



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102207045 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201110076507. 1

JP 特开 2009-156169 A, 2009. 07. 16,

(22) 申请日 2011. 03. 29

JP 特开平 6-2539 A, 1994. 01. 11,

(30) 优先权数据

KR 10-2008-0048671 A, 2008. 06. 03,

12/748711 2010. 03. 29 US

审查员 闫玲

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 X. 何 A. 克纳夫尔 R. P. 杜雷特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 宋宝库

(51) Int. Cl.

F02M 25/07(2006. 01)

F02P 19/04(2006. 01)

F02D 21/08(2006. 01)

H02N 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2000-213426 A, 2000. 08. 02,

CN 1441154 A, 2003. 09. 10,

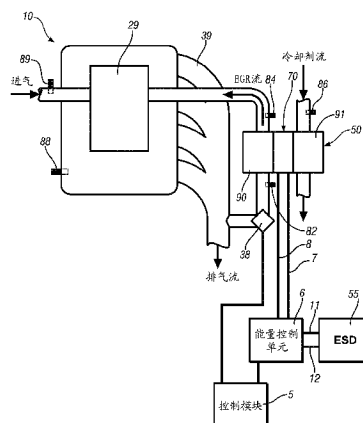
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

废气再循环系统中的热电能转换方法

(57) 摘要

本发明涉及废气再循环系统中的热电能转换方法,具体提供一种用于在包括废气再循环系统和发动机冷却系统的内燃机中管理热能的方法,该方法包括:再循环一部分废气通过废气再循环系统,该废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;使发动机冷却剂流动至与热电设备的第二侧热连通的位置;和控制电能存储设备与热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能。



1. 一种用于在包括废气再循环系统和发动机冷却系统的内燃机中管理热能的方法,所述方法包括:

使一部分废气再次循环通过所述废气再循环系统,所述废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;

使发动机冷却剂流动到与热电设备的第二侧热连通的位置;和

控制电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能,

其中所述方法进一步包括:

监测所述热电设备的热电设备冷却效率;

当所述热电设备的热电设备冷却效率低于预定值时,控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递,从而减少所述热电设备内沉积的燃烧副产品。

2. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

控制所述电流以便在发动机冷启动事件之后实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递。

3. 如权利要求 2 所述的方法,包括在发动机冷启动事件之后一段预定时间以后,从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流。

4. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述发动机冷启动事件包括在发动机处于关闭状态一段预定时间之后发生的发动机启动。

5. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述发动机冷启动包括当发动机油温度低于第一预定温度阈值时发生的发动机启动。

6. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递,直到再循环废气达到预定温度并持续预定时间。

7. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递,直到所述热电设备冷却效率达到预定值。

8. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

当所述热电设备冷却效率低于预定值时,控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能,从而减少累积在所述热电设备内的燃烧副产品沉积物。

9. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能,从而从再循环废气去除热量。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其中在确定能够通过降低再循环废气的温度来实现优选的发动机进气温度之后,对流向所述热电设备的电流进行控制。

11. 一种用于在包括废气再循环系统的内燃机中管理热能的方法,其中所述废气再循环系统用于将发动机的废气再循环至发动机的进气装置,所述方法包括:

使一部分废气再次循环通过所述废气再循环系统,该废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;

- 使发动机冷却剂流动至与热电设备的第二侧热连通的位置；
在发动机冷启动之后的一段预定时间以后从电能存储设备向所述热电设备提供电流；
从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流直到再循环废气达到预定温度；
在确定能够通过降低再循环废气的温度来实现优选的发动机进气温度之后，从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流以便冷却再循环废气；和
将再循环废气的热能转换为电能。
12. 如权利要求 11 所述的方法，进一步包括：
在电能存储设备中存储电能。
13. 一种用于在内燃机中管理热能的系统，包括：
废气再循环系统，其包括用于将发动机废气再循环至发动机进气系统的废气再循环阀；
循环发动机冷却剂的发动机冷却系统；
热电热交换器，其包括热电设备，该热电设备具有与再循环发动机废气热连通的第一侧和与发动机冷却剂热连通的第二侧；
电能存储设备；
能量控制单元，其与所述热电设备电联接；并与所述电能存储设备电联接以便控制其间的电能传递；
控制模块，其与所述废气再循环阀和所述能量控制单元电联接，所述控制模块控制发动机废气的再循环并控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的能量传递，
其中所述控制模块进一步包括：
监测所述热电设备的热电设备冷却效率；
当所述热电设备的热电设备冷却效率低于预定值时，控制电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递，从而减少所述热电设备内沉积的燃烧副产品。
14. 如权利要求 13 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递。
15. 如权利要求 13 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述热电设备到所述能量存储设备的能量传递。
16. 如权利要求 14 所述的系统，其中当进气温度低于第一预定温度时，所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递以便向再循环发动机废气提供热量。
17. 如权利要求 14 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递以便从再循环发动机废气去除热量。
18. 如权利要求 13 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递，从而当电流沿第一方向流动时向再循环发动机废气提供热量，并且当电流沿第二方向流动时从再循环发动机废气去除热量。

废气再循环系统中的热能转换方法

技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机应用中的废气再循环系统。

背景技术

[0002] 本节内容仅提供涉及本发明的背景信息,且可能不构成现有技术。

[0003] 内燃机在燃烧室中燃烧空气/燃料填充物以产生功。空气/燃料填充物的燃烧依靠燃烧室内存在的温度和压力条件。燃烧室内的温度和压力的变化影响燃烧和相关的功以及因此而产生的排放物。

[0004] 废气再循环(EGR)系统将废气再循环进入进气系统以便与空气/燃料填充物混合,并对燃烧产生影响。这包括降低燃烧温度,从而减少各种氮氧化物和排放物的产生。废气再循环系统用于不同的发动机类型和配置,包括压缩点火式发动机系统和火花点火式发动机系统。

[0005] 再循环废气的温度影响燃烧室内的空气/燃料填充物的温度。已知的废气再循环系统可包括废气再循环系统内的热交换设备,用来调节再循环废气的温度,并因而调节空气/燃料填充物的温度。已知的废气再循环热交换设备能够排热,从而降低再循环废气的温度。已知的热交换设备传导性地再循环废气和冷却剂之间传输热能,和/或通过物理设备—例如暴露在周围环境空气下的散热片来辐射性地消散热能。从而可以使所传递的热能消失。

发明内容

[0006] 一种用于在包括废气再循环系统和发动机冷却系统的内燃机内管理热能的方法,该方法包括:通过废气再循环系统再循环一部分废气,所述废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;使发动机冷却剂流动至与热电设备的第二侧热连通的位置;以及控制电能存储设备和热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能。

[0007] 方案 1. 一种用于在包括废气再循环系统和发动机冷却系统的内燃机中管理热能的方法,所述方法包括:

[0008] 使一部分废气再次循环通过所述废气再循环系统,所述废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;

[0009] 使发动机冷却剂流动到与热电设备的第二侧热连通的位置;和

[0010] 控制电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能。

[0011] 方案 2. 如方案 1 所述的方法,进一步包括:

[0012] 控制所述电流以便在发动机冷启动事件之后实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递。

[0013] 方案 3. 如方案 2 所述的方法,包括在发动机冷启动事件之后一段预定时间以后,从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流。

[0014] 方案 4. 如方案 2 所述的方法,其中所述发动机冷启动事件包括在发动机处于关闭状态一段预定时间之后发生的发动机启动。

[0015] 方案 5. 如方案 2 所述的方法,其中所述发动机冷启动包括当发动机油温度低于第一预定温度阈值时发生的发动机启动。

[0016] 方案 6. 如方案 1 所述的方法,进一步包括:

[0017] 监测所述热电设备的热电设备冷却效率;

[0018] 当所述热电设备的热电设备冷却效率低于预定值时,控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递。

[0019] 方案 7. 如方案 6 所述的方法,进一步包括:

[0020] 控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递,直到再循环废气达到预定温度并持续预定时间。

[0021] 方案 8. 如方案 6 所述的方法,进一步包括:

[0022] 控制所述电流以便实现从发动机冷却剂到再循环废气的热能传递,直到所述热电设备冷却效率达到预定值。

[0023] 方案 9. 如方案 1 所述的方法,进一步包括:

[0024] 当所述热电设备冷却效率低于预定值时,控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能,从而减少累积在所述热电设备内的燃烧副产品沉积物。

[0025] 方案 10. 如方案 1 所述的方法,进一步包括:

[0026] 控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的电流以便在再循环废气和发动机冷却剂之间传递热能,从而从再循环废气去除热量。

[0027] 方案 11. 如方案 10 所述的方法,其中在确定能够通过降低再循环废气的温度来实现优选的发动机进气温度之后,对流向所述热电设备的电流进行控制。

[0028] 方案 12. 一种用于在包括废气再循环系统的内燃机中管理热能的方法,其中所述废气再循环系统用于将发动机的废气再循环至发动机的进气装置,所述方法包括:

[0029] 使一部分废气再次循环通过所述废气再循环系统,该废气再循环系统与热电设备的第一侧热连通;

[0030] 使发动机冷却剂流动至与热电设备的第二侧热连通的位置;

[0031] 在发动机冷启动之后的一段预定时间以后从电能存储设备向所述热电设备提供电流;

[0032] 从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流直到再循环废气达到预定温度;

[0033] 在确定能够通过降低再循环废气的温度来实现优选的发动机进气温度之后,从所述电能存储设备向所述热电设备提供电流以便冷却再循环废气;和

[0034] 将再循环废气的热能转换为电能。

[0035] 方案 13. 如方案 12 所述的方法,进一步包括:

[0036] 在电能存储设备中存储电能。

[0037] 方案 14. 一种用于在内燃机中管理热能的系统,包括:

[0038] 废气再循环系统,其包括用于将发动机废气再循环至发动机进气系统的废气再循环阀;

- [0039] 循环发动机冷却剂的发动机冷却系统；
- [0040] 热电热交换器，其包括热电设备，该热电设备具有与再循环发动机废气热连通的第一侧和与发动机冷却剂热连通的第二侧；
- [0041] 电能存储设备；
- [0042] 能量控制单元，其与所述热电设备电联接；并与所述电能存储设备电联接以便控制其间的电能传递；
- [0043] 控制模块，其与所述废气再循环阀和所述能量控制单元电联接，所述控制模块控制发动机废气的再循环并控制所述电能存储设备和所述热电设备之间的能量传递。
- [0044] 方案 15. 如方案 14 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递。
- [0045] 方案 16. 如方案 14 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述热电设备到所述能量存储设备的能量传递。
- [0046] 方案 17. 如方案 15 所述的系统，其中当进气温度低于第一预定温度时，所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递以便向再循环发动机废气提供热量。
- [0047] 方案 18. 如方案 15 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递以便从再循环发动机废气去除热量。
- [0048] 方案 19. 如方案 14 所述的系统，其中所述控制模块控制从所述能量存储设备到所述热电设备的能量传递，从而当电流沿第一方向流动时向再循环发动机废气提供热量，并且当电流沿第二方向流动时从再循环发动机废气去除热量。

附图说明

- [0049] 现在参照附图通过示例来描述一个或多个实施例，附图中：
- [0050] 图 1 示意性地示出根据本发明的示例性发动机配置，该发动机配置包括控制模块、电能存储设备和包括热电热交换器在内的废气再循环系统；
- [0051] 图 2 是根据本发明的热电热交换器的剖视图；和
- [0052] 图 3 是根据本发明的示例性控制方案。

具体实施方式

- [0053] 现在参照附图，其中图示的目的只是为了说明某些示例性实施例，而不是对本发明进行限制。图 1 示意性地示出了示例性发动机配置，其包括发动机 10 和随附的控制模块 5、能量控制单元 6(例如可控的直流至直流转换器)、电能存储设备 55 和与热电热交换器 50 流体连接的废气再循环系统，这些都是根据本发明的实施例构造的。
- [0054] 示例性发动机 10 可选择性地运行在多种燃烧模式和空燃比下，包括总体上稀于化学计量比的空燃比。本发明能够应用于各种内燃机系统和燃烧循环，并且不局限于此处公开的。
- [0055] 在一个实施例中，发动机 10 能够连接到机电混合动力系统。机电混合动力系统能够包括非燃料扭矩机械，其配置成向车辆的传动系统传递牵引动力。
- [0056] 示例性的发动机 10 能包括任何已知的发动机配置，包括多缸直接喷射式四冲程

内燃机。进气系统 29 向进气歧管提供进气,该进气歧管将空气导入并分配至燃烧室的进气流道。进气系统 29 包括空气流导管系统和用于监测及控制空气流的设备。废气再循环系统包括外流通道,其配置成将废气从发动机排气系统 39 再循环入进气系统 29,包括流量控制阀,其被称为废气再循环(EGR)阀 38。控制模块 5 包括通过控制废气再循环阀 38 的开度来控制流向进气系统 29 的废气质量流量的控制方案。

[0057] 废气再循环阀 38 用于控制通过热电热交换器 50 的再循环废气的流量。当被控制到关闭位置时,废气再循环阀 38 阻塞了排气系统 39 的任何废气流进入外流通道 90。当被控制到打开位置时,再循环废气通过外流通道 90 流入进气系统 29。在一个实施例中,废气再循环阀 38 可被控制到各种不同的局部打开和关闭位置,从而改变流经外流通道 90 的再循环废气流的质量流量。

[0058] 发动机 10 配备有各种用于监测发动机运行的传感设备,这些传感设备包括:第一和第二温度设备 82 和 84,其分别用于监测再循环废气流在热电热交换器 50 之前和之后的温度;第三温度设备 86,其用以监测进入热电热交换器 50 的冷却剂温度;第四温度设备 88,其用以监测发动机 10 内的机油温度;和第五温度设备 89,其用以监测进入发动机 10 的进气温度。

[0059] 控制模块 5 执行存储在其中的算法代码,以便控制用以控制发动机运行的致动器,包括控制进气系统 29、节气门位置、火花正时、燃料喷射质量和正时、进气门和 / 或排气门的正时和定相、以及废气再循环阀 38。在一个实施例中,气门正时和定相可包括负气门重叠和排气门再开启升程(在排气再呼吸策略中)。控制模块 5 配置成从操作者接收输入信号(例如,节气门踏板位置和制动器踏板位置)以决定操作者转矩需求,并且从传感器接收输入,这些输入用以指示发动机速度和进气温度、以及冷却剂温度和其他环境条件。控制模块 5 能够在持续的车辆运行期间发生作用来开、关发动机 10,并能够运行以便通过控制燃料和火花以及气门停用来选择性地停用一部分燃烧室或一部分进排气门。控制模块 5 能够基于废气传感器的反馈来控制空燃比。

[0060] 控制模块、模块、控制器、控制单元、处理器和类似的术语意指下列各项中的一个或多个的任何适合的一种或多种组合:专用集成电路(ASIC)、电子电路、执行一个或多个软件或固件程序的中央处理单元(优选是微处理器)和相关的内存和存储器(只读存储器,可编程只读存储器,随机存储器,硬盘驱动器等)、组合逻辑电路、输入 / 输出电路和设备、适合的信号调节和缓存电路以及其他适合的提供所描述功能的部件。控制模块具有一组控制算法,包括存储在存储器内且用以执行以提供所需功能的常驻软件程序指令和校准值。算法优选地在预置循环期间被执行。所述算法例如通过中央处理单元被执行,且可操作以监控来自传感设备和其他联网控制模块的输入,并执行控制和诊断程序以便控制致动器的运行。闭路循环可以按规则间隔执行,例如在发动机和车辆持续运行期间每 3.125、6.25、12.5、25 和 100 毫秒执行一次。可选的是,算法可以作为对事件发生的响应而被执行。

[0061] 能量控制单元 6 电连接到电能存储设备 55、控制模块 5 和热电热交换器 50。能量控制单元 6 控制从电能存储设备 55 流到热电热交换器 50 的电流。能量控制单元 6 包括电子设备和控制模块,其配置成接收来自控制模块 5 的指令以便向热电热交换器 50 提供电能。所述电子设备调节并且还控制在热电热交换器 50 和电能存储设备 55 之间传输的电能。

[0062] 电流能够在电能存储设备 55 和能量控制单元 6 之间流动。能量控制单元 6 通过

电缆 7 和 8 从热电热交换器 50 传入和传出电流,并且能量控制单元 6 类似地通过电缆 11 和 12 从电能存储设备 55 传入和传出电流。电流可以根据电能存储设备 55 是在充电还是放电来从电能存储设备 55 传入和传出。

[0063] 电能存储设备 55 配置成通过能量控制单元 6 向热电热交换器 50 供应能量。电能存储设备 55 电连接到能量控制单元 6。电能存储设备 55 能包括本领域已知的任何电能存储设备,包括电池和 / 或电容器系统,并且被配置成存储热电热交换器 50 产生的电能。

[0064] 热电热交换器 50 电连接到能量控制单元 6。热电热交换器 50 通过冷却剂流通道 91 流体连接到发动机冷却剂系统,该冷却剂流通道 91 配置成使冷却剂通过热电热交换器 50 流动。热电热交换器 50 通过外流通道 90 流体连接到进气系统 29 和排气系统 39。热电热交换器 50 与再循环废气热接触,即配置成用来传播热能,并配置成从再循环废气传入和传出热能。热电热交换器 50 与冷却剂热接触,并配置成从冷却剂传入和传出热能。

[0065] 热电热交换器 50 包括多个热电设备,例如热电堆,在图 1 示出为热电半导体层 70。热电设备响应热差而产生电动势(emf),这被定义为塞贝克效应(Seebeck effect)。电动势产生通过热电设备的电势。热电设备能够将来自再循环废气供给流的热能转化为电能,并能利用电能从再循环废气供给流传入和传出热量。如此处所用的,术语“热电设备”包括能够利用热差而无需机械运动来产生电动势的任何类型的设备。示例包括下列几类材料或设备中的任一种:如散装材料(例如 PbTe, Bi₂Te, 方钴矿物),薄膜设备(例如量子阱设备,超晶格),分段耦合(JPL),组合材料,以及热二极管。在一个实施例中,p 型和 n 型半导体元件通过导电材料电连接。

[0066] 热电设备配置成当电流流经热电设备时在热电设备相对的第一和第二侧之间传递热能。当电流流经热电热交换器 50 时,多个热电设备可以因电流产生的电势的极性而引发加热或冷却作用。在一个实施例中,当电流沿第一方向流动时,热能从顶侧向底侧传输。反向电流使电势的极性反转,并因而使热能的流动反转,例如从底侧向顶侧流动。

[0067] 图 2 是示例性热电热交换器 50 的截面图。热电热交换器 50 包括具有相反侧面的热电半导体层 70、与半导体层 70 的一相反侧热连通的冷却剂流层 72、与半导体层 70 的另一相反侧热连通的废气再循环流层 74。冷却剂流层 72 与冷却剂流通道 91 流体连接,且配置成在热电半导体层 70 和冷却剂之间传递热能。废气再循环流层 74 与废气再循环通道 90 流体连接,且配置成在热电半导体层 70 和再循环废气供给流之间传递热能。

[0068] 热电半导体层 70 包括 p 型和 n 型半导体元件,即热电设备 52 和 54 一其可选地串联电连接以形成 p-n 结。优选的是,p 型和 n 型半导体元件 52 和 54 是多孔的,且可除气成为真空状态。p 型和 n 型半导体元件 52 和 54 通过在其覆有绝缘材料的端面和侧面上形成的导电材料 60 电连接。p 型和 n 型半导体元件 52 和 54 穿过热电半导体层 70 可选地串联电连接。在一个实施例中,绝缘材料覆盖没有被导电材料覆盖的该组件的外表面,所述导电材料电连接 p 型和 n 型半导体元件 52 和 54,优选的电连接方式是将热电半导体层 70 的第一侧 71 热连接到冷却剂流层 72,和将热电半导体层 70 的第二侧 73 热连接到废气再循环流层 74。

[0069] 当相对较热的再循环废气供给流流经废气再循环流层 74 时以及当相对较冷的冷却剂流经冷却剂流层 72 时,穿过热电半导体层 70 形成电势。该电势的大小通过热电半导体层 70 的物理特性和热电半导体层 70 两侧之间的温差大小来确定。电势的极性根据热电

半导体层 70 的哪一侧相对较热来确定。当电负载—例如电池被附接至该电势时,电能从热电半导体层 70 较热的一侧流向该负载。

[0070] 当向热电半导体层 70 供给电流时,根据电流方向形成的电势的极性,热能从冷却剂或再循环废气供给流被传递和去除。如上所述,可利用电能存储设备 55 供应电流。当向热电半导体层 70 提供电流时,形成电势,从而促进热能在冷却剂和再循环废气供给流之间的传递。例如,当电流沿第一方向流过热电换热器 50 时,热能从冷却剂移除,并被传向再循环废气供给流。当电流沿相反方向流过热电换热器 50 时,热能从再循环废气供给流移除,并被传向冷却剂。

[0071] 图 3 是用于操作发动机 10 和使用热电换热器 50 的示例性的控制方案 400。控制方案 400 示出于图 3 中,并且在这里被描述为包括离散的元件。这样图示是为了便于描述,并且应该认识到的是,这些元件执行的功能可以组合在一个或多个设备中,例如在软件、硬件和 / 或专用集成电路中实现。例如,控制方案 400 可以在控制模块 5 中作为一个或多个算法执行。控制方案 400 包括用第一温度设备 82 监测流入热电换热器 50 的再循环废气流的温度(T_{EGR_IN}),和用第二温度设备 84 监测流出热电换热器 50 的再循环废气流的温度(T_{EGR_OUT}),以及用第三温度设备 86 监测流入热电换热器 50 的冷却剂的温度($T_{Coolant_In}$) (410)。

[0072] 分别用第四和第五温度设备 88 和 89 监测机油温度和进气温度以确定发动机 10 是否已经被执行了冷启动(420)。如果冷启动已经执行,控制模块 5 命令第一运行模式(421)。如果冷启动还没有执行,控制模块 5 判定热电设备的热电设备冷却效率(η_{egr})是否小于预定值(430)。如果热电设备冷却效率的值低于预定值,控制模块 5 命令第二运行模式(431)。如果热电设备冷却效率的值没有低于预定值,控制模块 5 根据已知的发动机 10 的燃烧特性和速度 / 负载要求决定是否需要进气温度低一些(440)。当需要较低的进气填充温度时,控制模块 5 命令第三运行模式(441)。如果再循环废气供给流不需要被热电换热器 50 加热或冷却,控制模块 5 命令第四运行模式(450)。

[0073] 第一运行模式(421)包括在冷启动之后操作热电换热器 50 以加热发动机 10。通过监控发动机运行,可以使用多个方法中的一个来判定冷启动是否已经在发动机 10 上执行(420)。在一个实施例中,冷启动被定义为下述情形中的发动机启动:其中进气温度低于第一预定温度并且 / 或者发动机油温度低于第二预定温度。在第二实施例中,冷启动被定义为在发动机 10 以发动机关闭运行状态运行了一段预定时间之后的发动机启动。例如,当发动机 10 处于发动机关闭状态一段预定时间时,随后的发动机启动就被指定为发动机冷启动。

[0074] 第一运行模式(421)包括向热电换热器 50 传递电能以便在发动机冷启动之后加热发动机 10。能量控制单元 6 从电能存储设备 55 向热电换热器 50 传递能量以便加热再循环废气供给流。再循环废气供给流随后向发动机 10 传递热能。优选地在发动机启动以后经过预定时间段之后,例如 30 秒之后,加热被启动。从再循环废气供给流传递的热量加速发动机预热,从而减少发动机排放,例如碳氢化合物和一氧化碳。

[0075] 第二运行模式(431)包括操作热电换热器 50 来减少在热电换热器 50 内积聚的燃烧副产品沉积。再循环废气供给流包含燃烧副产品,其包括颗粒物(PM)和其他燃烧副产品。热电换热器 50 内的通道能够作为燃烧副产品的过滤器,从而收集通道内的表面

上的颗粒沉积物。颗粒沉积物能够在热电热交换器 50 内引起负作用,包括腐蚀、流阻增大、流动阻塞、热传递能力下降、噪声和 / 或振动。减少燃烧副产品沉积物的累积可以利用热电热交换器 50 以加热再循环废气供给流到预定温度,例如 600℃。加热再循环废气供给流到预定温度使热电热交换器 50 内的燃烧副产品沉积物累积燃烧,从而减少热电热交换器 50 内的结垢。优选的是,该预定温度足够高,以补偿可能存在于热电热交换器 50 内的热量的不均匀分布。

[0076] 当热电设备冷却效率(η_{egr})低于预定值时,执行第二运行模式(430)。判定热电设备的冷却效率的依据是流入热电热交换器 50 的再循环废气流的温度(T_{EGR_IN}),流出热电热交换器 50 的再循环废气流的温度(T_{EGR_OUT}),和流入热电热交换器 50 的冷却剂的温度($T_{Coolant_IN}$)。热电设备的冷却效率(η_{egr})能够用下列公式确定:

$$[0077] \quad \eta_{EGR} = \frac{(T_{EGR_in} - T_{EGR_out})}{(T_{EGR_in} - T_{Coolant_in})} \times 100\% \quad [1].$$

[0078] 第二运行模式(431)包括通过从电能存储设备 55 向热电热交换器 50 提供电能而将再循环废气供给流加热到预定温度。能量控制单元 6 从电能存储设备 55 提供电流以从冷却剂到再循环废气供给流实现热能传递,以此提高再循环废气供给流的温度。热电热交换器 50 内提高的再循环废气供给流的温度使沉积的燃烧副产品燃烧。

[0079] 第三运行模式(441)包括操作热电热交换器 50 来从再循环废气供给流去除热能,以降低燃烧温度。控制模块 5 在确定能够通过降低再循环废气温度来实现优先的进气温度后执行第三运行模式(440)。判定优选的进气温度采用针对特定硬件应用校准的发动机控制算法来进行。本领域中熟知判定优选进气温度的方法,该方法不在本申请的范围内。

[0080] 第三运行模式(441)包括向热电热交换器 50 提供电能。能量控制单元 6 从电能存储设备 55 提供电流,以便从再循环废气供给流到冷却剂实现热能传递。与第一和第二运行模式相比,流向热电热交换器 50 的电流方向是相反的。反转的电流方向产生反转的电势,其促进了从再循环废气供给流向冷却剂的热能传递。本领域中熟知冷却再循环废气供给流的好处,这些好处包括在发动机运行期间减少发动机排烟和氮氧化物的排放,以及在柴油机应用中改进低温柴油的燃烧效率。

[0081] 第四运行模式(450)包括操作热电热交换器 50,从而通过将来自再循环废气供给流的热能转换成电能来产生电能。第四运行模式能够被特征化为默认运行模式。例如,当没有其他运行模式被执行时,执行第四运行模式。

[0082] 第四运行模式(450)包括再循环一部分废气供给流进入再循环废气流通道 90,并使冷却剂流过冷却剂流通道 91。再循环废气与热电热交换器 50 内的热电半导体层 70 的第二侧 73 热连接,而冷却剂与热电热交换器 50 内的热电半导体层 70 的第一侧 71 热连接。第一和第二侧 71 和 73 之间的温差产生电动势,从而导致电势产生。该电势形成传输给电能存储设备 55 的电流,以用作电能。在混合动力车辆应用中,产生的电能可以用来增大存储的电能或由发电机产生的电能。

[0083] 本申请已描述了一些优选实施例和对它们的改型。在阅读和理解了本说明书之后,其他人可以作出进一步的改型和替代方案。因而,本发明将不局限于作为执行本发明的最佳模式而公开的特定实施例;相反,本发明将包括落入所附权利要求书的范围内的所有实施例。

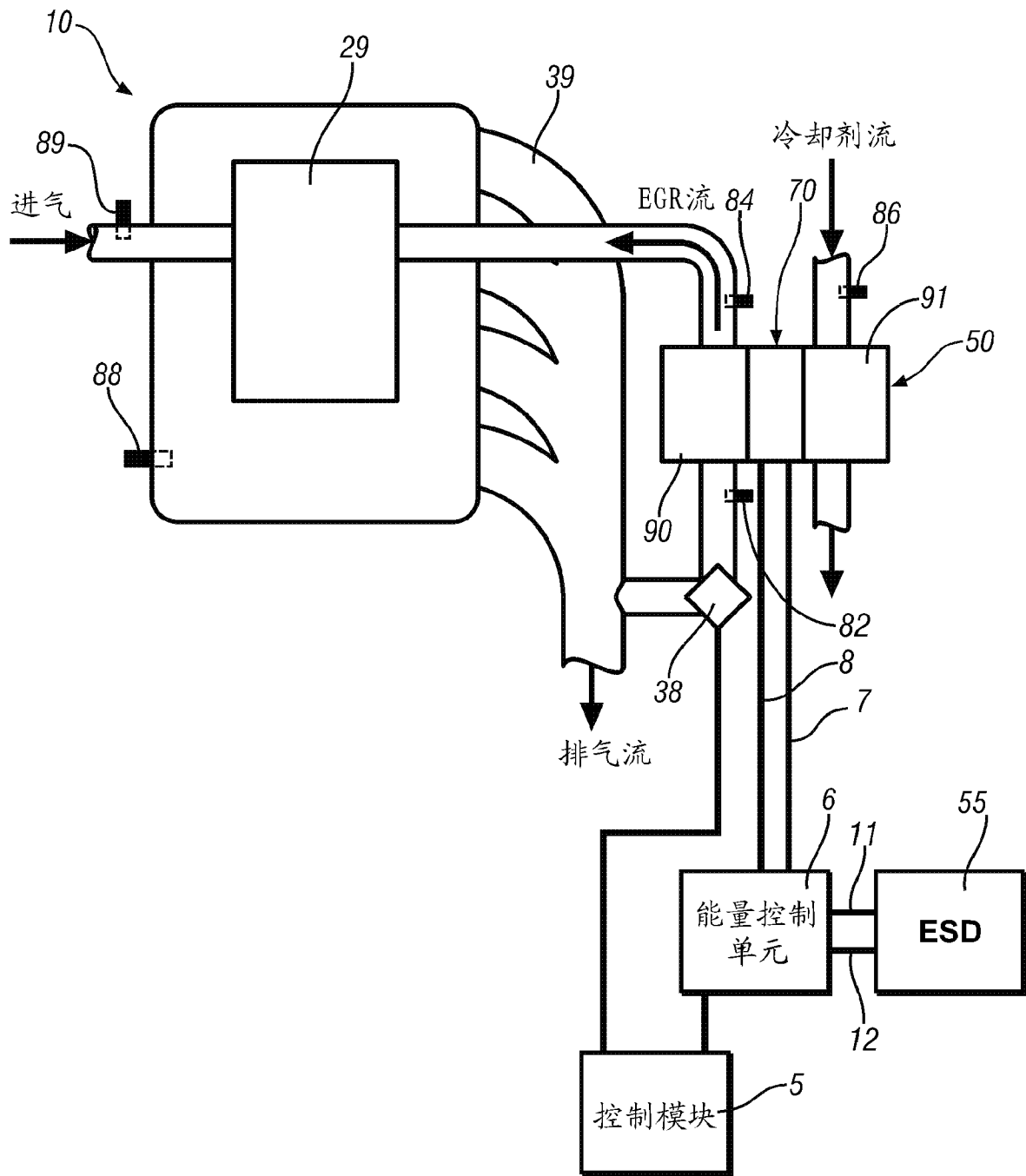


图 1

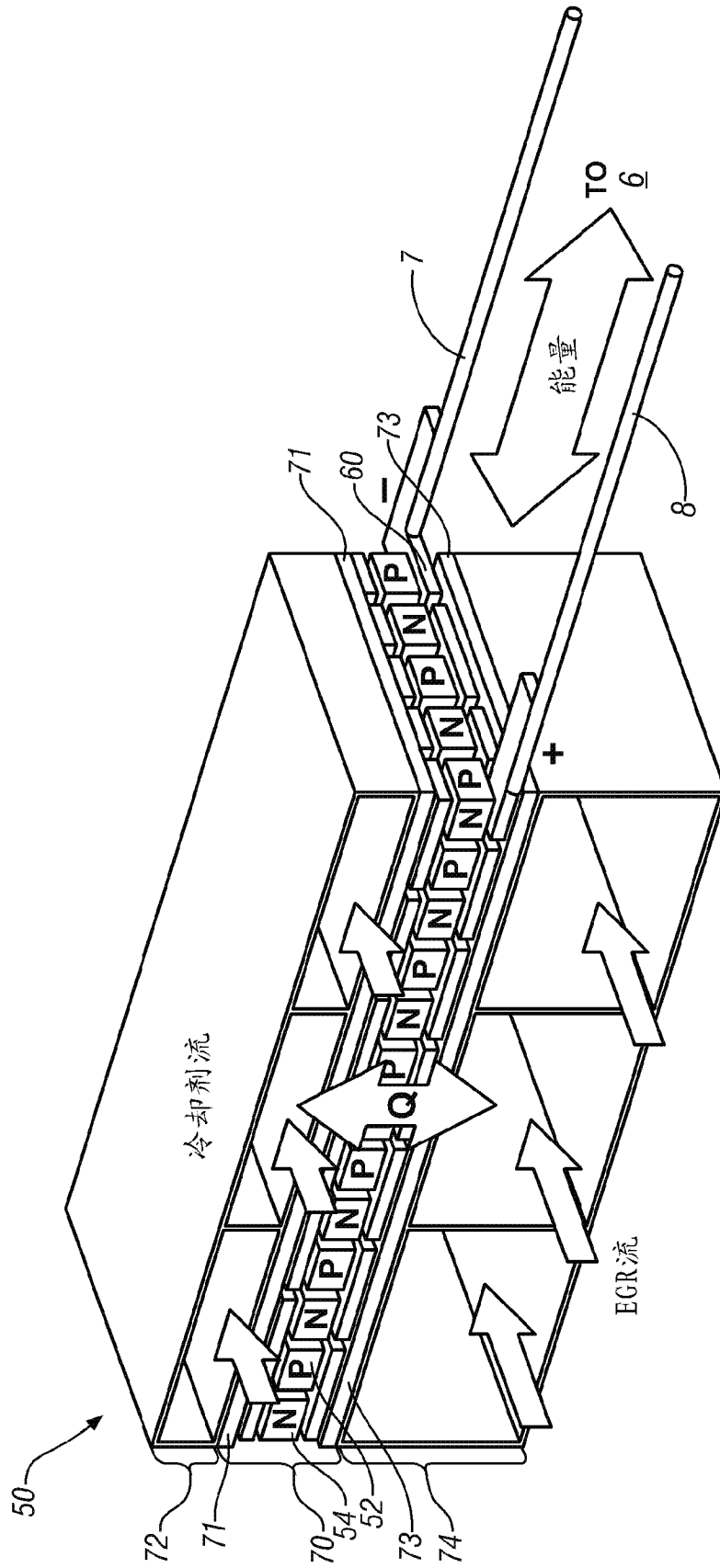


图 2

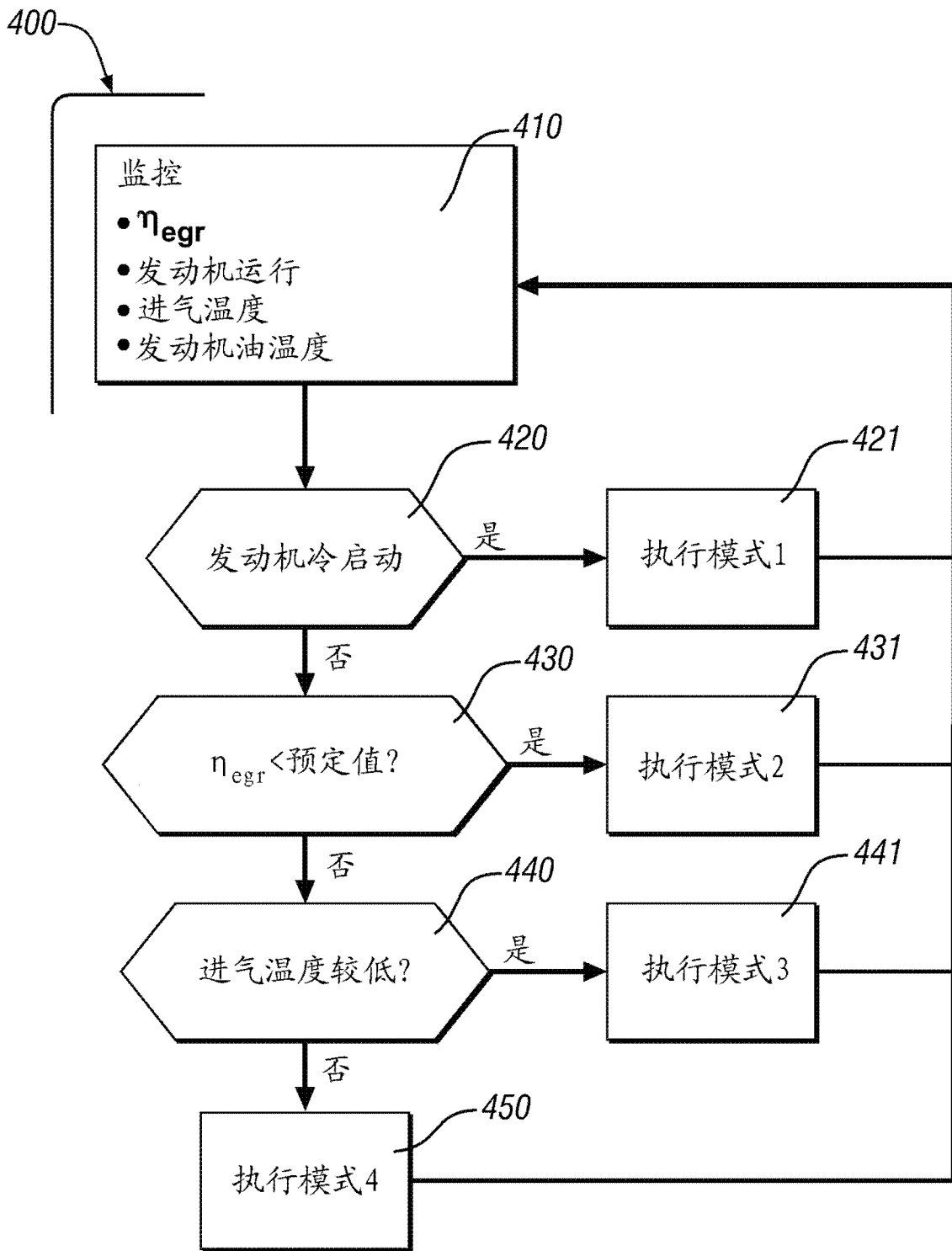


图 3