



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101495728 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 05

(21) 申请号 200780019038. 1

(22) 申请日 2007. 03. 15

(30) 优先权数据

60/785, 435 2006. 03. 24 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 11. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/006459 2007. 03. 15

(87) PCT申请的公布数据

WO2007/111839 EN 2007. 10. 04

(73) 专利权人 史古德利集团有限责任公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 查理斯·K·福尔纳

萨尔瓦托雷·C·史古德利

斯蒂芬·P·史古德利

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 王新华

(51) Int. Cl.

F01P 9/00(2006. 01)

审查员 霍登武

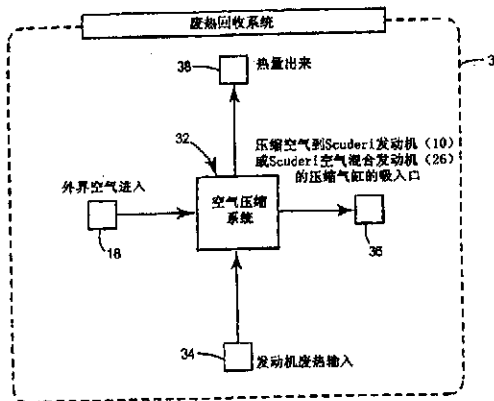
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于分开循环发动机的废热回收系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于分开循环发动机的废热回收系统,所述废热回收系统包括热交换单元。空气压缩机设备与热交换单元连通。废热输入部接收来自于发动机的废热,并与热交换单元流体连通。连接到空气压缩机设备的外界空气吸入口将空气吸入到空气压缩机设备内。在空气压缩机设备上的与分开循环发动机的压缩气缸流体连通的压缩空气出口构件将压缩空气从压缩空气设备传送到发动机。发动机废热连接到热交换单元,并且来自于废热的能量用于驱动空气压缩机设备,这使空气压缩机设备通过外界空气吸入口吸入外界空气,压缩外界空气,并通过压缩空气出口将压缩空气传送到发动机。



1. 一种用于分开循环发动机的废热回收系统,所述分开循环发动机包括发动机组,所述发动机组具有用于接收空气的压缩气缸、用于接收设置在其中的空气和燃料的动力气缸、互连所述压缩气缸和所述动力气缸的气体通道、和发动机冷却剂子系统,所述发动机冷却剂子系统包括泵,所述泵用于泵送发动机冷却剂通过所述发动机组以从其中移除发动机废热,所述废热回收系统包括:

热交换单元,具有用于接收从发动机泵送的发动机冷却剂的废热进口、用于返回发动机冷却剂到发动机的废热出口、热交换介质进口和热交换介质出口;

热交换介质循环回路,连接到热交换单元的热交换介质进口和热交换介质出口;

热交换介质,在热交换介质循环回路中循环,其中热交换介质在液相阶段通过热交换介质进口进入热交换单元,从发动机冷却剂吸收发动机废热,同时通过热交换单元,并且在气态阶段通过热交换介质出口排出热交换单元;

空气压缩机设备,具有连接到热交换单元的热交换介质出口的热交换介质进口、连接到热交换介质循环回路的热交换介质出口、用于将外界空气吸入的外界空气吸入口、和直接地连接到发动机的压缩气缸的压缩空气出口;

其中,气态热交换介质进入空气压缩机设备的热交换介质进口并且排出空气压缩机设备的热交换介质出口,以用来自发动机冷却剂的发动机废热驱动空气压缩机设备;

其中,空气压缩机设备通过外界空气吸入口汲取外界空气,并且通过压缩空气出口直接将废热产生的压缩空气传递到发动机的压缩气缸以回收来自发动机冷却剂的废热。

2. 根据权利要求1所述的废热回收系统,其中分开循环发动机包括排气子系统,用于通过动力气缸的排气端口移除来自发动机的废热;并且热交换单元的废热进口接收来自排气子系统的废热,热交换单元的废热出口通过排出口通风排出气体到大气,其中,热交换介质吸收来自发动机排出气体同时通过热交换单元的发动机废热。

3. 根据权利要求1所述的废热回收系统,其中所述热交换介质是制冷剂和水中的一种。

4. 根据权利要求1所述的废热回收系统,包括冷凝器,其操作性地连接到热交换介质循环回路。

5. 根据权利要求1所述的废热回收系统,包括泵,其操作性地连接到热交换介质循环回路,用于泵送所述热交换介质通过热交换介质循环回路。

6. 根据权利要求1所述的废热回收系统,其中所述分开循环发动机包括气体通道的空气存储箱,并且传送到压缩气缸的废热产生的压缩空气存储在所述空气存储箱内。

7. 根据权利要求6所述的废热回收系统,包括用于控制流入空气存储箱内的流动的第一阀,用于控制流出所述存储箱的流动的第二阀,和用于控制穿过所述气体通道的流动的第三阀,其中,当控制流入和流出所述空气存储箱的流动的所述第一和第二阀打开而控制穿过所述气体通道的流动的所述第三阀闭合时,废热产生的压缩空气同时地填充所述空气存储箱和驱动所述动力气缸。

8. 一种在分开循环发动机中回收废热方法,所述方法包括以下步骤:

设置分开循环发动机,分开循环发动机包括发动机组,所述发动机组具有设置在其中的压缩气缸和动力气缸、互连用于接收空气的压缩气缸和用于接收燃料和空气的动力气缸的气体通道、围绕发动机曲轴轴线旋转的曲轴、压缩活塞、动力活塞和发动机冷却剂系

统,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸中并且可操作地连接到曲轴从而压缩活塞在曲轴的单个转动期间往复运动通过进气冲程和压缩冲程,所述动力活塞可滑动地容纳在动力气缸中并且可操作地连接到曲轴从而动力活塞在曲轴的相同转动期间往复运动通过膨胀冲程和排出冲程,所述发动机冷却剂子系统包括泵,所述泵用于泵送发动机冷却剂通过所述发动机组以从其中移除发动机废热;

接收从发动机泵送的发动机冷却剂进入热交换单元的废热进口,并且通过热交换单元的废热出口返回发动机冷却剂到发动机;

在热交换介质循环回路中循环热交换介质,热交换介质循环回路连接到热交换单元的热交换介质进口和热交换介质出口,其中热交换介质在液相阶段通过热交换介质进口进入热交换单元,从发动机冷却剂吸收发动机废热,同时通过热交换单元,并且在气态阶段通过热交换介质出口排出热交换单元;

传递热交换介质到空气压缩机设备,空气压缩机设备具有连接到热交换单元的热交换介质出口的热交换介质进口、连接到热交换介质循环回路的热交换介质出口、用于将外界空气吸入的外界空气吸入口、和连接到发动机的压缩气缸的压缩空气出口,其中,气态热交换介质进入空气压缩机设备的热交换介质进口并且排出空气压缩机设备的热交换介质出口;

通过外界空气吸入口汲取外界空气进入空气压缩机设备,利用来自发动机冷却剂的发动机废热驱动空气压缩机设备,以生产废热产生的压缩空气;和

直接地通过压缩空气出口传递废热产生的压缩空气到分开循环发动机的压缩气缸,以回收来自发动机冷却剂的废热。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,包括以下步骤:

通过动力气缸的排出端口传输来自发动机的废气到热交换单元的废热输入,并且传递废气通过热交换单元以传输来自废气的废热能量到热交换介质。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,包括步骤:

在发动机的废热通过热交换单元后,通风发动机废气到大气。

11. 根据权利要求 8 所述的方法,其中循环所述热交换介质的步骤包括:

泵送所述热交换介质。

12. 根据权利要求 8 所述的方法,包括以下步骤:

在所述空气压缩机设备的下游设置连接到热交换介质循环回路的冷凝器,用于将所述热交换介质从气相变为液相。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,包括以下步骤:

将多余的热量从所述冷凝器排到大气。

14. 根据权利要求 8 所述的方法,包括以下步骤:

将传送到压缩气缸的废热生成的压缩空气存储在连接到空气通道的所述分开循环发动机的空气存储箱内,和

利用来自于空气存储箱的废热生成的压缩空气驱动所述动力气缸。

用于分开循环发动机的废热回收系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及分开循环发动机 (split-cycle engine), 本发明具体地涉及在这种发动机中的废热回收。

背景技术

[0002] 在申请中所使用的术语分开循环发动机还没有被接受为发动机领域的技术人员通常已知的固定意思。因此, 为了清楚起见, 应用到现有技术中所公开的发动机和本申请中所涉及的术语“分开循环发动机”定义如下:

[0003] 本文涉及的分开循环发动机包括:

[0004] 曲轴, 可以围绕曲轴轴线转动;

[0005] 动力活塞, 所述动力活塞可滑动地容纳在动力气缸内并且可操作地连接到曲轴, 从而所述动力活塞通过在所述曲轴的一个转动期间的动力 (膨胀) 冲程和排气冲程而往复运动;

[0006] 压缩活塞, 所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且可操作地连接到曲轴, 从而所述压缩活塞通过在所述曲轴的一个转动期间的进气冲程和压缩冲程而往复运动; 和

[0007] 使动力缸和压缩缸相互连接的气体通道, 所述气体通道包括在其间限定压力室的进气阀与排气 (转换) 阀。

[0008] 全都受让于本发明的受让人的美国专利 No. 6, 543, 225、No. 6, 609, 371 和 No. 6, 952, 923 公开了本文所定义的分开循环内燃机的示例。这些专利包含在这些专利的允许范围内引用为背景技术的美国和外国专利和公开物的广泛列表。因为它们确切地将经过两个专用缸 (一个冲程专用于高压压缩冲程, 而另一个缸专用于高压动力冲程) 的传统压力 / 奥托 (Otto) 循环 (即, 进气、压缩、动力和排气) 分成四个冲程, 所以用于这些发动机的术语为“分开循环 (split-cycle)”。

[0009] 通常, 内燃机将未使用的能量以热量的形式释放到大气外界环境。然而, 此热量中的一些可以被收回并使用。使用这些热量不仅可以回收由发动机释放的能量, 而且还可以减小燃料消耗, 从而提供发动机的效率。

发明内容

[0010] 美国专利 No. 6, 543, 225、No. 6, 609, 371 和 No. 6, 952, 923 (Scuderi 的专利) 中公开的分开循环型发动机的示例通过引用在此全文并入。

[0011] 分开循环发动机通常包括发动机组, 所述发动机组具有延伸通过其的第一气缸和邻近的第二气缸。曲轴轴颈支撑在发动机组内, 以便绕曲轴轴线旋转。气缸的上端由气缸盖闭合。

[0012] 第一和第二气缸限定内支承面, 在该内支承面内分别容纳动力活塞和压缩活塞以便往复运动。气缸盖、动力活塞和第一气缸限定动力气缸内的可变体积燃烧室。气缸盖、压缩活塞和第二气缸限定压缩气缸内的可变体积压缩室。气缸盖还包括空气入口, 所述空气

入口连接到压缩气缸,以便将来自吸入通道的吸入气体连通到压缩气缸内。

[0013] 气体通道(或转换通道(cross-over))使得动力气缸和压缩气缸相互连接。气体通道包括入口和出口。气体通道入口连接到压缩气缸,而气体通道出口连接到动力气缸。

[0014] 曲轴包括轴向放置并角度偏移的第一和第二曲轴半径(crank throw),所述第一和第二曲轴半径在其之间具有相位角。第一曲轴半径由第一连接杆枢转地连接到动力活塞,而第二曲轴半径由第二连接杆枢转地连接到压缩活塞,从而以由它们的曲轴半径的角度偏移和气缸、曲柄和活塞的几何关系确定的定时关系使活塞在它们的气缸内往复运动。

[0015] 如果需要,可以使用用于关联活塞的运动和定时的可选的机构。定时可以类似于 Scuderi 的专利所公开的,或如所期望地与 Scuderi 的专利所公开的不同。

[0016] 内燃机(ICE)运转模式通常是分开循环发动机的正常运转模式。普通内燃机的进气、压缩、动力和排气冲程在分开循环的发动机的压缩气缸和动力气缸之间被分开。在 ICE 模式下,压缩活塞吸入并压缩用于在动力气缸内使用的外界吸入空气。就在动力活塞到达开始膨胀冲程时的上死点(TDC)位置之后,允许压缩空气与燃料一起立刻进入动力气缸。然后,燃料/空气混合物在动力活塞的同一膨胀冲程中点燃、燃烧并膨胀,并将动力传递到曲轴。在排气冲程中排出燃烧产物。

[0017] 根据本发明的、用于具有压缩气缸、动力气缸和互连压缩气缸与动力气缸的气体通道的分开循环发动机的废热回收系统包括:热交换单元,和与热交换单元流体连通的空气压缩机设备。系统还包括与热交换单元流体连通的废热输入部,所述废热输入部接收来自于发动机的废热,并将废热输入到热交换单元内。外界空气吸入口连接到空气压缩机设备,以便将空气吸入到空气压缩机设备内。与分开循环发动机的压缩气缸流体连通的空气压缩机设备上的压缩空气出口构件允许将压缩空气从空气压缩机设备传送到发动机。发动机废热连通到热交换单元,并且来自于废热的能量用于驱动空气压缩机设备,这使空气压缩机设备通过外界空气吸入口吸入外界空气,压缩外界空气,并将压缩空气通过压缩空气出口传送到发动机。

[0018] 在具体的实施例中,发动机冷却剂系统可以与热交换单元连通,并且发动机冷却剂从发动机循环通过热交换单元。此外,发动机排放系统可以与热交换单元连通,以使得发动机排放气体通过热交换单元。系统还可以包括用于在热交换单元和空气压缩机设备之间循环热交换介质的循环管路。热交换介质可以是制冷剂或水中的一种。冷凝器可以操作性地连接到循环管路。泵可以操作性地连接到循环管路,以便通过循环管路泵送热交换介质。

[0019] 分开循环发动机还可以包括空气存储箱,而压缩空气可以存储在该空气存储箱中。第一阀可以控制流入存储箱内的流动,第二阀可以控制流出存储箱的流动,而第三阀可以控制穿过气体通道的流动,从而当控制流进和流出存储箱的流动的第一和第二阀打开,而控制穿过气体通道的第三阀闭合时,允许压缩空气同时地填充存储箱和驱动动力气缸。

[0020] 在单独的实施例中,用于具有压缩气缸和动力气缸的分开循环发动机的废热回收系统包括用于将来自于发动机废热的热量传递给热交换介质的热交换单元。热交换单元具有废热侧和热交换介质侧。热交换单元废热侧包括废热输入部,所述废热输入部接收来自于发动机的废热,并将接收的废热输入到热交换单元内。热交换单元热交换介质侧包括用于接收热交换介质的热交换介质入口。废热出口连接到热交换单元的废热侧,而热交换介质出口连接到热交换单元的热交换介质侧。系统还包括:空气压缩机设备,所述空气压缩机

设备具有与热交换单元的热交换介质出口连通的热交换介质入口；热交换介质出口，所述热交换介质出口以回路方式操作性地连接到热交换单元的热交换介质入口；外界空气吸入口，所述外界空气吸入口用于吸入外界空气到空气压缩机设备内；和压缩空气出口，所述压缩空气出口连接到分开循环发动机的压缩气缸的空气吸入口，以便将压缩空气传送给发动机。从热交换介质提取的能量驱动空气压缩机设备，以通过外界空气吸入口吸入外界空气，并将压缩空气输出给发动机。

[0021] 一种从具有压缩气缸和动力气缸的分开循环发动机回收废热的方法包括以下步骤：设置压缩系统，所述压缩系统包括空气压缩机设备；将来自于发动机的废热传送给空气压缩系统；利用来自于废热的能量为空气压缩机设备提供动力，以产生压缩空气；以及将废热生成的压缩空气从空气压缩机设备传送到分开循环发动机的压缩气缸。

[0022] 在该方法的具体实施例中，可以设置热交换单元，以利用废热使热交换介质从液相变为气相。将来自于发动机的废热传送到空气压缩系统的步骤可以包括使发动机冷却剂循环通过发动机和热交换单元。此外，将废热从发动机传送到空气压缩系统的步骤可以包括使来自于发动机的发动机排放气体通过热交换单元。在排放气体通过热交换单元之后，可以通过发动机排放系统将排放气体排到大气。

[0023] 该方法进一步包括使热交换介质循环通过热交换单元和空气压缩机设备的步骤。循环热交换介质的步骤可以包括泵送热交换介质。冷凝器可以设在空气压缩机设备的下游，以将热交换介质从气相变为液相。多余的热量从冷凝器可以排到大气。空气压缩机设备可以通过外界空气吸入口吸入外界空气。废热生成的压缩空气还可以存储在分开循环发动机的空气存储箱内。此外，分开循环发动机的存储箱可以装有来自于压缩气缸的废热生成的压缩空气，同时利用来自于空气存储箱的废热生成的压缩空气驱动动力气缸。

附图说明

[0024] 以下从结合附图的本发明的下面的详细说明书中更加全面地理解本发明的这些和其它特征。

[0025] 附图中：

[0026] 图 1 是大体示出了用于分开循环发动机的废热回收系统的示意图；

[0027] 图 2 是详细示出了空气压缩系统和发动机废热系统的图 1 的废热回收系统的示意图；

[0028] 图 3 是使用废热回收系统的分开循环发动机的示意图；以及

[0029] 图 4 是使用废热回收系统的分开循环发动机的可选的示意图。

具体实施方式

[0030] 以下参照附图详细说明本发明，附图标记 10 通常表示分开循环发动机，如 Scuderi 分开循环发动机。如图 3 中所示，分开循环发动机 10 包括发动机组，所述发动机组具有至少一个压缩气缸 12 和一对相邻的动力气缸 14。发动机 10 可以具有任意数量对的压缩气缸和动力气缸。气体通道 16（也称为转换通道）互连每一对压缩气缸 12 和动力气缸 14。气体通道包括入口和出口，压力室限定在所述入口和所述出口之间。气体通道入口连接到压缩气缸 12，而气体通道出口连接到动力气缸 14。

[0031] 压缩活塞 13 容纳在压缩气缸 12 内。同样,动力活塞 15 容纳在动力气缸 14 内。绕曲轴轴线可旋转的曲轴操作性地连接压缩活塞 13 和动力活塞 15。在曲轴的单个旋转期间,压缩活塞 13 往复通过吸入冲程和压缩冲程,而在曲轴的单个旋转期间,动力活塞 15 往复通过动力(或膨胀)冲程和排气冲程。

[0032] 压缩气缸 12 包括空气吸入口 17,以便使诸如外界空气的吸入空气连通到压缩气缸 12 内。动力气缸 14 包括排放口 19,以便将排放气体 20 从动力气缸 14 释放到排放通路 25。

[0033] 内燃机(ICE)运转模式通常是分开循环发动机 10 的正常运转模式。普通活塞式发动机周期的进气、压缩、动力和排气冲程在分开循环的发动机 10 的压缩气缸 12 和动力气缸 14 之间被分开。在 ICE 模式下,压缩活塞 13 吸入并压缩来自于吸入通道 23 的外界吸入空气用于在动力气缸 14 内使用。就在动力活塞到达开始膨胀冲程时的上死点(TDC)位置之后,压缩空气和经由燃料管路 22 与燃料存储器 27 连通的燃料被允许通过气体通道 16 立刻进入动力气缸 14。可选地,燃料可以经由燃料管路 22 直接注入动力气缸 14。然后,燃料/空气混合物在动力活塞的同一膨胀冲程中点燃、燃烧并膨胀,并将动力传递到曲轴。在排气冲程中通过排放通道 25 将燃烧产物排出。

[0034] 可选地,发动机 10 可以包括空气存储箱 24,并且通常被称为空气混合型分开循环发动机 26。空气混合型分开循环发动机 26 包括分开循环发动机 10 的所有部件。作为空气混合型发动机,分开循环发动机 26 可以在空气存储箱 24 内存储压缩空气,以便后续使用。存储在空气存储箱 24 内的压缩空气可以用作为吸入空气填充以与燃料混合,以便在动力气缸 12 内燃烧。

[0035] 可选地,来自于空气存储箱 24 内的压缩空气在不与燃料混合的情况下可以传送到动力气缸 14,以便在动力气缸 14 内不发生燃烧。在这种运转模式下,存储在空气存储箱 24 内的压缩空气可以用于驱动动力气缸 14 内的活塞。这种运转模式通常可以称为空气发动机模式(air motoring mode)。

[0036] 本发明提供了一种用于分开循环发动机 10 的废热回收系统。如图 1 中所示的废热回收系统 30 利用由分开循环发动机 10 生成并由与热交换单元 46 流体连通的一个或多个废热输入部 34 收集的废热。废热输入部 34 通常从诸如排放气体或发动机冷却剂接收发动机废热。由废热转化的能量用于为空气压缩系统 32 提供动力。空气压缩系统 32 包括用于压缩外界空气的空气压缩机设备,如,泵、涡轮机、或其它压缩机设备,外界空气通过外界空气吸入口 18 被吸入。压缩空气通过空气压缩机设备 48 上的压缩空气出口 36 连通到分开循环发动机 10 的压缩气缸 12。压缩空气可以在压缩气缸 12 内被进一步压缩,以便当发动机在其 ICE 模式下运转时直接用于为分开循环发动机 10 提供动力。可选地,压缩空气可以存储在空气存储箱 24 内,以便在为发动机 10 提供动力的燃烧过程中后续使用。在动力气缸 14 内不需要燃烧的情况(例如,在空气发动机模式中)下,存储的压缩空气还可以用于为发动机 10 提供动力。因此,本发明的废热回收系统 30 利用否则被浪费的废热,并通过降低燃料损耗而提高了发动机 10 的燃料效率。

[0037] 参照图 1-3,废热回收系统 30 通常包括空气压缩系统 32。从与诸如热交换器的热交换单元 46 连通的一个或多个废热输入部 34 接收的发动机废热从流体(通常为发动机冷却剂、排放气体或类似物)接收发动机废热,并使用废热的能量以为空气压缩系统 32 提供

动力,该空气压缩系统 32 压缩外界空气。压缩空气和热量从空气压缩系统 32 输出。压缩空气可以输出到分开循环发动机 10 的压缩气缸 12,以被发送机使用,或者存储在存储箱 24 内以便后续使用,如以下更详细地说明。

[0038] 由发动机 10 生成的发动机废热包括发动机冷却剂中的热量和发动机排放气体中的热量。在发动机冷却剂子系统 40 中,如本领域所知,发动机冷却剂从发动机组吸收热量,以冷却发动机组。发动机冷却剂子系统 40 中的发动机冷却剂连通到空气压缩系统 32,并经由发动机冷却剂子系统返回部 41 返回到发动机 10。具体地,热的发动机冷却剂循环通过空气压缩系统 32,以将热量从发动机冷却剂传递给热交换介质,该热交换介质又在循环回路中经由循环管路 44 在空气压缩系统 32 内流动,并冷却发动机冷却剂。类似地,排放气体子系统 20 接收由发动机 10 内的燃烧过程生成的排放气体。排放气体子系统 20 将排放气体连通到空气压缩系统 32。更具体地,排放气体子系统 20 中的热的排放气体穿过空气压缩系统 32,以将热量传递给热交换介质,并在经由排放出口 42 将排放气体排到大气之前回收排放气体中的热量。

[0039] 发动机冷却剂子系统 40 和排放气体子系统 20 与热交换单元 46 的废热输入部 34 流体连通。来自于发动机冷却剂和发动机排放气体的热量经由热交换单元 46 传递给热交换介质。热交换单元 46 被包括在空气压缩系统 32 中。热交换单元 46 具有废热侧和热交换介质侧。废热输入部 34 从发动机接收流体(例如,冷却剂、排放气体)到热交换单元 46 的废热侧内。废热出口 47 连接到热交换单元的废热侧,以便连通从热交换单元 46 的废热侧流出的流体。热交换单元 46 的热交换介质侧包括用于接收热交换介质到热交换单元内的热交换介质入口 49。热交换介质出口 51 连接到热交换介质侧,以便连通从热交换单元 46 流出的热交换介质。

[0040] 热交换单元 46 可以是蒸发器、锅炉、或其它适当的热交换装置。热交换介质可以是制冷剂、水、或其它用于本发明的空气压缩系统 32 的类似的热交换介质。在热交换单元 46 中,热交换介质被加热,并从液相变为气相。

[0041] 当热交换介质穿过热交换单元 46 时,热交换介质吸收发动机废热,并被蒸发和转变成气相。膨胀的气态热交换介质然后从热交换单元 46 经由出口 51 连通到空气压缩机设备 48 的热交换介质入口 53。使用气态热交换介质以为空气压缩机设备 48 提供动力,该空气压缩机设备 48 通过吸入口 18 吸入外界空气,并通过出口输出压缩空气。

[0042] 热交换介质通过热交换介质出口 55 离开空气压缩设备 48,并通到冷凝器 50,热交换介质在该冷凝器 50 内冷凝回到液相。在冷凝器 50 中,捕获由热交换介质 44 保留的多余的热量,并经由诸如孔(vent)或类似物的热量出口 38 释放到大气。然后通过泵 52 将热交换介质泵送回到热交换单元 46,从而完成了流体的流动回路,以再一次开始其循环。

[0043] 空气压缩系统 32 连接到分开循环发动机 10 的专门的压缩气缸 12。压缩空气通过压缩气缸的吸入通道 23 从空气压缩系统 32 被送给压缩气缸 12。外界空气也可以通过空气吸入口 17 吸入到压缩气缸 12,以便在压缩气缸内压缩。然后压缩空气通过气体通道 16 移动到动力气缸 14。可选的,压缩空气可以存储在空气存储箱 24 内,以便被发动机 10 后续使用。压缩空气可以通过分支气体通路 16 的端口 54 进入空气存储箱 24。

[0044] 燃料可以直接注入到动力气缸 14 内,以便与压缩空气混合,从而形成在动力气缸内点燃以产生动力的可燃的混合物。可选地,燃料可以为端口燃料(port fuel),该端口

燃料被注入到分支端口 54 的下游的气体通道 16, 以在进入动力气缸 14 之前与压缩空气混合。

[0045] 动力气缸 14 内的燃烧生成热的排放气体, 该热的排放气体经由如上所述的排放气体子系统 20 被供给到空气压缩系统 32。此外, 发动机 10 内的燃烧加热发动机组。如上所述, 发动机冷却剂子系统 40 内的发动机冷却剂通过泵 56 循环通过发动机组到空气压缩系统 32, 和从空气压缩系统 32 循环通过发动机组。

[0046] 在空气发动机的运转模式中, 分隔循环发动机 10 可以使用由空气压缩系统 32 生成的空气和存储在空气存储箱 24 内的空气驱动动力气缸 14 内的动力活塞 15。在压缩空气已经在动力气缸 14 内膨胀之后, 空气可以通过排放通路 25 被排放。在这种模式中, 压缩气缸 12 没有工作, 并且在动力气缸 14 内没有发生燃烧。

[0047] 以下参照图 4, 在空气混合型分开循环发动机 126 的可选的实施例中, 来自于压缩气缸 112 的被压缩的外界空气通过输入通道 158 进入存储箱 124, 该输入通道 158 连接到端口 154。存储的空气通过出口通道 160 离开空气存储箱 124, 该出口通道 160 连接到端口 162。阀 164 和 166 控制流入和流出箱 124 的流动, 而阀 168 控制穿过气体通道 116 的流动。在控制阀 164 和 166 打开而阀 168 闭合的情况下, 废热生成的压缩空气可以通过输入通道 158 同时地填充箱 124, 同时经由输出通道 160 驱动动力气缸 114。而且, 在此结构中, 可以使用阀 164、166 和 168 以在空气箱 124 与压缩气缸 112 或动力气缸 114 中的任意一个之间提供另外的流动控制。在其它保留的方面, 分开循环空气混合型发动机 126 与分开循环空气混合型 26 发动机具有相同的特征, 并且类似的附图标记表示类似的特征。

[0048] 虽然参照具体实施例说明了本发明, 但是应该理解的是在所述的本发明的概念的精神和保护范围内可以做大量改变。因此, 其目的是不将本发明限制到所述的实施例, 而是旨在使本发明具有由以下权利要求的语言限定的全部的保护范围。

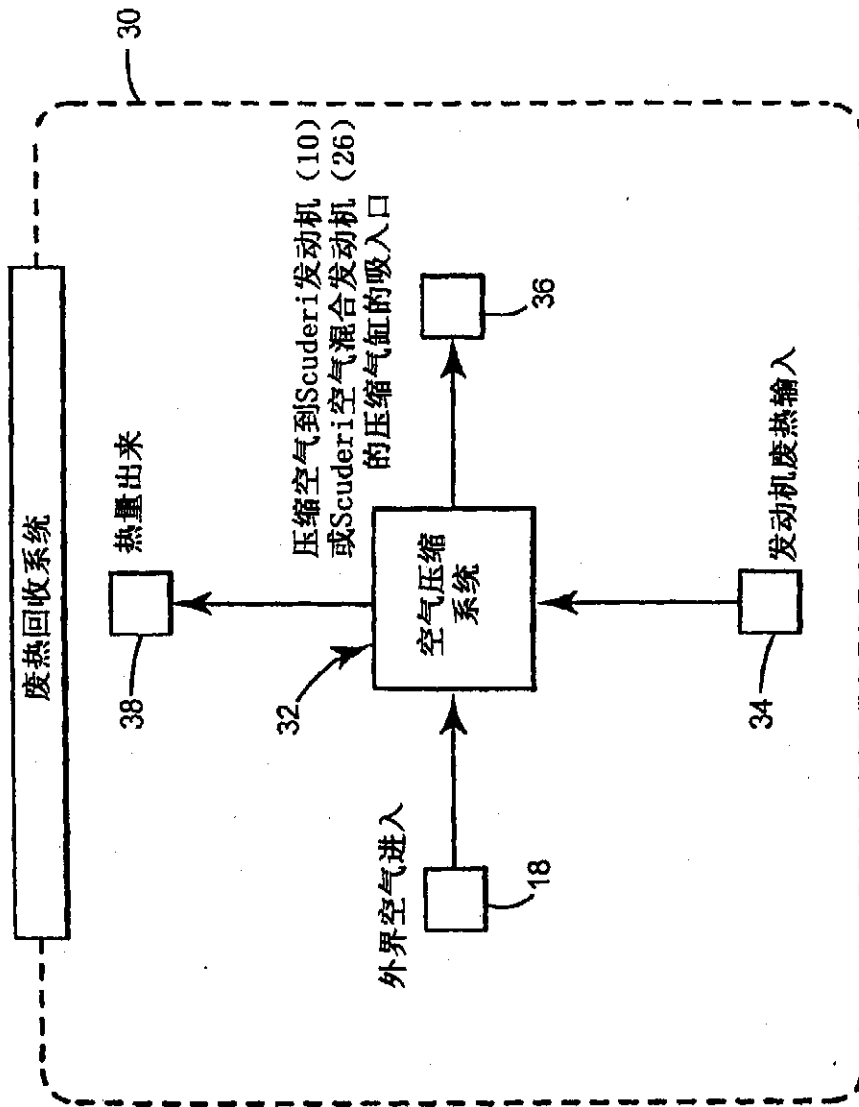


图1

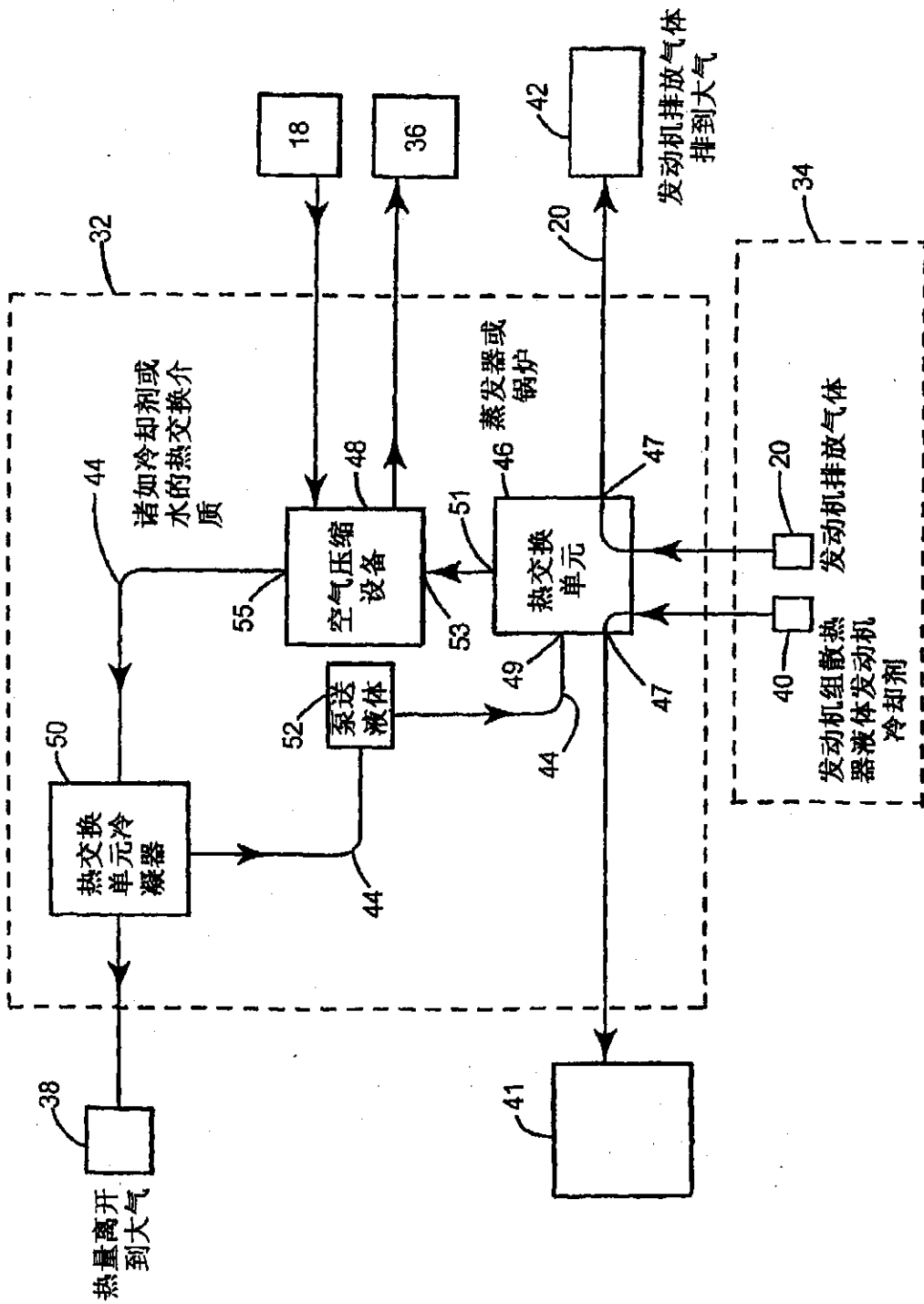


图2

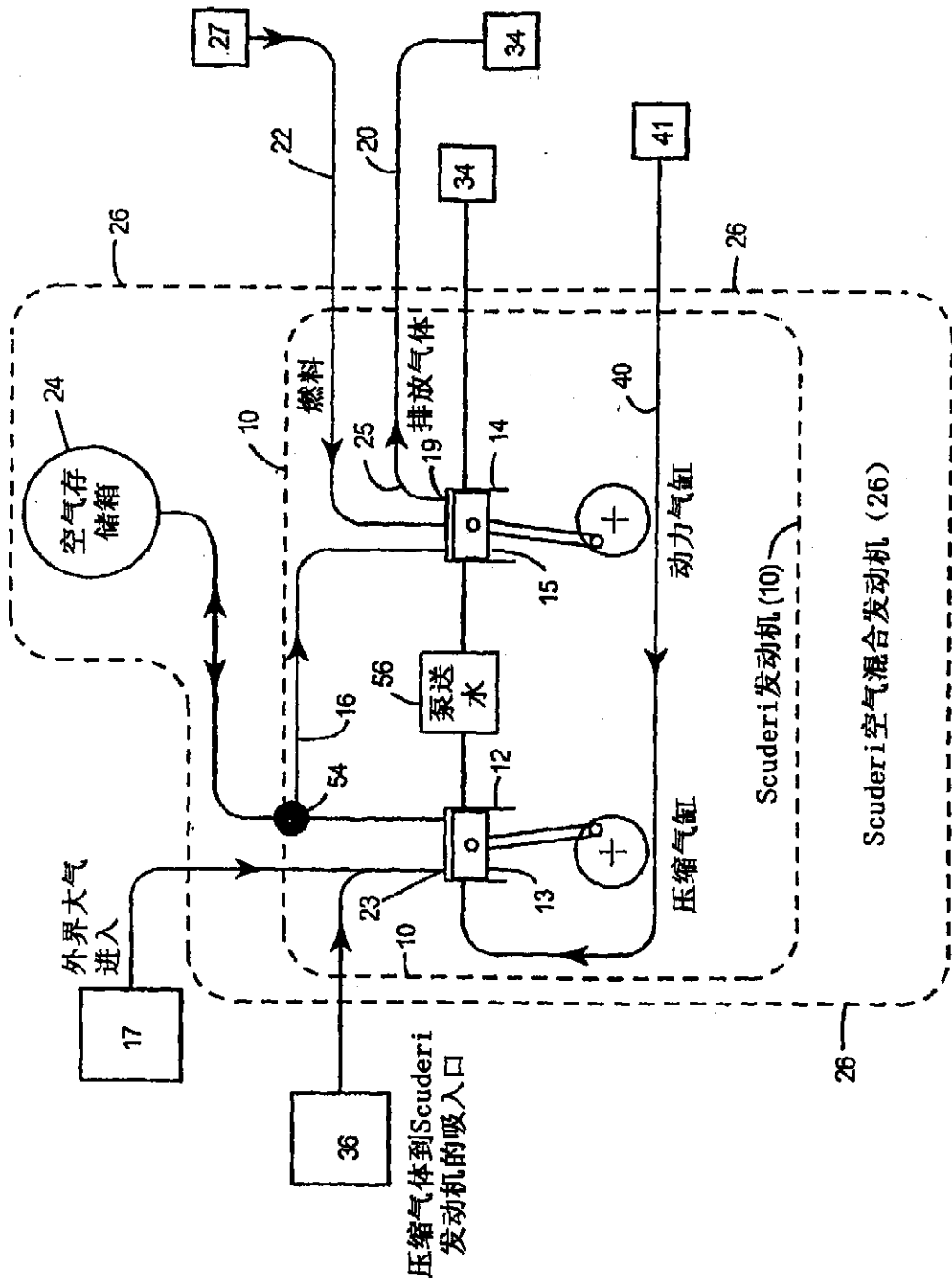


图3

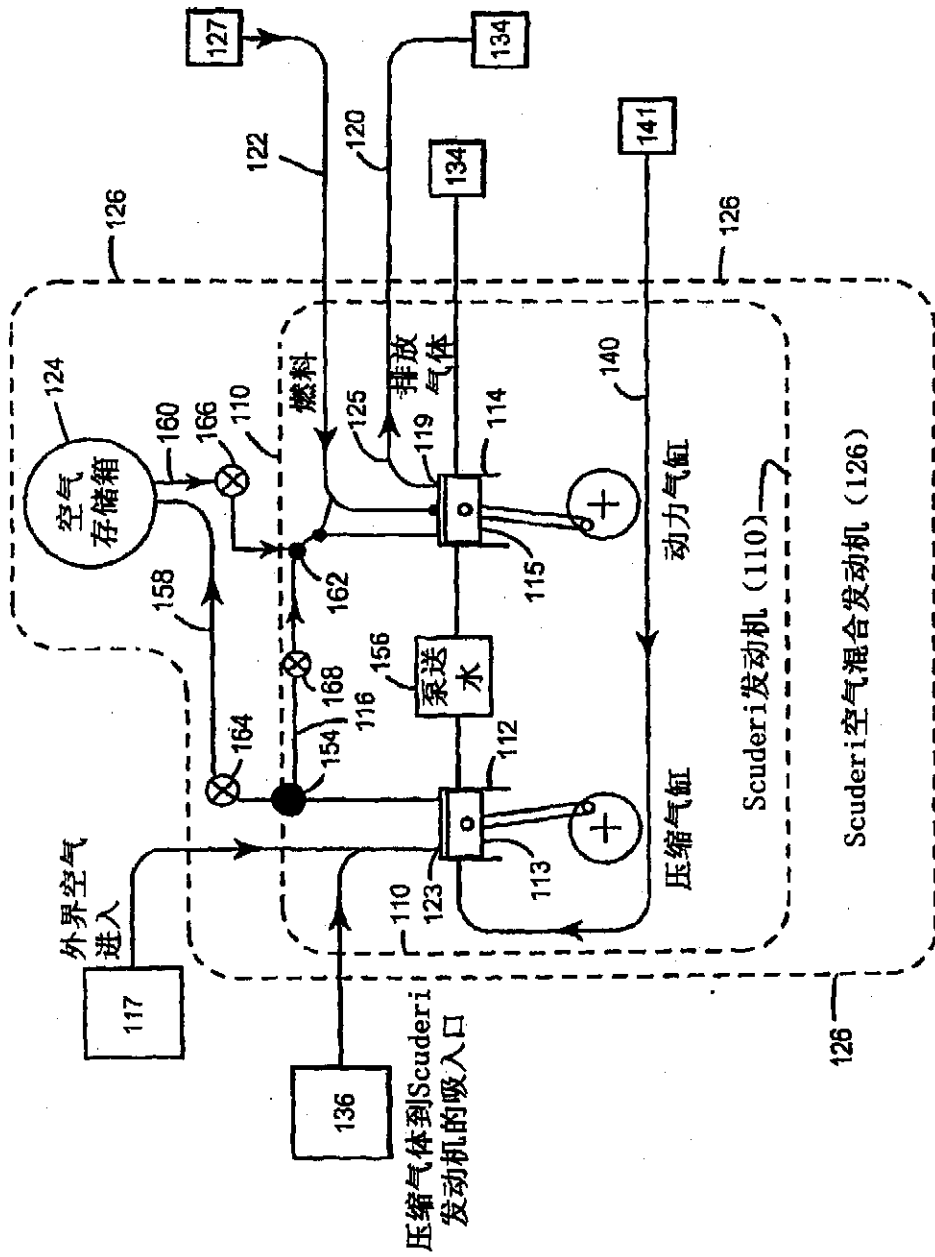


图4