

(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 103644100 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 30

(21) 申请号 201310555207. 0

CN 1743670 A, 2006. 03. 08,

(22) 申请日 2013. 11. 11

US 5876187 A, 1999. 03. 02,

(73) 专利权人 江苏大学

审查员 马飞

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 何秀华 蔡盛川 邓志丹

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

F04B 43/04(2006. 01)

F04B 53/16(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101975153 A, 2011. 02. 16,

CN 101975154 A, 2011. 02. 16,

CN 102435184 A, 2012. 05. 02,

CN 102691648 A, 2012. 09. 26,

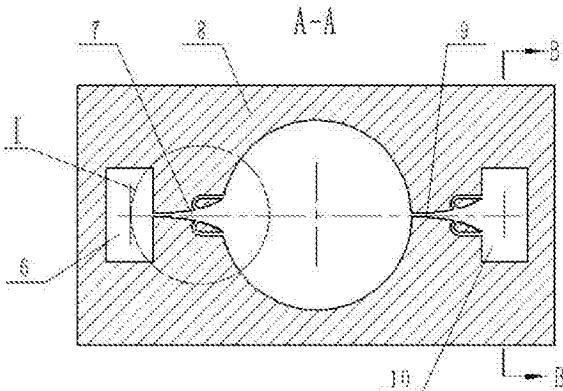
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

一种正环锁线管无阀压电泵

(57) 摘要

本发明公开一种正环锁线管无阀压电泵，包括泵体、泵盖，泵体上有进口缓冲腔、出口缓冲腔、进口流管、出口流管和泵腔的下半部分，进口流管和出口流管均由一正环锁线流管和相对于正环锁线流管中心线对称布置的分流管连通组成，第二、第三分流管为几何结构尺寸相同的直流管且两者中心轴线相对于正环锁线流管中心线对称且平行，第一、第四分流管为几何结构尺寸相同的半圆形管且两者相对于正环锁线流管中心线对称；正环锁线流管具有曲率半径线性过渡的良好性质，流体在其中流动时受均匀的横向作用力，流动稳定、振动小、能耗低、效率高。



1. 一种正环锁线管无阀压电泵,包括泵体(8)、泵盖(2),泵盖(2)上有泵进口(1)、泵出口(5)和泵腔(4)的上半部分,泵体(8)上有进口缓冲腔(6)、出口缓冲腔(10)、进口流管(7)、出口流管(9)和泵腔(4)的下半部分,进口流管(7)和出口流管(9)结构相同且同轴布置并与泵腔(4)圆心等距;进口流管(7)一端与进口缓冲腔(6)连通,另一端与泵腔(4)连通,出口流管(9)一端与泵腔(4)连通,另一端与出口缓冲腔(10)连通,进口缓冲腔(6)和出口缓冲腔(10)分别连通泵进口(1)和泵出口(5),其特征是:所述进口流管(7)和出口流管(9)均由一正环锁线流管(11)和相对于正环锁线流管(11)中心线对称布置的分流管连通组成;进口流管(7)中的正环锁线流管(11)小端与进口缓冲腔(6)相连、大端与泵腔(4)相连;出口流管(9)中的正环锁线流管(11)小端与泵腔(4)相连、大端与出口缓冲腔(10)相连;第二、第三分流管(13、14)为几何结构尺寸相同的直流管且两者中心轴线相对于正环锁线流管(11)中心线对称且平行,第一、第四分流管(12、15)为几何结构尺寸相同的半圆形管且两者相对于正环锁线流管(11)中心线对称;第二分流管(13)一端与第一分流管(12)连通,另一端与泵腔(4)连通,第三分流管(14)一端与第四分流管(15)连通,另一端与泵腔(4)连通,第一、第四分流管(12、15)分别与正环锁线流管11的大端贯通。

2. 根据权利要求1所述一种正环锁线管无阀压电泵,其特征是:正环锁线流管(11)的轮廓线是由正环锁线方程 $p = a \cdot \cos 2\theta / \cos \theta$ 确定的正环锁线段,极角 θ 为 $-70^\circ \sim 70^\circ$,常数 a 为 1,正环锁线流管(11)的长度为 $1500 \mu m \sim 3500 \mu m$,高度为 $80 \mu m \sim 150 \mu m$,小端的最小截面宽度为 $130 \mu m \sim 180 \mu m$,小端管口圆角半径为 $60 \mu m \sim 90 \mu m$ 。

3. 根据权利要求2所述一种正环锁线管无阀压电泵,其特征是:第二、第三分流管(13、14)的中心轴线与正环锁线流管(11)中心轴线的距离为 $500 \mu m \sim 1020 \mu m$,长度 L_1 为 $500 \mu m \sim 1160 \mu m$,宽度为 $\frac{1}{6}L_1$,高度与正环锁线流管(11)的高度相同;第一、第四分流管(12、15)的圆心到正环锁线流管(11)中心轴线的距离为 $330 \mu m \sim 660 \mu m$,内半圆半径为 $130 \mu m \sim 270 \mu m$,外半圆半径为 $210 \mu m \sim 460 \mu m$ 。

一种正环锁线管无阀压电泵

技术领域

[0001] 本发明涉及微流体传输与控制以及微机械技术领域,具体是指一种正环锁线管无阀压电泵。

背景技术

[0002] 压电泵是机械式微泵的一种,属于容积泵,广泛应用在药物微量输送,细胞分离、电子产品降温、燃料微量喷射、化学微分析、管道流动转捩控制等领域。目前,压电泵主要分为有阀压电泵和无阀压电泵两类,无阀压电泵无可动阀片,结构简单,更适合于小型化和微型化,可以满足高频率下的工作要求,克服了有阀压电泵断流有噪音的缺点,防疲劳性能良好,避免一些敏感介质受到影响。大多数无阀压电泵是将两个特殊结构流管与泵腔连接,利用流体沿特殊结构流管不同方向流动时的流阻差异产生泵送效果,常见的特殊结构流管有锥形管、tesla 管、涡旋管、三通管等。

[0003] 锥形管结构简单,易于设计和加工,但其正反向流阻差异较小,导致微泵的效率很低;tesla 管也称为异型管,其主要结构以直流通道搭配弯曲通道所组成,流体往往复流动时由于流道长度的差异与流体的惯性效应,产生出口方向的净流量,但其正反向流阻差异同样很小,微泵在一个工作周期内获得的净流量有限;涡旋管实质是在二维平面锥形管壁面增加了一系列三角形或圆弧的漩涡区域,这些三角形涡旋区与锥形流管一起组成了涡旋通道,但涡旋面的存在加大了流道的制作难度,并且这种流管的正反向流阻都很大,使得微泵能耗大,效率低;三通管包括“Y”型管和“V”型管等,“Y”型管由一个合流管和两个分流管组成“Y”字形,其合流管和分流管均为等截面矩形管,“V”型管由一个等截面矩形管为合流管和两个扩散(收缩)分流管组成,三通管在一定程度上减小了正向流阻,提高了反向流阻,使得微泵在一个工作周期内沿正向获得较高的净流量,但直线型管壁的设计使得流体流动时的摩擦损失较大,能耗较高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了避免上述技术的不足,主要是针对现有无阀压电泵所存在流动紊乱、粘性阻力大、边界层易分离等不良效果而提出的一种尺度小、流动稳定、能耗低、效率高、振动小的新型正环锁线管无阀压电泵。

[0005] 本发明采用的技术方案是:包括泵体、泵盖,泵盖上有泵进口、泵出口和泵腔的上半部分,泵体上有进口缓冲腔、出口缓冲腔、进口流管、出口流管和泵腔的下半部分,进口流管和出口流管结构相同且同轴布置并与泵腔圆心等距;进口流管一端与进口缓冲腔连通,另一端与泵腔连通,出口流管一端与泵腔连通,另一端与出口缓冲腔连通,并且进口缓冲腔和出口缓冲腔分别连通泵进口和泵出口,所述进口流管和出口流管均由一正环锁线流管和相对于正环锁线流管中心线对称布置的分流管连通组成,第二、第三分流管为几何结构尺寸相同的直通管且两者中心轴线相对于正环锁线流管中心线对称且平行,第一、第四分流管为几何结构尺寸相同的半圆形管且两者相对于正环锁线流管中心线对称;第二分流管一

端与第一分流管连通，另一端与泵腔连通，第三分流管一端与第四分流管连通，另一端与泵腔连通，并且第一、第四分流管分别与正环锁线流管的大端贯通。

[0006] 正环锁线流管的轮廓线是由正环锁线方程 $p = a \cdot \cos 2\theta / \cos \theta$ 确定的正环锁线段，极角 θ 为 $-70^\circ \sim 70^\circ$ ，常数 a 为 1，正环锁线流管的长度为 $1500 \mu m \sim 3500 \mu m$ ，高度为 $80 \mu m \sim 150 \mu m$ ，小端的最小截面宽度为 $130 \mu m \sim 180 \mu m$ ，小端管口圆角半径为 $60 \mu m \sim 90 \mu m$ 。

[0007] 本发明的有益效果是：本发明采用轮廓线为正环锁线的流管和分流管组合的流管结构，与传统扩散/收缩管无阀压电泵以及三通管无阀压电泵相比，正环锁线流管具有曲率半径线性过渡的良好性质，流体在其中流动时受均匀的横向作用力，流动稳定、振动小、能耗低、效率高；流体沿进口流管（出口流管）正向流动时，分流管在一定程度起到了抽吸作用，从而对边界层分离进行控制，防止流动分离，降低损失，使得正向流阻减小，通过流管的流量增加；流体沿进口流管（出口流管）反向流动时，相对于流动方向和壁面有一定倾斜角的分流管的合理应用，能够生成离散的纵向涡，对主流起到一定的扰流作用，使得反向流阻增大，通过流管的流量减小，则在一个工作周期沿正向流动方向可获得较高的净流量，提高了无阀压电泵的效率；同时，该泵可以在较高频率下工作，防电磁干扰能力强，流量易于控制，可应用于生物芯片，微流控芯片，微型全分析系统以及临床药物微量输液系统等领域。

附图说明

- [0008] 图 1 是本发明所述一种正环锁线管无阀压电泵的整体结构剖视图；
- [0009] 图 2 是图 1 的 A-A 向剖面图；
- [0010] 图 3 是图 2 中 I 局部放大图；
- [0011] 图 4 是图 2 中进口流管 7 或出口流管 9 的几何结构放大图；
- [0012] 图 5 是图 2 中 B-B 向剖面图；
- [0013] 图 6 是图 5 中 M 局部放大图；
- [0014] 图 7 是本发明所用极坐标系下的正环锁线示意图；
- [0015] 图 8 是本发明中进口流管 7 吸入过程的工作原理图；
- [0016] 图 9 是本发明中进口流管 7 排出过程的工作原理图；
- [0017] 图 10 是本发明吸入过程的工作原理图；
- [0018] 图 11 是本发明排出过程的工作原理图；
- [0019] 图中：1. 泵进口；2. 泵盖；3. 压电振子；4. 泵腔；5. 泵出口；6. 进口缓冲腔；7. 进口流管；8. 泵体；9. 出口流管；10. 出口缓冲腔；11. 正环锁线管；12、13、14、15. 分流管。

具体实施方式

[0020] 参照图 1、图 2 和图 5，本发明包括泵体 8、泵盖 2 和压电振子 3，泵体 8 的材料为硅片，泵盖 2 的材料为玻璃，在泵盖 2 上利用激光加工工艺加工出泵进口 1、泵出口 5 和泵腔 4 的上半部分，在泵体 8 上利用干法刻蚀工艺加工出进口缓冲腔 6、出口缓冲腔 10、进口流管 7、出口流管 9 和泵腔 4 的下半部分，进口流管 7 和出口流管 9 结构相同且同轴布置，并与泵腔 4 圆心等距；进口流管 7 一端与进口缓冲腔 6 连通，另一端与泵腔 4 连通，出口流管 9 一端与泵腔 4 连通，另一端与出口缓冲腔 10 连通，并且进口缓冲腔 6 和出口缓冲腔 10 分别连

通泵进口 1 和泵出口 5, 泵体 8 和泵盖 2 通过阳极键合工艺紧密贴合在一起, 用黏结剂将压电振子 3 固定粘结在泵盖 2 正上方。

[0021] 参照图 2、图 3, 进口流管 7 和出口流管 9 均由一正环锁线流管 11 和相对于正环锁线流管 11 中心线对称布置的分流管连通组成, 分流管 13、14 为直流管, 分流管 12、15 为半圆形管; 分流管 13、14 的中心轴线相对于正环锁线流管 11 中心线对称, 分流管 13、14 的中心轴线与正环锁线流管 11 的中心轴线平行, 分流管 12、15 相对于正环锁线流管 11 中心线对称; 分流管 13 一端与分流管 12 连通, 另一端与泵腔 4 连通, 分流管 14 一端与分流管 15 连通, 另一端与泵腔 4 连通, 并且分流管 12、15 分别与正环锁线流管 11 的大端贯通; 分流管 13、14 的几何结构尺寸相同, 分流管 12、15 的几何结构尺寸相同。进口流管 7 的正环锁线流管 11 的小端连通进口缓冲腔 6, 出口流管 9 的正环锁线流管 11 的小端连通泵腔 4。

[0022] 参照图 4、图 6 和图 7, 正环锁线流管 11 的轮廓线是由正环锁线方程 $\rho = a \cdot \cos 2\theta / \cos \theta$ 确定的正环锁线段 ON, 其中极角 θ 为 $-70^\circ \sim 70^\circ$, 常数 a 为 1; 正环锁线流管 11 的长度 L_1 为 $1500 \mu m \sim 3500 \mu m$, 高度 h_1 为 $80 \mu m \sim 150 \mu m$, 小端的最小截面宽度 b_1 为 $130 \mu m \sim 180 \mu m$, 小端管口圆角半径 r_1 为 $60 \mu m \sim 90 \mu m$; 分流管 13、14 的中心轴线与正环锁线流管 11 中心轴线的距离 L_2 为 $500 \mu m \sim 1020 \mu m$, 长度 L_3 为 $500 \mu m \sim 1160 \mu m$, 宽度 b_2 为 $\frac{1}{6}L_3$, 分流管 13、14 的高度 h_2 与正环锁线流管高度 h_1 相同; 分流管 12、15 的圆心到正环锁线流管 11 中心轴线的距离 L_4 为 $330 \mu m \sim 660 \mu m$, 内半圆半径 r_2 为 $130 \mu m \sim 270 \mu m$, 外半圆半径 r_3 为 $210 \mu m \sim 460 \mu m$ 。

[0023] 参照图 8、图 9、图 10 和图 11, 本发明的工作原理是: 在压电振子 3 两端加载交变电压信号(正弦或矩形波信号)后压电振子 3 会发生弯曲变形并随电压频率上下振动, 该振动带动泵腔 4 内的流体流动; 可将压电振子 3 的运动分为向上位移运动和向下位移运动, 则泵腔 4 内流动过程就相应的分为吸入过程和排出过程。当压电振子 3 向上振动时, 泵腔 4 体积增大, 泵腔 4 内的压力降低且小于外界压强, 从而流体由泵进口 1 和泵出口 5 经过进口流管 7 和出口流管 9 流入泵腔 4, 这时压电泵处于吸入状态, 由于进口流管 7 和出口流管 9 正反方向上的流阻系数不同, 使得由泵进口 1 经过进口流管 7 流进泵腔 4 的流量 Q_1 大于由泵出口 5 经过出口流管 9 流进泵腔 4 的流量 Q_2 , 由于进口流管 7 和出口流管 9 均采用轮廓线为正环锁线的流管 11 和分流管 12、13、14、15 组合的流管结构, 故在该吸入过程中, 流体由进口缓冲腔 6 流过正环锁线流管 11 时流动稳定, 能量损失小, 且连通正环锁线流管 11 和泵腔 4 的分流管 12、13、14、15 可把正环锁线流管 11 壁面欲滞止的流体引流入泵腔 4, 在一定程度上起到了抽吸作用, 这种抽吸作用可使得正环锁线流管 11 边界层内的流体克服反向压差的作用而继续流向泵腔 4, 从而在一定程度上防止了边界层分离, 达到减小粘性摩擦阻力的效果, 使得通过进口流管 7 流入泵腔 4 的流量 Q_1 增加, 同时由于突扩作用在正环锁线流管 11 出口形成的一对漩涡在由经过分流管 12、13、14、15 流体的作用下向泵腔 4 中心移动, 在移动过程中涡的耗散变得缓慢, 涡量变小, 有效作用范围增大, 从而进一步抑制或延缓流动分离的发生; 同样的, 流体由出口缓冲腔 10 流过正环锁线流管 11 时, 相比于直

壁面流管(扩散/收缩管),正环锁线流管11对流动阻力更大,且流体流过分流管12、13、14、15时能够生成离散的纵向涡,对主流起到一定的扰动作用,使得反向流阻增大,通过流管的流量 Q_a 进一步减小,在吸入过程压电泵总的流进量为 $Q_i = Q_d + Q_a$;当压电振子3向下振动时,泵腔4体积减小,泵腔4内的压力增大且大于外界压强,从而流体经过泵腔4两侧的进口流管7和出口流管9由泵进口1和泵出口5流出泵腔4,这时压电泵处于排出状态,此过程与泵吸入过程相反,泵腔4经过进口流管7由泵进口1排出的流量 Q_d' 小于由泵腔4经过出口流管9由泵出口5排出的流量 Q_a' ,在排出过程压电泵的总流出量为 $Q_o = Q_d' + Q_a'$;本发明在吸入过程和排出过程中压电振子3的振幅一定,流入泵腔4的流量和流出泵腔4的流量相等,记为 Q_e ,则有 $Q_e = Q_d + Q_a = Q_d' + Q_a'$,一个排出过程和吸入过程组成一个周期,一个周期的泵送流量为通过出口流管9流出泵腔4的流量与流入泵腔4的流量的差值 $Q_d - Q_a$,或通过进口流管7流入泵腔4流量与流出泵腔4的流量的差值 $Q_d' - Q_a'$,则一个周期中泵送流量 Q 为:

$$[0024] \quad Q = Q_d - Q_a = Q_e \left(\frac{Q_d + Q_a}{Q_e} - 1 \right),$$

[0025] 此值大于零,故无阀压电泵在一个工作周期内,吸入过程中通过进口流管7流入泵腔4的流量大于排出过程中排出的流量,而出口流管9则正好相反,即在吸入过程中流入泵腔4的流量小于排出过程中排出的流量,最终实现了流体的单向流动,完成了泵送功能。

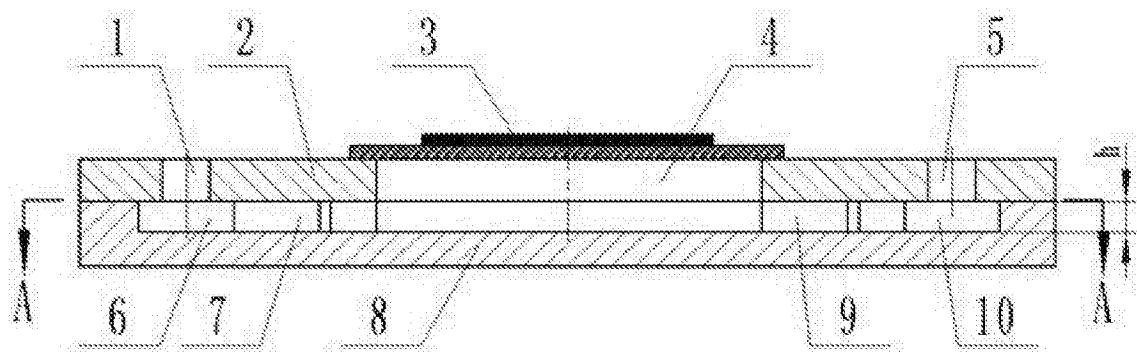


图 1

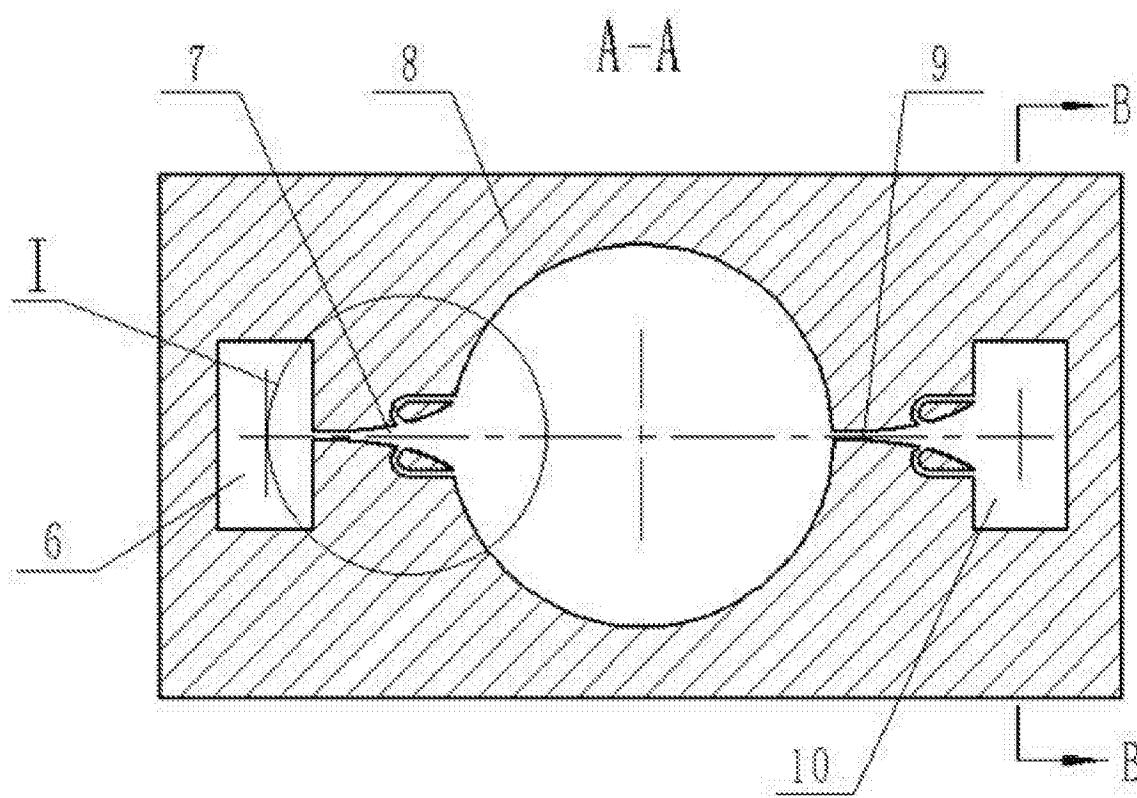


图 2

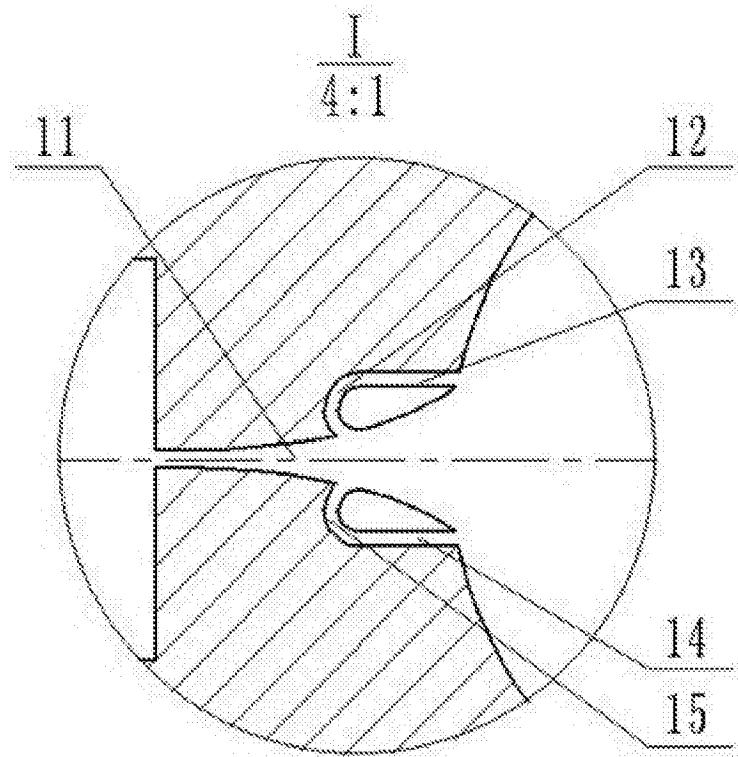


图 3

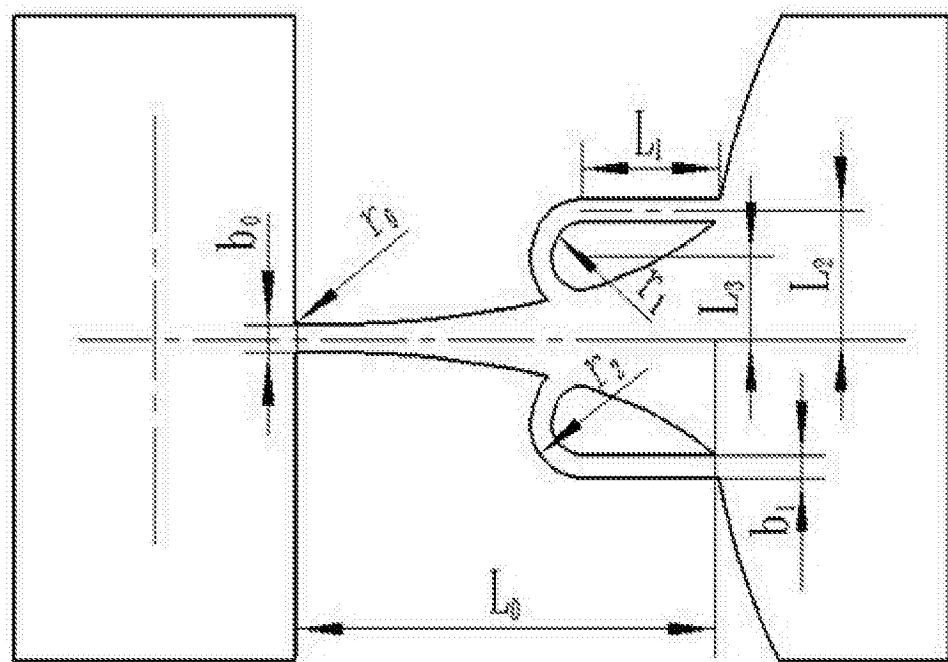


图 4

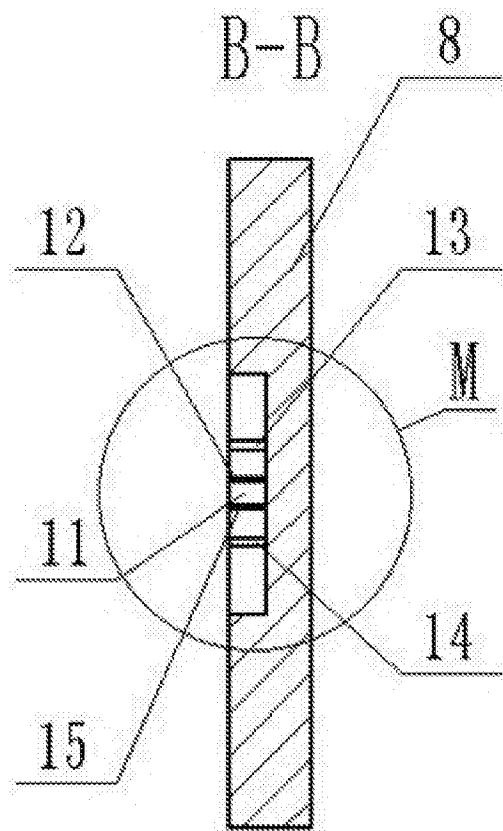


图 5

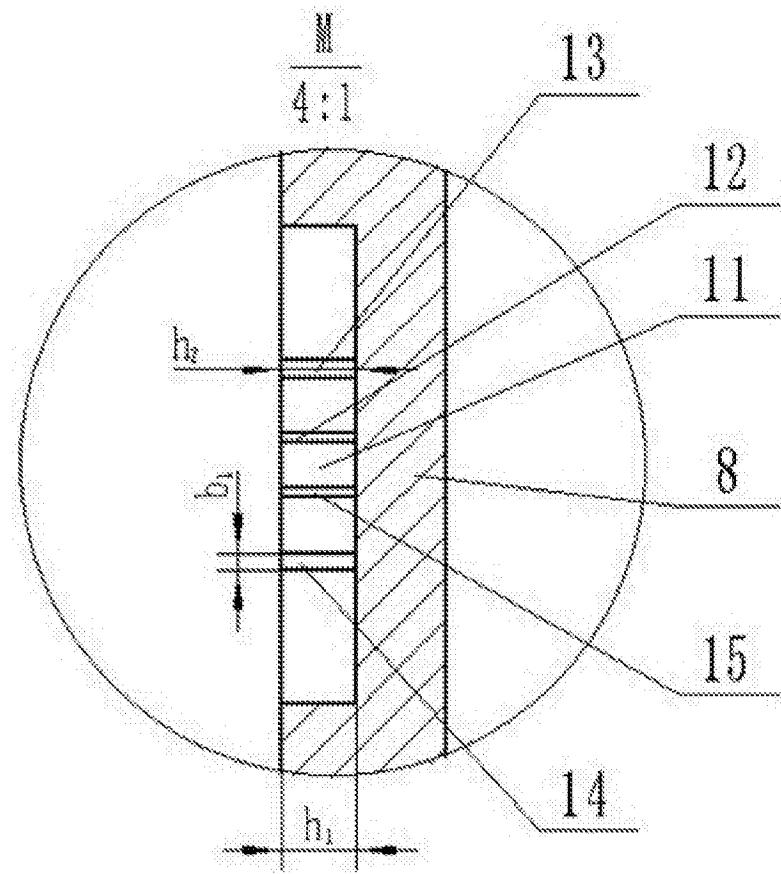


图 6

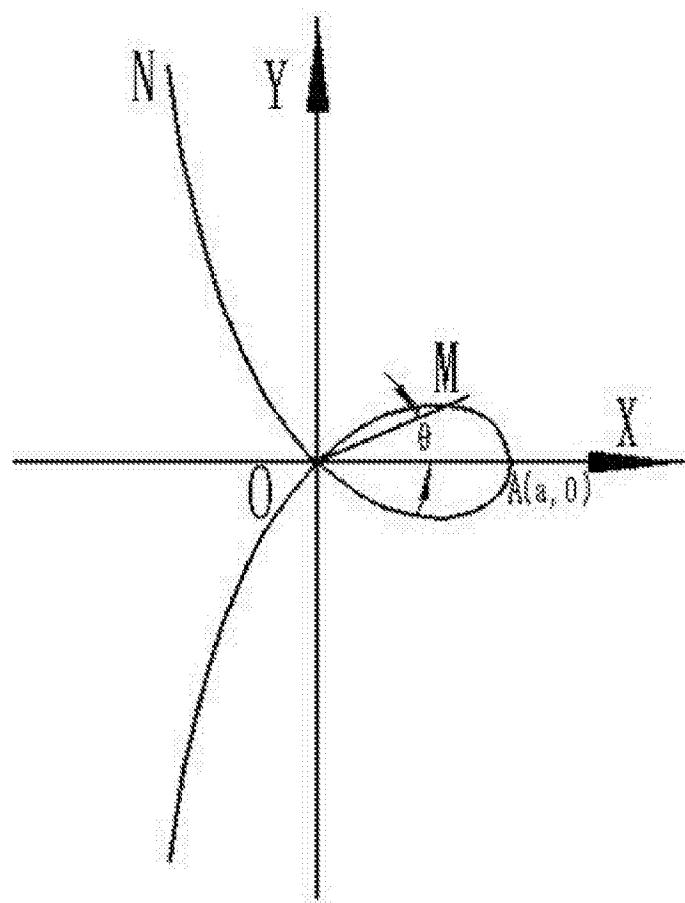


图 7

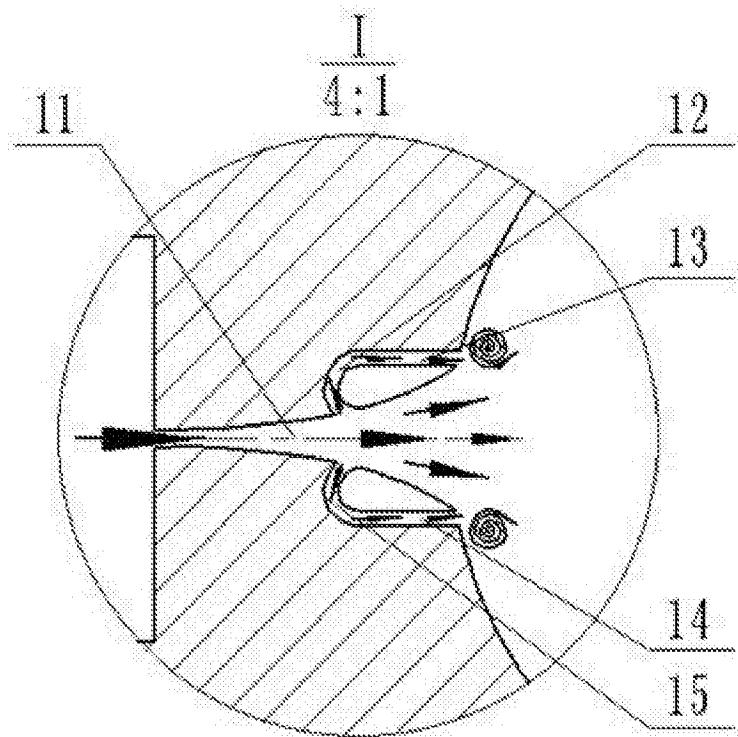


图 8

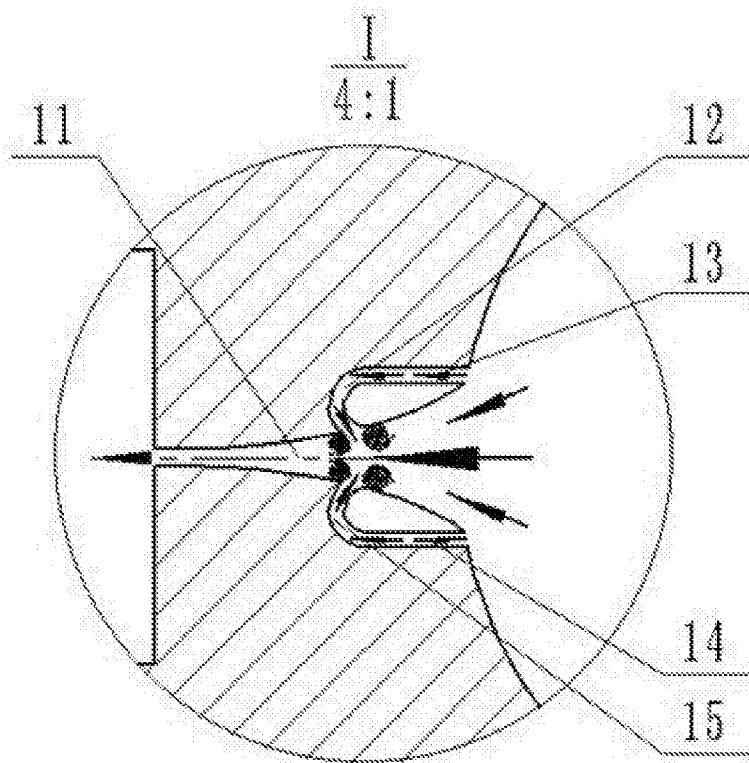


图 9

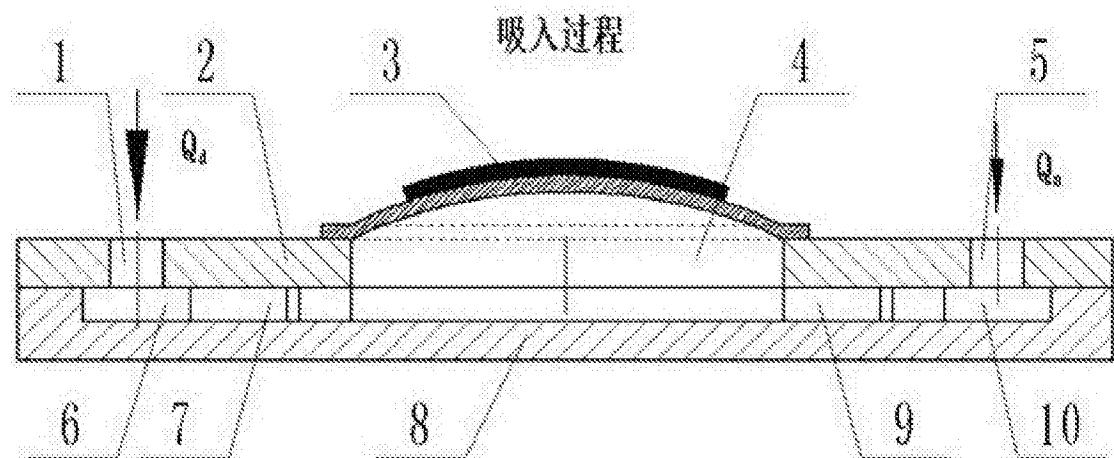


图 10

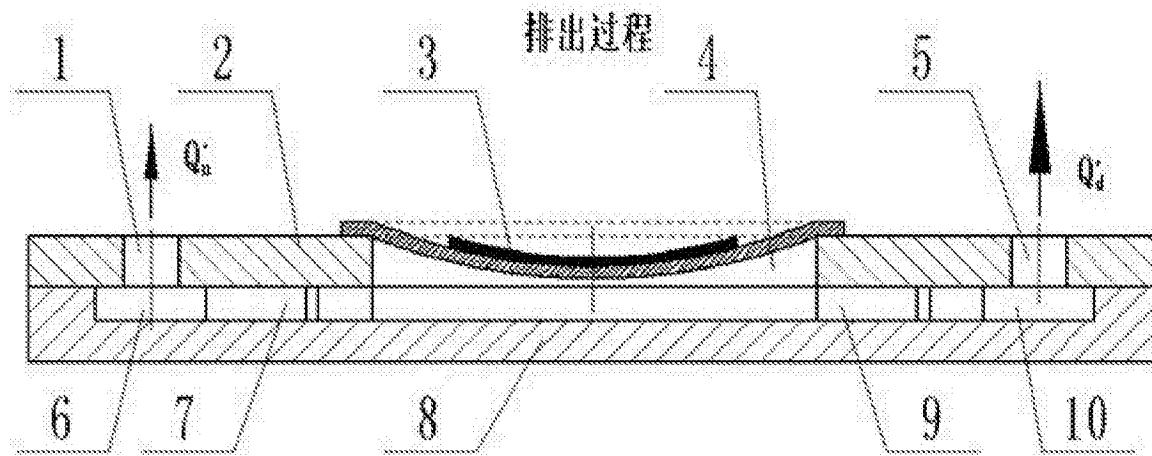


图 11