



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104044469 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410098662. 7

(22) 申请日 2014. 03. 17

(30) 优先权数据

13/837, 657 2013. 03. 15 US

(71) 申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72) 发明人 凯雷姆·巴亚尔

戴尔·斯科特·克劳姆贝兹

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 王秀君 冯敏

(51) Int. Cl.

B60L 7/18(2006. 01)

B60L 7/26(2006. 01)

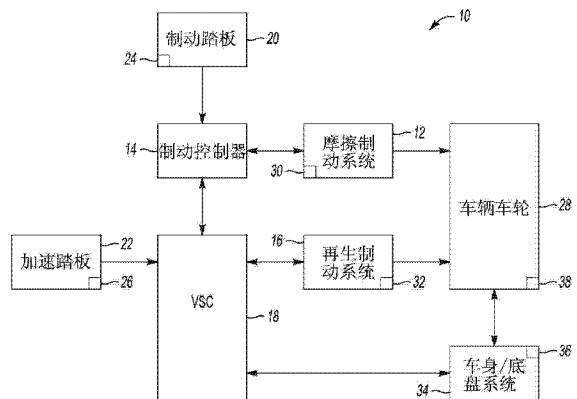
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

控制再生制动转矩的方法

(57) 摘要

本发明提供一种控制再生制动转矩的方法，所述车辆包括被配置为实施用于再生制动控制的方法的控制系统。所述控制系统具有至少一个控制器，所述控制系统被配置成当车辆的车轮的车轮侧滑大于阈值时控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制。对于大于所述阈值的车轮侧滑的至少一些值，所述再生制动转矩限制为非零。



1. 一种用于控制有车轮的车辆中的再生制动转矩的方法,所述方法包括:  
当车辆的车轮的车轮侧滑大于阈值时,控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制,对于大于所述阈值的车轮侧滑的至少一些值,所述再生制动转矩限制为非零。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述再生制动转矩限制是初始转矩值和车轮侧滑的函数。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其中,所述再生制动转矩限制还是离地转矩的函数,所述离地转矩被限定为当车辆的加速踏板未被接合时出现的发动机压缩制动转矩的量。
4. 如权利要求 2 所述的方法,其中,所述初始转矩值至少是在车轮侧滑达到所述阈值时再生制动值和摩擦制动值的函数。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其中,所述初始转矩值还是至少部分基于车辆的制动力的允许的最大再生制动转矩的函数。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述再生制动转矩限制由线性函数限定。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其中,所述线性函数由第一点和第二点限定,所述第一点基于初始转矩值和阈值,所述第二点基于最大车轮侧滑值。
8. 如权利要求 7 所述的方法,其中,所述再生制动转矩限制的值在最大车轮侧滑值时为零。
9. 一种用于控制有车轮的车辆中的再生制动转矩的方法,所述方法包括:  
控制再生制动转矩不大于由线性函数限定的再生制动转矩限制,所述线性函数包括第一点和第二点,所述第一点基于初始转矩值和车辆的车轮的车轮侧滑的阈值,所述第二点基于最大车轮侧滑值。
10. 如权利要求 9 所述的方法,其中,所述再生制动转矩限制的值在所述第一点处大于零,并且所述再生制动转矩限制的值在所述第二点处等于零。

## 控制再生制动转矩的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制车辆的再生制动的方法,所述车辆具有用于实施这样的方法的控制系统。

### 背景技术

[0002] 存在这样的驾驶情形,即,防抱死制动系统(ABS)被激活很短的时间段,例如,在制动过程中遇见一块冰或者颠簸路(bump)。对于这样的事件,ABS 信号会开启(“ON”)140 毫秒这么短的时间。诸如这样的事件由于它们的瞬时性可被归为“不合适的”ABS 开启。在一些再生制动控制策略中,只要 ABS 处于“ON”,则再生制动转矩就被设置为零,这包括如上所述的瞬时 ABS 事件。不期望这种消除再生制动转矩的原因在于:其减少了车辆能够捕获的再生制动能量,并且对于这些非常瞬时的 ABS 事件来说是不必要的。此外,这样的控制策略可包括在当 ABS 事件已经结束时和当允许再生制动转矩为非零时之间的延迟,这进一步减少了捕获再生制动能的潜力。

[0003] 其他控制策略可通过调节目标再生制动转矩来对 ABS 事件作出反应,从而控制再生制动以设法确切地满足目标值。这也是效率低的,其原因在于:目标值可能不代表能够被捕获的再生制动的最佳量。换种表述,在不使车辆失稳的情况下,迫使再生制动转矩满足特定目标值需要持续调节目标值,以确保再生制动以最佳水平正被执行。因此对控制再生制动的方法和车辆存在需求,所述车辆和方法能够解决瞬时 ABS 事件,并且不控制再生制动以迫使其满足目标再生制动转矩。

### 发明内容

[0004] 本发明的至少一些实施例包括用于控制有车轮的车辆中的再生制动转矩的方法。所述方法包括当车辆的车轮的侧滑大于阈值时,控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制。对于大于所述阈值的侧滑的至少一些值,所述再生制动转矩限制为非零。

[0005] 本发明的至少一些实施例包括用于控制有车轮的车辆中的再生制动转矩的方法。所述方法包括控制再生制动转矩不大于由线性函数限定的再生制动转矩限制,所述线性函数包括第一点和第二点,所述第一点基于初始转矩值和车辆的车轮的侧滑的阈值,所述第二点基于最大侧滑值。

[0006] 本发明的至少一些实施例包括具有再生制动系统和带有至少一个控制器的控制系统的车辆。所述控制系统被配置成当车辆的车轮的侧滑大于阈值时控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制。对于大于所述阈值的侧滑的至少一些值,所述再生制动转矩限制为非零。

[0007] 所述线性函数可由当车辆的加速踏板未被接合时出现的发动机压缩制动转矩的量部分地限定。

[0008] 所述初始转矩值至少可以是在侧滑达到所述阈值时再生制动值和摩擦制动值的函数。

[0009] 所述初始转矩值还可以是至少部分基于车辆的制动力分配的允许的最大再生制动转矩的函数。

[0010] 根据本发明的至少一些实施例,具有再生制动系统的车辆包括具有至少一个控制器的控制系统,所述控制系统被配置成当车辆的车轮的侧滑大于阈值时控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制,对于大于所述阈值的车轮侧滑的至少一些值,所述再生制动转矩限制为非零。

[0011] 所述再生制动转矩限制至少可以是初始转矩值和车轮侧滑的函数。

[0012] 所述再生制动转矩限制还可以是离地转矩的函数,所述离地转矩被限定为当车辆的加速踏板未被接合时出现的发动机压缩制动转矩的量

[0013] 所述初始转矩值至少可以是在车轮侧滑达到所述阈值时再生制动值和摩擦制动值的函数。

[0014] 所述初始转矩值还可以是至少部分基于车辆的制动力分配的允许的最大再生制动转矩的函数。

[0015] 所述再生制动转矩限制可以由线性函数限定,所述线性函数可由第一点和第二点限定,所述第一点基于初始转矩值和阈值,所述第二点基于最大车轮侧滑值。

[0016] 所述再生制动转矩限制的值可以在最大车轮侧滑值时为零。

#### 附图说明

[0017] 图 1 示出了根据本发明的车辆的简化示意图;

[0018] 图 2 示出了根据本发明的实施例的再生制动转矩限制函数的曲线图;

[0019] 图 3A 和图 3B 示出了经过根据本发明的实施例的控制策略与经过 ABS 控制策略相比的各种车辆参数的曲线图。

#### 具体实施方式

[0020] 根据需要,在此公开本发明的具体实施例;然而,应该理解,公开的实施例仅仅是本发明的示例,本发明可以以各种形式和可选的形式实施。附图不一定按照比例绘制;可能会夸大或最小化一些特征,以示出具体部件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能性细节不应该被解释为限制,而仅仅作为用于教导本领域技术人员以各种方式使用本发明的代表性基础。

[0021] 图 1 示出了根据本发明的车辆 10 的一部分的简化示意图。车辆 10 包括由制动控制器 14 控制的摩擦制动系统 12。车辆 10 还包括作为车辆动力传动系统的一部分的再生制动系统 16。具体地讲,再生制动系统 16 包括一个或更多个电机(例如,电动马达),所述电机可操作以便为车辆 10 提供再生制动。再生制动系统 16 由车辆系统控制器(VSC) 18 控制。VSC18 可包括其他控制器,例如,动力传动系统控制模块(PCM)。事实上,在图 1 中示出的作为单独的制动控制器的制动控制器 14 可集成到 VSC18 中。因此,可通过单个控制器、单个硬件装置内的分开的软件控制器或者分开的软件控制器和硬件控制器的组合来控制车辆 10 内的各种系统。

[0022] 制动控制器 14 从制动踏板 20 接收车辆操作员输入,并且 VSC18 从加速踏板 22 接收操作员输入。具体地讲,制动踏板角度传感器 24 (可以是多于一个的传感器或者多于一

种类型的传感器)被构造成检测制动踏板 20 的位置,并向制动控制器 14 发送一个或更多个信号。类似地,加速踏板传感器 26 (也可多于一个传感器)被构造成检测加速踏板 22 的位置,并向 VSC18 发送一个或更多个信号。VSC18 和制动控制器 14 使用包括来自所述传感器 24、26 的输入的各种输入来决定如何控制摩擦制动系统 12 和再生制动系统 16。摩擦制动系统 12 根据本领域公知的方法操作,以通过应用一个或更多个摩擦部件来降低车辆车轮 28 的转速。类似地,再生制动系统 16 也可操作,以通过使至少一个电动马达产生经由动力传动系统传递到车辆车轮 28 的负转矩来降低车辆车轮 28 的转速。

[0023] 摩擦制动系统 12 包括在图 1 中由单个传感器 30 表示的一个或更多个传感器。传感器 30 被构造成将与摩擦制动系统 12 内的各种状况相关的信号发送到控制器 14。例如,如果摩擦制动系统 12 将经历可能由于增压损失(loss of boost)或液压回路的损失而导致的制动能力降低,则传感器 30 可将这种情况传送至制动控制器 14,制动控制器 14 进而与 VSC18 通信。类似地,再生制动系统 16 具有在图 1 中由传感器 32 表示的一个或更多个传感器。传感器 32 可检测诸如马达转速、马达转矩、功率(power)等这样的条件。传感器 32 直接与 VSC18 通信,VSC18 可使用这些输入结合其他输入来控制制动系统 12、16。

[0024] 车辆 10 还包括车身/底盘系统 34。车身/底盘系统 34 包括车辆 10 的结构部件,所述结构部件包括诸如车辆悬架系统之类的部件。在图 1 中单独示出的车轮 28 可被认为是更大的车身/底盘系统 34 的一部分。一个或更多个传感器(在图 1 中被示出为单个传感器 36)被构造成检测车身/底盘系统 34 的各种状态,并与 VSC18 通信。传感器 36 可检测诸如车身/底盘系统 34 的各个部件的偏转(deflection)或负载的条件。类似地,表示一个或更多个传感器的传感器 38 被构造成检测车轮 28 的包括车轮转速的条件。在图 1 中示出了传感器 38 与更大的车身/底盘系统 34 通信,车身/底盘系统 34 进而与 VSC18 通信。可选地,传感器 38 可直接连接到 VSC18。

[0025] 如在此所描述的,一个或者更多个控制器 14、18 以及(可选地)与车辆 10 中的一个或者更多个其它控制器的组合可被配置成实施根据本发明的实施例的再生制动控制策略。图 2 示出了曲线图 40,曲线图 40 示出了根据本发明的实施例的再生制动转矩限制函数。具体地讲,在图 2 中示出的再生制动转矩限制被示出为直线 42,指示再生制动转矩限制由线性函数定义。如图 2 中所示,所述直线 42 是初始转矩( $T_i$ )和车轮侧滑(wheel slip)的函数。通常,一个或者更多个车辆控制器可实施用于控制再生制动转矩的方法,所述方法包括控制再生制动转矩不大于再生制动转矩限制,如图 2 中的直线 42 所示。

[0026] 如图 2 中所示,再生制动转矩沿着水平轴的值是零,例如,在车轮侧滑值为  $S_{high}$  处,再生制动转矩的值为零,相反,沿着再生制动转矩限制直线 42 的所有其他点,再生制动转矩均大于零。应该理解,再生制动转矩是负转矩,因此,当再生制动转矩被描述为“多于”或者“大于”零时,并非表明再生制动转矩是“正”转矩值,相反,这意味着再生制动转矩具有非零值。广义上讲,再生制动转矩限制直线 42 由两点限定:第一点( $P_1$ ),基于初始转矩值( $T_i$ )和车轮侧滑的阈值( $S_{low}$ ),第二点( $P_2$ ),基于最大车轮侧滑值( $S_{high}$ )。

[0027] 车轮侧滑的阈值( $S_{low}$ )是可校准的值,例如,可被选择为将要实施的再生制动控制策略所需要的车轮侧滑的最小量。在本发明的一些实施例中,阈值可被设置为大约 5% 的车轮侧滑。在这种情况下,直到车辆 10 的车轮 28 中的至少一个车轮经历大于 5% 的侧滑,再生制动才会由该控制策略限制。车轮侧滑可按照多种方法,包括例如通过使用下面的公式

计算。

[0028]

$$\text{侧滑} = \frac{\text{滚动半径} \times \text{车轮转速} - \text{车辆速度}}{\text{车辆速度}} \quad \text{等式 1}$$

[0029] 其中：滚动半径 = 车轮的滚动半径，

[0030] 车轮转速 = 车轮的转速，

[0031] 车辆速度 = 车辆穿过车轮平面的速度。

[0032] 这些参数中的一个或者更多个可根据在车辆上使用的传感器和控制器可用的其他信息被测量或者估计。

[0033] 类似于对车轮侧滑的阈值 ( $S_{low}$ ) 的限定，在  $P_2$  处的车轮侧滑值也是可校准的，并且可被选择为在再生制动被控制至零之前允许车轮经历的最大车轮侧滑值。在本发明的一些实施例中，( $S_{high}$ ) 值可被选择为例如 10%。通过使用车轮侧滑值而不是使用 ABS 信号来实施再生制动控制策略，所述策略是主动的，并不响应于 ABS 事件，如上所述，ABS 事件会是瞬时事件，其中，将再生制动转矩减小到零是不期望的。除了使用车轮侧滑值而不是使用 ABS 信号之外，本控制策略还使用再生制动转矩限制而不是例如通过设置再生制动转矩必须达到的目标值来强制再生制动转矩达到特定值。通过允许再生制动转矩不受阻碍地运行直到出现再生制动转矩限制为止（只有到出现再生制动转矩限制时，再生制动转矩才根据所述限制函数减小），使得可被捕获的再生制动转矩的量增加。

[0034] 初始转矩值 ( $T_i$ ) 自身可以是多个参数的函数，诸如，例如，初始转矩值 ( $T_i$ ) 至少可以是在车轮侧滑达到所述阈值 ( $S_{low}$ ) 时再生制动值和摩擦制动值的函数。初始转矩值 ( $T_i$ ) 还可以是允许的最大再生制动转矩的函数，所述允许的最大再生制动转矩可通过多种方式（例如，通过至少部分基于车辆的制动力分配）被计算或者确定。可通过下面的公式示出将初始转矩值 ( $T_i$ ) 限定为不同参数的函数。

$$T_i = \max \{ T_{lim}, T_{regen} - 0.7 T_{brk} \} \quad \text{等式 2}$$

[0036] 其中， $T_{lim}$  = 例如基于车辆动力学的再生制动转矩限制，

[0037]  $T_{regen}$  = 在侧滑车轮处的再生制动转矩，

[0038]  $T_{brk}$  = 在侧滑车轮处的摩擦制动转矩。

[0039] 因此，在上面示出的实施例中，初始转矩值 ( $T_i$ ) 是再生制动转矩限制  $T_{lim}$  以及再生制动转矩  $T_{regen}$  和 70% 的摩擦制动转矩  $T_{brk}$  之差的较大者。如上所述， $T_{lim}$  的值可以是基于车辆动力学的。更具体地讲， $T_{lim}$  的值可基于车辆参数（例如，前轴和后轴之间的制动力分配），车辆参数是车辆动力学的一部分，并可影响车辆稳定性。因此，参数  $T_{lim}$  可被认为是车辆的允许的（期望的）最大再生制动转矩。值得注意的是，如在等式 2 中所使用的，“最大”函数是真正的最大，例如，如果  $T_{lim}$  等于 -1000Nm，并且 ( $T_{regen} - 0.7 T_{brk}$ ) 等于 -750Nm，那么“最大”值是 -750Nm，这是由于 -750Nm 大于 -1000Nm 的缘故。

[0040] 如上所述，再生制动转矩限制（在图 2 中示出为直线 42）是由点  $P_1$  和  $P_2$  限定的线性函数，然而描述所述线的函数可采用多种不同的形式。至少在本发明的一些实施例中，再生制动转矩限制可通过下面的公式来描述。

$$T_{reg\_lim} = \min \left\{ T_{ltoff}, T_i \left( \frac{s - S_{high}}{S_{low} - S_{high}} \right) \right\} \quad \text{等式 3}$$

[0042] 其中,  $T_{reg\_lim}$  = 再生制动转矩限制, 在图 2 中示出的实施例中示出为直线 42,

[0043]  $T_{liftoff}$  = 零加速踏板位置的再生制动转矩水平,

[0044]  $S$  = 车轮侧滑,

[0045]  $S_{low}$  和  $S_{high}$  如上面所描述的。

[0046] 因此, 在该实施例中,  $T_{reg\_lim}$  是由  $T_{liftoff}$  和  $T_i$  与车轮侧滑差的比率的乘积中的最小者限定的线性函数。在该公式中,  $T_{liftoff}$  的值可以是例如车辆速度的函数, 并可通过查找表由车辆控制系统确定。在加速踏板完全脱离接合时, 离地转矩 (liftoff torque) ( $T_{liftoff}$ ) 表示在特定车辆速度时预期的发动机压缩制动转矩的量。车轮侧滑的值可使用例如如上所述的等式 1 进行计算。与在上面的等式 2 中使用的“最大”函数相似, 在图 3 中使用的“最小”函数是真正最小的, 即, 如在  $-1000\text{Nm}$  和  $-750\text{Nm}$  之间, 最小的是  $-1000\text{Nm}$ 。

[0047] 转到图 3A, 图 3A 示出了被示出为一系列的曲线图 44 的本发明的实施例, 而图 3B 示出了一系列的曲线图 46, 所述一系列的曲线图 46 通过示出基于 ABS 信号的反应性控制系统而不是象图 3A 那样示出的本发明的实施例的车轮侧滑来提供对比。在每种情况下, 上部曲线图 48、50 表示针对车辆车轮的摩擦系数, 还指示是否激活了 ABS 信号。曲线图 52、54 表示在制动事件过程中作用在摩擦制动器上的压力量, 例如, 制动钳压力。曲线图 56、58 表示各种转矩水平。例如, 在曲线图 56 中示出的参数“Brk Reg Lim”等同于在上面的等式 2 中描述的参数  $T_{lim}$ , 其并不表示由本发明的实施例实现的再生制动转矩限制函数。参数“Trq Com”是在车轮层面的马达转矩命令, 参数“Shft Trq”是总的半轴转矩。曲线图 60、62 表示四个车轮和车辆的每个的速度, 最后, 曲线图 64、66 表示车辆加速度。

[0048] 如在曲线图 50 中所示, 在大约 7.6 秒时, 激活了 ABS 标记, 相反, 在曲线图 48 中根本没有激活 ABS 标记。如下面所描述的, 本发明的控制系统以 ABS 标记从不被激活这样的方式实施。单独考虑图 3A, 如由在曲线图 60 中示出的车轮速度所指示的, 示出了车轮侧滑大约在 7.2 秒时开始出现, 在曲线图 48 中示出了后轮的摩擦系数减小。大约在 7.3 秒时, 转矩命令 (Trq Com) 控制再生制动转矩开始减小。重要的是注意到不命令再生制动转矩到具体水平, 而是而被限定为最大水平 (例如, 关于再生制动转矩限制函数在上面被详细描述过的)。

[0049] 作为实施再生制动控制策略的结果, 限制车轮侧滑, 使得 ABS 标记从不被激活, 见曲线图 48。相反, 在图 3B 中使用的系统直到 ABS 标记在大约 7.6 秒时被激活才开始控制再生制动转矩, 见曲线图 50 和 58。至此, 已经出现了过量车轮侧滑, 并且已经触发 ABS 标记, 见曲线图 62。实施本发明的控制策略的最终结果通过曲线图 64 和 66 的对比被清楚地示出, 在曲线图 64 中, 在大约 7.7 秒至 8 秒之间发生相对平稳的减速, 其不会不利地影响驾驶者的舒适感。相反, 在图 3B 中示出的反应性系统就在 7.6 秒后当命令再生制动转矩减小到零时, 导致非常明显的减速。如在曲线图 56 中所示, 至少对于该示例, 使用再生制动转矩限制不曾需要将再生制动转矩完全减小到零。即使具体事件不需要控制策略来将再生制动转矩限定为零, 所示限制也以不会不利地影响驾驶者或者车辆乘客的被控制的方式实施。

[0050] 虽然在上面描述了示例性实施例, 但是这些实施例并不旨在描述了本发明的所有可能的形式。相反, 在说明书中使用的词语是描述性词语而非限制性词语, 应该理解, 在不脱离本发明的精神和范围的情况下, 可进行各种改变。另外, 各个实施的实施例的特征可结合, 以形成本发明的进一步的实施例。

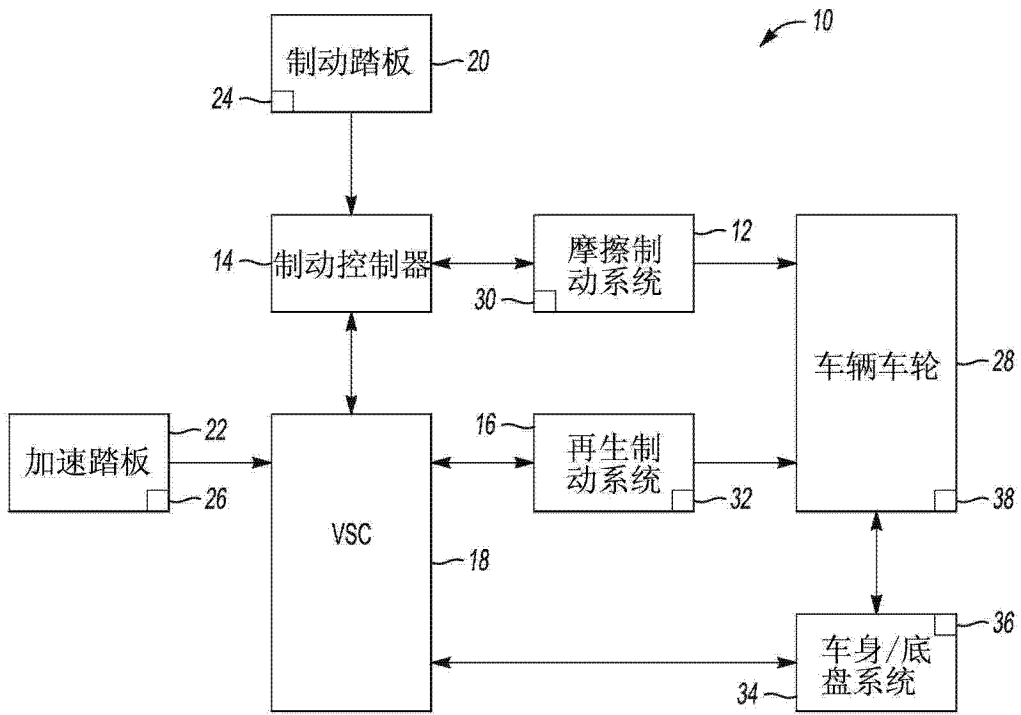


图 1

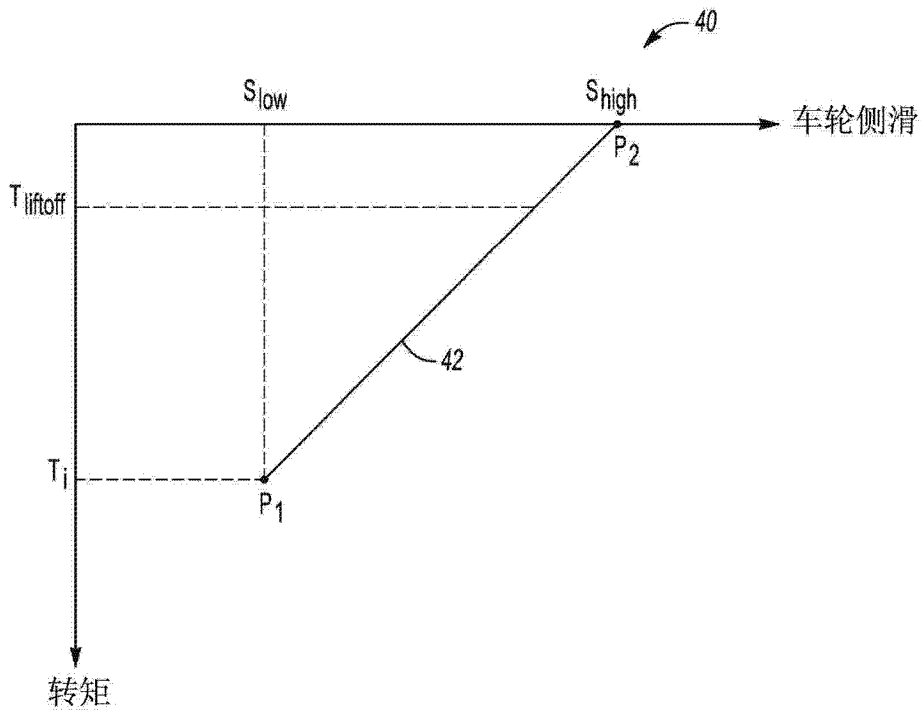


图 2



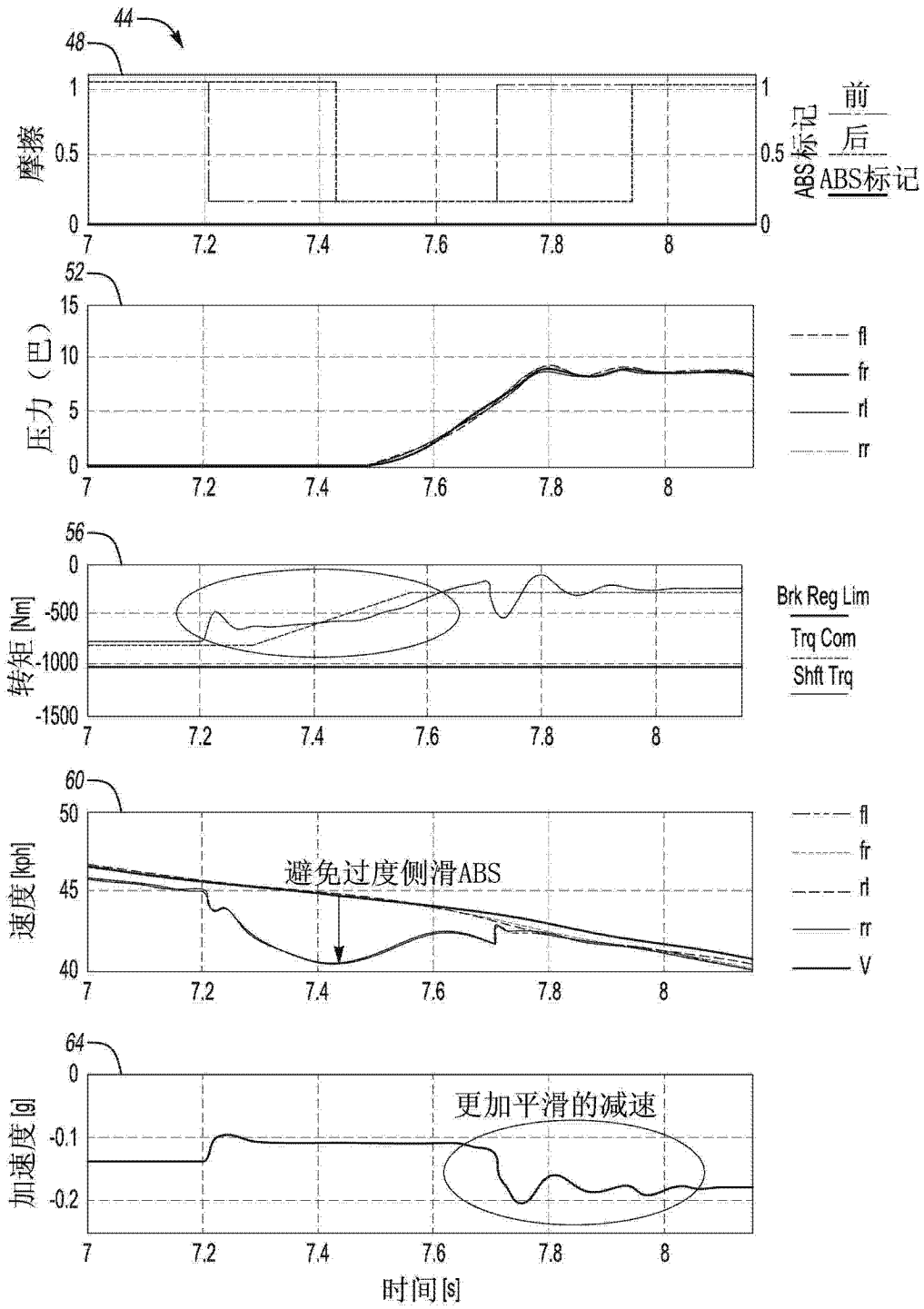


图 3A

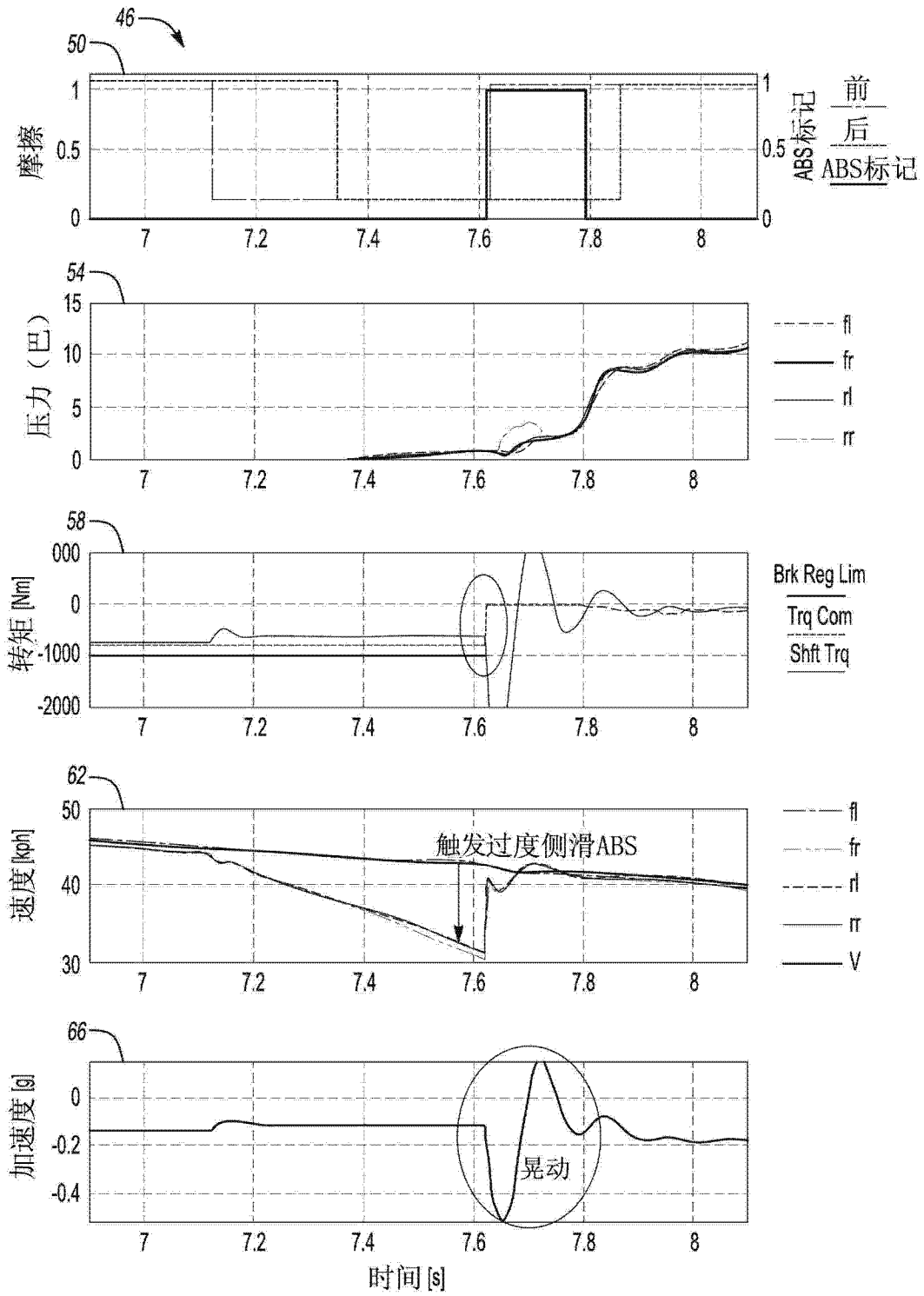


图 3B