



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101818688 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201010114914. 2

US 6478289 B1, 2002. 11. 12, 全文.

(22) 申请日 2010. 01. 29

US 6553753 B1, 2003. 04. 29, 说明书第 10 栏
第 8 行 - 第 12 栏第 31 行、图 13.

(30) 优先权数据

CN 1908383 A, 2007. 02. 07, 全文.

12/362442 2009. 01. 29 US

审查员 闵满满

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·多伊尔 S·贝克曼 W·西利

L·童 C·海恩 S·罗斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 3/30(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6553753 B1, 2003. 04. 29, 说明书第 10 栏
第 8 行 - 第 12 栏第 31 行、图 13.

CN 1313460 A, 2001. 09. 19, 权利要求 1.

US 5720164 A, 1998. 02. 24, 全文.

US 6250064 B1, 2001. 06. 26, 全文.

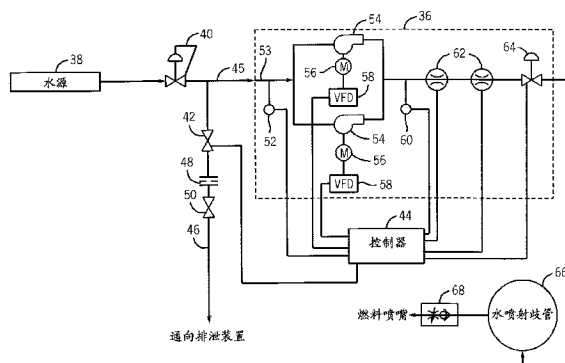
权利要求书1页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

用于在涡轮发动机中喷射水的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于在涡轮发动机中喷射水的系统和方法。具体而言,该系统包括水喷射系统(36),其构造成用以将水从压力调节阀(40)供送至涡轮发动机(10)的水歧管(66)。该系统还包括排泄阀(42),其构造成用以在水喷射系统(36)的起动时段期间从压力调节阀(40)排泄至少一部分水,至少直到在压力调节阀(40)的下游达到稳定的水压。



1. 一种用于在涡轮发动机中喷射水的系统,包括:
水喷射系统 (36),其构造成用以通过水管将水从压力调节阀 (40) 输送至涡轮发动机 (10) 的水歧管 (66);
至少一个水喷射泵,其构造成将所述水传送到所述水歧管;
排泄阀 (42),其设置于所述至少一个水喷射泵上游的排泄管线上;以及
控制器,其构造成控制所述排泄阀以在所述水喷射系统 (36) 的起动时段期间从所述压力调节阀 (40) 排泄所述水的至少一部分,至少直到在所述压力调节阀 (40) 的下游达到稳定的水压。
2. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述控制器构造成指示所述排泄阀 (42) 在所述水喷射系统 (36) 启动之前开启。
3. 根据权利要求 2 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述控制器构造成指示所述排泄阀 (42) 在所述起动时段期间逐渐地关闭。
4. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述排泄阀 (42) 包括电磁阀。
5. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述控制器 (44) 构造成用以在满足水喷射系统启动标准之后开启所述排泄阀 (42)。
6. 根据权利要求 5 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述控制器 (44) 构造成用以在使通向所述水喷射系统 (36) 的入口 (53) 处的水压稳定之后启动所述水喷射系统 (36)。
7. 根据权利要求 6 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述控制器 (44) 构造成用以在经过所述水喷射系统 (36) 的水流速达到期望的水平之后关闭所述排泄阀 (42)。
8. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述系统包括所述涡轮发动机 (10),其中,所述涡轮发动机 (10) 构造成用以依靠液体燃料或液体燃料和气体燃料的组合进行工作。
9. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述水喷射系统 (36) 包括自含式单元,所述自含式单元包括:
至少一个水喷射泵 (54),其构造成用以将所述水从所述压力调节阀 (40) 传送到所述涡轮发动机 (10) 的水歧管 (66);
多个流量计 (62),其与所述水喷射泵 (54) 成流体连通且定位在所述水喷射泵 (54) 下游;以及
停止阀 (64),其与所述流量计 (62) 成流体连通且定位在所述流量计 (62) 下游。
10. 根据权利要求 1 所述的用于在涡轮发动机中喷射水的系统,其特征在于,所述系统包括水源 (38),所述水源 (38) 与所述压力调节阀 (40) 成流体连通且定位在所述压力调节阀 (40) 上游。

用于在涡轮发动机中喷射水的系统和方法

技术领域

[0001] 本文所公开的主题涉及涡轮发动机,并且更具体地涉及一种用于喷射水的系统和方法。

背景技术

[0002] 涡轮发动机可包括接收和燃烧压缩空气和燃料以产生热燃烧气体的一个或多个燃烧器。在有些工作条件(例如,液体燃料工作)下,可将水喷射到燃烧器中,以减少氮氧化物(NO_x)和/或一氧化碳(CO)的排放物,以及其它的排气排放物。令人遗憾的是,在起动状态期间,水管线路中可能出现流动不稳定。例如,在水喷射系统与水喷射系统上游的压力调节阀之间可能会出现压力振荡。更具体而言,压力调节阀在水喷射系统启用期间可能未能转变至低流速。这些流动不稳定可造成利用液体燃料的涡轮发动机的设置(setup)和工作方面的较大延迟。

发明内容

[0003] 在范围上与初始要求得到专利保护的发明相匹配的一些实施例在下文中进行了概述。这些实施例并非旨在限制要求得到专利保护的本发明的范围,而是这些实施例仅意图提供本发明可能形式的简要概括。实际上,本发明可包含与下文阐述的实施例相似或不同的多种形式。

[0004] 在第一实施例中,一种系统包括构造成用以将水从压力调节阀输送至涡轮发动机的水歧管的水喷射系统。该系统还包括排泄阀,其构造成用以在水喷射系统的起动时段期间从压力调节阀排泄至少一部分水,至少直到在压力调节阀的下游达到稳定的水压。

[0005] 在第二实施例中,一种系统包括构造成用以控制进入涡轮发动机的水歧管的水流的水喷射控制器。水喷射控制器还构造成用以基于在起动时段期间的流动不稳定来控制压力调节阀下游的水流。

[0006] 在第三实施例中,一种方法包括控制排泄阀来使压力调节阀与水喷射系统之间的水压稳定。该方法还包括在通过控制排泄阀稳定水压之后,启动水喷射系统以将水输送给涡轮发动机的水歧管。

附图说明

[0007] 当参照附图阅读如下详细描述时,本发明的这些及其它特征、方面和优点将变得更容易理解,所有附图中的相似标号表示相似的零件,在附图中:

[0008] 图1为根据本技术的一些实施例的具有构造成用以在启动之前形成稳定水流的水喷射系统的涡轮系统的框图;

[0009] 图2为根据本技术的一些实施例的如图1中所示的水喷射系统的框图;

[0010] 图3为根据本技术的一些实施例的如图1中所示的涡轮系统的剖面侧视图;

[0011] 图4为根据本发明的一些实施例的在如图3中所示的线4-4内所截取的燃烧器的

剖面侧视图；

[0012] 图 5 为根据本技术的一些实施例的如图 4 中所示的燃料喷嘴的剖面侧视图；

[0013] 图 6 为根据本技术的一些实施例的在启动之前形成进入水喷射系统中的稳定水流的方法的流程图；

[0014] 图 7 为根据本技术的一些实施例的确定是否已经满足水喷射系统的启动标准的方法的流程图；

[0015] 图 8 为根据本技术的一些实施例的启动水喷射系统的方法的流程图；

[0016] 图 9 为根据本技术的一些实施例的在未形成稳定流动时起动水喷射系统期间水流速对时间的图表；以及

[0017] 图 10 为根据本技术的一些实施例的在已形成稳定流动时起动水喷射系统期间水流速对时间的图表。

具体实施方式

[0018] 下文将描述本发明的一个或多个特定实施例。为了提供对这些实施例的简要描述，在说明书中可不描述实际实现方式的所有特征。应认识到的是，在任何这些实际实现方式的开发中，如任何工程或设计项目中一样，必须作出许多特定实现方式的决定，以达到开发者的特定目标，如遵循关于系统和关于商业的约束，这可能从一种实现方式变化成另一种实现方式。此外，应当认识到的是，这些开发工作可能很复杂和耗时，但对于拥有本文的利益的普通技术人员来说，仍为设计、制作和生产的常规任务。

[0019] 在介绍本发明的各种实施例的元件时，用词“一”、“一个”、“该”，以及“所述”用来意指存在一个或多个元件。用语“包括”、“包含”，以及“具有”旨在为包括性的，且意指存在除所列元件外的其它元件。

[0020] 本公开内容的实施例可减小水喷射系统内在起动时段期间的流动不稳定。一些实施例可包括联接到水管线路上的排泄阀，该水管线路将压力调节阀连接到水喷射系统上。在起动时段期间，如果满足水喷射系统的启动标准，则可开启排泄阀。在排泄阀开启的情况下，水从压力调节阀流动至水喷射系统和排泄装置 (drain) 两者。在水喷射系统的入口处检测到稳定的水流之后，水喷射系统便可启动。在达到经过水喷射系统的期望流速之后，排泄阀便可关闭。最后，水流速可基于经过涡轮系统的燃料流上升至期望的水平。以这种方式，便可在起动时实现经过水喷射系统的稳定水流，从而有助于使适量的水流至涡轮发动机。

[0021] 现转到附图，且首先参看图 1，示出了燃气轮机系统 10 的一个实施例的框图。该图包括燃料喷嘴 12、燃料源 14，以及燃烧器 16。如图所示，燃料源 14 向涡轮系统 10 引导液体燃料和 / 或诸如天然气的气体燃料，经由燃料喷嘴 12 进入燃烧器 16 中。燃料喷嘴 12 构造成用以喷射燃料和使其与压缩空气相混合。燃烧器 16 点燃且燃烧燃料 - 空气混合物，且之后使热的加压排气进入涡轮 18 中。排气经过涡轮 18 中的涡轮叶片，从而驱动涡轮 18 旋转。继而，在涡轮 18 中的叶片与轴 19 之间的联接又引起轴 19 旋转，如图所示，轴 19 还联接到整个涡轮系统 10 的多个构件上。最后，燃烧过程的排气可经由排气出口 20 排出涡轮系统 10。

[0022] 在涡轮系统 10 的一个实施例中，压缩机导叶 (vane) 或叶片作为压缩机 22 的构件

而包括在内。压缩机 22 内的叶片可联接到轴 19 上,且将会在轴 19 受到涡轮 18 驱动而旋转时进行旋转。压缩机 22 可经由空气进口 24 将空气引入到涡轮系统 10 中。此外,轴 19 可联接到负载 26 上,该负载 26 可通过轴 19 的旋转而被供以动力。如所认识到的那样,负载 26 可以是可通过涡轮系统 10 的旋转输出产生动力的任何适合的装置,如发电设备或外部机械负载。例如,负载 26 可包括发电机、飞机螺旋桨等。空气进口 24 通过诸如冷空气进口的适合机构将空气 30 吸入到涡轮系统 10 中,用于随后通过燃料喷嘴 12 将空气 30 与燃料源 14 相混合。如下文将详细描述的那样,由涡轮系统 10 吸收的空气 30 可通过压缩机 22 内的旋转叶片进给和压缩成加压空气。如箭头 32 所示,加压空气然后可进给到燃料喷嘴 12 中。燃料喷嘴 12 然后可混合加压空气和燃料(由标号 34 示出),以产生适合的混合比率来用于燃烧(例如,促使燃料更完全地燃尽的燃烧),以免浪费燃料或产生过多排放物。

[0023] 在一些实施例中,系统 10 可包括经由燃料喷嘴 12 来喷射水,以减少与液体燃料工作相关的排放物。例如,水喷射系统 36 可将水运送至燃料喷嘴 12。水喷射系统 36 可为诸如撬装式(skid-mounted)单元的独立单元,其与涡轮系统 10 是分离的或独立的。同样,水喷射系统 36 与水源 38 可以是分离的或独立的。因此,水喷射系统 36 可接收来自于水源 38 的水,且然后用作中间件来将水引导至涡轮系统 10(例如,水喷射歧管)。如图所示,水可流过在水源 38 与水喷射系统 36 之间的压力调节阀 40。压力调节阀 40 自动地调整水流,以达到所期望的水压。然而,压力调节阀 40 可由于水喷射系统 36 和涡轮系统 10 的较高用水需求而构造成以高流速(非低流速)工作。结果,在水喷射系统起动的低流速期间,在压力调节阀 40 处和/或阀 40 与水喷射系统 36 之间可能产生水压振荡。

[0024] 在所公开的实施例中,一些控制器件显著减小或抑制水压振荡,以便在低水流和/或起动状态期间提供稳定的水流,从而减少与液体燃料的设置和工作相关的停机时间和复杂程度。例如,涡轮系统 10 包括排泄阀 42,其构造成用以在水喷射系统启用期间开启以形成稳定的流动。当控制器 44 确定适合启动水喷射系统 36 时,则控制器 44 便指示排泄阀 42 开启。水然后流过排泄阀 42,直到水压稳定。一旦控制器 44 检测到稳定的水流,则控制器 44 便启动水喷射系统 36。然后,当达到所期望的水流速时,控制器 44 便关闭排泄阀 42。以此方式,便在启动水喷射系统 36 之前形成了稳定的水流。

[0025] 图 2 表示图 1 中所示的水喷射系统 36 的详细框图。水从水源 38 经由压力调节阀 40 和水管 45 流至水喷射系统 36。排泄管线 46 连接到在压力调节阀 40 下游和水喷射系统 36 上游的水管 45 上。进入排泄管线 46 的水流过排泄阀 42、孔口 48、手动隔离阀 50,且最终流出排泄装置。排泄阀 42 构造成用以在启动水喷射系统 36 之前开启以形成稳定的水流。孔口 48 构造成用以限制经由排泄管线 46 的流动。例如,在一些实施例中,排泄管线 46 的直径大于大约 0.5、1、1.5、2、2.5、3 或 3.5 英寸,或其间的任一直径。例如,如果排泄管线 46 具有大约 2 英寸的直径,则孔口 48 的直径可为大约 0.25 至 0.75 英寸、0.3 至 0.7 英寸、0.4 至 0.6 英寸或大约 0.47 英寸。结果,孔口 48 可限制水流,使得只有大约 20 至 90 加仑、30 至 80 加仑、40 至 70 加仑或大约 60 加仑的水在水喷射系统起动期间流过排泄管线 46。排泄管线 46 和孔口 48 的直径可基于水流标准而变化。例如,较大的直径可用于使用较大水流速的涡轮系统。此外,手动隔离阀 50 沿孔口 48 下游的排泄管线 46 设置。手动隔离阀 50 用于在水喷射系统 36 不工作时将水喷射系统 36 与排泄装置隔离开。例如,如果涡轮系统依靠气体燃料工作,则水喷射系统 36 可保持在较长的时段内不起作用。因此,手动隔离阀

50 可关闭成用以密封水喷射系统 36。

[0026] 如前文所述,水经由水管 45 进入水喷射系统 36 中。压力传感器 52 可设置在水喷射系统 36 内邻近入口 53。压力传感器 52 通信地联接到控制器 44 上,且构造成用以将表示水压的信号发送给控制器 44。例如,在起动期间,压力传感器 52 可测量水压波动,且将表示这些波动的信号发送给控制器 44。控制器 44 然后可分析该信号,以确定波动是否在启动水喷射系统的设立参数内。

[0027] 水喷射系统 36 部分地通过接合水泵 54 来启动。如图 2 中所见,各水泵 54 均由马达 56 驱动,该马达 56 由可变频率驱动器 (VFD) 58 控制。VFD 58 有助于连续地改变泵用马达的速度。例如,VFD 58 可改变送至泵用马达 56 的电频率,使得泵用马达 56 可以不同速度工作。改变泵用马达 56 的速度可使流过泵 54 的水量变化。VFD 58 通信地联接到控制器 44 上,使得控制器 44 可启动泵 54 且改变其能力。例如,当期望低的水流速时,控制器 44 可通过 VFD 58 来命令泵 54 以低能力工作。相反,在高的用水需求的时段期间,控制器 44 可命令 VFD 58 增大泵 54 的能力。图 2 中所表示的实施例包括并行连接的两个泵 54。然而,其它实施例可使用布置为并行或串流构造的更多或更少的泵 54。

[0028] 压力传感器 60 联接到泵 54 下游的水喷射系统 36 上,且构造成用以测量流出泵 54 的水的压力。压力传感器 60 通信地联接到控制器 44 上,且构造成用以将表示水压的信号发送给控制器 44。基于该信号,控制器 44 可调整泵的工作,以到达所期望的水压。流量计 62 设置在压力传感器 60 的下游,且构造成用以测量流出泵 54 的水流速。流量计 62 通信地联接到控制器 44 上,且构造成用以发送表示流速的信号,使得控制器 44 可调整泵的工作,以达到所期望的流速。目标水流速基于涡轮系统的需求。例如,在高涡轮负载的时段期间,目标水流速可增大。在此状态下,控制器 44 可增大泵速,直到流量计 62 指示已经达到目标流速。停止阀 64 设置在流量计 62 的下游。停止阀 64 在水喷射系统 36 不工作时可关闭,而在水喷射系统 36 启动时可开启。当不期望喷射水(例如,在气体燃料工作期间)时,停止阀 64 可阻挡水进入涡轮发动机中。停止阀 64 通信地联接到控制器 44 上,使得控制器 44 可响应于水喷射系统 36 的启动来开启停止阀 64。

[0029] 来自水喷射系统 36 的水流向定位在水喷射系统 36 下游的水喷射歧管 66。在一些实施例中,水喷射歧管 66 包括围绕涡轮发动机设置的圆柱形部件,其中,歧管 66 构造成用以将水输送给各燃烧器。水喷射歧管 66 可向涡轮系统内的各燃烧器提供相等的水流。在进入燃烧器之前,水流过流量配比(flow proportioning)阀 68,该配比阀 68 构造成用以将水流分配给燃烧器内的各燃料喷嘴。水然后可进入燃烧器中,且与燃料和空气相结合来减少涡轮系统的排放物。

[0030] 图 3 示出了涡轮系统 10 的一个实施例的剖面侧视图,该涡轮系统 10 可结合具有所公开的实施例的流动稳定器件的水喷射系统 36 使用。如上文所述,所公开的实施例稳定水喷射系统 36 上游的水流,以便使涡轮系统 10 能够利用液体燃料和喷射水来容易地设置和工作。如图所示,该实施例包括联接到环形阵列的燃烧器 16 上的压缩机 22。例如,十八个燃烧器 16 可定位在涡轮系统 10 中。各燃烧器 16 均包括一个或多个燃料喷嘴 12,其将空气燃料-混合物进给至定位在各燃烧器 16 内的燃烧区。例如,各燃烧器 16 均可包括为环形或其它适合布置的 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 个或更多个燃料喷嘴 12。在燃烧器 16 内燃烧空气-燃料混合物将会促使涡轮 18 内的导叶或叶片在排气朝排气出口 20 传送时进行旋

转。

[0031] 图 4 为燃烧器 16 的一个实施例的详细剖面侧视图的示图,该燃烧器 16 可连同具有所公开的实施例的流动稳定器件的水喷射系统 36 来结合涡轮系统 10 使用。如上文所述,所公开的实施例稳定水喷射系统 36 上游的水流,以便使涡轮系统 10 能够利用在各燃烧器 16 中喷射液体燃料和水来容易地设置和工作。如图所示,燃烧器 16 包括燃料喷嘴 12,该燃料喷嘴 12 在燃烧器 16 的基部或头部端 71 处附接到端盖 70 上。燃烧器 16 的典型布置可包括五个或六个燃料喷嘴 12。燃烧器 16 的其它实施例可使用单个的大型燃料喷嘴 12。燃料喷嘴 12 的表面和几何形状设计成用以提供最佳混合物和用于空气和燃料在其向下游流动进入燃烧器 16 时的流动通路,从而使得能够增强在腔室中的燃烧,因而在燃气轮机中产生更多动力。燃料混合物从燃料喷嘴 12 朝方向 72 向下游排放到燃烧器外壳 76 内的燃烧区 74 中。燃烧区 74 为燃烧器 16 内最适合点燃空气-燃料混合物的位置。在所示的实施例中,燃烧区 74 定位在燃烧器外壳 76 内,在燃料喷嘴 12 的下游且处于过渡件 78 的上游,过渡件 78 将加压排气引向涡轮 18。过渡件 78 包括收敛段,其使得速率能够在燃烧的排气流出燃烧器 16 时增大,从而产生较大的力来使涡轮 18 转动。继而,排气又促使轴 19 旋转,以驱动负载 26。在一个实施例中,燃烧器 16 还包括定位在外壳 76 内的衬套 80,用以提供用于冷却空气流的中空环形通路,该冷却空气流冷却围绕燃烧区 74 的外壳 76。衬套 80 还可提供适合的轮廓来改善从燃料喷嘴 12 到涡轮 18 的流动。

[0032] 图 5 为示例性燃料喷嘴 12 的剖面侧视图,该燃料喷嘴 12 可连同具有所公开的实施例的流动稳定器件的水喷射系统 36 来结合燃烧器 16 使用。如上文所述,所公开的实施例稳定水喷射系统 36 上游的水流,以便使涡轮系统 10 能够利用经由燃料喷嘴 12 的液体燃料和喷射水来容易地设置和工作。具体而言,燃料喷嘴 12 构造成用以将空气、水、液体燃料和气体燃料送至燃烧器 16。燃料喷嘴 12 包括后部供送段 82 和前部输送段 84。后部供送段 82 包括构造成用以接收来自于燃烧器头部端 71 的流体的入口。前部输送段 84 构造成用以将流体输送给燃烧器 16 的燃烧区。气体燃料进入气体入口 86,且经由气体通道 88 流至气体燃料喷射器 90。气体燃料喷射器 90 包括构造成用以将气体燃料从喷射器 90 传递至燃烧器 16 的开孔 92。同样,空气进入环形空气入口 94,流过空气通道 96,且流出孔口 98。以此方式,空气从燃烧器头部端 71 朝燃烧区 74 流动。水进入环形的水入口 100,且流过水通道 102。液体燃料进入液体燃料入口 104,且流过液体燃料通道 106。水和液体燃料两者均经由孔口 108 流出燃料喷嘴 12。如所认识到的那样,将水加入燃料-空气混合物中会减少 NO_x 和 CO 的排放物。

[0033] 图 6 表示在启动水喷射系统 36 之前形成稳定水流的方法 110 的流程图。首先,如方框 112 所代表的,检验水喷射系统启动标准,以确定是否可启动水喷射系统 36。如下文详细描述的那样,水喷射系统 36 可响应于一些涡轮系统 10 的工作条件而启动。如果满足这些条件,如方框 114 所代表的,则开启排泄阀 42。开启排泄阀 42 容许水从压力调节阀 40 流入排泄装置中。

[0034] 接下来,如方框 116 所代表的,测量在通向水喷射系统 36 的入口 53 处的水压,以确定是否已形成稳定的水压。当压力在特定时间期间保持在期望压力的指定容限内时,则水压稳定。例如,在一些实施例中,用于启动水喷射系统所期望的水压大致为 65psi (每平方英寸磅数)。在该构造中,可形成 +/-5psi 的容限和 5 秒的最少时间。换言之,如果水压

保持在大约 60psi 与 70psi 之间达大约 5 秒,则方法 110 可继续至下一个步骤。包括期望压力、容限和最少时间的这些流动稳定参数可基于涡轮系统 10 的构造而变化。例如,期望的压力可为大约 30 至 120psi、40 至 100psi、50 至 80psi,或大约 65psi。此外,容限可小于大约 1、2、3、4、5、6、7 或 8psi,或其间的任一压力。同样,最少时间可大于大约 1、2、3、4、5、6、7 或 8 秒,或其间的任一时间。

[0035] 如果未形成稳定的水压,则方法 110 可重复步骤 116,直到水压稳定。此外,方法 110 可使用一个超时时段,在该超时时段之后,通知操作人员未形成稳定的水流。例如,可制定大约 30 秒的超时时段。在该构造中,如果在进入步骤 116 之后的大约 30 秒内未形成稳定的水流,则通知操作人员该情况,以便可采取校正动作(例如,关闭压力调节阀 40)。在备选实施例中,可使用更短或更长的超时时段。例如,该超时时段可大于大约 10、20、30、40、50 或 60 秒,或其间的任一时间。

[0036] 如方框 118 所代表的,如果形成了稳定的水压,则可启动水喷射系统 36。如下文详细描述的那样,启动水喷射系统 36 可涉及一系列步骤,包括打开泵 54 和开启停止阀 64。一旦启动水喷射系统 36,方法 110 便进行至步骤 120,且确定是否已形成期望的水流速。例如,在一些实施例中,所期望的水喷射流速在大约 30 至 150 加仑/分(gpm)之间、60 至 120gpm 之间、80 至 100gpm 之间,或大约 90gpm。该流速可对应于排泄流能力的倍数。例如,排泄流能力可在大约 10 至 50gpm 之间、20 至 40gpm 之间、25 至 35gpm 之间或大约 30gpm。此外,在水喷射系统入口 53 处的期望的水流速可为排泄流速的大约 2、2.5、3、3.5 或 4 倍,或其间的任一倍数。例如,如果排泄流能力为大约 30gpm,而倍数为大约 3,则水喷射系统入口 53 处的期望的流速可为大约 90gpm。其它实施例可使用不同的倍数和/或不同的排泄和/或水喷射入口流速。此外,可使用另一超时,使得如果在水喷射系统启动之后的一定时间期间内未形成期望的流动,则通知操作人员。在一些实施例中,该超时时段可为大约 1 至 10 分钟、3 至 7 分钟、4 至 6 分钟或大约 5 分钟。例如,如果在大约 5 分钟之后未形成期望的水流速,则通知操作人员,以便可采取校正动作(例如,停用水喷射系统 36)。在备选实施例中,该超时时段可更长或更短。

[0037] 如方框 122 所代表的,如果已经形成期望的水喷射系统流速,则关闭排泄阀 42。排泄阀 42 可构造成用以在一定的时间期间内关闭。例如,一些实施例可在大约 5 至 60 秒、10 至 50 秒、20 至 40 秒或大约 25 秒的时段内关闭排泄阀。一旦排泄阀 42 关闭,则基本上所有来自水源 38 的水便流入水喷射系统 36 中,且最终流入燃料喷嘴 12 中。这里,如方框 124 所代表的,水喷射流速可上升到目标水平。目标水平对应于涡轮系统 10 的水流标准。例如,在高负载情况期间,涡轮系统 10 可使用增大的水流速来确保涡轮系统 10 在规定的排放水平内工作。

[0038] 图 7 示出了一个实施例中的在图 6 的方框 112 中执行的步骤的详细流程图。方框 112 确定是否已满足水喷射系统的启动标准。如方框 126 所代表的,第一标准为水喷射系统没有故障。例如,控制器 44 可查询在水喷射系统 36 内的各个构件(例如,泵 54、停止阀 64 等),以确定其是否为工作的。如果构件为不工作的,则不期望启动水喷射系统 36,因为该系统即便工作也是无效率的。然而,如果没有检测到水喷射系统故障,则方法 112 可进行至下一个步骤。

[0039] 如方框 128 所代表的,下一个步骤确定涡轮系统 10 是否仅依靠液体燃料工作。如

前文所述,涡轮系统 10 可依靠液体燃料和 / 或气体燃料工作。在气体燃料工作的时段期间,可在不使用喷射水的情况下满足规定的排放物要求。因此,步骤 128 将水喷射系统的启动限制于液体燃料工作,其中,喷射水可将排放物降低到期望的水平。

[0040] 如方框 130 所代表的,如果涡轮系统 10 只依靠液体燃料工作,则可检查燃料流,以确定是否已形成了足以喷射水的燃料流速。在低燃料流的时段期间,可在不启动水喷射系统 36 的情况下满足排放物要求。因此,通过在该状况下暂停喷射水可减少水的使用。然而,在高燃料流的时段期间,喷射水可用于将涡轮系统排放物降低到可接受的水平。结果,水喷射系统 36 响应于 (或一旦达到) 目标流速而启动。如方框 132 所代表的,如果涡轮系统的燃料流超过目标流速,则可监测燃烧器温度来确定其是否达到足以启动水喷射系统的水平。类似于步骤 130,在不使用喷射水的情况下,涡轮系统 10 在一些燃烧器温度状况内的工作可产生在规定限度内的排放物。因此,当燃烧器温度超出该范围时,则可启动水喷射系统 36。

[0041] 如方框 134 所代表的,如果涡轮系统 10 在期望的燃烧器温度下工作,则可测量涡轮负载,以确定负载是否足以启动水喷射系统 36。例如,当启用涡轮系统 10 时,则涡轮速度可在施加负载之前逐渐地增大到期望的水平。对于发电而言,可在接合发电机之前启动涡轮且将其设定至期望的转速。一般而言,涡轮系统 10 空载时,涡轮系统 10 的排放物不会超过所设立的水平。因此,在感测到足够的负载之前,可不启动水喷射系统 36。

[0042] 最后,如方框 136 所代表的,测量在水喷射系统入口 53 处的压力,以确定压力是否已达到期望的水平。例如,在一些实施例中,该压力可为大约 10 至 60psi、20 至 40psi、25 至 35psi 或大约 30psi。其它实施例可使用更高或更低的水喷射系统启用压力。如果已形成期望的压力,则步骤 112 完成,且在水喷射系统启动之前形成稳定流动的方法可继续。然而,如果未形成期望的压力,则可在超时时段之后通知操作人员该情况。在一些实施例中,该超时时段可大于大约 10、15、20、25、30、35、40 或 45 秒,或其间的任一时间。例如,如果从步骤 136 开始已过去了大约 30 秒且未形成期望的系统入口压力,则可通知操作人员,且可采取校正动作来解决该情况。

[0043] 图 8 示出了一个实施例中的在图 6 的方框 118 中执行的步骤的详细流程图。步骤 118 包括用于启动水喷射系统 36 的步骤。首先,如方框 138 所代表的,设定最小目标水喷射流速。该最小流速有助于在使流动上升到期望的水平之前形成经过水喷射系统 36 的稳定流动。如方框 140 所代表的,一旦设定最小目标水喷射流速,便启动水喷射泵 54。如前文所述,控制器 44 可通过指示 VFD 58 接合泵用马达 56 来启动泵 54。一旦接合泵 54,则整个水喷射系统 36 的水压便增大。在如方框 144 所代表的开启停止阀 64 之前执行如方框 142 所代表的时间延迟,以有助于该压力的增大。一旦停止阀 64 开启,则水便可经由水歧管 66 流至涡轮系统 10 的燃料喷嘴 12,完成自水源 38 的流动通路。这里,如方框 146 所代表的,水喷射流速上升到目标水平。目标水平可基于燃料流速确定。例如,在燃料流增加的时段期间可使用较高的水流速,以确保符合排放物标准。一旦达到期望的水喷射流速,则形成稳定水流的方法便可继续。

[0044] 图 9 为在未形成稳定流动时启动水喷射系统期间水流速对时间的图表。在该图所代表的状态中,控制器 44 并不在水喷射系统启动期间启动排泄阀 42。曲线 148 代表期望的水流速,曲线 150 代表实际水流速,曲线 152 代表在通向水喷射系统 36 的入口 53 处的水

压,以及曲线 154 代表受控的水喷射泵输出。期望的水流速由涡轮系统 10 确定。基于一些参数(例如,燃烧器温度、燃料流速等),涡轮系统 10 计算足以使排放物降低到可接受水平的期望的水流速。如曲线 148 所示,涡轮系统 10 然后将表示该期望流速的电子信号发送给水喷射系统的控制器 44。

[0045] 曲线 150 代表由水喷射系统 36 所产生的实际水流速。在水喷射系统工作期间,期望的是,实际水流速与期望的水流速大致一致。如可从图 9 看到的那样,实际水流速 150 并未追随期望的水流速 148。如下文详细阐述的那样,这种弱相关归因于在水喷射系统 36 内的流动不稳定。

[0046] 如曲线 152 所示,入口压力在大约 20 秒处急剧下降。该压降 156 归因于在水喷射系统 36 内的流动不稳定。如曲线 154 所示,水喷射泵 54 大致在入口压降 156 的同时启动。如前文所述,压力调节阀 40 构造成用以自动地调整流动以达到期望的压力。同样,水喷射系统 36 构造成用以自动地改变泵的能力以达到期望的流速。当水喷射泵 54 启动时,在压力调节阀 40 与泵 54 之间的相互作用在水喷射系统 36 内产生振荡,这是因为压力调节阀 40 并未构造成用以从零流动工作过渡至低流动工作。在压降 156 处,压力调节阀 40 设定成完全开启,以补偿振荡。第二水压降 158 在大约 45 秒处开始,其中,在压力调节阀 40 与泵 54 之间的相互作用造成水的入口压力急剧下降。最后,水喷射系统 36 终止流动 160 且重新初始化。如曲线 152 所示,在水喷射系统入口 53 处的水压在流动终止 160 时下降至大致为零。因此,水喷射系统 36 关闭,这是因为存在极少的水流入泵 54 中。然后,该过程重复,直到第二流动终止 162,此时,进行第三次尝试来启动水喷射系统 36。如从图 9 中所见,所有三次尝试均未成功。换言之,实际水流 150 永远不会与期望的水流 148 大致一致。

[0047] 图 10 为在形成稳定流动时启动水喷射系统期间水流速对时间的图表。曲线 164 代表期望的水流速,曲线 166 代表实际水流速,曲线 168 代表在水喷射系统入口 53 处的水压,以及曲线 170 代表受控的泵能力。如从曲线 164 和 166 所见,实际水流速紧紧地追随期望的水流速,表示水喷射系统成功启动。

[0048] 在大约 20 秒处,排泄阀 40 开启 172。如从曲线 168 所见,在排泄阀 42 开启 172 之后大约五秒达到 174 稳定的水压。如前文所述,当压力保持在期望压力的指定容限内达特定的时间期间时,则水压稳定。在当前的实施例,用于启动水喷射系统的期望水压为大约 65psi。此外,形成了大约 ± 5 psi 的容限和大约 5 秒的最少时间。换言之,如果水压保持在大约 60psi 至大约 70psi 之间达大约 5 秒内,则认为水压是稳定的。如图 10 中所见,水压在排泄阀 42 开启 172 之后保持在 60psi 至 70psi 之间达五秒以上。因此,基于上文所限定的参数,水压已经稳定 174。

[0049] 一旦水压稳定,则启用水喷射系统 36。如从曲线 170 所见,水泵 54 在形成 174 稳定压力之后大约五秒启动 176。如曲线 168 所示,由于在泵 54 与压力调节阀 40 之间的相互作用,故水压在泵 54 启动 176 之后会波动。然而,相比于图 9 中所见的急剧压降,这些波动相对较小。在大约 70 秒处,停止阀 64 开启 178,从而容许水流入涡轮发动机中。此外,这里水流速开始上升至目标水平。

[0050] 在大约 152 秒处,排泄阀 42 关闭 180,因为水流速已达到预定水平。这里,水喷射系统 36 可正常地工作,而不将水转移至排泄装置。最后,在大约 230 秒处,水喷射流速达到期望的水平 182。如从曲线 164 和 166 所见,实际水流速在整个上升和稳态流动状况始终紧

紧地追随期望的水流速。如图 10 所示,排泄阀 42 的开启和关闭有助于在系统启用期间经过水喷射系统 36 的水流的稳定。

[0051] 总的来说,所公开的实施例解决了与尝试使水流稳定的压力调节阀 40 和水喷射系统 36 两者都相关的压力波动。令人遗憾的是,在没有所公开的实施例的情况下,系统可能未能使通向涡轮发动机的水流稳定。结果,由于与水喷射相关的问题,可能特别难以结合涡轮发动机来设置和使用液体燃料。此外,如上文所述,排泄阀 42 使得能够利用压力调节阀 40 来首先使流动稳定,然后是水喷射系统 36 的上升。也就是说,排泄阀 42 基本上将同时或并行的控制模式(即,通过阀 40 和系统 36 两者的流动控制)变成了串级或按顺序的控制模式(即,阀 40 之后的是系统 36)。换言之,排泄阀 42 减小或消除了压力调节阀 40 的压力控制器件和水喷射系统 36 之间的冲突。因此,排泄阀 42 确保了将稳定的流动提供给水喷射系统 36,从而减小或消除水喷射系统 36 将与压力调节阀 40 冲突的可能性。

[0052] 本书面说明使用了包括最佳模式的实例来公开本发明,且还使本领域的技术人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统,以及执行任何相结合的方法。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域的技术人员所构思出的其它实例。如果这些其它实例具有与权利要求的书面语言并无不同的结构元件,或者如果这些其它实例包括与权利要求的书面语言无实质差异的同等结构元件,则认为这些实例落在权利要求的范围之内。

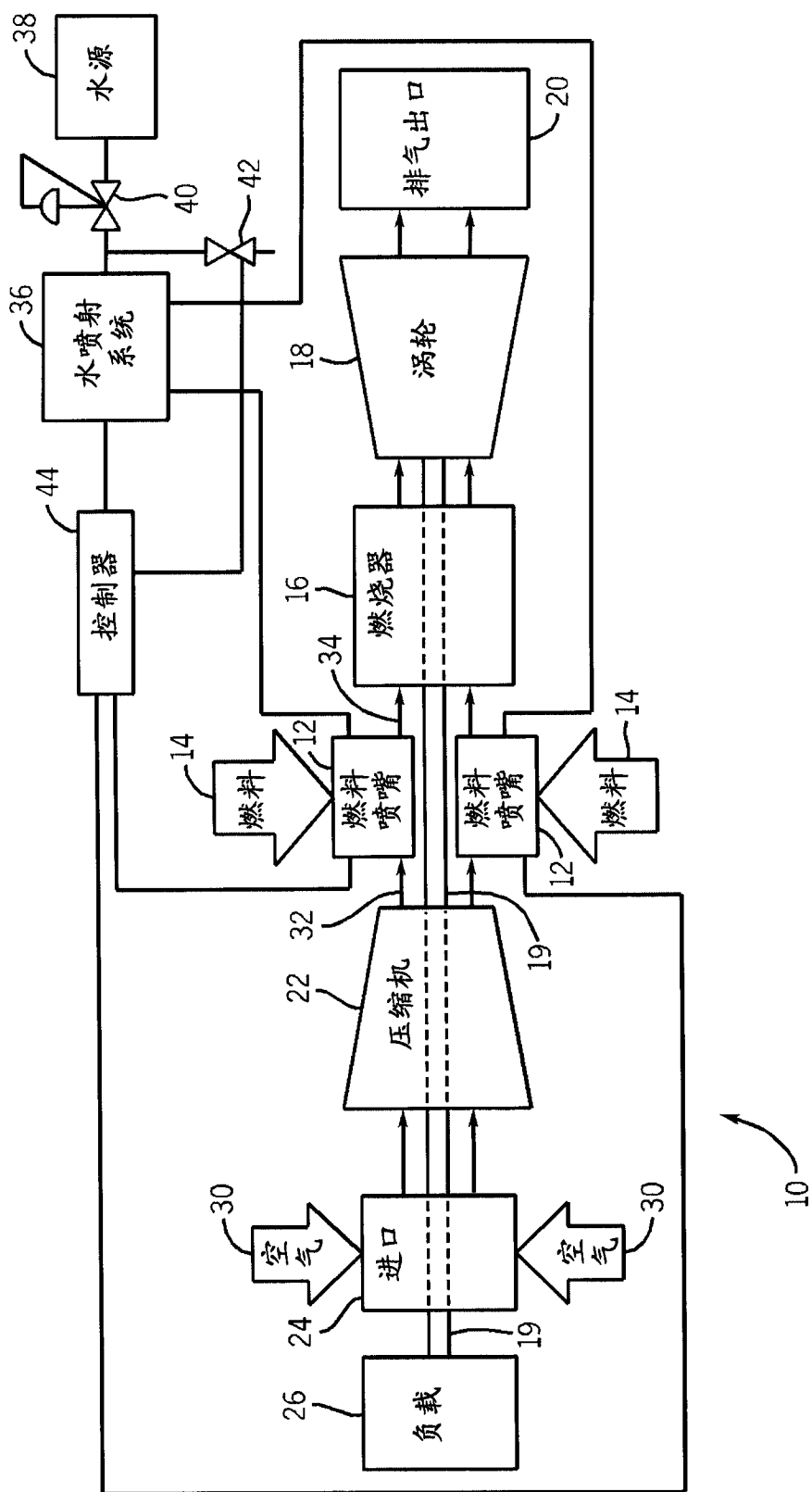


图 1

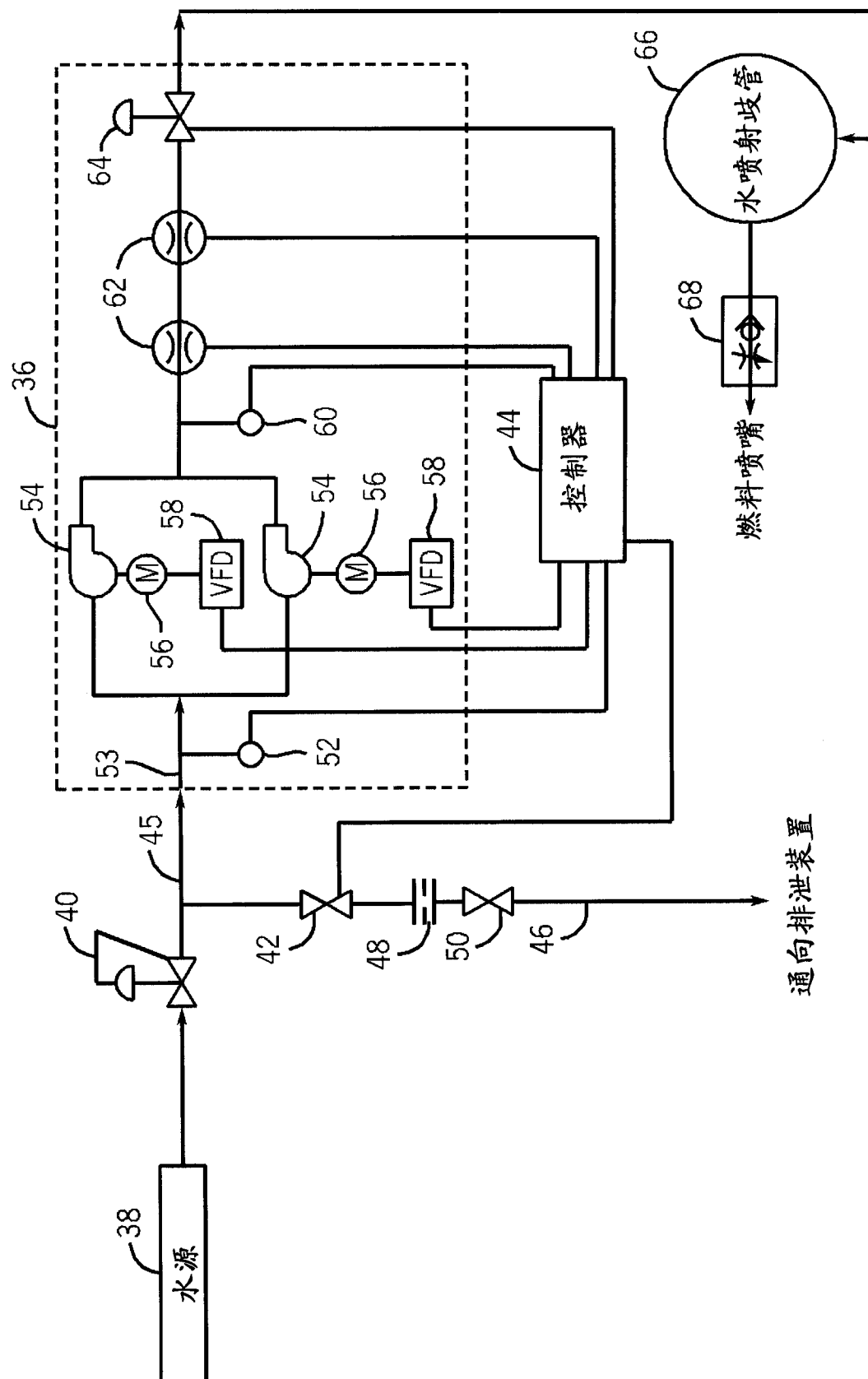


图 2

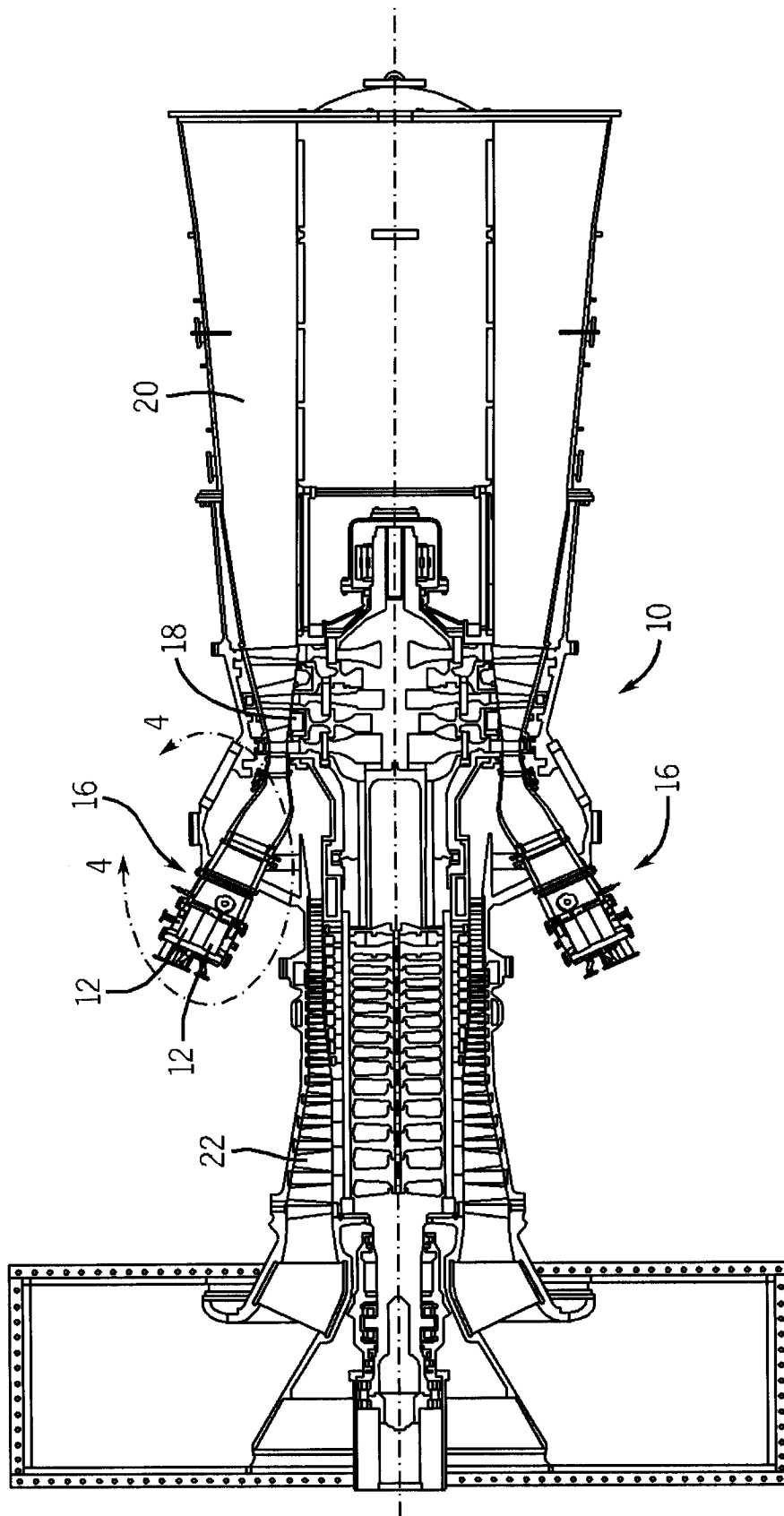


图 3

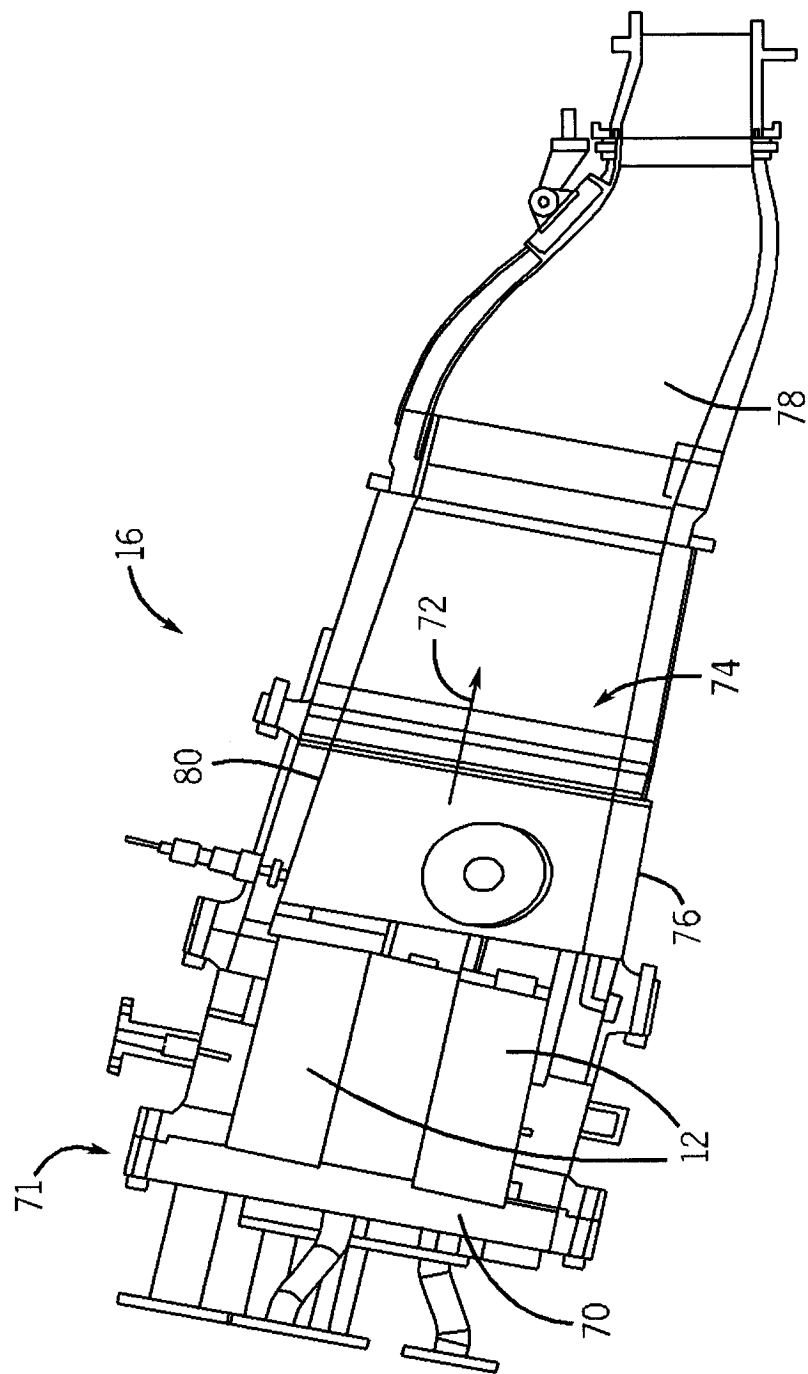


图 4

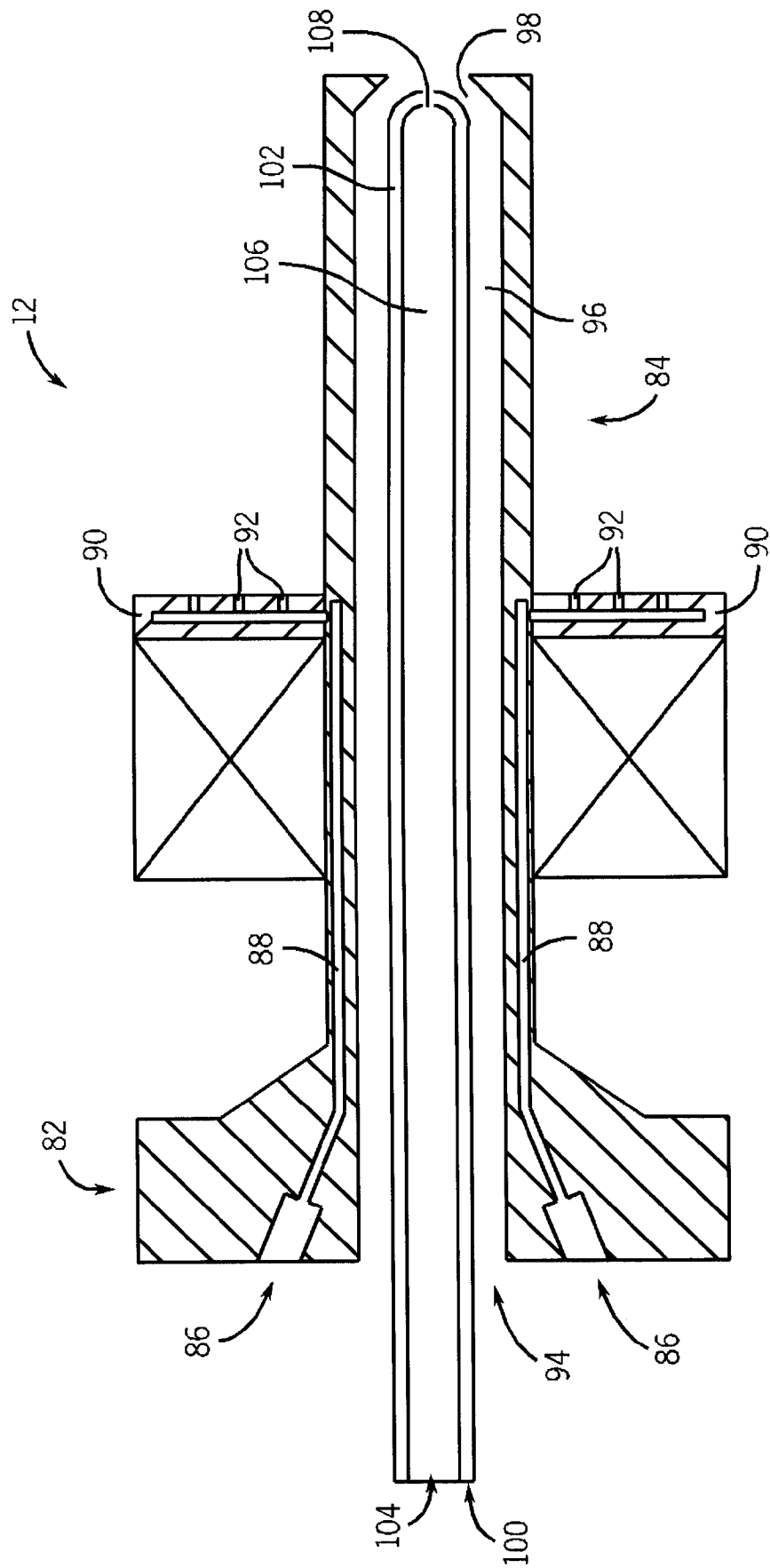


图 5

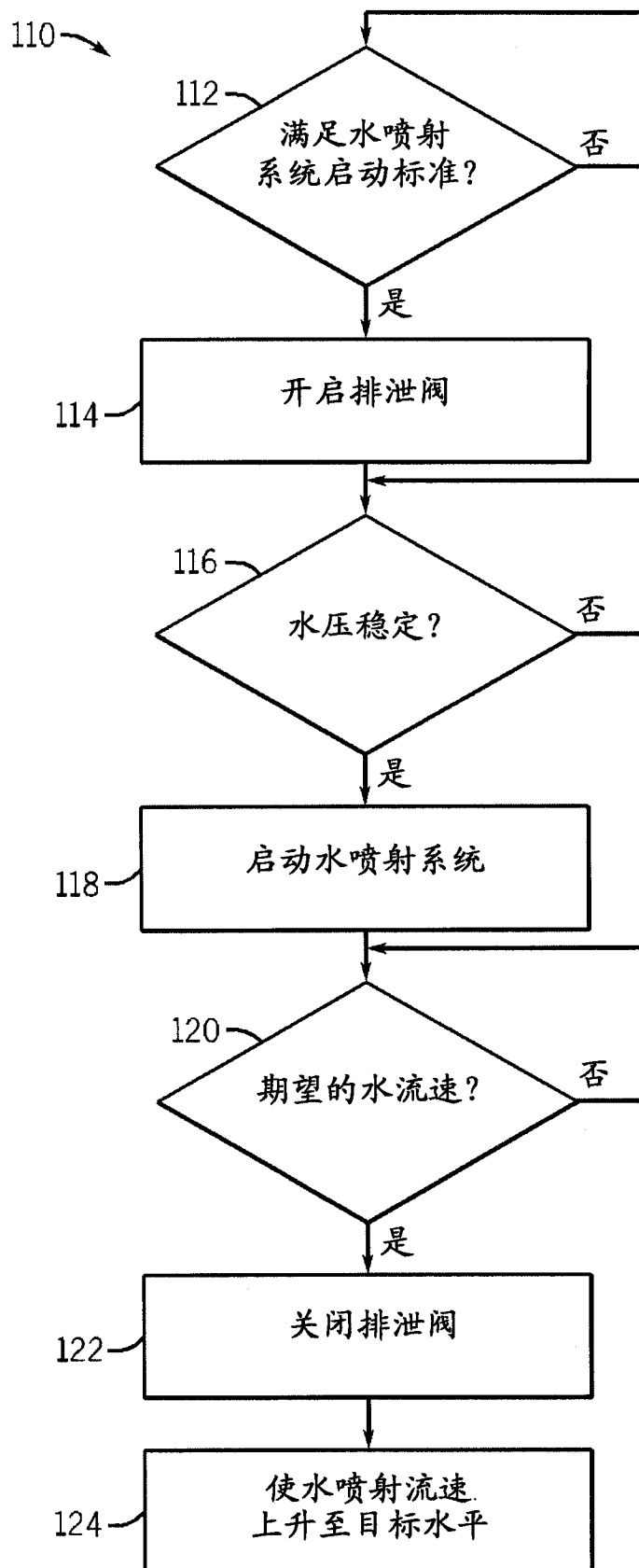


图 6

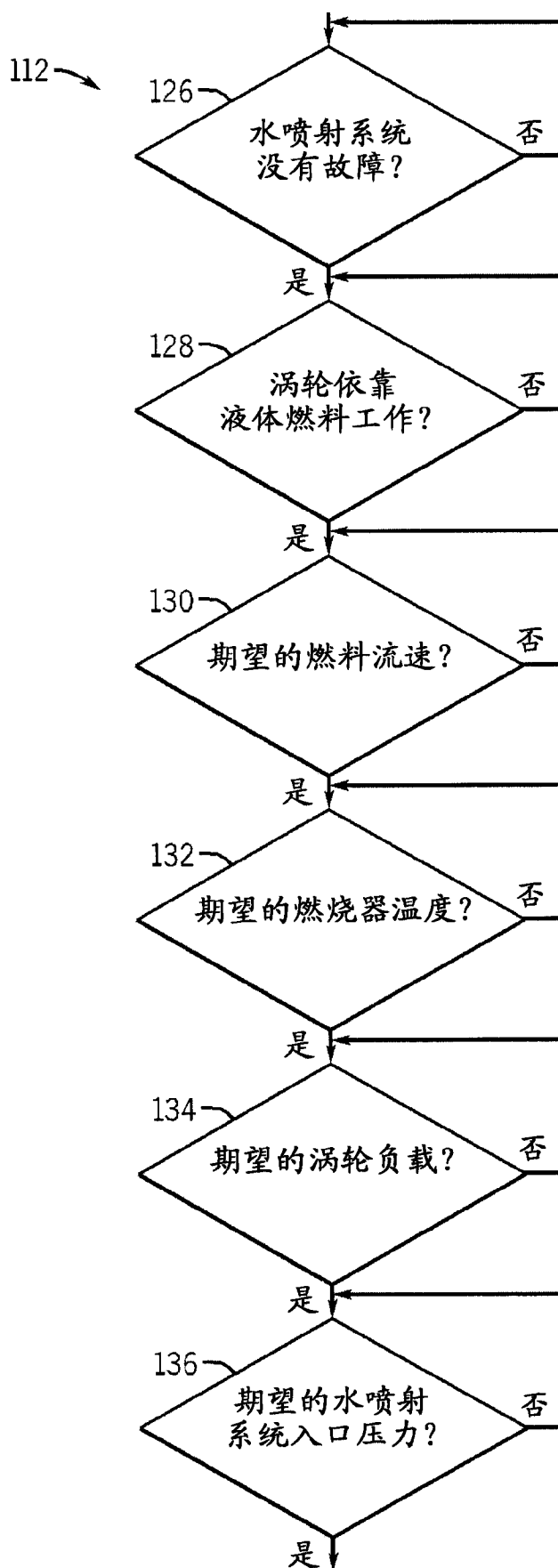


图 7

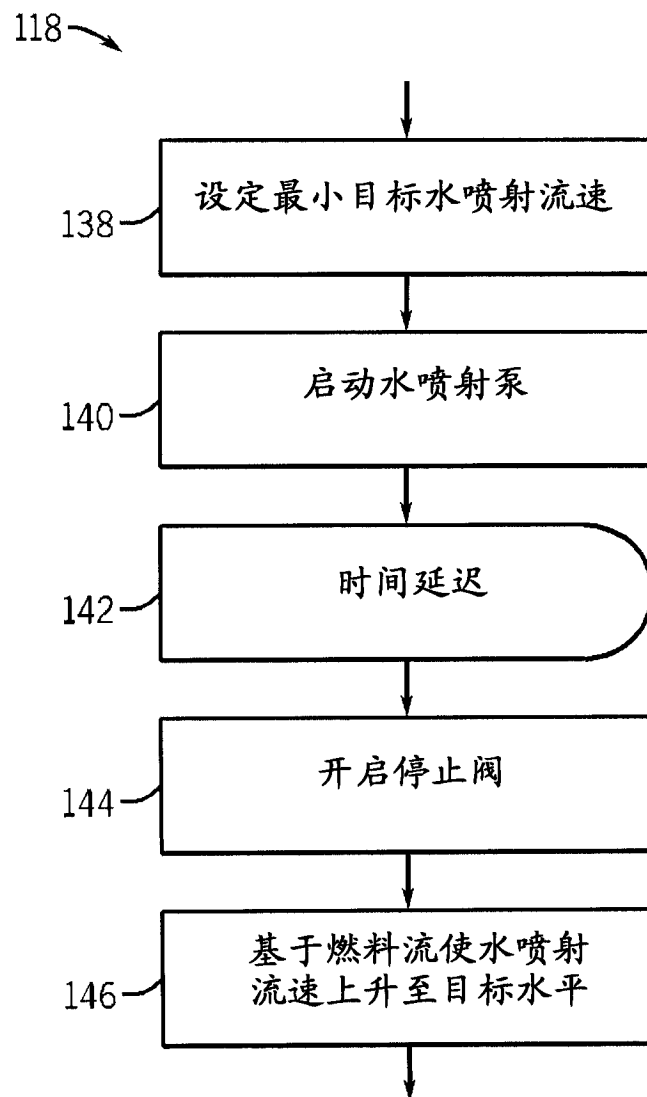


图 8

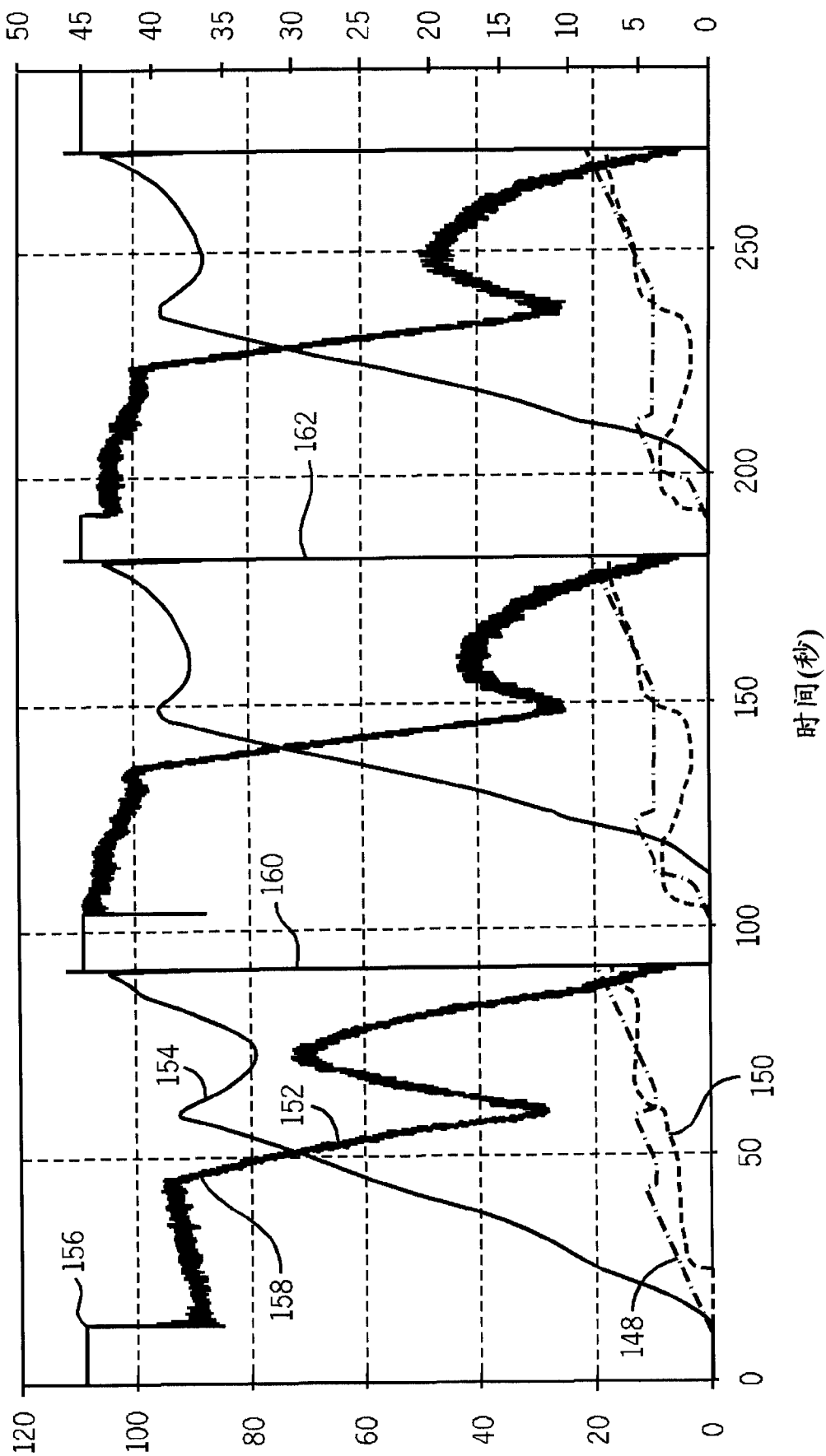


图 9

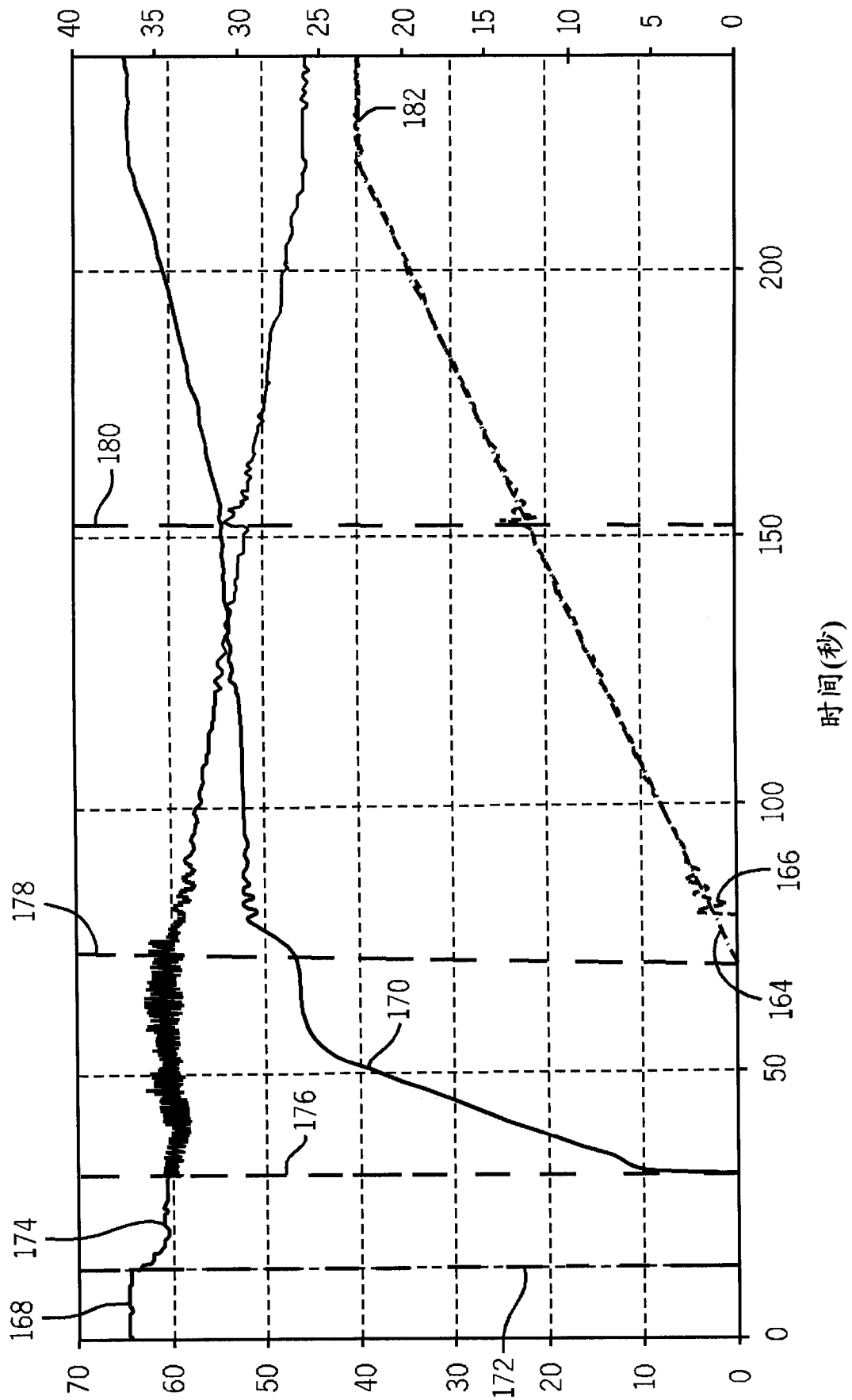


图 10