



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109572447 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201811417012.9

B60W 20/00(2016.01)

(22)申请日 2018.11.26

(71)申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 曾小华 王振伟 宋大风 钱琦峰
张轩铭 姜效望 陈建新 李晓建
牛超凡 高福旺

(74)专利代理机构 长春市恒誉专利代理事务所
(普通合伙) 22212

代理人 李荣武

(51)Int.Cl.

B60L 15/20(2006.01)

B60W 10/08(2006.01)

B60W 30/02(2012.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种多轮分布式混合动力系统驱动防滑控制方法

(57)摘要

本发明提出一种多轮分布式混合动力系统驱动防滑控制方法,旨在提高防滑控制方法在不同路面条件下应用的鲁棒性,包括以下步骤:首先,利用GPS卫星定位系统获取准确车速,作为滑转率计算的重要输入;其次,根据车轮车速与转速关系以及车轮力矩平衡方程,计算车轮滑转率与利用附着系数;然后,采用数据库路面识别方法获取车轮最优滑移率;最后,进行驱动防滑控制。



1. 一种多轮分布式混合动力系统驱动防滑控制方法,其特征在于,该方法包括以下几个步骤:

步骤一:GPS卫星定位系统测量车速

GPS接收机不断接收GPS的电文星历数据,运用设备预先设定好的算法解析数据,遵照NMEA-0183通讯协议输出GPS报文;然后,对报文的的速度信息进行处理,运用经验模态分解处理方法对车辆速度进行五阶分解滤波;最后,将滤波的速度值按照规定通讯协议,以一定时间间隔送至中央处理单元,中央处理单元解析出车辆速度,作为驱动防滑控制模块的重要输入;

步骤二:车轮实时滑转率与利用附着系数计算

本发明研究对象为多轮分布式混合动力系统,共有8个电机分别驱动8个车轮;

(1) 汽车驱动过程中车辆实时纵向滑转率 S_i 计算:

$$S_i = \frac{w_i * r - v}{w_i * r} * 100\% \quad (1)$$

式中, v 表示车速,单位m/s; w 表示驱动轮转速,单位为rad/s; i 为驱动轮序号; r 表示半径,单位m;

(2) 根据车轮力矩平衡方程,计算每个车轮利用附着系数 μ_i :

$$\mu_i = \frac{T_i - I * \dot{w}_i}{F_z} \quad (2)$$

式中, T_i 表示每个电机的驱动转矩,单位Nm; I 表示车轮转动惯量,单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; F_z 为垂向力,单位N;

步骤三:路面识别与最优滑转率获取

基于Burckhardt经验 μ - S 模型,其纵向附着系数与滑移率关系为:

$$\mu(S) = C_1(1 - e^{-C_2 S}) - C_3 S \quad (3)$$

式中, C_1 、 C_2 、 C_3 分别表示不同路面条件下的特征参数,与驱动轮行驶的路面状态有关;

本专利选择了7个典型路面的 μ - S 曲线形成数据库,分别为干沥青路面、干水泥路面、湿沥青大路面、湿沥青小路面、湿鹅卵石路面、积雪路面以及结冰路面;各路面的最优滑转率 S_{opt} 以及峰值附着系数 μ_{max} 计算公式为:

$$S_{opt} = \frac{1}{C_2} \ln \frac{C_1 C_2}{C_3} \quad (4)$$

$$\mu_{max} = C_1 \frac{C_3}{C_2} (1 + \ln \frac{C_1 C_2}{C_3}) \quad (5)$$

进一步地,将计算的每个车轮利用附着系数和当前滑转率下数据库路面数据进行比较,得到当前附着系数与各典型路面附着系数的相似度,相似度最高的典型路面作为识别到的路面;直接调用 μ - S 曲线数据库中识别路面的数据,用于车辆的防滑控制;

步骤四:驱动防滑控制模块搭建

首先进行防滑标志位的判断,当检测到车轮实时滑转率估计值大于当前路面最优滑转率,防滑标志位置1,车辆需要进行防滑控制;当检测到车轮实时滑转率估计值小于当前路面最优滑转率,防滑标志位置0,车辆不需要进行防滑控制;

进一步地,当车轮防滑标志位为1时,车辆进行防滑转控制,按照公式(6)衰减需求转矩:

$$\text{Trq}(n) = \text{Trq_down_C} * \text{Trq}_{\text{req}}(n-1) \quad (6)$$

式中, Trq_{req} 表示电机实际总转矩,单位Nm; Trq_{req} 表示为车辆需求转矩,单位Nm; n 表示当前时刻; Trq_down_C 表示减矩系数;

进一步地,当防滑标志位为0时,车辆不需要进行防滑控制,进行电机转矩恢复阶段,按照公式(7)计算电机转矩需求:

$$\text{Trq}(n) = \min(\text{Trq_up_C} * (\text{Trq}_{\text{req}}(n) - \text{Trq}(n-1)), \text{Trq}_{\text{req}}(n)) \quad (7)$$

式中, Trq_up_C 表示增矩系数。

一种多轮分布式混合动力系统驱动防滑控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种车辆防滑控制方法,尤其涉及一种多轮分布式混合动力系统的驱动防滑控制方法。

背景技术

[0002] 多轮分布式混合动力系统具有简化底盘结构、提高传动效率、增强控制性能等多方面技术优势,已经成为电动汽车发展热点之一。从车辆行驶安全角度考虑,抑制驱动轮的过度滑转、实现车辆驱动防滑控制十分重要;然而,当前少有对多轮分布式混合动力系统的驱动防滑控制方法进行深入的研究。目前,驱动防滑的方法主要包括逻辑门限、PID控制、模糊控制、滑膜变结构控制等方法,其中,逻辑门限方法由于其控制原理简单,对精确数学模型依赖性低的特点,在工程中运用比较广泛。

[0003] 现有的一些专利,如中国专利公布号CN104828068A,公布日2015-08-12,发明名称为“四驱混合动力汽车及其驱动防滑控制方法、装置”,该发明根据滑转率信号与设定滑转率进行比较,判断车轮是否处于打滑状态,当发生打滑时,调节发动机与驱动电机的需求转矩进行驱动防滑控制,改善了车辆驱动性能。中国专利公布号CN108215936A,公布日2018-06-29,发明名称为“一种纯电动车辆的驱动控制方法和装置”,该发明介绍了一种纯电动车辆的防滑控制方法,如果车轮滑转率估计值大于设定车轮滑转率,按照扭矩衰减步长衰减驱动电机需求转矩;将驾驶员需求转矩和降低后的电机需求转矩中的最小值作为需求转矩进行控制,保证了驱动安全性。

[0004] 无论是任何一种驱动防滑方法,都会涉及到滑转率的计算。而滑转率由两个参数决定:车轮转速与车速。其中车轮转速可以很容易获得,但车速信号较难获取;如果采用车速传感器直接获得车速信息,从成本角度考虑,很难在车辆上普遍应用。中国专利公布号CN103213577A,公布日2013-07-24,发明名称为“一种基于卫星定位测速的车辆驱动防滑控制系统及方法”,该发明通过GPS卫星定位系统直接测量车速,使滑转率计算方便,可行;但该发明没有说明驱动防滑控制方法的具体实现过程。

[0005] 综上,现有的逻辑门限驱动防滑控制方法中设定滑转率一般为定值,而在车辆行驶过程中,车轮最优滑移率随路面状况而变化;此外,随着GPS全球定位系统的技术进步,其测速精读也会不断提高,从而提高车辆的防滑控制效果。

发明内容

[0006] 为了准确测量车速,提高防滑控制方法在不同路面条件下应用的鲁棒性,本发明提出一种适用于多轮分布式混合动力系统的驱动防滑控制方法,利用GPS卫星定位系统获取准确车速,并采用路面识别方法获取车轮最优滑移率,进行驱动防滑控制。具体包括下述步骤:

[0007] 步骤一:GPS卫星定位系统测量车速

[0008] GPS接收机不断接收GPS的电文星历数据,运用设备预先设定好的算法解析数据,

遵照NMEA-0183通讯协议输出GPS报文;然后,对报文的速度信息进行处理,运用经验模态分解处理方法对车辆速度进行五阶分解滤波;最后,将滤波的速度值按照规定通讯协议,以一定时间间隔送至中央处理单元,中央处理单元解析出车辆速度,作为驱动防滑控制模块的重要输入。

[0009] 步骤二:车轮实时滑转率与利用附着系数计算

[0010] 本发明研究对象为多轮分布式混合动力系统,共有8个电机分别驱动8个车轮。

[0011] (1) 汽车驱动过程中车辆实时纵向滑转率 S_i 计算:

$$[0012] \quad S_i = \frac{w_i * r - v}{w_i * r} * 100\% \quad (1)$$

[0013] 式中, v 表示车速,单位m/s; w 表示驱动轮转速,单位为rad/s; i 为驱动轮序号; r 表示半径,单位m。

[0014] (2) 根据车轮力矩平衡方程,计算每个车轮利用附着系数 μ_i :

$$[0015] \quad \mu_i = \frac{T_i - I * \dot{w}_i}{F_z} \quad (2)$$

[0016] 式中, T_i 表示每个电机的驱动转矩,单位Nm; I 表示车轮转动惯量,单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; F_z 为垂向力,单位N;

[0017] 步骤三:路面识别与最优滑转率获取

[0018] 基于Burckhardt经验 μ - S 模型,其纵向附着系数与滑移率关系为:

$$[0019] \quad \mu(S) = C_1(1 - e^{-C_2 S}) - C_3 S \quad (3)$$

[0020] 式中, C_1 、 C_2 、 C_3 分别表示不同路面条件下的特征参数,与驱动轮行驶的路面状态有关。

[0021] 本专利选择了7个典型路面的 μ - S 曲线形成数据库,分别为干沥青路面、干水泥路面、湿沥青大路面、湿沥青小路面、湿鹅卵石路面、积雪路面以及结冰路面。各路面的最优滑转率以及峰值附着系数计算公式为:

$$[0022] \quad S_{opt} = \frac{1}{C_2} \ln \frac{C_1 C_2}{C_3} \quad (4)$$

$$[0023] \quad \mu_{max} = C_1 \frac{C_3}{C_2} (1 + \ln \frac{C_1 C_2}{C_3}) \quad (5)$$

[0024] 进一步地,将计算的每个车轮利用附着系数和当前滑转率下数据库路面数据进行比较,得到当前附着系数与各典型路面附着系数的相似度,相似度最高的典型路面作为识别到的路面;直接调用 μ - S 曲线数据库中识别路面的数据,用于车辆的防滑控制。

[0025] 步骤四:驱动防滑控制模块搭建

[0026] 首先进行防滑标志位的判断,当检测到车轮实时滑转率估计值大于当前路面最优滑转率,防滑标志位置1,车辆需要进行防滑控制;当检测到车轮实时滑转率估计值小于当前路面最优滑转率,防滑标志位置0,车辆不需要进行防滑控制。

[0027] 进一步地,当车轮防滑标志位为1时,车辆进行防滑转控制,按照公式(6)衰减需求转矩:

$$[0028] \quad \text{Trq}(n) = \text{Trq_down_C} * \text{Trq}_{req}(n-1) \quad (6)$$

[0029] 式中, Tr_{qreq} 表示电机实际总转矩,单位Nm; Tr_{qreq} 表示为车辆需求转矩,单位Nm; n 表示当前时刻; $Tr_{q_down_C}$ 表示减矩系数。该值越大,减矩效果越好,但电机转矩降低过快,动力性有所降低,该值越小,减矩过程相对平缓,但容易导致车轮滑转率超调量较大。

[0030] 进一步地,当防滑标志位为0时,车辆不需要进行防滑控制,进行电机转矩恢复阶段,按照公式(7)计算电机转矩需求:

$$[0031] \quad Tr_q(n) = \min(Tr_{q_up_C} * (Tr_{qreq}(n) - Tr_q(n-1)), Tr_{qreq}(n)) \quad (7)$$

[0032] 式中, $Tr_{q_up_C}$ 表示增矩系数。

[0033] 与现有技术相比本发明的有益效果是:

[0034] (1) 本发明将成熟的GPS技术应用到车轮最优滑转率的计算中,保证了最优滑转率计算的准确度,有利于提高车辆防滑转控制效果;

[0035] (2) 采用路面识别方法获取车轮最优滑移率,通过防滑控制将驱动轮滑转率实时控制在最优滑转率附近,提高车辆在不同路面条件下的稳定性与动力性;

附图说明

[0036] 下面结合附图对本发明作进一步的说明:

[0037] 图1为本发明提出的多轮分布式混合动力系统驱动防滑控制流程图;

[0038] 图2为本发明提出的GPS卫星定位系统测量车速原理图;

[0039] 图3为本发明提出的单车轮力矩平衡方程;

[0040] 图4为本发明提出的最优滑转率计算流程图;

[0041] 图5为本发明提出的7种典型路面的 μ -S曲线图;

[0042] 图6为本发明提出的驱动防滑控制模块基本流程图;

具体实施方式:

[0043] 下面结合附图对本发明做更细致的描述:

[0044] 本发明提出的一种适用于多轮分布式混合动力系统的驱动防滑控制方法,如图1所示,具体包括下述步骤:

[0045] 步骤一:GPS卫星定位系统测量车速

[0046] 参考图2所示,GPS接收机不断接收GPS的电文星历数据,运用设备预先设定好的算法解析数据,遵照NMEA-0183通讯协议输出GPS报文;然后,对报文的的速度信息进行处理,运用经验模态分解处理方法对车辆速度进行五阶分解滤波;最后,将滤波的速度值按照规定通讯协议,以一定时间间隔送至中央处理单元,中央处理单元解析出车辆速度,作为驱动防滑控制模块的重要输入。

[0047] 步骤二:车轮实时滑转率与利用附着系数计算

[0048] 本发明研究对象为多轮分布式混合动力系统,共有8个电机分别驱动8个车轮。

[0049] (1) 汽车驱动过程中车辆实时纵向滑转率 S_i 计算:

$$[0050] \quad S_i = \frac{w_i * r - v}{w_i * r} * 100\% \quad (1)$$

[0051] 式中, v 表示车速,单位m/s; w 表示驱动轮转速,单位为rad/s; i 为驱动轮序号; r 表示半径,单位m。

[0052] (2) 参考图3,根据车轮力矩平衡方程,计算每个车轮利用附着系数 μ_i :

$$[0053] \quad \mu_i = \frac{T_i - I \cdot \dot{\omega}_i}{F_z \cdot r} \quad (2)$$

[0054] 式中, T_i 表示每个电机的驱动转矩,单位Nm; I 表示车轮转动惯量,单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; F_z 为垂向力,单位N;

[0055] 步骤三:路面识别与最优滑转率获取

[0056] 最优滑转率的获取过程参考图4;基于Burckhardt经验 μ -S模型,其纵向附着系数与滑移率关系为:

$$[0057] \quad \mu(S) = C_1(1 - e^{-C_2 S}) - C_3 S \quad (3)$$

[0058] 式中, C_1 、 C_2 、 C_3 分别表示不同路面条件下的特征参数,与驱动轮行驶的路面状态有关。

[0059] 本专利选择了7个典型路面的 μ -S曲线形成数据库,分别为干沥青路面、干水泥路面、湿沥青大路面、湿沥青小路面、湿鹅卵石路面、积雪路面以及结冰路面。各路面的 μ -S曲线参考图5,各路面的最优滑转率以及峰值附着系数计算公式为:

$$[0060] \quad S_{opt} = \frac{1}{C_2} \ln \frac{C_1 C_2}{C_3} \quad (4)$$

$$[0061] \quad \mu_{max} = C_1 \frac{C_3}{C_2} (1 + \ln \frac{C_1 C_2}{C_3}) \quad (5)$$

[0062] 进一步地,将计算的每个车轮利用附着系数和当前滑转率下数据库路面数据进行比较,得到当前附着系数与各典型路面附着系数的相似度,相似度最高的典型路面作为识别到的路面;直接调用 μ -S曲线数据库中识别路面的数据,用于车辆的防滑控制。

[0063] 步骤四:驱动防滑控制模块搭建

[0064] 本专利驱动防滑控制模块基本流程如图6所示,首先进行防滑标志位的判断,当检测到车轮实时滑转率估计值大于当前路面最优滑转率,防滑标志位置1,车辆需要进行防滑控制;当检测到车轮实时滑转率估计值小于当前路面最优滑转率,防滑标志位置0,车辆不需要进行防滑控制。

[0065] 进一步地,当车轮防滑标志位为1时,车辆进行防滑转控制,按照公式(6) 衰减需求转矩:

$$[0066] \quad \text{Trq}(n) = \text{Trq_down_C} * \text{Trq}_{req}(n-1) \quad (6)$$

[0067] 式中, Trq_{req} 表示电机实际总转矩,单位Nm; Trq_{req} 表示为车辆需求转矩,单位Nm; n 表示当前时刻; Trq_down_C 表示减矩系数。该值越大,减矩效果越好,但电机转矩降低过快,动力性有所降低,该值越小,减矩过程相对平缓,但容易导致车轮滑转率超调量较大。

[0068] 进一步地,当防滑标志位为0时,车辆不需要进行防滑控制,进行电机转矩恢复阶段,按照公式(7) 计算电机转矩需求:

$$[0069] \quad \text{Trq}(n) = \min(\text{Trq_up_C} * (\text{Trq}_{req}(n) - \text{Trq}(n-1)), \text{Trq}_{req}(n)) \quad (7)$$

[0070] 式中, Trq_up_C 表示增矩系数。

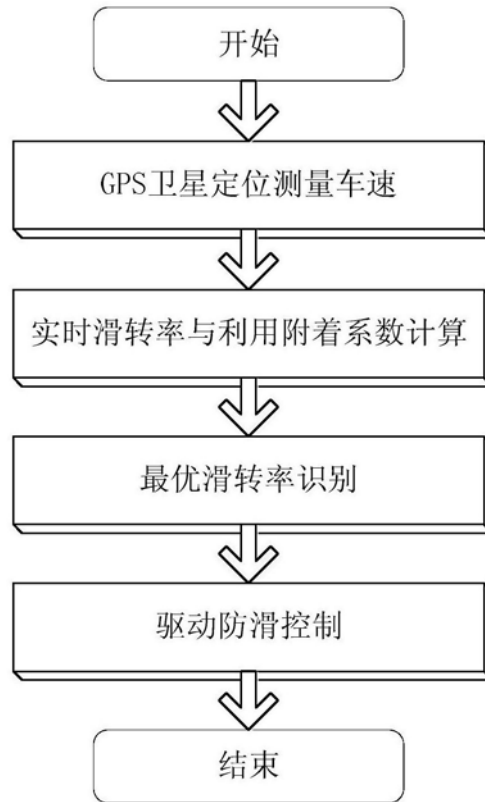


图1

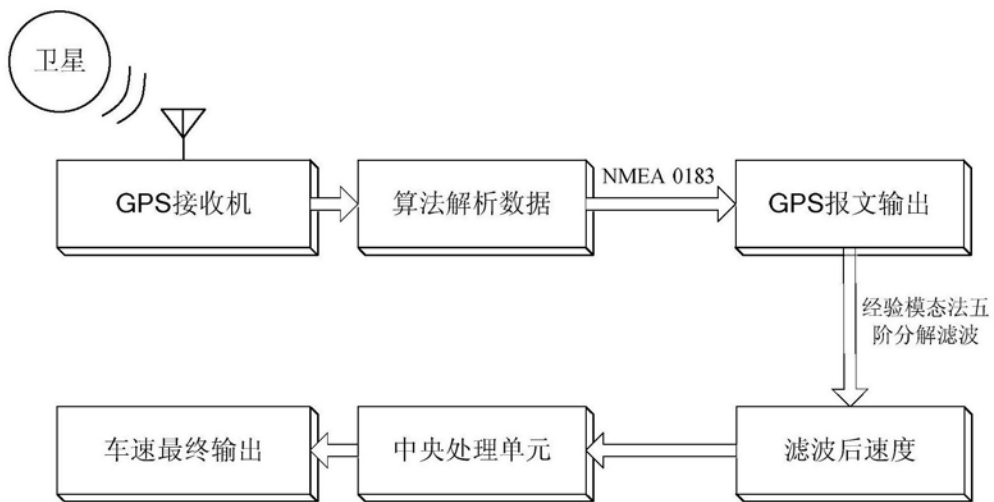


图2

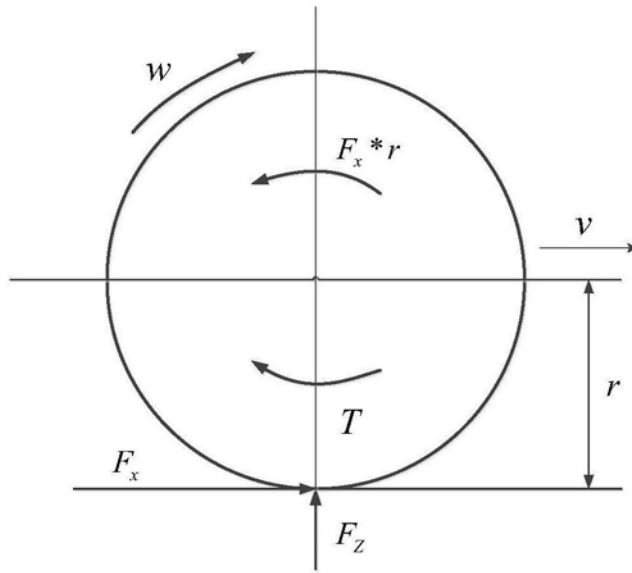


图3

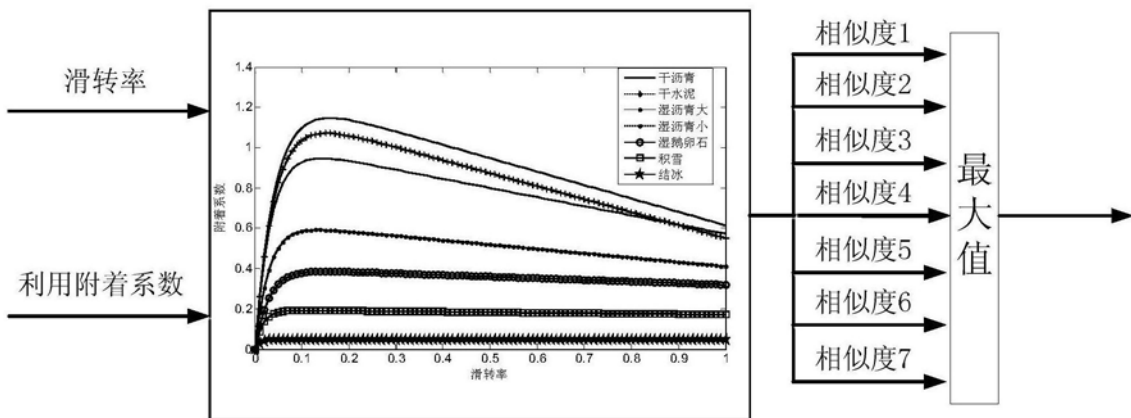


图4

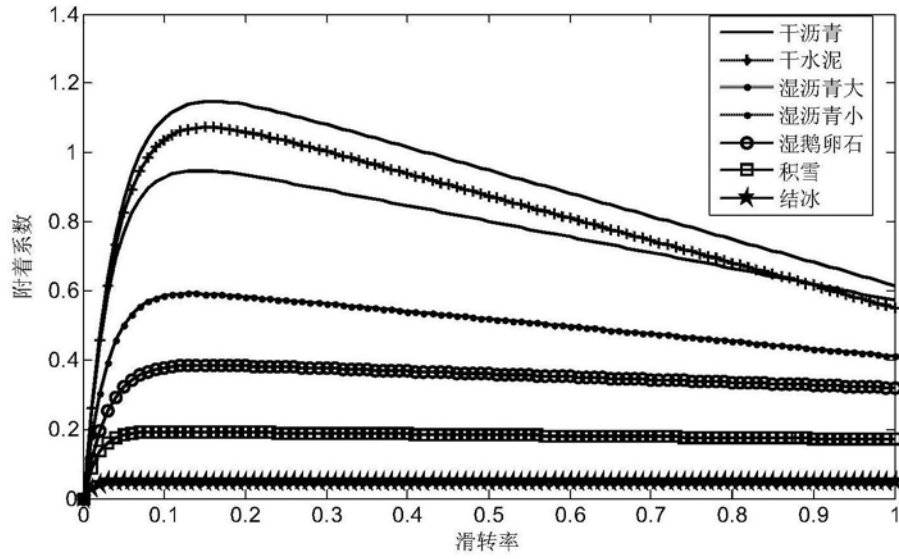


图5

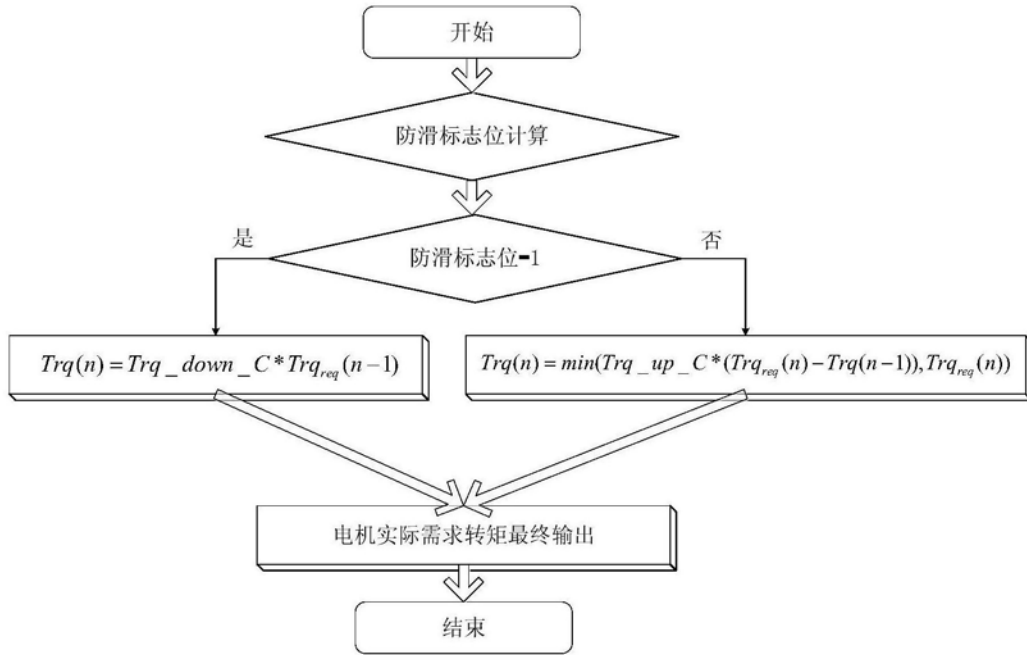


图6