



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102419211 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201110230294. 3

行.

(22) 申请日 2011. 08. 05

CN 1734242 A, 2006. 02. 15, 附图 1、说明书

第 3 页 19 行至第 4 页第 5 行.

(30) 优先权数据

12/850770 2010. 08. 05 US

审查员 胡涛

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·J·奇拉 J·E·梅斯特罗尼

E·J·考夫曼 A·安萨里

(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 谭祐祥

(51) Int. Cl.

G01J 5/12(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5385202 A, 1995. 01. 31, 附图 1-2、说明书
书第 1 栏第 13 至 20 行, 第 6 栏 57 行至第 7 栏 68

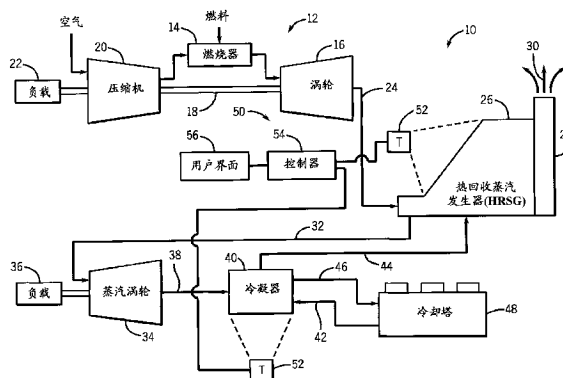
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

用于测量涡轮系统内的温度的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于测量涡轮系统内的温度的系统和方法, 系统 (10) 包括: 辐射检测器阵列 (52), 其构造成使视场 (74) 朝向从涡轮 (16, 34) 到换热器 (26, 40) 的流体流动路径内的多个管道 (60)。辐射检测器阵列 (52) 构造成基于由管道 (60) 所发出的热辐射来输出指示流体流动路径的多维温度分布的信号。该系统 (10) 还包括控制器 (54), 其在通信上联接到辐射检测器阵列 (52)。该控制器 (54) 构造成基于该信号来确定流体流动路径的温度变化并比较该温度变化与阈值。



1. 一种用于测量涡轮系统内的温度的系统 (10), 包括:

辐射检测器阵列 (52), 其构造成使视场 (74) 朝向从涡轮 (16, 34) 到换热器 (26, 40) 的流体流动路径内的多个管道 (60), 其中所述辐射检测器阵列 (52) 包括多个热电堆元件 (98), 其中每个热电堆元件 (98) 针对所述多个管道 (60) 的不同区域, 并且所述辐射检测器阵列 (52) 构造成基于由所述多个管道 (60) 所发出的热辐射来输出指示所述流体流动路径的多维温度分布的信号; 以及

控制器 (54), 其通信地联接到所述辐射检测器阵列 (52), 其中所述控制器 (54) 构造成基于所述信号来确定所述流体流动路径的温度变化, 并且将所述温度变化与阈值进行比较。

2. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述系统 (10) 包括光学聚焦装置 (70, 72), 其构造成将由所述多个管道 (60) 发出的热辐射聚焦到所述辐射检测器阵列 (52) 上。

3. 根据权利要求 2 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述光学聚焦装置 (70, 72) 包括反射镜 (72)、透镜 (70) 之一及它们的组合。

4. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述系统 (10) 包括带通滤波器 (68), 其安置于所述辐射检测器阵列 (52) 与所述多个管道 (60) 之间。

5. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述辐射检测器阵列 (52) 构造成测量具有在红外光谱内的波长的热辐射。

6. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述控制器 (54) 构造成基于所述多个管道 (60) 中的至少一个与所述流体流动路径的平均温度之间的温差来确定温度变化。

7. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述控制器 (54) 构造成基于第一管道 (60) 与第二管道 (60) 之间的温差来确定温度变化。

8. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述系统 (10) 包括所述涡轮 (16, 34) 和所述换热器 (26, 40), 其中所述涡轮 (16, 34) 包括燃气涡轮 (16), 而所述换热器 (26, 40) 包括热回收蒸汽发生器 (26)。

9. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其特征在于, 所述系统 (10) 包括所述涡轮 (16, 34) 和所述换热器 (26, 40), 其中所述涡轮 (16, 34) 包括蒸汽涡轮 (34), 而所述换热器 (26, 40) 包括冷凝器 (40)。

用于测量涡轮系统内的温度的系统和方法

技术领域

[0001] 本文所公开的主题涉及用于测量涡轮系统内的温度的系统和方法。

背景技术

[0002] 某些发电系统包括燃气涡轮发动机，其构造成燃烧燃料与压缩空气的混合物以产生热燃烧气体。燃烧气体可流经涡轮以产生用于负载（诸如发电机）的功率。为了提高效率，某些发电系统采用热回收蒸汽发生器（HRSG）来从涡轮排出的热燃烧气体中捕获能量。通常，HRSG 在与废气流交叉（例如，大致垂直）的方向上输送流体（诸如水）通过多个管道。随着废气流过管道，热从废气传到水，从而产生蒸汽。蒸汽然后被引导通过蒸汽涡轮以产生旋转运动，从而驱动负载，诸如发电机。蒸汽被排到冷凝器，其冷却蒸汽以生成用于 HRSG 的水。例如，冷凝器在与蒸汽流交叉（例如，大致垂直）的方向上通过多个管道输送流体，诸如水。随着蒸汽流过管道，热从蒸汽传到水，从而将蒸汽冷凝为水。

[0003] 如应了解的，进入 HRSG 的废气流的温度变化可降低蒸汽产生过程的效率。例如，如果废气流的一部分比所希望的更冷，那么通过某些管道的水流可能不会被充分地加热到产生蒸汽。相反，如果废气流的一部分比所希望的更热，那么某些管道可经历过度的蒸汽压力。在 HRSG 内的这种流动变化可降低 HRSG 效率和 / 或导致某些 HRSG 构件的过早磨损。类似地，进入冷凝器的蒸汽流的温度变化可降低蒸汽涡轮的效率。例如，蒸汽温度分布中的变化可引起蒸汽涡轮的末级内的密度变化，从而降低涡轮效率。

发明内容

[0004] 以下概述与最初要求保护的发明的范围相称的某些实施例。这些实施例不意图限制所要求保护的发明的范围，而是这些实施例仅意图提供本发明的可能形式的简要总结。实际上，本发明可包括可能类似于或不同于下文所述的实施例的多种形式。

[0005] 在第一实施例中，一种系统包括辐射检测器阵列，其构造成使视场朝向从涡轮到换热器的流体流动路径内的多个管道。辐射检测器阵列构造成基于由管道所发出的热辐射来输出指示流体流动路径的多维温度分布的信号。该系统还包括控制器，其在通信上联接到辐射检测器阵列。该控制器构造成基于该信号来确定流体流动路径的温度变化且比较该温度变化与阈值。

[0006] 在第二实施例中，一种系统包括：涡轮，其构造成向下游方向提供第一流体的流；以及换热器，其构造成接收第一流体的流且从第一流体向第二流体传热。该换热器包括多个管道，其构造成通过第一流体的流动来输送第二流体。该系统还包括辐射检测器阵列，其针对与第一流体的流动方向交叉的换热器的横截面。辐射检测器阵列构造成基于由管道所发出的热辐射来输出指示横截面的多维温度分布的信号。

[0007] 在第三实施例中，一种方法包括：经由辐射检测器阵列获得来自从涡轮到换热器的流体流动路径内的多个管道的热辐射的测量。该方法还包括基于该测量来确定流体流动路径的多维温度分布。该方法还包括基于多维温度分布来确定流体流动路径的温度变化；

以及比较该温度变化与阈值。

附图说明

[0008] 当参考附图阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,在所有附图中,相似的附图标记表示相似的部件,其中:

[0009] 图 1 是组合循环发电系统的实施例的示意图,该系统具有燃气涡轮、蒸汽涡轮、HRSG、冷凝器和热测量系统,热测量系统构造成检测从涡轮到换热器的流体流动路径的过度的温度变化;

[0010] 图 2 是针对从燃气涡轮到 HRSG 的流体流动路径的热测量系统的实施例的示意图;

[0011] 图 3 是针对在流体管道上游的 HRSG 的横截面的热测量系统的实施例的示意图;以及

[0012] 图 4 是用于通过经由热辐射检测器阵列测量流体管道的热辐射来检测流体流动路径的过度的温度变化的方法的实施例的流程图。

[0013] 部件列表

[0014]	10	发电系统
[0015]	12	燃气涡轮发动机
[0016]	14	燃烧器
[0017]	16	涡轮
[0018]	18	轴
[0019]	20	压缩机
[0020]	22	负载
[0021]	24	废气
[0022]	26	热回收蒸汽发生器
[0023]	28	烟囱
[0024]	30	冷却的废气流向
[0025]	32	高压蒸汽
[0026]	34	蒸汽涡轮
[0027]	36	负载
[0028]	38	低压蒸汽
[0029]	40	冷凝器
[0030]	42	冷却水
[0031]	44	水
[0032]	46	热水
[0033]	48	冷却塔
[0034]	50	热测量系统
[0035]	52	热辐射检测器阵列
[0036]	54	控制器
[0037]	56	用户界面

[0038]	58	下游方向
[0039]	60	管道
[0040]	62	第一歧管
[0041]	64	第二歧管
[0042]	66	观察口
[0043]	68	滤波器
[0044]	70	透镜
[0045]	72	反射镜
[0046]	74	视场
[0047]	76	视场角度
[0048]	78	HRSg 横截面
[0049]	80	显示器
[0050]	82	警报器
[0051]	84	曲线图
[0052]	86	X- 轴
[0053]	88	Y- 轴
[0054]	90	曲线系列
[0055]	92	平均温度
[0056]	94	下阈值
[0057]	96	上阈值
[0058]	98	热电堆元件
[0059]	100	数字显示器
[0060]	102	方法流程图
[0061]	104	参看流程图
[0062]	106	参看流程图
[0063]	108	参看流程图
[0064]	110	参看流程图
[0065]	112	参看流程图
[0066]	114	参看流程图
[0067]	116	参看流程图

具体实施方式

[0068] 将在下文中描述本发明的一个或更多个具体实施例。为了提供这些实施例的简洁描述,在说明书中可能没有描述实际实施方式的所有特征。应了解的是,在任何这样的实际实施方式的开发中,如在任何工程或设计项目中,必须做出许多具体实施方式的决定以实现开发者的具体目的,诸如符合系统相关和商务相关的约束,从一个实施方式到另一个,这些约束可不同。此外,应了解的是,这些开发努力可能是复杂的且耗时的,但对于受益于本公开的本领域技术人员仍将是设计、制作和制造的常规任务。

[0069] 当介绍本发明的各种实施例的元件时,冠词“一”、“该”和“所述”意图表示存在一

个或更多个这些元件。术语“包括”、“包含”和“具有”意图是包括性的和意指可存在除了所列元件之外的附加的元件。

[0070] 进入 HRSG 的废气流的温度变化可降低蒸汽产生过程的效率。例如,如果废气流的一部分比所希望的更冷,那么通过某些管道的水流可能不被充分地加热到产生蒸汽。相反,如果废气流的一部分比所希望的更热,那么某些管道可经历过度蒸汽压力。如与接收具有大致均匀的温度分布(例如,温度变化小于大约 25 摄氏度、20 摄氏度、15 摄氏度、10 摄氏度、7 摄氏度、5 摄氏度或 3 摄氏度或更小)的废气流的 HRSG 相比,HRSG 内的这种流变化可降低 HRSG 效率和 / 或导致某些 HRSG 构件的过早磨损。例如,过度的蒸汽压力和 / 或热应力可缩短 HRSG 内的管道、阀、连接器和 / 或其它构件的使用寿命。因此,可能需要监测进入 HRSG 的废气流的温度分布以检测过度的温度变化(例如,大于大约 3 摄氏度、5 摄氏度、7 摄氏度、10 摄氏度、15 摄氏度、20 摄氏度或 25 摄氏度或更大的温度变化)。

[0071] 类似地,从蒸汽涡轮到冷凝器内的蒸汽流的温度变化可降低蒸汽涡轮的效率。例如,蒸汽温度分布中的变化可引起蒸汽涡轮的末级内的密度变化,从而降低涡轮效率。此外,这种密度变化可在叶片经过变化的密度的区域时引起涡轮叶片上的过度磨损。因此,如与输出具有大致均匀的温度分布(例如,温度变化小于大约 25 摄氏度、20 摄氏度、15 摄氏度、10 摄氏度、7 摄氏度、5 摄氏度或 3 摄氏度或更小)的蒸汽流的蒸汽涡轮相比,蒸汽温度变化可降低蒸汽涡轮效率和 / 或导致某些蒸汽涡轮构件的过早磨损。因此,可能需要监测进入冷凝器的蒸汽流的温度分布以检测过度的温度变化(例如,大于大约 3 摄氏度、5 摄氏度、7 摄氏度、10 摄氏度、15 摄氏度、20 摄氏度或 25 摄氏度或更大的温度变化)。

[0072] 本公开的实施例可通过经由热辐射检测器阵列测量延伸通过流体流动路径的管道的热辐射来检测从涡轮到换热器的流体流动路径的温度变化,诸如过度的温度变化。例如,某些实施例可检测从燃气涡轮到 HRSG 的废气流和 / 或从蒸汽涡轮到冷凝器的蒸汽流的温度变化。这些构造可监测流体流动路径的整个二维横截面,从而有助于检测可导致涡轮 / 换热器构件的过早磨损和 / 或降低的效率的操作情况。例如,某些实施例包括辐射检测器阵列,其针对从涡轮到换热器的流体流动路径内的多个管道。辐射检测器阵列构造成基于由管道所发出的热辐射来输出指示流体流动路径的多维(例如二维或三维)温度分布的信号。此外,在通信上联接到热辐射检测器阵列的控制器构造成基于该信号来检测流体流动路径的过度温度变化(例如,通过确定温度变化且比较温度变化与阈值)。例如,控制器可构造成如果管道中的至少一个与流体流动路径的平均温度之间的温差超过阈值则检测到过度的温度变化。替代地,控制器可构造成如果第一管道与第二管道之间的温差超过阈值则检测到过度的温度变化。因为热辐射检测器阵列可监测流体流动路径的整个二维横截面,所以可检测流体流内的基本上所有温度变化。因此,操作者可被通知有过度的温度变化和 / 或控制器可在该情况不利地影响涡轮和 / 换热器之前终止通过换热器的流体流。因此,可延长涡轮 / 换热器构件的使用寿命,从而降低发电系统的操作成本。

[0073] 图 1 是具有燃气涡轮,蒸汽涡轮、HRSG 和冷凝器的组合循环发电系统 10 的实施例的示意图。下面为了对热控制系统的实施例提供环境而描述系统 10,热控制系统构造成检测从涡轮到换热器的流体流动路径的过度的温度变化。应了解的是下文所述的热控制系统可用于检测其它发电系统、涡轮系统、处理设施或包括提供流体流到换热器的涡轮的任何其它系统内的过度的温度变化。在本实施例中,系统 10 包括燃气涡轮发动机 12,其包括燃

烧器 14、涡轮 16、驱动轴 18 和压缩机 20。燃烧器 14 接收燃料,诸如天然气,其可在压力下从燃料喷嘴喷射。该燃料与压缩空气混合并在燃烧器 4 内燃烧,从而生成热的加压废气。燃烧器 14 将废气引向涡轮 16 的废气出口。当来自燃烧器 14 的废气经过涡轮 16 时,驱动涡轮 16 中的叶片旋转,从而使驱动轴 18 沿着燃气涡轮发动机 12 的轴线旋转。如所示出的,驱动轴 18 可连接到燃气涡轮发动机 12 的各种构件,包括压缩机 20。

[0074] 驱动轴 18 将涡轮 16 连接到包括叶片的压缩机 20 的转子。因此,涡轮 16 中的涡轮叶片的旋转引起驱动轴 18 使压缩机 20 内的叶片旋转,驱动轴 18 将涡轮 16 连接到压缩机 20。压缩机 20 中的叶片的旋转使压缩机 20 压缩经由空气进口接收的空气。压缩空气然后被供给到燃烧器 14 且与燃料混合以有助于燃烧。驱动轴 18 也连接到负载 22,其可为固定负载,诸如发电机,用于在发电站中发电。实际上,负载 22 可为通过燃气涡轮发动机 12 的旋转输出来提供动力的任何合适的装置。

[0075] 来自燃气涡轮发动机 12 的废气 24 被引导到 HRSG 26。如在下文中详细地讨论的,HRSG 26 为换热器,其包括多个管道,管道构造成在与通过 HRSG 26 的废气流 24 交叉(例如,大致垂直)的方向上输送二次流体,诸如水。随着废气 24 流过管道,热从废气传到水,从而产生蒸汽。此外,废气的温度显著地降低。在经过 HRSG 26 之后,冷却的废气通过烟囱 28 释放大气,如由箭头 30 所示。如所示出的,所产生的蒸汽 32 被引向蒸汽涡轮 34。

[0076] 当高压蒸汽 32 经过蒸汽涡轮 34 时,涡轮 34 内的叶片被驱动旋转,从而驱动第二负载 36。尽管本实施例包括两个负载 22 和 36,但应了解的是在替代的实施例中燃气涡轮发动机 12 和蒸汽涡轮 34 可联接到相同负载。当蒸汽经过蒸汽涡轮 34 时,压力降低使得低压蒸汽 38 从涡轮 34 排出。如所示出的,低压蒸汽 38 流入冷凝器 40,其冷凝蒸汽。如在下文中详细地讨论的,冷凝器 40 为换热器,其包括多个管道,管道构造成在与蒸汽流交叉(例如,大致垂直)的方向上输送二次流体,诸如水。随着蒸汽流过管道,热从蒸汽传到水 42,从而将蒸汽冷凝为水 44。水 44 流回到 HRSG 26,在此处它由废气 24 加热以产生更高压蒸汽 32。冷却水 42 在冷凝器 40 内被加热且作为热水 46 离开。热水 46 被引向冷却塔 48,冷却塔 48 冷却热水 46 以产生用于冷凝器 40 的冷水 42。尽管在本实施例中高压蒸汽 32 被引向蒸汽涡轮 34,但应了解的是替代的实施例可在使低压蒸汽 38 返回到冷凝器 40 之前将高压蒸汽 32 用于工业过程(例如,气化)。

[0077] 如所示出的,发电系统 10 包括热测量系统 50,其构造成检测从涡轮到换热器的流体流动路径中的温度变化,诸如过度的温度变化。在本实施例中,热测量系统 50 包括两个辐射检测器阵列,诸如示出的热辐射检测器阵列 52,每个针对从涡轮到换热器的流体流动路径。具体而言,一个热辐射检测器阵列 52 针对从燃气涡轮 16 到 HRSG 26 的废气流 24。此外,第二热辐射检测器阵列 52 针对从蒸汽涡轮 34 到冷凝器 40 的蒸汽流 38。热辐射检测器阵列 52 构造成基于由 HRSG 26 或冷凝器 40 内的管道所发出的热辐射来输出指示流体流动路径的多维(例如,二维)温度分布的信号。例如,如在下文中详细地讨论的,每个热辐射检测器阵列 52 可包括多个热电堆元件,其中每个元件针对流体流动路径的不同区域。因为每个检测器阵列构造成输出相应区域的温度,所以可建立流体流动路径的二维温度分布。在某些实施例中,每个热辐射检测器阵列 52 针对与流体流的方向交叉(例如,大致垂直)的换热器横截面。在这些实施例中,可监测流体流动路径的整个二维横截面,由此确保检测流体流的基本上任何温度变化。而且,因为热辐射检测器阵列 52 可监测管道温度而不

直接接触流体,所以检测器阵列 52 可定位于 HRSG 26 和冷凝器 40 外部,从而保护检测器阵列 52 免受热流体流且显著地延长了检测器阵列 52 的使用寿命。

[0078] 如将了解的,热辐射检测器阵列 52 测量来自物体的电磁能以确定物体的温度。例如,检测器阵列 52 可测量具有红外光谱内的波长的热辐射。如在下文中详细地讨论的,某些红外发射的强度可与物体的温度成比例。在某些实施例中,热辐射检测器阵列 52 构造成检测这种发射且输出指示温度的信号。还应了解的是各种热辐射检测器阵列构造可用于确定从涡轮到换热器的流体流动路径的二维温度分布。如先前所讨论的,某些检测器阵列 52 可包括一系列热电堆元件。如将了解的,热电堆包括串联连接的多个热电偶以获得增强的信号输出。热电偶通过在接合处之间产生电动势(emf)来测量热接合处与冷接合处之间的温差。例如,热接合处可朝向换热器管道以测量热辐射,而冷接合处可联接到热沉使得冷接合处的温度大致等于环境温度。因为热电偶串联连接,所以热电堆取得所有热电偶的 emf 之和以提供增强的电压输出。建立热电堆元件的阵列可生成流体流动路径的二维温度分布,其中每个热电堆元件提供相应监测区域的温度。在某些实施例中,热电堆阵列可为单个固态装置,其中每个热电堆元件形成于装置的表面上。替代的实施例可采用辐射高温计、红外检测器(例如,电荷耦合装置(CCD)、焦平面阵列(FPA)等)或构造成输出从涡轮到换热器的流体流动路径的二维温度分布的其它热辐射检测器阵列。

[0079] 在本实施例中,每个热辐射检测器阵列 52 在通信上联接到控制器 54。控制器 54 构造成基于指示由每个热辐射检测器阵列 52 输出的二维温度分布的信号来检测流体流动路径的过度的温度变化(例如,通过确定温度变化且比较温度变化与阈值)。如先前所讨论的,流体流动的过度的温度变化可降低发电系统 10 的效率和/或过早地磨损在涡轮和/或换热器内的某些构件。因此,控制器 54 可监测由每个热辐射检测器阵列 52 测量的二维温度分布以确定流体流动的温度变化是否超过涡轮/换热器设计标准。

[0080] 尽管在本实施例中,单个二维阵列针对每个换热器(例如,HRSG26 和冷凝器 40),但应了解的是在替代的实施例中可采用多个二维阵列以监测换热器的各个区。例如,热辐射检测器阵列 52 可包括沿着流体流动的方向针对换热器的各个二维横截面的多个二维阵列。在某些实施例中,二维阵列可沿着流动方向紧密地隔开使得控制器 54 可生成流体流动路径的三维温度分布,从而使能够检测在换热器内的基本上任何位置处的过度的温度变化。

[0081] 本实施例还包括在通信上联接到控制器 54 的用户界面 56。用户界面 56 可包括数字显示器和/或图形界面,数字显示器构造成显示由热辐射检测器阵列 52 的每个元件所检测的温度,图形界面构造成显示随时间变化的温度。以此方式,操作者可监测温度分布以识别过度的温度变化。此外,用户界面 56 可包括视觉和/或听觉警报器,其构造成警示操作者过度的温度变化。例如,如果控制器 54 确定流体流动路径内的一个管道的温度显著大于平均流体流动路径温度,那么可启动听觉和/或视觉警报器。在某些实施例中,控制器 54 在通信上联接到燃气涡轮系统 10 且构造成响应于检测到过度的温度变化而自动减少或终止通过换热器的流体流。例如,控制器 54 可调整废气 24 的流动路径使得气体绕过 HRSG 26。类似地,如果在冷凝器 40 内检测到过度的温度变化,可减少或终止到蒸汽涡轮 34 的蒸汽流 32。

[0082] 图 2 是针对从燃气涡轮 16 到 HRSG 26 的流体流动路径的热测量系统 50 的实施

例的示意图。如所示出的,废气 24 在下游方向 58 上流入 HRSG 26。HRSG 26 包括多个管道 60,管道 60 构造成在与下游方向 58 交叉(例如,大致垂直)的方向上输送二次流体,诸如水。随着废气 24 流过管道 60,热从废气 24 传到水,从而产生蒸汽。在本实施例中,水 44 由第一歧管 62 供应到管道 60,而蒸汽 32 通过第二歧管 64 排出。如先前所讨论的那样,蒸汽 32 被引向蒸汽涡轮 34 以驱动负载 36,而冷却的废气被引向烟囱 28。尽管在示出的 HRSG 26 内采用六个管道 60,但应了解的是在其它 HRSG 构造内可利用显著更多的管道。在某些实施例中,管道 60 可沿着下游方向 58 且沿着垂直于流动路径的方向安置。在另外的实施例中,HRSG 26 可包括多个级,其中每个级构造成产生用于分开的蒸汽涡轮的蒸汽。尽管示出的热辐射检测器阵列 52 针对从燃气涡轮 16 到 HRSG 26 的流体流动路径,但应了解的是可采用类似的构造来监测从蒸汽涡轮 34 到冷凝器 40 的流体流动路径的二维温度分布。

[0083] 在示出的构造中,热辐射检测器阵列 52 定位在 HRSG 26 外部,从而保护热测量系统 50 免受经过 HRSG 26 的热的废气 24。如所示出的,HRSG 26 包括观察口 66,观察口 66 构造成使热辐射检测器阵列 52 能接收由 HRSG 26 内的管道 60 发出的热辐射。如将了解的,观察口 66 可由对于由阵列 52 测量的波长基本上透明的材料构成。例如,如果检测器阵列 52 构造成监测红外光谱内的热辐射,则观察口 66 可由对于红外辐射基本上透明的材料构成,诸如锗或硅,例如。如将了解的,材料的选择也可取决于通过 HRSG 26 的流体流的预期温度。在某些实施例中,观察口 66 可暴露于超过大约 500 摄氏度、600 摄氏度、700 摄氏度、800 摄氏度、900 摄氏度、1000 摄氏度、1100 摄氏度或 1200 摄氏度或更高的流体温度。因此,可选择透明材料来抵抗这些温度。因为观察口 66 使检测器阵列 52 能够定位于 HRSG 26 外部,所以热辐射检测器阵列 52 可测量从涡轮 16 到 HRSG 26 的流体流动路径的二维温度分布而不暴露于热的废气,从而显著地延长检测器阵列 52 的操作寿命。在替代的实施例中,检测器阵列 52 位于 HRSG 26 内的热绝缘容器内。在这些实施例中,联接到绝缘容器的观察口 66 将检测器阵列 52 与流体流分离,从而保护该阵列 52 免受过度的温度。

[0084] 在本实施例中,滤波器 68 和透镜 70 定位在观察口 66 与热辐射检测器阵列 52 之间。在某些实施例中,检测器阵列 52 可包括多个热电堆元件以测量由管道 60 发出的热辐射。在这些实施例中,每个热电堆元件包括多个电串联的热电偶以提供增强的输出信号。如将了解的,热电堆元件可检测多种热辐射波长。例如,某些热电堆元件可检测范围从大约 0.8 微米至 40 微米的红外光谱内的电磁波长。如还将了解的,红外光谱内的波长的特定子集可特别适合于温度确定。因此,带通滤波器 68 可用于限制入射到检测器阵列 52 上的波长的范围。例如,在某些实施例中,带通滤波器 68 可构造成阻止具有在大约 2 至 20 微米、4 至 18 微米、6 至 16 微米、8 至 14 微米或约 7.2 至 12.4 微米之间的范围外的波长的电磁辐射。因此,滤波器 68 有助于将具有适合于每个热电堆元件的波长范围的热辐射传递到检测器阵列 52 以输出具有与测得的温度成比例的量值的信号。检测器阵列 52 可聚集来自热电堆元件的信号,且输出信号到控制器 54,指示从涡轮 16 到 HRSG 26 的流体流动路径的二维温度分布。

[0085] 应了解的是替代的实施例可采用具有其它波长范围的其它带通滤波器。而且,某些实施例可采用高通滤波器、低通滤波器或可省略滤波器。在另外的实施例中,滤波器可包括在观察口 66 内。而且,尽管在本实施例中使用采用热电堆元件的热辐射检测器阵列 52,但应了解的是在替代的实施例中可采用其它检测器元件,诸如 CCD、FPA 或高温计。

[0086] 本热测量系统 50 还包括光学聚焦装置, 诸如透镜 70, 其构造成将热辐射聚焦到检测器阵列 52 上。如应了解的, 透镜 70 可由任何合适的材料构成, 诸如塑料或玻璃。在某些实施例中, 透镜 70 可与滤波器 68 组合为单个元件。在另外的实施例中, 透镜 70 可被省略使得热辐射直接传递到热辐射检测器阵列 52 上。

[0087] 本实施例还包括第二光学聚焦装置, 诸如示出的反射镜 72。反射镜 72 构造成将热辐射从管道 60 引到热辐射检测器阵列 52 上。在某些实施例中, 反射镜 72 可包括基层 (例如, 玻璃、塑料等) 和安置在基层上的反射性覆层 (例如, 银、铬等)。替代地, 反射镜 72 可由诸如抛光不锈钢的反射性材料制成。本实施例采用凹面镜 72 以建立所希望的视场 74。由于反射镜 72 的形状和热辐射检测器阵列 52 的位置, 建立具有角度 76 的视场 74。例如, 在某些实施例中, 角度 76 可大于大约 5 度、10 度、20 度、40 度、60 度、80 度、100 度、120 度、140 度或 160 度或更大。在某些实施例中, 热辐射检测器阵列 52 可针对 HRSG 26 的整个横截面 78 以建立流体流动路径的二维温度分布。因此, 可选择角度 76 使得视场 74 包括在所希望的测量位置的整个 HRSG 横截面 78。因此, 热测量系统 50 可检测流体流动路径内的任何温度变化。应了解的是替代的实施例可采用凸面镜或基本上平面镜来将热辐射引向检测器阵列 52。在另外的实施例中, 可省略反射镜 72, 且热辐射检测器阵列 52 可朝向流体流动路径。在这些实施例中, 透镜 70 (若存在) 可用于基于透镜 70 的形状和光学性质而建立所希望的视场 74。

[0088] 如先前所讨论的, 本热辐射检测器阵列 52 包括热电堆元件, 其构造成将所检测的热辐射转换成输出信号。因为热电偶元件包括串联连接的多个热电偶, 所以热电堆元件输出具有与每个相应元件的视场内的区域的温度成比例的量值的电信号。检测器阵列 52 可聚集来自热电堆元件的信号, 且输出信号到控制器 54, 指示从涡轮 16 到 HRSG26 的流体流动路径的二维温度分布。控制器 54 构造成接收此信号, 且基于该信号确定 HRSG 横截面 78 的二维温度分布 (例如, 经由查找表、算法等)。在本实施例中, 控制器 54 在通信上联接到用户界面 56, 用户界面 56 包括显示器 80 和警报器 82。显示器 80 构造成显示由每个热电堆元件所检测的温度随时间变化的图示。

[0089] 如所示出的, 显示器 80 包括图表 84, 其具有代表时间的 x 轴 86 和代表温度的 y 轴 88。如先前所讨论的, 检测器阵列 52 的每个热电堆元件构造成输出指示元件的视场内的区域的温度的信号。在本实施例中, 图表 84 包括表示每个区域的温度随时间变化的一系列曲线 90。本图表 84 包括四条曲线 90, 表示热辐射检测器阵列 52 包括四个热电堆元件。然而, 应了解的是检测器阵列 52 可包括更多或更少的元件, 导致显示在图表 84 上的更多或更少的曲线 90。

[0090] 图表 84 还包括指示流体流动路径的平均温度的虚线 92。如先前所讨论的, 热辐射检测器阵列 52 可针对 HRSG 26 的整个横截面 78 以监测流体流动路径的二维温度分布。通过平均在每个区域 (例如, 在每个热电堆元件的视场内的区) 内的温度, 可计算流体流动路径的平均温度。在某些实施例中, 可能希望 HRSG 接收具有在平均流体温度的限定的范围内的温度变化的流体流。因此, 控制器 54 可构造成比较每个区域的温度与平均温度以确定是否存在过度的温度变化。在这些实施例中, 曲线图 84 包括对应于所希望的温度范围的下阈值 94 和上阈值 96。例如, 可能希望某些 HRSG 接收在平均流体温度的 25 摄氏度、20 摄氏度、15 摄氏度、10 摄氏度、7 摄氏度、5 摄氏度、或 3 摄氏度或更低范围内的流体。在这些构造

中,如果一个区域内的温度超过上阈值 96 或降低小于下阈值 94,则控制器 54 可识别 HRSG 26 内的过度的温度变化。替代地,上阈值 96 和下阈值 94 可基于所检测的温度与平均温度之间的百分比差来限定。例如,在某些实施例中,可能希望 HRSG 26 接收在平均流体温度的 15%、12%、10%、8%、6%、4%或更小范围内的流体。

[0091] 在替代的实施例中,控制器 54 可构造成通过将区域之间的温差与阈值进行比较而检测从涡轮 16 到 HRSG 26 的流体流动路径内的过度温度变化。在这些实施例中,显示器 80 可构造成示出指示区域的最高检测温度与一区域的最低检测温度之间的差的单个曲线。曲线图也可包括指示最大所希望的温度变化的阈值。如果最高检测温度与最低检测温度之间的温差超过阈值,则控制器 54 可识别流体流动路径内的过度的温度变化。例如,对于某些 HRSG 构造,指示过度的温度变化的阈值可小于大约 25 摄氏度、20 摄氏度、15 摄氏度、10 摄氏度、7 摄氏度、5 摄氏度或 3 摄氏度或更小。替代地,阈值可限定为最小检测温度与最大检测温度之间的百分比差。在这种构造中,阈值可对应于 30%、25%、20%、15%、10%、5%或更小的百分比差。如将了解的,在替代的实施例中可由其它统计方法(例如,标准偏差比较)来检测过度的温度变化。

[0092] 如果检测到过度的温度变化,则控制器 54 可启动用户界面 56 内的警报器 82。如先前所讨论的,警报器 82 可为听觉警报器和/或视觉警报器,其构造成警示操作者所检测到的情况。操作者然后可采取适当的校正措施来解决流体温度变化。此外,控制器 54 和/或用户界面 56 可在通信上联接到发电系统 10,且构造成在检测到过度的温度变化时减少和/或终止通过 HRSG 26 的流体流。例如,在某些实施例中,如果温度变化超过第一阈值,则控制器 54 可减小涡轮发动机功率,从而减少通过 HRSG 26 的流。如果温度变化超过高于第一阈值的第二阈值,那么控制器 54 可启动阀以绕过 HRSG 26,从而终止通过 HRSG 26 的流。如将了解的,绕过 HRSG 26 可降低发电效率,但仍可使发电系统 10 能够向消费者提供电力。

[0093] 尽管在上文中参考 HRSG 26 描述了热测量系统 50,但应了解的是热测量系统 50 可用于检测进入其它换热器的流体流动路径的温度变化。例如,热测量系统 50 可用于检测冷凝器 40 内的温度变化。类似于 HRSG 26,冷凝器 40 包括多个管道,管道构造成在垂直于通过冷凝器 40 的蒸汽流的方向上输送二次流体,诸如水。随着蒸汽流过管道,热从蒸汽传到水 42,从而将蒸汽冷凝为水 44。如先前所讨论的那样,蒸汽温度分布的变化可引起蒸汽涡轮 34 的末级内的密度变化,从而降低了涡轮效率和/或引起涡轮叶片上的过度磨损。通过检测过度的温度变化,热测量系统 50 可有助于蒸汽涡轮 34 和冷凝器 40 的高效操作和/或用于延长蒸汽涡轮构件的寿命。

[0094] 例如,如果在蒸汽流 38 内检测到过度的温度变化,则控制器 54 可启动用户界面 56 内的警报器 82 以向操作者警示所检测的情况。操作者然后可采取适当的校正措施来解决流体温度变化。此外,控制器 54 和/或用户界面 56 可在通信上联接到发电系统 10 且构造成在检测到过度的温度变化时减少和/或终止通过冷凝器 40 的流体流。例如,在某些实施例中,如果温度变化超过第一阈值,则控制器 54 可减少到蒸汽涡轮 34 的蒸汽流 32。如果温度变化超过高于第一阈值的第二阈值,那么控制器 54 可启动阀以绕过蒸汽涡轮 34,从而终止通过蒸汽涡轮 34 的流。如将了解的,绕过蒸汽涡轮 34 可降低发电效率,但仍可使发电系统 10 能够向消费者提供电力。

[0095] 图 3 是针对在流体管道 60 上游的 HRSG 26 的横截面的热测量系统 50 的实施例的

示意图。如先前所讨论的,废气 24 在下游方向 58 上流入 HRSG 26。HRSG 26 包括多个管道 60,管道 60 构造成在与下游方向 58 交叉(例如,大致垂直)的方向上输送二次流体,诸如水。随着废气 24 流过管道 60,热从废气 24 传到水,从而产生蒸汽。在本实施例中,水 44 通过第一歧管 62 供应到管道 60,而蒸汽 32 通过第二歧管 64 排出。蒸汽 32 然后流向蒸汽涡轮 34,而冷却的废气流向烟囱 28。尽管在本实施例中采用四个管道 60,但应了解的是在替代的实施例中可利用更多或更少的管道 60。例如,某些 HRSG 26 可包括多于大约 50 个、75 个、100 个、125 个、150 个、175 个、200 个或更多个管道 60。

[0096] 示出的热辐射检测器阵列 52 针对管道 60 使得在管道 60 上游的流体流动路径的整个横截面处在检测器阵列 52 的视场 74 内。以此方式,检测器阵列 52 可监测在管道 60 上游的流体流动路径的二维温度分布,从而确保将检测到流体流内的基本上任何温度变化。如先前所讨论的,热辐射检测器阵列 52 可包括多个热电堆元件 98,其中每个热电堆元件针对流体流动横截面的不同区域。在此构造中,热辐射检测器阵列 52 可输出指示每个区域的温度的信号使得控制器 54 可建立流体流动路径的二维温度分布。

[0097] 在本实施例中,热辐射检测器阵列 52 包括热电堆元件 98 的 4×4 矩阵。在此构造中,热辐射检测器阵列 52 的每个列可针对相应的管道 60 使得可独立地监测每个管道 60 的温度。然而,应了解的是替代的热辐射检测器阵列 52 可包括更多或更少的热电堆元件 98,形成 $N \times N$ 或 $M \times N$ 矩阵。例如,某些热辐射检测器阵列 52 可包括大约 1 至 1000 个或更多个行和 / 或大约 1 至 1000 个或更多个列。此外,尽管示出的辐射检测器阵列包括元件 98 的矩形阵列,但应了解的是某些热辐射检测器阵列 52 可包括元件 98 的圆形的、椭圆形的或多边形的阵列。还应了解的是替代的热辐射传感器(例如,CCD、FPA、高温计等)可形成热辐射检测器阵列 52 的元件。而且,如先前所讨论的那样,检测器阵列 52 可包括针对流体流动路径的各个二维区域的多个 $N \times N$ 或 $M \times N$ 元件阵列,从而使控制器 54 能生成流体流动路径的三维温度分布。例如,1 个、2 个、3 个、4 个、5 个、6 个、7 个、8 个、9 个、10 个或更多个二维阵列可沿着流动方向紧密隔开以形成 $L \times N \times N$ 或 $L \times M \times N$ 三维检测器阵列 52。

[0098] 如将了解的,热测量系统 50 的总敏感性可取决于热电堆元件 98 的敏感性、热辐射检测器阵列 52 的准确度、系统 50 内的光学的和 / 或电的噪声、控制器 54 内的信号调节器的准确度,热辐射传感器光学器件的品质、每个热电堆元件的视场和 / 或由控制器 54 用于计算温度的技术以及其它因素。例如,在某些实施例中,热测量系统 50 可能能够识别小于大约 2 摄氏度、1 摄氏度、0.75 摄氏度、0.5 摄氏度或 0.25 摄氏度或更小的温度变化。因此,热测量系统 50 可在 HRSG 效率显著降低之前检测流体流内的热变化,从而维持发电系统 10 的效率。因为热测量系统 50 的敏感性至少部分地取决于每个热电堆元件 98 的视场,但应了解的是热测量系统敏感性可通过采用更大量的热电堆元件 98 而增强。以此方式,每个热电堆元件 98 将监测流体流流动路径的更小区域,从而增加每个元件 98 的敏感性。

[0099] 类似于上文参考图 2 所描述的热测量系统 50,示出的热测量系统 50 包括在通信上联接到控制器 54 的用户界面 56。示出的用户界面 56 包括数字显示器 100,数字显示器 100 构造成示出在检测器阵列 52 的视场 74 内每个区域的温度的数值表示。在本实施例中,显示器 100 构造成输出每个被监测的区域与流体流动路径的平均温度之间的温差。应了解的是替代的实施例可包括显示器 100,其构造成示出每个区域的绝对温度。在本实施例中,温度值以摄氏度示出。

[0100] 如先前所讨论的,控制器 54 可构造成通过将每个管道 60 与平均的流体流动路径温度之间的温差与阈值进行比较来检测流体流动路径内的过度的温度变化。在示出的实施例中,阈值为 5 摄氏度,其对应于进入 HRSG 26 的流体流动路径内的最大希望的温度变化。如先前所讨论的,在替代的实施例中可采用更高或更低的阈值。因为示出的热辐射检测器阵列 52 包括四行热电堆元件 98,每行测量相应管道 60 的温度。如所示出的,显示器 100 的左列内的每个温度指示与平均温度相比小于 5 度的温差。类似地,右列和自左边的第二列内的每个温差在 5 度公差内。因此,显示器 100 指示对应的管道 60 正接收在所希望的公差内的流体流。相比而言,对应于自右边的第二管道 60 的温度测量指示管道 60 正接收比周围的管道 60 显著更热的流体流。具体而言,对应于自右边的第二管道 60 的每个区域的温度高于平均温度多于 5 摄氏度。因此,控制器 54 将检测到过度的温度变化,且启动警报器,减少进入 HRSG 26 的流体流和 / 或终止到 HRSG 26 的流。

[0101] 此外,热测量系统 50 可用于检测到冷凝器 40 的蒸汽流 36 内的温度变化。如先前所讨论的,蒸汽温度分布中的变化可引起蒸汽涡轮 34 的末级内的密度变化,从而降低涡轮效率。此外,在叶片通过变化的密度的区域时,这种密度变化可引起涡轮叶片上的过度的磨损。因此,如果控制器 54 检测到邻近一个管道的蒸汽流比平均蒸汽流温度更热,则控制器 54 可启动警报器,减少到涡轮 34/ 冷凝器 40 的蒸汽流和 / 或终止到蒸汽涡轮 34 的流。

[0102] 图 4 是用于通过经由热辐射检测器阵列 52 测量流体流动管道 60 的热辐射来检测流体流动路径的过度的温度变化的方法 102 的实施例的流程图。首先,如由方框 104 所示,经由热辐射检测器阵列 52 来测量流体流动路径内管道 60 的热辐射。如先前所讨论的,热辐射检测器阵列 52 可包括多个热电堆元件,每个元件针对流体流动的不同区域。每个热电堆元件构造成输出具有与相应区域的温度成比例的量值的信号。热辐射检测器阵列 52 构造成聚集来自每个元件的信号,且输出由此产生的信号到控制器 54。接着,如由方框 106 所示,基于热辐射测量来确定流体流动路径的二维温度分布。例如,控制器 54 可从热辐射检测器阵列 52 接收由此产生的信号,且基于每个热电堆元件信号的量值来确定二维温度分布。然后可生成并显示二维温度分布的表示,如由方框 108 所示。例如,显示器 80 可显示出每个区域的温度随时间变化的一系列曲线 90。替代地,显示器 100 可显示每个区域的温度的数值表示。

[0103] 接着,如由方框 110 所示,可基于二维温度分布检测流体流动的过度的温度变化。例如,控制器 54 可构造成如果至少一个管道 60 与流体流动路径的平均温度之间的温差超过阈值则检测到过度的温度变化。替代地,控制器 54 可构造成如果第一管道 60 与第二管道 60 之间的温差超过阈值则检测到过度的温度变化。如果检测到过度的温度变化,如由方框 112 所示,则可启动听觉的和 / 或视觉的警报器以向操作者警示该情况,如由方框 114 所示。例如,一旦操作者被告知该情况,则操作者可减少和 / 或终止通过 HRSG 26 或冷凝器 40 的流。此外,在检测到过度的温度变化时可自动终止通过换热器的流,如由方框 116 所示。例如,在某些实施例中,控制器 54 可在通信上联接到发电系统 10,且构造成在检测到过度的温度变化时减少和 / 或终止通过 HRSG 26 和 / 或冷凝器 40 的流。

[0104] 应了解的是如果检测到流体流动路径的过度温度变化,则可由操作者或控制器 54 采取替代的措施。例如,如果在 HRSG 26 内检测到过度的温度变化,则废气流 24 可被改变方向到大气,从而绕过 HRSG26。这个程序可能降低发电系统 10 的效率,但仍使发电系统 10

能够向消费者提供电力。类似地,如果在冷凝器 40 内检测到过度的温度变化,则蒸汽 32 可被改变方向,从而绕过蒸汽涡轮 34 和冷凝器 40。这个程序可保护蒸汽涡轮 34 内的叶片免受由与不均匀的蒸汽温度分布相关的密度变化引起的过度磨损。

[0105] 该文字描述使用示例以公开本发明,包括最佳实施方式,并且也使本领域技术人员能够实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何包括在内的方法。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这种其它示例具有与权利要求的字面语言没有不同的结构元件,或者如果它们包括具有与权利要求的字面语言无实质差别的等同结构元件,则这种其它示例意图在权利要求的范围内。

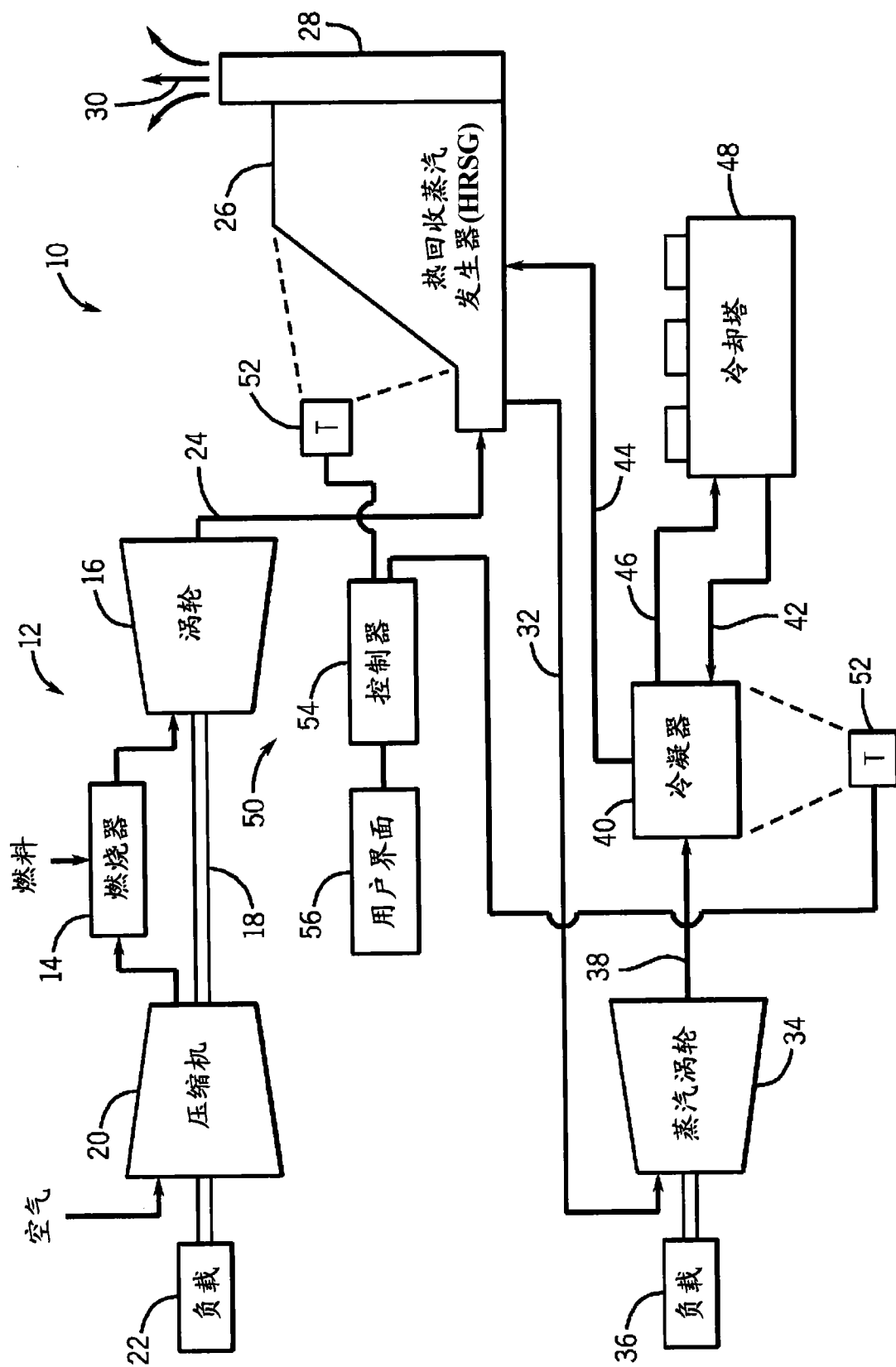


图 1

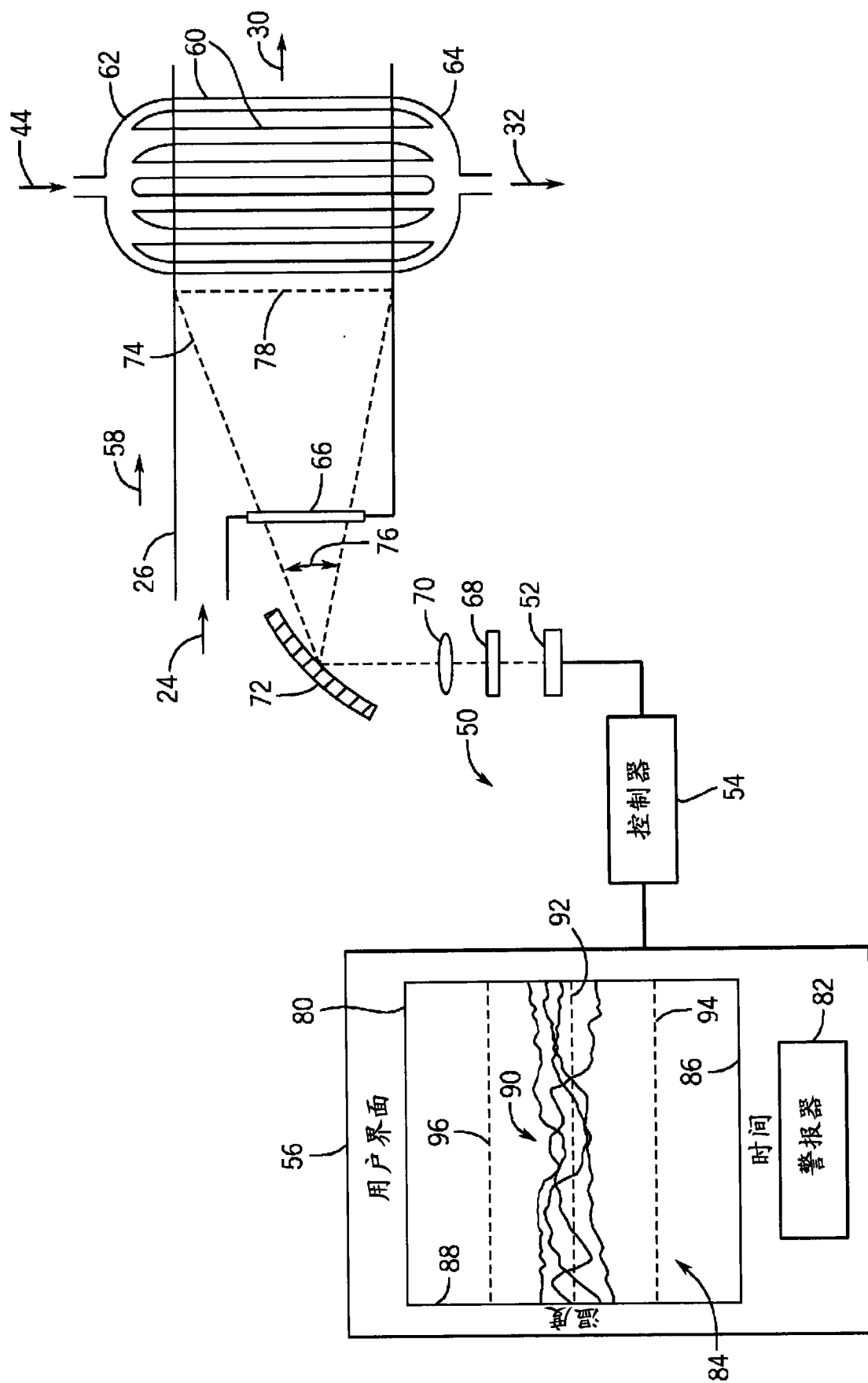


图 2

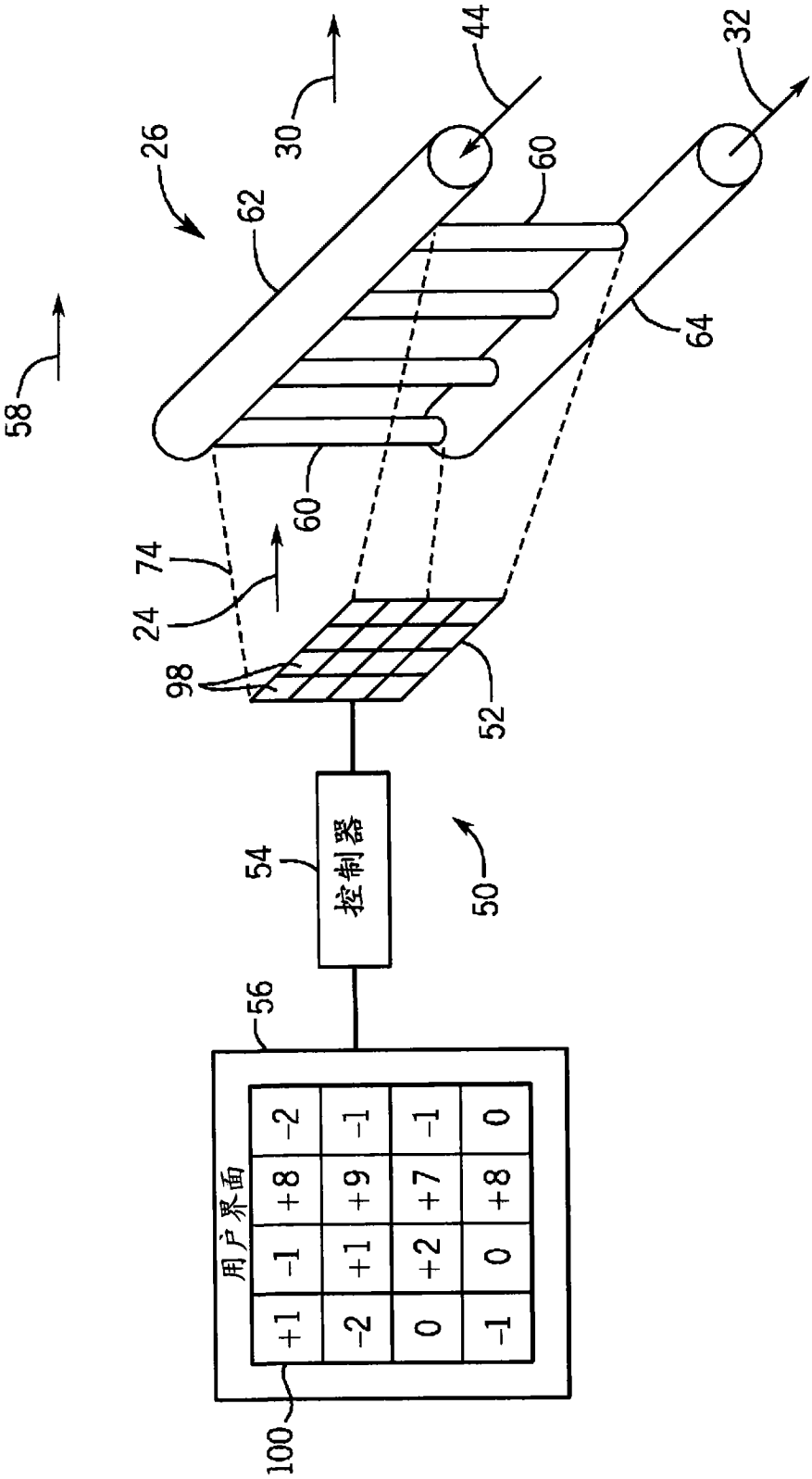


图 3

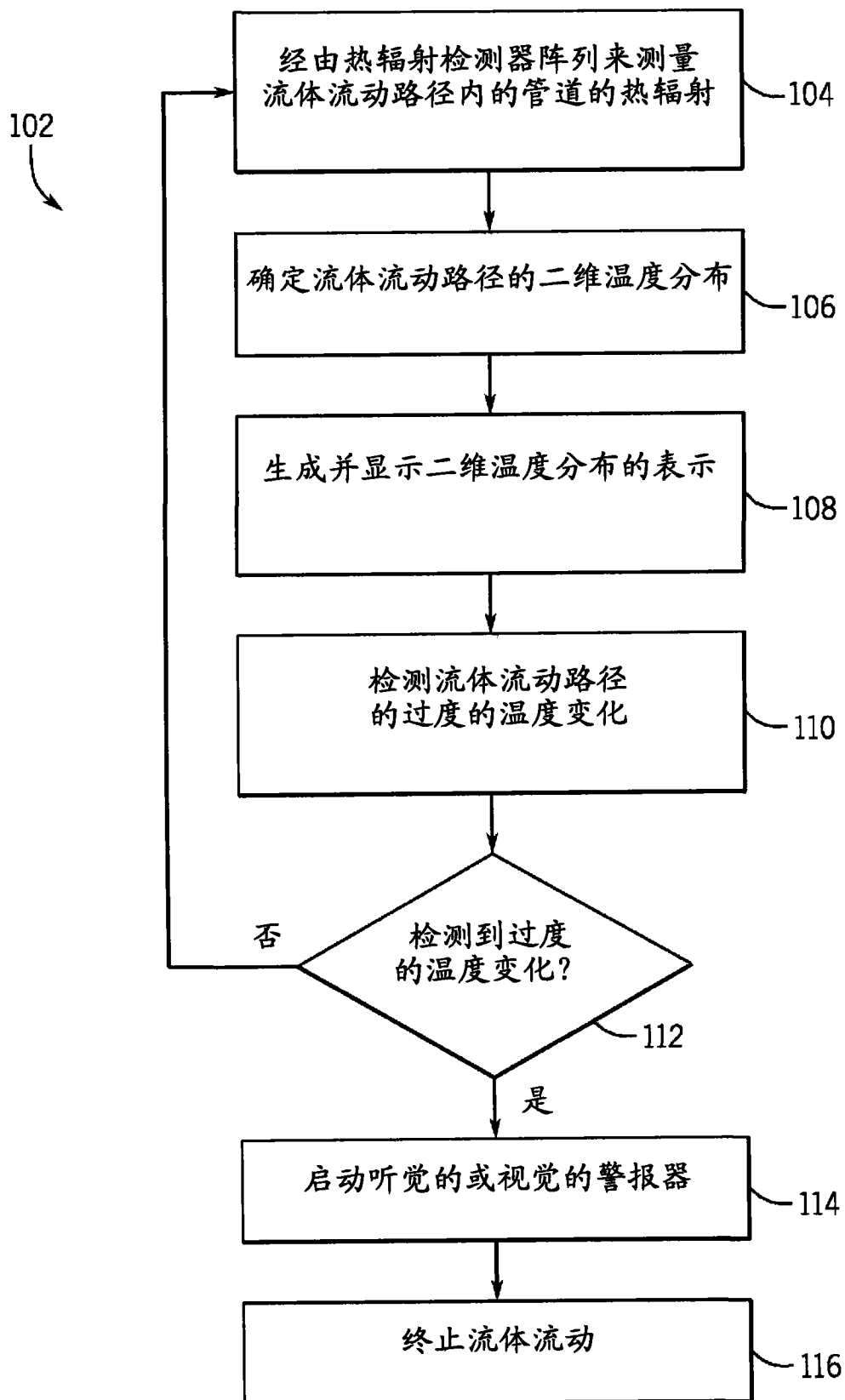


图 4