(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107435600 B
(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201710377066.6

(22)申请日 2017.05.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107435600 A

(43)申请公布日 2017.12.05

(30)优先权数据
PA201670360 2016.05.26 DK

(73)专利权人 曼能解决方案(曼能解决方案德国股份公司)分公司
地址 丹麦哥本哈根

(72)发明人 C•C•翁 J•霍尔斯特 R•B•尼耳森

(74)专利代理机构 北京市中伦律师事务所 11410
代理人 石宝忠

(51)Int.Cl.
F02M 21/02(2006.01)
B63H 21/14(2006.01)
B63H 21/38(2006.01)
F02B 43/10(2006.01)

(56)对比文件
CN 1571883 A,2005.01.26,
US 9188069 B2,2015.11.17,
CN 101754897 A,2010.06.23,
CN 104121114 A,2014.10.29,
US 2014137572 A1,2014.05.22,
JP 2006283736 A,2006.10.19,

审查员 孙金凤

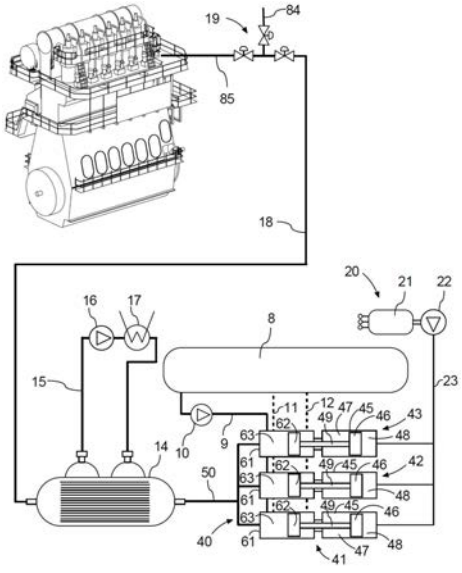
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54)发明名称

大型二冲程压缩点火式高压注气内燃机的燃料供给系统

(57)摘要

本发明涉及大型二冲程压缩点火式高压注气内燃机的燃料供给系统。内燃机设置有将供给的高压气体喷射至内燃机的燃烧室中的燃料喷射系统。燃料供给系统包括:给料管道,其将液化气体储罐的出口连接到高压泵的入口,以将液化气体从液化气体储罐输送到高压泵;输送管道,其将高压泵的出口连接到高压蒸发器的入口,以将高压液化气体从高压泵输送到高压蒸发器;供给管道,其将高压蒸发器的出口连接到燃料喷射系统的入口,以将高压蒸发气体输送到燃料喷射系统。高压泵包括两个或更多个泵单元。每个泵单元包括可滑动地置于泵汽缸中的泵活塞和可滑动地置于驱动汽缸中的液压驱动的驱动活塞,该驱动活塞联接到泵活塞用以驱动泵活塞。



CN 107435600 B

1.一种用于将高压气体供给到大型二冲程压缩点火内燃机的燃料供给系统,所述内燃机设置有用于将供给的所述高压气体喷射至所述内燃机的燃烧室中的燃料喷射系统,

所述燃料供给系统包括:

给料管道(9),所述给料管道(9)将液化气体储罐(8)的出口连接到高压泵(40)的入口,用于将液化气体从所述液化气体储罐(8)输送到所述高压泵(40);

输送管道(50),所述输送管道(50)将所述高压泵(40)的出口连接到高压蒸发器(14)的入口,用于将高压液化气体从所述高压泵(40)输送到所述高压蒸发器(14);

供给管道(18),所述供给管道(18)将所述高压蒸发器(14)的出口连接到所述内燃机的所述燃料喷射系统的入口,用于将高压蒸发气体输送到所述内燃机的所述燃料喷射系统,

其特征在于,所述高压泵(40)包括两个或更多个独立操作的泵单元(41、42、43),每个泵单元(41、42、43)包括可滑动地置于泵汽缸(61)中的泵活塞(62)和可滑动地置于驱动汽缸(45)中的被液压驱动的驱动活塞(46),其中,所述驱动活塞(46)联接到所述泵活塞(62)用以驱动所述泵活塞(62),

其中,所述驱动汽缸(45)设置有位置传感器(56),所述位置传感器(56)用于感测所述驱动活塞(46)在相关的所述驱动汽缸(45)中的位置。

2.根据权利要求1所述的燃料供给系统,还包括至少一个控制阀(24),所述至少一个控制阀(24)连接到高压液压流体源(20)且连接到储罐,用于控制去往和来自所述泵单元(41、42、43)中的一个或多个泵单元的所述驱动汽缸(45)的液压流体的流量。

3.根据权利要求2所述的燃料供给系统,其中,所述驱动汽缸(45)包括驱动室(48)和回流室(47)。

4.根据权利要求3所述的燃料供给系统,其中,所述驱动室(48)连接到所述控制阀(24)。

5.根据权利要求4所述的燃料供给系统,其中,所述回流室连接到液压流体源(30),所述液压流体源(30)的压力低于所述高压液压流体源(20)的压力。

6.根据权利要求5所述的燃料供给系统,还包括电子控制单元(70),所述电子控制单元(70)从所述位置传感器(56)接收信号,并且,其中所述至少一个控制阀(24)为联接到所述电子控制单元(70)的电子控制阀。

7.根据权利要求6所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成选择性地将所述泵单元(41、42、43)的所述驱动室(48)连接到所述高压液压流体源(20)或连接到储罐。

8.根据权利要求6所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成在一驱动活塞(46)的泵冲程接近其终点时开始另一驱动活塞(46)的泵冲程,使得在结束的泵冲程和开始的泵冲程之间具有小的重叠。

9.根据权利要求6所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成与从所述高压泵(40)到所述高压蒸发器(14)的液化气体的流量量级相关地调节所述驱动活塞(46)的、使所述驱动室(48)与所述高压液压流体源(20)断开的位置。

10.根据权利要求9所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成:当从所述高压泵(40)到所述高压蒸发器(14)的液化气体的流量增加时,在与驱动冲程的方向相反的方向上调节所述驱动活塞(46)的、使相关的所述驱动活塞的所述驱动室(48)与所述高压

流体源(20)断开的位置。

11.根据权利要求10所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成:当从所述高压泵(40)到所述高压蒸发器(14)的液化气体的流量减少时,在驱动冲程的方向上调节所述驱动活塞(46)的使相关的所述驱动活塞(46)的所述驱动室(48)与所述高压流体源(20)断开的位置。

12.根据权利要求6所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成根据算法、计划或随机地调节使相关的所述驱动活塞(46)的所述驱动室(48)与所述高压流体源(20)断开的位置,以便将所述泵活塞(62)倒退的位置分布在所述泵活塞(62)的冲程区域上,从而减少所述泵汽缸(61)的磨损。

13.根据权利要求6所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成通过控制供给到所述驱动室(48)的液压流体的压力来控制所述输送管道(50)中的所述液化气体的压力。

14.根据权利要求13所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成在前馈功能中使用所述输送管道(50)中的所述液化气体的期望压力以控制供给到所述驱动室(48)的所述液压流体的压力。

15.根据权利要求14所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成在反馈功能中使用所述液化气体或所述蒸发气体的测量压力以控制供给到所述驱动室(48)的所述液压流体的压力。

16.根据权利要求14所述的燃料供给系统,其中,所述电子控制单元(70)配置成控制各个所述驱动活塞(46)的启用和停用,而与供给到所述驱动室(48)的所述液压流体的压力控制无关。

17.一种大型二冲程涡轮增压式压缩点火内燃机,所述内燃机具有高压气体喷射系统和根据权利要求1至16中任一项所述的燃料供给系统。

18.一种具有液化气罐的LNG运输船或货轮,包括根据权利要求17所述的内燃机。

19.一种用于将高压蒸发气体供给到内燃机以将高压气体喷射至所述内燃机中的方法,所述方法包括:

将液化气体储存在液化气体储罐(8)中;

利用高压泵(40)将所述液化气体泵送到高压蒸发器(14);

在所述高压蒸发器(14)中使所述液化气体蒸发以获得蒸发的高压气体;以及

将蒸发的所述高压气体供给到所述内燃机,

其特征在于,所述高压泵(40)包括两个或更多个独立操作的泵单元(41、42、43),每个泵单元包括可滑动地置于泵汽缸(61)中的泵活塞(62)和可滑动地置于驱动汽缸(45)中的液压驱动的驱动活塞(46),所述驱动活塞(46)联接到所述泵活塞(62)用以驱动所述泵活塞(62),所述方法还包括:

分别将高压液压流体供给到所述驱动汽缸(45)用以单独地驱动所述驱动活塞(46),以及

通过分别控制供给到所述驱动汽缸的所述液压流体的压力来控制离开所述高压泵(40)的所述液化气体的压力。

20.根据权利要求19所述的方法,包括:当一驱动活塞(46)的泵冲程接近其终点时,开

始另一驱动活塞(46)的泵冲程,使得在结束的泵冲程和开始的泵冲程之间具有重叠。

21.根据权利要求20所述的方法,包括:相继地启用各个所述驱动汽缸(45)。

22.根据权利要求21所述的方法,包括:相继地启用各个所述驱动汽缸(45,其中存在小的重叠。

23.根据权利要求21所述的方法,包括:考虑结束的泵冲程的动力学和开始的泵冲程的动力学,以便获得从所述高压泵(40)到所述高压蒸发器(14)的高压液化气体的恒定流量。

大型二冲程压缩点火式高压注气内燃机的燃料供给系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于大型低速运行二冲程单流压缩点火内燃机的燃料供给系统，尤其涉及用于大型低速运行二冲程压缩点火内燃机的燃料供给系统，该内燃机被供给高压气体用以将高压气体喷射到内燃机的燃烧室中。

背景技术

[0002] 大型二冲程单流涡轮增压式压缩点火内燃十字头发动机通常被用作用于大型轮船的推进系统或发电厂中的原动机。绝对规模、重量和功率输出致使上述内燃机完全不同于常规内燃机以及针对其自身将大型二冲程涡轮增压式压缩点火内燃机放在一类中。

[0003] 大型二冲程压缩点火内燃机传统地利用液态燃料(诸如燃油或重燃油)来操作。然而，对环境方面的关注增加已引起朝向使用替选类型的燃料(诸如气体、甲醇、煤浆、石油焦等)的发展。需求日益增涨的一组燃料为液化气体、尤其为液化天然气(Liquefied Natural Gas，LNG)。在液化装置中，在低温下将天然气转化为液态。通过专门设计的低温海船(LNG运输船)将LNG运输很长距离到达目的地。LNG运输船被设置有一个或多个LNG储罐。LNG储罐具有储存处于-162℃(-260°F)的超低温的LNG的能力。LNG储罐通常具有双层容器，其中内层包含LNG且外层容器包含绝热材料。最常见的罐型为LNG全容储罐。根据使用，罐的尺寸大幅改变。尽管大量的热绝缘，但仍连续地将热从外部传送到LNG储罐中的LNG，导致LNG在LNG储罐中蒸发。如果没有使这些LNG蒸汽从LNG储罐释放，则LNG储罐内的压力和温度将持续升高，这是不可接受的且危险的。LNG为致冷剂且在很低温度下保持处于液态。如果通过允许蒸发气体从储罐逸出而保持压力恒定，则该罐体内的温度将保持恒定。该过程被称为自动制冷。因此，在通过LNG运输船运输LNG期间，LNG持续地蒸发以及在LNG储罐内产生蒸发气体。

[0004] 在LNG储罐内产生的蒸发气体被用作用于船舶推进发动机的燃料或在气体燃烧器中被燃烧。

[0005] 在高压气体喷射发动机(例如大型二冲程压缩点火内燃机)被用作LNG运输船的船舶推进发动机的情况下，使用高压低温泵将高压液化天然气从LNG储罐泵送到高压汽化器。低温泵通常具有两个或更多个泵缸，该泵缸中具有可滑动布置的泵活塞。已知的低温泵使用曲轴来驱动泵活塞。该曲轴借助皮带传动而被电驱动马达驱动。

[0006] 通过电驱动马达的操作以及通过使用控制阀来调节被高压低温泵传送到蒸发器的LNG的压力。然而，该已知的控制系统相对较慢且难以控制，尤其是在来自大型二冲程柴油机的相对快速地改变燃料需求的瞬态操作中。

[0007] LNG为处于标准温度和压力的气态燃料，在本申请的上下文中，该标准温度和压力为20摄氏度(℃)和1大气压(atm)。通常，LNG被储存在处于其沸点或接近其沸点的真空绝缘储存容器中，该沸点为大约-160℃。低温可以为通常低于-150℃的任何温度。

[0008] EP2832972公开了燃料气体供给装置，该装置包括由旋转式液压马达驱动的往复活塞式低温泵。该往复活塞式低温泵的部件(诸如曲轴和活塞)的惯性结合旋转式液压马达

的惯性导致低温泵组件具有显著的组合惯性。因此，供应到旋转式液压马达的压力的变化将不立刻被转化为往复活塞式低温泵的出口处的压力变化，这是因为在移动质量中积累的能量将需要时间来转化为泵出口处的能量。因此，被往复活塞式低温泵传送的压力的动态控制将受该延迟牵制，因而在需要动态适应传送压力的情况下是不准确的。

[0009] 因此要求提供一种改进的用于将高压气体供给到大型二冲程压缩点火内燃机的燃料供给系统。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供克服或至少减少上文指出的问题的燃料供给系统。

[0011] 上述目的和其它目的通过独立权利要求的特征来实现。从从属权利要求、说明书和附图，另外的实现形式显而易见。

[0012] 根据第一方面，提供一种用于将高压气体供给到大型二冲程压缩点火内燃机的燃料供给系统，所述内燃机设置有用于将供给的所述高压气体喷射至所述内燃机的燃烧室中的燃料喷射系统，所述燃料供给系统包括：给料管道，所述给料管道将液化气体储罐的出口连接到高压泵的入口，用于将液化气体从所述液化气体储罐输送到所述高压泵；输送管道，所述输送管道将所述高压泵的出口连接到高压蒸发器的入口，用于将高压液化气体从所述高压泵输送到所述高压蒸发器；供给管道，所述供给管道将所述高压蒸发器的出口连接到所述内燃机的所述燃料喷射系统的入口，用于将高压蒸发气体输送到所述内燃机的所述燃料喷射系统，所述高压泵包括两个或更多个独立操作的泵单元，每个泵单元包括可滑动地置于泵汽缸中的泵活塞和可滑动地置于驱动汽缸中的液压驱动的驱动活塞，其中，所述驱动活塞联接到所述泵活塞用以驱动所述泵活塞。

[0013] 通过使燃料供给系统设置有高压泵，其中每个泵活塞被线性液压致动器激活，可以通过控制供给到线性致动器的液压流体的压力来准确地控制传送到蒸发器的高压液化气体的压力。这是可行的，因为基于液压线性致动器的驱动系统在相比于其它类型的驱动时实际上不具有惯性，以及基于液压线性致动器的驱动系统立即对传送到液压线性致动器的液压流体中的压力变化作出响应。因此，传送到线性致动器的液压流体的压力变化立即反映在供给到蒸发器的液化气体的压力上。控制液压供给压力是相对容易且简单的。因此，利用明显更快的响应时间和更少的过冲，可以控制气体压力。

[0014] 根据第一方面的第一可行实现方式，所述燃料供给系统还包括至少一个液压控制阀，所述至少一个液压控制阀连接到高压液压流体源且连接到储罐，用于控制去往和来自所述泵单元中的一个或多个泵单元的所述驱动汽缸的液压流体的流量，所述高压液压流体源优选地为具有可变且可控的压力水平的源。

[0015] 根据第一方面的第二可行实现方式，所述驱动汽缸包括驱动室和回流室。

[0016] 根据第一方面的第三可行实现方式，所述驱动室连接到所述液压控制阀，以及所述回流室优选地永久性连接到液压流体源，所述液压流体源的压力低于所述高压液压流体源的压力。

[0017] 根据第一方面的第四可行实现方式，所述驱动汽缸设置有位置传感器，所述位置传感器用于感测所述驱动活塞在相关的所述驱动汽缸中的位置。

[0018] 根据第一方面的第五可行实现方式，所述燃料供给系统还包括从所述位置传感器

接收信号的电子控制单元，其中，所述至少一个液压控制阀为联接到所述电子控制单元的电子控制阀。

[0019] 根据第一方面的第六可行实现方式，所述电子控制单元配置成选择性地将所述泵单元的所述驱动室连接到所述高压液压流体源或连接到储罐。

[0020] 根据第一方面的第七可行实现方式，所述电子控制单元配置成在一驱动活塞的泵冲程接近其终点时开始另一驱动活塞的泵冲程，使得在结束的泵冲程和开始的泵冲程之间具有小的重叠。因此，可以实现使LNG基本上稳定地流动到蒸发器而无显著的压力波动。

[0021] 根据第一方面的第八可行实现方式，所述电子控制单元配置成考虑结束的泵冲程的动力学和开始的泵冲程的动力学，以便获得从所述高压泵到所述高压蒸发器的高压液化气体的基本恒定流量。

[0022] 根据第一方面的第九可行实现方式，所述电子控制单元配置成确定驱动汽缸/单元之一的泵冲程何时必须开始以及确定任一驱动汽缸的泵冲程何时必须结束。因此，可以准确地控制泵冲程开始的点以及尤其泵冲程结束的点。

[0023] 根据第一方面的第十可行实现方式，所述电子控制单元配置成基本上相继地启用各个驱动汽缸，优选地存在小的重叠。

[0024] 根据第一方面的第十一可行实现方式，所述电子控制单元配置成在泵单元之一发生故障操作其余起作用的泵单元的驱动活塞。因此，获得冗余，以及如果泵单元之一发生故障，则可以继续泵送行为。

[0025] 根据第一方面的第十二可行实现方式，所述电子控制单元配置成操作其余起作用的泵单元的驱动活塞，使得基本上相继地启用其余起作用的泵单元的驱动汽缸，优选地存在小的重叠。

[0026] 根据第一方面的第十三可行实现方式，所述电子控制单元配置成与从所述高压泵到所述高压蒸发器的液化气体的流量量级相关地调节所述驱动活塞的使所述驱动室与所述高压液压流体源断开的位置。因此，可以使泵冲程倒退的位置保持相同，不管泵活塞和驱动活塞的速度和形成惯性如何。

[0027] 根据第一方面的第十四可行实现方式，所述电子控制单元配置成：当从所述高压泵到所述高压蒸发器的液化气体的流量增加时，在与驱动冲程的方向相反的方向上调节所述驱动活塞的使相关的所述驱动活塞的所述驱动室与所述高压流体源断开的位置。

[0028] 根据第一方面的第十五可行实现方式，所述电子控制单元配置成：当从所述高压泵到所述高压蒸发器的液化气体的流量减少时，在驱动冲程的方向上调节所述驱动活塞的使相关的所述驱动活塞的所述驱动室与所述高压流体源断开的位置。

[0029] 根据第一方面的第十六可行实现方式，所述电子控制单元配置成根据算法、计划或随机地调节驱动活塞的使相关的所述驱动活塞的所述驱动室与所述高压流体源断开的位置，以便将所述泵活塞倒退的位置分布在所述泵活塞的冲程区域上，从而减少所述泵汽缸的磨损。

[0030] 根据第一方面的第十七可行实现方式，所述电子控制单元配置成通过控制供给到所述驱动室的所述液压流体的压力来控制所述输送管道中的所述液化气体的压力。因此，实现对输送管道中的液化气体的压力的有效且立即响应的控制。

[0031] 根据第一方面的第十八可行实现方式，所述电子控制单元配置成在前馈功能中使

用所述输送管道中的所述液化气体的期望压力以控制供给到所述驱动室的所述液压流体的压力。通过使用借助液压对液化气体压力的前馈控制，可以实现对液化气体中的压力的甚至更为快速且平稳的控制。

[0032] 根据第一方面的第十九可行实现方式，所述电子控制单元配置成在反馈功能中使用所述输送管道中的所述液化气体的测量压力以控制供给到所述驱动室的所述液压流体的压力。因此，可以通过控制系统来调解非线性和瞬变性。

[0033] 根据第一方面的第二十可行实现方式，所述电子控制单元配置成控制各个驱动活塞的启用和停用，该控制与供给到所述驱动室的所述液压流体的压力控制无关。因此，可以通过电子控制单元优化用于启用驱动活塞的控制策略，而与压力控制无关。

[0034] 根据第一方面的第二十一可行实现方式，所述电子控制单元配置成使用表示驱动活塞的位置的信息来控制驱动活塞的启用和停用。

[0035] 根据第二方面，提供一种大型二冲程涡轮增压式压缩点火内燃机，所述内燃机具有高压气体喷射系统和根据第一方面及其任一可行实现方式所述的燃料供给系统。

[0036] 根据第三方面，提供一种具有液化气罐的LNG运输船或货轮，其包括根据第二方面所述的内燃机。

[0037] 根据第四方面，提供一种用于将高压蒸发气体供给到内燃机以将高压气体喷射至所述内燃机中的方法，所述方法包括：

[0038] 将液化气体储存在液化气体储罐中，

[0039] 利用高压泵将所述液化气体泵送到高压蒸发器；

[0040] 在所述高压蒸发器中使所述高压液化气体蒸发；以及

[0041] 将蒸发的高压气体供给到所述内燃机，

[0042] 所述高压泵包括两个或更多个独立操作的泵单元，每个泵单元包括可滑动地置于泵汽缸中的泵活塞和可滑动地置于驱动汽缸中的液压驱动的驱动活塞，所述驱动活塞联接到所述泵活塞用以驱动所述泵活塞，所述方法还包括：

[0043] 分别将高压液压流体供给到所述驱动汽缸用以单独地驱动所述驱动活塞，以及

[0044] 通过分别控制供给到所述驱动汽缸的所述液压流体的压力来控制离开所述高压泵的所述液化气体的压力。

[0045] 根据第四方面的第一可行实现方式，所述方法还包括：针对驱动冲程启用驱动活塞之一，此后针对回流冲程使该驱动活塞停用。

[0046] 根据第四方面的第二可行实现方式，泵活塞和驱动活塞彼此连接以完全一致地运动。

[0047] 根据第四方面的第三可行实现方式，所述方法还包括：在一驱动活塞的泵冲程接近其终点时开始另一驱动活塞的泵冲程，使得在结束的泵冲程和开始的泵冲程之间具有小的重叠。

[0048] 根据第四方面的第四可行实现方式，所述方法还包括：考虑结束的泵冲程的动力学和开始的泵冲程的动力学，以便获得从所述高压泵到所述高压蒸发器的高压液化气体的基本恒定流量。

[0049] 根据第四方面的第五可行实现方式，所述方法还包括：基本上相继地激活各个驱动汽缸，优选地存在小的重叠。

[0050] 从下文描述的实施方式，本发明的这些方面和其它方面将显而易见。

附图说明

[0051] 在本发明的如下详细部分中，参照在附图中示出的示例性实施方式更详细地阐述本发明，附图中：

[0052] 图1为根据示例性实施方式的大型二冲程柴油机的立视前视图，

[0053] 图2为用于将高压天然气从LNG储罐供应到根据图1的大型二冲程柴油机的燃料供给系统的图示，

[0054] 图3为图2的燃料供给系统中的高压泵的立视图，

[0055] 图4为图3的高压泵的图示，

[0056] 图5为图3的高压泵的泵单元的详细剖面图，

[0057] 图6至图8为示出图3的高压泵的操作的图，

[0058] 图9为用于控制图3的高压泵的控制系统的图解表示，以及

[0059] 图10和图11为示出图3的高压泵的处于各种速度的活塞移动的图。

具体实施方式

[0060] 在如下详细描述中，将参照示例性实施方式描述用于具有十字头的大型二冲程低速涡轮增压式压缩点火内燃机的燃料供给系统，但是要理解，该内燃机可以为另一类型，诸如二冲程奥托(Otto)、四冲程奥托或柴油机，其利用或不利用涡轮增压、利用或不利用废气再循环或选择性催化还原。

[0061] 图1示出具有转轮和十字头的大型低速涡轮增压式二冲程柴油内燃机。在本示例性实施方式中，内燃机具有成一直线的6个汽缸。大型低速涡轮增压式二冲程柴油内燃机通常具有成一直线的4个到14个汽缸，这些汽缸由汽缸架承载，该汽缸架由内燃机机架6承载。该内燃机例如可以被用作海洋船舶中的主内燃机或用于操作发电站中的发电机的固定内燃机。该内燃机的总输出范围例如可以从1,000kW到110,000kW。

[0062] 在本示例性实施方式中的内燃机为二冲程单流型的压缩点火内燃机，该内燃机具有处于汽缸1的较低区域的扫气口和处于汽缸衬套1的顶部的中央排气阀4。将扫气从扫气容器2传递到各个汽缸1的扫气口。汽缸衬套1中的活塞压缩扫气，通过汽缸盖中的燃料阀喷入高压气态燃料，之后燃烧并产生废气。

[0063] 当打开排气阀4时，废气流经与汽缸1相关联的排气管道进入废气容器3并前进到涡轮增压器5的涡轮，废气从该涡轮通过排气管道流出到大气层。涡轮增压器5的涡轮驱动借助进气口供应有新鲜空气的压缩机。该压缩机将加压的扫气传送到通向扫气容器2的扫气管道。扫气管道中的扫气经过用于冷却扫气的中间冷却器7。

[0064] 图2为用于内燃机的燃料供给系统的示意图。该燃料供给系统可以被安装在海洋船舶上，诸如LNG运输船或具有液化气罐的货轮，诸如具有液化气罐的集装箱船。

[0065] 该燃料供给系统包括LNG储罐8，在低温条件下将天然气储存在该LNG储罐8中。LNG储罐8中的压力相对较低且通过允许蒸发气体从该储罐中逸出而保持恒定，例如用在锅炉或低压气体喷射内燃机(诸如海洋船舶的辅助内燃机)中。蒸发过程也使储罐中的LNG保持冷却。储罐8中的液化气体可以为天然气以外的另一类型，诸如乙烷和甲烷。

[0066] 给料管道9将LNG储罐8的出口连接到高压泵40的入口。低压给料泵10提供辅助以将液化气体从LNG储罐8输送到高压泵40的入口。可替选地，可以对LNG储罐8加压，从而可以省去低压供给泵10。输送管道50将高压泵40的出口连接到高压蒸发器14的入口，用于将高压液化气体从所述高压泵40输送到所述高压蒸发器14。高压泵40借助所述输送管道50将液化气体泵送到高压蒸发器14。高压蒸发器14接收高压液化气体并使用高压蒸发器14中的热交换器使气体蒸发。高压蒸发器14在通过循环回路15循环的热交换介质(诸如乙二醇)和液化气体之间交换热。循环回路15包括循环泵16和加热器17。高压蒸发气体借助连接到供给管道18的高压蒸发器14的出口离开该高压蒸发器14。

[0067] 供给管道18将高压蒸发器14的出口连接到内燃机的燃料喷射系统的入口以及允许将高压蒸发气体输送到内燃机的燃料喷射系统。阀装置19控制燃料供给系统与大型二冲程柴油机之间的连接。

[0068] 高压泵40设置有两个或更多个泵单元41、42、43(在本实施方式中示出了3个泵单元)。各个泵单元41、42、43包括可滑动地置于泵汽缸61中的泵活塞62和可滑动地置于驱动汽缸45中的液压驱动的驱动活塞46，其中该驱动活塞46联接到泵活塞62用以驱动所述泵活塞62。

[0069] 泵活塞62和泵汽缸61形成低温正排量泵。泵活塞62和泵汽缸61形成具有泵室63的泵单元的所谓的冷端。通过循环回路使该冷端保持冷却，该循环回路包括液化气体循环供给管道11和液化气体循环回流管12。循环的液化气体用于冷却泵单元41、泵单元42、泵单元43的冷端。

[0070] 泵汽缸61借助活塞杆49连接到所关注的泵单元41、泵单元42、泵单元43的驱动活塞。驱动活塞46将驱动汽缸45的内部划分为驱动室48和回流室47。

[0071] 驱动汽缸45借助高压液压液体供给管道23连接到高压液压液体源20，例如泵或泵站。在所示实施方式中，高压液压流体源20包括驱动高压泵22的电驱动马达21。高压泵22例如可以为正排量泵，优选地为排量可变的正排量泵。出于冗余目的，高压液压流体源在一实施方式中包括两个高压液压泵22，每个高压液压泵22均由其自身的电驱动马达21驱动。

[0072] 图3为高压泵40的立视图，该高压泵40具有三个泵单元41、42、43，这些泵单元具有泵汽缸61、驱动汽缸45和控制阀24，由框架35和蓄能器53一起支撑以用于均衡高压泵40的上压且用于均衡用于回流室的下压。泵单元41、泵单元42、泵单元43以紧凑方式布置在框架35上以及框架35上的部件不具有火花发生部件且仅具有ATEX认证的电子部件，从而允许该单元毫无问题地被安装在ATEX环境中。

[0073] 图4为具有泵单元41、泵单元42、泵单元43的高压泵40的图示。各个泵单元41、42、43借助液压液体回流管线26连接到储罐以及借助液压液体供应管道23连接到高压液压液体源，该高压液压液体源包括连接到各个泵单元41、42和43的排量可变的正排量泵22。各个泵单元41、42和43连接到输送管道50。

[0074] 各个泵单元41、42、43包括液压控制阀24，该液压控制阀24配置成选择性地借助控制管道25将各驱动室48连接到高压液压液体源或连接到储罐。

[0075] 各个泵单元41、42、43包括线性液压致动器形式的驱动单元44，该驱动单元44由驱动汽缸45形成，该驱动汽缸45中可滑动地布置有驱动活塞46。因此，泵单元在机械上彼此独立。回流室47借助回流室供给管线31永久地连接到液压源，该液压源包括液压泵30(例如排

量可变的正排量泵)，该回流室供给管线31优选地包括限流器33且联接到蓄能器32，该蓄能器32用于确保将加压的液压液体稳定供给到回流室47。可替选地，借助减压阀从高压液压系统获得低压源。在一实施方式中，供给到回流室的液压液体的压力明显小于供给到驱动室48的液压液体的压力。可替选地，驱动活塞46的面对回流室47的一侧的有效压力表面可以被布置成明显小于驱动活塞的面对驱动室48的有效压力表面。在后一种情况下，回流室47中的液压流体的压力可以基本上等于供给到驱动室48的液压流体的压力。

[0076] 各个泵单元41、42、43包括线性正排量泵形式的泵60，该泵60由泵汽缸61形成，该泵汽缸61中容纳有泵活塞62以形成泵室63。泵室63借助第一单向阀51连接到给料管道9，该第一单向阀51仅允许去往压力室63的流动。泵室63借助第二单向阀52连接到输送管道50，该第二单向阀52仅允许来自压力室63的流动。

[0077] 图5为高压泵40的泵单元41、泵单元42、泵单元43的详细剖面图。泵单元41、泵单元42、泵单元43包括液压线性致动器44，该液压线性致动器44包括汽缸45，该汽缸45内布置有驱动活塞46。驱动活塞46连接到活塞轴47，优选地二者形成为一个单元。活塞杆49和驱动活塞46设置有用于容纳位置传感器56的杆57的孔58。位置传感器56的信号被传输到电子控制单元70。驱动活塞46将驱动汽缸45的内部划分为驱动室48和回流室47。在图5中，回流室是不可辨别的，因为驱动活塞46达到其驱动冲程的末端。驱动室48借助孔25连接到液压控制阀24。回流室47借助孔31永久地连接到液压源。

[0078] 线性液压致动器44的活塞杆47连接到低温泵60的活塞杆62。通过连接器块54以如下方式建立活塞杆47和活塞杆62之间的连接：致使活塞杆47和活塞杆62完全一致地移动。驱动汽缸45通过螺栓连接件55连接到泵汽缸61。低温泵60设置有出口，该出口将泵室63连接到输送管道50。

[0079] 图9为用于控制高压泵40的操作的电子控制单元70的形式的控制系统的图示。

[0080] 电子控制单元70接收气压设定点71。该气压设定点71被传输到求和点72。在第一求和点72，减去测量气压，并将设定点与测量气压之间的差值传输到PI控制器74，该PI控制器74为反馈控制环路的一部分。

[0081] 气压设定点被传输到前馈活塞比例增益单元78。在第二求和点76，将来自前馈活塞比例增益单元78的信号与来自PI控制器74的信号相比较。

[0082] 被送到第一求和点72的测量气压基于在内燃机处的管容器85中(即阀装置19的下游)的气压的测量值。阀装置19为从供给管道18接收蒸发气体流的双关双断阀装置。在过滤器86中过滤该测量气压。

[0083] 在第二求和点76处的比较结果被传输到高压液压液体源20。基于信号，高压液压液体源20将具有适当压力的液压液体传送到高压泵单元40。

[0084] 电子控制单元70接收表示驱动活塞的位置的信号以及在活塞监控单元92中处理该位置信号。活塞监控单元92联接到活塞激活策略单元90。将在下文进一步更详细地显示且阐述活塞监控单元92和活塞激活策略单元90的操作的细节。活塞激活策略单元90的信号被传输到高压泵40的控制阀24，用以激活驱动活塞46。

[0085] 驱动活塞46的激活引起液化高压气体通过高压蒸发器14被泵送到供给管道18。

[0086] 电子控制单元70的主要压力控制是前向式的。PI(比例积分)控制器补偿非线性并辅助瞬变现象。

[0087] 通过将液压给进压力设置到泵单元41、泵单元42、泵单元43，气压是自我控制的。压力控制在液压侧，且无需在气体侧起作用。该系统使得在适当控制液压时无法达到过高气压。

[0088] 借助控制策略来控制驱动活塞46，该控制策略不是压力控制的有效部分。

[0089] 各个泵单元41、42、43是单独可控的。因此，可以运行不同的活塞策略和各种操作条件。另外，单独地运行泵单元41、泵单元42、泵单元43的可能性提供冗余，因为可以在二冲程之间从三个泵单元41、42、43变化为两个泵单元。

[0090] 回流速度可以大于前向(泵)速度，从而使得可以在仅运行两个泵单元时具有重叠。可以按照需求调节泵单元41、泵单元42、泵单元43之间的重叠，以便降低压力峰值。

[0091] 泵冲程的结束位置可以随着时间而改变以将磨损分布在泵汽缸61的区域上，这有别于在汽缸的固定位置上具有高磨损。

[0092] 该系统允许很小的压力过量或无压力过量，甚至在突然关闭(活塞停止)时，这是因为具有非常低的惯性或负面影响动态响应的其它因素。

[0093] 控制阀24可以为液压控制阀或电力控制阀。在控制阀24为液压控制阀的实施方式中，提供有电力控制的电磁阀(未示出)，该电磁阀控制去往控制阀24的液压控制信号。电力控制的电磁阀从电子控制单元70接收电子控制信号。

[0094] 电子控制单元70(尤其活塞激活策略单元90)配置成选择性地将泵单元41、泵单元42、泵单元43的驱动室48连接到高压液压液体源20或连接到储罐。

[0095] 电子控制单元70(尤其活塞激活策略单元90)配置成在一驱动活塞47的泵冲程接近其终点时开始另一驱动活塞47的泵冲程，使得在结束的泵冲程和开始的泵冲程之间具有很小的重叠。在一实施方式中，电子控制单元70配置成基本上相继地激活各个驱动汽缸，优选地存在很小的重叠。

[0096] 因此，可以实现使LNG基本上稳定地流动到高压蒸发器14而无显著的压力波动，如图6和图7所示。

[0097] 图6、图7和图8示出了高压泵40的典型操作。细实线表示泵单元41，粗实线表示泵单元42，以及虚线表示泵单元43。图6为示出驱动活塞46/泵活塞62的运动的图。如从图可知，下个泵单元的泵冲程的开端刚好在当前活跃的泵单元的泵冲程的末端之前开始。图7示出由借助输送管道50来自三个泵单元41、42、43的压力输出组成的最终压力。该最终压力基本上是恒定的且无波动。

[0098] 图8示出泵单元的速度轮廓，其中可以清楚地看到，回流冲程的速度明显高于泵冲程的速度，从而允许泵单元之间的重叠，即使仅三个或更多个泵单元中的仅两个泵单元在使用中。

[0099] 在一实施方式中，电子控制单元70(尤其活塞激活策略单元90)配置成考虑结束的泵冲程的动力学和开始的泵冲程的动力学，以便获得从高压泵到高压蒸发器14的高压液化气体的基本恒定流量。

[0100] 在一实施方式中，电子控制单元70(尤其活塞激活策略单元90)配置成确定泵单元41、泵单元42、泵单元43之一的泵冲程何时必须开始以及确定泵单元41、泵单元42、泵单元43之一的泵冲程何时必须结束。因此，泵冲程开始的点以及尤其泵冲程结束的点可以由活塞策略单元90(优选地连同活塞监控单元92一起)来准确控制。

[0101] 在一实施方式中，电子控制单元70配置成在泵单元41、泵单元42、泵单元43之一发生故障时操作其余起作用的泵单元41、泵单元42、泵单元43的驱动活塞。因此，获得冗余，以及如果泵单元41、泵单元42、泵单元43之一发生故障，则可以继续泵送行为。

[0102] 在一实施方式中，电子控制单元70配置成相对于从高压泵40到高压蒸发器的液化气体的流量级来调节驱动活塞46的使驱动室48与高压液压液体源断开的位置。因此，可以控制泵冲程倒退的位置，不管驱动活塞46和泵活塞62的速度和形成惯性如何。

[0103] 根据一实施方式，电子控制单元70配置成：当从高压泵到高压蒸发器的液化气体的流量增加时，在与驱动冲程的方向相反的方向上调节驱动活塞的使关注的驱动活塞46的驱动室48与高压液体源20断开的位置，以及电子控制单元70配置成：当从高压泵到高压蒸发器的液化气体的流量减少时，在驱动冲程的方向上调节驱动活塞46的使关注的驱动活塞46的驱动室48与高压液体源20断开的位置。这在图10和图11中示出。

[0104] 图10示出了驱动活塞46和泵活塞62在驱动/泵冲程的结束位置的速度增大的效果。细实线表示泵单元41，粗实线表示泵单元42，以及虚线表示泵单元43。当驱动活塞已达到80mm的冲程时，电子控制单元70发信号给液压控制阀24以将驱动室48连接到储罐，无论由高压泵40所传送的液化气体的流量的负荷/量级如何。由于惯性和较高速度，驱动活塞46的停止/倒退位置从25％负荷下的85mm变化为50％负荷下的89mm、变化为100％负荷下的98mm。

[0105] 图11为示出电子控制单元70在较短冲程下(此时负荷很高)和在较长冲程下(此时负荷很低)通过将驱动室48连接到储罐而补偿驱动活塞46/泵活塞62的增大速度的效果的图。如从图可知，电子控制单元70可以在该方式下准确地控制驱动/泵冲程的结束位置。

[0106] 在该图的示例中，当前一汽缸进入驱动室75mm时，对于下一驱动汽缸，针对25％负荷(即，高压泵40的最大容量的25％)发布用于将驱动室48连接到储罐的信号。当进入驱动室93mm时，“前一”驱动汽缸的驱动室连接到储罐。在下表1中示出了下一驱动汽缸与高压源的连接“信号接通”和“前一”汽缸与储罐的连接“信号关断”。

[0107]

	25％负荷	45％负荷	70％负荷	100％负荷
信号接通	75mm	75mm	75mm	75mm
信号关断	93mm	86mm	83mm	80mm
停止位置	97mm	97mm	97mm	97mm

[0108] 表1

[0109] 当然，仍然也可以编程电子控制单元72而刻意地改变开始位置，以便减少泵汽缸61的磨损。

[0110] 在一实施方式中，电子控制单元70配置成根据算法、计划或随机地调节驱动活塞46的使关注的驱动活塞46的驱动室48与高压流体源20断开的位置，以便将泵活塞62倒退的位置分布在泵活塞62的冲程区域上，从而减少泵汽缸61的磨损。已知的是泵汽缸61上的磨损在泵冲程结束的位置上最高。通过改变泵冲程结束的位置，泵汽缸61的磨损可以被散布在较大区域之上，因此泵汽缸61的使用期限可以显著增加。

[0111] 在一实施方式中，电子控制单元70配置成控制各个驱动活塞46的启用和停用，这与供给到驱动室48的液压流体的压力控制无关。因此，可以通过电子控制单元70优化用于

启用驱动活塞的控制策略，这与压力控制无关。

[0112] 已经结合本文的多个实施方式描述了本发明。然而，本领域技术人员在实施所要求保护的本发明时，根据对附图、公开内容和所附权利要求书的研究，可以理解和实现所公开的实施方式的其它变型。在权利要求中，术语“包括”并不排除其它元件或步骤，并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。可以通过独立的电子控制单元的组合来形成电子控制单元。在相互不同的从属权利要求中记载某些措施的简单事实并不表示这些措施的组合不能被有利地使用。权利要求书中使用的附图标记不应被解释为限制范围。

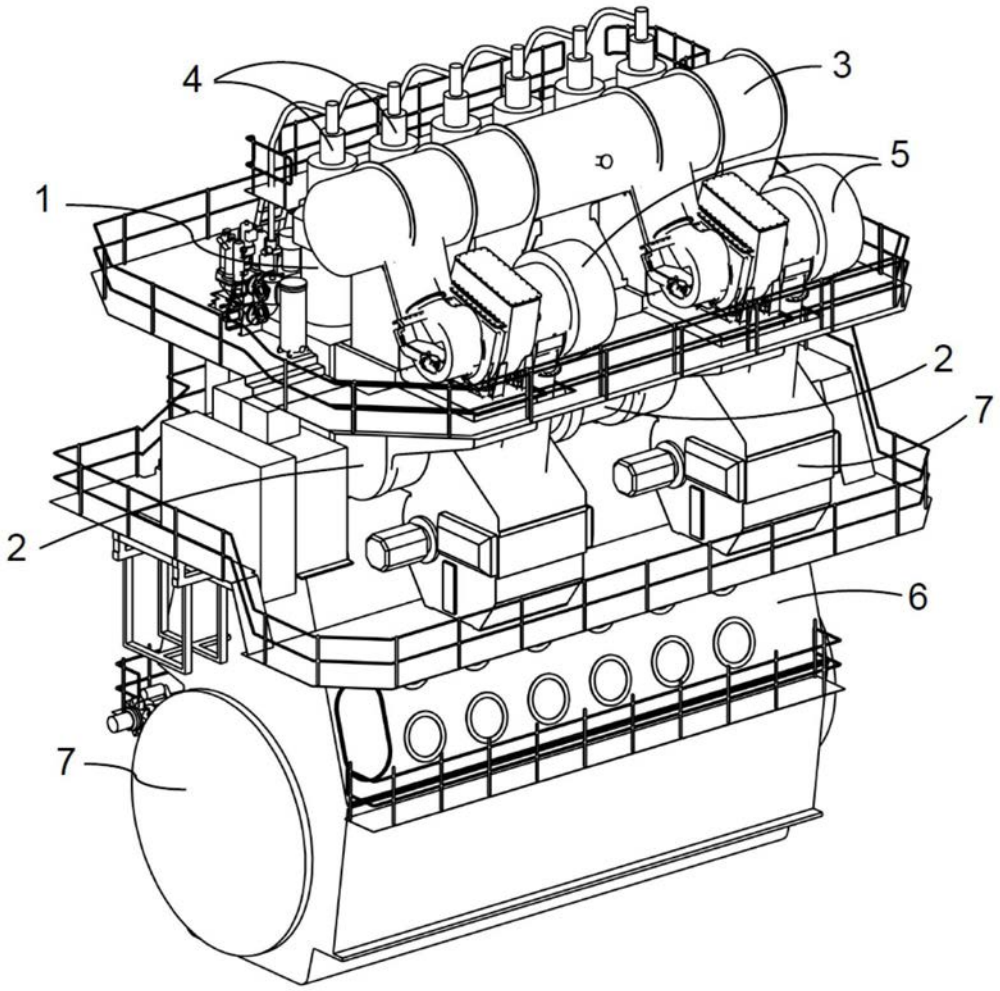


图1

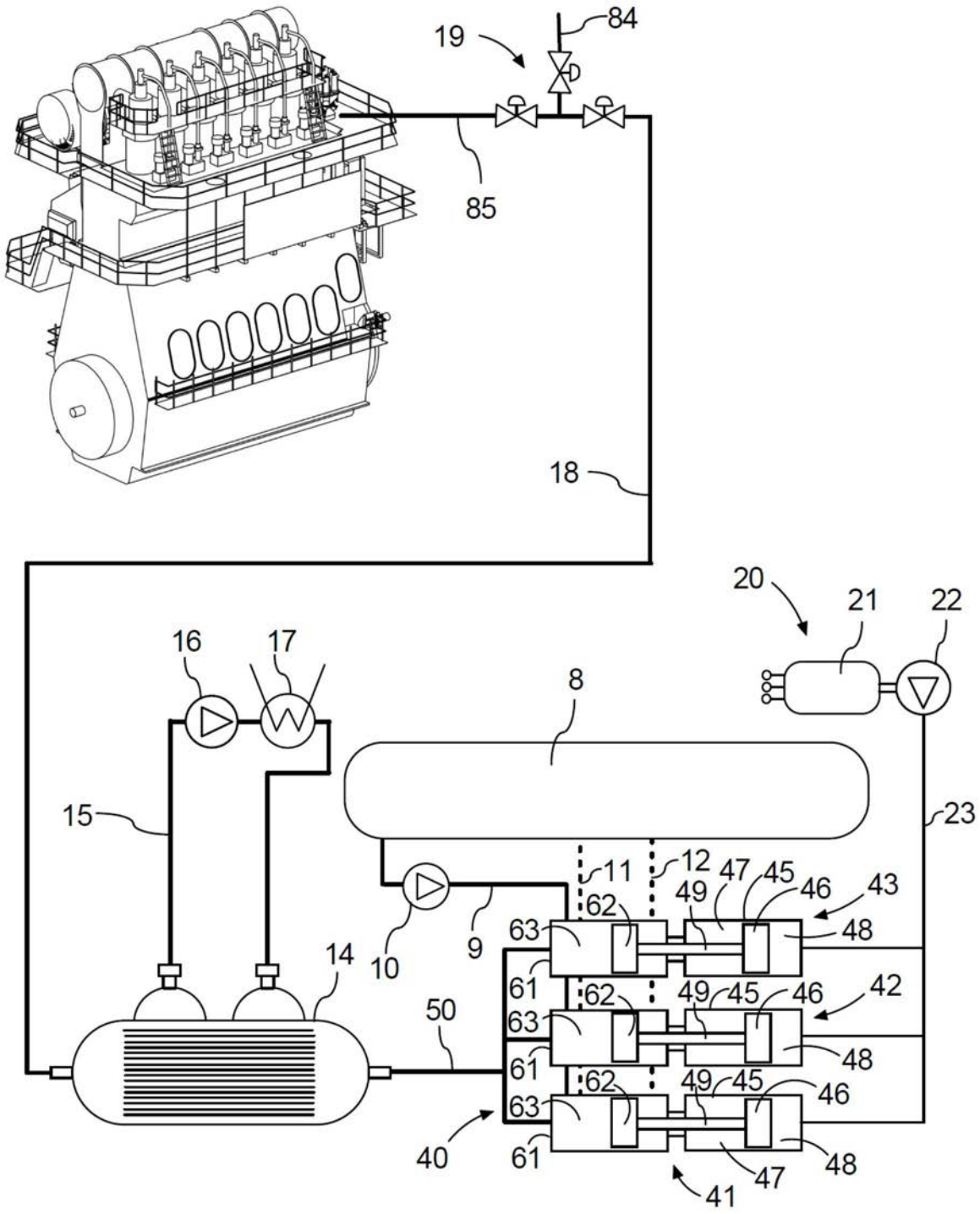

19
84
85
18
20
21
22
16
17
8
15
23
11
12
47
45
49
46
43
62
63
48
14
10
9
61
42
50
40
41

图2

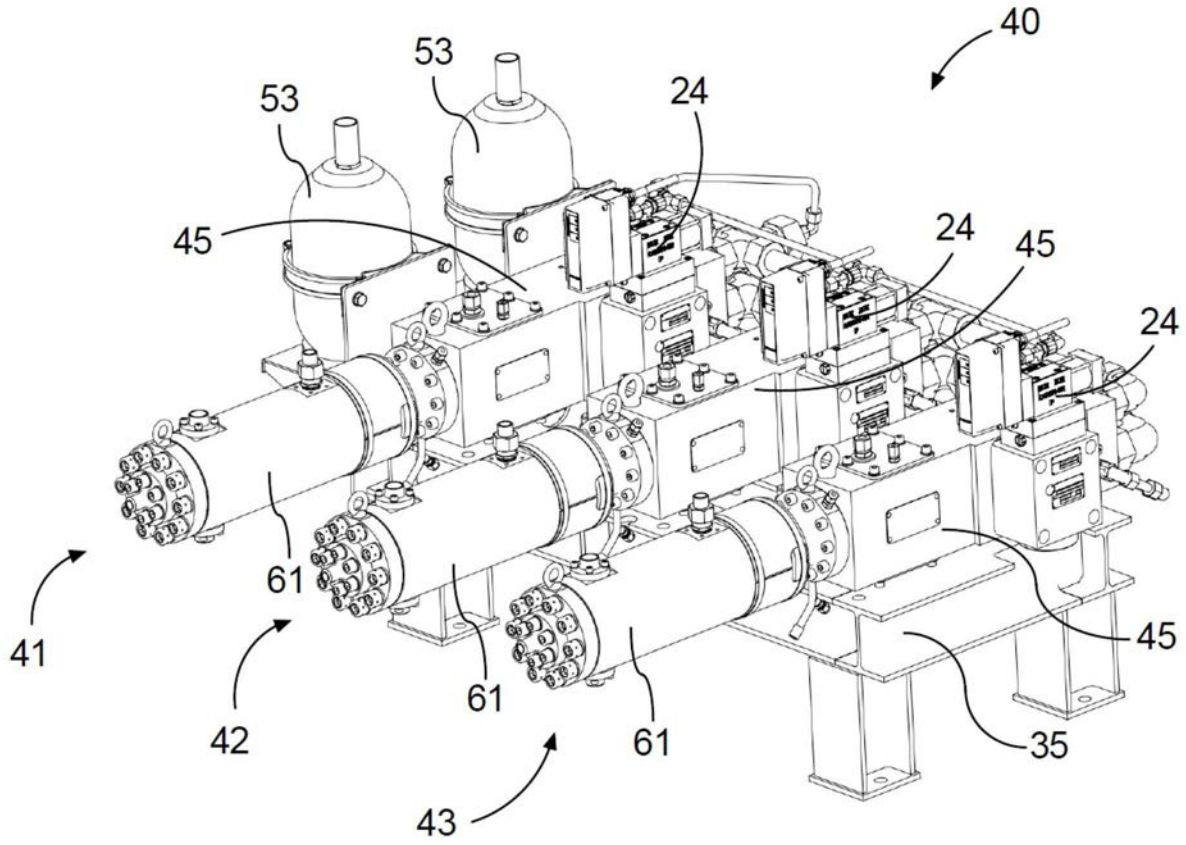


图3

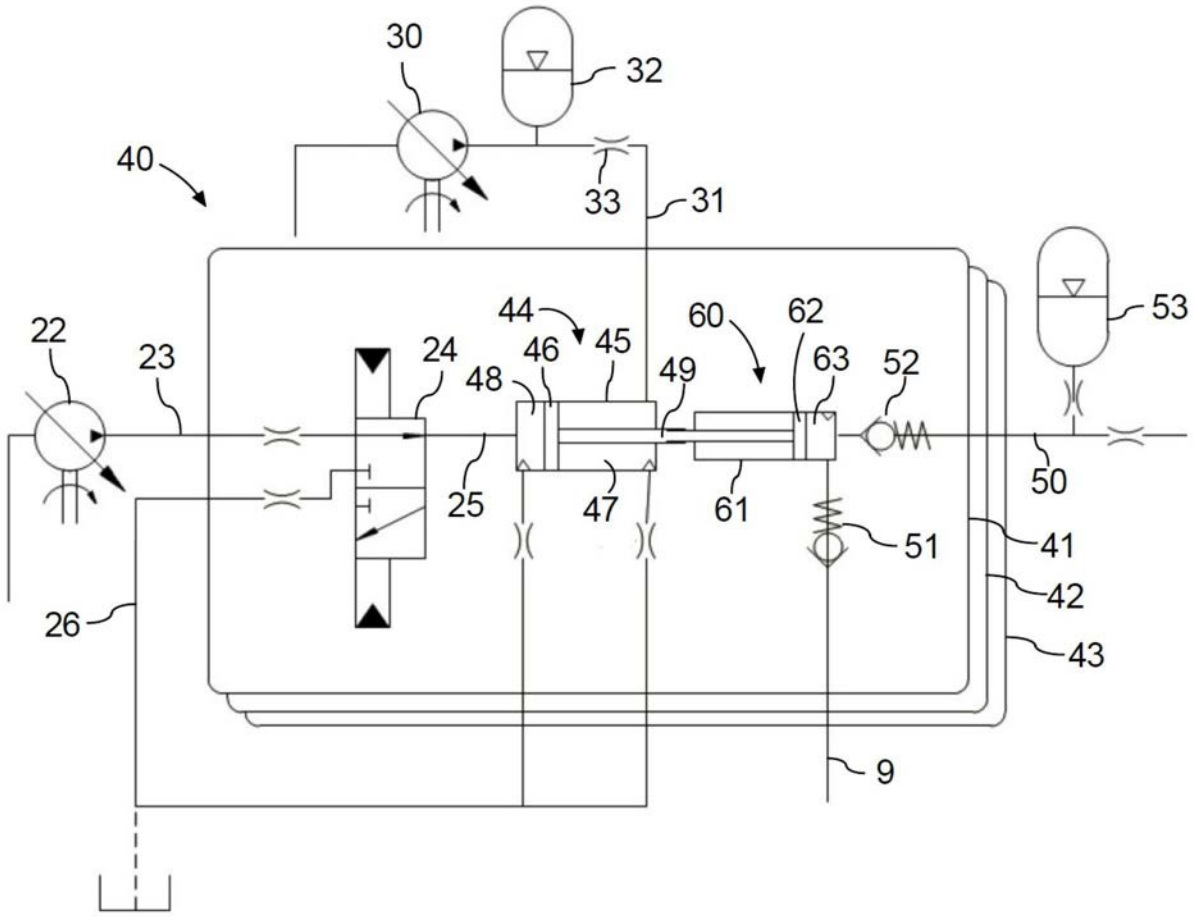

30
32
40
33
31
53
22
23
24
44
46
45
48
49
60
62
63
52
25
47
61
51
50
41
42
43
26
9

图4

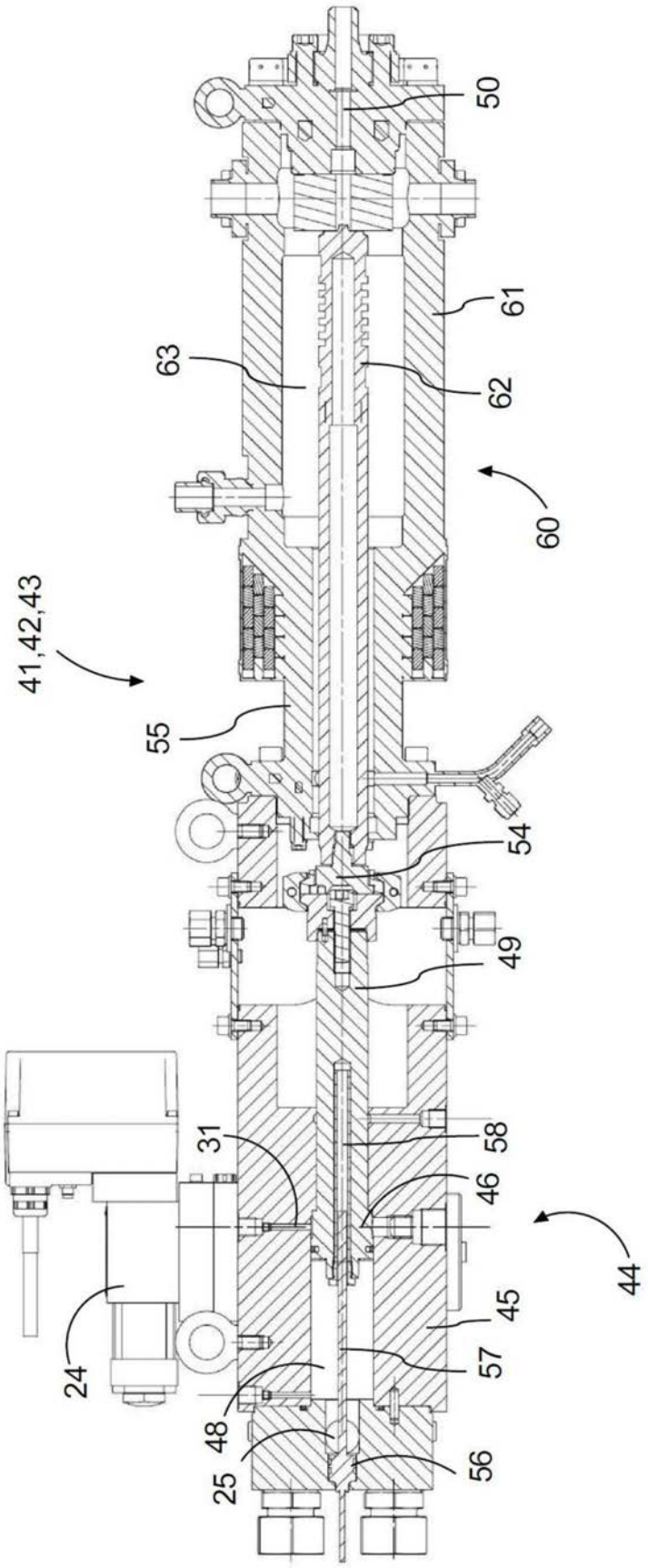


图5

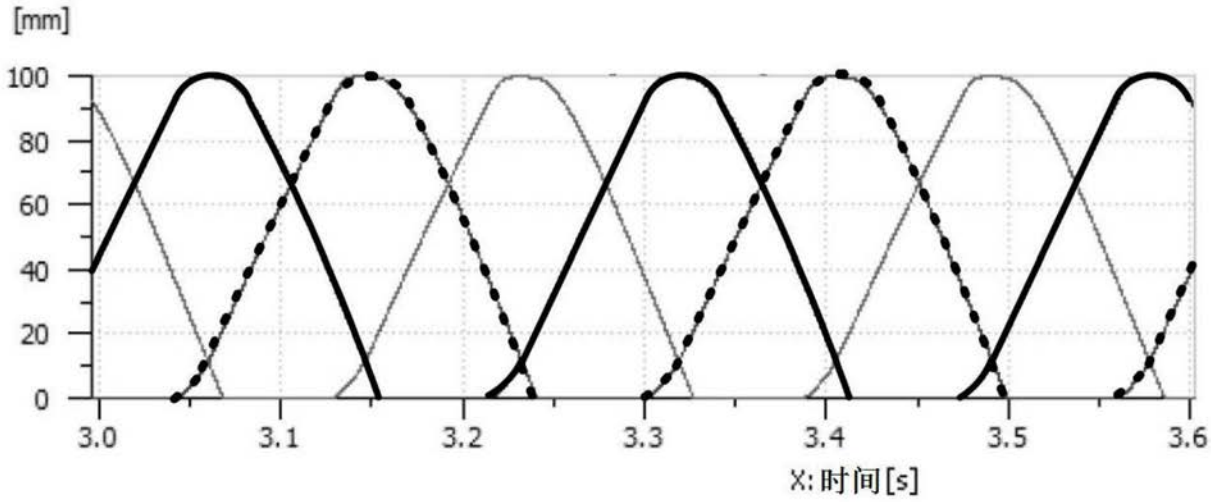

[mm]
100
80
60
40
20
0
3.0
3.1
3.2
3.3
3.4
3.5
3.6
X:时间[s]

图6

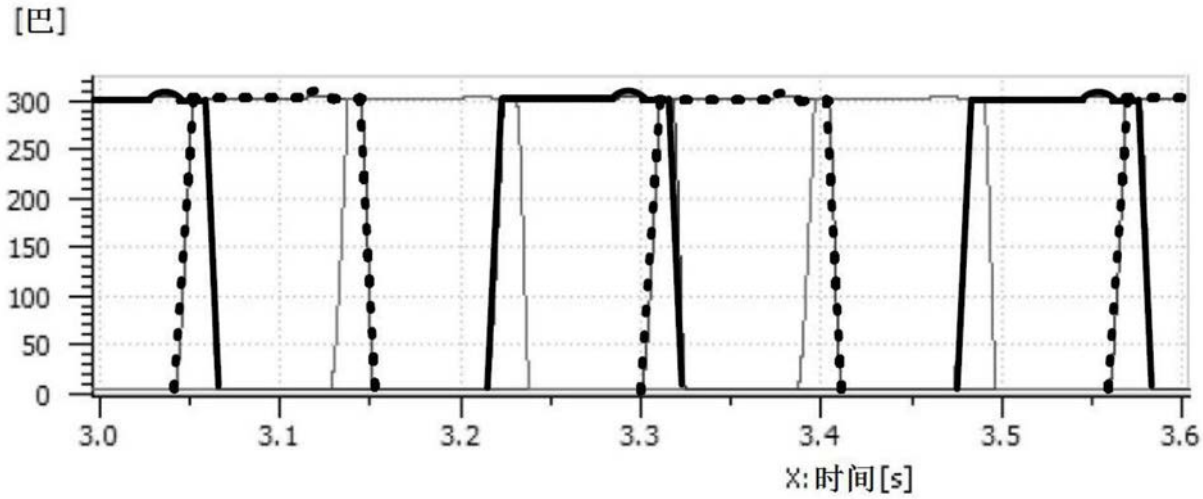

[巴]
300
250
200
150
100
50
0
3.0
3.1
3.2
3.3
3.4
3.5
3.6
X:时间[s]

图7

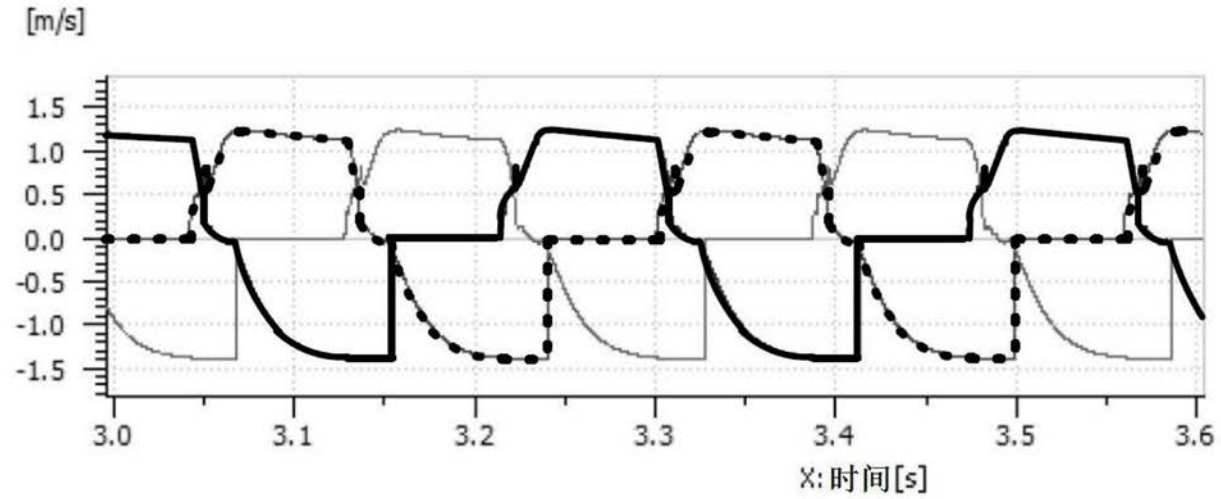

[m/s]
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
3.0
3.1
3.2
3.3
3.4
3.5
3.6
X:时间[s]

图8

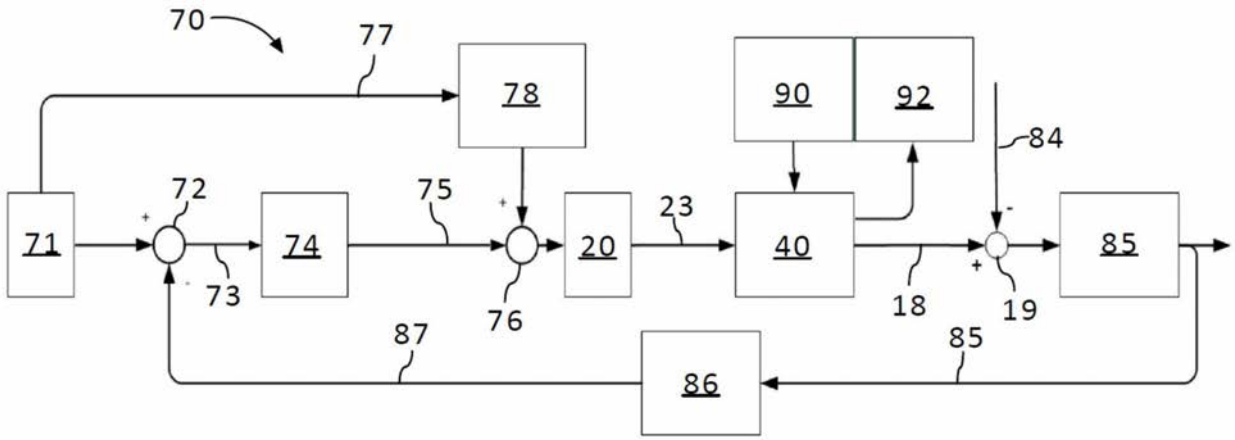

70
77
78
90
92
84
72
75
23
71
74
20
40
85
73
76
18
19
87
85
86

图9

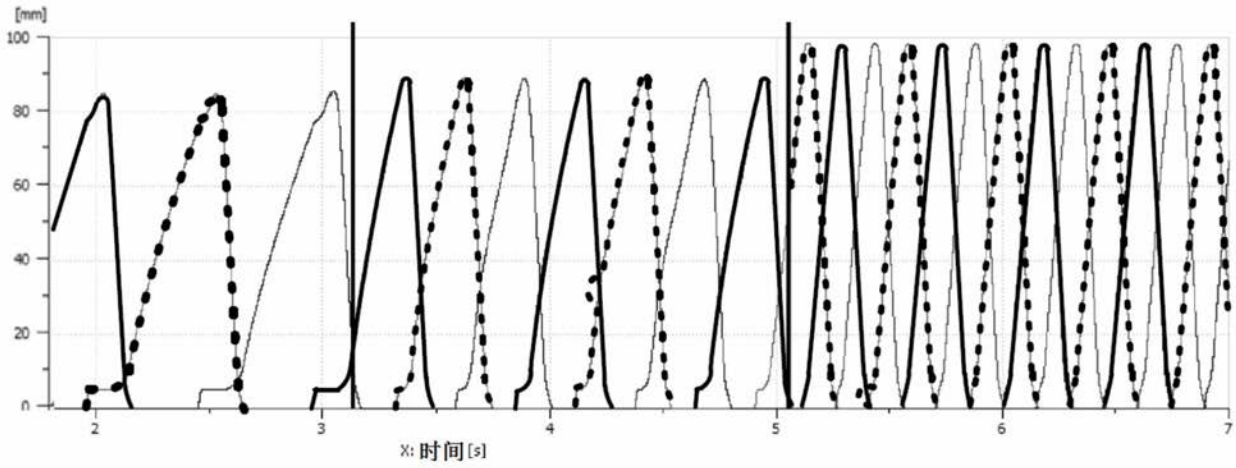

[mm]
100
80
60
40
20
0
2
3
4
5
6
7
X:时间[s]

图10

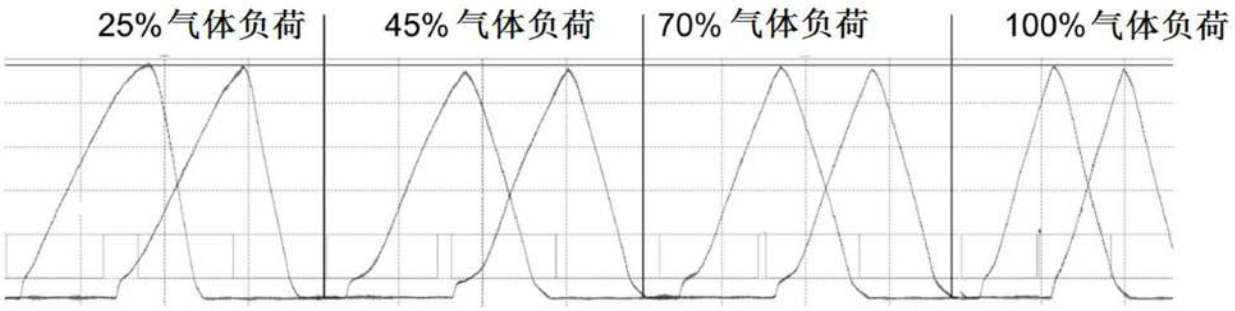


图11