(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105604529 B
(45)授权公告日 2019.04.23

(21)申请号 201610089838.1
(22)申请日 2011.01.26
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105604529 A
(43)申请公布日 2016.05.25
(30)优先权数据
12/700,685 2010.02.04 US
(62)分案原申请数据
201180008491.9 2011.01.26
(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 贾森·D·戴克斯特拉
M·L·夫瑞普 O·德杰瑟斯
约翰·C·加诺 卢克·霍尔德曼
(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司 72003
代理人 黄艳
(51)Int.Cl.
*E21B 43/12*(2006.01)
*E21B 33/03*(2006.01)
(56)对比文件
US 5815370 A,1998.09.29,全文.
US 2008/0041580 A1,2008.02.21,全文.
US 4108721 ,1978.08.22,全文.
CN 1764498 A,2006.04.26,全文.
US 2007/0028977 A1,2007.02.08,全文.
US 4817863 ,1989.04.04,全文.
CN 1751565 A,2006.03.29,全文.
审查员 杜文杰

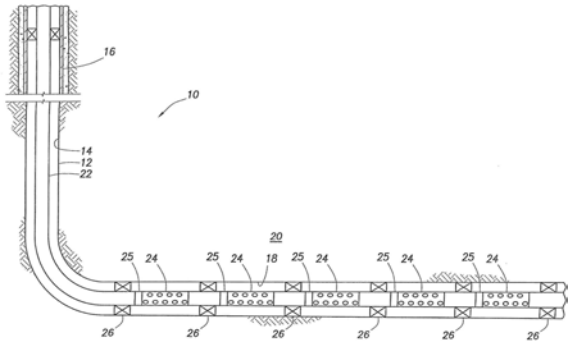
权利要求书1页 说明书21页 附图25页

(54)发明名称

井装置和流控制装置、在井下井眼中自主导引流的方法

(57)摘要

一种井装置和流控制装置、在井下井眼中自主导引流的方法，该装置包括：流系统，该流系统基于流体流的黏性在由至少三个通道共享的共同入口处分隔所述至少三个通道之间的流动，并且该流系统在取决于流体流的黏性的方向上在由所述至少三个通道共享的共同出口处再结合所述流，其中所述至少三个通道具有对所述流体流的第一阻力、第二阻力、第三阻力，对所述流体流的所述第一阻力、第二阻力、第三阻力中的各个阻力均不同于对所述流体流的所述第一阻力、第二阻力、第三阻力中的其他两个阻力。




CN 105604529 B

1.一种装置,包括:

流系统,该流系统具有第一通道、第二通道和第三通道以及分别与所述第一通道、所述第二通道和所述第三通道流体连通的第一入口、第二入口和第三入口,并且所述第一入口、所述第二入口和所述第三入口彼此连接,且使流体流通过所述第一入口、所述第二入口和所述第三入口融合,其中所述第一通道对所述流体流的第一阻力不同于所述第二通道对所述流体流的第二阻力。

2.根据权利要求1所述的装置,还包括位于至少其中一个通道中的涡流二极管。

3.根据权利要求1所述的装置,还包括位于其中一个通道中的第一限流器,该第一限流器与位于另一个通道中的第二限流器属于不同的类型,以及其中所述第一限流器和所述第二限流器选自如下的组群,即,涡流二极管、弯曲的流动路径、表面纹理、接触特定流体而膨胀的材料和孔口。

4.根据权利要求1所述的装置,其中,一个通道包括沿其长度一致的直径,且该通道长于另一个通道,以在黏性增加时提供对流体流的比另一个通道更大的阻力。

5.根据权利要求1所述的装置,其中所述第二通道中的流体流响应所述流体在粘度上的增加的阻力增加小于所述第一通道中的流体流的阻力增加。

6.根据权利要求5所述的装置,其中响应于黏性的改变,其中一个通道提供对流体流基本恒定的阻力。

7.根据权利要求5所述的装置,其中响应于增加的黏性,其中一个通道提供的阻力大于另一个通道提供的阻力。

8.根据权利要求1所述的装置,其中所述流系统是井下工具。

# 井装置和流控制装置、在井下井眼中自主导引流的方法

[0001] 本申请是申请人为“哈利伯顿能源服务公司”、申请日为2011年01月26日、申请号为201180008491.9、发明名称为“用于自主井下流体选择且具有通路依赖型阻力系统的方法和装置”的申请的分案申请。

## 技术领域

[0002] 本发明总体涉及从含烃地下层中的地层到井筒中的生产管柱的流体流的选择性控制的方法和装置。更具体来说，本发明涉及根据流体流的一些特性通过利用流方向控制系统和用于向流体流提供可变阻力的通路依赖型阻力系统来控制流体流的方法和装置。所述系统还可以优选地包括流体放大器。

## 背景技术

[0003] 在穿过含烃地下层的完井期间，生产管和各种的设备被安装在井中以实现流体的安全和有效生产。例如，为了防止来自疏松或松散固结的地下层的颗粒材料的生产，某些完井包括在最接近于所需生产层段处安置的一个或多个防沙筛管。在其它完井中，为了控制进入到生产管中的生产流体的流速，常见的做法是利用完井管柱安装一个或多个流入控制器件。

[0004] 自任何给定生产管段的生产可经常具有多种流体组分，诸如天然气、石油和水，其中生产流体随着时间推移而在比例成分上有所变化。从而，随着流体组分的比例变化，流体流特性将同样地变化。例如，当生产流体具有成比例地更高量的天然气时，流体的粘度将会更低且流体的密度将会比流体具有成比例地更高量的石油时更低。通常可取的是减少或防止一种成分的生产来支持另一种成分的生产。例如，在石油生产井中，可能需要减少或避免天然气生产且使石油生产最大化。虽然各种井下工具已经用来根据其可取性控制流体的流动，但是需要流控制系统来控制在各种流条件下为可靠的流体的流入。此外，需要自主操作(即，响应于井下的改变条件且无需通过操作员来要求来自表面的信号)的流控制系统。此外，需要不具有移动机械部件的流控制系统，这些移动机械部件易于在包含自流体中的沙的侵蚀或堵塞影响的不利井条件下发生故障。关于注入情况出现类似问题，其中流体流进入到地层中而非离开地层。

## 发明内容

[0005] 根据本申请提供了一种装置，包括：流系统，该流系统具有第一通道、第二通道和第三通道以及分别与所述第一通道、所述第二通道和所述第三通道流体连通的第一入口、第二入口和第三入口，并且所述第一入口、所述第二入口和所述第三入口彼此连接，且使流体流通过所述第一入口、所述第二入口和所述第三入口融合，其中第一通道对流体流的第一阻力不同于第二通道对流体流的第二阻力。

[0006] 本申请还包括位于至少其中一个通道中的涡流二极管，以及位于其中一个通道中的第一限流器，该第一限流器与位于另一个通道中的第二限流器属于不同的类型，以及其

中所述第一限流器和所述第二限流器选自如下的组群，即，涡流二极管、弯曲的流动路径、表面纹理、接触特定流体而膨胀的材料、和孔口。

[0007] 其中，其中一个通道包括沿其长度一致的直径，且该通道长于另一个通道，以在黏性增加时提供对流体流的比另一个通道更大的阻力。

[0008] 其中第二通道中的流体流响应流体在粘度上的增加的阻力增加小于第一通道中的流体流的阻力增加。

[0009] 其中响应于黏性的改变，其中一个通道提供对流体流基本恒定的阻力。

[0010] 其中响应于增加的黏性，其中一个通道提供的阻力大于另一个通道提供的阻力。

[0011] 其中所述流系统是井下工具。

[0012] 本申请还提供了一种用于安装在井下区域的井眼中的井装置，包括管壁；流控制系统包括定位在该管壁中的涡流室。

[0013] 其中所述井装置包括完井管柱段。

[0014] 其中所述井装置包括工作管柱段。其中所述流体的特性包括：流体的密度、流体的黏性或流体的速度的至少一种。

[0015] 描述的是一种用来控制流体在位于延伸通过含烃地下层的井筒中的生产管中的流动。一种流控制系统被放置成和生产管流体连通。所述流控制系统具有流方向控制系统和通路依赖型阻力系统。所述流方向控制系统可优选包括具有至少第一通道和第二通道的流比率控制系统，所述生产流体流入所述通道中，其中通过所述通道的流体流的比率与所述流体流的特性(诸如粘度、密度、流速或多个属性的组合)有关。所述通路依赖型阻力系统优选包括具有至少第一入口和出口的涡流室，所述通路依赖型阻力系统的所述第一入口与所述流体比率控制系统的所述第一通道或第二通道中的至少一者流体连通。在优选实施方案中，所述通路依赖型阻力系统包括两个入口。所述第一入口被定位成将流体引导到所述涡流室中，使得其主要切向地流入所述涡流室中，且所述第二入口被定位成引导流体使得其主要径向地流入所述涡流室中。所需流体，诸如石油是根据其相对特性来选择的，且主要径向地被引导到所述涡流室中。油井中的非所需流体，诸如天然气或水主要切向地被引导到所述涡流室中，从而限制流体流。

[0016] 在优选实施方案中，所述流控制系统还包括流体放大器系统，所述流体放大器系统插置在所述流体比率控制系统和所述通路依赖型阻力系统之间且，且与这两者流体连通。所述流体放大器系统可包括比例放大器、喷射型放大器，或压力型放大器。优选而言，在所述流比率控制系统中提供第三流体通道，主通道。所述流体放大器系统接着利用来自所述第一通道和第二通道的流作为引导来自所述主通道的流的控制部。

[0017] 所述井下管可以包括多个本发明的流控制系统。油田管的内部通道还可以具有环形通道，其中多个流控制系统定位成邻近所述环形通道使得流动通过所述环形通道的流体被引导到所述多个流控制系统中。

## 附图说明

[0018] 为了更完全地理解本发明的特征和优点，现在参考本发明的详细描述和附图，其中不同图中的对应数字指代对应部分，且其中：

[0019] 图1是包括体现本发明原理的多个自主流控制系统的井系统的示意图；

[0020] 图2是根据本发明的筛系统、流入控制系统和流控制系统的横截面侧视图；

[0021] 图3是本发明的一个实施方案的自主流控制系统的示意代表图；

[0022] 图4A和图4B是图3的流控制系统针对天然气和石油两者的计算流体动力模型；

[0023] 图5是根据本发明的具有比率控制系统、通路依赖型阻力系统和流体放大器系统的流控制系统的一个实施方案的示意图；

[0024] 图6A和图6B是示出在本发明的一个实施方案中的流控制系统中的流体放大器系统的流比率放大效应的计算流体动力模型；

[0025] 图7是在本发明中使用的压力型流体放大器系统的示意图；

[0026] 图8是根据本发明的定位在管壁中的流控制系统的透视图；和

[0027] 图9是本发明的定位在管壁中的多个流控制系统的横截面端视图。

[0028] 图10是根据本发明的流控制系统的一个实施方案的示意图，其具有流比率控制系统、压力型流体放大器系统、双稳态开关放大器系统和通路依赖型阻力系统；

[0029] 图11A至图11B是示出如图10所示的流控制系统的实施方案的流比率放大效应的计算流体动力模型；

[0030] 图12是根据本发明的一个实施方案的流控制系统的示意图，其利用流体比率控制系统、具有与双稳态式放大器串行的比例放大器的流体放大器系统和通路依赖型阻力系统；

[0031] 图13A和图13B是示出图12中所见的流控制系统的实施方案中的流体流型(flow pattern)的计算流体动力模型；

[0032] 图14是根据本发明的定位在管壁中的流控制系统的透视图；

[0033] 图15是根据本发明的一个实施方案的流控制系统的示意图，其被设计用来选择较低粘度流体而非较高粘度流体；

[0034] 图16是示出在注入井和生产井中使用本发明的流控制系统的示意图；

[0035] 图17A至图17C是本发明的通路依赖型阻力系统的一个实施方案的示意图，其指示随时间变化的流量(flow rate，流速)；

[0036] 图18是压力对流量的曲线图，且指示从图17的系统中流量随时间变动预期的滞后效应；

[0037] 图19是示出根据本发明的一个实施方案的具有比率控制系统、放大器系统和通路依赖型阻力系统的流控制系统的示意图，其示例性使用在流入控制器件替代物中；

[0038] 图20是压力P对流量Q的曲线图，其示出图19中流动通道的表现；

[0039] 图21是示出根据本发明的流控制系统的一个实施方案的示意图，其具有与辅助流动通道和第二(次级)通路依赖型阻力系统串行的多个阀门；

[0040] 图22示出根据本发明的流控制系统的示意图，其使用在延伸到井筒内的管中的反向固井操作中；

[0041] 图23示出根据本发明的流控制系统的示意图；和

[0042] 图24A至图24D示出本发明的通路依赖型阻力系统的四个替代实施方案的示意代表图。

[0043] 本领域技术人员应理解，诸如上方、下方、上、下、向上、向下和类似方向性术语的使用是相对于其在图中描绘的说明性实施方案而使用，向上方向是朝向对应图的顶部，而

向下方向是朝向对应图的底部。在不是这种情况，且使用术语指示所需定向时，本说明书将会注明或将其说清楚。使用上游和下游指示相对于表面的位置或方向，其中上游指示沿着井筒朝向表面的相对位置或移动，而下游指示沿着井筒背离表面的相对位置或移动。

## 具体实施方式

[0044] 虽然在下文详细讨论本发明各种实施方案的制作和使用，但是本领域技术人员将了解，本发明提供可在各种特定环境中体现的可应用发明概念。本文中讨论的特定实施方案是示例说明制作和使用本发明的特定方式，并且不限制本发明的范畴。

[0045] 图1是总体指示为10的井系统的示意图式，其包括体现本发明原理的多个自主流控制系统。井筒12延伸通过各种地下岩层。井筒12具有大体上垂直的部分14，在其上部内安装套管柱16。井筒12还具有示出为水平且大体上偏离的部分18，其延伸通过含烃地下层20。如图所示，井筒12的大体上水平的部分18是裸眼井。虽然在本文中示出为裸眼井-井筒的水平部分，但是本发明将在任何定向以及裸眼井或套管井中奏效。本发明也同样将在如上文讨论的注入系统中奏效。

[0046] 管柱22定位在井筒12内并且从表面延伸。管柱22提供导管用于使流体从地层20逆流向上行进到表面。多个自主流控制系统25和多个生产管段24定位在邻近地层20的各种生产层段中的管柱22内。在每个生产管段24的任一端的是封隔器26，其在管柱22和井筒12的壁之间提供流体密封。每对相邻封隔器26之间的空间界定了生产层段。

[0047] 在所图示的实施方案中，每个生产管段24包括沙粒控制能力。与生产管段24相关的沙粒控制筛元件或过滤介质被设计成容许流体通过其流动但防止足够大小的颗粒物通过其流动。虽然本发明不需要具有与其相关的沙粒控制筛，但是如果使用了一个，那么与流体流控制系统相关的筛元件的确切设计并不是本发明的关键。业界具有许多熟知的沙粒控制筛的设计，且本文将不予详细讨论。另外，可将具有多个通过其间的穿孔的保护外罩定位在任何这类过滤介质外部的周围。

[0048] 通过在一个或多个生产层段中使用本发明的流控制系统25，能够实现对所产生流体的体积和成分的一些控制。例如，在石油生产操作中，如果非所需流体组分(诸如水、蒸汽、二氧化碳或天然气)正进入这些生产层段之一，那么那个层段中的流控制系统将自主限制或阻止从该层段生产流体。

[0049] 如本文中使用的术语“天然气”意味着在常温和常压下以气态存在的烃类混合物(和变化数量的非烃类)。该术语并非指示天然气在本发明的系统的井下位置处于气相。实际上，应理解，尽管可能存在其它组分并且一些组分可能处于气态，但是流控制系统是被用在使得天然气将处于几乎液化状态的压力和温度的那些位置中。本发明的概念将在液体或气体或两者均存在时奏效。

[0050] 流入生产管段24的流体通常包括多于一种的流体组分。典型组分是天然气、石油、水、蒸汽或二氧化碳。蒸汽和二氧化碳通常被用作注入流体以朝生产管推动烃类，而天然气、石油和水通常在地层中就地找到。流入每个生产管段24内的流体中的这些组分的比例将随时间并且根据地层和井筒内的条件而变化。同样，贯穿整个生产管柱的长度流入各种生产管段中的流体成分可在不同段之间显著变化。流控制系统被设计用来当其具有更高比例的非所需组分时减少或限制任何特定层段中的生产。

[0051] 因此，当与一个特定流控制系统对应的生产层段产生较大比例的非所需流体组分时，那个层段中的流控制系统将限制或阻止从该层段生产流体。因此，正在产生较大比例的所需流体组分(在这情况中是石油)的其它那些生产层段将对进入管柱22的生产流有更多贡献。特定而言，在流体必须流动通过流控制系统(而不是仅仅流入管柱中)时，从地层20到管柱22的流速(流量)将减少。换句话说，流控制系统对流体产生了流动限制。

[0052] 尽管图1描绘了每个生产层段中的一个流控制系统，然而应理解，在不脱离本发明原理的情况下，生产层段内可部署任意数量的本发明的系统。同样，本发明的这些流控制系统不需要与每个生产层段相关。它们可仅存在于井筒的一些生产层段中，或可在管通道中，以应对多个生产层段。

[0053] 图2是筛系统28和本发明的具有流方向控制系统的流控制系统25的一个实施方案的横截面侧视图，所述流控制系统25包括流比率控制系统40和通路依赖型阻力系统50。生产管段24具有筛系统28、选用的流入控制器件(没有示出)和流控制系统25。生产管界定内部通道32。流体从地层20通过筛系统28流入生产管段24中。筛系统的具体细节不在此详述。在由筛系统28过滤之后，如果存在流体，那么其流入生产管段24的内部通道32中。如本文中所使用，生产管段24的内部通道32可以是环形空间(如所示出)、中央(圆)筒形空间或其它配置。在实践中，井下工具将具有各种结构的通道，出于各种原因，通常使流体流动通过环形通道、中央开口、卷曲或弯曲的路径和其它配置。流体可被引导通过弯曲通道或其它流体通道，以提供进一步的过滤、流体控制、压降等等。接着，如果存在流体，那么流体流入到流入控制器件中。本领域中熟知各种流入控制器件，因而不在此详述。这种流控制器件的一个实施例可从Halliburton Energy Services,Inc.(哈里伯顿能源服务有限公司)以商标EquiFlow®购得。流体接着流入流控制系统25的入口42中。虽然在此建议将额外流入控制器件定位在本发明器件的上游，但是其也可以定位在本发明器件的下游，或与本发明器件并行。

[0054] 图3是本发明的一个实施方案的自主流控制系统25的示意代表图。系统25具有流体方向控制系统40和通路依赖型阻力系统50。

[0055] 流体方向控制系统被设计用来控制前往后续子系统(诸如放大器或通路依赖型阻力系统)的一个或多个入口中的流体的方向。流体比率系统是流体方向控制系统的优选实施方案，并且被设计用来通过利用流体流的特性属性而将流体流分成多个不同体积比率的流。这些属性可包括但不限于流体粘度、流体密度、流速或所述属性的组合。当使用术语“粘度”时，意味着包括运动粘度、屈服强度、粘塑性、表面张力、湿润性等在内的任何流变属性。随着所产生的流体中流体组分(例如，石油和天然气)的比例量随时间变化，流体流的特性也变化。例如当流体含有相对较高比例的天然气时，流体的密度和粘度将比石油小。流动通道中流体的表现取决于流体流的特性。此外，通道的某些构造将取决于流体流的特性而限制流动，或提供更大的流动阻力。流体比率控制系统利用流体流动特性随井寿命的变化。

[0056] 流体比率系统40通过入口42从生产管段24的内部通道32或从流入控制器件接收流体21。比率控制系统40具有第一通道44和第二通道46。随着流体流入流体比率控制系统入口42中，流体被分成两个流动流，一个在第一通道44中，且一个在第二通道46。两个通道44和46被选择为具有不同构造，以根据流体流的特性对流体流提供不同阻力。

[0057] 第一通道44被设计用来对所需流体提供更大的阻力。在优选实施方案中，第一通

道44是长且相对窄的管，其对诸如石油的流体提供较大阻力，并且对诸如天然气或水的流体提供较小阻力。或者，可对于粘度依赖型阻力管采用其它设计，诸如具有纹理化内壁表面的弯曲路径或通道。显然，由第一通道44提供的阻力随流体特性中的变化而无限变化。例如，当流体上的石油与天然气的比率是80:20时，第一通道将对流体21提供比起所述比率是60:40时更大的阻力。此外，第一通道将对一些流体(诸如天然气或水)提供相对较小的阻力。

[0058] 第二通道46被设计用来不管流体流的特性而对流体提供相对恒定的阻力，或对非所需流体提供更大的阻力。优选的第二通道46包括至少一个限流器48。限流器48可为文丘里、孔口或喷嘴。多个限流器48是优选的。限流器的数量和类型以及限制程度可被选择来对流体流提供经过选择的阻力。第一通道和第二通道可在流体变得更粘稠时而对流体流提供增加的阻力，但第一通道中的流动阻力将大于第二通道中的流动阻力的增加。

[0059] 因此，可利用流比率控制系统40以将流体21分成预选流比率的流。在流体具有多种流体组分时，流比率通常将落在两个单一组分的比率之间。此外，随着组分选区中流体形成随时间变化，流比率也将变化。流比率中的变化用于将流体流型改变为通路依赖型阻力系统。

[0060] 流控制系统25包括通路依赖型阻力系统50。在优选实施方案中，通路依赖型阻力系统具有与第一通道44流体连通的第一入口54、与第二通道46流体连通的第二入口56、涡流室52和出口58。第一入口54将流体主要切向地引导到涡流室。第二入口56将流体主要径向地引导到涡流室56。主要切向地进入涡流室52的流体将在最终流动通过涡流出口58之前绕涡流室螺旋。绕涡流室螺旋的流体将遭受摩擦损失。此外，切向速度产生阻碍径向流动的离心力。来自第二入口的流体主要径向地进入室中，且在没有螺旋的情况下主要从涡流室壁向下流动且通过出口。结果，比起主要径向地进入的流体，通路依赖型阻力系统对主要切向地进入室中的流体提供更大的阻力。这种阻力实现为作用于上游流体的背压，由此流速减小。如在本发明概念中所完成的，背压可通过增加主要切向地进入涡流的流体的比例而被选择性地施加给流体，由此流速减小。

[0061] 流体比率系统中的第一通道与第二通道之间的不同流动阻力导致两个通道之间的体积流划分。比率可根据两个体积流量计算。此外，可选择这些通道的设计以产生特定体积流比率。流体比率系统提供将相对较不粘稠的流体主要切向地引导到涡流中的机制，从而比起原本将要产生的流体，对相对较不粘稠的流体产生更大的阻力和更低的流速。

[0062] 图4A和图4B是图3的流控制系统针对天然气和石油两者的流型的两个计算流体动力模型。模型4A示出具有约2:1体积流比率的天然气(通过切向涡流入口54对径向涡流入口56的流速)，而模型4B示出具有约1:2流比率的石油。这些模型示出利用流体比率控制系统中的通路的适当定大小(定尺寸)和选择，可使由更多天然气组成的流体将其总流量的更多数转变为采用主要切向地进入通路依赖型阻力系统的更为浪费能量的路线。因此，流体比率系统可与通路依赖型阻力系统结合利用，以减少从任何特定生产管段产生的天然气的量。

[0063] 应注意，图4中的旋涡60或“死点”可在涡流室52的那些壁上的流型中产生。沙粒或颗粒物可从流体沉淀出，且在这些旋涡位置60堆起。结果，在一个实施方案中，通路依赖型阻力系统还包括一个或多个第二(次级)出口62以容许沙粒从涡流室52冲出。第二出口62优

选地与涡流室52上游的生产管柱22流体连通。

[0064] 可改变在第一入口和第二入口将流体引导到涡流室所成的角度，以为进入通路依赖型阻力系统的流体密切平衡时的情况提供准备。选择第一入口和第二入口的角度使得第一入口流和第二入口流的所得矢量组合从涡流室52指向出口58。或者，可选择第一入口和第二入口的角度，使得第一入口流和第二入口流的所得矢量组合将使室中的流体流的螺旋最大化。或者，可选择第一入口流和第二入口流的角度，以最小化涡流室中的旋涡60。技术人员将意识到可改变入口与涡流室连接处的入口角度，以在涡流室中提供所需的流型。

[0065] 此外，涡流室可包括流叶片或其它方向器件，诸如凹槽、脊、“波纹”或其它表面塑形(surface shaping)，以引导室内的流体流，或对某些旋转方向提供额外流动阻力。涡流室可为圆筒形，如所示出，或直矩形、椭圆形、球形、椭球形或其它形状。

[0066] 图5是具有流体比率系统140、通路依赖型阻力系统150和流体放大器系统170的流控制系统125的一个实施方案的示意图。在优选实施方案中，流控制系统125具有流体放大器系统170，以将比率控制系统140的第一通道144和第二通道146中产生的比率分配放大，使得在通路依赖型阻力系统150的第一入口154和第二入口156中的体积流中实现更大比率。在优选实施方案中，流体比率系统140还包括主流动通道147。在这个实施方案中，流体流被分开成沿着流动通路144、146和147的三个流动路径，其中主流在主通道147中。应理解，这些通道之间的流划分可由通道的设计参数来选择。主通道147并非必需用于流体放大器系统，但是优选的。作为三个入口之间入口流的比率的实施例，主要由天然气组成的流体对于第一通道:第二通道:主通道的流比率可为3:2:5。主要由石油组成的流体的比率可为2:3:5。

[0067] 流体放大器系统170具有与第一通道144流体连通的第一入口174、与第二通道146流体连通的第二入口176和与主通道147流体连通的主入口177。流体放大器系统170的入口174、176和177在放大器室180处结合在一起。流入室180中的流体接着被分入与通路依赖型阻力系统入口154流体连通的放大器出口184，以及与通路依赖型阻力系统入口156流体连通的放大器出口186中。放大器系统170是使用相对低值的输入流来控制较高输出流的流体放大器。通过仔细设计放大器系统170的内部形状，进入放大器系统170的流体变为被迫以所选择的比率流入出口路径的流。流体比率系统的输入通道144和146用作控制部，供应将来自主通道147的流引导到选择的放大器出口184或186的流体射流。所述控制喷射流的功率可远低于主通道流的流动，尽管这并非必需。放大器控制入口174和176被定位成影响所得到的流动流，从而控制通过出口184和186的输出。

[0068] 可选择放大器入口的内部形状以在确定通过出口的流型时提供所需效果。例如，放大器入口174和176图示为与主入口177呈直角连接。连接角度可按需要选择，以控制流体流。此外，放大器入口174、176和177每个分别示出为具有喷嘴节流器187、188和189。这些节流器随着通过入口的流在室180融合而提供更大的喷射效应。室180也可以具有各种设计，包括选择入口大小、入口和出口附接到室的角度、室的形状，诸如最小化旋涡和流分离，以及出口大小和角度。本领域技术人员将意识到，图5只是流体放大器系统的一个实施例实施方案，且可利用其它配置。此外，可选择流体放大器的数量和类型。

[0069] 图6A和图6B是示出本发明的一个实施方案中的流控制系统中的流体放大器系统270的流比率放大效应的两个计算流体动力模型。模型6A示出当唯一流体组分是天然气时

的流动路径。第一通道244与第二通道246之间的体积流比率是30:20，其中总流量的百分之五十在主通道247中。流体放大器系统270用于将这个比率在第一放大器出口284与第二出口286之间放大到98:2。类似地，模型6B示出流比率从20:30放大到19:81(其中总流量的百分之五十通过主通道)，其中唯一流体组分是石油。

[0070] 图5中图示的流体放大器系统170是喷射型放大器；即，该放大器使用从入口引入的流的喷射效应，以改变和引导通过出口的流动路径。在图7中示出其它类型的放大器系统，诸如压力型流体放大器。图7的压力型放大器系统370是一种使用相对低值的输入压力以控制更高输出压力的流体放大器；即，流体压力用作引导流体流的控制机制。第一放大器入口374和第二入口376每个分别具有文丘里喷嘴节流器390和391，其用于增加流体速度，从而减小入口通道中的流体压力。流体压力连通口392和393将第一入口374与第二入口376之间的压力差传送到主入口377。主入口377中的流体流将朝低压侧偏移，且离开高压侧。例如，在流体具有相对较大比例的天然气组分时，流体体积流比率将偏重于流体比率系统的第一通道和放大器系统370的第一入口374。第一入口374中较大的流速将导致通过压力端口390传输的较低压力，而第二入口376中较低的流速将导致通过端口393传递的较高压力。较高压力将“推”，或较低压力将“吸”，通过主入口377的主流体流，导致通过放大器出口354的更大比例的流。注意，这个实施方案中的出口354和356与图5的喷射型放大器系统中的出口处在不同位置。

[0071] 图8是在生产管中的一个优选实施方案的流控制系统的透视图(显示了“隐藏”线)。在优选实施方案中，流控制系统425被磨铣、铸造或以其它方式形成“到”管壁中。比率控制系统440、流体放大器系统470和通路依赖型阻力系统450的通道444、446、447，入口474、476、477、454、456，室-诸如涡流室452，和出口484、486至少部分由管壁427的外表面429的形状界定。接着将套管放置在壁427的外表面429上，且套管433内表面的那些部分至少部分界定系统425的各种通道和室。或者，可在套管的内表面上磨铣，其中定位所述套管以覆盖管壁的外表面。在实践中，管壁和套管可优选地仅界定流控制系统的选定的元件。例如，通路依赖型阻力系统和放大器系统可由管壁界定，而比率控制系统通道则不然。在优选实施方案中，流体比率控制系统的第一通道由于其相对长度而绕管缠绕或卷曲。所缠绕的通道可定位在管壁内、管壁的外部或内部上。因为比率控制系统的第二通道的长度通常不需要与第一通道的长度相同，所以第二通道可能不需要缠绕、卷曲等等。

[0072] 多个流控制系统525可用于单个管中。例如，图9示出配置在单个管的管壁531中的多个流控制系统525。每个流控制系统525接收从生产管段的内部通道532输入的流体。生产管段可具有一个或多个内部通道，以将流体供应到流控制系统。在一个实施方案中，生产管具有用于流体流动的环形空间，其可为单个环形通道，或被分成绕环隔开的多个通道。或者，管可具有供流体从其流入一个或多个流控制系统中的单个中央内部通道。其它配置将对本领域技术人员显而易见。

[0073] 图10是具有流体比率系统640、利用具有双稳态开关的压力型放大器的流体放大器系统670和通路依赖型阻力系统650的流控制系统的示意图。如图10中所见的流控制系统被设计用来选择石油流而非天然气流。即，当地层流体较不粘稠时，诸如当其包括相对更大量的天然气时，通过将大部分地层流体主要切向地引导到涡流中，系统会产生较大的背压。当地层流体更粘稠时，诸如当其包括相对更大量的石油时，那么大部分流体主要径向地被

引导到涡流中，且产生较小背压。通路依赖型阻力系统650在放大器670下游，放大器670继而在流体比率控制系统640下游。如参考本文中的流体选择器器件的各种实施方案而使用，“下游”应意味着使用时的流体流动方向，或进一步沿着这种流动的方向。类似地，“上游”应意味着相反方向。应注意，这些术语可用于描述井筒中的相对位置，意味着更远离或更接近表面；这些用法在文中应很明显。

[0074] 流体比率系统640再次示出为具有第一通道644和第二通道646。第一通道644是粘度依赖型通道，且将对更高粘度的流体提供更大阻力。第一通道可为如所示出的相对较长的窄管通道，弯曲通道或对粘稠流体提供必要阻力的其它设计。例如，层流通路可用作粘度依赖型流体流动通路。层流通路迫使流体流动跨越相对较薄层中的相对大的表面积，造成速度减小，以使流体流为层流。或者，一系列不同大小的通路可用作粘度依赖型通路。此外，可膨胀(溶胀)材料可用于界定通路，其中所述材料在存在特定流体时膨胀，从而使流体通路缩小。此外，具有不同表面能量的材料，诸如疏水性、亲水性、水湿性或油湿性材料可用于界定通路，其中材料的湿润性限制了流动。

[0075] 第二通道646较不具粘度依赖性，即，无论其相对粘度，流体以相对类似的表现流动通过第二通道。第二通道646示出为具有涡流二极管649，流体通过其流动。涡流二极管649可用作如本文中解释(诸如例如参考图3)的喷嘴通道646的替代。此外，可膨胀材料或具有特殊湿润性的材料可用于界定通路。

[0076] 流体从比率控制系统640流入流体放大器系统670中。流体比率系统的第一通道644与放大器系统的第一入口674流体连通。流体比率系统的第二通路646中的流体流入放大器系统的第二入口676中。第一入口和第二入口中的流体流组合或融合为主通道680中的单个流动路径。放大器系统670包括压力型流体放大器671，类似于上文参考图7所描述的实施方案。第一入口和第二入口中流体的不同流速产生不同压力。在第一入口和第二入口中与压力连通口的交界处产生压力降。例如，且如上文所解释，在交界处或交界处附近可利用文丘里喷嘴690和691。压力连通口692和693将流体压力从入口674和676分别传递到主通道680中的流体射流。低压力连通口，即，以较高流速连接到入口的端口将产生低压“吸力”，其将随流体通过主通道680喷射而引导流体经过压力连通口的下游端。

[0077] 在图10所见的实施方案中，通过入口674和676的流体流在由压力连通口作用之前融合成单个流动路径。图7中的替代配置示出引导主入口377的流的压力端口，主入口中的流在第一出口384和第二出口386中分成两个流动流。通过第一入口374的流与通过压力连通口392和393下游的第二出口386的流融合。类似地，第二入口376中的流与连通口下游的第一出口384中的流融合。在图10中，通过流体放大器系统670的所有流体流在连通口692和693之前或在连通口692和693上游的主通道680处一起融合成单个喷射。因此压力端口对流体流的组合流起作用。

[0078] 在这个实施方案中，放大器系统670也包括双稳态开关673和第一出口684和第二出口686。移动通过主通道680的流体在第一出口684和第二出口686中分成两个流体流。来自主通道的流体流通过由压力连通口传递的压力效应而引导到出口，其中所得到的流体流分开到多个出口。出口684与686之间分开的流体界定流体比率；相同比率是由通过这个实施方案中的通路依赖型阻力系统的入口654和656的流体体积流量界定。这个流体比率是流动通过入口674与676之间比率上的放大比率。

[0079] 图10中的流控制系统包括通路依赖型阻力系统650。通路依赖型阻力系统具有与流体放大器系统644的第一出口684流体连通的第一入口654、与第二通路646流体连通的第二入口656、涡流室652和出口658。第一入口654将流体主要切向地引导到涡流室。第二入口656将流体主要径向地引导到涡流室656。主要切向地进入涡流室652的流体在最终流动通过涡流出口658之前将绕涡流壁螺旋。绕涡流室螺旋的流体速度增加，摩擦损失一致地增加。切向速度产生阻碍径向流动的离心力。来自第二入口的流体主要径向地进入室，且在没有螺旋的情况下主要从涡流室壁向下流动且通过出口。结果，比起主要径向地进入的流体，通路依赖型阻力系统对主要切向地进入室的流体提供更大阻力。这个阻力实现为作用于上游流体的背压。在控制主要切向地进入涡流的流体比例之处可选择性地将背压施加到流体。

[0080] 通路依赖型阻力系统650运作以提供流体流动阻力和作用于流体上游的所得到的背压。提供到流体流的阻力取决于且响应于由流体比率系统赋予流体的流体流型，且由此对流体粘度上的变化有响应。流体比率系统基于流体随时间的相对粘度而选择性地将流体流引导到通路依赖型阻力系统中。流入通路依赖型阻力系统的流体的型态至少部分决定了由通路依赖型阻力系统施加给流体流的阻力。本文中在别处描述了基于随时间的相对流速的通路依赖型阻力系统的使用。通路依赖型阻力系统可以是其它设计，但是通过离心力对流体流动提供阻力的系统是优选的。

[0081] 应注意在这个实施方案中，当与图5中的出口对比时，流体放大器系统出口684和686在系统的相对“侧”上。即，在图10中，流体比率系统的第一通道、放大器系统的第一入口和通路依赖型阻力系统的第一入口都在流控制系统的相同纵向侧上。这是由于使用压力型放大器671；在利用喷射型放大器之处，如图5，第一流体比率控制系统通道和第一涡流入口将在系统的相对侧上。通道和入口的相对定位将取决于所利用的放大器的类型和数量。关键设计要素在于放大的流体流被引导到适当涡流入口中，以在所述涡流中提供径向或切向流动。

[0082] 如上文参考图5所解释，图11中示出的流控制系统的实施方案也可以被修改成利用流体比率系统中的主通道和放大器系统中的主入口。

[0083] 图11A至图11B是示出通过图10中所见的流系统的不同粘度流动流体的测试结果的计算流体动力模型。所测试的系统利用具有0.04平方英寸横截面的ID的粘度依赖型第一通道644。非粘度依赖型通道646利用1.4英寸直径的涡流二极管649。如上文所示出和解释，利用压力型流体放大器671。所使用的双稳态开关673是13英寸长，具有0.6英寸的通道。通路依赖型阻力系统650具有带有0.5英寸出口的3英寸直径的室。

[0084] 图11A示出测试具有25cP粘度的石油的系统的计算流体动力模型。由通过流比率控制系统的第一通道和第二通道的体积流体流量界定的流体流比率测量为47:53。在压力型放大器671中，流量测量为通过主通道680的88.4％和分别通过第一压力端口692和第二压力端口693的6.6％和5％。如由通过第一放大器出口684和第二放大器出口686的流量所界定，由流体放大器系统引起的流体比率测量为70:30。具有这种流动机制的双稳态开关或选择器系统被认为是“开启”的。

[0085] 图11B示出利用具有0.022cP粘度的天然气的相同系统的计算流体动力模型。在约5000psi下，计算流体动力模型是用于天然气。由通过流比率控制系统的第一通道和第二通

道的体积流体流量界定的流体流比率测量为55:45。在压力型放大器671中，流量测量为通过主通道680的92.6％和分别通过第一压力端口692和第二压力端口693的2.8％和4.6％。如由通过第一放大器出口684和第二放大器出口686的流量界定的，由流体放大器系统引起的流体比率测量为10:90。具有这种流动机制的双稳态开关或选择器系统被认为是“关闭”的，因为大部分流体被引导通过第一涡流入口654，且主要切向地进入涡流室652，如可由涡流室中的流型所见，会对流体产生相对较高背压。

[0086] 在实践中，可以期望的是在流体放大器系统中利用串行的多个流体放大器。多个放大器的使用将容许相对类似粘度的流体之间有较大的差异；即，当流体的总体粘度变化相对较小时，系统将能更好地产生通过系统的不同流型。多个串行的放大器将提供由流体比率控制器件产生的流体比率的更大放大。此外，使用多个放大器将帮助克服系统中任何双稳态开关的固有稳定性，容许根据流体比率控制系统中流体比率的较小百分比变化的开关条件上的变化。

[0087] 图12是根据本发明的一个实施方案的流控制系统的示意图，其利用流体比率控制系统740、具有两个串行的放大器790和795的流体放大器系统770和通路依赖型阻力系统750。图12中的实施方案类似于本文中描述的流控制系统，将仅对其作简单讨论。系统从上游到下游配置有流比率控制系统740、流体放大器系统770、双稳态放大器系统795和通路依赖型阻力系统750。

[0088] 流体比率系统740示出为具有第一通道744、第二通道746和主通道747。在这种情况中，第二通道46和主通道747两者利用涡流二极管749。涡流二极管和其它控制器件的使用是根据设计考虑因素来选择，包括流体随时间的预期相对粘度、流体选择器“选择”或容许流体相对流畅流动通过系统的预选或目标粘度、环境(系统将要在该环境中使用)的特性和诸如空间、成本、系统容易度等等的设计考虑因素。在本文中，主通道747中的涡流二极管749具有比第二通道746中的涡流二极管的出口更大的出口。主通道747中包括涡流二极管，以便尤其在地层流体包括较大百分比的天然气时产生更可取的比率分配。例如基于测试，无论主通道747中有或没有涡流二极管749，当流体主要由石油组成时通过这些通道的典型比率分配(第一:第二:主要)是约29:38:33。当测试流体主要由天然气组成，且主通道中没有利用涡流二极管时，所述比率分配是35:32:33。将涡流二极管添加到主通道，所述比率变化成38:33:29。优选而言，比率控制系统在粘度依赖型与非依赖型通道之间产生相对较大的比率(或反之亦然，取决于用户是否想选择生产更高粘度流体或更低粘度流体)。使用涡流二极管有助于产生更大的比率。当使用涡流二极管的差异可能相对较小时，其增强了放大器系统的性能和效果。

[0089] 应注意，在这个实施方案中，在“非粘度依赖型”通道746而非多孔口通道中利用涡流二极管749。如本文中所解释，可利用不同实施方案以产生对粘度的相对依赖性或非依赖性的通道。使用涡流二极管749对于流体(诸如石油)产生较低压力降，这在器件的一些应用中是可取的。此外，取决于应用而使用所选择的粘度依赖型流体控制器件(涡流二极管、孔口等等)可改进通道之间的流体比率。

[0090] 图12中示出的实施方案中的流体放大器系统770包括两个流体放大器790和795。所述放大器是串行配置的。第一放大器是比例放大器790。所述第一放大器系统790具有分别与流体比率控制系统的第一通道746、第二通道746和主通道747流体连通的第一入口

774、第二入口776和主入口777。如在本文的别处所描述，第一入口、第二入口和主入口彼此连接，且使通过入口的流体流融合。流体流在比例放大器室780结合成单个流体流动流。来自第一入口和第二入口的流体的流速将组合的流体流引导到比例放大器790的第一出口784和第二出口786。比例放大器系统790具有两个“叶瓣”，用以处理旋涡流和小型流中断。压力平衡口789流体连接两个叶瓣，以平衡放大器任一侧上的两个叶瓣之间的压力。

[0091] 流体放大器系统还包括第二流体放大器系统795，在这种情况中是双稳态开关放大器。放大器795具有第一入口794、第二入口796和主入口797。第一入口794和第二入口796分别与第一出口784和第二出口786流体连通。双稳态开关放大器795示出为具有与管的内部通道流体连通的主入口797。来自第一入口794和第二入口796的流体流将组合的流体流从入口引导到第一出口798和第二出口799。通路依赖型阻力系统750如本文中的其它处所描述。

[0092] 可串行利用多个放大器以增强流体流量的比率划分。举例而言，在所示出的实施方案中，当主要由石油组成的流体流动通过选择器系统时，流比率系统740在第一通道与第二通道之间产生29:38的流比率(剩下的33％流动通过主通道)。比例放大器系统790可将比率放大到约20:80(放大器系统790的第一出口:第二出口)。接着，双稳态开关放大器系统795可随着流体进入通路依赖型阻力系统的第一入口和第二入口而将所述比率进一步放大到例如10:90。在实践中，双稳态放大器趋于相当稳定。即，在双稳态开关的出口中切换流型可能需要入口中的流型有相对较大的变化。比例放大器根据入口流而趋于更平均地划分流比率。诸如在790使用比例放大器将有助于在双稳态开关中的流型上产生足够大的变化，以实现开关条件上的变化(从“开启”到“关闭”，且反之亦然)。

[0093] 在单个放大器系统中使用多个放大器可包括使用本领域中已知的任何类型或设计的放大器，包括以任何组合的压力型放大器、喷射型放大器、双稳态放大器、比例放大器等等。明确而言，放大器系统可利用串行或并行的任何数量和类型的流体放大器。此外，放大器系统可按需要包括使用主入口，或者不用。此外，如所示出，可向主入口馈送直接来自管的内部通道或其它流体源的流体。图12中的系统在其自身上展示了“双回”；即，将跨越系统从左到右的流动方向颠倒成右到左。这是空间节省的技术，但并非本发明的关键。流体比率系统、放大器系统和通路依赖型阻力系统的相对空间位置的具体细节将依设计考虑因素而定，这些设计考虑因素为诸如可用空间、大小、材料、系统和制造问题。

[0094] 图13A和图13B是示出图12中所见的流控制系统的实施方案中的流体流型的计算流体动力模型。在图13A中，所利用的流体是天然气。在流体比率系统的第一出口、第二出口和主出口处的流体比率是38:33:29。比例放大器系统790将所述比率在第一出口784和第二出口786中放大到约60:40。所述比率由第二放大器系统795进一步放大，其中第一入口:第二入口:主入口的比率是约40:30:20。通路依赖型阻力系统的第一出口798与第二出口799处或第一入口与第二入口处测量的第二放大器795的输出比率是约99:1。相对较低粘度的流体被迫主要流入通路依赖型阻力系统的第一入口中，接着以大体上切向路径进入涡流。比起流体已经主要径向地进入涡流的情况，流体被迫大体上绕涡流旋转，产生更大压力降。这个压力降对选择器系统中的流体产生背压，且减慢流体的产生。

[0095] 在图13B中示出计算流体动力模型，其中所测试的流体由粘度25cP的石油组成。流体比率控制系统740将流量分成29:38:33的比率。第一放大器系统790将比率放大到约40:

60。第二放大器系统795将所述比率进一步放大到约10:90。如可看见的，流体被迫主要通过第二大体上径向的入口56而流入通路依赖型阻力系统。尽管在涡流中产生一些旋转流，然而流的大部分是径向的。比起在石油主要切向地流入涡流时将会产生的压力降，这个流型对石油会产生更小的压力降。结果，对系统中的流体产生较小背压。流控制系统被认为“选择”更高粘度的流体，在这情况中是石油而不是较不粘稠的流体(天然气)。

[0096] 图14是如图12中所见根据本发明定位在管壁中的流控制系统的横截面透视图。在管壁731中建立流控制系统25的各种部分。接着，将套管(没有示出)或其它覆盖物放置在系统上。在这个实施例中，套管形成各种流体通道的壁的一部分。可通过磨铣、铸造或其它方法建立通道和旋涡。此外，流控制系统的各种部分可分开制造再连接在一起。

[0097] 上文参考图10至图14描述的实施例和测试结果被设计用来选择更粘稠的流体(诸如石油)而非具有不同特性的流体(诸如天然气)。即，当流体由较大比例的石油组成时，流控制系统容许相对更容易地产生流体，且当其成分随时间变化成具有更高比例的天然气时对流体的产生提供更大阻力。应注意，石油的相对比例并非必需大于一半以成为选定的流体。应明确理解，可利用所描述的系统以在不同特性的任何流体之间选择。此外，系统可被设计用来随流体在任何流体比例量之间变化时在地层流体之间选择。例如，在从地层流动的流体预期随时间在百分之十与百分之二十的石油成分之间变化的石油井中，系统可被设计用来选择流体，且当流体由百分之二十的石油组成时容许相对较大的流。

[0098] 在优选实施方案中，系统可用于当其具有相对较低粘度而不是在流体具有相对较高粘度时选择所述流体。即，系统可选择产生天然气而非石油，或产生天然气而非水。这种配置对于限制天然气生产井中石油或水的生产很有用。这种设计变化可通过以下方式来实现，即：改变通路依赖型阻力系统，使得较低粘度的流体主要径向地被引导到涡流，而较高粘度的流体主要切向地被引导到通路依赖型阻力系统中。这种系统在图15示出。

[0099] 图15是根据本发明的一个实施方案的流控制系统的示意图，其设计用来选择更低粘度的流体而非更高粘度的流体。图15大体上类似于图12，且将不予详细解释。应注意，涡流室852的入口854和856被修改或“颠倒”，使得入口854主要径向地将流体引导到涡流852中，而入口856主要切向地将流体引导到涡流室中。因此，当流体的粘度相对较低时，诸如当主要由天然气组成时，流体主要径向地被引导到涡流。流体已“选择”，流控制系统已“开启”，低阻力和背压施加到流体上，且流体相对容易地流动通过系统。相反，当流体的粘度相对较高时，诸如当由较高百分比的水组成时，其主要切向地被引导到涡流中。较高粘度的流体未被选择，系统会“关闭”，(比没有系统就位时将施加的)更高的阻力和背压被施加到流体，且生产的流体会减少。流控制系统可被设计用来在流体组分的预选粘度或百分比成分下在开启与关闭之间切换。例如，系统可被设计用来当流体到达40％的水时(或粘度等于所述成分的流体的粘度时)关闭。系统可用于生产中，诸如天然气井中以防止生产水或石油，或用于注入系统中用于选择注入流而非水。其它用途对本领域技术人员将是显然的，包括使用流体的其它特性，诸如密度或流速。

[0100] 流控制系统也可以使用于其它方法中。例如，在油田工作和生产中，通常希望将流体(通常是流)注入到注入井中。

[0101] 图16是示出在注入井和生产井中使用本发明的流控制系统的示意图。在一个或多个生产井1300处生产所需的地层流体的同时，一个或多个注入井1200被注入注入流体。生

产井1300的井筒1302延伸通过地层1204。具有多个生产管段24的生产管柱1308延伸通过井筒。如关于图1描述，可以通过封隔器26使这些生产管段24彼此隔离。注入井和生产井中的任何一者或两者可以采用流控制系统。

[0102] 注入井1200包括延伸通过含烃地层1204的井筒1202。注入装置包括通常从表面延伸到管柱1208上的注入井下位置的一个或多个蒸汽供应管线1206。注入方法为本领域中已知并且不在此详述。多个注入端口系统1210沿着管柱1208的长度隔开，所述管柱1208沿着地层的目标地带。每个端口系统1210包括一个或多个自主流控制系统1225。所述流控制系统可以具有本文讨论的任何特定配置，例如，具有在图15所示用于注入使用的优选实施方案中所示的设计。在注入过程期间，热水和蒸汽经常混合且以不同的比率存在于注入流体中。热水经常向井下循环直到系统已到达所需温度和压力条件来主要提供到用于注入到地层中的蒸汽。通常不可取的是将热水注入到地层。

[0103] 结果，利用流控制系统1225来选择蒸汽(或其它注入流体)的注入，而非热水或其它不太可取的流体的注入。流体比率系统基于流体流的相对特性(诸如粘度，因其随着时间推移而改变)将注入流体分成流比率。当注入流体具有不可取比例的水且结果具有相对较高的粘度时，比率控制系统将相应地划分流且选择器系统将流体引导到涡流的切向入口中，从而限制水注入到地层中。随着注入流体改变为较高比例的蒸汽(其中结果是改变为较低粘度)，选择器系统将流体主要径向地引导到通路依赖型阻力系统中，允许在比流体主要切向地进入通路依赖型阻力系统时更小的背压下注入蒸汽。流体比率控制系统40可以根据包括粘度、密度和速度的流体流的任何特性划分注入流体。

[0104] 此外，可以在生产井1300上利用流控制系统25。可以通过本文的解释，尤其通过参考图1及图2理解生产井中选择器系统25的使用。随着蒸汽从注入井1200被迫通过地层1204，地层中的常驻烃(例如石油)被迫朝着生产井1300流动且流入生产井1300中。生产井1300上的流控制系统25将选择所需的生产流体且限制注入流体的产生。当注入流体“穿通”且开始在生产井中产生时，流控制系统将限制注入流体的产生。通常，注入流体将沿着生产井筒的段不均匀地穿通。因为流控制系统是沿着隔离的生产管段定位，所以流控制系统将在未发生穿通的生产管段中允许地层流体的较少受限制的生产且限制来自已发生穿通的那些段的注入流体的产生。应注意，来自每个生产管段的流体流并行地连接到生产管柱302以提供这种选择。

[0105] 上文描述的注入方法描述了蒸汽注入。应理解，可以利用二氧化碳或其它注入流体。选择器系统将操作以在不会对所需注入流体(诸如蒸汽或二氧化碳)提供增加的阻力的同时，限制非所需注入流体(诸如水)的流动。在流控制系统的最基本设计中，注入方法中使用的流控制系统在操作上与本文中解释的生产中使用的流体流控制相反。即，注入流体从供应管线流动，通过流控制系统(流比率控制系统、放大器系统和通路依赖型阻力系统)，接着进入地层中。流控制系统被设计用来选择优选的注入流体；即，被设计用来主要径向地将注入流体引导到通路依赖型阻力系统中。非所需流体(诸如水)未被选择；即，其主要切向地被引导到通路依赖型阻力系统中。因此，当非所需流体存在于系统中时，对流体产生较大背压且限制流体流。应注意，对主要切向地进入的流体施加的背压比不利用选择器系统施加的背压高。虽然未选流体上的背压比所选流体上的背压高很可能是优选的，但这并不要求是必需的。

[0106] 双稳态开关(诸如图5中的开关170和图12中的开关795所示)具有可用来流控制而甚至无需使用流比率系统的属性。双稳态开关795的性能依赖于流速(流量)或速度。即,在低速度或低流速下,开关795缺少双稳性且流体以大约等量流入出口798和799中。随着流入双稳态开关795中的流速增加,最终形成双稳性。

[0107] 至少一个双稳态开关可以用来响应流体速度或流速变化而提供选择性流体生产。在这样的系统中,在流体流速小于预选速率的情况下,流体被“选择”或流体控制系统开启。低速率下的流体将在较小的阻力下流动通过系统。当流速增加到高于预选速率时,开关被“翻转”为关闭且流体流被阻止。当然,关闭的阀门将减少通过系统的流速。如图5中所见的双稳态开关170一旦被启动将对流体流提供康达效应。康达效应是将流体射流吸附到附近表面的倾向。所述术语用来描述离开流比率系统的流体射流的倾向,即一旦被引导到所选开关出口(诸如出口184)中,那么甚至在由于流体开关壁的接近性,流比率返回到其先前条件的情况下,仍保持被引导在所述流动路径中。在低流速下,双稳态开关缺少双稳性且流体大约相等地流动通过出口184和186且接着大约相等地进入到涡流入口154和156中。结果,对流体产生较小的背压且流控制系统被有效地开启。随着流入双稳态开关170中的速率增加,最终形成双稳性且开关如预期般执行,即引导大部分流体流通过出口84且接着通过入口154主要切向地进入涡流室152,从而关闭阀门。当然,背压将导致流速减少,但是康达效应能甚至在流速下降时仍维持流体流进入到开关出口184中。最终,流速可下降到足以克服康达效应且流将返回以大约相等地流动通过开关出口,从而重新开启阀门。

[0108] 速度或流速依赖型流控制系统可以利用如上文关于流体粘度依赖型选择器系统描述的流体放大器(诸如图12中所见)。

[0109] 在速度或流速依赖型自主流控制系统的另一个实施方案中,使用利用流体比率系统的系统,所述流体比率系统类似于图5中以比率控制系统140示出的流体比率系统。必要时,修改比率控制系统通道144以根据相对流体流速(而非相对粘度)划分流体流。如果需要,可以使用主通道147。在这个实施方案中,比率控制系统根据流体速度将流分成比率。在速度比率高于预选量(例如,1.0)的情况下,流控制系统关闭并且阻止流。在速度比率低于预定量的情况下,系统打开并且流体流相对未受阻。在流体流的速度随着时间改变时,阀门将作出响应而开启或关闭。流比率控制通道可以被设计用来根据高于目标速度的增加的速度,相较于其它通道对流提供阻力的较大增加速率。或者,通道可以被设计用来根据高于目标速度的流体速度,相较于其它通道对流体流提供阻力的较小增加速率。

[0110] 在图17A至图17C参见基于速度的流体阀门的另一个实施方案,其中流体通路依赖型阻力系统950用来建立双稳态开关。虽然可以添加其它入口和出口以调节流、流方向,消除漩涡等等,但是在这个实施方案中,通路依赖型阻力系统950优选地只具有单入口954和单出口958。如图17A中所见,当流体以低于预选速度或流速流动时,流体倾向于仅仅流动通过涡流出口958而不会实质上围绕涡流室952旋转且不会跨通路依赖型阻力系统50产生明显压力降。如图17B中所见,随着速度或流速增加到高于预选速度,流体在通过出口958离开之前围绕涡流室952旋转,从而跨系统产生较大的压力降。接着关闭双稳态涡流室开关。如图17C中所代表,随着速度或流速减少,流体继续围绕涡流室952旋转且继续具有明显的压力降。跨系统的压力降对上游流体产生对应的背压。当速度或流速充分下降时,流体将返回到如图17A中所见的流型且开关将重新开启。期望将发生滞后效应。

[0111] 双稳态开关的这种应用允许根据速度或流速的流体特性的改变的流体控制。在以给定速率或低于给定速率维持生产或注入速度或流速是可取的应用中，这种控制是有用的。本领域的技术人员将了解进一步应用。

[0112] 如本文描述的流控制系统还可以利用随着时间推移流体密度的改变来控制流体流。本文描述的自主系统和阀门依赖于流体流特性的改变。如上文所描述，流体粘度和流速可以是用来控制流的流体特性。在被设计用来利用密度的流体特性的改变的实施例系统中，如图3中所见的流控制系统提供流体比率系统40，所述流体比率系统40采用至少两个通道44和46，其中一个通道比另一个通道更具密度依赖性。即，通道44将较大阻力供应给具有较大密度的流体流，而另一个通道46实质上是密度依赖型或具有与密度相反的流关系。这样，随着流体改变为预选的密度，其被“选择”来生产且在较小阻力，所施加的较小背压下流动通过整个系统25；即，系统或阀门将“开启”。相反地，在密度随着时间推移改变为不可取的密度时，流比率控制系统40将改变输出比率且系统25将施加相对较大的背压；即，阀门“关闭”。

[0113] 其它流控制系统配置也可以与密度依赖型实施方案一起使用。这样的配置包括添加如本文其它处解释的放大器系统、通路依赖型阻力系统等等。此外，密度依赖型系统可以利用本文的双稳态开关和其它流体控制器件。

[0114] 在这样的系统中，在流体密度高于或低于预选密度的情况下，流体被“选择”或流体选择器阀门开启。例如，被设计用来在流体由较大百分比的石油组成时，选择流体生产的系统在流体高于目标密度时，被设计用来选择流体生产或为开启。相反地，当流体密度下降到低于目标密度时，系统被设计成关闭。当密度下降到低于预选密度时，开关被“翻转”成关闭，且流体流被阻止。

[0115] 密度依赖型流控制系统可以利用如上文关于流体粘度依赖型流控制系统描述的流体放大器(诸如图12中所见)。在密度依赖型自主流控制系统的实施方案中，使用利用流体比率系统的系统，所述流体比率系统类似于图5中以比率控制系统140示出的流体比率系统。必要时，修改比率控制系统通道144和146以根据相对流体密度(而非相对粘度)划分流体流。如果需要，可以使用主通道147。在这个实施方案中，比率控制系统根据流体密度将流分成比率。在密度比率高于(或低于)预选比率的情况下，选择器系统关闭并且阻止流动。在流体流的密度随着时间推移而改变时，阀门将作出响应而开启或关闭。

[0116] 在存在从相同蒸汽供应管线供给的多个注入端口的蒸汽注入方法中，利用上文描述的速度依赖型系统。经常在蒸汽注入期间碰到“漏失带”，其从注入系统渗漏不成比例量的蒸汽。可取的是限制注入到漏失带中的蒸汽量，使得由蒸汽供应部供给的所有地带接纳适当量的蒸汽。

[0117] 再次转向图16，利用注入井1200，该注入井1200具有蒸汽源1201和将蒸汽供应到多个注入端口系统1210的(多个)蒸汽供应管线1206。如上文所描述，流控制系统1225是速度依赖型系统。注入蒸汽是从供应管线1206供应到端口1210且从那里进入到地层1204中。蒸汽被注入通过速度依赖型流控制系统，诸如在开关并不展现双稳性的预选“低”速率下被注入通过图5中所见的双稳态开关170。蒸汽仅仅以基本上类似的比例流入到出口184和186中。出口184和186是与通路依赖型阻力系统的入口154和156流体连通。因此，通路依赖型阻力系统150不会对将相对缓慢地进入地层的蒸汽产生明显的背压。

[0118] 如果碰到漏失带，那么通过流控制系统的蒸汽流速将增加到高于预选低注入速率的较高速率。通过双稳态开关的增加的蒸汽流速将使得开关变成双稳态。即，开关170将迫使不成比例量的蒸汽流通过双稳态开关出口184，且通过主要切向定向的入口154而进入到通路依赖型阻力系统150。因此，进入到漏失带中的蒸汽注入速率将由自主流体选择器限制。(或者，速度依赖型流控制系统可以利用有类似效果的图17所示的通路依赖型阻力系统或别处描述的其它速度依赖型系统)。

[0119] 期望将发生滞后效应。随着蒸汽的流速增加且在开关170中建立双稳性，通过流控制系统125的流速将由通路依赖型阻力系统140产生的背压限制。这转而将流速减少到预选低速率，此时双稳态开关将停止运行且蒸汽将再次不受限制地、较均匀地流动通过涡流入口且进入到地层中。

[0120] 滞后效应可能在注入期间导致“脉动”。因为短暂脉动将被抵着周围流体的惯性推动且到较紧密孔隙空间中的通路可以变成最小阻力的路径，所以在注入期间脉动可以导致更好地穿透孔隙空间。这个有利于脉动处于适当速率的设计。

[0121] 为了“重置”系统或返回到最初流型，操作员减少或停止进入到供应管线中的蒸汽流。接着重新建立蒸汽供应且双稳态开关回到其不具有双稳性的最初条件。根据需要可以重复该过程。

[0122] 在一些位置中，有利的是在注入流体开始穿通到生产井中时，具有限制注入流体的产生的自主流控制系统或阀门，但是一旦跨整个井发生穿通，自主流体选择器阀门将关闭。换句话说，自主流体选择器阀门在生产井中限制水产生直到到达限制会损害来自地层的石油生产的点。一旦到达所述点，那么流控制系统就停止限制到生产井中的生产。

[0123] 在图16中，集中参考生产井1300，生产管柱1308具有多个生产管段24，每个具有至少一个自主流控制系统25。

[0124] 在一个实施方案中，自主流控制系统用作双稳态开关(诸如图17中的双稳态开关950所见)。双稳态流体开关950产生可以在相同流速下发现不同压力降的区域。图18是图示通过双稳态开关、通路依赖型阻力系统950的流的压力P对流量Q的图。随着流体流速在区域A增加，跨系统的压力降逐渐增加。如区域B所见，当流速增加到预选速率时，压力将陡升。如区域C所见，随着增加的压力导致减少的流速，压力将保持相对较高。如果流速下降得足够多，那么压力将明显下降且再次开始循环。实际上，这个滞后效应的优点是如果操作员知道他想要开关处于哪个最终位置，那么他可以通过以非常低的流速开始且逐渐将流速增加到所需水平或以非常高的流速开始且逐渐将流速减少到所需水平来完成。

[0125] 图19是示出根据本发明的一个实施方案的流控制系统的示意图，其具有示范性地在流入控制器件替换中使用的比率控制系统、放大器系统和通路依赖型阻力系统。诸如可从哈里伯顿能源服务有限公司购得的流入控制器件(ICD)，其商标名称为(例如)EquiFlow。来自储层的入流会变化，有时急于早点穿通且其它时间减慢到延迟。需要对任何一个条件加以规定，使得可以完全恢复宝贵的储备。一些井尤其在高粘度石油储备中经历“跟端”效应，渗透性差异和水的挑战。ICD试图通过实现沿着每个生产层段的一致性流来跨完井管柱使入流或生产平衡而提高生产率、性能和效率。ICD通常减缓来自高生产率地带的流且促进来自较低生产率地带的流。典型的ICD被安装且与疏松储层中的筛沙管组合。储层流体从地层流出通过沙筛且进入到流室，其中储层流体继续通过一个或多个管。管长度和内径被设

计用来引发适当的压力降，以使流在稳定步速下移动通过管道。ICD使压力降均衡，且由于延迟的水-天然气锥进而产生更有效的完井且增加生产期。还可以提高每单位长度的生产。

[0126] 图19的流控制系统类似于图5、图10和图12的流控制系统，所以对其并不详细讨论。图19中所示的流控制系统是速度依赖型或流速依赖型。比率控制系统1040具有其中具有第一流体节流器1041的第一通道1044和其中具有第二节流器1043的第二入口通道1046。主通道1047也可以被利用，且其还具有节流器1048。通道中的节流器被设计用来在流体流速随着时间推移而改变时，跨节流器产生不同的压力降。可以将主通道中的节流器选择成与第一通道或第二通道中的节流器相同，对相同流速提供相同压力降。

[0127] 图20是指示第一通道1044(#1)和第二通道1046(#2)(每个具有所选节流器)的压力P对流量Q曲线的图。在低驱动压力(线A)下，第一通道1044中将存在较多流体流，而第二通道1046中将存在成比例地较少流体流。结果，离开放大器系统的流体流将朝着出口1086偏移，且通过径向入口1056进入到涡流室1052中。流体基本上不在涡流室中旋转且阀门将开启，而在不施加实质性背压下允许流动。在高驱动压力(诸如线B)下，通过第一通道和第二通道的成比例的流体流将反向且流体将主要切向地被引导到涡流室中而产生相对较大的压力降，将背压施加到流体且关闭阀门。

[0128] 在寻求生产限于较高驱动压力下的优选实施方案中，优选的是选择主通路节流器以模拟第一通道1044中的节流器的行为。在节流器1048以类似于节流器1041的方式表现的情况下，节流器1048在高压力降下允许较少流体流，从而限制通过系统的流体流。

[0129] 节流器可以是孔口、粘稠管、涡流二极管等等。或者，可以通过本领域中所知的弹簧偏移构件或压敏组件提供节流器。在优选的实施方案中，第一通道1044中的节流器1041具有弹性“须状物”，这些弹性“须状物”在低驱动压力下阻碍流，但是在高压力降下弯曲成不阻挡且允许流。

[0130] 一旦到达指定流速，用作ICD的本设计将对流提供较大阻力，这本质上允许设计者挑选通过管柱段的最高速率。

[0131] 图21示出根据本发明的流控制系统的一个实施方案，其具有多个串行阀门以及辅助流通道和第二通路依赖型阻力系统。

[0132] 第一流体选择器阀门系统1100配置成与第二流体阀门系统1102串行。第一流控制系统1100类似于本文描述的流控制系统且不作详细描述。第一流体选择器阀门包括具有第一、第二和主通道1144、1146和1147的流比率控制系统1140、流体放大器系统1170和通路依赖型阻力系统1150，即，具有涡流室1152和出口1158的通路依赖型阻力系统。在所示的优选实施方案中，第二流体阀门系统1102具有选择性通路依赖型阻力系统1110，在这种情况下是通路依赖型阻力系统。通路依赖型阻力系统1110具有径向入口1104和切向入口1106以及出口1108。

[0133] 如果将被选择的具有优选粘度(或流速)特性的流体正流动通过系统，那么第一流控制系统将以开启的方式表现而在不产生实质性背压下允许流体流动，其中流体主要径向地流动通过第一阀门系统的通路依赖型阻力系统1150。因此，将跨第一阀门系统发生最小压力降。此外，离开第一阀门系统且通过径向入口1104进入第二阀门系统的流体将在第二阀门系统的涡流室1112中产生大体上径向的流型。也将跨第二阀门系统发生最小压力降。自主流体选择器阀门系统的两步串行允许第一阀门系统1100的通路依赖型阻力系统1150

中的较宽松的容许度和更广的出口开口。

[0134] 入口1104从辅助通道1197接纳流体，所述辅助通道1197示出为流体地连接到与第一自主阀门1100相同的流体源1142。或者，辅助通道1197可以与不同的流体源(诸如来自沿着生产管的单独生产地带的流体)流体连通。这样的配置将允许一个地带处的流体流速控制单独地带中的流体流。或者，辅助通道可以是从横向钻孔流动的流体，而第一阀门系统1100用的流体源是从到表面的流管线接纳。其它配置将显而易见。显而易见的是，辅助通道可以用作控制输入且切向和径向涡流入口可以反向。如本文其它处所描述，可以采用其它替代方法，诸如添加或减少放大器系统、修改流比率控制系统、修改和替换涡流室等等。

[0135] 图22是反向固井系统1200的示意图。井筒1202延伸到地下层1204中。固井管柱1206延伸到井筒1202中且通常在套管内部。固井管柱1206可以具有能够在反向固井过程中将水泥供应到井筒中的本领域中所知或后来发现的任何种类的管柱。在反向固井期间，水泥1208被泵入到形成于井筒1202的壁与固井管柱1206之间的环状空间1210中。水泥(其流动由箭头1208指示)在井口位置处被泵入到环状空间1210中且朝着井筒的底部向下通过环状空间。因此，从顶部向下填充环状空间。在这个过程期间，水泥和泵入流体1208(通常为水或盐水)的流沿着环状空间向下循环到固井管柱的底部，且接着通过管柱的内部通道1218向上返回。

[0136] 图22示出流控制系统25，其安装在水泥管柱1206的底部或附近且选择性允许来自固井管柱外部的流体流进入到水泥管柱的内部通道1218中。流控制系统25具有与本文关于图3、图5、图10或图12解释的设计类似的设计。流控制系统25包括比率控制系统40和通路依赖型阻力系统50。优选的是，系统25包括至少一个流体放大器系统70。插塞1222密封除了通过自主流体选择器阀门之外的流。

[0137] 当较低粘度流体(诸如泵入流体，诸如盐水)正流动通过系统25时，流控制系统25被设计成开启，其中流体主要被引导通过通路依赖型阻力系统50的径向入口。在流体的粘度随着水泥向下进入到井筒的底部且水泥开始流动通过流控制系统25而改变时，选择器系统关闭而将现在较高粘度的流体(水泥)引导通过通路依赖型阻力系统50的切向入口。当盐水和水正流动通过系统时，因为阀门开启，所以这类流体很容易流动通过选择器系统。较高粘度的水泥(或其它未选流体)将使得阀门关闭，且可测定地增加在表面读取的压力。

[0138] 在替代实施方案中，采用并行的多个流控制系统。此外，虽然优选的实施方案具有引导通过单个流控制系统的所有流体，但是可以将来自水泥管柱的外部的部分流引导通过流体选择器。

[0139] 对于更多的压力增加，插塞1222可以安装密封或关闭机构上，所述密封或关闭机构在当水泥流跨插塞增加压力降时可以密封水泥管柱的末端。例如，一个或多个流控制系统可以安装在关闭或密封机构(诸如活塞-气缸系统、挡板阀、球阀等等)上，其中增加的压力关闭机构组件。如上，在流体具有所选粘度(诸如盐水)的情况下，选择器阀门开启，并且跨插塞发生较小的压力降。当关闭机构最初处于开启位置时，流体流动通过且穿过关闭机构并且向上通过管柱的内部通道。当关闭机构移动到关闭位置时，防止流体从管柱的外部流入内部通道中。当机构处于关闭位置时，所有泵入流体或水泥被引导通过流控制系统25。

[0140] 当流体改变为较高粘度时，对选择器系统25之下的流体产生较大背压。接着这个压力转移到关闭结构。这个增加的压力将关闭机构移动到关闭位置。因此，可以防止水泥流

入水泥管柱的内部通道。

[0141] 在另一替代例中，可以采用压力感测器系统。当移动通过流体放大器系统的流体变成较高粘度时，由于流体中存在水泥，流控制系统如上文描述对流体产生较大背压。这个压力增加由压力感测器系统测量且在表面读取。接着操作员知道水泥已经填充环状空间且到达水泥管柱的底部就停止泵送水泥。

[0142] 图23示出本发明的优选实施方案的示意图。应注意，到涡流室52的两个入口54和56并没有被精确地对准以分别精确地切向(即，相对自涡流中心的径向线正好呈90度)或精确地径向(即，直接朝着涡流的中心)引导流体流。相反，分别在旋转最大化通路和旋转最小化通路中引导两个入口54和56。在许多方面，图23类似于图12，因而在此不作详尽描述。相似部件用于图12。使涡流入口的配置最优化是可以使用(例如)计算流动力模型执行的一个步骤。

[0143] 图24A至图24D示出本发明的通路依赖型阻力系统的其它实施方案。图24A示出只具有进入涡流室的一个通道1354的通路依赖型阻力系统。在流体从这个单通道进入室1352时，流控制系统1340改变流体的进入角。通过流体比率控制器通道1344和1346的流体流F将在流体比率控制器1340的出口1380处引起不同方向的流体射流。喷射角将在流体于出口1358处离开室之前通过流体在涡流室1350中引起旋转或使旋转最小化。

[0144] 图24B与图24C是通路依赖型阻力系统1450的另一个实施方案，其中两个入口通道都主要切向地进入涡流室。如图24B中所示，当流在通道1454与1456之间平衡时，涡流室1452中的所得到的流在离开出口1458之前具有最小旋转。如图24C中所示，当沿着其中一个通道向下的流大于沿着另一个通道向下的流时，涡流室1452中的所得到的流在流动通过出口1458之前将具有实质性旋转。流的旋转对系统中的上游流体产生背压。离开路径取向的表面特征和其它流体路径特征可以用来对一个方向的旋转(诸如逆时针方向旋转)比对另一个方向的旋转(诸如顺时针旋转)引起更多的流动阻力。

[0145] 在图24D中，多个入口切向路径1554和多个入口径向路径1556用于使对通路依赖型阻力系统1550中的涡流室1552的入口的流喷射干扰最小化。因此，径向路径可以分开为引导到涡流室1552中的多个径向入口路径。类似地，切向路径可以分成多个切向入口路径。至少部分通过多个入口的进入角决定涡流室1552中的所得到的流体流。系统可以被选择性设计用来在流体离开通过出口1558之前围绕室1552产生或多或少的流体旋转。

[0146] 应注意，在本文描述的流体流控制系统中，系统中的流体流被划分且合并到流体的不同流动流中，但是流体并未被分离成其组成组分；即，流控制系统并不是流体分离器。

[0147] 例如，在流体主要是天然气的情况下，因为第一通道对天然气的流动提供较小阻力，所以第一通道与第二通道之间的流比率可以到达2:1。随着成比例量的流体组分改变，流比率将降低或甚至反转。在流体主要是石油的情况下，相同通道可以产生1:1乃至1:2的流比率。在流体既有石油又有天然气组分的情况下，该比率将下降到介于两者之间。在流体组分的比例随着井的寿命而改变时，通过比率控制系统的流比率将改变。类似地，如果流体既有水又有石油组分，那么比率将根据水和石油组分的相对特性而改变。结果，流体比率控制系统可以被设计用于产生所需的流体流比率。

[0148] 流控制系统被配置用于将具有较大比例的非所需组分(诸如天然气或水)的流体流主要切向地引导到涡流室，从而对流体产生比如果允许流体流在不穿过涡流室的情况下

向上游流动更大的背压。这个背压将导致沿着生产层段来自地层的流体具有比以别的方式发生的更低的生产率。

[0149] 例如，在石油井中，天然气生产是非所需的。随着流体中的天然气比例增加，从而减少流体的粘度，较大比例的流体通过切向入口被引导到涡流室中。涡流室对流体施加背压，从而限制流体的流动。随着正生产的流体组分的比例改变为较高比例的石油(例如，由于地层中的石油将天然气压降反转)，流体的粘度将增加。流体比率系统将响应于特性改变而降低通过其第一通道和第二通道的流体流的比率或使该比率反转。结果，较大比例的流体将被主要径向地引导到涡流室。涡流室提供较小阻力且对主要径向进入室的流体产生较小背压。

[0150] 以上实施例是指在石油为所需的情况下限制天然气生产。本发明还可以应用于石油生产为所需的情况下限制水生产，或在天然气生产为所需时限制水生产。

[0151] 流控制系统在井中提供自主操作的优点。此外，系统不具有移动部件，因而与具有机械阀门等等的流体控制系统不同，不易被“阻塞”。此外，流控制系统将操作而不管井筒中系统的方向如何，所以包含系统的管不必在井筒中定向。系统将在垂直或偏离的井筒中操作。

[0152] 虽然优选的流控制系统完全是自主的，但是本发明的流方向控制系统或本发明的通路依赖型阻力系统不一定必须与其它优选实施方案组合。所以这样的一个系统或其它系统可具有移动部件或电子控制件等等。

[0153] 例如，虽然通路依赖型阻力系统优选是基于涡流室，但是其可被设计且建成为具有移动部分来与比率控制系统一起合作。即，来自比率控制系统的两个输出可以连接到压力平衡活塞的任何一侧，从而使得活塞能够从一个位置移动到另一个位置。例如，一个位置将覆盖出口，而另一个位置将开启出口。因此，比率控制系统不必具有基于涡流的系统来允许操作员享受本发明的比率控制系统的优点。类似地，本发明的通路依赖型阻力系统可以与更传统的致动系统(包含传感器和阀门)一起使用。本发明的系统还可以包括将数据发送到表面以允许操作员看见系统的状态的数据输出子系统。

[0154] 本发明还可以与已经在业界熟知的其它流控制系统(诸如流入控制器件、滑动套筒和其它流控制器件)一起使用。本发明的系统可以与这些其它流控制系统并行或串行。

[0155] 虽然已参考说明性实施方案描述本发明，但是本描述并不旨在以限制意义作出解释。本领域的技术人员在参考描述之后将了解本发明的说明性实施方案以及其它实施方案的不同修改和组合。因此，旨在随附权利要求书涵盖任何此类修改或实施方案。

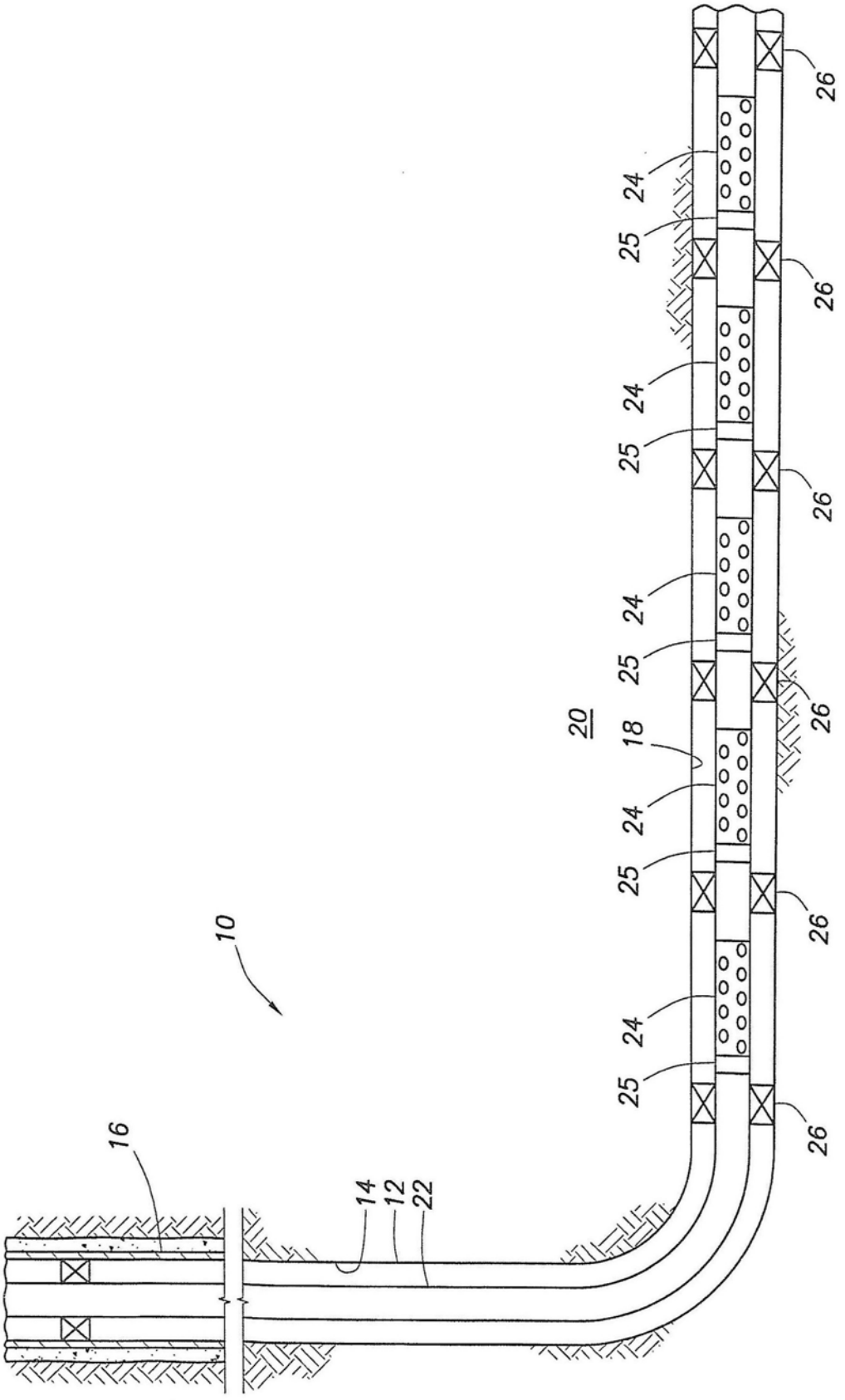



图1

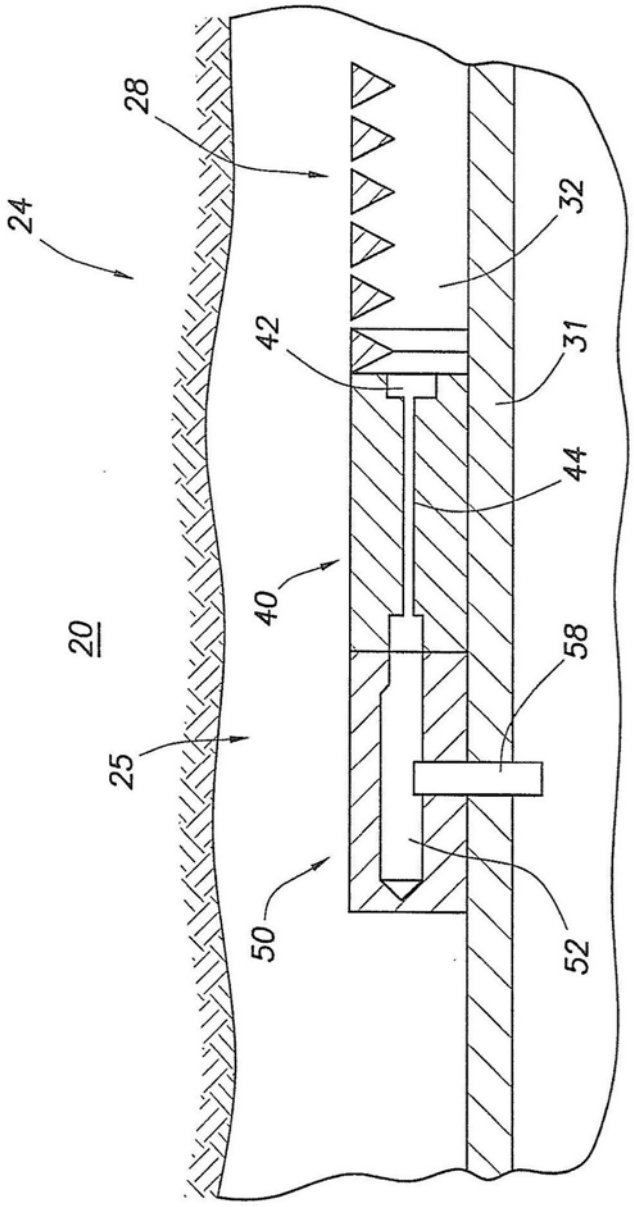



图2

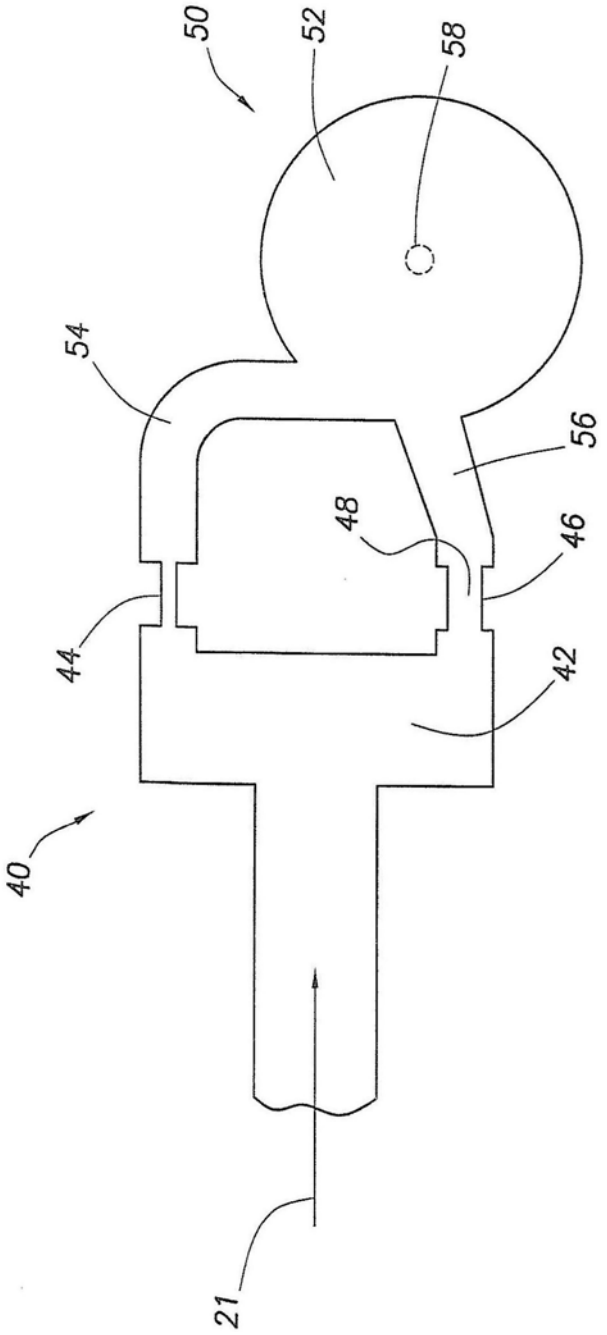



图3

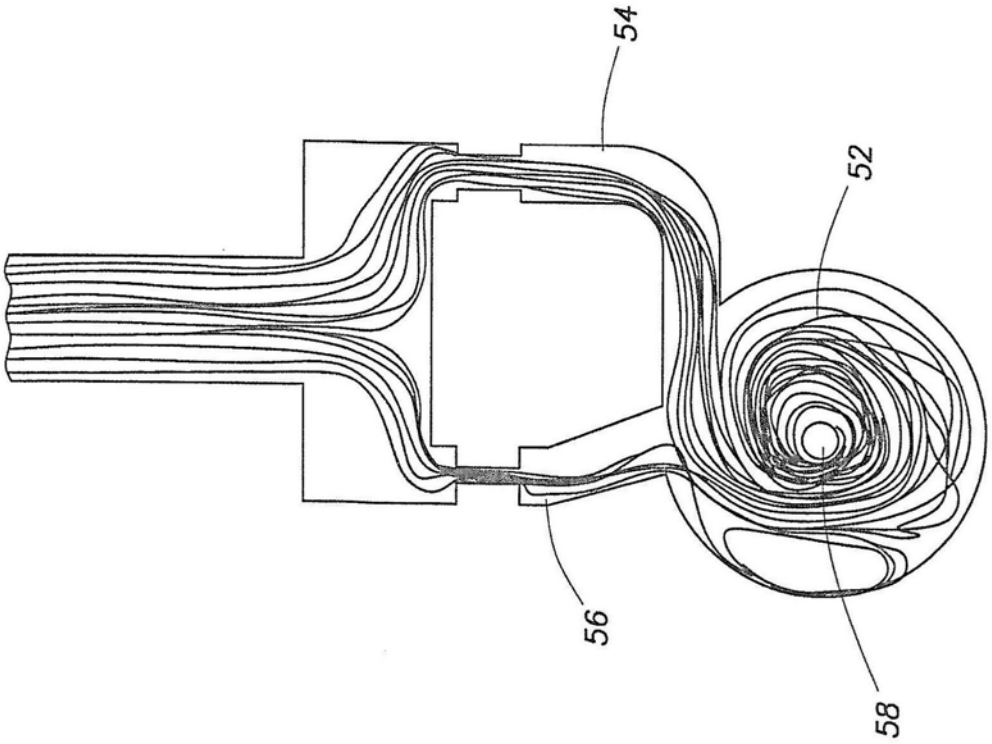



图4A

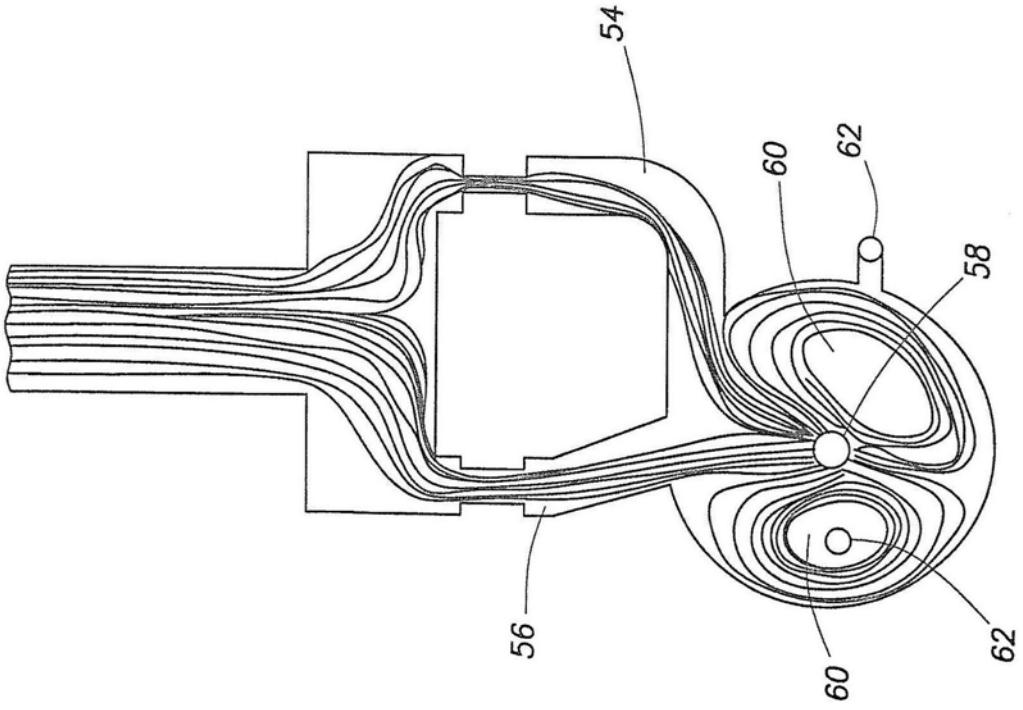



图4B

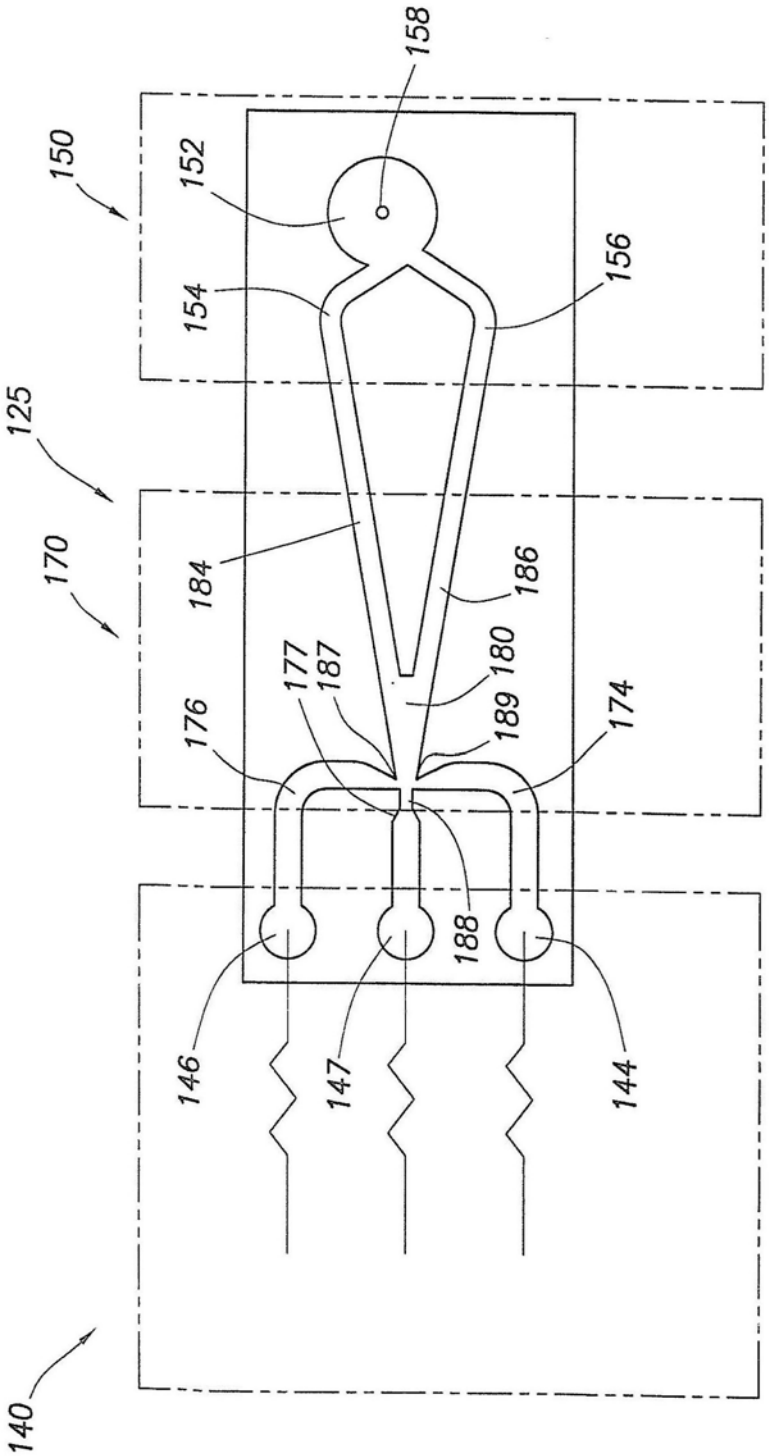

158
150
152
156
154
125
170
184
186
177
187
180
176
189
174
188
146
147
144
140

图5

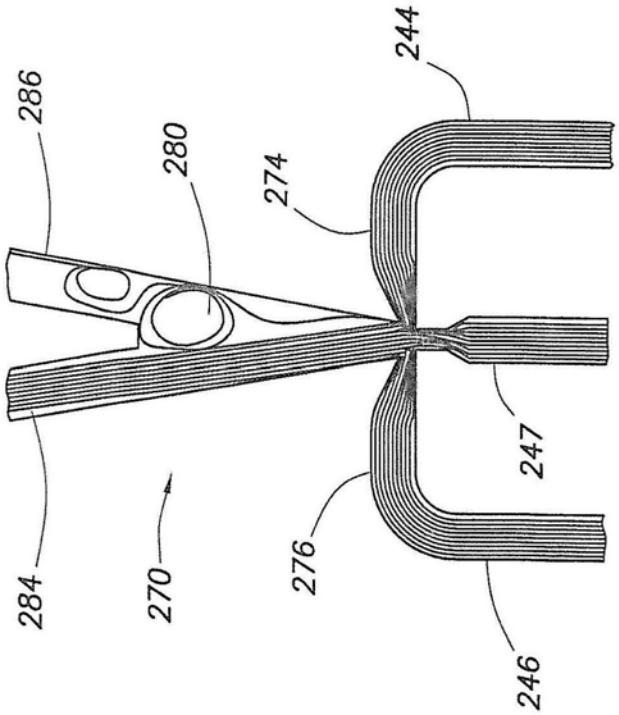

286
280
274
244
284
270
276
247
246

图6A

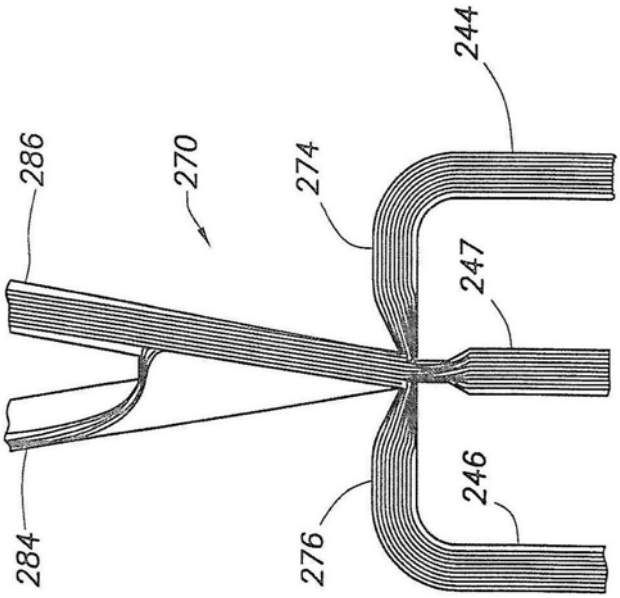

286
270
274
244
247
284
276
246

图6B

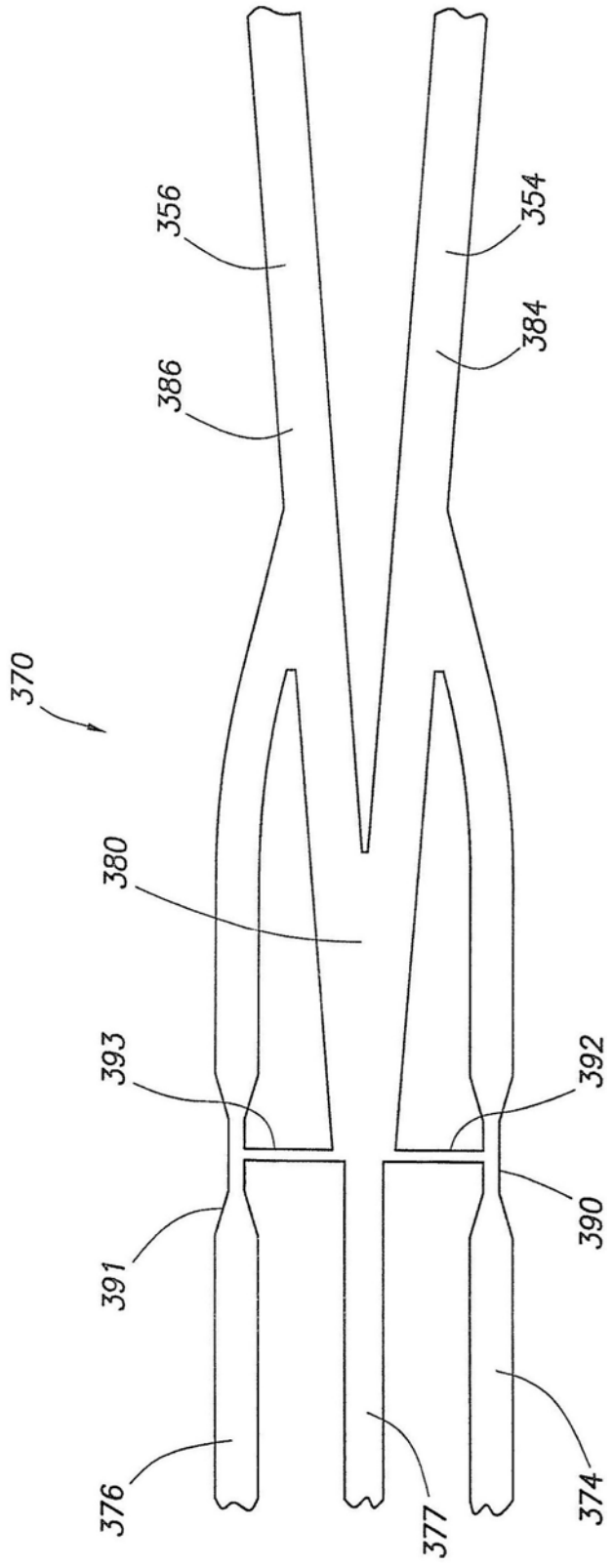



图7

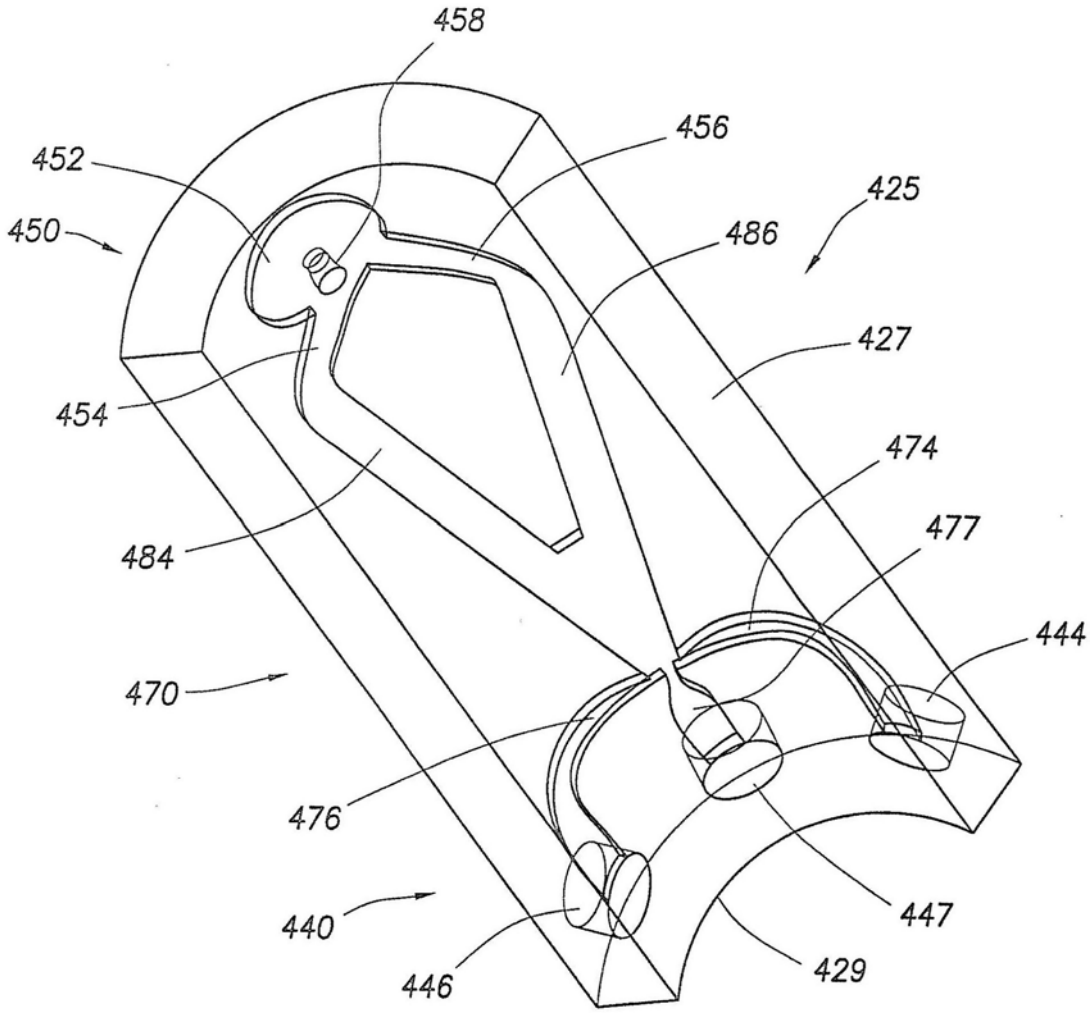

458
456
452
425
450
486
427
454
474
477
484
444
470
476
447
440
429
446

图8

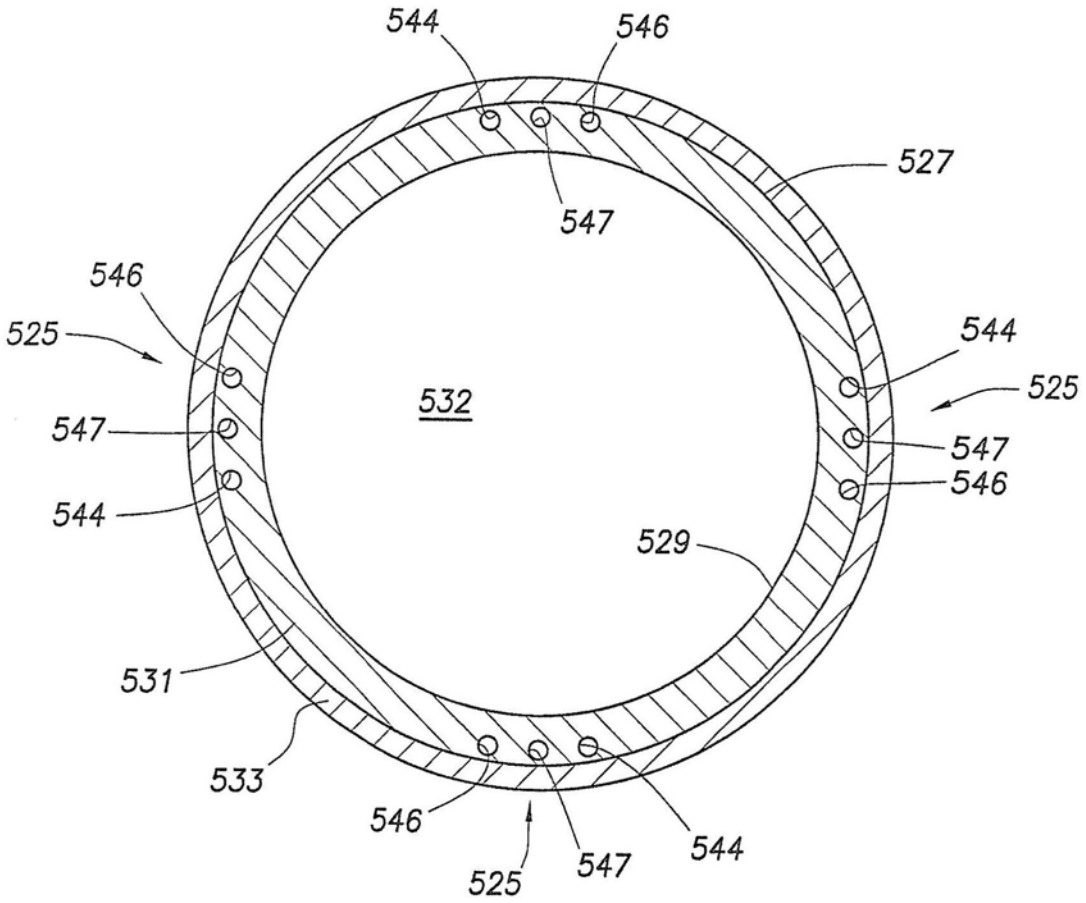

544
546
527
547
546
525
544
532
525
547
547
546
544
529
531
533
546
525
547
544

图9

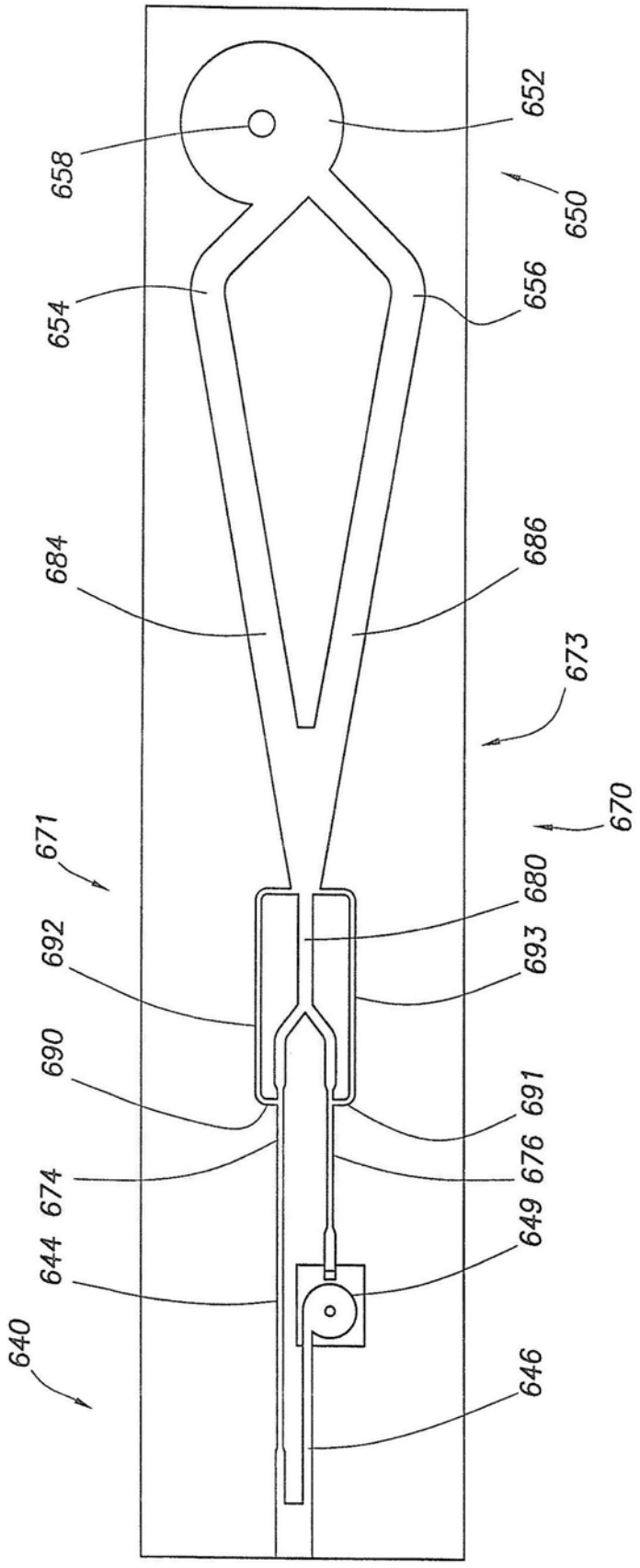

658
652
650
654
656
684
686
673
670
671
680
692
693
690
691
676
674
649
644
640
646

图10

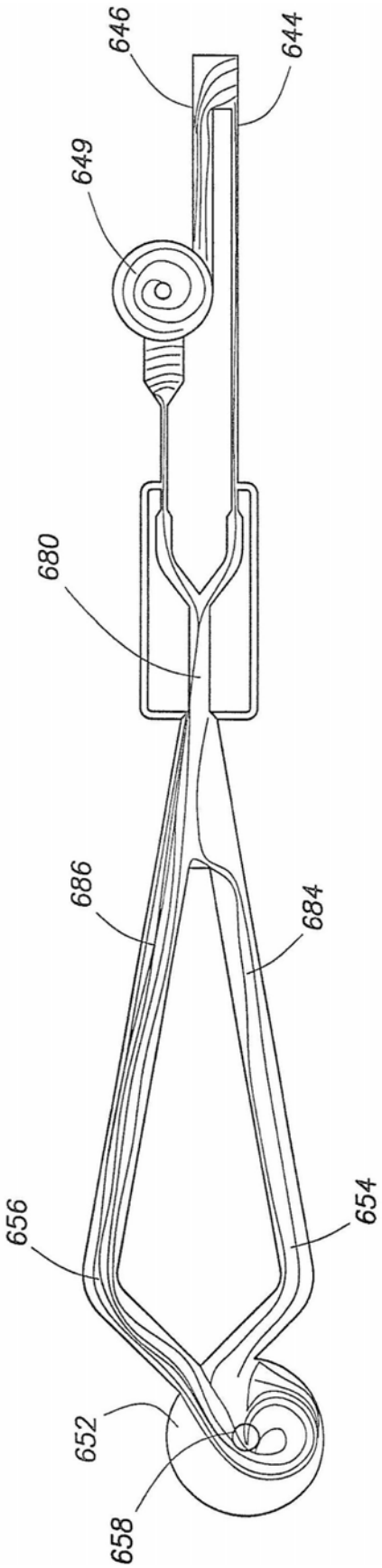



图11A

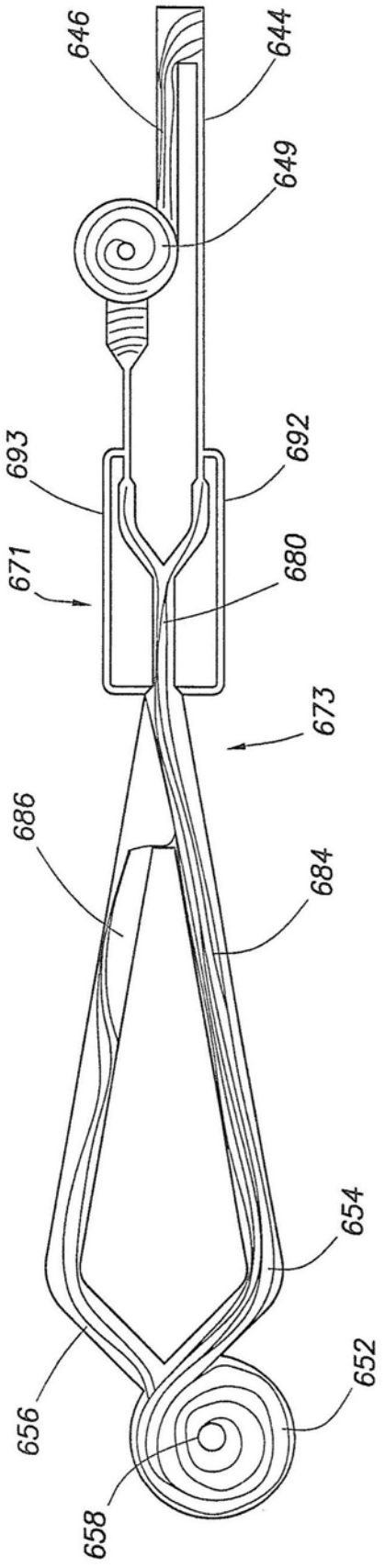



图11B

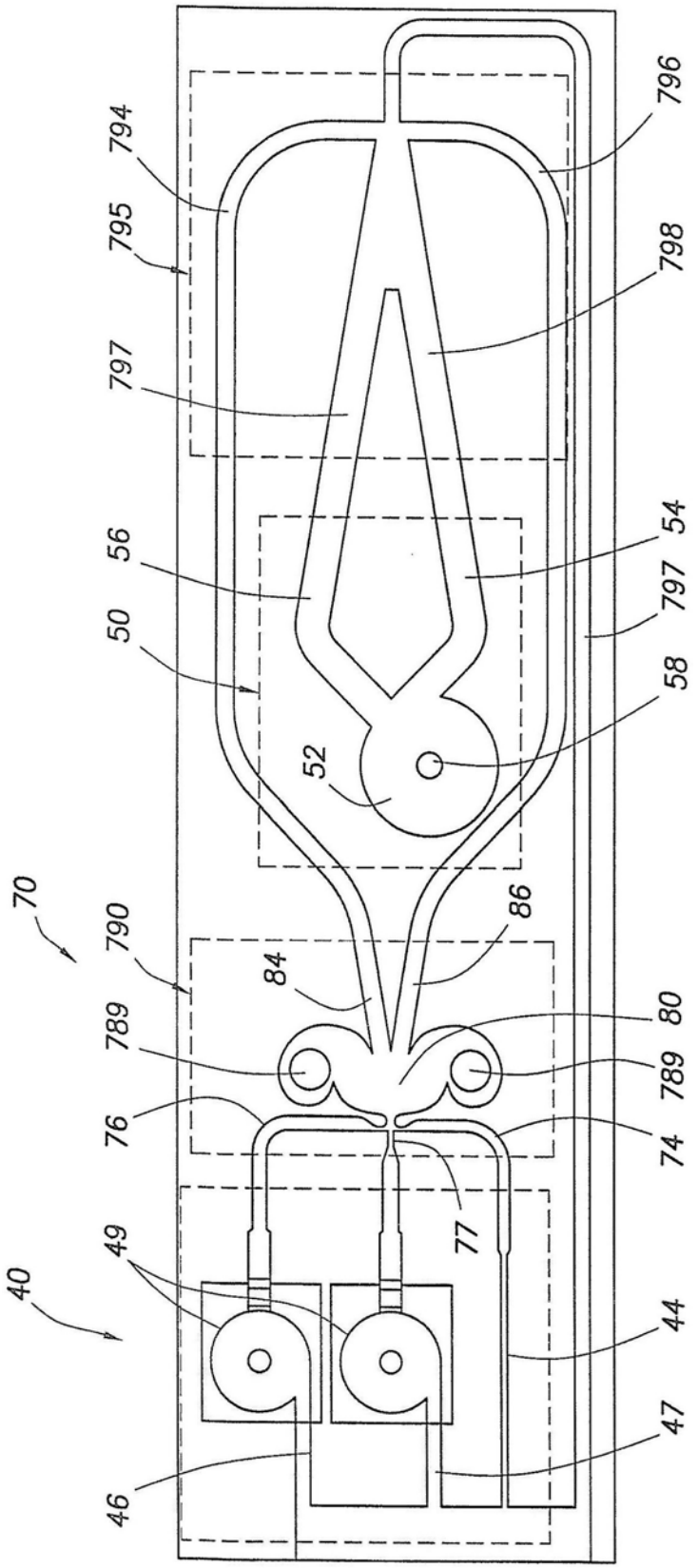

796
794
795
798
797
54
56
797
50
58
52
70
790
86
84
789
80
789
76
74
77
49
40
44
47
46

图12

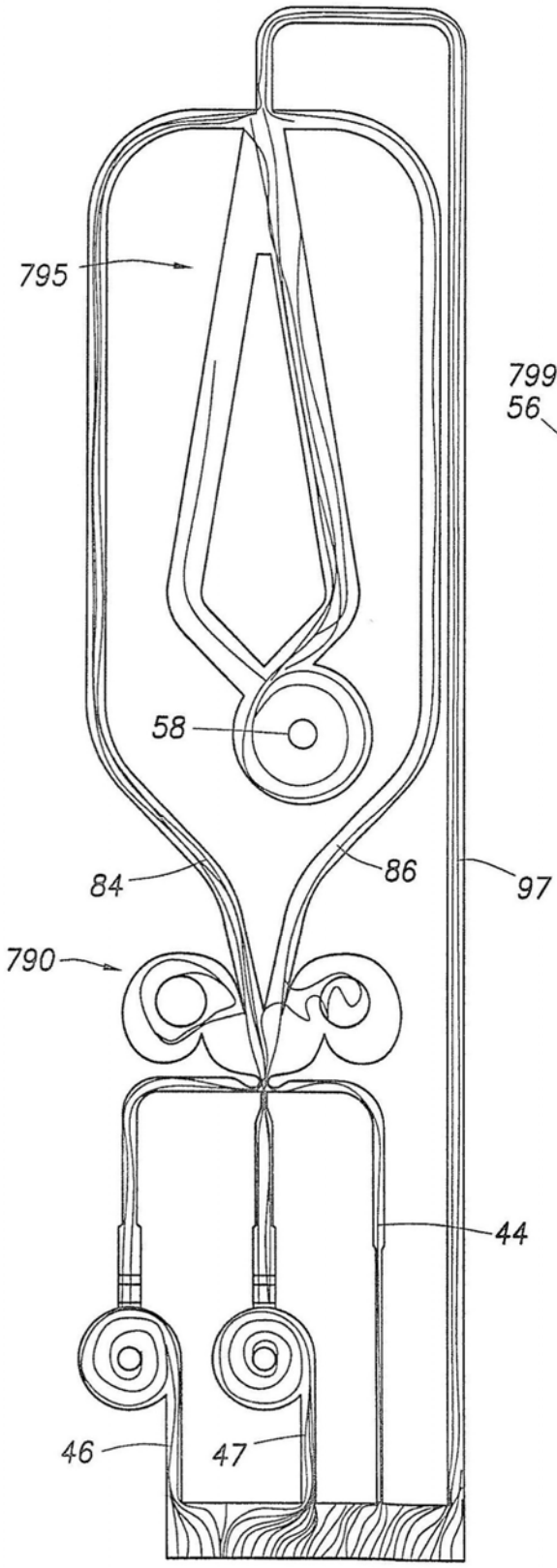

795
58
84
86
97
790
44
46
47

图13A

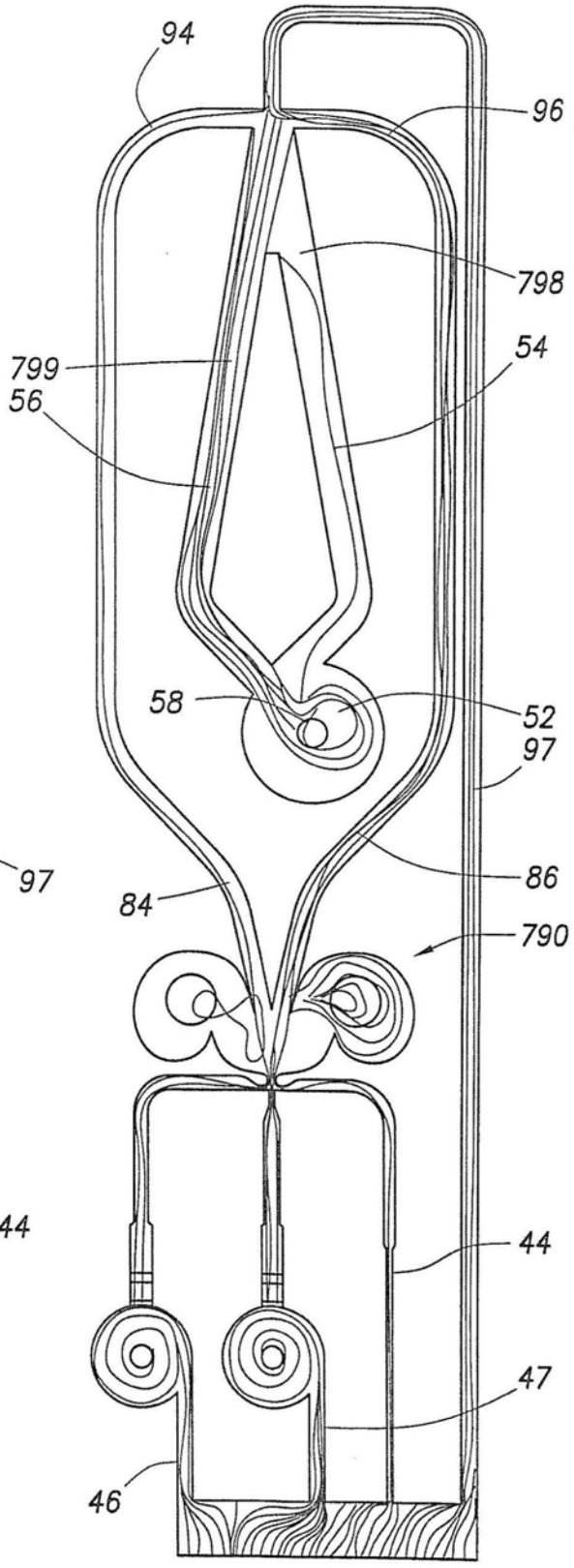

94
96
798
799
54
56
58
52
97
86
84
790
44
47
46

图13B

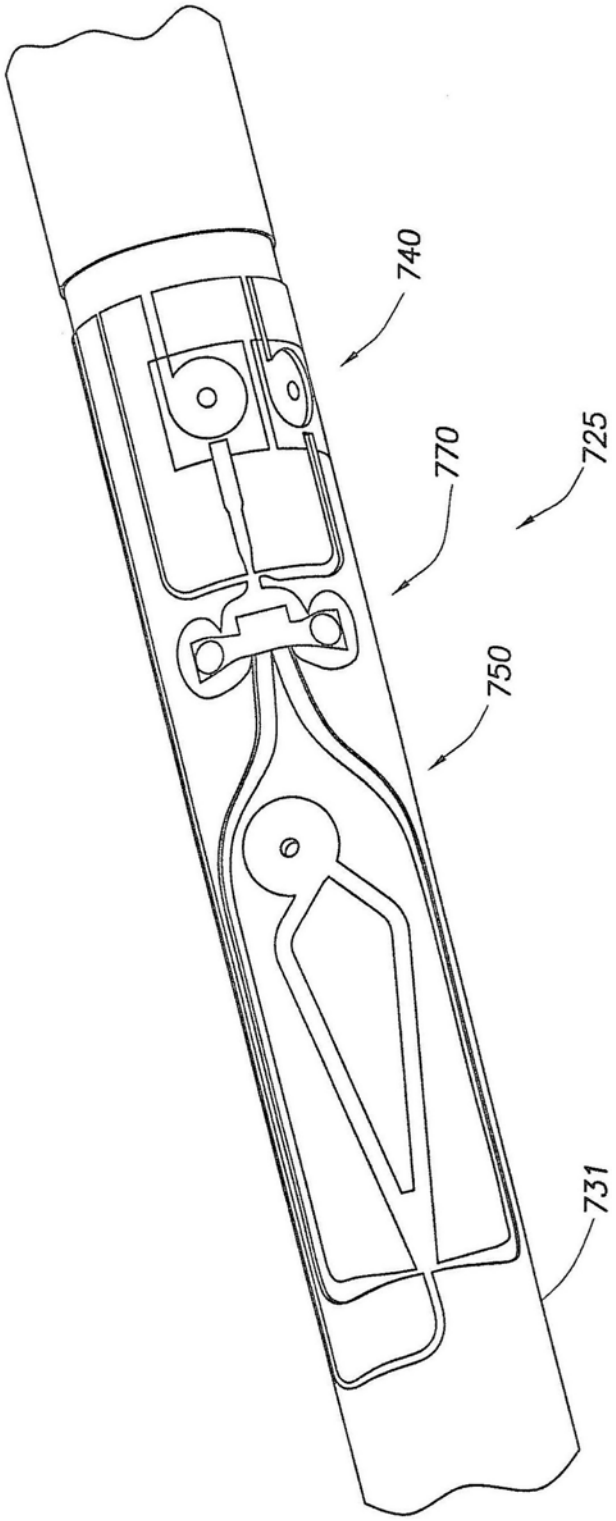



图14

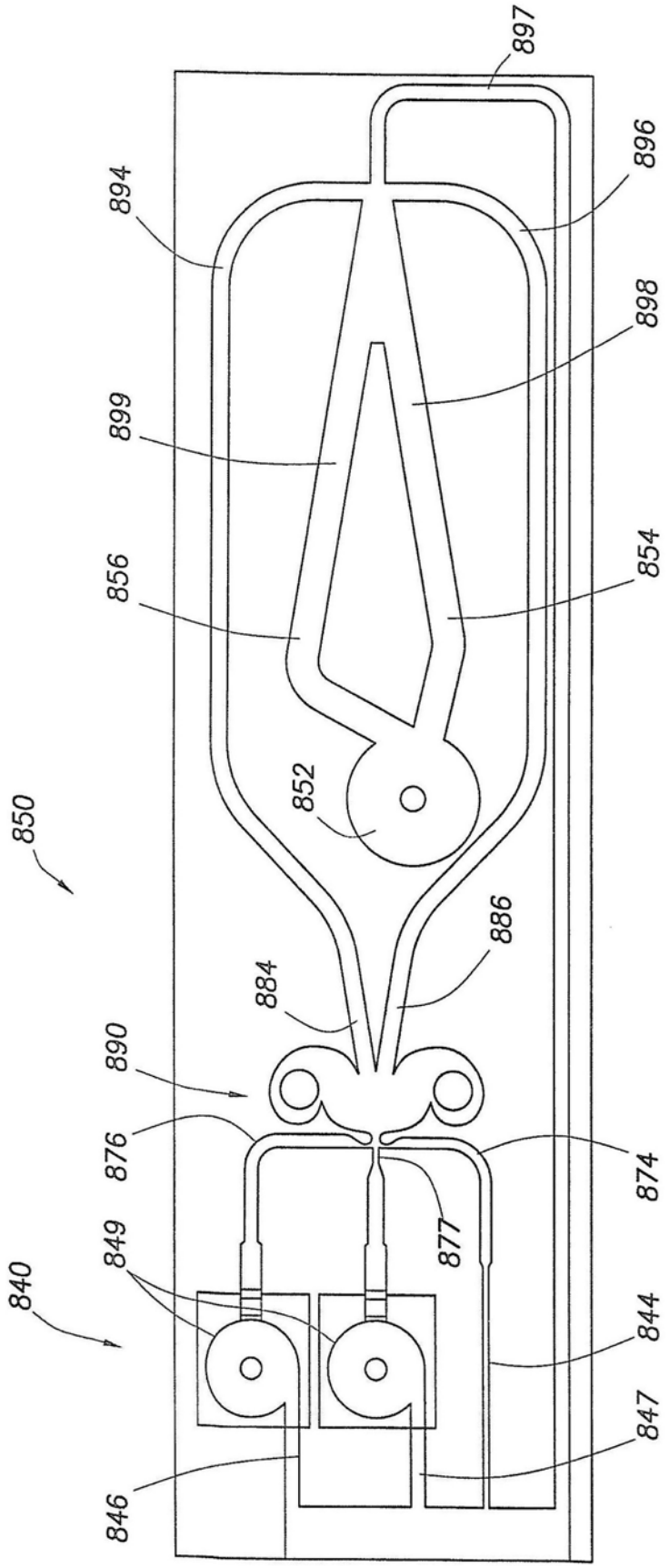

897
896
894
898
899
854
856
852
850
886
884
890
876
874
877
849
840
844
847
846

图15

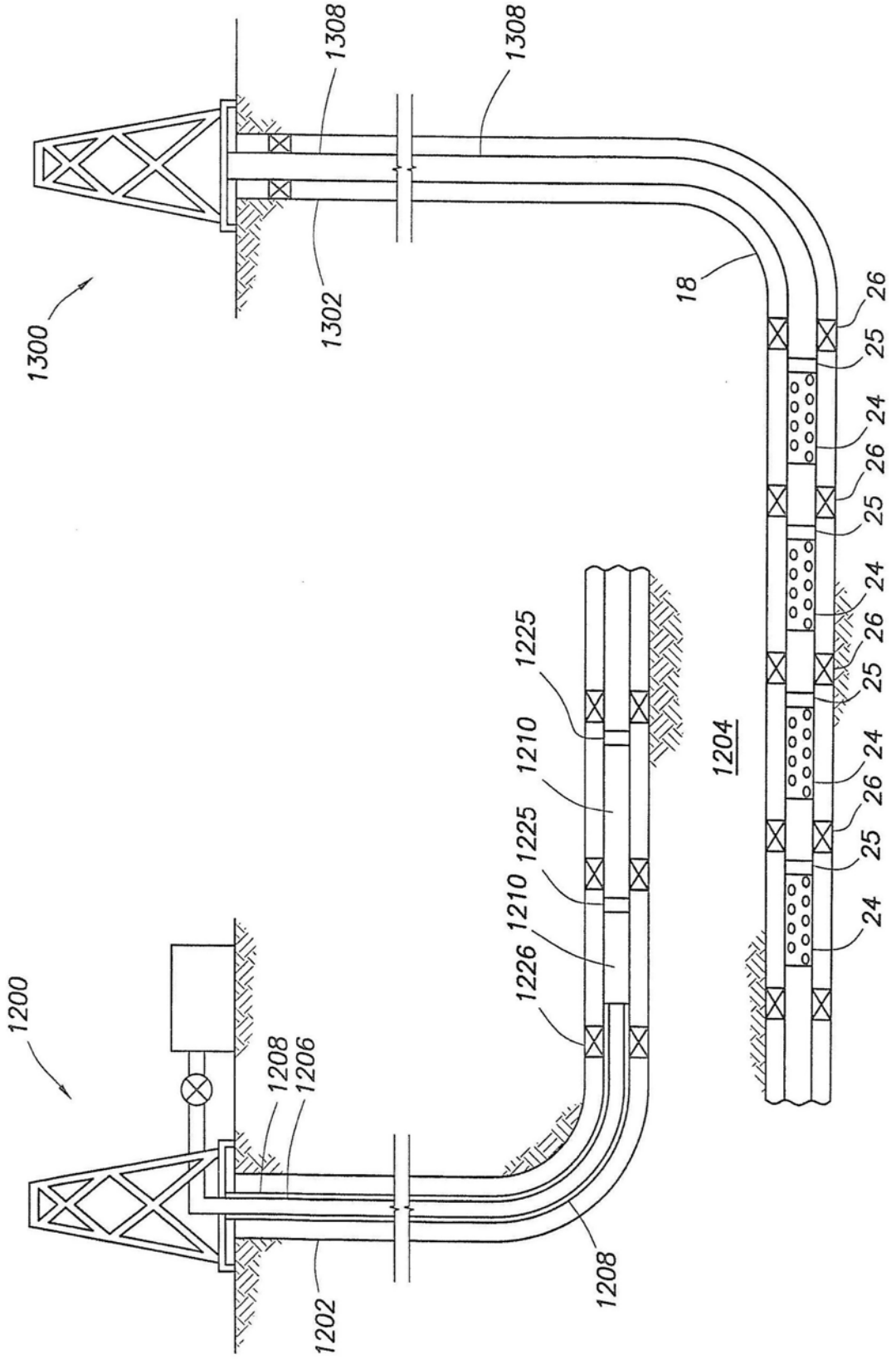

1308
1308
1300
1302
18
26
25
24
26
25
24
26
25
24
26
25
24
1204
1225
1210
1225
1210
1226
1200
1208
1206
1202
1208

图16

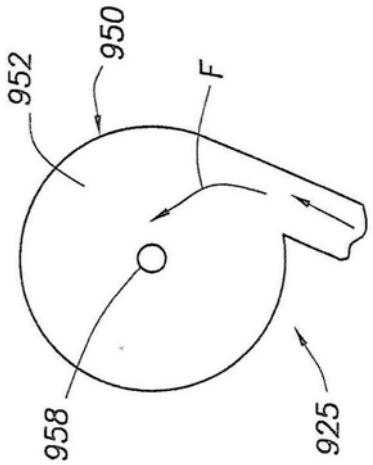



图17A

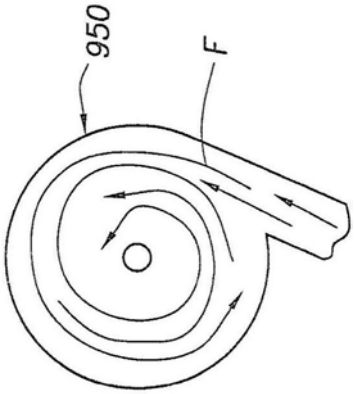



图17B

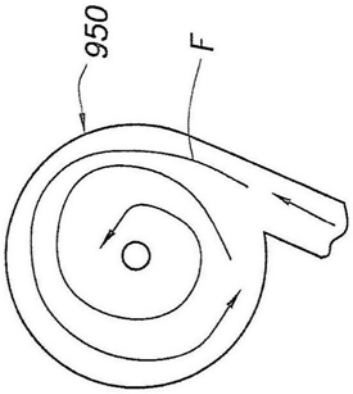



图17C

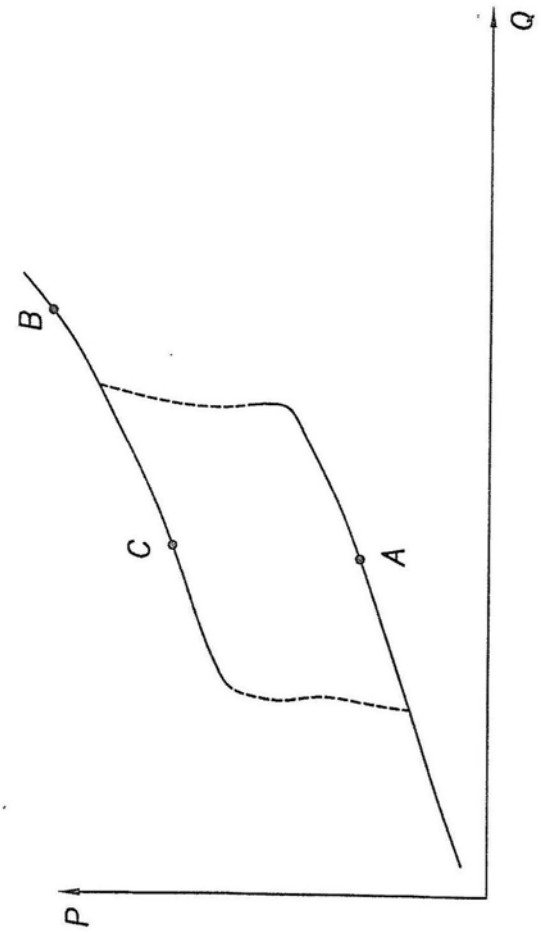



图18

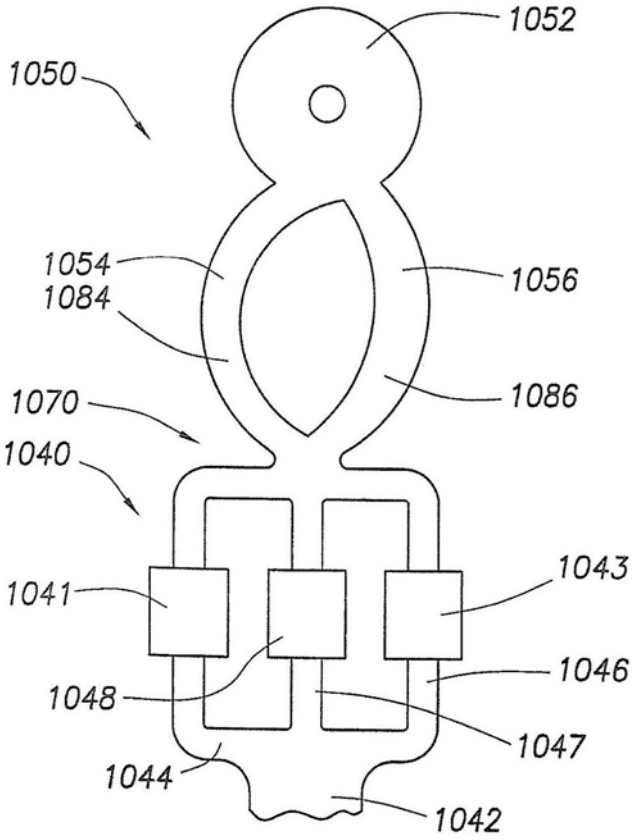

1052
1050
1054
1056
1084
1086
1070
1040
1043
1041
1046
1048
1047
1044
1042

图19

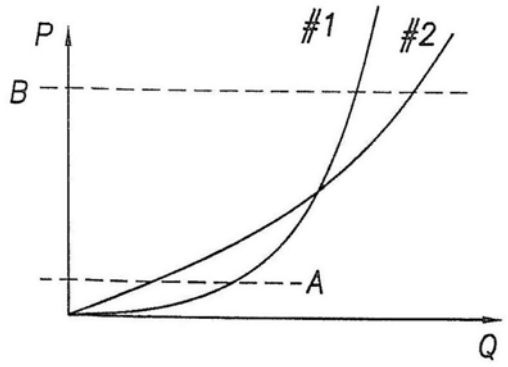

P
#1
#2
B
A
Q

图20

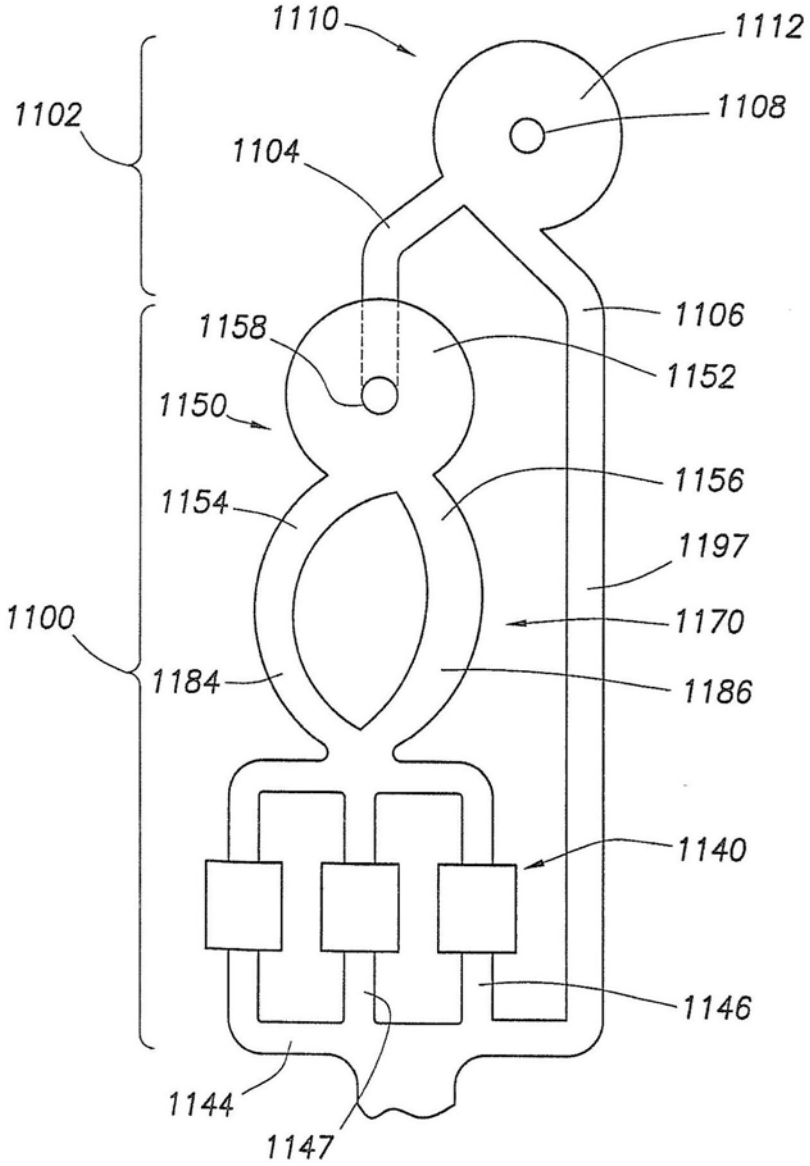

1110
1112
1102
1108
1104
1106
1158
1152
1150
1156
1154
1197
1100
1170
1184
1186
1140
1146
1144
1147

图21

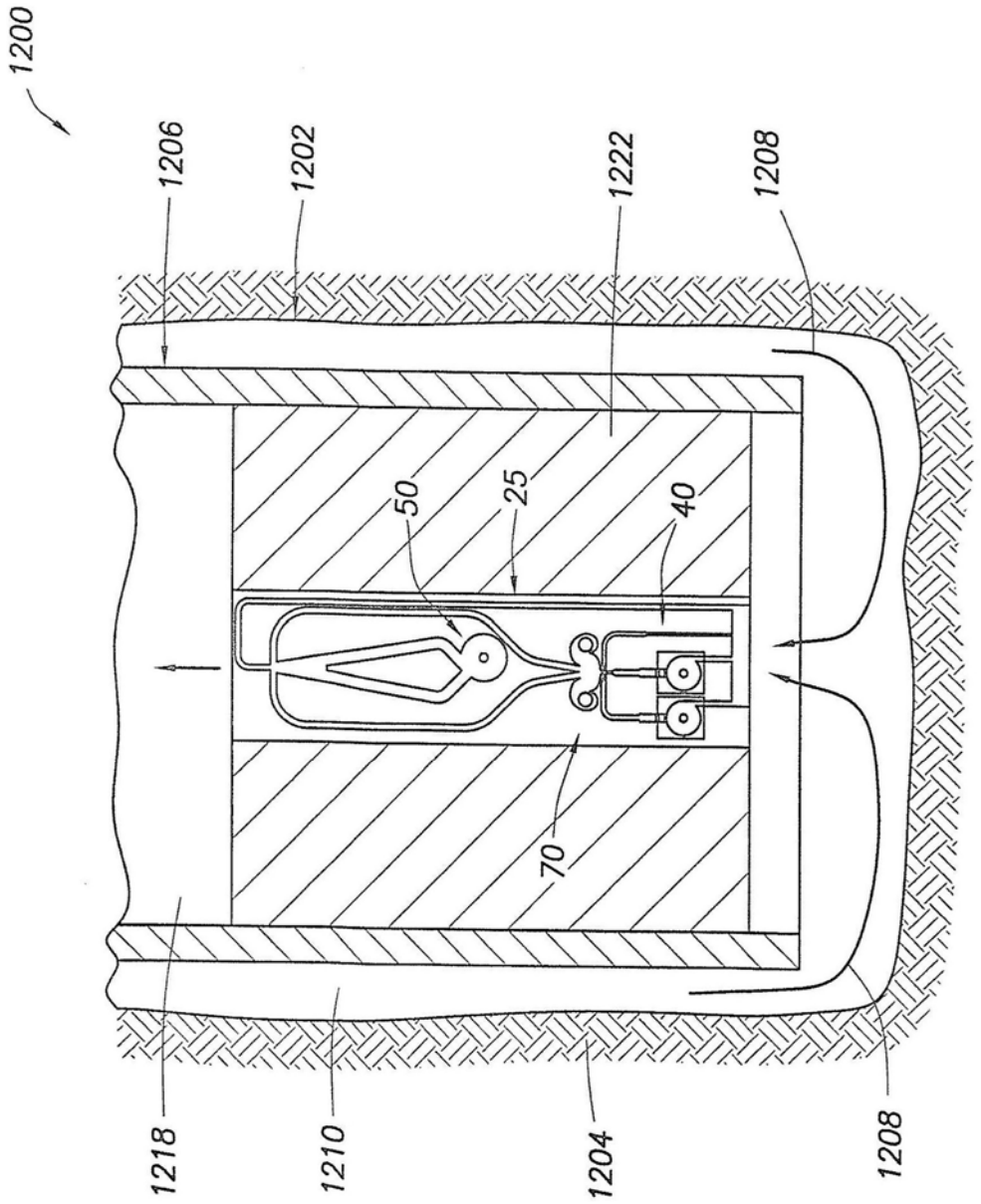



图22

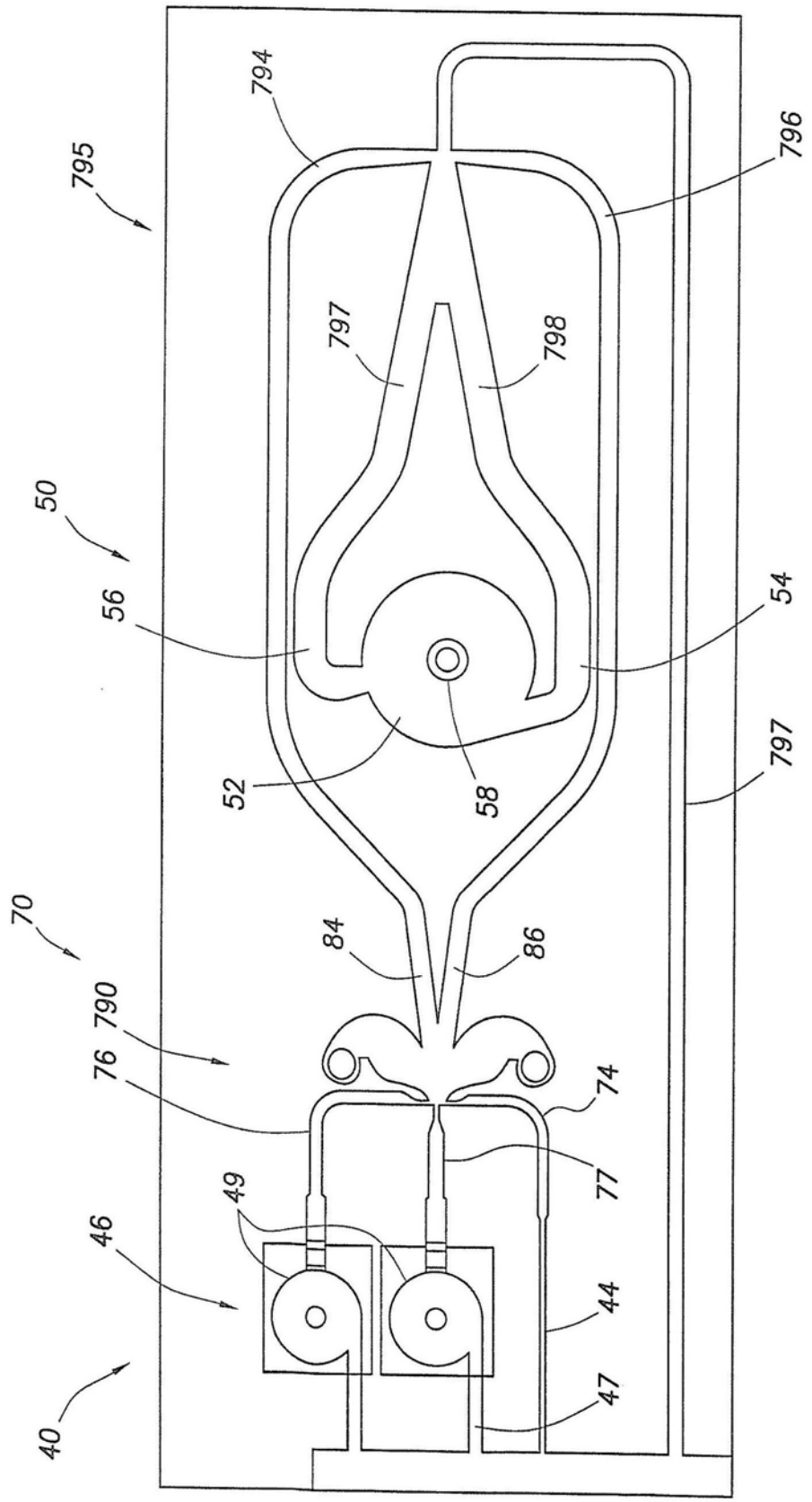

794
796
795
797
798
50
56
54
52
58
797
70
84
86
790
76
74
77
49
46
44
47
40

图23

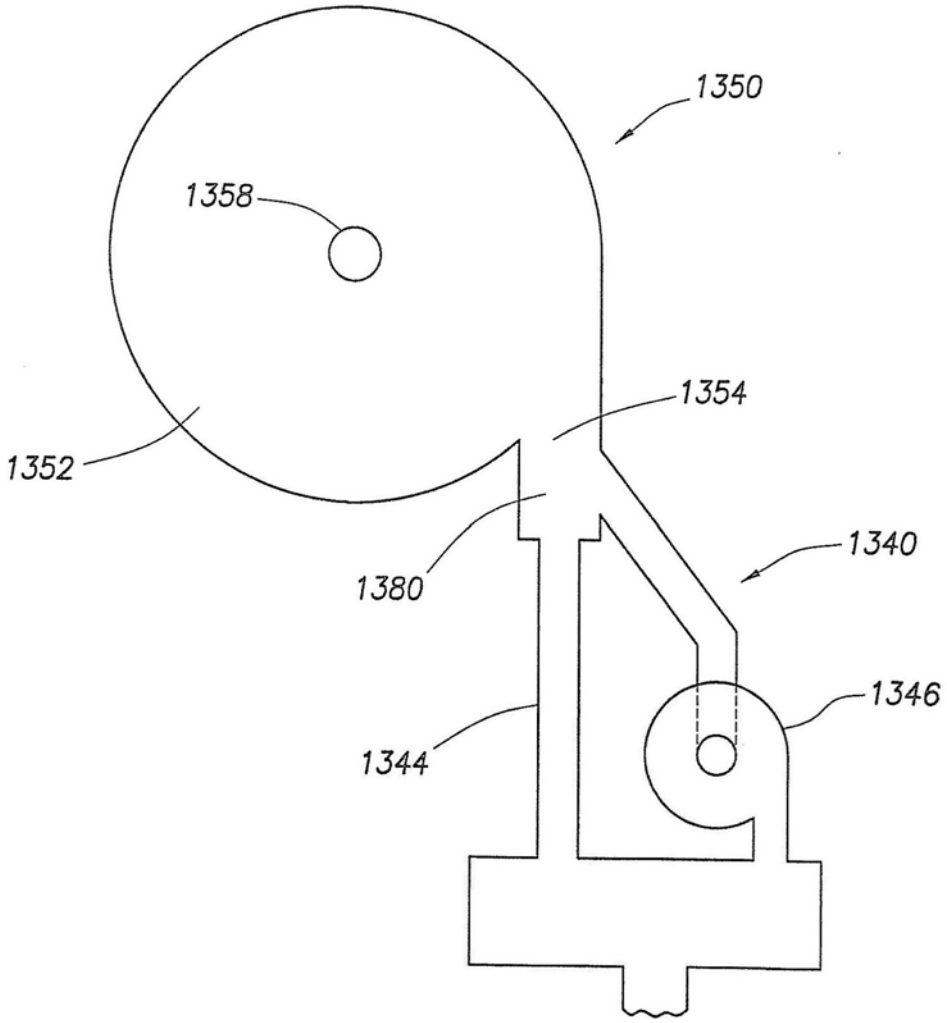

1350
1358
1354
1352
1340
1380
1346
1344

图24A

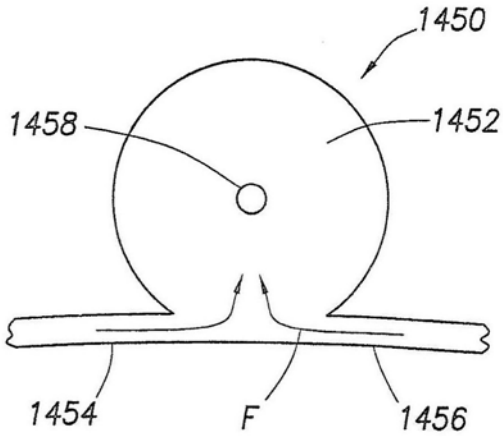

1450
1458
1452
1454
F
1456

图24B

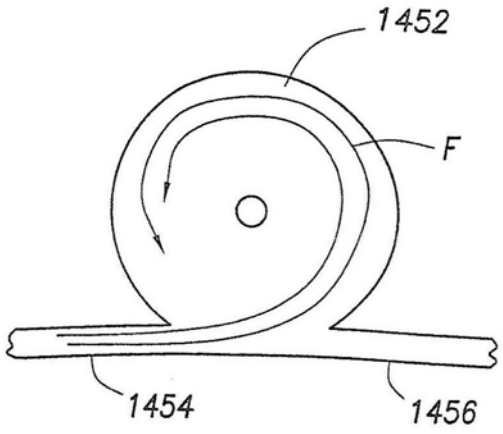



图24C

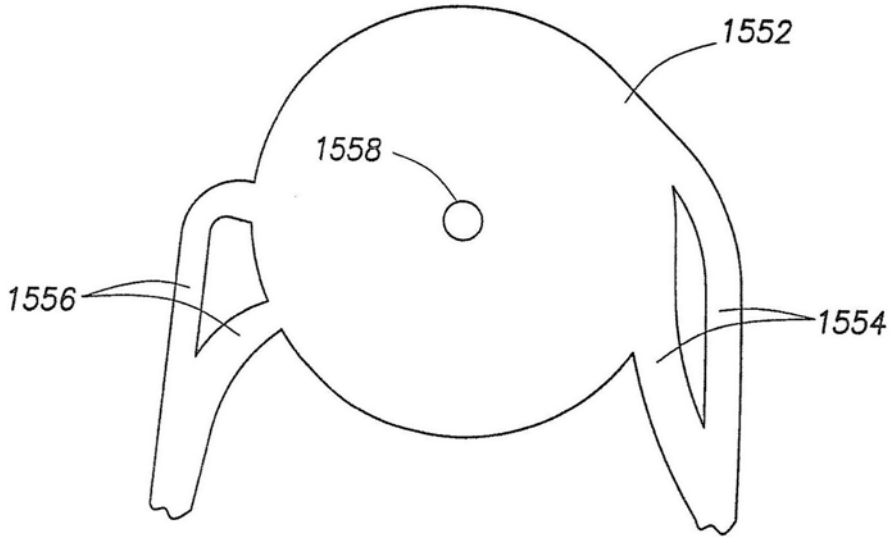



图24D