



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101379279 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 06

(21) 申请号 200780004413. 5

(22) 申请日 2007. 02. 01

(30) 优先权数据

2, 534, 031 2006. 02. 03 CA

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 08. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CA2007/000161 2007. 02. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02007/087725 EN 2007. 08. 09

(73) 专利权人 西港能源有限公司

地址 加拿大大不列颠哥伦比亚

(72) 发明人 R·艾西莫 M·邓恩 J·哈里斯

O·勒博斯坦德 D·A·卢

(74) 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285

代理人 杨勇 郑建晖

(51) Int. Cl.

F02D 19/02(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2003254117 A, 2003. 09. 10, 说明书第 7 段到第 41 段, 附图 1-3.

US 2004/0148086 A1, 2004. 07. 29,

US 6467258 B1, 2002. 10. 22, 说明书第 4 栏第 45 行至第 12 栏第 55 行, 附图 1-3.

审查员 林秀霞

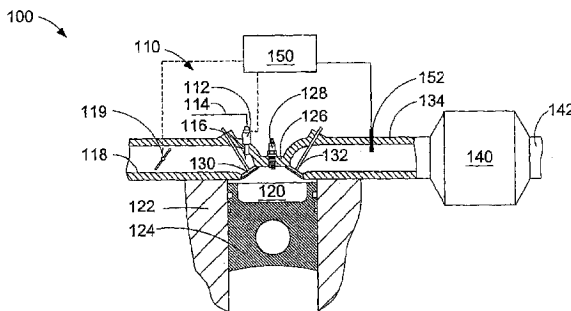
权利要求书4页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

用于运行以甲烷作燃料的发动机并用甲烷氧化催化剂处理排放气体的方法和设备

(57) 摘要

本发明提供一种用于在贫燃运行模式或化学计量运行模式下运行以甲烷作燃料的发动机的方法和设备。当甲烷氧化催化剂被用来处理来自在贫燃运行模式下运转的发动机的排放气体时, 催化剂会因 SOx 降低催化剂的甲烷转化效率而被抑制。当发动机在化学计量运行模式下运行时, 可以发生对催化剂的脱硫, 从而恢复催化剂的甲烷转化效率。所公开的方法涉及当在发动机特性曲线图上的预定第一点集中的一点运行发动机时, 为该发动机供给贫燃料混合物作燃料, 以及当在所述发动机特性曲线图上的预定第二点集中的一点运行该发动机时, 为该发动机供给富燃料混合物作燃料。来自发动机的排放气体流过甲烷氧化催化剂, 在优选实施方案中该甲烷氧化催化剂适于当该发动机在化学计量运行模式下运行时促进 NOx 的还原。该设备包括用于检测和控制 λ 的装置以及电子控制器, 该电子控制器被编程为在发动机特性曲线图上的相应的预定点以贫燃模式和富燃料模式之一运行该发动机。



CN 101379279 B

1. 一种运行以甲烷作燃料的发动机以减少氮氧化物排放并处理来自所述发动机的排放气体以减少甲烷排放的方法,所述方法包括:

当在发动机特性曲线图上的预定第一点集中的一点运行所述发动机时,为所述发动机供给贫燃料混合物作燃料;

当在发动机特性曲线图上的预定第二点集中的一点运行所述发动机时,为所述发动机供给富燃料混合物作燃料;以及

使来自所述发动机的排放气体流经甲烷氧化催化剂,

其中所述发动机特性曲线图上的所述预定第二点集关联于何时所述发动机在预定的高发动机转速范围内且在预定的低发动机负荷范围内运行以及何时排出所述发动机的燃烧室的排放气体的温度是至少 600 摄氏度,由此在所述发动机特性曲线图上的所述预定第二点集运行所述发动机提供用于使所述甲烷氧化催化剂再生的足够时段,其中在大多数时间中以贫燃模式运行所述发动机。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述预定的低发动机负荷范围通过何时所述发动机以小于最大发动机负荷的 20% 的负荷运行来定义。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述预定的高发动机转速范围通过何时所述发动机以为最大发动机转速的至少 80% 的速度运行来定义。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述预定的高发动机转速范围是在 2500rpm 和 2800rpm 之间。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述预定的低发动机负荷范围对应于何时进气歧管压力小于 85kPa 的绝对压力。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述发动机特性曲线图上的所述预定第二点集关联于何时所述发动机在预定的高发动机转速范围内且在预定的低发动机负荷范围内运行以及何时排出所述发动机的燃烧室的排放气体的温度是至少 650 摄氏度且低于 800 摄氏度。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中通过降低通向所述发动机的空气质量单位流量产生所述富燃料混合物。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中通过对通过进气通路的空气流进行节流降低所述空气质量单位流量。

9. 根据权利要求 7 所述的方法,其中当所述以甲烷作燃料的发动机装配有涡轮增压器时,通过开启废气门阀来降低所述空气质量单位流量。

10. 根据权利要求 7 所述的方法,其中通过控制可变几何形状涡轮增压器的几何形状来降低所述空气质量单位流量。

11. 根据权利要求 7 所述的方法,其中通过控制可变喷嘴涡轮增压器的喷嘴来降低所述空气质量单位流量。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述贫燃料混合物具有为至少 1.3 的平均 λ 。

13. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述贫燃料混合物具有在 1.3 和 1.7 之间的平均 λ 。

14. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:为所述以甲烷作燃料的发动机供给包含甲烷和氢气的燃料混合物作燃料,以及控制所述贫燃料混合物使之具有在 1.3 和 2.0 之间的平

均 λ 。

15. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述富燃料混合物具有小于或等于 1.0 的平均 λ 。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述富燃料混合物具有在 0.90 和 1.0 之间的平均 λ 。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:启动一火花塞,以促进所述贫燃料和富燃料混合物的点火,并且当为所述发动机供给所述贫燃料混合物作燃料时,将启动所述火花塞的定时提前到更早的时间。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:当以所述富燃料混合物运行所述发动机时,控制所述发动机以用大于 650 摄氏度且小于 800 摄氏度的温度将所述排放气体传送到所述甲烷氧化催化剂。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:为所述发动机供给天然气作燃料。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:在存在由所述甲烷氧化催化剂提供的钯的情况下,对所述排放气体中的甲烷进行氧化。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,还包括:将所述钯渗入包含氧化铝的修补基面涂层中。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,还包括:将所述修补基面涂层沉积在包含碳化硅或硅酸铝镁的陶瓷载体上。

23. 根据权利要求 21 所述的方法,还包括:将所述修补基面涂层沉积在金属载体上。

24. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述甲烷氧化催化剂,在所述发动机以贫燃料混合物作为燃料时,促进甲烷的氧化,且在所述发动机以富燃料混合物作为燃料时,促进将氮氧化物还原成氮气。

25. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述发动机是车辆或机器的原动机,且一控制器被编程以识别当所述车辆或机器静止时的预定义状况,且命令所述发动机在为所述发动机特性曲线图上的所述预定第二点集中的一个点的点运行一段预定时间或直到所述车辆不再静止,以先到的时间为准。

26. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:命令所述发动机在为所述发动机特性曲线图上的所述预定第二点集中的一个点的点运行一段预定时间,作为所述发动机的启动序列中的一个步骤。

27. 一种以甲烷作燃料的发动机,包括:

进气歧管,其限定一通路,空气可通过该通路流入所述发动机的燃烧室;

燃料计量阀,其可操作以调节通过燃料供应管道引入所述燃烧室的、包含甲烷的燃料的质量单位流量;

节流阀,其设置在所述进气歧管内部,用于调节引入所述燃烧室的空气的质量单位流量;

排气歧管,限定与所述燃烧室连通的通路,用于从所述燃烧室接收燃烧产物,并将所述燃烧产物导引到排气管;

甲烷氧化催化剂,其设置于所述排气管中;

与所述以甲烷作燃料的发动机相关联的至少一个传感器,用于计算或测量所述排气歧

管或所述进气歧管中的 λ ;以及

电子控制器,其被编程以在发动机特性曲线图上的相应的预定点以贫燃模式与富燃料模式之一运行所述发动机,其中以所述富燃料模式运行所述发动机时的所述发动机特性曲线图上的所述预定点关联于何时所述发动机在预定的高发动机转速范围内且在预定的低发动机负荷范围内运行以及何时排出所述燃烧室的排放气体的温度是至少 600 摄氏度,由此在所述发动机特性曲线图上的所述预定点运行所述发动机提供用于使所述甲烷氧化催化剂再生的足够时段,其中在大多数时间中以贫燃模式运行所述发动机。

28. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述至少一个传感器是 λ 传感器,该 λ 传感器带有置于所述排气歧管或所述排气管中所述甲烷氧化催化剂上游的传感探头,且所述 λ 传感器可操作以向所述电子控制器发送表示所测 λ 值的信号。

29. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述至少一个传感器包括与所述进气歧管相关联的第一质量流量传感器和与所述燃料供应管道相关联的第二质量流量传感器,且所述第一和第二质量流量传感器可操作以向所述电子控制器发送表示相应的空气和燃料质量单位流量的信号,且所述电子控制器可编程以计算在所述燃烧室中形成的充气的 λ 。

30. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述至少一个传感器包括:

第一温度传感器,与所述进气歧管相关联;

第一压力传感器,与所述进气歧管相关联;

第二温度传感器,与所述燃料供应管道相关联;

第二压力传感器,与所述燃料供应管道相关联;并且

所述电子控制器可编程,以处理从所述第一和第二温度传感器及所述第一和第二压力传感器收集到的数据,以计算在所述燃烧室内形成的充气的 λ 。

31. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂包含钯。

32. 根据权利要求 31 所述的发动机,其中所述钯被渗入包含氧化铝的修补基面涂层中。

33. 根据权利要求 32 所述的发动机,其中所述修补基面涂层被沉积在包括碳化硅或硅酸铝镁的陶瓷载体上。

34. 根据权利要求 32 所述的发动机,其中所述修补基面涂层被沉积在金属载体上。

35. 根据权利要求 31 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂还包括铈。

36. 根据权利要求 35 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂还包括二氧化铈。

37. 根据权利要求 36 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂还包括针对硫化氢的清除剂。

38. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂是三效催化剂。

39. 根据权利要求 27 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂包括选自自由钯、铂和铈组成的组的至少一种贵金属。

40. 根据权利要求 39 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂还包括至少一个储氧成分,该储氧成分选自自由二氧化铈以及铈和锆的组合组成的组。

41. 根据权利要求 40 所述的发动机,其中所述甲烷氧化催化剂还包括针对硫化氢的清除剂。

42. 根据权利要求 27 所述的发动机,还包括端口燃料喷射阀,该端口燃料喷射阀用于

将所述燃料引入位于所述进气歧管和所述燃烧室之间的进气端口。

43. 根据权利要求 27 所述的发动机,还包括喷头,该喷头用于将来自所述燃料供应管道的所述燃料引入所述进气歧管中节流阀的上游。

44. 根据权利要求 27 所述的发动机,还包括多个端口,所述多个端口设置在所述进气歧管的位于节流阀上游的壁中,其中来自所述燃料供应管道的所述燃料可流过所述多个端口进入所述进气歧管中。

45. 根据权利要求 27 所述的发动机,还包括燃料喷射阀,该燃料喷射阀带有置于所述燃烧室内的喷嘴,用于将所述燃料直接引入所述燃烧室。

用于运行以甲烷作燃料的发动机并用甲烷氧化催化剂处理 排放气体的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于运行以甲烷作燃料的发动机并用甲烷氧化催化剂处理排放气体的方法和设备。本发明可应用于车辆发动机或其他以可变负荷循环运行的发动机,以减少一氧化碳、甲烷和其他未燃烧的碳氢化合物的排放。

背景技术

[0002] 天然气主要由甲烷组成。天然气作为燃料在内燃机中燃烧,因为在世界各地的许多市场,天然气从能源角度而言与柴油或汽油相比花费较少。此外,天然气与柴油或汽油相比,燃烧更清洁,这可以帮助改善空气质量,从而提供另一将燃烧柴油或汽油的车辆发动机用燃烧天然气的车辆发动机取代的动机。然而,在从内燃机的燃烧室排出的排放气体中,会残留未燃烧的燃料,对于以天然气为燃料的发动机也是如此。因为甲烷是一种导致温室效应的气体,人们希望在排放气体离开车辆的排气管之前将未燃甲烷氧化。

[0003] 有多种方法用于燃烧在发动机中的天然气。所谓的化学计量天然气发动机使用的实际空燃比为约 14.6 : 1,其对应于 $\lambda = 1$,因为 λ 是通过将实际空燃比除以 14.6(这是理论上的化学计量理想空燃比)来计算的。如本文中所定义的,在化学计量模式下运行的发动机不必以严格等于 1.0 的 λ 运行,而是以处于或接近 1.0 的 λ 运行即可,这样,在发动机的燃烧室中被燃烧的空气和燃料的充气(charge)中基本没有过剩的氧气。美国专利 No. 5, 131, 224 公开了一种减少来自以天然气为燃料的发动机的甲烷排气排放量的方法。该'224 专利教导,采用平均略微富燃料的(也即, λ 平均小于 1.0)空气燃料混合物在化学计量运行模式下运行天然气发动机,并使用铂或铂-钯(非铑)催化转化器来进行排放气体处理。如现有技术中已知的,可以通过使用排放气体再循环和三效催化剂来减少 NO_x 和甲烷的排放,但这些技术会大大增加系统总成本。

[0004] 所谓的贫燃火花点火("LBSI")天然气发动机,由火花塞触发点火来燃烧天然气的贫燃料混合物(lean mixture)。贫燃料混合物意为,在燃烧室中有过剩的氧气,于是 λ 大于 1。与不利用三效催化剂和排放气体再循环而运行的化学计量天然气发动机相比,LBSI 天然气发动机较为不复杂且成本较低,同时产生更低的氮氧化物(NO_x)排放,因为较高的空燃比导致较低的燃烧温度。与化学计量天然气发动机相比,LBSI 天然气发动机还产生较低的二氧化碳排放。从而,与不采用排放气体再循环或三效催化剂的化学计量天然气发动机相比,LBSI 发动机具有成本和性能优势。然而,LBSI 天然气发动机的一个问题是,甲烷氧化催化剂会由于暴露于硫氧化物(SO_x)而遭到抑制,即使硫氧化物浓度极低亦会如此,从而导致甲烷氧化转化效率下降。人们认为,SO_x 被化学吸收到催化剂修补基面涂层(wash coat)上,从而有效阻挡住甲烷的转化部位。举例而言,实验结果已经表明,仅为 1ppm(w/w)的 SO_x 浓度水平,在小于 50 小时的运行时间内,可以导致甲烷转化效率降低 25%,且这样的浓度可由存在于天然气和发动机润滑油中的硫引入到发动机排放气体中。例如,对排放气体中 SO_x 的贡献者可以是通常加入天然气中用于嗅觉检测的添味剂。

[0005] Engelhard 公司为气体研究所 (Gas Research Institute) 编写的一份题为“Catalyst Development for Methane Emissions Abatement From Lean Burn Natural Gas Vehicles (用于从贫燃天然气车辆减小甲烷排放的催化剂开发)”, 注明日期为 1997 年 11 月的报告, 报告了于 1994 年 1 月到 1997 年 5 月之间完成的、目的是开发一种贫燃天然气车辆的催化转化器的工作, 该催化转化器将在车辆的整个使用寿命期间持续地氧化甲烷。含钯 (Pd) 的催化剂, 如钯 / 氧化铝 (Al_2O_3), 被发现是用于从天然气发动机消减甲烷排放的最活泼的催化剂。Engelhard 公司在其最终报告中报告, 其未能达到其目的, 因为存在于发动机的排放气体中的 SO_x 抑制了催化剂活性。Engelhard 公司的研究集中于开发一种耐硫催化剂以及在接近地类似真实天然气车辆排气的实验室条件下调查钯氧化催化剂的去活机理。

[0006] 已出版的 SAE 技术论文 961971, 题为“Methane Emissions Abatement from Lean Burn Natural Gas Vehicle Exhaust: Sulfur's Impact on Catalyst Performance (从贫燃天然气车辆的排气中消减甲烷排放: 硫对催化剂性能的影响)”, 其作者为 Engelhard 公司的雇员。在该 SAE 技术论文的第 18 页, 作者公开了一种周期性热还原再生的策略, 使得催化剂在存在硫的情况下保持可接受的活性。具体而言, 所公开的策略包括, 运行天然气发动机以在持续 14.5 分钟的贫燃、高空间速度模式和持续 30 秒的富燃、低空间速度模式之间循环催化剂。催化剂温度从在贫燃模式期间的 550 摄氏度升高到富燃模式期间的大约 650 摄氏度。作者从它们的实验结果得出, 该策略仅仅延迟了催化剂甲烷活性的最终衰减。

[0007] 已公布的日本专利申请 JP20002000058777 号 (公布号 JP2003254117A2), 题为“Exhaust Emission Controlling Method (排气排放控制方法)” (’ 58777 申请), 类似于 SAE 技术论文 961971, 该申请公开了一种交替地在过量空气的贫燃气氛下和过量燃料的富燃气氛下燃烧燃料的方法。源自在富燃气氛下燃烧燃料的排放气体, 使得受抑制的催化剂部位受到还原气氛影响, 这种还原气氛使受抑制的催化剂部位再生, 从而恢复甲烷氧化催化剂活性和恢复甲烷氧化转化率。根据 ’ 58777 申请, 可以通过计算何时催化剂的甲烷转化效率下降一预定量, 来确定使受抑制的催化剂部位再生的定时, 而这种计算基于多个参数, 包括排放气体中的硫浓度、空燃比和排放气体温度。这种方法的问题在于, 其增加了控制该发动机的复杂程度, 因为该方法包括计算使甲烷氧化催化剂脱硫的定时, 以及在贫燃或富燃模式下运行发动机的两种控制策略的定时, 因为对应于在富燃模式下运行的定时取决于可以在发动机特性曲线图 (engine map) 上的任意一点发生的、所计算的定时。

[0008] 因此, 存在对改进的控制策略的需求, 该改进的控制策略运行以甲烷作燃料的发动机, 以简单、有效地实现一些与以甲烷作燃料的 LBSI 发动机相关的低排放的优点, 同时通过管理甲烷氧化催化剂的性能和脱硫来减少未燃甲烷的排放。

发明内容

[0009] 提供了一种方法, 该方法用于运行以甲烷作燃料的发动机并处理来自该发动机的排放气体, 以减少甲烷和氮氧化物的排放。在该方法的优选实施方案中, 发动机以天然气为燃料。所公开的方法包括, 当在发动机特性曲线图上的预定第一点集中的一点运行发动机时, 为该发动机供给贫燃料混合物作燃料; 当在发动机特性曲线图上的预定第二点集中的一点运行发动机时, 为该发动机供给富燃料混合物作燃料; 以及使来自该发动机的排放气

体流过甲烷氧化催化剂。

[0010] 举例而言,发动机特性曲线图上的预定第二点集,可关联于何时该发动机在预定的高发动机转速范围内且在预定的低发动机负荷范围内运行。在一个优选的方法中,通过何时该发动机以少于最大发动机负荷的 20% 的负荷运行,来定义该预定的低发动机负荷范围,通过何时该发动机以为最大发动机转速的至少 80% 的速度运行,来定义该预定的高发动机转速范围。优选地,发动机特性曲线图上的预定第二点集,关联于何时该发动机在预定的发动机转速范围内且在预定的发动机负荷范围内运行,其中发动机可以,并被控制为,在化学计量运行模式下运行,并使得在该发动机和甲烷氧化催化剂之间的排放气体温度为至少 600 摄氏度,更优选地在 650 摄氏度和 800 摄氏度之间。在一个实施方案中,以富燃料混合物运行的预定的发动机负荷范围对应于何时进气歧管压力小于大约 85kPa 的绝对压力(大约 12psia)。

[0011] 当发动机正在以化学计量运行模式运行时,可以通过减少经过进气歧管进入发动机的燃烧室的空气质量单位流量,来产生富燃料混合物。在一些实施方案中,可以通过对通过进气通路的空气流进行节流,来降低空气质量单位流量。装配有涡轮增压器的以甲烷作燃料的发动机,可以通过开启废气门阀使得排放气体中的一部分绕过该涡轮增压器的涡轮,来降低空气质量单位流量。如果涡轮增压器是可变几何形状涡轮增压器或可变喷嘴涡轮增压器,则相应的几何形状或喷嘴均可以被控制,以减小空气质量单位流量。

[0012] 在一个优选的方法中,当发动机以贫燃料混合物运行时,在燃烧室中形成的充气的平均 λ 是至少 1.3,且优选地在 1.3 和 1.7 之间。该方法还可以包括:为以甲烷作燃料的发动机供给包括甲烷和氢气的燃料混合物作燃料,并控制贫燃料混合物使之具有在 1.3 和 2.0 之间的平均 λ 。当发动机以富燃料混合物运行时,在燃烧室内形成的充气的平均 λ 小于或等于 1.0,优选地在 0.95 和 1.0 之间。

[0013] 该优选的方法还包括,启动一火花塞,以促进贫燃料和富燃料混合物的点火,并且当为发动机供给贫燃料混合物作燃料时,将启动该火花塞的定时提前到一个更早的时间。

[0014] 该方法优选地包括:在存在由甲烷氧化催化剂提供的钯的情况下,使排放气体内的所述甲烷氧化。在一个实施方案中,可以将钯渗入包含氧化铝的修补基面涂层中,且该修补基面涂层可被沉积在包含碳化硅或硅酸铝镁(称为“堇青石”)的陶瓷载体上。在一些实施方案中,该方法可包括将修补基面涂层沉积在金属载体上。

[0015] 在一些优选的方法中,甲烷氧化催化剂在发动机以贫燃料混合物为燃料时,促进甲烷的氧化,且在发动机以富燃料混合物为燃料时,促进将氮氧化物还原成氮气。

[0016] 该方法还可以包括命令发动机在为发动机特性曲线图上的预定第二点集中的一个点的点运行一段预定时间,作为发动机的启动序列中的一个步骤。如果发动机是车辆或机器的原动机,控制器可被编程为,识别当所述车辆或机器静止时的预定义状况,且命令发动机在为发动机特性曲线图上的预定第二点集中的一个点的点运行一段预定时间或直到该车辆不再静止,以先到的时间为准。

[0017] 公开了一种以甲烷作燃料的发动机,该以甲烷作燃料的发动机包括进气歧管,其限定一通路,空气可通过该通路流入发动机的燃烧室;燃料计量阀,其可操作以调节通过燃料供应管道引入燃烧室的、包含甲烷的燃料的质量单位流量;布置在进气歧管内的节流阀,用于调节引入燃烧室的空气的质量单位流量;排气歧管,其限定与燃烧室连通的通路,用于

从燃烧室接收燃烧产物,并将燃烧产物导引到排气管;置于该排气管中的甲烷氧化催化剂;与以甲烷作燃料的发动机相关联的至少一个传感器,用于计算或测量排气歧管或进气歧管中的 λ ;以及电子控制器,其被编程以在发动机特性曲线图上的相应的预定点以贫燃模式和富燃料模式之一运行发动机。

[0018] 在一优选实施方案中,所述至少一个传感器是 λ 传感器,其带有置于排气歧管或排气管中所述甲烷氧化催化剂上游的传感探头,且该 λ 传感器可操作以向电子控制器发送表示所测 λ 值的信号。

[0019] 在另一优选实施方案中,所述至少一个传感器包括与进气歧管相关联的第一质量流量传感器和与燃料供应管道相关联的第二质量流量传感器,且该第一和第二质量流量传感器可操作以向电子控制器发送表示相应的空气和燃料质量单位流量的信号,且该电子控制器可编程以计算在燃烧室中形成的充气的 λ 。

[0020] 在又一优选实施方案中,所述至少一个传感器包括:与进气歧管相关联的第一温度传感器;与进气歧管相关联的第一压力传感器;与燃料供应管道相关联的第二温度传感器;与燃料供应管道相关联的第二压力传感器;并且电子控制器可编程以处理从第一和第二温度传感器及第一和第二压力传感器收集到的数据,以计算在燃烧室内形成的充气的 λ 。

[0021] 在优选的设备中,甲烷氧化催化剂包括钯。钯可以被渗入包含氧化铝的修补基面涂层中,且该修补基面涂层可以沉积在包含碳化硅或硅酸铝镁的陶瓷载体上。在另一实施方案中,该修补基面涂层可沉积在金属载体上。

[0022] 甲烷氧化催化剂由多种成分组成。一般而言,优选地甲烷氧化催化剂包括至少一种催化活性成分,即选自自由钯、铂和铑组成的组的贵金属。甲烷氧化催化剂优选地还包括至少一种储氧成分,该储氧成分选自自由二氧化铈(称为“铈土”)以及铈和锆的组合(combination)组成的组。此外,甲烷氧化催化剂优选地还包括针对硫化氢的清除剂。甲烷氧化催化剂可以是为汽车应用而开发的那种类型的三效催化剂,尽管这种催化剂的配方尚未被开发用于以甲烷作燃料的贫燃发动机。

[0023] 在一优选实施方案中,当发动机在贫燃模式下运行时,甲烷氧化催化剂包括用于氧化甲烷的钯,且当发动机在化学计量模式下运行时,甲烷氧化催化剂还包括用于将氮氧化物还原成氮气的铑。甲烷氧化催化剂还可以包括充当储氧成分的二氧化铈和针对硫化氢的清除剂。

[0024] 燃料可以采用多种方式引入发动机的进气歧管。例如,发动机可以包括端口燃料喷射阀,用于将燃料引入位于进气歧管和燃烧室之间的进气端口。在另一实施方案中,可以采用喷头(sparger)来将来自燃料供应管道的燃料引入进气歧管中节流阀的上游。代替喷头,发动机可以包括设置在进气歧管的处于节流阀上游的壁中的多个端口,其中来自燃料供应管道的燃料可从充气室流经所述多个端口而进入进气歧管。该布置与喷头相比的优点在于,它不阻挡通过进气歧管的任何流通面积。

[0025] 在又一实施方案中,发动机可包括带有置于燃烧室内的喷嘴的燃料喷射阀,用于将该燃料直接引入燃烧室。燃料可以在进气冲程期间或在压缩冲程的早期燃烧室的压力仍然较低时被引入燃烧室。

[0026] 公开的本发明与现有技术相比具有优点。与以天然气为燃料的化学计量发动机

或' 244 专利所教导的以更富燃料的混合物运行的发动机相比,本文所公开的发动机和方法可以在大多数时间中以贫燃模式运行,以实现较低的 NO_x 和二氧化碳排放,同时当该发动机在发动机特性曲线图的预定区域内运行时,仅以富燃料混合物运行。SAE 技术论文 961971 的作者描述了一种在贫燃模式下运行 14.5 分钟、在富燃料模式下运行 30 秒钟的方法,但他们的结论是,该方法仅仅延迟了催化剂性能的最终衰减。不同于 SAE 技术论文 981971 中所教导的方法,本文所公开的方法和设备的实验结果表明,在最大加燃料水平下甲烷氧化催化剂性能可以被恢复到 85% 到 90% 的甲烷转化率。本文所公开的方法还比定时周期性催化剂脱硫循环更容易实现,因为并不需要针对贫燃和富燃料模式的两种并行的发动机控制策略。在采用定时脱硫循环的情况下,当处于是进行脱硫循环的时间时,发动机可能在发动机特性曲线图上的任意位置的状况下运行,因此对于发动机特性曲线图上的每个运行点都需要并行的控制策略。采用本文所公开的方法和设备,当发动机在发动机特性曲线图的预定区域内运行时,该发动机仅以富燃料模式运行。日本专利申请 JP20002000058777 号也公开了一种在贫燃和富燃料运行模式之间周期性地切换的方法,但此方法具有和 SAE 技术论文 981971 所教导的方法相同的缺点。

[0027] 因此,本文所公开的方法和设备,提供了一种用于运行以甲烷作燃料的发动机的途径,与以甲烷作燃料的化学计量发动机相比,其可以减少 NO_x 和二氧化碳的排放。实验结果已经表明,所公开的方法和设备可以允许以甲烷作燃料的发动机在大多数时间以贫燃模式运行,而同时当该发动机在发动机特性曲线图的预定区域内运行时通过以富燃料模式运行而维持甲烷氧化催化剂的转化效率。

附图说明

[0028] 图 1 是用于实施所公开的方法的设备的示意图。该设备包括燃料喷射系统、发动机燃烧室、催化转化器以及电子控制器。在该实施方案中,端口喷射器被用来将燃料引入进气端口,置于排气管中甲烷氧化催化剂的上游的 λ 传感器被用来控制传送到燃烧室的充气的空燃比。

[0029] 图 2 是用于实施所公开的方法的设备的第二实施方案的示意图。图 2 的设备类似于图 1 中的设备,只是采用了喷头来将燃料引入进气歧管,并且用于进入的空气和燃料的质量流量传感器被用来替代 λ 传感器以控制传送到燃烧室的充气的空燃比。

[0030] 图 3 是用于实施所公开的方法的设备的第三实施方案的示意图。图 3 的设备和图 1 与图 2 中的设备类似,只是燃料可通过多个端口引入进气歧管,且采用温度和压力传感器测量进入的空气和燃料的温度和压力,使得电子控制器可以计算空气和燃料的质量流量,从而控制传送到燃烧室的充气的空燃比。图 3 还示出了具有包括涡轮增压器和废气门的涡轮增压系统的实施方案。具有涡轮增压系统的发动机可以用该涡轮增压系统控制传送到燃烧室的充气的空燃比。

[0031] 图 4 是一幅发动机特性曲线图,示出了该特性曲线图上的、发动机可以贫燃料混合物运行的区域以及发动机可以富燃料混合物运行的区域。

[0032] 图 5 是针对不同发动机转速的、 λ 与发动机负荷的曲线图。绘出了多条线,每条线对应于一个不同的发动机转速。此图以举例方式示出了所述方法的应用,显示了可如何在贫燃状况下以大多数发动机转速和发动机负荷运行发动机,且表明目标 λ 可被确定为

发动机转速和负荷的函数。

[0033] 图 6 是甲烷浓度与时间的曲线图,示出了通过应用所公开的方法而造成的对甲烷氧化催化剂的再生效应。所标示出的数据来自实验结果,其显示出了所公开的方法在使甲烷氧化催化剂再生方面的效果。

具体实施方式

[0034] 参照附图,带有相隔 100 的倍数的相似附图标记的、名称相似的部件,在不同的实施方案中指相似的部件。

[0035] 图 1 是用于实施所公开的方法的设备 100 的示意图。该设备包括燃料喷射系统 110、发动机燃烧室 120、催化转化器 140 和电子控制器 150。在该实施方案中,燃料喷射系统 110 包括端口喷射器 112,端口喷射器 112 将来自燃料供应管道 114 的燃料引入进气端口 116。空气通过进气歧管 118 流入燃烧室 120,节流阀 119 调节经过进气歧管 118 的空气流动。燃烧室 120 由汽缸体 122、活塞 124 以及汽缸盖 126 限定。发动机可以包括火花塞 128,火花塞 128 用于触发在燃烧室 120 内的充气的点火。如对于内燃机所公知的,进气阀门 130 可操作以控制从进气歧管 118 进入燃烧室 120 的空气和燃料混合物的流动,排气阀门 132 可操作以控制燃烧产物从燃烧室 120 至排气歧管 134 的流动。排放气体从排气歧管 134 流到设置在催化转化器 140 内部的甲烷氧化催化剂。上述排放气体从催化转化器 140 流向发动机排气管 142。

[0036] 在由图 1 示出的实施方案中, λ 传感器 152 被置于处于甲烷氧化催化剂上游的排气歧管 134 中。来自传感器 152 的 λ 测量被用来控制传送到燃烧室的充气的空燃比。根据所公开的本发明,采用从 λ 传感器 152 接收到的数据,电子控制器 150 可编程以在大多数运行状况下以贫燃模式运行发动机,其中传送到燃烧室 120 的充气具有大于 1.1 的平均 λ 。在某些预定义的发动机特性曲线图上的预定运行状况——例如发动机转速的预定义范围以及发动机转矩的预定义范围——下,发动机被控制为以较富的空气-燃料混合物运行,其中传送到燃烧室 120 的充气所具有的 λ 小于或等于约 1.0,且优选地介于 0.95 和 1.0 之间。在图 1 的实施方案中,电子控制器 150 处理来自 λ 传感器 152 的 λ 测量,并根据发动机特性曲线图确定对于给定的发动机转速和发动机转矩的当前值,目标 λ 是什么。在该实施方案中,因为难于测量燃烧室内的 λ ,且由于燃料喷射系统采用端口喷射器而难于测量燃烧室上游的 λ ,所以 λ 传感器位于排气歧管 134 中。然而,根据在排气歧管 134 中或在排气管中催化转化器 140 上游的任意点获得的 λ 测量,电子控制器 150 可以确定燃烧室 120 内的 λ 。因此,使用通过传感器 152 获得的 λ 测量,电子控制器 150 可以使用节流阀 119 和端口喷射器 112 来根据发动机特性曲线图控制 λ ,使得发动机大多数时间以贫燃模式运行(平均 λ 介于 1.3 和 1.7 之间),而在发动机特性曲线图的预定区域中以化学计量模式运行(λ 小于或等于约 1.0,且优选地介于 0.95 和 1.0 之间),且通过该方法,甲烷氧化催化剂周期性地再生以从催化剂的活性部位驱走硫,并恢复甲烷转化效率。

[0037] 图 2 是可用于实施所公开的方法的设备的第二实施方案的示意图。设备 200 与设备 100 类似,只是喷头 212 被用来将燃料引入进气歧管,且分别用于测量进入的空气和燃料的质量流量的质量流量传感器 254 和 256 被用来取代 λ 传感器,以控制传送到燃烧室的充气的空燃比。

[0038] 设备 200 包括燃料喷射系统 210、发动机燃烧室 220、催化转化器 240 和电子控制器 250。喷头 212 将来自燃料供应管道 214 的燃料引入进气歧管 218 中节流阀 219 的上游。燃料和空气在被引入燃烧室 220 之前,在进气歧管 218 内混合。节流阀 219 调节进入燃烧室 220 的空气-燃料混合物的流动。燃烧室 220 由汽缸体 222、活塞 224 以及汽缸盖 226 限定。发动机可包括火花塞 228,火花塞 228 用于触发在燃烧室 220 内部的充气的点火。设备 200 还包括:进气阀门 230,其可操作以允许空气和燃料混合物进入燃烧室 220;和排气阀门 232,其可操作以允许燃烧产物从燃烧室 220 流到排气歧管 234。排放气体从排气歧管 234 流到设置在催化转化器 240 内部的甲烷氧化催化剂。所述排放气体从催化转化器 240 流向发动机排气管 242。

[0039] 设备 200 可用来以与设备 100 相同的方式实施所讨论的方法,只是确定燃烧室中的 λ 的方式有所不同。控制器 250 使用来自传感器 254 和 256 的质量流量测量确定 λ , 而非使用 λ 测量。于是电子控制器可以运行燃料计量阀 215 和节流阀 219 以使得 λ 大于 1.1,以在大多数状况下以贫燃模式运行,且使得在发动机特性曲线图上的预定区域中, λ 小于或等于 1.0 并优选地介于 0.95 和 1.0 之间。

[0040] 图 3 是可用于实施所公开的方法的设备的第三实施方案的示意图。设备 300 使用从燃料供应管道 314 通向进气歧管 318 的端口环 312,且采用温度和压力传感器测量进入的空气和燃料的温度和压力,使得电子控制器可以计算空气和燃料的质量流量,从而控制传送到燃烧室的充气的空燃比。

[0041] 设备 300 包括燃料喷射系统 310、发动机燃烧室 320、催化转化器 340 和电子控制器 350。一环形充气室向端口 212 供应燃料,且燃料流入进气歧管 318 内节流阀 319 的上游。类似于设备 200,在空气-燃料混合物被引入燃烧室 320 以在其中形成充气之前,空气和燃料可以在进气歧管 318 中进行一定程度的混合。节流阀 319 可以被用来调节进入燃烧室 320 的空气-燃料混合物的流动。

[0042] 燃烧室 320 由汽缸体 322、活塞 324 以及汽缸盖 326 限定。发动机可包括火花塞 328,火花塞 328 用于触发在燃烧室 320 内部的充气的点火。设备 300 还包括:进气阀门 330,其可操作以允许空气和燃料混合物进入燃烧室 320;和排气阀门 332,其可操作以允许燃烧产物从燃烧室 320 流入排气歧管 334。

[0043] 在此实施方案中,从排气歧管 334 流出的排放气体可被导向涡轮增压器 338 的涡轮,或者可通过操作废气门阀 336,被引导绕开该涡轮。进气口 316 将进气引导到涡轮增压器 338,然后通过空气通路 317 到进气歧管 318。如发动机技术领域的技术人员所知,涡轮增压器 338 由排放气体驱动,且可以被用来增大进气的压力。在排放气体流出该涡轮之后,排气管 339 将排放气体导向催化转化器 340。当废气门阀 336 打开时,排放气体流经排气管 337 至催化转化器 340。涡轮增压器 338 的涡轮可为可变几何形状涡轮或可变喷嘴涡轮。通过控制废气门以控制通过该涡轮的排放气体的量,和/或通过控制该涡轮的可变几何形状或喷嘴,经过进气歧管 118 的空气质量流量得到控制,由此可以与燃料计量阀 315 协同运作控制 λ 。也即,可以通过控制燃料计量阀 315 和节流阀 119,并结合如下之一对 λ 进行控制:废气门 336,或涡轮增压器 338 的可变几何形状或可变喷嘴涡轮,或废气门 336 和涡轮增压器 338 的可变几何形状或可变喷嘴涡轮。

[0044] 类似于其他实施方案,设备 300 可以用来实施所讨论的方法。电子控制器 350 可

以根据通过空气温度传感器 358 和空气压力传感器 360 获得的测量来计算空气质量单位流量。类似地,电子控制器 350 可根据通过燃料温度传感器 362 和燃料压力传感器 364 获得的测量来计算燃料质量单位流量。然后电子控制器 350 可以参照发动机特性曲线图,基于当前发动机运行状况来确定所需的运行模式(贫燃或化学计量)。当发动机在发动机特性曲线图的预定区域内运行时,电子控制器 350 控制燃料计量阀 315 和节流阀 319 以将较富的燃料混合物传送到燃烧室,优选地 λ 介于 0.95 和 1.0 之间。当发动机在以较富的燃料混合物运行的预定区域以外的一点运行时,电子控制器 350 控制燃料计量阀 315 和节流阀 319 以传送贫燃料混合物到燃烧室,优选地平均 λ 介于 1.1 和 1.7 之间。

[0045] 图 1 到 3 说明了用于实施所公开的方法的设备的不同实施方案。

[0046] 本领域技术人员将能理解,可以不偏离所公开的设备的精神和范围而对所示出的实施方案作出改变。例如,在图 3 中所示的用于将燃料引入进气歧管的端口环 312,可代替图 2 中的具有同样效果的喷头 212。在其他的变化中,图 1 的 λ 传感器可代替图 2 和图 3 中示出的实施方案中的传感器,或图 2 中的燃料质量流量传感器 256 可代替图 3 的实施方案中的压力和温度传感器 362 和 364。所公开的设备的重要特征在于:与以甲烷作燃料的发动机相关联的至少一个传感器——其测量可由电子发动机控制器用来直接计算或测量排气歧管或进气歧管中的 λ 的参数;和这样一个或多个传感器与电子发动机控制器的组合,其可以命令并控制发动机在大多数运行状况下以贫燃模式运行,并且在由发动机特性曲线图定义的预定状况下以较接近于化学计量的较富的燃料混合物运行,使得 λ 小于或等于大约 1.0。

[0047] 图 4 是发动机特性曲线图的例示,其中发动机转矩在 y 轴上而发动机转速在 x 轴上。线 400 限定了发动机的转矩上限,使得在线 400 和 x 轴之间的空间是发动机的运行范围。图 4 中的轴并未示出单位,因为此图例示了该目前公开的方法所教导的途径,该方法可应用于任何发动机的发动机特性曲线图。根据该方法,发动机被控制以在大多数运行状况下以贫燃模式运行,而在某些预定运行状况下以化学计量模式运行。在图 4 中,区域 401 是示出的发动机特性曲线图上的、发动机被控制以贫燃模式运行的空间。也即,当发动机转矩和发动机转速限定发动机特性曲线图上区域 401 中的一点时,发动机控制器控制进气歧管中的空燃比,以按照大于 1.1 的平均 λ 向发动机的燃烧室传送充气。线 402 限定区域 403 的边界,区域 403 是发动机特性曲线图上的、发动机被控制以较接近于化学计量的较富的燃料混合物运行的预定区域。也即,当发动机转矩和发动机转速限定发动机特性曲线图上区域 403 中的一点时,发动机控制器控制空燃比,以按照介于约 0.95 和 1.0 之间的平均 λ 向发动机的燃烧室传送充气。

[0048] 在图 4 中,由线 402 限定的、燃烧较富的燃料混合物的预定区域,在某种程度上是任意的。该预定区域可以是发动机特性曲线图上的任意区域,但是优选地处于被频繁使用但代表预期的正常工作循环的一个小比例的区域中,使得发动机主要以贫燃模式运行。此外,如下文关于图 6 更详细描述,为在脱硫循环结束时减少对催化剂进行氧化的时间,优选地,在发动机特性曲线图上选择进行化学计量运行的区域,使得当发动机在化学计量运行模式下运行时该区域中排放气体温度通常高于 600 摄氏度,更优选地,高于 650 摄氏度。

[0049] 图 5 示出了针对不同发动机转速的、 λ 与发动机负荷的曲线图,其可以用来实现图 4 所示的发动机特性曲线图。在图 5 中右手侧的图例给出了用来绘制与以 rpm 为单位的

不同发动机运转速度相对应的线的独特记号。根据所公开的方法,对于发动机运行特性曲线图上的大多数点,发动机在平均 λ 大于 1.1 的贫燃模式下运行。被编程到发动机特性曲线图中的理想的 λ ,随着发动机转速改变,随着发动机负荷增高而逐渐增大,而且对于较高的发动机转速理想的 λ 通常较高。该模式的例外情况是,当发动机在“化学计量”运行模式下运行时(这在该实施例中是当 λ 小于或等于 1.0 时)该发动机正在预定义的发动机转速和负荷范围内运行之时,或发动机正在从化学计量运行模式转到正常的贫燃运行模式之时。在图 5 的实施例中,对于化学计量运行模式,该预定义的发动机转速范围是在 2500 和 2800rpm 之间,且该预定义的发动机负荷范围是从 0 到最大负荷的大约 20%。当发动机转速是 3000rpm 且发动机负荷小于最大发动机负荷的 50%时, λ 被控制为有助于从化学计量运行模式转换到贫燃运行模式的值,反之亦然。

[0050] 遵循一系列的被确定为发动机负荷与发动机转速之函数的预定 λ 值,所公开的方法可以用于在大多数时间中在贫燃状况下运行发动机以降低发动机排放,同时当在预定义的状况下发动机在化学计量运行模式下运行时自动地进行对甲烷氧化催化剂的周期性脱硫。

[0051] 图 6 是实验数据的曲线图,其示出了所公开的方法在使已经因吸收 SO_x 而受到抑制的甲烷氧化催化剂再生方面的效果。该数据收集自以天然气为燃料的 Cummins™ 5.9 升发动机。甲烷氧化催化剂包括渗有钨的催化性氧化铝修补基面涂层,该修补基面涂层沉积在包含硅酸铝镁的载体上。在其他实施方案中,载体可为金属或碳化硅。图 6 绘出了在甲烷氧化催化剂下游的排放气体中的甲烷浓度,其中浓度以百万分之... (ppm) 为单位测量。图 6 中绘出的数据说明了从贫燃运行模式切换到化学计量运行模式对甲烷浓度的影响。在左手侧,发动机正在贫燃运行模式下运行,甲烷浓度为大约 675ppm。在所示出的数据中,已使甲烷氧化催化剂的转化效率显著下降,以更好地说明所公开的方法的再生能力。也即,在图的左手侧,催化剂的甲烷转化效率为约 65%,且因将 SO_x 吸收到甲烷氧化催化剂的活性部位而导致催化活性被严重抑制。在通过所公开的方法对甲烷氧化催化剂脱硫后,甲烷转化效率恢复到 85-90%。通过实施所公开的方法,无论何时发动机运行在发动机特性曲线图的、发动机控制器被编程而以化学计量运行模式运行发动机的部分,都会发生脱硫,并且根据发动机特性曲线图上的化学计量区域的大小以及发动机的正常运行循环,脱硫可以足够的频率进行,从而防止甲烷氧化催化剂被抑制到图 6 中所示的程度,并且使得将甲烷转化效率恢复到 85-90%所需的时间更少。

[0052] 在图 6 中,如图例所示,对照相同的时间刻度绘制了三组数据。以百万分之... (ppm) 为单位测量的甲烷浓度和以 Nm 为单位测量的发动机转矩共享在左手边的 y 轴上带单位的、从 0 到 1000 的相同刻度。以每分钟转数 (rpm) 为单位测量的发动机转速,使用右手边的 y 轴上带单位的、从 0 到 3000 的刻度。在所标示的时间刻度的大约 1220 秒处,发动机运行模式从 λ 在 1.4 和 1.5 之间的贫燃模式,切换到平均 λ 约为 1 的化学计量模式。在为收集该数据而进行的试验中,发动机转速保持恒定直至脱硫循环结束,但发动机负荷减少,如所绘出的发动机转速和发动机转矩所示。这模拟了在发动机特性曲线图的、发动机转速被保持在 2800rpm 左右且发动机负荷远远小于最大负荷的 20%的预定区域中切换到化学计量运行模式。存在与发动机负荷的变化和为帮助脱硫而进行的使甲烷氧化催化剂到较高温度的加热相关的一些瞬态效应。在所绘出的甲烷浓度的数据中,因为甲烷传感器

的位置在甲烷氧化催化剂的下游,在测量的甲烷浓度和正从存放甲烷氧化催化剂的催化转化器离开的排气流中的甲烷浓度之间可能存在延迟。

[0053] 图 6 示出,采用所公开的方法,可以在很短的时段内发生通过脱硫实现的甲烷氧化催化剂的再生。当排放气体中过剩的甲烷转化为一氧化碳和氢气,且氢气通过与硫反应生成 H_2S 和 H_2SO_4 而从甲烷氧化催化剂中去除 SO_x 时,发生脱硫。在所进行的实验中,在化学计量运行模式下运行的时段约 60 秒,但甲烷氧化催化剂脱硫是在约 40 秒后完成。在该实验中,因为切换是手动执行,发动机在化学计量运行模式下运行的时间比发生脱硫所需的时间长,而通过让运行发动机的时间超过脱硫所需的时间,确认了脱硫是以最大可能限度完成的。也即,在大约 1260 秒标记处甲烷浓度的增加表明脱硫完成。当发动机被切换回贫燃运行模式,且瞬态效应已减退时,所测量的甲烷浓度证实,甲烷转化效率恢复到了 85-90%。

[0054] 虽然在图 6 中未示出,但是当发动机切换到化学计量运行模式时,被引导至甲烷氧化催化剂的排放气体的温度升高。在产生图 6 所示数据的测试中,在 1220 秒标记之前的贫燃运行模式下,即使采用相对于脱硫时段来说较高的发动机转矩,进入催化转化器的排放气体的温度也为约 645 摄氏度。当发动机切换到化学计量运行模式时,发动机转矩低得多,但进入催化转化器的排放气体的温度增大至约 700 摄氏度。排放气体温度优选地保持低于 800 摄氏度,因为高于此温度的温度会损害甲烷氧化催化剂。当发动机在 1275 秒标记之后切换回贫燃运行模式时,进入催化转化器的排放气体的温度降回约 645 摄氏度。可以相信,当甲烷氧化催化剂的温度低于 600 摄氏度时,甲烷氧化催化剂的脱硫较差,并且对于针对图 6 中绘出的实验数据而选择的、发动机特性曲线图中的以化学计量运行模式运行的预定区域,当在化学计量运行模式下以高发动机转速和低发动机转矩运行时,排放气体处于对甲烷氧化催化剂进行脱硫的理想温度。

[0055] 可以相信,当甲烷氧化催化剂处于氧化状态时,甲烷氧化催化剂在氧化甲烷方面更为有效,且在通过所公开的脱硫循环将硫从该催化剂的活性部位驱除之后,甲烷氧化催化剂未被氧化。因此,在以化学计量运行模式运行发动机并完成脱硫循环后,当发动机切换回贫燃运行模式时,催化剂的甲烷转化效率并未恢复,直到甲烷催化剂被氧化,这解释了,在从脱硫模式切换到正常的贫燃运行模式之后,在所测量的甲烷浓度中观察到的一些瞬态效应。

[0056] 在正常运行状况下,在实践所公开的方法时,发动机可能会在随机的时间间隔中在化学计量状况下运行。例如,当车辆正在调低速档或沿山向下滑行时,发动机可能暂时在发动机特性曲线图上的被指定进行化学计量运行的区域中运行。可以基于发动机的预期运行周期来选择发动机特性曲线图上的预定发动机转速和负荷范围的大小,以提供自动再生甲烷氧化催化剂的足够时段。无论何时发动机在和化学计量运行模式相关联的预定义状况下运行,甲烷氧化催化剂都可以完全再生或部分再生,这取决于发动机在化学计量运行模式下运行的时间长度。

[0057] 因为甲烷氧化催化剂可以在短时段内(在实验实施例中,当催化剂被严重抑制时,大约 40 秒)完全再生,所以发动机的启动序列可以可选地包括发动机暖机序列——该发动机暖机序列包括对甲烷氧化催化剂的脱硫,这样,发动机可以通过借助于再生甲烷氧化催化剂而将甲烷转化效率恢复到较高水平,来开始每个运行循环。也即,作为启动序列的一部分,发动机控制器可以被编程以命令发动机在发动机特性曲线图中的、发动机在化学

计量运行模式下运行的区域内运行一段预定时间。在另一实施方案中,当车辆静止时,发动机控制器可以被编程以在其他预定时间在化学计量模式下运行。例如,如果所公开的以甲烷作燃料的发动机是垃圾车的原动机,当该垃圾车静止且发动机控制器识别出操作员已经停车来捡拾或倾倒装载物时,发动机控制器可命令发动机在化学计量运行模式下运行一段预定的时间或运行至该车辆被命令从其静止位置开始移动为止。在这些例子中(启动和车辆静止时的预定时间),同样的方法用于甲烷氧化催化剂的脱硫。也即,发动机在发动机特性曲线图中的预定区域内在化学计量运行模式下运行。唯一的区别在于,发动机控制器可被编程为,当发动机控制器识别出预定的运行状况时,在该特性曲线图的那部分运行发动机,而不是当在运行发动机的正常过程中发动机在该特性曲线图的那部分运行时。

[0058] 虽然已经示出并描述了本发明的具体要素、实施方案和应用,然而可以理解的是,本发明并不限于此,因为本领域技术人员可以在不偏离本公开内容的范围的前提下,尤其是根据前述教导,作出修改。

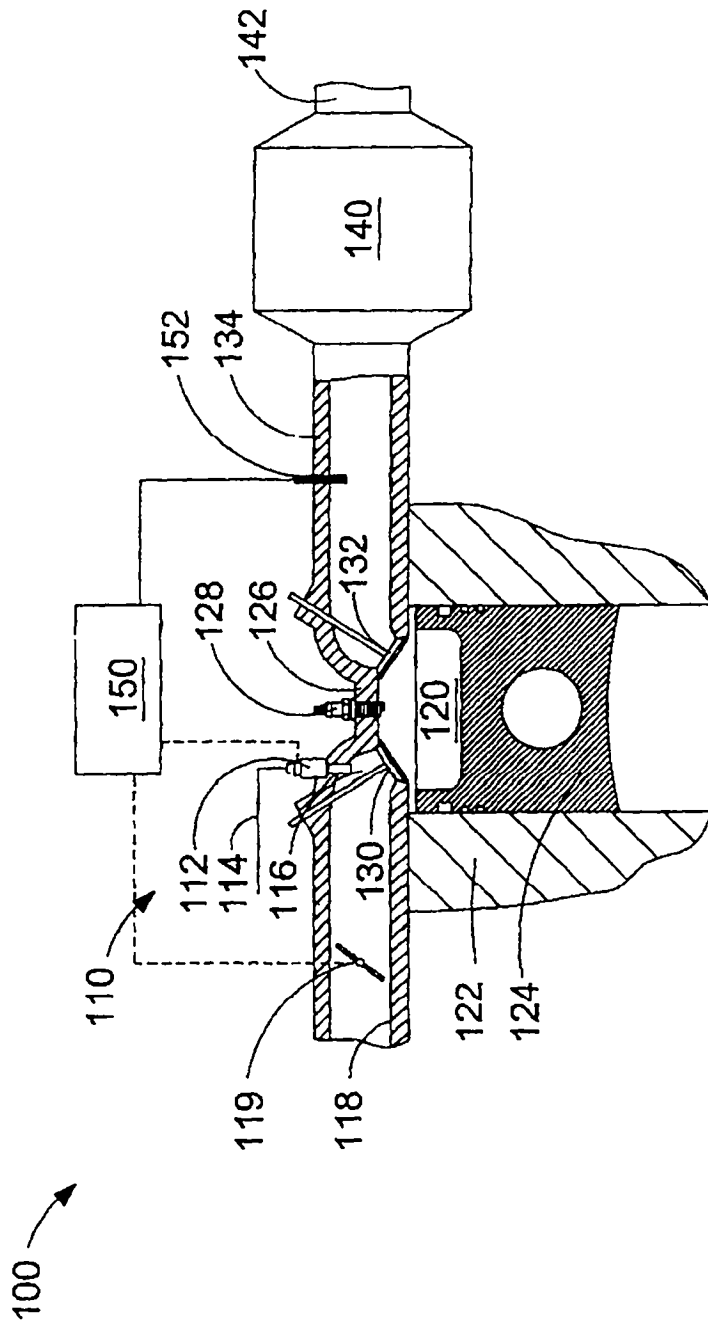


图 1

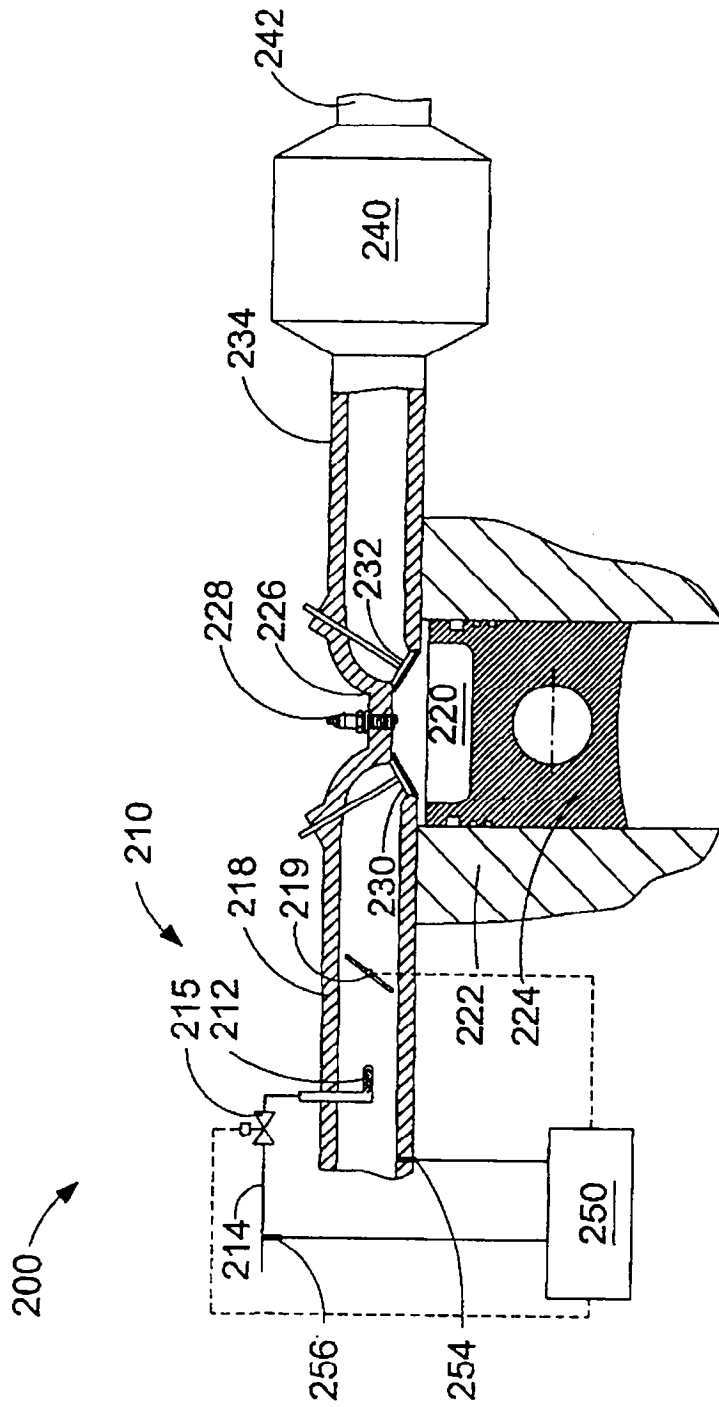


图 2

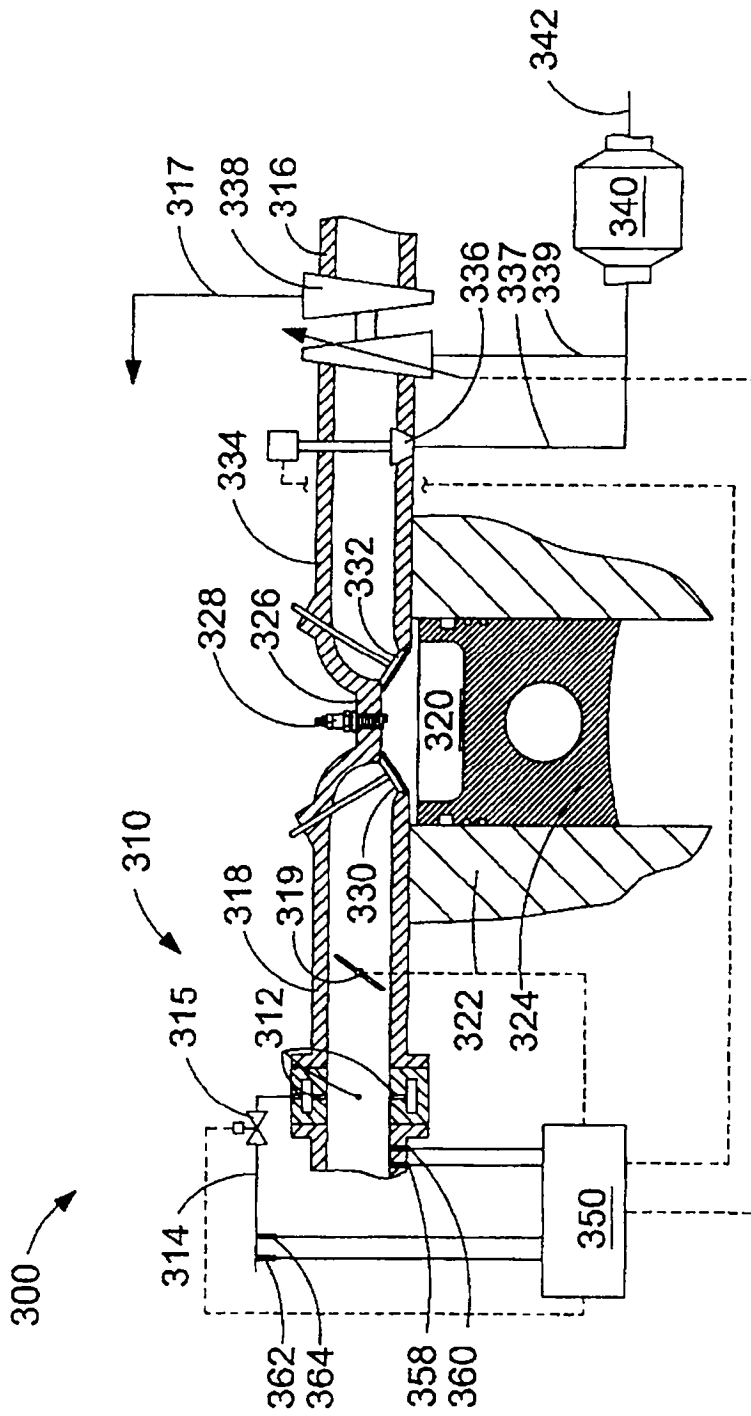


图 3

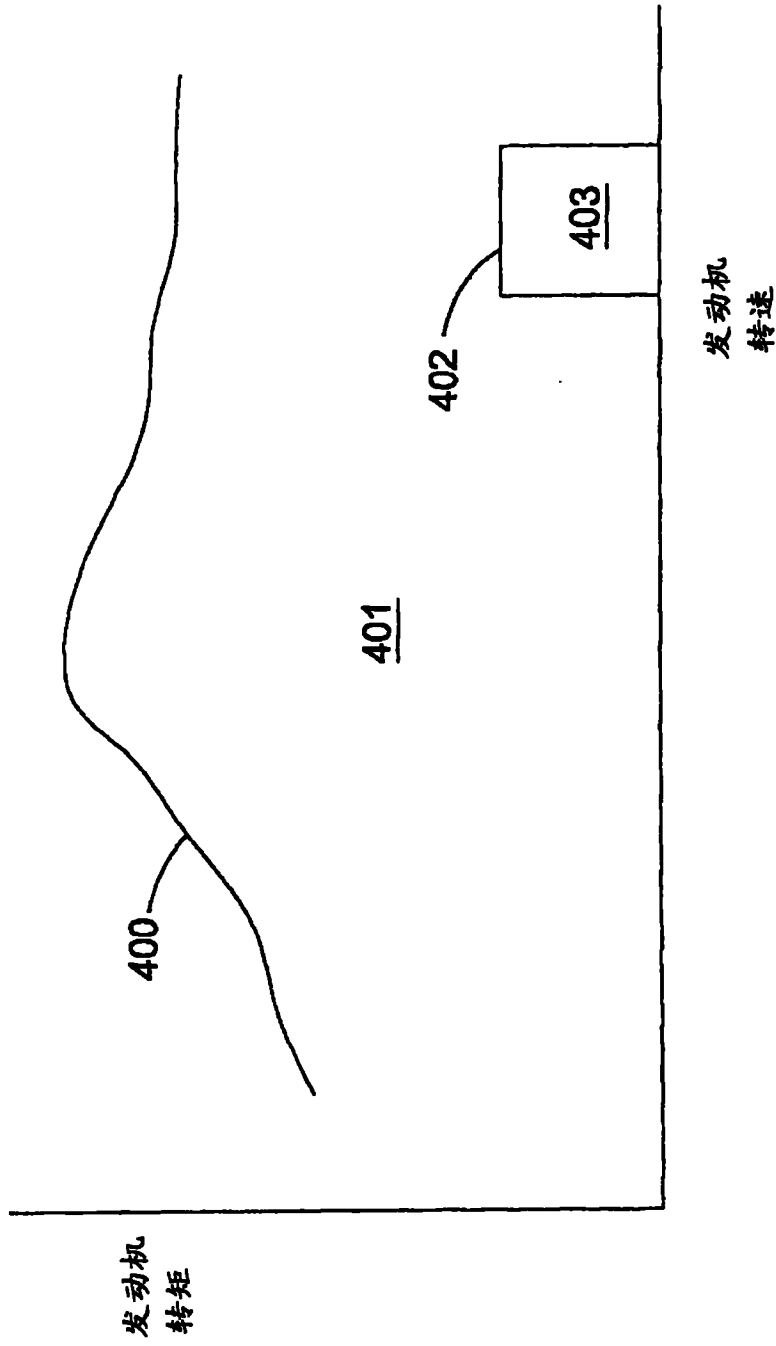
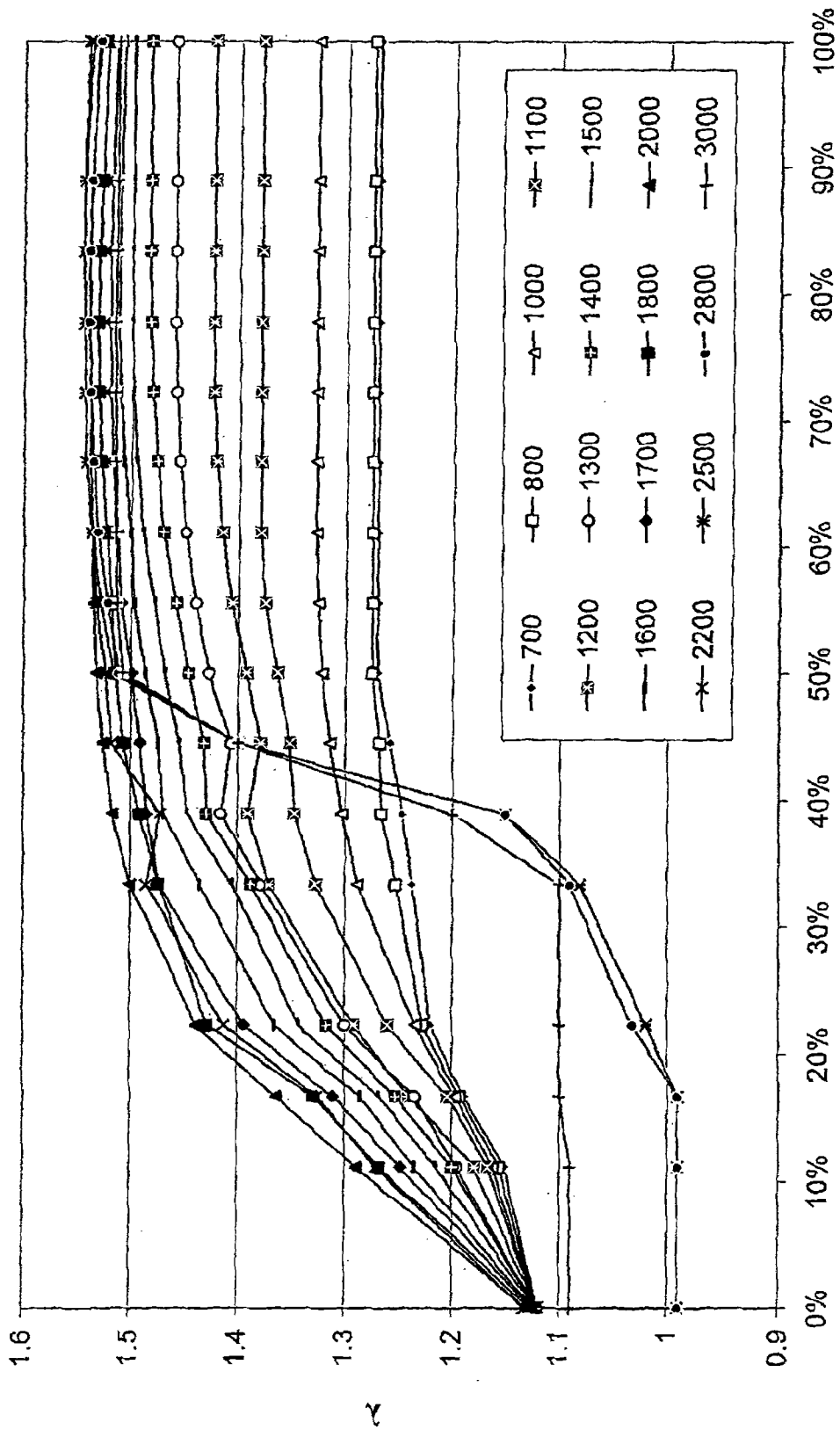


图 4



发电机负荷

图 5

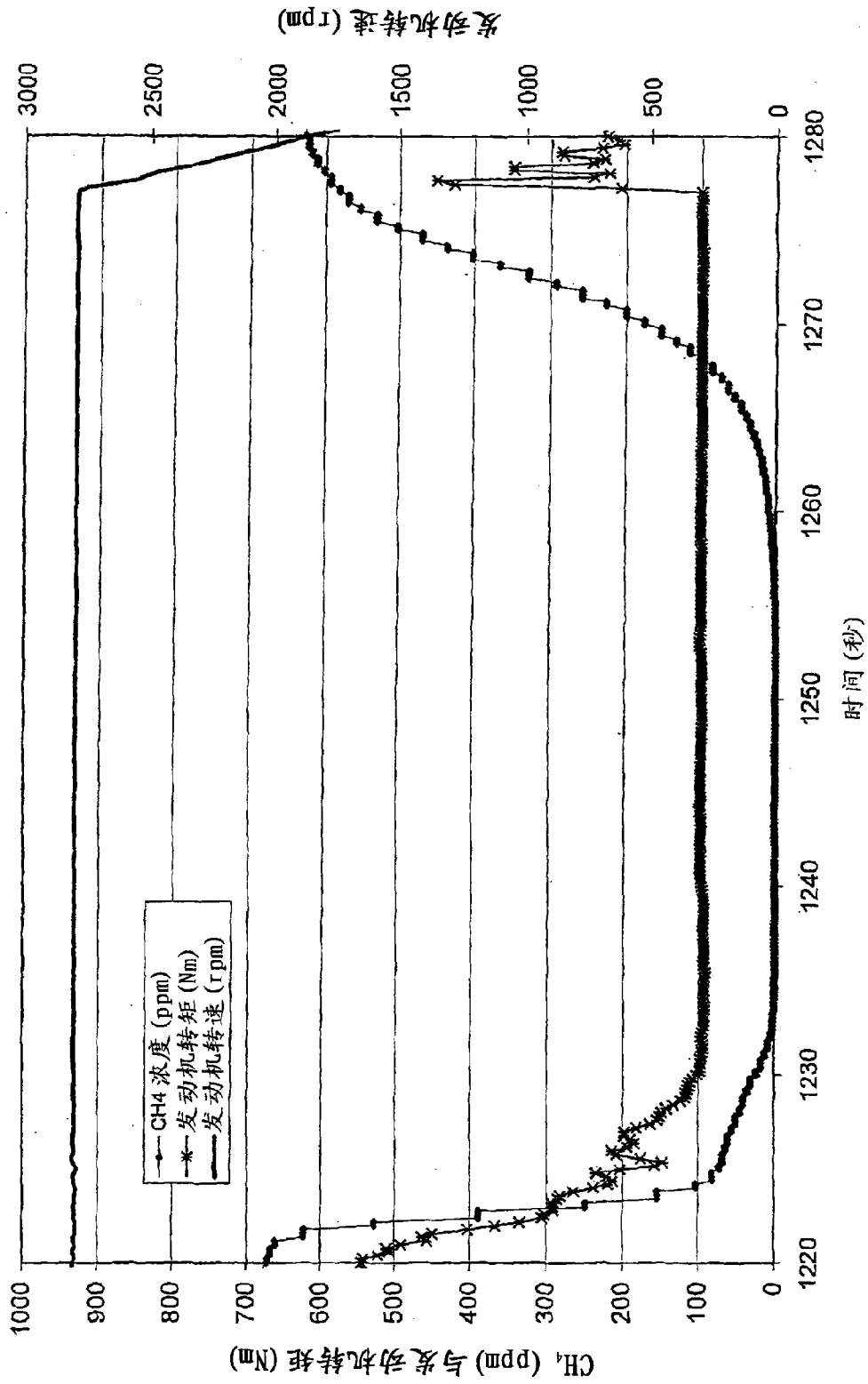


图 6