(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116892444 A
(43)申请公布日 2023.10.17

(21)申请号 202310225947.1

(22)申请日 2023.03.09

(30)优先权数据
22166697.7 2022.04.05 EP

(71)申请人 温特图尔汽柴油公司
地址 瑞士温特图尔

(72)发明人 A·博维斯特拉

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 张志华 赵鹏

(51)Int.Cl.
*F02B 37/00*(2006.01)
*F02B 37/24*(2006.01)
*F02D 21/08*(2006.01)
*F02M 26/17*(2016.01)

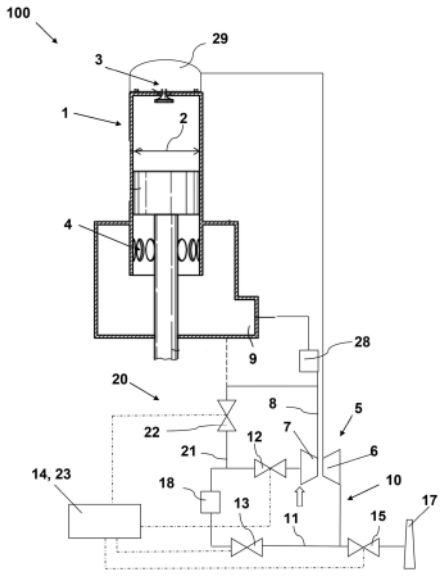
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

内燃发动机和用于运行内燃发动机的方法

(57)摘要

本发明涉及内燃发动机和用于运行内燃发动机的方法。内燃发动机包括内径为至少200mm的至少一个气缸。内燃发动机包括用于排气再循环的系统，该系统具有布置在气缸的排气出口与空气入口之间的EGR路径。内燃发动机包括具有涡轮机和压缩机的涡轮增压器。用于排气再循环的系统是低压系统，其中，排气能被引导经过涡轮机，并且排气中的至少一部分能被引导通过压缩机，被引导到空气入口。EGR路径包括布置在压缩机上游的流量调节阀以及布置在涡轮机下游且在流量调节阀上游的截止阀。内燃发动机包括用于根据需要将扫气从扫气管线和/或扫气接收器引导到EGR路径中的空气供应系统。




CN 116892444 A

1.一种内燃发动机(100),即大型船用发动机或固定式发动机,该内燃发动机包括内径(2)为至少200mm的至少一个气缸(1),

所述内燃发动机(100)包括用于排气再循环的系统(10),该用于排气再循环的系统具有布置在所述气缸(1)的排气出口(3)与空气入口(4)之间的EGR路径(11),并且所述内燃发动机(100)包括具有涡轮机(6)和压缩机(7)的涡轮增压器(5),

其中,所述用于排气再循环的系统(10)是低压系统,其中,排气能被引导经过所述涡轮增压器(5)的涡轮机(6),并且排气中的至少一部分能被引导通过所述涡轮增压器(5)的压缩机(7),被引导到所述气缸(1)的空气入口(4),并且

其中,所述EGR路径(11)包括布置在所述压缩机(7)上游的流量调节阀(12)以及布置在所述涡轮机(6)下游和所述流量调节阀(12)上游的截止阀(13),

其特征在于,

所述内燃发动机(100)包括空气供应系统(20),该空气供应系统用于根据需要将扫气从扫气管线(8)和/或从扫气接收器(9)引导到所述EGR路径(11)中。

2.根据权利要求1所述的内燃发动机,其中,所述空气供应系统(20)包括用于引导扫气的空气供应管线(21),其中:

-所述空气供应管线(21)在所述流量调节阀(12)上游流体连接到所述EGR路径(11);

-所述空气供应管线(21)流体连接到所述扫气管线(8)和/或所述扫气接收器(9);并且

-流量限制装置(22)布置在所述空气供应管线(21)中,优选地,该流量限制装置包括至少一个阀(22)。

3.根据权利要求2所述的内燃发动机,其中,所述流量限制装置(22)被构造成采取至少一种状态,在所述至少一种状态中,允许第一流量通过所述流量限制装置(22),

优选地,所述流量限制装置(22)被构造成采取至少三种状态:

-第一状态,在所述第一状态中,允许第一流量通过所述流量限制装置(22);

-第二状态,在所述第二状态中,允许小于所述第一流量的第二流量通过所述流量限制装置(22);以及

-第三状态,在所述第三状态中,不允许流量通过所述流量限制装置(22)。

4.根据前述权利要求中至少一项所述的内燃发动机,其中,所述空气供应系统(20)包括空气供应控制单元(23),该空气供应控制单元被构造成控制流入所述EGR路径(11)中的扫气量,其中,具体地,所述空气供应控制单元(23)被构造成设定在所述空气供应管线(21)中布置的至少一个阀(22),更具体地,所述空气供应控制单元(23)被构造成设定根据权利要求2所述的内燃发动机的流量限制装置(22)。

5.根据前述权利要求中至少一项所述的内燃发动机,其中,所述扫气管线(8)包括扫气冷却装置(28)。

6.根据权利要求2和权利要求5所述的内燃发动机,其中,所述空气供应管线(21)在所述扫气冷却装置(28)上游从所述扫气管线(8)分支。

7.根据前述权利要求中至少一项所述的内燃发动机,其中,所述EGR路径(11)包括排气冷却装置(18),其中,特别地,根据权利要求2所述的内燃发动机的供气管线(21)在所述排气冷却装置(18)和所述流量调节阀(12)之间连接到所述EGR路径(11),或者根据权利要求2所述的内燃发动机的供气管线(21)在所述截止阀(13)和所述排气冷却装置(18)之间连接

到所述EGR路径(11)。

8.一种内燃发动机(100),即大型船用发动机或固定式发动机,该内燃发动机包括内径(2)为至少200mm的至少一个气缸(1),

所述内燃发动机(100)包括用于排气再循环的系统(40),该用于排气再循环的系统具有布置在所述气缸(1)的排气出口(3)与空气入口(4)之间的EGR路径(41),并且所述内燃发动机(100)包括具有涡轮机(6)和压缩机(7)的涡轮增压器(5),

其中,所述用于排气再循环的系统(40)是高压系统,其中,排气在所述涡轮增压器(5)的涡轮机(6)上游分出来,并且所述排气中的至少一部分能被引导到所述气缸(1)的空气入口(4)并能在所述涡轮增压器(5)的压缩机(7)下游与扫气混合,并且

其中,所述EGR路径(41)包括:EGR鼓风机(49);布置在所述EGR鼓风机(49)上游的第一高压EGR阀(43);和/或布置在所述EGR鼓风机(49)下游的第二高压EGR阀(42),

其特征在于,

所述内燃发动机(100)包括清洗控制单元(44),该清洗控制单元被构造成允许根据需要将扫气从扫气管线(8)和/或从扫气接收器(9)引导到所述EGR路径(41)中,具体地,所述清洗控制单元(44)被构造成开关所述EGR鼓风机(49),设定所述第一高压EGR阀(43)和/或设定所述第二高压EGR阀(42)。

9.一种用于运行根据权利要求1至8中的一项所述的内燃发动机(100)的方法,该方法包括以下步骤:

-开启排气再循环;

-将排气中的至少一部分从所述排气出口(3)再循环到所述空气入口(4);

-关掉排气再循环;

-将扫气从所述扫气管线(8)和/或所述扫气接收器(9)引导到所述EGR路径(11,41)中。

10.根据权利要求9所述的方法,该方法包括以下步骤:

-打开布置在根据权利要求2所述的内燃发动机的空气供应管线中的流量限制装置(22);

-引导扫气通过所述空气供应管线(21);

-关闭所述流量限制装置(22)。

11.根据权利要求9或10所述的方法,其中,为了开启排气再循环,打开根据权利要求1所述的内燃发动机的截止阀(13)和流量调节阀(12)。

12.根据权利要求9、10或11所述的方法,其中,为了关掉排气再循环,关闭根据权利要求1所述的内燃发动机的流量调节阀(12)。

13.根据权利要求9、10、11或12所述的方法,其中,在将扫气引导到所述EGR路径(11)中之后,关闭根据权利要求1所述的内燃发动机的截止阀(13),优选地在关闭根据权利要求2所述的内燃发动机的流量限制装置(21)之前关闭所述截止阀(13)。

14.根据权利要求9所述的方法,该方法包括以下步骤:

-停止根据权利要求8所述的内燃发动机的EGR鼓风机(49);

-优选地打开根据权利要求8所述的内燃发动机的第一高压EGR阀(43)和/或第二高压EGR阀(42);

-引导扫气通过所述EGR路径(41);

-优选地关闭所述第一高压EGR阀(43)和/或所述第二高压EGR阀(42)。

# 内燃发动机和用于运行内燃发动机的方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括用于排气再循环的系统的内燃发动机以及一种用于运行内燃发动机的方法。

[0002] 本发明优选地涉及一种内燃发动机，例如大型船用或轮船用发动机或固定式发动机，其气缸具有至少200mm的内径。发动机优选为二冲程发动机或二冲程十字头式发动机。发动机可以是柴油机或气体发动机、双燃料或多燃料发动机。液体和/或气体燃料在这种发动机中的燃烧以及压燃或强制点火是可能的。

## 背景技术

[0003] 发动机具有至少一个气缸，在该气缸中具有活塞。活塞连接到曲轴。在发动机工作期间，活塞在上止点(TDC)和下止点(BDC)之间往复运动。气缸通常具有至少一个用于进气的空气通道开口(特别是布置在气缸的衬套中的空气入口)以及至少一个用于排气的排气通道开口(特别是布置在气缸的盖中的排气出口)。

[0004] 内燃发动机可以是纵向冲洗式二冲程发动机。

[0005] 术语“内燃发动机”还指不仅能够以狄塞尔模式(其特征在于燃料的压燃)，而且可以以奥托模式(其特征在于燃料的强制点火)或以两者的混合运行的大型发动机。此外，术语“内燃发动机”尤其包括双燃料发动机和大型发动机，其中，燃料的压燃用于另一种燃料的强制点火。

[0006] 发动机速度优选低于800RPM(四冲程)，更优选低于200RPM(二冲程)，这表示低速发动机的标志。

[0007] 燃料可以是柴油或船用柴油或重质燃料油或乳化液或悬浮液或甲醇或乙醇以及气体，如液化天然气(LNG)、液化石油气(LPG)等。

[0008] 可能根据需要添加的其他可能燃料有:LBG(液化沼气)、生物燃料(例如，藻类燃料或海藻油)、氢气、来自$CO_2$的合成燃料(例如，由动力至气体或动力至液体制成)。

[0009] 为了降低气体/空气混合物的反应性和甲烷逃逸，已知提供排气再循环(EGR)，特别是低压排气再循环(EGR)，如例如在EP372572A1中所示的。一部分排气再循环到气缸中，而另一部分排气被引导到漏斗并释放到环境中。

[0010] 在关掉排气再循环之后，排气可以保留在EGR路径的管道中。当管道冷却时，在管道的内壁上可能产生冷凝。当排气再循环重新起动时，这会导致对EGR路径的部件和压缩机的腐蚀或损坏。

[0011] 此外，当发动机停止时，排气不准保留在系统中，使得在需要进行一些维护的情况下机组人员不暴露于排气。

[0012] 因此，应该清洗剩余的排气。

[0013] 从DE10260220A1已知引导空气通过高压EGR系统。发动机控制模块控制进气侧相对于排气侧的压力以选择性地引导空气通过EGR系统。DE102013225133B4教导了在燃料供应中断期间冲洗EGR路径。

[0014] 然而,可能在不中断燃料供应的情况下需要空气供应。

## 发明内容

[0015] 本发明的一个目的是避免现有技术的缺点,并且具体地提供包括用于排气再循环的系统的内燃发动机以及用于运行内燃发动机的方法,用于将空气供应到EGR路径以避免或最小化EGR气体在EGR路径中的积聚或冷凝。

[0016] 根据本发明,内燃发动机,即大型船用发动机或固定式发动机,包括内径至少为200mm的至少一个气缸。

[0017] 内燃发动机包括具有涡轮机和压缩机的涡轮增压器。在工作过程中,涡轮机由排气驱动,压缩机提供被引导到气缸中的加压气体。

[0018] 内燃发动机包括用于排气再循环的系统,该用于排气再循环的系统具有流体布置在气缸的排气出口与空气入口之间的EGR路径。

[0019] 根据本发明的第一方面,用于排气再循环的系统是低压系统,其中,排气能被引导经过涡轮增压器的涡轮机,并且排气中的至少一部分可在涡轮机下游分出来,并且能被引导通过涡轮增压器的压缩机,被引导到气缸的空气入口。

[0020] 例如,再循环排气的10%-70%,优选30%-60%。

[0021] 低压EGR路径包括优选地布置在压缩机上游的流量调节阀以及优选地布置在涡轮机下游和流量调节阀上游的截止阀。

[0022] 在本文中,术语“上游”和“下游”涉及再循环的排气的流动方向。

[0023] EGR路径可以进一步包括布置在流量调节阀与截止阀之间的排气冷却装置。

[0024] 内燃发动机包括空气供应系统,该空气供应系统用于根据需要将扫气从扫气管线和/或从扫气接收器引导到EGR路径中。

[0025] 可以在扫气被引入或吸入气缸之前将扫气收集在扫气接收器中。

[0026] 扫气管线将涡轮增压器的压缩机(该压缩机对新鲜空气加压)与气缸的空气入口或与扫气接收器流体连接。

[0027] 空气供应系统可以提供用于清洗EGR路径的扫气,特别是在排气再循环已经结束之后或在排气再循环开始之前,以便将EGR路径清洁成无排气残余物和/或冷凝物质。

[0028] 替代地,还可以提供少量的扫气用于在EGR路径内建立压力,以避免排气泄漏通过关闭但未密封的截止阀。

[0029] 典型地,流量调节阀和截止阀具有其全部容量的0.5%的泄漏。因此,即使关闭截止阀,一些排气也可能进入EGR路径。EGR路径内的密封压力可以防止这种不希望的再循环。

[0030] 当内燃发动机在没有排气再循环的情况下运行时,虽然为了清洗,空气供应系统可以在有限的时间内提供大量的扫气,但是为了建立密封压力,空气供应系统可以在该时间内提供少量的扫气。

[0031] 空气供应系统可以包括用于引导扫气的空气供应管线。空气供应管线可以在流量调节阀上游流体连接到EGR路径。

[0032] 空气供应管线可以流体连接到扫气管线和/或扫气接收器。

[0033] 扫气包含新鲜空气。在排气被再循环或已经被再循环的情况下,扫气也可以包含一定程度的排气。

[0034] 流量限制装置可以布置在空气供应管线中，优选地，流量限制装置包括至少一个阀。

[0035] 流量限制装置限定被引导到EGR路径中的扫气量。

[0036] 流量限制装置可以被构造成采取至少一种状态，在所述至少一种状态中，允许第一流量通过流量限制装置，该第一流量优选地足以清洗EGR路径。流量限制装置还可以被构造成采取另一种状态，在该另一种状态中，不允许流量通过流量限制装置。

[0037] 优选地，流量限制装置可以允许各种流量通过流量限制装置。

[0038] 流量限制装置可以被构造成采取至少三种状态。在第一状态中，允许第一流量通过流量限制装置，第一流量优选地是足以允许清洗EGR路径的流量。在第二状态中，允许小于第一流量的第二流量通过流量限制装置，第二流量优选地适于在EGR路径中建立密封压力。在第三状态中，不允许流量通过流量限制装置，并且空气供应管线关闭。

[0039] 流量限制装置的状态可以对应于所述至少一个阀的相应位置或打开程度。

[0040] 替代地，流量限制装置可以被操作成针对空气供应系统的每种状态给出所需的流量。流量限制装置可以例如基于在扫气管线中、在扫气接收器中、在空气供应管线中和/或在EGR路径中测量的浓度、流量、温度或压力信号而被主动地控制。

[0041] 空气供应系统可以包括空气供应控制单元，该空气供应控制单元被构造成控制流入EGR路径中的扫气量。

[0042] 具体地，空气供应控制单元被构造成设定在空气供应管线中布置的至少一个阀。空气供应控制单元可以被构造成设定如上所述的流量限制装置。

[0043] 为了清洗，需要是EGR路径容积的1-3倍的扫气量。这可能导致扫气管线中大约0.2巴的压降，这是不严重的。

[0044] 扫气管线中大约0.2巴的压降大致对应于发动机空气消耗量的4％的流动。

[0045] 当发动机在满负荷下运行时，为了以上述参数进行清洗，流量限制装置必须打开大约1-5分钟。

[0046] 为了密封，流量限制装置应允许发动机空气消耗量的0.3％-0.8％(优选0.55％-0.65％)的连续流动。

[0047] 用于排气再循环的系统可以包括被构造成控制再循环到空气入口的排气量的EGR控制单元。具体地，EGR控制单元被构造成设定阀。EGR控制单元可以被构造成设定流量调节阀、截止阀、在EGR路径与漏斗之间的背压阀和/或在EGR路径中布置的鼓风机。

[0048] 空气供应控制单元可以是EGR控制单元的一部分，或者空气供应控制单元和EGR控制单元可以是发动机控制单元的一部分。

[0049] 优选地，扫气管线包括扫气冷却装置。扫气冷却装置可以包括扫气冷却器和水雾收集器。

[0050] 空气供应管线可以在扫气冷却装置上游从扫气管线分支。在这种情况下，可以将热空气供应到EGR路径中。对于相同质量的气体，热气体具有较高的体积。如果扫气在扫气冷却装置上游被分出来，则扫气的损失可以被最小化。

[0051] 替代地，空气供应管线可以在扫气冷却装置下游从扫气管线分支，例如从扫气接收器分支，并且冷却的扫气可以被引导到EGR路径中。

[0052] 如上所述的内燃发动机的空气供应管线可以在排气冷却装置与流量调节阀之间

连接到EGR路径。替代地，空气供应管线可以在截止阀与排气冷却装置之间连接到EGR路径。

[0053] 在空气供应管线在排气冷却装置与流量调节阀之间连接到EGR路径的情况下，为了清洗EGR路径，可以关闭流量调节阀，并且可以引导扫气通过打开的截止阀，朝向漏斗引导。在这种情况下，逆着再循环的排气的方向(即在反向方向上)引导扫气。

[0054] 在空气供应管线在截止阀与排气冷却装置之间连接到EGR路径的情况下，为了清洗EGR路径，可以关闭截止阀，并且可以引导扫气通过打开的流量调节阀，朝向压缩机和空气入口引导。在这种情况下，在再循环的排气的方向上(即在正向方向上)引导扫气。

[0055] 由于在这种情况下引导从EGR路径排出的排气残留物通过气缸，因此在花费更长的时间之后，气缸停止接收排气。

[0056] 如果两个阀——截止阀和流量调节阀——都关闭，则在EGR路径中建立压力，这防止排气通过非密封的截止阀进入EGR路径。

[0057] 内燃发动机可以包括排气背压阀和/或在EGR路径中的鼓风机，该排气背压阀布置在EGR路径与漏斗之间。可以通过打开或关闭背压阀和/或通过控制鼓风机的速度，优选地由如上所述的EGR控制单元影响EGR率。

[0058] 替代地，内燃发动机可以包括用于排气再循环的低压系统，并且内燃发动机可以包括用于根据需要将环境空气引导到EGR路径中的环境空气供应系统。空气供应系统可以包括用于引导环境空气的环境空气供应管线，其中，环境空气供应管线在流量调节阀上游流体连接到EGR路径，并且空气供应管线流体连接到环境。

[0059] 流量限制装置(优选地包括至少一个阀)可以布置在环境空气供应管线中。

[0060] 根据本发明的第二方面，内燃发动机的用于排气再循环的系统是高压系统。

[0061] 对于高压系统，排气在涡轮增压器的涡轮机上游分出来。排气中的至少一部分能被引导到气缸的空气入口并能在涡轮增压器的压缩机下游与扫气混合。

[0062] 高压EGR路径包括:EGR鼓风机;布置在EGR鼓风机上游的第一高压EGR阀;和/或布置在EGR鼓风机下游的第二高压EGR阀。

[0063] 高压EGR路径可以仅包括第一高压EGR阀或仅包括第二高压EGR阀。为了实现排气再循环，打开高压EGR阀并开启EGR鼓风机。

[0064] 优选地，高压EGR路径包括第一高压EGR阀和第二高压EGR阀。为了实现排气再循环，打开第一高压EGR阀和第二高压EGR阀并开启EGR鼓风机。

[0065] 内燃发动机包括清洗控制单元，该清洗控制单元被构造成允许根据需要将扫气从扫气管线和/或扫气接收器引导到EGR路径中。清洗控制单元可以被构造成开关EGR鼓风机，设定第一高压EGR阀和/或设定第二高压EGR阀。

[0066] 在大型二冲程发动机的正常运行条件下，扫气的压力高于排气歧管中的压力。因此，对于EGR操作，必须开启EGR鼓风机。

[0067] 在高压EGR系统的情况下，如果第一高压EGR阀和/或第二高压EGR阀在切换到非EGR操作并关掉EGR鼓风机之后暂时保持打开，则扫气流将在反向方向上清洗EGR路径。反向方向是指与再循环排气的流动方向相反的流动方向。

[0068] 在两个高压EGR阀的情况下，第一高压EGR阀和第二高压EGR阀中的一个可以用作流量限制装置(例如，位置控制阀)，而另一个仅需要打开/关闭功能。

[0069] 当高压EGR操作从ON切换到OFF时，停用EGR鼓风机。第一高压EGR阀和第二高压EGR

阀可以保持打开,两者中的任一个进入其流动限制位置。

[0070] 由于扫气压力高于排气压力,小流量的扫气将在反向方向上流过EGR路径,从系统中清洗排气。

[0071] 在适当的时间长度之后,第一高压EGR阀和/或第二高压EGR阀可以完全关闭并且清洗过程完成。不需要密封功能,因为小的扫气自然密封流将因这两个阀的泄漏而产生。

[0072] 高压EGR系统可以包括用于操作第一高压EGR阀、第二高压EGR阀和/或EGR鼓风机的EGR控制单元。

[0073] 清洗控制单元可以是EGR控制单元的一部分。

[0074] 清洗控制单元和/或EGR控制单元可以是发动机控制单元的一部分。

[0075] 根据本发明的另一方面,一种用于运行如上所述的内燃发动机的方法包括以下步骤。开启排气再循环,将排气中的至少一部分从排气出口再循环到空气入口,并且关掉排气再循环。随后将扫气从扫气管线和/或从扫气接收器引导到EGR路径中。

[0076] 对于具有如上所述的低压EGR系统的内燃发动机,可以打开流量限制装置,可以将扫气引导通过布置在空气供应管线中的流量限制装置。随后可以关闭流量限制装置。

[0077] 为了开启低压EGR系统的排气再循环,可以打开具有如上所述的低压EGR系统的内燃发动机的截止阀和流量调节阀。

[0078] 另外,可以至少部分地关闭布置在EGR路径与漏斗之间的排气背压阀和/或可以打开鼓风机。

[0079] 为了关掉低压EGR系统的排气再循环,可以关闭流量调节阀。

[0080] 另外,当关闭流量调节阀时或之后,可以完全打开排气背压阀和/或可以关闭鼓风机。

[0081] 在将扫气引导到EGR路径中之后,可以关闭截止阀,优选地在关闭流量限制装置之前关闭截止阀。

[0082] 可以在反向方向上或在正向方向上将扫气引导通过EGR路径。

[0083] 对于具有如上所述的高压EGR系统的内燃发动机,可以停止EGR鼓风机。

[0084] 可以打开第一高压EGR阀和/或第二高压EGR阀或可以保持第一高压EGR阀和/或第二高压EGR阀打开,并且可以将引导扫气通过EGR路径以清洗EGR路径。

[0085] 可以将第一高压EGR阀和第二高压EGR阀中的至少一个设定到完全打开位置,并且可以将另一个阀设定到部分打开位置,使得清洗流量受到限制。

[0086] 随后,可以关闭第一高压EGR阀和第二高压EGR阀。

[0087] 即使在关闭第一高压EGR阀和第二高压EGR阀之后,少量的扫气也可以进入EGR路径并且可以在EGR路径内建立压力,使得当关掉EGR再循环时防止排气进入EGR路径。

## 附图说明

[0088] 在下文中,通过附图在实施例中进一步解释本发明。相同的附图标记表示功能上对应的特征。

[0089] 图1示出了内燃发动机的示意图;

[0090] 图2示意性地示出了低压EGR系统的第一示例;

[0091] 图3示意性地示出了低压EGR系统的第二示例;

[0092] 图4示意性地示出了高压EGR系统的示例；

[0093] 图5示意性地示出了流量限制装置的第一示例；

[0094] 图6示意性地示出了流量限制装置的第二示例；

[0095] 图7示意性地示出了低压EGR系统的第三示例。

## 具体实施方式

[0096] 图1示出了内燃发动机100，即大型船舶发动机，内燃发动机100包括内径2为至少200mm的至少一个气缸1。

[0097] 内燃发动机100包括涡轮增压器5，涡轮增压器5具有由排气驱动的涡轮机6和用于提供加压的扫气的压缩机7。

[0098] 内燃发动机100包括用于排气再循环的低压系统10，低压系统10具有布置在气缸1的排气出口3与空气入口4之间的EGR路径11。

[0099] 图2示意性地示出了低压EGR系统的第一示例，该低压EGR系统对应于图1所示的用于排气再循环的低压系统10。

[0100] 排气被引导经过涡轮增压器5的涡轮机6。排气中的至少一部分被引导通过压缩机7，被引导向气缸1的空气入口4，而另一部分被漏斗17释放到环境中。

[0101] 低压EGR路径11包括布置在压缩机7上游的流量调节阀12以及布置在涡轮机6下游和流量调节阀12上游的截止阀13。为了使排气再循环，打开截止阀13。通过设定流量调节阀12的开度和设定在EGR路径11与漏斗17之间布置的背压阀15的开度，可以影响再循环的排气量。

[0102] 低压EGR路径11包括布置在截止阀13和流量调节阀12之间的排气冷却装置18。

[0103] 内燃发动机100包括用于根据需要将扫气从扫气管线8引导到EGR路径11中的空气供应系统20。空气供应系统20包括空气供应管线21，空气供应管线21一方面在流量调节阀12上游流体连接到EGR路径11，并且另一方面流体连接到扫气管线8。

[0104] 替代地，空气供应管线21可以流体连接到扫气接收器9(用虚线示出)。

[0105] 流量限制装置22设置在空气供应管线21中。

[0106] 扫气管线8包括扫气冷却装置28。

[0107] 在该示例中，空气供应管线21在扫气冷却装置28上游从扫气管线8分支。空气供应管线21在排气冷却装置18和流量调节阀12之间连接到EGR路径11。

[0108] 内燃发动机100包括空气供应控制单元23，空气供应控制单元23被构造成设定流量限制装置22并因此控制流入EGR路径11的扫气量。空气供应控制单元23是EGR控制单元14的一部分，EGR控制单元14被构造成设定流量调节阀12、截止阀13和背压阀15。

[0109] 当排气再循环已经结束时，通常关闭截止阀13和流量调节阀12。当流量调节阀12保持关闭时，截止阀13可以打开，并且大量的扫气可以被引导到EGR路径11中，这将排气残余物经由打开的截止阀13朝向漏斗17清洗出EGR路径。

[0110] 替代地或相继地，关闭截止阀13以及流量调节阀12，并且可以打开流量限制装置22，使得少量的扫气可以被引导到EGR路径11中。可以在EGR路径11中建立压力，这防止排气克服关闭但未密封的截止阀13。

[0111] 清洗方向与再循环期间的流动方向相反。因此，该示例用于所谓的“反向清洗”。

[0112] 相反,图3示意性地示出了用于“正向清洗”的低压EGR系统的第二示例。

[0113] 在该示例中,空气供应管线21也在扫气冷却装置28上游从扫气管线8分支。水雾捕集器31布置在扫气冷却装置28下游。

[0114] 在该示例中,空气供应管线21在截止阀13和排气冷却装置18之间(即在截止阀13和节能器19之间)连接到EGR路径11,节能器19布置成相对于再循环排气的流动方向在上游与排气冷却装置18相邻。

[0115] 排气冷却装置18由冷却回路32供给。

[0116] 当排气再循环已经结束时,关闭截止阀13以及流量调节阀12。可以打开流量调节阀12而截止阀13保持关闭,并且大量的扫气可以被引导到EGR路径11中,这将排气残余物经由打开的流量调节阀12朝向涡轮增压器5和扫气接收器9清洗出EGR路径。

[0117] 替代地或相继地,截止阀13以及流量调节阀12保持关闭,并且流量限制装置22可以打开,使得少量的扫气可以被引导到EGR路径11中。可以在EGR路径11中建立压力,这防止排气克服关闭但未密封的截止阀13。

[0118] 清洗方向对应于再循环期间的流动方向。因此,该示例用于所谓的“正向清洗”。

[0119] 图4示意性地示出了高压EGR系统40的示例。

[0120] EGR路径41也布置在排气接收器29和扫气接收器9之间。

[0121] 用于排气再循环的系统40是高压系统,其中,排气在涡轮增压器5的涡轮机6上游分支出来,并且排气中的至少一部分被引导到扫气管线8并且在涡轮增压器5的压缩机7下游与新鲜空气混合。高压EGR路径41包括EGR鼓风机49、布置在EGR鼓风机49上游的第一高压EGR阀43、布置在EGR鼓风机49下游的第二高压EGR阀42以及布置在EGR鼓风机49与第二高压EGR阀42之间的排气冷却装置18。

[0122] 清洗控制单元44被构造成允许根据需要将扫气从扫气管线8引导到EGR路径41中。

[0123] 清洗控制单元44被构造成开关EGR鼓风机49,设定第一高压EGR阀43并且设定第二高压EGR阀42。

[0124] 清洗控制单元44是EGR控制单元14的一部分,EGR控制单元14被构造成开关EGR鼓风机49,设定第一高压EGR阀43并且设定第二高压EGR阀42以便允许或防止排气再循环。

[0125] 为了排气再循环,打开第一高压EGR阀43和第二高压EGR阀42并且开启鼓风机。

[0126] 为了停止排气再循环,可以关闭第一高压EGR阀43和第二高压EGR阀42并且关掉鼓风机49。

[0127] 在排气再循环已经结束之后,可以打开第一高压EGR阀43和第二高压EGR阀42,使得扫气沿相反方向通过EGR路径41朝向涡轮机6和漏斗17引导,因为扫气管线8中的压力高于涡轮机6上游的排气管线36中的压力。

[0128] 图5示意性地示出了流量限制装置22的第一示例,流量限制装置22包括具有可控位置的蝶形阀33。流动面积和因此允许的流量随着蝶形阀33的角度而变化。

[0129] 通过设定蝶形阀33的角度,可以选择相应的流量,例如足以清洗EGR路径的流量、用于密封的流量或完全没有流量。

[0130] 图6示意性地示出了流量限制装置22的第二示例。两个开/关蝶形阀34,35并联布置。可以打开小的或大的横截面。

[0131] 通过选择蝶形阀34,35中的哪一个打开以及蝶形阀34,35中的哪一个关闭,可以设

定更大流量、更小流量或没有流量。

[0132] 图7示意性地示出了低压EGR系统10的第三示例。

[0133] 在该示例中，环境空气供应管线51流体连接到环境。环境空气供应管线51在截止阀13和流量调节阀12之间(即在截止阀13和节能器19之间)连接到EGR路径11，节能器19布置成相对于再循环排气的流动方向在上游与排气冷却装置18相邻。

[0134] 环境空气供应管线51包括阀52。

[0135] 在关掉排气再循环的命令之后，阀52从控制单元(在图中未明确示出)接收打开的命令，而截止阀13关闭。

[0136] 背压阀15也打开以使整个排气流通过。流量调节阀12保持打开。

[0137] 压缩机7继续吸入气体并因此从环境中吸入环境空气。因此，EGR路径11被清洗。另外，EGR路径11可以包括EGR鼓风机49，以在EGR路径11中建立足够的压力并驱动气体通过EGR路径11。

[0138] 阀13和52被安排成以防止排气通过环境空气供应管线51流入环境的方式打开和关闭。在正常操作期间，背压阀15上游的压力超过大气压力。因此，截止阀13应该在环境空气阀52打开之前关闭。

[0139] 在预定的清洗时间之后，阀52和流量调节阀12关闭。该时间也可以通过测量EGR路径11内的气体成分来确定。

[0140] 可以使用如图1至图3中的一个所示的空气供应系统20来将在截止阀13和流量调节阀12之间的EGR路径11加压到所需的水平，以便防止环境空气或排气进入EGR路径11。

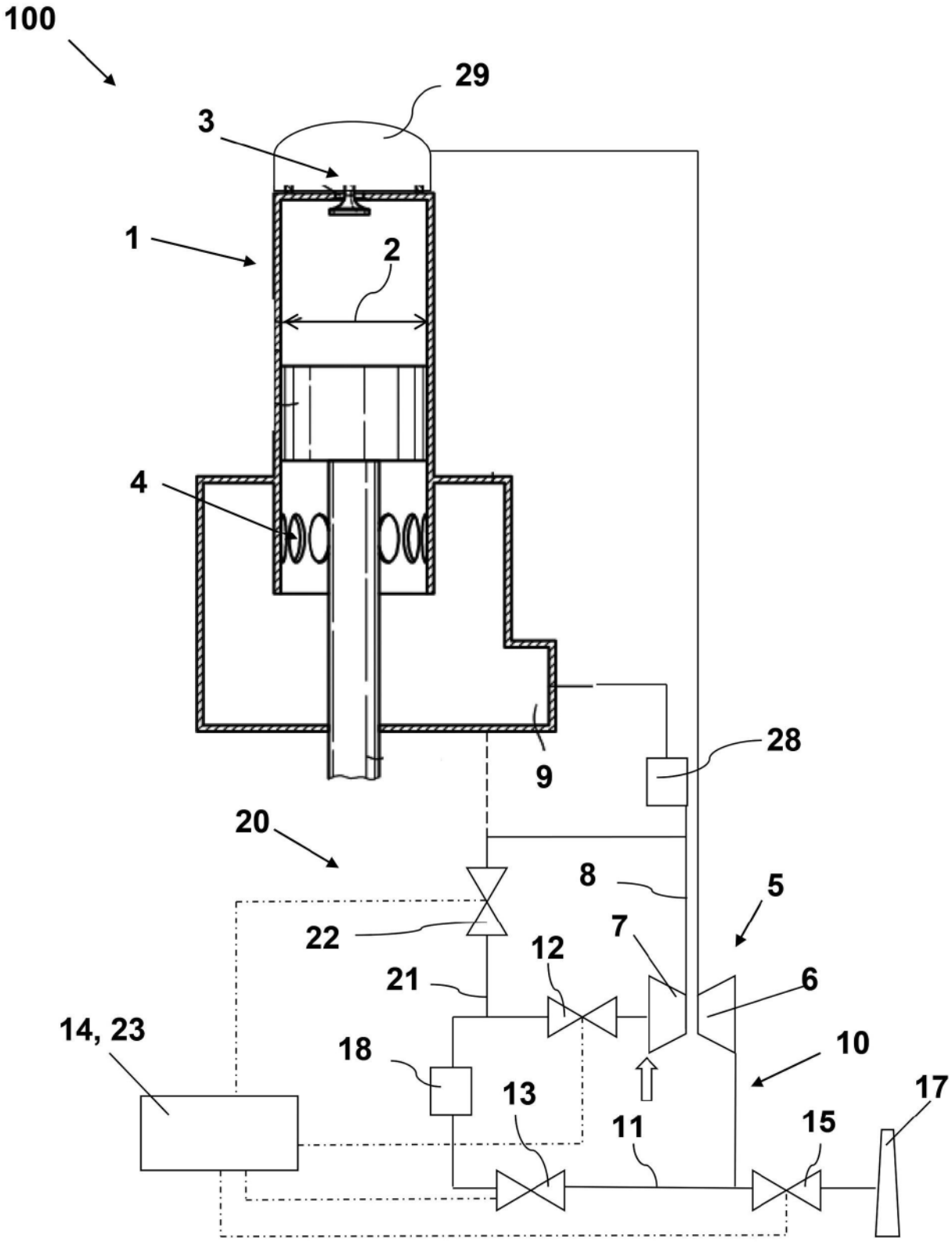



图1

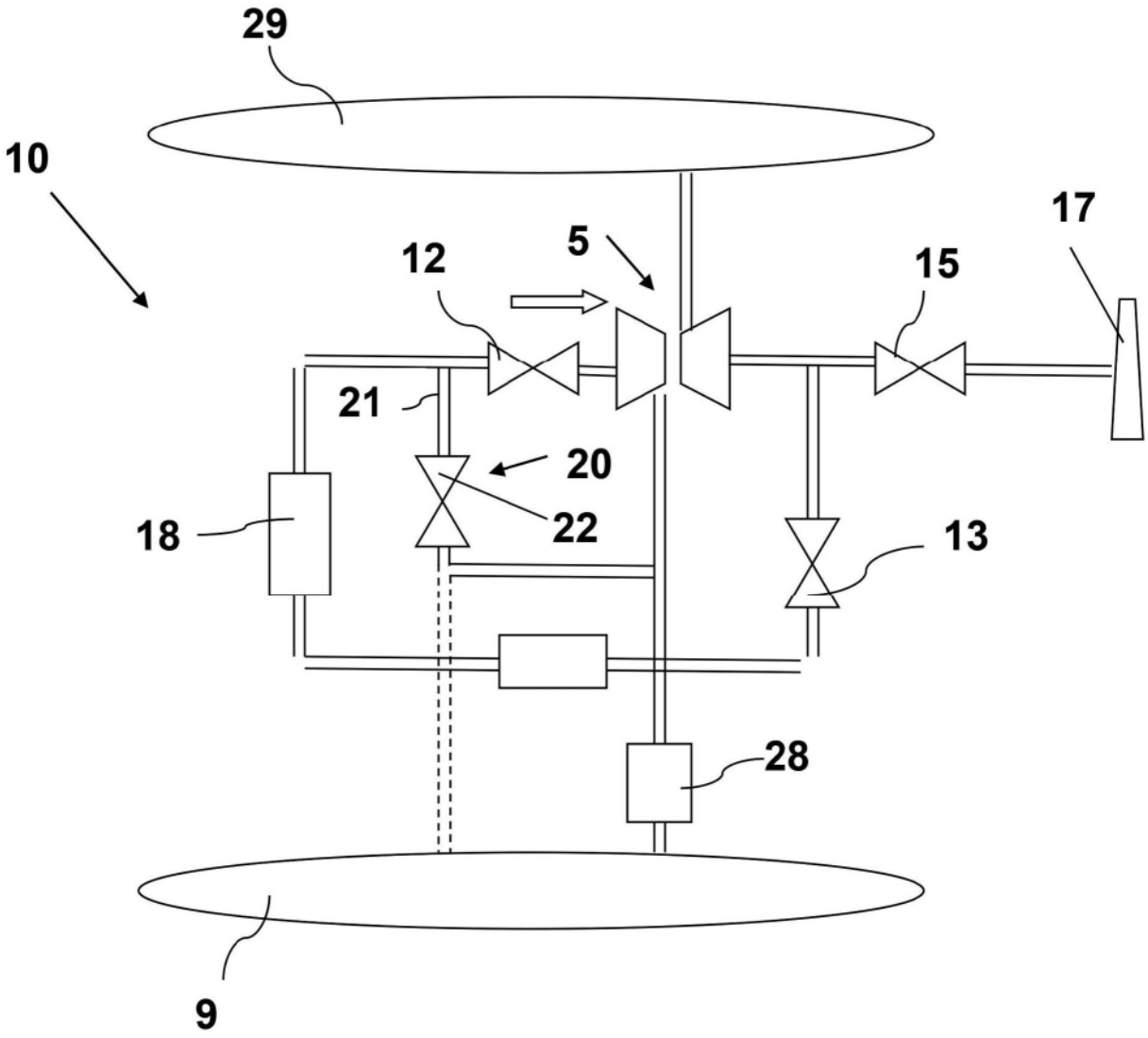



图2

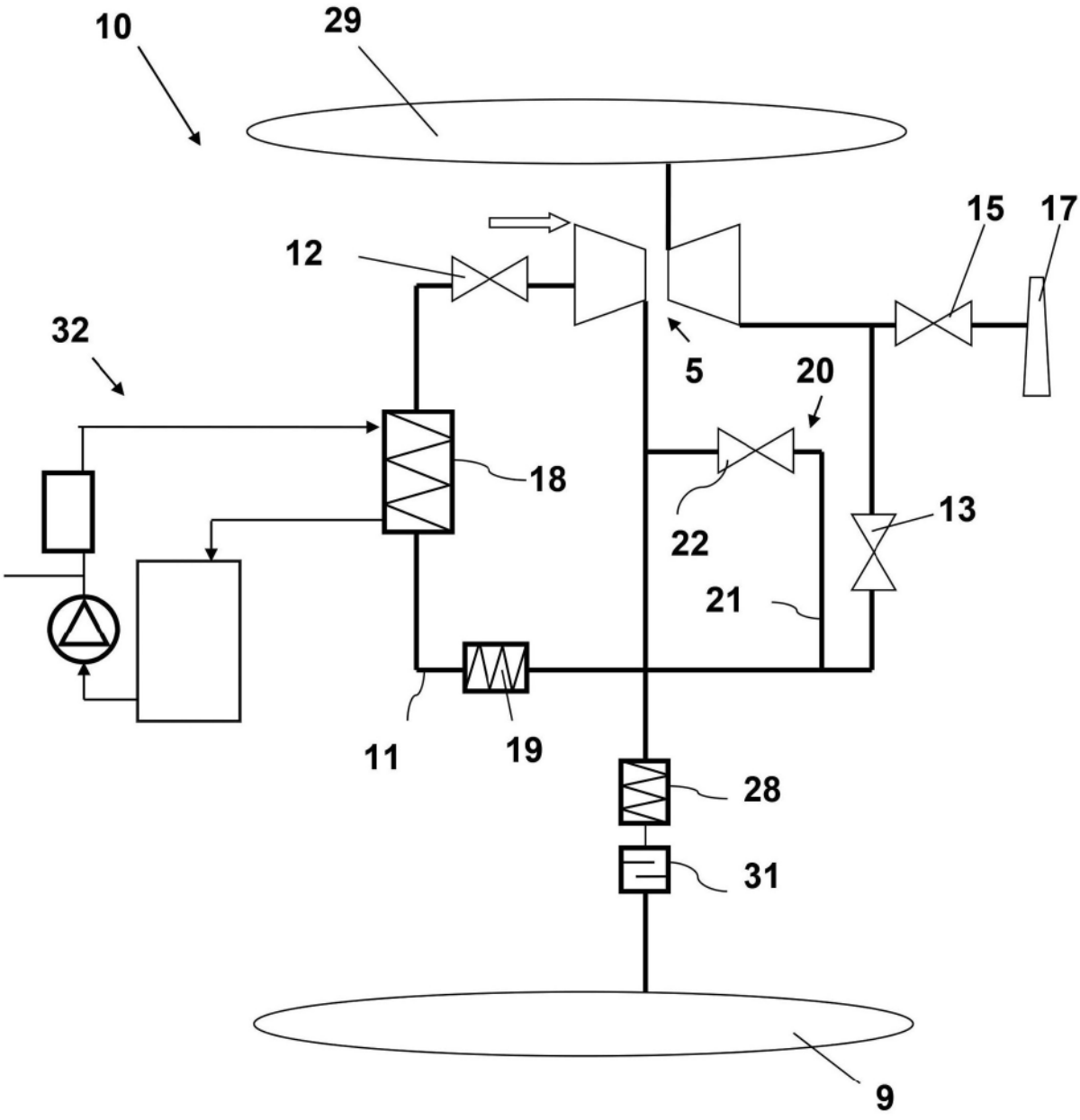



图3

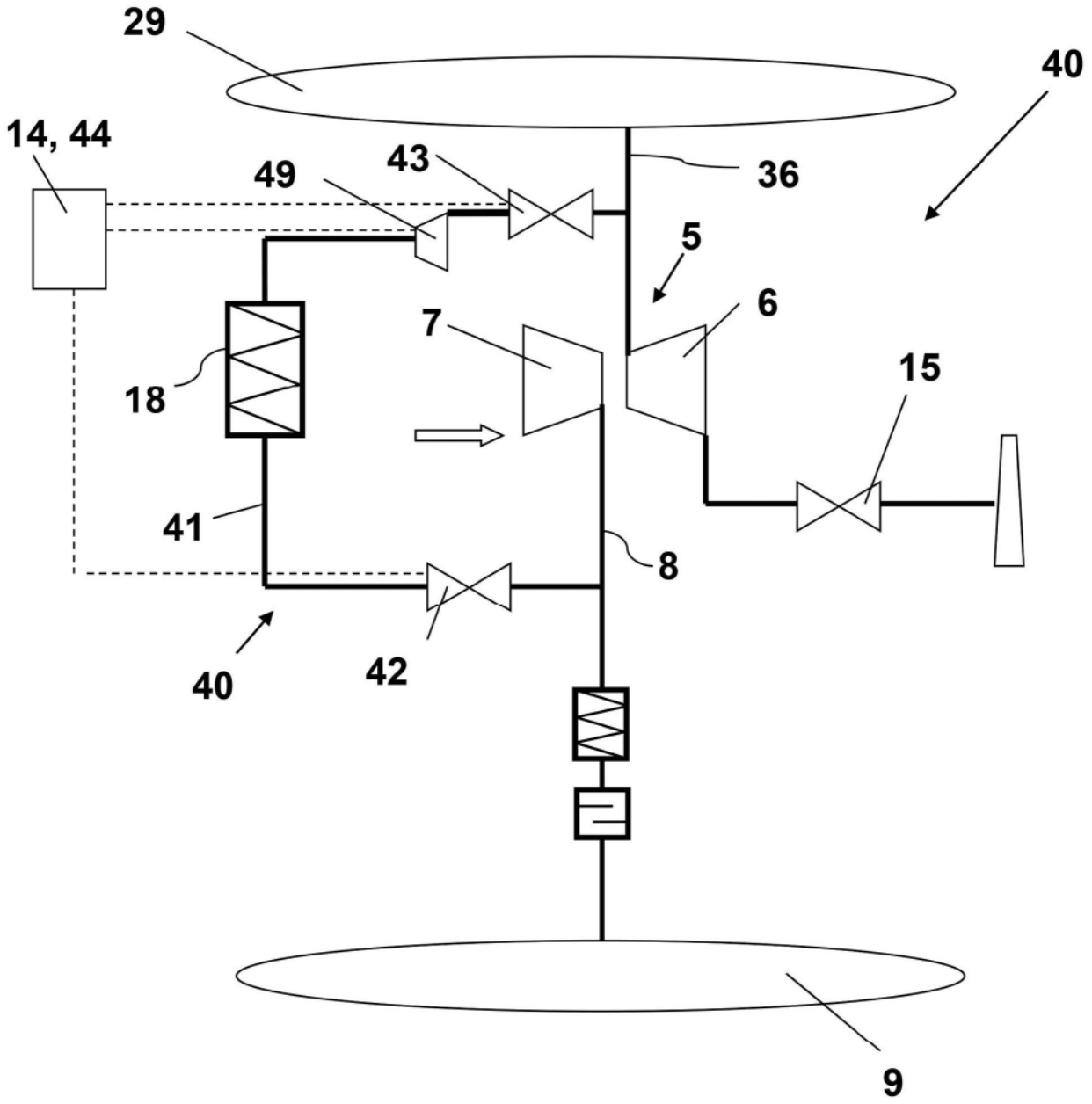



图4

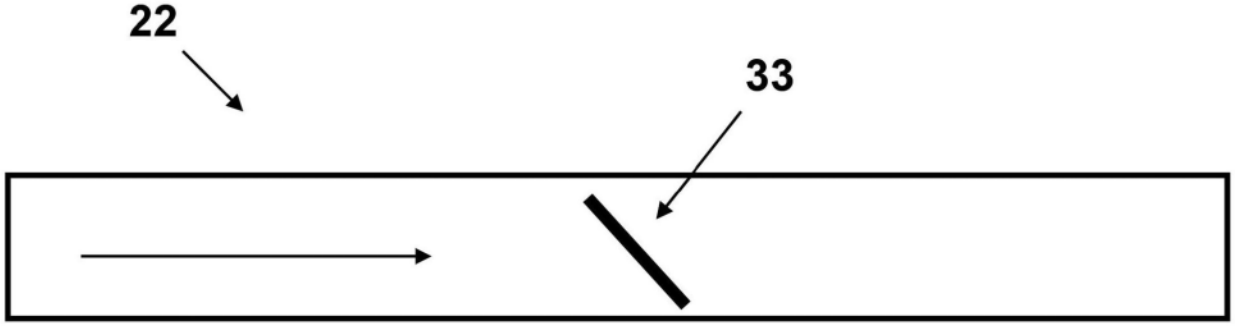



图5

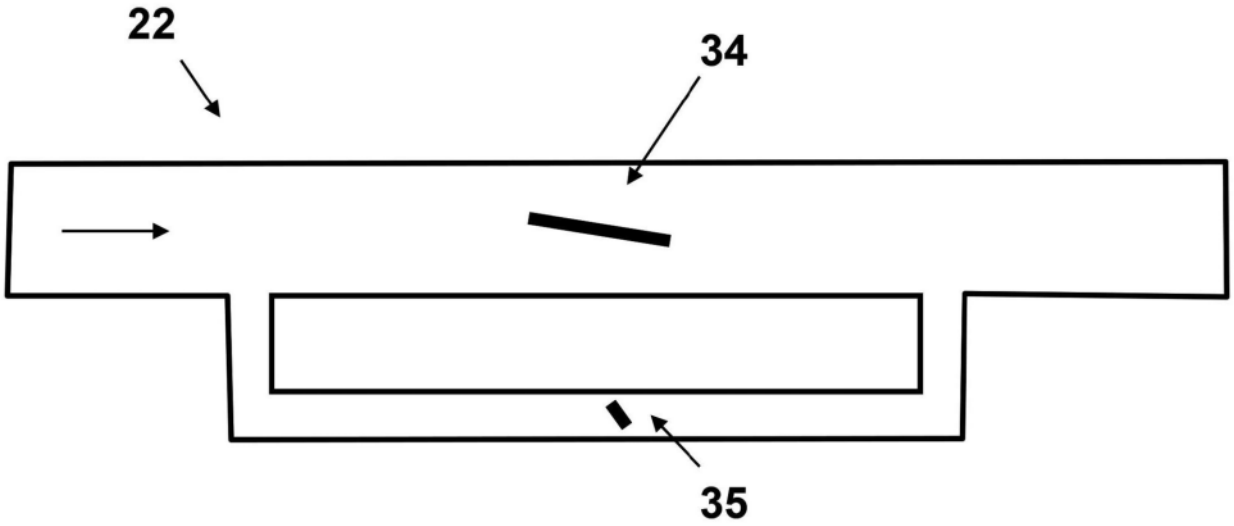



图6

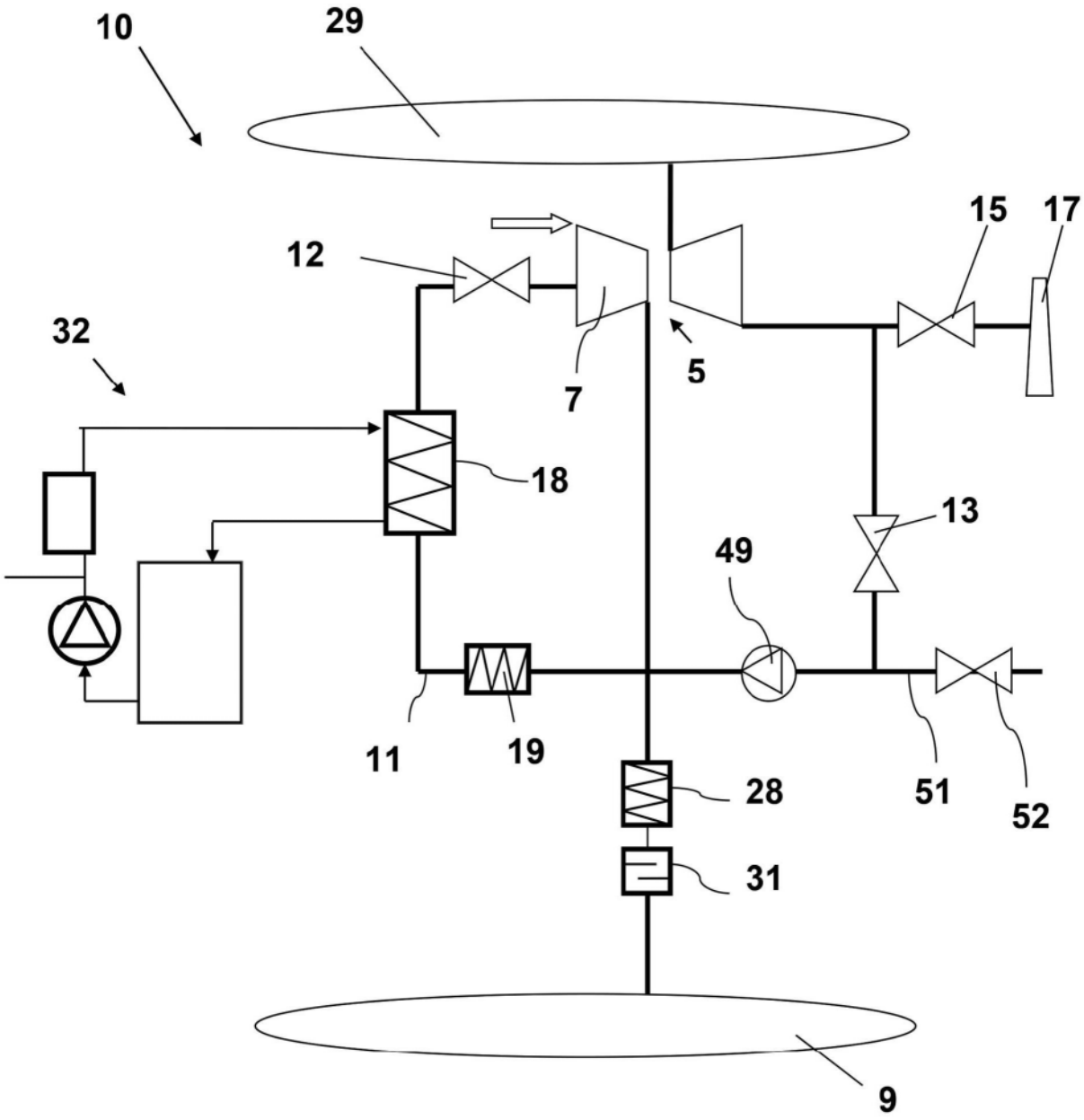



图7