(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103104344 A
(43)申请公布日 2013.05.15

(21)申请号 201210390539.3

(22)申请日 2012.10.15

(30)优先权数据
13/274206 2011.10.14 US

(71)申请人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 P. 恩 G.S. 劳

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 肖日松 严志军

(51)Int.Cl.
F02C 7/14(2006.01)

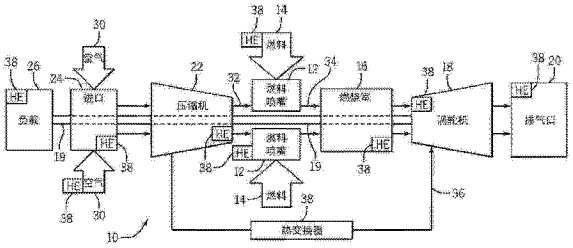
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

用于冷却发动机内的流体流的系统

(57)摘要

本发明提供一种用于冷却发动机内的流体流的系统，所述系统包括发动机，所述发动机具有第一流体通道和第二流体通道，所述第一流体通道和第二流体通道至少部分地彼此邻接。所述系统还包括固态热交换器，所述固态热交换器经配置以在向所述固态热交换器施加电流时，从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。



CN 103104344 A

1. 一种系统，包括：

发动机，所述发动机具有第一流体通道和第二流体通道，所述第一流体通道和所述第二流体通道至少部分彼此邻接；以及

固态热交换器，所述固态热交换器经配置以在向所述固态热交换器施加电流时，从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述第一流体通道经配置以将从所述发动机的压缩机抽取的第一压缩空气输送到所述发动机的涡轮机叶轮空间。

3. 根据权利要求 2 所述的系统，其中所述第二流体通道经配置以输送从所述压缩机排出的第二压缩空气。

4. 根据权利要求 3 所述的系统，包括与所述涡轮机叶轮空间流体连通的传感器，其中所述传感器经配置以输出表示所述涡轮机叶轮空间内流体温度的信号。

5. 根据权利要求 4 所述的系统，包括控制器，所述控制器经配置以通过根据所述信号调整至所述固态热交换器的所述电流来维持所述涡轮机叶轮空间内的所需温度。

6. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述固态热交换器包括至少一个帕尔帖元件。

7. 根据权利要求 6 所述的系统，包括将所述第一流体通道与所述第二流体通道隔开的屏障。

8. 根据权利要求 7 所述的系统，其中第一帕尔帖元件在所述第一流体通道内连接到所述屏障的第一侧，且第二帕尔帖元件在所述第二流体通道内连接到所述屏障的第二侧。

9. 根据权利要求 7 所述的系统，其中所述固态热交换器分布在所述屏障的至少 1 平方米附近。

10. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述固态热交换器经配置以将所述第一流体通道内的流体温度降低至少约 25 摄氏度。

11. 一种系统，包括：

发动机，所述发动机具有第一流体通道和第二流体通道，所述第一流体通道和所述第二流体通道至少部分彼此邻接；

固态热交换器，所述固态热交换器经配置以在向所述固态热交换器施加电流时，从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热；以及

控制器，所述控制器经配置以通过调整至所述固态热交换器的所述电流来维持所述第一流体通道内的所需流体温度。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其中所述第一流体通道经配置以将从压缩机抽取的第一压缩空气输送到涡轮机叶轮空间，且所述第二流体通道经配置以输送从所述压缩机排出的第二压缩空气。

13. 根据权利要求 12 所述的系统，包括与所述涡轮机叶轮空间流体连通的传感器，其中所述传感器经配置以输出表示所述涡轮机叶轮空间内流体温度的信号，且所述控制器经配置以根据所述信号调整至所述固态热交换器的所述电流。

14. 根据权利要求 11 所述的系统，其中所述固态热交换器包括至少一个帕尔帖元件。

15. 根据权利要求 14 所述的系统，包括将所述第一流体通道与所述第二流体通道隔开的屏障，其中第一帕尔帖元件在所述第一流体通道内连接到所述屏障的第一侧，且第二帕尔帖元件在所述第二流体通道内连接到所述屏障的第二侧。

16. 一种系统，包括：

燃气涡轮发动机，所述燃气涡轮发动机包括：

第一流体通道，所述第一流体通道经配置以将从压缩机抽取的第一压缩空气输送到涡轮机叶轮空间；以及

第二流体通道，所述第二流体通道经配置以输送从所述压缩机排出的第二压缩空气；以及

热交换器，所述热交换器经配置以从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。

17. 根据权利要求 16 所述的系统，包括与所述涡轮机叶轮空间流体连通的传感器，其中所述传感器经配置以输出表示所述涡轮机叶轮空间内流体温度的信号。

18. 根据权利要求 17 所述的系统，包括控制器，所述控制器经配置以通过根据所述信号调整所述热交换器的传热来维持所述涡轮机叶轮空间内的所需温度。

19. 根据权利要求 16 所述的系统，包括将所述第一流体通道与所述第二流体通道隔开的屏障，其中所述热交换器包括连接到所述屏障的固态热交换器。

20. 根据权利要求 19 所述的系统，其中所述固态热交换器包括多个帕尔帖元件，至少一个帕尔帖元件在所述第一流体通道内连接到所述屏障的第一侧，且至少一个帕尔帖元件在所述第二流体通道内连接到所述屏障的第二侧。

用于冷却发动机内的流体流的系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于冷却发动机内的流体流的系统及方法。

背景技术

[0002] 某些发电系统包括燃气涡轮发动机，该燃气涡轮发动机经配置以燃烧燃料与压缩空气的混合物，从而产生热燃烧气体。燃烧气体可以流过涡轮机，以产生用于发电机等负载的电力。某些涡轮机包括叶轮空间，该空间位于燃烧气体流动通道外，且包括热敏部件。遗憾的是，热燃烧气体可以从将流动通道与涡轮机叶轮空间隔开的密封件泄漏，从而升高叶轮空间部件的温度。

发明内容

[0003] 以下概述与本发明的范围相符的某些实施例。这些实施例并不旨在限制本发明的范围，而仅在于简要概述本发明的可能形式。实际上，本发明可包括与下述实施例类似或不同的各种形式。

[0004] 在一项实施例中，一种系统包括发动机，所述发动机具有第一流体通道和第二流体通道，所述两个通道至少部分地彼此邻接。所述系统还包括固态热交换器，所述固态热交换器经配置以在向所述固态热交换器施加电流时，从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。

[0005] 在另一项实施例中，一种系统包括发动机，所述发动机具有第一流体通道和第二流体通道，所述两个通道至少部分地彼此邻接。所述系统还包括固态热交换器，所述固态热交换器经配置以在向所述固态热交换器施加电流时，从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。此外，所述系统包括控制器，所述控制器经配置以通过调整向所述固态热交换器施加的电流以在所述第一流体通道内维持所需的流体温度。

[0006] 在进一步实施例中，一种系统包括燃气涡轮发动机，所述燃气涡轮发动机具有第一流体通道，所述第一流体通道经配置以将从压缩机抽取的第一压缩空气输送到涡轮机叶轮空间。所述燃气涡轮发动机还包括第二流体通道，所述第二流体通道经配置以输送从所述压缩机排出的第二压缩空气。此外，所述系统包括热交换器，所述热交换器经配置以从所述第一流体通道向所述第二流体通道传热。

附图说明

[0007] 当参考附图及阅读以下具体实施方式，本发明的这些和其他特征、方面和优点将变得更易理解，在附图中，类似的符号代表所有附图中类似的部分，其中：

[0008] 图 1 是示例性涡轮机系统的方框图，所述示例性涡轮机系统包括热交换器的实施例，所述热交换器经配置以降低流体通道内的流体温度；

[0009] 图 2 是涡轮机系统的一部分的示意图，所述涡轮机系统包括热交换器的实施例，所述热交换器经配置以在相邻流体通道之间传热；以及

[0010] 图 3 是可用于图 2 所示涡轮机系统内的固态热交换器的透视图。

具体实施方式

[0011] 以下将介绍本发明的一项或多项具体实施例。为了简要介绍这些实施例，说明书中可能不会介绍实际实施方案的所有特征。应了解，在任意工程或设计项目中开发任意此类实际实施方案时，均应当做出与实施方案特定相关的各种决定，以实现开发人员的具体目标，例如，是否要遵守系统相关和业务相关约束，这些限制可能会因实施方案的不同而有所不同。此外，应了解，此类开发可能非常复杂耗时，但无论如何对受益于本发明的一般技术人员而言，此类开发仍是常规的设计、建造和制造操作。

[0012] 在介绍本发明各种实施例的元件时，“一”、“一个”、“该”和“所述”旨在表示有一个或多个元件。术语“包括”、“包含”以及“具有”旨在表示包括性含义，且表示除了所列元件外，可能还有其他元件。

[0013] 某些燃气涡轮发动机包括从压缩机级延伸到涡轮机叶轮空间的流体通道。所述流体通道经配置以将压缩空气提供给涡轮机叶轮空间，从而在热燃烧气体与涡轮机叶轮、涡轮机轴和 / 或涡轮机的其他热敏部件之间提供障碍。压缩空气也用于将冷却流提供给多种涡轮机部件。当燃气涡轮发动机在高环境温度环境（例如，高于约 27 摄氏度）中运行时，来自压缩机级的压缩空气向涡轮机叶轮空间提供不充分的冷却。在某些实施例中，可将使流体通道与压缩机排出空气隔开的孔塞移除，以增大流向涡轮机叶轮空间的空气流。遗憾的是，空气流增多可能通过增加涡轮机内的混合损失以减小涡轮机效率。此外，一旦移除孔塞，压缩机排出空气与流体通道之间的通道就将在燃气涡轮发动机运行期间保持开放。因此，当环境温度降低（例如，夜间）时，过量的冷却空气可能提供给涡轮机叶轮空间，从而进一步降低涡轮机效率。

[0014] 本发明的特定实施例可以显著降低涡轮机叶轮空间内的流体温度，而不增大流向涡轮机叶轮空间的流体流（例如，压缩空气流）。例如，某些实施例包括一种燃气涡轮发动机，所述燃气涡轮发动机具有第一流体通道，所述第一流体通道经配置以将从压缩机抽取的压缩空气输送到涡轮机叶轮空间。所述燃气涡轮发动机还包括第二流体通道，所述第二流体通道经配置以输送从所述压缩机排出的压缩空气（例如，输送到燃烧室）。设有热交换器，以用于从第一流体通道向第二流体通道传热，从而降低流向涡轮机叶轮空间的空气流的温度。例如，当燃气涡轮发动机在高环境温度环境（例如，高于约 27 摄氏度）中运行时，可启用热交换器，以冷却流过第一流体通道的压缩空气。因此，借助于热交换器，从压缩机抽取的压缩空气可以向涡轮机叶轮空间提供充分的冷却，而不将额外的空气从第二流体通道引入涡轮机叶轮空间内（例如，不移除将第一流体通道与第二流体通道隔开的孔塞）。由于压缩机排出空气不流入涡轮机叶轮空间内，因此与将过量空气流提供给涡轮机叶轮空间相关的混合损失可以显著地减少或消除。此外，当环境温度降低（例如，夜间）时，可以停用热交换器，从而通过降低热交换器能量利用率来提高涡轮机效率。在某些实施例中，热交换器可以是固态热交换器，所述固态热交换器具有低剖面 (low profile)，以适合用于燃气涡轮发动机的紧密空间内。

[0015] 现在参见附图，图 1 是涡轮机系统 10（例如，燃气涡轮发动机）的方框图，所述涡轮机系统包括热交换器的实施例，所述热交换器经配置以降低流体通道（例如延伸到涡轮

机叶轮空间的流体通道）内的流体温度。涡轮机系统 10 包括燃料喷射器 12、燃料供应源 14 以及燃烧室 16。如图所示，燃料供应源 14 按特定路线将液体燃料和 / 或天然气等气体燃料输送到燃气涡轮机系统 10，燃料通过燃料喷射器 12 进入燃烧室 16 中。如以下描述，燃料喷射器 12 经配置以喷射燃料并将其与压缩空气混合。燃烧室 16 点燃并燃烧燃料空气混合物，然后将热压缩燃烧气体输送到涡轮机 18 中。将了解到，涡轮机 18 包括具有固定轮叶或叶片的一个或多个定子，以及具有相对于定子旋转的叶片的一个或多个转子。燃烧气体通过涡轮机转子叶片，从而驱动涡轮机转子旋转。涡轮机转子与轴 19 之间的连接使轴 19 旋转，从而驱动遍布于燃气涡轮机系统 10 中的若干部件，如图所示。最后，燃烧气体经由排气出口 20 从燃气涡轮机系统 10 中排出。

[0016] 压缩机 22 包括刚性安装到转子的叶片，该转子由轴 19 驱动以旋转。随着空气流过旋转叶片，空气压力升高，从而向燃烧室 16 提供用于适当燃烧的充分空气。压缩机 22 可以经由空气进口 24 将空气输入到燃气涡轮机系统 10。此外，轴 19 可以连接到负载 26，该负载可由轴 19 的旋转提供动力。将了解到，负载 26 可以是可使用燃气涡轮机系统 10 的旋转输出的功率的任何合适装置，例如发电设备或外部机械负载。例如，负载 26 可包括发电机、飞机的推进器等。空气进口 24 经由冷空气进口等合适的机构将空气 30 导入燃气涡轮机系统 10 中。空气 30 随后流过压缩机 22 的叶片，该压缩机向燃烧室 16 提供压缩空气 32。具体地，燃料喷射器 12 可以将压缩空气 32 和燃料 14 作为燃料空气混合物 34 喷射到燃烧室 16 中。或者，压缩空气 32 和燃料 14 可以直接喷射到燃烧室中以进行混合和燃烧。

[0017] 在图示的实施例中，系统 10 包括从压缩机 22 的级（例如，中间压缩机级）延伸到涡轮机 18 内的叶轮空间的流体通道 36。流体通道 36 经配置以将从压缩机 22 抽取的压缩空气提供给涡轮机叶轮空间，从而在热燃烧气体与涡轮机叶轮、涡轮机轴和 / 或涡轮机 18 的其他热敏部件之间提供屏障 (barrier)。压缩空气也用于向多种涡轮机部件提供冷却流。涡轮机系统 10 还包括与流体通道 36 流体连通的热交换器 38。热交换器 38 经配置以从抽取空气流体通道 36 向涡轮机系统 10 内的另一流体通道（例如，压缩机排出流体通道）传热，从而降低流向涡轮机叶轮空间的空气流的温度。例如，当涡轮系统 10 在高环境温度环境（例如，高于 27 摄氏度）中运行时，可启用热交换器 38，以冷却流过流体通道 36 的压缩空气。因此，借助于热交换器 36，从压缩机 22 抽取的压缩空气可以向涡轮机叶轮空间提供充分的冷却，而不将额外的压缩机排出空气导入涡轮机叶轮空间中。因此，涡轮机叶轮空间可以维持在所需温度（例如，小于约 400 摄氏度）下，且与将过量空气流提供给涡轮机叶轮空间相关的混合损失可以显著地减少或消除。此外，当环境温度降低（例如，夜间）时，可以停用热交换器 38，从而通过降低热交换器能量利用率来提高涡轮机效率。

[0018] 尽管以下描述的是经配置以冷却提供给涡轮机叶轮空间的抽取空气的热交换器，但应了解，可在涡轮机系统 10 各处使用其他热交换器，以在相邻流体通道之间传热。例如，在某些实施例中，热交换器 38 可以是固态热交换器，该固态热交换器具有低剖面，以适合用于燃气涡轮发动机 10 的紧密空间内。如图所示，固态热交换器 38 可用于在负载 26、进口 24、空气供应源 30、压缩机 22、燃料喷嘴 12、燃料供应源 14、燃烧室 16、涡轮机 18 和 / 或排气口 20 内的相邻流体通道之间传热。此外，应了解，固态热交换器 38 可用于在一个部件（例如，压缩机、燃烧室、涡轮机等）内的第一流体通道与另一部件（例如，压缩机、燃烧室、涡轮机等）内的第二流体通道之间传热。此外，固态热交换器 38 可用于冷却或加热在涡轮

机系统部件之间延伸的通道内的流体。此外，尽管某些图示的实施例采用固态热交换器在燃气涡轮发动机 10 内的相邻流体通道之间传热，但应了解，替代实施例可使用固态热交换器以在其他发动机配置（例如，往复式发动机、旋转发动机等）的相邻流体通道之间传热。

[0019] 图 2 是涡轮机系统 10 的一部分的示意图，所述涡轮机系统包括热交换器 38 的实施例，所述热交换器经配置以在相邻流体通道之间传热。如图所示，压缩机 22 包括多个级，这些级经配置以逐渐增加流向燃烧室 16 的空气流的压力。在图示的实施例中，压缩机 22 包括第一级叶片 40、第二级叶片 42、第三级叶片 44 以及第四级叶片 46。如图所示，每个叶片沿径向 47 向外延伸，且每个级的叶片沿周向 48 大体均匀地分布在压缩机 22 周围。叶片围绕旋转轴 49 的旋转产生沿轴向 51 流过流体通道 50 的排出空气 32 的流。尽管图示的实施例包括四个压缩机级，但应了解，替代实施例可以包括更多或更少压缩机级（例如，1、2、3、4、6、8、10、12、14、16、18 或更多）。

[0020] 在图示的实施例中，涡轮机系统 10 包括定位于第一级叶片 40 与第二级叶片 42 之间的端口 52。端口 52 经配置以从第一压缩机级抽取压缩空气 53（例如，由第一级叶片 40 压缩的空气）。将了解到，随着空气在每个压缩机级的作用下逐渐受压缩，流体压力增大。因此，端口 52 可以定位于合适的级对之间，以抽取具有所需压力的空气。如图所示，端口 52 连接到导管 54，导管 54 延伸穿过燃气涡轮发动机 10 的转子 56。高压填料密封件 (high pressure packing seal)(HPPS)58 流体连接到导管 54，且经配置以促进小部分（例如，小于约百分之一）抽取空气 53 流入流体通道 36 中。压缩空气的剩余部分流过下游压缩机级，并向涡轮机 18 排出。

[0021] 在图示的实施例中，抽取空气流体通道 36 从 HPPS 58 延伸到涡轮机叶轮空间 60。如图所示，涡轮机叶轮空间 60 邻近涡轮机叶轮 62，涡轮机叶轮 62 经配置以将涡轮机叶片 64 连接到轴 19。如上所述，抽取空气流体通道 36 经配置以向涡轮机叶轮空间 60 提供压缩空气 53，从而在热燃烧气体与涡轮机叶轮 62、涡轮机轴 19 和 / 或涡轮机 18 的其他热敏部件之间提供屏障。抽取空气 53 还用于向多种涡轮机部件提供冷却流。

[0022] 如图所示，排出空气 32 流入燃烧室 16 中并与燃料反应，从而产生燃烧气体 65，该燃烧气体沿轴向 51 和 / 或周向 48 流入涡轮机 18 中。在图示的实施例中，涡轮机 18 包括单个级，其包括第一级轮叶 66 和第一级叶片 64。将了解到，其他涡轮机配置可包括额外的涡轮机级（例如 1、2、3、4、5、6，或更多涡轮机级）。第一级轮叶 66 和叶片 64 沿径向 47 向外延伸，且环绕涡轮机 18 在周向 48 上大体均等地间隔。第一级轮叶 66 刚性安装到涡轮机 18，且经配置以将燃烧气体 65 导向叶片 64。第一级叶片 64 安装到叶轮 62，以使流过叶片 64 的燃烧气体 65 驱动叶轮 62 旋转。叶轮 62 又连接到轴 19，轴 19 驱动压缩机 22 和负载 26。燃烧气体 65 随后流过额外的涡轮机级，如果存在。随着燃烧气体 65 流过每个级，气体中的能量被转化成叶轮 62 的旋转能。通过每个涡轮机级后，燃烧气体 65 沿轴向 51 从涡轮机 18 排出。

[0023] 在图示的实施例中，燃气涡轮发动机 10 包括密封件 68，该密封件经配置以大体阻止燃烧气体 65 流入涡轮机叶轮空间 60 中，从而保护热敏部件（例如，叶轮 62、轴 19 等）免受热燃烧气体 65 的损害。此外，涡轮机系统 10 经配置以在高于燃烧气体 65 的更高压力下向涡轮机叶轮空间 60 提供抽取气体 53，从而进一步降低热燃烧气体 65 进入涡轮机叶轮空间 60 中的可能性。例如，端口 52 可以特别定位于压缩机 22 内，以在图示的涡轮机级处抽

取具有高于燃烧气体65的更高压力的空气。除了阻止燃烧气体65流入涡轮机叶轮空间60中之外，抽取空气53还用于向热敏涡轮机部件（例如，涡轮机叶轮62、轴19等）提供冷却流。

[0024] 但是，当燃气涡轮发动机10在高环境温度环境（例如，高于约27摄氏度中）中运行时，抽取空气53可向涡轮机叶轮空间60提供不充分的冷却。因此，燃气涡轮发动机10包括热交换器38，该热交换器经配置以沿方向69通过将抽取空气流体通道36与排出空气流体通道50隔开的屏障70传热，从而冷却抽取空气53。例如，当环境温度升高到高于阈值（例如，约20摄氏度到约40摄氏度、约22摄氏度到约35摄氏度、约25摄氏度到约30摄氏度，或者约27摄氏度）时，可启用热交换器38。因此，抽取空气53的温度通过热交换器38降低，从而向涡轮机叶轮空间60提供有效冷却，而不将额外的压缩机排出空气32导向涡轮机叶轮空间60。因此，涡轮机叶轮空间60可以维持在所需温度（例如，小于约400摄氏度）下，且与将过量空气流提供给涡轮机叶轮空间60相关的混合损失可以显著地减少或消除。此外，当环境温度降低（例如，夜间）时，可以停用热交换器38，从而通过降低热交换器能量利用率来提高涡轮机效率。

[0025] 在图示的实施例中，热交换器38是固态热交换器，该固态热交换器经配置以在向热交换器38施加电流时，从抽取空气流体通道36向排出空气流体通道50传热。由于图示的固态热交换器38可以具有相对于蒸汽压缩热交换器的较低剖面，热交换器38可以置于燃气涡轮发动机10的紧密空间内。例如，在图示的实施例中，热交换器38被分成两个部分（例如，两个独立的热交换器），这两个部分定位于屏障70的相对侧上。具体地讲，热交换器38的第一部分72在抽取空气流体通道36中连接到屏障70的第一侧73，且热交换器38的第二部分74在排出空气流体通道50中连接到屏障70的第二侧75。在该配置中，热交换器38的第一部分72经配置以从抽取空气53向屏障70传热，且部分74经配置以从屏障70向排出空气32传热。通过将热交换器38的各部分连接到屏障70的每一侧，热交换器38可以提供所需的冷却能力，同时减小屏障70的每一侧上的表面积覆盖。在替代实施例中，热交换器38可以延伸穿过屏障70，从而直接从抽取空气流体通道36向排出空气流体通道50传热。

[0026] 在图示的实施例中，传感器76设于涡轮机叶轮空间60内，且经配置以输出指示涡轮机叶轮空间60内的流体温度（例如，空气温度）的信号。以通信方式连接到传感器76的控制器78经配置以接收所述信号，并且基于所述信号而调整热交换器38的传热。在某些实施例中，控制器78可以经配置以基于涡轮机叶轮空间60的测量温度来调整供应给固态热交换器38的电流，从而改变热交换器38的传热能力并向涡轮机叶轮空间60提供所需的冷却。例如，控制器78可以经配置以将涡轮机叶轮空间60维持在低于最大阈值（例如，约400摄氏度）的温度下。如果涡轮机叶轮空间60的温度升高到高于阈值，则控制器78可以启用热交换器38，以降低抽取空气53的温度，从而向涡轮机叶轮空间60提供额外的冷却。控制器78随后可以调整热交换器38的输出，以将涡轮机叶轮空间60维持在低于最大值的温度下。如果抽取空气53提供充分冷却以在不使用额外冷却的情况下将涡轮机叶轮空间60维持在低于阈值的温度下，控制器78可以停用热交换器38以降低能量利用率。尽管上述阈值为400摄氏度，但应了解，将涡轮机叶轮空间60维持在低于更高或更低的阈值温度（例如约250、300、350、400、425、450、500或550摄氏度）下均为可取的，其取决于涡轮机系

统配置。例如，在某些实施例中，最大阈值温度可以在约 200 摄氏度到约 600 摄氏度之间、在约 250 摄氏度到约 550 摄氏度之间、在约 300 摄氏度到约 500 摄氏度之间、在约 350 摄氏度到约 450 摄氏度之间，或在约 400 摄氏度到约 450 摄氏度之间。

[0027] 在图示的实施例中，热交换器 38 可经配置以将抽取空气 53 的温度降低至少约 10、20、30、40、50、60、70、80 或 90 摄氏度或更多。例如，热交换器 38 可将抽取空气 53 的温度降低约 10 摄氏度到约 100 摄氏度、约 20 摄氏度到约 90 摄氏度、约 30 摄氏度到约 80 摄氏度、约 40 摄氏度到约 70 摄氏度，或约 50 摄氏度到约 60 摄氏度。但是，由于流过抽取空气流体通道 36 时的流动速率远小于流过排出空气流体通道 50 时的流动速率（例如，抽取小于约百分之一的压缩机空气），因此排出空气 32 的温度可能仅略微升高。例如，在某些实施例中，抽取空气 53 与流过压缩机的总空气流的比率小于约 0.3%、0.6%、0.8%、1%、1.2%、1.5%或 2%，或更多。在进一步实例中，抽取空气 53 与流过压缩机的总空气流的比率可以在约 0.2%到约 2%之间、在约 0.4%到约 1.8%之间、在约 0.6%到约 1.6%之间、在约 0.8%到约 1.4%之间，或在约 1.0%到约 1.2%之间。因此，在某些实施例中，如果抽取空气 53 的温度降低约 25 摄氏度，则排出空气 32 的温度可以升高约 0.05 摄氏度。此外，如果抽取空气 53 的温度降低约 50 摄氏度，则排出空气 32 的温度可以升高约 0.1 摄氏度。排出空气温度的略微升高对燃烧和 / 或流过涡轮机 18 的影响可忽略不计。

[0028] 图 3 是可用于图 2 所示涡轮机系统 10 内的固态热交换器 38 的透视图。如图所示，固态热交换器 38 包括多个帕尔帖元件 (Peltier element)80，这些元件连接到屏障 70 的第一侧 73。将了解到，每个帕尔帖元件 80 经配置以在向热交换器 38 施加电流时，以与环境热梯度相反的方向传热（例如，从较冷抽取空气 53 到较热排出空气 32）。具体地，每个帕尔帖元件 80 包括多个串行电连接的脚。每个脚包括热接头和冷接头。在向帕尔帖元件 80 施加电流时，从每个脚的冷接头向热接头传热，从而沿方向 69 提供从抽取空气 53 到排出空气 32 的热流量 (heat flux)。

[0029] 热交换器 38 的传热能力至少部分取决于帕尔帖元件 80 的数量、每个元件 80 的大小、每个元件 80 的效率，以及供应给热交换器 38 的电力。因此，帕尔帖元件 80 的数量（以及基于每个元件的大小而形成的覆盖区域）可经特别选择，以获得所需的抽取空气冷却水平。例如，图示的实施例包括 9 个帕尔帖元件 80，这些元件呈 3×3 的布置。但应了解，替代实施例可包括更多或更少元件 80。例如，某些实施例可以在屏障 70 的每一侧上包括至少 100、200、300、400、500、600、700、750、800、850、900、950、1000 或更多帕尔帖元件 80。在进一步实施例中，帕尔帖元件 80 可以仅连接到屏障 70 的第一侧 73，或者仅连接到屏障 70 的第二侧 75。此外，帕尔帖元件 80 分布于屏障 70 的宽度 82 与长度 84 的范围内。在某些实施例中，帕尔帖元件 80 可以覆盖至少约 0.5、0.7、0.9、1、1.1、1.3 或 1.5 平方米或更大的区域。

[0030] 此外，由于热交换器 38 的传热能力至少部分取决于向每个帕尔帖元件 80 供应的电流，因此控制器 78 可以通过改变供应给热交换器 38 的电流来调整从抽取空气 53 到排出空气 32 的传热。例如，如果传感器 76 检测到涡轮机叶轮空间 60 内的流体温度大于最大阈值温度（例如高于约 400 摄氏度），则控制器 78 可以启用热交换器 38，以降低抽取空气 53 的温度，从而冷却涡轮机叶轮空间 60。此外，控制器 78 能够以闭合环路的方式调整抽取空气 53 的冷却，以将叶轮空间 60 维持在略低于最大阈值温度的温度处。因此，热交换器 38

所用的电力可以限于足以提供所需冷却程度的电力。因此，相较于将额外的压缩机排出空气提供给涡轮机叶轮空间 60 且在空气流与燃烧气体流之间经受混合损失的实施例，图示的实施例可提高涡轮机效率。

[0031] 尽管上述固态热交换器 38 经配置以从抽取空气 53 向排出空气 32 传热，但应了解，热交换器 38 可以经配置以通过使经过每个帕尔帖元件 80 的电流反向，而从排出空气 32 向抽取空气 53 传热。此外，尽管图示的固态热交换器 38 采用帕尔帖元件 80，但应了解，替代实施例可以采用其他固态热交换器元件，例如热离子装置、热通道 (thermotunnel) 装置和 / 或热声装置。此外，应了解，某些实施例可使用蒸汽压缩热交换器和 / 或其他热交换器配置来向抽取空气 53 提供所需程度的冷却。

[0032] 尽管在图示的实施例中，固态热交换器 38 经配置以从抽取空气流体通道 36 向排出空气流体通道 50 传热，但应了解，固态热交换器可以设于涡轮机系统 10 各处，以在相邻流体通道之间传热。例如，在某些实施例中，固态热交换器可以用于从抽取空气流体通道 36 向稀释剂或燃料流通道传热。此外，固态热交换器可以用于从流体通道向涡轮机系统 10 周围的环境空气流传热。在每种配置中，控制器可用于调整热交换器的输出，以获得流体通道内所需的温度。

[0033] 以上描述使用了多个实例来公开本发明，其中包括最佳模式，同时也让所属领域的任何技术人员能够实施本发明，包括制造并使用任何装置或系统，以及实施所涵盖的任何方法。本发明的保护范围由权利要求书限定，并可包括所属领域的一般技术人员想出的其他实例。如果此类其他实例的结构要素与权利要求书的字面意义没有不同，或如果此类其他实例包括的等效结构要素与权利要求书的字面意义无实质区别，则此类其他实例也属于权利要求书的范围。

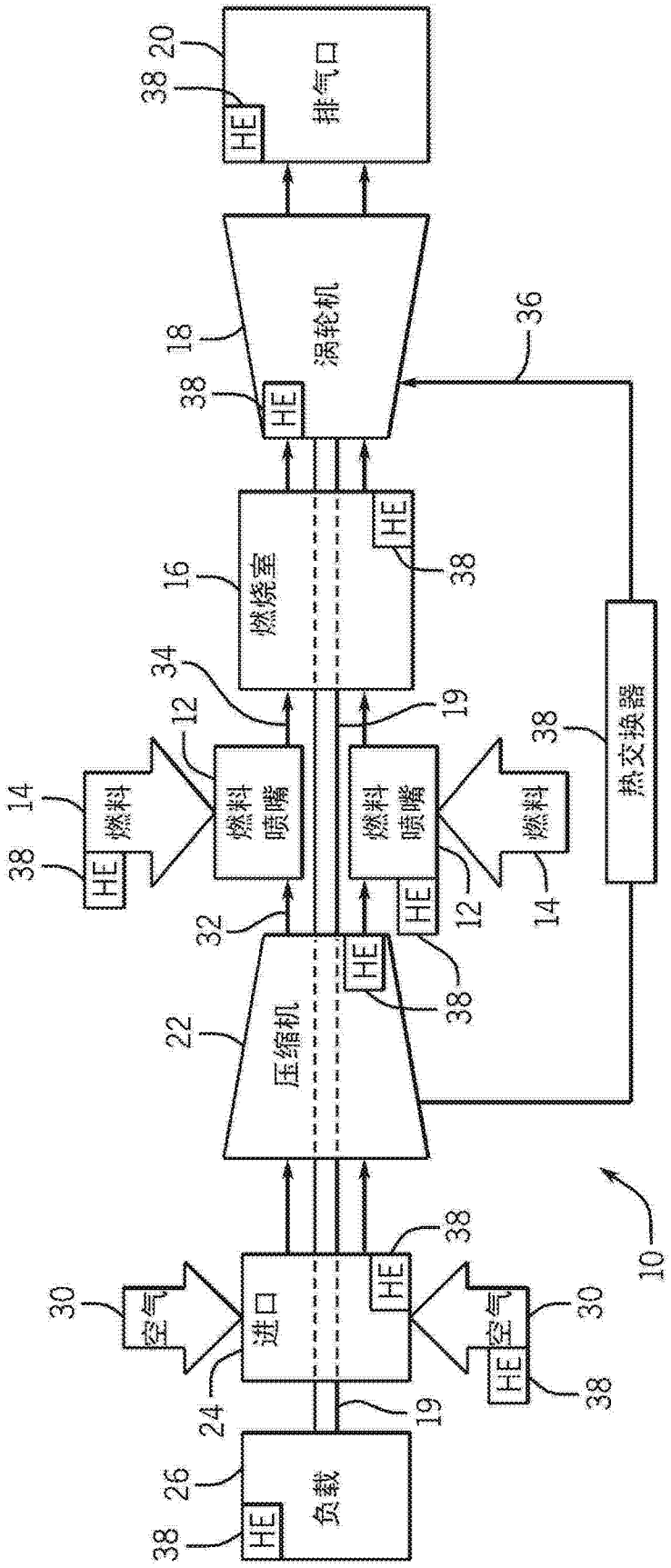

排气口
涡轮机
燃烧室
燃料喷嘴
燃料
燃料喷嘴
燃料
压缩机
热交换器
空气
进口
空气
负载
HE
20
38
18
36
16
34
12
19
14
32
22
10
30
24
26

图 1

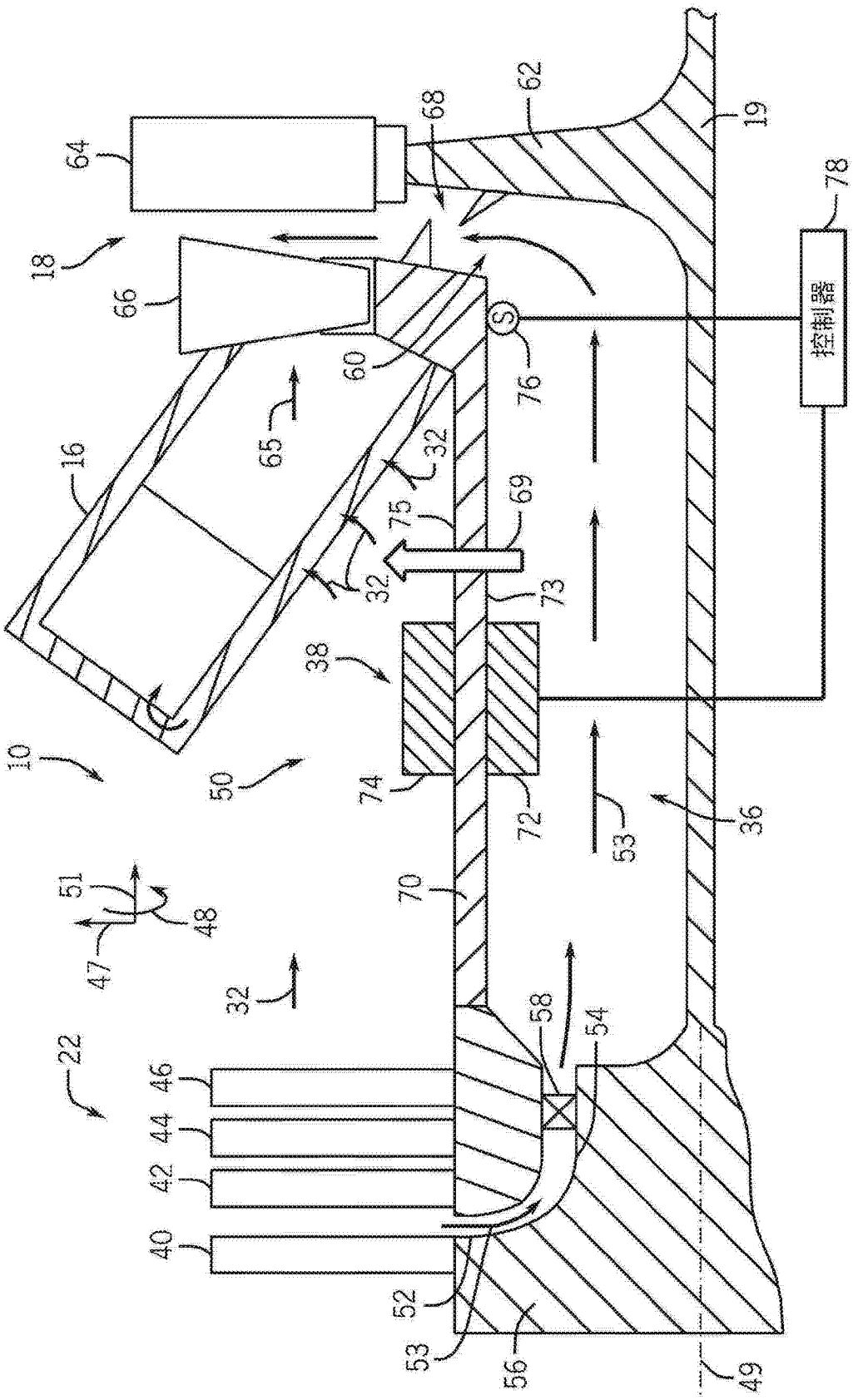


图 2

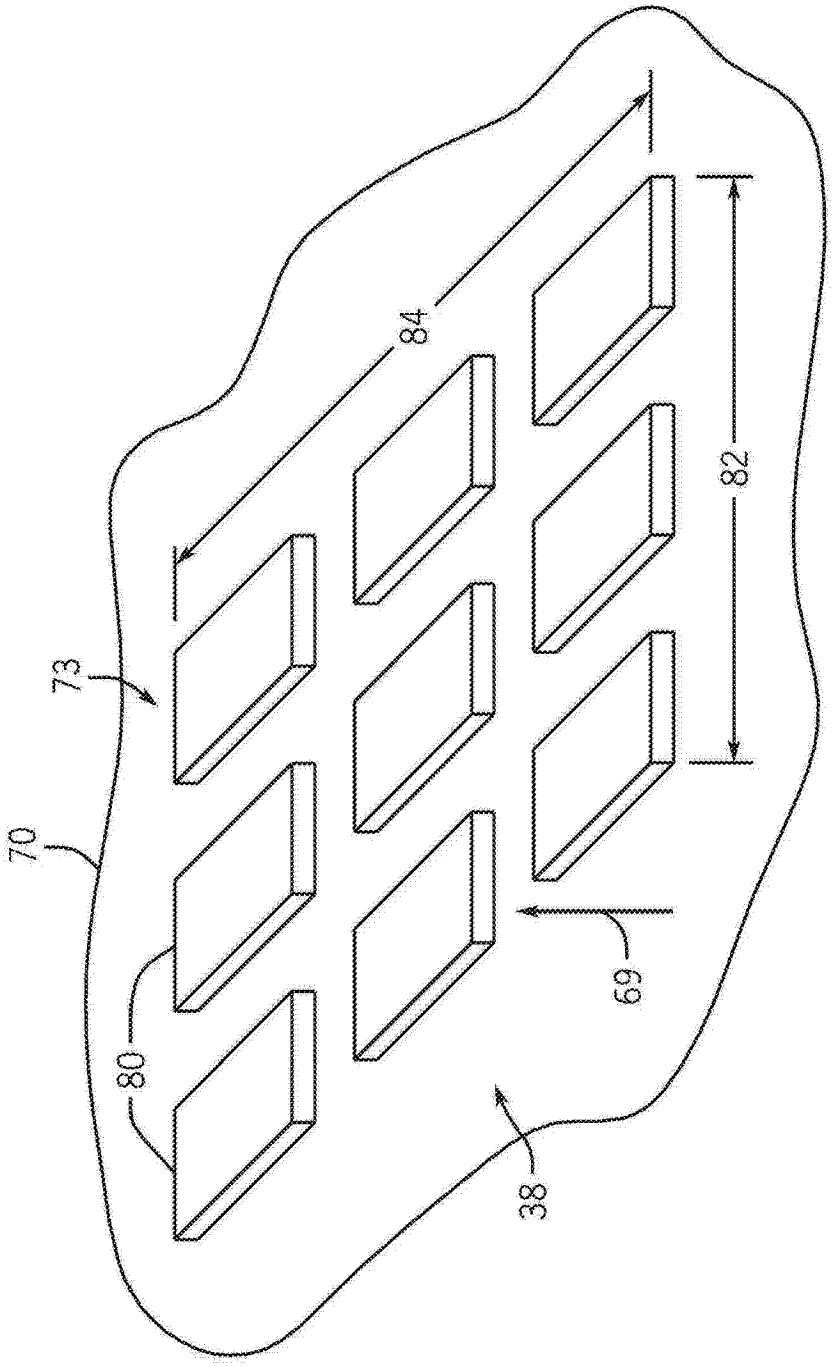


图 3