



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103917740 B

(45)授权公告日 2016.09.14

(21)申请号 201180074733.4

南希·S·戴维斯

(22)申请日 2011.11.08

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

(65)同一申请的已公布的文献号

72003

申请公布号 CN 103917740 A

代理人 郝新慧 张浴月

(43)申请公布日 2014.07.09

(51)Int.Cl.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

E21B 33/06(2006.01)

2014.05.08

E21B 33/04(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

审查员 刘紫艳

PCT/US2011/059743 2011.11.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/070193 EN 2013.05.16

(73)专利权人 哈利伯顿能源服务公司

地址 美国得克萨斯州

(72)发明人 詹姆斯·R·洛沃恩

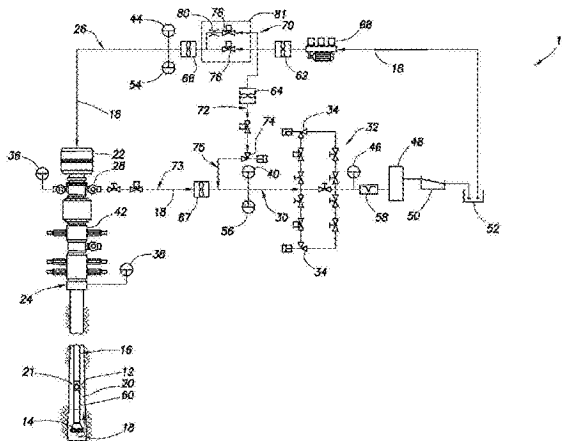
权利要求书1页 说明书15页 附图11页

(54)发明名称

对钻井操作中的流量转送的抢先处理的设定压力补偿

(57)摘要

一种控制井中的压力的方法能够包括:传送指令以改变通过径向形成在钻柱和井孔之间的环空的流量;以及响应于传送而调节压力设定点。一种钻井系统能够包括:流量控制装置,其改变流过钻柱的流量;以及控制系统,其响应于使流量控制装置改变流过钻柱的流量的指令而改变压力设定点。一种控制井中的压力的方法能够包括:传送指令以转送来自钻柱的流量;以及响应于所述传送而调节压力设定点。



1. 一种控制井中的压力的方法,所述方法包括:  
传送指令以改变流过径向形成在钻柱与井孔之间的环空的流量;  
响应于所述传送调节压力设定点;  
基于测量的井参数预测所述流量的改变;以及  
预测由于所预测的所述流量的改变引起的井下压力改变。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调节在流过所述环空的流量改变之前来执行。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调节在流过所述环空的流量改变时来执行。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述流量改变是由将流量从所述钻柱转送到泥浆返出管线而引起的。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传送包括将信息编码为一连串流量变化。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述传送包括在所述钻柱中发起连接。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述流量改变被传感器检测之前来执行所述调节。
8. 一种钻井系统,包括:  
流量控制装置,其改变流过钻柱的流量;以及  
控制系统,其响应于使所述流量控制装置改变流过所述钻柱的流量的指令而改变压力设定点;  
其中所述控制系统预测因所述流量改变引起的压力改变;以及  
响应于所述指令,通过所预测的压力改变来调节所述压力设定点。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述流量控制装置将流量从立管管线转送到泥浆返出管线。
10. 根据权利要求8所述的系统,其中所述流量控制装置将流量从所述钻柱转送。
11. 根据权利要求8所述的系统,其中所述压力设定点对应于井孔中的期望压力。
12. 根据权利要求8所述的系统,其中所述压力设定点对应于在地球表面处或靠近地球表面处的环空中测量的期望压力。
13. 一种控制井中的压力的方法,所述方法包括:  
传送指令以将流量从钻柱转送;  
响应于所述传送调节压力设定点;  
基于测量的井参数预测所述流量的改变;以及  
预测由于所预测的所述流量的改变引起的井下压力改变。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中在流过所述钻柱的流量被转送之前执行所述调节。
15. 根据权利要求13所述的方法,其中在通过所述钻柱的流量被转送时执行所述调节。
16. 根据权利要求13所述的方法,其中所述流量改变是由于将流量从所述钻柱转送到泥浆返出管线而引起的。
17. 根据权利要求13所述的方法,其中所述传送包括将信息编码为一连串流量转送。
18. 根据权利要求13所述的方法,其中所述传送包括在所述钻柱中发起连接。
19. 根据权利要求13所述的方法,其中在所述转送被传感器检测之前执行所述调节。

## 对钻井操作中的流量转送的抢先处理的设定压力补偿

### 技术领域

[0001] 本公开文本通常涉及与钻井操作结合使用的设备以及与钻井操作结合执行的操作,并且在本文描述的实施例中,尤其在钻井操作中提供压力和流量控制。

### 背景技术

[0002] 控制压力钻井作为通过利用封闭环空(annulus)和调节该环空中的压力的工具来在钻井期间精确控制井孔压力的技术而被熟知。该环空通常通过使用在井孔被钻探时密封钻杆的旋转控制装置(RCD,也称为旋转控制头、旋转防喷器等)而在钻井期间被封闭。

[0003] 因此,将理解的是,对在钻井操作中控制压力和控制流量的技术的改进将是有益的。

### 发明内容

#### 附图说明

[0004] 图1为体现本公开文本的原理的钻井系统和方法的代表性视图。

[0005] 图2为钻井系统的另一个配置的代表性视图。

[0006] 图3为可在钻井系统和方法中使用的压力和流量控制系统的代表性方框图。

[0007] 图4为可在钻井系统和方法中使用的用于进行钻柱连接的方法的代表性流程图。

[0008] 图5为压力和流量控制系统的另一个配置的代表性方框图。

[0009] 图6-8为可在图5的压力和流量控制系统中使用的预测装置的各种配置的代表性方框图。

[0010] 图9为钻井系统的另一个配置的代表性视图。

[0011] 图10为钻井系统的另一个配置的代表性视图。

[0012] 图11为一种控制井压的方法的流程图,该方法能够体现本公开文本的原理。

### 具体实施方式

[0013] 图1代表性地且示意性地示出了能够具体实施本公开文本的原理的钻井系统10及相关方法。在系统10中,通过旋转位于钻柱16的一端上的钻头14来钻探井孔12。为了冷却钻头、润滑钻柱,去除钻屑并且提供对井底压力控制的测量,钻井液18(通常被称为泥浆)向下循环通过钻柱16,流出钻头14并且向上循环通过形成在该钻柱与井孔12之间的环空(annulus)20。止回阀21(典型地,旋启式止回阀)防止钻井液18通过钻柱16向上流动(例如,当在钻柱中进行连接时)。

[0014] 井孔压力的控制在控制压力钻井以及其它类型的钻井操作中是非常重要的。优选地,井孔压力被精确地控制以防止流入井孔12周围的地层的流体过度漏失、不期望的岩层压裂、不期望的岩层流体流入井孔等。

[0015] 在典型的控制压力钻井中,期望的是将井孔压力保持仅略大于井孔所渗透的岩层

的孔隙压力,而不超过岩层的破裂压力。该技术在孔隙压力与破裂压力之间的差数相对较小的情形下特别有用。

[0016] 在典型的欠平衡钻井中,期望的是将井孔压力保持小于孔隙压力,从而获得对岩层的流体的流入的控制。在典型的过平衡钻井中,期望的是将井孔压力保持稍微大于孔隙压力,从而防止(或至少减缓)来自岩层的流体的流入。

[0017] 氮气或另一种气体或另一种重量较轻的流体可以被添加到用于压力控制的钻井液18。该技术例如在欠平衡钻井操作中是有用的。

[0018] 在系统10中,通过使用旋转控制装置22(RCD)封闭环空20(例如,隔离环空20而不与大气相通并使该环空在地面处或靠近地面处被加压)来获得对井孔压力的额外控制。RCD22在井头24上方密封钻柱16。虽然图1未示出,钻柱16会通过RCD22向上延伸用于连接至例如转盘(未示出)、立管管线26、方钻杆(kelly)(未示出)、顶驱和/或其它现有钻井设备。

[0019] 钻井液18经由RCD22下方的与环空20相通的翼阀28排出井头24。然后,钻井液18通过泥浆返出管线30、73流到包括冗余节流器34(一次仅可使用其中之一)的节流管汇32。通过可变地限制流过可操作节流器34的钻井液18的流量将回压施加到环空20。

[0020] 对通过节流器34的流量的限制越大,施加到环空20的回压就越大。因此,通过改变施加到环空20的回压能够方便地调节井下压力(例如,井孔12的底部的压力、井下套管靴的压力、特定岩层或区域的压力等)。如下文更全面描述的,液压模型(hydraulics model)能够被用来确定施加到在地面处或靠近地面处的环空20的压力,这将导致期望的井下压力,使得操作员(或自动控制系统)能够容易地确定如何调节施加到在地面处或靠近地面处的环空的压力(其能够被方便地测量),以获得期望的井下压力。

[0021] 能够经由各种压力传感器36、38、40测量施加到在地面处或靠近地面处的环空20的压力,每一个压力传感器与该环空连通。压力传感器36感测RCD22下方以及防喷器(BOP)组件42上方的压力。压力传感器38感测BOP组42下方的井头中的压力。压力传感器40感测节流管汇32上游的泥浆返出管线30、73中的压力。

[0022] 另一个压力传感器44感测立管管线26中的压力。另一个压力传感器46感测节流管汇32下游以及在分离器48、振动器50以及泥浆池52上游的压力。额外的传感器包括温度传感器54和56、科氏流量计58以及流量计62、64、66。

[0023] 并非所有这些传感器都是必需的。例如,系统10可能仅包括三个流量计62、64、66中的两个。然而,来自所有的可用传感器的输入对于液压模型确定在钻井操作期间应当施加多少的压力到环空20是有用的。

[0024] 如果期望的话,可以使用其它类型的传感器。例如,由于可以使用涡轮流量计、声学流量计或另一种类型的流量计来代替,因而流量计58没有必要是科氏流量计。

[0025] 另外,钻柱16例如可以包括其自身的传感器60,用于直接测量井下压力。这种传感器60可以是本领域技术人员已知类型的传感器,如随钻测压(PWD)、随钻测量(MWD)和/或随钻测井(LWD)。这些钻柱传感器系统通常提供至少压力测量,并且还可以提供温度测量、钻柱特性(例如振动、钻压、粘滑等)、岩层特性(例如电阻率、密度等)的检测和/或其它测量。各种形式的有线或无线遥测(声学遥测、压力脉冲遥测、电磁遥测等)可以被用来将井下传感器测量传送到地面。

[0026] 如果需要,额外的传感器可以被包括在系统10中。例如,另一个流量计67可被用来

测量排出井头24的钻井液18的流量的速率,另一个科氏流量计(未示出)可以被直接地互连到钻井用泥浆泵(rig mud pump)68等的上游或下游。

[0027] 如果需要,在系统10中可以包括较少的传感器。例如,钻井用泥浆泵68的输出可以通过计数泵冲程来确定,而不是通过使用流量计62或任何其它流量计。

[0028] 要注意,分离器48可以是3相或4相分离器或泥浆气分离器(有时称为“泥气分离器”)。然而,在系统10中不一定使用分离器48。

[0029] 钻井液18通过钻井泥浆泵68经立管管线26被泵入钻柱16的内部。泵68接收来自泥浆池52的钻井液18并且经由立管管汇70将钻井液18流到立管26。然后,钻井液18向下循环通过钻柱16,向上循环通过环空20,循环通过泥浆返出管线30和73、节流管汇32,并且然后经由分离器48和振动筛50循环到泥浆池52用于调节和再循环。

[0030] 要注意,到目前为止,在上文描述的系统10中,节流器34不能用来控制施加到用于井下压力的控制的环空20的回压,除非钻井液18流过该节流器。在现有的过平衡钻井操作中,例如,每当在钻柱16中进行连接时(如随着井孔12被钻探得越来越深,将另一长度的钻杆增加到钻柱上)就会发生流体18流量的短缺,并且循环的短缺将需要仅通过流体18的密度来调节井下压力。

[0031] 在系统10中,然而,即使在钻柱中进行连接时流体18不通过钻柱16和环空20循环,也能够保持通过节流器34的流体18的流量。因此,即使可能不使用单独的回压泵,仍能够通过限制通过节流器34的流体18的流量来将压力施加到环空20。

[0032] 当(例如,当在钻柱中进行连接时)流体18不循环通过钻柱16和环空20时,流体经由旁路管线72、75从泵68流动到节流管汇32。因此,流体18能够将立管管线26、钻柱16以及环空20旁路,并且能够直接从泵68流动到仍与环空20保持相通的泥浆返出管线30。通过节流器34对该流量的限制从而使得压力被施加到环空20(例如,在典型的控制压力钻井中)。

[0033] 如图1描述的,旁路管线75和泥浆返出管线30都经由单个管线73与环空20相通。然而,可代替地,旁路管线75和泥浆返出管线30可以例如使用额外的翼阀(例如,位于RCD22下方)被分开地连接至井头24,在该情况下,泥浆返出管线30和旁路管线75的每一个将直接与环空20相通。

[0034] 虽然这在钻机现场可能需要一些额外的管道,然而对环空压力的作用基本上与将旁路管线75和泥浆返出管线30连接至常见的管线73相同。因此,应当理解的是,可以使用系统10的各种不同配置的组件,并且系统10的各种不同配置的组件仍保持处于本公开文本的范围内。

[0035] 通过节流器或其它类型的流量控制装置74来调节通过旁路管线72、75的流体18的流量。管线72在旁路流量控制装置74的上游,并且管线75在旁路流量控制装置74的下游。

[0036] 流过立管管线26的流体18的流量基本上通过阀或其它类型的流量控制装置76来控制。要注意,流量控制装置74、76被独立地控制,这给系统10提供了实质性的好处,如下文更全面描述的。

[0037] 由于流过立管管线26和旁路管线72中的每一个的流体18的流量的速率对于确定井孔压力如何被这些流量所影响是有用的,因此流量计64、66在图1中被描述为在这些管线中是互连的。然而,即使仅使用流量计62、64,也可确定流过立管管线26的流量的速率,并且即使仅使用流量计62、66,也可确定流过旁路管线72的流量的速率。因此,应当理解的是,系

统10不需要包括在图1和本文描述的所有的传感器,并且可代替地,系统10可以包括额外的传感器、不同组合和/或不同类型的传感器等。

[0038] 在图1的示例中,旁路流量控制装置78和流量限制器80可以用于在钻柱中进行连接之后填充立管管线26和钻柱16,并且用于在打开流量控制装置76之前使立管管线与泥浆返出管线30、73之间的压力相等。否则,在立管管线26和钻柱16填充并加压有流体18之前,流量控制装置76的突然打开可能在环空20中造成不期望的压力瞬变(例如,由在立管管线和钻柱填充有流体时暂时失去了到节流管汇32的流量所导致的,等等)。

[0039] 通过在进行连接之后打开立管旁路流量控制装置78,流体18被允许填充立管管线26和钻柱16,同时绝大部分的流体继续流过旁路管线72,从而使得继续控制对环空20的压力的施加。在立管管线26中的压力与泥浆返出管线30、73中的压力相等之后,旁路管线75、流量控制装置76能够被打开,并且然后流量控制装置74能够被关闭以将较大比例的流体18从旁路管线72缓慢地转送(divert)到立管管线26。

[0040] 在钻柱16中进行连接之前,能够进行相似的过程,只是过程相反,以将流体18的流量从立管管线26逐渐地转送到旁路管线72,以为将更多的钻杆添加到钻柱16做准备。即,流量控制装置74能够被逐渐地打开以将较大比例的流体18从立管管线26缓慢地转送到旁路管线72,并且然后流量控制装置76能够被关闭。

[0041] 要注意,流量控制装置78和流量限制器80可以被集成到单个元件(例如,具有流量限制器的流量控制装置)中,并且流量控制装置76、78可以被集成到单个流量控制装置81(例如,单个节流器,其能够逐渐地打开以在进行钻杆连接之后缓慢地填充并加压立管管线26和钻柱16,并且然后完全打开以在钻井时允许最大流量)中。

[0042] 然而,由于典型的现有钻机在立管管汇70中配备有呈阀的形式的流量控制装置76,并且立管阀的使用被结合到通常的钻井实践中,因此独自操作的流量控制装置76、78支持了流量控制装置76的使用。流量控制装置76、78有时在下文被好像是以单个流量控制装置81来统称,但应当理解的是,流量控制装置81能够包括各个流量控制装置76、78。

[0043] 在图2中代表性地示出了另一个可替代方案。在该示例中,流量控制装置78呈节流器的形式,并且未使用流量限制器80。在图2中描述的流量控制装置78使得在进行钻杆连接之后对进入立管管线26和钻柱16的流体18的流量的控制更加精确。

[0044] 要注意,流量控制装置74、76、78和节流器34的每一个优选被远程且自动地控制,以通过在地面处或靠近地面处保持期望的环空压力来保持期望的井下压力。然而,在与本公开文本的范围一致的情况下,这些流量控制装置74、76、78和节流器34的任何一个或多个可以被手动地控制。

[0045] 在图3中代表性地示出了可以与图1和图2的系统10及相关方法结合使用的压力和流量控制系统90。虽然一些人为干涉可以被用来例如预防不恰当的操作、启动某个例程、更新参数等,然而控制系统90优选完全自动化。

[0046] 控制系统90包括液压模型92、数据获取和控制接口94以及控制器96(例如可编程逻辑控制器或PLC、适当编程的计算机等)。虽然在图3中分开描述了这些元件92、94、96,然而这些元件的任何一个或全部可以被结合到单个元件中,或这些元件的功能可以被分离到额外的元件中,以及可以提供其它额外的元件和/或功能等。

[0047] 液压模型92在控制系统90中用来确定在地面处或靠近地面处的期望环空压力,以

实现期望的井下压力。诸如井几何形状、流体性质以及探边井(offset well)信息(例如,地温梯度和孔隙压力梯度等)等数据以及由数据获取和控制接口94获取的实时传感器数据被液压模型92利用来进行上述确定。

[0048] 因此,在液压模型92和数据获取和控制接口94之间存在数据和信息的持续双向传递。重要的是理解到,数据获取和控制接口94操作以保持来自传感器44、54、66、62、64、60、58、46、36、38、40、56、67到液压模型92基本上连续的实时数据流,使得该液压模型具有需要适应改变的环境的信息以更新期望的环空压力,并且该液压模型操作以为数据获取和控制接口94基本上连续地提供期望的环空压力的值。

[0049] 在控制系统90中作为液压模型92使用的合适的液压模型是由美国得克萨斯州休斯顿市(Houston, Texas USA)的哈利伯顿能源服务公司(Halliburton Energy Services, Inc.)销售的REALTIMEHYDRAULICS(TM)。另一种合适的液压模型是以IRIS(TM)的商标名提供的,而再一个可利用的液压模型来自挪威特隆赫姆(Tixmdheim)的挪威科技工业研究院(SINTEF)。根据本公开文本的原理,控制系统90中可以使用任何合适的液压模型。

[0050] 在控制系统90中作为数据获取和控制接口94来使用的合适的数据获取和控制接口是由哈利伯顿能源服务公司销售的SENTRY(TM)和INSITE(TM)。根据本公开文本的原理,控制系统90中可以使用任何合适的数据获取和控制接口。

[0051] 控制器96操作以通过控制泥浆返出节流器34的操作来保持所期望的设定点的环空压力。当被更新的所期望的环空压力从数据获取和控制接口94传送到控制器96时,该控制器将所期望的环空压力作为设定点来使用,并且以在环空20中保持设定点压力的方式(例如按照需要增加或减小通过节流器的流阻)来控制节流器34的操作。节流器34能够被关闭得更多以增加流阻,或能够被打开得更多以减小流阻。

[0052] 设定点压力的保持是通过将设定点压力与测量到的环空压力(如通过传感器36、38、40中的任一个感测到的压力)进行比较而实现的,如果测量到的压力大于设定点压力则减小通过节流器34的流阻,而如果测量到的压力小于设定点压力则增加通过该节流器的流阻。当然,如果设定点压力和测量到的压力相等,则不需要调节节流器34。这一过程优选地是自动化的,因此人为干涉并不是必须的,不过如果期望的话也可采用人为干涉。

[0053] 控制器96还可被用来控制立管流量控制装置76、78和旁路流量控制装置74的操作。因此,控制器96能够被用来自动化这些处理,即使在钻柱16中进行连接之前将流体18的流量从立管管线26转送到旁路管线72,然后在进行连接之后将流量从旁路管线转送到立管管线,并且然后继续用于钻井的流体18的正常循环。此外,在这些自动化过程中可能不需要人为干涉,不过如果期望的话人为干涉也可被采用来例如依次启动每一个过程、手动操作该系统的组件等。

[0054] 现在另外地参照图4,提供了一种用于使用控制系统90在钻井系统10中进行钻杆连接的方法100的示意性流程图。当然,根据本公开文本的原理,可以在其它钻井系统中利用其它控制系统来使用方法100。

[0055] 在步骤102开始钻杆连接过程,在该步骤中启动该过程。当井孔12已被钻探得足够远使得钻柱16必须被延长以进一步钻探时,典型地进行钻杆连接。

[0056] 在步骤104中,可以降低泵68的流速输出。通过降低从泵68输出的流体18的流速,在连接过程中将节流器34保持在其最有效的操作范围内(典型地,从最大开口的大约30%

到大约70%)会更方便。然而,如果例如节流器34以其它方式已经保留在其有效的操作范围内,则不需要该步骤。

[0057] 在步骤106中,设定点压力由于流体18的流量减少而改变(例如,补偿钻头14与翼阀28之间降低的环空20中的流体摩擦,这导致了减小的等效循环密度)。数据获取和控制接口94接收流体18的流速降低的读数(indication)(例如,来自传感器58、60、62、66、67),并且液压模型92响应地确定改变的环空压力被期望来保持所期望的井下压力,并且控制器96使用改变了的所期望的环空压力作为设定点来控制节流器34的操作。

[0058] 在稍微过平衡的控制压力钻井操作中,由于减小的等效循环密度,设定点压力会可能增加,在该情况下,通过节流器34的流阻响应地增加。然而,在一些操作(例如,欠平衡钻井操作,其中气体或另一种重量轻的流体被添加到流体18以降低井底压力)中,设定点压力可降低(例如,由于井下流体的产生所导致的)。

[0059] 在步骤108中,由于步骤106中的改变了的所期望的环空压力的原因,改变对通过节流器34的流体18的流量的限制。如上所述,控制器96控制节流器34的操作,在这种情况下,改变对通过该节流器的流量的限制以获得改变的设定点压力。还如上文所述,设定点压力可增加或降低。

[0060] 由于设定点压力和泥浆返出节流器限制不管是响应于彼此、响应于泥浆泵输出中的改变还是响应于其它条件都能够连续地变化,如上文所述,因而步骤104、106以及108在图4的流程图中被描述为同时执行,。

[0061] 在步骤109中,旁路流量控制装置74逐渐地打开。这将转送逐渐增加比例的流体18流过旁路管线72,而不是流过立管管线26。

[0062] 在步骤110中,设定点压力由于通过钻柱16的流体18的流量减少而改变(例如,补偿钻头14与翼阀28之间的环空20中的降低的流体摩擦,导致了减少的等效循环密度)。当旁路流量控制装置74被打开时,通过钻柱16的流量被基本上减少,这是由于旁路管线72变为对流量的阻力为最小的路径,并因此流体18流过旁路管线72。数据获取和控制接口94接收通过钻杆16和环空20的流体18的流速降低的读数(例如,来自传感器58、60、62、66、67),并且液压模型92响应地确定改变的环空压力被期望来保持所期望的井下压力,并且控制器96使用改变了的所期望的环空压力作为设定点来控制节流器34的操作。

[0063] 在稍微过平衡的控制压力钻井操作中,由于减少的等效循环密度,设定点压力可能增加,在该情况下,通过节流器34的流量阻力响应地增加。然而,在一些操作(例如,欠平衡钻井操作,其中气体或另一种重量轻的流体被添加到流体18以降低井底压力)中,设定点压力可降低(例如,由于井下流体的产生)。

[0064] 在步骤111中,由于步骤110中的改变了的所期望的环空压力,对通过节流器34的流体18的流量的限制改变。如上所述,控制器96控制节流器34的操作,在这种情况下,改变了对通过该节流器的流量的限制以获得改变了的设定点压力。还如上文所述,设定点压力可增加或降低。

[0065] 由于设定点压力和泥浆返出节流器限制不管是响应于彼此、响应于旁路流量控制装置74的打开还是响应于其它条件都能够连续变化,如上文所述,因而步骤109、110以及111在图4的流程图中被描述为同时执行。然而,在其它示例中,这些步骤可以不同时地执行。

[0066] 在步骤112中,立管管线26和在地面处或靠近地面处的环空20中的压力相等(由传感器36、38、40、44读数的)。此时,旁路流量控制装置74应当被完全打开,并且基本上全部的流体18流过旁路管线72、75而不流过立管管线26(由于旁路管线代表阻力为最小的路径)。立管管线26中的静压力应当与节流管汇32上游的管线30、73、75中的压力基本上相等。

[0067] 在步骤114中,立管流量控制装置81被关闭。单独的立管旁路流量控制装置78应当已被关闭,在该情况下,在步骤114中仅阀76被关闭。

[0068] 在步骤116中,立管排放阀82(参见图10)将被打开以从立管管线26排放压力和流体,以为断开方钻杆(kelley)或顶驱与钻柱16之间的连接作准备。此时,立管管线26与大气相通。

[0069] 在步骤118中,方钻杆或顶驱从钻柱16断开连接,另一根的钻杆被连接至该钻柱,并且方钻杆或顶驱被连接至该钻柱的顶部。该步骤是根据现有的钻井实践来执行的,除现有的钻井实践是在进行连接时关闭钻井用泥浆泵之外。在方法100中,然而,钻井用泥浆泵68优选地保持开启,而立管阀76被关闭并且全部流量被转送到用于环空压力控制的节流管汇32。在钻井用泥浆泵68开启的情况下进行连接时,止回阀21防止流体向上流过钻柱16。

[0070] 在步骤120中,立管排放阀82被关闭。因此,立管管线26再次与大气隔离,而该立管管线和新添加的立根的钻杆基本上是空的(即,未填充有流体18),并且其中的压力在进行连接之前处于环境压力或接近环境压力。

[0071] 在步骤122中,立管旁路流量控制装置78打开(在图1的阀和流量限制器配置的情况下)或逐渐地打开(在图2的节流器配置的情况下)。以此方式,流体18被允许填充立管管线26和新增加的立根的钻杆,如在步骤124中所表示的。

[0072] 最后,立管管线26中的压力将与在地面处或靠近地面处的环空20中的压力相等,如在步骤126中所表示的。然而,基本上全部的流体18在此时仍将流过旁路管线72。立管管线26中的静压力应当与节流管汇32上游的管线30、73、75中的压力基本上相等。

[0073] 在步骤128中,立管流量控制装置76被打开,以为将流体18的流量转送到立管管线26并从而流过钻柱16而作准备。立管旁路流量控制装置78然后被关闭。要注意到,通过预先填充立管管线26和钻柱16并使立管管线与环空20之间的压力相等,打开立管流量控制装置76的步骤不会在环空或泥浆返出管线30、73中造成任何显著的不期望的压力瞬变。即使立管流量控制装置76被打开,基本上全部的流体18仍流过旁路管线72,而不流过立管管线26。

[0074] 把单独的立管流量控制装置76、78看作单一的立管流量控制装置81,然后流量控制装置81被逐渐地打开以缓慢地填充立管管线26和钻柱16,并且然后当该立管管线和环空20中的压力基本上相等时流量控制装置81被完全地打开。

[0075] 在步骤130中,旁路流量控制装置74被逐渐地关闭,从而转送越来越大比例的流体18流过立管管线26和钻柱16,而不流过旁路管线72。在该步骤中,通过钻柱16和井孔12的流体18的循环开始。

[0076] 在步骤132中,设定点压力由于通过钻柱16和环空20的流体18的流量而改变(例如,补偿增加的流体摩擦,这导致了增加的等效循环密度)。数据获取和控制接口94接收流过井孔12的流体18的流速增加的读数(例如,来自传感器60、64、66、67),并且液压模型92响应地确定改变的环空压力被期望来保持所期望的井下压力,并且控制器96使用改变的所期望的环空压力作为设定点来控制节流器34的操作。所期望的环空压力可以增高或降低,如

上文步骤106和步骤108所述。

[0077] 在步骤134中,由于步骤132中的改变的所期望的环空压力,改变对通过节流器34的流体18的流量的限制。如上所述,控制器96控制节流器34的操作,在这种情况下,改变对通过该节流器的流量的限制以获得改变的设定点压力。

[0078] 由于设定点压力和泥浆返出节流器限制不管是响应于彼此、响应于旁路流量控制装置74的关闭还是响应于其它条件而能够连续地变化,如上文所述,因而步骤130、132以及134在图4的流程图中被描述为同时执行。

[0079] 在步骤135中,来自泵68的流速输出可以被增加,以为继续井孔12的钻探作准备。该增加的流速将节流器34保持在其最佳操作范围内,但是如果节流器以其它方式被保持在其最佳操作范围内,则可以不使用该步骤(如上文讨论的步骤104)。

[0080] 在步骤136中,设定点压力由于流体18的流量增加而改变(例如,补偿钻头14与翼阀28之间增加的环空20中的流体摩擦,这导致了增加的等效循环密度)。数据获取和控制接口94接收流体18的流速增加的读数(例如,来自传感器58、60、62、66、67),并且液压模型92响应地确定改变的环空压力被期望来保持所期望的井下压力,并且控制器96使用改变的所期望的环空压力作为设定点来控制节流器34的操作。

[0081] 在稍微过平衡的控制压力钻井操作中,由于增加的等效循环密度,设定点压力可能降低,在该情况下,流过节流器34的流阻响应地降低。

[0082] 在步骤137中,由于步骤136中的改变的所期望的环空压力,改变对通过节流器34的流体18的流量的限制。如上所述,控制器96控制节流器34的操作,在这种情况下,改变对流过该节流器的流量的限制以获得改变的设定点压力。还如上文所述,设定点压力可增加或降低。

[0083] 由于设定点压力和泥浆返出节流器限制能够响应于彼此、响应于泥浆泵输出的改变以及响应于其它条件连续地变化,因而步骤135、136以及137在图4的流程图中被描述为同时执行,如上文所述。

[0084] 在步骤138中,井孔12的钻探继续。当在钻柱16中需要另一个连接时,能够重复步骤102-138。

[0085] 步骤140和142被包括在图4中连接方法100的流程图中以强调控制系统90在该方法中继续操作。即,数据获取和控制接口94继续接收来自传感器36、38、40、44、46、54、56、58、62、64、66、67的数据并且继续将适当的数据提供到液压模型92。液压模型92继续确定与所期望的井下压力对应的所期望的环空压力。控制器96继续使用所期望的环空压力作为设定点压力用于控制节流器34的操作。

[0086] 将理解的是,可以方便地使用控制系统90使上文描述的全部或大部分的步骤自动化。例如,控制器96可以被用来响应于来自数据获取和控制接口94的输入而自动地控制流量控制装置34、74、76、78、81的任何一个或全部的操作。

[0087] 人为干涉将优选地当期望的是开始连接过程(步骤102)时被用来指示给控制系统90,并且然后当进行了钻杆连接(步骤118)时被用来指示给控制系统90,但是基本上所有的其它步骤可以自动化(例如,通过适当地编程控制系统90的软件元件)。然而,可预见的是能够使所有的步骤102-142自动化,例如如果使用了合适的顶驱钻机(或不用人为干涉而能够进行钻杆连接的任何其它钻机)的话。

[0088] 现在另外地参照图5,代表性地示出了控制系统90的另一种配置。图5的控制系统90与图3的控制系统非常相似,但是不同之处至少在于预测装置148和数据验证器150被包括在图5的控制系统中。

[0089] 预测装置148优选地包括用于预测各种井参数的一个或多个神经网络模型。这些参数可包括传感器36、38、40、44、46、54、56、58、60、62、64、66、67的任何一个的输出、从液压模型92输出的环空压力设定点、流量控制装置34、74、76、78的位置、流体18密度等。可以通过预测装置148来预测任何井参数和井参数的任何组合。

[0090] 预测装置148优选地通过将这些参数的现在实际值和过去实际值输入到该预测装置来进行“训练”。可以基于预测装置的输出关于项(terms)的导数(derivative)来调节预测装置148中的项或“权值”。

[0091] 预测装置148可以通过将在钻井期间、在钻柱16中进行连接时和/或在整个钻井操作的其它阶段期间所获得的数据输入到该预测装置来进行训练。预测装置148可以通过将在钻探至少一个先前的井孔时获得的数据输入到该预测装置来进行训练。

[0092] 该训练可以包括将指示了由该预测装置产生的过去的预测误差的数据输入到预测装置148。预测装置148可以通过输入由钻井系统10(包括钻机、井、利用的设备等)的计算机模拟所生成的数据来进行训练。

[0093] 一旦经过训练,预测装置148能够准确地预测或估计一个或多个参数在现在和/或未来应当具有什么值。所预测的参数值能够被提供到数据验证器150,用于在其数据验证过程中使用。

[0094] 预测装置148不一定必须包括一个或多个神经网络模型。可被使用的其它类型的预测装置包括人工智能装置、自适应模型、概括真实系统的非线性函数、遗传算法、线性系统模型和/或非线性系统模型、及其这些预测装置的组合等。

[0095] 预测装置148可以执行回归(regression)分析,执行非线性函数回归并可以利用粒计算(granular computing)。第一原理模型的输出可以被输入到预测装置148和/或第一原理模型可以被包括在该预测装置中。

[0096] 预测装置148接收来自数据验证器150的实际参数值,该数据验证器150能够包括一个或多个数字可编程处理器、存储器等。数据验证器150使用各种预编程的算法来确定从数据获取和控制接口94接收的传感器测量、流量控制装置位置等是否是有效的。

[0097] 例如,如果接收的实际参数值在可接受的范围外、不可用的(例如,由于无功能的传感器所导致的)或与该参数的预测值相差大于预定的最大量(例如,由于出故障的传感器所导致的),则数据验证器150可以将该实际参数值标志为“无效”。无效的参数值不能用于训练预测装置148,或可不能用于通过液压模型92确定所期望的环空压力设定点。有效的参数值将被用于训练预测装置148,用于更新液压模型92,用于记录到数据获取和控制接口94数据库,并且在所期望的环空压力设定点的情况下,被传送到控制器96,用于控制流量控制装置34、74、76、78的操作。

[0098] 所期望的环空压力设定点可以被从液压模型92通信传输给数据获取和控制接口94、预测装置148以及控制器96中的每一个。所期望的环空压力设定点从液压模型92被通信传输给数据获取和控制接口,用于记录在其数据库中,并且用于与其它实际参数值一起中继传送给数据验证器150。

[0099] 所期望的环空压力设定点从液压模型92被传到预测装置148,用于在预测未来环空压力设定点中使用。然而,在其它示例中,预测装置148可以从数据验证器150接收所期望的环空压力设定点(连同其它实际参数值)。

[0100] 所期望的环空压力设定点从液压模型92被传到控制器96,以防在数据获取和控制接口94或数据验证器150故障或来自这些其它装置的输出不可用的情况下使用。在该情形下,控制器96可以继续控制各种流量控制装置34、74、76、78的操作,以在靠近地面处的环空20中保持/实现所期望的压力。

[0101] 预测装置148被实时进行训练,并且能够基于至少一些其它传感器的输出预测一个或多个传感器测量的当前值。因此,如果传感器输出变得不可用,则预测装置148能够至少暂时地将丢失的传感器测量值提供到数据验证器150,直到该传感器输出再一次变得可用。

[0102] 例如,如果在上文描述的钻柱连接过程中流量计62、64、66之一出故障或其输出不可用或无效,则数据验证器150能够用预测流量计输出代替实际(或不存在)流量计输出。预期的是,在实际应用中,仅可以使用流量计62、64、66中的一个或两个。因此,如果数据验证器150停止从这些流量计之一接收有效输出,则能够通过预测装置148来输出对流过立管管线26和旁路管线72的流体18的比例的确定。将理解的是,对流过立管管线26和旁路管线72的流体18的比例的测量是非常有用的,例如在钻柱连接过程中或在能够引起等效循环密度和/或摩擦压力改变的其它过程(例如转送来自钻柱16的流量的遥测方法等)中,对通过液压模型92计算等效循环密度和/或摩擦压力是非常有用的。

[0103] 经验证的参数值从数据验证器150被传到液压模型92并传到控制器96。液压模型92利用经验证的参数值以及可行的其它数据流,计算实现期望的井下压力所需的感兴趣的点处(例如,在井孔12的底部,有问题的地带,套管靴处等)的井下当前存在的压力以及靠近表面处的环空20中的期望的压力。

[0104] 数据验证器150被编程为检查从数据获取和控制接口94接收的各参数值并确定每一个是否落入预定范围的预期值内。如果数据验证器150检测到其从数据获取和控制接口94接收的一个或多个参数值是无效的,则数据验证器150可以将信号发送到预测装置148以停止训练用于故障传感器的神经网络模型,并且停止训练依赖于来自故障传感器的参数值进行训练的其它模型。

[0105] 虽然当传感器失效时,预测装置148可以停止训练一个或多个神经网络模型,然而预测装置148能够基于其它仍起作用的传感器到该预测装置的输入继续为故障的一个传感器或多个传感器的输出生成预测。一旦识别到故障传感器,数据验证器150能够替代从预测装置148到控制器96的预测的传感器参数值和液压模型92。另外地,当数据验证器150确定传感器出故障或其输出不可用时,该数据验证器能够产生警报和/或发布警告以识别故障的传感器,从而使得操作员能够采取校正动作。

[0106] 预测装置148优选地还能够训练表示液压模型92的输出的神经网络模型。所期望的环空压力设定点的预测值被传送到数据验证器150。如果液压模型92难以生成适当的值或不可用,则数据验证器150能够代替传到控制器96的预测的期望的环空压力设定点。

[0107] 现在另外地参照图6,除控制系统90的其余部分之外,代表性地示出了预测装置148的示例。在该视图中,可以看出的是,预测装置148包括神经网络模型152,神经网络模型

152输出预测的参数 $y$ 的当前( $y_n$ )值和/或未来( $y_{n+1}, y_{n+2}, \dots$ )值。

[0108] 参数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 等的各种其它当前值和/或过去值被输入到神经网络模型152,用于训练神经网络模型、用于预测参数 $y$ 值等。参数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $\dots$ 、 $y$ 、 $\dots$ 可以是上文描述的传感器测量值、流量控制装置位置、物理参数(例如,泥浆重量、井孔深度等)等的任一。

[0109] 参数 $y$ 的当前实际值和/或过去实际值和/或预测值还可以被输入到神经网络模型152。参数 $y$ 的实际值与预测值之间的差在训练神经网络模型152方面(例如,在使实际值与预测值之间的差最小化方面)能够是有用的。

[0110] 在训练期间,权值被指定给各种输入参数,并且这些权值被自动地调节使得实际参数值与预测参数值之间的差被最小化。如果神经网络模型152的底层结构和输入的参数被恰当地选择,则训练会使得在适当的(并且优选短的)训练时间之后使实际参数值与预测参数值之间的差非常小。

[0111] 这对于使单个神经网络模型152仅为单个参数输出预测参数值能够是有用的。多个神经网络模型152能够被用来预测各多个参数的值。以此方式,如果神经网络模型152之一失效,则其它的神经网络模型152不会被影响。

[0112] 然而,资源的有效利用可要求单个神经网络模型152被用来预测多个参数值。这种配置在图7中被代表性地示出,其中神经网络模型152为多个参数 $w$ 、 $x$ 、 $y$ ...输出预测值。

[0113] 如果使用了多个神经网络,则对于全部神经网络不必要共享相同的输入。在图8中代表性地示出的示例中,使用了两个神经网络模型152、154。神经网络模型152、154共享一些相同的输入参数,但是模型152具有与模型154不共享的一些参数输入值,并且模型154具有未被输入到模型152的参数输入值。

[0114] 如果神经网络模型152仅为与特定传感器(或实际参数值的其它来源)相关的单个参数输出预测值,则如果该传感器(或其它实际参数值源)失效,预测其输出的神经网络模型能够在操作继续而不间断时提供参数值。由于神经网络模型152在该情况下仅用于为单个参数预测其值,因此一旦发生传感器(或其它实际参数值源)的失效,就能够方便地停止神经网络模型的训练,而不影响其它神经网络模型的任何一个被用来预测其它参数值。

[0115] 现在另外地参照图9,代表性且示意性地示出了钻井系统10的另一种配置。图9的配置在大多数方面与图2的配置相似。

[0116] 然而,在图9的配置中,流量控制装置78和流量限制器80与流量控制装置74和流量计64被包括在单独的流量转送单元156中。流量转送单元156能够被提供作为便于在钻机现场运输和安装的“滑行装置”。节流管汇32、压力传感器46以及流量计58还可以被设置为一个单独的单元。

[0117] 要注意,流量计66、67的使用是可选的。例如,能够从流量计62、64的输出推断出通过立管管线26的流量,并且能够从流量计58、64的输出推断出通过泥浆返出管线73的流量。

[0118] 现在另外地参照图10,代表性且示意性地示出钻井系统10的另一种配置。在该配置中,流量控制装置76被连接在钻机的立管管汇70的上游。该布置具有特定的好处,例如,钻机的立管管汇70或该管汇与方钻杆之间的管线不需要进行变型,钻机的立管排放阀82能够被用来在正常钻井操作中疏通立管26(不需要通过钻机人员改变流程,不需要独立于流量转送单元156的疏通管线)等。

[0119] 流量控制装置76能够使用例如快速连接器84(例如,锤击接头等)被互连在钻井用

泥浆泵68与立管管汇70之间。这将允许流量控制装置76被方便地适于在各种钻机的泵管线中进行互连。

[0120] 特别适用的全自动化的流量控制装置76(例如,由控制器96自动地控制)能够用于控制流过立管管线26的流量,来代替使用钻机的立管管汇70中的现有立管阀。整个流量控制装置81如本文描述的能够被定制使用(例如,用于与对该立管管线与旁路管线72之间的流体18的转送协同地控制通过立管管线26的流量从而控制环空20中的压力等),而非用于现有的钻井目的。

[0121] 在图10的示例中,远程控制阀或其它流量控制装置160被选择性地用来将流体18的流量从立管管线26转送到泥浆返出管线30,以将信号、数据、命令等传送到井下工具(例如图1的井底钻具组件,包括传感器60、其它设备,包括泥浆电机、偏转装置、转向控制等)。该装置160被遥测控制器162所控制,遥测控制器162能够将信息编码为由井下工具可检测的一连串流量转送(flow diversions)(例如,流过井下工具的流量的一定降低是由通过装置160将相应流量从立管管线26转送到泥浆返出管线30所造成的)。

[0122] 合适的遥测控制器和合适的远程可操作流量控制装置被设置在由哈里伯顿能源服务公司销售的GEO-SPAN(TM)系统中。遥测控制器162能够被连接至INSITE(TM)系统或控制系统90中的其它获取和控制接口94。然而,根据本公开文本的范围,可以使用其它类型的遥测控制器和流量控制装置。

[0123] 在下文更全面描述的控制井压的方法中,响应于被传送的以将流量从立管管线26转送到泥浆返出管线30的指令,来调节期望的环空压力设定点。这种指令可以在上文描述的连接方法100的步骤109被传送。作为另一个示例,该指令可以通过遥测控制器162被传送到装置160,以将对应的遥测信号传送到井下工具。在其它示例中,为了除在钻柱中进行连接或传送信号之外的其它目的,可以从立管管线26和钻柱16转送流体18的流量。

[0124] 流量从钻柱16的转送将导致摩擦压力减少,从而减少井孔12中的压力。在已知流量转送开始(例如,指令将被传送以转送流量)的情况下,优选的是,也开始改变环空压力设定点,以减缓由于流量转送引起的井中的任何压力改变。

[0125] 这与响应于井下压力的测量的改变、响应于在地面处流量的测量的改变等来改变环空压力设定点十分不同。可代替地,优选地直接响应于改变通过钻柱16的流量的指令而做出环空压力设定点的改变。

[0126] 因此,流量或压力等的实际改变不需要发生、不需要被传感器检测到以及不需要被传送到控制系统90用于估计环空压力设定点是否应当被改变。可代替地,环空压力设定点能够被立即改变,优选地在井下出现的压力无任何显著的改变。

[0127] 在实践中,将从钻柱16转送多少流量的流体18(该流速也能够凭借流量计164来测量或从其它流量计58、60、66等的测量推断)被通常地已知,并且该流体的总流量将在给出改变流过钻柱的流量的指令之前正好被得知。在这些情况下,能够计算出由流过钻柱16和环空20的流量减少引起的预期的压力减少,并且能够相应调节(例如,增加)环空压力设定点,使得当转送开始时,井下压力基本上保持不变。当然,如果流过钻柱16的流量增加,则由流量增加引起的预期的压力增加能够被计算出,并且能够相应调节(例如,降低)环空压力设定点。

[0128] 在基本示例中,环空压力设定点典型地等于期望的井下压力、井下位置的负静压

力、以及负摩擦压力。该摩擦压力通过液压模型92来计算,并且该摩擦压力是流过钻柱16和环空20的流体18的流速的函数。因此,流速的预期的改变将在摩擦压力中产生预期的改变,该摩擦压力能够容易地通过液压模型92来计算。

[0129] 现在另外地参照图11,代表性地示出了用于控制井中的压力的方法170的流程图。与本公开文本的范围一致地,方法170可以利用上文描述的钻探系统10的任何一个,或者该方法可以利用任何其它钻探系统。

[0130] 在图11的示例中,由流过钻柱16和环空20的流量的改变所引起的井下压力波动被减缓或完全防止。在流量改变之前,在步骤172中测量(例如,通过传感器36、38、40、44、46、54、56、58、60、62、64、66、67、164)相关的参数。在步骤174中这些测量通知对预期的流量改变的确定。

[0131] 在一个合适的技术中,能够使用以下公式计算出转送的流体18的流速:

$$[0132] \quad \text{转送的流量} = e^{\ln(\text{立管}-C2)/C0} / C1 \quad (1)$$

[0133] 其中“立管”是在流体18的转送期间(例如,在遥测信号等的传送期间)立管管线26中的实际测量的压力,并且C0、C1以及C2是从测量的立管压力与流过立管的流速的曲线拟合推出的常数。

[0134] 在另一个示例中,预测装置148能够用来基于各种井参数预测预期的流速改变。这些参数可以包括传感器36、38、40、44、46、54、56、58、60、62、64、66、67、164的任何一个的输出、从液压模型92输出的环空压力设定点、节流器34尺寸、流量控制装置34、74、76、78的位置、钻井液18密度等。任何井参数(包括当前数据和历史数据),以及任何组合的井参数可以被预测装置148利用。

[0135] 通过预期的流量改变,液压模型92能够预测由于流量改变引起的井下压力改变以及对于减缓该井下压力改变所需要的压力设定点的改变。例如,如果确定流量改变将导致井下位置处的压力减少,则环空压力或立管压力设定点能够被适当地增加以补偿(offset)预期的井下压力降低。

[0136] 在步骤176中,通过例如操作图10的装置160以将流量从立管管线26转送(或停止转送)到泥浆返出管线,操作图9的流量转送单元156或装置81以改变通过立管管线的流量等,指令被传送以改变通过钻柱16和环空20的流速。这种指令可以通过控制器96被传送到流量转送单元156,通过控制器162被传送到装置160等。与本公开文本的范围一致地,可以使用将使流过钻柱16和环空20的流速得以改变的任何指令。

[0137] 在一个示例中,上文提到的INSITE(TM)系统能够发出指令或命令以开始下行过程(表面到井下遥测),从而定期地减少流过钻柱16和环空20的流量。流量的这种减少能够潜在地引起井下压力的降低。

[0138] 在步骤178中,响应于被传送的指令来调节环空压力设定点。如果需要的话,在环空压力设定点被调节之前,该步骤能够包括用于确认指令将被执行或至少该指令被适当地接收的要求。例如通过在改变流量的指令被传送之后、在流量改变期间、在流量改变之后等监控各种参数,能够根据需要进行进一步的调节以保持期望的井下压力。

[0139] 通过响应于被传送的指令来调节环空压力设定点,井下压力改变被减缓或防止。否则,这种井下压力改变可能导致流体漏失、井孔四周的地层的压裂、或套管靴的失效(例如,由于增加的井下压力所引起的)、或流体从岩层流入井孔(如由于减少的井下压力所引

起的)。

[0140] 然而,在一些情况下,允许有限数量的井下压力波动以例如允许与响应于压力改变的井下工具等进行通信可能是有用的。在这些情况下,对环空压力设定点的调节能够考虑井下一些预定的可允许的压力变化。

[0141] 现在,可以完全理解的是,上述公开内容提供对钻井操作中的压力和流量控制技术的实质性改进。在这些改进中,方法170被用来减少或消除由于流过钻柱16和环空20的流量的改变所引起的井下的压力变化。如果流量的改变以已知的刺激(例如改变流量的指令)为先导,则由于流量的改变所引起的压力变化能够通过响应于该刺激迅速地调节环空压力设定点而被抢先处理(preempt),而不是等待要被检测的流量的改变所产生的影响。

[0142] 上文描述了一种控制井中的压力的方法170。在一个示例中,方法170能够包括:传送指令以改变流过径向形成在钻柱16和井孔12之间的环空20的流量;以及响应于该传送来调节压力设定点。

[0143] 能够在流过环空20的流量改变之前和/或在流过环空20的流量改变时执行该调节。可以在流量改变被传感器36、38、40、44、46、54、56、58、60、62、64、66、67、164检测之前来执行该调节。

[0144] 流量改变可以是由将流量从钻柱16转送到泥浆返出管线30而引起的。

[0145] 该传送能够包括将信息编码为一连串流量变化(variation)。例如,所编码的信息可以是用于传送给一个或多个井下工具的数据、命令、指令等。

[0146] 该传送包括在钻柱16中开始连接。例如,连接方法100的性能将使得通过环空20和钻柱16的流量改变。

[0147] 方法170能够包括基于测量的井参数预测流量的改变。该方法可以包括预测由于预测的流量改变引起的井下压力改变。

[0148] 上文还描述了钻井系统10。在一个示例中,系统10能够包括用于改变通过钻柱16的流量的流量控制装置74或160。控制系统90响应于使流量控制装置74或160改变通过钻柱16的流量的指令而改变压力设定点。

[0149] 流量控制装置74能够将流量从立管管线26转送到泥浆返出管线30。流量控制装置160能够将流量从钻柱16转送。

[0150] 控制系统90可以预测因流量改变引起的压力改变。压力设定点能够响应于指令而通过预测的压力改变来得以调节。

[0151] 该压力设定点可以对应于井孔12中的期望压力和/或在地球表面处或靠近地球表面处的环空20中测量的期望压力。

[0152] 上文还描述了一种控制井中的压力的方法170,方法170在一个示例中包括传送指令以将流量从钻柱16转送以及响应于该传送而调节压力设定点。

[0153] 该调节能够在转送流过钻柱16的流量之前和/或在转送流过钻柱16的流量时来执行。该调节可以在转送被传感器36、38、40、44、46、54、56、58、60、62、64、66、67、164检测之前来执行。

[0154] 应理解,在此所描述的本公开文本的各种实施例可以按照各种方向(例如倾斜、倒转、水平、竖直等等)并以各种配置来利用,而不背离本公开文本的原理。这些实施例仅作为本公开文本的原理的有效应用的示例来描述,这些原理并不限于这些实施例的任何具体细

节。

[0155] 在代表性示例的以上说明中,方向术语,如“上文”、“下文”“上”“下”是为了方便为参考附图使用的。然而,应当清楚地理解,本公开文本的范围不限于在此描述的任何特定方向。

[0156] 当然,一旦仔细考虑本发明的代表性实施例的以上说明,本领域技术人员将很容易理解可对具体的实施例进行多种改型、添加、代替、省略以及其它改变,并且这些改变是通过本发明的原理而被设想出的。因此,应清楚地理解,以上详细描述仅以说明和示例的方式给出本公开文本的精神和范围仅由所附权利要求书及其等同方案来限定。

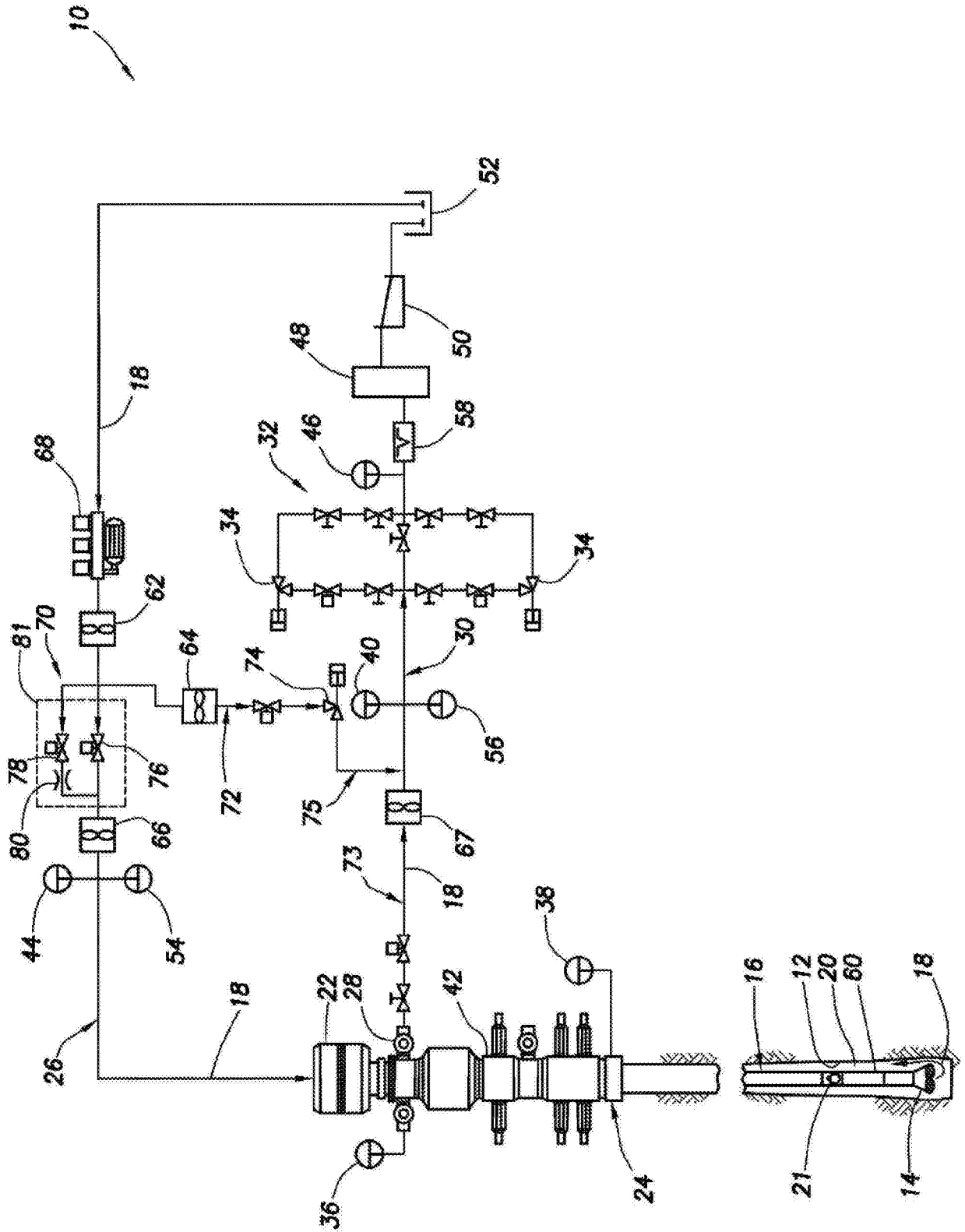


图1

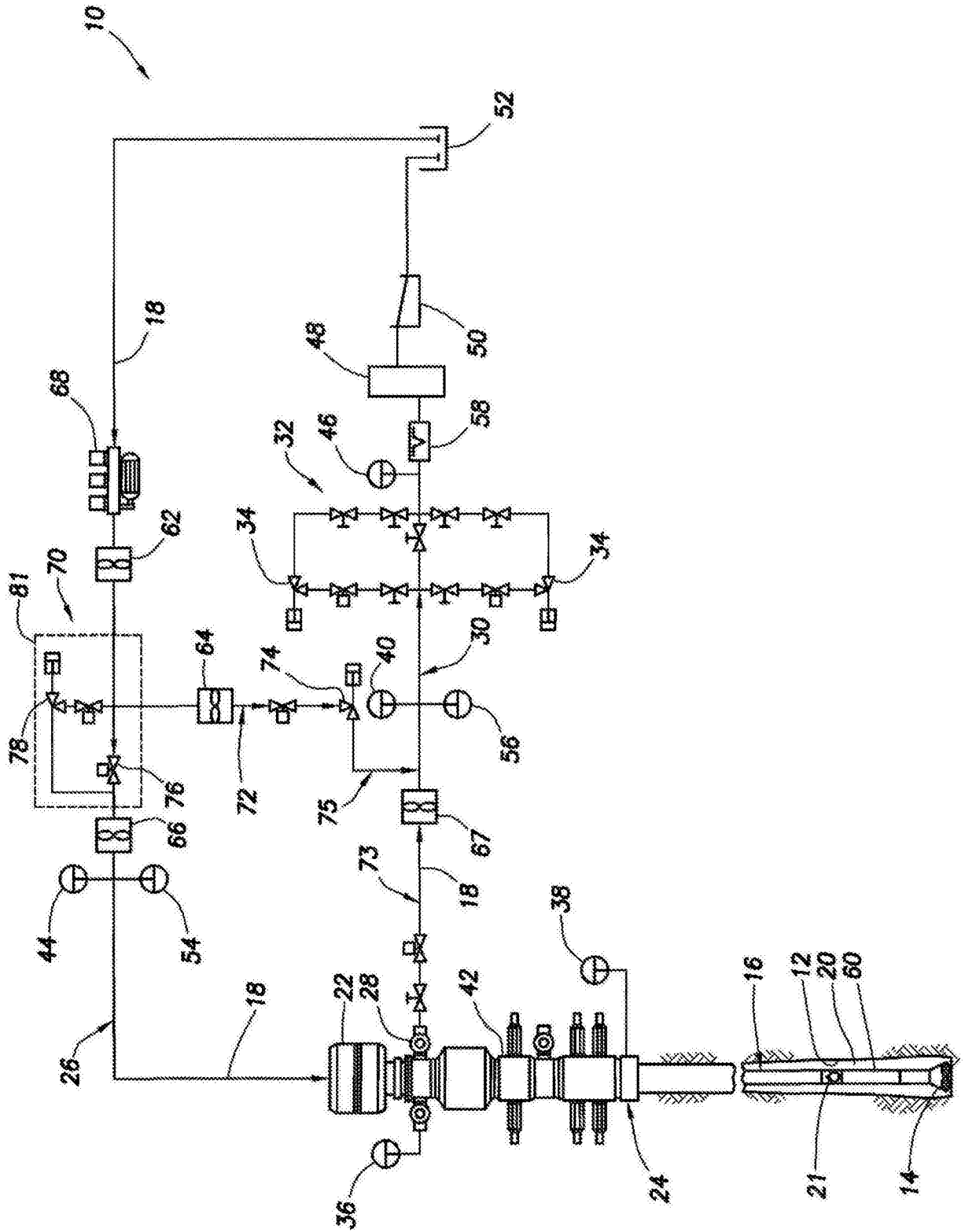


图2

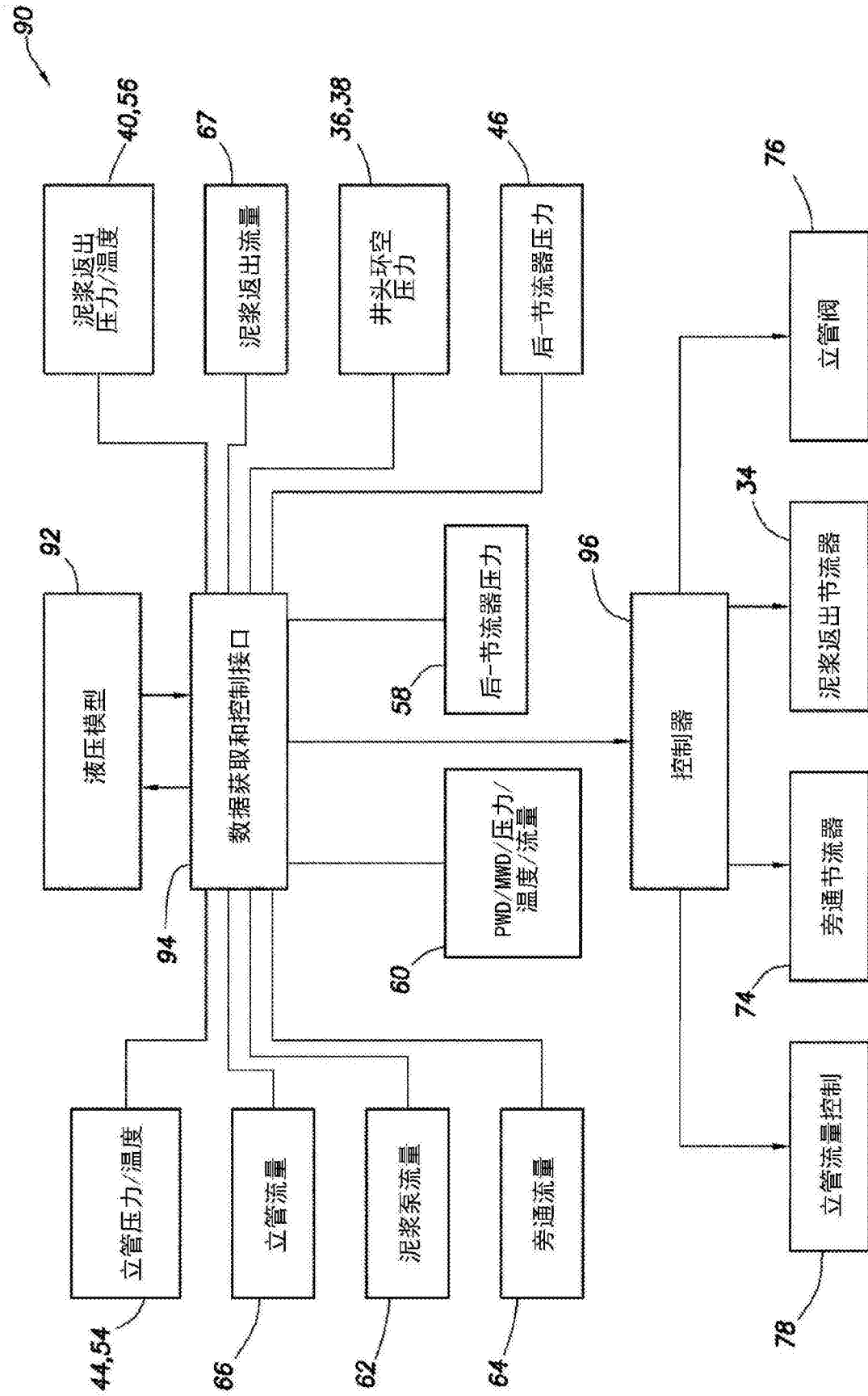


图3

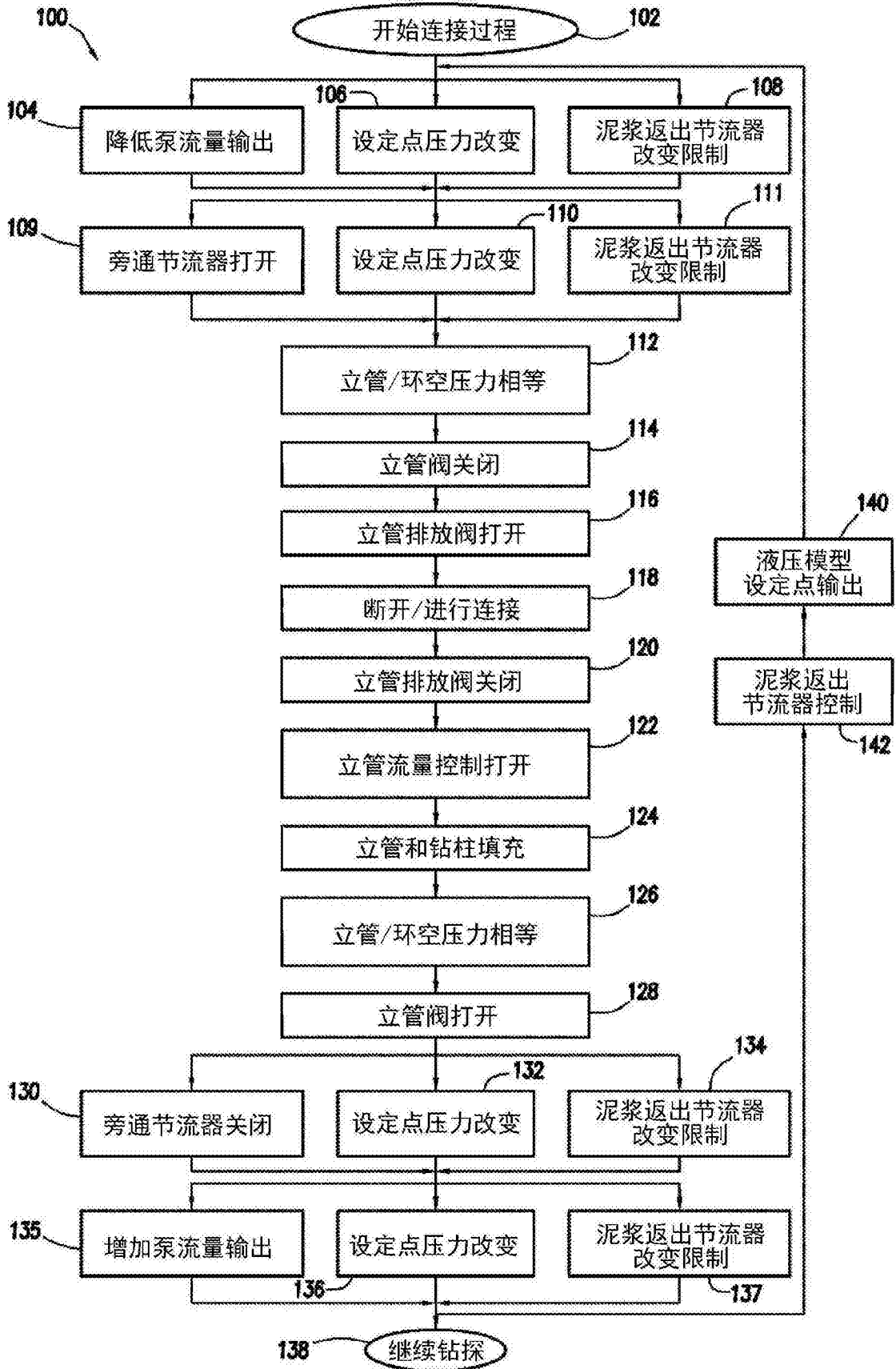


图4

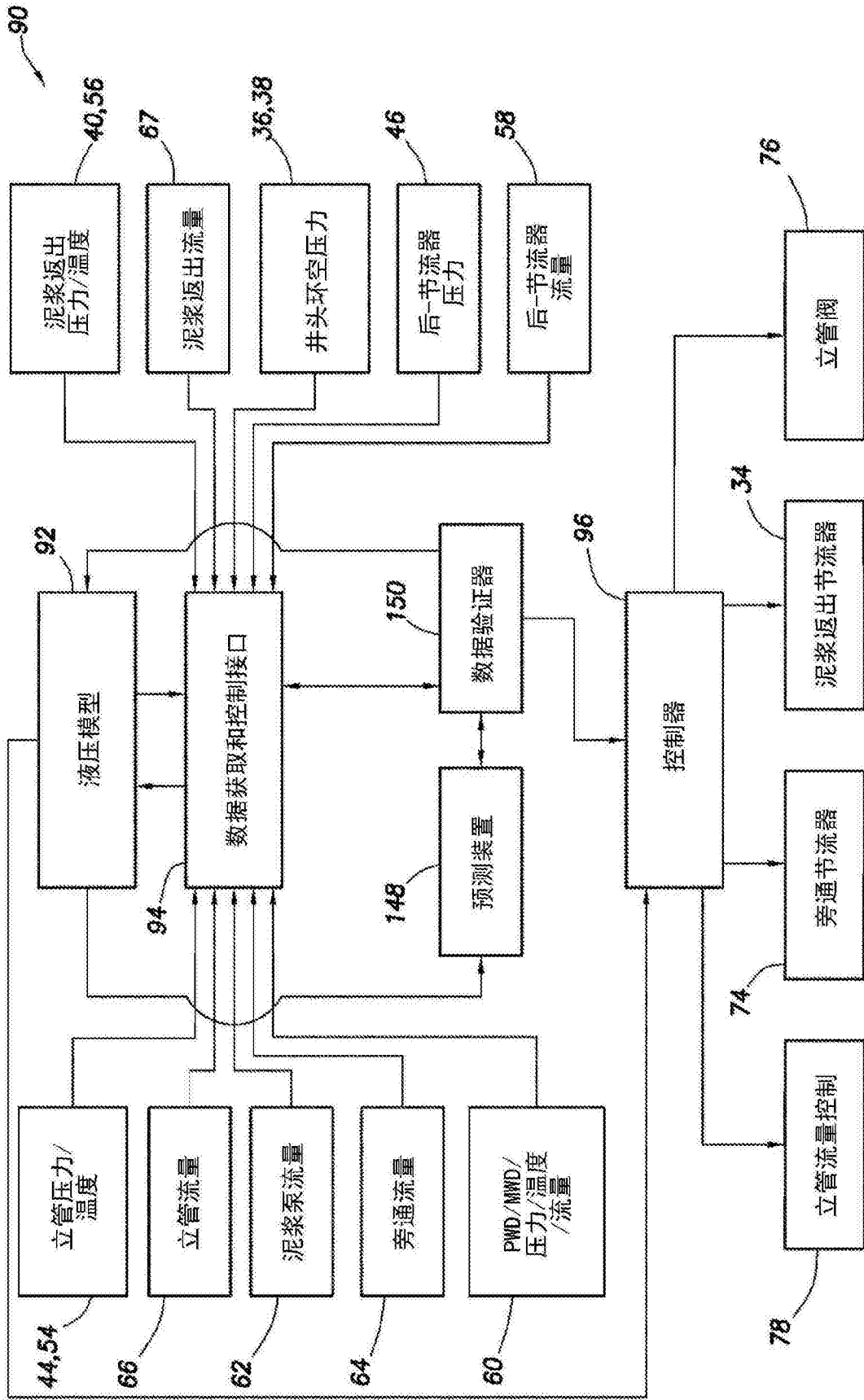


图5

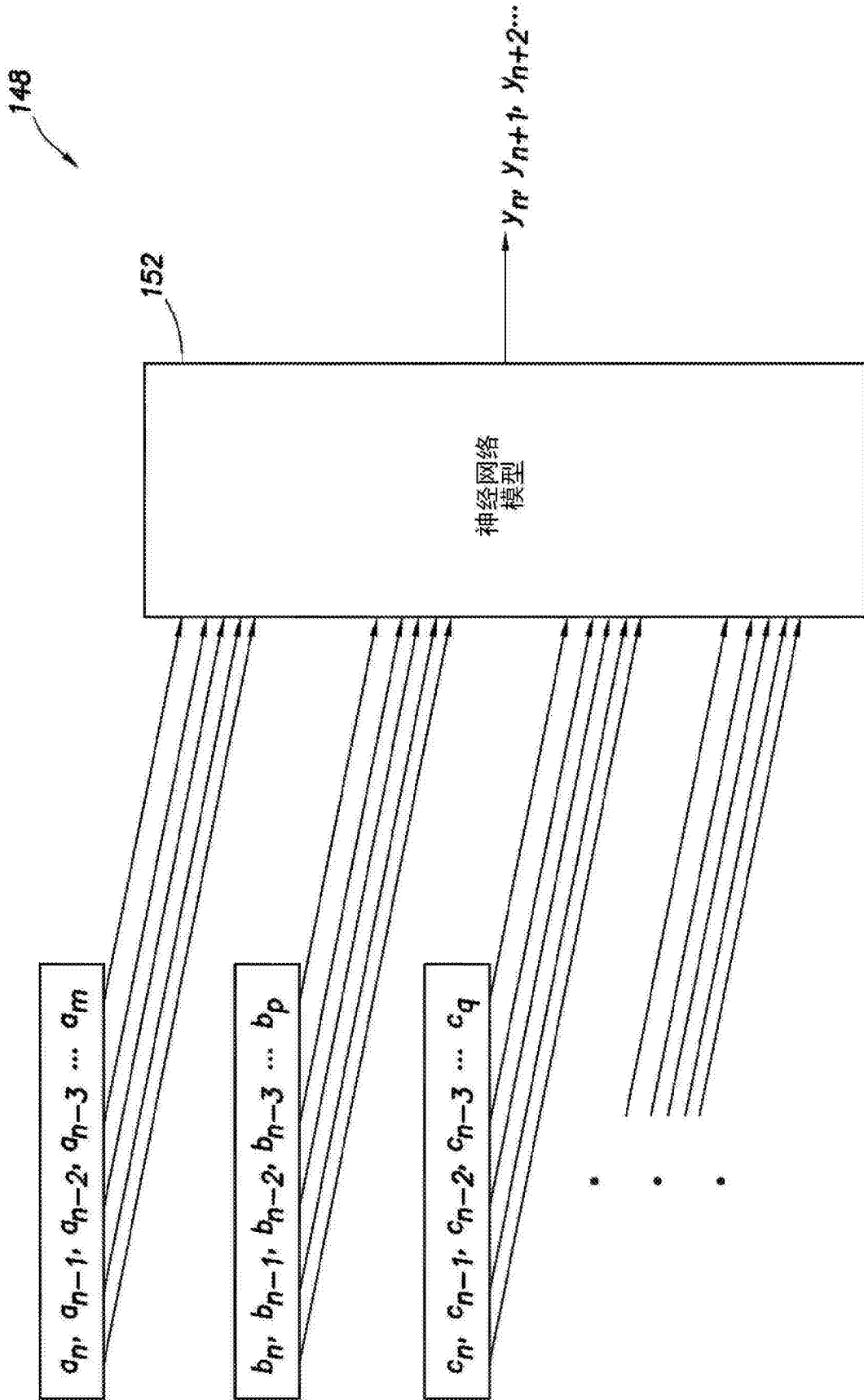


图6

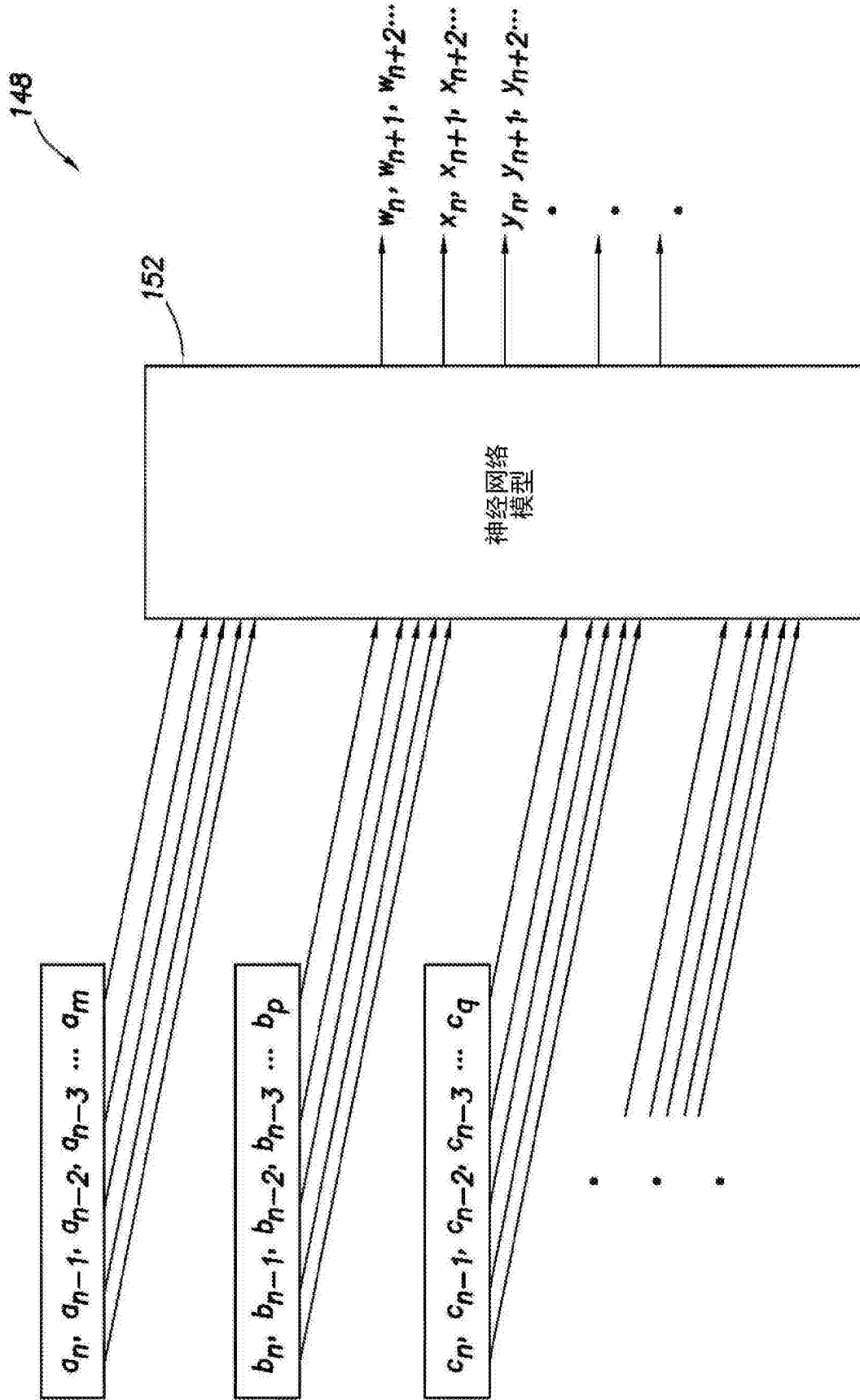


图7

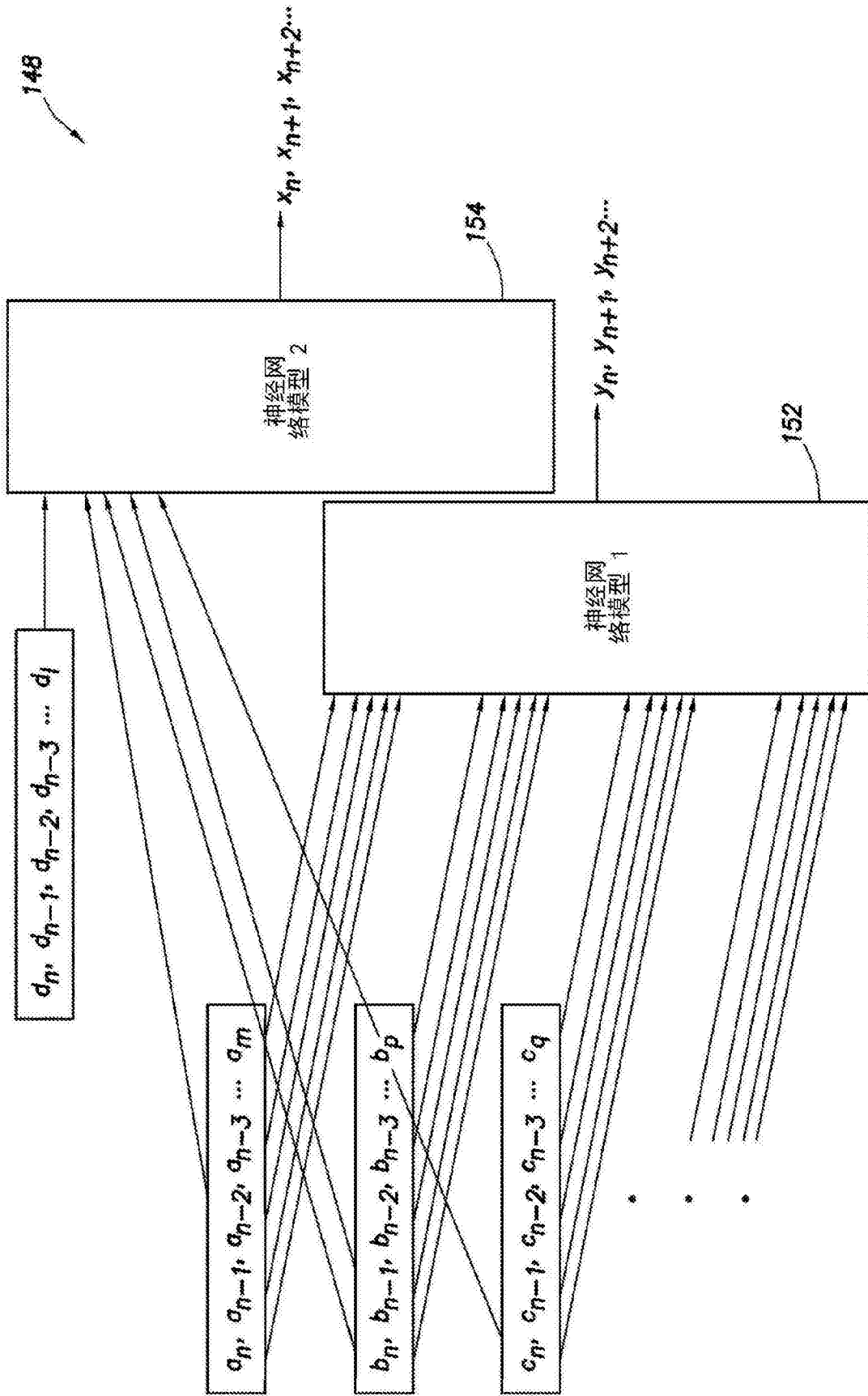


图8

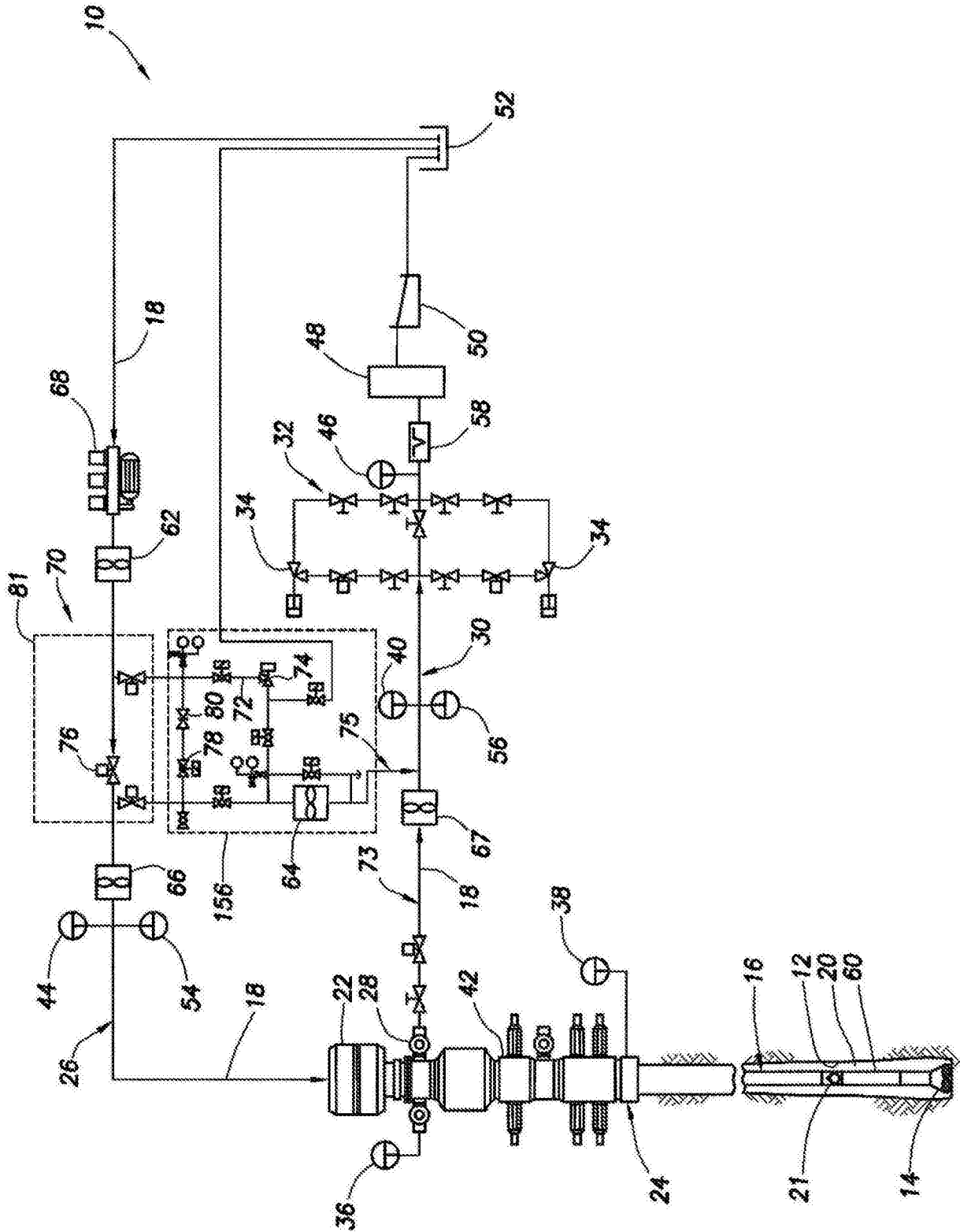


图9



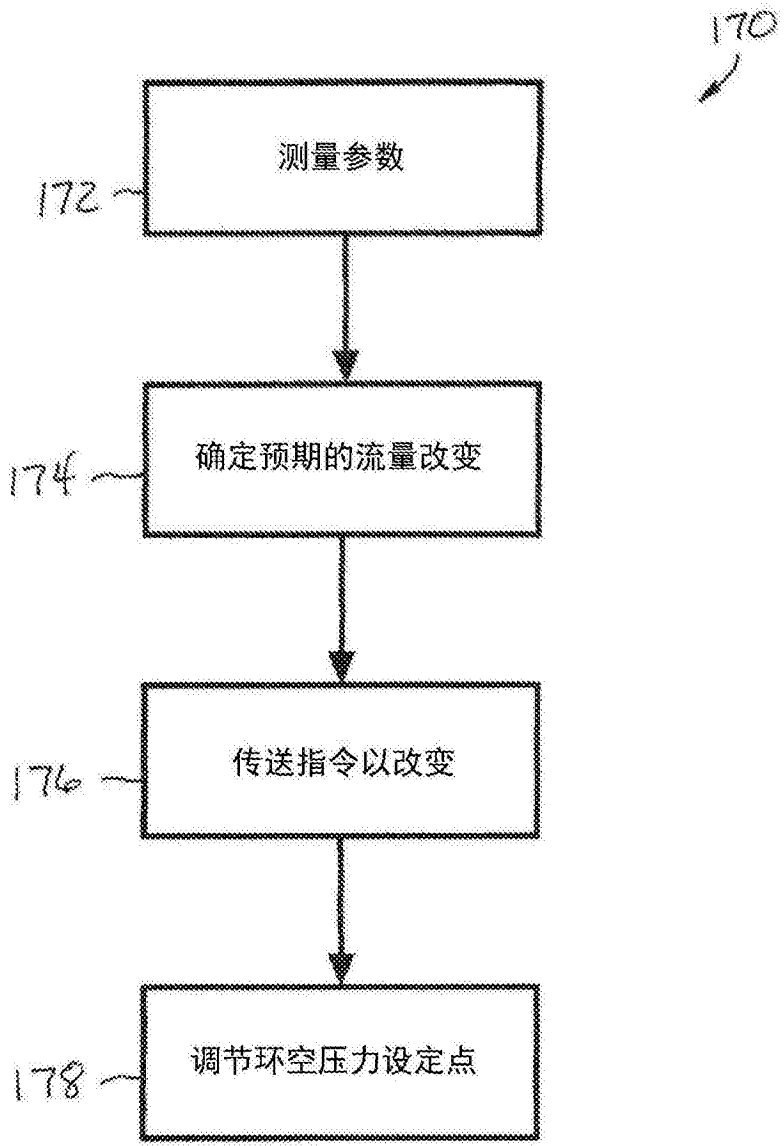


图11