



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102411044 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 30

(21) 申请号 201110396426. X

(22) 申请日 2011. 12. 05

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)

地址 266555 山东省青岛经济技术开发区长江西路 66 号

(72) 发明人 操应长 李晓东 蒯克来 邵东亮 王健 郑明军 朱金堂 王艳忠 远光辉

(51) Int. Cl.

G01N 33/24 (2006. 01)

G01N 15/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1462872 A, 2003. 12. 24,

CN 2613754 Y, 2004. 04. 28,

CN 1677082 A, 2005. 10. 05,

CN 2570772 Y, 2003. 09. 03,

CN 1065936 A, 1992. 11. 04,

CN 2188205 Y, 1995. 01. 25,

CN 1103165 A, 1995. 05. 31,

JP H08178828 A, 1996. 07. 12,

CN 101251465 A, 2008. 08. 27,

EP 2006702 A2, 2008. 12. 24,

CN 201242522 Y, 2009. 05. 20,

CA 2351109 C, 2009. 06. 09,

CN 201532351 U, 2010. 07. 21,

CN 101864948 A, 2010. 10. 20,

CN 102156087 A, 2011. 08. 17,

CN 202502089 U, 2012. 10. 24,

朱志强等. 低渗透砂岩石油运移及成藏特征模拟实验. 《石油与天然气地质》. 2007, (第 02 期),

姜贻伟等. 低渗凝析气藏凝析油临界流动饱和度实验研究. 《天然气工业》. 2006, (第 09 期),

审查员 陈永婧

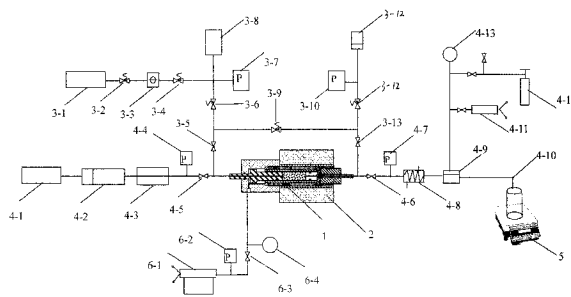
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

成岩作用模拟实验装置

(57) 摘要

本发明涉及一种成岩作用模拟实验装置及方法,包括岩心夹持机构、加温机构、气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程、出口流体自动连续计量取样机构,上覆压力加压控制机构、流体物性检测机构以及数据采集计算及自动控制机构;岩心夹持机构的入口和出口分别和气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程相连;岩心夹持机构的外围套有加温机构,岩心夹持机构的上覆压力注入口连接上覆压力加压控制机构,液体注入及液体渗透率测试流程的出口连在出口流体自动连续计量取样机构,流体物性检测机构对出口流体自动连续计量取样机构的流体样品进行检测;由数据采集计算及自动控制机构采集、记录、储存并计算处理实验中温度、压力、流量,同时根据实验状况控制相应的电磁阀动作以及出口流体自动连续计量取样机构的动作。



1. 一种成岩作用模拟实验装置,其特征在于:所述的装置包括岩心夹持机构(1)、加温机构(2)、气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程、出口流体自动连续计量取样机构(5),上覆压力加压控制机构、流体物性检测机构以及数据采集计算及自动控制机构;岩心夹持机构(1)的入口(1-4)和出口(1-14)分别和气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程相连;岩心夹持机构(1)的外围套有加温机构(2),岩心夹持机构(1)的上覆压力注入口(1-2)连接上覆压力加压控制机构,液体注入及液体渗透率测试流程的出口(4-10)连在出口流体自动连续计量取样机构(5),流体物性检测机构对出口流体自动连续计量取样机构(5)的流体样品进行检测;由数据采集计算及自动控制机构采集、记录、储存并计算处理实验中温度、压力、流量,同时根据实验状况控制相应的电磁阀动作以及出口流体自动连续计量取样机构(5)的动作;所述的岩心夹持机构有一个圆柱形的夹持器筒体(1-10),筒体内孔为锥形,该锥形与对开锥形套(1-11)的外壁吻合,筒体的一端有外螺纹,连接上覆压力缸(1-3),另一端为内螺纹,连接端套(1-16),对开锥形套(1-11)内孔为圆柱形,其内有薄壁哈氏合金筒(1-12),薄壁哈氏合金筒(1-12)的外壁为圆柱形且与对开锥形套(1-11)内孔吻合,对开锥形套(1-11)的大头段有外螺纹,并用紧固螺母(1-1)紧固;薄壁哈氏合金筒(1-12)内装实验岩心(1-9),岩心(1-9)的上游端面与上覆压力堵头(1-5)接触,上覆压力堵头(1-5)伸出上覆压力缸(1-3),下游端面与下游堵头(1-15)接触,下游堵头(1-15)伸出端套(1-16)。

2. 如权利要求1所述的成岩作用模拟实验装置,其特征在于:上覆压力堵头(1-5)由三段不同直径的圆柱体组成,右段与岩心(1-9)接触,直径等于岩心(1-9)的直径,中段与上覆压力堵头(1-5)内壁接触,直径最大,左段直径最小并从上覆压力缸(1-3)内伸出;上覆压力堵头(1-5)的中心有一通孔,外端为岩心夹持机构入口(1-4),内端连接岩心(1-9)的上游端面;岩心(1-9)下游端面与下游堵头(1-15)接触,下游堵头(1-15)由两段不同直径的圆柱体组成,左段与岩心(1-9)接触,直径等于岩心(1-9)的直径,右段直径小于左段,并从挡块(1-13)和端套(1-16)内伸出,下游堵头(1-15)的中心有一通孔,外端为岩心夹持机构出口(1-14);挡块(1-13)挡在对开锥形套(1-11)和端套(1-16)之间。

3. 如权利要求2所述的成岩作用模拟实验装置,其特征在于:上覆压力堵头(1-5)和下游堵头(1-15)与薄壁哈氏合金筒(1-12)之间均有密封件(1-8);上覆压力堵头(1-5)与上覆压力缸(1-3)内壁之间有O型圈(1-7);上覆压力堵头(1-5)的外壁与上覆压力缸(1-3)之间有O型圈(1-6)。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的成岩作用模拟实验装置,其特征在于:所述的气体孔隙度、渗透率测量流程包括与岩心夹持机构(1)相接的入口气路和出口气路,入口气路上依次连接有氮气瓶(3-1)、电磁阀(3-2、3-4、3-6)、入口气路隔离阀(3-5)、电磁阀(3-2)与(3-4)之间设置有减压器(3-3),电磁阀(3-4)与(3-6)之间设置有压力传感器(3-7)、对比室(3-8);出口气路上依次连接有出口气路隔离阀(3-13)、电磁阀(3-12)、压力传感器(3-10)以及气体流量计;入口气路和出口气路之间连接有电磁阀(3-9)。

5. 如权利要求1-3任意一项所述的成岩作用模拟实验装置,其特征在于:液体注入及液体渗透率测试流程包括与岩心夹持机构(1)相接的入口液路和出口液路,入口液路依次连接有注液泵(4-1)、中间容器(4-2)、预热罐(4-3)、压力传感器(4-4)以及入口液路隔离阀(4-5);出口液路依次连接有出口液路隔离阀(4-6)、压力传感器(4-7)、冷凝器(4-8)、回

压器 (4-9) 以及流体出口 (4-10); 回压器 (4-9) 上连接有回压泵 (4-11)、气瓶 (4-12)、回压表 (4-13)。

6. 如权利要求 1-3 任意一项所述的成岩作用模拟实验装置, 其特征在于: 上覆压力加压控制机构包括与岩心夹持机构相接的上覆压力泵 (6-1)、压力传感器 (6-2)、阀门 (6-3)、上覆压力表 (6-4)。

7. 如权利要求 1-3 任意一项所述的成岩作用模拟实验装置, 其特征在于: 出口流体自动连续计量取样机构 (5) 包括操作台 (5-9)、位于操作台 (5-9) 上的支架 (5-8)、电子天平 (5-7); 电子天平 (5-7) 上设置有烧杯架 (5-6), 烧杯架 (5-6) 上有烧杯 (5-5); 支架 (5-8) 上设置有横向滑轨 (5-3) 和纵向滑轨 (5-4), 横向滑轨 (5-3) 上设置有横向滑块 (5-1), 纵向滑轨 (5-4) 固装于横向滑块 (5-1) 上, 纵向滑轨 (5-4) 上设置有纵向滑块 (5-2), 流体出口 (4-10) 安装于纵向滑块 (5-2) 上。

8. 如权利要求 1-3 任意一项所述的成岩作用模拟实验装置, 其特征在于: 所述的加温机构 (2) 包括加热瓦 (2-1) 和保温层 (2-2)。

成岩作用模拟实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种石油、地质、勘探行业进行成岩作用模拟实验的方法及装置,具体地说是一种研究岩石形成过程中流体、压力、温度等因素对其物性变化影响的模拟实验方法及装置。

背景技术

[0002] 自 1893 年 J. Wather 首先提出成岩作用的概念后,人们对成岩作用的研究不断系统和深入。近年来国内有很多学者从事这方面的研究,并取得了较大的进展。随着油气勘探开发深度,精度和难度的增加,人们开始系统总结成岩作用的一般规律,据此预测有利孔隙发育带、帮助寻找隐蔽油气藏,并逐步与地球物理技术相结合,使成岩作用的研究在勘探开发中发挥更大作用。

[0003] 与理论方面的研究相比,成岩作用的室内实验研究相对较少,而专门用于成岩作用的研究的比较完善的仪器更少,这也限制了室内实验研究的进展。而现有的为数不多的仪器功能上不完备,如中国石油大学仪表厂生产的成岩作用测试仪主要侧重于压实作用的研究,而中石化石油勘探开发研究院无锡所开发的成岩作用模拟试验装置侧重于动态流体对成岩作用的影响。选用材料的防腐性能上不够理想,两家的仪器均采用合金钢材料加表面处理的做法,很难适应酸碱的腐蚀;另外,仪器的技术指标较低,现有仪器的最高温压指标分别是:250℃和 50MPa,不足以全面满足试验的要求。造成这些问题的原因主要在于仪器的核心部件,岩心夹持器,现有仪器使用的仍为常规流动实验用的哈氏岩心夹持器,它使用橡胶筒配合液压来夹持岩心,由于橡胶的耐温最高 250℃(短暂使用),所以就限制了仪器的最高试验温度,在高温下橡胶会软化,软化的橡胶在高压下会发生蠕变,所以又限制了仪器的最高实验压力。因此开发功能完备,各项技术指标以及仪器整体防腐性能优异的模拟装置成为必然。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种成岩作用模拟实验装置,为石油、地质、勘探行业对成岩作用的研究提供更合适的实验装备。

[0005] 本发明的技术方案为:一种成岩作用模拟实验装置,所述的装置包括岩心夹持机构、加温机构、气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程、出口流体自动连续计量取样机构,上覆压力加压控制机构、流体物性检测机构以及数据采集计算及自动控制机构;岩心夹持机构的入口和出口分别和气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程相连;岩心夹持机构的外围套有加温机构,岩心夹持机构的上覆压力注入口连接上覆压力加压控制机构,液体注入及液体渗透率测试流程的出口连在出口流体自动连续计量取样机构,流体物性检测机构对出口流体自动连续计量取样机构的流体样品进行检测;由数据采集计算及自动控制机构采集、记录、储存并计算处理实验中温度、压力、流量,同时根据实验状况控制相应的电磁阀动作以及出口流体自动连续计量取样机构的动

作。

[0006] 优选的是：所述的岩心夹持机构有一个圆柱形的夹持器筒体，筒体内孔为锥形，该锥形与对开锥形套的外壁吻合，筒体的一端有外螺纹，连接上覆压力缸，另一端为内螺纹，连接端套，对开锥形套内孔为圆柱形，其内有薄壁哈氏合金筒，薄壁哈氏合金筒的外壁为圆柱形且与对开锥形套内孔吻合，对开锥形套的大头段有外螺纹，并用紧固螺母紧固；薄壁哈氏合金筒内装实验岩心，岩心的上游端面与上覆压力堵头接触，上覆压力堵头伸出上覆压力缸，下游端面与下游堵头接触，下游堵头伸出端套。

[0007] 优选的是：上覆压力堵头由三段不同直径的圆柱体组成，右段与岩心接触，直径等于岩心的直径，中段与上覆压力堵头内壁接触，直径最大，左段直径最小并从上覆压力缸内伸出；上覆压力堵头的中心有一通孔，外端为岩心夹持机构入口，内端连接岩心的上游端面；岩心下游端面与下游堵头接触，下游堵头由两段不同直径的圆柱体组成，左段与岩心接触，直径等于岩心的直径，右段直径小于左段，并从挡块和端套内伸出，下游堵头的中心有一通孔，外端为岩心夹持机构出口；挡块挡在对开锥形套和端套之间。

[0008] 优选的是：上覆压力堵头和下游堵头与薄壁哈氏合金筒之间均有密封件；上覆压力堵头与上覆压力缸内壁之间有有 O 型圈；上覆压力堵头的外壁与上覆压力缸之间有 O 型圈。

[0009] 优选的是：所述的气体孔隙度、渗透率测量流程包括与岩心夹持机构相接的入口气路和出口气路，入口气路上依次连接有氮气瓶、电磁阀、入口气路隔离阀、电磁阀与之间设置有减压阀，电磁阀与之间设置有压力传感器、气体给对比室；出口气路上依次连接有出口气路隔离阀、电磁阀、压力传感器以及气体流量计；入口气路和出口气路之间连接有电磁阀。

[0010] 优选的是：液体注入及液体渗透率测试流程包括与岩心夹持机构相接的入口液路和出口液路，入口液路依次连接有注液泵、中间容器、预热罐、压力传感器以及入口液路隔离法；出口液路依次连接有出口液路隔离阀、压力传感器、冷凝器、回压器以及流体出口；回压器上连接有回压泵、气瓶、回压表。

[0011] 优选的是：上覆压力加压控制机构包括与岩心夹持机构相接的上覆压力泵、压力传感器、阀门、上覆压力表。

[0012] 优选的是：出口流体自动连续计量取样机构包括操作台、位于操作台上的支架、电子天平；电子天平上设置有烧杯架，烧杯架上有烧杯；支架上设置有横向滑轨和纵向滑轨，横向滑轨上设置有横向滑块，纵向滑轨固装于横向滑块上，纵向滑轨上设置有纵向滑块，流体出口安装于纵向滑块上。

[0013] 优选的是：所述的加温机构包括加热瓦和保温层。

[0014] 本发明的有益效果为：本发明能够模拟压实作用的整个过程，并实时测试压实作用过程中物性参数（孔隙度、渗透率）的变化情况；能模拟高温高压条件下各种成岩流体与岩石动静态接触时对岩石成岩作用（如酸性成岩作用、碱性成岩作用、溶蚀作用等）的影响；能在成岩模拟的过程中实时动态监测岩心孔隙度及渗透率的变化情况；能在成岩模拟的过程中实时动态监测流体性质的变化情况；本发明能测量多项参数：不同压力不同温度下的岩心液体渗透率测量、不同压力下的岩心气体渗透率测量、不同压力下的气体孔隙度测量、岩心孔隙压缩系数以及总体积压缩系数测量、动态或静态下地层流体溶蚀作用产生

的不同离子的浓度测量、地层流体酸碱度测量。

[0015] 岩心夹持器的好处：1、用薄壁哈氏合金筒代替橡胶筒，解决了橡胶筒的耐温、耐压问题，同时哈氏合金是目前为止耐酸碱最好的金属合金，也解决了防腐的问题；2、对开锥形套的作用是与夹持器筒体的内孔贴合形成承压体，在对内禁锢薄壁哈氏合金筒的同时支撑薄壁哈氏合金筒内的高压，对开的设计又便于装填岩心的操作；3、上覆压力缸和上覆压力堵头的设计保证了实验中上覆压力的施加于控制；4、加热瓦和保温层的长度只包裹在从上覆压力缸右端开始的夹持器筒体上，在保证岩心的实验温度的同时又避免了上覆压力系统温度过高，避免了上覆压力系统内的 O 型圈在高温下失效的风险。

[0016] 1、本发明具备以下功能：

[0017] 1) 能模拟高温高压条件下各种流体与岩石动静态接触时对岩石的成岩作用，如酸性成岩作用、碱性成岩作用、溶蚀作用等；

[0018] 2) 能模拟测试压实作用对成岩过程的影响；

[0019] 3) 能在成岩模拟的过程中动态监测岩心渗透率的变化，孔隙度的变化；

[0020] 4) 能在成岩模拟的过程中动态监测流体成分的变化；

[0021] 2、材料选择：接液部件选用防腐合金材料—哈氏合金，使仪器能够在高温高压状况下也能进行酸、碱、盐等腐蚀性流体的成岩实验。

[0022] 3、耐温指标：能耐高温 300℃ 以上的岩心夹持机构，高温指标的提高能有效缩短成岩实验时间，将地质条件下百万年的演变过程在实验室短时间完成。

[0023] 4、自动化程度：成岩实验时间长，考查点多，对操作人员要求很高，有效提高仪器的自动化程度将有助于实验的顺利完成。本发明将气体孔隙度、渗透率参数的测试流程设计为全自动流程，可自动将气体孔隙度、渗透率参数测试出来；另外，流体成岩作用实验中需要长时间监测出口流体的变化，试验时间经常超过 24 小时，人员值守十分辛苦，所以新装置开发了出口流体自动连续计量取样机构，它可以按照设计程序将出口的流体自动计量并定时采样，实现无人值守。

[0024] 附图说明

[0025] 图 1 为本发明仪器整体流程示意图

[0026] 图 2 为本发明岩心夹持机构及加温机构结构示意图

[0027] 图 3 为本发明出口流体自动连续计量取样机构的结构示意图

[0028] 具体实施方式

[0029] 下面结合附图说明本发明的具体实施方式：

[0030] 本发明包括岩心夹持机构 1、加温机构 2、气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程、出口流体自动连续计量取样机构 5，上覆压力加压控制机构、流体物性检测机构，数据采集计算及自动控制机构。岩心夹持机构 1 的入口 1-4 和出口 1-14 分别和气体孔隙度、渗透率测量流程、液体注入及液体渗透率测试流程相连；岩心夹持机构 1 的外围套有加温机构 2，岩心夹持机构 1 的上覆压力注入口 1-2 连接上覆压力加压控制机构，液体注入及液体渗透率测试流程的出口 4-10 连在出口流体自动连续计量取样机构 5，可用流体物性检测机构对出口流体自动连续计量取样机构 5 上的烧杯 5-5 内的流体样品进行检测。实验中温度、压力、流量等参数由数据采集计算及自动控制机构采集、记录、储存并计算处理，同时数据采集计算及自动控制机构会根据实验状况控制相应的电磁阀动作以及

出口流体自动连续计量取样机构 5 的动作。

[0031] 岩心夹持机构 1 有一个圆柱形的夹持器筒体 1-10,筒体内孔为锥形,该锥形与对开锥形套 1-11 的外壁吻合,筒体的一端车有外螺纹,连接上覆压力缸 1-3,另一端为内螺纹,连接端套 1-16,对开锥形套 1-11 内孔为圆柱形,其内有薄壁哈氏合金筒 1-12,薄壁哈氏合金筒 1-12 的外壁为圆柱形且与对开锥形套 1-11 内孔吻合,对开锥形套 1-11 的大头段车有外螺纹,并于紧固螺母 1-1 的内螺纹吻合,将紧固螺母 1-1 在对开锥形套 1-11 的螺纹上旋紧可保持对开锥形套 1-11 位以完整的锥形套,打开则对开锥形套 1-11 分成两半,很容易将其内的薄壁哈氏合金筒 1-12 取出。薄壁哈氏合金筒 1-12 内装实验岩心 1-9,其内孔尺寸与岩心 1-9 外径吻合。岩心 1-9 的上游端面与上覆压力堵头 1-5 接触,下游端面与下游堵头 1-15 接触。上覆压力堵头 1-5 和下游堵头 1-15 上均有密封件 1-8,作用是保证与薄壁哈氏合金筒 1-12 内壁接触密封。上覆压力堵头 1-5 位于上覆压力缸 1-3 内,由三段不同直径的圆柱体组成,与岩心 1-9 接触的部分直径等于岩心 1-9 的直径,与上覆压力堵头 1-5 内壁接触部分有 O 型圈 1-7,该部分直径最大,当其左端有来自于上覆压力加压控制机构 6 的液体压力时,会将此压力施加到岩心 1-9 的上游端面上,上覆压力堵头 1-5 的左端最细并从上覆压力缸 1-3 内伸出,他的外壁与上覆压力缸之间有 O 型圈 1-6 负责密封,上覆压力堵头 1-5 的中心有一通孔,外端为岩心夹持机构入口 1-4,内端连接岩心 1-9 的上游端面。岩心 1-9 下游端面与下游堵头 1-15 接触,下游堵头 1-15 由两段不同直径的圆柱体组成,与岩心 1-9 接触的部分直径等于岩心 1-9 的直径,较细的部分从挡块 1-13 和端套 1-16 内伸出,下游堵头 1-15 的中心有一通孔,外端为岩心夹持机构出口 1-14。挡块 1-13 挡在对开锥形套 1-11 和端套 1-16 之间。

[0032] 气体孔隙度、渗透率测量流程的工作过程:首先关闭入口液路隔离阀 4-5 和出口液路隔离阀 4-6,打开入口气路隔离阀 3-5 和出口气路隔离阀 3-13,将岩心夹持机构 1 连入气体孔隙度、渗透率测量流程,测量气体渗透率过程:打开电磁阀 3-2,3-4,3-6,3-13,3-12,关闭电磁阀 3-9,打开氮气瓶 3-1 供气,调节减压阀 3-3 供给一定压力的气流给岩心 1-9,压力传感器 3-7,3-10 测量岩心上下游的压力,气体流量计测量气体流量,然后根据气体达西定律即可算出渗透率。

[0033] 液体注入及液体渗透率测试流程的工作过程:首先关闭入口气路隔离阀 3-5 和出口气路隔离阀 3-13,打开入口液路隔离阀 4-5 和出口液路隔离阀 4-6,将岩心夹持机构 1 连入液体注入及液体渗透率测试流程,测量液体渗透率过程:打开注液泵 4-1,注入中间容器 4-2 的流体会推动中间容器 4-2 中的工作液体进入预热罐 4-3 进行加热,然后进入岩心 1-9,流出岩心后进入冷凝器 4-8 冷却,然后进入回压器 4-9,经流体出口 4-10 进入出口流体自动连续计量取样机构 5,过程中压力传感器 4-4,4-7 分别测量记录岩心上下游压力,出口流体自动连续计量取样机构 5 测量并记录液体流量,然后根据达西定律计算岩心渗透率。回压器 4-9 的压力由气瓶 4-12 提供,当压力不够时可以由回压泵 4-11 进行增压,回压的大小由回压表 4-13 显示。

[0034] 上覆压力加压控制机构的工作过程:打开阀门 6-3,启动上覆压力泵 6-1 打压,由上覆压力表 6-4 显示上覆压力的大小,压力传感器 6-2 测量并记录上覆压力数值。上覆压力加压控制机构提供的压力通过上覆压力堵头 5 加载到岩心 1-9 上。

[0035] 出口流体自动连续计量取样机构 5 的结构及工作原理如下:流体出口 4-10 为一软

管, 连接到纵向滑块 5-2 上后出口朝着下边的烧杯 5-5, 纵向滑块 5-2 装在纵向滑轨 5-4 上, 并能在计算机的控制下沿纵向滑轨 5-4 纵向滑动, 而纵向滑轨 5-4 的一端固定在横向滑块 5-1 上, 横向滑块 5-1 装在横向滑轨 5-3 上, 横向滑轨 5-3 通过支架 5-8 固定在操作台 5-9 上, 横向滑块 5-1 能在计算机的控制下沿横向滑轨 5-3 横向滑动, 再加上纵向滑块 5-2 能在计算机的控制下沿纵向滑轨 5-4 纵向滑动, 从而带动流体出口 4-10 可以实现二维定位, 确保流体有选择性流入烧杯 5-5 中, 烧杯 5-5 共有 20 个, 排成 4×5 矩阵放置在烧杯架 5-6 中, 烧杯架 5-6 整体座在电子天平 5-7 上, 电子天平 5-7 平放在操作台 5-9 上。当流体流入烧杯 5-5 中时, 电子天平 5-7 随时测量并记录流体质量并除给计算机, 计算机可以根据质量的变化计算液体的流量。当一个烧杯中的流体快满时, 计算机自动控制滑块二维移动让流体流入下一个烧杯中。这样实验中的流体也完成了分段取样。

[0036] 分段取样的流体可用流体物性检测机构进行检测, 分析其中离子、酸碱度等的变化。

[0037] 数据采集计算及自动控制机构主要有数据采集模块、计算机、采集处理控制软件, 控制电路组成。

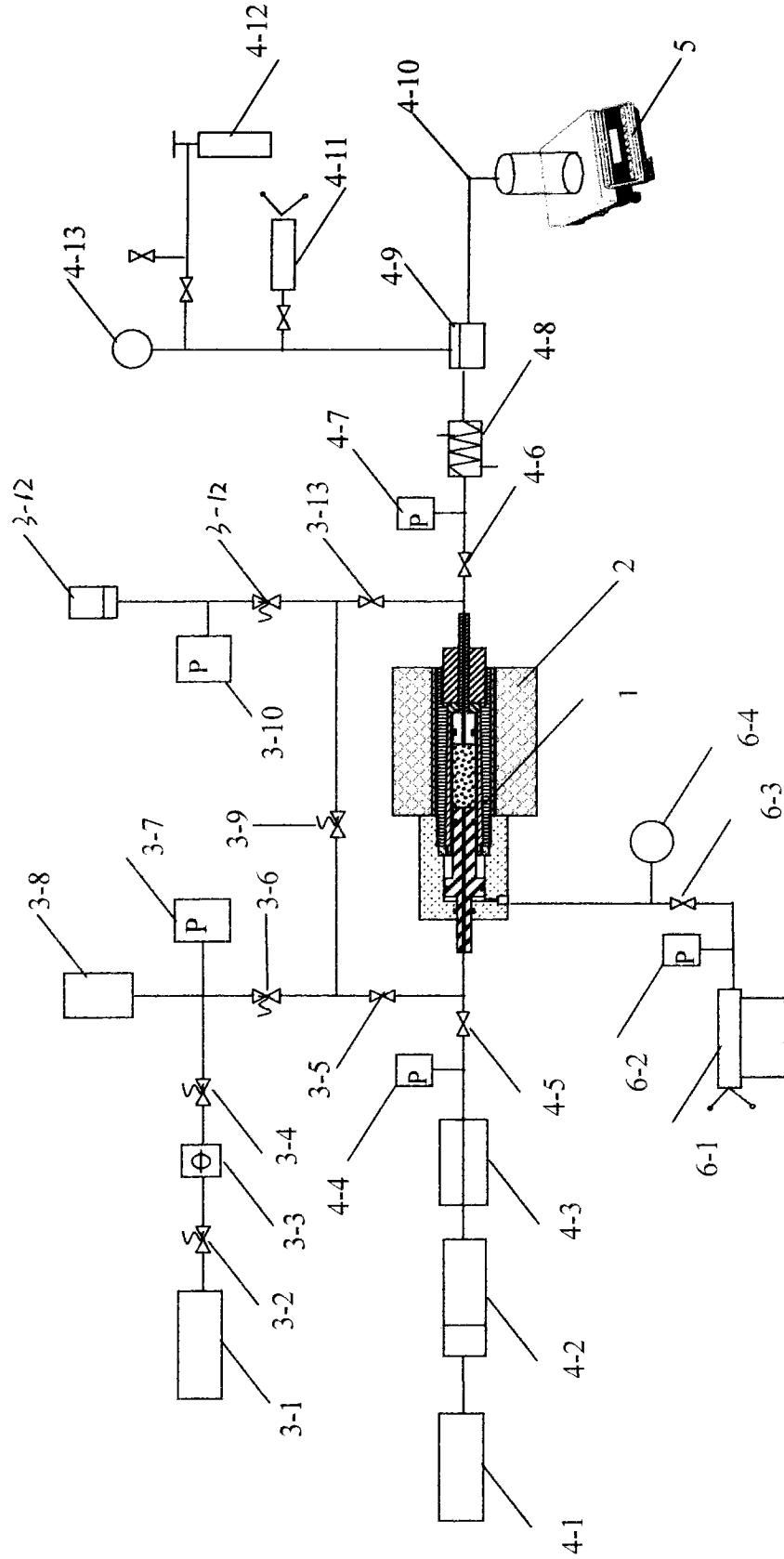


图 1

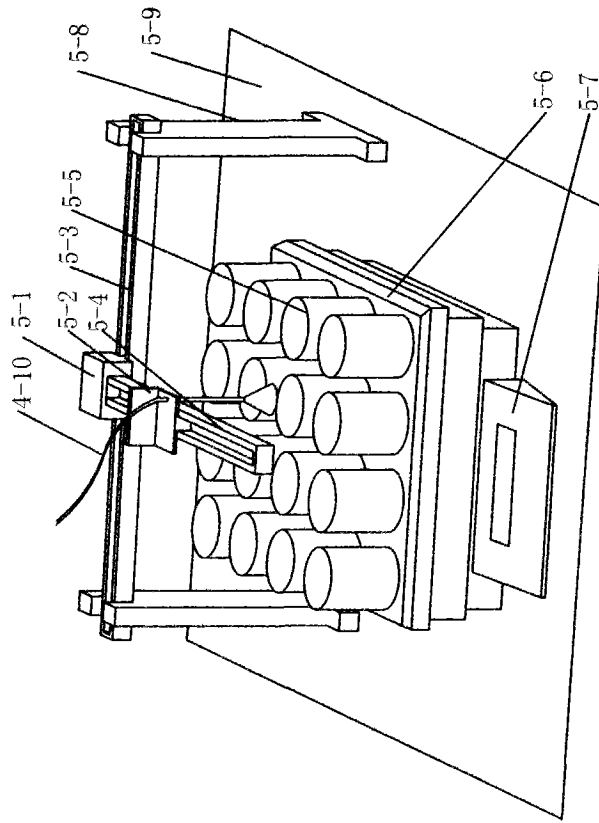


图 3