



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101852097 B

(45) 授权公告日 2013.08.21

(21) 申请号 201010155651.X

(22) 申请日 2010.03.23

(30) 优先权数据

12/409641 2009.03.24 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·M·多斯 S·D·德奥哈

H·K·梅卡

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F01D 5/08(2006.01)

F01D 5/18(2006.01)

F01D 11/12(2006.01)

(56) 对比文件

EP 669450 A1, 1995.08.30, 全文.

US 5316437 A, 1994.05.31, 全文.

US 6746208 B2, 2004.06.08, 全文.

US 6779967 B2, 2004.08.24, 全文.

US 20090035128 A1, 2009.02.05, 全文.

审查员 张炜

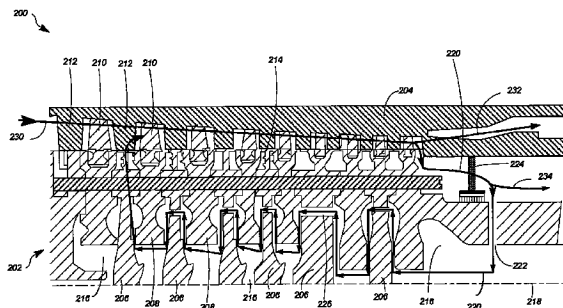
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

控制燃气轮机转子中径向温度梯度的方法、系统和装置

(57) 摘要

本发明提供了用于涡轮机中的被动吹扫流控制的系统、方法和装置。本发明的各种实施例包括给空气提供流向转子(202)的孔(216)的路径(220),所述转子具有多个堆叠的叶轮。空气流动路径(220)包括转子结构上的至少一个入口孔洞(222)以及至少其中一些堆叠的叶轮中的多个孔洞(226)。该方法还包括在燃气轮机运行期间至少部分地基于转子(202)和相关联的定子(204)之间的轴向偏转而控制到所述至少一个入口孔洞(222)的气流。另外,引导流入入口孔洞(206)中的气流的一部分穿过至少其中一些堆叠的叶轮中的多个孔洞(226)以吹扫转子(202)。



1. 一种控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度的方法,所述方法包括:

给空气提供流向所述转子的孔的路径,所述转子包括多个堆叠的叶轮,其中所述路径包括转子结构上的至少一个入口孔洞和至少其中一些所述堆叠的叶轮中的多个孔洞,以及

在所述燃气涡轮机的运行期间,至少部分地基于所述转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到所述至少一个入口孔洞的气流,其中所述气流的至少一部分被引导穿过所述堆叠的叶轮中的多个孔洞。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述堆叠的叶轮包括实心叶轮和环形叶轮,并且其中,所述气流被引导穿过围绕所述环形叶轮的路径并穿过所述实心叶轮。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述堆叠的叶轮中的所述多个孔洞位于距各叶轮的圆心轴线 $0.2 \times R$ 到 $0.65 \times R$ 之间处,此处 R 等于所述实心叶轮的轮缘半径。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述轴向偏转为 0.01 英寸至 0.5 英寸。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,到所述至少一个入口孔洞的气流被密封装置控制。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,从定子保持的所述密封装置能够相对于转子相对地移动,并且覆盖所述至少一个入口孔洞的至少一部分。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述密封装置包括安装在密封轮毂的内圆周上的一个或多个刚毛,其中所述密封轮毂的外圆周安装在一个或多个轮辐上,其中所述一个或多个轮辐安装在所述定子的内圆周上,并且其中所述轮辐之间的开口允许所述定子和所述转子之间的轴向空气流动。

8. 一种用于控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度的系统,所述系统包括:

到所述转子的孔的空气流动路径,所述转子包括多个堆叠的叶轮,其中所述路径包括转子结构上的至少一个入口孔洞和所述堆叠的叶轮中的多个孔洞;以及

密封装置,其用于在所述燃气涡轮机的运行期间至少部分地基于所述转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到所述至少一个入口孔洞的气流,其中所述气流的至少一部分被引导穿过所述堆叠的叶轮中的多个孔洞,从而吹扫至少一个叶轮。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述堆叠的叶轮包括实心叶轮和环形叶轮,并且其中所述气流被引导穿过围绕所述环形叶轮的路径并穿过所述实心叶轮。

10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述堆叠的叶轮中的所述多个孔洞位于距各叶轮的圆心轴线 $0.2 \times R$ 到 $0.65 \times R$ 之间处,此处 R 等于所述实心叶轮的轮缘半径。

11. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述转子结构上的所述至少一个入口孔洞与限定在所述转子中的空腔连通,其中所述空腔与所述堆叠的叶轮中的多个孔洞连通。

12. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述轴向偏转为 0.01 英寸至 0.5 英寸。

13. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,从定子保持的所述密封装置能够相对于转子相对地移动,并覆盖所述至少一个入口孔洞的至少一部分。

14. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述密封装置包括安装在密封轮毂的内圆周上的一个或多个刚毛,其中所述密封轮毂的外圆周安装在一个或多个轮辐上,其中所述一个或多个轮辐安装在所述定子的内圆周上,并且其中所述轮辐之间的开口允许所述定子和所述转子之间的轴向空气流动。

15. 一种用于控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度的装置,所述装置包括:

到所述转子的孔的空气流动路径,所述转子包括多个堆叠的叶轮,其中所述路径包括转子结构上的至少一个入口孔洞和所述堆叠的叶轮中的多个孔洞;以及

密封装置,其用于在所述燃气涡轮机的运行期间至少部分地基于所述转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到所述至少一个入口孔洞的气流,其中所述气流的至少一部分被引导穿过所述堆叠的叶轮中的多个孔洞,从而吹扫至少一个叶轮。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,其特征在于,所述转子结构上的所述至少一个入口孔洞与限定在所述转子中的空腔连通,其中所述空腔与所述堆叠的叶轮中的多个孔洞连通。

17. 根据权利要求 15 所述的装置,其特征在于,所述轴向偏转为 0.01 英寸至 0.5 英寸。

18. 根据权利要求 15 所述的装置,其特征在于,所述密封装置是轴向形的环,其轴向宽度为 0.06 英寸。

19. 根据权利要求 15 所述的装置,其特征在于,从定子保持的所述密封装置能够相对于转子相对地移动,并覆盖所述至少一个入口孔洞的至少一部分。

20. 根据权利要求 15 所述的装置,其特征在于,所述密封装置包括安装在密封轮毂的内圆周上的一个或多个刚毛,其中所述密封轮毂的外圆周安装在一个或多个轮辐上,其中所述一个或多个轮辐安装在所述定子的内圆周上,并且其中所述轮辐之间的开口允许所述定子和所述转子之间的轴向空气流动。

控制燃气轮机转子中径向温度梯度的方法、系统和装置

技术领域

[0001] [0001] 本发明的实施例一般地涉及涡轮机,且更具体地,涉及用于涡轮机中的被动吹扫(purge)流控制的系统、方法和装置。

背景技术

[0002] 涡轮机典型地包括旋转部件(例如转子)和固定部件(例如定子)。涡轮机的转子可包括多个堆叠的叶轮。堆叠的叶轮的外部径向区域被称为轮缘部分(rim portion),而堆叠的叶轮的径向中心区域被称为孔部分。典型的涡轮机的运行涉及高温,其可使涡轮机的各种构件遭遇相对极端的热负载。燃气涡轮机的转子的轮缘部分典型地暴露于高温气流下,并因此在起动期间被加热至与转子的孔部分相比相对高的温度,因而在转子的轮缘和孔之间产生极大的径向热梯度。此轮缘到孔的热梯度造成在燃气涡轮机的起动和关闭循环期间的应力循环,并从而对涡轮机的机械构件的寿命产生负面影响。

[0003] 此外,典型地在涡轮机转子结构中,将多个实心且环形的叶轮放置在相邻位置,并且通过多个轴向延伸的螺栓和设于相邻叶轮之间的榫接头而彼此固定在一起。因而,叶轮的不同加热会造成极大的转子孔应力和偏转,其倾向于打开榫接头。此外,转子和相关叶轮的热条件在起动、稳定状态运行以及涡轮机关闭时是不同的。在起动期间,涡轮叶轮的轮缘部分典型地与热的涡轮机流动路径直接接触,并因此轮缘部分倾向于比孔部分更快变热,导致相对高的温度梯度。在稳定状态运行期间,来自轮缘部分的热量被传导至孔部分,减少了温度梯度,并几乎平衡了轮缘和孔之间的温差。然而,因为轮缘与热气体保持直接接触,所以即使在稳定状态下,轮缘的温度也倾向于比孔的温度略高。在关闭期间,温度梯度倾向于反转,因为涡轮机的压缩机段的降低的流动路径温度冷却了轮缘部分,而孔部分由于热惯性仍保持热量。

[0004] 因而需要一种在相应的起动和关闭期间可将流动路径或加热/冷却的空气引向涡轮机孔,并且在稳定状态运行期间可将其切断或急剧减少的设计。因此需要用于涡轮机中的被动吹扫流控制的方法、系统和装置。

发明内容

[0005] 本发明的实施例可解决某些或所有上述需求。本发明的某些实施例可提供用于涡轮机中的被动吹扫流控制的系统、方法和装置。根据本发明的一个实施例,公开了一种用于控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度的方法。该方法可包括提供使空气流向转子的孔的路径,转子包括多个堆叠的叶轮。该空气流动路径可包括转子结构上的至少一个入口孔洞以及位于至少其中一些堆叠叶轮中的多个孔。该方法还可包括在燃气涡轮机运行期间至少部分地基于转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到所述至少一个入口孔洞的气流。另外,可引导流入到入口孔洞中的气流的一部分穿过所述至少其中一些堆叠叶轮中的多个孔洞。

[0006] 根据本发明的另一实施例,公开了一种用于控制燃气涡轮机的转子中的径向温度

梯度的系统。该系统可包括提供给转子的孔的空气流动路径,转子包括多个堆叠的叶轮。该空气流动路径可包括转子结构上的至少一个入口孔洞以及堆叠的叶轮中的多个孔。该系统还可包括密封装置,其可操作以在燃气轮机运行期间至少部分地基于转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到该至少一个入口孔洞的气流。另外,可引导至少一部分流入该至少一个入口孔洞中的气流,以便通过堆叠的叶轮中的多个孔来吹扫至少一个叶轮。

[0007] 根据本发明的又一实施例,公开了一种用于控制燃气轮机的转子中的径向温度梯度的装置。该装置可包括提供给转子的孔的空气流动路径,转子包括多个堆叠的叶轮。到转子的孔的该空气流动路径可包括转子结构上的至少一个入口孔洞以及转子的堆叠的叶轮中的多个孔。该装置还可包括密封装置,其用于在燃气轮机运行期间至少部分地基于转子和相关联的定子之间的轴向偏转而控制到该至少一个入口孔洞的气流。另外,可引导至少一部分气流以便穿过堆叠的叶轮中的多个孔来吹扫至少一个叶轮。

[0008] 本领域中的技术人员从以下具体实施方式、附图和所附权利要求中将明晰本发明的其它实施例、方面和特征。

附图说明

[0009] 已经概括地描述了本发明,现在将参考附图来描述本发明,这些图纸不一定是按比例绘制的,其中:

[0010] 图 1 是显示了根据本发明的一个说明性实施例的与燃气轮机的转子相关联的轮缘到孔的温度梯度变化的一个示例的图表。

[0011] 图 2 是根据本发明各种实施例可利用的燃气轮机的压缩机段的一个示例的局部横截面侧视图。

[0012] 图 3 是根据本发明一个实施例的涡轮段的一部分的放大的横截面侧视图,其中实现了吹扫流的控制。

[0013] 图 4 是根据本发明一个实施例的一种示例密封装置的示意性的正视图。

[0014] 图 5 是显示了根据本发明的一个说明性实施例的转子和相关定子的轴向偏转以及它们的相对轴向偏转的一个示例变化的图表。

[0015] 图 6 是流程图,其显示了根据本发明的一个说明性实施例的一种用于控制燃气轮机的转子中的径向温度梯度的示例方法。

[0016] 部件列表

[0017] 100 轮缘到孔温度梯度对时间的曲线图;200 涡轮段;202 转子;204 定子;206 实心叶轮;208 环形叶轮;210 桨叶;212 喷嘴;214 轮缘;216 孔;218 中心线轴线;220 空气路径;222 入口孔洞;224 密封装置;226 实心叶轮中的多个孔洞;230 压缩机主空气流动路径;232 流向燃烧器和涡轮段的剩余空气;234 流向冷却/吹扫涡轮段的剩余空气;300 涡轮段部分;302 金属轮辐;304 刚毛;306 刚毛束 (bristle pack);308 密封轮毂;400 密封装置的正视图;402 开口;500 转子和定子的轴向偏转对时间的曲线图;502 显示定子的轴向偏转随时间变化的曲线;504 显示转子的轴向偏转随时间变化的曲线;506 显示转子和定子之间的相对轴向偏转随时间变化的曲线;600 用于控制转子中的径向温度梯度的方法;605 框图 1;610 框图 2。

具体实施方式

[0018] 现在将在后文中参照附图更完整地描述本发明的说明性实施例，在附图中显示了本发明的某些但非全部实施例。本发明可以许多不同的形式来体现，并且不应该被认为局限于本文陈述的实施例；相反，提供了这些实施例以使得本发明公开将满足适用的法定要求。贯穿全文相似的标号表示相似的元件。

[0019] 所公开的是用于涡轮机中的被动吹扫流控制的系统、方法和装置，包括控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度。本发明的各种实施例可包括一种密封装置，其用于控制到转子上的至少一个入口孔洞的气流，其可运行以吹扫空气，从而降低转子中的径向温度梯度。吹扫空气可在燃气涡轮机的起动期间加热涡轮叶轮的孔，且随后在涡轮机关闭期间冷却涡轮叶轮的孔。在燃气涡轮机运行期间，可至少部分地基于转子和相关联的定子之间的轴向偏转而实现穿过密封装置的流量控制。为了在实施例的某些实施例中实现前述目的，还可通过空气流动路径而将压缩机排气提供给转子孔，并进入转子的涡轮叶轮之间的空腔，其中空气流动路径可包括位于转子上的入口孔洞和转子的涡轮叶轮中的多个孔洞。

[0020] 本文所述的本发明的某些实施例的至少一个技术效果是可为涡轮机转子的孔提供空气流动路径，以控制转子中的径向温度梯度。此布置可通过消除或以其它方式最小化在稳定状态运行期间与用来冷却 / 加热转子孔的吹扫空气的使用相关联的损失而改善涡轮机的性能。另外，用于控制吹扫空气流的密封装置可利用转子和定子部件之间的相对轴向运动，其中这种运动发生在涡轮机运行期间。此外，密封装置的设计可确保气流不会由于密封装置的存在而受到干扰或相对不受影响，从而确保了穿过涡轮段的最小的流量损失和相对平稳的流动。因此，使用密封装置来控制吹扫流可具有改善涡轮机的性能的技术效果。

[0021] 图 1 是显示了根据本发明的一个说明性实施例的与燃气涡轮机的转子相关联的轮缘到孔温度梯度变化的一个示例的图表。图 1 显示了曲线图 100，其代表在燃气涡轮机的瞬变和后续稳定状态运行期间涡轮叶轮的轮缘到孔温度梯度的变化示例。在曲线图 100 中，水平轴线可代表燃气涡轮机的运行的持续时间（秒）。燃气涡轮机的运行持续时间可包括瞬变运行的时间，例如起动持续时间，以及后续的燃气涡轮机的满负荷运行的时间。此外，垂直轴线可代表转子的涡轮叶轮中的径向轮缘到孔温度梯度（以华氏度为单位）。曲线图 100 显示了在瞬变运行期间（例如燃气涡轮机的起动时期期间）轮缘到孔温度梯度的逐步升高。接下来，曲线在起动持续时间期间的中间，在大约 1500 秒处到达峰值，然后随着燃气涡轮机到达稳定状态或接近稳定状态运行而逐渐下降。在本发明的各种实施例中，起动持续时间中的曲线的性质还可代表燃气涡轮机发动机的关闭期间的系统特性。图 1 中所示的曲线图 100 在燃气涡轮机的稳定状态或接近稳定状态运行期间保持相对平坦，表示当燃气涡轮机达到稳定状态或接近稳定状态运行时实际上没有或者很少有超出满负荷点的轮缘到孔温度的变化。

[0022] 典型地，在燃气涡轮机的其中一些或全部运行周期期间，通过利用引向转子的孔的吹扫流来控制对涡轮叶轮的高轮缘到孔温度梯度。然而，通过在涡轮机的不同运行阶段期间恰当地控制吹扫流，可提高涡轮机的效率。因为如图 1 中所示，轮缘到孔温度梯度在满负荷时间点之后停留于可接受的值，所以在燃气涡轮机的稳定状态或接近稳定状态运行期间对吹扫空气很少或没有需求。在稳定状态或接近稳定状态运行期间吹入转子的孔中的空气保持在涡轮段中循环，从而影响涡轮机的效率。然而，在涡轮机的关闭期间可能需要吹

扫流,因为在轮缘和孔区域之间由于轮缘部分与孔部分相比相对快的冷却而会形成温度梯度。如图 2 中所示的布置可起作用以便在涡轮机的不同运行阶段期间控制引向转子的孔的吹扫流,并从而可确保吹扫空气的相对有效的使用。

[0023] 图 2 是根据本发明的各种实施例可利用的燃气涡轮机的一个示例压缩机段 200 的放大的横截面侧视图。图 2 显示了燃气涡轮机的一个示例压缩机段 200 的一个示例环境。另外地或备选地,本发明的其它实施例可包括燃气涡轮机的涡轮段作为示例环境。

[0024] 图 2 中所示的示例压缩机段 200 可包括两个主要结构:旋转结构 202 例如转子,以及静止结构例如定子 204。多个堆叠的叶轮(以下被称为涡轮叶轮)安装在转子 202 上并形成转子 202 的一部分,可包括交替地设置于多个环形叶轮 208 之间多个实心叶轮 206。各个涡轮叶轮还包括从转子 202 径向向外地凸出的多个桨叶 210(转子叶片),而安装在定子 204 上并径向向内地朝向转子 202 凸出的多个喷嘴 212(定子叶片)可交替地定位在桨叶 210 之间。因而多个转子叶片 210 和定子叶片 212 形成了压缩机段 200 中的空气流过其中的通道。因此,转子 202 的轮缘 214 暴露于热气体路径中,而孔 216 保持免受热气流的影响,并形成了接触中心线轴线 218 的转子 202 的根部。因而在轮缘 214 和转子 202 的孔 216 之间可存在径向温度梯度,其可能导致相对极端的温度应力。为了降低转子 202 上的热应力,在燃气涡轮机的起动期间可加热转子 202 的孔 216;而在发动机关闭期间可冷却孔 216,以减少轮缘 214 和孔 216 之间的径向温度梯度。

[0025] 因此可提供空气流动路径 220,其从压缩机段 200 中的热气体流动路径通向孔 216,穿过转子 202 的尾端。空气流动路径 220 可包括转子结构上的至少一个入口孔洞 222,通过密封装置 224 可控制穿过该入口孔洞的气流。空气流动路径 220 还可将入口孔洞 222 连接到至少其中一些涡轮叶轮中的多个孔洞 226 上。因而可将来自热气体路径的空气引入孔 216 中,通过环绕环形叶轮 208 的路径并通过实心叶轮 206 中的多个孔洞 226。根据一个示例性实施例,沿着空气流动路径 220 的吹扫空气部分可源自压缩机的主空气-流动路径 230。主空气的剩余部分可流向燃烧器和涡轮段 232,或者用于冷却/吹扫涡轮段 234。

[0026] 此外,在本发明的某些实施例中,容许气流穿过实心叶轮 206 的多个孔洞 226 可沿着发动机的中心线轴线 218 或与之成角度。另外,在至少一个实施例中,实心叶轮 206 中的多个孔洞 226 可定位成离各个叶轮的轴中心线 218 大约 $0.2 \times R$ 至大约 $0.65 \times R$ 之间,其中 R 是实心叶轮 206 的轮缘半径。

[0027] 在本发明的各种实施例中,形成了空气路径 220 的一部分的至少一个入口孔洞 222 可与限定在转子 202 内的空腔成流连通,而空腔又可与实心涡轮叶轮 206 中的多个孔洞 226 成流连通。空气流动路径 220 因而引导流从热气体路径通过入口孔洞 222 而到达孔 216。接下来,空气流动路径 220 穿过实心叶轮 206 中的孔 226,并且环绕交替地定位在实心叶轮之间的环形叶轮 208,从而形成被称为蛇形流动路径的弯曲的流动路径。形成于转子 202 的孔区域中的蛇形流动路径可使沿着涡轮叶轮的长度的相对较大的表面积暴露于气流下。增加的对于气流的表面暴露导致相对更有效地加热或冷却压缩机叶轮孔表面。因而,蛇形路径可用于在燃气涡轮机的瞬变运行期间更有效地减少轮缘 214 和转子 202 的孔 216 之间的径向温度梯度。

[0028] 图 3 是根据本发明的一个实施例的涡轮段 300 的一部分的放大的横截面侧视图,在该涡轮段中可实现吹扫流的控制。图 3 显示了根据本发明一个实施例的示例密封装置

224,其可操作以控制吹扫流。图3显示了涡轮段300的一部分,其中密封装置224可操作以控制穿过入口孔洞222的吹扫流。该示例密封装置224可从定子204上的多个周向位置悬伸。可操作以控制吹扫流的密封装置224可包括从定子204悬伸的多个轮辐302,在末端处具有抵靠转子202摩擦的刚毛304。刚毛304可安装在密封轮毂308的内圆周上,密封轮毂308在不同的周向位置处由多个轮辐302支撑。在本发明的一个示例性实施例中,密封装置224可以是轴向形的环,具有大约0.06英寸的轴向宽度X1。此外,密封装置224可具有任何形状,并且可不局限于轴向形环。在一个示例性实施例中,刚毛304在一端处可安装在刚毛束306内,刚毛束306可安装在密封轮毂308上。刚毛束306可固定一圈紧密捆扎的金属线即刚毛304。在刚毛束306内,刚毛304可成角度沿转子的旋转方向设置。刚毛长度可为大约1英寸即2.5cm。

[0029] 典型地,在燃气涡轮机的起动和关闭期间,转子部件相对于定子部件可能由于温差、相关的热膨胀和负载应力的组合而经历轴向偏转。在涡轮机的起动和关闭期间观测到在转子部件和定子部件之间的相对轴向偏转。然而瞬间变化的相对偏转在满负荷期间达到最大值,并且在涡轮机的稳定状态或接近稳定状态运行的整个持续时间内保持恒定。因而在起动之前和起动期间,从定子204保持的密封装置224可定位成使其不阻塞该至少一个入口孔洞222,并且加热的空气可流向孔部分。当定子相对于转子轴向地膨胀时,从定子204保持的密封装置224可相对于转子202相对地移动,并开始覆盖且阻塞该至少一个入口孔洞222的至少一部分,从而限制到孔区域的加热空气的流量。当涡轮机在起动持续时间之后达到稳定状态或接近稳定状态运行时,密封装置224可相对于转子202停止移动,并且可继续覆盖入口孔洞222的全部或一部分。在关闭期间,定子部件和转子部件之间的反转的相对轴向偏转可容许密封装置224露出该一个入口孔洞222的至少一部分。在一个示例性实施例中,在起动之后和在稳定状态运行期间,在转子部件和定子部件之间的不同的轴向偏转可在大约0.1英寸至大约0.2英寸之间。对于此示例性实施例,密封装置224和刚毛304的宽度X1可为大约0.04英寸至大约0.1英寸之间,并且在燃气涡轮机起动之前,密封装置224的第一端可放置在离入口孔洞222大约0.1英寸至大约0.2英寸的距离X2处。根据另一示例性实施例,密封装置224和刚毛304的宽度X1可为大约0.06英寸,并且密封装置224的第一端可放置在离入口孔洞222的第一边缘大约0.18英寸的距离X2处。

[0030] 图4是根据本发明一个实施例的示例密封装置224的放大的正视图。图4显示了图2和图3中所示的密封装置224的正视图400。图4中所显示的示例密封装置224包括安装在刚毛束306中的一个或多个刚毛304,并且刚毛束可安装在包围转子202的密封轮毂308的内圆周上。密封轮毂308的外圆周还可安装在一个或多个轮辐302上,其中该一个或多个轮辐302可安装在定子204的内圆周上。因而,密封装置224从定子204在某些周向点处悬垂,并可操作以相对于转子而移动,并覆盖至少一个入口孔洞(图中未显示)的至少一部分。当一个或多个刚毛304阻塞入口孔洞时,该一个入口孔洞的至少一部分可被密封装置224覆盖,并从而防止空气流入入口孔洞中。此外在一个或多个轮辐之间的开口402可允许在转子202和定子204之间的轴向气流。因而当密封装置224覆盖该入口孔洞(图中未显示)的至少一部分时,可将涡轮段中的气流在定子和转子之间轴向地引导。然而,在涡轮机的瞬变运行期间,部分空气轴向地流过开口402,而剩余的空气流过入口孔洞,并流入转子202的孔中。因而密封装置224的设计可促进涡轮段中相对平稳的空气流动,

并且不会堵塞空气的轴向流动,从而最小化损失。

[0031] 图 5 是显示了根据本发明的一个说明性实施例的转子和相关定子的轴向偏转以及它们的相对轴向偏转的变化示例的图表。图 5 显示了曲线图 500,其代表燃气涡轮机的转子和相关的定子燃气涡轮机的瞬变和后续稳定状态运行期间的示例性的轴向偏转。在曲线图 500 中,水平轴线可代表瞬变运行的持续时间(秒)(例如起动持续时间),以及燃气涡轮机的后续满负荷运行时间。此外,曲线图 500 中的垂直轴线可代表在涡轮机的定子部件和转子部件之间的轴向偏转(以英寸为单位)。曲线图 500 显示了三条曲线 502, 504 和 506。曲线 502 代表当涡轮机从起动状态移动至稳定状态或接近稳定状态时的定子随时间的轴向偏转。类似地,曲线 504 代表在燃气涡轮机的瞬变状态和稳定状态或接近稳定状态运行期间的转子的轴向偏转。而曲线 506 代表在转子和定子之间的相对轴向偏转。曲线 506 代表转子和定子之间的相对轴向偏转在起动持续时间期间的逐渐增大,然后接着显示了随着涡轮机开始进入稳定状态或接近稳定状态运行时轴向偏转方面相对没有变化。在本发明的一个示例性实施例中,密封装置在涡轮机起动之前可定位在涡轮段中,使得入口孔洞可在起动时最初未被覆盖,然后可在涡轮机起动大约 5000 秒的时间之后被至少部分地覆盖。

[0032] 图 6 是显示了根据本发明的一个说明性实施例的用于控制燃气涡轮机的转子中的径向温度梯度的示例方法 600 的流程图。

[0033] 方法 600 可开始于框图 602。在框图 602 处,为转子的孔提供空气路径,其包括至少一个入口孔洞和位于堆叠的叶轮中的多个孔洞。涡轮机的转子可由多个堆叠的叶轮形成,这些叶轮包括交替地放置在环形叶轮之间的实心叶轮。该空气路径可提供从涡轮机的热气体路径到转子的孔的空气通道。形成空气路径的一部分的一个或多个入口孔洞可与限定在转子中的空腔连通。该空腔可与实心叶轮中的多个孔洞进一步连通。因而,通过围绕环形叶轮且穿过实心叶轮的蛇形流动路径可将空气从热气体路径引向转子的孔。蛇形流动路径可导致沿着涡轮机叶轮的长度相对较大的表面积暴露于气流下。此暴露于吹扫流下的转子表面的增加可导致对转子的相对更有效的加热或冷却,因而在燃气涡轮机的瞬变运行期间更有效地减少轮缘和转子孔之间的径向温度梯度。在本发明的各种实施例中,实心叶轮中的多个孔洞可定位成离各个叶轮的中心轴线大约 $0.2 \times R$ 至大约 $0.65 \times R$ 之间,其中 R 等于实心叶轮的轮缘半径。遵照通向转子的孔的空气路径的设计,操作可前进至框图 604。

[0034] 在框图 604 处,在发动机运行期间可至少部分地基于转子和相关联的定子的轴向偏转而控制穿过该至少一个孔的吹扫空气的流量。在涡轮机的起动和关闭期间,可能造成转子部件相对于定子部件的轴向偏转。在转子部件和定子部件之间的此相对轴向偏转在涡轮机起动期间可随着时间增加,并且在满负荷点上达到最大值。超过满负荷点,转子部件和定子部件之间的偏转在涡轮机稳定状态运行的整个持续时间内可保持几乎恒定。此外在关闭期间,在转子部件和定子部件之间的相对轴向偏转可再次变化,并且随着时间而下降。因而,在瞬变运行状态期间,从定子的内圆周保持的密封装置可相对于转子相对地移动,并覆盖入口孔洞的至少一部分。此外,当涡轮机达到稳定状态或接近稳定状态运行时,密封装置相对于转子不移动,并因而在涡轮机的稳定状态运行期间继续覆盖入口孔洞的至少一部分。因而密封装置可操作以在燃气涡轮机的所有运行状态下控制到入口孔洞的气流。在本发明的一个示例性实施例中,在定子部件和转子部件之间的轴向偏转为大约 0.01 英寸至大约 0.5 英寸。此外在本发明的各种实施例中,密封装置可包括安装在密封轮毂的内圆周

上的一个或多个刚毛。此密封轮毂的外圆周可进一步安装在一个或多个轮辐上,其中该一个或多个轮辐可安装在定子的内圆周上。在转子和定子之间的相对运动可促进刚毛在转子表面上的运动,从而在最大轴向偏转点处至少部分地覆盖入口孔洞。此外,还将轮辐周向地设置成使得在定子和转子之间可允许轴向空气流动,从而导致最小的流量损失。

[0035] 该方法 600 可在框图 604 之后结束。

[0036] 图 6 的方法 600 中所描述的操作不一定必须按照图 6 中所陈述的顺序来执行,而是可根据本发明的实施例按照任何合适的顺序来执行。另外在本发明的某些实施例中,可执行比图 6 中所陈述的全部要素或全部操作更多或更少的要素或操作。

[0037] 本发明的实施例可适用于不同类型的涡轮机,例如蒸汽涡轮机、燃气涡轮机等等。而且本发明的实施例还可在涡轮机的不同区段,例如燃气涡轮机的涡轮段或压缩机段中使用。应该明白,前面说明书中所采用或提供的任何示例都仅仅是出于解释目的而提供的,并且无论如何都没有限制本发明的范围。

[0038] 本书面说明书使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域中的技术人员能够实践本发明,包括制造和利用任何装置或系统,并执行任何所结合的方法。在权利要求中限定了本发明可取得专利的范围,并且可包括本领域中的技术人员想到的其它示例。如果这些其它示例具有并非不同于权利要求的字面语言的结构元件,或者如果其包括与权利要求的字面语言无实质差异的等效结构元件,那么这些其它示例都属于权利要求的范围内。

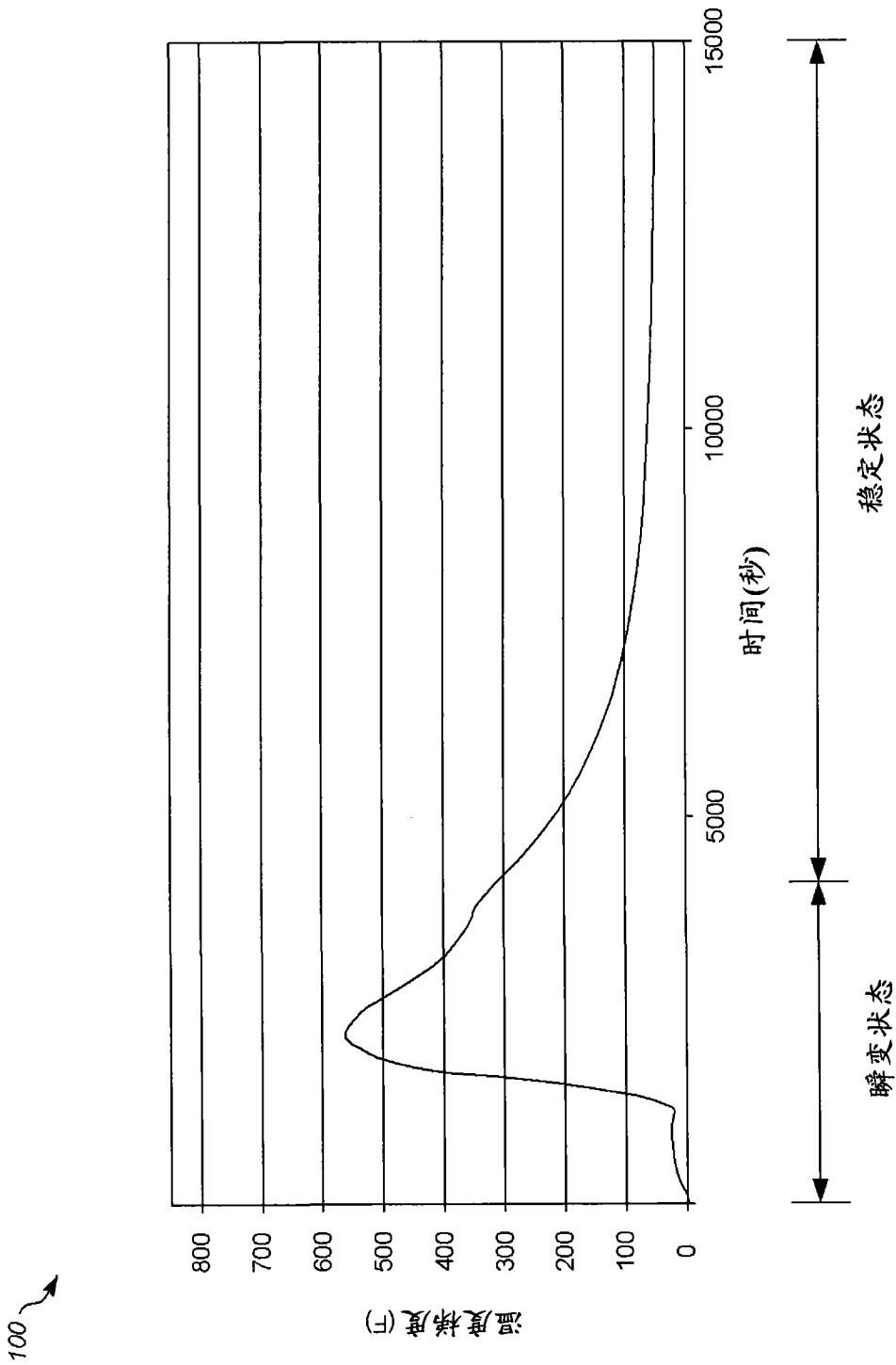


图 1

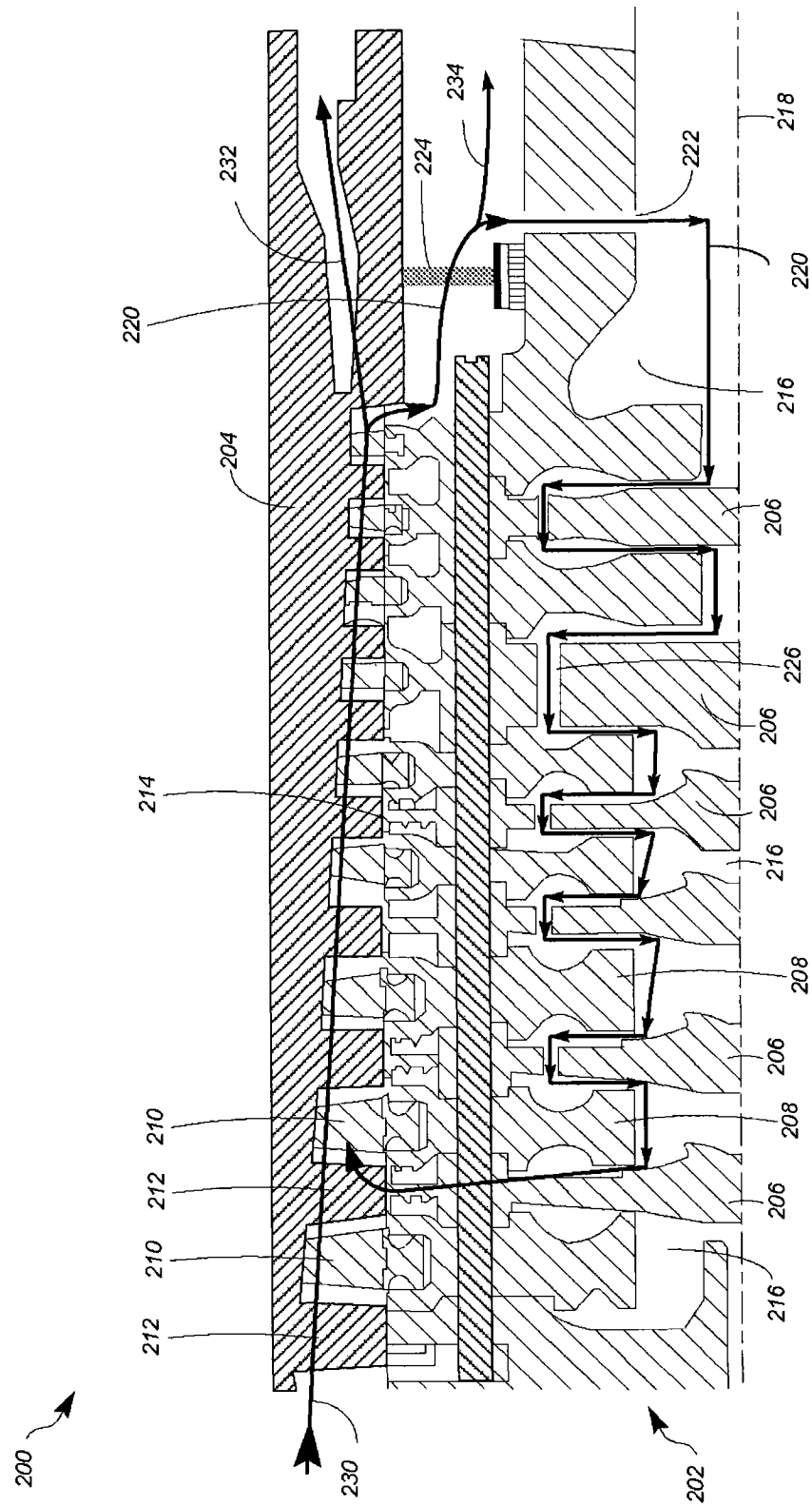


图 2

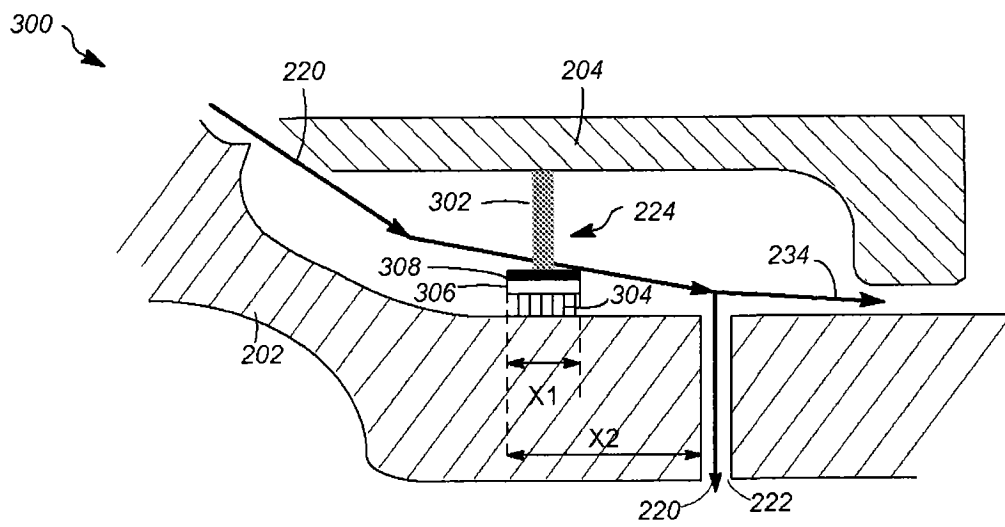


图 3

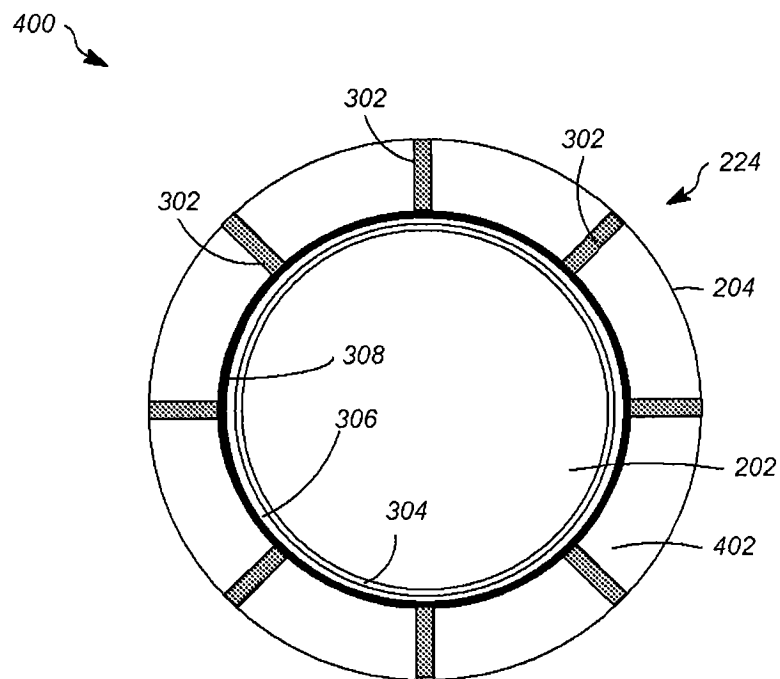


图 4

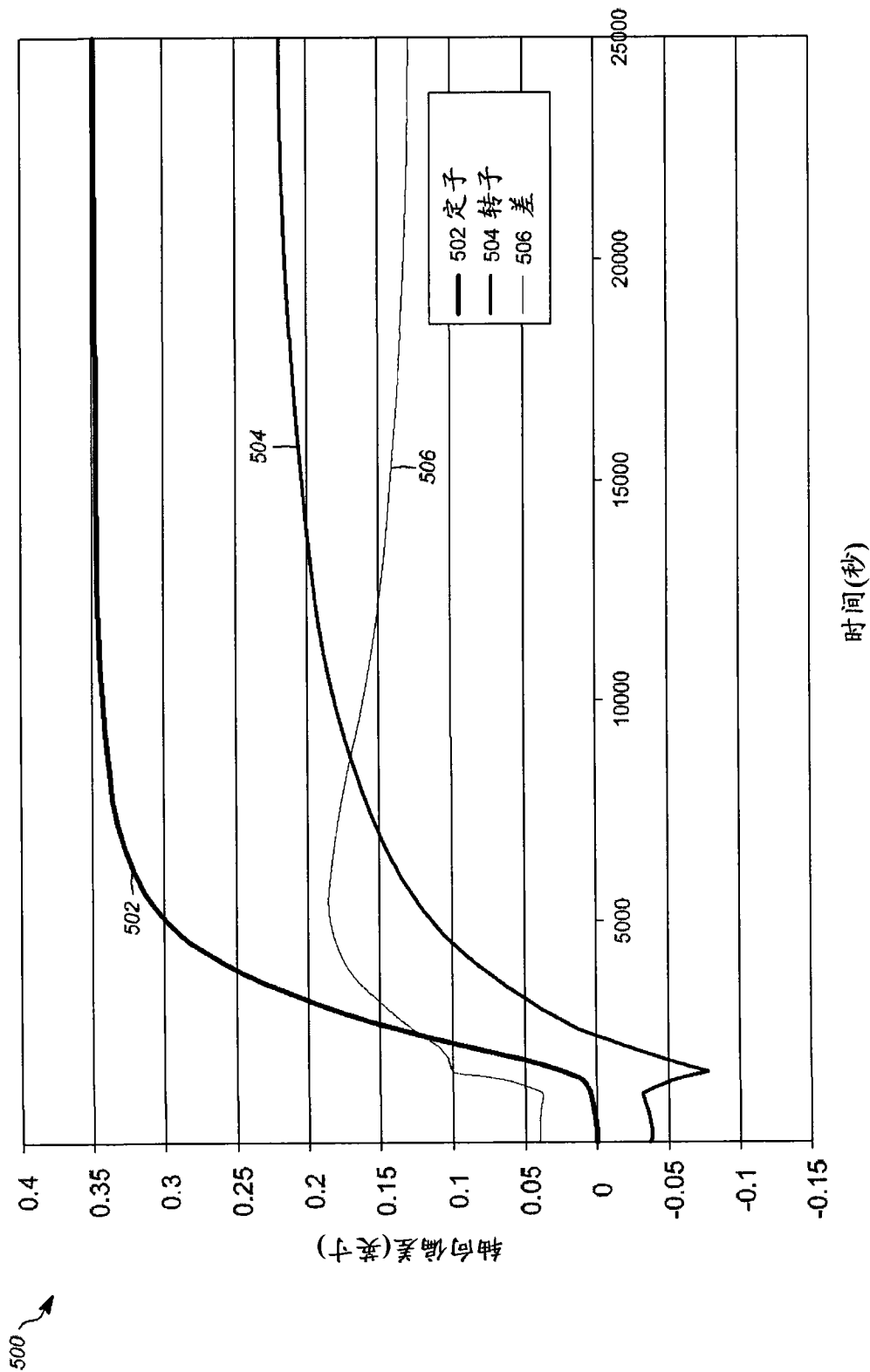


图 5

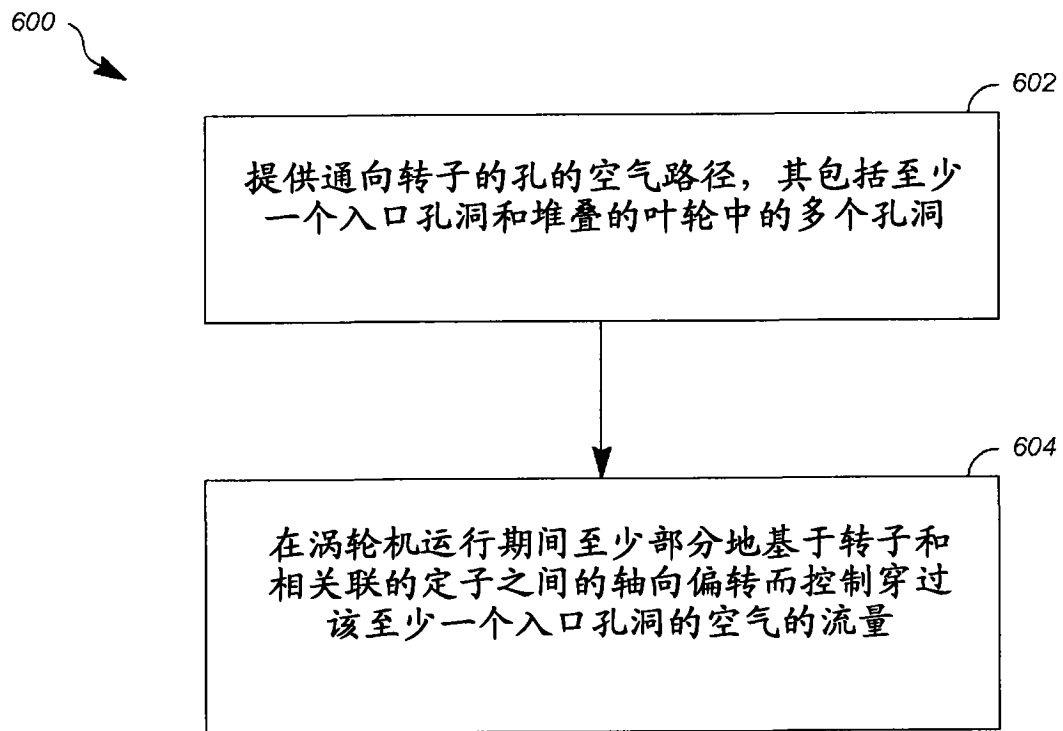


图 6