

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 3/00 (2006.01)

F01D 17/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480015858.X

[43] 公开日 2006 年 7 月 12 日

[11] 公开号 CN 1802319A

[22] 申请日 2004.4.7

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[21] 申请号 200480015858.X

代理人 廖凌玲

[30] 优先权

[32] 2003.6.7 [33] GB [31] 0313143.0

[86] 国际申请 PCT/GB2004/001532 2004.4.7

[87] 国际公布 WO2004/108610 英 2004.12.16

[85] 进入国家阶段日期 2005.12.7

[71] 申请人 英国氧气集团有限公司

地址 英国英格兰萨里郡

[72] 发明人 K·芒纳尔 K·格拉德韦尔

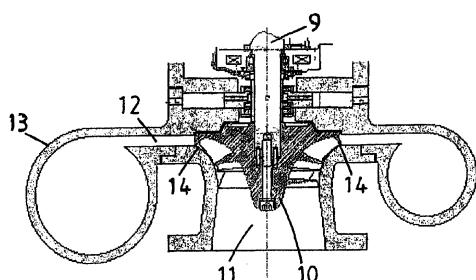
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于污水曝气的压缩机和永磁马达的组合装置

[57] 摘要

一种用于将相对较低气压的空气连续地输送到污水污泥处理装置中的污水曝气涡轮压缩机。所述压缩机具有外壳，安装在外壳内的叶轮轴上的叶轮(10)，以及具有联接到叶轮轴(9)上并且与叶轮轴同步旋转的输出轴的电马达。所述外壳限定出延伸到叶轮的轴向进气口(4)，从叶轮径向地向外延伸的扩散器通道(12)，以及从扩散器延伸到空气出口的蜗壳(13)。电马达是受换流器控制的可变速永磁马达并且扩散器是无叶片的。通过将系统设计成在小于 1500 毫巴的较低压力升的情况下输送最佳效率，叶轮速度在很宽的范围内都能达到较高的效率，以使压缩机能够在大范围的输送速度下输送大量的空气。



1. 一种用于连续地向污水污泥处理装置中输送空气的污水曝气涡轮压缩机，包括具有外壳的压缩机，安装在外壳内的叶轮轴上的叶轮，以及具有联接到叶轮轴上并且与叶轮轴同步旋转的输出轴的电马达，限定出延伸到叶轮的轴向进气口的外壳，从叶轮径向地向外延伸的扩散器通道，以及从扩散器延伸到空气出口的蜗壳，其中电马达是受换流器控制的可变速永磁马达，所述马达被设计以在最大和最小的设计速度限制的范围内的速度下驱动压缩机，当马达以最大的设计速度受到驱动时，压缩机是固定几何形状的压缩机，具有用来输送进口和出口之间不高于 1500 毫巴的压力升的无叶片式扩散器，并且当马达以小于最大的设计速度受到驱动时，压缩机被设计成能够输送最大效率。
5
2. 根据权利要求 1 所述的污水曝气涡轮压缩机，其中所述压缩机被设计成能输送在 850 毫巴和 1200 毫巴之间的压力升，当马达以最小的设计速度受到驱动时压力升为 850 毫巴，当马达以最大的设计速度受到驱动时压力升为 1200 毫巴。
15
3. 根据前述权利要求中任一项所述的污水曝气涡轮压缩机，其中所述扩散器是轴向上具有一致宽度的环形通道。
4. 根据权利要求 1, 2 或 3 所述的污水曝气涡轮压缩机，其中所述换流器受需氧量传感器控制，所述需氧量传感器布置用以监控污泥处理装置中的污泥含氧量。
20
5. 一种大体上结合附图如前面所述的污水曝气涡轮压缩机。

用于污水曝气的压缩机和永磁马达的组合装置

本发明涉及污水曝气，尤其是涉及一种包括离心空气压缩机的污水曝气系统。

水处理设备会产生大量的污水污泥。有必要通过将压缩空气输送到位于适当设计的曝气池中的淤泥中，从而连续地对污水污泥槽进行曝气。目前使用三种不同类型的空气压缩机，即正位移鼓风机、单级或多级离心辐射式风扇、以及混流涡轮压缩机。

正位移鼓风机的效率大约是 60%，多级离心风扇的效率范围在 60-70%之间，在高压条件下效率更低，但是涡轮压缩机具有超过 80%的效率，当在最高效率状态下工作时，那些状态通常被称为“负荷点(duty point)”。明显的是，在运行状况大体上保持恒定的环境中，涡轮压缩机比备选方案具有更高的效率。

涡轮压缩机没有占据污水曝气市场归因于两个主要原因，首先同备选方案相比基建费用较高，其次是在流速需要大范围变动的应用中不能维持高效率。污水曝气装置的操作人员对基建费用以及长期运行费用都很敏感，因此会监控处理设备中的需氧量并且如果需要降低需氧量的话，减少空气供给量。这就意味着在许多应用中，压缩机必须能够被减速差不多 50%，也就是说输出在最大输出量的 50%至 100%之间的任何值。

涡轮压缩机可被视为是属于两个通用设计类型，也就是说属于可变几何形状和固定几何形状设计之一。在可变几何形状设计中，压缩机内通路的几何形状随着压缩机的旋转是可变的，以便调整压缩机特性从而匹配变化的状态，例如速度或者负荷。相比之下，固定几何形状的设计在工作中不能进行几何形状的调节。考虑到随着涡轮叶轮的速度远离正常负荷点的速度，用于污水曝气的常规涡轮压缩机的效率会快速地下降，用于使涡轮压缩机降速的方法通常取决于使用位于叶轮上游的可调进气导流叶片。恒速感应马达驱动器通过固定比率齿轮箱与涡轮压缩机相联接，使得涡轮压缩机以比马达转速高的恒速进行旋转。

即使涡轮压缩机的设计很复杂，例如包括可调进气口和扩散器叶

片，但是在由感应马达驱动的典型齿轮传动涡轮压缩机组件中，马达产生大约 7% 的能量损耗，齿轮箱产生 5% 的能量损耗，系统轴承产生 2% 的能量损耗以及涡轮压缩机本身产生 19% 的能量损耗。特别是可调叶片涡轮压缩机的较高的基建费用，以及涡轮压缩机传动列的低效率，这 5 点综合起来促使污水曝气工业一直沿用相对低效率的正位移和多级的辐流式离心风扇。

已公知一种涡轮压缩机，其由传统的六倍于同步转速运行的感应马达驱动，所述马达被直接联接到涡轮压缩机上，从而省略了齿轮箱。马达由换流器控制，由此通过控制由换流器提供给马达的交流功率的 10 频率实现调节。这种布置是有利的，这是因为可以避免齿轮箱的功率损耗，但是以增加换流器/马达联合装置中的功率损耗为代价。然而这些损耗是相当大的，并且从而不能容易地节约较大的功率。

在感应马达中，交流电被用于给一个构件（通常是定子）上的一次绕组通以电流。另一个构件（通常是转子）上的二次绕组仅传导由 15 一次绕组的磁场感生的电流。相比之下，在永磁马达中，直流电源通过换流器的功率电子开关向定子绕组供电。该转子支撑永磁体。切换定子绕组开关，以便不时地由控制器确定进行传导，控制器通常响应于输入信号，所述输入信号表示速度指令和转子位置的估算值或者测定值。由永磁体产生的磁场和定子绕组产生的磁场之间的交互作用导致转子旋转。已公知相对较高的效率可由永磁马达实现，但是通常这些马达仅用于相对低的功率应用中。在一般地需要 300kW 的功率的污水曝气应用中，没有考虑过使用永磁马达。

本发明的一个目的在于提供一种污水曝气压缩机，其能够避免产生或者减轻上述问题。

根据本发明，提供了一种用于连续地向污水污泥处理装置中输送空气的污水曝气涡轮压缩机，包括具有外壳的压缩机，安装在外壳内的叶轮轴上的叶轮，以及具有联接到叶轮轴上并且与叶轮轴同步旋转的输出轴的电马达，限定出延伸到叶轮的轴向进气口的外壳，从叶轮径向地向外延伸的扩散器通道，以及从扩散器延伸到空气出口的蜗壳，其中电马达是受换流器控制的可变速永磁马达，所述马达被设计以在最大和最小的设计速度限制的范围内的速度下驱动压缩机，当马达以最大的设计速度受到驱动时，压缩机是固定几何形状的压缩机，具有用来输送进口和出口之间不高于 1500 毫巴的压力升的无叶片式扩散

器，并且当马达以小于最大的设计速度受到驱动时，压缩机被设计成能够输送最大效率。

通过限制负荷压力升小于 1500 毫巴，可以设计出一种很有效率的叶轮，所述叶轮与无叶片式扩散器一起生成平坦的效率 - 流量曲线。

5 这种布置在很宽的马达转速范围内效率是很高的。

优选压力升范围在 850 至 1200 毫巴之间。最高效率可在 1000 到 1050 毫巴的范围内。叶轮设计可以进行优选以适合特殊的应用。相似地，考虑到扩散器的无叶片属性，蜗壳可以设计以优化效率。进气口中优选不设置叶片，在至少一些可能的叶轮转速的范围内，再次避免了能 10 量损耗。扩散器通路可以是一种沿轴向宽度一致的简单的环形通路。

换流器可受到被联接其上的需氧量传感器的控制，以便监控污泥处理装置中污泥的氧含量。

下面结合附图对本发明的实施例进行说明，其中：

15 图 1 是示意性的方框图，图中示出了本发明实施例中所包括的部件；

图 2 是图 1 所示系统中所包括的涡轮压缩机的轴向截面图；

图 3 是图 2 中所示涡轮压缩机的叶轮和蜗壳的透视示意图；

20 图 4 示出了图 2 和 3 中所示的涡轮压缩机和传统的具有扩散器叶片的污水曝气涡轮压缩机在可变流速下的效率；和

图 5 示出了本发明涡轮压缩机中叶轮、扩散器和叶轮/扩散器联合装置的等熵效率相对于质量流量的变化。

参考图 1，所示系统包括从线路 2 输送气流到曝气容器 3 的涡轮压 25 缩机 1，输送的空气例如冒泡通过容器 3 中的污水污泥。一般地，涡轮压缩机在最大流速例如每小时 11000m^3 时，输出压力相对较低，例如为 1.2 巴。

涡轮压缩机 1 受永磁马达 4 驱动，所述永磁马达的输出轴 5 直接联接到涡轮压缩机的输入轴上。由此马达 4 和涡轮压缩机 1 同步旋转。

30 换流器 6 控制向马达 4 的功率供应，所述换流器输送的电流在 200 到 480 安培的范围内，从而产生高达 300kW 左右的有效功率输出。换流器 6 提供给马达 4 的功率受到输入信号 7 的控制，所述输入信号 7 由测量容器 3 中需氧量的需氧量传感器 8 提供给换流器。这样，若需氧量超过预定的最大阈值，换流器 6 驱动马达 4 以全速运转，所述速度

等于涡轮压缩机转速，由此将会输送最大量的空气到容器 3 中。当检测到的需氧量降到阈值之下时，马达转速减小以与需氧量所需的空气质量相匹配。

参考图 2 和 3，对涡轮压缩机 1 的结构进行描述。涡轮压缩机包括 5 直接联接到马达 4 的输出轴 5 上并且随其同步旋转的驱动轴 9（参见图 1）。涡轮压缩机轴 9 被安装在适当的轴承上，并且支撑具有中央轮毂的叶轮 10，一排叶轮叶片自轮毂上延伸出来。图 2 中示出了所述毂，但在图 3 中没有示出所述毂，以便更容易看到叶轮叶片的形状。叶轮延伸进入无叶片的轴向进口 11，使得当轴旋转时，叶轮 10 把空 10 气吸进进口中并且将受压的空气输送至扩散器 12，所述扩散器是环形无叶片的槽的形式，在空气方向上具有一致的宽度，并且从叶轮 10 径向地向外延伸。扩散器 12 与蜗壳 13 相连通，蜗壳 13 进而联接到对应于图 1 中的线路 2 的空气输送线路上。在图 3 中，扩散器 12 的径向内缘由线 14 表示，并且该边缘的位置在图 2 中由附图标记 14 表示。

15 涡轮压缩机具有无叶片的进口并且图 2 和 3 中所示的普通型号的扩散器是已公知的，并且成为标准，用在例如叶轮叶片的设计中，以便输送给定的流速和输出压力从而产生特定的叶轮转速。使用这样的具有永磁马达的涡轮压缩机将空气输送到污水处理厂的曝气容器中并不是已公知的。结合图 4，在那些环境中使用这样的涡轮压缩机非常有利。
20

参考图 4，线 15 示出了图 2 和 3 中的涡轮压缩机的等熵效率和最大流量百分比之间的关系。应该注意到的是，刚好大于 85% 的功率峰值出现在最大流量的大约 70% 处，在最大流量 100% 处下降几个百分点。功率总是在 80% 以上。相比之下，线 16 表示涡轮压缩机中等熵效率和最大流量百分比之间的关系，其中所述涡轮压缩机具有叶片式扩散器，其被设计成以传统方式使功率最大化，也就是说在叶轮速度相对窄的范围内产生最大可能的效率。线 16 表示最高效率为 87%，流量增加到 82% 时效率才下降，但是随流量减小，效率非常快速地降低。
25

图 4 中所示的结果远比使用替换的污水曝气系统所能实现的好。在 30 下面的表中对此进行了总结，其中行 1 表示本发明的直接驱动永磁马达和高效率无叶片式扩散器压缩机的联合装置，行 2 表示公齿轮、感应马达和可调叶片扩散器联合装置，行 3 表示直接驱动感应马达无叶片式扩散器联合装置，行 4 表示正位移皮带传动鼓风机，列表中示出在两种负荷（最高转速的 100%）和 40% 下调（最高转速的 60%）下的该

四种备选方案的气体压缩装置（压缩机或者鼓风机），驱动器（马达和传动列）以及气体压缩和驱动系统的联合装置（总）的效率。

效率						
	负荷			40%下调		
	气体	驱动	总体	气体	驱动	总体
1	85	97	82	82	95	78
2	87	89	77	77	86	66
3	80	92	74	78	88	69
4	63	88	55	59	86	51

如上表所示，尽管感应马达/齿轮箱和感应马达/换流器驱动器在负
5 荷流量上分别具有大约 11% 和 8% 的效率损失，但是本发明的包括 300kW 永磁马达的驱动系统显示大约 3% 的驱动损失。总效率大约是 82%。在全部负荷范围内保持了显著的功率，也就是说全流量和吸收功率被预期。

假定在污水处理厂能有持续很久的周期，在此期间需要相对低的最大流量百分比，例如 50%，线 16 示出伴随最大流量百分比的减小，效率迅速下降，这样导致总效率很差。由此，组合一种高效率的变速马达，永磁马达直接联接到具有无叶片进口和无叶片式扩散器的涡轮发电机的驱动轴上，导致总效率得到提高，大大地降低了系统的总成本，特别是考虑到无叶片的涡轮压缩机相对易于进行制造和保持。可获得大于 80% 的总效率。与替换的涡轮压缩机系统相比，输送效率最多下调到大约 69%。假定该系统平均输送气体压缩功率为 234kW，这个效率差转化的特定的电流的日常开支为所有者每年节约大约 £ 20,000 的费用。与换流器驱动正位移鼓风机相比较，其总效率可能最大大约为 51%，每年节约大约 £ 75,000。虽然正位移鼓风机的最初成本比本发明的涡
10 轮压缩机系统低，但是本发明节省的运行费应该在相对较短的时间内足够覆盖增加的成本，例如在两年之内。
15
20

由此，尽管在现有技术中，应用于污水曝气中的涡轮压缩机系统依靠固定转速马达和齿轮箱，外加可调叶片结构，但是马达、涡轮压缩机和齿轮箱导致损耗很大，以至于不能达到很高的总体效率。相比之

下，本发明描述的实施例依靠一种高效率马达和一种很有效率的叶轮/无叶片式扩散器压缩机，以大范围的压缩器转速输送高效率。可变速驱动马达确实需要用于马达控制的换流器，但是换流器中的能量损耗相对较小，使总效率能够比任何其他的替换方式更好，特别是如果涡5 轮压缩机被用来输送在大多数的污水曝气应用中所需要的相对低压的气流时。

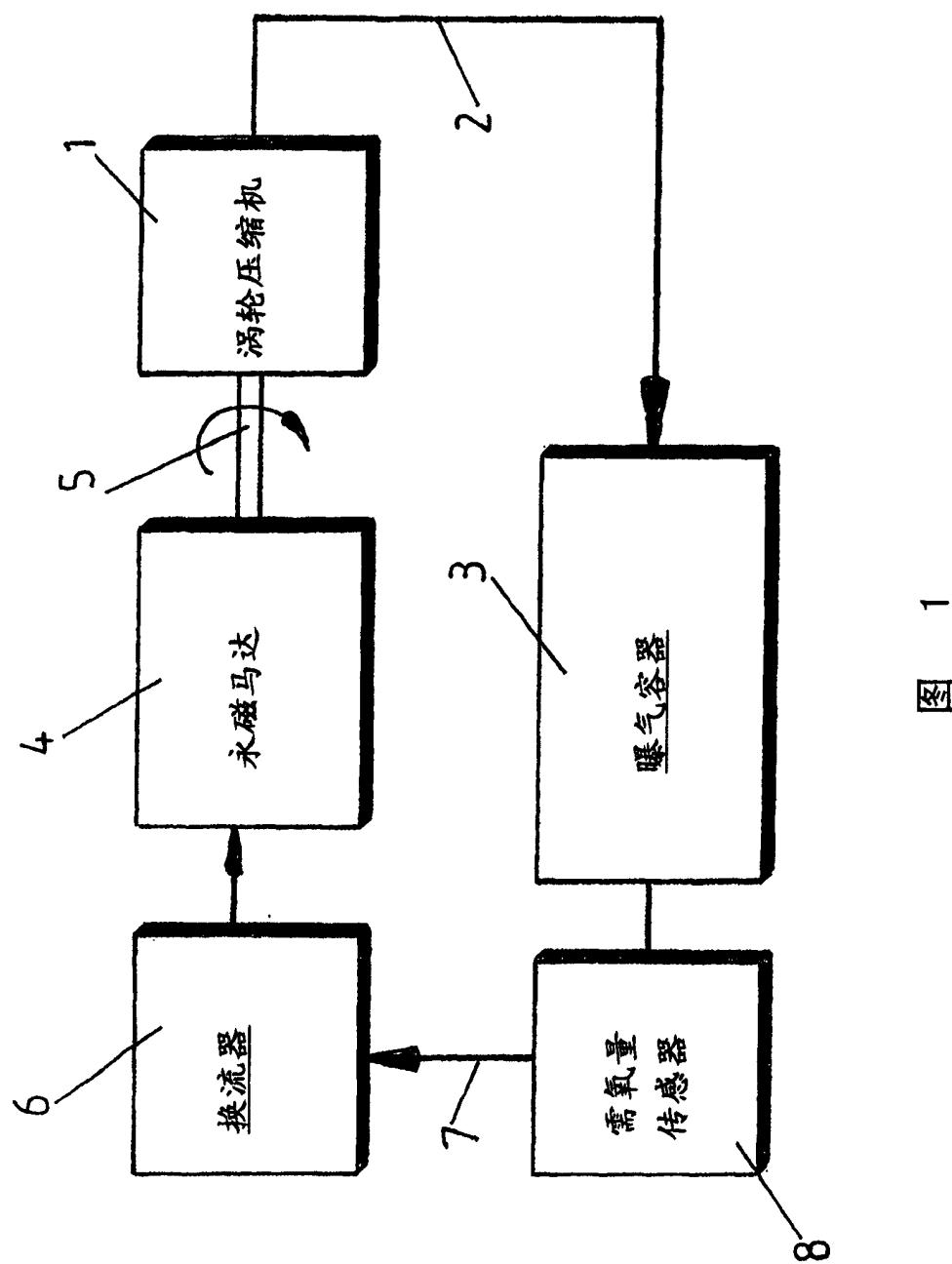


图 1

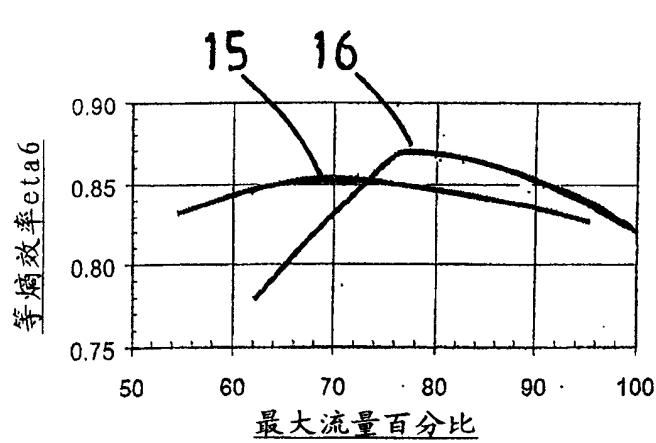
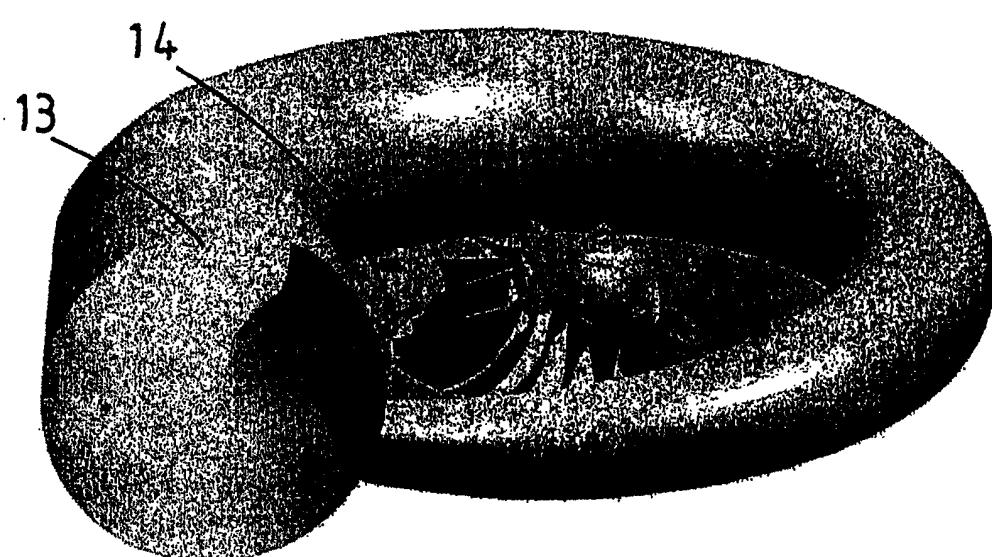
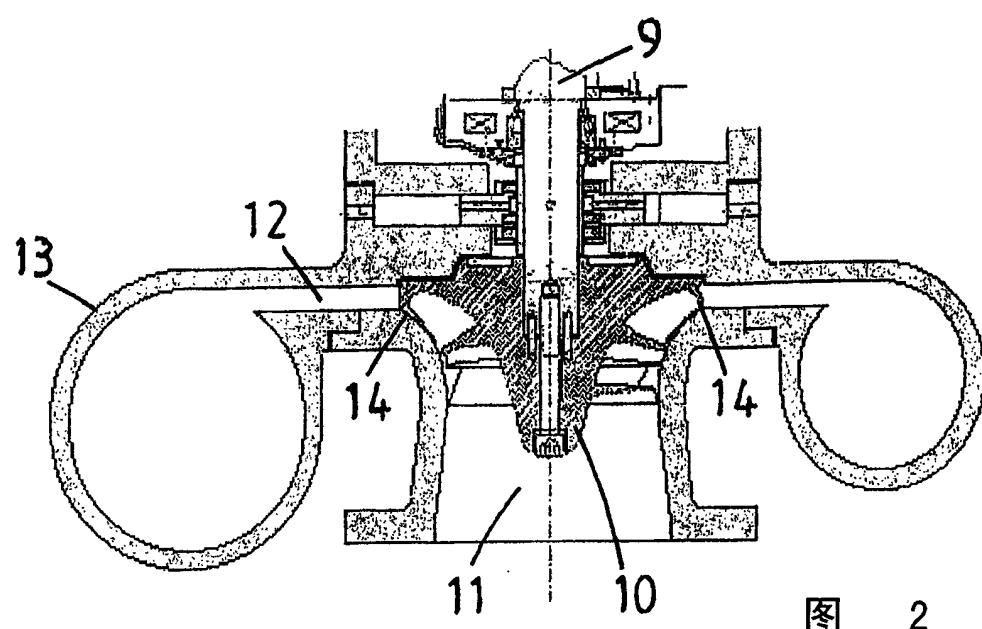


图 4

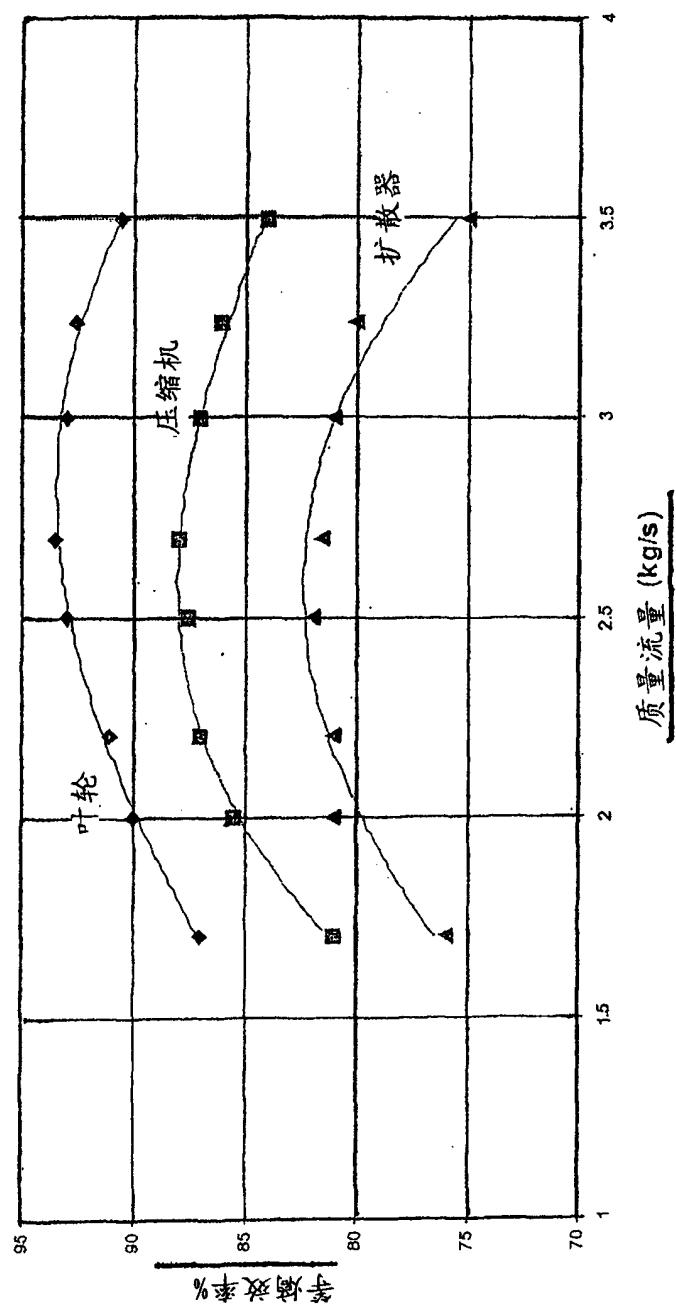


图 5