



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105492752 B

(45)授权公告日 2019.09.24

(21)申请号 201480047188.3  
 (22)申请日 2014.08.26  
 (65)同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 105492752 A  
 (43)申请公布日 2016.04.13  
 (30)优先权数据  
 61/870,203 2013.08.26 US  
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日  
 2016.02.25  
 (86)PCT国际申请的申请数据  
 PCT/CA2014/050817 2014.08.26  
 (87)PCT国际申请的公布数据  
 W02015/027335 EN 2015.03.05  
 (73)专利权人 西港电力公司  
 地址 加拿大不列颠哥伦比亚省  
 (72)发明人 P·C·米尔沃德  
 (74)专利代理机构 北京市铸成律师事务所  
 11313  
 代理人 郝文博

(51)Int.Cl.  
*F02M 26/13*(2016.01)  
*F02D 21/08*(2006.01)  
 (56)对比文件  
 US 6347619 B1,2002.02.19,说明书第2栏第50行至第4栏第59行、说明书附图1-5。  
 US 2010/0024414 A1,2010.02.04,说明书第[0022]-[0047]段、说明书附图1-8。  
 US 2011/0289914 A1,2011.12.01,说明书第[0014]-[0044]段、说明书附图1-3。  
 US 2005/0217648 A1,2005.10.06,说明书第[0020]-[0030]段、说明书附图1-3。  
 US 2008/0295501 A1,2008.12.04,说明书第[0010]-[0021]段、说明书附图1-2。  
 US 2012/0240557 A1,2012.09.27,说明书第[0074]-[0109]段、说明书附图1-10。  
 US 6347619 B1,2002.02.19,说明书第2栏第50行至第4栏第59行、说明书附图1-5。

审查员 刘传峰

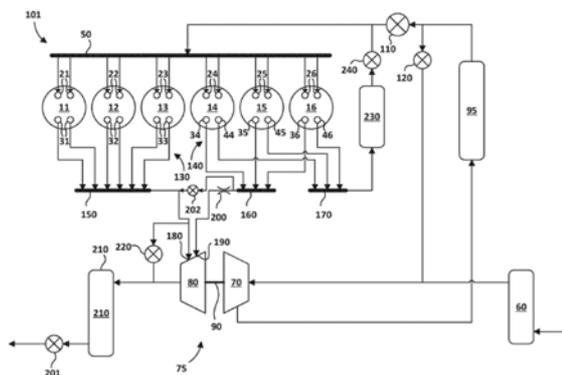
权利要求书3页 说明书7页 附图9页

(54)发明名称

直接废气再循环系统

(57)摘要

一种改进的废气再循环(EGR)系统包括被划分成第一部分和第二部分的燃烧室。进气阀和排气阀与每个燃烧室相联。进气歧管通过相应的进气阀与所述燃烧室流体连通。第一排气歧管通过相应的排气阀与燃烧室的所述第一部分流体连通。第二排气歧管通过相应的排气阀与燃烧室的所述第二部分流体连通。EGR排气阀与所述第二部分中的每个燃烧室相联。EGR歧管通过相应的EGR排气阀与所述第二部分中的每个燃烧室流体连通,并且与所述至少一个进气歧管流体连通。



CN 105492752 B

1. 一种用于内燃机的废气再循环系统,其包括:

(a) 多个燃烧室,所述多个燃烧室被划分成燃烧室的第一部分和燃烧室的第二部分;

(b) 第一排气阀、第二排气阀、以及与每个燃烧室相联的至少一个进气阀;其中,所述第一部分的每个燃烧室与相应的第一排气阀相联,所述第二部分的每个燃烧室与相应的一对第二排气阀相联,并且每对第二排气阀包括第一个排气阀和第二个排气阀;

(c) 至少一个进气歧管,所述至少一个进气歧管通过相应的进气阀与所述多个燃烧室流体连通;

(d) 第一排气歧管,所述第一排气歧管通过第一排气阀与相应的燃烧室的所述第一部分流体连通;

(e) 第二排气歧管,所述第二排气歧管通过所述第一个排气阀与燃烧室的所述第二部分流体连通;以及

(f) EGR歧管,所述EGR歧管通过所述第二个排气阀与燃烧室的所述第二部分流体连通,以用于接收废气,并且所述EGR歧管与所述至少一个进气歧管流体连通,以用于供应废气。

2. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 涡轮增压器设备,所述涡轮增压器设备包括涡轮机和压缩机,所述涡轮机驱动所述压缩机并且包括第一排气进口和第二排气进口,所述第二排气进口具有比所述第一排气进口更小的流通面积,所述第一排气歧管与所述第一排气进口流体连通,并且所述第二排气歧管与所述第二排气进口流体连通,所述进气歧管与所述压缩机流体连通以用于接收包含氧气的压缩气体混合物。

3. 如权利要求2所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 在所述第二排气歧管与所述第一排气歧管之间的压力调节器,所述压力调节器可操作来减低所述第二排气歧管与所述EGR歧管中的压力。

4. 如权利要求2所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 在所述涡轮机后面的所述排气流动路径中的压力调节器,所述压力调节器用于改变所述第一排气歧管、所述第二排气歧管以及所述EGR歧管中的背压。

5. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) EGR冷却器和EGR阀,所述EGR冷却器将所述EGR歧管与所述EGR阀连接,并且所述EGR阀与所述进气歧管流体连通。

6. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其中所述第二排气歧管的出口附近的导管中具有节流器。

7. 如权利要求2所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 在所述第二排气歧管与所述涡轮机的所述第二排气进口之间的压力调节器。

8. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 在所述EGR歧管与所述第二排气歧管之间的压力调节器。

9. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其中所述第二部分的相应的燃烧室中的所述第二排气阀中的每一个与可变阀致动设备连接。

10. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 重整催化剂,所述重整催化剂包括进口和出口,所述进口与所述EGR歧管流体连通以用于接收来自所述EGR歧管的废气,所述出口与所述进气歧管流体连通;以及

(b) 燃料喷射器,所述燃料喷射器被配置来将气体燃料引入所述重整催化剂上游的所述废气中。

11. 如权利要求1所述的用于内燃机的废气再循环系统,其还包括:

(a) 涡轮增压器单元,所述涡轮增压器单元接收来自所述第一排气歧管和所述第二排气歧管的废气;

(b) 增压空气冷却器,所述增压空气冷却器接收来自所述涡轮增压器单元的压缩空气;以及

(c) 可调节阀,所述可调节阀在所述EGR歧管与所述增压空气冷却器的上游之间,其中所述废气被连通通过所述可调节阀并与所述压缩的空气混合,以使得所述混合物被所述增压空气冷却器冷却。

12. 一种用于内燃机中的废气再循环的方法,其包括:

(a) 将所述内燃机中的燃烧室划分成燃烧室的第一部分和燃烧室的第二部分,其中所述第一部分的每个燃烧室与相应的一对第一排气阀相联,所述第二部分的每个燃烧室与相应的一对第二排气阀相联,并且每对第二排气阀包括第一个排气阀和第二个排气阀,每对第一排气阀包括第三个排气阀和第四个排气阀;

(b) 通过相应的第一排气阀使来自所述第一部分中的燃烧室的废气连通至第一排气歧管;

(c) 通过相应的第一个排气阀使来自所述第二部分中的每个燃烧室的废气连通至第二排气歧管,以及通过相应的第二个排气阀使来自所述第二部分中的每个燃烧室的废气连通至EGR歧管;以及

(d) 使来自所述EGR歧管的废气连通至至少一个进气歧管,

其中,根据所述第二个排气阀的数量相对于第一排气阀和第二排气阀的总数,与所述EGR歧管相联的所述第二个排气阀促进废气再循环速率在25%的范围中。

13. 如权利要求12所述的方法,其还包括:

(a) 对来自所述第二排气歧管的废气流进行节流。

14. 如权利要求12所述的方法,其还包括:

(a) 使来自所述第一排气歧管的废气连通至第一涡轮机进口;

(b) 使来自所述第二排气歧管的废气连通至第二涡轮机进口,所述第二涡轮机进口具有比所述第一涡轮机进口更小的流通面积;以及

(c) 利用由所述废气赋予所述涡轮机的能量来压缩包含氧气的气体混合物。

15. 如权利要求14所述的方法,其还包括:

(a) 调节所述第二排气歧管与所述第一排气歧管之间的压力,其中在所述第二排气歧管中的所述废气的一部分被引导朝向所述第一涡轮机进口。

16. 如权利要求14所述的方法,其还包括:

(a) 调节所述第二排气歧管与所述第二涡轮机进口之间的压力。

17. 如权利要求16所述的方法,其还包括:

(a) 调节所述EGR歧管与所述至少一个进气歧管之间的所述压力。

18. 如权利要求12所述的方法,其还包括:

(a) 调节所述EGR歧管与所述第二排气歧管的出口之间的压力。

19. 如权利要求12所述的方法,其还包括:
- (a) 由可变致动的排气阀调节EGR速率来控制所述第二排气歧管中的压力。
20. 如权利要求12所述的方法,其还包括:
- (a) 将烃类燃料引入来自所述EGR歧管的所述废气中,从而形成废气燃料混合物;
  - (b) 重整所述废气燃料混合物以产生至少氢气;以及
  - (c) 使所述氢气与所述废气连通至所述至少一个进气歧管。
21. 如权利要求12所述的方法,其还包括:
- (a) 重整所述废气燃料混合物以产生一氧化碳。
22. 如权利要求12所述的方法,其还包括:
- (a) 利用涡轮增压器单元来压缩进气;
  - (b) 将废气与所述压缩的进气进行混合;以及
  - (c) 冷却所述废气与所述压缩的进气的所述混合物,然后将所述混合物引入所述至少一个进气歧管。

## 直接废气再循环系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及一种外部废气再循环 (EGR) 的技术, 并且更具体地涉及涡轮增压式内燃机中的高压 EGR。

### 背景技术

[0002] EGR 已被证明为通过降低燃烧温度来减少含氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 排放物的一种有效的技术。惰性废气置换燃烧室中的氧气并吸收来自燃烧的热量。当在将再循环废气引入燃烧室之前将其进行冷却时, 降低燃烧温度的能力会增加。在火花点火中, 节流发动机 EGR 通过在较低的发动机转速和负载下允许较高的进气歧管压力来减少泵送损失。在外部 EGR 系统中, 部分废气被再循环至进气歧管, 在所述进气歧管中废气连同进气一起被再引入燃烧室。在高压 EGR 系统中, 有待从排气歧管再循环的废气的压力必须高于进气歧管压力。排气歧管压力与进气歧管压力之间的这个正压差在发动机运转的整个负载/转速范围中不是一直存在的。为了使得 EGR 能够处于这些情况下, 存在被动和主动的技术来实现所述正压差。

[0003] 被动方法包括采用在流动几何形状的横截面中引入减速的被动节流器。例如, 可以采用排气系统中的管路中的节流器来升高排气歧管中的背压。节流器可以在废气进入涡轮增压器之前形成在排气歧管出口中, 或者节流器自身可以是到涡轮增压器中的入口。通过以这种方式对流通面积进行节流, 排气系统中的压力会增加。主动方法包括采用主动节流器和主动泵送技术, 在主动节流器中存在改变横截面的流动几何形状的可变阀。例如, 主动泵送技术包括供送位于涡轮增压器压缩机进口上游的废气, 以使得废气连同进气一起被压缩 (加压) 并输出至进气歧管。采用例如罗茨式 (roots-type) 正排量泵的直接 EGR 泵送系统是增加废气压力的另一种主动技术。

[0004] 1979年12月25日授予 Hans Heydrich 的美国专利号 4,179,892 公开了一种用于涡轮增压式内燃机的废气再循环技术。发动机的排气歧管被分成两段。第一段排气歧管被引导朝向双涡管涡轮增压器的大涡管。第二段排气歧管被拆分并供送双涡管涡轮增压器的小涡管进口和 EGR 回路。为了在 EGR 回路中产生足够的背压, 小涡管被设计来提供进入涡轮增压器的流的节流器。由于 EGR 回路和涡轮增压器的小涡管进口都是由相同段的排气歧管供送的, 由小涡管进口提供的节流器必须是足够大的以产生所需的背压, 但是不利的结果是这降低了涡轮增压器和发动机泵送效率。

[0005] 2002年2月19日授予 Whiting 等人的美国专利号 6,347,619 公开了一种用于涡轮增压式发动机的废气再循环系统。每个气缸具有与排气歧管流体连通的主排气阀, 和与 EGR 歧管流体连通的次级排气阀。EGR 歧管通过冷启动 EGR 阀或 EGR 冷却器/阀组合与进气歧管流体连通。次级排气阀的打开的正时是使得 EGR 歧管中的压力被维持高于进气歧管中的压力。排气歧管行进至涡轮增压器的进口。在一些发动机应用中, 来自不同气缸的排气阀可以例如在一个气缸中的动力冲程结束以及在另一个气缸中的排气冲程结束时的重叠时间同时打开。由于来自所有气缸的废气供给给涡轮增压器进口, 从与彼此点火相邻干涉的气缸流动的废气因此降低了涡轮增压器的效率。

[0006] 现有技术缺乏用于高压废气再循环系统的技术。存在对用于改进涡轮增压式内燃机中的高压废气再循环的方法和设备的需要。

### 发明内容

[0007] 一种用于内燃机的改进的废气再循环系统包括被划分成第一部分和第二部分的多个燃烧室。存在与每个燃烧室相联的至少一个进气阀和至少一个排气阀,并且至少一个进气歧管通过相应的进气阀与多个燃烧室流体连通。第一排气歧管通过相应的排气阀与燃烧室的第一部分流体连通,并且第二排气歧管通过相应的排气阀与燃烧室的第二部分流体连通。至少一个EGR排气阀与第二部分中的每个燃烧室相联。EGR歧管通过相应的EGR排气阀与第二部分中的每个燃烧室流体连通,并且与至少一个进气歧管流体连通。在若干个实施方案中,存在EGR冷却器和EGR阀。EGR冷却器将EGR歧管与EGR阀流体地连接,并且EGR阀与进气歧管流体连通。

[0008] 在优选的实施方案中,存在包括涡轮机和压缩机的涡轮压缩机设备。涡轮机驱动压缩机并且包括第一排气进口和第二排气进口。第二排气进口具有比第一排气进口更小的流通面积。第一排气歧管与第一排气进口流体连通,并且第二排气歧管与第二排气进口流体连通。进气歧管与压缩机流体连通以用于接收包含氧气的压缩气体混合物。

[0009] 在各种优选的实施方案中,存在主动技术和被动技术来增加和/或调节EGR歧管中的压力。在第二排气歧管的出口附近的导管中可以存在节流器,所述节流器可操作地来增加第二排气歧管与EGR歧管中的压力。可替代地或此外,在第二排气歧管与第一排气歧管之间可以存在压力调节器,所述压力调节器可操作来减低第二排气歧管与EGR歧管中的压力。可替代地或此外,在涡轮机后面的排气流动路径中可以存在压力调节器,用于改变第一排气歧管、第二排气歧管以及EGR歧管中的背压。可替代地或此外,在第二排气歧管与涡轮机的第二排气进口之间可以存在压力调节器。可替代地或此外,在EGR歧管与第二排气歧管之间可以存在压力调节器。

[0010] 在另一个优选的实施方案中,在第二部分的相应燃烧室中的每个排气阀与可变阀致动设备连接,以使得排气阀的正时可以被调节来控制第二排气歧管与EGR歧管中的压力。

[0011] 在另一个优选的实施方案中,存在包括进口和出口的重整催化剂。进口与EGR歧管流体连通以用于接收来自所述EGR歧管的废气,并且出口与进气歧管流体连通。燃料喷射器被配置来将气体燃料引入重整催化剂上游的废气中。

[0012] 在另一个优选的实施方案中,内燃机还包括涡轮压缩机设备,所述涡轮压缩机设备接收来自第一排气歧管和第二排气歧管的废气。增压空气冷却器被配置来接收来自涡轮压缩机设备的压缩空气。存在可调节阀,所述可调节阀调节从EGR歧管到废气与压缩空气相混合的增压空气冷却器的上游的废气的流动。混合物随后被增压空气冷却器冷却。

[0013] 用于内燃机中的废气再循环的改进的方法包括:将内燃机中的燃烧室划分成第一部分和第二部分;使来自燃烧室的第一部分的废气连通至第一排气歧管;通过燃烧室中分开的排气阀使来自燃烧室的第二部分的废气连通至第二排气歧管和EGR歧管;以及使来自EGR歧管的废气连通至至少一个进气歧管。在优选的实施方案中,所述方法包括对来自第二排气歧管的废气流进行节流,以增加第二排气歧管与EGR歧管中的压力。可替代地或此外,所述方法可以包括调节EGR歧管与第二排气歧管的出口之间的压力。可替代地或此外,所述

方法可以包括由可变致动的排气阀调节EGR速率来控制第二排气歧管中的压力。

[0014] 在优选的实施方案中,所述方法包括使来自第一排气歧管的废气连通至第一涡轮机进口;使来自第二排气歧管的废气连通至第二涡轮机进口,所述第二涡轮机进口具有比第一涡轮机进口更小的流通面积;以及利用由废气赋予涡轮机的能量来压缩包含氧气的气体混合物。所述方法可以包括调节第二排气歧管与第一排气歧管之间的压力,其中第二排气歧管中的部分废气被引导朝向第一涡轮机进口,所述第一涡轮机进口可以容纳与第二涡轮机进口的流量相比更大的流量。可替代地或此外,所述方法可以包括调节第二排气歧管与第二涡轮机进口之间的压力。

[0015] 在另一个优选的实施方案中,所述方法包括将烃类燃料引入来自EGR歧管的废气中,从而形成废气燃料混合物;重整所述废气燃料混合物以产生至少氢气;以及使氢气与剩余的废气连通至至少一个进气歧管。在又一个优选的实施方案中,所述方法包括利用涡轮增压器设备来压缩进气;将废气与压缩的进气进行混合;在将废气与压缩的进气的混合物引入至少一个进气歧管之前将其冷却。

### 附图说明

[0016] 图1是根据第一实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图。

[0017] 图2是根据第二实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其包括再循环废气的流动路径中的重整催化剂。

[0018] 图3是根据第三实施方案的采用废气再循环的四气缸内燃机的示意图。

[0019] 图4是根据第四实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其包括用于调节EGR歧管与排气歧管出口的下游之间的压力的压力调节器。

[0020] 图5是根据第五实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其包括用于调节排气歧管与涡轮机进口之间的压力的压力调节器。

[0021] 图6是根据第六实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其包括拆分的进气歧管。

[0022] 图7是根据第七实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其中废气在增压冷却器之前与压缩的进气混合。

[0023] 图8是根据第八实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其类似于图7的实施方案但是其中废气与进气的混合物被节流。

[0024] 图9是根据第九实施方案的采用废气再循环的内燃机的示意图,其中废气在单级冷却之前与压缩的进气混合。

### 具体实施方式

[0025] 可将本文所教导的废气再循环的技术应用至具有两个或更多个燃烧室的发动机。参考图1中示出的第一实施方案,通过实例,内燃机101被示出为具有六个燃烧室11、12、13、14、15和16。每个燃烧室具有一对相应的进气阀21、22、23、24、25和26,所述进气阀21、22、23、24、25和26可操作的来允许包括来自进气歧管50的空气中的混合物通过相应的进气端口进入相应的燃烧室11、12、13、14、15和16中。在这个公开中,进气端口被呈现为在进气歧管50与相应的进气阀21、22、23、24、25和26之间的直线。空气被通过空气过滤器60接收到发动

机101中,并且由涡轮增压器设备75来进行加压。涡轮机80由来自燃烧室的废气所驱动以通过轴90来驱动压缩机70。在压缩之后进气的温度会升高。在进气通过节流阀110进入进气歧管50之前,采用增压空气冷却器95来降低进气的温度。压缩机再循环阀120是可操作的来使压缩和冷却的空气从冷却器95再循环通过压缩机70,以当调节节流阀110时来保护压缩机免受喘振/失速。例如,当节流阀110突然关闭时,来自压缩机70的空气中的冲击被阀110反射并返回到压缩机的出口,所述压缩机的出口可能会损坏。通过打开阀120,由于压缩机进口处的压力小于压缩机出口处的压力,所述冲击将返回至压缩机的进口,这是优选的。

[0026] 燃烧室11、12、13、14、15和16在第一部分130与第二部分140之间进行划分,所述第一部分130包括腔室11、12和13,所述第二部分140包括腔室14、15和16。燃烧室11、12和13中的每一个包括一对相应的排气阀31、32和33,所述排气阀31、32和33允许废气通过相应的排气端口从燃烧室流向第一排气歧管150。在这个第一实施方案的说明性实例中,每个气缸具有一对排气端口,但是在其他实施方案中,燃烧室11、12和13仅仅需要每一个具有至少一个排气阀和端口。燃烧室14、15和16包括相应的排气阀34、35和36,所述排气阀34、35和36允许废气通过相应的排气端口从燃烧室流向第二排气歧管160。此外,燃烧室14、15和16包括相应的EGR排气阀44、45和46,所述EGR排气阀44、45和46允许废气通过相应的EGR端口从燃烧室流向EGR歧管170。在这个公开中,排气端口被呈现为在排气阀31、32、33、34、35和36与它们相应的排气歧管之间的直线,并且EGR端口被呈现为在阀44、45和46与歧管170之间的直线。

[0027] 在本实施方案中涡轮增压器单元75是双涡管涡轮增压器,也称为分离式涡轮增压器。涡轮机80包括大涡管进口180和小涡管进口190。在其他实施方案中,可以采用单涡管涡轮增压器单元,其中排气歧管150和160供送单个涡轮增压器进口。第一排气歧管150中的废气被引导至大涡管进口180,并且第二排气歧管160中的废气被引导朝向小涡管进口190。如在下文中将更详细描述,结合小涡管进口190,在第二排气歧管160的出口附近的导管中的节流器200增加了歧管160中与EGR歧管170中的背压,以使得所述压力大于进气歧管50中的压力。在离开涡轮机80之后,废气被引导朝向催化剂210。废气门220可以被打开以允许废气绕过涡轮机80直接朝向催化剂210。

[0028] 流动通过歧管170的废气被引导出所述歧管到达EGR冷却器230,在所述EGR冷却器230中废气的温度被降低。在采用液化天然气(LNG)的应用中,EGR冷却器230可以包括采用具有用于从废气移除热量的热交换流体的LNG的热交换器,并且这种移除的热量将升高LNG辅助蒸发的温度。如果LNG为此目的不可获得,可将发动机冷却剂用作热交换流体。在EGR冷却器230之后,废气被引导通过EGR阀240朝向进气歧管50。EGR排气阀44、45和46在它们相应的燃烧室的动力冲程的临近结束和/或在排气冲程中来进行操作,以使得EGR歧管170中压力高于进气歧管50中的压力。当相应的排气阀34、35和36以及EGR排气阀44、45和46同时打开时,EGR速率(再循环至进气歧管50的废气的比例)取决于第二排气歧管160与EGR歧管170之间的压力差。然而,对于许多排气阀和EGR阀事件,燃烧室中的压力大于这两个压力以使得存在朝向EGR歧管170的正压驱动。也就是说,对于燃烧室14、15和16中的每一个来说,在阀门的至少部分打开事件期间,燃烧室压力PCC大于第二排气歧管160中的压力P160和EGR歧管170中的压力P170。利用公开的设备和技术,在优选的实施方案中,第二排气歧管具有峰值压力P160,所述峰值压力P160通常低于EGR歧管峰值压力P170。可以采用主动和/或被

动偏置技术来相对于P160增加EGR歧管170中的压力。例如,在第二排气歧管160的出口处的节流器200增加了歧管160与EGR歧管170中的压力。通过对小涡管涡轮增压器进口190进行节流可以获得压力上的类似的增加,所述小涡管涡轮增压器进口190可以结合节流器200来使用。使用双涡管涡轮增压器是有益的,因为保持了规则的排气脉冲效果,这通过减少来自邻近的气缸点火事件的排气流之间的不希望有的脉冲干扰来改进涡轮增压器的效率。在其他实施方案中,排气阀34、35和36以及EGR排气阀44、45和46可以采用可变阀致动来控制阀的提升、持续和基础正时以调节到第二排气歧管160的流动并且因此调节到EGR歧管170的压力。在这些实施方案中,不需要节流器200。例如,在一种操作技术中,排气阀34、35和36可以提早打开(在它们相应的循环中)用于放空排气压力,并且EGR排气阀44、45和46可以在废气温度已降低之后稍后再打开。可以采用分级的阀打开和关闭,这可以允许排气阀34、35和36比EGR排气阀44、45和46更早关闭,以为EGR捕集废气。

[0029] 在其他实施方案中,代替或除了节流器200之外,可以存在节流器或者更优选地是呈阀201形式的压力调节器,所述阀201在涡轮增压器80之后或者在有助于增加EGR歧管170中的压力的催化剂210之后(图1中示出)具有排气路径中的可调节流通面积。在涡轮增压器之后并且在催化剂之后,废气中的能量被减少,这与施加在节流器200上的应力相比在阀上施加较少的应力。这种方法的结果是第一排气歧管150中增加的背压,所述背压不总是一定需要的。当发动机101包括发动机制动器时,那么阀201对于通过增加泵送损失来改进发动机制动来说可以是有利的。

[0030] 在仍然另外的实施方案中,在第二排气歧管160与第一排气歧管150之间可以采用呈具有可调节流通面积的阀202形式的压力调节器。当节流器200与阀202一起采用时,所述阀将把节流器200上游的歧管160的排气出口连接到歧管150的排气出口。阀202是可操作的来将歧管160和170中的压力可变地释放到歧管150,其中大涡管进口180能够容纳大流量。

[0031] 现参考图2,根据第二实施方案示出了发动机102,并且在这个实施方案和对于第一实施方案来说另外的实施方案中的相同的部分(如果有的话)具有相同的参考数字并且可以不再详细描述。EGR回路包括被用来从由EGR歧管170所接收的废气产生氢气( $H_2$ )和一氧化碳(CO)的内联燃料重整催化剂260,所述内联燃料重整催化剂260可以被用来改进诸如可燃性和火焰速度的燃烧特性。燃料注入设备250将燃料引入废气中以及在重整催化剂260之前充实EGR混合物,所述燃料诸如包括甲烷的气态燃料混合物,尽管也可以采用其他的燃料类型。燃烧特性中的改进对EGR混合物和速率变化以及对燃料质量上的变化的耐受性作出改进。重整催化剂260使用废气中的热水蒸汽和从注入设备250喷射的甲烷燃料(在其他实施方案中可以采用其他燃料),并将它们转化成 $H_2$ 和CO。与空气/燃料/非重整EGR混合物相比,对于空气/燃料/重整EGR混合物来说可燃性和火焰速度被改进。在压缩点火应用中,当 $H_2$ 被引入燃烧室中时,燃料空气混合物的点火延迟被减少。

[0032] 现参考图3,根据第三实施方案示出了发动机103,所述发动机103包括四个燃烧室11、12、14和15。如所示出,这个实施方案在气缸的数量上和排气端口到歧管的路线上不同于图1的实施方案。对于四气缸发动机的典型的点火顺序是1-3-4-2(气缸号从右手侧开始),这在图3中的发送机103的说明中转化成燃烧室点火顺序:12、14、11和15。涡轮增压器进口180和190中的每一个每360度接收来自相应的排气歧管的废气脉冲。参考回图1,对于六气缸发动机的典型的点火顺序是1-5-3-6-2-4,这在图1中的发送机101的说明中转化成燃烧

室点火顺序:16、12、14、11、15和13。因此,通过图1中的六气缸实施方案,涡轮增压器进口180和190中的每一个每240度接收来自相应的排气歧管的废气脉冲。图3示出除了在四气缸实施方案与六气缸实施方案之间的所描述的差异之外,其余布置和用于操作的技术是基本上相同的。

[0033] 现参考图4,根据第四实施方案示出了发动机104,所述发动机104包括用于将EGR歧管175中的压力减低至所需水平的压力调节器175。调节器175可以是蝴蝶阀以及其他类型的调节器。节流器200在EGR歧管170中产生背压并增加压力。如果需要更大的控制来将EGR歧管170中的压力降低至所需水平,则采用调节器175。这种技术改进了EGR速率响应并且允许将EGR速率控制成具有改进的耐受性和较少的变化。

[0034] 现参考图5,根据第五实施方案示出了发动机105,所述发动机105包括用于增加排气路径中的背压和EGR歧管170中的压力的压力调节器165。调节器165可以是蝴蝶阀以及其他类型的调节器。调节器165结合EGR阀240来工作以控制所需的EGR速率。相应的阀165和240中的每一个的所需打开取决于发动机转速和负载。在低发动机转速下,EGR阀240典型地是完全打开的并且阀165是部分关闭的。在高发动机转速下,EGR阀240被节流(与低转速相比),并且阀165是完全打开的。在其他实施方案中,不需要EGR阀240以使得来自冷却器230的冷却的EGR废气直接行进至进气歧管50。在这些实施方案中,EGR流量由压力调节器165所控制。那些没有EGR阀240的实施方案是更简单的系统,但是存在关于EGR速率控制以及另外对于发动机瞬态操作的响应时间的损失,然而那些采用了阀165和阀240的实施方案提供了更有效的EGR速率控制。

[0035] 现参考图6,根据第六实施方案示出了发动机106。进气歧管被拆分成段51和段52。每一段具有相应的节流阀111和112,以及EGR阀241和242。通过控制相应的阀,可以控制流入进气歧管段51和52中的废气的量。当发动机106在气缸切断(cut-out)模式中操作(其中燃料仅仅被引入一部分气缸中)(例如在低负载下)时,这是有利的。当在低负载下采用EGR并且仅仅采用燃烧室14、15和16时,当EGR阀241关闭时,废气可以更有效地行进至这些燃烧室。尽管发动机106被示出具有压力调节器175,在图6的实施方案的变型中可以采用增加EGR歧管170中的压力的前述被动和主动的技术。

[0036] 现参考图7、图8和图9,根据另外的实施方案示出了发动机107、108和109,其中废气在增压空气冷却器95之前与压缩的进气混合。与利用汽油来加燃料相比,当利用气态燃料(诸如天然气)来加燃料时,来自这些发动机的废气具有高水蒸汽含量。常规地,为了避免冷凝,废气不得不保持在足够高的温度下以维持剩余的水为蒸汽来在发生冷凝时避免对发动机部件的潜在损害(例如,这种破坏可以由酸腐蚀和液滴撞击引起)。这限制了可以冷却多少废气。当将相对热的后EGR冷却器废气(约100°C-150°C)与冷得多的进气(小于50°C)进行混合时,进入气缸的进气的温度被随后升高。在本实施方案中,当将高度饱和的废气与来自压缩机70的不饱和的增压空气进行混合时,混合物的露点低于单独废气的露点。当这种混合物连通通过增压空气冷却器95时,存在因而较少的冷凝,这允许废气被冷却至更低的温度。较低的总体进气温度增加了进气密度(从而改进了体积效率)并降低了对于预点火和爆震的可能性。发动机107和发动机108是类似的并且仅仅在进气节流110的位置上有所不同,其中由于组合的混合物被节流,发动机108中的节流的位置将允许改进的瞬态响应,而在发动机107中仅仅进气被节流。由于废气在节流后被混合有进气,即废气由于节流而不经

历压降,与发动机108相比,发动机107在低负载下将具有改进的EGR浓度。发动机109去除了EGR冷却器230,并且通过增压空气冷却器95提供了单级冷却(注意的是,在类似于图7的没有EGR冷却器230的其他实施方案中冷却器95可以位于节流阀110后)。当通过单级冷却来冷却热的废气时,热交换器必须能够处理高温的废气。与包括能够承受较高温度的不锈钢结构的常规EGR冷却器相比,常规的增压空气冷却器包括铝结构。

[0037] 前述实施方案的一个优点是:在优选的实施方案中,与EGR歧管相联的排气阀的数量可以被选择来促进目标EGR速率在大约25%的范围中,这是对于燃烧稳定性的有效的速率。采用针对EGR的专用气缸的先前的EGR系统对于四气缸发动机可以实现这个速率,但是对于六气缸发动机则无法实现这个速率。例如,在六气缸发动机中,可获得的接近25%的EGR速率可以是16.6%(六个气缸中的一个)或33.3%(六个气缸中的两个)。在先前公开的实施方案中,有效的EGR速率由排气阀相对于EGR排气阀的相对的总数来确定,并且不是由气缸的数量来确定,因此可获得的EGR速率的选择在最需要的区域中是更精确的。在采用完全专用的EGR歧管的先前的EGR系统中,接收来自半数气缸的废气将意味着50%的废气可以被再循环。实现25%的EGR速率将需要将废气排出到涡轮机进口或者在涡轮机之后将废气排出到催化剂中。

[0038] 前述实施方案的另一个优点是:在采用不对称的双涡管涡轮增压器的应用中,其中气缸已被划分用于涡轮脉冲调谐,并且其中一个涡管进口被节流以增加排气背压来驱动EGR。可以减少节流的涡管(进口190)上的节流器(相对于常规的不对称的涡轮外壳),从而导致增加的涡轮增压效率。通过分级的排气阀事件,赋予了放空和清除废气的另外的益处。

[0039] 虽然已经示出并描述了本发明的具体元件、实施方案和应用,但应当理解,本发明并不限于所述的具体元件、实施方案和应用,因为在不脱离本公开的范围、尤其是依据前述教导的情况下,本领域的技术人员可以进行修改。

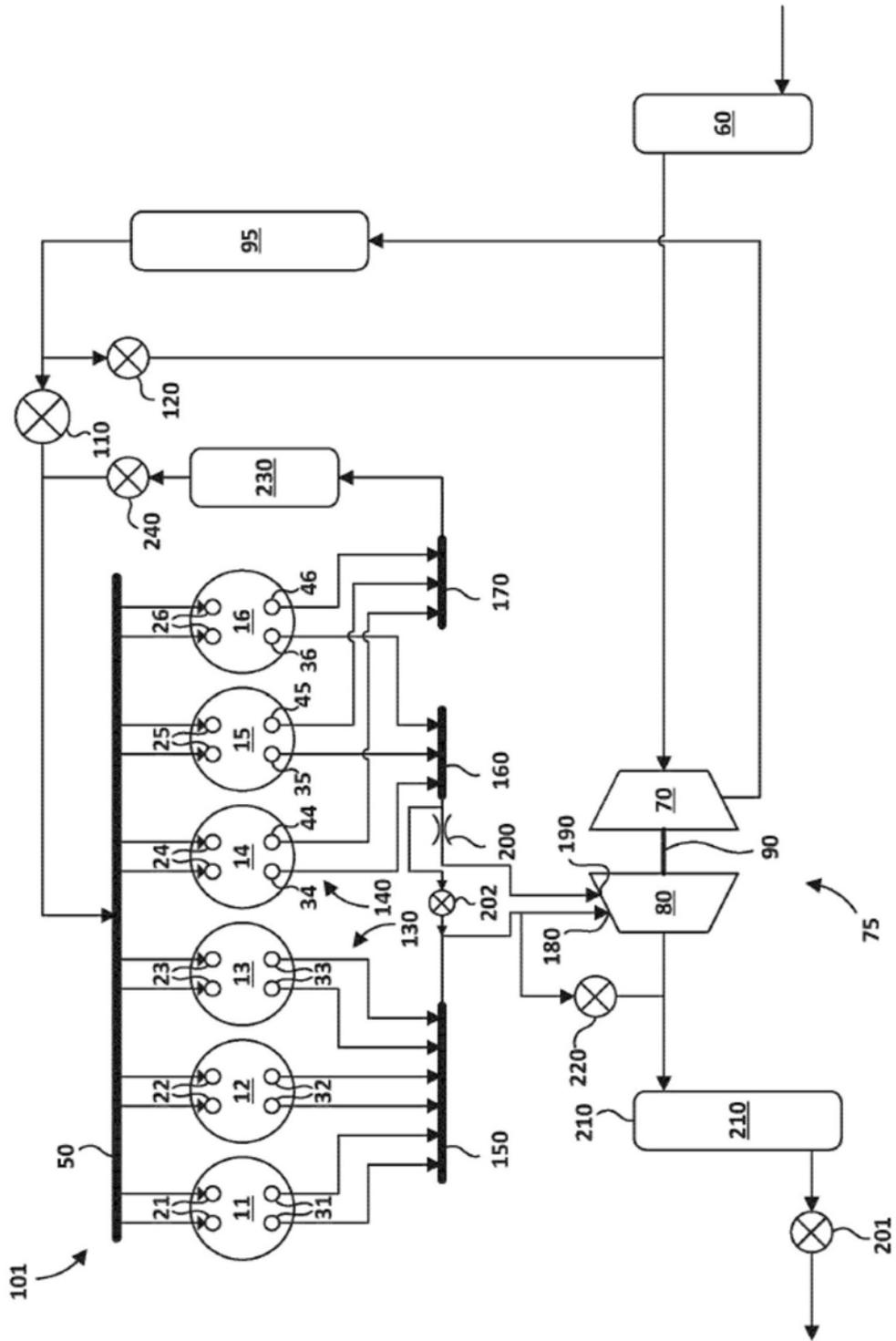


图1

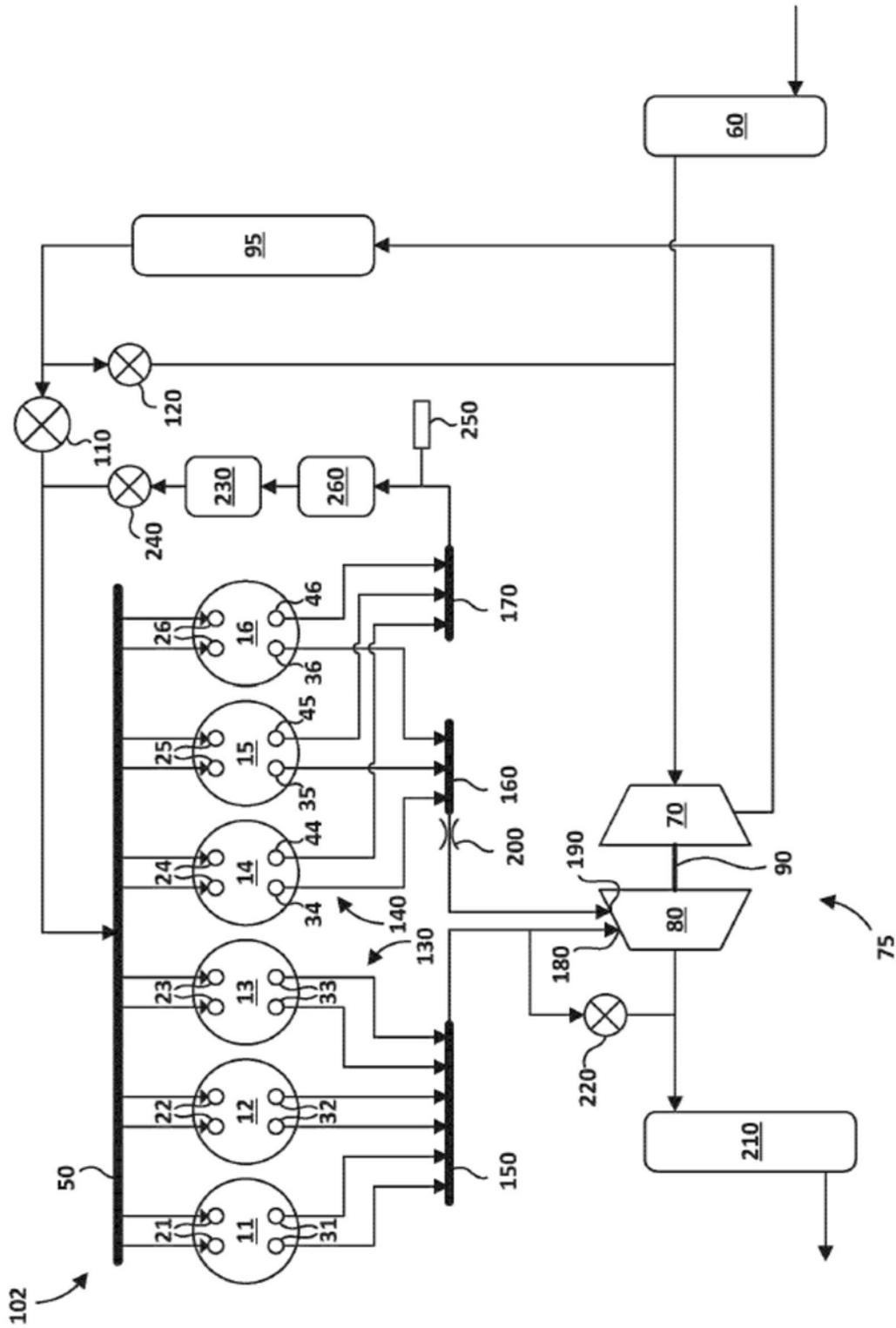


图2

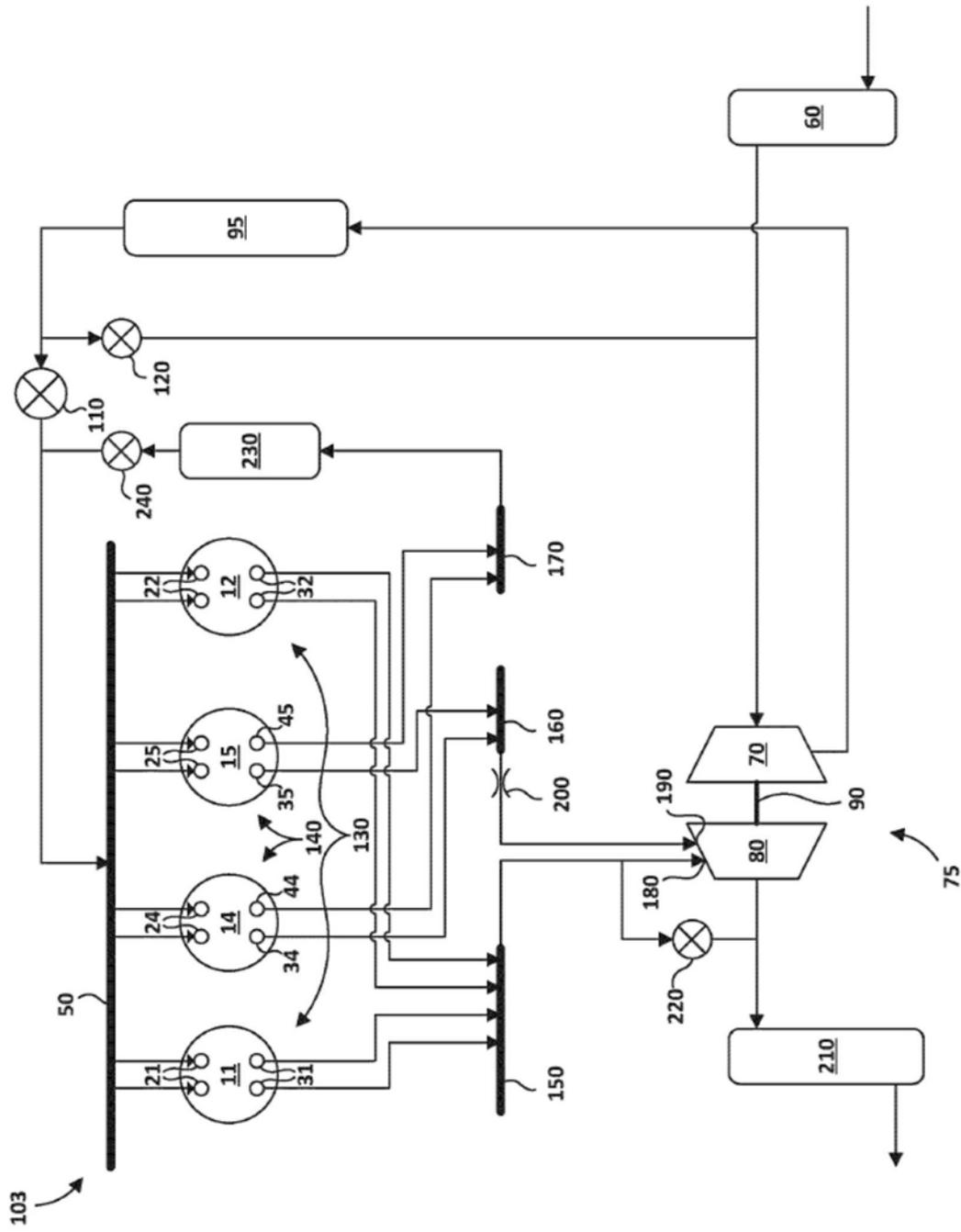


图3

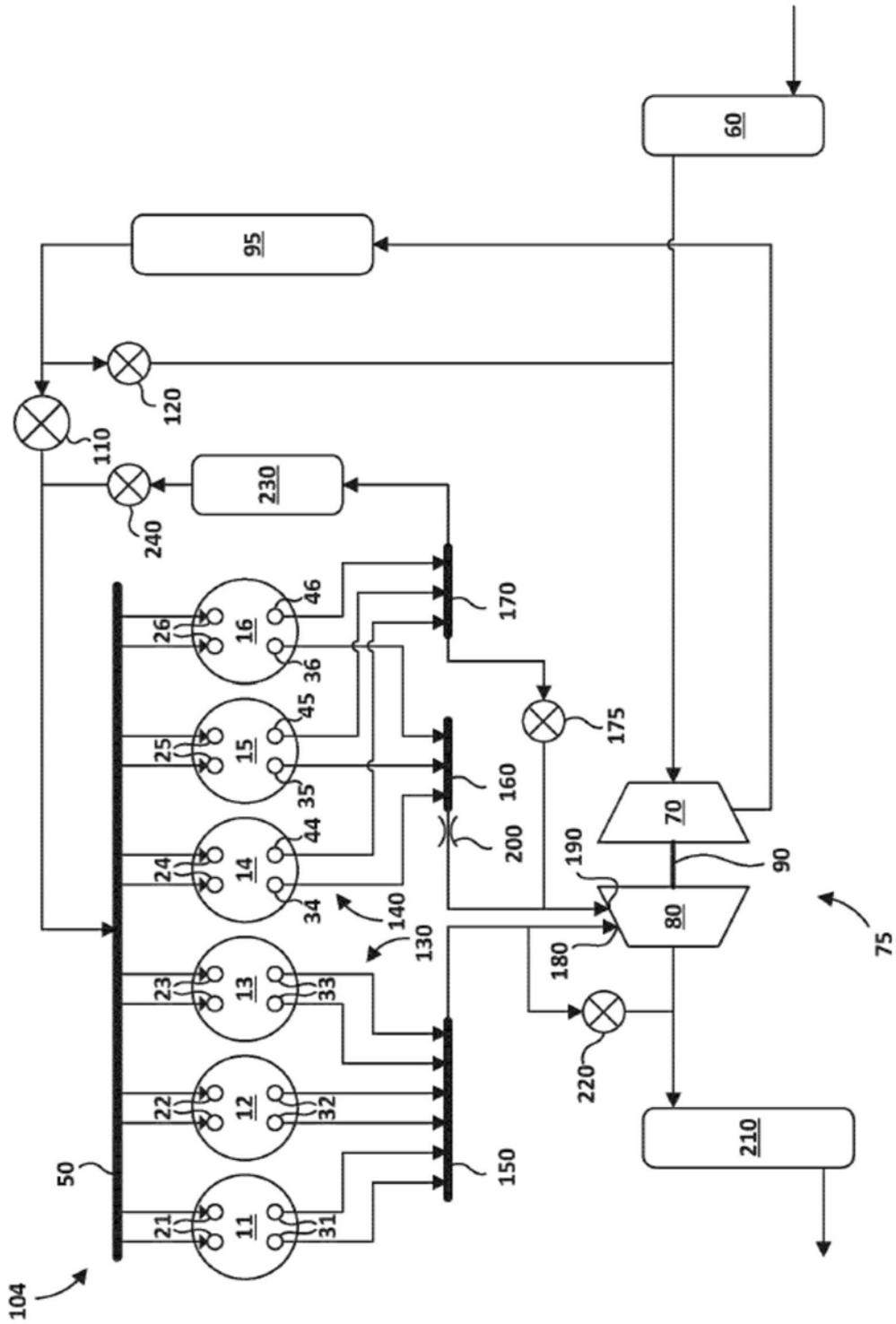


图4

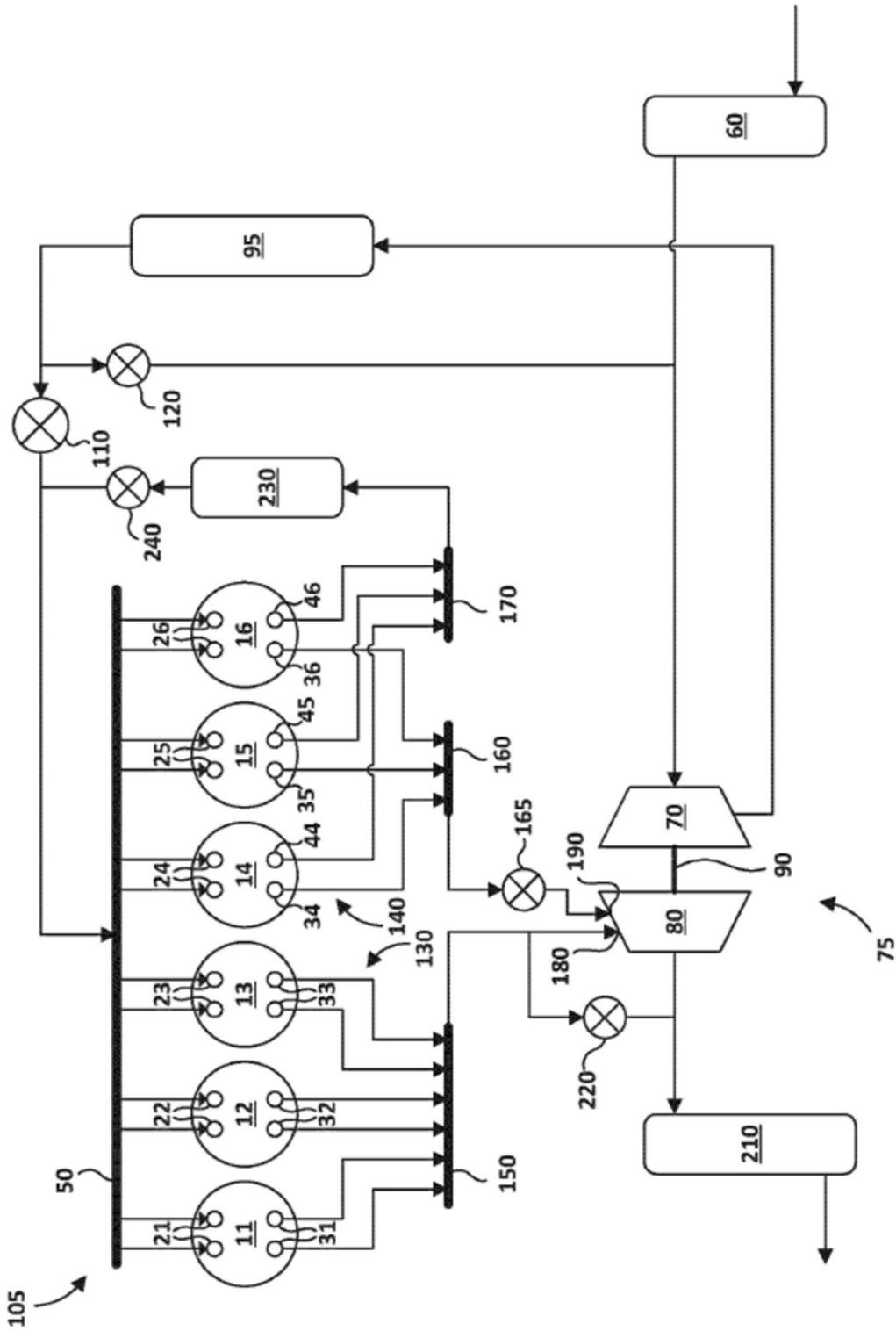


图5

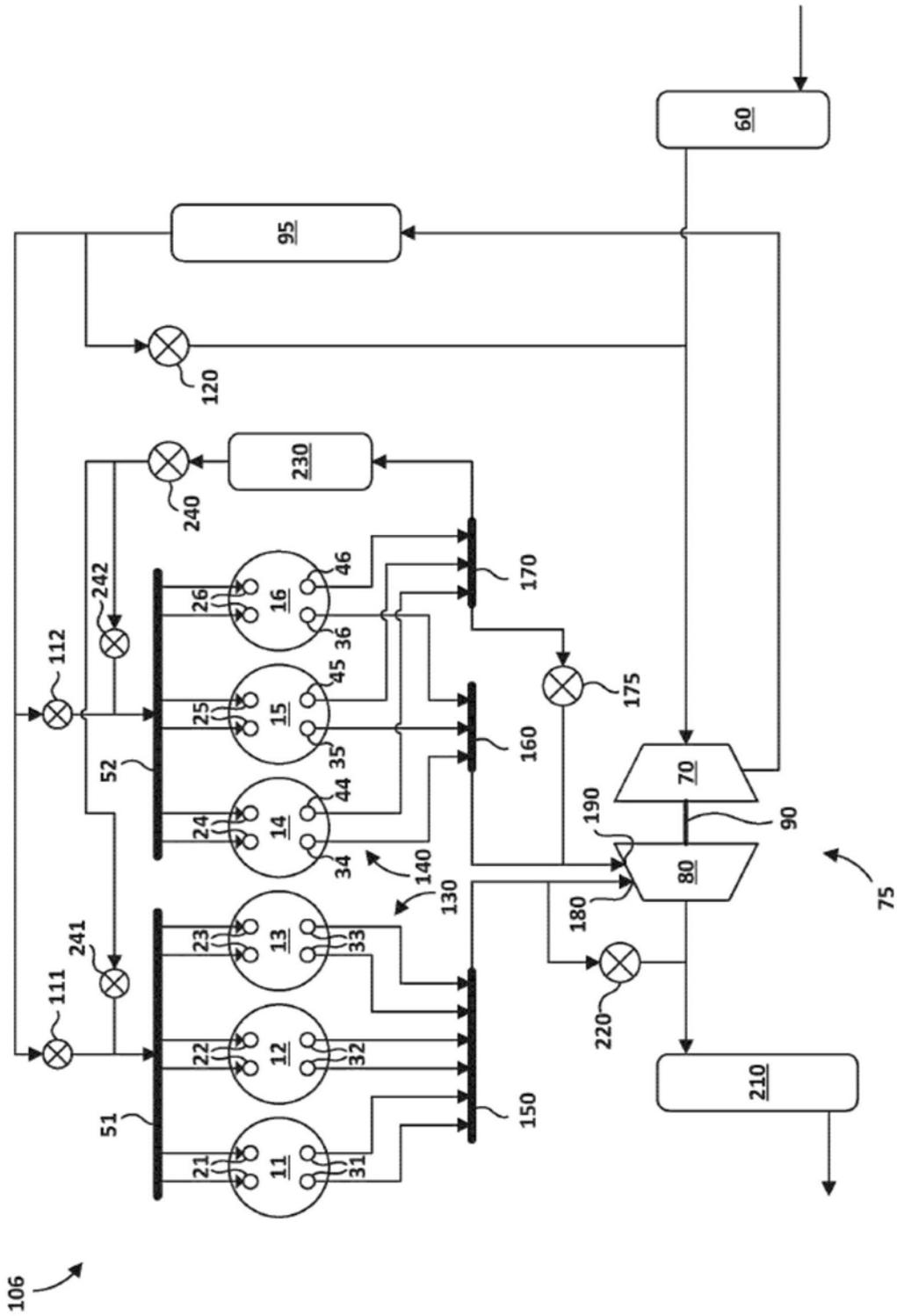


图6

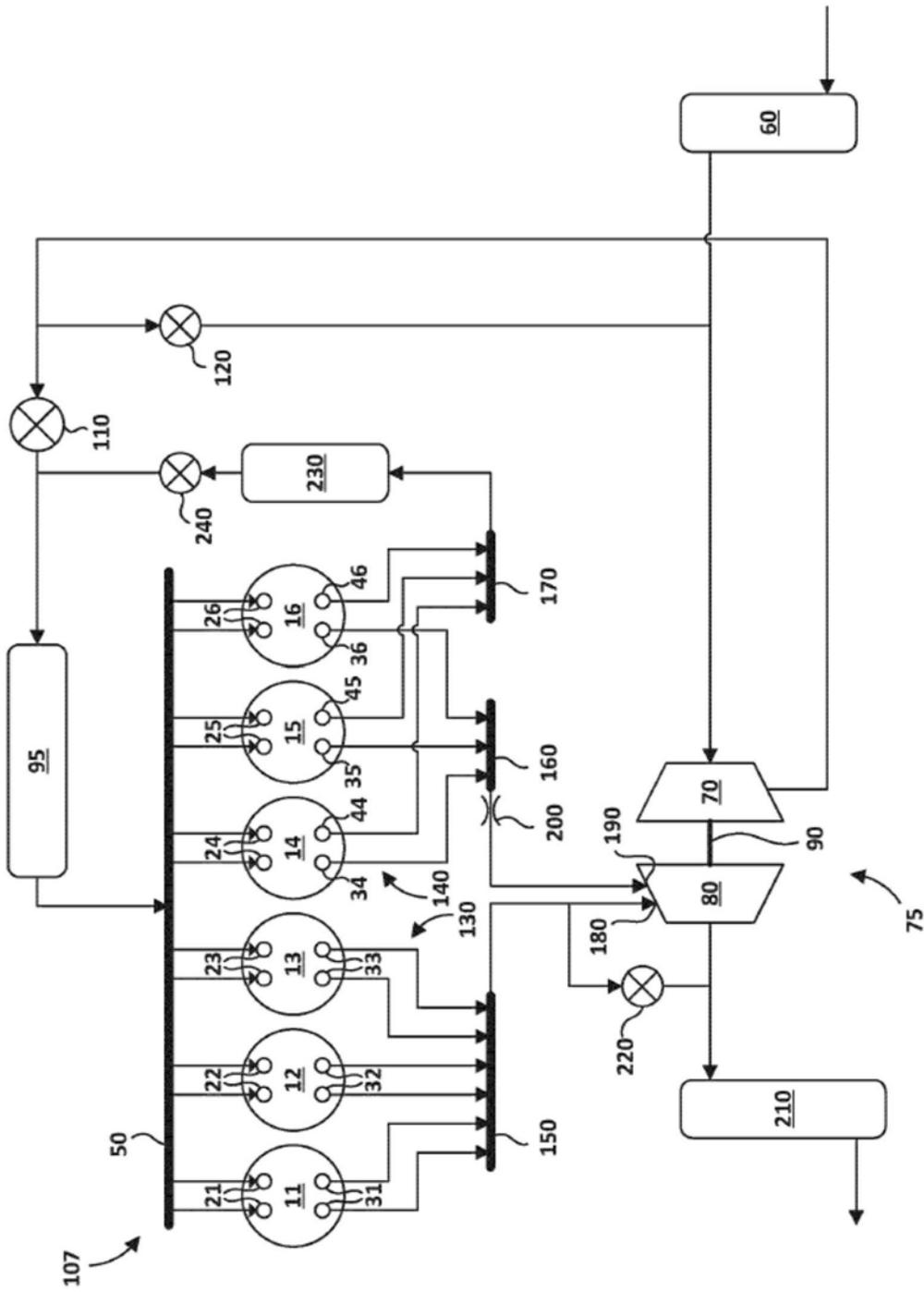


图7

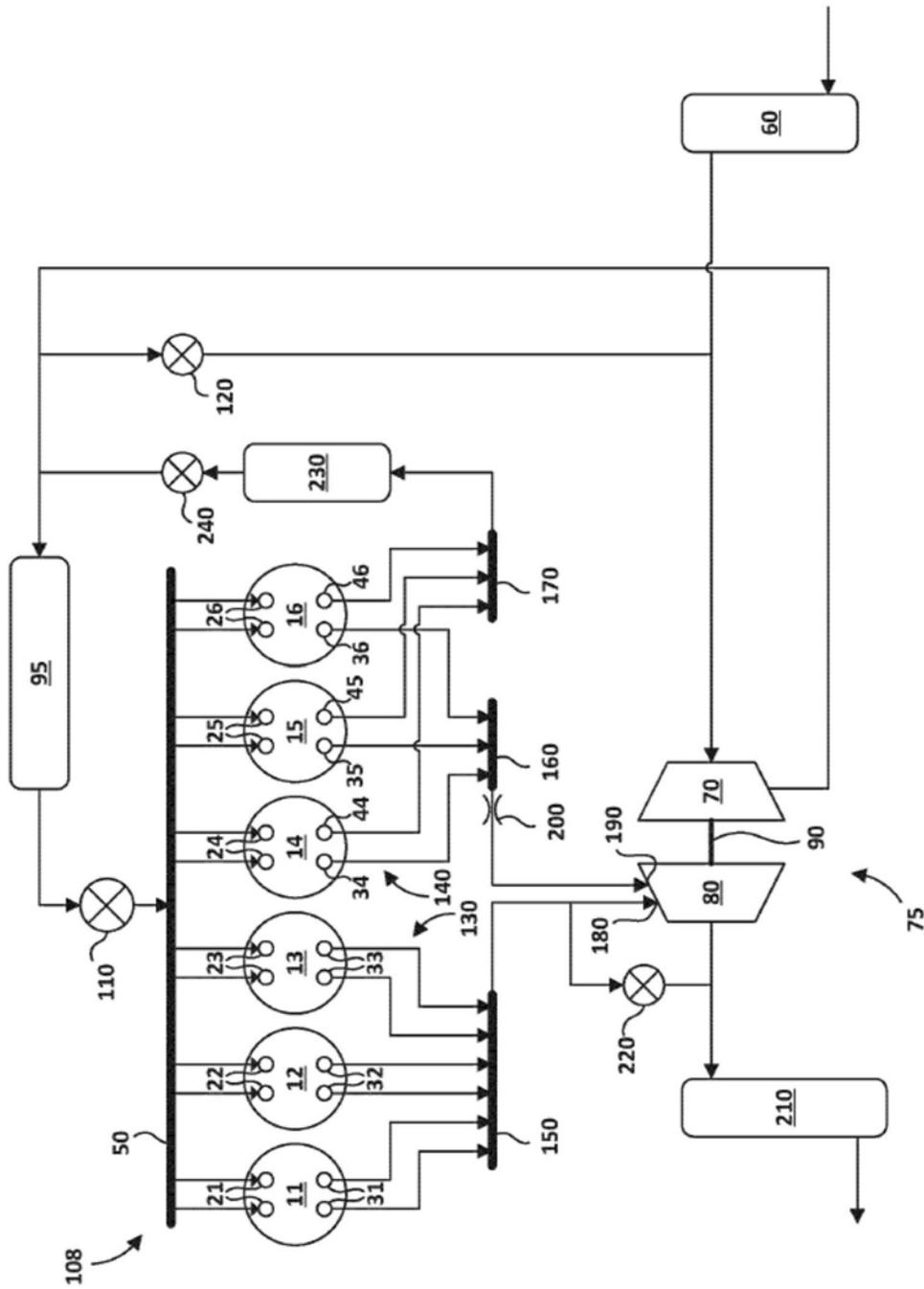


图8

