



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103114851 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201310067389. 7

CN 102865059 A, 2013. 01. 09, 全文.

(22) 申请日 2013. 03. 01

CN 102134993 A, 2011. 07. 27, 全文.

(73) 专利权人 河南理工大学

US 5263360 A, 1993. 11. 23, 全文.

地址 454003 河南省焦作市高新区世纪大道  
2001 号

CN 203097887 U, 2013. 07. 31, 权利要求  
1-5.

审查员 张海燕

(72) 发明人 倪小明 张崇崇 吕润生 王延斌  
刘保民

(74) 专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通  
合伙) 41104

代理人 王聚才

(51) Int. Cl.

E21B 49/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102830630 A, 2012. 12. 19, 说明书  
21-22、26-27、29、39 段, 附图 1.

CN 201902207 U, 2011. 07. 20, 全文.

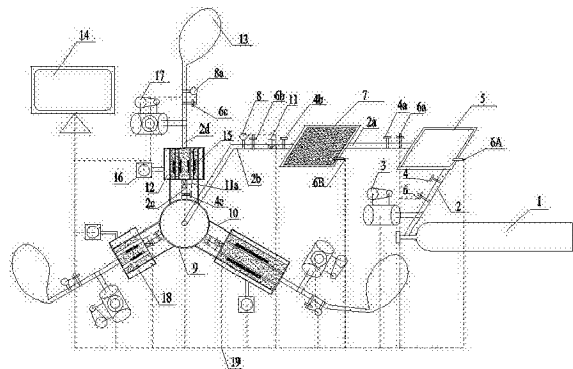
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装  
置

(57) 摘要

不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装  
置, 包括煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系  
统、产气动力模拟渗透性测试系统以及数据显  
示控制系统, 煤储层含气量模拟系统的气体出口  
与储层裂缝模拟系统的进气口连接, 储层裂缝  
模拟系统的出气口与产气动力模拟渗透性测试  
系统的进气口连接, 煤储层含气量模拟系统、  
储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试  
系统分别通过数据线与数据显示控制系统连接。  
本发明能够实时的监测排采过程中相同或不  
同煤储层含气量条件下不同裂隙发育程度、  
裂隙形态煤的产气量大小, 以便为储层改造  
泵注参数、排采工作制度提供理论指导。



1. 不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,其特征在于:包括煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统以及数据显示控制系统,煤储层含气量模拟系统的气体出口与储层裂缝模拟系统的进气口连接,储层裂缝模拟系统的出气口与产气动力模拟渗透性测试系统的进气口连接,煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统分别通过数据线与数据显示控制系统连接;

所述煤储层含气量模拟系统包括高压气瓶(1)、气体压缩机(3)、第一高压软管(2)、第二高压软管(2a)、第三高压软管(2b)、高压气体标准缸(5)和煤样缸(7),高压气瓶(1)的出口通过第一高压软管(2)与高压气体标准缸(5)的进口连接,气体压缩机(3)的出口连接在第一高压软管(2)上,第一高压软管(2)上设有第一阀门(4)和第一压力传感器(6),高压气体标准缸(5)内设有第二压力传感器(6A),高压气体标准缸(5)的出口通过第二高压软管(2a)与煤样缸(7)的进口连接,第二高压软管(2a)上设有第二阀门(4a)和第三压力传感器(6a),煤样缸(7)内设有第四压力传感器(6B),第三高压软管(2b)的进口和出口分别与煤样缸(7)的出口和储层裂缝模拟系统的进气口连接,第三高压软管(2b)上沿气流方向依次设有第三阀门(4b)、第一PID阀(11)、第五压力传感器(6b)和第一流量计(8),第一压力传感器(6)、第二压力传感器(6A)、第三压力传感器(6a)、第四压力传感器(6B)、第五压力传感器(6b)、第一PID阀(11)和第一流量计(8)通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

2. 根据权利要求1所述的不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,其特征在于:所述储层裂缝模拟系统包括均压气缸(9)、均布在均压气缸(9)周围的三组围压裂隙模拟器,每组围压裂隙模拟器均包括煤样模具(18)、第四高压软管(2c)、钢架(10)、夹持器(12)、围压泵(16)和压力感应片(15),第三高压软管(2b)的出口与均压气缸(9)的顶部中央连接,钢架(10)固定连接在均压气缸(9)上,煤样模具(18)设在钢架(10)内,夹持器(12)夹持钢架(10)外部,第四高压软管(2c)两端分别与均压气缸(9)和煤样模具(18)连接,第四高压软管(2c)上设有第二PID阀(11a)和第四阀门(4c),压力感应片(15)设在煤样模具(18)当中,围压泵(16)与煤样模具(18)连接,第二PID阀(11a)、围压泵(16)和压力感应片(15)通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

3. 根据权利要求2所述的不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,其特征在于:所述产气动力模拟渗透性测试系统包括与煤样模具(18)的出口连接的第五高压软管(2d)、与第五高压软管(2d)的出气口连接的气囊(13)以及与第五高压软管(2d)连接的真空泵(17),第五高压软管(2d)上设有第六压力传感器(6c)和第二流量计(8a),真空泵(17)、第六压力传感器(6c)和第二流量计(8a)通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

4. 根据权利要求1或2或3所述的不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,其特征在于:所述数据显示控制系统为计算机(14)。

## 不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于煤层气开发生产技术领域,尤其涉及一种不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置。

### 背景技术

[0002] 煤层气主要是以吸附状态储层在煤储层中,要把赋存在煤储层中的气体开采出来,一定的资源量是进行煤层气开采的基础,不同发育形态的裂缝系统是连接气体赋存空间与外部环境的重要纽带,为了提高煤层气的采收率,国内外研究者采用了不同的压裂工艺技术对煤储层的裂隙系统进行了改造,一定程度上使煤层气井获得了一定的产能。对于含气量大致相同的地区,采用大致相同的储层改造工艺技术,有的煤层气垂直井产气量很高,甚至达到 10000m<sup>3</sup>/d 以上,有的煤层气垂直井产气量很低,甚至几乎不产气。这些井除了地质因素对产气有影响外,最重要的煤储层原始裂隙发育程度和改造后裂隙发育程度不同,导致了产气量的差异性。

[0003] 为了获得不同裂缝系统对煤储层采收率的影响,国内外学者基于弹塑性理论建立流固耦合方程进行计算分析、有限元或有限差分法进行数值模拟等方法进行了研究。弹塑性理论未能充分的反应地质与工程因素对孔裂隙度与渗透性的相互影响,对于同种孔裂隙度下渗透性的差异性研究存在较大缺陷;而数值模拟方法与历史拟合法需要结合大量的储层地质属性资料与排采数据,但地质资料的搜集往往不完整且较不准确,模拟参数需要较多的人为调整,所得结果难以满足客观性与准确性。不同的储层压力、不同的含气量条件下,不同裂隙发育程度的煤储层,产气量的贡献到底多大?目前不能给出较正确的回答。这些问题的不明确,导致什么样的储层原始裂隙发育需要什么样的储层改造工艺技术?储层改造到什么程度才能使产气量最佳等一系列问题一直困扰着人们,这些都导致了储层改造工艺技术的盲目性,进而影响着煤层气井的产气量。

[0004] 如何针对不同的储层含气量、裂隙发育程度、不同的排采压力下导致的产气量贡献能力的不同,是明确煤层气井排采时采收率差异性,也是有的放矢的实施煤层气压裂排采工程,减少工程投资风险的重要保证。

### 发明内容

[0005] 本发明为了解决现有技术中的不足之处,提供一种不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,包括煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统以及数据显示控制系统,煤储层含气量模拟系统的气体出口与储层裂缝模拟系统的进气口连接,储层裂缝模拟系统的出气口与产气动力模拟渗透性测试系统的进气口连接,煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统分别通过数据线与数据显示控制系统连接。

[0007] 所述煤储层含气量模拟系统包括高压气瓶 1、气体压缩机 3、第一高压软管 2、第二高压软管 2a、第三高压软管 2b、高压气体标准缸 5 和煤样缸 7，高压气瓶 1 的出口通过第一高压软管 2 与高压气体标准缸 5 的进口连接，气体压缩机 3 的出口连接在第一高压软管 2 上，第一高压软管 2 上设有第一阀门 4 和第一压力传感器 6，高压气体标准缸 5 内设有第二压力传感器 6A，高压气体标准缸 5 的出口通过第二高压软管 2a 与煤样缸 7 的进口连接，第二高压软管 2a 上设有第二阀门 4a 和第三压力传感器 6a，煤样缸 7 内设有第四压力传感器 6B，第三高压软管 2b 的进口和出口分别与煤样缸 7 的出口和储层裂缝模拟系统的进气口连接，第三高压软管 2b 上沿气流方向依次设有第三阀门 4b、第一 PID 阀 11、第五压力传感器 6b 和第一流量计 8，第一压力传感器 6、第二压力传感器 6A、第三压力传感器 6a、第四压力传感器 6B、第五压力传感器 6b、第一 PID 阀 11 和第一流量计 8 通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

[0008] 所述储层裂缝模拟系统包括均压气缸 9、均布在均压气缸 9 周围的三组围压裂隙模拟器，每组围压裂隙模拟器均包括煤样模具 18、第四高压软管 2c、钢架 10、夹持器 12、围压泵 16 和压力感应片 15，第三高压软管 2b 的出口与均压气缸 9 的顶部中央连接，钢架 10 固定连接在均压气缸 9 上，煤样模具 18 设在钢架 10 内，夹持器 12 夹持钢架 10 外部，第四高压软管 2c 两端分别与均压气缸 9 和煤样模具 18 连接，第四高压软管 2c 上设有第二 PID 阀 11a 和第四阀门 4c，压力感应片 15 设在煤样模具 18 当中，围压泵 16 与煤样模具 18 连接，第二 PID 阀 11a、围压泵 16 和压力感应片 15 通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

[0009] 所述产气动力模拟渗透性测试系统包括与煤样模具 18 的出口连接的第五高压软管 2d、与第五高压软管 2d 的出气口连接的气囊 13 以及与第五高压软管 2d 连接的真空泵 17，第五高压软管 2d 上设有第六压力传感器 6c 和第二流量计 8a，真空泵 17、第六压力传感器 6c 和第二流量计 8a 通过所述数据线分别与数据显示控制系统连接。

[0010] 所述数据显示控制系统为计算机 14。

[0011] 采用上述技术方案，煤储层含气量模拟系统主要是对不同煤体、不同压力下储层含气量、解吸时气体压力与流量变化进行模拟测试。储层裂缝模拟系统主要是对相同初始压力、不同储层围压下，气体流通过模具制作的不同形态煤岩裂缝（主要是横向密集度与纵向的长度不同组合）时的压力进行实时监测，模拟不同裂缝形态下产气路径选择及压力变化。产气动力模拟与渗透性测试系统主要是对排采时裂缝中的气体压力进行监控，并收集运移出的气体。数据显示控制系统主要是对装置中动力部分、监测部分进行相连以实时操控并进行数据收集。

[0012] 本发明针对目前煤储层含气量相同或不同、储层压力相同或不同条件下煤储层裂隙发育程度不同引起的产气贡献能力大小无法准确判断的问题，导致储层改造工艺、排采工艺技术盲目性，大大增加了工程投资的问题，充分考虑煤储层特点和煤层气井的排采特点，研制出一种不同裂隙发育程度煤储层产气贡献能力大小测试系统，得出不同裂隙发育程度煤层的产气贡献，以便为储层改造泵注参数、排采工作制度提供理论指导。

[0013] 本发明能够实时的监测排采过程中相同或不同煤储层含气量条件下不同裂隙发育程度、裂隙形态煤的产气量大小，以便为储层改造泵注参数、排采工作制度提供理论指导。本发明综合考虑不同含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力、裂隙发育程度对相同孔隙

度煤岩产出气量的影响并进行准确计量,以便更好的了解这些参数对相同孔裂隙度煤岩产气贡献能力的影响程度。

## 附图说明

[0014] 图 1 是本发明的结构示意图。

## 具体实施方式

[0015] 如图 1 所示,本发明的不同裂隙发育煤层产气贡献能力大小测试装置,包括煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统以及数据显示控制系统,煤储层含气量模拟系统的气体出口与储层裂缝模拟系统的进气口连接,储层裂缝模拟系统的出气口与产气动力模拟渗透性测试系统的进气口连接,煤储层含气量模拟系统、储层裂缝模拟系统、产气动力模拟渗透性测试系统分别通过数据线 19 与数据显示控制系统。

[0016] 煤储层含气量模拟系统包括高压气瓶 1、气体压缩机 3、第一高压软管 2、第二高压软管 2a、第三高压软管 2b、高压气体标准缸 5 和煤样缸 7,高压气瓶 1 的出口通过第一高压软管 2 与高压气体标准缸 5 的进口连接,气体压缩机 3 的出口连接在第一高压软管 2 上,第一高压软管 2 上设有第一阀门 4 和第一压力传感器 6,高压气体标准缸 5 内设有第二压力传感器 6A,高压气体标准缸 5 的出口通过第二高压软管 2a 与煤样缸 7 的进口连接,第二高压软管 2a 上设有第二阀门 4a 和第三压力传感器 6a,煤样缸 7 内设有第四压力传感器 6B,第三高压软管 2b 的进口和出口分别与煤样缸 7 的出口和储层裂缝模拟系统的进气口连接,第三高压软管 2b 上沿气流方向依次设有第三阀门 4b、第一 PID 阀 11、第五压力传感器 6b 和第一流量计 8,第一压力传感器 6、第二压力传感器 6A、第三压力传感器 6a、第四压力传感器 6B、第五压力传感器 6b、第一 PID 阀 11 和第一流量计 8 通过所述数据线 19 分别与数据显示控制系统连接。

[0017] 煤储层含气量模拟系统主要是模拟不同储层压力下、不同变质程度的煤中含气量。通过高压气瓶 1 与气体压缩机 3 的气体进入高压气体标准缸 5,通过平衡高压气体标准缸 5 与煤样缸 7 中的压力,并实施记录,得出兰氏体积和兰氏压力,通过这两个参数,设置煤样缸 7 中的压力,从而得出煤样缸 7 中吸附的气体量。高压气瓶 1 主要提供标准缸中平衡气体及提供煤样缸 7 中吸附气;高压气瓶 1 中的气体可以是  $\text{CO}_2$ 、也可以是  $\text{CH}_4$  气体(最好是  $\text{CH}_4$  气体)。气体压缩机 3 主要是当高压气瓶 1 中的压力不够时提供压力,以满足实验要求。第一高压软管 2 主要用来输送气体。高压气体标准缸 5 主要用来平衡气体。煤样缸 7 用来装煤样,并通过与高压气体标准缸 5 平衡,得出兰氏体积和兰氏压力,以及煤样缸 7 的吸附气量。

[0018] 平衡吸附管路由第二高压软管 2a、标准高压气缸 5(容积拟为  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ )、第三压力传感器 6a、第二阀门 4a、煤样缸 7(容积为  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ ,同煤样大小,且缸体上只有第四压力传感器 6B)组成;高压气体由第一高压软管 2 注入到高压气体标准缸 5,由第一压力传感器 6 监控压力,根据实验要求,当压力满足时,关闭第一阀门 4,打开第二阀门 4a,煤样缸 7 与高压气体标准缸 5 连通开始吸附,根据等温吸附原理测试煤样的兰氏体积  $V_L$  和兰氏压力  $P_L$ ;根据实验要求,选取不同的压力点,待吸附平衡,关闭第二阀门 4a,由第

三压力传感器 6a 记录吸附平衡压力,根据第一压力传感器 6 与第三压力传感器 6a 的记录,结合高压气体标准缸 5 与煤样缸 7 体积,假设气体全部吸附,由计算机计算出不同压力下的煤岩吸附量。

[0019] 解吸注入管路由第三高压软管 2b、第三阀门 4b、第一 PID 阀 11 (PID 阀门能实现设置压差,来控制阀门打开与关闭,压差值可根据具体情况自由设定,压差可从 0.01MPa ~ 10MPa 不等, PID 阀门可满足 10MPa 以下的压力)、第五压力传感器 6b、第一流量计 8 组成;根据实验要求通过第一 PID 阀 11 设置解吸初始压力,打开第三阀门 4b,气体注入到均压气缸 9,由均压气缸 9 进入裂缝模拟系统。气体流量通过由第五压力传感器 6b 与第一流量计 8 实时监测压力与含气量的变化。

[0020] 储层裂缝模拟系统包括均压气缸 9、均布在均压气缸 9 周围的三组围压裂隙模拟器,每组围压裂隙模拟器均包括煤样模具 18、第四高压软管 2c、钢架 10、夹持器 12、围压泵 16 和压力感应片 15,第三高压软管 2b 的出口与均压气缸 9 的顶部中央连接,钢架 10 固定连接在均压气缸 9 上,煤样模具 18 设在钢架 10 内,夹持器 12 夹持钢架 10 外部,第四高压软管 2c 两端分别与均压气缸 9 和煤样模具 18 连接,第四高压软管 2c 上设有第二 PID 阀 11a 和第四阀门 4c,压力感应片 15 设在煤样模具 18 当中,围压泵 16 与煤样模具 18 连接,第二 PID 阀 11a、围压泵 16 和压力感应片 15 通过所述数据线 19 分别与数据显示控制系统连接。

[0021] 储层裂缝模拟系统主要是通过煤样模具 18 来模拟不同裂隙发育程度的煤储层。煤样模具 18 主要用来模拟不同煤储层裂隙。煤样模具 18 可以采用金属材料,也可以采用其他材料制作好不同裂隙密集度、长度、宽度等不同的模具后,用煤粉填充制作而成。裂隙边缘均布置压力感应片 15,均压气缸 9 用来把气体分压到三条管路中,由容积为 R20cm×H20cm 的圆柱体组成。钢架 10 主要起固定煤样模具 18、夹持器 12 的作用。夹持器 12 主要用来放置制作的裂缝煤样模具 18,并提供围压模拟储层裂缝。围压泵 16 主要提供围压,用来模拟煤储层压力。压力感应片 15 用来实时记录压力的变化。

[0022] 圆柱体的均压气缸 9 顶部中心与第三高压软管 2b 相连,边缘处相连三条相邻管路角度均为 120 度的第四高压软管 2c;三条管路 2c 均依次连接着第四阀门 4c、第二 PID 阀 11a;夹持器 12 中放入制作的不同形态的裂缝煤样模具 18,模拟研究不同形态裂缝对产气贡献的影响,并与围压泵 16 相连。根据实验要求设定三个围压泵 16 的功率,模拟研究围压的不同对裂缝系统产气贡献能力的影响,设定第二 PID 阀 11a,根据实验要求使其差值相同以模拟储层气体运移至不同裂缝系统时相同的初始压力。气体由第三高压软管 2b 注入,待均压气缸 9 各处气压稳定,同时打开三个第四阀门 4c,气体流入裂缝煤样模具 18 中,煤样模具 18 中布置压力感应片 15 以记录流入气体压力变化。

[0023] 产气动力模拟渗透性测试系统包括与煤样模具 18 的出口连接的第五高压软管 2d、与第五高压软管 2d 的出气口连接的气囊 13 以及与第五高压软管 2d 连接的真空泵 17,第五高压软管 2d 上设有第六压力传感器 6c 和第二流量计 8a,真空泵 17、第六压力传感器 6c 和第二流量计 8a 通过所述数据线 19 分别与数据显示控制系统连接。

[0024] 产气动力模拟与渗透性测试系统主要是模拟储层气体运移动力及进行不同裂缝煤体的渗透性测试。主要由与裂缝模拟系统中夹持器相连的三条气压管路组成。每条气压管路均由第五高压软管 2d、气囊 13、第二流量计 8a、第六压力传感器 6c、真空泵 17 组成。根据实验要求设置这三条管路中的真空泵功率,提供负压模拟产气动力。通过第六压力传感

器 6c 和第二流量计 8a 计量气体不同管路气体产出量及压力值,结合第三高压气管 2b 中第五压力传感器 6b,通过计算机 14 计算得出各个管路中的渗透性,产出气体通过气囊 13 收集。

[0025] 数据显示控制系统为计算机 14。数据显示控制系统主要利用计算机 14 通过数据线 19 与各个系统中的动力装置及计量器相连,监控整个实验,控制泵注功率、记录实验中压力与流量变化并对吸附气量、渗透性等进行计算。

[0026] 本发明具体实验步骤如下:

[0027] (1) 煤样采集与不同裂缝煤样制备

[0028] 根据实验要求,采集测试区储层煤样,切割制作规格 30cm×30cm×30cm 的吸附煤样;将煤块磨成煤粉,通过模具胶结制作孔隙度相同的不同裂缝煤样模具 18。

[0029] (2) 气密性检查

[0030] 依照图 1 连接各装置与管路,向各系统注入少量气体,检查装置气密性。

[0031] (3) 实验分组

[0032] 根据实验要求进行分组分步实验,拟分为如下两组:

[0033] ①同裂缝形态煤样实验分组

[0034] 依据测试区制作的同裂缝形态煤样依据横向与纵向截面裂缝形态的差异进行分组;设置气体压缩机 3 的功率;设置三条第四高压气管 2c 中第二 PID 阀 11a 和围压泵 16 功率,使第二 PID 阀 11a 开启条件与围压泵 16 功率相同;设置三条第四高压气管 2d 中真空泵 17 功率,使三个真空泵 17 功率相同。

[0035] 分组研究相同含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力下不同裂缝形态对煤样产气贡献能力的影响。

[0036] 依照上述步骤重新设定,进行不同裂缝形态下另一组相同含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力,进行对比试验。

[0037] ②相同裂缝形态煤样实验分组

[0038] 将测试区煤块制作为相同裂缝形态煤样,设置不同的气体压缩机 3、围压泵 16、真空泵 17 功率与第二 PID 阀 11a。

[0039] 分组研究不同含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力对相同裂缝形态煤样产气贡献能力的影响。

[0040] 制作另一组相同裂缝形态煤样,依照上述不走改变含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力,进行对比试验。

[0041] (4) 实验与数据收集

[0042] 对以上所分各组,分别进行实验;通过计算机实时记录各组实验中的动力装置功率、压力、流量值。

[0043] (5) 数据整理与耦合分析

[0044] 对各组实验测得功率、压力、流量值进行计算,获取不同裂缝形态煤样渗透率;结合各组实验数据进行分析,耦合得出不同裂缝形态对煤样产气贡献的影响,得出相同或不同裂缝形态、相同或不同含气量、解吸初始压力、围压、抽采动力对煤岩产气贡献的大小。

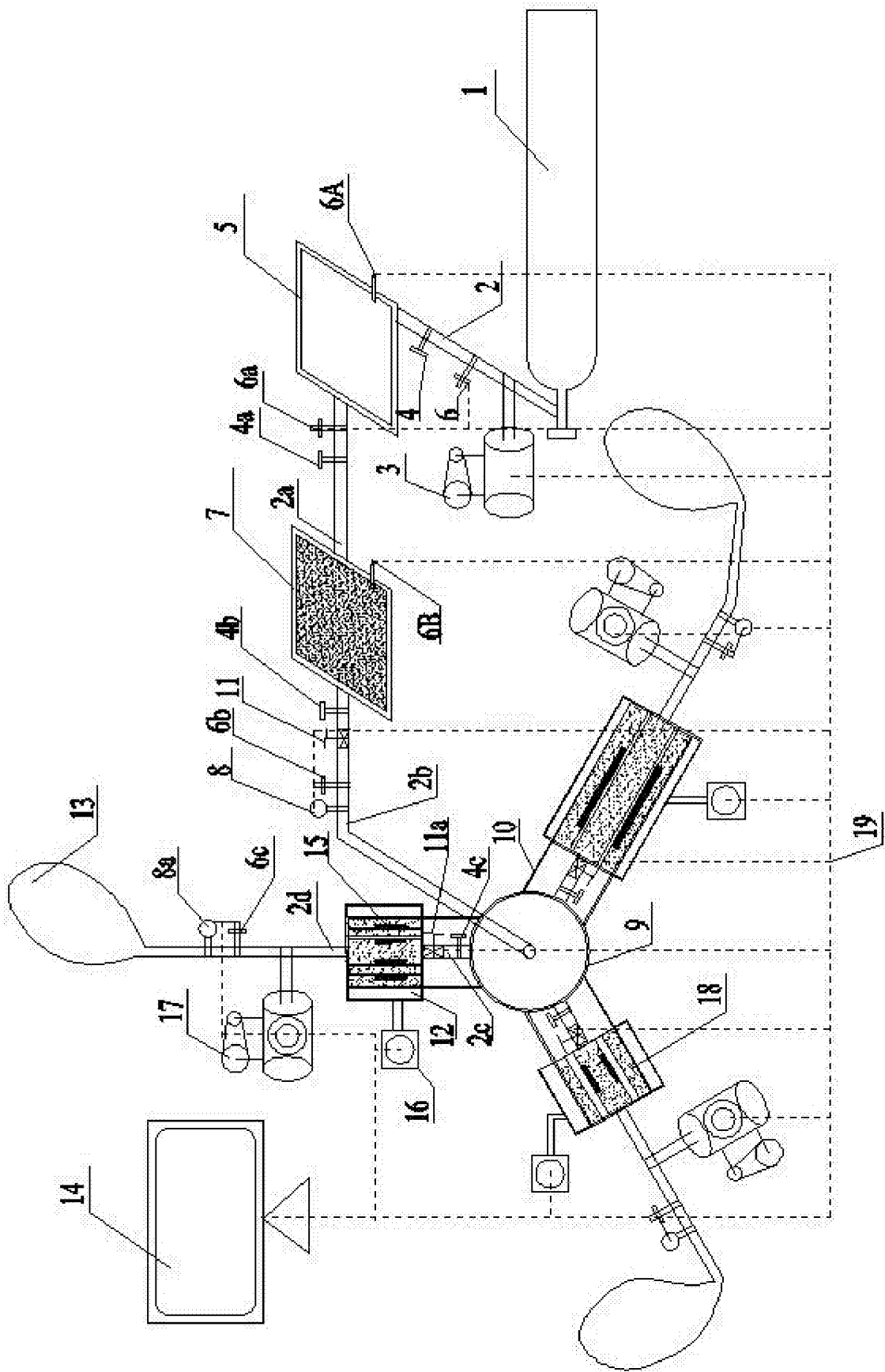


图 1