



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109142027 B

(45)授权公告日 2020.08.04

(21)申请号 201810949906.6

(22)申请日 2018.08.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109142027 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(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

(72)发明人 刘义鑫 孙路路 王刚 刘震

(74)专利代理机构 重庆天成卓越专利代理事务  
所(普通合伙) 50240

代理人 谭小容

(51)Int.Cl.

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 104458418 A,2015.03.25

CN 103940669 A,2014.07.23

CN 101245706 A,2008.08.20

CN 103033125 A,2013.04.10

SU 1263847 A1,1986.10.15

许江 等.煤层瓦斯抽采过程中煤岩变形的  
物理模拟实验.《煤炭学报》.2015,第40卷(第3  
期),

刘东.煤层气开采中煤储层参数动态演化的  
物理模拟试验与数值模拟分析研究.《中国博士  
学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2014,(第  
11期),

审查员 董娟

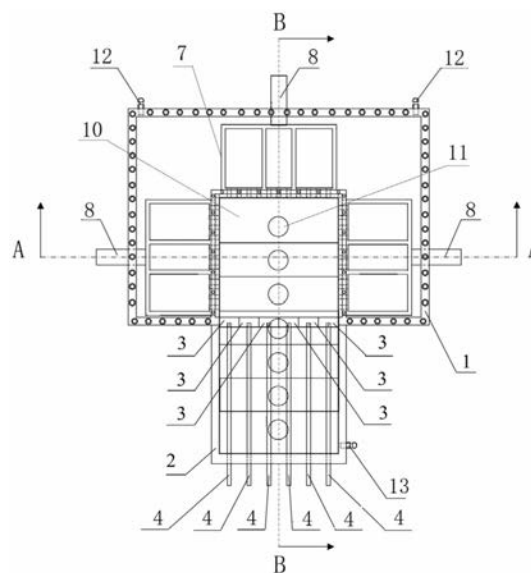
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

工作面掘进致煤层突出可视化试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,包括以下步骤:制作试验装置,包括“凹”字形的密封腔体和透明盒,密封腔体的凹口部构成试件放置腔,前压板配备有前压杆,试件放置腔的左、右、后侧配备有侧压板,侧压板的首端开有透气孔,侧压板配备有侧压杆,上垫板上方前后紧挨地设置有上压板,上压板均配备有上压杆,上压杆的端头采用两块夹板之间安装球形滚珠的结构,密封腔体的侧壁上开有流体入孔,透明盒的侧壁上开有流体出孔;准备煤粉;型煤试件制备;型煤试件安装;施加三轴应力;施加瓦斯压力;进行试验;同组其他试验,改变施加的三轴应力,或者改变瓦斯压力;整理试验数据。可实现煤与瓦斯突出的实时可视化三轴真实模拟试验。



1. 一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、制作试验装置;

所述试验装置包括“凹”字形的密封腔体(1),所述密封腔体(1)的凹口朝向前方,在密封腔体(1)的前方设置有与凹口部等高、等宽的透明盒(2),所述透明盒(2)的后部、顶部均敞开并正好与凹口部相连接,所述透明盒(2)与密封腔体(1)共用同一底板(5),且密封腔体(1)的凹口部与透明盒(2)之间左右紧挨地设置有若干透明材质的前压板(3),从而使密封腔体(1)的凹口部构成试件放置腔(6);

每个所述前压板(3)均配备有前压杆(4),前压杆(4)由前向后穿过透明盒(2)与各自对应的前压板(3)相连,每个前压板(3)对应的前压杆(4)各自独立控制,并通过依次卸载模拟工作面的掘进速度;所述试件放置腔(6)的左侧、右侧、后侧分别配备有一块侧压板(7),侧压板(7)的首端插入到密封腔体(1)的对应侧壁上,并在首端开有透气孔(7a)用于连通试件放置腔(6)与密封腔体(1),每块侧压板(7)分别配备有一根侧压杆(8),侧压杆(8)由外向内穿过密封腔体(1)与侧压板(7)的末端相连;所述试件放置腔(6)及透明盒(2)的内壁上缘共用同一上垫板(9),所述上垫板(9)上方前后紧挨地设置有若干上压板(10),每个上压板(10)均配备有上压杆(11),上压杆(11)的端头采用两块夹板(11a)之间安装球形滚珠(11b)的结构,每个上压板(10)对应的上压杆(11)各自独立控制,并通过施加不同的载荷,以反映煤层顶板在非均布载荷下的不均匀变形;

所述密封腔体(1)的侧壁上开有流体入孔(12),透明盒(2)的侧壁上开有流体出孔(13);

步骤二、准备煤粉,将原煤破碎研磨至要求粒径范围,通过震动筛将研磨后煤粉筛分并烘干备用;

步骤三、型煤试件制备,将煤粉按照粒径配比要求进行混合,并按比例添加煤粉粘结剂后搅拌均匀,将煤粉装入模具压制成方形块型煤试件;

步骤四、型煤试件安装,将压制好的型煤试件放入试验装置的试件放置腔(6)内;

步骤五、施加三轴应力,对试验装置的左、右、后方的侧压杆(8)以及前压杆(4)、上压杆(11)施加应力,使型煤试件受到三轴约束;

步骤六、施加瓦斯压力,通过流体入孔(12)向试验装置内注入瓦斯气体,瓦斯气体通过左、右、后方侧压板(7)上的透气孔(7a)进入型煤试件内部,使型煤试件内部形成一定的瓦斯压力并保持注气压力不变后进入下一步;

步骤七、进行试验,将前压板(3)由左至右或由右至左按照设置的应力或位移变化速率向远离型煤试件的方向依次后撤,通过记录左、右、后方侧压板(7)和上压板(10)不同位置处位移量,获得煤层变形数据,同时记录流体出孔(13)瓦斯流量变化,并从实验装置的前方观察是否发生煤与瓦斯突出;

步骤八、同组其他试验,改变施加的三轴应力大小,或者改变瓦斯压力,重复步骤四至步骤七;

步骤九、整理试验数据。

2. 根据权利要求1所述的工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,其特征在于:步骤一中,所述前压板(3)与透明盒(2)均采用超高强韧度透明材料帕姆聚碳酸酯板制成。

3. 如权利要求1或2所述的工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,其特征在于:步骤

一中,所述流体入孔(12)共两个,左右对称设置在密封腔体(1)的后侧壁上;所述流体出孔(13)共一个,设置在透明盒(2)的左侧壁或右侧壁上;相应地,步骤六中,通过两个流体入孔(12)同时向试验装置内注入瓦斯气体。

4.根据权利要求3所述的工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,其特征在于:步骤三中,所述型煤试件为 $600\text{mm}\times 600\text{mm}\times 100\text{mm}$ 的方形块,相应地,步骤一中,所述试件放置腔(6)也为 $600\text{mm}\times 600\text{mm}\times 100\text{mm}$ 的方形腔。

5.根据权利要求1所述的工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,其特征在于:步骤二中,原煤破碎研磨后在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘干22~26小时。

## 工作面掘进致煤层突出可视化试验方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于煤矿安全技术领域,具体地讲,涉及一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法。

### 背景技术

[0002] 煤炭是我国能源的主体,在国家《能源中长期发展规划纲要(2004—2020年)》中明确指出,我国将“坚持以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的能源战略”。显然,煤炭工业是我国的基础产业,其能否健康、稳定、持续发展,关系到国家能源安全。在我国一次能源消费结构中,煤炭约占67%,预计2050年仍将占50%以上,因此,煤炭在相当长的一段时期内将一直是我国居支配地位的主要能源。

[0003] 然而,伴随煤炭开采的冲击地压、瓦斯、水灾和火灾等矿业灾害事故,不仅造成人民生命财产的巨大损失和环境灾害,而且还制约着煤炭工业生产的发展,乃至整个国民经济和社会的可持续发展。而瓦斯灾害事故在矿业灾害事故中最为突出,是我国矿业发展中亟待解决的重大问题。

[0004] 煤与瓦斯突出是一个极其复杂的动力灾害现象,是煤矿井下含瓦斯煤岩体呈粉碎状从煤岩层中向工作面急剧运动并伴随着大量瓦斯喷出的一种强烈的动力过程。煤与瓦斯突出实质上工作面掘进过程中,煤层应力与瓦斯压力耦合作用的结果。因此,开展应力与瓦斯压力耦合作用下工作面掘进过程扰动煤层动态试验,且通过透明材料可实现煤与瓦斯突出的实时可视化,可为煤与瓦斯突出的风险识别提供理论支撑和工程指导。

[0005] 目前,国内外学者在煤与瓦斯突出方面进行了较多研究,同时研发了多种试验装置。但是,仍缺乏一种有效的试验装置及方法来模拟真三轴应力状态下工作面掘进动态扰动煤层致煤与瓦斯突出,从而研究真三轴应力状态下工作面掘进过程中各项参数对煤与瓦斯突出的影响。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于提供一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,用于研究真三轴应力状态下工作面掘进过程中各项参数对煤与瓦斯突出的影响。

[0007] 为此,本发明所采用的技术方案为:一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一、制作试验装置;

[0009] 所述试验装置包括“凹”字形的密封腔体,所述密封腔体的凹口朝向前方,在密封腔体的前方设置有与凹口部等高、等宽的透明盒,所述透明盒的后部、顶部均敞开并正好与凹口部相连接,所述透明盒与密封腔体共用同一底板,且密封腔体的凹口部与透明盒之间左右紧挨地设置有若干透明材质的前压板,从而使密封腔体的凹口部构成试件放置腔;

[0010] 每个所述前压板均配备有前压杆,前压杆由前向后穿过透明盒与各自对应的前压板相连,每个前压板对应的前压杆各自独立控制,并通过依次卸载模拟工作面的掘进速度;

所述试件放置腔的左侧、右侧、后侧分别配备有一块侧压板,侧压板的首端插入到密封腔体的对应侧壁上,并在首端开有透气孔用于连通试件放置腔与密封腔体,每块侧压板分别配备有一根侧压杆,侧压杆由外向内穿过密封腔体与侧压板的末端相连;所述试件放置腔及透明盒的内壁上缘共用同一上垫板,所述上垫板上方前后紧挨地设置有若干上压板,每个上压板均配备有上压杆,上压杆的端头采用两块夹板之间安装球形滚珠的结构,每个上压板对应的上压杆各自独立控制,并通过施加不同的载荷,以反映煤层顶板在非均布载荷下的不均匀变形;

[0011] 所述密封腔体的侧壁上开有流体入孔,透明盒的侧壁上开有流体出孔;

[0012] 步骤二、准备煤粉,将原煤破碎研磨至要求粒径范围,通过震动筛将研磨后煤粉筛分并烘干备用;

[0013] 步骤三、型煤试件制备,将煤粉按照粒径配比要求进行混合,并按比例添加煤粉粘结剂后搅拌均匀,将煤粉装入模具压制成方形块的型煤试件;

[0014] 步骤四、型煤试件安装,将压制好的型煤试件放入试验装置的试件放置腔内;

[0015] 步骤五、施加三轴应力,对试验装置的左、右、后方的侧压杆以及前压杆、上压杆施加应力,使型煤试件受到三轴约束;

[0016] 步骤六、施加瓦斯压力,通过流体入孔向试验装置内注入瓦斯气体,瓦斯气体通过左、右、后方侧压板上的透气孔进入型煤试件内部,使型煤试件内部形成一定的瓦斯压力并保持注气压力不变后进入下一步;

[0017] 步骤七、进行试验,将前压板由左至右或由右至左按照设置的应力或位移变化速率向远离型煤试件的方向依次后撤,通过记录左、右、后方侧压板和上压板不同位置处位移量,获得煤层变形数据,同时记录流体出孔瓦斯流量变化,并从实验装置的前方观察是否发生煤与瓦斯突出;

[0018] 步骤八、同组其他试验,改变施加的三轴应力大小,或者改变瓦斯压力,重复步骤四至步骤七;

[0019] 步骤九、整理试验数据。

[0020] 作为上述方案的优选,步骤一中,所述前压板与透明盒均采用超高强韧度透明材料帕姆聚碳酸酯板制成,其强度和韧性更好。

[0021] 进一步优选为,步骤一中,所述流体入孔共两个,左右对称设置在密封腔体的后侧壁上;所述流体出孔共一个,设置在透明盒的左侧壁或右侧壁上;相应地,步骤六中,通过两个流体入孔同时向试验装置内注入瓦斯气体。采用密封腔体后侧壁左右对称进流体的方式,能使注入密封腔体的流体压力快速稳定,并均匀地通过三个方位的侧压板上的透气孔进入试件放置腔,节约试验准备时间,提高试验效率。

[0022] 进一步优选为,步骤三中,所述型煤试件为 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的方形块,相应地,步骤一中,所述试件放置腔也为 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的方形腔。

[0023] 进一步优选为,步骤二中,原煤破碎研磨后在 $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘干 $22 \sim 26$ 小时。

[0024] 本发明的有益效果:对各压板施加的应力可真实模拟煤层三轴原岩应力状态,施加瓦斯气源可模拟瓦斯压力,前压板的逐次卸载模拟工作面掘进过程,其卸载速度可模拟工作面掘进速度,通过获取各压杆的位移变化量获得型煤试件变形量,并通过透明材料可实现煤与瓦斯突出的实时可视化。本发明利用可施加真三轴应力的试验装置,并优化试验

步骤,从而对型煤试件进行采掘扰动测试,从而提供了一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,为煤矿的安全生产提供理论支撑和工程指导。

### 附图说明

[0025] 图1本试验装置的俯视状态图。

[0026] 图2图1的A-A剖视图。

[0027] 图3图1的B-B剖视图。

[0028] 图4上压板的端头局部放大图。

[0029] 图中标记如下:密封腔体1、透明盒2、前压板3、前压杆4、底板5、试件放置腔6、侧压板7、侧压杆8、上垫板9、上压板10、上压杆11、流体入孔12、流体出孔13、第一密封圈14a、第二密封圈14b、第三密封圈14c、第四密封垫14d、盖板15、螺栓16、型煤试件17。

### 具体实施方式

[0030] 下面通过实施例并结合附图,对本发明作进一步说明:

[0031] 一种工作面掘进致煤层突出可视化试验方法,包括以下步骤:

[0032] 步骤一、制作试验装置。

[0033] 结合图1—图3所示,试验装置主要由密封腔体1、透明盒2、前压板3、前压杆4、侧压板7、侧压杆8、上垫板9、上压板10、上压杆11组成。

[0034] 密封腔体1整体呈“凹”字形,密封腔体1的凹口朝向前方。

[0035] 在密封腔体1的前方设置有与凹口部等高、等宽的透明盒2。透明盒2的后部、顶部均敞开并正好与凹口部相连接。透明盒2与密封腔体1共用同一底板5,即透明盒2仅带有左、右、前侧壁。密封腔体1的凹口部与透明盒2之间左右紧挨地设置有若干透明材质的前压板3,从而使密封腔体1的凹口部构成试件放置腔6,试件放置腔6用于放置型煤试件17。

[0036] 每个前压板3均配备有前压杆4,前压杆4由前向后穿过透明盒2与各自对应的前压板3相连,每个前压板3对应的前压杆4各自独立控制,并通过依次卸载模拟工作面的掘进速度。前压板3与透明盒2均采用透明材质制成,试验者能在试验过程中观察试件表面的裂纹扩展情况。透明材质中尤以超高强韧度透明材料帕姆聚碳酸酯板为佳,其性能更优越。

[0037] 试件放置腔6的左侧、右侧、后侧分别配备有一块侧压板7,侧压板7的首端插入到密封腔体1的对应侧壁上,在侧压板7首端开有透气孔7a用于连通试件放置腔6与密封腔体1。每块侧压板7分别配备有一根侧压杆8,侧压杆8由外向内穿过密封腔体1与侧压板7的末端相连。最好是,侧压板7采用矩形外框内设竖直隔条的结构,且竖直隔条正好错开透气孔7a,从而使密封腔体1内的流体能通过透气孔7a进入试件放置腔6。

[0038] 试件放置腔6及透明盒2的内壁上缘共用同一上垫板9,上垫板9上方前后紧挨地设置有若干上压板10。每个上压板10均配备有上压杆11,上压杆11的端头采用两块夹板11a之间安装球形滚珠11b的结构(如图4所示),每个上压板10对应的上压杆11各自独立控制,并通过施加不同的载荷,以反映煤层顶板在非均布载荷下的不均匀变形。由于上压板10为多块紧挨布置,因此增设上垫板9,确保试件放置腔6的密封性,并模拟煤层顶板及采空区。

[0039] 在密封腔体1的侧壁上开有流体入孔12,通过流体入孔12向密封腔体1内通入流体;透明盒2的侧壁上开有流体出孔13,试验过程中流体经流体出孔13排出。最好是,流体入

孔12共两个,左右对称设置在密封腔体1的后侧壁上;流体出孔13共一个,设置在透明盒2的左侧壁或右侧壁上皆可。

[0040] 另外,试件放置腔6最好为长与宽相等的方形腔。

[0041] 底板5、盖板15通过螺栓16与密封腔体1的侧壁固定。为确保试验装置的密封性,可以采用底板5与密封腔体1、试件放置腔6之间设置有第一密封圈14a;密封腔体1与侧压杆8之间、密封腔体1与侧压板7之间均设置有第二密封圈14b;密封腔体1与自带的盖板15之间设置有第三密封圈14c;密封腔体1与上垫板9之间设置有第四密封垫14d。

[0042] 最好是,前压杆4与前压板3采用螺纹连接,侧压杆8与侧压板7采用螺纹连接,也可以采用其它固定连接方式。

[0043] 最好是,上压板10共七个,每个上压板10对应的上压杆11分别由各自独立的控制部分控制,以反映煤层顶板不均匀变形;前压板3共六个,每个前压板3对应的前压杆4分别由各自独立的控制部分控制,并通过依次卸载模拟工作面的掘进速度。

[0044] 该试验装置的特点:

[0045] 1、能从前后、左右及上方施加真三轴应力,且上压板的端头采用两块夹板之间安装球形滚珠的结构,通过可施加非均匀荷载,从而真实地模拟顶板的非均匀变形。

[0046] 2、前压板采用多块组合的结构,通过逐步卸载来模拟工作面掘进过程;上压板采用多块组合并优化上压杆的端头结构,上压板各自独立控制以模拟煤层顶板非均匀载荷的加载,上垫板模拟煤层顶板及采空区;相比人为手动掘进的方式,更真实地模拟了实际工况,从而提高了试验精度。

[0047] 3、试件后侧及左、右两侧的压板均设有透气孔,可由流体入孔对试件进行充气达到一定得气体压力,试件底部、前部及上部均无气源供给孔,从而能更真实的反映实际工况,提高试验精度。

[0048] 4、试验装置采用密封结构,能施加相关瓦斯压力,从而反映真实工况。

[0049] 步骤二、准备煤粉,将原煤破碎研磨至要求粒径范围,通过震动筛将研磨后煤粉筛分并烘干备用。最好是,原煤破碎研磨后在105~110℃烘干22~26小时。

[0050] 步骤三、型煤试件制备,将煤粉按照粒径配比要求进行混合,并按比例添加煤粉粘结剂后搅拌均匀,将煤粉装入模具压制成方形块的型煤试件。

[0051] 最好是,型煤试件为600mm×600mm×100mm的方形块,相应地,步骤一中,试件放置腔6也为600mm×600mm×100mm的方形腔。

[0052] 步骤四、型煤试件安装,将压制好的型煤试件放入试验装置的试件放置腔6内。

[0053] 步骤五、施加三轴应力,对试验装置的左、右、后方的侧压杆8以及前压杆4、上压杆11施加应力,使型煤试件受到三轴约束。

[0054] 步骤六、施加瓦斯压力,通过流体入孔12向试验装置内注入瓦斯气体,瓦斯气体通过左、右、后方侧压板7上的透气孔7a进入型煤试件内部,使型煤试件内部形成一定的瓦斯压力并保持注气压力不变后进入下一步。当流体入孔12共两个时,通过两个流体入孔12同时向试验装置内注入瓦斯气体。

[0055] 步骤七、进行试验,将前压板3由左至右或由右至左按照设置的应力或位移变化速率向远离型煤试件的方向依次后撤,通过记录左、右、后方侧压板7和上压板10不同位置处位移量,获得煤层变形数据,同时记录流体出孔13瓦斯流量变化,并从实验装置的前方观察

是否发生煤与瓦斯突出。

[0056] 步骤八、同组其他试验,改变施加的三轴应力大小,或者改变瓦斯压力,重复步骤四至步骤七。

[0057] 例如,将不同粒径的煤粉按照小于40目:40~60目:60~80目:80~100目:大于100目=1:1:1:1:1的质量比混合,并添加质量比为5%的乳白胶作为粘接剂压制成型煤试件,按照下表进行重复试验:

编号	三轴应力 (MPa)					瓦斯压力 (MPa)	前压杆卸载速率 (MPa/s)	前压杆卸载间隔时间 (s)	是否发生煤与瓦斯突出
	前压杆	后压杆	左压杆	右压杆	上压杆				
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.01	5	无
2					1.0				无
3					1.5				无

[0059] 按照上表所示进行重复试验,即可研究三轴应力中垂直应力(上压杆施加应力)与煤与瓦斯突出的关系。同理,可研究改变其他压杆应力、瓦斯压力等与煤与瓦斯突出的关系。

[0060] 步骤九、整理试验数据。





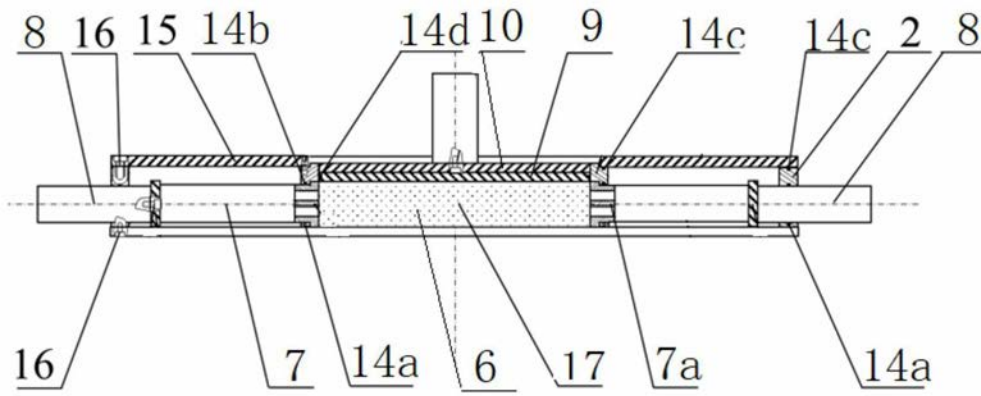


图2

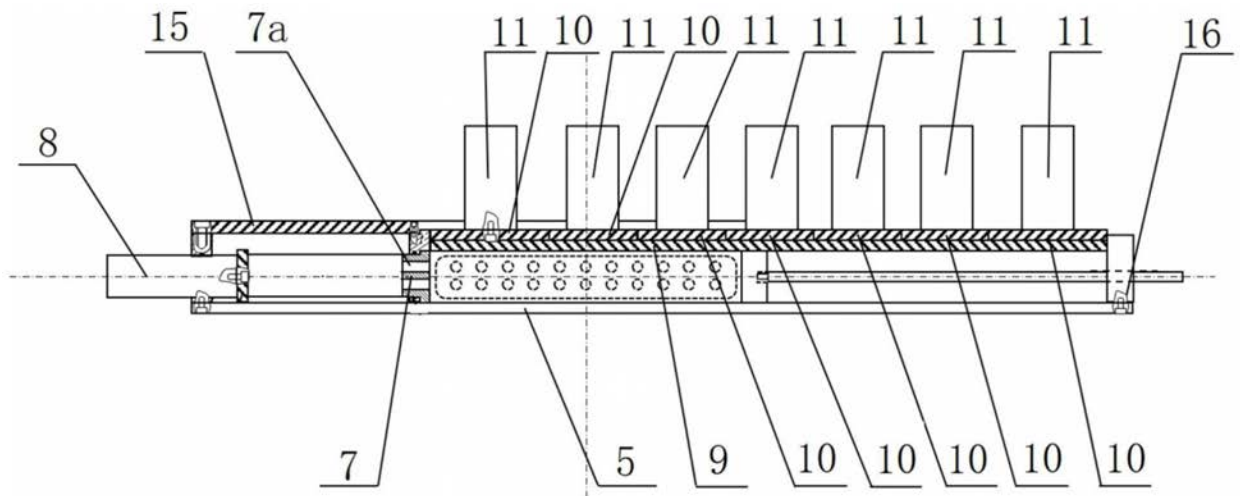


图3

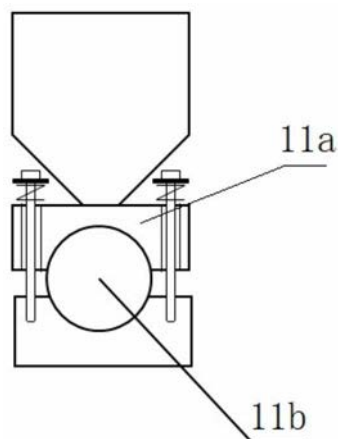


图4