



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102980709 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201210512962. 6

1-4.

(22) 申请日 2012. 12. 04

陈亮等. 北山深部花岗岩不同应力状态下声发射特征研究. 《岩石力学与工程学报》. 2012, 第31卷第3618-3624页.

(73) 专利权人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号

任浩楠. 三轴循环荷载下大理岩阻尼参数的试验研究. 《长江科学院院报》. 2011, 第28卷(第11期), 第72-76页.

(72) 发明人 刘建锋 谢和平 徐进 鞠杨

左建平等. 深部煤岩单体及组合体的破坏机制与力学特性研究. 《岩石力学与工程学报》. 2011, 第30卷(第1期), 第84-92页.

邓建辉 王璐 裴建良 张茹  
戴峰 王昱飞 刘涛 边宇

(74) 专利代理机构 成都科海专利事务有限责任公司 51202

审查员 张鲁鲁

代理人 黄幼陵 马新民

(51) Int. Cl.

G01L 9/00(2006. 01)

G01F 1/34(2006. 01)

G01N 15/08(2006. 01)

G01N 3/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202204808 U, 2012. 04. 25, 全文.

JP 特开 2000-39377 A, 2010. 02. 08, 全文.

CN 202938955 U, 2013. 05. 15, 权利要求

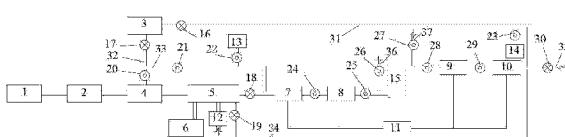
权利要求书3页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

气体压力和流量测试装置及其应用

(57) 摘要

本发明所述压力和流量测试装置有三种结构: 1. 包括气源、第一气体储存器、第二气体储存器、第三气体储存器、第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表、数据处理器、第一气体输出管和第二气体输出管; 2. 在第一种机构的基础上增加空气压缩机、空气干燥机、增压机; 3. 在第二种机构的基础上增加第三气体输出管和第四气体输出管。本发明所述气体压力和流量测试装置可在瓦斯渗透模拟试验中应用, 也可在溶腔内压模拟试验中应用。



1. 一种气体压力和流量测试装置,其特征在于包括气源(3)、第一气体储存器(5)、第二气体储存器(13)、第三气体储存器(14)、第一流量计(7)、第二流量计(10)、第一压力表(8)、第二压力表(9)、数据处理器(11)、第一气体输出管(32)和第二气体输出管(34)；

所述第一气体储存器(5)、第一流量计(7)通过管件串联连接,所述第一压力表(8)通过管件分别与第一流量计(7)和三轴压力试验机中的三轴压力室(15)的第二管路(47)连接,所述第二压力表(9)通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室(15)的第一管路(46)和第二流量计(10)连接,第二流量计(10)还与总排气管(35)连接,在总排气管(35)上设置有第三减压阀(30)；

第一气体储存器(5)与第一流量计(7)之间的管件上设置有第二减压阀(18),第一流量计(7)与第一压力表(8)之间的管件上设置有第一截止阀(24),第一压力表(8)与三轴压力室(15)之间的管件上设置有第二截止阀(25),三轴压力室(15)与第二压力表(9)之间的管件上设置有第三截止阀(28),第二压力表(9)与第二流量计(10)之间的管件上设置有第四截止阀(29),第二截止阀(25)与三轴压力室(15)之间的管件上连接有第一检验管(36),所述第一检验管上设置有第五截止阀(26),三轴压力室(15)与第三截止阀(28)之间的管件上连接有第二检验管(37),所述第二检验管上设置有第六截止阀(27)；

所述气源(3)通过第一气体输出管(32)与第一气体储存器(5)连接,第一气体输出管上设置有第一减压阀(17)；

所述第二气体储存器(13)通过管件连接在第二减压阀(18)与第一流量计(7)之间的管件上,在连接第二气体储存器(13)的管件上设置有第七截止阀(22)；

所述第三气体储存器(14)通过管件与总排气管(35)连接,其连接位点在第三减压阀(30)与第二流量计(10)之间,在连接第三气体储存器(14)的管件上设置有第八截止阀(23)；

所述第一气体储存器(5)连接有真空泵(6),并通过第二气体输出管(34)与总排气管(35)连接,在第二气体输出管(34)上设置有第四减压阀(19)；

所述数据处理器(11)的接口分别与第一流量计(7)、第二流量计(10)、第一压力表(8)、第二压力表(9)连接,将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

2. 一种气体压力和流量测试装置,其特征在于包括空气压缩机(1)、空气干燥机(2)、增压机(4)、气源(3)、第一气体储存器(5)、第二气体储存器(13)、第三气体储存器(14)、第一流量计(7)、第二流量计(10)、第一压力表(8)、第二压力表(9)、数据处理器(11)、第一气体输出管(32)和第二气体输出管(34)；

所述第一气体储存器(5)、第一流量计(7)通过管件串联连接,所述第一压力表(8)通过管件分别与第一流量计(7)和三轴压力试验机中的三轴压力室(15)的第二管路(47)连接,所述第二压力表(9)通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室(15)的第一管路(46)和第二流量计(10)连接,第二流量计(10)还与总排气管(35)连接,在总排气管(35)上设置有第三减压阀(30)；

第一气体储存器(5)与第一流量计(7)之间的管件上设置有第二减压阀(18),第一流量计(7)与第一压力表(8)之间的管件上设置有第一截止阀(24),第一压力表(8)与三轴压力室(15)之间的管件上设置有第二截止阀(25),三轴压力室(15)与第二压力表(9)之

间的管件上设置有第三截止阀 (28), 第二压力表 (9) 与第二流量计 (10) 之间的管件上设置有第四截止阀 (29), 第二截止阀 (25) 与三轴压力室 (15) 之间的管件上连接有第一检验管 (36), 所述第一检验管上设置有第五截止阀 (26), 三轴压力室 (15) 与第三截止阀 (28) 之间的管件上连接有第二检验管 (37), 所述第二检验管上设置有第六截止阀 (27);

所述空气压缩机 (1)、空气干燥机 (2)、增压机 (4) 依次串联连接, 增压机 (4) 的气体输出口通过管件与第一气体储存器 (5) 连接, 所述气源 (3) 通过第一气体输出管 (32) 与增压机 (4) 连接, 在第一气体输出管上设置有第一减压阀 (17);

所述第二气体储存器 (13) 通过管件连接在第二减压阀 (18) 与第一流量计 (7) 之间的管件上, 在连接第二气体储存器 (13) 的管件上设置有第七截止阀 (22);

所述第三气体储存器 (14) 通过管件与总排气管 (35) 连接, 其连接位点在第三减压阀 (30) 与第二流量计 (10) 之间, 在连接第三气体储存器 (14) 的管件上设置有第八截止阀 (23);

所述第一气体储存器 (5) 连接有真空泵 (6), 设置有安全阀 (12), 并通过第二气体输出管 (34) 与总排气管 (35) 连接, 在第二气体输出管 (34) 上设置有第四减压阀 (19);

所述数据处理器 (11) 的接口分别与第一流量计 (7)、第二流量计 (10)、第一压力表 (8)、第二压力表 (9) 连接, 将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

3. 一种气体压力和流量测试装置, 其特征在于包括空气压缩机 (1)、空气干燥机 (2)、增压机 (4)、气源 (3)、第一气体储存器 (5)、第二气体储存器 (13)、第三气体储存器 (14)、第一流量计 (7)、第二流量计 (10)、第一压力表 (8)、第二压力表 (9)、数据处理器 (11)、第一气体输出管 (32)、第二气体输出管 (34)、第三气体输出管 (31) 和第四气体输出管 (33);

所述第一气体储存器 (5)、第一流量计 (7) 通过管件串联连接, 所述第一压力表 (8) 通过管件分别与第一流量计 (7) 和三轴压力试验机中的三轴压力室 (15) 的第二管路 (47) 连接, 所述第二压力表 (9) 通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室 (15) 的第一管路 (46) 和第二流量计 (10) 连接, 第二流量计 (10) 还与总排气管 (35) 连接, 在总排气管 (35) 上设置有第三减压阀 (30);

第一气体储存器 (5) 与第一流量计 (7) 之间的管件上设置有第二减压阀 (18), 第一流量计 (7) 与第一压力表 (8) 之间的管件上设置有第一截止阀 (24), 第一压力表 (8) 与三轴压力室 (15) 之间的管件上设置有第二截止阀 (25), 三轴压力室 (15) 与第二压力表 (9) 之间的管件上设置有第三截止阀 (28), 第二压力表 (9) 与第二流量计 (10) 之间的管件上设置有第四截止阀 (29), 第二截止阀 (25) 与三轴压力室 (15) 之间的管件上连接有第一检验管 (36), 所述第一检验管上设置有第五截止阀 (26), 三轴压力室 (15) 与第三截止阀 (28) 之间的管件上连接有第二检验管 (37), 所述第二检验管上设置有第六截止阀 (27);

所述空气压缩机 (1)、空气干燥机 (2)、增压机 (4) 依次串联连接, 增压机 (4) 的气体输出口通过管件与第一气体储存器 (5) 连接, 所述气源 (3) 通过第一气体输出管 (32) 与增压机 (4) 连接, 在第一气体输出管上设置有第一减压阀 (17) 和第九截止阀 (20), 第一减压阀 (17) 靠近气源, 第九截止阀 (20) 靠近增压机;

所述第三气体输出管 (31) 的一端与气源 (3) 连接, 其另一端与总排气管 (35) 连接, 在第三气体输出管上设置有第五减压阀 (16);

所述第四气体输出管(33)的一端与第一气体输出管(32)连接,其连接位点在第一减压阀(17)与第九截止阀(20)之间,第四气体输出管(33)的另一端连接在第二减压阀(18)与第一流量计(7)之间的管件上,在第四气体输出管(33)上设置有第十截止阀(21);

所述第二气体储存器(13)通过管件与第四气体输出管(33)连接,其连接位点在第十截止阀(21)之后;

所述第三气体储存器(14)通过管件与第三气体输出管(31)连接,其连接位点在第五减压阀(16)之后,在连接第三气体输出管与第三气体储存器(14)的所述管件上设置有第八截止阀(23);

所述第一气体储存器(5)连接有真空泵(6),设置有安全阀(12),并通过第二气体输出管(34)与总排气管(35)连接,在第二气体输出管(34)上设置有第四减压阀(19);

所述数据处理器(11)的接口分别与第一流量计(7)、第二流量计(10)、第一压力表(8)、第二压力表(9)连接,将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

4. 根据权利要求1至3中任一权利要求所述一种气体压力和流量测试装置,其特征在于所述数据处理器(11)为计算机或单片机。

5. 权利要求1至3中任一权利要求所述一种气体压力和流量测试装置在瓦斯渗透模拟试验中的应用。

6. 权利要求4所述一种气体压力和流量测试装置在瓦斯渗透模拟试验中的应用。

7. 权利要求1至3中任一权利要求所述一种气体压力和流量测试装置在溶腔内压模拟试验中的应用。

8. 权利要求4所述一种气体压力和流量测试装置在溶腔内压模拟试验中的应用。

## 气体压力和流量测试装置及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于气体压力和流量测试领域,特别涉及一种用于煤岩瓦斯压力下的渗透模拟测试和天然气储气库内压力变化模拟测试的装置。

### 背景技术

[0002] 地下埋藏的煤炭中通常含有瓦斯气体,并具有一定压力,在煤炭开采过程中对煤岩体的扰动,会造成煤岩体内部出现裂纹及发生破坏,当煤炭中的瓦斯气体沿煤岩体裂隙通道在一定空间内聚集的压力和浓度达到一定量值时,则会导致瓦斯突出及瓦斯爆炸等灾害事故。因此,如何通过试验掌握在煤炭地下开采过程中高瓦斯压力对煤岩体的力学行为影响,以及开采扰动造成的煤岩体破坏对瓦斯在煤岩体中渗透性的影响,不仅对于如何有效预防灾害事故的发生研究尤为重要,也更是当今试验测试中需解决的难题。

[0003] 此外,地下天然气储气库的运营过程中,溶腔内压呈周期性的高压和低压循环,会导致溶腔围岩出现疲劳损伤,如何通过试验对溶腔在内压周期性变化过程中的疲劳特性进行模拟试验,以及在实验室对天然气开采过程中裂纹形成过程和分布特征进行模拟和研究,目前也还缺乏可以进行有效测试的相关设备。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供气体压力和流量测试装置,该装置不仅可进行瓦斯压力模拟测试和天然气储气库内压力变化模拟测试,而且解决了在瓦斯压力模拟测试中对瓦斯气体加温和加高压的难题,以及解决了在模拟测试中防止因施加围压压力造成试件保护膜局部失效而导致三轴围压液体进入气体渗透系统对流量计造成损坏的难题。

[0005] 本发明所述压力和流量测试装置有以下三种结构,但其属于一个总的发明构思。

[0006] 1、第一种结构的气体压力和流量测试装置

[0007] 此种气体压力和流量测试装置包括气源、第一气体储存器、第二气体储存器、第三气体储存器、第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表、数据处理器、第一气体输出管和第二气体输出管;所述第一气体储存器、第一流量计通过管件串联连接,所述第一压力表通过管件分别与第一流量计和三轴压力试验机中的三轴压力室的第二管路连接,所述第二压力表通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室的第一管路和第二流量计连接,第二流量计还与总排气管连接,在总排气管上设置有第三减压阀;第一气体储存器与第一流量计之间的管件上设置有第二减压阀,第一流量计与第一压力表之间的管件上设置有第一截止阀,第一压力表与三轴压力室之间的管件上设置有第二截止阀,三轴压力室与第二压力表之间的管件上设置有第三截止阀,第二压力表与第二流量计之间的管件上设置有第四截止阀,第二截止阀与三轴压力室之间的管件上连接有第一检验管,所述第一检验管上设置有第五截止阀,三轴压力室与第三截止阀之间的管件上连接有第二检验管,所述第二检验管上设置有第六截止阀;所述气源通过第一气体输出管与第一气体储存器连接,第一气体输出管上设置有第一减压阀;所述第二气体储存器通过管件连接在第二减压阀与第

一流量计之间的管件上,在连接第二气体储存器的管件上设置有第七截止阀;所述第三气体储存器通过管件与总排气管连接,其连接位点在第三减压阀与第二流量计之间,在连接第三气体储存器的管件上设置有第八截止阀;所述第一气体储存器连接有真空泵,并通过第二气体输出管与总排气管连接,在第二气体输出管上设置有第四减压阀;所述数据处理器的接口分别与第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表连接,将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

[0008] 2、第二种结构的气体压力和流量测试装置

[0009] 此种气体压力和流量测试装置包括空气压缩机、空气干燥机、增压机、气源、第一气体储存器、第二气体储存器、第三气体储存器、第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表、数据处理器、第一气体输出管和第二气体输出管;所述第一气体储存器、第一流量计通过管件串联连接,所述第一压力表通过管件分别与第一流量计和三轴压力试验机中的三轴压力室的第二管路连接,所述第二压力表通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室的第一管路和第二流量计连接,第二流量计还与总排气管连接,在总排气管上设置有第三减压阀;第一气体储存器与第一流量计之间的管件上设置有第二减压阀,第一流量计与第一压力表之间的管件上设置有第一截止阀,第一压力表与三轴压力室之间的管件上设置有第二截止阀,三轴压力室与第二压力表之间的管件上设置有第三截止阀,第二压力表与第二流量计之间的管件上设置有第四截止阀,第二截止阀与三轴压力室之间的管件上连接有第一检验管,所述第一检验管上设置有第五截止阀,三轴压力室与第三截止阀之间的管件上连接有第二检验管,所述第二检验管上设置有第六截止阀;所述空气压缩机、空气干燥机、增压机依次串联连接,增压机的气体输出口通过管件与第一气体储存器连接,所述气源通过第一气体输出管与增压机连接,在第一气体输出管上设置有第一减压阀;所述第二气体储存器通过管件连接在第二减压阀与第一流量计之间的管件上,在连接第二气体储存器的管件上设置有第七截止阀;所述第三气体储存器通过管件与总排气管连接,其连接位点在第三减压阀与第二流量计之间,在连接第三气体储存器的管件上设置有第八截止阀;所述第一气体储存器连接有真空泵,设置有安全阀,并通过第二气体输出管与总排气管连接,在第二气体输出管上设置有第四减压阀;所述数据处理器的接口分别与第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表连接,将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

[0010] 3、第三种结构的气体压力和流量测试装置

[0011] 此种气体压力和流量测试装置包括空气压缩机、空气干燥机、增压机、气源、第一气体储存器、第二气体储存器、第三气体储存器、第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表、数据处理器、第一气体输出管、第二气体输出管、第三气体输出管和第四气体输出管;所述第一气体储存器、第一流量计通过管件串联连接,所述第一压力表通过管件分别与第一流量计和三轴压力试验机中的三轴压力室的第二管路连接,所述第二压力表通过管件分别与三轴压力试验机中的三轴压力室的第一管路和第二流量计连接,第二流量计还与总排气管连接,在总排气管上设置有第三减压阀;第一气体储存器与第一流量计之间的管件上设置有第二减压阀,第一流量计与第一压力表之间的管件上设置有第一截止阀,第一压力表与三轴压力室之间的管件上设置有第二截止阀,三轴压力室与第二压力表之间的管件上设置有第三截止阀,第二压力表与第二流量计之间的管件上设置有第四截止阀,第二

截止阀与三轴压力室之间的管件上连接有第一检验管，所述第一检验管上设置有第五截止阀，三轴压力室与第三截止阀之间的管件上连接有第二检验管，所述第二检验管上设置有第六截止阀；所述空气压缩机、空气干燥机、增压机依次串联连接，增压机的气体输出口通过管件与第一气体储存器连接，所述气源通过第一气体输出管与增压机连接，在第一气体输出管上设置有第一减压阀和第九截止阀，第一减压阀靠近气源，第九截止阀靠近增压机；所述第三气体输出管的一端与气源连接，其另一端与总排气管连接，在第三气体输出管上设置有第五减压阀；所述第四气体输出管的一端与第一气体输出管连接，其连接位点在第一减压阀与第九截止阀之间，第四气体输出管的另一端连接在第二减压阀与第一流量计之间的管件上，在第四气体输出管上设置有第十截止阀；所述第二气体储存器通过管件与第四气体输出管连接，其连接位点在第十截止阀之后；所述第三气体储存器通过管件与第三气体输出管连接，其连接位点在第五减压阀之后，在连接第三气体输出管与第三气体储存器的所述管件上设置有第八截止阀；所述第一气体储存器连接有真空泵，设置有安全阀，并通过第二气体输出管与总排气管连接，在第二气体输出管上设置有第四减压阀；所述数据处理器的接口分别与第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表连接，将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存。

[0012] 上述三种气体压力和流量测试装置，其数据处理器均为计算机或单片机。

[0013] 上述三种气体压力和流量测试装置在进行瓦斯渗透模拟试验和溶腔内压模拟试验时，需要三轴压力试验机配合。

[0014] 上述三种气体压力和流量测试装置中涉及的第一气体储存器、第二气体储存器、第三气体储存器、第一流量计、第二流量计、第一压力表、第二压力表，以及空气压缩机、空气干燥机、增压机均有市售商品，可通过市场购买。

[0015] 本发明所述气体压力和流量测试装置可在瓦斯渗透模拟试验中应用，也可在溶腔内压模拟试验中应用。

[0016] 本发明具有以下有益效果：

[0017] 1、本发明为瓦斯压力模拟测试和天然气储气库内压力变化模拟测试提供了新的测试装置。

[0018] 2、本发明所述测试装置既可用于瓦斯压力模拟测试，又可用于天然气储气库内压力变化模拟测试，且操作方便。

[0019] 3、本发明所述测试装置可对模拟瓦斯气体加温或 / 和加高压，解决了在瓦斯压力模拟测试中对瓦斯气体加温和加高压的难题。

[0020] 4、由于本发明所述测试装置设置有第一检验管和第二检验管，因而便于发现模拟测试中施加围压压力造成的试件保护膜局部失效问题，有利于流量计的保护。

[0021] 5、本发明所述测试装置设置还可以拓展应用到岩石在高压、低压下气体循环变化下致使岩石中形成裂隙网络的压裂模拟研究。

## 附图说明

[0022] 图 1 是本发明所述气体压力和流量测试装置的第一种结构示意图；

[0023] 图 2 是本发明所述气体压力和流量测试装置的第二种结构示意图；

[0024] 图 3 是本发明所述气体压力和流量测试装置的第三种结构示意图；

[0025] 图 4 是三轴压力试验机中的三轴压力室的结构示意图及试件安装和管路布置示意图；

[0026] 图 5 是溶腔内压模拟试验所用试件的示意图。

[0027] 图中,1—空气压缩机、2—空气干燥机、3—气源、4—增压机、5—第一气体储存器、6—真空泵、7—第一流量计、8—第一压力表、9—第二压力表、10—第二流量计、11—数据处理器、12—安全阀、13—第二气体储存器、14—第三气体储存器、15—三轴压力室、16—第五减压阀、17—第一减压阀、18—第二减压阀、19—第四减压阀、20—第九截止阀、21—第十截止阀、22—第七截止阀、23—第八截止阀、24—第一截止阀、25—第二截止阀、26—第五截止阀、27—第六截止阀、28—第三截止阀、29—第四截止阀、30—第三减压阀、31—第三气体输出管、32—第一气体输出管、33—第四气体输出管、34—第二气体输出管、35—总排气管、36—第一检验管、37 第二检验管、38—加载立柱、39—三轴压力室外壳、40—上部加载压头、41—保护胶膜、42—瓦斯渗透模拟试件、43—下部加载压头、44—围压管路、45—三轴压力室底座、46—第一管路、47—第二管路、48—溶腔内压模拟试验所用试件、49—溶腔内压模拟试验所用试件的中心孔。

## 具体实施方式

[0028] 下面通过实施例并结合附图对本发明所述气体压力和流量测试装置的结构和使用作进一步说明。

[0029] 实施例 1

[0030] 本实施例中,气体压力和流量测试装置的结构如图 1 所示,包括气源 3、第一气体储存器 5、第二气体储存器 13、第三气体储存器 14、第一流量计 7、第二流量计 10、第一压力表 8、第二压力表 9、数据处理器 11、第一气体输出管 32、第二气体输出管 34、第一减压阀 17、第二减压阀 18、第三减压阀 30、第四减压阀 19、第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29、第五截止阀 26、第六截止阀 27、第七截止阀 22、第八截止阀 23、真空泵 6、第一检验管 36 和第二检验管 37。气源 3 为供气瓶,其初始压力为 12MPa;第一气体储存器 5 为配置有加温设施的耐高温高压缓冲容器,储存气体的温度可达 150℃,压力可达 25MPa;数据处理器 11 为计算机,安装有将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存的软件。

[0031] 本实施例中,使用的三轴压力试验机型号为 MTS815 (美国 MTS 公司生产)。

[0032] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行瓦斯渗透模拟试验的操作如下：

[0033] 1、准备阶段的操作

[0034] ①将包裹有保护胶膜 41 的瓦斯渗透模拟试件 42 安装在三轴压力试验机的三轴压力室 15 的试样台上(如图 4 所示),将三轴压力试验机中的三轴压力室的第二管路 47 通过管件与本实施例所述气体压力和流量测试装置的第一压力表 8 连接,将三轴压力试验机中的三轴压力室的第一管路 46 通过管件与本实施例所述气体压力和流量测试装置的第二压力表 9 连接(如图 1、图 4 所示),然后对瓦斯渗透模拟试件 42 施加围压压力；

[0035] ②在对瓦斯渗透模拟试件 42 施加围压压力的过程中,使第二截止阀 25 和第三截止阀 28 处于开启状态,使第一截止阀 24、第四截止阀 29、第五截止阀 26 和第六截止阀 27 处

于关闭状态,观察第一压力表 8 和第二压力表 9 是否压力增加,若压力增加,则表明被测试件保护胶膜可能破损,此时需打开与压力表相连的第五截止阀 26 和第六截止阀 27,看是否有围压液体排出,若无围压液体排出,则表明被测试件保护胶膜完好,若有围压液体排出,则表明被测试件保护胶膜破损,若被测试件保护胶膜破损,需更换被测试件;

[0036] ③待三轴压力试验机的三轴压力室 15 中的围压压力加载至目标围压后,使本实施例所述气体压力和流量测试装置中的气源 3、第三减压阀 30、第五截止阀 26 和第六截止阀 27 处于关闭状态,其它所有截止阀和减压阀均处于开启状态,然后启动真空泵 6 对管路、各气体储存器和被测试件抽真空,使压力降至  $0.08\sim0.1$  MPa,抽真空完成后关闭真空泵 6 和所有已开启的截止阀与减压阀;

[0037] 2、瓦斯渗透模拟试验阶段的操作

[0038] ①调整第一减压阀 17 到 8MPa 并开启该阀,再开启气源 3 的开关,经第一减压阀 17 减压后输出的瓦斯气体通过第一气体输出管 32 进入第一气体存储器 5 中;

[0039] ②当采用稳态法测试时,保持第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26 和第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28 和第四截止阀 29 处于开启状态,将第二减压阀 18 调整至 3MPa 并开启该阀,开启第三减压阀 30,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据;

[0040] 当进行瞬态法测试时,保持第五截止阀 26、第六截止阀 27 及第三减压阀 30 处于关闭状态,使第七截止阀 22、第八截止阀 23、第一截止阀 24 和第四截止阀 29 处于开启状态,将第二减压阀 18 调整至 4MPa、第四减压阀 19 调整至 7MPa 并开启,使第二气体储存器 13、第三气体储存器 14 中分别储存满压力为 4MPa 和 7MPa 的瓦斯气体,继后关闭第二减压阀 18 和第四减压阀 19,同时打开第二截止阀 25 和第三截止阀 28,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0041] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行溶腔内压模拟试验的操作如下:

[0042] 1、准备阶段的操作

[0043] 将包裹有保护胶膜 41 的溶腔内压模拟试件 48 安装在三轴压力试验机的三轴压力室 15 的试样台上,其它操作与上述进行瓦斯渗透模拟试验时准备阶段的操作相同。

[0044] 2、溶腔内压模拟试验阶段的操作

[0045] ①调整第一减压阀 17 到 9MPa 并开启该阀,再开启气源 3 的开关,经第一减压阀 17 减压后输出的气体通过第一气体输出管 32 进入第一气体存储器 5 中;

[0046] ②保持第二减压阀 18、第八截止阀 23、第二截止阀 25、第五截止阀 26 和第六截止阀 27 处于关闭状态,使第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第四减压阀 19 到 8MPa 并开启该阀,使三轴压力室 15 中被测试件 48 内的气压保持至预定时间 30min,继后关闭第四减压阀 19,将第三减压阀 30 压力调整至 3MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 3MPa;重复上述操作 30 次;

[0047] 或保持第四减压阀 19、第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26 和第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28 和第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到 8MPa 并开启该阀,使三轴压力室 15 中被测试件 48 内的气压保持至预定时间 30min,继后关闭第二减压阀 18,将第三减压阀 30 压力调整至 3MPa 并

开启,释放被测试件 48 内的压力到 3MPa ;重复上述操作 30 次 ;

[0048] 测试过程中,启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0049] 实施例 2

[0050] 本实施例中,气体压力和流量测试装置的结构如图 2 所示,包括空气压缩机 1、空气干燥机 2、增压机 4、气源 3、第一气体储存器 5、第二气体储存器 13、第三气体储存器 14、第一流量计 7、第二流量计 10、第一压力表 8、第二压力表 9、数据处理器 11、第一气体输出管 32、第二气体输出管 34、第一减压阀 17、第二减压阀 18、第三减压阀 30、第四减压阀 19、第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29、第五截止阀 26、第六截止阀 27、第七截止阀 22、第八截止阀 23、真空泵 6、第一检验管 36 和第二检验管 37。气源 3 为供气瓶,其初始压力为 12MPa ;第一气体储存器 5 为配置有加温设施的耐高温高压缓冲容器,储存气体的温度可达 150°C,压力可达 25MPa ;数据处理器 11 为计算机,安装有将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存的软件。

[0051] 本实施例中,使用的三轴压力试验机型号为 MTS815 (美国 MTS 公司生产)。

[0052] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行瓦斯渗透模拟试验的操作如下 :

[0053] 1、准备阶段的操作

[0054] 准备阶段的操作与实施例 1 中瓦斯渗透模拟试验准备阶段的操作相同。

[0055] 2、瓦斯渗透模拟试验阶段的操作

[0056] ①启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的瓦斯气体经第一减压阀 17 输入增压机 4,用干燥后的空气对瓦斯气体进行增压至 18MPa 后输入到第一气体储存器 5 中 ;

[0057] 或启动启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的瓦斯气体经第一减压阀 17 输入增压机 4,用干燥后的空气对瓦斯气体进行增压至 18MPa 后输入到第一气体储存器 5 中,然后对增压后的瓦斯气体加温至 120°C ;

[0058] ②当进行稳态法渗透测试时,保持第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 至 10MPa 后并打开,打开第三减压阀 30,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据 ;

[0059] 当进行瞬态法测试时,保持第五截止阀 26、第六截止阀 27、第三减压阀 30 处于关闭状态,使第七截止阀 22、第八截止阀 23、第一截止阀 24、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到目标渗透压力 4MPa、第四减压阀 19 到目标渗透压力 8MPa,使第二气体储存器 13、第三气体储存器 14 中分别储存满 4MPa 和 8MPa 的瓦斯气体,然后关闭第二减压阀 18、第四减压阀 19,再同时打开第二截止阀 25、第三截止阀 28,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0060] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行溶腔内压模拟试验的操作如下 :

[0061] 1、准备阶段的操作

[0062] 将包裹有保护胶膜 41 的溶腔内压模拟试件 48 安装在三轴压力试验机的三轴压力

室 15 的试样台上,其它操作与上述进行瓦斯渗透模拟试验时准备阶段的操作相同。

[0063] 2、溶腔内压模拟试验阶段的操作

[0064] ①启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的气体经第一减压阀 17 输入增压机 4,用干燥后的空气对气源输出的气体进行增压至 17MPa 后输入到第一气体储存器 5 中;

[0065] 或启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的气体经第一减压阀 17 输入增压机 4,用干燥后的空气对气源输出的气体进行增压至 17MPa 后输入到第一气体储存器 5 中,然后对增压至后的气体加温至 120℃;

[0066] ②保持第二减压阀 18 和第八截止阀 23、第二截止阀 25、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第四减压阀 19 到 14MPa 并开启,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第四减压阀 19,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa;重复上述操作 25 次;

[0067] 或保持第四减压阀 19 和第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到 14MPa 并开启,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第二减压阀 18,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa;重复上述操作 25 次;

[0068] 测试过程中,启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0069] 实施例 3

[0070] 本实施例中,气体压力和流量测试装置的结构如图 3 所示,包括空气压缩机 1、空气干燥机 2、增压机 4、气源 3、第一气体储存器 5、第二气体储存器 13、第三气体储存器 14、第一流量计 7、第二流量计 10、第一压力表 8、第二压力表 9、数据处理器 11、第一气体输出管 32、第二气体输出管 34、第三气体输出管 31、第四气体输出管 33、第一减压阀 17、第二减压阀 18、第三减压阀 30、第四减压阀 19、第五减压阀 16、第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29、第五截止阀 26、第六截止阀 27、第七截止阀 22、第八截止阀 23、真空泵 6、第一检验管 36 和第二检验管 37。气源 3 为供气瓶,其初始压力为 12MPa;第一气体储存器 5 为配置有加温设施的耐高温高压缓冲容器,储存气体的温度可达 150℃,压力可达 25MPa;数据处理器 11 为计算机,安装有将接收到的气体流量和气体压力电信号进行处理后予以显示和储存的软件。

[0071] 本实施例中,使用的三轴压力试验机型号为 MTS815(美国 MTS 公司生产)。

[0072] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行瓦斯渗透模拟试验的操作如下:

[0073] 1、准备阶段的操作

[0074] 准备阶段的操作与实施例 1 中瓦斯渗透模拟试验准备阶段的操作相同。

[0075] 2、瓦斯渗透模拟试验阶段的操作

[0076] ①不启动空气压缩机 1、空气干燥机 2 和增压机 4,保持第九截止阀 20、第二减压阀 18 和第四减压阀 19 处于关闭状态;

[0077] 当进行稳态法渗透测试时,保持第五减压阀 16、第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第十截止阀 21、第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第一减压阀 17 到压力 5MPa,打开气源 3 和第三减压阀 30,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据;

[0078] 当进行瞬态法测试时,保持第五截止阀 26、第六截止阀 27 和第三减压阀 30 处于关闭状态,使第十截止阀 21、第七截止阀 22、第八截止阀 23、第一截止阀 24、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第五减压阀 16 到 3MPa、第一减压阀 17 到压力 5MPa 并打开,然后打开气源 3,使第二气体储存器 13、第三气体储存器 14 中分别储存满压力为 5MPa 和 3MPa 的瓦斯气体,然后关闭第五减压阀 16、第一减压阀 17,再同时打开第二截止阀 25、第三截止阀 28,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据;

[0079] ②保持第十截止阀 21 和第五减压阀 16 处于关闭状态,启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的瓦斯气体经第一减压阀 17、第九截止阀 20 输入增压机 4,用干燥后的空气对瓦斯气体进行增压至 15MPa 后输入到第一气体储存器 5 中;

[0080] 当进行稳态法渗透测试时,保持第四减压阀 19、关闭第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到渗透压力 6MPa,打开第三减压阀 30,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据;

[0081] 当进行瞬态法测试时,保持第五截止阀 26、第六截止阀 27 和第三减压阀 30 处于关闭状态,使第七截止阀 22、第八截止阀 23、第一截止阀 24、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到目标渗透压力 6MPa、第四减压阀 19 到目标渗透压力 8MPa 并打开,使第二气体储存器 13、第三气体储存器 14 中分别储存满 6MPa 和 8MPa 的气体,然后关闭第二减压阀 18、第四减压阀 19,再同时打开第二截止阀 25、第三截止阀 28,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0082] ③保持第十截止阀 21 和第五减压阀 16 处于关闭状态,启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的瓦斯气体经第一减压阀 17、第九截止阀 20 输入增压机 4,用干燥后的空气对瓦斯气体进行增压至 15MPa 后输入到第一气体储存器 5 中,然后对增压至后的空气再加温至 100℃;

[0083] 当进行稳态法渗透测试时,保持第四减压阀 19、关闭第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到渗透压力 6MPa,打开第三减压阀 30,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据;

[0084] 当进行瞬态法测试时,保持第五截止阀 26、第六截止阀 27 和第三减压阀 30 处于关闭状态,使第七截止阀 22、第八截止阀 23、第一截止阀 24、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到目标渗透压力 6MPa、第四减压阀 19 到目标渗透压力 8MPa 并打开,使第二气体储存器 13、第三气体储存器 14 中分别储存满 6MPa 和 8MPa 的气体,然后关闭第二减压阀 18、第四减压阀 19,再同时打开第二截止阀 25、第三截止阀 28,开始进行试验,并启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0085] 用本实施例所述气体压力和流量测试装置与三轴压力试验机进行溶腔内压模拟

试验的操作如下：

[0086] 1、准备阶段的操作

[0087] 将包裹有保护胶膜 41 的溶腔内压模拟试件 48 安装在三轴压力试验机的三轴压力室 15 的试样台上,其它操作与上述进行瓦斯渗透模拟试验时准备阶段的操作相同。

[0088] 2、溶腔内压模拟试验阶段的操作

[0089] ①不启动空气压缩机 1、空气干燥机 2 和增压机 4,保持第九截止阀 20、第二减压阀 18、第四减压阀 19 处于关闭状态；

[0090] 保持第一减压阀 17 和第八截止阀 23、第二截止阀 25、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第五减压阀 16 到 6MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第五减压阀 16,将第三减压阀 30 压力调整至 3MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 3MPa ;重复上述操作 30 次；

[0091] 或保持第五减压阀 16 和第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第十截止阀 21、第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第一减压阀 17 到 6MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第一减压阀 17,将第三减压阀 30 压力调整至 3MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 3MPa ;重复上述操作 30 次；

[0092] 实验过程中,启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0093] ②保持第十截止阀 21、第七截止阀 22、第八截止阀 23 和第五减压阀 16 处于关闭状态,启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的气体经第一减压阀 17、第九截止阀 20 输入增压机 4,用干燥后的空气对气源输出的气体增压至 17MPa 后输入到第一气体储存器 5 中；

[0094] 保持第二减压阀 18 和第二截止阀 25、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第四减压阀 19 到 13MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第四减压阀 19,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa ;重复上述操作 30 次；

[0095] 或保持第四减压阀 19 和第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到 13MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第二减压阀 18,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa ;重复上述操作 30 次；

[0096] 实验过程中,启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0097] ③保持第十截止阀 21、第七截止阀 22、第八截止阀 23 和第五减压阀 16 处于关闭状态,启动空气压缩机 1 对空气进行压缩,并将压缩后的空气输入空气干燥机 2 进行干燥,然后打开气源 3 的开关,将气源 3 中的气体经第一减压阀 17、第九截止阀 20 输入增压机 4,用干燥后的空气对气源输出的气体增压至 17MPa 后输入到第一气体储存器 5 中,并对增压后的气体加温至 60℃ ；

[0098] 保持第二减压阀 18 和第二截止阀 25、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状

态,使第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第四减压阀 19 到 13MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第四减压阀 19,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa;重复上述操作 30 次;

[0099] 或保持第四减压阀 19 和第七截止阀 22、第八截止阀 23、第五截止阀 26、第六截止阀 27 处于关闭状态,使第一截止阀 24、第二截止阀 25、第三截止阀 28、第四截止阀 29 处于开启状态,调节第二减压阀 18 到 13MPa,使三轴压力室 15 中的被测试件 48 内的气压保持达到预定时间 30min,然后关闭第二减压阀 18,将第三减压阀 30 压力调整至 6MPa 并开启,释放被测试件 48 内的压力到 6MPa;重复上述操作 30 次;

[0100] 实验过程中,启动数据处理器 11 接收、处理和记录数据。

[0101] 将瓦斯渗透模拟试验中数据处理器所记录的瓦斯气体的流量与压力数据代入相应瓦斯渗透率计算理论公式,可计算得到被测试件在测试状态下的瓦斯渗透率,结合三轴压力试验机记录的被测试件的变形数据和应力数据,可得到被测试件不同变形状态所对应的瓦斯渗透率。

[0102] 溶腔内压模拟试验中数据处理器所记录的被测试件所承受的气体流量与压力数据结合三轴压力试验机记录的被测试件的变形数据和应力数据,可得到被测试件所承受的压力变化次数、累计时间与被测试件变形的关系,并可把被测试件用工业 CT 机对其测试前后的内部损伤分布进行扫描,从而可得到被测试件内部在进行天然气储气库溶腔内压模拟测试前后的损伤分布特征。

[0103] 上述数据对于研究煤炭开采的安全性及地下天然气储气库的安全运营具有重要的指导作用。

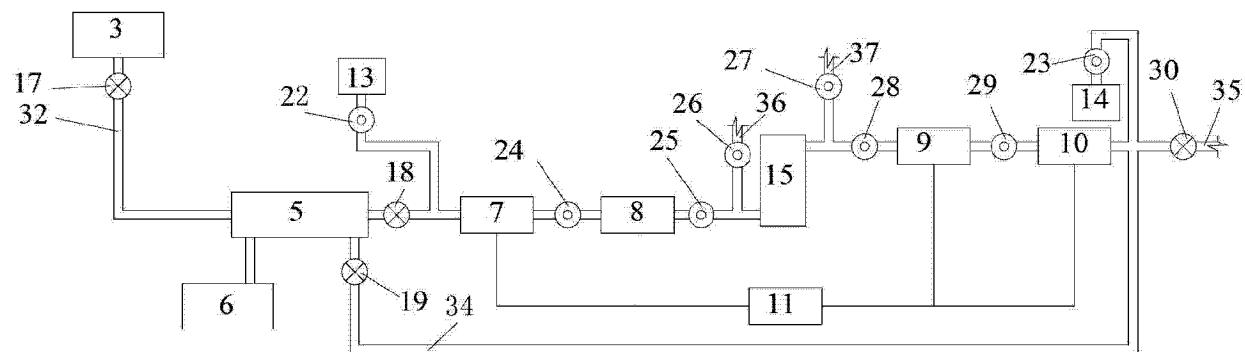


图 1

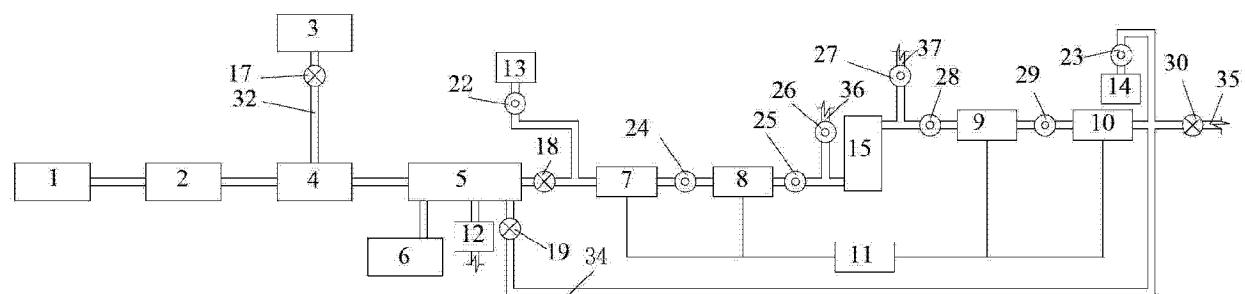


图 2

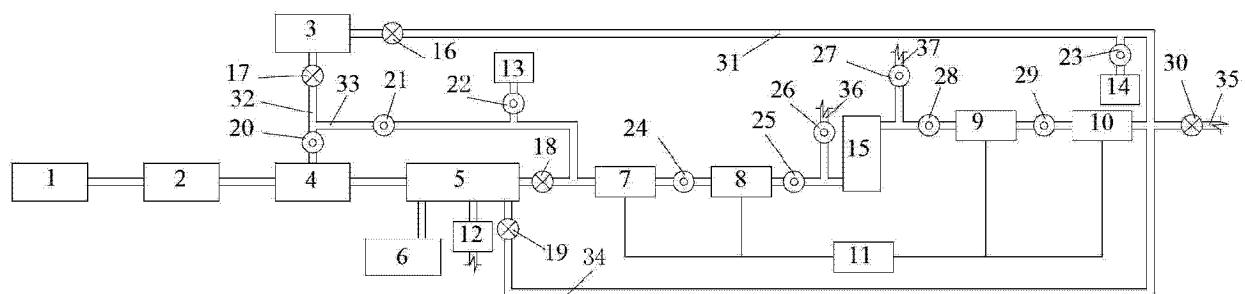


图 3

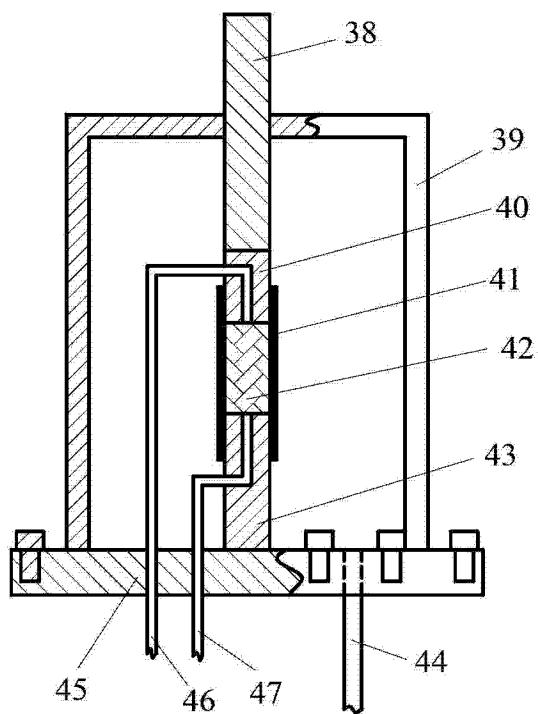


图 4

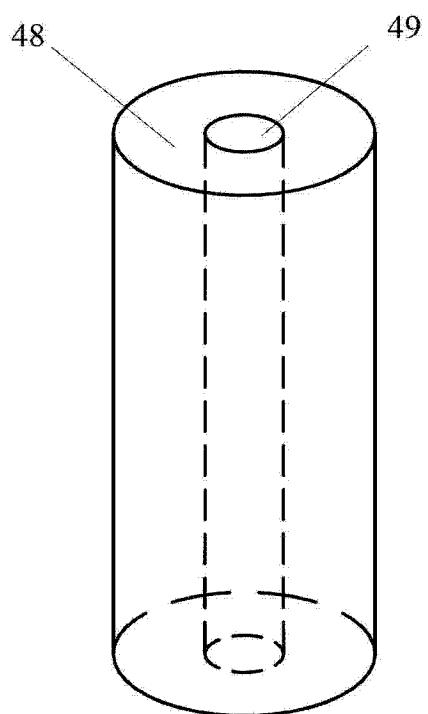


图 5