



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102022171 A

(43) 申请公布日 2011.04.20

(21) 申请号 201010267956.X

F01N 5/02(2006.01)

(22) 申请日 2010.08.30

F02F 1/42(2006.01)

(30) 优先权数据

61/244306 2009.09.21 US

12/692958 2010.01.25 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 R·L·雅克 W·A·贝尔

R·L·迪夫雷斯内 R·L·约翰逊

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 代易宁 杨楷

(51) Int. Cl.

F01N 13/08(2010.01)

F01N 3/28(2006.01)

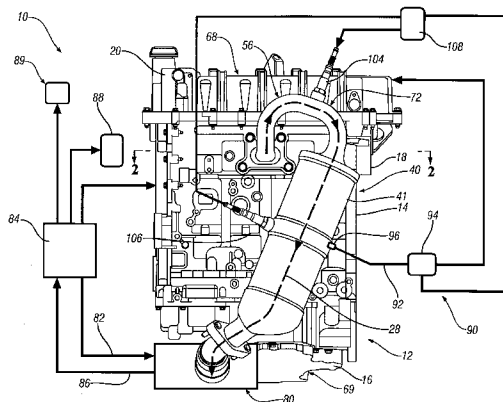
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于内燃机的热效率高的排气处理系统

(57) 摘要

本发明涉及用于内燃机的热效率高的排气处理系统。一种用于发动机的排气系统包括气缸盖，该气缸盖具有一体的排气歧管以收集排出发动机燃烧室的排气。与排气歧管流体连通的排气管道包括连接至气缸盖的入口端、朝内燃机的上端延伸的一部分以及构造成限定多级催化转化器的入口端的出口端。催化转化器包括具有邻近发动机的顶部的入口端的罐，并包括第一和第二催化剂载体以及封闭罐的出口端的收集器。罐的出口端位于邻近发动机的底部，并且第一和第二催化剂载体接收从罐的入口端传到出口端的排气的组分并将所述组分转化。



1. 一种用于内燃发动机的排气处理系统，包括：

气缸盖，其安装至内燃发动机，并具有从各燃烧室延伸至中央腔的一系列一体的排气管道，所述中央腔终止于所述气缸盖中的排出口，从而在所述气缸盖中限定一体的排气歧管，该一体的排气歧管可操作以收集排出各燃烧室的排气以便排气通过所述排气歧管；

与所述中央腔流体连通的排气管道，其构造成通过所述排出口从所述一体的排气歧管接收排气，所述排气管道包括：

入口端，其连接至所述气缸盖，并具有朝所述内燃发动机的上端延伸的向上延伸部；

出口端，其终止所述向上延伸部，并构造成限定多级催化转化器的入口端，所述多级催化转化器包括：

罐，其具有位于邻近所述发动机的顶部的、与所述排气管道的所述出口端流体连通的入口端，并构造成引导来自所述排气管道的排气通过；

第一催化剂涂布载体，其邻近所述罐的所述入口端设置；

第二催化剂涂布载体，其邻近所述罐的所述出口端设置；以及

收集器，其封闭所述罐的出口端，所述罐的所述出口端邻近所述发动机的底部设置，所述第一和第二催化剂载体构造成接收从所述罐的所述入口端传到所述罐的所述出口端的排气的组分并将所述组分转化。

2. 根据权利要求1所述的用于内燃发动机的排气处理系统，还包括：

热交换器组件，其与所述收集器流体连通，并构造成接收排出所述多级催化转化器的排气并从所述排气提取废热用于分配至发动机或车辆部件。

3. 根据权利要求1所述的用于内燃发动机的排气处理系统，还包括：

热管理系统，其与所述热交换器流体连通，并可操作以通过在所述热管理系统与所述热交换器之间流动的传热流体从所述热交换器收集回收的热。

4. 根据权利要求3所述的用于内燃发动机的排气处理系统，其特征在于，所述热管理系统构造成将回收的热供应至发动机和包括所述发动机、变速器、车辆车厢或它们的组合的车辆部件。

5. 根据权利要求1所述的用于内燃发动机的排气处理系统，还包括：

排气再循环系统，其构造成使通过所述罐的排气的一部分转向至所述发动机，所述排气再循环系统包括：

排气管道，其具有设置在所述第一催化剂载体与所述第二催化剂载体之间的入口；以及

排气再循环阀，其用于调节通过所述排气再循环系统的排气的流动。

6. 根据权利要求1所述的用于内燃发动机的排气处理系统，其特征在于，所述第一催化剂载体包括第一浓度的催化剂化合物，而所述第二催化剂载体包括第二浓度的催化剂化合物。

7. 根据权利要求1所述的用于内燃发动机的排气处理系统，其特征在于，所述催化剂化合物包括诸如铂 (Pt)、钯 (Pd)、铑 (Rh) 的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合。

8. 根据权利要求1所述的用于内燃机的排气处理系统，其特征在于，所述第一催化剂载体和所述第二催化剂载体包括单一催化剂载体，所述单一催化剂载体包括：

第一催化剂区，其从邻近所述罐的所述入口端的位置轴向延伸至所述单一催化剂载体的中间的位置；以及

第二催化剂区，其从邻近所述罐的所述出口端的位置轴向延伸至所述单一催化剂载体的中间的位置，所述第一催化剂区包括第一浓度的催化剂化合物，而所述第二催化剂区包括第二浓度的催化剂化合物。

9. 根据权利要求8所述的用于内燃发动机的排气处理系统，其特征在于，所述催化剂化合物包括诸如铂 (Pt)、钯 (Pd)、铑 (Rh) 的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合。

10. 一种用于内燃发动机的排气处理系统，包括：

气缸盖，其安装至内燃发动机，并具有从燃烧室延伸至中央腔的一系列一体铸造的排气管道，所述中央腔终止于所述气缸盖中的排出口，从而限定一体铸造的排气歧管，所述排气歧管可操作以收集排出所述燃烧室的排气以便排气通过所述排气歧管；

与所述中央腔流体连通的排气管道，其构造成通过所述排出口从所述一体铸造的排气歧管接收排气，所述排气管道包括：

入口端，其连接至所述气缸盖，并具有朝所述内燃发动机的上端延伸的向上延伸部；

弓形部，其终止所述向上延伸部，并具有构造成限定多级催化转化器的入口端的出口端，所述多级催化转化器包括：

罐，其具有入口端，所述入口端位于邻近所述发动机的顶部并由所述排气管道的所述弓形部的所述出口端限定，并构造成将来自所述排气管道的排气引导进入所述罐；

第一催化剂载体，其邻近所述罐的所述入口端设置；

第二催化剂载体，其邻近所述罐的所述出口端设置；

收集器，其封闭所述罐的出口端，所述罐的所述出口端邻近所述发动机的底部设置，所述第一和第二催化剂载体构造成接收从所述罐的所述入口端传到所述罐的所述出口端的排气的组分并将所述组分转化；

热交换器组件，其与所述收集器流体连通，并构造成接收排出所述多级催化转化器的排气并从所述排气提取废热用于分配至发动机或车辆部件；以及

热管理系统，其与所述热交换器流体连通，并可操作以通过在所述热管理系统与所述热交换器之间流动的传热流体从所述热交换器收集回收的热，并且其中所述热管理系统构造成将回收的热供应至发动机和包括所述发动机、变速器、车辆车厢或它们的组合的车辆部件。

用于内燃机的热效率高的排气处理系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2009 年 9 月 21 日提交的美国专利申请序列号 61/244,306 的权益，该专利申请的内容在此以参考的方式并入。

技术领域

[0003] 本发明的示范性实施例涉及用于内燃机的排气处理系统，尤其地涉及具有热效率高的构造的排气系统。

背景技术

[0004] 燃料价格的提高以及排气法规的增加已导致用于车辆的替代性推进系统的普及状态的增强。混合动力推进系统可利用电池和内燃机的推进组合。电池/内燃机混合动力推进系统的普通运转模式是当车辆停下来时（例如交通停车灯）发动机关掉，然后在再次需要内燃机取代电池以前由电池电力发动并初始地驱动车辆。这样的动力系统称为启/停混合动力推进系统。对于车辆设计者而言具有这样的混合动力推进系统的一个挑战是当出现频繁的发动机停用时（例如启/停城市驾驶），在冷的环境温度期间维持发动机、变速器、排气系统中以及客舱中合适的温度。由启/停混合动力推进系统提供的温度挑战的一种建议的解决方案是利用与发动机排气系统相关联的热量回收系统，以回收废热。例如，可使发动机冷却剂、或其他传热介质穿过与发动机排气系统相关联的热交换器，以获得废热和补充车辆在发动机停止的时期对热的需求。

[0005] 随着越来越严格的排放法规，排气后处理系统在尺寸、部件的数量和成本方面变得越来越复杂。现有的后处理系统通常利用分别具有谨慎功能的独立部件。各部件在由车辆架构支配时常常必须布置在特定的构造中、并且布置以特定的间距或间隔。独立部件的尺寸和在车辆架构内的封装变化，但清楚的是，部件的尺寸和间距可施影响于：显著的热负荷，其操作以快速地降低通过热负荷的排气的温度；以及可从那里回收的废热。

[0006] 典型的用于汽油燃料内燃机的排气后处理系统涉及接近于内燃机的排气歧管的催化剂处理装置的安置。称为紧耦合转化器的该催化剂处理装置通常是将大部分的管制的排气组分转化（> 90%）的催化装置。由于通常用于处理发动机排气的催化剂化合物在超过 350°C 的温度下最好地起作用，所以到发动机的紧耦合使发动机与装置之间的排气中的热损失最小化，导致较高的温度和较快速的催化活化。常常称为地板下转化器的第二催化剂处理装置通常设置在距紧耦合转化器某一距离处，并顾名思义常常设置在发动机后面的车辆的地板下。在内燃机具有前排出排气口的情况下，紧耦合转化器与地板下转化器之间的距离可为 1 米或 1 米以上。这样的距离在排气进入第二地板下转化器之前将导致从排气的相当大的热损失。这样的不合需要的热损失操作以降低地板下转化器的效率，并且明显减少了地板下转化器下游可得到的、由热交换器回收的热，其中该热交换器不可避免地必须设置在两催化剂处理装置下游，以便使用于它们操作的可得到的排

气热最大化。

发明内容

[0007] 在本发明的示例性实施例中，用于内燃机的排气处理系统包括气缸盖，其安装至内燃机并具有从各燃烧室延伸至中央腔的一系列一体铸造的排气管道，该中央腔终止于排出口，从而限定可操作以收集排出燃烧室的排气的一体的排气歧管，以便排气通过该排气歧管。排气管道与中央腔流体连通，并构造成通过排出口从一体的排气歧管接收排气。排气管道包括：入口端，其连接至气缸盖并具有朝内燃机的上端延伸的向上延伸部；以及弓形部，其终止向上延伸部，并具有构造成限定多级催化转化器的入口端的出口端。多级催化转化器包括罐，该罐具有邻近发动机的顶部设置并由排气管道的弓形部的出口端限定的入口端。罐还包括邻近罐的入口端设置的第一催化剂载体和邻近罐的出口端设置的第二催化剂载体以及封闭罐的出口端的收集器。罐的出口端邻近发动机的底部设置，并且第一和第二催化剂载体构造成接收从罐的入口端传到出口端的排气的组分并将所述组分转化。

[0008] 在本发明的另一示例性实施例中，用于内燃机的排气处理系统包括气缸盖，其安装至内燃机，并具有从各燃烧室延伸至中央腔的一系列一体铸造的排气管道，该中央腔终止于气缸盖中的排出口，从而限定可操作以收集排出燃烧室的排气的一体的排气歧管，以便排气通过该排气歧管。排气管道与中央腔流体连通，并构造成通过排出口从一体的排气歧管接收排气。排气管道包括：入口端，其连接至气缸盖，并具有朝内燃机的上端延伸的向上延伸部；以及弓形部，其终止向上延伸部，并具有构造成限定多级催化转化器的入口端的出口端。多级催化转化器包括罐，该罐具有邻近发动机的顶部设置并由排气管道的弓形部的出口端限定的入口端。第一催化剂载体邻近罐的入口端设置，而第二催化剂载体邻近罐的出口端设置。收集器封闭罐的邻近发动机的底部的出口端。第一和第二催化剂载体构造成接收从罐的入口端传到出口端的排气的组分并将所述组分转化。热交换器组件与收集器流体连通，并构造成接收排出多级催化转化器的排气并从排气提取废热用于分配至发动机或车辆部件。热管理系统与热交换器流体连通，并可操作以通过在热管理系统与热交换器之间流动的传热流体从热交换器收集回收的热。热管理系统构造成将回收的热供应至发动机和包括该发动机、变速器、车辆车厢或它们的组合的车辆部件。

[0009] 当结合附图考虑时，本发明的以上的特征和优点、及其他的特征和优点将通过以下实施本发明的最佳模式的详细说明而显而易见。

附图说明

[0010] 仅作为示例，在以下实施例的详细说明中，其他的目的、特征、优点和细节显现，该详细说明参照附图，其中：

[0011] 图 1 是体现本发明特征的用于内燃机的排气处理系统的示意图；

[0012] 图 2 是沿图 1 的线 2-2 的气缸盖的剖视平面图；

[0013] 图 3 是用于图 1 的内燃机的排气处理系统的一部分的放大图；以及

[0014] 图 4 是用于图 1 的内燃机的排气处理系统的另一实施例的一部分的放大图。

具体实施方式

[0015] 以下的说明本质上仅是示例性的，并且不用于限制本发明、应用或使用。应理解的是，所有附图中对应的附图标记指示相同的或对应的部件和特征。

[0016] 现在参考图 1，示例性实施例涉及用于减少内燃机 12 的管制排气组分的排气处理系统 10。应意识到的是，内燃机 12 可以是各种构造和类型中的一种，诸如汽油的或柴油的、直列的或 V 型的。为便于说明和讨论，将在直列式四缸汽油发动机的背景下讨论本发明。内燃机 10 包括通常由铸铁或诸如铝的重量较轻的合金构成的气缸体 14。气缸体 14 的下端由油底壳 16 封闭，同时上端由气缸盖 18 和气门盖 20 封闭。燃烧空气进气系统（未示出）和燃料系统（未示出）将燃烧空气和燃料供应至内燃机 12 的燃烧室 24（图 2）。

[0017] 在图 2 所示的气缸盖 18 的示例性实施例中，一系列进气口 22 将燃烧空气引导至燃烧室 24，并且一体的排气歧管 26 从燃烧室 24 引导燃烧组分或排气 28。在示例性实施例中，一体的排气歧管 26 包括一系列一体铸造的排气管道 30，所述排气管道 30 在邻近气缸盖 18 的前侧 32 的中央腔 31 处合并。中央腔 31 通过在该气缸盖前侧 32 中限定的排出口 34 在气缸盖前侧 32 上通过凸缘壁 36 敞开。排气歧管 26、尤其的一系列排气管道 30 集成到气缸盖 18 中，对于来自排气 28 的热能被保存在气缸盖 14 中、更具体地被保存在内燃机 12 的排气 28 中是有效方式。

[0018] 参考图 1 和 3，在示例性实施例中，多级催化转化器 40 包括罐 41，该罐 41 构成支撑分别可包括陶瓷或金属的蜂窝结构的第一和第二催化剂载体 42 和 44。罐 41 沿垂直向偏离垂直的取向从邻近发动机 12 的上端 68 的位置延伸至邻近发动机 12 的下端 69 的位置。作为从各载体 42、44 的上游流体入口 48 到下游流体出口 50 的基本直线路径的排气通道 46 由壁 52 限定，所述壁 52 上涂有各种催化材料（未示出），使得通过催化剂载体 42 和 44 的排气 28 接触催化材料，从而启动化学转化过程。例如，在示例性实施例中，当排气 28 穿过第一催化剂载体 42 的长度时，贵金属或铂族金属催化剂化合物，包括诸如铂（Pt）、钯（Pd）、铑（Rh）的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合，在有氧（“O₂”）存在的情况下将一氧化碳（“CO”）催化氧化成二氧化碳（“CO₂”），将氮氧化物（“NO_x”）还原成氮（“N₂”）和水（“H₂O”）和二氧化碳（“CO₂”），以及催化各种碳氢化合物的氧化，包括未燃烧的燃料或油的气态 HC 和液态 HC 颗粒、以及可能已被引入排气流 28 的 HC 还原剂，以形成 H₂O。此外，当排气 28 穿过第二催化剂载体 44 的长度时，包括诸如铂（Pt）、钯（Pd）、铑（Rh）的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合的贵金属或铂族金属催化剂化合物，在有氧（“O₂”）存在的情况下将剩余的一氧化碳（“CO”）催化氧化成二氧化碳（“CO₂”），将氮氧化物（“NO_x”）还原成氮（“N₂”）和水（“H₂O”）和二氧化碳（“CO₂”），以及催化各种剩余的碳氢化合物的氧化，包括未燃烧的燃料或油的气态 HC 和液态 HC 颗粒、以及可能已被引入排气流 28 的 HC 还原剂，以形成 H₂O。第一催化剂载体 42 包括比第二催化剂载体 44 高的催化剂化合物装载或浓度，并且是将管制排气组分中的大部分转化（> 90%）的催化装置。具有较轻的催化剂装载或浓度的第二催化剂载体 44 主要担负可能“溜过”第一催化剂载体 42 的所有剩余管制组分的清除。当然设想到并且基于诸如发动机的类型（例如

柴油或汽油)的各种参数以及发动机 12 和 / 或发动机在其中操作的车辆类型的应用选择催化剂化合物的其他组合。

[0019] 封闭罐 41 的第一端 54 的是入口管道 56。在图 1-3 所示的示例性实施例中,入口管道 56 包括第一入口端 58,该第一入口端 58 包括构造成在气缸盖 18 的前侧 32 上直接安装至凸缘壁 36 的安装凸缘 60。安装凸缘 60 可包括接纳螺栓或其他紧固件 62 的安装部件(未示出),所述螺栓或其他紧固件 62 接合气缸盖 18 的凸缘壁 36 中的螺纹口(未示出),并且操作以将入口管道 56 及其相关联的罐 41 固定至气缸盖 18。入口管道 56 包括封闭罐 41 的入口端 54 的第二出口端 64。结果,入口管道 56 与气缸盖 18 的一体铸造的排气歧管 26 流体连通,并且操作以通过凸缘壁 36 中的排出口 34 接收排气 28,并将排气引导至罐 41 的入口端 54,以便分别通过第一和第二催化剂载体 42 和 44。

[0020] 在示例性实施例中,入口管道 56 的入口端 58 构造成或取向成限定朝内燃机 12 的上端 68 延伸的向上延伸部 70。向上定向部 70 的延伸度可改变,并且可能受车辆封装约束的限制。在入口管道 58 的向上延伸部 70 的终端处,管道过渡至弓形部 72,弓形部 72 相对于内燃机 12 在向下取向的方向上终止。弓形部 72 终止于入口管道 56 的第二出口端 64。多级催化转化器 40 的入口管道 56 的向上取向的构造允许罐 41 的第一入口端 54 相对于气缸盖 18 的前侧 32 显著较高,并因此可增大罐的总长度(几乎从发动机 12 的上端 68 至下端 69 延伸),以便在与排气歧管 26 的紧耦合构造中一起容易地容纳第一和第二催化剂载体 42 和 44。

[0021] 在示例性实施例中,封闭罐 41 的第二出口端 74 的是收集器 76,该收集器 76 可构造成锥形或半锥形构造,以提供排气 28 到与收集器 76 流体连通的排气管道 78 的平稳过渡。排气管道 78 包括与排出多级催化转化器 40 的排气 28 流体连通的热交换器组件 80。热交换器组件可包括气体到流体设备(未示出),该气体到流体设备构造成通过冷却剂供应管道 82 接收发动机冷却剂、或其他合适的传热流体。冷却剂通过热交换器组件 80,在该热交换器组件 80 处,冷却剂在通过冷却剂回流管 86 被返回至热管理系统 84 之前从排气 28 提取废热或余热。回收的排气热被分配至诸如变速器 88、发动机 12 或车辆驾驶室 89 的各种动力系和车辆部件。利用本发明的特征方面,通过将第二催化剂载体 44 从地板下的位置移动至紧耦合的位置,热交换器组件 80 可位于内燃机 12 的排气歧管 26 附近紧耦合的位置,并受益于来自排气 28 的较低的热损失和从排气 28 的较高的废热或余热回收。

[0022] 在图 1 和 3 图解的示例性实施例中,可将排气再循环系统(“EGR”)90 用于将排气 28 的一部分再循环回发动机 12 的进气系统(未示出)。EGR 系统 90 是一种氧化氮(“NO_x”)减排技术,其将转向的惰性排气 28 用于降低发动机中的燃烧温度,从而减少在较高的温度时快得多地形成的 NO_x 的形成。EGR 管道 92 位于与排气 28 流体连通的罐 41 上,并延伸通过罐 41。将 EGR 管道 92 分别设置在第一与第二催化剂载体 42、44 之间提供的优点是,排气 28 已通过第一催化剂载体 42 并已由该第一催化剂载体 42 处理,与如果排气在催化处理之前被转向的情况相比,产生更惰性的气体。另外,通过将 EGR 管道 92 设置在第二催化剂载体 44 的上游,由载体 44 施加在排气 28 上的背压工作以提高压力,并因此增大发动机 12 可得到的 EGR 的体积。位于 EGR 管道 92 的入口 96 与发动机 12 之间的 EGR 阀 94 调节通过的排气的流动。

[0023] 氧传感器 104 和 106 与诸如发动机控制器 108 的控制器或其他合适的车辆控制器

信号通信，所述控制器通过多个传感器以可操作的方式连接至排气处理系统 10 并监控该排气处理系统 10。如在此所使用的，术语控制器指的是专用集成电路 (ASIC)、电子电路、执行一种或多种软件或固件程序的（共用、专用、或分组的）处理器和存储器、组合逻辑电路、和 / 或提供所描述的功能性的其他合适的部件。来自氧传感器 104 和 106 的信号允许控制器监控多级催化转化器 40 的转化效率，并调节到发动机 12 的燃料、燃烧空气和 EGR，以及相应地调节各种发动机操作参数。

[0024] 在图 4 所示的示例性实施例中，代替上述的第一和第二催化剂载体 42 和 44，在多级催化转化器 40 的罐 41 中安装有单一催化剂载体 98。在单一催化剂载体 98 的情况下，利用分区催化剂应用以实现与已描述的两载体构造相同的减排性能。第一催化剂区 100 开始于单一催化剂载体 98 的上游流体入口 48 并轴向向下游延伸，以第一浓度涂覆贵金属或铂族金属催化剂化合物的第一催化剂区 100，该催化剂化合物包括诸如铂 (Pt)、钯 (Pd)、铑 (Rh) 的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合，该第一浓度有效地在有氧 (“O₂”) 存在的情况下将一氧化碳 (“CO”) 催化氧化成二氧化碳 (“CO₂”)，将氮氧化物 (“NO_x”) 还原成氮 (“N₂”) 和水 (“H₂O”) 和二氧化碳 (“CO₂”)，以及催化各种碳氢化合物的氧化，包括未燃烧的燃料或油的气态 HC 和液态 HC 颗粒、以及可能已被引入排气流 28 的 HC 还原剂，以形成 H₂O。第一催化剂区 100 延伸第一轴向长度 “A”，终止于单一催化剂载体 98 的中间，并包括足够高的催化剂化合物装载以将排气 28 中的大部分管制排气组分 (> 90%) 转化。

[0025] 第二催化剂区 102 开始于单一催化剂载体 98 的下游流体入口 50 并轴向向上游延伸，以第二浓度涂覆贵金属或铂族金属催化剂化合物的第二催化剂区 102，该催化剂化合物包括诸如铂 (Pt)、钯 (Pd)、铑 (Rh) 的铂族金属或其他合适的氧化催化剂、或它们的组合，该第二浓度有效地在有氧 (“O₂”) 存在的情况下将一氧化碳 (“CO”) 催化氧化成二氧化碳 (“CO₂”)，将氮氧化物 (“NO_x”) 还原成氮 (“N₂”) 和水 (“H₂O”) 和二氧化碳 (“CO₂”)，以及催化各种碳氢化合物的氧化，包括未燃烧的燃料或油的气态 HC 和液态 HC 颗粒、以及可能已被引入排气流 28 的 HC 还原剂，以形成 H₂O。第二催化剂区 102 延伸第二轴向长度 “B”，终止于单一催化剂载体 98 的中间，并包括足够高的催化剂化合物装载以将排气 28 中在通过第一催化剂区 100 时未被转化的所有剩余的或溜过的管制排气组分转化。在利用分区的单一催化剂载体 98 的多级催化转化器 40 的情况下，可能需要或希望将氧传感器 106 嵌入载体、尤其地嵌在从第一催化剂区 100 到第二催化剂区 102 的过渡处或邻近该过渡嵌入，以便监控装置的转化效率。在示例性实施例中，再循环废气可经由具有邻近下游流体出口 50 的入口 96 的 EGR 管道 92 被转向。在这样的位置，EGR 系统受益于在第二催化剂区 102 中经历附加转化事件的排气 28。另外，通过将 EGR 管道 92 设置在热交换器组件 80 的上游，由热交换器组件施加在排气 28 上的背压工作以提高压力，并因此增大发动机 12 可得到的 EGR 的容积。

[0026] 尽管已参考示例性实施例描述了本发明，但本领域的技术人员应理解的是，在不偏离本发明的范围的情况下可作出各种变化，并且可将等同物代替本发明的元件。另外，在不偏离本发明的本质范围的情况下可作出许多变型，以使特定的情形或材料适应于本发明的教导。因此，本发明不局限于作为设想用于实施本发明的最佳模式而公开的特定实施例，而是本发明将包括属于本申请的范围内的所有实施例。

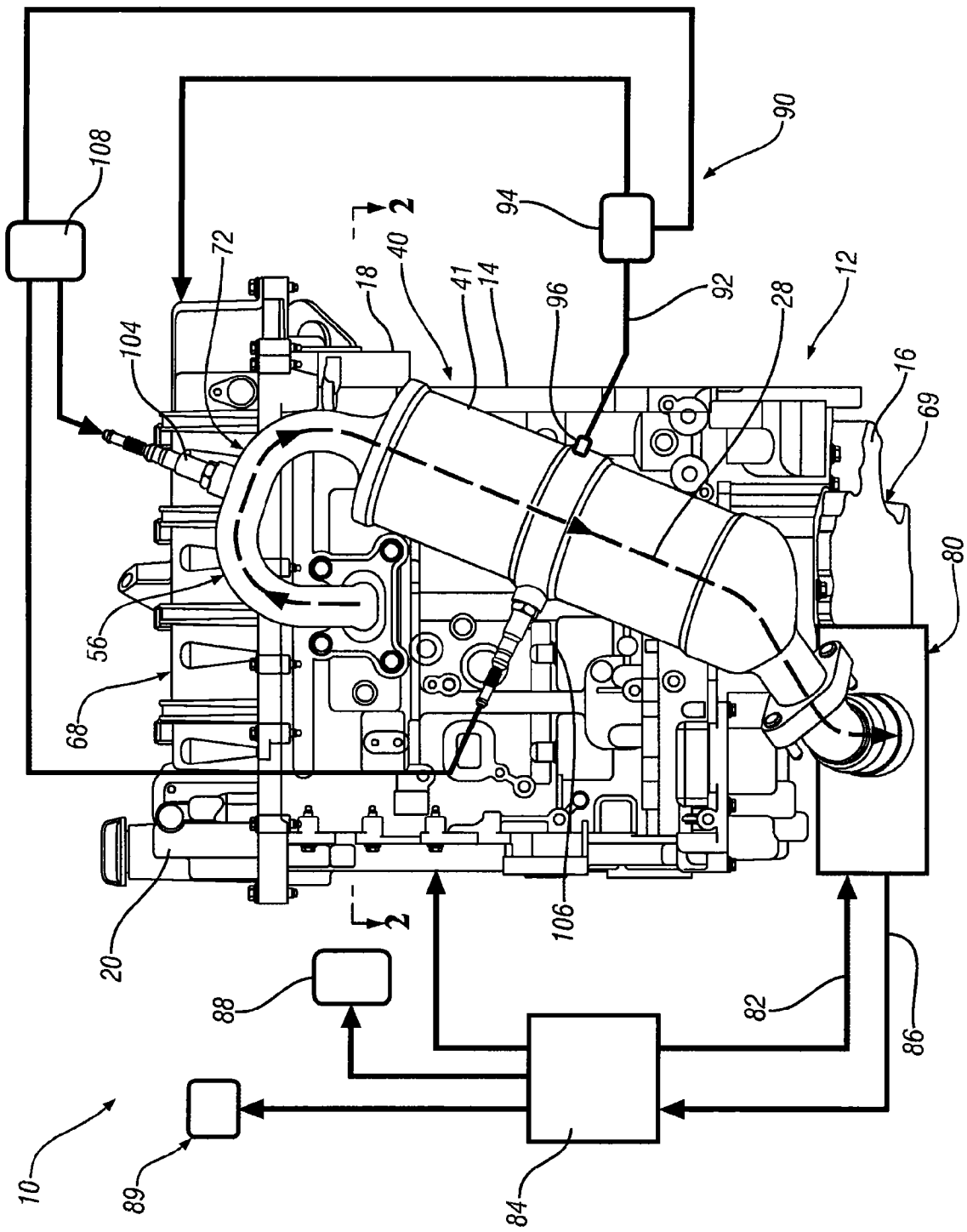


图 1

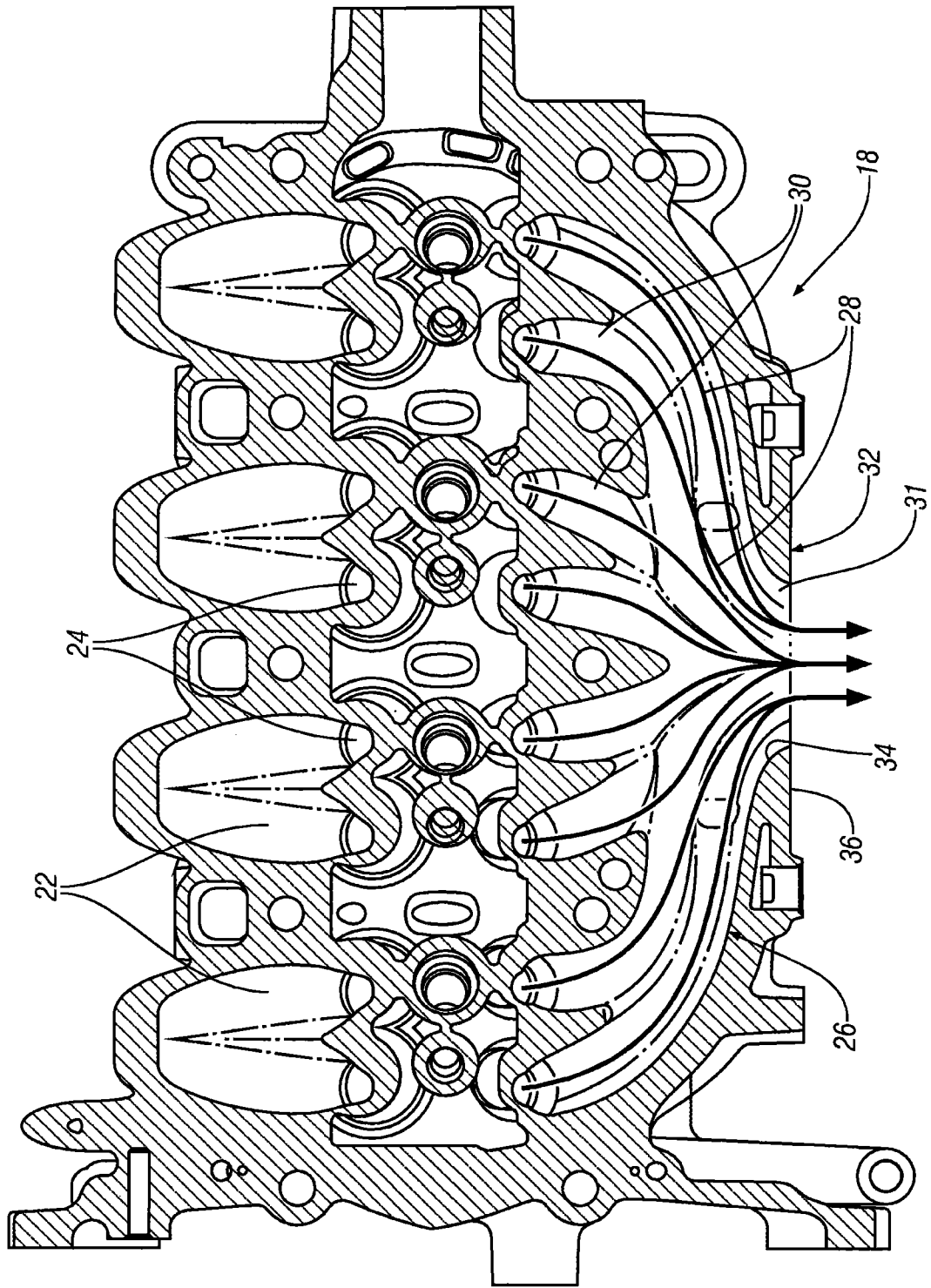


图 2

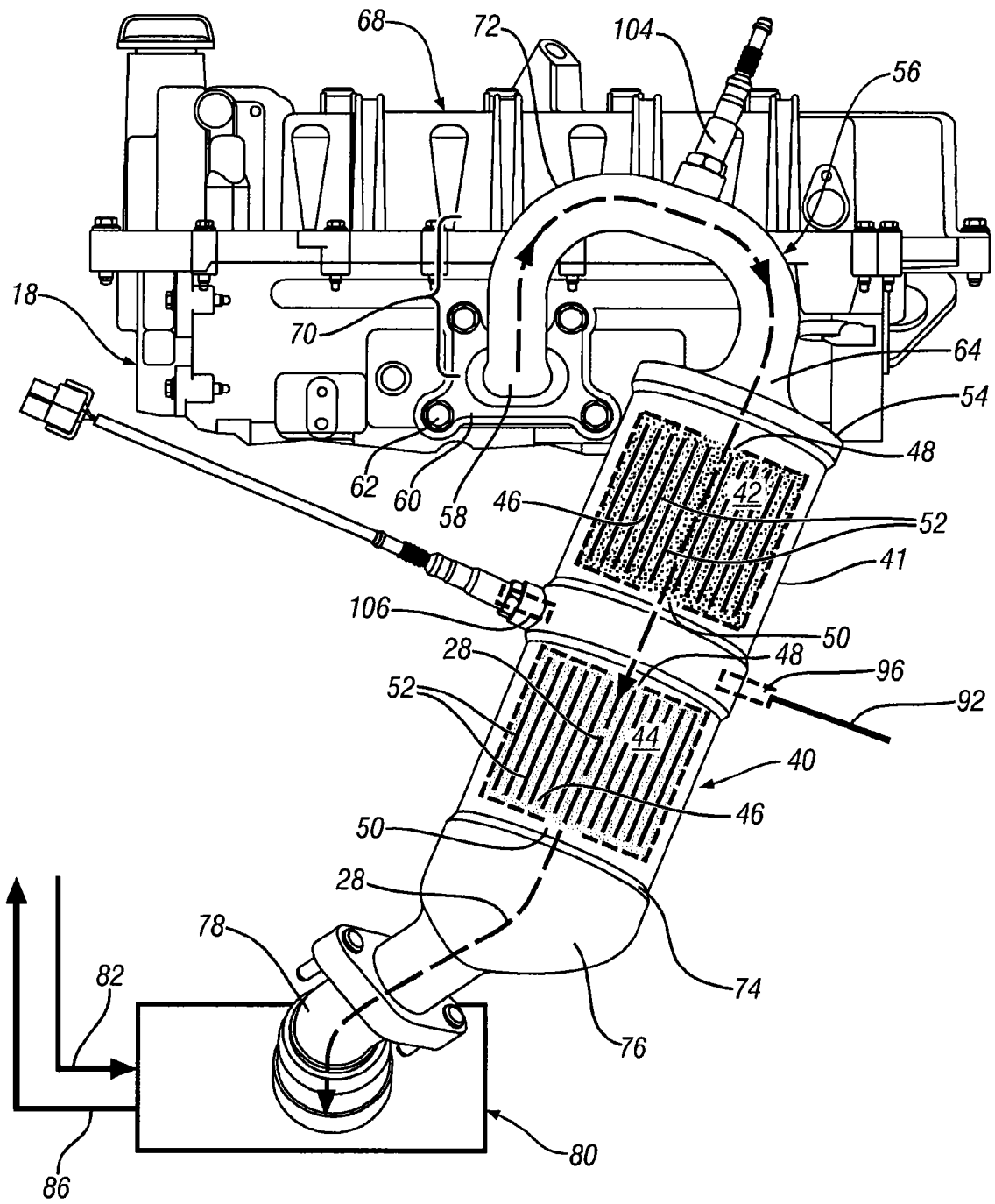


图 3

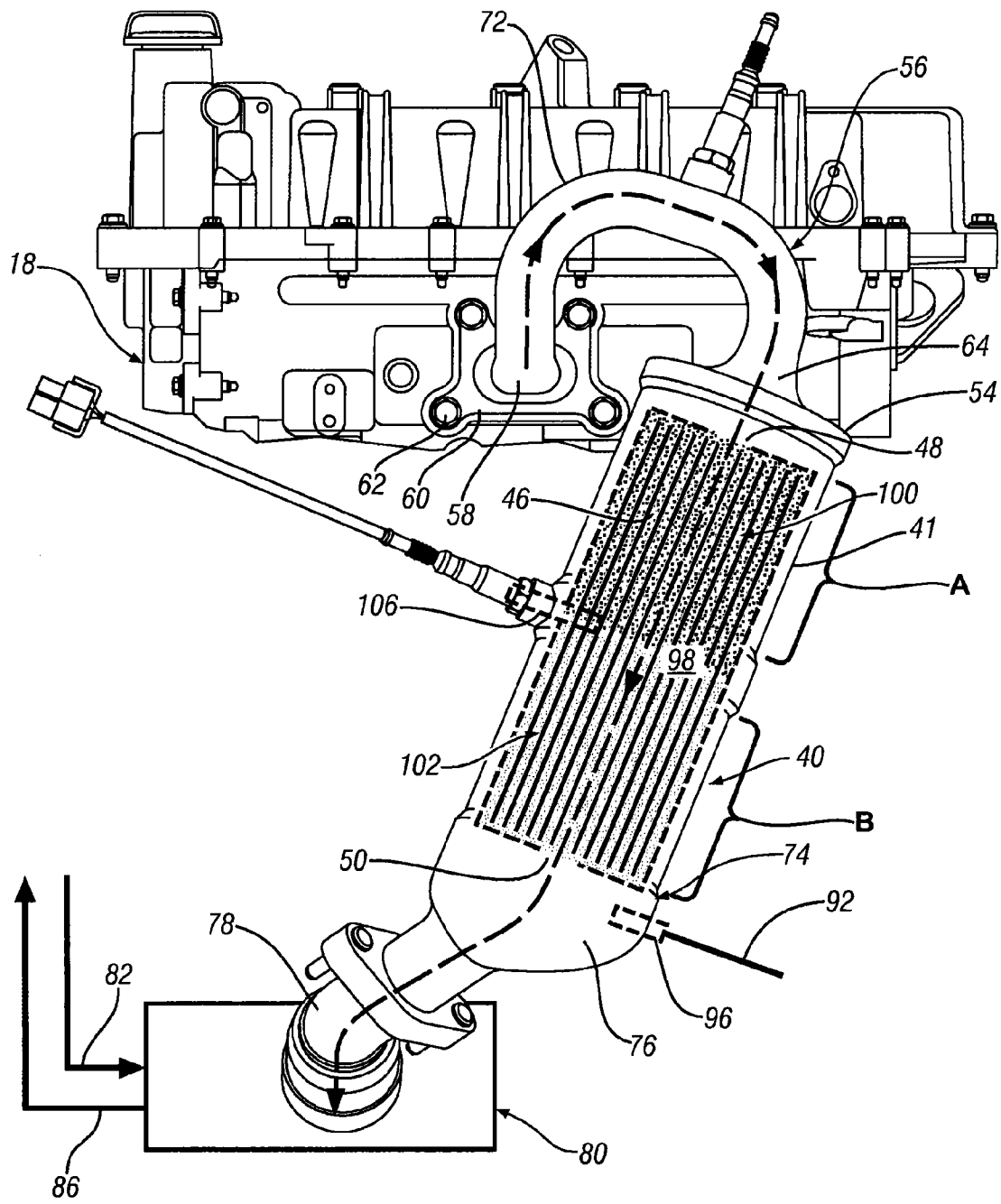


图 4