



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108162965 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 06

(21) 申请号 201711247061.8

(22) 申请日 2017.12.01

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108162965 A

(43) 申请公布日 2018.06.15

(30) 优先权数据
15/369,639 2016.12.05 US

(73) 专利权人 福特环球技术公司
地址 美国密歇根州
专利权人 霍尼韦尔国际公司

(72) 发明人 A·M·达马托 D·P·菲尔沃
J·O·米歇里尼 J·佩卡尔
O·桑廷 J·T·马伦

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 赵志刚 赵蓉民

(51) Int.Cl.
B60W 30/14 (2006.01)
B60W 10/10 (2012.01)
B60W 40/076 (2012.01)

(56) 对比文件
US 4658929 A, 1987.04.21
JP 2016060421 A, 2016.04.25
US 2015165905 A1, 2015.06.18
CN 104417554 A, 2015.03.18
US 2016090088 A1, 2016.03.31
CN 105539439 A, 2016.05.04

审查员 朱志林

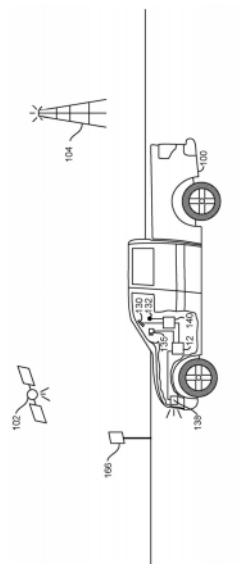
权利要求书2页 说明书19页 附图11页

(54) 发明名称

用于控制巡航控制下的车辆换挡的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及用于控制巡航控制下的车辆换挡的方法和系统。提供了用于改善在巡航控制模式下操作的车辆的性能的方法和系统,其中控制器调整来自车辆的扭矩输出以将车辆速度维持在期望的范围内,同时防止不必要的降挡。所述方法和系统包括使向非线性模型预测控制器提供输入的车辆动态模型和车辆燃料消耗模型自适应。



1. 一种车辆系统,其包含:
车辆,其包括动力扭矩源;
变速器,其耦接到所述动力扭矩源;以及
在所述车辆中的控制器,所述控制器包括被存储在非临时性存储器中的可执行指令,其中所述控制器被配置为:
感测车辆速度;
响应于自适应非线性模型预测巡航控制程序的输出而向所述动力扭矩源提供扭矩命令,所述扭矩命令基于车辆燃料消耗模型的形状来确定;以及
操作所述动力扭矩源以输出动力传动系统扭矩,所述动力传动系统扭矩被约束为低于动力传动系统扭矩阈值,其中变速器降挡响应于在感测到的车辆速度下所述动力传动系统扭矩等于或大于所述动力传动系统扭矩阈值。
2. 根据权利要求1所述的车辆系统,其中所述控制器还被配置为使所述车辆燃料消耗模型自适应。
3. 根据权利要求1所述的车辆系统,其中所述控制器还被配置为:响应于凸形燃料消耗模型,在前进挡位下操作所述变速器;并且响应于非凸形燃料消耗模型,在空挡状态下操作所述变速器。
4. 根据权利要求1所述的车辆系统,其中所述控制器还被配置为响应于凸形燃料消耗模型而向所述动力扭矩源提供脉冲形扭矩。
5. 根据权利要求1所述的车辆系统,其中所述动力扭矩源包括发动机,并且将所述动力传动系统扭矩约束为低于所述动力传动系统扭矩阈值包括将发动机空气流约束为小于阈值。
6. 一种车辆系统,其包含:
车辆,其包括动力扭矩源;
变速器,其耦接到所述动力扭矩源;所述变速器包括空挡状态和前进档位;以及
在所述车辆中的控制器,所述控制器包括被存储在非临时性存储器中的可执行指令,其中所述控制器被配置为:
感测车辆速度;
响应于自适应非线性模型预测巡航控制程序的输出而向所述动力扭矩源提供扭矩命令;
操作所述动力扭矩源以输出动力传动系统扭矩,所述动力传动系统扭矩被约束为低于动力传动系统扭矩阈值,其中变速器降挡响应于在感测到的车辆速度下所述动力传动系统扭矩等于或大于所述动力传动系统扭矩阈值;
响应于凸形燃料消耗模型,在所述前进挡位下操作所述变速器;并且
响应于非凸形燃料消耗模型,在所述空挡状态下操作所述变速器。
7. 根据权利要求6所述的车辆系统,其中通过调整火花提前来约束所述动力传动系统扭矩。
8. 根据权利要求6所述的车辆系统,其中所述控制器还被配置为将所述车辆速度维持在上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值之间。
9. 根据权利要求8所述的车辆系统,其中所述控制器还被配置为:响应于所述车辆速度

小于所述下限车辆速度阈值,操作所述动力扭矩源以输出大于所述动力传动系统扭矩阈值的所述动力传动系统扭矩。

10. 根据权利要求9所述的车辆系统,其中所述动力传动系统扭矩阈值基于存储在所述控制器的所述非临时性存储器中的变速器换挡计划来确定。

11. 一种车辆巡航控制方法,其包含:

将车辆信息从一个或多个传感器接收到控制器;

感测车辆速度;

响应于由所述控制器执行的自适应非线性模型预测巡航控制程序的输出而提供扭矩命令,所述扭矩命令基于车辆燃料消耗模型的形状来确定,所述扭矩命令被约束为小于动力传动系统扭矩阈值,其中变速器降挡响应于在感测到的车辆速度下所述扭矩命令等于或大于所述动力传动系统扭矩阈值;以及

响应于所述扭矩命令,调整动力扭矩源的扭矩致动器。

12. 根据权利要求11所述的方法,还包括响应于所述车辆速度小于下限车辆速度阈值而使所述变速器降挡。

13. 根据权利要求12所述的方法,还包括:响应于凸形燃料消耗模型,在前进挡位下操作所述变速器;并且响应于非凸形燃料消耗模型,在空挡状态下操作所述变速器。

14. 根据权利要求12所述的方法,还包括:当所述车辆燃料消耗模型为非凸形时,

响应于车辆速度增加到上限车辆速度阈值,将挡位选择调整到空挡状态,调整所述扭矩致动器以输送怠速扭矩,并且使所述车辆滑行,以及

响应于所述车辆速度降低到下限车辆速度阈值,将所述挡位选择调整到前进挡位,调整所述扭矩致动器以输送大于所述怠速扭矩的扭矩,并且使所述车辆加速。

用于控制巡航控制下的车辆换挡的方法和系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是2016年2月22日提交的标题为“用于车辆巡航控制的方法和系统(METHOD AND SYSTEM FOR VEHICLE CRUISE CONTROL)”的美国专利申请No.15/049,603的部分继续申请。美国专利申请No.15/049,603请求2015年4月13日提交的标题为“用于车辆巡航控制的方法和系统(METHOD AND SYSTEM FOR VEHICLE CRUISE CONTROL)”的美国临时专利申请No.62/146,880的优先权。美国专利申请No.15/049,603还请求2015年4月15日提交的标题为“用于巡航控制中的燃料经济性优化的系统和方法(SYSTEM AND APPROACH FOR FUEL ECONOMY OPTIMIZATION IN CRUISE CONTROL)”的美国临时专利申请No.62/148,095的优先权。为了所有目的,上述引用申请的全部内容通过引用整体并入本文。

技术领域

[0003] 本说明书总体涉及用于控制在巡航控制模式下操作的车辆的变速器换挡的方法和系统,在巡航控制模式下,车辆驾驶员请求自动控制车辆速度。

背景技术

[0004] 车辆可以在几乎没有来自车辆驾驶员的输入的情况下经由控制器自动地将其速度控制到期望的速度。控制器调节车辆速度的一个示例方式是以巡航控制模式操作车辆。巡航控制模式可以被描述为车辆操作模式,其中车辆速度保持在经由上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值界定的期望的车辆速度范围内,而驾驶员不请求来自车辆动力源的扭矩。控制器经由调节车辆动力源的扭矩输出将车辆速度保持在期望的速度范围内。因此,经由增加和减少车辆动力源的扭矩输出,将车辆速度保持在期望的速度范围内。控制器保持车辆速度的一种方式是基于车辆速度的误差成比例地调节来自车辆动力源的扭矩输出。控制器可以应用比例/积分/微分(PID)算法或某个相似的变体来调节车辆动力源的扭矩输出并将车辆速度保持在期望的车辆速度范围内。但是,PID车辆速度控制算法是保守的,因为它们主要依赖于目前或当前的车辆速度误差来提供修正的车辆速度轨迹。因此,并且由于车辆经常在巡航控制模式下以较高挡位操作,所以控制器可能会对其从车辆动力源请求的扭矩做出大的改变。所请求的扭矩的摆动可能导致变速器降挡,这可能会增加车辆燃料消耗并干扰驾驶员。

发明内容

[0005] 发明人在此已经认识到上面提到的问题,并且已经开发了一种车辆系统,其包含:车辆,其包括动力扭矩源;以及在车辆中的控制器,控制器包括被存储在非临时性存储器中的可执行指令,指令包括自适应非线性模型预测巡航控制程序,所述自适应非线性模型预测巡航控制程序包括动力传动系统扭矩阈值以减少变速器换挡同时维持车辆速度在第一车辆速度阈值和第二车辆速度阈值内。

[0006] 通过使车辆模型自适应并且向非线性模型预测巡航控制程序提供来自自适应的

车辆模型的输出并将动力传动系统扭矩约束为小于变速器降挡的扭矩的值,当使车辆在巡航控制模式下操作时提供降低变速器换挡的技术效果可以是可能的。基于推测的道路坡度信息可以至少部分地降低变速器换挡。另外,当车辆在巡航控制模式下时使车辆模型和车辆燃料消耗模型实时自适应允许非线性模型预测巡航控制模式将扭矩控制策略从恒定扭矩输出调整为脉冲滑行扭矩输出,由此允许来自控制器的多个扭矩解策略用于相同的行驶状况,除了由于燃料性质的车辆燃料消耗模型的改变或发动机操作特性的其他改变。燃料经济性最佳策略因此基于车辆燃料消耗模型和系统约束的实际特性被自动选择。

[0007] 本说明书可以提供若干优点。特别地,该方法可以降低变速器换挡的倾向同时在速度控制模式下操作车辆。此外,该方法可以经由降低燃料消耗来降低车辆的操作成本。此外,该方法可以改善车辆驾驶性能。

[0008] 当单独或参考附图时,根据以下具体实施方式,本发明的上述优点和其他优点以及特征将是显而易见的。

[0009] 应当理解,提供以上概述是为了以简化的形式介绍一些概念,这些概念在具体实施方式中被进一步描述。这并不意味着确定所要求保护的主题的关键或基本特征,要求保护的主题的范围随权利要求唯一地限定。此外,要求保护的主题不限于解决在上面或在本公开的任何部分中提及的任何缺点的实施方式。

附图说明

[0010] 图1示出了可以被包括在本文中描述的系统和方法中的示例车辆;

[0011] 图2示出了示例车辆及其电子视野;

[0012] 图3示出了示例车辆动力源;

[0013] 图4示出了包括车辆动力源的示例车辆传动系;

[0014] 图5示出了示例车辆巡航控制系统的框图;

[0015] 图6A和图6B示出了用于具有燃料优化并且可能具有空挡选择的自适应非线性模型预测巡航控制的示例方法;

[0016] 图7示出了用于非线性模型预测巡航控制(即在序列二次规划(SQP)迭代处)的优化的详细的示例方法;

[0017] 图8示出用于具有燃料优化并且具有空挡选择的非线性模型预测巡航控制的详细的示例方法;

[0018] 图9A和图9B示出了示例车辆燃料消耗模型;以及

[0019] 图10示出了具有空挡选择的示例车辆巡航控制顺序。

具体实施方式

[0020] 以下描述涉及用于改善在巡航控制模式下操作的车辆的操作的系统和方法。图1示出了用于在巡航控制模式下操作的非限制性示例车辆,其中控制器应用具有燃料优化的非线性模型预测巡航控制算法。图2示出了示例车辆和向自适应非线性模型预测巡航控制算法提供输入的电子视野。图3和图4示出了在车辆传动系内的非限制性车辆动力源。图5是示例车辆巡航控制系统的框图。在图6A-图8中提供了用于使车辆在巡航控制下操作的方法(包括自适应非线性模型预测巡航控制算法的一种示例变体)。在图9A和图9B中示出了示例

车辆动力源燃料消耗模型。图10是示例车辆巡航控制模式操作顺序。

[0021] 现在参照图1, 车辆100包括用于接收传感器数据并且调整致动器的控制器12。控制器12可以使车辆100在巡航控制模式下操作, 其中车辆速度被维持在由上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值限定的期望的车辆速度范围内。在一些示例中, 控制器12可以与额外的控制器协作以使车辆100操作。车辆100被示为具有全球定位系统(GPS)接收器130。卫星102向GPS接收器130提供时间标记信息, 所述GPS接收器130向车辆位置确定系统140传递该信息。车辆位置确定系统140向控制器12传递当前和未来的道路坡度数据。车辆100还可以配备有用于观察车辆135的路径中的道路状况的可选摄像机135。例如, 摄像机135可以从道路侧符号166或显示采集道路状况。车辆位置确定系统140可以替代地经由接收器132从静止广播塔104采集用于确定车辆位置的信息。在一些示例中, 车辆100还可以包括用于确定车辆100的行进路径中的车辆的接近度的传感器138。传感器138可以是基于激光、声音或雷达信号的。

[0022] 在该示例中, 车辆100被示为乘用车。然而, 在一些示例中, 车辆100可以是商用车, 诸如货运半挂车和卡车、火车或船舶。

[0023] 现在参照图2, 其示出了示例车辆100和对应于车辆的电子视野的距离210。车辆100产生由道路214的道路坡度信息构成的电子视野(例如, 数据向量)。电子视野由多个块220或段组成, 并且块具有单个相关的或对应的道路坡度或斜率的信号。块的长度可以基于距离或时间。道路坡度信息针对车辆的行进路径中的预定距离210或预定时间量来提供。道路坡度信息可以被提供给在图1中示出的控制器12。例如, 道路坡度可以针对车辆100的路径中的预定距离(例如1500米)来提供。替代地, 可以为车辆的进行路径未来的预定时间量提供道路坡度。例如, 可以为以110Km/hr行进的车辆未来的10秒或大约1833米提供道路坡度。道路坡度数据可以被存储在图1中示出的车辆位置确定系统140的存储器中, 或它可以基于被存储在存储器中的道路海拔高度值来确定。在一个示例中, 可以通过基于车辆位置和航向为存储器编索引而从存储器检索道路坡度值。在预定距离或时间内发生的道路坡度值可以作为阵列或向量被存储在存储器中, 并且当车辆在先进先出的基础上移动时可以提供对该阵列的更新。例如, 如果道路坡度值针对每100米的道路表面来提供, 那么对应于1500米的道路坡度数据的阵列包括15个块和其对应的道路坡度值。道路坡度值可以在块之间逐步改变。

[0024] 现在参照图3, 示出了示例车辆动力源。在该示例中, 车辆动力源是火花点火发动机。然而, 车辆动力源可以是柴油发动机、涡轮机或电动机。

[0025] 图3是示出发动机系统300中的多缸发动机330的一个汽缸的示意图。发动机330可以至少部分地由包括控制器12的控制系统控制以及经由输入装置380来自车辆操作者382的输入控制。在这个示例中, 输入装置380包括加速器踏板和用于产生成比例的踏板位置信号PP的踏板位置传感器384。

[0026] 发动机330的燃烧室332可以包括由汽缸壁334形成的汽缸, 活塞336被设置在汽缸中。活塞336可以被耦接至曲轴340, 使得活塞的往复运动被转换为曲轴的旋转运动。曲轴340可以经由中间变速器系统耦接至车辆的至少一个驱动轮。另外, 启动机马达可以经由飞轮被耦接至曲轴340, 以实现发动机330的启动操作。

[0027] 燃烧室332可以经由进气通道342从进气歧管344接收进气空气, 并且可以经由排

气通道348排出燃烧气体。进气歧管344和排气通道348能够经由各自的进气门352和排气门354与燃烧室332选择性地连通。在一些示例中,燃烧室332可以包括两个或更多个进气门和/或两个或更多个排气门。

[0028] 在该示例中,可以经由各自的凸轮驱动系统351和353通过凸轮驱动控制进气门352和排气门354。凸轮驱动系统351和353均可以包括一个或多个凸轮,并且可以使用可以由控制器12操作的凸轮廓线变换系统(CPS)、可变凸轮正时(VCT)、可变气门正时(VVT)和/或可变气门升程(VVL)系统中的一个或多个,以改变气门操作。进气门352和排气门354的位置可以分别由位置传感器355和357确定。在可替代的示例中,进气门352和/或排气门354可以由电动气门驱动控制。例如,汽缸332可以可替代地包括通过电动气门驱动控制的进气门和通过包括CPS和/或VCT系统的凸轮驱动控制的排气门。

[0029] 燃料喷射器369被示为直接耦接至燃烧室332,以便与自控制器12接收的信号的脉冲宽度成比例地将燃料直接喷射进燃烧室。以此方式,燃料喷射器369提供到燃烧室332内的所谓的燃料直接喷射。例如,燃料喷射器可以被安装在燃烧室的侧面中或在燃烧室的顶部中。燃料可以通过包括燃料箱、燃料泵和燃料轨道的燃料系统(未示出)输送至燃料喷射器369。在一些示例中,可替代地或额外地,燃烧室332可以包括以如下构造布置在进气歧管344中的燃料喷射器,所述构造提供了到燃烧室332上游的进气道的所谓的燃料进气道喷射。

[0030] 火花经由火花塞366被提供给燃烧室332。点火系统可以进一步包含用于增加向火花塞366供应的电压的点火线圈(未示出)。在诸如柴油机的其他示例中,火花塞366可以被省略。

[0031] 进气通道342可以包括具有节流板364的节气门362。在该特定示例中,控制器12可以通过提供给被包括在节气门362内的电动马达或致动器改变节流板364的位置,这种构造通常被称为电子节气门控制(ETC)。以此方式,节气门362可以被操作以改变提供给其他发动机汽缸的燃烧室332的进气空气。节流板364的位置可以通过节气门位置信号提供给控制器12。进气通道342可以包括质量空气流量传感器120和歧管空气压力传感器322,用于感测进入发动机330的空气量。

[0032] 排气传感器327被示为耦接至根据排气流方向在排放控制装置370上游的排气通道348。传感器327可以是用于提供排气空燃比指示的任何合适的传感器,诸如线性氧传感器或UEGO(通用或宽域排气氧传感器)、双态氧传感器或EGO、HEGO(加热型EGO)、NO_x、HC或CO传感器。在一个示例中,上游排气传感器327是被配置为提供输出的UEGO,输出诸如为与存在于排气中的氧气量成比例的电压信号。控制器12经由氧传感器传递函数将氧传感器输出转换为排气空燃比。

[0033] 排放控制装置370被示为沿着排气传感器327下游的排气通道348布置。装置370可以是三元催化剂(TWC)、NO_x捕集器、各种其他排放控制装置或其组合。在一些示例中,在发动机330的操作期间,排放控制装置370可以通过使发动机的至少一个汽缸在特定空燃比内操作而被周期性地重置。

[0034] 控制器12在图3中被示为微型计算机,其包括微处理单元(CPU)302、输入/输出端口(I/O)304、在这个具体示例中作为只读存储器芯片(ROM)306(例如,非临时性存储器)示出的用于可执行程序 and 校准数值的电子存储介质、随机存取存储器(RAM)308、保活存取器

(KAM) 310和数据总线。控制器12可以接收来自耦接至发动机330的传感器的各种信号,除了之前所讨论的那些信号外,还包括:来自质量空气流量传感器320的进气质量空气流量(MAF)的测量值;来自耦接至冷却套筒314的温度传感器323的发动机冷却液温度(ECT);来自感测曲轴340的位置的霍尔效应传感器318(或其他类型)的发动机位置信号;来自节气门位置传感器365的节气门位置;来自湿度传感器375的环境湿度、来自大气压力传感器376的大气压力以及来自传感器322的歧管绝对压力(MAP)信号。发动机转速信号可以由控制器12根据曲轴位置传感器318产生。歧管压力信号还提供进气歧管344内的真空或压力的指示。注意,可以使用上述传感器的各种组合,例如有MAF传感器而没有MAP传感器,或反之亦然。在发动机操作期间,发动机扭矩可以根据MAP传感器322的输出和发动机转速来推测。另外,该传感器连同所检测的发动机转速可以是用于估计被吸入汽缸内的充气(包括空气)的基础。在一个示例中,也用作发动机转速传感器的曲轴位置传感器318可以在曲轴的每次旋转产生预定数量的等间距脉冲。

[0035] 存储介质只读存储器306能够用计算机可读数据编程,该计算机可读数据表示可由处理器302执行的非临时性指令,用于实现以下所述方法的至少一些部分以及预期但没有具体列出的其他变体。

[0036] 在操作期间,发动机330内的每个汽缸通常经历四行程循环:循环包括进气行程、压缩行程、膨胀行程和排气行程。一般来说,在进气行程期间,排气门354关闭,而进气门352打开。空气经由进气歧管344引入燃烧室332,并且活塞336移动至汽缸的底部,以便增加燃烧室332内的容积。活塞336靠近汽缸的底部并在其行程结束的位置(例如,当燃烧室332处于其最大容积时)通常被本领域技术人员称为下止点(BDC)。

[0037] 在压缩行程期间,进气门352和排气门354关闭。活塞336朝向汽缸盖移动,以便压缩燃烧室332内的空气。活塞336在其行程结束并最靠近汽缸盖的点(例如,当燃烧室332处于其最小容积时)通常被本领域技术人员称为上止点(TDC)。在下文中被称为喷射的过程中,燃料被引入燃烧室。在下文中被称为点火的过程中,被喷射的燃料通过已知的点火手段(如火花塞366)点燃,从而导致燃烧。

[0038] 在膨胀行程期间,膨胀的气体将活塞336推回至BDC。曲轴340将活塞运动转换为旋转轴的旋转扭矩。最后,在排气行程期间,排气门354打开,以便将已燃烧的空气-燃料混合物释放至排气歧管348,并且活塞返回至TDC。注意,上述内容仅作为示例示出,并且进气门和排气门打开和/或关闭正时可以改变,诸如以提供正或负气门重叠、进气延迟关闭或各种其他示例。

[0039] 如在上面描述的,图3仅示出了多缸发动机的一个汽缸,并且每个汽缸可以类似地包括其自身组的进气门/排气门、燃料喷射器、火花塞等。

[0040] 现在参照图4,其示出了车辆动力传动系统400的示意图。动力传动系统400可以由如在图3中更详细地示出的发动机330提供动力。在一个示例中,发动机330可以是汽油发动机。在替代示例中,其他发动机构造可以被采用,例如柴油发动机。发动机330可以用发动机启动系统(未示出)来启动。另外,发动机330可以经由扭矩致动器404(诸如燃料喷射器、节气门、凸轮等)来产生或调整扭矩。

[0041] 发动机输出扭矩可以被传输至液力变矩器406,以通过接合一个或多个离合器(包括前进离合器410)驱动多级自动变速器(step-ratio automatic transmission)408,其中

液力变矩器可以称为变速器的一个部件。液力变矩器406包括经由液压流体向涡轮422传输扭矩的叶轮420。一个或多个齿式离合器424可以被接合,以改变发动机310与车轮414之间的齿轮比。液力变矩器406的输出转而可以由液力变矩器锁止离合器412控制。因此,当液力变矩器锁止离合器412完全分离时,液力变矩器406经由液力变矩器涡轮422与液力变矩器叶轮420之间的流体转移将扭矩传输至自动变速器408,由此实现扭矩倍增。相比之下,当液力变矩器锁止离合器412完全接合时,发动机输出扭矩经由液力变矩器离合器412被直接转移至变速器408的输入轴。可替代地,液力变矩器锁止离合器412可以部分接合,由此使传递至变速器的扭矩量能被调整。控制器12可以被配置为,响应于各种发动机工况或基于驾驶员的发动机操作请求,通过调整液力变矩器锁止离合器来调整通过液力变矩器传输的扭矩量。

[0042] 从自动变速器408输出的扭矩转而可以被传递至车轮414,以推动车辆。具体地,在将输出驱动扭矩传输至车轮之前,响应于车辆行进条件,自动变速器408可以在输入轴(未示出)处调整输入驱动扭矩。车辆速度可以经由速度传感器430确定。

[0043] 另外,车轮414可以通过接合车轮制动器416来锁定。在一个示例中,车轮制动器416可以响应于驾驶员将其足部压在制动器踏板(未示出)上而被接合。以类似的方式,车轮414可以通过响应于驾驶员从制动器踏板释放其足部而分离车轮制动器416来解除锁定。

[0044] 现在参照图5,示出了示例车辆巡航控制系统的框图。巡航控制系统500包括如在框502处示出的车辆传感器。车辆传感器可以包括但不限于用于确定车辆动力源扭矩、速度、能量消耗或燃料消耗、周围环境工况、距离测量装置、GPS信号、道路状况和驾驶员输入的传感器。驾驶员输入可以包括期望的车辆速度、制动器踏板位置、加速器踏板位置、更高的车辆速度阈值和更低的车辆速度阈值。车辆传感器信息可以被输入到电子视野510、控制器约束条件508、车辆动态模型512、模型预测巡航控制优化器530、递归最小二乘参数适配器504、车辆燃料消耗模型514、发动机扭矩模型516和领头车辆模型518。

[0045] 电子视野框510可以被包括在图1的控制器12中,或它可以被包括在图1中示出的车辆位置确定系统140中。电子视野可以由存储器位置或数据的向量的阵列构成,并且该阵列可以包括描述车辆正在行进的道路的道路坡度的多个道路坡度值。在一个示例中,电子视野从描述道路状况的数据库提取道路坡度值(例如,被存储在存储器中的坡度值,从地球的表面的三维地图提取的坡度值)。道路坡度值可以包括在车辆的当前位置处的道路坡度以及在车辆的行进路径中在车辆前面的道路坡度值。道路坡度可以被转换为道路角度。电子视野框510在选定的时间更新道路坡度值的阵列或向量,并且向巡航控制优化器530发送更新的阵列。道路坡度值可以针对未来的预定行进时间或针对在车辆前面的预定距离被提供。

[0046] 在框512处,巡航控制系统500包括车辆动态模型。车辆动态模型是基于物理的,并且可以被描述为:

$$[0047] \quad m \frac{dv}{dt} = F_{Trac} - F_{Aero} - F_{Roll} - F_{grad} - F_{Brake}$$

[0048] 其中m是车辆质量,v是车辆速度, F_{Trac} 是牵引力,该牵引力被定义为:

$$[0049] \quad F_{Trac} = \frac{\xi_{DL}}{R_{WH}} \gamma(G) R_{FDR} T$$

[0050] F_{Aero} 是空气动力阻力,其被定义为:

$$[0051] \quad F_{Aero} = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

[0052] F_{Roll} 是轮胎滚动阻力,其被定义为:

$$[0053] \quad F_{Roll} = mg(k_1 v^2 + k_2) \cos \varphi$$

[0054] F_{Grade} 是坡度力,其被定义为:

$$[0055] \quad F_{Grade} = mg \sin \varphi$$

[0056] 其中车轮制动力是 F_{brake} , 传动系损失是 ξ_{DL} ; 有效车轮半径是 R_{WH} ; 变速器齿轮比是 γ (G); 选定的齿轮比是 G; 车辆的最终传动比是 R_{FDR} ; 动力源制动扭矩是 T; 环境空气密度是 ρ ; 车辆的迎风面积是 A; 车辆的空气动力阻力系数是 C_d ; 重力加速度是 g; 轮胎滚动阻力系数是 k_1 和 k_2 ; 道路角度是 φ ; t 是时间; 以及车辆质量是 m。

[0057] 车辆动态模型被简化为:

$$[0058] \quad \frac{dv}{dt} = \beta_1 T + \beta_2 v^2 + \beta_3 \varphi + \beta_4$$

[0059] 其中 $\beta_1 - \beta_4$ 是自适应系数。该简化允许 $\beta_1 - \beta_4$ 项的递归最小二乘 (RLS) 自适应或另一合适的方法。自适应参数改善了车辆动态模型性能, 并且改善的车辆动态模型性能改善了非线性模型预测控制器性能。自适应参数是可调整的, 以补偿车辆质量、风、轮胎状况以及其他车辆工况的改变。车辆动态模型可以通过添加干扰项 d_v 被进一步扩大。 d_v 的值可以比 β 项更频繁地被估计, 并且在一个示例中, 它可以经由扩展卡尔曼滤波器来估计。

[0060] 在框 514 处, 巡航控制系统 500 包括车辆燃料消耗模型。车辆燃料消耗模型估计车辆燃料消耗, 并且它为优化器框 530 中的优化车辆燃料经济性提供输入。车辆燃料消耗被表示为多项式的形式:

$$[0061] \quad \dot{m}_{Fuel} = c_5 T^3 + c_4 T^2 + c_3 T + c_2 T v + c_1 v + c_0$$

[0062] 其中 \dot{m}_{Fuel} 是到车辆的动力源的燃料流; 以及 $c_0 - c_5$ 是自适应系数。车辆燃料流模型允许 $c_0 - c_5$ 项的递归最小二乘 (RLS) 自适应或另一合适的方法。自适应参数改善了车辆燃料消耗模型性能, 并且改善的车辆燃料消耗模型性能改善了非线性模型预测控制器性能。

[0063] 在框 504 处, 巡航控制系统 500 包括用于调整用于车辆动态模型和车辆燃料消耗模型的 β 和 c 系数的递归最小二乘参数估计器。期望随着车辆工况改变而调整 β 和 c 系数, 使得期望水平的控制器性能可以被实现。递归最小二乘估计器使参数向量 x 递归地适应于满足方程组 (以矩阵形式):

$$[0064] \quad y_k = H_k x + v_k$$

[0065] 新参数估计为:

$$[0066] \quad \tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k (y_k - H_k \tilde{x}_{k-1})$$

[0067] 其中 H_k 是 $m \times n$ 矩阵, K_k 是 $n \times m$ 估计器增益, 并且 $y_k - H_k x_{k-1}$ 是修正项。其中噪声 v_k 具有零均值和协方差 R_k 。估计器增益 K_k 和协方差矩阵 P_k 被更新为如下:

$$[0068] \quad K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1},$$

$$[0069] \quad P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

[0070] 递归最小二乘估计器通过以下来初始化:

$$[0071] \quad \tilde{x}_0 = E(x),$$

$$[0072] \quad P_0 = E((x - \tilde{x}_0)(x - \tilde{x}_0)^T)$$

[0073] 其中,当 x 未知时, $P_0 = \infty I$,而当 x 已知时, $P_0 = 0$ 。在车辆动态模型和车辆燃料消耗模型中使用的实际车辆数据被收集,并且模型系数利用递归最小二乘被调整。

[0074] 在框516处,巡航控制系统500包括用于车辆的动力源的发动机扭矩模型。发动机扭矩模型描述了自发动机扭矩被请求以后发动机扭矩产生的延迟。发动机扭矩模型可以被表示为:

$$[0075] \quad \frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau(T_d, N_e)} T + \frac{1}{\tau(T_d, N_e)} T_d$$

[0076] 其中 τ 是被表示为发动机转速 N_e 和需求扭矩 T_d 的函数的时间常数;并且其中 T 是发动机或动力源输出扭矩。需求扭矩是处于空挡标志的变速器或存储器中的积分变量的函数。具体地,发动机扭矩需求为:

$$[0077] \quad T_d = T_{in} (1 - N_{fl}) + T_{idle} N_{fl}$$

[0078] 其中 T_{in} 是输入扭矩; N_{fl} 是空挡标志(例如,对于处于空挡来说为1,对于处于某一挡位来说为0);并且 T_{idle} 是发动机怠速扭矩。发动机转速也是处于空挡标志的变速器的函数:

$$[0079] \quad N_e = \frac{\gamma(G) R_{FDR}}{R_{WH}} v_1 \cdot (1 - N_{fl}) + N_{idle} \cdot N_{fl}$$

[0080] 其中 N_{idle} 是发动机怠速转速, v_1 是车辆速度,并且其他变量是如之前描述的。

[0081] 在框518处,巡航控制系统500包括领头车辆模型、或正由在巡航控制模式下操作的车辆跟随的车辆的模型。领头车辆模型应用于知晓在巡航控制模式下操作的车辆的路径中的车辆的系统。领头车辆模型几乎没有领头车辆信息,但是它被用来预测车辆加速何时被允许和车辆减速何时可以被期望。领头车辆可以被建模为:

$$[0082] \quad \frac{dv_1}{dt} = a_2; \quad \frac{da_1}{dt} = -\frac{1}{\tau_1} a_1$$

[0083] 其中 v_1 是领头车辆的实际速度, a_1 是领头车辆的加速度,并且 τ_1 是表示预期的加速度的时间常数的时间常数。领头车辆与在巡航控制模式下操作的车辆之间的距离可以被表示为:

$$[0084] \quad \frac{dD_1}{dt} = v_1 - v$$

[0085] 其中 D_1 是领头车辆与在巡航控制模式下操作的车辆之间的距离,并且 v 是在巡航控制模式下操作的车辆的速度。领头车辆的速度可以根据跟随车辆的雷达或激光距离测量

装置来估计。

[0086] 在框506处,车辆巡航控制系统500包括成本函数。成本函数描述了用于优化器530的控制目的或目标。例如,成本函数可以试图最小化燃料消耗,将车辆速度保持在由上限车辆速度和下限车辆速度限定的预定的车辆速度范围内,维持车辆之间的最小距离,以及将车辆动力的扭矩输出限制为小于阈值扭矩。一个示例成本函数的具体细节在图7的708处进行描述。

[0087] 在框508处,巡航控制系统500操作约束条件根据驾驶员输入和/或根据被存储在存储器中的变量或函数来确定。在一个示例中,驾驶员可以输入期望的车辆速度,并且上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值可以基于期望的车辆速度来确定。例如,驾驶员可以输入100KPH的期望的车辆速度,并且110KPH的上限速度阈值和90KPH的下限阈值可以通过从期望的车辆速度添加和减去偏移值来确定。在另一些示例中,车辆系统可以基于张贴的道路速度调整上限阈值车辆速度。例如,如果驾驶员选择90KPH的期望的车辆速度而道路速度限制是100KPH,那么上限车辆阈值速度可以被调整为100KPH。最大动力源扭矩和最小车辆跟随距离可以被预先确定,并且被存储在存储器中。替代地,驾驶员可以输入约束条件值。另外,期望的车辆速度和速度约束条件可以经由驾驶员作用加速器踏板而被暂时地调整。

[0088] 巡航控制系统500还使用变速器降挡时间表的知识,以当车辆速度可以保持在上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值(例如,第一车辆速度阈值和第二车辆速度阈值)内时避免降挡。在一个示例中,巡航控制系统500提供将动力传动系统扭矩源(例如,发动机330)提供的扭矩约束为小于阈值扭矩量减去扭矩储备(reserve)偏移的可调动力传动系统扭矩限制。换句话说,动力传动系统输出扭矩或变速器输入轴扭矩不被允许超过可调动力传动系统扭矩限制或阈值减去扭矩储备偏移。阈值动力传动系统扭矩量可以是发动机转速、大气压力、湿度和发动机温度的函数。阈值动力传动系统扭矩量可以被约束为低于变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的变速器输入轴扭矩。以这种方式,当车辆速度在第一和第二车辆速度阈值内时,可以阻止或防止变速器降挡。控制系统500可以询问存储在控制器存储器中的变速器换挡计划,以确定变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的变速器输入轴扭矩。在框530处,巡航控制系统500应用来自框506至518的输入,以确定输出到车辆的动力源的最佳的扭矩命令或需求。另外,优化器530可以选择性地分离变速器前进齿轮,从而使变速器处于空挡(例如,未接合的变速器齿轮使动力源与车轮分离),以引起车辆滑行并且增加车辆燃料经济性。在变速器先前被换挡为空挡之后,优化器530可以选择性地接合前进变速器齿轮,以维持或增加车辆速度。优化器使用序列二次规划(参见用于额外细节的图7)来求解优化问题。关于优化器的操作的额外细节被提供在图6A-图8的描述中。

[0089] 优化器还将变速器输入轴扭矩约束为小于变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的扭矩,使得发动机不太可能进入较高的燃料消耗发动机操作区域。变速器输入轴扭矩可以经由限制发动机扭矩来约束。发动机扭矩可以通过不允许发动机空气流量超过阈值和/或约束火花提前为小于火花提前的阈值量来限制。然而,如果车辆速度下降到低于较低的车辆速度阈值,那么优化器允许通过超越将动力传动系统扭矩源产生的扭矩约束为小于变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的扭矩的动力传动系统扭矩限制来允许变速器降挡。特别地,动力传动系统扭矩被允许超过变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的值,使得车辆速度可以被更加严密地控制为上限车辆速度阈值与下限车辆速度阈值之间的

值。以这种方式,除了当车辆速度不在期望的速度范围内时,可以约束动力传动系统扭矩以减少变速器降挡的可能性。

[0090] 例如,巡航控制系统500可以索引存储在控制器存储器中的变速器换挡时间表,以确定当在目前车辆速度下动力传动系统输出扭矩或变速器输入轴扭矩为240N·m时,变速器降挡。巡航控制系统500阻止动力传动系统输出扭矩达到或超过240N·m,从而可以避免或阻止变速换挡。通过避免换挡,发动机可以更有效地操作并消耗更少的燃料。但是,如果车辆速度不在第一车辆速度与第二车辆速度之间的范围内,那么可调节的动力传动系统扭矩限制可以增加到大于变速器预定从当前接合的变速器挡位降挡的变速器输入轴扭矩的值。因此,可以换挡变速器,从而可以保持车辆速度。

[0091] 在框520处,车辆的变速器可以被换挡为空挡使得车辆启动或滑行,或替代地,车辆的变速器可以被换挡为前进挡位以使车辆加速。车辆的变速器可以通过经由齿轮控制螺旋线管释放齿式离合器上的液压压力而被换挡为空挡。车辆的变速器可以通过经由齿轮控制螺旋线管将液压流体压力作用于变速器齿式离合器而被换挡为前进挡位(例如,第5个挡位)。

[0092] 在框522处,车辆的动力源输出扭矩可以被调整。如果动力源是发动机,那么发动机扭矩可以经由调整节气门位置、火花正时、燃料喷射正时和凸轮正时或相位中的一个或多个来增加。如果动力源是电动机,那么机器扭矩可以经由改变向该电动机供应的电流来调整。

[0093] 因此,图5的巡航控制系统向车辆动力源提供扭矩命令并且向变速器提供某一挡位或空挡命令,以当车辆正在巡航控制模式下操作时优化车辆燃料经济性。控制器通过应用序列二次规划解决了巡航控制问题。

[0094] 图1-5的系统提供了一种车辆系统,其包括:包括动力扭矩源的车辆;以及车辆中的控制器,所述控制器包括存储在非暂时性存储器中的可执行指令,所述指令包括自适应非线性模型预测巡航控制程序,所述自适应非线性模型预测巡航控制程序包括动力传动系统扭矩阈值,以当维持车辆速度在第一和第二车辆速度阈值内时减少变速器换挡。车辆系统包括其中动力传动系统扭矩阈值是发动机转速、大气压力和湿度的函数。车辆系统包括其中动力传动系统扭矩阈值是小于变速器在当前车辆速度下降挡的扭矩的扭矩值。车辆系统进一步包括将动力传动系统扭矩输出约束为小于动力传动系统扭矩阈值。车辆系统包括其中动力传动系统扭矩经由将发动机空气流约束为小于阈值来约束。

[0095] 图1-5的系统还提供了一种车辆系统,其包括:包括动力扭矩源的车辆;以及车辆中的控制器,所述控制器包括存储在非暂时性存储器中的可执行指令,所述指令包括具有变速空挡状态激活的自适应非线性模型预测巡航控制程序和将动力传动系统扭矩约束为小于阈值的变速器换挡减少策略。车辆系统包括其中动力传动系统扭矩经由将火花提前约束为小于阈值来约束。车辆系统包括其中变速器换挡减少策略包括动力传动系统扭矩阈值。

[0096] 在一些示例中,车辆系统还包括用于将动力传动系统输出扭矩约束为小于动力传动系统扭矩阈值的额外指令。车辆系统包括其中动力传动系统扭矩阈值是发动机转速、大气压力和湿度的函数。

[0097] 现在参照图6A和图6B,示出了用于具有燃料优化的自适应非线性模型预测巡航控制的示例方法600。方法600的至少某些部分可以作为存储在非临时性存储器中的可执行指

令被包括在如在图1-图5示出的系统中。指令可以提供控制程序。另外,方法600可以包括图7和图8的方法。此外,图6A和图6B的方法可以提供在图10中示出的操作顺序。图6A-图8的方法可以在在道路上行驶的车辆中被实时执行。

[0098] 在602处,方法600初始化控制参数。要在模型和优化程序中被初始化的控制参数可以包括但不限于当前车辆速度、当前动力源输出扭矩、当前动力源速度、当前动力源燃料消耗率、车辆正在行进的当前道路角度和选定的变速器挡位。在控制参数被初始化之后,方法600进入到604。

[0099] 在604处,方法600判断巡航控制模式是否被期望。响应于驾驶员作用按钮、开关、或发出指示进入巡航控制模式的期望的语音命令,可以确定巡航控制模式被期望。在巡航控制模式期间,动力源的扭矩输出经由控制器12调整,以将车辆速度维持在由上限速度阈值(例如,100KPH)和下限速度阈值(例如,90KPH)限定的期望的速度范围内。因此,车辆扭矩输出被调整以维持期望的车辆速度。如果驾驶员作用制动器、操作按钮、开关、或发出语音命令,则可以判断巡航控制模式不被期望。如果方法600判断巡航控制模式被期望,那么回答为是并且方法600进入到606。否则,回答为否并且方法600退出。

[0100] 在606处,方法600从系统传感器和存储器接收新数据。传感器数据可以包括但不限于车辆速度、道路坡度或斜率、动力源扭矩输出、动力源燃料消耗或能量消耗、动力源速度和当前选定的变速器挡位。来自存储器的数据可以包括但不限于巡航控制约束条件、期望的车辆速度、到领头车辆的最小车辆跟随距离和控制器调整参数。在新数据被接收之后,方法600进入到608。

[0101] 在608处,方法600修正或更新用于在图5的框512和514处描述的车辆动态模型和车辆燃料消耗模型的 β 和 c 系数。 β 和 c 系数基于在606处接收的新数据利用递归最小二乘或另一合适的方法来调整,所述递归最小二乘具有指数遗忘。经修正的模型是用于系统状态观察器的基础,所述系统状态观察器同样基于该经修正的模型来更新或修正。在模型系数被修正之后,方法600进入到610。

[0102] 在610处,方法600应用非线性模型预测控制,以求解没有空挡接合的最佳扭矩轨迹。非线性模型预测控制应用于电子视野中的坡度入口,所述坡度入口从车辆的当前位置延伸到电子视野的最前位置。非线性模型预测控制针对电子视野中的入口基于在图7的框708处描述的成本函数中的约束条件输出最佳扭矩值。在没有空挡的非线性模型预测控制被应用之后,方法600进入到612。

[0103] 在612处,方法600针对当车辆未在变速器处于空挡的情况下操作时的情况确定用于预测视野(例如,电子视野中的道路坡度数据)的预期的燃料经济性值 E_0 。在一个示例中,方法600通过利用在610处确定的用于块的最佳扭矩值和动力源速度给动力源燃料或车辆能量消耗模型编索引来估计用于电子视野中的块(例如,电子视野中的坡度值之间的间隔)的燃料经济性。车辆能量消耗模型存储经验确定的燃料或能量消耗率,并且输出该速率。用于块的燃料或能量消耗被存储到存储器,并且方法600进入到614。

[0104] 在614处,方法确定空挡接合的最大时间。该时间基于实现更低的车辆速度阈值的时间。最大时间通过将车辆的当前工况输入在图5的框512处描述的车辆模型、将发动机制动扭矩设定为零并且求解车辆滑行或滑行到更低的车辆速度阈值花费的时间来确定。在空挡接合的最大时间被确定之后,方法600进入到616。

[0105] 在616处,应用非线性模型预测控制,以求解在空挡接合情况下的最佳扭矩轨迹。在一个示例中,非线性模型预测控制仅被应用于在车辆的当前位置前面的电子视野中的第一坡度入口,以限制计算负荷。然而,在另一些示例中,非线性模型预测控制可以通过增加控制器的计算负荷被延伸至电子视野的长度。非线性模型预测控制针对电子视野中的入口基于在图5的框506处描述的成本函数中的约束条件输出请求变速器进入空挡或接合前进变速器齿轮的变速器状态控制变量。另外,当空挡被确定为期望的状态时,非线性模型预测控制输出发动机怠速扭矩。对于电子视野中的空挡接合被考虑的块中,非线性模型预测控制器改变模拟条件,以模拟变速器何时处于空挡以及动力源何时处于怠速或更低的动力输出状况。具有空挡的非线性模型预测控制在图8的描述中被更详细地描述。在具有空挡的非线性模型预测控制被应用之后,方法600进入到618。

[0106] 在618处,方法600针对当车辆在变速器处于空挡的情况下操作时的情况确定用于预测视野(例如,电子视野中的道路坡度数据)的预期的燃料经济性值E1。在一个示例中,方法600通过利用在610处确定的用于块的最佳扭矩值和动力源速度给动力源燃料或车辆能量消耗模型编索引来而估计用于电子视野中的块(例如,电子视野中的坡度值之间的间隔)的燃料经济性。车辆能量消耗模型存储经验确定的燃料或能量消耗率,并且输出该消耗率。用于电子视野向量中的块的燃料或能量消耗被存储到存储器,并且方法600进入到620。

[0107] 在620处,方法600判断是否期望使车辆在车辆的变速器处于空挡的情况下操作。在一个示例中,响应于预期的燃料经济性值E1大于预期的燃料经济性E0,回答为是并且方法600进入到622。换言之,如果当车辆速度在上限速度阈值和下限速度阈值内使车辆在空挡下操作提供更高的燃料经济性,那么回答为是并且方法600进入到622。如果预期的燃料经济性值E1大于预期的燃料经济性值E0,或如果当车辆的变速器处于空挡时车辆速度被预期为小于下限阈值车辆速度,那么回答为否并且方法600进入到630。

[0108] 在622处,方法600选择车辆的变速器处于空挡的控制轨迹。该轨迹是来自步骤616的输出,并且它包括至少在电子视野的一个块中的请求车辆的变速器在空挡下操作的向量或阵列。该轨迹还包括用于使车辆的动力源在怠速或另一低能量消耗状态(例如,停止发动机操作或马达旋转)下操作的扭矩需求向量或阵列。在选择期望的控制轨迹之后,方法600进入到632。

[0109] 在630处,方法600选择车辆的变速器被接合在前进挡位中的控制轨迹。该轨迹是来自步骤610的输出,并且它包括用于将车辆速度维持在上限车辆速度阈值和下限车辆速度阈值内的扭矩需求。该扭矩需求还提供用于最小化车辆燃料消耗。在选择期望的控制轨迹之后,方法600进入到632。

[0110] 在632处,方法600将控制动作应用于致动器,并且等待下一个采样阶段。被采取的控制动作是用于使车辆在对应于当前车辆位置的电子视野块中操作。控制动作基于在622或630处选择的轨迹。如果控制动作包括将车辆的变速器操作状态从空挡改变为前进挡位或反之亦然,那么一个或多个变速器离合器的状态可以改变以将变速器换挡为空挡或前进挡位。车辆的动力源输出可以响应于被请求的动力源扭矩的改变而经由改变扭矩致动器的状态(诸如节气门位置、凸轮正时、火花提前、燃料喷射正时、或被应用于电动机的电流量)来调整。在控制动作被应用于车辆之后,方法600返回到604。

[0111] 现在参照图7,示出了用于非线性模型预测巡航控制的数值方法的详细示例。该方

法使用序列二次规划 (SQP) 来求解非线性优化问题。SQP求解器的第j个迭代可以被表示为:

$$[0112] \quad \Delta x^j = \arg \min_{\Delta x} J(x^j) + f^T \Delta x + \frac{1}{2} \Delta x^T S \Delta x,$$

$$s.t. \quad x_{\min} \leq x^j + \Delta x^j \leq x_{\max} .$$

[0113] 其中f,S是x处成本函数J的局部二次近似的系数。

[0114] 新迭代由以下给出:

$$[0115] \quad x^{j+1} = x^j + \alpha_j \cdot \Delta x^j,$$

[0116] 其中 α_j 是合适的步长。 α_j 的选择是重要的,以确保算法的快速收敛。一般来说,合适的值能够通过应用线搜索算法来发现。对于具有相对温和的非线性的系统,步长可以被选择为常数,但是它还应当被选择为使得成本函数在所有可预见到的情况下都降低。

[0117] 在704处,方法700从图6A的606接收新数据。替代地,方法700可以从存储器和车辆传感器接收数据,如在图6A的606处描述的。在新数据被接收之后,方法700进入到706。

[0118] 在706处,方法700执行模拟和线性化。在框512-框518处描述了对模型执行的模拟和线性化。假设非线性系统通过以下来描述:

$$[0119] \quad \frac{dx(t)}{dt} = f(x(t), u(t))$$

$$[0120] \quad y(t) = g(x(t), u(t))$$

[0121] 其中x是系统状态,u是系统输入,y是系统输出,并且f和g表示函数。模拟在预测或电子视野内的系统可以通过由合适的求解器(诸如基本前向欧拉方法)求解以上常微分方程来完成。欧拉方法在时间 $t_k = t_0 + kT_s$ 处的一个步骤可以被表示为:

$$[0122] \quad x(t_{k+1}) \approx x(t_k) + T_s \cdot f(x(t_k), u(t_k))$$

[0123] 以上常微分方程在 $t_k = t_0 + kT_s$ 处在点 $\hat{x}(t_k), \hat{u}(t_k)$ 中的线性化可以被表示为:

$$[0124] \quad \frac{d\Delta x(t_k)}{dt} = \frac{\partial f(x(t_k), u(t_k))}{\partial x(t_k)} \Delta x(t_k) + \frac{\partial f(x(t_k), u(t_k))}{\partial u(t_k)} \Delta u(t_k)$$

$$[0125] \quad \Delta y(t_k) = \frac{g(x(t_k), u(t_k))}{\partial x(t_k)} \Delta x(t_k) + \frac{g(x(t_k), u(t_k))}{\partial u(t_k)} \Delta u(t_k)$$

[0126] 其中

$$[0127] \quad u(t_k) = \hat{u}(t_k) + \Delta u(t_k)$$

$$[0128] \quad x(t_k) \approx \hat{x}(t_k) = \Delta x(t_k)$$

$$[0129] \quad y(t_k) \approx \hat{y}(t_k) + \Delta y(t_k)$$

[0130] 被线性化的系统被离散化,以在系统输入并且一步预测中获得有限参数化:

$$[0131] \quad \Delta x(t_{k+1}) = A_k \Delta x(t_k) + B_k \Delta u(t_k)$$

$$[0132] \quad \Delta y(t_k) = C_k \Delta x(t_k) + D_k \Delta u(t_k)$$

[0133] 近似的离散化可以被表示为:

$$[0134] \quad A_k = I + T_s \frac{\partial f(x(t_k), u(t_k))}{\partial x(t_k)} \quad B_k = T_s \frac{\partial f(x(t_k), u(t_k))}{\partial u(t_k)}$$

$$[0135] \quad C_k = \frac{g(x(t_k), u(t_k))}{\partial x(t_k)} \quad D_k = \frac{g(x(t_k), u(t_k))}{\partial u(t_k)}$$

[0136] 线性化在每个采样阶段针对电子或预测视野中的使用于预测的轨迹的灵敏度矩阵H能形成系统输入的每个块进行评估。系统输出的被线性化的预测可以被表示为：

$$[0137] \quad \Delta \vec{Y} = H \Delta \vec{U}$$

[0138] 其中

$$[0139] \quad \Delta \vec{Y} = \begin{bmatrix} \Delta y(t_1) \\ \Delta y(t_2) \\ \Delta y(t_3) \\ \vdots \end{bmatrix}, \Delta \vec{U} = \begin{bmatrix} \Delta u(t_1) \\ \Delta u(t_2) \\ \Delta u(t_3) \\ \vdots \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} D_1 & 0 & 0 & \dots \\ C_2 B_1 & D_2 & 0 & \dots \\ C_3 A_2 B_1 & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

[0140] 在模拟和线性化被执行之后，方法700进入到708。

[0141] 在708处，方法708建立二次规划(QP)问题。QP问题基于成本函数和约束条件建立。在一个示例中，成本函数可以被表示为：

$$[0142] \quad J = q_N (v(t_N) - v_{end}(t_N))^2 + q_{avg} \left(\frac{\sum_{k=1}^N \dot{m}_{fuel}(t_k)}{\sum_{k=1}^N v(t_k)} \right) + q_{avg} \left(v_{avg}(t_0) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v(t_k) \right)^2 + r_T \sum_{k=1}^{N_c} \|\delta T(t_k)\|^2$$

[0143] 其中J是成本函数变量，N是基于电子视野的向量或阵列的预测视野， q_N 是用于跟踪在预测视野的末端处的期望的车辆速度的惩罚， q_{avg} 是在预测的视野上的用于平均燃料消耗的惩罚， q_{avg} 是用于平均车辆速度跟踪的惩罚，并且 r_T 是扭矩命令活动。

[0144] 成本函数中的第一项表示终端惩罚(在预测视野N的末端处的车辆速度)。第二项是在预测视野内的平均燃料消耗。第三项是在预测视野内的平均车辆速度。最后，第四项是扭矩活动惩罚 $\delta_T(t_k) = T(t_k) - T(t_{k-1})$ 、或发动机或动力源扭矩在k个步骤之间的改变。成本函数约束条件可以被表示为：

$$[0145] \quad v_{min} - \epsilon_1(t_k) \leq v(t_k) \leq v_{max} + \epsilon_1(t_k), k=1, 2, \dots, N_{vlim}$$

$$[0146] \quad T_{min} \leq T(t_k) \leq T_{max}, k=1, 2, \dots, N_c$$

$$[0147] \quad D_{min} + t_{pmin} v(t_k) \leq D_1(t_k) + \epsilon_2(t_k), k=1, 2, \dots, N_{dlim}$$

[0148] 其中 N_{vlim} 是车辆速度限制的点的数量， N_{dlim} 是在预测视野中的领头车辆距离限制，并且其中 $\epsilon_1(t_k)$ 和 $\epsilon_2(t_k)$ 是辅助软化变量。辅助软化变量 $\epsilon_1(t_k)$ 和 $\epsilon_2(t_k)$ 确保因而产生的非线性优化问题的可行性，车辆速度限制和到领头车辆限制的距离通过引入辅助软化变量 $\epsilon_1(t_k)$ 和 $\epsilon_2(t_k)$ 被处理为软约束条件。注意，到领头车辆的最小距离包括两部分。第一部分 D_{min} 是指定的最小距离，而第二部分 $t_{pmin} v(t_k)$ 被表示到达主车辆与领头车辆之间的 D_{min} 间隙的指定的最小时间的时间 t_{pmin} 参数化。

[0149] 优化变量J是在预测视野内的扭矩轨迹(以及软化变量)。分块技术被用来减少优化变量的数量，具有减少实时计算和存储分配的目的。因此，调整动力源扭矩的控制动作未在预测视野内的每个采样阶段中进行计算。替代地，若干采样时间被分块(被分组)，并且在每个块内的控制动作被假设为固定的(例如，未改变)。这可以被表示为优化变量(扭矩)的线性变换

$$[0150] \quad \bar{T} = B_{bl} \bar{T}_{bl}$$

[0151] 其中 B_{bl} 是变换(分块)矩阵和扭矩轨迹

$$[0152] \quad \bar{T} = [T(t_1) \quad T(t_2) \quad \dots \quad T(t_{N_c})],$$

$$[0153] \quad \bar{T}_{bl} = [T(t_{b(1)}) \quad T(t_{b(2)}) \quad \dots \quad T(t_{b(n_{bl})})]^T$$

[0154] 其中 n_{bl} 是块的总数量,并且 b 是指定每个单个块中的采样的数量的长度的向量。向量 \bar{T}_{bl} 成为替代原始轨迹 \bar{T} 的新的优化变量。在QP问题被建立之后,方法700进入到710。

[0155] 在710处,方法700求解QP问题。第 j 个SQP迭代中的最终QP近似可以被描述为:

$$[0156] \quad \{\Delta \bar{T}, \varepsilon_v^{j*}, \varepsilon_D^{j*}\} = \arg \min_{\Delta \bar{T}, \varepsilon_v^j, \varepsilon_D^j} \{J^j + J_{vlim}^j + J_{Dlim}^j\}$$

[0157] 其中 \bar{T} 是轨迹, j 是迭代, ε_v^{j*} 是车辆速度限制的软化变量的向量,其中 $v_{min} \leq \varepsilon_v(t_k) \leq v_{max}$, ε_D^{j*} 是用于到领头车辆的距离限制的软化变量的向量,其中 $D_{min} \leq \varepsilon_D(t_k)$, J^j 是

如上所述的成本函数第 j 个迭代, J_{vlim}^j 是与由 $J_{vlim} = \sum_{k=1}^{N_{vlim}} \|v_1(t_k) - \varepsilon_v(t_k)\|_{\rho_{vlim}}^2$ 给出的被软化的车辆

速度限制相关的成本函数,并且 J_{Dlim}^j 是与由 $J_{Dlim} = \sum_{k=1}^{N_{Dlim}} \|D_p(t_k) - T_{pmin} v_1(t_k) - \varepsilon_D(t_k)\|_{\rho_{Dlim}}^2$ 给出的到领

头车辆的被软化的距离限制相关的成本函数。在QP问题被求解之后,方法700进入到712。

[0158] 在712处,方法700更新或修正解。根据上述SQP求解器,轨迹可以被修正或被更新为:

$$[0159] \quad \bar{T}^{j+1} = \bar{T}^j + \alpha^j \cdot \Delta \bar{T}^{j*}$$

[0160] 经修正的扭矩轨迹是用于下一个第 $(j+1)$ 个SQP迭代的开始点。在解被修正之后,方法700进入到714。

[0161] 在714处,方法700判断解是否已经收敛到最佳解。在一些示例中,解可以与成本函数进行比较。然而,对于逐渐远离视野问题,解可以被确定为在预定的迭代数量(例如,1或2)内收敛。如果方法700判断解已经收敛到最佳解,那么回答为是并且方法700退出或返回到图6A的610。

[0162] 因此,当车辆在在前进挡位下操作时,图7的方法响应于在巡航控制模式下操作的车辆与在巡航控制模式下操作的车辆前面的领头车辆之间的距离而调整向动力扭矩源供应的扭矩命令。图7的方法还基于约束条件确定最佳车辆速度分布图。

[0163] 现在参照图8,示出了用于具有燃料优化并且具有空挡选择的非线性模型预测巡航控制的示例方法。空挡选择指的是控制器具有将车辆的变速器操作状态从前进挡位改变为空挡或反之亦然以改善在巡航控制模式下的车辆燃料经济性的能力。通过将变速器命令为空挡,在平坦或负道路坡度上增加或维持车辆速度会是可能的,因为当变速器被换挡为空挡时,发动机制动和一些传动系损失不抵抗作用在车辆上的一部分重力。

[0164] 变速器操作状态是具有用于变速器未正在处于空挡的0值和用于变速器正在处于

空挡的1值的二进制变量。如果电子或预测视野包括 N_d 个点,用于使变速器在某一挡位或空挡下操作的可能的变速器操作状态组合的数量是 2^{N_d} 。因此,图8的算法可以被执行 2^{N_d} 次以达到最小成本函数。然而,为了降低控制器上的计算负荷,可以期望对于电子或预测视野中的第一块仅迭代一次。

[0165] 在804处,方法800从图6A的606接收新数据。替代地,方法800可以从数据存储器和车辆传感器接收数据,如在图6A的606处描述的。在新数据被接收之后,方法800进入到806。

[0166] 在806处,方法800在电子或预测视野上选择一个或多个预定的空挡轨迹,其中空挡接合的合适的组合在电子或预测视野中具有固定的持续时间和开始位置。所有预定的空挡轨迹连同对应的计算的关于车辆燃料经济性和约束违反的扭矩轨迹一起被评估。还未被评估的轨迹在806处被选择。

[0167] 在808处,如在图7的706-714处描述的SQP过程被执行,以确定对应于在806处选择的预定的空挡轨迹的扭矩轨迹。另外,在预测视野上的燃料经济性 E_i 的对应估计如在图6A的612处描述的那样被计算并且存储到存储器。应当注意,对于评估空挡接合,当评估空挡接合状况时,动力源扭矩被设定为低值(诸如零)或发动机怠速扭矩,使得动力源能量消耗或燃料消耗是准确的。在SQP过程被执行之后,方法800进入到810。

[0168] 在810处,方法800判断是否空挡接合的所有组合都已经被评估。如果这样的话,那么回答为是并且方法800进入到812。否则,回答为否并且方法800返回到806,并且下一个空挡轨迹被评估。

[0169] 在812处,方法800选择空挡轨迹和从空挡轨迹的组合提供最佳燃料经济性的对应的扭矩轨迹。方法800退出或返回到图6B的620。

[0170] 因此,当车辆正在巡航控制模式下而车辆实际上未必处于空挡时,图8的方法评估变速器处于空挡的车辆的操作。评估至少部分地基于预期到在未来的时间车辆遇到的道路状况、在未来的时间的道路状况基于被存储在存储器中的道路状况的映射图。

[0171] 图6A到8的方法提供了一种车辆巡航控制方法,其包括:从一个或多个传感器接收车辆信息到控制器;响应于由控制器执行的自适应非线性模型预测巡航控制程序的输出提供扭矩命令,所述扭矩命令被约束为小于在当前车辆速度下变速器降挡的扭矩的值;以及响应于所述扭矩命令来调节动力扭矩源的扭矩致动器。该方法包括其中经由动力传动系统扭矩阈值约束扭矩命令。该方法包括其中动力传动系统扭矩阈值是发动机转速、大气压力和湿度的函数。该方法包括其中动力传动系统扭矩阈值是小于在当前车辆速度下变速器降挡的扭矩值的扭矩值。

[0172] 现在参照图9A,示出了示例凸形车辆燃料消耗模型的曲线图。在一些示例中,车辆燃料消耗模型也可以被称为映射图。竖直线表示到发动机的燃料流率。水平轴线表示发动机扭矩。指向纸内的轴线是发动机转速。车辆燃料消耗模型存储对应于选定的发动机转速和扭矩的燃料消耗或使用率的经验确定值。当如图所示的那样被连在一起并且从水平轴线的角度观察时,燃料消耗值形成凸形表面。车辆燃料消耗模型形状可以随着燃料类型(例如,汽油、醇和汽油、醇)、发动机环境工况以及其他状况而改变。车辆燃料消耗模型形状(例如,凸形、非凸形、仿射)能够影响控制器输出,因为最佳扭矩解也针对最小燃料消耗进行优化。车辆燃料模型形状和预期的控制器输出可以根据描述车辆燃料消耗模型的多项式的系

数的值来确定。例如,如果系数表明车辆燃料模型为凸形,那么在图6A-图8中描述的控制器的提供在上限扭矩阈值与下限扭矩阈值之间变化的窄带扭矩请求,所述下限扭矩阈值大于零扭矩。尽管请求的扭矩的确发生改变以维持车辆速度,但是由图6A-图8的控制器的输出的扭矩解可以被称为用于凸形车辆燃料消耗模型的恒定扭矩解。由控制器输出的用于凸形车辆燃料消耗模型的窄带扭矩请求包括下限扭矩阈值,该下限扭矩阈值是比用于非凸形车辆燃料消耗模型的下限扭矩阈值更大的扭矩。另外,由控制器输出的用于凸形车辆燃料消耗模型的窄带扭矩请求包括上限扭矩阈值,该上限扭矩阈值是比用于非凸形车辆燃料消耗模型的上限扭矩阈值更低的扭矩。

[0173] 现在参照图9B,示出了示例非凸形车辆燃料消耗模型的曲线图。在一些示例中,车辆燃料消耗模型也可以被称为映射图。垂直轴线表示到发动机的燃料流率。水平轴线表示发动机扭矩。指向纸内的轴线是发动机转速。车辆燃料消耗模型存储对应于选定的发动机转速和扭矩的燃料消耗或使用率的经验确定值。当如图所示的那样被连在一起并且从水平轴线的角度观察时,燃料消耗值形成非凸形表面。来自图6A-图8的控制器的扭矩解输出可以被称为脉冲滑行(pulse-and-glide)扭矩解。扭矩请求是脉冲形状,从被请求的在车轮处的零扭矩请求摆动到比在当燃料模型为凸形时相同车辆行驶相同路线的情况下更高的扭矩值。因此,对于在燃料消耗模型形状之外的相同状况下行驶相同路线的相同车辆,图6A-图8的控制器的输出用于凸形车辆燃料消耗模型的恒定扭矩解和用于非凸形燃料消耗模型的脉冲滑行扭矩解。脉冲滑行扭矩解有时需要在车轮处的零扭矩,使得车辆滑行或怠速滑行。空挡接合可以对非凸形燃料消耗模型尤其有用,因为空挡接合可以延长滑行或零扭矩持续时间。脉冲滑行扭矩解还请求比恒定扭矩解更大的扭矩。因此,控制器的扭矩解(例如,恒定的扭矩或脉冲滑行)可以经由车辆燃料消耗模型形状来确定。

[0174] 现在参照图10,示出了用于图1-图5的系统和图6A-图8的方法的示例车辆巡航控制顺序。在时间T1-T4处的垂直标记表示在顺序期间感兴趣的时间。所有曲线都发生在相同时间和相同车辆工况下。在巡航控制模式下,车轮扭矩命令或动力源扭矩需求经由除驾驶员之外的控制器来提供。控制器具有在巡航控制模式下的影响由控制器输出的扭矩需求的目的,并且该目的可以由约束条件(诸如最小化燃料消耗、将车辆速度维持在限定期望的车辆速度范围、空挡使用效益、最大空挡持续时间和最大车轮扭矩的上限阈值速度和下限阈值速度内)至少部分地限定。控制器可以改变在巡航控制模式下的扭矩需求,以在没有到控制器的驾驶员输入的情况下或在驾驶员没有从动力源请求扭矩的情况下将车辆速度保持在期望的车辆速度范围内。因此,在巡航控制模式下的扭矩命令可以基于由驾驶员请求的期望的车辆速度。控制器可以调整动力扭矩源的扭矩以实现期望的车辆速度。

[0175] 自图10顶部的第一曲线是计算的最大空挡持续时间随着时间变化的曲线。最大空挡持续时间对应于变速器可以处于空挡同时将车辆速度保持在期望的车辆速度范围内的时间量。最大空挡持续时间可以经由如在图6A-图8的方法中描述的模式来估计。水平轴线表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。垂直轴线表示最大空挡持续时间,并且最大空挡持续时间沿垂直轴线箭头的方向增加。水平线1002表示在变速器处于某一挡位的情况下要被命令为空挡的变速器将要超过的阈值最大空挡持续时间。

[0176] 自图10的顶部的第二曲线是计算的空挡使用效益随着时间变化的曲线。使用效益对应于当车辆的变速器被换挡为空挡时的车辆燃料经济性。空挡使用效益可以通过针对变

变速器何时处于空挡确定车辆燃料经济性来估计。水平轴线表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。垂直轴线表示空挡使用效益,并且效益沿垂直轴线箭头的方向增加。水平线1004表示在变速器处于某一挡位的情况下要被命令为空挡的变速器将要超过的阈值空挡使用效益。

[0177] 自图10顶部的第三曲线是变速器状态随着时间变化的曲线。变速器状态表明变速器是处于空挡还是处于某一挡位。水平轴线表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。垂直轴线表示变速器状态。当轨迹处于靠近垂直轴线箭头的更高水平时,变速器处于空挡。当轨迹处于靠近水平轴线的更低水平时,变速器处于某一挡位。

[0178] 自图10顶部的第四曲线是车辆速度随着时间变化的曲线。水平轴线表示时间,并且时间从曲线的左侧向曲线的右侧增加。垂直轴线表示车辆速度,并且车辆速度沿垂直轴线箭头的方向增加。水平线1006表示下限阈值车辆速度。当车辆在巡航控制模式下,车辆巡航控制器的目的是将车辆速度维持在阈值1006之上。

[0179] 在时间T0处,车辆在巡航控制模式下。最大空挡持续时间正在从中等水平增加,并且车辆速度正在从在巡航控制期望的车辆速度范围内的更高水平降低。此类状况可以表明车辆接近上坡的顶部。空挡使用效益正在从更低水平增加,并且变速器处于前进挡位。

[0180] 在时间T0与时间T1之间,车辆速度继续降低,并且最大空挡持续时间增加至在阈值1002之上的值。空挡使用效益保持在阈值1004之下,并且变速器保持处于前进挡位。即使最大空挡持续时间在自空挡使用效益不超过阈值1004以后的时间超过阈值1002,变速器状态也不改变。

[0181] 在时间T1处,变速器将状态从前进挡位改变为空挡。响应于最大空挡持续时间大于阈值1002并且空挡使用效益大于阈值1004,变速器被换挡为空挡。响应于变速器处于空挡,车辆速度开始缓慢降低。

[0182] 在时间T1与时间T2之间,车辆速度继续降低,并且变速器保持处于空挡。最大空挡持续时间降至阈值1002之下,并且空挡使用效益降至阈值1004之下。然而,变速器保持处于空挡,以延长处于空挡滑行或怠速滑行的车辆燃料经济性效益。

[0183] 在时间T2处,车辆速度降至阈值水平1006,并且响应于车辆速度处于阈值水平1006或在阈值水平1006之下,变速器被换挡为前进挡位。最大空挡持续时间小于阈值水平1002,并且空挡使用效益小于阈值水平1004。

[0184] 在时间T2与时间T3之间,变速器保持接合在前进挡位中,并且车辆速度增加。最大空挡持续时间也超过阈值1002。空挡使用效益小于阈值1004。变速器不进入空挡,因为阈值1004未被超过。

[0185] 在时间T3处,变速器将状态从前进挡位改变为空挡。响应于最大空挡持续时间大于阈值1002并且空挡使用效益大于阈值1004,变速器被换挡为空挡。响应于变速器处于空挡,车辆速度开始缓慢降低。

[0186] 在时间T3与时间T4之间,车辆速度继续降低,并且变速器保持处于空挡。最大空挡持续时间降至阈值1002之下,并且空挡使用效益降至阈值1004之下。变速器保持处于空挡,以延长处于空挡滑行或怠速滑行的车辆燃料经济性效益。

[0187] 在时间T4处,车辆速度降至阈值水平1006,并且响应于车辆速度处于阈值水平1006或在阈值水平1006之下,变速器被换挡为前进挡位。最大空挡持续时间小于阈值水平

1002,并且空挡使用效益小于阈值水平1004。

[0188] 以此方式,变速器可以选择性被换挡为空挡或从空挡进行换挡,以延长车辆燃料经济性。取决于车辆工况和道路坡度或在预测或电子视野中的道路斜率值,车辆控制器选择性地换挡为空挡。响应于负道路坡度和其他车辆状况,控制器可以将变速器换挡为空挡。另外,响应于根据预测或电子视野确定的道路坡度从正坡度到负坡度或零坡度的改变,控制器可以动作以将变速器换挡为空挡。

[0189] 注意,本文中包括的示例控制和估计程序能够与各种发动机和/或车辆系统配置一起使用。另外,在此描述的方法可以是物理世界的控制器采取的动作和控制器内的指令的组合。在本文中所公开的控制方法和程序可以作为可执行指令存储在非临时性存储器中并且可以由包括控制器的控制系统与各种传感器、致动器和其他发动机硬件结合执行。在本文中所描述的具体程序可以代表任意数量的处理策略中的一个或多个,诸如事件驱动、中断驱动、多任务、多线程等。因此,所描述的各种动作、操作和/或功能可以所示顺序、并行地被执行,或者在一些情况下被省略。同样,实现在本文中所描述的示例实施例的特征和优点不一定需要所述处理顺序,但是为了便于图释和说明而提供了所述处理顺序。取决于所使用的特定策略,所示出的动作、操作和/或功能中的一个或多个可以被重复执行。另外,所描述的动作、操作和/或功能可以图形地表示被编入发动机控制系统中的计算机可读存储介质的非临时性存储器的代码,其中通过配合电子控制器执行包括各种发动机硬件部件的系统中的指令而使所描述的动作得以实现。

[0190] 在此结束本说明书。本领域技术人员阅读本说明书将会想到不违背本发明的精神实质和范围的许多变化和修改。例如,以天然气、汽油、柴油或可替代的燃料配置运行的I3、I4、I5、V6、V8、V10和V12发动机可以利用本说明书以受益。

[0191] 本申请的权利要求具体地指出某些被认为是新颖的和非显而易见的组合和子组合。这些权利要求可能涉及“一个”元件或“第一”元件或其等同物。这些权利要求应当被理解为包括一个或多个这种元件的结合,既不要求也不排除两个或多个这种元件。所公开的特征、功能、元件和/或特性的其他组合和子组合可通过修改现有权利要求或通过在这个或关联申请中提出新的权利要求而要求保护。这些权利要求,无论与原始权利要求范围相比更宽、更窄、相同或不相同,都被认为包括在本公开的主题内。

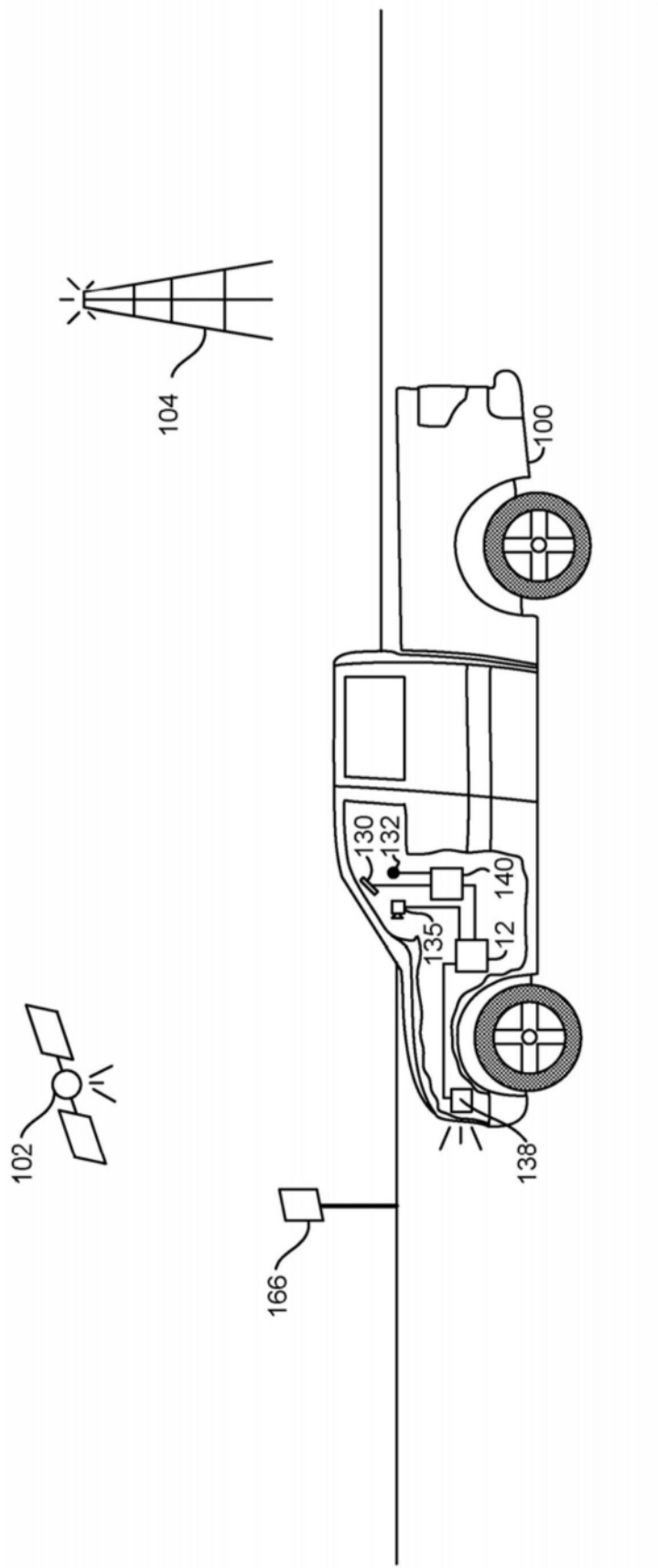


图1

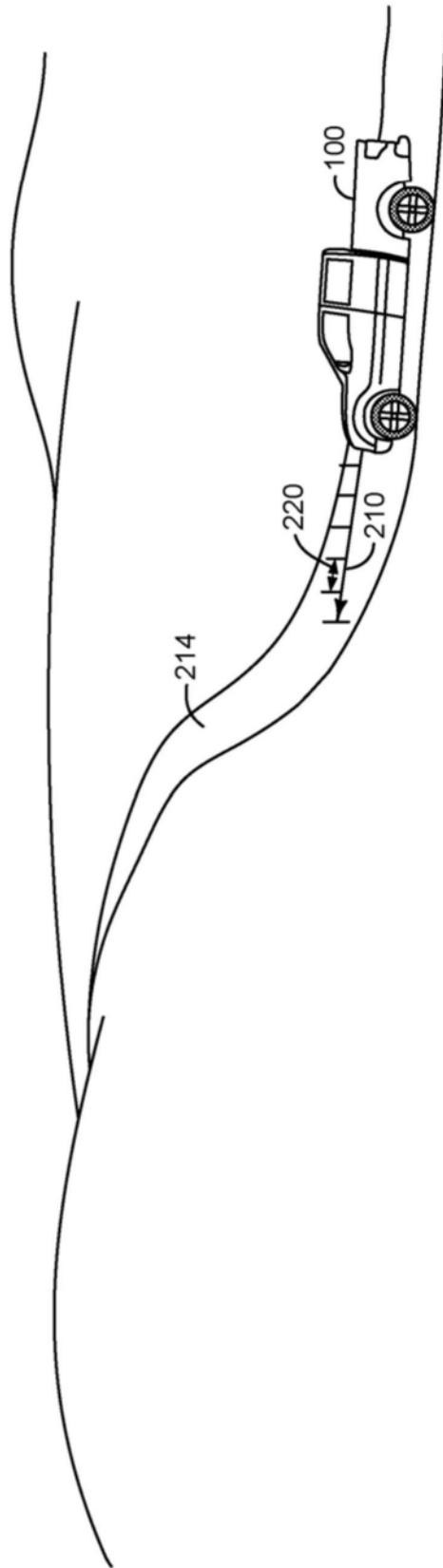


图2

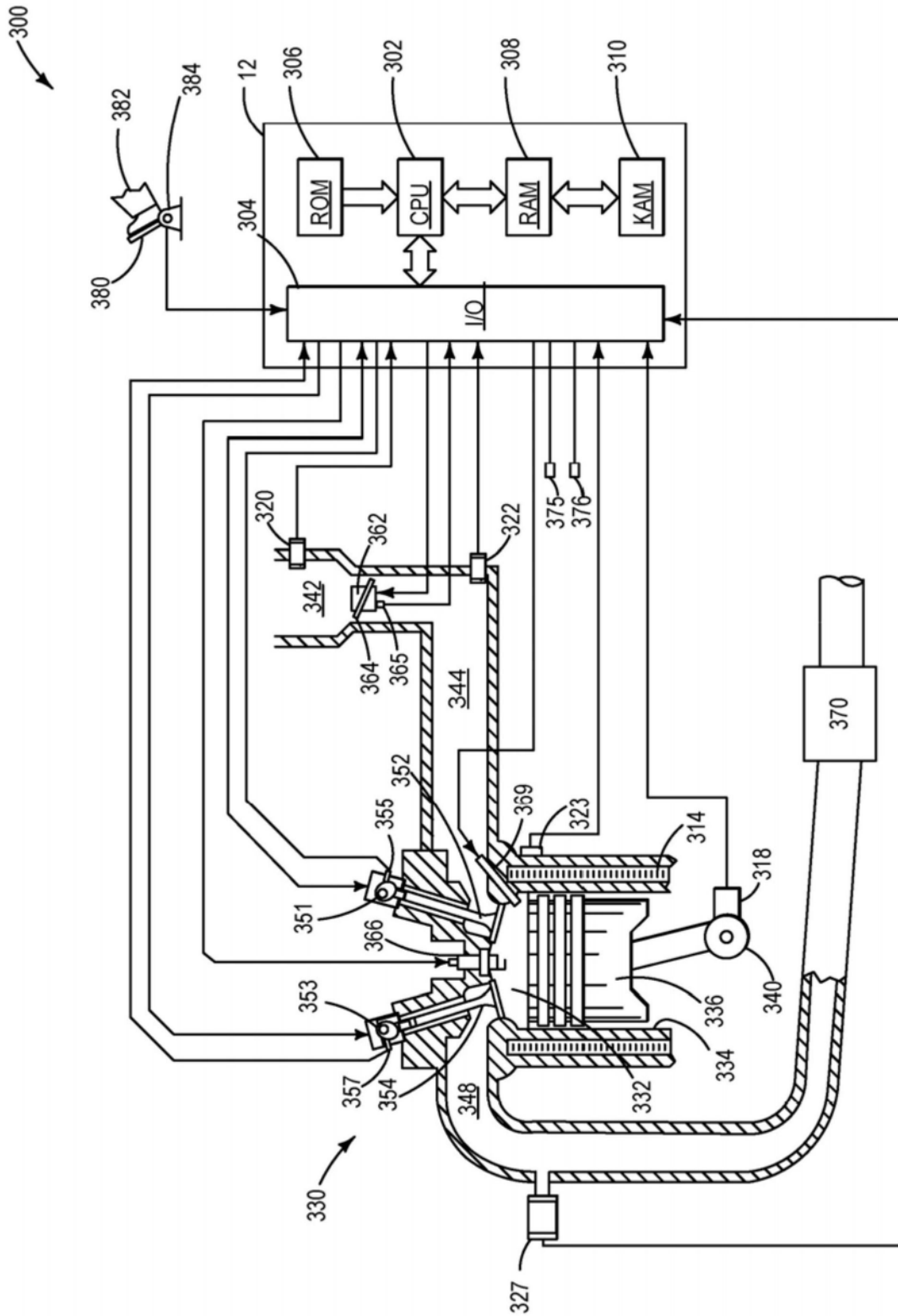


图3

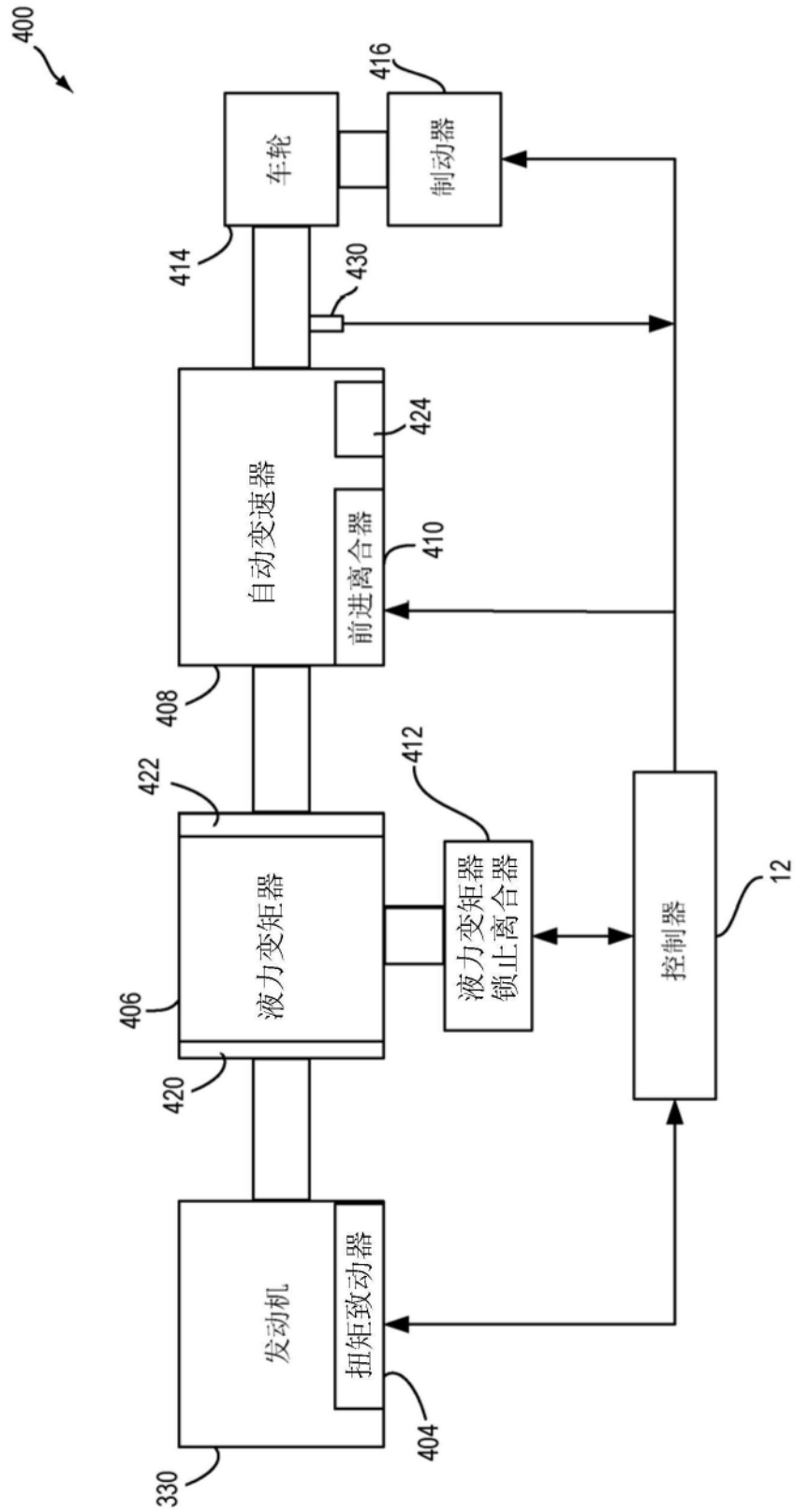


图4

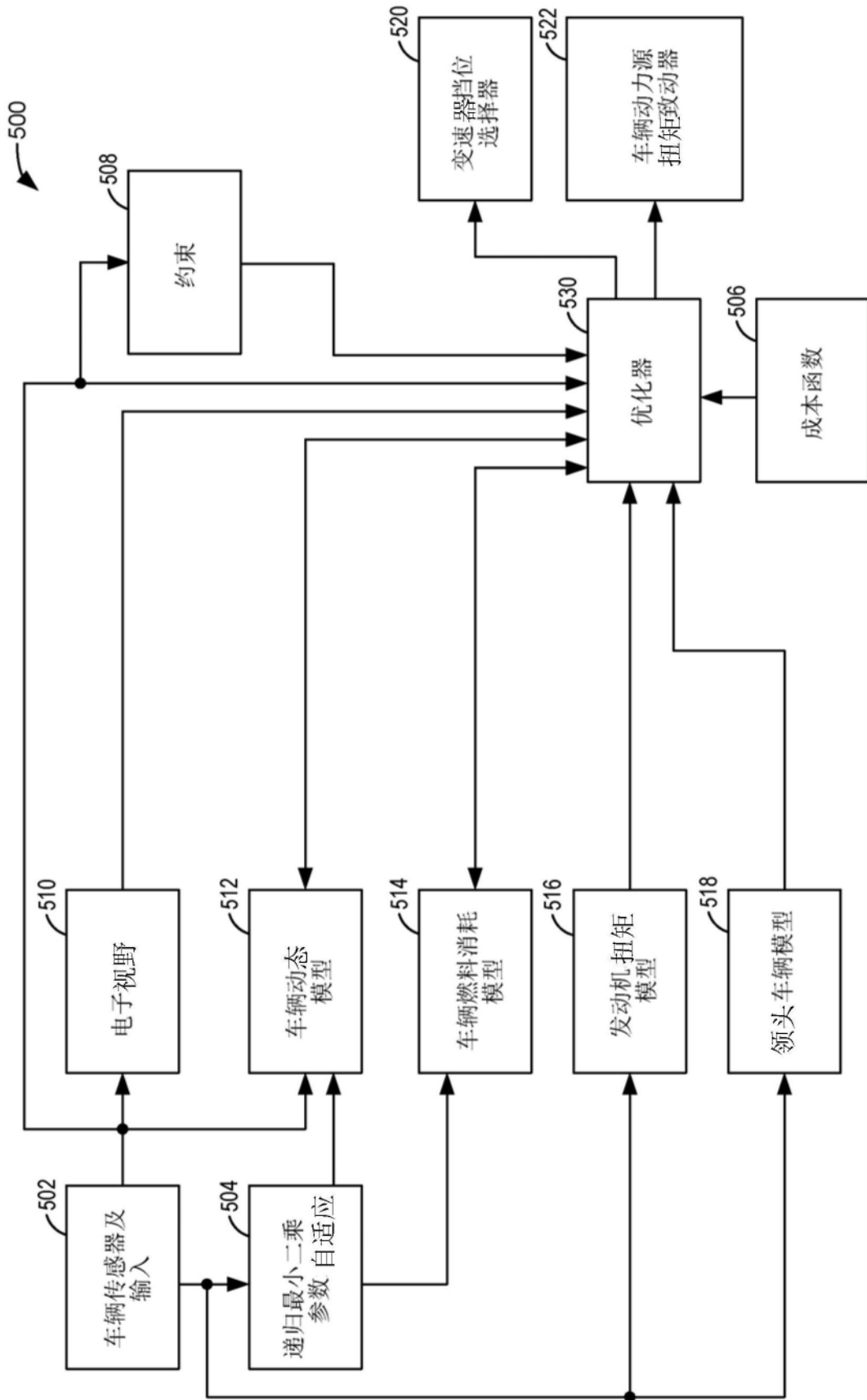


图5

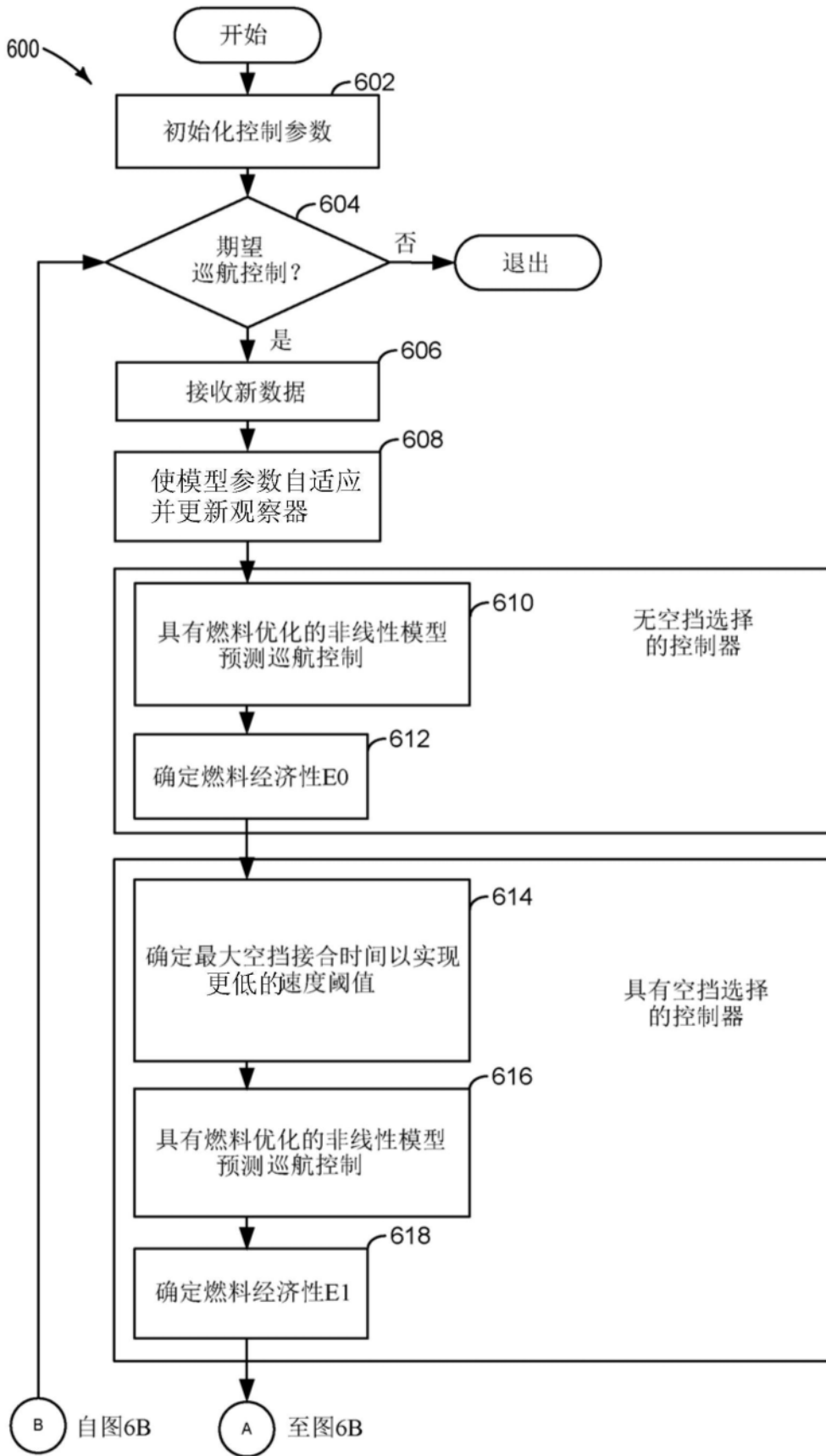


图6A

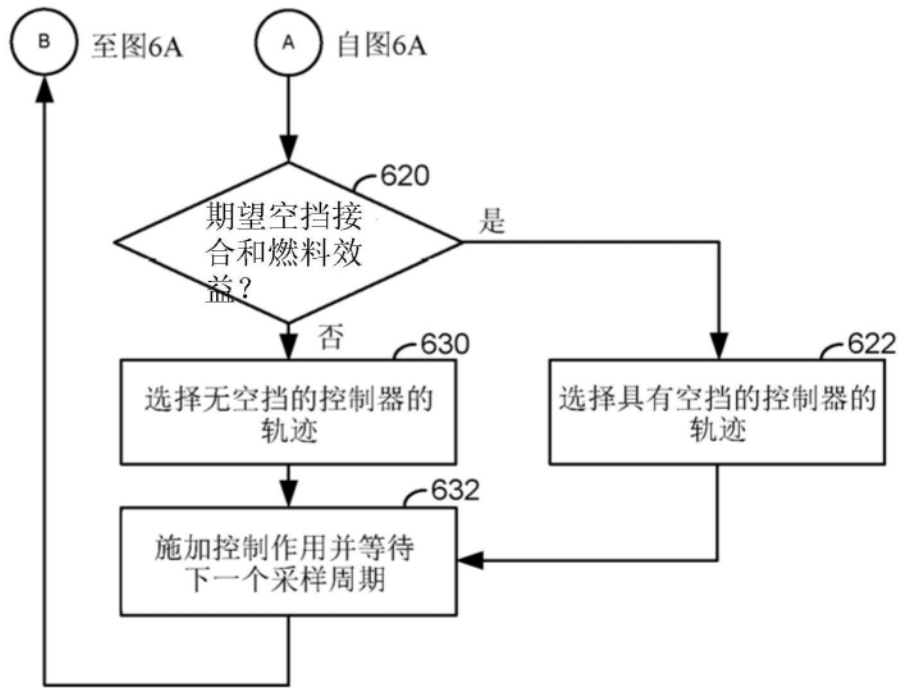


图6B

700 →

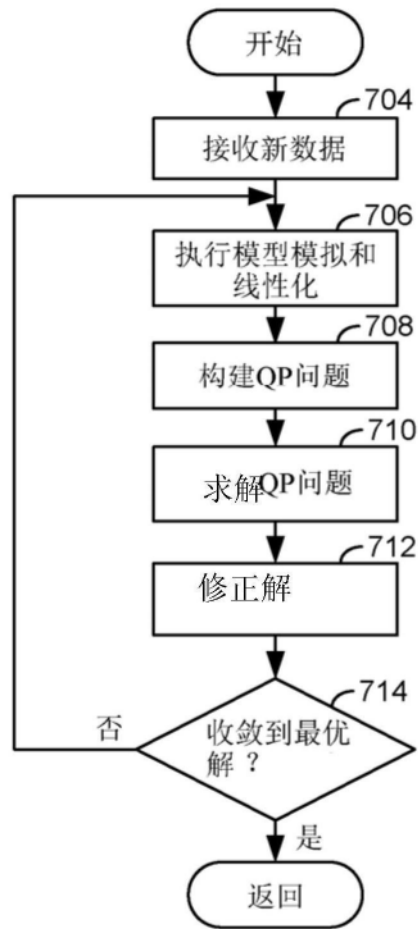


图7

800

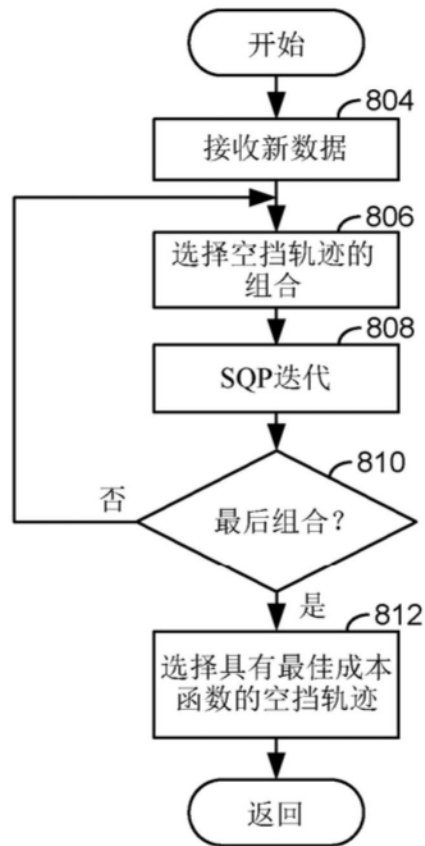


图8

900

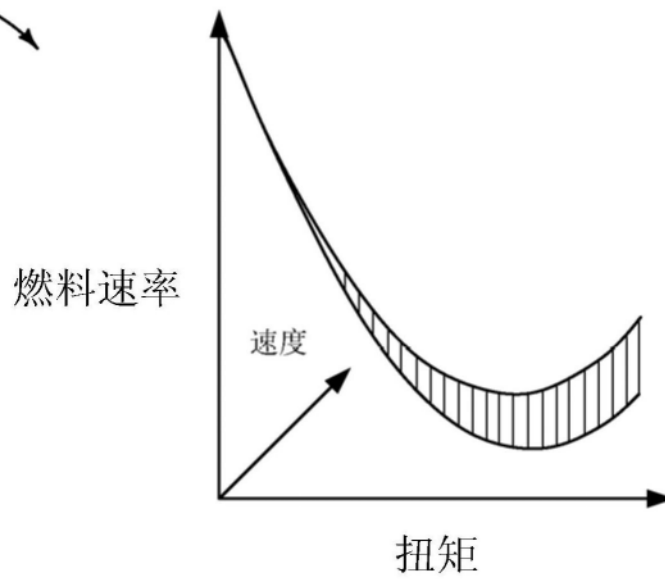


图9A

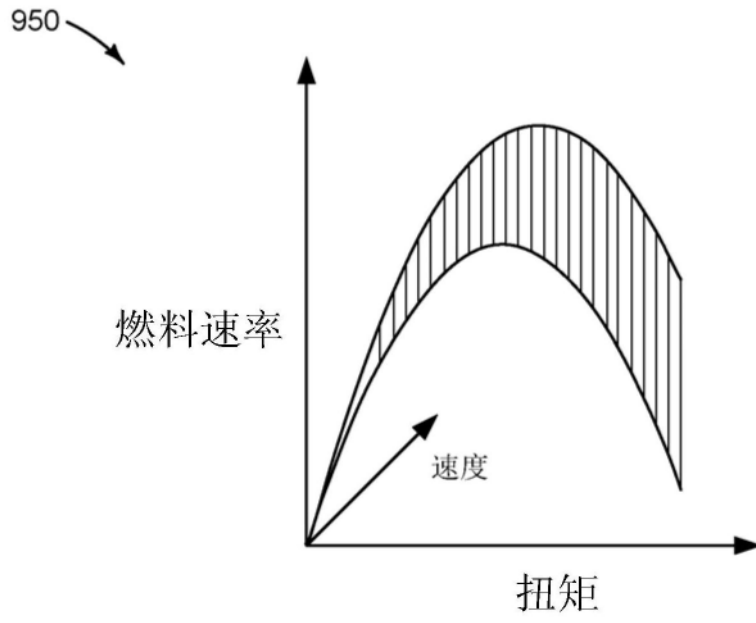


图9B

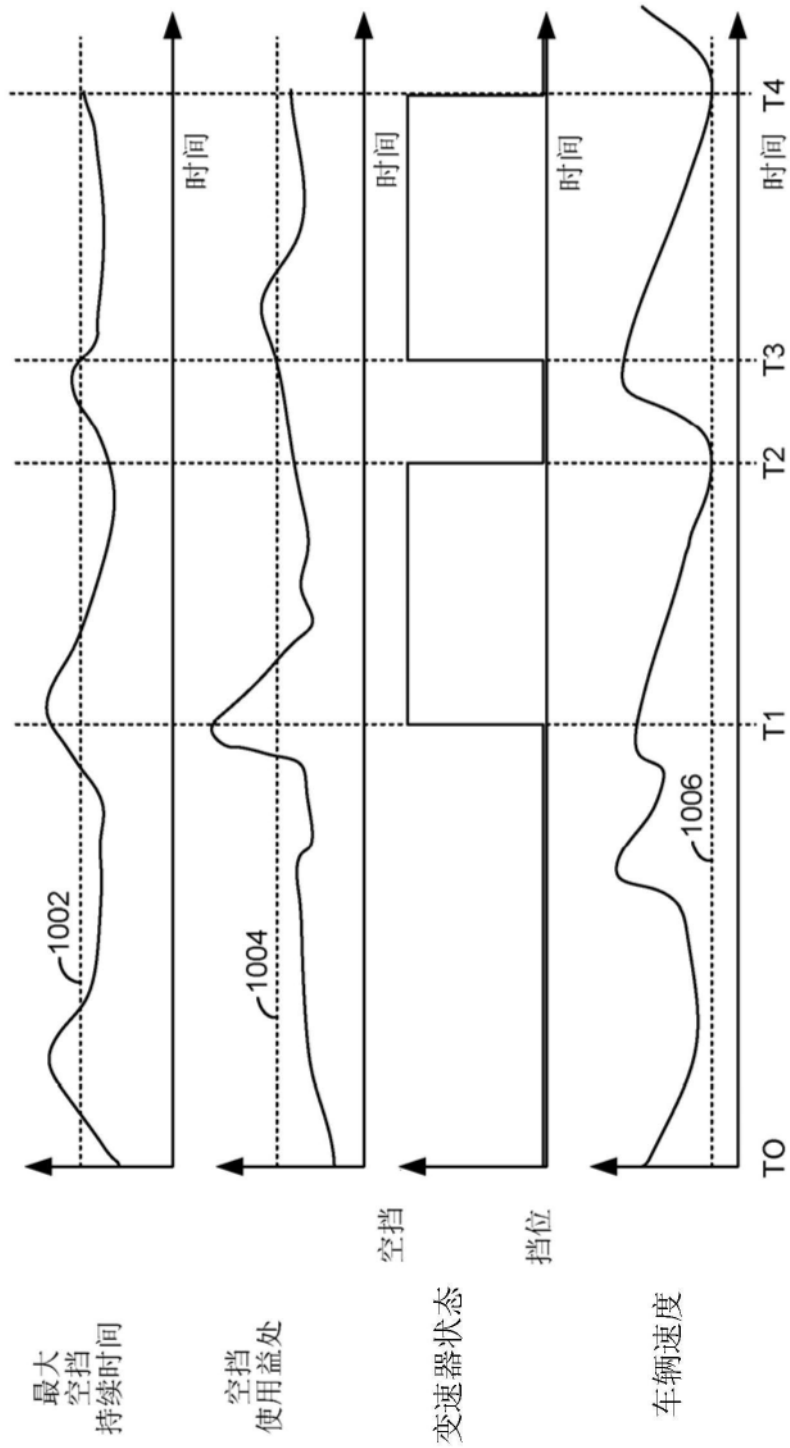


图10