



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113685301 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 23

(21) 申请号 202110902809.3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2017.08.10

F02P 9/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

F02D 11/10 (2006.01)

62/373,449 2016.08.11 US

F02D 17/02 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

F02D 29/02 (2006.01)

201780047706.5 2017.08.10

F02D 41/02 (2006.01)

F02D 41/26 (2006.01)

(71) 申请人 图拉技术公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 拉姆·苏布拉马尼安

路易斯·J·塞拉诺

马修·A·杨金斯

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有

限公司 11270

代理人 赵桂芳 姚开丽

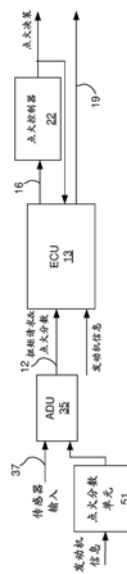
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

控制发动机的操作的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种发动机控制系统,包括:被布置用于引导发动机的操作以输送请求的扭矩的发动机控制器,其中所述发动机控制器能够在多个不同的有效排量下引导所述发动机的操作;以及被配置用于确定请求的扭矩的自动驾驶单元,其中,所述自动驾驶单元在确定所述请求的扭矩时利用与所述不同排量相关联的燃料经济性信息。本发明还涉及一种自主车辆、运行发动机的方法,和运行自主车辆的方法。



1. 一种发动机控制系统,包括:

被布置用于引导发动机的操作以输送请求的扭矩的发动机控制器,其中所述发动机控制器能够在多个不同的有效排量下引导所述发动机的操作;以及

被配置用于确定请求的扭矩的自动驾驶单元,其中,所述自动驾驶单元在确定所述请求的扭矩时利用与所述不同排量相关联的燃料经济性信息。

2. 如权利要求1所述的发动机控制系统,其中,当确定操作有效排量时,所述自动驾驶单元考虑队列中的多个车辆的集体燃料经济性。

3. 一种自主车辆,包括:

自动驾驶单元,所述自动驾驶单元被布置用于在一定速度范围内引导车辆的操作;

能够以多个排量水平运行的内燃发动机,其中,由所述发动机产生的扭矩推进所述车辆;以及

发动机控制器,所述发动机控制器被配置用于以使燃料效率最大化的排量水平运行所述发动机,同时将车辆操作保持在所述速度范围内并且提供可接受的NVH特性。

4. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,选择所述速度范围使得所述自主车辆牵引领头车辆。

5. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,所述速度范围基于所述局部速度限制。

6. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,所述速度范围基于关于行程起始点和行程目的地之间的总行驶时间的驾驶员输入。

7. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,能够以多个排量水平运行的所述内燃发动机是跳过点火控制的发动机。

8. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,所述自动驾驶单元与其他运行车辆通信,并且接收关于其局部环境的其他信息。

9. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,限制所述速度范围内的所述车辆加速度和减速度以提供可接受的NVH特性。

10. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,限制所述速度范围的变化率以提供可接受的NVH特性。

11. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,使燃料效率最大化的所述排量水平以最小制动比燃料消耗的20%内的制动比燃料消耗操作所有点火汽缸。

12. 如权利要求3所述的自主车辆,其中,所述车辆包括能够从用于推进所述车辆的所述内燃发动机供给的扭矩中减去扭矩的辅助装置。

13. 一种运行发动机的方法,包括:

使用自动驾驶单元引导车辆在速度范围内操作;

以多个排量水平运行内燃发动机,其中,由所述发动机产生的扭矩推进所述车辆;

以使燃料效率最优化大同时在所述速度范围内保持车辆操作并提供可接受的NVH特性的排量水平运行所述发动机。

14. 一种运行自主车辆的方法,所述方法包括:

在一定时间间隔内基于预期驾驶条件,确定建议的车辆速度范围和可接受的NVH特性;

确定多个建议的传动系扭矩分布,所述多个建议的传动系扭矩分布在所述建议的速度范围内在所述时间间隔内推进所述车辆并且具有可接受的NVH特性,其中,所述传动系扭矩

分布中的扭矩中的至少一些扭矩由内燃发动机提供；

确定所述多个建议的传动系扭矩分布中的至少一些建议的传动系扭矩的燃料效率；

选择使燃料效率最大化的所述建议的传动系扭矩分布作为所述运行传动系扭矩分布；

以及

用所述运行传动系扭矩分布运行所述车辆。

15. 如权利要求14所述的方法,其中,所有所述传动系扭矩由所述内燃发动机提供。

16. 如权利要求14所述的方法,其中,所有所述传动系扭矩由与电动马达/发电机结合工作的所述内燃发动机提供。

17. 如权利要求14所述的方法,其中,所述内燃发动机是跳过点火控制的内燃发动机,并且每个建议的传动系扭矩分布具有相关联的点火密度。

18. 如权利要求14所述的方法,其中,所述时间间隔基于所述驾驶条件来变化。

19. 如权利要求14所述的方法,其中,所述自主车辆包括持续检查所述驾驶条件变化的自动驾驶单元。

20. 如权利要求14所述的方法,其中,所述建议的车辆速度范围至少部分基于牵引另一车辆或被另一车辆牵引。

控制发动机的操作的方法

[0001] 本申请是申请号为201780047706.5、申请日为2017年8月10日、发明名称为“控制发动机的操作的方法”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及用于提高发动机的燃料效率的技术。

背景技术

[0003] 在一个示例中,在驾驶期间识别环境,其中通过实现较低有效排量的使用,发动机扭矩输出的略微降低可以引起不成比例的较多的燃料节省。所描述的技术特别好地适合于在自动驾驶车辆中实施。

[0004] 近来,已大力开发具有自主或半自动驾驶能力的乘用车。虽然现在全自主车辆尚未商业化,但在其开发方面已经取得了巨大进步,并且预期自动驾驶车辆将在相对不久的将来成为商业现实。

[0005] 现今运行的大多数车辆(以及许多其他装置)是由内燃(IC)发动机提供动力的。内燃发动机典型地具有多个汽缸或其他工作室,在这些汽缸或其他工作室中发生燃烧。在正常行驶条件下,内燃发动机产生的扭矩需要在宽泛的范围内变化,以便满足驾驶员的操作需要。许多类型的内燃发动机的燃料效率可以通过改变发动机的排量来实质性地改善。这允许在需要时可获得最大扭矩,还可以在不需要最大扭矩时通过使用较小排量来显著地减少泵送损失并提高燃料效率。现今改变排量的最常见方法是基本上同时停用一组汽缸。在这种方法中,不向停用的汽缸输送燃料,并且只要这些汽缸保持停用,就保持其相关联的进气阀和排气阀关闭。

[0006] 改变发动机的有效排量的另一种发动机控制方法被称为“跳过点火式”发动机控制。通常,跳过点火式发动机控制设想在选定的点火时机期间选择性地跳过某些汽缸的点火。因此,特定汽缸可以在一个发动机循环期间被点火、然后可以在下一个发动机循环期间被跳过,并且然后在下一个发动机循环期间被选择性地跳过或点火。跳过点火式发动机操作区别于传统的可变排量发动机控制,其中指定的一组汽缸基本上同时停用并且只要发动机保持在相同的排量模式下就保持停用。因此,在任何特定可变排量模式下的运行期间,对于每个发动机循环而言特定汽缸点火的次序总是完全相同(只要发动机保持在相同的排量模式下),而在跳过点火式运行期间通常不是这样。例如,8缸可变排量发动机可以停用这些汽缸中的一半(即,4个汽缸),这样使得仅使用剩余的4个汽缸运行。现今可获得的在市场上可购买到的可变排量发动机通常仅支持两种或至多三种固定排量模式。

[0007] 通常,跳过点火式发动机运行有助于比使用传统的可变排量途径可能实现的更精细地控制有效发动机排量。例如,对4缸发动机中的每隔两个汽缸进行点火将提供为最大发动机排量的1/3的有效排量,这是通过简单地停用一组汽缸所不能获得的分数排量。在概念上,使用跳过点火式控制几乎可以获得任何有效排量,但在实践中大多数实现方式将运行限制于可用点火分数、序列或模式的集合。本申请人已经提交了描述跳过点火式控制的多

种不同方法的多份专利。举例来说,美国专利号7,849,835;7,886,715;7,954,474;8,099,224;8,131,445;8,131,447;8,464,690;8,616,181;8,839,766;8,869,773;9,086,020;9,120,478;9,175,613;9,200,575;9,291,106;9,399,964等描述了使得在跳过点火运行模式下运行各种各样的内燃发动机可行的各种发动机控制器。这些专利中的每一项都通过援引并入本文。

[0008] 本申请人已经提交了描述跳过点火式控制的多种不同方法的多份专利。举例来说,美国专利号8,099,224;8,464,690;8,651,091;8,839,766;8,869,773;9,020,735;9,086,020;9,120,478;9,175,613;9,200,575;9,200,587;9,291,106;9,399,964等描述了使得在动态跳过点火运行模式下运行各种各样的内燃发动机可行的各种发动机控制器。这些专利中的每一项都通过援引并入本文。这些专利中的许多专利涉及动态跳过点火控制,在所述动态跳过点火控制中,实时作出关于在特定工作循环期间是跳过特定汽缸还是对其进行点火的点火决策——通常刚好在工作循环开始前不久并且通常在对单缸逐个点火时机的基础上。

[0009] 在一些被称为动态多级跳过点火的应用中,被点火的单独工作循环可以以不同的汽缸输出水平有目的地运行,也就是说,有目的地使用不同的进气量和相应燃料供给水平。举例来说,美国专利号9,399,964描述了一些这样的方法。在动态跳过点火中使用的单缸控制概念还可以应用于动态多进气水平发动机运行,其中,所有汽缸都被点火,但单独的工作循环以不同的汽缸输出水平有目的地运行。动态跳过点火和动态多进气水平发动机运行可以被共同视为不同类型的动态点火水平调制发动机运行,其中,每个工作循环(例如,跳过/点火、高/低、跳过/高/低等)的输出是在发动机运行期间通常在逐个单缸工作循环(逐个点火时机)的基础上动态确定的。应当理解的是,动态点火水平发动机运行不同于传统的可变排量,在传统的可变排量中,当发动机进入排量减小的运行状态时,限定的一组汽缸通常以总体上相同的方式运行,直到发动机转换到不同的运行状态。

[0010] 本申请描述了多种技术,通过这些技术,在确定驱动分布或特定扭矩请求时,可以通过利用跳过点火、动态点火水平调制和其他可变排量考虑来提高车辆尤其是自主车辆的燃料效率。

发明内容

[0011] 本发明总体上涉及用于提高由能够以各种不同的排量水平运行的内燃发动机提供动力的车辆的燃料效率的技术。自动驾驶单元或巡航控制器选择何时可以使与燃料有效的排量水平相对应的发动机扭矩输出变为可能。所得到的车辆速度分布和NVH水平对于车辆乘员是可接受的。

[0012] 用于确定提供了比请求的发动机扭矩更好的燃料经济性的操作发动机扭矩、同时输送性能是至少接近由在请求的发动机扭矩下的操作所获得的性能的方法、装置、控制器和算法。所描述的装置和方法中的一些装置和方法特别适合与自主车辆结合使用。

[0013] 在一方面,从适合于输送期望发动机输出的多个潜在可用的有效操作排量确定用于输送期望发动机输出的燃料效率最高的建议的有效操作排量。然后确定是否存在具有比期望发动机扭矩更好的相关联燃料经济性的替代性发动机扭矩,该替代性发动机扭矩接近但不同于期望发动机扭矩。当确定存在具有比期望发动机扭矩更好的燃料经济性且适合于

当前使用的替代性发动机扭矩时,引导发动机的操作以输送替代性发动机扭矩。

[0014] 在一些实施例中,确定是否存在适合于在当前运行条件下使用的可用的替代性有效操作排量,该替代性有效操作排量能够以比建议的有效操作排量更好的燃料经济性输送接近于期望的发动机扭矩。如果是这样,则发动机以替代性有效工作排量运行,以便输送低于但接近期望发动机输出的发动机输出。

[0015] 在另一方面,自动驾驶单元被配置用于在确定请求的扭矩时使用与不同的有效操作排量相关联的燃料经济性信息来确定请求的扭矩。在一些实施例中,当确定操作有效排量时,利用队列中的多个车辆的集体燃料经济性。

[0016] 在另一实施例中,自主车辆被配置用于以最大化燃料效率的排量水平运行其发动机,同时将车辆操作保持在速度范围内并提供可接受的NVH特性。

附图说明

[0017] 通过参照以下结合附图给出的说明,可以最好地理解本发明及其优点,在附图中:

[0018] 图1是展示了代表性的跳过点火式发动机控制器的架构的框图。

[0019] 图2是展示了根据一个实施例的利用跳过点火式发动机控制的自主驱动发动机控制方案的架构的框图。

[0020] 图3是展示了根据第二实施例的利用跳过点火式发动机控制的自主驱动发动机控制方案的架构的框图。

[0021] 图4是展示了利用基于跳过点火的燃料效率考虑来确定扭矩请求的代表性方法的流程图。

[0022] 图5是展示了根据第三实施例的利用跳过点火和微混合动力发动机控制的自主驱动发动机控制方案的架构的框图。

[0023] 图6是展示了根据第四实施例的利用跳过点火式发动机控制的自主驱动发动机控制方案的架构的框图。

[0024] 图7是与代表性行程相关联的代表性驱动分布。

[0025] 图8示出了与控制在一定速度范围内而不是控制在固定的恒定速度相关联的代表性驱动分布。

[0026] 图9是展示了基于建议的速度范围、可接受的NVH特性和时间间隔来确定最大化燃料效率的运行扭矩分布的代表性方法的流程图。

[0027] 在附图中,相同的附图标记有时用于表示相同的结构元件。还应当认识到,附图中的描绘是示意性的而不是按比例绘制的。

具体实施方式

[0028] 大多数跳过点火式发动机控制器具有可以在发动机的跳过点火操作期间使用的限定的一组点火模式或点火分数。每个点火模式/分数具有对应的有效发动机排量。通常,所支持的该组点火模式/分数相对有限,例如,特定发动机可能被限制为使用1/3、1/2、2/3和1的点火分数。其他跳过点火控制器有助于使用明显更独特的点火模式或分数。通过举例,申请人设计的一些跳过点火控制器有助于在零(0)和一(1)之间的具有九(9)或更小的整数分母的任何点火分数下操作。这种控制器具有一组29个潜在的点火分数,具体为:0、1/

9、1/8、1/7、1/6、1/5、2/9、1/4、2/7、1/3、3/8、2/5、3/7、4/9、1/2、5/9、4/7、3/5、5/8、2/3、5/7、3/4、7/9、4/5、5/6、6/7、7/8、8/9和1。虽然29种潜在的点火分数可以是可能的,但并非所有点火分数都适合于在所有环境中使用。而是,在任何给定时刻,可能存在能够输送期望的发动机扭矩同时满足制造商强加的驾驶性能和噪音、振动和不平顺性(NVH)约束的更有限的一组点火分数。发动机的点火模式或点火分数也可以表示为有效操作排量,该有效排量表示在当前运行条件下用于通过燃料燃烧产生扭矩的发动机的平均排量。

[0029] 通常,发动机控制器将基于驾驶员需求(例如,加速器踏板位置)加上任何辅助装置(例如,空调、交流发电机/发电机等)施加的负载来确定期望的/请求的发动机扭矩。在自动驾驶汽车的情况下,驱动扭矩请求可以由自动驾驶单元(ADU)做出。在操作期间,跳过点火控制器将确定用于输送请求的扭矩的适当点火分数/模式,通常考虑其他相关的发动机或车辆运行参数,例如发动机速度、挡位、车辆速度等。在一些情况下,环境因素(例如道路粗糙度或环境噪声水平)也可以用于确定期望的点火分数/模式。现有技术的点火分数选择通常考虑选择燃料最佳点火分数,该燃料最佳点火分数可以输送请求的扭矩并满足指定的NVH和驾驶性能要求。

[0030] 在大多数情况下,对于任何给定的发动机输出,具有较低点火密度的点火分数/模式的燃料效率比较高点火密度模式/分数的燃料效率高。因此,一种常见的方法是选择最低点火分数,该最低点火分数可以输送请求的发动机扭矩、同时满足任何强加的驾驶性能要求和/或其他设计要求。

[0031] 不管可用的点火模式/分数的数量如何,在当前条件下,总会存在请求的扭矩略高于与特定点火分数相关联的上扭矩阈值的时刻。在这种情况下,跳过点火控制器将引导或推荐使用较高的点火分数,这样通常燃料效率较低。给出一个具体示例,考虑特定的驾驶条件(例如,在1000RPM的发动机转速情况下的3挡挡位操作),伴随着特定的扭矩请求(例如,73.5N*m(净值))。在这样的条件下,跳过点火控制器可以推荐使用2/3点火分数,该点火分数可能导致每秒0.645克的燃料流量。如果控制器请求略微较低的扭矩,例如73N*m,则跳过点火控制器可以推荐使用1/2的点火分数,该点火分数可能具有每秒0.586克的对应的燃料流量。因此,在具体描述的情况下,将扭矩请求降低0.5N*m(其可以小于1%)可以导致燃料消耗减少近10%。

[0032] 据信,大多数汽车制造商将非常不愿意实施在所描述类型的情况下给驾驶员的动力比他们正在请求的动力少的动力输送方案。这在很大程度上是由于这样的感觉,即如果未输送期望的扭矩则驾驶体验将会恶化,并且驾驶员将会通过改变扭矩需求来作出反应(例如,如果输送的扭矩太少,则进一步压下加速器踏板)。这种随后的反应使得更难以提供最佳有效的扭矩输送。然而,在自动驾驶的情况下,乘客不太可能关心这种微小的变化,因此这种折衷对于自动驾驶单元(ADU)来说是完全可以接受的。在这种情况下,ADU可以通过在决定在任何给定时刻请求的扭矩量时考虑这种类型的燃料效率影响来提高整体燃料效率。当然,如果对于驾驶员/控制器设计者这种折衷是可接受的,则在普通(非自主)驾驶期间在确定扭矩请求时可以使用同样的燃料效率考虑。本申请描述了用于通过利用这些类型的折衷(尤其是在自动驾驶期间)来提高燃料经济性的技术。

[0033] 也可能存在以下情况,其中可以通过提供比通常请求的扭矩更大的扭矩来降低与行程相关联的总燃料消耗。例如,使用上面讨论的条件,如果需要降低歧管压力以有助于传

输 $72N \cdot m$ 的扭矩(由于增加的泵送损失),则以输送 $72N \cdot m$ 的请求扭矩点火分数为 $1/2$ 进行运行可能比输送 $73N \cdot m$ 的扭矩效率低。在这种情况下,ADU可以选择请求略微较高的扭矩来提高燃料效率。还描述了用于利用这些类型的燃料效率增益的技术。

[0034] 接下来参照图1(现有技术逻辑的高级概述),将描述跳过点火式发动机控制。在展示的实施例中,驾驶员5感测并处理现实世界信息6,并踩下加速器踏板以控制发动机的输出。加速器踏板位置可以被有效地视为跳过点火式发动机控制器或发动机控制单元(ECU)13的扭矩请求11。ECU 13确定适当的点火分数16和适合于输送请求扭矩的其他相关联的车辆和发动机运行参数19,诸如变矩器滑差、变速器挡位、节气门位置、气门正时等。点火控制器22使用所选择的点火分数16来确定具体的点火正时。点火决策被报告给跳过点火式发动机控制器,该跳过点火式发动机控制器可以在对任何部分都基于特定点火决策或汽缸点火历史的任何发动机、动力系或车辆参数控制时利用特定点火决策的知识。将受到特定点火决策和/或点火历史影响的参数的示例包括控制汽缸停用/激活的阀控制、燃料注入决策、注入的燃料质量和点火正时。

[0035] 图2是根据与图1大体相似的一个特定实施例的使用跳过点火式发动机控制的自动驾驶控制的逻辑的高级概述。在此实施例中,ADU 35有效地替代了驾驶员,因为它从传感器或感测与其局部环境有关的现实世界信息6的其他源接收输入37。这种输入可以包括通过与其他车辆通信、从全球定位系统(GPS)、从交通信号等获得的信息。ADU基于其专有算法来确定驱动扭矩请求。在一些实施例中,ADU能够完全控制在自动驾驶模式下的车辆的操作。这可能涉及无人驾驶车辆中的全部行程规划、或者涉及在也可以在手动控制下操作的车辆中的自动驾驶模式。更一般地,ADU可以是确定驱动扭矩请求的任何装置或模式。例如,先进的巡航控制装置可以在此实施例的背景中用作ADU,因为它管控驱动扭矩请求。

[0036] ADU 35处理其所有相关输入,并基于这些输入向跳过点火式发动机控制器(ECU)13提供驱动扭矩请求11。跳过点火式发动机控制器13和点火控制器22基本上与以上关于图1所述的相同地进行操作。一个不同之处在于,跳过点火式发动机控制器13可以基于当前发动机状态(即,在当前运行条件下),向ADU提供指示与不同的扭矩请求相关联的预期燃料效率的信息,如线39所示。这样的扭矩/燃料效率数据然后可以被ADU使用以在确定初始驱动扭矩请求11时结合基于跳过点火的燃料效率考虑。ADU可以在其最小制动比燃料消耗(BSFC)处或其附近的操作点处操作点火汽缸,以使燃料效率最大。例如,点火的汽缸可以以最小BSFC的2%、5%、10%或20%内的BSFC操作。

[0037] 图3提供了替代的基于ADU的控制方案的逻辑的高级概述。在此实施例中,点火分数单元51和ADU 35协作以确定期望的点火分数,该期望的点火分数与如线12表示的请求的扭矩一起被提供给ECU 13。ECU 13通知点火控制器22期望的点火分数,并适当地引导各种发动机设置以便以输送期望的扭矩的跳过点火方式来运行发动机。

[0038] 在展示的实施例中,点火分数单元51确定在当前运行条件下可用的点火分数,并识别应结合不同扭矩请求使用的特定的点火分数。点火分数单元将此信息和对应的燃料消耗数据一起提供给ADU。ADU在确定适当的扭矩请求时利用此燃料消耗信息。然后,期望的扭矩与由点火分数单元51提供的相关联的点火分数一起被发送到ECU。

[0039] 当作出基于跳过点火的燃料经济性决策时,重要的是正在考虑的扭矩请求是总扭矩请求,而不是简单的驱动扭矩请求(其是旨在用于传动系的扭矩)。总扭矩请求包括任何

附件扭矩负载(例如,空调单元、交流发电机等施加的(多个)负载)。在任何类型的混合动力车辆中(包括全混合动力、轻度混合动力、小型混合动力、微型混合动力等),它还包括由任何马达/(多个)发电机等产生的任何扭矩负载(或扭矩增加)。图2的架构的潜在优点是ECU知道附件的扭矩需求,并且因此可以容易地在点火分数和燃料消耗确定中包括这种负载的影响。当燃料效率数据来自另一个源(例如点火分数单元51)时,ADU通常负责了解和补偿由附件产生的扭矩负载,这趋于使ADU设计复杂化。

[0040] 虽然仅明确示出了几个特定的跳过点火控制架构,但是应当理解的是,所描述的功能也可以使用各种其他控制架构来实现。在不同的实施例中,ADU功能、发动机控制功能、点火分数确定功能、燃料信息确定功能和点火控制功能中的任何一个可以组合成集成单元,或者它们各自的功能可以在多个部件之划分,这些部件可以以被认为适合于特定实施方式的任何方式集成。独立于精确的实施架构,可以与发动机扭矩一起管理附件扭矩,以在预测的或实际的驱动分布上优化车辆燃料消耗。例如,如果车辆速度和点火密度的最佳组合导致太高或太低的扭矩以至于不能保持给定的车辆速度,则可以通过调度交流发电机、混合动力马达、空调系统、发电机等来适当地增加/减少扭矩。

[0041] 接下来参照图4,将描述用于部分基于跳过点火相关的燃料经济性考虑来确定扭矩请求的非排他性方法。在展示的实施例中,在步骤301,ADU 35基于结合当前和/或预期驾驶条件的驾驶计划来确定建议的扭矩。建议的扭矩计算的复杂性可以根据实施方式的不同而大大改变。在一些实施例中,建议的扭矩在很大程度上基于期望的车辆速度,其非常简单的版本可以基于巡航控制概念。更复杂的ADU可以利用车辆可用的来自外部网络和/或来自附近无线连接的车辆的任何感测参数或信息来进行扭矩确定。

[0042] 对于任何给定的扭矩请求,如步骤303所示,可以容易地确定适合于在当前运行条件下输送该请求扭矩同时保持在期望驾驶性能约束内的燃料效率最高的点火分数。通过举例,在图2的实施例中,发动机控制器13被布置用于基于请求的扭矩来确定操作点火分数。在图3的实施例中,点火分数单元51确定将适于不同水平扭矩请求的点火分数。一旦点火分数和扭矩请求已知,就可以容易地确定相关联的燃料效率信息。更一般地,对于任何给定的操作条件(例如,发动机速度、挡位等),可以容易地估计适于任何给定扭矩请求的点火分数以及对应的燃料消耗特性。

[0043] 在步骤305,ADU获得关于与不同水平扭矩请求相关联的燃料效率的信息。此燃料经济性数据可以从各种不同的来源获得。例如,在图2的实施例中,不同扭矩请求的燃料效率数据由发动机控制器13提供。在其他实施例中,分离的点火分数计算器51可以被布置用于识别一组潜在点火分数并估计它们的相关联燃料经济性特征,如图3的实施例所展示的。在其他情况下,ADU可以包括算法或者可以访问查找表,这些查找表基于当前操作条件(例如,发动机速度、挡位、各种发动机设置等)来估计不同请求扭矩水平下的预期燃料消耗率(或者燃料经济性的其他适当测量)。

[0044] 在步骤307,ADU利用燃料经济性信息来确定是否存在具有接近于建议的扭矩请求的输出水平的、具有比建议的扭矩请求更好的燃料经济性的替代性扭矩请求水平。如果是,ADU在步骤309中确定替代性扭矩水平是否适合于在当前驱动计划中使用。如果替代性的、燃料效率较高的扭矩水平被认为适合于使用,则将替代性扭矩水平作为扭矩请求发送,如步骤315所示。如果没有燃料效率较高的接近的替代性扭矩水平(如步骤307中确定的),或

者如果这种替代性扭矩水平被认为不适用于在当前条件下使用(如步骤309中确定的),则将建议的扭矩作为扭矩请求发送到ECU,如311所示。在一些情况下,与点火分数相关联的扭矩水平可以以其可接受的NVH限制或者在其附近操作发动机。一般来说,点火汽缸将以其最小BSFC值或者在其附近操作。

[0045] 应该理解的是,与哪些替代性扭矩水平可能值得考虑相关联的阈值和确定哪些替代性扭矩水平是合适的两者都是可以基于ADU的复杂程度而大大改变的相对确定。例如,在一些实施例中,ADU可以被布置用于仅查看在请求的扭矩的规定阈值范围内的替代性扭矩请求,例如,在预期扭矩的具有增强的燃料效率增益的X%内(例如,在1%、2%或5%内)。扭矩输出的相对较小的变化通常是完全可以接受的,但是在其他情况下(诸如当与交通状况合并时),当车辆速度开始与期望的ADU确定的速度偏离太多时,或者当车辆在繁忙的交通状况中移动时,扭矩请求的变化可能是不太可接受。如下文所述,ADU还可以考虑打开或关闭辅助负载,诸如空调。

[0046] 在其他情况下,可能会涉及更长期的规划。例如,如果连接的车辆知道即将到来的道路状况(诸如坡、拥堵区域、停车标志或红灯、速度限制的变化等),则这些变量可以适当地结合到建议的扭矩计算或驾驶计划中。例如,如果预期前方会有停车或减速,则ADU可以确定扭矩可以比其以其他方式可能的更早地减小。给出一个具体示例,如果ADU知道即将到来的交通灯在给定的时间窗内是红色,那么它在确定当前位置和交通灯之间的驾驶计划时可能有很大的自由度,这可能引起附加的燃料节省。在此时间段期间利用的特定扭矩请求值可以基于跳过点火特定的燃料经济性信息来确定。

[0047] 此外,对于具有再生制动的车辆,制动速度与距离分布可以改变,以允许再生制动的增加。例如,DCCO(减速燃料切断)可以较早输入。在美国专利申请号15/009,533中描述了与DCCO结合使用跳过点火,该专利申请通过援引并入本文。类似地,在针对其他交通状况和道路状况(包括即将到来的坡、限速变化、交通拥堵等)规划时固有的灵活性可以引起更多的燃料节省。以这种方式,甚至也可以适应负扭矩请求。通过在确定驾驶计划扭矩请求时考虑基于跳过点火的燃料经济性,可以提高行程的整体燃料效率。

[0048] 在确定其扭矩请求时,ADU可以依赖于来自传感器和其他来源两者的广泛的各种不同输入。这些数据可以包括GPS和图谱数据,该GPS和图谱数据可以提供广泛的多种信息,包括车辆的当前位置、周围地形(例如,即将到来的坡等)、速度限制、诸如停车标志的交通管制等。各种传感器(诸如相机、LIDAR(光成像、距离和测距)和RADAR(无线电检测和测距))可以提供关于周围车辆和障碍物的信息,包括关于它们相对速度的信息。连接的车辆有助于车辆之间的通信(例如车辆到车辆通信)和与基础设施的通信(基础设施到车辆通信,或者反之亦然),这可以提供对ADU有用的广泛的各种附加信息,包括例如预期的交通管制状态(例如,交通灯定时)、车辆轨迹(例如,坡度或方向的变化)、道路状况(例如,前方有事故或交通缓慢、前方有冰或其他湿滑道路状况等)、关于其他车辆正在做或将要做什么的知识(例如,前方车辆即将加速或减速、切换车道等)、能够一前一后排列地牵引或使车辆成队列以减少空气阻力的能力。这些变量中的任何一个都可以与驾驶计划的确定相关。当然,可以获得并与驾驶计划和/或瞬时扭矩请求决策的形成结合使用的信息类型仅由ADU和相连接的车辆系统设计者的想象力限制。通过知道这种类型的信息,ADU可以更好地预测预期的驾驶动作,当与基于跳过点火的燃料效率数据的知识相结合时,这可以有助于以显著提高燃

料经济性的方式运行车辆。在某些情况下,发动机甚至可能从未被操作过,例如,如果发动机关闭并且ADU确定只需要很小的缓慢行进,那么电动马达可能被驱动以供应必要的原动力同时保持发动机关闭。

[0049] 接下来参照图5,将描述又一个实施例。此实施例非常类似于图3的实施例,但是与具有电动马达/发电机的混合动力电动车辆结合使用,该电动马达/发电机与内燃发动机的跳过点火操作结合使用。可以利用任何类型的电动马达/内燃发动机混合动力,包括但不限于混合动力、轻度混合动力和微型混合动力。混合/跳过点火方法的优点是,当通过略微减少发动机的输出可以获得燃料效率增益时,电动马达可以用来弥补不足使得可以获得整个期望的输出。因此,当ADU 35确定可以通过降低发动机扭矩请求来提高发动机的燃料效率时,它可以向电动马达发送指令58,以向传动系添加适当量的扭矩,从而确保输送全部期望的扭矩。当电动马达供应的能量从再生制动或其他低成本能量源(诸如插入式电源或集成在车辆中的太阳能电池板)得到时,这可能是燃料特别有效的。

[0050] 在某些情况下,当确定燃料效率更高提供比任何给定时刻请求的扭矩更多的扭矩时,可以使用电动马达/发电机或分离的发电机的发电机功能来从传动系中减少扭矩。虽然这种方法在某些情况下可以很好地工作,但在确定从传动系中减少扭矩以用于发电是否整体上比简单地以较低请求扭矩水平运行燃料效率更高时,必须考虑发电机/马达和存储系统的往返效率。是否从传动系减少扭矩的决定也可以考虑电池或电容能量储存装置的当前电量状态。

[0051] 在图6中展示了又一实施例。此实施例也类似于图3的实施例,除了ADU对某些(多个)辅助装置61行使自主控制之外。实际上,可能有引入发动机负载的各种不同的辅助装置。往往涉及更大的负载的最常见的负载源中的两个是交流发电机/发电机和空调单元。当这样的装置在使用时,它们各自的负载可能使扭矩请求增大而足以要求转换到燃料效率较低的点火分数。例如,考虑与以上示例在一定程度上类似的操作情形,其中驱动扭矩请求为 $72\text{N}\cdot\text{m}$ (净值)并且交流发电机施加 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 的附加负载,这导致 $73.5\text{N}\cdot\text{m}$ (净值)的总扭矩请求,如以上示例所讨论的。在这种情况下,可以通过简单地命令交流发电机降低其负载(例如,施加 $1.0\text{N}\cdot\text{m}$ 而不是 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 的负载)来显著改善燃料消耗。当驱动扭矩请求随后改变到不接近点火分数效率边界的水平时,可以增加交流发电机负载返回到其期望的水平,或者甚至增加到更高的水平,该更高的水平弥补了扭矩减小期间出现的一些不足。

[0052] 应该理解的是,扭矩管理也可以进行另一种方式,在这种方式中,混合交流发电机(发电机)从传动系中汲取动力以产生电能,该电能可以储存在电池或电容器中。例如, $71\text{N}\cdot\text{m}$ 的驱动扭矩请求可以通过由发动机产生的燃料效率更高的 $72\text{N}\cdot\text{m}$ 来满足,混合交流发电机(发电机)取出 $1\text{N}\cdot\text{m}$ 的扭矩用于电池充电。

[0053] 在许多驾驶情况中,基于跳过点火燃料效率考虑的这种类型的“更改的”辅助装置控制对于车辆乘客来说几乎是检测不到的。

[0054] 还应该理解的是,利用所述的方法中的一些方法,可以管理来自辅助装置(例如,空调或交流发电机)的消耗,以最有效地利用提高整体燃料效率的扭矩的小的变化,即控制方案驱动负载而不是负载驱动控制。ADU可以在某种程度上类似的方式确定在不久的将来可能需要的期望发动机输出扭矩的改变。例如,ADU可以确定车辆可能很快减速并且因此请求更少的发动机扭矩,或者可能接近坡因此请求更多的发动机扭矩。在这些情况下,如果

ADU确定可能车辆只在这种新的操作状态下操作短的时间段,则ADU可能禁止换挡或点火密度变化。

[0055] 图7示出了在从点A行驶至点B时相关联的代表性驱动分布。在此示例中,驱动分布被分成4个区域。区域A是初始加速到速度 α 。区域B是在速度 α 时的标称稳定状态操作。区域C是加速到新的更高速度 β 。区域D是在速度 β 时的标称稳定状态操作。区域E是减速至在点B处停止。曲线720示出了用于现有技术自主控制系统的示例性曲线。车辆平稳地加速和减速,并以规定的速度 α 和 β 运行。

[0056] 曲线710是根据本发明实施例的自主车辆的示例性驱动分布。在这种情况下,加速度和减速度可能不一致。车辆可以在加速或减速区域A、C和E期间停留在一定速度,其中发动机的跳过点火操作提供了特别改善的燃料经济性。在这些加速和减速区域中,最大加速度/减速度可以被限制以提供可接受的NVH特性。加速度的变化率,称为加加速度,也可以被限制以提供可接受的NVH特性。并且,在稳定状态运行时间段期间(区域B和D),车辆可以以与 α 或 β 略微不同的速度操作,其中燃料效率高于车辆以精确的 α 或 β 操作的燃料效率。由曲线710和720下的区域表示的点A和点B之间的行驶时间可能相似,这意味着以燃料效率更高的点火分数运行车辆可能对点A和点B之间的驾驶时间影响很小或没有影响。

[0057] 存在驾驶员想要以标称恒定的速度在速度极限或接近速度极限操作车辆时的许多示例(诸如开放式道路高速公路驾驶)。在巡航控制系统或现有技术自主车辆系统中,巡航控制或ADU将试图控制车辆达到这个期望速度。然而,期望的速度可能与跳过点火控制发动机中的有效点火密度不一致。为了提高燃料经济性,巡航控制或ADU可以不是试图以固定速度运行车辆,而是将车辆速度控制在期望的范围内,诸如 $\pm 1\text{mph}$ 、 $\pm 2\text{mph}$ 或标称速度的某个百分比 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 等。应当理解的是,操作范围可以不是对称的;例如,速度变化可以是某个期望运行速度(诸如局部速度限制)的 $+0\%$ 和 -2% 。

[0058] 图8示出了与控制在一定速度范围内而不是控制在固定的恒定速度相关联的代表性驱动分布。速度范围可以基于车辆正运行的速度限制、基于牵引另一车辆或被另一车辆牵引、或基于某些其他因素。曲线820示出了现有技术自主控制系统的示例性曲线。在此示例中,速度被控制在70mph的恒定值。车辆速度810是根据本发明实施例的自主车辆的示例性驱动分布。车辆速度810被允许在上限814和下限812之间变化。在此示例中,速度控制在关于70mph的标称速度的 $\pm 1\text{mph}$ 范围内,因此速度在69mph和71mph之间振荡。在此示例中,速度振荡的周期约为50秒,对应于0.02Hz的频率。这个频率(例如大约比0.5Hz小的频率)范围内的振荡趋于比这个范围上方的紧邻频率产生更少的非期望的NVH。一般而言,速度范围内的车辆加速度和减速度可以被限制以提供可接受的NVH特性。同样地,速度范围的变化率可以被限制以提供可接受的NVH特性。

[0059] 在曲线810的加速部分816中,发动机以第一点火分数运行,并且在减速部分818中,发动机以第二点火分数运行。第二点火分数小于第一点火分数,并且因此通常产生不足以维持车辆速度的扭矩,因此产生车辆减速度。在一些情况下,第二点火分数可以为零,对应于其中在驱动循环的该部分中没有消耗燃料的减速汽缸切断条件(DCC0)。通常,第二点火分数越低,减速部分818越陡。可以选择第一和第二点火分数以使燃料效率最大化,同时保持可接受的NVH性能。

[0060] 在一些实施例中,驾驶员可以通过选择经济模式或接受略微较低的平均速度和略

微较长的行程时间来提高燃料效率。也就是说,驾驶员可以输入行程起始点和行程目的地之间的总行驶时间,该总行程时间不同于通过始终以速度限制驾驶获得的行驶时间。例如,当ADU知道并规划整个行程时,驾驶员可以向ADU指示他/她愿意接受比始终以速度限制运行的驱动分布多花费1分钟、2分钟或5分钟(或1%、2%、5%)或者一些其他值的驱动分布。这种灵活性可以允许ADU更经常地以提高燃料经济性的有利的有效发动机排量运行发动机。类似地,在一些实施例中,驾驶员或ADU可以接受略微更高的NVH水平,这可以允许使用更高效率的点火密度和更少的变矩器滑差。改善的燃料经济性可以被解释为在某个期望的时间内将车辆从点A移动到点B时使用的总燃料较少。

[0061] 许多之前的描述已集中在提高独立行驶的自主控制车辆的燃料经济性的方法上。还存在使用车辆到车辆通信来提高燃料经济性的控制方法。通过降低空气阻力来提高燃料经济性的一种众所周知的方法是车辆的牵引或成队列(一个或多个车辆彼此牵引)。在驾驶员的控制下,由于在领头车辆的突然刹车的情况下后面的车辆与领头车辆相撞的风险,因此这种驾驶策略通常是危险的。利用车辆到车辆通信,这种风险大大降低,因为领头车辆可以基本上即时地将其制动通信给所有后边的车辆,并且因而避免追尾碰撞。

[0062] 如果队列中的车辆中的一个或多个具有能够跳过点火操作的发动机,则可以使用各种策略来提高队列中所有车辆的集体燃料经济性。例如,首先考虑由两个车辆组成的队列,一个领头车辆在没有跳过点火控制的情况下以恒定速度运行,并且后面一个车辆具有跳过点火控制。后面车辆的ADU可以通过同时考虑来自牵引的效率增益与通过以一定的燃料效率的点火密度运行获得的那些效率增益来使燃料消耗最小化。这可能导致后面的车辆以如关于图8示出的交替点火分数操作,并且领头车辆和后面的车辆之间的距离与交替点火分数一起来回移动。在其他情况下,在车辆速度与燃料效率点火密度一致的情况下,这种点火密度偏移可能不是必要的。也就是说,一个或两个车辆可以故意选择与燃料效率点火密度相对应的速度,使得车辆保持大致恒定的间距。替代地,如果两个车辆都具有ADU,则他们可以共同选择使集体燃料效率最大化的速度。应该理解的是,在许多牵引情形下,领头车辆也经历了燃料效率增益,因此牵引的所有益处并不仅仅流向后方的(多个)车辆。

[0063] 在具有两者都能够跳过点火控制的两个车辆队列的情况下,两个车辆的ADU可以合作确定使整体队列的燃料效率优化的队列速度。这可以使得队列中的每个车辆以次优水平运行。同样地,对于具有两个以上跳过点火控制车辆的队列,车辆的ADU可以在车辆之间通信,并以燃料效率最高的方式操作队列。

[0064] 在图9中示出了本发明的另一实施例,该图描绘了用于控制自主车辆的非排他性方法。在此实施例中,自动驾驶单元(ADU)在一定时间间隔内确定建议的速度范围和可接受的NVH特性,如步骤901所展示。使用的时间间隔可以随驾驶条件变化。例如,当在非拥堵的高速公路上行驶时,ADU可以在几十秒甚至几分钟内确定建议的车辆速度范围。相比之下,在城市驾驶或者在拥堵的条件下,时间间隔可能小于一秒、或者甚至比人类的反应时间更快,人类的反应时间是十分之几秒。ADU持续评估驾驶条件是否已经改变,如步骤911中所展示。如果ADU检测到驾驶条件的变化,控制可以返回到步骤901,在该步骤中确定新的速度范围、可接受的NVH特性和时间间隔。驾驶条件的改变可能由于许多原因而发生,诸如出现道路危险、停止的或减速的车辆、行人、紧急车辆、降水、有限的能见度、结冰道路、改变的停止灯、道路建设、速度限制改变等。应该理解的是,如果驾驶条件的变化需要诸如紧急制动的

立即果断反应以避免碰撞,则ADU相对于燃料效率或NVH考虑将优先处理避免碰撞并立即对情况做出反应。

[0065] 在步骤903,ADU确定多个建议的传动系扭矩分布,这些扭矩分布将在建议的速度范围内推进车辆,并且在时间间隔内具有可接受的NVH特性。在步骤905,确定各种建议的传动系扭矩分布的燃料效率。建议的传动系扭矩分布可以利用不同的点火密度、点火分数或排量水平。在一些情况下,可以确定所有建议的传动系扭矩分布的燃料效率;然而,可能的是ADU在不明确计算其效率的情况下可能确定许多扭矩分布将具有较差的燃料效率。由于这些传动系扭矩分布将不用于操作车辆,因此ADU不需要投入计算资源来确定它们的精确燃料效率。一般来说,利用汽缸在其最小BSFC点处或其附近的点火的传动系扭矩分布将使燃料效率最大化。应当理解的是,在时间间隔内,只要保持在步骤901中建立的对车辆速度和NVH的限制,点火密度可以变化。在步骤907,将提供最大燃料效率操作的建议的传动系扭矩分布选择为运行传动系扭矩分布。在步骤909,这个运行传动系分布用于推进车辆。

[0066] 虽然仅详细描述了本发明的几个实施例,但是应当理解的是,在不脱离本发明的精神或范围的情况下,本发明可以以许多其他形式实施。已经在申请人的发动机动态跳过点火操作的上下文中主要描述了本发明,其中,通过使用累加器或其他机构跟踪已经请求但未输送或者已经输送但未请求的点火部分,在逐个点火机会的基础上动态地做出点火决策。然而,所描述的技术同样适用于管理任何不同的跳过点火分数之间、或跳过点火分数和所有汽缸操作之间的转换。虽然本发明总体上被描述为控制发动机以使燃料有效点火密度下的操作最大化,但是其他因素也有助于整体车辆效率。特别地,变矩器滑差和变速器档位(或无级变速器的速比)可以与点火密度一起管理,以提供可接受的NVH性能同时使燃料效率最大化的方式操作车辆。

[0067] 此外,还应该理解的是,相同的原理可以应用于通过改变发动机排量来改善燃料消耗的大多数任何系统。这可以包括发动机的标准可变排量操作,其中决策是针对具有不同数量的汽缸的排量状态之间的转换(例如,在4缸和8缸操作之间或在3缸、4缸和6缸操作之间的转换)进行的。它可以用于从所有汽缸操作、固定排量或DCCO转换到跳过点火操作中以及从跳过点火操作中转换出去到所有汽缸操作、固定排量或DCCO。一个这样的示例是从3缸发动机的所有汽缸操作转换到其中每隔一个汽缸被点火的轮流汽缸停用模式。它还可以包括多级发动机操作,其中不同的汽缸以不同的动态确定的输出水平点火(例如,在美国专利号9,399,964号中所描述的,该美国专利申请通过援引并入本文),或者以任何其他动态点火水平调制操作方案点火。还可以使用类似的技术来在可变冲程发动机控制中管理有效排量转变,在该可变冲程发动机中每个工作循环中的冲程数量被改变以便有效地改变发动机的排量。

[0068] 在动态跳过点火和各种其他动态点火水平调制发动机控制技术中,累加器或其他机构可以用来跟踪已请求但未输送或已输送但未请求的点火部分。然而,所描述的技术同样适用于使用其他类型的跳过点火或点火水平调制技术(包括各种轮流汽缸停用技术)控制的发动机。因此,当前的实施例应被认为是说明性的而非限制性的,并且本发明并不局限于在此给出的细节,而是可以在所附权利要求书的范围和等同范围内修改。

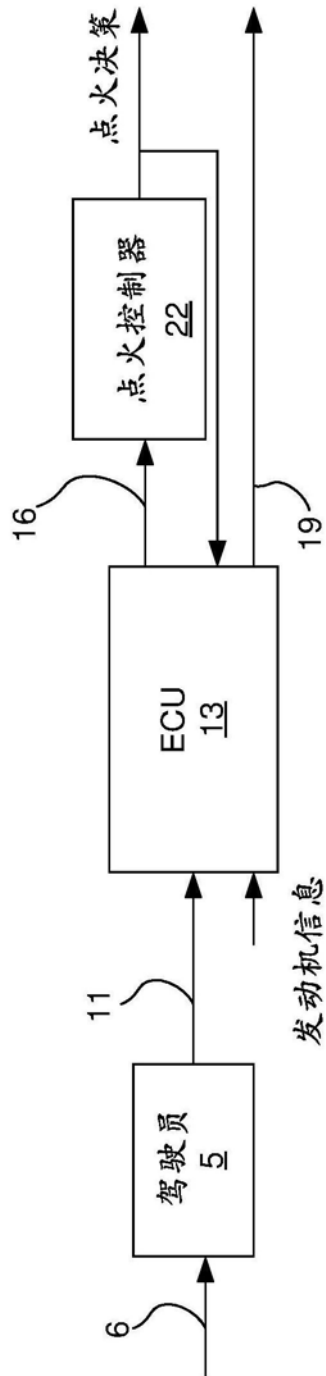


图1

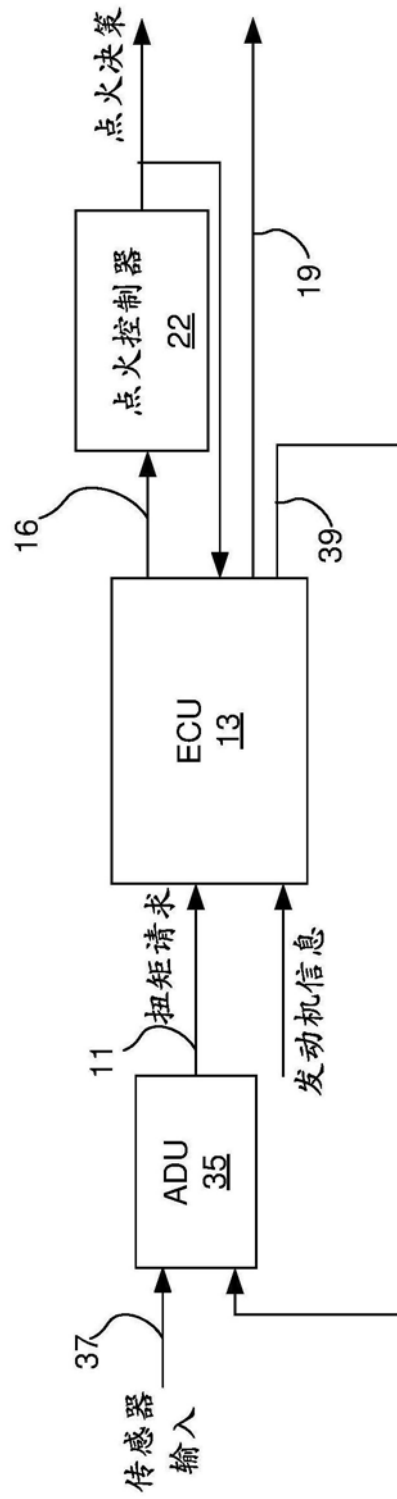


图2

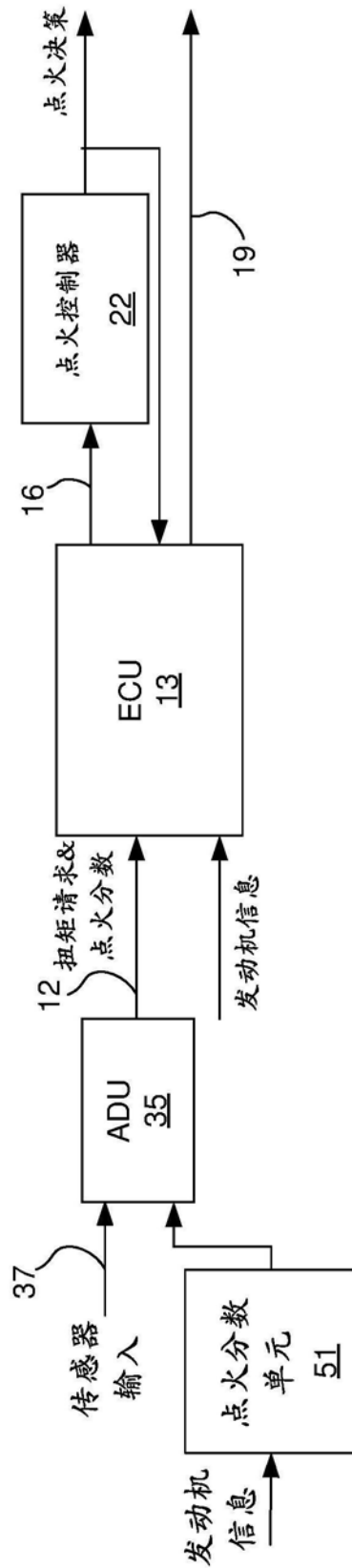


图3

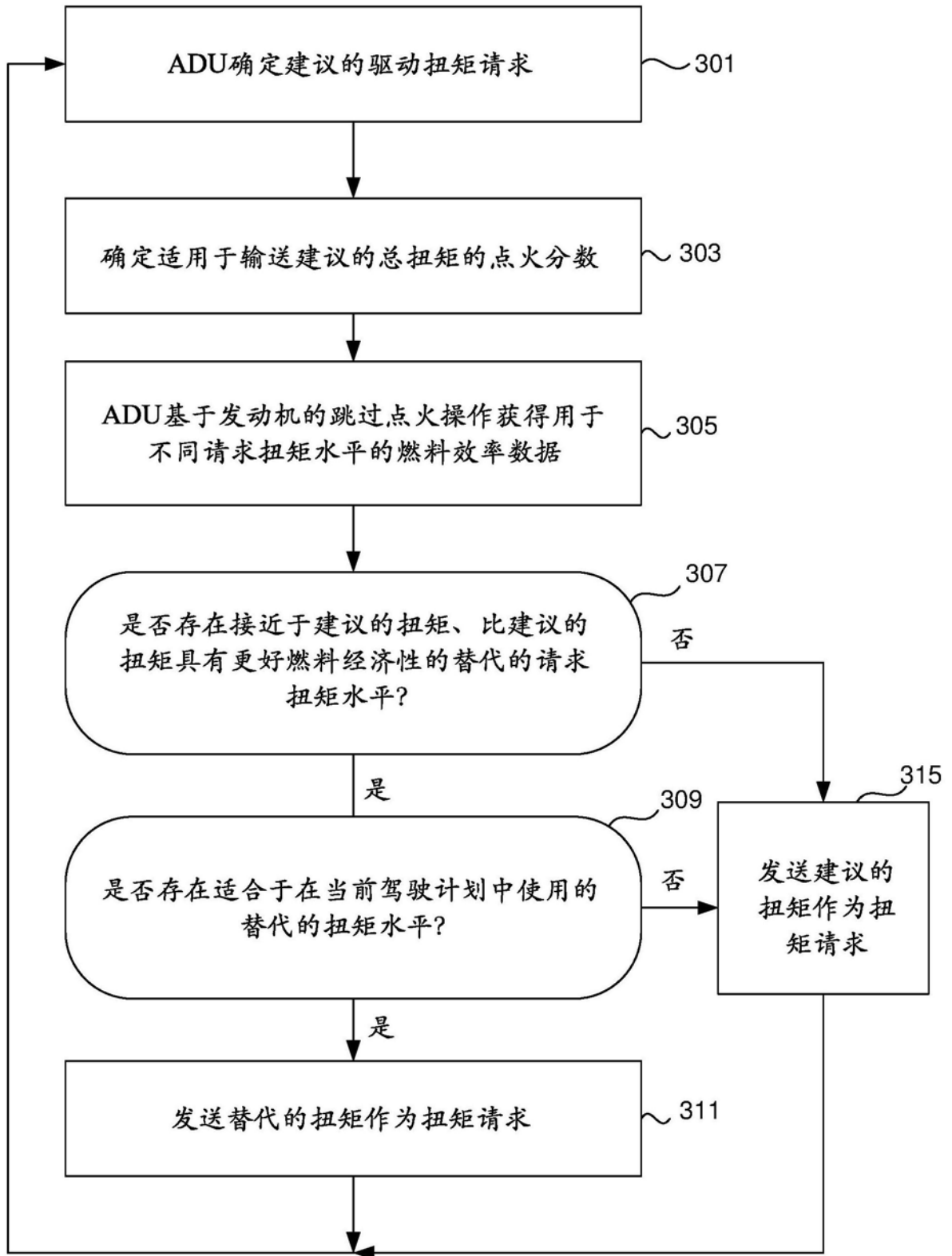


图4

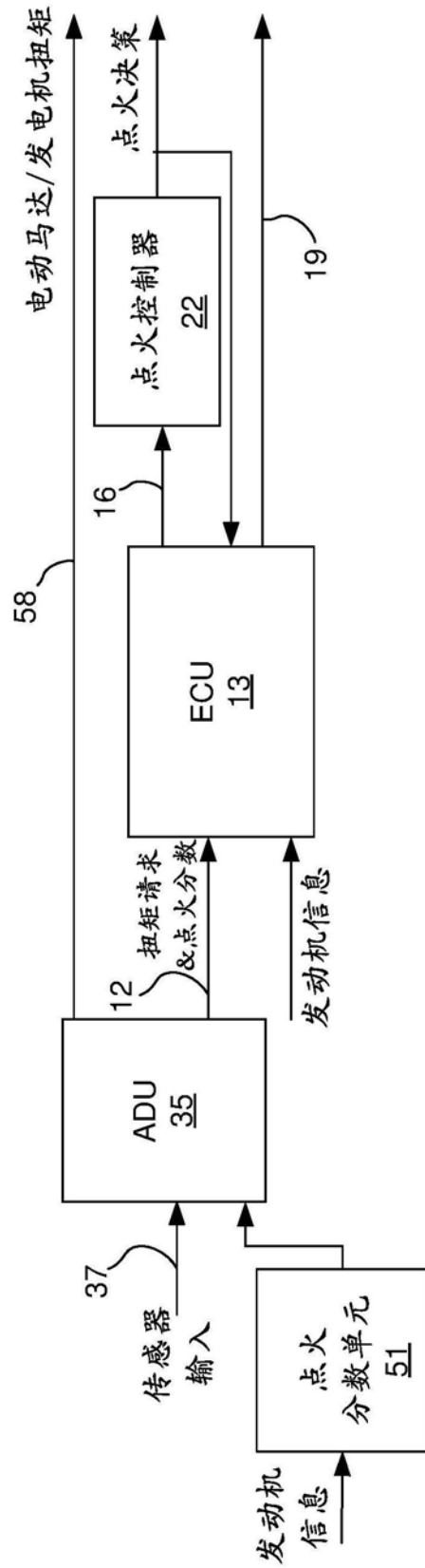


图5

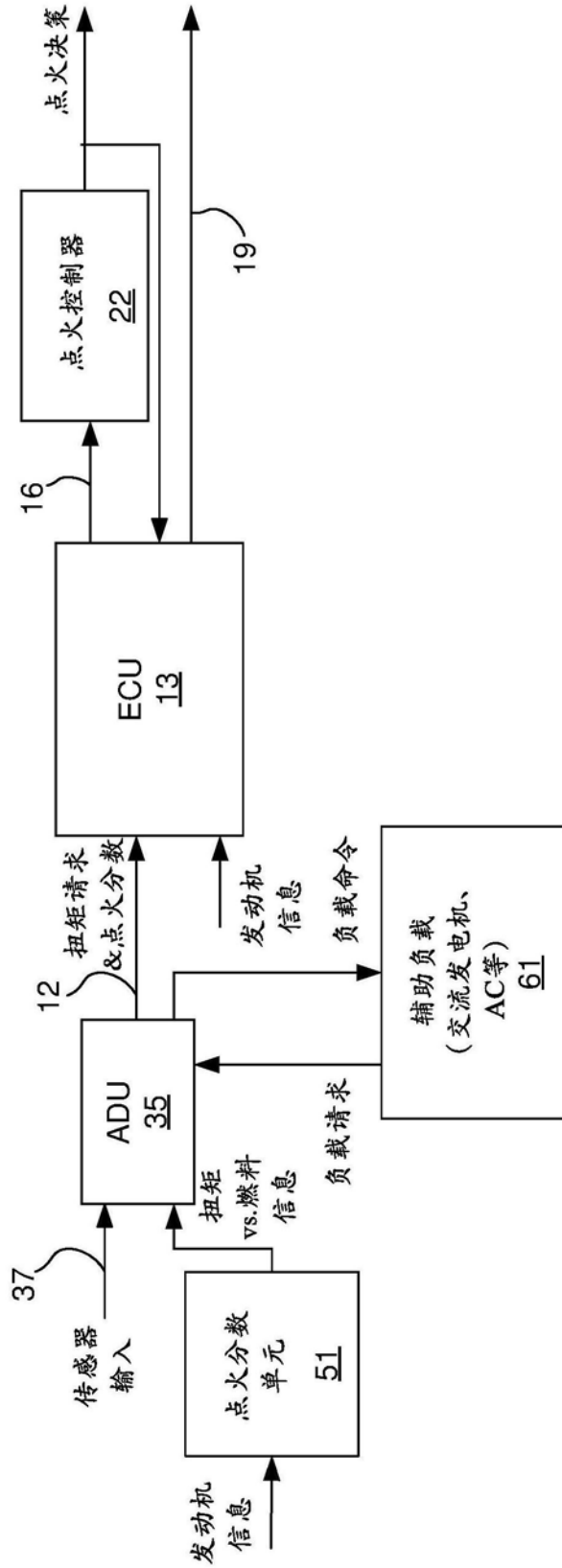


图6

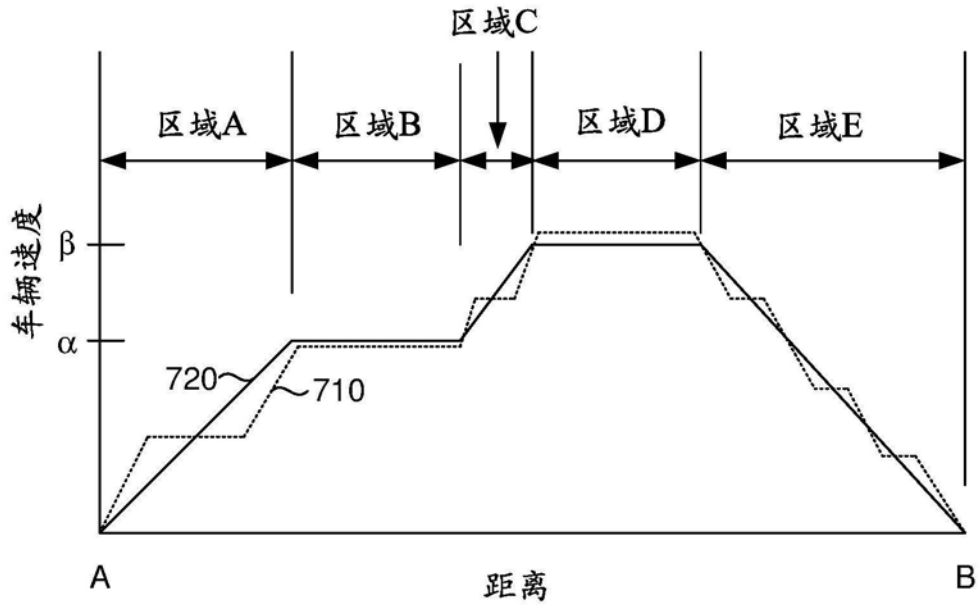


图7

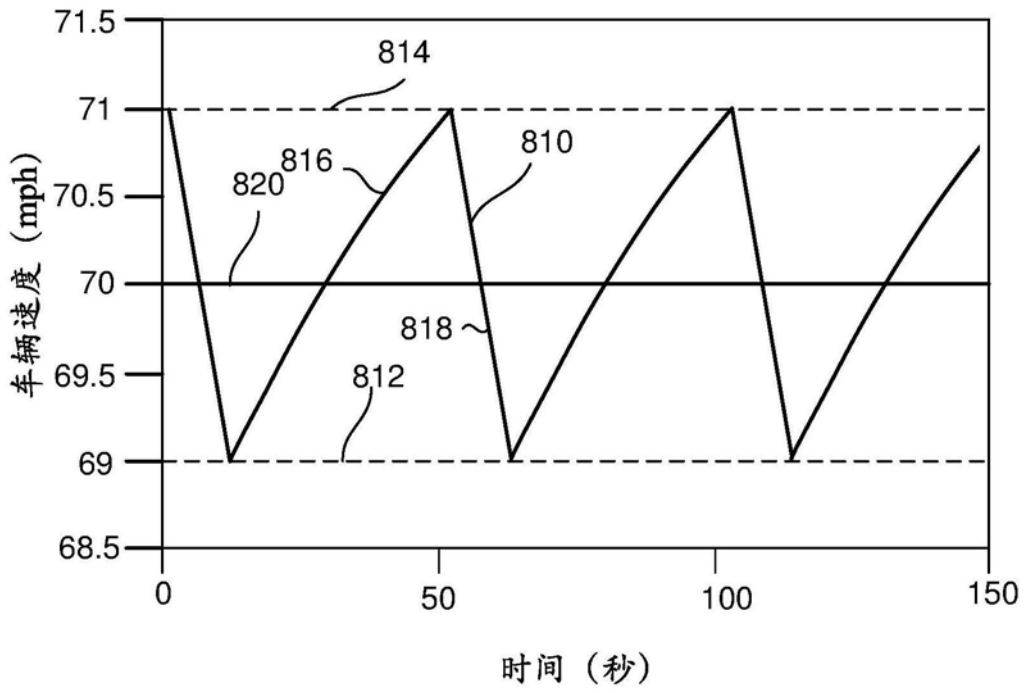


图8

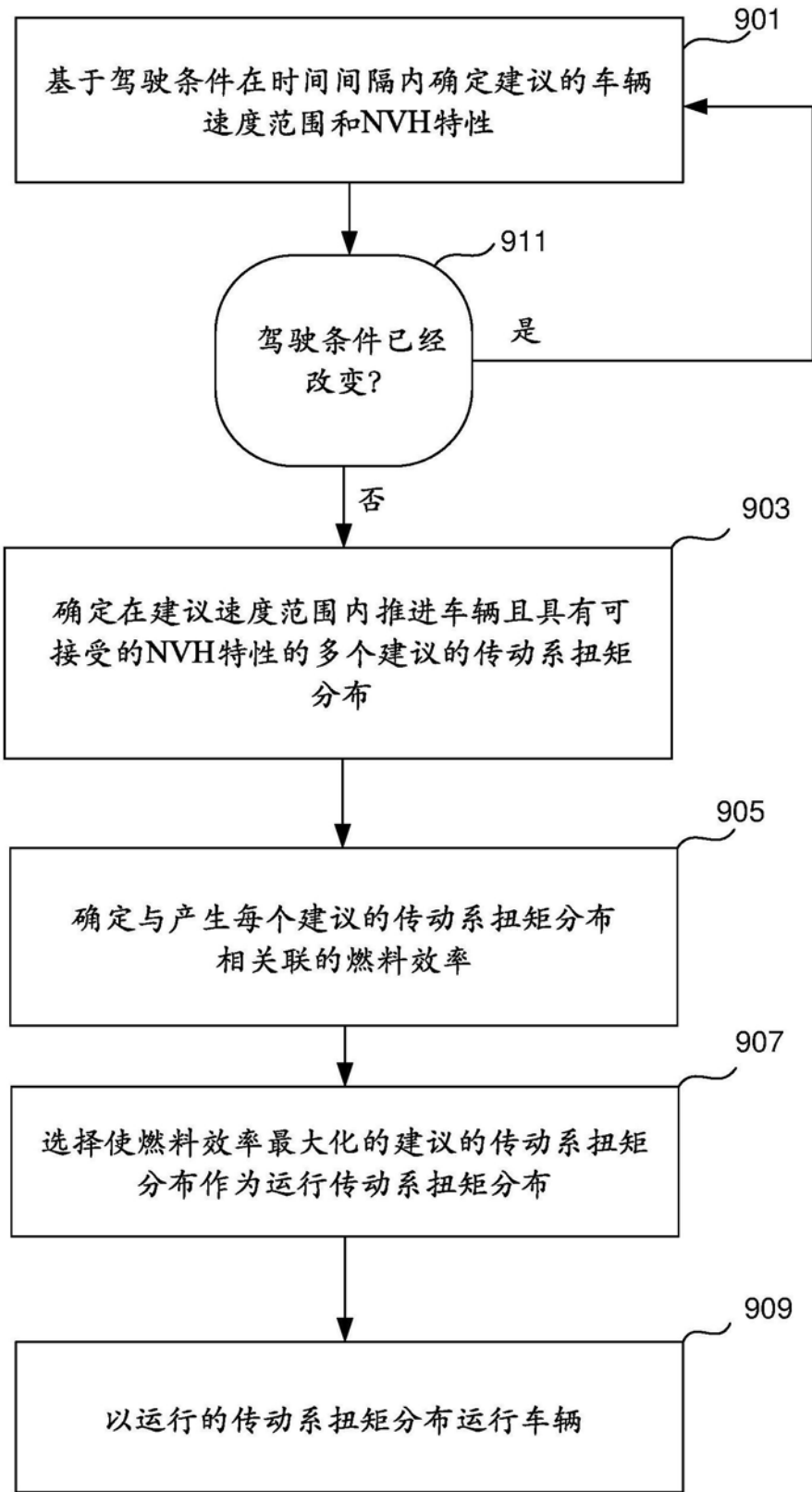


图9