



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111661050 A

(43)申请公布日 2020.09.15

(21)申请号 201910167730.3

(22)申请日 2019.03.06

(71)申请人 郑州宇通客车股份有限公司  
地址 450061 河南省郑州市管城区宇通路

(72)发明人 郭潇然 何亮 石冠男 卢甲华  
贾莉

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 吴敏

(51) Int. Cl.

B60W 30/18(2012.01)

B60W 50/00(2006.01)

B60L 15/20(2006.01)

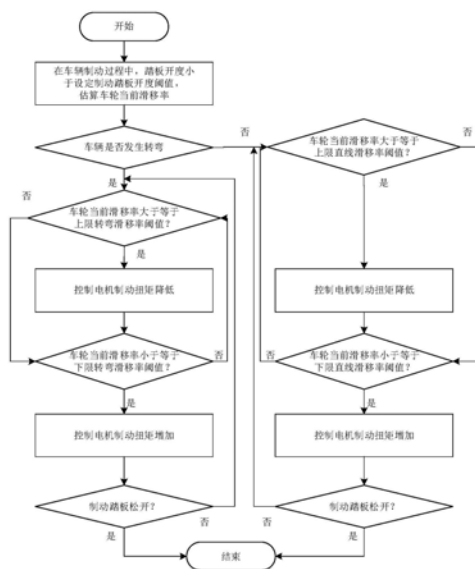
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种车辆及其制动扭矩控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种车辆及其制动扭矩控制方法。该方法包括如下步骤：在车辆制动过程中，若制动踏板开度小于设定制动踏板开度阈值，根据车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度估算车轮当前滑移率；根据方向盘转角信号判断车辆是否发生转弯；若发生转弯，将车轮滑移率控制在第一滑移率区间；若没有发生转弯，将车轮滑移率控制在第二滑移率区间。该方法实现转弯行驶时相比直线行驶提前启动制动扭矩控制，使车辆在转弯工况和直线工况的制动扭矩控制时机不同，提升车辆在转弯工况制动的稳定性和平顺性，提高车辆适用性。



1. 一种车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 在车辆制动过程中,判断制动踏板开度是否大于或者等于设定制动踏板开度阈值,若否,实时获取方向盘转角信号、车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度,根据所获取的车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度估算车轮当前滑移率;根据方向盘转角信号判断车辆是否发生转弯;

2) 若发生转弯,则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限转弯滑移率阈值,若大于或者等于,则控制电机制动扭矩降低,将车轮滑移率控制在第一滑移率区间,第一滑移率区间的上限为上限转弯滑移率阈值;若没有发生转弯,则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限直线滑移率阈值,若大于或者等于,则控制电机制动扭矩降低,将车轮滑移率控制在第二滑移率区间,第二滑移率区间的上限为上限直线滑移率阈值;所述上限转弯滑移率阈值小于上限直线滑移率阈值。

2. 根据权利要求1所述的车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,若制动踏板开度大于或者等于设定制动踏板开度阈值,在ABS触发时控制电机制动扭矩降低,直至ABS关闭。

3. 根据权利要求1或2所述的车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,控制电机制动扭矩降低时,电机制动扭矩是按照设定斜率逐步降低的。

4. 根据权利要求1或2所述的车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,所述车轮当前滑移率 $\lambda$ 为:

$$\lambda = \frac{v - \omega r}{v},$$

式中, $\omega$ 为车轮轮速, $r$ 为车轮滚动半径, $v$ 为车轮轮心速度。

5. 根据权利要求4所述的车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,所述车轮轮心速度 $v$ 为:

$$v = V - \frac{bW}{2},$$

式中, $V$ 为车辆纵向车速, $b$ 为轮距, $W$ 为车辆横摆角速度。

6. 根据权利要求5所述的车辆制动扭矩控制方法,其特征在于,所述车辆纵向车速 $V$ 为:

$$V = \frac{(r_l w_l + r_r w_r) \cos \delta}{2},$$

式中, $r_l, r_r$ 分别为左右从动轮半径, $w_l, w_r$ 分别为左右从动轮轮速, $\delta$ 为车轮转角。

7. 一种车辆,包括车辆本体及整车控制器,其特征在于,所述整车控制器执行如权利要求1-6中任一项所述的车辆制动扭矩控制方法。

## 一种车辆及其制动扭矩控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种车辆及其制动扭矩控制方法。

### 背景技术

[0002] 目前新能源汽车大多数采用如下制动方式：制动踏板开度在空行程以前仅采用电制动方式，在空行程以后既有电制动方式又有机械制动方式，该制动方式可充分利用再生制动提高经济性，且成本低。为了防止制动过程车轮抱死而导致车辆侧滑，在触发防抱死（ABS）信号时（即车轮抱死时）需要撤除电制动。

[0003] 现阶段解决ABS触发时电制动（即再生制动）控制方案主要有两种：1. ABS触发时电制动撤除，如果ABS信号恢复后恢复电制动，这种方案由于电机建立扭矩的延迟，在低附路面电制动占主导时会多次使车轮抱死触发ABS，导致车辆制动过程前后闯动，制动不平顺；2. ABS触发时电制动撤除，并在本次制动过程中不再施加电制动，此控制方案在低附路面电制动占主导时会因为触发ABS而导致电制动撤销，制动力减弱制动距离增加，并且在撤除扭矩的瞬间车辆会有前冲感。为了解决上述问题，有申请公布号为CN108859778A的中国发明专利申请文件公开了一种新能源汽车再生制动控制方法及装置，在制动过程中实时检测防抱死制动系统的标识信号，当信号有效时，控制电机逐渐减少制动扭矩，避免了撤除电制动导致的汽车前冲现象。但是由于车辆在直线运行状态和转弯运行状态时受到的侧向力不同，在上述专利申请文件的方法的控制下车辆处于转弯工况时依然会存在不同程度侧滑现象，导致车辆稳定性较差。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种车辆制动扭矩控制方法，用以解决现有控制方法在转弯工况和直线工况下采用相同制动控制策略导致车辆转弯时稳定性较差的问题；同时还提供一种车辆，用以解决现有车辆在转弯工况和直线工况下采用相同制动控制策略导致车辆转弯时稳定性较差的问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明提出一种车辆制动扭矩控制方法，包括如下步骤：

[0006] 1) 在车辆制动过程中，判断制动踏板开度是否大于或者等于设定制动踏板开度阈值，若否，实时获取方向盘转角信号、车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度，根据所获取的车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度估算车轮当前滑移率；根据方向盘转角信号判断车辆是否发生转弯；

[0007] 2) 若发生转弯，则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限转弯滑移率阈值，若大于或者等于，则控制电机制动扭矩降低，将车轮滑移率控制在第一滑移率区间，第一滑移率区间的上限为上限转弯滑移率阈值；若没有发生转弯，则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限直线滑移率阈值，若大于或者等于，则控制电机制动扭矩降低，将车轮滑移率控制在第二滑移率区间，第二滑移率区间的上限为上限直线滑移率阈值；所述上限转弯滑移率阈值小于上限直线滑移率阈值。

[0008] 另外,本发明还提出一种车辆,包括车辆本体及整车控制器,整车控制器执行上述车辆制动扭矩控制方法。

[0009] 有益效果是:当制动踏板开度小于设定制动踏板开度阈值时,表明此时踏板深度不高,机械制动参与较少,车辆制动主要为电制动,因此通过车轮当前滑移率实施电制动方案。基于滑移率的电机制动扭矩控制在转弯工况和直线工况时稳定性存在较大的差异,在车辆转弯时,由于两侧轮胎侧向力不同,导致相同制动扭矩、车速和路面等情况下转弯行驶要比直线行驶更容易出现打滑,因此,将转弯行驶时的电制动方案中上限转弯滑移率阈值的设定小于直线行驶时的上限直线滑移率阈值,即可实现转弯行驶时相比直线行驶提前启动制动扭矩控制,使车辆在转弯工况和直线工况的制动扭矩控制时机不同,提升车辆在转弯工况制动的稳定性和平顺性,提高车辆适用性。

[0010] 进一步的,上述车辆及其制动扭矩控制方法中,若制动踏板开度大于或者等于设定制动踏板开度阈值,在ABS触发时控制电机制动扭矩降低,直至ABS关闭。

[0011] 有益效果是:ABS触发的前提是制动踏板开度大于或者等于设定制动踏板开度阈值,在ABS触发时控制电机以触发时的实际制动扭矩逐渐减小制动扭矩,避免了撤除电制动导致的汽车前冲现象。

[0012] 进一步的,上述车辆及其制动扭矩控制方法中,控制电机制动扭矩降低时,电机制动扭矩是按照设定斜率逐步降低的。

[0013] 有益效果是:控制电机以设定的扭矩下降斜率逐渐减小制动扭矩,提高ABS触发时汽车制动的平顺性。

[0014] 进一步的,上述车辆及其制动扭矩控制方法中,车轮当前滑移率 $\lambda$ 为:

$$[0015] \quad \lambda = \frac{v - \omega r}{v},$$

[0016] 式中, $\omega$ 为车轮轮速, $r$ 为车轮滚动半径, $v$ 为车轮轮心速度。

[0017] 有益效果是:通过该计算公式可以更加准确的得到车轮当前滑移率。

[0018] 进一步的,上述车辆及其制动扭矩控制方法中,车轮轮心速度 $v$ 为:

$$[0019] \quad v = V - \frac{bW}{2},$$

[0020] 式中, $V$ 为车辆纵向车速, $b$ 为轮距, $W$ 为车辆横摆角速度。

[0021] 有益效果是:通过该计算公式可以更加准确的得到车轮轮心速度。

[0022] 进一步的,上述车辆及其制动扭矩控制方法中,车辆纵向车速 $V$ 为:

$$[0023] \quad V = \frac{(r_l w_l + r_r w_r) \cos \delta}{2},$$

[0024] 式中, $r_l, r_r$ 分别为左右从动轮半径, $w_l, w_r$ 分别为左右从动轮轮速, $\delta$ 为车轮转角。

[0025] 有益效果是:通过该计算公式可以更加准确的得到车辆纵向车速。而且车辆纵向车速根据计算得出,并不依附于惯导设备测量得到,使得本发明适用性更强,易于推广。

## 附图说明

[0026] 图1为本发明车辆制动扭矩控制方法实施例1的流程图;

[0027] 图2为本发明车辆制动扭矩控制方法实施例2的流程图。

## 具体实施方式

[0028] 车辆制动扭矩控制方法实施例1:

[0029] 本实施例提出的车辆制动扭矩控制方法如图1所示,包括如下步骤:

[0030] 1) 在车辆制动过程中,判断制动踏板开度(即Brk)是否大于或者等于设定制动踏板开度阈值(即Brk<sub>set</sub>),若Brk < Brk<sub>set</sub>,实时获取方向盘转角信号、车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度,根据所获取的车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度估算车轮当前滑移率;

[0031] 车轮当前滑移率的 $\lambda$ 计算公式为:  $\lambda = \frac{v - \omega r}{v}$ ,

[0032] 车轮轮心速度 $v$ 为:  $v = V - \frac{bW}{2}$ ,

[0033] 车辆纵向车速 $V$ 为:  $V = \frac{(r_l w_l + r_r w_r) \cos \delta}{2}$ ,

[0034] 式中, $r_l, r_r$ 分别为左右从动轮半径, $w_l, w_r$ 分别为左右从动轮轮速, $\delta$ 为车轮转角, $b$ 为轮距(左右对称两车轮的轮距), $W$ 为车辆横摆角速度, $\omega$ 为车轮轮速, $r$ 为车轮滚动半径。

[0035] 本实施例中,车辆横摆角速度可以通过传感器获得,车辆纵向车速是经过计算得出的,作为其他实施方式,车辆纵向车速及车辆横摆角速度还可以通过在车辆质心纵轴线上安装的惯导设备测量得到。

[0036] 根据方向盘转角信号判断车辆是否发生转弯,当方向盘转角(即SteerRad)大于等于设定方向盘转角阈值(即SteerRad<sub>set</sub>)时,则表明车辆发生转弯;当方向盘转角小于设定方向盘转角阈值时,则表明车辆未发生转弯。

[0037] 2) 若SteerRad  $\geq$  SteerRad<sub>set</sub>,则判断车轮当前滑移率(即 $\lambda$ )是否大于或者等于上限转弯滑移率阈值(即 $\lambda_{set1}$ ),还要判断车轮当前滑移率是否小于或者等于下限转弯滑移率阈值(即 $\lambda_{set2}$ ),若 $\lambda \geq \lambda_{set1}$ ,则控制电机制动扭矩降低,若 $\lambda \leq \lambda_{set2}$ ,则控制电机制动扭矩增加,将车轮滑移率控制在第一滑移率区间,第一滑移率区间的上限为上限转弯滑移率阈值,第一滑移率的下限为下限转弯滑移率阈值;若车轮当前滑移率在第一滑移率区间内,则维持当前的电机制动扭矩即可;

[0038] 若SteerRad < SteerRad<sub>set</sub>,则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限直线滑移率阈值(即 $\lambda_{set3}$ ),还要判断车轮当前滑移率是否小于或者等于下限直线滑移率阈值(即 $\lambda_{set4}$ )若 $\lambda \geq \lambda_{set3}$ ,则控制电机制动扭矩降低,若 $\lambda \leq \lambda_{set4}$ ,则控制电机制动扭矩增加,将车轮滑移率控制在第二滑移率区间,第二滑移率区间的上限为上限直线滑移率阈值,第二滑移率区间的下限为下限直线滑移率阈值;若车轮当前滑移率在第二滑移率区间内,则维持当前的电机制动扭矩即可;

[0039] 由于车辆在转弯工况时,车辆受到的侧向力较大,两侧轮胎对地作用力不同,因此 $\lambda_{set1} < \lambda_{set3}$ 。

[0040] 本实施例中,控制电机制动扭矩降低、增加时是按照设定斜率逐步降低和增加的,作为其他实施方式,也可以按照设定的曲线逐步降低和增加,只要保证车辆制动稳定和平顺即可。

[0041] 为了使电机制动扭矩在降低和增加过程中有限定,也可以设定目标值对电机制动

扭矩的区间进行限定,步骤2)中在 $\text{SteerRad} \geq \text{SteerRad}_{\text{set}}$ 时,若 $\lambda \geq \lambda_{\text{set}1}$ ,则控制电机制动扭矩降低至 $\text{BrkTrq}1$ ,若 $\lambda \leq \lambda_{\text{set}2}$ ,则控制电机制动扭矩增加至 $\text{BrkTrq}2$ ,在 $\text{SteerRad} < \text{SteerRad}_{\text{set}}$ 时,若 $\lambda \geq \lambda_{\text{set}3}$ ,则控制电机制动扭矩降低至 $\text{BrkTrq}3$ ,若 $\lambda \leq \lambda_{\text{set}4}$ ,则控制电机制动扭矩增加至 $\text{BrkTrq}4$ 。 $\text{BrkTrq}1$ 、 $\text{BrkTrq}2$ 、 $\text{BrkTrq}3$ 和 $\text{BrkTrq}4$ 的设定依据:首先理论计算出不同附着系数路面下车轮抱死时对应的制动扭矩作为设定初始值,然后根据车辆实际试验结果标定出最终需要的电制动扭矩,当然可以根据试验标定也可以根据需求设定,本发明对 $\text{BrkTrq}1$ 、 $\text{BrkTrq}2$ 、 $\text{BrkTrq}3$ 和 $\text{BrkTrq}4$ 的设定方法不做限制。

[0042] 本实施例基于滑移率的制动方案在转弯工况和直线工况时稳定性存在较大的差异,因此,当车辆在转弯工况时,通过控制电机制动扭矩将车轮滑移率控制在第一滑移率区间;当车辆在直线工况时,通过控制电机制动扭矩将车轮滑移率控制在第二滑移率区间,使得车辆在转弯工况时车轮滑移率也控制在最优区间,实现车辆在转弯工况和直线工况的自适应控制,提升车辆在转弯工况制动的稳定性和平顺性。

[0043] 车辆制动扭矩控制方法实施例2:

[0044] 本实施例提出的车辆制动扭矩控制方法与车辆制动扭矩控制方法实施例1的不同之处在于,在车辆制动过程中,增加了制动踏板开度(即 $\text{Brk}$ )大于或者等于设定制动踏板开度阈值(即 $\text{Brk}_{\text{set}}$ )时的车辆制动扭矩控制方法。

[0045] 具体步骤如图2所示:

[0046] 1) 在车辆制动过程中,判断制动踏板开度是否大于或者等于设定制动踏板开度阈值,若 $\text{Brk} < \text{Brk}_{\text{set}}$ ,实时获取方向盘转角信号、车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度,根据所获取的车轮轮速、车轮滚动半径和车轮轮心速度估算车轮当前滑移率;根据方向盘转角信号判断车辆是否发生转弯;

[0047] 2) 若发生转弯,则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限转弯滑移率阈值,若大于或者等于,则控制电机制动扭矩降低,将车轮滑移率控制在第一滑移率区间,第一滑移率区间的上限为上限转弯滑移率阈值;若没有发生转弯,则判断车轮当前滑移率是否大于或者等于上限直线滑移率阈值,若大于或者等于,则控制电机制动扭矩降低,将车轮滑移率控制在第二滑移率区间,第二滑移率区间的上限为上限直线滑移率阈值;所述上限转弯滑移率阈值大于上限直线滑移率阈值;

[0048] 步骤1)和步骤2)的具体实施过程在车辆制动扭矩控制方法实施例1中已经介绍,这里不做赘述。

[0049] 3) 若 $\text{Brk} \geq \text{Brk}_{\text{set}}$ ,在ABS触发时控制电机制动扭矩降低,而且电机制动扭矩是按照设定斜率逐步降低的,直至ABS关闭时,维持当前的电机制动扭矩。

[0050] 本步骤在ABS触发时,电机制动扭矩是按照设定斜率逐步降低的,作为其他实施方式,也可以按照设定的曲线逐步降低,只要保证车辆制动稳定和平顺即可。

[0051]  $\text{ABSactive}$ 为ABS的标识信号,当 $\text{ABSactive} = 1$ 时,表明ABS触发,当 $\text{ABSactive} = 0$ 时,表明ABS关闭(也可以称为未触发或者恢复)。

[0052] 本发明车辆在制动过程中,不同阶段采用不同制动控制方案,可实现纯电制动至气电复合制动的平滑过渡。

[0053] 车辆实施例1:

[0054] 本实施例提出的车辆,包括车辆本体及整车控制器,整车控制器执行车辆制动扭

矩控制方法,具体车辆制动扭矩控制方法的实施过程在上述车辆制动扭矩控制方法实施例1中已经介绍,这里不做赘述。

[0055] 本发明的制动扭矩控制方法适用于含电机驱动的新能源车辆,作为其他实施方式,也可适用于电机驱动制动的混动车辆以及燃油车辆等,本发明对此不做限制。

[0056] 车辆实施例2:

[0057] 本实施例提出的车辆,包括车辆本体及整车控制器,整车控制器执行车辆制动扭矩控制方法,具体车辆制动扭矩控制方法的实施过程在上述车辆制动扭矩控制方法实施例2中已经介绍,这里不做赘述。

[0058] 本发明的制动扭矩控制方法适用于含电机驱动的新能源车辆,作为其他实施方式,也可适用于电机驱动制动的混动车辆以及燃油车辆等,本发明对此不做限制。

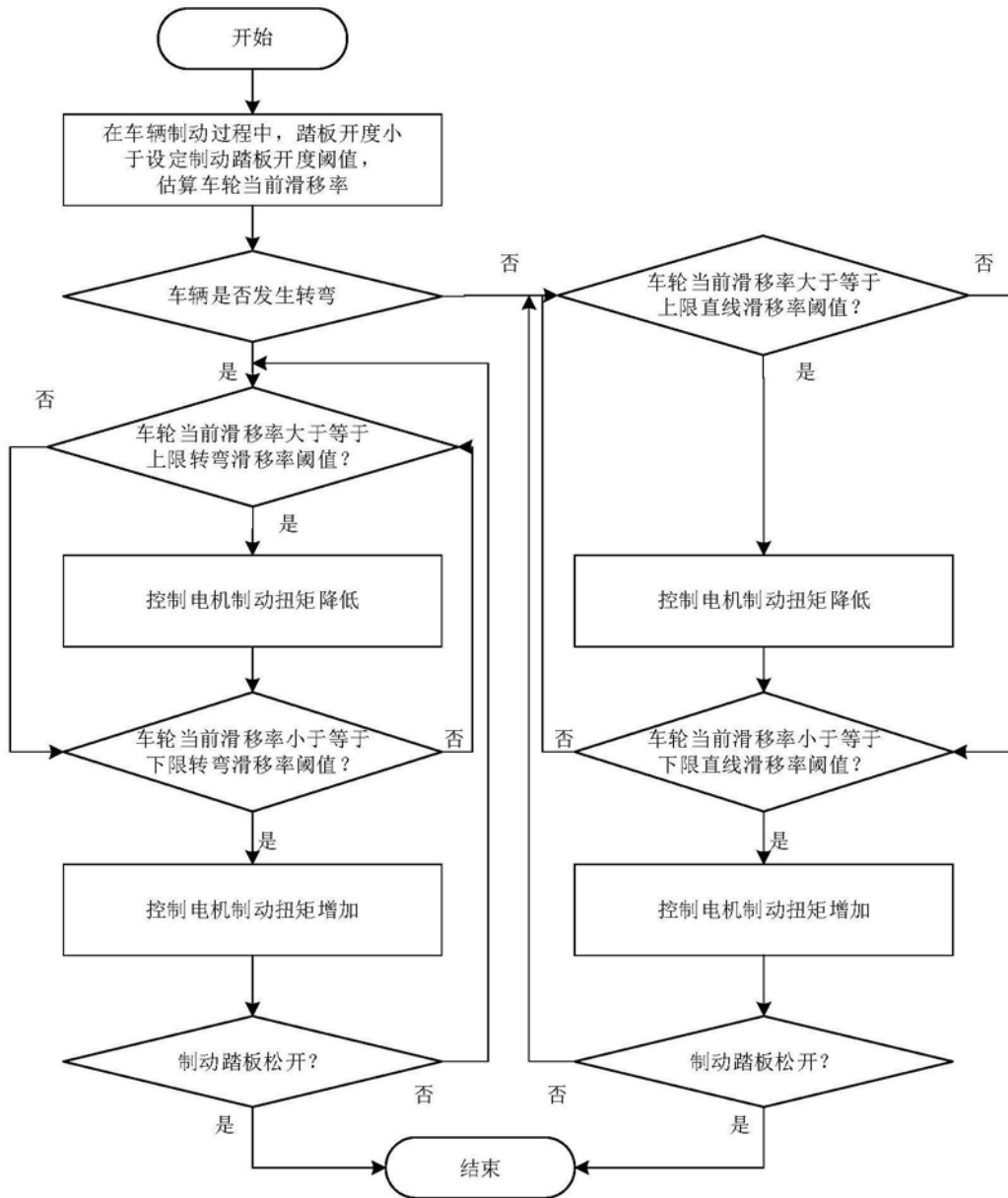


图1



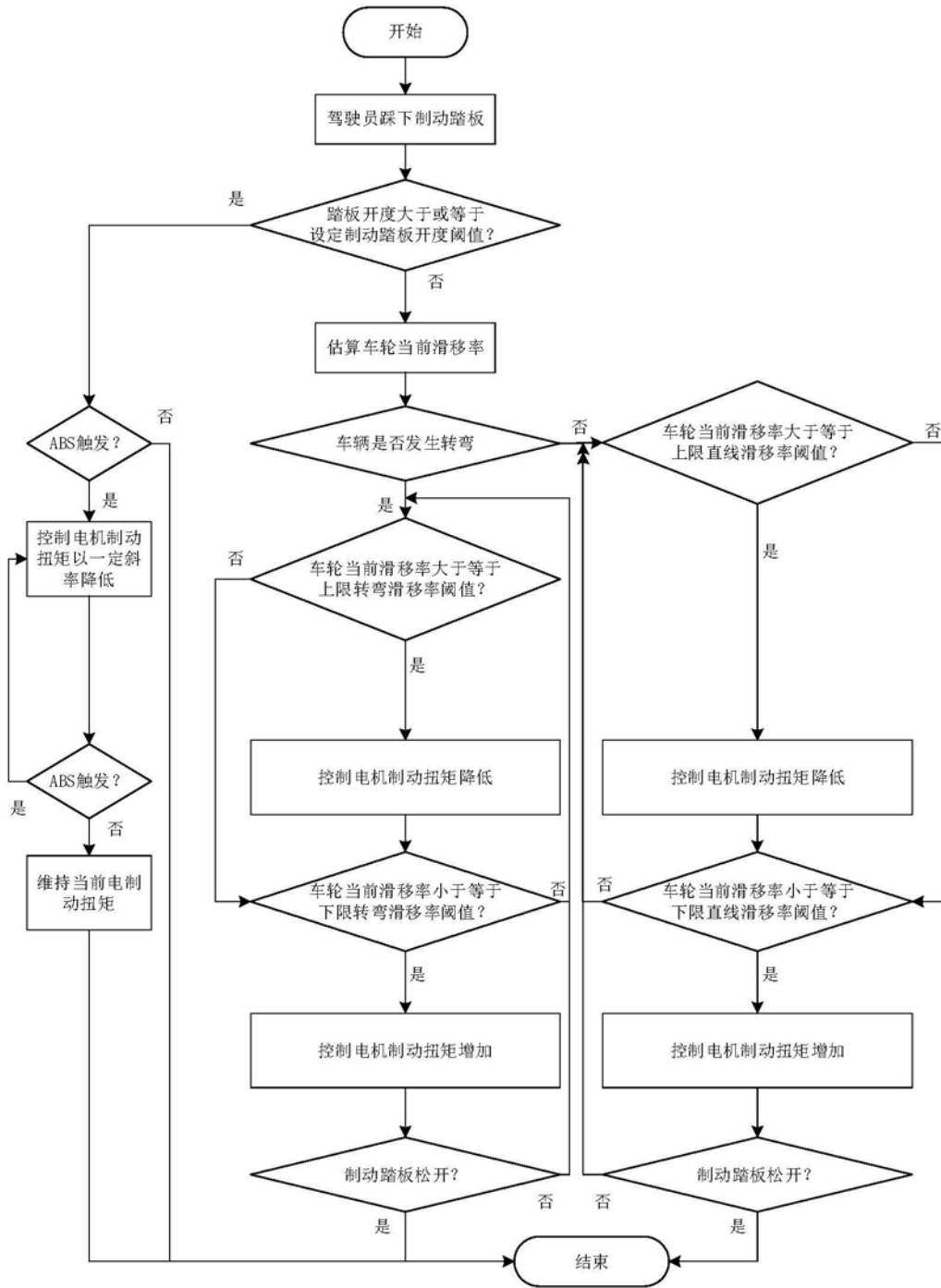


图2