



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103247215 B

(45) 授权公告日 2015.08.05

(21) 申请号 201310126406.X

(22) 申请日 2013.04.12

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街 9
号

(72) 发明人 刘学伟 滕起 杨正明 冯骋
熊生春 王学武 张亚蒲 何英
骆雨田

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限
公司 11127

代理人 任默闻

(51) Int. Cl.

G09B 25/02(2006.01)

审查员 陈燕兰

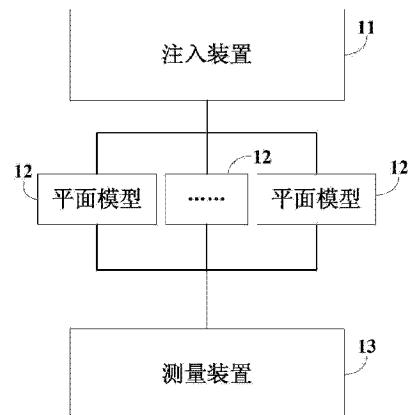
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法，其中，所述系统包括：注入装置，多个平面模型以及测量装置；注入装置与每一平面模型相连，每一平面模型与测量装置相连，其中，注入装置，用于将驱替流体注入到多个平面模型中；多个平面模型，由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成，用于模拟多层油藏的不同小层；其中，在每一平面模型的正面布置压力测量点，用于测量每一平面模型的压力测量点的压力场，并且在每一平面模型的背面布置电极测量点，用于测量每一平面模型的流场和饱和度场；测量装置，用于采集每一平面模型的压力场、流场以及饱和度场。



1. 一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统,其特征在于,包括:注入装置,多个平面模型以及测量装置;所述注入装置与每一所述平面模型相连,每一所述平面模型与所述测量装置相连,其中,

所述注入装置,用于将驱替流体注入到所述多个平面模型中;

所述多个平面模型,由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,用于模拟多层油藏的不同小层;

其中,在每一所述平面模型里设置有电极线,通过导电胶与所述平面模型进行胶结;在每一所述平面模型的正面布置压力测量点,用于测量每一所述平面模型的压力测量点的压力场,并且在每一所述平面模型的背面布置电极测量点,用于测量每一所述平面模型的流场和饱和度场;在每一所述平面模型正面布置所述压力测量点,背面布置所述电极测量点后,用环氧树脂对模型进行整体浇铸;

所述测量装置,用于采集每一所述平面模型的所述压力场、流场以及饱和度场;

其中,所述测量装置包括:多路数据采集器,电阻率测量仪,压力巡检仪、计算机;其中,

所述多路数据采集器,连接每一个所述平面模型,用于采集所述平面模型上的各个所述电极测量点之间的电阻率,发送至所述电阻率测量仪;

所述电阻率测量仪,连接所述多路数据采集器,用于测量所述电阻率的数值,并根据所述电阻率的数值计算生成所述平面模型的流场以及所述饱和度场,发送给所述计算机记录;

所述压力巡检仪,连接每一个所述平面模型,采集测量所述平面模型上各个所述压力测量点的压力场,并将所述压力场发送至所述计算机记录;

所述计算机连接于所述电阻率测量仪以及所述压力巡检仪,记录并显示所述流场,饱和度场以及压力场。

2. 根据权利要求 1 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟系统,其特征在于,所述注入装置包括一氮气瓶、中间容器以及稳压仪;其中,

所述氮气瓶,连接于所述稳压仪,为所述中间容器提供气源;

所述稳压仪,连接于所述中间容器,用于控制所述气源,保证提供连续稳定的供给压力给所述中间容器;

所述中间容器,连接于每一所述平面模型,根据所述气源产生驱替流体,并将所述驱替流体注入每一所述平面模型中。

3. 根据权利要求 1 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟系统,其特征在于,所述注入装置包括一高精度驱替泵,连接于每一所述平面模型,用于产生驱替流体注入每一所述平面模型中。

4. 根据权利要求 1 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟系统,其特征在于,所述多路数据采集器还用于按照一用户设定的控制程序的控制所述多路数据采集器采集各个所述电极测量点之间的电阻率。

5. 根据权利要求 1 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟系统,其特征在于,所述系统还包括产出装置,所述产出装置连接每一所述平面模型,包括微流量计以及电子天平;其中,

所述微流量计连接每一所述平面模型以及所述电子天平,用于测量所述平面模型的产出流体的速度;

所述电子天平连接于所述微流量计,用于测量所述平面模型的产出流体的产量。

6. 一种利用权利要求 1 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟系统的低渗透油藏多层合采物理模拟方法,其特征在于,包括:

根据需要选择多个平面模型;

将驱替流体注入到所述多个平面模型;

采集测量所述多个平面模型的压力场、流场以及饱和度场。

7. 根据权利要求 6 所述的低渗透油藏多层合采物理模拟方法,其特征在于,所述采集测量所述多个平面模型的压力场、流场以及饱和度场还包括:

输入一控制程序,根据所述控制程序采集测量所述多个平面模型的流场以及饱和度场。

低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法

技术领域

[0001] 本发明是关于石油行业地质开发平面模拟实验，具体的是一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法。

背景技术

[0002] 目前，用于对油田现场开发生产进行室内物理模拟的实验研究主要采用一维岩心和平板模型。对于低渗透油藏来说，其中一个显著特征就是非均质性强，不同部位储层物性差异较大，对流体流动的控制作用不同。由于非均质性的存在，多层系油藏层间动用程度差异较大、层间干扰严重、各层水驱效果差异较大。为了研究这类油藏多层合注合采时，各层水驱效果差异、流体流动特征及分布规律，现有技术通过并联实验系统将几块一维岩心并联驱动进行实验，得到了一些有益结论。由于低渗透油藏渗流规律的复杂性，传统的一维小岩芯非线性渗流实验研究并不能完全反映出流体在二维方向上的非线性渗流规律。现有技术还通过采用低渗透天然砂岩平板露头制作低渗透平板物理模型并进行渗流实验，得到了一些有益结论。由于实验室条件限制，目前尚无学者采用平板模型对多层系油藏层间动用程度、层间干扰、各层水驱效果进行实验研究。

发明内容

[0003] 本发明所解决的技术问题克服了现有技术的缺点，提供了一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法。

[0004] 在本发明中，提供了一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统，包括：注入装置，多个平面模型以及测量装置；所述注入装置与每一所述平面模型相连，每一所述平面模型与所述测量装置相连，其中，所述注入装置，用于将驱替流体注入到所述多个平面模型中；所述多个平面模型，由不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成，用于模拟多层油藏的不同小层；其中，在每一所述平面模型的正面布置压力测量点，用于测量每一所述平面模型的压力测量点的压力场，并且在每一所述平面模型的背面布置电极测量点，用于测量每一所述平面模型的流场和饱和度场；所述测量装置，用于采集每一所述平面模型的所述压力场、流场以及饱和度场。

[0005] 在本发明中，还提供了一种低渗透油藏多层合采物理模拟方法，包括：根据需要选择多个平面模型；将驱替流体注入到所述多个平面模型；采集测量所述多个平面模型的压力场、流场以及饱和度场。

[0006] 本发明相比较现有技术中针对平板模型在研究多层合采实验技术方面的空白，发明了一种低渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法，可以在多层合采实验时能自动记录各分层的压力场和流场。在模拟多层油藏开发时，可分别了解每一层在开发过程中的压力变化和流场变化是了解油藏开发规律，评价现有开发效果和制定下一步调整计划的基础。目前已有实验技术不能同时测量压力场和流场，从而对实验结果的分析不够完善；本发明实现了多层油藏开发过程物理模拟实验的压力场和流场的同时测量。

附图说明

[0007] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的限定。在附图中:

- [0008] 图 1 为本发明实施例的渗透油藏多层合采物理模拟系统的结构示意图。
- [0009] 图 2 为本发明实施例的注入装置的结构示意图。
- [0010] 图 3 为本发明实施例的测量装置的结构示意图。
- [0011] 图 4 为本发明实施例的平面模型的电极测量点编号示意图。
- [0012] 图 5 为本发明实施例的多路数据采集器的电路示意图。
- [0013] 图 6 为本发明另一实施例的渗透油藏多层合采物理模拟系统的结构示意图。
- [0014] 图 7 为本发明实施例的渗透油藏多层合采物理模拟方法的步骤流程图。

具体实施方式

[0015] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。在此,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0016] 图 1 所示为本发明实施例的渗透油藏多层合采物理模拟系统的结构示意图。(以下简称系统)如图 1 所示,所述系统包括:注入装置,多个平面模型以及测量装置;其中,

[0017] 注入装置 11,用于将驱替流体注入到多个平面模型 12;

[0018] 多个平面模型 12,采用不同的几何尺寸和井网类型,不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,用于模拟多层油藏的各个平面;

[0019] 其中,在每一平面模型 12 的正面布置压力测量点,用于测量每一平面模型 12 的压力场,在每一平面模型 12 的背面布置了电极测量点,用于测量每一平面模型 12 的流场变化情况和饱和度场变化情况;

[0020] 测量装置 13,用于采集测量多个平面模型 12 的压力场、流场以及饱和度场;

[0021] 在本实施例中,平面模型的制作是根据具体实验,由多层油藏中的不同小层分别采用不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成,几何尺寸和井网类型可根据具体实验的需要而定。在平面模型 12 正面布置注采井和压力测量点,根据实验的需要可割缝模拟了采油井水力压裂,在平面模型 12 背面布置了测量电极,用于根据电阻率法测量单相实验中流场变化情况和两相实验中饱和度场变化情况。电极线通过导电胶与平面模型 12 进行胶结。经过压力测点和电阻测点布置后,用环氧树脂对平面模型 12 进行整体浇铸。待封胶固化后,将平面模型 12 抽真空;抽真空过程中在平面模型 12 上连接压力表,保证抽真空过程充分进行。应用外界大气压进行地层水初步饱和,最后用驱替泵向平面模型 12 中注入地层水,憋压 24 小时,然后将平面模型 12 静止放置 48 小时,以使平面模型 12 充分均匀地饱和地层水。

[0022] 图 2 所示为本发明实施例的注入装置的结构示意图。如图 2 所示,注入装置 11 中包括:氮气瓶 111、稳压仪 112 以及中间容器 113;其中,

[0023] 氮气瓶 111,用于提供气源经过稳压仪 112 传输至中间容器 113;

[0024] 稳压仪 112,安装在氮气瓶 111 以及中间容器 113 之间,用于控制所述气源,保证提

供连续稳定的供给压力给中间容器 113。

[0025] 中间容器 113, 用于根据所述气源产生驱替流体, 并将所述驱替流体注入平面模型 12 中。

[0026] 在另一实施例中, 注入装置 11 也可以通过高精度驱替泵实现驱替流体的注入。

[0027] 图 3 为本发明实施例的测量装置的结构示意图。如图 3 所示, 测量装置 13 中包括: 多路数据采集器 131、电阻率测量仪 132、压力巡检仪 133 以及计算机 134; 其中,

[0028] 多路数据采集器 131, 分别连接每一个平面模型 12, 用于采集平面模型 12 背面设置的各个电极测量点之间的电阻率;

[0029] 电阻率测量仪 132, 连接于多路采集器 131, 用于测量多路数据采集器 131 采集的电阻率的数值, 并根据电阻率的数值计算生成平面模型 12 的流场以及饱和度场, 发送给计算机 134 记录;

[0030] 在本实施例中, 电阻率测量仪工作原理如下:

[0031] 岩心电阻率和地层水离子浓度值呈函数关系式为:

$$[0032] R = f(a) f(b)$$

[0033] 式中, R 为电阻率, $f(a)$ 表示与岩性有关的函数, $f(b)$ 表示与浓度有关的函数。 $f(a)$ 函数关系式很难建立。为了解决这一问题, 采用露头模型的小样品来进行标定的。方法如下: 首先在实验中测得大模型中一系列不同离子浓度下的岩心电阻率数据, 把它与同一固定浓度下的电阻率进行比值。对于同一位置, 可以得到以下公式:

$$[0034] I = \frac{R}{R_0} = \frac{f(a)f(b)}{f(a)f(b_0)} = \frac{f(b)}{f(b_0)}$$

[0035] 式中, I 为电阻率比值, R_0 为同一固定浓度下的电阻率。

[0036] 再用露头模型的平行岩样进行标定实验, 获得矿化水离子浓度与电阻率比值的关系, 那么测量大模型中某一点的电阻率就可以获得某一点那个时刻的矿化水离子浓度。

[0037] 压力巡检仪 133, 分别连接每一个平面模型 12, 采集测量平面模型 12 正面设置的各个压力测量点的压力场, 并将压力场发送至计算机 134 记录。

[0038] 压力巡检仪是一种工业测控仪表, 它可以与压力传感器配合使用, 可对多路压力实验过程参数进行巡回检测、报警控制、变送输出、数据采集及通讯。压力巡检仪是一种较为成熟的工业测控仪表, 故其工作原理在此不赘述。

[0039] 在本发明的一具体实施例中, 平面模型 12 背面设置的电极测量点的分布如图 4 所示: 在平面模型 12 上按照“田”字设置了 9 个电极测量点, 分别编号为: 1、2、3、4、5、6、7、8、9; 实验需要对相邻两点进行测试, 也就是 (1, 2)、(1, 4)、(1, 5)、(2, 3)、(2, 4)、(2, 5)、(2, 6)、(3, 5)、(3, 6)、(4, 5)、(4, 7)、(4, 8)、(5, 6)、(5, 7)、(5, 8)、(5, 9)、(6, 8)、(6, 9)、(7, 8)、(8, 9) 之间的电阻率进行测试。

[0040] 按照旧的测量方法, 必须连接以上 20 对电极线, 且必须将电极线的位置与通道号对应。

[0041] 在本实施例中, 于多路数据采集器中设置了一控制芯片 (单片机), 组成如图 5 的电路示意图。其中, 先将平面模型 12 上的 1-9 号电极测量点按照顺序连接到电路中电极接点的一端, 再将 1-9 号电极测量点街道电极接点的另一端; 在计算机 134 上编写数据文件, 格式为 txt 文件, 具体内容为:

[0042] Begin :1 :(1,2) ;2 :(1,4) ;3 :(1,5) ;4 :(2,3) ;5 :(2,4) ;6 :(2,5) ;7 :(2,6) ;8 :(3,5) ;9 :(3,6) ;10 :(4,5) ;11 :(4,7) ;12 :(4,8) ;13 :(5,6) ;14 :(5,7) ;15 :(5,8) ;16 :(5,9) ;17 :(6,8) ;18 :(6,9) ;19 :(7,8) ;20 :(8,9) ;end

[0043] 将以上数据文件通过计算机 14 传输给控制芯片, 控制芯片控制电路按照数据文件设定的顺序控制不同的电子开关, 对不同电极测量点之间的电阻率进行采集, 然后通过电阻测量仪 132 对采集的电阻率进行测量, 得到电阻率的数值, 并根据电阻率的数值计算生成平面模型 12 的流场以及饱和度场, 并传输给计算机 134 进行记录。

[0044] 计算机 134 连接于电阻率测量仪 132 以及压力巡检仪 133, 记录并显示流场, 饱和度场以及压力场。最后根据数据文件确定每个通道的具体位置, 进行数据的处理。测量的电极测量点越多, 本实用新型的优势越明显。

[0045] 结合图 1 至图 3, 图 6 为本发明另一实施例的系统结构示意图。如图 6 所示, 所述系统还包括一产出装置 14, 产出装置 14 中包括: 微流量计 141 以及电子天平 142; 其中,

[0046] 微流量计 141 分别连接每一所述平面模型 12 以及所述电子天平 142, 用于测量平面模型 12 的产出流体的速度;

[0047] 电子天平 142 连接于微流量计 141, 用于测量平面模型 12 的产出流体的产量。

[0048] 在实际实验中, 当平板模型 12 的压力稳定后, 可以通过微流量计 141 以及电子天平 142 测量出达到稳定后平板模型 12 的流体速度和流体产量。

[0049] 本发明相比较现有技术中针对平板模型在研究多层合采实验技术方面的空白, 发明了一种渗透油藏多层合采物理模拟系统, 可以在多层合采实验时能自动记录各分层的压力场和流场。

[0050] 结合图 1 至图 6, 图 7 为本发明实施例的渗透油藏多层合采物理模拟方法的步骤流程图。如图 7 所示, 所述方法包括:

[0051] 步骤 S701, 根据需要选择多个平面模型 12。

[0052] 在本实施例中, 平面模型 12 的制作是根据具体实验, 由多层油藏中的不同小层分别采用不同渗透率的天然低渗透砂岩平板封装而成, 几何尺寸和井网类型可根据具体实验的需要而定。在平面模型 12 正面布置注采井和压力测量点, 根据实验的需要可割缝模拟了采油井水力压裂, 在平面模型 12 背面布置了测量电极, 用于根据电阻率法测量单相实验中流场变化情况和两相实验中饱和度场变化情况。电极线通过导电胶与平面模型 12 进行胶结。经过压力测点和电阻测点布置后, 用环氧树脂对平面模型 12 进行整体浇铸。待封胶固结后, 将平面模型 12 抽真空; 抽真空过程中在平面模型 12 上连接压力表, 保证抽真空过程充分进行。应用外界大气压进行地层水初步饱和, 最后用驱替泵向平面模型 12 中注入地层水, 憋压 24 小时, 然后将平面模型 12 静止放置 48 小时, 以使平面模型 12 充分均匀地饱和地层水。

[0053] 步骤 S702, 将驱替流体注入到所述多个平面模型 12。

[0054] 在本实施例中, 驱替流体可以通过氮气瓶 111、稳压仪 112 以及中间容器 113 注入平面模型 12 中。在另一实施例中, 驱替流体可以通过高精度驱替泵实现注入平面模型 12 中。

[0055] 步骤 S703, 采集测量所述多个平面模型 12 的压力场、流场以及饱和度场。

[0056] 在本实施例中, 可以通过输入一控制程序, 根据所述控制程序采集测量多个平面

模型 12 的流场以及饱和度场。具体的讲,先对平面模型 12 上的电极测量点进行编号,在计算机 134 上编写数据文件(格式为 txt 文件),具体内容如下:

[0057] Begin :1 :(1,2) ;2 :(1,4) ;3 :(1,5) ;4 :(2,3) ;5 :(2,4) ;6 :(2,5) ;7 :(2,6) ;8 :(3,5) ;9 :(3,6) ;10 :(4,5) ;11 :(4,7) ;12 :(4,8) ;13 :(5,6) ;14 :(5,7) ;15 :(5,8) ;16 :(5,9) ;17 :(6,8) ;18 :(6,9) ;19 :(7,8) ;20 :(8,9) ;end

[0058] 通过数据文件设定的顺序采集测量不同电极测量点之间的电阻率的数值,通过计算得到平面模型 12 的流场以及饱和度场。

[0059] 本发明相比较现有技术中针对平板模型在研究多层合采实验技术方面的空白,发明了一种渗透油藏多层合采物理模拟系统及方法,可以在多层合采实验时能自动记录各分层的压力场和流场。在模拟多层油藏开发时,可分别了解每一层在开发过程中的压力变化和流场变化是了解油藏开发规律,评价现有开发效果和制定下一步调整计划的基础。目前已有实验技术不能同时测量压力场和流场,从而对实验结果的分析不够完善;本发明实现了多层油藏开发过程物理模拟实验的压力场和流场的同时测量。

[0060] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

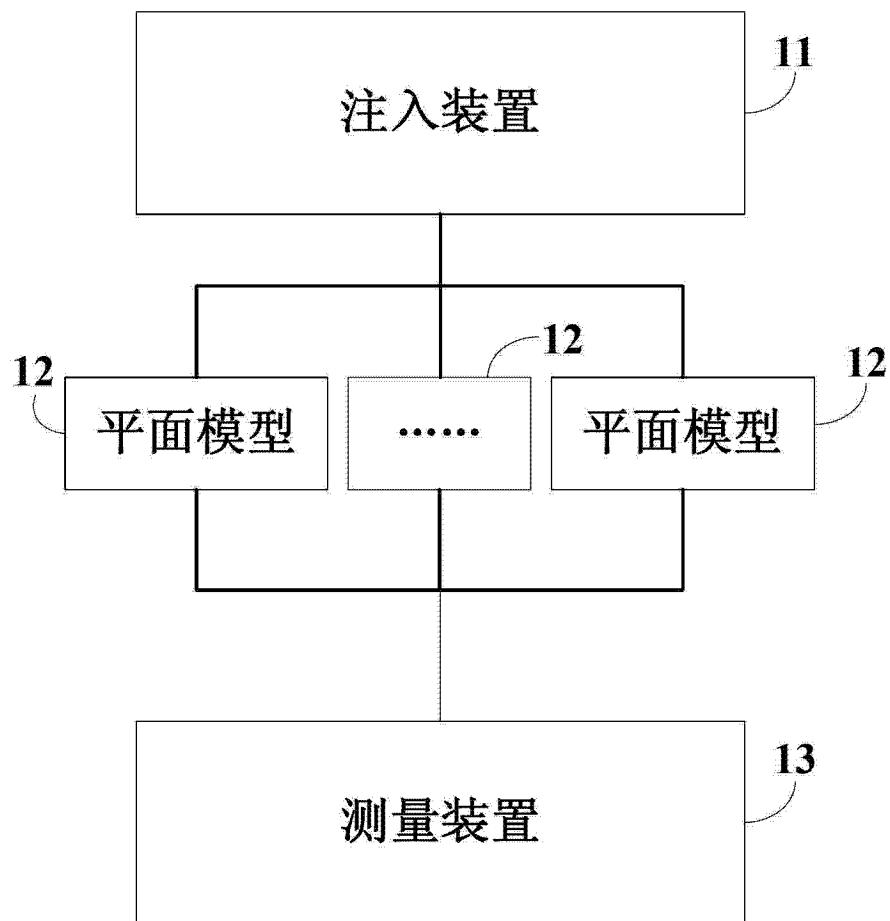


图 1

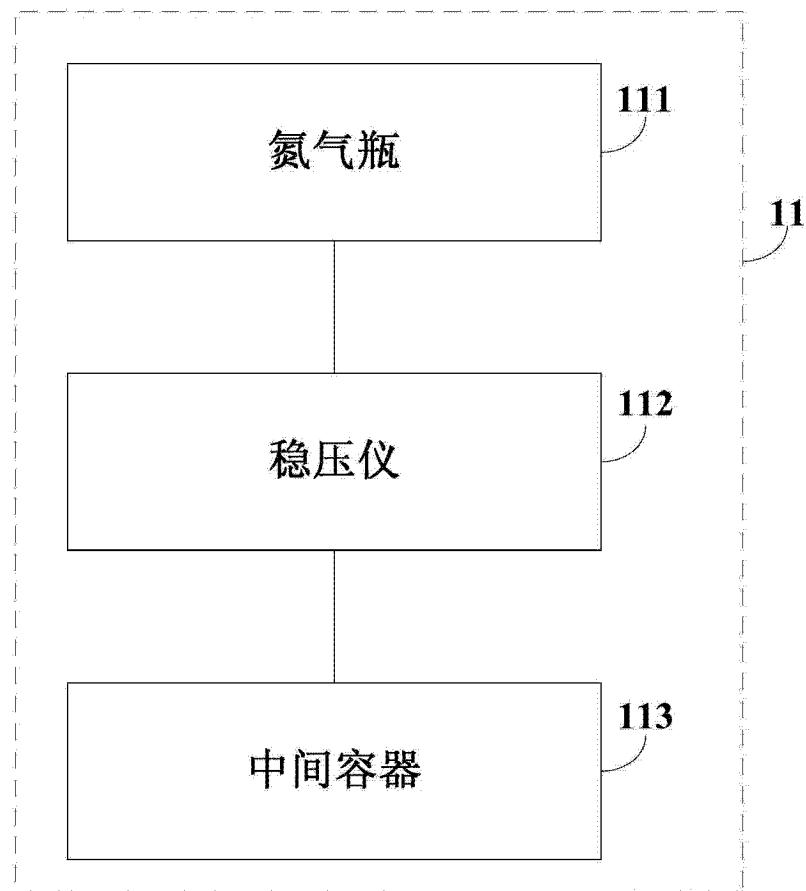


图 2

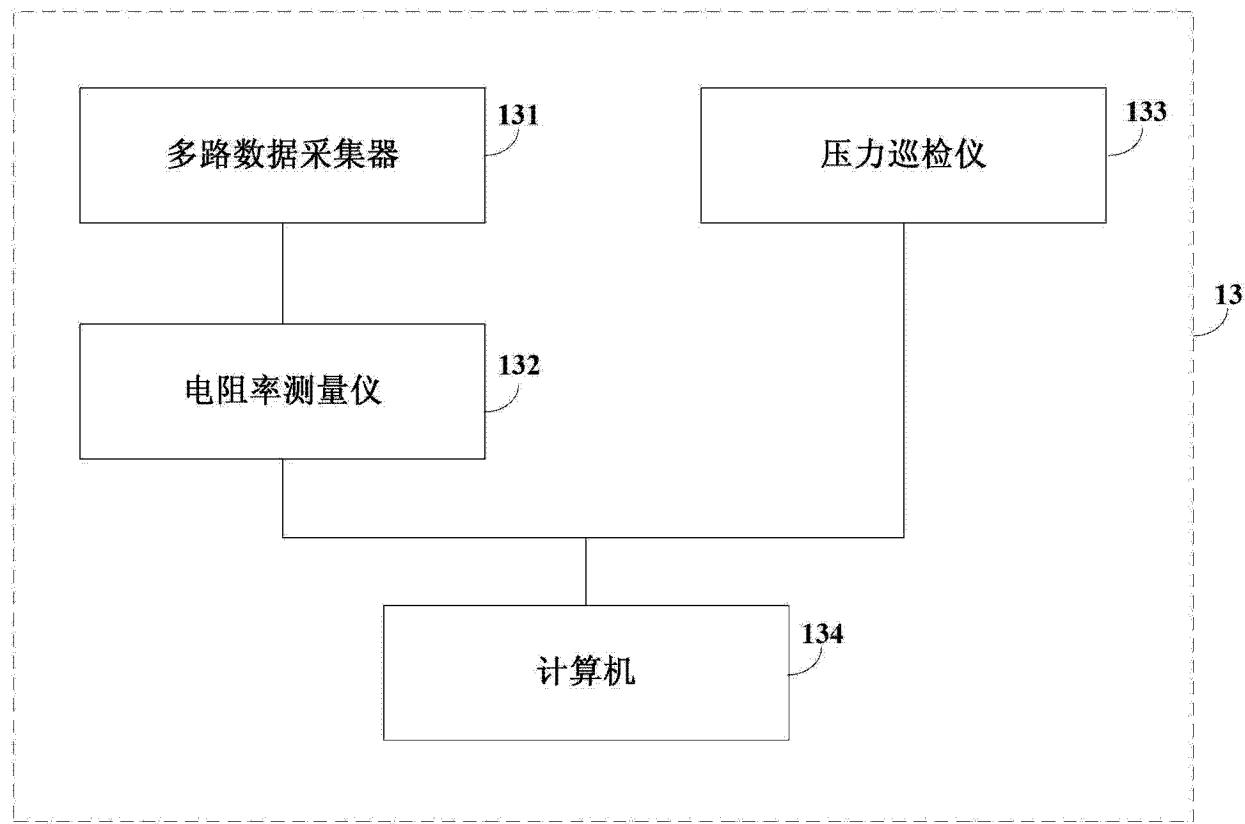


图 3

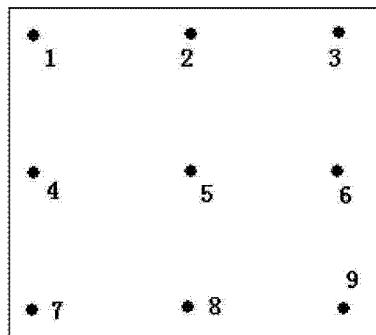


图 4

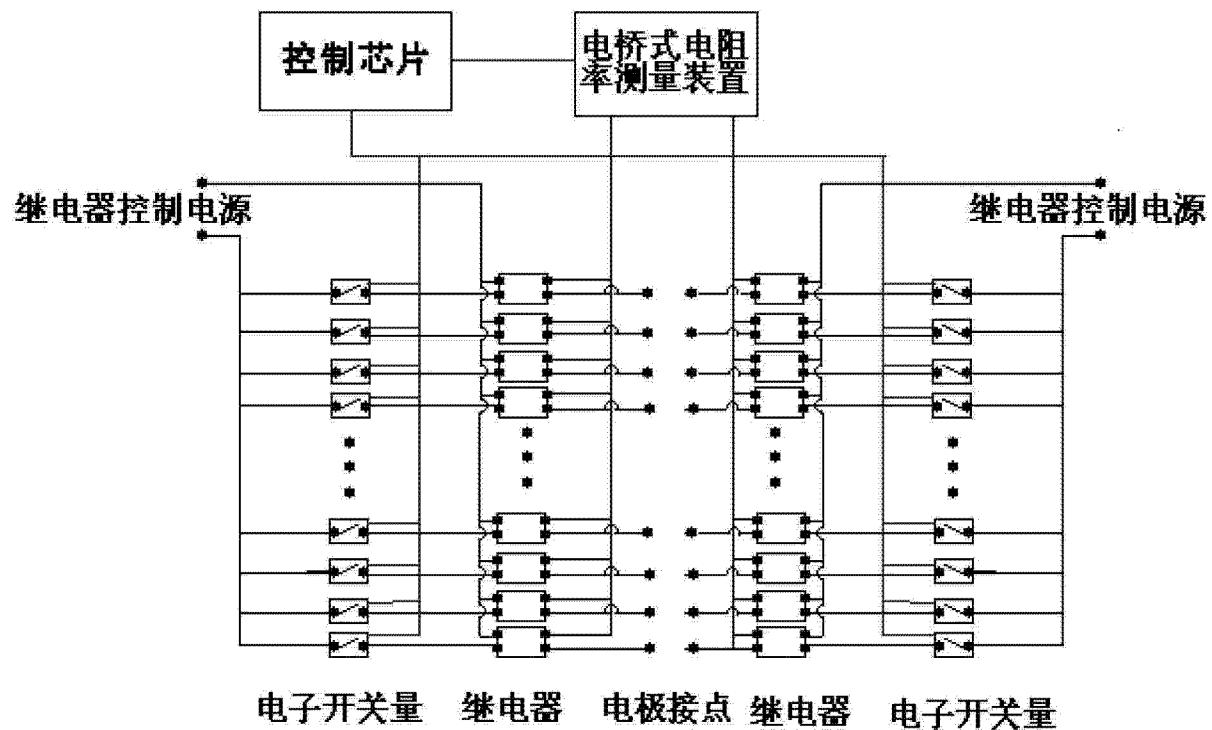


图 5

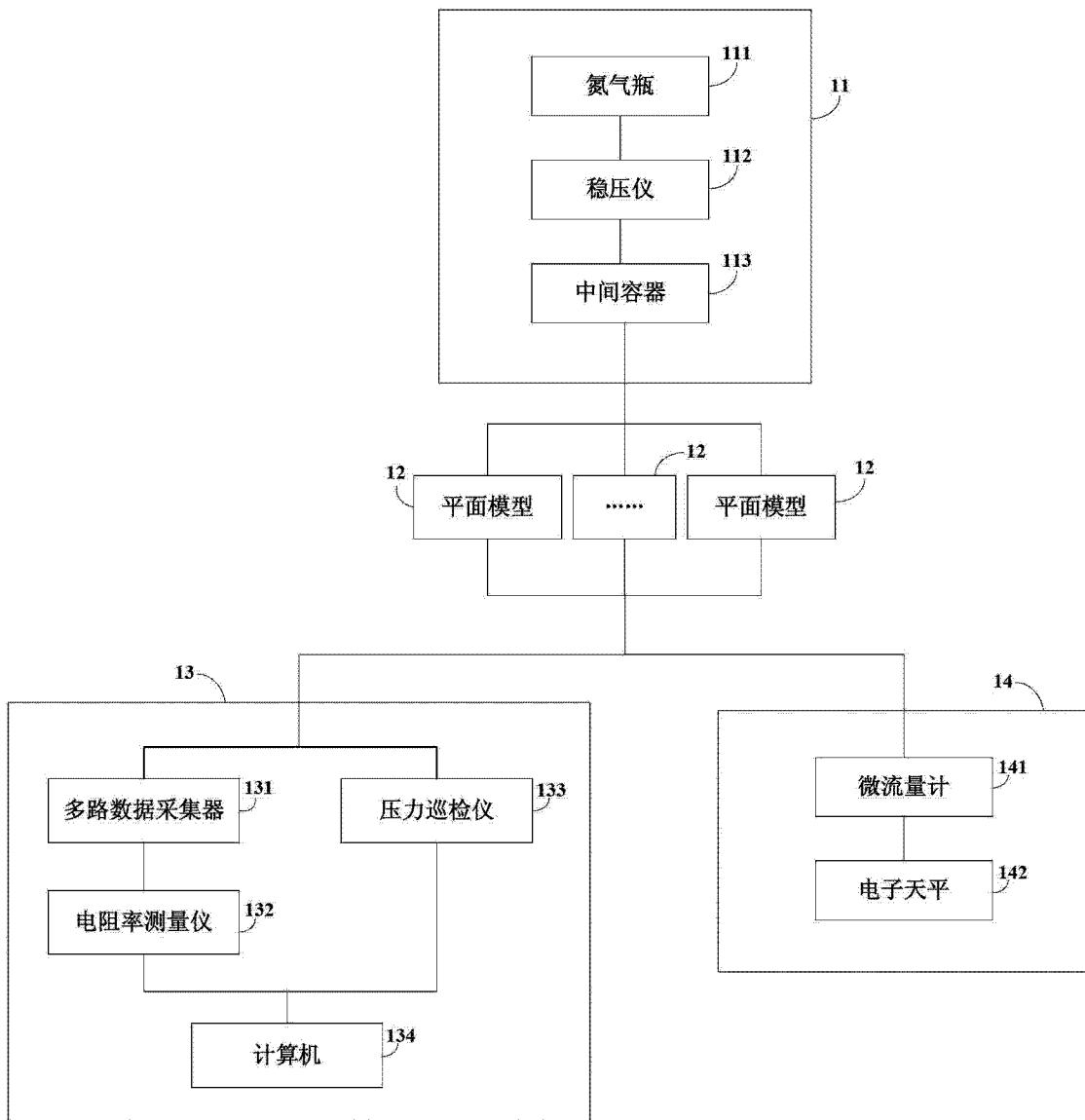


图 6

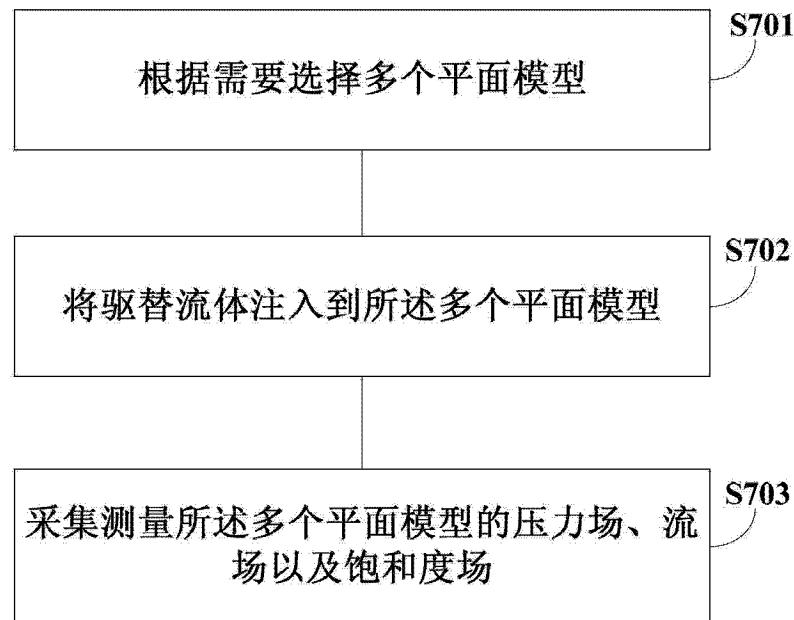


图 7