



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112189078 A

(43) 申请公布日 2021. 01. 05

(21) 申请号 201980033047.9

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

(22) 申请日 2019.05.30

代理人 马爽 臧建明

(30) 优先权数据

15/993,819 2018.05.31 US

(51) Int.Cl.

F01D 3/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

F01D 25/16 (2006.01)

2020.11.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/034614 2019.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/232189 EN 2019.12.05

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 布格拉·汉·埃塔斯

道格拉斯·卡尔·霍弗 郑润国

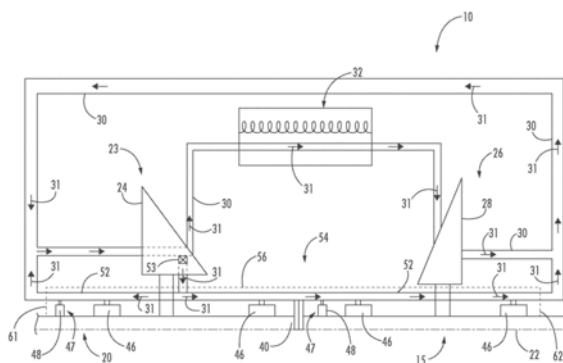
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

轴向载荷管理系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于涡轮机的轴向载荷管理系统,该轴向载荷管理系统包括旋转动力传动系统、推力轴承组件、传感器和阀供给管线。该旋转动力传动系统包括由封闭流动路径流体地耦接在一起的压缩机区段和膨胀机区段。该推力轴承组件包括推力镜板、推力轴承外壳以及在该推力镜板与该推力轴承外壳之间延伸的气体推力轴承。此外,该气体推力轴承支撑该旋转动力传动系统。该传感器附接到该推力轴承外壳或该气体推力轴承中的至少一者。该阀供给管线流体地耦接到该封闭流动路径。定位在该阀供给管线内的阀选择性地允许工作流体在该封闭流动路径与由旋转表面和固定表面限定的推力室之间流动以修改该旋转动力传动系统上的轴向载荷。



1. 一种用于涡轮机的轴向载荷管理系统,所述轴向载荷管理系统包括:  
旋转动力传动系统,所述旋转动力传动系统包括压缩机区段和膨胀机区段,其中封闭流动路径流体地耦接所述压缩机区段和所述膨胀机区段;  
推力轴承组件,所述推力轴承组件包括推力镜板、推力轴承外壳和气体推力轴承,其中所述气体推力轴承在所述推力镜板与所述推力轴承外壳之间延伸,并且其中所述气体推力轴承支撑所述旋转动力传动系统;  
传感器,所述传感器附接到所述推力轴承外壳或所述气体推力轴承中的至少一者;以及  
阀供给管线,所述阀供给管线流体地耦接到所述封闭流动路径,其中阀定位在所述阀供给管线内以选择性地允许工作流体在所述封闭流动路径与由旋转表面和固定表面限定的推力室之间流动,从而修改所述旋转动力传动系统上的轴向载荷。
2. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,所述轴向载荷管理系统还包括:  
控制器,所述控制器通信地耦接到所述传感器和所述阀,其中所述控制器将信号传送到所述阀以允许所述工作流体在所述封闭流动路径与所述推力室之间流动。
3. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述气体推力轴承与所述封闭流动路径气密地密封,并且其中所述气体推力轴承利用所述工作流体来支撑所述旋转动力传动系统。
4. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述推力室与所述封闭流动路径气密地密封,并且其中所述阀允许所述工作流体流动并改变所述推力室的压力。
5. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述控制器是闭环控制器。
6. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述传感器是力换能器。
7. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述传感器是温度传感器。
8. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述传感器是压力传感器。
9. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述阀是第一阀并且所述推力室是第一推力室,所述轴向载荷管理系统还包括流体地耦接到所述封闭流动路径的第二阀,其中所述第二阀选择性地允许所述工作流体在所述封闭流动路径与第二推力室之间流动。
10. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述推力室定位在所述压缩机区段的高压区域中。
11. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,其中所述推力室定位在所述压缩机区段的低压区域中。
12. 根据权利要求1所述的轴向载荷管理系统,所述轴向载荷管理系统还包括:  
热交换器,所述热交换器热耦接到所述封闭流动路径以便向所述工作流体添加热量。
13. 一种管理气体推力轴承上的轴向载荷的方法,所述方法包括:  
使用通信地耦接到控制器的传感器来测量所述气体推力轴承上的所述轴向载荷;  
确定目标轴向载荷与所述实测轴向载荷之间的差值;以及  
将信号传送到与涡轮机的压缩机区段流体地耦接的阀,其中所述信号选择性地打开所述阀,关闭所述阀,或部分地关闭所述阀,从而引起流体地耦接到所述阀的推力室的压力发生变化,其中改变所述推力室的所述压力会修改所述气体推力轴承上的所述轴向载荷。
14. 根据权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

使用所述传感器来测量所述气体推力轴承上的修改的轴向载荷;以及  
通过传送信号以改变所述推力室的所述压力,从而基于所述修改的轴向载荷与所述目标轴向载荷之间的差值来改变所述气体推力轴承上的所述修改的轴向载荷。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中所述控制器是闭环控制器。

16. 根据权利要求13所述的方法,其中所述目标轴向载荷是中性轴向载荷。

17. 根据权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

使用通信地耦接到所述控制器的所述传感器来确定所述气体推力轴承上的所述轴向载荷的导数。

18. 根据权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

使用通信地耦接到所述控制器的所述传感器来确定所述气体推力轴承上的所述轴向载荷的积分。

19. 根据权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

使用通信地耦接到所述控制器的所述传感器来确定所述气体推力轴承上的所述轴向载荷的导数和积分。

20. 根据权利要求13所述的方法,其中所述推力室是第一推力室并且所述阀是第一阀,所述方法还包括:

将信号传送到与所述涡轮机的所述压缩机区段流体地耦接的第二阀,其中所述信号选择性地打开所述第二阀,关闭所述第二阀,或部分地关闭所述第二阀,从而引起流体地耦接到所述第二阀的第二推力室的压力发生变化,其中改变所述第二推力室的所述压力会修改所述气体推力轴承上的所述轴向载荷。

## 轴向载荷管理系统

[0001] 联邦资助研究

[0002] 本发明根据能源部的合同号DE-EE0007109由政府支持完成。政府可能对本发明享有一定的权利。

### 技术领域

[0003] 本发明主题整体涉及轴向载荷管理系统,或更具体地涉及用于气体推力轴承的推力轴承载荷管理系统。

### 背景技术

[0004] 涡轮机通常按连续流顺序包括压缩机区段、热交换区段和膨胀机区段。常规涡轮机包括转子组件,这些转子组件具有轴、压缩机叶轮、涡轮、联轴器、密封包装以及其他在给定操作条件下实现最佳操作的元件。这些转子组件具有因重力而生成恒定静态力的质量,并且还因例如操作期间转子组件的不平衡、加速等而生成动态力。除了径向轴力之外,旋转组件还经历由例如涡轮机械级之间的内部压力和涡轮机的推力生成的轴向力。此类涡轮机包括径向轴承和推力轴承以在允许转子组件旋转的同时维持和支撑这些力。例如,这些轴向力之和可产生净轴向力或推力。此类推力可沿前向方向或后向方向。推力轴承可用于吸收该推力并且允许转子组件继续旋转。

[0005] 涡轮机的旋转动力传动系统(例如,压缩机区段和涡轮区段)通常可由油润滑轴承支撑。然而,油润滑轴承需要附加泵、贮槽和专用流动路径,这可增加涡轮机的成本和/或重量。另外,油润滑轴承可因流体切变而在油膜间隙处生成非期望的热量。一些涡轮机包含利用气体来润滑旋转动力传动系统的气体轴承。某些气体推力轴承可具有比油润滑轴承降低的负载能力,这是由于在与像油一样的液体相比时气体或类似流体具有固有降低的粘度。

[0006] 因此,期望降低和控制作用于气体推力轴承的轴向推力。

### 发明内容

[0007] 各方面和优点将在以下描述中部分阐述,或者可以从描述中显而易见,或者可以通过本发明的实践来了解。

[0008] 在一个方面,本公开涉及用于涡轮机的轴向载荷管理系统。轴向载荷管理系统包括旋转动力传动系统、推力轴承组件、传感器和阀供给管线。旋转动力传动系统包括压缩机区段和膨胀机区段。封闭流动路径流体地耦接压缩机区段和膨胀机区段。推力轴承组件包括推力镜板、推力轴承外壳和气体推力轴承。气体推力轴承在推力镜板与推力轴承外壳之间延伸。此外,该气体推力轴承支撑该旋转动力传动系统。该传感器附接到该推力轴承外壳或该气体推力轴承中的至少一者。该阀供给管线流体地耦接到该封闭流动路径。定位在该阀供给管线内的阀选择性地允许工作流体在该封闭流动路径与由旋转表面和固定表面限定的推力室之间流动以修改该旋转动力传动系统上的轴向载荷。

[0009] 在一个实施方案中,气体推力轴承可与封闭流动路径气密地密封。因此,气体推力

轴承可利用工作流体来支撑旋转动力传动系统。在另选的实施方案中,推力室可与封闭流动路径气密地密封。此外,阀可允许工作流体流动并改变推力室的压力。在某些实施方案中,推力室可定位在压缩机区段的高压区域中。在另外一个实施方案中,推力室可定位在压缩机区段的低压区域中。在附加实施方案中,轴向载荷管理系统还可包括热交换器,该热交换器热耦接到封闭流动路径以便向工作流体添加热量。在另一个实施方案中,阀可为第一阀,并且推力室可为第一推力室。在这种实施方案中,轴向载荷管理系统还可包括流体地耦接到封闭流动路径的第二阀。第二阀可选择性地允许工作流体在封闭流动路径与第二推力室之间流动。

[0010] 在一个实施方案中,轴向载荷管理系统还可包括通信地耦接到传感器和阀的控制器。控制器可将信号传送到阀以允许工作流体在封闭流动路径与推力室之间流动。在另一个实施方案中,控制器可为闭环控制器。在附加实施方案中,传感器可为力换能器。在更进一步的实施方案中,传感器可为温度传感器。在另一个实施方案中,传感器可为压力传感器。

[0011] 在另一个方面,本公开涉及管理气体推力轴承上的轴向载荷的方法。该方法包括使用通信地耦接到控制器的传感器来测量气体推力轴承上的轴向载荷。另一个步骤包括确定目标轴向载荷与实测轴向载荷之间的差值。该方法还包括将信号传送到与涡轮机的压缩机区段流体地耦接的阀。该信号选择性地打开阀,关闭阀,或部分地关闭阀,从而引起流体地耦接到阀的推力室的压力发生变化。因此,改变推力室的压力会修改气体推力轴承上的轴向力。

[0012] 在一个实施方案中,该方法可包括使用传感器来测量气体推力轴承上的修改的轴向载荷。在此类实施方案中,该方法还可包括通过传送信号以改变推力室的压力,从而基于修改的轴向载荷与目标轴向载荷之间的差值来改变气体推力轴承上的修改的轴向载荷。在附加实施方案中,目标轴向载荷可为中性轴向载荷。在另外一个实施方案中,推力室可为第一推力室,并且阀可为第一阀。在此类实施方案中,该方法可包括将信号传送到与涡轮机的压缩机区段流体地耦接的第二阀。该信号可选择性地打开第二阀,关闭第二阀,或部分地关闭第二阀,从而引起流体地耦接到第二阀的第二推力室的压力发生变化。此外,改变第二推力室的压力可修改气体推力轴承上的轴向力。

[0013] 在另外一个实施方案中,控制器可为闭环控制器。在更进一步的实施方案中,该方法可包括使用通信地耦接到控制器的传感器来确定气体推力轴承上的轴向载荷的导数。在其他实施方案中,该方法可包括使用通信地耦接到控制器的传感器来确定气体推力轴承上的轴向载荷的积分。该方法的附加实施方案可包括使用通信地耦接到控制器的传感器来确定气体推力轴承上的轴向载荷的导数和积分。

[0014] 参照以下描述和所附权利要求,这些和其他特征、方面和优点将变得更好理解。结合到本说明书中并构成其一部分的附图示出了本发明的实施方案,并与描述一起用于解释本发明的某些原理。

## 附图说明

[0015] 在参照附图的说明书中阐述了针对本领域普通技术人员的本发明的全面且能够实施的公开内容,包括其最佳模式,其中:

- [0016] 图1是根据本公开的各方面的包括封闭流动路径的涡轮机的示意图；
- [0017] 图2是根据本公开的各方面的离心压缩机的剖视图；
- [0018] 图3是根据本公开的各方面的可在图1的涡轮机中利用的轴向载荷管理系统的示意图；
- [0019] 图4是根据本公开的各方面的示例性轴向载荷管理系统的推力室的剖视图；
- [0020] 图5是根据本公开的各方面的在高压区域中包括两个推力室的另一个示例性轴向载荷管理系统的剖视图；
- [0021] 图6是根据本公开的各方面的在低压区域中包括两个推力室的另外一个示例性轴向载荷管理系统的剖视图；以及
- [0022] 图7示出了根据本公开的各方面的用于管理气体推力轴承上的轴向载荷的方法的一个实施方案。
- [0023] 在本说明书和附图中重复使用参考字符旨在表示本发明的相同或相似的特征或元件。

### 具体实施方式

[0024] 现在将详细参考本发明的实施方案,其一个或多个示例在附图中示出。每个示例是通过解释本发明的方式提供的,而不是对本发明的限制。事实上,对于本领域技术人员来说显而易见的是,在不脱离本发明的范围或精神的情况下,可以对本发明进行各种修改和变型。例如,作为一个实施方案的一部分示出或描述的特征可以用于另一个实施方案,以产生又一个实施方案。因此,本发明旨在涵盖落入所附权利要求及其等同物的范围内的这些修改和变型。

[0025] 如本文所用,术语“第一”、“第二”和“第三”可以互换使用,以将一个部件与另一个部件区分开来,并且不旨在表示各个部件的位置或重要性。

[0026] 术语“上游”和“下游”是指相对于流体通路中的流体流动的相对方向。例如,“上游”是指流体从其流动的方向,并且“下游”是指流体向其流动的方向。

[0027] 术语“耦接”、“固定”、“附接到”等是指直接耦接、固定或附接,以及通过一个或多个中间部件或特征的间接耦接、固定或附接,除非本文另有说明。

[0028] 术语“通信”、“通信的”、“通信地”等是指直接通信或间接通信(诸如通过存储器系统或另一个中间系统)。

[0029] 现在参见图1,根据本公开的各方面示出了涡轮机10的示意图,该涡轮机包括与润滑流动路径52气密地密封的封闭流动路径30。在该示例性实施方案中,涡轮机10包括旋转动力传动系统20,该旋转动力传动系统限定沿着涡轮机10的长度延伸的中心线22。对于所描绘的实施方案而言,旋转动力传动系统20包括压缩机区段23,该压缩机区段包括压缩机24。在所示的实施方案中,压缩机24是离心压缩机。在某些实施方案中,压缩机24可为轴向压缩机。此外,在所示的实施方案中,旋转动力传动系统20包括膨胀机区段26,该膨胀机区段包括膨胀机28。在某些实施方案中,膨胀机28可为涡轮。

[0030] 对于所描绘的实施方案而言,涡轮机10被气密地密封,并且流动路径是封闭流动路径30。在所示的实施方案中,压缩机区段23和膨胀机区段26一起至少部分地限定封闭流动路径30以便于工作流体的流动(使用箭头31示意性地描绘)。例如,封闭流动路径30可流

体地耦接压缩机区段23和膨胀机区段26。此外,对于所示的实施方案而言,工作流体31经由封闭流动路径30从膨胀机区段26输送回到压缩机区段23。另外,对于该示例性实施方案而言,热交换器32可热耦接到封闭流动路径30以便向工作流体31添加热量。应当认识到,尽管流动路径被描述为封闭和/或气密地密封的,但是封闭流动路径30可包括泄漏和/或寄生损失,其中一些工作流体31从封闭流动路径30泄漏。此外,可存在流体地耦接到封闭流动路径30的多个附加部件,诸如增压泵、阀、压力调节器等。

[0031] 例如,工作流体31在穿过压缩机24行进时可逐渐地被压缩。在所示的实施方案中,在热交换器32处将热量形式的能量添加到工作流体31。对于所描绘的实施方案而言,热交换器32位于压缩机区段23的下游和膨胀机区段26的上游。应当认识到,热交换器32中添加的热量可来自于任何热源。例如,热源可为利用来自另一个涡轮机的热燃烧气体的热回收系统。在其他实施方案中,热源可为太阳能,诸如来自定日镜场的能量。另外,在其他实施方案中,热源可为地热、核能、燃烧或任何其他热源。

[0032] 对于该示例性实施方案而言,随后在膨胀机28中从工作流体31提取能量作为机械能。因此,对于所示的实施方案而言,膨胀机28中提取的能量用于驱动压缩机24。在一些实施方案中,膨胀机28中提取的能量还可用于驱动耦接到旋转动力传动系统20的电机。例如,旋转动力传动系统20可将膨胀机28机械地耦接到压缩机24和电机(例如,发电机或交流发电机)。应当认识到,在其他实施方案中,涡轮机10可在封闭流动路径30中包括附加压缩机24和/或膨胀机28。

[0033] 此外,封闭流动路径30中的工作流体31可为超临界流体。例如,工作流体31可为超临界二氧化碳。在其他实施方案中,工作流体可为本领域已知的任何其他超临界流体。例如,超临界流体可为超临界水(sH<sub>2</sub>O)。另外,在其他实施方案中,工作流体31可为任何其他合适的流体,诸如蒸汽。对于所示的实施方案而言,旋转动力传动系统20可包括附接压缩机区段23和膨胀机区段26的联轴器40。例如,联轴器40可将压缩机24耦接到膨胀机28。联轴器40可为刚性联轴器或柔性联轴器。仍在其他实施方案中,旋转动力传动系统20可一体地形成成为单个部件。

[0034] 仍参见图1,对于所描绘的实施方案而言,涡轮机10包括流体轴承组件15。在所示的实施方案中,流体轴承组件15支撑旋转动力传动系统20。例如,流体轴承组件15可包括至少一个流体轴承和密封系统54。对于所描绘的实施方案而言,流体轴承组件15包括多个流体轴承,诸如两个或更多个。该多个流体轴承可包括至少一个气体径向轴承46或更确切地说多个气体径向轴承46以及至少一个推力轴承组件47(包括气体推力轴承48)。对于所示的实施方案而言,气体径向轴承46由相对于中心线22大约垂直的径向载荷来支撑旋转动力传动系统20。类似地,在该示例性实施方案中,气体推力轴承48由大约平行于中心线22的载荷轴向地支撑旋转动力传动系统20。

[0035] 对于所描绘的实施方案而言,流体轴承组件15包括密封系统54。在所描绘的实施方案中,密封系统54与封闭流动路径30气密地密封。例如,密封系统54可围绕流体轴承以容纳向流体轴承提供的工作流体31并且使此类工作流体31返回到封闭流动路径30。如针对该示例性实施方案示意性地描绘的,密封系统54包括容纳结构56(以围绕流体轴承的虚线示意性地示出)和润滑流动路径52。因此,对于所描绘的实施方案而言,密封系统54用于与工作流体31一起提供流体轴承(诸如气体径向轴承46和气体推力轴承48)。对于所示的实施方案

案而言,润滑流动路径52为流体轴承提供润滑。一般来讲,可从封闭流动路径30泄放工作流体31以向气体径向轴承46和/或气体推力轴承48提供润滑。例如,气体推力轴承48可与封闭流动路径30气密地密封。此外,气体推力轴承48可利用工作流体31来支撑旋转动力传动系统20。

[0036] 如图所示,可从封闭流动路径30的压缩机区段23泄放工作流体31以向润滑流动路径52提供工作流体31。例如,可使用压缩机泄放阀53从压缩机24泄放工作流体31。因此,对于所示的实施方案而言,工作流体31随后在上游和下游输送通过每个流体轴承。对于所示的实施方案而言,在向流体轴承提供润滑之后,工作流体31由容纳结构56收集并返回到润滑流动路径52并且随后返回到工作流体31的封闭流动路径30。以此方式,容纳结构56流体地连接到封闭流动路径30。在另一个实施方案中,工作流体31可直接从容纳结构56返回到封闭流动路径30。值得注意的是,容纳结构56包括前向密封件61和后向密封件62以与旋转动力传动系统20形成密封。应当理解,可提供任何合适的容纳结构56。例如,在其他实施方案中,可提供多个单独容纳结构56,每个流体轴承有一个容纳结构。应当认识到,在其他实施方案中,可从膨胀机区段26(诸如从膨胀机28)泄放工作流体31。

[0037] 现在参见图2,示出了可在图1的示例性涡轮机10中利用的压缩机24的剖视图。对于所描绘的实施方案而言,压缩机24是离心压缩机,但应当认识到可在涡轮机10中利用其他类型的压缩机24。例如,压缩机24可为轴向压缩机。压缩机24通常可包括工作流体31的入口34和出口36以将压缩机24流体地耦接到涡轮机10的其他部件(例如,膨胀机28和热交换器32)。例如,压缩机24可至少部分地限定封闭流动路径30。

[0038] 压缩机24可包括容纳压缩机24的内部结构的压缩机壳体40。多个叶轮38可耦接到旋转动力传动系统20以顺序地压缩工作流体31。对于所示的实施方案而言,叶轮38耦接到旋转动力传动系统20。例如,旋转动力传动系统20可使用膨胀机28(参见例如图1)所提取的机械能来驱动叶轮38。此外,叶轮38和压缩机壳体40可至少部分地限定封闭流动路径30。一般来讲,叶轮38可相对于中心线22径向向外地旋转和加速工作流体31。此类径向加速会压缩工作流体31。在所描绘的实施方案中,压缩机24包括低压区域42和高压区域44。低压区域42可包括前级叶轮38。高压区域44可包括后级叶轮38。

[0039] 对于所示的实施方案而言,压缩机24包括至少一个推力室50。推力室50可定位在叶轮38中的一个叶轮的下游。对于所示的实施方案而言,推力室50定位在最后一个叶轮38后面的高压区域44中。应当认识到,在其他实施方案中,推力室50可定位在叶轮38中的任何一个叶轮处。例如,推力室50可定位在低压区域42中的叶轮38中的一个叶轮处。仍在其他实施方案中,推力室50可定位在第一叶轮38前面。

[0040] 现在参见图3,示出了轴向载荷管理系统100的示意图,该轴向载荷管理系统包括可在图1的示例性涡轮机10中利用的气体推力轴承48。对于所示的实施方案而言,轴向载荷管理系统100包括推力轴承组件47。在该示例性实施方案中,推力轴承组件47包括推力轴承外壳60。在某些实施方案中,推力轴承外壳60可为容纳结构56(参见例如图1)的部件。另外,在其他实施方案中,推力轴承外壳60可为单独部件。另外,推力轴承外壳60可耦接到压缩机壳体40(参见例如图2)。此外,对于所描绘的实施方案而言,推力轴承组件47包括推力镜板58。推力镜板58可耦接到旋转动力传动系统20,使得推力镜板58随旋转动力传动系统20一起旋转。例如,推力镜板58可相对于中心线22从旋转动力传动系统20径向地延伸。对于该示

例性实施方案而言,推力轴承组件47还包括气体推力轴承48。气体推力轴承48可在推力镜板58与推力轴承外壳60之间延伸。

[0041] 气体推力轴承48可用于由轴向载荷支撑旋转动力传动系统20。例如,可将工作流体31从封闭流动路径30泄放并供应给气体推力轴承48,如从图1中可以看出。然后可通过气体推力轴承48将工作流体31排出到气体推力轴承48与推力镜板58之间限定的间隙76中。在所示的实施方案中,间隙76中的工作流体31在推力镜板58与气体推力轴承48之间形成膜。该膜可润滑并缓冲推力镜板58。例如,该膜可允许轴向载荷从推力镜板58转移,经过气体推力轴承48,并且随后施加到推力轴承外壳60。在润滑并缓冲推力镜板58之后,可由容纳结构56收集工作流体31并且使该工作流体返回到封闭流动路径30。

[0042] 在该示例性实施方案中,推力镜板58的前面和后面均由气体推力轴承48界定。例如,推力镜板58前面的气体推力轴承48可由前向轴向载荷支撑推力镜板58,并因此支撑旋转动力传动系统20。类似地,推力镜板58后面的气体推力轴承48可由后向轴向载荷支撑推力镜板58和旋转动力传动系统20。应当认识到,在其他实施方案中,推力镜板58可仅在一个侧面上由气体推力轴承48界定。

[0043] 对于所示的实施方案而言,轴向载荷管理系统100包括阀供给管线68。阀供给管线68可流体地耦接到封闭流动路径30(如针对图5更详细描述)。此外,对于该示例性实施方案而言,阀70定位在阀供给管线68内以选择性地允许工作流体31在封闭流动路径30与推力室50之间流动。例如,可完全打开阀70以允许工作流体31从封闭流动路径30流动到推力室50。类似地,可部分地关闭阀70以限制工作流体31在封闭流动路径30与推力室50之间的流动。另外,可完全关闭阀70以防止工作流体31穿过阀供给管线68。

[0044] 仍参见图3,对于所描绘的实施方案而言,由旋转表面72和固定表面74限定推力室50。固定表面74可耦接到或形成有涡轮机10的静态结构。例如,固定表面74可耦接到容纳结构56或涡轮机10的另一个壳体,诸如压缩机壳体40。旋转表面72可耦接到旋转动力传动系统20。例如,旋转表面72可相对于中心线22从旋转动力传动系统20径向地向外延伸。在其他实施方案中,旋转表面72可与旋转动力传动系统20一体地形成。例如,旋转动力传动系统20可包括旋转表面72。另外,在其他实施方案中,旋转表面72可形成有或耦接到任何其他旋转结构,诸如叶轮38。至少一个密封件78可定位在旋转表面72与固定表面74之间。密封件78可为本领域已知的任何密封件,诸如但不限于迷宫式密封件、流体动压式密封件或碳密封件。

[0045] 对于所示的实施方案而言,推力室50用于修改旋转动力传动系统20上的轴向载荷。例如,可由阀供给管线68供应工作流体31以对推力室50加压。改变推力室50的压力可改变旋转表面72上的力。例如,推力室50中的加压工作流体31可作用于旋转表面72的区域。因此,对于所示的实施方案而言,推力室50对旋转表面72施加前向力并因此对旋转动力传动系统20施加前向力。从阀供给管线68供应更多工作流体31可增加推力室50的压力,并因此增加对旋转动力传动系统20施加的前向力。另选地,从推力室50泄放空气可减小其压力,并因此减小对旋转动力传动系统20施加的前向力。应当认识到,在其他实施方案中,旋转表面72可在后面,而固定表面74可在前面。在此类实施方案中,推力室50可在旋转动力传动系统20上提供后向力。通过改变旋转动力传动系统20上的轴向载荷,推力室50可修改作用于气体推力轴承48的轴向载荷。

[0046] 对于所描绘的实施方案而言,轴向载荷管理系统100包括附接到推力轴承外壳60

或气体推力轴承48中的至少一者的传感器64。传感器64可用于测量气体推力轴承48上的轴向力。例如，传感器64可为力换能器。力换能器通常将机械力转换成电输出信号。在某些实施方案中，力换能器可为包含应变计的载荷单元。在此类实施方案中，载荷单元的变形改变应变计的电特性，该电特性可与向载荷单元施加的力关联。在某些实施方案中，传感器64可为温度传感器。温度传感器通常可确定推力轴承外壳60、气体推力轴承48或推力镜板58中的至少一者的温度。此外，推力轴承组件47的各种部件的温度可与作用于气体推力轴承48的力关联。在另一个实施方案中，传感器64可为压力传感器。压力传感器通常可确定推力轴承组件47内容纳的流体的压力。例如，压力传感器可确定工作流体31的压力。此外，推力轴承组件47内的流体的压力可与作用于气体推力轴承48的力关联。

[0047] 在所示的实施方案中，轴向载荷管理系统100包括附接到推力轴承组件47的两个传感器64。例如，一个传感器64可附接在推力轴承组件47的前端的推力轴承外壳60和/或气体推力轴承48处。第二传感器64可附接在推力轴承组件45的后端的轴承外壳60和/或气体推力轴承48处。在此类实施方案中，这两个传感器64可允许同时确定作用于推力镜板58的轴向载荷的量级和方向。

[0048] 在图3的实施方案中，轴向载荷管理系统100包括控制器66。因此，在若干实施方案中，控制器66可包括被配置为执行多种计算机实现的功能（例如，执行本文所公开的方法、步骤、计算等）的一个或多个处理器和相关联的存储器设备。如本文所用，术语“处理器”不仅是指本领域中称为包括在计算机内的集成电路，而且是指控制器、微控制器、微计算机、可编程逻辑控制器（PLC）、专用集成电路和/或其他可编程电路。

[0049] 另外，存储器设备通常可包括存储器元件，包括但不限于计算机可读介质（例如，随机存取存储器（RAM）、计算机可读非易失性介质（例如，闪存存储器）、软盘、压缩盘-只读存储器（CD-ROM）、磁光盘（MOD）、数字通用盘（DVD）和/或其他合适的存储器元件。此类存储器设备通常可被配置为存储合适的计算机可读指令，该计算机可读指令在由处理器实现时将控制器66配置为执行各种功能。

[0050] 控制器66可通信地耦接到传感器64和/或阀70。对于所示的实施方案而言，控制器66将信号传送到阀70以允许工作流体31在封闭流动路径30与推力室50之间流动。例如，控制器66可传送信号以打开阀70，关闭阀70，和/或部分地关闭阀70。允许工作流体31在封闭流动路径30与推力室50之间流动可改变推力室50的压力并因此改变旋转动力传动系统20上的轴向载荷。通过改变旋转动力传动系统20上的轴向载荷，可降低作用于气体推力轴承48的载荷。

[0051] 仍参见图3，可经由传感器64将气体推力轴承48上的轴向载荷传送到控制器66。可将目标轴向载荷存储在控制器66上。在某些实施方案中，目标轴向载荷可为中性轴向载荷。例如，目标轴向载荷可使得前向轴向力和后向轴向力都不作用于气体推力轴承48。控制器66可确定目标轴向载荷与传感器64所传送的实测轴向载荷之间的差值。在某些实施方案中，控制器66可使用传感器64所传送的实测轴向载荷来确定气体推力轴承48上的轴向载荷的导数。在其他实施方案中，控制器66可使用传感器64所传送的实测轴向载荷来确定轴向载荷的积分。控制器66可使用目标轴向载荷与实测轴向载荷之间的差值、轴向载荷的导数或轴向载荷的积分中的至少一者来确定轴向载荷调节。此外，控制器66可将信号传送到阀70以修改作用于气体推力轴承48的轴向力。

[0052] 在某些实施方案中,控制器66可为闭环控制器。闭环控制器可将修改的输出与目标输入进行比较,并且对控制变量作出进一步调节。例如,控制器66可基于从传感器64传送的信号来确定作用于气体推力轴承48的修改的轴向载荷。此外,控制器66可传送信号以基于修改的轴向载荷与目标轴向载荷之间的差值、修改的轴向载荷的导数和/或修改的轴向载荷的积分来进一步改变推力室50的压力和轴向载荷。

[0053] 现在参见图4,根据本公开的各方面示出了定位在涡轮机10的压缩机24的级间处的示范性推力室50的剖视图。在所示的实施方案中,推力室50定位在一个叶轮38的后面和另一个叶轮38的前面。此外,对于所描绘的实施方案而言,前向叶轮38是部分地限定推力室50的旋转表面72。例如,改变推力室50的压力会改变作用于旋转表面72的压力,并因此改变旋转动力传动系统20上的轴向载荷。对于所示的实施方案而言,阀供给管线68可将推力室50流体地耦接到具有比推力室50更低的压力的一段封闭流动路径30,诸如低压区域42。在此类实施方案中,可经由阀供给管线68将工作流体31从推力室50泄放到封闭流动路径30。例如,从推力室50泄放工作流体31可减小其压力。通过减小推力室50的压力,可减小对旋转表面72施加的前向轴向力。

[0054] 现在参见图5,根据本公开的各方面示出了包括两个推力室50的轴向载荷管理系统100的实施方案的剖视图。如针对图3简要描述的,阀供给管线68可将推力室50流体地耦接到封闭流动路径30。例如,至少一个端口80可允许工作流体31向和/或从推力室50传递。此外,推力室50可与封闭流动路径30气密地密封。例如,阀70可允许工作流体31在推力室50与封闭流动路径30之间流动并因此改变推力室50的压力。

[0055] 在所描绘的实施方案中,推力室50定位在压缩机24的高压区域44中。例如,推力室50可定位在压缩机24的最后一个叶轮38后面。因此,对于所示的实施方案而言,阀70流体地耦接到涡轮机10的压缩机区段23。对于所示的实施方案而言,与封闭流动路径30的压力相比,推力室50的压力可相对较高。因此,从控制器66传送信号以打开或部分地打开阀70可允许工作流体31经由阀供给管线68从推力室50流动到封闭流动路径30。在此类实施方案中,打开阀70可减小推力室50的压力。

[0056] 仍参见图5,在某些实施方案中,阀供给管线68还可包括辅助供给管线90。例如,辅助供给管线90可用于将阀供给管线68流体地耦接到定位在封闭流动路径30中的两个或更多个端口80。因此,对于所示的实施方案而言,推力室50可经由阀供给管线68和两个或更多个端口80在多个位置处流体地耦接到封闭流动路径30。还应当认识到,阀供给管线68可包括不止一个阀70。例如,辅助供给管线90可包括定位在辅助供给管线90内的另一个阀70以选择性地允许工作流体31流过辅助供给管线90。

[0057] 在所示的实施方案中,旋转表面72可限定推力室50的前面和后面。在此类实施方案中,旋转表面72前面和后面的相对面积将决定推力室50所施加的力作用于什么方向。例如,在所描绘的实施方案中,相对于推力室50后面的表面积而言,旋转表面72在推力室50前面的表面积更大。因此,推力室中的加压工作流体31可对旋转动力传动系统20施加前向力。

[0058] 在所示的实施方案中,轴向载荷管理系统100包括第一推力室82和第一阀84。例如,第一阀84可选择性地允许工作流体31在第一推力室82与封闭流动路径30之间流动。此外,对于所示的实施方案而言,轴向载荷管理系统100包括第二推力室86和将封闭流动路径30流体地耦接到第二推力室86的第二阀88。第二阀88可选择性地允许工作流体31在封闭流

动路径30与第二推力室86之间流动。例如,控制器66可传送信号以打开第二阀88,关闭第二阀88,和/或部分地关闭第二阀88。通过打开、关闭和/或部分地关闭第二阀88,可改变第二推力室86的压力。第二推力室86的压力的该变化可修改旋转动力传动系统20上的轴向力并因此修改气体推力轴承48上的载荷。例如,在所示的实施方案中,打开第二阀88可允许工作流体31从第二推力室86中的相对较高压力流动到封闭流动路径30,从而减小第二推力室86的压力。压力的减小可减小对旋转表面72施加的前向轴向力并因此修改气体推力轴承48上朝向后向方向的载荷。

[0059] 在某些实施方案中,密封件78中的一个或多个密封件可充当推力室50之间的射流阻滞器。例如,加压工作流体31可能能够穿过密封件78中的至少一个密封件(诸如分隔推力室50的密封件78)在推力室50之间泄漏。在此类实施方案中,推力室50可流体地耦接,使得第一推力室82中的压力大约与第二推力室86中的压力相同。

[0060] 现在参见图6,根据本公开的各方面示出了在低压区域42中包括两个推力室50的轴向载荷管理系统100的一个实施方案的剖视图。例如,推力室50可定位在第一叶轮38的前面。在某些实施方案中,推力室50的压力可低于封闭流动路径30的压力。因此,打开或部分地打开阀70可允许工作流体31经由阀供给管线68从封闭流动路径30流动到推力室50。在此类实施方案中,打开阀70可增加推力室50的压力。因此,增加推力室50的压力可对旋转动力传动系统20施加更大的前向力并因此对气体推力轴承48施加更大的前向力。

[0061] 现在参见图7,根据本公开的各方面示出了用于管理气体推力轴承48上的轴向载荷的方法200的一个实施方案。应当认识到,方法200可与图2至图6中所述的轴向载荷管理系统100或任何其他有能力的系统的任何实施方案一起使用。方法200可包括在步骤202处,使用通信地耦接到控制器66的传感器64来测量气体推力轴承48上的轴向载荷。另一个步骤204可包括确定目标轴向载荷与实测轴向载荷之间的差值。例如,控制器66可将实测轴向载荷与目标轴向载荷进行比较。在某些实施方案中,目标轴向载荷可为中性轴向载荷。例如,中性轴向载荷可由既不在前向方向也不在后向方向上负载的气体推力轴承48限定。方法200可包括在步骤206处,使用通信地耦接到控制器66的传感器64来确定气体推力轴承48上的轴向载荷的导数或积分中的至少一者。例如,在某些实施方案中,方法200包括确定轴向载荷的导数。在其他实施方案中,该方法包括确定轴向载荷的积分。另外,在另外的实施方案中,可确定轴向载荷的积分和导数。

[0062] 在步骤208处,方法200可包括将信号传送到与涡轮机10的压缩机区段23流体地耦接的阀70。该信号可选择性地打开阀70,关闭阀70,或部分地关闭阀70,从而引起流体地耦接到阀70的推力室50的压力发生变化。另外,改变推力室50的压力可修改气体推力轴承48上的轴向力。

[0063] 在某些实施方案中,方法200可与包括两个推力室50的轴向载荷管理系统100(诸如图5和图6所示的轴向载荷管理系统100的实施方案)一起使用。在此类实施方案中,方法200可包括在步骤210处,将信号传送到与涡轮机10的压缩机区段23流体地耦接的第二阀88。该信号可选择性地打开第二阀88,关闭第二阀88,或部分地关闭第二阀88,从而引起流体地耦接到第二阀88的第二推力室86的压力发生变化。例如,改变第二推力室86的压力可修改气体推力轴承48上的轴向力。

[0064] 在附加实施方案中,控制器66可为闭环控制器。在此类实施方案中,方法200可包

括在步骤212处,使用传感器64来测量气体推力轴承48上的修改的轴向载荷。另外一个步骤214可包括基于修改的轴向载荷与目标轴向载荷之间的差值来改变气体推力轴承48上的修改的轴向载荷。例如,控制器66可传送信号以改变推力室50的压力。

[0065] 本书面描述使用示例性实施方案来公开本发明,包括最佳模式,并且还使得本领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。本发明的可专利范围由权利要求书限定,并且可以包括本领域技术人员想到的其他示例。如果这些其他示例包括与权利要求的字面语言没有不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求的字面语言没有实质差异的等同结构元件,则这些其他示例意图在权利要求的范围内。

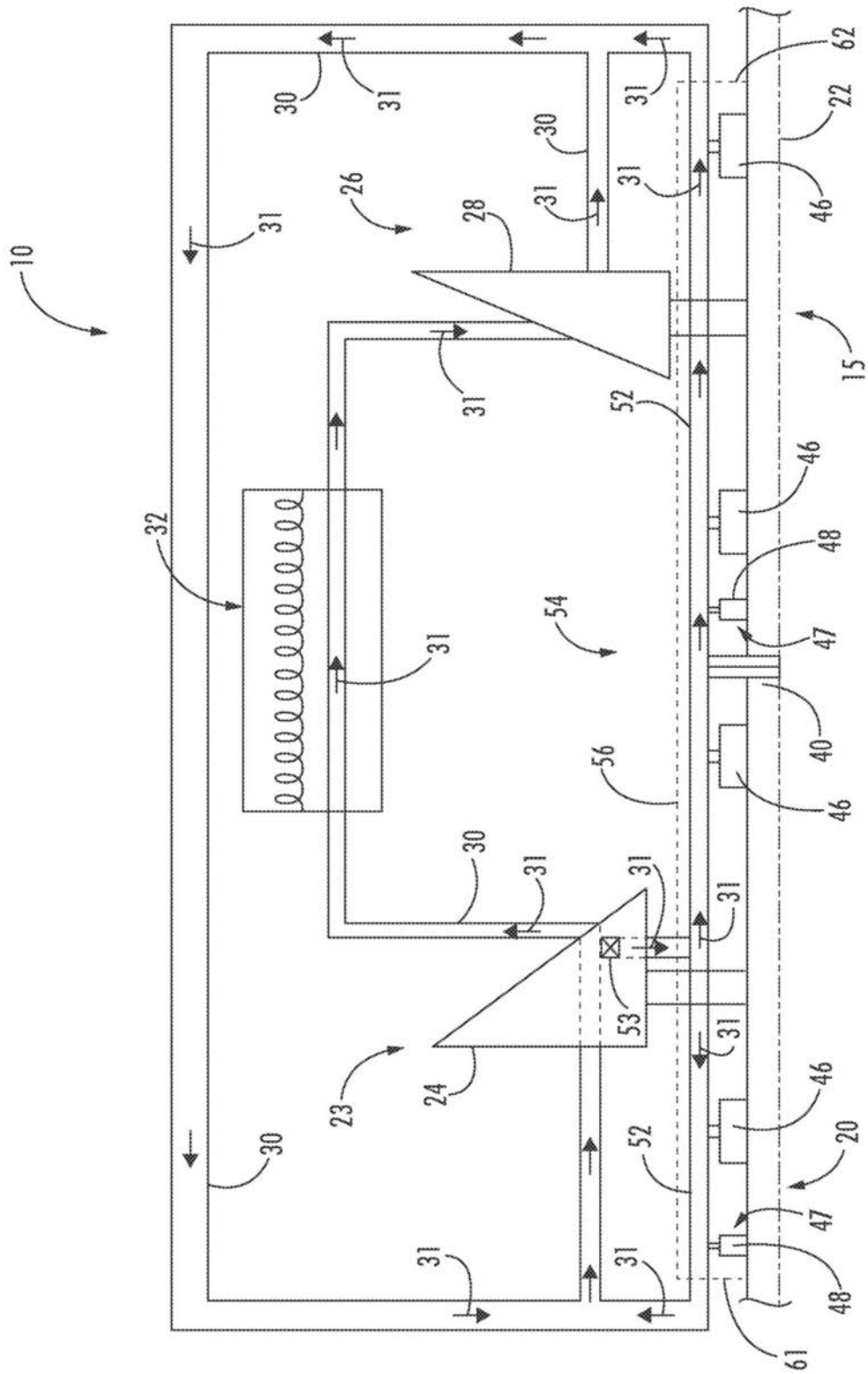


图1



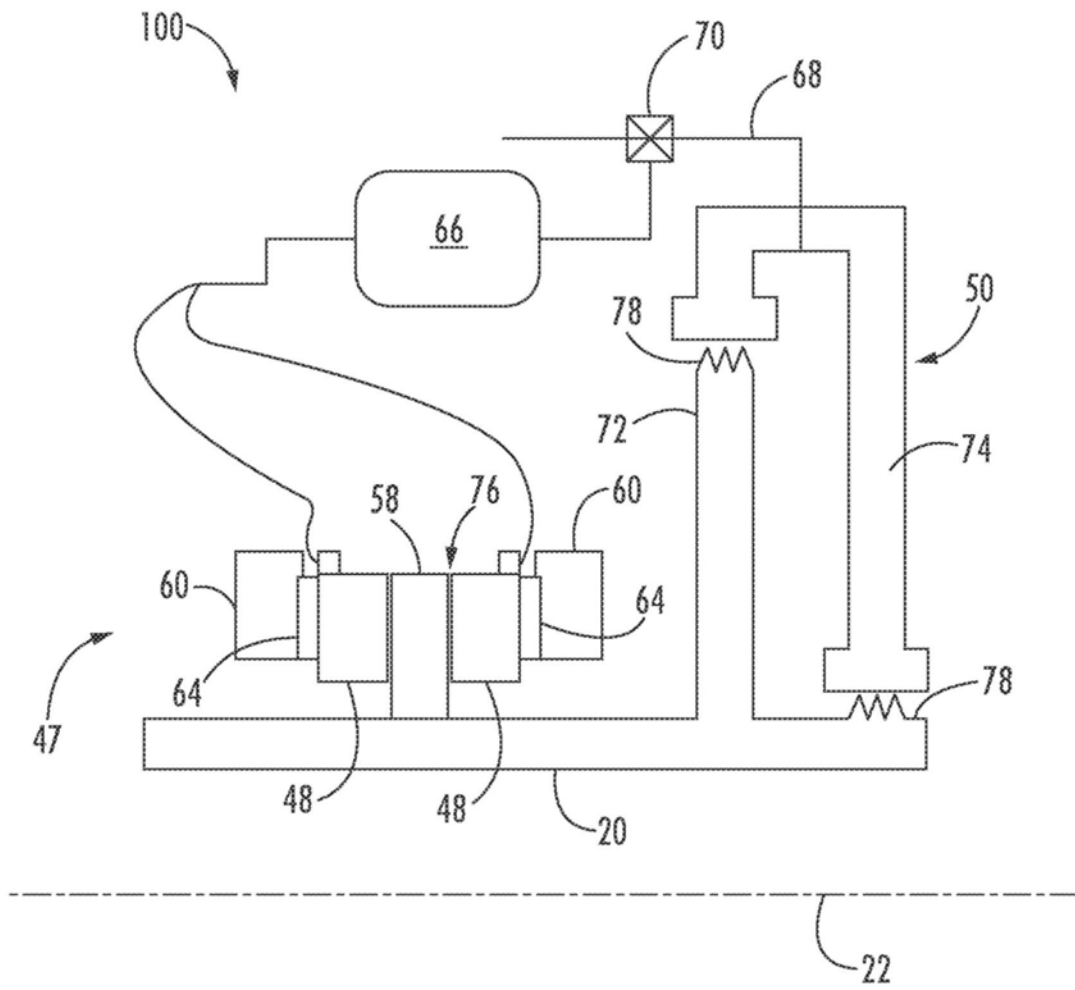


图3



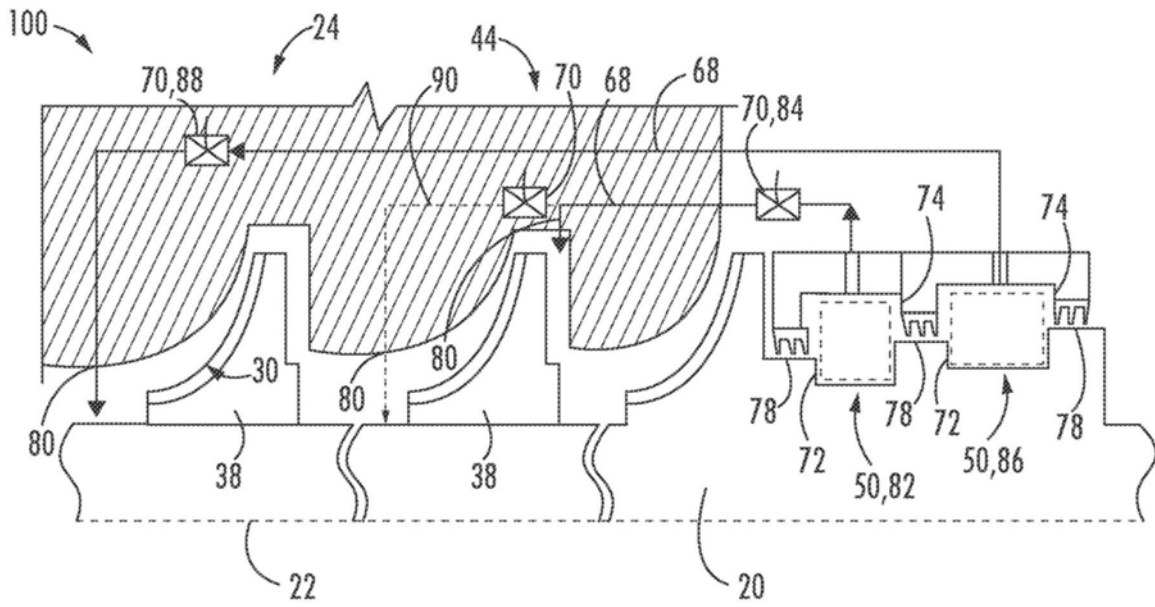


图5

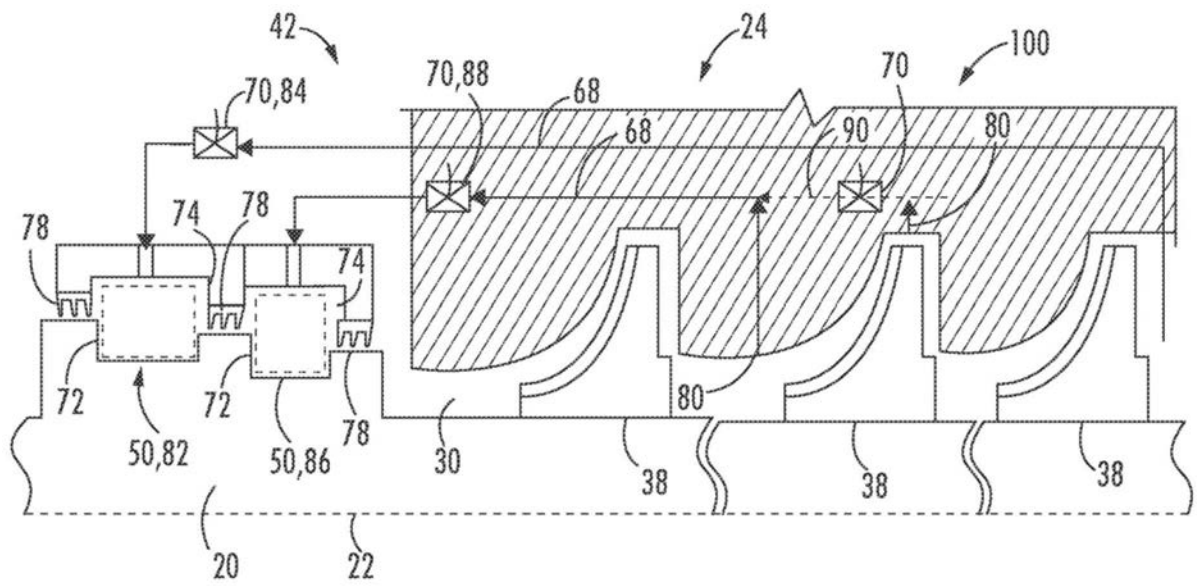


图6

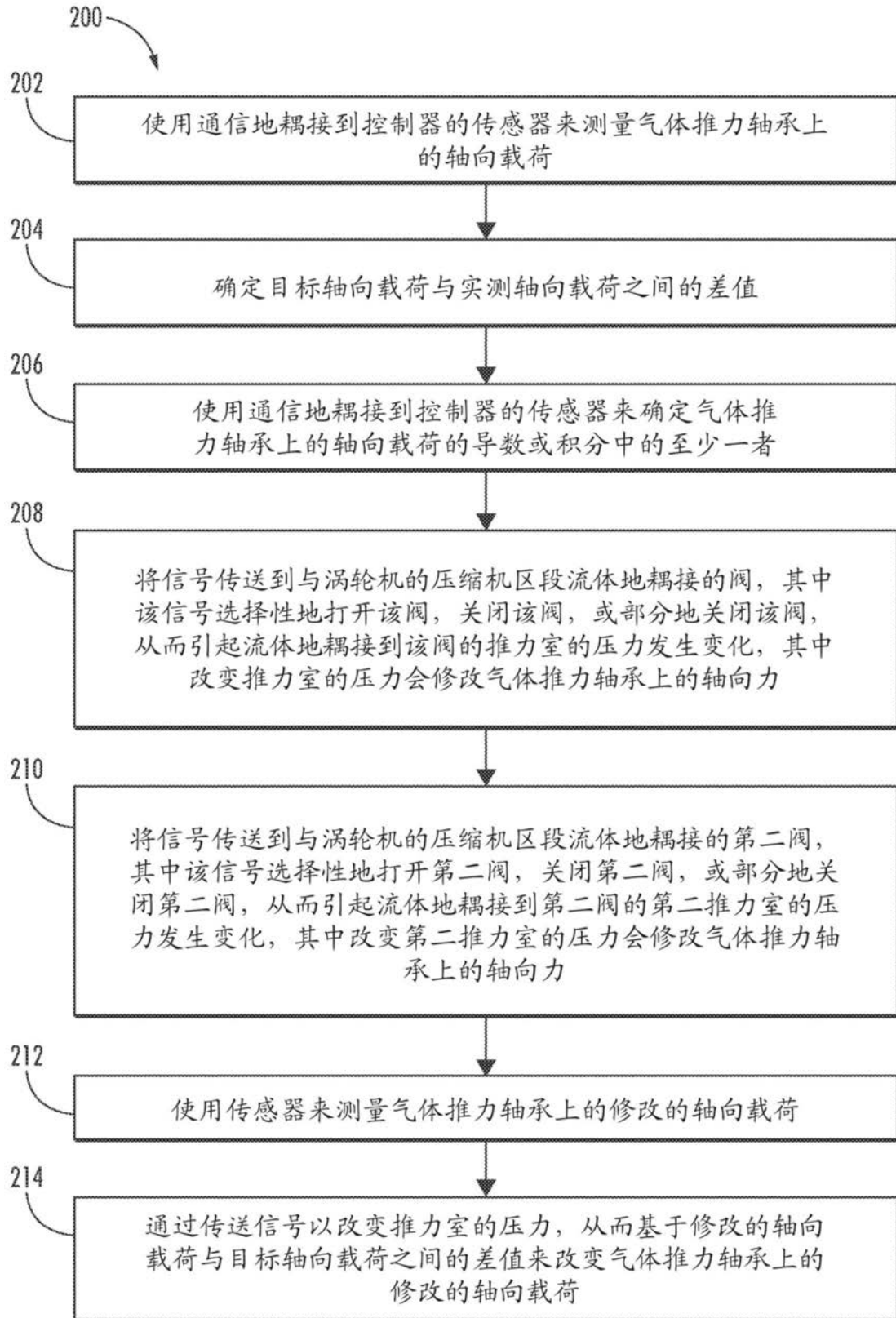


图7