report

28 August 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/082160**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108732024 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 02 November 2018 (2018-11-02) entire document	1-8
A	CN 208140477 U (NORTH CHINA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 23 November 2018 (2018-11-23) entire document	1-8
A	US 2015168282 A1 (CHINA UNIVERSITY OF MINING & TECHNOLOGYBEIJING) 18 June 2015 (2015-06-18) entire document	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/082160

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105716950	A	29 June 2016	CN	105716950	B	29 May 2018
CN	208383616	U	15 January 2019	None			
CN	108007781	A	08 May 2018	WO	2019096252	A1	23 May 2019
CN	207516361	U	19 June 2018	None			
CN	108732024	A	02 November 2018	None			
CN	208140477	U	23 November 2018	None			
US	2015168282	A1	18 June 2015	JP	5932130	B2	08 June 2016
				EP	2833118	B1	20 July 2016
				JP	2015511711	A	20 April 2015
				US	9410874	B2	09 August 2016
				EP	2833118	A1	04 February 2015
				WO	2013143152	A1	03 October 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/082160

A. 主题的分类

G01N 3/08(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)

G01N

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 山东科技大学, 赵增辉, 高晓杰, 马庆, 孙伟, 张明忠, 陈绍杰, 王清标, 煤, 水泥, 混凝土, 围压, 巷道, 三维, 三向, 加载, 载荷, 负载, 导轨, 滑块, 滑轨, 轨道, 滑动, 移动, 压头, 压力, 压, 气囊, 气袋, 侧压系数, 范围, coal+, concrete, three, multi+, dimensional, load+, press+, slid+, upper, left, right, plate

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
Y	CN 105716950 A (山东科技大学) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 说明书第[0034]-[0042]段, 附图1-6	1-8
Y	CN 208383616 U (南昌大学) 2019年 1月 15日 (2019 - 01 - 15) 说明书第[0028]-[0033]段, 附图1-3	1-8
Y	李鹏 等. "中国煤矿矿区地应力场特征与断层活动性分析" 煤炭学报, 第41卷, 第增刊2期, 2016年 12月 31日 (2016 - 12 - 31), ISSN: 0253-9993, 第319-329页	8
A	CN 108007781 A (山东科技大学) 2018年 5月 8日 (2018 - 05 - 08) 全文	1-8
A	CN 207516361 U (中国矿业大学北京) 2018年 6月 19日 (2018 - 06 - 19) 全文	1-8
A	CN 108732024 A (山东科技大学) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-8

☒ 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

2019年 8月 9日

国际检索报告邮寄日期

2019年 8月 28日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(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

陈优

电话号码 86-(10)-53962457

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
A	CN 208140477 U (华北科技学院) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 全文	1-8
A	US 2015168282 A1 (CHINA UNIVERSITY OF MINING & TECHNOLOGYBEIJING) 2015年 6月 18日 (2015 - 06 - 18) 全文	1-8

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/082160

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	105716950	A	2016年 6月 29日	CN 105716950 B	2018年 5月 29日
CN	208383616	U	2019年 1月 15日	无	
CN	108007781	A	2018年 5月 8日	W0 2019096252 A1	2019年 5月 23日
CN	207516361	U	2018年 6月 19日	无	
CN	108732024	A	2018年 11月 2日	无	
CN	208140477	U	2018年 11月 23日	无	
US	2015168282	A1	2015年 6月 18日	JP 5932130 B2	2016年 6月 8日
				EP 2833118 B1	2016年 7月 20日
				JP 2015511711 A	2015年 4月 20日
				US 9410874 B2	2016年 8月 9日
				EP 2833118 A1	2015年 2月 4日
				W0 2013143152 A1	2013年 10月 3日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)