



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102011754 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010616354. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 12. 30

F04D 29/42 (2006. 01)

(66) 本国优先权数据

201010110311. 5 2010. 02. 09 CN

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市 100084

信箱 82 分箱清华大学专利办公室

申请人 株式会社 IHI

(72) 发明人 郑新前 林韵 张扬军 马场隆弘

玉木秀明 杨名洋

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司

公司 11327

代理人 邸更岩

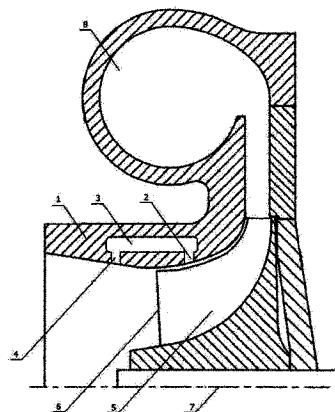
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 4 页

(54) 发明名称

基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣

(57) 摘要

基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣, 涉及一种离心式压气机处理机匣, 属于叶轮机械技术领域。主要包括压气机蜗壳, 在蜗壳壁面周向上开自循环通道, 由抽吸环槽、回流环槽和导流环槽组成, 并使抽吸环槽的前端面距叶轮前缘的距离在机匣圆周方向上的分布呈现非轴对称性, 以优化机匣处理在全周向上的扩稳效果。采用本发明所提出的基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣, 相比于圆周方向上开槽位置一致的轴对称自循环处理机匣可以较大地提高离心式压气机的稳定工作范围, 同时维持效率基本不变。



1. 基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣，在所述的处理机匣(1)壁面圆周方向上开自循环通道，该通道由抽吸环槽(2)、导流环槽(3)和回流环槽(4)组成，其特征在于：所述的抽吸环槽(2)的前端面距压气机叶轮前缘(6)的距离 S_r 在机匣圆周方向上的分布呈非轴对称性，其中在叶轮前缘下游处自循环通道的抽吸环槽的位置附近，在圆周方向上流体压力分布较低的周向位置，对应的 S_r 值较大，且圆周方向上流体压力分布最低的周向位置，对应的 S_r 值最大。

基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣

技术领域

[0001] 本发明涉及一种离心式压气机处理机匣，属于叶轮机械技术领域。可用于各种用途的增压器离心压气机、工业用离心压气机以及航空离心压气机等叶轮机械。

背景技术

[0002] 离心式压气机等叶轮式压气机相对于往复式压气机，具有效率高、体积重量轻、运转平稳等优势，但其工况范围有限。离心式压气机低流量工况下内部流场出现大尺度流动分离等现象，出现不稳定工作现象，造成失速甚至喘振，直接导致压气机效率和压比急剧下降，寿命严重缩短，甚至短时间内直接损坏。因此人们采取了很多方法来推迟压气机失速等不稳定现象的发生，以扩大其稳定工作范围。

[0003] 目前普遍认为处理机匣是提高压气机稳定工作范围的有效方法。但是传统的处理机匣结构一般为轴对称结构。而当压气机处于非设计工况时，由于离心压气机蜗壳的轴向非对称性导致了叶轮出口流动的周向畸变，从而影响上游的流动参数，导致压气机叶轮及无叶扩压器内部的周向流动参数呈现非轴对称性。传统的轴对称处理机匣结构无法考虑压气机内部流场的非轴对称的特点，因此无法使机匣处理实现全周向上的最优。

发明内容

[0004] 本发明目的是提供一种基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣，以更大地提高离心式压气机的稳定工作范围，同时维持效率基本不变。

[0005] 本发明的技术方案如下：

[0006] 基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣，在所述的处理机匣壁面圆周方向上开自循环通道，该通道由抽吸环槽、导流环槽和回流环槽组成，其特征在于：所述的抽吸环槽的前端面距压气机叶轮前缘的距离 S_r 在机匣圆周方向上的分布呈非轴对称性，其中在叶轮前缘下游处自循环通道的抽吸环槽的位置附近，在圆周方向上流体压力分布较低的周向位置，对应的 S_r 值较大，且圆周方向上流体压力分布最低的周向位置，对应的 S_r 值最大。

[0007] 本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性效果：通过抽吸环槽距离叶轮前缘的距离 S_r 在机匣圆周方向上的非轴对称分布，以优化处理机匣在全周向上的扩稳效果。试验表明，使用本发明所提出的基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣，相比于圆周方向上开槽位置一致的轴对称自循环处理机匣可以较大地提高离心式压气机的稳定工作范围，同时维持效率基本不变。

附图说明：

[0008] 图 1 是自循环处理机匣结构的剖视示意图。

[0009] 图 2 是自循环通道示意图。

[0010] 图 3 是周向角度定义示意图。

[0011] 图 4 是某尺寸离心压气机叶轮通道周向压力分布。

[0012] 图 5 是某尺寸离心压气机 S_r 值在圆周方向上的非对称分布。

[0013] 图 6a 和图 6b 是采用变开槽位置的非轴对称处理机匣与开槽位置在圆周方向上一致的轴对称自循环处理机匣以及无机匣处理的压气机性能对比曲线。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明的原理、结构和工作过程作进一步的说明。

[0015] 如图 1 所示，离心压气机包含机匣 1 与叶轮 5，所述的叶轮 5 绕旋转轴 7 旋转，将流体吸入离心压气机并压缩，流体最终由蜗壳 8 收集。在所述的机匣壁面圆周方向上开自循环通道，该通道由抽吸环槽 2、导流环槽 3 和回流环槽 4 组成，其中所述的抽吸环槽位于叶轮前缘 6 的下游，回流环槽位于叶轮前缘 6 的上游，在离心压气机工作中，由于流体在叶轮的作用下压缩，故抽吸环槽位置入口处的流体压力高于回流环槽出口，即，存在回流压差，因此流体可以由抽吸环槽经过导流环槽和回流环槽向上游流动。

[0016] 图 2 为自循环通道示意图。其中定义了抽吸环槽 2 前端面距离叶轮前缘 6 位置 S_r 。

[0017] 在本实施方式中，将绕旋转轴 6 的方向称为周向或圆周方向，将与旋转轴 6 平行的方向称为轴向，将相对于旋转轴 6 的半径方向称为径向，将前述周向上的位置称为周向位置或圆周位置，将前述轴向上的位置称为轴向位置，将前述径向上的位置称为径向位置。文中称某参数分布非对称或非轴对称表示该参数在关于旋转轴 6 的周向位置上的分布是非轴对称的。

[0018] 图 3 是周向角度的定义。

[0019] 当离心压气机处于小流量工况时，由于蜗壳 8 的轴向非对称性导致了叶轮出口流动的周向畸变，并导致流动参数的非轴对称性，这种流动的非轴对称性向上游传播，导致压气机叶轮前缘 6 的周向流动参数呈现非轴对称性，使得叶轮 5 更容易失速，进一步导致离心压气机的喘振，从而使离心压气机的稳定工作范围变小。图 4 给出了实验测得的机匣上没有自循环通道的离心压气机在小流量工况时在叶轮前缘 6 下游处（该位置对应于采用自循环通道时抽吸环槽位置附近）的压力在周向分布的一例。从该分布中可见，在周向上压力存在一个最小值。

[0020] 研究表明，抽吸环槽 2 前端面距离叶轮前缘 6 位置 S_r 直接决定了回流压差和回流量，当增大 S_r 时，可以增加回流压差，从而增大该周向位置的回流量。当不采用自循环处理机匣时，由于上述的叶轮前缘流动的非轴对称性，离心压气机的稳定工作范围较小；当采用 S_r 在周向上为轴对称分布的自循环处理通道时，可以在一定程度上使叶轮前缘流动的非轴对称性减小，但是由于 S_r 值在周向上的分布是一致的，无法调节周向上的回流量，从而无法最大限度减小叶轮前缘流动的非轴对称性。因此，本发明通过抽吸环槽 2 前端面距离叶轮前缘 6 的距离 S_r 在机匣圆周方向上的非轴对称分布，可以调节周向上的回流量，从而最大限度地减小叶轮前缘的流动非对称性，优化自循环处理机匣在全周向上的扩稳效果。例如，根据图 4 的分布，采用 S_r 在周向上为轴对称分布的自循环处理通道时，在约 220° 处的回流量最小；而采用 S_r 在周向上为非轴对称分布的自循环处理通道则可以通过增大 220° 处的 S_r 值从而增加该位置处的回流量，实现回流量在周向上的

非对称分布。这种周向上非对称分布的回流量经过自循环通道到达叶轮前缘上游，与该处原本非轴对称的流场耦合，最终使得叶轮前缘处的流场的非轴对称性减小，从而抑制叶轮失速，提高离心压气机的稳定工作范围。

[0021] 在本实施方式中，抽吸环槽2前端面距离叶轮前缘6位置 S_r 在周向上的分布规律为：其中在叶轮前缘下游处自循环通道的抽吸环槽的位置附近，在圆周方向上流体压力分布较低的周向位置，对应的 S_r 值较大，且圆周方向上流体压力分布最低的周向位置，对应的 S_r 值最大。图4所示的实例中，周向压力分布在约 220° 最小，对应该处的 S_r 值最大。在径向上， S_r 值保持不变。

[0022] 以下为针对某一具体尺寸的离心压气机，采用本发明基于变开槽位置的离心压气机非对称自循环处理机匣以提高稳定工作范围的实例。

[0023] 该离心压气机未采用自循环通道时在叶轮前缘下游处的压力周向分布如图4所示。根据上述 S_r 的设计准则，越是在图4中所示的流体压力较小的周向位置，对应的 S_r 值应较大。图5是根据上述设计准则得到的 S_r 在周向上的非轴对称分布，其中 S_r 在大约 220° 处有最大值。该分布是通过重复如下步骤实现的。

[0024] 1) 首先，在没有自循环通道的离心压气机中，在叶轮前缘上游测量周向的流体压力分布。

[0025] 2) 基于上述步骤1)的测量结果和上述 S_r 的设计准则决定各周向位置的 S_r 值。

[0026] 3) 通过离心压气机性能试验测得采用上述步骤2)中设计的非对称自循环处理机匣的离心压气机的叶轮前缘上游的压力周向分布。

[0027] 4) 基于上述步骤3)所测量的流体压力分布，修正各周向位置的 S_r 值，以降低叶轮前缘上游的流体压力分布的非轴对称性。重复上述步骤3)、步骤4)直至测量的流体压力分布的非轴对称性充分降低位置。

[0028] 另外，在上述步骤3)中也可以测量离心压气机的性能（例如压力、效率），在上述步骤4)中也可以基于测量的性能修正各周向位置的 S_r 值，以使该性能提高。

[0029] 图6a和图6b是采用变开槽位置的非对称自循环处理机匣与开槽位置在圆周方向上一致的轴对称自循环处理机匣以及无机匣处理的压气机性能对比曲线。与无机匣处理压气机相比，采用轴对称自循环处理机匣使压气机稳定工作范围提高了7.7%，而非轴对称自循环处理机匣使压气机稳定工作范围进一步提高了3.3%。

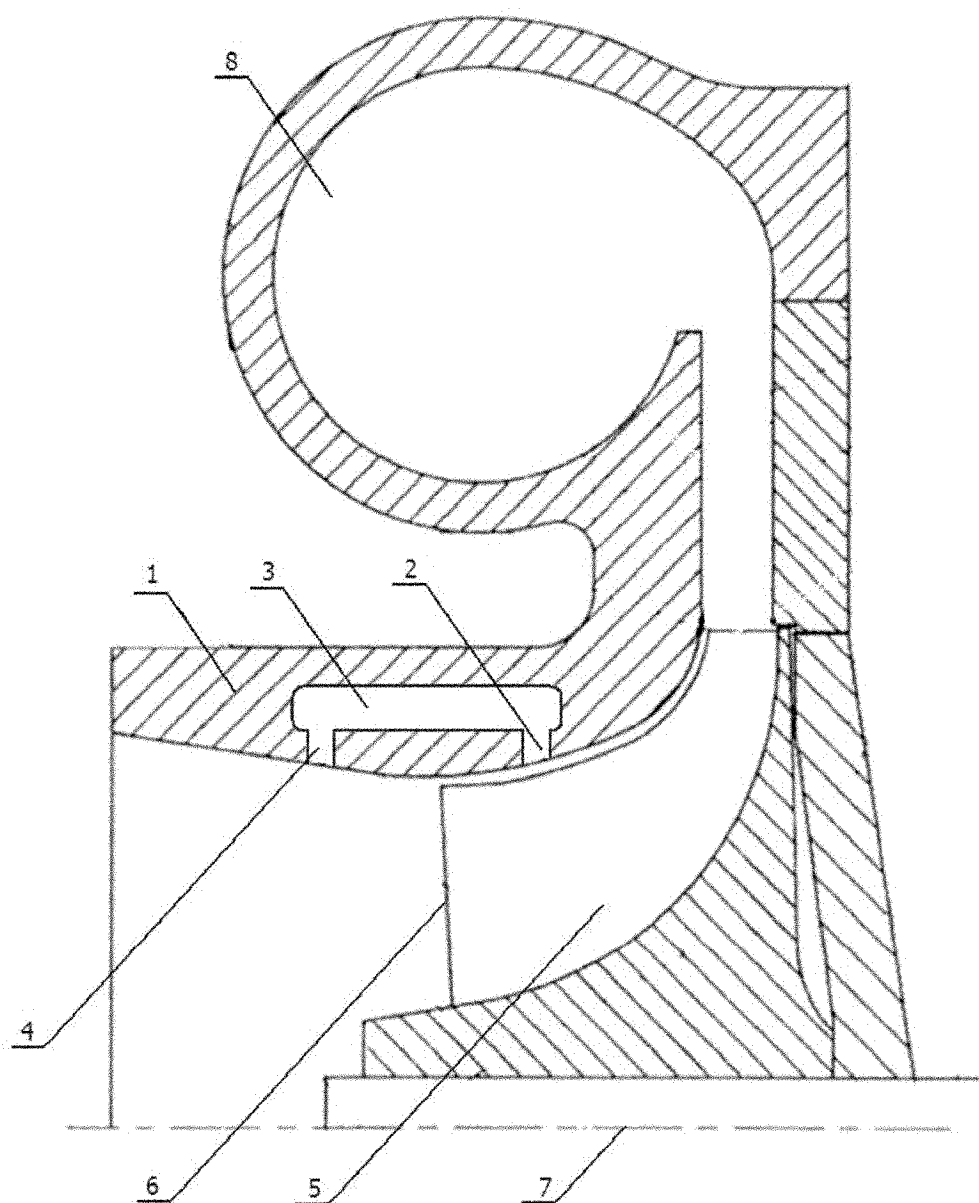


图 1

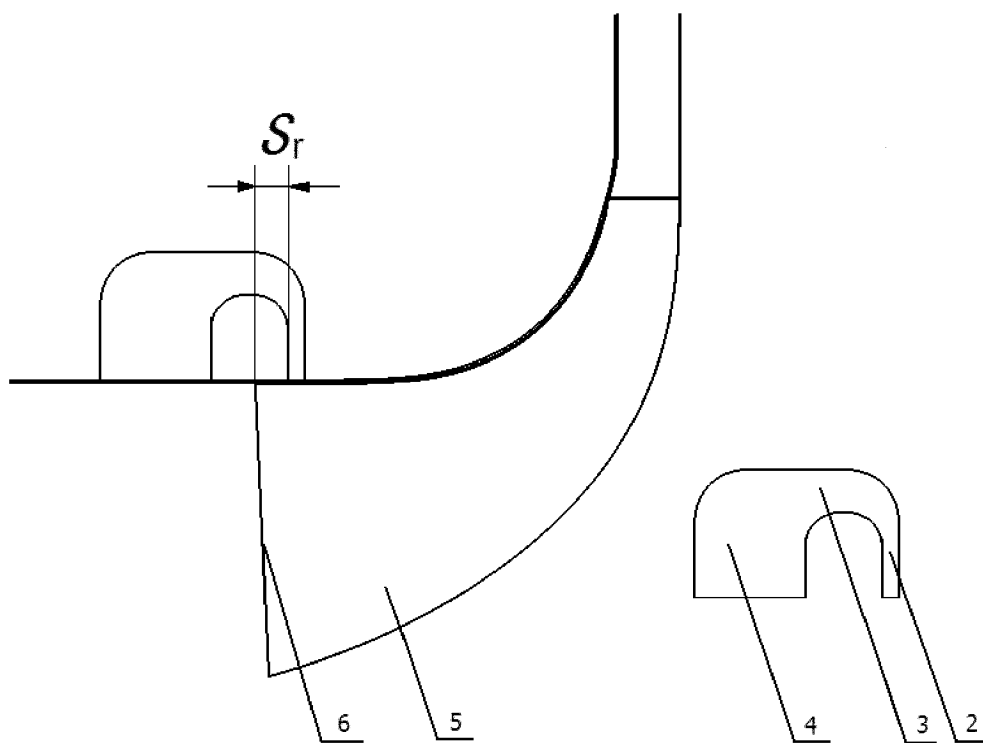


图 2

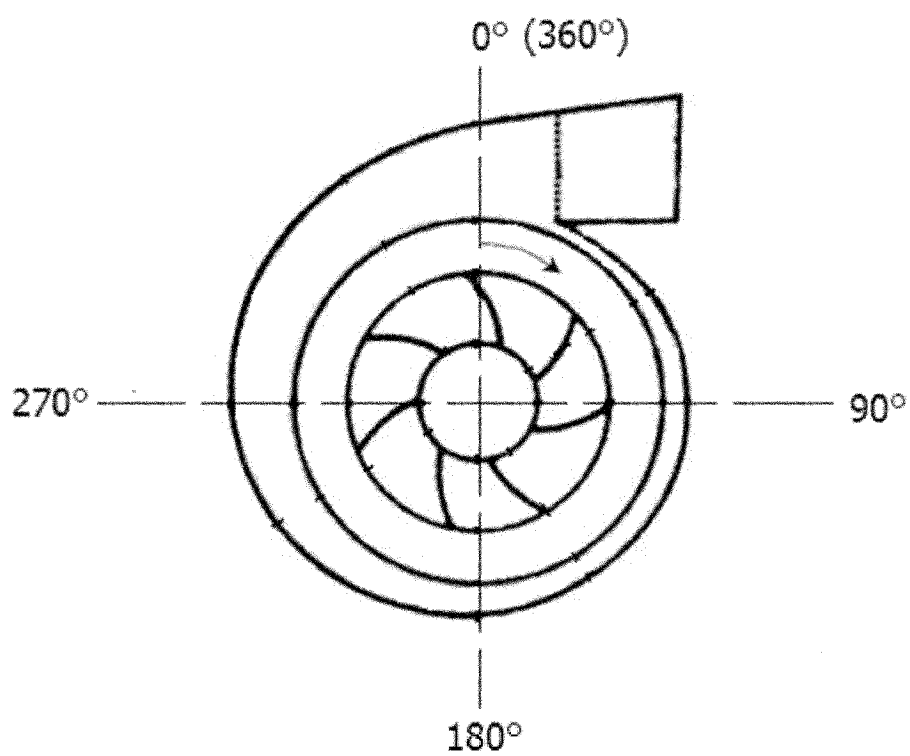


图 3

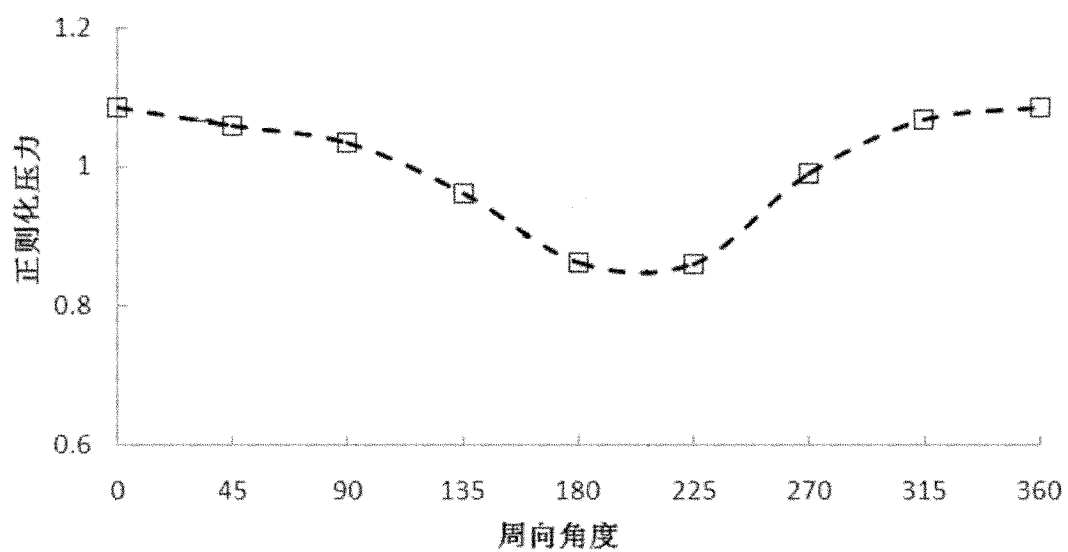


图 4

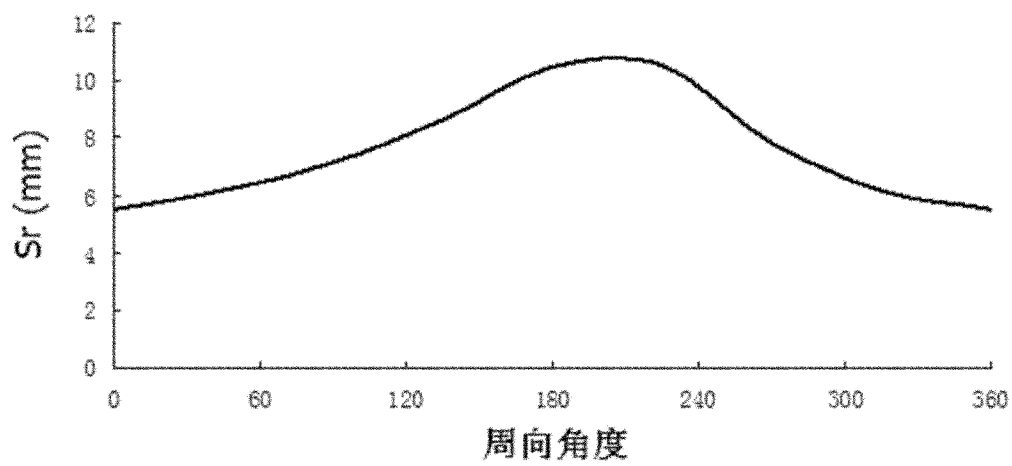


图 5

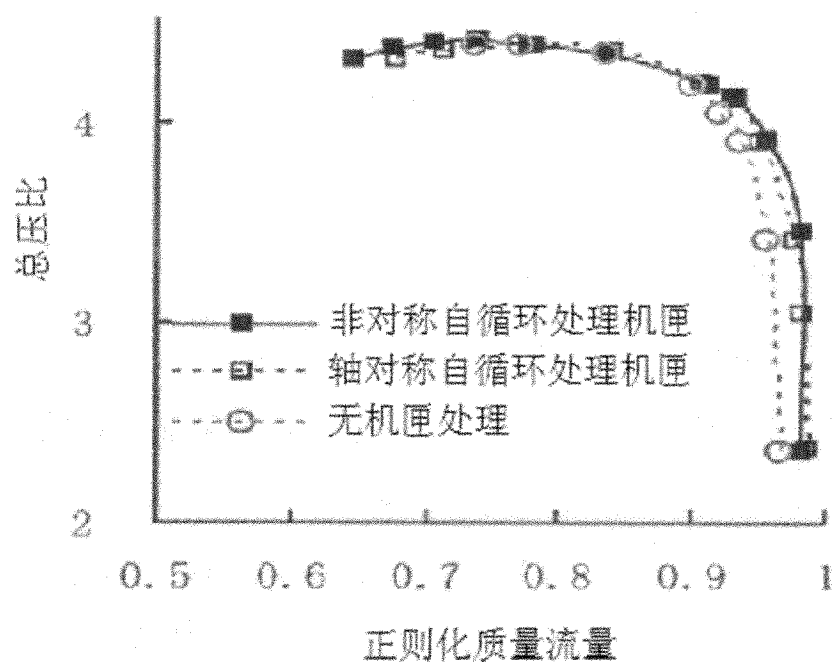


图 6a

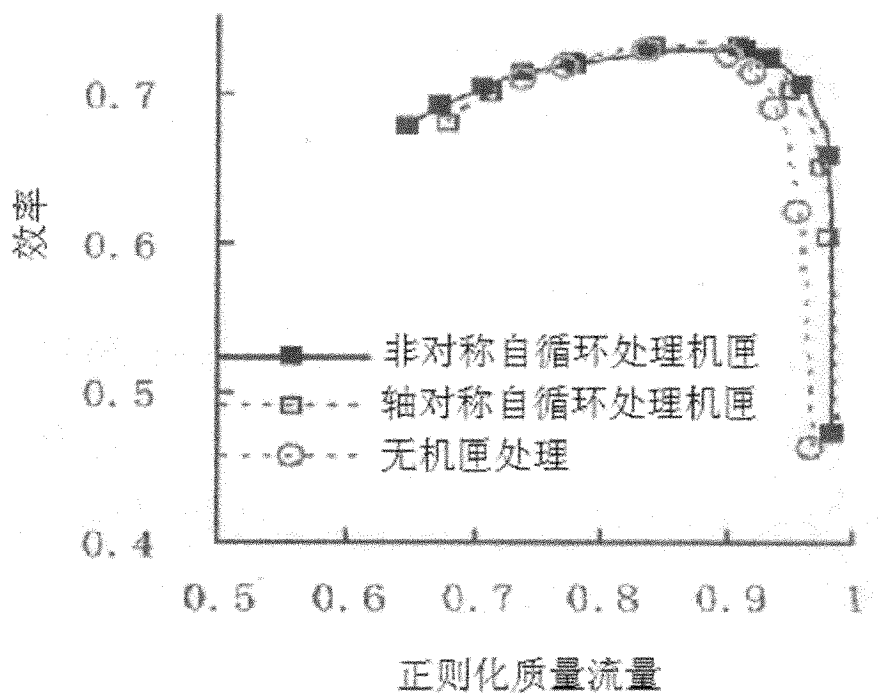


图 6b